www.mrs-k.or.kr

Materials Research Society of Korea,
Fall Conference 2025

2025 한국재료학회 추계학술대회

2025. 11. 12(수) ~ 14(금)

강릉 세인트존스

주최
사단법인 한국재료학회

후원
KOFST 한국과학기술단체총연합회
GWTO 강원관광재단 Gangwon Tourism Organization
2025-2026 VISIT GANGWON 강원 방문의 해
강릉관광개발공사 Gangneung Tourism Dvlpmnt Corp.

협찬
SMS Special Materials Source



MRS KOREA 한국재료학회
Materials Research Society of Korea

본 사업은 기획재정부의 복권기금 및 과학기술정보통신부의 과학기술진흥기금으로 추진되어 사회적 가치 실현과 국가 과학기술 발전에 기여합니다.

This work is supported by the ‘Lottery Fund’ of the ‘Ministry of Strategy and Finance’ and the ‘Science and Technology Promotion Fund’ of the ‘Ministry of Science and ICT’, contributing to the realization of social value and the development of national science and technology.

www.mrs-k.or.kr

Materials Research Society of Korea,
Fall Conference 2025

2025 한국재료학회 추계학술대회

2025. 11. 12 (수) ~ 14 (금)

강릉 세인트존스

주최
사단법인 한국재료학회

후원
KOFST 한국과학기술단체총연합회
GWTO 강원관광재단 Gangwon Tourism Organization
2025-2026 VISIT GANGWON 강원 방문의 해
강릉관광개발공사 Gangneung Tourism Dvlpmnt Corp.

협찬
SMS Special Materials Source



MRS KOREA 한국재료학회
Materials Research Society of Korea

◆ 목 차 ◆

모시는 글 2

2025 한국재료학회 추계학술대회 조직위원회 3

2025년도 추계학술대회 특별심포지엄, 콜로키움 및 정규세션 오거나이저 목록 4

학술 발표대회 종합 시간표 5

2025년도 추계학술대회 학술대회장 안내도 도면 8

회원 출장 의뢰 공문 10

기조강연 11

특별심포지엄 12

구두발표 20

포스터발표 35

행사안내 67

좌장목록 72

협찬 기업 목록 74

전시참가 기업·기관 목록 75

광고참가 기업·기관 목록 77

저자색인 78

◆ 모시는 글 ◆

존경하는 한국재료학회 회원 여러분,

항상 한국재료학회에 깊은 관심과 성원을 보내주시는 회원 여러분께 진심으로 감사드립니다.

여러분의 꾸준한 참여와 헌신 덕분에 한국재료학회는 우리나라 재료 분야의 학문적 발전과 산업 경쟁력 향상을 이끄는 중심 학회로 자리매김하였습니다.

특히 2023년부터 춘계학술대회를 세계재료총회(GCIM)로 발전시켜 3회에 걸쳐 성공적으로 개최함으로써, 한국재료학회는 글로벌 소재 · 부품 · 장비(소부장) 분야를 선도하는 대표적인 국제 학회로 도약하였습니다. 앞으로도 GCIM이 한국재료학회의 대표 국제 학술대회로 자리매김할 수 있도록 지속적인 발전을 도모해 나가겠습니다.

2025년도 한국재료학회 추계학술대회는 2025년 11월 12일(수)부터 14일(금)까지 강릉 세인트존스 호텔에서 개최됩니다.

이번 학술대회는 국내 연구자 중심의 학술 교류의 장으로 마련되었으며, 한국연구재단 반도체 · 디스플레이단 류상완 단장께서 '반도체 미래기술 로드맵과 신소재 연구개발 동향'을 주제로 기조강연을 해주실 예정입니다.

또한 제2회 신진연구자 특별심포지엄을 비롯해 다양한 특별세션이 준비되어 있어, 활발한 학문적 교류와 새로운 연구 방향을 모색할 수 있는 뜻깊은 자리가 될 것입니다.

한국재료학회의 모든 성과는 회원 여러분의 열정과 헌신이 만들어낸 결실입니다.

바쁘신 일정 속에서도 이번 추계학술대회에 함께하시어 학문적 교류와 협력의 폭을 넓히고, 회원 간의 유대와 친목을 다지는 소중한 시간을 함께하시기를 바랍니다.

2025년도 추계학술대회에서 회원 여러분을 뵙기를 고대합니다.

감사합니다.

2025년 11월

2025년도 추계학술대회 조직위원장 **이 인 환**

◆ 2025 한국재료학회 추계학술대회 조직위원회 ◆

조직위원회	위원장	이인환(고려대학교)
	부위원장	김형욱(한국재료연구원)
	1) 총무/진행 분과	정종율(충남대학교)
	2) 프로그램 분과	이종수(대구경북과학기술원), 신병하(한국과학기술원)
	3) 재무분과	권도균(한국항공대학교)
	4) 시상/경품	정대용(인하대학교), 윤희숙(한국재료연구원)
	5) 전시/협찬	김형욱(한국재료연구원), 윤재호(한국에너지공과대학교)
	6) 홍보/홈페이지	김재현(대구경북과학기술원)
	7) 현지위원장	김경남(강원대학교)
	8) 현지위원	최선우(강원대학교), 이현준(강원대학교)

◆ 2025년도 추계학술대회 특별심포지엄, 콜로키움 및 정규세션 오거나이저 목록 ◆

특별심포지엄 및 콜로키움	Organizer
차세대뿌리기술 융합 심포지엄 (Next Generation Ppuri Technology fusion symposium)	강정석(KITECH)
유도가열을 적용한 고효율 반도체 웨이퍼 히터 개발 (Development of Semi-conductor Wafer Heater applying the induction heating technology)	김지현(원익아이피에스) 최승곤(원익큐엔씨)
여성 재료학자 특별심포지엄 (Women in Materials Research)	조소혜(KIST)
한국재료연구원 특별심포지엄 (에너지 · 환경재료연구본부) (KIMS symposium (Energy & Environment Materials Research Division))	최승목(KIMS)
(광전자/디스플레이 분과 심포지엄) 양자점 소재 및 응용 기술 (Quantum Dot Materials and Application Technologies)	김재엽(건국대)
신진연구자 특별심포지엄 (Special Symposium by New Rising Researcher)	김재현(DGIST) 김형욱(KIMS)
CNU-출연연 차세대 반도체 지능화 공정 얼라이언스	정종율(충남대) 최민섭(충남대)
콜로키움: 웨어러블형 헬스케어 시스템: 소재, 소자, 그리고 AI (Wearable Healthcare System: Materials, Devices and AI)	류한준(중앙대)
정규세션	**학술분과위원장**
A. 전자/반도체 재료	최창환(한양대)
B. 소프트/바이오 소재	박장웅(연세대)
C. 에너지 재료	신병하(KAIST)
D. 첨단구조 재료	김형욱(KIMS)
E. AI/전산 재료	이동화(포항공대)
F. 광전자/디스플레이 재료	이종수(DGIST)
G. 센서/환경 재료	김봉훈(DGIST)
H. 광전기화학 재료	하준석(전남대)

◆ 학술 발표대회 종합 시간표 ◆

11월 12일 (수요일)

시간 \ 발표장	A발표회장 (안티구아홀1) 〈오션타워 4층〉	B발표회장 (안티구아홀2) 〈오션타워 4층〉	C발표회장 (바부다1) 〈오션타워 4층〉	D발표회장 (바부다2) 〈오션타워 4층〉	E발표회장 (카리브1) 〈파인타워 지하1층〉	F발표회장 (카리브2) 〈파인타워 지하1층〉	G발표회장 (카리브3) 〈파인타워 지하1층〉	포스터발표장 (바부다3+4,복도) 〈오션타워 4층〉
	등록							

11월 13일 (목요일)

시간 \ 발표장	A발표회장 (안티구아홀1) 〈오션타워 4층〉	B발표회장 (안티구아홀2) 〈오션타워 4층〉	C발표회장 (바부다1) 〈오션타워 4층〉	D발표회장 (바부다2) 〈오션타워 4층〉	E발표회장 (카리브1) 〈파인타워 지하1층〉	F발표회장 (카리브2) 〈파인타워 지하1층〉	G발표회장 (카리브3) 〈파인타워 지하1층〉	포스터발표장 (바부다3+4,복도) 〈오션타워 4층〉
08:30~	등록							
09:00~10:25	**광전자/디스플레이 재료 I** 〈초청강연 FI-1〉 양종희 (연세대) 〈초청강연 FI-2〉 박종현 (전남대) 좌장: 이승진 (KENTECH) F1~F3 (09:00~10:25)	**센서/환경 재료 I** 〈초청강연GI-1〉 김인호 (성균관대) 좌장: 김봉훈 (DGIST) G1~G2 (09:00~09:55)	**콜로키움-웨어러블형 헬스케어 시스템: 소재, 소자, 그리고 AI** 좌장: 류한준 (중앙대) SH1~SH6 (09:00~11:40)	**한국재료연구원 특별심포지엄 (에너지·환경재료 연구본부)** 좌장: 최승목 (KIMS) SD1~SD6 (09:00~11:40)	**AI/전산 재료 I** 좌장: 권용우 (홍익대) E1~E5 (09:00~10:15)	**전자/반도체 재료 I** 좌장: 이기영 (홍익대) A1~A5 (09:00~10:15)	**에너지 재료 I** 좌장: 심욱 (KENTECH) C1~C5 (09:00~10:15)	
		휴식			휴식	휴식	휴식	
10:25~12:10	휴식 **광전자/디스플레이 재료 II** 〈초청강연 FI-3〉 김동찬 (가천대) 〈초청강연 FI-4〉 나재원 (ETRI) 좌장: 조힘찬 (KAIST) F4~F6 (10:35~12:00)	**센서/환경 재료 II** 〈초청강연 GI-2〉 김장환 (아주대) 〈초청강연 GI-3〉 박재철 (KIST) 좌장: 김봉훈 (DGIST) G3~G5 (10:05~11:40)			**유도가열을 적용한 고효율 반도체 웨이퍼 히터 개발** (Closed session) 좌장: 송도원 (금오공대) SB1~SB6 (10:30~12:20)	**전자/반도체 재료 II** 좌장: 손정인 (동국대) A6~A11 (10:25~11:55)	**에너지 재료 II** 좌장: 김준동 (인천대) C6~C10 (10:25~11:40)	
		광전기화학 재료 좌장: 심욱 (KENTECH) H1~H2 (11:40~12:10)						
10:30~11:40	**포스터발표 I** P1~P158							포스터부착시간: 09:00~12:00 포스터 집중심사: 10:30~11:40 포스터발표 (장소: 바부다3+4, 복도) P1~P158
11:40~13:30	중식(2부제) 장소: 쓰리밀즈(오션타워 3층)							

◆ 학술 발표대회 종합 시간표 ◆

11월 13일 (목요일)

시간 \ 발표장	A발표회장 (안티구아홀1) 〈오션타워 4층〉	B발표회장 (안티구아홀2) 〈오션타워 4층〉	C발표회장 (바부다1) 〈오션타워 4층〉	D발표회장 (바부다2) 〈오션타워 4층〉	E발표회장 (카리브1) 〈파인타워 지하1층〉	F발표회장 (카리브2) 〈파인타워 지하1층〉	G발표회장 (카리브3) 〈파인타워 지하1층〉	포스터발표장 (바부다3+4,복도) 〈오션타워 4층〉
13:30~14:55	**소프트/바이오 소재 I** 〈Keynote〉 (2025 학술상 수상강연 BI-1) 박장웅 (연세대) 〈초청강연 BI-2〉 진성훈 (경희대) 좌장: 원상민 (성균관대) B1~B2 (13:30~14:50)	**센서/환경 재료 III** 〈초청강연 GI-4〉 정소현 (DGIST) 〈초청강연 GI-5〉 윤홍준 (가천대) 좌장: 김봉훈 (DGIST) G6~G7 (13:30~14:50)	**광전자/디스플레이 재료 III** 〈초청강연 FI-5〉 이강문 (강원대) 〈초청강연 FI-6〉 최민재 (동국대) 좌장: 조창순 (POSTECH) F7~F9 (13:30~14:55)	**신진연구자 특별심포지엄** 좌장: 김형욱 (KIMS) SF1~SF9 (13:30~16:40)	**유도가열을 적용한 고효율 반도체 웨이퍼 히터 개발** (Closed session) 좌장: 최승곤 (원익큐엔씨) SB7~SB12 (13:30~15:50)	**차세대뿌리기술 융합심포지엄** 좌장: 강정석 (KITECH) SA1~SA9 (13:30~16:20)	**양자점 소재 및 응용 기술** 좌장: 김재엽 (건국대) SE1~SE3 좌장: 강진현 (CPRI) SE4~SE7 (13:30~16:35)	
14:55~15:00	휴식	휴식	휴식					
15:00~16:40	**소프트/바이오소재 II** 〈초청강연 BI-3〉 원상민 (성균관대) 〈초청강연 BI-4〉 박윤석 (경희대) 좌장: 박장웅 (연세대) B3~B4 (15:00~16:20)	**AI/전산 재료 II** 〈초청강연 EI-1〉 신기현 (국립한밭대) 좌장: 김현유 (충남대) E6~E8 (15:00~16:10)	**광전자/디스플레이 재료 IV** 좌장: 이종수 (DGIST) F10~F13 (15:05~16:05)					
15:40~16:50	**포스터발표 II** P159~P313							포스터부착시간: 14:00~17:00 포스터 집중심사: 15:40~16:50 포스터발표 (장소: 바부다3+4, 복도) P159~P313
16:50~17:00	휴식							
17:00~17:40	〈기조강연〉 "반도체의 미래기술 로드맵과 신소재 연구개발 동향" 류상완(한국연구재단) 좌장: 정종율(충남대) (장소: B발표회장(안티구아홀2))							
17:40~18:10	**정기총회** (장소: B발표회장(안티구아홀2))							
18:10~18:20	휴식							
18:20~	**간친회**(수상식포함) (장소: 안티구아홀1)							

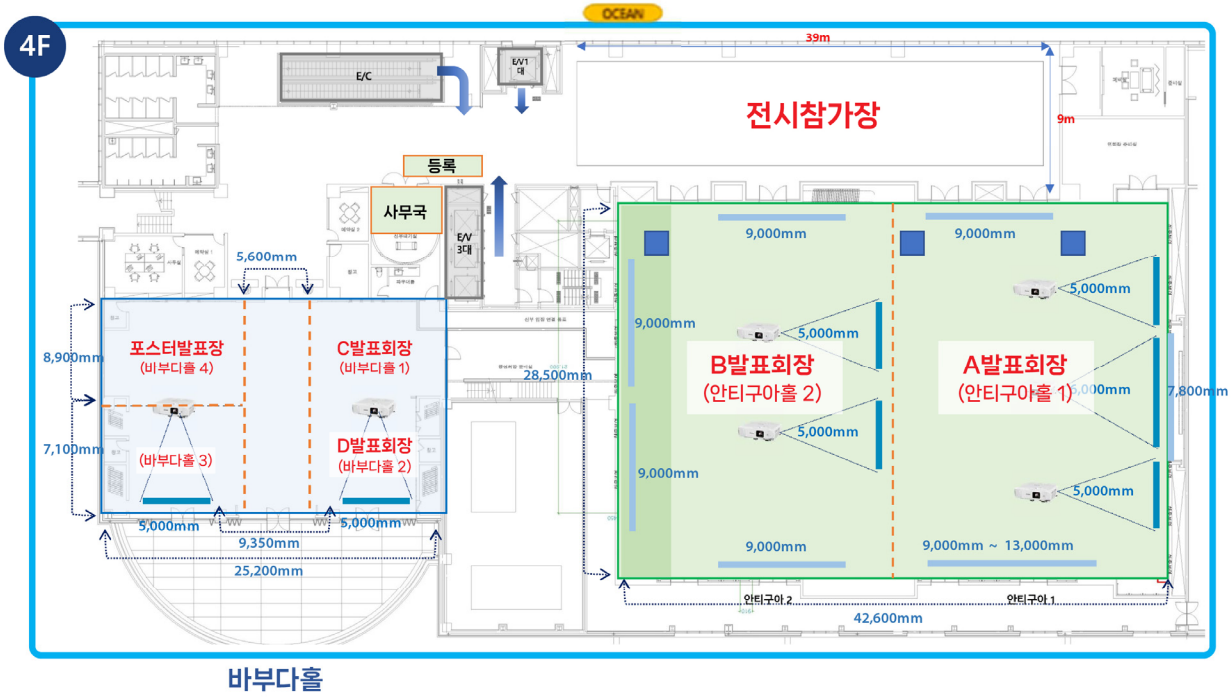
◆ 학술 발표대회 종합 시간표 ◆

11월 14일 (금요일)

<table>
<tr><th>시간 \ 발표장</th><th>A발표회장
(안티구아홀1)
〈오션타워 4층〉</th><th>B발표회장
(안티구아홀2)
〈오션타워 4층〉</th><th>C발표회장
(바부다1)
〈오션타워 4층〉</th><th>D발표회장
(바부다2)
〈오션타워 4층〉</th><th>E발표회장
(카리브1)
〈파인타워 지하1층〉</th><th>F발표회장
(카리브2)
〈파인타워 지하1층〉</th><th>H발표장
(바부다3+4)
〈오션타워 4층〉</th><th></th></tr>
<tr><td>08:30~</td><td colspan="7">등록</td><td></td></tr>
<tr><td>09:00~10:15</td><td>전자/
반도체 재료 III
좌장: 유찬영
(홍익대)
A12~A16
(09:00~10:15)</td><td rowspan="2">센서/
환경 재료 IV
〈초청강연 GI-6〉
안재훈
(KAIST)
〈초청강연 GI-7〉
강주훈
(연세대)
좌장: 정창규
(전북대)
G8~G9
(09:00~10:20)</td><td rowspan="3">CNU-출연연
차세대 반도체
지능화 공정
얼라이언스
좌장: 최민섭
(충남대)
SG1~SG4
(09:00~11:00)</td><td>에너지 재료 III
좌장: 김천중
(충남대)
C11~C15
(09:00~10:15)</td><td>첨단구조 재료 I
좌장: 김형욱
(KIMS)
D1~D4
(09:00~10:00)
휴식</td><td>AI/전산 재료 III
좌장: 신기현
(국립한밭대)
E9~E13
(09:00~10:15)</td><td rowspan="3">여성 재료학자
특별심포지엄
좌장: 조소혜
(KIST)
SC1~SC6
(09:00~11:50)</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>10:15~10:25</td><td>휴식</td><td>휴식</td><td rowspan="2">첨단구조 재료 II
좌장: 박찬희
(KIMS)
D5~D8
(10:10~11:10)</td><td>휴식</td></tr>
<tr><td>10:25~11:25</td><td>전자/
반도체 재료 IV
좌장: 강주훈
(연세대)
A17~A19
(10:25~11:10)</td><td>에너지 재료 IV
좌장: 구교진
(국립한밭대)
C16~C20
(10:25~11:40)</td><td>AI/전산 재료 IV
좌장: 홍기하
(국립한밭대)
E14~E17
(10:25~11:25)</td></tr>
<tr><td>11:25~11:50</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>12:00~12:30</td><td colspan="7">우수발표논문 및 포스터 시상식, 경품 추첨, 폐회
(장소: A발표회장(안티구아홀1)</td><td></td></tr>
</table>

◆ 2025년도 추계학술대회 학술대회장 안내도 도면 ◆

▌오션타워 4층

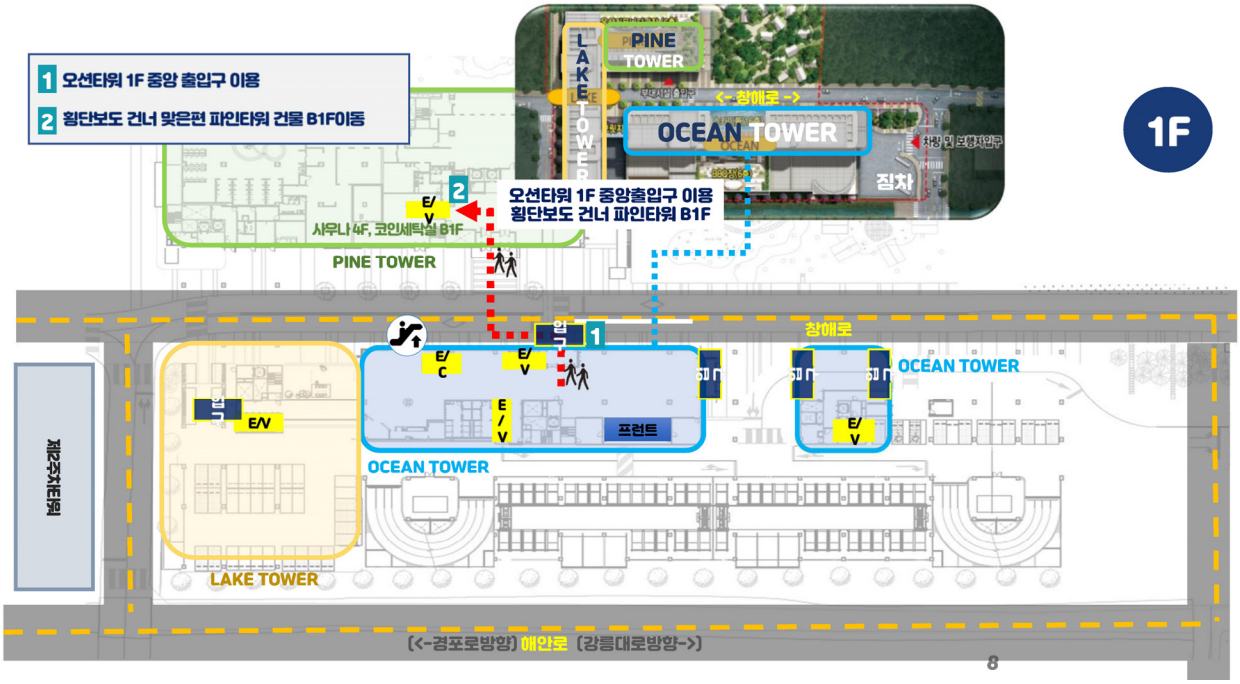


▌파인타워 지하 1층



◆ 2025년도 추계학술대회 학술대회장 안내도 도면 ◆

카리브홀 이동 동선(호텔진입)



한국재료학회
Materials Research Society of Korea

한재학: 2025 – 50 2025. 7. 28.
수 신: 각기관장
제 목: 회원 출장 의뢰

본 학회 2025년도 추계학술발표대회를 다음과 같이 개최하오니 귀 기관에 근무하는 본 학회 회원들이 많이 참석할 수 있도록 협조하여 주시기 바랍니다.

◈ 다 음 ◈

- 일 시: 2025년 11월 12일(수) ~ 11월 14일(금)
- 장 소: 세인트존스호텔 강릉
- 행 사: 진행표 참조

사단법인 한국재료학회장 김 윤 기

기조강연

B발표회장(안티구아홀2)

2025년 11월 13일 (목요일)

기조강연 (17:00~17:40) 좌장: 정종율(충남대)

PT-1 **반도체의 미래기술 로드맵과 신소재 연구개발 동향**

류상완†
한국연구재단 반도체 · 디스플레이단장

특별심포지엄 1

F발표회장(카리브2)

2025년 11월 13일 (목요일)

차세대뿌리기술 융합 심포지엄 (13:30~16:20) 좌장: 강정석(KITECH)

SA-1 13:40
Ti-Nb-Zr-X-O 합금에서의 Gum metal 특성 평가
이혜미, 김재일†
동아대학교

SA-2 13:50
전산유체역학 및 응고계면 안정성 모델 기반 인코넬 718 적층재의 주상정-등축정 천이기구 규명
조덕현[1], 양희평[1], 이학성[1], 정중은[2†], 전종배[1†]
[1]동아대학교; [2]한국재료연구원

SA-3 14:00
합성곱 신경망을 이용한 Ti6Al4V 다공체의 기계적 특성 예측
김성진, 이석재†
전북대학교 신소재공학부

SA-4 14:10
열역학계산과 생성적 적대 신경망을 이용한 합금강의 비정상 결정립 성장 예측
최정후, 이석재†, 김성진
전북대학교 신소재공학부

SA-5 14:30
DCB test를 통한 Cu-Cu 접합의 접합 공정 조건 및 후속 열처리에 따른 계면 신뢰성 연구
고명수, 김병준†
한국공학대학교 신소재공학과

SA-6 14:40
원격 플라즈마 ALD 기반의 HfO_2 증착을 통한 고종횡비 DRAM 트렌치 캐패시터의 전기적 특성 향상
김지원, 윤창번†
한국공학대학교

SA-7 14:50
Janus green b (JGB) 첨가제 도입을 통한 순주석(Pure Sn) 전기도금층의 성장 거동, 미세조직 및 특성 제어
박민기, 최승회†, 하윤석, 주현빈, 김재환, 전유나, 허윤서
한국공학대학교

SA-8 15:00
반도체 패키지 기판용 솔더 레지스트 유형에 따른 기계적/전기적 신뢰성 연구
마지수[1], 김원빈[2], 고영관[2], 주영창[3], 김병준[1†]
[1]한국공학대학교; [2]삼성전자; [3]서울대학교

SA-9 15:10
Plasma Process Optimization and Charge Trapping Modeling of High-k Oxide-Based NAND Memory Devices
이찬희, 이희철†
한국공학대학교 신소재공학과

15:30 **특강**

특별심포지엄 2

E발표회장(카리브1)

2025년 11월 13일 (목요일)

유도가열을 적용한 고효율 반도체 웨이퍼 히터 개발 (Closed session) (10:30~12:20) 좌장: 송도원(금오공대)

SB-1 10:40
반도체 CVD공정 세라믹히터용 고효율 유도가열 시스템을 위한 세라믹 접합 소재 개발 및 접합 특성 분석
권혁천†, 최승곤, 성현우, 김도원, 정태영
원익큐엔씨

SB-2 10:55
정밀 워킹 코일 설계 기반 차세대 반도체 웨이퍼 유도가열 전력변환 기술
박상민†
한국전자기술연구원

SB-3 초청강연 11:10
반도체 공정용 고기능성 세라믹 소재 기술 및 개발 동향
김득중†
성균관대학교 신소재공학부

SB-4 11:35
반도체 공정용 웨이퍼 유도가열 시스템의 동작 주파수에 따른 웨이퍼 온도 상승비 비교 및 분석
김현수, 김현석, 고관영, 이상민, 황윤성, 강승현, 이병국†
성균관대학교

SB-5 11:50
복합재 구조 해석을 위한 유한요소 시뮬레이션
최형규, 이창민, 오수민, 윤길호†
한양대학교 기계공학과

SB-6 초청강연 12:05
강원테크노파크 기관 및 설비 소개
김동표†
강원테크노파크

유도가열을 적용한 고효율 반도체 웨이퍼 히터 개발 (Closed session) (13:30~15:50) 좌장: 최승곤(원익큐엔씨)

SB-7 초청강연 13:30
기업 경쟁력 강화를 위한 지식재산의 전략적 관리 및 보호 방안
손창호†
한국지식재산보호원

SB-8 13:55
웨이퍼 유도가열 시스템 관련 표준의 조사분석
박경호†, 손제현†
한국전기산업기술연구조합

SB-9 14:10
반도체 공정을 위한 유도가열히터 개발의 개요
김지현†, 구본욱, 정은선, 김응서, 최병주, 최동민, 김해찬
원익아이피에스

SB-10 초청강연 14:40
Revolutionizing Silicon Carbide Manufacturing: From Binder Jetting to Space and Beyond
오지원†, 조신후, 정영석
MADDE

SB-11 15:05
인덕션 히터 코일 제작을 위한 순수구리 소재의 L-PBF 공정에 대한 공정 파라미터 연구
김수현, 유성호†, 김예림, 박기철
파트너스랩주식회사

SB-12 15:20
레이저 분말 베드 용융법 기반 구리소재 적층제조 기술
박정민[1,2†]
[1]한국재료연구원 신기능분말재료연구센터; [2]고려대학교 미래융합소재학과

특별심포지엄 3

H발표장(바부다3+4)

2025년 11월 14일 (금요일)

여성 재료학자 특별심포지엄 (09:00~11:50) 좌장: 조소혜(KIST)

SC-1 09:05 **Molecular Recognition to Semiconductor Sensors: Functional Organic Ligand-Doped SWCNTs for H_2S Detection**
이은지†
국립강릉원주대학교 화학신소재학과

SC-2 09:30 **비금속 원자로 여는 알루미늄의 새로운 가능성, 끝없는 여정**
최현주†
국민대학교 신소재공학부

SC-3 09:55 **나노 구조 및 나노 물질 기반 열 복사 제어**
임미경†
중앙대학교 기계공학부

SC-4 10:30 **할라이드 페로브스카이트 기반 저항변화 메모리 소자 동향**
김효정†
세종대학교

SC-5 10:55 **할라이드 페로브스카이트 이온학(Ionics): 계면과 안정성**
김지영†
한국과학기술연구원

SC-6 11:20 **반도체 패러다임 변화와 함께 걸어온 기술과 성장의 길**
김사라은경†
서울과학기술대학교 지능형반도체공학과
(유진상 수상자 초청강연)

특별심포지엄 4

D발표회장(바부다2)

2025년 11월 13일 (목요일)

한국재료연구원 특별심포지엄 (에너지·환경재료연구본부) (09:00~11:40) 좌장: 최승목(KIMS)

SD-1 09:00 **수소환경 재료의 열화평가 연구내용 및 수소환경 소재부품 기업지원센터 소개**
이승건†
한국재료연구원

SD-2 09:25 **전사공정 기반 유연소자 응용 연구 소개**
윤종원†
한국재료연구원 에너지환경재료연구본부

SD-3 09:50 **소재에서 시스템까지 ; 스마트 에너지 외피**
김소연†
한국재료연구원

SD-4 10:25 **전기화학 기반 니켈 재활용 공정 연구**
윤병욱[1]†, 권예리[1,2], 이주열[1]
[1]한국재료연구원; [2]부산대학교

SD-5 10:50 **Electrocatalyst design for the hydrogen evolution in anion exchange membrane water electrolysis**
진송, 최승목†
Korea Institute of Materials Science (KIMS)

SD-6 11:15 **2차원 소재 합성 및 소자 응용 연구 소개**
김지우†
한국재료연구원 에너지환경재료연구본부

특별심포지엄 5

G발표회장(카리브3)

2025년 11월 13일 (목요일)

양자점 소재 및 응용 기술 (13:30~16:35) 좌장: 김재엽(건국대), 강진현(CPRI)

SE-1 13:30
Color conversion materials for display application(디스플레이 응용을 위한 색변환소재)
송영현†, 최승희, 권석빈, 이선영, 이재혁
한국광기술원 무기발광디스플레이연구센터

SE-2 13:55
퀀텀닷 활용 NIR~SWIR 광검출 센서 기술 연구 동향
강진현†, 김용득
(재)철원플라즈마산업기술연구원

SE-3 14:20
Environmentally-Friendly Designed Quantum Dots for Energy and Biomedical Applications
백운혁†
전북대학교 반도체화학공학부

SE-4 14:55
양자점 발광과 유전체 나노입자 형상제어
김영국†
한국재료연구원

SE-5 15:20
Colloidal Semiconductor Heterostructures for Efficient Display Applications
정병국†
부산대학교 응용화학공학부 & 환경에너지연구소

SE-6 15:45
구조적 열화 메커니즘 규명을 통한 양자점 안정성 향상
양지웅 (Jiwoong Yang)†
대구경북과학기술원

SE-7 16:10
Application of quantum dots for photoelectrochemical energy conversion
김재엽†
건국대학교

특별심포지엄 6

D발표회장(바부다2)

2025년 11월 13일 (목요일)

신진연구자 특별심포지엄 (13:30~16:40) 좌장: 김형욱(KIMS)

SF-1 13:30
Calcination process design for layered oxide cathodes toward sustainable lihtium ion batteries
박혁준†
고려대학교 신소재공학부

SF-2 13:50
차세대 전기화학 변환 소재 및 시스템 개발
임정훈†
충남대학교 신소재공학과

SF-3 14:10
Achieving Transparent Flexibility in High-Performance Oxide TFTs via Delamination
고종범†
국립한밭대학교

SF-4 14:30
지속가능 전기화 기술을 위한 첨단 나노촉매 소재
김상준†
충남대학교

SF-5 15:00
유무기 복합 결정의 결정화 조절을 통한 친환경 응용
박범철†
고려대학교 신소재공학부

SF-6 15:20
Metal-Insulator Transition Materials for Neuromorphic Computing
Tae Joon Park†
Korea University

SF-7 15:40
Low-dimensional vdW materials -based memory devices
최민섭†
Department of Materials Science and Engineering, Chungnam National University

SF-8 16:00
화학적 불균일을 활용한 철강재료의 미세조직 제어
김지훈†
부산대학교 재료공학부

SF-9 16:20
3차원 원자단층현미경을 활용한 금속재료의 원자단위 화학조성 분석
정찬원†
부경대학교 융합소재공학부 재료공학전공

특별심포지엄 7

C발표회장(바부다1)

2025년 11월 14일 (금요일)

CNU-출연연 차세대 반도체 지능화 공정 얼라이언스 (09:00~11:00) 좌장: 최민섭(충남대)

SG-1 09:00 **Graphite Pellicle for Next-generation EUV lithography**
신동욱†
국립한밭대학교 신소재공학과

SG-2 09:30 **High crystalline 2D materials for next generation applications**
송승우†
한국표준과학연구원

SG-3 10:00 **고밀도, 저전력 유연 전자소자를 위한 고분자 절연 소재 기반 유기 반도체 소자 기술**
최준환†
단국대학교 화학공학과

SG-4 10:30 **Surface/Interface Engineering of 2D Materials using XeF_2 for Integrated Device Fabrication**
손장엽[1,2]†
[1]한국과학기술연구원(KIST); [2]과학기술연합대학원대학교(UST)

특별심포지엄 8

C발표회장(바부다1)

2025년 11월 13일 (목요일)

콜로키움. 웨어러블형 헬스케어 시스템: 소재, 소자, 그리고 AI (09:00~11:40) 좌장: 류한준(중앙대)

SH-1 09:00 **신생아 및 소아의 생체신호 모니터링을 위한 피부부착형 무선 센서 플랫폼**
곽성수†
한국과학기술연구원

SH-2 09:25 **생체 유체 흐름의 실시간 모니터링을 위한 수동냉각 기반의 웨어러블 기기**
박민수†
단국대학교 고분자시스템공학부

SH-3 09:50 **Lab-to-Field: 무선통신 기반 센서 시스템 플랫폼을 활용한 센서 실증화 강화 방법**
오세용†
한양대학교 ERICA 전자공학부

SH-4 10:25 **Soft and responsive materials for skin interfaced wearable healthcare device**
윤성광†
인제대학교

SH-5 10:50 **변형-불변 나노복합 유전 탄성체 기반 신축성 전자기기**
정예환†
한양대학교 융합전자공학부

SH-6 11:15 **Precision Nanoarchitectonic Materials for AI-Augmented On-Sensor**
조동휘†
한국화학연구원

2025년 11월 13일 (목요일)

전자/반도체 재료 I (09:00~10:15) 좌장: 이기영(홍익대)

A-1 09:00
원자수준 변환 공정을 통한 전이 금속 포스파이드 미세 배선의 차원적 스케일링(Dimensional Scaling of Topological Transition Metal Phosphides for Advanced Interconnect by atomic-layer conversion)
진강태†
가천대학교 반도체공학과

A-2 09:15
저온 PEALD를 통한 고이동도 결정질 In2O3와 이를 활용한 강유전체 전계효과 트랜지스터
박재원, 김현석†
동국대학교

A-3 09:30
단일체 3차원 집적을 통한 IGZO-Te CMOS 인버터의 수직 적층 구현
이동빈, 김현석†
동국대학교 에너지신소재공학과

A-4 09:45
Non-Rare-Earth Strategy for Stable High-Permittivity $BaTiO_3$ Ceramics Using Ca/Nb Nanosheets and Two-Step Sintering
Tae Yeong Song†, Junwon Lee, Nayeon Kwon, Do-kyun Kwon†
한국항공대학교 신소재공학과

A-5 10:00
Interface Defect and Strain Engineering for Shifted Antiferroelectricity in (Hf, Zr)O_2 Ultra-Thin Films
Hyun Woo Jeong, Yong Hyeon Cho, Jaewook Lee, Min Hyuk Park†
Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University

전자/반도체 재료 II (10:25~11:55) 좌장: 손정인(동국대)

A-6 10:25
ALD 기반 HfO_2 박막 증착을 통한 TMDs의 도핑 및 패시베이션 효과 분석
황윤아[1], 이정빈[1], 김호준[1], 김성호[1,2], 김형우[2], 최민섭[1†]
[1]충남대학교; [2]한국기계연구원

A-7 10:40
패턴화된 MoS2 템플릿을 이용한 Mo1-xWxS2의 확장 가능한 에지 유도 합금화
장수희, 박원일†
한양대학교

A-8 10:55
Sb 도핑 GeSe 기반 고성능 셀렉터 온리 메모리 구현
김시우, 이헌†, 성한상
고려대학교 신소재공학과

A-9 11:10
Ion migration in halide perovskite as a function of crystal orientation
배정주, 최민섭†, 양태열†
충남대학교

A-10 11:25
Dual-mode analog-to-digital switching of Ag/CdS-GeSe/FTO memristors for artificial synapses and pattern recognition
KAMBLE GIRISH, Prof. Jin Hyeok Kim†
Optoelectronics Convergence Research Center and Department of Materials Science and Engineering, Chonnam National University, Gwangju 61186, S. Korea

A-11 11:40
MOCVD 성장법을 이용한 β-(AlxGa1-x)2O3 박막 성장 및 특성 분석
김형윤[1], 김선재[1,3], 이도원[1,2], 남은서[1], 심규현[1], 박지현[1†], 전대우[1†]
[1]한국세라믹기술원; [2]고려대학교; [3]한국항공대학교

구두발표

A발표회장(안티구아홀1)

2025년 11월 14일 (금요일)

전자/반도체 재료 III (09:00~10:15) 좌장: 유찬영(홍익대)

A-12 09:00
Thermionic Limit을 극복한 가파른 서브스레숄 스윙의 산화물 박막 트랜지스터
민지현[1], 장성철[1], 김경재[2], 임유승[2†], 김현석[1†]
[1]동국대학교; [2]세종대학교

A-13 09:15
자외선-오존(UV-Ozone) 전처리 기반 TMDs 재료 표면에서의 균일한 ALD 박막 성장
서건원, 김호준, 김관우, 최민섭[†]
충남대학교

A-14 09:30
Deposition-Temperature-Dependent Structural and Mechanical Properties of Amorphous Carbon Hard Masks
이재호[1], 최창환[1,2†]
[1]신소재공학과; [2]반도체공학과

A-15 09:45
이산화바나듐 나노입자 기반의 간섭 색상을 구현한 유연 열변색 필름
최윤주, 이다원, 백태종[†]
중앙대학교

A-16 09:45
Low Temperature Sintering and Interface Control of Composite Dielectrics for Microwave Applications
Nayeon Kwon, Junwon Lee, Tae Yeong Song, Naegyeong Lee, Yhohan La, Hyeong Dong Kim, Do-Kyun Kwon[†]
Department of Materials Science and Engineering, Korea Aerospace Univ., Republic of Korea

전자/반도체 재료 IV (10:25~11:10) 좌장: 강주훈(연세대)

A-17 10:25
Quaternary-Valued Logic Inverter via Oxide-Based Double Anti-Ambipolar Transistor Enabled by Atomic Composition Tuning
전준아[1], 신종찬[1], 제갈민호[1], 정세랑[1], 김연상[1,2,3†]
[1]Department of Chemical and Biological Engineering, Seoul National University; [2]Program in Nano Science and Technology, Graduate School of Convergence Science and Technology, Seoul National University; [3]Advanced Institute of Convergence Technology

A-18 10:40
$CuO-V_2O_5$ 첨가가 $0.2Ba_3V_2O_8-0.8Li_2ZnTi_3O_8$ 유전체의 소결 및 마이크로파 유전 특성에 미치는 영향 연구
정혜원, 이경호[†]
순천향대학교 전자재료소자장비융합공학과

A-19 10:55
$\alpha-Ga_2O_3$ 박막의 박리 메커니즘 분석과 대면적 플레이크 제조
이도원[1,2], 김선재[1,3], 김형윤[1,2], 남은서[1], 심규현[1], 박지현[1†], 전대우[1†]
[1]한국세라믹기술원; [2]고려대학교; [3]한국항공대학교

구두발표

A발표회장(안티구아홀1)

2025년 11월 13일 (목요일)

소프트/바이오 소재 I (13:30~14:50) 좌장: 원상민(성균관대)

BI-1 Keynote (학술상 수상강연) 13:30
Liquid Metal Neural Interfaces as Adaptive Bioelectronic Systems
박장웅†
연세대학교 신소재공학과

BI-2 초청강연 13:55
Minimally Invasive Multimodal Sensor Probe for Acute Compartment Syndrome Diagnosis
Sung Hun Jin†
Department of Future Information Display, Kyung Hee University

B-1 14:20
High-frequency Vagus Nerve Stimulation for Obesity Treatment using Millimetric Ultrasound-driven Triboelectric Nanogenerator
정장묵[1], 김상우[2†]
[1]성균관대학교 신소재공학과; [2]연세대학교 신소재공학과

B-2 14:35
Bioinspired Synthesis of Amorphous Calcium Carbonate for Coral Reef Restoration
Han Hisyam Pratama[1,2], Aram Sung[2], Hui-Suk Yun[1,2†]
[1]Department of Advanced Material Engineering, University of Science and Technology (UST), Daejeon, 34113, Republic of Korea; [2] Advanced Bio and Healthcare Materials Research Division, Korea Institute of Materials Science (KIMS), Changwon-si, Gyeonsangnam-do, 51508, Republic of

소프트/바이오 소재 II (15:00~16:20) 좌장: 박장웅(연세대)

BI-3 초청강연 15:00
Closed-loop system in sensing and display applications
Sang Min Won†
Sungkyunkwan University, Department of Electrical and Computer Engineering

BI-4 초청강연 15:25
Magnetically Actuated Functional Materials for Intelligent Systems
Yoonseok Park†
경희대학교 신소재공학과

B-3 15:50
3-Dimensional Structurally Colored Heterogeneous Polymer Nanopatterns for Chemically Tunable Optical Devices
이수민, 남태원†
Department of Materials Science and Engineering, Pusan National University

B-4 16:05
Wireless acousto-electric pain control with a monolithic bioresorbable polymer
김소희, 김영준, 김상우†
연세대학교 신소재공학과

구두발표

G발표회장(카리브3)

2025년 11월 13일 (목요일)

에너지 재료 I (09:00~10:15) 좌장: 심욱(KENTECH)

C-1 09:00
Transparent Conducting Substrates Induced Transparent Photovoltaic Device for Self-Power and High-Speed Optoelectronics
Vivek Mohan More, Joondong Kim†, Malkeshkumar patel
Incheon National University

C-2 09:15
Water-Enhanced Photovoltaics: From Terrestrial Efficiency Boosting to Transparent Underwater Power Windows
Malkeshkumar Patel, Joondong Kim†
Incheon National University

C-3 09:30
Aqua-powered hybrid solar cell
Md Arifur Rahman Barno, Malkeshkumar patel, Joondong Kim†
Incheon National University

C-4 09:45
Highly transparent and self-powered Ga_2O_3/NiO photovoltaic photodetector for corona discharge detection
Hossain Sourov[1,2], Joondong Kim[1,2†]
[1]Photoelectric and Energy Device Application Lab (PEDAL), Multidisciplinary Core Institute for Future Energies (MCIFE); [2]Department of Electrical Engineering, Incheon National University

C-5 10:00
Ultrathin Ag Film of Transparent Electrode for Flexible Schottky Photodetection and Enhanced Charge Transport
Sanh Vo Thi[1,2], Joondong Kim[1,2†]
[1]Photoelectric and Energy Device Application Lab (PEDAL), Multidisciplinary Core Institute for Future Energies (MCIFE), Republic of Korea; [2]Department of Electrical Engineering, Incheon National University, 119 Academy Rd. Yeonsu, Incheon, 22012, Republic of Korea

에너지 재료 II (10:25~11:40) 좌장: 김준동(인천대)

C-6 10:25
Transparent Photovoltaics on Ground and in Water and innovative applications
김준동†, Malkeshkumar Patel
인천대학교

C-7 10:40
다중 채널 전도 특성을 지닌 빗살무늬 전극 기반 유연 투명 히터의 광학 · 열 제어 특성
이정현, 김준동†, 전서준
인천대학교

C-8 10:55
Triboelectric Material Designs for High-Performance Ultrasound-Powered Implants
정영욱[1], 김상우[2†]
[1]성균관대학교 신소재공학과; [2]연세대학교 신소재공학과

C-9 11:10
Controlling triboelectricity through material deformation
강동현[1,2], 김상우[1,2†]
[1]연세대학교 신소재공학과; [2]연세대학교 인간지향 마찰전기 에너지 하베스팅 연구단

C-10 11:25
PtPd alloy film-coated lipid nanotubes for glucose fuel cells in a neutral medium
WANG HANQUN, 윤종승†
Hanyang University

구두발표

D발표회장(바부다2)

2025년 11월 14일 (금요일)

에너지 재료 III (09:00~10:15) 좌장: 김천중(충남대)

C-11 09:00
탄소 전극 표면에 전이금속 및 이종원소가 공동 도핑된 산화물 층 형성을 통한 바나듐 레독스 흐름전지의 성능 향상
장하나, 조명훈, 이기원, 안효진†
서울과학기술대학교 신소재공학과

C-12 09:15
이종원소가 다중 도핑된 탄소 복합체 기반 전극의 플렉시블 배터리 성능 평가
문단비, 조명훈, 안효진†
서울과학기술대학교

C-13 09:30
바이오매스 유래 활성탄의 다공성 탄소 골격체 형성을 통한 에너지 저장 소자 성능 개선
안효진†, 박규진
서울과학기술대학교 신소재공학과

C-14 09:45
High volumetric energy density LCO thin-film batteries fabricated by sputtering
LIU SIHAN, 김현석†, WANG YAQI
동국대학교 에너지신소재공학과

C-15 10:00
전자구조와 산소 결함 제어 기반 전이금속 개질 MoOx 촉매의 수전해 특성 향상 연구
김민희, 구혜영, 박다희†
한국재료연구원

에너지 재료 IV (10:25~11:40) 좌장: 구교진(국립한밭대)

C-16 10:25
Revealing the Electrochemical Activity Paradigm of Porous Carbons for Intrinsic Platinum Efficiency in Hydrogen Evolution Reaction
RAHUL RAMKUMAR, Seung Geun, Saad Hafeez Mirza, Jung Woo Lee†
Department of Materials Science and Engineering, Pusan National University

C-17 10:40
Laser-Induced Graphene-Supported Pt-Ni Nanoalloys Synthesized through Rapid Photothermal Reduction for Hydrogen Evolution Reaction
조승근[1], 한서현[2], 임지혁[1], 이정우[1†]
[1]Department of Materials Science and Engineering, Pusan National University; [2]Department of Nanoenergy Engineering, Pusan National University

C-18 10:55
Sulfurization of self-supported mesoporous NiFe2O4 as efficient electrocatalyst for water splitting
Dhanaji Malavekar, Jin Hyeok Kim†
Optoelectronics Convergence Research Center and Department of Materials Science and Engineering, Chonnam National University, Gwangju

C-19 11:10
Electrochemically Deposited Ga_2O_3 Buffer Layer Enhances the Photovoltage of Cu_2O Photocathodes for Efficient Unassisted Hydrogen Production
Ji Hoon Choi, Hak Hyeon Lee, Ji Hye Jeong, Hyung Koun Cho†
Sungkuynkwan University

C-20 11:25
Direct growth of high quality and thickness controlled large area (over 2500 mm2) perovskite single crystal on a substrate for X-ray detector application
최영승, 신병하†
Korea Advanced Institute of Science and Technology

구두발표

E발표회장(카리브1)

2025년 11월 14일 (금요일)

첨단구조 재료 I (09:00~10:00) 좌장: 김형욱(KIMS)

D-1 09:00
금속 상변태 및 재결정 제어를 통한 결정립 미세화 방법론
박찬희†
한국재료연구원

D-2 09:15
Al-Zn-Mg-Cu 합금에서 전단가능/비전단 석출물이 압축 거동에 미치는 영향
신선호[1], 연경미[2], 설재복[1], 류일[2†], 성효경[1†]
[1]국민대학교; [2]서울대학교

D-3 09:30
Preliminary Study on Laser Shock Peening of Tungsten for Plasma-Facing Components in Fusion Reactors
김선규†, 권효성, 박이현
한국핵융합에너지연구원

D-4 09:45
Compositional Tuning of WC-Reinforced AlN Ceramics for Enhanced Plasma Etch Resistance
Nafees Hassan, Dowon Song†, Minsoo Kim, Unseo Kim, Gyeongryeol Bae, Sangmin Park, Junghwan Park, Jungmin Seo, Seunghyun Bae, Yeseob Lee, Yongjun Kim, Hyemin Yong, Kang Jae Hyeun
Kumoh National Institute of Technology

첨단구조 재료 II (10:10~11:10) 좌장: 박찬희(KIMS)

D-5 10:10
적층형 세라믹 커페시터 고특성화를 위한 후막 박층화 공법 연구
이태규[1,2], 윤경호[1], 제용훈[1], 김리안[1], 고동재[1], 최문희[1], 김수민[1†], 김양도[2†]
[1]한국세라믹기술원 AI융합연구단; [2]부산대학교 재료공학과

D-6 10:25
$ZnMgO/Sb_2Se_3$ 계면 엔지니어링을 통한 고성능 Sb_2Se_3 태양전지 개발
제용훈[1,2], 김양도[1†], 김수민[2†], 이태규[1,2], 윤경호[2], 김리안[2], 고동재[2]
[1]부산대학교 재료공학과; [2]한국세라믹기술원

D-7 10:40
실란 처리된 h-BN/Fe3O4 복합과립의 photothermal Effect 기능성 확인 연구
고동재[1,2], 윤경호[1], 김리안[1], 이태규[1], 제용훈[1], 이승협[3], 김수민[1†], 이재근[2†]
[1]한국세라믹기술원 AI융합연구단; [2]부산대학교 응용화학공학부; [3]전북대학교 화학공학부

D-8 10:55
$BN@Fe_3O_4$ 코어-쉘 구조를 이용한 열전도 필러의 설계와 특성 향상
김리안[1,2], 윤경호[1], 이태규[1], 제용훈[1], 고동재[1], 이승협[3], 김수민[1†], 이재근[2†]
[1]한국세라믹기술원 AI 융합연구단; [2]부산대학교 응용화학공학부; [3]전북대학교 화학공학부

구두발표

E발표회장(카리브1)

2025년 11월 13일 (목요일)

AI/전산 재료 I (09:00~10:15) 좌장: 권용우(홍익대)

E-1 09:00
HfO_2 머신러닝 포텐셜 개발 및 검증
신효경, 구준형, 김은호, 이동화†
포항공과대학교 신소재공학과

E-2 09:15
Effects of Laser Shock Peening on the Tungsten Surface: a Molecular Dynamics Study
심지수†, 김선규, 권효성, 박이현
한국핵융합에너지연구원

E-3 09:30
제일원리 계산을 이용한 Al_2O_3와 TiN 표면에서의 텅스텐 증착 특성 비교
김현, 김선규, 구준형, 김재선, 이동화†
포항공과대학교

E-4
발 표 취 소

E-5 10:00
Mechanistic Study of Bifunctional Thermocatalytic CO2 Hydrogenation Over Oxide-Supported Palladium Catalysts
김종석[1], 최혁[2], 김현유[1†], 최예정[1]
[1]충남대학교; [2]Nanyang Technological University

구두발표

B발표회장(안티구아홀2)

2025년 11월 13일 (목요일)

AI/전산 재료 II (15:00~16:10) 좌장: 김현유(충남대)

EI-1 초청강연 15:00
Beyond Linear Scaling: Innovations in Catalyst Optimization
신기현†
국립한밭대학교

E-6 15:25
$ABO_{2.5}$ Brownmillerite의 B-자리 원소에 따른 프로톤 전도에 미치는 영향 : 제1원리 계산 연구
채수윤, 안은지, 이준호, 홍효민, 이동화†
포항공과대학교

E-7 15:40
Beyond the dband: StrainDriven OH Reconfiguration Governs HER on Pt/CoFeLDH
김태훈, 정용재†
한양대학교

E-8 15:55
DFT study of Ce-Doping Effect on Metal-Support Interaction in Pt/ZrO2 Catalysts
이주혁[1], 김현유[1†], 최혁[2]
[1]충남대학교; [2]Nanyang Technological University – NTU Singapore

구두발표

F발표회장(카리브2)

2025년 11월 14일 (금요일)

AI/전산 재료 III (09:00~10:15) 좌장: 신기현(국립한밭대)

E-9 09:00
제일원리계산과 Graph-based Explainable AI를 이용한 지속가능한 리튬이온 배터리용 유기 양극의 구조 설계 전략
구준형, 이동화†, 김은호, 신효경, 김현
포항공과대학교

E-10 09:15
Design of green solvents for perovskite solar cells
김진수, 김재원, 윤현성, 정희정, 염경문, 강봉주, 전남중, 노주환†, 임진오†
한국화학연구원

E-11 09:30
제일원리계산을 통한 Si_2Te_3의 전기적 특성에 미치는 intrinsic 및 extrinsic defect의 영향 연구
박영준, 이준호, 김재선, 이동화†
Pohang University of Science and Technology (POSTECH)

E-12 09:45
제일원리 계산 기반 내화성 고엔트로피 합금에서의 산소 비가역 포획과 취성 억제 메커니즘 규명
김선규[1], 도경연[1], 김신현[1], 김재선[2], 신용훈[3], 김창훈[1], 김현[1], 이동화[1†]
[1]Department of Materials Science and Engineering (MSE), Pohang University of Science and Technology (POSTECH); [2]Samsung Electro-Mechanics; [3]Samsung Electronics

E-13 10:00
머신러닝 기반 천연섬유 복합재의 불균일성 물성 예측 및 최적화
이동우, 고굉욱, 송정일†
DNA+ 연구소, 국립창원대학교

AI/전산 재료 IV (10:25~11:25) 좌장: 홍기하(국립한밭대)

E-14 10:25
Finite Element Analysis of Universal Resistive Memory Devices Using Multiphysics and Phase-field Models
정동명, 권용우†
홍익대학교

E-15 10:40
Resistance Variability in Ge2Sb2Te5- vs. GeTe-Based Phase-Change Memories: A Multiphysics Simulation Study Incorporating Stochastic Nucleation
김혜수, 김예찬, 권용우†
홍익대학교

E-16 10:55
공정 조건에 따른 다결정 미세조직 진화의 박막 미세구조 상장모델
권용우†, 최다은, 이환욱
홍익대학교

E-17 11:10
아날로그 이벤트 · 메모리 동시 생성을 통한 효율적 동적 비전 센서
김예림, 박원일†
한양대학교

구두발표

A발표회장(안티구아홀1)

2025년 11월 13일 (목요일)

광전자/디스플레이 재료 I (09:00~10:25) 좌장: 이승진 (KENTECH)

FI-1 초청강연 09:00
Towards Experimental Data-Driven Bespoke Synthesis of Halide Perovskites
양종희†
연세대학교 화학과

FI-2 초청강연 09:20
Surface Engineering for Efficient and Stable Metal Halide Perovskite Nanocrystals Light-Emitting Diodes
박종현†
전남대학교 화학공학부

F-1 09:40
Efficient Lead-Free $CsCu_2I_3$ Yellow Light-Emitting Diodes
이장욱, 박일규†, 조승범, 방지훈, 김은혜, 김동엽
Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University of Science and Technology

F-2 09:55
Colloidal Synthesis of 1D Ultrathin, High-Aspect-Ratio BiSBr Nanowires, Nanobundles and Hierarchically Ordered $Bi_{13}S_{18}Br_2$ Nanorod superstructures for Solution-Processed Photodetectors
이다원, 백태종†, 최윤주
중앙대학교

F-3 10:10
스퍼터 AlN 버퍼층 최적화를 통한 IBAD GaN 성장
백승엽[1], 박용준[1], 이인환[1,2†]
[1]고려대학교 반도체시스템공학과; [2]고려대학교 신소재공학과

광전자/디스플레이 재료 II (10:35~12:00) 좌장: 조힘찬(KAIST)

FI-3 초청강연 10:35
플렉서블 · 폴더블 · 스트레처블 QLED의 차세대 디스플레이 및 소프트 일렉트로닉스 응용
김동찬[1,2†]
[1]Department of Chemical, Biological, and Battery Engineering, Gachon Universtiy; [2]Department of Semiconductor Engineering, Gachon Universtiy

FI-4 초청강연 10:55
Swing-Tunable Thin-Film Transistors for Improved Low-Gray OLED Operation
나재원†
Electronics and Telecommunications Research Institute

F-4 11:15
rGO 버퍼층을 이용한 유리 기판 위 GaN 박막의 구조적 및 광학적 특성 개선
김규림[1], 박용준[1], 이인환[2†]
[1]고려대학교 반도체시스템공학과; [2]고려대학교 신소재공학과

F-5 11:30
Enhanced Ambipolar Charge Transport in Defect-Free Conjugated Polymers via Dual-Catalytic Direct Arylation Polymerization
유현진[1], 김황석[2], 김홍식[2], 박준모[2], 최태림[2†], 이병훈[1†]
[1]이화여자대학교 화공신소재공학과; [2]취리히연방공과대학교 재료학과

F-6 11:45
스퍼터링 공정을 이용한 고성능 p형 텔루륨-셀레늄 산화물 박막 트랜지스터
김현석†, 조호정
동국대학교 에너지신소재공학과

구두발표

C발표회장(바부다1)

2025년 11월 13일 (목요일)

광전자/디스플레이 재료 III (13:30~14:55) 좌장: 조창순(POSTEC)

FI-5 초청강연 13:30
고성능 진청색 OLED 발광체를 위한 테트라덴테이트 백금(II) 착물의 합리적 설계
이강문†
강원대학교 화학과

FI-6 초청강연 13:50
Development of Silver Telluride Colloidal Quantum Dots for Next-generation Shortwave Infrared Photodetectors
최민재†
동국대학교

F-7 14:10
다중양자우물-금속 나노입자 간격 감소를 통한 Dewetted Ag 나노입자 LSPR 기반 청색 μLED의 효율 향상
권오빈[1], 장필규[1], 박지원[2], 최명준[2], 김재승[2], 이인환[1,2†]
[1]고려대학교 반도체시스템공학과; [2]고려대학교 신소재공학과

F-8 14:25
Environmentally-Friendly Designed Quantum Dots for Energy and Biomedical Applications
백운혁†
전북대학교 반도체화학공학부

F-9 14:40
InGaN/GaN 나노-LED의 수직 전극 구조의 유전영동 방식을 이용한 수직 정렬 향상
김동현[1], 박지원[2], 조영훈[1], 장필규[1], 최명준[2], 김재승[2], 이인환[1,2†]
[1]고려대학교 반도체시스템공학과; [2]고려대학교 신소재공학과

광전자/디스플레이 재료 IV (15:05~16:05) 좌장: 이종수(DGIST)

F-10 15:05
Ga_2O_3 기반 고감도 X-ray 검출기 특성
김선재[1,2], 박지현[1], 황완식[2†], 전대우[1†]
[1]한국세라믹기술원; [2]한국항공대학교

F-11 15:20
$BaTiO_3$ Nanocomposites for Wafer-Scale Metaholograms via Nanoimprint Lithography
이승연, 이헌†, 박찬웅, 윤현성, 이민정
고려대학교 신소재공학과

F-12 15:35
클릭 화학을 통한 CVD 기반 고분자 절연체의 유전 특성 조절
장성철, 김현석†
동국대학교 에너지신소재공학과

F-13 15:50
디웨팅된 은 나노입자의 표면플라즈몬-엑시톤 커플링에 의해 유도되는 청색 마이크로 LED 효율 향상
장필규[1], 최명준[2], 김재승[2], 이인환[2†]
[1]고려대학교 반도체시스템공학과; [2]고려대학교 신소재공학과

구두발표

B발표회장(안티구아홀2)

2025년 11월 13일 (목요일)

센서/환경 재료I (09:00~09:55) 좌장: 김봉훈(DGIST)

GI-1 초청강연 09:00
기능성 복합구조체를 이용한 소프트로봇
김인호†
성균관대학교 화학과

G-1 09:25
A Micro-Structured Flexible Gas Sensor Based on Gold Nanoparticles-Decorated Silicon Nanomembrane for Hazardous Gas Detection
Doohyun J. Lee[1], Jongwoon Shin[1], Yelynn Ryu[1], Wooyoung Lee[2†], Ki Jun Yu[1†]
[1]School of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University; [2]Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University

G-2 09:40
Cu-doped vanadium-based metal-organic framework for ethanol gas sensing
Yujin Kim[1], Than Le Hoang Doan[2], Thang Bach Phan[2], Hyoun Woo Kim[3], Sang Sub Kim[1†]
[1]Inha University; [2]Vietnam National University; [3]Hanyang University

센서/환경 재료 II (10:05~11:40) 좌장: 김봉훈(DGIST)

GI-2 초청강연 10:05
블록공중합체 자기조립을 활용한 에너지 절감형 나노 리소그래피
Jang Hwan Kim†
아주대학교

GI-3 초청강연 10:30
Enzymatic Amplification-Free DNA Circuits for On-Site Biosensors
박재철†
한국과학기술연구원

G-3 10:55
Ceramic Embedded PDMS Photonic Film Achieving Efficient Daytime Cooling
박성우[1], 박재인[1,2], 임한규[1], 하지성[1], 이헌[1,2†]
[1]Department of Materials Science and Engineering, Korea University; [2]ZERC

G-4 11:10
Fluoropolymer-based All-Polymer Radiative Cooling Film with High External Environment Durability
이덕환, 이헌†, 임한규, 하지성, 박재인, 박성우, 강상호
Department of Materials Science and Engineering, Korea University

G-5 11:25
Daytime Radiative Cooling Sheet Functionalized by Al_2O_3-Assisted Organic Composite
강상호, 이헌†, 임한규, 하지성, 박재인, 박성우, 이덕환, 윤현성
Department of Materials Science and Engineering, Korea University

구두발표

B발표회장(안티구아홀2)

2025년 11월 13일 (목요일)

센서/환경 재료 III (13:30~14:50) 좌장: 김봉훈(DGIST)

GI-4 초청강연 13:30
Morphing Mechanics of Soft Porous Media
정소현†
DGIST

GI-5 초청강연 13:55
초음파-전기 변환을 위한 마찰전기 발생소자 연구
윤홍준†
가천대학교 반도체공학과

G-6 14:20
Synthesis and gas sensing properties of SnO2-NWs core-shell structures
김종헌[1], 김유진[1], Ali Mirzaei[2], 김현우[3], 김상섭[1†]
[1]인하대학교; [2]Shiraz University of Technology; [3]한양대학교

G-7 14:35
Flexible CNT/PDMS Sponges with Flash-decorated Pd Nanoparticles for High-performance Hydrogen Sensing
Hangyeol Choi[1], Ji Hyeok Choi[1], Jeong Seo Lee[1], Keun Soo Kim[2], A-Rang Jang[1†]
[1]Division of Electrical, Electronic and Control Engineering, Kongju National University, Cheonan, Republic of Korea; [2]Department of Physics and Graphene Research Institute, Sejong University, Seoul, Republic of Korea

구두발표

B발표회장(안티구아홀2)

2025년 11월 14일 (금요일)

센서/환경 재료 IV (09:00~10:20) 좌장: 정창규(전북대)

GI-6 초청강연 09:00
Bio-inspired Flexible Piezoelectric Acoustic Sensor for Robust Speech Processing in Noisy Environments
안재훈, 정영훈, 이건재†
Korea Advanced Institute of Science and Technology

GI-7 초청강연 09:25
Solution-Processed 2D Materials for Neuromorphic Sensors
Joohoon Kang†
Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Yonsei University

G-8 09:50
나노소재 기반 콘크리트 구조물의 탄산화 및 염해 방지용 친환경 도료 개발
노윤석, 우은석, 이진호†
이에이바이오스(주)

G-9 10:05
오픈 데이터를 활용한 분리막 성능 예측용 인공지능 모델
손문[1,2]†
[1]한국과학기술연구원; [2]과학기술연합대학원대학교

구두발표

B발표회장(안티구아홀2)

2025년 11월 13일 (목요일)

광전기화학 재료 (11:40~12:10) 좌장: 심욱(KENTECH)

H-1 11:40 **탄소 지지체 표면 개질을 통한 고내구성 PEMFC용 산소환원반응 촉매 개발**
강규미[1], 우승민[1], 김한슬[2], 유성종[2†], 박일규[1†], 손나영[1], 이진호[1], 박찬우[1], 이강운[1], 김보람[1]
[1]서울과학기술대학교; [2]한국과학기술연구원(KIST)

H-2 11:55 **균질 버퍼층을 활용한 고밀도 $CuBi_2O_4$ 광음극 구현과 무보조 태양광 기반 수소 생산**
최지훈, 조형균[†]
성균관대학교

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 09:00~12:00

진행: 이종수(DGIST)

포스터발표 I

P-1 **PECVD 공정 플라즈마 파워 조절에 따른 비정질 탄소층 하드마스크 박막의 미세구조 및 기계적 물성 변화**
이승채[1], 최창환[1,2†]
[1]한양대학교 신소재공학과; [2]한양대학교 반도체공학과

P-2 **레이저 기반 패터닝을 통한 신축성 히터 제작 연구**
김정은, 안도현, 최수정, 이상훈, 이정우[†]
부산대학교 재료공학과

P-3 **Surface Oxidation Analysis of Copper Materials for Power Semiconductor Applications via Color Difference Evaluation**
최승희[†], Seon Yeong Lee, Seok Bin Kwon, Jae Hyeok Lee, Young Hyun Song[†]
Inorganic Light-Emitting Display Research Center, Korea Photonics Technology Institute (KOPTI)

P-4 **Thermally stable amorphous In-Ga-O channel thin-film transistors with Al_2O_3 gate insulator deposited by atomic layer deposition**
Joonyong Kim, Dong Hee Han, Hyun Woo Jeong, Hyeong Seok Choi, Jaejoon Kim, Min Hyuk Park[†]
Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University

P-5 **습식 Sol-gel 코팅공정을 이용한 Through Glass Via 무전해 도금층 형성**
노종찬[1,2], 심경[1,2], 김상섭[2], 박재영[2†], 김호형[1,2†]
[1]한국생산기술연구원; [2]인하대학교

P-6 **반도체 공정 플라즈마 챔버 설계 최적화를 위한 윈도우 및 가스 노즐 구조해석 연구**
한동운, 모찬빈[†], 김경훈, 김성탁
한국생산기술연구원

P-7 **SnSe 단결정 microplate 합성 및 이를 활용한 소결체의 결정립 크기에 따른 열전 특성**
오세민, 강태경, 정찬원[†]
부경대학교 융합소재공학부 재료공학전공

P-8 **Doping Behavior of MoS2 and WSe2 through Surface Modification with TiO_x Nanoparticles**
오유빈, 양서정, 최웅[†]
School of Materials Science & Engineering, Kookmin University, Seoul 02707, South Korea

P-9 **SiO_2 및 Al_2O_3 하부층 두께가 고상 결정화된 다결정 Ge 박막에 미치는 영향**
최재혁, 서민지, 남호석, 최웅[†]
국민대학교

P-10 **Thickness Effects of Vacuum Annealing in MoS2 Transistors**
정유민, 남호석, 최웅[†]
School of Materials Science & Engineering, Kookmin University, Seoul 02707, South Korea

P-11 **대형 반도체 공정 부품용 이트리아가 도핑된 질화 알루미늄의 플라즈마 저항성 연구**
하태권[1†], 정준기[2], 공하늘[1]
[1]강릉원주대학교 신소재생명화학공학부; [2]강릉원주대학교 신소재융복합기술연구소

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 09:00~12:00

진행: 이종수(DGIST)

P-12 **Impact of Nanolaminate Structure on Strain and Ferroelectricity in (Hf, Zr)O_2 Thin Film**
Jaewook Lee, Hyun Woo Jeong, Yong Hyeon Cho, Min Hyuk Park†
Seoul National University

P-13 **Enhanced Visible-Light Detection in Oxide Phototransistors Enabled by a-IGZO/In-rich a-IGZO Heterojunction Engineering**
Woosuk Sohn, Seungmin Lee, Taeyoon Lee†
NanoBio Device Laboratory, School of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University

P-14 **Effect of amorphous carbon in TaN electrode for 3D X-point memory**
Minkyu Lee, Taeyoon Lee†
Yonsei University

P-15 **Three-Dimensional Functionalization of UPE Porous Membranes via Radiation Grafting**
Kang Lee†
Absfil

P-16 **Ti_3SiC_2 MAX 상의 특성 제어를 위한 다양한 공정 비교 연구**
이다운[1], 이경호[2], 허준[2], 문소연[1], 원유빈[1], 최순목[1†]
[1]한국기술교육대학교 에너지신소재화학공학부; [2]한국기술교육대학교 일반 대학원 에너지신소재공학과

P-17 **Post-CMP Cleaning Challenges in Ceria-Based Slurries: Role of Oxidation State**
박인경[1†], 구자경[1], 박성원[2], 김선영[1], 남재도[1,2]
[1]성균관대학교; [2]비드오리진(주)

P-18 **상업용 제품의 Cu-Cu 접합구조와 TSV의 미세구조 분석**
차호일†, 박경진, 박가현, 고진원, 박윤창†
나노조합기술원

P-19 **Nanosheet-Wrapped $BaTiO_3$ Ceramics for Next-Generation MLCCs: Enhanced Dielectric and Thermal Stability**
Junwon Lee, Tae-yeong Song, Nayeon Kwon, Hyewon Lim, Hee-seung Wang, Yeonwoo Kim, Do-Kyun Kwon†
Korea aerospace University

P-20 **Optimization of Glass Materials for Metal-Ceramic Bonding Applications**
김효민, 손예지, 김승욱, 정대용†
Program in Semiconductor Convergence, Inha University, 100, Inha-ro, 22212 Incheon, South Korea

P-21 **용매열합성을 통한 Sr 도핑 기반 고성능 SnSe 열전 소재 개발**
차명주[1], 강태경[1], 정영주[1], 이지은[1], 오세민[1], 홍두선[2], 박이호[3], 정찬원[1†]
[1]부경대학교 융합소재공학부 재료공학전공; [2]서울시립대학교 신소재공학과; [3]한국재료연구원

P-22 **Oxide TFT 성능 향상을 위한 산소 유량 제어 이중층 IZO 최적화**
배현석, 배상은, 박소영, 손우진, 김용수, 최세라, 고종범†
국립한밭대학교 신소재공학과

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 09:00~12:00

진행: 이종수(DGIST)

P-23 **Ag-decorated Cr_2O_3 Nanorods for Ultraselective H_2S Detection**
안도영, 심영석†, 정재한
한국기술교육대학교 에너지신소재공학과

P-24 **Development of Curved-Surface Precision Machining Technology for Multi-Component Amorphous Ceramic Parts in Semiconductor Annealing Equipment**
Gi Hyun Park, Jun Hyeok Choi, Ki Hoon Sung†
원익큐엔씨

P-25 **Hydrogen-treated Pd-Functionalized Laser-Induced Graphene for Non-Enzymatic Detection of Creatinine**
구윤회[1], 김지민[1], 박주은[1], 장아랑[1†], 이영우[2], 이수옥[2]
[1]국립공주대학교; [2]순천향대학교

P-26 **반도체 플라즈마 공정 장비 오염 상태 모니터링을 위한 인공지능 기술 적용 연구**
모찬빈[1,2†], 김경훈[1]
[1]한국생산기술연구원 기능성소재부품그룹; [2]한국생산기술연구원 제조AI연구센터

P-27 **Developments of Advanced Quartz Glass Manufacturing Technology with Enhanced Plasma Resistance for Semiconductor Etching Process**
Junhyeok Choi, Gi Hyun Park, Jae Ho Choi, Jae Won Jang, Kyung Won Min, Ki Hoon Sung†
Wonik QnC Co., 143, Dongtangambaesan-ro, Hwaseong-si, Gyeonggi-do 18479, Republic of Korea

P-28 **고방열 2D 소재를 첨가한 반도체 패키징용 EMC 방열 성능 연구**
양우석†, 안소희
한국전자기술연구원

P-29 **고방열 구리-은-그래핀 하이브리드 입자 기반 전도성 잉크 소재**
이민수, 양우석†
한국전자기술연구원

P-30 **Laser-Defined Phase-Engineered α/γ-In_2Se_3 Multimodal Sensor for Light and Gas Detection**
Gyeongmin Heo, Hyun S. Kum†
Department of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University, Seoul, South Korea

P-31 **Synthesis of Hollow Silica Nanoparticles with Controllable Size and Structure**
Jakyeong Koo[1], Jae-Do Nam[1†], Uiseok Hwang[1], In-Kyung Park[1], Jeonghu Kim[2], Sanghyung Lee[2], Gaeun Choi[2], Haesung Chung[3]
[1]Department of Polymer Science and Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon 16419, Republic of Korea; [2]Department of Chemical Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon 16419, Republic of Korea; [3]Department of Mechanical Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon 16419, Republic of Korea

P-32 **Solution-Processed Flexible IZO Transistor for Wearable Electronics**
Soyoung Park, Dong-Wook Shin†, Hyeon Seok Bae, Tae Kyu Nam, Changmin An, Youngju Hong, Yeonju Jang, Davis Jacob Inbaraj, Jong Beom Ko
Department of Materials Science and Engineering, Hanbat National University, Daejeon 34158, Republic of Korea

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 09:00~12:00

진행: 이종수(DGIST)

P-33 **A Novel Method for Graphene Synthesis via Self-Supplying Carbon from Gallium Nanoparticles**
이한주, 금현성†
Yonsei University

P-34 **비정질 탄소 단층을 이용한 MOS 소자 반도체-산화막 계면 vdW 계면층**
안동규[1], 이상엽[1,2†], 정상현[2], 채수혁[1], 박연주[1], 구민승[1], 김윤기[1], 오용준[1]
[1]국립한밭대학교 신소재공학과; [2]국립한밭대학교 소재시스템공학과

P-35 **탄소 원자의 형태 제어 및 전기적 특성**
정상현[1], 안동규[2], 채수혁[2], 박연주[2], 이상엽[1,2†], 김윤기[2], 오용준[2]
[1]국립한밭대학교 소재시스템공학과; [2]국립한밭대학교 신소재공학과

P-36 **Advancing top-gate and dual-gate ZrOx/IZO thin-film transistors through tailored UV solution processing and optimized chemical components**
최유나[1], 조성운[2], 조형균[1†]
[1]성균관대학교 첨단디스플레이공학과; [2]국립순천대학교 첨단부품소재공학과

P-37 **Development of high efficiency microwave-quantum-optical conversion device**
Hyun M. Jeon, Hyun S. Kum†
Solid State Convergence Laboratory, School of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University

P-38 **Next-Generation 3D Integration Platforms Utilizing Stacked Transparent Flexible AgNWs/Graphene/PDMS Electrodes**
Hyunho Yang, Hyun S. Kum†
Solid State Convergence Laboratory, School of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University

P-39 **High-quality KTN nanomembranes via buffer engineering towards efficient electro-optic modulation**
Seongheon Jung, Hyun S. Kum†
Department of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University, Seoul, South Korea

P-40 **High-performance Flexible Ferroelectric Transistors via Chemical Lift-off of Perovskite Heterostructures**
JangHo Yoon, Hyun S. Kum†
Department of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University, Seoul, South Korea

P-41 **Low-Temperature graphitization Pathway to High-Mobility Semiconducting Graphene on SiC**
Se H. Kim, Hyun S. Kum†
Department of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University, Seoul, South Korea

P-42 **Optimization of YIG/Pt/YIG Magnon Valve Structure for Magnetic Memory Application**
김동인[1], 소주원[1], 이하린[1], 이우빈[1], 정종율[1,2†], Troung Hong Cuong[1]
[1]충남대학교; [2]Graduate School of Energy Science and Technology

P-43 **Electrochemically Deposited Amorphous Cu_2O Thin Film Embedded with Ultrafine Cu Nanoparticles for Synaptic Memory Devices in Neuromorphic Computing**
오예성[1], 이건웅[1], 조성운[2], 조형균[1†]
[1]성균관대학교 신소재공학과; [2]국립순천대학교 첨단부품소재공학과

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 09:00~12:00

진행: 이종수(DGIST)

P-44 **Enhanced SiO_2 Polishing through Radical Oxidation and Halide-Modified Ceria Abrasives in CMP**
이혜민, 송윤흡†
한양대 융합전자공학과

P-45 **PEO 공정에 의하여 알루미늄 합금의 표면에 형성된 세라믹 층의 특성에 대한 연구**
박덕용†, 윤필근
국립한밭대학교 신소재공학과

P-46 **Fabrication and Electrical Characterization of $ZrSe_3$-Based Field-Effect Transistors**
Pan Gum Jung[1], Kwang Pil Park[1†], Changlim Woo[2], Hanna Jang[1]
[1](재)녹색에너지연구원; [2]조선대학교

P-47 **Controlled Fabrication of C8-BTBT Single-Crystal Micropatterns Using a Single-Mold SCEP Strategy**
권세은†
한남대학교

P-48 **Surface Charge-controlled h-BN for Binder Free Layer-by-Layer Coatings for Thermal Conductivity Modification**
Sohui Choi[1,2], Daeho Yoon[2], Soonmin Yim[1†]
[1]Thin Film Materials Research Group, Korea Research Institute of Chemical Technology, Daejeon 34114, Republic of Korea; [2]School of Advanced Materials Science and Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746, Republic of Korea

P-49 **Analysis of Channel Resistance and Conductivity under Mechanical Strain in Polymer Semiconductors Using the Y-Function Method**
Hyunjong Lee, Chanho Jeong, Insung Choi, Sohee Kim, Eunki Baek, Byeongha Gong, JongKwon Lee, Dongwook Kim, Jaehoon Park, Youngjun Yun†
Hallym University

P-50 **Development and efficiency evaluation of MOF-based dendritic drug delivery system enhancing bioavailability of resveratrol**
김수지, 홍상은, 윤국노†
한남대학교 화학과

P-51 **Characterization of Cu-Decorated CeZr Nanoparticles and Effect on Oxidative Stress**
심규리, 홍상은, 윤국노†
한남대학교 화학과

P-52 **Concentration Dependent Manganese Doping on Ultrasmall Ceria-Zirconia Nanoparticles for Enhanced ROS Scavenging**
조효진, 홍상은, 윤국로†
한남대학교 화학과

P-53 **Cytoprotective Single-Cell Nanoencapsulation of Probiotics under Gastrointestinal Stress**
박미진, 홍상은, 윤국노†
한남대학교 화학과

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 09:00~12:00

진행: 이종수(DGIST)

P-54 **Hybrid Nanomesh Electronics with Rigid Islands and PEDOT:PSS Temperature Sensors for Stable Wearables**
Hyeonjoo Park, Taeyoon Lee†
Nano Bio Device Lab, School of Electrical and Electronic and Engineering, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea

P-55 **Nanomesh-Structured Laser-Engraved Graphene Electrodes for Minimally Invasive Neurotransmitter Biosensing**
Jeong Soo Kim, Sungjoon Cho, Taeyoon Lee†
Yonsei University

P-56 **적응형 메타구조를 위한 광센서 배열 기반 모션 트래킹**
신규리, 박윤석†
경희대학교 신소재공학과

P-57 **장기 표적화가 가능한 생분해성 마이크로니들 기반 약물 전달 시스템**
최찬영, 박윤석†, 유정민
경희대학교 신소재공학과

P-58 **이식형 자기 패치를 이용한 머신러닝 기반 심장 운동 추적**
이선진, 박윤석†
경희대학교 신소재공학과

P-59 **물리적 앵커링을 통한 3차원 메조구조의 좌굴 유도 조립**
허연희, 정구윤, 유정민, 박윤석†
경희대학교 신소재공학과

P-60 **Tissue-Level Soft Multichannel Neural Probes of Liquid Metal for In-vivo Mapping of Ischemic Stroke-Induced Brain Network Reorganization**
김은민, 박장웅†
연세대학교 신소재공학과

P-61 **Smart contact lens for continuous intraocular monitoring**
서훈규, 박장웅†
연세대학교 신소재공학과

P-62 **Tunable Mechanical Properties in Hydrogel for Regenerative Tissue Remodeling**
류혜지[1,2], 강동현[2], 전진영[1,2], 김상우[1,2†]
[1]연세대학교 신소재공학과; [2]연세대학교 인간지향 마찰전기 에너지 하베스팅 연구단

P-63 **자기장 제어 기반 선택적 재구성이 가능한 기계 논리 게이트**
정동규, 유정민, 정구윤, 박윤석†
경희대학교 신소재공학과

P-64 **신체 내부 의료용 임플란트에 에너지를 공급하기 위한 자기장 구동형 Triboelectric nanogenerator**
김준엽, 박윤석†
경희대학교 신소재공학과

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 09:00~12:00

진행: 이종수(DGIST)

P-65 **PZT 기반 모듈러스 분석을 이용한 바이오 임피던스 기반 상처 치유 모니터링 시스템 개발**
정지유, 박윤석†
경희대학교 신소재공학과

P-66 **Improving the electrochemical stability of direct-spun CNTF artificial muscles**
이재원[1,2], 박채린[2,3], 서원용[2,3], 김시형[2,3†]
[1]성균관대학교; [2]한국생산기술연구원; [3]한양대학교

P-67 **자기 부상 메타표면을 활용한 다기능 인간 상호작용 플랫폼**
유정민, 정구윤, 박윤석†, 신규리, 정동규
경희대학교 신소재공학과

P-68 **소(Cow)의 심막유래 세포외기질(ECM)기반 치주조직 재생유도재의 최적조건 확립연구**
Hyun Su Park[1,2], Ji Eun Kim[1], Hee Jin Song[1], Ayun Seol[1], You Jeong Roh[1,2], Tae Ryeol Kim[1,2], Eun Seo Park[1], Ki Ho Park[1], Su Jeong Lim[1], Su Ha Wang[1], Byung Soo Kim[2], Yun Ji Yun[2], Dae Youn Hwang[1†]
[1]Department of Biomaterials Science (BK21 FOUR Program), College of Natural Resources & Life Science, Pusan National University, Miryang 50463, Korea; [2]DENTIS CO., LTD., Daegu 41065, Korea

P-69 **Consistent tactile perception with transparent electrotactile device through interference stimulation and pressure-sensitive transistors**
박장웅†, 오명재
Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University, Seoul 03722, Republic of Korea

P-70 **인쇄 공정 기반 기능성 잉크를 활용한 유연 심전도 패치 제작 및 성능 평가**
정현윤, 김현범, 김수완, 고정범, 박성현†
한국생산기술연구원

P-71 **Soft Retinal Prosthesis with Liquid-Metal 3D Microelectrode Arrays for Vision Restoration**
Won Gi Chung, Sanghoon Lee, Jang-Ung Park†
Department of Materials Science & Engineering, Yonsei University, Seoul 03722, Republic of Korea

P-72 **Personalized Uric Acid Monitoring via Smart Contact Lens-Trained AI for Device-Free Prediction**
Hayoung Song, Dayeon Kim, Jayoung Kim†, Jang-Ung Park†
Yonsei University

P-73 **Multimodal real-time organoid monitoring platform for assessing viability and neural connectivity**
정인혜, 박장웅†
연세대학교 신소재공학과

P-74 **Direct printing of soft intraspinal electronics for stable restoration of locomotion**
Sanghoon Lee, Eunmin Kim, Jang-Ung Park†
Department of Materials Science & Engineering, Yonsei University, Seoul 03722, Republic of Korea

P-75 **Non-Invasive Depression Neuromodulation Using Contact Lens Stimulation with AI-Based Evaluation**
박원정, 백준호, 서훈규, 박장웅†
연세대학교

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 09:00~12:00

진행: 이종수(DGIST)

P-76 **Grain boundary targeted dewetting for low adhesion graphene transfer printing strategy**
Ju hyun Kim, Tae won Nam†
Pusan National University

P-77 **오픈 메쉬 섬유와 표면제어 그래핀옥사이드를 이용한 비자극성 · 통기성 인체 체온 측정 디바이스**
안도현, 이정우†, 강현진
부산대학교

P-78 **Core-Shell Structured MXene/Polymer Nanofiber Composites with ALD-based Conformal Coating for High-Performance EMI Shielding**
백수연[1,2†]
[1]한국화학연구원; [2]성균관대학교

P-79 **중공 다공성 구조를 갖는 실리카 나노입자의 장기적 충방전 안정성에 관한 연구**
이정훈, 심인보†
국민대학교

P-80 **실시간 분광법과 DLTS를 통한 페로브스카이트 태양전지의 국소 할라이드 분리 및 결함 동역학 규명**
전우경[1], 최항열[1], 전수웅[2], 윤요한[1†], 박지상[3], 노준홍[2†]
[1]한국항공대학교; [2]고려대학교; [3]성균관대학교

P-81 **Pyroelectric 기반 ZnO/NiO 이종접합 투명 광검출기의 응답 특성**
조예빈, 김준동†
인천대학교

P-82 **수상 · 수중 태양광 발전 기술 전망: FPV에서 UWPV로의 확장 가능성**
고성진[1], 조승희[1], 이정현[2], 김준동[1†]
[1]인천대학교 전기공학과, [2]인천대학교 차세대에너지융합연구소(MCIFE)

P-83 **Enhanced Performance of Perovskite Solar Cells via Reactive Ion Etching Treatment of ALD-SnO_2 Electron Transport Layers**
Yuna Choi, Taewoong Kim†
Konkuk University

P-84 **Development of a multi-functional mesoporous TiO2-based ETL via Cu-loading for high-efficiency hybrid perovskite solar cells**
Ji Yoon Kim, Nasrin Siraj Lopa, Tae Woong Kim†
Konkuk University

P-85 **Droplet-based Electricity Generators (DEGs)를 통한 직류 전력 하베스팅**
김세진, 최건주, 손상현, 박일규†
서울과학기술대학교(SEOULTECH)

P-86 **Magneto-mechano-electric conversion generator via hybridizing piezoelectric and electromagnetic induction effects for IoT applications**
황건태†
국립부경대학교 재료공학전공

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 09:00~12:00

진행: 이종수(DGIST)

P-87 **The Effect of Austenite and Ferrite Phase Fraction on the Electrochemical Properties of Ag-Coated Super Duplex Stainless Steel**

Yelee Paeng[1], Shinho Kim[1], Seung Hun Lee[1], Sanghun Lee[1], Sung-bo Heo[2], Byung-Hyun Shin[3†], Yangdo Kim[1†]

[1]Department of Materials Science and Engineering, Busan 46742, Rpublic of Korea; [2]Advanced hybrid production technology center, Korea Institute of Industrial technology, yansan-si 50623, Republic of Korea; [3]Yeongnam Regional Center, Rpublic of Korea, Korea basic science institute, Busan 46742, Rpublic of Korea

P-88 **Characterization of Zinc Titanate Nanocomposites Prepared by Various Method**

박태균, 김경남†

강원대학교

P-89 **Ni-Mn Based Disordered Rock-Salt Cathodes with Improved Kinetics and Voltage Stability for Lithium-Ion Batteries**

Hyejin Choi[1,2], Chunjoong Kim[2], Kyojin Ku[1†]

[1]Hanbat National University; [2]Chungnam National University

P-90 **Reproducible Wide Bandgap Perovskites by MACl Driven Nucleation Control and Additive Volatilization**

Jaehyuk Koh, Dayeon Woo, Byungha Shin†

Department of Materials Science and Engineering, KAIST, Daejeon, Korea

P-91 **페로브스카이트 태양전지 효율 극대화를 위한 제조공정 관련 변수 최적화 연구**

박훈†, 이재민

한국과학기술정보연구원 데이터분석연구본부 기술지능연구팀

P-92 **Investigation of Mechanoluminescent Behavior in Eu+Dy Co-doped $SrAl_2O_4$ for Light Tracer Applications**

Young Seung Choi[1], Chaeyoun Kim[1], Seoyeon Park[1], Seongju Park[1], Sung-Jin Yang[2], Ji-seong Go[2], Byungha Shin[1†]

[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology; [2]풍산방산기술연구원

P-93 **Exploring Thermoluminescent Characteristics and Developing Light Tracers with Na+Dy Co-doped MgB_4O_7**

Chaeyoun Kim[1], Youngseung Choi[1], Seoyeon Park[1], Seongju Park[1], Sung-Jin Yang[2], Ji-seong Go[2], Byungha Shin[1†]

[1]한국과학기술원 신소재공학과; [2]풍산 방산기술연구원 직사체계팀

P-94 **일방향 관측가능 예광탄을 위한 기계발광 $SrAl_2O_4$:Eu의 심층 트랩 도핑**

박서연[1], 김채연[1], 최영승[1], 박성주[1], 신병하[1†], 양성진[2], 고지성[2]

[1]한국과학기술원 신소재공학과; [2]풍산 방산기술연구원 직사체계팀

P-95 **Poly(sulfobetaine Methacrylate) 적용 연료극 촉매층을 통한 저습도 환경 PEMFC 성능 향상**

이덕현†

국립경국대학교

P-96 **그래디언트 다층 촉매 구조를 이용한 고성능 고분자전해질 연료전지**

이덕현†

국립경국대학교

P-97 **SiC 표면에 그래핀을 코팅하기 위한 바이오 매스 열분해 공정 연구**

원유빈[1], 허준[2], 윤혁준[2], 이다운[1], 함유정[1], 최순목[1†]

[1]한국기술교육대학교 에너지신소재화학공학부; [2]한국기술교육대학교 일반 대학원 에너지신소재공학과

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 09:00~12:00

진행: 이종수(DGIST)

P-98 **Ethanol-Assisted Growth of α-MnO2 Nanorods for High-Performance Aqueous Zinc-Ion Batteries**
Shital Sadashiv Bachankar, Taeksoo Ji†
Department of Intelligent Electronics and Computer Engineering, Chonnam National University, Gwangju, 61186, South Korea

P-99 **Heterostructure and Fe-Doping synergy in Ni2P catalyst for energy efficient Urea-Assisted water splitting.**
Jadhav Ruturaj Vyankatrao, Jin Hyeok Kim†
Optoelectronics Convergence Research Center and Department of Materials Science and Engineering, Chonnam National University, Gwangju, South Korea

P-100 **Machine Learning Identification of Surface and Bulk Compositional Descriptors Governing Kesterite Solar Cell Performance**
이상훈, 김양도†, 김신호, 이승훈
School of Materials Science and Engineering, Pusan National University, Busan 46241, Republic of Korea

P-101 **전기화학적 이산화탄소 환원 촉진을 위한 주석 기반 금속 유기골격체의 비정질화 조건 최적화**
김하연[1], 정시우[1], 고예서[1], 서지연[2†]
[1]Korea Science Academy of KAIST; [2]Department of Nano Fusion Technology, Pusan National University, Busan, Korea

P-102 **도핑 프리커서 조절에 의한 질소 도핑 사이트 제어된 에너지 저장 전극 구조 설계**
김정연, 장하나, 안효진†
서울과학기술대학교 신소재공학과

P-103 **전자구조 조절을 통한 전이 금속 기반 촉매의 AEM 수전해 성능 향상 연구**
이승훈[1], 김양도[2†], 박유세[3]
[1]부산대학교 재료공학과; [2]부산대학교 재료공학부; [3]부산대학교 나노에너지공학과

P-104 **Co/Zn 이종 금속기반 ZIF-drived porous Co@NC를 이용한 수전해 촉매 연구**
윤수현[1], 안철현[1†], 김영우[1], 표준연[2], 조은빈[1]
[1]국립 강릉원주대학교 세라믹신소재 전공; [2]국립 강릉원주대학교 재료공학과

P-105 **고온 열전모듈용 이종 금속 접합을 위한 Ni-Sn계 전이액상소결 페이스트 설계**
함유정, 이경호, 윤혁준, 원유빈, 문소연, 최순목†
한국기술교육대학교 에너지신소재화학공학과

P-106 **하이브리드형 고체산화물연료전지를 위한 펠렛형 연료극 개발 연구**
김영우[1], 표준연[2], 안철현[1,2†]
[1]국립강릉원주대학교 신소재·생명공학부 세라믹신소재전공; [2]국립강릉원주대학교 재료공학과

P-107 **Strategic Approach to Stabilizing High-Nickel Cathodes via Electron-Donating PECA Coating for High-Voltage Lithium Metal Batteries**
윤시현[1], 김유상[1], 김연상[1,2,3†]
[1]Department of Chemical and Biological Engineering, Seoul National University; [2]Program in Nano Science and Technology, Graduate School of Convergence Science and Technology, Seoul National University; [3]Advanced Institute of Convergence Technology, Republic of Korea

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 09:00~12:00

진행: 이종수(DGIST)

P–108 **전착법을 활용한 조성제어된 Co–Fe Oxyhydroxide 촉매의 물분해 특성 분석**
표준연[1], 조은빈[2], 안철현[1,2†]
[1]강릉원주대학교 재료공학과; [2]강릉원주대학교 신소재·생명화학공학부 세라믹신소재전공

P–109 **전기화학 에너지소자의 기공구조 구현을 위한 증착공정 연구**
원일호, 최우찬, 이동건, 구본율[†]
국립강릉원주대학교 신소재·생명화학공학부 세라믹신소재공학전공

P–110 **Microwrinkled Carbon Nanotube Sheets Inspired by Gastric Folds for Multidirectional Biomechanical Energy Harvesting**
권순성[1,2], 오성재[1], 김현지[1,2], 김시형[1†]
[1]한국생산기술원 인간중심생산기술연구소; [2]한양대학교 HYU–KITECH 공동학과

P–111 **Hierarchical Interface Optimization for Stable Lithium Metal/Inorganic Solid Electrolyte Interfaces with a p–type TeO_2 Interlayer**
윤예지[1], 김유상[1], 김연상[1,2,3†]
[1]Department of Chemical and Biological Engineering, Seoul National University; [2]Program in Nano Science and Technology, Graduate School of Convergence Science and Technology, Seoul National University; [3]Advanced Institute of Convergence Technology, Republic of Korea

P–112 **Unveiling Water–Motion Driven Ionovoltaic Mechanism in Organic Semiconductor and its Performance Enhancement through Carrier Density Modulation**
박진연, 김연상[†]
Department of Chemical and Biological Engineering, Seoul National University

P–113 **Solvent–Phobic Matrix to Protect Lithiophilic Seeds for Highly Reversible Anode–Free Lithium Metal Batteries**
최원준[1], 김유상[1], 김연상[1,2,3†]
[1]Department of Chemical and Biological Engineering, Seoul National University; [2]Program in Nano Science and Technology, Graduate School of Covergence Science and Technology, Seoul National University; [3]Advanced Institute of Convergence Technology, Republic of Korea

P–114 **NiSSe on Ni Foam Synthesized by Electrodeposition–CVD for Supercapacitor Electrodes**
조석진[1], 서형탁[1,2†]
[1]Department of Energy Systems Research, Ajou University, Suwon, 16499, Republic of Korea; [2]Department of Materials Science and Engineering, Ajou University, Suwon, 16499, Republic of Korea

P–115 **SrCo1–xRuxO3–d 페로브스카이트 촉매 합성 및 암모니아 분해 성능 평가**
김영무[1], 정준희[2], 김동하[1], 권병완[2†], 최선우[1†]
[1]강원대학교 기능소재공학과; [2]강원대학교 에너지화학공학과

P–116 **Enhancement of electricity generation from water–graphene interactions through the use of ferroelectric materials**
Yunsu Jang, Hyun S. Kum[†]
Solid State Convergence Laboratory, School of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 09:00~12:00

진행: 이종수(DGIST)

P-117 **Fabrication of Quasi-Solid-State Electrolytes using Polymer/Ceramic Composite on PE Separator for Li-ion Batteries**
김종식, 박형록, 장덕례†
한국생산기술연구원

P-118 **이차전지 건식 전극용 변성 폴리프로필렌계 바인더 소재 개발**
김대인, 윤승호†
(주)투에이취켐

P-119 **Tolerant glycerol electrooxidation on PtBi derived from photoactive BiOI nanosheets**
이학현, 최지훈, 조형균†
성균관대학교 신소재공학과

P-120 **Lithium ion batteries for improving cycle stability using Silicon anode with polymer-ceramic composite thin film as protective layer**
윤건웅, 박형록†, 장덕례†
Gwangju Research Center, Korea Institute of Industrial Technology, Gwangju 61012, Republic of Korea

P-121 **알루미늄 이온전지의 Fluorobenzene 전해질 첨가제 및 황화물계 양극재에 따른 전기화학적 특성 연구**
윤창성[1], 최유송[1,2†]
[1]과학기술연합대학원대학교; [2]국방과학연구소

P-122 **전도성 탄소복합체 기반 프라이머를 이용한 양극 성능 최적화**
이혜주, 윤태영†
한국전자기술연구원

P-123 **열적 산화 처리된 MWCNT 기반 양극 도전용 분산액 연구**
김상민, 양우석†
한국전자기술연구원

P-124 **가정용 전자레인지를 이용한 다양한 금속 및 금속 산화물 – 1차원 탄소 복합 소재 합성 및 전기 촉매 응용**
진해원[1], 김성구[2†], 이재근[2]
[1]한남대학교 공과대학 나노반도체공학과; [2]한남대학교 공과대학 화공신소재공학과

P-125 **Sb-Doped Cu_2O Thin Films as Sustainable Charge-Inducing Layers for Flutter-Driven Triboelectric Nanogenerators**
Shenawar Ali Khan, Raut Akash Prakash, More Akash Bharat, Hye Jin Jo, Sung Woon Cho†
Department of Advanced Components and Materials Engineering, Sunchon National University

P-126 **Elucidating the Impact of Impurities on Lithium-ion Battery Performance via ICP-based Reliability Assessment**
박재성(Jaesoung Park)†
구미전자정보기술원(Gumi Electronic and Information Technology Research Institute (GERI))

P-127 **Precision and Recovery Validation of ICP-based Impurity Analysis for Lithium-ion Battery Materials**
박재성(Jaesoung Park)†
구미전자정보기술원(Gumi Electronic and Information Technology Research Institute (GERI))

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 09:00~12:00

진행: 이종수(DGIST)

P-128 **Facile synthesis of reduced graphene oxide with stable dispersibility to fabricate silicon composite anodes for Lithium-ion Batteries**
박효원, 윤태영†
한국전자기술연구원

P-129 **실리콘 음극재 성능 향상을 위한 고전도성 2차원 나노소재(MXene) 표면 코팅 연구**
김승희, 윤태영†
한국전자기술연구원

P-130 **In Situ Porphyrin-Assisted Interfacial Engineering for High-Performance and Durable Perovskite Solar Cells with Electrochromic Integration**
Haoran Zhou, Hoon Kang, Sungmin Oh, Tae Hoon Park, Sung Ho Kang†, Yekyung Kim†
Advanced Institute of Convergence Technology

P-131 **Rational Design Strategy of Co-self-assembled Monolayers for High-efficiency and Stable Inverted Perovskite Solar Cells**
Sung Ho Kang†, Haoran Zhou, Hoon Kang, Yekyung Kim, Sungmin Oh, Tae Hoon Park
Advanced Institute of Convergence Technology, Seoul National University

P-132 **비조사 지르코늄 합금 피복관의 내압피로 성능 시험**
홍석우†, 장정남, 김성근, 김도식
한국원자력연구원

P-133 **배터리 가혹 환경 노출에 따른 안전성 및 성능 분석**
신동요†, 구봉준, 박노신, 정대순, 이다혜, 김영구, 박해철, 장소현, 이상헌, 변상희
충북테크노파크 차세대에너지센터

P-134 **Effect of Chromium Coating on the Oxidation Resistance and Mechanical Behavior of ATF Cladding**
김재한†, 김수호, 김효찬
Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI)

P-135 **액화수소용 고망간강 용접부의 저온 물성 평가**
김지성†, 강태영
한국조선해양기자재연구원

P-136 **An Ultraflexible Hierarchical SiOx/rGO/CNT Fiber Anodes for efficient wire-shaped energy devices**
Jang Hee Kim[1], Hyeon Ji Jeong[1], Ryun Kyeong Lee[1], So Yeon An[1], Jae Eun Jin[1], Jun Ui Song[1], Jae Gyu Ahn[1], Cheng Ai Li[1], Jeoung Guk Seo[2], Jeong Kyu Kim[2], Sung Ho Song[1†]
[1]Division of Advanced Materials Engineering, Kongju National University, Cheonan, Republic of Korea; [2]CNT solution

P-137 **Harmonized Bronze/Anatase/Rutile Multiphase TiO_2-Carbon Anodes Derived from Ti-Based Metal-Organic Frameworks for Improved Lithium-Ion Battery Performance**
Won Seok Yang[1], Dong Su Kim[2], Cheol Hyoun Ahn[3], Hyung Koun Cho[1†]
[1]School of Advanced Materials Science and Engineering, Sungkyunkwan University (SKKU); [2]Department of Chemical & Biomolecular Engineering and Department of Chemistry, University of California, Berkeley; [3]Department of Advanced Materials and Biochemical Engineering, Gangneung-Wonju National University

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 09:00~12:00

진행: 이종수(DGIST)

P-138 **초고속 광열 합성을 통한 금속 담지 그래핀 제작 및 물 전기분해 응용**
최수정, 이정우†
부산대학교

P-139 **Enhanced Mechanical and Proton Conducting Properties of Crosslinked Sulfonated Poly(Ether Ether Ketone)/Cellulose Acetate Membranes Using Sulfosuccinic Acid for PEMFC Applications**
이동준, 배인성†
한남대학교 신소재공학과

P-140 **Sb-doped quasi-solid electrolyte for sodium ion batteries**
Jingya Wang[1], Siyeon Joo[1], Shinyoung Kim[1], 이동윤[2†]
[1]부산대학교 나노융합기술학과; [2]부산대학교 나노에너지공학과

P-141 **금속 산화물 입자 제조 방법에 따른 특성과 글루코스 센서 및 소듐 이차전지 음극재 응용 연구**
김민석[1], Jingya Wang[1], 이나경[1], 이동윤[2†]
[1]부산대학교 나노융합기술학과; [2]부산대학교 나노에너지공학과

P-142 **Crosslinked Zwitterionic Proton Exchange Membranes with Enhanced Water Retention and Proton Conductivity**
박범서†
Hannnam University

P-143 **상장모델 기반 소자 시뮬레이션을 이용한 양극성 저항 메모리의 전도성 필라멘트 거동 해석**
오진우, 정동명, 권용†
홍익대학교

P-144 **분자동역학 시뮬레이션을 통한 $CsPbI_3$ 저차원 나노 구조의 γ-δ 상전이 연구**
최성호, 조서희, 홍기하†
Department of Materials Science and Engineering Hanbat National University, Republic of Korea

P-145 **Exploration of Dopant Candidates for p-type Doping in Sb_2Se_3 with Density Functional Theory**
Min Jun Kim, Ki-Ha Hong†
Department of Materials Science and Engineering Hanbat National University, Republic of Korea

P-146 **Identifying Optimal Electrodes for Ferroelectric HfO_2 Devices: A DFT Interface Study**
채종수, 홍기하†
Department of Materials Science and Engineering Hanbat National University, Republic of Korea

P-147 **Active learning based design of M-N-C single atom catalysts**
Janghyeon Oh, Yeonwoo Do, Seokho Lee, Seohee Jang, Kihyun Shin†
Department of Materials Science and Engineering, Hanbat National University

P-148 **Strain-Dependent Adsorption Energy Prediction Using Machine Learning**
Younghyun Choi, Eujin Kim, Girim Park, Kihyun Shin†
Department of Materials Science and Engineering, Hanbat National University

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 09:00~12:00

진행: 이종수(DGIST)

P-149 **Effect of Coordination Number and Hydrogen Variation on the Adsorption Energies of Pb-Labeled DOTA Complexes**
Seokho Lee, Seohee Jang, Janghyeon Oh, Yeonwoo Do, Kihyun Shin†
Department of Materials Science and Engineering, Hanbat National University

P-150 **DFT Investigation of Bi-Doped IrO_2 and Bi_3TaO_7 Oxides for Enhanced Oxygen Evolution Catalysis**
Seohee Jang, Janghyeon Oh, Yeonwoo Do, Seokho Lee, Kihyun Shin†
Department of Materials Science and Engineering, Hanbat National University

P-151 **Electrochemical Urea Synthesis via CO_2/NO_3^- Co-Reduction**
Yeonwoo Do, Seokho Lee, Seohee Jang, Janghyeon Oh, Kihyun Shin†
Department of Materials Science and Engineering, Hanbat National University

P-152 **사전학습된 기계학습 포텐셜을 활용한 C9N10 기반 HER 촉매의 고속 스크리닝**
송미령[1], 정지수[2†], 이웅[1†]
[1]국립창원대학교 신소재공학과; [2]한국세라믹기술원

P-153 **Phase Field Modeling of Multi-flake 2D Materials**
Muhammad Hassaan Ali, Yongwoo Kwon†
Hongik University

P-154 **XPS 분석에서 딥러닝을 이용한 성분 예측 연구**
빈정수[1,2], 지현배[1,2], 이연승[2†]
[1]빈지표면분석; [2]국립한밭대학교 정보통신공학과

P-155 **원자로 배관의 장기간 이용을 위한 STS 316계 표면 위 도금막 최소 두께 형성 연구**
기다정[1], 김승완[1], 조원준[1], 김수영[1], 남승주[1], 지현배[1], 빈정수[1], 이연승[1†], 김정한[2†]
[1]국립한밭대학교 정보통신공학과; [2]국립한밭대학교 신소재공학과

P-156 **인공지능 기반 무전해 도금막 실시간 결함 검출 시스템 구축에 관한 연구**
김승완[1], 기다정[1], 이희정[1], 지현배[1], 빈정수[1], 이연승[1†], 김정한[2†]
[1]국립한밭대학교 정보통신공학과; [2]국립한밭대학교 신소재공학과

P-157 **Intergrated phase-field simulation of thin-film growth and crystallization**
이환욱, Yongwoo Kwon†
Hongik university

P-158 **선박 구조용 저합금 고장력강의 용접해석시 냉각속도 제어에 따른 영향**
김지성†, 추진훈, 민성환, 정경국
한국조선해양기자재연구원

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 14:00~17:00

진행: 이종수(DGIST)

포스터발표 II

P-159 **Assessment and Reinforcement of Photovoltaic Power Structures under Sustained Wind Loads for Enhanced Structural Safety**
Kwang Pil Park†, Pan Gum Jung†, GOUN PARK
(재)녹색에너지연구원

P-160 **Microstructure evolution and plastic anisotropy of AA 6082 alloy processed by combination of hot extrusion and rolling**
Kyo-Min Kwon, Hye-In Lee, Dong-Kyu Kim, Dae-Young Kim, Young-Gil Jung†, Se-Hoon Kim†
Advanced Structural Materials R&D Center, Korea Automotive Technology Institute (KATECH)

P-161 **개질화 원소 첨가 및 주조 온도에 따른 Al-Si/Cu 바이메탈의 계면 반응층 제어**
임하윤[1,2], 김병주[3], 천현석[1,2], 김수현[1†], 이욱진[2†]
[1]한국재료연구원; [2]부산대학교; [3]중소조선연구원

P-162 **인발가공에 의해 제조된 Al-Fe계 합금의 미세조직 및 기계적 특성 평가**
허현준, 임기현, 이성희†
국립목포대학교 신소재공학과

P-163 **열간 단조 금형소재 SKD61의 질화층 두께 예측 모델 개발**
정기호†, 전동술, 안경준
한국생산기술연구원

P-164 **냉간압연접합 및 어닐링에 의한 AA1050/AA6061 층상판재의 기계적 특성 향상**
임기현, 허현준, 이성희†
국립목포대학교 신소재공학과

P-165 **Structural and crystallographic analysis of Sintered Silicon Carbide by Hot Isostatic Pressing**
KAMBLE GIRISH, Seong Ha Hwang, Jin Hyeok Kim†
Department of Materials Science and Engineering and Optoelectronics Convergence Research Center, Chonnam National University

P-166 **고출력 플라즈마 환경 대응을 위한 고엔트로피 탄화물 세라믹의 개발 및 성능 평가**
김용준, 송도원†, Nafees Hassan, 김민수, 김운서, 배경렬, 박상민, 박정환, 서정민, 배승현, 이예섭, 용혜민, 강재현
국립금오공과대학교

P-167 **Y_2O_3-Al_2O_3 계 화합물(YAG, YAP, YAM)의 플라즈마 식각 거동 및 결정구조적 영향 분석**
이예섭, 송도원†, Nafees Hassan, 김민수, 김운서, 배경렬, 박상민, 박정환, 서정민, 배승현, 김용준, 용혜민, 강재현
국립금오공과대학교

P-168 **DCPD를 이용한 CCT시험편의 파괴인성시험**
김태영†
KAERI

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 14:00~17:00

진행: 이종수(DGIST)

P-169 **차세대 열차폐코팅을 위한 고엔트로피 RE_2FeTaO_7 산화물의 설계와 특성 평가**
배경렬, 송도원†, Nafees Hassan, 김민수, 김운서, 박상민, 박정환, 서정민, 배승현, 이예섭, 김용준, 용혜민, 강재현
국립금오공과대학교 재료공학부 신소재공학과

P-170 **CHARPY IMPACT TEST PROCEDURE IN HOT CELL**
김태영†
KAERI

P-171 **플루오린계 소결 조제를 이용한 AlN 세라믹의 소결성 및 물성 향상**
용혜민, Nafees Hassan, 김민수, 김운서, 배경렬, 박상민, 박정환, 서정민, 배승현, 이예섭, 김용준, 강재현, 송도원†
국립금오공과대학교

P-172 **UHS 공정을 통한 3C-SiC의 Hexagonal 상변화 유도와 플라즈마 저항성 향상**
배승현, Nafees Hassan, 김민수, 김운서, 배경렬, 박상민, 박정환, 서정민, 이예섭, 김용준, 용혜민, 강재현, 송도원†
국립금오공과대학교 신소재공학전공

P-173 **Ce-Zr-La-Sm-Nd-Y-Hf-Cr 기반 고엔트로피 산화물의 합성과 열차폐 코팅(TBC) 후보로써의 적용 가능성.**
박상민, Nafees Hassan, 김민수, 배경렬, 강재현, 김운서, 박정환, 서정민, 배승현, 이예섭, 김용준, 용혜민, 송도원†
국립금오공과대학교 재료공학부 신소재공학전공

P-174 **인공지능 기반 무전해 도금막 실시간 결함 검출 시스템 구축에 관한 연구**
김승완[1], 기다정[1], 이희정[1], 지현배[1], 빈정수[1], 이연승[1†], 김정한[2†]
[1]한밭대학교 정보통신공학과; [2]한밭대학교 신소재공학과

P-175 **고융점 · 안정 산화물 기반 고엔트로피 산화물(HEO)의 합성 및 반도체 플라즈마 식각 저항성 향상**
강재현, Nafees Hassan, 김민수, 김운서, 배경렬, 박상민, 박정환, 서정민, 배승현, 이예섭, 김용준, 용혜민, 송도원†
국립금오공과대학교 재료공학부 신소재공학과

P-176 **환경차폐코팅을 위한 고엔트로피 희토류 실리케이트의 설계 전략과 CMAS 저항성**
박정환, 배경렬, Nafees Hassan, 김민수, 김운서, 박상민, 서정민, 배승현, 이예섭, 김용준, 용혜민, 강재현, 송도원†
국립금오공과대학교

P-177 **수소 혼소 환경 모사 시험을 통한 가스터빈용 TBC 소재의 열화 거동 분석**
김운서, Nafees Hassan, 김민수, 배경렬, 박상민, 박정환, 서정민, 배승현, 이예섭, 김용준, 용혜민, 강재현, 송도원†
국립금오공과대학교

P-178 **격자 에너지 차이에 따른 고엔트로피 산화물의 플라즈마 식각 저항성 연구**
서정민, 김민수, Nafees Hassan, 이예섭, 강재현, 김용준, 배경렬, 김운서, 박상민, 박정환, 배승현, 용혜민, 송도원†
국립금오공과대학교 신소재공학전공

P-179 **Effect of Heat-Treatment on Mechanical Properties of STS316L at Cryogenic and Room-Temperatures**
이태호, 박민수, 장시영†
Korea Aerospace University (Department of Materials Science and Engineering, Republic of Korea, Goyang)

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 14:00~17:00

진행: 이종수(DGIST)

P-180 **Morphological transformation via self-aggregation of Au seeds for enhanced response and reliability in gas sensors**
송백, 심영석†, 조윤행
한국기술교육대학교

P-181 **Influence of Al content on the microstructure and mechanical properties of (CrFeNiCu)100-xAlx (x = 0 – 15 at.%) high entropy alloys**
Yusupov Dilshodbek, Muhammad Aoun Abbas, Kiran Shinde, Hae Jin Park, Sung Hwan Hong, Ki Buem Kim†
Sejong University, Department of Nanotechnology and Advanced Materials Engineering

P-182 **유형적 재료성질과 무형적 재료성질을 이용한 재료선택 방법: 보행보조기 사례연구**
송예영, 최재호†
국립강릉원주대학교 신소재·생명화학공학부

P-183 **아공정 알루미늄 주조 합금의 기계적 성질에 미치는 Sr과 Fe의 영향**
이상환†, 김효섭
한국생산기술연구원

P-184 **아공정 알루미늄 주조 합금에서 반응 온도 및 미세조직에 미치는 Sr과 Fe의 영향**
이상환†
한국생산기술연구원

P-185 **반도체 인라인 가스필터 제조용 STS 316L 분말의 물성 제어를 위한 플라즈마 표면처리 공정 연구**
성준규[1,2], 안치성[1†]
[1]한국생산기술연구원 주문형생산연구부문; [2]한양대학교 나노광전자공학과

P-186 **WAAM 공정에서 CTWD 변화와 전기적 신호를 활용한 적층 품질 및 제어 연구**
신현준[1,2], 천주용[1,2], 박영근[1], 이의찬[1], 지창욱[1†]
[1]한국생산기술연구원 스마트정형공정그룹 울산뿌리기술센터; [2]부산대학교 재료공학과

P-187 **4343/3003/4343 알루미늄 클래드재의 침식성에 미치는 심재 균질화 열처리의 영향**
정대한[1,2], 김형욱[1†], 어광준[1], 김원경[1]
[1]한국재료연구원; [2]부산대학교

P-188 **고온 비틀림 시험에서 Zn 함량이 Al-Zn-Mg 합금의 열간 가공성과 미세조직 변화에 미치는 영향**
임채림, 민병현, 손태오, 박현순†
인하대학교

P-189 **1.8 GPa급 30MnB5 강재의 정밀한 Al-Si 도금층 형상 제어에 따른 TWB 레이저 용접성 고찰**
전현욱[1,2], 천주용[1], 김재훈[1], 박정열[1], 김양도[2†], 지창욱[1†]
[1]한국생산기술연구원 스마트정형공정그룹; [2]부산대학교 재료공학과

P-190 **Terahertz Nanoscopy for Non-Destructive Detection of Perovskite Films**
Youngsoo Jang[1], Dante Ahn[1], Yusin Pak[2†], Minah Seo[3†], Hyun Seok Song[1]
[1]Nanophotonic System Research Center, Korea Institute of Science and Technology (KIST), Seoul 02792, Republic of Korea; [2]Jeonbuk National University (JBNU), Division of Advanced Materials Engineering, Jeonju 54896, Republic of Korea; [3]Sogang University, Department of Physics, Seoul 04107, Republic of Korea

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 14:00~17:00

진행: 이종수(DGIST)

P-191 **Self-clocking True Random Number Generator with Enhanced Stochasticity in Polymer-Blended Perovskite**
Minz LEE[1,2], Dante Ahn[1,3], Hyeonseok Song[1], Yusin Pak[4†]
[1]Nano-Photonic Systems Center, Korea Institute of Science and Technology (KIST), Korea.; [2]Department of Materials Science and Engineering, Korea University, Korea; [3]KU-KIST Graduate School of Converging Science and Technology, Korea University, Korea.; [4]Department of Materials Science and Engineering, Jeonbuk National University, Korea

P-192 **Light-Driven Reconfigurable Logic in a Monolithic Perovskite Device via Nonlinear Photoresponse Switching**
Dante Ahn[1,2], Hyun Seok Song[1,2], Yusin Pak[2,3†]
[1]Korea University, KU-KIST Graduate School of Converging Science and Technology, Seoul 02841, Republic of Korea; [2]Korea Institute of Science and Technology (KIST), Sensor System Research Center, Seoul 02792, Republic of Korea; [3]Jeonbuk National University (JBNU), Division of Advanced Materials Engineering, Jeonju 54896, Republic of Korea

P-193 **All-Solution-Processed Stretchable Quantum Dots LEDs**
이해성, 오누리[†]
Division of Materials Science and Engineering, Hanyang University

P-194 **Colloidal Synthesis of P-type Zn3As2 Nanocrystals with Tunable Polarity**
Seongchan Kim, Jaeyoung Seo, Younghoon Cho, Nuri Oh[†]
Hanyang University

P-195 **Metal Chloride-Based Precursor Design for SWIR Active InAs Quantum Dots**
Jaeyoung Seo, Seongchan Kim, Jina Na, Younghoon Cho, Haesung Lee, Nuri Oh[†]
Division of Materials Science and Engineering, Hanyang University

P-196 **발광성 광도파 시스템을 위한 셀룰로오스 기반 광활성 하이브리드 결정체 연구**
배성완[1], 부지영[1], 전강민[1], 김지연[2], 박동혁[1,2†]
[1]인하대학교 화학공학과; [2]인하대학교 바이오메디컬 사이언스 엔지니어링

P-197 **Phosphine-Free One-pot Synthesis of Ag_2Te/Ag_2Se Core/Shell Quantum Dots for Photodetector Applications**
Kokloku Benjamin Kwadzo, Jong-Soo Lee[†]
Department of Energy and Science and Engineering (DGIST) Daegu 42988, Republic of Korea

P-198 **Ultra-Uniform Stretchable OLED with Near-Zero Coefficient of Variation under Mechanical Deformation**
Sejin Kim[1], Chanhwi Kang[1], Donggyun Lee[2], Hanul Moon[3†], Seunghyup Yoo[1†]
[1]School of Electrical Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), Korea; [2]Querrey Simpson Institute for Bioelectronics, Northwestern University, United States; [3]Department of Semiconductor & Department of Chemical Engineering (BK21 FOUR Graduate Program), Dong-A University, Korea

P-199 **Optimization of Colloidal Quantum Dot Based Short Wavelength Infrared Photodiode with Ligand Engineering**
Ji-hoo So, Jong-Soo Lee[†]
Department of Energy Science & Engineering, DGIST, Daegu 42988, Republic of Korea

P-200 **Optical Co-Amplification of GaN Micro-LEDs through Nanorod Array Engineering**
김건영, 김성운, 이민석, 오정균, Bagavath Chandran, 엄하늘, 라용호[†]
전북대학교

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 14:00~17:00

진행: 이종수(DGIST)

P-201 **Circularly polarized luminescence from perovskite nanocrystals via surface passivation with chiral ligands**
권대성, 김재훈, 정진주, 이진범, 이승진†
한국에너지공과대학교

P-202 **Inorganic Matrix for Efficient and Stable Cd-Free ZnSeTe Quantum Dot Blue Light Emitting Diodes**
이진범, 정진주, 김재훈, 권대성, 이승진†
한국에너지공과대학교

P-203 **Eco-friendly Ag_2Te/Ag_2Se Core-Shell Colloidal Quantum Dots for SWIR Photodetectors**
Sang-Young Na, Jong-Soo Lee†, Ji-Hoo So
Department of Energy Science & Engineering, DGIST, Daegu 42988, Republic of Korea

P-204 **Overcoming the Luminescence Efficiency Limitations of InP Magic-Sized Clusters**
주창현[1], 연성범[1], 하재영[1], 박찬호[2], 김상규[2], Ivan Infante[3], 조힘찬[1,4†]
[1]Department of Materials Science and Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST); [2]Department of Chemistry, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST); [3]Ikerbasque Basque Foundation for Science; [4]Graduate School of Semiconductor Technology, School of Electrical Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST)

P-205 **Effect of Conjugated Structure of Crosslinkers in Direct Photo-Crosslinking**
최동현, 이종수†
Department of Energy Science & Engineering, DGIST, Daegu 42988, Republic of Korea

P-206 **Direct Patterning of Quantum Dots with Ring-Opening Polymerization of Surface Ligands for High-resolution QLED**
나지나, 오누리†
Division of Materials Science and Engineering, Hanyang University

P-207 **Direct Photo-Crosslinking Strategy for High-Resolution R/G/B Multilayer Quantum Dot Patterns**
Namji Lee, Donghyun Choi, Jong-Soo Lee†
Daegu Gyeongbuk Institute of Science and Technology (DGIST)

P-208 **Development of a Diaphragm-Type Pressure Sensor Based on the Piezoresistive Effect of CVD-Grown Multilayer Graphene**
Dae Yun Lim[1,2], Gi Young Hong[1], Eun Mi Kim[1†]
[1]Korea Institute of Industrial Technology; [2]Chonnam National University

P-209 **Electrically pumped Amplified spontaneous emission (ASE) in perovskite diodes**
조창순†, 유정환
Department of Materials Science and Engineering, Pohang University of Science and Technology

P-210 **Probing Organic Semiconductor Films and Interfaces via Neutron Reflectivity**
이준혁†
한국원자력연구원

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 14:00~17:00

진행: 이종수(DGIST)

P-211 **리간드-보조 재침전 합성 및 후속 리간드 치환을 통해 합성한 CsPbI3 나노결정 기반의 딥 레드 발광 다이오드**
류제헌[1], 명재민[2†]
[1]연세대학교 공과대학 디스플레이융합공학과; [2]연세대학교 공과대학 신소재공학과

P-212 **Enhanced Photon Recycling in Perovskite Light-Emitting- Diodes through Optimized Electrode Design**
정다연, 조창순[†]
포항공과대학교

P-213 **Amplified Spontaneous Emission and Distributed Feedback for Optimized Perovskite Laser Output**
조현중, 조창순[†]
포항공과대학교

P-214 **Effective Thickness-Controlled SiOxCy Films with Enhanced Moisture-Barrier and Structural Stability**
Younghoon Kim[1], Su Jin Kim[1,2], Eun Mi Kim[1†]
[1]Korea Institute of Industrial Technology; [2]Chonnam National University

P-215 **Interfacial Oxidation Approach to SiO_2 Thin Films with Improved Structural Integrity and Barrier Properties**
Su Jin Kim[1,2], Younghoon Kim[1], Eun Mi Kim[1†]
[1]Korea Institute of Industrial Technology; [2]Chonnam National University

P-216 **Photocleavable Ligand-Induced Direct Photolithography of InP-based Quantum Dots**
Jaehwan Lee, Seongbeom Yeon, Himchan Cho[†]
KAIST

P-217 **우주 환경 모사 조건에서 Deep Level Transien Spectroscopy(DLTS)를 이용한 페로브스카이트 태양전지의 결함 진화 및 안정성 평가**
전우경[1], 이진영[1], 김시현[1], 윤요한[1†], 한길상[2†]
[1]한국항공대학교 신소재공학과; [2]한국화학연구원

P-218 **Photoluminescence Enhancement of Quantum Dots Via Phase-Separated Polymer Thin Films**
Ki Hoon Kim, Tae Won Nam[†]
Pusan National University

P-219 **Heterostructure IGZO/In-rich IGZO oxide TFT using co-sputtering process**
Jinhan Lee, Seungmin Lee, Taeyoon Lee[†]
School of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University

P-220 **Stretchable and High-Performance Gasochromic Hydrogen Sensor based on Pd-Functionalized WO_3 Nanobamboos**
박시온, 조윤행, 김도연, 송백, 심영석[†]
Korea University of Technology and Education

P-221 **패시베이션 및 고유전율 절연체 도입을 통한 IGZO 박막 트랜지스터의 전기적 특성 및 안정성 향상**
이재우, 김현석[†]
동국대학교

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 14:00~17:00

진행: 이종수(DGIST)

P-222 **저전력 · 고계조 OLED 응용을 위한 In-Ga-O 산화물 박막 트랜지스터**
이정현, 김현석†
동국대학교 에너지신소재공학과

P-223 **Photocrosslinkable Elastomer Multilayers for Mechanically Robust Stretchable Electronics**
김윤정, 이병훈†
이화여자대학교

P-224 **Molecularly-modified Polymeric Hole Injection Layer for High-efficiency Light-emitting Diodes**
In Su Jang, Tae-Hee Han†
Hanyang University, 222 Wangsimni-ro, Seongdong-gu, Seoul, 04763, Republic of Korea

P-225 **Air-Stable Organic Photodetectors with Unmixed Planar Heterojunction Interfaces**
조소현[1], 김소윤[1], 박상신[2], 손성윤[2], 이병훈[1†]
[1]이화여자대학교; [2]광운대학교

P-226 **Bandgap Engineering of Photobase Generators for Enhanced Deep Ultraviolet Absorption**
김민재, 이병훈†
이화여자대학교

P-227 **IGZO 공정 조건 제어를 통한 IGZO/IZO Bilayer TFT 특성 최적화**
배상은, 배현석, 남태규, 조인희, 김민규, 정민수, 임상철†, 고종범†
국립한밭대학교 신소재공학과

P-228 **MoS2 FET Photodetector의 레이저 조사 위치 의존 광응답 특성과 채널 내 전하 거동 메커니즘 연구**
윤현철, Handriani Lia Saptini, 김예림, 박현수, 정대엽, 박원일†
한양대학교 신소재공학과 나노전자재료연구소

P-229 **One-Step Growth of Blue-to-Green InGaN Nanopyramids on r-Plane GaN Nanorods for Full-Color Micro-LED Displays**
김종수, 이민석, 김성운, 오정균, 나인서, 이철로, 라용호†
전북대학교

P-230 **Synergistic Integration of Hyperfluorescence and Self-assembled Interface for High-efficient Blue OLEDs**
Hyuk Bin Kwon, Tae-Hee Han†
Hanyang University, 222 Wangsimni-ro, Seongdong-gu, Seoul, 04763, Republic of Korea

P-231 **Magnetophoretic Film Integrated with Driving Circuit System for Smart Automotive Display Applications**
Taehoon Park, Jae-Woong Lee, Hai-Joong Lee, Hyo-Soo Lee†
KITECH

P-232 **Fabrication of hydrophilic treatment-enabled polymer-based transparent conductive electrode for stretchable electronics**
박태훈†, 오성민, 강성호, 김예경, 주호연, 강훈
차세대융합기술연구원

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 14:00~17:00

진행: 이종수(DGIST)

P-233 **Enhancing Photoluminescence of PMMA/Quantum-Dot Composite Films through Controlled Surface Roughness**
Seo Seungpyo, Nam Taewon†
부산대학교 / Pusan National Univ.

P-234 **고상법을 이용한 $M_2SiO_4:Eu^{2+}$ (M = Ca, Sr, Ba) 황색 형광체의 합성과 발광 특성 연구**
홍명환, 김재찬†
고등기술연구원 소재부품연구본부

P-235 **Anisotropic Absorption in Three-Dimensional Quantum Dot Structures**
Jisoo Seo, Tae Won Nam†
부산대학교 / Pusan National Univ.

