



한국재료학회
Materials Research Society of Korea

Materials Research Society of Korea,
Spring Conference 2021

2021년도 한국재료학회 춘계학술대회

▶ e-conference

2021. 5. 12. (수) ~ 5. 14. (금)

광주 김대중컨벤션센터

<https://www.kdjcenter.or.kr/>



www.mrs-k.or.kr

주최 사단법인 한국재료학회

후원 **KC ST** **GJTO** 광주관광재단
한국과학기술단체총연합회

“이 발표논문집은 정부재원(과학기술진흥기금 및 복권기금)으로 한국과학기술단체총연합회의
지원을 받아 발간되었음”

“This work was supported by the Korean Federation of Science and Technology
Societies(KOFST) Grant funded by the Korean Government.”



한국재료학회
Materials Research Society of Korea

Materials Research Society of Korea,
Spring Conference 2021

2021년도 한국재료학회 춘계학술대회

e-conference

2021.5.12.(수)~5.14.(금)

광주 김대중컨벤션센터

<https://www.kdjcenter.or.kr/>



www.mrs-k.or.kr

주최 사단법인 한국재료학회

후원 **KC ST** GJIO 광주관광재단
한국과학기술단체총연합회

◆ 목 차 ◆

일정표	2
초록전문	3
• 기조강연	46
• 심포지엄	48
• 콜로키움	93
• 일반초청강연	99
• 구두발표	103
• 포스터발표	175
좌장리스트	362
저자인덱스	363

◆ 모시는 글 ◆

존경하는 한국재료학회 회원 여러분,

한국재료학회는 대한민국의 소재/재료 분야의 연구 및 산업 발전과 인재양성을 선도하는 주요 학회로서 매년 춘/추계 학회를 정기적으로 개최하여 연구정보의 교환 및 회원 상호간의 교류의 장을 제공해 왔습니다. 그러나 작년 초 시작된 코로나사태의 영향으로 금년 춘계학술대회를 부득이하게 온라인으로 진행하게 되었습니다. 모든 학술대회의 진행은 기존 개최예정지인 광주 김대중컨벤션센터에서 최소한의 인원이 참석한 가운데 개최하게 되었습니다. 부득이하게 친목을 다지는 교류의 장으로서의 역할은 하지 못하나 그간의 연구 성과를 공유하는 토론의 장으로서의 역할을 훌륭히 수행하고자 회원 여러분을 모시고자 합니다.

2021년 춘계학술대회는 비대면으로 진행함에도 불구하고 소재/재료 공학 및 과학 전반에 걸친 300편 이상의 수준 높은 연구 성과가 발표되며, 다수의 특별심포지엄과 일반세션으로 구성됩니다. 특히, 교육적 목적으로 포스터 발표도 짧은 동영상과 함께 발표하고 세션별로 별도의 방을 구성하는 등 비대면으로 진행되는 학회의 단점을 극복하기 위한 원활한 진행을 위한 회원님들의 노력이 더욱 빛나는 학회가 될 것입니다. 많은 회원님들의 노력이 응축된 학회만큼 많은 회원분들께서 참석해 처음으로 진행되는 비대면 학회지만 큰 성과를 기대하고 있습니다.

어려운 상황에서도 다 준비된 대면학회를 취소하고 비대면 학회로의 전환을 위하여 갖은 고생을 마다하지 않으신 조직위원회 여러분께 진심으로 감사드리며, 서로 만날 수 없는 비대면 학회지만 많이들 접속하시어 학문 교류의 기회로 활용해 주시기 바랍니다.

2021년 5월

한국재료학회 회장 변 동 진 배상

◆ 학술 발표대회 종합 시간표 ◆

- 학술대회 조직위원장 : 김양도 교수(부산대), 이성희 교수(목포대)
- 학술대회 프로그램 위원장 : 임형미 박사(KICET), 장시영 교수(한국항공대)

5월 13일 (목요일)

발표장 시간	A발표회장	B발표회장	C발표회장	D발표회장	E발표회장	F발표회장	G발표회장	포스터발표
09:00~09:10	개 회 식							
09:10~10:25	나노화학/ 바이오 재료 I 좌장: 강길선 (전북대) B1~B5 (09:10~10:25)	전자/ 반도체 재료 I 〈초청강연 I-1〉 안철우 (KIMS) 좌장: 정대용 (인하대) A1~A3 (09:10~10:20)	에너지 재료 I 좌장: 신병하 (KAIST) C1~C4 (09:10~10:10)	차세대 에너지 전환 및 저장 소재/소자 심포지엄 좌장: 심욱 (전남대) SD1~SD5 (09:30~11:45)	구조 재료 I 좌장: 지창욱 (KITECH) D1~D4 (09:10~10:10)	나노/박막 재료 II 좌장: 김봉훈 (숭실대) G4~G7 (09:10~10:10)	환경/센서 재료 I 좌장: 장호원 (서울대) E1~E5 (09:10~10:25)	
10:25~10:35	휴식			휴식				
10:35~12:00	탄소중립과 태양광산업 심포지엄 좌장: 이해석 (고려대) SA1~SA3 (10:35~11:50)	전자/ 반도체 재료 II 〈초청강연 I-2〉 김태욱 (전북대) 좌장: 안철우 (KIMS) A4~A6 (10:35~11:45)	에너지 재료 II 좌장: 허재영 (전남대) C5~C8 (10:35~11:35)		구조 재료 II 좌장: 김세훈 (KATECH) D5~D9 (10:35~11:50)	나노/박막 재료 III 좌장: 이상진 (KRICT) G8~G11 (10:35~11:35)	광기능/ 디스플레이 재료 I 좌장: 김연상 (서울대) F1~F5 (10:35~11:50)	
12:00~13:00	중 식							
13:00~16:00	탄소중립과 태양광산업 심포지엄 좌장: 손창식 (신라대) SA4~SA5 (13:00~13:50)	다기능 알루미늄기 하이브리드 소재의 개발 및 평가 심포지엄 좌장: 이성희 (목포대) SB1~SB6 (13:00~15:40)	미래 LED 디스플레이 소재 심포지엄 좌장: 홍영준 (세종대) SC1~SC7 (13:00~16:05)	차세대 에너지 전환 및 저장 소재/소자 심포지엄 좌장: 심욱 (전남대) SD6~SD9 (13:00~14:40)	소재혁신을 위한 디지털 전환기술 플랫폼 심포지엄 좌장: 현상일 (KICET) SE1~SE5 (13:00~15:05)	한국재료연구원 특별심포지엄 (고성능 금속소재) 좌장: 이창훈 (KIMS) SF1~SF6 (13:00~15:40)	광기능/ 디스플레이 재료 II 좌장: 조성진 (경북대) F6~F9 (13:00~14:00)	
	휴식						휴식	
	나노/박막 재료 I 좌장: 이동윤 (부산대) G1~G3 (14:00~14:45)						광기능/ 디스플레이 재료 III 좌장: 이응규 (경희대) F10~F13 (14:10~15:10)	
16:10~16:50	〈기조강연〉 이덕락(포스코) 좌장: 김상섭(인하대) (16:10~16:50)							
16:50~17:00	휴식							
17:00~17:30	임시총회 (17:00~17:30)							

진행:
김진혁(전남대)
P1~P186

◆ 학술 발표대회 종합 시간표 ◆

5월 14일 (금요일)

발표장 시간	A발표회장	B발표회장	C발표회장	D발표회장				
09:30~10:40	에너지용 기능성 재료 특별 심포지엄 (Special Symposium on Functional Materials for Energy Applications) 좌장: 신병하 (KAIST) SG1~SG6 (09:30~12:05)	기능성 나노 신소재 융복합기술 클로키움 좌장: 이승기 (부산대) SH1~SH5 (09:30~11:45)	전자/ 반도체 재료 III <초청강연 I-3> 홍기현 (충남대) 좌장: 김태욱 (전북대) A7~A9 (09:30~10:40)	나노화학/ 바이오 재료 II 좌장: 김유진 (KICET) B6~B9 (09:30~10:30)				
10:40~10:50			휴식					
10:50~12:00			전자/ 반도체 재료 IV 좌장: 홍기현 (충남대) A10~A13 (10:50~11:50)	나노화학/ 바이오 재료 III 좌장: 김영운 (KRICT) B10~B12 (10:50~11:25)				
12:00~12:30	폐 회 식							

◆ 2021년도 춘계학술대회 학술분과위원장 ◆

발표분야	Organizer
탄소중립과 태양광산업 심포지엄	김진혁(전남대) 손창식(신라대)
다기능 알루미늄기 하이브리드소재의 개발 및 평가 심포지엄 (Development and Evaluation of Multi-functional Al Based Hybrid Materials)	이성희(목포대)
미래 LED 디스플레이 소재 심포지엄 (Materials for Future LED Display Technology)	이인환(고려대) 홍영준(세종대)
차세대 에너지 전환 및 저장 소재/소자 심포지엄 (Next-generation energy conversion/storage symposium)	심 욱(전남대)
소재혁신을 위한 디지털 전환기술 플랫폼 심포지엄 (Digital Transformation Platforms for Materials Innovation)	현상일(KICET)
한국재료연구원 특별심포지엄(고성능 금속소재) (KIMS symposium (Advanced Metallic Materials))	김형욱(KIMS) 이창훈(KIMS)
에너지용 기능성 재료 특별 심포지엄 (Special Symposium on Functional Materials for Energy Applications)	신병해(KAIST)
기능성 나노 신소재 융복합기술 콜로키움	이승기(부산대)
A. 전자/반도체 재료	정대용(인하대)
B. 나노화학/바이오 재료	최영민(KRICT)
C. 에너지 재료	손창식(신라대)
D. 구조 재료	이성희(목포대)
E. 환경/센서 재료	장호원(서울대)
F. 광기능/디스플레이 재료	명재민(연세대)
G. 나노/박막 재료	이인환(고려대)



한국재료학회

한재학: 2021 - 25
수 신: 각기관장
제 목: 회원 출장 의뢰

2021. 4. 21.

본 학회 2021년도 춘계학술발표대회를 별첨 진행표에 의하여 다음과 같이 개최하오니 귀 기관에 근무하는 본 학회 회원들이 많이 참석할 수 있도록 도모하여 주시기 바랍니다.

◆ 다 음 ◆

- 일 시: 2021년 5월 12일(수)~ 5월 14일(금)
- 장 소: 광주 김대중컨벤션센터(온라인학술대회 진행)
- 행 사: 진행표 참조

사단법인 한국재료학회장 변 동 진



기조강연

기조강연장

 2021년 5월 13일 (목요일)

기조강연 (16:10~16:50)

좌장: 김상섭(인하대)

PT-1 한국 철강산업의 도전과 대응

16:10 이덕락
포스코

심포지엄 초청강연

A 발표회장

2021년 5월 13일 (목요일)

심포지엄 초청강연(탄소중립과 태양광산업 심포지엄)I (10:35~11:50)

좌장: 이해석(고려대)

SA-1 탄소중립과 미래태양광산업 R&D: 태양광 중심으로

10:35 손창식
신라대학교 신소재공학부

SA-2 Efficient, stable silicon tandem cells enabled by anion-engineered wide-bandgap perovskites

11:00 Byungha Shin
Department of Materials Science and Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology

SA-3 고효율 실리콘 태양전지 기술 개발 현황

11:25 송희은, 강민구, 박성은, 정경택, 이태경, 최성진, 이상희, 민관홍
한국에너지기술연구원

심포지엄 초청강연(탄소중립과 태양광산업 심포지엄)II (13:00~13:50)

좌장: 손창식(신라대)

SA-4 탄소중립도시를 위한 태양광 기술 개발 동향 및 전망

13:00 윤재호
한국에너지기술연구원

SA-5 Alchemist project "Development of silicon based super solar cells"

13:25 Hae-Seok Lee
Graduate School of Energy and Environment (KU-KIST Green School), Department of Integrative Energy Engineering, Korea University

심포지엄 초청강연

B발표회장

2021년 5월 13일 (목요일)

심포지엄 초청강연(다기능 알루미늄기 하이브리드소재의 개발 및 평가 심포지엄) (13:00~15:40) 좌장: 이성희(목포대)

- SB-1** 압연기술을 이용한 나노/미크론 Bimodal Structure를 가진 복합 알루미늄 판재의 제조 및 평가
13:00 이성희
국립목포대학교
- SB-2** Exploring the deformation behavior and microstructure of Al based materials
13:25 박현순
인하대학교
- SB-3** 기능성 알루미늄 합금 설계 및 부품화 기술 개발
13:50 김세훈
한국자동차연구원
- SB-4** Effect of boron nitride nano sheet (BNNS) on grain growth behavior of aluminum matrix composites
14:25 최현주
국민대학교 신소재공학부
- SB-5** 고성능 세라믹 강화 알루미늄 복합소재 개발
14:50 조승찬, 이동현, 신상민, 박병진, 김정환, 이상복, 이상관
한국재료연구원
- SB-6** Clusters and their strengthening of Al-Zn-Mg-Cu alloy during natural aging
15:15 어광준, 정재길, 이상화
한국재료연구원

심포지엄 초청강연

C발표회장

2021년 5월 13일 (목요일)

심포지엄 초청강연(미래 LED 디스플레이 소재 심포지엄) (13:00~16:05)

좌장: 홍영준(세종대)

SC-1 초소형 질화물 반도체 광원 구조 제작 및 물성 연구

13:00 조용훈
한국과학기술원 (KAIST)

SC-2 MOCVD pulsed-mode growth of III-nitride nanorod arrays for optoelectronic applications

13:25 배시영
한국세라믹기술원

SC-3 Mixed dimensional heterostructures for semiconductor light emitting diode display applications.

13:50 정건욱
울산과학기술원

SC-4 Diamond Material for Electronic and Quantum Device Applications

14:25 남옥현
한국산업기술대학교

SC-5 Universal and scalable route to fabricate GaN nanowire-based LED on glass substrate by MOCVD

14:50 류상완, Muhammad Ali Johar, 송현규*, Aadil Waseem, 조용훈*
전남대학교; *KAIST

SC-6 Effective Assembly and Thermal Management of Flexible/Stretchable Micro LEDs

15:15 김태일
성균관대학교

SC-7 마이크로 LED 디스플레이 기술 개발

15:40 김자연, 사기동, 김은비, 김사웅, 정지호
한국광기술원

심포지엄 초청강연

D발표회장

2021년 5월 13일 (목요일)

심포지엄 초청강연(차세대 에너지 전환 및 저장 소재/소자 심포지엄)I (09:30~11:45) 좌장: 심욱(전남대)

SD-1 Selective electrochemical NO-to-NH₂OH conversion catalyzed by isolated Fe catalyst

09:30 최창현
GIST

SD-2 Ultra-thin Ni-Fe layered double hydroxide nanosheet: unraveling hidden factors of oxygen evolution reaction via in-situ/operando spectroscopies

09:55 오형석
한국과학기술연구원

SD-3 Manipulating dynamic surface transformation of electrocatalysts for superior water oxidation

10:20 Jian Wang, Se-Jun Kim*, Hyungjun Kim*, Jongwoo Lim
Department of Chemistry, College of Science, Seoul National University, Seoul, 08826, Republic of Korea.;
*Department of Chemistry, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Daejeon, 34141, Republic of Korea

SD-4 Converting Carbon Dioxide at the Electrochemical Interfaces

10:55 이찬우
국민대학교 응용화학부

SD-5 C-Na₃V_{1.96}Fe_{0.04}(PO₄)₃/Fe₂P Nanoclusters As Cathode Materials for High-Power Sodium-Ion Batteries

11:20 황장연, 김재국
전남대학교

심포지엄 초청강연(차세대 에너지 전환 및 저장 소재/소자 심포지엄)II (13:00~14:40) 좌장: 심욱(전남대)

SD-6 Lithium-Chelating Resins Functionalized with Oligoethylene Glycols toward Lithium-Ion Battery Recycling

13:00 구병진
단국대학교 고분자시스템공학부

SD-7 Metal-Organic Hybrid Materials for Electrochemical CO₂ Reduction

13:25 남대현
대구경북과학기술원

SD-8 A Study of Electrochemical Epoxidation

13:50 진경석
고려대학교

SD-9 Direct growth of protective layer Li₂Se on lithium metal anode for all solid-state batteries

14:15 박현중
조선대학교

심포지엄 초청강연

E발표회장

2021년 5월 13일 (목요일)

심포지엄 초청강연(소재혁신을 위한 디지털 전환기술 플랫폼 심포지엄) (13:00~15:05) 좌장: 현상일(KICET)

SE-1 AI를 이용한 세라믹 제조혁신 플랫폼의 산업적 비전

13:00 김록원, 정승욱, 김혜진, 지수영, 김민중, 최요한
한국전자통신연구원 인공지능연구소

SE-2 Crystal structure prediction using machine learning potentials

13:25 한승우
서울대학교 재료공학부

SE-3 Computational Screening of Argyrodite-based Solid State Superionic Conductors

13:50 이상욱
한양대학교 에리카

SE-4 동적 열특성을 이용한 소재부품의 신뢰성 진단기술

14:15 마병진, 정태희, 최성순, 이관훈
한국전자기술연구원

SE-5 유한요소해석과 머신러닝을 결합한 실시간 해석 기법 개발

14:40 최형석
한국세라믹기술원

심포지엄 초청강연

F발표회장

2021년 5월 13일 (목요일)

심포지엄 초청강연(한국재료연구원 특별심포지엄(고성능 금속소재)) (13:00~15:40) 좌장: 이창훈(KIMS)

SF-1 건축용 내화 철강 개발 및 내화 기구 규명

13:00 이창훈, 이태호, 박성준, 강전연, 하현영, 문준오, 장재훈, 김성대, 박형권
한국재료연구원

SF-2 가스터빈용 TiAl 소재기술

13:25 김성웅, 정윤오, 박지성, 김승언
한국재료연구원

SF-3 xEV 전장부품용 알루미늄 주조합금 및 공정개발 현황

13:50 어광준, 조영희
한국재료연구원

SF-4 마그네슘 상용합금 및 KIMS 개발기술 현황

14:25 문병기
한국재료연구원

SF-5 가스터빈 고온부품용 니켈기 초내열합금 개발

14:50 최백규, 김인수, 도정현, 정중은
한국재료연구원 고온재료연구실

SF-6 고온용 및 내수소취화용 고엔트로피합금 개발 및 응용 연구

15:15 나영상, 임가람*, 원종우*, 김우철*, 정덕현*
한국재료연구원 금속재료연구본부; *한국재료연구원

심포지엄 초청강연

A 발표회장

2021년 5월 14일 (금요일)

심포지엄 초청강연(에너지용 기능성 재료 특별 심포지엄—Special Symposium on Functional Materials for Energy Applications) (09:30~12:05) 좌장: 신병하(KAIST)

SG-1 Strategies Towards the Synthesis of Wafer Scale Single Crystal—line 2D materials—From Theoretical Prediction to Experimental Realization
09:30

Feng DING

Institute for Basic Science & Ulsan National Institute of Science and Technology

SG-2 Ultrasonic—Plasma Engineering toward Facile Synthesis of Atomic Metal—doped Carbon as Bi—functional Oxygen Electrocatalyst for Rechargeable Metal—air battery
09:55

Oi Lun (Helena) Li

부산대학교

SG-3 Water—stable perovskites with high fluorescence quantum yield from a methylammonium lead bromide/formate mixture in water
10:20

Bright Walker

Department of Chemistry, Kyung Hee University

SG-4 Characterizing ultrathin oxidic films on metals: Role of high—level theory and high—resolution experiments
10:50

Aloysius Soon

연세대학교 신소재공학과

SG-5 Reducing Time to Material's Discovery: M3I3
11:15

홍승범

한국과학기술원

SG-6 Theoretical approaches to developing stable and efficient lead—free halide perovskites
11:40

홍기하

한밭대학교 신소재공학과

콜로키움

B발표회장

 2021년 5월 14일 (금요일)

콜로키움(기능성 나노 신소재 융복합기술 콜로키움) (09:30~11:45)

좌장: 이승기(부산대)

SH-1 Toward Scalable Production of Single Crystal Graphene

09:30 이재현
아주대학교 신소재공학과

SH-2 Performance Enhancement of Carbon/Cu Composites for Lightweight Electrical Cables

09:55 배수강
한국과학기술연구원

SH-3 Solution-Processable Double-Walled Carbon Nanotube Transparent Electrode for Perovskite Solar Cells

10:20 Il Jeon
Department of Chemistry Education Pusan National University

SH-4 Transmission Electron Microscopy on Magnetic Materials: Magnetic Skyrmion

10:55 김태훈
전남대학교

SH-5 Fiber-Shaped Organic Ferroelectric Memories Based on Nanograined P(VDF-TrFE) Films

11:20 강민지
한국화학연구원

2021년 5월 13일 (목요일)

나노화학/바이오 재료 I (09:10~10:25)

좌장: 강길선(전북대)

B-1 Demineralized bone matrix and Tri-Calcium Phosphate loaded DBM hydrogel for bone regeneration09:10 Hoe-Jin Kang, Seong-Su Park*, Byong-Taek Lee**

Institute of Tissue Regeneration, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea; *Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea; **Department of Regenerative Medicine, Institute of Tissue Regeneration, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea

B-2 Hemostatic activity of thrombin loaded plant derived oxidized nanocellulose-gelatin based scaffolds09:25 Md Sowaib Ibne Mahbub, Byong-Taek Lee*

Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan-31151, Republic of Korea; *Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan-31151, Republic of Korea; Institute of Tissue Regeneration, Soonchunhyang University, Cheonan-31151, Republic of Korea

B-3 Injectable and moldable irisin loaded bioglass alginate system for bone regeneration09:40 Magsood Ali, Byong-Taek Lee*

Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, SoonChunHyang University SoonChunHyang University 366-1, Ssangyoung-dong, Cheonan-City, ChungCheongNam-Do, 31151, Korea; *Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan-31151, Republic of Korea; Institute of Tissue Regeneration, Soonchunhyang University, Cheonan-31151, Republic of Korea

B-4 Cellulose Nano Crystal Reinforced Ca/P Based Injectable Bone Substitute with Enhanced Biocompatibility09:55 Garima Tripathi, Byong-Taek Lee*

Institute of Tissue Regeneration, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea; *Department of Regenerative Medicine, Institute of Tissue Regeneration, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea

B-5 In-vitro and in-vivo characterization of Ca-Sr-P/PLA-HAp coated Mg-Zn alloy for the orthopedic bone fixation.10:10 Seongsu Park, Byong-Taek Lee*

Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea; *Department of Regenerative Medicine, Institute of Tissue Regeneration, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea

나노/박막 재료 I (14:00~14:45)

좌장: 이동윤(부산대)

G-1 Superhydrophobic and antireflective characteristics of Plasma-Polymerized-Fluorocarbon (PPFC) thin film coated on a nanostructured polymer film14:00 조은미, 박진성*, 이상진**

한국화학연구원/한양대학교; *한양대학교; **한국화학연구원

G-2 가수분해 반응의 가속화를 통한 결합이 풍부한 유연 텅스텐 산화물 막의 전기화학 성능 향상14:15 조명훈, 구본율, 안효진

서울과학기술대학교

G-3 기계적 버클링 공정을 사용한 3차원 전자소자14:30 김봉훈

송실대학교 유기신소재파이버공학과

구두발표

B발표회장

2021년 5월 13일 (목요일)

전자/반도체 재료 I (09:10~09:55)

좌장: 정대용(인하대)

A-1 Stable dielectric properties at high temperature of BaTiO₃-(Bi_{0.5},Na_{0.5})TiO₃ ceramics synthesized by hydrothermal synthesis.

09:10

송태영, 성우준, 김한울, 권도균
한국항공대학교 신소재공학과

A-2 Enhancing Electrical Properties of Pb(Zr,Ti)O₃ Film Containing Glass Frit by Aerosol Deposition

09:25

samjeong Kim, Dae-Yong Jeong, Seongyub Ji, minkyu Kim, Seungwook Kim
인하대학교

A-3 Effect of LiF on Microwave Dielectric Properties of β -CaSiO₃ Ceramics

09:40

Jin Seok Baek, Eung Soo Kim
Department of Materials Engineering, Kyonggi University, Suwon, 16227, Korea

(전자/반도체 재료 I) 초청강연 (09:55~10:20)

좌장: 정대용(인하대)

I-1 저가 고열전도성 산화물 방열 소재의 저온 소결과 열전도 특성

09:55

안철우*, 노승준*, 배성환*, 박지호, 하수진, 차현애, 민유호, 최종진, 한병동
한국재료연구원 기능세라믹연구실; *경남대학교 나노신소재공학과

전자/반도체 재료 II (10:35~11:35)

좌장: 안철우(KIMS)

A-4 High dielectric and breakdown performances achieved in MXene@PDA@Pd NPs/PVDF nanocomposites by Coulomb-Blockade Effect

10:35

지성엽, 김만규, 김삼정, 김승욱, 임지호, 정대용
인하대학교

A-5 유한 요소 시뮬레이션을 이용한 저항 메모리의 전체 스위칭 사이클 해석

10:50

정동명, Sagar Khot, 권용우
홍익대학교

A-6 Thermal atomic layer deposition of Molybdenum trioxide using metal organic precursor and H₂O reactant

11:05

이정훈, 최연식, 김병욱, 박현우, 이남규, 전형탁
한양대학교

(전자/반도체 재료 II) 초청강연 (11:20~11:45)

좌장: 안철우(KIMS)

I-2 2D Single-Crystalline Metallic Nanosheets: Synthesis, Dimension control and Applications

11:20

Ho Kwang Choi, Sukang Bae*, Sang Hyun Lee**, Seung-Ki Lee***, Tae-Wook Kim
Department of Flexible and Printable Electronics, Jeonbuk National University, 567 Beakje-daero, Deokjin-gu, Jeonju, Jeollabuk-do, 54896, Republic of Korea; *Institute of Advanced Composite Materials, Korea Institute of Science and Technology, Jeollabuk-do, 55324, Republic of Korea; **School of Chemical Engineering, Chonnam National University, 77 Yongbong-ro, Buk-gu, Gwangju 61186, Republic of Korea; ***School of Materials Science and Engineering, Pusan National University, 2, Busandaehak-ro-63-beon-gil, Geumjeong-gu, Busan 46241, Republic of Korea

구두발표

C발표회장

2021년 5월 13일 (목요일)

에너지 재료 I (09:10~10:10)

좌장: 신병하(KAIST)

C-1 LaYO₃ 소결조건이 상형성 및 충전율에 미치는 영향

09:10

최용욱, 이영국*, 하성준, 국승우**

한국원자력연구원 차세대핵연료기술개발부, 연세대학교 신소재공학과; *연세대학교 신소재공학과; **한국원자력연구원

C-2 Improved Triboelectric Nanogenerator Performance of Patterned Membranes Fabricated by Phase-Inversion Process

09:25

Geon-Ju Choi, Sang-Hyun Sohn, Il-kyu Park

서울과학기술대학교

C-3 Colloidal Ni₂P Nanocrystals Encapsulated in Heteroatom-Doped Graphene Nanosheets: A Synergy of 0D@2D

09:40

Heterostructure Towards Overall Water Splitting

Umesh Suryawanshi, Kim Jin Hyeok

Chonnam National University

C-4 산화구리 박막 기반 광전극을 이용한 수소생산 및 특성 평가

09:55

박재홍, 손호기*, 이인환*

고려대학교 신소재공학과; *고려대학교 신소재공학부

에너지 재료 II (10:35~11:35)

좌장: 허재영(전남대)

C-5 Boron Doped Polysilicon Using Spin-on Process for Passivated Emitter

10:35

김진솔, 최동진, 박현정, 강동균, 강윤목*, 이해석*, 김동환**

고려대학교 신소재공학과; *KU-KIST 그린스쿨 대학원; **고려대학교 신소재공학부

C-6 Ensemble Design of Electrode-Electrolyte Interfaces: Toward High-Performance Thin-Film All-Solid-State Li-Metal Batteries

10:50

정지원, 김종현*, 조수호**, 김일두**, 김현석*

울산대학교 첨단소재공학과; *충남대학교 신소재공학과; **한국과학기술원 신소재공학과

C-7 NASICON-type LAGP Ceramics with CVD grown 2D MoS₂ Interlayer for All-solid-state Lithium Metal Batteries

11:05

백승진, 김동규, 차은호, 김도경

KAIST

C-8 리튬이온 배터리용 고성능 애노드 소재로 철바나데이트 나노구조 제작 및 특성분석

11:20

Ashok Kumar Kakarla, D. Narsimulu, R. Shanthappa, 유재수

경희대학교

구두발표

E발표회장

2021년 5월 13일 (목요일)

구조 재료 I (09:10~10:10)

좌장: 지창욱(KITECH)

- D-1** Microstructural Analysis on the Electrochemical Behavior of as-cast and T4 heat-treated AlSi10MnMg alloy
09:10 안철민, 이은경*
한국해양대학교 해양신소재융합공학과; *한국해양대학교 해양신소재융합공학과 (해양인공지능융합전공)
- D-2** 와이어 아크 3D 적층 공정 NAB(니켈-알루미늄-브론즈) 합금을 이용한 프로펠러 제작을 위한 공정 최적화 연구
09:25 지창욱, 김재득, 천주용
한국생산기술연구원 울산본부 첨단정형공정그룹
- D-3** Influence of Bifilm on the Mechanical Property of A356 alloy with the addition of Scrap
09:40 강민혜, 이준엽, 방재희, 이은경*
한국해양대학교 조선기자재공학과 (재료공학전공, 해양인공지능융합전공); *한국해양대학교 해양신소재융합공학과(재료공학전공, 해양인공지능융합전공)
- D-4** Deep Learning-based Grain Boundary Contrast Enhancement
09:55 나주원, 이승철, 김세종*
포항공과대학교; *한국재료연구원

구조 재료 II (10:35~11:50)

좌장: 김세훈(KATECH)

- D-5** The combined effects of nickel coating and heat treatment on interfacial microstructure of aluminum-iron (Al/Fe) hybrid structures
10:35 문기훈, 이은경*
한국해양대학교 해양신소재융합공학과 (재료공학전공, 해양인공지능융합전공); *한국해양대학교 해양신소재융합공학과
- D-6** 열처리에 따른 적층제조된 FeCrV 합금의 미세구조 거동 및 기계적 특성
10:50 이준엽, 박성환, 전민정, 강민혜, 방재희, 문기훈, 이은경
한국해양대학교 신소재융합공학과 (재료공학전공, 해양인공지능융합전공)
- D-7** Influence of Si atom on residual stress, lattice strain, and coefficient of thermal expansion (CTE) of Al-12Si alloy produced by selective laser melting (SLM)
11:05 박성환, 전민정, 이준엽, 이은경*
한국해양대학교 조선기자재공학과 해양인공지능융합전공; *한국해양대학교 해양신소재융합공학과 해양인공지능융합전공
- D-8** Hydrothermal Synthesis of La³⁺-doped BaTiO₃ and Investigation of Incorporation Behavior after Heat Treatment
11:20 오성찬, 이승용, 김도경
KAIST
- D-9** Solution-processed metal-oxide dielectrics doped with metal-ion for wearable temperature sensors
11:35 박상준, 전준영, 하태준
광운대학교

구두발표

F발표회장

2021년 5월 13일 (목요일)

나노/박막 재료 II (09:10~10:10)

좌장: 김봉훈(숭실대)

- G-4** The study of the GaN micro-rod selective area growth morphology depends on the buffer layer by MOCVD
09:10 안민주, 정우섭, 심규연, 강성호, 김효종, 변동진
고려대학교
- G-5** 수직 성장된 이차원 MoS₂/Ag₂S 이종접합을 통한 광전기화학반응 향상
09:25 배성수, 서동범, 김의태
충남대학교 공과대학 신소재공학과
- G-6** Atomically tunable photo-assisted electrochemical oxidation process design for the decoration of ultimate-thin CuO on Cu₂O photocathodes and their enhanced photoelectrochemical performances
09:40 김동수, 최지훈, 이학현, 서희원, 김영빈, 조형균
성균관대학교 신소재공학과
- G-7** 나노인덴터를 이용한 Cu(In,Ga)Se₂ 화합물 반도체 박막의 파괴거동 분석
09:55 장마오, 유다영, 김양도, 이동윤
부산대학교

나노/박막 재료 III (10:35~11:35)

좌장: 이상진(KRICT)

- G-8** High-k gate dielectric properties from hydrocarbon film grown by inductively coupled plasma chemical vapor deposition
10:35 Viet Dongquoc, Dong-Bum Seo, Tran Nam Trung, Eui-Tae Kim
Department of Materials Science and Engineering, Chungnam National University, Republic of Korea
- G-9** Plasma Polymer-Metal 다층 전극의 광학, 전기적 특성 연구 및 면상 투명 히터 응용
10:50 김혜민, 김성현, 박현진, 이상진
한국화학연구원
- G-10** Vertical growth and efficient photoelectrochemical water splitting of SnS₂ nanosheets on graphene
11:05 서동범, 김의태
충남대학교 신소재공학과
- G-11** Antireflective and hydrophobic plasma-polymerized fluorocarbon thin film with low-refractive index for high efficiency flexible perovskite solar cell
11:20 이상진, 조은미
한국화학연구원

구두발표

G발표회장

2021년 5월 13일 (목요일)

환경/센서 재료 I (09:10~10:25)

좌장: 장호원(서울대)

E-1 Po2 변화에 따른 흑유자기의 발색변화에 관한 연구

09:10 임연수, 이병권*
 명지대학교 신소재공학과; *명지대학교 대학원 신소재공학과

E-2 CNT-Pd modified Cu₂O supported on Nickel foam as an efficient electrocatalyst for hydrogen evolution reaction

09:25 Vishal Burungale, Hyojung Bae*, Pratik Mane, Hokyun Rho**, Jun-Seok Ha***
 School of Chemical Engineering, Chonnam National University; *Optoelectronics Convergence Research Center, Chonnam National University; **Energy Convergence Core Facility, Chonnam National University; ***Chonnam National University

E-3 Solution-processed and self-powered photodetector in vertical architecture using mixed-halide perovskite for highly sensitive UVC detection

09:40 박정웅, 김상모, Nguyen Huyen
 가천대학교

E-4 자가 발열 조건에서 Au 및 In₂O₃ 나노입자로 기능화된 이차원 WS₂ 소재의 일산화탄소 감응 거동

09:55 양동훈, 김진영, 남명성, 김상섭
 인하대학교 신소재공학과

E-5 Enhanced the Electrochemical CO₂ Reduction Reaction by Doping Diverse Metal Ions on ZIF-8

10:10 김수영, 조진혁
 고려대학교

광기능/디스플레이 재료 I (10:35~11:50)

좌장: 김연상(서울대)

F-1 Passivation agent 및 리간드를 이용한 CsPbBr_xI_{3-x} perovskite적색 발광다이오드의 특성 (Properties of CsPbBr_xI_{3-x} perovskite red light-emitting diode with passivation agent and ligand)

10:35 김도훈, 안희주, 최인영, 명재민
 연세대학교 신소재공학과

F-2 GO 첨가에 따른 CsPbBr₃ 나노입자의 형상 및 특성 변화에 대한 연구

10:50 이은영, 김판주, 류상완*, 하준석, 이상현
 전남대학교 화학공학부; *전남대학교 물리학과

F-3 4-aminobenzonitrile을 이용한 고 안정성 녹색 페로브스카이트 발광 다이오드의 특성 (Fabrication of highly stable green perovskite light-emitting diodes with 4-aminobenzonitrile)

11:05 안희주, 김도훈, 최인영, 명재민
 연세대학교 신소재공학부

F-4 희토류 원소를 도입한 비납 Cs계 페로브스카이트 나노결정의 합성 및 특성

11:20 김판주, 이은영, 이승열, 박용일, 문병준*, 이상현
 전남대학교 화학공학부; *한국과학기술연구원

F-5 다양한 치환기를 가진 Phenylamine을 이용한 청색 perovskite 발광 다이오드의 특성(Properties of blue perovskite light-emitting diodes using phenylamine with various substituent)

11:35 최인영, 안희주, 김도훈, 명재민
 연세대학교 신소재공학과

구두발표

G발표회장

광기능/디스플레이 재료 II (13:00~14:00)

좌장: 조성진(경북대)

- F-6** Asymmetric Optical Transmission at Visible Frequency across a Meta Surface Designed with Factorization Machine
13:00 이응규(Eungkyu Lee), Tengfei Luo*
경희대학교 전자정보대학 전자공학과; *University of Notre Dame
- F-7** Metal-Semiconductor Hybrid SERS System toward Label-free Ultrasensitive Detection
13:15 이강현, 장한휘*, 김윤석, 이철호, 조승희*, 김민준*, 손호기, 배강빈, 정연식*, 이인환
고려대학교; *KAIST
- F-8** 금속 나노 입자 촉매를 적용한 전기화학 발광소자의 특성 (Properties of electrochemiluminescence light-emitting devices with metal nanoparticle catalyst)
13:30 정재윤, 오주원, 백성두*, 명재민
연세대학교 신소재공학과; *연세대학교 신소재공학과 KIURI연구단
- F-9** AlGaInP red nanostructure LED with star-shaped Au/SiO₂ nanoparticles for localized surface plasmon
13:45 김후연, 김태환, 이인환
고려대학교

광기능/디스플레이 재료 III (14:10~15:10)

좌장: 이응규(경희대)

- F-10** p-Cu_{1-x}Zn_x 박막/n-MgxZn_{1-x}O 양자점 준이종 이종접합구조를 이용한 보라색 발광 다이오드의 특성
14:10 백성두, 강달영, 명재민*
연세대학교 신소재공학과 키우리연구단; *연세대학교 신소재공학과
- F-11** Magnetic assisted Fluidic Self-Assembly transfer technique for high resolution micro LED display
14:25 신도영, 이인환*
고려대학교; *고려대학교 신소재공학부
- F-12** 금속 산화물 나노막대를 적용한 전기화학 발광소자의 특성 (Properties of electrochemiluminescence light-emitting device applying metal oxide nanorods)
14:40 오주원, 정재윤, 백성두*, 명재민
연세대학교; *연세대학교 신소재공학과 KIURI연구단
- F-13** All-inorganic colloidal quantum dot-based white light-emitting diode with excellent color stability
14:55 Seung-Bum Cho, Jung Inn Sohn*, Bo Hou**, Il-Kyu Park
Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01811, Republic of Korea; *Division of Physics and Semiconductor Science, Dongguk University, Seoul, Republic of Korea; **Department of Physics and Astronomy, Cardiff University, Cardiff CF24 3AA, United Kingdom

구두발표

C발표회장

2021년 5월 14일 (금요일)

전자/반도체 재료 III (09:30~10:15)

좌장: 김태욱(전북대)

- A-7** Dependence of dielectric properties and structural characteristics on Ca^{2+} substitution for Ba-/Sr-site of $(\text{Ba}_{0.7}\text{Sr}_{0.3})(\text{Ti}_{0.9}\text{Zr}_{0.1})\text{O}_3$ -based ceramics
09:30 Eung Soo Kim, Nak Beom Jo
Department of Materials Engineering, Kyonggi University, Suwon 16227
- A-8** Enhanced energy storage property of $\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{Zr}_x\text{Ti}_{(1-x)}\text{O}_3$ through improvement structural stability in MPB areas and AD method
09:45 김민규, 지성엽, 김승욱, 이화평, 임지호, 정대용
인하대학교
- A-9** 뉴로모픽 컴퓨팅을 위한 강유전성 폴리머 기반 인공 시냅스
10:00 김승준, 박진홍, 허근*
성균관대학교; *전북대학교

(전자/반도체 재료 III) 초청강연 (10:15~10:40)

좌장: 김태욱(전북대)

- I-3** 금속 할라이드 소재를 활용한 용액공정 기반 P형 반도체 합성 및 TFT 응용
10:15 홍기현
충남대학교 신소재공학과

전자/반도체 재료 IV (10:50~11:50)

좌장: 홍기현(충남대)

- A-10** Highly Textured Lead-Free Piezoelectric Ceramics
10:50 박선화, 민유호, 장종문, 최종진, 한병동, 이정우*, 안철우
KIMS; *부산대학교 재료공학과
- A-11** 스핀 코팅 공정의 전산 유체 역학 시뮬레이션 및 실증적 모델링
11:05 김승준, 박진홍, 허근*
성균관대학교; *전북대학교
- A-12** Effects of crystal structure on microwave dielectric properties of $(\text{Zn}_{1-x}\text{Ni}_x)_{2-y}\text{SiO}_{4-y}$ ($0.00 \leq x \leq 0.10$, $0.00 \leq y \leq 0.30$) ceramics
11:20 Nak Beom Jo, Eung Soo Kim
Department of Materials Engineering, Kyonggi University, Suwon 16227
- A-13** Enhanced dielectric properties with stress relaxation of Shape Memory Alloy substrate through Aerosol-Deposition Method
11:35 김승욱, 지성엽, 김민규, 이화평, 임지호, 정대용
인하대학교

구두발표

D발표회장

2021년 5월 14일 (금요일)

나노화학/바이오 재료 II (09:30~10:30)

좌장: 김유진(KICET)

B-6 Dense 3YSZ Microspheres from Spray-Dried Granules

09:30 김영록, 이태원, 민유호, 장종문, 안철우, 한병동, 윤운하, 배성환*, 최종진
KIMS; *경남대학교

B-7 CoFe₂O₄ prepared by metal-organic decomposition for highly efficient oxygen evolution reaction of water splitting

09:45 Kyung-Hwan Kim, Yun-Hyuk Choi
Advanced Materials and Chemical Engineering of Daegu Catholic University

B-8 Solution-Based Synthetic Methods for Two-Dimensional Metal Chalcogenide Nanomaterials with Heterostructures

10:00 민유호, 장종문, 안철우, 최종진, 한병동, 윤운하
KIMS

B-9 Protein-based Architectures by 2D Shape-controllable Building Blocks and Cationic Molecular Switch

10:15 이준철, 송채연, 이지민, Herbert P. Miller*, 조하새암, 김보필, Youli Li*, Stuart C. Feinstein*, Leslie Wilson*, Cyrus R. Safinya*, 김진주, 금형섭, 김유미, 김유진, 유병준, 이상엽, Junichi Tanaka**, 전상용, 최명철
KAIST; *UCSB; **University of the Ryukyus

나노화학/바이오 재료 III (10:50~11:35)

좌장: 김영윤(KRICT)

B-10 Nanocrystallization Strategies for Improving Stability of Perovskite Solar Cells

10:50 김민
전북대학교 화학공학부

B-11 Insulin secretion analysis of Isolated pancreatic cells cultured on decellularized kidney Extracellular Matrix (ECM)

11:05 Minji Choi, Byong-Taek Lee*
Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea;
*Department of Regenerative Medicine, Institute of Tissue Regeneration, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea

B-12 해조류 추출 친환경 바이오 매스기반 고성능 슈퍼커패시터 전극 소재 제작 및 특성분석

11:20 Edugulla Girija Shankar, 유재수
경희대학교

포스터발표

포스터발표장

2021년 5월 13일 (목요일) 09:00~18:00

진행: 김진혁(전남대)

전자/반도체 재료

- P-1** Graphene reinforced lead-free solder composite for electronic packaging and its high reliability
이호영, 박지선
한국전자기술연구원
- P-2** N₂/He Plasma Inhibitor 개발을 통한 공간 분할 PE-ALD시스템에서의 메모리 Gap-fill공정 설계
이백주, 서동원, 황재순, 최재욱
(주)한화
- P-3** 수열합성법, 고상반응법 및 솔-젤 공정에 의한 GdMnO₃의 제조특성 비교
홍대현, 최윤혁
대구가톨릭대학교 신소재화학공학부
- P-4** 강유전성 분극에 의해 구동되는 이차원 재료 기반 광 검출기
김승준, 박진홍, 허근*
성균관대학교; *전북대학교
- P-5** Developing a Basic Model for Interfacial Switching Mechanism of Cerium Oxide Based Resistive Memory Using Finite Element Method
Sagar Khot, 정동명, 권용우
홍익대학교
- P-6** Nickel nanowires roughness characteristics according to the shape of magnetic field
Min Ji Shin, Ji Eun Lee, Su Jeong Park, Akshay Kumar, Seok Hwan Huh, Bon Heun Koo
창원대학교
- P-7** Al/Ti/TiN 다층 금속 구조와 W 금속 전극 간 접촉 저항에 관한 연구
김승준, 박진홍, 허근*
성균관대학교; *전북대학교
- P-8** Investigation of exchange bias in ferromagnetic heterometallic nanoparticles
Kavita Kumari, Akshay Kumar, Bon Heun Koo
창원대학교
- P-9** Enhancing the room temperature cooling capacity of double layer Pr_{1.4-x}Sr_{1.6-x}Mn₂O₇ manganites through controlled self-doping
Akshay Kumar, Kavita Kumari, Minji Shin, Bon Heun Koo
창원대학교
- P-10** 자가치유 가능한 전기전도성 소재의 합성 및 최적화
김영주, Rubaya Yeasmin*, 서형탁**
아주대학교 신소재공학과; *아주대학교 에너지시스템학과; **아주대학교 신소재공학과, 에너지시스템학과
- P-11** Effects of SrTiO₃ modification on piezoelectric and strain properties of lead-free K_{0.5}Na_{0.5}NbO₃-based ceramics
Trang An Duong, Hoang Thien Khoi Nguyen, Sang Sub Lee, Donghyeok Kim, Chang Won Ahn, Hyoung-Su Han, Jae-Shin Lee
University of Ulsan

포스터발표

포스터발표장

- P-12 징케이트 전처리에 의한 알루미늄 패드와 친환경 Ni 무전해 도금**
이연승, 나사균*
한밭대학교, 정보통신공학과; *한밭대학교, 신소재공학과
- P-13 Comparison of Fe-/ and Al-doping effects on phase transition and electrical properties in lead-free $\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3\text{-SrTiO}_3$ piezoceramics**
Aisyah Devita Mukhlisah, Hoang Thien Khoi Nguyen, Trang An Duong, Hyoung-Su Han, Jae-Shin Lee
University of Ulsan
- P-14 게이트 전극 형태가 반도체 성능에 미치는 영향에 관한 연구**
김승준, 박진홍, 허근*
성균관대학교; *전북대학교
- P-15 PI 기판 위 스트레처블 전자소자용 저저항 다층 배선구조에 대한 연구**
김종석, 서종현, 배진원, 이진리, 이민준
한국항공대학교
- P-16 Microwave Dielectric Properties of MgO/polypropylene Composites with Low Dielectric Loss**
Jae Young Jeong, Eung Soo Kim
Department of Materials Engineering, Kyonggi University
- P-17 Conductive Fibers with Buckling Surface Structure and Its Application for Hydrogen Sensor**
Kukro Yoon, Taeyoon Lee
Yonsei University
- P-18 Analysis of Recrystallization Statistics in Phase Change Memory Using Electrothermal and Phase-Field Models**
Ho Thi Thu Trang, 이환욱, 권용우
홍익대학교
- P-19 Dielectric and electromechanical strain properties in SrTiO_3 -modified lead-free $\text{Bi}_{1/2}\text{Na}_{1/2}\text{TiO}_3\text{-BiAlO}_3$ piezoceramics**
이상섭, 이재신, Hoang Thien Khoi Nguyen, Trang An Duong, 한형수
울산대학교 첨단소재공학부
- P-20 Stretchable and Flexible Fiber Electrode for Measuring Neural Signal with Au Nanoparticles Conductive Networks**
Chihyeong Won, Taeyoon Lee
Nanobio Device Laboratory, School of Electrical and Electronic Engineering
- P-21 Film analysis on Functional Group of Self-Assembled Monolayer (SAM) for the application on Cu diffusion barrier**
Minkyu Lee, Seungmin Lee, Taeyoon Lee
Yonsei University
- P-22 Dielectric properties of $\text{Mg}(\text{Ti}_{0.95}\text{B}_{0.05})\text{O}_3$ (B=Ti, Zr, Sn) / Polystyrene composites at microwave frequencies**
Da Som Jung, Eung Soo Kim
Department of Materials Engineering, Kyonggi University
- P-23 Quantitative *in-situ* Hygrometry for Reduction Degree Analysis of Molybdenum Oxide Reduction Process**
송요섭, 이한샘, Haq Muhammad Aneeq, 김범성
한국생산기술연구원

포스터발표

포스터발표장

- P-24 All-Fabric Flexible Ag₂Se Thermoelectric Generator for Harvesting Electrical Energy in Wearable Devices**
Chaebeen Kwon, Taeyoon Lee
Yonsei University
- P-25 Copper Electrode Based Thin Film Transistors Surface Engineering using Coupled Self-assembled Molecular Layer**
임성호, 강재희, 정필영, 이용준, 박영훈, 전진호
연세대학교
- P-26 Single Chamber에서 시간 분할 ALD Valve Monitoring & Control이 가능한 고성능 Fault Detection & Classification 시스템 개발**
김상민, 임성호, 강재희, 이용준, 정필영, 박영훈, 전진호
원익IPS
- P-27 Comparison for Noise Performances of AlGa_N/Ga_N HEMTs With and Without in situ Silicon Carbon Nitride (SiCN) Cap Layer**
이유나, 최은경, 서재인, 최진석, 안성진
금오공과대학교
- P-28 High x In_xGa_{1-x}N Quasi-Quantum Dots Formed in Quantum Pyramids on Non-polar GaN nanowire structures**
엄대영, 오정균, 김지연, 이철로
전북대학교
- P-29 The Study on the Mg-doped p-Type GaN on InGa_N nano-heterostructures**
Jeong-Kyun Oh, Young-Ho Ra*, Dae-young Um, Ji-Yoen Kim, Cheul-Ro Lee
전북대학교; *한국세라믹기술원
- P-30 First principles study on selective etching of silicon nitride over silicon dioxide by phosphoric acid**
박소용, 정현욱, 김준엽, 한병찬
연세대학교
- P-31 n-type Thermoelectric Properties of a Hexagonal SiGe Polymorph Superior to Cubic SiGe**
홍성준, 전호제, 권초아, 한병찬
연세대학교
- P-32 Study of quantitative analysis in rare earth materials(metal and oxide) by glow discharge mass spectrometer (GD-MS)**
양재열, 윤재식
한국기초과학지원연구원
- P-33 BiFeO₃ 단결정 박막에서의 다중 정전용량 특성 확인**
나경호, 이상한
광주과학기술원
- P-34 Resistive random-access memory (ReRAM) devices based on quasi 2D halide perovskites for high ON/OFF ratio and long-term stability**
김효정, 장호원
서울대학교

포스터발표

포스터발표장

P-35 Recovery and purification for indium metal using by-product

양재열, 윤재식
한국기초과학지원연구원

나노화학/바이오 재료

P-36 전착된 Fe-Ni의 유기산 첨가에 따른 잔류응력 변화 및 합금 성분 분석

이민수, 박기민*, 김호형, 박재영
한국생산기술연구원 부품기능연구부문; *인하대학교 신소재공학과

P-37 냉간가공 및 열처리 조건 변화에 따른 TiO₂ 산화막 성장거동에 관한 연구

김민수, 김지현, 김연주
한국생산기술연구원

P-38 고성능 에너지 저장소자용 전이금속 칼코겐 화합물이 내제된 다공성 탄소나노섬유 복합체 제조

이정수, 성기욱, 안효진
서울과학기술대학교 신소재공학과

P-39 Synthesis and morphology control of uncalcined hydroxyapatite

장우영, 박종규, 장정호
한국세라믹기술원

P-40 Silica-encapsulated CalB Particles for the Esterolysis of *p*-Nitrophenyl Butyrate

송민**, 장정호*, 변재철**
*한국세라믹기술원; **연세대학교

P-41 Shape-Controlled Synthesis of Highly Monodisperse Erbium, Ytterbium doped Calcium Fluoride Upconverting Nanocrystals

홍성빈, 우호영, 백태종
중앙대학교

P-42 Developments of the sensing electrode for organic solvent leak sensor using graphene nanopowder

Van-Quyet Nguyen, Sang Ho Cho*, Byeol I Im*, Jung Hong Min, Ju Young Lee, Bee Lyong Yang
금오공과대학교 신소재공학부; *Amers. Co, Ltd,

P-43 Reusable and Rapid Esterolysis of Nitrophenyl Alkanoates with CalB-immobilized Magnetic Nanoparticles

장정호, 이하울
한국세라믹기술원

P-44 Isolation and characterization of progenitor cells from adult rat kidneys for Tissue regeneration.