P-236 **Green Solvent Strategy for Stable Lead-Free $CsCu_2I_3$ Perovskite Light-Emitting Diodes**
방지훈, 박일규†, 이장욱, 조승범, 김은혜, 김동엽
Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01811, Republic of Korea

P-237 **차세대 디스플레이 광원 소재 용 전이금속 도핑 ZnSe계 양자점의 수계 합성공정 개발**
홍현선†, 김재형, 이지현
성신여자대학교

P-238 **Improving Interfacial Condition and Optical Performance of Chiral Perovskite Photodetectors with AlF_3 Buffer Layer Deposition**
Hyejin Lim[1,2], Daeho Yoon[2], Saewon Kang[1†], Soonmin Yim[1†]
[1]Thin Film Materials Research Group, Korea Research Institute of Chemical Technology, Daejeon 34114, Republic of Korea; [2]School of Advanced Materials Science and Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746, Republic of Korea

P-239 **Pd-decorated SWCNTs films for ppm-level Hydrogen Gas Sensor**
김재현[1], 정범준[2], 김영래[1†]
[1]Department of Electronic Engineering and Semiconductor, Gangneung-Wonju National University; [2]Department of Electronic Engineering, Gangneung-Wonju National University

P-240 **Highly Sensitive ZnO-SWCNTs Materials for Real-time NOx Gas Detection System**
양민혁[1], 김영래[1†], 김경은[2], 김재현[1]
[1]Department of Electronic Engineering and Semiconductor, Gangneung-Wonju National University; [2]Department of Electronic Engineering, Gangneung-Wonju National University

P-241 **발광 나노섬유 기반 휘발성유기화합물 감지 센서 개발**
부지영[1], 배성완[1], 전강민[1], 김지연[1,2], 박동혁[1,2†]
[1]인하대학교 화학공학과; [2]인하대학교 바이오메디컬사이언스엔지니어링

P-242 **칼슘 알긴산 템플릿을 이용한 GTSA 세라믹 비드의 sol-gel 합성**
김호형[1,2], 김상섭[2], 박재영[1†]
[1]한국생산기술연구원; [2]인하대학교

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 14:00~17:00

진행: 이종수(DGIST)

P-243 **Enhanced Perfrmance of MLCC via $BaTiO_3$@Additives@Glass Double-Shell Structure**
Ji Young Park, Sang Heon Kim, Jeong Min Baik†
Sungkyunkwan University

P-244 **바렐도금조 및 도금 조건 변화가 선박부품의 고속 아연도금 특성에 미치는 영향**
김민수†
한국생산기술연구원

P-245 **Comparative analysis of bentonite clay and vermiculite clay as anionic species via layer-by-layer fire-retardant coating on cotton fabric**
Zeeshan Ur Rehman[1†], Hamid Hassan[2], Bon Heun-Koo[3†]
[1]College of Mechatronics Engineering, Changwon National University; [2]Department of Materials Convergence and System Engineering, Changwon National University; [3]School of Materials Science and Engineering, Changwon National University

P-246 **유동층 반응기를 이용한 Cu-Mn 복합체의 합성 및 휘발성 유기화합물(VOCs) 제거**
변련수[1,2], 정재민[2†], 이재원[1†]
[1]충남대학교 응용화학공학과; [2]한구지질자원연구원 자원소재연구센터

P-247 **AZO 금속산화물 반도체 센서 감도에 미치는 UV광자의 영향**
최민석[1,2], 최병진[1,2], 이규림[1,2], 임상철[1,2], 이택영[1,2†]
[1]국립한밭대학교 신소재공학과; [2]국립한밭대학교 반도체소재부품장비센터

P-248 **ITO 금속산화물 박막 센서의 두께와 온도가 감도에 미치는 영향**
최병진[1,2], 최민석[1,2], 이규림[1,2], 임상철[1,2], 이택영[1,2†]
[1]국립한밭대학교 신소재공학과; [2]국립한밭대학교 반도체소재부품장비센터

P-249 **Alignment of block copolymer thin films enabled by temporary thickness gradients**
권현석, 김장환†
Department of Materials Science and Engineering, Ajou University, Suwon 16499, Republic of Korea

P-250 **Carbon black - PDMS 건식 전극의 반복 사용에 따른 접착성 감소와 회복에 대한 탐구**
김상민[1], 서민호[1,2†]
[1]부산대학교 정보융합공학과; [2]부산대학교 의생명융합공학부

P-251 **Scalable BCP Nanopatterning via a Reusable Top-Coat for Advanced Sensor and Semiconductor Applications**
박재우[1], 김장환[2†]
[1]Department of Energy Systems Research, Ajou University, Suwon 16499, Republic of Korea; [2]Department of Materials Science and Engineering, Ajou University, Suwon 16499, Republic of Korea

P-252 **Exploiting 2D Material Edges for Directed Self-Assembly of Block Copolymers**
탁우석[1], 김장환[2†]
[1]Department of Materials Science and Engineering Ajou University; [2]Department of Materials Science and Engineering KAIST

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 14:00~17:00

진행: 이종수(DGIST)

P-253 **Polydopamine-Coated Epidermis for Enhanced Stability and Hygiene in Skin-Integrated Biosensors**
홍윤기, 김장환†
Department of Materials Science and Engineering Ajou University Suwon 16499, Republic of Korea

P-254 **Self-Assembled BCP NanoPUFs for Secure and Reliable Sensor Applications**
김현우[1], 김장환[2†]
[1]Department of Materials Science and Engineering, Ajou University; [2]Department of Materials Science and Engineering, Ajou University, Suwon 16499, Republic of Korea

P-255 **Development of Biomimetic Antireflective Nanohole Colorless Polyimide Films via Block Copolymer Self-Assembly**
박대희[1], 김장환[2†]
[1]Department of Energy Systems Research, Ajou University; [2]Department of Materials Science and Engineering, Ajou University

P-256 **리튬이차전지 폐자원을 이용한 재활용 전처리 공정부산물로부터 유가금속 회수 조건별 거동 특성 평가**
주소영, 임병용, 김대근†
고등기술연구원

P-257 **High-Efficiency Tandem Quantum Dot Light-Emitting Diodes using Dual Charge Generation Interfaces**
홍진호, 조성용†
Hanyang University

P-258 **CQD-Based Infrared Multispectral Photodiodes and Upconversion Devices**
신승원, 조성용†
School of Semiconductor Convergence Engineering, Hanyang University ERICA, Ansan, 15588, Korea

P-259 **Enhancing 2D Material-Based Devices via Block Copolymer Self-assembly**
김시몬, 김봉훈†
Department of Robotics and Mechatronics Engineering, DGIST

P-260 **Polymer-Engineered Halide Perovskite Scintillators for Enhanced X-ray Detection and Imaging**
Ha Neul Kim[1], Seong Ho Lee[2], Hyekyoung Choi[3], Ju Young Woo[2,4], Bo Kyung Cha[5†], Seong-Yong Cho[1†]
[1]Dept. of Photonics and Nanoelectronics, BK21 FOUR ERICA-ACE Center, Hanyang University ERICA, Ansan, 15588, Republic of Korea; [2]Dept. of HYU-KITECH Joint Graduate school, Hanyang University, Ansan, 15588, Republic of Korea; [3]Energy Conversion Research Center, Electrical Materials Research Division, Korea Electrotechnology Research Institute (KERI), Korea; [4]Autonomous Manufacturing & Process R&D Department, Korea Institute of Industrial Technology (KITECH), Ansan 1558, Republic of Korea; [5]Precision Medical Device Research Center, Korea Electrotechnology Research Institute (KERI), Ansan, Korea

P-261 **Mechanically Directed Fabrication of 3D Macro- and Microstructures for Devices Enabling Reversible Solar Heating and Radiative Cooling**
Ho Jun Jin, 김봉훈†
DGIST 로봇및기계전자공학과

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 14:00~17:00

진행: 이종수(DGIST)

P-262 **Lipid nanoparticle mediated Drug loading in exosomes**
Seunghwan Bang[1,2], Gamsong Son[1,2], Hojun Kim[1,2†]
[1]Division of Bio-Medical Science & Technology, KIST School, University of Science and Technology (UST), Seoul 02792, Republic of Korea; [2]Center for Advanced Biomolecular Recognition, Korea Institute of Science and Technology (KIST), Seoul 02792, Republic of Korea

P-263 **Facet-Controlled NiO Nanoneedles for Enhanced Gas Sensing Performance**
Eunsol Lee, Jae Han Chung, Young-Seok Shim[†]
School of Energy, Material and Chemical Engineering, Korea University of Technology and Education

P-264 **Photothermal Laser Writing of Block Copolymer Thin Films toward Sensor-Oriented Nanostructured Interfaces**
이지민, 김봉훈[†]
대구경북과학기술원

P-265 **Magneto-mechano-triboelectric Generator via Nanoscale Surface Engineered Pattern Replication**
So Ie Jeong, Geon Tae Hwang[†], Woon Ik Park[†]
Pukyong National University

P-266 **바이오물질이 큐빅지질 매트릭스에 미치는 구조적 영향**
진하린[1,2], 김호준[1,2†]
[1]UST 과학기술연합대학원대학교; [2]KIST 한국과학기술연구원

P-267 **Creating Multifunctional Helical Fibers for Wearable Sensors Using MoS2 Liquid Crystals**
SangUk Pang, BongHoon Kim[†]
Department of Robotics and Mechatronics Engineering, DGIST

P-268 **Biologically Inspired Wireless Camouflage System Based on Electrochromic Modulation**
JunSeok Choe[1], Bong hoon Kim[1†], SangMin Won[2], Seung Ho Han[3]
[1]DGIST, Daegu, Korea (the Republic of); [2]Sungkyunkwan University, Seoul, Korea (the Republic of); [3]Korea Electronics Technology Institute, Seongnam, Korea (the Republic of)

P-269 **Metal-Organic Framework-Derived Indium-Cobalt Bimetallic Oxide for H2S Gas Sensing Application**
Anh-Duy Nguyen[1], Krishna Kiran Pawar[2], Sang Sub Kim[1†]
[1]Inha University; [2]Shivaji University

P-270 **Ammonia gas sensing properties of CuO-decorated $MoSe_2$/MXene nanocomposites at room temperature**
윤가영, 김유진, 김상섭[†]
인하대학교

P-271 **광범위한 단일 선형 검출 범위와 빠른 응답 특성을 지닌 H_2O_2 감지 전극으로서 graphene oxide(GO) 위에 covalent immobilization 및 위치 선택적으로 고정화된 horseradish peroxide(HPR)**
조영임[1], 윤규진[2], 박민경[2], 박찬원[3], 김성구[2†], 명성[4†]
[1]한남대학교 공과대학 나노반도체공학과; [2]한남대학교 화학공학과; [3]한국화학연구원 박막재료연구센터; [4]한남대학교 공과대학 신소재공학과

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 14:00~17:00

진행: 이종수(DGIST)

P-272 **태양광 실리콘 폐패널로부터 알칼리 규산염 제조 연구**
이지은, 윤진호†
고등기술연구원

P-273 **Ho 첨가량에 따른 In2O3 나노섬유 기반 센서의 습도저항성 영향**
양재훈, 이병기, 응우옌 티 흐엉 지앙, 부 탄 동, 이현준, 최선우†
강원대학교 기능소재공학과

P-274 **Toward Sustainable Separation Technologies: P-NIPAM-based Hydrogel for Miscible Liquids**
Gibum Kwon†, Gahee Im
Department of Mechanical Engineering, University of Kansas

P-275 **유기용매를 이용한 산화그래핀 수용액의 고효율 세척 방법**
윤정민, 윤태영, 양우석†
한국전자기술연구원

P-276 **Limitations of surface-enhanced Raman spectroscopy for microplastic detection**
Minjeong Kim, Donggeon Lee, Jung-Sub Wi†
Department of Materials Science and Engineering, Hanbat National University

P-277 **Research on gas-sensor array for electronic nose**
문승언†
한국전자통신연구원

P-278 **Integrated OH^- Functionalization of CeO_2 Nanocubes for Enhanced P-Xylene Detection at Room Temperature**
김민영, 최연식†, 이규형†
Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University

P-279 **Unconventional Lattice Expansion in Lipid Lamellar Phases: A Paradigm Shift in Structural Understanding**
박종언[1,2], 김호준[2†]
[1]School of Biomedical Engineering, Korea University, Seoul, 02841, Republic of Korea; [2]Center for Advanced Biomolecular Recognition, Korea Institute of Science and Technology 9 (KIST), Seoul 02792, Republic of Korea

P-280 **공침법 기반 $(Sr, Ba)_2SiO_4:Eu^{2+}$ 나노형광체의 합성, 구조 분석 및 발광 특성 연구**
홍명환, 박경수†
고등기술연구원 소재부품연구본부

P-281 **다중벽 탄소 나노튜브 기반 SLA 3D 프린팅 유연압력센서 특성 개선**
이혁빈[1,2], 박성현[1], 김수완[1], 강철웅[2], 김현범[1†]
[1]한국생산기술연구원; [2]제주대학교 메카트로닉스공학과

P-282 **Breathable rGO-Nanomesh Architecture for Wearable Smart Masks Enabling Multimodal Respiratory Monitoring**
조성준, 이태윤†
연세대학교

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 14:00~17:00

진행: 이종수(DGIST)

P-283 **나노소재 기반 친환경 콘크리트 탄산화 방지용 기능성 도료 개발**

우은석, 노윤석, 이진호†
이에이바이오스(주)

P-284 **Transparent wood impregnated with polymer dispersed liquid crystals for smart windows with excellent thermochromic and UV protection**

Jae Eun Jin[1], Jang Hee Kim[1], Hyeon Ji Jeong[1], Ryun Kyeong Lee[1], So Yeon An[1], Jun Ui Song[1], Jae Gyu Ahn[1], Cheng Ai Li[1†], Jeoung Guk Seo[2], Jeong Kyu Kim[2], Sung Ho Song[1†]
[1]Kongju National University; [2]CNT solution

P-285 **Multifunctional Magnetic $Ti_3C_2T_x$ MXene/Graphene/Fe Ion Linker Three-Dimensional Structure with Superior Electromagnetic Wave Absorption Performance**

So Yeon An[1], Jang Hee Kim[1], Hyeon Ji Jeong[1], Ryun Kyeong Lee[1], Jae Eun Jin[1], Jun Ui Song[1], Jae Gyu Ahn[1], Cheng Ai Li[1], Jeoung Guk Seo[2], Jeong Kyu Kim[2], Sung Ho Song[1†]
[1]Kongju National University; [2]CNT solution

P-286 **Design of Exosome-Inspired Vesicles for Enhanced Tissue Penetration**

Seunghwan Bang[1,2], Hojun Kim[1,2†]
[1]Division of Bio-Medical Science & Technology, KIST School, University of Science and Technology (UST), Seoul 02792, Republic of Korea; [2]Center for Advanced Biomolecular Recognition, Korea Institute of Science and Technology (KIST), Seoul 02792, Republic of Korea

P-287 **Relaxor Ferroelectric Polymer-Ceramic Hybrid Piezoelectric Nanocomposites for Enhanced Energy Harvesting**

최지훈, 정창규†
Department of Energy Storage/Conversion Engineering of Graduate School Jeonbuk National University

P-288 **Micro-Wrinkled PEDOT: PSS/AgNWs/PDMS Composites for Wearable Pressure Sensor via Laser-Assisted Fabrication**

Saad Hafeez Mirza, Jung Woo Lee†
Department of Materials Science and Engineering, Pusan National University

P-289 **Highly Sensitive and Flexible Non-Enzymatic Glucose Sensor Based on Copper Oxide-Decorated Laser-Induced Graphene**

김지민[1], 최지혁[1], 정준영[2], 장아랑[1†], 구윤회[1], 이정서[1]
[1]Division of Electrical, Electronic and Control Engineering, Kongju National University, Korea; [2]Artie McFerinn Department of Chemical Engineering, Texas A&M University

P-290 **Stabilizing Amorphous-Crystalline Interface via Hydroxyl Grafting in 2D/1D Hierarchical Photoanode for High-Performance Solar-Driven Water Splitting**

Pratik Mane[1], K.C.Bhamu[2], Vishal Burungale[3], Chaewon Seong[1], Jiwon Heo[1], Hyojung Bae[4], Sung Gu Kang[2], Sang Hyun Lee[1†], Jun-Seok Ha[1,3†]
[1]School of Chemical Engineering, Chonnam National University, Buk-gu, Gwangju 61186, Republic of Korea; [2]3School of Chemical Engineering, University of Ulsan, Ulsan, Daehak-ro 93, Nam-gu, Ulsan 44610, Republic of Korea; [3]Optoelectronics Convergence Research Center, Chonnam National University, Gwangju 61186, Republic of Korea; [4]Korea Photonics Technology Institute (KOPTI), Cheomdanbencheo-ro 108 beon-gil 9, Buk-gu, Gwangju 61007, Republic of Korea

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 14:00~17:00

진행: 이종수(DGIST)

P-291 **Solar-Powered AEM Electrolyzer Enabled by NiFeMn LTH Anode for Efficient Solar-to-Hydrogen Conversion**
Hyojung Bae[1], Vishal Burungale[2], Pratik Mane[2], Chaewon Seong[2], Jiwon Heo[2], Jin-Woo Ju[1], Jun-Seok Ha[1†]
[1]Korea Photonics Technology Institute; [2]Chonnam National University

P-292 **An Electrochemical Carbon Dioxide Reduction Study using Various Forms of CuS Nanoparticles Manufactured by Hydrothermal Synthesis**
Jiwon Heo[1], Vishal Burungale[2], Chaewon Seong[1], Pratik Mane[1], Hyojung Bae[3], Jun-Seok Ha[1,2†]
[1]School of Chemical Engineering, Chonnam National University; [2]Optoelectronics Convergence Research Center, Chonnam National University; [3] Korea Photonics Technology Institute (KOPTI)

P-293 **Synthesis and Characterization of Cupric Oxide Nanorod Array as a Photocathode for Photoelectrochemical Water Splitting**
Jong-Hyun Park, Hyojin Kim[†]
Department of Materials Science and Engineering, Chungnam National University

P-294 **Self-heating and Floatable Black TiO_2 Film-based Gas Sensor for CH_3COCH_3 Detection**
김도연, 심영석[†], 조윤행
한국기술교육대학교

P-295 **전기변색 세라믹 전극의 저온화 공정 최적화 연구**
강성훈, 정지용, 구본율[†]
강릉원주대학교 신소재 생명화학공학과 세라믹 신소재 공학 전공

P-296 **Modulating Oxygen Vacancy Concentration and Migration in $SrTiO_{3-x}$ Photoanodes for Improved Photoelectrochemical Water-Oxidation Performance**
A Young Cho[1,2], Taekjib Choi[1,2†]
[1]Hybrid Materials Research Center, Sejong University, Seoul, 05006, South Korea; [2]Department of Nanotechnology and Advanced Materials Engineering, Sejong University, Seoul, 05006, South Korea

P-297 **Atomic layer depositon of aluminum-doped zinc oxide (AZO) thin films on p-type copper oxide (Cu_2O) for charge transport efficiency enhancement of Cu_2O photocathodes**
이준규, 이학현, 조형균[†]
성균관대학교 신소재공학과

P-298 **Solution-Processed Cu_2ZnSnS_4 Thin Films with Enhanced Charge Transport for Solar-Driven Water Purification**
More Akash Bharat, Raut Akash Prakash, Sung Woon Cho[†]
Department of Advanced Components and Materials Engineering, Sunchon National University

P-299 **Coral-structured Cu2O nanowire photocathodes for solar-assisted photoelectrochemical water purification**
Raut Akash Prakash[1], Shenawar Ali Khan[1], Dong Su Kim[2], 조성운[1†]
[1]Department of Advanced Components and Materials Engineering, Sunchon National University; [2]Department of Chemical & Biomolecular Engineering, University of California, Berkeley

P-300 **Gasochromic 원리 기반 Pd/WO3 복합체의 수소 감지 특성 연구**
민대홍, 강민수, 양우석[†]
한국전자기술연구원

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 14:00~17:00

진행: 이종수(DGIST)

P-301 **Si nanodisks as electromagnetic-field-enhancing nanostructures**
Donggeon Lee, Minjeong Kim, Jung-Sub Wi†
Department of Materials Science and Engineering, Hanbat National University

P-302 **Hydrothermally Prepared Visible Light Active CoWO4/WO3-rGO Composites for Photodegradation of Methylene blue dye and VOC chemicals**
Sagarika Sahoo, Ryun Kyeong Lee, Sang Myeong Lee, Kee Sun Lee†
Kongju National University, Cheonan

P-303 **Oxygen Network Formation with Ultra-Thin TiO_2 Layer for Efficient and Durable $BiVO_4$ Photoanodes in Solar Water Splitting**
이건웅, 조형균†
성균관대학교 신소재공학과

P-304 **금속 산화물 복합체 구조를 통한 Layered Double Hydroxide기반 음이온 교환막 수전해용 촉매의 전기화학적 활성 강화**
손나영[1], 이상석[2], 강규미[1], 이진호[1], 이강운[1], 박찬우[1], 최건주[1], 유성종[2†], 박일규[1†]
[1]서울과학기술대학교; [2]한국과학기술연구원(KIST)

P-305 **금속 클러스터 기반 탄소 지지체 표면 개질을 통한 고내구성 고활성 양이온교환막 수전해용 촉매**
박찬우[1], 박일규[1†], 유성종[2†], 강규미[1], 이진호[1], 우승민[2]
[1]서울과학기술대학교; [2]한국과학기술연구원(KIST)

P-306 **페로브스카이트 산화물 기반 산소 발생 반응 촉매의 전기화학적 물성 연구**
이진호, 박일규†, 강규미, 최건주, 손나영, 박찬우, 이강운, 김보람
서울과학기술대학교

P-307 **전도성 산화물 지지체 기반 음이온 교환막 수전해 산소발생 반응 촉매**
이강운[1], 강규미[1], 이진호[1], 손나영[1], 손상현[1], 박찬우[1], 이상석[2], 유성종[2†], 박일규[1†]
[1]서울과학기술대학교; [2]한국과학기술연구원(KIST)

P-308 **용액 공정으로 박리된 PtSe2 나노 시트의 대면적 응용법**
이도현[1], 조윤성[1], 강주훈[2†]
[1]성균관대학교; [2]연세대학교

P-309 **듀얼 모드 시냅스 전자소자 구현을 위한 2차원 템플릿 기반 초박막 산화 인듐 변환 기술**
김광야[1], 민진홍[2], 강주훈[2†]
[1]성균관대학교; [2]연세대학교

P-310 **Inkjet-Printed Electronics Based on Electrochemically Exfoliated van der Waals Materials**
홍지원[1], 송옥인[1], 강주훈[2†]
[1]Department of Advanced Materials Science & Engineering, Sungkyunkwan University; [2]Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Yonsei University

포스터발표

포스터발표장
바부다3+4, 복도

2025년 11월 13일 (목요일) 14:00~17:00

진행: 이종수(DGIST)

P-311 **Enhanced output performance of polyimide-based piezoelectric composites via γ-ray irradiation**
Dong Yeol Hyeon[1], Keon Jae Lee[1†], Kwi-Il Park[2†]
[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology; [2]Kyungpook National University

P-312 **High-Performance Flexible Energy Harvester for Self-Powered Implantable Wireless Transmission**
손민곤, 이건재[†]
한국과학기술원

P-313 **Real-Time Cross-Modal X-ray Spectral Imaging Using Arbitrary-Trajectory STXM and Ptychography**
Young-Sang Yu[†]
Department of Physics, College of Natural Science, Chungbuk National University

포스터발표

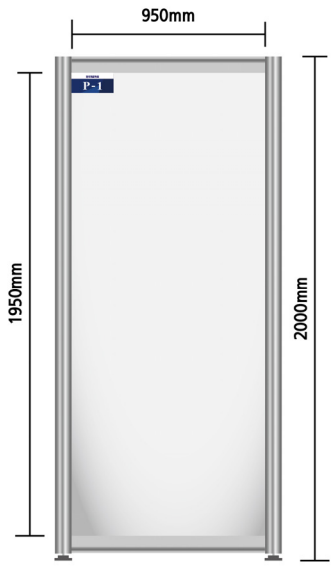
포스터발표장
바부다3+4, 복도

◆ 알 림 ◆

1. 포스터 판넬의 전체크기는 가로1m×세로2m이며 판넬 안의 사이즈는 950*1950입니다. 가장 보편적인 포스터 사이즈는 900*1300, 900*1400, 900*1500 입니다.

2. 포스터 보드 이미지

포스터판넬 사양



3. 포스터 심사, 부착 시간 안내
   P1~P158: 11월 13일(목) 부착시간: 09:00~12:00/집중심사시간: 10:30~11:40
   P159~P313: 11월 13일(목) 부착시간: 14:00~17:00/집중심사시간: 15:40~16:50
   심사시간에는 본인의 발표 포스터 앞에 대기하시어 심사에 협조하여 주시기 바랍니다. 반드시 정해진 시간동안 부착하여 주시기 바랍니다.

4. 포스터 발표물 부착 및 탈착
   포스터보드 상단에 발표번호가 부착되어 있사오니 지정된 발표번호에 준비하신 발표물을 부착해주시기 바랍니다.
   발표자는 포스터 부착시간 종료 후 1시간 이내에 포스터 보드에 부착된 발표물을 모두 탈착하여 주시기 바랍니다.
   해당번호 부착시간 이후 탈착하지 않는 경우 발표자료에 대한 회수 의사가 없는 것으로 간주하고 폐기하도록 하겠습니다.
   포스터 발표자가 포스터 발표물 부착도구를 준비해 오는 것을 원칙으로 하고 있으니 이 점 양지해 주시기 바랍니다.
   (스카치테이프 준비. 양면테이프 사용 안됨)

5. 우수발표 논문상 시상식 안내(장소: A발표회장(안티구아홀1))
   ▶ 구두. 포스터 발표 수상자 시상 – 11월 14일 (금) 12:00

행 사 안 내

1. 2025년도 한국재료학회 정기총회
   • 일 시: 2025년 11월 13일 (목) 17:40 ~ 18:10
   • 장 소: 강릉 세인트존스호텔 B발표회장(안티구아홀2)

2. 학술발표대회
   ■ 학술논문발표 총 482편(기조강연: 1편, 학술상 수상강연(Keynote): 1편, 유진상 수상강연: 1편, 심포지엄, 콜로키움 초청강연: 57편, 일반세션초청강연: 18편, 구두발표: 91편, 포스터발표: 313편)

3. 특별심포지엄

– 차세대뿌리기술 융합 심포지엄 –
• 일 시: 11월 13일 (목) 13:30 ~ 16:20
• 장 소: 강릉 세인트존스호텔 F발표회장(카리브2)
• 총 진행: 강정석(KITECH)

– 유도가열을 적용한 고효율 반도체 웨이퍼 히터 개발(Closed session) –
• 일 시: 11월 13일 (목) 10:30~12:20, 13:30 ~ 15:50
• 장 소: 강릉 세인트존스호텔 E발표회장(카리브1)
• 총 진행: 김지현(원익아이피에스), 최승곤(원익큐엔씨)

– 여성 재료학자 특별심포지엄 –
• 일 시: 11월 14일 (금) 09:00 ~ 11:50
• 장 소: 강릉 세인트존스호텔 H발표회장(바부다3+4)
• 총 진행: 조소혜(KIST)

– 한국재료연구원 특별심포지엄 (에너지 · 환경재료연구본부) –
• 일 시: 11월 13일 (목) 09:00 ~ 11:40
• 장 소: 강릉 세인트존스호텔 D발표회장(바부다2)
• 총 진행: 최승목(KIMS)

– 양자점 소재 및 응용 기술 – (광전자/디스플레이 분과 심포지엄)
• 일 시: 11월 13일 (목) 13:30 ~ 16:35
• 장 소: 강릉 세인트존스호텔 G발표회장(카리브3)
• 총 진행: 김재엽(건국대)

– 신진연구자 특별심포지엄 –
• 일 시: 11월 13일 (목) 13:30 ~ 16:40
• 장 소: 강릉 세인트존스호텔 D발표회장(바부다2)
• 총 진행: 김재현(DGIST), 김형욱(KIMS)

– CNU–출연연 차세대 반도체 지능화 공정 얼라이언스 –
• 일 시: 11월 14일 (금) 09:00 ~ 11:00
• 장 소: 강릉 세인트존스호텔 C발표회장(바부다1)
• 총 진행: 정종율(충남대), 최민섭(충남대)

– 콜로키움: 웨어러블형 헬스케어 시스템: 소재, 소자, 그리고 AI –

- 일 시: 11월 13일 (목) 09:00 ~ 11:40
- 장 소: 강릉 세인트존스호텔 C발표회장(바부다1)
- 총 진행: 류한준(중앙대)

학술발표 등록안내

- 일 시: 2025년 11월 13일 (목) 08:30 ~ 2025년 11월 13일 (목) 18:00
  2025년 11월 14일 (금) 08:30 ~ 2025년 11월 14일 (금) 11:00
- 장 소: 강릉 세인트존스호텔 오션타워 4층 등록데스크
- 사전등록비: 정 회 원 240,000원
  비 회 원 290,000원
  학생회원 120,000원
  학생비회원 140,000원
- 현장등록비: 정 회 원 260,000원
  비 회 원 310,000원
  학생회원 140,000원
  학생비회원 160,000원
- 안 내: 등록비 납부시 일정집(11/13~11/14), 명찰, 중식1회(11/13) 제공됩니다.
  간친회는 입장 인원이 제한되어 정회원만 입장 가능합니다.
  학생회원은 간친회 식사 제공 대신 다른 형태로 변경됨을 양해 부탁드립니다.
  식사 메뉴는 단체로 준비되어 변경할 수 없으며 개인의 상황에 따라 선택이 어렵사오니 특별한 경우는(채식주의 등) 개별적으로 준비하시기 바랍니다.
  학술발표 1편당 1인 이상은 의무등록으로 하고 있으니, 즉 1인 2편 발표시 각각의 발표논문에 대하여 1인 이상 등록해야 함. 이 점 양지하여 주시기 바랍니다.

논문발표 안내

- 초 청 강 연: 25분(질의 응답 포함) 또는 20분(질의 응답 포함)
- 일 반 발 표: 15분(질의 응답 포함)
- 발표물 양식: Beam Projector
- 발표자 준비: 담당 Session 좌장에게 Session시작 전에 발표준비 여부를 보고해 주시기 바랍니다.
  발표하실 파일은 USB로 저장하여 가져오시기 바랍니다.
- 좌 장 확 인: 담당 Session 시작 10 분전에 행사본부에 연락하신 후 Session 시작 전에 발표자 참석 여부를 확인하여 발표대기 시키고 Session 종료 후 좌장보고서에 서명하여 등록접수처로 제출하여 주시기 바랍니다.

회원가입 안내

- 회 비

	정 회 원	준 회 원	단체회원	종신회원
입회비	10,000원	없음	없음	없음
년회비	50,000원	20,000원	150,000원	600,000원

- On-Line 구좌

은 행	계 좌 번 호	예 금 주
하나은행	591-910006-68804	(사)한국재료학회

교통 이용 안내

▌강릉 세인트존스호텔 오시는 길

*자세한 사항은 강릉 세인트존스호텔 홈페이지를 참조하여 주시기 바랍니다.

강릉 세인트존스 호텔 찾아오시는 길

강원도 강릉 창해로 307(강문동 1-1번지) / 대표 전화: 033-660-9000



1. 버스 이용

- 강릉 고속버스 터미널 하차 > 시내버스 206번/ 223번 탑승 > 초당 분수공원 정류장 하차

2. KTX 이용

- 강릉역 하차 > 시내버스 200번 / 220번 탑승 > 초당 분수공원 정류장 하차

3. 강릉역에서 택시 이용 (약 10분 소요)

4. 자차 이용 시 호텔내 주차 안내(무료)

- 호텔 객실 이용 회원: 체크인 시 차량번호 등록
- 행사 참여 회원: 학회 등록대에 주차 등록 용지에 기재(행사기간 내 입출차 자유롭게 가능)

1

지정숙박 예약안내

• 본 학회에서는 참가하시는 회원 여러분의 편의를 도모해 드리고자 추계학술대회 기간 중 아래와 같이 강릉 세인트존스호텔 숙박을 안내하여 드리오니 회원여러분의 많은 성원 부탁드립니다.

• 예약시 반드시 한국재료학회 학술대회 참석임을 알려주셔야 할인된 금액으로 이용 가능하오니 이 점 착오 없으시기 바랍니다.

• 예약신청서를 한국재료학회 홈페이지(www.mrs-k.or.kr)에서 다운로드 받아 사용하시기 바랍니다.

룸타입		주중(11/11~13)	주말1(11/14~15)	주말2(11/15~16)
Superior 수페리어	Superior Double No Ocean View (Queen Bed 1)	100,000	150,000	180,000
	Superior Hollywood Twin No Ocean View (Single Bed 2)	100,000	150,000	180,000
	Superior Twin No Ocean View (Double Bed 1 + Single Bed 1)	120,000	170,000	200,000
Gorgeous 골져스	Gorgeous Partial Double Partial Ocean View (Queen Bed 1)	130,000	190,000	220,000
	Gorgeous Partial Twin Partial Ocean View (Double Bed 1 + Single Bed 1)	130,000	190,000	220,000
	Gorgeous Ocean Double Front Ocean View (Queen Bed 1)	150,000	210,000	240,000
	Gorgeous Ocean Twin Front Ocean View (Double Bed 1 + Single Bed 1)	150,000	210,000	240,000

(Room Only금액)

1. 숙박신청서 작성을 통한 예약 (숙박신청서 다운로드 후 투숙자정보 직접 기입 후 메일로 강릉 세인트존스 예약 담당자에게 발송 후 예약 가능여부 회신 확인 요망)
   ※ 강릉 세인트존스호텔 객실 예약 담당자 : 임지현 매니저 / Email adress : jihyun.im@stjohns.co.kr
   ※ 예약문의 및 접수처리는 평일 (월~금) 09:00 ~ 18:00 까지 가능합니다.
   접수 후 담당자 확인이 되어야 예약이 정상 완료됩니다.
2. 조식은 포함되어 있지 않으며 선택사항(조식부페: 32,000원/1인)입니다.
3. 학회 기간에만 적용되는 금액이며 행사 이외의 날짜에는 할인금액이 적용되지 않습니다.
   객실예약 마감 2025년 10월 31일 (금) 이메일 접수건까지

2025년도 한국재료학회 추계학술대회 우수 발표논문 시상 안내

- 구두발표 및 포스터 발표 논문 중 심사위원회에서 우수 논문을 선정하여 시상.
- 시상식: 2025년 11월 14일 (금) 12:00~, A발표회장(안티구아홀1)
- 상장 및 부상(5만원 상당 문화상품권)이 수여됩니다.

한국재료학회 추계학술대회 경품 추첨 안내

- 추첨 일시: 2025년 11월 14일 (금) 12:00~, A발표회장(안티구아홀1)
- 경품

	경 품
에스엠에스㈜ 협찬 특별경품 (1명)	 삼성전자 노트북 1대 (당사 소재적용 모델)
1등 (1명)	 갤럭시 S25울트라
2등 (1명)	 APPLE 2025 iPad Air 11 M3
3등 (3명)	 삼성전자 갤럭시워치8 40mm 블루투스
4등 (5명)	 백화점 상품권
5등 (5명)	 커피전문점 상품권

- 추첨시 당첨자가 현장에 있는 경우만 유효하며, 현장에 없는 경우 재추첨합니다.
- 경품응모권은 1인당 1장만 접수 가능하며 중복 당첨의 경우 무효로 처리합니다.

기조강연

PT-1

반도체의 미래기술 로드맵과 신소재 연구개발 동향

류상완†

한국연구재단 반도체·디스플레이단장
(sangwan@nrf.re.kr†)

반도체 기술은 공정 미세화와 수직적층·이종접합이라는 핵심 흐름 속에서 각 요소기술들이 융합이 지속적인 발전을 추동하고 있습니다. 이러한 기술 발전을 견인하는 가장 중요한 동력이 바로 신소재에 대한 연구개발입니다. 본 발표에서는 반도체 미래기술 로드맵이 제시하는 신소재 소자기술, 미세화 전공정 기술, 그리고 3차원 단일집적 및 후공정 기반의 이종집적 기술의 발전 방향을 심층적으로 살펴볼 예정입니다. 이를 통해 각 개발 주제별로 요구되는 새로운 소재 특성과 연구개발의 현 수준 및 향후 목표를 구체적으로 검토할 것입니다. 추가적으로, 반도체 원천 연구를 지원하는 연구재단의 R&D 지원 체계를 소개하고, 현재 추진 중인 연구지원 과제의 현황과 향후 발전 방향에 대해서도 함께 논의할 것입니다.

Keywords: 반도체, 미래기술, 로드맵, 신소재, 연구재단

심포지엄

SA-1

Ti-Nb-Zr-X-O 합금에서의 Gum metal 특성 평가

이혜미, 김재일†

동아대학교
(kimchi@dau.ac.kr†)

Saito et al. (2003)에 의해 처음 제안된 Ti-23Nb-0.7Ta-2Zr-1.2O(at%)의 β-Ti 합금인 Gum metal은 독성이 없는 IVa 및 Va족 원소와 산소로 구성되어 있으며 비선형적 탄성거동, 고강도, 초탄성, 저탄성계수의 물성을 지닌 특수한 합금이다. 일반적인 금속재료에서 보기 힘든 독특한 특징으로 인해 생체재료 및 항공우주산업에서의 잠재적 응용 가능성으로 인해 주목받고 있다. Gum metal의 기계적 물성 향상을 위해 조성 변화 및 제6원소 첨가 연구가 활발히 진행되어 왔다. 그러나 기존 합금 구성을 대체하는 경우의 특성 재현성에 대해서는 더 많은 연구가 필요하다.

Ta는 고융점 원소로서 대용량 용해 및 응고 시 편석이 발생기 우려가 되고, 높은 밀도로 인해 미세구조와 상 안정성 제어의 장애요인으로 작용할 가능성이 있다. 또한 가격 상승의 주된 원인으로 산업현장에서의 적용 측면에서 어려움이 있다. 본 연구에서는 기존의 Gum metal에서 Ta을 대체하여 경제성과 조성 균일성을 개선하면서 Ti-Nb-Zr기 합금에서의 Gum metal 특성을 평가하고자 하였다. 또한 298K와 123K에서의 기계적 거동의 차이를 조사하여 초저온 영역에서의 응용 가능성을 검토하였다.

진공 아크 용해로를 통하여 Ti-Nb-Zr-X 합금과 Ti-Nb-Zr-X-O 합금을 용해하였고, 최종 압연율 96%까지 냉간압연 후 방전가공을 통해 시편을 커팅하였다. Ar 분위기에서 진공 봉입 후 열처리 진행 후 퀜칭하였고, 합금의 강도 및 초탄성을 조사하기 위하여 Tensile Test (Fracture Test, Cycle Test) 수행하였다. EBSD를 통해 집합조직을 분석하였다. 123 K에서 Ti-Nb-Zr-X 합금은 As-rolled 및 Solid Solution 시편 모두 1% 이내에서 파단된 반면, Ti-Nb-Zr-X-O 합금은 123K와 298K에서 5% 이상의 변태변형률을 보였다. Ti-Nb-Zr-X-O 합금은 298 K과 123 K에서 유사한 기계적 거동을 나타내어 저온 환경에서의 안정성을 확인하였고, 낮은 열팽창계수를 가져 수소저장용기용 합금 등으로의 잠재적 활용 가능성을 보였다. Ti-Nb-Zr-X-O 합금 Solid Solution 시편을 3% 변형률 Cycle Test에서 1st Cycle 시에는 비선형탄성거동을 보였으나, 10th Cycle 시에는 선형탄성거동 및 완벽한 탄성회복을 보였다.

Acknowledgment

이 연구는 2025년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2024-00410332, 2025년 산업혁신인재성장지원사업)

Keywords: Gum metal, Ti-based alloy

SA-2

전산유체역학 및 응고계면 안정성 모델 기반 인코넬 718 적층재의 주상정-등축정 천이기구 규명

조덕현[1], 양희평[1], 이학성[1], 정중은[2†], 전종배[1†]

[1]동아대학교; [2]한국재료연구원
(diskbios@kims.re.kr[†], jbjeon@dau.ac.kr[†])

Directed energy deposition (DED)으로 제조된 인코넬 718 적층재는 고입열로 인한 결정립 조대화가 발생하여 기계적 물성의 저하가 보고되고 있다. 본 연구진들은 이전 연구에서 DED 공정으로 제조된 인코넬 718 분말과 200 nm 크기의 지르코니아 나노입자를 2wt.% 혼합한 적층재의 결정립 미세화 및 등축화를 통해 이방성 감소 및 경도 향상에 대해 보고하였다. 적층제조에서 형성되는 미세조직은 공정변수에 따라 달라진다. 특히, 레이저 기반 적층제조에서는 공정변수뿐만 아니라, 열-물리적 특성도 중요한 영향을 미친다. 따라서 용융풀의 거동은 미세조직 형성의 핵심적인 요소이며, 이를 효과적으로 분석하기 위해 Computational Fluid Dynamics (CFD) 모델이 널리 활용된다. 적층제조에서 개별 공정변수의 영향을 하나씩 분석하는 것은 어렵고 비효율적이므로, 여러 변수들을 통합적으로 고려할 수 있는 해석 방법이 필요하다. 이에 본 연구진은 이전 연구에서 인코넬 718 적층재 및 인코넬 718-지르코니아 적층재의 미세조직 천이를 이해하기 위해 공정변수가 아닌 무차원 수와 차원 수를 활용하여 해석하였다. 무차원 수와 차원 수를 추산하기 위해서는 적층재의 용융풀 거동을 이해하는 것이 필수적이다. 그러나 실제 실험만으로 용융풀의 거동을 정밀하게 분석하는 데는 한계가 있으며, 열 구배, 응고 속도 및 냉각 속도 등 열-물리적 특성을 정량적으로 추산하기 어렵다. 이에 본 연구에서는 CFD 기반의 FLOW-3D 시뮬레이션을 활용하여 인코넬 718 적층재 및 인코넬 718-지르코니아 적층재의 용융풀 거동을 분석하고, 열 구배, 응고 속도 및 냉각 속도 등 열-물리적 특성을 정량적으로 추산하여 미세조직과의 상관 관계를 연구하였다. 본 연구의 주요 목표는 다음과 같다. 첫째, FLOW-3D 시뮬레이션을 활용하여 인코넬 718 및 인코넬 718-지르코니아 적층재의 용융풀 거동을 분석한다. 둘째, 용융풀 내 열전달, 유체 흐름, 열 구배, 응고 속도 및 냉각 속도 등 열-물리적 특성에 따른 미세조직 형성 메커니즘을 규명한다. 마지막으로 시뮬레이션 결과를 통해 최적의 공정변수를 도출하여 적층제조로 제조된 인코넬 718-지르코니아 적층재의 결정립 미세화 및 등축화 효과를 극대화할 수 있는 방안을 제시한다.

Keywords: 적층제조, 인코넬718, 미세조직, 전산유체역학, 용융풀

SA-3

합성곱 신경망을 이용한 Ti6Al4V 다공체의 기계적 특성 예측

김성진, 이석재†

전북대학교 신소재공학부
(seokjaelee@jbnu.ac.kr†)

최근 연구에서 다공성 재료의 기계적 특성 예측을 위해 딥러닝을 적용하려는 시도가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 CT 이미지를 통해 Ti6Al4V 다공체의 기계적 특성을 예측하기 위해 합성곱 신경망(CNN)을 적용했다. 모델 학습을 위해 40~70% 범위의 기공도 및 기공도에 따른 압축강도 데이터를 준비하였다. CT 이미지와 기공도 및 압축강도를 조합한 후 기공도와 압축강도를 각각 학습시켰다. 작성된 모델은 0.9707 및 0.9906 이상의 높은 결정계수의 값으로 정확하고 효율적인 기공도 및 압축강도 학습이 진행되었다. 검증을 위해 44, 55, 66%의 기공도를 가진 Ti6Al4V 다공체를 제작하여 CT 이미지 촬영과 압축시험을 진행하였다. 작성된 모델을 통하여 검증을 위해 제작된 다공체의 기공도와 압축강도를 예측하였다. 그 결과, CT 이미지를 통해 실제 기공도와 압축강도에 대해 높은 정확도를 나타내는 예측 결과가 나타났다. 또한, Grad-CAM 기법을 신경망의 압축강도 예측 과정을 시각화함으로써 Ti6Al4V 합금 다공체의 압축강도 예측 시 신경망의 작동원리를 규명했다. 이 연구는 압축 시험 없이 기계적 특성을 예측할 수 있는 이점을 얻을 수 있음을 보여준다

Keywords: Convolutional neural network, mechanical property prediction, Ti6Al4V foam

SA-4

열역학계산과 생성적 적대 신경망을 이용한 합금강의 비정상 결정립 성장 예측

최정후, 이석재†, 김성진

전북대학교 신소재공학부
(seokjaelee@jbnu.ac.kr†)

침탄 열처리를 위해선 설계된 침탄용 미세합금강이 일반적으로 사용된다. 최근에는 고온 침탄 공정을 통해 침탄 시간을 단축하여 비용과 CO_2 배출을 절감하려는 연구가 주목받고 있으며, 이는 전 세계적인 탄소중립 정책과 일치한다. 그러나 이러한 고온 침탄 공정은 결정립 조대화를 유발하여 강의 기계적 성질을 저하시킨다는 문제가 있다. 본 연구에서는 고온 침탄 공정에서 결정립 미세화를 촉진하기 위해 SCR420H강에 Nb와 Ti를 첨가하였다. 이후 미세합금 원소가 첨가되지 않은 강(Al강)과 Nb 또는 Ti가 첨가된 강(AlNb강 및 AlTi강)의 미세조직과 석출물을 비교하였다. 열역학 분석 결과, Al강에서는 AlN과 소량의 (Ti,Nb)(C,N) 석출물이 형성되었고, AlNb강에서는 주로 (Nb,Ti)(C,N) 석출물이 관찰되었으며, AlTi강에서는 (Ti,Nb)(C,N) 석출물과 함께 $Ti_4C_2S_2$ 석출물이 형성되는 것으로 나타났다. 각 합금과 열처리 조건에 따른 비정상 결정립 성장(Abnormal Grain Growth) 조건도 확인하였다. TEM 분석 결과, Al강에서는 소량의 AlN과 (Ti,Nb)(C,N) 석출물이 존재함을 확인하였다. Nb와 Ti 첨가는 (Ti,Nb)(C,N) 석출물의 분율을 증가시켰으며, 특히 Ti 첨가는 $Ti_4C_2S_2$ 석출물의 형성을 유도하여 모든 열처리 조건에서 결정립 조대화 온도(GCT)를 상승시켰다. 또한, 더 높은 재가열 온도에서는 Ti계 석출물로 인해 GCT가 더욱 향상되는 것으로 나타났다. 추가로, 기존 연구에서 주로 육안 관찰이나 단순 비율식으로만 판단되었던 비정상 결정립 성장 발생 조건을 MatCalc 열역학 계산 프로그램을 이용하여 정성적, 정량적으로 평가하였으며, 합금 및 열처리 조건에 따른 비정상 결정립 성장 발생 정도를 분석하였다. 또한, 인공지능을 활용하여 다양한 열처리 조건에서의 미세조직 특징을 학습하고, 생성적 적대 신경망(GAN)을 이용해 생성한 이미지를 통해 결정립 조대화 온도(GCT)를 예측하고 이를 검증하였다.

Keywords: Abnormal Grain Growth, Carbonitride, Grain Coarsening Temperature, GAN

SA-5

DCB test를 통한 Cu-Cu 접합의 접합 공정 조건 및 후속 열처리에 따른 계면 신뢰성 연구

고명수, 김병준†

한국공학대학교 신소재공학과
(bjkim@tukorea.ac.kr†)

기술의 발전이 빠르게 이루어지며 전자제품과 반도체에 대한 수요가 급증하였다. 이에 따라 반도체 소자도 발전이 필수가 되었다. 하지만 단순 평면에서 트랜지스터의 집적 수를 늘리는 것은 물리적인 한계에 도달하였고 소자의 일정한 발전 속도를 나타내는 무어의 법칙도 한계에 도달했다는 평가가 지배적이다. 이를 개선하기 위해 재료 및 소자 간 연결에서 많은 연구가 진행되고 있다. 특히나 다층을 쌓아 집적 회로를 형성하는 3D 패키징은 다양한 방면에서 조사되고 있다. 3D 패키징은 칩을 수직으로 쌓아 올리는 것이 특징이며 적층을 통해 배선의 길이를 짧게 형성할 수 있어 집적도 및 성능을 향상시키는데 유리하다. 3D 패키징에서 가장 중요하게 여겨지는 것은 배선 간의 연결이다. 기존의 소자에서는 리드프레임, 와이어, 솔더 볼 등을 통해 배선의 연결이 이루어졌지만 3D 패키징의 적층에서는 TSV 등의 기술을 통해 배선 소재 간의 직접 연결이 이루어져야 한다. 보다 나은 전기적 연결을 위해 배선의 소재 종류에서도 많은 연구가 이루어지고 있지만 전통적으로 구리가 많이 사용되고 있다. 이에 따라서 구리-구리 간 접합 또한 다양한 연구가 이루어졌다.

구리는 낮은 전기 저항(1.68 × 10^(-8) Ω · m)과 높은 열 전도도(401 W/m · K)를 가지고 있어 반도체 회로 배선을 포함한 다양한 분야에서 필수적인 재료로 사용되어 왔다. 이에 따라서 구리-구리 접합은 보다 좋은 전기적 성능을 가지고 솔더와 같은 다른 접합 매개체가 존재하지 않기 때문에 금속간 화합물이 형성되지 않아 기계적 신뢰성 또한 확보할 수 있다. 그러나 높은 용융 온도(1,083 ℃)로 인해 낮은 공정 온도 조건에서 원자의 확산이 어렵고 공기 중에서의 빠른 산화로 인해 산화막이 형성되어 원자의 확산이 제한된다는 단점이 있다. 안정적인 접합을 위해서 높은 표면 확산율을 가지는 (111) 배향의 구리 설계, 전처리를 통한 표면 산화물의 제거 등에 대한 연구가 일부 진행되었다. 다만, 이러한 전처리 이후의 접합을 포함하여 구리-구리 간 접합에 대해 정량적인 결합 에너지에 대한 조사는 일부 특정 조건에 대해서만 이루어졌다.

본 연구에서는 구리-구리 열압착 접합을 진행하여 열압착 시간, 압력, 온도 등의 조건에 따른 결합 에너지를 정량적인 수치로 확인하고자 한다. 구리-구리 계면의 결합 에너지를 확인하기 위해 공정 조건별로 접합한 시편에 대하여 DCB(Double Cantilever Beam) 시험을 진행하며 가장 큰 영향 차이를 나타내는 공정 조건에 대해 후속 열처리를 통한 개선 여부 또한 확인한다.

Keywords: Cu-Cu bonding, DCB test, TC bonding, post annealing

SA-6

원격 플라즈마 ALD 기반의 HfO_2 증착을 통한 고종횡비 DRAM 트렌치 캐패시터의 전기적 특성 향상

김지원, 윤창번†

한국공학대학교
(cbyoon@tukorea.ac.kr†)

DRAM의 메모리 성능을 향상시키기 위해서는 DRAM 셀 내 캐패시터의 용량(Capacitance)의 극대화가 필수적이다. 이를 위해 높은 유전율(high-k)의 유전체를 원자층 증착(Atomic Layer Deposition) 기술을 활용하여 얇고 균일한 박막 형성이 요구된다. 전하 공공으로 인해 발생하는 전자적 결함을 최소화하는 정밀 증착 기술은 낮은 누설전류와 높은 유전강도를 보장하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 실리콘 기판에 형성된 종횡비 7:1(CD 38nm, Pitch 76nm)의 트렌치 구조 위에 원격 플라즈마(Remote plasma)와 직접 플라즈마(Direct plasma) ALD를 활용하여 금속-절연체-금속(MIM) 구조의 캐패시터를 제작하였다. HfO_2를 유전체 박막으로 하여 두 공정 방식의 누설 전류 밀도와 등가 산화막 두께(EOT)를 중심으로 전기적 특성을 평가하였다. 결과적으로 RP-ALD 공정에서 제작된 HfO_2박막이 가장 높은 유전 용량과 함께 우수한 절연 파괴 강도를 나타냈다. 이는 RP-ALD가 웨이퍼 표면에 플라즈마 손상을 낮춰 낮은 결함 밀도를 제공한다는 것임을 나타낸다. 반면 DP-ALD는 박막 특성 자체는 뛰어나지만, 플라즈마 유도 결함으로 인해 트렌치 구조 증착 시 측벽 균일성이 저하되는 한계가 있었다. 따라서 RP-ALD는 뛰어난 step coverage와 전기적 특성 덕분에, 현재 양산에 사용되는 thermal ALD를 대체할 수 있는 차세대 DRAM 기술로 평가된다.

Acknowledgment

이 논문은 2025년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2024-00410332, 2025년 산업혁신인재성장지원사업).

Keywords: Remote plasma ALD, DRAM capacitor, High aspect ratio trench, High-k dielectric, Atomic Layer Deposition

SA-7

Janus green b (JGB) 첨가제 도입을 통한 순주석(Pure Sn) 전기도금층의 성장 거동, 미세조직 및 특성 제어

박민기, 최승회†, 하윤석, 주현빈, 김재환, 전유나, 허윤서

한국공학대학교
(schoe@tukorea.ac.kr†)

전자 및 통신 기기 내 디바이스 동작 속도 고속화 및 전극 밀도의 향상에 대한 요구에 따라, 플립칩(Flip Chip), 2.5D/3D 방식 등의 첨단 반도체 패키지가 개발,보급되고 있다. 현재 칩(die)-칩 또는 칩-인터포저 간 수직 적층에는 전해 도금으로 제조된 Sn-Ag 솔더 범프가 주로 사용되고 있으나, Ag 함량 편차에 따른 조성 불균일성과 도금액 관리의 어려움이 문제로 지적된다. 이러한 한계를 극복하기 위해 일부 공정에서는 순주석(Pure Sn) 솔더 범프가 채택되고 있으나, Sn-Cu 계면에서의 금속간화합물(IMC) 형성과 이에 따른 압축 잔류응력 및 휘스커 성장 등의 신뢰성 문제가 제시되고 있다.

본 연구에서는 주석 도금층 미세조직 제어 및 잔류응력 균일화를 유도하기 위해, 전기 도금 과정에서 janus green b (JGB) 첨가제를 도입하고, JGB 첨가제가 도금층 특성에 미치는 영향을 분석하였다. JGB는 높은 과전압에서 우선적으로 흡착하여, 고전류 밀도 환경에서도 치밀한 도금층 형성을 가능하게 하였고, 도금층 내 island coalescence 메커니즘에 따른 인장잔류응력을 형성시켰다. 더불어 고농도(4 mM)의 JGB와 고전류밀도(250 mA/cm^2) 조건에서, 결정 배향을 무작위에서 {100} 우선 배향으로 전이시켰다. 인장 잔류응력 형성 및 우선 결정 배향 형성은, 도금층 내 응력 분포 균일화를 유도하였으며, 이에 따라 휘스커 성장이 억제됨을 확인할 수 있었다. 본 연구는 첨가제 제어를 통한 Sn 도금층의 미세조직 및 응력 조절 전략을 제시하였으며, 이는 반도체 패키지 및 전기차 부품 등 Sn/Cu 계층 구조가 적용되는 다양한 분야에서 신뢰성 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

Acknowledgment

이 논문은 2025년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2024-00410332, 2025년 산업혁신인재성장지원사업).

Keywords: 첨단 반도체 패키지, 순주석(Pure Sn) 솔더 범프, 전기도금, 휘스커, JGB 첨가제, 고전류밀도

SA-8

반도체 패키지 기판용 솔더 레지스트 유형에 따른 기계적/전기적 신뢰성 연구

마지수[1], 김원빈[2], 고영관[2], 주영창[3], 김병준[1†]

[1]한국공학대학교; [2]삼성전자; [3]서울대학교
(bjkim@tukorea.ac.kr[†])

반도체 패키지에는 다양한 계면이 존재하며, 계면의 접착력이 저하될 경우 심각한 기계적 신뢰성 문제인 박리(Delamination)가 발생할 수 있다. 또한 반도체 집적도 향상으로 배선 간 간격이 축소되면서 전기화학적 마이그레이션(Electrochemical Migration, ECM)에 따른 덴드라이트 성장으로 불량 발생이 증가하고 있어 전기적 신뢰성 확보의 중요성이 더욱 커지고 있다.

본 연구에서는 Solder Resist (SR)의 두 종류의 Ink SR(A Ink, B Ink)과 두 종류의 Film SR(C Film, D Film)을 대상으로 패키지 기판의 기계적 및 전기적 신뢰성을 종합적으로 평가하였다. 기계적 접착력 평가는 기존 DCB (Double Cantilever Beam) 시험의 한계를 보완하기 위해 ADCB (Asymmetric Double Cantilever Beam) 시험을 적용하여, SR 유형에 따른 취약 계면을 정의했다. 전기적 신뢰성 평가는 Cu를 comb-comb 패턴 위에 SR을 도포하여 시편을 제작한 후, 기존 HAST가 장시간 소요되는 한계를 보완하기 위해, 한방울의 물방울을 사용하는 Water Drop Test (WDT)를 기반으로, ECM을 가속화하기 위해 자동화 장비를 통해 물을 반복적으로 떨어뜨리면서 전압을 인가하는 Repeated Water Drop Test (RWDT)를 진행하였다. 또한 DI water와 NaCl 용액을 사용하여 ECM 거동의 차이를 비교하였다.

실험 결과, 계면 접착력은 A Ink가 가장 우수하였으며, B Ink와 C Film은 유사한 수준을 나타냈다. D Film은 가장 낮은 접착 특성을 보였다. 주사전자현미경(scanning electron microscope, SEM) 및 에너지 분산형 분광기(energy dispersive spectroscopy, EDS)를 이용하여, A Ink와 B Ink는 SR/SR 계면에서, C Film은 SR/PPG 계면에서, D Film은 EMC/SR 계면에서 박리가 발생하였음 관찰했다. 이는 SR 유형은 계면 안정성과 신뢰성 확보에 중요한 영향을 미치는 핵심 요인임을 보여준다.

RWDT 결과, DI water 용액에서는 B Ink가 가장 긴 Failure Time이 측정되었으며, 그 다음으로 C Film, A Ink, D Film 순으로 나타났다. NaCl 용액에서는 B Ink가 가장 우수하였고, 이어서 A Ink, C Film, D Film 순으로 결과가 도출되었다. 이는 SR 유형에 따라 전기적 안정성에 뚜렷한 차이가 있음을 의미한다.

종합적으로 Ink SR은 Film SR보다 높은 계면 접착 에너지를 나타냈다. 이는 Ink SR의 낮은 점도 특성으로 인해 표면의 미세 거칠기와 보이드에 침투하여 계면 결합을 강화하는 반면, Film SR은 필러 함량 증가로 인해 레진 함량이 감소하면서 계면 결합력이 저하되었기 때문으로 해석된다. B Ink의 접착력은 보통 수준이었지만, 가장 긴 Failure time을 보여 ECM 억제와 절연 신뢰성에서 가장 우수했으며 D Film는 접착력과 전기적 신뢰성 모두 취약한 특성이 나타났다.

따라서 본 연구는 SR 유형별 기계적, 전기적 신뢰성 특성을 정량적으로 규명하였으며, 이는 반도체 패키지의 장기 신뢰성 확보를 위한 재료 선택과 공정 최적화에 유용한 기초 자료를 제공한다.

Acknowledgment

이 논문은 2025년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2024-00410332, 2025년 산업혁신인재성장지원사업).

Keywords: Solder Resist, Adhesion, Electrochemical Migration, Double cantilever beam test, Water drop test, Reliability, substrate

SA-9

Plasma Process Optimization and Charge Trapping Modeling of High-k Oxide-Based NAND Memory Devices

이찬희, 이희철†

한국공학대학교 신소재공학과
(eechul@tukorea.ac.kr†)

As the size of semiconductor devices continues to shrink, the density of trapped charges also decreases, directly affecting the memory window margin, which is a critical factor for distinguishing a device's on/off states in NAND flash memories. In parallel, the transition from nitride to high-k dielectrics alters interfacial properties; increased interface defect density (D_{it}) may induce changes in the conduction mechanism, which may even adversely affect characteristics such as leakage current and the memory window.

In this work, we successfully fabricated charge-trapping memory (CTM) devices of $Au/Al_2O_3/ZrO_2/SiO_2/Si$ structure using 10-nm-thick ALD ZrO_2 film as the charge-trapping layer. This success is attributed to the use of remote plasma (RP) ALD, which has proven highly effective in our research. Remote plasma, generated in a separate chamber, significantly reduces interface trap density caused by ion bombardment damage during the deposition of ZrO_2 films [4]. The electrical evaluation revealed a low interface trap density of ~10^{12} $cm^{-2}eV^{-1}$. Compared with DP-ZrO_2, CTM devices employing RP-ZrO_2 exhibited an approximately sevenfold larger memory window under a ±5 V sweep. Additionally, to achieve an interface-defect density on the order of 10^{11} $cm^{-2}eV^{-1}$, we performed hydrogen plasma treatment (HPT) [1] on SiO_2 using a remote plasma (RP) prior to ZrO_2 deposition. Using the Berglund integral [2], we obtained D_{it} in the low 10^{11} $cm^{-2}eV^{-1}$ range, and under a ±5 V sweeping the devices exhibited a high memory window of 4.4V.

Furthermore, by regressing the time-constant spectrum (τ = 1μs ~ 1ms) intrinsic to each device [3], we found that HPT effectively suppresses defect population in the 200~400μs band; the reduction was quantitatively evaluated from pulse I-V measurements. At low bias, the activity of 200~400μs defects was observed to activate a distinct conduction mechanism, which may adversely affect device characteristics.

In conclusion, the proposed deposition method holds potential for future implementations of multi-level charge-storage nonvolatile memories or synaptic devices requiring multiple states.

Acknowledgment

This work was supported by Korea institute for Advancement of Technology (KIAT) grant funded by the Korea Government (MOTIE) (RS-2024-00410332, HRD Program for Industrial Innovation).

References

[1] E. Cartier; J. H. Stathis; D. A. Buchanan, Appl. Phys. Lett. 63, 1510−1512 (September 1993)
[2] C.N. Berglund, IEEE Transactions on Electron Devices, (October 1966)
[3] S. Dimitrijev; P. Tanne, IEEE Proceedings of International Conference on Microelectronics (September 1995)
[4] S. W. Kim, J. H. Yoo, W. J. Park, C. H. Lee, J. H. Lee, J. H. Kim, S. H. Uhm, H. C. Lee, Nanomaterials 14(2024), 1686

Keywords: Charge trap memory, ALD, Remote plasma, Interface enginerring, Interface defect

SB-1

반도체 CVD공정 세라믹히터용 고효율 유도가열 시스템을 위한 세라믹 접합 소재 개발 및 접합 특성 분석

권혁천†, 최승곤, 성현우, 김도원, 정태영

원익큐엔씨
(hckwon@wonik.com†)

반도체 웨이퍼 기술의 고도화와 더불어, 반도체 제조용 기판 및 공정 장비 시장의 확대에 따라 에너지 효율을 갖춘 초고온·고정밀 가열 시스템에 대한 수요가 빠르게 증가하고 있음. 이러한 흐름에 발맞춰, 반도체 제조 공정에 적합한 고효율·고성능 가열 시스템의 개발이 필수적으로 요구되고 있음. 본 연구에서는 전기 에너지 절감이 가능한 유도가열(induction heating) 기술을 기반으로, 유도코일이 매립된 세라믹 대면적 접합을 위한 저온 공정용 소재 및 최적 접합 조건을 개발하였고 유리 프릿을 접합 재료로 활용하여 세라믹을 상대적으로 낮은 온도에서 대면적으로 접합하였으며, 그 결과 접합 강도는 최대 230 MPa 이상으로 측정되었음. 또한, 주사전자현미경(SEM) 및 에너지 분산 분광기(EDS) 분석을 통해 계면 내 결함 없이 균일한 화학적 결합이 형성되었음을 확인하였음. 제안된 접합 기술은 반도체 제조용 고성능 유도가열 시스템의 핵심 부품으로 적용될 수 있는 실질적인 가능성과 높은 산업적 확장성을 지님.

Keywords: 유도가열시스템, 세라믹 대면적 접합, CVD공정, 세라믹히터, 접합강도

SB-2

정밀 워킹 코일 설계 기반 차세대 반도체 웨이퍼 유도가열 전력변환 기술

박상민†

한국전자기술연구원
(smpark@keti.re.kr†)

본 연구는 반도체 제조 공정의 핵심인 웨이퍼 가열의 효율성과 정밀도를 동시에 확보하기 위해 유도가열 기반 전력변환 기술을 개발하는 것을 목표로 한다. 정밀 워킹 코일 설계를 중심으로 열 균일성 및 고주파 동작 특성을 최적화하고, 이를 구현하기 위한 고효율·고정밀 전력변환 시스템의 구조와 제어 기법을 연구한다. 나아가 본 과제를 통해 차세대 반도체 공정에 요구되는 에너지 절감형 고신뢰 유도가열 솔루션을 제시함으로써, 국내 반도체 장비 산업 경쟁력 강화에 기여하고자 한다.

Keywords: 유도가열 (Induction Heating), 전력변환 시스템 (Power Conversion System), 열 균일성 (Thermal Uniformity)

SB-3

반도체 공정용 고기능성 세라믹 소재 기술 및 개발 동향

High-Performance Ceramic Materials for Semiconductor Manufacturing: Technologies and Development Trends

김득중†

성균관대학교 신소재공학부
(kimdj@skku.edu†)

반도체 공정에서 사용되는 주요 세라믹 부품 소재로는 Quartz, Al_2O_3, SiC, AlN, Si_3N_4 등이 대표적이다. 최근 공정의 미세화 및 고집적화가 가속화됨에 따라 고온 공정의 정밀 제어 필요성이 확대되고 있으며, 이에 따라 장비 및 부품 소재에 요구되는 성능 기준 또한 점점 더 엄격해지고 있다. 특히 고온, 플라즈마, 화학적 부식 등 극한 환경에서 장시간 안정성을 유지하는 동시에 우수한 열적, 기계적 특성을 확보할 수 있는 고기능성 세라믹 소재의 중요성이 크게 부각되고 있다. 최근 연구에서는 나노 구조를 갖는 산화물 기반 소재를 비롯하여 플라즈마 저항성을 획기적으로 개선한 차세대 세라믹이 보고되고 있으며 미세구조 제어 및 표면 코팅을 통한 내구성 강화와 구조적, 기능적 통합을 지향하는 연구들도 활발히 진행되고 있다. 본 발표에서는 반도체 공정용 핵심 소재로 사용되고 있는 세라믹 재료들의 특성과 적용 분야를 소개하고 차세대 반도체 공정에서 요구되는 소재 개발 방향과 국내외 연구개발 전략을 살펴봄으로써 고기능성 세라믹 소재 기술의 발전 가능성과 산업적 파급효과를 논의하고자 한다.

Keywords: 고기능성 세라믹 소재, SiC, 고온 안정성, 플라즈마 저항성

SB-4

반도체 공정용 웨이퍼 유도가열 시스템의 동작 주파수에 따른 웨이퍼 온도 상승비 비교 및 분석

Comparison and Analysis of Wafer Temperature Rise Ratio with Operating Frequency in Induction Heating Systems for Semiconductor Wafer Processing

김현수, 김현석, 고관영, 이상민, 황윤성, 강승현, 이병국†

성균관대학교
(bkleeskku@skku.edu†)

본 연구에서는 반도체 공정용 웨이퍼 유도가열 (Induction Heating, IH) 기술을 적용하여 서셉터의 고속/고온 가열을 위한 서셉터의 와전류손실 및 동작 주파수 간 trade-off 관계를 비교 분석한다. 서셉터 유도가열 시 서셉터 상단부에 위치하는 웨이퍼를 고려할 경우 웨이퍼의 빠른 가열을 위해 서셉터 상단 표면의 높은 온도 상승비 확보가 필요하다. 이에 따라 서셉터의 두께 및 침투 깊이 (skin depth)를 고려한 동작 주파수 대역 선정이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 서셉터 및 웨이퍼의 IH 실험을 통해 동작 주파수에 따른 피가열체 상단 표면의 와전류손실 및 온도 상승비 비교 분석을 진행한다. 이를 위해 JMAG 시뮬레이션 기반 전자장 해석과 Half bridge - Series resonant inverter (HB-SRI) 기반 테스트베드 구축 및 다양한 동작 주파수 대역에서의 IH 실험을 통해 서셉터 및 웨이퍼의 빠른 가열을 위한 동작 주파수 대역을 선정한다.

Keywords: 반도체 웨이퍼, 웨이퍼 유도가열, 서셉터, 직렬 공진형 인버터

SB-5

복합재 구조 해석을 위한 유한요소 시뮬레이션

최형규, 이창민, 오수민, 윤길호†

한양대학교 기계공학과
(ghy@hanyang.ac.kr†)

복합재 구조는 금속재 대비 높은 비강도와 비강성을 확보할 수 있어 항공우주, 자동차, 에너지 산업 등 다양한 분야에서 핵심적인 역할을 수행하고 있다. 그러나 복합재는 기지재와 강화재의 이방성, 다상 구조, 층간 계면 특성으로 인해 기계적 거동의 해석 및 설계가 단순 균질재에 비해 매우 복잡하며, 실험적 접근만으로는 시간과 비용 측면에서 한계가 존재한다. 이러한 이유로, 복합재의 응답을 정밀하게 예측할 수 있는 수치적 방법론에 대한 필요성이 꾸준히 증가하고 있다. 유한요소해석(FEM)은 대표적인 수치해석 기법으로, 복합재 구조의 미시적 이방성 특성과 거시적 구조 응답을 동시에 고려할 수 있는 강력한 도구이다. 특히 다중 스케일 모델링을 통해 재료 수준의 열전달 특성과 구조 수준의 열응력 거동을 연계할 수 있으며, 적층 계면에서는 이방성 열팽창 계수와 열전도율 차이를 반영하여 국부적 열응력 집중을 정밀하게 모사할 수 있다. 또한 열-기계 연성, 충격 손상, 진동 응답 해석 등 다양한 다물리 기반 문제에 FEM을 확장 적용함으로써 설계 초기 단계에서 신뢰성 높은 성능 예측과 최적화가 가능하다. 본 발표에서는 이러한 방법론적 배경을 토대로 복합재 구조의 FEM 모델링 기법을 체계적으로 정리하고, 층간 계면 모델링, 다중 스케일 접근, 다물리 연성 해석 등 최신 연구 결과를 중심으로 FEM의 활용 가능성을 소개한다. 나아가 열-구조 연성 해석을 통해 복합재 구조의 열적 안정성과 기계적 성능을 동시에 고려한 설계 방향을 제시하고자 한다.

Keywords: 복합재, 유한요소해석, 열-구조 연성

SB-7

기업 경쟁력 강화를 위한 지식재산의 전략적 관리 및 보호 방안

손창호†

한국지식재산보호원
(chson5@koipa.re.kr†)

무형자산의 가치가 기업 경쟁력을 결정하는 지식 기반 경제에서, 지식재산(IP)의 체계적인 관리 및 보호는 지속 가능한 성장의 필수 전제 조건이다. 단순히 기술을 개발하여 권리를 확보하는 것을 넘어, 내외부의 IP 리스크를 선제적으로 관리하고 자산 가치를 극대화하는 통합적 전략이 요구된다. 본 발표에서는 특허빅데이터를 활용해 중요기술을 특정하며, 특허 분석을 통해 분쟁 가능성을 사전에 대비하는 측면과, 분쟁 발생시 다양한 대응전략을 제공하여 시장 지배력을 확보하는 측면을 소개한다. 이러한 IP 전략의 도입은 법적 분쟁을 예방하는 소극적 역할을 넘어, 기업의 핵심 기술 자산을 보호하고, 나아가 기업의 무형자산 가치를 제고하는 핵심 동력이 될 것으로 기대된다.

Keywords: 지식재산 관리, IP 포트폴리오, 특허 분쟁, 무형자산, 기업 경쟁력

SB-8

웨이퍼 유도가열 시스템 관련 표준의 조사분석

박경호†, 손제현†

한국전기산업기술연구조합
(ssu2002@empas.com†, 531jh@koema.or.kr†)

반도체 웨이퍼 공정에 사용되는 유도가열 히터에 대한 국제표준화 기구는 부재하며, 개별 기술에 대해서 표준화를 추진하고 있다.

IEC TC 27(Industrial electroheating and electromagnetic processing) 산업용 전기가열 설비 분야에 대해 국제표준화를 추진 중이며, TC27의 범위는 전기열 기반 표면 처리 기술을 포함한 모든 산업용 전기 가열과 그 조합 및 재료의 전자기처리를 다루고 가정용, 의료용, 용접용은 범위에서 제외된다.

웨이퍼 유도가열 시스템의 성능평가 시험에 적용을 위해 현재 유도가열 시스템 관련 표준을 조사 분석한다.

Keywords: 유도가열 시스템, IEC TC 27, 산업용 전기가열 표준

SB-9

반도체 공정을 위한 유도가열히터 개발의 개요

김지현†, 구본욱, 정은선, 김응서, 최병주, 최동민, 김해찬

원익아이피에스
(kimjh03@wonik.com†)

반도체 공정에서 열에너지는 웨이퍼 위에 막을 증착하거나 식각하는데 중요한 역할을 한다. 열에너지는 히터나 플라즈마 소스로부터 공급받는데, 특히 히터는 웨이퍼를 균일하게 가열하여 공정 온도를 안정적으로 제어하고, 웨이퍼를 고정하는 데 사용된다. 질화 알루미늄(AlN)과 같은 세라믹 소재로 만들어진 세라믹 히터는 높은 열전도율과 내열성, 낮은 열팽창 계수 등의 특징을 가져 반도체의 품질과 성능을 유지하는 데 필수적인 부품이다. 하지만, 온도가 빠르게 상승하거나 냉각해야 하는 특정한 공정에 사용하기 어렵고. 미세 공정의 요구사항에 맞춰 온도 균일도를 유지하기 어려운 문제가 있다. 유도가열 히터의 경우, 세라믹 히터 전체를 가열하는 방식이 아닌 유도가열 코일(Working coil)이 가열하는 대상물인 Susceptor만 가열하는 방식이므로 상대적으로 가열 체적이 작아 빠른 시간 내에 가열하고 상대적으로 빠르게 냉각할 수 있다. 또한 Working coil은 Multi-zone이나 multi-layer의 구성이 가능하기 때문에, 온도 균일도를 맞추기에 상대적으로 용이하다. 이 연구는 이러한 유도가열히터를 개발하기 위해 Working coil 패턴 설계 및 온도 균일도를 맞추기 위해 필요한 온도제어 알고리즘을 최적화하는 것을 포함하고 있다. 이 때 Working coil은 3D printing 기법을 이용하여 제작될 것이다.

Keywords: 유도가열 히터, 반도체 공정

SB-10

Revolutionizing Silicon Carbide Manufacturing: From Binder Jetting to Space and Beyond

실리콘 카바이드 제조 혁신: 바인더 제팅부터 우주 및 그 너머까지

오지원†, 조신후, 정영석

MADDE
(oh@madde.co.kr†)

MADDE Inc. is a startup spun off from Hyundai Motor Company in 2023, dedicated to manufacturing advanced components rather than simply selling equipment. The company has developed a proprietary binder jetting additive manufacturing system specialized for silicon carbide (SiC) products. Silicon carbide is widely recognized for its exceptional hardness, wear resistance, thermal stability, and chemical resistance, making it highly suitable for cutting-edge fields such as semiconductors, aerospace, nuclear energy, and defense.

Using our SiC-specific binder jetting technology, we aim to deliver fast, cost-effective, and material-efficient solutions, significantly reducing machining time while enabling complex designs. In the semiconductor sector, where power semiconductors utilizing SiC wafers are gaining attention, there is a growing need for SiC components that can withstand extremely high process temperatures. Similarly, in space applications, lightweight SiC mirrors with low thermal expansion coefficients are increasingly in demand for communication and optical systems exposed to extreme temperature variations.

Moreover, as the need for SiC-based components expands in emerging fields such as small modular reactors (SMRs) and advanced defense systems, we anticipate a rapid diversification of industries and products requiring 3D-printed SiC.

In addition to ceramics, we have established a large-scale metal additive manufacturing capability using Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) technology supported by three collaborative robots. Currently focusing on aluminum alloys, we plan to extend this to a broader range of materials. Our proprietary software allows multi-robot cooperative control to achieve efficient, synchronized large-scale printing.

Attendees are welcome to visit our booth to see firsthand the innovative components and solutions we have developed.

Keywords: Additive Manufacturing, Binder Jetting, Silicon Carbide, Wire Arc Additive Manufacturing

SB-11

인덕션 히터 코일 제작을 위한 순수구리 소재의 L-PBF 공정에 대한 공정 파라미터 연구

김수현, 유성호†, 김예림, 박기철

파트너스랩주식회사
(david@partnerslab.co.kr†)

Laser-Powder Bed Fusion(L-PBF)은 금속 적층 제조 기술의 하나로, 우주항공, 미래 모빌리티, 방산 및 반도체 장비 등 다양한 첨단 산업에서 활용도를 높여가고 있다. 그러나 순수 구리(Pure Copper)는 고유의 높은 레이저 반사율로 인해 L-PBF 공정 적용이 매우 어려운 난적층성 소재로 알려져 있다. 이를 극복하고자 1kW 이상의 고출력 레이저를 이용한 연구가 활발히 진행되고 있으나 불균일한 입열량(heat input)으로 인한 형상 붕괴 및 표면 품질 저하와 같은 기술적 한계가 있다. 본 연구에서는 L-PBF 공정 변수 최적화를 통해 순수 구리 조형물의 표면 품질을 향상시켜 전기전도도를 향상시키는 것을 목표로 한다. 인덕션 히터 코일(induction heater coil)의 유도 가열 성능을 극대화하는 데 기여할 것으로 기대된다.

Keywords: Induction Heater Coil, Pure Copper, L-PBF, Additive Manufacturing

SB-12

레이저 분말 베드 용융법 기반 구리소재 적층제조 기술

박정민[1,2 †]

[1]한국재료연구원 신기능분말재료연구센터; [2]고려대학교 미래융합소재학과
(jmpark@kims.re.kr[†])

금속 3D프린팅 기술로 불리는 금속 적층제조 기술은 3차원 형상의 제품을 고밀도 열원을 이용해 한 층씩 쌓아 올리며 제작하는 공정 특성으로 인해 고성능/다기능성을 위한 복잡하고 정밀한 형상의 제품을 제작할 수 있는 장점을 지녀 다양한 산업에서 많은 관심을 받고 있다. 특히, 선택적 레이저 용융법으로도 불리는 레이저 베드 용융법(Laser powder bed fusion, LPBF)은 금속 적층제조 기술 중 3차원 형상의 제품을 만드는데 가장 우수한 자유도와 정밀도를 지녀 우주·항공, 모빌리티, 반도체 산업 등 다양한 산업에서 가장 널리 사용 되어지고 있는 공정이다. 한편, 최근 다양한 산업에서는 적층제조 기반 형상최적화 및 경량부품 제조 등 구조재료 중심의 적층제조 기술에서 전동모터용 코어/권선소재 및 반도체용 부품 등 전자기적 특성이 중요한 기능성 금속재료에 대한 적층제조 기술 수요가 급격히 증가하고 있다. 특히, 우수한 전기전도도과 열전도도를 지닌 구리소재 관련 적층제조 기술에 대한 관심이 폭발적으로 증가하고 있으며 이에 대한 산업적 응용 분야가 점차 넓어지고 있는 추세이다. 그러나, 구리소재는 높은 열전도도와 고레이저반사율로 인해, 타 금속재료 대비 난적층성을 지님에 따라 이를 고려한 소재개발 및 공정기술 개발이 필수적으로 요구된다. 본 강연에서는 한국재료연구원에서 수행 중인 구리소재 적층제조 기술 연구 및 이에 대한 산업적 응용 사례 등을 소개하고자 한다.

Keywords: 적층제조, 순구리, 구리합금, 첨단 모빌리티, 반도체증착장비

SC-1

Molecular Recognition to Semiconductor Sensors: Functional Organic Ligand-Doped SWCNTs for H_2S Detection

이은지†

국립강릉원주대학교 화학신소재학과
(ejlee@gwnu.ac.kr†)

Molecular recognition-driven design of functional ligands offers a versatile strategy for developing highly selective sensors. Herein, we synthesized rationally designed ligands and coordination networks capable of detecting amino acids and hazardous heavy metal ions with high selectivity. Furthermore, an organic ligand sensor incorporating a 4-azido-1,8-naphthalic moiety was developed for the selective detection of hydrogen sulfide (H_2S). This sensor enabled H_2S detection in both solution and gas phases and was subsequently integrated into a single-walled carbon nanotube (SWCNT) semiconductor device, providing a practical and high-performance platform for H_2S sensing. Collectively, these findings highlight the potential of supramolecular ligand design in bridging molecular recognition with semiconductor-based sensing technologies.

Keywords: Molecular recognition, Semiconductor, Sensor, Heavy metal, Hydrogen sulfide

SC-2

비금속 원자로 여는 알루미늄의 새로운 가능성, 끝없는 여정

최현주†

국민대학교 신소재공학부
(hyunjoo@kookmin.ac.kr†)

알루미늄은 경량성과 우수한 내식성, 가공 용이성 등 다양한 장점을 지닌 소재로서, 항공·모빌리티·에너지 등 핵심 산업에서 널리 활용되어 왔다. 그러나 기존 알루미늄 합금은 주로 치환형 금속 원소를 합금 원소로 도입하는 방식에 의존해왔으며, 이로 인한 강도를 비롯한 물성 향상에는 본질적인 한계가 존재한다. 또한 알루미늄 기반 복합재는 강화상의 균일 분산과 계면 안정성 확보가 어려워 실제 응용에 제약을 받고 있다.

역사적으로 철에 탄소라는 비금속 원자가 침입형 고용을 통해 새로운 물성 패러다임을 열어 산업혁명을 이끌었던 것처럼, 알루미늄에서도 침입형 비금속 원자의 도입은 전혀 새로운 가능성을 열어줄 수 있다. 이는 기존 합금설계의 한계를 넘어서는 강도 및 특성 향상의 길을 제시하며, 알루미늄 연구의 새로운 여정을 의미한다.

본 강연에서는 알루미늄 소재가 지닌 잠재력과 그 제약을 짚어보고, 비금속 침입형 원자를 통한 물성 혁신 가능성을 탐구한다. 더 나아가 여성 연구자로서 이러한 도전을 선택하고 이어가는 과정, 즉 '끝없는 여정'으로서의 연구자의 삶과 의지를 공유하고자 한다. 이를 통해 소재 과학에서 새로운 패러다임을 열어가는 길이 단순한 기술적 혁신을 넘어, 연구자의 지속적인 탐구와 도전정신 위에 놓여 있음을 강조하고자 한다.

Keywords: 알루미늄, 비금속, 복합재, 합금

SC-3

나노 구조 및 나노 물질 기반 열 복사 제어

임미경†

중앙대학교 기계공학부
(mlim@cau.ac.kr†)

모든 물질은 절대영도 이상에서 열복사를 방출하며, 그 스펙트럼 분포는 온도에 따라 달라진다. 지구에서 가장 중요한 열원인 태양은 자외선부터 근적외선까지 열복사를 방출하며, 인체를 포함한 상온의 물체는 중적외선 영역에서 주로 열복사를 방출한다. 이때 열 복사의 파장보다 작은 나노 구조 및 나노 물질을 활용하면 파장과 방향에 따른 열복사 특성을 제어 할 수 있어, 특이 열복사 현상을 구현할 수 있다. 본 발표에서는 이러한 나노 구조 및 나노 물질 기반 열 복사 제어 연구와 이를 에너지, 모빌리티, 국방, 통신, 우주, 디스플레이 등에 응용한 연구에 대해 발표하고자 한다.

Keywords: 열 복사, 나노 물질, 나노 구조

SC-4

할라이드 페로브스카이트 기반 저항변화 메모리 소자 동향

김효정†

세종대학교
(hyojungkim0912@sejong.ac.kr†)

할라이드 페로브스카이트(Halide Perovskite)는 최근 차세대 전자재료로 큰 주목을 받고 있는 물질이다. 저비용 용액 공정으로 만들 수 있고, 전하 이동이 빠르며, 색과 구조를 자유롭게 조절할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 특징 덕분에 디스플레이, 태양전지뿐 아니라 새로운 형태의 메모리 소자에도 활용 가능성이 열리고 있다.

특히 저항변화 메모리(Resistive Switching Memory, RRAM)는 정보를 전자의 흐름이 아닌 '저항의 크기 변화'로 저장하는 차세대 메모리 기술로, 기존 플래시 메모리보다 속도가 빠르고 소비 전력이 적다. 할라이드 페로브스카이트는 원자 수준에서 이온이 쉽게 이동하는 성질을 가지고 있어, 이 특성이 곧 저항의 변화를 만들어내는 핵심 동력으로 작용한다. 덕분에 인공지능 연산에 필요한 '학습하는 메모리', 즉 인공 시냅스 소자로서도 주목받고 있다.

할라이드 페로브스카이트 기반 저항변화 메모리 연구가 어떻게 발전해왔는지, 현재 어떤 한계를 극복하고 있는지, 그리고 앞으로 인공지능과 차세대 컴퓨팅 시대에서 어떤 역할을 할 수 있을지에 대해 소개하고자 한다.

Keywords: 할라이드 페로브스카이트, 저항변화 메모리, 인공시냅스, 차세대 컴퓨팅, 인공지능

SC-5

할라이드 페로브스카이트 이온학(Ionics): 계면과 안정성

Ionics of Halide Perovskites: Interfaces and Stability

김지영†

한국과학기술연구원
(gykim@kist.re.kr†)

Hybrid lead–halide perovskites have emerged as highly promising thin-film absorbers for next-generation photovoltaics, yet their commercialization is hindered by long-term instability. In this talk, I will bridge concepts from solid-state ionics and semiconductor physics to highlight how ionic transport governs both materials properties, device operation and reliability. First, I will discuss the light-driven enhancement of ionic conductivity and its close relation to photo-induced degradation. Next, I will address the role of ionic and electronic defects at interfaces and how precursor purity affects charge transfer, hysteresis, and stability in perovskite solar cells. Finally, I will suggest interface-engineering strategies that mitigate ion-related losses and pave the way toward durable and efficient perovskite solar cells.

Keywords: Ionics, Perovskite, Solar cell, Interface, Stability

SC-6

반도체 패러다임 변화와 함께 걸어온 기술과 성장의 길

김사라은경†

서울과학기술대학교 지능형반도체공학과
(eunkyung@seoultech.ac.kr†)

반도체 산업은 수십 년에 걸쳐 혁신의 중심에서 미세공정의 한계 극복, 집적도 향상, 전력 효율 개선 등 다양한 기술적 도전에 대응하며 지속적으로 발전해 왔습니다. 본 세미나에서는 반도체 기술의 패러다임 전환, 특히 고성능 컴퓨팅(HPC)을 위한 첨단 반도체 패키징 기술의 주요 발전 방향을 중심으로 기술 트렌드를 조망합니다. 아울러, 이러한 기술 변화와 함께해 온 개인의 커리어 여정을 바탕으로, 미래 세대를 위한 새로운 가능성과 도전의 방향에 대해 함께 생각해 보고자 합니다.

Keywords: 첨단반도체패키징, 하이브리드본딩, 3D 패키징

SD-1

수소환경 재료의 열화평가 연구내용 및 수소환경 소재부품 기업지원센터 소개

이승건†

한국재료연구원
(leesg@kims.re.kr†)

정부의 수소경제활성화 정책에 따라 수소에 대한 관심이 높아지고 있으며, 이에 수소환경에서 재료의 적합성 평가에 대한 수요도 증가하고 있다. 수소는 금속소재 및 폴리머소재의 열화를 발생시킬 수 있어, 이에 대한 사전 검증이 반드시 필요하다. 이에 한국재료연구원은 2022년부터 수소 환경을 모사한 소재 시험·평가 인프라를 구축·운영해 왔으며, 2026년 상반기 개소 예정인 경남 수소 환경 소재·부품 기업 지원 센터를 통해 다양한 인시투(in-situ) 평가 서비스를 제공하여 수소 산업 관련 기업을 지원할 예정이다. 본 발표에서는 한국재료연구원에서 수행 중인 수소 관련 연구 내용과 구축 중인 평가 장비를 소개한다.

Keywords: 수소환경, 수소취성, 수소환경 소재부품 기업지원센터

SD-2

전사공정 기반 유연소자 응용 연구 소개

윤종원†

한국재료연구원 에너지환경재료연구본부
(jwyoon@kims.re.kr†)

기존 실리콘 소자와 달리 유연성 신축성을 갖는 전자소자의 경우 사용자에게 편의성을 제공할 수 있어 많은 연구가 진행되어 오고 있다. 전자 소자의 유연성 및 신축성을 극대화하기 위해서는 기판 소재의 낮은 탄성계수 및 얇은 두께가 필요하지만 이러한 기판 위에 소자를 직접 제작할 경우 핸들링, 열팽창 등의 문제들이 발생할 수 있다. 전사공정은 앞서 언급한 제약 없이 소자를 임시 기판에 제작을 한 후에 원하는 기판으로 옮기는 것이 가능해 안정적인 소자 제작이 가능하다.

이 발표는 전사공정을 이용하여 유연성 신축성을 갖는 다양한 전자소자에 응용한 연구들을 소개하고자 한다. 첫번째로 전사공정에서 가장 중요한 접착력을 정교하게 제어할 수 있는 기술을 이용한 산화물 반도체 기반 웨이러블 박막 트랜지스터 및 회로 기술을 소개하고, 두번째로 희생층 및 레이저 리프트오프 기반의 전사공정을 적용한 광센서 응용연구를 소개한다. 마지막으로 최근 에너지 절감 기술로 많은 연구가 되고 있는 복사 냉각 필름을 전사공정 기반으로 제작한 연구에 대해 소개한다.

Keywords: 전사공정, 유연소자, 웨어러블소자, 박막트랜지스터, 광센서, 복사냉각필름

SD-3

소재에서 시스템까지 ; 스마트 에너지 외피

김소연†

한국재료연구원
(kimso1965@kims.re.kr†)

본 연구는 건축물의 에너지 효율 향상을 목표로, 스마트 에너지 외피 구현을 위한 차세대 소재 및 시스템적 접근을 제시한다. 개발된 열 및 전기 변색 소재는 외부 자극(온도, 전압)에 따라 광학적 특성을 조절하여 태양광 투과율과 열적 성능을 최적화함으로써, 사계절 변화에 따른 냉난방 부하를 최소화하고 에너지 소비 절감 효과를 입증할 수 있었다. 또한, 롤투롤(Roll-to-Roll, R2R) 기반 대면적 필름화 공정을 통해 소재의 경제성과 생산성을 확보하였으며, 이를 바탕으로 다양한 요구에 부합하는 맞춤형 창호 응용 가능성을 확인하였다. 나아가, 능동형 변색 창호를 태양전지와 융합함으로써 외부 전원 공급 없이 자가구동이 가능한 시스템으로 확장하여 에너지 극대화형 창호 제품으로의 발전 가능성을 제시하였다. 이러한 연구 결과는 소재 개발에서 시스템 통합에 이르는 전주기적 접근을 통해, 한국의 녹색건축 인증제도와 에너지 효율화 정책에 부합하는 지속 가능한 건축 솔루션으로서 스마트 윈도우 및 제로에너지빌딩(ZEB) 구현에 기여할 수 있는 잠재력을 보여준다.

Keywords: 열변색, 전기변색, 롤투롤, 스마트창호, 에너지창호

SD-4

전기화학 기반 니켈 재활용 공정 연구

윤병욱[1†], 권예리[1,2], 이주열[1]

[1]한국재료연구원; [2]부산대학교
(buyoo@kims.re.kr[†])

니켈은 구리 및 아연에 이어 세계적으로 큰 규모의 비철금속 시장을 형성하고 있으며, 초고온 내열 합금을 요구하는 우주·항공, 발전 산업, 이차전지 산업 등 다양한 분야에서 활용됨에 따라 그 수요가 지속적으로 증가하고 있다. 이에 따라 니켈 자원의 안정적 확보를 위한 재활용 기술의 중요성이 점차 부각되고 있으며, 현재 니켈 합금 폐기물뿐만 아니라 폐배터리, 폐도금액 등으로부터 고순도 니켈 금속을 효율적으로 회수하기 위한 습식 및 건식 공정 기술 개발이 활발히 진행되고 있다. 이 중 습식 전해 제련법은 전기화학 공정을 기반으로 하여 다양한 재활용 공정 중에서도 친환경적이며 탄소 저감 효과를 기대할 수 있어 주목받고 있다.

본 연구에서는 황산염 기반 전해질 용액을 활용하여 전기화학 기반의 니켈 전해 제련 연구를 수행하였다. 니켈 농도나 용액 온도 등의 공정 변수를 제어하여 수소 발생을 억제하고 전류 효율을 향상시키는 실험을 진행하였으며, 이를 통해 회수한 니켈 금속의 특성 분석을 수행하였다.

Keywords: 전해 제련, 니켈, 재활용, 전기화학

SD-5

Electrocatalyst design for the hydrogen evolution in anion exchange membrane water electrolysis

진송, 최승목†

Korea Institute of Materials Science (KIMS)
(akyzaky@kims.re.kr†)

To advance the practical performance of anion exchange membrane water electrolyzers (AEMWEs), which is a vital key to opening green hydrogen societies, it is necessary to develop superior performance electrocatalysts to accelerate the system's commercialization and the opening of a green hydrogen society. Importantly, due to the lack of protons in alkaline media, the additional water dissociation step is essential and leads to much sluggish hydrogen evolution reaction (HER) kinetics than in acidic media. The reason is the priority to develop highly active and durable electrocatalysts for alkaline HER.

In this presentation, we present an effective research strategy for developing highly active and durable HER electrocatalysts by modifying the metal–metal (M–M) lattice and electronic structure. Moreover, this approach enhances cost-effectiveness by minimizing or eliminating the use of precious group metals (PGMs), thereby providing a promising alternative to conventional HER electrocatalysts such as Pt/C.

Keywords: Anion exchange membrane water electrolysis, Hydrogen evolution, Electrocatalysts

SD-6

2차원 소재 합성 및 소자 응용 연구 소개

김지우†

한국재료연구원 에너지환경재료연구본부
(kjiwoo0730@gmail.com†)

그래핀은 원자 단위 두께에도 불구하고 뛰어난 전기적, 기계적 특성을 지닌 대표적 2차원 물질로, 이를 전자소자 재료로 활용하고자 하는 연구가 활발히 진행되어 왔다. 본 발표에서는 그래핀을 식각 마스크, 성장 템플릿과 같이 독창적으로 활용한 연구들을 소개한다. 먼저 화학기상증착법(CVD)으로 합성한 그래핀을 식각 마스크로 활용하여 3차원 미세 구조체를 제작하는 기술을 다룬다. 이어서 그래핀을 성장 템플릿으로 활용해 전이금속 칼코겐화물(TMD)의 하이포택시(hypotaxy) 성장 연구를 다루고, 그래핀의 직접 성장을 기반으로 한 하이포택시 합성과 이를 응용한 멤리스터 소자를 제시한다. 본 연구는 그래핀을 매개로 한 2차원 물질 합성과 응용의 새로운 가능성을 제시하며, 차세대 기능성 소재 및 소자 개발에 기여할 것으로 기대된다.

Keywords: 2차원 소재, 그래핀, 전이금속 칼코겐화물, 화학기상증착법

SE-1

Color conversion materials for display application(디스플레이 응용을 위한 색변환소재)

송영현†, **최승희, 권석빈, 이선영, 이재혁**

한국광기술원 무기발광디스플레이연구센터
(songyh83@kopti.re.kr†)

한국광기술원은 2001년 개원이래 '산업기술혁신촉진법'에 의한 광기술분야 전문 생산기술 연구소로, LED·LASER·SENSOR·LENS등 빛의 원천을 연구하고 에너지, 환경, 자율주행차, ICT융합, 디스플레이 그리고 국방 분야까지 빛을 다양하게 활용하기 위한 연구개발 및 중소 그리고 중견기업에 대한 기술지원을 통해 광산업 시장과 기술을 선도하고 있다. 특히, 한국광기술원 무기발광디스플레이연구센터는 미래 디스플레이 시장을 선도하기 위해 관련 분야를 활발하게 연구 중이다. 이번 2025 한국재료학회 추계학술대회에서는 '디스플레이 응용을 위한 색변환소재'라는 주제로 관련 분야 연구자들께 도움을 드리고자 한다.

특히, 레이저 디스플레이용 세라믹 형광체 컨버터 기술에 대하여 소개하고자 한다. 나노 형광체 합성 기술, 소결 기술 및 광학적 분석을 통한 레이저 디스플레이의 응용 가능성에 대하여 소개하고자 한다.

또한, 이슈가 되고 있는 마이크로 LED로의 적용 가능성에 대한 소개를 통하여 색변환소재를 연구하는 연구자들께 연구 방향을 제시하고자 한다.

Keywords: 색변환소재, 레이저 디스플레이, 마이크로 LED

SE-2

퀀텀닷 활용 NIR~SWIR 광검출 센서 기술 연구 동향

강진현†, 김용득

(재)철원플라즈마산업기술연구원
(jhkang@cpri.re.kr†)

Emerging applications such as autonomous vehicles and robotics require reliable environmental recognition under diverse conditions, including low-light environments. To meet this demand, image sensors operating in the near-infrared (NIR) to short-wave infrared (SWIR) spectral regions have been actively studied, as they provide enhanced capability for perception beyond the visible spectrum. However, the performance of commercial NIR–SWIR image sensors is constrained by the intrinsic absorption properties of conventional materials such as InGaAs, HgCdTe, and Si-based compounds. Colloidal quantum dots (QDs) have recently gained attention as promising alternatives, owing to their tunable absorption across a wide spectral range and high photoelectric conversion efficiency. These unique advantages have positioned QDs as key materials for next-generation image sensor technologies. This presentation introduces recent research trends in photodetector technologies and highlights various case studies where QD-based approaches have been employed to improve device performance for NIR–SWIR imaging applications.

Keywords: Quantum Dot, NIR, SWIR, Photodetector

SE-3

Environmentally-Friendly Designed Quantum Dots for Energy and Biomedical Applications

백운혁†

전북대학교 반도체화학공학부
(whbaek@jbnu.ac.kr†)

양자점은 양자 센서, 광센서 등 차세대 반도체 양자 기술을 선도할 소재로 많은 기대를 받아오고 있다. 하지만 RoHS 규제 같은 환경 규제는 양자점의 산업화를 위해서는 Pb, Cd과 같은 중금속 원소의 사용을 제한하고 있고, 현재 디스플레이 분야에서만 무독성 양자점이 개발되어 산업화에 성공하였다. 앞으로 양자 기술을 위한 다양한 응용을 위해서는 타 응용 분야에서도 무독성 양자점 소재를 개발하여 효율적인 소자를 제작하여야 하며, 결과적으로 얻어진 무독성 양자점 소재는 근 미래에 닥쳐올 양자 기술 사회를 대비하여 초격차를 가지는 기술을 선점하는 데에 큰 기여를 할 것이다.

Keywords: 양자기술, 양자점, 산업화, 환경 규제

SE-4

양자점 발광과 유전체 나노입자 형상제어

김영국†

한국재료연구원
(voice21@kims.re.kr†)

양자점(Quantum Dot) 소재는 디스플레이, 바이오 이미징 등 다양한 분야에서 상용화 수준까지 발전했지만, 응용 분야를 더욱 확대하기 위해서는 몇 가지 기술적 과제가 남아있다. 특히 디스플레이에 적용되는 양자점 필름은 충분한 밝기를 위해 고농도의 양자점이 필요하다. 하지만 농도가 높아지면 양자점 입자 간의 빛 재흡수(re-absorption) 현상이 발생하여 발광 효율이 떨어지는 문제가 있다. 이러한 효율 저하 문제를 해결하기 위해 나노입자의 광산란(light scattering)을 이용하는 방법이 있다. 나노입자는 특정 조건에서 공진(resonance)을 일으켜 주변의 전자기장을 증폭시키고, 이를 통해 양자점의 발광을 향상시킬 수 있다. 금속 나노입자는 표면 플라즈몬 효과 덕분에 전자기장 증폭 효과가 뛰어나지만, 자체적인 광손실과 소광(quenching) 문제로 적용에 한계가 있다. 반면, TiO_2와 같은 고굴절률 유전체 나노입자($n > 2.5$)는 광손실 문제없이 공진을 통해 양자점의 빛 흡수와 발광을 모두 증진시킬 수 있어, 더 얇고 효율적인 양자점 필름을 제작할 수 있다. 본 연구에서는 고굴절률 유전체 나노입자를 양자점에 적용하여 발광 특성을 제어하는 연구를 소개하고자 한다. 특히, 유전체 나노입자의 형상이 양자점의 발광 특성에 미치는 영향에 대해 논의하고자 한다

Keywords: 양자점, 발광, 유전체, 나노입자, 형상

SE-5

Colloidal Semiconductor Heterostructures for Efficient Display Applications

정병국†

부산대학교 응용화학공학부 & 환경에너지연구소
(bgjeong@pusan.ac.kr†)

Colloidal semiconductor nanocrystals configured as heterostructures have emerged as promising light-emitting materials due to their unique optical characteristics. These properties are intricately dependent on the nanoscale architecture of the structures. For instance, the use of a ZnS shell around an InP core effectively confines charge carriers within the core, enhancing emission efficiency. Attaining optimal luminescent performance from such systems necessitates atomic-level control over interfacial structures. In this talk, I will explore recent advancements in structural engineering approaches aimed at maximizing the emissive performance of these nanomaterials.

The latter portion of the presentation will focus on design strategies for colloidal heterostructured semiconductors. III–V/II–VI nanocrystals, particularly those integrating InP cores with ZnSe or ZnS shells, are regarded as viable alternatives for achieving vivid red and green emission in display applications, especially considering environmental and regulatory constraints. I will present novel interface-tuning methodologies that build upon traditional nanocrystal platforms and incorporate heterovalent material systems to modulate their photophysical and electronic behavior. These strategies, grounded in synthetic chemistry and electronic structure analysis, offer a pathway to move beyond conventional quantum confinement paradigms and address fundamental limitations in conventional heterostructures.

Keywords: quantum dot, colloidal nanocrystal, heterostructure, heterovalent interface, display application

SE-6

구조적 열화 메커니즘 규명을 통한 양자점 안정성 향상

양지웅 (Jiwoong Yang)†

대구경북과학기술원
(jiwoongyang@dgist.ac.kr†)

반도체 나노결정의 구조적 변환 메커니즘을 이해하는 것은 크기 및 형태에 따라 달라지는 고유한 특성을 온전히 활용하기 위해 필수적이다. 본 발표에서는 in-situ 구조분석 기술을 통해 규명된 반도체 나노결정의 열화 메커니즘을 소개하고, 안정성을 향상시키기 위한 전략을 논의한다. 구체적인 예로, Cd-칼코게나이드 및 페로브스카이트와 같은 양자 크기 반도체 나노결정에서 수분에 의해 유도되는 열화를 다룬다. 그래핀 기반 이중 액체셀을 이용하여 실시간 투과전자현미경 관찰 동안 반응물의 혼합을 정밀하게 제어하여, 열화과정을 반응 초기 단계에서부터 모니터링할 수 있다. 마지막으로, 이러한 반도체 나노결정의 열화를 억제하여 구조적 안정성과 광학적, 전기적 특성을 보존하는 접근법을 제시한다. 본 연구는 반도체 나노결정의 상전이 메커니즘에 대한 근본적인 이해를 제공하며, 안정성 중심의 소재 설계를 위한 기초를 마련한다.

Keywords: 양자점, 열화, 메커니즘, 실시간 구조분석

SE-7

Application of quantum dots for photoelectrochemical energy conversion

김재엽†

건국대학교
(jykim24@konkuk.ac.kr†)

Quantum dots (QDs) have recently attracted considerable attention owing to their unique optoelectronic properties, such as tunable band gaps, high molar extinction coefficients, and the potential for multiple exciton generation (MEG). Because of these properties, QDs are regarded as promising photosensitizer candidates for photoelectrochemical (PEC) energy devices, including PEC solar cells and PEC hydrogen production systems. In this presentation, we discuss the application of QDs as photosensitizers in PEC energy devices. First, we performed defect engineering of Cu–In–Se (CISe) QDs to achieve high solar energy conversion efficiency. By controlling the Lewis acid–base reactions between the precursors, CISe QDs with an optimal level of Cu-related defects could be synthesized while maintaining their morphology. When the In/Cu ratio was adjusted, the PEC hydrogen generation current density and the solar energy conversion efficiency of QD-sensitized solar cells were maximized. Second, we introduce the development of effective passivation layers applicable to CISe QD photoelectrodes. To suppress surface recombination occurring at the QD photoelectrode/electrolyte interface, passivation layers such as ZnS/SiO_2 dual overlayers and amorphous aluminosilicate (AAS) coatings were developed. This presentation will focus on how these passivation layers influence the PEC performance of QD photoelectrodes.

Keywords: Quantum dots, PEC energy conversion, solar cells, PEC hydrogen production

SF-1

Calcination process design for layered oxide cathodes toward sustainable lihtium ion batteries

박혁준†

고려대학교 신소재공학부
(hyeokjun@korea.ac.kr†)

Lithium transition metal layered oxide cathodes play a critical role on determining overall performance and price of lithium ion batteries, some of which with nickel-rich or cobalt-less compositions have garnered particular interests as the most promising high-energy and sustainable cathode materials. However, those cathode materials commonly suffer from rapid capacity decay along with structural and morphological degradation. Such chemo-mechanical failures are triggered and aggravated by various structural defects, including internal void spaces, surface reconstruction layers, and intragranular nanopores, typical features of the conventionally synthesized layered oxide materials. However, it still remains elusive how these defects are formed during synthesis though all of these layered oxide type cathodes are now produced by high-temperature solid-state calcination in the production line. A fundamental understanding of the general defect formations is thus indispensable to clarify how the synthesis process induces the formation of intrinsic defects from the precursor to the final product stage and how these defects affect the electrochemical degradation at the primary- and secondary-particle levels. Critical questions that require in-depth study include how the spatially inhomogeneous solid-state reaction begins at the interface of reacting precursors, propagates during the synthesis, and triggers the generation of defects. In this presentation, I will show the hidden synthetic mechanism of layered oxide materials using a combination of high-end and multi-length-scale analysis methods[1]. The kinetic interplay in synthesis of lithium layered oxide and its implications will be discussed in detail. Universal synthesis principle through comprehensive studies from conventional to high-nickel and cobalt-free layered oxide cathodes will be also discussed[2-4]. Based on our mechanistic understanding, I propose a redesign of solid-state synthesis pathway to achieve structurally integrated layered oxide cathodes.

References

[1] **H. Park**†, H. Park†, K. Song, S. H. Song, S. Kang, K. H. Ko, D. Eum, Y. Jeon, J. Kim, W. M. Seong, H. Kim, J. Park, and K. Kang, In situ multiscale probing of the synthesis of Ni-rich layered oxide cathode reveals reaction heterogeneity driven by competing kinetic pathways, *Nat. Chem.,* **2022**, *14*, 614-622.

[2] S. H. Song, H. S. Kim, K. S. Kim, S. Hong, H. Jeon, J. Lim, Y. H. Jung, H. Ahn, J. D. Jang, M.-H. Kim, J. H. Seo, J.-H. Kwon, D. Kim, Y. J. Lee, Y.-S. Han, K.-Y. Park, C. Kim, S.-H. Yu, **H. Park***, H. M. Jin*, and H. Kim*, Toward a nanoscale-defect-free Ni-rich layered oxide cathode through regulated pore evolution for long-lifespan Li rechargeable batteries, *Adv. Funct. Mater.,* **2024**, *34*, 2306654.

[3] K. H. Ko†, **H. Park**†, J. Yoon†, S. H. Song, E. Choi, S. Seo, J. Kwon, S. Lee, J. Heo, S. Han, J. Park, W. Kim, Y.-T. Kim, J. Lim, Y. S. Lee, H. Kim, and K. Kang*, Multi-scale defect regulation of cobalt-free layered oxides for high-energy and long-lasting cathodes, *ACS Energy Lett.* **2025**, *10*, 1605-1614.

[4] G. Choi†, U. Chang†, J. Lee, K. Park, H. Kwon, H. Lee, Y.-I. Kim, J. H. Seo, Y.-C. Park, I. Park, J. Kim, S. Lee, J. Choi, B. Yu, J.-H. Song, H. Shin, S.-W. Baek, S. K. Lee, **H. Park***, K. Jung*, Unraveling and regulating superstructure domain dispersion in lithium-rich layered oxide cathodes for high stability and reversibility, *Energy & Environ. Sci*., **2024**, *17*, 4634-4647.

Keywords: Lithium ion batteries, cathodes, calcination, synthesis, in situ characterizations

SF-2

차세대 전기화학 변환 소재 및 시스템 개발

임정훈†

충남대학교 신소재공학과
(jeonghoonlim@cnu.ac.kr†)

My research focuses on the development of sustainable electrochemical systems through advances in materials science, electrochemical engineering, and product analysis. This includes designing and synthesizing nanomaterials, employing advanced characterization techniques, and developing efficient mechanical system designs. Key applications involve oxygen reduction reaction (ORR) electrocatalysts for fuel cells and hydrogen peroxide production, nitrogen electrochemistry such as nitrate reduction for water purification and ammonia synthesis, alkaline sorbent regeneration for CO_2 capture, and bipolar membrane electrolyzers/electrodialysis.

Moving forward, I aim to advance technologies such as scalable electrolyzer design to enable ammonia production and CO2 conversion. Additionally, I plan to expand research on in-situ gas/ion product analysis for understanding reaction mechanisms. These efforts will pave the way for more sustainable solutions to energy, water, and environmental challenges, contributing to global sustainability goals in renewable energy and chemical production.

Keywords: Catalyst, Electrochemical Conversion, Ammonia, CO2, Hydrogen, Fuel Cells

SF-3

Achieving Transparent Flexibility in High-Performance Oxide TFTs via Delamination

박리를 통한 고성능 산화물 박막 트랜지스터의 투명 유연성 구현

고종범†

국립한밭대학교
(jko914@hanbat.ac.kr†)

Deformable displays with various form-factors, such as foldable, rollable and stretchable, have attracted much attention due to their diverse applications in wearable devices, vehicles windows, and so on. Consequently, deformable backplane devices have emerged as crucial elements for the next-generation deformable displays. Typically, flexible devices can be realized by conducting fabrication process onto plastic substrates. However, typical transparent plastic substrates, including polyethylene terephthalate (PET), exhibit high coefficient of thermal expansion and low glass transition temperature. Therefore, achieving high-end devices on transparent flexible substrates becomes challenging due to the narrow process temperature windows.

In here, we fabricated high-end oxide TFTs on rigid glass substrates with high process temperature and subsequently transferred them to PET substrates by delaminating the devices using physical forces. Typically, inorganic layers cannot be delaminated from glass substrate due to their strong adhesion energy. To overcome this limitation, we introduced MoO_3 layers as exfoliation layers, facilitating easy delamination of inorganic layers. Here I will discuss the electrical characteristics of the flexible devices by delamination process, along with the related mechanisms.

Keywords: thin-film transistors, flexible devices, soft electronics, wearable devices, oxide semiconductors

SF-4

지속가능 전기화 기술을 위한 첨단 나노촉매 소재

Nanostructured Advanced Materials for Sustainable Electrification Technologies

김상준†

충남대학교
(sangjoon@cnu.ac.kr†)

탄소중립 사회 실현을 위해서는 차세대 전기화 기술을 가능하게 하는 나노구조 첨단 재료의 개발이 핵심적이다. 본 연구에서는 다차원 산화물, 다공성 나노재료, 고엔트로피 합금 나노입자, 단일원자 촉매 등 촉매 및 열적 기능을 정밀하게 조율할 수 있는 재료의 합성과 설계에 중점을 두었다. 나노섬유, 나노시트, 계층적 지지체 등의 제어 합성을 통해 높은 비표면적, 조절 가능한 전자구조, 우수한 구조 안정성을 확보하였다. 이렇게 개발된 재료들은 효율적인 촉매이자 발열체로서, Joule 및 유도가열을 통한 정밀한 에너지 전달을 가능하게 한다. 또한 나노구조 설계 원리를 대면적 합성법과 결합함으로써, 에너지 효율적 오염물질 제거, 환경 정화, 수소 저장 및 활용과 같은 응용 가능성을 제시하였다. 이러한 합성 중심의 연구 접근은 지속가능 전기화 기술 구현에서 나노재료의 핵심적 역할을 부각시키며, 무화석 연료 기반의 에너지 전환 가속화에 기여할 수 있음을 보여준다.

Keywords: 나노촉매, 전기화, 에너지전환

SF-5

유무기 복합 결정의 결정화 조절을 통한 친환경 응용

Inorganic-organic hybrid crystallization for sustainable future

박범철†

고려대학교 신소재공학부
(bmcpark@korea.ac.kr†)

The rapid advancements in science and technology today come with their own set of challenges, much like two sides of the same coin. Key issues, including the surge in electricity demand, global warming, and the scarcity of mineral resources, present significant obstacles to the development of sustainable technological models. To overcome these barriers, breakthroughs that move beyond existing technological paradigms are essential. In nature, the formation of inorganic-organic hybrids through processes such as mineralization, chirality induction, and biogeochemical cycling plays a crucial role in sustaining healthy ecosystems. These natural processes offer valuable insights for materials scientists seeking solutions to address aforementioned contemporary issues. However, natural reactions often exhibit low efficiency and slow kinetics over large time scales.

Our group aims to overcome these limitations by developing inorganic-organic hybrid crystallization processes that are more engineerable and possess faster kinetics. Here, We will present strategies for designing inorganic-organic hybrid crystallization to develop new materials and redox chemical reactions that offer greater efficiency, are abundant in nature, are more functional, and can be recycled, all aimed at fostering sustainability. In particular, we are controlling the crystallization processes of transition metal-based oxides and chalcogenides by hybridizing them with organic molecules. Two different approaches are covered in this talk: firstly, to regulate material formation at the atomic scale, enabling the engineering of new lattices; secondly, to leverage the crystallization process as a novel redox reaction applicable to various sustainable applications, including electrochemical batteries, catalysis, and environmental remediation.

Keywords: 유무기 복합 결정, 나노재료, 친환경, 자성소재, 광학소재

SF-6

Metal–Insulator Transition Materials for Neuromorphic Computing

Tae Joon Park†

Korea University
(taejoon@korea.ac.kr†)

The limits of traditional semiconductor scaling highlight the urgent need for new materials that can support unconventional computing architectures. Metal-insulator transition (MIT) materials, which undergo reversible electronic phase changes, represent a promising class of candidates for neuromorphic hardware. Their electronic responses are governed by correlated electron interactions, providing opportunities to realize tunable switching behaviors relevant to brain-inspired computing. In this presentation, I will introduce approaches for synthesizing and engineering MIT thin films that enable systematic tuning of their phase transition characteristics. Device-level demonstrations illustrate how these controlled phase behaviors can be harnessed to mimic essential neuromorphic functions, paving the way toward energy-efficient and adaptive computing platforms.

Keywords: Neuromorphic Computing, Electronic Materials, Oxide Thin Films, Metal-Insulator Transition

SF-7

Low-dimensional vdW materials -based memory devices

최민섭†

Department of Materials Science and Engineering, Chungnam National University
(goodcms@cnu.ac.kr†)

In this presentation, we present a low-dimensional van der Waals (vdW) memory device that leverages the oxidation behavior of TaS_2 to enable charge trapping. A high-quality tantalum oxide (TaO_x) layer with well-controlled thickness is self-formed on TaS_2 surfaces via ultraviolet ozone (UVO) treatment with optimized time and temperature conditions, functioning as a tunneling insulator within the charge-trapping stack. This strategy realizes a precisely engineered TaO_x tunneling barrier, leading to a high hysteresis-to-gate sweep ratio and reliable data retention with a stable on/off current ratio in MoS_2 channel devices. The influence of TaO_x thickness, tuned through UVO processing temperature, on charge-trapping efficiency and hysteresis characteristics was systematically investigated to identify optimal memory performance. We also report a non-volatile vdW flash memory device that incorporates monolayer Janus MoSSe as the charge-trapping medium. Owing to its inherent structural asymmetry, Janus MoSSe generates a pronounced vertical dipole, which enhances charge trapping, establishes deeper energy barriers, and enables directional polarization in contrast to symmetric two-dimensional materials. Consequently, the fabricated devices exhibit superior retention and endurance characteristics, together with a wide memory window. These advancements surpass those of previously reported 2D flash memory devices, attributed to the strong charge confinement and reduced leakage facilitated by the dipolar nature of the Janus structure.

Keywords: Low-dimensional materials, van der Waals(vdW), memory devices

SF-8

화학적 불균일을 활용한 철강재료의 미세조직 제어

김지훈†

부산대학교 재료공학부
(kim.ji.hoon@pusan.ac.kr†)

철강재료의 미세조직 제어는 화학적으로 균일한 조성을 기반으로 이루어져 왔다. 균일 조성은 상변태 거동의 예측을 용이하게 하고, 균질한 미세조직과 안정적인 기계적 특성 확보에 기여하기 때문이다. 그러나 최근에는 이러한 전통적 관점을 넘어 초기 조직에 의도적으로 화학적 불균일성을 도입하는 새로운 접근법이 주목받고 있다. 화학적 불균일성은 국부적인 상변태 구동력 차이를 발생시키며, 특정 합금 원소를 선택적으로 분배시켜 합금 원소의 활용도를 극대화할 수 있는 장점을 갖는다.

본 연구에서는 화학적 불균일성을 도입하여 인장강도 1 GPa 이상의 고강도 마르텐사이트 및 베이나이트강에서 기계적 특성과 상변태 거동을 동시에 제어할 수 있음을 보였다. 마르텐사이트강에서는 Mn 농축 영역에서 안정성이 높은 잔류 오스테나이트가 형성되고 변형 분배와 추가적인 가공경화를 유도하였고, 이를 통해 기존에 연신율 향상이 어려웠던 마르텐사이트강에서 강도와 연성을 동시에 개선할 수 있었다. 베이나이트강에서는 Mn 불균일성이 입내 핵생성을 촉진하여 베이나이트 변태 속도를 가속화하였고, 그 결과 공정 시간을 효과적으로 단축할 수 있었다. 또한, Mn이 농축된 영역에서 높은 기계적 안정성의 오스테나이트가 잔류하여 변형유기 마르텐사이트 변태(TRIP 효과)로 인해 기계적 특성이 크게 향상되었다.

이러한 결과는 화학적 불균일성이 철강재료의 새로운 미세조직 제어 전략이 될 수 있음을 보여준다. 특히 합금 원소를 보다 효율적으로 활용하고 첨가량을 줄일 수 있어, 재활용성이 요구되는 저합금강 설계에도 효과적으로 활용될 것으로 생각된다.

Keywords: 철강, 화학적 불균일, 초고강도, 마르텐사이트, 베이나이트

SF-9

3차원 원자단층현미경을 활용한 금속재료의 원자단위 화학조성 분석

정찬원†

부경대학교 융합소재공학부 재료공학전공
(c.jung@pknu.ac.kr†)

재료의 미세구조는 재료의 특성을 결정하는 핵심 요소로서, 다양한 크기와 형태로 존재한다. 미세구조에는 결정의 상(phase), 결정 방향, 결정 크기, 기공, 석출물, 결함 등이 포함되며, 이들은 재료의 성능과 직결된다. 특히 결함은 다양한 스케일에서 나타나는데, 마이크로 스케일에서는 시편의 표면, 기공, 크랙, 마이크로 석출물 등을 예로 들 수 있고, 나노 스케일에서는 공공, 치환형/침입형 고용체, 전위, 적층결함, 결정립계 상 등이 관찰된다. 이러한 미세구조적 요소들을 정확히 분석하고 재료 특성과 연관 지어 이해하는 것은 재료 연구에서 매우 중요하다.

미세구조 분석에는 분석 대상의 스케일과 화학 민감도를 고려한 기법 선택이 필요하다. 3차원 원자 단층 현미경(Atom Probe Tomography, APT)은 나노미터 이하의 공간 해상도로 원자 단위의 3차원 분포를 분석할 수 있는 첨단 기법이다. 특히 H, He, Li, Be, B, C와 같은 경원소까지 정밀하게 검출할 수 있다는 점에서 다른 기법과 차별화된다. 또한 레이저 보조 증발 모드의 개발로 인해, 과거 금속재료에 국한되었던 적용 범위가 산화물, 반도체 등 전기전도도가 낮은 재료로까지 확장되고 있다. 본 발표에서는 3차원 원자 단층 현미경의 기본 원리를 소개하고, 이를 활용하여 금속재료를 분석한 연구 사례들을 공유하고자 한다

Keywords: 3차원 원자 단층 현미경, Atom probe tomography, 금속재료, 미세구조, 결함

SG-1

Graphite Pellicle for Next-generation EUV lithography

신동욱†

국립한밭대학교 신소재공학과
(dwshin@hanbat.ac.kr†)

Extreme ultraviolet lithography (EUVL) is extensively utilized in the fabrication of integrated circuit (IC) chips across various sectors, including electronics, automotive, military, and artificial intelligence computing. A pellicle, defined as a thin and transparent membrane, serves to protect the expensive photomask, or reticle, during the EUVL process. The absence of a pellicle can result in catastrophic outcomes for the fabricated IC chips. Specifically, the deposition of particles on the photomask often leads to defective patterning, which subsequently causes chip failure and reduces production yield. Among potential pellicle materials—such as carbon allotropes, silicon (Si), silicon nitride (SiNx), and silicon-molybdenum-niobium (Si-Mo-Nb) compounds—nanometer-thick graphite films (NGF) have exhibited significant promise in meeting the stringent optical, mechanical, thermal, and chemical requirements. This review provides a comprehensive overview of recent advancements in NGF pellicles, encompassing large-scale material fabrication (up to dimensions of 135 mm × 135 mm), transfer techniques for achieving freestanding configurations, and practical characterization methodologies. Furthermore, the review addresses prevailing challenges and explores future prospects for NGF pellicles, aiming to support the critical transition from laboratory-scale investigations to industrial-scale applications.

Keywords: Nanometer-thick graphite, pellicle, EUV, lithography, transfer

SG-2

High crystalline 2D materials for next generation applications

송승우†

한국표준과학연구원
(swsong@kriss.re.kr†)

2D 소재는 평면 내 강한 결합력과 층 간 약한 반데르발스 상호작용을 특징으로 하며, 그래핀, 전이금속 디칼코겐화물(TMDs), MXene 등 다양한 2D 소재들이 전자, 광전자, 촉매, 에너지 저장 분야 및 최근 양자소자 분야에서도 가능성을 보여주고 있다.

특히 반도체 산업에서는 AI와 같은 데이터 집약적 애플리케이션의 등장으로 더 높은 집적도와 저전력 전계효과트랜지스터(FET)의 개발이 필요해짐에 따라, 실리콘(Si) 반도체는 채널 두께가 5nm 이하로 감소할 경우 표면 산란으로 인해 전하 이동도가 저하되는 문제가 발생하는데 비해, 2D 반도체는 수 나노미터 두께에서도 높은 안정성, 우수한 전하 이동도 및 뛰어난 on/off 비율을 유지하며, 위의 문제를 해결할 수 있는 유망한 대안으로 주목받고 있다.

그러나 2D 소재는 차세대 소자로 활용하기 위해 중요하게 해결해야 할 문제점을 갖고 있다. 첫째, 극도로 얇은 구조로 인해 도핑 거동을 이해하고 제어하는 것이며, 둘째, 반데르발스 표면에 존재하는 간극이 전극과의 접촉 저항을 높이는 문제가 있다.

본 발표에서는 2D MoS2 반도체의 상층 삽입(intercalation) 방법을 소개하여 고도로 도핑된 단일층 MoS2의 물리적 특성을 탐구할 예정이다. 또한, 고정렬된 2D 반금속 PtTe2를 마치 수평방향의 단결정 기판으로 활용하여, 2D 반도체 채널과 접촉 금속 간의 접촉 저항을 최소화하며, 2D 반도체의 성장을 제한하는 방법 소개를 통해 차세대 반도체 소자로 활용가능성에 대해 논의하고자 한다.

Keywords: 2D semimetal, 2D semiconductor, Intercalation, Edge contact

SG-3

고밀도, 저전력 유연 전자소자를 위한 고분자 절연 소재 기반 유기 반도체 소자 기술

최준환†

단국대학교 화학공학과
(jhchoi2301@dankook.ac.kr†)

내재적 유연성과 신축성을 갖춘 박막 트랜지스터 (TFT)는 차세대 전자소자의 핵심 구성 요소이며, 전자소자의 신뢰성 있는 동작 특성을 확보하기 위해서는 우수한 기계적 변형 능력을 갖춘 유전체 소재가 필수적임. 본 연구에서는 건식 공정 기반의 개시제를 이용한 화학 기상 증착 (iCVD) 공정을 이용하여 고분자 절연 소재를 개발하였으며, 높은 유전율과 우수한 절연 내구성을 동시에 확보함. 개발된 고분자 절연 소재를 이용하여 고성능, 저전압 구동 가능한 유연/신축성 TFT 소자를 구현하였으며, 나아가 높은 정보 처리 밀도를 지닌 저전력 유기 전자소자를 구현함. 예를 들어, 비휘발성 플래시 메모리 소자를 이종 접합 트랜지스터와 집적하여 3진 논리 회로를 구현하였으며, 이러한 플래시 메모리 구조를 반양극성 트랜지스터에 적용하여 확률 추론 컴퓨팅을 위한 가우시안 (Gaussian) 출력 특성을 확보하고, 출력 특성을 정밀하게 제어하는 데 성공함. 또한, 고분자 절연막 적층 구조에서의 전하 포획 메커니즘을 이용하여 명함 기판 위에 광반응성 특성을 지닌 메모리 트랜지스터를 제작하였고, 전하 저장 기능과 생물학적 시냅스 거동 특성을 동시에 확보함.

Keywords: 박막 트랜지스터, 유기 반도체 소자, 고분자 절연 소재, 유연/신축성 전자소자

SG-4

Surface/Interface Engineering of 2D Materials using XeF_2 for Integrated Device Fabrication

손장엽[1,2†]

[1]한국과학기술연구원(KIST); [2]과학기술연합대학원대학교(UST)
(jayson@kist.re.kr[†])

Over the last three decades, carbon (one of the most abundant materials found on earth) and carbon nanomaterials (carbon allotrope forms such as 0D fullerenes, 1D carbon nanotubes, and 2D graphene) have attracted significant attention due to their unique electronic, thermal, mechanical, and chemical properties. In particular, two-dimensional (2D) materials provide an exceptional platform where their intrinsic properties can be dramatically tuned by engineering surfaces, interfaces, and defects.

In this talk, I will introduce our recent progress on surface and interface engineering of 2D materials using XeF_2 treatment. Specifically, I will discuss three approaches:

1) Contact engineering of hBN-encapsulated graphene via selective etching of hBN using XeF_2, enabling low-resistance and scalable contacting methods for 2D electronics.

2) Graphene-based etching masks to fabricate nanoscale structures and integrated device architectures.

3) Selective etching strategies for precise surface/interface control in van der Waals heterostructures, which provide opportunities for defect control, structural patterning, and integration into next-generation devices.

These approaches demonstrate how XeF_2-assisted surface/interface modification and selective etching can expand the toolbox of 2D material processing and integration, offering pathways toward scalable device applications in electronics, spintronics, and energy systems.

Keywords: 2D materials, XeF2, surface/interface engineering, selective etching, contact engineering

SH-1

신생아 및 소아의 생체신호 모니러링을 위한 피부부착형 무선 센서 플랫폼

곽성수†

한국과학기술연구원
(kwaksungsoo@kist.re.kr†)

생리적 징후를 지속적으로 모니터링하면 질병을 조기에 발견하고 적절한 치료 개입을 제공할 수 있으며, 이미 질병이 있는 환자의 경우 환자의 상태를 면밀하고 정량적으로 평가하는 수단이 됩니다. 특히 건강 상태나 증상을 정확하게 표현할 수 없는 신생아와 소아에게 필수적인 요소입니다. 그러나 현재의 접근 방식은 피부에 여러 개의 센서를 테이프로 부착하고 복잡한 유선 인터페이스를 통해 외부 데이터 수집 장치에 연결해야 합니다. 또한, 이러한 장치와 접착제는 연약하고 미발달된 피부에 의인성 손상을 유발할 수 있으며, 전선은 수유, 기저귀 갈기, 목욕과 같은 환자 관리의 가장 일상적인 작업조차 복잡하게 만들 수 있습니다. 무선 소프트 전자 장치는 기존 모니터링 장비의 이러한 단점과 기타 단점을 극복하여 취약한 환자에게 안전하고 효과적인 치료를 제공할 수 있습니다. 본 연구에서는 부드럽고, 기계적 유연성이 뛰어나며, 신축성이 있도록 최적화된 소재 전략과 디자인 개념을 소개합니다. 이러한 방법은 정확하고 다양한 생리 신호 수집 및 피부 자극 감소와 같은 다양한 기능을 보여줍니다.

Keywords: 무선 센서, 생체신호, 실시간 모니터링, 질병 조기 진단

SH-2

생체 유체 흐름의 실시간 모니터링을 위한 수동냉각 기반의 웨어러블 기기

박민수†

단국대학교 고분자시스템공학부
(minsupark@dankook.ac.kr†)

전력 효율적으로 제어된 열 자극을 전달할 수 있는 피부 통합형 웨어러블 기기는 연속적인 생체 신호 모니터링에 새로운 가능성을 제시한다. 특히 증발냉각 및 복사냉각과 같은 수동적 열 제어 메커니즘은 외부 전력 소모 없이 작동하므로 에너지 효율적 대안으로 주목받고 있다. 최근 연구에서는 증발 냉각, 열-피부 인터페이스 엔지니어링, 무선·신축형 시스템을 통합하여 폐쇄 루프 제어 기반의 열 작동이 가능함을 보여주었다. 본 연구에서는 수두증 환자의 뇌척수액(Cerebrospinal Fluid, CSF) 유동을 실환경에서 실시간 모니터링하기 위한 증발 냉각 기반 플랫폼을 제시한다. 션트 부위의 국소적 피부 냉각($\Delta T_{skin} \approx -6$ °C)은 상·하류 영역 간의 유의미한 온도 구배를 형성하여 유량 평가를 가능하게 한다. 이 과정에서 이론적·수치적 모델링은 재료 선택과 시스템 수준 최적화에 활용되었다. 본 발표에서는 주요 결과를 제시하고, 임상 응용을 위한 지속가능한 열적 시스템으로의 확장 가능성을 중심으로 향후 연구 방향을 논의하고자 한다.

Keywords: 수두증, 뇌척수액, 유량, 수동냉각

SH-3

Lab-to-Field: 무선통신 기반 센서 시스템 플랫폼을 활용한 센서 실증화 강화 방법

오세용†

한양대학교 ERICA 전자공학부
(seyongoh89@hanyang.ac.kr†)

소재, 소자, 바이오 응용 등 다양한 분야의 융합기술 발전은 센서 시스템의 고도화를 이끌고 있으며, 이를 실험실(Lab) 수준을 넘어 실제 현장(Field)에서 활용하기 위해서는 무선통신 기반 센서 시스템 플랫폼이 필수적임. 본 발표에서는 다양한 센서 기술과 연계 가능한 모듈형 무선 센서 플랫폼을 소개하고, 이를 통해 융합기술의 실질적 현장 적용 가능성을 제시하고자 함.

본 연구팀은 기존 유선 센서를 무선, 초소형, 피부 부착형 센서 모듈로 전환하는 기술을 보유하고 있음. 특히, Bluetooth Low Energy (BLE) 및 Near-Field Communication (NFC) 기반 통신 기술을 이용하여, 다양한 생체(심전도, 심박수, 근전도, 움직임, 체온, 땀, 호흡 등) 및 환경(온도, 습도, VOC, 탁도, PH, 조도 등) 신호의 실시간 수집 및 저장이 가능함. 이 플랫폼은 헬스케어, 환경, 스포츠, 스마트 농업 등 다양한 산업 분야와의 융합을 통해 시너지 효과를 창출할 수 있는 응용 기술로써, 앞으로 더욱 각광받을 것으로 기대됨.

Keywords: 무선센서모듈, BLE, NFC

SH-4

Soft and responsive materials for skin interfaced wearable healthcare device

유성광†

인제대학교
(syoo@inje.ac.kr†)

Soft and skin-safe interfaces are crucial for wearable healthcare systems, especially in home-based remote care where continuous monitoring happens without direct medical supervision. In skin-interfaced devices, however, heat generated can transfer directly to the skin, posing risks of thermal injury and highlighting the need for reliable safety features. Leveraging soft and responsive materials, a thermal safety system has been created that autonomously protects the skin from overheating. The system employs thin, liquid-filled bladders that vaporize slightly above body temperature, quickly forming thermal barriers and causing device delamination. Experimental results and computational analyses verify the effectiveness of this materials-based approach, emphasizing its broad applicability for safe and reliable wearable healthcare devices.

Keywords: Skin-interfaced device, Thermal safety, Responsive materials, Continuous healthcare monitoring

SH-5

변형-불변 나노복합 유전 탄성체 기반 신축성 전자기기

정예환†

한양대학교 융합전자공학부
(yjung@hanyang.ac.kr†)

신축성 전자기기는 인장에 의해 발생하는 다양한 특성 변화에 따른 문제로 신뢰성 높은 기기 개발에 난항을 겪고 있음. 예를 들어, 신축성 배선의 전도도 감소, 반도체 장치의 전류-전압 및 전달 특성의 변화, 그리고 무선 주파수 소자에서의 주파수 변동 등이 이에 해당됨. 또한, 신축성 디스플레이는 인장에 의한 채우기 비율과 해상도의 변화로 인해 표시되는 이미지와 동영상이 왜곡되는 문제가 있음. 기존 신축성 터치 센서는 인장과 압력의 구분이 불가능하여 감지 정확도의 한계가 있음. 본 세미나에서는 특성이 변하지 않는 신축성 반도체 장치, 무선 주파수 회로, 디스플레이 및 터치 센서 등을 포함하여 변형-불변 신축성 전자기기 및 디스플레이를 구현하기 위한 첨단 기술을 소개함. 특히 각종 특성이 인장에 따라 변하지 않도록 새로운 소재의 개발과 이러한 변화를 방지하기 위한 설계 기법을 포함한 전략을 소개할 예정임. 마지막으로, 해결해야 할 남은 도전 과제들을 살펴보며 미래 연구 방향에 대해 함께 논의할 예정임.

Keywords: 신축성 전자기기, 복합탄성체, 웨어러블기기

SH-6

Precision Nanoarchitectonic Materials for AI-Augmented On-Sensor

조동휘†

한국화학연구원
(roy.cho@krict.re.kr†)

This study presents the development of copper sulfide (CuS)-based chemical sensors optimized for skin-interfaced, wearable devices that enable real-time monitoring of ammonia (NH_3), a key biomarker for metabolic health and hygiene. To achieve both high-performance sensing and mechanical adaptability, Cu substrates in various forms—foil, foam, and ultrathin films—were sulfurized under ambient conditions to generate crystalline CuS nanostructures with tunable optical and electrical properties.

First, CuS foam was integrated into a wireless, battery-free multi-sensing platform capable of real-time, in situ monitoring of pressure injuries and hygiene. The device includes a pressure sensor (~10 kPa), temperature sensor (~40 °C), and a room-temperature NH_3 gas sensor with ppm-level sensitivity and antibacterial functionality, all coupled with a near-field communication (NFC) module for contactless data transmission.

Second, we developed a scalable fabrication route for a semitransparent, flexible NH_3 sensor by precisely controlling the Cu film thickness (<10 nm) and sulfurization time (~90 s). The resulting ultrathin CuS (covellite phase) films exhibited excellent uniformity and responsiveness, optimized near the percolation threshold to enhance sensing performance without sacrificing flexibility or transparency.

Together, these advancements highlight the potential of 3D nanoarchitectonic design in creating robust, high-sensitivity gas sensors compatible with human skin. This work lays the foundation for next-generation wearable diagnostics that combine chemical sensing, wireless communication, and user comfort.

Keywords: CuS, Nanoarchitecture, skin-interfaced device

구두발표

A-1

원자수준 변환 공정을 통한 전이 금속 포스파이드 미세 배선의 차원적 스케일링(Dimensional Scaling of Topological Transition Metal Phosphides for Advanced Interconnect by atomic-layer conversion)

진강태†

가천대학교 반도체공학과
(gjin@gachon.ac.kr†)

The increasing resistance of Cu interconnects for decreasing dimensions is a major challenge in the continued downscaling of integrated circuits as it leads to unacceptable signal delays and power consumption in computing. The resistivity of conventional metals (Cu, Ru, Co) increases due to electron scattering at surfaces and grain boundaries of the interconnects at the nanoscale. Thus, future energy-efficient computing technologies require breakthroughs in interconnect technologies, particularly in new class of interconnect materials. Transition Metal Phosphides are promising materials for low-dissipation on-chip interconnects. 1-4 By using atomic-layer conversion, we demonstrate that the resistivity scaling of metal nanowires/films is competitive to those of effective Cu with barrier/liner and barrier-less Ru interconnects, suggesting transition metal phosphide is an attractive alternative for the current scaling challenges of Cu interconnects.