Myeongki Park, Byong-Taek Lee*
Institute of Tissue Regeneration, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea; *Institute of Tissue Regeneration, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea, Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea

P-45 In-vitro Evaluation of Tissue Engineering Based Artificial Membrane Bones.

Heyjin Tae, Byong-Taek Lee*
Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea; *Department of Regenerative Medicine, Institute of Tissue Regeneration, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea

포스터발표

포스터발표장

- P-46 In-Vitro Multi Axial Creep Detection of Clear Aligner for Orthodontic Treatment**
정용훈, 정태곤, 강관수, 박지선, 서정희*
오송첨단의료산업진흥재단 첨단의료기기개발지원센터; *(주) 덴티스 의료기기연구소
- P-47 In Vitro Evaluation of Liver Decellularized Extracellular Matrix and Polysaccharides Scaffold as a Hemostatic Agent**
Chu Thanh Lan, Byong-Taek Lee*
Institute of Tissue Regeneration, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea; *Department of Regenerative Medicine, Institute of Tissue Regeneration, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea
- P-48 Hydrophobic mesoporous silica particles modified with non-fluorinated alkyl silanes**
표채은, 장정호
한국세라믹기술원
- P-49 Gram-scale synthesis of size-controlled Cu powders via high concentration Cu ion precursor**
류철희, 지명준, 김정현, 이영인*
서울과학기술대학교 신소재공학과 기능성나노재료연구실; *서울과학기술대학교 신소재공학과
- P-50 Fabrication of Low-Cost Inorganic Solvent Leak Sensors Using Multi-walled Carbon Nanotubes**
Van-Quyet Nguyen, Sang Ho Cho*, Byeol I Im*, Na Young Kwon, Bee Lyong Yang
금오공과대학교 신소재공학부; *Amers. Co. Ltd,
- P-51 Fabrication of Bi-layered small diameter vascular grafts by using electrospun Silk fibroin and PU/PCL nanofibers with mechanical property, in vitro and in vivo biocompatibility analysis**
Md. Abdullah Al Fahad, Byong-Taek Lee*
Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan-31151, Republic of Korea; *Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan-31151, Republic of Korea; Institute of Tissue Regeneration, Soonchunhyang University, Cheonan-31151, Republic of Korea
- P-52 Extracellular matrix loaded moldable and injectable alginate-cellulose β -TCP beads for accelerated bone regeneration**
Md Sohanur Rahaman, Byong-Taek Lee*
Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan-31151, Republic of Korea; *Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan-31151, Republic of Korea; Institute of Tissue Regeneration, Soonchunhyang University, Cheonan-31151, Republic of Korea
- P-53 Development of Decellularized ECM Hydrogel Based 3D Printable Bio-Ink for Cartilage Regeneration**
Prayas Chakma Shanto, Byong-Taek Lee*
Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan-31151, Republic of Korea; *Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan-31151, Republic of Korea; Institute of Tissue Regeneration, Soonchunhyang University, Cheonan-31151, Republic of Korea
- P-54 Computed big data driven design of sensitive and selective virus-based electronic nose towards volatile organic compounds**
박정윤, 전호제, 홍성준, 한병찬
연세대학교
- P-55 Colloidal Synthesis of Monodisperse Phase Change Core-Shell Nanobeads for Thermal Energy Storage**
우호영, 윤태열, 백태종
중앙대학교

포스터발표

포스터발표장

에너지 재료

- P-56 양면 태양광모듈 후면재 종류에 따른 PID 챔버 & 출력 특성**
남건희, 김진혁, 김정훈*, 이원재*
전남대학교 신소재공학부; *(주)탐선 기업부설연구소
- P-57 Polymorph Lead Vanadate Synthesis and its Application for Wearable Aqueous Supercapacitor**
홍상기, 배예지, Qadeer Akbar Sial*, 서형탁*
Department of Materials Science & Engineering, Ajou University; *Department of Energy Systems Research, Ajou University
- P-58 Thermoelectric Properties of Te-doped Mg_3Sb_2 Synthesized by Controlled Melting, Pulverizing Followed by Vacuum Hot Pressing**
Md. Mahmudur Rahman, Soon-Chul Ur
Dept. of Material Sci. and Eng., Research Center for Sustainable Eco-Devices and Materials (ReSEM), Korea National University of Transportation, Chungbuk, Chungju, Republic of Korea.
- P-59 발표 취소
- P-60 발표 취소
- P-61 발표 취소
- P-62 발표 취소
- P-63 발표 취소
- P-64 발표 취소
- P-65 Fabrication and characterization of Fluorine (F) doped AZO (F:AZO) transparent conducting electrodes and their application in CZTSSe solar cells**
김진혁, 장수영*
전남대학교 신소재공학과, 광전자융합기술연구소; *전남대학교 신소재공학과
- P-66 The Study on Improving Heterojunction Interface Quality of SnS/CdS Thin Film Solar Cells**
조재유, 허재영
전남대학교
- P-67 Hydriding Kinetics and Material Life Cycle Assessment on Mg_2NiH_x -5, 10, 20wt% CaO Composites by Hydrogen Induced Mechanical Alloying**
신효원, 황준현, 김은아, 홍태환
한국교통대학교 신소재공학과
- P-68 Correlation between i-ZnO thickness and TCO deposition temperature in CZTSSe solar cells**
Jun Sung Jang, Jin Hyeok Kim
Chonnam National University
- P-69 $Cu(InGa)Se_2$ 태양전지에 알칼리(KF+CsF)PDT 적용 효과**
박재한, 김치호, 이승훈, 권일영, 김성현, 김양도, 김신호
부산대학교 재료공학과

포스터발표

포스터발표장

- P-70** Cu-deficient 금속 전구체 적용에 의한 순수 황화 찰코파이라이트 Cu(In,Ga)S₂의 개방전압 향상에 관한 연구
김성현, 김치호, 권일영, 이승훈, 박재한, 김신호*, 김양도
부산대학교 재료공학과; *부산대학교 재료공학과 BK21
- P-71** The Influence of CdS Buffer Layer Thickness on SnS Thin Film Solar Cells
조재유, 허재영
전남대학교
- P-72** 발 표 취 소
- P-73** 전체 물 전기분해 성능 향상을 위한 전이금속 기반의 이중 기능성 전기촉매 연구
이승훈, 김치호, 김성현, 권일영, 박재한, 김양도*
부산대학교 재료공학과; *부산대학교 재료공학부
- P-74** Evaluation of Electrochemical Properties of Lithium-Based Hydride in Room Temperature Conditions
황준현, 김은아, 신호원, 손종태*, 홍태환
한국교통대학교 신소재공학과; *한국교통대학교 나노고분자공학과
- P-75** Achieving low Voc-deficit characteristics in Cu₂ZnSn(S,Se)₄ Solar Cells
Vijay C. Karade, Jin Hyeok Kim
Chonnam National University
- P-76** The Influence of Growth Conditions on VTD-SnS Absorber Layer for Thin Film Solar Cells
조재유, 허재영, 이다정
전남대학교
- P-77** Evaluation of Thermal Conductivity on Salt-like Hydrides
김은아, 황준현, 신호원, 손종태*, 홍태환**
한국교통대학교 신소재공학과; *한국교통대학교, 나노화학소재전공; **한국교통대학교 에너지소재공학전공
- P-78** Wristband-type Wireless Presenter based on Thermoelectric Generator
문승연, 김정훈, 임종필
ETRI
- P-79** Effect of Ge doping on performance of Cu₂ZnSn(S,Se)₄ (CZTSSe) thin film solar cells
Kuldeep Singh Gour, Jin Hyeok Kim
Chonnam National University
- P-80** Investigation for the improvement of V_{oc} in Cu₂ZnSn(S,Se)₄ based solar cell by controlling the annealing temperature in RTA system
김동명, 김진혁*
전남대학교 신소재공학부; *전남대학교 신소재공학부, 광전자융합기술연구소
- P-81** Powder-free fabrication of the reliable Bi₂Te₃-based thermoelectric alloys
Sung-Jin Jung, Seung-hyeok Lee, JoonChul Shin, Hyung-Jin Choi, Soo Young Jung, Ruiguang Ning, Min seok Kim, Seong Keun Kim, Jin-Sang Kim*, Seung-Hyub Baek
Electronic Materials Research Centers, Korea Institute of Science and Technology; *Institute of Advanced Composite Materials, Korea Institute of Science and Technology

포스터발표

포스터발표장

- P-82** Effect of Annealing and Precursor Concentration on Spin-coated Tin Sulfide Thin-films for Solar Cell Application
Pravin Pawar, 허재영
전남대학교
- P-83** The Effect of *i*-ZnO Thickness on The Performance of VTD-SnS/CBD-CdS Thin-film Solar Cells
Rahul Kumar Yadav, 허재영
전남대학교
- P-84** Trimetallic NiCoFe-LDH nanosheets as efficient electrocatalyst for urea oxidation reaction
Komal Dnyanadev Patil, 김진혁
전남대학교
- P-85** Optimization of O/(O+S) ratio of atomic layer deposited Zn(O,S) buffer layer for Cd-free kesterite thin-film solar Cells
Raju Nandi, 허재영
전남대학교
- P-86** The Influence of Atomic Layer Deposited ZnSnO Buffer Layer Process Condition on the Characteristics of CZTSSe Thin Film Solar Cells
조재유, 허재영
전남대학교
- P-87** Disparities in the band structure of SnS polymorphs and their assessment towards thin-film solar cell application
KrishnaRao Eswar Neerugatti, 허재영
전남대학교
- P-88** Ternary diagram of the phase, optical bandgap energy and photoluminescence of Cesium lead halide
정지나, 양성웅, 이상욱
경북대학교 신소재공학부 전자재료공학과
- P-89** Pb-Sn계 Narrow bandgap 할라이드 페로브스카이트 소재 물성 연구
양성웅, 이상욱, 정지나, 조한별, 윤영훈, 최원창, 윤정철
경북대학교 신소재공학부 전자재료공학과
- P-90** Effect of Zn(O,S) buffer layer deposition temperature on the performance of flexible $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S,Se})_4$ (CZTSSe) thin film solar cells
김수길, 김진혁
전남대학교
- P-91** 장기 건식저장 사용후핵연료 피복관의 수소화물특성 및 열화거동
김성근, 장정남, 박명철, 서항석, 권형문
한국원자력연구원
- P-92** Electrochemical expanded graphite foil electrode for supercapacitor
이나은, 조성오
한국과학기술원
- P-93** Systematic Fabrication of Native oxide (β -Ga₂O₃) integrated from GaN photoanode introduce Interfacial Passivation against photocorrosion for Photoelectrochemical Water Oxidation
강순형, maheswari arunachalam*
전남대학교; *Chonnam national university

포스터발표

포스터발표장

- P-94 Universal Passivation Strategy for the Hole Transport Layer/Perovskite Interface via an Alkali Treatment for High Efficiency Perovskite Solar Cells**
Boonmongkolras Passarut, Naqvi Syed Dildar Haider*, Kim Daehan, Pae Seong Ryul, Kim Min Kyu, Ahn SeJin*, Shin Byungha
한국과학기술원; *한국에너지기술연구원
- P-95 Co-evaporation로 형성한 $(Ag_wCu_{1-w})(In_xGa_{1-x})Se_2$ 박막 태양전지의 Ag 첨가 효과**
황지선, 조윤애*, 송수민, 윤재호, 박지혜, 장효식**, 김기환
한국에너지기술연구원 태양광연구단; *이화여자대학교 물리학과; **충남대학교 에너지과학기술대학원
- P-96 First-principles Study on the Role of Halogen Anion for Halospinel Solid-State Electrolyte**
전호제, 강준희*, 한병찬
연세대학교; *한국에너지기술연구원
- P-97 수열합성법으로 제조한 니켈코발트산화물($NiCo_2O_4$) 전극의 구조적 및 전기적 특성**
이석희, 차현진, 이상운, 김준아, 손영국, 손창식*, 황동현*
부산대학교 재료공학과; *신라대학교 신소재공학부
- P-98 슈퍼커패시터용 수산화니켈(Nickel(II) hydroxide)전극의 제작 및 특성**
차현진, 이석희, 이상운, 이승곤, 손영국, 손창식*, 황동현*
부산대학교 재료공학과; *신라대학교 신소재공학부
- P-99 Efficient and stable perovskite solar cells through surface passivation**
고재혁, 김대한, 신병하
한국과학기술원 (KAIST)
- P-100 스퍼터링 법으로 제조된 Cu_2O 박막의 구조적 및 광학적 특성에 대한 공정 압력의 영향**
박정환, 김민성, 한태구, 김나경, 남기원*, 황동현, 손창식
신라대학교 신소재공학부; *신라대학교 에너지융복합기술센터
- P-101 기판 온도 변화에 따른 Cu_2O 박막의 구조적 및 광학적 특성 연구**
김나경, 박정환, 한태구, 김민성, 황동현, 손창식
신라대학교 신소재공학부
- P-102 Direct synthesis of molybdenum phosphide nanorods on silicon using graphene at the heterointerface for photo-electrochemical water reduction**
전상연, 장호원
서울대학교 재료공학부
- P-103 스퍼터링 법으로 증착한 SnS 박막의 물성에 황화수소(H_2S) 가스가 미치는 영향**
한태구, 김나경, 박정환, 김민성, 황동현, 손창식
신라대학교 신소재공학부
- P-104 TiO_2 NTs/ r -GO/ Cu -TCNQ array Photoanode for Efficient and Stable Photoelectrochemical Water Splitting**
ramesh, soon hyung kang
chonnam national university

포스터발표

포스터발표장

구조 재료

- P-105** Fabrication of the piezoelectric PLLA fiber reinforced with BaTiO₃ nanoparticles in melt-spinning process
오현주, 김도군, 배종혁, 양병진
한국생산기술연구원
- P-106** 자동차용 압축전선의 통전식 열처리 전압 조건에 따른 물성 향상 연구
최진주, 임병용, 심현우, 김대근
고등기술연구원
- P-107** 고차압 Dirty Service용 밸브 고속유체 제어기술 연구
변영민, 김도영*, 박수영**
한국건설생활환경시험연구원; *(주)비에프에스; **한국폴리텍대학
- P-108** Structural Observation and Characterization of Thermoelectric Cr-Si Alloy Powders by Mechanical Alloying
오유상, 이충효
목포대학교 신소재공학과
- P-109** 냉간 펠러 및 어닐링 조건에 따른 Grade 2 티타늄 튜브의 기계적 특성
이민수, 박재영, 김호형, 임태홍
한국생산기술연구원 부품기능연구부
- P-110** 핫스탬핑용 Al-Si 도금 보론강 ARM 레이저 용접시 센터 빔/링 빔 출력 조정에 따른 용접부의 편석과 미세조직 비교
전현욱, 김재원, 조일국*, 김양도**, 지창욱
한국생산기술연구원; *동의대학교 신소재공학부; **부산대학교 재료공학부
- P-111** Electron Backscatter Diffraction of Nitride Phases of SCM440 Steel
류하영, 김윤기, 이경명*
한밭대학교; *(주)케이피티유
- P-112** Fabrication of homogeneous W-Y₂O₃ composite with controlled Y₂O₃ fraction by ultrasonic spray pyrolysis
김정현, 변종민, 정영근*, 오승탁, 이영인
서울과학기술대학교 신소재공학과; *부산대학교 융합학부
- P-113** Improvement of casting surface roughness through FDM 3D Printing cast pattern and surface treatment
강은영, 정대용*
(주)대명테크놀로지, 인하대학교 금속·재료공정공학; *인하대학교 신소재공학과
- P-114** Mg 합금 원소 첨가에 따른 3XXX계 알루미늄 합금 판재의 기계적·물리적 특성 변화
고준, 김철우*, 유효상*, 이종국**, 전재열*
한국생산기술연구원, 조선대학교; *한국생산기술연구원; **조선대학교
- P-115** 저·고열팽창계 Fe합금의 어닐링 조건에 따른 미세조직 및 기계적 특성 변화
유효상, 조우빈, 고준, 한준희, 이진규*, 송기안*, 김대근**, 최한철***, 전재열*
한국생산기술연구원; *공주대학교; **고등기술연구원; ***조선대학교
- P-116** 와이어 종류에 따른 9% Nickel강 다충용접부 물성 평가에 관한 연구
김재원, 김원호, 조일국*, 지창욱
한국생산기술연구원 울산뿌리기술지원센터 첨단정형공정연구그룹; *동의대학교 신소재공학과

포스터발표

포스터발표장

- P-117** Al-Si 도금된 핫스탬핑 보론강 저항 점 용접시 다단 통전이 용접부 강도에 미치는 영향
김재훈, 천주용, 김재원, 전현욱, 지창욱
한국생산기술연구원
- P-118** 회전하는 다이스 및 플러그를 이용한 인발 공정으로 제조된 Cu Tube의 기계적 특성 및 미세조직 비교 분석
허현준, 조상현, 이성희
국립목포대학교
- P-119** 냉간압연접합법으로 제조한 불균일 혼합조직을 가지는 알루미늄 합금의 기계적 특성 평가 및 미세조직 분석
조상현, 허현준, 이성희
국립목포대학교
- P-120** SKD61 분말을 이용한 레이저클래딩 공정 조건에 따른 S45C 표면 특성 향상 연구
김철우, 유효상
한국생산기술연구원
- P-121** Investigation of the Residual stress on AlSi10MnMg alloy with various Grain size
전민정, 박성환, 이준엽, 이은경*
한국해양대학교 조선기자재공학과 (재료공학전공, 해양인공지능융합전공); *한국해양대학교 해양신소재융합공학과 (재료공학전공, 해양인공지능융합전공)
- P-122** 방전 플라즈마 소결법을 통해 제조된 WC-Co-HfB₂ 초경소재의 특성평가
김주훈, 박현국
한국생산기술연구원
- P-123** Pressureless Sintered Silicon Nitride Ceramics with Controlling α - β Ratio for Self-reinforcement
Jung Hoon Kong, Ho Jin Ma, Wook Ki Jung, Do Kyung Kim
KAIST
- P-124** Fe, Si, B의 상호작용을 이용한 Aluminum alloy 미세구조 제어 및 열팽창계수로 인한 강화효과
방재희, 강민혜, 문기훈, 이준엽, 박성환, 이은경*
한국해양대학교 조선기자재공학과(재료공학, 해양인공지능융합전공); *한국해양대학교 해양신소재융합공학과
- P-125** 망간을 이용한 Porcelain의 표면코팅의 특성
김남훈, 김경남*
강원대학교 기능소재공학과; *강원대 신소재공학과
- P-126** Wear analysis in PTFE/MoS₂ composite cage for cryogenic ball bearings
서우석, 이진국
광전소재연구단
- P-127** Fabrication and Characterization of α -Fe/FeO Composite Powders by Solid State Reduction
오유상, 이충효
목포대학교 신소재공학과
- P-128** 방전플라즈마 소결법을 통해 제조된 WC-6Co-(VC, Cr₃C₂) 소결체의 미세구조 및 기계적 특성평가
김주훈, 박현국
한국생산기술연구원
- P-129** 방전플라즈마 소결법을 통해 제조된 WC-6Co-TaC 소결체의 미세구조 및 기계적 특성평가
김주훈, 박현국
한국생산기술연구원

포스터발표

포스터발표장

환경/센서 재료

- P-130** SnO₂ nanowires decorated by insulating amorphous carbon layers for improved NO₂ gas detection at room temperature
 유동재, 김현우, 방재훈, 이하영, 신가윤
 한양대학교
- P-131** Green synthesis of CdS nanoparticles by Andrographis paniculata leaves extract for effective environmental remediation and biomedical applications
 Karthik Kannan, Van-Quyet Nguyen, Hyung jun Park, Chang Hun Lee, Bee Lyong Yang
 금오공과대학교 신소재공학부
- P-132** Single Crystal Silicon Nanomembrane based Gas Sensor for Wearable Electronics
 한수덕, 송현철, 강종윤
 한국과학기술연구원
- P-133** 광범위한 수소 농도 및 온·습도 조건에서 작동하는 다양한 구조로 제작된 Pd-Ni 수소 가스 센서 연구
 이종연, 한승익*, 서형택**
 아주대학교 신소재공학과; *아주대학교 에너지시스템공학과, 아주대학교 공학연구소; **아주대학교 신소재공학과, 아주대학교 에너지시스템공학과
- P-134** Pd 기능화와 In₂O₃ 첨가를 이용한 ZnO 나노섬유의 초고감도 수소 감응 거동
 김진영, 양동훈, 남명성, 김상섭
 인하대학교 신소재공학과
- P-135** Mg 금속 입자가 첨가된 금속유기구조체(MOF)의 가스 감응 거동
 양동훈, 김진영, 남명성, 김상섭
 인하대학교 신소재공학과
- P-136** ZnO-Co₃O₄ 복합 나노 섬유질의 수소 감응 거동
 남명성, 김진영, 양동훈, 김상섭
 인하대학교신소재공학과
- P-137** EV 배터리 스크랩으로부터 양극재 및 유기금속 회수에 대한 연구
 이석환, 채병만, 김득현, 서은주, 강동준, 홍세철*, 손미영*
 (주)케이엠씨; *구미전자정보기술원
- P-138** Co₃O₄ 스피넬 나노 입자의 미세구조에 따른 전기화학 산소발생(OER) 촉매특성 분석
 Myeong Gyu Kim, Hyeon Jeong Hong, Yun-Hyuk Choi
 대구가톨릭대학교
- P-139** Influence of pore-structure on VOC adsorption properties of multi-porous activated carbon powders
 Sung Hwan Hong
 Sejong University
- P-140** 탄탈륨 스크랩으로부터 탄탈륨 중간화합물 합성 연구
 이지은, 구분우*, 이찬기, 윤진호
 고등기술연구원 융합소재연구센터; *에코리사이클링
- P-141** High energy ball milling and sintering characteristics of Ti-Al-Nd alloy powders
 이현승, 장시영, 이호성, 김유리
 한국항공대학교

포스터발표

포스터발표장

- P-142 Photodegradation of gas-phase acetaldehyde using TiO₂ photocatalysts**
 김수진, 김은미, 전희경, 최정연, 김진혁*
 한국생산기술연구원; *전남대학교
- P-143 Manipulating Wettability of Catalytic Surface for Improving Ammonia Production from Electrochemical Nitrogen Reduction**
 김도훈, Khurshed Alam, 한미경, 조훈성, 심욱
 전남대학교
- P-144 The Spinel-type Ni₂GeO₄ Electrocatalyst with improved catalytic activity for efficient electrochemical N₂ fixation to NH₃ under ambient conditions**
 Jaehyoung Lim, Hyeonuk Choi, Dohun Kim, Subramani Surendran, Yoongu Lim, Uk Sim
 Department of Materials Science & Engineering, Engineering Research Center, Chonnam National University, Gwangju 61186, South
- P-145 Sb 이온 식재된 SnO₂ 나노선의 가스감응특성**
 김진영, 양동훈, 남명성, 김상섭
 인하대학교 신소재공학과
- P-146 백금 나노입자가 표면 기능화 된 단일벽 탄소나노튜브와 가스 감응특성**
 변영민, 이정근*, 최선우**
 한국건설생활환경시험연구원; *선일알미늄(주); **강원대학교 신소재공학과
- P-147 산소 발생용 구리 촉매가 부착된 산화 아연 광양극 소자의 광전기화학적 특성 평가**
 박종현, 김효진
 충남대학교 공과대학 신소재공학과
- P-148 Degradation of methylene blue using recycled TiO₂ by atmospheric pressure dielectric barrier discharge**
 최혜진, 김윤기
 한밭대학교
- P-149 Low temperature CO oxidation by Pd-CeO₂ catalyst on SiC monolith synthesized using electrodeposition**
 김진아, 김상준
 한국화학연구원
- P-150 Basic research on fabrication and characteristics of ZnO-based gas sensor device**
 심규연, 정우섭, 안민주, 김효종, 변동진
 고려대학교
- P-151 Monte Carlo simulations integrated with first-principles to understanding early-stage oxidation process of UO₂ in aqueous solution**
 김준엽, 권초아, 한병찬
 연세대학교
- P-152 The Influence of Gd doping on Oxidation Resistivity of UO₂**
 홍민준, 권초아, 한병찬
 연세대학교 화공생명공학과

포스터발표

포스터발표장

- P-153** Dramatic Catalytic Activation of Kinetically Inert Disilane Hydrolysis in Metallic Iron Particulate via Barrierless Chemical Dissociation: First-Principles Study
WeiTao, Byungchan Han
연세대학교
- P-154** Enhancement of photocatalytic properties using electrochemically Li-doped TiO₂ photocatalyst
심우형, 정형모*
성균관대학교 기계공학부; *성균관대학교 기계공학부 및 지능형펄스테크융합전공
- P-155** Facile synthesis of oxygen-deficient black BaTiO₃ nanoparticles using black TiO₂ for piezo-catalytic application
지명준, 김정현, 류철희, 이영인
서울과학기술대학교 신소재공학과
- P-156** SnO₂-x/Pd/SnO₂ 3중층으로 구성된 헤테로 나노와이어의 향상된 NO₂ 가스 감응특성
최명식, 진창현, 최선우*
연세대학교 신소재공학부; *강원대학교 신소재공학과
- P-157** Pd/ITO/MoOx/p-Si 광음극 재료의 광전기화학 물분해 수소생산을 위한 특성 평가
이영재, 하중섭*, Shankara S. Kalanur*, 서형탁*
아주대학교 에너지시스템공학과; *아주대학교 신소재공학과
- P-158** 암모니아 가스 감지 가능한 dye 3/meta-Aramid nanofiber/nets
오현주, 양병진, 김도균, 함완규
한국생산기술연구원

광기능/디스플레이 재료

- P-159** 용액법 기반 비희소금속 산화물 반도체 박막의 저온 결정화 기술 개발
주은총, 박제형*, 고경민, 조성운
첨단부품소재공학과, 순천대학교; *전기전자공학과, 순천대학교
- P-160** Ultra-flexible and transparent electrodes with crack-propagation preventing nanostructure
한수현, 양찬우
Korea Institute of Industrial Technology
- P-161** Fabrication of gallium nitride on AlN buffer layer with hole pattern mask using lift off method
김효중, 정우섭, 안민주, 심규연, 강성호, 변동진
고려대학교 신소재공학과
- P-162** Surface Treating Method of CsPbI₃ Perovskite Quantum Dots by Ligand-Assisted Sulfide
한정우, 김수영
고려대학교 신소재공학과 유기반도체공정연구실
- P-163** Enhancement of Blue-light Emitter CsPbBr₃ Nanoplatelets through Post-treatment Surface Passivation
박진우, 김준연, 신병하
KAIST
- P-164** Photoluminescence of Eu³⁺-doped organic-inorganic hybrid POSS phosphors for the application of flexible display
정보라, 안성준, 정재용, 이성수
신라대학교 신소재공학부

포스터발표

포스터발표장

P-165 고품질 InGaN 나노 와이어 이중접합 구조의 에피택시 모델링

김성운, 권혜영*, 신동욱, 라용호*
한양대학교; *한국세라믹기술원

나노/박막 재료

P-166 전기도금 공정에 의하여 제조된 Co-P 합금 박막의 자성 특성에 대한 연구

Dung T. To, 박덕용*, Nosang V. Myung**, 유봉영***, Saba Seyedmahmoudbaraghani****, 박선화*****
University of Norte Dame, Department of Chemical and Biomolecular Engineering; *한밭대학교 신소재공학과;
University of Notre Dame, Department of Chemical and Biomolecular Engineering; *한양대학교, 재료공학과;
****Department of Chemical and Environmental Engineering, University of California, Riverside; *****KRIS

P-167 Fabrication of Electric Conductive Film via Laser Patterning Process

신은애, 정제영, 이상봉, 이창기
한국생산기술연구원

P-168 AZO/Cu/AZO의 Cu의 두께와 열처리 온도에 따른 전기적·광학적·구조적 특성

강찬희, 이상익, 임규민, 임상철, 이택영
한밭대학교 공과대학 신소재공학과

P-169 패터닝을 통해 투명 전도성이 향상된 투명 전도막의 전기화학 성능 향상 연구

정석준, 김규호, 안효진
서울과학기술대학교 신소재공학과

P-170 Advanced Metallization of Contact Fill Tungsten Thin Film Process with Controllable Growth System

김태성, 최석규, 박흥기, 선우훈, 김동우, 박진우, 권주연, 이건정, 윤원준, 전진호
원익아이피에스

P-171 AZO 박막의 투명 기판의 종류와 RF 스퍼터링 파워 변화에 따른 전기적 · 광학적 특성

이상익, 강찬희, 임규민, 임상철, 이택영
한밭대학교 신소재공학과, 반도체소재부품장비센터

P-172 Morphology-controlled growth and photoelectrochemical properties of few-layer MoS₂ nanosheets

Dong-Bum Seo, Viet Dongquoc, Eui-Tae Kim
Department of Materials Science and Engineering, Chungnam National University, Republic of Korea

P-173 Study on the characteristics of AlN buffer layer deposited with RF-Magnetron sputter for GaN growth

강성호, 정우섭, 안민주, 심규연, 김효종, 변동진
고려대학교 신소재공학과

P-174 Synthesis of Forsterite(Mg₂SiO₄)-Cordierite(Mg₂Al₄Si₅O₁₈) nano particles for millimeter wave and study of their properties

성우준, 장현배, 김정윤, 권도균
한국항공대학교 신소재공학과

P-175 Lift-off Fabrication Suitable for Design of Thick Multilayer Dielectric Reflective Film in Laser Direct Patterning Photo Mask for 1064nm Wavelength

인장식, 정대용, 지성엽, 김민규
인하대학교

포스터발표

포스터발표장

- P-176 전기도금 된 Cobalt-계 합금 박막의 자성특성에 대한 연구**
박덕용, N.V. Myung*
한밭대학교 신소재공학과; *University of Notre Dame, Department of Chemical and Biomolecular Engineering
- P-177 표면개질을 통한 다이아몬드 소결체의 강도 향상**
이민수, 박재영, 박동열*, 김호형
한국생산기술연구원 부품기능연구부문; *신한다이아몬드공업(주)
- P-178 Growth of various metal oxide nanostructures by gradient of thermal expansion coefficient**
류학기, 김영호, 김노을, 배지권
아주대학교 에너지시스템학과
- P-179 Mass transport barrier using Multi-Layer Graphene**
신호준, Daba Deme Megersa, 류학기
아주대학교 에너지시스템학과
- P-180 Direct In-situ Synthesis of TMD/CeO₂ Multi-Heterostructures by Sequential Pulsed Laser Deposition**
Inhyeok Oh, Sehun Seo, Jun-Cheol Park, Sanghan Lee
Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)
- P-181 All-solid-state battery inspired Li-ion based artificial synapse.**
백지현, 장호원
서울대학교 재료공학부
- P-182 All Inorganic Copper-Based Halide Perovskites as ReRAM Artificial Synapses for Neuro-Computing**
곽경주, 장호원*
서울대학교 재료공학부 대학원생; *서울대학교 재료공학부 교수
- P-183 Fabrication of anti-ESD photomask with charge channeling by introducing transparent conductive material between chromium patterns through partial erosion control of resist**
인장식, 정대용, 김승욱, 김삼정
인하대학교
- P-184 알칼리 수전해 내 수소 생산 향상을 위한 환원된 산화그래핀에 담지된 표면 상조절된 산화 니켈 나노 입자에 대한 연구**
조승근, 이정우
부산대학교 재료공학과, 부산대학교 대학원
- P-185 질소 도핑 된 산화 그래핀에 담지된 팔라듐-루테튬 합금의 산소환원반응 특성**
박길령, 이정우
부산대학교 재료공학과, 부산대학교 대학원
- P-186 Quasi-2D halide perovskites based Resistive random-access memory devices for ON/OFF ratio and long-term stability**
Hyojung Kim, Ho won Jang
Department of Materials science and Engineering, Seoul National University, Seoul, Korea, 08826

포스터발표

포스터발표장

◆ 알 림 ◆

- 포스터 제출 안내입니다.
- 제출하실 파일은 두 종류입니다.
 1. 포스터 내용 jpg파일
 - jpg 파일 (pdf, ppt 파일 안됩니다.)
 - 1페이지로 작업(pdf, ppt 파일로 여러 페이지 작업은 업로드 안됩니다.)
 - 파일 사이즈:가로 90cm*세로140cm, 해당도 300dpi로 저장
 2. 발표설명을 녹음한 음성파일 mp3파일
 - 포스터 내용에 대한 음성으로 설명한 3분 분량의 mp3파일
- 각 파일은 파일명을 “발표번호_성명(소속)으로” 저장하여 제출하여주시기 바랍니다.
예) P-1_홍길동(한국대).jpg / P-1_홍길동(한국대).mp3
- 우수발표 논문상 시상 안내
 - ▶ **구두. 포스터 발표 수상자 발표는 행사 종료 후 학술대회 홈페이지에 발표할 예정이며 상장 및 부상은 수상자 명단 확인 후 사무국으로 주소를 알려주시면 발송해드리도록 하겠습니다.**

◆ 기능성 나노 신소재 융복합기술 콜로키움 ◆

- ❖ 장 소: B발표회장
- ❖ 일 시: 5월 14일(금) 09:30-11:45
- ❖ 총 진행: 이승기(부산대학교)

좌장: 이승기(부산대)	
09:30~09:55	Toward Scalable Production of Single Crystal Graphene <u>이재현</u> 아주대학교 신소재공학과
09:55~10:20	Performance Enhancement of Carbon/Cu Composites for Lightweight Electrical Cables <u>배수강</u> 한국과학기술연구원
10:20~10:45	Solution-Processable Double-Walled Carbon Nanotube Transparent Electrode for Perovskite Solar Cells <u>Il Jeon</u> Department of Chemistry Education Pusan National University
10:45~10:55	휴식
10:55~11:20	Transmission Electron Microscopy on Magnetic Materials: Magnetic Skyrmion <u>김태훈</u> 전남대학교
11:20~11:45	Fiber-Shaped Organic Ferroelectric Memories Based on Nanograined P(VDF-TrFE) Films <u>강민지</u> 한국화학연구원

행 사 안 내

1. 2021년도 한국재료학회 임시총회

- 일 시: 2021년 5월 13일 (목) 17:00~17:30
- 장 소: 온라인 총회

2. 학술발표대회

- 학술논문발표 총 310편(기조강연: 1편, 심포지엄 초청강연: 44편, 일반초청강연: 3편, 콜로키움: 5편, 구두발표: 71편, 포스터발표: 186편)

3. 특별심포지엄

- 탄소중립과 태양광산업 심포지엄 -

- 일시: 5월 13일 (목) 10:35~13:50
- 장소: A발표회장
- 총 진행: 김진혁(전남대학교), 손창식(신라대학교)

- 다기능 알루미늄기 하이브리드소재의 개발 및 평가 심포지엄 -

- 일시: 5월 13일 (목) 13:00~15:40
- 장소: B발표회장
- 총 진행: 이성희(목포대학교)

- 미래 LED 디스플레이 소재 심포지엄 -

- 일시: 5월 13일 (목) 13:00~16:05
- 장소: C발표회장
- 총 진행: 이인환(고려대학교), 홍영준(세종대학교)

- 차세대 에너지 전환 및 저장 소재/소자 심포지엄 -

- 일시: 5월 13일 (목) 09:30~14:40
- 장소: D발표회장
- 총 진행: 심 욱(전남대학교)

- 소재혁신을 위한 디지털 전환기술 플랫폼 심포지엄 -

- 일시: 5월 13일 (목) 13:00~15:05
- 장소: E발표회장
- 총 진행: 현상일(한국세라믹기술원)

- 한국재료연구원 특별심포지엄(고성능 금속소재) -

- 일시: 5월 13일 (목) 13:00~15:40
- 장소: F발표회장
- 총 진행: 김형욱(한국재료연구원), 이창훈(한국재료연구원)

- 에너지용 기능성 재료 특별 심포지엄 -

- 일시: 5월 14일 (금) 09:30~12:05
- 장소: A발표회장
- 총 진행: 신병하(한국과학기술원)



학술발표 등록안내

- 등록비 : 정 회 원 160,000원
비 회 원 210,000원
학생회원 120,000원
학생비회원 140,000원
- 안 내: 사전등록 완납자에 한하여 온라인 학술대회에 참가할 수 있는 아이디와 비밀번호가 부여됩니다.
학술발표 1편당 1인 이상은 의무등록으로 하고 있으니, 즉 1인 2편 발표시 각각의 발표논문에 대하여 1인 이상 등록해야 함. 발표자는 반드시 등록비를 납부하여 주시기 바랍니다.
- 사전등록 마감 : 4월 29일(목) 24시까지 (발표자 반드시 사전등록 필수)

논문발표 안내

- 초 청 강 연: 25분(질의 응답 포함)
- 일 반 발 표: 15분(질의 응답 포함)
- 발 표 방 식: Zoom 세션 참가 구두발표. 발표시 동영상을 녹화하여 행사 후 웹프로시딩 홈페이지에 게재 예정입니다.
- 발표자 준비: 발표자는 해당 세션의 시작 전에 ZOOM에 참여하여 담당 Session 좌장에게 Session시작 전에 발표 준비 여부를 보고해 주시기 바랍니다.
- 좌 장 확 인: 담당 Session 시작 전에 발표자 참석 여부를 확인하여 발표대기 시키고 Session 종료 후 좌장보고서에 서명하여 행사진행본부로 제출하여 주시기 바랍니다.

회원가입 안내

• 회 비

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

• On-Line 계좌

은 행	지 점	계 좌 번 호	예 금 주
씨티은행	과학기술회관	102-51660-248	사.한국재료학회

학회장 행사본부

- 발표회장 총진행: 부산대학교
김양도 교수(010-3338-6208)
부산대학교 재료공학부
이성희 교수(010-7551-9442)
국립목포대학교 신소재공학과

2021년도 한국재료학회 춘계학술대회 우수 발표논문 시상 안내

- 구두발표 및 포스터 발표 논문 중 심사위원회에서 우수 논문을 선정하여 시상.
- 상장 및 부상(5만원 상당 문화상품권)이 수여됩니다.
- 구두·포스터 발표 수상자 발표는 행사 종료 후 학술대회 홈페이지에 발표할 예정이며 상장 및 부상은 수상자 명단 확인 후 사무국으로 주소를 알려주시면 발송해드리도록 하겠습니다.

한국재료학회 춘계학술대회 경품 추첨 안내

- 발표: 행사 종료 후 학술대회 홈페이지 게시
- 경품

	경 품
1등 (1명)	 <p>iPad 8세대, WIFI 32GB</p>
2등 (2명)	 <p>마셜 Emberton 무선 블루투스 스피커</p>
3등 (3명)	 <p>갤럭시 버즈 라이브</p>
4등 (5명)	커피전문점 상품권
5등 (10명)	문화상품권

- 경품은 학회 기간 중 인증샷 이벤트에 참가한 회원을 대상으로 행사 종료 후 추첨하여 행사 홈페이지에 명단을 게시 할 예정입니다.

기조강연



PT-1

한국 철강산업의 도전과 대응

이덕락[†]

포스코

(dllee@posco.com[†])

우리나라 산업화에 핵심역할을 했던 한국 철강업은 현재 거대한 두가지 도전에 직면해 있다.

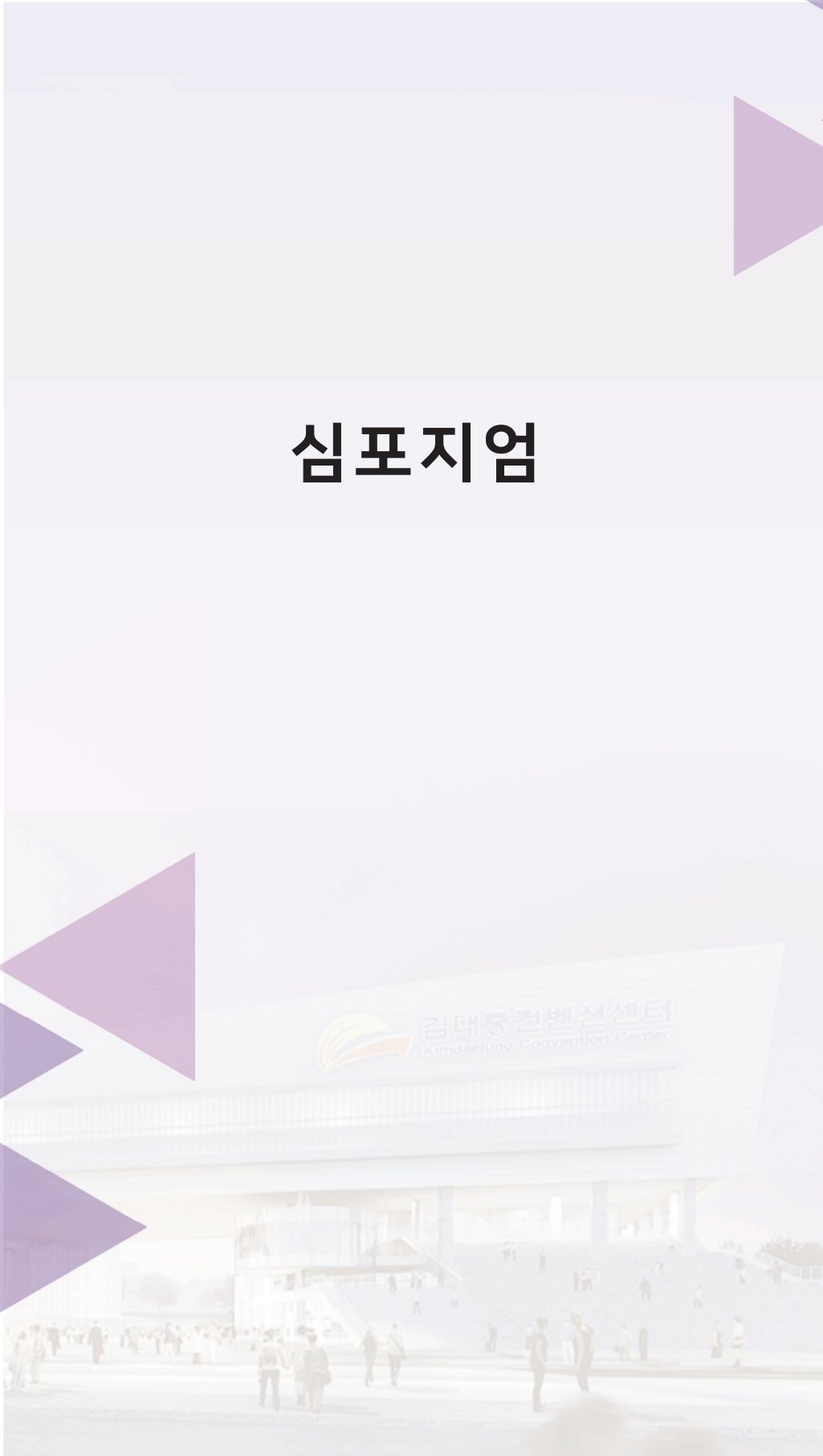
첫번째 도전은 우리와 판매시장을 공유하고 있는 중국 철강업의 비약적인 성장이다. 2020년도 우리나라는 약 6.7천만 톤의 조강을 생산했지만 중국은 약 10억 5천만톤 즉, 우리나라보다 15배 많은 조강을 생산했다. 뿐만 아니라 중국은 이제 양적 성장을 넘어 질적 성장에도 역량을 집중하고 하고 있다. 중국 철강업의 위협에 대응하기 위해서는 한국 철강업의 경쟁력을 지속 높여 나가야 한다. 경쟁력 제고에 가장 효율적인 수단 중의 하나가 철강제품 및 공정개발에 AI를 활용하여 가격과 품질 경쟁력을 제고하는 것이다.

두번째 큰 도전은 탄소중립에 대한 강력한 사회적 요구이다. 전세계 CO2의 약 7%는 철강업에서 배출된다. 2050년까지 탄소중립을 달성하기 위해서는 친환경적인 수소환원제철 기술을 타 경쟁사 대비 신속하게 또 효율적인 프로세스로 개발하여야 한다.

AI기술과 수소환원제철 기술을 잘 활용하면 한국철강업은 제2의 부흥기를 맞이할 수 있을 것이다.