References

[1] G. Jin et al., “Diameter-dependent phase selectivity in 1D-confined tungsten phosphides”, Nat. Communs, 2024, 15, 5889.
[2] G. Jin et al., “Vapor phase synthesis of topological semimetal MoP 2 nanowires and their resistivity”, Applied Physics Letters, 2022, 121 (11), 113105.
[3] H. Wang, G. Jin et al., “Resistivity scaling of porous MoP narrow lines”, APL. Mater. 2024, 12, 121113.
[4] Y. Cheon et al., “Surface-dominant transport in Weyl semimetal NbAs nanowires for next-generation interconnects”, arXiv:2503.04621 2025

Keywords: topological semimetals, metal phosphides, interconnects, atomic layer conversion

A-2

저온 PEALD를 통한 고이동도 결정질 In2O3와 이를 활용한 강유전체 전계효과 트랜지스터

박재원, 김현석†

동국대학교
(khs3297@dongguk.edu†)

산화물 반도체는 전기적, 광학적, 구조적 특성으로 인해 전자 소자의 유망한 재료로 주목받고 있다. 높은 이동도, 가시광 영역에서의 투명성, 낮은 누설 전류 특성은 산화물 반도체를 박막 트랜지스터(TFT)의 활성층에 이상적인 후보로 만든다. 그 중에서도 인듐 산화물(In2O3)은 우수한 이동도로 인해 널리 연구되어 왔다. In2O3박막의 두께와 결정성은 채널 내 캐리어 밀도와 전하 수송 경로를 지배하는 핵심 인자이다. 두께가 얇을수록 산소 빈자리 농도가 제한되어 캐리어 밀도가 낮아지고, 과도하게 두꺼운 경우에는 결함 및 비정질 영역이 증가해 이동도가 저하된다. 또한 결정성은 국소화 상태와 산란 메커니즘을 좌우하여, 비정질에서는 trap 주도 전도 특성이 두드러지는 반면, 제어된 결정화는 carrier delocalization을 촉진해 높은 이동도와 안정적 스위칭을 가능하게 한다. 따라서 두께와 결정성 제어는 In2O3기반 TFT 성능 최적화의 본질적 전략이다. 따라서 다양한 두께와 결정성을 갖는 In2O3기반 TFT에 대한 체계적인 비교 분석이 필요하다. 산화물 반도체는 스퍼터링, 용액 공정, 원자층 증착(Atomic Layer Deposition, ALD) 등 다양한 방법으로 제작될 수 있으며, 이 중 ALD는 정밀한 두께 제어, 높은 막 균일성, 우수한 step coverage를 제공한다. 특히 플라즈마를 활용한 PEALD는 전구체 분해와 표면 반응을 활성화하여 저온 증착을 가능하게 하고, 불순물 저감 및 반응성 향상을 통해 고집적 회로와 3차원 구조 소자에 적합하다.

본 연구에서는 저온에서 자기 제한적 성장 메커니즘을 기반하는 Plasma-Enhanced ALD (PEALD) 를 통해 고품질의 초박막 In2O3박막을 증착하였다. 열처리 공정을 통해 박막의 결정성과 전자 수송 특성을 최적화하였으며, XPS, 홀 효과 측정, 타원계측법, TEM 및 XRD 분석을 통해 화학적 구조, 전자적 거동, 그리고 결정화 상전이에 대한 정밀한 상관관계를 규명하였다. 나아가 최적화된 In2O3를 기반으로 제작된 TFT에서 소자 수준의 전기적 특성을 검증하였고, 이를 강유전체 전계효과 트랜지스터(Ferroelectric Field Effect Transistor, FeFET)의 채널층으로 적용함으로써 저전력 비휘발성 메모리 구현 가능성을 입증하였다. 이러한 결과는 금속 산화물 기반 채널 재료가 차세대 AI 하드웨어를 위한 초저전력 연산 소자에 적용될 수 있는 과학적·기술적 근거를 제공한다

Keywords: 산화물 트랜지스터, 박막 트랜지스터, FeFET, In2O3 박막, PEALD

A-3

단일체 3차원 집적을 통한 IGZO-Te CMOS 인버터의 수직 적층 구현

이동빈, 김현석†

동국대학교 에너지신소재공학과
(khs3297@dongguk.edu†)

보완 금속-산화물-반도체(Complementary Metal-Oxide-Semiconductor, CMOS) 인버터는 p형과 n형 박막 트랜지스터(TFT)의 상보적 동작에 기반하여 구현되며, 안정적이고 저전력 논리 회로 설계에 필수적이다. n형 반도체는 산화물 반도체를 비롯해 비교적 우수한 물질군이 확보되어 있어, 단일 n형 TFT를 이용한 인버터 제작 시도가 이루어졌다. 그러나 이러한 구조는 출력 스윙 제한, 낮은 입력 구동 능력, 높은 전력 소모, 불안정한 노이즈 특성 등 근본적 한계를 드러냈다. 반면 p형 반도체의 경우 안정적 후보군이 부족하여, 유기 반도체나 금속 칼코게나이드가 대안으로 연구되었으나 복잡한 제조 공정과 고유한 한계로 인해 고성능 CMOS 논리에 적용되기에는 제약이 따른다. 고성능 CMOS 인버터를 구현하기 위해서는 우수한 전기적 특성과 단순화된 제조 공정을 동시에 만족하는 p형 반도체가 요구된다.

회로 집적도와 시스템 성능 향상을 위해서는 새로운 집적 방식이 요구된다. 특히 전통적인 평면 스케일링은 이미 물리적·공정적 한계에 직면하였으며, 배선 지연 및 전력 소모 문제가 점차 심화되고 있다. 이와 같은 제약을 극복할 수 있는 대안으로 3차원(3D) 집적 기술이 주목받고 있다. 3D 집적은 시스템 부피를 줄이고 배선 길이를 단축함으로써 RC 지연과 전력 소모를 완화할 뿐 아니라, 이종 소자의 수직 집적을 가능하게 하여 기존의 평면 집적 방식으로는 구현하기 어려운 새로운 회로 설계를 가능하게 한다. 따라서 3D 집적은 단순한 소자 성능 개선을 넘어, 차세대 CMOS 논리 회로 구현을 위한 필수적 전략으로 자리매김하고 있다. 대표적인 3D 기술인 와이어 본딩은 경제적이고 성숙한 기술이지만, 칩 연결 유연성이 제한적이고 RC 지연에 취약하다. 반면 또다른 3차원 기술인 실리콘 관통 전극 (Through-Silicon Via, TSV)은 높은 집적도와 우수한 특성을 보이지만, 주로 실리콘 기반 소재에 국한되며 공정이 복잡하다.

이러한 한계로 인해 연구자들은 와이어 본딩과 TSV의 제약을 극복할 수 있는 대체적 3D 집적 전략을 모색하고 있다. 그중 하나가 모놀리식 3차원(Monolithic 3D, M3D) 집적으로, 단일 웨이퍼 상에서 저온 공정을 통해 소자 층을 순차적으로 형성하고, 초미세 금속 접속을 이용해 층간을 연결하는 방식이다. M3D는 TSV 대비 수십~수백 배 이상 미세한 층간 연결을 가능하게 하여 훨씬 높은 집적도를 제공하며, RC 지연과 기생 효과를 크게 줄일 수 있다. 또한 이종 소자를 단일 칩 내에서 직접 집적할 수 있어, 새로운 p형 반도체 소재와의 결합을 유연하게 수용할 수 있다는 장점이 있다. 따라서 M3D는 차세대 CMOS 인버터 구현을 위한 가장 유망한 3D 집적 방식으로 주목받고 있다.

본 연구에서는 n형 IGZO와 p형 Te 박막 트랜지스터로 구성된 CMOS 인버터를 M3D집적 방식을 통해 구현하였다. 모든 소자 층은 진공 기반 저온 공정으로 순차적으로 형성되었으며, 활성층, 게이트 절연막, 전극, 층간 절연막 등 각 구성 요소의 최적화 및 전기적 특성을 체계적으로 평가하였다. 마지막으로, 제안된 M3D 기반 CMOS 인버터와 평면형 CMOS 인버터를 비교하여, 집적 방식에 따른 성능 차이를 분석하였다.

Keywords: CMOS, M3D, IGZO, Te

A-4

Non-Rare-Earth Strategy for Stable High-Permittivity $BaTiO_3$ Ceramics Using Ca/Nb Nanosheets and Two-Step Sintering

Tae Yeong Song†, Junwon Lee, Nayeon Kwon, Do-kyun Kwon†

한국항공대학교 신소재공학과
(sty5085@gmail.com†, dkwon@kau.ac.kr†)

As the dielectric layers of $BaTiO_3$ (BT)-based materials are further thinned for the development of miniaturized, high-capacitance multilayer ceramic capacitors (MLCCs), instability of the core-shell structure caused by inhomogeneous dopant diffusion and grain coarsening during high-temperature sintering has emerged as a critical issue. Although rare-earth doping has been widely used to improve temperature stability, fluctuations in raw material prices and supply chain constraints have increased the demand for non-rare-earth-based alternatives. In this study, a diffusion-controlled design strategy was employed to achieve a stable core-shell structure without the use of rare-earth elements, by uniformly coating BT nanoparticles with two-dimensional $Ca_2Nb_3O_{10}$ (CN) nanosheets containing a composite Ca^{2+}/Nb^{5+} composition. The CN nanosheets locally fix Ca^{2+} and Nb^{5+} near the grain boundaries during high-temperature sintering, mitigating temperature dependence and suppressing oxygen vacancy formation. However, a simple coating alone can excessively promote interfacial diffusion, leading to a blurred core-shell boundary. To prevent this, a two-step sintering (TSS) process was introduced, in which rapid initial heating induces densification, followed by structure stabilization under suppressed diffusion conditions. As a result, a clearly defined BT-rich core and Ca-Nb-enriched shell were preserved after sintering, presenting a practical non-rare-earth-based solution for designing BT dielectrics with both high permittivity and temperature stability.

Keywords: BaTiO3, MLCC, core-shell structure, 2D nanosheet, rare-earth-free, diffusion-controlled sintering

A-5

Interface Defect and Strain Engineering for Shifted Antiferroelectricity in (Hf, Zr)O_2 Ultra-Thin Films

Hyun Woo Jeong, Yong Hyeon Cho, Jaewook Lee, Min Hyuk Park †

Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University
(minhyuk.park@snu.ac.kr †)

Ferroelectric HfO_2 offers compatibility with complementary metal–oxide–semiconductor (CMOS) technology and exhibits large remanent polarization (P_r), but it is limited by a large coercive field (E_c) that requires high-voltage operation. Antiferroelectric (AFE) operation with a built-in field (E_{bi}) allows a half-loop to shift near 0 V, resulting in non-volatile behavior and decreasing the E_c. Previous methods to establish E_{bi}, including work-function (WF) asymmetry or interfacial fixed charge, commonly result in imperfect loop alignment and wake-up, limiting reliable low-voltage operation [1-3].

This study demonstrates a shifted AFE response in Zr-rich $Hf_{0.3}Zr_{0.7}O_2$ (HZO) thin films achieved through interface defect and strain co-engineering. For the w-shift capacitor, strain relaxation is induced by SC-1 etching of the top electrode, and subsequent sputtering re-deposition generates oxygen-vacancy fixed charges at the top interface. Compared with the w/o-shift capacitor, the E_{bi} in the w-shift capacitor shifts the double hysteresis loop by −0.62 V, enabling stable half-loop operation at 1.25 V with endurance up to 10^{10} cycles and an effective coercive field of ~0.42–0.47 MV/cm. X-ray photoelectron spectroscopy and electron energy-loss spectroscopy confirm that oxygen deficiency is localized at the top interface, while grazing-incidence wide-angle X-ray scattering combined with the sin2ψ method analysis reveals decreased in-plane tensile strain and enhanced orthorhombic phase fraction, accounting for suppressed wake-up.

These results establish interface-defect and strain engineering as a CMOS-compatible strategy to achieve low-power, high-endurance non-volatile operation in antiferroelectric HZO.

Keywords: ferroelectric, (Hf,Zr)O2, antiferroelectric, defect engineering, imprint

A-6

ALD 기반 HfO_2 박막 증착을 통한 TMDs의 도핑 및 패시베이션 효과 분석

황윤아[1], 이정빈[1], 김호준[1], 김성호[1,2], 김형우[2], 최민섭[1†]

[1]충남대학교; [2]한국기계연구원
(goodcms@cnu.ac.kr†)

2차원(2D) 물질은 원자 단위의 얇은 두께를 가지기 때문에 산화나 수분 흡착에 취약하며, 안정적인 응용을 위해서는 표면 패시베이션이 필수적이다. 본 연구에서는 $MoTe_2$ 채널 위 HfO_2의 균일한 성장을 위해 산소 플라즈마 전처리를 적용한 후, 원자 층 증착 방식(atomic layer deposition, ALD)을 통해 HfO_2를 증착하였다. 원자 힘 현미경 (atomic force microscopy, AFM) 분석 결과, 산소 플라즈마의 처리 시간이 증가할수록 채널 위 HfO_2의 표면 거칠기가 감소하여, 균일한 박막이 증착 되었음을 확인하였다. 이후 I-V 측정 및 라만 스펙트럼 분석을 통해 HfO_2 두께에 따른 도핑 거동을 조사하였다. 얇은 두께의 HfO_2에서는 산소 플라즈마에 의한 p형 거동을 나타내었으며, 두꺼운 두께의 HfO_2에서는 산소 공공에 의해 n형 도핑이 발생하였다. 또한 대기 중 안정성 측정 결과, 패시베이션 된 소자는 3~4주 동안 성능을 유지하였다. 이러한 결과는 도핑 및 패시베이션 효과를 얻기 위해서는 플라즈마 처리 조건과 유전체 두께의 최적화가 중요함을 보여준다. 본 연구는 2D 반도체와 고유전율 유전체를 제어된 방식으로 집적할 수 있는 실질적인 전략을 제시하며, 안정적인 고성능 2D 전자소자 개발에 기여할 수 있음을 입증한다.

Keywords: 2D material, Plasma treatment, ALD, HfO2, High-k dielectric, Passivation, Doping

A-7

패턴화된 MoS2 템플릿을 이용한 Mo1-xWxS2의 확장 가능한 에지 유도 합금화

장수희, 박원일†

한양대학교
(wipark@hanyang.ac.kr†)

본 연구에서는 MoS_2 박막의 에지(Edge)를 내부 Mo 공급원으로 활용하는 새로운 합금화 메커니즘을 제안하고 실험적으로 검증하였다. 이를 위해 포토리소그래피와 O_2 플라즈마 에칭을 통해 에지가 노출된 MoS_2 패턴 템플릿을 제작한 뒤, 표준 MOCVD 조건에서 WS_2 재성장을 수행하였다. 그 결과, 에지에서 방출된 Mo 원자가 기판 표면을 따라 확산하면서 외부에서 공급된 W 원자와 혼합되어 $Mo_{1-x}W_xS_2$ 합금을 형성함을 확인하였다. Raman 분광 분석에서 A_{1g} 피크 이동과 폭 확장을 통해 합금 형성이 입증되었으며, XPS 및 Cs-STEM 분석을 통해 원자 수준에서 균일한 Mo-W 혼합(~40-50 at.% Mo)이 확인되었다. 합금의 균일성과 재현성은 다양한 패턴 크기와 홀 간격 조건에서도 유지되었으며, 매크로 스케일에서도 동일하게 검증되었다. 본 연구는 확장 가능하고 재현성 높은 에지 유도 합금화 메커니즘을 제시하며, 향후 조성 제어가 가능한 TMD 합금 및 이종구조 제작을 위한 새로운 가능성을 제공한다.

Keywords: 2D material, TMDs, TMD alloy, MOCVD

A-8

Sb 도핑 GeSe 기반 고성능 셀렉터 온리 메모리 구현

김시우, 이헌†, 성한상

고려대학교 신소재공학과
(heonlee@korea.ac.kr†)

Selector-only memory (SOM) has attracted attention for its fast switching speed and low power consumption, positioning it as a strong candidate to replace conventional phase change memory (PCM). SOM employs a simple single-layer structure with a low aspect ratio, enabling easier fabrication and improved scalability for high-density integration. Moreover, SOM demonstrates improved endurance and faster operation, as it does not rely on thermal phase change mechanisms like PCM. However, challenges such as instability and suboptimal switching performance remain unresolved and require further investigation. A common strategy to improve SOM performance involves doping GeSe-based materials with metalloid elements such as arsenic (As), which enhances both thermal stability and electrical performance. Recently, antimony (Sb) has been investigated as a safer alternative to As due to its lower toxicity and its potential to deliver improved performance. Traditionally, SOM devices have been produced using high-cost methods such as ALD and e-beam deposition, which hinder scalability. To overcome these limitations, this paper introduces a more scalable, economical, and industry-friendly approach by using co-sputtering in a conventional sputtering system. With this method, SOM devices were fabricated using Sb-doped GeSe films, with the composition precisely controlled to optimize device performance. As a result, we successfully fabricated high-performance SOM devices that exhibit enhanced electrical properties and compatibility with industry-standard processes.

Keywords: Selector-only memory, Sb-doped GeSe, Co-sputtering, Low-power switching, Scalability, Next-generation memory

A-9

Ion migration in halide perovskite as a function of crystal orientation

배정주, 최민섭†, 양태열†

충남대학교
(goodcms@cnu.ac.kr†, taeyyang@cnu.ac.kr†)

Various studies, including the implementation of passivation layers or additives, have been explored to suppress the migration of ions out of the perovskite film. However, the retention of passivation layers or additives within the perovskite device may lead to side effects on the perovskite film. Therefore, it is crucial to modulate the ion migration through intrinsic changes. In this study, we reveal the differences in ion migration behavior based on the crystal orientation of the perovskite film. The film with MACl exhibits a dominant (100) orientation, whereas the one without MACl exhibits random orientation. The film with a dominant (100) orientation shows faster ion migration compared to the randomly oriented film, as observed through stoichiometric polarization and impedance spectroscopy. These findings highlight that control of ion migration via intrinsic distinctions may provide a design strategy for tailoring perovskite-based devices, either toward improved stability or enhanced switching performance.

Keywords: perovskite, crystal orientation, eis, DC polarization

A-10

Dual-mode analog-to-digital switching of Ag/CdS-GeSe/FTO memristors for artificial synapses and pattern recognition

KAMBLE GIRISH, Prof. Jin Hyeok Kim †

Optoelectronics Convergence Research Center and Department of Materials Science and Engineering,
Chonnam National University, Gwangju 61186, S. Korea
(jinhyeok@chonnam.ac.kr †)

In recent years, materials such as germanium selenide (GeSe) and cadmium sulfide (CdS) have drawn attention for their strong optical response and reliable electrical behavior, making them ideal candidates for next-generation memory and computing devices. By combining these materials into a CdS-GeSe heterostructure, we open the door to building electro-optically triggered artificial synapses that can mimic the way the human brain processes information. In this work, we designed and tested an Ag/CdS-GeSe/FTO memristor, a device that uniquely switches between analog and digital modes depending on the applied voltage-showing smooth, gradual changes below 0.8 V and sharp, digital transitions above it. This dual-mode operation makes the device capable of both learning-like behavior and stable memory storage. It also demonstrated a wide memory window, excellent retention, and consistent performance across many cycles, proving its reliability. Importantly, the device responded not only to electrical signals but also to light stimulation at 405 nm, allowing us to tune its synaptic behavior with optical pulses. Through this, we could reproduce key brain-like functions such as potentiation, depression, and paired-pulse responses. Finally, when tested in pattern recognition tasks, the memristor achieved ~75% accuracy on Fashion-MNIST and ~95% on digit MNIST, showing its promise as a multifunctional platform for neuromorphic computing and artificial intelligence applications.

Keywords: Germanium Selenide, Cadmium Sulfide, Resistive Switching, Optoelectronic memory, Neuromorphic Computing, Memristor, Thin Films

A-11

MOCVD 성장법을 이용한 β-(AlxGa1-x)2O3 박막 성장 및 특성 분석

김형윤[1], 김선재[1,3], 이도원[1,2], 남은서[1], 심규현[1], 박지현[1†], 전대우[1†]

[1]한국세라믹기술원; [2]고려대학교; [3]한국항공대학교
(jhp5511@kicet.re.kr[†], dwjeon@kicet.re.kr[†])

β-$(Al_xGa_{1-x})_2O_3$는 Ga_2O_3와 Al_2O_3의 고용체로, 단사정 구조를 가지며 Al 조성에 따라 4.8-7.2 eV의 넓은 밴드갭을 가진다. 넓은 밴드갭은 약 8 MV/cm^2 이상의 높은 임계 전계를 가질 수 있으며, 이는 수 kV급 항복 전압을 견디는 전력 반도체 소재로서의 잠재력을 나타낸다. 또한 β-Ga_2O_3 와의 이중 구조에서 큰 밴드 오프셋이 형성되어, 이를 통해 고밀도의 2차원 전자 가스(2-dimensional electron gas, 2DEG)를 유도함으로써 전자 이동도를 크게 향상시킬 수 있다. 이를 기반으로 β-$(Al_xGa_{1-x})_2O_3$ 박막을 성장시키기 위해 MOCVD(metal organic chemical vapor deposition), MBE(molecular beam epitaxy), Mist-CVD 등 다양한 성장 기술이 연구되고 있다. 그러나 Al 조성이 증가하면 기판(β-Ga_2O_3, sapphire 등)과 박막의 격자 부정합(lattice mismatch)이 심화되고, 이로 인해 박막 내부의 결함 밀도가 증가하여 고품질 β-$(Al_xGa_{1-x})_2O_3$ 박막 성장은 여전히 중요한 과제로 남아 있다.

본 연구에서는 MOCVD 성장법을 사용하여 β-$(Al_xGa_{1-x})_2O_3$ 박막을 성장하였다. 갈륨 전구체로 TEGa (Triethylgallium), 알루미늄 전구체로 TMAl(Trimethylaluminum), 산소 전구체로 고순도 O_2 가스(5N, 99.999%)를 사용하였다. 먼저 c-plane sapphire 기판 위에 TEGa와 TMAl의 비율을 조절하여 β-$(Al_xGa_{1-x})_2O_3$ 박막을 성장하였으며, 이를 통해 Al이 안정적으로 고용될 수 있는 조성 범위와 한계를 탐색하였다. 확보된 성장 조건을 β-Ga_2O_3 기판에 적용하여, 박막 성장 시 기판의 종류에 따른 Al의 거동을 분석하였다. 이를 통해 β-$(Al_xGa_{1-x})_2O_3$ 박막의 성장 메커니즘에 대한 이해를 돕고, 차세대 전력 반도체 소재 개발과 응용 확대에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

Keywords: MOCVD, β-Ga2O3, AlGaO, epitaxy, thin film

A-12

Thermionic Limit을 극복한 가파른 서브스레숄 스윙의 산화물 박막 트랜지스터

민지현[1], 장성철[1], 김경재[2], 임유승[2†], 김현석[1†]

[1]동국대학교; [2]세종대학교
(youseung@sejong.ac.kr†, khs3297@dongguk.edu†)

데이터 중심 혁신이 가속화되면서 처리 및 전송 수요가 폭발적으로 증가하고 있으며, 이로 인해 데이터 센터의 면적과 전력 소모가 급격히 확대되고 있다. 이에 따라 고집적·고성능·대용량을 지원하면서도 에너지 효율을 높일 수 있는 저전력 소자의 필요성이 시급히 대두되고 있다. 저전력 구동 성능은 작은 전압 범위에서 스위칭을 얼마나 가파르게 구현할 수 있는가에 달려 있으며, 이는 본질적으로 서브스레숄 스윙(SS)에 의해 제한된다. 기존 Field Effect Transistor(FET)는 양의 유전율을 갖는 절연체를 게이트 절연막으로 사용하기 때문에, 실온에서 서브스레숄 스윙(SS)이 약 60 mV/dec로 알려진 열전자 한계(thermionic limit)에 의해 제한된다.

이 한계를 극복하기 위한 대안으로 음의 정전용량(Negative Capacitance, NC) 트랜지스터(NC-FET)와 터널링 FET(TFET)가 제시되었다. 이 중 NC-FET는 기존 CMOS 공정과의 높은 호환성, 큰 구동 전류, 그리고 우수한 열적 안정성과 같은 장점을 지녀 저전력·고속 논리회로에 특히 적합하다. NC-FET는 강유전층과 고유전층을 직렬로 적층하여 음의 정전용량 효과를 안정화함으로써 SS의 열전자 한계(60 mV/dec)를 극복하고 히스테리시스 없는 가파른 스위칭 특성을 구현할 수 있다. 강유전체는 분극 전환 과정에서 전기장–분극 곡선의 불안정 구간을 거치면서 비선형 응답과 국소적 불안정성이 발생한다. 이러한 특성은 소자 구동 시 히스테리시스와 스위칭 불안정으로 이어질 수 있다. 그러나 강유전층과 고유전층을 직렬로 적층하여 정전용량을 정밀하게 매칭하면, 고유전층이 강유전층의 불안정 영역을 전기적으로 보상하여 음의 정전용량 효과를 안정화시킬 수 있으며, 그 결과 히스테리시스 없는 안정적인 스위칭 동작이 가능해진다.

본 연구에서는 bottom-gate / top-contact 구조를 기반으로, ALD 공정으로 성장시킨 $Hf_{0.5}Zr_{0.5}O_2$(HZO)와 Al_2O_3를 적층한 게이트 절연막을 적용한 IGZO NC-FET를 구현하였다. 초박막 강유전층과 절연층의 정밀한 두께 제어를 통해 음의 정전용량 구간, 정전용량 매칭, 무히스테리시스 동작을 확인하였다. 또한 HZO 박막에서 정방정계(orthorhombic) 상 형성을 확인하였으며, Al_2O_3 층이 분극 거동을 안정화하여 히스테리시스 억제에 기여함을 규명하였다. 그 결과, 제작된 IGZO NC-FET는 정방향 스윕에서 27.59 mV/dec, 역방향 스윕에서 30.91 mV/dec의 가파른 SS와 약 10 mV 수준의 무시할 수 있는 히스테리시스를 달성하였다. 이러한 성과는 금속 산화물 기반 강유전/절연체 적층 NC-FET가 차세대 에너지 효율적 논리소자, 메모리, 및 IoT 응용에 유망한 후보가 될 수 있음을 시사한다.

References

[1] Xiaowei Guo, Fang Wang, Zexia Ma, Xin Shan, Xin Lin, Yujing Ji, Xuanyu Zhao, Yulin Feng, Yemei Han, Yangyang Xie, Zhitang Song and Kailiang Zhan, “Optimization of Subthreshold Swing and Hysteresis in Hf0.5Zr0.5O2-Based MoS2 Negative Capacitance Field-Effect Transistors by Modulating Capacitance Matching”, ACS Applied Materials & Interfaces, Volume 15, Issue 26, 31103-32074, July 5, 2023

[2] Jingjie Wang, Lu Liu, Yuqin Xia, and Jing-Ping Xu, “Improved Tradeoff Between Subthreshold Swing and Hysteresis for MoS2 Negative-Capacitance FETs by Optimizing Gate-Stack of Hf1 − xZrxO2/Al2O3”, IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, VOL. 68, NO. 12, DECEMBER 2021

[3] Haewon Cho, Pavan Pujar, Minsu Choi, Muhammad Naqi, Yongin Cho, Hyun Yeol Rho, Jaichan Lee and Sunkook Kim, “Expeditiously Crystallized Pure Orthorhombic-Hf 0.5 Zr0.5 O2 for Negative Capacitance Field Effect Transistors”, ACS Applied Materials & Interfaces, Volume 13, Issue 50, 59593-60714, December 22, 2021

[4] Ruo-Si Chen and Yuerui Lu, “Negative Capacitance Field Effect Transistors based on Vander Waals 2D Materials”, Small, 27 May 2023

[5] Junbeom Seo, Jaehyun Lee, and Mincheol Shin, “ Analysis of Drain-Induced Barrier Rising in Short-Channel Negative-Capacitance FETs and Its Application”, IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, VOL. 64, NO. 4, APRIL 2017

Keywords: 강유전체, 음의 정전용량, 고유전율 유전체, 산화물 반도체, 트랜지스터

A-13

자외선-오존(UV-Ozone) 전처리 기반 TMDs 재료 표면에서의 균일한 ALD 박막 성장

서건원, 김호준, 김관우, 최민섭†

충남대학교
(goodcms@cnu.ac.kr†)

2차원(2D) 물질은 원자 수준의 두께와 뛰어난 전자전, 광학적 특성을 가진 차세대 전자소자 응용에 큰 주목을 받고 있다. 그러나 표면에 댕글린 본드(Dangling bond)가 없어 원자층 증착(Atomic Layer Deposition, ALD)에 의한 고품질 박막 성장이 어렵다는 한계가 존재한다. 특히 Al_2O_3 및 HfO_2와 같은 high-k 절연체의 경우 초기 핵 생성 지연으로 핀 홀(Pin Hole)과 섬(Island) 성장의 문제가 보고된다. 이를 위해 표면의 기능화처리는 필수적이다.

본 연구에서는 다양한 전처리 중 자외선-오존(UV-Ozone)을 도입하여 2차원 물질의 표면을 기능화하고, ALD 공정에서의 핵 형성(Nucleation) 특성을 향상시키고자 하였다. UV-Ozone 장비 내에서 램프-시편 간 거리 변화로 표면 처리 강도를 조절함으로써 2차원 물질에서 ALD 핵 형성 특성을 라만 분광법(Raman spectroscopy), 원자힘 현미경(Atomic Force Microscope, AFM), X선 광전자 분광법(X-ray photoelectron spectroscopy) 분석 장비들을 통해 체계적으로 분석하였다.

연구 결과, 램프-시편 간 거리 변화에서 최적의 조건으로 전처리된 시편은 ALD 성장에서 균일한 핵 생성이 가능하였다. 이로 인해 자외선-오존 장치 내 거리 조절이 2차원 물질 기반 ALD 증착 품질에 중요한 변수임을 규명하였다.

Keywords: 2D material, UV-Ozone treatment, Atomic Layer Deposition, Distance from the source, Uniform nucleation

A-14

Deposition-Temperature-Dependent Structural and Mechanical Properties of Amorphous Carbon Hard Masks

이재호[1], 최창환[1,2†]

[1]신소재공학과; [2]반도체공학과
(cchoi@hanyang.ac.kr†)

Amorphous carbon layer (ACL) hard masks are emerging as promising candidates for next-generation patterning materials because of their excellent etch selectivity and compatibility with high-aspect-ratio (HAR) etching. However, a trade-off between etch selectivity and film stress still exists, and the correlations among key film properties have not been fully clarified. In this study, we investigated the effects of deposition conditions on the structural and mechanical properties of ACL thin films prepared by plasma-enhanced chemical vapor deposition (PECVD).

By varying the deposition temperature, we evaluated the resulting film characteristics using X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), Fourier-transform infrared spectroscopy (FT-IR), Raman spectroscopy, X-ray reflectometry (XRR), and nanoindentation. Higher deposition temperatures led to reduced hydrogen content and a transition from sp^3- to sp^2-bonded carbon, accompanied by increased defect formation. At elevated deposition temperatures, hydrogen desorption and network rearrangement reduced the film density, while the increased formation of small, disordered sp^2 clusters led to a decrease in modulus.

These results demonstrate that precise control of process parameters can tune critical film properties such as etch resistance and mechanical robustness, thereby providing valuable insights for optimizing hard mask materials for advanced semiconductor processes.

Keywords: Amorphous Carbon, Deposition Temperature, Hard Mask, PECVD

A-15

이산화바나듐 나노입자 기반의 간섭 색상을 구현한 유연 열변색 필름

최윤주, 이다원, 백태종†

중앙대학교
(paiktae@cau.ac.kr†)

Monoclinic vanadium dioxide (VO_2(M)) has attracted extensive interest for energy-saving smart windows due to their unique temperature-driven metal–insulator transition (MIT). However, VO_2(M)-based smart windows typically exhibit an intrinsic brownish color arising from the narrow optical bandgap, thereby limiting their commercial applications for the windows. Furthermore, conventional fabrication requires high-temperature processes, which restricts large-area manufacturing and integration with flexible polymeric substrates. In this study, we demonstrate a room-temperature fabrication of dynamically tunable, colored thermochromic flexible films composed of phase-change VO_2(M) nanoparticles (NPs) and metallic silver (Ag) thin films. The VO_2(M) NPs were synthesized through a single-step, annealing-free hydrothermal method, exhibiting excellent colloidal stability in polar solvents, thereby enabling room-temperature, solution-processed deposition of thermochromic VO_2 thin layers onto semi-transparent Ag/flexible substrates. The resulting multilayer films exhibited reflective interference colors that were further tunable with temperature. By controlling the VO_2 layer thickness, diverse apparent colors were realized. This work provides a facile route toward room-temperature fabrication of colored thermochromic flexible films, highlighting their potential for next-generation energy-saving smart windows and multifunctional optical devices.

Keywords: 열변색, 나노입자, 색상형

A-16

Low Temperature Sintering and Interface Control of Composite Dielectrics for Microwave Applications

Nayeon Kwon, Junwon Lee, Tae Yeong Song, Naegyeong Lee, Yhohan La, Hyeong Dong Kim, Do-Kyun Kwon†

Department of Materials Science and Engineering, Korea Aerospace Univ., Republic of Korea
(dkwon@kau.ac.kr†)

Ceramic substrates are widely used in microelectronic packaging, sensors, actuators, and passive components. Silicate ceramics show strong potential as high-frequency dielectrics in millimetre-wave systems, including high-bandwidth wireless communication and sensing.

Forsterite (Mg_2SiO_4) offers low permittivity, high Q×f, and thermal stability. However, its high sintering temperature (>1350 °C) hinders co-firing with low-melting-point metal electrodes. To address this, exfoliated kaolinite nanosheets (nKI) were wrapped onto forsterite particles. This promotes grain boundary diffusion and enables densification at lower temperatures.

This study introduces a wrapping process to significantly reduce the sintering temperature of forsterite ceramics. This process successfully promoted grain boundary diffusion and enhanced surface diffusion. This enabled densification at 1150 °C with just 25 wt% nKI. Furthermore, full densification was achieved below 1000 °C with additives, maintaining mechanical and dielectric performance. This wrapping process facilitates low-temperature sintering and promotes uniform grain growth. This leads to superior mechanical and dielectric properties.

The findings of this study suggest that forsterite processed through wrapping process exhibits significant potential as a ceramic substrate material. This approach offers a viable alternative that bridges the performance gap between HTCC and LTCC while addressing their respective limitations in sintering behavior and thermal stability.

Keywords: LTCC, Forsterite, microwave

A-17

Quaternary-Valued Logic Inverter via Oxide-Based Double Anti-Ambipolar Transistor Enabled by Atomic Composition Tuning

전준아[1], 신종찬[1], 제갈민호[1], 정세랑[1], 김연상[1,2,3†]

[1]Department of Chemical and Biological Engineering, Seoul National University;
[2]Program in Nano Science and Technology, Graduate School of Convergence Science and Technology, Seoul National University;
[3]Advanced Institute of Convergence Technology
(younskim@snu.ac.kr[†])

With the advancement of complementary metal-oxide-semiconductor (CMOS) technology, device dimensions have been reduced, and integration density has increased. However, miniaturization has approached its physical limit, and the growing interconnect complexity has resulted in increased power consumption. In particular, power consumption in semiconductors has become a critical issue as artificial intelligence (AI) technology rapidly grows, creating demand for devices capable of handling large datasets while reducing circuit complexity. Multi-valued logic (MVL), which extends conventional binary logic to ternary or quaternary states, has emerged as a promising approach to these challenges. For this purpose, numerous studies have investigated MVL based on the negative differential transconductance (NDT) characteristics of anti-ambipolar transistor (AAT) formed by p-n heterojunctions. Especially in the case of quaternary logic, circuit complexity is expected to be reduced by about 50% while building logic circuits compatible with existing binary systems. However, previous studies have been restricted to ternary logic or have relied on organic and two-dimensional (2D) materials. Since 2D materials and organic semiconductors are unfavorable in terms of CMOS compatibility and large-area processing, research on MVL systems based on oxide semiconductors beyond ternary logic is needed. Herein, we demonstrate a double peak anti-ambipolar transistor (DAAT) configuration fully composed of oxide semiconductor channels achieved by tailoring their atomic compositions. Indium gallium zinc oxide (IGZO) was used as the n-type semiconductor and tellurium selenium oxide (TeSeO) as the p-type counterpart. Since indium in IGZO plays a dominant role in conduction band formation and carrier concentration, the indium content was tailored via co-sputtering to adjust the threshold voltage (V_{th}). For TeSeO, adjusting the selenium composition tuned the current level by influencing the TeO_2 lattice and hole transport pathways. Subsequently, TeSeO channels with appropriate Se content are paired with IGZO channels of different V_{th} values to form AATs. Parallel integration of two AATs produces a double-peak device that exhibits distinct Λ-shaped transfer curves near −20 V and 0 V. An inverter circuit is fabricated using this DAAT device as a pull-down element, with a p-type TeSeO transistor serving as the pull-up component. Two distinct NDT regions in the DAAT enable two intermediate states during circuit operation, thereby realizing a quaternary logic inverter. Notably, the quaternary logic demonstrated in this study was achieved through simple compositional control of multicomponent oxides without any extrinsic treatment or doping, underscoring its compatibility with CMOS fabrication processes. Through this study, we expect that oxide-based MVL circuits will take a step forward in overcoming the limitations of CMOS technology.

Keywords: Quaternary Inverter, Multi-Valued Logic, Oxide semiconductor, Anti-Ambipolar Transistor, Negative Differential Transconductance, Atomic Composition Tuning

A-18

$CuO-V_2O_5$ 첨가가 $0.2Ba_3V_2O_8-0.8Li_2ZnTi_3O_8$ 유전체의 소결 및 마이크로파 유전 특성에 미치는 영향 연구

정혜원, 이경호†

순천향대학교 전자재료소자장비융합공학과
(khlee@sch.ac.kr†)

저온동시소성세라믹스(Low Temperature Co-fired Ceramics) 기술의 응용을 위해서는 적절한 상대 유전율(ε_r), 높은 품질 계수(Qxf), 0에 가까운 공진주파수 온도 계수(τ_f)의 유전 특성과 전기전도도가 우수한 Ag 전극과의 동시 소성을 위한 저온 소결성(<960 ℃)이 요구된다.

본 연구에서는 양의 τ_f 특성을 가지는 $Ba_3V_2O_8$과 음의 τ_f 특성을 가지는 $Li_2ZnTi_3O_8$을 조합하여 $(1-x)Ba_3V_2O_8-xLi_2ZnTi_3O_8$(x=0.7~0.9) 세라믹스 복합 유전체를 제작하였다. 측정된 마이크로파 유전 특성은 ε_r=23.72~26.76, Qxf=45,557~55,671 GHz, τ_f=-9.09~+6.52 ppm/°C이었으며, 특히 x=0.8인 $0.2Ba_3V_2O_8-0.8Li_2ZnTi_3O_8$ 복합 유전체의 마이크로파 유전 특성은 ε_r=25.01, Qxf=51,222 GHz, τ_f=-0.62 ppm/°C로 온도 변화에 가장 안정적인 특성을 보였다. 그러나 $0.2Ba_3V_2O_8-0.8Li_2ZnTi_3O_8$ 복합 유전체의 소결 온도는 1,040 °C로 Ag와의 동시 소성이 불가능하였고, 이러한 문제는 $CuO–V_2O_5$를 소결 조제로 첨가하여 해결하고자 하였다. 0.5 wt% $CuO–V_2O_5$ 첨가는 소결 온도를 900 °C까지 낮추고 상대 밀도를 98%까지 향상시켰다. SEM/EDS 분석 결과 액상 소결이 확인되었으며, XRD 분석에서는 2차상이 생성되지 않음을 확인하였다. 최적화된 시편의 유전 특성은 ε_r=23.25, Q×f=44,928 GHz, τ_f=–0.098 ppm/°C였으며, Ag 전극과의 동시 소성에서도 화학적 반응이 나타나지 않아 본 조성이 온도 안정성이 우수한 마이크로파 LTCC 유전체로 적용 가능함을 입증하였다.

Keywords: 저온동시소성세라믹스(LTCC), 유전체, 소결, 마이크로파 유전 특성

A-19

α-Ga_2O_3 박막의 박리 메커니즘 분석과 대면적 플레이크 제조

이도원[1,2], 김선재[1,3], 김형윤[1,2], 남은서[1], 심규현[1], 박지현[1†], 전대우[1†]

[1]한국세라믹기술원; [2]고려대학교; [3]한국항공대학교
(jhp5511@kicet.re.kr†, dwjeon@kicet.re.kr†)

Ga_2O_3는 초광대역 밴드갭(Ultra-Wide Bandgap) 물질로, 4.8~5.3 eV의 넓은 밴드갭을 갖는 III-VI족의 화합물 반도체 소재이다. Ga_2O_3의 6가지 상(α, β, γ, δ, ε 그리고 κ) 중에 β-Ga_2O_3는 열적 안정성이 뛰어나고 대면적 단결정 기판을 용융 성장할 수 있으며, (100) 벽개면을 가지고 있어 플레이크 형태로 기계적 박리할 수 있다. 한편, Ga_2O_3의 여러 상 중 가장 넓은 밴드갭을 갖는 α-Ga_2O_3는 사파이어 기판과 동일한 corundum 구조를 가지며 격자 불일치가 작아 고품질 헤테로 에피택셜 성장이 가능하다.

흥미롭게도 c-plane 사파이어 기판 위에 두껍게 성장한 α-Ga_2O_3는 기판과 박막 간의 격자 불일치로 인해 strain이 발생하여 박리가 일어나는 현상이 보고된 바 있다[1]. 그러나 일반적으로 이렇게 박리된 플레이크는 내재된 strain의 영향으로 무작위적으로 박리되어 그 형태를 제어하기 어렵다. 현재까지 이러한 박리 메커니즘에 대해 명확히 규명되지 않아, 본 연구에서 수 μm 급 α-Ga_2O_3를 성장하며 박리 거동을 관찰하고 메커니즘을 규명하고자 하였다.

박리가 기판과 박막 계면에서의 분리 현상임을 고려할 때, 사파이어 기판의 표면 상태와 α-Ga_2O_3 초기 성장 모드가 중요할 것으로 예상되었다. 이에 따라 먼저 HCl 가스를 이용해 사파이어 기판 표면 처리 후 α-Ga_2O_3를 성장하여 박리 현상의 변화를 관찰하였다. 또한 SiH_4 가스를 이용하여 Si 도핑에 따른 α-Ga_2O_3 박리 양상을 분석하였다 이를 통해 α-Ga_2O_3 박리 현상에 대한 메커니즘 분석과 플레이크 형상 제어 기술에 대한 가능성을 확인하였다. 대면적 α-Ga_2O_3 플레이크 박리 기술은 다양한 소자 구조에 응용될 수 있으며, 차세대 전력반도체 및 광전자 소자 개발에 새로운 가능성을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

Keywords: 산화갈륨, HVPE, 에피택시, Thin Film, Cleavage plane

BI-1

Liquid Metal Neural Interfaces as Adaptive Bioelectronic Systems

바이오 전자디바이스용 액체금속 신경 인터페이스 기술

박장웅†

연세대학교 신소재공학과
(jang-ung@yonsei.ac.kr†)

The development of autonomous materials is transforming the way we design systems that interact with living organisms. In particular, bioelectronic platforms that can conform, adapt, and respond to dynamic biological environments are essential for next-generation neurotechnologies.

In this talk, we introduce an adaptive neural interface technology that uses liquid metal-based electronics directly printed onto biological tissues. By employing gallium-based liquid metal alloys with excellent biocompatibility, low mechanical modulus, and high electrical conductivity, we demonstrate the in situ fabrication of conformal electronic circuits on soft, irregular surfaces such as the brain and spinal cord. This method eliminates the need for pre-formed devices or surgical suturing, enabling immediate integration with moving and deformable tissues. We present recent studies where neural interfaces were printed directly onto the exposed skull to achieve stable cortical recordings and stimulation, and onto the spinal cord surface to perform neuromodulation. These printed interfaces remain functional under physiological motion and provide precise neural interfacing without invasive implantation procedures. This approach offers a new direction in adaptive bioelectronics by allowing electronic materials to be deployed on demand and configured to match the geometry and function of living tissues. The ability to print functional circuits directly onto biological surfaces paves the way for programmable, responsive, and autonomous neural interfaces. We will also discuss ongoing challenges and opportunities, including integration with sensing and feedback systems, long-term biostability, and closed-loop control for intelligent neuromodulation.

Keywords: Liquid metal, neural interface, Human-machine interface

BI-2

Minimally Invasive Multimodal Sensor Probe for Acute Compartment Syndrome Diagnosis

Sung Hun Jin†

Department of Future Information Display, Kyung Hee University
(jinsh@khu.ac.kr†)

Acute Compartment Syndrome (ACS) is a life-threatening condition caused by elevated pressure within osteofascial compartments, leading to impaired perfusion and irreversible tissue damage if not treated promptly. Current diagnostic methods rely on qualitative assessment or invasive pressure monitoring with limited accuracy. Herein, we present a soft, materials-engineered multimodal sensor probe designed for quantitative and minimally invasive monitoring of intra-compartmental conditions. The flexible probe integrates three sensors—mechanical pressure, tissue oxygen saturation (StO_2), and local blood flow—within a thin, compliant platform capable of real-time wireless data transmission. The device leverages biocompatible soft materials and multimodal signal integration to achieve continuous monitoring with high sensitivity and reproducibility, offering improved diagnostic precision compared to current clinical practice. Large-animal model studies, including both short- and intermediate-term validation, demonstrate the robustness and reliability of the system. Results highlight the expected inverse correlations among compartmental pressure, StO_2, and flow rate under simulated ACS conditions. This multimodal materials approach provides a quantitative and real-time diagnostic tool, enabling earlier and more accurate identification of ACS and potentially reducing the need for delayed fasciotomies. Beyond ACS, the platform suggests a versatile strategy for soft-material–based biointegrated sensors targeting a broad range of musculoskeletal and ischemic disorders.

Keywords: acute compartment syndrome diagnosis, multimodal sensor, minimally invasive, wireless operation

BI-3

Closed-loop system in sensing and display applications

Sang Min Won†

Sungkyunkwan University, Department of Electrical and Computer Engineering
(sangminwon@skku.edu†)

This talk highlights recent advances in closed-loop adaptive systems that enable electronic materials and devices to autonomously sense, respond, and interact with dynamic environments. Moving beyond high-level control, feedback loops are now embedded across scales, from reconfigurable materials to distributed sensor networks. Examples include shape-memory composite optical displays that self-heal mechanical damage via photothermal activation, and underwater chromic devices that wirelessly modulate surface color for low-power camouflage. At higher integration levels, intelligent architectures combine sensing, actuation, and computation to respond perceptually, such as wireless optogenetic implants that regulate organ function, deep learning-assisted mechano-acoustic platforms for real-time respiratory diagnosis, and full-body motion tracking systems that synchronize visual-haptic feedback in VR/AR. Looking ahead, optical components will serve not only as outputs but also as responsive sensors, feeding into computational feedback loops for adaptive, environment-aware electronics that co-evolve with human physiology and behavior.

Keywords: closed-loop, display, motion-tracking

BI-4

Magnetically Actuated Functional Materials for Intelligent Systems

Yoonseok Park †

경희대학교 신소재공학과
(yoonseok.park@khu.ac.kr †)

Magnetic actuation technology enables precise, wireless control, offering significant potential for diverse applications. This lecture introduces research on developing functional composite materials embedded with magnetic nanoparticles to realize programmable and responsive actuation systems. By engineering magnetic composites with specific magnetization patterns, we achieve controlled deformation and motion under external magnetic fields. These materials can be applied beyond robotic systems to programmable intelligent materials[1], flexible sensors, and actuators. Notably, precise fluid regulation using magnetic fields has been explored for applications such as artificial heart valve systems[2], demonstrating potential for biomedical fluidic control. Additionally, shape-morphing magnetic structures enable complex motion, facilitating multi-degree-of-freedom robotic systems and reconfigurable metamaterials. This research presents a novel approach to designing and optimizing magnetically actuated systems, paving the way for advancements in next-generation medical devices[3], soft robotics[4], and smart material applications.

References

[1] G. Chung †, H. L. Quang †, J. Yoo, J. H. Kim, S. K. Seol*, Y. Park*, “Bioinspired, Rapidly Responsive Magnetically Tunable Stiffness Metamaterials,” Adv. Mater. 2505880 (2025)

[2] J. Yoo †, G. Chung †, Y. Park*, “Bio-inspired, Miniaturized Magnetic Heart Valve System for Superior Performance Cardiovascular Simulator,” Adv. Mater. 37(16), 2419504 (2025)

[3] J. Kim †, J. Yoo †, H. Seo, R. Avila, G. Chung, G. Shin, S. Gwak, Y. Han, J.-H. Lee, H.-J. Yoon*, Y. Park*, “Magnetically Driven Triboelectric Nanogenerator for Wireless, Versatile Energy Transfer System,” Sci. Adv. 11, eadu5919 (2025)

[4] G. Chung †, J. W. Chae †, D.-S. Han, S. M. Won*, Y. Park*, “Reprogrammable, Recyclable Origami Robots Controlled by Magnetic Fields,” Adv. Intell. Syst. 2400082 (2024)

Keywords: Metamaterials, Morphing Structure, Human-machine interaction

B-1

High-frequency Vagus Nerve Stimulation for Obesity Treatment using Millimetric Ultrasound-driven Triboelectric Nanogenerator

정장묵[1], 김상우[2†]

[1]성균관대학교 신소재공학과; [2]연세대학교 신소재공학과
(kimsw1@yonsei.ac.kr[†])

Obesity treatment using injectable medications has been focused on due to its convenience and therapeutic efficacy. Nevertheless, these pharmaceutical interventions are associated with adverse effects, including diarrhea and vomiting, underscoring the necessity for alternative therapeutic approaches. Vagus nerve stimulation (VNS) by implantable medical device, a promising alternative therapy, has been shown in recent studies to effectively treat obesity with high-frequency (~40 kHz) alternating current (AC). Unlike low-frequency (several Hz) pulses stimulation, it can avoid critical adverse effects such as significant increases in blood glucose levels and decreases in insulin levels in patients with type 2 diabetes. However, the wireless transmission of high-frequency AC signals remains a technological challenge.

In this study, we propose vagus nerve stimulator using millimetric ultrasound-driven triboelectric nanogenerator (MUS-TENG). Owing to our novel design, we achieve wire-less, lead-less, and suture-less stimulator which can generate high frequency (20 kHz) AC signal while wrapping around the esophagus. We perform electrical and mechanical stability analysis of MUS-TENG to verify that our device can withstand the highly moist and dynamic internal environment of the body. In-vivo experiments demonstrate a 23% weight reduction within three weeks without adverse effects such as hyperglycemia or inflammation. These findings underscore the potential of our MUS-TENG as a groundbreaking solution for obesity treatment.

Keywords: implantable devices, triboelectric nanogenerators, electrical stimulation, obesity treatment

B-2

Bioinspired Synthesis of Amorphous Calcium Carbonate for Coral Reef Restoration

Han Hisyam Pratama[1,2], Aram Sung[2], Hui-Suk Yun[1,2†]

[1]Department of Advanced Material Engineering, University of Science and Technology (UST), Daejeon, 34113, Republic of Korea; [2]Advanced Bio and Healthcare Materials Research Division, Korea Institute of Materials Science (KIMS), Changwon-si, Gyeonsangnam-do, 51508, Republic of Korea
(yuni@kims.re.kr†)

Coral reefs are essential ecosystems, covering only ~1% of the ocean floor yet supporting nearly 30% of marine species. They provide food, habitat, and coastal protection, while also contributing to blue carbon cycling. However, climate change and anthropogenic pollution increasingly threaten coral survival, with rising sea temperatures driving bleaching and mortality, and heavy metals impairing coral reproduction. Artificial coral skeletons fabricated by 3D printing have been explored for restoration, but most are based on calcite, which differs from the natural aragonite structure of coral skeletons.

Inspired by coral biomineralization, this study aims to develop 3D-printed artificial skeletons using amorphous calcium carbonate (ACC), a precursor that can transform into aragonite under suitable conditions. ACC powders were synthesized via precipitation with magnesium stabilization, preserved in acetone, and characterized by SEM, XRD, and FTIR to confirm their amorphous structure. Thermal analysis indicated increasing stability with higher magnesium content. While sintering generally produced calcite, indications suggest that humidity-induced crystallization or lower magnesium content may promote aragonite formation. For printing, stable ACC pastes were formulated using ethylene glycol and dispersants to prevent premature crystallization.

These findings demonstrate the feasibility of ACC-based, bioinspired scaffolds that more closely mimic natural coral aragonite, offering a promising pathway for future reef restoration strategies.

Keywords: Amorphous calcium carbonate (ACC), Aragonite, 3D Printing, Coral reef restoration, Biomineralization

B-3

3-Dimensional Structurally Colored Heterogeneous Polymer Nanopatterns for Chemically Tunable Optical Devices

이수민, 남태원†

Department of Materials Science and Engineering, Pusan National University
(namtaewon@pusan.ac.kr†)

Structurally colored nanomaterials, whose color originates from periodic modulation of refractive index rather than pigments, provide sustainable, non-fading, and tunable optical properties for advanced photonic applications. In this study, a multilayer stack transfer printing technology is introduced to fabricate 3-dimensional nanopatterns composed of heterogeneous polymers, exhibiting vivid, structural coloration. Spectral properties of the polymer nanopatterns can be partially modulated through precise geometric control at the nanoscale. The fabricated 3-dimensional polymer nanopatterns exhibit subtle variations, or even extinction, in nanoscale periodicity upon exposure to external chemical environments. These periodic structural alterations result in distinct yet limited changes in structural coloration, demonstrating sensitive optical responsiveness to chemical stimuli. This method provides a versatile and scalable approach for developing chemically responsive 3- dimensional structural color systems using heterogeneous polymers, with promising applications in optical sensors, interactive displays, and environmentally adaptive surfaces, where subtle color changes visually indicate chemical stimuli.

Keywords: 3-dimensional nanopattern, structural color, polymers

B-4

Wireless acousto-electric pain control with a monolithic bioresorbable polymer

김소희, 김영준, 김상우†

연세대학교 신소재공학과
(kimsw1@yonsei.ac.kr†)

Finding an alternative to pharmaceutical pain control, amidst the chronic issue of opioid misuse, stands as a paramount challenge in modern medicine. However, conventional non-pharmacological pain control technologies often rely on rigid stimulators linking internal and external body components, thereby imposing nerve burden and impeding treatment efficacy. Here, we introduce a novel pain control system utilizing exclusively bioresorbable polymers, activated through ultrasound. Employing polymers exhibiting opposite triboelectric properties, they are enveloped around nerves and induced to vibrate upon ultrasound, generating an alternating triboelectric field parallel to the nerve for pain modulation. In-vivo experimental findings with rat and porcine model demonstrate that our fully implanted neurostimulator exerts no discernible impact on gait and yields immediate pain relief. Furthermore, long-term application of NBAT caused no adverse effects in the nerve or surrounding muscle tissue, and behavioral analysis confirmed its effective pain control. We anticipate our achievements will mark a new turning point in preventing drug abuse.

Keywords: Wireless, bioresorbable, acousto-electric, alternating electric field, postoperative pain control

C-1

Transparent Conducting Substrates Induced Transparent Photovoltaic Device for Self-Power and High-Speed Optoelectronics

Vivek Mohan More, Joondong Kim†, Malkeshkumar patel

Incheon National University
(joonkim@inu.ac.kr†)

Transparent optoelectronic devices are pivotal for next-generation self-powered systems, enabling applications in sensing, miniaturized electronics, and data-driven technologies. In this work, we investigate how transparent conducting substrates (TCS)—including doped semiconductors, metal nanowire networks, and oxide/metal/oxide multilayers—can be engineered to modulate carrier concentration and electrostatics in transparent heterojunctions. By systematically characterizing the structural, optical, and electrical properties of these TCS materials, we demonstrate their critical role in determining device functionality: whether optimized for photovoltaic energy harvesting or high-speed, self-powered photosensing. Impedance spectroscopy reveals that dopants in highly doped metal oxides significantly influence junction formation, making them ideal for on-site power generation. Meanwhile, nanowire-based and ultrathin-metal-oxide composite electrodes exhibit robust pyro-phototronic photoresponses, supporting stable and fast self-powered sensing. Our findings highlight the versatility of oxide-based heterostructures across diverse substrates, paving the way for sustainable, transparent optoelectronics in photocommunication and intelligent sensory systems.

Keywords: Transparent conducting substrates, transparent optoelectronics, metal-oxide semiconductors, heterojunction, self-powered devices, effective carrier concentration

C-2

Water-Enhanced Photovoltaics: From Terrestrial Efficiency Boosting to Transparent Underwater Power Windows

Malkeshkumar Patel, Joondong Kim †

Incheon National University
(joonkim@inu.ac.kr †)

Water, an abundant and naturally adaptive medium, can serve as a powerful optical and thermal element to enhance photovoltaic (PV) performance across diverse environments. In this presentation, we demonstrate two complementary strategies that utilize water as an active layer for terrestrial and underwater solar energy harvesting. First, a simple water-immersion method applied to commercial silicon solar cells reduces Fresnel reflectance and improves light trapping, achieving power conversion efficiencies (PCEs) of 20.41 % in air and 23.42 % under static water. Flowing water further stabilizes onsite power generation with variation below 1 %, while maintaining the device temperature at 17 °C, ensuring reliable long-term operation. Second, we introduce transparent wide-bandgap heterojunction photovoltaics that function as underwater power windows. These modules combine 41 % visible transmittance with an underwater monochromatic efficiency of 10.25 % at 470 nm, enabling simultaneous transparency and energy harvesting. The water medium not only focuses incident light and expands utilization angles but also facilitates electron transport via electric double-layer formation at the water–device interface. A proof-of-concept device successfully powers a 10 mW electric load underwater, demonstrating practicality for marine sensing and communication systems. Together, these studies establish water as a multifunctional medium for enhancing photovoltaic performance in terrestrial and underwater environments, offering scalable and sustainable pathways for future energy technologies.

Keywords: underwater photovoltaic, solar cells, energy harvesting, water-active layer, electron double layer

C-3

Aqua-powered hybrid solar cell

Md Arifur Rahman Barno, Malkeshkumar patel, Joondong Kim †

Incheon National University
(joonkim@inu.ac.kr †)

An aqua-powered hybrid photovoltaic concept is introduced by integrating an ultrathin (2.3 nm) amorphous gallium oxide (Ga_2O_3) layer with a commercial polycrystalline silicon solar cell operating under water immersion. The conformal Ga_2O_3 film, deposited by sputtering, acts simultaneously as an anti-reflection coating, surface passivation layer, and chemical barrier, enabling stable performance in aqueous environments. Water immersion further enhances optical coupling and charge dynamics by reducing surface reflection, screening interfacial charges, and forming an electronic double layer that promotes efficient carrier transport. As a result, the power conversion efficiency improves from 17.87 % (air, bare Si-cell) to 21.56 % (water, Ga_2O_3-coated Si-cell) with increased short-circuit current and open-circuit voltage. Electrochemical impedance spectroscopy under illumination confirms lower interfacial resistance and enhanced capacitance, reflecting suppressed recombination and improved charge separation. A practical battery-charging demonstration with connected cells underscores the potential of this hybrid approach for next-generation aquatic and floating photovoltaic systems and sustainable clean-energy harvesting.

Keywords: Aqua-voltaic, Semiconductor-liquid interfaces, Hybrid solar cell, photovoltaic.

C-4

Highly transparent and self-powered Ga_2O_3/NiO photovoltaic photodetector for corona discharge detection

Hossain Sourov[1,2], Joondong Kim[1,2†]

[1]Photoelectric and Energy Device Application Lab (PEDAL),Multidisciplinary Core Institute for Future Energies (MCIFE);
[2]Department of Electrical Engineering, Incheon National University
(joonkim@inu.ac.kr†)

The corona discharge detection method is crucial for ensuring the safety and monitoring of high-voltage transmission systems. Corona discharge emits light in the solar-blind deep-ultraviolet (DUV) range. This study presents a novel high-voltage corona discharge detector approach using a self-powered and transparent Ga_2O_3/NiO photovoltaic photodetector. The device exhibits a low dark current of 2 nA, leading to high responsivity (6.57 mA/W), detectivity (7.80×10^{10} Jones), and fast response speeds (rise and fall times of 50 μs and 30 μs, respectively) under DUV emission, similar to corona discharges. Ga_2O_3 detector is highly selective to ultraviolet (UV) light, enabling accurate and reliable detection of corona discharges even in noisy environments. Additionally, the metal-oxide Ga_2O_3 DUV detector is inherently transparent, allowing seamless integration without obstructing visual inspections for high-voltage utilities and applications. This offers a promising solution for the early detection of corona discharges, preventing potential equipment failures and ensuring the safety and reliability of high-voltage systems.

Keywords: Transparent photovoltaics, Ga2O3/NiO heterojunction, Solar-blind, Corona detection

C-5

Ultrathin Ag Film of Transparent Electrode for Flexible Schottky Photodetection and Enhanced Charge Transport

Sanh Vo Thi[1,2], Joondong Kim[1,2†]

[1]Photoelectric and Energy Device Application Lab (PEDAL), Multidisciplinary Core Institute for Future Energies (MCIFE), Republic of Korea;
[2]Department of Electrical Engineering, Incheon National University, 119 Academy Rd. Yeonsu, Incheon, 22012, Republic of Korea
(joonkim@inu.ac.kr†)

Silver nanowire AgNW-based flexible devices with excellent transparency represent promising advancements for next-generation optoelectronic applications. Despite the inherently high conductivity of AgNW, open voids between nanowires often limit efficient charge collection, affecting overall device performance. This study addresses these limitations by introducing a highly conductive hybrid design comprising AgNW/Ag(O)/Al-doped ZnO (AZO). With standalone AgNW, the addition of oxygen promotes the development of a continuous ultrathin Ag layer (6 nm) inside the AgNW network's macro-voids, resulting in 16 times greater mobility and improved thermal stability. This significant mobility improvement contributes to a 72% reduction in sheet resistance, a critical factor for optimizing device efficiency. Furthermore, Kelvin probe force microscopy (KPFM) analysis confirms the development of a Schottky junction at the Ag(O)/ZnO interface, which enhances charge generation, separation, and collection. This contributes to PET/ITO/ZnO/AgNW/Ag(O)/AZO-based photodetectors (PDs) achieving an impressive 21.5% increase in photocurrent efficiency compared to standalone AgNW-based PDs. The AZO layer also plays a crucial role by preserving the devices' structural integrity and transparency, ensuring stable performance during prolonged operation and enabling the device to withstand various bending cycles. The device also demonstrates wide-band and wide-field-of-view photo-sensing—key for advanced cameras and antennas—reinforcing its role in next-generation optoelectronics.

Keywords: Flexible devices, Schottky junction, transparent conductors, selective deposition, silver nanowire, ultrathin Ag

C-6

Transparent Photovoltaics on Ground and in Water and innovative applications

김준동†, Malkeshkumar Patel

인천대학교
(joonkim@incheon.ac.kr†)

The global shift toward renewable energy has intensified the need for technologies that seamlessly integrate with our environment. With buildings accounting for roughly 40% of total energy consumption, Building-Integrated Transparent Photovoltaics (BITPVs) represent a critical advancement, allowing surfaces like windows to generate solar power without obstructing views.

Advanced Transparent Photovoltaics

Our research has produced a highly efficient transparent photovoltaic (TPV) device. The structure, composed of FTO/n-ZnO/p-NiO/silver nanowires (AgNWs)/ZnO, is built around a transparent p–n junction of zinc oxide (ZnO) and nickel oxide (NiO). By using a metal sputtering technique to assemble these devices into module arrays, we have significantly increased the voltage output per unit area. This breakthrough paves the way for the practical integration of transparent energy-harvesting systems with energy storage solutions. We may also explore to use the water as a medium of photovoltaics and platform. This will be discussed by transparent metal-oxide photovoltaics and Si commercial solar cells.

Brain-Inspired Neuromorphic Devices

In parallel, we are pioneering artificial synapses for next-generation computing. Our PVT-SnS-based synaptic device performs fundamental logic operations (OR, NOT, AND) using light (photonic stimuli) as inputs, eliminating the need for conventional transistors.

The device's most significant feature is its ability to mimic the function of neurotransmitters in the brain. This "neurotransmitter-like" capability allows it to modulate how signals are processed, offering precise control over its logic operations. Such functionality is crucial for developing advanced neuromorphic computing systems and could dramatically enhance the intelligence, efficiency, and adaptability of AI and humanoid robotics.

Keywords: Transparent Photovoltaics, Water, and Neuromorphic applications

C-7

다중 채널 전도 특성을 지닌 빗살무늬 전극 기반 유연 투명 히터의 광학·열 제어 특성

이정현, 김준동†, 전서준

인천대학교
(joonkim@inu.ac.kr†)

Transparent heaters have various energy applications, especially in buildings, with the advantage of low energy consumption, leading to energy-efficient heating. They can be integrated into structures and color-tuned for enhanced aesthetics. Herein, we designed transparent flexible heaters with various structures based on the Joule heating effect through multi-channel transport with inter-digitated-electrode (IDE), suitable for low-power utility with high performance. The approach to increase heat generation is decreasing resistance and increasing current at the same applied voltage. Multi-channel silver (Ag) metal-oxide composite generates heat through the Joule effect with high visible light transmittance and infrared reflectance. By depositing Ag on a transparent conducting oxide, it is possible to form electrodes that serve as a medium for efficient heat transfer. We evaluated each transparent heater structure's electrical and optical characteristics to assess their suitability for window applications. Comparatively, the oxide/metal/oxide/metal /oxide-IDE heater shows visible transmittance (69%) and excellent IR-cutting (90%) by tuning the light propagation. This transparent IDE structure with a size of 2.5×2.5 cm^2 has sheet resistance (1.14 Ω/□) and rapid heating elevation (191°C) at a bias of 3V. This demonstrates that the functional design of electrodes can serve as energy-saving windows and selectively filter light propagation in useful ways.

Keywords: 투명 히터, 교차 전극, 다층 전하 이동 층, OMOMO 구조, 에너지 절약 창

C-8

Triboelectric Material Designs for High-Performance Ultrasound-Powered Implants

정영욱[1], 김상우[2†]

[1]성균관대학교 신소재공학과; [2]연세대학교 신소재공학과
(kimsw1@yonsei.ac.kr[†])

Implantable electronics enable physiological therapies that surpass the capabilities of pharmacological approaches; however, their progress is constrained by the absence of a sustainable energy source. Triboelectric nanogenerators offer a promising route to battery-free implantable electronics by converting externally applied ultrasound into sustained electrical power within deep tissues. To realize sustainable implants with advanced functionalities, improvements in power generation performance are required. This can be achieved through vibration-mode control of triboelectric membranes, which maximizes energy conversion by enabling high-amplitude and efficient vibration modes. In this work, we present novel vibration-mode control strategies for effective triboelectric power generation under ultrasound. We propose metal-nanoparticle–incorporated soft composites as triboelectric membranes to achieve efficient and stable vibration in the double-electrode working mode. Furthermore, we introduce a liquid-mediated vibration-mode control strategy that enhances power-transfer efficiency even within commercial titanium packaging, which has long been regarded as a barrier. At the system level, we realize battery-free operation of a Bluetooth communication module and, independently, demonstrate on–off keying (OOK) data transmission, together underscoring the potential of this platform for next-generation ultrasound-powered implants.

Keywords: Ultrasound energy harvesting, triboelectric nanogenerators, implantable devices

C-9

Controlling triboelectricity through material deformation

강동현[1,2], 김상우[1,2†]

[1]연세대학교 신소재공학과; [2]연세대학교 인간지향 마찰전기 에너지 하베스팅 연구단
(kimsw1@yonsei.ac.kr[†])

The effective control of triboelectricity through material design is crucial for both electronic safety and human well-being. However, owing to the lack of fundamental studies on the underlying mechanism of triboelectricity, material development has remained stagnant. In this work, we investigated the effect of deformation on triboelectric behavior to provide a more comprehensive understanding of the contact electrification mechanism. Theoretical analysis revealed that deformation reduces the energy level associated with electron-accepting properties, thereby enhancing the tribonegative tendency of tribonegative materials. Conversely, the energy level related to electron-donating properties decreases, resulting in a reduction of the tribopositive tendency of tribopositive materials. Consistent with the theoretical results, our experiments further demonstrated that increased deformation enhances the output of tribonegative materials while reducing that of tribopositive materials. These findings establish a fundamental basis for the controlled tuning of triboelectricity and open new directions for advancing the development of triboelectric materials.

Keywords: Triboelectricity, Triboelectric nanogenerator, Materials deformation, Electron transfer, Density functional theory

C-10

PtPd alloy film-coated lipid nanotubes for glucose fuel cells in a neutral medium

WANG HANQUN, 윤종승†

Hanyang University
(csyoon@hanyang.ac.kr†)

PtPd alloy film is coated on lipid nanotubes (LNTs) through the reduction of a mixed solution of H_2PtCl_6 and H_2PdCl_4 in the presence of LNTs. The Pt/Pd ratio is varied to determine the optimal composition for catalytic activity toward glucose oxidation in a phosphate-buffered saline (PBS) solution at pH 7.4. It is shown that these PtPd-coated LNTs can be applied as an anode for the glucose fuel cell (GFC) operating in a neutral medium. A membrane-less GFC comprising $Pt_{0.75}Pd_{0.25}$-coated anode and Fe-Co/carbon cathode is constructed to achieve a maximum power density of 169.1 $\mu W/cm^2$ in a PBS solution with 5 mM glucose, with the open circuit voltage (OCV) of 504.5 mV. To demonstrate the biocompatibility of the proposed GFC, the GFC is implanted into a live rat, generating an OCV of 224.8 mV and a maximum power density of 45.8 $\mu W/cm^2$ in an in vivo test.

Keywords: Lipid nanotubes, PtPd alloy, Glucose fuel cell, Neutral, Biocompatible, In vivo

C-11

탄소 전극 표면에 전이금속 및 이종원소가 공동 도핑된 산화물 층 형성을 통한 바나듐 레독스 흐름전지의 성능 향상

장하나, 조명훈, 이기원, 안효진†

서울과학기술대학교 신소재공학과
(hjahn@seoultech.ac.kr†)

에너지 소비 증가와 화석 연료 고갈로 인해 바나듐 레독스 흐름전지(VRFB), 리튬 이온 전지(LIB), 리튬 공기 전지(LAB) 및 슈퍼커패시터 (SCs)와 같이 재사용 가능한 에너지 저장 소자가 주목받고 있다. 이 중 VRFB는 뛰어난 전기화학적 안정성으로 에너지 저장 시스템(ESS)에 널리 적용되고 있으며, 전극(양극/음극), 분리막, 그리고 전해질(양극/음극)로 구성된다. VRFB는 외부 펌프에 의해 바나듐 전해질이 전극 표면을 순환하게 되고, 전해질이 흐르는 동안 전극과 전해질 계면에서 산화 및 환원 반응을 통해 에너지를 저장한다. 따라서 VRFB 성능은 전극과 전해질의 계면에서 발생하는 산화 및 환원 반응에 의해 결정짓게 되며, 이는 전자 및 바나듐 이온 전달 의해 영향을 준다. 탄소 전극은 저렴한 비용, 높은 전기 전도도, 그리고 우수한 전기화학적 안정성으로 널리 사용된다. 하지만, 탄소 전극은 바나듐 이온의 산화 및 환원 반응에 대해 낮은 촉매 활성도를 갖고 있는 한계점이 있다.

본 연구에서는 전이 금속과 이종원소가 공동 도핑된 산화물을 흑연 펠트 표면위에 초음파 분무 열 분해 증착법을 통해 균일하게 증착 했다. 전이 금속 전구체를 첨가함으로써 산화물의 성장 방향을 조절하였고, 이는 VRFB의 우수한 전기화학 성능 향상을 나타냈다. 위의 메커니즘은 2025년 한국재료학회 추계학술대회에서 자세히 논의될 예정이다.

Keywords: graphite felt, metal doping, heteroatom doping, vanadium redox flow batteries

C-12

이종원소가 다중 도핑된 탄소 복합체 기반 전극의 플렉시블 배터리 성능 평가

문단비, 조명훈, 안효진†

서울과학기술대학교
(hjahn@seoultech.ac.kr†)

AI 시대가 도래됨에 따라 플렉시블 디스플레이를 활용한 전자 기기가 사물 인터넷, 로봇, 의료 분야 등 다양한 분야에서 사용되고 있다. 이에 따라 플렉시블 배터리에 대한 관심도 급격히 증가하고 있는 추세이다. 플렉시블 배터리는 기존 전지의 높은 에너지 밀도, 우수한 사이클 수명, 휴대 용이성 및 친환경성 등의 장점과 더불어 형상 변형에도 우수한 성능을 보이는 유연성을 가진다. 플렉시블 배터리 관련 시장의 규모가 커지면서 고에너지밀도, 장수명, 급속 충/방전 등의 우수한 에너지 저장 성능과 함께 전지의 유연성을 향상시키기 위한 연구가 다방면으로 진행되고 있다.

플랙시블 배터리의 내부 구조는 양극, 음극, 전해질 및 분리막으로 구성된다는 점에서 기존 전지와 동일하나, 유연성을 방해했던 단단한 금속 집전체의 사용 없이 자가 지지체 전극을 구현함으로써 유연한 전극으로 이루어져 있다. 특히, 플렉시블 배터리용 자가 지지체 전극은 높은 전기전도도와 유연성을 지닌 1D 탄소 기반 물질이 많이 활용되고 있으며 이는 전기화학 성능에도 큰 영향을 미친다. 본 연구에서는 이종원소가 다중 도핑된 탄소 복합체를 합성하여 자가 지지형 전극으로 적용함으로써 전자 및 이온의 거동 능력을 가속화하고 급속 충/방전 성능 및 유연성을 향상시키고자 하였다. 이종원소의 도핑량과 도핑 사이트를 체계적으로 제어하였으며, 도핑 사이트에 따른 전자 및 이온의 거동에 미치는 영향과 전기화학적 성능 향상 메커니즘을 규명하였다. 본 연구 내용은 2025년도 추계 한국재료학회에서 더 자세히 논의될 것이다.

Keywords: Flexible battery, self-supporting electrode, co-doping, heteroatom doping

C-13

바이오매스 유래 활성탄의 다공성 탄소 골격체 형성을 통한 에너지 저장 소자 성능 개선

안효진†, 박규진

서울과학기술대학교 신소재공학과
(hjahn@seoultech.ac.kr†)

탄소 중립의 중요성이 강조됨에 따라 기존 화석 연료 기반 에너지를 대체할 수 있는 고성능 에너지 저장 기술 개발이 요구되고 있다. 에너지 저장 소자에는 슈퍼커패시터, 리튬이온전지 및 연료전지 등이 있다. 이 중 슈퍼커패시터는 긴 수명, 높은 안정성, 그리고 우수한 출력 특성이라는 장점을 가진 친환경 에너지 저장 소자이다. 슈퍼커패시터의 성능은 전극 활물질의 물리적 · 화학적 특성에 의해 크게 좌우된다. 본 연구에서는 단백질이 풍부한 바이오매스 기반 활성탄을 활용하여 KOH 활성화 및 이종 원소 도핑 공정을 통해 다공성 탄소 골격체를 형성하였다. 또한 도펀트의 양을 조절함으로써 최적의 기공분포와 도핑 비율을 도출하였다. 이러한 탄소 활물질은 탄소 활물질 표면에 전기화학적 활성 사이트를 형성하였고, 전해질 친화성과 전자/이온 전도도를 개선하여 비정전용량과 우수한 용량 유지율을 이끌어냈다. 본 연구 결과는 바이오매스 유래 탄소 활물질에 도핑을 적용하여 전기화학적 성능을 향상시킬 수 있음을 제시하였다. 세부적인 전기화학 측정 결과는2025년도 추계 한국재료학회에서 더 자세히 논의될 예정이다.

Keywords: Biomass, heteroatom co-doping, KOH activation, mesoporous structure

C-14

High volumetric energy density LCO thin-film batteries fabricated by sputtering

LIU SIHAN, 김현석†, WANG YAQI

동국대학교 에너지신소재공학과
(khs3297@dongguk.edu†)

Lithium cobalt oxide ($LiCoO_2$, LCO) thin films are considered promising cathode candidates for lithium-ion batteries owing to their high energy density and reliable electrochemical behavior. Among various thin-film fabrication methods, sputtering is particularly advantageous because it allows accurate regulation of film thickness, elemental composition, and microstructure, thus offering an effective pathway to enhance the performance of LCO thin film batteries.

In this work, LCO thin films were deposited by RF magnetron sputtering under different working atmospheres (Ar and O_2). The influence of gas composition and substrate temperature on the chemical composition, surface morphology, and crystallinity of the films was systematically examined. Post-deposition, the samples were subjected to oxygen annealing at a range of temperatures to improve their structural quality and electrochemical response. Electrochemical testing was then carried out to evaluate the impact of sputtering and annealing parameters on stability and capacity retention, providing a practical reference for optimizing thin-film lithium-ion batteries.

The results reveal that films deposited under argon atmosphere exhibit enhanced electrochemical characteristics with increasing substrate temperature. Notably, when the substrate temperature reached 300 °C and the films were subsequently annealed at 700 °C, the best stability was achieved. Even after 100 charge–discharge cycles, the capacity retention exceeded 90%, confirming the robustness and resistance to degradation. These findings underscore that carefully controlled deposition temperature combined with an optimized annealing process plays a decisive role in achieving superior electrochemical performance of LCO films, offering valuable insights and processing guidelines for future applications in micro-scale lithium-ion power sources.

Keywords: Lithium cobalt oxide, lithium ion battery, sputtering, thin film, electrochemical

C-15

전자구조와 산소 결함 제어 기반 전이금속 개질 MoOx 촉매의 수전해 특성 향상 연구

김민희, 구혜영, 박다희†

한국재료연구원
(daheepark@kims.re.kr†)

몰리브덴 기반 촉매는 조절이 용이한 전자 구조 덕분에 수전해 촉매의 비용 효율적인 대안으로 주목받고 있습니다. 그러나 낮은 전기전도도와 비활성 산화 상태의 Mo는 여전히 수전해 촉매로의 적용을 제한합니다. 본 연구에서는 One-step 열처리 공정을 통해 전이금속이 치환된 MoOx 촉매를 합성하였습니다.

분석 결과, 전이금속 치환은 몰리브덴으로부터의 공간적 분리를 유도하여 더 많은 활성 부위를 노출시키는 노른자-껍질 구조를 형성함을 확인했습니다. 또한, MoOx의 비표면적을 증가시키고 밴드갭을 축소시킴으로써 수전해 성능이 크게 향상되었습니다. 열처리 온도 제어는 격자 왜곡과 산소 결손 농도를 효과적으로 조절할 수 있는 수단임을 보여주었습니다. 이는 전하 분포 변화로 산소 중간체 흡착이 유도되고, 격자 산소 기반 O–O 결합 형성이 촉진되어 격자 산소 메커니즘이 활성화됨을 보여주었습니다.

본 연구는 전이금속으로 개질된 Mo 산화물을 기반으로 한 비용 효율적이고 고성능인 수전해 전기촉매의 합리적 설계에 유용한 전략과 기전적 통찰을 제공합니다.

Acknowledgment

본 연구는 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단(NRF)의 나노·소재기술개발사업(RS-2025-02304435)과 산업통상자원부의 소재부품개발사업[과제번호 20019175]의 지원을 받아 수행되었습니다.

Keywords: 수전해, 전기촉매, 전기화학, 전이금속, 몰리브덴

C-16

Revealing the Electrochemical Activity Paradigm of Porous Carbons for Intrinsic Platinum Efficiency in Hydrogen Evolution Reaction

RAHUL RAMKUMAR, Seung Geun, Saad Hafeez Mirza, Jung Woo Lee †

Department of Materials Science and Engineering, Pusan National University
(jungwoolee@pusan.ac.kr †)

The hydrogen evolution reaction (HER) remains a cornerstone of sustainable hydrogen production, yet its reliance on platinum (Pt) is constrained by high cost and inefficient atom utilization. Conventional Pt/C catalysts suffer from nanoparticle agglomeration, pore blockage, and limited accessibility of active sites, underscoring the need for rationally engineered support architectures. Here, we systematically investigate the influence of pore structure on Pt carbon composites using the porous carbon series, spanning microporous (MH, MH-18), mesoporous (MJ010, MJ030), and macroporous (MJ150) carbons as model supports. Platinum nanoparticles were introduced via microwave-assisted polyol reduction, enabling uniform distribution across interconnected pore frameworks. Multimodal characterization establishes a direct link between pore hierarchy and Pt stabilization. SEM, TEM, and HAADF-STEM reveal that microporous. MJ150 accommodates well-dispersed Pt clusters with minimal aggregation, in stark contrast to microporous MH, where Pt becomes entrapped and electrochemically inaccessible. XRD peak sharpening and reduced FWHM indicate improved Pt crystallinity, while Raman spectroscopy highlights tunable defect densities (I_D/I_G) as a function of pore environment. Nitrogen adsorption–desorption (BET/BJH) confirms that Pt incorporation subtly modulates meso/macropore connectivity while preserving accessible surface area. XPS analyzes further demonstrate that macroporous supports preferentially stabilizing metallic Pt^0 species, suppressing oxidation and enhancing electronic coupling with graphitic domains. Electrochemical evaluations confirm that Pt/MJ150 exhibits superior HER performance, delivering a remarkably low overpotential (20 mV at 10 mA cm^{-2}) and significantly higher mass activity than commercial 20 wt% Pt/C. Double-layer capacitance (C_{dl}) and electrochemically active surface area (ECSA) analyzes verify abundant accessible active sites, while ECSA and BET normalized activities validate intrinsic catalytic superiority. ICP-OES derived mass activity further reveals enhanced Pt utilization efficiency, attributable to macropore-mediated diffusion, rapid gas release, and minimized site blockage. Supporting studies across pH conditions and varied Pt loadings consistently reinforce the robustness of MJ150 in balancing active site accessibility with efficient charge/mass transport. Taken together, this study establishes a coherent structure property performance paradigm, demonstrating that deliberate tailoring of carbon pore size from micro- to macroscales enables optimal Pt dispersion, stabilization, and catalytic activity. This work not only advances fundamental understanding of Pt carbon interactions but also provides a scalable blueprint for engineering Pt electrocatalysts with high intrinsic activity for next-generation hydrogen production.

Keywords: Hydrogen Evolution Reaction (HER), Electrocatalysis, Platinum Utilization Efficiency, Porous Carbon Supports, Pore Architecture Engineering, Pt Nanoparticle Dispersion, Metal Support Interactions, Surface Defect Engineering.

C-17

Laser-Induced Graphene-Supported Pt-Ni Nanoalloys Synthesized through Rapid Photothermal Reduction for Hydrogen Evolution Reaction

조승근[1], 한서현[2], 임지혁[1], 이정우[1†]

[1]Department of Materials Science and Engineering, Pusan National University;
[2]Department of Nanoenergy Engineering, Pusan National University
(jungwoolee@pusan.ac.kr[†])

Hydrogen energy is gaining attention as an alternative energy source that can replace conventional fossil fuels, and water splitting technology is promising because it can produce hydrogen without carbon involvement. However, platinum, which is used as an electrocatalyst for the hydrogen evolution reaction (HER), is too expensive and deficient, and the time-consuming and complex catalyst synthesis process poses significant challenges for commercialization. In this study, we synthesized three-dimensional porous graphene by irradiating a polyimide film with an infrared-range light, and platinum and nickel precursors were deposited on the graphene surface, followed by applying the light again, resulting in a platinum-nickel alloy-decorated hierarchical graphene electrocatalyst. Surface analyses confirmed that the first irradiation formed a porous graphene structure, and the structure was maintained even after coating with the precursors and the subsequent irradiation, with the nano-scale platinum-nickel particles embedded on the surface. The structure analyses also showed the transformation from polyimide to graphene clearly, and XPS characterizations revealed that platinum and nickel were generally well-synthesized on the catalyst surface. Furthermore, the slight peak shift in Pt 4f and Ni 2p with the change of composition indicated that each element was not present separately, but rather in the form of an alloy. Electrochemical measurements for HER discovered that the optimal HER activity was observed in the composition of Pt:Ni = 1.6:1, and the Tafel slope and EIS support that their values are the lowest among the catalysts. Based on these results, it is expected that we can reduce the amount of platinum that is used in the water electrolysis, and the consumed time and cost can be greatly reduced by changing the catalyst synthesis process. It is also expected that applying this catalyst to the water splitting technology can contribute to the improvement and commercialization of hydrogen production.

Keywords: Photothermal reduction, hydrogen evolution reaction, laser-induced graphene, Pt-Ni nanoalloys, hydrogen detection

C-18

Sulfurization of self-supported mesoporous NiFe2O4 as efficient electrocatalyst for water splitting

Dhanaji Malavekar, Jin Hyeok Kim †

Optoelectronics Convergence Research Center and Department of Materials Science and Engineering,
Chonnam National University, Gwangju
(jinhyeok@chonnam.ac.kr †)

Developing cost-effective and high performance electrocatalysts for water oxidation is critical for advancing renewable energy technologies. In this study, we report the synthesis of a porous $NiFe_2O_4$ nanostructure via a simple successive ionic layer adsorption and reaction (SILAR) method, followed by hydrothermal sulfurization in an alkaline medium to form a NiFe-based oxysulfide electrocatalyst. The optimal sulfurization induced modification in chemical as well as electronic configuration, leading to enhanced electrocatalytic activity. The resulting oxysulfide electrode exhibits remarkable electrocatalytic activity for the oxygen evolution reaction (OER), achieving a current density of 10 mA cm^{-2} at a low overpotential of 290 mV, along with a smaller Tafel slope of 42 mV dec^{-1}, indicating enhanced charge transfer kinetics. This work highlights a facile and scalable strategy for engineering transition metal oxysulfides as efficient OER catalysts for sustainable energy conversion applications.

Keywords: Transition metal oxides, Overall water splitting, Oxygen evolution reaction, Hydrogen evolution reaction

C-19

Electrochemically Deposited Ga_2O_3 Buffer Layer Enhances the Photovoltage of Cu_2O Photocathodes for Efficient Unassisted Hydrogen Production

Ji Hoon Choi, Hak Hyeon Lee, Ji Hye Jeong, Hyung Koun Cho †

Sungkuynkwan University
(chohk@skku.edu †)

Gallium oxide (Ga_2O_3) is considered one of the most suitable buffer-layer materials for improving the photovoltage of Cu_2O due to its favorable band alignment. Until now, however, its deposition has been limited to atomic layer deposition, which requires costly and commercially restricted precursors, presenting challenges for large-scale application. In this work, we introduce an electrochemical strategy for the conformal growth of Ga_2O_3 buffer layers using gallium nitrate as the precursor and leveraging the Cu_2O-catalyzed nitrate reduction reaction. This method enables localized hydroxide ion generation at the Cu_2O interface, allowing uniform Ga_2O_3 electrodeposition at room temperature without the need for high-temperature post-treatment. The electrochemically deposited Ga_2O_3 (e-Ga_2O_3) substantially enhanced both the onset potential (exceeding 1.0 V_{RHE}) and the photocurrent density (around 4 mA cm^{-2} at 0.6 V_{RHE}) of Cu_2O by mitigating charge recombination. Furthermore, when incorporated into an all-oxide tandem photoelectrochemical cell with a $BiVO_4$ photoanode, the optimized Cu_2O/e-Ga_2O_3 photocathode achieved a bias-free solar-to-hydrogen conversion efficiency over 3% and maintained stable performance for over 60 hours. These results highlight a scalable, low-cost, and low-temperature pathway for fabricating efficient Cu_2O-based photocathodes for solar-driven hydrogen production.

Keywords: Cuprous oxide, gallium oxide buffer layer, electrochemical deposition, photoelectrochemical water splitting, unbaised operation

C-20

Direct growth of high quality and thickness controlled large area (over 2500 mm2) perovskite single crystal on a substrate for X-ray detector application

최영승, 신병하†

Korea Advanced Institute of Science and Technology
(byungha@kaist.ac.kr†)

Due to its superior optical qualities, metal halide perovskite (MHP) has been extensively researched in recent years in solar cells, light-emitting diodes, and X-ray detectors. MHP is a desirable candidate as a photon absorber for direct X-ray detector applications due to its considerable diffusion length, high resistivity, high attenuation coefficients, and tunable band gap. Furthermore, due to its lower defect density and higher mobility-lifetime product values compared to MHP thin films, MHP in the form of single crystal garner a lot of attention.

However, several problems need to be resolved before MHP single crystal can be used in commercial X-ray detectors. The main challenge is creating large-area single crystals while keeping their thickness on the order of mm; a thinner absorber results in insufficient X-ray absorption, while a thicker absorber reduces charge collection efficiency. When a single crystal grows in a free-standing configuration using the traditional solution method for growing MHP single crystals, the growth along the lateral dimensions is accompanied by an increase in thickness. Because MHP single crystal is so brittle, it must be cut or ground into smaller thicknesses in order to be used for X-ray imaging. During this process, there is a significant crack or fracture development risk. Furthermore, a sizeable portion of the material is wasted.

In this study, we developed a novel growth apparatus that enables us to grow MHP single crystals as large as 50 mm X 50 mm while restricting the thickness to 1 mm, eliminating the need for post-processing to reduce the thickness for X-ray detectors. Our large-scale, thin single crystal was used to create X-ray detectors, and they had an excellent sensitivity of 1.46 x 104 C/Gyair cm2.

Keywords: perovskite, X-ray detector, single crystal

D-1

금속 상변태 및 재결정 제어를 통한 결정립 미세화 방법론

박찬희†

한국재료연구원
(chpark@kims.re.kr†)

금속의 결정립 미세화는 강도 향상과 동시에 연성 저하를 최소화하거나, 경우에 따라 강도와 연성을 동시에 향상시킬 수 있는 효과적인 기계적 성질 제어 수단으로 알려져 있다. 특히 나노미터 수준의 초미세 결정립은 결정립계면 밀도의 급격한 증가로 인해 탁월한 강도 향상을 가능하게 하여 많은 연구가 진행되어 왔다. 그러나 기존의 강소성가공법은 큰 변형량을 요구함으로써 공정 비용 및 대량 생산성 측면에서 한계를 가진다.

본 연구에서는 금속에서 자주 관찰되는 정적 재결정, 동적 재결정 및 상변태 현상을 적극적으로 제어함으로써, 기존 생산 설비에서 구현 가능한 변형량 범위 내에서도 효과적인 결정립 미세화를 달성할 수 있는 방법론을 제안한다. 또한 제안된 방법을 실제 합금 및 가공 실험을 통해 검증함으로써, 대량 생산 공정에 적용 가능한 새로운 결정립 미세화 전략의 가능성을 제시하고자 한다.

Keywords: 상변태, 정적 재결정, 동적 재결정, 결정립 미세화, 기계적 특성

D-2

Al–Zn–Mg–Cu 합금에서 전단가능/비전단 석출물이 압축 거동에 미치는 영향

신선호[1], 연경미[2], 설재복[1], 류일[2†], 성효경[1†]

[1]국민대학교; [2]서울대학교
(ryuill@snu.ac.kr†, hyokyung@kookmin.ac.kr†)

This study investigate the micro- and macro-deformation behaviors of Al–Zn–Mg(-Cu) alloys to elucidate how solute clusters govern mechanical response across distinct microstructures. We show that the coexistence of nanoscale solute clusters and excess solute atoms strengthens both single-crystal micropillars and bulk nanocrystalline specimens without loss of ductility, as the excess solutes interact with moving dislocations and sustain a high strain-hardening rate. Micropillar deformation is analyzed using crystal-plasticity finite element modeling in conjunction with molecular dynamics simulations, enabling a direct comparison between single- and multiple-slip modes for various crystallographic orientations. Transmission electron microscopy is employed to characterize the η (eta) precipitate phase, while atom probe tomography provides quantitative and qualitative assessments of nanocluster populations. These experimental inputs inform an integrated dislocation-dynamics(DD)-finite element method(FEM) framework (DD–FEM) that captures dislocation interactions with shearable and non-shearable precipitates. The combined multiscale approach visualizes, at full scale, the precipitate architecture present in Al–Zn–Mg–Cu alloys and its mechanistic coupling to dislocation motion, offering design guidelines for simultaneously enhancing strength and work-hardening capacity in high-performance aluminum alloys.

Keywords: Al-Zn-Mg-Cu alloys, Nanoclusters, Atom probe tomography, Dislocation dynamics(DD), Finite element method(FEM)

D-3

Preliminary Study on Laser Shock Peening of Tungsten for Plasma-Facing Components in Fusion Reactors

김선규†, 권효성, 박이현

한국핵융합에너지연구원
(sungyukim@kfe.re.kr†)

Tungsten (W) is a promising candidate for plasma-facing components (PFCs) in fusion reactors due to its high melting point, low sputtering yield, and low tritium retention. However, due to its high atomic number, sputtered W atoms entering the plasma can degrade stability by increasing radiation losses and causing impurity accumulation. To mitigate erosion phenomena, various strategies including boronization, impurity seeding, and alloying have been proposed. In this study, the erosion resistance of W was considered through the introduction of compressive residual stresses, grain refinement, and improvements in surface mechanical properties. To achieve these effects, Laser Shock Peening (LSP) was applied to W for erosion resistance enhancement.

The ITER-grade W (AT&M) rolled samples, sized 70 × 50 × 10(T) mm, were mechanically ground, yielding a surface roughness of 0.175 μm along the rolling direction and 0.454 μm in the transverse direction. LSP was then carried out with a pulse energy of 4.5 J, a repetition rate of 2 Hz, a pulse duration of 12–14 ns, a spot size of 3 mm, and 50% overlap over a treated area of 20 × 20 mm2.

Residual stresses induced by LSP were measured using the hole drilling method to obtain depth profiles, while surface residual stresses were evaluated by X-ray diffraction (XRD) as a complementary nondestructive technique. The hole drilling results showed that the compressive residual stress at a depth of 1 mm increased from 98 MPa before peening to 302 MPa after peening. By contrast, tensile stresses of 189–366 MPa were detected near the surface, and these were consistently confirmed by XRD analysis. This surface tensile stress is presumed to originate from localized recrystallization caused by transient plasma heating during LSP. To suppress the formation of surface tensile stresses during LSP, over-peening (4 and 8 passes) and the application of an Al tape protective layer were examined. Over-peening had no significant effect, whereas the Al tape condition introduced a compressive residual stress of –461 MPa at the surface, as measured by XRD. In addition, the surface roughness of W after LSP remained below the ITER Vacuum Handbook limit of 6.3 μm for PFC.

These results demonstrate that LSP can introduce compressive residual stresses in W to depths greater than 1 mm without increasing surface roughness. Future work will focus on optimizing LSP parameters and evaluating the effect of LSP on the erosion resistance of W.

Acknowledgment

This work was supported by the R&D Program through the Korea Institute of Fusion Energy (KFE) funded by the Ministry of Science, ICT and Future Planning of the Republic of Korea (KFE-CN-2501, KFE-CN-2502)

Keywords: Tungsten, Plasma-facing materials, Laser shock peening, Compressive residual stress

D-4

Compositional Tuning of WC-Reinforced AlN Ceramics for Enhanced Plasma Etch Resistance

Nafees Hassan, Dowon Song†, Minsoo Kim, Unseo Kim, Gyeongryeol Bae, Sangmin Park, Junghwan Park, Jungmin Seo, Seunghyun Bae, Yeseob Lee, Yongjun Kim, Hyemin Yong, Kang Jae Hyeun

Kumoh National Institute of Technology
(songdw@kumoh.ac.kr†)

This study investigates the plasma etch resistance of aluminum nitride (AlN) ceramics reinforced with tungsten carbide (WC) for their applications in semiconductor manufacturing. AlN-based composite ceramics were manufactured using a hot press sintering technique. The composites contained 5 wt% yttria (Y2O3) as a sintering aid and varying weight percentages of WC (0, 5, 10, 15, 20, and 25 wt%). The samples were characterized for their resistance to fluorocarbon plasma etching. The specimens were treated under CF_4 + Ar + O_2 plasma for 120 minutes in an inductive coupled plasma reactive ion etching (ICP-RIE) system. The etched specimens were studied using scanning electron microscopy (SEM), atomic force microscopy (AFM), 3D profilometry and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) to assess their etch rate, surface morphology and chemical degradation. The results showed a non-linear relationship between the WC content and the etching behavior. The specimen with 10 wt% WC exhibited the lowest etch rate due to its good densification and the protective, sacrificial role of uniformly dispersed WC particles. The specimens with 10 wt% and 15 wt% WC had the lowest surface roughness with average surface roughness of 112.4 nm and 110.1 nm, respectively. This suggests appropriate WC particles dispersion and interfacial integrity. In contrast, the specimens with higher WC amount showed a higher surface roughness and etch rate due to WC particles agglomeration and structural non-uniformity. A schematic model was proposed to demonstrate the interaction of plasma with specimens of different WC wt%. These findings highlight the importance of compositional optimization. Samples in the 10-15 wt% WC range are suitable for achieving both good etch resistance and better etched surface quality, making these composites potential candidates for plasma resistance ceramics applications.

Acknowledgment

This work was supported by KEIT (MOTIE) [RS-2024-00422159], KIAT (MOTIE) [RS-2024-00409639], NRF [NRF-2018R1A6A1A03025761], and Gyeongsangbuk-do RISE project.

Keywords: Aluminum nitride, Tungsten carbide, Hot press, Plasma etching, Vickers hardness, Microstructure

D-5

적층형 세라믹 커페시터 고특성화를 위한 후막 박층화 공법 연구

이태규[1,2], 윤경호[1], 제용훈[1], 김리안[1], 고동재[1], 최문희[1], 김수민[1†], 김양도[2†]

[1]한국세라믹기술원 AI융합연구단; [2]부산대학교 재료공학과
(smkim@kicet.re.kr[†], yangdo@pusan.ac.kr[†])

전자제품의 기능이 다양화됨에 따라 실장면적이 감소하고 있다. 적층형 세라믹 커페시터(MLCC,Multi-Layer Ceramic Capacitor)는 이에 맞춰 소형화가 진행되는 추세이다. 소형화된 MLCC는 유효면적의 크기가 줄어들게 되며 정전용량 (C, Capictance)값이 줄어들게 된다. 따라서 이를 해결하고자 업계에서는 MLCC의 박층화와 다층화를 통해 정전용량을 증가시키고자 한다.

이러한 박층화, 다층화된 MLCC의 경우 약 나노 크기의 유전체 분말과 첨가제를 사용한다. 다만, 이러한 나노입자는 비표면적이 높아 응집현상이 발생된다. 응집된 입자는 유전층의 불균형을 가져와 정전용량값과 온도안정성이 낮아진다. 따라서 본 연구에서는 입자의 분산성을 증가시키고자 표면제어공법을 개발하였다.

표면제어공법을 통해 제조된 시편에서는 분산성이 증가하여 소결 온도가 감소되었으며 기공이 제거 되었다. 또한 첨가제가 효과적으로 분산되어 소결 시 입성장억제 및 온도안정성을 증가시키는 결과를 얻었다.

Acknowledgment

This work was supported by the Technology Innovation Program (Public-Private Joint Investment Semiconductor R&D Program (K-CHIPS) To Foster High-Quality Human Resources, RS-2024-00403801) funded By the Ministry of Trade Industry & Energy (MOTIE, Korea)

Keywords: 유전체, 강유전체, MLCC, Surface treatment, Silane coupling agent

D-6

ZnMgO/Sb_2Se_3 계면 엔지니어링을 통한 고성능 Sb_2Se_3 태양전지 개발

제용훈[1,2], 김양도[1†], 김수민[2†], 이태규[1,2], 윤경호[2], 김리안[2], 고동재[2]

[1]부산대학교 재료공학과; [2]한국세라믹기술원
(yangdo@pusan.ac.kr[†], smkimkicet@gmail.com[†])

본 연구에서는 Sb_2Se_3 태양전지 성능 개선을 위해 $Zn_{0.8}Mg_{0.2}O/Sb_2Se_3$ 계면에서 밴드 정렬을 Interface-induced band bending (IIBB) 방법으로 분석하였다. Sb_2Se_3는 풍부하고 저렴한 원소, 높은 광 흡수 계수(~$10^5 cm^{-1}$)와 1.2~1.3 eV의 직접 밴드갭을 가져 차세대 태양전지 흡수체로 주목받고 있다. 그러나 기존 CdTe, CIGS 태양전지에 비해 낮은 효율을 보이며, 이는 주로 버퍼층과의 계면에서 발생하는 V_{oc} 손실 때문이다. 기존에 주로 사용되는 CdS 버퍼층은 Sb_2Se_3 와 계면에서 cliff 구조를 나타내 계면 재결합을 증가시키고 V_{oc} 손실을 야기한다. 이러한 문제를 해결하고자 본 연구에서는 Mg 함량 조절을 통해 'spike' 구조를 형성할 수 있는 $Zn_{1-x}Mg_xO$를 새로운 버퍼층 물질로 제안한다. $Zn_{1-x}Mg_xO$의 Sb_2Se_3 태양전지 버퍼층 적용 가능성을 평가하기 위해 $Zn_{1-x}Mg_xO$ 박막을 radio frequency (RF) sputtering 방법을 사용하여 Mg 함량(x= 0.00, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35 at. %)을 가진 50nm의 두께의 $Zn_{1-x}Mg_xO$ 박막을 Sb_2Se_3 위에 증착했다. IIBB 방법을 통해 $Zn_{0.8}Mg_{0.2}O/Sb_2Se_3$ 계면 밴드 정렬을 분석하였다. 자외선 광전자 분광법 (UPS)과 광전자 방출 분광법 (IPES)을 통해 Sb_2Se_3와 $Zn_{0.8}Mg_{0.2}O$의 VBM_{EF} 및 CBM_{EF}을 결정하였다. 이후 X선 광전자 분광법 (XPS)을 통해 계면에서의 밴드 굽힘을 추정하고, 이를 종합하여 가전자대 오프셋(△VBO)과 전도대 오프셋(△CBO)을 계산했다. 제작된 $Zn_{1-x}Mg_xO$ 는 모든 Mg 함량에서 hexagonal wurzite 구조를 유지하였다. Mg 함량이 증가함에 따라 광학적 밴드갭은 3.30 eV에서 3.72 eV로 증가했으며, 캐리어 농도는 10^{14}–10^{16} cm^{-3} 범위로 CdS와 유사한 수준을 보였다. UPS, IPES, XPS 분석 결과, Sb_2Se_3와 $Zn_{0.8}$ $Mg_{0.2}O$의 VBM_{EF}는 각각 –0.795 eV와 -3.240 eV이고 CBM_{EF}는 0.241 eV와 0.384 eV 가 나타났으며, 각각의 밴드갭은 1.036 eV와 3.624 eV로 계산되었다. Sb_2Se_3와 $Zn_{0.8}Mg_{0.2}O$의 밴드 굽힘 정도는 각각 –0.13 eV와 –0.08 eV로 모두 계면에서 하향 굽힘 현상을 보였다. 이러한 $Zn_{0.8}Mg_{0.2}$ O/Sb_2Se_3 계면 밴드 오프셋은 –2.395 eV의 음의 △VBO와 +0.193 eV의 양의 △CBO를 가진 spike 구조를 형성한다. 이는 계면재결합을 효과적으로 억제하여 V_{oc} 손실을 최소화해 $Zn_{0.8}Mg_{0.2}O$가 Sb_2Se_3 태양전지 성능을 개선할 수 있는 유망한 버퍼층 소재임을 증명한다.

Acknowledgment

This work was supported by the Technology Innovation Program (Public-Private Joint Investment Semiconductor R&D Program (K-CHIPS) To Foster High-Quality Human Resources, RS-2024-00403801) funded By the Ministry of Trade Industry & Energy (MOTIE, Korea)

Keywords: conduction band offset, interface, Sb2Se3, ZnMgO

D-7

실란 처리된 h-BN/Fe_3O_4 복합과립의 photothermal Effect 기능성 확인 연구

고동재[1,2], 윤경호[1], 김리안[1], 이태규[1], 제용훈[1], 이승협[3], 김수민[1†], 이재근[2†]

[1]한국세라믹기술원 AI융합연구단; [2]부산대학교 응용화학공학부; [3]전북대학교 화학공학부
(smkim@kicet.re.kr†, jglee@pusan.ac.kr†)

항공기, 발전설비 및 교량과 같은 노출 구조물의 표면에 발생하는 결빙은 안전성 저하와 에너지 손실을 유발하는 중요한 문제로 알려져 있다. 본 연구에서는 70 nm 크기의 h-BN과 50–150 nm 크기의 Fe_3O_4 입자를 3:1 비율로 복합화하여 스프레이 건조로 과립화하고, 이후 ODTS(Octadecyltrichlorosilane) 실란 처리를 통해 소수성 표면을 구현하였다. Fe_3O_4 성분은 가시광–근적외선 영역에서 우수한 광열 변환(photothermal effect)을 나타내며, h-BN은 높은 열전도성을 제공하여 열 전달을 촉진한다. 그 결과, 복합과립 기반 코팅은 외부 적외선 조사 시 빠른 표면 온도 상승을 보였으며, 이는 빙결 지연 및 제빙 성능 향상으로 이어졌다. 본 연구는 다기능성 무기 복합 입자를 이용한 차세대 항빙 코팅 설계 전략을 제시하며, 항공·에너지·교통 인프라 분야에 효과적인 적용 가능성을 보여준다.

Acknowledgment

This work was supported by the Technology Innovation Program (Public-Private Joint Investment Semiconductor R&D Program (K-CHIPS) To Foster High-Quality Human Resources, RS-2024-00403801) funded By the Ministry of Trade Industry & Energy (MOTIE, Korea)

Keywords: h-BN, Fe_3O_4, 복합과립, 광열 효과, 항빙, 표면 코팅

D-8

$BN@Fe_3O_4$ 코어-쉘 구조를 이용한 열전도 필러의 설계와 특성 향상

김리안[1,2], 윤경호[1], 이태규[1], 제용훈[1], 고동재[1], 이승협[3], 김수민[1†], 이재근[2†]

[1]한국세라믹기술원 AI 융합연구단; [2]부산대학교 응용화학공학부; [3]전북대학교 화학공학부
(smkim@kicet.re.kr†, jglee@pusan.ac.kr†)

육방정계 질화붕소(h-BN)는 높은 열전도성과 전기 절연 특성으로 전자 패키징용 필러로 널리 활용되고 있으나, 매트릭스 내 분산성과 계면 열저항으로 인해 성능 발현에 한계가 있다. 본 연구에서는 구형의 BN 표면에 자성체 물질인 Fe_3O_4 입자를 성장시켜 $BN@Fe_3O_4$ 코어–쉘 구조 필러를 설계·합성하였다. 이러한 구조는 등방성 특성을 가진 구형 BN의 고유한 열전도 경로를 유지하면서, Fe_3O_4 쉘의 자기 정렬 효과를 통해 추가적인 열전달 경로를 확보 및 제공한다.

XRD 및 XPS 분석을 통해 BN의 결정성이 보존된 상태에서 Fe_3O_4가 성공적으로 코팅되었음을 확인하였으며, EDS 결과는 BN 표면에서의 균일한 Fe_3O_4 분포를 뒷받침하였다. 제조된 $BN@Fe_3O_4$ 복합체는 순수 BN 필러 대비 향상된 열전도율을 나타냈으며, 이는 고집적 전자 패키징 시스템에서 요구되는 열 관리 성능을 충족할 수 있음을 보여준다.

본 연구는 단순한 필러 함량 증가가 아닌 **계면 제어와 자기 정렬 기반의 네트워크 형성이 복합체 성능 향상에 핵심적**임을 입증하며, $BN@Fe_3O_4$ 코어–쉘 구조가 차세대 전자 패키징 소재로서의 가능성을 제시한다.

Acknowledgment

This work was supported by the Technology Innovation Program (Public-Private Joint Investment Semiconductor R&D Program (K-CHIPS) To Foster High-Quality Human Resources, RS-2024-00403801) funded By the Ministry of Trade Industry & Energy (MOTIE, Korea)

Keywords: 복합 소재 필러, Core-shell 구조, 복합재료, 나노구조 설계

EI-1

Beyond Linear Scaling: Innovations in Catalyst Optimization

신기현†

국립한밭대학교
(kihyun@hanbat.ac.kr†)

Recent studies in electrochemical reaction simulations have revealed the construction of Volcano plots and 2D contour plots based on a strong linear scaling relation between the adsorption energies of intermediate species. This linear scaling relation provides researchers with a straightforward descriptor to predict catalyst performance and enables the visualization of large datasets of catalyst performance on simple contour plots. However, to maximize catalyst performance, it is crucial to identify outliers that do not follow the linear scaling relation. Particularly in the oxygen reduction reaction (ORR), a strong linear scaling relation between OH and OOH adsorption energies sets clear limits on catalyst activity. Overcoming these limits requires understanding how outliers arise and how researchers can control them. In this presentation, we will explore the fundamental assumptions and theories of electrochemical catalyst simulations and examine how Volcano plots and 2D contour plots are formed based on the linear scaling relation. Additionally, we will investigate the impact of ensemble, electronic, and strain effects on adsorption energies and explore various possibilities for generating outliers that deviate from the linear scaling relation.

Keywords: DFT, linear scaling, adsorption, catalyst, electrochemical

E-1

HfO_2 머신러닝 포텐셜 개발 및 검증

신효경, 구준형, 김은호, 이동화†

포항공과대학교 신소재공학과
(donghwa96@postech.ac.kr†)

HfO_2는 뛰어난 특성으로 인해 다양한 응용 분야에서 유망한 재료로 주목받고 있습니다. 그러나 HfO_2를 여러 응용 분야에 적용하기 위한 광범위한 연구가 진행되고 있음에도 불구하고, 그 다양한 특성을 유발하는 물리적, 화학적 원인에 대한 이해는 아직 매우 제한적입니다. HfO_2의 물리적 특성을 정밀하게 제어하고 다양한 응용 분야에 활용하기 위해서는 원자 수준에서의 거동을 이해하고 제어하는 연구가 필수적입니다.

제일원리 및 경험적 포텐셜 기반 분자 동역학 기술의 발전으로 원자 수준에서 재료의 거동 예측이 가능해졌지만, 이러한 연구들은 예측 가능한 시스템의 크기나 예측 정확도에 한계가 있습니다. 본 연구에서는 이러한 한계를 극복하기 위해 결정 그래프 표현에 기반한 머신러닝 포텐셜을 개발했습니다. 개발된 머신러닝 포텐셜을 제일원리 계산 결과와 비교하여, 에너지, 힘, 원자 전하 예측에서 매우 뛰어난 성능을 보이는 것을 확인했습니다.

또한, 개발된 머신러닝 포텐셜에 기반한 분자 동역학 시뮬레이션 결과는 제일원리 기반 분자 동역학 시뮬레이션으로 예측된 구조 및 원자 거동과 매우 유사한 결과를 보여주었습니다. 이러한 결과들은 개발된 머신러닝 포텐셜이 HfO_2의 거동과 특성을 정확하게 재현할 수 있음을 입증하며, 따라서 본 포텐셜이 다양한 응용 분야에서 HfO_2의 거동을 이해하고 예측하는 데 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대됩니다.

Keywords: Hafnium Oxide, Machine Learning Potential, Machine Learning Force Field, Ferroelectric

E-2

Effects of Laser Shock Peening on the Tungsten Surface: a Molecular Dynamics Study

심지수†, 김선규, 권효성, 박이현

한국핵융합에너지연구원
(jsshim@kfe.re.kr†)

Tungsten is a promising plasma-facing material (PFM) for fusion reactors due to its excellent thermal stability and erosion resistance. However, during fusion operations, tungsten can be eroded and sputtered due to collisions with high-energy plasma ions. To mitigate these effects, minimizing atomic sputtering on the tungsten surface is essential. One approach to reducing sputtering is to induce compressive residual stress on the surface. Laser shock peening (LSP) is an effective technique for this purpose, generating shock waves on a metal surface using a high-power pulsed laser. This process enhances the metal's fatigue life, crack growth resistance, and corrosion resistance, while minimizing changes in surface roughness. However, experimentally verifying internal stress distributions and atomic-scale sputtering remains challenging. Molecular dynamics (MD) simulations provide a robust framework for tracking atomic-scale microstructural changes governed by Newton's laws of motion, while also offering detailed insights into internal stress distributions and sputtering behavior. Therefore, this study employed MD simulations to model the LSP process on tungsten specimens.

Previous MD-based LSP studies have included the piston method and the nanoindentation method. While the piston method is useful for observing internal microstructural changes, it has limitations in realistically inducing compressive stress. As an improved alternative, this study adopted a pressing method, which better preserves surface roughness compared to nanoindentation when simulating the LSP process. Tungsten specimens were modeled with a polycrystalline structure generated via Voronoi tessellation, and a rigid diamond body was used as the pressing plate. To examine stress distribution with depth, the specimen was divided into ten layers along its height, and the average hydrostatic stress was calculated for each layer. Compressive residual stress profiles were then derived from the simulation results. Stress profiles were compared across various pressing speeds, depths, specimen heights, and grain sizes. The resulting compressive stress profiles closely resembled those observed in experimentally laser-peened tungsten, validating the pressing method within MD simulations. These results support the use of MD-based simulations as a cost-effective alternative to experimental LSP, with strong potential for future experimental validation and correlation.

Acknowledgment

This work was supported by the R&D Program through the Korea Institute of Fusion Energy (KFE) funded by the Ministry of Science, ICT and Future Planning of the Republic of Korea (KFE-CN2501).

Keywords: Molecular dynamics, Tungsten, Plasma-facing materials, Laser shock peening, Pressing method, Compressive residual stress.

E-3

제일원리 계산을 이용한 Al_2O_3와 TiN 표면에서의 텅스텐 증착 특성 비교

김현, 김선규, 구준형, 김재선, 이동화†

포항공과대학교
(donghwa96@postech.ac.kr†)

메모리 소자의 고집적화가 가속됨에 따라, 금속 박막 증착 공정의 최적화는 소자 성능 확보와 제조 효율성 향상에 있어 핵심적인 과제로 부상하고 있다. 고유전율 유전체와 금속 전극을 적용하는 High-K Metal Gate(HKMG) 기술은 누설 전류를 억제하기 위한 대표적 해결책이나, 비정질 Al_2O_3에서의 텅스텐(W) 핵형성은 표면 반응성이 본질적으로 낮아 성장이 원활히 이루어지지 않는 한계가 존재한다. 이를 개선하기 위해 TiN 중간층을 활용하여 W 증착 속도의 향상을 실험적으로 이루어냈으나, 속도 향상의 물리적 원인은 명확히 규명되지 않았다. 본 연구에서는 제일원리 밀도범함수이론(DFT) 계산을 통해 Al_2O_3와 TiN 표면에서의 W 성장 메커니즘을 심층적으로 분석하였다. 다양한 표면 facet과 termination을 고려하여 θ-Al_2O_3 및 Rocksalt TiN의 안정한 표면을 규명하고, 핵형성과 성장 단계에서의 W 흡착 에너지 변화를 체계적으로 조사하였다. 이를 통해 전체 핵형성 및 성장 과정에서 TiN 표면은 Al_2O_3 표면에 비해 더 강한 W 흡착 에너지를 확인했다. 최종적으로, TiN 표면에서 W 성장 속도 향상의 물리적 원리를 밝혔으며, 차세대 반도체 소자의 금속 전극 공정 최적화를 위한 TiN 표면 구조를 제안한다.

Keywords: High-K Metal Gate (HKMG), Tungsten Deposition, Nucleation and Growth, Surface Chemistry, DFT Calculations

E-4

발표취소

E-5

Mechanistic Study of Bifunctional Thermocatalytic CO2 Hydrogenation Over Oxide-Supported Palladium Catalysts

김종석[1], 최혁[2], 김현유[1†], 최예정[1]

[1]충남대학교; [2]Nanyang Technological University
(kimhy@cnu.ac.kr[†])

Hydrogenating CO_2 into clean fuels and hydrocarbons such as methane, formic acid, and C_2^+ products is a viable strategy for mitigating anthropogenic carbon dioxide. Based on density functional theory calculations, we elucidate the mechanism of CO_2 hydrogenation by Pd nanoparticles supported on MgO or CaO. To provide fundamental insight into the rational design of active and selective CO_2 hydrogenation catalysts, we combined Pd, a hydrogen activator, and MgO or CaO, a CO_2 binder. We found that Pd preferentially binds and dissociates H_2, and the Pd-oxide interface activates CO_2, completing a bifunctional CO_2 hydrogenation reaction. The Pd-CaO interface strongly binds CO_2 compared to the Pd-MgO interface. Therefore, the weakened C-O bond enables hydrogenation of the oxygen of CO_2, activating the carboxyl pathway of CO_2 hydrogenation and producing CO and methanol. In contrast, the formate pathway through direct hydrogenation of the carbon of CO_2 operates in the Pd-MgO catalyst due to the relatively weak interaction with CO_2. Producing formic acid and methanol is thermodynamically more accessible in Pd/MgO. Our results show that the catalyst-CO_2 interaction steers the overall reaction pathway of thermocatalytic CO_2 hydrogenation by metal/oxide class heterogeneous catalysts.

Keywords: Thermocatalytic CO2 hydrogenation, Denstiy functional theory, Activation of C-O bonding

E-6

$ABO_{2.5}$ Brownmillerite의 B-자리 원소에 따른 프로톤 전도에 미치는 영향 : 제1원리 계산 연구

채수윤, 안은지, 이준호, 홍효민, 이동화†

포항공과대학교
(donghwa96@postech.ac.kr†)

최근 연구에 따르면 $SrCoO_{2.5}$는 세라믹계 프로톤 전도체 중 가장 높은 프로톤 전도도를 나타내는 것으로 보고되었다. 이에 비해 $SrCo_{0.5}Fe_{0.5}O_{2.5}$는 $SrCoO_{2.5}$보다 현저히 낮은 프로톤 전도도를 보인다. 그러나 B-자리에 위치한 Co가 Fe보다 우수한 성능을 보이는 근본적인 이유는 아직 명확히 규명되지 않았다. 본 연구에서는 제일원리 계산(first-principles calculation)을 통해 Co와 Fe가 프로톤 전도도에 미치는 영향을 규명하고자 하였다. 우선 프로톤 전도도에 결정적인 역할을 하는 수소 결합 에너지(hydrogen binding energy)를 $SrCoO_{2.5}$와 $SrFeO_{2.5}$에서 계산하였다. 그 결과, 모든 산소 자리에서 $SrCoO_{2.5}$의 수소 결합 에너지가 $SrFeO_{2.5}$보다 상당히 낮게 나타났으며, 이는 더 높은 프로톤 전도도로 이어질 수 있음을 시사한다. 이러한 거동의 기원을 밝히기 위해 전하 밀도 분석(charge density analysis)을 수행한 결과, $SrCoO_{2.5}$가 $SrFeO_{2.5}$보다 산소로부터 더 많은 전자를 끌어오는 것으로 나타났다. 이는 Co의 높은 전기음성도에 기인하며, 그 결과 $SrCoO_{2.5}$의 산소는 덜 음전하를 띠게 되고, 이에 따라 수소와의 결합이 더 안정적으로 형성되면서 전자를 더 잘 받아들일 수 있게 된다. 나아가 B-자리에 대한 도핑 효과를 탐구하기 위해 $SrFeO_{2.5}$에 5가지 전이금속(V, Cr, Mn, Co, Ni)을 도핑하였다. 그 결과, Co가 도핑된 $SrFeO_{2.5}$의 수소 결합 에너지는 $SrCoO_{2.5}$와 유사하게 나타나 B-자리 도핑이 프로톤 농도에 영향을 줄 수 있음을 확인하였다. 특히 Ni-도핑된 $SrFeO_{2.5}$는 가장 낮은 수소 결합 에너지를 보여, Ni 도핑이 전해질 내 프로톤 농도를 증가시킬 수 있음을 시사한다. 이러한 경향성은 B-자리 전이금속 양이온의 전기음성도에 의해 설명될 수 있으며, 이는 B-자리 양이온의 전기음성도가 향후 고성능 Brownmillerite 프로톤 전도체 설계에 있어 핵심 지표가 될 수 있음을 의미한다.

Keywords: Brownmillerite, 전해질, 프로톤 전도, 제1원리 계산

E-7

Beyond the dband: StrainDriven OH Reconfiguration Governs HER on Pt/CoFeLDH

김태훈, 정용재†

한양대학교
(yongchae@hanyang.ac.kr†)

Rational control of hydrogen evolution reaction (HER) on singleatom catalysts often relies on tuning the dband center. Using densityfunctional theory, we show that in Pt/CoFeLDH, biaxial strain (−3% to +4%) modulates Pt's electronic structure but the key ratecontrolling effect is geometric: tensile strain near +3% drives a relaxation of a support hydroxyl group toward Pt, which amplifies electronic metal–support interaction (EMSI), strengthens yet optimizes Pt–H bonding, and minimizes the hydrogen adsorption free energy ΔG_H*. As strain increases, Co–O and Fe–O bonds lengthen linearly and Pt's dband center shifts toward the Fermi level; however, ΔG_H* exhibits a nonmonotonic response with a sharp improvement between +2% and +3%. Charge density difference and planaraveraged charge analyses reveal localized charge accumulation at the Pt–H interface precisely at this threshold, consistent with a more negative Pt–H ICOHP that peaks at an optimal bonding strength. These results establish straininduced OH geometry—not dband alone—as a decisive lever for HER on Pt/LDH and suggest a generalizable geometric–electronic codescriptor for catalyst design. This framework provides a practical route to maximize HER performance via mechanical stimuli without changing chemical composition.

Keywords: strain engineering, HER, d-band center

E-8

DFT study of Ce-Doping Effect on Metal-Support Interaction in Pt/ZrO2 Catalysts

이주혁[1], 김현유[1†], 최혁[2]

[1]충남대학교; [2]Nanyang Technological University - NTU Singapore
(kimhy@cnu.ac.kr[†])

Understanding the structure-activity relationship in heterogeneous catalysts plays a pivotal role in controlling the catalytic performance for various chemical reactions. The Strong Metal-Support Interactions (SMSI) that affect the catalytic activity are influenced by factors such as the type of metal, the type of support material, and the size variation of the metal nanoparticles. This study employs Density Functional Theory (DFT) to explore SMSI between Pt nanoparticles and Ce-doped ZrO2 support. ZrO2, prized for its high-temperature stability, is commonly used in many catalytic reactions but faces limitations due to its low oxygen-donating capability as a non-reducible oxide. Ce doping of ZrO2 has emerged as a solution, enhancing its oxygen-donating capacity and facilitating redox reactions. By using DFT calculations, we conducted research on a simple catalytic reaction, CO oxidation, to investigate how the modified SMSI affects catalytic performance. The Pt nanoparticle constructed with 10 atoms supported on Ce-doped ZrO2 catalyst shows enhanced catalytic performance compared to being supported on pristine ZrO2. Additionally, the Pt10-CeZrO2 system shows a lower activation barrier for CO oxidation than the Pt1-CeZrO2 and Pt1-ZrO2 systems. These results originate from the change in interaction with Pt nanoparticles and support oxide materials. Through this study, we observed changes in electronic interactions between Pt and ZrO2 due to Pt size and Ce doping, and proposed the optimal Pt size that can enhance the catalytic performance of CO oxidation in this system

Keywords: Density Functional Theory, Strong Metal Support Interaction, Catalyst

E-9

제일원리계산과 Graph-based Explainable AI를 이용한 지속가능한 리튬이온 배터리용 유기 양극의 구조 설계 전략

구준형, 이동화†, 김은호, 신효경, 김현

포항공과대학교
(donghwa96@postech.ac.kr†)

탄소 배출이 지구 온난화에 미치는 영향이 계속해서 증가함에 따라, 유기물로 구성된 리튬이온 배터리용 지속가능한 양극 소재에 대한 관심이 높아지고 있다. 또한, 유기 소재는 유연한 구조 설계가 가능하다는 장점이 있어 양극 특성을 쉽게 조절할 수 있다. 이러한 장점들로 인해, 넓은 구조 공간에서 새로운 소재를 탐색하고 구조-물성 관계를 분석하는 광범위한 연구가 수행되어 왔다. 최근에는 물성 예측을 가속화하고 새로운 소재를 제안하기 위해 여러 머신러닝(ML) 기술이 활용되었다. 이러한 연구들은 넓은 구조 공간에서 새로운 후보 물질을 성공적으로 탐색했지만, 머신러닝 모델의 블랙박스 특성으로 인해 구조가 물성에 미치는 영향을 분석하는 데에는 한계가 있었다. 단순한 소재 탐색을 넘어, 전기화학적 성능을 조절하기 위한 구조 설계 전략은 새로운 양극 설계를 위한 통찰력을 제공하는 데 매우 중요하다.

본 연구에서는 제일원리계산을 통해 생성된 데이터를 explainable AI (XAI)과 통계적 기법을 통해 분석하여 유기 양극의 물성 조절을 위한 구조 설계 전략을 제시한다. 다양한 양극 특성(전압, 용량, 비에너지, 전압 기울기)을 예측하는 graph neural network (GNN) 모델을 개발하고, 이를 graph-based XAI를 사용하여 분석한다. 그 결과에 대한 통계적 분석을 통해 각 특성에 대한 positive effect motifs (P-motif)와 negative effect motifs (N-motif)를 식별하고, 유기 양극의 특성을 최적화하기 위한 구조 설계 전략을 제안한다. 이렇게 식별된 motif에는 기존 연구에서 물성에 주요한 영향을 미치는 것으로 알려진 motif 뿐만 아니라, 본 연구를 통해 새롭게 발견된 핵심 motif 또한 포함됨을 확인했다. 본 연구 결과는 복잡한 구조-물성 관계를 이해하고 이를 구조 설계 전략에 적용하는 데 있어 그래프 기반 XAI 분석의 유용성을 보여준다. 더 나아가, 해당 방법론은 촉매 및 redox flow 전지와 같은 다른 재료 분야로 쉽게 확장될 수 있으며, 아직 규명되지 않은 구조-물성 관계를 밝히는 데 기여할 수 있다.

Keywords: 제일원리계산, XAI, ML, GNN, Design, Molecule, Battery, Cathode, Motif

E-10

Design of green solvents for perovskite solar cells

김진수, 김재원, 윤현성, 정희정, 염경문, 강봉주, 전남중, 노주환†, 임진오†

한국화학연구원
(jhwan@krict.re.kr†, imjino@krict.re.kr†)

Eco-friendly solvents should be used in the mass production of solution-processed perovskite solar cells (PSCs) to enable sustainable renewable energy generation. Typically, toxic organic solvents, such as *N*,*N*-dimethylformamide (DMF) have been commonly used to fabricate PSCs. Here, we identified dimethyl malonate (DMM) as a new green solvent alternative to DMF, through machine learning (ML), density functional theory (DFT), and experimental validation. We screened about 169 million molecules from PubChem, the largest database of compounds. To screen green solvents, boiling point, flash point, melting point, surface tension, and toxicity of the molecules were predicted using ML models. The ML models were constructed using experimental data collected from PubChem. Then, the binding strength with perovskite precursors was calculated using DFT, to find molecules that show similar binding energies with that of DMF. As a result, we found that a 1:4 mixture of DMM and dimethyl sulfoxide (DMSO) could replace conventional DMF/DMSO solvents. The resultant PSCs showed power conversion efficiency of over 25 % (in reverse scan), which is comparable to or even higher than that of PSCs made with the DMF/DMSO solvents. These findings will contribute to mass production of PSCs in sustainable way.

Keywords: Dimethyl malonate, perovskite solar cells, green solvents, machine learning, density functional theory

E-11

제일원리계산을 통한 Si_2Te_3의 전기적 특성에 미치는 intrinsic 및 extrinsic defect의 영향 연구

박영준, 이준호, 김재선, 이동화†

Pohang University of Science and Technology (POSTECH)
(donghwa96@postech.ac.kr†)

Si_2Te_3는 CMOS 제조 공정과 탁월한 호환성을 지닌 2D-layered 물질로, 차세대 반도체 응용 분야에서 상당한 잠재력을 보여주고 있다. 그러나 Si_2Te_3 내 결함이 전기적 특성에 미치는 영향에 대한 이해가 부족하여 전자 소자로의 광범위한 적용이 제한되고 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해, 본 연구에서는 Si_2Te_3의 intrinsic defect를 분석하여, 실험적으로 관찰되는 intrinsic p-type 특성의 기원을 규명하였다. 계산 결과, Si_2Te_3는 주로 acceptor로 작용하는 실리콘 공공(V_{Si})에 의해 약한 p형 전도성을 나타내는 것으로 확인되었다. 이에 더해, substitutional 및 interstitial 위치 모두에서 다양한 extrinsic dopant를 체계적으로 평가한 결과, doping 효율이 dopant의 주기율표 그룹에 크게 의존함을 발견했다. 이러한 계산적 통찰을 바탕으로, Si_2Te_3에서 p형 및 n형 전도도 향상에 최적화된 dopant를 규명하고, 도핑 효율을 좌우하는 핵심 요인을 밝혔다. 결과적으로, 본 연구는 Si_2Te_3 내 결함에 기반한 전도도 제어에 대한 중요한 통찰을 제공하며, 원하는 응용에 최적화된 첨단 전자 재료의 합리적 설계 방안을 제시한다.

Keywords: first-principles calculation, defect, doping, semiconductor

E-12

제일원리 계산 기반 내화성 고엔트로피 합금에서의 산소 비가역 포획과 취성 억제 메커니즘 규명

김선규[1], 도경연[1], 김신현[1], 김재선[2], 신용훈[3], 김창훈[1], 김현[1], 이동화[1†]

[1]Department of Materials Science and Engineering (MSE), Pohang University of Science and Technology (POSTECH); [2]Samsung Electro-Mechanics; [3]Samsung Electronics
(donghwa96@postech.ac.kr[†])

고융점 원소로 구성된 내화성 고엔트로피 합금(Refractory High Entropy Alloy, RHEA)은 우수한 고온 기계적 특성을 보이나, 제조 및 사용 환경에서 유입되는 산소가 입계로 편석하여 계면 결합력을 약화시키고 취성을 유발할 수 있다. 본 연구는 대표적 RHEA인 TiZrHfNb 합금을 대상으로, 화학적 단거리 규칙화(Chemical Short Range Ordering, CSRO)로 형성되는 특정 원소 풍부 영역이 산소의 비가역적 포획지로 작동해 산소 입계 편석과 취성을 억제할 수 있는지 제일원리 계산을 통해 규명하였다. 무작위 고용체와 대비되는 다양한 CSRO 환경을 모델링하고, 해당 벌크 구조들과 대표적인 입계 구조에서의 산소 간극 형성 에너지, 전자구조, 전하 분포, 국소 격자 왜곡 특성을 체계적으로 비교하였다. 그 결과 Ti, Zr이 풍부한 CSRO 영역에서 산소의 열역학적 안정성이 상대적으로 높아 산소가 비가역적으로 포획되고, 산소의 입계 선호가 약화되어 산소로 인한 계면 결합력 저하 및 취성 경향이 완화될 수 있음을 확인하였다. 이러한 안정성의 기원은 Ti 및 Zr과 산소 간의 강한 전자적 상호작용과 이에 수반된 국소 격자 왜곡에 있음을 보였다. 본 결과는 조성 설계를 통해 CSRO의 국소 환경 및 전자구조를 제어함으로써 RHEA의 산소에 대한 내구성을 향상시킬 수 있음을 제시한다.

Keywords: High entropy alloy, First-Principles Calculation, Chemical short range ordering, Oxygen embrittlement

E-13

머신러닝 기반 천연섬유 복합재의 불균일성 물성 예측 및 최적화

이동우, 고굉욱, 송정일†

DNA+ 연구소, 국립창원대학교
(jisong@changwon.ac.kr†)

천연섬유 복합재료는 생분해성, 탄소배출 저감 등 다양한 장점으로 인해 지속가능한 소재로 주목받고 있으며, 관련 연구도 해마다 증가하고 있다. 그러나 천연섬유는 섬유별 조성 차이, 불균일한 직경, 다양한 표면처리 조건 등 여러 불균일한 특성을 지니고 있어 목표 성능을 만족하는 복합재료 개발을 어렵게 한다. 본 연구에서는 이러한 불균일한 특성을 입력 변수(features)로, 인장강도와 굽힘강도를 출력 변수(target)로 설정하여 데이터셋을 구축하였다. 이후 머신러닝 기법인 XGBoost를 적용하여 두 강도에 영향을 미치는 주요 인자를 도출하였으며, 이를 바탕으로 각각의 강도에서 가장 우수한 성능을 나타낼 수 있는 최적 조건을 제안하였다. 이러한 연구 결과는 천연섬유 복합재료에서 목표 물성을 효율적으로 달성하기 위한 소재 및 공정 조건 선정에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다

Keywords: 천연섬유 복합재료, 머신러닝, 불균일성, XGBoost, 최적화

E-14

Finite Element Analysis of Universal Resistive Memory Devices Using Multiphysics and Phase-field Models

정동명, 권용우†

홍익대학교
(ykwon722@hongik.ac.kr†)

Resistive memory has attracted considerable attention due to its simple structure, fast switching speed, and large storage capacity compared to conventional charge-based memories. Its electrical operation is governed by the formation and annihilation of oxygen vacancies within an switching layer under a high electric field. When these vacancies accumulate to form conductive filaments, the device exhibits a low-resistance state (LRS), while the absence or rupture of filaments results in a high-resistance state (HRS). A key challenge in filamentary switching analysis lies in properly defining the conductive filaments. Previous studies using finite element analysis often assumed a predefined filament structure as the initial state. In this work, we present a device-level simulation that captures the full switching cycle of resistive memory by representing conductive filaments as a single phase through the phase-field method. We performed fully coupled simulations of anion-vacancy generation/recombination, together with electrical and thermal transport, in a simple metal–insulator–metal (MIM) structure. By varying the boundary conditions, both bipolar and unipolar switching mechanisms were modeled. The resulting I–V characteristics and filament evolution were systematically examined and compared under different structural conditions.

Keywords: Resistive memory, Finite element analysis, Conductive filament, Phase-field method

E-15

Resistance Variability in Ge2Sb2Te5- vs. GeTe-Based Phase-Change Memories: A Multiphysics Simulation Study Incorporating Stochastic Nucleation

김혜수, 김예찬, 권용우†

홍익대학교
(ykwon722@gmail.com†)

Phase-change memory (PCM) offers fast, scalable, and nonvolatile data storage by switching chalcogenide glass between amorphous high-resistance and crystalline low-resistance states. Switching is driven by electrical pulses: short, high-power pulses induce amorphization through melt-quench, known as reset, whereas longer, moderate pulses cause crystallization through annealing, known as set.

Stochastic nucleation introduces resistance variability, which becomes critical at nanoscale dimensions. Even during reset, partial crystallization may occur due to the finite fall time of the pulse, further increasing variability. In this regard, we conducted a comparative analysis of resistance variability in PCM devices based on $Ge_2Sb_2Te_5$ (GST) and GeTe (GT) materials, which are known for their nucleation-dominant and growth-dominant crystallization kinetics, respectively. Multiphysics simulations coupling electrothermal and phase-field models with stochastic nucleation are performed for both self-heating and heater-based cell architectures at 20 nm. From 100 simulations per case, we extract cumulative resistance distributions and demonstrate how material properties and device design jointly determine variability, providing guidance for reliable nanoscale PCM.

Keywords: phase-change memory (PCM), chalcogenide, device simulation, phase-field model, variability

E-16

공정 조건에 따른 다결정 미세조직 진화의 박막 미세구조 상장모델

권용우†, 최다은, 이환욱

홍익대학교
(ykwon722@gmail.com†)

현대 반도체 소자는 점점 더 복잡한 아키텍처와 3차원 적층 구조로 진화하고 있으며, 이에 따라 비평면 기판 위에서도 높은 균일도를 갖는 박막 증착이 요구되고 있다. 집적회로 제조에서는 결정립 크기, 형상, 계면 품질 등의 미세조직 특성을 정밀하게 제어하는 것이 매우 중요하며, 이는 소자의 성능 및 신뢰성에 직접적인 영향을 미친다. 특히 결정립계(grain boundary)는 전하 수송을 방해하거나 누설 경로로 작용할 수 있다. 이러한 문제의식에서, 우리는 다양한 공정 조건하에서 박막의 증착 형상과 미세조직 진화를 모두 시뮬레이션할 수 있는 페이즈필드 모델을 개발하였다. 본 모델은 기체 수송, 증착, 결정화 및 그레인 성장 단계를 설명하는 편미분방정식을 포함하고 있으며, 이는 자체 개발한 C++ 기반의 유한차분(Finite Difference) 코드로 구현되었다. 특히, 본 모델은 두 가지 구별된 핵생성 개념을 도입한다. 하나는 기판 표면 위에 비정질 고체가 형성되는 '응고(solidification)'이며, 다른 하나는 비정질 내에서 결정립이 형성되는 '결정화(crystallization)'이다. 이러한 접근법은 증착 중 결정화되는 재료뿐 아니라, 후열처리 이후에도 비정질 상태를 유지하는 재료까지 포괄적으로 시뮬레이션할 수 있도록 한다. 응고와 결정화 간의 경쟁 관계에 따라, 박막은 완전한 비정질, 결정질, 또는 부분 결정질 상태를 나타내며, 이는 재료 특성과 공정 조건 모두에 의해 결정된다. 요약하자면, 본 페이즈필드 모델은 박막 내 결정립계 형성을 예측할 수 있으며, 이는 소자의 성능 및 신뢰성에 큰 영향을 준다. 공정 조건에 따른 미세조직 진화를 포착할 수 있다는 점에서 본 연구는 공정 엔지니어에게 유용한 통찰을 제공할 수 있다고 생각한다. 향후 연구에서는 이방성 및 응력 효과를 도입하여, 선호 배향(preferred orientation) 및 결함 형성 예측으로까지 모델을 확장할 계획이다.

Keywords: Grain growth, Solidification, Crystallization, Grain boundary

E-17

아날로그 이벤트·메모리 동시 생성을 통한 효율적 동적 비전 센서

김예림, 박원일†

한양대학교
(wipark@hanyang.ac.kr†)

동적 비전을 효과적으로 구현하려면 순간적인 변화와 시간에 따른 흐름을 함께 포착해야 하지만, 기존 프레임 방식이나 이벤트 방식 센서는 전력 소모가 큰 디지털 연산에 의존하는 한계를 가진다. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 하나의 센서에서 동시에 빠른 이벤트 신호(스파이크)와 느린 메모리 신호(테일)를 생성할 수 있는 새로운 구조를 제안한다. 구체적으로, 실리케이트와 가닛 형광체를 포토다이오드 및 증폭기와 결합한 센서를 제작하여 빠른 반응(~50–100 μs)과 느린 반응(>1 ms)을 동시에 구현하였다. Weizmann Human Action 데이터셋을 적용한 실험에서는 이벤트 프레임(EF)이 시뮬레이션 결과와 높은 일치도를 보였으며(SSIM ~0.94), 메모리 프레임(MF)은 기존의 리저버 컴퓨팅 모델과 유사한 거동을 나타냄을 확인할 수 있었다. 이 신호들을 분류기에 입력했을 때 단일 MF나 EF+MF 결합 입력이 실제 프레임 입력보다 훨씬 높은 행동 분류 정확도를 달성하였다. 나아가, 광학 신경망(ONN) 기반 압축 전처리를 통해 입력 데이터를 4,900차원에서 16차원으로 줄이면서도 93.3%의 정확도를 유지하였다. 이러한 결과는 ADC와 복잡한 디지털 연산을 줄임으로써 초저지연·저전력 뉴로모픽 비전 시스템으로의 확장 가능성을 제시한다.

Keywords: 동적 비전, 이벤트-메모리 이중 반응 센서, 광학 신경망, 뉴로모픽 비전

FI-1

Towards Experimental Data-Driven Bespoke Synthesis of Halide Perovskites

양종희†

연세대학교 화학과
(jhyang@yonsei.ac.kr†)

The intriguing functionalities of perovskite have led to an extensive exploration of this material class for sustainable and scalable optoelectronic applications. Nevertheless, the inherent chemical complexities in the materials result in uncontrolled chemical heterogeneities in the synthesized ensemble system. In turn, this not only restricts the full exploitation of their inherited, 'Pareto-front-level' functionalities but also disables the discovery of their genuine synthetic design principle. Challenging these issues require multidimensional explorations of the synthesis space of the complex materials system, which is extremely challenging for manual approaches. Herein, a machine-learning-guided closed-loop research workflow based on the experimental data collected from high-throughput automated experimentation will be introduced. This allows for discovering new design principles and processing optimization of perovskites, empowering bespoke customization of their structures, dimensionalities, and functionalities.

Keywords: Automated Synthesis, Perovskites, Accelerating Materials Discovery

FI-2

Surface Engineering for Efficient and Stable Metal Halide Perovskite Nanocrystals Light-Emitting Diodes

박종현†

전남대학교 화학공학부
(jh.park@jnu.ac.kr†)

Metal halide perovskites (MHPs) have gained attraction as high-performance light-emitting diode (LED) materials owing to their excellent optical properties, such as facile bandgap tuning, defect tolerance, and high color purity. Perovskite nanocrystals offer advantages such as high photoluminescence efficiency, material stability, and ease of large-area processing. However, due to their small crystal size and high surface-to-volume ratio, they are more susceptible to surface defects, making surface modification of perovskite nanocrystals crucial. In this presentation, we explore the changes in surface properties of perovskites based on different ligand structures and how these modifications optimize their optical and electrical properties. Through investigating the correlation between ligand structure and perovskite nanocrystal characteristics, we ultimately achieved highly efficient and stable perovskite LED devices.

Keywords: metal halide perovskite, nanocrystals, light-emitting diodes, surface engineering

FI-3

플렉서블·폴더블·스트레처블 QLED의 차세대 디스플레이 및 소프트 일렉트로닉스 응용

Flexible, Foldable, and Stretchable QLEDs for Next-Generation Displays and Soft Electronics

김동찬[1,2 †]

[1]Department of Chemical, Biological, and Battery Engineering, Gachon Universtiy;
[2]Department of Semiconductor Engineering, Gachon Universtiy
(dckim@gachon.ac.kr[†])

Quantum dot light-emitting diodes (QLEDs), which exploit the electroluminescence (EL) of colloidal quantum dots (QDs), are emerging as promising next-generation light-emitting devices. In this presentation, we highlight proof-of-concept studies on interactive QLED displays with unconventional form factors (ultra-flexible, 3D-foldable, and intrinsically stretchable) as well as sensor-integrated QLEDs with multifunctional capabilities. First, we developed ultra-flexible, transparent QLEDs exhibiting over 80% transmittance 1. A newly engineered electron transport layer (ETL), consisting of ZnO with Al_2O_3 overlayers, not only protected the active layers from plasma damage during cathode sputtering but also balanced charge injection into QDs by suppressing electron overflow. The resulting devices, with a total thickness of only ~3 μm, demonstrated stable operation under severe mechanical deformation. Furthermore, exploiting the ultrathin architecture, we fabricated 3D-foldable QLEDs capable of transforming between 2D and 3D shapes 2. Inspired by origami, the devices were sharply folded along laser-engraved line patterns, maintaining stable operation even at edge regions with a bending radius as small as 50 μm. Finally, we developed intrinsically stretchable QLEDs based on a QD-elastomer nanocomposite, in which all device components were replaced with intrinsically soft electronic materials 3. These stretchable QLEDs exhibited stable luminance performance under up to 50% uniaxial strain.

Keywords: QLED, Stretchable display, Soft electronics

FI-4

Swing-Tunable Thin-Film Transistors for Improved Low-Gray OLED Operation

나재원†

Electronics and Telecommunications Research Institute
(njw0325@etri.re.kr†)

We report swing-tunable thin-film transistors (ST-TFTs) realized by electrohydrodynamic (EHD) printing of parasitic conduction paths. The printed ST-TFTs provide precise control of subthreshold swing and conduction states, serving as a concept demonstration for improving low-gray-scale representation in OLED driving. To further advance practical applicability, vacuum-processed ST-TFTs were fabricated and directly connected to tandem organic light-emitting diodes (OLEDs). Due to their inherently high efficiency and luminance, tandem OLEDs pose challenges in accurate low-gray-scale control, yet integration with ST-TFTs enabled stable driving and improved gray-scale resolution under such conditions. These results indicate that while EHD-printed ST-TFTs effectively establish the device concept, vacuum-processed ST-TFTs represent the more scalable and reliable pathway for future high-performance tandem OLED display applications.

Keywords: Subthreshold Swing, Tandem-OLED, EHD Printing, Oxide TFT

FI-5

고성능 진청색 OLED 발광체를 위한 테트라덴테이트 백금(II) 착물의 합리적 설계

이강문†

강원대학교 화학과
(kangmunlee@kangwon.ac.kr†)

유기 발광 다이오드(OLED)에서 고효율·고안정성 진청색 인광체의 개발은 차세대 발광 소자 구현을 위한 핵심 과제로 간주된다. 사배위 백금(II) 착물은 강건한 배위 골격과 우수한 스핀–궤도 결합 특성으로 인해 높은 인광 효율과 색순도를 구현할 수 있는 잠재적 청색 인광 발광체 후보군으로 주목받고 있다. 본 연구에서는 사배위 리간드의 구조적 변조를 통해 Pt(II) 착물의 광전자적 및 열적 안정성을 정밀하게 제어하는 합리적 분자 설계 전략을 제안하였다. 밀도 범함수 이론(DFT) 기반 계산 화학, 정밀 합성, 그리고 체계적인 광물리학적 분석을 병행하여 발광 파장, 양자 효율, 소자 성능을 지배하는 구조–물성 상관관계를 심층적으로 규명하였다. 본 연구 결과는 특정 리간드 골격이 딥블루 발광 특성과 내구성을 동시에 향상시킬 수 있음을 입증하며, 고성능 청색 인광 소재 설계에 유용한 분자적 지침을 제공한다.

Keywords: 사배위 백금 착물, 진청색, 유기 발광 다이오드, 고안정성

FI-6

Development of Silver Telluride Colloidal Quantum Dots for Next-generation Shortwave Infrared Photodetectors

최민재†

동국대학교
(minjae.choi@dgu.ac.kr†)

Colloidal quantum dots (CQDs) represent a highly promising class of semiconductor materials for optoelectronic devices, offering adjustable bandgaps, facile solution-based fabrication, and robust environmental stability. A key strength of CQDs is their tunable absorption and emission capabilities extending into the infrared spectrum, which is critical for applications in optical communications, night vision, biological imaging, and infrared photovoltaics. Traditionally, III-V compound semiconductors have been employed in infrared devices because they can achieve bandgaps below silicon's 1.12 eV; however, their widespread adoption is hindered by challenges such as reactive precursors, high processing temperatures, and the need for complex vacuum systems.

In this presentation, we introduce silver telluride CQDs as a promising alternative, providing tunable bandgaps in the short-wave infrared (SWIR) region specifically tailored for 1,550 nm photodetector applications. We detail a synthesis strategy designed to produce CQDs with a uniform size distribution, and we further examine various ligand exchange methodologies to optimize photodetector performance. These findings underscore the significant potential of CQDs in driving the next generation of infrared technologies.

Keywords: colloidal quantum dots, silver telluride, lead-free, short-wave infrared, photodetector

F-1

Efficient Lead-Free $CsCu_2I_3$ Yellow Light-Emitting Diodes

이장욱, 박일규†, 조승범, 방지훈, 김은혜, 김동엽

Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University of Science and Technology
(pik@seoultech.ac.kr†)

Lead-free copper halide perovskites have attracted increasing interest as sustainable emitters for optoelectronic applications owing to their excellent optical properties and environmentally benign composition. However, their intrinsic self-trapped exciton (STE) emission often suffers from broad bandwidths and limited carrier confinement, restricting device efficiency. Here, we propose a rational host–guest strategy by embedding the $CsCu_2I_3$ cluster into an organic electron-transport layer (ETL) host material to modulate exciton dynamics and stabilize emissive states. The nitrogen donor sites of pyridyl in host material coordinate with Cu^+ centers of Cu-I cluster in $CsCu_2I_3$ through Lewis acid–base interactions, which not only strengthen the host–guest interfacial coupling but also provide efficient carrier-transfer pathways. This interfacial coordination effectively lowers the charge-injection barrier, thereby facilitating balanced carrier transport and enhancing device performance. The structural and surface morphology of the host–guest films were systematically investigated, and SEM and AFM analyses confirmed the formation of homogeneous films with smooth and uniform surfaces. The chemical bonding states and electronic structures were examined by X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) and ultraviolet photoelectron spectroscopy (UPS), providing insights into the binding-energy states and energy-level alignment. The optical properties of the host–guest films were studied using UV–vis absorption and steady-state photoluminescence spectroscopy. Furthermore, time-resolved photoluminescence (TRPL) was employed to probe exciton dynamics at the inorganic–organic interfaces. The resulting devices exhibit bright and stable yellow electroluminescence, which demonstrates the potential of host–guest engineering for efficient lead-free LEDs.

Keywords: Lead-free perovskite; CsCu2I3; Yellow light emission; host-guest structure; light-emitting diodes.

F-2

Colloidal Synthesis of 1D Ultrathin, High-Aspect-Ratio BiSBr Nanowires, Nanobundles and Hierarchically Ordered $Bi_{13}S_{18}Br_2$ Nanorod superstructures for Solution-Processed Photodetectors

이다원, 백태종†, 최윤주

중앙대학교
(paiktae@cau.ac.kr†)

We report the colloidal synthesis and optoelectronic application of two distinct bismuth sulfohalide nanostructures: ultrathin 1D BiSBr nanowires (NWs) and hierarchically ordered 3D $Bi_{13}S_{18}Br_2$ nanorod (NR) superstructures. High-aspect-ratio BiSBr NWs and nanobundles were synthesized via a heat-up process using bismuth bromide and sulfur precursors in a thiol-rich environment. The NWs exhibit strong visible light absorption with a bandgap of 1.88 eV, high flexibility, and excellent colloidal stability in nonpolar solvents. Their assembly into nanobundles was controlled by solvent engineering, and room-temperature, solution-processed visible-light photodetectors were fabricated on flexible substrates, showing high responsivity and mechanical durability. In parallel, $Bi_{13}S_{18}Br_2$ NR superstructures were obtained via a template-guided topotactic transformation from BiOBr nanodisks through delayed sulfur injection. The resulting nanoframes consist of orthogonally aligned $Bi_{13}S_{18}Br_2$ NRs exhibiting a narrow indirect bandgap of ~0.80 eV and broadband near-infrared (NIR) absorption. Due to their colloidal stability and solution processability, these nanostructures were integrated into NIR photoconductors that demonstrated distinct photoresponse under 980-nm illumination. Together, these two scalable synthetic platforms provide a unified strategy for engineering dimensionally controlled, heavy-metal-free chalcohalide nanostructures tailored for broadband (visible-to-NIR) solution-processed photodetectors.

Keywords: Nanowires and Nanobundles, Nanocrystal inks, Hierarchically structures, Semiconductors, Optoelectronic devices.

F-3

스퍼터 AlN 버퍼층 최적화를 통한 IBAD GaN 성장

백승엽[1], 박용준[1], 이인환[1,2†]

[1]고려대학교 반도체시스템공학과; [2]고려대학교 신소재공학과
(ihlee@korea.ac.kr†)

저온·대면적 GaN 박막 성장을 위해 ion beam assisted sputtering(IBAD) 기반 증착 공정을 연구하였다. 구조적·광학적 특성 평가는 high-resolution X-ray diffraction(HRXRD), X-ray rocking curve(XRC), scanning electron microscopy (SEM), atomic force microscopy(AFM), Raman spectroscopy, photoluminescence(PL)로 수행하였다.

먼저, sapphire 기판 위 스퍼터 GaN 성장을 위한 AlN 버퍼층의 조건을 최적화하고, 최적화된 버퍼 위에 IBAD 방식으로 GaN을 증착하여 버퍼 적용 여부 및 두께가 박막 특성에 미치는 영향을 조사하였다.

RT-PL과 Raman 분석 결과, bare sapphire에서는 wurtzite와 cubic GaN 상이 혼재하였으나, AlN 버퍼 적용 시 wurtzite 상이 선택적으로 성장함을 확인하였다. 버퍼 두께 의존성을 비교한 결과, 25 nm AlN에서 PL intensity와 XRC FWHM이 가장 우수했으며 120 nm에서는 압축 응력이 최대를 보였으나, 이후 240 nm에서는 SEM 중심부에서 crack/pit의 발생과 함께 응력이 부분적으로 해소되는 경향이 관찰되었다. 최적 조건에서 성장한 GaN 박막은 XRC (002) FWHM은 0.21°, (102) FWHM은 0.46°이며 wurtzite GaN의 PL NBE 피크(3.37 eV)와 Raman E_2(high) 피크를 나타내어 결정상 및 광학적 품질을 뒷받침하였다.

결론적으로, LT-AlN 버퍼를 통해 IBAD 스퍼터링 조건에서도 고결정성 wurtzite GaN 박막 성장이 가능함을 확인하였다.

Keywords: IBAD sputtering, AlN buffer layer, GaN thin film, wurtzite GaN, cubic GaN(zincblende), strain, HRXRD

F-4

rGO 버퍼층을 이용한 유리 기판 위 GaN 박막의 구조적 및 광학적 특성 개선

김규림[1], 박용준[1], 이인환[2†]

[1]고려대학교 반도체시스템공학과; [2]고려대학교 신소재공학과
(ihlee@korea.ac.kr†)

GaN 기반 마이크로 발광 다이오드 (μ-LEDs)는 뛰어난 성능으로 디스플레이 응용 분야에서 큰 주목을 받고 있다. 하지만 금속유기화학기상증착(MOCVD)을 기반으로 한 기존의 μ-LED 제작 공정은 복잡한 전사 공정이 필수적이며, 이로 인해 대량 양산에 한계가 있다. 이러한 전사 공정을 생략하고 유리 기판 위에 GaN 박막을 직접 성장시키는 기술은 대면적 디스플레이에 적합한 새로운 대안이 될 수 있다. 유리는 대면적 제작이 용이하고 비용이 저렴하다는 장점이 있지만, 비정질 구조와 낮은 전이 온도로 인해 단결정 GaN의 성장이 저해되는 문제가 남아 있다.

본 연구에서는 이러한 한계를 극복하고자 유리 기판 위에 스핀 코팅 방식으로 rGO 버퍼층을 형성한 뒤, 저온 스퍼터링을 통해 GaN 박막을 성장시켰다. rGO 버퍼층은 기판 위에 전사된 CVD graphene 버퍼층에 준하는 박막 품질 개선 효과를 보였다. 최적 조건에서 rGO 버퍼층은 GaN 박막의 균일한 초기 핵 생성 및 원활한 핵 병합을 유도하여 매끄러운 표면을 형성하였다. 또한, 향상된 (002) 방향 정렬과 wurzite GaN의 near-band-edge(NBE) 발광을 확인하였다. 이는 스핀코팅된 rGO 버퍼층이 유리 기판 위 GaN 박막의 품질을 크게 향상시킬 수 있음을 보여주며, 대면적 LED 디스플레이의 상용화를 위한 새로운 가능성을 제시한다.

Keywords: GaN, rGO, sputtering, anchored van der waals epitaxy, amorphous substrate

F-5

Enhanced Ambipolar Charge Transport in Defect-Free Conjugated Polymers via Dual-Catalytic Direct Arylation Polymerization

유현진[1], 김황석[2], 김홍식[2], 박준모[2], 최태림[2†], 이병훈[1†]

[1]이화여자대학교 화공신소재공학과; [2]취리히연방공과대학교 재료학과
(tae-lim.choi@mat.ethz.ch[†], leebhoon@ewha.ac.kr[†])

In this talk, I will present our recent progress in enhancing ambipolar charge transport in donor–acceptor (D–A) conjugated polymers (CPs) through low-temperature direct arylation polymerization (DArP) enabled by Pd/Ag dual catalysis. Unlike conventional single-catalyst DArP, the Pd/Ag dual-catalyst system enables the efficient synthesis of defect-free D–A CPs—approximately 20 polymers—under mild conditions. The resulting CPs exhibit high structural regularity and crystallinity, yielding hole and electron mobilities of 0.20 and 0.80 cm^2 V−1 s^{-1}, respectively, in organic field-effect transistors. Furthermore, complementary metal–oxide–semiconductor inverters show hysteresis-free transfer characteristics with a markedly improved voltage gain exceeding 100, surpassing the performance of CPs prepared by conventional DArP and Stille polymerization. These findings highlight a promising strategy for the design of high-performance CPs for next-generation electronic applications.

Keywords: direct arylation polymerization, Pd/Ag dual catalysis, organic field-effect transistors, CMOS inverter

F-6

스퍼터링 공정을 이용한 고성능 p형 텔루륨-셀레늄 산화물 박막 트랜지스터

김현석†, 조호정

동국대학교 에너지신소재공학과
(khs3297@dongguk.edu†)

현대 전자기기의 발전, 특히 디스플레이 및 센서 어레이와 같은 대면적 응용 분야는 고성능 저비용 박막 트랜지스터(TFTs)의 개발에 크게 의존하고 있다. 비정질 인듐-갈륨-아연 산화물(a-IGZO)과 같은 n형 산화물 반도체는 뛰어난 성능과 상용화에 성공하여 차세대 전자소자의 핵심 채널 소재로 자리매김하였다. 그러나 상보형 금속-산화물-반도체(Complementary Metal–Oxide Semiconductor, CMOS) 회로 구현을 위해서는 상보적인 p형 산화물 반도체가 필수적임에도 불구하고, 기존의 p형 산화물은 낮은 정공 이동도, 열악한 환경 안정성, 복잡한 제조 공정 및 고온 공정 요구 등 여러 한계를 지니고 있다. 이러한 이유로 p형 소자의 개발이 지연되면서, 결과적으로 CMOS 회로의 완전한 구현이 여전히 제한적인 상황이다.

최근 텔루륨은 Te 5p 오비탈에서 기인한 독특한 전자 구조로 인해 비국지화된 가전자대(Valence Band Maximum, VBM)를 형성할 수 있어 유망한 p형 채널 소재로서 주목받고 있다. 순수 텔루륨은 본질적인 결함 상태와 최적화되지 않은 밴드 구조 정렬 문제로 인해 높은 이동도와 안정성을 동시에 확보하기 어려우며, 본질적으로 좁은 밴드갭(<1 eV)으로 인해 높은 off current를 피하기 어려우며, 이로 인해 충분한 on/off 전류비를 확보하기 어렵다. 최근 연구에 따르면, 이를 보완하기 위해 텔루륨 산화물 매트릭스에 셀레늄을 도입한 텔루륨-셀레늄 산화물(Te_xSe_yO)이 제안되었으며, 셀레늄 합금화는 결함 상태를 억제하고, 밴드갭과 VBM 에너지 레벨을 조정하며, p-오비탈 연결성을 향상시켜 전기적 특성을 개선할 수 있는 경로를 제공할 것으로 예상된다.

기존 연구들은 주로 열증발(thermal evaporation) 기반으로 수행되어 대면적 증착에는 용이했으나, 공정 특성상 조성 제어가 제한적이고 낮은 밀도 및 불충분한 막질로 인해 소자 신뢰성 확보에 한계가 있다. 반면, RF 마그네트론 스퍼터링(RF magnetron sputtering)은 타겟에 대한 고에너지 이온 충돌을 통해 조밀한 박막 성장과 우수한 기판 접착력을 유도하며, 동시에 박막의 조성과 두께를 정밀하게 제어할 수 있어 고신뢰성 대면적 제조에 특히 적합하다.

본 연구에서는 RF 마그네트론 스퍼터링을 통해 정밀한 조성 제어와 우수한 막질을 동시에 확보한 고성능 p형 Te_xSe_yO 박막 트랜지스터를 구현하였다. 스퍼터링 전력, 가스 유량, 산소 분압 등 핵심 공정 변수를 체계적으로 조율하여 박막 내 셀레늄 함량을 정밀하게 제어하였으며, 이 과정에서 결정성 향상, 균일한 표면 형태, 조밀한 미세구조가 동시에 달성되었다. 그 결과 제작된 Te_xSe_yO TFT는 정공 이동도와 on/off 전류비에서 기존 p형 Te의 한계를 넘어서는 성능을 나타냈으며, 장기 안정성 또한 크게 개선되었다. 이러한 성과는 Te_xSe_yO 가 p형 산화물 반도체의 전자구조적 한계를 완화할 수 있음을 보여주며, 차세대 산화물 CMOS 회로 및 대면적 저비용 전자소자 구현을 위한 유망한 소재 플랫폼임을 입증한다.

Keywords: P형 산화물 박막 트랜지스터, RF 마그네트론 스퍼터링

F-7

다중양자우물-금속 나노입자 간격 감소를 통한 Dewetted Ag 나노입자 LSPR 기반 청색 μLED의 효율 향상

권오빈[1], 장필규[1], 박지원[2], 최명준[2], 김재승[2], 이인환[1,2†]

[1]고려대학교 반도체시스템공학과; [2]고려대학교 신소재공학과
(ihlee@korea.ac.kr†)

GaN 기반 μLED는 우수한 광학 특성으로 차세대 디스플레이로 큰 주목을 받고 있다. 그러나 μLED 칩 크기가 감소할수록 식각 공정에서 발생하는 플라즈마 손상이 심화되어 표면 결함으로 인한 문제가 부각 되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 다양한 접근법 중 국소 표면 플라즈몬 공명은 μLED의 광학 성능을 획기적으로 향상할 수 있는 유망한 기술로 각광받고 있다. 본 연구에서는 Al_2O_3 유전체 패시베이션 층의 두께를 조절함으로써 발광 영역과 은 나노입자 사이의 거리를 조절하였고, 이를 통해 GaN 기반 μLED 칩에서 국소 표면 플라즈몬 공명 결합 효율에 미치는 영향을 조사하였다. 그 결과, 10μm 크기의 μLED에서 Al_2O_3 두께를 30nm에서 5nm로 감소시킬 때, 플라즈몬 결합 효율이 크게 증가하여 PL 세기가 향상됨을 확인하였다. 특히, Al_2O_3 층 두께를 5nm로 줄인 경우 30nm 두께를 가진 시료 대비 외부 양자 효율이 약 31.2% 증가하였다. 본 연구의 결과는 Al_2O_3 패시베이션 두께 조절을 통한 플라즈몬 결합 효율 최적화가 GaN 기반 μLED의 성능을 크게 개선할 수 있는 효과적인 전략임을 보여준다.

Keywords: μLED, GaN, LSPR

F-8

Environmentally-Friendly Designed Quantum Dots for Energy and Biomedical Applications

백운혁†

전북대학교 반도체화학공학부
(whbaek@jbnu.ac.kr†)

양자점은 양자 센서, 광센서 등 차세대 반도체 양자 기술을 선도할 소재로 많은 기대를 받아오고 있다. 하지만 RoHS 규제 같은 환경 규제는 양자점의 산업화를 위해서는 Pb, Cd과 같은 중금속 원소의 사용을 제한하고 있고, 현재 디스플레이 분야에서만 무독성 양자점이 개발되어 산업화에 성공하였다. 앞으로 양자 기술을 위한 다양한 응용을 위해서는 타 응용 분야에서도 무독성 양자점 소재를 개발하여 효율적인 소자를 제작하여야 하며, 결과적으로 얻어진 무독성 양자점 소재는 근 미래에 닥쳐올 양자 기술 사회를 대비하여 초격차를 가지는 기술을 선점하는 데에 큰 기여를 할 것이다.

Keywords: 양자기술, 양자점, 산업화, 환경 규제

F-9

InGaN/GaN 나노-LED의 수직 전극 구조의 유전영동 방식을 이용한 수직 정렬 향상

김동현[1], 박지원[2], 조영훈[1], 장필규[1], 최명준[2], 김재승[2], 이인환[1,2 †]

[1]고려대학교 반도체시스템공학과; [2]고려대학교 신소재공학과
(ihlee@korea.ac.kr †)

본 연구에서는 InGaN/GaN nanorod light-emitting-diodes (NRLs)를 원하는 위치에 정확하게 정렬하기 위해 전극 사이에 절연층을 도입하여 나노홀 수직전극구조 (NHE)를 설계하고 여러 NHE 배열 크기를 갖는 소자를 제작하여 유전 영동 (DEP)를 이용해 NRLs를 수직으로 정렬했다. 10 × 10 μm² NHE 배열에서는 모든 NRL이 정렬되었지만, 더 큰 30 × 30 μm² 및 50 × 50 μm²의 배열에서는 각각 76%와 57.8%의 정렬 수율을 보였다. 이전 실험에 이어, 넓은 나노홀 array에서 정렬 수율을 높이고 더 많은 NRLs를 정렬하기 위해 post를 도입한 도넛 나노홀 구조 (DNE)를 설계하여 수직 정렬을 시도했다. 결과, DNE의 모든 array에서 홀 하나당 평균 1개 이상의 NRLs를 정렬했고 테이프를 이용한 잔여물 제거 공정을 통해 상부전극의 self-agglomeration에 의한 잔여물을 제거했다. 또한, DNE와 NRL의 dimension 비율을 달리하여 정렬하여 최적의 수직 정렬이 되는 조건을 observed 했다. 정렬 후 상부에 ITO를 증착하여 전계발광 (EL)을 측정했다. 이러한 수직 정렬 기술은 동일 면적대비 정렬 NRL의 개수를 높여 픽셀밀도를 증가시키고, 장축 발광하는 NRL의 특성을 활용할 수 있어 고휘도를 달성할 수 있다.

Keywords: InGaN, Nanorod LED, DEP, Vertical electrode structures, Vertical alignment

F-10

Ga_2O_3 기반 고감도 X-ray 검출기 특성

김선재[1,2], 박지현[1], 황완식[2†], 전대우[1†]

[1]한국세라믹기술원; [2]한국항공대학교
(whwang@kau.ac.kr†, dwjeon@kicet.re.kr†)

의료 영상, 산업 품질 관리, 환경 모니터링 등 다양한 분야에서 정교하고 신뢰성 높은 X-ray 검출 시스템에 대한 수요가 꾸준히 증가하고 있다. 기존에는 Si, Ge, CdZnTe와 같은 반도체 기반 검출기가 고에너지 광자 감지 및 고해상도 영상 시스템에서 널리 활용되어 왔다. 하지만 이러한 소재는 저원자번호(Z) 물질이나 박막 구조의 물질을 감지하는데 한계가 있으며, 비교적 좁은 밴드갭 특성으로 인해 역방향 바이어스 시 누설 전류가 증가하고, 신호 대 잡음비(SNR)가 저하되는 단점이 있다.

이러한 한계를 극복하기 위해서는 넓은 밴드갭을 갖는 반도체를 활용하여 암전류를 줄이고 전자 잡음을 억제함으로써 감도를 향상시킬 필요가 있다. 약 4.8 eV의 초광대역 밴드갭을 가진 산화갈륨(Ga_2O_3)은 우수한 방사선 경도, 열적 안정성, 낮은 고유 캐리어 농도 등의 특성으로 차세대 X-ray 및 심자외선(UV-C) 검출기용 소재로 주목받고 있다. 이와 같은 특성은 낮은 암전류, 저잡음, 고감도 검출을 가능하게 하며 X-ray 센서 응용에 적합하다.

본 연구에서는 Ga_2O_3 기반 X-ray 검출기의 원리와 특성을 분석하였다. 다양한 수의 A4 용지를 통과하는 X-ray의 감쇠 특성을 측정하고, 검출기 감도에 미치는 영향을 평가하였다. Beer–Lambert 법칙을 이용하여 용지 두께와 유도 전류 간의 정량적 상관관계를 도출하였으며, Ga_2O_3 검출기의 구동 메커니즘에 대해 분석하였다. 이 연구는 문서 위변조 판별, 보안 검색, 저선량 X-ray 감지 등 다양한 응용 분야에서 Ga_2O_3 기반 검출기의 활용 가능성을 제시하며, 차세대 X-ray 검출 기술의 발전에 기여할 것으로 기대된다.

Keywords: 산화 갈륨, X-ray 검출기, 초광대역 밴드갭, 저선량 X-ray, 감쇠

F-11

$BaTiO_3$ Nanocomposites for Wafer-Scale Metaholograms via Nanoimprint Lithography

이승연, 이헌†, 박찬웅, 윤현성, 이민정

고려대학교 신소재공학과
(nanoimprint@naver.com†)

최근 메타표면(metasurface)은 메타렌즈, 메타홀로그램, cloaking, 도파관, 컬러 필터 등 다양한 광학 소자 응용에서 큰 주목을 받고 있으며, 증강현실(AR), 가상현실(VR), 3D 디스플레이, 의료 영상 등 차세대 응용 분야와의 융합도 활발히 이루어지고 있다. 메타표면은 파장보다 작은 크기의 메타원자(meta-atom)를 2차원 평면 위에 정밀하게 배열하여 위상과 진폭을 자유롭게 제어할 수 있는 구조이다. 특히, 메타홀로그램은 목표 이미지를 메타표면 위에 인코딩하여 빛을 조사했을 때 이를 재현할 수 있으며, 기존 부피가 크고 무거운 광학 시스템의 한계를 극복하고 얇고 가벼우면서도 고해상도 영상을 구현할 수 있다는 장점을 가진다.

그러나 메타홀로그램 제작에는 나노미터 수준의 정밀도가 요구되므로 고해상도 리소그래피 공정이 필수적이다. 기존에 주로 사용된 전자빔 리소그래피(EBL)는 높은 해상도를 제공하지만, 낮은 생산성, 높은 비용, 고진공 조건이 필요하므로 대면적 및 대량생산에는 한계가 있다. 이에 반해 나노임프린트 리소그래피(NIL)는 대면적에서 나노 패턴을 고정밀하게 복제할 수 있어 확장성 있는 메타홀로그램 제작에 유망한 대안으로 주목받고 있다.

본 연구에서는 NIL을 기반으로 새로운 $BaTiO_3$(BTO) 나노복합 레진을 활용하여 단일 공정으로 웨이퍼 스케일 메타홀로그램을 제작하였다. BTO는 강유전성을 가지면서 가시광 영역에서 높은 굴절률과 낮은 소광계수를 갖는 물질로, 이를 열경화성 레진에 나노입자 형태로 분산시켜 나노임프린트 호환성이 우수한 BTO 나노입자-폴리머 복합 레진(nano-PER)을 개발하였다. 이 소재는 위상 변조에 필요한 우수한 광학 특성과 높은 나노성형성을 동시에 갖추었으며, 기존 BTO 가공에서 요구되던 솔-젤 합성, 에칭, 진공 기반 공정을 대체하여 직접적인 기판 패터닝을 가능하게 하였다.

제작된 메타홀로그램은 청색 파장($\lambda = 450$ nm)에서 38.6%의 회절 효율을 달성하여, 개발된 BTO PER 소재의 광학적 특성과 NIL 공정의 정밀성이 시너지 효과를 발휘함을 확인하였다. 본 연구는 고효율·대면적 메타홀로그램의 상용화 가능성을 제시함과 동시에, 차세대 광학 및 전자 소자 응용을 위한 새로운 재료 플랫폼을 제안한다는 점에서 의의가 있다.

Keywords: metasurface, metahologram, nanoimprint lithography, BaTiO3, Wafer-Scale

F-12

클릭 화학을 통한 CVD 기반 고분자 절연체의 유전 특성 조절

장성철, 김현석†

동국대학교 에너지신소재공학과
(khs3297@dongguk.edu†)

최근 고성능 디스플레이에 대한 수요가 급증함에 따라, 기존의 단단한 기판 대신 유연한 기판을 활용한 플렉서블 디스플레이 기술이 빠르게 발전하고 있다. 현재 플렉서블 소자용 박막 트랜지스터(TFT)는 주로 SiO_2, Al_2O_3와 같은 무기 절연체를 게이트 절연막으로 사용하고 있다. 그러나 이러한 무기 절연체는 고온 공정 조건, 높은 제조 비용, 제한적인 기계적 유연성으로 인해 대량 양산 과정에서 수율 저하와 가격 상승이라는 한계를 갖는다. 이러한 이유로, 기계적 유연성을 지닌 고분자 절연체가 차세대 플렉서블 트랜지스터의 유력한 대안으로 주목받고 있다. 하지만 대부분의 고분자 절연체는 낮은 유전율과 높은 누설 전류 특성, 그리고 용액 공정 기반의 제조로 인한 불균일한 피막 형성 및 결함 발생과 같은 문제로 인해 첨단 소자 적용에는 제약이 따른다.

이러한 맥락에서, 화학 기상 증착(Chemical Vapor Deposition) 공정을 통해 핀홀 없는 균일한 피막 형성이 가능한 poly(p-xylylene) (PPx, parylene)은 다양한 전자소자에서 패시베이션 소재로 활용되어 왔다. 그러나 기존 parylene 계열(parylene-C, -D, -N, -AF4)은 낮은 유전율을 보이며, 차세대 전자소자의 요구 조건을 충족하기 어렵다.

본 연구에서는 기능기 조절을 통해 물리적·전기적 특성을 향상시킬 수 있는 **맞춤 합성 parylene-ethynyl**을 보고하였다. 해당 소재는 기존 parylene 대비 향상된 유전율과 매끄러운 표면 특성을 보였으며, 누설 전류 특성도 유지할 수 있었으며, 여기에 클릭 화학(click chemistry) 을 도입하여 parylene-ethynyl의 유전 및 전기적 특성을 한층 정밀하게 조율하고자 하였다. 합성된 parylene-ethynyl은 다양한 클릭 반응 조건에서 반응성이 검증되었고, 그 결과 필름 품질 저하 없이 유전율이 향상되었다. 이를 IGZO 산화물 반도체 채널과 결합하여 제작된 하이브리드 TFT는 안정적인 스위칭 특성을 나타내었으며, 유연 기판 환경에서도 높은 적합성을 보였다. 특히, CVD 증착은 실온에서 진행 가능하고 고온 열처리가 불필요하여, 저유리전이온도를 갖는 플라스틱 기판에도 손쉽게 적용될 수 있음을 확인하였다. 이와 같은 연구는 클릭 화학을 활용한 고분자 절연체의 특성 조절이 플렉서블 전자소자 구현을 위한 효과적인 전략이 될 수 있음을 보여주며, 더 나아가 기능성 고분자 게이트 절연체를 활용한 차세대 플렉서블 및 신축성 전자기기 개발의 새로운 가능성을 제시한다.

Keywords: 박막 트랜지스터, 산화물 반도체, 고분자 절연체, CVD, 클릭 반응

F-13

디웨팅된 은 나노입자의 표면플라즈몬-엑시톤 커플링에 의해 유도되는 청색 마이크로 LED 효율 향상

장필규[1], 최명준[2], 김재승[2], 이인환[2†]

[1]고려대학교 반도체시스템공학과; [2]고려대학교 신소재공학과
(ihlee@korea.ac.kr[†])

청색 InGaN/GaN 기반 마이크로 LED(μLED)는 낮은 소비 전력, 빠른 응답 속도, 높은 휘도 등의 특성으로 차세대 디스플레이 및 웨어러블 기기에 적합한 후보로 주목받고 있다. 그러나 칩 크기가 수 마이크로미터 수준으로 축소될 경우, 표면 대 부피 비가 증가하면서 방사 효율이 급격히 저하되는 문제가 발생한다. 본 연구에서는 이러한 효율 저하 문제를 극복하기 위해, 마이크로 LED의 측면에 은(Ag) 나노입자를 통합하여 국소 표면 플라즈몬(localized surface plasmon, LSP) 효과를 유도하고 그에 따른 성능 향상을 유도하였다.

구체적으로는, 메사 식각 및 첫 번째 산화막 증착 이후 얇은 Ag 박막을 증착한 뒤, 열적 dewetting 공정을 통해 자발적으로 나노입자를 형성하였다. 이 구조 위에 두 번째 산화막을 덮어 LED 측면에 oxide-metal-oxide 구조를 구현하였다. Ag 박막의 두께를 조절함으로써 나노입자의 크기 및 밀도를 제어할 수 있었으며, 8 nm 박막 기준으로 평균 약 33 nm 크기의 입자가 형성되었고, 흡광 피크는 442 nm로 LED의 방출 파장(450 nm)과 잘 일치하였다.

이 구조를 4×4 μm² 및 9×9 μm² 크기의 μLED에 적용한 결과, FDTD 시뮬레이션을 통해 Ag 나노입자의 LSP가 MQW 근처 엑시톤과 강하게 결합하는 현상이 확인되었고, 실험적으로는 기준 샘플 대비 micro-photoluminescence (μ-PL) 세기가 최대 약 61%, 외부 양자 효율(EQE) 피크가 약 27% 향상되는 효과를 보였다. 이러한 결과는 측면 결함에 의한 비방사 재결합을 억제하고, LSP-엑시톤 결합을 통해 방사 효율을 높인 것으로 해석된다.

Keywords: GaN LED, LSP, micro-LED

GI-1

기능성 복합구조체를 이용한 소프트로봇

김인호†

성균관대학교 화학과
(inhokim@skku.edu†)

Soft robotics offer adaptive and compliant functionalities that distinguish them from rigid counterparts, enabling dexterous operations in confined environments with broad application potential. However, their practical use remains limited by the ductile nature of soft materials and open-loop control without adaptive feedback, restricting demonstrations to laboratory settings. To overcome these challenges, we introduce functional composite materials integrated with customized human–machine interfaces. A highlight is the “Hercules” fiber, a super-strong artificial muscle capable of simultaneous shape deformation and real-time signal monitoring, analogous to electromyographic activity in human muscles. We further demonstrate bioinspired robots and wearable sensors fabricated through additive manufacturing, integrated into a closed-loop interactive system that allows users to regulate performance based on continuous feedback. This interdisciplinary framework establishes new directions for advancing soft machines from laboratory prototypes toward real-world biomedical applications.

Keywords: Soft Robotics, Artificial Muscles, Wearable Sensors, Human-Machine Interfaces, Composite Structures

GI-2

블록공중합체 자기조립을 활용한 에너지 절감형 나노 리소그래피

Jang Hwan Kim†

아주대학교
(janghwankim@ajou.ac.kr†)

기존의 상향식 리소그래피는 초고해상도를 제공하지만, 높은 노광 에너지·복잡한 장비·다단계 공정으로 인한 비용·에너지 부담이 큽니다. 반면 블록공중합체(BCP) 자기조립은 재료 고유의 병렬 정렬을 활용해 대면적으로 확장 가능하고, 노광·열·화학적 부하를 줄일 수 있는 “에너지 절감형 나노 리소그래피”의 방향을 제시합니다. 본 발표는 노광 집약적 전이 공정에서 벗어나, 소프트머터의 질서 형성을 유도하는 보편적 접근을 정리합니다. 원자 수준으로 예리한 가장자리 등 단순한 가이드 단서를 통해 고출력 외부장·복잡한 프리패턴 없이 정렬을 유도하고, 일시적 탑코트와 계면에너지 정밀 제어로 열·화학 부담을 낮추며 배향을 촉진하고, 웨이퍼 스케일 균일성과 양산 호환성을 염두에 둔 저열 예산 정렬 방식을 소개합니다. 더 나아가 완전 정렬만을 목표로 하기보다, BCP의 비정형 텍스처를 광학·전기 응답의 고엔트로피 신호로 활용하여 보안 인증 및 신경망 유사 네트워크 형성 등으로 확장하는 관점을 논의합니다. 이러한 전략은 공정 에너지·복잡도를 낮추면서 전자·광·보안 식별 응용의 설계 자유도를 넓히는 경로를 보여줍니다.

Keywords: Block copolymer, Nano Patterning, Physical Unclonable Function

GI-3

Enzymatic Amplification-Free DNA Circuits for On-Site Biosensors

효소 증폭 반응이 없는 DNA 회로를 이용한 현장 진단 바이오센서 개발

박재철†

한국과학기술연구원
(jaechul@kist.re.kr†)

Nucleic acid biosensors often require ultrasensitivity due to the low abundance of target in biological specimen. While enzymatic amplification is widely used to pre-amplify target molecules, its reliance on delicate reagents and stringent reaction conditions restricts its use to well-controlled laboratory settings. This limits the development of various applications that require on-site detection. In this study, we designed an enzymatic amplification-free DNA circuit-based biosensor to enable robust on-site detection. The circuit utilizes a catalytic hairpin assembly (CHA) and a Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats (CRISPR)-Cas13a system as its key components. By optimizing each reaction, we achieved sub-picomolar sensitivity under mild conditions, including room temperature operation. Furthermore, we demonstrated the versatility of our DNA circuit by successfully designing it to specifically detect a wide range of targets, from miRNAs and pathogen genes to small molecules. Finally, the circuit was integrated with various mobile platforms, including smartphones. This integration validates its significant potential as a powerful and accessible tool for diverse point-of-care and on-site biosensing applications.

Keywords: Biosensor, enzymatic amplification-free, catalytic hairpin assembly, CRISPR

GI-4

Morphing Mechanics of Soft Porous Media

정소현†

DGIST
(sohyunjung@dgist.ac.kr†)

Soft porous media exhibit rich and complex deformation dynamics due to the coupling between fluid transport and material response. Because these materials are permeable, the behavior of fluids within them depends strongly on their microstructure. In turn, interactions with fluids cause the porous structures to deform, creating a feedback loop between fluid motion and material mechanics. This fluid–structure coupling gives rise to unique behaviors that are still not fully understood.

In this talk, I will present key findings on the deformation dynamics of soft porous media induced by fluid. First, I will discuss the dissolution dynamics of soluble porous polymers. Using electrospun porous polymers, I visualized the dissolution process across multiple scales and discovered distinct physical phenomena. Based on these observations, I developed a theoretical model that quantitatively relates dissolution rate to microstructural properties, and subsequently proposed a novel design for unidirectionally dissolving porous media.

Next, I will focus on the swelling dynamics of soft porous hydrogels, particularly polyelectrolyte gels under external electric fields and geometric constraints. Our experiments and modeling revealed that electroosmotic flow and internal stress in a fully constrained gel can generate rapid and strong actuation. Based on these findings, we developed a hydrogel actuator capable of exerting large forces, strong enough to break rigid bricks or construct complex underwater structures within minutes.

Keywords: Microfluids, Soft matter, Porous media, Morphing, Mechanics

GI-5

초음파-전기 변환을 위한 마찰전기 발생소자 연구

윤홍준†

가천대학교 반도체공학과
(yoonhj1222@gachon.ac.kr†)

Piezoelectric ultrasound sensors are mature and remain the benchmark in practice. In parallel, ultrasound-driven triboelectric generators (US-TENGs) are being studied as a complementary option for specific constraints in materials, form factor, and packaging. This invited talk explains how ultrasonic excitation produces mechanical motion and how that motion yields electrical signals through electrostatic induction and contact electrification. We review recent work on simple device layouts (normal contact–separation), operating modes, and acoustic property matching between layers, and packaging for wet or biofluid conditions to maintain stable output. We also outline integration with small energy modules for implantable and wearable uses, covering practical points: output metrics and test conditions, biocompatibility and charge-density limits, stability under coupling changes, and long-term reliability. The talk offers a current view of US-TENG ultrasound sensing and energy harvesting as a complementary approach.

Keywords: Ultrasound, Triboelectric effect, Energy conversion, Biomedicine

GI-6

Bio-inspired Flexible Piezoelectric Acoustic Sensor for Robust Speech Processing in Noisy Environments

안재훈, 정영훈, 이건재†

Korea Advanced Institute of Science and Technology
(keonlee@kaist.ac.kr†)

As the Artificial Intelligence of Things (AIoT) becomes more widespread, flexible piezoelectric acoustic sensors, capable of high-sensitivity and multi-signal acoustic capture, have emerged as a promising technology for next-generation voice user interfaces. However, the performance of previously reported sensors has often been hindered by limitations in accuracy and robustness, particularly in noisy indoor and outdoor environments.

Here, we introduce a noise-robust piezoelectric acoustic sensor (NPAS) based on a multi-resonant PNZT thin film. Mimicking the frequency-filtering principles of the human cochlea, the NPAS is engineered to maximize sensitivity to human voice frequencies (100–8000 Hz) while effectively suppressing signals within the typical ambient noise range (1–100 Hz). The NPAS achieves an output voltage of 125 mV at its first resonance frequency, which is is 34 times greater than a commercial MEMS microphone. Furthermore, it achieves a sensitivity of –31 dBV and an exceptional signal-to-noise ratio (SNR) of 93 dB. To evaluate its practical utility, we used a deep learning-based speech processing model to directly compare the performance of the NPAS against a commercial MEMS microphone under noisy conditions. The NPAS demonstrated significant improvements in speaker recognition and noise suppression, proving its potential as a robust acoustic sensor for AIoT applications.

Keywords: Flexible Piezoelectric, Acoustic Sensor, Speech Processing

GI-7

Solution-Processed 2D Materials for Neuromorphic Sensors

Joohoon Kang†

Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Yonsei University
(joohoon@yonsei.ac.kr†)

Two-dimensional (2D) nanomaterials have emerged as promising building blocks for electronic applications, owing to their diverse and remarkable electrical properties. Over the past decade, solution-based processing—including both direct exfoliation and intercalation-based exfoliation—has been widely regarded as a viable route for the large-scale production of 2D materials. However, the resulting morphology of the nanosheets is highly dependent on the processing method, which is a key factor in minimizing sheet-to-sheet contact resistance by enabling the formation of high-quality van der Waals interfaces. In this talk, I will present our latest advances in the van der Waals assembly of 2D materials for scalable electronic applications. Our approach utilizes a molecular intercalation-assisted electrochemical exfoliation technique to produce 2D materials with distinct electronic properties, including metals, semiconductors, and insulators. These materials can then be integrated into a range of electronic devices, such as transistors, diodes, logic gates, and photodetectors. Furthermore, our solution-based strategy enables printing-based device fabrication without the need for conventional patterning processes.

Keywords: Solution processing, 2D materials, neuromorphic, sensors, electronics

G-1

A Micro-Structured Flexible Gas Sensor Based on Gold Nanoparticles-Decorated Silicon Nanomembrane for Hazardous Gas Detection

Doohyun J. Lee[1], Jongwoon Shin[1], Yelynn Ryu[1], Wooyoung Lee[2†], Ki Jun Yu[1†]

[1]School of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University;
[2]Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University
(wooyoung@yonsei.ac.kr[†], kijunyu@yonsei.ac.kr[†])

With the growing interest in environmental safety and healthcare applications, gas sensors capable of detecting hazardous gases have become increasingly important. Representative target gases include hydrogen (H_2), methane (CH_4), ammonia (NH_3), carbon dioxide (CO_2), and nitrogen dioxide (NO_2) while the sensing mechanisms employed for their detection encompass optical, acoustic, catalytic combustion, capacitive, and chemiresistive methods. Among these, chemiresistive gas sensors have attracted particular attention due to their simple device architecture, low-power operation, and ease of integration with diverse technological platforms. However, current chemiresistive-type gas sensors still face several challenges. First, most existing studies remain focused on rigid gas sensors, which inherently limit their applicability for flexible platforms. Second, particularly based on metal oxide semiconductors (MOS), conventional gas sensors typically require high operating temperatures to activate surface reactions and promote gas adsorption/desorption, resulting in increased power consumption and limited suitability for wearable electronic systems. Third, performance issues, such as poor selectivity in differentiating target gases from interfering species and limited reliability under practical operating conditions, continue to constrain practical use in environmental and healthcare monitoring.

Here, we present an ultra-thin flexible gas sensor for NO_2 detection based on a gold nanoparticles-decorated silicon nanomembrane (AuNP-SiNM), further enhanced through CMOS-compatible MEMS micro-structuring to overcome the limitations of conventional chemiresistive devices. We address the rigidity of conventional gas sensors by employing an ultra-thin single-crystalline silicon nanomembrane transferred onto a flexible substrate. The heating required to enhance sensing performance and recovery dynamics was also implemented by integrating a flexible heater. By utilizing the AuNP-SiNM, which facilitates stronger charge carrier transfer interactions with NO_2 molecules resulting in enhanced sensitivity, we overcome the high operating temperature issue of conventional MOS–based gas sensors and achieve high sensitivity even at temperatures below 80°C. An additional thermal insulating layer was also incorporated to eliminate the potential risk of skin burns, ensuring safe operation in wearable applications. Moreover, the intrinsic reliability of single crystalline silicon ensures stable operation under repeated use and varying environmental conditions, directly addressing the long-term durability issues of conventional chemiresistive devices. In parallel, we micropatterned the substrate underneath the AuNP-SiNM into an array of 40μm square wells in order to increase the surface-to-volume ratio, thereby providing a larger number of active sites for gas adsorption/desorption, leading to enhanced sensitivity and shorter response times. Together, we present a micro-structured flexible gas sensor based on AuNP-SiNM that combines both material-level and structural-level engineering, offering strong potential in real-time NO_2 monitoring in wearable electronics for environmental and healthcare applications.

Keywords: Silicon Nanomembrane, Gold Nanoparticles-Decorated Silicon, Chemiresistive Sensor, Flexible Gas Sensor, Wearable Electronics

G-2

Cu-doped vanadium-based metal-organic framework for ethanol gas sensing

Yujin Kim[1], Than Le Hoang Doan[2], Thang Bach Phan[2], Hyoun Woo Kim[3], Sang Sub Kim[1†]

[1]Inha University; [2]Vietnam National University; [3]Hanyang University
(sangsub@inha.ac.kr[†])

Volatile organic compounds (VOCs) are released from various industries and causes threat to human living environment and health. Among them, ethanol is a colorless, volatile gas that can cause drowsiness, headaches, and even stroke and cancer upon exposure to higher concentrations. Metal-organic frameworks (MOFs) are crystalline porous materials composed of inorganic metal ions and organic ligands. MOFs are crystalline porous materials composed of inorganic metal ions and organic ligands, have large specific surface areas and high adsorption capacities. However, MOFs generally have low gas reactivity, which significantly limits their application as resistive gas sensing materials. In this case, pristine MOFs can be combined with other conductive materials to form heterostructures or doped with metals to enhance sensing performance. In this study, V-MOF and Cu-doped V-MOF were synthesized by a hydrothermal synthesis method. The synthesized V-MOF reveal the two-dimensional nanosheets, and both V-MOF and V-MOF(Cu) exhibited particle sizes of 2-5 μm. The V-MOF and V-MOF(Cu) sensors showed the highest response to ethanol gas at 200°C, and the sensitivity of the V-MOF(Cu) sensor was higher. This study demonstrates that V-MOF is a promising material for ethanol sensing.

Keywords: Gas sensor, V-MOF, Ethanol gas

G-3

Ceramic Embedded PDMS Photonic Film Achieving Efficient Daytime Cooling

박성우[1], 박재인[1,2], 임한규[1], 하지성[1], 이헌[1,2†]

[1]Department of Materials Science and Engineering, Korea University; [2]ZERC
(nanoimprint@naver.com†)

Daytime radiative cooling offers passive thermal regulation by rejecting incident solar energy while emitting strongly within the atmospheric window (8–13 μm), with no external power. Here we engineer a photonic elastomer in which amorphous silica (SiO_2) and hexagonal boron nitride (h-BN) particulates are dispersed within a polydimethylsiloxane (PDMS) matrix. Refractive-index contrast between the polymer and ceramic phases drives broadband Mie backscattering across the solar spectrum, and the wide bandgap of SiO_2 suppresses ultraviolet absorption. Concurrently, vibrational modes of PDMS and h-BN sustain high mid-infrared emittance in the atmospheric window. The resulting SiO_2–BN–PDMS (SBP) film attains hemispherical solar reflectance up to 97.2% and atmospheric-window emissivity up to 0.958, enabling efficient passive cooling under direct sunlight. Outdoor tests recorded surface temperatures as much as 8.2 °C below ambient air. The elastomeric film further exhibits mechanical flexibility, hydrophobicity, and resilience under thermal cycling and weathering, highlighting its applicability to electronics thermal management and personal protection in sun-exposed settings.

Keywords: Daytime radiative cooling, Solar reflectance, Atmospheric transparency window, Mechanical robustness, Environmental durability

G-4

Fluoropolymer-based All-Polymer Radiative Cooling Film with High External Environment Durability

이덕환, 이헌†, 임한규, 하지성, 박재인, 박성우, 강상호

Department of Materials Science and Engineering, Korea University
(nanoimprint@naver.com†)

Passive radiative cooling is an emerging technology that enables effective reduction of ambient temperatures without additional energy consumption. However, existing radiative cooling systems must be installed outdoors under sunlight, and their performance can deteriorate under various environmental stressors. Leveraging the inherent durability of fluoropolymers, we developed a radiative cooling film incorporating ethylene tetrafluoroethylene (ETFE) particles with polyurethane acrylate (PUA) matrix, capable of maintaining a clean surface and strong cooling performance under high temperature and acidic conditions. The film's performance was evaluated under simulated and in situ environmental extreme conditions and compared with a commercial white (CW) paint. This all-polymer radiative cooling (APRC) film demonstrated a solar reflectance of 92.5% and an emissivity of 91.7% across the atmospheric window (AW, 8–13 μm), yielding a calculated cooling power of 95.6 W/m². Owing to these unique properties, the proposed film presents a promising solution for heat-exposed outdoor applications.

Keywords: Passive radiative cooling, ETFE, All-polymer radiative cooling, High-temperature measurement test, Sulfuric acid immersion test

G-5

Daytime Radiative Cooling Sheet Functionalized by Al_2O_3-Assisted Organic Composite

강상호, 이헌†, 임한규, 하지성, 박재인, 박성우, 이덕환, 윤현성

Department of Materials Science and Engineering, Korea University
(nanoimprint@naver.com†)

Daytime radiative cooling presents a compelling technology, noted for its efficiency and environmental friendliness. Recent studies have focused on not only the cooling capacity but also the applicability and versatility of this technology. This study introduces a daytime radiative cooler as a sheet with exceptional cooling performance. Its matrix is composed of polymethylmethacrylate (PMMA) and thermoplastic polyurethane (TPU), which are emerging organic materials suitable for radiative cooling. Furthermore, aluminum oxide (Al_2O_3) is employed as a supporting dielectric particle to enhance cooling performance. An Al_2O_3-assisted organic composite (AOC) is created through electrospinning and hot-pressing, resulting in a bendable sheet form. The AOC sheet demonstrates a light reflectance of 97.9% across the solar spectral region (0.3–2.5 μm) and an emissivity of 95.2% within the atmospheric transparency window (ATW) of 8–13 μm. The cooling power, derived from optical properties, is calculated to be 120.1 Wm^{-2}. Experimental findings confirm the AOC sheet's capability to achieve 4.9 °C below ambient temperature and, when applied to a car model, to reduce the interior temperature by 12.7 °C.

An AOC sheet with elastic properties and radiative cooling capability, which can be easily manufactured and applied to various substrates, holds significant potential.

Keywords: Radiative cooling, Cooling power, Energy

G-6

Synthesis and gas sensing properties of SnO2-NWs core–shell structures

김종헌[1], 김유진[1], Ali Mirzaei[2], 김현우[3], 김상섭[1†]

[1]인하대학교; [2]Shiraz University of Technology; [3]한양대학교
(sangsub@inha.ac.kr†)

Core–shell (C–S) nanowires (NWs) are promising platforms for gas sensing due to their high surface area and multiple heterojunctions [1]. Here, SnO_2 NWs were coated with ZnO or TiO_2 shells of varying thicknesses (20–80 nm) via atomic layer deposition to improve NH_3 sensing. While pristine SnO_2 showed poor response, the C–S structures exhibited enhanced performance, with optimal responses at 45 nm (ZnO) and 80 nm (TiO_2) [2]. ZnO-shelled sensors outperformed TiO_2 due to better gas reactivity and lower hydrophilicity.

Further enhancement was achieved by decorating 45 nm ZnO-shelled SnO_2 NWs with CuO nanoparticles, forming multi-heterojunctions. The resulting sensor showed high sensitivity and selectivity to NH_3 (10–150 ppb) at 300 °C, with a 10 ppb detection limit and excellent stability. These results emphasize the importance of material selection, shell thickness control, and surface functionalization in designing high-performance gas sensors.

Keywords: Gas sensors, SnO2 nanowires, SnO2-ZnO, SnO2-TiO2 Core–shell, NH3 gas ppb-level

G-7

Flexible CNT/PDMS Sponges with Flash-decorated Pd Nanoparticles for High-performance Hydrogen Sensing

Hangyeol Choi[1], Ji Hyeok Choi[1], Jeong Seo Lee[1], Keun Soo Kim[2], A-Rang Jang[1†]

[1]Division of Electrical, Electronic and Control Engineering, Kongju National University, Cheonan, Republic of Korea.;
[2]Department of Physics and Graphene Research Institute, Sejong University, Seoul, Republic of Korea
(arjang@kongju.ac.kr[†])

The growing adoption of hydrogen-based energy requires reliable and high-performance sensors capable of detecting hydrogen leakage in real time to mitigate explosion hazards. Herein, we present a porous polydimethylsiloxane (p-PDMS) –carbon nanotube (CNT) composite decorated with palladium (Pd) nanoparticles as an advanced hydrogen-sensing material. The p-PDMS framework, prepared using a sacrificial sugar template, offers a high surface area that promotes hydrogen adsorption, while the integrated CNT network provides rapid electron transport pathways. Pd nanoparticles were uniformly deposited onto the CNT-coated p-PDMS via a flashlamp-assisted reduction process, enabling defect-free and rapid nanoparticle formation without compromising the structural integrity of the support. This hierarchical Pd@CNT @p-PDMS architecture supplied abundant active sites, enhanced the spillover effect, and facilitated efficient signal transmission. Consequently, the sensor achieved a low detection limit of 0.01%, fast response and recovery times (6.7 and 23.3 s at 3% H_2), and outstanding long-term stability over 100 exposure cycles. These results demonstrate a facile and scalable route toward low-power, room-temperature hydrogen sensors, highlighting the promise of this platform for next-generation wearable devices and industrial safety monitoring systems.

Keywords: Hydrogen sensor, Carbon nanotube(CNT), Pd nanoparticles, Flashlight-assisted process, Room-temperature sensing

G-8

나노소재 기반 콘크리트 구조물의 탄산화 및 염해 방지용 친환경 도료 개발

노윤석, 우은석, 이진호†

이에이바이오스(주)
(jhlee@eabios.com†)

최근 사회기반시설 및 건축물의 노후화와 함께, 콘크리트 구조물에서 미세균열, 탄산화 및 염해 등 다양한 환경적 열화 인자가 복합적으로 작용하여 내구성 저하 및 구조의 손상을 빈번하게 발생시켜 유지관리 비용의 증가를 초래하고 사회적·경제적 손실로 이어지므로 균열과 환경적 열화인자에 대응하는 차세대 콘크리트 내구성 강화 기술의 개발에 대한 사회적 요구와 관심이 지속적으로 증가하고 있으므로 이의 개발이 필요한 실정이다.

이에 본 연구에서는 나노크기 세라믹의 사용을 통해 도막의 기공률을 크게 줄여 미세균열 발생 억제와 더불어 염화물 이온 및 CO2 차단 효과를 극대화하였음. 또한 실란커플링제를 함께 배합 및 함량 최적화를 통하여 유-무기 계면 결합력을 높여줘 내염해성 및 산·알칼리 저항성을 크게 향상시켰음. 마지막으로 고탄성의 아크릴수지를 사용하여 도료의 신축성 및 탄성을 확보하여 균열 발생시의 인장 응력을 완화하여 높은 수준의 균열대응성을 확보하였음

Keywords: 나노세라믹(Nano Ceramic), 콘크리트(Concrete), 탄산화(Carbonation), 아크릴수지(Acrylic resin), 기공(Pore), 염해(Chloride attack)

G-9

오픈 데이터를 활용한 분리막 성능 예측용 인공지능 모델

손문[1,2†]

[1]한국과학기술연구원; [2]과학기술연합대학원대학교
(moonson@kist.re.kr[†])

분리막(Membrane) 기술은 물리적 상분리를 가능하게 하는 특성으로인해, 화학/환경 공정에서 중요한 역할을 담당하고 있다. 예컨대 역삼투(Reverse Omsosis) 기반의 분리막 기술은 유기용매분리(Organic Solvent Separation) 및 해수담수화(Seawater Desalination) 등에 널리 상용화되고 있다. 해수담수화용 RO 분리막은 수백 나노미터 크기의 활성층을 표면에 가지는 복합막(Thin-Film Composite) 혹은 단일 비대칭막(Asymmetric) 형태로 구성되어 있으며, 구성에 따라 구조, 성분, 개질 성상이 다양하다. 해수담수화용 RO 분리막의 경우 특히 물투과도(A, Water Permeability) 및 염투과도(B, Salt Permeability)로 성능을 표현할 수 있는데, 이러한 성능지표를 예측하기 위한 많은 이론적 시도들이 보고되었지만, 분리막의 구조적, 화학적 복잡성이 높아 성능을 정확히 예측할 수 있는 모델은 보고되지 않았다.

본 발표에서는 분리막의 분리 성능을 예측하기 위해 복잡계 데이터 처리에 탁월한 인공지능 모델을 도입하였으며, 오픈소스 데이터 저장소에 기록된 데이터를 수천종의 데이터를 활용하였다(Open Membrane Database)(Chae et al. [1]). 모델 입력인자로는 실험조건과 같은 연속적 숫자데이터 뿐만 아니라 분리막 구조정보와 같은 텍스트 정보도 변환되어 활용되었으며, 십수종의 기계학습 모델이 테스트되었다. 모델 학습 후 예측정확도가 가장 높은 2가지 모델에 대해 추가적인 연구가 수행되었으며(CatBoost 및 Extremely Randomized Trees), 민감도 분석을 추가로 실시하고 이를 바탕으로 최소한의 변수를 활용한 모델 재학습을 통해 높은 정확도로 분리막 분리 성능을 예측할 수 있었다(R2>0.92). 따라서, 본 연구는 분리막의 특정 성능지표를 도출하기 위해 필요한 노동집약적인 예측실험을 분리막 물성등을 통해 손쉽게 예측할 수 있는 인공지능 모델을 개발했다는 점에서 의의를 가진다. 본 연구에 활용된 기계학습 기법은 이후 유기용매분리 및 다양한 화학/환경 공정에 폭넓게 적용 가능할 것이다

Keywords: 분리막, 오픈데이터, 환경공정, 화학공정, 담수화, 인공지능, 기계학습, 성능예측

H-1

탄소 지지체 표면 개질을 통한 고내구성 PEMFC용 산소환원반응 촉매 개발

강규미[1], 우승민[1], 김한슬[2], 유성종[2†], 박일규[1†], 손나영[1], 이진호[1], 박찬우[1], 이강운[1], 김보람[1]

[1]서울과학기술대학교; [2]한국과학기술연구원(KIST)
(ysj@kist.re.kr†, pik@seoultech.ac.kr†)

양성자 교환 막 연료전지(PEMFC)는 고효율, 고출력밀도, 저온 작동 및 친환경성으로 인해 자동차, 선박 등 다양한 응용 분야에서 유망한 청정 에너지 기술로 주목받고 있다. 그러나 PEMFC의 상용화를 위해서는 전극 촉매의 장기적인 안정성 및 높은 효율 확보가 필수적인 것으로 알려져 있다. 현재 사용되는 백금(Pt) 기반 산소환원반응(Oxygen reduction reaction, ORR)촉매는 탄소 지지체의 부식과 Pt 나노입자 탈착으로 인한 내구성 문제가 주요 과제로 남아 있다. 이에 본 연구에서는 이 내구성 문제를 해결하기 위해 기존의 비정질 탄소보다 우수한 안정성을 제공하는 고결정성 탄소를 촉매 지지체로 활용하고자 한다. 하지만 고결정성 탄소는 낮은 결함 밀도로 인해 Pt 나노입자의 핵 생성 및 성장에 결정적인 한계점이 있다. 이를 극복하고자, 본 연구에서는 금속산화물 구조를 탄소 지지체 표면에 도입하여 물리적, 화학적 특성을 향상시키고, Pt 나노입자 촉매 합성을 개선하고자 하였다. 금속산화물의 도입은 Pt 나노입자의 효과적인 핵 생성 지점을 형성하고, 고결정성 탄소의 표면 특성을 개선하여 Pt 나노입자가 균일하게 합성될 수 있도록 작용하였다. 합성된 촉매에 대한 가속 내구성 평가(Accelerated durability test, ADT)를 500,000회 반복한 결과, 사이클 동안 전기화학적 표면적(Electrochemical surface area, ECSA)과 반파전위 (Half-wave potential)가 안정적으로 유지되어 촉매의 내구성이 크게 향상되었음을 확인하였다. 촉매의 전자구조 및 화학적 분석을 통해 금속산화물이 도입된 탄소 지지체가 탄소 부식과 촉매 나노입자 탈착을 효과적으로 완화함으로써 촉매의 장기 안정성에 기여했음을 밝혀냈다. 결론적으로, 본 연구에서는 고결정성 탄소와 금속산화물 도입을 결합하여 고내구성 Pt 기반 ORR 촉매를 개발하는 새로운 전략을 제시하였다. 이는 PEMFC 촉매의 내구성을 획기적으로 향상시켜 더욱 안정적이고 효율적인 PEMFC의 상용화에 기여할 것으로 기대된다.

Keywords: Polymer electrolyte membrane fuel cell (PEMFC), Electrocatalyst, Oxygen reduction reaction, Durability, Carbon supports

H-2

균질 버퍼층을 활용한 고밀도 $CuBi_2O_4$ 광음극 구현과 무보조 태양광 기반 수소 생산

최지훈, 조형균†

성균관대학교
(chohk@skku.edu†)

태양광-전기화학(PEC) 셀을 통한 수소 생산은 광활성이 높고 장기간 안정성이 뛰어난, 비용 대비 성능 좋은 재료 선택이 매우 중요합니다. $CuBi_2O_4$ 광음극(photocathode)은 수소 생산에 적합한 밴드갭을 지니고 있으나, 어닐링 과정 중 다공성 구조가 생기면서 계면에 틈(void)이 생기고 전하 이동(charge transport)이 저하되는 문제가 있어, 보호층(passivation overlayer)의 적절한 코팅이 어렵다는 단점이 있습니다. 이런 문제를 해결하기 위해서는 $CuBi_2O_4$ 내부의 다공성 구조를 효과적으로 억제하는 것이 필수적입니다.

본 발표에서는 Sb-Cu_2O 버퍼층(buffer layer)을 이용하는 전략을 제안합니다. 이 버퍼층은 결정면(crystal orientation)이 (111) 방향으로 균일하게 정렬되어 있으며, Cu-Bi-O 전착(electrodeposition) 전에 이를 깔아 줌으로써 전착 시 2차원(2D) 필름 성장 환경을 조성하고, 어닐링 중 버퍼로부터의 구리(Cu)의 외부 확산(out-diffusion)을 통해 Cu 공급을 향상시킵니다. 또한, 버퍼층의 균일한 배열 덕분에 $CuBi_2O_4$이 보다 잘 결정화되어 전하 이동 효율(charge transport efficiency)이 크게 개선됩니다.

버퍼층 위에 Al-ZnO/TiO_2 오버레이(overlayer)를 추가했을 때, 0 V_{RHE}에서 2.56 mA cm^{-2}의 광전류 밀도, 1.04 V_{RHE}의 개시 전위, 그리고 60시간 이상 유지되는 우수한 안정성을 확인하였습니다. 또한, 글리세롤 산화 반응(glycerol oxidation reaction)과 수소 발생 반응(hydrogen evolution reaction)을 결합한 무보조(unassisted) PEC 셀 구성에서, $BiVO_4$ 광양극(photoanode)을 사용했을 때 Cu 계열의 3원 산화물(cu-based ternary oxides) 중 최고 수준의 수소 생산량인 750.5 μmol cm^{-2}를 20시간 동안 달성했으며, 파라데이 효율(Faradic efficiency)은 약 97%에 이르렀습니다. 이 과정에서 DHA(dehydroacetone)와 포름산(formic acid)도 함께 생성되었습니다.

Keywords: Photoelectrochemical, Water splitting, Glycerol oxidation reaction(GOR), Hydrogen evolution reaction (HER), CuBi2O4, Photocathode

포스터발표

P-1

PECVD 공정 플라즈마 파워 조절에 따른 비정질 탄소층 하드마스크 박막의 미세구조 및 기계적 물성 변화

이승채[1], 최창환[1,2†]

[1]한양대학교 신소재공학과; [2]한양대학교 반도체공학과
(cchoi@hanyang.ac.kr†)

비정질 탄소층(Amorphous Carbon Layer, ACL) 하드마스크는 차세대 고종횡비 식각 공정에서 높은 식각 선택비와 우수한 내플라즈마 안정성으로 인해 핵심적인 패터닝 소재로 주목받고 있다. 그러나 sp^3 결합 비율을 높여 식각 저항성을 강화할 경우, 박막 내 응력이 증가하여 결함 및 박리 문제를 유발하는 한계가 존재한다. 따라서 증착 공정 조건에 따른 ACL 박막의 구조적·기계적 특성 변화와 그 상관관계를 규명하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 CCP(capacitively coupled plasma) 타입 PECVD 공정을 이용하여 플라즈마 파워를 조절하며 ACL 박막을 증착한 후 물성을 체계적으로 분석하였다. 이후 X선 광전자 분광법(XPS), 푸리에 변환 적외선 분광법(FT-IR), 라만 분광법, X선 반사율(XRR), 나노인덴테이션 분석을 통해 ACL 박막의 화학적 결합 상태, 구조적 밀도, 기계적 특성을 체계적으로 분석하였다.

분석 결과, 플라즈마 파워가 증가함에 따라 박막 내 수소 함량이 감소하였으며, 이는 전반적인 sp^3 결합의 감소와 sp^2 결합 증가로 이어졌다. 라만 분광법을 통해 작고 무질서한 sp^2 클러스터가 형성되면서 박막 내 결함 밀도가 증가하는 현상이 확인하였다. 또한, ACL 박막의 밀도는 낮아졌으나, 나노인덴테이션 결과 탄성 계수는 오히려 상승하는 경향을 보였는데, 이는 플라즈마 파워 증가에 따른 수소 탈리와 국소적 sp^2 클러스터링이 복합적으로 작용한 결과로 해석된다.

본 연구는 PECVD 기반 ACL 하드마스크 증착에서 플라즈마 파워 제어가 식각 저항성과 기계적 강도 간의 균형을 조절할 수 있음을 실험적으로 규명하였다. 이는 차세대 고종횡비 식각 공정에서 요구되는 높은 선택비와 낮은 잔류 응력을 동시에 달성하기 위한 중요한 공정 제어 전략을 제시한다.

Keywords: 비정질 탄소 박막, 하드마스크, 에칭, 플라즈마

P-2

레이저 기반 패터닝을 통한 신축성 히터 제작 연구

김정은, 안도현, 최수정, 이상훈, 이정우†

부산대학교 재료공학과
(jungwoolee@pusan.ac.kr†)

현대 사회에서 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 헬스케어 산업에서 '열'의 활용은 점점 더 중요한 요소로 자리 잡고 있다. 그러나 기존의 열 공급 디바이스는 금속 기반 소재로 제작되어 무겁고 신축성이 부족하다는 한계가 있으며, 특정 부위에 국소적으로 열을 집중 공급하는 데에도 어려움이 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해 착용 가능하고 신축성 있는 히터 기술의 발전을 목표로 신축성 소재의 개발과 구조적 설계를 적용한 패터닝 공정 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 유연하면서도 변형 환경에서 안정적인 전도성을 유지할 수 있는 복합 박막을 제작하였으며, 기계적 안정성을 강화하기 위해 다양한 신축성 패턴으로 도입하였다. 기존 리소그래피 기반 패터닝 공정은 복잡한 제작 과정, 긴 소요 시간, 높은 비용 등 여러 제약이 존재한다. 이에 대한 대안으로 주목받는 레이저 공정은 별도의 마스크 제작 없이 상온·상압 조건에서 빠르게 대면적 패턴을 형성할 수 있으며, 설계 제약 없이 다양한 크기와 형태의 전도성 패턴을 구현할 수 있다는 장점을 지닌다. 본 연구에서는 고분자 박막에 레이저를 조사하여 작은 크기부터 대면적에 이르기까지 다양한 패턴을 손쉽게 구현하였으며, 단순한 용액 공정을 통해 금속 나노와이어가 내재된 전도성 고분자 박막을 제작하였다. 이를 통해 변형에도 안정적인 전도도와 내구성을 확보하였으며, 향후 정밀한 열 치료와 약물 전달을 비롯한 다양한 응용 분야로 확장될 수 있는 가능성을 제시한다.

Keywords: 레이저 공정, 웨어러블 히터, 신축성 전도체, 전도성 복합 박막, 유연 전자소자

P-3

Surface Oxidation Analysis of Copper Materials for Power Semiconductor Applications via Color Difference Evaluation

최승희†, Seon Yeong Lee, Seok Bin Kwon, Jae Hyeok Lee, Young Hyun Song†

Inorganic Light-Emitting Display Research Center, Korea Photonics Technology Institute(KOPTI)
(shchoi@kopti.re.kr†, songyh83@kopti.re.kr†)

With the rapid expansion of electric vehicles, fast chargers, photovoltaic systems, and data centers, power conversion devices are increasingly required to deliver higher power density, higher integration, and improved efficiency. In response, wide-bandgap semiconductor devices such as SiC and GaN, which can operate reliably under high-temperature environments, are being developed. Copper (Cu) and its alloys, due to their superior electrical conductivity, are widely used in power semiconductor packages to minimize power loss and thermal dissipation. These materials serve as the primary conductors in critical components such as terminals, lead frames, substrates, and bonding wires, facilitating both internal and external power and signal transmission. However, copper surfaces are sensitive to oxidation during high-temperature processing or prolonged storage, which can deteriorate solderability and reduce the long-term reliability of joints. While pure copper typically exhibits a reddish-brown appearance, oxidation causes a color shift ranging from dark brown to pale green. These color changes can be quantitatively analyzed using color difference (ΔE*ab).

In this study, the oxidation states of copper surfaces were evaluated by measuring the color difference (ΔE*ab, under D65 illumination) under various thermal treatment conditions. In addition, the oxidation depth was investigated using depth profiling, and the correlation between surface color variation and oxidation depth was quantitatively analyzed. Cu samples treated with anti-oxidation coatings exhibited ΔE*ab values ranging from 0.6 to 2.3, indicating minimal visual distinction. However, after heat treatment at 200 °C, the ΔE*ab values increased significantly, ranging from 2.9 to 28.2 depending on the treatment conditions. Surface depth profile analysis indicated that oxygen penetration depths of up to 20 nm in samples treated with anti-oxidation coatings, whereas untreated bare copper exhibited oxidation depths reaching approximately 40 nm. These results demonstrate that anti-oxidation treatments effectively suppress high-temperature oxidation of copper. Furthermore, color difference analysis can serve as a valuable quality control tool for evaluating the surface oxidation of copper materials used in power semiconductor applications.

Keywords: Cu, color difference, surface oxidation

P-4

Thermally stable amorphous In-Ga-O channel thin-film transistors with Al_2O_3 gate insulator deposited by atomic layer deposition

Joonyong Kim, Dong Hee Han, Hyun Woo Jeong, Hyeong Seok Choi, Jaejoon Kim, Min Hyuk Park†

Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University
(minhyuk.park@snu.ac.kr†)

Amorphous oxide semiconductors, exemplified by indium-gallium-oxide (IGO), are suitable for large-area electronic devices because they can be deposited at comparatively low temperatures while retaining smooth surfaces and high electron mobility [1]. Under back-end-of-line (BEOL) thermal budgets, however, high temperature steps can drive channel crystallization and grain boundary formation [2]. These microstructural changes increase scattering and trap densities, degrading charge carrier mobility and device stability [3]. Thin-film transistors were fabricated with 6 nm IGO channel and 15 nm Al_2O_3 gate insulator using thermal atomic layer deposition, followed by air annealing at 300-700 °C for 1 hour. Devices maintained a subthreshold swing ~ 70-80 $mV \cdot dec^{-1}$ and field effect mobility > 20 $cm^2 \cdot V^{-1} \cdot s^{-1}$ after annealing up to 500 °C, with the IGO channel remaining amorphous state. Under positive bias stress, drain current-gate voltage transfer curve exhibited only a ~ 0.2 V shift near 400 °C annealing, consistent with stabilized trapping/de-trapping at the channel/insulator interface. The devices also exhibited a threshold voltage near 0 V, enabling operation below 1 V. A thermal process window of 400-500 °C was identified where Al_2O_3/IGO interface stabilization is promoted without triggering channel crystallization, thereby preserving the amorphous channel and ensuring stable device operation. These observations provide a basis for BEOL-compatible integration of IGO channel-based thin-film transistors employing an Al_2O_3 gate insulator.

References

[1] Nomura, Kenji, et al. *Nature* 432.7016 (2004) [2] Kamiya, Toshio et al. *NPG Asia Materials* 2.1 (2010) [3] Magari, Yusaku, et al. *Nanomaterials* 12.17 (2022)

Keywords: Oxide semiconductor, Thin-film transistor, Indium-Gallium-oxide, Atomic layer deposition

P-5

습식 Sol-gel 코팅공정을 이용한 Through Glass Via 무전해 도금층 형성

노종찬[1,2], 심경[1,2], 김상섭[2], 박재영[2†], 김호형[1,2†]

[1]한국생산기술연구원; [2]인하대학교
(redolpin@kitech.re.kr†, khh0524@kitech.re.kr†)

AI 반도체의 성능 향상 요구가 증가함에 따라, 고대역폭 메모리(HBM)의 핵심 기술인 Through Glass Via(TGV)가 차세대 패키징 기술로 주목받고 있다. TGV는 기존 TSV에 비해 열 안정성과 비용 효율성이 뛰어나지만, 고종횡비 비아 구조에서 균일한 시드층 형성이 기술적 과제로 남아있다. 기존 스퍼터링 방식은 깊은 홀 구조에서 단차 피복성 불량으로 인해 균일한 금속막 증착이 어려워 TGV 상용화의 주요 장벽이 되고 있다.

본 연구에서는 기존 스퍼터링 기술의 한계를 극복하기 위해 습식 기반의 졸-겔 공정을 활용한 Pd 촉매 기반 산화막을 제안한다. 유리기판의 습윤성을 개선하기 위한 전처리 공정과 비아 구조 내 촉매층의 균일한 코팅 형성을 위한 표면개질 기술을 도입하여, 균일한 무전해 도금층 확보 방법으로 활용하였다. 무전해 도금층은 TGV의 전해도금에서 시드층으로 작용하며, 코팅층의 경화 온도 및 가속화 조건에 따라 접합력이 크게 달라지는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 이러한 전처리, 표면개질, 공정 조건에 따른 무전해 도금층의 특성 변화를 분석하고, 이를 통해 TGV 기판 상용화의 가능성을 논의하고자 한다.

Keywords: Through Glass Via, 습식 표면처리, 촉매코팅, 무전해도금

P-6

반도체 공정 플라즈마 챔버 설계 최적화를 위한 윈도우 및 가스 노즐 구조해석 연구

한동운, 모찬빈†, 김경훈, 김성탁

한국생산기술연구원
(cbmo@kitech.re.kr†)

반도체 초미세 피치 하이브리드 접합 공정 장비에서 플라즈마 표면처리는 화학적 기계적 연마 후 잔류물 제거와 접합 공정 직전 구리 및 유전체 표면 활성화를 위해 필수적인 공정이다. 한편, 플라즈마 표면처리 장비는 공정 시간 누적에 따라 플라즈마에 의한 표면 식각과 부산물의 누적으로 반도체 웨이퍼 표면에 불순물을 제공하는 소스가 되기도 한다. 본 연구에서는 웨이퍼 상단에 존재하여 불순물 입자 발생의 직접적인 소스가 되는 플라즈마 윈도우와 가스노즐의 응력 및 마찰을 최소화하기 위해 구조해석을 통해 최적 설계안을 도출하는 연구를 수행하였다.

Keywords: 플라즈마 표면처리, 최적설계, 구조해석

P-7

SnSe 단결정 microplate 합성 및 이를 활용한 소결체의 결정립 크기에 따른 열전 특성

오세민, 강태경, 정찬원†

부경대학교 융합소재공학부 재료공학전공
(c.jung@pknu.ac.kr†)

전 세계적으로 생산되는 에너지의 65% 이상이 열로 손실된다. 제백 효과를 이용한 열전 발전은 이러한 폐열을 전기로 생산할 수 있다. 열전 발전 효율은 열전재료의 무차원 성능지수, $zT=S2\sigma T/\kappa tot$로 평가 되며, S는 제백 계수, σ는 전기전도도, T는 절대온도 그리고 κtot는 총 열전도도로 전자 열전도도 (κele) 와 격자 열전도도 (κlat)의 합으로 표현된다.

열전 성능 향상을 위한 전략으로는 파워 펙터 ($S2\sigma$)의 증가 또는 격자 열전도도 (κlat)의 감소가 있으며, 특히 결정립계 (grain boundary)는 중요한 역할을 담당한다. 결정립계는 전자의 산란에 기여하여 전기전도도를 감소시키는 반면, phonon 또한 산란시켜 격자 열전도도를 낮추는 것으로 알려져 있다. 따라서, 결정립계를 정교하게 제어하는 것은 고성능 열전재료를 위한 핵심 전략으로 주목받고 있다.

본 연구에서는 고효율 열전재료인 주석 셀레나이드 (SnSe)를 두 가지 접근법을 통해 성능 향상에 적용하였다. 첫째, 용매열 합성법을 이용하여 SnSe 단결정을 마이크로 플레이트 형태로 제조함으로써, SnSe가 지닌 본질적 이방성을 극대화하였다. 둘째, 합성 과정에서 환원제 $NaBH_4$의 투입량을 조절하여 입자 크기를 제어하여 이를 활용하여 소결체의 결정립계 밀도를 조절하였다.

특성 분석 결과 결정립계 밀도가 증가할수록, 즉 결정립 크기가 작아질수록 전기전도도가 증가하였는데 이는 입계에 Na 원소가 분포하여 전도성 입계를 형성하고, 이러한 전도성 입계가 증가함에 따라 전도도가 향상된 결과로 해석된다. 결정립 크기에 따른 제벡 계수의 변화도 관찰되었는데, 결과적으로 입자가 작아질수록 전기전도도와 제백 계수가 증가하면서 파워 펙터가 증가함을 확인하였다.

이와 같은 접근은 단순한 결정립 크기의 제어가 SnSe의 열전 성능을 향상시킬 수 있는 새로운 방향을 제시한다. 즉, 결정립계 미량원소 석출에 의해 결정립계의 특성이 변하고, 전하 수송 특성을 최적화 하는데 새로운 접근 방식을 보여준다, 본 발표에서는 SnSe 미세 구조 제어 방법, 미세 구조 분석, 그리고 결정립계 밀도에 따른 전기전도도와 제백 계수 변화를 소개하고자 한다.

Keywords: SnSe, 열전재료, 용매열 합성, grain boundary, 전기전도도

P-8

Doping Behavior of MoS2 and WSe2 through Surface Modification with TiO_x Nanoparticles

오유빈, 양서정, 최웅†

School of Materials Science & Engineering, Kookmin University, Seoul 02707, South Korea
(woongchoi@kookmin.ac.kr†)

This study explores the effect of TiO_x nanoparticles on the doping behavior in multilayer n-type MoS_2 and p-type WSe_2 crystals. The deposition of a 1-nm-thick Ti via electron-beam evaporation under high vacuum resulted in the formation of oxygen-rich TiO_x nanoparticles, indicated through scanning electron microscopy, atomic force microscopy, and X-ray photoelectron spectroscopy. X-ray photoelectron spectroscopy and Raman analyses revealed suppressed n-type doping in MoS_2 and enhanced p-type doping in WSe_2. Transistor characteristics showed a positive threshold voltage shift and altered on-current, consistent with the observed doping trends. The observed p-type doping behavior was further supported by the increased work function values measured using Kelvin probe force microscopy. These results demonstrate that the TiO_x nanoparticles effectively modulate the doping characteristics of MoS_2 and WSe_2, providing a simple and effective approach for doping control in devices based on two-dimensional materials.

Keywords: TiOx nanoparticles, doping, MoS2, WSe2

P-9

SiO_2 및 Al_2O_3 하부층 두께가 고상 결정화된 다결정 Ge 박막에 미치는 영향

Thickness Effects of SiO2 and Al2O3 Underlayers on Solid-Phase-Crystallized Poly-Ge Films

최재혁, 서민지, 남호석, 최웅†
Jae Hyeok Choi, Minji Seo, Ho-Seok Nam, and Woong Choi

국민대학교
School of Materials Science & Engineering, Kookmin University
(woongchoi@kookmin.ac.kr†)

Polycrystalline Ge (poly-Ge) thin films have attracted considerable attention for advanced semiconductor devices owing to their higher carrier mobility and lower thermal budget compared to Si. One of the most straightforward approaches to producing poly-Ge thin films is solid-phase crystallization (SPC), where amorphous Ge thin films deposited on substrates (typically SiO_2/Si) undergo thermal annealing. However, the impact of the underlayer thickness on the electrical properties of poly-Ge thin films has received little focus. This study examines the electrical and structural properties of poly-Ge thin films fabricated via SPC at 500°C on Si substrates with SiO_2 (50-300 nm) and Al_2O_3 (10-60 nm) underlayers. Hall Effect measurements, Raman spectroscopy, and X-ray diffraction reveal that underlayer thickness significantly affects both carrier transport and stress states in the resulting film. Further experiments are underway to elucidate the mechanisms behind these observations. These findings underscore the crucial role of underlayer design in tailoring the electrical properties of poly-Ge thin films, providing important guidelines for their integration into future semiconductor technologies.

Keywords: polycrystalline Ge, SiO2, Al2O3, underlayer, thickness

P-10

Thickness Effects of Vacuum Annealing in MoS2 Transistors

정유민, 남호석, 최웅†

School of Materials Science & Engineering, Kookmin University, Seoul 02707, South Korea
(woongchoi@kookmin.ac.kr†)

Transition metal dichalcogenides, such as MoS_2, are promising channel materials for next-generation electronics due to their atomically thin thickness, suitable bandgap, and high carrier mobility. Nevertheless, critical challenges including large-area synthesis, doping control, and dielectric integration remain for their industrial application. Vacuum annealing has emerged as an effective strategy to mitigate these issues by removing surface adsorbates and relieving interfacial strain, thereby improving device stability. Yet, its effects across a broad thickness range, particularly in multilayer MoS_2, not fully understood. In this work, we investigate the thickness-dependent impact of vacuum annealing on bottom-gate MoS_2 transistors fabricated on SiO_2/Si substrates with channel thicknesses from 5 nm to over 100 nm. Raman spectroscopy reveals enhanced tensile strain and higher electron concentration in thinner channels. Further characterization is underway to clarify the origin of these trends. These findings highlight the importance of channel thickness in process optimization and device design, offering new insights for the development of reliable and scalable two-dimensional semiconductor electronics.

Keywords: MoS2, vacuum annealing, thin-film transistors, thickness dependence

P-11

대형 반도체 공정 부품용 이트리아가 도핑된 질화 알루미늄의 플라즈마 저항성 연구

하태권[1†], 정준기[2], 공하늘[1]

[1]강릉원주대학교 신소재생명화학공학부; [2]강릉원주대학교 신소재융복합기술연구소
(tkha@gwnu.ac.kr†)

질화 알루미늄(AlN)은 높은 열전도도와 전기적 절연성 그리고 실리콘과 비슷한 열팽창계수로 인하여 반도체 공정용 포커스 링 (focus ring) 소재로 주목받고 있다. 직경 380 mm 이상의 대형 포커스 링을 제조하기 위해서는 원 소재 공정과 첨가제 선택, 그리고 가압 소결 공정의 최적화가 필요하다. 이트리아를 첨가하여 1800~1850°C의 온도에서 소결한 결과 치밀화와 열전도도가 향상되었으나, 이트리아의 함량이 5 wt.% 이상 첨가되면 이트리아가 반응하지 않고 잔류하면서 열전도도와 치밀화 거동에 나쁜 영향을 나타내었다. 이트리아를 4 wt.% 함유하고 1850°C의 온도에서 소결한 질화 알루미늄은 밀도가 3.33 kg/cm^3, 열전도도는 173 W/mK, 그리고 경도는 1100 kgf/cm^{2}로 나타났다. 플라즈마 부식 시험을 진행한 결과 부식속도는 14.3 mg/cm^{2}으로 기준값 대비 101 %로 반도체 공정에 적용 가능한 우수한 내구성을 나타내었다.

Keywords: 질화 알루미늄(AlN), 이트리아 소결 첨가제, 열전도도, 플라즈마 저항성, 포커스 링(Focus ring)

P-12

Impact of Nanolaminate Structure on Strain and Ferroelectricity in (Hf,Zr)O_2 Thin Film

Jaewook Lee, Hyun Woo Jeong, Yong Hyeon Cho, Min Hyuk Park †

Seoul National University
(minhyuk.park@snu.ac.kr †)

The discovery of unprecedented ferroelectricity in doped HfO_2 has attracted considerable attention due to its potential integration into semiconductor technology [1]. Several factors such as doping, surface energy, and strain have been proposed as possible origins of the ferroelectricity [2]. Among various approaches to enhance ferroelectricity and reliability, the nanolaminate structure has been widely explored [3-4]. In particular, the mismatch in thermal expansion coefficients between HfO_2 and ZrO_2 is known to induce additional strain, which can promote the ferroelectric orthorhombic phase ($Pca2_1$) stabilization. However, a comprehensive understanding of how strain evolves and how it impacts ferroelectricity with structure remains lacking.

In this study, we systematically investigated the evolution of in-plane tensile strain depending on the thickness of the sublayer (1 nm, 2 nm, and 4 nm) using grazing-incidence wide angle scattering (GIWAXS). The results revealed that tensile strain decreases with increasing sublayer thickness. Electrical measurements further demonstrated that a moderate sublayer thickness (1 nm) enhances ferroelectricity (29.3 – 29.7 μC/cm^2) compared to solid solution films (27.6 μC/cm^2), while excessively thick sublayer (> 2 nm) result in degraded ferroelectricity (12.9 – 20.6 μC/cm^2) due to significantly reduced strain. Additionally, switching kinetics analysis revealed that thicker sublayers exhibit faster polarization switching, which is likely facilitated by the lower residual strain. These findings provide insight into strain-engineering strategies for optimizing ferroelectricity in nanolaminate structures.

References

[1] Uwe et al. *Nature Reviews Materials* 7.8 (2022): 653-669.
[2] Park et al. *Advanced Materials* 27.11 (2015): 1811-1831.
[3] Park et al. *Applied Physics Reviews* 6.4 (2019). [4] Jia et al. *Advanced Functional Materials* (2025): 2501470.

Keywords: Ferroelectric, (Hf,Zr)O2, Thin film

P-13

Enhanced Visible-Light Detection in Oxide Phototransistors Enabled by a-IGZO/In-rich a-IGZO Heterojunction Engineering

Woosuk Sohn, Seungmin Lee, Taeyoon Lee†

NanoBio Device Laboratory, School of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University
(taeyoon.lee@gmail.com†)

Among various sensing technologies, phototransistors are particularly important for converting incident light into electrical signals, with critical applications in smart homes, autonomous vehicles, medical diagnostics and robotics. Amorphous indium–gallium–zinc oxide (a-IGZO)-based thin-film transistors (TFTs) have emerged as promising candidates for phototransistor applications owing to their distinct advantages, including excellent uniformity over large areas, high carrier mobility, low off-current, high optical transparency, and versatile processing compatibility. Nevertheless, the intrinsically wide optical bandgap of a-IGZO (>3 eV) severely limits its sensitivity to visible light (1.9–3.1 eV). To overcome this limitation and enhance the performance and expand the applications of metal-oxide (M-O)-based optoelectronic devices, we introduce a novel phototransistor structure incorporating a-IGZO and indium (In)-rich a-IGZO layers, serving respectively as the channel (amplifier) and visible-light absorption layers. The In-rich a-IGZO films were deposited via co-sputtering of a-IGZO and indium oxide targets.

Increasing the sputtering power of indium oxide reduces the bandgap of In-rich a-IGZO, thereby broadening the range of detectable wavelengths. The heterojunction formed between a-IGZO and In-rich a-IGZO introduces interface traps that enable red-light detection in the phototransistor, whereas devices based on a single In-rich a-IGZO layer are limited to blue and green light detection. Consequently, optimized a-IGZO/In-rich a-IGZO phototransistors exhibit outstanding performance metrics, including high photoresponsivity, superior photosensitivity, and exceptional detectivity under green illumination when fabricated at 100 W indium oxide sputtering power. Additionally, we demonstrate advanced neuromorphic photomemory capabilities, achieving significant paired-pulse facilitation effects and essential synaptic functions attributed to persistent photoconductivity under sequential red-light pulses. Leveraging the neuromorphic capabilities of the heterojunction device, we validate its potential in artificial intelligence applications through MNIST handwritten-digit recognition simulations using a neural network.

Keywords: Amorphous oxide semiconductors, heterojunction phototransistors, indium-gallium-zinc-oxide, persistent photoconductivity, photomemory, neuromorphic transistors

P-14

Effect of amorphous carbon in TaN electrode for 3D X-point memory

Minkyu Lee, Taeyoon Lee†

Yonsei University
(taeyoon.lee@yonsei.ac.kr†)

Conventional transition metal nitrides (TMNs) have gained significant attention in the field of memory devices due to their low resistivity and high thermal & chemical stability. In particular, tantalum nitride (TaN) has been widely applied in various memory industries owing to its high melting point, uniform resistivity, and diffusion barrier properties. However, recent research in the direction of reducing the reset current in phase change memory (PCM) faces limitations with TaN due to its low resistivity. Therefore, it is essential to study materials that can control resistivity while having low roughness and good adhesion with the substrate. Carbon, an element with a small atomic size, can be incorporated into TMN materials to modulate their resistivity and control surface roughness through grain size variations. Here, we demonstrate novel $(TaN)_{1-x}C_x$ electrodes that can adjust electrical resistivity depend on the compositions of carbon. X-ray diffraction (XRD) patterns were analyzed to confirm each crystal lattice and peak shift. Applying measured XRD patterns, full width half maximum (FWHM) and grain sizes were extracted using Debey-Scherrer equation. To visualize crystal structure and amorphous state of $(TaN)_{1-x}C_x$ films, transmission electron microscope (TEM) was employed along with the diffraction pattern using fast fourier transform (FFT)

Keywords: tantalum, nitride, carbide, crystalline, electrode

P-15

Three-Dimensional Functionalization of UPE Porous Membranes via Radiation Grafting

Kang Lee†

Absfil
(lee.kang@kakao.com†)

Ultra-high molecular weight polyethylene (UPE) porous membranes are widely recognized for their exceptional chemical stability and mechanical robustness. We present a strategy to impart advanced ion-exchange properties through radiation-induced graft polymerization. This method enables three-dimensional surface modification, affecting not only the top and bottom faces of the membrane but also the interior of the pore channels. As a result, the membranes exhibit tunable pore sizes, increased thickness, and controlled weight changes, while polar functional groups introduced during grafting enhance surface wettability. Water contact angle measurements confirm improved hydrophilicity, promoting stronger interactions with ionic species. The combined structural and chemical modifications lead to substantially enhanced ion-removal efficiency without compromising the inherent chemical resistance of the UPE membranes. Such tailored porous membranes offer significant potential for high-purity separation processes, particularly in semiconductor and fine chemical applications.

Keywords: radiation, membrane, graft, metal, polyethylene

P-16

Ti_3SiC_2 MAX 상의 특성 제어를 위한 다양한 공정 비교 연구

이다운[1], 이경호[2], 허준[2], 문소연[1], 원유빈[1], 최순목[1†]

[1]한국기술교육대학교 에너지신소재화학공학부; [2]한국기술교육대학교 일반 대학원 에너지신소재공학과
(smchoi@koreatech.ac.kr†)

본 연구에서는 티타늄 실리콘 카바이드(Ti_3SiC_2) MAX 상을 Arc Melter (Arc), Spark Plasma Sintering (SPS), 및 Tube furnace 열처리의 세 공정으로 합성하고, 공정별 상거동과 물성 변화를 비교하였다. Arc 실험에서 TiC_x상과 Ti–Si 액상 사이의 반응이 Ti_3SiC_2 형성에 결정적임을 확인하였다. 공정 시간이 80 s를 초과할 경우 Ti_3SiC_2가 분해되는 경향으로 상 안정성 한계를 관찰하였다. 이에 근거해 공정 매개변수(용융 시간, 냉각 거동 등)를 세부적으로 도출하여 아크 용융 기반 합성의 실무적 지침을 제시하였다. 한편 SPS에서는 주상 Ti_3SiC_2와 함께 소량의 $TiSi_2$, TiC_x가 공존하였고, 원료 내 Si 함량 변화가 2차 상의 형성·소멸 및 XRD 피크의 미세 이동에 영향을 주는 것을 확인하였다. 튜브로 열처리는 공정 간 미세구조 안정성 및 상 균질화를 비교-보완하는 용도로 활용하였다. 마지막으로 각 공정으로 제조된 시편들의 전기적 특성과 밀도를 비교하여 공정, 조성, 미세구조, 물성 간 상관관계를 도출하였다. 본 결과는 다양한 공정 열처리를 통하여 Ti_3SiC_2 MAX 상의 안정성 및 미세구조의 매개변수 최적화를 통해 전기적 특성이 우수한 MAX phase를 제조하였다.

Keywords: MAX phase, Arc Melter, Spark Plasma Sintering (SPS), Tube furnace, Ti_3SiC_2

P-17

Post-CMP Cleaning Challenges in Ceria-Based Slurries: Role of Oxidation State

박인경[1†], 구자경[1], 박성원[2], 김선영[1], 남재도[1,2]

[1]성균관대학교; [2]비드오리진(주)
(innh@skku.edu[†])

As semiconductor device dimensions continue to shrink, advancements in the Chemical Mechanical Planarization (CMP) process are essential. With smaller technology nodes, micro-defects generated during CMP critically impact device yield and performance. Therefore, both polishing efficiency and post-CMP cleaning capability are of paramount importance. Ceria (CeO_2) nanoparticles are widely employed as the primary abrasive in CMP slurries, particularly for Shallow Trench Isolation (STI) and Interlayer Dielectric (ILD) processes, due to their strong chemical affinity with SiO_2. This interaction can be further enhanced by modulating the oxidation state of ceria. Specifically, an increased Ce^{3+}/Ce^{4+} ratio strengthens the chemical bonding with SiO_2, thereby improving the material removal rate. However, ceria nanoparticles adsorbed onto the SiO_2 surface are often difficult to remove completely, potentially remaining attached and causing patterning defects in subsequent processes. This study investigates the relationship between the Ce^{3+}/Ce^{4+} ratio and CMP performance, with a focus on both material removal efficiency and residual particle adsorption on SiO_2 surfaces. The findings provide insights into optimizing slurry chemistry for improved planarization and defect mitigation in advanced semiconductor manufacturing.

Keywords: CMP, Ceria, Cleaning, Ce^{3+}/Ce^{4+} Ratio,

P-18

상업용 제품의 Cu-Cu 접합구조와 TSV의 미세구조 분석

차호일†, **박경진**, **박가현**, **고진원**, **박윤창**†

나노조합기술원
(hicha@nnfc.re.kr†, parkyc@nnfc.re.kr†)

첨단 패키징을 이용한 동종/이종 반도체 적층기술이 활발하게 연구되고 있다. 이에 나노종합기술원에서는 국내 첨단 패키지 산업에 기여하고자 다양한 패키징반도체 미세구조 측정 플랫폼을 구축하여 산학연 분석지원에 활용하고자 한다. 본 발표에서는 SRAM 3D-V Cache 기술이 적용된 상업용 제품을 역공학 분석을 통해 실제 정상작동 제품의 Cu to Cu 접합, Through Silicon Via (TSV), 필러 에폭시 등 미세구조 및 적용된 패키징 기술을 정리하고 공유하고자 한다. FIB-SEM-TEM 측정결과, 약 10 μm 두께로 연마된 메모리 소자가 핸들링 웨이퍼를 통해 하부 소자와 접합되었다. Cu to Cu bonding의 경우, Cu 박막 두께는 상하 모두 약 1 μm였으며, 하부 Cu의 폭은 약 2.5 μm 로 약 2 μm 두께인 상부 Cu 보다 폭이 넓었다. 단면구조 상으로 평균 10개에서 20개 사이의 다결정 Cu grains이 방향성 없이 배열되었으며, 일부 grains은 막 두께 1 μm 전체에서 하나의 결정립을 이루는 대나무 구조를 보였으며, 결정립 내에 Twin구조가 자주 관찰되었다. TSV는 직경 약 3 μm, 깊이 10 μm로 중간 접합 seem 은 관찰되지 않았다. 마이크로 범프 사이의 일부 구간에는 열방출에 용이한 Ba 함유된 에폭시가 사용된 것이 확인 된다.

Acknowledgment

이 성과는 과학기술정보통신부 재원으로 한국기초과학지원연구원 국가연구시설장비진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (PG2025-039-02)

Keywords: Advanced Packaging, Cu to Cu bonding, TSV, Microstructure, Reverse Engineering

P-19

Nanosheet-Wrapped $BaTiO_3$ Ceramics for Next-Generation MLCCs: Enhanced Dielectric and Thermal Stability

Junwon Lee, Tae-yeong Song, Nayeon Kwon, Hyewon Lim, Hee-seung Wang, Yeonwoo Kim, Do-Kyun Kwon †

Korea aerospace University
(dkwon@kau.ac.kr †)

As automotive, aerospace, and AI technologies evolve toward higher integration and performance, the demand for miniaturized electronic components with superior functionality has intensified. Multilayer ceramic capacitors (MLCCs), requiring dielectric materials with high permittivity, low dielectric loss, and long-term reliability, are central to this trend, with $BaTiO_3$ (BT) being the primary ceramic body material. However, continued grain-size reduction in BT during miniaturization causes decreased permittivity, reduced insulation resistance, and short-circuit risks. Conventional approaches such as dopant-induced core–shell structures have become less effective under these conditions. This work employs a "wrapping process" using two-dimensional nanosheet dopants to uniformly coat BT particles, thereby forming a robust core–shell architecture. This approach enhances densification and suppresses abnormal grain growth during sintering. Two nanosheet chemistries were applied: Nb-doped (Bi,Na)TiO_3 (BNTN) synthesized via a bottom-up hydrothermal method and $Ca_2Nb_3O_7$ (CN) obtained through a top-down exfoliation route. The resulting wrapped core–shell ceramics demonstrated synergistic improvements, achieving high permittivity, enhanced energy density, and excellent thermal stability. Reactivity tests with Ni electrodes confirmed chemical inertness under practical sintering conditions, validating compatibility with base-metal-electrode (BME) processing. This study highlights the wrapping process as a promising strategy for next-generation BT- based MLCCs.

Keywords: Multilayer Ceramic Capacitors, $BaTiO_3$, 2D nanosheet, Wrapping process, Core-Shell Structure

P-20

Optimization of Glass Materials for Metal-Ceramic Bonding Applications

김효민, 손예지, 김승욱, 정대용†

Program in Semiconductor Convergence, Inha University, 100, Inha-ro, 22212 Incheon, South Korea
(dyjeong@inha.ac.kr†)

Metal–ceramic integration offers a pathway to combine the high fracture toughness and electrical/thermal conductivity of metals with the excellent chemical stability and hardness of ceramics, yet direct joining is hindered by dissimilar bonding mechanisms and mismatched coefficients of thermal expansion (CTE).

We demonstrate that a tin-phosphate glass ($SnO–SnF_2–P_2O_5$) with a glass-transition temperature (T_g) of 132 °C and a softening point of 280 °C can serve as an effective low-temperature interlayer for bonding iron (Fe) sheets to alumina (Al_2O_3) substrates. Differential scanning calorimetry confirmed the sub-200 °C T_g, satisfying the requirement to suppress Fe oxidation during joining. High-temperature microscope measurements yielded favorable contact angles on both Fe and Al_2O_3, indicating good wettability. After thermal treatment, scanning electron microscopy and energy-dispersive X-ray spectroscopy revealed a continuous, defect-free interfacial glass layer with phosphorus diffusion into both adherends, while the Fe surface exhibited negligible oxidation. Acid-immersion tests showed mass losses comparable to commercial borosilicate glass, evidencing adequate chemical durability.

These results validate $SnO–SnF_2–P_2O_5$ glass as a versatile interlayer for low-temperature joining of metal/ceramic couples and open avenues for hermetic seals, corrosion-resistant composites, and multifunctional layered structures.

Keywords: tin-phosphate glass, low-temperature joining, metal−ceramic bonding, interfacial characterization

P-21

용매열합성을 통한 Sr 도핑 기반 고성능 SnSe 열전 소재 개발

차명주[1], 강태경[1], 정영주[1], 이지은[1], 오세민[1], 홍두선[2], 박이호[3], 정찬원[1†]

[1]부경대학교 융합소재공학부 재료공학전공; [2]서울시립대학교 신소재공학과; [3]한국재료연구원
(c.jung@pknu.ac.kr†)

열전 발전은 폐열을 전기에너지로 변환하는 친환경 발전 기술로, 움직이는 부분이 없어 내구성이 우수하며, 소음이 없어 장기간 안정적인 운영이 가능하다. 특히, 에너지가 사용되는 과정에서 약 70%가 폐열로 손실되므로, 이를 전기에너지로 전환할 수 있는 열전소재의 개발은 에너지 효율 향상과 환경 문제 해결에 매우 중요한 과제이다. 열전 발전의 에너지 변환 효율은 열전소재의 성능과 직접적으로 연관이 되며, 열전소재의 성능은 Seebeck 계수와 전기전도도가 높을수록, 열전도도가 낮을수록 향상된다. 다양한 열전소재 중 SnSe는 무독성 원소 기반의 낮은 격자 열전도도 (~0.7 W/m·K @ 300 K)로 차세대 열전소재로 주목받고 있다. 그러나 상대적으로 낮은 전기전도도 (~10^3 S/m @ 300 K)로 인해 성능 향상에 한계가 있다. 이를 극복하고자, 전기전도도를 향상시키기 위한 연구가 활발히 수행되고 있다.

본 연구에서는 SnSe의 전기전도도 향상을 목적으로 제일원리 (first-principles) 계산을 수행하여 최적의 도펀트를 선정하였다. 그 결과, Sr이 SnSe 격자 내에 효과적으로 도핑될 수 있음을 확인하였다. 이후, 용매열합성법 (solvothermal synthesis)으로 Sr이 도핑된 SnSe 분말을 합성하고, SPS(spark plasma sintering) 방식으로 소결체를 제작하였다. 이때, Sr 도핑 농도는 $Sr(NO_3)_2$전구체의 양을 변수로 하여 1, 2.5, 5 at.% 수준으로 조절하였다. SEM 및 EDS 분석 결과, 도펀트인 Sr이 SnSe 내부에 존재함과 동시에 결정립계에 석출되는 것을 확인하였다. 또한, XRD 분석을 통해 orthorhombic 구조를 유지하면서 격자 상수 변화가 나타나, Sr이 SnSe 격자를 치환한 것을 확인할 수 있었다. 전기적 특성 평가결과, Sr 2.5 at.% 도핑 시료에서 전기전도도와 역률(PF)이 가장 우수한 성능을 보여 최적 도핑 농도임을 확인하였다.

결론적으로, 본 연구는 용매열 합성을 통하여 Sr 도핑이 가능함을 확인하였고, 2.5 at.%의 Sr 도핑이 SnSe의 열전 성능을 향상에 효과적임을 확인하였다. 본 발표에서는 Sr 도핑 SnSe의 합성 과정, 미세 구조 분석, 그리고 도핑 농도에 따른 열전 성능 특성 변화를 소개하고자 한다.

Keywords: SnSe, 열전소재, 용매열합성, Sr doping, 전기전도도

P-22

Oxide TFT 성능 향상을 위한 산소 유량 제어 이중층 IZO 최적화

배현석, 배상은, 박소영, 손우진, 김용수, 최세라, 고종범†

국립한밭대학교 신소재공학과
(jko914@hanbat.ac.kr†)

Amorphous oxide semiconductor (AOS)를 활용한 thin-film transistors (TFTs)는 기존의 비정질 또는 다결정 실리콘 기반 TFT가 가진 한계를 극복하여 차세대 디스플레이용 TFT의 활성층으로 주목받고 있다. 그 중 Indium Zinc Oxide (IZO)는 우수한 전기적 특성과 대면적에서의 균일한 박막 형성에 유용하여 널리 활용된다. 이에 따라 디스플레이의 해상도, 크기가 증가하는 차세대 디스플레이 환경에서 IZO 기반 백플레인 소자에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 그러나 IZO는 높은 이동도에도 불구하고 전자 농도가 높아 ON/OFF 특성을 확보하기 어렵고 안정성이 저하되는 한계가 있다. 이러한 IZO TFTs의 성능을 개선하고자 bilayer structure 설계, 공정 환경 최적화, post treatment 등 다양한 공정 및 처리 방법이 연구되고 있다. 특히 bilayer 구조는 단일층에서 얻기 어려운 특성을 확보하여 수율 개선 효과를 가진다. 하지만 일반적인 이종의 산화물 반도체로 이루어진 dual layer 구조는 공정의 복잡성과 interface trap의 증가 이슈를 가진다. 본 연구에서는 단일 소재인 IZO를 산소 유량 차이를 달리한 bilayer를 TFT에 적용하여 새로운 소자 최적화 방안을 제안한다. 최종적으로 단일층과 비교를 통해 산소 유량과 이중층 구조가 박막의 특성 그리고 device에 적용하였을 때의 전기적 특성에 미치는 영향을 체계적으로 분석한다.

본 연구에서는 선행적으로 IZO 단일층의 전기적 특성을 분석하였다. Thermal oxide가 형성된 heavy doped Si 기판 상에 RF 스퍼터를 이용하여 산소 유량 조건(0:50/5:45 sccm)을 달리하여 IZO 단일층을 20nm 증착하였다. 이후 DC sputtering을 이용하여 Mo source/drain (S/D) 100nm을 증착하여 소자를 제작하였다. 소자의 특성을 확인해본 결과 0:50sccm의 경우 conductor-like 특성을 보였으며, 5:45sccm의 경우, ON-current 값이 4.96×10^{-8}[A]으로 매우 낮게 나와 소자의 구동 특성에 한계가 있음을 확인하였다. 본 결과를 바탕으로, 산소 분압을 조절한 이종 IZO 박막을 bilayer 구조로 결합하여, 각각의 장단점을 상호 보완하는 최적화 방안을 제안한다. 이종 IZO 박막의 산소 분압별 조합에 따른 전기적 특성 경향 분석과 재료적인 분석을 통하여 메커니즘을 규명하고자 한다. 이러한 접근을 통해 높은 ON-current, 이동도 및 안정성 향상을 동시에 만족할 것으로 기대하며, 차세대 디스플레이용 고성능 백플레인 구현에 기여할 것으로 기대한다.

Keywords: oxide thin film transistor, IZO, oxide semiconductor, Oxygen-Flow, bilayer structure

P-23

Ag-decorated Cr_2O_3 Nanorods for Ultraselective H_2S Detection

안도영, 심영석†, 정재한

한국기술교육대학교 에너지신소재공학과
(ysshim@koreatech.ac.kr†)

Hydrogen sulfide (H_2S) is a lethal, flammable gas that requires highly selective and ultrasensitive detection to ensure both environmental monitoring and occupational safety. Herein, we fabricated a chemiresistive gas sensor based on Ag-decorated Cr_2O_3 nanorods (ACNRs) via glancing angle deposition (GLAD) for highly selective H_2S detection. By optimizing the thickness of sensing materials, operating temperature, and amount of Ag loading, the 3 nm Ag-decorated CNRs exhibited the highest performance. When exposed to six target gases(H_2S, CH_3COCH_3, CH_4, NH_3, HCHO, CO), they demonstrated pronounced selectivity toward H_2S against various interfering gases, and even under gas mixtures, the sensors could clearly discriminate H_2S-containing mixtures from others. Furthermore, the sensors achieved ultralow theoretical detection limits (61.93 ppt in dry air and 207.59 ppb at 80% RH), along with excellent repeatability over multiple measurement cycles. The high selectivity toward H_2S can be attributed to the intrinsic characteristics of Cr_2O_3 and further enhanced by the electronic sensitization effects of Ag NPs, which synergistically maximize the sensing response. These results highlight the strong potential of ACNRs as promising candidates for next-generation H_2S sensors in practical applications.

Keywords: Cr2O3, Ag, Nanostructure, Catalysts, Gas sensor

P-24

Development of Curved-Surface Precision Machining Technology for Multi-Component Amorphous Ceramic Parts in Semiconductor Annealing Equipment

Gi Hyun Park, Jun Hyeok Choi, Ki Hoon Sung†

원익큐엔씨
(khseong@wonik.com†)

The semiconductor industry's transition to sub-3 nm trench fabrication, particularly under hydrogen plasma annealing, exposes chamber components to harsh environments involving high temperature and hydrogen radicals. Such conditions accelerate plasma-induced etching of quartz, significantly limiting the lifetime of conventional quartzware. This challenge has motivated the development of Hydrogen-Resistant Glass (HRG), a multi-component amorphous ceramic designed for enhanced durability in extreme plasma environments.

To address this issue, Wonik QnC, in collaboration with Korea Aerospace University (KAU), Kyungpook National University (KNU), and the Korea Institute of Ceramic Engineering & Technology (KICET), has established a research framework integrating surface modification, hydrogen resistance evaluation, and material property characterization. Within this collaborative effort, our research group has focused on advanced machining of HRG. Specifically, HRG components were processed using precision machining technologies such as wheel cutting, CNC/MCT milling, and lapping–polishing. In particular, curved-surface machining was successfully demonstrated, confirming the applicability of HRG to complex and high-precision parts required in semiconductor annealing equipment.

This work underscores the integration of hydrogen-resistant amorphous ceramic development with precision machining expertise, providing a practical pathway for next-generation component manufacturing in semiconductor annealing systems.

Keywords: hydrogen-resistant glass(HRG), quartz glass, glass processing technology

P-25

Hydrogen-treated Pd-Functionalized Laser-Induced Graphene for Non-Enzymatic Detection of Creatinine

구윤회[1], 김지민[1], 박주은[1], 장아랑[1†], 이영우[2], 이수옥[2]

[1]국립공주대학교; [2]순천향대학교
(arjang@kongju.ac.kr[†])

Non-enzymatic biosensors have gained increasing attention as promising alternatives to traditional enzyme-based sensors for personalized health monitoring. However, their clinical translation remains limited due to challenges such as low sensitivity, poor selectivity, and insufficient long-term stability. In this study, we developed a hydrogen-treated laser-induced graphene (LIG) electrode decorated with palladium nanoparticles for non-enzymatic detection of creatinine. The LIG electrode was fabricated by laser-scribing a polyimide substrate, followed by deposition of a palladium precursor and subsequent hydrogen treatment to activate the Pd nanoparticles. Surface characterization confirmed that hydrogen treatment effectively enhances catalytic properties and improves charge transfer properties, thereby increasing the electrochemical properties. As a result, the hydrogen-treated Pd-functionalized LIG electrode exhibited high sensitivity, excellent selectivity, and reliable long-term stability for creatinine detection. These findings highlight the potential of hydrogen-treated Pd-functionalized LIG as a robust non-enzymatic biosensing platform for clinical diagnostics and personalized healthcare applications.

Keywords: Non-enzymatic sensor, Creatinine, Palladium nanoparticles, Laser-induced graphene, hydrogen-treated Pd

P-26

반도체 플라즈마 공정 장비 오염 상태 모니터링을 위한 인공지능 기술 적용 연구

모찬빈[1,2†], 김경훈[1]

[1]한국생산기술연구원 기능성소재부품그룹; [2]한국생산기술연구원 제조AI연구센터
(cbmo@kitech.re.kr[†])

반도체 공정에서 장비의 오염 상태 변화는 공정 성능에 영향을 미치는 중요한 인자로 특히, 막질의 두께나 식각 균일도, 결함 밀도에 영향을 준다. 통상적으로 장비 가동 시간에 따라 공정 성능 변화를 지속적으로 모니터링하고, 일정 시간마다 발생 장비를 열어 표면 상태를 직접 관찰하여 유지보수 주기와 세정 방법을 결정한다. 그러나 새로운 장비 도입, 소재 변경, 다양한 막질을 투입하는 경우 유지보수 주기와 세정 방법 결정에 많은 노력과 시간이 필요하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 반도체 플라즈마 공정 장비의 윈도우 오염 상태를 광학적으로 모니터링할 수 있는 장치를 구성하고, 윈도우 오염 상태에 따라 변화하는 분광 신호를 수집하여 빅데이터를 구축하고, 인공지능 모델을 통해 학습하여 분광 신호에 따라 오염 상태를 예측하는 연구를 수행하였다.

Keywords: Semiconductor, Plasma, Equipment, Contamination, Monitoring, Artificial Intelligence

P-27

Developments of Advanced Quartz Glass Manufacturing Technology with Enhanced Plasma Resistance for Semiconductor Etching Process

Junhyeok Choi, Gi Hyun Park, Jae Ho Choi, Jae Won Jang, Kyung Won Min, Ki Hoon Sung †

Wonik QnC Co., 143, Dongtangambaesan-ro, Hwaseong-si, Gyeonggi-do 18479, Republic of Korea
(khseong@wonik.com †)

Quartz glass is widely used in semiconductor components due to its high plasma resistance. However, during plasma etching, particles of various morphologies are often generated, which subsequently induce defects within trench structures. These issues, along with particulate contamination, surface dimpling, and shortened component lifetimes, have become critical challenges as device fabrication increasingly demands high aspect ratios and contamination-free processes.

To address these challenges, our research group is developing Plasma Resistant Glass (PRG) for application in critical plasma etching components such as shield rings and focus rings. The Wonik QnC in co-works with Korea Aerospace University (KAU), Kumoh National Institute of Technology (KIT), and Korea Institute of Ceramic Engineering & Technology (KICET), has established a research framework for surface modification, plasma resistance evaluation, and material property analysis. Comparative studies with reference materials (Al_2O_3, Y_2O_3, Sapphire, Si, Quartz) were focusing on etch rate, surface roughness correlation and reliability.

Initial evaluations demonstrate that PRG exhibits promising plasma resistance with reduced particulate generation and improved surface stability. Furthermore scale-up through optimized machining processes is required to confirm mass-production feasibility. Additionally, improvements in dielectric properties (dielectric constant and loss at 13.56 MHz, 25°C) were observed, highlighting PRG potential as a next-generation semiconductor material.

This study establishes a systematic infrastructure for PRG evaluation, from material development to process integration, supporting the long-term goal of enhancing semiconductor part reliability and extending component lifetimes in plasma environments.

Keywords: Plasma resistance, Quartz glass, Particle contamination, Electrical properties, Glass mass production technology

P-28

고방열 2D 소재를 첨가한 반도체 패키징용 EMC 방열 성능 연구

양우석†, 안소희

한국전자기술연구원
(wsyang@keti.re.kr†)

최근 반도체 전기 전자 분야에 활용되는 고기능성 EMC(Epoxy Molding Compound)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구는 시스템 및 전력반도체 구동 시 발생하는 열을 효과적으로 방출할 수 있는 EMC 첨가제를 연구했다. Graphene oxide, Hexagonal Boron Nitride와 같은 고열전도성 2D 물질을 물리적/화학적 박리 공정을 통해 수층의 얇은 나노시트로 제조했다. 이 2D 나노시트를 적용하여 EMC를 제조했으며, 열확산율이 2배 이상 증가하는 효과를 확인했다. 수층 수준의 얇은 구조로 인해 전체 EMC 배합에서 0.1wt%의 소량 첨가만으로도 고방열 필러로 적용할 수 있음을 확인했다. 본 연구는 알루미나와 같은 구형 기반 반도체 패키징 EMC 분야에 2D 나노소재를 적용하여 열전도성을 높이는 기술을 제시한다

Keywords: EMC, 방열 소재, 2D material

P-29

고방열 구리-은-그래핀 하이브리드 입자 기반 전도성 잉크 소재

이민수, 양우석†

한국전자기술연구원
(wsyang@keti.re.kr†)

본 연구는 기존의 은 입자 기반 전도성 잉크의 높은 가격과 수입 의존도로 인한 산업적 어려움을 해결하고자 이를 대체할 수 있는 구리-은-그래핀 하이브리드 전도성 잉크를 개발했다. 구리의 함량을 높여 가격경쟁력을 확보하고, 그래핀의 첨가로 기존의 point contact에서 plane-point contact로 전도성을 개선하였다.

제조된 페이스트의 구조 분석을 통해 구리와 은 입자 계면 사이 그래핀의 분산성이 뛰어남을 확인하였으며, 열전도도를 분석한 결과 1.581 W/m.K로, 그래핀 첨가 시 38.32%의 열전도도 향상을 확인하였다. 구리-은-그래핀 페이스트는 차세대 전도성 잉크로써 디스플레이, MLCC 외부전극 등 전장 및 전자부품 분야에 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

Keywords: 구리, 그래핀, 전도성 잉크

P-30

Laser-Defined Phase-Engineered α/γ-In_2Se_3 Multimodal Sensor for Light and Gas Detection

Gyeongmin Heo, Hyun S. Kum †

Department of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University, Seoul, South Korea
(hkum@yonsei.ac.kr †)

Two-dimensional (2D) indium selenide (In_2Se_3) offers phase-dependent functionalities such as gas sensing (α-phase) and visible-light photodetection (γ-phase), making it a promising material for multimodal sensing platforms. In this work, we report the fabrication of a monolithic multimodal sensor integrating both α- and γ-In_2Se_3 phases using pulsed laser deposition (PLD) and excimer laser-induced local phase transition. α-In_2Se_3 thin films (~200 nm) were deposited on Si(100)/SiO_2 substrates under high vacuum (1×10^{-6} Torr) using a KrF excimer laser (λ = 248 nm, 20 ns, 0.6 J/cm², 5 Hz). XRD, Raman spectroscopy, and AFM analyses confirmed the successful formation of highly crystalline α-phase films. Subsequently, spatially selective phase transformation to γ-In_2Se_3 was achieved via controlled laser irradiation. Raman spectra showed the emergence of γ-phase-specific peaks (~150 cm^{-1} and ~200 cm^{-1}) with increasing laser fluence, indicating a gradual and localized α → γ transition. Photocurrent measurements revealed that γ-In_2Se_3 exhibited excellent photoresponse under halogen lamp illumination, even at 0 V bias (~10^{-10} A), and showed enhanced current (~10^{-8} A) at 0.5 V bias due to improved carrier separation. Furthermore, NO_2 gas sensing experiments using the α-phase region demonstrated polarization-enhanced charge separation and improved sensitivity under room-temperature operation. This study demonstrates a scalable, maskless laser-processing method for integrating phase-specific sensing capabilities in a single material system. The proposed α/γ-In_2Se_3 multimodal sensor paves the way for compact, dual-functional environmental monitoring devices that operate without external light or power sources.

Keywords: In_2Se_3, Phase transition, Pulsed laser deposition, KrF excimer laser, Photodetector, Gas sensor, Multimodal sensing

P-31

Synthesis of Hollow Silica Nanoparticles with Controllable Size and Structure

Jakyeong Koo[1], Jae-Do Nam[1†], Uiseok Hwang[1], In-Kyung Park[1], Jeonghu Kim[2], Sanghyung Lee[2], Gaeun Choi[2], Haesung Chung[3]

[1]Department of Polymer Science and Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon 16419, Republic of Korea;
[2]Department of Chemical Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon 16419, Republic of Korea;
[3]Department of Mechanical Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon 16419, Republic of Korea
(jdnam@skku.edu[†])

Hollow silica nanoparticles (HSNPs) hold significant potential for industrial applications, including display coating materials and nano-abrasives for semiconductor manufacturing, due to their unique optical and structural properties. Herein, we investigate the synthesis mechanism of HSNPs, analyzing how their size and structure vary with changes in chemical concentrations. We classify the structure of the HSNPs into three main types: nanosphere, nanochain, and aggregate. The hollow core size and silica shell thickness of the nanosphere are shown to be proportional to the concentrations of the polymer template and silica precursor, respectively. However, at concentrations beyond the critical level, the emergence of nanochains is observed. Significantly, we present synthesis maps categorized by the particle types based on the chemical concentrations, clearly delineating their synthesizable regions, and demonstrate that HSNPs reported in previous studies can be interpreted using these maps. *This study was supported by the Technology Innovation Program (RS-2024-00415221) from the MOTIE, funded by the Korean government.

Keywords: hollow silica nanoparticles, colloids, nanochains, scalable synthesis, sol-gel method

P-32

Solution-Processed Flexible IZO Transistor for Wearable Electronics

Soyoung Park, Dong-Wook Shin†, Hyeon Seok Bae, Tae Kyu Nam, Changmin An, Youngju Hong, Yeonju Jang, Davis Jacob Inbaraj, Jong Beom Ko

Department of Materials Science and Engineering, Hanbat National University, Daejeon 34158, Republic of Korea.
(dwshin@hanbat.ac.kr†)

Solution-processed oxide material, especially indium zinc oxide (IZO) as a channel material for thin-film transistors (TFTs), is emerging as a semiconductor for wearable electronics due to its low-cost processing and excellent electrical performance. These advantages establish IZO TFTs as a key technology for advancing future flexible and wearable electronics, flexible displays, and sensor applications. Conventional vacuum-based deposition technologies, including atomic layer deposition and sputtering, are associated with exorbitant infrastructure costs and scalability limitations. In contrast, solution-based processing offers a cost-effective, industrially viable, and versatile alternative. In this study, a solution-processed fabrication approach for an IZO transistor on a flexible substrate is optimized: (i) the composition of IZO precursors and annealing conditions, (ii) the incorporation of stabilizers to improve solution stability, (iii) channel patterning via photolithography, and (iv) fabrication processes on flexible substrate. This study deepens the fundamental scientific understanding of solution-processed oxide semiconductors and demonstrates their applicability to flexible substrates, thereby making a significant contribution to the practical integration of wearable electronic devices.

Keywords: IZO, TFT

P-33

A Novel Method for Graphene Synthesis via Self-Supplying Carbon from Gallium Nanoparticles

이한주, 금현성†

Yonsei University
(hkum@yonsei.ac.kr†)

The synthesis of high-quality graphene remains a significant hurdle for its use in next-generation electronics and 2D material epitaxy. Conventional synthesis techniques, such as CVD with hydrocarbon gases or carbon sublimation from SiC at high temperatures, typically suffer from high energy demands, complex setups, and substrate damage, all of which compromise their potential for scalable production.