Keywords: 철강, AI, 탄소중립, 수소환원제철

심포지엄



탄소중립과 미래태양광산업 R&D: 태양광 중심으로

손창식[†]

신라대학교 신소재공학부
(csson@silla.ac.kr[†])

과도한 탄소 배출로 인한 기후 위기에 대처하기 위해 탄소중립 구현을 위한 방법론 중에서도 에너지시스템 전환은 가장 중요한 요소이다. 최근 IEA (International Energy Agency)는 탈탄소를 위한 청정 에너지기술에 대한 전망을 밝힌 ‘Energy Technology Perspectives 2020’을 발표하면서 몇 가지 시나리오를 제시하였다. 그중 세계 기후 및 에너지 목표를 충족하기 위한 로드맵으로서 Sustainable Development Scenario는 에너지시스템 기술 및 인프라의 근본적인 변화와 함께 행동 변화 측면을 통합하였다. 아울러, 2070년까지 전 세계 에너지시스템을 탄소의 net-zero 배출량으로 전환하는 방법론을 제시하였다. 이보다 진보적인 시나리오는 2050년 net-zero 배출량 도달을 목표로 하는 Faster Innovation Case로서 전력 생산이 현재보다 약 2.5배 증가할 것이고, 연간 재생에너지 전력 용량은 2019년 발전량의 약 4배가 필요하다고 전망하고 있다. Net-zero 배출량을 가속화하기 위해서는 전기화, 수소, 바이오 에너지 및 CCUS (Carbon Capture, Utilization and Storage)의 보다 빠른 혁신이 필요하다는 것이 핵심 내용이다. 탈탄소화의 핵심은 청정 전기 사용이다. 특히 태양광, 풍력 및 기타 재생에너지 등의 청정 발전원의 사용이 증가할 것으로 예상되며, 그 중에서도 태양광이 탄소중립 시대의 핵심 재생에너지원으로서 중요한 역할을 할 것이다. 태양광은 발전단가가 지속적으로 떨어지고 있는 유일한 발전원이다. 2019년도 전 세계 태양광 설치량은 약 115 GW였으며, 2020년도까지 4년 연속 100 GW 이상의 설치량을 기록할 것으로 예상된다. 국내 역시 2019년 연간 태양광 설치량이 3.8 GW 시장으로 성장하여 에너지 산업의 새로운 성장 동력으로 각광받고 있다. 태양광산업은 2010년대 초 구조 조정기를 거치면서 tipping point를 지났다. 그리고 이제 기술 개발에 따른 모듈 출력 향상, 발전단가 하락, 수용성 확대, 생산설비 투자 증가 및 기술 개발로 이어지는 선순환 구조로 진입하여 cash-cow 산업으로 성장하였다. 탄소중립의 시대를 맞이하여 태양광산업의 발전 속도는 더욱 빨라질 것이다. 이제 태양광은 단순한 지붕형 및 대형 발전소 형태에서 벗어나고 있다. 수상 및 해상 태양광, 건물일체형 태양광, 영농형 태양광 등의 시장으로 확대되며 다양한 환경 대응형 분산전원으로 발전하고 있다. 다양한 형태의 태양광 모듈 및 고출력 모듈의 개발은 단순 친환경 청정전기를 생산하는 발전소의 개념에서 벗어나 일상 생활에서 태양광의 활용에 대한 수용성을 확대시켜줄 것이다. 태양광은 향후 그린 수소 생산을 통한 규모의 수소 경제로의 전환을 구현할 수 있는 주된 재생에너지원으로서 탈탄소 사회를 구현하고 기후 위기를 극복할 수 있는 핵심 수단이다. 이러한 사회적 가치 실현뿐만 아니라 우리나라가 주도하는 미래 에너지 산업으로 육성할 수 있도록 산학연 관계자들이 치열하게 준비해야 할 것이다.

Keywords: 탄소중립, 태양광 산업, 친환경



Efficient, stable silicon tandem cells enabled by anion-engineered wide-bandgap perovskites

Byungha Shin[†]

Department of Materials Science and Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology
(byungha@kaist.ac.kr[†])

Perovskite photovoltaic technology has advanced substantially, with the present record efficiency for single-junction devices reaching > 25%. One of the most promising strategies for commercializing these devices is to apply a perovskite top cell in tandem with a Si bottom cell to reach ultrahigh efficiency beyond the Shockley-Queisser limit for single-junction devices. The ideal band gap for the tandem configuration is ~1.67 to 1.75 eV for the top cell and 1.12 eV for the bottom cell, which, fortuitously, is the Si band gap. The band gap of perovskites can be tuned by (partial) replacement of iodine anions with bromine or chlorine. However, the replacement of I with Br by more than 20%, which is necessary to enlarge the band gap to ~1.7 eV, leads to stability issues under illumination through phase separation that forms I-rich and Br-rich structures. One approach to stabilize the perovskite is to create a two-dimensional (2D) phase in which sheets of $[\text{PbX}_6]^{-2}$ octahedra are separated by an excess number of long-chain (or aromatic) molecules that act as a passivation agent. Common long-chain or aromatic molecule-based 2D additives include n-butylammonium iodide (n-BAI) and phenethylammonium iodide (PEAI). Most of the recent studies have focused on the cation components of the 2D additives rather than focusing on the anions. We developed a 2D-3D mixed wide band gap (1.68 eV) perovskite using a mixture of thiocyanate (SCN) with the more conventional choice, iodine. Through a careful application of atomic resolution transmission electron microscopy, we demonstrated that electrical and charge transport properties as well as the physical location of 2D passivation layers can be controlled with anion engineering of the 2D additives. Moreover, we can use this approach to extend light stability and to improve device performance. For a perovskite device, we achieved a PCE of 20.7% that retained > 80% of its initial efficiency after 1000 hours of continuous illumination in working conditions. For a monolithic 2T perovskite/Si tandem solar cells, the champion 2T tandem device achieved a PCE of 26.7%.^[1]

References

[1] Shin et al. Science 368, p. 155 (2020).

Keywords: perovskite, tandem solar cells, 2D additives

고효율 실리콘 태양전지 기술 개발 현황

송희은[†], 강민구, 박성은, 정경택, 이태경, 최성진, 이상희, 민관홍

한국에너지기술연구원
(hsong@kier.re.kr[†])

글로벌 친환경 정책인 탄소중립(Net-zero)을 실현하기 위해서 신재생에너지의 활용도가 높아지고 있다. 그 중 태양광 발전의 점유율이 점점 증가하고 있으며 향후 그 점유율은 더욱 확대될 것으로 예상된다. 현재 태양광 산업은 균등화발전 원가(LCOE, Levelized Cost of Electricity)를 감축 시키기 위한 다양한 실리콘 태양전지 기술개발이 진행되고 있다. 태양광 산업에서 발전원가를 가장 많이 결정하는 주요 요소는 실리콘 태양전지의 성능이며, LCOE를 낮추기 위해서는 고효율 & 고출력 실리콘 태양전지 기술개발이 반드시 필요하다. 현재 고효율 태양전지 기술개발 이슈는 실리콘과 금속이 접촉되는 계면의 재결합 손실을 최소화하기 위한 Passivated contact 혹은 전하선택접합(carrier selective contact) 기술이 활발하게 연구되고 있다. 이 기술을 활용한 실리콘 태양전지 중 Tunnel oxide passivated contact(TOPCon) 태양전지는 현재 양산형 실리콘 태양전지를 대표하는 Passivated emitter and rear contact(PERC) 태양전지의 한계점을 극복할 수 있고, 양산형 PERC 태양전지 공정 라인에 적용할 수 있는 ‘after PERC’ 구조로써 향후 태양광 산업의 주요 고효율 실리콘 태양전지가 될 것으로 예상된다. 이와 더불어 동일 면적 대비 고출력 실리콘 태양전지를 위한 대면적화 실리콘 태양전지($\geq 182 \times 182$ mm²) 기술개발이 이슈가 되고 있으며 이에 따른 대면적 실리콘 태양전지 장비 기술 개발의 중요성도 확대되고 있다. 본 발표에서는 기존 상용화 실리콘 태양전지의 한계점을 극복하기 위한 한국에너지기술연구원의 실리콘 태양전지 기술개발 현황에 대하여 발표하고자 한다.

Keywords: 실리콘 태양전지, TOPCon, PERC, 고효율, 대면적



탄소중립도시를 위한 태양광 기술 개발 동향 및 전망

윤재호[†]

한국에너지기술연구원
(yunjh92@kier.re.kr[†])

2050년 탄소중립을 위한 여러가지 방안들이 논의되고 있다. 온실가스의 배출을 줄이기 위해서는 태양광과 풍력과 같은 무탄소 전기의 확대가 필수적이다. 특히 태양광은 경제성, 응용성 측면에서 가장 검증된 기술이라고 할 수 있다. 하지만 태양광 보급 확대를 위해서는 입지부족 문제와 계통 안정성 이슈를 극복해야 한다. 이러한 문제를 극복하기 위해 최근 도시형 태양광을 통한 분산발전의 확대 더 나아가 탄소중립도시 개념이 제안되고 있다.

주택, 건물, 도로, 자동차 등 도심내 공간들을 활용한 태양광 발전은 상대적으로 숨어있는 입지를 활용한다는 장점 뿐만 아니라 프로슈머형태로 전기를 활용할 수 있어 계통에 대한 부담도 줄어든다. 하지만 기존의 대규모 태양광 발전에 비해 발전량이 적고 가격도 상승한다. 그리고 사용자의 수용성도 더욱더 중요하게 된다.

이러한 문제들을 기술적으로 극복하기 위하여 경량, 유연, 다색, 반투명 등 기능성 태양전지에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 스테인리스 스틸이나 폴리머 기판을 사용한 플렉시블 태양전지 기술, 유리를 사용하지 않은 경량 모듈 제조 기술, 컬러 유리를 사용하거나 태양전지에 색깔을 구현하는 기술, 그리고 반투명 태양전지 기술등이 대표적이다.

본 발표에서는 향후 탄소중립도시 구현을 위한 도시형 태양전지 및 태양광 시스템 기술의 동향에 대해서 살펴보고 최근 연구가 진행되고 있는 경량 유연 태양전지 및 모듈 기술에 대한 동향 및 전망에 대해 토의하고자 한다.

Keywords: 탄소중립도시, 도시형 태양광, 박막태양전지, 유연 경량

SA-5

Alchemist project “Development of silicon based super solar cells”

Hae-Seok Lee[†]

Graduate School of Energy and Environment (KU-KIST Green School), Department of Integrative Energy Engineering,
Korea University
(lhseok@korea.ac.kr[†])

Industrial crystalline silicon (c-Si) solar cells with using a screen printing technology share the global market over 95% and they will continue to be the same for at least the next decade.

Recently, industrial c-Si solar cells have been developed to realize high efficiency, and consequently interested in n-type wafer based Si cell technology, Tunnel Oxide Passivated Contact(TOPCon), Hetero-junction with Intrinsic Thin Layer (HIT) and Perovskite/Si tandem solar cells^[1]. In particular, development of ultra-high-efficiency(35%) Perovskite/Si tandem solar cells is underway as a national alchemist project to solve industrial difficulties.

In this presentation, development of a new silicon bottom cell with TOPCon structure in Tandem solar cells are summarized, and the current status of materials and process equipment development of TOPCon cells is introduced. Finally, the present efficiency of Perovskite/Si (TOPCon) tandem solar cells is reported.

References

[1] H.S.Lee. Advance Materials 32 (2020).

Keywords: TOPCon, silicon solar cells, perovskite, tandem solar cells

압연기술을 이용한 나노/미크론 Bimodal Structure를 가진 복합 알루미늄 판재의 제조 및 평가

이성희[†]

국립목포대학교
(shlee@mokpo.ac.kr[†])

1인 Mobility 시대가 임박해 옴에 따라 미래전기자동차, 초소형 친환경자동차, 도심형항공기, 드론, 로봇 등 미래의 모빌리티 산업에 있어서 에너지 효율을 극대화시키는 고강도/고연성을 갖는 구조용 경량 소재의 수요가 급증하리라 예상된다. Al합금은 경량이며 미려할 뿐만 아니라 안전하며 내부식성, 경량성, 강도 등에서 우수한 특성을 갖추고 있으므로 자동차 등 수송기기용 구조재료로 이미 많이 사용되고 있으나 미래 모빌리티 산업의 수요를 충족시키기 위해서는 고강도와 함께 고연성의 특성을 동시에 겸비해야 한다. 나노미터 order(~200nm)의 초미세결정립과 기존 micron order의 결정립이 혼재한 bimodal structure를 갖게 되면 강도 및 연성 모두가 우수한 특성을 발휘한다는 Johns Hopkins 대학의 Prof. Ma 교수 연구팀의 논문이 발표된 이래로 bimodal structure 또는 heterogeneous microstructure를 가진 금속재료와 관련된 연구가 많은 주목을 받고 있다. 본 강연에서는 다양한 압연 공정을 통하여 나노/미크론 결정립이 혼재한 고강도/고연성 특성을 갖는 복합 알루미늄합금을 개발한 연구 사례를 소개하고자 한다.

Keywords: 알루미늄합금, 압연, 미세조직, 기계적 특성, bimodal structure

Exploring the deformation behavior and microstructure of Al based materials

박현순[†]

인하대학교

(hsparkinha@inha.ac.kr[†])

Exploring the deformation behaviors and microstructures on micrometer and nanometer scales are very important for understanding Al based material property and its application to engineering. In this talk, I introduce the deformation behaviors of Al6061/nano-Al₂O₃ composites and Al-Mg alloys, which was tested by using both compression and torsion tests. The composite fabricated by the infiltration method consisted of an Al matrix and Al₂O₃ particles with a mean size of 200 nm. The hot deformation mechanism in Al6061/nano-Al₂O₃ composites is believed to occur through dynamic recrystallization, where fine equiaxed grains and dislocations were observed at the deformed specimens [1]. Strain distribution in plane-strained (rolling) and simple-sheared (torsion) Al-Mg alloy has been estimated using both X-ray line profile analysis and electron backscatter technique. The strain analyses under unified texture distribution by orientation rotation showed that torsion has relatively homogeneous strain distribution regardless of texture component in contrast to inhomogeneous strain in rolling. In addition, annealing texture of torsion has more random texture than inhomogeneous rolling texture. [2, 3]

References

- [1] K. H. Yeon, H. S. Park, M. S. Kim, S. B. Yu, J. K. Lee, Characterization of hot deformation behavior of nanosized Al₂O₃ reinforced Al6061 composites, *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* 19, 3929 (2019)
- [2] H.-W. Son, J.-C. Lee, H. S. Park, S.-K. Hyun, Strain distributions of plane-strained and simple-sheared Al-Mg alloy, *Metals and Materials International*, <https://doi.org/10.1007/s12540-020-00677-x> (2020)
- [3] H.-W. Son, C.-H. Cho, J.-C. Lee, K.-H. Yeon, J.-W. Lee, H. S. Park, S.-K. Hyun, Deformation banding and static recrystallization in high-strain-rate-torsioned Al-Mg alloy, *Journal of Alloys and Compounds* 814, 152311 (2020)

Keywords: Deformation behavior, Microstructure, EBSD, TEM, Imaging

기능성 알루미늄 합금 설계 및 부품화 기술 개발

김세훈[†]

한국자동차연구원
(shkim@katech.re.kr[†])

수송기기 분야에서 배출가스 및 연비 규제가 가속화됨에 따라 소재의 경량화 및 차세대 xEV 구동시스템의 고성능/고효율화에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. xEV 차량의 성능 향상은 구동모터의 성능 향상과 함께 적용 부품이 고전압에 대응이 가능해야 하며, 효율 향상을 위해서는 차량의 종합적인 열관리가 매우 중요하다. 따라서 차세대 xEV에 적용되는 알루미늄 합금은 경량화를 위한 고강도 및 열관리를 위한 방열 특성과 함께 효율적인 냉각을 위해 설계된 하우스링 복잡 형상에 대응이 가능하도록 주조성 또는 소성가공성 등의 복합다기능화가 필수적으로 요구된다.

본 연구에서는 차세대 xEV 차량에 적용 가능한 고강도 6xxx계 및 7xxx계 알루미늄 합금의 설계와 함께 주요 첨가원소가 열전도도와 소성가공성에 미치는 영향을 분석하였다. 합금 설계 및 주요 특성은 J mat. Pro 소프트웨어를 이용하여 열역학적 해석을 진행하였고, 중력 주조 및 압출을 통해 기계적 특성과 열전도도를 평가하였다.

Keywords: 알루미늄 합금, 고열전도도, 고강도, 전신재

Effect of boron nitride nano sheet (BNNS) on grain growth behavior of aluminum matrix composites

최현주[†]

국민대학교 신소재공학부
(hyunjoo@kookmin.ac.kr[†])

While nanocrystalline (NC) aluminum(Al) exhibit superior strength to conventional microcrystalline metals, their thermal instability has hampered their application at high temperatures. Herein, we propose two-dimensional (2D) boron nitride nanosheets (BNNS) as reinforcement to enhance the strength as well as the thermal stability of NC Al. The strength of pure Al was increased from 80 to 468 MPa by refining its grains from ~600 to ~40 nm, and it was further enhanced to 685 MPa by incorporating 2 vol% of BNNS. Moreover, the small amount of BNNS was found to effectively suppress grain growth of NC Al at 580 oC (~0.9 T_m, where T_m is the melting point of Al), preventing a strength drop at the high temperature. Finally, the Zener pinning model along with phase-field simulations was utilized to qualitatively analyze the effect of the BNNS on the grain boundary pinning as a function of volume, shape and orientation of the reinforcement. It demonstrated that the pinning force of 2D reinforcements is much higher than that of spherical particles. Hence, 2D BNNS offer the possibility of developing Al-matrix nanocomposites for high-temperature structural applications.

Keywords: aluminum, BNNS, composites, grain growth

고성능 세라믹 강화 알루미늄 복합소재 개발

조승찬[†], 이동현, 신상민, 박병진, 김정환, 이상복, 이상관

한국재료연구원
(sccho@kims.re.kr[†])

산업사회의 고도화 및 글로벌 시장경쟁의 가속화에 따라 기계·전자 부품의 고집적화, 고성능화 요구가 증대되면서 고온, 마모, 부식 등에 견뎌야 하는 가혹한 산업환경으로 빠르게 변화하고 있어 기존 소재의 성능한계 극복 및 신기능을 부여하기 위한 연구가 진행되고 있다.

따라서 경량화는 물론이고, 고강도, 고기능성 재료의 요건을 모두 충족시키기 위해서 다양한 강화재를 금속기지에 분산시킨 금속복합재료에 대한 연구가 진행되어 왔다. 특히 세라믹 강화 알루미늄 복합재료(Aluminum Matrix Composite; AMC)는 알루미늄 합금 기지에 세라믹 강화재를 인위적으로 분산시켜 기존 알루미늄 합금보다 상온 또는 고온에서 우수한 기계적, 물리적 특성을 가지며 산업적으로 활용 가능성이 높은 소재이다.

본 연구에서는 교반주조 및 액상가압성형 공정을 이용하여 B₄C, SiC 등의 세라믹 입자가 강화된 알루미늄 복합재료를 제조하였다. 미세조직 관찰 결과 세라믹 입자가 기지재 내에 균일하게 분산, 함침된 형상을 관찰할 수 있었으며, 상온 및 고온에서 기지재 대비 우수한 기계적, 물리적 특성을 나타냄을 확인할 수 있었다. 상기의 결과들을 통해 세라믹 입자 강화 알루미늄 복합재료의 수송, 원자력, 우주, 항공 등 다양한 산업분야에 적용 가능성을 확인하였다.

본 연구는 한국재료연구원 주요사업(PNK7380)의 지원으로 수행되었습니다.

Keywords: 알루미늄 복합소재, 세라믹, 교반주조, 액상가압성형

Clusters and their strengthening of Al-Zn-Mg-Cu alloy during natural aging

어광준[†], 정재길, 이상화

한국재료연구원
(keuh@kims.re.kr[†])

최근 수송기기 경량화의 핵심 소재로서 고비강도 특성을 갖는 Al-Zn-Mg-Cu계 알루미늄 합금에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. Al-Zn-Mg-Cu계 알루미늄 합금은 용체화처리 후 인공시효에 의한 석출강화를 이용하여 고비강도 특성을 구현할 수 있는 소재이나 용체화처리 후 자연시효 현상이 발생하여 설계된 특성과 상이한 특성을 나타내는 경우가 자주 발생한다. 본 연구에서는 열간압출 후 450°C에서 용체화처리한 Al-7.6Zn-2.6Mg-2.0Cu-0.1Zr-0.1Ti(wt.%) 합금의 자연시효 시간에 따른 석출 거동과 기계적 특성에 대하여 고찰하였다. 시효 거동 분석을 위하여 경도 및 비저항 측정, 열분석을 실시하였으며, TEM(transmission electron microscopy), GPA(Geometric phase analysis), 3D-APT(3-dimensional atom-probe tomography)를 이용하여 석출상 생성 거동을 관찰하였다. 또한 인장 특성 평가를 통하여 미세조직과 연계한 강화기구를 설명하고자 하였다. 0.5시간 자연시효 후 GP-I zone이 형성되었으며 자연시효 시간이 증가함에 따라 경도와 비저항이 증가하였다. 자연시효 1500시간부터 GP-II zone이 형성되었으며 이후 자연시효 시간에 따라 경도는 지속적으로 증가하나 비저항은 감소하였다. 3D-APT 분석 결과 GP zone은 55Al-23Zn-20Mg-3Cu (at.%) 조성으로 Zn/Mg비(at.%)는 약 1.2였으며 평균 반경, 분포밀도, 부피분율은 각각 0.76 nm, $3.2 \times 10^{24} \text{ m}^{-3}$, 0.58%였다. 각 GP zone의 중심부에서의 lattice misfit strain은 GP-I 2.6%, GP-II 7.8%로 측정되었다. 인장시험 결과 자연시효에 의하여 항복 및 인장 강도가 증가하였으나 연신율은 감소하였다. 1500시간 자연시효된 시편에서 항복강도 모델링을 통하여 도출된 GP zone에 의한 강도 증가분은 약 346MPa로 이는 약 4%의 misfit strain을 갖는 GP zone의 dislocation shearing에 기인하는 것으로 판단된다.

Keywords: Aluminum, Al-Zn-Mg-Cu, natural aging, cluster, strengthening



초소형 질화물 반도체 광원 구조 제작 및 물성 연구

조용훈[†]

한국과학기술원 (KAIST)
(yhc@kaist.ac.kr[†])

최근 질화물 반도체를 기반으로 한 LED가 가지는 다양한 장점을 바탕으로 초소형 고효율 광원과 고해상도 디스플레이로의 응용에 대한 관심이 높아지고 있다. 질화물 반도체 단위 구조를 소형화하기 위해서는 bottom-up 방식으로 성장하거나 top-down 방식으로 식각을 통해 제작할 수 있는데, 접근하는 방식에 따라 독특한 특색과 장단점이 존재하게 된다. 본 발표에서는 상술한 두 가지 접근 방식들을 이용하여 다양한 마이크로 및 나노 스케일의 질화물 반도체 구조들을 제작한 결과를 설명하고, 이렇게 제작된 구조들에 대한 체계적인 구조적, 광학적, 전기적 분석 결과를 논의하고자 한다. 특히 단일 마이크로 및 나노 구조에 대하여 높은 공간 분해능을 갖는 다양한 물성을 조사하였으며, 제작 방식과 LED의 모양 및 크기에 따른 광학적 특성을 구조적, 전기적 특성과 비교하여 초소형 LED 제작에 있어 고려해야 할 이슈들을 논의하고자 한다.

Keywords: 초소형 LED, 질화물 반도체, 광학적 물성

SC-2

MOCVD pulsed-mode growth of III-nitride nanorod arrays for optoelectronic applications

배시영[†]

한국세라믹기술원
(siyoubae@gmail.com[†])

III-nitride-based wide bandgap semiconductor materials have been extensively studied over the several decades owing to desirable material properties for high efficiency semiconductor devices. Especially, nanoscale architectures of III-nitrides inspire the outstanding performance of light-emitting devices by providing several merits: suppression of the quantum-confined Stark effect, enhanced indium incorporation, tuneable emission spectrum by adjusting the diameter and/or external bias and large emission area. It has been employed several approaches to form the architecture of III-nitride nanorod array. In this talk, our works to form III-nitride nanorods are presented including both bottom-up and top-down techniques. Especially, selective-area epitaxy via MOCVD pulsed-mode growth is mainly mentioned. Growth behaviors are compared among various material templates by characterizing material and optical properties of nanorod arrays. The growth and characterizations of InGaN/GaN core-shell nanorods are also reported for the applications of optoelectronic devices.

Keywords: Wide bandgap semiconductor, nanorod, selective area growth, pulsed-mode growth, MOCVD

Mixed dimensional heterostructures for semiconductor light emitting diode display applications

정건욱[†]

울산과학기술원
(kunookc@unist.ac.kr[†])

The chip-scale integration of red-green-blue semiconductor light-emitting diodes (LEDs) on a flexible and wearable substrate would lead to a realization of next-generation display technology, taking advantage of outstanding device performances of the semiconductor devices, such as high brightness, low power consumption, and long-term device stability. However, because the conventional thin-film LEDs can only generate monochromatic emission due to their active region possessing uniform quantum wells, the multi-color emission is still a major challenge in inorganic displays. Moreover, high-quality LEDs have been grown on rigid single-crystal substrates at high growth temperatures over 1000°C which limits semiconductor LED displays to be flexible and/or wearable. In this presentation, the speaker will review methods to resolve these problems using mixed-dimensional heterostructures. A device platform comprising of semiconductor heteroepitaxy on the 2D layered materials was utilized for the transferable and flexible inorganic LEDs and integrated optoelectronics with electronics. The 2D layered material, such as graphene films, not only provides a good seeding layer for the high-quality semiconductor growths but also acts as an interlayer for transferring the semiconductor devices to arbitrary substrates. Furthermore, various diameters of nanopillar and micropillar LEDs were fabricated on a single chip enabled us to demonstrate monolithically addressable full-color light emitters where the color control mechanism was a local strain engineering. The device performances of the monolithically integrated full-color LEDs, including color mixing characteristics, will also be discussed.

Keywords: LED, 복합차원 소재, 이종구조, 풀컬러, 유연소자

Diamond Material for Electronic and Quantum Device Applications

남옥현[†]

한국산업기술대학교
(ohnam@kpu.ac.kr[†])

Recently, diamond has attracted extensive attention as a single crystal semiconductor material for quantum devices as well as electronic devices. For example, diamond-based devices can operate at high temperatures because of its wide band gap (5.5eV) and high thermal stability. Also, diamond is known as an ultimate candidate for ultra-high power and ultra-high frequency electronic device applications, because the BFOM and JFOM, power capability and RF capability for diamond semiconductor are 50,000 and 1,340, respectively, which is approximately 100 times and 3 times higher than those of Si and SiC, respectively. In addition, the nitrogen-vacancy center (NV center) in diamond has been studied for the applications of quantum computing, quantum communication and quantum sensing etc. For example, an individual NV center can be used as a basic unit for a quantum computer, a qubit. Additional potential applications in novel fields of electronics and sensing include spintronics, masers, and quantum sensors etc.

The researches for diamond single crystal semiconductor materials and devices in USA, Japan and EU have been supported by the governments for over 10 years. However, there has been almost no government support for diamond semiconductor material research in Korea. In this talk, it is reported the current status and future prospect of diamond single crystal semiconductor material for electronic and quantum device applications. Also, diamond research of the Korea Polytechnic University will be introduced and discussed in the conference.

References

- [1] M. Kasu, Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials 62 (2016) 317–328
- [2] T. Kwak and O. Nam et al., Boron-Doped Single-Crystal Diamond Growth on Heteroepitaxial Diamond Substrate Using MPCVD, Physica Status Solidi A 2020, 1900973.
- [3] T. Kwak and O. Nam et al., Diamond Schottky barrier diodes fabricated on sapphire-based freestanding heteroepitaxial diamond substrate, Diamond & Related Materials 114 (2021) 108335.

Keywords: Diamond, Electronic device, Quantum Device

Universal and scalable route to fabricate GaN nanowire-based LED on glass substrate by MOCVD

류상완[†], Muhammad Ali Johar, 송현규¹, Aadil Waseem, 조용훈¹

전남대학교; ¹KAIST
(sangwan@chonnam.ac.kr[†])

In order to fabricate the cost-effective LEDs on larger scale, the most efficient approach is the growth of scalable and high crystal quality GaN nanowires on amorphous substrate, preferably glass. Here, for the first time, we have demonstrated the growth of GaN nanowire-based LEDs by MOCVD on an amorphous glass substrate. InGaN/GaN multiple quantum well shells are conformally grown on semipolar {11-22} growth facet of m-axial GaN core nanowires and resulted in reduced quantum confined Stark effect. The PL spectroscopy of the GaN core nanowire-ensemble reveals a very high crystal quality due to the dominant emission from the band-to-band transition and absence of a characteristic yellow luminescence. The QW emission wavelength was tuned from 460-670 nm. Furthermore, the temperature-dependent PL of the nanowire ensemble exhibits a very high internal quantum efficiency of 76.1%. Therefore, the ultrashort radiative lifetime of the carriers was in the range between 19 ps and 54 ps. The grown semipolar InGaN/GaN QW core-shell nanowires have been successfully fabricated into LEDs, showing the prospect of light emitters grown directly on glass substrates. These results emphasize the potential of our approach to grow high-crystal quality GaN nanowires on amorphous substrates for large scale production and various optical applications such as LEDs, solar cells, and photodetectors.

Keywords: GaN, nanowire, core-shell, LED, InGaN

Effective Assembly and Thermal Management of Flexible/Stretchable Micro LEDs

김태일[†]

성균관대학교
(taeilkim@skku.edu[†])

As flexible and deformable electronics dramatically advance, their components should be fabricated for miniaturized scale, and integrated on limited-size substrates with extremely high density. Current technologies for 1) the integration and interconnection of electronics as well as 2) preventing thermal degradation in deformable electronics show some critical limitations in the application of microscale electronics. It is noted that highly integrated assembly usually has inevitable concern on assembling accuracy which requires critical alignment and thermal degradation due to limited heat releasing property of flexible and stretchable substrate. To address these problems, herein, a new direct and vertical interconnection driven by selective dewetting of a polymer adhesive is introduced for question #1. The interconnection system consists of the polymer adhesive and nanosized metal particles, or structured electrodes. Nanoscale-dewetting windows formed by controlling the stability and wetting property of the adhesive polymer are controlled by the interfacial property of the coated polymer adhesive. The adhesive is coated on substrate by a simple spin-coating process, and its ultraviolet curable property allows only the device-mounted parts to be selectively conductive and sticky, while the other parts form insulation and protection layers. The interconnection of the electronics and substrate by adhesive makes it possible to apply the technique to various microsize electronics with electrode size and pitch of 20 μm or less, and endure dramatic temperature change and a long-term high humidity environment. Moreover, over display comprising over 10 000 microscale light-emitting diodes (micro-LEDs), and commercialized microchips are demonstrated with monolithic integration on flexible and transparent substrate. Presented here for question #2, moreover, is an effective assembly technique to realize a continuous array of boron nitride (BN) nanosheets on tetrahedral structures, creating 3D thermal paths for anisotropic dissipation integrated with deformable micro LEDs. The tetrahedral structures, with a fancy wavy shaped cross-section, guarantee flexibility and stretchability, without the degradation of thermal conductivity during the deformation of the composite film. The structured BN layer in the composites induces a high thermal conductivity of 1.15 $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$ in the through-plane and 11.05 $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$ in the in-plane direction at the low BN fraction of 16 wt%, which represent 145% and 83% increases over the randomly mixing method, respectively. Furthermore, this structured BN composite maintains thermal dissipation property with 50% strain of the original length of composite. Also, various electronic device demonstrations provide exceptional heat dissipation capabilities, including thin film silicon transistor on flexible and stretchable composite, respectively.

Keywords: micro LED

마이크로 LED 디스플레이 기술 개발

김자연[†], 사기동, 김은비, 김사웅, 정지호

한국광기술원
(jykim@kopti.re.kr[†])

마이크로 LED는 머리카락 굵기보다 작은 사이즈인 100 um x 100 um 이하의 사이즈를 가지는 LED를 가리킴. 이러한 마이크로 LED는 고효율, 저전력, 저결합적의 10마이크로 이하의 얇은 두께를 가지고있어 스트레처블 기판 및 유연기판, 3차원 구조의 기판에 실장이 가능하여 웨어러블 디스플레이, 피부부착형 의료기기, 반도체 장비, 자율주행 센서 및 빅데이터 서비스용 광원등과 같은 다양한 분야에 적용할 수 있음. 또한 밝은 휘도, 고명암비, 넓은 색영역, 빠른 응답속도의 특성을 가지고있어 최근 LCD, OLED를 대신하여 차세대 디스플레이의 고해상도 픽셀로 새롭게 떠오르고 있음. 하지만 이러한 마이크로 LED는 극소로 작은 크기, 얇은 두께로 인하여 새로운 전사 방법, 본딩 방법, 디스플레이 패넬화, 측정, 리페어 기술 등 해결해야할 난제들이 많이 남아있음. 본 발표에서는 마이크로 LED 기술의 트렌드와 기판 분리 기술, 전사 및 접합 공정 기술 개발에 대한 최근 연구 결과와 50PPI 급 디스플레이 구현 기술개발에 대한 결과를 소개하고자 함.

Keywords: 마이크로 LED, 디스플레이, 전사, 본딩, CLO, ACF

SD-1

Selective electrochemical NO-to-NH₂OH conversion catalyzed by isolated Fe catalyst

최창혁[†]

GIST

(chchoi@gist.ac.kr[†])

Electrocatalytic conversion of nitrogen oxides to value-added chemicals is a promising strategy for mitigating the human-caused unbalance of the global nitrogen-cycle, but controlling product selectivity remains a great challenge. Here we show iron-nitrogen-doped carbon as an efficient and durable electrocatalyst for selective nitric oxide reduction into hydroxylamine. Using in operando spectroscopic techniques, catalytic site is identified as isolated ferrous moieties, at which the rate for hydroxylamine production increases in a super-Nernstian way upon pH decrease. Computational multi-scale modeling attributes the origin of unconventional pH dependence to the redox active (non-innocent) property of NO. This makes the rate-limiting NO adsorbate state more sensitive to surface charge which varies with the pH-dependent overpotential. Guided by these fundamental insights, we achieve a Faradaic efficiency of 71% and an unprecedented production rate of 215 $\mu\text{mol cm}^{-2} \text{h}^{-1}$ at a short-circuit mode in a flow-type fuel cell without significant catalytic deactivation over 50 h operation.

Keywords: Electrocatalysis, nitrogen cycle, single-atom metal catalyst, nitric oxide, hydroxylamine

SD-2

Ultra-thin Ni-Fe layered double hydroxide nanosheet: unraveling hidden factors of oxygen evolution reaction via in-situ/operando spectroscopies

오형석[†]

한국과학기술연구원
(hyung-suk.oh@kist.re.kr[†])

Ni-Fe layered double hydroxides (LDH) are active materials used for oxygen evolution reaction (OER) in alkaline environments. In this study, a facile and scaling up synthesis route using a surfactant for ultrathin Ni-Fe LDH nanosheets was newly proposed. We clarified the role of the surfactant in triggering the ultrathin nanosheet evolution. A hidden phase transformation mechanism of the Ni-Fe LDH was also uncovered by combining *in-situ/operando* X-ray absorption spectroscopy, X-ray diffraction, and energy dispersive spectroscopy. The Ni-Fe LDH underwent a chemically induced phase transformation in an alkaline environment without applied electrical potential. The resulting phase transformation product persisted throughout the entire OER cycle, such that it played a dominant role in the process. The presence of high-valent Ni and Fe was observed on the surface, hence, the OER selectivity and catalytic turnover frequency were enhanced in the low overpotential domain. We attributed this enhancement to the ultrathin nanosheet form of the LDH and resulting surface property.

Keywords: Oxygen evolution reaction (OER), NiFe, water electrolyzer, in-situ/operando analysis

SD-3

Manipulating dynamic surface transformation of electrocatalysts for superior water oxidation

Jian Wang, Se-Jun Kim¹, Hyungjun Kim¹, Jongwoo Lim[†]

Department of Chemistry, College of Science, Seoul National University, Seoul, 08826, Republic of Korea.;

¹Department of Chemistry, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Daejeon, 34141, Republic of Korea
(jwlim@snu.ac.kr[†])

Rationally manipulating the *in-situ* formed catalytically-active surface of catalysts remains a tremendous challenge for highly-efficient water electrolysis. Here we present a cationic redox-tuning method to redirect dynamic surface restructuring from the same parent structure, for electrochemical oxygen evolution reaction (OER). Partially replacing oxygen of the layered transition metal oxides with halide modified redox transitions during the OER, which was monitored by *operando* X-ray absorption spectroscopy. Surface-restructured transition metal oxides showed an OER activity approximately two orders of magnitude higher than that of benchmark RuO₂ and sustained this high activity for 500 h without degradation, making it among the best OER electrocatalysts ever reported. This work makes a stride in modulating surface restructuring and opens up new opportunities to design superior OER electrocatalysts via tuning cationic redox.

Converting Carbon Dioxide at the Electrochemical Interfaces

이찬우[†]

국민대학교 응용화학부
(cwlee1@kookmin.ac.kr[†])

Electrochemically converting carbon dioxide into valuable chemicals and fuels such as formate, carbon monoxide, methane, ethylene and ethanol represents a promising strategy to reduce carbon emission and to store electric energy as a chemical form toward carbon-neutral cycles. The carbon dioxide reduction reactions in aqueous electrolytes has multiple reaction pathways and related intermediates that are involved in the reactions simultaneously. In addition, hydrogen evolution reaction always occurs vigorously from proton reduction and water reduction. More importantly, the binding energies of the involved intermediates are interrelated, e.g. scaling relation which limits the utilization of single transition metals and motivate researchers to develop advanced materials with proper binding characters for intermediates. In this regard, delicate control of electrocatalysts and catalyst-electrolyte interfaces is required to achieve high product selectivity with low overpotential and high stability. Here, recently reported strategies for efficient production of formate, carbon monoxide and ethylene are comprehensively introduced, focusing on the design of metal-oxide interfaces and electrode structures as well as electrolysis methods.

Keywords: carbon dioxide, electrochemical reduction, electrocatalyst

SD-5

C- $\text{Na}_3\text{V}_{1.96}\text{Fe}_{0.04}(\text{PO}_4)_3/\text{Fe}_2\text{P}$ Nanoclusters As Cathode Materials for High-Power Sodium-Ion Batteries

황장연, 김재국[†]

전남대학교

(jaekook@chonnam.ac.kr[†])

In this presentation, I synthesized the carbon-coated $\text{Na}_3\text{V}_{1.96}\text{Fe}_{0.04}(\text{PO}_4)_3\text{-Fe}_2\text{P}$ composite (NVFP-FP/C) through a one-pot pyro-synthesis method and proposed as potential cathode for high-rate sodium-ion batteries. The $\text{Na}_3\text{V}_{1.96}\text{Fe}_{0.04}(\text{PO}_4)_3\text{-Fe}_2\text{P}$ composite consists of unique nanoclusters of electrically conductive ultra-fine Fe_2P crystals randomly dispersed among the NVP particles. The presence of Fe_2P in the composite cathode greatly enhances its electronic conductivity and Na^+ -ion diffusion coefficient; hence, the NVFP-FP/C cathode exhibits a high discharge capacity, remarkable long term cycling stability over 2000 cycles at 20 C and excellent power capability up to 40 C.

Keywords: sodium-ion battery, high capacity, cathode material

Lithium-Chelating Resins Functionalized with Oligoethylene Glycols toward Lithium-Ion Battery Recycling

구병진[†]

단국대학교 고분자시스템공학부
(bkoo@dankook.ac.kr[†])

Recycling spent lithium-ion batteries (LIBs) is an important consideration both to preserve metal resources and to reduce hazardous waste. One recycling method is to extract lithium and cobalt ions using organic solvents that contain battery components. However, it is hard to achieve the complete separation of metal ions and this also requires multiple steps. Herein, functionalized polymeric resins are reported, that can capture both lithium and cobalt ions from organic solutions and separate them chromatographically. Specifically, Merrifield resin is functionalized with oligoethylene glycol derivatives, which are structurally similar to crown-ethers. To test the lithium-ion depletion, these resins are incubated with bulk solutions of lithium cations at ≈ 50 ppm in acetonitrile. The results showed 30–45% depletion after filtration in optimal cases. To test this polymer support for chromatographic separation and check the potential for LIB recycling, a column is packed with the functionalized resin beads, and a mixture of lithium (≈ 200 ppm) and cobalt (≈ 200 ppm) ions is loaded. The column can achieve baseline separation of these ions and can be used multiple times without degradation. These results suggest that the current solvent extraction steps during recycling processes can be greatly simplified.

Keywords: 리튬, 고분자 레진, 재활용

SD-7

Metal-Organic Hybrid Materials for Electrochemical CO₂ Reduction

남대현[†]대구경북과학기술원
(dhnam@dgist.ac.kr[†])

Electrocatalytic CO₂ reduction reaction (CO₂RR) for value-added fuels and chemical feedstocks offers a pathway toward efficient renewable energy conversion and long-term seasonal energy storage. At the heart of this research is the heterogeneous electrocatalysts, a material which activates substrate species, induces concerted proton/electron transfer, binds reaction intermediates, and promotes the conversion toward target products. However, currently, the product selectivities to value-added specific product are still too low for many industrial applications.

In this presentation, I will introduce the importance of the rational material design for metal-organic hybrid heterogeneous electrocatalysts. The performance of electrocatalytic CO₂RR can be determined by how the binding site and binding action of the reaction intermediates are controlled at the surface of active materials. This talk will cover the material design principles from the thermodynamic approach for the structure and phase control of the active materials to the molecularly augmented heterogeneous catalytic approach. With the new materials for CO₂RR, a new reaction beyond CO₂RR and real time characterization such as in-situ/operando X-ray absorption spectroscopy (XAS) technique will be introduced. In the concluding remarks, the future perspective in this research field will be discussed.

Keywords: Electrochemical CO₂ Reduction, Renewable Energy Conversion, Electrocatalysts

A Study of Electrochemical Epoxidation

진경석[†]

고려대학교
(kysjin@korea.ac.kr[†])

Over several decades, electrochemistry has played an imperative role in synthetic chemistry. Starting from the Kolbe reaction, developed in 1848, a lot of effort has been devoted to synthesizing target products with the use of electrochemistry. However, although electrochemical organic synthesis can be driven with environmentally-friendly sources of electricity, only a small number of commodity chemicals have been produced via electrochemical reactions; namely, anthraquinone, some perfluorinated hydrocarbons (PFCs), and adiponitrile, a key intermediate for the polymer Nylon 6,6. Most research into these synthetic approaches is just at the laboratory or pilot scale. The fact that such minimal attention has been paid to the commercialization of these methods has been attributed to high energy costs due to the required large overpotential values and poor selectivity toward desired products. In this regard, our group will focus on addressing challenging electro-organic synthesis problems through engineering efficient catalysts and gaining a deeper understanding of reaction mechanisms on those catalysts. In this talk, I will present my previous studies about the electrosynthesis of epoxidation from olefin substrates by using nano-catalysts.

Keywords: Electrosynthesis, Epoxidation, Nanocatalysts

SD-9

Direct growth of protective layer Li₂Se on lithium metal anode for all solid-state batteries

박현중[†]

조선대학교

(hyunjung1228@gmail.com[†])

Lithium metal is considered to be the promising anode material for rechargeable batteries due to its high theoretical capacity. Recently all solid-state batteries based on sulfide-based electrolytes is emerging as next-generation batteries, and there is an effort to introduce lithium metal. However, such devices suffer from undesirable side reactions at interface between electrode materials and the electrolyte. Here we report an epitaxial growth of protective layer Li₂Se on Li metal by chemical vapor deposition. By manipulating deposition time and cooling rate, nanostructured Li₂Se are grown such as nanoparticles, nanorods, and nanowalls with a dominant (220) plane on the (110) plane of the Li metal. After uniaxial press, dense Li₂Se layers enable a strong chemical bond to a surface of Li metal and a uniform physical contact to a Li₆PS₅C sulfide electrolyte. They prevent unfavorable side reactions, resulting in a uniform charge transfer at the interface upon cycling. As a result, a full cell based on a LiCoO₂ cathode and the Li₂Se/Li metal anode shows improved electrochemical properties and demonstrates a potential use of the Li metal anode with a protective layers for all solid-state batteries.

Keywords: 전기화학, 에너지 저장 소자, 전고체 전지, 리튬 보호층

AI를 이용한 세라믹 제조혁신 플랫폼의 산업적 비전

김록원, 정승욱, 김혜진, 지수영, 김민중[†], 최요한

한국전자통신연구원 인공지능연구소
(kmj@etri.re.kr[†])

세라믹 산업은 광범위한 산업 제품의 핵심 기능을 책임지는 산업으로 다양한 전방사업의 고부가가치 창출을 견인하는 필수 소재 산업이다. 또한, 원료-소재-부품-완제품으로 연결되는 가치사슬 생태계를 구성하며, 전후방 파급효과가 큰 제조업의 근간이다. 국내 세라믹 기업은 대부분 도제식 기술 전수 방식으로 운영하고 있어 생산성 저하 등 경쟁력 약화, 도태가 우려되고 있다. 국내 첨단세라믹업체는 절반 이상이 50인 미만의 소기업이며, 자본금 10억 미만의 기업이 많은 비중을 차지하고있는 실정이다. 전기·전자, 바이오·헬스 등 전방산업의 성장에도, 핵심소재는 日, 美, 獨에서 수입 중으로, 국내 세라믹 소재 산업은 정체되고 있다. 특히, 他 소재산업(철강, 화학) 대비 세라믹은 소재 공급기업에 대기업이 없어 개별 기업의 혁신 노력으로는 산업 성장에 한계가 있어, 기업 현장 공정 변수의 빅데이터화 및 machine learning 기법을 활용한 제품 최적 수율 확보 및 개발 기간 단축을 위한 공정별 지능형 최적 공정 레시피 제공이 가능한 플랫폼 기술 개발이 요구되고 있다.

Keywords: 제조혁신, 클라우드 플랫폼, AI 골든레시피

SE-2

Crystal structure prediction using machine learning potentials

한승우[†]서울대학교 재료공학부
(hansw@snu.ac.kr[†])

While crystal structure of most unary and binary compounds were thoroughly investigated by X-ray crystallography, only about 16% and 0.6% have been revealed within the ternary and quaternary (multinary) inorganic materials, respectively. This means that at least millions of multinary compounds are yet to be revealed. Experimental data on the crystal structure accumulate at a pace of 6,000 per year and so it will take many decades to uncover a large portion of multinary domain in the structure database. On the other hand, theoretical prediction of crystal structures can expedite discovery of novel materials from uncharted chemical space. In this presentation, we develop crystal structure prediction of completely unknown compounds by employing neural network interatomic potentials as a high-fidelity surrogate model of the density functional theory. Since the crystal structure is unknown, we construct the training set using disordered phases such as liquids and amorphous structures. We confirm that the neural network potentials can rank various metastable structures properly. By combining the neural network potential and evolutionary algorithm, we search the equilibrium structure of various test compounds.

Keywords: crystal structure, inorganic compounds, machine-learning potential

Computational Screening of Argyrodite-based Solid State Superionic Conductors

이상욱[†]

한양대학교 에리카
(sulee@hanyang.ac.kr[†])

All-solid-state rechargeable lithium-ion batteries are attractive power sources for electrochemical applications due to their potential to improve safety and stability compared to conventional batteries with liquid electrolytes. Finding a solid electrolyte with high ionic conductivity and compatibility with other battery components is a key factor in increasing the performance of any solid LIB. Several structural and chemical families of solid LIB conductors such as LGPS, LISICON and Argyrodites have been shown to exhibit ionic conductivity spanning over 10mS/cm at room temperature (RT). And Lithium argyrodites make up a promising family of solid state electrolytes, characterized by the general composition of $\text{Li}_{7-y-x}[(\text{A}_{1-y}/\text{B}_y)\text{C}_4]\text{C}_{1-x}\text{X}_{1+x}$ (A, B, C and X denote elements of group IV, V, VI and VII, respectively) Here, we present systematic exploration of descriptors for computational screening of the argyrodite-based solid state superionic conductors. Argyrodite consist of polyanions and single anions surrounded by cage-like Li ion diffusion network. We found that the ionic conductivity has strong correlation with the disorderedness of single anions and the size of the Li-ion cage formed around the single anions. Especially, when the Li-ion cages are of uniform size, the inter-cage diffusion for higher ionic conductivity is accelerated. Therefore, we proposed the uniformity of Li-ion cage size as a screening descriptor for argyrodite-based solid state superionic conductors. The proposed our results will provide insights into the development of new compositions of argyrodite.

Keywords: solid state electrolyte, argyrodite, density functional theory, ab initio molecular dynamics

동적 열특성을 이용한 소재부품의 신뢰성 진단기술

만병진[†], 정태희, 최성순, 이관훈

한국전자기술연구원
(bjma77@keti.re.kr[†])

LED, 전력반도체, IC 등의 반도체의 패키지는 세라믹, 금속, 플라스틱과 같은 다양한 소재로 구성된다. 이들 소재의 물리적, 전기적, 열적 특성 및 소재와 소재가 만나는 계면에서의 접합 특성이 온습도와 같은 주위 환경 또는 시간 경과에 따라 변하기 때문에 초기 특성을 유지하지 못하고 결국 반도체 특성을 저하시키는 요인이 되기도 한다.

이러한 반도체 패키지의 성능을 평가하기 위한 방법으로 전기적 또는 광학적 방식이 주로 사용되고 있으나 각각의 방식은 감지 능력 및 해상도의 한계 등의 문제점을 갖고 있다.

본 연구에서는 패키지 내부에 실장된 반도체 PN 접합면에서의 온도 즉 ‘정선온도’의 시간적 변화(동적 특성)가 반도체 패키지 열전달 경로의 열특성 정보를 포함하고 있음을 이용하여, 반도체 패키지를 구성하는 소재 특성의 변화 및 소재와 소재 사이의 계면에서의 문제를 진단하는 것이 가능함을 설명하려 한다. 열 경로 상에서의 소재를 작은 단위로 나누고 이를 등가 열저항과 열용량으로 모델링하는 열구조함수 해석을 통하여 시간적, 공간적 분해능을 갖는 분석이 가능하였고, 실시간 분석을 위해 개발된 민감도 함수에 대한 설명을 LED 패키지 신뢰성 평가 사례를 통하여 설명하려 한다.

본 연구와 같은 소재부품의 열특성 및 고장 연구를 수행함에 있어 열전달과 관련된 3차원 유체역학 시뮬레이션과 동적 열특성 평가가 서로 보완적인 관계로 사용됨을 알 수 있었고, 수치 해석적 접근법이 기존의 평가법의 한계를 극복하고 최적화하는 데에 매우 유용함을 알 수 있었다.

Keywords: 반도체, LED, 신뢰성, 정선온도, 고장분석, 비파괴, 동적열특성



SE-5

유한요소해석과 머신러닝을 결합한 실시간 해석 기법 개발

최형석[†]

한국세라믹기술원
(hschoi@kicet.re.kr[†])

최근 산업의 전분야에서 4차산업혁명의 변화의 물결이 우리의 생활에 영향을 끼치는 것을 체감할 수 있다. 소재 분야에서도 4차산업혁명의 기법을 도입하기 위하여 국내에서 산학연이 연합해서 많은 연구를 진행하고 있다. 소재 연구 분야에서 밀도범함수 이론과 머신러닝을 결합한 소재 탐색 연구가 대표적인 사례이다. 본 연구에서는 일반적으로 사용되고 있는 시뮬레이션 기법인 유한요소해석 기법의 속도를 향상시키기 위하여 대표적인 머신러닝 기법인 딥러닝을 활용한 사례를 보고한다.

SF-1

건축용 내화 철강 개발 및 내화 기구 규명

이창훈[†], 이태호, 박성준, 강전연, 하헌영, 문준오, 장재훈, 김성대, 박형권

한국재료연구원
(lee1626@kims.re.kr[†])

최근 건축물의 초고층화 추세로 인해 화재시 막대한 인명피해가 발생할 가능성이 높아지고 있다. 이에 건축구조용 철강재료의 내화특성 향상에 대한 니즈도 지속적으로 증가되고 있다. 철강의 내화특성은 통상 상온에서의 항복강도 대비 600도에서의 항복강도 비로 평가된다. 일반강은 이 강도비가 1/3~1/2 수준으로 대체로 낮게 측정되나, 내화특성이 우수한 내화 철강은 2/3 이상의 상온 대비 600도에서의 항복강도비가 요구된다. 철강에서는 내화특성을 향상시키기 위해 미세한 석출물을 생성하는 Mo와 Nb 등의 합금원소를 주로 활용하는데, 본 연구에서는 Mo와 Nb의 첨가량에 따른 내화특성의 변화에 대해 살펴보았다. 이에 덧붙여, 한국재료연구원 철강재료연구실의 소개 및 연구 현황에 대해 간략하게 소개하고자 한다.

Keywords: 내화강, Mo, Nb, 전위



가스터빈용 TiAl 소재기술

김성웅[†], 정윤오, 박지성, 김승언

한국재료연구원
(mrbass@kims.re.kr[†])

The recent studies on developing new TiAl alloys for high temperature applications ($>900^{\circ}\text{C}$) at KIMS is introduced. TiAl alloys have been gained interest for automobile and aerospace applications due to their low density, good oxidation resistance and high temperature strength. However, lack of room temperature ductility and the limitation of operating temperature hindered the practical applications of TiAl alloys. At KIMS, we have developed new TiAl alloys which have excellent high temperature properties as well as room temperature ductility. The new TiAl alloy exhibited high temperature strength of $>500\text{MPa}$ at 950°C which was one of the highest numbers in TiAl alloys reported.

In addition, some preliminary results on forging process of the newly developed beta phase contained TiAl alloys were introduced. The forging process cannot be easily applied due to lack of high-temperature forgeability. However, the beta phase contained TiAl alloys contain beta phase volume fraction in the temperature range over 1300°C that can enhance forgeability at high-temperature. Microstructures and mechanical properties were dramatically changed with the post heat-treatment after forging process. The best approach to achieve most balanced forgeability as well as mechanical properties, and the possibility of application for gas turbine blade were introduced.

Keywords: TiAl, 가스터빈, 블레이드, 열간단조, 조직제어 열처리

SF-3

xEV 전장부품용 알루미늄 주조합금 및 공정개발 현황

어광준[†], 조영희

한국재료연구원
(keuh@kims.re.kr[†])

온실가스 감축을 목표로 하는 다양한 환경규제 강화와 연비향상 요구로 하이브리드, 플러그인 하이브리드, 전기자동차, 수소연료전지 자동차 등 전력기반 자동차(xEV) 공급 및 수요가 확대되고 있다. 경량화 이슈로 내연기관차(ICV) 대비 xEV에서의 알루미늄 사용량은 약 2배가량 증가할 것으로 예상되고 있으며 특히 배터리, 모터 등 전장부품에서의 알루미늄 적용이 두드러질 것으로 판단된다. 이에 본 발표에서는 xEV 전장부품용 알루미늄 시장 및 개발 현황에 대하여 소개하고자 한다.

Keywords: 알루미늄, xEV, 전장부품, 주조



SF-4

마그네슘 상용합금 및 KIMS 개발기술 현황

문병기[†]

한국재료연구원
(bgmoon@kims.re.kr[†])

한국재료연구원 마그네슘연구실은 구조용 금속재료 중 최경량 금속 소재인 마그네슘의 고기능·고부가가치화를 위한 전주기 기술 개발을 수행하고 있다. 고내식성 난연 소재, 주조 및 압출용 고강도 소재, 고성형성 판재와 생체분해성 소재 등 합금 설계와 제조공정 기술 개발에 주력하고 있다. 이를 통해 개발기술의 실용화와 국내 마그네슘 소재·부품산업의 발전을 위해 다양한 국내외 기관 및 기업들과 협력을 강화하고 있다. 본 발표에서는 마그네슘합금의 개요와 더불어, 당 연구실의 주요 연구분야인 고특성 난연 마그네슘 합금 설계 및 부품화 기술, 고내식 마그네슘 합금 설계 및 생체재료 응용 기술, 마그네슘 합금의 결정립 미세화를 위한 용탕처리 기술, 수송기기 경량화용 부품 제조를 위한 압연 및 압출 기술, 마그네슘 합금 스크랩 및 폐부품의 재활용 기술 등에 대한 연구 현황을 소개하고자 한다.

Keywords: 마그네슘, 합금개발

SF-5

가스터빈 고온부품용 니켈기 초내열합금 개발

최백균[†], 김인수, 도정현, 정중은

한국재료연구원 고온재료연구실
(choibg@kims.re.kr[†])

니켈기 초내열합금은 우수한 고온특성으로 인해 발전용이나 항공용엔진 등이 가스터빈의 고온부품 소재로 사용된다. 효율향상을 위해 가스터빈의 작동온도가 높아짐에 따라 고온부품의 환경도 열악해져 좀 더 고온특성이 우수한 소재개발에 대한 필요성이 계속 대두되어 왔다. 초내열합금은 FCC인 감마 기지에 주 강화상인 감마프라임이 석출되어 우수한 고온특성을 나타내는 소재이다. 기지인 감마를 강화시키고 감마프라임 자체를 강화시켜야 하고 감마와 감마 프라임의 계면이 중요한 역할을 하게 되므로 우수한 고온특성의 소재를 개발하기 위해서는 이러한 점들을 고려해야 한다. 단결정 초내열합금의 고온 특성을 높이기 위해서 Re, Ru 등의 합금원소가 첨가되었지만 이들의 고가의 희유원소 이므로 이들의 함량을 줄이면서 우수한 특성을 갖는 초내열합금 개발이 필요하다. 열역학 계산을 활용하여 Re 함량을 저감한 단결정 초내열합금 조성을 설계하였고 적합한 열처리 공정을 적용하였다. 열처리 공정에 따라 초내열합금의 감마프라임 석출물 분포 및 원소 분포가 변화하며 이에 따라 소재의 특성이 변화함을 알 수 있었다. 설계한 합금은 2세대 상용합금 Cmsx-4 대비 우수한 크리프 특성 및 주조성을 갖는 것을 확인하였다.

Keywords: 단결정 초내열합금, 합금개발, 크리프



고온용 및 내수소취화용 고엔트로피합금 개발 및 응용 연구

나영상[†], 임가람¹, 원종우¹, 김우철¹, 정덕현¹

한국재료연구원 금속재료연구본부; ¹한국재료연구원
(nys1664@kims.re.kr[†])

물리 야금 분야의 새로운 개념으로서 고엔트로피합금이 제안된 이래 고엔트로피합금의 다양한 특성에 대한 기초적인 연구가 많이 보고되어 오고 있다. 고엔트로피합금은 초기에는 높은 엔트로피 효과에 의한 단상의 합금이 주요 연구분야가 되어 왔으나, 합금 내부의 미세조직을 제어하고 제2상, 제3상이 도입되는 등 합금의 다양한 물성을 얻기 위한 다상 합금으로 그 영역이 확대되고 있다. 또한 합금의 조성에 따라 극저온, 고온, 방사선 조사, 수소 취성 등 극한 환경에서의 물성 한계를 극복할수 있는 소재로서 기대되고 있다.

본 연구에서는 한국재료연구원 특수합금연구실에서 수행하고 있는 목적 지향형 고엔트로피합금 개발 및 응용 연구 현황에 대해 발표하고자 한다. 특히 500~700°C의 중고온 영역 적용을 목표로 개발하고 있는 중고온용 경량 고엔트로피합금에 대한 연구 현황과 수소 환경에서 적용 가능한 내수소취화용 고엔트로피합금의 개발 및 응용 연구 현황에 대해 발표하고자 한다.

Keywords: 고엔트로피합금, 고온재료, 수소취성, 특수합금연구실

Strategies Towards the Synthesis of Wafer Scale Single Crystal-line 2D materials— From Theoretical Prediction to Experimental Realization

Feng DING [†]

Institute for Basic Science & Ulsan National Institute of Science and Technology
(f.ding@unist.ac.kr[†])

Wafer scale graphene single crystal the ideal for maximizing the performances of graphene-based devices and various applications, such as corrosion protection. Here we demonstrate a few routes and their experimental realizations towards the synthesis of wafer scale graphene crystal.

(i) Considering the weak van der Waals interaction between graphene bulk and the surfaces of various transition metals, we showed that a single crystal graphene island may across a grain boundary (GB) of the substrate without changing its single-crystallinity. Based on this theoretical prediction, we propose that wafer scale graphene single crystal might be synthesized on a poly-crystal metal surface via nucleation suppression. [1] Such a strategy was realized by the method of feedstock local feeding during graphene CVD growth on Cu-Ni surface. [2]

(ii) The preferential alignment of nucleated graphene island on a transition metal surface allows us to grow single crystal graphene on a symmetry matching catalyst surface and, therefore, wa-fer scale graphene single crystal growth might be achieved on a wafer scale single crystalline metal surface.[1,3,4] Experimentally, large area single crystal Cu (111) foils was synthesized and the realization of wafer scale graphene single crystal CVD growth was demonstrated.[5,6]

(iii) Besides the (111) surface of fcc crystal and the (0001) surface of the hcp crystal, our theo-retical analysis predicts that unidirectional growth of hexagonal boron nitride on a high-index metal foil is also possible. [7]

References

- [1] X Zhang, Z Xu, L Hui, J Xin, F Ding, (2012), How the orientation of graphene is determined during chemical vapor deposition growth. *The Journal of Physical Chemistry Letters* 3, 2822-2827
- [2] T Wu, X Zhang, Q Yuan, J Xue, G Lu, Z Liu, H Wang, H Wang, F Ding, Q Yu, X Xie, M Jiang, (2016) Fast growth of inch-sized single-crystalline graphene from a controlled single nucleus on Cu–Ni alloys, *Nature materials* 15, 43
- [3] J Gao, J Yip, J Zhao, BI Yakobson, F Ding, (2011) Graphene nucleation on transition metal surface: structure transformation and role of the metal step edge, *Journal of the American Chemical Society* 133, 5009-5015
- [4] Q Yuan, BI Yakobson, F Ding (2014) Edge-catalyst wetting and orientation control of graphene growth by chemical vapor deposition growth, *The journal of physical chemistry letters*, 5, 3093-3099
- [5] S Jin, M Huang, Y Kwon, L Zhang, B Li, S Oh, J Dong, D Luo, M Biswal, B V Cuning, (2018) Colossal grain growth yields single-crystal metal foils by contact-free annealing, *Science* 362, 1021-1025
- [6] X Xu, Z Zhang, J Dong, D Yi, J Niu, M Wu, L Lin, R Yin, M Li, J Zhou, S Wang, J Sun, X Duan, P Gao, Y Jiang, X Wu, H Peng, R S Ruoff, Z Liu, D Yu, E Wang, F Ding, K Liu, (2017), Ultrafast epitaxial growth of metre-sized single-crystal graphene on industrial Cu foil, *Science Bulletin* 62, 1074-1080
- [7] L Wang, XZ Xu, LN Zhang, RX Qiao, MH Wu, ZC Wang, S Zhang, J Liang, ZH Zhang, YW Shan, Y Guo, MW Willinger, H Wu, QY Li, WL Wang, P Gao, SW Wu, Y Jiang, DP Yu, EG Wang, XD Bai, ZJ Wang, F Ding, KH Liu, Towards the growth of single-crystal boron nitride monolayer on Cu, <https://arxiv.org/abs/1811.06688>

Keywords: graphene

Ultrasonic-Plasma Engineering toward Facile Synthesis of Atomic Metal-doped Carbon as Bi-functional Oxygen Electrocatalyst for Rechargeable Metal-air battery

Oi Lun (Helena) Li[†]

부산대학교
(helenali@pusan.ac.kr[†])

The growing demand for green and renewable energy has inspired the vigorous development of power conversion and storage devices that reveal high power densities and eco-friendly [1]. Among the numerous energy conversion devices, rechargeable metal-air batteries feature much higher theoretical densities compared to metal-ion devices [2]. Yet, their widespread commercialization of these batteries is hindered by the high cost and poor stability of noble-based electrocatalysts during repeated charge-discharge, which involves the oxygen reduction reaction (ORR) and the oxygen evolution reaction (OER) [3]. Atomic transition metal-doped nitrogen-carbon (NC) matrices are promising successors of the corresponding noble-metal-based catalysts, offering the advantages of ultra-high atom utilization efficiency atomic and surface energy [4]. In particular, The superior catalytic activity of Metal-N₄ mainly originates from the specific coordination between transition metal atoms and nitrogen, which provides a highly efficient means of modifying local electronic states [5].

Despite these achievements, the fabrication of well-dispersed M-N₄/NCs remains challenging. Notably, control of the interfacial contact between the metal atoms and the charcoal support as well as that of metal atom dispersion are crucial for ORR/OER activity enhancement [6]. The synthesis of molecular M-N₄/NCs nanomaterials often requires numerous steps and tedious processes [7]. Herein, ultrasonic-plasma engineering allows direct carbonization in a precursor solution containing metal-phthalocyanine and aniline. When combining with the dispersion effect of ultrasonic waves, we successfully fabricated uniform atomic M-N₄ (M = Fe, Co) carbon catalysts with a production rate as high as 10 mg/min. The Co-N₄/NC presented a potential bifunctional drop of $\Delta E = 0.79$ V, outperforming the benchmark Pt/C-Ru/C catalyst ($\Delta E = 0.88$ V) at the same catalyst loading. Theoretical calculations revealed that Co-N₄ was the primary active site with superior O₂ adsorption-desorption mechanisms. In a practical Zn-air battery test, the air electrode coated with Co-N₄/NC exhibited a specific capacity (762.8 mAh/g) and power density (101.62 mW/cm²), exceeding those of Pt/C-Ru/C (700.8 mAh/g and 89.16 mW/cm², respectively) at the same catalyst loading. Moreover, for Co-N₄/NC, the potential difference increased from 1.16 to 1.47 V after 100 charge-discharge cycles. The proposed innovative and scalable strategy was concluded to be well suited for the fabrication of single-atom-doped carbons as promising bifunctional oxygen evolution/reduction electrocatalysts for metal-air batteries.

References

- [1] N. N. Xu, J. A. Wilson, Y. D. Wang, T. S. Su, Y. N. Wei, J. L. Qiao, X. D. Zhou, Y. X. Zhang, and S. H. Sun. *Appl. Catal. B: Environ.* 272 (5), 118953 (2020).
- [2] C. Guan, A. Sumboja, H. J. Wu, W. N. Ren, X. M. Liu, H. Zhang, Z. L. Liu, C. W. Cheng, S. J. Pennycook, and J. Wang. *Adv. Mater.* 29, 1704117 (2017).
- [3] Y. F. Yuan, K. Amine, J. Lu, and R. Shahbazian-Yassar. *Nat. Commun.* 8, 1–14 (2017).
- [4] J. X. Han, X. Y. Meng, L. Lu, J. J. Bian, Z. P. Li, and C. W. Sun. Single-atom Fe-N_x-C as an efficient electrocatalyst for zinc-air batteries. *Adv. Funct. Mater.* 29, 1808872 (2019).
- [5] Z. H. Wang, H. H. Jin, T. Meng, K. Liao, W. Q. Meng, J. L. Yang, D. P. He, Y. L. Xiong, and S. C. Mu. *Adv. Funct. Mater.* 28 (39), 1802596 (2018).
- [6] S. S. Zheng, X. R. Li, B. Y. Yan, Q. Hu, Y. X. Xu, X. Xiao, H. G. Xue, and H. Pang. *Adv. Energy Mater.* 7 (18), 1602733 (2017).
- [7] E. Lam, and J. H. T. Luong. *ACS Catal.* 4 (10), 3393–3410 (2014).

Keywords: Plasma Engineering, single-atom metal catalyst, oxygen reduction reaction, oxygen evolution reaction, zinc-air battery, water splitting

SG-3

Water-stable perovskites with high fluorescence quantum yield from a methylammonium lead bromide/formate mixture in water

Bright Walker[†]

Department of Chemistry, Kyung Hee University
(walker@khu.ac.kr[†])

We've observed intense fluorescence from the surface of lead formate crystals when they are precipitated from a $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ (MAPbBr₃) perovskite precursor solution. The crystals exhibit emission in the range of 500-550 nm with a photoluminescence quantum yield (PLQY) of up to 70%. The fluorescence is stable in water and at elevated temperature without significant decrease in PLQY for months, conditions which instantly decompose MAPbBr₃. Fluorescence occurred with the highest quantum efficiency of 70% at an optimal 1:0.3 molar ratio of methylammonium formate and lead bromide and decreased rapidly for other ratios. Fluorescence was quenched using other halides (Cl or I) or other cations (Cs, ethylammonium, propylammonium, etc.) Single crystal analysis indicates that the material possesses the lead formate structure with lattice parameters which are identical to pristine lead formate, however, analysis of the particles by EDX, XPS and fluorescence microscopy confirms the presence of Br and fluorescence emission on the particle surfaces. The observed material characteristics indicate that the emissive species consists of a mixed-valence surface layer of Pb coordinated to both Br and formate ligands.

Characterizing ultrathin oxidic films on metals: Role of high-level theory and high-resolution experiments

Aloysius Soon[†]

연세대학교 신소재공학과
(aloyusius.soon@yonsei.ac.kr[†])

Accurate atomistic models for metal/oxide interfaces play a pivotal role in determining copper-based interfacial processes, ranging from electronic circuitry wirings to chemical catalysis. The oxidation of copper surfaces has been studied extensively in the literature -- from simple oxygen chemisorption structures to the formation of complex surface oxides and thin oxide films. The “29” and “44” surfaces represent two of the most classical embryonic oxides on Cu(111). Although many attempts have been made to offer detailed atomistic models of these surface oxides, their atomic structures remain elusive. Here, we address this open question via state-of-the-art ab initio scanning tunneling microscopy (STM) simulations that go beyond the simplistic Tersoff-Hamann’s approach where the (functionalized) metal STM tips are explicitly included, and they are corroborated by precise single crystal growth methods (with ultra-low surface roughness) and high-resolution STM experiments. We find that the fine structures of STM images of the “29” and “44” surfaces are correctly captured with STM theories going beyond the Tersoff-Hamann approximation only. Furthermore, we elucidate a complete atomistic model for the larger “44” surface, completing the picture of early oxidation on copper.

Keywords: 밀도범함수이론, 구리 산화물, 산화물 박막, 주사터널링현미경, 시뮬레이션

SG-5

Reducing Time to Material's Discovery: M3I3

홍승범[†]

한국과학기술원
(seungbum@kaist.ac.kr[†])

Renaissance established the scientific method, a system by which both observation and reason are employed in order to test the proposed mechanisms for planetary motion. Descartes promoted science by first questioning everything and then building up a theory based on sound observational evidence. Materials science is no exception in the sense that visualization of order parameters or materials properties provides the solid ground on which materials theory and design can flourish.

Recently, KAIST announced 10 flagship research fields, which include KAIST Materials Revolution: Materials and Molecular Modeling, Imaging, Informatics and Integration (M3I3). M3I3 initiative aims at reducing the time for discovery, design and development of new materials based on multiscale processing-structure-property relationship and materials hierarchy, which will be quantified and understood through combination of machine learning and scientific insight.

In this presentation, I will present the role of materials imaging combined with machine learning in realizing our vision of M3I3.

Keywords: M3I3, Materials Imaging, Machine Learning, Data Mining, Battery Materials

Theoretical approaches to developing stable and efficient lead-free halide perovskites

홍기하[†]

한밭대학교 신소재공학과
(kiha.hong@hanbat.ac.kr[†])

The toxicity of lead is one of the major bottlenecks for the commercialization of metal halide perovskite (MHP) solar cells. Numerous efforts are underway to create Pb-free solar cells to solve this issue. However, the performance of Pb-free solar cells still lacks compared to that of Pb-based devices. There have been noticeable improvements in the power conversion efficiency (PCE) for the tin-halide perovskites. However, the best PCE of Sn-based solar cell is still under 15 %, although that of Pb-analogs have already exceeded 25 %. The stability of lead-free perovskites is also challenging. Therefore, there have been enormous efforts to overcome the poor efficiency and stability of tin-halide perovskites.

The development of stable lead-free perovskites is one of the goals of our research group. We have been trying to develop efficient ways to enhance lead-free perovskites' stability and efficiency using theoretical calculations. It is presented that the fundamental issues on tin-halide perovskites' stability and suggest the pathway based on our theoretical findings. Then, our efforts to develop new lead-free perovskites will be addressed. The halide perovskite systems have various challenging points in terms of theoretical calculation, which demand specific calculation modules. We have been developing the automated massive calculation package to find potential lead-free perovskite candidates. The research progress using our computational tool will be addressed on Bi-based halide perovskites.

Keywords: Halide perovskite, Solar cell, Density functional theory, Computation

콜로키움



Toward Scalable Production of Single Crystal Graphene

이재현[†]

아주대학교 신소재공학과
(jaehyunlee@ajou.ac.kr[†])

Graphene has been intensively studied since 2004 because of its incredible and unique physical, chemical, and electrical properties. The efficient production of single-crystal graphene (SCG) over a large-scale still remains a challenge toward industrialization of various electronic, photonic, mechanical, and other devices based upon the outstanding properties of graphene. Here, I am going to introduce our strategies for the production of SCG via bottom-up and top-down approaches. At first, I will present a scalable growth of SCG through “transplanting” uniaxially aligned graphene “seedlings” on the larger-area catalytic growth substrate [1]. By inducing homo-epitaxial growth of graphene from the edges of the seed arrays without additional nucleations, we obtained SCG with an area four times larger than the mother graphene seed substrate. And then, I will introduce a layer-engineered exfoliation technique for graphene that allows us to obtain large-size monolayer SCG, up to a millimeter size [2]. By adjusting the interfacial toughness through the deposition of different metal films (Pd, Ni, Co) that have higher interfacial toughness than the Au film, large-area graphene with a controlled number of layers is also obtained.

References

- [1] ACS Nano 14, 3141 (2020)
- [2] Sci. Adva. 6, eabc6601 (2020)

Keywords: single crystal, graphene, chemical vapor deposition, exfoliation

Performance Enhancement of Carbon/Cu Composites for Lightweight Electrical Cables

배수강[†]

한국과학기술연구원
(sbae@kist.re.kr[†])

With the growth in electrification, the demand for the functionality and feature of electric vehicles (EVs) is increasing, and accordingly, the required weight of copper (Cu) is increasing. Additionally, Cu usage is increasing as the wiring/functions of autonomous vehicles (AVs) increase. Therefore, energy efficiency due to the high mass density of Cu electrical cables has become a challenging issue to be overcome. With this trend, carbon-metal core-shell wire is an attractive lightweight material. However, previously reported carbon-metal core-shell wire remains a challenge to further improving its properties. Here, we report CNTF-Cu-Gr wires by introducing graphene into Cu electroplated on CNTFs. The electroplated Cu was coated with graphene via chemical vapor deposition, which also provided synergetic effects, enabling better thermal and electrical properties. These CNTF-Cu-Gr wires exhibit excellent overall performance in terms of mechanical, electrical, and thermal properties with lightweight. We expect that these dual core-shell wires will be used in practical applications in the near future.

Keywords: Carbon-Metal Composites, Lightweight, Electrical Cable, CNT, Graphene, Copper

Solution-Processable Double-Walled Carbon Nanotube Transparent Electrode for Perovskite Solar Cells

Il Jeon[†]

Department of Chemistry Education Pusan National University
(il.jeon@spc.oxon.org[†])

Double-walled carbon nanotubes (DWNTs) have shown potential as promising alternatives to conventional transparent electrodes owing to their solution-processability as well as high conductivity and transparency. However, their DC to optical conductivity ratio is limited by the surrounding surfactants that prevent the p-doping of the DWNTs. To maximize the doping effectiveness, the surfactants are removed from the DWNTs, with negligible damage to the nanotubes, by calcination in an Ar atmosphere. The effective removal of the surfactants is characterized by various analyses, and the results show that the optimal calcination temperature is 400 °C. The conductivity of the DWNTs films improves when doped by triflic acid. While the conductivity increase of the surfactants-wrapped DWNT films is 31.9%, the conductivity increase of the surfactants-removed DWNT is found to be 59.7%. Using the surfactant-removed, *p*-doped, solution-processed transparent electrodes, inverted-type perovskite solar cells are fabricated, resulting in a power conversion efficiency of 17.7% without hysteresis. This work advances the application of DWNTs in transparent conductors, as the efficiency obtained is the highest value achieved to date for carbon nanotube electrode-based perovskite solar cells and solution-processable transparent electrode-based solar cells.

Transmission Electron Microscopy on Magnetic Materials: Magnetic Skyrmion

김태훈[†]

전남대학교
(thk@jnu.ac.kr[†])

자성소재는 magnetic flux를 제공하는 것이 주 목적인 영구자석, 외부로부터 자성체에 가해지는 각종 물리량(자기장, 응력 등)의 변화에 따른 자성체의 특성 변화 현상을 이용하여 외부의 물리량 변화를 유추하는 각종 자기 센서, 그리고 자기 테이프, 하드 디스크, 자기 메모리 등 자기적 정보를 저장하는 정보 저장장치 등 다양한 분야에서 응용되고 있다. 각종 자성소재, 자성재료를 개발 및 제작하기 위해서는 여러 공정들의 이해 및 적용이 중요하며, 더불어 미세조직, 자구변화 등 재료 내에서 발생하는 변화에 대한 이해도 중요하다.

투과전자현미경 (Transmission Electron Microscope, TEM)은 전자빔을 광원으로 사용하는 고분해능 영상 분석 장비로서, 시료를 투과한 전자를 이용하여 재료 내 미소영역에서의 미세조직, 격자결함, 결정성, 화학조성 등의 정보를 얻는다. 본 연구에서는 전자현미경을 활용한 다양한 자성소재의 분석 예시 들을 분석 기법과 함께 소개 및 비교하고자 한다. Nd-Fe-B 계 자성 분말에서 수소 열처리 공정 중의 상변화 분석, melt-spinning으로 제조된 Nd-Fe-B 자석의 열처리 중 외부자장의 변화에 따른 미세조직, 자기특성 변화 등을 소개한다. 일반적인 미세조직 분석과 더불어 Lorentz 투과전자현미경 분석 기법을 이용하여 Nd-Fe-B 재료의 조직에 따른 자구 관찰 결과를 소개한다. 또한, 최근 나노 스케일의 스핀 소용돌이로 스핀트로닉스를 활용한 자기메모리 소자 응용으로 주목을 받고 있는 자기 스커미온을, 투과전자현미경을 이용하여 관찰한 결과를 소개한다.

Keywords: 투과전자현미경, 자성재료, 상변화, 미세조직, 자구, Lorentz TEM

Fiber-Shaped Organic Ferroelectric Memories Based on Nanograined P(VDF-TrFE) Films

강민지[†]

한국화학연구원
(mj kang@kriect.re.kr[†])

Fiber electronics is a valuable technology for the development of wearable applications, especially for smart textiles. However, the fabrication of flexible electronic fibers that enable to record and process electrical/environmental signals generated under various strain conditions remains still challenging. Here, fiber-shaped organic ferroelectric transistors that can be used as nonvolatile memories and artificial synapses are fabricated on a thin metal wire. A fiber coating technique using a capillary tube and controlling solution viscosity allows the formation of a uniform ferroelectric nanograined film on the 1D fiber substrate. The uniform morphology offers excellent memory characteristics and diverse synaptic functions. The electronic fibers maintained their performance even under mechanical strain. These results will broaden the research vision for developing smart e-textile, including future personalized health monitors.

Keywords: Fiber electronics, Organic memories, wearable electronics, Organic Ferroelectrics

일반초청강연



저가 고열전도성 산화물 방열 소재의 저온 소결과 열전도 특성

안철우, 노승준¹, 배성환¹, 박지호, 하수진, 차현애, 민유호, 최종진, 한병동[†]

한국재료연구원 기능세라믹연구실, ¹경남대학교 나노신소재공학과
(cera72@kims.re.kr[†])

최근 전기자동차를 비롯한 첨단산업의 급속한 발전과 함께 전자제품의 열관리가 더욱 어려워지면서 고품질 열관리 부품의 필요성이 대두되고 있다. 그러나 우수한 방열 성능을 보이는 질화물 소재는 비싼 가격으로 인하여 적용이 어려운 실정이다. 이러한 이유로 저가 산화물 방열 소재의 방열 특성 향상 연구가 요구되고 있으며, 경남대학교와 한국재료연구원에서 최근 연구하고 있는 ZTA (Zirconia Toughened Alumina)를 비롯한 다양한 저가 산화물 방열 소재에 대해 소개하고자 한다. 특히, 1500°C 미만의 낮은 소결온도로 소결된 저가 방열 산화물 소재의 미세구조가 저가 방열 산화물 소재의 기계적/열적 특성에 미치는 영향에 대해 소개한다.

Keywords: 방열소재, 산화물, 저온소결, 전기자동차, 미세구조

2D Single-Crystalline Metallic Nanosheets: Synthesis, Dimension control and Applications

Ho Kwang Choi, Sukang Bae¹, Sang Hyun Lee², Seoung-Ki Lee³, Tae-Wook Kim[†]

Department of Flexible and Printable Electronics, Jeonbuk National University, 567 Beakje-daero, Deokjin-gu, Jeonju, Jeollabuk-do, 54896, Republic of Korea; ¹Institute of Advanced Composite Materials, Korea Institute of Science and Technology, Jeollabuk-do, 55324, Republic of Korea; ²School of Chemical Engineering, Chonnam National University, 77 Yongbong-ro, Buk-gu, Gwangju 61186, Republic of Korea; ³School of Materials Science and Engineering, Pusan National University, 2, Busandaehak-ro-63-beon-gil, Geumjeong-gu, Busan 46241, Republic of Korea (twk@jbnu.ac.kr[†])

Among the various metallic materials, copper is promising because it is inexpensive, abundant, and highly conductive. Synthetic methods and growth mechanisms to form various morphologies of Cu nanostructures and their use in various engineering applications have been intensively studied. The growth of anisotropic metallic nanocrystals is possible through a slow reduction process, which provides a better chance to overcome the thermodynamically favored reaction toward the formation of truncated nanocubes or multiple twinned particles due to their intrinsically higher energy compared with other isotropic shapes. The sophisticated controls on kinetics of nucleation and growth is required. In this reason, there have been few reports on growth of Cu nanosheets and their practical applications, compare to Cu nanowires.

In this study, we synthesize copper nanowires (Cu NWs) and copper nanosheets (Cu NSs) using a hydrothermal process. The combination of a mild reductant, stabilizer, and shape modifier allow the dimensional control of the Cu nanocrystals from one-dimensional (1D) nanowires to two-dimensional (2D) nanoplates. HR-TEM reveals that the prepared Cu NSs had a single-crystalline structure. From the XPS analysis, we found that iodine plays an important role in the modification of the copper nanocrystals through the formation of an adlayer on the basal plane of the nanoplates. We successfully synthesized Cu NSs with an average edge length of 10 μm , and these Cu NSs are the largest copper 2D crystals synthesized by a solution-based process so far. The application of the metallic 2D crystals as a semi-transparent electrode prove their feasibility as a conductive filler, exhibiting very low sheet resistance ($0.4 \Omega/\square$) compared to Cu NWs and a transmittance near 75%. The efficient charge transport is due to the increased contact area between each Cu NS, i.e., so-called plane contact (2D electrical contact). And also, we observed outstanding electromagnetic interference shielding(EMI SE) efficiency from the hierarchical porous film with layer-by-layer assembly of 2D Cu NSs.

Keywords: Copper nanoplates, Dimension control, Conductive fillers, Electronic ink, EMI SE

금속 할라이드 소재를 활용한 용액공정 기반 P형 반도체 합성 및 TFT 응용

홍기현[†]

충남대학교 신소재공학과
(khong@cnu.ac.kr[†])

무기계 박막 박막트랜지스터 (TFTs)는 금속 산화물 및 화합물을 반도체 소재로 사용한 스위칭 소자로 기존 실리콘 소자 대비 우수한 전하 이동도, 높은 광투과도, 낮은 제조비용 등의 장점으로 인해 디스플레이 및 전자회로 분야에 활발한 연구가 진행중에 있다. 하지만 현재까지 보고되고 있는 무기계 TFTs는 주로 산화물 기반 n형 반도체를 주로 사용하고 있으며 반면 p형 반도체를 사용한 p채널 TFT의 경우 낮은 전하이동도와 불안정성으로 인해 성능이 부족한 실정이다. 본 연구에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 기존의 산화물 소재에서 탈피하여 np ($n > 5$) 오비탈을 포함하는 새로운 금속 할라이드 반도체 소재를 합성하고 이를 p채널 TFT에 적용하여 성능을 평가하였다. 소자의 성능을 극대화하기 위해 전해질 게이팅 기술을 적용하였으며 이렇게 제작된 소자는 평균 1V 미만의 낮은 구동전압과 $>50 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 의 높은 TFT이동도를 나타내었다. 제작된 소자의 전자소자 응용가능성을 검증하기 위해 complementary inverter를 제작하여 성능을 평가한 결과 우수한 스위칭 특성과 gain 값을 얻을 수 있었다.

Keywords: 전이금속 할라이드, P형 반도체, 고이동도 TFT, 유연 전자소자

구두발표



Stable dielectric properties at high temperature of $\text{BaTiO}_3\text{-(Bi}_{0.5}\text{,Na}_{0.5})\text{TiO}_3$ ceramics synthesized by hydrothermal synthesis

송태영, 성우준, 김한울, 권도균[†]

한국항공대학교 신소재공학과
(dkwon@kau.ac.kr[†])

Recently great interests of hybrid cars or electronic cars lead to unlimited research about pulsed power system.

The capacitors which are one of the most important components composing pulsed power system exhibit high energy density and thermal stability in wide range of temperature. Relaxor ferroelectric ceramics are promising materials to satisfying these requirements for pulsed power capacitors.

In this study, relaxor ferroelectrics, $\text{BaTiO}_3\text{-(Bi}_{0.5}\text{, Na}_{0.5})\text{TiO}_3$ (BT-BNT) system is introduced.

The BT which is popular lead-free ferroelectrics has phase transitions at 0°C and 120°C , which causes dramatic change of dielectric permittivity.

For addition of BNT its phase transition temperature is shifted to higher or lower temperature, and relaxation behavior was observed that can exhibit stable dielectric properties over a wide temperature range.

Several approaches have been developed to overcome the limitations of the traditional solid state reaction process in preparing high-purity, ultra-fine BaTiO_3 , $(\text{Bi}_{0.5}\text{, Na}_{0.5})\text{TiO}_3$ powder with good chemical homogeneity at lower temperatures.

Among the various preparation methods developed so far, the hydrothermal synthesis has been appeared to be one of suitable methods for the industrial requirements of BaTiO_3 , $(\text{Bi}_{0.5}\text{, Na}_{0.5})\text{TiO}_3$ powders.

This method has the following advantages. The moderate temperatures required by this technique not only reduce the energy cost but also enhance the reactivity of the products and high-purity and single-phase oxides can be obtained at a relatively fast rate under elevated temperature and water vapor pressure.

The micro structure observed by Fe-SEM and crystal structure and phase formation figured out via XRD.

The dielectric properties such as high temperature dielectric permittivity, loss measured in the wide frequency range.

Keywords: BaTiO_3 , $(\text{Bi}_{0.5}\text{, Na}_{0.5})\text{TiO}_3$, Hydrothermal synthesis, High temperature dielectric properties

Enhancing Electrical Properties of $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$ Film Containing Glass Frit by Aerosol Deposition

Samjeong Kim, Dae-Yong Jeong[†], Seongyub Ji, Minkyu Kim, Seungwook Kim

인하대학교
(dyjeong@inha.ac.kr[†])

To increase ferroelectric properties of $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$ (PZT), additional process is necessary. Aerosol deposition (AD) process has been studied for forming coating film at room temperature without any additional heat treatment in low vacuum. Recently, studies have been made to form a coating film of PZT by the AD method. However, coating films formed only of PZT have low energy efficiency due to their low film density and dielectric breakdown strength. In this study, PZT and glass frit (SiO_2 - Al_2O_3 - Y_2O_3 , SAY) were mixed with various volume ratios (PZT-xSAY, $x=0, 5, 10\text{vol}\%$) and coating films were produced on silicon wafers by AD method. Their surface and cross sectional microstructures were observed by scanning electron microscopy. Polarization-electric (P-E) field hysteresis loops of the coating films at room temperature were investigated via a ferroelectric tester equipped with a high voltage interface. The results showed that the microstructure of coating films was formed more dense as glass was added. In addition, depending on the ratio of PZT and glass frit, dielectric breakdown strength and energy storage characteristics changed.

Keywords: aerosol deposition, $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$, glass, electrical Properties

Effect of LiF on Microwave Dielectric Properties of β -CaSiO₃ Ceramics

Jin Seok Baek, Eung Soo Kim[†]

Department of Materials Engineering, Kyonggi University, Suwon, 16227, Korea
(eskim@kyonggi.ac.kr[†])

For ceramic substrate technology, Low Temperature Co-fired Ceramics (LTCC) is a widely used process because of its excellent properties and low cost. One of good candidate materials which can satisfy the requirements of LTCC is β -CaSiO₃. However, it is not ease to prepare the dense β -CaSiO₃ with single phase by the conventional solid state reaction method due to narrow sintering window. β -CaSiO₃ with single phase and high density can be obtained by glass-ceramics with 2-step heat treatment, but processing conditions should be controlled carefully. Based on these consideration, β -CaSiO₃ ceramics with xwt.% LiF ($0.0 \leq x \leq 0.8$) were sintered at 950°C for 3h by conventional solid state reaction method in this study. For the β -CaSiO₃ with LiF content above 0.3wt.%, the densification and dielectric properties were greatly improved, and β -CaSiO₃ ceramics with 0.5wt.% LiF showed 97.6% of relative density and Qf value(50,160GHz). However, the specimens with higher LiF content than 0.5wt.% showed the degradation of Qf value due to the secondary phase of lithium silicate and abnormal grain growth. Dielectric constant(K) and temperature coefficient of resonant frequency(TCF) of the specimens are also discussed with LiF content. With the addition of LiF, β -CaSiO₃ can be prepared by conventional solid state reaction method which could be applicable to LTCC process due to good dielectric properties and low sintering temperature.

Keywords: β -CaSiO₃, LiF, Microwave dielectric properties, Densification

High dielectric and breakdown performances achieved in MXene@PDA@Pd NPs/PVDF nanocomposites by Coulomb-Blockade Effect

지성엽, 김민규, 김삼정, 김승욱, 임지호, 정대용[†]

인하대학교
(dyjeong@inha.ac.kr[†])

Flexible dielectrics with high dielectric constant (K) and low loss have attracted considerable attention for a wide range of applications in electronic devices. In the present work, a ferroelectric polymer, poly(vinylidene fluoride-hexafluoropropylene) P(VDF-HFP) copolymer, was used to fabricate dielectric composite films with high K ceramic fillers. However, a large amount of the ceramic filler is required to satisfy enough high K of composite film, decreasing flexibility and economic efficiency. To overcome this issue, Ti₃C₂ MXene with high K conductive fillers modified with polydopamine (PDA) and metal palladium nanoparticles (MXene@PDA@Pd NPs) are introduced into a P(VDF-HFP) copolymer matrix. The PDA coating improves the compatibility between the ceramic MXene fillers and the polymer matrix. Contrary to the general idea, the ultra-small Pd NPs enhance the breakdown strength and decrease dielectric loss of the polymer nanocomposites through the Coulomb-blockade effect. This study suggests that a dielectric polymer with surface-engineered conductive MXene fillers through a Coulomb-blockade effect of metal Pd NPs might be an effective strategy for high energy storage devices.

Keywords: Coulomb-Blockade Effect, Dielectric polymer, Energy density, Nanocomposite, Nano metal

유한 요소 시뮬레이션을 이용한 저항 메모리의 전체 스위칭 사이클 해석

정동명, Sagar Khot, 권용우[†]

홍익대학교
(ykwon722@hongik.ac.kr[†])

본 연구에서는 유한 요소 해석을 사용하여 금속산화물 기반의 저항 메모리에서 Valence-change mechanism(VCM)에 대한 Forming-Reset-Set 동작의 전체 스위칭 사이클을 나타낼 수 있는 시뮬레이션 모델을 제시하고자 한다. VCM 기반의 저항 메모리에서 전도성 필라멘트는 산소 베이컨시가 응집되는 영역으로 나타낼 수 있으므로 산소 베이컨시의 분포와 형상이 모델링의 가장 중요한 변수로 볼 수 있다. 저항 메모리의 가장 대표적이며 단순한 구조인 금속-절연체-금속 구조 내에서 작동 전압에 따른 전기적 모델과 전류에 의한 줄 가열을 통한 발열 및 열 전달 해석, 산소 베이컨시의 생성과 재결합, 이동 등을 모두 통합한 fully-coupled 시뮬레이션을 시행하였으며 이 결과로 각 스위칭 과정에서의 I-V 곡선을 확인할 수 있다. 본 모델의 가장 핵심 결과는 기존의 유한요소 기반의 모델의 경우 전도성 필라멘트의 구역을 미리 정의하여 해석하였으나 본 모델에서는 필라멘트 구역을 정의할 필요 없이 생성 모델을 이용하여 저항 메모리 디바이스의 제작 직후 동작을 해석할 수 있다. 따라서 본 모델을 이용하여 Forming-free, Unipolar, Bipolar 등 여러가지 저항 메모리 디바이스에 대한 설계 해석에 사용될 수 있다.

Keywords: Resistive Memory, Resistive Switching, Valence Change Mechanism, Finite Element Simulation

Thermal atomic layer deposition of Molybdenum trioxide using metal organic precursor and H₂O reactant

이정훈, 최연식, 김병욱, 박현우, 이남규, 전형탁[†]

한양대학교
(hjeon@hanyang.ac.kr[†])

Recent days, as the semiconductor transistor scaling down attempt reaches its limit, the importance of researching and developing next generation field effect transistors (FETs) is getting higher. The attention to next generation FETs is focusing on the FETs which is based on two-dimensional (2D) materials, like transition metal dichalcogenides (TMDs) or transition metal oxides (TMOs). Transition metal oxides could be applied to a wide range of technological industry. Many kinds of TMOs have been researched and studied for their photocatalytic activities and sizable band gaps (MoO₃ : 3.2 eV). Furthermore, a high-K dielectric gate insulator has been investigated to solve the interface issues of 2D(MoS₂) based FETs. Thus, MoO₃ as a gate material could be obtained better interfacial characteristics of the devices.

This experimental introduces a method and the best condition of thermal atomic layer deposition for MoO₃ thin film. A 4-inch thermal ALD chamber, named Ginitek was used for MoO₃ thin film deposition that consisted of a rotary pump for vacuum system, hot plate for thermal ALD and piping system for precursor / reactant delivery. The rotary pump could reach a base pressure of 0.0004 torr and process pressure of 0.01970 torr with Ar gas 200 sccm feeding. Substrate were 2-inch Si/SiO₂ wafer, where the thickness of SiO₂ ~300nm. The experimental set temperature of substrate was varied from 300 to 425°C and the set temperature of precursor and precursor delivery line also had wide ranges from 50 to 80°C. Bubbler type canister was part of the precursor delivery and Ar gas (99.999%) 100 sccm was used as a bubbler gas. The film thickness and the density of MoO₃ thin film were measured by X-ray reflectivity (XRR). The film composition was confirmed through X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) and Auger electron spectroscopy (AES). To obtain the dielectric constant, C-V data were measured. And the leakage current was checked by I-V measurements.

Keywords: Metal organic precursor, Molybdenum trioxide, Atomic layer deposition

Dependence of dielectric properties and structural characteristics on Ca^{2+} substitution for Ba-/Sr-site of $(\text{Ba}_{0.7}\text{Sr}_{0.3})(\text{Ti}_{0.9}\text{Zr}_{0.1})\text{O}_3$ -based ceramics

Eung Soo Kim[†], Nak Beom Jo

Department of Materials Engineering, Kyonggi University, Suwon 16227
(eskim@kyonggi.ac.kr[†])

For various applications of MLCC(Multi-layered ceramic capacitor), the dielectric constant (ϵ_r) and breakdown voltage (V_b) of BaTiO_3 -based ceramics should be improved. Dielectric properties of the $(\text{Ba}_{0.7}\text{Sr}_{0.3})(\text{Ti}_{0.9}\text{Zr}_{0.1})\text{O}_3$ ceramics were investigated by the substitution of Ca^{2+} ions for either Ba^{2+} and/or Sr^{2+} ions, and evaluated based on the quantitative crystal structure characteristics by RIR(Rietveld refinement) method from XRD results. With the increase of Ca^{2+} contents, the specimens of both $(\text{Ba}_{0.7}\text{Sr}_{0.3-x}\text{Ca}_x)(\text{Ti}_{0.9}\text{Zr}_{0.1})\text{O}_3$ (BSCTZ) and $(\text{Ba}_{0.7-y}\text{Ca}_y\text{Sr}_{0.3})(\text{Ti}_{0.9}\text{Zr}_{0.1})\text{O}_3$ (BCSTZ) ($0 \leq x, y \leq 0.2$) ceramics sintered at 1550°C for 6h showed the decrease of unit cell volume due to the smaller ionic size of Ca^{2+} ions than Ba^{2+} and/or Sr^{2+} ions, and the diffuse phase transition of tetragonal ($P4mm$) and the cubic ($Pm\bar{3}m$) phase was detected over the entire range of compositions. The cubic phase fraction of BSCTZ ceramics decreased, while that of BCSTZ ceramics increased with Ca^{2+} ion substitution. These results can be attributed to the A-site cation size-variance effect and steric effect, respectively. And also, the dielectric constants (ϵ_r) of both compositions were decreased, while the breakdown voltage (V_b) was increased with increasing of average B-site bond valence. Optimization of the dielectric properties of $(\text{Ba}_{0.7}\text{Sr}_{0.3})(\text{Ti}_{0.9}\text{Zr}_{0.1})\text{O}_3$ -based ceramics were also discussed.