Here, we present a fundamentally different method for graphene growth. By harnessing the native carbon impurities already incorporated within gallium (Ga) nanoparticles, we create a self-supplying system. Through thermal treatment, carbon atoms spontaneously segregate from the Ga matrix and reorganize into crystalline graphene sheets, completely bypassing the need for an external carbon precursor. This unique process not only simplifies fabrication but also ensures uniform graphene films while maintaining a pristine substrate.

Raman spectroscopy provides compelling evidence of crystalline graphene, as confirmed by the appearance of a sharp 2D peak. By leveraging an internal carbon source, this technique offers a more streamlined, sustainable, and energy-efficient alternative for fabricating graphene. Our intrinsic-carbon-driven mechanism establishes a new framework for seamlessly integrating graphene into epitaxial platforms and 2D-material-based layer transfer, thus providing a scalable solution for semiconductor technologies.

Keywords: Graphene, Gallium nanoparticles, Self-supplied carbon, Two-dimensional materials, Low-temperature growth

P-34

비정질 탄소 단층을 이용한 MOS 소자 반도체–산화막 계면 vdW 계면층

안동규[1], 이상엽[1,2†], 정상현[2], 채수혁[1], 박연주[1], 구민승[1], 김윤기[1], 오용준[1]

[1]국립한밭대학교 신소재공학과; [2]국립한밭대학교 소재시스템공학과
(sangyeob@hanbat.ac.kr†)

초소형(≤5 nm) 반도체 소자는 우리의 일상생활에 지대한 영향을 미치는 기술 발전을 이끌고 있다. 그러나 더 이상의 소자 축소는 특히 금속-산화물-반도체(MOS) 소자에서 반도체/고유전율(high-k) 산화막 계면의 특성과 산화막 품질과 같은 중요한 문제에 직면한다. 기존의 계면층(interlayer, IL) 기법은 두께(≥1 nm) 한계로 인해 적합하지 않다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 원자 한 층 두께의 비정질 탄소 단층(amorphous carbon monolayer, ACM)을 IL로 제안한다. ACM은 무질서하고 무작위로 배열된 sp^2 혼성 탄소 네트워크로, 장거리 주기성이 없으며, 불투과성, 반데르발스(vdW) 결합, 절연 거동, 효과적인 시딩층(seeding layer) 특성을 제공한다. 이러한 장점을 활용하여, 우리는 Al_2O_3/Ge MOS 커패시터에 ACM vdW 계면층(vIL)을 적용하였다. 그 결과, 계면 트랩 밀도(Dit)가 두 자릿수 감소하여 5.67×10^{10} $cm^{-2}eV^{-1}$로 감소되었고, 주파수 의존적인 평탄밴드(flatband) 이동이 나타나지 않았다. 또한 느린 트랩 밀도(slow trap density)가 두 자릿수 감소하였으며, C–V 히스테리시스 폭은 75% 이상 줄어들어 산화막 품질이 향상되었음을 보여준다. HR-TEM 및 EDS 분석을 통해, ACM vIL이 고온 어닐링 조건에서도 Al_2O_3와 Ge 사이의 상호 확산을 효과적으로 방지함을 확인하였다. 더불어, DFT 계산은 ACM vIL이 Ge의 전자 밴드 구조를 변화시키지 않고 수소 패시베이션된 Ge를 그대로 유지함을 입증하였다. 이러한 결과는 ACM vIL이 계면 특성을 효과적으로 개선하고 산화막 품질을 향상시켜, 초소형 MOS 소자의 추가적인 발전을 가능하게 함을 보여준다.

Keywords: 비정질 탄소 단층, 반데르발스 계면층, MOS 소자, Ge/고유전율 계면, 계면 트랩 밀도

P-35

탄소 원자의 형태 제어 및 전기적 특성

정상현[1], 안동규[2], 채수혁[2], 박연주[2], 이상엽[1,2†], 김윤기[2], 오용준[2]

[1]국립한밭대학교 소재시스템공학과; [2]국립한밭대학교 신소재공학과
(yeonjooopark@gmail.com†)

그래핀은 육각형 탄소 원자 구조로 이루어진 대표적인 2차원 물질로, 우수한 전기적 및 기계적 특성으로 인해 다양한 전자소자 응용이 기대됩니다. 본 연구에서는 반도체 소자 적용을 목적으로, Ge 기판 상에서 화학기상증착법(CVD)을 이용하여 단결정 그래핀(SCG), 나노결정 그래핀(NCG), 그리고 비정질 탄소 단층(ACM)을 성공적으로 합성하였습니다. 각 구조는 라만 분광법과 투과전자현미경(TEM)을 통해 분석되었으며, SiO_2/Si 기판으로 전사하여 Graphene-FET 소자를 제작하고 전기적 특성을 평가하였습니다. 그 결과, SCG는 2,681 Ω/□의 낮은 시트 저항을 나타냈으며, NCG 및 ACM은 59–900 kΩ/□ 범위의 높은 저항을 보였습니다. 이는 그래핀의 결정성이 전기적 성능에 중대한 영향을 미친다는 점을 시사합니다. 본 연구는 다양한 그래핀 구조의 성장 메커니즘과 형태 제어가 전자소자의 성능 최적화에 기여할 수 있음을 보여주며, 향후 2차원 탄소 소재의 설계 및 응용에 중요한 통찰을 제공합니다.

Keywords: 그래핀, 탄소, 반도체소자, 빈정질 탄소단층, 나노결정 그래핀, 단결정 그래핀

P-36

Advancing top-gate and dual-gate ZrOx/IZO thin-film transistors through tailored UV solution processing and optimized chemical components

최유나[1], 조성운[2], 조형균[1†]

[1]성균관대학교 첨단디스플레이공학과; [2]국립순천대학교 첨단부품소재공학과
(chohk@skku.edu[†])

Solution-processed metal oxide films, which are used to produce low-temperature processed oxide thin-film transistors (TFTs) via deep ultraviolet (UV) irradiation, still exhibit subpar electrical performance and significant electrical and chemical instability. This UV coating solution causes chemical damage due to acidic or basic precursor ligands. As a result, top-gate and dual-gate TFTs suffer from this intrinsic chemical damage, which restricts the flexibility of process design. To address this issue, an engineering solution was proposed that uses four functional components in the UV solution coating of high-zirconium oxide (ZrO): a solvent, a precursor, a stabilizer, and an additive. In this proposal, the solvent is a polar-aprotic N,N-methylformamide, the stabilizer is ethanolamine, the precursor is zirconium acetylacetonate, and the additive is oleic acid. These components are intended to achieve a polar-aprotic solution, effective photolysis, complete precursor dissolution, and high densification, respectively. The resulting ultrathin ZrO has a good breakdown voltage at 1 MV/cm and a constant capacitance of approximately 260 nF/cm

Keywords: Oxide semiconductor, Thin Film Transistor, Solution process

P-37

Development of high efficiency microwave-quantum-optical conversion device

Hyun M. Jeon, Hyun S. Kum †

Solid State Convergence Laboratory, School of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University
(hkum@yonsei.ac.kr †)

Quantum technology, particularly quantum computing, represents a paradigm shift, promising computational speeds trillions of times faster than current supercomputers. A critical bottleneck in scaling this technology is the development of quantum interconnects capable of linking superconducting quantum processors, which operate at microwave frequencies (~5 GHz), with optical fiber networks that transmit information in the telecommunications band (~1.55 μm). Coherent transduction between these domains is therefore an essential enabling technology. However, state-of-the-art transducers based on lithium niobate ($LiNbO_3$) micro-resonators are fundamentally limited by low conversion efficiency, a bottleneck stemming from the material's moderate Pockels coefficient and process-induced surface defects from fabrication techniques such as argon milling. Here, we address this challenge by demonstrating a novel approach for fabricating high-efficiency quantum transducers based on materials with exceptionally large Pockels coefficients. We synthesize single-crystalline, ultra-thin films of barium titanate ($BaTiO_3$), a nonlinear oxide whose Pockels coefficient is over an order of magnitude larger than that of $LiNbO_3$. To overcome the material imperfections inherent to conventional growth, we employ remote epitaxy to produce pristine, freestanding films. By exfoliating and stacking these films, we fabricate integrated photonic waveguides within heterostructures engineered for efficient microwave-to-optical conversion. This work establishes a versatile platform for developing integrated quantum transducers, providing a promising pathway toward achieving near-unity single-photon conversion efficiency between the microwave and optical domains.

Keywords: Pockels coefficient, microwave-quantum light conversion, remote epitaxy, LiNbO3 micro resonator, BaTiO3

P-38

Next-Generation 3D Integration Platforms Utilizing Stacked Transparent Flexible AgNWs/Graphene/PDMS Electrodes

Hyunho Yang, Hyun S. Kum †

Solid State Convergence Laboratory, School of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University
(hkum@yonsei.ac.kr †)

Single-layer circuits are limited in integrating complex functions or high-resolution modules. While multilayer integration improves space efficiency and multifunctionality, conventional approaches rely on opaque electrodes that reduce display brightness, hinder solar cell efficiency, and lower photodetector sensitivity. In this study, we propose and demonstrate a next-generation platform for high-performance flexible electronics by vertically stacking RGB layers using transparent and flexible electrodes without optical interference. Silver nanowires (AgNWs) and graphene were chosen for electrode fabrication. AgNWs provide high conductivity, optical transmittance, and mechanical flexibility, while graphene reduces interwire gaps and contact resistance, ensures uniform current distribution, and enhances stress dispersion as a robust 2D material. Electrode patterning was achieved by exploiting the work function difference between AgNWs (~4.26 eV) and graphene (~4.3–4.7 eV). Contact between AgNWs and graphene modulated electron density, atomic diffusivity, and thermal stability. A single heat treatment induced spheroidization of AgNWs in graphene-free regions, eliminating conductivity and enabling self-patterning. KPFM and temperature-dependent resistivity confirmed the correlation between work function variation and thermal stability. Post-annealing AFM/SEM analysis showed AgNWs maintained their morphology more effectively in graphene-covered regions (spheroid dimensions: 171.29 × 65.57 nm for w. graphene and 146.43 × 76.57 nm for w.o graphene, RMS roughness: 13.23 nm for w. graphene and 20.61 nm for w.o graphene). Using transparent PDMS substrates and electrodes, we demonstrated vertical RGB LED stacking without electrode interference and confirmed white light emission through color mixing. This work highlights transparent flexible multilayers as a promising 3D integration platform, providing pathways for future applications in LEDs, sensors, and multifunctional electronic devices.

Keywords: Transparent Flexible Electrodes, 3D Integration Platform, Work Function and Thermal Stability

P-39

High-quality KTN nanomembranes via buffer engineering towards efficient electro-optic modulation

Seongheon Jung, Hyun S. Kum †

Department of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University, Seoul, South Korea
(hkum@yonsei.ac.kr †)

Electro-optic materials are essential for photonic modulation and quantum information processing. Although $BaTiO_3$ (BTO) and $LiNbO_3$ (LNO) are widely used, their limited modulation efficiencies remain a bottleneck for high-performance systems. $KTa_{1-x}Nb_xO_3$ (KTN) has emerged as a promising alternative owing to its large Pockels coefficient and tunable ferroelectric properties.

Here, we report on the growth and transfer of high-quality KTN thin films as a platform for electro-optic (EO) modulation. KTN was grown via pulsed laser deposition (PLD) on a water-soluble $Sr_3Al_2O_6$ (SAO) sacrificial layer atop $SrTiO_3$ (STO). Dissolving the SAO layer in deionized water released freestanding, single-crystalline KTN membranes, which were successfully transferred onto substrates such as SiO_2.

We are currently optimizing deposition conditions and fabricating interdigitated electrodes on the transferred membranes. Pockels coefficient measurements are in progress to evaluate the EO response of the transferred KTN films.

Unlike conventional approaches requiring complex or etch-sensitive processes, our method offers a scalable and low-damage route to integrate high-quality EO oxides onto transparent platforms. This work demonstrates the potential of KTN membranes for future integration into compact, high-efficiency quantum photonic devices.

Keywords: KTa0.3Nb0.7O3 (KTN), Electro-optic modulation, Pockels effect, Ferroelectric oxide membrane, Pulsed laser deposition (PLD), Transparent photonic platform, Quantum transduction, High Pockels coefficient, Integrated photonics

P-40

High-performance Flexible Ferroelectric Transistors via Chemical Lift-off of Perovskite Heterostructures

JangHo Yoon, Hyun S. Kum †

Department of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University, Seoul, South Korea
(hkum@yonsei.ac.kr †)

To overcome the power and speed limitations of von-Neumann architectures, Ferroelectric Field-Effect Transistors (FeFETs) have emerged as a key candidate for next-generation memory. However, conventional FeFETs based on hafnia (HfO_2) suffer from high power consumption due to their intrinsically large coercive fields (E_c > 1 MV/cm). In this work, we propose and demonstrate a novel fabrication route for ultra-low-power flexible FeFETs by employing a strategically designed single-crystal perovskite heterostructure.

To address the high power consumption of conventional devices, we selected $BaTiO_3$ (BTO) as the ferroelectric layer for its intrinsically low E_c, targeting ultra-low voltage switching (< 0.2 V). To achieve high-speed operation, $BaSnO_3$ (BSO), with its potential for superior electron mobility (>100 cm^2/Vs), was introduced as the channel material. Finally, the conductive perovskite $SrRuO_3$ (SRO) was used as the bottom electrode to ensure atomically sharp, all-epitaxial interfaces, crucial for device reliability.

The entire SRO/BTO/BSO heterostructure is designed for flexible applications via a chemical lift-off technique, which utilizes a water-soluble $Sr_3Al_2O_6$ (SAO) sacrificial layer and a PMMA supporting layer for robust transfer. As a foundational study, the epitaxial growth of each individual layer and the full heterostructure was optimized via Pulsed Laser Deposition. Comprehensive characterization using XRD, AFM, and TEM confirmed the successful growth of highly-ordered, single-crystalline-like films with atomically smooth surfaces (RMS roughness of 0.69 nm for BSO and 0.84 nm for SRO). This work establishes a critical platform for integrating these high-quality perovskite oxides, providing a viable pathway toward the realization of ultra-low-power flexible memory and logic devices.

Keywords: Perovskite heterostructure, Ferroelectric transistor, Chemical lift-off

P-41

Low-Temperature graphitization Pathway to High-Mobility Semiconducting Graphene on SiC

Se H. Kim, Hyun S. Kum †

Department of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University, Seoul, South Korea
(hkum@yonsei.ac.kr †)

Epitaxial growth of graphene on the Si-face of silicon carbide (SiC) enables wafer-scale monolayer films with controlled crystallographic orientation. However, conventional high-temperature graphitization (> 1500 °C) induces step bunching and forms a carbon buffer layer (CBL) with excess multilayer stripes. These defects act as carrier scattering centers, severely limiting the size of usable, high-mobility areas to only a few microns. Here, we propose a two-step strategy to realize quasi-freestanding epitaxial graphene (QFEG) with suppressed carrier scattering by controlling buffer layer formation and conversion. Metal-assisted graphitization produces a CBL on an atomically flat SiC surface while completely suppressing step bunching. Subsequent hydrogen passivation is expected to convert the buffer layer into QFEG, potentially exhibiting a finite bandgap for switching applications. The combined approach may provide a pathway toward continuous wafer-scale QFEG without multilayer stripes or interfacial defects. This approach could open opportunities for achieving high carrier mobility over large areas, enabling future high-performance graphene-based electronic and photonic devices.

Keywords: graphene, SiC, carbon buffer layer, quasi-freestanding epitaxial graphene, carrier transport

P-42

Optimization of YIG/Pt/YIG Magnon Valve Structure for Magnetic Memory Application

김동인[1], 소주원[1], 이하린[1], 이우빈[1], 정종율[1,2†], Troung Hong Cuong[1]

[1]충남대학교; [2]Graduate School of Energy Science and Technology
(jrjeong@cnu.ac.kr†)

Magnons can transfer spin information within insulators without charge transport, thereby minimizing energy loss due to Joule heating and enabling long-distance propagation. Owing to these advantages, they have attracted significant attention as key carriers for next-generation spintronic devices. In this study, to overcome the limitations of conventional electron-based spin valves, we fabricated a Yttrium Iron Garnet (YIG)/Platinum (Pt)/YIG multilayer structure on a Gadolinium Gallium Garnet (GGG) substrate and systematically investigated the characteristics of a magnon valve (MV).

The structural properties were examined by X-ray Diffraction (XRD) and Transmission Electron Microscopy (TEM), which confirmed high-quality YIG growth, well-defined Pt spacer interfaces, and suppressed interlayer diffusion. The magnetic properties were evaluated using a Vibrating Sample Magnetometer (VSM), and it was verified that the coercivity difference between the bottom and top YIG layers enables the realization of parallel (P) and antiparallel (AP) magnetic states. Furthermore, Spin Seebeck Effect (SSE) measurements were carried out to quantitatively determine the influence of Pt and YIG thicknesses on magnon current transport and readout signals.

In particular, the Pt spacer thickness was identified as a crucial factor that suppresses exchange coupling between the two YIG layers and defines the separation of P/AP states, while the bottom YIG thickness was found to govern the magnitude of magnon currents generated under a thermal gradient. These results demonstrate that thickness control in YIG/Pt/YIG structures critically influences the performance and readout capability of magnon valves. Moreover, they provide a comprehensive understanding of the correlation between crystallinity, structural integrity, magnetic properties, and spin caloritronic effects. This work suggests the potential of magnon valves in the development of next-generation spintronic devices and offers concrete design guidelines for their implementation.

Acknowledgment

This work was supported by Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT) grant funded by the Korea Government (Ministry of Education)(P0025682, “반도체특성화대학지원사업”, Semiconductor Specialized University)

Keywords: Magnon valve, yttrium iron garnet, spin Seebeck effect

P-43

Electrochemically Deposited Amorphous Cu_2O Thin Film Embedded with Ultrafine Cu Nanoparticles for Synaptic Memory Devices in Neuromorphic Computing

오예성[1], 이건웅[1], 조성운[2], 조형균[1†]

[1]성균관대학교 신소재공학과; [2]국립순천대학교 첨단부품소재공학과
(chohk@skku.edu[†])

Neuromorphic computing, inspired by the structure and function of the human brain, holds immense potential. Among its key components, resistive random-access memory (RRAM) devices have attracted significant attention due to their unique advantages. However, irregular resistive switching (RS) behaviors and uncontrollable operations remain major challenges that hinder reliable synaptic performance. In this work, we propose a novel electrochemical strategy for designing an active Cu_2O layer integrated with an ultrafine Cu nanoparticle (U-Cu NP) sublayer. The RS mechanism of RRAM can be categorized into strong single-filament, weak multi-filament, and interface types. Among these, the weak multi-filament type is most favorable for achieving the analog switching characteristics required in synaptic functions. By incorporating the U-Cu NP sublayer into the Cu_2O active layer, we successfully realize this desirable weak multi-filament switching mode, thereby promoting uniform conductive filament formation and enhancing the reliability of analog switching in RRAM-based neuromorphic computing.

Specifically, U-Cu NPs are embedded through electrochemical pulse deposition (EPD), which establishes direct connections between the bottom electrode and semiconductor pathways within the Cu_2O layer. This preferential nucleation maximizes EPD deposition at conductive sites. The functional Cu_2O thin films containing U-Cu NPs are formed uniformly and continuously within a single electrolyte solution. The embedded nanoparticles focus external electric fields, facilitating controlled conductive filament growth necessary for analog RS. As a result, a uniform electric field distribution is established across the active layer, enabling stable resistive switching through multiple conductive pathways. The strong compatibility between the RS characteristics and the analog behavior of the active layer results in RRAM devices that exhibit superior incremental analog switching, high linearity, wide dynamic range, excellent endurance, precision, speed, and retention. This study opens new pathways toward reliable and high-performance RRAM devices, paving the way for breakthroughs in neuromorphic computing.

Keywords: Cu2O, RRAM, Synapse, Cu NP

P-44

Enhanced SiO_2 Polishing through Radical Oxidation and Halide-Modified Ceria Abrasives in CMP

이혜민, 송윤흡†

한양대 융합전자공학과
(yhsong2008@hanyang.ac.kr†)

Chemical-mechanical-planarization (CMP) has been widely employed to remove SiO_2 surface topography in shallow trench isolation (STI) processes for memory and logic devices. Conventional CMP slurries typically use ceria abrasives in combination with polishing accelerators such as amino acids (e.g., picolinic acid), which enhance the polishing rate. However, the strong electrostatic attraction between the negatively charged SiO_2 surface and the positively charged ceria abrasives coated with amino acids leads to significant abrasive adsorption, resulting in scratches after STI CMP. With continued device scaling, reducing such CMP-induced scratches has become increasingly important.

In this study, negatively charged ceria abrasives were designed by introducing ionized halide ions. The surface charge of ceria was tuned from strongly positive (+39 mV) to highly negative (–30 mV at 0.005 wt% halide concentration). At the same time, radical oxidation of the SiO_2 surface occurred through the reaction between OH* radicals and the film, which contributed to an accelerated polishing rate. The polishing rate increased rapidly with halide ion concentration up to 0.005 wt%, followed by a gradual decrease at higher concentrations.

These results demonstrate that halide treatment not only modifies the surface charge of ceria abrasives but also significantly enhances the polishing performance of SiO_2 films. This approach provides a promising pathway to mitigate abrasive adsorption and reduce CMP-induced scratches in advanced STI processes.

Keywords: CMP, Ceria, Halide

P-45

PEO 공정에 의하여 알루미늄 합금의 표면에 형성된 세라믹 층의 특성에 대한 연구

박덕용†, 윤필근

국립한밭대학교 신소재공학과
(dypark@hanbat.ac.kr†)

알루미늄 합금의 표면에 PEO 공정을 사용하여 세라믹 산화물 층을 형성시켰다. PEO 공정에 의하여 형성된 산화물 층의 표면형상 및 미세구조를 SEM과 XRD를 사용하여 각각 관찰하였다. PEO 처리 전의 알루미늄 합금 표면은 꽃잎 모양의 거친 표면 위에 여러 군데 기공이 존재하는 형상을 나타내었다. 반면에 PEO 처리 후의 샘플 표면에서는 많은 큰 기공과 crack network이 관찰되었으며, 이는 PEO 처리 과정 중에 micro-discharge channel에 의해 형성된 전형적인 crater-like 형상이다. PEO 공정 처리 전의 알루미늄 합금의 표면은 Al, Si, Al_2Cu 상으로 구성되어 있었으나, PEO 처리 후에는 Al_2Cu 상이 관찰되지 않았다. 또한 PEO 처리 한 후의 샘플에서는 대부분의 피크의 상대 강도가 상당히 감소하였음을 관찰하였다. 이는 PEO 처리로 인해 알루미늄 합금 표면에 형성된 비정질 상이 형성되었기 때문이라고 판단된다. 샘플의 부식 거동을 연구하기 위하여, EIS(electrochemical impedance spectroscopy)와 다른 전기 화학적인 방법 (OCP, 분극 곡선)을 사용하여 PEO 공정 처리 전과 후의 샘플을 조사하였다. PEO 처리된 샘플이 PEO 처리 되지 않은 샘플에 비하여 높은 부식저항을 나타내었으며, 이는 PEO 처리된 샘플의 표면에 형성된 세라믹 산화물 층이 부식에 부동태 층으로 작용하였기 때문이라고 판단되었다. 또한 PEO 처리된 샘플은 표면에 형성된 산화물 층에 의하여 더욱 큰 capacitance를 나타내며, 보다 우수한 부식 저항성을 초래한다고 판단되었다.

Keywords: PEO, plasma electrolytic oxidation, aluminum alloy, corrosion behavior, oxide layer

P-46

Fabrication and Electrical Characterization of $ZrSe_3$-Based Field-Effect Transistors

Pan Gum Jung[1], Kwang Pil Park[1†], Changlim Woo[2], Hanna Jang[1]

[1](재)녹색에너지연구원; [2]조선대학교
(pkp78@gei.re.kr[†])

Quasi-one-dimensional (quasi-1D) transition metal trichalcogenide $ZrSe_3$ has attracted significant attention for next-generation electronic device applications due to its unique anisotropic electrical properties and excellent environmental stability. In this study, we plan to fabricate field-effect transistors (FETs) using mechanically exfoliated $ZrSe_3$ flakes from crystals synthesized by chemical vapor transport method and systematically analyze their thickness-dependent electrical characteristics. $ZrSe_3$ is expected to exhibit strong anisotropy arising from its quasi-1D crystal structure, showing thickness-dependent bandgap variations and charge transport characteristics. Transistor operation will demonstrate gate-voltage-controlled conductivity modulation with saturation behavior, and we plan to analyze activation energy and charge transport mechanisms through temperature-dependent measurements. Additionally, device air stability and reliability will be evaluated to assess practical application potential. This research is expected to demonstrate that the strong anisotropy arising from $ZrSe_3$'s quasi-1D structure and excellent air stability are advantageous for high-performance nanoelectronic devices, contributing significantly to the development of next-generation field-effect transistors based on transition metal trichalcogenides.

Keywords: $ZrSe_3$, field-effect transistor, transition metal trichalcogenides

P-47

Controlled Fabrication of C8-BTBT Single-Crystal Micropatterns Using a Single-Mold SCEP Strategy

권세은†

한남대학교
(tpdms7128@gmail.com†)

A single-crystal structure of the organic semiconductor 2,7-dioctyl[1]benzothieno[3,2-b][1]benzothiophene (C8-BTBT) was prepared via controlled solvent evaporation. Micropatterns were subsequently fabricated using selective contact evaporation printing (SCEP), where a polydimethylsiloxane (PDMS) mold selectively absorbed and redistributed C8-BTBT molecules. Despite employing a prism-shaped mold with a single geometry, a wide range of pattern widths and depths was realized by tuning process parameters such as pressure, temperature, and annealing time. These results highlight the versatility of SCEP in achieving diverse and highly controllable micropatterns from a single mold design. The resulting single-crystal-based architectures hold strong potential for high-density circuit integration and the fabrication of organic transistors with precise microscale resolution.

Keywords: C8-BTBT, SCEP, Patterning

P-48

발표취소

P-49

Analysis of Channel Resistance and Conductivity under Mechanical Strain in Polymer Semiconductors Using the Y-Function Method

Hyunjong Lee, Chanho Jeong, Insung Choi, Sohee Kim, Eunki Baek, Byeongha Gong, JongKwon Lee, Dongwook Kim, Jaehoon Park, Youngjun Yun†

Hallym University
(youngjun.yun@hallym.ac.kr†)

Polymer semiconductors inherently exhibit low stretchability, which limits their applicability in flexible and stretchable electronic devices. To address this issue, various strategies—including rubber blending, dynamic bonding, and structural engineering—have been explored to enhance their mechanical flexibility. Among these, rubber blending has emerged as a particularly simple and effective method to produce stretchable semiconducting films without requiring complex molecular design.

In this study, we fabricated a stretchable polymer semiconductor via rubber blending and systematically analyzed its electrical characteristics under mechanical strain using the Y-function method.

Specifically, a semiconductor film was prepared by blending poly(2,5-bis(2-octyldodecyl)3,6-di(thiophen-2-yl) diketopyrrolo[3,4-c]pyrrole1,4-dione-alt-thieno[3,2-b]thiophen) (DPPT-TT) with the elastomer styrene-ethylene-butylene-styrene (SEBS). The blended film was spin-coated onto an octadecyltrichlorosilane (OTS)-treated SiO_2 substrate to form a CONPHINE (conjugated-polymer/elastomer phase separation–induced elasticity) semiconductor structure. The semiconductor layer was then delaminated using poly(dimethylsiloxane) (PDMS), mechanically stretched, and transferred onto an Au/SiO_2/Si substrate for electrical characterization.

For the untransferred bottom-gate bottom-contact (BGBC) reference device, the linear and saturation mobilities were 0.66 and 0.62 $cm^2\ V^{-1}\ s^{-1}$, respectively, with a contact resistance of 1.27×10^5 Ω (Fig. 1a). After transfer, the device exhibited a mobility decrease of approximately one order of magnitude, while the channel resistance increased to 5.25×10^6 Ω. When the film was stretched from 0% to 100% strain in 25% increments, both mobility and the ratio of channel to contact resistance ($R_{channel}/R_{contact}$) showed no significant deviation from those of the unstretched transferred device (Fig. 1b). Because the channel resistance remains unchanged under tensile strain, the CONPHINE-film devices maintain stable electrical performance during stretching. Crack formation at each strain level was monitored using optical microscopy (Fig. 1c).

These findings demonstrate that the polymer semiconductor films developed in this work maintain stable electrical performance even under high mechanical strain, underscoring their strong potential for future applications in stretchable electronics.

Keywords: Stretchable transistors, Organic thin-film transistors, Y-function method

References

[1] Jie Xu et al., Highly stretchable polymer semiconductor films through the nanoconfinement effect.Science 355,59-64(2017).

[2] Y. Xu, Y. Li, S. L. Li, F. Balestra, G. Ghibaudo, W. W. Li, Y.-F. Lin, H. B. Sun, J. Wan, X. R. Wang, Y. F. Guo, Y. Shi, Y.-Y. Noh, Precise Extraction of Charge Carrier Mobility for Organic Transistors. *Adv. Funct. Mater.* 2020, 30, 1904508.

Keywords: Stretchable transistors, Organic thin-film transistors, Y-function method

P-50

Development and efficiency evaluation of MOF-based dendritic drug delivery system enhancing bioavailability of resveratrol

김수지, 홍상은, 윤국노†

한남대학교 화학과
(kryoon@hnu.kr†)

Resveratrol is a stilbenoid polyphenol with antioxidant, anti-inflammatory, and anticancer activities. Its therapeutic applications are limited by low solubility, poor bioavailability, and rapid metabolism. Metal–organic frameworks (MOFs) are being applied as drug delivery systems due to their high porosity, large surface area, and facile structural tunability. The pill-like symmetric structure of PCN-222 provides in vivo stability and an extended half-life, while its large surface area supports a high drug loading capacity. In this study, resveratrol was loaded into lenticular-shaped PCN-222. The structural and morphological properties were analyzed by FE-SEM, FE-TEM (EDS), and XRD, while drug loading and release were assessed using BET and UV–Vis spectroscopy. As a result, resveratrol-loaded PCN-222 is expected to show sustained stability in vivo, leading to improved half-life and bioavailability.

Keywords: PCN-222, Resveratrol, Drug carrier, Drug delivery system, Bioavailability

P-51

Characterization of Cu-Decorated CeZr Nanoparticles and Effect on Oxidative Stress

심규리, 홍상은, 윤국노†

한남대학교 화학과
(kryoon@hnu.kr†)

Reactive oxygen species (ROS) accumulate excessively under oxidative stress, causing cellular damage and inflammation. Cerium oxide nanoparticles (Ceria NPs) act as nanozymes, exhibiting superoxide dismutase (SOD)- and catalase (CAT)-like activities for radical scavenging. Incorporation of zirconium enhances ROS scavenging activity by distorting the crystal lattice and facilitating electron transfer. Additionally, copper forms Cu–GSH complexes with glutathione. These complexes are delivered to SOD1, promoting the removal of intracellular superoxide radicals. In this study, Cu-decorated CeZr nanoparticles were synthesized and their effects on ROS-induced oxidative stress were evaluated. The nanoparticles' structural and physicochemical properties were characterized using FE-TEM, EDS, DLS, XRD, XPS, and DPPH assays. Decoration with copper significantly enhanced ROS scavenging activity, highlighting their potential as effective antioxidant agents.

Keywords: Nanoparticles, Ceria-Zirconia (CeZr), Copper, Oxygen vacancy, ROS

P-52

Concentration Dependent Manganese Doping on Ultrasmall Ceria–Zirconia Nanoparticles for Enhanced ROS Scavenging

조효진, 홍상은, 윤국로†

한남대학교 화학과
(kryoon@hnu.kr†)

Ceria (CeO_2) nanoparticles are considered potential nanozymes owing to their ability to scavenge reactive oxygen species (ROS) through the reversible Ce^{3+}/Ce^{4+} redox cycle. Incorporation of zirconia into ceria stabilizes the fluorite lattice and increases oxygen vacancy concentration, thereby enhancing catalytic performance compared with pure ceria. In this study, ultrasmall $Ce_{0.7}Zr_{0.3}O_2$ nanoparticles were synthesized and doped with manganese to investigate concentration-dependent effects on their structure and activity. High-resolution TEM, EDS, XRD, Raman spectroscopy, and XPS revealed that Mn ions were incorporated mainly at the nanoparticle surface with partial lattice substitution, inducing lattice distortion and promoting oxygen vacancy formation. These modifications led to systematic changes in morphology and electronic states across doping levels. Catalytic evaluations showed that Mn-doped CeZr nanoparticles exhibited improved ROS scavenging relative to undoped CeZr, with optimized concentrations providing the most effective elimination of superoxide and hydroxyl radicals. Overall, the results indicate that Mn incorporation enhances the catalytic efficiency of CeZr nanoparticles by combining vacancy-driven activity with Mn-specific redox effects, suggesting their potential as oxide nanozymes for targeting ROS-related diseases.

Keywords: Ceria–zirconia nanoparticles, Mn doping, Oxygen vacancy, ROS scavenging, Nanozyme

P-53

Cytoprotective Single-Cell Nanoencapsulation of Probiotics under Gastrointestinal Stress

박미진, 홍상은, 윤국노†

한남대학교 화학과
(kryoon@hnu.kr†)

Probiotic efficacy is limited by poor survival under harsh gastrointestinal conditions, notably gastric acidity and concurrent antibiotic exposure. In this study, a single-cell nanoencapsulation (SCNE) strategy is used to form Fe^{3+}-BTC coordination shells at the surfaces of individual *Lactobacillus acidophilus* (*L. acidophilus*) cells under mild aqueous conditions. The nanoshells persist in simulated gastric fluid (SGF, pH 2.0) and can be selectively removed with ascorbic acid to restore native cells and enable unbiased colony-forming unit (CFU) enumeration. After 3 h in SGF, CFU counts for native cells declined sharply, whereas SCNE maintained substantially higher CFU, and a similar protective effect was observed under tetracycline challenge. Overall, Fe^{3+}-BTC based SCNE provides a cytocompatible, gastric persistent yet removable barrier that enhances probiotic stability under acidic and antimicrobial stress and may improve the performance of probiotic formulations by increasing the fraction of viable cells that reach the intestine.

Keywords: probiotics, single-cell nanoencapsulation, nanoshells, gastrointestinal fluids, cytoprotection

P-54

Hybrid Nanomesh Electronics with Rigid Islands and PEDOT:PSS Temperature Sensors for Stable Wearables

Hyeonjoo Park, Taeyoon Lee †

Nano Bio Device Lab, School of Electrical and Electronic and Engineering, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea
(taeyoon.lee@yonsei.ac.kr †)

Recent advancements in stretchable electronics have leveraged nanomesh substrates for their exceptional flexibility, breathability, and mechanical durability, making them ideal for wearable applications. Yet, stable electrical performance under continuous mechanical deformation remains challenging, especially when rigid components are integrated onto soft substrates and modulus mismatch induces uneven strain and signal drift. Here, we propose a hybrid architecture that combines electrohydrodynamic (EHD) jet-printed Ag nanoparticle interconnects on a poly(styrene-butadiene-styrene, SBS) nanomesh with polylactic acid (PLA) rigid islands to spatially confine strain and stabilize device geometry. Building on this platform, we realize a flexible temperature sensor based on PEDOT:PSS. Pristine PEDOT:PSS (1 wt%) exhibited low viscosity and poor adhesion to PLA; these were mitigated by blending with a 7 wt% PVA solution (1:1 v/v), enabling uniform patterning and robust film formation. The sensor, mounted on an SBS nanomesh affixed to a glove and connected via Cu wiring to an Arduino readout (with an on-board LED indicator), showed negative-temperature-coefficient behavior: by tailoring line width, the resistance decreased from ~8 kΩ at room temperature to ~6.2 kΩ below 60 °C, demonstrating clear temperature responsiveness suitable for on-body monitoring. The hybrid nanomesh–island design preserved electrical continuity and signal fidelity under stretching and torsion, and the integrated device operated reliably during dynamic hand motion. Together, these results highlight a manufacturable route to multifunctional, durable, and high-sensitivity wearable systems and electronic-skin applications.

Keywords: Stretchable electronics, Nanomesh, Hybrid rigid-island, Electrohydrodynamic (EHD) jet printing, PEDOT:PSS, Temperature sensor, Wearable health monitoring

P-55

Nanomesh-Structured Laser-Engraved Graphene Electrodes for Minimally Invasive Neurotransmitter Biosensing

Jeong Soo Kim, Sungjoon Cho, Taeyoon Lee†

Yonsei University
(taeyoon.lee@yonsei.ac.kr†)

The development of minimally invasive bioelectronic platforms for monitoring neurotransmitters is critical for advancing our understanding of neural communication and related pathophysiology. Here, we present a nanomesh-structured, laser-engraved graphene (LEG) electrode system engineered as a flexible and minimally invasive biosensing interface for real-time neurotransmitter detection. The nanomesh framework provided high surface area and mechanical compliance, enabling intimate integration with soft neural tissues while minimizing foreign body response. Laser engraving of graphene introduced hierarchical porosity and defect-rich domains, which serve as catalytic hotspots for fast electron transfer, thereby enhancing sensitivity toward key neurotransmitters such as dopamine and serotonin. Functionalization with selective recognition layers further improved analyte specificity and stability under physiologically relevant conditions. Electrochemical measurements demonstrated rapid response kinetics, wide dynamic range, and nanomolar detection limits, underscoring the potential of this platform for continuous in vivo monitoring. Consequently, this study established nanomesh-based LEG electrodes as a promising strategy for minimally invasive neural interfaces, opening new opportunities in neuroscience research, disease diagnostics, and closed-loop neuromodulation systems.

Keywords: LEG, Neurotransmitter, Biosensor, nanomesh

P-56

적응형 메타구조를 위한 광센서 배열 기반 모션 트래킹

신규리, 박윤석†

경희대학교 신소재공학과
(yoonseok.park@khu.ac.kr†)

Photosensors are essential electronic devices for light detection and are utilized in various applications, including biosensors and image sensing [1], due to their high sensitivity and fast response time. Despite their widespread use, conventional photosensors fabricated on rigid silicon wafers have inherent limitations in applications requiring flexibility, such as those within bio-integrated systems. [2] A significant challenge arises from the fact that mechanical strain, induced by folding or bending, can lead to signal distortion, thereby compromising the accuracy of measurements. This issue poses a critical barrier to their reliable performance under dynamic mechanical conditions. Our approach utilizes a unique hybrid architecture where a photodetecting layer and a strain-sensing element are integrated on a single platform, specifically engineered into a 3x3 sensor array system on a flexible polyimide (PI) substrate. This allows for the independent measurement of each stimulus. Leveraging its excellent stretchability and flexibility, the device allows for stable attachment to curvilinear surfaces, such as human skin, enabling the precise measurement of real-time movement and spatial information. Notably, it maintains high-fidelity sensing performance even in dynamic environments subjected to complex mechanical deformations, including bending, folding, and twisting. Beyond simple detection, we now plan to utilize the rich data from this array to develop a machine learning (ML) model for more sophisticated motion analysis and pattern recognition. Our ultimate goal is to integrate this sensor-ML system with a metastructure, creating an intelligent material that can autonomously sense and react to its environment. The sensor system developed in this research is expected to serve as a core component for real-time health monitoring, soft robotics, and human-machine interfaces where accurate sensing on dynamic surfaces is paramount.

Acknowledgment

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (RS-2023-00211261, RS-2025-02309992).

References

[1] Kim SJ et al. Optically and mechanically responsive, flexible, and integrated energy devices based on a wavy-shaped BUMP structure. Small Methods 2, (2018).

[2] Li JN et al. Flexible multimodal sensor for wearable devices. Materials Today 58, (2022).

Keywords: motion tracking, photodetector, metastructures

P-57

장기 표적화가 가능한 생분해성 마이크로니들 기반 약물 전달 시스템

최찬영, 박윤석†, 유정민

경희대학교 신소재공학과
(yoonseok.park@khu.ac.kr†)

최근 마이크로니들 (MN; Microneedle)은 피부 및 장기에 적용 가능한 무통성 약물전달 플랫폼으로 발전해왔으나 [1], 장기 내부 적용에는 최소침습적 접근이 필요하고 사용 후 제거 과정이나 잔여물 문제가 남아 있다는 한계가 있다 [2].

본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해, 장기 내부에서도 안전하게 약물을 전달한 뒤 체내에서 자연 분해되어 제거 과정이 필요 없는 생분해성 MN을 제안한다. MN의 구조 (d: 250 μm, h: 650 μm)는 삽입 시 통증을 유발하지 않는다 [3]. MN은 3D 프린팅 모형을 본뜬 PDMS 몰드로 제작되며, 본체는 PLGA 나노입자 (Rh-NPs)와 히알루론산 혼합물로 이루어진다. 생분해성 자성 물질을 포함한 기판은 본체를 지지하여 조작 표면에서 안정적으로 고정되도록 하며, 내재된 자성 물질의 제어를 통해 외부 자기장 기반의 위치 조정을 가능하게 한다 [4]. 또한 pH-반응성 코팅을 적용하여 위와 장 등 특정 환경에서 선택적인 약물 방출이 가능하도록 설계하였다. 이를 통해 MN은 특정 병변 부위에 국소적으로 약물을 전달해 전신 노출 및 약물 내성 문제를 최소화한다.

이러한 장기 표적화가 가능한 생분해성 마이크로니들 기술은 통증 없는 약물 투여, 정밀한 위치 제어, 그리고 안전한 생분해성을 기반으로 환자의 치료 효과를 높이며, 특정 장기 질환 치료 및 소화기 계통 약물전달 등 다양한 의학적 응용 분야에 기여할 것으로 기대된다.

Keywords: biodegradable, drug delivery, microneedle, magnetic actuation

P-58

이식형 자기 패치를 이용한 머신러닝 기반 심장 운동 추적

이선진, 박윤석†

경희대학교 신소재공학과
(yoonseok.park@khu.ac.kr†)

Heart monitoring after cardiac surgery is essential for evaluating cardiac function, tracking recovery, and detecting complications early. Reliable and continuous monitoring can help improve patient outcomes by enabling timely medical intervention. However, current heart monitoring methods still have practical limitations in both accuracy and convenience. For instance, ultrasound requires large equipment and must be pressed firmly against the skin, which makes it challenging to use when the patient moves or changes position.[1] To address these issues, researchers have been actively studying wireless implantable sensors.[2] In this study, I propose a heart monitoring method that combines a small magnet with a magnetometer. This approach reduces restrictions related to time, location, and patient mobility. The magnet is attached to the heart and moves in sync with each heartbeat. A magnetometer measures the resulting changes in the magnetic field, and the collected data are processed by a machine learning model to reconstruct and visualize the motion in 3D. The magnet is made from biocompatible, biodegradable magnetic particles, so it naturally degrades inside the body without the need for a second surgery. By learning magnetic field patterns for each magnet position, the model can estimate the magnet's location on the heart in real time. This technology can allow patients to monitor their heart condition at home, with data sent to hospitals for remote follow-up. In the future, it may also be applied to other organ motion tracking and personalized healthcare solutions.

Acknowledgment

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (RS-2023-00211261, RS-2025-02309992).

References

[1] Zhang, L., Marcus, C., Lin, D. et al. A conformable phased-array ultrasound patch for bladder volume monitoring. Nat Electron 7, 77–90 (2024).

[2] Tang, H., Yang, Y., Liu, Z. et al. Injectable ultrasonic sensor for wireless monitoring of intracranial signals. Nature 630, 84–90 (2024).

Keywords: Machine Learning, Magnetic Patches, Heart monitoring

P-59

물리적 앵커링을 통한 3차원 메조구조의 좌굴 유도 조립

허연희, 정구윤, 유정민, 박윤석†

경희대학교 신소재공학과
(yoonseok.park@khu.ac.kr†)

Mechanically guided three-dimensional (3D) assembly transforms planar two-dimensional (2D) precursors into complex 3D architectures by employing controlled deformations such as folding, curving, and buckling[1]. In conventional approaches, structural fixation is achieved through selective chemical bonding between the 2D precursor and an elastomeric substrate[2]. However, this requirement introduces additional bonding processes and confines material selection to those with sufficient mechanical robustness and chemical compatibility[3].

To overcome these limitations, we present a buckling-guided assembly platform based on physical anchoring rather than chemical bonding. This method employs a rod-array-patterned elastomeric substrate (RPES), consisting of silicone rods that act as discrete anchoring sites to mechanically fix 2D precursors. Such physical anchoring enables stable 3D structure formation without chemical adhesion, effectively removing material compatibility constraints and accommodating delicate or chemically inert materials. We demonstrate the performance of this platform through the three-dimensional assembly of various materials, including polymer (polyimide), metal (Copper), water-soluble polymer (polyvinyl alcohol), and light-responsive liquid crystal polymer (LCNs).

The RPES developed in this study enables reliable mechanically-guided 3D assembly of diverse materials and structures without chemical bonding, demonstrating strong potential for innovative device concepts in soft robotics, bioelectronics, and complex multi-material systems.

Acknowledgment

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (RS-2023-00211261, RS-2025-02309992).

References

[1] Bo, R., et al., *Mechanically-Guided 3D Assembly for Architected Flexible Electronics.* Chemical Reviews, 2023. **123**(18): p. 11137−11189.

[2] Luan, H., et al., *Complex 3D microfluidic architectures formed by mechanically guided compressive buckling.* Science Advances, 2021. **7**(43): p. eabj3686.

[3] Park, Y., et al., *Transformable, Freestanding 3D Mesostructures Based on Transient Materials and Mechanical Interlocking.* Advanced Functional Materials, 2019. **29**(40): p. 1903181.

Keywords: Mechanically guided 3D assembly, Physical anchoring, Material-independent integration, Freestanding mesostructures, Light-responsive soft robotics

P-60

Tissue-Level Soft Multichannel Neural Probes of Liquid Metal for In-vivo Mapping of Ischemic Stroke-Induced Brain Network Reorganization

김은민, 박장웅†

연세대학교 신소재공학과
(jang-ung@yonsei.ac.kr†)

Stroke induces profound reorganization of neural networks, yet direct and stable recording of cortical connectivity during recovery remains challenging due to limitations of conventional rigid probes. Here, we present tissue-level soft liquid-metal-based multichannel neural probes designed for minimally invasive, long-term electrophysiological monitoring of cortical activity before and after ischemic stroke. The ultra-soft neural interface enables high-fidelity recordings across peri-infarct cortical regions while minimizing tissue damage and foreign body response. Using this platform, we performed longitudinal recordings in a mouse stroke model to assess functional connectivity and neural plasticity dynamics during the subacute and chronic phases of recovery. Connectivity analysis revealed (i) disruption of local network coherence immediately after stroke, (ii) transient increases in inter-regional synchrony during the sensitive period of plasticity, and (iii) reorganization of effective connectivity patterns correlating with spontaneous behavioral recovery. Our findings demonstrate that tissue-level soft neural probes of liquid metal provide a powerful tool to resolve the spatiotemporal dynamics of cortical reorganization after ischemic stroke.

Keywords: neural probes, soft materials, functional connectivity, ischemic stroke

P-61

Smart contact lens for continuous intraocular monitoring

서훈규, 박장웅†

연세대학교 신소재공학과
(jang-ung@yonsei.ac.kr†)

Intraocular pressure (IOP) serves as a critical biomarker for ocular disease and the primary risk factor for glaucoma, emphasizing the importance of continuous monitoring for tracking disease progression and evaluating treatment efficacy. Moreover, IOP dynamics are associated with various ocular conditions such as myopia. However, current technologies are insufficient for reliable real-time and long-term monitoring solutions. To overcome this limitation, we developed smart contact lenses that enable continuous IOP measurement across different scenarios. In rabbit models of glaucoma, we validated the system by observing IOP reduction following administration of topical eye drops. For myopia models, we used machine learning techniques to analyze the continuously acquired IOP data, allowing for a quantitative assessment of disease development. In clinical studies involving human participants, we systematically examined IOP responses to posture changes and screen exposure, and compared these with the patterns observed in glaucoma patients. As a result, our results underscore the broader clinical relevance of continuous IOP monitoring beyond glaucoma and support the integration of wearable sensing platforms with data-driven methodologies for next-generation ophthalmic diagnostics.

Keywords: Smart contact lens, intraocular pressure, ocular disease

P-62

Tunable Mechanical Properties in Hydrogel for Regenerative Tissue Remodeling

류혜지[1,2], 강동현[2], 전진영[1,2], 김상우[1,2†]

[1]연세대학교 신소재공학과; [2]연세대학교 인간지향 마찰전기 에너지 하베스팅 연구단
(kimsw1@yonsei.ac.kr[†])

Skeletal muscle regeneration after volumetric muscle loss (VML) requires biomaterials that can provide both mechanical support and biological compatibility. However, conventional hydrogel scaffolds face intrinsic limitations. Hydrogels with lower stiffness than native muscle fail to adequately support volumetric loss, while hydrogels with muscle-like or higher stiffness initially promote stem cell activation and vascular regeneration but eventually hinder tissue remodeling as muscle growth progresses. To overcome these challenges, we propose a dynamic hydrogel system that modulates its mechanical properties in response to the regenerative stage of muscle. Here we demonstrate an ultrasound-responsive double-matrix hydrogel embedding enzyme-loaded microcapsules that provides stage-specific mechanics. Initially, this hydrogel exhibits high stiffness to support stem cell activation and vascular regeneration. Upon ultrasound stimulation, capsule rupture releases enzymes that selectively degrade one network, reducing stiffness and preventing fibrosis. This acoustically triggered, on-demand softening enables dynamic mechanical adaptation, offering a generalizable strategy to accelerate muscle repair.

Keywords: volumetric muscle loss, tissue engineering, hydrogel, microcapsule

P-63

자기장 제어 기반 선택적 재구성이 가능한 기계 논리 게이트

정동규, 유정민, 정구윤, 박윤석†

경희대학교 신소재공학과
(yoonseok.park@khu.ac.kr†)

The rapid advancement of semiconductor technology and artificial intelligence has enabled massive data generation and high-speed processing. However, electronic forms of computation face limitations such as data bottlenecks, increased energy consumption, and reduced reliability in extreme environments. As an alternative, mechanical computing systems that respond to external stimuli and perform intrinsic computation are receiving growing attention [1]. Previous mechanical computing research often utilized logic gates designed as independent structures, resulting in low integration and single-function operation [2,3]. Implementing various logical functions typically requires additional components and structural complexity, reducing design efficiency and scalability. To address this challenge, we considered it essential to enable multiple logic operations within a single circuit. In this study, we propose a Magnetically Reconfigurable Mechanologic Gate (MRMG) that switches its operation between AND and OR logic in response to a magnetic field. The MRMG consists of two vertically stacked components: a logic unit on the top and a logic shifter at the bottom. The logic unit is made of polydimethylsiloxane (PDMS), and the logic shifter is composed of PDMS embedded with NdFeB microparticles. In the absence of a magnetic field, the MRMG functions as an AND logic gate. Upon magnetic field application, magnetic repulsion causes the logic shifter to rise, reconfiguring the MRMG to perform OR logic. This architecture enables fully mechanical logic operations by treating external physical forces as direct computational inputs. To enhance circuit scalability and enable Turingcomplete logic, we developed a complementer unit that provides two identical outputs and one inverted output. By combining the mechanologic gate and complementer unit, we realized reconfigurable XOR– XNOR and NAND–NOR logic functions. Furthermore, we demonstrated higher-level logic operations including a half adder, equality comparator, and full adder. The proposed gate offers real-time environmental responsiveness and pre-processing capability, reducing computational load. It is well-suited for edge devices, extreme environments, physical security soft robotics, and wearable systems

Acknowledgment

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (RS-2023-00211261, RS-2025-02309992).

References

[1] Yasuda, Hiromi, et al. “Mechanical computing.” Nature 598.7879 (2021): 39-48.

[2] Byun, Junghwan, et al. “Integrated mechanical computing for autonomous soft machines.” Nature Communications 15.1 (2024): 2933.

[3] Raney, Jordan R., et al. “Stable propagation of mechanical signals in soft media using stored elastic energy.” Proceedings of the National Academy of Sciences 113.35 (2016): 9722-9727.

Keywords: Mechanical computing, Reconfigurable logic gate, Magnetically actuated system, Soft robotics

P-64

신체 내부 의료용 임플란트에 에너지를 공급하기 위한 자기장 구동형 Triboelectric nanogenerator

김준엽, 박윤석†

경희대학교 신소재공학과
(yoonseok.park@khu.ac.kr†)

Implantable biomedical devices face significant challenges in securing sustainable power sources. Although wireless energy transfer systems have been actively investigated as a promising alternative to conventional batteries, many of these systems suffer from critical limitations such as sensitivity to surrounding media, strict alignment requirements, and unwanted heat generation. These issues become more pronounced in implanted environments, where immune responses can lead to cellular overgrowth that alters local tissue properties or induce positional shifts of the device—including changes in angle or spatial displacement— that degrade energy transfer performance. To address these limitations, we adopted a triboelectric nanogenerator (TENG), which eliminates thermal issues during operation, applied magnetic field for actuation to enable media-independent performance, and optimized a compact three-dimensional structure to enhance tolerance to misalignment. We present a magnetically actuated triboelectric nanogenerator (MA-TENG) that enables stable and media-independent wireless energy transfer. The device is fabricated by embedding neodymium microparticles into a polydimethylsiloxane (PDMS) matrix, producing an elastomer that responds to external magnetic fields. Driven by an oscillating magnetic field, this elastomer repeatedly contacts and separates from the electrodes, generating electricity through contact electrification. The MA-TENG can operate reliably through various media such as air, tissue, and metal. This media-invariant performance makes it a strong candidate for reliable operation in long-term implantable applications. To ensure stable energy transfer even when precise positioning is not possible, we optimized a compact three-dimensional structure that enhances mechanical stability and improves tolerance to lateral and angular misalignment. The radial distribution of the magnetic field, combined with this optimized 3D structure, enables consistent performance without requiring an enlarged external transmitter. The MA-TENG demonstrated robust operation under diverse misalignment conditions, highlighting its potential as a reliable power source for next-generation biomedical systems.

Keywords: Wireless Power Transfer, TENG, Magnetic Actuation

P-65

PZT 기반 모듈러스 분석을 이용한 바이오 임피던스 기반 상처 치유 모니터링 시스템 개발

정지유, 박윤석†

경희대학교 신소재공학과
(yoonseok.park@khu.ac.kr†)

Accurate wound healing assessment requires noninvasive analysis of both hydration and mechanical properties. Conventional four-electrode bioimpedance devices mainly detect hydration changes but fail to capture tissue stiffness, limiting stage-specific evaluation.

We present a wearable electrode band integrating a serpentine electrode array for impedance measurement and a piezoelectric PZT sensor for tissue modulus assessment. This dual-mode sensing enables simultaneous monitoring of hydration and stiffness, providing a more complete picture of wound recovery.

Experiments on a skin-mimicking model showed that impedance was initially high and unstable in the wounded state, then gradually decreased and stabilized, consistent with tissue rehydration and regeneration. Combined with PZT-derived stiffness monitoring, the system demonstrated enhanced accuracy in tracking healing progression.

This work highlights a flexible, low-power platform for real-time and quantitative wound monitoring, offering potential for personalized rehabilitation and smart healthcare patches.

Keywords: bioimpedance, PZT modulus sensing, wound healing monitoring

P-66

Improving the electrochemical stability of direct-spun CNTF artificial muscles

이재원[1,2], 박채린[2,3], 서원용[2,3], 김시형[2,3†]

[1]성균관대학교; [2]한국생산기술연구원; [3]한양대학교
(shk@kitech.re.kr[†])

Twisted and coiled yarn artificial muscles demonstrate exceptional actuation capabilities, positioning them as promising components for robotic and wearable applications. Among these, electrochemical artificial muscle yarns are particularly notable due to their low operating voltage, high actuation strain, and energy-efficient catch state. Carbon nanotube fibers (CNTFs) represent attractive candidates for such systems, however, directly spun CNTFs typically suffer from low packing density and suboptimal alignment, which compromise their mechanical durability. To overcome these limitations, we introduced a coating of poly(vinylidene fluoride-co-hexafluoropropylene) (PVDF-co-HFP), an ionically conductive polymer, onto CNTF yarn muscles. This modification resulted in a 38% enhancement in mechanical strength and significantly improved electrochemical stability. Furthermore, molecular dynamics simulations indicated that the polymer coating plays a critical role in suppressing electrochemical creep. Collectively, these findings offer a compelling route toward the development of more robust and scalable electrochemical artificial muscles, with significant implications for soft robotics and wearable technology.

Keywords: Electrochemically powered, Artificial muscles, Direct spinning, CNTF, Creep phenomenon

P-67

자기 부상 메타표면을 활용한 다기능 인간 상호작용 플랫폼

유정민, 정구윤, 박윤석†, 신규리, 정동규

경희대학교 신소재공학과
(yoonseok.park@khu.ac.kr†)

Shape morphing materials are integral to advancing human-machine interfaces, soft machines, and bio-inspired robotics. However, achieving continuous transformations in shape or structure after fabrication remains challenging, especially in maintaining the desired form under physical impact or deformation. This limitation hinders interaction with humans and surroundings, presenting a significant hurdle in developing these materials into effective haptic devices [1,2]. Here, we present a soft, sensor-embedded surface capable of continuous, rapid shape morphing, designed to interact seamlessly with humans. The device consists of a 6-by-6 array of elastomeric pixels, each actuated by attractive or repulsive magnetic forces from an underlying electromagnet array. The induced forces modulate the height of each pixel by up to 8.5 millimeters, enabling coordinated actuation of all 36 electromagnets to reconstruct over 10^{30} discrete surface morphologies. An integrated light-emitting diode (LED) array provides immediate visual feedback, complementing tactile interaction and enhancing intuitive understanding of the surface state. Each pixel incorporates electromagnets that enable attractive and repulsive forces, allowing embedded magnetic materials to move vertically and dynamically change the surface's shape and structure. Due to the soft surface's resilience, it returns to its original state even after physical impact or deformation during morphing. Embedded inertial measurement unit (IMU) sensors continuously detect shape changes in real-time, enhancing potential applications in object manipulation, 3D displays, and haptic devices for XR interfaces.

Acknowledgment

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (RS-2023-00211261, RS-2025-02309992).

References

[1] Guseinov, R., McMahan, C., Pérez, J., Daraio, C. & Bickel, B. Programming temporal morphing of self-actuated shells. *Nat. Commun*. **11**, 237 (2020).

[2] Fan, Z. et al. Inverse design strategies for 3D surfaces formed by mechanically guided assembly. Adv. Mater. 32, 1908424 (2020).

Keywords: Shape-morphing metasurface, Interactive surface, Soft robotics, Magnetic actuation

P-68

소(Cow)의 심막유래 세포외기질(ECM)기반 치주조직 재생유도재의 최적조건 확립연구

Hyun Su Park[1,2], Ji Eun Kim[1], Hee Jin Song[1], Ayun Seol[1], You Jeong Roh[1,2], Tae Ryeol Kim[1,2], Eun Seo Park[1], Ki Ho Park[1], Su Jeong Lim[1], Su Ha Wang[1], Byung Soo Kim[2], Yun Ji Yun[2], Dae Youn Hwang[1†]

[1]Department of Biomaterials Science (BK21 FOUR Program), College of Natural Resources & Life Science, Pusan National University, Miryang 50463, Korea;
[2]DENTIS CO., LTD., Daegu 41065, Korea
(dyhwnag@pusan.ac.kr[†])

치주조직 재생유도재(Intra oral tissue regeneration barrier)는 치아 임플란트에 사용되는 의료기기로, 손상된 치조골(잇몸뼈)이 회복될 수 있도록, 재생 속도가 빠른 잇몸이 먼저 자라 들어가는 것을 막고 치조골이 자랄 수 있는 빈 공간을 지켜주는 역할을 한다. 최근에는 돈피(pig's skin) 유래 콜라겐의 문제를 해결하기 위해 표면이 치밀하고 내부는 다공성인 이중 구조와 우수한 기계적 강도를 지닌 소의 심막(cow's pericardium)이 새롭게 대안으로 주목받고 있다. 따라서, 본 연구에서는 소의 심막으로부터 유래된 콜라겐을 활용하여 세포외기질(ECM)기반 치주조직 재생유도재를 제조하기 위한 최적조건을 확립하고 안전성을 평가하고자 하였다. 소의 심막에 대한 탈세포화 최적조건은 0.1% SDS와 0.5% Triton X-100 처리로 결정되었으며, 이때 DNA 잔존량은 39.7 ng/mg으로 안전 기준치(<50 ng/mg)를 충족하였다. 효소 저항성 평가에서 collagenase는 타사 제품 78.12% 대비 시제품 86.91%, trypsin은 타사 제품 34.12% 대비 시제품 71.24%로 측정되어, 시제품의 뚜렷한 우수성이 입증되었다. 독성을 유발할 수 있는 잔류 SDS는 허용 기준치(12.5 ppm) 미만으로 감소되었으며, 세포(L-929) 생존율은 약 96.9%로 탈세포화 기술에 대한 안정성에 문제없음을 확인하였다. 또한, 시제품을 SD Rat 두개골에 이식한 후 4주차에 평가한 결과, H&E 분석에서 분해 양상과 염증 반응은 일부 관찰되었으나, 타사 제품과 유사하게 나타났다. 혈청 분석 결과 ALT, AST, ALP는 그룹 간 유의적인 변화는 없었으며, BUN은 대조그룹(16.4 ± 0.7 mg/dL)에 비해 타사 제품(20.13 ± 1.59 mg/dL)에서 유의적 증가가 나타났으나, 시제품(18.73 ± 0.73 mg/dL)에서는 유의적인 차이가 확인되지 않았다. 따라서, 이러한 결과는 본 연구에서 확립된 최적조건이 소의 심막유래 ECM기반 치주조직 재생유도재의 개발과정에서 탈세포화를 위한 우수한 기법으로, 개발된 제품은 타사 제품 대비 동등한 생체적합성을 가질 수 있음을 제시하고 있다.

Keywords: Dental Medical device, Guided tissue regeneration, Cow's pericardium, Decellularization, Biocompatibility

P-69

Consistent tactile perception with transparent electrotactile device through interference stimulation and pressure-sensitive transistors

박장웅†, 오명재

Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University, Seoul 03722, Republic of Korea
(jangung@wearablelab.net†)

Tactile perception is a critical element for realizing immersive interaction in display technologies, as well as in virtual and augmented reality platforms. Yet, conventional electrotactile systems often suffer from inconsistent feedback, largely due to fluctuations in the contact pressure between the skin and device. In this study, we introduce a transparent electrotactile platform integrated with pressure-sensitive transistors that enable stable and reproducible haptic responses. By detecting and compensating for individual variations in touch force, the pressure-transistors effectively regulate tactile output. Moreover, we achieve long-range tactile stimulation by exploiting the interference of electromagnetic fields between electrodes, which allows for a broad range of haptic effects at reduced current densities. This interference-based stimulation strategy facilitates the generation of complex tactile patterns, including object contours, Braille characters, and Morse code, thereby enriching the user's sensory experience. Overall, the proposed transparent electrotactile device provides a versatile route to advance haptic feedback technologies, with potential applications spanning virtual/augmented reality, prosthetic interfaces, and next-generation display systems.

Keywords: Electrotactile, Transparent electrode, Pressure Calibration, Interference stimulation

P-70

인쇄 공정 기반 기능성 잉크를 활용한 유연 심전도 패치 제작 및 성능 평가

정현윤, 김현범, 김수완, 고정범, 박성현†

한국생산기술연구원
(sungpark@kitech.re.kr†)

심혈관 질환은 전 세계적으로 가장 높은 사망률을 보이는 질환군으로, 이에 대한 조기 진단 및 지속적인 관리의 필요성이 강조되고 있다. 심전도 모니터링은 이러한 심혈관 질환의 조기 발견 및 치료 효과 향상에 있어서 핵심적인 역할을 담당하고 있다. 본 연구에서는 다양한 기능성 잉크와 인쇄 공정을 활용하여 심전도 모니터링용 패치를 개발하고, 적용 가능성을 검증하였다. 전도성 잉크(Ag/AgCl), 절연성 유전체(dielectric) 잉크, 실리콘 접착제 잉크 등 다양한 기능성 소재를 사용하여 패치 구조를 안정적으로 구현함으로써, 유연성과 피부 밀착성이 우수한 심전도 패치를 제작하였다. 제작된 심전도 패치는 실제 피부 부착 환경에서도 안정적인 신호 수집이 가능하였으며, 상용 Ag/AgCl 심전도 전극 대비 동등 이상의 신호 품질을 확보하였다. 또한, 각 잉크 소재에 최적화된 인쇄 공정 제어를 통해 패치의 구조적·기능적 개선이 용이함을 입증하였다. 본 연구를 통해 제안된 인쇄 공정 기반의 심전도 측정 패치 제작 기술은 향후 웨어러블 헬스케어 기기 및 맞춤형 의료 모니터링 플랫폼 개발에 효과적으로 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

Keywords: Cardiovascular diseases, Electrocardiogram patch, Printing process, Functional ink

P-71

Soft Retinal Prosthesis with Liquid-Metal 3D Microelectrode Arrays for Vision Restoration

Won Gi Chung, Sanghoon Lee, Jang-Ung Park †

Department of Materials Science & Engineering, Yonsei University, Seoul 03722, Republic of Korea
(jang-ung@yonsei.ac.kr †)

Electronic retinal prostheses are promising tools for restoring vision by stimulating retinal neurons. However, the rigid electrodes used in conventional implants can damage the delicate retinal tissue and show limited selectivity because of their poor contact with target cells in degenerative retinas. Here, we introduce a soft artificial retina that combines flexible, ultrathin photosensitive transistors with three-dimensional stimulation electrodes made of eutectic gallium–indium alloy. Platinum nanoclusters are selectively coated on the tips of these liquid-metal electrodes, effectively lowering their impedance. These microelectrodes improve proximity to retinal ganglion cells and enable efficient charge injection to elicit neural activity. Their intrinsically low Young's modulus, due to the liquid nature of the electrodes, helps minimize retinal damage. In addition, we employed an unsupervised machine-learning method to detect and classify evoked spikes for quantifying retinal ganglion cell responses. In vivo experiments in a mouse model of retinal degeneration demonstrated that neural responses could be spatially mapped under localized illumination, indicating potential restoration of visual function.

Keywords: Liquid metal, Artificial retina, Vision restoration

P-72

Personalized Uric Acid Monitoring via Smart Contact Lens-Trained AI for Device-Free Prediction

Hayoung Song, Dayeon Kim, Jayoung Kim†, Jang-Ung Park†

Yonsei University
(jayoungkim@yonsei.ac.kr†, jang-ung@yonsei.ac.kr†)

Tears contain valuable biomarkers and offer potential for non-invasive disease monitoring. However, the lack of correlation analysis between serum uric acid (SUA) and tear uric acid (TUA) has limited their clinical application in personalized medicine. Here, we present a wireless smart contact lens capable of real-time, non-invasive monitoring of TUA as an alternative to blood-based UA testing. We validated the device through correlation analysis in rabbits and human participants, including individuals with hyperuricemia and gout. Daily-life monitoring enabled personalized tracking of TUA fluctuations in response to food intake and physical activity, along with individual lag time analysis. A strong linear relationship enabled development of a regression model to derive estimated SUA from TUA. Notably, AI models trained on paired sensor and lifestyle data enabled accurate UA prediction and reliable classification of patient groups, even without lens wear. This AI-assisted strategy offers a data-driven, device-free approach to personalized metabolic health monitoring.

Keywords: Smart contact lens, Gout, Uric acid, personalized medicine

P-73

Multimodal real-time organoid monitoring platform for assessing viability and neural connectivity

정인혜, 박장웅†

연세대학교 신소재공학과
(jang-ung@yonsei.ac.kr†)

Brain organoids derived from human induced pluripotent stem cells (hiPSCs) are advanced three-dimensional neural tissues for studying neurodevelopment, disease modeling, and regenerative medicine. Monitoring their architectural and electrophysiological development is crucial to understanding the spatiotemporal dynamics of their physical and functional status. However, existing methods are destructive, hinder multi-parameter analysis, and fail to address the formation of necrotic cores at the center of organoids during maturation, significantly impairing their viability and functionality. Here, we introduce an organoid assessment incubator (OAI) system, which enables comprehensive monitoring of the growth and therapeutic changes of brain organoids based on cellular status and neural network activity, while preserving their structural integrity. The OAI system employs mass density distribution as a novel metric for intra-organoid viability, utilizing ultra-sensitive pressure sensors combined with machine learning-based 3D reconstruction for morphological analysis. It integrates liquid metal-based multi-electrode arrays (MEAs) for minimally invasive neural activity recording. Using the OAI system, we evaluate the effect of temporal interference stimulation (TIS) on brain organoids, demonstrating enhanced cell proliferation, increased neuroplasticity, and a reduction in necrosis formation within the central regions of the organoid. By enabling comprehensive monitoring and therapeutic interventions of brain organoids, the OAI system represents a significant advancement with broad applications in neurological research and therapeutic development.

Keywords: Brain organoid, Organoid monitoring platform, Temporal interference stimulation

P-74

Direct printing of soft intraspinal electronics for stable restoration of locomotion

Sanghoon Lee, Eunmin Kim, Jang-Ung Park†

Department of Materials Science & Engineering, Yonsei University, Seoul 03722, Republic of Korea
(jang-ung@yonsei.ac.kr†)

Spinal cord injury (SCI) in the lumbar region often causes irreversible lower limb motor deficits. Current spinal cord stimulation methods rely on rigid solid-metal electrodes, which displace during spinal cord movement and struggle to achieve precise neuron targeting, particularly when placed epidurally. We address these limitations with an adaptive neural interface fabricated via high-resolution direct printing of liquid metals onto and into spinal tissue. Our system comprises soft intraspinal liquid-metal electrodes and surface-printed interconnections directly formed onto the spinal cord. Electrodes, printed with tailored lengths and diameters, precisely target specific gray matter motor neurons, while interconnections unify with spinal tissue to distribute mechanical stress. The liquid metal's tissue-matching modulus enables seamless conformation to spinal deformations, eliminating displacement and minimizing intraspinal tissue damage. Using machine learning algorithms, the interface elicits biomimetic locomotor patterns in rats with complete SCI. In-vivo studies confirm long-term safety, biocompatibility, and functionality, advancing SCI rehabilitation strategies.

Keywords: Liquid metal, Spinal cord injury, Soft materials

P-75

Non-Invasive Depression Neuromodulation Using Contact Lens Stimulation with AI-Based Evaluation

박원정, 백준호, 서훈규, 박장웅†

연세대학교
(jangung@wearablelab.net†)

Current treatments for depression, including pharmacological therapy and direct brain stimulation, suffer from variable efficacy, delayed onset, complex administration, and invasive procedures that limit patient compliance. We present a wearable contact lens with a temporal interference-based transcorneal interference stimulation (TI-TES) system that delivers controlled bias to the retina. This stimulation elicits neural activity that propagates through the optic nerve to the lateral geniculate and suprachiasmatic nucleus, and higher-order visual projections to limbic and prefrontal circuits governing mood. The platform features ultrathin gallium oxide and platinum layers as transparent, flexible electrodes enable seamless integration into soft contact lenses. This pathway-targeted approach preserves vision, ensures conformal ocular coupling, and eliminates the need for cranial penetration. In a validated mouse depression model, TI-TES enhanced behavioral resilience, restored prefrontal-hippocampal oscillatory synchrony, and normalized depression-related biomarkers. Machine learning integration of behavioral, electrophysiological, and biological data consistently distinguished treated from control groups. These preclinical findings establish lens-mounted TI-TES as a non-invasive neuromodulation strategy that overcomes current therapy limitations, enabling selective eye-brain pathway modulation for depression and potentially other neuropsychiatric disorders.

Keywords: Depression, Transcorneal electrical stimulation, contact lens, machine learning

P-76

Grain boundary targeted dewetting for low adhesion graphene transfer printing strategy

Ju hyun Kim, Tae won Nam †

Pusan National University
(namtaewon@pusan.ac.kr †)

Polycrystalline CVD graphene contains grain boundaries that often become defect sites for polymer residues during conventional PMMA-assisted transfer printing. Such residual polymer particles degrade graphene's electronic properties, acting as scattering centers that lower carrier mobility and device performance. We present a transfer printing strategy that exploits controlled dewetting to minimize grain boundary contamination. Binary solvents in the PMMA solution induce targeted dewetting on the grain boundaries of graphene, thereby reducing polymer-residue formation at defect sites. The resulting transferred graphene promises improved carrier transport and highly reliable device integration.

Keywords: graphene transfer, dewetting, grain boundary, PMMA residue

P-77

오픈 메쉬 섬유와 표면제어 그래핀옥사이드를 이용한 비자극성·통기성 인체 체온 측정 디바이스

안도현, 이정우†, 강현진

부산대학교
(jungwoolee@pusan.ac.kr†)

인구 증가와 고령화, 그리고 COVID-19와 같은 감염병 확산으로 디지털 헬스케어 시장이 급속히 확대되며 웨어러블 기반의 건강 모니터링 수요가 높아지고 있다. 체온은 가장 기본적이면서도 핵심적인 생체 지표로, 저체온증과 고열 모두 중대한 위험을 초래하므로 실시간·연속 모니터링 시스템의 필요성이 크다.

그러나 기존의 상용 체온계는 딱딱하고 무거워 장시간 연속 측정에 한계가 있으며, 대안으로 사용되는 실리콘계 유연 기판은 통기성이 낮아 장기 부착 시 땀 응축과 피부 불쾌감을 유발한다.

본 연구에서는 이러한 한계를 해결하기 위해 부분 환원 그래핀 옥사이드(PrGO)를 메쉬 텍스타일에 형성한 PrGO-based Meshed Textile Temperature sensor(PMTT)를 개발하였다. 메쉬 구조와 초박막 PrGO 전도망을 통해 뛰어난 breathability, washability, 우수한 stretchability, 준수한 sensitivity, 우수한 linearity, 그리고 빠른 response time을 확보하였다.

PMTT는 피부 곡면에 밀착되며 의류와의 일체형 통합이 용이해 다양한 착용 시나리오에 적용 가능하다. 또한 소형 Wi-Fi 모듈과의 연계를 통해 무선 데이터 전송과 원격 모니터링을 구현함으로써 재택·비대면 헬스케어 활용성을 크게 확장하였다. 제안한 PMTT는 경량·유연·통기성이라는 장점을 바탕으로 기존 딱딱한 체온계와 저통기성 유연 센서의 병목을 해소하는 차세대 연속 체온 모니터링 플랫폼으로 기대된다.

Keywords: 메쉬 텍스타일, 부분 환원된 산화 그래핀(PrGO), 통기성, 웨어러블 체온 센서

P-78

Core–Shell Structured MXene/Polymer Nanofiber Composites with ALD-based Conformal Coating for High-Performance EMI Shielding

백수연[1,2†]

[1]한국화학연구원; [2]성균관대학교
(bsy4580@krict.re.kr†)

The rapid evolution of high-frequency communication, flexible electronics, and wearable systems has magnified the challenge of electromagnetic interference (EMI), which leads to severe signal distortion, device malfunction, and potential biological risks. To ensure electromagnetic compatibility and stable operation, the development of lightweight, flexible, and absorption-dominant shielding materials has become increasingly important.

Polymer nanofiber-based composites have emerged as promising EMI shielding materials owing to their high surface area, structural porosity, and mechanical adaptability, which facilitate multi-scattering and energy dissipation pathways within their fibrous network. However, conventional metallic shielding films remain limited by high reflectivity and secondary interference, motivating the need for absorption-driven architectures that achieve impedance control and internal energy attenuation.

In this study, a core–shell structured multi-layer MXene/polymer nanofiber composite was developed, integrating atomic layer deposition (ALD)-based conformal ultrathin coatings to realize impedance-matched absorptive EMI shielding. Electrospun polymer nanofibers served as a flexible scaffold for uniformly distributed two-dimensional MXene nanosheets, forming a conductive network that induces conduction loss and interfacial polarization. Subsequently, a precisely controlled ALD coating (a few nanometers thick) was conformally deposited throughout the three-dimensional fibrous matrix, enabling continuous coverage along the fiber curvature and inter-fiber junctions. This conformal coating effectively created a gradual impedance transition layer between air and the MXene composite, suppressing interfacial reflection while enhancing wave penetration, dipole polarization, and dielectric loss within the internal layers.

The resulting multi-layer MXene/polymer core–shell composite exhibited a high absorption-to-reflection ratio, superior mechanical flexibility, and stable shielding performance under repeated deformation, confirming its potential as a lightweight and flexible EMI absorption platform. The combination of MXene's conductive framework and ALD-enabled conformal impedance-matching layer provides a robust strategy for achieving high-efficiency, absorption-dominant EMI shielding applicable to next-generation wearable and flexible electronic systems

Keywords: Electrospinning, fiber, core-shell, EMI shielding, composite material

P-79

중공 다공성 구조를 갖는 실리카 나노입자의 장기적 충방전 안정성에 관한 연구

이정훈, 심인보†

국민대학교
(ibshim@kookmin.ac.kr†)

에너지 저장 소자는 휴대용 전자장비를 사용할 수 있게 하는 중요한 요소이다. 그러나 최근 안정성과 관련한 문제점들이 보고되고 있다. 이를 해결하기 위하여 불연성 전해질, Fire Prevention Material에 배터리를 담그는 구조, 화재 진압 소재 개발, LiAlO2/Li2SiO3 이중 코팅, 세라믹 코팅, 활물질의 구조변환 등 다양한 해결책이 제시되고 있다. 본 연구에서는 장기 충방전 안정성을 갖는 음극재 개발을 위하여 Hollow meso porous 구조의 SiO2를 합성 후 정전기 화학적 분석을 통해 20C의 출력 이후에 약 4.3% 용량의 감소와 1000 cycle의 충방전 과정 동안 80mAh/g의 안정적인 용량 유지함과 EIS와 SEM 분석을 통하여 Hollow mesoporous 구조의 SiO2가 장기 충방전 안정성을 갖는 물질임을 확인하였다.

Keywords: Hollow porous silica nanoparticles, Lithium-ion batteries, Anode, Sol-gel

P-80

실시간 분광법과 DLTS를 통한 페로브스카이트 태양전지의 국소 할라이드 분리 및 결함 동역학 규명

전우경[1], 최항열[1], 전수웅[2], 윤요한[1†], 박지상[3], 노준홍[2†]

[1]한국항공대학교; [2]고려대학교; [3]성균관대학교
(yyoon@kau.ac.kr†, junhnoh@korea.ac.kr†)

페로브스카이트 태양전지는 높은 광흡수 계수와 긴 전하 확산 거리로 차세대 태양전지로 주목받고 있으나, 빛·열·습도와 같은 외부 요인에 의해 장기 안정성이 저하되는 문제는 여전히 해결해야 할 과제로 남아 있다. 본 연구에서는 투명 상부 전극을 도입한 소자에 대해 실시간 흡광도 분석(RTJAS)을 수행하여, 전하 추출이 가능한 활성 영역과 개방 회로 상태의 비활성 영역을 구분하고 각 영역에서 발생하는 할라이드 분리에 따른 광학적 밴드갭 변화를 관찰하였다. 그 결과, 비활성 영역에서 국부 전하 축적이 발생하여 이온 이동의 주요 원인이 됨을 확인하였다.

또한, 정공 수송층(HTL)의 종류에 따라 소자의 안정성에 뚜렷한 차이가 나타났으며, DLTS 분석을 통해 특정 결함 준위가 존재할 경우 이온 이동 장벽이 낮아져 열화가 가속화됨을 규명하였다. 반면, 다른 HTL을 적용한 경우 전하 축적 억제와 결함 완화를 통해 장기 안정성과 히스테리시스 특성이 개선되었음을 확인하였다. 이는 DFT 시뮬레이션 및 DLTS 분석 결과, 해당 HTL이 아이오딘 공공 결함과 강한 결합 에너지를 형성하여 결함을 효과적으로 억제하고, 이온 이동과 전하 축적을 방지하는 데 기여했음을 보여준다.

더 나아가, 소자를 패터닝하여 실제 모듈 환경에서의 비활성 영역(Dead area)을 모사한 결과, Dead area에서 전하 축적이 극대화되며 할라이드 분리가 더욱 뚜렷하게 나타나는 현상을 관찰하였다. 본 연구는 모듈 내 Dead area가 안정성 저하를 유발할 수 있음을 제시하며, 결함 제어를 통한 장기 안정성 확보 전략을 제안한다.

Keywords: Perovskite Solar Cell, Halide Segregation, Deep Level Transient Spectroscopy

P-81

Pyroelectric 기반 ZnO/NiO 이종접합 투명 광검출기의 응답 특성

조예빈, 김준동†

인천대학교
(joonkim@inu.ac.kr†)

Transparent ZnO/NiO heterojunction photodetectors based on the pyroelectric effect are demonstrated as promising devices that combine optical and thermal responses. Transparent photovoltaic (TPV) devices have attracted considerable attention as a next-generation energy technology that can be applied to windows of buildings and vehicles to generate electricity without requiring additional installation space. In this study, a transparent heterojunction structure (FTO/ZnO/NiO/AgNWs/ZnO) was fabricated to investigate the influence of the pyroelectric effect on photodetection performance, with the photovoltaic characteristics enabling self-operation. The device exhibited an average visible transmittance (AVT) of approximately 60.3%, and it showed clear photovoltaic operation with a relatively high photo-generated voltage (226 mV) and current density (92 A/cm2). This transparent photovoltaic device is possible to be applied for photodetector. This transparent photodetector provides the significantly high responsivity (19.511 A/W) and detectivity (1.830 1013 Jones) due to the pyroelectric effect, and it maintains high values even at low frequencies, thereby operating effectively over a wide frequency range. These results indicate that the transparent heterojunction (p-NiO/n-ZnO) device is a photovoltaic cell to provide the operation power on photodetection, and thus next-generation photoelectric devices and applications.

Keywords: 투명 태양전지(Transparent Photovoltaic), 열전 효과(Pyroelectric effect), 광전 효과(Photovoltaic effect), ZnO/NiO, 광검출기(Photodetector)

P-82

수상·수중 태양광 발전 기술 전망: FPV에서 UWPV로의 확장 가능성

고성진[1], 조승희[1], 이정현[2], 김준동[1†]

[1]인천대학교 전기공학과, [2]인천대학교 차세대에너지융합연구소(MCIFE)
(joonkim@inu.ac.kr[†])

This study examines the technological trends and commercialization potential of Floating Photovoltaics (FPVs) and Underwater Photovoltaics (UWPVs) as alternatives to overcome the site limitations of ground-mounted PVs. FPVs were classified by installation environment, with recent commercialization and large-scale deployment cases illustrating both their rapid growth and inherent constraints. UWPVs, optimized for the spectral characteristics of underwater light, can reduce reflection losses and maximize cooling benefits. Recent studies have proposed (1) a modified crystalline silicon cell with bifacial transparent electrodes and a micro-textured SiN_x antireflection coating, and (2) a wide-bandgap metal oxide–based p–p–n thin-film structure. These designs enhance short-wavelength absorption, improve scattered-light reabsorption, minimize visual impact, and increase durability in submerged conditions. This work highlights the technical potential of UWPVs, outlines challenges to commercialization, and underscores the potential of FPV–UWPV integration to expand renewable energy generation.

Keywords: 수상 태양광(Floating Photovoltaics), 수중 태양광(Underwater Photovoltaics), 투명 태양전지(Transparent Solar Cell), 광대역 밴드갭(Wide-Bandgap)

P-83

Enhanced Performance of Perovskite Solar Cells via Reactive Ion Etching Treatment of ALD-SnO_2 Electron Transport Layers

Yuna Choi, Taewoong Kim †

Konkuk University
(taewoongkim@kku.ac.kr †)

Hybrid perovskite solar cells have emerged as promising next-generation photovoltaic technology, achieving certified power conversion efficiencies exceeding 27%. To achieve such remarkable performance, electron transport layers (ETLs) in PSCs are considered one of the most crucial components.

Among various ETLs, SnO_2 formed by atomic layer deposition (ALD) has gained significant attention due to its excellent film uniformity and thickness control. Particularly, ALD carried out through the vacuum-deposition process offers superior large-area uniformity and reproducibility compared to solution processes, making it suitable for industrial production. However, inherent problems such as oxygen vacancies in ALD-SnO_2 films create various trap states and degrade the performance of PSCs. Commonly, these problems have been mitigated by inserting additional layers such as solution-based SnO_2, which, however, deteriorate the quality of large-area SnO_2 ETL films well-controlled by ALD.

In this study, we report the application of reactive ion etching (RIE) to ALD-SnO_2 ETLs for enhancing the quality of SnO_2 ETL films by mitigating their inherent problems. The RIE process, utilizing reactive radicals and directional ion bombardment, enables simultaneous chemical cleaning and physical activation in a vacuum system, thereby maximizing the optimization of SnO_2 ETL films. As a result, RIE-treated PSCs achieved a champion efficiency of 23.13% (J_{sc}: 25.09 mA/cm², V_{oc}: 1.14 V, FF: 82.3%), corresponding to a 1.4% absolute improvement compared to UV/ozone-treated devices (21.7%), and retained 92% of their initial efficiency after 30 days.

Keywords: Perovskite solar cells, Electron transport layer, Surface engineering, Atomic layer deposition, Vacuum processing

P-84

Development of a multi-functional mesoporous TiO2-based ETL via Cu-loading for high-efficiency hybrid perovskite solar cells

Ji Yoon Kim, Nasrin Siraj Lopa, Tae Woong Kim†

Konkuk University
(taewoongkim@kku.ac.kr†)

Hybrid perovskite solar cells (PSCs) have attracted significant attention as next-generation photovoltaic devices owing to their solution-processability, low fabrication cost, and high-power conversion efficiencies (PCEs). Titanium dioxide (TiO_2) is a well-known electron transport layer (ETL) for PSCs and has shown remarkable achievements. Nevertheless, the intrinsic drawbacks of TiO_2-based ETLs include low electron mobility, deep-level defects, and detrimental interfacial recombination resulting in reduced open-circuit voltage (V_{OC}), short-circuit current density (J_{SC}), and overall device performance, thereby limiting further progress. These problems highlight the necessity of ETL engineering strategies that can simultaneously improve charge transport, energy-level alignment, and interfacial stability.

In this study, we developed a multifunctional mesoporous TiO_2 (mfm-TiO_2) that retains the intrinsic advantages of conventional mesoporous TiO_2 (m-TiO_2) and allows interlayer-engineered features within a single TiO_2 layer to enhance the conventional TiO_2 ETL configuration. This strategy was achieved through Cu photodeposition, which induces a spontaneous energy gradient, enhances defect passivation, and reduces the band offset at the ETL/perovskite interface. As a result, the mfm-TiO_2 provides synergistic improvements in electron extraction and recombination suppression, while preserving the inherent advantages of the mesoporous scaffold for efficient charge separation and light harvesting.

Upon device application, the optimized mfm-TiO_2 demonstrated a V_{OC} of 1.15 V, a J_{SC} of 25.27 mA cm^{-2}, and a fill factor (FF) of 83.7%, achieving a champion PCE of 24.44%, markedly higher than the 22.69% obtained with a conventional m-TiO_2. Furthermore, the mfm-TiO_2 substantially enhanced device stability, retaining 94.6% of its initial efficiency after 2450 h under ambient dry-room conditions without encapsulation.

Overall, this work demonstrates that the multi-functional ETL engineering strategy is an effective way to overcome the inherent drawbacks of the conventional ETL while simultaneously achieving high efficiency and operational stability, thus providing a practical pathway for the commercialization of PSCs.

Keywords: Perovskite solar cells, Electron transport layer, Defect passivation, Energy-level alignment, High power conversion efficiency

P-85

Droplet-based Electricity Generators (DEGs)를 통한 직류 전력 하베스팅

김세진, 최건주, 손상현, 박일규†

서울과학기술대학교(SEOULTECH)
(pik@seoultech.ac.kr†)

고체 간의 Contact Electrification (CE)을 이용하는 Triboelectric Nanogenerators (TENGs)는 오랫동안 유망한 기계적 에너지 수확 기술로 연구되어 왔습니다. 그러나 표면 마모 및 접촉 면적 제한과 같은 본질적인 한계로 인해 장기적인 내구성과 출력 성능이 저하되었습니다. 이러한 한계를 극복하기 위해 최근 연구는 고체-액체 접촉 시스템, 특히 Droplet-based Electricity Generators (DEGs)로 변화되어왔습니다. 이 시스템은 물방울을 활용한 지속 가능한 에너지 수확 기술로서 높은 잠재력을 가지고 있습니다. 이러한 잠재력에도 불구하고, DEG의 작동 원리는 정전 유도로 설명되어 왔으며, 이는 교류 (AC) 출력만이 가능합니다. 이러한 유도 기반 메커니즘은 소자 회로를 복잡하게 할 뿐만 아니라 DEG 시스템의 출력 성능과 실제 적용성을 근본적으로 제한합니다.

본 연구에서는 전극 구성을 수정하여 새로운 DEG 구조를 제안하며, 이를 통해 정전 유도가 물방울 기반 에너지 수확의 유일한 작동 원리가 아님을 명확히 보여줍니다. 제안된 시스템은 액적 내 전하를 직접 추출하고 활용하여 안정적인 직류 (DC) 출력을 성공적으로 발생시킵니다. 또한, 도입된 두 전극의 시너지 효과를 활용하여 떨어지는 비 오는 환경에서 효율적으로 활용할 수 있는 DEG 시스템을 제안합니다. 이는 보다 넓은 환경에서 열화 없이 떨어지는 물방울에 대해 지속적인 출력을 얻을 수 있는 효과를 기대할 수 있게 합니다.

본 연구는 DEG 시스템의 고체와 액체 계면에서의 전하 동역학에 대한 새로운 통찰력을 제공합니다. 또한, DEG 시스템의 효율과 내구성을 향상시킴으로써, 본 연구는 액적 기반 에너지 수확 소자의 실용성과 기술적 성숙도를 향상시키는 데 중요한 진전을 제공하며, DEG 연구의 지속적인 발전을 시사합니다.

Keywords: Droplet-based electric nanogenerator, Direct charge utilization, Electrode configurations, Sustainable energy harvesting

P-86

Magneto-mechano-electric conversion generator via hybridizing piezoelectric and electromagnetic induction effects for IoT applications

황건태†

국립부경대학교 재료공학전공
(gthwang@pknu.ac.kr†)

A magneto-mechano-electric (MME) generator with root mean square (RMS) output exceeding 50mW is demonstrated by integration of a piezoelectric PMN-PZT single crystal and an electromagnetic induction structure to convert a gentle alternating current magnetic field into electricity to operate a high-power consumption multi-functional Internet of Things (IoT) environmental monitorings ystem. The 2nd resonance bending mode at the cantilever-type hybrid MME generator enabled much higher output power than the conventional 1st resonance mode, which is theoretically investigated by a finite element analysis. The hybridized MME generator can generate a total RMS output power of 60 mW since the output power of the piezoelectric and electromagnetic induction parts is 26.7 and 33.3 mW, respectively, by a magnetic field of 7 Oe at the 2nd harmonic bending mode. The hybrid MME generator is employed to irradiate a red laser as well as to fully charge a commercial 280 mAh Li-ion battery. Finally, a self-powered multi-functional IoT environment monitoring system is constructed by integrating the hybrid MME generator, a power management circuit, and a wireless multiple sensing modules. The remarkable output power from the hybridized MME generator enabled the continuous sensing of nine types of ambient information and subsequent transmission of the measured data to a smartphone.

Keywords: energy harvester, magneto-mechano-electric, IoT sensor

P-87

The Effect of Austenite and Ferrite Phase Fraction on the Electrochemical Properties of Ag-Coated Super Duplex Stainless Steel

Yelee Paeng[1], Shinho Kim[1], Seung Hun Lee[1], Sanghun Lee[1], Sung-bo Heo[2], Byung-Hyun Shin[3†], Yangdo Kim[1†]

[1]Department of Materials Science and Engineering, Busan 46742, Rpublic of Korea;
[2]Advanced hybrid production technology center, Korea Institute of Industrial technology, yansan-si 50623, Republic of Korea;
[3]Yeongnam Regional Center, Rpublic of Korea, Korea basic science institute, Busan 46742, Rpublic of Korea
(lemonhouse211@kbsi.re.kr†, yangdo@pusan.ac.kr†)

With the emergence of RE100 and CF100 initiatives, extensive research on materials is underway both domestically and internationally. Consequently, the demand for fuel cells is increasing, yet there is a lack of research to successfully achieve RE100 and CF100. energy storage systems (ESS) for fuel cells require management throughout their lifespan, and without the use of recyclable materials, it is difficult to achieve RE100 and CF100. Conventional battery cases are typically made of austenitic stainless steel; however, their brittleness and limited corrosion resistance make long-term use challenging. Super duplex stainless steel EN 1.4501, with its superior strength and corrosion resistance, presents itself as a promising material for ESS applications, thereby enhancing the feasibility of achieving RE100 and CF100 goals.

Therefore, this study evaluated the electrochemical behavior of EN 1.4501 after surface Ag coating, for its application in ESS. To apply EN 1.4501 to ESS, solution heat treatment was performed after casting, and the microstructure was evaluated by EBSD according to the heat treatment temperature. Subsequently, after PVD coating with 1 μm of Ag, the surface condition and electrochemical behavior were assessed. The surface condition was analyzed by FE-SEM, GDS, XRD, and 4-point probe, while electrochemical behavior was measured by Open Circuit Potential (OCP), Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS), and Potentiodynamic Polarization tests.

This study confirmed that the Ag coating layer affects the matrix microstructure of EN 1.4501 and that galvanic corrosion occurs due to the Ag coating layer. The results electrically validated the performance of EN 1.4501 and are expected to aid in the improvement of ESS.

Keywords: Phase balance, Ag coting, super duplex stainless steel, Microstructure, Electrochemical analysis

P-88

Characterization of Zinc Titanate Nanocomposites Prepared by Various Method

박태균, 김경남†

강원대학교
(knkim@kangwon.ac.kr†)

산화아연(ZnO)과 이산화티탄(TiO2)은 물리적 및 화학적 특성이 우수하며 각각 3.37eV 및 3.2eV (아나타제)의 넓은 밴드 갭을 갖는다. 산화아연(ZnO)과 이산화티탄(TiO2)의 우수한 특성이 결합된 물리 화학적 특성을 이용해 두 산화물을 결합하여 더 낳은 특성을 위한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서 Zinc Titanate 나노입자의 합성은 졸겔법과 고에너지 밀을 이용한 물리적인 합성법으로 하였다. Zinc Titanate 나노입자의 특성을 SEM, TEM, XRD, 입도분석기 등을 이용하였으며, 합성된 입자들의 열변화 과정을 TG-DTA를 이용하였다. 졸겔법 합성한 결정사의 입자크기는 수 나노미터의 구형의 입자형태를 하고 있으며, 소성전은 비결정이나 소성후에는 결정상으로 전이된 것을 볼 수 있었다. 그리고 합성된 시료를 900℃로 소성하였으며 이를 rietveld법으로 이용하여 결정상을 조사하였다. 졸겔법으로 합성한 시료는 주 결정상은 Zn2TiO4가 생성되었으며, Zn2TiO4와 Zn2Ti3O8등이 함께 소수 상들로 나타났다. 그러나 고에너지 밀을 이용하여 TiO2의 anatase상을 이용하여 합성한 경우 주 결정상은 ZnTiO3이고 소수상은 Zn2TiO4으로, TiO2의 rutile상을 이용한 경우 주 결정상은 Zn2TiO4이고 소수상은 ZnTiO3상이 각각 나타났다.

Keywords: ZnO, TiO2, Sol-Gel, Milling, Zn2TiO4, Zn2Ti3O8

P-89

Ni–Mn Based Disordered Rock-Salt Cathodes with Improved Kinetics and Voltage Stability for Lithium-Ion Batteries

Hyejin Choi[1,2], Chunjoong Kim[2], Kyojin Ku[1†]

[1]Hanbat National University; [2]Chungnam National University
(kjku@hanbat.ac.kr[†])

The lithium rich layered oxide $Li_{1.2}Ni_{0.4}Mn_{0.4}O_2$ (L-LNM244) has emerged as a promising cobalt-free cathode material for next-generation lithium-ion batteries due to its high energy density and favorable redox properties. The Ni redox buffering effect effectively suppresses the irreversible Mn redox activity and mitigates structural degradation, thereby improving voltage retention during cycling. However, the inherent layered framework is prone to asymmetric transition metal (TM) migration upon electrochemical cycling, which significantly hinders Li^+ diffusion particularly during discharge resulting in severe capacity fading at ambient temperature. To overcome these limitations, we propose a $Li_{1.2}Ni_{0.4}Mn_{0.4}O_2$ (D-LNM244) cathode with a disordered rock-salt (DRX) structure, in which cation disorder is carefully engineered to facilitate Li^+ transport and suppress TM migration. The DRX structure provides percolating lithium diffusion pathways and stabilizes the structural framework, enabling high reversible capacity and excellent voltage stability under ambient conditions. Furthermore, the D-LNM244 cathode demonstrates superior capacity retention and cycling durability compared to its layered counterpart. This research highlights the effectiveness of cation disorder engineering in lithium rich layered oxides as a viable strategy to simultaneously achieve structural integrity, high energy density, and cycling stability, providing valuable insights into the design of advanced cathode materials for next-generation lithium-ion batteries.

Keywords: Lithium ion battery, Cathode, Disordered rock-salt(DRX), Li1.2Ni0.4Mn0.4O2hyejin0080!

P-90

Reproducible Wide Bandgap Perovskites by MACl Driven Nucleation Control and Additive Volatilization

Jaehyuk Koh, Dayeon Woo, Byungha Shin †

Department of Materials Science and Engineering, KAIST, Daejeon, Korea
(byungha@kaist.ac.kr †)

All-perovskite tandem photovoltaics offer a compelling route to lightweight, low-cost, high-efficiency modules. A reproducible wide-bandgap device based on $Cs_{0.2}FA_{0.8}Pb(I_{0.6}Br_{0.4})_3$ is reported using additive-assisted crystallization control. The intrinsic rapid crystallization of this alloy produces an inhomogeneous hazy region at the buried perovskite/transport-layer interface, which translates into large device-to-device variability. Introducing 15 mol% methylammonium chloride (MACl) into the precursor slows nucleation and growth, removes the hazy motif, and yields a smooth buried interface observable through the glass/ITO superstrate. This improvement, however, initially accompanies a pronounced open-circuit voltage (V_{OC}) loss, indicating that residual MACl induces defects and elevates non-radiative recombination. Films annealed at 100°C retain excess MACl—evidenced by a brownish hue and an apparent bandgap enlargement—whereas annealing at 150°C volatilizes the additive, restores the black perovskite phase, and recovers V_{OC}. The optimized high-temperature step preserves power-conversion efficiency, improves interface quality, and markedly enhances reproducibility across devices. These results establish a simple, scalable route in which transient MACl slows crystallization to planarize the buried interface, and subsequent removal at 150°C eliminates additive-induced defects, enabling high-quality ~1.8 eV wide-bandgap perovskite solar cells suitable for tandem integration.

Keywords: perovskite, MACl, crystallization

P-91

페로브스카이트 태양전지 효율 극대화를 위한 제조공정 관련 변수 최적화 연구

박훈†, 이재민

한국과학기술정보연구원 데이터분석연구본부 기술지능연구팀
(hpark78@kisti.re.kr†)

페로브스카이트 태양전지(PSCs)는 우수한 광전 변환 효율과 저비용 제조 공정으로 인해 차세대 태양광 발전 기술로 각광받고 있다. 본 연구에서는 페로브스카이트 데이터베이스를 활용하여 머신러닝을 이용한 공정조건의 최적화에 초점을 맞추었다. 기존 연구들이 주로 단일 변수 실험을 통해 성능을 평가한 데 반해, 본 연구는 머신러닝 기법을 적용하여 페로브스카이트층, 전자전도층, 홀전도층 등의 화학적 조성, 두께, 열처리(어닐링) 조건 등 다양한 인자를 동시에 고려하였다. 이를 통해 각 매개변수가 태양전지 효율에 미치는 상대적 기여도를 정량적으로 분석하고, 효율 극대화를 위한 최적 공정조건을 예측하였다. 이러한 접근은 PSCs의 상용화에 필요한 핵심 기반 기술을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

Keywords: 태양전지, 페로브스카이트, 제조공정, 머신러닝, 최적화

P-92

Investigation of Mechanoluminescent Behavior in Eu+Dy Co-doped $SrAl_2O_4$ for Light Tracer Applications

Young Seung Choi[1], Chaeyoun Kim[1], Seoyeon Park[1], Seongju Park[1], Sung-Jin Yang[2], Ji-seong Go[2], Byungha Shin[1†]

[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology; [2]풍산방산기술연구원
(byungha@kaist.ac.kr[†])

Tracers are specialized projectiles that generate visible light from their rear, enabling shooters to track trajectories and adjust aim under low-visibility conditions such as nighttime or adverse weather. Conventional tracers rely on pyrotechnic combustion involving oxidizers, metals, and organic propellants, but this approach often causes barrel fouling and poses fire hazards. To overcome these limitations, non-combustion luminescent alternatives based on mechanoluminescence (ML) have gained attention, as they exploit the high-pressure environment created during firing. In this study, we enhance the brightness of Eu and Dy co-doped $SrAl_{10}$ ML phosphors synthesized via high-temperature solid-state reactions. Structural analysis using X-ray diffraction (XRD) and photoluminescence (PL) confirmed consistency with the standard $SrAl_{10}$ phase. The co-doped samples exhibit short-lived ML under mechanical impact as well as persistent phosphorescence after excitation. Furthermore, the ML materials can be fabricated into versatile designs using PDMS and curing agents, suggesting their applicability for next-generation tracer systems.

Keywords: 열발광 물질, MgB4O7

P-93

Exploring Thermoluminescent Characteristics and Developing Light Tracers with Na+Dy Co-doped MgB_4O_7

Chaeyoun Kim[1], Youngseung Choi[1], Seoyeon Park[1], Seongju Park[1], Sung-Jin Yang[2], Ji-seong Go[2], Byungha Shin[1†]

[1]한국과학기술원 신소재공학과; [2]풍산 방산기술연구원 직사체계팀
(byungha@kaist.ac.kr†)

Tracers are specialized projectiles designed to emit visible light from their rear, enabling shooters to track trajectories through the illumination generated by propellant combustion. This optical guidance enhances both the accuracy and response speed of the shooter and allied forces. However, conventional tracer compositions—typically comprising an oxidizer, metallic component, and organic propellant—leave combustion residues that can contaminate the barrel and increase the risk of firearm malfunction during extended operation. To overcome these limitations, there is growing interest in non-combustion luminescent alternatives, particularly thermoluminescent (TL) materials that exploit the thermal energy of propellant gases. Since projectile discharge subjects these materials to extreme thermal and mechanical stresses, effective strategies for protecting and firmly attaching the TL material to the bullet are essential. In this study, Dy–Na co-doped MgB_4O_7 TL phosphors were synthesized via a solid-state reaction method, and their luminescent performance and integration into projectiles were systematically investigated. X-ray diffraction analysis verified that the synthesized samples preserved the crystal structure of standard MgB_4O_7. By optimizing the Dy:Na doping ratio and gamma-ray irradiation dose, the co-doped MgB_4O_7 phosphors achieved a maximum luminance of 370 cd/m^2 at 500 °C, as measured with a luminance colorimeter. Furthermore, the TL powders could be compacted with KBr under high pressure, enabling their integration into diverse projectile types. To facilitate practical application without modifying the bullet's geometry, a novel container was engineered to securely encapsulate the TL material.

Keywords: Tracer, Thermoluminescence

P-94

일방향 관측가능 예광탄을 위한 기계발광 $SrAl_2O_4$:Eu의 심층 트랩 도핑

박서연[1], 김채연[1], 최영승[1], 박성주[1], 신병하[1†], 양성진[2], 고지성[2]

[1]한국과학기술원 신소재공학과; [2]풍산 방산기술연구원 직사체계팀
(byungha@kaist.ac.kr[†])

Conventional pyrotechnic tracers contaminate barrels and pose fire risks. To replace combustion, this work explores OWL tracer rounds powered by mechanoluminescent $SrAl_2O_4$:Eu in which deep traps are introduced by rareearth codoping (Dy, Ho, Nd). Codoping lowers PLQY but markedly enhances charge storage: Eu+Dy and Eu+Dy+Ho retain carriers and exhibit thermally stimulated emission after brief UV charging followed by up to two months of dark storage. A lighttight freefall steelball dropimpact setup evaluates PDMS- or transparent-epoxy-bound pellets; mechanoluminescence intensity increases with impact energy, and Eu+Dy+Ho outperforms Eu+Dy both immediately after UV charging and after 2day dark storage. Ongoing work calibrates spectra/images to luminance.

Keywords: Deep-trap doping, OWL tracer rounds, Green light

P-95

Poly(sulfobetaine Methacrylate) 적용 연료극 촉매층을 통한 저습도 환경 PEMFC 성능 향상

이덕현†

국립경국대학교
(dulee@gknu.ac.kr†)

고분자전해질 연료전지(PEMFC)의 상용화를 위한 핵심 과제는 시스템의 복잡성과 비용을 야기하는 외부 가습장치를 배제하고, 저습도 환경에서도 높은 성능과 내구성을 확보하는 데 있다. 본 연구는 이러한 기술적 한계를 극복하고자, 우수한 수분 보유 능력과 양성자 전도 특성을 지닌 양극성 이온 고분자인 poly(sulfobetaine methacrylate, pSBMA)를 연료극 촉매층에 도입하는 전략을 제시하고 그 효과를 체계적으로 규명하였다. 연구를 위해 침전 중합법으로 pSBMA를 합성하였으며, 이를 상용 Pt/C 촉매와 혼합하여 pSBMA가 균일하게 분포된 연료극 촉매층을 제작하였다. 제작된 pSBMA 기반 연료극은 19%의 낮은 상대습도(RH) 조건에서 8.8 mS cm^{-1}의 높은 이온전도도를 나타냈다. 또한, 해당 연료극을 적용한 단위전지는 동일한 저습도 운전 환경에서 0.6 V 기준 0.59 A cm^{-2}의 우수한 전류 밀도를 달성하였다. 이는 pSBMA가 촉매층 내에서 생성된 물을 효과적으로 포집하여 자가 가습(self-humidification)을 구현했음을 입증하는 결과이다. 더불어, 75시간의 장기 내구성 평가에서도 초기 성능의 98% 이상을 유지하며 뛰어난 구조적, 화학적 안정성을 확인하였다. 결론적으로, 본 연구 결과는 양쪽성 이온 고분자를 연료극 촉매층에 적용하는 설계가 외부 가습 의존도를 낮추고 저가습/무가습 PEMFC 시스템의 성능, 효율 및 내구성을 향상시키는 핵심적인 차세대 전략이 될 수 있음을 제시하였다. 이는 보다 간결하고 경제적이며 신뢰성 높은 연료전지 시스템 개발에 중요한 기술적 기반을 제공한다

Keywords: 고분자전해질 연료전지, 양쪽성 이온 고분자, 저습도, 자가 가습, 연료극 촉매층, 이온전도도

P-96

그래디언트 다층 촉매 구조를 이용한 고성능 고분자전해질 연료전지

이덕현†

국립경국대학교
(dulee@gknu.ac.kr†)

고분자전해질 연료전지(PEMFC)의 상용화는 성능 향상과 생산 비용 절감에 달려 있다. 핵심 구성요소인 촉매층(CL)은 성능과 비용을 결정하는 주요 인자이나, 일반적인 균일 단일 촉매층 구조는 높은 전기화학적 활성과 효율적인 물질 전달을 동시에 달성하는 데 구조적 한계를 나타낸다. 또한, 촉매층의 주요 소재인 백금(Pt)과 나피온 이오노머의 높은 가격은 시스템 전체 비용 상승의 핵심 요인으로 작용한다. 본 연구에서는 이러한 한계를 극복하기 위해, 촉매층 내부에 의도적인 조성 구배를 형성하는 그래디언트 다층 구조를 제안하였다. 이 설계의 핵심은 촉매층을 기능적으로 분리된 다수의 층으로 구성하여 각 층의 역할을 최적화하는 것이다. 구체적으로, 고분자 전해질막에 인접한 층에는 이오노머 함량을 높여 양성자 전도성을 향상시키고, 가스확산층(GDL)에 인접한 층에는 백금 촉매 함량을 높여 산소환원반응(ORR) 활성을 극대화하였다. 제안된 다층 구조의 효과를 검증하기 위해, 기준이 되는 단일층 구조와 그래디언트가 적용된 3층 및 5층 구조의 막전극접합체(MEA)를 제작하여 성능을 비교 평가하였다. 평가 결과, 층의 수가 증가할수록 백금 입자의 분산성이 향상되어 전기화학적 활성 면적(ECSA)이 증가하는 경향이 확인되었다. 결과적으로 5층 구조에서 가장 우수한 단위 전지 성능이 관찰되었으며, 이는 그래디언트 구조 설계가 성능 향상에 효과적으로 기여함을 입증한다. 결론적으로 본 연구 결과는 그래디언트 다층 촉매 설계가 고가의 소재를 효율적으로 재배치하여 PEMFC의 성능을 극대화할 수 있는 혁신적인 전략임을 시사한다. 이 접근법은 제한된 촉매 사용으로 최대의 성능을 확보함과 동시에 물질 전달 저항을 최소화함으로써 비용 효율성을 높일 수 있다. 따라서 본 연구에서 제안된 설계는 향후 고성능, 저비용 PEMFC 개발에 중요한 기술적 기반을 제공할 것으로 기대된다.

Keywords: 그레디언트 촉매, 막전극접합체, 고분자전해질 연료전지, 고성능, 고내구성

P-97

SiC 표면에 그래핀을 코팅하기 위한 바이오 매스 열분해 공정 연구

원유빈[1], 허준[2], 윤혁준[2], 이다운[1], 함유정[1], 최순목[1†]

[1]한국기술교육대학교 에너지신소재화학공학부; [2]한국기술교육대학교 일반 대학원 에너지신소재공학과
(smchoi@koreatech.ac.kr†)

실리콘 카바이드(SiC)는 우수한 기계적 강도, 높은 열전도도, 그리고 가혹한 환경에서의 전기화학적 안정성을 바탕으로 고온 전력소자와 내열 구조재 등에서 폭넓게 활용된다. 그러나 금속 전극/지지체 대비 상대적으로 낮은 전기전도성은 응용 확장에 한계로 작용하며, 이에 대한 표면 전도 경로의 정교한 설계가 요구된다. 본 연구에서는 바이오매스의 열분해 과정에서 발생하는 다양한 탄화수소 가스를 이용하여, Tube furnace에서 SiC 표면 위에 그래핀을 직접 증착하는 저단가 그래핀 증착 공정을 제안하였다. 공정 변수(열처리 온도, 가스 조성 및 유량, 체류 시간, 승·냉각 속도 등)를 체계적으로 제어하여 그래핀 층수와 결함을 최적화하고, 균일 코팅과 계면 접합의 재현성을 확보하고자 하였다. 제조된 SiC–graphene 복합체는 위해 XRD (X-ray Diffraction), TEM (Transmission Electron Microscope), FE-SEM(Field Emission Scanning Electron Microscope), RAMAN(Raman Spectroscopy), XPS(X-ray Photoelectron Spectroscopy)을 사용하여 분석하였다. 본 연구는 바이오매스 열분해를 활용한 간단한 열처리 기반 증착만으로 SiC의 전기적 한계를 보완할 수 있음을 보여주며, 공정–미세구조–특성 간 연계를 바탕으로 그래핀 층수·결함도 맞춤 설계의 가능성을 제시한다. 제안된 SiC–graphene 합성 전략은 고온 동작 소자, 내열·내식 센서, 전기화학 환경용 구조체 등 다양한 응용 분야로의 확장이 기대된다.

Keywords: Graphene (그래핀), Silicon carbide(SiC), Bio-mass (폐자원), Defect (결함), Deposition (증착)

P-98

Ethanol-Assisted Growth of α-MnO2 Nanorods for High-Performance Aqueous Zinc-Ion Batteries

Shital Sadashiv Bachankar, Taeksoo Ji †

Department of Intelligent Electronics and Computer Engineering, Chonnam National University, Gwangju, 61186, South Korea
(tji@chonnam.ac.kr †)

Aqueous zinc-ion batteries (AZIBs) have gained significant attention owing to their high energy density, environmental friendliness, non-toxicity, and cost-effectiveness. However, the poor rate capability of α-MnO2 remains a major obstacle to their practical application. In this work, α-MnO2 nanorods were synthesized via a facile one-step chemical bath deposition method, and the role of MnSO4 additive in ZnSO4 electrolyte was systematically investigated. The incorporation of $MnSO_4$ markedly enhanced the charge storage capacity of the MnO2 cathode, with performance improvement saturating at ~0.7 M MnSO4. As a result, the MnO2//Zn battery delivered a high specific capacity of 431 mAh g−1 at 3 A g−1, along with excellent cycling stability, maintaining negligible capacity decay over 500 cycles at 6 A g −1. The simple and scalable synthesis route highlights the potential of α-MnO2 nanorods for large-scale fabrication and their promising application in pouch-cell-based energy storage systems.

Keywords: α-MnO2, Aqueous zinc-ion battery, Electrochemical properties

P-99

Heterostructure and Fe-Doping synergy in Ni2P catalyst for energy efficient Urea-Assisted water splitting.

Jadhav Ruturaj Vyankatrao, Jin Hyeok Kim †

Optoelectronics Convergence Research Center and Department of Materials Science and Engineering,
Chonnam National University, Gwangju,South Korea.
(jinhyeok@chonnam.ac.kr †)

Developing efficient and low-cost electrocatalysts for overall water splitting remains a major challenge due to the sluggish kinetics of the oxygen evolution reaction (OER). Replacing OER with the urea oxidation reaction (UOR) offers a thermodynamically favorable alternative, reducing the required potential from 1.23 V to 0.37 V and enabling energy-efficient hydrogen production. In this study, we report the heterostructure modulation of Ni_2P catalysts through Fe doping, derived from Ni $(OH)_2$ precursors via a phosphidation route. The resulting Ni_2P/Fe_2P/NF heterostructures exhibit a unique 3D nanoflower morphology with abundant pores, well-defined heterointerfaces, and oxygen vacancies. These structural features synergistically enhance electrochemical performance by providing a large electrochemically active surface area (ECSA), accelerated charge transfer, optimized binding of reaction intermediates, and highly active catalytic hotspots. Electrochemical tests reveal that the Ni_2P/Fe_2P/NF catalyst delivers superior UOR activity with a remarkably low overpotential, significantly outperforming its OER performance. Moreover, the catalyst demonstrates excellent bifunctionality, driving both the hydrogen evolution reaction (HER) and UOR with high stability. This study highlights the importance of heterostructure engineering and defect modulation in transition metal phosphides and establishes Ni_2P/Fe_2P/NF as a promising non-precious catalyst for sustainable hydrogen generation via urea-assisted overall water splitting.

Keywords: Ni2P/Fe2P Heterostructure, Nanoflowers, Bifunctional electrocatalyst, Urea oxidation, Hydrogen evolution reaction, water splitting, Green hydrogen.

P-100

Machine Learning Identification of Surface and Bulk Compositional Descriptors Governing Kesterite Solar Cell Performance

이상훈, 김양도†, 김신호, 이승훈

School of Materials Science and Engineering, Pusan National University, Busan 46241, Republic of Korea
(yangdo@pusan.ac.kr†)

Ge-incorporated Kesterite ($Cu_2Zn(Sn_{1-x}Ge_x)Se_4$, CZTGSe) is a sustainable alternative to $Cu(In,Ga)Se_2$ (CIGS) owing to its earth-abundant and non-toxic constituents, yet its development is limited by a persistent open-circuit voltage (Voc) deficit. To overcome this issue, we analyzed the feature importance of compositional descriptors and clarified their roles in governing device performance. In this work, we compiled a comprehensive database by linking bulk and surface compositions obtained from electron probe microanalysis (EPMA) with device parameters of kesterite solar cells. Machine learning models, including Random Forest, Gradient Boosting, LightGBM, and XGBoost, combined with Shapley Additive Explanations (SHAP) analysis, were employed to evaluate feature importance. The results show that Voc and power conversion efficiency (PCE) are dominantly governed by surface composition, particularly Cu/(II+IV) and Ge/IV ratios, while Jsc and FF are primarily determined by bulk composition. These findings provide quantitative evidence that surface compositional control is a decisive lever to mitigate the Voc deficit and enhance efficiency. Our study highlights the necessity of integrating surface engineering with bulk optimization to advance kesterite photovoltaics toward higher performance.

Keywords: Kesterite, Voc deficit, Surface composition, Bulk composition, Machine learning, Photovoltaics

P-101

전기화학적 이산화탄소 환원 촉진을 위한 주석 기반 금속 유기골격체의 비정질화 조건 최적화

김하연[1], 정시우[1], 고예서[1], 서지연[2†]

[1]Korea Science Academy of KAIST; [2]Department of Nano Fusion Technology, Pusan National University, Busan, Korea
(j-y.seo@pusan.ac.kr†)

지구온난화의 가장 큰 원인 중 하나는 이산화탄소 농도 증가이며, 이를 저감하기 위해 이산화탄소를 전기화학적으로 환원하여 폼산과 같은 유용한 화합물로 전환하는 촉매 개발이 주목받고 있다. 이러한 촉매의 대표적인 물질은 금속유기골격체(Metal-Organic Framework, MOF)이다. MOF는 금속과 리간드의 배위 결합으로 이루어진 다공성 구조체로, 넓은 표면적과 금속과 리간드의 종류에 따라 모폴로지와 촉매활성도를 조절할 수 있다는점에서 촉매 분야에서 활발히 연구되고 있다. 본 연구에서는 일반적으로 알려진 기존의 결정성 Sn-MOF 촉매 대신, 더 높은 촉매 활성 부위를 가지는 비정질 Sn-MOF를 이산화탄소 환원 촉매로 사용하여 성능을 향상시키고자 하였다. 이를 위해 어닐링 온도와 인듐(In) 첨가 유무를 조절해 MOF의 결정성에 변화를 주었다. 금속염의 경우 염화제일주석 2수화물(SnCl2·2H2O) 와 질산인듐(III) 수화물(In(NO3)3·xH2O)를, 리간드는 벤젠-1,4-다이카복실산(BDC)를, 용매는 증류수를 사용하여 수열합성기로 합성하였다. 합성된 MOF는 X선 회절 분석기(XRD), 퓨리에 변환 적외선 분광기(FT-IR), 주사전자현미경(SEM), 투과전자현미경(TEM)으로 MOF의 성공적인 합성을 확인하였다. 열중량 분석기(TGA)를 이용하여 어닐링 온도 범위를 설정하였고 결함 부위는 X선 광전 자 분광기(XPS)를 이용하여 확인하였다. 전기화학적 성능은 전위 가변기(Potentiostat)를 이용한 선형 주사 전압-전류법(LSV), 순환 전압-전류법(CV), 전기화학 임피던스 분 광법(EIS)을 이용해 평가하였다. 최종적으로, 생성된 폼산은 고성능 액체 크로마토그래피(HPLC) 분석으로 검출하여 보고하고자 한다.

Keywords: Metal-Organic Frameworks (MOFs), Electrochemical CO2 Reduction, Electrocatalyst, Amorphization, Bimetallic MOFs

P-102

도핑 프리커서 조절에 의한 질소 도핑 사이트 제어된 에너지 저장 전극 구조 설계

김정연, 장하나, 안효진†

서울과학기술대학교 신소재공학과
(hjahn@seoultech.ac.kr†)

화석연료 고갈 및 에너지 소비량의 증가로 인해 가속화되는 지구온난화 완화를 위해 리튬이온전지, 전기화학 커패시터 및 바나듐레독스흐름전지 등과 같이 지속 가능한 에너지 저장 소자의 중요성이 증가하고 있다. 일반적으로, 에너지 저장 소자는 전극 (음극 및 양극), 전해질 및 분리막으로 구성되어 있으며, 전극은 집전체, 활물질, 도전재 및 바인더로 이루어져 있다. 전극 활물질과 전해질 계면에서 이온이 이동하며 에너지를 저장 및 방출하는 메커니즘으로 인해, 전극 활물질은 에너지 저장 소자의 급속 충전 및 방전, 용량, 수명 등에 영향을 미치는 중요한 요소로 여겨진다. 대부분의 선행 연구들은 활물질의 비표면적 향상 및 이종 원소 도핑을 통한 성능 향상에 대해 집중하고 있지만, 질소 도핑 사이트에 따른 전하 이동 촉진 효과에 대해서는 미비한 상황이다.

본 연구에서는 에너지 저장 전극으로 적용하기 위해 바이오매스 기반 탄소를 활물질로 적용하였으며, 도핑 프리커서 종류에 따른 질소 도핑 사이트를 제어하였다. 이를 에너지 저장 전극에 적용하였고, 우수한 전기화학 성능 향상을 나타냈다.

Keywords: doping precursor, nitrogen doping sites, ultrafast energy storage electrode, electrochemical performance

P-103

전자구조 조절을 통한 전이 금속 기반 촉매의 AEM 수전해 성능 향상 연구

이승훈[1], 김양도[2†], 박유세[3]

[1]부산대학교 재료공학과; [2]부산대학교 재료공학부; [3]부산대학교 나노에너지공학과
(yangdo@pusan.ac.kr[†])

수소는 높은 에너지 밀도와 지속가능성을 지닌 차세대 에너지 운반체로 주목받으며, 물 전기분해는 이를 생산하기 위한 효율적이고 탄소 중립적인 기술로 부상하고 있다. 경제적인 수소 생산을 위해서는 전이 금속 기반 전극 촉매의 성능 향상이 핵심적 과제이다. 본 연구에서는 전자구조 조절을 통한 촉매의 활성 향상 전략을 제시하였다. 전자구조 변화는 반응 개시 전위를 낮추고 반응 활성 장벽을 완화하여 전기화학적 성능을 크게 향상시켰으며, 장시간 구동 조건에서도 탁월한 안정성을 유지하였다. 이러한 결과는 귀금속을 대체할 수 있는 전이 금속 기반 촉매 개발의 유망한 전략으로 작용하며, 차세대 음이온 교환막 수전해 시스템 구현에 기여할 수 있음을 보여준다.

Keywords: 음이온교환막수전해, 촉매, 수전해, 전극

P-104

Co/Zn 이종 금속기반 ZIF-drived porous Co@NC를 이용한 수전해 촉매 연구

윤수현[1], 안철현[1†], 김영우[1], 표준연[2], 조은빈[1]

[1]국립 강릉원주대학교 세라믹신소재 전공; [2]국립 강릉원주대학교 재료공학과
(chahn@gwnu.ac.kr[†])

수소 생산 단가를 낮추기 위해서는, 높은 에너지 효율과 경제성을 갖춘 전극 개발이 필요하다. 수전해에서 산소 발생 반응(OER)은 수소 발생 반응(HER)보다 더 높은 과전압이 요구되어 고효율 촉매 개발이 필요하다. 현재 PtO2, IrO2등의 희귀 금속 기반 촉매는 우수한 활성을 보이지만, 높은 비용과 산소 발생 반응 중 용해되는 문제를 가지고 있어 이를 대체할 수 있는 수전해 촉매 기술의 개발이 요구된다. 본 연구에서는 전이 금속 중 OER촉매로 활용 가능한 Cobalt기반 촉매 개발을 위해, 비표면적 제어 연구를 수행하였다 다공성 Cobalt 기반 촉매 합성을 위해 다공성의Zeolitic imidazolate framework(ZIF)을 활용하였으며 비표면적을 제어하기 위해 Co-Zn 이종 금속기반 ZIF를 합성하여 희생 탬플릿으로 Zn을 사용하였다. 열분해 공정을 통해 CoZn 이종 금속 기반 ZIF는 Cobalt nano particle embedded nitrogen-depoed carbon framework(Co@NC)로 합성하였다. Co-Zn의 비율에 따른 Co@NC의 형상 구조 변화 및 OER 촉매 특성과의 연관성을 분석하였다.

Keywords: 금속 유기물 구조체, 촉매, 수전해

P-105

고온 열전모듈용 이종 금속 접합을 위한 Ni-Sn계 전이액상소결 페이스트 설계

함유정, 이경호, 윤혁준, 원유빈, 문소연, 최순목†

한국기술교육대학교 에너지신소재화학공학과
(smchoi@koreatech.ac.kr†)

이번 연구는 고온 열전모듈용 이종 금속 접합을 위한 Ni–Sn 기반 전이액상소결(Transient Liquid Phase Sintering, TLPS) 페이스트 설계에 대하여 조사하였다. 열전 소자가 복잡한 형상을 갖는 경우 균일한 압력 적용이 어려운 문제를 해결하기 위해 무압력 TLPS 공정을 개발하였다. 페이스트의 성능을 평가하기 위하여 열전 모듈의 전극 구조를 단순화한 Ni–Ni 및 Cu–Ni 금속 접합을 접합 평가 방법을 확립하였다. Ni_3Sn_4의 화학양론적 조성에 해당하는 43Ni–57Sn 페이스트로 접합한 접합부의 인장 강도는 기대치에 미치지 못하여 기계적 강도에 대한 분석을 기반으로 Sn을 과잉 첨가한 새로운 TLPS 페이스트(30Ni–70Sn)를 설계하였다. 그 결과, Ni–Ni 및 Cu–Ni 접합부의 인장 강도는 각각 29.08 kgf/cm²와 14.49 kgf/cm²로, 기존 대비 각각 1.81배 및 3.5배 향상되었다. 이러한 결과는 Sn 과잉 조성을 적용한 TLPS 페이스트가 견고한 금속간화합물(IMC) 층의 형성을 촉진하여 무압력 TLPS 접합의 인장 강도를 효과적으로 향상시킴을 보여준다.

Keywords: 고온열전모듈, 무압력 접합, 전이액상소결, 전이액상소결, Ni-Sn TLPS, 이종금속접합

P-106

하이브리드형 고체산화물연료전지를 위한 펠렛형 연료극 개발 연구

김영우[1], 표준연[2], 안철현[1,2†]

[1]국립강릉원주대학교 신소재·생명공학부 세라믹신소재전공; [2]국립강릉원주대학교 재료공학과
(chahn@gwnu.ac.kr†)

지속되는 기후위기와 화석연료 의존은 저탄소 · 고효율 에너지 변환 기술의 도입을 요구한다. 이 가운데 고체산화물연료전지는 연료 다변성, 높은 전기화학 효율 측면에서 유력한 대안이다.[1] 그 중 박막형 고체산화물연료전지는 고체산화물연료전지의 작동 온도를 낮추기 위한 전략으로 주목 받고 있지만, 다공성과 거친 지지체의 표면과 스퍼터링 시 발생하는 음영 효과 때문에 핀홀이 없는 박막 전해질을 형성하는 데 어려움이 있다.[2] 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하고자 단축 프레스 공정을 통해 펠렛 기반 연료극을 채택하여 하이브리드 구조를 구현하고, 특히 펠렛 연료극의 형상학적 미세구조 구조를 기공률, 삼상경계(TPB) 길이와 표면 거칠기 등을 성형압, 분말 조성, 소결 온도 및 시간을 변수로 정밀 제어하였다.

References

[1] 하주연. “중·저온형 고체산화물 연료전지용 PrBaCo2-xCuxO5+δ 공기극 소재의 전기화학적 특성과 열적안정성 연구.” 국내박사학위논문 부산대학교, 2022. 부산

[2] Park, Chan-ho, et al. “Development of robust YSZ thin-film electrolyte by RF sputtering and anode support design for stable IT-SOFC.” *Ceramics International* 49.20 (2023): 32953-32961.

Keywords: 고체산화물연료전지, 하이브리드 전지, 연료극, 스퍼터링, 전해질

P-107

Strategic Approach to Stabilizing High-Nickel Cathodes via Electron-Donating PECA Coating for High-Voltage Lithium Metal Batteries

윤시현[1], 김유상[1], 김연상[1,2,3†]

[1]Department of Chemical and Biological Engineering, Seoul National University;
[2]Program in Nano Science and Technology, Graduate School of Convergence Science and Technology, Seoul National University;
[3]Advanced Institute of Convergence Technology, Republic of Korea
(younskim@snu.ac.kr[†])

The demand for electric vehicle (EV) lithium-ion batteries continues to rise for achieving sustainability in response to climate change. According to the U.S. Department of Energy, automotive batteries must achieve an energy density of 350 Wh/kg at the cell level for competitiveness. Lithium metal batteries are considered promising candidate for achieving high energy density, as lithium metal anode exhibits an exceptionally high theoretical capacity. However, the practical use of Li-metal batteries is hindered by the instability of high-nickel cathodes, which undergo abrupt phase transitions and structural distortion, resulting in poor electrochemical stability at high voltage. Herein, we propose a strategic approach to stabilize highly oxidized transition metal and lattice oxygen by utilizing an electron-donating functional coating at $LiNi_{0.9}Co_{0.5}Mn_{0.5}O_2$ (NCM955) interface. During high-voltage charging, electron-deficient transition metals withdraw electron density from lattice oxygen, and lattice oxygen itself undergoes direct oxidation, leading to a highly reactive interface and severe structural degradation. Our *in situ*-formed poly(ethyl 2-cyanoacrylate) (PECA) coating layer serves not only as a ductile physical barrier but also as an electron-rich interfacial environment through its ester and nitrile groups. These functionalities donate electron density to mitigate interfacial instability induced by oxidized species. The PECA-coated NCM955 cathode, paired with a lithium metal anode, delivered a high discharge capacity of 210 mAh/g at 0.1 C and retained 72 % of its initial capacity after 100 cycles at 0.5 C. Furthermore, the coated cathode exhibited excellent cycling stability at 46.5 °C, demonstrating its practicality for EV batteries typically operating between 40–50 °C. These results present a new strategy for enhancing the stability of Li-metal batteries under high-voltage conditions, offering insights for the development of next-generation EV batteries.

Keywords: Li metal battery, high nickel cathode, Li(Ni0.9Co0.05Mn0.05)O2, cycling stability, energy density

P-108

전착법을 활용한 조성제어된 Co-Fe Oxyhydroxide 촉매의 물분해 특성 분석

표준연[1], 조은빈[2], 안철현[1,2†]

[1]강릉원주대학교 재료공학과; [2]강릉원주대학교 신소재·생명화학공학부 세라믹신소재전공
(chahn@gwnu.ac.kr†)

수소에너지는 청정 에너지전환에 대한 핵심으로 주목받고 있고, 다양한 수소 생성 방법 중 물분해 반응을 통한 수소 생성은 친환경적 접근으로 주목받고 있다. 물분해 반응은 Oxygen Evolution Reaction(OER)과 Hydrogen Evolution Reaction(HER)의 낮은 효율을 극복하기 위한 촉매개발이 필수적이다. 특히, OER용 촉매개발은 전체 반응 셀의 속도에 큰 영향을 주고 있어, 느린 반응속도와 큰 과전압을 줄일 수 있는 촉매 개발이 요구된다[1]. 더욱이, 기존 OER 촉매는 희귀금속 기반 PtO_2, IrO_2등의 촉매를 활용하고 있지만 이를 대체할 수 있는 촉매개발이 활발히 이루어지고 있다. 다양한 OER 촉매 후보군 중에, 전이금속 Co와 Fe는 물분해 과정 중 생성되는 수산화물 계열 화합물(CoOOH, FeOOH)에 의해 산소 발생 활성 중심으로 작용하여 높은 효율이 보고되고 있다[2]. 본 연구에서 Nickel foam 위에 시간대전류법(chrono-amperometry)을 이용하여 다양한 비율에 따라 전기화학 증착을 통해 다양한 비율의 Co_x-Fe_y를 합성하였고, 비율에 따른 형상 변화 및 촉매 성능평가를 진행하였다.

Keywords: OER촉매, 전착법, 수산화물, 시간대전류법

P-109

전기화학 에너지소자의 기공구조 구현을 위한 증착공정 연구

원일호, 최우찬, 이동건, 구본율†

국립강릉원주대학교 신소재·생명화학공학부 세라믹신소재공학전공
(brkoo@gwnu.ac.kr†)

탄소중립은 대기 중 이산화탄소의 배출량과 흡수량이 균형을 이루어 순배출량을 0에 도달하는 것을 목표로 에너지 전환, 산업 저탄소화, 에너지 효율 등 다양한 기술 혁신 전략을 추진하고 있다. 에너지전환 및 효율 부분에서는 전기화학 반응을 통해 전기에너지로 에너지를 저장하거나, 수소와 산소를 연료로 에너지를 생성하고 부산물로 친환경적인 물을 생성시키는 기술들이 미래 에너지원으로 각광받고 있다. 이러한 전기화학 에너지소자는 구성 재료 간 계면에서 발생하는 이온 및 전자의 이동 특성이 소자 성능을 결정하며, 전극의 기공구조는 전하 전달 면적을 증가시켜 전기화학 반응성을 높이고 반응 공간 확보를 통해 장기적인 안정성을 확보하는데 중요한 역할을 한다. 하지만 일반적으로 전극과 활성물질의 접착력 확보를 위해 압착 공정으로 인해 기공구조 구현이 제한되거나 기공구조 형성을 위해 기공형성제로 탄소물질을 사용 시 응집으로 인해 불균일 기공구조가 형성되어 안정적인 성능 확보가 어려운 경우가 있다. 따라서 본 연구에서는 기공구조를 단일 증착공정으로 구현하는 기술을 제시하고, 기공구조가 형성하는 메커니즘과 기공구조 특성에 따른 전기화학 반응 거동을 규명하였다.