Keywords: BaTiO_3 -based ceramics, Dielectric properties, Bond valence, Rietveld refinement, MLCC

Enhanced energy storage property of $\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{Zr}_x\text{Ti}_{(1-x)}\text{O}_3$ through improvement structural stability in MPB areas and AD method

김민균, 지성엽, 김승욱, 이화평, 임지호, 정대용[†]

인하대학교

(dyjeong@inha.ac.kr[†])

The development of the electronics industry has led to an increasing demand for ceramic-based dielectric capacitors with high energy storage density. The most commonly used lead zirconate titanate (PZT) is known to exhibit stable and excellent dielectric characteristics by coexisting in morphotropic phase boundary (MPB) with lead zirconate (rhombohedral) and lead titanate (tetragonal). Although PZT is well known for its good performance, lead-free materials have been replaced with PZT due to environmental problems with Pb. $\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3$ (BNT) is a typical lead-free series of ferroelectric with high saturation polarization but it has a disadvantage that is difficult to maintain stoichiometry because of structural instability. In order to solve this issue, the improvement of stability and dielectric properties in the MPB region have been studied through a mixture of BNT(rhombohedral) and $\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{ZrO}_3$ (BNZ; orthorhombic) such as PZT. In this work, the thick film of $\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{Zr}_x\text{Ti}_{(1-x)}\text{O}_3$ (BNZT; $x=0.4, 0.5, 0.6$) was fabricated through the aerosol-deposition(AD) method and the dielectric constant and energy storage performance were measured. AD method is a physical deposition method based on particle collisions that enables ceramic coating at room temperature. AD process is enabled the enhancement of energy storage capability by forming a dense film with nano-grain. This study suggests that AD method could be applied to various applications such as electrical vehicles and mobile devices.

Keywords: MPB, $\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$, Lead-free ferroelectrics, Aerosol deposition, Energy storage property

뉴로모픽 컴퓨팅을 위한 강유전성 폴리머 기반 인공 시냅스

김승준, 박진홍, 허근^{1,†}

성균관대학교; ¹전북대학교
(kheo@jbnu.ac.kr[†])

최근 강유전성 전계 효과 트랜지스터 (FeFET)로 시냅스 특성을 구현하기 위한 다양한 노력이 이루어지고 있지만, 아직까지 시냅스 소자의 동작 특성에 대한 심층적인 분석이 더 필요한 상황이다. 본 논문에서는 강유전성 물질의 공정 온도와 접촉 금속의 특성이 시냅스 소자에 미치는 영향에 대해 조사했다. FeFET 기반 인공 시냅스의 동작 특성 측면에서 P(VDF-TrFE) 필름의 어닐링 조건을 최적화 하여, 140 °C에서 β - 상 도메인의 크기와 커버리지 비율이 최대화됨을 확인하였다. 상대적으로 높은 전자 주입 장벽을 가진 금속을 적용하여 시냅스 소자의 터널링 전류를 억제하여 동작 범위와 선형성을 개선하였다. 추가로 MNIST 데이터 세트와 신경망의 다층 퍼셉트론 개념을 사용하여 훈련 및 인식 작업에 대한 시냅스 특성의 영향을 연구했다.

Keywords: 강유전, 뉴로모픽

Highly Textured Lead-Free Piezoelectric Ceramics

박선화, 민유호, 장종문, 최종진, 한병동, 이정우¹, 안철우[†]

KIMS; ¹부산대학교 재료공학과
(cheoruah@kims.re.kr[†])

압전체는 높은 압전특성을 요구하는데, 이에 보편적으로 사용된 것이 Pb계열의 PZT ($\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$) 등이다. 하지만 전 세계적으로 환경규제로 인해 Pb사용이 제한되고 이를 대체하기 위한 재료로 KNN ($(\text{K}_x\text{Na}_{1-x})\text{NbO}_3$)이 주목받고 있으며 많은 연구가 진행되고 있다. 단결정 KNN의 경우 높은 압전특성을 지니고 있는 장점을 가지고 있지만, 공정 시간 및 비용적인 측면에서 치명적인 단점을 가지고 있으며, 다결정 KNN은 저렴하다는 장점을 가지고 있으나, 비교적 낮은 압전 특성은 해결해야할 문제로 남아있다. 이에 대한 해결책 중 대표적인 방법은 템플릿을 사용하여 분말을 일방향으로 배향 성장 시킴으로써 단결정에 준하는 고배향, 고압전 특성의 다결정 세라믹을 만드는 것이다.

본 연구에선 이차원(2D) 형태의 템플릿을 제조하는데 보편적으로 많이 사용된 등화학미세치환법(topochemical molten malt)이 아닌 단순한 용융염법(molten salt)을 활용하여 KNN계열의 템플릿을 제조하였고, 이를 이용하여 압전특성이 낮은 다결정 KNN계열 세라믹을 일방향 배향성장 함으로써 단결정에 준하는 고배향, 고압전을 가진 다결정 세라믹을 제조하였다. 본 발표에서는 이에 대한 결과에 대해 발표하고자 한다.

Keywords: Piezoelectrics, Ceramics, Texturing, Lead-Free, Templates

스핀 코팅 공정의 전산 유체 역학 시뮬레이션 및 실증적 모델링

김승준, 박진홍, 허근^{1,†}

성균관대학교; ¹전북대학교
(kheo@jbnu.ac.kr[†])

본 연구는 스핀 코팅 공정 중 발생하는 줄무늬 패턴 현상의 원인과 이를 제어할 수 있는 주요 인자들에 관한 연구이다. 줄무늬 패턴을 유발시키는 원인이 포토 레지스트의 국부적 두께 차이라는 점을 확인하였으며, 이를 개선하기 위한 파라미터들을 도출하기 위해 PR에 작용하는 힘들 간의 관계식을 세우고 주요 인자들을 도출하였다. 전산 유체 역학 시뮬레이션을 이용하여 웨이퍼 위치에 따른 두께 변화 현상에 대한 연구를 수행했다. 그 결과 코팅 막질의 두께에 영향을 주는 가장 주요한 제어 인자는 점도라는 사실을 확인하였으며, 낮은 점도 조건에서 줄무늬 패턴이 현격히 개선되는 것을 확인하였다.

Keywords: Spin coating, CFD

Effects of crystal structure on microwave dielectric properties of $(\text{Zn}_{1-x}\text{Ni}_x)_{2-y}\text{SiO}_{4-y}$ ($0.00 \leq x \leq 0.10$, $0.00 \leq y \leq 0.30$) ceramics

Nak Beom Jo, Eung Soo Kim[†]

Department of Materials Engineering, Kyonggi University, Suwon 16227
(eskim@kyonggi.ac.kr[†])

Zn_2SiO_4 with willemite structure reported an excellent quality factor ($Q \times f$), 219,000GHz of microwave dielectric properties. However, it is very hard to obtain the stoichiometric Zn_2SiO_4 composition ceramics with single phase by the solid-state reaction method at various sintering conditions, which deteriorate the microwave dielectric properties of Zn_2SiO_4 ceramics, especially quality factor ($Q \times f$). Therefore, non-stoichiometric composition of $\text{Zn}_{2-y}\text{SiO}_{4-y}$ ($0.00 \leq y \leq 0.30$) was investigated to obtain Zn_2SiO_4 structure with single phase in this study. Also, dependence of microwave dielectric properties of Zn_2SiO_4 structure on Ni^{2+} ion substitution for Zn^{2+} ion of $(\text{Zn}_{1-x}\text{Ni}_x)_{2-y}\text{SiO}_{4-y}$ ($0.00 \leq x \leq 0.10$, $0.00 \leq y \leq 0.30$) composition was studied. The crystal structure of these substitution compositions with single phase was analyzed by RIR (Rietveld-refinement) method from XRD results, and the effects of structural characteristics on microwave dielectric properties of $(\text{Zn}_{1-x}\text{Ni}_x)_{2-y}\text{SiO}_{4-y}$ ($0.00 \leq x \leq 0.10$, $0.00 \leq y \leq 0.30$) ceramics. High quality factor ($Q \times f$) of 265,800GHz was obtained for the specimens sintered at 1300°C for 3h with $(\text{Zn}_{0.95}\text{Ni}_{0.05})_{1.8}\text{SiO}_{3.8}$ composition. The relations between microstructure and microwave dielectric properties are also discussed.

Keywords: Microwave dielectrics, willemite, quality factor, crystal structure, non-stoichiometry

Enhanced dielectric properties with stress relaxation of Shape Memory Alloy substrate through Aerosol-Deposition Method

김승욱, 지성엽, 김민규, 이화평, 임지호, 정대용[†]

인하대학교
(dyjeong@inha.ac.kr[†])

With development of electrical industry, demand for a ceramic based capacitor with high energy storage density has been increased gradually. Many researchers have been studied to obtain high energy density, decreasing the film thickness through Sol-gel method, spin coating and so on. However, thin films are vulnerable to high voltage required to applications. Nanograined lead-free $6\text{Bi}0.5\text{Na}0.5\text{TiO}_3(\text{BNT})-4\text{Sr}0.7\text{Bi}0.2\text{TiO}_3(\text{SBT})$ thick films were deposited on substrate using an aerosol deposition (AD) method. The AD method based on particle's physical collision can fabricate dense film on substrate at room temperature without additional sintering process which is usually required to ceramic materials. Even though, the AD method has many advantages, there is a critical issue which is generated residual stress between the ceramic film and substrate. Annealing process is inevitable to release residual stress. This annealing process, however, induce exfoliation when the coefficient of thermal expansion (CTE) between the film and substrate is different. To solve this issue, shape memory alloy (SMA) substrate is introduced. As a result, the dielectric properties of the AD films are improved by reducing residual stress. This study suggests residual stress relaxation of AD film through SMA substrate could improve the dielectric performance.

Keywords: aerosol deposition, shape memory alloy, BNT-SBT, lead-free, dielectric, energy storage property, relaxation, stress

Demineralized bone matrix and Tri-Calcium Phosphate loaded DBM hydrogel for bone regeneration

Hoe-Jin Kang, Seong-Su Park¹, Byong-Taek Lee^{2,†}

Institute of Tissue Regeneration, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea; ¹Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea; ²Department of Regenerative Medicine, Institute of Tissue Regeneration, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea
(87jinny@gmail.com[†])

Decellularized-demineralized bone matrix (DBM), which contains a wide array of growth factors and cytokines, has been used as a bioactive matrix to promote bone regeneration. However, it requires ancillary material for the extensive use of clinical applications. Herein, we presented demineralized bone matrix particles (DBM) and tri-calcium phosphate powder (TCP) loaded DBM hydrogel (hDBM) scaffold for bone regeneration. Microstructures and morphologies of hDBM, DBM loaded hDBM (hDBM/DBM) and DBM and TCP loaded hDBM (hDBM/DBM/TCP) scaffolds were characterized by SEM. In-vitro studies showed that hDBM/DBM/TCP scaffold was biocompatible and could promote osteogenesis by up-regulating the expression of COL-1, OPN, and Runx2 bone-related genes. But unexpectedly, in-vivo studies using the rabbit-femur defect model revealed that the implanted hDBM/DBM/TCP scaffold was shown a similar pattern to fibrous dysplasia while DBM and TCP granule loaded hDBM scaffold (hDBM/DBM/TCPg) showed good bone formation. Loading TCP granules into DBM hydrogel instead of TCP powder was an effective way of modification of DBM hydrogel promoting bone regeneration.

Keywords: Decellularized-demineralized bone matrix, tri-calcium phosphate, bone regeneration

Hemostatic activity of thrombin loaded plant derived oxidized nanocellulose-gelatin based scaffolds

Md Sowaib Ibne Mahbub, Byong-Taek Lee^{1, †}

Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan-31151, Republic of Korea; ¹Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan-31151, Republic of Korea; Institute of Tissue Regeneration, Soonchunhyang University, Cheonan-31151, Republic of Korea (lbt@sch.ac.kr[†])

During different surgery, transplantation or post-surgical hemorrhage and severe bleeding in traffic accident are the main reason for trauma death. Excessive bleeding control is much important in surgery or any other trauma injury. In this work, TEMPO-oxidized nanocellulose (TOCN)/ gelatin (G) composite sponge was successfully prepared in co-operation with thrombin (Th) and their use as hemostatic material was investigated. Fourier transform infrared (FTIR) spectra confirms the presence of carboxyl group on TOCN surface and incorporation of gelatin and thrombin in the composite. Physical characteristics of the composites were observed where uniformity, porosity, water absorption ability, swelling rate, degradation behavior had relationship with the percent gelatin incorporation. Among the samples TOCN 2.5G-Th composite sponge had excellent hemostatic effect, lowest hemostatic time and lower blood loss in liver avulsion model. In addition, hemocompatibility and cytocompatibility of these sponges were also evaluated where addition of thrombin did not hamper any of the assay. In fact, thrombin enhances blood coagulation and blood cell aggregation with the prepared sponges compared with other non-thrombin loaded hemostatic sponges.

Keywords: Hemostate, Tempo Oxidized nano cellulose, Thrombin

Injectable and moldable irisin loaded bioglass alginate system for bone regeneration

Maqsood Ali, Byong-Taek Lee^{1,†}

Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, SoonChunHyang University SoonChunHyang University 366-1, Ssangyoung-dong, Cheonan-City, ChungCheongNam-Do, 31151, Korea; ¹Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan-31151, Republic of Korea; Institute of Tissue Regeneration, Soonchunhyang University, Cheonan-31151, Republic of Korea
(lbt@sch.ac.kr[†])

Bone injuries results in different movement related complications, which needs high functional grafts with growth factors and delivery systems. To overcome the problems methodologically, regenerative medicine developed and improved certain biomaterial and strategies. This project tries to provides an optimal injectable and moldable system for in vivo repair of large bone defects. The system consists of bioglass, growth factor Irisin and alginate as a carrier. Delivery of bio-glass and irisin along with in the carrier seems the best strategy for bone regeneration. The optimized bio glass confirmed as the contents of 45S5 bioglass. 90 % (120 to 150 um) porosity generated. Degradation and pH behaviors shows more than 70% within a week around the pH 7.4. MC3T3E2 osteoblasts showed the significant cells growth and calcium deposition in day 3 by Alizarin staining at 120ng/ml of Irisin loaded on bio-glass. SEM reports showed the loaded irisin and MC3T3E2 cells elongation and adhesion in pores after loading Irisin.

Keywords: Bioglass, Irisin, alginate, porosity, osteoblast

Cellulose Nano Crystal Reinforced Ca/P Based Injectable Bone Substitute with Enhanced Biocompatibility

Garima Tripathi, Byong-Taek Lee^{1,†}

Institute of Tissue Regeneration, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea; ¹Department of Regenerative Medicine, Institute of Tissue Regeneration, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea
(lbt@sch.ac.kr[†])

Injectable bone substitutes showed great potential as bone tissue engineering scaffolds for their better biocompatibility, injectability and interconnected porosity which favors loading bioactive substances. Now a day's usage of cellulose as an alternative candidate to synthetic polymers might allow the decrease of environmental impacts by attaining more simply biodegradable or reusable materials. Lately, cellulose nano crystals (CNC) are synergistically attached to functional materials to achieve better performance. CNC, can be obtained through a mechanical or chemical treatment on plant cell walls, having a low density and a high specific surface area and shows high tensile strength and elasticity. These characteristic features of CNCs are attracting researchers to use as a reinforcing agent to increase the strength of composite materials. The current article presents the trials for preparing CNC/CaP hybrid materials and offer prospects for many applications in tissue regeneration. In the present study we described a method to produce an injectable bone substitute consisting of a solid and liquid phase, the solid phase is formed using mixture of CNC laden beta-tricalcium phosphate (β -TCP). The characterization of the composite was performed by FTIR spectroscopy, X-ray diffraction, scanning electron microscopy and mechanical behavior using UTM. In vitro biological evaluations have also been conducted to confirm the bio-ability of the developed bone substitute.

Keywords: cellulose nanocrystal, β -TCP, brushite

In-vitro and in-vivo characterization of Ca-Sr-P/PLA-HAp coated Mg-Zn alloy for the orthopedic bone fixation

Seongsu Park, Byong-Taek Lee^{1,†}

Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea;

¹Department of Regenerative Medicine, Institute of Tissue Regeneration, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea

(lbt@sch.ac.kr[†])

Most materials of the bone fixation device are used by stainless and titanium alloy. But these materials occur stress shielding problems that need to removal operation by a year. Therefore, Magnesium alloy based biodegradable bone fixation device is developed. But Mg-based material have a limitation that generates a critical amount of hydrogen gas, which can occur embolus. In this study, Ca-Sr-P/PLA-Hap coated Mg-Zn alloy based bone plate was developed for biodegrading rate control. Especially, the Microstructure and composition of Ca-Sr-P/PLA-Hap coated Mg-Zn alloy plate were evaluated by SEM, EDS, XRD, and FTIR. And, hydrogen gas generation rate and pH variance by biodegradation. Furthermore, cell viability and proliferation were evaluated by the MC3T3-E1 cell line. And In-vivo biocompatibility was performed by rabbit for a month. image and histological analysis were observed by micro-CT and H&E staining.

Keywords: Magnesium Alloy, PLLA, bone regeneration, hydroxyapatite, bone plate

Dense 3YSZ Microspheres from Spray-Dried Granules

김영록, 이태원, 민유호, 장종문, 안철우, 한병동, 윤윤하, 배성환¹, 최종진[†]

KIMS; ¹경남대학교
(finaljin@kims.re.kr[†])

In general, it is challenging to attain dense granules via spray drying even after heat treatment, which is probably due to the organic components used for preparing initial slurry. In this study, we demonstrated a rational method to produce 3YSZ granules and subsequent highly dense microspheres through appropriate heat treatment. For high density, the initial aqueous suspension contained maximum contents of solid loadings together with minimum amounts of organic additives. The processing parameters were controlled to manipulate structural features (size, sphericity, etc.) of granules. The microspheres heated at 1400 °C showed superior micromechanical properties compared to the 3YSZ reported to date. In this talk, we will briefly introduce the stepwise approach for achieving dense microspheres by transforming tailor-made granules. In addition, we will compare the mechanical properties of microspheres depending on the heat-treatment temperature.

Keywords: Granules, Ceramics, 3YSZ, Spray-drying, Microspheres

CoFe₂O₄ prepared by metal-organic decomposition for highly efficient oxygen evolution reaction of water splitting

Kyung-Hwan Kim, Yun-Hyuk Choi[†]

Advanced Materials and Chemical Engineering of Daegu Catholic University
(yunhyukchoi@cu.ac.kr[†])

Cobalt ferrite (CoFe₂O₄) has attracted attention as a promising electrode material with a high catalytic activity for the anodic oxygen evolution reaction (OER) through electrocatalytic water splitting. In this work, the novel solution route based on metal-organic decomposition (MOD) process is successfully developed for a facile preparation of CoFe₂O₄. It was thermally calcinated at various temperatures (300 - 450 degree C) in an air-tube furnace. It is significantly found that a drastic cation redistribution in active sites within the spinel structure of 450 degree C - calcinated CoFe₂O₄ leads to the dramatic enhancement OER activity, including an overpotential of 359 mV at 10 mA/cm² and a Tafel slope of 53.8 mV/dec in 1 M KOH aqueous solution. Based on this work, a design principle of the MOD solution process developed can be applied to preparation of a greater variety of compositions.

Keywords: Cobalt ferrite, Metal-organic decomposition, Electrocatalyst, Oxygen evolution reaction

Solution-Based Synthetic Methods for Two-Dimensional Metal Chalcogenide Nanomaterials with Heterostructures

민유호[†], 장종문, 안철우, 최종진, 한병동, 윤윤하

KIMS
(yuhomin@kims.re.kr[†])

To date, various solution approaches have been extensively investigated for preparing anisotropic nanomaterials with 1D and 2D morphologies. Among them, metal chalcogenides have garnered attention owing to their superior properties. In particular, heterostructuring composed of dissimilar metal chalcogenides has received great attention due to their diverse potential advantages and desired properties that cannot be attained using each single component. Consequently, synthetic approaches are crucial for design of 2D architecture, because the resulting functions are highly related to the structural features such as architecture type, composition, spatial arrangement of each component, crystal structure, exposed facet and interface, dimensionality, etc. In this talk, we will introduce the recent progress on the solution-based synthetic approaches to prepare various 2D metal chalcogenide nanomaterials with heterostructure on the basis of growth mechanism. We will also talk about the discussions on the challenges to be investigated during synthesis, at the end of the presentation.

Keywords: Solution-based Synthesis, Metal Chalcogenide, Two-dimension, Heterostructure

Protein-based Architectures by 2D Shape-controllable Building Blocks and Cationic Molecular Switch

이준철, 송채연, 이지민, Herbert P. Miller¹, 조하새암, 김보필, Youli Li¹, Stuart C. Feinstein¹, Leslie Wilson¹, Cyrus R. Safinya¹, 김진주, 금형섭, 김유미, 김유진, 유병준, 이상엽, Junichi Tanaka², 전상용, 최명철[†]

KAIST; ¹UCSB; ²University of the Ryukyus
(mchoi@kaist.ac.kr[†])

Tubulins are protein building blocks that are naturally preprogrammed to assemble into cytoskeletal microtubules (MTs). MTs undergo dynamic transitions in structure for important cellular functions (e.g., cell division), which are achieved by 2D conformational changes of tubulins. We used cationic polymers as a molecular switch, which electrostatically interact with tubulins and alter their conformations, and controlled higher-order tubulin assemblies. Synchrotron small-angle X-ray scattering (SAXS) and transmission electron microscopy (TEM) reveal the tubulin-based architectures in nanoscale – especially, tubulin double helix structure. These findings provide insight into the design of 1) protein-based functional materials that keep intrinsic properties of tubulins such as a high binding affinity with MT-associated proteins or anticancer drugs or 2) metallization templates for nanoscale electronic devices. (J. Lee et al., *Small*, 2020 (cover issue), J. Lee et al., *Advanced Materials*, 2020 (cover issue))

Keywords: microtubule, tubulin, protein nanotube, self-assembly, SAXS, TEM

Nanocrystallization Strategies for Improving Stability of Perovskite Solar Cells

김민[†]

전북대학교 화학공학부
(minkim@jbnu.ac.kr[†])

Perovskite solar cells have attained tremendous interest due to their skyrocketing power conversion efficiency to 25.2% recently, becoming comparable to commercial silicon photovoltaics. However, there are still stability issues to be overcome for commercializing perovskite solar cells. Nanocrystal engineering can be one of the most effective strategies to improve the stability of perovskite devices. In particular, inorganic perovskite nanocrystals (NCs) have shown good potential as an emerging semiconducting building block owing to their excellent optoelectronic properties. In this work, we report a facile method for nanocrystallization of inorganic perovskite materials. We introduced the reprecipitation-based synthesis method, which facilitates the perovskite crystallization and leads to high chemical yield and stability. We believe our work would provide a widely utilizable method and an enormous promise for perovskite-based optoelectronic applications.

Keywords: Nanocrystal, Perovskite, Solar Cells

Insulin secretion analysis of Isolated pancreatic cells cultured on decellularized kidney Extracellular Matrix (ECM)

Minji Choi, Byong-Taek Lee^{1,†}

Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea;

¹Department of Regenerative Medicine, Institute of Tissue Regeneration, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea

(lbt@sch.ac.kr[†])

Recently, extracellular matrix (ECM) has been attracted for regeneration of pancreas due to the increasing of end stage of diabetes type 1 patients. Pancreatic beta-cell is the main insulin secretion factory in the body and the fail of beta-cell induces the breakdown of controlling blood sugar system. Thus, diabetes disease confuses the reaction and operation of the overall body endocrine system, eventually leading to various complications in the human body. In an effort to treat diabetes, even though many researches have been reported concerning on the implantation of beta-cell into hepatic portal vein and under the renal capsule, but these approaches have been recognized as a temporal treatment. In this study, we made the isolation of pancreatic cell from rat pancreas. For the basic study on the pancreatic cell attachment and proliferation behavior, we made kidney ECM slice by the decellularization process and pancreatic cells were seeded on the decellularized kidney and pancreas ECM slices as well as 3D printed PCL scaffold as a negative control, to figure out the possibility of kidney ECM for artificial pancreas.

For isolation of pancreatic cells, pancreas was extracted from Sprague dawley male rats and digested by collagenase P. Pancreatic islets were separated by histopaque concentration gradient and expanded in the developed pancreatic cell growth media. Expanded pancreatic cells were analyzed by flow cytometry and confirmed the existence of pancreatic beta cells. For the culturing of pancreatic cell on acellular scaffolds, rat kidneys and pancreas were extirpated from sprague dawley male rats and decellularized successfully with 1% SDS and 1% triton X-100. Decellularized scaffolds were analyzed by histopathological staining.

Isolated pancreatic cells were cultured on the ECM slices and PCL scaffolds at 37°C and 5% of CO₂ humid conditions for 3 days, 1 week, and 2 weeks. Distribution of isolated pancreatic cells on kidney ECM as well as cell attachment and proliferation of beta cell were investigated by the fluorescence microscope and also bio-molecular analysis.

Keywords: Pancreatic cell, Kidney, Extracellular Matrix, Decellularization, Recellularization

해조류 추출 친환경 바이오 매스기반 고성능 슈퍼커패시터 전극 소재 제작 및 특성분석

Edegulla Girija Shankar, 유재수[†]

경희대학교
(jsyu@khu.ac.kr[†])

최근 에너지 저장 시스템을 위한 자연적으로 유전된 산화 환원 이온 그룹기반 다공성 탄소 물질을 가진 바이오 매스 전구체가 그들의 손쉬운 합성, 지속 가능성, 친환경, 경제성 등으로 주목을 받고 있다. 본 발표에서는 손쉬운 탄화법을 사용하여 해조류의 표면 거칠기가 높은 개미 군체와 같은 다공질 탄소 구조체를 제작하였다. X선 광전자 분광법 및 에너지 분산형 X선 분광법 분석을 통해 제작된 다공질 탄소 구조체에서 자연적으로 유전된 pyrrolic N, pyridinic, 산화황, 카르복실기, Fe³⁺ 이온, Zn²⁺ 이온의 존재를 확인하였다. 이러한 친환경 소재를 사용하여 슈퍼커패시터의 전극을 제작하고 전기 화학적 분석을 통해, 제작된 소자가 자연적으로 유전된 그룹과 이온들이 새로운 산화 환원 반응기반 유사정전용량을 촉진함으로써 우수한 비정전 용량을 나타냈다.

Keywords: 바이오 매스, 슈퍼커패시터, 전기화학특성

LaYO₃ 소결조건이 상형성 및 충전율에 미치는 영향

최용욱, 이영국¹, 하성준, 국승우^{2,†}

한국원자력연구원 차세대핵연료기술개발부, 연세대학교 신소재공학과; ¹연세대학교 신소재공학과, ²한국원자력연구원 (swkuk@kaeri.re.kr[†])

U-Zr-RE(rare-earth) 금속연료 주조과정에서 금속연료와 도가니의 고반응성으로 핵물질 손실이 발생된다. 이러한 핵물질 손실을 최소화하기 위해서 핵연료 주조 부품과 핵물질간의 반응을 제어하는 것이 필요하다. 특히, 주조부품 중 도가니의 경우 주조과정에서 용융형태의 금속연료와 직접적으로 접촉하기 때문에 반응성을 최소화 할 수 있는 신소재 도가니 개발이 필요하다. 본 연구에서는 기존의 Y₂O₃가 코팅된 흑연 도가니의 반응성을 개선하기 위하여 LaYO₃를 활용한 신소재 도가니를 개발하기 위한 연구를 수행하였다. LaYO₃ 성형체는 CIP(Cold isostatic pressing) 방법으로 제작되었으며, 이를 이용하여 균열이 없는 고밀도 소결체를 제조하기 위한 소결연구를 수행하였다. 소결조건은 상온에서 1,450 ~ 1,550°C 까지 Air분위기에서 승온한 후 3~10시간동안 유지한 후 냉각하였다. 소결체 적합성을 평가하기 위해 밀도분석을 수행하였고, SEM(Scanning electron microscopy)을 이용하여 미세조직을 관찰하였으며, XRD(X-ray diffraction)을 통해 상 분석을 수행하였다. 1,470°C에서 10시간동안 소결된 시편이 충전율이 가장 높았고, SEM 분석을 통해 결함이 가장 적은 것을 확인하였으며, XRD 분석을 통해 LaYO₃ 단일상을 형성하는 것을 확인하였다. 본 연구 결과로 1,470°C에서 소결할 때 LaYO₃ 소재를 활용한 균열없는 도가니 제작이 가능함을 확인할 수 있었다.

Keywords: LaYO₃, sintering, metal fuel, CIP, rare-earth, melt crucible

Improved Triboelectric Nanogenerator Performance of Patterned Membranes Fabricated by Phase-Inversion Process

Geon-Ju Choi, Sang-Hyun Sohn, Il-kyu Park[†]

서울과학기술대학교
(pik@seoultech.ac.kr[†])

The importance of energy harvesting is being emphasized as the Internet of Things (IoT) technology evolves. Accordingly, energy harvesting devices are required to harvest energy in an environment-friendly method as well as to reduce weight and minimize size. Representative energy harvesting technologies for converting mechanical energy into electrical energy include Piezoelectric Nanogenerator (PENG) using piezoelectric effects and Triboelectric Nanogenerator (TENG) using triboelectric effects. However, TENG technique generates a larger voltage and current than PENG. The output performance of TENG can be improved in two ways. First, the greater the difference in electron affinity between the two materials constituting the TENG device, the better the performance. Another way is to increase the contact area between the two materials. Therefore, in order to increase the contact area, micro- or nano-patterning is performed, or it is fabricated in the form of nanofibers using electrospinning. The most common process for patterning on the surface is to cast a polymer solution into the patterned mold and then cure and peel it off. In this process, the curing takes a long time, and the membrane can be damaged easily during the exfoliation from the substrate. In this study, we report a facile and very fast pattern-formation technique by a modified phase-inversion process. The TENG performance was improved by fabricating PVDF and Nylon 66 as a pyramid-patterned membrane by phase inversion process. The pyramid-patterned membrane not only increased the surface area, but also caused a sliding mode, one of the TENG operating modes, during contact, resulting in improved TENG performance.

Keywords: Energy harvesting, Triboelectric Nanogenerator (TENG), Phase inversion

Colloidal Ni₂P Nanocrystals Encapsulated in Heteroatom-Doped Graphene Nanosheets: A Synergy of 0D@2D Heterostructure Towards Overall Water Splitting

Umesh Suryawanshi, Kim Jin Hyeok[†]

Chonnam National University
(jinhyeok@chonnam.ac.kr[†])

Transition metal phosphides (TMPs) nanostructures have been extensively studied for hydrogen evolution reaction (HER) and oxygen evolution reaction (OER). However, a phase-controlled synthesis of colloidal Ni₂P nanocrystals (NCs) or related heterostructures remains challenging and their use as a bifunctional electrocatalysts in overall water splitting (OWS) is not systematically studied. Herein, zero-dimensional (0D) colloidal Ni₂P NCs are synthesized using a robust solution-phase method and encapsulated in two-dimensional (2D) N- and S-doped graphene (NSG) nanosheets via a facile ex-situ sonication to form 0D@2D Ni₂P@NSG heterostructure. The interaction between the surface functionalities of Ni₂P NCs and defective NSG via the strong van der Waals force provides a robust sheath to Ni₂P NCs when encapsulated in NSG nanosheets, further enhancing the specific surface area and active sites exposure. Density functional theory calculations indicate that the dual interaction of N, and S dopants with the Ni₂P benefits the coordinative effect of the optimized water and hydrogen free energy adsorption. As a result, Ni₂P@NSG electrocatalysts manifest high catalytic activity towards HER and OER, and a two-electrode alkaline electrolyzer assembled by Ni₂P@NSG as both anode and cathode requires only 1.572 V to reach current density at 10 mA/cm².

Keywords: 0D@2D heterostructure, Ni₂P nanocrystals, heteroatom-doped graphene, nanosheets, overall water splitting

산화구리 박막 기반 광전극을 이용한 수소생산 및 특성 평가

박재홍, 손호기¹, 이인환^{1,†}

고려대학교 신소재공학과; ¹고려대학교 신소재공학부
(ihlee@korea.ac.kr[†])

화석연료 고갈 및 사용으로 발생된 다양한 환경문제로 인하여, 새로운 대체 에너지원에 대한 해결방안이 제시되고 있다. 그 중 풍부한 태양에너지와 물을 이용한 광 전기 화학적 수소생산 발전이 각광받고 있다. 광전기 화학적 수소생산 발전에 필요한 대표적 광전극재료로서 귀금속과 희토류 산화물이 있으나, 이는 2.6 eV 이상의 밴드갭을 가져 태양에너지 하베스팅에 어려움이 있다. 반면에 구리는 풍부한 매장량과 저가이며, 구리 산화물의 밴드갭은 1.6 – 2.4 eV로서 효율적으로 태양광을 흡수하여 이론상 -14.7 mA/cm²의 최대 광전류와 18.7%에 해당하는 광 변환효율을 가지고 있다. 하지만 광부식전위가 밴드갭 내에 위치하는 취약점이 존재하여 이를 방지하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서는 단일 산화구리 타깃을 사용하여 RF 마그네트론 스퍼터링법으로 투명전극위에 산화구리 박막을 증착하고 원자층 증착법을 통해 TiO₂ 패시베이션 층을 증착하였다. 산화구리의 최적화된 박막을 얻기 위한 공정 변수인 증착 압력을 1 - 25 mTorr를 적용하여 증착한 산화구리의 특성을 조사하였다. 증착한 모든 산화구리 박막에서 monoclinic 결정구조와 (111)면 우선 성장 배향성을 확인하였다. 특히 증착 압력 5 mTorr에서 (111)면의 회절 강도와 산화구리 박막의 결정성이 가장 우수하였으며, 증착 압력이 높아짐에 따라 박막의 결정성이 낮아지는 경향을 보였다. 산화구리를 이용한 광전극의 광 변환효율은 -5 mA/cm²이며, 이는 이론효율의 약 34% 수준이었다. 패시베이션 층을 추가한 산화구리 전극의 광 안정성 측정 결과 초기 광전류는 약간 감소하였지만 안정성은 약 3배 증가하였다. 이 결과를 통해 산화구리의 취약점을 보완하는 패시베이션 층을 활용하여 광전극의 수명을 연장하는 결과를 얻을 수 있었다.

Keywords: 스퍼터링, 산화구리 박막, 수소생산, 광 변환효율

Boron Doped Polysilicon Using Spin-on Process for Passivated Emitter

김진솔, 최동진, 박현정, 강동균, 강윤목¹, 이해석¹, 김동환^{2,†}

고려대학교 신소재공학과; ¹KU-KIST 그린스쿨 대학원; ²고려대학교 신소재공학부
(jenniek2001@korea.ac.kr[†])

Due to the increase in wafer quality, much of the efficiency loss comes from the recombination at the emitter and metal silicon interface which leads to the importance of passivation. By using boron-doped poly-Si/SiO_x as a front contact less parasitic absorption will happen compared to amorphous silicon and at the same time decrease recombination loss. In this study boron-doped poly-Si by using spin-on dopants (SODs) is proposed. The advantages of using spin-on dopants are easy doping of boron without toxic substance needed, controllable doping concentration, and cheap cost. High-temperature diffusion is done in a furnace after the application of the boron source on the poly-Si/SiO_x structure. Here, the growth of SiO_x was fixed to wet-chemical growth, and variation was given at the diffusion temperature, boron source concentration, and poly-Si thickness. The boron concentration in the poly-Si and the amount of diffusion into the silicon was checked with the SIMS profile and the passivation quality was characterized by using parameters such as J_0 and $iVoc$ from the QSSPC to optimize the boron-doping process of poly-Si through SODs.

Keywords: Boron, emitter, spin-on doping, passivated contact

Ensemble Design of Electrode – Electrolyte Interfaces: Toward High-Performance Thin-Film All-Solid-State Li – Metal Batteries

정지원[†], 김종현¹, 조수호², 김일두², 김현석¹

울산대학교 첨단소재공학부; ¹충남대학교 신소재공학과; ²한국과학기술원 신소재공학과
(jwjung4@ulsan.ac.kr[†])

Current TF-ASSBs suffer from the perpetual necessity of high-performance battery components. While every component, a series of a TF solid electrolyte (i.e., lithium phosphorus oxynitride (LiPON)) and electrodes (cathode and Li metal anode), has been considered vital, the lack of understanding of and ability to ameliorate the cathode (or anode)–electrolyte interface (CEI) (or AEI) has impeded the development of TF-ASSBs. In this work, we suggest an ensemble design of TF-ASSBs using LiPON (500 nm), an amorphous TF-V₂O_{5-x} cathode with oxygen vacancies (O_{vacancy}), a thin evaporated Li anode (evp-Li) with a thickness of 1 μm, and an artificial ultrathin Al₂O₃ layer between evp-Li and LiPON. Well-defined O_{vacancy} sites, such as O(II)_{vacancy} and O(III)_{vacancy}, in amorphous TF-V₂O_{5-x} not only allow isotropic Li⁺ diffusion at the CEI but also enhance both the ionic and electronic conductivities. For the AEI, we employed protective Al₂O₃, which was specially sputtered using the facing target sputtering (FTS) method to form a homogeneous layer without damage from plasma. In regard to the contact with evp-Li, interfacial stability, electrochemical impedance, and battery performance, the nanometric Al₂O₃ layers (1 nm) were optimized at different temperatures (40, 60, and 80 °C). The TF-ASSB cell containing Al₂O₃ (1 nm) delivers a high specific capacity of 474.01 mAh cm⁻³ under 60 °C at 2 C for the 400th cycle, and it achieves a long lifespan as well as ultrafast rate capability levels, even at 100 C; these results were comparable to those of TF Li-ion battery cells using a liquid electrolyte. We demonstrated the reaction mechanism at the AEI utilizing time-of-flight secondary ion mass spectrometry (TOF-SIMS) and molecular dynamics (MD) simulations for a better understanding. Our design provides a signpost for future research on the rational structure of TF-LIBs.

Keywords: Thin-film batteries, vanadium oxide-based cathodes, LiPON, facing-target sputtering, lithium evaporation

NASICON-type LAGP Ceramics with CVD grown 2D MoS₂ Interlayer for All-solid-state Lithium Metal Batteries

백승진, 김동규, 차은호, 김도경[†]

KAIST
(dkkim@kaist.ac.kr[†])

Interest in batteries, which is the most important factor determining the performance of electric vehicles, is increasing. In line with these demands, All-solid-state batteries (ASSB) with higher energy density and higher stability have recently begun to attract attention. The key of ASSB is high quality solid-state electrolyte. NASICON-type lithium aluminum germanium phosphate ($\text{Li}_{1.5}\text{Al}_{0.5}\text{Ge}_{1.5}(\text{PO}_4)_3$, LAGP) is regarded as one of the most promising solid electrolyte due to good chemical stability with Li. However, a number of recent studies have raised the awareness behind the issues of mixed conducting interphase (MCI) forming between LAGP and Li interface due to the degradation of ionic conductivity and fracture of LAGP with volume change during cycling. In this study, we made dense LAGP ceramics via modified pressureless sintering; in addition, partially reacted LAGP powders were prepared to analyze the sintering kinetics. Subsequently, we prepared MoS₂ coated LAGP composite with various fabrication methods including MoS₂ polishing, arranging exfoliated MoS₂ nano-sheet, and applying vertically-aligned MoS₂ by CVD growth. Therefore, Li ions are effectively intercalated into MoS₂ layers to form a lithiophilic interface, which prevents the formation of MCI. It is our goal to establish an approach of designing a lithiophilic interface with 2D materials for high performing all-solid-state lithium metal batteries.

Keywords: Solid-state electrolyte, 2D material, All-solid-state battery

리튬이온 배터리용 고성능 애노드 소재로 철바나데이트 나노구조 제작 및 특성분석

Ashok Kumar Kakarla, D. Narsimulu, R. Shanthappa, 유재수[†]

경희대학교
(jsyu@khu.ac.kr[†])

다공성 철바나데이트 (FeVO_4) 나노구조는 간단하고 손쉬운 수열합성법과 추가 열처리에 의해 합성되었다. 준비된 샘플의 형태 및 미세 구조는 각각 주사전자현미경 및 투과전자현미경을 사용하여 관찰되었다. 합성된 다공성 철바나데이트 나노구조는 리튬이온 배터리의 애노드로 전기화학적 특성이 조사되었다. 제작된 철바나데이트 리튬이온 배터리는 100 사이클 후에도 높은 방전 용량을 나타냈다. 또한 철바나데이트 전극은 높은 속도 성능과 안정적인 가역 용량을 표시하였다. 위의 결과는 나노구조의 다공성 및 미세 두께가 전기 화학적 성능에 상당한 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 다공성 철바나데이트 나노구조의 우수한 전기 화학적 결과는 미래의 고급 리튬이온 배터리의 잠재적인 애노드 재료로 제안 될 수 있다.

Keywords: 철바나데이트, 리튬이온전지, 전기화학특성

Microstructural Analysis on the Electrochemical Behavior of as-cast and T4 heat-treated AlSi10MnMg alloy

안철민, 이은경^{1,†}

한국해양대학교 해양신소재융합공학과, ¹한국해양대학교 해양신소재융합공학과 (해양인공지능융합전공)
(elee@kmou.ac.kr[†])

AlSi10MnMg (AA365) 합금은 우수한 주조성 및 높은 기계적 성질로 인해 자동차 산업에서 다양한 부품으로 널리 사용되고 있다. 특히, AA365 합금은 Precipitation strengthening 효과를 위해 다양한 열처리가 수행되고 있으며, 우수한 기계적 특성을 나타낸다. 하지만, 이 합금의 자동차 부품들은 필수 불가결하게 부식 환경에 노출되므로, 우수한 내식성이 요구된다. 본 연구는 부식 환경하에서 다양한 열처리 및 냉각 속도 따른 AA365 합금의 전기화학적 거동을 분석하기 위해 as-cast AA365 합금과 다양한 냉각 매체(노냉[E], 공냉[A], 켈칭[WQ])를 통해 T4 열처리(ST)된 AA365 합금들의 침지 및 전기화학적 실험을 진행하였다. 30일 동안의 3.5 wt.% NaCl 침지 실험 후, ST-WQ AA365 합금은 1.66 mpy로 가장 낮은 부식 속도를 나타냈으며, 1.40의 낮은 fitting factor를 보였다. 이러한 결과는 열처리 후 빠른 냉각 속도로 인해 부식에 유해한 금속간 화합물의 생성 및 성장이 억제됨으로써 높은 부식 저항성을 보였다. 전기화학실험(Cyclic Potentiodynamic Polarization and Electrochemical Impedance Spectroscopy) 결과, ST-WQ AA365 합금은 가장 낮은 부식 전류 밀도($0.394 \times 10^{-6} \text{ Acm}^{-2}$)와 가장 높은 부식 전위(-707.8 mV_{SCE})를 보였으며, 다른 합금들에 비해 높은 임피던스 저항 값을 나타냈다.

Acknowledgement

이 성과는 2019년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2019R1I1A3A01062863).

Keywords: AlSi10MnMg alloy, Heat treatment, Electrochemical behavior, Corrosion



와이어 아크 3D 적층 공정 NAB(니켈-알루미늄-브론즈) 합금을 이용한 프로펠러 제작을 위한 공정 최적화 연구

지창욱[†], 김재득, 천주용

한국생산기술연구원 울산본부 첨단정형공정그룹
(cwji@kitech.re.kr[†])

In marine applications, large-scale engineering components is fabricated by nickel-aluminum bronze(NAB) alloy casting which has critical problems such as pollution, porosity, coarse microstructures and reduced mechanical properties in thick sections. Meanwhile, the wire-arc additive manufacturing(WAAM) come to the fore as one of the alternative manufacturing processes. Compare to the casting, it is more economical due to it saves machining loss and delivery time and also is possible to make complex components without pollution issues. In this study, two of commercial NAB wire had been additive manufactured on the CAC703 substrate to compare the additive manufacturability as a fundamental research. The precedent bead-on-plate(BOP) test were conducted with different process parameters of current, voltage and welding speed which are directly connected with heat-input. Subsequently, each wire was additive manufactured and analyzed. The samples were analyzed by the OM, SEM and EDS, as well as mechanical properties.

Keywords: nickel-aluminum bronze(NAB) alloy, wire-arc additive manufacturing(WAAM), casting, manufacturability, CMT(Cold Metal Transfer)

Influence of Bifilm on the Mechanical Property of A356 alloy with the addition of Scrap

강민혜, 이준엽, 방재희, 이은경^{1,†}

한국해양대학교 조선기자재공학과 (재료공학전공, 해양인공지능융합전공), ¹한국해양대학교
해양신소재융합공학과(재료공학전공, 해양인공지능융합전공)
(elee@kmou.ac.kr[†])

Al-Si-Mg 알루미늄 합금(A356)은 우수한 주조 특성 및 높은 강도를 가져 자동차 부품으로 널리 사용되며, 열처리 과정을 통해 기계적 성질을 개선할 수 있다. 그러나 주조시 금형으로의 Filling 과정에서 와류가 일어나 용융금속 표면 산화피막이 합금 내부로 혼입되어 Bifilm이 불가피하게 형성된다. Bifilm은 기공의 생성을 도울 뿐만 아니라 열처리 효과를 저해시키고, 응력집중원으로 작용하여 피로 수명 및 연성에 직접적으로 영향을 끼침으로서 부품의 내구성 저하를 초래한다. 본 연구는 산화피막 혼입으로부터 기인한 Bifilm이 기공 및 금속간 화합물 형성에 미치는 영향과 그에 따른 기계적 특성을 조사하였다. Bifilm을 생성하기 위해 Turning chip으로 이루어진 A356 스크랩 함량(0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%)을 달리하여 장입 후 750°C에서 용해시켰다. Bifilm index를 측정하기 위해 감압응고 시험을 진행하였으며, 하중에 대한 A356 알루미늄 합금 거동을 이해하기 위해 인장시험을 수행하였다. 또한 주사전자현미경(SEM)을 통해 금속간 화합물 및 기공을 관찰하였으며, X-선 회절분석기(XRD)를 이용하여 화합물을 정성분석 하였다. 스크랩 함량이 높아질수록 많은 기공이 관찰되었으며, 그에 따라 인장 특성이 저하되는 것으로 나타났다.

Acknowledgement

이 연구는 2019년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(G02P03040000701)

Keywords: Al-Si-Mg alloy, Bifilm, Mechanical property, Microstructure, Fracture, A356, Scrap

Deep Learning-based Grain Boundary Contrast Enhancement

나주원 이승철[†], 김세종^{1,†}

포항공과대학교; ¹한국재료연구원
(seunglee@postech.ac.kr[†])
(ksj1009@kims.re.kr[†])

다결정 금속재료에서 결정립의 크기, 모양, 분포 등의 형태학적 특징들은 기계적물성의 결정에 큰 영향을 준다. 이러한 결정구조를 현미경 이미지에 나타내기 위해서 다양한 화학적 에칭 기법들이 개발되어져 왔다. 하지만 그러한 기법들은 높은 결정립계 대비를 나타내지 못하며, 또한 과에칭시 재료의 구조를 변형시킴으로써 이후 물성 측정에 영향을 미치게 된다. 따라서 균일하며 높은 결정립계 대비를 나타낼 수 있는 새로운 기법이 개발되어야 할 필요성이 있다. 우리는 딥러닝 기반 결정립계 대비 강화 기술을 제안한다. 제안하는 방법론은 합성곱 신경망을 기반으로 하며 이미지에서 이미지로 변환하는 기능을 수행한다. 이를 통해 화학적 에칭에 의해서 얻어진 낮고 비균일한 결정립계 대비 이미지는 균일하고 높은 결정립계 대비를 가진 이미지로 변환된다. 우리는 제안하는 방법론이 미세한 결정립계부터 큰 결정립계까지 성공적으로 고대비화하는 것을 보이고, 에칭 검출 등의 전통적인 이미지 처리 기법들과 비교하여 우수한 성능을 갖는 것을 보인다. 제안하는 방법론은 기존의 다양한 에칭 기법들과 보완적으로 결합되어 사용될 수 있으며 특정 재료가 아닌 다양한 재료의 결정구조를 드러내기 위해 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

Acknowledgement

이 성과는 정부 (과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원 (No. 2020R1A2C1009744), 2019년도 정부 (산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원 (P0008691, 2019년 산업전문인력역량강화사업), 한국재료연구원 지원을 받아 수행된 연구임

Keywords: 주사전자현미경, 결정립계, 인공신경망

The combined effects of nickel coating and heat treatment on interfacial microstructure of aluminum-iron (Al/Fe) hybrid structures

문기훈, 이은경^{1,†}

한국해양대학교 해양신소재융합공학과 (재료공학전공, 해양인공지능융합전공); ¹한국해양대학교
해양신소재융합공학과
(elee@kmou.ac.kr[†])

본 연구에서는 이중 접합 주조법으로 제작된 철과 알루미늄 합금의 하이브리드 구조 (Al/Fe hybrid structure)의 계면 접합을 향상시키기 위해 적용된 니켈 코팅과 열처리 최적화에 따른 효과를 미세구조적 분석을 통해 조사했으며, 열역학적 계산을 바탕으로 계면의 화학적 결합 메커니즘을 확인했다. 니켈 코팅은 계면에서 gap과 oxide scale과 같은 결합의 형성을 성공적으로 억제하여 물리적 접합을 향상시켰다. 최적화된 열처리 조건은 계면에서 우수한 화학적 결합을 유도했으며, 알루미늄 합금의 기계적 특성에 유익하다고 알려진 Al_3CuNi , Al_3Ni , Al_9FeNi 과 같은 nickel-bearing phase의 형성을 촉진시켰다. 계면과 matrix에서 생성된 nickel bearing phase의 종류는 열처리 온도에 따른 니켈 원자의 확산 거리에 영향을 받았다. Al matrix에서 니켈 농도 변화에 따라 변화하는 phase의 종류를 확인하기 위해 열역학적 계산에 따른 상태도를 분석한 결과, 확산된 니켈과 알루미늄 합금 내부의 구리 원소의 비율에 따라 석출상이 결정되는 것을 확인했다.