Keywords: 탄소중립, 증착공정, 기공구조, 전기화학 반응, 에너지 소자

P-110

Microwrinkled Carbon Nanotube Sheets Inspired by Gastric Folds for Multidirectional Biomechanical Energy Harvesting

권순성[1,2], 오성재[1], 김현지[1,2], 김시형[1†]

[1]한국생산기술원 인간중심생산기술연구소; [2]한양대학교 HYU-KITECH 공동학과
(shk@kitech.re.kr[†])

Biomechanical energy from visceral organ motion is abundant but most chemo-mechanical harvesters are too stiff and one-dimensional. We introduce a gastric fold–inspired microwrinkled carbon nanotube sheet harvester (MCSH) designed to match tissue softness and capture multidirectional strain. Eight-ply CNT sheets were laminated on prestrained silicone to create conformal microwrinkles; prestrain and electrolyte were optimized, and electromechanical responses were probed by cyclic voltammetry, linear sweep, potential of zero charge, and in-situ Raman while applying uniaxial, biaxial, and rotating strains. The device operates through a relaxoionic mechanism in which stretching unfolds wrinkles, increases accessible surface, and promotes anion adsorption, producing measurable voltage and current in physiologic media (0.1 M HCl, PBS). The MCSH shows an elastic modulus ≈44 kPa, retains conductivity to 150% strain, and yields open-circuit voltages of ~8–12 mV with power densities up to ~0.78 W kg^{-1}, remaining stable over >1,000 cycles. In a perfused stomach model, the conformally attached MCSH tracked volume-induced expansion, with OCV rising from ~7.6 to ~10.5 mV as inflow increased from 300 to 500 mL. These results demonstrate a soft, conformal, and orientation-agnostic energy harvester that converts organ-scale motions into electrical signals without impeding mechanics. The findings suggest practical routes to autonomous power and real-time mechano-physiologic sensing for wearables and implantables, complementing tribo- and piezoelectric strategies while aligning device mechanics and anisotropy with those of real tissues.

Keywords: Microwrinkles, Carbon nanotube sheets, Energy harvesting, Multidirectional, Gastric-inspired, Organ motion

P-111

Hierarchical Interface Optimization for Stable Lithium Metal/Inorganic Solid Electrolyte Interfaces with a p-type TeO_2 Interlayer

윤예지[1], 김유상[1], 김연상[1,2,3†]

[1]Department of Chemical and Biological Engineering, Seoul National University;
[2]Program in Nano Science and Technology, Graduate School of Convergence Science and Technology, Seoul National University;
[3]Advanced Institute of Convergence Technology, Republic of Korea
(younskim@snu.ac.kr[†])

All-solid-state lithium metal batteries (ASSLMBs) with inorganic solid-state electrolytes (ISEs) are promising due to superior safety, high energy density, and wide operating temperature range. However, the electron injection from Li metal into the ISEs can threaten the safety of the ASSLMBs by causing internal short circuits. Specifically, the electron injection occurs when the conduction band minimum (CBM) of the ISEs is lower than the Li/Li^+ redox potential. Although LLZO has a higher CBM than the Li/Li^+ redox potential, additional surface states having relatively lower CBM than the Li/Li^+ redox potential can appear due to unnecessary surface defects. The trapped electrons in these surface defects can reduce Li-ions, induce Li-dendrite within the ISEs, and provoke internal short circuits. In this study, we suppressed electron injection by engineering the band-structure, introducing a p-type TeO_2 interlayer at the Li/LLZO interface via thermal evaporation. At the Li/TeO_2 interface, fermi-level alignment with the low-work-function Li metal forms a rectifying Schottky barrier. Furthermore, at the TeO_2/LLZO interface, holes in the p-type TeO_2 recombine with electrons associated with the surface defect states of LLZO, generating an interfacial depletion (space-charge) region that acts as an energy barrier to electron transport. Consequently, the TeO_2 interlayer establishes sequential interfacial barriers at both contacts—Li/TeO_2 and TeO_2/LLZO. Additionally, the TeO_2 interlayer exhibits improved Li-wettability than pristine LLZO, enhancing interfacial contact. The electrochemical impedance spectroscopy of Li-symmetrical cells revealed a significant reduction in interfacial resistance from 2150 Ω to 98 Ω after introducing the TeO_2 interlayer, indicating enhanced interfacial contact. We also performed critical current density (CCD) tests in Li-symmetrical cells to evaluate the Li-dendrite suppression capability. Introducing a TeO_2 interlayer increased the CCD from 0.25 mA cm^{-2}(for pristine LLZO) to 0.85 mA cm^{-2} at room temperature. These findings demonstrate that interface engineering via the introduction of a p-type TeO_2 interlayer effectively suppresses electron injection from the Li metal anode, thereby preventing Li-dendrite and enhancing electrochemical performance in ASSLMBs.

Keywords: Interface engineering, Lithium dendrite suppression, Band structure, Tellurium dioxide interlayer

P-112

Unveiling Water-Motion Driven Ionovoltaic Mechanism in Organic Semiconductor and its Performance Enhancement through Carrier Density Modulation

박진연, 김연상†

Department of Chemical and Biological Engineering, Seoul National University
(younskim@snu.ac.kr†)

Water-motion driven ionovoltaic energy harvesting has recently attracted increasing attention as a sustainable energy source. Although extensive efforts have been devoted to exploring efficient active materials, investigations employing organic semiconductors remain insufficient. Organic semiconductors, however, offer distinct advantages including flexibility, scalability, and facile chemical tunability of their semiconducting properties. A deeper understanding of the ionovoltaic mechanism in these materials is required to fully exploit their semiconducting properties for performance enhancement and to broaden their applicability. Herein, we demonstrate an ionovoltaic device based on the polymeric organic semiconductor, polyaniline (PANI), generating a voltage of 0.42V and current of 60 μA. The ionovoltaic mechanism in organic semiconductors is elucidated with carrier density identified as a decisive factor through systematic doping and de-doping of PANI. Notably, negligible electricity is observed upon de-doping, while higher doping levels markedly amplify performance. Furthermore, we proposed a pH sensor as a representative device application. This work not only establishes ionovoltaic mechanism in organic semiconductors but also provides valuable insights into carrier dynamics thereby offering a strategy for performance optimization and extended applicability.

Keywords: Ionovoltaic Energy Generation, Organic Semiconductor, Solid-Liquid Interface, Carrier Density Modulation

P-113

Solvent-Phobic Matrix to Protect Lithiophilic Seeds for Highly Reversible Anode-Free Lithium Metal Batteries

최원준[1], 김유상[1], 김연상[1,2,3†]

[1]Department of Chemical and Biological Engineering, Seoul National University;
[2]Program in Nano Science and Technology, Graduate School of Covergence Science and Technology, Seoul National University;
[3]Advanced Institute of Convergence Technology, Republic of Korea
(younskim@snu.ac.kr[†])

Anode-free lithium metal batteries (AFLMBs), which derive all their lithium sources only from cathodes, are considered as a promising approach to realize the extremely high energy density (3860 mAh g^{-1}). However, AFLMBs suffer irregular formation and collapse of lithium dendrites that can result in irreversible capacity loss and inferior cycling stability. Constructing lithiophilic seeds on current collectors has been regarded as one of the most effective strategies to lower the nucleation barrier and promote uniform lithium deposition. However, the more disclosed surface of seed layers can accelerate side reactions between lithium metal and electrolyte, form undesirable solvent-derived solid electrolyte interphase (SEI), and consequently provoke severe capacity loss during the initial charge-discharge processes. Herein, we have demonstrated the effectiveness of solvent-phobic graphene oxide (FGO) matrix on ag seeds in preventing undesirable side reactions attributed to electrolyte solvents. The graphene oxide matrix functionalized with 1H, 1H, 2H, 2H-Perfluorooctyltriethoxysilane (PFOTES) has precluded the initial capacity fading issue through prevention of the solvent-derived SEI and the in-situ generation of highly stable anion-derived inorganic-rich SEI. In addition to the contact angle measurements and cyclic voltammetry (CV) proving the solvent-phobic nature of FGO, Time-Of-Flight Secondary Ion Mass Spectrometry (TOF-SIMS) has confirmed the reduced solvent decomposition and formation of anion-derived inorganic-rich SEI. Benefiting from the synergetic effects of Ag nucleation seeds and the solvent-phobic matrix, FGO-Ag@Cu half cells exhibit the highest cycling stability (≈98.8% CE over 85 cycles) at a current density of 1 $mAcm^{-2}$ (1 $mAhcm^{-2}$) and the full cells also have the highest capacity retention rate of 78% at 0.5C after 125 cycles. The findings here will advance the commercialization of AFLMBs by providing new insights into the inorganic-rich SEI design.

Keywords: solvent-phobic matrix, solid electrolyte interphase, SEI, anion-derived, inorganic-rich SEI

P-114

NiSSe on Ni Foam Synthesized by Electrodeposition-CVD for Supercapacitor Electrodes

조석진[1], 서형탁[1,2†]

[1]Department of Energy Systems Research, Ajou University, Suwon, 16499, Republic of Korea;
[2]Department of Materials Science and Engineering, Ajou University, Suwon, 16499, Republic of Korea
(hseo@ajou.ac.kr†)

Transition-metal chalcogenides serve as attractive supercapacitor electrodes due to their exceptional conductivity and numerous electroactive sites. In alkaline electrolytes, NiS_xSe_{1-x} exhibits pseudocapacitance dominated by surface Ni redox reactions; the addition of Se improves conductivity and decreases R_{ct}, enabling a more rapid rate response. We establish a straightforward two-step procedure on nickel foam: (i) Electrodeposition of an Ni-S layer, followed by (ii) chemical vapor deposition (CVD) selenization to partially substitute sulfur with selenium, resulting in NiS_xSe_{1-x}. XRD and XPS verify the presence of both sulfur and selenium and the concomitant evolution of phase and chemical state, consistent with NiS_xSe_{1-x} formation. Electrochemical assessments in 1 M KOH utilizing a three-electrode configuration demonstrate cyclic voltammetry characterized by distinct redox peaks and elevated current density, affirming battery-type pseudocapacitive behavior. From galvanostatic charge–discharge, the NiS_xSe_{1-x} on Ni foam electrode delivers a specific capacity of 172 mAh g^{-1} at 3 A g^{-1}. Electrochemical impedance spectroscopy reveals low solution (R_s) and charge-transfer (R_{ct}) resistances. These observations substantiate faradaic pseudocapacitance with efficient charge transfer, positioning NiS_xSe_{1-x} on Ni foam as a promising electrode for supercapacitors.

Keywords: Supercapacitor, NiSxSe1-x, Nickel foam, Electrodeposition, CVD

P-115

SrCo1-xRuxO3-d 페로브스카이트 촉매 합성 및 암모니아 분해 성능 평가

김영무[1], 정준희[2], 김동하[1], 권병완[2†], 최선우[1†]

[1]강원대학교 기능소재공학과; [2]강원대학교 에너지화학공학과
(bwkwon@kangwon.ac.kr[†], csw0427@kangwon.ac.kr[†])

수소를 효율적인 에너지원으로 사용하기 위해, 액화가 용이하고 수소 저장 밀도가 높은 암모니아가 주목받고 있다. 하지만, 암모니아를 분해하여 수소를 생산하는 과정은 고온에서 진행되기 때문에 촉매가 필수적이다. 현재 가장 우수한 활성을 보이는 Ru 기반 촉매는 가격이 매우 높아, 이를 대체하거나 Ru 사용량을 줄일 수 있는 비용 효율적인 촉매에 대한 다양한 연구가 진행 중이다. 그 중 페로브스카이트는 열적 안정성, 조합의 다양성 및 산소 빈자리를 통한 촉매 반응 촉진 등의 장점을 가지고 있어 비용 효율적인 암모니아 분해 촉매 개발을 위한 이상적인 플랫폼으로 주목받고 있다. 본 연구에선 $SrCo_{1-x}Ru_xO_{1-d}$ 페로브스카이트형 촉매를 합성하여 Ru 함량과 합성 온도가 암모니아 분해 활성에 미치는 영향을 체계적으로 분석하였다. PVA를 이용한 용액 기반 합성법을 이용하여 Ru 도핑 함량(0.5~5 mol%)과 후열처리 온도(800~1000°C)에 따라 다양한 페로브스카이트형 촉매를 합성하였으며, 합성된 촉매의 구조적 특성과 암모니아 분해 성능을 평가하였다. 합성된 촉매의 Ru 함량이 3 mol%이하 일 때는 암모니아 분해 성능 향상이 나타나지 않았지만, 5 mol%의 Ru이 포함된 촉매의 경우 뚜렷한 암모니아 분해 성능 향상을 보였다. 특히, 900°C에서 합성된 5 mol% Ru이 포함된 촉매는 550°C 반응 온도에서 90% 이상의 높은 암모니아 분해 성능을 보였다. 이는 최적 함량의 Ru 도핑이 페로브스카이트형 촉매의 활성점 향상에 기여하며 구조적 안정제 역할을 하고 있음을 보여준다.

Keywords: 암모니아 분해, 촉매, 페로브스카이트, SrCoO3, Ru 도핑

P-116

Enhancement of electricity generation from water-graphene interactions through the use of ferroelectric materials

Yunsu Jang, Hyun S. Kum†

Solid State Convergence Laboratory, School of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University
(hkum@yonsei.ac.kr†)

Ultra-low-power IoT and wearables demand self-powered operation. A robust interface-level harvester is needed because many approaches lose efficiency under everyday conditions and fail under mechanical stress. Photovoltaics drop in output under indoor light and often rely on brittle transparent conductors. Thermoelectrics struggle when the available temperature gradient is small. Triboelectric and piezoelectric devices are humidity sensitive and can degrade with repeated contact. Prior droplet-based generators also lack durable flexible electrodes and their response weakens when the transducer has a high density of states. We address this gap with a graphene–water interface that converts droplet motion into voltage through interfacial charge storage. Graphene is chosen because its low density of states near the Dirac point gives low quantum capacitance Cq and a large potential response to small interfacial-charge changes, while its transparency, flexibility, crack resistance, atomically smooth surface, and tunable work function outperform ultrathin metals. The mechanism is as follows. An electrical double layer forms at the interface and provides pseudocapacitance. When a droplet translates, charging at the leading edge and discharging at the trailing edge create a dynamic capacitance asymmetry. Substrate dipoles, for example in poled $LiNbO_3$, concentrate interfacial ions and raise stored charge. The substrate field and dielectric properties then set the output voltage. The devices were prepared via simple transfer and baking with graphene transferred to a dielectric substrate, Ag-paste end electrodes with Cu leads cured by baking, and final encapsulation with PDMS. KPFM measurements show that graphene on poled $LiNbO_3$ exhibits a larger surface potential than on SiO_2. Poling redistributes graphene's delocalized π-electrons and increases the absolute surface potential. Electrical characterization was performed using KPFM together with probe-station/oscilloscope voltage measurements. In voltage tests, the poled substrate recruits more ions into the droplet, enhancing pseudocapacitance and boosting Vout. The output scales with droplet speed and size as well as ionic concentration, and remains stable across repeated measurements. The output waveform follows the droplet-velocity profile, consistent with EDL-limited charging. Series-connecting multiple droplet cells stacks the voltage to exceed an LED's forward bias. We demonstrate EDL-driven pseudocapacitance combined with droplet motion converting mechanical translation into electrical output on graphene. Graphene's low density of states and low quantum capacitance amplify interfacial potential changes compared with ultrathin metals. Poled $LiNbO_3$ concentrates interfacial ions, increases surface potential, and boosts Vout. A simple four-step flow with PDMS encapsulation yields robust devices with consistent performance across repeated measurements. Output scales with droplet speed, droplet size, and ionic concentration, and series connection drives an LED with basic power management.These results establish a practical, scalable pathway to compact, self-powered electronics for sensing and display applications.

Keywords: Graphene, Energy harvesting, Water droplet (motion), Graphene–water interface, Electrical double layer (EDL), Pseudocapacitance, $LiNbO_3$, Kelvin probe force microscopy (KPFM), Power device (integration/LED driving)

P-117

Fabrication of Quasi-Solid-State Electrolytes using Polymer/Ceramic Composite on PE Separator for Li-ion Batteries

김종식, 박형록, 장덕례†

한국생산기술연구원
(drchang@kitech.re.kr†)

Polymer–ceramic composite separators have emerged as promising candidates for improving the electrochemical performance and safety of lithium-ion batteries. In this study, polyethylene (PE) separators were coated with a slurry consisting of poly(vinylidene fluoride-co-hexafluoropropylene) (PVDF-HFP) and varying amounts of alumina (Al_2O_3) nanoparticles (0, 15, 50, and 70 wt%). The resulting composite separators were investigated in terms of their structural and electrochemical properties. Notably, the separator containing 15 wt% Al_2O_3 exhibited the highest discharge capacity, indicating an optimal balance between ionic conductivity, interfacial stability, and mechanical reinforcement. In contrast, excessive Al_2O_3 loadings (50 and 70 wt%) led to reduced performance due to particle agglomeration and hindered ion transport. These results demonstrate that a controlled incorporation of ceramic nanoparticles into PVDF-HFP slurry can effectively enhance the functionality of PE-based separators. And we expect that these strategy have the potential for next-generation lithium-ion batteries.

Keywords: Li-ion Batteries, QSSE, Quasi-Solid-State Electrolytes

P-118

이차전지 건식 전극용 변성 폴리프로필렌계 바인더 소재 개발

김대인, 윤승호†

(주)투에이취켐
(ysh@twohchem.com†)

전기자동차, ESS, E-모빌리티 시장이 급속도로 성장함에 따라 이차전지는 현재 가장 중요한 관련기술 중 하나로써 크게 주목받고 있으며 특히 건식 전극 개발을 위한 다양한 연구가 이루어지고 있다. 기존의 습식 전극을 대체하는 건식 전극은 친환경적이고, 제조 비용절감, 높은 에너지 밀도 등 다양한 장점을 가지고 있으며, 이러한 건식 전극은 용매를 사용하지 않고 활물질과 바인더 등을 고체 파우더 형태로 혼합한 후, 열과 압력을 가해 전극 필름을 만드는 친환경적이고 에너지 효율적인 제조 기술로 소개되고 있다. 최근 건식 전극의 바인더 소재로 폴리올레핀을 미세 분말화하여 이를 건식공정의 파우더 바인더로 응용하는 연구가 주목받고 있다.

본 연구에서는 건식 전극의 바인더 소재로써 내열성, 기계적 강도, 내약품성이 띄어난 폴리프로필렌을 기반으로 평균입자크기 8㎛ 수준의 미세 파우더 바인더 소재 개발 연구를 수행하였다. 폴리프로필렌 파우더 바인더는 건식 전극의 필름화 과정에서 필름 가공성, 내열성 등은 우수한 반면 비극성 표면특성 때문에 분산성, 결합력이 부족한 단점이 있다. 본 연구에서는 비극성의 폴리프로필렌 수지에 극성기를 도입하기 위하여 반응압출법으로 무수말레인산 변성 폴리프로필렌 수지를 제조하였으며, 결정화공법을 포함하는 화학적 분쇄법으로 8㎛ 입자크기를 갖는 미세 파우더 바인더 연구를 수행하였다.

Keywords: 이차전지, 건식전극, 바인더, 폴리프로필렌, 극성기

P-119

Tolerant glycerol electrooxidation on PtBi derived from photoactive BiOI nanosheets

이학현, 최지훈, 조형균†

성균관대학교 신소재공학과
(chohk@skku.edu†)

Pt-based electrocatalysts for the glycerol oxidation reaction (GOR) are prone to rapid deactivation under oxidizing conditions, which undermines durability. To overcome this limitation, bimetallic PtBi using BiOI as a photoactive intermediate is developed, enabling uniform photoelectrodeposition of Pt. The resulting nanostructured PtBi is obtained by electrochemical reduction of a Pt/BiOI precursor followed by an activation step, yielding GOR-active catalysts. Abundant Bi sites in the alloy mitigate Pt poisoning and promote OH− adsorption, thereby enhancing the intrinsic activity of Pt sites. Consequently, PtBi delivers a low GOR onset potential and a high mass activity of 13.35 A mg_{Pt}^{-1} at 0.85 V_{RHE} in alkaline electrolyte. ^{1}H NMR product analysis verifies glycolate and formate formation without interference from the hydrogen evolution reaction, enabling operation in a membrane-free two-electrode configuration. In situ electrochemical impedance spectroscopy further indicates accelerated GOR kinetics and improved resistance to Pt deactivation compared with conventional Pt/C. Overall, this work outlines a PtBi architecture that achieves durable, high mass-activity Pt-based catalysis for GOR.

Keywords: PtBi, BiOI, glycerol oxidation, hydrogen

P-120

Lithium ion batteries for improving cycle stability using Silicon anode with polymer-ceramic composite thin film as protective layer

유건웅, 박형록†, 장덕례†

Gwangju Research Center, Korea Institute of Industrial Technology, Gwangju 61012, Republic of Korea
(hr812711@kitech.re.kr†, drchang@kitech.re.kr†)

Graphite anodes, widely used in current lithium-ion batteries (LIBs), are limited by a theoretical capacity of 372 mAh g^{-1}. In contrast, silicon offers a much higher theoretical capacity of approximately 3,579 mAh g^{-1}, making it a promising candidate for next-generation anode materials. However, silicon anodes suffer from severe volume expansion during lithiation/delithiation, leading to structural degradation and capacity fading. To address these challenges, a composite protective layer of PVDF-HFP/Al_2O_3 was applied to the surface of the silicon electrode. The coated electrode exhibited enhanced cycling stability, confirming the effectiveness of the protective layer. Furthermore, the porous structure and surface properties of the composite coating improved electrolyte wettability and penetration, contributing to long-term cycle performance. These results demonstrate that polymer–ceramic composite coatings can be an effective strategy to improve the structural integrity and practical viability of high-capacity silicon anodes for advanced LIB applications.

Keywords: Silicon anode, Polymer–ceramic composite, Protective coating, Cycle stability

P-121

알루미늄 이온전지의 Fluorobenzene 전해질 첨가제 및 황화물계 양극재에 따른 전기화학적 특성 연구

윤창성[1], 최유송[1,2†]

[1]과학기술연합대학원대학교; [2]국방과학연구소
(richpine87@gmail.com†)

알루미늄은 풍부한 자원, 낮은 원가, 그리고 높은 이론 용량(2.98 Ah g^{-1})을 바탕으로 차세대 전지 음극 소재로 주목받고 있다. 그러나 알루미늄 기반 전지는 전해질 부식, 계면 불안정성, 전극 반응의 비가역성 등으로 인해 안정적 사이클 성능 확보에 어려움이 존재한다. 특히 황 기반 양극을 적용한 알루미늄–황 전지의 경우 높은 에너지 밀도를 기대할 수 있으나, 반응 부산물 용해에 따른 성능 저하 문제가 여전히 해결 과제로 남아 있다.

본 연구에서는 이러한 한계를 극복하기 위해 전해질과 양극 설계에 변화를 주어 성능 향상을 모색하였다. 양극은 SPAN(Sulfurized polyacrylonitrile)을, 전해질은 기존 [EMIm]Cl–$AlCl_3$에 FB(fluorobenzene)를 적용하여 기존 알루미늄 전지와 비교한 황 고정화 및 전기화학적 반응 안정성을 검토하였다. 이를 통해 알루미늄–황 전지의 구조적·화학적 한계 극복을 위한 조성·구조 설계 전략의 가능성을 확인하고자 한다.

Keywords: Al-S battery, [EMIm]Cl−$AlCl_3$, Fluorobenzene, Sulfurized polyacrylonitrile

P-122

전도성 탄소복합체 기반 프라이머를 이용한 양극 성능 최적화

이혜주, 윤태영†

한국전자기술연구원
(yty521@keti.re.kr†)

최근 리튬이온 배터리의 고에너지밀도 구현을 위해 활물질 함량 증가가 요구되고 있으며, 이에 따라 프라이머의 고성능화 기술이 주목받고 있다.

본 연구는 카본블랙, MWCNT 등을 다차원 결합한 탄소복합체 기반 프라이머를 분석하고 셀 평가를 진행하였다. 특히 탄소 기반의 프라이머를 통해, 금속 집전체와 활물질의 접착력을 강화시켜 양극 활물질의 양을 늘림으로써 배터리 성능을 향상시켰다.

분산안정도 및 제타전위분석을 통해 우수한 분산성을 확인하였으며, SEM을 통해 전극 계면 형성을 확인하였다. 또한 프라이머 코팅층이 적용된 집전체에 따른 이차전지 셀 평가 결과, 활물질 함량을 94%까지 증가시켜도 셀 수명 안정성이 향상됨을 확인하였다. 이러한 프라이머 용액의 기술 개발은 고용량 이차전지 상용화에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

Keywords: Primer, 수명 안정성, 배터리, 양극 활물질

P-123

열적 산화 처리된 MWCNT 기반 양극 도전용 분산액 연구

김상민, 양우석†

한국전자기술연구원
(wsyang@keti.re.kr†)

리튬이온 배터리의 고에너지 밀도 구현을 위해 양극의 활물질 함량을 높이는 방향으로 연구가 활발히 진행되고 있다. 이에 따라 도전재와 바인더의 함량이 제한되어 전극 내 전도성 저하 및 구조적 불안정성이 발생하는 문제가 있다. 이에 본 연구에서는 전도성이 우수하고 구조적 네트워크 형성이 가능한 다중벽 탄소나노튜브(MWCNT)를 적용하였다. 그러나 MWCNT는 높은 응집력으로 인해 NMP 기반 슬러리 내 균일한 분산이 어렵고, 이는 고농도 슬러리 제조와 전극 내 전도성 네트워크 형성에 제약이 된다. 이러한 문제를 개선하기 위해서, MWCNT에 열적 산화 처리를 적용하여 표면에 극성 작용기를 도입하고, 물리적 분산 공정을 병행하였다. XPS 분석, 점도 및 입도 측정, SEM, 면저항 평가를 통해 열적 산화 처리된 MWCNT의 분산성이 향상된 것을 확인하였다. 이를 적용한 고함량 활물질 양극 전극의 셀 성능 평가를 진행하였다.

Keywords: MWCNT, 산화, 분산, 양극 도전재

P-124

가정용 전자레인지를 이용한 다양한 금속 및 금속 산화물 - 1차원 탄소 복합 소재 합성 및 전기 촉매 응용

진해원[1], 김성구[2†], 이재근[2]

[1]한남대학교 공과대학 나노반도체공학과; [2]한남대학교 공과대학 화공신소재공학과
(starkme@hnu.kr[†])

화석연료에 대한 의존도를 줄이고, 지속 가능한 에너지원의 중요도가 높아짐에 따라 이를 위한 전기화학공정에서 공정의 반응 속도를 높이고, 효율을 극대화하는 전기 촉매 개발의 필요성이 대두되고 있다. 특히, 수소는 연소 시 물만 배출하는 청정 에너지원으로, 수소를 생산하는 유망한 방법인 수소 발생 반응(HER)의 효율을 결정하는 것이 촉매의 성능이다. 현재까지 가장 효율적인 HER 촉매는 백금(Pt)으로, Pt는 HER에 대한 활성이 매우 뛰어나지만 비용과 희소성이 높은 단점이 있다. 이러한 단점을 해결하기 위해서 금속 함량이 낮고, 동시에 금속 활용도가 높은 촉매의 개발이 필요하다. 본 연구는 household microwave를 활용한 microwave-assisted synthesis를 통해 다양한 금속 및 금속 산화물 나노 입자를 one-dimensional nano carbon structure(1D-NCS)에 증착해, Me/MeO_x-NCS를 제작한다. 본 연구 공정은 별도의 전처리 과정 없이, 1분 이내의 짧은 시간 안에 금속 및 금속 산화물 나노 입자를 1D-NCS에 증착 할 수 있는 장점을 가진다. 따라서 기존 공정의 복잡한 전처리 과정을 생략하며, NCS의 낮은 결함 농도를 유지해 촉매의 전기화학적 특성 및 성능의 극대화가 가능하다. 더 나아가 수소 발생 반응(HER) 촉매 전극으로 사용되는 백금(Pt)를 이용한 Pt-NCS을 제작하여, 전기촉매적 특성 및 성능을 시중에 판매되고 있는 Pt/C와 비교 분석을 진행했다. Pt-NCS는 18.7 wt.%의 낮은 Pt 함량에도 불구하고, -34.4 mV의 과전압을 나타낸다. 이는, 상용화된 20, 40 wt.% Pt/C 촉매의 과전압 -67 mV, -40 mV vs. RHE 보다 현저히 낮다. 그리고 Pt-NCS의 tafel slope은 30.7 mV dec^{-1}으로, 20, 40 wt.% Pt/C(32.8 mV dec^{-1}, 36.3 mV dec^{-1})보다 낮으므로, Pt-NCS의 더 낮은 Pt 함량임에도 불구하고 우수한 전기촉매적 성능을 확인했다. 결론적으로, 본 연구에서 제시된 공정 방법은 고품질의 Me/MeO_x-NCS를 간단하고 빠르게 합성하며, 나노 탄소 구조체에 나노 입자가 안정적으로 증착하여, 상용화된 촉매에 비해 우수한 전기적 특성과 전기촉매적 성능을 갖는 것을 증명했다. 따라서 본 연구의 공정과 공정을 통해 합성한 전기 촉매는 우수한 전기 촉매 성능을 나타내어 다양한 전기화학 응용 분야에 적용 가능한 매우 유망한 공정이다.

Keywords: Microwave, electrocatalyst, carbon composite, dimensional hybrid

P-125

Sb-Doped Cu_2O Thin Films as Sustainable Charge-Inducing Layers for Flutter-Driven Triboelectric Nanogenerators

Shenawar Ali Khan, Raut Akash Prakash, More Akash Bharat, Hye Jin Jo, Sung Woon Cho †

Department of Advanced Components and Materials Engineering, Sunchon National University
(swcho@scnu.ac.kr †)

Flutter-driven triboelectric nanogenerators (TENGs) have emerged as an innovative architecture for capturing scattered and low-speed plentiful wind energy. However, their practical applicability is often constrained by the usage of conventional fluoropolymer-based triboelectric layers like PTFE, that pose challenges with fabrication, environmental concerns, device durability and charge decay.

To address these constraints, we suggest using antimony (Sb)-doped cuprous oxide (Cu_2O) thin films as a sustainable and efficient charge-inducing material. Metal oxide semiconductors, with their modular band structure, high dielectric permittivity, and chemical resilience, provide distinct benefits for reliable energy conversion in flutter-driven applications. Sb-doped Cu_2O thin films were produced via low-temperature electrodeposition, resulting in smooth surface morphology, columnar crystal formation, and improved charge retention. Optimized Sb incorporation (0.75 mol%) enhanced crystallinity and photocurrent density to ~5.2 mA cm^{-2}. Integrated into a flutter-based TENG, the Sb-doped Cu_2O layer generated an open-circuit voltage of ~40 V and a short-circuit current of ~412 nA. The system effectively powered LEDs and charged capacitors under low-speed wind stimulation, proving its potential for powering tiny electronics in outdoor and wearable applications. This work emphasizes the undiscovered triboelectric potential of metal oxide semiconductors. Sb-doped Cu_2O provides a sustainable substitute for conventional charge inducing layers in next-generation flutter-driven TENGs for self-powered systems.

Keywords: Flutter-driven TENG, Sb-doped Cu_2O, Metal oxide semiconductors, Wind energy harvesting

P-126

Elucidating the Impact of Impurities on Lithium-ion Battery Performance via ICP-based Reliability Assessment

박재성(Jaesoung Park)†

구미전자정보기술원(Gumi Electronic and Information Technology Research Institute(GERI))
(jspark@geri.re.kr†)

Next-generation lithium-ion batteries must simultaneously achieve high energy density and long-term safety. However, performance degradation and safety risks are often not solely attributable to structural defects but instead stem from trace impurities present in the raw materials. Fe and Cu can deposit as conductive metallic phases on electrode surfaces, accelerating irreversible side reactions during cycling, while Pb and Bi contribute to the inhomogeneous growth of the solid–electrolyte interphase (SEI), leading to increased interfacial resistance and shortened lifetime. Thus, impurities act as hidden yet decisive factors in determining battery reliability, underscoring the need for highly precise analytical techniques.

This work employed ICP-OES and ICP-MS to quantify impurity levels in electrode materials, electrolytes, and separators down to the sub-ppb range. A compact methodology involving optimized acid digestion and matrix matching minimized spectral interferences and enhanced accuracy.

The study successfully distinguished impurity profiles between commercial-grade and high-purity synthesized materials. Spike recovery experiments confirmed 95–104% recovery rates, ensuring the reliability of quantification. Furthermore, repeated measurements demonstrated excellent stability with RSD values below 2%. These findings highlight that ICP-based impurity analysis not only enables sensitive and accurate quantification but also serves as a reliability evaluation tool for identifying degradation mechanisms, predicting cycle life, and ensuring safety in lithium-ion batteries. As such, it provides a critical framework for impurity control and quality standards in the battery industry.

Keywords: Lithium-ion battery, ICP analysis, impurity effects, electrode degradation, SEI stability, reliability assessment

P-127

Precision and Recovery Validation of ICP-based Impurity Analysis for Lithium-ion Battery Materials

박재성(Jaesoung Park)†

구미전자정보기술원(Gumi Electronic and Information Technology Research Institute(GERI))
(jspark@geri.re.kr†)

The lithium-ion battery industry has become a cornerstone technology in the global transition toward renewable energy and sustainable mobility. However, the performance, cycle life, and safety of lithium-ion batteries are not determined solely by design or structural innovations. The purity of raw materials plays a decisive role. Even trace amounts of metallic impurities such as Fe, Cu, Pb, and Bi—at concentrations below ppm levels—can catalyze parasitic reactions at the electrode–electrolyte interface, trigger the precipitation of conductive species, and ultimately lead to capacity fading, increased interfacial resistance, and compromised thermal stability. Therefore, accurate impurity detection and management are essential for reliable large-scale battery production.

In this study, inductively coupled plasma spectrometry (ICP-OES and ICP-MS) was applied to quantify impurities in battery-grade raw materials. A streamlined sample preparation approach using acid digestion and dilution was adopted to ensure reproducibility and efficiency.

The analysis revealed trace levels of Fe, Cu, Na, S, and Si in commercial lithium carbonate samples, while Cd, Ni, and Pb remained below the detection limit. The reliability of the method was validated by spike recovery tests at 50 μg/L, yielding recoveries in the range of 95–104%, and by long-term stability tests where relative standard deviations (RSD) were maintained below 2%. These results demonstrate that ICP-based impurity analysis provides the accuracy and robustness required for quality assurance (QA) and quality control (QC) in the lithium-ion battery supply chain. Importantly, the method establishes a foundation for standardized impurity monitoring, which is indispensable for advancing the safety and reliability of next-generation batteries.

Keywords: Lithium-ion battery, ICP-OES, ICP-MS, impurity analysis, recovery, quality control

P-128

Facile synthesis of reduced graphene oxide with stable dispersibility to fabricate silicon composite anodes for Lithium-ion Batteries

박효원, 윤태영†

한국전자기술연구원
(yty521@keti.re.kr†)

Reduced graphene is being utilized in various industrial applications, such as displays and batteries, and many studies have been conducted to inhibit the restacking of graphene, which is inherently derived from the reduction of graphene oxide. In this study, an ultra-stable reduced graphene oxide (rGO) solution with a single-layer structure was reliably fabricated using a specific dispersant. The dispersion mechanism between rGO and the dispersant was interpreted based on the surface charge, which was effectively sustained through hydrogen bonding. The prepared dispersion maintained excellent stability even at a high concentration of approximately 9.48 mg/mL. Utilizing this highly stable inhibited restacking solution, a conformal and uniform coating on the silicon surface was successfully achieved via a spray drying process. The resulting silicon–graphene composite exhibited a high initial coulombic efficiency of 69.72% and excellent cycling stability of 69.31% after 100 cycles, confirming its potential to enhance the performance of lithium-ion battery active materials.

Keywords: Reduced graphene oxide, Dispersibility, lithium-ion battery

P-129

실리콘 음극재 성능 향상을 위한 고전도성 2차원 나노소재(MXene) 표면 코팅 연구

김승희, 윤태영†

한국전자기술연구원
(yty521@keti.re.kr†)

최근 전기자동차나 에너지 저장시스템(ESS)용 배터리 시장이 주목받으면서 더 높은 에너지 밀도가 필요하게 되었다. 때문에 이를 충족하기 위해 고용량의 실리콘 소재에 대한 연구가 진행되고 있다. 실리콘 음극재의 경우, 낮은 전기전도성으로 인해 표면 전도성 코팅 기술이 매우 중요하다. 본 연구에서는 기존 탄소 코팅과 달리 높은 전기전도성을 가진 MXene sheet를 습식 코팅 방식을 제안한다. SEM, XRD, XPS 분석을 통해 SiO에 MXene이 코팅된 것을 확인하였다. MXene의 코팅이 셀의 성능에 미치는 영향에 대해 수명 성능 및 EIS 측정을 통해 전기화학적으로 성능이 개선되었음을 확인하였다.

Keywords: MXene coating, Silicon monoxide, Anode, Lithium ion battery

P-130

In Situ Porphyrin-Assisted Interfacial Engineering for High-Performance and Durable Perovskite Solar Cells with Electrochromic Integration

Haoran Zhou, Hoon Kang, Sungmin Oh, Tae Hoon Park, Sung Ho Kang†, Yekyung Kim†

Advanced Institute of Convergence Technology
(beondo@snu.ac.kr†, yekyung@snu.ac.kr†)

In this study, we present an approach to boost both the efficiency and durability of perovskite solar cells (PSCs) by introducing a rationally tailored free-base porphyrin compound into the antisolvent during film fabrication. Acting as an interfacial agent, the porphyrin additive mitigates surface defects and promotes superior crystallinity within the perovskite layer. These combined improvements suppress nonradiative recombination and enhance charge transport, enabling a high power conversion efficiency (PCE) of 24.95 % and long-term stability, with the devices preserving 93.9 % of their initial performance after 1440 hours under ambient conditions. Building upon current progress in interfacial engineering, this work advances the field by embedding porphyrin-based molecules directly into the antisolvent, ensuring uniform coverage at the key interfaces. Such an in situ strategy provides a flexible route toward fabricating efficient and stable PSCs. Furthermore, integration of these solar cells with electrochromic devices (ECDs) demonstrates controllable optical modulation. The combined system achieves a transparency variation of 38.57 % between forward and reverse operations, underscoring its potential for multifunctional technologies including smart window applications.

Acknowledgment

This work was provided by the Korea Planning & Evaluation Institute of Industrial Technology (KEIT) (RS-2024-00417909) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea). This research was also supported by the Advanced Institute of Convergence Technology (25AI006).

Keywords: Porphyrin derivative, Anti-solvent, Passivation, Perovskite solar cells, Electrochromic devices

P-131

Rational Design Strategy of Co-self-assembled Monolayers for High-efficiency and Stable Inverted Perovskite Solar Cells

Sung Ho Kang†, Haoran Zhou, Hoon Kang, Yekyung Kim, Sungmin Oh, Tae Hoon Park

Advanced Institute of Convergence Technology, Seoul National University
(beondo@snu.ac.kr†)

Inverted perovskite solar cells (pin PSCs) are a promising route toward scalable photovoltaics, coupling high efficiency with manufacturing compatibility. While selfassembled monolayers (SAMs) and interface passivation have driven rapid progress, rational coSAM design remains insufficiently explored, limiting further improvements in performance and durability. Here, a hybrid buriedinterface SAM is engineered by coassembling MeO2PACz with a phenothiazinebased series (PTZ1, PTZ2, PTZ3) to tune heterojunction energetics and interfacial microstructure. The MeO2PACz/PTZ2 coassembly forms a denser, more uniform interface that suppresses leakage pathways and mitigates degradation under ambient exposure. Devices incorporating this interface deliver a PCE of 24.01% and retain 90.6% of their initial efficiency after 2160 h in air. These results demonstrate that coassembled SAMs provide a versatile platform for precision interface control in inverted PSCs and offer molecular design guidelines for nextgeneration highefficiency, longlived devices. (This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (Grant number: 2022R1F1A1062840) also This work was supported by the Technology Innovation Program (No. 20021828) funded By the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea))

Keywords: Selfassembled monolayer, perovskite solar cells, buried interface, phenothiazine derivatives

P-132

비조사 지르코늄 합금 피복관의 내압피로 성능 시험

홍석우†, 장정남, 김성근, 김도식

한국원자력연구원
(hongsw@kaeri.re.kr†)

원자력 발전에서 사용되는 핵연료는 크게 소결체 및 소결체를 가두는 피복관으로 이루어져 있다. 이 중 피복관은 핵분열 물질들이 냉각수로 유입되는 것을 1차적으로 막아주는 일종의 격납용기로 볼 수 있다. 이러한 핵연료 피복관은 원자로 운전 중 반복적인 출력 변동과 열 및 기계적 하중에 노출되며, 이러한 조건은 피로 손상을 축적시켜 건전성 저하를 유발한다. 특히 최근 이슈가 되고 있는 소형모듈원자로(SMR)는 부하 추종 운전으로 인한 출력 변동이 더욱 빈번할 것으로 예상되어 핵연료 피복관의 내압피로 성능 평가가 더욱 중요하다. 본 연구에서는 내압피로시험 장치를 이용해 고온에서 지르코늄 합금 피복관의 내압피로 성능을 평가하였다. 시험 결과, 시편 중간 부분에서 문제없이 파단되었으며, 내압 증가에 따라 수명이 감소하는 일반적인 S-N 곡선을 보였다. 본 연구에서는 장비 성능 평가와 더불어 지르코늄 합금 피복관의 내압피로 성능을 평가하였고, 향후 해당 시험법을 사고저항성핵연료(ATF, Accident Tolerant Fuel) 피복관 및 SMR용 피복관의 건전성 평가에도 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

Keywords: 핵연료피복관, 내압피로시험, 지르코늄 합금

P-133

배터리 가혹 환경 노출에 따른 안전성 및 성능 분석

신동요†, 구봉준, 박노신, 정대순, 이다혜, 김영구, 박해철, 장소현, 이상헌, 변상희

충북테크노파크 차세대에너지센터
(dyshin@cbtp.or.kr†)

최근 전기자동차, 에너지 저장 시스템, 항공우주 및 국방 분야에서 배터리의 수요가 급격히 증가함에 따라 고에너지 밀도와 장수명뿐만 아니라 안전성과 환경신뢰성 확보가 배터리 산업의 핵심 과제로 부상하고 있다. 특히 실제 운용 환경은 기계적 가혹 환경(충격, 충돌, 진동, 낙하 등) 및 환경적 가혹 환경(고온, 저온, 다습, 살수, 침수, 분진, 열충격 등), 전기적 가혹 환경(과충전, 과방전, 급속충전, 내/외부 단락 등) 같은 조건을 수반하기 때문에, 이러한 환경에서의 배터리 성능 및 안전성 평가가 산업적으로 매우 중요한 이슈로 대두되고 있다. 본 연구에서는 직접 제조한 파우치형 리튬이온전지를 대상으로 고도, 염수분무, 충격, 온도 사이클 시험 등 다양한 환경 스트레스 요인에 노출시킨 후 안전성과 배터리 성능을 분석하였다. 배터리 성능 및 열화는 용량 유지율, 내부 저항 변화, 전압 변화, 외관검사를 수행하였고, 배터리 운용 환경과 배터리 성능간의 상관관계를 규명하였다. 위 내용은 2025년 추계 학술대회에서 더 자세히 논의될 것이다.

Keywords: Lithium ion battery, Battery safety test, Pouch Cell, Battery performance

P-134

Effect of Chromium Coating on the Oxidation Resistance and Mechanical Behavior of ATF Cladding

김재한†, 김수호, 김효찬

Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI)
(jaehankim@kaeri.re.kr†)

In this study, fracture surface and oxide layer analyses were conducted on chromium-coated accident-tolerant fuel (ATF) cladding samples. As part of the ongoing development of ATF, zirconium cladding with chromium coatings has been extensively investigated. Tensile tests were performed under various temperature conditions to evaluate the mechanical properties of ATF cladding before and after coating. The fracture surfaces of the chromium-coated cladding were examined, and the thickness of the oxide layer formed at elevated temperatures was compared between coated and uncoated specimens. The results indicate that chromium coatings effectively suppress the oxidation of zirconium cladding, which consequently influences high-temperature tensile properties, particularly elongation. These findings are expected to contribute to the enhancement of cladding performance and the development of predictive models for mechanical behavior.

Keywords: Accident-Tolerant Fuel(ATF), chromium coating, fracture surface, oxidation

P-135

액화수소용 고망간강 용접부의 저온 물성 평가

김지성†, 강태영

한국조선해양기자재연구원
(jskim@komeri.re.kr†)

선박용 액화수소 저장 및 운송은 -253도의 극저온 환경에서 안정적인 기계적 특성을 확보하는 소재 개발이 핵심이다. 본 연구에서는 극저온 재료로 주목받고 있는 고망간강 재료에 대해서 FCAW, TIG 등 용접기법으로 용접을 수행하고 용접부의 저온 물성을 평가하였다. 상온 및 20K환경에서 인장시험을 수행하여 항복강도, 인장강도, 연신율의 온도 의존성을 분석하였다. 20K환경에서 고망간강은 640Mpa이상의 항복강도를 나타내었다. 또한 20K환경에서 샤르피 충격시험을 수행하여 충격흡수에너지값을 분석한 결과, 53J~100J의 높은 충격인성을 가지고 있음을 확인하였다. 본 연구는 고망간강 재료가 액화수소 저장탱크 및 선박용 소재로 적용될 수 있는 가능성을 실험적으로 제시하여, 향후 국제 규격화 및 상용화를 위한 기초 자료로 활용할 수 있다.

Keywords: 액화수소, 고망간강, 액화수소 탱크, 극저온

P-136

An Ultraflexible Hierarchical SiOx/rGO/CNT Fiber Anodes for efficient wire-shaped energy devices

Jang Hee Kim[1], Hyeon Ji Jeong[1], Ryun Kyeong Lee[1], So Yeon An[1], Jae Eun Jin[1], Jun Ui Song[1], Jae Gyu Ahn[1], Cheng Ai Li[1], Jeoung Guk Seo[2], Jeong Kyu Kim[2], Sung Ho Song[1†]

[1]Division of Advanced Materials Engineering, Kongju National University, Cheonan, Republic of Korea; [2]CNT solution
(shsong805@kongju.ac.kr[†])

The rapid expansion of wearable and flexible electronics requires energy storage devices that combine lightweight design with mechanical durability while maintaining high energy density. In this work, we report a nature-inspired, binder-free SiO_x/rGO/CNT fiber electrode with a hierarchical architecture, mimicking the spatial arrangement of fruits on branches. Porous SiO_x/rGO microspheres were synthesized via spray drying and carbonization, employing polyvinyl alcohol (PVA) as a cross-linking agent to mitigate Si volume changes during cycling. These microspheres were uniformly integrated into a continuous carbon nanotube fiber (CNTFs) matrix produced through liquid crystalline wet-spinning of single-walled CNTs in chlorosulfonic acid (CSA), followed by annealing at 700 °C to enhance reduction and structural integrity. The resulting composite fibers exhibited excellent electrical conductivity, mechanical robustness, and flexibility, enabling efficient charge transport and stable cycling performance. When employed as lithium-ion battery anodes, the electrodes delivered high energy density and maintained functionality under repeated bending. This scalable fabrication strategy provides a promising platform for next-generation flexible, fiber-shaped energy storage systems.

Keywords: SiOx/rGO/CNT composite, CNT Fiber, Wet-Spinning, Flexible electrode, Fiber shape lithium-ion batteries

P-137

Harmonized Bronze/Anatase/Rutile Multiphase TiO_2-Carbon Anodes Derived from Ti-Based Metal-Organic Frameworks for Improved Lithium-Ion Battery Performance

Won Seok Yang[1], Dong Su Kim[2], Cheol Hyoun Ahn[3], Hyung Koun Cho[1†]

[1]School of Advanced Materials Science and Engineering, Sungkyunkwan University (SKKU);
[2]Department of Chemical & Biomolecular Engineering and Department of Chemistry, University of California, Berkeley;
[3]Department of Advanced Materials and Biochemical Engineering, Gangneung-Wonju National University
(chohk@skku.edu[†])

The increasing demand for high-rate and durable lithium-ion batteries (LIBs) calls for anodes with fast kinetics, high capacity, and long-term stability. Titanium dioxide (TiO_2) is attractive due to its safe and stable structure but suffers from poor conductivity and sluggish ion diffusion. Herein, we present a multiphase TiO_2-carbon nanocomposite (BAR TiO_2) consisting of bronze (B), anatase (A), and rutile (R) phases, synthesized through two-step pyrolysis of Ti-based metal–organic frameworks (Ti-MOFs). This approach regulates surface potential and Ti–OH interactions, yielding compact BAR interfaces within a conductive carbon matrix. The BAR anode delivers a reversible capacity of 391 mAh g^{-1} at 0.3 A g^{-1} and maintains 163 mAh g^{-1} after 9000 cycles at 10 A g^{-1}. Superior performance arises from synergistic effects: fast ion transport in TiO_2-R, pseudocapacitive behavior of nanoscale TiO_2-B, and structural stability of TiO_2-A. Furthermore, MOF-derived carbon enhances conductivity and interfacial stability, offering a viable route to advanced LIB anodes.

Keywords: MuIti-phase TiO2, Metal-Organic Frameworks, Anode, Lithium-Ion Battery

P-138

초고속 광열 합성을 통한 금속 담지 그래핀 제작 및 물 전기분해 응용

최수정, 이정우†

부산대학교
(jungwoolee@pusan.ac.kr†)

탄소중립사회 실현과 재생에너지 확대를 위해서는 청정 수소 생산 기술의 고도화가 필수적이며, 이를 위해 고효율 물 전기분해 촉매개발이 중요한 과제로 대두되고 있다. 그러나 기존 귀금속 촉매는 높은 비용과 희소성으로 인해 상용화에 한계가 있으며, 대체 촉매들은 여전히 높은 과전압과 낮은 안정성문제를 안고 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해 여러 금속을 조합하여 성능을 향상시킬 수 있는 다성분 금속 기반 촉매가 주목받고 있다. 하지만 기존의 촉매 합성법은 복잡하고 시간이 오래 걸린다는 제약이 있어, 이를 해결할 수 있는 간단하고 빠른 공정이 요구된다. 본 연구에서는 레이저 유도 광열 환원(laser-induced photothermal reduction) 공정을 이용하여 금속이 담지된 얇은 그래핀을 초고속으로 합성하였다. 해당 공정은 별도의 고온 열처리나 진공 장비 없이도, 국소적으로 순간적인 고온을 형성하여 금속 전구체의 환원과 동시에 계층적 구조의 형성을 가능하게 하였다. 이를 통해 합성된 촉매는 알칼리 조건에서 우수한 수소 발생 반응(HER) 활성을 나타내었으며, 변형 환경에서도 안정적인 성능을 유지하였다. 이를 통해 레이저 기반 광열 합성이 기존 복잡하고 비용이 큰 합성법을 대체할 수 있는 효과적인 접근법임을 보여주며, 지속가능한 수소 생산을 위한 차세대 촉매 기술로 확장될 수 있는 가능성을 제시한다.

Keywords: 레이저 유도 그래핀, 광열 합성, 수전해

P-139

Enhanced Mechanical and Proton Conducting Properties of Crosslinked Sulfonated Poly(Ether Ether Ketone)/Cellulose Acetate Membranes Using Sulfosuccinic Acid for PEMFC Applications

이동준, 배인성†

한남대학교 신소재공학과
(insungbae@hnu.kr†)

Hydrocarbon-based proton exchange membranes (PEMs) often experience structural deformation due to water uptake, leading to a loss of dimensional stability and mechanical strength. To overcome this limitation, sulfonated poly(ether ether ketone) (SPEEK) was blended with cellulose acetate (CA) and chemically crosslinked using sulfosuccinic acid (SSA). The crosslinking network effectively restricted excessive swelling and improved the mechanical robustness of the membranes. Moreover, the additional sulfonic acid groups introduced by SSA contributed to sustained proton conduction under varying humidity environments. The optimized crosslinked SPEEK/CA membrane exhibited a promising balance between mechanical durability and proton conductivity, demonstrating its potential for practical PEMFC applications.

Keywords: Proton exchange membrane, PEMFC, Hydrocarbon-based PEM

P-140

Sb-doped quasi-solid electrolyte for sodium ion batteries

Jingya Wang[1], Siyeon Joo[1], Shinyoung Kim[1], 이동윤[2†]

[1]부산대학교 나노융합기술학과; [2]부산대학교 나노에너지공학과
(dlee@pusan.ac.kr[†])

Solid-state sodium-ion batteries (SSIBs) offer crucial advantages in safety and cost over liquid-electrolyte lithium-ion batteries. However, current solid electrolytes, including NASICON ceramics and polymers, face limitations such as poor interfacial contact and low room-temperature ionic conductivity. We developed a novel semi-solid electrolyte by incorporating Sb-doped $Na_3Zr_2Si_2PO_{12}$ (NZSP) ceramic fillers into a polymer matrix. The Sb ion doping strategy is engineered to enhance Na^+ transport by increasing the ceramic's density, reducing bulk resistance, and inducing a charge deficiency that mobilizes more Na^+ carriers. It also improves the electrolyte's mechanical properties for dendrite suppression. The optimized composite with 10 wt% Sb-doped NZSP achieved an outstanding room-temperature ionic conductivity of 6.61×10−5 S · cm^{-1}. In a full cell (NVP | 0.1Sb-CPE-GF | Na), it demonstrated stable cycling for 100 cycles at 0.2C with 95.44% capacity retention at room temperature. This work highlights the Sb ion doping approach as a highly effective strategy to create SSIB electrolytes with excellent room-temperature performance, advancing their commercial viability.

Keywords: Sodium-ion batteries, Sb ion doping, NASICON, quasi-solid electrolyte

P-141

금속 산화물 입자 제조 방법에 따른 특성과 글루코스 센서 및 소듐 이차전지 음극재 응용 연구

김민석[1], Jingya Wang[1], 이나경[1], 이동윤[2†]

[1]부산대학교 나노융합기술학과; [2]부산대학교 나노에너지공학과
(dlee@pusan.ac.kr†)

금속 산화물 구조체 (다공성 소재 및 입자)를 두 가지의 다른 제조 방법을 이용하여 합성한 후 글루코스 센서 및 소듐 이차전지 음극재로서의 응용 가능성에 대해 연구하였다. Polymer-Confined Direct Solution Pyrolysis (PDSP) 방법을 통해 합성한 단일 또는 이종구조 나노다공성 CuO, ZnO, 및 CuO/ZnO 복합체를 제조 하였다. 또한, CuO 및 SnO를 hydrothermal 방법으로 제조한 후 이를 소듐 이차전지 음극재로 응용하는 연구를 진행하였다. PDSP 방법으로 제조된 소재는 균일하게 분포된 p형 CuO와 n형 ZnO 상이 형성된 다공성 구조를 가지며 전기화학적 분석 결과, 나노다공성 CuO–ZnO 전극은 무효소 글루코스 센서로서 6.8 mA cm^{-2} mM^{-1}의 높은 감도와 약 2.8 초의 빠른 응답 시간을 달성하였으며, 이는 단일 CuO 전극 및 기존 금속 산화물 기반 센서들보다 월등한 성능을 보였다. 또한, 태양광 조사 광촉매 반응 분석에서 CuO–ZnO 복합체는 단일 ZnO에 비해 약 5.6배 향상된 광전류를 나타냈는데, 이는 헤테로접합에 의한 전하 운반자 분리 효율의 증가와 다공성 구조로 인한 향상된 광 흡수 능력에 기인하는 것으로 판단된다. CuO와 SnO 입자를 hydrothermal 방법에 의해서 제조한 후 실험한 소듐 이차전지 음극재 응용 연구에서는 응용 가능성은 확인할 수 있었으나 성능향상을 위해서는 구조 개선이 필요할 것으로 판단되었다.

Keywords: 금속산화물, 폴리머 템플릿, 전기화학 센서, 소듐 이차전지 음극재

P-142

Crosslinked Zwitterionic Proton Exchange Membranes with Enhanced Water Retention and Proton Conductivity

박범서†

Hannnam University
(hdhxhxh0202@naver.com†)

Zwitterion-based proton exchange membranes (PEMs) have emerged as promising candidates for next-generation fuel cell applications due to their superior water retention and proton transport capabilities. In this study, PEMs were prepared via solution casting, with systematic control of composition and crosslinking density to optimize water uptake and dimensional stability. The introduction of zwitterionic groups endowed the membranes with strong hydrophilicity, enhancing moisture retention and stabilizing the proton conduction pathways. Processing parameters, including temperature, relative humidity, and thermal treatment, were finely adjusted to tailor the physical and electrochemical characteristics of the membranes. The fabricated PEMs are currently under evaluation through electrochemical impedance spectroscopy (EIS) and linear sweep voltammetry (LSV) to determine proton conductivity and electrochemical stability. These results are expected to provide valuable insights into the potential of zwitterion-based PEMs as high-performance electrolytes for fuel cell systems.

Keywords: PEM, Zwitterion

P-143

상장모델 기반 소자 시뮬레이션을 이용한 양극성 저항 메모리의 전도성 필라멘트 거동 해석

오진우, 정동명, 권용†

홍익대학교
(ykwon722@gmail.com†)

저항 메모리 시뮬레이션에서 가장 도전적인 부분은 전도성 필라멘트의 거동을 해석하는 것이다. 양극성(bipolar) 스위칭 모델의 경우, 필라멘트의 진화는 보통 스위칭 소재 내 음이온 공공(vacancy)의 형성, 소멸 및 이동에 의해 결정된다. 선행 연구에서는 이러한 스위칭 소재를 좁은 구역으로 제한함으로써, 소자의 변동성(Variability)이 감소하는 것을 실험적으로 확인하였다. 본 연구는 서로 다른 소자 아키텍처들에 대해 forming, reset, set 전체 사이클을 시뮬레이션하여 실험 데이터와 비교해 분석한다. 상장 모델 방정식인 칸-힐리어드(Cahn-Hiliard) 방정식과 전기-열 방정식을 유한요소 해석 소프트웨어를 활용하여 완전 연계 수치 해석을 진행하였다. 이를 통해 양극성 모델에서의 전도성 필라멘트의 거동을 분석하였으며, 하부 전극에서 강하게 발생하는 edge effect가 I-V curve의 산포 증가에 큰 영향을 미치는 현상을 관측하였다. 또한 cycle이 반복될수록 필라멘트가 중앙으로 정렬됨에 따라 set voltage가 큰 폭으로 감소하는 것을 확인하였다.

Keywords: 저항 메모리, 전도성 필라멘트, 상장 모델

P-144

분자동역학 시뮬레이션을 통한 $CsPbI_3$ 저차원 나노 구조의 γ–δ 상전이 연구

최성호, 조서희, 홍기하†

Department of Materials Science and Engineering Hanbat National University, Republic of Korea
(kiha.hong@hanbat.ac.kr†)

$CsPbI_3$는 우수한 광흡수 특성과 무기 양이온으로서 열 안정성이 높아 차세대 태양전지용 Halide Perovskite로 주목 받고 있다. $CsPbI_3$는 태양전지 응용에서 유망한 소재이지만, 상온에서 γ상은 열역학적으로 불안정하여 안정한 δ상으로 쉽게 전이되는 한계를 가진다. δ상(yellow phase)은 열역학적으로 안정적이지만 광전 효율이 낮아 실제 태양전지 활용에는 적합하지 않다. 반면 γ상은 높은 광전 효율을 보이나 준안정 상태로 δ상으로의 전이가 쉽게 일어나 문제가 된다. 따라서 실제 Halide Perovskite 소자 연구에서는 상온에서 γ상을 안정적으로 유지하고 δ상으로의 전이를 억제하는 것이 핵심 과제이다. 최근의 연구결과들은 나노화를 통해 γ상을 포함한 Perovskite 구조의 안정성이 향상될 수 있음을 보여주고 있다. 밀도범함수를 이용한 계산의 경우 수백개 원자 이상에 대한 해석이 어렵기 때문에 나노화에 따른 상전이 현상을 직접적으로 보여주기는 어려운 점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 분자동역학(MD) 시뮬레이션을 이용하여 저차원 나노 구조에서의 γ–δ 상전이를 보다 직접적으로 분석하고자 시도하였다. 구체적으로 Slab(2차원) 구조, Nanowire(1차원) 구조 그리고 QD(0차원) 구조를 x–y–z 각각에 대해 사이즈의 변화에 따른 γ–δ 상의 에너지 차이를 MD로 계산하였다. 그 결과, 구조의 차원이 축소되고 크기가 작아질수록 γ상의 안정성이 δ 상에 비해 향상되는 것을 확인하였다. 이는 실제 소자 응용에서 나노 스케일 구조의 상전이가 γ상 안정화에 핵심적임을 보여준다. 결론적으로, 본 연구는 효율이 떨어지는δ상을 억제하고 효율이 높은 γ상을 안정적으로 유지하기 위한 나노 구조 기반 상전이 제어의 방향성을 제시한다.

Keywords: Inorganic halide perovskite, Polymorph, Phase tranformation, Molecular Dynamics, Low-dimension, CsPbI3

P-145

Exploration of Dopant Candidates for p-type Doping in Sb_2Se_3 with Density Functional Theory

Min Jun Kim, Ki-Ha Hong†

Department of Materials Science and Engineering Hanbat National University, Republic of Korea
(kiha.hong@hanbat.ac.kr†)

안티모니 셀레나이드(Sb_2Se_3)는 자원 풍부성, 무독성, 우수한 광전 특성으로 박막 태양전지의 유망한 흡수체로 주목받고 있다. 높은 개방 전압과 효율을 위해서는 p-type 도핑으로 Fermi 준위를 원자가띠 인근으로 이동시켜야 하지만, 전하 보상 메커니즘, Fermi 준위 핀닝, 재결합 중심 형성 등 여러 제약으로 인해 안정적 도핑이 어렵다.

본 연구는 제1원리 계산을 통해 Sb_2Se_3의 잠재적 도핑 후보군을 체계적으로 평가하였다. 다양한 도펀트 후보 금속물질에 대해 Sb 치환 및 Interstitial 자리를 대상으로 결함 형성 에너지와 전하 전이 준위를 계산하였다. 또한 고대칭 초기 구조에 대칭 교란을 가한 뒤 완화하여 더 낮은 에너지를 가지는 기저 상태 구조를 탐색하고, 그 중 가장 낮은 에너지 구조를 참조로 사용하였다. 이를 통해, 고대칭 구조에서는 shallow level로 보였던 전하 전이 준위가 대칭 교란이 가해진 기저 상태 구조에서는 deep level로 나타나는 것을 발견하였고, deep level 형성 위험이 큰 도핑 물질 후보군을 제외하여 검토 대상을 좁혔다.

또한 성장 조건에 따른 도핑 가능성을 제시함으로써 Sb_2Se_3의 안정적 p형 도핑을 위한 실험 설계와 공정 조건 선택에 활용 가능한 정량적 기준선을 제시하였다. 본 연구 결과는 Sb_2Se_3의 안정적 p-type 도핑 전략 수립과 고효율 친환경 태양전지 개발에 기여할 것으로 기대한다.

Keywords: Sb2Se3, Defect formation energy, Density funcational theory, doping, solar cells, Eco-friendly

P-146

Identifying Optimal Electrodes for Ferroelectric HfO_2 Devices: A DFT Interface Study

채종수, 홍기하†

Department of Materials Science and Engineering Hanbat National University, Republic of Korea
(kiha.hong@hanbat.ac.kr†)

차세대 반도체 소자는 동작 속도, 신뢰성을 동시에 요구한다. 강유전성 기반의 HfO_2 박막은 이러한 조건을 충족하여 차세대 비휘발성 메모리 소자의 핵심 후보로 떠오르고 있다. 특히 HfO_2는 높은 밴드갭 덕분에 10 nm 이하의 박막에서도 우수한 강유전성을 갖고 CMOS 공정과 호환 가능하여 기존 페로브스카이트 기반 강유전체의 한계를 극복할 수 있다.

강유전성 소자의 성능은 박막 자체의 특성뿐 아니라 전극과 HfO_2의 계면에서의 구조적·전자적 상호작용에 의해 크게 좌우된다. 최근 연구에서 전극의 경도 및 탄성계수가 계면 응력 상태를 지배하며 이를 통해 HfO_2의 강유전상의 안정화와 분극 크기 향상에 중요한 역할을 한다고 보고된 바가 있다. 또한 높은 경도를 가진 전극은 HfO_2 박막의 체적 팽창을 억제해 부피 팽창이 큰 단사정상으로의 전이를 억제하고 대신 강유전상으로의 전이를 촉진하여 강유전상에서 안정한 박막을 생성한다고 보고되었다.

본 연구에서는 전극 물질에 따른 HfO_2 박막의 안정성 및 신뢰성을 규명하기 위해 제일원리 계산으로 Pt, W, TiN 등 서로 다른 전극과 HfO_2의 계면 에너지와 계면에서의 산소 공공 형성 에너지와 잔류 분극을 정량적으로 비교·분석하여 최근 보고를 바탕으로 전극의 경도가 강유전상 안정화에 미치는 영향을 분석한다. 이를 통해 전극에 따른 HfO_2의 계면 안정성과 전기적 신뢰성을 확인하였다. 이는 차세대 FeRAM 및 FeFET 소자의 설계 지침을 제시한다는 점에서 중요한 의미를 가질 것으로 기대된다.

Keywords: DFT,HfO2,Electrode,Interface,Stability

P-147

Active learning based design of M-N-C single atom catalysts

Janghyeon Oh, Yeonwoo Do, Seokho Lee, Seohee Jang, Kihyun Shin †

Department of Materials Science and Engineering, Hanbat National University
(kihyun@hanbat.ac.kr †)

Single atom catalysts (SACs) are attracting increasing attention for electrochemical applications due to their high atomic efficiency and tunable coordination environments. In this study, we developed an active learning framework to explore optimal M-N-C catalyst candidates, where M represents a transition metal center and the coordination environment is defined by nitrogen-based ligand atoms. The adsorption energies of key oxygen reduction reaction (ORR) intermediates, namely O, OH, and OOH, were predicted using Gaussian Process Regression (GPR), and candidate selection was guided by the Expected Improvement (EI) acquisition function. We initiated the workflow with a limited number of DFT calculated data points and iteratively expanded the dataset by selecting promising combinations expected to improve catalytic performance. Separate GPR models were trained for each intermediate to capture their distinct adsorption behaviors. In addition, we investigated how different nitrogen coordination structures, such as pyridinic-N and pyrrolic-N, influence the adsorption energies and overall catalytic activity. The effect of metal identity (e.g., Fe, Co, Ni) and ligand environment on the performance landscape was systematically analyzed. Our results demonstrate that the proposed active learning approach enables data-efficient screening of M-N-C catalyst space while capturing the subtle interplay between metal centers and nitrogen coordination types. This framework provides a theoretical basis for the rational design of high-performance SACs and highlights the importance of local atomic environments in tuning ORR activity.

Keywords: Machine Learning, Gaussian Process Regression, Single Atom Catalyst, Adsorption Energy, Active Learning

P-148

Strain-Dependent Adsorption Energy Prediction Using Machine Learning

Younghyun Choi, Eujin Kim, Girim Park, Kihyun Shin †

Department of Materials Science and Engineering, Hanbat National University
(kihyun@hanbat.ac.kr †)

To accelerate the discovery of optimal strain conditions for catalytic systems, we employed a machine learning approach based on Gaussian Process Regression (GPR). This method allows for efficient prediction of adsorption energy (E_o) distribution across a wide range of biaxial strain configurations without requiring exhaustive DFT calculations. A hybrid acquisition function was constructed by combining normalized Expected Improvement (EI) and predictive uncertainty (σ), enabling the separation of candidate points for exploitation and exploration. This facilitates both efficient local optimization and broader space exploration.

As a case study, we investigated how strain affects the adsorption behavior of surface atoms by generating DFT data on strained IrO_2 slab models. The dataset was structured in a long-format Excel file, with E_o values calculated for various combinations of strain in the x and y directions (−10% to +10%). Using the trained GPR model and hybrid acquisition, we identified strain regions that are likely to minimize adsorption energy, suggesting potential catalytic enhancement.

Our findings demonstrate the effectiveness of combining strain engineering with machine learning for data-efficient catalyst screening. This work also establishes a foundation for active learning workflows, where predictions guide future DFT calculations to progressively refine model accuracy and material performance insights.

Keywords: Machine Learning, Gaussian Process Regression, Strain Engineering, Adsorption Energy, Active Learning

P-149

Effect of Coordination Number and Hydrogen Variation on the Adsorption Energies of Pb-Labeled DOTA Complexes

Seokho Lee, Seohee Jang, Janghyeon Oh, Yeonwoo Do, Kihyun Shin†

Department of Materials Science and Engineering, Hanbat National University
(kihyun@hanbat.ac.kr†)

Stable chelation of metallic radioisotopes is essential in targeted radionuclide therapy (TRT) to ensure both effective delivery to molecular targets and reliable in vivo imaging performance. Among the available chelators, DOTA is one of the most widely utilized due to its strong metal-binding affinity and high kinetic stability under physiological conditions. In this study, density functional theory (DFT) calculations were conducted to investigate the structural and energetic properties of Pb-labeled DOTA complexes. To systematically probe the influence of the local coordination environment, we varied both the number of coordinating donor atoms and the number of hydrogens bound within the Pb–DOTA complex.

The results revealed that adsorption energies differed significantly with these variations, demonstrating that even subtle changes in coordination number or hydrogen count can lead to meaningful differences in complex stability. Structural analysis further indicated that Pb–DOTA complexes with reduced hydrogen coordination displayed stronger metal–ligand interactions, suggesting potential design strategies for enhancing binding efficiency. These findings provide valuable molecular-level insights into the role of chelator configuration in radiometal complexation and highlight pathways for optimizing chelator design in future radiometal-based theranostic applications.

Keywords: DOTA, Chelator, Radiometal Complexation, DFT, Theranostics, TRT

P-150

DFT Investigation of Bi-Doped IrO_2 and Bi_3TaO_7 Oxides for Enhanced Oxygen Evolution Catalysis

Seohee Jang, Janghyeon Oh, Yeonwoo Do, Seokho Lee, Kihyun Shin†

Department of Materials Science and Engineering, Hanbat National University
(kihyun@hanbat.ac.kr†)

Iridium (Ir) is a highly efficient catalyst for the oxygen evolution reaction (OER), but its high cost and scarcity hinder large-scale applications. Moreover, conventional carbon supports lack electrochemical stability, causing structural degradation during long-term operation. To address these issues, oxide-based supports that reduce Ir loading while improving durability are being actively explored. In this work, we employed density functional theory (DFT) to study the electronic structure and surface properties of Bi-doped IrO_2 and Bi_3TaO_7. Structural models were constructed and optimized, followed by calculations of oxygen vacancy formation energies and work functions. In addition, Gibbs free energy calculations were performed to construct reaction energy diagrams for OER. Our results show that Bi incorporation alters the binding strength of key intermediates (OH*, OOH*), leading to changes in work function and overpotential compared to pristine IrO_2. These modifications indicate that Bi plays a critical role in tuning both the electronic structure and catalytic pathway. Overall, this study provides useful insights into the design of oxide-supported Ir catalysts with reduced Ir usage and enhanced stability, offering a promising strategy for next-generation electrochemical energy systems.

Keywords: DFT, OER, Bi_3TaO_7, Bi-doped IrO_2, Work function

P-151

Electrochemical Urea Synthesis via CO_2/NO_3^- Co-Reduction

Yeonwoo Do, Seokho Lee, Seohee Jang, Janghyeon Oh, Kihyun Shin †

Department of Materials Science and Engineering, Hanbat National University
(kihyun@hanbat.ac.kr †)

To address climate change and environmental pollution, technologies that convert carbon dioxide (CO_2) and nitrate (NO_3^-) into value-added products have gained significant attention. In particular, electrochemical urea synthesis via the co-reduction of CO_2 and NO_3^- offers both environmental and industrial benefits by simultaneously mitigating greenhouse gas emissions and purifying water, while enabling the sustainable production of urea, a key raw material for diesel exhaust reduction agents and fertilizers. Unlike conventional urea synthesis, which relies on the reaction of ammonia with CO_2 and entails high energy consumption and carbon emissions, the electrochemical pathway that couples CO_2 reduction (CO_2RR) and nitrate reduction (NORR) is proposed as a low-carbon, renewable energy compatible alternative.

In this study, we systematically analyzed the adsorption behavior of key reaction intermediates involved in urea synthesis on Fe-decorated Cu(111) surfaces using DFT calculations. For this purpose, nine surface Cu atoms forming a triangular lattice on the (111) facet of the Cu slab were selected as substitutional sites. Four models were constructed by replacing 0, 3, 6, and 9 of these surface Cu atoms with Fe, respectively. In particular, Fe atoms were introduced sequentially, starting from the vertices of the triangular lattice, extending along the edges, and finally replacing the entire surface, and a total of 13 intermediates CO_2, COOH, CO, HCOO, NO, NOH, NHOH, NH_2OH, NH_2, NH, N, O, and OH were considered. This research is expected to contribute to understanding the C–N bond formation mechanism and to identifying the conditions for selective and efficient urea synthesis.

Keywords: DFT, Synthesis, CO2RR, NORR, Urea

P-152

사전학습된 기계학습 포텐셜을 활용한 C9N10 기반 HER 촉매의 고속 스크리닝

송미령[1], 정지수[2†], 이웅[1†]

[1]국립창원대학교 신소재공학과; [2]한국세라믹기술원
(jsjung@kicet.re.kr†, woonglee@changwon.ac.kr†)

현대 사회에서 지속가능한 에너지 시스템에서 친환경 수소 생산의 중요성이 대두됨에 따라, 핵심 기술인 수소발생반응 (Hydrogen Evolution Reaction; HER)의 효율을 극대화하기 위한 연구가 활발히 이뤄지고 있다. C9N10 소재는 뛰어난 안정성과 다양한 흡착 사이트를 바탕으로 산소 및 질소환원반응 촉매로 주목받았으나, HER 촉매로서의 가능성은 거의 연구되지 않았다. 본 연구에서는 38종의 전이금속을 C9N10의 세가지 흡착 사이트에 각각 도핑한 114개의 단일원자 촉매 후보군을 구성하고, 사전학습된 기계학습 포텐셜 (SevenNet-ompa)을 이용해 고속 스크리닝을 수행했다. 기계학습 포텐셜로 계산된 수소흡착 자유에너지를 기반으로 유망 후보군을 선정했으며 밀도범함수이론 (density functional theory; DFT)으로 이를 검증했다. 기계학습 포텐셜과 DFT 간 평균절대오차(MAE)는 매우 낮게 나와, 사전학습된 기계학습 포텐셜이 고속대량 스크리닝에서 DFT의 대리모델로서 높은 신뢰성과 효용성을 입증했다. 특히, Ti 또는 Mo가 도핑된 구조는 이상적인 수소 흡착 에너지를 보이며 우수한 촉매 활성이 기대된다. 본 연구는 사전학습된 기계학습 포텐셜을 활용한 고속 스크리닝이 C9N10 기반 단일원자 촉매 개발에 매우 효과적인 전략임을 보여주며, 향후 새로운 고효율 HER 촉매를 설계하는데 유용한 로드맵을 제시했다.

Keywords: 사전학습된 기계학습 포텐셜, 밀도 범함수 이론, 수소 발생 반응, C9N10, 촉매 설계

P-153

Phase Field Modeling of Multi-flake 2D Materials

Muhammad Hassaan Ali, Yongwoo Kwon †

Hongik University
(ykwon722@hongik.ac.kr †)

While many simulations of 2D material synthesis focus on single grains, they often neglect polycrystalline dynamics. We present a phase-field finite difference framework that incorporates multi-grain interactions and grain boundary evolution. Our approach couples equations for the phase-field, precursor concentration, and crystallographic orientation to simultaneously model phase transformation and grain orientation across a polycrystalline structure.

The model captures the complex interplay between precursor distribution and grain boundary evolution, successfully demonstrating dendrite formation, grain boundary migration, and overall microstructure development. It reveals how precursor concentration influences both interface morphology and grain boundary mobility. This framework provides critical insights for controlling microstructural development and optimizing synthesis conditions for 2D materials.

Keywords: phase field modelling, 2d materials, TMD

P-154

XPS 분석에서 딥러닝을 이용한 성분 예측 연구

빈정수[1,2], 지현배[1,2], 이연승[2†]

[1]빈지표면분석; [2]국립한밭대학교 정보통신공학과
(yslee@hanbat.ac.kr[†])

재료의 성분이 무엇으로 구성되어 있는지 알아보는 방법 중에 하나로 XPS 분석이 있다. XPS 분석에서는 X-ray를 시료에 조사하여 광전효과에 의해 발생되는 광전자를 스펙트럼 형태의 데이터로 결과를 얻는다. 0eV~1200eV 결합에너지 사이의 스펙트럼을 survey 스펙트럼이라고 하며 시료의 정성, 정량에 대한 정보가 포함되어 있다. 본 연구에서는 survey 스펙트럼을 딥러닝으로 학습시켜 정량, 정성에 대한 예측을 하도록 모델의 구현하였으며 각 모델에 따른 성능을 비교하였다. 출현 빈도가 높은 C, N, O 원소의 경우 정량비 예측에서 최대 94%의 정확도의 성능을 실현하였다.

Keywords: XPS, AI, 딥러닝

P-155

원자로 배관의 장기간 이용을 위한 STS 316계 표면 위 도금막 최소 두께 형성 연구

기다정[1], 김승완[1], 조원준[1], 김수영[1], 남승주[1], 지현배[1], 빈정수[1], 이연승[1†], 김정한[2†]

[1]국립한밭대학교 정보통신공학과; [2]국립한밭대학교 신소재공학과
(yslee@hanbat.ac.kr†, jh.kim@hanbat.ac.kr†)

용융염 원자로(MSR, Molten Salt Reactor)는 전통적인 고체연료 기반 원자로의 한계를 극복하기 위해 개발된 차세대 원자력 기술 중 하나로, 선진국을 비롯해 국내에서도 활발하게 연구가 진행 중이다. 특히 MSR의 특성을 고려했을 때, 용융염 환경에서 응력부식균열(SCC)이 발생하지 않는 구조 재료를 개발하는 것이 핵심이다. 그래서 내식성, 가공성, 고온강도 등이 우수한 오스테나이트계 스테인리스강(Austenitic Stainless Steel)을 구조 재료로 사용하지만, SCC가 발생한다는 문제점이 있다. 용융염 환경에서 SCC를 최소화하면서 장기간 안정적으로 사용하기 위해서는 최소 80um 이상의 순수 Ni 클래딩층이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 용액(Ni(B))의 용량과 무전해도금 시간을 변수로 설정하여 최소 80um 이상의 순수 Ni 클래딩층을 형성할 수 있는 조건을 찾기 위한 실험을 진행하였다. 형성한 Ni 도금막의 두께 측정 및 조성은 FE-SEM, EDS, XPS 등의 장비를 통해 비교 분석하였다.

Keywords: 무전해도금, Ni, 두께

P-156

인공지능 기반 무전해 도금막 실시간 결함 검출 시스템 구축에 관한 연구

김승완[1], 기다정[1], 이희정[1], 지현배[1], 빈정수[1], 이연승[1†], 김정한[2†]

[1]국립한밭대학교 정보통신공학과; [2]국립한밭대학교 신소재공학과
(yslee@hanbat.ac.kr†, jh.kim@hanbat.ac.kr†)

최근 극한 소재 공정 분야와 반도체 공정에서는 인공지능(AI)을 활용한 데이터 분석 및 품질 관리를 통해 생산성을 높이고 불량률을 최소화하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 차세대 원자력 기술 중 하나인 용융염 원자로(MSR, Molten Salt Reactor)에서는 배관 구조재료의 내식성을 높이기 위한 방안으로, 무전해 니켈 도금 공정을 통해 구조재료 표면에 Ni 클래딩(cladding)을 형성하여 사용한다. 그러나 극한 환경에서 사용되는 MSR 구조재료의 경우, Ni 클래딩에 발생할 수 있는 미세 결함이 소재의 안정성과 수명을 크게 저하시킬 수 있어, 이러한 결함을 사전에 탐지하고 방지하는 기술이 중요시된다. 이에 본 연구에서는 OM(광학 현미경), SEM(주사 전자 현미경) 등 정밀 측정 장비를 활용하여 획득한 표면 이미지에서 결함을 정의하였다. 정의한 결함들을 검출할 수 있도록 YOLOv5 모델과 이동형 현미경(SM401) 모델을 활용하여 실시간 결함 검출 시스템을 구축하였다.

Keywords: 무전해도금, 인공지능, 결함탐지

P-157

Intergrated phase-field simulation of thin-film growth and crystallization

이환욱, Yongwoo Kwon†

Hongik university
(ykwon722@gmail.com†)

Recently commercialized semiconductor devices are mostly thin films deposited on nonplanar substrates. Examples include HfO_2, a high-k dielectric material used in FinFETs and MBC-FETs; the channels and ONO layers in V-NAND; and capacitors in DRAM. To ensure sufficient on-current, the deposition profile and microstructure of these films—including grain structure and surface morphology—must be carefully engineered. In particular, achieving conformal deposition inside high-aspect-ratio features is critical. Therefore, process modeling should precede device simulation to evaluate how the deposition profile and microstructure influence device performance through TCAD or FEM.

We have developed a phase-field model (PFM) code for simulating thin-film growth. The model consists of three phases: the substrate, the deposited film, and the surrounding gas. The film is further divided into amorphous and crystalline regions, with the crystalline phase capable of containing multiple grains. Gas flux, surface reactions, and surface diffusion are incorporated as process parameters. By tuning these parameters, different deposition outcomes can be obtained, enabling evaluation of film conformality and prediction of the resulting microstructure. This allows for more accurate prediction of thin-film formation during deposition processes.

In this presentation, we will demonstrate our PFM-based thin-film simulations along with examples of process optimization. We will introduce the integrated model that couples deposition and crystallization, and present future research directions through comparative case studies, including film conformality and nucleation rate on complex substrates.

Keywords: polysilicon, phase-field method, grain growth

P-158

선박 구조용 저합금 고장력강의 용접해석시 냉각속도 제어에 따른 영향

김지성†, 추진훈, 민성환, 정경국

한국조선해양기자재연구원
(jskim@komeri.re.kr†)

선박 구조물 제작에 사용되는 저합금 고장력강은 대형 후판의 다층·다패스 용접 시 발생하는 변형과 잔류응력이 선체 품질에 큰 영향을 미친다. 본 연구에서는 FCAW(Flux Cored Arc Welding) 공정을 대상으로 유한요소해석을 수행하여, 냉각속도 제어가 용접부 열적·기계적 거동에 미치는 영향을 분석하였다. 해석 결과, 냉각속도가 증가할수록 용접부의 변형량은 확대되지만 잔류응력 수준은 상대적으로 감소하는 경향을 보였다. 반대로 냉각속도가 감소할 경우 변형은 억제되나 잔류응력은 증가하였다. 이는 냉각속도가 온도 구배 형성과 응력 분포에 직접적인 영향을 미침을 보여주며, 공정 조건에 따라 변형 억제와 잔류응력 완화 사이의 상충관계를 고려해야 함을 의미한다. 본 연구는 선박용 고장력강 멀티패스 용접에서 냉각속도 관리가 품질 안정화 및 용접 공정 최적화의 핵심 인자임을 제시하며, 향후 WPS 수립과 해석 기반 용접 설계에 기초자료로 활용 가능할 것이다.

Keywords: 저합금 고장력강, 냉각속도 제어, 잔류응력, 변형

P-159

Assessment and Reinforcement of Photovoltaic Power Structures under Sustained Wind Loads for Enhanced Structural Safety

Kwang Pil Park†, Pan Gum Jung†, GOUN PARK

(재)녹색에너지연구원
(pkp78@gei.re.kr†, my_jung@gei.re.kr†)

This study evaluates the structural safety of 3kW photovoltaic (PV) power structures subjected to wind loads using finite element analysis in ABAQUS. Wind speeds of 30 m/s and 60 m/s were considered with an effective mass contribution reaching 90%. Results indicate that the persistent nature of wind loads influences structural safety more significantly than load magnitude. Weak points were identified primarily at horizontal beam joints rather than PV modules. Reinforcement of these beam connections is recommended to enhance overall structural integrity. The findings offer insights into structural vulnerabilities under sustained wind loads and propose reinforcement measures from an advanced structural materials perspective to improve durability and reliability.

Keywords: photovoltaic structures, wind load, structural safety, effective mass, advanced structural materials

P-160

Microstructure evolution and plastic anisotropy of AA 6082 alloy processed by combination of hot extrusion and rolling

Kyo-Min Kwon, Hye-In Lee, Dong-Kyu Kim, Dae-Young Kim, Young-Gil Jung†, Se-Hoon Kim†

Advanced Structural Materials R&D Center, Korea Automotive Technology Institute (KATECH)
(ykjung@katech.re.kr†, shkim@katech.re.kr†)

In this study, the microstructure and plastic anisotropy of AA 6082 alloy depending on hot extrusion was studied. The chemical compositions of as-casted AA 6082 alloy were Al-0.76 Mg-0.95Si-0.18Fe-0.05Cu-0.5Mn-0.12Cr-0.02Zn-0.02Ti (wt.%). The billet with a diameter of 55 mm was extruded into shape of plate. Both non-extruded and extruded specimens were processed following the sequence of hot rolling, cold rolling, solution treatment, and artificial aging. To compare the plastic anisotropy of both specimens, the tensile specimen was machined along 0º, 45º, and 90º directions with respect to the rolling direction (RD). Tensile test was performed at a cross head speed of 3 mm/min in each direction and the normal and planar anisotropy were measured by R value in direction of 0º, 45º, and 90º. After Rolling and T6 treatment, the precipitates were observed by using a field-emission scanning electron microscope (SEM), attached with an energy dispersive X-ray spectrometer (EDS). Both recrystallization behavior and texture evolution during solution and aging were observed by using electron backscattered diffraction (EBSD). We aimed to elucidate on the effect of combined hot extrusion and rolling on formability of AA 6082 alloy for industrial application through correlation with the microstructures and related to mechanical properties anisotropies.

Acknowledgment

This research was financially supported by the Materials and Parts Technology Development Project(RS-2024-00432589) of the Ministry of Trade, Industry and Energy(MOTIE) of the Republic of KOREA.

Keywords: AA6082 alloy, Precipitation, Plastic anisotropy, Recrystallization, Texture

P-161

개질화 원소 첨가 및 주조 온도에 따른 Al-Si/Cu 바이메탈의 계면 반응층 제어

임하윤[1,2], 김병주[3], 천현석[1,2], 김수현[1†], 이욱진[2†]

[1]한국재료연구원; [2]부산대학교; [3]중소조선연구원
(shawnkim@kims.re.kr[†], wookjin.lee@pusan.ac.kr[†])

Al/Cu 바이메탈은 알루미늄과 구리를 계면 접합한 소재로서 최근 열교환 시스템, 외장 케이블, 경량 부품 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 이 바이메탈은 압연, 폭발 용접과 같은 여러 제조 공정을 통해 생산될 수 있으며, 그 중 복합 주조 공정은 고체 상태의 구리와 알루미늄 용탕을 접합하는 방식으로, 접합력 향상과 공정 단순화 및 제조 시간 단축 등의 장점을 갖는다. 이러한 방식으로 제조된 Al/Cu 바이메탈은 단일 구리 대비 무게와 비용을 줄이면서도 유사한 수준의 전기전도도 및 열전도도를 유지할 수 있다. 기존의 연구에서는 주로 Cu 영역 이후 형성되는 금속간화합물 반응층의 접합 특성을 향상시키기 위한 연구들이 보고되었으나 본 연구에서는 금속간화합물 반응층보다 상대적으로 두껍게 형성되는 멀티페이즈(Multi-phase) 반응층에 주목하였다. 멀티페이즈 반응층 내 공정(eutectic) 상들을 제어하기 위해 Al-Si계 합금의 주요 개량화 원소인 Sr을 첨가하였으며 OM, SEM, EBSD 등의 방법을 이용하여 계면 미세조직 변화를 분석하고, 압축 시험, 경도 시험 등을 통하여 기계적 특성을 평가하였으며, Sr 첨가 여부에 따른 계면 균열 전파 거동의 차이에 의한 기계적 특성 향상 가능성을 고찰하였다.

Keywords: Al/Cu 바이메탈, 복합주조, 개량화 원소, Sr, 금속간화합물

P-162

인발가공에 의해 제조된 Al-Fe계 합금의 미세조직 및 기계적 특성 평가

허현준, 임기현, 이성희†

국립목포대학교 신소재공학과
(shlee@mokpo.ac.kr†)

고강도와 우수한 전도성을 갖춘 전선용 알루미늄 합금을 제조하기 위하여 흑연도가니에서 주조 공정을 수행하였다. 800℃에서 용해한 순알루미늄 용탕에 0.7 wt% Fe, 0.2 wt% Mg, 0.2 wt% Cu, 0.02 wt% B를 첨가하여 Al-Fe계 합금 잉곳을 제조하였다. 잉곳은 70 mm로 가공된 후, 컨테이너 온도 350℃, 다이 온도 300℃, 빌렛 온도 250℃에서 직접 압출법(압출 속도 7 cm/s)을 통해 12 mm로 성형되었으며, 총 단면 감소율은 97%였다. 이후 압출재는 400℃에서 1시간 풀림 처리한 뒤, 상온에서 22 pass, 속도 750 m/s의 냉간 인발 공정을 거쳤다. 인발된 시편은 200~400℃ 범위에서 1시간 동안 어닐링 처리하였으며, 전기전도도는 250℃까지 증가하는 경향을 보였다. 300℃ 이상에서는 완전 재결정화가 관찰되었으나, 전기전도도 특성에는 큰 변화가 나타나지 않았다. 본 연구 결과, 기계적 특성과 전기적 특성을 종합적으로 고려할 때 350℃ 어닐링 조건에서 제조된 합금이 전선용 알루미늄 소재로서 가장 우수한 성능을 나타내었다.

Acknowledgment

This research was supported by the Regional Innovation System & Education(RISE) program through the Jeollanamdo RISE center, funded by the Ministry of Education(MOE) and the Jeollanamdo, Republic of Korea.(2025-RISE-14-001).

Keywords: aluminum, cold drawing, mechanical property, electrical conductivity, microstructure.

P-163

열간 단조 금형소재 SKD61의 질화층 두께 예측 모델 개발

정기호†, 전동술, 안경준

한국생산기술연구원
(markjung@kitech.re.kr†)

열처리 공정 중 제품에 열에너지를 가할 경우 이에 비례하여 열처리 품질을 얻을 수 있다는 열에너지수치를 이용한 열처리 제어 기술을 열간 단조 공정에서 단조금형으로 사용되는 SKD61 소재의 플라즈마 질화공정에 적용하여 열에너지수치에 따른 플라즈마 질화층 두께 예측 모델을 개발하였다. 질화온도와 공정시간을 변수로 플라즈마 질화공정 실험을 진행하였으며, 플라즈마 질화공정 중 실시간으로 제품이 받은 열에너지수치를 측정하여 공정시간에 누적된 열에너지수치를 연산하였다. 다양한 질화온도, 공정시간 조건에서 누적 열에너지수치에 따른 질화층두께를 분석하여 질화층두께가 누적 열에너지수치의 유일함수임을 Master Nitriding Curve (MNC) 개발로 확인하였다. 본 연구에서 개발한 SKD61강의 MNC 모델을 이용하여, 생산 현장에서 플라즈마 질화 시 제품의 누적 열에너지수치를 실시간으로 측정하여 이에 따른 질화층 두께를 예측할 수 있으며, 목표로 하는 질화층 두께를 얻기 위한 목표 누적 열에너지수치에 도달할 때 열처리 공정을 종료 제어한다면 목표로 하는 질화층 두께를 정확하게 제어할 수 있다.

Keywords: Master nitriding curve, Plasma nitriding, Energy value control

P-164

냉간압연접합 및 어닐링에 의한 AA1050/AA6061 층상판재의 기계적 특성 향상

임기현, 허현준, 이성희†

국립목포대학교 신소재공학과
(shlee@mnu.ac.kr†)

최근 국제적인 탄소 규제가 강화됨에 따라 수송기기의 연비 개선이 중요한 과제로 부각되었으며, 이에 따른 연구가 활발히 진행되고 있다. 기존 철강재를 고강도/고연성의 알루미늄 합금으로 대체하여 경량화를 진행하기 위한 연구가 지속되고 있으며, 그 방법으로 불균일 혼합조직의 도입에 관한 주제가 대두되고 있다. 여러 연구 방법이 제안되었으나, 공정이 복잡하고 크기가 제한적이며 재현성 확보가 어렵다는 한계가 있어, 본 연구에서는 상용화가 용이한 냉간 압연 공정을 통해 불균일 혼합조직을 구현하고자 하였다.

본 연구에서는 냉간압연접합(CRB) 공정과 어닐링을 이용하여 두께 방향으로 변형량이 달리 적용된 AA1050/AA6061 적층 판재를 제조하였으며, 이를 통해 두께 방향의 불균일 혼합 조직을 도입하는 것을 목표로 하였다. 가공 직후의 판재들은 성공적으로 불균일 혼합조직을 형성했으며, 최적 열처리 조건은 350℃ 1h 어닐링 조건이었다. 어닐링 온도가 증가함에 따라 AA1050과 AA6061 영역 모두에서 평균 경도는 감소하였으며, 더 높은 가공경화율과 회복(recovery) 및 재결정의 복합적 영향으로 인해 AA6061에서 그 감소폭이 더 크게 확인되었다. 인장 특성에서 일반적으로 온도 상승에 따라 강도는 감소하고 연성은 증가하는 전형적인 경향을 보였다. 그럼에도 불구하고, 350℃에서 어닐링한 시편은 300℃ 시편에 비해 더 우수한 인장강도와 연신율을 나타내었으며, 이러한 거동은 미세한 재결정립, 잔류 전위(dislocation), 부분적으로 조대화된 결정립이 공존함으로써 높은 강도계수와 가공경화 능력이 확보되었기 때문으로 해석된다. 반면, 400℃ 시편은 비교적 높은 가공경화율을 보였지만, 입자 성장과 충분한 전위 소멸로 인해 강도계수가 크게 감소하였다. 이러한 결과는 이변형률 냉간압연접합 공정과 후속 어닐링이 두께 방향으로 불균일 혼합조직을 효과적으로 형성하여, 강도-연성 균형이 향상된 AA1050/AA6061 층상판재의 개발을 가능하게 함을 확인함.

Acknowledgment

본 과제(결과물)는 2025년도 교육부 및 전라남도의 재원으로 전라남도RISE센터의 지원을 받아 수행된 지역혁신중심 대학지원체계(RISE)의 결과입니다.(2025-RISE-14-001)

Keywords: 냉간압연접합, 열처리, 기계적 성질, 알루미늄 합금,불균일 혼합조직

P-165

Structural and crystallographic analysis of Sintered Silicon Carbide by Hot Isostatic Pressing

KAMBLE GIRISH, Seong Ha Hwang, Jin Hyeok Kim †

Department of Materials Science and Engineering and Optoelectronics Convergence Research Center,
Chonnam National University
(jinhyeok@chonnam.ac.kr †)

Silicon carbide (SiC) uniquely combines high specific stiffness, exceptional thermal stability, and robust environmental resistance, making it a leading material for spaceborne mirrors; its strongly covalent, polycrystalline lattice confers high hardness and strength, enabling aggressively lightweight yet rigid mirrors and support structures. SiC's low sensitivity to thermal shock and excellent thermo-dimensional stability minimize thermally induced surface error, while superior chemical/corrosion resistance supports long service life in harsh environments. In contrast, glass and glass-ceramic substrates (e.g., ULE®, Zerodur®, fused silica) have lower elastic modulus, tensile strength, and fracture toughness, often necessitating thicker, heavier designs to meet stiffness and survivability targets; metallic materials(Al, Be) machine more easily but suffer key drawbacks—aluminum's higher coefficient of thermal expansion undermines athermal performance, and beryllium, despite low CTE and high stiffness, imposes significant cost and toxicity burdens. Overall, SiC offers the best combination of mass efficiency and thermo-optical stability for satellite mirrors. To evaluate the structural and crystallographic properties of sintered SiC, X-ray diffraction (XRD) analysis, Scanning Electron Microscope (SEM), and Transmission Electron Microscope (TEM) analyses were performed.

Keywords: Silicon Carbide, Sintering, Hot Isostatic Pressing, Transmission electron microscopy (TEM)

P-166

고출력 플라즈마 환경 대응을 위한 고엔트로피 탄화물 세라믹의 개발 및 성능 평가

김용준, 송도원†, Nafees Hassan, 김민수, 김운서, 배경렬, 박상민, 박정환, 서정민, 배승현, 이예섭, 용혜민, 강재현

국립금오공과대학교
(songdw@kumoh.ac.kr†)

최근 반도체 산업은 고출력 플라즈마를 활용한 고집적화 및 극미세 선폭 공정 개발로 생산 수율을 향상시켰으나, 챔버 내벽 소재의 particle 발생과 수명 저하 문제가 여전히 심각하다. 현재 상용 소재로 널리 사용되는 SiC는 우수한 내열성과 기계적 특성을 지니지만, 플라즈마 환경에서의 손상 누적으로 교체 주기가 짧아져 공정 비용 상승과 안정성 저하를 초래한다.

이를 해결하기 위해 본 연구에서는 HfO_2, ZrO_2, TiO_2, Ta_2O_5, Nb_2O_5, C를 등몰비로 조합하여 합성한 뒤, 질소 및 아르곤 분위기에서 핫프레스 공정을 통해 고엔트로피 탄화물(HEC) 세라믹을 제조하고 그 식각 저항성을 평가하였다. 제작된 시편은 CF_4/Ar 플라즈마에서 식각 후 XRD, SEM, XPS로 구조·결합 상태를, LASER OM과 AFM으로 표면 변화를 정량적으로 분석하였다.

그 결과, HEC는 SiC 대비 약 50% 이하, Y_2O_3 대비 약 200%의 식각 깊이를 보여 내식각성이 현저히 향상됨을 확인하였다. 또한, XPS 분석에서는 안정적인 산화 결합 상태가 관찰되어 플라즈마 환경에서의 화학적 안정성을 입증하였다.

따라서 고엔트로피 탄화물은 기존 SiC 대비 우수한 내식·내마모 성능을 제공하여 챔버 라이너의 교체 주기 연장과 수명 향상에 기여할 수 있으며, 반도체 제조 공정의 안정성 제고와 비용 절감을 위한 유망한 대체 소재임을 확인하였다.

Acknowledgment

This work was supported by KEIT (MOTIE) [RS-2024-00422159], KIAT (MOTIE) [RS-2024-00409639], NRF [NRF-2018R1A6A1A03025761], and Gyeongsangbuk-do RISE project.

Keywords: 플라즈마 내식각성, 고엔트로피 탄화물, 핫프레스 공정, SiC 대비 성능 개선, 반도체 챔버 라이너 수명 연장

P-167

Y_2O_3–Al_2O_3 계 화합물(YAG, YAP, YAM)의 플라즈마 식각 거동 및 결정구조적 영향 분석

이예섭, 송도원†, Nafees Hassan, 김민수, 김운서, 배경렬, 박상민, 박정환, 서정민, 배승현, 김용준, 용혜민, 강재현

국립금오공과대학교
(songdw@kumoh.ac.kr†)

반도체 공정의 미세화가 가속화됨에 따라 기존 챔버 소재보다 향상된 내플라즈마 특성을 지닌 재료 확보가 중요한 과제로 부상하고 있다. 현재 널리 사용되는 Y_2O_3는 우수한 식각 저항성을 가지지만 고가이면서 소결이 까다로워 대체 소재 개발이 요구된다. 이에 본 연구에서는 Y_2O_3–Al_2O_3 계 화합물인 $Y_3Al_5O_{12}$ (YAG), $YAlO_3$ (YAP), $Y_4Al_2O_9$ (YAM)을 대상으로, 시간 의존적 플라즈마 식각 거동과 결정구조적 요인이 내식각성에 미치는 영향을 비교하였다. CF_4/Ar 분위기에서 플라즈마 식각 후 SEM과 AFM으로 표면을 분석한 결과, 모든 조성에서 단차와 거칠기가 증가하였으며, AFM과 LASER OM 측정에서는 YAG, YAP, YAM이 Y_2O_3 대비 각각 약 150%, 500%, 130% 이상 식각 깊이를 보였고, 이들의 격자 대칭성과 결합 에너지 차이가 식각 속도와 표면 열화 정도에 직접적으로 작용함을 규명하였다. 결과적으로 YAG, YAP, YAM은 Y_2O_3 대비 내플라즈마 성능은 다소 낮지만, Y_2O_3–Al_2O_3 계의 조성 설계를 통한 결정구조적 특성과 더불어 소결 용이성 및 경제성을 고려할 때, 차세대 반도체 챔버용 대체 소재로 충분한 가능성을 지님을 확인하였다.

Acknowledgment

This work was supported by KEIT (MOTIE) [RS-2024-00422159], KIAT (MOTIE) [RS-2024-00409639], NRF [NRF-2018R1A6A1A03025761], and Gyeongsangbuk-do RISE project.

Keywords: Y_2O_3–Al_2O_3, YAG, YAP, YAM, 플라즈마 식각 저항성, CF_4/Ar 플라즈마, 반도체 챔버 소재

P-168

DCPD를 이용한 CCT시험편의 파괴인성시험

김태영†

KAERI
(taeyoung@kaeri.re.kr†)

가압중수로에서 핵연료 집합체가 장입되는 압력관은 발전소 가동 중 압력 약 10MPa, 온도 250~310°C의 고온 냉각수, 최대 30*1025n/m2d의 중성자 누적 조사량을 받으며 운전되도록 설계되어있다. 이때 압력관은 기계적 특성과 내식성이 우수하고 중성자 흡수단면적이 작아 상기 조건에 잘 맞는 Zr-2.5Nb 합금재료로 제작되었다. 압력관의 기계적 건전성과 수명을 예측하는 것은 가압중수로의 안전을 위해 매우 중요하다.

본 연구에서는 DCPD(Direct Current Potential Drop)법을 이용하여 CCT(Curved Compact Tension)시험편의 파괴인성시험을 진행하였다. ASTM에 따르면 본래 CT(Compact Tension)시험편으로 파괴인성시험을 진행해야 하나, 압력관의 제원 특성상 CT시험편의 제작이 힘들기 때문에 압력관의 곡면을 살린 CCT시험편으로 시험을 진행하였다. 본 시험을 통해서 핫셀 외부에서의 비조사 시험편을 먼저 시험하고, 보완할 점을 고찰하여 핫셀 내부에서 조사된 시험편의 파괴인성시험을 진행할 예정이다.

Keywords: 가압중수로, 압력관, DCPD(Direct Current Potential Drop), CCT(Curved Compact Tension),파괴인성시험, 핫셀

P-169

차세대 열차폐코팅을 위한 고엔트로피 RE_2FeTaO_7 산화물의 설계와 특성 평가

배경렬, 송도원†, Nafees Hassan, 김민수, 김운서, 박상민, 박정환, 서정민, 배승현, 이예섭, 김용준, 용혜민, 강재현

국립금오공과대학교 재료공학부 신소재공학과
(songdw@kumoh.ac.kr†)

가스터빈 엔진의 효율 향상을 위해서는 고온 환경에서 안정적으로 작동할 수 있는 열차폐코팅(Thermal Barrier Coating, TBC)이 필수적이다. 그러나 현재 상용 소재인 Yttria-stabilized Zirconia(YSZ)는 운용 온도의 상승에 따라 한계에 직면하고 있으며, 이에 따라 더 낮은 열전도도를 갖는 신소재 개발이 요구된다.

본 연구에서는 차세대 TBC 후보로 주목받고 있는 RE_2FeTaO_7 산화물에 고엔트로피 전략을 적용하여 구조적 안정성과 열적 특성을 개선하고, TBC 소재로서의 가능성을 평가하였다. 이를 위해 RE-사이트에는 10종의 희토류 원소를, Fe-사이트에는 3종의 전이금속을, Ta-사이트에는 3종의 금속을 조합하여 다양한 고엔트로피 조성을 합성하였다.

열전도도 측정 결과, 모든 조성은 400–1200 K 구간에서 1.4–1.9 W/m·K 범위로 유지되었으며, 이는 기존 YSZ(약 3.0 W/m·K)의 절반 수준에 해당한다. 이러한 성능 향상은 다원소 도입으로 인한 엔트로피 안정화와 심한 격자 왜곡이 phonon scattering을 극대화하여 열전도도를 효과적으로 저감한 결과로 분석된다.

따라서 RE_2FeTaO_7 기반 고엔트로피 산화물은 낮은 열전도도와 우수한 고온 안정성을 동시에 확보할 수 있는 유망한 차세대 TBC 소재임을 입증하였다. 더 나아가, 본 연구는 고엔트로피 설계 전략이 기존 YSZ의 한계를 극복하고, 고효율·고온 가스터빈 운용에 필요한 새로운 TBC 소재군을 창출할 수 있는 핵심 접근법임을 시사한다. 이는 향후 TBC 연구의 패러다임 전환뿐 아니라, 실제 산업 적용을 위한 소재 설계 지침으로도 기여할 수 있을 것이다.

Acknowledgment

This work was supported by KEIT (MOTIE) [RS-2024-00422159], KIAT (MOTIE) [RS-2024-00409639], NRF [NRF-2018R1A6A1A03025761], and Gyeongsangbuk-do RISE project.

Keywords: 고엔트로피, 열차폐코팅, 산화물

P-170

CHARPY IMPACT TEST PROCEDURE IN HOT CELL

김태영†

KAERI
(taeyoung@kaeri.re.kr†)

The Charpy Transition Curve is important to expect integrity of reactor pressure vessel (RPV) as major component of nuclear power plant. Commonly the Charpy transition curve can be obtained easily by performing the Charpy impact test. However, Due to specificity of radiological environment in nuclear power plant, the Charpy impact test must be carried out in the Hot cell. This study introduces the procedure of Charpy impact test in hot cell at the Irradiated Materials Examination Facility (IMEF) of KAERI. The procedure is outlined in the following stages. 1. Impact test machine verification(calibration), 2. Test specimen handling, 3. Temperature setting and impact. 4. Recording data and taking photographs. As first step, the pendulum of impact machine is released freely and stopped at the zero position. The zero position of pendulum is set and it is released freely to check that energy is zero. Secondly, the surface of specimen is cleaned to remove contaminants and serial number of the specimen is verified. In the third step, temperature of chamber is set to target temperature. When the temperature of chamber is kept within a range of ±1℃, the specimen is positioned at the center of chamber by the specimen handling device. The temperature is maintained for at least 30 minutes. After the holding time, the specimen is moved to anvil by the handling device and impact is conducted. The impact must be performed within 5 seconds after the specimen has been taken out of the chamber. Finally, the absorbed energy is recorded, the lateral expansion is measured and the fracture surface is captured. Through the process described above, the Charpy transition curve of Irradiated specimen can be obtained by fitting absorbed energy. From this process, it is possible to conduct the tests safely from radiation, as well as the integrity of RPV is analyzed accurately in terms of brittle transformation caused by radiation exposure.

Keywords: Hot cell, Charpy impact test, Nuclear power plant, Irradiated Materials Examination Facility (IMEF)

P-171

플루오린계 소결 조제를 이용한 AlN 세라믹의 소결성 및 물성 향상

용혜민, Nafees Hassan, 김민수, 김운서, 배경렬, 박상민, 박정환, 서정민, 배승현, 이예섭, 김용준, 강재현, 송도원†

국립금오공과대학교
(songdw@kumoh.ac.kr†)

질화알루미늄(AlN) 세라믹은 높은 열전도도와 우수한 전기 절연 특성으로 인해 전력 반도체 및 방열 기판 소재로 널리 활용된다. 그러나 AlN은 소결성이 낮고 기계적 특성이 부족하여 응용에 한계가 있다.

본 연구에서는 산소 불순물을 제거하고, 낮은 융점으로 액상 소결을 촉진할 수 있는 플루오린계 소결 조제를 도입하여 열전도도와 기계적 성능 향상을 개선하고자 하였다.

시편은 핫프레스를 이용해 소결하였으며, 첨가제 종류에 따른 밀도, 열전도도, 그리고 기계적 특성을 평가하였다. 기계적 물성은 비커스 경도와 나노인덴테이션 시험으로 분석하였다.

그 결과, 플루오린계 조제를 사용한 시편은 기존 AlN 대비 밀도가 향상되었으며, 미세구조 관찰을 통해 입계 부근에서 액상 소결의 흔적이 확인되어, 첨가제에 의한 소결 메커니즘을 뒷받침하였다.

소결체의 밀도가 향상됨에 따라 열전도도와 기계적 특성도 향상됨을 확인하였다. 본 연구는 플루오린계 소결 조제가 AlN 세라믹의 성능 개선에 효과적임을 보여주며, 향후 다양한 첨가제 조합을 통한 최적화 연구의 가능성을 제시한다.

Acknowledgment

This work was supported by KEIT (MOTIE) [RS-2024-00422159], KIAT (MOTIE) [RS-2024-00409639], NRF [NRF-2018R1A6A1A03025761], and Gyeongsangbuk-do RISE project.

Keywords: AlN, 플루오린계 소결 조제, 액상 소결, 열전도도, 기계적 물성

P-172

UHS 공정을 통한 3C-SiC의 Hexagonal 상변화 유도와 플라즈마 저항성 향상

배승현, Nafees Hassan, 김민수, 김운서, 배경렬, 박상민, 박정환, 서정민, 이예섭, 김용준, 용혜민, 강재현, 송도원†

국립금오공과대학교 신소재공학전공
(songdw@kumoh.ac.kr†)

기존 반도체 건식 식각 공정의 포커스 링은 주로 3C-SiC로 제작되지만, 플라즈마 저항성과 공정 중 입자 발생 억제를 동시에 확보하기에는 한계가 있다. 3C-SiC는 상대적으로 좁은 밴드갭, 낮은 열전도도, 그리고 대칭적 결정 구조를 가지기에 플라즈마 충격에 취약한 반면, 4H-SiC와 6H-SiC는 넓은 밴드갭과 높은 열전도도, 그리고 비등방적 결합 네트워크를 지녀 플라즈마 환경에서 우수한 저항성을 보이는 것으로 예상된다. 그러나 3C-SiC에서 4H-SiC 및 6H-SiC로의 상변화 온도가 매우 높아 실제 적용에는 어려움이 따른다.

본 연구에서는 Ultra High Temperature Sintering(UHS) 기법을 이용하여 3C-SiC의 국부적 상변화를 유도하여, 4H-SiC 및 6H-SiC의 플라즈마 저항성 향상을 검증하고자 한다. 표면 UHS 처리를 통한 시편의 구조적 특성은 XRD와 CS-TEM으로 분석하였으며, 내플라즈마 성능은 Alpha-Step과 AFM을 통해 정량적으로 평가하였다. 그 결과, 3C-SiC 시편에서 4H-SiC와 6H-SiC 상의 형성이 국부적으로 확인되었으며, 기존 3C-SiC 대비 평균 식각 깊이가 약 7.2% 감소하였다. 이는 밴드갭 확장, 열전도도 증가, 결합 네트워크 강화와 같은 hexagonal 상의 특성이 플라즈마 저항성 향상에 직접적으로 기여했음을 보여준다.

따라서 본 연구는 UHS 공정을 활용하여 cubic SiC에서 hexagonal SiC로의 상변화를 유도함으로써 반도체 건식 식각 공정용 포커스 링의 수명 연장과 입자 발생 억제에 기여할 수 있는 새로운 소재 설계 전략을 제시한다.

Acknowledgment

This work was supported by KEIT (MOTIE) [RS-2024-00422159], KIAT (MOTIE) [RS-2024-00409639], NRF [NRF-2018R1A6A1A03025761], and Gyeongsangbuk-do RISE project.

Keywords: SiC, UHS, 내플라즈마

P-173

Ce–Zr–La–Sm–Nd–Y–Hf–Cr 기반 고엔트로피 산화물의 합성과 열차폐 코팅(TBC) 후보로써의 적용 가능성.

박상민, Nafees Hassan, 김민수, 배경렬, 강재현, 김운서, 박정환, 서정민, 배승현, 이예섭, 김용준, 용혜민, 송도원†

국립금오공과대학교 재료공학부 신소재공학전공
(songdw@kumoh.ac.kr†)

고온 운전 조건에서 기존 YSZ 열차폐 코팅은 열전도도와 열팽창계수의 한계로 인해 성능 저하가 발생하므로, 낮은 열전도도와 높은 열팽창계수를 동시에 확보할 수 있는 대체 소재 개발이 요구된다.

본 연구에서는 Ce–Zr–La–Sm–Nd–Y–Hf–Cr을 포함한 고엔트로피 산화물(HEO)을 단일상으로 합성하고, 열차폐 코팅(TBC) 소재로서의 적용 가능성을 평가하였다. XRD 분석 결과, 합성된 HEO1–4 모두 결함 플루오라이트 구조의 단일상을 형성하였으며, SEM–EDS 분석에서는 균일한 원소 분포가 관찰되었다.

모든 조성에서 열전도도는 1.2–1.6 W/m·K 범위로 측정되어 상용 YSZ(약 2.5–3.0 W/m·K)에 비해 절반 이하로 낮았으며, 특히 Cr^{3+}와 Hf^{4+}가 포함된 조성에서 포논 산란과 기공률 효과에 의해 더욱 낮은 값을 보였다. 또한, 1273 K에서 CTE는 $10\sim11\times10^{-6}$/K에 달했으며, Cr^{3+} 도입은 산소 공공 증가에 따른 격자 왜곡으로 CTE 상승을 유도한 반면, Hf^{4+} 도입은 평균 양이온 반경 감소와 공극률 증가로 인해 CTE와 탄성계수 모두 낮아지는 경향을 나타냈다.

이러한 결과는 고엔트로피 조성 설계를 통해 열전도도와 열팽창계수를 효과적으로 조율할 수 있음을 보여주며, 고엔트로피 산화물이 차세대 TBC 소재로서 유망한 후보임을 시사한다.

Acknowledgment

This work was supported by KEIT (MOTIE) [RS-2024-00422159], KIAT (MOTIE) [RS-2024-00409639], NRF [NRF-2018R1A6A1A03025761], and Gyeongsangbuk-do RISE project.

Keywords: 고엔트로피, 열차폐코팅(TBC)

P-174

인공지능 기반 무전해 도금막 실시간 결함 검출 시스템 구축에 관한 연구

김승완[1], 기다정[1], 이희정[1], 지현배[1], 빈정수[1], 이연승[1†], 김정한[2†]

[1]한밭대학교 정보통신공학과; [2]한밭대학교 신소재공학과
(yslee@hanbat.ac.kr†, jh.kim@hanbat.ac.kr†)

최근 극한 소재 공정 분야와 반도체 공정에서는 인공지능(AI)을 활용한 데이터 분석 및 품질 관리를 통해 생산성을 높이고 불량률을 최소화하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 차세대 원자력 기술 중 하나인 용융염 원자로(MSR, Molten Salt Reactor)에서는 배관 구조재료의 내식성을 높이기 위한 방안으로, 무전해 니켈 도금 공정을 통해 구조재료 표면에 Ni 클래딩(cladding)을 형성하여 사용한다. 그러나 극한 환경에서 사용되는 MSR 구조재료의 경우, Ni 클래딩에 발생할 수 있는 미세 결함이 소재의 안정성과 수명을 크게 저하시킬 수 있어, 이러한 결함을 사전에 탐지하고 방지하는 기술이 중요시된다. 이에 본 연구에서는 OM(광학 현미경), SEM(주사 전자 현미경) 등 정밀 측정 장비를 활용하여 획득한 표면 이미지에서 결함을 정의하였다. 정의한 결함들을 검출할 수 있도록 YOLOv5 모델과 이동형 현미경(SM401) 모델을 활용하여 실시간 결함 검출 시스템을 구축하였다.

Keywords: 무전해도금, 인공지능, 결함탐지

P-175

고융점·안정 산화물 기반 고엔트로피 산화물(HEO)의 합성 및 반도체 플라즈마 식각 저항성 향상

강재현, Nafees Hassan, 김민수, 김운서, 배경렬, 박상민, 박정환, 서정민, 배승현, 이예섭, 김용준, 용혜민, 송도원†

국립금오공과대학교 재료공학부 신소재공학과
(songdw@kumoh.ac.kr†)

반도체 기술의 고도화에 따라 초미세 패터닝 구현을 위한 고에너지 플라즈마 기반 식각 공정이 필수적으로 요구되고 있으며, 이에 따라 우수한 내플라즈마 식각성을 지닌 소재 개발이 시급하다. 현재 Y_2O_3는 우수한 내플라즈마 소재로 널리 활용되고 있으나, 플라즈마 에너지가 증대됨에 따라 기계적 안정성과 화학적 내식성 측면에서 한계가 드러나고 있어 새로운 대안 소재가 필요하다.

본 연구에서는 높은 융점을 가지는 조성과, 화학적으로 안정한 산화물 원소를 기반으로 고엔트로피 산화물(HEO)을 설계 및 합성하여 Y_2O_3 대비 식각 저항성을 개선하고자 하였다. 고상 소결법으로 시험편을 제작하여, 식각 전후의 표면 및 구조적 변화는 SEM, XRD, laser optical microscopy, AFM을 통해 분석하였다.

그 결과, HEO는 Y_2O_3 대비 식각 두께 손실이 약 12% 감소하였으며, 낮은 식각 속도와 안정된 미세구조 및 표면 거칠기를 나타냈음을 확인하였다.

따라서 HEO는 차세대 반도체 제조 장비용 내플라즈마 부품 소재로서 높은 적용 가능성을 입증하였으며, 안정된 미세구조와 우수한 식각 저항성을 바탕으로 기존 Y_2O_3의 한계를 극복할 수 있는 가능성을 제시한다.

Acknowledgment

This work was supported by KEIT (MOTIE) [RS-2024-00422159], KIAT (MOTIE) [RS-2024-00409639], NRF [NRF-2018R1A6A1A03025761], and Gyeongsangbuk-do RISE project.

Keywords: 고엔트로피 산화물, 플라즈마 저항성, 희토류계 산화물, 플루오린화 플라즈마, 반도체 식각 공정

P-176

환경차폐코팅을 위한 고엔트로피 희토류 실리케이트의 설계 전략과 CMAS 저항성

박정환, 배경렬, Nafees Hassan, 김민수, 김운서, 박상민, 서정민, 배승현, 이예섭, 김용준, 용혜민, 강재현, 송도원†

국립금오공과대학교
(songdw@kumoh.ac.kr†)

환경차폐코팅(Environmental Barrier Coatings, EBCs)은 SiC 기반 세라믹 복합체를 고온 환경에서 수증기 침식과 용융 CMAS(Calcium-Magnesium-Alumino-Silicate) 로부터 보호한다. 본 연구에서는 다원소 희토류 조성의 고엔트로피 조성이 열전도도 저감 및 CMAS 저항성 향상에 미치는 영향을 검증하였다.

$La_2Si_2O_7$, $(La,Pr,Nd,Sm,Eu)_2Si_2O_7$, $Yb_2Si_2O_7$, $(Yb,Y,Dy,Ho,Er)_2Si_2O_7$, 그리고 $(La,Pr,Nd,Sm,Eu,Gd,Tb,Yb,Y,Dy,Ho,Er)_2Si_2O_7$의 다섯 조성을 고상소결로 합성하였고, 이들의 열적 특성과 CMAS 저항성을 평가하였다.

5원소 조성은 단일 희토류 대비 CMAS 침투가 얕아 고엔트로피 효과가 확인된 반면, 12원소 조성은 오히려 가장 큰 침투 깊이를 보였으며, 이는 평균 이온 반지름 변화, spinel·silica 반응 생성물 형성 촉진, 미세조직 결함 증가가 복합적으로 작용한 결과로 분석된다.

열적 특성 평가에서 모든 시편의 열팽창계수는 4–6 × 10^{-6} K^{-1} 범위로, SiC 기판(약 4.4 × 10^{-6} K^{-1})과 유사하여 계면 분리 위험이 낮음을 확인하였다. 또한, 다원소 조성일수록 열전도도가 저하되어 열차폐 성능 측면에서 우수한 특성을 나타냈다.

따라서 고엔트로피 전략을 통해 EBC 응용에 요구되는 열적 특성을 확보할 수 있음을 입증하였으나, CMAS 저항성 향상을 위해서는 단순 엔트로피 안정화뿐 아니라 이온 반지름, 결정구조 안정성, 미세조직 특성 등 다각적 설계 인자가 병행 고려되어야 함을 시사한다.

Acknowledgment

This work was supported by KEIT (MOTIE) [RS-2024-00422159], KIAT (MOTIE) [RS-2024-00409639], NRF [NRF-2018R1A6A1A03025761], and Gyeongsangbuk-do RISE project.

Keywords: 환경차폐코팅, EBC, SiC 세라믹 복합체, 수증기 침식, CMAS, 고엔트로피 희토류 조성, 열전도도 저감, CMAS 저항성, 고상소결, 열팽창계수, 평균 이온 반지름, Spinel·Silica 반응생성물

P-177

수소 혼소 환경 모사 시험을 통한 가스터빈용 TBC 소재의 열화 거동 분석

김운서, Nafees Hassan, 김민수, 배경렬, 박상민, 박정환, 서정민, 배승현, 이예섭, 김용준, 용혜민, 강재현, 송도원†

국립금오공과대학교
(songdw@kumoh.ac.kr†)

가스터빈의 고온 환경에서 사용되는 열차폐코팅(Thermal Barrier Coating, TBC) 소재는 차세대 친환경 발전 기술인 수소 혼소(H_2 co-firing) 조건에서의 신뢰성 확보가 요구된다. 본 연구에서는 TBC 상용 소재인 YSZ 벌크 및 코팅 시험편의 수소 환경에서 열화 거동을 규명하고자 하였다. 이를 위해 수소 분위기와 비수소 분위기에서 미세구조와 열적, 기계적 물성의 변화를 관찰하였다. 미세구조의 차이로는 특히 수소 분위기에서는 결정립 성장 상수가 K≈0.00102 μm2/h로, 비수소의 K≈0.00167 μm2/h에 비해 결정립 성장이 억제되는 경향이 확인되었고, 이러한 소결 저항성의 향상은 열전도도 증가를 막아, 열차폐 성능의 저하를 효과적으로 방지할 수 있었다. 이는 수소 혼소 조건에서 TBC 소재의 열화가 단순히 가속화되는 것이 아니라, 특정 조건에서는 미세구조 안정성을 높일 가능성이 있음을 시사한다. 본 연구는 수소 혼소 환경에서의 TBC 열화 거동 평가에 기여할 뿐만 아니라, 향후 코팅 시편 및 실제 가스터빈 시스템에서의 성능 예측에 중요한 기초 자료를 제공할 것으로 기대된다.

Acknowledgment

This work was supported by KEIT (MOTIE) [RS-2024-0422159], KIAT (MOTIE) [RS-2024-00409639], NRF [NRF-2018R1A6A1A03025761], and Gyeongsangbuk-do RISE project.

Keywords: 열차폐코팅, 수소 혼소, 미세구조, 열적특성, 기계적특성

P-178

격자 에너지 차이에 따른 고엔트로피 산화물의 플라즈마 식각 저항성 연구

서정민, 김민수, Nafees Hassan, 이예섭, 강재현, 김용준, 배경렬, 김운서, 박상민, 박정환, 배승현, 용혜민, 송도원†

국립금오공과대학교 신소재공학전공
(songdw@kumoh.ac.kr†)

반도체 제조 공정에서 사용되는 세라믹 부품은 플라즈마 식각 환경에 장기간 노출될 경우 손상과 오염 문제를 일으켜 생산 수율 저하를 초래한다. 기존 내식성 세라믹으로 알려진 Al_2O_3와 Y_2O_3는 한계를 지니고 있어, 차세대 반도체 공정에는 보다 우수한 내식성 소재 개발이 요구된다.

본 연구는 고엔트로피 산화물(HEO) 설계 전략을 도입하여, 격자 에너지 차이가 세라믹의 플라즈마 식각 거동에 미치는 영향을 규명하고자 하였다. 이를 위해, 격자 에너지가 큰 희토류 조성(Lu, Yb, Er, Ho, Dy)과 작은 조성(La, Ce, Pr, Nd, Sm)을 각각 조합하여 고엔트로피 산화물을 합성하였다. 합성된 시료는 XRD로 결정 구조를 분석하였으며, Alpha-Step 및 AFM으로 식각 깊이와 표면 특성을 정량화하였다. 또한 SEM, EDS 및 XPS 분석을 통해 조성 변화 및 화학적 결합 상태를 평가하였다.

실험 결과, 격자 에너지가 작은 조성 기반의 고엔트로피 산화물이 Y_2O_3 대비 약 10% 향상된 식각 저항성을 보였다. 반면, 격자 에너지가 큰 조성은 Y_2O_3보다 약 7% 낮은 식각 저항성을 나타냈다. 고엔트로피 산화물의 내식성 메커니즘을 격자 에너지와 연결 지어 실험적으로 검증하였으며, 격자 에너지 차이가 세라믹의 플라즈마 반응성에 중요한 역할을 함을 제시한다. 더 나아가 고엔트로피 산화물이 차세대 반도체 공정용 내식성 세라믹 부품으로 적용될 수 있는 가능성을 보여준다.

Acknowledgment

This work was supported by KEIT (MOTIE) [RS-2024-00422159], KIAT (MOTIE) [RS-2024-00409639], NRF [NRF-2018R1A6A1A03025761], and Gyeongsangbuk-do RISE project.

Keywords: 내플라즈마, 고엔트로피, 세라믹

P-179

Effect of Heat-Treatment on Mechanical Properties of STS316L at Cryogenic and Room-Temperatures

이태호, 박민수, 장시영†

Korea Aerospace University (Department of Materials Science and Engineering, Republic of Korea, Goyang)
(sychang@kau.ac.kr†)

Stainless Steel 316L (STS316L) has been widely used in various industrial fields, as pipes and valves for the fabrication of semiconductor and so on, because of its corrosion resistance, good formability and weldability. However, there are limited data on mechanical properties under cryogenic atmosphere for further application such as rockets.

In this study, therefore, the mechanical properties and microstructure of STS316L in as-rolled and heat-treated at 985 °C and 1040 °C for 1h were investigated. Tensile tests were performed, with reference to ASTM E1450 under a custom LN_2 -cooled cryogenic atmosphere (−196 °C) and room temperature with a strain rate of 10^{-3} s^{-1}. For as-rolled STS316L, the ultimate tensile strength increased from 612 MPa at room temperature to 1353 MPa at −196 °C, and the yield strength increased from 301 to 402 MPa, while elongation decreased from 77% to 53%. To quantify the effect of heat-treatment on mechanical properties, tensile properties of STS316L at room and cryogenic temperatures were investigated. The mechanical behavior was discussed based on the observation of fracture surface and deformed microstructure in the vicinity of fracture surface.

Acknowledgment

This work was supported by Small and Medium Business Technology Information Promotion Agency (TIPA, Korea), No. 00277042.

Keywords: STS316L, Heat-treatment, Room and Cryogenic Temperature, Tensile properties, Deformed Microstructure

P-180

Morphological transformation via self-aggregation of Au seeds for enhanced response and reliability in gas sensors

송백, 심영석†, 조윤행

한국기술교육대학교
(ysshim@koreatech.ac.kr†)

Microelectromechanical systems (MEMS)-based gas sensors typically require a cavity to prevent circuit damage and to achieve efficient heat transfer from the microheater to the sensing layer. However, the fabrication of cavities presents challenges in process stability, which is why physical vapor deposition (PVD) techniques are widely employed [1]. Among these, the glancing angle deposition (GLAD) method has been adopted as a conventional approach, enabling the formation of nanostructures for high-performance gas sensors by adjusting substrate rotation, deposition temperature, and incident angle. A high deposition angle provides increased porosity for efficient gas diffusion but compromises structural uniformity, whereas a low deposition angle [2], in contrast, leads to reduced porosity while maintaining higher structural uniformity.[3] To overcome this trade-off, Au seed layers with different thicknesses (3, 5, and 10 nm) were introduced to identify the optimal balance between porosity and uniformity. The use of Au seeds enables the formation of porous nanorod structures even at lower deposition angles, thereby enhancing the sensing performance and structural reliability of MEMS-based gas sensors. This study pre-deposited 0,3,5, and 10 nm Au seeds to enable the formation of highly porous nanorod structures even at low deposition angles, thereby enhancing both the response and reliability of the sensor. At a deposition angle of 60°, the introduction of a 3 nm Au seed under 10 ppm acetone resulted in more than a fourfold increase in response compared with nanorods without Au seeds, along with a significantly reduced response time. This work demonstrates a novel strategy to simultaneously overcome the reliability and performance limitations of MEMS-based gas sensors, highlighting their promising potential for high-reliability acetone detection.

Keywords: MEMS, Gas sensors, nanostructures, SnO2, Au seeds

P-181

Influence of Al content on the microstructure and mechanical properties of (CrFeNiCu)100-xAlx (x = 0 – 15 at.%) high entropy alloys

Yusupov Dilshodbek, Muhammad Aoun Abbas, Kiran Shinde, Hae Jin Park, Sung Hwan Hong, Ki Buem Kim †

Sejong University, Department of Nanotechnology and Advanced Materials Engineering
(kbkim@sejong.ac.kr †)

High-entropy alloys (HEAs), named of new advanced materials, have attracted considerable interest in the past decade due to their superb properties. In this study, as-cast (CrFeNiCu)100-xAlx HEAs (x = 0–15 at.%) were developed by introducing Al as a minor alloying element into the quaternary CrFeNiCu system, which led to microstructural modifications and improved mechanical performance. Comprehensive microstructural characterization demonstrated that Al additions exceeding 7 at.% promoted pronounced micro-to-nanoscale structural transformations. On the contrary, minor Al additions below 5 at.% exhibited negligible influence on the microstructure, which remained predominantly composed of the CrFeNi-rich FCC1 and Cu-rich FCC2 phases. In contrast, HEAs with Al contents exceeding 7 at.% notable microstructural transitions, evolving from a dual-phase FCC1/FCC2 structure to a multiphase FCC1/FCC2/BCC configuration. The primary BCC dendrites further exhibited nanoscale phase separation into A2/B2 structures, while L12 nanoprecipitates formed within the FCC matrix. Due to the large negative mixing enthalpy of Al with the constituent elements, pronounced micro-to-nanoscale chemical heterogeneity was induced, driving the observed structural evolution. The BCC phase fraction increased with Al content, leading to a substantial enhancement in yield strength (from 291 MPa to 1366 MPa) and Vickers hardness (from 134 HV to 475 HV). Although the higher BCC fraction reduced ductility from above 45% to 16.02%, this level of plasticity is still considered acceptable for engineering applications.

Keywords: High-entropy alloy; Mechanical properties; Microstructure;

P-182

유형적 재료성질과 무형적 재료성질을 이용한 재료선택 방법: 보행보조기 사례연구

송예영, 최재호†

국립강릉원주대학교 신소재·생명화학공학부
(cjh@gwnu.ac.kr†)

본 연구의 목적은 재료의 유형적, 무형적 성질을 결합한 재료선택 방법을 적용하여 보행보조 기의 프레임에 가장 적합한 재료를 선택하는 것이다. 보행보조기는 고령화와 수술로 인해 걷기가 불편한 사람들의 보행을 보조하는 기구로서, 되도록 다리에 힘이 적게 가해지도록 설계된 기구이다. 보행보조기는 고령자와 환자의 이동성을 보장해 사용자의 독립성을 확보해줌으로써 삶의 질을 향상시켜준다. 보행능력이 상실된 경우는 휠체어를 사용하지만, 기초적인 보행능력이 있는 경우는 보행보조기의 한 종류인 워커(walkers)를 많이 사용한다. 일반적인 워커는 4개의 다리로 사용자의 체중을 분산시켜 지탱하게 구성되어 있다. 본 연구에서는 다리의 끝에 고무팁이 부착되어 미끄럼을 방지하는 기본적인 워커를 대상으로 하였다. 제품의 디자인 요구사양에 적합한 재료를 선택하는 과정은 제품의 가치를 높이는데 매우 중요한 과정이다. 본 연구에서는 재료선택 방법으로 유형적 성질을 이용한 엔지니어링 기반 방법과 무형적 성질을 이용한 재료지각 기반 방법을 결합한 방법을 사용한다. 그 과정을 살펴보면 다음과 같다. (1) 제품디자인에서 요구되는 사양들을 기능(function), 제약조건(constraints), 개성(personality), 목표(objectives)의 요소들로 서술한다. (2) 제품이 반드시 가져야 하는 제약조건을 통하여 그 조건에 부합되지 않는 재료들을 고려대상에서 제외한다. (3) 사용자가 재료에 대하여 느끼는 지각성질을 통하여 제품에 적합한 재료의 종류(material class)를 선택한다. (4) 제품디자인의 목표를 이용하여 선택된 재료들의 우선순위를 정한다. (5) 순위의 상위에 있는 재료들에 대한 다양한 보조정보를 바탕으로 최종 재료선택을 한다. 워커의 디자인 요구사양을 살펴보면, 기능은 걷기가 불편한 사람의 보행을 보조하는 것이다. 제약조건 측면에서 보면, 사용시 사람의 체중이 가해질 때 워커가 휘어지는 현상을 방지할 수 있는 굽힘강도가 높은 재료, 워커가 바닥에 쓰러질 때 파손이 일어나지 않도록 하는 충격강도가 높은 재료가 요구된다. 워커의 개성은 사용자의 재료에 대한 느낌을 데이터마이닝의 비지도 학습으로 분석한 지각성질 데이터를 사용하여 디자이너가 추구하고자 하는 개성에 적합한 재료의 종류를 선택함으로써 부여된다. 설정한 목표 측면에서 보면, 사용자의 체력 소모를 최소화하기 위한 가벼운 재료와 가능하면 저렴한 재료가 요구된다. 지속가능 측면의 보조정보로서는 제조공정에서 발생하는 이산화탄소와 필요 에너지가 낮은 재료가 고려되어 제품에 적합한 최종 재료가 선택된다. 본 연구에서 사용한 재료선택 방법으로 사용자가 원하는 제품, 디자이너가 추구하는 제품에 가장 적합한 재료가 선택될 수 있으리라 기대된다.

Keywords: 재료선택, 재료지각, 보행보조기, 디자인 요구사양

P-183

아공정 알루미늄 주조 합금의 기계적 성질에 미치는 Sr과 Fe의 영향

이상환†, 김효섭

한국생산기술연구원
(puna@kitech.re.kr†)

자동차용 부품을 COMPACT (Casting Of Minimized Pressure Applied Composite Technology) 가압주조 공정을 통해 제작하고자 하는 연구가 최근 진행 중이다. 해당 부품에 사용되는 아공정 알루미늄 합금에는 개량화 처리를 위한 Sr, 소착 방지를 위한 Fe 등의 미량 원소가 필수적으로 포함되며, 이들의 제어를 통해 강도, 연신율, 경도 등이 건전하게 향상되어야 한다.

본 연구에서는 Sr, Fe 함량 등을 달리한 아공정 알루미늄 합금의 기계적 성질 및 파단면을 분석하였다. 합금은 760°C에서 용해하고, 개량화 및 탈가스 처리한 뒤, Y-block 주형에 주입하였다. 합금 1의 기본 조성에서 Sr을 첨가한 조성을 합금 2로 주조하였고, Sr 함량을 증가하고, Fe 함량을 감소시킨 조성을 합금 3로 주조하였다. 주조된 Y-Block은 인장시험, 브리넬 경도, 로크웰 경도 등을 평가하기 위한 시편으로 가공하였다. 인장시험을 마친 시편의 경우, 파단면을 OM, SEM 등으로 관찰 분석하였다.

Acknowledgment

본 연구는 산업통상자원부에서 지원하는 소재부품기술개발사업(RS-2024-00421088)을 통해 진행되었다.

Keywords: 자동차 부품, 알루미늄 합금, Sr, Fe, 기계적 성질, 파단면

P-184

아공정 알루미늄 주조 합금에서 반응 온도 및 미세조직에 미치는 Sr과 Fe의 영향

이상환†

한국생산기술연구원
(puna@kitech.re.kr†)

미래 자동차용 차체, 배터리 하우징 등 부품을 대형(대면적) 일체화, 경량화, 고성능화 하면서, 공정(COMPACT 가압주조) 대체화 하는 연구가 현재 진행 중이다. 해당 부품에 사용되는 아공정 알루미늄 합금에는 개량화 처리를 위한 Sr, 소착 방지를 위한 Fe 등의 미량 원소가 필수적으로 포함된다.

본 연구에서는 아공정 알루미늄 합금에서 Sr, Fe 함량 등이 반응 온도 및 미세조직에 미치는 영향을 분석하였다. 합금은 760℃에서 용해하고, Al-10%Sr으로 개량화 처리, 알루가스로 탈가스 처리한 뒤, 750℃에서 Y-block 주형에 주입하였다. 이 때 합금 1의 기본 조성에서 Sr을 첨가한 조성을 합금 2로 주조하였고, Sr 함량을 증가하고, Fe 함량을 감소시킨 조성을 합금 3로 주조하였다. 각 합금에서의 초정 및 공정반응 온도를 미세조직과 함께 분석하였고, 금속간화합물의 종류, 형성량, 크기 등을 관찰하였다.

후기 : 본 연구는 산업통상자원부에서 지원하는 소재부품기술개발사업(RS-2024-00421088)을 통해 진행되었다.

Keywords: 자동차 부품, 알루미늄 합금, Sr, Fe, 반응 온도, 미세조직

P-185

반도체 인라인 가스필터 제조용 STS 316L 분말의 물성 제어를 위한 플라즈마 표면처리 공정 연구

성준규[1,2], 안치성[1†]

[1]한국생산기술연구원 주문형생산연구부문; [2]한양대학교 나노광전자공학과
(cahn@kitech.re.kr†)

인공지능(AI) 수요에 따른 고대역폭 메모리(HBM) 등 첨단 반도체 제조를 위한 초미세 공정 중 발생하는 미립자들의 혼입은 칩의 패턴 결함을 유발하는 등 수율 저하의 주요 인자로 작용하므로 공급 가스의 불순물 제거 기술이 필수적이다. 특히, 반도체 공정용 가스 필터는 불순물 유입을 사전에 차단하여 불량률 저감 및 품질 균일도를 향상시키는 핵심 부품으로 여겨지고 있으나, 대부분 수입되고 있으며 일부 국산화 된 필터의 경우에도 원료 분말은 전량 해외에 의존하고 있어 부품 자립화를 위한 원천 소재 제조 공정 기술 내재화가 필요하다.

한편, 수분사법 (Water Atomization)은 용해된 금속을 고속의 물 분사로 냉각/응고시켜 분말을 제조하는 공정으로 비정형 금속 분말을 제조하는데 유리하며 미세한 입자 크기 분포를 지니는 STS 및 합금 분말을 상대적 저비용으로 생산 가능하다는 장점을 지니고 있어 반도체 인라인 가스필터 제조를 위한 원료 분말 합성 기술로 주목을 받고 있다. 하지만, 분말 제조 과정에서 기인하는 Cr-Rich 산화층 및 기지 내부의 CrN 석출물은 가스필터 및 케이스 용접 과정에서 불량의 원인이 되므로 이를 효과적으로 제어하기 위한 분말 표면 개질 기술 확보가 필수적이다.

본 연구에서는 수소 단독 및 수소/아르곤 플라즈마를 활용하여, 수분사법으로 제조된 비정형 Rod-like STS 316L 분말에 대한 표면처리 공정을 수행하였다. 이를 통해 분말 표면 산화막 제거 효과 및 분말 내 산소 및 질소 함량의 변화 거동을 관찰하였으며, 기존의 분위기 가스를 이용한 환원 열처리 공정과의 데이터를 비교/분석함으로써, 분말 물성 제어에 대한 플라즈마 공정의 효율성을 평가하였다.

Keywords: STS 316L 분말, 가스필터, 플라즈마, 표면처리

P-186

WAAM 공정에서 CTWD 변화와 전기적 신호를 활용한 적층 품질 및 제어 연구

신현준[1,2], 천주용[1,2], 박영근[1], 이의찬[1], 지창욱[1†]

[1]한국생산기술연구원 스마트정형공정그룹 울산뿌리기술센터; [2]부산대학교 재료공학과
(cwji@kitech.re.kr†)

WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing) 기술은 GMAW(Gas Metal Arc Welding) 아크 열원을 활용하여 금속 와이어를 용융·적층하는 방식으로, 빠른 속도와 높은 비용 효율성 덕분에 항공, 조선 등 대형 구조물 제작 분야에서 그 활용 잠재성이 높다. 하지만 적층이 진행됨에 따라 CTWD (Contact Tip to Workpiece Distance)가 변화하며 전류 및 전압과 같은 전기적 신호의 안정성이 저해되고, 이는 적층물의 치수 정밀도 저하 및 용착 불균일성의 주원인이 된다. 특히, CTWD 변화에 따른 불규칙한 입열량은 미세조직의 변화 및 기계적 특성 저하를 초래한다. 본 연구는 ER70S-6 와이어를 이용한 2D Wall 적층 공정을 대상으로 CTWD 변화와 전기적 신호(전류, 전압) 간의 상관관계를 체계적으로 분석하였다. 각 CTWD 조건에서 얻은 전기적 신호 및 적층부의 치수 데이터를 활용하여 CTWD 변화가 용융지(Melt Pool)의 안정성과 적정 층간 높이(Interlayer spacing)에 미치는 영향을 규명하였다. 또한, CTWD 제어 조건에 따른 적층부의 용입 깊이, 내부 결함 (X-선 분석), 미세조직 균일성 (결정립 크기)을 평가하고 경도를 측정하여 기계적 물성과의 연관성을 분석하였다.

Keywords: WAAM, GMAW, CTWD, 적정 층간 높이, 전기적 신호

P-187

4343/3003/4343 알루미늄 클래드재의 침식성에 미치는 심재 균질화 열처리의 영향

정대한[1,2], 김형욱[1†], 어광준[1], 김원경[1]

[1]한국재료연구원; [2]부산대학교
(hwkim@kims.re.kr[†])

최근 전기자동차의 열관리 문제로 인해 자동차 열교환기의 성능 향상에 대한 요구가 증가하고 있다. 알루미늄 클래드 판재는 우수한 열전도도와 높은 비강도로 인해 부품의 소형화와 열교환 효율 향상에 기여하며, 자동차용 열교환기 부품의 브레이징 소재로 널리 활용되고 있다. 일반적으로 핀/튜브 형식의 확관에 의한 기계적 체결 방식과 비교할 때, 브레이징으로 핀과 튜브를 접합하는 경우 열교환 성능이 우수하여 시스템 효율을 높일 수 있다. 이에 따라 알루미늄 클래드 판재에는 고열전도도, 고강도, 내식성, 브레이징성 등 다양한 특성이 요구된다. 특히, 브레이징 시 침식 저항성을 향상시켜 제품 사용 중 수명 단축을 방지하는 것이 중요하다.브레이징용 알루미늄 클래드 판재의 특성은 주로 심재의 특성에 의해 좌우된다. 브레이징 열처리 과정에서 심재의 결정립이 조대해지고, 피재 용융에 따른 Si 입자의 심재 내부 확산으로 침식 현상이 발생할 수 있다. 이에 본 연구에서는 균질화 열처리한 AA3003을 심재(core), AA4343을 피재(clad)로 하여 롤 본딩 공정을 통해 클래드를 제작하였다. 이후 냉간 압연 시편을 중간 열처리 후 70 ㎛까지 추가 압연한 뒤 브레이징 열처리를 실시하였다. 심재의 균질화 열처리 온도 변화에 따른 클래드 판재의 미세조직을 관찰하였으며, 이를 통해 초기 심재 균질화 열처리가 브레이징 열처리 시 침식 특성에 미치는 영향을 고찰하였다.

Keywords: 알루미늄, 압연 접합, 클래드, 미세조직, 침식

P-188

고온 비틀림 시험에서 Zn 함량이 Al-Zn-Mg 합금의 열간 가공성과 미세조직 변화에 미치는 영향

임채림, 민병현, 손태오, 박현순†

인하대학교
(hsparkinha@inha.ac.kr†)

Al-Zn-Mg 계열(7000계) 알루미늄 합금은 석출 강화 메커니즘을 통해 높은 강도와 우수한 기계적 특성, 뛰어난 응력부식균열 저항성을 보여 자동차, 항공우주 및 항공 산업에서 핵심 구조용 소재로 활용된다. 그러나 Zn 함량 증가로 인한 성형성 저하 문제와 더불어, 고온 병형 시 유동 거동 및 미세조직 변화에 미치는 영향에 대한 이해는 아직 부족하다.

이에 본 연구에서는 2 단계 균질화 처리를 거친 고강도 Al-Zn-Mg 합금에서 Zn 함량 변화가 고온 변형 거동 및 미세조직 진화에 미치는 영향을 규명하고자 하였다. Zn 함량이 5.6%, 6.2%, 7.3%인 각 Al-Zn-Mg계 합금은 DC 연속주조 방식으로 제작된 후, DSC 분석을 기반으로 460°C와 475°C에서 각각 12시간 동안 두 차례 균질화 처리를 수행하였다. 이후 400°C에서 0.05~5/s의 변형률 속도로 고온 비틀림 시험을 진행하여 유동 곡선을 도출하였다. 변형 및 Zn 함량 변화에 따른 미세조직 변화를 분석하기 위해 EBSD를 활용하여 재결정 거동을 분석하고, XRD를 통해 변형 전과 동적 석출 과정 중 생성된 주요 상을 사전 확인하고 분석하였다. 또한 STEM 및 STEM-EDS를 통해 석출상의 분포와 형상을 관찰하여, 석출상의 분포가 미세조직에 미치는 영향에 대해 종합적으로 고찰을 수행하였다.

Keywords: Al-Zn-Mg-Cu alloy, Hot workability, Hot torsion test, EBSD, XRD, STEM

P-189

1.8 GPa급 30MnB5 강재의 정밀한 Al-Si 도금층 형상 제어에 따른 TWB 레이저 용접성 고찰

전현욱[1,2], 천주용[1], 김재훈[1], 박정열[1], 김양도[2†], 지창욱[1†]

[1]한국생산기술연구원 스마트정형공정그룹; [2]부산대학교 재료공학과
(yangdo@pusan.ac.kr†, cwji@kitech.re.kr†)

고강도 강재는 에너지 효율과 환경 문제 해결을 위해 자동차 산업에서 경량화 및 우수한 내구성을 자랑하는 중요한 재료로 주목받고 있다. 그러나 고강도 강재는 냉간 성형만으로는 복잡한 부품을 제작하기 어려운 문제점이 있어, 핫스탬핑과 같은 열간 성형 기술이 개발되었다. 핫스탬핑 공정은 고온(850-950℃)에서 진행되는 열처리 공법으로, 보론강과 같은 우수한 경화성(hardenability)을 가진 강재에 효과적이며, 현재 최대 2 GPa의 인장 강도를 얻을 수 있다. 고온에서의 강재 표면 산화 및 탈탄소화를 방지하기 위해 Al-Si 도금층이 널리 사용되며, 이 도금층은 뛰어난 고온 산화 저항성과 내식성을 제공한다. 그러나 Al-Si 도금층은 레이저 용접 시, 강재 표면에서 페라이트 안정화제로 작용하여 용융부(fusion zone)에 혼입되며, 이로 인해 오스테나이트 안정성이 떨어지고 페라이트/마르텐사이트 이중상 영역이 확장된다. 이로 인해 용접 품질이 저하되고, 강재의 기계적 성질을 확보하는 데 어려움이 발생한다. 이를 해결하기 위한 방법으로 기계적 연마, 화학적 제거, 추가 도금, 레이저 어블레이션 등 다양한 기술들이 활용되고 있으며, 그 중 레이저 어블레이션은 높은 정밀도, 청결성, 비용 효율성 등의 장점을 제공한다.

본 연구에서는 1.0 mm 두께의 1.8 GPa급 핫스탬핑 강재에 환경 친화적이며 정밀한 펨토초(femtosecond) 펄스 레이저 어블레이션을 적용하여 Al-Si 도금층의 두께에 따른 TWB 레이저 용접성에 미치는 영향을 분석하였다. 최적화된 공정 조건을 통해 균일하고 정밀한 도금층 두께를 제어하였으며, 펨토초 펄스 레이저 어블레이션과 TWB 파이버 레이저 용접을 결합한 하이브리드 용접 방식이 제안되었다. 다양한 두께의 Al-Si 도금층을 적용한 TWB 레이저 용접부의 미세구조, 상 변화, 기계적 특성에 대해 비교하고 분석하였다.

Keywords: Al-Si coating, Laser ablation, Femtosecond laser, Tailor-welded blanks (TWB), Microstructure, Mechanical properties

P-190

Terahertz Nanoscopy for Non-Destructive Detection of Perovskite Films

Youngsoo Jang[1], Dante Ahn[1], Yusin Pak[2†], Minah Seo[3†], Hyun Seok Song[1]

[1]Nanophotonic System Research Center, Korea Institute of Science and Technology (KIST), Seoul 02792, Republic of Korea;
[2]Jeonbuk National University (JBNU), Division of Advanced Materials Engineering, Jeonju 54896, Republic of Korea;
[3]Sogang University, Department of Physics, Seoul 04107, Republic of Korea
(yusinpak@jbnu.ac.kr†, mseo@sogang.ac.kr†)

In the terahertz (THz) regime, light–matter coupling makes the hybrid states by phonon polariton phenomena. In this work, we propose THz nanoscopy that is non-destructive detection method for the purity of hybrid perovskite $MAPbBr_3$ using the polariton system of THz time-domain spectroscopy. Using a 500 nm wide nanoslot metasurface, this study demonstrates cavity dispersion and polariton mode that cause the strong coupling at around 0.6 and 1.2 THz for $PbBr_2$ and around 1.3 THz for $MAPbBr_3$. The mode can be used as a method to detect the residual $PbBr_2$ within $MAPbBr_3$. The fitting of detuning for Rabi splitting can be confirmed by Hopfield coupled oscillator model and the optical response is expressed as the Lorentzian sum weighted by the permittivity of the two materials in the cavity. Because the non-destructive detection depends on specific fingerprint in THz region, this method can support the wafer scale mapping and monitoring of incomplete conversion in the two-step $MAPbBr_3$ process. These THz phonon polariton phenomena can be expected to provide fast and specific indicators for process and quality of hybrid perovskite films.

Keywords: Terahertz, Phonon polariton, nanoslot metasurfaces, Hybrid perovskite, Hopefield model, Rabi splitting

P-191

Self-clocking True Random Number Generator with Enhanced Stochasticity in Polymer-Blended Perovskite

Minz LEE[1,2], Dante Ahn[1,3], Hyeonseok Song[1], Yusin Pak[4†]

[1]Nano-Photonic Systems Center, Korea Institute of Science and Technology (KIST), Korea.;
[2]Department of Materials Science and Engineering, Korea University, Korea;
[3]KU-KIST Graduate School of Converging Science and Technology, Korea University, Korea.;
[4]Department of Materials Science and Engineering, Jeonbuk National University, Korea
(yusinpak@jbnu.ac.kr[†])

True random numbers are essential for ensuring information security and supporting simulations across various industries. With the exponential growth of data driven by advancements in artificial intelligence, robust encryption for communications has become increasingly important. While software-based deterministic random number algorithms are cost-effective and easy to use, they are vulnerable to attacks by powerful supercomputers, highlighting the need for more secure alternatives. As portable electronic devices and information-gathering sensors proliferate, portable true random number generators (TRNGs) are critical for maintaining security. In this work, hybrid material-based photodetectors composed of anionic polymers and perovskites that maximize stochastic photogeneration for TRNG applications are presented. By integrating perovskite photodetectors with simple electronic circuits, compact, low-power TRNG devices have been developed that are versatile and resilient to environmental factors. These devices generate 10,000bits s−1 without resets or delays, achieving significant miniaturization. The generated 10 Mbit random number is validated through US National Institute of Standards and Technology (NIST) testing. Using a 480,000bits random sequence, perfect image encryption, ensuring protection against hacking are demonstrated. Additionally, the perovskite TRNG can operate under external light even when embedded in pork skin, realizing its potential as an implantable device for personal security and authentication.

Keywords: True Random Number Generator (TRNG), perovskite, NIST test

P-192

Light-Driven Reconfigurable Logic in a Monolithic Perovskite Device via Nonlinear Photoresponse Switching

Dante Ahn[1,2], Hyun Seok Song[1,2], Yusin Pak[2,3†]

[1]Korea University, KU-KIST Graduate School of Converging Science and Technology, Seoul 02841, Republic of Korea ;
[2]Korea Institute of Science and Technology (KIST), Sensor System Research Center, Seoul 02792, Republic of Korea;
[3]Jeonbuk National University (JBNU), Division of Advanced Materials Engineering, Jeonju 54896, Republic of Korea
(yusinpak@jbnu.ac.kr[†])

Modulating nonlinear carrier dynamics in a single-layer device is essential for achieving complex logic operations with minimal power consumption; however, it remains challenging due to inherently linear charge transport and unipolar photoresponses. Here, we report a multifunctional optoelectronic logic gate (OELG) based on a bias-free, single-layer perovskite device that exhibits light intensity-dependent polarity switching. Incorporation of poly-L-lysine into $MAPbI_3$ enables trap-state engineering for nonlinear response modulation. An asymmetric dual-photogate architecture allows spatially controlled charge transport by tuning the position of incident light. This configuration enables the realization of all eight fundamental logic gate functions, including XOR and XNOR, in a single material and device. Additionally, the device independently handles two channels, amplitude inputs and temporal modulation inputs. It performs logics by conceptually emulating frequency sensitive responses rather than per pixel imaging. These findings establish a promising platform for compact, energy-efficient, light-driven logic systems with potential applications in Li-Fi communication and on-device artificial intelligence.

Keywords: Perovskite photodetector, Logic gate, Non-linear photoresponse, Dual photogate, Photocurrent switching

P-193

All-Solution-Processed Stretchable Quantum Dots LEDs

이해성, 오누리†

Division of Materials Science and Engineering, Hanyang University
(irunho@hanyang.ac.kr†)

The upcoming era of skin-integrated light-emitting displays demands suppleness, stretchability, and high brightness characteristics. Consequently, ongoing research has aimed at achieving a stretchable display that surpasses the capabilities of existing bendable and flexible displays. The emergence of colloidal quantum dots (QDs) synthesized through solution processes has garnered significant attention as potential luminescent materials for displays. However, while these QDs exhibit colloidal behavior, transitioning them into emissive layers for display applications presents a distinct challenge. The inherent cohesive forces between QDs lead to the development of rigid characteristics, rendering them unsuitable for integration into deformable display components. As a result, the application of such QDs to components requiring intrinsic flexibility and deformability has remained elusive.

In this study, we introduce a novel approach to creating a stable and highly stretchable QD-based LED (SQLED). We fabricated an intrinsically stretchable emissive layer by blending an elastomer with colloidal QDs, which exhibit high color purity and narrow emission bandwidths. In addition, we developed an optimal stand-alone electrode by blending poly(3,4-ethylenedioxythiophene):poly(styrene sulfonate) (PEDOT:PSS) with bis-sulfonamide. This ensured minimal resistance variation during stretching and achieved low sheet resistance. As a result, we present an economically viable solution through an all-solution processing technique. This innovation marks a significant stride towards realizing stable operation under mechanical deformation and cost-effective stretchable displays with remarkable optical and mechanical properties.

Keywords: stretchable, quantum dots, light emitting diode

P-194

Colloidal Synthesis of P-type Zn3As2 Nanocrystals with Tunable Polarity

Seongchan Kim, Jaeyoung Seo, Younghoon Cho, Nuri Oh†

Hanyang University
(irunho@hanyang.ac.kr†)

Zinc pnictides, particularly Zn_3As_2, hold significant promise for optoelectronic applications owing to their intrinsic p-type behavior and appropriate bandgaps. However, despite the outstanding properties of colloidal Zn_3As_2 nanocrystals (NCs), research in this area remains limited due to the lack of suitable precursors, occurrence of surface oxidation, and intricacy of the crystal structures. In this study, we present a novel and facile solution-based synthetic approach for producing highly crystalline p-type Zn_3As_2 NCs. Furthermore, we control the electrical properties of Zn_3As_2 NCs through solution-based cation exchange and doping process. This strategy enables tunable carrier type and transport properties, paving the way for the integration of Zn_3As_2 NCs into high-performance, environmentally sustainable electronic devices. When the Zn/As feed ratio was low, such as 1 or 2, the synthesized Zn_3As_2 nanocrystals exhibited flake-like structures with non-uniform sizes, and tended to aggregate in non-crystalline states. However, when an excess of Zn precursor surpassing the stoichiometric ratio (i.e., 1.5) was used, uniform and stable nanocrystals were formed. In summary, this study presented a novel, robust, and solution-based synthetic approach for producing highly crystalline colloidal Zn_3As_2 NCs. Furthermore, by employing cation exchange and doping processes, we effectively tuned their electrical properties.

Keywords: zinc arsenide, nanocrystals, p-type, doping

P-195

Metal Chloride-Based Precursor Design for SWIR Active InAs Quantum Dots

Jaeyoung Seo, Seongchan Kim, Jina Na, Younghoon Cho, Haesung Lee, Nuri Oh†

Division of Materials Science and Engineering, Hanyang University
(irunho@hanyang.ac.kr†)

Colloidal indium arsenide (InAs) quantum dots (QDs) hold great promise for a broad range of infrared optoelectronic applications, including photodetectors and photovoltaic devices, owing to their exceptional electrical and optical properties. Their functionality in the short wavelength infrared (SWIR) region, in particular, offers advantages such as eye safety and reduced light scattering. However, synthesizing high quality III-V QDs for SWIR applications remains challenging due to the covalent nature of In As and the lack of stable Group V precursors. Conventional approaches using highly reactive or toxic arsenic sources, such as tris(trimethylsilyl)arsine ((TMS$_3$As), can produce uniform particles but are difficult to control and typically yield small particle sizes. As an alternative, the co reduction method using commercially available arsenic precursors provides a more accessible and safer route for InAs QD synthesis, but still suffers from limited control over particle growth and broad size distributions, often requiring post synthetic size selection.

Herein, we report a modified co-reduction strategy combined with a continuous injection method, incorporating metal chloride based complexes to address these limitations. A more stable arsenic precursor was formed using arsenic chlorides, enabling the synthesis of InAs QDs with improved size uniformity, high crystallinity, and tetrahedral morphology. The resulting QDs exhibited extended optical absorption beyond 1550 nm, highlighting their potential for use in SWIR related applications.

Keywords: indium arsenide, colloidal quantum dots, infrared, SWIR

P-196

발광성 광도파 시스템을 위한 셀룰로오스 기반 광활성 하이브리드 결정체 연구

배성완[1], 부지영[1], 전강민[1], 김지연[2], 박동혁[1,2†]

[1]인하대학교 화학공학과; [2]인하대학교 바이오메디컬 사이언스 엔지니어링
(donghyuk@inha.ac.kr†)

천연 셀룰로오스 생체고분자와 유기 발광체 Br6 및 Br6A의 자발적 조립을 활용하여 1차원 광감응성 복합체 결정을 개발하였다. 본질적인 생분해성과 생체적합성을 갖는 셀룰로오스는 하이브리드 구조체 형성을 위한 지속가능한 기질 역할을 수행한다. 용액상 제조 공정을 적용하였으며, 라만 분광 분석을 통해 Br6/Br6A 발색단과 셀룰로오스 매트릭스의 특징적 진동 밴드의 동시 존재를 관찰하여 하이브리드 형성을 입증하였다. 광물리학적 특성화를 통해 제조된 복합체 결정이 셀룰로오스 네트워크와의 분자간 상호작용에 기인한 탁월한 인광 발광과 광전송 도파 기능을 발현함을 확인하였다. 본 연구는 생물학적 매트릭스와 유기 광활성 분자의 융합을 통한 환경친화적 광학 물질 창제 가능성을 실증하며, 미래 원격 센싱 응용 분야에서 활용 가능한 생체적합성 삼중항 여기상태 광도파 플랫폼의 새로운 접근법을 제공한다.

Keywords: 셀룰로오스 하이브리드 결정체, 인광 도파관, 생체 기반 광학 재료, 자기조립, 삼중항 상태 발광

P-197

Phosphine-Free One-pot Synthesis of Ag_2Te/Ag_2Se Core/Shell Quantum Dots for Photodetector Applications

Kokloku Benjamin Kwadzo, Jong-Soo Lee †

Department of Energy and Science and Engineering (DGIST) Daegu 42988, Republic of Korea
(jslee@dgist.ac.kr †)

Silver-based chalcogenide quantum dots (QDs) have recently emerged as a promising alternative to the predominant heavy metal-based QDs (Hg, Pb). However, their synthesis typically depends on phosphine-based ligands, which are toxic, expensive, air-sensitive, and poorly suited for subsequent ligand-exchange processes. In this work, we report a phosphine-free one-pot synthesis of Ag_2Te core with Ag_2Se shell to effectively passivate the core lattice defects. We systematically investigated key synthesis parameters such as Ag:Te molar ratio, temperature, time, and ligand system, which demonstrated tunability across a broad IR region. The results show that a high Ag/Te feed ratio and controlled synthesis temperature enable varied particle sizes. The Ag_2Te/Ag_2Se obtained exhibited spherical particles with an average diameter of 5.0 ± 1.4 nm. The Ag2Te/Ag2Se stored in ambient air displayed exceptional stability and remained intact over two months. This work presents a safer, simpler, and more economical approach for monodispersed Ag_2Te and Ag_2Te/Ag_2Se QDs, offering a sustainable alternative to conventional phosphine-based syntheses for IR photodetector applications.

Keywords: Silver telluride, Quantum dots, Phosphine-free synthesis, Infrared, Photodetector

P-198

Ultra-Uniform Stretchable OLED with Near-Zero Coefficient of Variation under Mechanical Deformation

Sejin Kim[1], Chanhwi Kang[1], Donggyun Lee[2], Hanul Moon[3†], Seunghyup Yoo[1†]

[1]School of Electrical Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), Korea;
[2]Querrey Simpson Institute for Bioelectronics, Northwestern University, United States;
[3]Department of Semiconductor & Department of Chemical Engineering (BK21 FOUR Graduate Program), Dong-A University, Korea
(hmoon@dau.ac.kr†, syoo_ee@kaist.ac.kr†)

Intrinsic stretchable OLEDs can provide continuous light-emitting areas with uniform luminance but typically suffer from low efficiency and limited lifetime. In contrast, rigid-island platforms can leverage conventional OLED fabrication processes to achieve high efficiency and long lifetime, but their segmented luminous and non-luminous regions cause large coefficients of variation (CV) in luminance, undermining uniform area-light emission.

Here, we report a mechanically robust bottom-cavity stretchable OLED designed to overcome these limitations. The device integrates a bottom-emission OLED with a transparent elastomer substrate composed of PDMS and Ecoflex, ensuring both mechanical stretchability and optical stability. Strain analysis of the most brittle Al_2O_3 layer was performed to guarantee mechanical reliability during stretching, while the high-transparency elastomer mitigates optical losses under bottom emission. As a result of structural optimization, the device maintained highly uniform area-light emission under tensile strains up to 30%, achieving a CV close to 0.1. This work provides a reliable pathway toward pseudo-intrinsic stretchable OLEDs combining ultra-uniform area-light emission under deformation with the mechanical robustness required for future optoelectronic applications.

Keywords: Stretchable OLEDs, Uniform light emission, Mechanical reliability, Pseudo-intrinsic stretchable OLED

P-199

Optimization of Colloidal Quantum Dot Based Short Wavelength Infrared Photodiode with Ligand Engineering

Ji-hoo So, Jong-Soo Lee †

Department of Energy Science & Engineering, DGIST, Daegu 42988, Republic of Korea
(jslee@dgist.ac.kr †)

Quantum dot (QD) photodetectors offer tunable absorption across a wide spectral range, from visible to infrared, by adjusting particle size and material composition. In particular, infrared QD photodetectors hold great promise for next-generation applications in military imaging, medical diagnostics, and autonomous systems. A key factor in optimizing device performance is energy band alignment, which enables efficient extraction of photocarriers generated within the QDs. For 1500 nm infrared absorption, QDs exhibit a narrow bandgap of approximately 0.8 eV, making them highly sensitive to band misalignment. Since surface ligands play a critical role in modulating the electronic properties of QDs, ligand engineering is essential for precise control of energy band structures. By comparing non aromatic and aromatic ligands, we tailored the QD energy levels and film defect to achieve good performance, thereby enhancing photodiode performance. Through this approach, we fabricated SWIR photodiodes with a maximum order of mA photocurrent, a responsivity of 0.2 A/W, and a detectivity of 10^{11} Jones. Ultimately, our findings highlight the effectiveness of trap engineering through ligand modification in enhancing infrared photodetectors, providing a foundation for further advancements in diverse optoelectronic applications.

Keywords: Photodetector, Quantum Dots, Short-wave infrared, Photodiode

P-200

Optical Co-Amplification of GaN Micro-LEDs through Nanorod Array Engineering

김건영, 김성운, 이민석, 오정균, Bagavath Chandran, 엄하늘, 라용호†

전북대학교
(yhra@jbnu.ac.kr†)

Micro-LEDs are expected to play a vital role in next-generation displays. To achieve ultra-high-resolution performance, both the size and light intensity of micro-LEDs are crucial. Research has increasingly focused on GaN-based materials due to their strong potential for advancing micro-LED technology. Introducing nanorod structures can significantly enhance light extraction efficiency (LEE) by providing optical cavities that guide emitted light forward. However, defects and strain generated during fabrication remain critical challenges, as they can lead to efficiency droop via non-radiative recombination and surface light scattering, as well as emission wavelength shifts through the quantum-confined Stark effect (QCSE) induced by strain-related piezoelectric polarization fields. In this study, we investigated the mechanism of light amplification in nanorod arrays using a micro-photoluminescence (micro-PL) system. Time-resolved PL (TRPL) analysis revealed that spontaneous emission could be strengthened and prolonged by the high-density states of photo-excited carriers. Furthermore, 3D finite-difference time-domain (FDTD) simulations were conducted to examine various nanorod structures and their optical behavior, particularly in terms of horizontal propagation and inter-nanorod interactions. Our GaN-based nanorod arrays demonstrated an elevenfold enhancement in light intensity, highlighting the potential of this mechanism for next-generation nanorod-based pixel-display technologies in VR, MR, and XR devices.

Keywords: GaN, Nanorod, micro-LED, Spontaneous emission

P-201

Circularly polarized luminescence from perovskite nanocrystals via surface passivation with chiral ligands

권대성, 김재훈, 정진주, 이진범, 이승진†

한국에너지공과대학교
(sjlee@kentech.ac.kr†)

Circularly polarized light (CPL) has become a key element in next-generation display systems, offering broad utility through its resilience to directional fluctuations and its chirality-dependent interactions with matter. However, preserving polarization stability in complex optical environments poses a major obstacle to the design of high-performance optoelectronic devices. Recently, metal halide perovskite nanocrystals (MHPNCs) have emerged as attractive candidates for light emission owing to their adjustable bandgap, excellent photoluminescence quantum yields, narrow spectral linewidths, and vivid color purity. Here, we demonstrate a chiral-ligand-assisted surface passivation method that reduces surface defects in perovskite nanocrystals while improving both their emission properties and circular polarization behavior. The enhanced performance observed in the synthesized PNCs suggests a viable direction for advancing the development of innovative light-emitting sources.

Keywords: Perovskite nanocrystal, Circularly polarized luminescence, Chiral ligand, Surface passivation

P-202

Inorganic Matrix for Efficient and Stable Cd-Free ZnSeTe Quantum Dot Blue Light Emitting Diodes

이진범, 정진주, 김재훈, 권대성, 이승진†

한국에너지공과대학교
(sjlee@kentech.ac.kr†)

Colloidal quantum dots (CQD) have shown promising application potential for next-generation display technology. However, the stability of heavy metal-free blue QLEDs falls short compared to its red and green counterparts. This problem can be attributed to the QD film's vulnerability to moisture, heat and oxygen on top of the need for high driving voltages caused by inefficient charge transport. In this work, we employ a surface engineering technique in the form of exchanging the as-synthesized long, organic ligand chains with a shell-matching Zinc Sulfide (ZnS) precursor to encapsulate the QD layer, decreasing the interdot distance for more effective charge conductivity. Furthermore, thermal treatment of the substrate after ZnS encapsulation crystallizes the ligand solution creating an inorganic matrix that serves as a protecting layer against moisture and heat. As a result, QLEDs fabricated through this method resulted in water and solvent protection along with 94% thermal stability at 200◦C for 120min and 97% air stability up to 20 days. The resulting LED devices displayed improved quantum efficiency and reached luminescence of up to 20 times the commercial use standard. These improvements highlight the importance of surface ligand engineering techniques for advancing the commercialization of quantum dot light-emitting diodes.

Keywords: QLED, Surface Engineering

P-203

Eco-friendly Ag_2Te/Ag_2Se Core-Shell Colloidal Quantum Dots for SWIR Photodetectors

Sang-Young Na, Jong-Soo Lee†, Ji-Hoo So

Department of Energy Science & Engineering, DGIST, Daegu 42988, Republic of Korea
(jslee@dgist.ac.kr†)

Colloidal quantum dots (CQDs) are considered as promising materials for next-generation short-wave infrared (SWIR) photodetectors due to their tunable bandgap and compatibility with solution processing. Conventional SWIR photodetectors are based on epitaxial semiconductors such as InGaAs, but they have limitation with high fabrication costs and poor scalability. In this study, we report Ag_2Te/Ag_2Se core–shell CQDs as a cost-effective and high-performance alternative for SWIR detection. Unlike lead- or mercury-based CQDs, the Ag_2Te/Ag_2Se CQDs avoids toxic heavy metals, offering eco-friendly alternative for optoelectronic applications. The Ag_2Te core ensures strong absorption in the SWIR region, while the Ag_2Se shell effectively suppresses surface trap states, thereby enhancing charge transport and stability. Optical absorption measurements confirm a bandgap corresponding to ~1.5 μm, and the formation of the Ag_2Se shell is validated through transmission electron microscopy, X-ray diffraction, and X-ray photoelectron spectroscopy. Devices fabricated with these CQDs achieve a detectivity exceeding 10^{11} Jones at a bias of −0.1 V. Furthermore, stability tests under ambient conditions reveal negligible degradation in electrical performance, confirms the robustness of this material system. These findings demonstrate the potential of Ag_2Te/Ag_2Se core–shell CQDs as a non-toxic and scalable solution for next-generation SWIR photodetectors.

Keywords: Photodetector, Quantum Dots, Short-wave infrared

P-204

Overcoming the Luminescence Efficiency Limitations of InP Magic-Sized Clusters

주창현[1], 연성범[1], 하재영[1], 박찬호[2], 김상규[2], Ivan Infante[3], 조힘찬[1,4†]

[1]Department of Materials Science and Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST);
[2]Department of Chemistry, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST);
[3]Ikerbasque Basque Foundation for Science;
[4]Graduate School of Semiconductor Technology, School of Electrical Engineering,
Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST)
(himchan@kaist.ac.kr†)

Magic-sized clusters (MSCs) serve as well-defined model systems for investigating surface-related photophysical properties due to their atomically precise structures and monodispersity. However, indium phosphide (InP) MSCs suffer from an extremely low photoluminescence quantum yield (PLQY <1%) due to persistent surface trap states, which not only limit their utility but also hinder a fundamental understanding of their surface chemistry and photophysics. Herein, we introduce a surface-engineering strategy that overcomes this limitation by enabling the controlled in situ HF generation via Friedel–Crafts acylation chemistry, achieving a record-high PLQY of 18.1%. Comprehensive surface analyses reveal that the enhancement arises from phosphonate ligand exchange and surface oxide removal. These modifications suppress charge carrier trapping and inhibit exciton thermal quenching at room temperature. Moreover, the altered surface environment leads to red-shifted and broadened emission, not due to size heterogeneity but rather to surface-dependent electronic states in InP MSCs. Density functional theory simulations support this mechanism by demonstrating a reduced trap state density near the valence band edge and revealing that the presence of isomeric surface configurations with slightly different energy levels is responsible for the observed spectral broadening. These findings provide a molecular-level understanding of exciton–surface interactions and establish an effective strategy for overcoming the intrinsic limitations of luminescence efficiency in InP MSCs.

Keywords: Indium phosphide, Magic-sized clusters, Surface chemistry, Friedel–Crafts acylation, Photophysical behavior

P-205

Effect of Conjugated Structure of Crosslinkers in Direct Photo-Crosslinking

최동현, 이종수†

Department of Energy Science & Engineering, DGIST, Daegu 42988, Republic of Korea
(jslee@dgist.ac.kr†)

Direct optical lithography is a promising patterning method for colloidal quantum dot and its application. However, this is achieved by assisting of photo-crosslinker materials in colloidal quantum dot and it can affect chemical structures of quantum dots for its optoelectronic properties. In this study, we examined the interaction between photo-crosslinker materials and colloidal QDs to assess their effects on performance. A comparison between two photo-crosslinkers, 4,4'-thiobisbenzenethiol (TBBT) and biphenyl-4,4'-dithiol (BPDT), revealed distinct influences on the band gap due to differences in their chemical structures. The presence of sulfur in TBBT's conjugated system results in a wider band gap, while BPDT's biphenyl structure allows for greater π orbital overlap and narrower band gaps. Utilizing BPDT as a photo-crosslinker enhances the photoluminescence quantum yield (PLQY), also improves the external quantum efficiency of patterned QD light-emitting diodes (LEDs). Additionally, BPDT's lower insulating properties allow for faster current injection, making it more suitable for quantum dot LEDs. This study provides insights into controlling the electronic and chemical properties of patterned optoelectronic devices, particularly for high-precision QD applications such as augmented reality (AR) and virtual reality (VR) displays.

Keywords: quantum dot, light-emitting diode, patterning, micro-pixel, photo-crosslinking

P-206

Direct Patterning of Quantum Dots with Ring-Opening Polymerization of Surface Ligands for High-resolution QLED

나지나, 오누리†

Division of Materials Science and Engineering, Hanyang University
(irunho@hanyang.ac.kr†)

Background and Objectives : Colloidal quantum dots (QDs) are widely used in IR detectors, LEDs, and solar cells due to their varied optical properties. However, conventional patterning methods like transfer printing and photolithography have limitations such as reactivity with ligands and decreased photoluminescence. Direct optical patterning offers a promising solution by selectively removing unexposed areas with solvent, leaving only the QDs. Various ligand control methods have been proposed, including inducing chemical transformations in photoactive ligands and crosslinking ligands with additives. We propose a novel QD patterning method using thiol molecules as a ligand. This method achieves RGB multiple patterns with a minimum feature size of 3 μm and can extend the applications of displays. These findings hold potential for applications in display research.

Methods: Si or SiO_2 substrates were cleaned with ultrasonication and UV-ozone treatment before spin-coating ligand-exchanged quantum dots (6 wt% in toluene, 30 mg/mL) through a 0.45 μm PTFE filter. Photopatterning was performed by exposing the QD-coated substrate to UV light (≈40 mW/cm²) for 2 minutes and 30 seconds through a photomask, followed by development in toluene for 1 minute and 30 seconds to remove unexposed regions.

Results: Surface ligands of quantum dots were modified via ring-opening polymerization to enable direct optical patterning. The polymerization process enhanced ligand stability and facilitated uniform quantum dot assembly on various substrates, maintaining their photophysical properties.

Discussion and Conclusion: The ligand engineering strategy based on ring-opening polymerization successfully demonstrates a method for fabricating patterned quantum dot structures. This technique expands the design possibilities for micro-pixel arrays in emissive layers for VR/AR displays, enabling enhanced device performance and form factor versatility.

Keywords: patterning, quantum dots, light emitting diode

P-207

Direct Photo-Crosslinking Strategy for High-Resolution R/G/B Multilayer Quantum Dot Patterns

Namji Lee, Donghyun Choi, Jong-Soo Lee †

Daegu Gyeongbuk Institute of Science and Technology (DGIST)
(jslee@dgist.ac.kr †)

The precise patterning of colloidal quantum dots (QDs) is essential for fabricating high-resolution subpixels in next-generation optoelectronic devices such as quantum dot light-emitting diodes (QLEDs). Conventional photolithographic methods relying on photoresists often cause QD swelling, pattern distortion, and degradation of optical properties. To overcome these limitations, we propose a direct optical lithography (DOL) strategy that employs 4-(3-trifluoromethyl)-3H-diazirin-3-yl)benzoic acid (TDBA) as a diazirine photo-crosslinker. Upon UV irradiation, diazirine groups generate carbene radicals that undergo C–H insertion with native QD ligands, leading to ligand crosslinking and solubility contrast between exposed and unexposed regions. This enables negative-tone patterning of CdSe-based QDs with feature sizes down to ~2 μm, exhibiting sharp edges and uniformity across large areas (15 mm × 15 mm). Multilayer red/green/blue (R/G/B) QD patterns were successfully fabricated by sequential DOL steps, as verified by confocal microscopy. Furthermore, post-patterning thiol–ene treatment with pentaerythritol tetrakis(3-mercaptopropionate) (PETMP) significantly improved the photoluminescence quantum yield (PLQY), maintaining the intrinsic optical quality of QDs. As a proof of concept, red-emitting crosslinked QLEDs exhibited a maximum external quantum efficiency (EQE_{max}) of 10.3%, and semitransparent QLEDs incorporating patterned R/G/B QDs further demonstrated the scalability and applicability of this technique. This DOL-based crosslinking strategy provides a high-resolution, photoresist-free, and scalable pathway for advanced display and optoelectronic applications.

Keywords: Quantum Dots, Patterning, Crosslinking, Photochemistry, Light-emitting diodes

P-208

Development of a Diaphragm-Type Pressure Sensor Based on the Piezoresistive Effect of CVD-Grown Multilayer Graphene

Dae Yun Lim[1,2], Gi Young Hong[1], Eun Mi Kim[1†]

[1]Korea Institute of Industrial Technology; [2]Chonnam National University
(kimeunmi@kitech.re.kr[†])

Graphene has emerged as a highly promising material for next-generation nanoelectronic and sensing devices due to its superior electrical conductivity, mechanical robustness, and atomic-scale thickness. In this work, we report the fabrication of a diaphragm-type pressure sensor exploiting the piezoresistive effect of multilayer graphene synthesized via chemical vapor deposition (CVD). Initially, monolayer graphene films with a nominal thickness of ~0.25 nm were produced and sequentially transferred four times onto a 6-inch silicon wafer, resulting in a multilayer (four-layer) graphene structure with an effective thickness of approximately 1 nm. The multilayer graphene was employed as the active sensing layer, where strain-induced resistance variations under applied pressure were measured. To evaluate sensor performance, the gauge factor and reproducibility were systematically analyzed across multiple devices. Experimental results demonstrated that the multilayer graphene-based sensors exhibit reliable piezoresistive behavior and potential for consistent wafer-scale fabrication. These findings highlight the feasibility of integrating CVD-grown multilayer graphene into pressure sensor platforms, offering a pathway toward high-sensitivity, miniaturized, and scalable pressure sensing technologies suitable for diverse applications in MEMS and flexible electronics.

References

[1] K. Kim, M. Jung, S. Jeon and J. Bae, Smart Materials and Structures 28, 065019 (2019).

[2] Y. Zang, F. Zhang, C.-A. Di, D. Zhu, Advances of flexible pressure sensors to- ward artificial intelligence and health care applications, Mat. Horiz. 2 (2015) 140e156.

Keywords: Multilayer Graphene, Chemical Vapor Deposition, Pressure Sensor, Effective Thickness

P-209

Electrically pumped Amplified spontaneous emission (ASE) in perovskite diodes

조창순†, 유정환

Department of Materials Science and Engineering, Pohang University of Science and Technology
(cho23@postech.ac.kr†)

Perovskites have recently garnered significant interest in the field of solid-state thin-film lasers due to their ability to be micropatterned and their tunable emission wavelengths. While numerous studies have demonstrated the remarkable amplified spontaneous emission (ASE) properties of optically pumped perovskite films, current research is shifting toward the development of electrically pumped perovskite lasers. This presentation introduces a perovskite device structure designed to simultaneously achieve optical ASE within the complete device stack and maintain stable operation under high current densities. Our optical analysis highlights two key design principles essential for achieving positive gain in diode-based stimulated emission: enabling a large-angle waveguide mode and minimizing parasitic absorption losses. These principles differ from conventional design considerations for perovskite films without electrodes. For the realization of an efficient electrically pumped perovskite laser, it is crucial to enhance the external quantum efficiency at high charge carrier densities while reducing the ASE threshold. This strategy underscores the potential of perovskites as a promising material for next-generation laser technologies.

Keywords: Perovskite, Amplified spontaneous emission, Optoelectronics, Laser

P-210

Probing Organic Semiconductor Films and Interfaces via Neutron Reflectivity

이준혁†

한국원자력연구원
(junelee@kaeri.re.kr†)

Organic semiconductors form the basis of modern optoelectronic devices including organic light-emitting diodes, field-effect transistors, and photovoltaic cells. Their performance strongly depends on nanoscale structural organization and interfacial properties. Neutron reflectivity (NR) offers a powerful, non-destructive method to probe thin-film structures and interfaces with nanometer resolution. Unlike X-rays, neutrons are highly sensitive to light elements such as hydrogen, lithium, and, oxygen, and enable isotope contrast variation, making NR uniquely suited for organic materials. By analyzing depth-dependent neutron scattering length density profiles, NR provides detailed information on film thickness, interfacial roughness, density, and compositional gradients. Futhermore, NR can reveals molecular orientation, mixing, and stability under thermal or environmental stresses?parameters critical for improving device reliability and efficiency. This study demonstrates how NR can study buried interfaces and subtle structural features using vertical neutron reflectometer REF-V at HANARO research reactor, thereby advancing the design of next-generation organic semiconductor devices.

Keywords: Organic Semiconductor, 유기반도체분석, Neutron, 중성자

P-211

리간드-보조 재침전 합성 및 후속 리간드 치환을 통해 합성한 CsPbI3 나노결정 기반의 딥 레드 발광 다이오드

류제헌[1], **명재민**[2†]

[1]연세대학교 공과대학 디스플레이융합공학과; [2]연세대학교 공과대학 신소재공학과
(jmmyoung@yonsei.ac.kr†)

페로브스카이트 나노결정(Perovskite nanocrystals, PNC)은 높은 색 순도와 뛰어난 광학적 특성을 가지며, 간단한 용액 공정으로 제작이 가능하기에 차세대 광전자 소자에 유망한 재료로 각광받고 있다. 특히 녹색 페로브스카이트 발광 다이오드(PeLED)는 높은 효율을 달성했으나, 적색 및 청색 PeLED는 상대적으로 안정성과 효율성이 낮아 이를 개선하기 위한 연구가 필요하다. 또한, 기존의 고온 주입(Hot-injection) 합성법은 공정이 복잡하고 재현성이 낮은 한계가 있어, 간단하고 재현성이 높은 합성법 개발이 요구된다.

본 연구에서는 고온 주입보다 간단하고 대량 생산에 적합한 리간드-보조 재침전(Ligand-assisted reprecipitation, LARP)법으로 $CsPbI_3$ 나노결정을 합성하는 전략을 제시하였다. 더 나아가 합성한 PNC의 표면 결함을 제어하고 안정성을 높이기 위해 ZnI_2, Trioctylphosphine oxide (TOPO), n-octylammonium iodide (NOAI) 등 다양한 리간드를 이용한 리간드 보조·치환 공정을 도입하였다. ZnI_2를 납 전구체(Pb precursor)에 포함하여 Cs(세슘) 및 I(요오드) 공공(vacancy)을 채워주고, 합성 직후의 리간드인 oleic acid(OA), oleylamine(OLA) 대신에 TOPO를 중간 교환 리간드로서 1차 치환 후, 마지막으로 NOAI를 치환하는 2차 리간드 치환을 진행해서 안정성을 높였다. 이 전략을 통해 나노결정의 비발광 재결합을 억제하고 전하 주입 균형을 최적화하여 PeLED의 발광 특성이 향상됨을 확인하였다. 합성한 PNC의 모양 및 구조는 transmission electron microscope (TEM), X-ray diffraction (XRD), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS)를 이용해 확인하였고, 광학적 특성은 photoluminescence (PL) 및 ultraviolet-visible spectrophotometer (UV-vis-NIR) 측정하였다. 최종적으로 제작한 딥 레드 PeLED의 발광 특성 및 안정성은 전류-전압(I-V), electroluminescence (EL), external quantum efficiency (EQE) 측정을 통해 평가하였다.

Keywords: Perovskite nanocrystal, solution process, ligand-assisted reprecipitation, deep red LED

P-212

Enhanced Photon Recycling in Perovskite Light-Emitting- Diodes through Optimized Electrode Design

정다연, 조창순†

포항공과대학교
(cho23@postech.ac.kr†)

Perovskites light-emitting-diodes have emerged as promising materials for next-generation light-emittng diodes (LEDs) due to their high performance. Perovskite LEDs's external electroluminescence quantum efficiency (ELQE) has increased rapidly from 0.76% to over 30% for the last decade. However, conventional design principles often overlook the potential of photon recycling where reabsorbed photons are reemitted to enhance light extraction from trapped modes.

In this presentation, we review our recent investigations for optical strategies to enhance the photon recycling effect. Reduction of parasitic absorption loss is proposed as a key design principle for efficient photon recycling recurring in perovskite LEDs. As a practical method, we reduced the thickness of indium tin oxide (ITO) electrodes. By decreasing the ITO thickness from 150nm to 15nm, the average ELQE was improved from (19.5±1.0)% to (22.0±0.9)%, with a relative enhancement of 13.0%. Optical simulations and photoluminescence mapping have proven that the enhancement has mainly come from the increased benefit of photon recycling. This study highlights the importance of photon recycling for future designs of efficient perovskite LEDs.

Keywords: perovskite, photon recycling

P-213

Amplified Spontaneous Emission and Distributed Feedback for Optimized Perovskite Laser Output

조현중, 조창순†

포항공과대학교
(cho23@postech.ac.kr†)

Perovskite lasers have attracted great interest as next-generation light sources due to their tunable emission and low lasing thresholds. Here, we report ultralow-threshold lasing (35 μJ/cm²) from vacuum-deposited $CsPbBr_3$ thin films. Employing distributed feedback (DFB) gratings enables amplified spontaneous emission (ASE) to evolve into stable lasing. The shift from 1D to 2D DFB configurations enhances optical confinement and boosts output intensity. Furthermore, spatially resolved photoluminescence and momentum-space imaging elucidate feedback pathways and loss mechanisms, underscoring the importance of optical engineering for scalable, high-performance perovskite lasers.

Keywords: Perovskite, LASER, LED

P-214

Effective Thickness-Controlled SiOxCy Films with Enhanced Moisture-Barrier and Structural Stability

Younghoon Kim[1], Su Jin Kim[1,2], Eun Mi Kim[1†]

[1]Korea Institute of Industrial Technology; [2]Chonnam National University
(kimeunmi@kitech.re.kr[†])

With the rapid commercialization of next-generation flexible electronic devices such as flexible displays and wearable sensors, the demand for high-performance barrier films that can effectively block moisture and oxygen penetration from the external environment has been increasing [1]. Moisture, in particular, induces oxidation and degradation of material properties, thereby shortening device lifetime, which makes the development of stable thin-film barrier technologies a critical challenge [2].

In this study, SiOxCy thin films were deposited at low temperatures below 100 °C using plasma-enhanced chemical vapor deposition (PECVD) with Hexamethyldisiloxane (HMDSO) as a precursor. While SiOxCy films are considered promising barrier materials for flexible electronics, single-layer PECVD structures face inherent limitations in performance improvement with increasing thickness, and excessive thickness leads to residual stress accumulation. To overcome these drawbacks, we propose a cyclic deposition strategy based on the concept of *effective thickness*, defined as the minimum unit thickness at which a single oxygen reaction during film growth can achieve sufficient inorganic conversion and densification. The results demonstrate that under specific effective thickness conditions, water vapor barrier performance, film density, and chemical stability were simultaneously enhanced, accompanied by the formation of a denser inorganic Si–O–Si network. This study presents a new process guideline for achieving both stability and performance in SiOxCy barrier films, highlighting their potential as advanced encapsulation layers for next-generation flexible electronic devices.

References

[1] J. George, P. V. Varde, and R. Tiwari, “Flexible encapsulation materials for organic electronics: A review,” *Thin Solid Films*, vol. 660, pp. 1−13, 2018.

[2] M. F. Z. Abidin, S. W. Tan, and H. Aziz, “Moisture and oxygen barrier materials for organic electronics,” *Advanced Materials Interfaces*, vol. 8, no. 11, p. 2100024, 2021.

Keywords: SiOxCy thin films, Moisture barrier, PECVD, Effective Thickness, Structural Stability

P-215

Interfacial Oxidation Approach to SiO_2 Thin Films with Improved Structural Integrity and Barrier Properties

Su Jin Kim[1,2], Younghoon Kim[1], Eun Mi Kim[1†]

[1]Korea Institute of Industrial Technology; [2]Chonnam National University
(kimeunmi@kitech.re.kr[†])

Maintaining barrier performance at reduced thickness is essential for flexible electronic devices, yet conventional silicon dioxide (SiO_2) films have typically relied on thickness increase to suppress water-vapor permeation. In this study, we present a plasma-enhanced chemical vapor deposition (PECVD)-based strategy that achieves reliable moisture-barrier properties without additional thickness. The process introduces interfacial oxidation-reaction layers (ORLs)during cyclic deposition of organosilicon precursors. These ORLs facilitate the removal of carbonaceous residues and densify the Si–O network, thereby enhancing structural integrity. Under optimized conditions, the oxidation-reaction layers increase refractive index, reduce residual stress, and minimize porosity, leading to improved film uniformity and stability. Spectroscopic and microscopic analyses confirm strengthened Si–O–Si bonding and a more homogeneous Si/O distribution. This interface-engineered approach provides an effective route to thin, reliable, and scalable moisture-barrier films for next-generation flexible electronics, while simultaneously reducing deposition time and precursor consumption.

Keywords: SiO_2 thin films, Moisture barrier, PECVD, oxidation reaction layer (ORL), Structural integrity

P-216

Photocleavable Ligand-Induced Direct Photolithography of InP-based Quantum Dots

Jaehwan Lee, Seongbeom Yeon, Himchan Cho†

KAIST
(himchan@kaist.ac.kr†)

Direct photolithography, which utilizes photosensitive quantum dot(QD) inks, is a powerful patterning method for implementing next-generation high-resolution QD displays. However, the chemical reactions occurring during the photo-induced solubility change process can damage the QDs surface, especially for InP QDs. In this study, we focus on a cleavable ligand-induced direct photolithography(CLIP) technique utilizing specially designed 3-((but-3-enoyloxy) methyl)-2-nitrobenzoic acid(BNA) ligands. The BNA ligand, composed of a carboxylic acid and an *ortho*-nitrobenzyl ester, facilitates ligand exchange and photocleavage reactions and induces a significant solubility difference upon ultraviolet(UV) irradiation, enabling patterning at a low UV dose while maintaining 75% of the original photo-luminescence quantum yields of InP/ZnSe/ZnS QDs. This method can generate high-resolution, multi-color patterns while enhancing electrical conductivity after the patterning process, making it suitable for QD light-emitting diodes(LED). Our study represents a pioneering effort in CLIP for InP core/shell QDs, which could also be widely applicable to colloidal nanomaterials and devices.

Keywords: Quantum dots, direct optical patterning, ligand, cleavage

P-217

우주 환경 모사 조건에서 Deep Level Transien Spectroscopy(DLTS)를 이용한 페로브스카이트 태양전지의 결함 진화 및 안정성 평가

전우경[1], 이진영[1], 김시현[1], 윤요한[1†], 한길상[2†]

[1]한국항공대학교 신소재공학과; [2]한국화학연구원
(yyoon@kau.ac.kr†, gshan@krict.re.kr†)

페로브스카이트 태양전지는 높은 효율과 경량 특성으로 인해 차세대 우주 환경용 전원 후보로 주목받고 있다. 그러나 극한 온도 변화와 강한 광조사 조건에서는 결함 유발로 인한 성능 저하가 발생할 수 있다. 본 연구에서는 각기 다른 전자 수송층(ETL)을 적용한 페로브스카이트 태양전지를 제작하고, Deep Level Transient Spectroscopy(DLTS)를 활용하여 우주 환경 모사 조건에서의 결함 특성을 분석하였다. 샘플은 −120 °C에서 120 °C 범위의 열 사이클링(thermal cycling)과 광조사(light soaking)를 병행한 조건에 노출시켰다. 그 결과, 유기물 기반 소자에서 비가역적 결함을 확인했다. 이에 따라 Cycle에 따른 전기적 특성의 열화가 확인되었다. 반면 무기물 기반 소자는안정적인 결함 거동을 나타내어, 우주 환경에 적합한 구조로서의 가능성을 보여주었다. 본 연구는 극한 환경에서의 페로브스카이트 태양전지 결함 거동을 규명하고, 안정적 소자 설계를 위한 기초 자료를 제공한다.

Keywords: 페로브스카이트, 결함 분석, DLTS, 태양전지

P-218

Photoluminescence Enhancement of Quantum Dots Via Phase-Separated Polymer Thin Films

Ki Hoon Kim, Tae Won Nam †

Pusan National University
(namtaewon@pusan.ac.kr †)

We investigated quantum dot–polymer hybrid films in which phase-separated polymer thin layers were introduced to control optical properties. The films showed over 20-fold enhancement in photoluminescence (PL) intensity while maintaining high transmittance. The improvement arises from light scattering and extraction effects that occur through the interaction between the polymer matrix and the nanostructured morphology. In contrast to previous studies that mainly focused on electrode materials for improving transparency, our work emphasizes the emissive layer, addressing the trade-off between brightness and transparency. These results suggest a practical approach for designing thin and transparent emissive films that can be applied to future display technologies such as smart glasses and head-up displays.

Keywords: quantum dot, photoluminescence, phase-separate

P-219

Heterostructure IGZO/In-rich IGZO oxide TFT using co-sputtering process

Jinhan Lee, Seungmin Lee, Taeyoon Lee†

School of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University
(taeyoon.lee@yonsei.ac.kr†)

Over the past decade, research on Indium Gallium Zinc Oxide (IGZO) has been active due to its superior characteristics, such as high electron mobility, transparency, and flexibility, which make it highly suitable for various electronic applications, including thin-film transistors (TFTs) for displays and sensors. Previous studies on IGZO have explored various methods, including plasma treatment, functional layer treatment, and surface treatment, to enhance the performance of IGZO. These processes have typically been conducted ex-situ, however, the development of simplified in-situ processes is required to be applied directly in practical display manufacturing. In this work, we present a novel approach to enhance the performance of display active layers through the utilization of a heterostructure TFT comprising IGZO and In-rich IGZO. This approach involves the co-sputtering technique, which allows for precise control over the composition of the active layer. By controlling the oxygen injection concentration during the co-sputtering process, we were able to increase the Indium concentration while maintaining control over oxygen vacancies. Additionally, the co-sputtering process enabled us to enhance the mobility and on/off ratio of the In-rich IGZO layer. Furthermore, by utilizing the heterostructure of IGZO and In-rich IGZO, we could also improve the sub-threshold swing of the TFT. Our results not only demonstrate significant improvements in TFT performance metrics, showcasing the potential of this heterostructure design for high-performance display applications, but also suggest new prospects in the field of future TFT processes.

Acknowledgment

This paper was the result of the research project supported by Samsung Display.

Keywords: Thin film transistor (TFT), Heterostructure, Oxide semiconductor, Indium Gallium Zinc Oxide (IGZO), Co-sputtering

P-220

Stretchable and High-Performance Gasochromic Hydrogen Sensor based on Pd-Functionalized WO_3 Nanobamboos

박시온, 조윤행, 김도연, 송백, 심영석†

Korea University of Technology and Education
(ysshim@koreatech.ac.kr†)

Hydrogen (H_2) has been recognized as a promising next-generation energy carrier owing to its renewable, clean, and environmentally benign characteristics. However, its invisible, odorless, and tasteless nature introduces a serious safety concern, since it becomes highly flammable and explosive once its concentration exceeds 4% in air [1]. Therefore, the development of highly sensitive and selective sensors is essential for the early detection of H_2 leakage. Among various sensing platforms, gasochromic sensors have attracted growing interest because their colorimetric response can be directly observed without additional electrical readout, providing a simple and cost-efficient detection strategy.

In this work, we fabricated porous Pd-decorated WO_3 nanobamboo structures (Pd-WO_3 BBs) using a glancing angle deposition (GLAD) technique, aiming to enhance hydrogen diffusion pathways and catalytic reactivity. The optimized Pd-WO_3 BBs exhibited a pronounced optical modulation with a 36.5% transmittance change, a rapid coloration rate of 1.9 s^{-1}, and a bleaching rate of 20.0 s^{-1}. Conventional gasochromic devices built on rigid glass or PET substrates typically suffer from poor flexibility, limiting their applicability on curved or deformable surfaces such as pipelines. To overcome this challenge, Pd-WO_3 BBs were successfully transferred onto an elastic polydimethylsiloxane (PDMS) substrate, where they retained stable H_2 sensing performance even under mechanical strain.

These results highlight the potential of stretchable gasochromic hydrogen sensors, paving the way for their integration into industrial safety monitoring systems and next-generation wearable technologies.

Keywords: Pd, WO3, nanobamboos, PDMS

P-221

패시베이션 및 고유전율 절연체 도입을 통한 IGZO 박막 트랜지스터의 전기적 특성 및 안정성 향상

이재우, 김현석†

동국대학교
(khs3297@dongguk.edu†)

차세대 디스플레이 산업은 초고해상도, 저전력 구동과 같은 요구를 동시에 충족해야 하는 방향으로 빠르게 진화하고 있다. 특히 모바일 기기와 IT 디스플레이에서는 배터리 사용 시간을 늘리기 위해 구동 소자의 전력 효율이 중요한 과제로 부상하고 있으며, 대면적 OLED 패널에서는 균일성과 신뢰성이 핵심 경쟁력으로 작용한다. 이러한 배경 속에서 박막 트랜지스터(TFT)는 디스플레이 성능을 결정짓는 구동 소자로서 기술 발전의 중심에 있다. 기존의 a-Si와 LTPS 기반 TFT는 각각 낮은 이동도와 높은 공정 비용이라는 한계를 지니고 있어, 산화물 반도체 기반 TFT가 차세대 대안으로 부상하고 있다. 그 중에서도 인듐-갈륨-아연 산화물(IGZO)은 우수한 이동도, 낮은 누설 전류, 대면적 제조 적합성으로 인해 이미 상용화에 성공한 대표적인 산화물 반도체 채널 물질이다.

그러나 IGZO TFT는 외부 환경에 의한 특성 변동과 장시간 동작 시 안정성 저하라는 구조적 한계를 내포하고 있다. 산소의 흡착·탈착은 문턱전압 이동과 장기 신뢰성 저하를 유발하며, 광 조사에 따른 지속적 광전도 현상은 디스플레이 구동에 불필요한 전력 소모를 일으킨다. 또한 기존 SiO2 절연막 기반의 소자는 제한적인 정전용량으로 인해 구동 전압 감소와 전하 제어 능력 확보에 어려움이 따른다. 따라서 IGZO TFT의 실질적 성능 향상을 위해서는 환경 안정성 확보와 게이트 제어 능력 향상을 동시에 달성할 수 있는 공학적 접근이 필요하다.

본 연구에서는 이러한 한계 극복을 위해 표면 패시베이션(passivation)과 고유전율(high-k) 절연막 도입을 병행하는 전략을 제안하였다. 패시베이션 층은 수분 및 산소의 흡착을 억제하여 장기 구동 안정성을 개선하고, 광 조사에 따른 전기적 특성 변동을 최소화하였다. 또한 고유전율 절연막을 적용함으로써 게이트 전계 제어 능력이 강화되어 낮은 전압에서도 안정적인 스위칭과 개선된 서브스레숄드 특성을 확보할 수 있었다. 두 접근법을 동시에 적용한 결과, IGZO TFT는 높은 이동도와 안정적인 동작 특성을 유지하면서도 장기적인 신뢰성까지 향상된 특성을 보였다. 이러한 결과는 IGZO TFT의 성능을 결정짓는 핵심 요소가 단순히 채널 소재 자체의 한계 극복에 있는 것이 아니라, 인터페이스 안정화와 게이트 절연체 공학의 최적 조합에 달려 있음을 보여준다.

Keywords: IGZO TFT, 패시베이션, 고유전율 절연막, 전기적 특성, 장기 신뢰성

P-222

저전력·고계조 OLED 응용을 위한 In–Ga–O 산화물 박막 트랜지스터

이정현, 김현석†

동국대학교 에너지신소재공학과
(khs3297@dongguk.edu†)

디스플레이 산업은 기존의 평판 및 모바일 중심 시장을 넘어, IT 기기, 차량용 모빌리티, 헬스케어 등으로 적용 범위를 넓히며 빠르게 진화하고 있다. 이 과정에서 LCD에서 OLED로의 세대 전환이 가속화되고 있으며, 해외 특히 중국 기업들의 기술 추격에 대응하고 신흥 시장을 선점하기 위해서는 원천 기술 확보가 긴요하다. 고성능 OLED 패널을 구현하기 위해서는 구동 핵심 소자인 박막 트랜지스터(TFT)의 성능 향상이 필수적이며, 최근에는 'Always-on Display' 트렌드에 따라 LTPS 기반 TFT 대신 낮은 전력 소모가 가능한 LTPO(LTPS와 Oxide의 복합 구조) TFT가 상용화되고 있다. LTPO는 구동 전력을 기존 대비 약 1/3 수준까지 절감할 수 있는 장점이 있지만, 공정 복잡도가 증가하면서 수율 저하와 제조 비용 상승이라는 문제가 뒤따른다. 따라서 이러한 한계를 극복하고 차세대 OLED 시장을 선도하기 위해서는 새로운 개념의 TFT 소자 기술 개발이 절실히 요구된다.

OLED 디스플레이의 해상도가 지속적으로 향상됨에 따라, 기존 LCD 구동에 활용되던 a-Si TFT보다 더 높은 이동도를 제공하는 구동 소자의 필요성이 커지고 있다. 특히, LTPS TFT에 비해 제조 비용이 낮고 대면적 적용이 용이한 산화물 TFT의 활용 가치가 급격히 부각되고 있다. 최근 8세대급 OLED 생산에서는 낮은 누설 전류 특성을 지닌 전면 Oxide TFT 기술이 핵심 과제로 부상하고 있으며, 이를 위해서는 계조 표현에 직결되는 게이트 스윙(subthreshold swing, S)의 정밀한 제어가 필수적이다. 지금까지 보고된 high-S 산화물 TFT 연구들은 주로 계면 trap 상태에 의존하는 방식이 많았으나, 이는 장시간 구동 시 PBTS/NBTS 환경에서의 신뢰성 저하와 hysteresis 문제를 유발하여 대량 생산 적용에 제약이 따른다.

본 연구는 In–Ga–O(IGO) 산화물 반도체를 기반으로, trap 상태 의존도를 최소화하면서 안정적인 고스윙 특성을 구현하기 위한 새로운 전략을 제안한다. 이를 위해 스퍼터링 공정을 활용하여 In/Ga 조성비, 산소 분압, 증착 온도 등 핵심 공정 인자를 체계적으로 조절하고, 그 결과 형성되는 tail state 폭과 전자구조를 정밀 제어하고자 한다. 이러한 접근을 통해 고이동도를 유지하면서도 원하는 범위에서 스윙 계수(S)를 조절할 수 있는 TFT를 구현하는 것이 목표이다. 나아가, IGO 산화물의 물성–공정–소자 연계 연구를 수행함으로써, 단순하면서도 재현성 높은 공정을 확보하고, 동시에 고계조 OLED 구동에 필요한 전기적 성능을 충족할 수 있는 설계 방향을 제시한다.

Keywords: Oxide TFT, In–Ga–O (IGO), Subthreshold swing (S) 제어, High mobility

P-223

Photocrosslinkable Elastomer Multilayers for Mechanically Robust Stretchable Electronics

김윤정, 이병훈†

이화여자대학교
(leebhoon@ewha.ac.kr†)

Highly stretchable and solvent-resistant elastomers are essential for the solution processing of mechanically robust stretchable electronic devices, including light-emitting diodes, photodetectors, and field-effect transistors (FETs). Here, we report styrene–ethylene–butylene–styrene (SEBS) elastomers crosslinked with a polymeric azide under ultraviolet irradiation. The polymeric azide crosslinker enabled the fabrication of solvent-resistant stretchable substrates and dielectric layers for organic FETs. Notably, the polymer azide facilitated interfacial crosslinking between multiple SEBS layers, thereby enhancing the mechanical robustness of multilayer structures under repeated tensile deformation. Consequently, organic FETs employing crosslinked SEBS as both the gate dielectric and substrate exhibited improved operational stability. These results demonstrate a scalable strategy toward mechanically robust stretchable electronics.

Keywords: elastomer, polymeric azide, photo-crosslinking, solvent resistance, organic FETs

P-224

Molecularly-modified Polymeric Hole Injection Layer for High-efficiency Light-emitting Diodes

In Su Jang, Tae-Hee Han †

Hanyang University, 222 Wangsimni-ro, Seongdong-gu, Seoul, 04763, Republic of Korea
(taeheehan@hanyang.ac.kr †)

Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) polystyrene sulfonate (PEDOT:PSS) is widely adopted as the hole-injection layer (HIL) for metal halide perovskite (MHP) nanocrystal (NC) light emitting diodes (LEDs) due to its solution and low-temperature processability and high optical transparency. Nevertheless, the intrinsic acidity and hygroscopicity of the PSS component promote PSS-rich insulating domains and induce ITO corrosion and indium diffusion. These issues lead to reduced electrical conductivity and interfacial traps induced by indium diffusion, thereby limiting device performance. Here, we introduce a amine-modified PEDOT:PSS that reduces the acidity and hygroscopicity of PSS, preventing ITO corrosion and indium diffusion, simultaneously regulates phase separation to improve chain ordering and promote PEDOT-rich conductive pathways within the HIL, thereby suppressing interfacial losses and enhancing conductivity. This work demonstrates an effective approach to optimize PEDOT:PSS, providing insights into the development of high-efficiency MHP NC LEDs.

Keywords: metal halide perovskite, light emitting diode, PEDOT:PSS, self-organized HIL, neutralize, electrical conductivity

P-225

Air-Stable Organic Photodetectors with Unmixed Planar Heterojunction Interfaces

조소현[1], 김소윤[1], 박상신[2], 손성윤[2], 이병훈[1†]

[1]이화여자대학교; [2]광운대학교
(leebhoon@ewha.ac.kr†)

We report organic photodetectors (OPDs) with immiscible planar heterojunction (PHJ) interfaces that can overcome the air stability challenges typically faced by bulk heterojunction (BHJ) and pseudo-PHJ OPDs, which suffer from nanomorphology instability. A random polythiophene (RP-T50) containing ≈50 mol% thiophene units with thermocleavable side chains (TCSs) was employed as the electron donor, while [6,6]-phenyl-C_{71}-butyric acid methyl ester ($PC_{71}BM$) served as the electron acceptor. Upton thermal annealing, the TCSs of RP-T50 were cleaved, yielding insoluble RP-T50-COOH thin films that formed stable, unmixed interfaces with $PC_{71}BM$. This strategy effectively prevented the formation of partially mixed pseudo-PHJ interfaces that compromise the air stability of conventional PHJ OPDs. The insoluble RP-T50-COOH thin films also enabled fully green-solvent processing, delivering high performance with a responsivity of ≈138 mA W^{-1}, a specific detectivity of ≈1.68×10^{12} Jones, and a linear dynamic range of ≈100 dB under zero bias. Notably, the devices exhibited outstanding air stability, retaining their performance for ≈250 days under ambient storage without encapsulation. These results highlight a simple and scalable strategy for enhancing OPD stability, paving the way toward their practical commercialization across diverse applications.

Keywords: organic photodetectors, planar heterojunction, bulk heterojunction, interface, air stability, morphology

P-226

Bandgap Engineering of Photobase Generators for Enhanced Deep Ultraviolet Absorption

김민재, 이병훈†

이화여자대학교
(leebhoon@ewha.ac.kr†)

As the pattern width of photoresists continues to decrease in photolithography processes, photobase generators (PBGs) with high molar absorptivity in the deep ultraviolet (DUV) regions are increasingly required. Here, we report the synthesis and characterization of a new PBG with a naphthalene chromophore, 1-naphthalmethyl N,N-diethyl carbamate (denoted as PBG-2). For comparison, an anthracene-based counterpart (denoted as PBG-1) was also synthesized as a reference material. Whereas PBG-1 primarily absorbs in the i-line region ($\lambda \approx 365$nm), PBG-2 exhibits significantly enhanced absorption in the 200-300 nm range relevant to krypton fluoride (KrF) lithography. In addition, PBG-2 shows excellent thermal stability with a decomposition temperature above 280°C, high purity (>99%), and low water content (<600 ppm). These results demonstrate that the potential of PBG-2 for applications in KrF photolithography and/or DUV epoxy crosslinking in the semiconductor industry.

Keywords: photobase generator, KrF photolithography, DUV, bandgap, molar absorptivity, photolysis

P-227

IGZO 공정 조건 제어를 통한 IGZO/IZO Bilayer TFT 특성 최적화

배상은, 배현석, 남태규, 조인희, 김민규, 정민수, 임상철†, 고종범†

국립한밭대학교 신소재공학과
(sclim@hanbat.ac.kr†, jko914@hanbat.ac.kr†)

비정질 산화물 반도체(amorphous oxide semiconductor, AOS)를 이용한 thin-film transistors (TFTs)는 낮은 공정 온도, 대면적에서의 균일한 전기적 특성, 그리고 우수한 스위칭 성능으로 차세대 디스플레이 및 전자소자의 핵심 요소로 주목받고 있다. 특히 Indium Gallium Zinc Oxide (IGZO) 기반 산화물 반도체는 우수한 전기적 특성을 대면적에서 균일하게 확보할 수 있어, 차세대 전자 기기의 구동 소자로 유망한 후보로 평가되고 있다.

최근 연구에서는 이러한 AOS 기반 TFT의 성능 및 신뢰성을 향상시키기 위해 다양한 접근이 이루어지고 있다. 산소 분압 제어를 통한 캐리어 농도 조절, 소자 신규 구조 설계, 그리고 플라즈마 처리·UV 조사·열처리와 같은 후공정 기술을 활용하여 소자의 전기적 특성을 향상하려는 시도가 활발하다. 특히 산화물 반도체를 bilayer 구조로 형성하여 전도성과 스위칭 특성을 동시에 최적화할 수 있는 전략이 주목받고 있다.

본 연구에서는 고이동도 특성을 가지지만 높은 캐리어 농도를 가진 IZO TFT의 전기적 특성을 최적화하기 위하여 IGZO를 bilayer 구조로 형성 및 최적화 방안을 제시하고자 한다. IZO/IGZO bilayer 구조의 TFT를 제작하고, IGZO 층의 두께 및 산소 분압 조건이 소자의 전기적 특성에 미치는 영향을 재료 분석과 연결지어 체계적으로 분석하고자 한다.

본 연구에서는 conductor-like한 특성을 나타내는 IZO 상단에 IGZO 층의 형성 조건에 따른 전기적 특성 경향을 분석한다. 본 연구에서 IZO 층은 350W, Ar 50 sccm, 5 mTorr 의 조건에서 증착하였으며 4.8 nm/min의 deposition rate를 보였다. 산화물 반도체는 공정 중 유입되는 산소 조건에 영향을 많이 받기 때문에 이를 활용하여, IGZO 증착 조건 중 산소 분압을 상향함에 따라 IZO/IGZO 시스템에서의 전기적 특성 경향을 분석하고, 재료적인 분석을 통하여 최적화 메커니즘을 규명하고자 한다.

Keywords: oxide thin film transistor, amorphous oxide semiconductor (AOS), IGZO, IZO, bilayer structure, oxygen partial pressure, electrical characteristics

P-228

MoS2 FET Photodetector의 레이저 조사 위치 의존 광응답 특성과 채널 내 전하 거동 메커니즘 연구

윤현철, Handriani Lia Saptini, **김예림, 박현수, 정대엽, 박원일**†

한양대학교 신소재공학과 나노전자재료연구소
(wipark@hanyang.ac.kr†)

원자 층 수준의 두께를 가진 이차원 전이금속 다이칼코겐 화합물(TMDs)인 MoS2는 채널의 높은 전계효과 이동도와 우수한 광 응답성을 가진다는 장점들 때문에 가시광(VIS) 영역의 파장을 감지할 수 있는 MoS2 기반 photodetector (PD) 소자로 응용하려는 연구들이 활발히 진행되고 있다. 그러나, MoS2 채널 내에서 photo-generated charge carrier의 거동 메커니즘은 아직 명확하게 규명되지 않았다. 본 연구에서는 이러한 메커니즘을 파악하기 위해서 기계적 박리법으로 제작한 few-layer MoS2 FET 기반 PD를 구현하고, 채널 내 마이크로미터 크기의 국부 위치에 532 nm excitation 레이저를 조사하고 레이저 빔의 위치에 따른 전류를 측정하는 current mapping을 수행하였다. 이를 통해 채널 내 레이저 조사 위치에 따라 변화하는 소자의 위치 의존적 광 응답성을 정량적으로 평가하였다. 실험 결과, FET 소자의 이동도는 20 $cm^2/(V \cdot s)$을 가지며, 국부적인 레이저 조사 하에서 MoS2 채널의 photo-generated charge carrier들은 photoconductive (PC), photo-thermoelectric (PTE) 두 메커니즘을 통해서 거동함을 확인하였다. 소스-드레인 사이에 전압을 인가한 상태에서 채널 중앙에 레이저를 조사하면 PC 효과가 지배하는 응답이 나타나며 높은 광응답성을 보이는 대신 결함 상태에 의한 전하 포획으로 인해 상승/하강 속도가 느려지게 된다. 반면 소스-드레인 정션 근방에 조사되는 경우, PTE 지배 응답이 우세해져 결함의 영향을 받지 않는 hot carrier가 빠르게 확산하여 빠른 광 응답을 유도하게 된다. 본 연구는 PD 소자에서 국소 레이저 조사 위치에 따라 PC, PTE 효과의 지배가 달라지고, 그에 따라 광 응답이 변화한다는 사실을 실험적으로 규명하였다.

Keywords: Transition-metal dichalcogenides, MoS2 photodetectors, photoconductive effect, photo-thermoelectric effect, photocurrent mapping, hot carriers

P-229

One-Step Growth of Blue-to-Green InGaN Nanopyramids on r-Plane GaN Nanorods for Full-Color Micro-LED Displays

김종수, 이민석, 김성운, 오정균, 나인서, 이철로, 라용호†

전북대학교
(yhra@jbnu.ac.kr†)

With the rapid emergence of extended reality (XR) display technologies, there is an increasing demand for miniaturized, high-resolution, and high-brightness full-color pixel solutions. Micro-LEDs based on low-dimensional GaN nanostructures represent a promising candidate; however, the quantum-confined Stark effect (QCSE), induced by c-axis lattice strain at high indium (In) compositions, remains a major challenge as it degrades internal quantum efficiency (IQE). In this study, we propose a novel growth strategy to overcome this limitation. Using selective area growth (SAG) via metal-organic chemical vapor deposition (MOCVD), GaN nanorods were fabricated, followed by the integration of InGaN nanopyramids on their semipolar r-plane sidewalls. This selective integration on the r-plane promotes dislocation bending during nanorod growth, effectively relieving internal strain and significantly enhancing crystalline quality. Furthermore, by precisely controlling the nanopyramid dimensions, we achieved tunable emission in the blue-to-green wavelength range (467–525 nm) within a single-step growth process, as confirmed by micro-photoluminescence (PL) measurements. These results highlight a promising pathway toward realizing RGB full-color pixels on a single chip.

Keywords: GaN, Quantum pyramid, MOCVD, Micro-LED, Display

P-230

Synergistic Integration of Hyperfluorescence and Self-assembled Interface for High-efficient Blue OLEDs

Hyuk Bin Kwon, Tae-Hee Han †

Hanyang University, 222 Wangsimni-ro, Seongdong-gu, Seoul, 04763, Republic of Korea
(taeheehan@hanyang.ac.kr †)

Blue organic light-emitting diodes (OLEDs), vital for maintaining color balance and energy efficiency in full-color displays, still suffer from limited operational lifetime and efficiency. Multi-resonance thermally activated delayed fluorescence (MR-TADF) emitters provide narrowband emission with excellent color purity, but their intrinsically slow reverse intersystem crossing (RISC) and long triplet lifetimes cause exciton accumulation and device degradation. Here, we present a synergistic device design that integrates a blue-tailored self-assembled hole injection layer to suppress interfacial quenching and balance carrier recombination, together with a hyperfluorescence system where a TADF sensitizer efficiently harvests excitons and transfers them to an MR-TADF emitter. This integrated strategy enables efficient exciton utilization within the emissive layer, yielding devices with high external quantum efficiency, deep-blue color purity, and improved operational stability, thereby providing a viable pathway for next-generation display technologies.

Keywords: organic light-emitting diodes, MR-TADF, Hyperfluorescence, Self-assembled HIL

P-231

Magnetophoretic Film Integrated with Driving Circuit System for Smart Automotive Display Applications

Taehoon Park, Jae-Woong Lee, Hai-Joong Lee, Hyo-Soo Lee†

KITECH

(todd3367@kitech.re.kr†)

The rapid advancement of autonomous and connected mobility demands interior systems that can adaptively convey safety-critical information in real time. This work presents a novel magnetophoretic thin-film platform integrated with artificial intelligence, engineered to deliver dynamic visual cues and context-aware communication within vehicle cabins.

The system employs flexible substrates laminated with encapsulated magnetic nanoparticle films, coupled with a two-dimensional array of solenoid pixels. By modulating localized magnetic fields through minimal energy inputs, the platform generates programmable patterns and reconfigurable symbols directly on the film surface. These outputs include hazard alerts, directional indicators, and adaptive interface elements, offering an alternative to conventional display screens.

An AI-driven detection algorithm fuses multimodal data streams from vehicle sensors—such as radar, cameras, and navigation systems—to anticipate collision risks or environmental hazards. Upon recognition of abnormal conditions, the control system immediately activates targeted magnetic responses, ensuring enhanced passenger awareness and safer in-vehicle interaction.

To validate performance, magnetic field mapping and optical characterization techniques were applied to optimize responsiveness, accuracy, and durability. The thin-film's low power consumption, mechanical flexibility, and capacity for real-time reconfiguration highlight its potential as an enabling technology for next-generation adaptive safety and communication interfaces in smart mobility ecosystems.

This research contributes to the emerging field of functional magnetic thin films and machine learning–enabled actuator systems, reinforcing their relevance for interactive and safety-focused automotive applications.

Keywords: Magnetophoretic film, circuit, AI-based environment sensing, adaptive vehicle display, driving safety interface, magnetic nanoparticles, smart mobility

P-232

Fabrication of hydrophilic treatment-enabled polymer-based transparent conductive electrode for stretchable electronics

박태훈†, 오성민, 강성호, 김예경, 주호연, 강훈

차세대융합기술연구원
(thpark8@snu.ac.kr†)

Stretchable electronic devices require transparent electrodes that can withstand repeated and continuous mechanical deformation without performance degradation. While indium tin oxide (ITO) is a widely used transparent electrode due to its excellent electrical and optical properties, its inherent brittleness makes it unsuitable for stretchable devices. For this reason, conductive polymers like poly(3,4-ethylenedioxythiophene) polystyrene sulfonate (PEDOT:PSS) have been proposed as a promising alternative. However, uniformly coating PEDOT:PSS on hydrophobic stretchable substrates like polydimethylsiloxane (PDMS) remains a challenge. A variety of approaches, including physical treatments like UV-ozone and plasma, as well as chemical treatments like acid or piranha solution, have been investigated to increase the hydrophilicity of PDMS surfaces. Despite their benefits, these methods can compromise the stability of the thin film, increasing roughness or reducing adhesion due to PDMS surface damage.

In this study, we fabricated a PEDOT:PSS conductive electrode on a PDMS substrate by increasing its surface hydrophilicity via (3-Aminopropyl)triethoxysilane (APTES) treatment. The APTES treatment forms a hydrophilic silanol group (-Si-O-H) on the PDMS surface through a silanization reaction. This creates chemical bonds that ensure improved adhesion and a uniform, high-quality PEDOT:PSS layer via spin-coating, without causing surface damage. The electrode showed stable electrical performance at 50% strain after 1,000 tensile cycles and also maintained a stable state in terms of surface roughness and adhesion. This method provides a reliable way to fabricate hydrophilic polymer-based electrodes on a hydrophobic substrate.

Keywords: PEDOT:PSS, PDMS, Hydrophilic, Transparent conductive electrode

P-233

Enhancing Photoluminescence of PMMA/Quantum-Dot Composite Films through Controlled Surface Roughness

Seo Seungpyo, Nam Taewon †

부산대학교 / Pusan National Univ.
(namtaewon@pusan.ac.kr †)

The enhancement of photoluminescence in polymethyl methacrylate/quantum-dot composites is a key challenge for display applications. Photoluminescence can be increased by light scattering from surface roughness in three-dimensional structures. However, simultaneous control of surface roughness while maintaining a homogeneous phase between polymethyl methacrylate and quantum dots is challenging. The use of poor solvents can increase surface roughness via phase separation, but often leads to excessive quantum-dot aggregation, poor film quality, or reduced device reproducibility. Here, we employed dimethylformamide, a solvent with good solubility for polymethyl methacrylate, a relatively high surface tension, and a low evaporation rate, to control surface roughness without severe phase separation. Using this strategy, we successfully fabricated photoluminescence-enhanced composite films with controlled morphology and increased light scattering. This approach demonstrates a facile route to enhancing photoluminescence in solution-processed quantum-dot composite films.

Keywords: phase separation, polymer/quantum-dot composites, light scattering, surface roughness

P-234

고상법을 이용한 $M_2SiO_4:Eu^{2+}$ (M = Ca, Sr, Ba) 황색 형광체의 합성과 발광 특성 연구

홍명환, 김재찬†

고등기술연구원 소재부품연구본부
(ledin@iae.re.kr†)

백색 LED 구현에 필수적인 황색 형광체는 발광 효율과 안정성을 결정하는 핵심 소재이다. 현재 산업적으로 가장 널리 활용되는 황색 형광체는 일본 미쓰비시가 독점 상용화한 La3Si6N11:Ce3+(LSN)으로, 540~560 nm 영역에서 높은 발광 강도와 우수한 내열성을 나타내며 디스플레이 백라이트 및 고출력 LED 조명에 폭넓게 사용되고 있다. 특히 장파장 여기 특성이 뛰어나 청색 LED 칩(λex ≈ 450 nm)과의 조합을 통해 고효율 백색광 구현이 가능하다. 그러나 LSN은 일본이 원천 기술과 시장을 독점하고 있어 국내 기술 자립과 안정적 공급망 확보에 큰 제약이 존재한다. 또한 합성 과정에서 1,800℃ 이상의 고온과 10 MPa 이상의 고압 질소 분위기를 필요로 하며, 가스 압력 소결(GPS) 장비가 필수적이다. GPS는 대당 수억 원에 달하는 고가 장비로, 높은 생산 비용과 기술 장벽을 야기한다. 더불어 LSN은 조성 및 입도 제어가 까다로워 발광 파장의 정밀 조정이나 나노·마이크로 크기 제어가 어려워 Micro-LED와 같은 차세대 응용에는 한계가 따른다.

이에 본 연구에서는 LSN를 대체하기 위하여 신규 황색 형광체 조성으로 M2SiO4:Eu2+(M = Ca, Sr, Ba)를 고상법(solid-state reaction)으로 합성하였다. 합성 과정에서 Ca, Sr, Ba의 조성비와 소성 온도를 주요 변수로 설정하여 발광 특성 변화를 체계적으로 조사하였다. 합성된 시료는 X선 회절(XRD)을 통해 결정상 형성을 분석하였으며, 주사전자현미경(SEM)으로 입자 크기와 형상을 관찰하였다. 또한 광발광(PL) 및 여기(PLE) 분석을 통해 광학적 특성을 평가하였다. 연구 결과, Sr/Ba/Ca 조성비 변화에 따라 발광 중심 파장이 이동하는 조성 의존성이 확인되었으며, 소성 조건 변화가 입자 크기, 형상 및 발광 강도에 큰 영향을 미침을 규명하였다

Keywords: 디스플레이, 황색형광체, 고상법, 발광특성

P-235

Anisotropic Absorption in Three-Dimensional Quantum Dot Structures

Jisoo Seo, Tae Won Nam†

부산대학교 / Pusan National Univ.
(namtaewon@pusan.ac.kr†)

Spatial sensing systems for three-dimensional imaging devices, such as photodetectors, require higher precision and resolution. This entails high angle-specific sensitivity and the ability to collect directional information. However, conventional planar quantum dot layer-based photodetectors are limited in collecting directional data because they cannot accurately discern signal variations as functions of incident angles. In this study, we propose a pyramid-shaped quantum dot-based sensing ensemble that can selectively detect angular characteristics of absorbed light. Uniform three-dimensional pyramidal template was fabricated by wet etching a silicon wafer. Subsequently, quantum dots were precisely replicated using polymer transfer media molding and printing. Photoluminescence and absorption spectra analysis show that distinct peaks are observed at various angles of the fabricated assembly, confirming angle-selective light detection. This demonstrates the possibility of fabricating quantum dot photodetectors with angle-selective sensing capabilities.

Keywords: Transfer printing, quantum dots, photoluminescence, photodetector

P-236

Green Solvent Strategy for Stable Lead-Free $CsCu_2I_3$ Perovskite Light-Emitting Diodes

방지훈, 박일규†, 이장욱, 조승범, 김은혜, 김동엽

Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01811, Republic of Korea
(pik@seoultech.ac.kr†)

Cu-based lead-free perovskites have emerged as promising candidates for eco-friendly light-emitting diodes (LEDs) due to their **potential to mitigate** environmental problems. Among them, $CsCu_2I_3$ exhibits intrinsic yellow emission and environmental stability, making it highly attractive for LED applications. However, N,N-dimethylformamide (DMF) and dimethyl sulfoxide (DMSO), still commonly used in solution engineering, remain environmental threats. Moreover, solution processing using DMF and DMSO often results in crystallographic defects at grain boundaries. These arise from the one-dimensional crystal framework of $CsCu_2I_3$, leading to a highly anisotropic structure. This causes nonradiative recombination, reducing device efficiency. In this work, we used a green solvent to prepare the precursor solution. This approach mitigated toxicity and simultaneously produced uniform $CsCu_2I_3$ films, thereby reducing the leakage current and improving the operational stability. Therefore, the green solvent strategy provides an eco-friendly process and enables performance enhancement. The surface was observed by using scanning electron microscopy (SEM), and the crystallinity was analyzed by X-ray diffraction (XRD). The optical properties were measured by using UV–vis absorption and photoluminescence (PL) spectroscopy, while the electroluminescent characteristics were measured from current density–voltage–luminance (J–V–L) measurements, EL spectra, and external quantum efficiency (EQE).

Keywords: Lead-free perovskite, CsCu2I3, Yellow light emission, Green solventm, light-emitting diodes.

P-237

차세대 디스플레이 광원 소재 용 전이금속 도핑 ZnSe계 양자점의 수계 합성공정 개발

홍현선†, 김재형, 이지현

성신여자대학교
(hshong@sungshin.ac.kr†)

디스플레이 및 바이오 분야 응용을 목표로 한 ZnSe 계열 양자점의 경우, 도핑을 통한 색조절 및 친환경적 합성 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 백색 발광이 가능한 양자점은 차세대 디스플레이 용 광원 소재로서 높은 주목을 받고 있다. 본 연구에서는 수계 환경에서 전이금속을 도핑한 ZnSe 기반 양자점을 합성하고, 이들의 백색광 발광 가능성을 평가하였다. 합성 전략으로는 내부 도핑 기법과 물리적 배합 기법을 적용하였으며, 특히 물리적 배합법은 각 도핑 이온의 발광 특성을 독립적으로 조절할 수 있어 보다 균형 잡힌 가시광 영역 발광 구현에 효과적임을 확인하였다. 연구 결과, 수계 기반 합성 조건에서도 d-, f-전이금속을 도핑을 활용하여 백색광 발광이 가능함을 입증하였으며, 이는 친환경적인 양자점 기반 백색광 광원 개발을 위한 기초 자료로서 중요한 의의를 가진다.

Keywords: ZnSe 양자점, 색조절, 친환경 합성, 바이오 마커, 전이금속, 디스플레이

P-238

Improving Interfacial Condition and Optical Performance of Chiral Perovskite Photodetectors with AlF_3 Buffer Layer Deposition

Hyejin Lim[1,2], Daeho Yoon[2], Saewon Kang[1†], Soonmin Yim[1†]

[1]Thin Film Materials Research Group, Korea Research Institute of Chemical Technology, Daejeon 34114, Republic of Korea; [2]School of Advanced Materials Science and Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746, Republic of Korea
(skang@krict.re.kr[†], s.yim@krict.re.kr[†])

Circularly polarized light (CPL) detection has gained considerable attention for its potential in optical communication, quantum information, and chiroptical sensing. Recently, chiral organic–inorganic hybrid perovskites (CHPs) have been explored as active materials due to their intrinsic chirality, high absorption coefficients, and tunable optoelectronic properties. However, their poor stability and interface defects often degrade device performance, highlighting the need to make the films more stable and improve their optical quality.

In this study, an AlF_3 interfacial buffer layer was introduced between the substrate and the chiral perovskite (R/S-MBA)$_2PbI_4$ using atomic layer deposition (ALD). The AlF_3 layer was designed to enhance optical absorption and suppress defect-related degradation through fluorine-assisted passivation and modification of surface energy at the interface. Structural and optical analyses confirmed that introducing AlF_3 improved the optical properties of the films without significantly affecting the perovskite structure. XRD and FE-SEM demonstrated that the perovskite morphology was preserved, while UV–Vis spectra showed stronger absorption near 503 nm. Optical microscopy operated in photoluminescence (PL) mode revealed that the AlF_3-modified interface exhibited brighter and more spatially uniform emission, with a significant reduction of dark defect regions. Importantly, CPL photodetectors incorporating the AlF_3 buffer layer exhibited an enhanced chiral photo response between R- and S-type devices. This improvement is likely related to suppressed interfacial defects, uniform charge distribution, and stabilized chiral domains, which collectively promote a stronger helicity-dependent photocurrent under CPL illumination. These results demonstrate that the ALD-grown AlF_3 interfacial layer effectively improves the optical quality, stability, and chiroptical performance of chiral perovskite films, offering a practical route toward more stable and efficient CPL photodetectors.

Keywords: CPL Photodetector, Chiral perovskite, AlF3 Buffer layer

P-239

Pd-decorated SWCNTs films for ppm-level Hydrogen Gas Sensor

김재현[1], 정범준[2], 김영래[1†]

[1]Department of Electronic Engineering and Semiconductor, Gangneung-Wonju National University;
[2]Department of Electronic Engineering, Gangneung-Wonju National University
(ylkim@gwnu.ac.kr[†])

Recently, as the movement to Net-zero emission society, the hydrogen energy is spotlighted as an eco-friendly energy because of its characteristic-Emits no greenhouse gases. However, hydrogen is a material which has highly chemical reactiveness, colorless, tasteless, odorless and flammable with low concentration over 4% [1] So it is essential to find a way to detect the flow of hydrogen energy safely.

Single Walled Carbon Nanotubes, SWCNTs have found a wide range of applications, from molecular electronics to field effect transistors, in micro electronics, opto-electronics, gas storage, sensing, field emission devices and components in high performance composites, nano-biotechnology, and nano-medicine [2]. And Pd is used as materials for resistor hydrogen gas sensor. In our experiment, the fabricated device, consisting of a Pd decorated SWCNT layer to make interconnections between two layers, was tested under H_2various concentrations.

Based on actual measured data, for the pristine SWCNT, a methane concentration of 50 ppm showed a sensitivity of only 0.209%. However, Pd decorated SWCNT deposited device showed 0.761%, which is over about 3.64 times higher compared to pristine SWCNTs without Pd modification. At a low concentration of 10 ppm, the sensor exhibited a sensitivity of 0.675%, representing more than 3.87 times improvement from the baseline (0.174%) with bare SWCNTs. At a low concentration of 1 ppm, the sensor exhibited a sensitivity of 0.436%, representing more than 2.9 times improvement from the baseline (0.15%) with bare SWCNTs. These results confirm that the introduction of Pd significantly enhances the hydrogen adsorption interaction with the SWCNT surface, thus improving sensor response.

References

[1] J.S. Noh, J.M. Lee and W. Lee, Low-Dimensional Palladium Nanostructures for Fast and Reliable Hydrogen Gas Detection. Sensors 11 (2011) 825-851

[2] J. P. Raval, P. Joshi, and D.R. Chejara, “9-Carrbon nanotube for targeted drug delievery”, in Applications of Nanocomposite Materials in Drug Delivery, Inamuddin, A.M. Asiri, and A. Mohammad Eds. : Woodhead Publishing, 2018, 99. 203-216

Keywords: SWCNT, Sensor, Pd

P-240

Highly Sensitive ZnO-SWCNTs Materials for Real-time NOx Gas Detection System

양민혁[1], 김영래[1†], 김경은[2], 김재현[1]

[1]Department of Electronic Engineering and Semiconductor, Gangneung-Wonju National University;
[2]Department of Electronic Engineering, Gangneung-Wonju National University
(ylkim@gwnu.ac.kr[†])

Hazardous gases such as NO_x, CO, and NH_3 pose serious risks to human health and safety. In particular, NO_x, a major pollutant from fuel combustion, is toxic and potentially hazardous, while conventional NO_x sensors require high operating temperatures (200–600 °C), resulting in high power consumption, device degradation, and safety concerns [1–3].

In this study, a high-sensitivity electrochemical NO_x sensor was developed using ZnO-decorated single-walled carbon nanotubes (SWCNTs). The proposed sensor operates effectively at room temperature and achieves ppb-level detection, thereby overcoming the limitations of conventional high-temperature devices.

To demonstrate practical applicability, sensor currents at the μA level were converted into voltage via a transimpedance amplifier and processed through an Arduino-based system for real-time monitoring with mobile alarm functionality.

As a result of system verification, it was confirmed that the entire process of detection–visualization–alarm operates stably. The proposed structure can be applied in various fields such as industrial sites, indoor air quality monitoring, and research laboratories, with potential future expansion toward wearable devices and personalized harmful gas detection platforms.

References

[1] Athanasios Tamvakos, Kiprono Korir, Dimitrios Tamvakos, Davide Calestani, Giancarlo Cicero, and Daniele Pullini, " NO_2 Gas Sensing Mechanism of ZnO Thin-Film Transducers: Physical Experiment and Theoretical Correlation Study", *ACS Sensors*, Vol. 1, Issue 4, pp. 406-412, 2016.

[2] Kuo-Chuan Ho and Yi-Ham Tsou, "Chemiresistor-type NO gas sensor based on nickel phthalocyanine thin films", *Sensors and Actuators B: Chemical*, Vol. 77, Issue 1-2, pp. 253-259, 2001.

[3] Chia-Yu Lin, Jiang-Ging Chen, Wei-Yi Feng, Chii-Wann Lin, Ju-Wen Huang, James J. Tunney and Kuo-Chuan Ho, "Using a TiO_2/ZnO double-layer film for improving the sensing performance of ZnO based NO gas sensor", *Sensors and Actuators B: Chemical*, Vol. 157, Issue 2, pp. 361-367, 2011.

[4] Donghwa Kim, Seungmin Byun, Yao Pu, Hyungsoon Huh, Younghwan Jung, Sohee Kim, and Kyung-Youn Lee, "Design of a Current Sensing System with TIA Gain of 160 dBΩ and Input-Referred Noise of 1.8 pArms for Biosensor", Sensors, Vol. 23, Issue 6, p. 3019, 2023.

Keywords: Gas sensors, Nitrogen oxides, Single-walled carbon nanotube, Zinc oxide, Room-temperature operation, Real-Time Monitoring, ppb-level

P-241

발광 나노섬유 기반 휘발성유기화합물 감지 센서 개발

부지영[1], 배성완[1], 전강민[1], 김지연[1,2], 박동혁[1,2†]

[1]인하대학교 화학공학과; [2]인하대학교 바이오메디컬사이언스엔지니어링
(donghyuk@inha.ac.kr†)

최근 반도체, 화학, 바이오 산업의 발달로 인해 다양한 휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds, VOCs)의 사용 및 배출이 증가하면서 인체와 환경에 미치는 유해성이 중요한 사회적 문제로 대두되고 있다. 본 연구에서는 전기방사 기법을 이용하여 형광 공중합체와 PMMA를 혼합한 나노섬유 필름을 제작하고, 이를 활용한 고감도 가스 센서 플랫폼을 제시한다. 제작된 나노섬유는 균일한 형태와 다공성 구조를 나타내어 VOCs의 흡착 및 확산에 유리한 특성을 보였으며, 다양한 극성 또는 비극성 용매 증기에 노출되었을 때 나노섬유의 표면 구조 및 발광 스펙트럼이 뚜렷하게 변화하는 현상을 관찰하였다. 이러한 결과는 해당 형광 공중합체 기반 나노섬유가 VOCs 종류에 따라 특이적으로 광학적 응답을 보임을 의미하며, 고감도/고선택성 가스 센서로 활용할 수 있는 가능성을 보여준다.

Keywords: 전기방사, 발광 나노섬유, 휘발성유기화합물, 광학 가스 센서

P-242

칼슘 알긴산 템플릿을 이용한 GTSA 세라믹 비드의 sol-gel 합성

김호형[1,2], 김상섭[2], 박재영[1†]

[1]한국생산기술연구원; [2]인하대학교
(redolpin@kitech.re.kr†)

환경 정화 및 의료용 응용 분야의 수요 증가로 인해 첨단 복합 세라믹 소재에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 우수한 열적 안정성, 화학적 저항성, 생체적합성을 갖춘 세라믹은 여과, 흡착, 촉매 지지체 시스템에서 광범위하게 활용되고 있으며, 템플릿 보조 졸-겔 방법이 계층적 다공성과 미세구조를 맞춤형으로 제어할 수 있는 효과적인 합성 전략으로 떠오르고 있다. 천연 바이오폴리머인 알지네이트는 생분해성, 이온성 겔화 능력, 가공의 다양성 덕분에 희생 템플릿으로 주목받고 있으나, 기존 연구들은 주로 단일 성분 시스템에 집중하거나 매개변수를 개별적으로 조사하여 복합 세라믹 소재의 합리적 설계를 위한 포괄적인 접근이 부족한 실정이다.

본 연구에서는 나트륨 알지네이트를 희생 템플릿으로 활용하여 제어된 졸-겔 공정을 통해 GTSA(GeO_2-전이금속 산화물-SiO_2-Al_2O_3) 세라믹 비드를 합성하고, 슬러리 유변학부터 겔화 동역학, 열분해, 상 변화, 미세구조 발달, 기계적 특성까지 전 공정 사슬을 체계적으로 분석하였다. 공정-구조-물성 간의 정량적 관계 규명을 통해 비드 특성의 정밀 제어 방법을 수립하고, 맞춤형 세라믹 설계의 기초를 마련하여 템플릿 보조 세라믹 합성 분야의 발전에 기여하고자 한다.

Keywords: 세라믹 비드, 졸-겔 합성, Calcium alginate, 희생 템플릿, 복합 세라믹

P-243

Enhanced Perfrmance of MLCC via $BaTiO_3$@Additives@Glass Double-Shell Structure

Ji Young Park, Sang Heon Kim, Jeong Min Baik†

Sungkyunkwan University
(jbaik97@skku.edu†)

Multi-layer ceramic capacitors (MLCCs) are essential in modern electronics due to their high capacitance and stable power supply. While BT ceramics offer high dielectric properties, they face challenges related to the sintering process, which can impact their performance. Specifically, before the high-temperature sintering, the dielectric layer and Ni inner electrode are sintered first at a lower temperature about 900 ºC for the diffusion of additives, but it leads to agglomeration of Ni, reducing the electrode connectivity. Herein, we propose a co-precipitation-based gelation strategy to synthesize $BaTiO_3$ (BT) powders uniformly coated with Dy_2O_3, MgO, and MnO*x* additives, followed by a SiO_2 and B_2O_3 as sintering aid, forming core–double shell architectures. Structural analyses (SEM-EDS, TEM, XRD) confirmed the homogeneous shell formation without secondary phases at an optimal 97.5:2.5 mol% additive ratio, with Mg incorporation especially inducing relaxor ferroelectric behavior. For introducing a SiO_2 and B_2O_3, melting glass outer shell, the dielectric and densification behavior strongly depended on its content: excessive melting glass (≥4 mol%) promoted grain overgrowth, while insufficient addition (≤1 mol%) hindered sintering, whereas an optimal 2 mol% sintering aid yielded the highest density and dielectric constant. Furthermore, identifying the eutectic composition at the glass formation temperature, density, dielectric properties, and electrical characteristics of ceramic pellets improved through the adjustment of the first sintering temperature. This one-step sintering approach eliminates the initial sintering stage, suppresses Ni agglomeration, and enhances dielectric layer uniformity, thereby improving MLCC performance and reliability. These findings contribute to improving MLCC performance and reliability, with potential industrial applications.

Keywords: MLCC, core-shell, ferroelectric

P-244

바렐도금조 및 도금 조건 변화가 선박부품의 고속 아연도금 특성에 미치는 영향

김민수†

한국생산기술연구원
(minsukim@kitech.re.kr†)

전기아연도금은 철 및 철강 제품에 대한 장식용 및 부식특성을 향상시키기 위한 목적으로 적용되고 있으며, 저렴한 가격과 우수한 내식특성을 나타내고 있어 가정용품의 케이싱, 철장 시트나 나사, 볼트, 너트 등 자동차, 전기전자 등을 포함한 산업 전반에 사용되는 핵심 부품에 응용되고 있다. 특히, 선박용 체결 부품의 경우 일반 바렐 도금용 제품에 비해 크기나 무게가 무겁기 때문에 1회 장입하여 도금을 할 수 있는 중량의 한계가 있으며, 이로 인해 일일 최대 생산량 또한 정해져 있다. 이러한 배경으로 인해 대부분 선박용 체결 부품의 바렐도금은 고속도금공정을 적용하여 제품을 생산하고 있지만, 일반 바렐도금 바스켓의 단순 hole 구조로 인해 사용되는 고속도금 효율이 떨어지고, 도금액 사용량도 많이 소모되어 작업효율이 떨어져 이를 개선할 수 있는 공정개선 이나 바렐 바스켓 개발이 꾸준히 요구되어 지고 있다. 따라서 본 연구에서는 conical 구조를 가지는 바렐 도금조의 hole size, 도금 조건 등에 조건 변화에 따라 고속도금 특성을 평가하고, 최적 조건 도출에 대하여 연구하였다.

Keywords: 전기아연도금, 고속도금, 선박부품, conical구조, 바렐도금

P-245

Comparative analysis of bentonite clay and vermiculite clay as anionic species via layer-by-layer fire-retardant coating on cotton fabric

Zeeshan Ur Rehman[1†], Hamid Hassan[2], Bon Heun-Koo[3†]

[1]College of Mechatronics Engineering, Changwon National University;
[2]Department of Materials Convergence and System Engineering, Changwon National University;
[3]School of Materials Science and Engineering, Changwon National University
(zeeshan.physics@gmail.com[†], bhkoo@changwon.ac.kr[†])

Transforming pristine cotton into fire resistant demands innovative and sustainable strategies. In this study, a comparative analysis of bentonite (BNT) and vermiculite (VMT) clays as anionic species in layer-by-layer (LbL) fire-retardant coatings on cotton fabrics was performed. The coatings were fabricated using a hybrid cationic solution of chitosan and branched polyethyleneimine (BPEI) alternately deposited with BNT or VMT. The coated fabrics were characterized by FTIR, SEM, EDS, and VFT analyses to investigate structural, morphological, and elemental modifications. FTIR spectra revealed notable peak shifts in both systems, confirming chemical interactions between the clay-based coatings and cotton fibers. SEM results further verified uniform deposition of both BNT and VMT based coatings. Thermogravimetric analysis (25–700 °C) demonstrated that both coatings enhanced thermal stability and promoted char formation compared to pristine cotton. However, BNT coated fabrics exhibited a higher char residue (~19.83% at 700 °C) than VMT coated fabrics (~17.77% at 700 °C), highlighting the superior flame retardant potential of BNT in the hybrid LbL system. These findings suggest that while both clays contribute significantly to improved thermal resistance, BNT provides comparatively greater fire protection, making it a more promising candidate for eco-friendly, high-performance flame-retardant industrial applications.

Keywords: Coating, Clay, Fire retardant, Eco friendly.

P-246

유동층 반응기를 이용한 Cu-Mn 복합체의 합성 및 휘발성 유기화합물(VOCs) 제거

변련수[1,2], 정재민[2†], 이재원[1†]

[1]충남대학교 응용화학공학과; [2]한구지질자원연구원 자원소재연구센터
(jmjeong@kigam.re.kr[†], jaewonlee@cnu.ac.kr[†])

최근 환경 오염 및 인체 건강 피해 우려가 증가함에 따라, 공장 및 자동차 배출원에서의 휘발성 유기화합물(VOCs)처리 기술 개발의 필요성이 높아지고 있다. VOCs는 낮은 끓는점과 높은 휘발성 특성으로 상온에서 용이하게 기화되고 대기중으로 신속하게 확산되어 제거가 까다로운 특성을 지닌다. 기존의 RTO(재생 열산화 방식) 기술은 800℃이상의 고온 운전으로 인한 에너지 손실과 높은 비용이 문제며, CTO(촉매 산화)방식의 귀금속 촉매 역시 고비용과 낮은 내구성으로 인해 활용에 제약이 있다. 이를 해결하기 위해 전이금속 기반 홉칼라이트(CuMnOx)를 선택하고, Taylor-Couette유동반응기를 활용하여 단축된 합성 시간과 친환경 첨가제(Na2CO3)를 이용한 공정을 설계하였다.

본 연구에서는 유동 반응기(Taylor couette flow)를 통해 홉칼라이트를 합성 시간을 단축시키고, 입자 크기와 분산도를 조절하여 비표면적을 넓히고자 노력하였다. 또한 친환경적인 첨가제를 도입하여 촉매의 산화-환원 반응성과 내구성을 개선하고자 하였다. 합성된 촉매의 구조적 특징은 XRD, SEM 등으로 분석하였으며, 수율 측면에서 기존 회분식 반응(최대 43%, 평균 37%)대비 유동층 반응기 공정에서 최소45% 최대 60%까지 증가하는 우수한 결과를 보였다. 특히 반응온도 상승(25℃->80℃)에 따라 수율이 59%에서 70%까지 선형적으로 증가함을 확인하였다.

Keywords: Taylor-couette flow, CuMnOx, VOCs 처리 기술

P-247

AZO 금속산화물 반도체 센서 감도에 미치는 UV광자의 영향

최민석[1,2], 최병진[1,2], 이규림[1,2], 임상철[1,2], 이택영[1,2†]

[1]국립한밭대학교 신소재공학과; [2]국립한밭대학교 반도체소재부품장비센터
(tylee@hanbat.ac.kr†)

본 연구에서는 AZO 박막을 이용하여 가스 종류에 따른 저항 변화를 측정하였다. 박막은 스퍼터링으로 증착하였다. 박막의 저항은 가스 흡착에 따른 표면의 캐리어 농도 변화로 저항 변화가 일어나게 된다. 박막의 미세구조 및 결정구조는 AFM, XRD 등을 이용하였고, 센서 성능 측정을 위하여 상온에서부터 100°C까지 온도를 변화시키면서 저항의 변화를 측정하였다. 사용한 기체는 진공, 공기 O2, CO2를 사용하였고, 진공은 약 10^{-2} torr 공기는 대기압, O_2와 CO_2는 챔버내에 약 100 sccm을 흘리면서 저항 변화를 측정하였다. 이소프로필 알코올로 챔버를 포화시켜 알코올의 영향을 측정하였다. UV 파장은 210 nm이었고, 저항을 측정시 UV를 비춰주어 저항의 감소를 유도하였다.

UV에 따른 박막의 저항 감소는 약 20% 정도가 발생하였다. 상온에서 100°C 증가시 저항의 감소는 약 30%정도 발생하였다. UV가 비춰질 때 온도에 따른 CO_2와 O_2 저항의 변화가 알코올과 공기의 저항 변화보다 컸지만, UV존재에 따르는 저항의 변화는 알코올에서 가장 크게 변화하였다

Keywords: Metal Oxide Sensor, AZO, UV, Gas sensors, Sensitivity, Surface reaction

P-248

ITO 금속산화물 박막 센서의 두께와 온도가 감도에 미치는 영향

최병진[1,2], 최민석[1,2], 이규림[1,2], 임상철[1,2], 이택영[1,2†]

[1]국립한밭대학교 신소재공학과; [2]국립한밭대학교 반도체소재부품장비센터
(tylee@hanbat.ac.kr†)

본 연구에서는 ITO 박막을 이용하여 가스 종류에 따르는 저항의 변화를 측정하였다. 박막의 두께는 수 nm의 박막과 30 nm박막을 스퍼터 방법을 이용하여 증착하였다. 금속산화물 반도체는 표면에 가스 흡착에 따른 캐리어 농도 변화로 저항의 변화가 일어나게 된다. 박막의 미세구조 및 결정구조 분석을 위하여 AFM, XRD 등을 이용하였고, 센서 성능 측정을 위하여 상온에서 100°C까지 온도를 변화시키면서 저항의 변화를 측정하였다. 사용한 기체는 진공, 공기, O2, CO2를 사용하였다. 진공은 약 10-2 torr, 공기는 대기압, O2와 CO2는 100 sccm을 챔버 내에 흘리면서 저항 변화를 측정하였다. 알코올은 이소프로필 알코올로 챔버를 포화 시켰다.

온도가 증가함에 따라서 금속산화물 저항은 알코올을 제외하고 감소하는 경향을 나타내었다. 두께가 30 nm인 ITO 박막의 경우 센서 감도, 즉 저항 변화가 매우 작았다. 이에 반해서 수 nm의 ITO는 각 종류의 기체에 따라서 센서 감도는 기체의 종류별로 현저하게 차이가 난다. 이때 기체 감도는 O2의 농도에 상당히 의존적인 것으로 사료된다. 25°C 대비 100°C와 저항 비율은 진공과 공기보다는 CO2와 O2에서 더 큰 저항 변화를 보이고 있다. 알코올의 경우에는 저항 변화가 다른 가스에 비해서 작은 값을 보였다.

Keywords: Metal Oxide Sensor, ITO, Gas sensors, Sensitivity, Surface reaction

P-249

Alignment of block copolymer thin films enabled by temporary thickness gradients

권현석, 김장환†

Department of Materials Science and Engineering, Ajou University, Suwon 16499, Republic of Korea
(janghwankim@ajou.ac.kr†)

This study presented a simple and effective method of forming a highly aligned lamellar nanostructure in a large area by controlling the self-assembly of a block copolymer (BCP) thin film. After fabricating a BCP thin film with a momentary thickness gradient, a two-step thermal annealing process was applied. In the first low-temperature heat treatment (160°C), the nanodomain was potentially aligned due to a geometric anchoring effect according to the thickness gradient, and in the second high-temperature heat treatment (250°C), heat re-flow occurred in a fine pattern having a high curvature and shear stress was transferred, thereby forming a uniform and highly aligned structure throughout the large area. In particular, in the case of small curvature samples, alignment was limited to the thickness gradient region, whereas when a large curvature and two-step heat treatment were applied, nanopatterns with a low defect density and an alignment of 99% or more could be secured. This process was verified through SEM, AFM, and GISAXS analysis. This study is a low-cost and high-efficiency nanopatterning strategy that can replace complex and expensive lithographic processes, and it is highly likely to be used to manufacture next-generation semiconductors and nano devices.

Keywords: block copolymer, directed self-assembly, large-area alignment, long-range order

P-250

Carbon black – PDMS 건식 전극의 반복 사용에 따른 접착성 감소와 회복에 대한 탐구

김상민[1], 서민호[1,2†]

[1]부산대학교 정보융합공학과; [2]부산대학교 의생명융합공학부
(mhseo@pusan.ac.kr†)

건식 생체전극은 장기 착용 시 땀, 움직임, 반복 탈부착 등으로 인한 접착력 저하가 주요한 성능 저하 요인이다. 본 연구에서는 Carbon black (CB)/PDMS 복합체 기반의 건식 전극을 제작하고, 반복 사용 환경에서의 접착력 유지성 및 자가 회복성을 체계적으로 분석하였다. CB의 응집에 의해 전극 표면에는 약 1 μm 수준의 미세 마이크로 구조가 형성되며, 이는 피부와의 접촉면적을 증가시켜 초기 접착력을 크게 향상시키는 데 기여한다. 제작된 전극은 낮은 영계수 특성과 함께, 인체 피부와의 conformal contact 및 계면 전단응력 분산 효과를 유도한다. 그러나, 반복적인 접착력 사이클 테스트(>10000회) 결과, 10–30사이클 이후 급격한 접착력 저하가 관찰되었으며, 이는 표면 마모 및 구조 손상에 의한 미세거칠기 감소(Ra 감소)와 관련됨을 확인하였다. 특히, 표면 거칠기(Ra)가 1.17±0.09 μm → 0.31±0.04 μm 수준으로 감소한 영역에서는 접착력 저하가 뚜렷하였다. 흥미롭게도, 약 8시간 동안의 휴지기를 부여한 이후 반복 테스트를 수행한 결과, 폴리머의 점탄성 회복 특성 덕분에 초기 대비 약 80–90% 수준의 접착력 회복이 관찰되었다. 본 연구에서는 CB/PDMS 복합체의 미세표면 구조에 기반한 응력 분산 효과와 함께, 시간에 따른 부분적인 표면 회복성에 대해 탐구하며, 건식 전극의 장시간 반복 사용 가능성을 위한 설계 인사이트를 제공하고자 한다.

Keywords: 건식 전극, CB/PDMS복합체, 표면미세구조, 접착력, 점탄성 회복

P-251

Scalable BCP Nanopatterning via a Reusable Top-Coat for Advanced Sensor and Semiconductor Applications

박재우[1], 김장환[2†]

[1]Department of Energy Systems Research,Ajou University, Suwon 16499, Republic of Korea;
[2]Department of Materials Science and Engineering, Ajou University, Suwon 16499, Republic of Korea
(janghwankim@ajou.ac.kr[†])

Block copolymer (BCP) self-assembly has emerged as a promising nanolithography strategy, capable of producing high-resolution nanoscale patterns across large areas with efficiency. This makes it particularly attractive for applications in ultrasensitive sensors and advanced semiconductor devices. A major challenge, however, lies in achieving vertical orientation in high–Flory–Huggins parameter (χ) BCP systems, which are essential for high-resolution pattern formation. Recent advances in top-coat strategies have eased the alignment of high-χ BCPs, significantly enhancing the potential of BCP nanolithography for next-generation device fabrication.

In this study, we propose a reusable transient top-coating approach designed to overcome the limitations of conventional methods for orienting high-χ BCPs. The method employs an elastomeric pad composed of neutral polymer brushes, which adheres to a variety of substrates during self-assembly but can be easily detached afterward. This simplifies the overall process and allows the top-coat to be applied multiple times without loss of functionality.

Using this approach, vertically oriented lamellar structures were successfully demonstrated with polystyrene-block-poly(2-vinylpyridine), a representative high-χ BCP. Furthermore, by applying shear stress through the elastomeric pad during self-assembly, unidirectional long-range ordering of the BCP domains was achieved over large areas. The transient neutral top-coat could be reused several times across different BCP thin films while maintaining stable performance.

Overall, the strategy presented here provides an effective route to induce vertical alignment in high-χ block copolymers, offering strong potential for integration into high-performance chemical and biosensing platforms as well as future semiconductor patterning technologies.

Keywords: Block-copolymer, Sensor, High-χ, Self-assembly

P-252

Exploiting 2D Material Edges for Directed Self-Assembly of Block Copolymers

탁우석[1], 김장환[2†]

[1]Department of Materials Science and Engineering Ajou University;
[2]Department of Materials Science and Engineering KAIST
(janghwankim@ajou.ac.kr†)

Two-dimensional (2D) materials exhibit distinct properties compared to bulk materials and play a significant role in electronics, sensors, and energy applications. To fully utilize their potential, precise shape control at the nanoscale is essential. However, conventional nanopatterning methods are often complex and expensive, leading to pattern non-uniformity and defects. While block copolymer (BCP) nanolithography is a promising substitute for its low cost and large-area capability, controlling pattern alignment and defects is challenging because of the random nature of self-assembly.

To get through these limitations, we suggest an alternative way that precisely guides BCP self-assembly using the atomically flat edges of 2D materials such as graphene, molybdenum disulfide (MoS_2), and hexagonal boron nitride (h-BN).

By controlling the interfacial wetting properties of the BCP film, we successfully directed BCP nanodomains to align along the edges of 2D materials. This approach minimizes the pattern roughness inherent in traditional lithography processes, resulting in a **significant reduction in line edge roughness (LER) and line-width roughness (LWR)**. A graphene nanoribbon (GNR) array produced with this technique had a uniform width of less than 10 nm and demonstrated **excellent semiconductor properties with a remarkable on-to-off current ratio (I_{On}/I_{Off}) of approximately 6×10^4**. Its outstanding performance originates from the GNR's low defect density and uniform structure, which substantially exceeds the performance of conventional GNR-FETs.

This research proves that 2-D material's unique property could be combined with bottom-up nano-patterning technology, can produce high quality nanostructure. This technology is able to produce high performance nano-devices without complex multi-step process, and it is looking forward to catalyze new possibilities for sensors and electronic devices in the future.

Keywords: Block copolymer, Sensors, Nanopatterning, Directed Self-assembly

P-253

Polydopamine-Coated Epidermis for Enhanced Stability and Hygiene in Skin-Integrated Biosensors

홍윤기, 김장환†

Department of Materials Science and Engineering Ajou University Suwon 16499, Republic of Korea
(janghwankim@ajou.ac.kr†)

This study presents an ultra-thin polydopamine coating that directly covers the human and animal epidermis through a simple water-based dopamine self-polymerization method. The formed PDA membrane provides a uniform thin film for pores, skin bumps, and hair, which are irregular shapes of the skin, and the presence and uniformity of the thin film were confirmed by Raman spectroscopy, contact angle measurement, and scanning electron microscope.

The PDA coating significantly reduced the fluctuation of impedance measured at the skin-electrode interface over time to improve the signal stability and reproducibility of the skin-attached wearable sensor. In addition, the PDA surface simultaneously exhibited anti-biofouling performance that inhibits the adsorption of antibacterial and non-cellular pathogens to bacteria.

In addition, the antibacterial effect could be enhanced by combining with the antibiotic tobramycin. This technology is an easy surface modification strategy that can be applied directly to the skin while maintaining biocompatibility and is considered promising as a practical method for improving the reliability and hygiene of medical patches and skin-attached sensors.

Keywords: Polydopamine, Sensor, Epidermis, Hygiene

P-254

Self-Assembled BCP NanoPUFs for Secure and Reliable Sensor Applications

김현우[1], 김장환[2†]

[1]Department of Materials Science and Engineering, Ajou University;
[2]Department of Materials Science and Engineering, Ajou University, Suwon 16499, Republic of Korea
(janghwankim@ajou.ac.kr[†])

Next-generation sensor networks and environmental monitoring systems demand simultaneous reliability and data security. In this work, we present nanoscale physical unclonable function (PUF) labels engineered through non-deterministic self-assembly of block copolymers. The multilayer metallic nanopatterns generate unique responses to external electrical and optical stimuli, enabling multiple independent authentication keys based on electrical resistance, polarization-dependent reflectance, and Raman scattering. These features are stably maintained under environmental perturbations such as mechanical deformation, thermal stress, and surface roughness, ensuring tamper resistance and long-term operational reliability of sensor platforms. Owing to their conformal integration on diverse substrates-including human skin, hair, and bacterial surfaces-the nano PUF labels are highly versatile for wearable environmental sensors, bio signal monitoring devices, and micro-ecosystem tracking. This study introduces a nanostructure-enabled security labeling strategy that can simultaneously enhance robustness and sustainability in distributed IoT devices and future environmental monitoring networks.

Keywords: block-copolymer, physical unclonable function, sensor

P-255

Development of Biomimetic Antireflective Nanohole Colorless Polyimide Films via Block Copolymer Self-Assembly

박대희[1], 김장환[2†]

[1]Department of Energy Systems Research, Ajou University;
[2]Department of Materials Science and Engineering, Ajou University
(janghwankim@ajou.ac.kr†)

Traditional approaches to reducing light reflection, such as organic–inorganic multilayer structures, have been widely explored. While high-aspect-ratio nanostructures are effective for antireflection, they often suffer from poor mechanical stability. In nature, however, butterfly wings achieve remarkable suppression of reflection through highly ordered nanoporous architectures. Inspired by this strategy, we developed a nanohole colorless polyimide (NHCPI) film. By combining block copolymer self-assembly with dry etching, we created hexagonally ordered nanoholes and a gradual refractive index gradient, which alleviates the mismatch between CPI and air. As a result, the NHCPI film reduced reflectance by nearly 70% across the visible range. Importantly, the film retained both structural stability and antireflective performance even after repeated bending and abrasion tests, highlighting its durability. The nanostructured surface also exhibited distinct hydrophobicity, consistent with the Cassie–Baxter model, and demonstrated a self-cleaning function. Structural changes in hole diameter and depth with etching time were examined using SEM (scanning electron microscope) and AFM (atomic force microscopy), while optical responses were confirmed by FDTD (finite-difference time-domain) simulations and UV–vis spectroscopy. Taken together, these results suggest that the NHCPI film offers a promising antireflective platform for next-generation displays, wearable devices, and flexible solar cells, and can meet the demanding design requirements of advanced optoelectronics.

Keywords: block copolymer, self-assembly, antireflection, bioinspired, nanopattering

P-256

리튬이차전지 폐자원을 이용한 재활용 전처리 공정부산물로부터 유가금속 회수 조건별 거동 특성 평가

주소영, 임병용, 김대근†

고등기술연구원
(dgkim@iae.re.kr†)

스마트폰, 태블릿 PC 등 휴대용 전자기기에 사용되는 소형 배터리까지 다양한 유형의 리튬 이차전지에 대한 수요가 지속적으로 증가하고 있으며, 이로 인해 리튬이차전지 폐자원의 연간 발생량 또한 급격히 증가하고 있다. 현재 사용 후 배터리 재활용 시장은 메인이자 가장 고가의 희소금속이 함유되어 있는 블랙매스 고효율 회수 위주의 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그러나 고순도 유가금속을 회수하더라도 전처리 과정에서 발생하는 잔류 유가금속 부산물은 대부분 재활용되지 않고 버려지고 있으며, 종종 소량의 양극 및 음극 활물질과 유기 결합제를 함유하는 부산물로 주로 알루미늄과 구리 등으로 구성된다. 현재 이러한 부산물의 재활용은 알루미늄 및 구리와 같은 저가치 금속 회수의 경제적 어려움으로 인해 제한적임에 따라 잠재적으로 가치 있음에도 불구하고, 유가금속을 함유하고 있는 전처리 부산물은 일반적으로 폐기물로 처리된다. 폐리튬이차전지의 전주기적인 자원순환을 위해 전처리 공정부산물에서 발생되는 저가의 유가금속의 회수도 필요하다.

본 연구는 사용 후 리튬이차전지를 기반으로 하는 재활용 공정 과정에서 흔히 폐기되는 전처리 부산물에서 가치 있는 물질의 분리 및 회수 공정을 통해 버려지는 유가금속을 회수하는 연구로 폐리튬이차전지 전처리 공정부산물의 원료 특성 분석 평가 및 습식 공정 기반의 산침출 공정을 통해 시간 및 온도 조건을 통한 알루미늄과 구리를 회수하는 연구를 진행하였다

Keywords: Lithium-ion battery, Recycling, Black mass, By-product

P-257

High-Efficiency Tandem Quantum Dot Light-Emitting Diodes using Dual Charge Generation Interfaces

홍진호, 조성용†

Hanyang University
(seongyongcho@hanyang.ac.kr†)

Colloidal Quantum Dots (CQDs) are self-emissive semiconductor nanocrystals that have attracted significant attention as next-generation display materials due to their high color purity and brightness. Conventional single-structure QLEDs have gained interest as promising candidates for next-generation display devices due to their excellent color purity and high luminous efficiency. However, limitations exist in terms of current efficiency and lifespan. To overcome these challenges, tandem structures, which connect multiple emissive units in series, have been proposed as an effective alternative. Tandem QLEDs can achieve high brightness and stability under the same current; however, challenges such as interface damage and charge transport imbalance during solution processing remain.