Acknowledgement

본 연구는 2020년도 중소벤처기업부의 기술개발사업 지원에 의한 연구임 [No. S2862570]

Keywords: nickel coating, nickel-bearing phase, heat treatment, dissimilar casting, microstructure

열처리에 따른 적층제조된 FeCrV 합금의 미세구조 거동 및 기계적 특성

이준엽, 박성환, 전민정, 강민혜, 방재희, 문기훈, 이은경[†]

한국해양대학교 신소재융합공학과 (재료공학전공, 해양인공지능융합전공)
(elee@kmou.ac.kr[†])

FeCrV 합금은 우수한 경도, 용접성 그리고 내마모성으로 인해 적층제조산업에서 국부표면경화 및 부품 수리를 위해 널리 사용되고 있다. 하지만, DED (Directed Energy Deposition)를 통한 적층 과정에서 레이저에 의한 반복적인 열은 레이어간 기계적 특성을 불균일하게 하며, 적층된 부품의 기계적 특성은 기존 부품보다 낮은 값을 가진다. 본 연구에서는 기계적 특성을 향상시키기 위하여 DED을 통해 적층된 FeCrV 합금에 퀴칭-템퍼링 열처리를 수행하였으며 미세구조적인 관점에서 경도와 인장강도와의 종합적인 상관관계를 XRD, SEM, EPMA, 그리고 EBSD를 이용하여 규명하였다. 적층 직후 22.4%의 잔류 오스테나이트 상은 열처리를 통해 마르텐사이트 상으로 변태하여 4.80%만 잔류하였으며, 이 과정에서 무확산 변태는 열처리 후 전위밀도를 감소시키지 않았다. 열처리 과정에서 과포화 상태의 마르텐사이트 상은 템퍼드 마르텐사이트 상으로 변태하여 래스 경계에 미세한 구형의 바나듐 탄화물을 석출하였으며, 결정립계에 막대형상의 바나듐 탄화물과 구형의 크롬 탄화물이 침전되었다. 그 결과, DED로 제조된 FeCrV 합금의 경도는 659 (± 18.7) HV에서 773 (± 3.33) HV로 약 17% 증가하였으며, 인장강도는 570.6 (± 21.5) MPa to 848.1 (± 47.7) MPa로 향상되었음을 확인하였다.

Acknowledgement

2019년도 정부 (과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2019R1I1A3A01062863).

Keywords: FeCrV alloy, Additive manufacturing, Heat treatment, Martensitic transformation

Influence of Si atom on residual stress, lattice strain, and coefficient of thermal expansion (CTE) of Al-12Si alloy produced by selective laser melting (SLM)

박성환, 전민정, 이준엽, 이은경^{1,†}

한국해양대학교 조선기자재공학과 해양인공지능융합전공; ¹한국해양대학교 해양신소재융합공학과
해양인공지능융합전공
(elee@kmou.ac.kr[†])

공정 간 발생하는 잔류응력은 피로 수명, 치수 안정성, 내식성 및 파괴 강도와 같은 재료의 기계적 특성을 저하시키기 때문에 정확한 예측이 요구된다. 시뮬레이션을 통해 잔류응력 예측이 이루어지고 있지만 서로 다른 냉각속도에 의한 팽창 및 수축에 따른 응력 발생만을 고려하며, 미세조직 변화가 잔류응력에 많은 영향을 끼침에도 불구하고 고려하고 있지 않아 잔류응력의 예측성은 높은 불확실성을 띤다. 따라서 내부응력의 예측성을 개선시키기 위해서는 미세조직 변수에 따른 잔류응력 거동을 분석하는 것은 중요하다. 미세조직 변수들은 석출물과 매트릭스 사이에 열팽창 계수 차이, 결정립의 크기, 그리고 전위 및 용질 원자에 따른 격자 변형이 있다. 하지만 용질 원자에 따른 격자 변형이 잔류응력에 미치는 영향에 관한 연구는 이루어지고 있지 않아, 본 연구는 고용된 용질 원자에 의해 발생된 격자와 잔류응력 간의 관계를 파악하기 위해 수행되었다. Selective Laser melting (SLM) 공정으로 제작된 Al-12Si 알루미늄 합금을 540°C에서 1, 7, 26시간 동안 유지한 뒤 수냉하였다. 잔류응력 측정과 미세조직 분석을 위해 XRD, SEM, EBSD를 사용하였으며 그 결과 모든 시편에서는 압축 잔류 응력이 나타났으며, 열처리를 진행하지 않은 시편의 잔류응력은 값은 가장 높았다. 이는 SLM 공정 간 빠른 냉각속도로 인해 Al 매트릭스 내에 Si가 과포화된 상태로 남아있게 되어 극심한 격자 왜곡을 유발하였기 때문이다. 이에 반해, 열처리를 진행한 시편에서는 열처리 시간이 증가함에 따라 잔류응력의 세기도 상승하였는데, 이는 마찬가지로 열처리 시간이 오랫동안 지속될수록 Si 고용도가 증가하게 되어 격자 변형을 더 유발하였기 때문이다. Thermomechanical Analysis (TMA)를 통해 Si 고용도에 따른 열팽창계수(CTE)의 변화를 분석한 결과 과포화된 Si 고용도와 미세한 Si 입자들로 인해 500K 미만에서는 열처리를 진행하지 않은 시편의 CTE가 가장 낮게 나왔다. 또한, 열처리 시간이 증가함에 따라 CTE는 감소하였는데 이는 Si 용질원자의 증가와 기공의 확대 때문이다. Nano-hardness test를 측정한 결과 과포화된 Si와 Orowan strengthening으로 인해 열처리를 진행하지 않은 시편의 경도가 가장 높았으며, 열처리 후 시편들의 경우에는 Orowan strengthening과 조대한 결정립으로 인해 열처리 시간이 증가함에 따라 경도가 하락하였다.

Acknowledgement

본 연구는 2020년도 중소벤처기업부의 기술개발사업 지원에 의한 연구임 [No. S2862570]

Keywords: 잔류응력, Si 고용도, 열팽창계수(CTE), 경도, 격자변형

Hydrothermal Synthesis of La³⁺-doped BaTiO₃ and Investigation of Incorporation Behavior after Heat Treatment

오성찬, 이승용, 김도경[†]

KAIST
(dkkim@kaist.ac.kr[†])

Barium titanate (BaTiO₃) is a typical ferroelectric material which used for various electronic devices such as MLCC. The particle size of BaTiO₃ is required to decrease lower than 100nm due to miniaturization of devices. However, “size effect” of BaTiO₃ have limited the miniaturization and improvement of dielectric properties. Thus, many researchers have focused to enhance the dielectric properties by doping the various element. In this study, we synthesized La³⁺-doped BaTiO₃ nanoparticles by hydrothermal method with various size by controlling the pH condition. It is well known that La³⁺ incorporates into Ba site and enhances the permittivity as decreasing the grain size. Incorporation Behavior of dopant was also investigated by comparing the lattice parameter after heat treatment under various temperature for diffusion of La³⁺ ion into core BaTiO₃ lattice. It is believed that this study can lead to the potential of high volumetric efficiency of MLCC.

Keywords: La³⁺ doped BaTiO₃, BaTiO₃ nanoparticle, Hydrothermal synthesis

Solution-processed metal-oxide dielectrics doped with metal-ion for wearable temperature sensors

박상준, 전준영, 하태준[†]

광운대학교

(taejunha0604@gmail.com[†])

Researchers have shown increasing scientific and technological interests in wearable temperature sensors which can monitor body temperature in real-time [1]. Recently, wearable temperature sensors based on solution-processed metal-oxide dielectric films with a high dielectric constant (high-k) have been intensively investigated due to their low voltage operation, large deposition-area and good thermodynamic stability [2]. However, there is still the quality issue of dielectric films fabricated by solution-process technologies, which can affect the sensing performance of temperature sensors [3]. In this presentation, we will demonstrate high-quality metal-oxide dielectrics fabricated by solution-process for high-performance wearable temperature sensors. The introduction of metal-ion doping improved the dielectric characteristics of metal-oxide dielectrics and the sensing performance of wearable temperature sensors. We will also discuss the origin of such advances by investigating the mechanism of metal-ion doping for sol-gel based metal-oxide dielectric films. We believe that this study is expected to significantly contribute to the field of wearable temperature sensors consisting of solution-processed metal-oxide dielectrics.

Acknowledgments

This work was supported by the National Research Foundation of Korea grant funded by the Korea government (MSIT) (NRF-2020R1F1A1076223)

References

- [1] T. Q. Trung, S. Ramasundaram, B. U. Hwang, N. E. Lee, *Adv. Mater.* 28, 502-509 (2016).
- [2] C. C. Lin, J. G. Hwu, *Nanoscale* 5, 8090-8097 (2013).
- [3] Y. B. Yoo, J. H. Park, K. H. Lee, H. W. Lee, K. M. Song, S. J. Lee, H. K. Baik, *J. Mater. Chem. C* 1, 1651-1658 (2013).

Keywords: Metal-oxide dielectric, Solution-process, Wearable temperature sensor, Metal-ion doping

E-1

발 표 취 소

CNT-Pd modified Cu₂O supported on Nickel foam as an efficient electrocatalyst for hydrogen evolution reaction

Vishal Burungale, Hyojung Bae¹, Pratik Mane, Hokyun Rho², Jun-Seok Ha^{3,†}

School of Chemical Engineering, Chonnam National University; ¹Optoelectronics Convergence Research Center, Chonnam National University; ²Energy Convergence Core Facility, Chonnam National University; ³Chonnam National University
(jsha@jnu.ac.kr[†])

In recent times, a variety of carbon nanostructures along with different well-established catalysts are being used in the field of water splitting for improving the catalytic performance. In the present study, Single-Walled Carbon Nanotubes (CNTs) along with Pd were sprayed over the surface of electrodeposited Cu₂O. The structural characterizations of the deposited material were performed using X-Ray diffraction and X-Ray Photoelectron spectroscopy while scanning electron microscopy and Energy Dispersive Spectroscopy were used to examine the surface morphology and elemental mapping. The electrocatalytic performance of Nickel foam supported Cu₂O was significantly improved after this surface modification with CNTs and Pd. The improved performance is mainly attributed to the enhanced charge separation and charge transportation at the electrode-electrolyte interface due to the presence of CNTs. In addition to this due to the porous structure formed by the network of CNTs, the dispersivity of Pd nanoparticles over the electrode surface was also improved.

Keywords: CNTs, Pd, Cu₂O, Hydrogen evolution reaction, electrocatalyst

Solution-processed and self-powered photodetector in vertical architecture using mixed-halide perovskite for highly sensitive UVC detection

박정웅[†], 김상모, Nguyen Huyen

가천대학교
(bark@gachon.ac.kr[†])

In this study, a self-powered lead-halide perovskite-based deep-ultraviolet (UV) photodetector was prepared using a solution process. A heterojunction of mixed (FAPbI₃)_{0.97}(MAPbBr₃)_{0.03} perovskite was utilized as the photo-absorber layer, and spiro-OMeTAD was utilized as the hole injection layer in a vertical structure. The device exhibited an outstanding on/off photocurrent ratio of more than 103, a good responsivity of 52.68 mA W⁻¹, and a high detectivity of 4.65×10^{11} Jones under 254 nm UV illumination without an external bias. Moreover, the detector demonstrated superior stability while retaining a quick response speed after three weeks of storage in ambient air without encapsulation. Thus, the present study has developed a promising photodetector for several applications in the deep-UV region.

Keywords: Perovskite, UV sensor, self-powered

자가 발열 조건에서 Au 및 In₂O₃ 나노입자로 기능화된 이차원 WS₂ 소재의 일산화탄소 감응 거동

양동훈, 김진영, 남명성, 김상섭[†]

인하대학교 신소재공학과
(sangsub@inha.ac.kr[†])

일산화탄소(CO)는 특성상 인간이 직접 감지 할 수 없으며, 인체에 흡수되면 일산화탄소 중독으로 인해 사망까지 이를 수 있다. 이러한 유독 가스를 초기에 감지하기 위해서는 CO 가스 센서의 개발이 중요하다. WS₂ nanosheets(NSs)와 같은 2차원 재료는 높은 표면적, 상온에서의 높은 전도도 및 우수한 화학/물리적 안정성과 같은 장점을 가지고 있어 가스 감응 분야에 자주 사용되지만, 금속산화물에 비해 성능이 부족한 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 WS₂ NSs 표면에 Au와 In₂O₃ 나노입자를 공동으로 기능화하여 가스 센서를 제작하였다. 해당 센서는 1-7 V의 전압을 인가하는 자가발열 조건에서 측정을 진행하였으며, 6.2 V에서 CO 가스에 대해 가장 높은 감응도를 보였다. 이는 WS₂ NSs와 In₂O₃ 나노입자의 이중 접합 형성과 Au 나노입자의 촉매 역할의 시너지 효과로 인해 CO 가스 분자에 대한 높은 감응도를 보인 것으로 판단되며, 이와 관련된 메커니즘을 제시하고자 한다.

Keywords: WS₂, In₂O₃, Au, CO gas, self-heating

Enhanced the Electrochemical CO₂ Reduction Reaction by Doping Diverse Metal Ions on ZIF-8

김수영[†], 조진혁

고려대학교

(sooyoungkim@korea.ac.kr[†])

Carbon Dioxide emissions are the primary causation of global climate change. Recent development in electrochemical CO₂ reduction opens new possibilities of utilization of CO₂ as a carbon feedstock for fuel generation and commodity chemicals. Electrochemical CO₂ reduction can generate electricity and high value added production. The most important things of electrochemical CO₂ reduction reaction is Faradaic efficiency and selectivity. Herein, we report ZIF-8 with doping the diverse metal atoms for aiming C1 production of electrochemical CO₂ reduction reaction. Especially, in case of doping copper on ZIF-8, it is shown that this composite facilitates high CO₂ reduction activity and Faradaic efficiency about 80% towards converting CO₂ to carbon monoxide the intermediate to continue the pathway absorption and desorption of electron-proton transfer for C2, C3 high valued production.

Keywords: CO₂ Reduction, MOF, ZIF-8, Carbon monoxide

Passivation agent 및 리간드를 이용한 CsPbBr_xI_{3-x} perovskite 적색 발광다이오드의 특성 (Properties of CsPbBr_xI_{3-x} perovskite red light-emitting diode with passivation agent and ligand)

김도훈, 안희주, 최인영, 명재민[†]

연세대학교 신소재공학과
(jimmyoung@yonsei.ac.kr[†])

이온 결정인 perovskite 는 우수한 광학적, 전기적 특성을 활용하여 발광 다이오드, 레이저, 광 검출기 등의 다양한 분야로 응용이 기대되고 있다. 그러나 3차원 perovskite는 결정 내에 존재하는 고유 결함에서 기인하는 낮은 엑시톤 결합 에너지의 한계 때문에 발광 소자로 응용에 어려움을 갖는다. 이에 따라 perovskite의 crystal size를 감소시켜 exciton binding energy 및 exciton의 공간적 구속효과를 증가시켜 perovskite light emitting diode (PeLED) 의 낮은 발광 효율 극복에 관한 연구가 진행되고 있으나 양이온의 불안정성 문제로 steady-state voltage 하에서 이온영동이나 상분리 현상이 발생하여 높은 안정성과 우수한 발광 효율을 동시에 만족시키는데 어려움이 있다. 따라서 passivation agent와 리간드를 첨가하여 perovskite의 고유 결함을 제어하고 이온영동이나 상분리 현상을 억제하여 PeLED의 발광효율을 향상시키는 연구들이 진행되고 있다.

본 연구에서는 1-naphthylmethylamine (NMA) 를 이용하여 NMA-bromide (NMA-Br) 및 NMA-iodide (NMA-I)를 각각 합성하고 적절한 비율로 혼합한 리간드와 potassium bromide (KBr) passivation agent를 perovskite 전구체에 첨가하여 perovskite 결정의 결함을 제어하였다. 이를 통해 perovskite 결정 형성 이후 결정의 이온영동 및 상분리 현상을 억제하고 perovskite 표면의 덩글링 본드 (dangling bonds)를 최소화 하여 hole transport layer (HTL) 및 electron transport layer (ETL) 와의 계면 결함을 제어하여 적색 발광 PeLED의 발광 효율 향상시키고자 하였다.

리간드와 passivation agent 첨가에 따른 적색 발광 PeLED의 발광 효율 향상을 확인하기 위해 CsPbBr_xI_{3-x} 박막을 제작하였으며, 이를 이용한 박막형 PeLED는 기존의 리간드만 첨가된 PeLED 대비 향상된 발광특성을 보였다. 리간드와 KBr 이 첨가된 CsPbBr_xI_{3-x} 박막의 결정학적 및 광학적 특성은 scanning electron microscope (SEM) 과 X-ray 회절법 (XRD), 그리고 photoluminescence (PL) 측정을 통해 확인하였으며, 최종적으로 제작된 PeLED의 발광 특성은 전류-전압 (I-V), electroluminescence (EL), 그리고 EQE 측정을 통해 평가하였다.

Keywords: perovskite, defect passivation, multi ligand, light-emitting device, red emission

GO 첨가에 따른 CsPbBr₃ 나노입자의 형상 및 특성 변화에 대한 연구

이은영, 김판주, 류상원¹, 하준석, 이상현[†]

전남대학교 화학공학부; ¹전남대학교 물리학과
(leeshyun@chonnam.ac.kr[†])

무기 세슘 납 할라이드 (CsPbX₃, X = Cl, Br, I) 페로브스카이트 나노 결정은 높은 발광 양자 수율(PLQY), 조절 가능한 발광, 높은 색 선명도를 나타내는 좁은 발광 선폭 등과 같은 훌륭한 광학적 특성으로 인해 매력적인 재료로 주목받고 있다 [1]. 그러나 액상공정에 의해 합성된 CsPbBr₃ 나노 결정은 본질적으로 불안정하여 주변 환경 조건에서 산화되기 쉬우며, 표면 리간드의 패시베이션으로 인하여 광전자 소자 응용 측면에서 보았을 때 전하 이동성이 저하된다는 한계점을 가진다. 이에 비해 그래핀은 뛰어난 전하 이동성(> 15,000 cm²·V⁻¹·s⁻¹), 광범위한 스펙트럼 대역폭, 우수한 안정성을 갖는다. 본 연구에서는 GO(Graphene oxide)가 페로브스카이트 나노 결정의 형상 및 특성에 미치는 영향에 대해 보고한다. GO를 페로브스카이트 합성 과정에서 첨가하면 GO의 산소 작용기가 페로브스카이트 표면 리간드와 결합을 통해 전하이동을 향상시킬 수 있다. 자기조립된 CsPbBr₃ 나노 플레이트는 PbBr₂ 반응물질에 GO를 추가함으로써 그래핀 격자 표면에서 관찰되었다. 전형적인 CsPbBr₃ 나노 결정의 발광 스펙트럼은 500 nm 근처에서 단일 피크를 보였으며, CsPbBr₃-GO 복합재료는 ~455 nm에서 추가 피크가 나타났다. 파란색 광 방출은 quantum confinement 효과로 이어지는 3~4 nm 두께의 나노 플레이트에서 비롯되었을 것이라고 예상된다 [2]. 또한 그래핀 표면에서 나노 플레이트가 형성되는 메커니즘과 CsPbBr₃-GO 기반 광전자 장치의 특성에 대해서도 논의할 것이다.

References

- [1] X. He, Y. Qiu and S. Yang, *Adv. Mater.*, 29 (2017) 1700775.
[2] Y. Bekenstein et al., *J. Am. Chem. Soc.*, 137 (2015) 16008.

Keywords: perovskite, graphene, quantum dot, quantum confinement effect

4-aminobenzonitrile을 이용한 고 안정성 녹색 페로브스카이트 발광 다이오드의 특성 (Fabrication of highly stable green perovskite light-emitting diodes with 4-aminobenzonitrile)

안희주, 김도훈, 최인영, 명재민[†]

연세대학교 신소재공학부
(jimmyoung@yonsei.ac.kr[†])

나노 결정 (nanocrystals, NCs) 기반의 페로브스카이트는 높은 색 순도, 쉬운 색 조절, 좁은 반치폭, 높은 광발광 양자 수율과 같은 장점으로 인해 발광 다이오드 소재로서 주목받고 있다. 하지만, 결정의 크기가 나노 스케일로 감소함에 따라 페로브스카이트 박막 내 결정립계가 증가되고, 이로 인한 trap site의 증가는 페로브스카이트 발광 다이오드(perovskite light-emitting diodes, PeLEDs)의 발광 효율을 감소시킨다. 리간드의 사용은 페로브스카이트 나노 결정의 표면을 passivation하고 trap density를 감소시켜 PeLEDs의 성능을 개선하는 효과가 있다. 그러나, oleylamine (OAm) 혹은 oleic acid (OA)와 같은 비공액 리간드의 사용은 리간드의 절연 특성으로 인해 소자의 charge-carrier 이동을 방해하여 PeLEDs의 전기적 특성을 저하시킨다. 한편, 공액 리간드는 구조 내 비편재화된 오비탈을 통한 전하 이동이 가능하기 때문에, 공액 리간드의 사용은 charge-carrier의 이동을 방해하지 않으면서 페로브스카이트의 trap density를 감소시켜 PeLEDs의 성능 및 안정성을 향상시킬 것으로 예상된다.

따라서, 본 연구에서는 공액 리간드인 4-aminobenzonitrile (4-ABN)을 이용해 methylammonium lead bromide (MAPbBr₃) 결정 크기를 나노 스케일로 제한하고 trap density를 감소시켜 MAPbBr₃ 기반 녹색 PeLED의 성능 및 안정성을 향상시켰다. 또한, 친수성 polymer로 표면 개질한 정공 수송층 (hole transport layer, HTL)을 사용하여 ABN을 포함한 PeLED의 특성을 추가적으로 개선하였다. 나노 결정 MAPbBr₃ 박막의 표면 형상 및 두께는 scanning electron microscope (SEM)을 이용해 확인하였고, 표면 거칠기는 atomic force microscopy (AFM)으로 평가하였다. 또한, 박막의 결정학적 특성은 X-ray 회절법(XRD)을 통해 평가하였으며, 광학적 특성은 photoluminescence (PL) 및 ultraviolet-visible spectrophotometer (UV-vis-NIR) 측정으로 확인하였다. 최종적으로 제작된 녹색 PeLED의 발광 특성 및 안정성은 전류-전압(I-V), electroluminescence (EL), external quantum efficiency (EQE) 측정을 통해 평가하였다.

Keywords: methylammonium lead bromide (MAPbBr₃), conjugated ligand, nanocrystalline perovskite, perovskite light-emitting diode (PeLED), green emission

희토류 원소를 도입한 비납 Cs계 페로브스카이트 나노결정의 합성 및 특성

김판주, 이은영, 이송열, 박용일, 문병준¹, 이상현[†]

전남대학교 화학공학부; ¹한국과학기술연구원
(leeshyun@chonnam.ac.kr[†])

납을 포함한 무기 Cs계 페로브스카이트는 높은 흡수율, 90% 이상의 PLQY (Photoluminescence Quantum Yield), 좁은 반치폭, 결합 내성 등 우수한 광학적 특성으로 인해 넓은 색 영역을 표현할 수 있다. 이러한 특성으로 인해 태양광 장치, 조명 및 디스플레이를 포함한 광전자 장치의 차세대 발광 재료로 많은 주목을 받고 있다. 하지만 납의 독성 및 구조적 안정성의 문제로 인해 실제 상용화 단계에서 한계에 부딪히고 있다. 최근 페로브스카이트의 납을 대체하기 위해 희토류 (rare-earth : RE) 원소 (Eu, Yb, Tb, Dy 등)에 대한 연구가 진행되고 있다 [1,2]. 가변 원자가 상태와 전자 구조는 희토류 이온에 유연한 산화 환원 특성과 고유한 발광 및 전자기 특성을 부여한다. 하지만 구조적 안정성 문제는 여전히 주요 과제로 남아 있다. 본 연구에서는 hot-injection 방법을 사용하여 높은 결정성을 지닌 CsYbI₃ 나노결정을 성공적으로 합성하였다. 합성된 CsYbI₃ 나노결정은 671nm를 중심으로 47nm의 반치폭을 가진 발광특성을 보였으며, 약 58%의 높은 PLQY를 얻었다. 또한, 합성된 나노결정의 구조분석과 온도에 따른 광학적 특성 분석을 수행하였으며, 용액 내에서의 안정성을 평가하였다.

References

- [1] Z. Zeng et al., Chem. Soc. Rev., 49 (2020) 1109
[2] B. J. Moon et al., Adv. Mater., 31 (2019) 1901716

Keywords: 비납, 희토류, 페로브스카이트

다양한 치환기를 가진 Phenylamine을 이용한 청색 perovskite 발광 다이오드의 특성 (Properties of blue perovskite light-emitting diodes using phenylamine with various substituent)

최인영, 안희주, 김도훈, 명재민[†]

연세대학교 신소재공학과
(jimmyoung@yonsei.ac.kr[†])

금속 할라이드 페로브스카이트 (metal halide perovskite)는 ABX_3 ($A = Cs^+$, $CH_3NH_3^+$ (MA), or $NH_2CH=NH_2^+$ (FA); $B = Pb^{2+}$ or Sn^{2+} ; $X = I, Br^-,$ or Cl^-)의 결정 구조로써 X-site의 조성비에 따라 발광 파장을 조절할 수 있다는 장점을 가질 뿐만 아니라 좁은 반치폭과 높은 색 순도를 나타내는 차세대 발광 소재이다. 지난 수년간의 연구들을 통해 적색과 녹색 발광 다이오드 (light-emitting diode, LED)의 외부 양자 효율 (external quantum efficiency, EQE)이 20 %를 넘어서는 연구 결과들이 다수 보고되었지만, Cl과 Br를 혼합하여 제작하는 청색 페로브스카이트의 경우 5%미만의 외부 양자 효율을 보이고 있다. 이는 할라이드의 이온 영동에 의해 상분리 현상이 발생되고, 결과적으로 기존의 청색을 유지하지 못하며 발광 효율이 크게 감소하기 때문이다. 이를 극복하기 위한 방법으로 준-2차원(quasi-two dimensional, Quasi-2D) 구조의 페로브스카이트에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 준-2차원 구조의 페로브스카이트는 $M_2A_{n-1}B_nX_{3n+1}$ 의 조성을 가지고 있으며 M-site는 주로 butylammonium (BA) 혹은 phenylethylammonium (PEA) 같이 긴 사슬을 가진 리간드를 사용한다. M-site의 최적화를 통해 trap site에 의한 non-radiative recombination이 감소되어, 기존 페로브스카이트 발광 다이오드에 비해 우수한 발광 특성을 나타낼 수 있다.

본 연구에서는 청색 페로브스카이트의 발광 효율을 향상시키기 위하여 다양한 치환기 (-F, -CN, -COOH, -Ph)를 가진 phenylamine 기반 리간드를 페로브스카이트 전구체 용액에 적용하였다. Phenylamine 기반 리간드는 페로브스카이트 결정 간 전자 전달 효율을 향상시키고 trap density를 감소시켜, 청색 페로브스카이트 발광 다이오드의 성능 및 안정성을 향상시켰다. 박막의 표면 형상 및 두께는 scanning electron microscope (SEM), 박막의 결정학적 특성은 X-ray 회절법 (XRD)를 통해 평가하였으며, 광학적 특성은 photoluminescence (PL) 및 ultraviolet-visible spectrophotometer (UV-vis-NIR) 측정으로 확인하였다. 최종적으로 제작된 청색 PeLED의 특성은 전류-전압 (I-V), electroluminescence (EL), external quantum efficiency (EQE) 측정을 통해 평가하였다.

Keywords: quasi-two-dimensional perovskite, phenylamine, substituent, blue emission, perovskite light-emitting diode (PeLED)

Asymmetric Optical Transmission at Visible Frequency across a Meta Surface Designed with Factorization Machine

이응규(Eungkyu Lee)[†], Tengfei Luo¹

경희대학교 전자정보대학 전자공학과; ¹University of Notre Dame
(eleest@khu.ac.kr[†])

Thin-film optical diodes at visible frequency have difficulties in simultaneously achieving both high transmission efficiency and high isolation due to the lack of materials. In this work, we use a machine learning model, Factorization Machine (FM), to design the optimal thin-film structure of visible optical diode with high transmission and isolation. We use the Fourier modal method (i.e., rigorous coupled-wave analysis, RCWA) to produce data, where it includes the structural information and associated figure-of-merit (e.g., transmission coefficient or isolation factor) of optical diodes. Based on the data, we train the FM and let the trained machine find the global optimized configuration to maximize a figure-of-merit. The RCWA finally confirms the correctness of found optimized structures. As a result, we find that the optimized thin-film metal/dielectric structures with a thickness of 130 nm on a glass substrate can have a transmission efficiency of 77 % of forward-direction and 0.8 % of backward-direction, leading to the isolation factor of ~ 19.

Keywords: Optical Diode, Factorization Machine, RCWA, Machine Learning, Photonics

Metal-Semiconductor Hybrid SERS System toward Label-free Ultrasensitive Detection

이강현, 장한휘¹, 김윤석, 이철호, 조승희¹, 김민준¹, 손호기, 배강빈, 정연식¹, 이인환[†]

고려대학교; ¹KAIST
(ihlee@korea.ac.kr[†])

Surface-enhanced Raman spectroscopy (SERS) especially based on noble metals has facilitated effortless and effective trace-amount molecule detection via electromagnetic enhancements at so-called hot-spots predominantly. However, diverse analytes possess limited cross-section for Raman detection and this forces to adopt Raman reporter of particular surface functionalization that is laborious and limited to solely analytes small in size. In this work, we fabricated a hybrid SERS structure that exploits Ag as a plasmonic structure and GaN as centers of charge transfer enhancement to solve these issues. By highly uniform printing of Ag nanowires onto GaN nanopillars, ultrasensitive SERS substrate with exceptional conformity could be fabricated successfully. Consequently, an excellent SERS performance was derived with an average enhancement factor of 1.4×10^{11} at 10 fM of Rhodamine 6G. In addition, quantification and multiplexing ability without treatments on the surface are verified via detection of detrimental antibiotics in aqueous solutions. Therefore, achieving remarkably high sensitivity was feasible exploiting synergistic enhancement of metal-semiconductor complex SERS system.

Keywords: SERS, gallium nitride nanopillars, silver nanowires, antibiotics, multiplexing

금속 나노 입자 촉매를 적용한 전기화학 발광소자의 특성 (Properties of electrochemiluminescence light-emitting devices with metal nanoparticle catalyst)

정재윤, 오주원, 백성두¹, 명재민[†]

연세대학교 신소재공학과; ¹연세대학교 신소재공학과 KIURI 연구단
(jimyoung@yonsei.ac.kr[†])

최근 유연 및 신축성 전자소자 구현을 위한 연구가 활발히 진행되면서 electro-chemiluminescence (ECL) 현상에 기반한 발광소자가 새로운 형태의 디스플레이로 큰 관심을 받고 있다. ECL 기반 발광소자는 단일 ECL 발광층이 마주보는 양전극 사이에서 전기화학적 산화/환원반응을 통해 발광하는 형태로, 기존의 유기 발광 다이오드 대비 간단한 구조, 저비용 용액 공정, 수분에 대한 안정성 등의 장점이 있다. 최근 ion-gel 기반의 ECL 발광소자 구현으로 기존의 액체 기반 ECL 발광소자의 누수 문제를 해결한 연구가 보고되고 있지만 ion-gel 기반 ECL 발광소자의 경우, 고분자 첨가로 인해 발광 효율이 저하되는 문제점이 있다.

본 연구에서는 이러한 ion-gel 기반 ECL 발광소자의 발광 효율을 향상시키기 위해 금 (Au) 및 백금 (Pt) 나노 입자 (nanoparticle, NP)를 전기화학적 촉매 물질로 사용하였다. 촉매 나노 입자는 ion-gel 기반 ECL 발광소자의 산화/환원 과정에서 luminophore와의 흡착 면적 증가 및 전자 전달의 매개체 역할을 통해 산화/환원 공정을 촉진시켜 발광소자의 반응 속도 향상과 발광 효율 향상에 유리하다. 촉매 나노 입자를 전극에 증착하여 제작한 ion-gel 기반 ECL 발광소자는 적색, 녹색, 청색에서 박막 전극만 사용한 발광 소자 대비 모두 구동 전압을 1VPP 이상 감소시켰다. Ruthenium (Ru)과 iridium (Ir)을 기반으로 적색, 녹색 및 청색 ion-gel ECL 물질을 합성하였고, Au 및 Pt NP는 용액 공정 기반의 금속 이온 환원법을 이용하여 합성하였다. 합성된 Au 및 Pt NP는 spin-coating 공정을 통해 전극 위에 박막 형태로 형성하여 ion-gel 기반 ECL 소자의 특성을 확인하였다.

합성된 NP들의 표면 특성 및 결정성은 scanning-electron microscope (SEM)과 transmission-electron microscope (TEM)을 통해 확인하였고, potentiostat을 활용한 cyclic voltammetry (CV)를 통해 산화/환원 전위를 측정 및 비교하여 촉매 나노 입자가 ion-gel 기반 ECL 물질의 산화/환원 과정에서 전자 전달 공정을 촉진시킴을 확인하였다. 또한, 기존 박막 전극에 제작한 ECL 발광소자와 비교하여 촉매 나노 입자를 전극에 적용하였을 때 향상된 광학적 특성을 electroluminescence (EL), luminescence 측정을 통해 평가하였다.

Keywords: electro-chemiluminescence, light-emitting device, electrochemical catalyst, Au nanoparticles, Pt nanoparticles

AlGaInP red nanostructure LED with star-shaped Au/SiO₂ nanoparticles for localized surface plasmon

김후연, 김태환, 이인환[†]

고려대학교
(ihlee@korea.ac.kr[†])

최근 Virtual Reality, Augmented Reality와 같은 eXtended Reality에 대한 기술이 차세대 디스플레이 기술로 각광 받고 있다. 이러한 차세대 디스플레이 기술은 현실세계에 가상의 물체를 중첩하여 현실이 확장된 듯한 느낌을 받게 된다. 이러한 차세대 디스플레이 제작에는 초소형·고집적화 기술이 필수적이다. 무기물 기반의 Micro LED는 높은 휘도와 긴 수명, 높은 안정성, 저전력 등의 장점으로 차세대 디스플레이로 주목 받고 있다. Micro LED 디스플레이 초소형화를 위한 핵심 기술로 자발광 디스플레이 기술이 필수적이거나 현재는 전사 기술 등 개발이 필요한 연구가 있다. 그 중 하나로 무기물 기반의 적색 LED는 ‘batwing’ 형태로의 발광과 side-wall effect 등으로 인해 발광 효율이 낮은 문제가 있다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 빛의 방향을 제어하는 구조적인 방법과 color filter와 back light unit을 사용한 방법이 주로 연구되어 왔지만 chip의 크기가 감소함에 따라 새로운 개념의 연구가 필요하다.

본 연구에서는 적색 LED의 효율 제고를 위한 방안으로 금속 나노입자와 적색광의 energy coupling을 이용해 내부양자 효율을 증대하는 Localized Surface Plasmon(LSP) 기술을 적용하였다. AlGaInP red LED와 Au/SiO₂ 금속 나노입자간의 energy coupling을 위해 나노입자를 star shape으로 합성하였다. 나노입자를 적용할 red LED에 dry etching을 통해 nanorod와 nanohole 구조를 만들었고 이후에 side wall effect를 줄이기 위해 물리적 passivation을 하였다. 최종적으로 나노구조 적용한 50 × 50 μm² 크기의 LED chip을 제작하였으며 나노입자 삽입을 통해 LSP를 적용하였고 reference LED보다 50% 이상의 intensity 증대를 확인하였다.

Keywords: Nanorod, Nanohole, Localized Surface Plasmon, Nanoparticle, AlGaInP, LED

p-Cu_{1-x}Zn_xI 박막/n-Mg_xZn_{1-x}O 양자점 준이종 이중접합구조를 이용한 보라색 발광 다이오드의 특성

백성두, 강달영, 명재민^{1,†}

연세대학교 신소재공학과 키우리연구단, ¹연세대학교 신소재공학과
(jimyoung@yonsei.ac.kr[†])

GaN 및 관련 화합물을 기반으로 한 고체 상태 조명은 지난 수십년 간 성공적으로 개발되어 상용화에 이르고 있다. 최근 까지 이러한 GaN를 대체할만한 차세대 발광 다이오드를 위한 새로운 종류의 무기 반도체 후보 물질을 찾는 연구가 끊임 없이 수행되고 있으며, 이러한 가능성을 보여주는 재료로 γ -상 p-CuI가 주목받고 있다. p-CuI는 우수한 p형 특성을 지닐 뿐만 아니라, 넓은 직접 천이형 밴드갭(2.95 eV)과 높은 엑시톤 결합 에너지(62 meV)를 지니고 있어 발광 다이오드 재료로 응용하기에 적합한 특성을 보인다.

본 연구에서는 이러한 p-CuI를 n-Mg_{1-x}Zn_xO 양자점과의 이중 접합을 통해 보라색 발광 다이오드를 제작하고, 특성을 평가하였다. 발광 다이오드의 특성을 향상시키기 위하여 Cu와 Zn 박막의 열확산에 의한 합금화 및 요오드화 공정을 통해 p-Cu_{1-x}Zn_xI 박막을 제조하고, 이를 n-Mg_{1-x}Zn_xO 양자점과의 접합을 통해 준이종 이중접합 구조를 형성하였다. Cu 박막 상부에 증착하는 Zn 박막의 두께에 따라 p-Cu_{1-x}Zn_xI의 조성 제어가 가능하였고, 이를 통해 에너지 밴드 구조 변화에 따른 전자-정공 재결합 효율 향상을 유도하였으며, 이렇게 최적화된 소자는 기본 구조의 소자 대비 밝기가 10배 정도 향상되는 것이 관측되었다.

p-Cu_{1-x}Zn_xI 박막의 형상은 scanning electron microscope (SEM)을 통해, n-Mg_{1-x}Zn_xO 양자점의 형상은 transmission electron microscope (TEM)을 통해 확인하였고, 결정학적인 특성은 X-ray diffraction (XRD) 분석을 통해 평가하였다. 또한, p-Cu_{1-x}Zn_xI 박막 및 n-Mg_{1-x}Zn_xO 양자점의 광학적인 특성은 photoluminescence (PL)와 UV-Vis-NIR spectroscopy를 통해 평가하였으며, 이들의 화학적 조성은 X-ray photoelectron spectra (XPS), 에너지 밴드 구조는 ultraviolet photoelectron spectra (UPS)를 이용하여 분석하였다. 제작된 보라색 발광 다이오드의 전기적·광학적 특성은 전류-전압 (I-V) 측정, 휘도 측정 및 electroluminescence (EL) 측정, 그리고 이미지 관측을 통해 평가하였다.

Keywords: p-Cu_{1-x}Zn_xI 박막, n-Mg_xZn_{1-x}O 양자점, 준이종 이중접합구조, 요오드화 공정, 열확산, 보라색 발광다이오드

Magnetic assisted Fluidic Self-Assembly transfer technique for high resolution micro LED display

신도영, 이인환^{1,†}

고려대학교; ¹고려대학교 신소재공학부
(ihlee@korea.ac.kr[†])

Micro LED는 $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ 이하의 크기를 가지는 LED를 통칭한다. Micro LED를 이용한 display는 기존 LCD나 OLED에 비해 빠른 반응속도와 높은 luminance를 가지며 수명이 매우 길다는 장점을 가지고 있다. 그러나 micro LED 상용화를 위해서는 여러 난제들이 존재하며, 해결 과제 중 하나가 전사 기술이다. 현재 상용되고 있는 pick-and-place 방식은 칩을 pick up 하는 head가 $50 \mu\text{m}$ 정도 크기로 micro LED에 적용하기에는 한계가 있는 상황이다. 현재까지 제시된 Micro LED를 전사하기 위한 방법으로 고분자의 접착력이나 정전기를 이용한 방식, 기판을 통합한 wafer bonding 방법 등이 소개되고 있다. 그러나 이런 방법들은 쉽게 칩들을 이송해올 수 있지만, 정확한 모양과 위치에 칩들을 일치시키는 것에 한계가 있다. 즉, 100% 정확도(Yield) 및 처리량(throughput) 단축을 위해서는 더 많은 연구가 요구된다.

본 연구는 마이크로미터 크기의 chip을 고수율, 고정확도로 전사하기 위한 목적으로 FSA 방식을 적용한 전사 기술에 관한 것이다. 전사 기술의 정확도 향상을 위한 연구의 핵심은 FSA 방식 개선뿐만 아니라 전사 방식에 맞는 micro chip의 설계이다. 이를 바탕으로 pyramid 형태의 micro chip이 제작되었으며, 자성을 이용하여 FSA 전사 실험을 진행했다. 결과적으로 $300 \times 300 \mu\text{m}^2$ 크기의 chip을 100% 정확도로 전사하였으며, 이를 통해 자성을 이용한 FSA 전사 방식의 효율성을 증명했다.

Keywords: micro LED, FSA, magnetic force

금속 산화물 나노막대를 적용한 전기화학 발광소자의 특성 (Properties of electrochemiluminescence light-emitting device applying metal oxide nanorods)

오주원, 정재윤, 백성두¹, 명재민[†]

연세대학교; ¹연세대학교 신소재공학과 KIURI 연구단
(jimmyoung@yonsei.ac.kr[†])

최근 다양한 형태의 발광 소자를 구현하기 위한 연구가 진행됨에 따라 electrochemiluminescence (ECL) 반응 원리에 기반한 발광 소자의 연구가 주목받고 있다. ECL 기반 발광 소자는 서로 마주보고 있는 전극 사이에 위치한 ECL 발광층이 전기화학반응인 산화/환원반응을 통해 발광하는 소자이다. ECL 기반 발광 소자는 현재 상용화 되어있는 유기 발광 다이오드에 비해 간단한 구조, 수분에 대한 안정성, 그리고 저비용의 용액 공정 등의 장점이 있으며, 최근에는 전해질과 고분자를 도입하여 ion-gel을 형성시켜 기존 ECL 발광 소자가 지닌 누수 문제를 해결하였다. 하지만 ion-gel ECL 기반 발광 소자가 상용화되기 위해서는 소자의 발광 효율과 세기, 색순도 등의 개선이 필요하다.

본 연구에서는 이러한 ion-gel ECL 기반 발광 소자가 지닌 발광 효율문제를 향상시키기 위해 다양한 금속 산화물 나노막대 (nanorod, NR)를 소자에 적용하여 발광 효율 특성을 향상시켰다. 금속 산화물은 다양한 전기적, 화학적 특성을 지니며, 조성과 morphology 변화를 통해 그 특성을 다양하게 변화시킬 수 있다. 따라서 쉽게 morphology를 변화시킬 수 있고, 전기화학적 촉매로 널리 사용되는 ZnO, TiO₂, 그리고 CuO를 ECL 기반 발광 소자에 적용할 금속 산화물 후보군으로 선정하고 표면적을 극대화하기 위해 이들을 전극 위에 나노막대 형태로 성장시켰다.

ZnO, TiO₂, 그리고 CuO NR를 적용한 ruthenium (Ru) 기반 적색 ion-gel ECL 기반 발광 소자는 3.0 VPP, 60 Hz에서 각각 22, 29, 그리고 26 cd/m²의 luminance를 보여 기존 박막 전극 위에 제작한 ion-gel ECL 발광 소자 (3.0 VPP, 60 Hz에서 3 cd/m²) 대비 발광 성능이 크게 향상되었음을 확인할 수 있었다. 또한 기존 박막 전극 위에 제작한 ion-gel ECL 발광 소자가 3.0 VPP에서 구동된 반면에, ZnO, TiO₂, 그리고 CuO NR를 적용한 경우 각각 2.4, 1.9, 그리고 2.2 VPP에서 구동됨을 확인할 수 있었다. 이와 같은 발광 효율 향상을 분석하기 위해 potentiostat을 이용한 cyclic voltammetry (CV) 측정을 통해 산화/환원 전위를 확인하고 그 원인을 분석하였다. 나아가, 이들이 iridium (Ir) 기반 녹색, 청색 ion-gel ECL 발광 소자들의 발광효율을 향상시키는 것을 확인하였다.

금속 산화물 나노막대의 표면 특성은 scanning-electron microscope (SEM)과 transmission-electron microscope (TEM)을 이용하여 분석하였고, ion-gel 기반 ECL 발광 소자는 potentiostat을 활용한 CV 측정을 통해 산화/환원 전위를 분석하였으며 electroluminescence (EL), luminance 측정을 통해 광학적 특성을 평가하였다.

Keywords: electrochemiluminescence, light-emitting device, ion-gel, metal oxide, nanorods

All-inorganic colloidal quantum dot-based white light-emitting diode with excellent color stability

Seung-Bum Cho, Jung Inn Sohn¹, Bo Hou², Il-Kyu Park[†]

Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01811, Republic of Korea; ¹Division of Physics and Semiconductor Science, Dongguk University, Seoul, Republic of Korea;

²Department of Physics and Astronomy, Cardiff University, Cardiff CF24 3AA, United Kingdom

(pik@seoultech.ac.kr[†])

Colloidal inorganic quantum dot (QD)-based white light-emitting diodes (WLEDs) have received much attention as critical components for potential use in next-generation ambient lightings and full-color displays due to their solution processibility, excellent color temperature, high quantum efficiency, and high photostability. However, despite steadily accumulating insight into the unique features and architecture of QD-based WLEDs suitable for flexible or bendable optoelectronic devices, most researches on WLEDs have been only focused on QDs as a photoluminescence color converter. Herein, a new strategy for the design of colloidal all-inorganic QD electroluminescence WLEDs with excellent color stability is proposed and demonstrated. The blended hybrid architectures of QD layers are designed and fabricated using a QD mixture which contains perovskite QD composites (CsPbBr_3 and $\text{CsPb}(\text{Br}_{1-x}\text{Cl}_x)_3$) and CuInS_2 (CIS). This self-emissive QD hybrid has been rational-designed to generate white electroluminescence with the color balance between blue, green, and orange (620 nm), which is well-matched with the Commission International de l'Éclairage 1931 (CIE) color coordinates with a mean value of (0.33, 0.34). In particular, the mixed-halide perovskite $\text{CsPb}(\text{Br}_{1-x}\text{Cl}_x)_3$ QDs are successfully synthesized through exchanging the halide ion from the pristine CsPbBr_3 QD by using trimethylsilyl chloride additives. All QD-based WLEDs show typical diode characteristics with a turn-on voltage of 4 V and negligibly small leakage current. Moreover, the simultaneous recombination between the blended hybrid halide-based perovskite QDs and CIS QDs emission region also results in WLED shows excellent color stability and electrical bias tolerance, even with a broad range of driving voltages.