This study proposes a new interconnecting layer (ICL) structure incorporating dual charge generation interfaces (CGIs) to overcome these limitations. A PMA (Phosphomolybdic acid) layer was inserted between PVK (Poly(9-vinylcarbazole)) and PEDOT:PSS to improve interface wettability and film uniformity, while simultaneously providing an additional charge generation pathway at the PVK/PMA interface. By combining this with the existing PEDOT:PSS/ZnMgO interface, dual CGIs were formed, significantly improving charge injection balance. As a result, the fabricated red tandem QLED achieved an external quantum efficiency (EQE) more than three times higher than that of a single device (with a maximum EQE of approximately 29.4%), and its operating lifetime was also significantly enhanced. This study demonstrates the feasibility of realizing high-efficiency, high-stability display devices based on solution processing by presenting a performance enhancement strategy for tandem QLEDs utilizing dual charge generation interfaces.

References

[1] Meng, Shu, Advanced Materials Interfaces, 11(26), 2400098
[2] Sun, Yuhan, Journal of Materials Chemistry C 12.27 (2024): 10053-10060

Keywords: Qled, QD, Display

P-258

CQD-Based Infrared Multispectral Photodiodes and Upconversion Devices

신승원, 조성용†

School of Semiconductor Convergence Engineering, Hanyang University ERICA, Ansan, 15588, Korea
(seongyongcho@hanyang.ac.kr†)

Conventional infrared photodiodes, such as those based on InGaAs semiconductors and type-II superlattice structures, rely on epitaxial growth and are limited by complex fabrication processes, low yield, and high production costs, which restrict their widespread use in commercial and industrial applications. In contrast, colloidal quantum dots (CQDs) offer bandgap tunability and solution-processability, making them a promising material platform for next-generation infrared optoelectronic devices. Owing to their ability to absorb and emit light in the infrared region, CQDs have attracted considerable attention for applications in imaging, sensing, and photodetection.

In this work, we review two CQD-based device architectures for infrared detection and conversion reported in recent studies. First, by stacking CQDs of different sizes, the authors demonstrated a dual-band infrared photodiode in which the spectral response could be selectively switched between short-wave infrared (SWIR) and mid-wave infrared (MWIR) regions depending on the applied bias polarity. This design integrates two rectifying junctions within a single device, presenting the feasibility of low-cost and large-area multispectral imaging. Second, another study proposed a CQD-based near-infrared-to-visible upconversion device incorporating chemically cross-linked functional layers. Through a modular fabrication strategy, they constructed not only normal and inverted 1Abs–1EL structures but also a triple-stack 1Abs–2EL configuration. The optimized devices exhibited a photon-to-photon conversion efficiency of up to 3.2% under transmissive-mode operation and successfully visualized near-infrared signals with a spatial resolution of ~50 μm in a single device.

Collectively, these works demonstrate the strong potential of CQD materials for next-generation multispectral infrared imaging and upconversion technologies, providing valuable insights into bridging material design with practical device applications.

References

[1] Tang, Xin, et al. *Nature photonics* 13.4 (2019): 277-282..

[2] Kwon, Tae Hyun, et al. *ACS nano* 18.33 (2024): 21957-21965.

Keywords: CQD, imaging, sensing, photodetection, stack

P-259

Enhancing 2D Material-Based Devices via Block Copolymer Self-assembly

김시몬, 김봉훈†

Department of Robotics and Mechatronics Engineering, DGIST
(bonghoonkim@gmail.com†)

Two-dimensional (2D) materials are regarded as key building blocks for next-generation electronics and sensing platforms owing to their atomic thickness, mechanical flexibility, and exceptional electrical/optical features. Yet, their integration into practical devices is significantly hindered by substrate-induced interactions that deteriorate charge transport and reduce device stability. To address this limitation, we propose a block copolymer (BCP) self-assembly approach to engineer nanoscale patterns on supporting substrates. Polystyrene-block-poly(methyl methacrylate) thin films were thermally treated to form cylindrical nanodomains, which subsequently acted as masks in MEMS-based processes to construct nanopatterned surfaces.

Graphene field-effect transistors (FETs) fabricated on these substrates exhibited partially suspended channels, thereby retaining structural robustness while suppressing detrimental substrate coupling. This architecture successfully reduced surface phonon scattering, enabling up to a threefold enhancement in carrier mobility compared with devices built on conventional flat substrates. Such improvements not only benefit fundamental transport studies but also provide a promising basis for high-performance sensing, where signal-to-noise ratio and detection reliability are critically dependent on charge transport quality.

Moreover, systematic variation of the nanostructure dimensions revealed strong correlations between substrate geometry and doping characteristics, with nanopatterned supports maintaining near-intrinsic graphene behavior. Overall, our results highlight nanostructured substrates derived from BCP lithography as a practical route to optimize the performance of 2D material-based transistors and sensing devices for future electronic applications.

Keywords: two-dimensional (2D) materials, block copolymer (BCP), self-assembly, nanopatterning

P-260

Polymer-Engineered Halide Perovskite Scintillators for Enhanced X-ray Detection and Imaging

Ha Neul Kim[1], Seong Ho Lee[2], Hyekyoung Choi[3], Ju Young Woo[2,4], Bo Kyung Cha[5†], Seong-Yong Cho[1†]

[1]Dept. of Photonics and Nanoelectronics, BK21 FOUR ERICA-ACE Center, Hanyang University ERICA, Ansanm 15588, Republic of Korea;
[2]Dept. of HYU-KITECH Joint Graduate school, Hanyang University, Ansan, 15588, Republic of Korea;
[3]Energy Conversion Research Center, Electrical Materials Research Division, Korea Electrotechnology Research Institute (KERI), Korea;
[4]Autonomous Manufacturing & Process R&D Department, Korea Institute of Industrial Technology (KITECH), Ansan 1558, Republic of Korea;
[5]Precision Medical Device Research Center, Korea Electrotechnology Research Institute (KERI), Ansan, Korea
(bkcha@keri.re.kr†, seongyongcho@hanyang.ac.kr†)

The growing demand for radiation detection in applications such as medical imaging, security screening, and nuclear monitoring has intensified the need for high-performance and reliable scintillators. Conventional scintillators (e.g., NaI:Tl, LYSO) provide high light yield and sensitivity but face limitations due to complex crystal growth, high production costs, and restricted compatibility with large-area or flexible devices. To address these challenges, halide perovskites (HPs) have emerged as promising alternatives, offering high quantum efficiency, fast emission lifetimes, strong photon absorption, and compositional tunability.

Among them, lead-based $CsPbBr_3$ nanocrystals exhibit excellent color purity but suffer from reabsorption losses in thick films. In contrast, copper-based $Cs_3Cu_2I_5$ nanocrystals feature a zero-dimensional crystal structure that induces self-trapped excitons (STEs), resulting in a broad emission with a large Stokes shift, which effectively suppresses reabsorption. Moreover, $Cs_3Cu_2I_5$ is composed of less toxic elements and shows superior stability against oxygen and moisture.

In this study, $Cs_3Cu_2I_5$ nanocrystals were incorporated into polymer-crosslinked films to enhance mechanical robustness, environmental stability, and thickness control. Optimizing film thickness, precursor concentration, and solution viscosity enabled high-quality scintillator films with improved X-ray detection efficiency, higher light yield, and enhanced imaging resolution.

These findings demonstrate that polymer-engineered $Cs_3Cu_2I_5$ nanocrystal films can overcome the intrinsic limitations of conventional scintillators, highlighting their potential as scalable, cost-effective, and high-performance materials for next-generation radiation detection systems.

Keywords: Scintillator, X-ray, Halide, Perovskite, Copper,

P-261

Mechanically Directed Fabrication of 3D Macro- and Microstructures for Devices Enabling Reversible Solar Heating and Radiative Cooling

Ho Jun Jin, 김봉훈†

DGIST 로봇및기계전자공학과
(bonghoonkim@dgist.ac.kr†)

Solar heating and radiative cooling offer innovative strategies to lower global energy consumption by utilizing the Sun (~5800 K) as a heat source and outer space (~3 K) as a cooling sink. Although these sustainable approaches provide efficient thermal management, their performance is often limited by daily and seasonal temperature fluctuations due to their single-mode operation. In this work, we present a reversible solar heating and radiative cooling device fabricated through the mechanically guided assembly of 3D architectures. The device incorporates: (i) a dual-mode actuation system enabling switching between solar heating and radiative cooling under uniaxial strain, (ii) a 3D structural framework that integrates both rigid and flexible functional layers via optimized design, and (iii) compatibility for dual-mode thermal management at both macro- and microscales. The device uses black paint-coated polyimide (PI) films as solar absorbers and multilayer polydimethylsiloxane/silver/PI structures to achieve heating and cooling temperatures of 59.5 °C and −11.9 °C, respectively. Moreover, the transition between heating and cooling is controlled by adjusting the orientation of the 3D structures, and the thermal performance is evaluated on a variety of substrates, including skin, glass, steel, aluminum, copper, and PI.

Keywords: radiative cooling, thermal management, dual-mode

P-262

Lipid nanoparticle mediated Drug loading in exosomes

Seunghwan Bang[1,2], Gamsong Son[1,2], Hojun Kim[1,2†]

[1]Division of Bio-Medical Science & Technology, KIST School, University of Science and Technology (UST), Seoul 02792, Republic of Korea;
[2]Center for Advanced Biomolecular Recognition, Korea Institute of Science and Technology (KIST), Seoul 02792, Republic of Korea
(cuboplex@kist.re.kr†)

Exosomes, which are naturally derived lipid nanoparticles, have emerged as promising drug delivery vehicles due to their excellent biocompatibility. Unlike many conventional carriers, they can traverse challenging biological barriers, including the blood–brain barrier (BBB). A key hurdle, however, is achieving efficient drug loading without disrupting their intrinsic properties. To overcome this limitation, we introduce a strategy that employs cubosomes—lipid nanoparticles with a cubic phase—to load macromolecules into exosomes. Cubosomes have proven effective at encapsulating large molecules such as mRNA, and when fused with exosomes, they yield hybrid exosomes. Notably, this fusion process occurs within minutes, transferring mRNA from cubosomes to hybrid exosomes with nearly complete efficiency. Importantly, the hybrids retain the fundamental traits of exosomes, including BBB penetration and targeted delivery capability. Our findings highlight the potential of hybrid exosomes as advanced drug carriers, particularly for applications inaccessible to conventional lipid nanoparticles.

Keywords: Exosome, Blood-brain barrier (BBB), Cubosome, Drug delivery system, Lipid nanoparticles

P-263

Facet-Controlled NiO Nanoneedles for Enhanced Gas Sensing Performance

Eunsol Lee, Jae Han Chung, Young-Seok Shim †

School of Energy, Material and Chemical Engineering, Korea University of Technology and Education
(ysshim@koreatech.ac.kr †)

Metal oxide semiconductor(MOS) gas sensors are extensively employed to detect volatile organic compounds (VOCs)[1]. In particular, p-type MOS such as NiO, Cr_2O_3, Mn_3O_4 and Co_3O_4 have attracted increasing attention owing to their low humidity dependence and high selectivity[2]. Despite these characteristics, their gas response is typically lower than that of n-type MOS sensors due to the unique sensing mechanism of p-type oxides. In this study, NiO nanoneedles (NNs) were deposited at 300 °C using high-temperature glancing angle deposition (HT-GLAD). This approach enabled the control of crystallographic facets compared with nanorods (NRs) deposited at room temperature. The NiO NNs fabricated by HT-GLAD exhibited a response of 258 toward acetone, which is 16 times higher than that of the NiO NRs. When the NiO NNs were exposed to acetone through ten repeated cycles at 50 ppm, the results confirmed reliable response with a low coefficient of variation (CV) of 0.7 %, demonstrating reproducibility. These results indicate that NiO NNs enable facet control, offering an effective approach for high-performance gas sensors.

Keywords: : Gas sensors, NiO,crystallographic facet control, HT-GLAD, acetone

P-264

Photothermal Laser Writing of Block Copolymer Thin Films toward Sensor-Oriented Nanostructured Interfaces

이지민, 김봉훈†

대구경북과학기술원
(bonghoonkim@dgist.ac.kr†)

Polymer self-assembly in thin film geometries frequently suffers from kinetic constraints that limit the establishment of uniform nanoscale order. This challenge becomes particularly pronounced in high-χ block copolymers, where strong immiscibility between blocks hampers molecular rearrangement and slows the elimination of structural imperfections. To address this limitation, we introduce a near-infrared (NIR) laser-induced photothermal approach that provides localized, rapid, and controllable energy delivery, thereby accelerating ordering processes in block copolymer thin films. When applied to PS-b-P2VP, careful adjustment of molecular weight enables a one-step hot-zone annealing process in which nanodomains spontaneously orient themselves along the trajectory of the scanning laser beam. Beyond structural alignment, subsequent infiltration of metal ions into the P2VP domains generates arrays of highly uniform conductive nanowires. These nanostructures can function as sensitive interfacial frameworks, particularly advantageous for ion-responsive sensing. Importantly, the method relies on standard silicon wafers without the need for additional absorbing coatings, ensuring compatibility with established semiconductor processing while expanding opportunities for sensor-oriented functional materials.

Keywords: self-assembly, photothermal effect, block copolymer

P-265

Magneto-mechano-triboelectric Generator via Nanoscale Surface Engineered Pattern Replication

So Ie Jeong, Geon Tae Hwang†, Woon Ik Park†

Pukyong National University
(thane0428@pknu.ac.kr†, gthwang@pknu.ac.kr†)

The present work demonstrates a high-performance magneto-mechano-triboelectric nanogenerator (MMTENG) by utilizing a reliable pattern replication process to harvest electric energy from a magnetic field for powering Internet of Things (IoT) devices. This approach combines magnetic-induced mechanical motion with triboelectric charge generation, thereby offering an effective strategy for sustainable and wireless energy harvesting. The pattern replication process enables the formation of uniform nanoscale structures on a triboelectric polymer film, significantly improving surface charge density through enhanced contact triboelectrification and electrostatic induction. As a result, the surface-patterned MMTENG achieves a high open-circuit peak-to-peak voltage (Vpp = 521 V), short-circuit current (Imax = 177 μA), and maximum peak power (Pmax = 7 mW) under an 8 Oe magnetic field, which is 4.6 times higher than that of a non-patterned device (Pmax = 1.5 mW). Beyond laboratory measurements, the harvested electric power is successfully utilized to operate an IoT environmental monitoring sensor capable of tracking temperature and humidity in real time. These findings highlight the potential of nanoscale surface-engineered MMTENGs as self-powered platforms for next-generation IoT applications.

Keywords: Triboelectric, magneto-mechano-triboelectric conversion, energy harvesting, replication, surface-pattern, and self-powered IoT devices

P-266

바이오물질이 큐빅지질 매트릭스에 미치는 구조적 영향

진하린[1,2], 김호준[1,2†]

[1]UST 과학기술연합대학원대학교; [2]KIST 한국과학기술연구원
(cuboplex@kist.re.kr[†])

메신저 RNA(mRNA) 치료제의 부상은 지질 나노입자(Lipid Nanoparticles, LNPs)의 발전과 함께 이루어졌습니다. 기존의 LNP는 임상적으로 성공을 거두었지만, 여전히 탑재 효율과 전달 성능 개선의 여지가 남아 있습니다. 최근에는 지질 구조와 기능 간의 상관관계가 주목받으면서, 육방정계(hexagonal)나 큐빅(cubic)과 같은 비-라멜라(non-lamellar) 구조에 대한 관심이 커지고 있습니다.

비정질적 구조를 지닌 전통적 LNP와 달리, 비-라멜라 구조는 특정한 CPP(critical packing parameter) 값과 고유한 곡률 특성을 가지고 있으며, 이는 핵산 전달 효율에 중요한 영향을 미치는 것으로 알려져 있습니다. 그럼에도 불구하고, 큐빅 지질 매트릭스를 mRNA 전달에 적용한 연구는 아직 제한적이며, 특히 mRNA 자체가 큐빅 구조에 미치는 영향은 충분히 규명되지 않았습니다. 이러한 상호작용을 이해하는 것은 큐빅 매트릭스 기반 전달체를 효과적으로 활용하기 위해 반드시 필요합니다.

본 연구에서는 확립된 방법을 이용해 mRNA를 큐빅 지질 매트릭스에 탑재하고, 이에 따른 구조적 변화와 전달 효율을 분석하였습니다. 이를 통해 mRNA와 큐빅 지질 구조 간의 상호작용에 대한 새로운 시각을 제시하며, 차세대 mRNA 전달체 설계뿐만 아니라 질병진단에도 기여할 수 있는 근거를 마련하고자 합니다.

Keywords: 리피드, 나노입자, 전달체, 센서, 유전물질

P-267

Creating Multifunctional Helical Fibers for Wearable Sensors Using MoS2 Liquid Crystals

SangUk Pang, BongHoon Kim †

Department of Robotics and Mechatronics Engineering, DGIST
(bonghoonkim@dgist.ac.kr †)

This research details the creation of **multifunctional helical fibers** using a wet-spinning process with molybdenum disulfide (MoS_2) liquid crystals. The fibers, which are flexible and breathable, were given enhanced mechanical strength by incorporating a high-purity dispersion of uniformly sized MoS_2 nanoflakes. These 3D helical fibers demonstrated versatile sensing capabilities, including photodetection, pH, gas, and 3D strain sensing, making them promising for applications in wearable IoT and soft robotics.

Keywords: Liquid crystal(LC), Two-dimensional(2D) material, Molybdenum disulfide(MoS2)

P-268

Biologically Inspired Wireless Camouflage System Based on Electrochromic Modulation

JunSeok Choe[1], Bong hoon Kim[1†], SangMin Won[2], Seung Ho Han[3]

[1]DGIST, Daegu, Korea (the Republic of); [2]Sungkyunkwan University, Seoul, Korea (the Republic of);
[3]Korea Electronics Technology Institute, Seongnam, Korea (the Republic of)
(bonghoonkim@gmail.com[†])

Concealment strategies in nature vary across environments: while terrestrial species often employ pigment-based disruptive coloration constrained by limited pigment diversity, many aquatic organisms achieve camouflage through optical transparency facilitated by refractive index matching between tissues and water. The reef squid exemplifies this principle, dynamically modulating chromatophore size to regulate body transmittance and suppress reflections, thereby inspiring biomimetic approaches to adaptive camouflage.

Here, we present a wirelessly controlled electrochromic display (ECD) that replicates squid-like transmittance modulation. The device integrates tungsten trioxide (WO_3) and nickel oxide (NiO) electrodes with a lithium-based polymer electrolyte, enabling reversible switching between transparent and deep blue (438 nm) states via ion migration. The system demonstrates fast optical responses (14.2 s bleaching, 35.2 s coloration), robust cycling stability beyond 100 operations, and high mechanical durability under bending stress and immersion in phosphate-buffered solution. Wireless programmability via NFC and Bluetooth, combined with PDMS encapsulation and ultrathin construction, ensures flexibility and waterproof performance in shallow aquatic environments.

Overall, this work establishes a programmable optical platform capable of dynamic transmittance modulation, with potential applications in naval stealth coatings and adaptive diving suits. Future integration of sensors or actuators may enable autonomous camouflage responses, while advancements in underwater wireless communication could extend applicability toward deep-sea stealth systems.

Keywords: Underwater stealth technology, Dynamic transparency, Flexible electronics

P-269

Metal-Organic Framework-Derived Indium-Cobalt Bimetallic Oxide for H2S Gas Sensing Application

Anh-Duy Nguyen[1], Krishna Kiran Pawar[2], Sang Sub Kim[1†]

[1]Inha University; [2]Shivaji University
(sangsub@inha.ac.kr[†])

Metal-organic framework has been gathering significant research attention due to their high porosity, large surface area as well as extraordinary potential for material engineering. These properties offer attractive potential for gas sensing applications. Indium oxide (In_2O_3) is known for excellent stability and high response. It has been also suggested that cobalt catalyst can improve In_2O_3 sensitivity through active site modulation and oxygen vacancy generation. Therefore, in this study, indium/cobalt bimetallic oxide has been synthesized through Co/In MOF calcination. The effect of calcination process on the material has been studied through thorough tests with various gases. It was found that MOF-derived In/Co exhibits highest sensitivity toward H_2S gas with response (R_a/R_g) of 65 with gas concentration of 50 ppm at 350°C. Moreover, the sensor shows good selectivity toward H_2S among other gases with selectivity factor larger than 6. NO_2 can also be detected effectively by MOF-derived In/Co with sensor response (R_g/R_a) of 12 when sensor is in contact with 50 ppm NO_2 at 400°C. Furthermore, the sensor also demonstrates resistance to humidity interference when the relative humidity increases up to RH 90%. This study has provided an initial showcase for the potential of MOF-derived In/Co in gas sensing application and a novel, cost-effective to achieve improved gas sensitivity through calcination.

Keywords: MOF, MOF-derived, H2S, NO2, Gas sensor

P-270

Ammonia gas sensing properties of CuO-decorated $MoSe_2$/MXene nanocomposites at room temperature

윤가영, 김유진, 김상섭†

인하대학교
(sangsub@inha.ac.kr†)

NH_3 is an important industrial gas, but exposure even at low levels can adversely affect human health and the environment. Therefore, reliable room-temperature NH_3 sensors are highly demanded. $MoSe_2$, a layered TMD, provides abundant edge sites for gas adsorption, while MXenes ($M_{n+1}X_nT_x$) exhibit high conductivity and tunable surface chemistry. Their combination enables efficient charge transport and enhanced surface interactions, favorable for room-temperature NH_3 detection. In this study, $MoSe_2$/MXene nanocomposites with different $MoSe_2$ contents (30, 50, and 70 wt%) were prepared. Gas sensing performance evaluation showed that the 50 wt% $MoSe_2$ composition achieved the best response, which was subsequently selected for surface functionalization with Pt, Au, and CuO nanoparticles. Among these, the CuO-decorated $MoSe_2$/MXene exhibited the highest sensitivity and selectivity toward NH_3 at room temperature, compared to other tested gases (C_2H_5OH, H_2S, CO). These findings demonstrate that optimizing the $MoSe_2$ content (50 wt%) and applying targeted CuO functionalization provide an effective strategy for achieving room-temperature NH_3-selective chemiresistive sensing, highlighting the potential of CuO-decorated $MoSe_2$/MXene as a promising sensing platform.

Keywords: MoSe2, MXene, NH3 gas sensor, Decorated

P-271

광범위한 단일 선형 검출 범위와 빠른 응답 특성을 지닌 H_2O_2 감지 전극으로서 graphene oxide(GO) 위에 covalent immobilization 및 위치 선택적으로 고정화된 horseradish peroxide(HPR)

조영임[1], 윤규진[2], 박민경[2], 박찬원[3], 김성구[2†], 명성[4†]

[1]한남대학교 공과대학 나노반도체공학과; [2]한남대학교 화학공학과;
[3]한국화학연구원 박막재료연구센터; [4]한남대학교 공과대학 신소재공학과
(starkme@hnu.kr†, msung@krict.re.kr†)

의료비와 만성질환 관리 부담이 증가함에 따라, 비대면 실시간 모니터링과 데이터 기반 원격 의료의 필요성이 증가하고 있다. 아울러 초소형·고정밀 센서와 AI 예측 기술력의 발전으로 의료 패러다임은 치료 중심에서 점차 예방 중심으로 전환되고 있는 추세이다. 이에 따라, 복잡하고 많은 시간이 소요되는 기존 화학적 검출법을 대체하기 위해, 신속하고 간단한, 전기화학 기반 바이오센서의 연구 및 개발이 활발히 진행되고 있다. 그중 H_2O_2는 세포 내 대사 과정과 외부 자극에 의해 생성되며, 활성산소종(reactive oxygen species, ROS)의 축적에 따른 oxidative stress와 이에 대한 항산화 방어 체계의 균형을 반영하는 핵심적인 생체 지표로 활용된다. 이를 활용한 센서는 빠른 응답 속도, 높은 선택성, 넓은 검출 범위 등 우수한 성능을 바탕으로 활발히 연구·개발되고 있다. 하지만 낮은 안정성, 신뢰성, 그리고 실시간 응답성이 확보되지 않은 상황이다. 이를 개선하기 위해, 본 연구는 graphene oxide(GO)에 horseradish peroxide(HPR)를 covalent immobilization 하여 확장된 선형 응답 범위와 빠른 응답 시간을 갖는 H2O2 센서를 제작한다. Covalent immobilization의 경우 HPR기반 복합체의 안정성, 균일성, 그리고 촉매 효율성이 향상되지만, 과도한 결합을 할 경우, 효소 활성 부위가 손상되는 문제점을 야기한다. 이러한 문제점을 해결하고 성능을 향상하기 위해, 특정 pH 조건에서 epoxide 고리 개방 반응을 활용하여, HRP를 GO에 특정 위치에 결합했으며, HRP의 효소 활성 부위의 비활성을 억제했다. 또한 HRP를 GO에 3.6%의 농도로 균일한 코팅 했으며, 합성된 센서는 H2O2에 대해 32.6 μM에서 12 mM까지의 넓은 선형 응답 범위를 나타낸다. 그리고 감지 전극에서 2.5초의 짧은 응답시간을 가진다. 전기화학적 측정 및 특성 분석을 통해 covalent immobilization된 HRP/GO 센서에서 인터페이스 저항과 확산 저항의 감소를 확인하였으며, 전기 화학적 특성 및 H2O2 감지 성능의 향상을 증명했다. 결론적으로 이 센서는 실시간으로 혈액과 소변 내의 H2O2를 분석하는데 적합하며, 우수한 선택성과 신속한 응답 특성을 바탕으로, 헬스케어 웨어러블 바이오센서와 같은 실시간 측정·분석·예측 시스템에의 광범위한 응용 가능성을 보여준다.

Keywords: Biosensor, Electrochemical sensor, Horseradish peroxidase, Hydrogen peroxide detection, Covalent immobilization

P-272

태양광 실리콘 폐패널로부터 알칼리 규산염 제조 연구

이지은, 윤진호†

고등기술연구원
(yjh6373@iae.re.kr†)

2025년 기준 국내 태양광 폐패널 발생량은 약 1,200톤으로 예측되고 있으며, 이는 친환경 에너지 지원사업 증가에 따라 발생하는 태양광 폐패널은 점차 증가할 것으로 예상된다. 발생하는 폐패널은 구조가 간단하여 해체분리가 용이하지만 폐패널내의 실리콘 패널의 경우 알루미늄, 은 함유로 인해 현재 재활용되지 못하고 단순 폐기물의 형태로 분리배출되고 있다. 따라서 본 연구에서는 해체분리된 태양광 실리콘 패널에서 실리콘을 용해하여 고순도 알칼리 규산염을 제조하고 은, 알루미늄은 분리하고자 한다.

알칼리 규산염은 대게 물유리로 통칭되며, 건축재, 접착제, 실리카겔의 전구체로 다양한 산업군에서 폭넓게 사용되고 있다. 현재 사용되는 알칼리 규산염의 대부분은 중국에서 수입되고 있으며, 일부 국내 생산되고 있는 알칼리 규산염은 중국산 대비 가격경쟁력에서 밀리고 있는 추세이다. 하지만 본 연구에서는 폐자원에서부터 알칼리 규산염을 제조함으로써 가격경쟁력을 지니고 더 나아가, 공정을 단순화하고자 한다.

알칼리 원료로써 NaOH를 사용하였으며, 알칼리 규산염내의 Si와 Na의 몰비를 기준으로 폐패널 및 NaOH의 투입량을 산정하였다. 폐패널와 NaOH는 격렬한 화학반응으로 인해 다량의 열과 가스를 생산함에 따라 반응 안정성 확보를 위해 시간당 일정량을 투입하여 안정성을 확보하였다. 이렇게 생성된 알칼리 규산염은 특유의 특성확인을 위해 점도, pH, FT-IR, 비중등을 측정하였으며 상용기준에 준하는지를 검토하였고 최종적으로 몰비에 따른 알칼리 규산염을 제조할수 있었다.

Keywords: 태양광 폐패널, 알칼리규산염, 물유리

P-273

Ho 첨가량에 따른 In2O3 나노섬유 기반 센서의 습도저항성 영향

양재훈, 이병기, 응우옌 티 흐엉 지앙, 부 탄 동, 이현준, 최선우†

강원대학교 기능소재공학과
(csw0427@kangwon.ac.kr†)

산화물을 이용한 반도체식 가스센서는 다른 방식의 가스 센서들과 비교하여 제작 방식이 간단하고 대량생산에 용이하며, 초소형 제작이 가능하여 다양한 전자기기와 집적화가 가능한 장점을 가지고 있다. 이와 같은 장점으로 인해 산화물 기반 반도체식 가스센서는 산업 현장, 헬스케어, 군사, 그리고 환경 분야 등에 적용하기 위해 많은 연구가 진행되어 오고 있다. 하지만 습도에 민감하게 반응하는 산화물 반도체의 재료적 특성으로 인해 실제 환경에서 안정적으로 작동하는 센서소자 구현에 한계를 가지고 있다. 따라서 습도가 있는 상태에서도 물 분자의 간섭 없이 목적 가스를 선택적으로 검지할 수 있는 산화물 반도체 기반의 센서재료 개발이 시급한다. 본 연구에서는 습도로 인한 센서의 성능 저하를 최소화하기 위해 희토류 금속인 Holmium (Ho)이 도핑된 In2O3 기반의 가스 센서를 제조하였고, Ho 도핑 함량과 상대습도에 따른 가스 감응특성의 상관관계를 체계적으로 조사하였다.

Keywords: Gas sensors, Humidity-Independence, Nanofibers, In2O3, Ho

P-274

Toward Sustainable Separation Technologies: P-NIPAM-based Hydrogel for Miscible Liquids

Gibum Kwon†, Gahee Im

Department of Mechanical Engineering, University of Kansas
(gbkwon82@gmail.com†)

An azeotrope is a mixture of fluids that maintains a constant boiling point and composition during simple distillation. Separating azeotropes is critical in various fields, such as chemical and pharmaceutical engineering, to produce high-purity products and recover valuable substances. Current technologies, such as pressure swing distillation and pervaporation, are complex, energy-intensive, and often require additional purification step. To our knowledge, there are no materials or technologies capable of separating azeotropes at ambient conditions without altering the environment or adding chemicals. We have demonstrated that P-NIPAM-based hydrogel can separate polar-non-polar azeotrope (e.g., ethanol-n-heptane) at ambient conditions with separation efficiency of > 99.9% by selectively absorbing ethanol while repelling n-heptane. This can be attributed to the interplay of interfacial energy, absorbency, and intermolecular interactions between the hydrogel and contacting liquid. We envision that our hydrogel has the potential to replace current energy-intensive separation technologies.

Keywords: P-NIPAM; Miscible Liquid Separation; Azeotrope; Absorption

P-275

유기용매를 이용한 산화그래핀 수용액의 고효율 세척 방법

윤정민, 윤태영, 양우석†

한국전자기술연구원
(wsyang@keti.re.kr†)

산화그래핀은 화학적 결합 형성에 유리하여 여러 분야에 적용가능해 활발한 연구가 진행되고 있다. 산화그래핀의 제조과정 중 정제 공정을 통해 금속이온 및 산을 제거하며, 대량생산에 유리한 필터링 방법을 양산 공정에 적용가능하다. 하지만 수세 세척 진행에 따라 박리가 진행되어, 필터링 속도가 느려져 대량생산 적용에 한계가 존재한다. 따라서 본 연구에서는 유기용매를 이용한 효율적인 정제 공정을 연구하였다. 물보다 밀도가 낮은 유기용매를 이용하여 층 분리를 형성해 유기용매, 산화그래핀 층과 물과 산, 금속이온 층을 분리하였다. 이를 통해 세척 속도를 향상시켰으며, 금속불순물 함량을 Mn 972ppm, K 583ppm 수준으로 정제하였다. 수득된 산화그래핀의 SEM 사진을 통해 단일층 수준으로 박리가 일어났음을 관찰하였으며, 고효율 세척 공정 개발을 진행하였음을 확인하였다.

Keywords: 산화그래핀, 세척 공정, 층 분리

P-276

Limitations of surface-enhanced Raman spectroscopy for microplastic detection

Minjeong Kim, Donggeon Lee, Jung-Sub Wi†

Department of Materials Science and Engineering, Hanbat National University
(jungsub.wi@hanbat.ac.kr†)

With increasing public concern over microplastic exposure in daily life, the demand for reliable detection methods has grown. Raman spectroscopy and surface-enhanced Raman scattering (SERS) have been extensively investigated as analytical tools for detecting microplastics. In this study, the applicability and limitations of SERS for microplastic detection was assessed. SERS-active substrates were fabricated by depositing gold film onto conventional filter paper using oblique angle deposition. The signal enhancement effect of the SERS-active substrate was evaluated by comparing it with that of an unmodified filter paper. Polystyrene particles with sizes of 1 μm and 200 nm, dispersed in water, were used as model microplastics. For 1 μm-sized polystyrene microplastics, Raman signals were detectable even without SERS enhancement, indicating that plasmonic amplification is not essential for microplastics larger than a few micrometers. In contrast, 200 nm polystyrene particles required SERS for signal detection. Interestingly, for both particle sizes, no clear correlation was observed between Raman signal intensity and concentration across a concentration range of 10–1000 ppm. This highlights a limitation of spot analysis for SERS detection of microplastics, which will be discussed in detail in the poster presentation. Our findings demonstrate that using SERS to quantify microplastic concentrations without large-scale data analysis techniques, such as area mapping, can lead to misleading interpretations.

Keywords: Plasmonic, SERS, Microplastic, Raman, Filter

P-277

Research on gas-sensor array for electronic nose

문승언†

한국전자통신연구원
(semoon@etri.re.kr†)

A gas sensor array was manufactured based on a Si wafer and a CMOS-compatible MEMS processes, and which has resistive type temperature sensor, resistive type humidity sensor, and conductive type gas sensor array. The gas sensor is comprised of the gas sensing material, sensing electrode, and micro heater for low power consumption, etc. Several metal-oxide thick film was used for gas sensing material. And Pt thin film was also used for resistive type temperature sensor. Various gas detection characteristics with a micro gas sensor array was presented.

Keywords: gas-sensor, array, electronic nose

P-278

Integrated OH^- Functionalization of CeO_2 Nanocubes for Enhanced P-Xylene Detection at Room Temperature

김민영, 최연식†, 이규형†

Department of Materials Science and Engineering, Yonsei University
(khlee2018@yonsei.ac.kr†, yschoi1@yonsei.ac.kr†)

Ceria has emerged as a promising material for gas sensing due to its reversible Ce^{3+}/Ce^{4+} redox states and tunable oxygen vacancy concentration. In this work, we demonstrate a simple yet effective hydrothermal strategy to synthesize CeO_2 nanocubes with controlled OH^- functionalization by tailoring the NaOH concentration. Structural and spectroscopic analyses (XRD, HR-TEM, Raman, XPS, FT-IR, and EPR) confirm that increasing the $Ce(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$:NaOH molar ratio up to 1:4 significantly enhances OH^- group density and oxygen vacancy concentration, while preserving the cubic morphology. The optimized CeO_2 nanocubes exhibit superior chemiresistive performance toward P-xylene at room temperature, showing a fourfold response improvement compared to lower OH^- samples. The sensors demonstrate rapid response/recovery times (<60 s), excellent repeatability, and remarkable thermal durability after heat treatment up to 300 °C. These findings establish that synergistically combining surface OH^- functionalization with nanocube structuring enables efficient modulation of adsorption sites and charge transfer pathways. This approach provides a versatile design principle for next-generation room-temperature VOC sensors with enhanced selectivity and stability.

Keywords: CeO2, Oxygen vacancies, P-xylene, Room-temperature gas sensor

P-279

Unconventional Lattice Expansion in Lipid Lamellar Phases: A Paradigm Shift in Structural Understanding

박종언[1,2], 김호준[2†]

[1]School of Biomedical Engineering, Korea University, Seoul, 02841, Republic of Korea;
[2]Center for Advanced Biomolecular Recognition, Korea Institute of Science and Technology 9 (KIST), Seoul 02792, Republic of Korea
(cuboplex@kist.re.kr[†])

Lipid-based lamellar phases (LLPs), composed of alternating lipid bilayers and aqueous layers, are commonly found in cellular organelles and have been widely applied in drug delivery and biosensing. It has long been assumed that the lattice parameter of LLPs is primarily dictated by lipid composition. However, emerging studies have reported LLP structures exhibiting anomalously large lattice spacings [1], challenging this long-standing belief. These extraordinary findings highlight the need for revised theoretical models to account for such structural anomalies.

In this study, we delve into the underlying factors driving the unusual expansion of LLP lattice parameters. Beyond structural analysis, we investigate how these atypical architectures give rise to unique physical properties. By examining the interplay between lipid constituents, environmental influences, and phase transitions, our research provides fresh perspectives on extreme lattice behavior in LLPs, with implications for the broader fields of soft matter physics and biomaterials.

Keywords: lipid lamellar, swelling, self-assembly, cellular delivery, lipid

P-280

공침법 기반 $(Sr,Ba)_2SiO_4:Eu^{2+}$ 나노형광체의 합성, 구조 분석 및 발광 특성 연구

홍명환, 박경수†

고등기술연구원 소재부품연구본부
(kspark@iae.re.kr†)

마이크로 LED(Micro-LED)는 뛰어난 발광 효율, 저전력 구동, 장수명, 높은 명암비, 빠른 응답 속도 등의 장점으로 모바일 기기, AR/VR, 차량용 및 대형 디스플레이 등 다양한 응용 분야에서 주목받고 있다. 그러나 기존 RGB 칩 개별 배열 방식은 소형화와 대량 생산 과정에서 정밀 픽셀 정렬, 제조 비용 증가, 신뢰성 저하 등 기술적 한계를 가진다. 이를 극복하기 위해 청색 LED 칩 기반의 색변환 방식이 대안으로 제시되고 있으며, 특히 형광체 기반 색변환은 높은 열적 안정성, 내구성, 장수명, 색재현성을 제공하여 상용화 가능성이 크다. 다만 기존 형광체는 수십 μm 크기의 입도를 가져 마이크로 LED의 수백 nm 픽셀 크기 및 미세 패터닝 공정과 호환되지 않는 한계가 있다. 따라서 500 nm 이하의 나노 입도를 가지면서도 높은 양자효율, 낮은 열적 소광, 우수한 수분 안정성, 공정 호환성을 동시에 만족하는 나노형광체의 개발이 필수적이다.

본 연구에서는 공침법(co-precipitation)을 이용해 (Sr,Ba)2SiO4:Eu2+ 나노형광체를 합성하였으며, Sr:Ba 몰비 및 NaOH 농도를 변화시켜 전구체 형성과 구조적 안정성을 조절하였다. 또한 소성 온도 및 시간을 제어하여 결정상 형성과 입자 크기, 발광 특성 최적화를 시도하였다. 합성된 시료는 XRD로 결정상을 분석하고, SEM으로 입자의 크기 및 형태를 관찰하였으며, PL 분석을 통해 발광 중심 파장과 발광 강도를 평가하였다. 그 결과, Sr:Ba 비율에 따라 발광 중심 파장이 청색에서 녹색으로 이동하는 조성 의존성을 확인하였고, NaOH 농도 및 소성 조건 변화가 입도, 구형도, 발광 강도에 영향을 미침을 규명하였다. 본 연구는 마이크로 LED 색변환용 고성능 녹색 나노형광체 개발의 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Keywords: 나노형광체, 마이크로LED, 공침법, 발광특성

P-281

다중벽 탄소 나노튜브 기반 SLA 3D 프린팅 유연압력센서 특성 개선

이혁빈[1,2], 박성현[1], 김수완[1], 강철웅[2], 김현범[1†]

[1]한국생산기술연구원; [2]제주대학교 메카트로닉스공학과
(beom0406@kitech.re.kr†)

최근 건강, 의료 등에 대한 사람들의 관심이 증가함에 따라 신체적 신호를 데이터화 할 수 있는 웨어러블 기기에 대한 수요가 크게 증가하였다. 이에 따라 웨어러블 기기에 주로 사용되는 유연한 압력 센서(flexible pressure sensor) 기술에 대한 관심도 증가하였다. 유연한 압력 센서는 기존의 기계식 압력 센서와 비교하여 넓은 압력 감지 범위, 우수한 휴대성 및 신축성을 제공하며, 건강 모니터링, 스마트 홈 시스템 등 다양한 분야에 적용할 수 있다. 그 중 정전용량형 센서는 다른 방식(압전형/저항형 센서)에 비해 높은 안정성, 낮은 전력 소모, 그리고 온도 및 습도 변화에 대한 낮은 민감도 등의 장점을 갖는다. 최근 연구에 따르면 정전용량형 센서의 유전층에 마이크로 돔, 피라미드와 같은 미세 구조를 형성하여 센서의 민감도를 향상할 수 있음이 보고되고 있다. 그로 인해 포토리소그래피, 몰딩, 3D 프린팅 등 다양한 방법으로 유전체 구조를 구현하고 이를 통하여 센서의 민감도를 향상시키는 연구가 활발하게 진행되고 있다.

3D 프린팅 기술은 전통적인 제조 방식에 비해 다양한 유전층 구조 구현이 가능하고 공정이 단순화된다는 장점이 있으나, 사용 가능한 재료가 제한적이라는 단점이 존재한다. 이를 극복하기 위해 탄소 나노튜브(CNT), 비탄산 바륨(BaTiO) 등 기능성 소재를 3D 프린팅 재료에 첨가하여 유전율을 향상시키는 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서는 SLA 3D 프린터용 레진에 다중벽 탄소 나노튜브(MWCNT)를 혼합하여 아치형 구조의 유전체를 제작하였다. 다중벽 탄소나노튜브가 유전율에 미치는 영향을 확인하기 위하여 0wt%, 0.1wt%, 0.2Wt%, 0.3Wt%, 0.4Wt%, 0.5Wt%에 대한 함량별 유전체의 유전율 및 민감도 변화를 분석한다. 결과적으로 다중벽 탄소나노튜브의 함량 증가에 따라 유전율과 민감도가 향상됨을 확인하였다. 이를 통해 기능성 소재를 활용하여 기존 3D 프린팅 재료의 한계를 보완할 수 있는 가능성을 제시한다.

Acknowledgment

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국산업기술기획평가원(KEIT)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. RS-2024-00507954)

Keywords: Flexible pressure sensor, SLA, 3D Printing, Capacitive pressure sensor, MWCNT

P-282

Breathable rGO–Nanomesh Architecture for Wearable Smart Masks Enabling Multimodal Respiratory Monitoring

조성준, 이태윤†

연세대학교
(taeyoon.lee@yonsei.ac.kr†)

Respiratory diseases, including asthma and chronic obstructive pulmonary disease (COPD), continue to rise globally and demand technologies for real-time respiratory monitoring beyond the passive protection of conventional face masks. Here, we report a breathable and wearable smart mask platform that integrates reduction-engineered rGO networks on blow-spun nanomesh substrates for multimodal sensing. The porous thermoplastic polyurethane nanomesh provides high air and vapor permeability while serving as a mechanically compliant scaffold for conformal rGO deposition. By tailoring the reduction state of rGO, we realize functionally distinct sensing regions, in which less reduced rGO exhibits thermoresistive responses to exhaled temperature, whereas highly reduced rGO displays piezoresistive and chemiresistive sensitivity to pressure and humidity. This design effectively minimizes signal ambiguity while maintaining breathability. The multimodal sensor array was seamlessly incorporated into a mask together with a foldable wireless module comprising a BLE microcontroller, CO_2 sensor, and accelerometer, enabling untethered acquisition of respiratory parameters. Comprehensive characterization demonstrated high sensitivity, stability, and rapid response across pressure, humidity, and temperature stimuli. Human breathing tests further validated the system in capturing respiratory waveforms, detecting cough events, and distinguishing normal versus asthma-like patterns with simultaneous monitoring of exhaled CO_2. This work establishes a lightweight, porous, and multimodal rGO–nanomesh platform that transforms conventional masks into intelligent diagnostic devices, opening new opportunities for early disease detection and personalized respiratory healthcare.

Keywords: Smart mask, wearable, rGO, real time monitoring

P-283

나노소재 기반 친환경 콘크리트 탄산화 방지용 기능성 도료 개발

우은석, 노윤석, 이진호†

이에이바이오스(주)
(jhlee@eabios.com†)

최근 개정된 국가 건설 기준에 따르면, 빗물에 반복적으로 노출되는 콘크리트 외벽 및 난간 등은 높은 탄산화 위험에 노출되어, 최소 압축강도 30MPa 이상으로 설계해야 한다. 그러나 방수 처리가 된 경우 27MPa로 설계 가능하여 재료비 절감이 가능하다.

이에 본 연구에서는 친환경 수성 도료로서, 유리전이온도(Tg)가 낮은 순수 아크릴 수지에 나노 크기 세라믹을 고분산시켜 높은 소수성 및 내수성으로 방수성을 확보하였다. 또한 실란 커플링제를 도료에 첨가하여 유기-무기 계면 결합력과 산·알칼리 저항성을 향상시키고, 도막 내 응력 분산으로 신장률 500% 이상을 구현하였다. 나노 세라믹 입자들의 레일리산란 효과를 통해 일사 반사율 80% 이상의 우수한 일사반사율을 달성하였다 이에 따라. 본 도료는 콘크리트 탄산화 방지 및 내구성 향상에 기여할 수 있을 것으로 사료됨

Keywords: 나노세라믹(Nano Ceramic), 콘크리트(Concrete), 탄산화(Carbonation), 아크릴수지(Acrylic resin), 유리전이온도(Glass Transition Temperature)

P-284

Transparent wood impregnated with polymer dispersed liquid crystals for smart windows with excellent thermochromic and UV protection

Jae Eun Jin[1], Jang Hee Kim[1], Hyeon Ji Jeong[1], Ryun Kyeong Lee[1], So Yeon An[1], Jun Ui Song[1], Jae Gyu Ahn[1], Cheng Ai Li[1†], Jeoung Guk Seo[2], Jeong Kyu Kim[2], Sung Ho Song[1†]

[1]Kongju National University; [2]CNT solution
(lca12@kongju.ac.kr[†], shsong805@kongju.ac.kr[†])

The development of smart windows with ultraviolet (UV) shielding capability can effectively protect household items and human health from the detrimental effects of UV radiation. Given the insufficient UV- and heat-blocking performance of conventional glass, it is critically important to develop alternative materials that combine high UV and thermal shielding abilities with excellent optical transparency. In this study, switchable thermochromic transparent wood (TWs) for smart window applications is fabricated for the first time by introducing UV-curable polymer dispersed liquid crystal (PDLC) into chemically modified wood. The thermochromic TW filled with PDLC (PDLC/TW) can modulate its visible light transmittance in response to temperature changes without any additional energy input. Specifically, the balsa PDLC/TW exhibits a gradually increasing transmittance at 550nm from 28% at room temperature to 78% at 40°C. Furthermore, the balsa PDLC/TW demonstrates not only outstanding UV-blocking performance but also a significantly reduced thermal conductivity (0.197 W m^{-1} K^{-1}), which is approximately five times lower than that of conventional glass (0.911 W m^{-1} K^{-1}). The fabricated PDLC/TWs serves to efficiently transmit visible light while blocking UV radiation during daytime, thereby benefiting indoor lighting and human health. At night, it becomes opaque, thus providing privacy protection. These findings highlight the substantial potential of PDLC/TWs as a next-generation energy-efficient building material.

Keywords: Transparent wood, Thermochromic polymer-dispersed liquid crystals, UV blocking, Smart windows

P-285

Multifunctional Magnetic $Ti_3C_2T_x$ MXene/Graphene/Fe Ion Linker Three-Dimensional Structure with Superior Electromagnetic Wave Absorption Performance

So Yeon An[1], Jang Hee Kim[1], Hyeon Ji Jeong[1], Ryun Kyeong Lee[1], Jae Eun Jin[1], Jun Ui Song[1], Jae Gyu Ahn[1], Cheng Ai Li[1], Jeoung Guk Seo[2], Jeong Kyu Kim[2], Sung Ho Song[1†]

[1]Kongju National University; [2]CNT solution
(shsong805@kongju.ac.kr[†])

The rapid growth of electronic devices has intensified concerns over electromagnetic radiation and electronic waste, demanding advanced materials with strong absorption capability and broad effective bandwidth. However, constructing lightweight three-dimensional (3D) MXene assemblies with both high electrical conductivity and mechanical robustness remains challenging due to the poor structural integrity of MXene sheets. In this study, we report the fabrication of a 3D $Ti_3C_2T_x$ MXene/reduced graphene oxide (MX-rGO) hybrid framework reinforced with magnetic Fe nanochains via vacuum filtration followed by hydroiodic acid (HI) reduction. A continuous interfacial bridging strategy, integrating hydrogen, ionic, covalent, and π–π interactions, enabled the formation of ultrastrong hydroxylated graphene oxide/MXene films with enhanced mechanical strength, conductivity, and electromagnetic interference (EMI) shielding efficiency. Furthermore, the introduction of Fe^{2+} ions increased cross-linking density and stabilized the structural network, imparting excellent flexibility and long-term durability. These results highlight the promise of MX-rGO hybrid films as next-generation EMI shielding materials for applications in aerospace, wearable electronics, and advanced energy storage devices.

Keywords: MXene, Reduced graphene oxide, Electromagnetic interference shielding, Divalent metal ion linker

P-286

Design of Exosome-Inspired Vesicles for Enhanced Tissue Penetration

Seunghwan Bang[1,2], Hojun Kim[1,2†]

[1]Division of Bio-Medical Science & Technology, KIST School, University of Science and Technology (UST), Seoul 02792, Republic of Korea;
[2]Center for Advanced Biomolecular Recognition, Korea Institute of Science and Technology (KIST), Seoul 02792, Republic of Korea
(cuboplex@kist.re.kr[†])

Despite their proven utility in drug delivery, lipid-based delivery systems still encounter significant challenges in achieving uniform distribution within the extracellular matrix (ECM) of tissues. These difficulties arise from the ECM's intricate network of biomolecules, characterized by heterogeneous pore sizes and pronounced compositional diversity. To address these barriers, the rational design of vesicles with enhanced diffusivity through the ECM is essential for maximizing therapeutic efficacy while minimizing off-target effects.

Exosomes, naturally occurring cell-derived vesicles, can readily penetrate deep into the extracellular matrix (ECM) of tissues. Recent studies have identified exosomes' key components that enable their unique diffusion behavior within the ECM. Inspired by these transport properties, we engineered exosome-like vesicles (ELVs) by rationally incorporating these critical exosomal elements into their structure. We assessed ELV diffusivity across macro- to nanoscale levels using small-angle X-ray scattering and single-particle tracking. Notably, the optimized ELVs exhibited a 33-fold increase in effective diffusion coefficient within the ECM compared to conventional lipid nanoparticles. In this presentation, we will discuss how ELV composition influences their diffusion in model ECMs, biological tissues, and in vivo systems.

Keywords: exosome, lipid nanoparticle, small-angle X-ray scattering, single-particle tracking, tissue penetration

P-287

Relaxor Ferroelectric Polymer–Ceramic Hybrid Piezoelectric Nanocomposites for Enhanced Energy Harvesting

최지훈, 정창규†

Department of Energy Storage/Conversion Engineering of Graduate School Jeonbuk National University
(ckyu@jbnu.ac.kr†)

We develop a flexible and wearable piezoelectric nanocomposite composed of a polymer matrix and a ceramic filler for self-powered electronic applications. The inherent physical mismatch between ferroelectric polymers and ceramics often reduces polarization efficiency and introduces performance artifacts in hybrid composites. To address this, we employed P(VDF-TrFE-CTFE), a relaxor ferroelectric terpolymer, as the matrix and PZT as the ceramic filler. The terpolymer's high dielectric constant and reduced ferroelectric hindrance enables more efficient poling, aligning the polarization of ceramic fillers more effectively than conventional ferroelectric polymers. This results in enhanced energy harvesting and sensing performance, despite the physical discrepancy between the two components. Our findings show that relaxor ferroelectric polymers can serve as superior matrices for polymer–ceramic piezoelectric nanocomposites, improving device performance while offering valuable insight into the physical interactions between matrix and filler. These results highlight the potential of relaxor polymer-based composites for advancing high-performance, flexible, and wearable piezoelectric devices.

Keywords: Ferroelectric, Relaxor, Piezoelectric, Energy harvesting, Nanocomposite

P-288

Micro-Wrinkled PEDOT: PSS/AgNWs/PDMS Composites for Wearable Pressure Sensor via Laser-Assisted Fabrication

Saad Hafeez Mirza, Jung Woo Lee †

Department of Materials Science and Engineering, Pusan National University
(jungwoolee@pusan.ac.kr †)

The development of flexible and highly sensitive pressure sensors is critical for advancing wearable electronics, soft robotics, and human–machine interfaces. In this study, we present a novel laser-assisted fabrication method to create micro-wrinkled PEDOT: PSS/AgNWs/PDMS composite-based pressure sensors with enhanced performance and mechanical flexibility. The device structure combines the high conductivity of silver nanowires (AgNWs) with the stretchable, biocompatible properties of PDMS, while PEDOT: PSS serves as the conductive polymer matrix. A key innovation in this work is the application of laser-induced surface micro-wrinkling, which significantly increases the effective surface area and introduces tunable microstructures that enhance the piezoresistive response under applied pressure. The resulting sensor exhibits excellent sensitivity, a broad detection range, fast response and recovery times. Its ability to detect subtle physiological signals, such as pulse waves, respiration, and joint movements, demonstrates strong potential for real-time health monitoring and wearable applications. Moreover, the fabrication approach is cost-effective, maskless, and scalable, offering a versatile pathway for integrating functional microstructures into flexible sensor platforms. This work not only advances the design of multifunctional pressure sensors but also highlights the potential of laser-assisted techniques in fabricating next-generation wearable electronic devices.

Keywords: Silver nanowires (AgNWs), PEDOT: PSS, Micro wrinkling, physiological signals

P-289

Highly Sensitive and Flexible Non-Enzymatic Glucose Sensor Based on Copper Oxide-Decorated Laser-Induced Graphene

김지민[1], 최지혁[1], 정준영[2], 장아랑[1†], 구윤회[1], 이정서[1]

[1]Division of Electrical, Electronic and Control Engineering, Kongju National University, Korea;
[2]Artie McFerinn Department of Chemical Engineering, Texas A&M University
(arjang@kongju.ac.kr[†])

Wearable electrochemical glucose sensors with rapid response and high sensitivity have emerged as promising platforms for continuous health monitoring, particularly in the management of diabetes and related metabolic disorders. Conventional enzymatic sensors often suffer from poor stability due to enzyme denaturation and limited reproducibility, which restrict their long-term practical use. To overcome these limitations, non-enzymatic glucose sensors based on nanostructured conductive substrates have gained increasing attention.

In this work, we present a flexible non-enzymatic glucose sensor fabricated by decorating copper oxide (CuO) nanoparticles onto laser-induced graphene (LIG). The LIG conductive layer with a high specific surface area was prepared directly on a polymer substrate via a laser scribing process, providing both excellent flexibility and superior electron transport pathways. Subsequently, CuO nanoparticles were uniformly decorated on the LIG surface, serving as highly active catalytic sites for glucose oxidation.

The CuO-LIG hybrid electrode exhibited remarkable electrochemical sensing performance. In particular, the sensor demonstrated a high sensitivity of 1030 μA/mM within the glucose concentration range of 0–5 mM, along with a low limit of detection (LOD) of approximately 5 μM. In addition, the fabricated device displayed excellent reproducibility over repeated measurements and maintained stable sensing activity over extended periods, confirming its potential for reliable long-term operation.

These results suggest that the CuO nanoparticle-decorated LIG sensor provides a promising platform for the development of flexible and wearable glucose monitoring devices. The combination of facile fabrication, high performance, and mechanical flexibility makes this approach highly attractive for future integration into on-body continuous health monitoring systems.

Keywords: Non-enzymatic glucose sensor, Laser-induced graphene, Copper oxide nanoparticles, Electrochemical sensing

P-290

Stabilizing Amorphous-Crystalline Interface via Hydroxyl Grafting in 2D/1D Hierarchical Photoanode for High-Performance Solar-Driven Water Splitting

Pratik Mane[1], K.C.Bhamu[2], Vishal Burungale[3], Chaewon Seong[1], Jiwon Heo[1], Hyojung Bae[4], Sung Gu Kang[2], Sang Hyun Lee[1†], Jun-Seok Ha[1,3†]

[1]School of Chemical Engineering, Chonnam National University, Buk-gu, Gwangju 61186, Republic of Korea;
[2]School of Chemical Engineering, University of Ulsan, Ulsan, Daehak-ro 93, Nam-gu, Ulsan 44610, Republic of Korea;
[3]Optoelectronics Convergence Research Center, Chonnam National University, Gwangju 61186, Republic of Korea;
[4]Korea Photonics Technology Institute (KOPTI), Cheomdanbencheo-ro 108 beon-gil 9, Buk-gu, Gwangju 61007, Republic of Korea
(leeshyun@jnu.ac.kr†, jsha@jnu.ac.kr†)

Titanium dioxide (TiO_2), renowned for its stability and abundance, is a benchmark photoanode for solar water splitting; However, limited visible-light absorption, polaronic charge recombination, and sluggish oxygen evolution hinder its redox efficiency. In this regard, we integrate hydroxyl-functionalized 2D NiCo-layered double hydroxide onto 1D TiO_2 nanorods, enhancing hole transport, stabilizing Co centers, and suppressing polaron-induced charge recombination. Surface analysis revealed a high electrochemically active surface area (966.6 cm^2) for TNR/NiCo@OH. Interface engineering with 2D/1D contact and hydroxyl grafting boosted photocurrent density by ~2.5-fold higher compared with pristine TNRs. The intricately engineered TNR/NiCo@OH photoanode achieved a remarkable photoconversion efficiency and remained highly stable in alkaline media for ~24 h without significant structural degradation. These findings establish a solid foundation for the advancement of efficient TiO_2-based solar-assisted energy conversion systems through the combined integration of 1D/2D heterojunctions and surface hydroxyl engineering.

Keywords: Hierarchical Photoanodes, Hydroxylation, 1D/2D Heterojunction, Density Functional Theory, Solar Water Splitting, Renewable Energy.

P-291

Solar-Powered AEM Electrolyzer Enabled by NiFeMn LTH Anode for Efficient Solar-to-Hydrogen Conversion

Hyojung Bae[1], Vishal Burungale[2], Pratik Mane[2], Chaewon Seong[2], Jiwon Heo[2], Jin-Woo Ju[1], Jun-Seok Ha[1†]

[1]Korea Photonics Technology Institute; [2]Chonnam National University
(jsha@jnu.ac.kr[†])

Water electrolysis driven by renewable energy is an efficient and sustainable approach for carbon-neutral hydrogen production. Among various approaches, anion exchange membrane (AEM) electrolyzers combined with earth-abundant, non-platinum group metal catalysts have attracted growing attention as a cost-effective pathway, particularly when integrated with photovoltaic (PV) devices. However, their practical deployment is often limited by sluggish oxygen evolution reaction (OER) kinetics and insufficient catalyst durability. To overcome these challenges, we develop a layered triple hydroxide (LTH) catalyst based on NiFeMn directly deposited onto a CuS support. The synergy between the multimetallic LTH active layer and the conductive CuS underplayed promotes efficient charge transfer, structural stability, and enhanced OER activity. When integrated into a PV-EC configuration, this hybrid electrode demonstrates improved water splitting performance under simulated solar illumination, highlighting its potential as a scalable, low-cost catalyst system. This work establishes NiFeMn LTH/CuS as a promising direction for next-generation solar-driven electrolysis, offering both catalytic efficiency and compatibility with integrated PV architectures.

Keywords: Solar-to-Hydrogen Conversion, Anion Exchange Membrane Electrolyzer, NiFeMn Layered Triple Hydroxide (LTH), Oxygen Evolution Reaction Catalyst, Photovoltaic–Electrochemical Integration

P-292

An Electrochemical Carbon Dioxide Reduction Study using Various Forms of CuS Nanoparticles Manufactured by Hydrothermal Synthesis

Jiwon Heo[1], Vishal Burungale[2], Chaewon Seong[1], Pratik Mane[1], Hyojung Bae[3], Jun-Seok Ha[1,2†]

[1]School of Chemical Engineering, Chonnam National University;
[2]Optoelectronics Convergence Research Center, Chonnam National University;
[3]Korea Photonics Technology Institute (KOPTI)
(jsha@jnu.ac.kr[†])

In this study, various types of CuS nanoparticles (CuS NPs) such as a rod, a sphere, and a flower shape were synthesized by adjusting the precursor concentration and the solvent ratio through hydrothermal synthesis. Structural and chemical characteristics of the synthesized nanoparticles were identified through scanning electron microscope (SEM), X-ray diffraction analysis (XRD), specific surface area analysis (BET), and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). After that, the synthesized CuS NPs were introduced on the gas diffusion electrode (GDE) to evaluate the electrochemical carbon dioxide reduction reaction (eCO_2RR) performance. The morphological differences of the electrodes were closely related to the electrochemical effective surface area (ECSA), charge transfer resistance (EIS), and Tafel slope, which directly affected the product distribution and Faraday efficiency (FE). In particular, the CuS NPs of a flower-shaped structure showed the highest surface area and fast charge transfer characteristics, showing a tendency to improve C_{2+} product selectivity. This study suggests that the electrochemical CO_2 conversion performance can be improved through morphological control of CuS-based catalysts and provides a strategy that can contribute to the development of next-generation carbon dioxide resource catalyst.

Keywords: Electrochemical CO2 Reduction, CuS Nanoparticles, Hydrothermal Synthesis, Gas Diffusion Electrode

P-293

Synthesis and Characterization of Cupric Oxide Nanorod Array as a Photocathode for Photoelectrochemical Water Splitting

Jong-Hyun Park, Hyojin Kim †

Department of Materials Science and Engineering, Chungnam National University
(hyojkim@cnu.ac.kr †)

We investigate the feasibility as an efficient photocathode for photoelectrochemical (PEC) water reduction of a p-type oxide semiconductor cupric oxide (CuO) nanorod array synthesized on a fluorine-doped tin oxide coated glass substrate via seed-mediated hydrothermal synthesis method with the use of a CuO nanoparticle seed layer, which is formed by thermally oxidizing a sputtered Cu metallic film. The structural, optical, and PEC properties of the CuO nanorod arrays synthesized at varying levels of Cu sputtering power are examined to reveal that the optimum CuO nanorod array as a PEC photocathode can be obtained at a sputtering power of 30 W. The photocurrent density and optimal photoconversion efficiency for the optimum CuO nanorod array photocathode are found to be −0.31 mA/cm^2 and 0.15%, respectively, at a potential of 0.5 V vs. RHE. These results provide a promising route to fabricating earth-abundant copper-oxide-based photocathodes for sunlight-driven hydrogen generation using a facile hydrothermal synthesis method.

Keywords: Oxide semiconductor, Cupric oxide, Photoelectrochemical water splitting, Nanorod

P-294

Self-heating and Floatable Black TiO_2 Film-based Gas Sensor for CH_3COCH_3 Detection

김도연, 심영석†, 조윤행

한국기술교육대학교
(ysshim@koreatech.ac.kr†)

The high-temperature heaters in metal oxide semiconductor (MOS) based gas sensors excite the electrons of the sensing material through thermal energy and promote reactions between adsorbed oxygen species and target gases on the surface.These high-temperature conditions cause thermally degrade and high power consumption. Black TiO_2 has a narrowed bandgap that enables the absorption of a broad spectrum ranging from infrared to visible and ultraviolet regions, and the absorbed light induces self-heating through the photothermal effect. In this study, we fabricated a self-heating floatable Black TiO_2 film operating at room temperature. Black TiO_2 film exhibited a surface temperature of approximately 48.6 °C under solar illumination (1 sun), confirming its self-heating capability without external energy. The gas sensing results confirmed the selective detection of acetone with relatively high vapor pressure in an acetone–water mixture. This self-heating floatable Black TiO_2 film shows potential for low-power gas sensing environmental applications.

Keywords: Gas sensors, Black TiO2, Self-heating, acetone

P-295

전기변색 세라믹 전극의 저온화 공정 최적화 연구

강성훈, 정지용, 구본율†

강릉원주대학교 신소재 생명화학공학과 세라믹 신소재 공학 전공
(brkoo@gwnu.ac.kr†)

전 세계적으로 탄소중립 선언 및 정책 시행에 따라 에너지 효율화의 기술 개발이 활발히 진행되고 있다. 특히 건축물을 활용한 에너지 절약이 NET-ZERO 효과가 가장 크기에, 전압에 의해 스마트윈도우의 투과도 특성을 제어하는 전기변색에 대한 관심이 증가하고 있다. 일반적으로 전기변색 소자는 전기변색 재료, 전해질 및 투명 전극으로 구성되며, 산화환원 반응에 의해 유도되는 전하 주입 및 추출로 광학적 특성이 가역적으로 변하는 전기변색 재료는 소자 성능과 가장 밀접한 관계가 있다. 일반적으로 현재 WO_3, TiO_2 및 NiO 등과 같은 세라믹 재료가 전기변색 소자에 활용되고 있으며, 재료의 결정성 확보 및 전극 구현을 위해 일반적으로 300°C 이상의 고온 공정이 요구되고 있다. 이는 전기변색 전극의 다양한 구조 디자인을 통한 성능 향상의 기본적인 공정 조건이긴 하지만 아직까지도 구현되는 성능이 부족하고 기판 소재의 적용 범위가 유리 기판에 국한되기에 활용 가능성이 낮은 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 100°C 이하에서 세라믹 재료의 전극화가 가능한 새로운 공정 기술을 제안하였다. WCl_6의 강한 가수분해를 활용한 공정 조건을 최적화하여 전기변색 소자의 고성능화가 가능한 전극 구조를 확립하고 성능 향상 메커니즘을 제시하였다.

Acknowledgment

본 과제(결과물)는 2025년도 교육부 및 강원특별자치도의 재원으로 강원RISE센터의 지원을 받아 수행된 지역혁신중심 대학지원체계(RISE)의 결과입니다.(2025-RISE-10-004)

Keywords: 세라믹 전극, 저온화 공정, 전기변색 소자, WO3, 비정질 양자화

P-296

Modulating Oxygen Vacancy Concentration and Migration in $SrTiO_{3-X}$ Photoanodes for Improved Photoelectrochemical Water-Oxidation Performance

A Young Cho[1,2], Taekjib Choi[1,2†]

[1]Hybrid Materials Research Center, Sejong University, Seoul, 05006, South Korea;
[2]Department of Nanotechnology and Advanced Materials Engineering, Sejong University, Seoul, 05006, South Korea
(tjchoi@sejong.ac.kr[†])

Oxygen-vacancy engineering provides a versatile strategy to modulate the electronic structure and interfacial charge-transfer properties of oxide semiconductors for photoelectrochemical (PEC) water oxidation. In this work, $SrTiO_3$-based photoanodes were prepared as homoepitaxial thin films on Nb-doped $SrTiO_3$ substrates by systematically varying the deposition oxygen partial pressure to control vacancy concentration and distribution. Comprehensive structural, spectroscopic, and electrochemical analyses revealed that oxygen vacancies induce lattice expansion, generate Ti^{3+} states, and introduce sub-bandgap electronic states. Increased vacancy concentration was found to facilitate charge transport across the depletion region while simultaneously increasing surface charge-transfer resistance due to recombination-active sites. Furthermore, bias-driven vacancy migration modulated band bending and interfacial kinetics, producing contrasting PEC responses depending on the initial vacancy level. In low-vacancy film, negative bias suppressed surface recombination and enhanced PEC performance, whereas in high-vacancy film, positive bias reinforced the internal field and improved charge separation despite the presence of additional recombination sites. These findings highlight that precise control of vacancy concentration and migration enables rational tuning of charge-transport pathways and interfacial reaction kinetics, offering a pathway to high-performance $SrTiO_3$ photoanodes for solar-driven water oxidation.

Keywords: photoelectrochemical, Water oxidation, Oxide semiconductor, SrTiO3, Oxygen vacancy, Defect engineering

P-297

Atomic layer depositon of aluminum-doped zinc oxide (AZO) thin films on p-type copper oxide (Cu_2O) for charge transport efficiency enhancement of Cu_2O photocathodes

이준규, 이학현, 조형균†

성균관대학교 신소재공학과
(chohk@skku.edu†)

For hydrogen energy production, which is an environmentally friendly and sustainable energy source, research on photoelectrochemical (PEC) water splitting utilizing photoactive materials is currently in progress. In particular, p-type copper oxide (Cu_2O) as a photocathode material has attracted attention because it has a suitable conduction band and strong visible light absorption, which can be advantageous in PEC water splitting. To increase charge transport efficiency, the use of n-type semiconductor materials is a well-known method. Among them, aluminum (Al)-doped zinc oxide (ZnO), referred to as AZO, is the most preferred material as it can enhance efficiency and provide suitable band alignment. For example, it is reported that higher performance can be achieved with AZO thin films deposited on Cu_2O by atomic layer deposition (ALD), specifically when Al and ZnO are alternately stacked at a ratio of 1:20. However, considering the thin thickness of AZO, it can be assumed that the top and bottom stacking layers significantly influence charge transport efficiency, and consequently, PEC performance. Therefore, we investigated the correlation between material combination and performance. We fabricated four AZO-deposited Cu_2O samples with different top–bottom stacking combinations (Al–Al, Al–ZnO, ZnO–Al, ZnO–ZnO), and the Al–Al combination sample (Cu_2O/AA@AZO) showed the highest performance and efficiency, with a current density of –2.9 mA cm^{-2} at 0 V vs. RHE. This performance is outstanding compared to the control sample, Cu_2O/ZnO, which exhibited a current density of –1.6 mA cm^{-2} at 0 V vs. RHE.

Keywords: PEC, photocathode, Cu_2O, AZO, ALD

P-298

Solution-Processed Cu_2ZnSnS_4 Thin Films with Enhanced Charge Transport for Solar-Driven Water Purification

More Akash Bharat, Raut Akash Prakash, Sung Woon Cho †

Department of Advanced Components and Materials Engineering, Sunchon National University
(swcho@scnu.ac.kr †)

The deployment of photoelectrochemical water purification technology provides a promising solution to urgent environmental challenges facing human society. Since human health and well-being critically depend on access to clean and safe drinking water, contaminated water sources remain a serious problem in many regions worldwide.

In this study, Cu_2ZnSnS_4 (CZTS) thin films were synthesized via a solution-processed method and systematically characterized using X-ray diffraction, scanning electron microscopy, transmission electron microscopy, UV–visible spectroscopy, X-ray photoelectron spectroscopy, and optical microscopy. To suppress decomposition into secondary phases, the CZTS thin films were annealed at 300 °C, 350 °C, and 400 °C. Contact angle measurements revealed that the films annealed at 350 °C and 400 °C exhibited superhydrophilic surfaces, which improved water interaction, photocatalytic activity, light absorption, and stability. Notably, the CZTS film annealed at 400 °C demonstrated superior charge transport and transfer properties, enabling significant energy savings and efficient mechanistic operations during water purification.

Overall, the 400 °C-annealed CZTS film shows strong potential as a next-generation material for water purification, owing to its superhydrophilicity and visible-light photoactivity. These properties facilitate rapid and effective removal of organic pollutants, representing a substantial advancement in photoelectrochemical water purification technology.

Keywords: Cu2ZnSnS4, solution-processed, annealing, photoelectrochemical water purification

P-299

Coral-structured Cu2O nanowire photocathodes for solar-assisted photoelectrochemical water purification

Raut Akash Prakash[1], Shenawar Ali Khan[1], Dong Su Kim[2], 조성운[1†]

[1]Department of Advanced Components and Materials Engineering, Sunchon National University;
[2]Department of Chemical & Biomolecular Engineering, University of California, Berkeley
(swcho@scnu.ac.kr[†])

The contamination of water resources and drinking water with organic pollutants and microbial species poses serious risks to human and animal health, while conventional purification methods remain energy-intensive and insufficient. Photoelectrochemical (PEC) oxidation technologies offer a sustainable solution by enabling light-driven degradation of pollutants on semiconductor electrodes. Among oxide semiconductors, Cu_2O is particularly attractive due to its chemical stability, low production cost, tunable energy levels, and favorable charge-transfer characteristics. Nanostructured oxide films further enhance PEC performance by improving light absorption, charge separation, and surface reaction kinetics.

In this study, coral-like p-type Cu_2O nanostructured films were fabricated on copper foil via a low-cost template-directed transformation of $Cu(OH)_2$ nanowires, followed by thermal dehydration and deoxidation under a nitrogen atmosphere to yield dense Cu_2O nanocoral electrodes. The resulting photocathodes exhibit a remarkable photocurrent density of ~0.3 mA cm^{-2} at −0.5 V vs. Ag/AgCl under 1-sun illumination and achieved complete photoelectrochemical degradation of methyl orange within 90 minutes without cocatalysts or protective layers. These findings highlight the potential of nanostructured Cu_2O electrodes as efficient and cost-effective materials for PEC water purification.

Keywords: Cu2O nanowire, Photocathode, Photoelectrochemical, Nanostructures, Water purification

P-300

Gasochromic 원리 기반 Pd/WO3 복합체의 수소 감지 특성 연구

민대홍, 강민수, 양우석†

한국전자기술연구원
(wsyang@keti.re.kr†)

수소는 화석연료를 대체할 수 있는 중요한 차세대 에너지원으로 주목받고 있다. 하지만 수소는 폭발성이 강한 기체이기 때문에, 저장 및 사용 중 누출로 인한 위험성이 존재한다. 이에 이번 연구는 WO3가 수소에 노출되면 광학적 특성이 변화하는 gasochromic 원리를 기반으로 수소에 의한 색 변화 센서 제조 개발에 대한 것이다.

WO3는 솔-젤 합성을 통해 판상형으로 합성되었으며, Pd 입자는 UV를 통한 photochemical 증착법으로 WO3에 증착했다. 합성된 Pd/WO3 입자는 에탄올에 분산하여 유리 기판에 drop-casting 후, 수소 가스에 노출시켜 가시적 색 변화를 확인했다. SEM, XRD, TEM 분석을 통해 WO3의 판산형 구조와 Pd 입자의 WO3 증착을 확인했다. 이번 연구는 전기적 측정 없이 시각적 확인만을 통해 수소를 감지할 수 있는 센서 소재로서의 Pd/WO3 복합체의 특성을 확인했다.

Keywords: WO3, Gasochromic, Hydrogen sensor

P-301

Si nanodisks as electromagnetic-field-enhancing nanostructures

Donggeon Lee, Minjeong Kim, Jung-Sub Wi †

Department of Materials Science and Engineering, Hanbat National University
(jungsub.wi@hanbat.ac.kr †)

The anapole state observed in high-index dielectric nanostructures possesses a unique property of suppressing far-field light scattering and enhancing the electromagnetic field around the nanostructure, attracting attention in various fields including non-linear optic research, sensors, and metamaterial applications. Here, we experimentally evaluated the induction of anapole states in Si nanodisk arrays as elementary building blocks for anapole studies. The Si nanodisk arrays were fabricated using nanoimprint lithography and electron-beam evaporation of Si. Each Si nanodisk was designed with a diameter of 300 nm, a thickness of 50 nm, and a period of 600 nm. As the evaporated Si is initially amorphous, to crystallize, a laser within a Raman spectrometer was used to locally heat the nanodisks. After the laser annealing, the phase transition from amorphous to crystalline Si was confirmed through Raman spectral analysis. In dark-field microscopy, the crystallized nanodisks appeared significantly darker than their amorphous counterparts, indicating suppressed elastic scattering, consistent with the presence of the anapole mode. Furthermore, as compared to bulk crystalline silicon, the Raman signal intensity of the Si nanodisks showed a significant enhancement, suggesting strong electromagnetic field confinement within the nanodisks due to the anapole mode. These results successfully demonstrate the experimental verification of the anapole state of the Si nanodisk. As the anapole states minimize optical losses and maximize light confinement, it is expected to be a valuable tool for a wide range of photonic and optoelectronic applications.

Keywords: Si, Anapole, Nanodisk, Light, Optoelectronic

P-302

Hydrothermally Prepared Visible Light Active CoWO4/WO3-rGO Composites for Photodegradation of Methylene blue dye and VOC chemicals

Sagarika Sahoo, Ryun Kyeong Lee, Sang Myeong Lee, Kee Sun Lee†

Kongju National University, Cheonan
(kslee@kongju.ac.kr†)

The present work focuses on effect of rGO on the heterojunction composite $CoWO_4$ /WO_3 composites produced by simple hydrothermal treatment leading to variable degradation efficiency of methylene blue dye. The composite powders exhibited pure crystallinity without any other impure peaks. Pure WO_3 shows bandgap 2.7 eV while $CoWO_4$ shows bandgap (2.4 eV). Upon addition of rGO, the bandgap of the powders is tuned to visible light active region (2.45-2.55 eV). The FESEM, TEM, and HR-TEM images correlate the surface morphology change, and interplanar spacing in composites. The SAED pattern showing two different planes of both $CoWO_4$ and WO_3 planes confirmed the interconnection between the two phases. The Raman and FTIR spectra analysis is carried out. The FTIR spectra of all the composites show the stretching, bending, and vibrational modes of bonds present in the composites. Constituent elemental analysis is confirmed by XPS spectra. The degradation of methylene blue dye under visible light irradiation is confirmed in normal pH 7 up to 85 % and 99 % in pH 10. The composite is found to contain appreciable catalytic properties which is enhanced because of the rGO intercalation providing higher surface area and reducing the bandgap.

Keywords: Photocatalyst, Heterojunction, Hydrothermal, Dye degradation, VOC removal

P-303

Oxygen Network Formation with Ultra-Thin TiO_2 Layer for Efficient and Durable $BiVO_4$ Photoanodes in Solar Water Splitting

이건웅, 조형균†

성균관대학교 신소재공학과
(chohk@skku.edu†)

Bismuth vanadate ($BiVO_4$) is a prominent oxide semiconductor for solar water splitting due to its facile synthesis and favorable band alignment with the water oxidation potential. Oxygen species and oxygen vacancies (V_O) within $BiVO_4$ play multifaceted roles across the bulk, surface, and interface. In this work, we present a strategy for selectively regulating surface and bulk V_O in $BiVO_4$ via facile chemical redox reactions.

Excess V_O at the surface facilitates the formation of a robust, well-connected interface with oxide-based protective overlayers, whereas V_O in the bulk must be effectively suppressed to avoid charge recombination. Here, a controlled surface chemical reduction (SCR) process at the atomic scale is employed to precisely modulate the presence of O^{2-} and OH^- ions, thereby generating a V_O-rich surface while minimizing bulk defects. Quantitative and qualitative analyses reveal the evolution of V_O and its influence on photoelectrochemical performance.

The SCR-treated $BiVO_4$ surface enhances charge transport kinetics by promoting the conformal deposition of an n-TiO_2 protective layer and reducing interfacial charge loss, thereby improving both performance and durability. As a result, SCR-$BiVO_4$/TiO_2/CoPi photoanodes deliver a stable photocurrent density of 3.9 mA/cm^2 at 1.23 V_{RHE}. This approach to surface modification and oxygen-network engineering offers broad applicability to oxide-based photoelectrodes requiring conformal protective layers.

Keywords: Bismuth vanadate, Titanium dioxide, oxygen vacancy, electrochemical reaction, oxygen evolution reaction, cobalt phostphate

P-304

금속 산화물 복합체 구조를 통한 Layered Double Hydroxide기반 음이온 교환막 수전해용 촉매의 전기화학적 활성 강화

손나영[1], 이상석[2], 강규미[1], 이진호[1], 이강운[1], 박찬우[1], 최건주[1], 유성종[2†], 박일규[1†]

[1]서울과학기술대학교; [2]한국과학기술연구원(KIST)
(ysj@kist.re.kr†, pik@seoultech.ac.kr†)

음이온 교환막 수전해(AEMWE, Anion Exchange Membrane Water Electrolysis)는 고순도 수소를 생산할 수 있고, 귀금속 촉매 대신 비귀금속 기반 촉매를 사용할 수 있어 차세대 수전해 기술로 주목받고 있다. 그러나 비귀금속 촉매는 낮은 전기화학적 활성도를 보이며, 장시간 구동 시 촉매와 지지체의 구조적 변화 및 용출로 성능이 급격히 감소한다. 따라서, AEMWE의 상용화를 위해서는 촉매와 지지체의 성능 향상과 내구성 개선이 필수적이다. 이에 따라, 진행된 연구들에서는 금속 산화물 지지체를 활용하여 AEMWE의 강알칼리 환경에서의 내식성을 높이고, 두 가지 이상의 전이금속을 복합화 하여 촉매의 구조와 성능을 최적화하기 위한 시도를 지속해왔다. 하지만, 이러한 시도에도 금속 산화물의 낮은 전기 전도성과 전이금속의 낮은 촉매 성능 및 내구성은 여전히 해결되지 못한 문제로 남아있다.

본 연구는 이러한 문제들을 해결하기 위해 전기 전도성을 향상된 금속 산화물 지지체와 전이금속 수산화물 촉매를 복합화하여 전체적인 내구성을 확보하였으며, 공정 변수 제어를 통해 비표면적을 극대화함으로써 촉매의 담지량과 반응 면적을 증가시켜 성능을 개선하였다. 또한, 전이금속의 금속 조성 비와 지지체의 입자 형상을 제어하여 최적화된 촉매를 확보하였다. X선 회절 (X-ray Diffraction), 주사 전자 현미경 (Scanning Electron Microscopy), 비표면적 분석 (Brunauer–Emmett–Teller)을 통한 구조적 특성을 분석하여 구조적 특성과 촉매 활성간의 상관관계를 확인하였다. 또한, 선형 주사 전압법 (Linear Sweep Voltammetry), 정전위 전기분해 (Chronopotentiometry) 측정을 통한 전기화학적 특성을 확보하였고, 그 결과를 토대로 높은 전도성에 의한 낮은 과전압과 촉매의 장기적인 성능 지속성을 입증하였다.

Keywords: Anion Exchange Membrane Water Electrolysis (AEMWE), Oxygen Evolution Reaction (OER), Metal Oxide Support, Durability, Transition Metal Catalyst

P-305

금속 클러스터 기반 탄소 지지체 표면 개질을 통한 고내구성 고활성 양이온교환막 수전해용 촉매

박찬우[1], 박일규[1†], 유성종[2†], 강규미[1], 이진호[1], 우승민[2]

[1]서울과학기술대학교; [2]한국과학기술연구원(KIST)
(pik@seoultech.ac.kr[†], ysj@kist.re.kr[†])

양이온교환막 수전해 (AEMWE: Anion Exchange Membrane Water Electrolysis) 기술은 기존 알칼라인 수전해의 컴팩트한 구조와 양이온교환막 수전해의 고효율성을 결합한 차세대 수전해 기술로, 낮은 KOH 농도(1M 이하)에서 작동 가능하여 안전성과 경제성을 동시에 확보할 수 있다. 그러나 염기성 조건에서 수소발생반응(HER)의 높은 에너지 장벽과 느린 산소발생반응(OER) 동역학으로 인한 효율 저하, 그리고 알칼라인 환경에서 탄소 지지체의 산화 부식으로 인한 지지체의 내구성 문제가 AEMWE의 산업적 적용을 제한하고 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 Ru (Ruthenium) 기반 촉매와 고결정성 탄소 지지체가 주목받고 있다. Ru는 알칼라인 환경에서 물 해리 에너지 장벽이 낮아 HER 효율성 문제를 해결할 수 있다. 또한 고결정성 탄소는 뛰어난 전도성과 부식 저항성으로 인해 HER과 OER 모두에서 우수한 성능과 내구성을 제공한다. 그러나 Ru는 Pt (Platinum) 대비 높은 수소 결합 강도로 인해 낮은 효율을 나타내며, 고결정성 탄소는 표면의 높은 안정성으로 촉매 담지가 어렵다는 한계가 있다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 chelation-thermal decomposition 공정을 적용하여 고결정성 탄소 지지체에 금속 클러스터를 형성하고, 앵커링 사이트로 활용하여 Ru의 담지율을 향상시켰다. 이와 같은 방법으로 합성된 Ru 촉매는 안정화된 수소결합강도를 통해 HER과 OER 모두에서 높은 활성을 나타내었다. XPS 분석을 통해 금속 클러스터의 안정적인 증착과 Ru 전자구조의 최적화를 확인하였으며, 전기화학적 성능 평가에서 상용 Pt/C 및 Ru/C 촉매 대비 우수한 과전압 특성을 달성하였다. 이는 HR-STEM과 같은 고분해능 분석 기법을 통해 구조적 특성이 성공적으로 검증되었다.

Keywords: 수전해, AEMWE, 루테늄, chelation-thermal decomposition, 고결정성 탄소, 금속 클러스터

P-306

페로브스카이트 산화물 기반 산소 발생 반응 촉매의 전기화학적 물성 연구

이진호, 박일규†, 강규미, 최건주, 손나영, 박찬우, 이강운, 김보람

서울과학기술대학교
(pik@seoultech.ac.kr†)

음이온 교환막 수전해(AEMWE, Anion Exchange Membrane Water Electrolysis)기술은 지속 가능한 그린 수소를 생산할 수 있는 차세대 핵심 기술로 주목받고 있다. 특히 기존 양이온 교환막(Proton Exchange Membrane) 방식에서는 강한 산성 전해질 환경으로 인해 Ir, Pt, Ru 등의 고가의 귀금속 촉매가 필수적이지만, AEMWE는 비귀금속 촉매 적용이 가능하다는 장점을 갖는다. 하지만 AEMWE의 실제 응용을 위해서는 전이 금속 기반 촉매에서의 안정성 및 높은 효율을 동시에 만족할 수 있는 촉매 구조 개발이 중요한 과제로 남아 있다. 따라서 본 논문에서는 금속 나노입자가 페로브스카이트 산화물 지지체에 강하게 상호작용하는 구조를 설계하고, 나노섬유 구조의 설계를 통해 내구성 및 효율을 동시에 만족하는 산소 발생 반응 (Oxygen Evolution Reaction, OER) 촉매 제조 방법을 연구하였다. 본 연구에서는 내구성 확보를 위해 용출 기법을 적용했으며 용출 과정에서 구조적 안정성을 유지하기 위해 페로브스카이트 산화물 (ABO_3) 지지체를 활용하였다. 용출 기법을 통해 페로브스카이트 산화물 표면에 금속 나노입자가 고정된 촉매를 제조할 수 있지만, 페로브스카이트 산화물 모체의 낮은 결함 밀도는 금속 나노 입자 용출을 어렵게 하는 것으로 알려져 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 A-사이트에 이종 원소를 치환하여 격자의 변형을 유도하였고, 산소 공공 생성을 촉진하여 효율적인 용출 경로를 제공하였다. 또한, 페로브스카이트 산화물을 1차원 나노구조 형태로 제조하여 넓은 비표면적을 확보하였으며, 이는 활성 부위 노출을 극대화하여 촉매 활성을 한층 강화하였다. 합성한 촉매 구조는 X-선회절분석, 주사전자현미경, 투과전자현미경 분석 등을 통해 미세 구조 및 결정 구조를 확인하였다. 또한 제조된 페로브스카이트 산화물을 1차원 나노구조를 촉매 잉크로 제조하여 전기화학분석을 통해 선형주사전위법를 통해 OER 반응 활성을 검증하였으며, 정전류전위측정을 통해 우수한 내구성을 검증하였다. 결론적으로 본 연구는 용출 기법과 페로브스카이트 모체 구조 제어를 결합한 고내구성 OER 촉매 설계 전략을 제시하였으며, 이는 AEMWE에서 장시간 안정적인 구동과 고효율 수소 생산을 가능하게 할 수 있음을 확인하였다.

Keywords: Perovskite-oxide, Nanofiber, Electrocatalyst, Anion Exchange Membrane Water Electrolysis(AEMWE), Oxygen Evolution Reaction

P-307

전도성 산화물 지지체 기반 음이온 교환막 수전해 산소발생 반응 촉매

이강운[1], 강규미[1], 이진호[1], 손나영[1], 손상현[1], 박찬우[1], 이상석[2], 유성종[2†], 박일규[1†]

[1]서울과학기술대학교; [2]한국과학기술연구원(KIST)
(ysj@kist.re.kr†, Pik@seoulech.ac.kr†)

음이온 교환막 수전해(AEMWE, Anion Exchange Membrane Water Electrolysis)는 고순도 수소를 생산 및 기존의 양성자 교환막 수전해(PEMWE, Proton Exchange Membrane Water Electrolysis)의 단점인 이리듐(Ir), 백금(Pt), 루테늄(Ru)과 같은 귀금속(PGM, Platinum Group Metal) 촉매를 사용하는 것 대신 철(Fe), 니켈(Ni), 코발트(Co)와 같은 저비용의 비귀금속 기반 촉매를 사용할 수 있다는 장점이 있어 차세대 수전해 기술로 주목받고 있다. 그러나 AEMWE는 전이금속의 PGM에 비해 낮은 전기전도도 및 장기간 구동 시 금속이온 용해, 탄소 지지체의 낮은 내구성의 문제들이 있다. 특히 탄소 기반 지지체는 AEMWE에서의 매우 낮은 내구성의 문제로 인해 장시간 구동에 사용하기에 적절하지 않은 것으로 알려져 있다. 따라서 탄소를 대체할 높은 전기전도도 및 넓은 비표면적을 가진 지지체에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 개선하기 위해 분무열분해법을 통해 도핑된 전도성 금속산화물 기반 지지체를 통해 이러한 기존 소재의 한계점을 극복하고자 하였다. 전이금속은 알칼리 환경에서 귀금속류를 대체하는 물질로 많은 연구가 진행되고 있으며, 알칼리 환경에서의 구조적 안정, 다양한 구조로 합성 가능 및 저렴한 비용 등으로 AEMWE촉매로 사용하기에 매우 적절하다. 이러한 장점을 적용하기 위하여 본 연구에서는 화학적 환원법을 통해 전이금속 기반 2원계 이중 수산화물을 금속산화물 지지체에 성장시켜 저비용의 수전해 반응 중 산소 발생 반응(OER, Oxygen Evolution Reaction)의 촉매를 제작하였다. 합성된 금속산화물 지지체 표면에 성장된 금속수산화물 촉매는 X-ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscopy (SEM), Transmission electron microscope (TEM) 등의 구조 분석을 통해 지지체의 구조적, 형태적 특징 및 전이금속 기반 수산화물의 성장을 확인하였다. 또한 금속산화물 지지체 표면에 성장된 전이금속 기반 2원계 이중 수산화물 촉매는 높은 전기활성 및 전기화학적 내구성을 갖는 것을 확인하였다.

Keywords: AEMWE, OER, 금속 산화물, 전이금속

P-308

용액 공정으로 박리된 PtSe2 나노 시트의 대면적 응용법

이도현[1], 조윤성[1], 강주훈[2†]

[1]성균관대학교; [2]연세대학교
(joohoon@yonsei.ac.kr[†])

2차원 구조를 가진 무기 재료는 독특한 특성을 지니기 때문에 다방면으로 응용의 가능성이 점쳐졌으며, 다양한 연구에서 탐색되었다. 차세대 물질로 주목받으며 실생활에 사용 가능하도록 여러 방안이 연구되어왔으나 아직은 한계점이 존재하는 실정이다. 최근에 연구되는 용액 기반 공정은 비용 효율성, 다용성 및 대면적 적용성 등의 한계를 극복할 장점으로 인해 연구가 확장되고 있다. 이온 주입 기반의 전기화학적 박리법은 고품질의 2차원 나노입자를 두께와 폭을 조절하며 대량으로 생산할 수 있어 다양한 응용 분야에 활용도가 높다. 본 연구는 특히 밴드갭이 입자 두께에 따라 극적으로 변화하는 양자구속효과를 기반으로 하여 다양한 활용을 가능하게 하는 $PtSe_2$의 고유한 특성에 중점을 두었다. 박리된 $PtSe_2$ 나노시트는 다양한 액상 박막형성 공정을 통해 대면적 필름으로 제작되며, 나노시트의 두께에 따라 광검출기와 전기화학적 물 분해 촉매라는 두 가지 응용 분야가 제안된다. 또한 해당 물 분해 촉매의 성능을 향상시키기 위한 간단한 후처리를 통한 결함 제어 기술에 대해 논의하고자 한다.

Keywords: 액상 박리법, 광검출 소자, 수전해 촉매, 용액 공정, 2차원 소재, 결함 밀도 제어

P-309

듀얼 모드 시냅스 전자소자 구현을 위한 2차원 템플릿 기반 초박막 산화 인듐 변환 기술

김광야[1], 민진홍[2], 강주훈[2†]

[1]성균관대학교; [2]연세대학교
(joohoon@yonsei.ac.kr[†])

산화 인듐(InOx)은 뛰어난 전기적 성능과 안정성을 바탕으로 실리콘을 대체할 유망한 반도체 채널 소재로 주목받고 있습니다. 하지만 10nm 미만의 초박막 InOx 필름을 제작하는 데는 매우 높은 공정 온도나 기판 선택의 한계가 따르며, 이는 차세대 전자기기로의 응용을 어렵게 만드는 요인이었습니다. 기존 컴퓨팅 유닛 간의 병목 현상을 해결하기 위해, 높은 게이팅 효율을 갖춘 초박막 채널 소재를 활용하여 단일 소자 내에서 여러 기능을 구현하려는 연구가 진행되고 있습니다. 2차원(2D) 소재가 이 분야에서 큰 가능성을 보여주었으나, 대기 중에서의 불안정성 문제는 상용화의 걸림돌이 되고 있습니다. 본 연구에서는 쉽게 산화되는 2D-In2Se3 나노시트를 사용하여, 대기 중 열처리 공정을 통해 '구조적으로는 동일하나 전자적으로는 구별되는(SEED)' 변형을 유도함으로써 2D InOx를 성공적으로 제작했습니다. 특히, 전기화학적 박리법으로 제작된 2D-In2Se3 주형의 퍼콜레이션 네트워크는 산소 결핍을 지닌 5nm 이상 두께의 InOx 박막으로 전환되었으며, 이 공정은 기판 종류에 제약 없이 확장 가능하다는 장점을 지닙니다. 이 방식으로 제작된 산소 결핍 InOx 을 채널로 사용하고, 소듐 삽입된 베타 알루미나(SEA)를 게이트 절연체로 사용하여 전계 효과 트랜지스터(FET) 어레이 소자를 성공적으로 구현했습니다. 소자 내 결함을 활용하여, 3단자 모드에서 VGS 펄스 전압을 인가하면 게이트 이온이 채널 전체에 공간적으로 균일하게 주입됩니다. 이는 생물학적 시냅스 가소성을 모방하며, 손글씨 숫자 인식과 같은 뉴로모픽 컴퓨팅에 응용 가능함을 보였습니다. 더 나아가, 2단자 모드에서 VDS 펄스 전압을 이용해 이온을 공간적으로 불균일하게 주입할 경우, 자외선 광학 자극에 따른 InOx의 시냅스 가소성을 조절할 수 있었습니다. 이는 이미지 대비 향상을 위한 전처리 기능이 통합된 인센서 메모리로의 응용 가능성을 시사합니다. 본 연구에서 탐색한 소재 조합은 고성능 전자기기와 다중 모드 응용 분야의 원활한 통합에 큰 잠재력을 지니고 있습니다. 또한, SEED 변형 기술은 초박막 반도체를 제작하는 데 있어 간편하고 비용 효율적인 접근법을 제시할 것으로 기대합니다.

Keywords: 2차원 소재, SEED, InOx, 시냅스

P-310

Inkjet-Printed Electronics Based on Electrochemically Exfoliated van der Waals Materials

홍지원[1], 송옥인[1], 강주훈[2†]

[1]Department of Advanced Materials Science & Engineering, Sungkyunkwan University;
[2]Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Yonsei University
(joohoon@yonsei.ac.kr[†])

Inkjet printing stands out as a highly versatile, cost-effective, and scalable solution process for patterning colloidal materials, eliminating the need for complex vacuum and lithographic steps critical for large-area and flexible electronics. Two-dimensional (2D) nanosheets are exceptionally compatible with solution-based processing and cover the full range of electronic properties—metals, semiconductors, and insulators. Their intrinsic dangling bond-free surfaces facilitate efficient van der Waals contacts, which effectively reduces junction resistance and ultimately enhances overall electronic performance.

This study successfully demonstrates the fabrication of fully inkjet-printed thin-film transistors (TFTs) by integrating three distinct electrochemically exfoliated 2D materials. Graphene functions as the metallic electrodes, MoS_2 forms the semiconducting channel, and a high-quality high-k HfO_2 acts as the dielectric layer. Crucially, the HfO_2 dielectric is synthesized via a two-step approach: electrochemical exfoliation of HfS_2 followed by thermal oxidation. This method successfully addresses the incompatibility challenge typically associated with insulating materials and yields significant performance improvements.

By employing these tailored 2D nanosheet inks, we achieved high-performance TFTs operating at low voltages, exhibiting exceptional field-effect mobility and high current on/off ratios. This work powerfully establishes inkjet printing as a highly efficient and cost-effective manufacturing platform, paving the way for the realization of scalable, flexible, and low-cost printed electronics.

Keywords: Inkjet printing, van der Waals Materials

P-311

Enhanced output performance of polyimide-based piezoelectric composites via γ-ray irradiation

Dong Yeol Hyeon[1], Keon Jae Lee[1†], Kwi-Il Park[2†]

[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology; [2]Kyungpook National University
(keonlee@kaist.ac.kr[†], kipark@knu.ac.kr[†])

Piezoelectric composites (PCs) delivering high performance and tunable properties have emerged as promising candidates for soft energy devices. However, conventional performance enhancement methodologies of PCs often exhibit deficiencies in universality, mechanical robustness, and industrial manufacturability. Here, we propose a novel, scalable, and straightforward γ-ray irradiation technique to tailor both the physical and electrical properties of PCs and thereby boost their piezoelectric response. Within the composite, γ-induced controlled chain scission can simultaneously strengthen stress transfer to the ceramic fillers and elevate the piezoelectric voltage constant. These effects are corroborated by integrated density functional theory calculations and molecular dynamics simulations, alongside comprehensive experimental validation. Since the formation of less polar C–C and C–O bonds and enhanced polymer–ceramic interfacial interactions, γ-ray-treated PCs generated a 240% increased output compared to pristine composites. Compatible with standard film-processing workflows, this approach offers a practical route for the scalable production of high-efficiency piezoelectric devices for diverse industrial applications.

Keywords: Piezoelectric,Composite,γ-ray irradiation, Microstructure modulation, Polyimide

P-312

High-Performance Flexible Energy Harvester for Self-Powered Implantable Wireless Transmission

손민곤, 이건재†

한국과학기술원
(keonlee@kaist.ac.kr†)

The flexible single crystal PMN-PZT energy harvester demonstrated high-performance by utilizing biomechanical energy. We successfully achieved self-powered wireless data transmission by harvesting in vivo energy generated from the cardiac movements of a large animal model. The single crystal PMN-PZT energy harvester achieved open-circuit voltage of 17.8V and short-circuit current of 1.74μA by the rhythmic contraction and relaxation cycles of a porcine heart, which are outperforming compared to previous benchmarks in in vivo energy harvesting research by factors of 4.45 and 17.4 respectively. Various cell viability tests and histological analyses were performed, successfully demonstrating the device's biocompatibility at in vivo environment. Finally, we executed wireless data transmission using a self-powered system driven by the porcine heartbeat. This was visually demonstrated by successfully switching light bulbs on and off across a 5m distance. The successful self-powered wireless data transmission highlights the strong potential for powerful application in implantable biomedical devices that operate directly using harvested biomechanical energy.

Keywords: Energy Harvester, Implantable

P-313

Real-Time Cross-Modal X-ray Spectral Imaging Using Arbitrary-Trajectory STXM and Ptychography

Young-Sang Yu †

Department of Physics, College of Natural Science, Chungbuk National University
(youngsang@chungbuk.ac.kr †)

One of the key limitations in advancing lithium-ion battery cathode research is the lack of an imaging methodology that can simultaneously provide high spatial resolution, chemical specificity, and sufficient temporal resolution to visualize dynamic structural evolution during electrochemical operation. Here, we introduce a real-time, cross-modal X-ray imaging strategy that unifies wide-field Scanning Transmission X-ray Microscopy (STXM) with high-definition ptychography, enabling continuous monitoring of chemical phase and local strain evolution in NMC and $LiFePO_4$ particles under operando environments. Anticipating the over 100-fold increase in coherent photon flux from the upcoming Korea 4th-generation synchrotron radiation (Korea-4GSR) facility, we implement a spiral-scanning trajectory that transitions from constant angular velocity near the core to constant linear velocity in the outer region. This non-raster trajectory eliminates the inefficiencies of start–stop motion and optimizes the detector's photon count rate. A fully automated registration algorithm synchronizes the spectral and spatial outputs from both imaging modes, generating four-dimensional data sets (x, y, energy, time) in real time. When applied to thermally elevated $LiFePO_4$ systems—where a solid-solution reaction pathway dominates over the typical two-phase regime—the technique resolves nanoscale variations in the Fe^{2+} /Fe^{3+} distribution linked to local microstructural heterogeneity. These insights, unattainable with conventional time-resolved imaging, demonstrate the proposed platform's capability to deliver sub-minute, statistically meaningful operando measurements across more than 100 particles per dataset, thereby substantially expediting experimental optimization and accelerating cathode design cycles.

Keywords: Synchrotron, Scanning Transmission X-ray Microscopy (STXM), Ptychography, Spectro-microscopy, Cross-modal imaging

◆ 좌장목록 ◆

성명	소속	날짜	시간	발표회장	세션코드
강정석	KITECH	11월 13일	13:30~16:20	F발표회장(카리브2)	SA
강주훈	연세대	11월 14일	10:25~11:10	A발표회장(안티구아홀1)	A
강진현	CPRI	11월 13일	14:55~16:35	G발표회장(카리브3)	SE
구교진	국립한밭대	11월 14일	10:25~11:40	D발표회장(바부다2)	C
권용우	홍익대	11월 13일	09:00~10:15	E발표회장(카리브1)	E
김봉훈	DGIST	11월 13일	09:00~09:55	B발표회장(안티구아홀2)	G
김봉훈	DGIST	11월 13일	10:05~11:40	B발표회장(안티구아홀2)	G
김봉훈	DGIST	11월 13일	13:30~14:50	B발표회장(안티구아홀2)	G
김재엽	건국대	11월 13일	13:30~14:45	G발표회장(카리브3)	SE
김준동	인천대	11월 13일	10:25~11:40	G발표회장(카리브3)	C
김천중	충남대	11월 14일	09:00~10:15	D발표회장(바부다2)	C
김현유	충남대	11월 13일	15:00~16:10	B발표회장(안티구아홀2)	E
김형욱	KIMS	11월 13일	13:30~16:40	D발표회장(바부다2)	SF
김형욱	KIMS	11월 14일	09:00~10:00	E발표회장(카리브1)	D
류한준	중앙대	11월 13일	09:00~11:40	C발표회장(바부다1)	SH
박장웅	연세대	11월 13일	15:00~16:20	A발표회장(안티구아홀1)	B
박찬희	KIMS	11월 14일	10:10~11:10	E발표회장(카리브1)	D
손정인	동국대	11월 13일	10:25~11:55	F발표회장(카리브2)	A

◆ 좌장목록 ◆

성명	소속	날짜	시간	발표회장	세션코드
송도원	금오공대	11월 13일	10:30~12:20	E발표회장(카리브1)	SB
신기현	국립한밭대	11월 14일	09:00~10:15	F발표회장(카리브2)	E
심 욱	KENTECH	11월 13일	09:00~10:15	G발표회장(카리브3)	C
심 욱	KENTECH	11월 13일	11:40~12:10	B발표회장(안티구아홀2)	H
원상민	성균관대	11월 13일	13:30~14:50	A발표회장(안티구아홀1)	B
유찬영	홍익대	11월 14일	09:00~10:15	A발표회장(안티구아홀1)	A
이기영	홍익대	11월 13일	09:00~10:15	F발표회장(카리브2)	A
이승진	KENTECH	11월 13일	09:00~10:25	A발표회장(안티구아홀1)	F
이종수	DGIST	11월 13일	15:05~16:05	C발표회장(바부다1)	F
정종율	충남대	11월 13일	17:00~17:40	B발표회장(안티구아홀2)	PT
정창규	전북대	11월 14일	09:00~10:20	B발표회장(안티구아홀2)	G
조소혜	KIST	11월 14일	09:00~11:50	H발표회장(바부다3+4)	SC
조창순	POSTECH	11월 13일	13:30~14:55	C발표회장(바부다1)	F
조힘찬	KAIST	11월 13일	10:35~12:00	A발표회장(안티구아홀1)	F
최민섭	충남대	11월 14일	09:00~11:00	C발표회장(바부다1)	SG
최승곤	원익큐엔씨	11월 13일	13:30~15:50	E발표회장(카리브1)	SB
최승목	KIMS	11월 13일	09:00~11:40	D발표회장(바부다2)	SD
홍기하	국립한밭대	11월 14일	10:25~11:25	F발표회장(카리브2)	E

◆ 협찬 기업 목록 ◆

에스엠에스㈜					
대표자명	이길성	연락처	031-684-5300	e-mail	shs@smscom.kr
주요품목	Display, 반도체 소재 및 유기합성재료, 고굴절/저굴절 Nanp 미립자, 기능성 UV 레진, 이차전지 코팅소재 부품			homepage	www.smscom.kr

◆ 전시참가 기업·기관 목록 ◆

한국생산기술연구원					
대표자명	이상목	연락처	02-2183-1614	e-mail	kjs0708@kitech.re.kr
주요품목	뿌리산업 인력구조 및 종사자 교육 관심도 등을 고려한 맞춤형 인력양성 및 '차세대뿌리산업' 분야의 취업역량 강화 프로그램 홍보			homepage	www.kpic.re.kr

태원과학㈜					
대표자명	김태갑	연락처	02-547-7350	e-mail	sales@itasco.com
주요품목	진공 증착 관련 전문업체로서 스피터링 타겟, E-beam & Thermal 재료, 각종웨이퍼, 진공증착 관련 소모품, 각종 무기재료 국내 전자, 디스플레이 광학, 산업용 증착 관련 대기업, 중소기업, 연구기관 및 각 대학 등에 공급			homepage	shop.itasco.com

(주)헬무트피셔코리아					
대표자명	볼프강 게오르크 베른트 마우테	연락처	02-415-2381	e-mail	korea@helmutfischer.com
주요품목	㈜헬무트피셔코리아는 독일 HELMUT FISHCER 사의 한국 지사로서 금속, 폴리머 등 소재에 상관없이 기계적인 물성(경도 및 탄성)을 측정할 수 있는 나노인덴터를 국내에 공급합니다.			homepage	helmutfischer.co.kr

㈜다온					
대표자명	남승재	연락처	042-936-2016	e-mail	gssong@daon21.com
주요품목	㈜다온은 반도체 재조용 장비 전문 제조업체로 스퍼터, 이베퍼레이터, CVD, 이온밀링, RTA 등의 박막 장치 이외에도 진공기술을 기반으로한 우주환경모사장치(열진공챔버), 핵융합 연구장치 등을 제조하고 있습니다.			homepage	www.daon21.com

㈜넥스트론					
대표자명	문학범	연락처	051-512-6737	e-mail	minji.kim@nextron.co.kr
주요품목	Micro Probe System은 온도, 진공, 가스, 습도 등 다양한 환경에서 반도체, 센서 등 전자부품의 전기적, 광학적, 유전적 특성을 분석할 수 있는 장치입니다.			homepage	www.microprobesystem.com/

나노베이스					
대표자명	정주영	연락처	02-852-9011	e-mail	choiys@nanobase.co.kr
주요품목	라만 분광기 기반 정밀 분석 장비를 설계/제조			homepage	www.nanobase.co.kr

◆ 전시참가 기업·기관 목록 ◆

한국재료연구원 극한소재실증연구기반조성사업단					
대표자명	최철진	연락처	055-280-3824	e-mail	pyouna@kims.re.kr
주요품목	- 극한소재실증연구기반조성사업 소개자료 (사업개요 및 목표, 사업체계 등) - 극한소재(초고온 · 극저온 · 특정극한) 실증연구지원 분야 소개			homepage	www.kims.re.kr

강원테크노파크					
대표자명	허장현	연락처	033-743-7348	e-mail	leeky@gwtp.or.kr
주요품목	강원특별자치도 반도체산업 육성 현황 및 강원테크노파크 반도체 관련 사업 홍보			homepage	www.gwtp.or.kr

㈜제이엠					
대표자명	김혜림	연락처	02-3275-0301	e-mail	msjang@jmic.co.kr
주요품목	인장압축시험기, 점도계, 실체, 금속현미경, 굴절계 등 계측기기 수입 및 유통판매			homepage	www.jmic.co.kr

주식회사 메탈프린팅					
대표자명	김대산	연락처	031-752-2624	e-mail	contact@metalprintinginc.com
주요품목	- 잉크방식의 금속3D프린터 및 금속3D잉크 - 연구용, 교육용에 최적화된 소형 데스크탑 사이즈 - 대학교, 연구기관 대상 신제품 프로모션 할인 제공 - R&D 협력 연구 및 금속부품 제작 서비스 제공			homepage	metalprintinginc.com

국가나노기술정책센터 (한국재료연구원)					
대표자명	오창석	연락처	02-584-4012	e-mail	curelyjs@kims.re.kr
주요품목	- 나노기술 관련 정책 · 전략개발, 장기계획 수립 - 나노기술 정보수집, 통계 분석 및 정보 제공			homepage	www.nnpc.re.kr

강원경제자유구역청					
대표자명	심영섭	연락처	033-539-7654	e-mail	ujinpark@korea.kr
주요품목	옥계지구(첨단소재 융복합산업), 북평지구(국제 복합산업 지구), 망상지구(글로벌스마트복합도시, 리조트)			homepage	www.gsfez.go.kr

◆ 광고참가 기업·기관 목록 ◆

(재)경주화백컨벤션뷰로(HICO)					
대표자명	주낙영	연락처	054-702-1012	e-mail	hykang@hico.or.kr
주요품목	- 2025 APEC 정상회의 개최지로 선정된 글로벌 컨벤션 센터 - 국내외 학술대회와 국제행사 유치를 통한 높은 고객 만족도 실현 - 역사문화도시 경주에서 특별한 경험을 제공하며 HICO 인근 다양한 숙박 옵션과 최적의 MICE 인프라 보유			homepage	www.hico.or.kr

올포시스템					
대표자명	윤광섭	연락처	042-933-2514	e-mail	allforsystem@gmail.com
주요품목	- ICP-RIE, ICP-CVD System - PE-RIE, PE-CVD Sysyem - ATM Plasma Surface Treatment System			homepage	www.allfs.com

◆ 저자색인 ◆

강규미 ····· H–1
강동현 ····· C–9
강상호 ····· G–5
강성훈 ····· P–295
강재현 ····· P–175
강진현 ····· SE–2
고동재 ····· D–7
고명수 ····· SA–5
고성진 ····· P–82
고종범 ····· SF–3
곽성수 ····· SH–1
구윤회 ····· P–25
구준형 ····· E–9
권대성 ····· P–201
권세은 ····· P–47
권순성 ····· P–110
권오빈 ····· F–7
권혁천 ····· SB–2
권현석 ····· P–249
기다정 ····· P–155
김건영 ····· P–200
김규림 ····· F–4
김광야 ····· P–309
김대인 ····· P–118
김도연 ····· P–294
김동인 ····· P–42
김동찬 ····· FI–3
김동현 ····· F–9
김득중 ····· SB–1
김리안 ····· D–8
김민수 ····· P–244
김민영 ····· P–278
김민재 ····· P–226
김민희 ····· C15
김사라은경 ····· SC–6
김상민 ····· P–123
김상민 ····· P–250
김상준 ····· SF–4
김선규 ····· D–3
김선규 ····· E–12
김선재 ····· F–10
김성진 ····· SA–3
김세진 ····· P–85
김소연 ····· SD–3
김소윤 ····· P–225
김소희 ····· B–4
김수지 ····· P–50
김수현 ····· SB–10
김승완 ····· P–156
김승완 ····· P–174
김승희 ····· P–129
김시몬 ····· P–259
김시우 ····· A–8
김영국 ····· SE–4
김영무 ····· P–115
김영우 ····· P–106
김예림 ····· E–17
김용준 ····· P–166
김운서 ····· P–177
김윤정 ····· P–223
김은민 ····· P–60
김인호 ····· GI–1
김재엽 ····· SE–7
김재한 ····· P–134
김재현 ····· P–239
김정연 ····· P–102
김정은 ····· P–2
김종석 ····· E–5
김종수 ····· P–229
김종식 ····· P–117
김종헌 ····· G–6
김준동 ····· C–6
김준엽 ····· P–64
김지민 ····· P–289
김지성 ····· P–135
김지성 ····· P–158
김지영 ····· SC–5
김지우 ····· SD–6
김지원 ····· SA–6
김지현 ····· SB–8
김지훈 ····· SF–8
김진수 ····· E–10
김태영 ····· P–168
김태영 ····· P–170
김태훈 ····· E–7
김하연 ····· P–101
김현 ····· E–3
김현수 ····· SB–4
김현우 ····· P–254
김형윤 ····· A–11
김혜수 ····· E–15
김효민 ····· P–20
김효정 ····· SC–4
나재원 ····· FI–4
나지나 ····· P–206
노윤석 ····· G–8
류상완 ····· PT–1
류제헌 ····· P–211
류혜지 ····· P–62
마지수 ····· SA–9
모찬빈 ····· P–26
문단비 ····· C12
문승언 ····· P–277
민대홍 ····· P–300
민지현 ····· A–12
박경호 ····· SB–7
박규진 ····· C13
박대희 ····· P–255
박덕용 ····· P–45
박미진 ····· P–53
박민기 ····· SA–7
박민수 ····· SH–2
박범서 ····· P–142
박범철 ····· SF–5
박상민 ····· P–173
박상민 ····· SB–3
박서연 ····· P–94
박성우 ····· G–3
박시온 ····· P–220
박영준 ····· E–11
박원정 ····· P–75
박윤창 ····· P–18
박인경 ····· P–17
박장웅 ····· BI–1
박재성(Jaesoung Park) ··· P–126
박재성(Jaesoung Park) ··· P–127
박재영 ····· P–242
박재영 ····· P–5
박재우 ····· P–251
박재원 ····· A–2
박재철 ····· GI–3
박정민 ····· SB–11
박정환 ····· P–176
박종언 ····· P–279
박종현 ····· FI–2
박진연 ····· P–112
박찬우 ····· P–305
박찬희 ····· D–1
박태균 ····· P–88
박태훈 ····· P–232
박혁준 ····· SF–1
박효원 ····· P–128
박훈 ····· P–91
방지훈 ····· P–236
배경렬 ····· P–169
배상은 ····· P–227
배성완 ····· P–196
배승현 ····· P–172
배정주 ····· A–9
배현석 ····· P–22
백수연 ····· P–78
백승엽 ····· F–3
백운혁 ····· F–8
백운혁 ····· SE–6
변련수 ····· P–246
부지영 ····· P–241
빈정수 ····· P–154
서건원 ····· A–13
서정민 ····· P–178
서훈규 ····· P–61
성준규 ····· P–185
손나영 ····· P–304
손민곤 ····· P–312
손문 ····· G–9
손장엽 ····· SG–4
손창호 ····· SB–6
송미령 ····· P–152
송백 ····· P–180
송승우 ····· SG–2
송영현 ····· SE–1
송예영 ····· P–182
신규리 ····· P–56

신기현 ····· EI–1
신동요 ····· P–133
신동욱 ····· SG–1
신선호 ····· D–2
신승원 ····· P–258
신현준 ····· P–186
신효경 ····· E–1
심규리 ····· P–51
심지수 ····· E–2
안도영 ····· P–23
안도현 ····· P–77
안동규 ····· P–34
안소희 ····· P–28
안재훈 ····· GI–6
양민혁 ····· P–240
양서정 ····· P–8
양재훈 ····· P–273
양종희 ····· FI–1
양지웅(Jiwoong Yang) ····· SE–3
오명재 ····· P–69
오세민 ····· P–7
오세용 ····· SH–3
오예성 ····· P–43
오지원 ····· SB–9
오진우 ····· P–143
용혜민 ····· P–171
우은석 ····· P–283
원일호 ····· P–109
유건웅 ····· P–120
유병욱 ····· SD–4
유성광 ····· SH–4
유정민 ····· P–67
유정환 ····· P–209
유현진 ····· F–5
윤가영 ····· P–270
윤수현 ····· P–104
윤시현 ····· P–107
윤예지 ····· P–111
윤정민 ····· P–275
윤종원 ····· SD–2
윤창성 ····· P–121
윤현철 ····· P–228
윤홍준 ····· GI–5
이강문 ····· FI–5
이강운 ····· P–307
이건웅 ····· P–303
이다원 ····· F–2
이덕현 ····· P–95
이덕현 ····· P–96
이덕환 ····· G–4
이도원 ····· A–19
이도현 ····· P–310
이동빈 ····· A–3
이동우 ····· E–13
이동윤 ····· P–140
이동윤 ····· P–141
이동준 ····· P–139
이민수 ····· P–29
이상환 ····· P–183
이상환 ····· P–184
이상훈 ····· P–100
이선진 ····· P–58
이수민 ····· B–3
이승건 ····· SD–1
이승연 ····· F–11
이승채 ····· P–1
이승훈 ····· P–103
이예섭 ····· P–167
이은지 ····· SC–1
이장욱 ····· F–1
이재우 ····· P–221
이재원 ····· P–66
이재호 ····· A–14
이정현 ····· C–7
이정현 ····· P–222
이정훈 ····· P–79
이주혁 ····· E–8
이준규 ····· P–297
이준혁 ····· P–210
이지민 ····· P–264
이지은 ····· P–272
이진범 ····· P–202
이진영 ····· P–217
이진호 ····· P–306
이찬희 ····· SA–8
이태규 ····· D–5
이태호 ····· P–179
이택영 ····· P–247
이택영 ····· P–248
이학현 ····· P–119
이한주 ····· P–33
이해성 ····· P–193
이혁빈 ····· P–281
이혜미 ····· SA–1
이혜민 ····· P–44
이혜주 ····· P–122
이환욱 ····· P–157
임기현 ····· P–164
임미경 ····· SC–3
임정훈 ····· SF–2
임채림 ····· P–188
임하윤 ····· P–161
장성철 ····· F–12
장수희 ····· A–7
장필규 ····· F–13
장하나 ····· C11
전우경 ····· P–80
전준아 ····· A–17
전현욱 ····· P–189
정기호 ····· P–163
정다연 ····· P–212
정대한 ····· P–187
정동규 ····· P–63
정동명 ····· E–14
정병국 ····· SE–5
정상현 ····· P–35
정소현 ····· GI–4
정영욱 ····· C–8
정예환 ····· SH–5
정유민 ····· P–10
정인혜 ····· P–73
정장묵 ····· B–1
정지유 ····· P–65
정찬원 ····· P–21
정찬원 ····· SF–9
정현윤 ····· P–70
정혜원 ····· A–18
제용훈 ····· D–6
조덕현 ····· SA–2
조동휘 ····· SH–6
조석진 ····· P–114
조성운 ····· P–299
조성준 ····· P–282
조승근 ····· C–17
조영임 ····· P–271
조예빈 ····· P–81
조현중 ····· P–213
조호정 ····· F–6
조효진 ····· P–52
주소영 ····· P–256
주창현 ····· P–204
진송 ····· SD–5
진강태 ····· A–1
진하린 ····· P–266
진해원 ····· P–124
채수윤 ····· E–6
채종수 ····· P–146
최다은 ····· E–16
최동현 ····· P–205
최민섭 ····· SF–7
최민재 ····· FI–6
최성호 ····· P–144
최수정 ····· P–138
최승희 ····· P–3
최영승 ····· C–20
최원준 ····· P–113
최유나 ····· P–36
최윤주 ····· A–15
최재혁 ····· P–9
최정후 ····· SA–4
최준환 ····· SG–3
최지훈 ····· H–2
최지훈 ····· P–287
최찬영 ····· P–57
최현주 ····· SC–2
최형규 ····· SB–5
탁우석 ····· P–252
표준연 ····· P–108
하태권 ····· P–11
한동운 ····· P–6
함유정 ····· P–105
허연희 ····· P–59
허준 ····· P–16
허준 ····· P–97
허현준 ····· P–162
홍명환 ····· P–234
홍명환 ····· P–280
홍석우 ····· P–132
홍윤기 ····· P–253
홍지원 ····· P–308
홍진호 ····· P–257
홍현선 ····· P–237
황건태 ····· P–86
황윤아 ····· A–6
A Young Cho ····· P–296
Anh–Duy Nguyen ····· P–269
Chaeyoun Kim ····· P–93
Choi hyejin ····· P–89
Dae Yun Lim ····· P–208
Dante Ahn ····· P–192
Dhanaji Malavekar ····· C–18
Dong Yeol Hyeon ····· P–311
Doohyun J. Lee ····· G–1
Eunsol Lee ····· P–263
Gi Hyun PARK ····· P–24
Gibum Kwon ····· P–274
Gyeongmin Heo ····· P–30
Ha Neul Kim ····· P–260
Han Hisyam Pratama ····· B–2
Hangyeol Choi ····· G–7
Hayoung Song ····· P–72
Ho Jun Jin ····· P–261
Hossain Sourov ····· C–4
Hyejin Lim ····· P–238
Hyeonjoo Park ····· P–54
Hyojin Kim ····· P–293
Hyojung Bae ····· P–291
Hyuk Bin Kwon ····· P–230
Hyun M. Jeon ····· P–37
Hyun Su Park ····· P–68
Hyun Woo Jeong ····· A–5
Hyunho Yang ····· P–38

Hyunjong Lee ····· P–49
In Su Jang ····· P–224
Jadhav Ruturaj Vyankatrao ····· P–99
Jae Eun Jin ····· P–284
Jaehwan Lee ····· P–216
Jaehyuk Koh ····· P–90
Jaewook Lee ····· P–12
Jaeyoung Seo ····· P–195
Jakyeong Koo ····· P–31
Jang Hee Kim ····· P–136
Jang Hwan Kim ····· GI–2
JangHo Yoon ····· P–40
Janghyeon Oh ····· P–147
Jeong Soo Kim ····· P–55
Ji Hoon Choi ····· C–19
Ji Yoon Kim ····· P–84
Ji Young Park ····· P–243
Ji–hoo So ····· P–199
Jinhan Lee ····· P–219
Jisoo Seo ····· P–235
Jiwon Heo ····· P–292
Joohoon Kang ····· GI–7
Joonyong Kim ····· P–4
Ju hyun Kim ····· P–76
Jung–Sub Wi ····· P–276
Jung–Sub Wi ····· P–301
Junhyeok Choi ····· P–27
JunSeok Choe ····· P–268
Junwon Lee ····· P–19
KAMBLE GIRISH ····· A–10
KAMBLE GIRISH ····· P–165
Kang Lee ····· P–15
Ki Hoon Kim ····· P–218
Kokloku Benjamin Kwadzo ····· P–197
Kyo–Min Kwon ····· P–160
LIU SIHAN ····· C14
Malkeshkumar Patel ····· C–2
Md Arifur Rahman Barno C–3
Min Jun Kim ····· P–145
Minkyu Lee ····· P–14
Minz LEE ····· P–191
Muhammad Hassaan Ali ····· P–153
Nafees Hassan ····· D–4
Namji Lee ····· P–207
Nayeon Kwon ····· A–16
Pan Gum Jung ····· P–159
Pan Gum Jung ····· P–46
Pratik Mane ····· P–290
RAHUL RAMKUMAR ····· C–16
Saad Hafeez Mirza ····· P–288
Sagarika Sahoo ····· P–302
Sang Min Won ····· BI–3
Sanghoon Lee ····· P–74
SangUk Pang ····· P–267
Sang–Young Na ····· P–203
Sanh Vo Thi ····· C–5
Se H. Kim ····· P–41
Sejin Kim ····· P–198
Seo Seungpyo ····· P–233
Seohee Jang ····· P–150
Seokho Lee ····· P–149
Seongchan Kim ····· P–194
Seongheon Jung ····· P–39
Seunghwan Bang ····· P–262
Seunghwan Bang ····· P–286
Shital Sadashiv Bachankar ····· P–98
So le Jeong ····· P–265
So Yeon An ····· P–285
Sohui Choi ····· P–48
Soyoung Park ····· P–32
Su Jin Kim ····· P–214
Su Jin Kim ····· P–215
Sung Ho Kang ····· P–131
Sung Hun Jin ····· BI–2
Sung Woon Cho ····· P–125
Sung Woon Cho ····· P–298
Tae Joon Park ····· SF–6
Tae Yeong Song ····· A–4
Taehoon Park ····· P–231
Vivek Mohan More ····· C–1
WANG HANQUN ····· C–10
Won Gi Chung ····· P–71
Won Seok Yang ····· P–137
Woosuk Sohn ····· P–13
Yekyung Kim ····· P–130
Yelee Paeng ····· P–87
Yeonwoo Do ····· P–151
Yoonseok Park ····· BI–4
Young–Sang Yu ····· P–313
Young Seung Choi ····· P–92
Younghyun Choi ····· P–148
Youngsoo Jang ····· P–190
Yujin Kim ····· G–2
Yuna Choi ····· P–83
Yunsu Jang ····· P–116
Yusupov Dilshodbek ····· P–181
Zeeshan Ur Rehman ··· P–245

MEMO

2025 APEC 정상회의가 개최된 경주 하이코,

다음 주인공은 귀하의 국제회의입니다.



세계가 선택한 국제회의 도시, 경주

2025년 APEC 정상회의 개최도시

문화체육관광부가 지정한
국제회의복합지구 선정도시

원자력 혁신과 미래자동차·해양관광이
함께하는 글로벌 협력도시

World-Class로 완성되는 국제회의 품격

리노베이션으로 품격을 높인 HICO와 새롭게
조성된 국제미디어센터

HICO 반경 3km 이내 4,463객실,
전 객실 리뉴얼로 완성된 고품격 숙박 인프라

고객의 편의를 높이는, 차별화된 맞춤형
개최지원(지원금, 셔틀버스, 투어 등)

국제회의를 넘어, 경주가 선사하는 특별한 경험

회의·레저·휴식이 어우러진 가족 친화적
ONE-STOP 회의 도시

국내 최다 유네스코 세계문화유산을 품은 가장
한국적인 투어 프로그램

코리아 유니크베뉴 3곳에서 펼쳐지는
차별화된 만찬 행사

(재)경주화백컨벤션뷰로 & 경주화백컨벤션센터 HICO

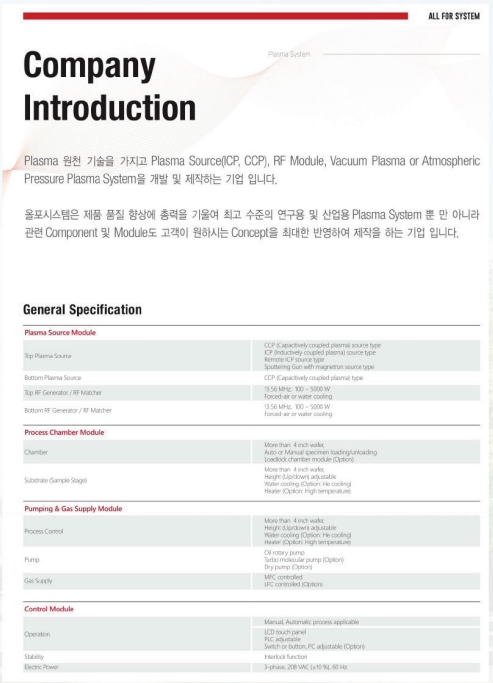
경상북도 경주시 보문로 507 (신평동) · www.HICO.or.kr · T. 054-702-1012 · E. hykang@hico.or.kr

충남대학교 지역혁신중심 대학지원체계(RISE) 지원사업 [2025 CNU 출연연 연계 얼라이언스]

차세대 반도체 지능화 공정 얼라이언스



참여업체: 올포시스템



ALL FOR SYSTEM

Plasma System

Company Introduction

Plasma 원천 기술을 가지고 Plasma Source(ICP, CCP), RF Module, Vacuum Plasma or Atmospheric Pressure Plasma System을 개발 및 제작하는 기업 입니다.

올포시스템은 제품 품질 향상에 총력을 기울여 최고 수준의 연구용 및 산업용 Plasma System 뿐 만 아니라 관련 Component 및 Module도 고객이 원하시는 Concept을 최대한 반영하여 제작을 하는 기업 입니다.

General Specification

Plasma Source Module	
Top Plasma Source	CCP (Capacitively coupled plasma) source type ICP (Inductively coupled plasma) source type Remote ICP source type Sputtering Gun with magnetron source type
Bottom Plasma Source	CCP (Capacitively coupled plasma) type
Top RF Generator / RF Matcher	13.56 MHz, 100 ~ 5000 W Forced-air or water cooling
Bottom RF Generator / RF Matcher	13.56 MHz, 100 ~ 5000 W Forced-air or water cooling
Process Chamber Module	
Chamber	More than 4 inch wafer Auto or Manual specimen loading/unloading Loadlock chamber module (Option)
Substrate (Sample Stage)	More than 4 inch wafer Height (Up/down) adjustable Water cooling (Option: He cooling) Heater (Option: High temperature)
Pumping & Gas Supply Module	
Process Control	More than 4 inch wafer Height (Up/down) adjustable Water cooling (Option: He cooling) Heater (Option: High temperature)
Pump	Oil rotary pump Turbo molecular pump (Option) Dry pump (Option)
Gas Supply	MFC controlled LFC controlled (Option)
Control Module	
Operation	Manual, Automatic process applicable LCD touch panel PLC adjustable Switch or button, PC adjustable (Option)
Stability	Interlock function
Electric Power	3-phase, 208 VAC (±10 %), 60 Hz

[올포시스템] 플라즈마 기반 차세대 반도체 공정 장비 리스트

PLASMA SYSTEM

ICP-CVD System

Product System



Radical and plasma density vs ion energy with plasma sources

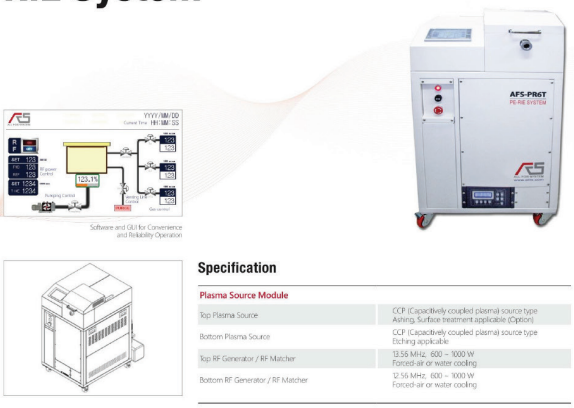
Specification

Plasma Source Module	
Top Plasma Source	ICP (Inductively coupled plasma) source type
Top RF Generator / RF Matcher	13.56 MHz, 600 ~ 1500 W Forced-air or water cooling
Process Chamber Module	
Chamber	Top plate open type Loadlock chamber module (Option)
Substrate (Sample Stage)	Max. 8 inch wafer Height (Up/down) adjustable Heater (Standard: Max.400°C)

ALL FOR SYSTEM

PE(CCP) RIE System

Product System



Software and GUI for Convenience and Reliability Operation

Specification

Plasma Source Module	
Top Plasma Source	CCP (Capacitively coupled plasma) source type Ashing, Surface treatment applicable (Option)
Bottom Plasma Source	CCP (Capacitively coupled plasma) source type Etching applicable
Top RF Generator / RF Matcher	13.56 MHz, 600 ~ 1000 W Forced-air or water cooling
Bottom RF Generator / RF Matcher	13.56 MHz, 600 ~ 1000 W Forced-air or water cooling

ALL FOR SYSTEM

ICP-RIE System

Product System



Software and GUI for Convenience and Reliability Operation

Specification

Plasma Source Module	
Top Plasma Source	ICP (Inductively coupled plasma) source type
Bottom Plasma Source	CCP (Capacitively coupled plasma) source type
Top RF Generator / RF Matcher	13.56 MHz, 1000 ~ 3500 W Forced-air or water cooling
Bottom RF Generator / RF Matcher	12.56 MHz, 600 ~ 1000 W Forced-air or water cooling
Process Chamber Module	
Chamber	Top plate open type Loadlock chamber module (Option)
Substrate (Sample Stage)	Max. 8 inch wafer Up/down adjustable Water cooling (Option: He cooling)

PLASMA SYSTEM

RIE System

Product System



Software and GUI for Convenience and Reliability Operation

Specification

Plasma Source Module	
Bottom Plasma Source	CCP (Capacitively coupled plasma) source type Etching applicable
Bottom RF Generator / RF Matcher	13.56 MHz, 600 ~ 1000 W Forced-air or water cooling

ALL FOR SYSTEM

34016 대전광역시 유성구 테크노3로 65, 한신에스메카 B124호
Tel. 042-933-2514 / Fax. 042-934-2515
www.allfs.com

2025 한국재료학회
추계학술대회

한국재료학회
Materials Research Society of Korea