Keywords: Colloidal quantum dot, White light-emitting diode, Perovskite, CsPbBr_3

Superhydrophobic and antireflective characteristics of Plasma-Polymerized-Fluorocarbon (PPFC) thin film coated on a nanostructured polymer film

조은미, 박진성¹, 이상진^{2,†}

한국화학연구원/한양대학교, ¹한양대학교, ²한국화학연구원
(leesj@kriect.re.kr[†])

The plasma-polymerized-fluorocarbon (PPFC) thin film has an amorphous structure and exhibits very high transparency and flexible properties. In particular, PPFC thin films deposited using a mixed target of carbon nanotubes (CNTs)–Polytetrafluoroethylene (PTFE) display a very low refractive index of 1.38, as well as a hydrophobic surface that imparts the self-cleaning. In this study, the optical and surface properties of nanostructured-PET and PPFC/nanostructured-PET films were investigated. By depositing the PPFC on a nanostructured polyethylene terephthalate (PET) surface, the antireflection effect increases due to the low refractive index of PPFC and gradient refractive index of nanostructure. As a result, the reflectance of PPFC/nanostructured PET decreased by 56% from 9.1% (the reflectance of original PET) to 4.2% at a wavelength of 550 nm.

Keywords: Antireflection, Superhydrophobic, Plasma-polymerized-fluorocarbon, Nanostructure

가수분해 반응의 가속화를 통한 결합이 풍부한 유연 텅스텐 산화물 막의 전기화학 성능 향상

조명훈, 구분율, 안효진[†]

서울과학기술대학교
(hjahn@seoultech.ac.kr[†])

리튬이온배터리, 태양 전지, 슈퍼커패시터, 스마트 윈도우 등과 같은 전기화학 소자에 대한 연구가 가속화됨에 따라서 소자의 성능 향상뿐만 아니라, 기존 기능 이외에 다양한 기능을 동시에 구현시킬 수 있는 다기능 전기화학 소자에 대한 연구가 주목받고 있다. 특히, 스마트 윈도우의 경우 기존의 색변환 기능에 더하여 에너지 저장 기능을 동시에 부여하여 그들의 적용 범위를 디스플레이까지 확장시키고 있다. 이에 더하여 최근에는 소자에 구부림, 신축성, 착용성 등의 유연 기능을 부여하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이는 고분자 기판의 손상을 피하기 위한 저온 공정이 필수적으로 요구된다. 본 연구에서는 저온 가수분해 반응의 가속화를 통한 기공 및 산소 공공 결합이 부여된 비정질 텅스텐 산화물 막을 제조하였고, 이를 유연 다기능 전기화학 소자에 성공적으로 적용하였다. 기공 구조로 인한 전기화학 반응 면적의 증가와 산소 공공으로 인한 전기전도도 향상을 통해 향상된 에너지 저장-변색 성능을 구현하였고, 반복된 벤딩 테스트에서도 우수한 성능 안정성을 나타내었다.

Keywords: Hydrolysis, Low-temperature process, Porosity, Oxygen vacancy, Flexible devices

기계적 버클링 공정을 사용한 3차원 전자소자

김봉훈[†]

숭실대학교 유기신소재파이버공학과
(bonghoonkim@gmail.com[†])

최근 3차원 형태를 갖는 전자소자를 구현하기 위해서 다양한 제조 방법이 연구되고 있으며, 특히 3D 프린팅 공정, 투포톤 리소그래피, 자기조립 공정이 대표적인 방법이다. 이와 같은 접근 방식은 많은 장점에도 불구하고 재료와 소자 구조에 따라서 완전히 다른 공정 조건을 요구하거나 또는 주로 수동형 금속/고분자 구조 제작을 목표로 한다는 단점을 가지고 있다. 본 발표에서는 매우 잘 늘어나는 기판과 소자/기판 사이의 접착력 제어를 이용한 기계적 버클링 공정에 대해서 알아보고 이를 사용하여 능동형 소자가 삽입되어 있는 다양한 3차원 전자소자를 제조하는 연구에 대해서 발표할 예정이다.

Keywords: 버클링, 3차원소자, 웨어러블, 사물인터넷

G-4

The study of the GaN micro-rod selective area growth morphology depends on the buffer layer by MOCVD

안민주, 정우섭, 심규연, 강성호, 김효종, 변동진[†]

고려대학교
(dbyun@korea.ac.kr[†])

Recently, the researchers who had studied about LED, have attempted to fabricate small size of LED under micro diameter or different shape of LED. There are two methods to fabricate the rod shape of LED: top-down and bottom-up. The bottom up method has advantage of no damage and high quality of crystalline even though this method is quite difficult to epi-growth. This is the first step of study of GaN micro-rod epi-growth, the GaN micro-rod are grown with selective area growth by MOCVD on the patterned sapphire substrate. From the kind of the buffer layer on the polished PSS, we can figure out the GaN micro-rod morphology depends on the buffer layer. The GaN morphology was analyzed through a scanning electron microscope and the polarity was analyzed by KOH etching.

Keywords: MOCVD, GaN

수직 성장된 이차원 MoS₂/Ag₂S 이종접합을 통한 광전기화학반응 향상

배성수, 서동범, 김의태[†]

충남대학교 공과대학 신소재공학과
(etkim@cnu.ac.kr[†])

이차원 MoS₂ 나노재료는 높은 촉매특성과 친환경성, 태양광 활용에 적절한 밴드갭(~1.2-1.9 eV)을 가져 물 분해 수소 생성을 위한 광전기화학(photoelectrochemical: PEC) 유망 전극재료로 많은 연구가 되어왔다. 최근에는 보다 높은 PEC 효율을 얻기 위해 MoS₂ 단독 사용보다는 광여기 전하의 분리와 전송에 유리한 다른 재료와의 이종접합구조 필요성이 크게 대두되고 있다. 본 연구에서는 금속유기 화학기상증착법을 사용하여 기판에 수직 성장된 이차원 MoS₂ nanosheets에 Ag₂S와 이종접합구조를 형성하여 PEC 특성 향상을 꾀하였다. Electrochemical impedance spectroscopy 분석결과를 보면 MoS₂/Ag₂S 이종접합구조가 단일 MoS₂ nanosheets 보다 더 낮은 charge transfer resistance 값을 보였으며 이는 MoS₂/Ag₂S 이종접합이 광여기 전하의 분리와 전송에 효과적임을 보여준 것이다. 결과적으로 이러한 우수한 이종접합 특성을 통해 더 높은 MoS₂ PEC 특성이 구현되었다. 본 발표에서는 MoS₂/Ag₂S 이종접합 형성 및 특성과 더불어 이차원 MoS₂ nanosheets 위에 성장된 Ag₂S 두께에 따른 구조적, 광학적, PEC 특성의 체계적인 연구를 통해 최적의 MoS₂/Ag₂S 이종접합구조에 관해 논의하고자 한다.

Keywords: MoS₂, Ag₂S, 광전기화학, 이종접합, 화학기상증착법

Atomically tunable photo-assisted electrochemical oxidation process design for the decoration of ultimate-thin CuO on Cu₂O photocathodes and their enhanced photoelectrochemical performances

김동수, 최지훈, 이학현, 서희원, 김영빈, 조형균[†]

성균관대학교 신소재공학과
(chohk@skku.edu[†])

A representative method of forming CuO thin films on Cu₂O photoabsorbers was simple annealing oxidation at high temperature in the controlled oxygen atmosphere, but the typical oxidation process is considerably quick and irregular, resulting in the presence of high density of defect sites. To maximize the beneficial effect of CuO/Cu₂O heterojunction photocathode, novel criteria on CuO preparation were suggested: 1) in-plane epitaxy with Cu₂O, 2) atomically layer-by-layer growth, 3) ultimate-thin and completely conformal coating, and 4) minimized internal defects. As a novel strategy to achieve them, we firstly propose a photo-assisted electrochemical-oxidation (PAEO) method, and the Cu₂O surface is precisely phase-changed into the ultimate-thin CuO layer with 4 nm via fine thickness control using photoenergy and external potential at room temperature. The produced CuO crystals are grown on Cu₂O without generating structural defects by accommodating the epitaxial relationship below critical thickness. From static and dynamic (photo)electrochemical analyses, the formation of ultimate-thin CuO offers high electrical conductivity and faster charge transport, guarantees sufficient open-circuit voltage (V_{oc}), and substantially retains the initial V_{oc} value by minimizing the contribution of recombination loss. Finally, the PAEO treated photocathodes exhibit the excellent photocurrent density of 15 mA/cm² (approaching to theoretical maximum current) and 8.3 mA/cm² at 0 V vs. RHE in the electrolytes with and without scavenger hydrogen peroxide (H₂O₂), respectively, as well as VOC of 0.78 V, even in use of the suboptimal Al-doped ZnO buffer layers.

Keywords: Photoelectrochemical reaction, Oxidation, Cuprous oxide, Cupric oxide, Heterojunction

나노인덴터를 이용한 Cu(In,Ga)Se₂ 화합물 반도체 박막의 파괴거동 분석

장마오, 유다영, 김양도, 이동윤[†]

부산대학교
(dlee@pusan.ac.kr[†])

Glass/Mo 기판에 Co-sputtering으로 증착시킨 Cu(In,Ga)Se₂ (CIGS) 광흡수층 박막의 기계적 거동 분석을 나노인덴테이션 기법을 이용하여 분석하였다. 박막의 Young's modulus와 Hardness는 각각 약 88.5±2.2 및 5.89±0.23 GPa이었다. 실험적으로 구한 압입 하중-변위 곡선과 이론적인 탄성 박막에 대한 압입 하중-변위 곡선(Hertz 접촉 이론에 근거한 나노인덴터 압자의 곡률을 고려한 곡선)을 비교 분석하였다. 약 25mN 압입 하중에서 CIGS 박막의 균열이 시작되는 것으로 관찰되었다. 압입 부위를 투과 전자 현미경 (TEM)으로 분석한 결과 대부분의 균열이 박막의 입계에서 일어나는 것으로 관찰되었고 박막의 파괴 인성은 ~0.22 MPa√m으로 soda-lime glass의 취성보다 큰 것으로 관찰되었다. Palmqvist radial and lateral cracks이 동시에 형성되는 것으로 판단되며 압입 압력에 의해 상대적으로 큰 결정립들이 작은 결정들로 세분화되는(균열이 시작되기 전) 것을 관찰할 수 있었다. 본 연구에서 외부 충격 에너지를 잘 흡수할 수 있는 유연한 화합물 반도체 박막 제조에 대한 논의도 하고자 한다.

Keywords: CIGS compound, brittle fracture, intergranular fracture, nanoindentation, flexible device

High-k gate dielectric properties from hydrocarbon film grown by inductively coupled plasma chemical vapor deposition

Viet Dongquoc, Dong-Bum Seo, Tran Nam Trung, Eui-Tae Kim[†]

Department of Materials Science and Engineering, Chungnam National University, Republic of Korea
(etkim@cnu.ac.kr[†])

New high-k gate dielectrics are highly necessary in facilitating the continuous down-scaling of metal-oxide-semiconductor devices to the sub-10 nm range. In this work, ultrathin organic hydrocarbon (HC) film as a novel high-k gate insulator for metal insulator semiconductor (MIS) devices was studied on Si (100) substrate using inductively coupled plasma chemical vapor deposition (ICP-CVD) with a mixture of argon (Ar), hydrogen (H₂) and methane (CH₄) gases. The dielectric properties of HC film strongly depend on temperature, radio frequency (rf) power, CH₄ flow rate and atmospheric pressure. By using the optimized condition, we have obtained a HC film that reached the highest k value of 90 at 300 °C, 400 W, 10 SCCM and 0.5 Torr. In addition, the MIS devices display great gate-insulating properties, including almost no hysteresis in the capacitance-voltage curve, low leakage current, and high dielectric strength. We elucidate that the organic HC film has excellent dielectric properties and is potential candidates for next-generation high-k gate dielectric material for sub-10nm node Si.

Keywords: Hydrocarbons, High-k dielectrics, Gate dielectrics, Metal oxide semiconductors

Plasma Polymer-Metal 다층 전극의 광학, 전기적 특성 연구 및 면상 투명 히터 응용

김혜민, 김성현, 박현진, 이상진[†]

한국화학연구원
(leesj@kriect.re.kr[†])

CNT-PTFE 복합 타겟을 MF 스퍼터링하여 Plasma polymer fluorocarbon(PPFC) 박막을 제작할 수 있다. PPFC 박막은 낮은 굴절율로 인해 광학 박막으로 적합하며, 낮은 표면에너지로 인한 발수 특성으로 자가세정 효과를 나타낸다. PPFC 박막과 금속층을 적층하여 Plasma Polymer-Metal 다층 전극을 제작하였다. Metal 재료로 비저항이 낮은 Ag를 사용하여 전기 전도도를 향상시켰다. 광학 시뮬레이션으로 metal/polymer, polymer/metal/polymer 구조에서 각 층의 최적 두께 범위를 설정하여 다층 전극을 제작하였다. 특히, plasma polymer/metal 구조로 제작한 전극은 저전력에서 150°C의 고온 발열 특성을 나타내어 면상 투명 히터로 응용이 가능함을 확인하였다

Keywords: 불소고분자박막, 투명전극, 박막 히터, 투명 히터

Vertical growth and efficient photoelectrochemical water splitting of SnS₂ nanosheets on graphene

서동범, 김의태[†]

충남대학교 신소재공학과
(etkim@cnu.ac.kr[†])

Two-dimensional (2D) materials have emerged as attractive and interesting materials for photoelectrochemical (PEC) because of their particular layer structure, great electric transportation property and strong interaction with sunlight. Nevertheless, 2D SnS₂ nanosheets vertically grown on high quality conductive substrate such as graphene electrodes have still not been rarely reported because high growth temperature of SnS₂ based on chemical vapor deposition (CVD). In this work, we report vertical 2D SnS₂ nanosheets with controllable growth on conductive substrates (ITO) and graphene by a facile and low temperature CVD method. Vertical SnS₂ nanosheets was successfully deposited on ITO and graphene at low temperature of 230°C and carrier gas flow rates were adjusted to optimize growth conditions. Moreover, the SnS₂ nanosheet structure dependency of the PEC performance was systematically studied. The optimized PEC reactivity of SnS₂ nanosheets was achieved at SnCl₄:H₂S=125:75 SCCM ratio, and heterojunction of graphene/SnS₂ was further enhanced the PEC performance due to significantly improved charge transfer properties. This result of controllable vertical SnS₂ growth at low temperature suggests a various approach towards the design and fabrication of efficient PEC photoelectrode based on 2D metal chalcogenides.

Keywords: Metal chalcogenides, SnS₂, photoelectrocatalysis, graphene, chemical vapor deposition

G-11

Antireflective and hydrophobic plasma-polymerized fluorocarbon thin film with low-refractive index for high efficiency flexible perovskite solar cell

이상진[†], 조은미

한국화학연구원
(leesj@kriict.re.kr[†])

The plasma-polymerized-fluorocarbon (PPFC) films deposited by mid-range frequency sputtering process using polytetrafluoroethylene-carbon nanotube composite target shows an antireflection (AR) effect with low refractive index (~1.38), self-cleaning effect due to their low surface energy, excellent mechanical flexibility, and chemical stability. As a result, the AR PPFC films increase the power conversion efficiency of flexible perovskite solar cells (F-PSCs) from 18.6% to 20.4%, and improve the long-term stability of F-PSCs in humid environments.

Keywords: Plasma-polymerized-fluorocarbon, antireflection, self-cleaning, low-refractive index, fluoropolymer sputtering target

포스터발표



Graphene reinforced lead-free solder composite for electronic packaging and its high reliability

이호영, 박지선[†]

한국전자기술연구원
(jisun.park@keti.re.kr[†])

외부환경으로부터 전자부품을 보호하는 시스템의 필요기능과 성능이 높아짐에 따라 나노입자강화 복합솔더 연구가 보고되고 있다. 이 가운데 그래핀 나노재료는 솔더 젖음성, 내부 미세조직 그리고 페이스트의 물성을 향상시키기 위해 활용되고 있다. 또한, 그래핀은 기계적, 전기적, 열적 특성이 우수하며 접합 간 형성되는 금속 간 화합물(IMC, Intermetallic Compound) 층의 성장을 억제 혹은 균일하게 조절하는 효과가 보고되었다.

본 연구는 그래핀 나노입자를 활용한 전자 패키징 솔더 접합 기술 및 신뢰성에 관한 보고이다. 연구원 개발 플렉스를 적용함과 동시에 그래핀 나노시트의 균일한 코팅 및 분산과 탈포를 통한 나노입자강화 복합 솔더 페이스트를 제조하였다.

솔더 분말에 대한 그래핀 코팅은 얇은 자기조립 층(Self-assembly layer)을 형성하여 리플로우(Reflow) 과정에서 석출되지 않고 금속 결정립계 내부에 잔류하는 것을 확인하였다. 이를 통해 나노입자 혼입에 따라 솔더 접합에 대한 실내 촉진 가속시험평가를 진행하여 균일한 미세조직을 갖는 그래핀 조성을 최적화하였다. 추가적으로 본 그래핀 조성은 솔더의 기초 물성의 증진, 그리고 페이스트의 안정적인 유변학적 물성을 이끄는 것을 확인하였다.

결과적으로 플렉스 반응기구 및 공정조건에 관한 시스템 구축을 토대로 나노입자 강화 솔더 페이스트 요소기술 개발과 및 솔더접합 신뢰성을 확보하였다.

Keywords: graphene, nano-reinforced solder, lead-free, solderability, intermetallic compound

N₂/He Plasma Inhibitor 개발을 통한 공간 분할 PE-ALD시스템에서의 메모리 Gap-fill공정 설계

이백주[†], 서동원, 황재순, 최재욱

(주)한화

(baekju.lee@hanwha.com[†])

본 연구는 독립 제어 Dual Plasma System 및 공/자전 Moving Unit이 장착된 공간 분할 PE-ALD(Plasma Enhanced-Atomic Layer Deposition) System을 사용하여 메모리 제품에서 중요한 Gap-fill 공정에 최적화된 고온ALD SiO₂ 막 공정 개발에 관한 연구이다. 공간 분할 PE-ALD System은 높은 생산성을 가지며, Top Lid Design에 따라 다양한 Application 적용이 가능하여 연구가 활발히 진행 중에 있다. 하지만 공간 분할 ALD System은 Disk 회전에 따른 공정 영향성으로 인하여 동심원 형태의 증착 map을 구현하기에는 한계가 따른다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 Disk와 Wafer가 독립적으로 회전하는 공/자전 Moving Unit을 개발하여 설비에 적용하였으며, 막의 특성 강화를 위하여 독립적으로 제어 가능한 Dual Plasma System을 개발하였다. 그 결과, ALD 증착과 Plasma treatment를 ALD 1 cycle내에서 동시 진행하여 Gap-fill 공정에서의 생산성 및 막의 밀도를 향상시켰다. Gap-fill 공정은 Pattern 내부 형상을 감안하여 패턴 깊이별 Dep.-rate 조절로 Void free한 막을 증착하여야 한다. 본 연구에서의 독립 제어 Dual Plasma System은 Treatment 구간 내 N₂ Plasma 처리 가능하여 Pattern 깊이별 dep.-rate 조절을 가능하게 하였다. Dual Plasma Treatment 적용으로 Dep.-rate은 10~20% 억제 효과를 나타내었고 He gas 첨가 시 억제 효과는 30%까지 증가 하였으며 막의 WER(Wet Etch Rate @DHF100:1) 특성은 0.4Å/sec 수준으로 개선 되었다. 본 연구에서는 High Aspect Ratio Pattern(60:1) 내부 depth별 dep.-rate 조절로 Convex한 내부 형상의 Pattern에서도 Void free한 Gap-fill 공정이 가능함을 확인하였다.

Keywords: ALD, Inhibitor, Gap-fill, SiO₂

수열합성법, 고상반응법 및 솔-젤 공정에 의한 GdMnO₃의 제조특성 비교

홍대현 최윤희[†]

대구가톨릭대학교 신소재화학공학부
(yunhyukchoi@cu.ac.kr[†])

페로브스카이트 타입 GdMnO₃는 유망한 자기 열량 물질로 널리 연구되어 왔다. 최근 자기열량효과 (Magnetocaloric effect, MCE)는 에너지 효율이 높고, 냉매를 사용하지 않으며, 친환경적인 고체 냉각 메커니즘으로 주목을 받고 있다. 자기장이 자성 물질에 가해지거나 제거될 때, 재료는 각각 가열되거나 냉각된다. 이를 MCE라고 하고, 에어컨과 냉장고 등에서 프레온가스를 대체할 새로운 패러다임으로 많은 관심을 끌고 있다. 다만 자기열량소재가 발견된 지 약 100년이 지났지만 여전히 실용화되기 어려운 상황이며 해결해야 할 과제가 많이 남아있다. 따라서 향후 자기열량효과를 이용한 고체 냉각기의 상용화를 위해서는 실온에서 최대 열 용량을 나타내는 고효율 자기냉각 재료를 개발하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 자기열량소재로 많은 관심을 받고 있는 GdMnO₃의 제조방법에 대한 비교연구를 진행하였다. 수열합성법 (Hydrothermal method), 고상반응법(Solid-state reaction) 및 솔-젤(Sol-gel) 공정을 통해 각각 얻어진 GdMnO₃의 상 및 구조 특성을 비교하였다. 합성된 GdMnO₃의 상 및 구조 특성은 Scanning electron microscopy(SEM), Transmission electron microscopy(TEM), X-ray diffraction(XRD), X-ray photoelectron spectroscopy(XPS) 등 다양한 방법을 이용하여 분석되었다.

Keywords: Magnetocaloric effect, Hydrothermal, Solid-State, Solid-state cooling, Sol-gel

강유전성 분극에 의해 구동되는 이차원 재료 기반 광 검출기

김승준, 박진홍, 허근^{1,†}

성균관대학교; ¹전북대학교
(kheo@jbnu.ac.kr[†])

본 연구는 강유전성 분극에 의해 구동되는 이차원 재료를 기반으로한 광검출기의 특성 개선에 관한 것이다. 강유전성 고분자 물질인 P(VDF-TrFE)의 분극 현상을 이용하여 채널 재료의 에너지 밴드 구조를 변조하여 각 파장 영역에 대한 광 반응성을 극대화했다. 이차원 물질 중 tungsten diselenide (WSe₂)를 선택하였으며, 채널 영역의 절반 영역에 국부적으로 강유전 물질을 분극 현상을 이용하여 채널 영역에 전계를 인가하였다. 이를 통해 생성된 WSe₂ 단일 채널 내부 전계에 의해 광 검출 능력을 향상시킬 수 있었다. 또한 강유전 물질의 분극 특성을 조정함으로써 광검출기의 검출 범위를 변화시킬 수 있었다.

Keywords: TMD, 강유전

Developing a Basic Model for Interfacial Switching Mechanism of Cerium Oxide Based Resistive Memory Using Finite Element Method

Sagar Khot, 정동명, 권용우[†]

홍익대학교
(ykwon722@hongik.ac.kr[†])

Resistive random access memory (ReRAM or RRAM) is one of promising emerging nonvolatile memory technologies due to the simple cell structure, the compatibility with the CMOS process, and the excellence performance. The switching mechanisms are classified into two types: one is filamentary and the other is interfacial. Most of modeling studies have been conducted for the filamentary switching. In this work, we report a model for the interfacial switching mechanism. The cerium oxide doped with some metal ions was selected as a model system. In this system, the metal ions drift along the electric field. When biased, the concentration of the metal ions become higher or lower at one electrode, which leads to the resistance change by modulating the Schottky barrier height. We modeled this phenomena by adopting the drift and diffusion equations for metal ions and the concentration dependent Schottky barrier height at the oxide/electrode interface. We will investigate the device performance in terms of the material parameters for memory and synapse devices.

Keywords: RRAM, Resistive switching, Finite element modeling, Interfacial switching mechanism

Nickel nanowires roughness characteristics according to the shape of magnetic field

Min Ji Shin, Ji Eun Lee, Su Jeong Park, Akshay Kumar, Seok Hwan Huh, Bon Heun Koo[†]

창원대학교
(bhkoo@changwon.ac.kr[†])

Research on nanotechnology has been very actively in recent years, So The necessity for one-dimensional nanomaterials is increasing rapidly. The diameter of the nanowire is quite small, with a few nanometers, but it can grow up to tens of microns in length and maintains a stable shape as a one-dimensional material. It shows a big difference from the electrical and mechanical properties of existing three-dimensional materials, and it can show various properties by changing the constituent materials of the nanowires. In this study, nickel was selected among soft magnetic materials with high saturation magnetization. nanowires were prepared through a solution synthesis method, using $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, NaOH , $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, etc. For comparison, At first no magnetic field is applied then, It changed the shape of the magnetic field and applied during the reaction of the solution. After washing and drying the generated sample, component analysis and microstructure evaluation are performed through XRD and FE-SEM, and Magnetic properties are measured with PPMS equipment. Although the magnetic field of the same intensity, it was confirmed that the roughness of the generated nickel nanowires was different depending on the shape of magnetic field.

Keywords: Roughness, Nanowires, Shape of magnetic field, magnetic properties

Al/Ti/TiN 다층 금속 구조와 W 금속 전극 간 접촉 저항에 관한 연구

김승준, 박진홍, 허근^{1,†}

성균관대학교; ¹전북대학교
(kheo@jbnu.ac.kr[†])

Al/Ti/TiN 적층 구조에서 aluminium 필름의 힐록현상이 발생하였을 때 tungsten 금속 전극과의 접촉 저항 변화에 관해 연구하였다. Al/Ti/TiN 적층 구조를 에칭 후, 옥사이드 절연물질 증착 시, 금속 간 갭 필링을 위해 스퍼터링과 증착을 함께 수행한다. 스퍼터링은 TiN 표면을 식각하고, 이때 TiN 아래의 Al이 산화되는 현상이 발생하는 것을 확인하였다. 이러한 산화 층이 접촉 저항을 증가시키는 주요 원인을 확인하였다.

Keywords: 접촉저항, 힐록

Investigation of exchange bias in ferromagnetic heterometallic nanoparticles

Kavita Kumari, Akshay Kumar, Bon Heun Koo[†]

창원대학교
(bhkoo@changwon.ac.kr[†])

Exchange bias is a very exceptional property in order to develop functional materials for magnetic data storage and high frequency devices. In the present work, Fe-M, M: Ni, Co ferromagnetic heterometallic nanoparticles (NPs) were prepared using sodium borohydride assisted co-precipitation technique with subsequent annealing in a simple box furnace at 210°C for 4 hrs. The synthesized NPs were investigated for the presence of exchange bias using various characterization techniques viz. x-ray diffraction (XRD), field emission scanning electron microscopy (FE-SEM), Raman spectroscopy and dc-magnetization. The XRD patterns indicated the formation of face centered cubic and body centered cubic phases of Fe-Ni and Fe-Co respectively in addition to the impurity peaks corresponding to metal hydroxides and pure metals. The crystallite sizes, calculated using Scherrer's formula, were found to be in nm range. The Fe-SEM micrographs of Fe-Co NPs manifested amalgamated aspheric morphology, while that of Fe-Ni NPs displayed dumbbell-shaped agglomerates of particles. Raman spectroscopic analysis confirmed the presence of impurity phases. The field dependent magnetization (MH) hysteresis loops, measured at 300K and 50K temperature, revealed a weak ferromagnetic behavior indicating soft magnetic nature of the heterometallic NPs. The reduction in temperature was found to enhance the value of saturation magnetization. The MH-hysteresis loops measured at 50K temperature under the conditions of field cooled (FC) and zero field cooled (ZFC) exhibited horizontal shift which points towards the presence of exchange bias. The value of exchange bias field (Heb) was found to be ~ 14Oe in Fe-Ni NPs, whereas, Fe-Co nanoparticles demonstrated a value of ~ 47 Oe. These results are promising owing to the ferromagnetic nature of these heterometallic nanoparticles in addition to the values of Heb obtained at 50K temperature. The exchange bias was also validated from the temperature dependent FC and ZFC magnetization curves that exhibit bifurcation below 350K temperature which make these ferromagnetic heterometallic NPs favorable for technological applications.

Keywords: ferromagnetic, heterometallic, nanoparticles, hysteresis loops, magnetic properties

Enhancing the room temperature cooling capacity of double layer $\text{Pr}_{1.4-x}\text{Sr}_{1.6-x}\text{Mn}_2\text{O}_7$ manganites through controlled self-doping

Akshay Kumar, Kavita Kumari, MinJi Shin, Bon Heun Koo[†]

창원대학교
(bhkoo@changwon.ac.kr[†])

In this work we have prepared a series of self-doped $\text{Pr}_{1.4-x}\text{Sr}_{1.6-x}\text{Mn}_2\text{O}_7$ ($0.0 \leq x \leq 0.5$) double layer manganites from the solid-state reaction method. The structural and magnetic properties were investigated and finally the room temperature magnetocaloric response has been enhanced. The X-ray diffraction profiles revealed that the samples exhibit Ruddlesden-Popper bilayer phase consisting the tetragonal symmetry in all the samples. With increasing the Pr-concentrations the tetragonal symmetry reduces to the single perovskite phase (orthorhombic) and additional $\text{PrO}_2/\text{Pr}(\text{OH})_3$ phases were also emerged. The fractions of each phases were calculated from the Rietveld refinement method and their effects on the magnetic and magnetocaloric properties were analyzed. We found that the total magnetization increases with increasing the Pr-content, which indicates that the incorporation of Pr^{3+} alters the $\text{Mn}^{3+}/\text{Mn}^{4+}$ ratio thereby enhancing the double exchange ferromagnetic coupling. Even so, the change in magnetic entropy at 300 K was significantly enhanced from $0.28 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ($x = 0.0$) upto $0.9 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ($x = 0.5$) at an applied field of 2.5 T. Similarly, the relative cooling power of 28 J/kg, 35 J/kg, 51 J/kg, 65 J/kg, 74 J/kg, 78 J/kg for 0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 respectively was achieved under the magnetic field of 2.5 T. Our findings in this work advocates enormous cooling potential of $\text{Pr}_{1.4-x}\text{Sr}_{1.6-x}\text{Mn}_2\text{O}_7$ double layer manganites. Moreover, by controlling the phase compositions and experimental set-up, their cooling capacity can be further enhanced for room temperature refrigeration applications.

Keywords: double layer manganites, Ruddlesden-Popper phase, double exchange, magnetic entropy, relative cooling power

자가치유 가능한 전기전도성 소재의 합성 및 최적화

김영주 Rubaya Yeasmin¹, 서형탁^{2,†}

아주대학교 신소재공학과; ¹아주대학교 에너지시스템학과; ²아주대학교 신소재공학과, 에너지시스템학과
(hseo@ajou.ac.kr[†])

자가치유 능력을 지닌 전도성 소재를 이용해 만든 장치는 장치에 손상 발생 시 자가 치유 능력을 이용해 손상이전에 가고 있던 물성들을 회복한다. 이는 장치의 안정성, 내구성이 향상시켜 장치의 수명을 증가시키며 유지관리 비용을 감소시킨다. 이러한 기술의 활용은 차세대 전자기기가 요구하는 기술 수준을 만족시킬 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구의 자가치유 전도성 소재는 자가 치유 능력을 갖춘 polyborosiloxane(PBS)와 전기전도성이 우수한 multi-walled carbon nanotubes(MWCNTs)를 이용해 제작한다. 연구의 목표는 MWCNTs의 함량을 조절하여 본 자가치유 전기전도성 소재를 최적화하는 것이었다. 최적화를 위해 3, 5, 7 wt% MWCNTs 소재를 제작했다. 그 결과 100% 이상의 신축성을 갖춘 5 wt% MWCNTs 소재가 본 소재의 응용처에 가장 최적화된 소재로 판단되었다. 5 wt% MWCNTs 소재는 손상을 받고 실온에서 5분이 지난 후에 거의 100% 전기적 치유와 80% 기계적 치유를 보여주었다. 자가치유는 실온에서 이루어졌으며 이는 본 자가치유에 열과 같은 에너지가 필요하지 않다는 것을 증명한다.

본 소재는 전자 피부, 웨어러블 센서 등 strain과 같은 충격을 받아 손상될 가능성이 높은 장치에 적용할 수 있다. 예를 들면, 전자 피부, 웨어러블 센서 등에 사용될 수 있기 때문에 본 소재는 휴먼 머신 인터페이스 분야에서 유용하게 이용될 것이다.

Keywords: 자가치유, 신축성, 전기전도성, polyborosiloxane(PBS), multi-walled carbon nanotubes(MWCNTs)

Effects of SrTiO₃ modification on piezoelectric and strain properties of lead-free K_{0.5}Na_{0.5}NbO₃-based ceramics

Trang An Duong, Hoang Thien Khoi Nguyen, Sang Sub Lee, Donghyeok Kim, Chang Won Ahn, Hyoung-Su Han[†], Jae-Shin Lee

University of Ulsan
(hsejs@ulsan.ac.kr[†])

Lead-free (1-x)K_{0.5}Na_{0.5}NbO₃-xSrTiO₃ (KNN-100xST) solid solution ceramics were prepared using conventional solid-state reaction method to investigate their phase transition behavior and electrical properties. It is known that SrTiO₃ modification in lead-free KNN ceramics is able to improve piezoelectric properties as well as sinterability of KNN ceramics. The previous studies for SrTiO₃-modified KNN ceramics have mainly focused on the enhancement of dielectric and piezoelectric properties using orthorhombic↔tetragonal (O-T) phase transition concept. However, none of them clarified for the electromechanical strain behaviors near O-T phase boundary. In this work, the polymorphic phase boundary between the orthorhombic and the tetragonal phases can be found at 5 mol% of SrTiO₃ content, where enhanced piezoelectric constant (d_{33}^*) was observed. Besides, the normalized strain (d_{33}^*) was obtained from the unipolar strain at 4 kV/mm, which reached 210 pm/V as the highest values in KNN-5ST ceramics.

Keywords: lead-free, SrTiO₃, tetragonal, strain

징케이트 전처리에 의한 알루미늄 패드와 친환경 Ni 무전해 도금

이연승, 나사균^{1,†}

한밭대학교, 정보통신공학과; ¹한밭대학교, 신소재공학과
(skrha@hanbat.ac.kr[†])

Al-Finish층에 무전해 도금 기술의 도입은 MOSFET의 전력손실 최소화 및 소자 실장의 안정성을 위해 매우 중요한 기술이다. 알루미늄(Al) 패드(Pad)상에 무전해 도금된 금속과의 adhesion을 향상시키기 위해서, 알루미늄 패드에 대한 backend의 활성화 처리 단계가 매우 중요하게 된다. 무전해 Ni 도금막 형성에 있어, 알루미늄 패드 표면에 형성되어 있는 알루미늄 산화막이 니켈이 환원되는 것을 방해하기 때문에 무전해 니켈 도금을 하기 위해서 표면의 산화층을 제거하는 전처리 과정이 필요하다. 최근 알루미늄 패드에 대한 backend의 활성화 처리 단계로서의 징케이션(Zincation) 솔루션 공정이 사용되고 있지만, 강산, 강염기성 솔루션에 취약한 박막형 알루미늄 패드에 있어, 알루미늄의 부식이나 Lift-off 문제가 여전히 남아있다. 본 연구에서는 징케이션 과정을 거쳐 전처리 된 알루미늄 패드 표면의 변화와 함께, 전처리된 알루미늄 패드 위에 친환경적 Ni 계 무전해 금속층을 형성하여, 형성된 Ni합금계의 결정구조 및 전자구조에 대해 연구하였다.

Keywords: 징케이트, 알루미늄 패드, Ni, 친환경, 무전해도금

Comparison of Fe-/ and Al-doping effects on phase transition and electrical properties in lead-free $\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3\text{-SrTiO}_3$ piezoceramics

Aisyah Devita Mukhlisah, Hoang Thien Khoi Nguyen, Trang An Duong, Hyoung-Su Han, Jae-Shin Lee[†]

University of Ulsan
(jslee@ulsan.ac.kr[†])

This study investigated Fe-/ and Al-doping effects on phase transition and electrical properties in lead-free $\text{Bi}_{1/2}\text{Na}_{1/2}\text{TiO}_3\text{-SrTiO}_3$ (BNT-ST) piezoceramics. Ferroelectric-to-relaxor phase transition was induced by Fe-/or Al-doping that was evidenced by vanishing ferroelectric to relaxor phase transition temperature ($T_{\text{F-R}}$). Interestingly, we found that the values of maximum polarization (P_{max}), remanent polarization (P_{rem}), and coercive field (E_c) in polarization curves and negative strain (S_{neg}) in bi-polar strain curves for Al-doped BNT-ST ceramics were drastically degraded with increasing Al content in comparison to Fe-doped BNT-ST ceramics. Accordingly, it seems that Al-doping more prominently promotes the ferroelectric-to-relaxor phase transition rather than Fe-doping. We suggest that the different phase transition behaviors in BNT-ST ceramics are originated from the different ionic radii between Al^{3+} and Fe^{3+} ions.

Keywords: lead-free, relaxor, phase transition, ionic radii

게이트 전극 형태가 반도체 성능에 미치는 영향에 관한 연구

김승준, 박진홍, 허근^{1,†}

성균관대학교; ¹전북대학교
(kheo@jbnu.ac.kr[†])

게이트 전극이 반도체 소자의 성능에 영향을 미치는 인자로는 일반적으로 알려진 게이트 유전체의 두께, 게이트 전극의 폭 길이 이외에도 게이트 전극의 형태도 큰 영향을 미친다. 본 연구는 게이트 전극의 형태가 트랜지스터 성능에 미치는 영향에 대한 것이다. 투과 전자 현미경을 이용한 물리적 분석과 TCAD 시뮬레이션을 통해, 게이트 전극이 노치 프로파일을 가질 때, 할로 임플란트 공정에서 주입된 도펀트는 채널 영역 아래에 더 가깝게 도달하여 Well 농도를 증가시킨다. 본 연구를 통해 게이트 전극의 형태와 소자 성능의 관계를 규명할 수 있었다.

Keywords: 전극, 접촉저항

PI 기판 위 스트레처블 전자소자용 저저항 다층 배선구조에 대한 연구

김중석, 서종현[†], 배진원, 이진리, 이민준

한국항공대학교
(jhseokau3@gmail.com[†])

스트레처블 디스플레이(stretchable display)는 화면이 탄력적으로 늘어나는 특성을 이용하여 웨어러블 기기와 차량용 디스플레이, 스마트 섬유 등에 적용이 가능한 차세대 디스플레이 패널이다. 최근 신축성 소자가 대면적, 고해상도 됨에 따라 낮은 저항을 갖는 배선재료가 요구되고 있으며 폴리이미드(polyimide)는 기계적 강도, 내화학성, 내열성이 우수하여 신축성 소자의 기판으로 사용하기 적합하다. 본 연구에서는 구리 및 알루미늄 이중 배선구조를 활용하여 배선의 접착층(adhesive layer)으로 사용된 니켈 합금 및 타이타늄, 몰리브데늄 합금의 기계적 특성 및 다층막 형성에 필요한 에칭 특성에 대해 연구하였다.

Keywords: 스트레처블 디스플레이, 니켈 합금, 저저항 배선, 에칭, 타이타늄 합금

Microwave Dielectric Properties of MgO/polypropylene Composites with Low Dielectric Loss

Jae Young Jeong, Eung Soo Kim[†]

Department of Materials Engineering, Kyonggi University
(eskim@kyonggi.ac.kr[†])

Effects of MgO content on the microwave dielectric properties of MgO/polypropylene (PP) composites were investigated as a function of MgO volume fraction from 0.1 to 0.5. Composites of MgO filler dispersed in PP matrix were prepared by extrusion method and hot-molding technique. Filler ceramic, MgO powders with purities above 99% were calcined at 950°C for 4 h. These calcined powders were heat-treated again at 1440°C for 4 h and then milled for 24 h. With increasing of MgO content, the dielectric constant (K) of composites and dielectric loss ($\tan \delta$) of the composites was increased. These results are due to the connectivity among the ceramic particles and interfacial polarization between PP and ceramics. For the composites with semi-crystalline PP, the $\tan \delta$ was strongly dependent on the degree of crystallinity of composites. The quality factor (Q_f) and dielectric constant (K) of the composites with MgO content were also discussed.

Keywords: Microwave dielectrics, MgO/PP composites, crystallinity, quality factor

Conductive Fibers with Buckling Surface Structure and Its Application for Hydrogen Sensor

Kukro Yoon, Taeyoon Lee[†]

Yonsei University
(taeyoon.lee@yonsei.ac.kr[†])

Recently, flexible and stretchable conductive fibers are spotlighted in various fields such as wearable devices and sensor systems. Our research team had developed fiber-based sensors which can detect mechanical stimuli with Ag nanoparticles embedded conductive stretchable fibers. These fiber-based sensors had advantage of being durable, however, since the polymer has viscoelastic properties, it still has a disadvantage of poor restoration and inhibits electrical conductivity.

Herein, we fabricated a metal based buckled structure on the surface of stretchable conductive fiber by using simple pre-straining method. The disadvantages of polymer structure were compensated by forming the metal based buckled shell on the surface of the conductive fiber. Furthermore, the Pd buckled shell structured fiber could be used as a strain-stable hydrogen sensor with its large and stationary contact between hydrogen gas. In the future, this study is expected to be able to fabricate various sensors with high accuracy based on stable structure against pressure and strain.

Keywords: Hydrogen sensors, Wearable electronics, Pd buckled shell, Buckling structure

Analysis of Recrystallization Statistics in Phase Change Memory Using Electrothermal and Phase-Field Models

Ho Thi Thu Trang, 이환욱, 권용우[†]

홍익대학교
(ykwon722@hongik.ac.kr[†])

Phase change memory (PCM) is an emerging non-volatile technology that utilizes $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ (GST), a chalcogenide material, whose conductive crystalline and resistive amorphous phases correspond to data 0 and 1, respectively. The switching mechanism includes phase-change phenomena such as melting, quenching, and annealing that are controlled by Joule heating. In this work, we present our simulation results on the falling-time controlled, i.e., cooling-speed controlled, switching operations. The falling-time varied from 10 to 100 ns. The molten GST freezes to become amorphous when cooled rapidly while it recrystallizes when cooled slowly. We constructed a switching model for PCM by combining electrothermal and phase-field models in a finite element analysis package, COMSOL Multiphysics. We analyzed the variability in resulting resistance that is caused by the stochastic nature of the nucleation. We conducted a comparative study on two cell architectures: one is heater-based and the other is self-heating. The device performance such as reset current, power consumption, on/off ratio, etc, along with cell resistance statistics were compared

Keywords: phase change memory (PCM), chalcogenide, cell architectures, phase-field model (PFM), simulation

Dielectric and electromechanical strain properties in SrTiO₃-modified lead-free Bi_{1/2}Na_{1/2}TiO₃-BiAlO₃ piezoceramics

이상섭, 이재신[†], Hoang Thien Khoi Nguyen, Trang An Duong, 한형수

울산대학교 첨단소재공학부
(jslee@ulsan.ac.kr[†])

(Bi_{1/2}Na_{1/2})TiO₃ (BNT)-based ceramics are considered to be a promising candidate for actuator application owing to their excellent electromechanical strain properties. However, one of current challenges is that a relatively high operating field is required to obtain the large strain properties. Therefore, this study investigated a reduction of operating field in (0.98-x)Bi_{1/2}Na_{1/2}TiO₃-0.02BiAlO₃-xSrTiO₃ (BNT-2BA-100xST, x = 0.20, 0.21, 0.22, 0.23, and 0.24) via analyses of the microstructure, crystal structure, dielectric, polarization, ferroelectric and electromechanical strain properties. The average grain size of BNT-BA-100xST ceramics were decreased with increasing ST content. Results of polarization and electromechanical strain properties indicated that a ferroelectric to relaxor transition was induced by ST modification. As a consequence, a large electromechanical strain of 592 pm/V was obtained at a relatively low electric field as 4 kV/mm in 22 mol% ST-modified BNT-2BA ceramics. We believe that the synthesized materials in this study are promising candidates for actuator applications.

Keywords: lead-free, piezoceramics, relaxor, ferroelectric

Stretchable and Flexible Fiber Electrode for Measuring Neural Signal with Au Nanoparticles Conductive Networks

Chihyeong Won, Taeyoon Lee[†]

Nanobio Device Laboratory, School of Electrical and Electronic Engineering
(taeyoon.lee@yonsei.ac.kr[†])

Brain chip can reveal connectivity between new brain regions that have not been revealed before through precise analysis of brain circuits, and furthermore, it is possible to find ways to treat brain diseases through brain circuit control. Therefore, the development of an improved brain chip can be used as an important technical element in the search for the cause of the ultimate disease, beyond the development of treatments for brain diseases that are on the rise in recent years. The proposed fiber electrode is simply fabricated by immersing polymer fibers into metal precursor chemical solutions. The AuNPs based fiber electrode had good conductivity like AgNPs, and the change in resistance is low during mechanical deformation. In terms of adaptability in various biological environment, we confirmed that more than 90% of the cells were alive in the fabricated fiber electrodes through the stem cell viability test. For the application of biosensors, a brain chip for measuring nerve signals was developed using AuNPs based fiber probes. The developed device was inserted into the brain of mouse to perform a brain nerve signal measurement, and the results were similar to nerve signals measured using conventional probes. The developed fiber electrode has reliable conductivity and uniform conductive networks after repetitive mechanical deformation. To measuring biosignal, the brain chip was developed with AuNPs embedded fiber electrode and wireless signal modules. Neural signals measured from mice showed high quality and low noise compared with conventional electrodes. The proposed devices have potential to improve the body interface functions that can be applied for a long-term without interfering with the activity of the human body.

Keywords: Conductive fiber, Neural probes, Young's modulus, Au nanoparticles

Film analysis on Functional Group of Self-Assembled Monolayer (SAM) for the application on Cu diffusion barrier

Minkyu Lee, Seungmin Lee, Taeyoon Lee[†]

Yonsei University
(taeyoon.lee@yonsei.ac.kr[†])

Self-assembled monolayer is organic molecule that are molecular assemblies formed spontaneously on surfaces by adsorption and are organized into more or less large ordered domain. Once this organic molecule was developed, many scientists used this molecule as replacement of other materials that were used before. Due to low thickness and various functionalities of self-assembled monolayer, this could be function as water-proof, improvement on adhesion, and etc. Here, we introduce study of functional group of self-assembled monolayer that can replace Cu diffusion barrier using chemical bonding occur in functional group. When an atom is unstable state such as missing an electron or excessing electron, it is likely to react with neighbor atom to become a stable state. Using this phenomenon, we found that functional group that is unstable state forms a bonding within themselves to become a stable state. Therefore, functional group that has strong bonding strength can prevent Cu diffusion, which can eventually lead to function as Cu diffusion barrier. Since commercial Cu diffusion barrier, TaN, is too thick to use as Cu diffusion barrier, SAM can replace its functionality. Also, depend on the bonding strength of functional group of SAMs, some SAMs have better performance as Cu diffusion barrier. Those proofs were made using X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS) and Time Dependent Dielectric Breakdown (TDDB) analysis. Also, the roughness of SAM was qualified using Atomic Force Microscope (AFM)

Keywords: Self-Assembled Monolayer, Chemical Bonding, Diffusion Barrier, Copper

Dielectric properties of $\text{Mg}(\text{Ti}_{0.95}\text{B}_{0.05})\text{O}_3$ (B=Ti, Zr, Sn) / Polystyrene composites at microwave frequencies

Da Som Jung, Eung Soo Kim[†]

Department of Materials Engineering, Kyonggi University
(eskim@kyonggi.ac.kr[†])

Microwave dielectric properties of $\text{Mg}(\text{Ti}_{0.95}\text{B}_{0.05})\text{O}_3$ (B=Ti, Zr, Sn) / Polystyrene (PS) composites were investigated as a function of $\text{Mg}(\text{Ti}_{0.95}\text{B}_{0.05})\text{O}_3$ (B=Ti, Zr, Sn) volume fraction from 0.1 to 0.5. Composites of $\text{Mg}(\text{Ti}_{0.95}\text{B}_{0.05})\text{O}_3$ (B=Ti, Zr, Sn) filler dispersed in PS matrix were prepared by extrusion method and hot-molding technique. $\text{Mg}(\text{Ti}_{0.95}\text{B}_{0.05})\text{O}_3$ (B=Ti, Zr, Sn) were heat-treated at 1400 - 1450°C for 4h. With an increase of $\text{Mg}(\text{Ti}_{0.95}\text{B}_{0.05})\text{O}_3$ (B=Ti, Zr, Sn) content, the apparent density of the composites was increased, while the relative density was decreased due to the increase of porosity, which induced the decrease of quality factor (Qf) of the composites. The dielectric constant (K) of composites was dependent on the crystallite size of the composites. $\text{Mg}(\text{Ti}_{0.95}\text{Sn}_{0.05})\text{O}_3$ / PS composites showed maximum Qf and minimum K at microwave frequencies.

Keywords: Microwave dielectrics, ceramic/polymer, composites, quality factor, dielectric constant

Quantitative *in-situ* Hygrometry for Reduction Degree Analysis of Molybdenum Oxide Reduction Process

송요셉, 이한샘, Haq Muhammad Aneeq, 김범성[†]

한국생산기술연구원
(bskim15@kitech.re.kr[†])

Molybdenum, one of refinery metals, has various application especially high-tech field such as semiconductor industry. Molybdenum presents in the form of molybdenum disulfide in the ore naturally, and many processes are proceeded to make metal form. Among them, the step that requires high purity and uniform reaction is the process of reducing molybdenum trioxide to molybdenum. The reduction process is a batch-type process in which a reducing gas flows generally. In this case, there is a limitation in that the degree of reactivity of the surface layer and the contact frequency between reducing gas and oxide surface at inner reaction site. Therefore, in order to increase the reaction homogeneity at this stage, the reaction degree can be confirmed by making the contact between the oxide surface and the reducing gas uniform using a rotary tube furnace, and measuring the amount of water vapor as the reaction product to check the reactivity of the internal reactant in real time.

In this research, a simple fabrication for 2-step process of highly reduced molybdenum powder for high-tech application was investigated. The reducing process was carried out in a reducing gas atmosphere in a rotary tube furnace, and it was maintained at 500°C for 1 hour. During first heat treatment, MoO₃ was reduced to MoO₂. After then, furnace temperature was increased to 850°C to reduce from MoO₂ to Mo metal powder. The in-situ analysis of molybdenum oxide reduction degree calculated by integrated water vapor amount in outlet gas. The reduced molybdenum powder was characterized by X-ray diffraction (XRD), field emission scanning electron microscopy (FE-SEM), and inductively coupled plasma (ICP) analysis.

Keywords: Reduction process, Molybdenum, in-situ analysis, Refinery metal

All-Fabric Flexible Ag₂Se Thermoelectric Generator for Harvesting Electrical Energy in Wearable Devices

Chaebeen Kwon, Taeyoon Lee[†]

Yonsei University
(taeyoon.lee@yonsei.ac.kr[†])

Flexible thermoelectric generators are essential components for powering human-friendly wearable electronic devices and for harvesting electrical energy from thermal energy of human body. However, recent textile-based thermoelectric generators mostly fabricated with coating method using organic thermoelectric materials, which having weakness under mechanical deformation. Herein, we fabricated textile-based thermoelectric modules by aqueous in-situ chemical reduction of Ag₂Se inside the cotton fabric and each Ag₂Se thermoelectric module was integrated by using Ag conductive fibers. Due to the densely formed Ag₂Se nanoparticles inside the fabric, thermoelectric modules achieved a power factor of 23.4 $\mu\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-2}$ with an electrical conductivity of 225 Scm^{-1} and a Seebeck coefficient of -30.64 μVK^{-1} at room temperature. The all-fabric Ag₂Se thermoelectric generator showed high performance of harvesting electrical energy using human body heat even under high mechanical deformation.

Keywords: textile-based thermoelectric generator, All-fabric integration, wearable electronics

Copper Electrode Based Thin Film Transistors Surface Engineering using Coupled Self-assembled Molecular Layer

이승민, 이민규, 이태윤[†]

연세대학교

(taeyoon.lee@yonsei.ac.kr[†])

Controlling the contact properties of a copper (Cu) electrode, which has a fast RC response, is an important issue in improving the performance of a thin film transistor (TFT) for high speed response application. Because of electro-migration, it diffuses into the oxide semiconductor with forming electron trap states which cause the degradation of TFT performance. To solve this problem, various self-assembled monolayers (SAMs) are suggested as the solution, such as (3-Aminopropyl) trimethoxysilane and (3-Mercaptopropyl) trimethoxysilane (MPTS). SAM layer effectively acts as a copper diffusion barrier between oxide semiconductor and Cu electrode, preventing copper diffusion and improving TFT on-off performance. However, previous studies only show a copper diffusion barrier property simply using SAM, without argument to identify and control the interaction between SAM and oxide semiconductor. Herein, we present that the method of controlling the functional groups of the SAM using a chemical coupling method can prevent the copper diffusion characteristics of indium gallium zinc oxide (IGZO) based TFTs and control the electrical performance at the same time. Using Mono-amine and di-amine group SAMs, the threshold voltage and mobility of TFTs can be controlled by coupling functional groups with fluorine and sulfur. Controlling electrical properties using a coupling SAM method can be a promising future electronics technology using a simple solution process rather than chemical and physical deposition.

Keywords: Self-assembled molecular layer, Field effect transistor, Copper diffusion barrier, Coupled self-assembled molecular layer, Oxide semiconductor

Single Chamber에서 시간 분할 ALD Valve Monitoring & Control이 가능한 고성능 Fault Detection & Classification 시스템 개발

임성호, 강재희, 정필영, 이용준, 박영훈, 전진호[†]

원익IPS
(jin_ho_jeon@wonik.com[†])

최근 반도체/FPD 제조산업에서는 실시간으로 장비의 센서 데이터를 모니터링하고 분석함으로써 프로세스의 이상을 감지하고, 공정 결함의 근본 원인을 신속하게 분류하여 장비 활용을 극대화하기 위해 고성능의 실시간 이상 감지 시스템 (FDC, Fault Detection & Classification)의 필요성이 강조되고 있다. 특히 시간 분할 ALD에서는 1 s 이내의 초정밀 Process가 도입됨에 따라 Mass Volume Process 간의 오차를 줄이고, 공정 Error 발생 즉시에 장비를 제어할 수 있는 정밀 감지 System 개발이 중요한 사항이다. 본 연구에서는 증착 공정 중 발생하는 신호들을 2 ms 이하의 단위로 관리 가능하도록 Monitoring System (FCMS)을 개발함으로써 반도체 생산 과정에 성공적으로 적용한 사례를 보여 준다. 본 System을 구현하기 위해 각 Chamber별로 Monitoring한 제어 데이터들을 저장 수 있는 데이터 저장 장치를 두었고 System 제어장치와 연동하여 생산 라인에 구축된 FDC와 연동이 가능하게 했다. 또한, 각 데이터들을 ALD 장비 내에 저장할 수 있도록 함으로써 공정 중 발생하는 무한의 데이터를 따로 저장할 수 있도록 하여 데이터 저장 공간 확보 문제도 동시에 해결했다.

Keywords: 반도체장비, FDC, ALD monitoring system, FCMS

Comparison for Noise Performances of AlGaIn/GaN HEMTs With and Without in situ Silicon Carbon Nitride (SiCN) Cap Layer

이유나, 최은경, 서재인, 최진석, 안성진[†]

금오공과대학교
(sungjinan@kumoh.ac.kr[†])

We investigated the effects of in situ silicon carbon nitride (SiCN) cap layer of AlGaIn/GaN high-electron mobility transistors (HEMTs) on DC, capacitance-voltage (C-V), and low-frequency noise (LFN). The proposed device with SiCN cap layer exhibited the enhanced drain current, reduced gate leakage current, low interface trap density (D_{it}), and high on/off ratio thanks to the passivation effect compared to the device without SiCN cap layer. Both devices clearly showed $1/f$ noise behavior with carrier number fluctuations (CNF) plus correlated mobility fluctuations (CMF), regardless of the existence of SiCN cap layer. In comparison with DC and C-V characteristics of both devices, the increased noise level with the relative high trap density (N_{it}) for the proposed device ($N_{it} = 3.5 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3} \cdot \text{eV}^{-1}$) was observed compared to the device without SiCN cap layer ($N_{it} = 9.2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3} \cdot \text{eV}^{-1}$) due to the multiple trapping/detrapping into two gate insulators; (1) AlGaIn barrier layer and (2) SiCN cap layer. On the other hand, the proposed device presented less CMF term and reduced access noise due to the effective surface passivation in source-drain access region.

Keywords: AlGaIn/GaN, HEMTs, Cap layer, Low-frequency noise, Carrier number fluctuations

High x In_xGa_{1-x}N Quasi-Quantum Dots Formed in Quantum Pyramids on Non-polar GaN nanowire structures

엄대영, 오정균, 김지연, 이철로[†]

전북대학교
(crlee7@jbnu.ac.kr[†])

In group III-nitride based semiconductor structures, the incorporation of high indium-composition InGaN has been severely limited by highly inefficient strain-induced polarization fields and prohibitively numerous-defect densities. So far, there is still no clear approach to solving this issue. Here, we have shown a new approach to incorporating high-concentrations of indium in the InGaN quantum-structure by using a non-polar quasi-quantum dot formed in quantum pyramid heterostructure. This unique epitaxial growth was achieved by integrating a 1-dimensional nanowire and a 0-dimensional quantum dot structure using MOCVD system. It was confirmed the formation of high-efficiency quantum-sliding heterostructure and high-quality nanowire structure by FE-SEM and TEM measurements. Furthermore, it has been suggested that such a quantum-dot structure can dramatically improve radiative recombination through a new sliding bandgap mechanism. The first demonstration in the integration of nanowire and quantum pyramid (with quasi-quantum dot) structures will be open a new avenue to break through the limitations of high-indium incorporation in photonic semiconductor systems.

Keywords: nanowire, quantum pyramid, quantum dot, high indium-composition, MOCVD

The Study on the Mg-doped p-Type GaN on InGaN nano-heterostructures

Jeong-Kyun Oh, Young-Ho Ra¹, Dae-young Um, Ji-Yoen Kim, Cheul-Ro Lee[†]

전북대학교; ¹한국세라믹기술원
(crlee7@jbnu.ac.kr[†])

III-nitride-based nanowire structures has been used in a variety of optoelectronic devices. Compared to traditional planar structure, nanowire structures have various advantages, including dislocation densities, efficient heat dissipation, and reduced polarization field. One of the important parameters for achieving III-nitride-based high-efficiency device is to control p-type doping elements such as Magnesium. However, it is very difficult to understand the mechanisms of structure formation and growth by Mg in InGaN nanowire heterogeneous structures. So, here we report high quality p-i-n nanowire heterostructure fabricated using selective area epitaxial growth (SAG). Formed p-GaN nanostructure under different Mg doping growth conditions, various structure formation and Mg incorporations have been identified by scanning electron microscopy and cathodoluminescence analysis. The growth process of p-GaN formation in nanowires has been proposed via p-GaN nanostructure on InGaN nanowires, demonstrating the potential for realizing various nanoscale optoelectronic devices.

Keywords: nanowire, p-GaN, InGaN, selective area epitaxial growth, magnesium-incorporation

First principles study on selective etching of silicon nitride over silicon dioxide by phosphoric acid

박소용, 정현욱, 김준엽, 한병찬[†]

연세대학교
(bchan@yonsei.ac.kr[†])

Highly selective etching of a target silicon compound is essential in semiconductor fabrication. Searching for alternatives to conventional etchant that contain hazardous chemicals is challenging, largely due to the unclear understanding of the chemical reaction. In this study, we elucidate etching machinery of phosphoric acid and its outstanding selectivity toward silicon nitride (Si_3N_4) over silicon dioxide (SiO_2) surfaces in atomistic level. *Ab-initio* thermodynamic and kinetic formalisms integrated with density functional theory computation propose that pyrophosphoric acid ($\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$), a condensed form of orthophosphoric acid (H_3PO_4) at high concentration and temperature, is even more reactive toward Si_3N_4 than H_3PO_4 which has been regarded as a dominant species for decades. We demonstrate that the superior etching selectivity derives from reaction mechanism of thermodynamic control, where $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ is much more exergonic than H_3PO_4 . Notably, we find that water molecules close to the $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ assist sequential etching process in two ways: catalysis via structural proton transfer, and hydrolysis of diphosphate group in the Si_3N_4 surface. Our study guides a quick and accurate screening as well as designing efficient and safe etchants, which facilitates the fabrication of nanoscale semiconductor devices that accompanies selective etching of alternately stacked hundreds of atomic layers of Si_3N_4 and SiO_2 .

Keywords: silicon nitride, silicon dioxide, phosphoric acid, selective etching, density functional theory

n-type Thermoelectric Properties of a Hexagonal SiGe Polymorph Superior to Cubic SiGe

홍성준, 전호제, 권초아, 한병찬[†]

연세대학교
(bchan@yonsei.ac.kr[†])

The crystal structure of a material dictates many of its properties. This study focuses on a SiGe compound with a hexagonal crystal system that demonstrates superior thermoelectric properties than those of its conventional cubic polymorph. Using first-principles density functional theory (DFT) calculations combined with the semi-classical Boltzmann transport equation (BTE), we clearly elucidate the underlying mechanisms that cause the enhanced thermoelectric performance. The hexagonal SiGe compound shows very distinct electronic band structures and phonon dispersion relations. Their unique transport behaviors lead to dissimilar electrical properties and thermal conductivities compared with those of its cubic counterpart. Specifically, the configuration of the electron conduction band and local symmetry of the phonon vibrational modes in hexagonal SiGe remarkably increase the Seebeck coefficient and phonon scattering rate, respectively. We propose that hexagonal SiGe is a very promising material for highly active n-type thermoelectric materials with a figure of merit more than twice that of its cubic analogue. Our approach demonstrates an attractive method for substantially enhancing conventional material properties without a complicated or expensive process for developing a novel material.

Keywords: SiGe, First-principles study, Boltzmann transport equation, Polymorph, Thermoelectric

Study of quantitative analysis in rare earth materials(metal and oxide) by glow discharge mass spectrometer(GD-MS)

양재열, 윤재식[†]

한국기초과학지원연구원
(jaesiky@kbsi.re.kr[†])

본 연구에서는 반도체제조용 원료인 희토류 금속 및 산화물에 대하여 united states geological survey certificate of analysis reference materials(USGS-RM, SDO-1, COQ-1)를 분석하여 희토류 원소들에 대한 relative sensitivity factors(RSF)를 계산하고, 분석 시료내 불순물 원소(희토류 원소 포함)의 정량분석에 대해 연구하였다. 또한 원소별 RSF를 활용하여 희토류 금속 및 금속산화물이 매트릭스인 경우에도 대부분의 불순물 원소에 대한 정량분석에 응용하였다.

GD-MS는 매트릭스 원소와 분석 원소의 신호 비(analyte signal/matrix signal, ion bean ratio(IBR))를 이용하여 함유량을 측정하게 된다. 하지만 원소별 이온화 경향은 차이가 존재하기 때문에 이를 보정해주는 RSF 값을 활용하여 최종 정량 분석($IBR \times RSF = \text{Quantification}$)에 적용한다. USGS-RM, SDO-1의 경우에는 SiO₂(49.3 wt%)가 매트릭스이며, 범용 원소 외에도 La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Dy, Yb 등의 희토류 원소에 대한 정보가 포함되어 있어 RSF 계산 및 정량분석이 가능하다. 또한 매트릭스 원소에 제한없이 SDO-1에 포함된 원소이면 RSF 변환이 가능하고, Yb 금속이 매트릭스인 경우에도 불순물 원소의 정량분석이 가능하다. SDO-1을 분석하여 얻은 원소별 RSF의 검증을 위해 동일한 회사의 표준시료인 COQ-1(매트릭스: CaO(48.3%))을 분석하여 비교하였다. 두 표준시료의 RSF를 비교한 결과 RSD가 20% 이내로 서로 다른 매트릭스라 할지라도 비교적 정확한 정량분석이 가능함을 확인하였다. SDO-1의 원소별 RSF는 Yb metal과 Y₂O₃ 분석시료에 적용하여 두 시료 내 불순물 원소의 정량분석에 활용하였다.

Keywords: 반도체, 희토류, 글로우방전질량분석기, 정량분석

BiFeO₃ 단결정 박막에서의 다중 정전용량 특성 확인

나경호 이상한[†]

광주과학기술원
(sanghan@gist.ac.kr[†])

전자제품이나 반도체 등에 빠짐없이 사용되는 커패시터는 기본적인 메모리 소자이다. 이러한 커패시터의 특성을 결정하는 정전용량은 재료의 고유 상수로써 단일 정전용량을 갖는 소재들이 커패시터에 사용되고 있으나, 외부 전압을 이용해 정전용량을 단계적으로 조절할 수 있는 다중 정전용량 소재 기반 멤커패시터가 개발된다면 기존의 반도체 기술보다 회로는 단순화되고 전력은 덜 소모하면서 빠른 연산 속도를 가질 수 있을 것이다. 커패시터 구조의 멤리스터 소자에 전압이 가해지면 소자의 한쪽에 전하가 축적되고 다른 쪽에는 전하가 고갈된다. 이에 따라 멤리스터에서 정전용량이 외부 전압의 변화에 따라 변화하면서 멤커패시터 특성이 나타날 수 있다. 본 연구에서는 전극인 SrRuO₃와 Pt 사이에 멤리스터 물질로 보고된 BiFeO₃가 들어간 커패시터 구조의 구현을 통해 멤커패시터 및 다중 정전용량 특성을 확인하고자 한다. 따라서 pulsed laser deposition (PLD) 방법을 이용하여 SrTiO₃ 기판 위에 에피택시얼한 BiFeO₃ 단결정 박막을 증착하여 전류-전압 (I-V) 측정 및 정전용량-전압 (C-V) 측정을 통해 Pt/BiFeO₃/SrRuO₃ 커패시터 구조에서 멤리스터 및 멤커패시터 특성이 동시에 발현됨을 확인하였다. 이 멤커패시터의 C-V 측정에서 양의 구동 전압을 증가시키면 따라 정전용량이 확인히 구분가능한 4단계 (OFF, ON1, ON2, ON3)로 조절될 수 있는 다중 정전용량 특성을 확인하였다. 4단계의 다중 정전용량 특성은 10⁴초 동안 유지되며 메모리 스위칭에 대해 20%정도의 effective device yield가 달성되었다. 또한 ON1, ON2, ON3 중 하나를 “write”하고 이를 “read”하고 이후에 OFF로 재설정하는 “reset” 단계를 펄스 트레인으로 반복적으로 수행함으로써 각 4단계의 다중 정전용량 특성이 반복 및 재현 가능함을 입증하였다. Pt/BiFeO₃/SrRuO₃ 커패시터 구조에서 멤커패시터 특성이 발현되는 원리를 이해하기 위해 X선 광전자 분광 측정을 진행하였고 이를 통해 산소공공의 이동 및 화학양론적 변화가 특성 발현과 관련이 있는 것으로 판단할 수 있었다. 이러한 커패시터 구조의 BiFeO₃ 단결정 박막에서의 다중 정전용량의 발견은 기존 커패시터가 봉착했던 문제들을 해결할 수 있는 기존과는 다른 원리의 새로운 멤커패시터의 발현을 가능하게 한다.

Keywords: 다중 정전용량, 멤커패시터

Resistive random-access memory (ReRAM) devices based on quasi 2D halide perovskites for high ON/OFF ratio and long-term stability

김효정, 장호원[†]

서울대학교
(hwjang@snu.ac.kr[†])

Resistive random-access memory (ReRAM) devices based halide perovskites are emerging as revolutionary data storage devices due to their switching materials (halide perovskites) received considerable attention in recent years. Among the electrical characteristics of halide perovskites, its current–voltage (I-V) hysteresis, which may occur because of defect migration, makes ReRAM employ halide perovskites as switching materials.

In general, the halide perovskite means a 3-dimensional (3D) crystal structure with the general formula ABX_3 , where a monovalent A^+ cation, a divalent B^{2+} cation, and the $1-$ charge of the X halide anion. In the resistive switching process, conductive filaments in the 3D halide perovskite show repeatable formation and rupture.

However, as a switching material, the morphology of the 3D halide perovskite film is not uniform, and the ON/OFF ratio of the memory device is low. To overcome these challenges, quasi 2-dimensional (2D) halide perovskites can be applied to the resistive memory devices.

The quasi 2D halide perovskite structure formed by inserting into large molecule at A sites in a 3D perovskite structure, which means the 3D structures are broken, and become quasi 2D structures.

Herein, we apply quasi 2D halide perovskite in resistive switching memory devices by inserting phenylethyl ammonium (PEA) into 3D halide perovskite structure, and the device structure is Ag/ quasi 2D halide perovskite/Pt/Ti/SiO₂/Si stack. The morphology of the film is enhanced, and the resistive switching memory devices exhibit the higher ON/OFF ratio, compared with those of the 3D perovskite based devices. Also, the air stability is improved.

This research will contribute to the improvement of switching behavior of memory devices and the better understanding on the resistive switching mechanisms based on the quasi 2D halide perovskites.

Keywords: 3D halide perovskites, quasi 2D halide perovskite, phenylethyl ammonium, ON/OFF ratio, long-term stability

Recovery and purification for indium metal using by-product

양재열, 윤재식[†]

한국기초과학지원연구원
(jaesiky@kbsi.re.kr[†])

본 연구에서는 공정 폐기물로부터 전해정련법과 Czochralski(CZ)법을 이용하여 반도체 원료용 고순도 인듐 금속을 제작하였다. CZ장치는 고순도 환경을 위해 400 class 이하의 클린룸에서 가동하였고, 소스 도가니에는 미네랄 오일을 이용하여 금속의 산화를 제어하였다. 결정성장을 위한 seed 부분은 인듐결정화를 위해 냉각을 실시하였다.

고순도화 과정을 거친 인듐 금속은 Glow discharge mass spectrometer(GD-MS)를 이용하여, 6N급 고순도 인듐 금속의 정량분석법을 연구하였다. GD-MS를 이용한 정량분석에서는 relative sensitivity factors(RSF)를 이용하는데, 각 원소의 RSF는 알루미늄 matrix에 인듐이 불순물로 함유된 표준시료를 이용하였다. 알루미늄 matrix CRM을 분석하여 계산된 인듐의 RSF는 2.45이고, 인듐 뿐만 아니라 이 표준시료를 이용하면 Mg, Si, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Zr, Ag, Cd, Sn, Pb, Bi, 총 17개 원소에 대해 정량분석이 가능하다. 인듐 정량 분석 시에는 인듐의 RSF=1로 나머지 원소에 대해서도 같은 비율로 변환하여 RSF를 계산하여 적용하였다. 마지막으로 CZ방법을 이용하여 결정화한 인듐금속의 분석에서는 불순물 원소의 총합이 1ppm이하로 인듐의 최종 순도는 약 99.99994%(6N)임을 확인하였다.

Keywords: 인듐, 회수, 고순도화

전착된 Fe-Ni의 유기산 첨가에 따른 잔류응력 변화 및 합금 성분 분석

이민수, 박기민¹, 김호형, 박재영[†]

한국생산기술연구원 부품기능연구부문, ¹인하대학교 신소재공학과
(redolpin@kitech.re.kr[†])

Fe-Ni 합금은 조성에 따라 다양한 물리적 특성들을 구현 가능하여 많은 관련 연구들이 진행되고 있다. 자기 기억장치, 광 기록장치, 마이크로 센서, MEMS, LIGA 등의 응용 분야에서 사용하고 있고 최근에는 OLED 증착 공정을 위한 FMM(Fine metal mask) 소재로 적용하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 압연공정으로 제작된 인바 합금 상용 기판의 경우 광폭 박막화하여 제작하기 위한 한계가 있다. 이러한 압연공정의 단점을 극복하기 위해 전착법으로 제작된 Fe-Ni계 합금의 적용이 필요하다. 이러한 금속 시트 제품으로 활용하기 위해서는 전착 공정 시 내부 스트레스를 최소화하기 위해 잔류응력을 제어하는 것이 중요하다.

본 연구에서는 금속 기판으로 활용하기 위해 전착법을 사용하여 Fe-Ni 합금을 제작하였다. 일반적으로 Fe³⁺에 대한 차폐제로 사용되는 유기산의 첨가에 따른 잔류응력 변화를 관찰하였다. 첨가되는 유기산에 따라 기판의 잔류응력에 대한 변화를 관찰할 수 있었다. 또한 제작된 합금 기판재의 균일 전착성 확보를 위해 ICP, EDXRF, EDS를 활용하여 합금 조성을 비교하였다.

Keywords: Iron-nickel alloy, Electroforming, Residual stress, Organic Acid

냉간가공 및 열처리 조건 변화에 따른 TiO₂ 산화막 성장거동에 관한 연구

김민수[†], 김지현, 김연주

한국생산기술연구원
(minsukim@kitech.re.kr[†])

전기화학적 양극산화법에 의해 표면에 형성되는 TiO₂ 나노튜브 산화막은 저렴하고 간단한 방법으로 비표면적이 넓은 산화막을 얻을 수 있어 다양한 분야에서의 응용되고 있으며, 지난 수십 년간 이와 관련된 국내·외 많은 연구들이 보고되고 있다. 이중 대부분의 연구결과는 나노튜브 층의 성장 거동에 관해 용액의 pH, 양극산화 시간, 인가전압 등의 전기화학적 조건 변화가 산화막 성장거동에 미치는 영향에 대해서 연구되어져 왔으며, 최근 들어서는 양극산화에 사용되는 substrate의 미세구조 변화 등 전기화학적 조건 이외의 변수에 대해서도 많은 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 양극산화에 사용되는 pure Ti substrate 미세구조 변화가 산화막 성장거동에 미치는 영향에 대해 조사하기 위해 각각 냉간가공 및 열처리를 실시하였다. 그 결과, 실험한 모든 조건에서 TiO₂ 나노 튜브 형태의 산화막이 형성되었고, 열처리 시편의 경우, 생성된 나노튜브층의 두께는 열처리 분위기에 관계없이 열처리 온도 및 시간이 증가함에 따라 감소하였고, 냉간가공된 시편은 가공 횟수가 증가함에 따라 생성되는 나노튜브층의 두께도 증가 하였다. 이러한 결과는 임피던스 측정을 통해 고찰하였으며, 냉간가공 횟수가 증가 할수록 표면 결함밀도가 증가하고 열처리에 의해 결함밀도가 감소하는 것을 알 수 있었다.

Keywords: TiO₂, nanotube, oxide layer, anodization, defect density

고성능 에너지 저장소자용 전이금속 칼코겐 화합물이 내제된 다공성 탄소나노섬유 복합체 제조

이정수, 성기욱, 안효진[†]

서울과학기술대학교 신소재공학과
(hjahn@seoultech.ac.kr[†])

최근 전기자동차, 소형 전자제품 및 웨어러블 기기의 급격한 발전으로 인해 이들의 동력원인 에너지 저장 소자들에 대한 필요성이 증가하고 있다. 여러 에너지 저장 소자들 중 전기화학 커패시터는 빠른 충/방전 기능, 높은 출력밀도 및 반영구적인 수명 등의 장점을 가져 많은 관심을 받고 있다. 전기화학 커패시터는 크게 전하의 물리적 흡/탈착 반응을 이용한 전기 이중층 커패시터, faradaic-반응을 이용한 의사 커패시터 및 하이브리드 커패시터로 분류되며, 이 중 의사 커패시터는 전기 이중층 커패시터보다 에너지 밀도 및 용량이 높다는 이점 때문에 많은 연구가 이루어지고 있다. 의사 커패시터의 전극 활물질 중 전이금속 칼코겐 화합물(Transition metal dichalcogenides, TMDs)은 층상구조로 이루어져 있으며, 높은 용량 및 빠른 산화/환원 반응 속도를 가져 많은 관심을 받고 있다. 하지만, 낮은 전기전도도, 충/방전 시 반복되는 부피팽창으로 인한 낮은 안정성 및 층상구조의 재적층으로 발생하는 반응면적 감소 등의 단점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 연구에서는 다공성 탄소나노섬유 지지체를 도입하여 전이금속 칼코겐 화합물의 전기화학적 안정성 및 전기전도도를 개선하였다. 따라서 전기방사, 수열합성 및 황화 열처리를 통해 전이금속 칼코겐 화합물이 내제된 다공성 탄소나노섬유 복합체를 제조하였고, 에너지밀도, 안정성 및 급속 충/방전 성능이 향상된 전기화학 커패시터를 제조하였다. 제조한 샘플의 구조 및 형상은 주사전자현미경(field-emission scanning electron microscopy) 및 투과 전자현미경(transmission electron microscopy)을 통해 확인하였다. 또한 화학적 결합상태 및 결정구조는 X-선 광전자 분광법(X-ray photoelectron spectroscopy) 및 X-선 회절 분석(X-ray diffraction)을 통해 분석하였다. 그리고 질소 흡/탈착 등온선(Brunauer-Emmett-Teller)을 이용하여 샘플의 비표면적을 측정하였다. 전기화학 특성 평가는 삼전극을 통한 순환 전압 전류법(Cyclic voltammetry)으로 측정하였다. 위 내용은 2021 춘계 학술대회에서 자세히 논의할 것이다.

Keywords: Pseudocapacitor, Ultrafast energy storage, Transition metal dichalcogenide, Carbon nanofiber, Sulfurization

Synthesis and morphology control of uncalcined hydroxyapatite

장우영, 박종규, 장정호[†]

한국세라믹기술원
(jhchang@kicet.re.kr[†])

This work reports the preparation and morphology control of uncalcined hydroxyapatite (un-HAp). The un-HAp has been recently interesting for the preparation of biodegradable devices due to the enhancement of biodegradability. The un-HAp was obtained from the reaction of the diammonium hydrogen phosphate and calcium nitrate tetrahydrate in ammonia solution. The characterization was achieved using a field emission scanning electron microscope (FE-SEM), a dynamic light scattering (DLS). Furthermore, X-ray diffraction (XRD) was used to analyze the crystal phase and crystallinity. The morphological change of un-HAp from plate to rod was observed above pH 7. The particle size distribution in the range of pH 3 to 13 achieved approximately 100 to 2,500 nm. The un-HAp highest degree of crystallinity was about 77% under pH 10.80.

Keywords: Hydroxyapatite, Bioceramics, Uncalcined, Morphology control, Synthesis

Silica-encapsulated CalB Particles for the Esterolysis of *p*-Nitrophenyl Butyrate

송민^{1,2}, 장정호^{1†}, 변재철²

¹한국세라믹기술원, ²연세대학교
(chang.jeongho@gmail.com[†])

This work reports the preparation of silica-encapsulated *Candida antarctica* B (CalB) and demonstration of the esterolysis for *p*-nitrophenyl butyrate. The silica-encapsulated CalB was prepared by sol-gel reaction to control the thickness and enhance the stability as a function of the concentration of tetraethyl orthosilicate (TEOS). The particle size of silica-encapsulated CalB was 4.7 μm and was confirmed by SEM and particle size analyzer. Moreover, these particles were demonstrated the esterolysis for *p*-nitrophenyl butyrate as the function of used amounts and various pH. The catalytic parameters of Michaelis-Menten kinetics such as K_m , V_{max} , and K_{cat} were calculated. Turnover values of silica-encapsulated CalB to *p*-nitrophenol from *p*-nitrophenyl butyrate was 9.54 and the catalytic activity was optimized in pH 7.0 at 35 °C.

Keywords: CalB, silica, sol-gel, encapsulation, esterolysis

Shape-Controlled Synthesis of Highly Monodisperse Erbium, Ytterbium doped Calcium Fluoride Upconverting Nanocrystals

홍성빈, 우호영, 백태종[†]

중앙대학교
(paiktae@cau.ac.kr[†])

Lanthanide-based upconverting nanomaterials has been used in various applications such as biomedical imaging, optical sensors, spectrum converters for photovoltaics, and phosphors for the displays. The host material plays an important role in upconverting the luminescence properties. Therefore, it is important to develop cheap and earth-rich materials to take advantage of the physical and chemical properties of lanthanide-based nanomaterials in large industrial sectors. calcium fluoride (CaF_2) is a promising candidate for host materials since the usage of rare earth elements is substituted to a cheap and earth abundant calcium element. Here, we present size and shape-controlled synthesis of upconverting CaF_2 nanocrystals doped with rare-earth elements. CaF_2 nanocrystals are synthesized with morphology tunable from nanospheres, nanoplates, truncated octahedrals, and nanowires. We study the near-IR to visible two-photon upconversion of size and shape-controlled CaF_2 nanocrystals doped with erbium (Er^{3+}) and ytterbium (Yb^{3+}) to tailor the luminescence properties.

Keywords: Colloidal synthesis, Upconversion, Shape control

Developments of the sensing electrode for organic solvent leak sensor using graphene nanopowder

Van-Quyet Nguyen, Sang Ho Cho¹, Byeol I Im¹, Jung Hong Min, Ju Young Lee, Bee Lyong Yang[†]

금오공과대학교 신소재공학부; ¹Amers. Co. Ltd.
(blyang@kumoh.ac.kr[†])

Methyl ethyl ketone (MEK), methanol, toluene, xylene, dichloroethylene, dichloroethane, acetone, dichlorobenzene, methyl acetate, chlorobenzene, chloroform, etc are organic solvents. All of them are environmental pollutants and harmful to humans. But it is an extremely needful material for manufacturing industry. So, the organic solvent treatment facility requires a sensor that can determine whether or not the organic solvent leaks.

In this study, the sensing electrode of organic solvent leak sensor was fabricated through the different porosity by addition of graphene nanopowders into a polytetrafluoroethylene. This electrode has displayed to be both conductive and hydrophobic conditions, it has also been shown to interact with a variety of organic molecules and perform as a sensor for their presence. The electrical conductivity of the electrode decreases rapidly upon exposure to hydrocarbons, with half-lives typically measured in seconds. It was found that the response times vary systematically within each class of hydrocarbons tested, offering the possibility of determining composition. A conductivity-based sensor was developed and optimized for the presence of liquid phase hydrocarbons. Poly Fluid leak detection represents a problem that has attracted the interest of researchers. Indeed, in water or gas supplies, chemical or thermal plants, sea-lines or cooling/heating systems leakage rates can cause important economic losses and sometimes.

Keywords: sensing electrode, organic solvent, graphene nanopowders, leak sensor

Reusable and Rapid Esterolysis of Nitrophenyl Alkanoates with CalB-immobilized Magnetic Nanoparticles

장정호[†], 이하을

한국세라믹기술원
(jhchang@kicet.re.kr[†])

This study reports the preparation of the *Candida antarctica* lipase B (CalB) enzyme immobilization on silica-coated magnetic nanoparticles (Si-MNPs@CalB) using a various cross-linkers, and demonstration of rapid esterolysis of *p*-nitrophenyl alkanoates. CalB enzymes were coupled with different cross-linkers silanes (-NH₂, -CO₂H, and -Cl) on the Si-MNPs surface. Among these cross-linkers, Cl-functionalized silane was better at immobilization of CalB than the others were. Esterolysis of *p*-nitrophenyl alkanoates was demonstrated against Native CalB and Si-MNPs@CalB as a function of the length of alkyl chain (C₄, C₈, C₁₂, and C₁₆). From the Michaelis-Menten equation and Lineweaver-Burk plots, various enzyme kinetic parameters (i.e., K_m, V_{max}, K_{cat} and K_{cat}/K_m) were calculated. Esterolysis was faster on the shorter alkyl chains of *p*-nitrophenyl alkyl esters for both Native CalB and Si-MNPs @ CalB in the order C₄ > C₈ > C₁₂ >> C₁₆. Furthermore, optimum catalytic activity of Native CalB and Si-MNPs@CalB were evaluated different in pH and the reusability of Si-MNPs@CalB were evaluated as a function of the number of reuses.

Keywords: Esterolysis, CalB, silica magnetic nanoparticles, nitrophenyl alkyl esters, Reusable

Isolation and characterization of progenitor cells from adult rat kidneys for Tissue regeneration

Myeongki Park, Byong-Taek Lee^{1,†}

Institute of Tissue Regeneration, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea; ¹Institute of Tissue Regeneration, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea, Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea
(lbt@sch.ac.kr[†])

The kidney is an essential organ which produces urine and plays a role in blood pressure control. The major components of kidney are generated from kidney progenitor cells during fetal life. However, those cells are lost before or soon after birth when kidney development is completed. This is one of the major reasons why the kidney cannot be regenerated once it has lost functionality.

Stem cell-based therapy is a new strategy in the treatment due to the highly versatile response of cells to their environment. These cells may not only differentiate to other cell types depend on the environments but participate in angiogenesis to facilitate tissue regeneration.

In this study, here we found that progenitor cells in adult kidney were still remained. Isolated progenitor cells were expressed stem cell markers such as CD90, CD44, and CD29, the same as Bone marrow derived mesenchymal stem cells. And those cell markers were existed not only in certain region, but also in kidney cortex. Those cells had a multi-potency which was able to differentiate to different cell types depends on environmental conditions.

Taken together, it could be used making scaffolds with immobilized progenitor cells, and it also could be applied novel strategy for injured tissue regeneration.

Keywords: kidney, progenitor cells, multi-potency

In-vitro Evaluation of Tissue Engineering Based Artificial Membrane Bones

Heyjin Tae, Byong-Taek Lee^{1, †}

Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea;

¹Department of Regenerative Medicine, Institute of Tissue Regeneration, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea
(lbt@sch.ac.kr[†])

In this study, we developed a novel artificial bone membrane for bone regeneration. Polycaprolactone (PCL), gelatin (GEL) and tri-calcium phosphate (TCP) membrane were fabricated using electrospinning process. Microstructures and morphologies of GEL loaded PCL (PCL/GEL), GEL and TCP loaded PCL (PCL/GEL/TCP) were carried out using a scanning electron microscope equipped with an energy dispersive X-ray spectroscopy. In-vitro studies using MC3TC-E1 pre-osteoblast cells showed that PCL/GEL/TCP membranes were excellent biocompatibilities and supported the cell attachment and proliferation. To make the artificial membrane bone, we seeded bone-marrow-derived mesenchymal stem cells (rBMSCs) on the PCL/GEL/TCP membrane to differentiate into osteoblasts. The differentiated cells were evaluated with alizarin red staining and western blots by 7 and 14 days.

Keywords: Tissue Engineering, Artificial Membrane Bones

In-Vitro Multi Axial Creep Detection of Clear Aligner for Orthodontic Treatment

정용훈[†], 정태곤, 강관수, 박지선, 서정희¹

오송첨단의료산업진흥재단 첨단의료기기개발지원센터; ¹(주) 덴티스 의료기기연구소
(yonghoonj186@kbiohealth.kr[†])

Orthodontic clear aligner has obtained the great interest in the last decade as a substitute for a fixed orthodontic treatment, and clear aligners are characterized by a stepwise correction for malocclusions. For their each steps, a clear aligner has to provide gentle force over the time, comfortable to wear, and invisibility during the full course of use.

In this study, we have aimed to investigate the creep force and momentum of clear aligners with brand, thickness, or manufacturing methods on clinical based 3 dimensional mal-occlusion mandibular tooth model by multi-axial load cell system.

Clear aligner specimens were prepared by thermo-forming (conventional transparent sheet) or 3D printing. The mal-occlusion mandibular tooth model was fabricated by 3D printing based on clinical casting image which was constructed by rotating of central incisor by 5 degrees in the disto-mesial direction or not (normal occlusion). The creep test between clear aligner and tooth models were performed by multi axial load cell (Nano-17, ATI, US) to measure the value of reducing force and momentum over the time (1~3 days) with 3 dimensional direction (xyz).

Our final goal of this experiment was to confirm the mechanical test method of clear aligner with clinical environment by effect of materials, design, and manufacturing methods to establish the In-Vitro test protocol.

Acknowledgements

This work was supported by Industrial Technology Innovation Program (20006105, Development of Artificial Intelligence based Dental Invisible Orthodontics Platform for 1-Day Patient-specific Treatment) funded by the Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE) of Korea.

Keywords: Mechanical property, Creep, Clear aligner, Orthodontic treatment, Dentistry

In Vitro Evaluation of Liver Decellularized Extracellular Matrix and Polysaccharides Scaffold as a Hemostatic Agent

Chu Thanh Lan, Byong-Taek Lee^{1,†}

Institute of Tissue Regeneration, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea; ¹Department of Regenerative Medicine, Institute of Tissue Regeneration, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan, South Korea
(lbt@sch.ac.kr[†])

Chitosan is well-known for its effective hemostatic properties while gelatin is a favorable biomaterial for fabricating soft and spongy formation. The purpose of this study was to examine the hemostatic properties of porous scaffold made up of chitosan/gelatin and decellularized extracellular matrix (dECM) powder obtained from porcine liver. Scaffold was fabricated under the principle of acid solubilization of decellularized extracellular matrix. Physico-mechanical characterization were performed. Results showed that the triumphal output in terms of intrinsic blood clotting was claimed in-vitro by chitosan/gelatin with dECM. Furthermore, cell toxicity evaluation with L929 cell line showed that both chitosan/gelatin and chitosan/gelatin with dECM have no obviously toxic. Thus, chitosan/gelatin with dECM scaffold can be observed as a potential absorbable hemostatic material in the prevention of hemorrhage diseases or expected bleedings in surgeries.

Keywords: chitosan, gelatin, decellularized extracellular matrix

Hydrophobic mesoporous silica particles modified with non-fluorinated alkyl silanes

표채은, 장정호[†]

한국세라믹기술원
(jhchang@kicet.re.kr[†])

This work reports the preparation of hydrophobic mesoporous silica particles (MSPs) modified with non-fluorinated alkyl silanes. Alkyl silanes were grafted onto the surface of the MSPs as a function of the length of non-fluorinated alkyl chains such as propyl-triethoxysilane (C_3), octyl-triethoxysilane (C_8), dodecyl-triethoxysilane (C_{12}), and octadecyl-triethoxysilane (C_{18}). The contact angles of the alkyl silane-modified MSPs were increased as a function of the alkyl chain lengths in the order of $C_{18} > C_{12} > C_8 > C_3$ and the contact angle of C_{18} -modified MSPs was 4 times wider than that of unmodified MSPs. Furthermore, the hydrophobicity of the non-fluorinated alkyl silane-modified MSPs was also demonstrated by the adsorption of hydrophobic lecithin compound, and showed the increase of lecithin adsorption as a function of the alkyl chain lengths due to the hydrophobic interaction. The solid-state ^{29}Si -MAS NMR was used to analyze the silane modification on MSPs at different temperature (25 °C, 40 °C). Consequently, hydrophobic modification on MSPs surface using non-fluorinated alkyl silanes was best preferred in a protic solvent, with a reaction time of ~ 24 h at 25 °C, and at a high concentration of silanes.

Keywords: Hydrophobic, Mesoporous silica particles, Non-fluorinated, Alkyl silanes, Contact angle

Gram-scale synthesis of size-controlled Cu powders via high concentration Cu ion precursor

류철희, 지명준, 김정현, 이영인^{1,†}

서울과학기술대학교 신소재공학과 기능성나노재료연구실; ¹서울과학기술대학교 신소재공학과
(youngin@seoultech.ac.kr[†])

Copper particles of various sizes are widely used in high catalytic, optical, and electrical conducting properties applications. Solution-based chemical reduction synthesis has been a representative metal particle synthesis method due to its economical and simple characteristics compared to other processes. However, the conventional solution-based techniques, which control the nucleation and growth of copper species, are incompatible with the cost-effective mass production because of the low nucleation rate induced by low concentration precursors. Also, this process requires control of the size by optimizing experimental parameters such as the ratio of chemical additives to the precursor salt, resulting in special arranged synthetic conditions. In general, the nucleation rate is faster at higher precursor concentrations, which means that the particles can be synthesized in large quantities. However, there is no research on the synthesis of copper particles using high-concentration precursors produced. In this study, a solution-based gram-scale production of copper particles was attempted using high concentration metal complex precursors produced from various reducing agents. Under the conditions of room temperature and pressure, the initial nucleation rate and frequency were simply controlled by reducing agents with various reduction potentials. Through this simple process, copper particles with sizes of 70nm, 300nm, and 1.4 μ m were successfully synthesized and the physicochemical properties were systematically investigated through various analysis methods.

Keywords: Copper particle, Solution-based synthesis, Chemical reduction, Reduction potential

Fabrication of Low-Cost Inorganic Solvent Leak Sensors Using Multi-walled Carbon Nanotubes

Van-Quyet Nguyen, Sang Ho Cho¹, Byeol I Im¹, Na Young Kwon, Bee Lyong Yang[†]

금오공과대학교 신소재공학부; ¹Amers. Co. Ltd.
(blyang@kumoh.ac.kr[†])

Methyl ethyl ketone (MEK), methanol, toluene, xylene, dichloroethylene, dichloroethane, acetone, dichlorobenzene, methyl acetate, chlorobenzene, chloroform, etc are organic solvents. All of them are environmental pollutants and harmful to humans. But it is an extremely needful material for manufacturing industry. So, the organic solvent treatment facility requires a sensor that can determine whether or not the organic solvent leaks.

In this study, the sensing electrode of organic solvent leak sensor was fabricated through the different porosity by addition of graphene nanopowders into a polytetrafluoroethylene. This electrode has displayed to be both conductive and hydrophobic conditions, it has also been shown to interact with a variety of organic molecules and perform as a sensor for their presence. The electrical conductivity of the electrode decreases rapidly upon exposure to hydrocarbons, with half-lives typically measured in seconds. It was found that the response times vary systematically within each class of hydrocarbons tested, offering the possibility of determining composition. A conductivity-based sensor was developed and optimized for the presence of liquid phase hydrocarbons. Poly Fluid leak detection represents a problem that has attracted the interest of researchers. Indeed, in water or gas supplies, chemical or thermal plants, sea-lines or cooling/heating systems leakage rates can cause important economic losses and sometimes.

Keywords: sensing electrode, organic solvent, leak sensor, graphene nanopowder

Fabrication of Bi-layered small diameter vascular grafts by using electrospun Silk fibroin and PU/PCL nanofibers with mechanical property, in vitro and in vivo biocompatibility analysis

Md. Abdullah Al Fahad, Byong-Taek Lee^{1,†}

Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan-31151, Republic of Korea; ¹Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan-31151, Republic of Korea; Institute of Tissue Regeneration, Soonchunhyang University, Cheonan-31151, Republic of Korea (lbt@sch.ac.kr[†])

There is an increasing demand for functional small-diameter vascular grafts (diameter < 6 mm) to be used in clinical arterial replacement. Electrospun hybrid nanofibers prepared using combinations of natural and synthetic polymers have been widely investigated in cardiovascular tissue engineering. In this study, electrospun (PCL/PU) polycaprolactone/Polyurethane (outer layer) and silk fibroin (inner layer) bi-layered scaffold (diameter < 2mm) was produced. Scanning electron microscope (SEM) analysis was performed and the micrographs showed that the fibers of both layers were smooth and homogeneous. Water contact angle measurements further demonstrated hydrophilicity of the scaffold. Tensile test for mechanical strength was done on bi-layered scaffold to perceive appropriate properties for the specific application. To determine cell attachment and migration on the scaffold, outer layer was seeded with Rat Primary Glomerulus Endothelial Cell (rGEC) and inner layer was loaded with heparin and fibroblast growth factor (bFGF). MTT assay was showed that the cells grew and proliferated well on both layers of the bi-layered scaffold. Overall, these in vitro studies revealed that the bi-layered PCL/PU-Silk scaffold was biocompatible and had a good mechanical behavior.

Keywords: small diameter vascular grafts, electrospinning, PCL, silk, PU

Extracellular matrix loaded moldable and injectable alginate-cellulose β -TCP beads for accelerated bone regeneration

Md Sohanur Rahaman, Byong-Taek Lee^{1,†}

Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan-31151, Republic of Korea; ¹Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan-31151, Republic of Korea; Institute of Tissue Regeneration, Soonchunhyang University, Cheonan-31151, Republic of Korea (lbt@sch.ac.kr[†])

Extracellular matrix (ECM) is a 3d frame of proteins, growth factors and macromolecules playing significant role in tissue regeneration. ECM obtained from allogeneic sources upon decellularization thus bearing a great hope in tissue engineering field. Even after decellularization, we detected optimum amounts of native bio functional proteins and macromolecules into ECM derived from porcine liver. The ECM was utilized with natural polymers sodium alginate and tempo-oxidized nanocellulose in combination with bioactive calcium phosphate β TCP in order to fabricate beads for orthopedic application. Three groups of beads were developed without ECM- β TCP (AC), with only β TCP (TAC) and with both β TCP and ECM (ETAC). It was observed that cellular affinity and biocompatibility of beads were interestingly increased after addition of ECM. Densely cellular assemble surrounding the beads (ETAC) were visualized during five days of co-culturing with cells. After implantation of beads into rabbit femur, ETAC facilitated regeneration of more uniform cortical and cancellous bones than those of other two groups AC, and TAC. Al though the regeneration capacity of beads TAC was also notable, the healing speed and quality were quite faster with beads ETAC that indicated the synergizing action of ECM and β TCP for accelerated bone remodeling. Moreover mold-ability and inject-ability also rendered advantages to the beads for clinical application.

Keywords: ECM, bead, biocompatibility, moldable, bone regeneration

Development of Decellularized ECM Hydrogel Based 3D Printable Bio-Ink for Cartilage Regeneration

Prayas Chakma Shanto, Byong-Taek Lee^{1,†}

Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan-31151, Republic of Korea; ¹Department of Regenerative Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Cheonan-31151, Republic of Korea; Institute of Tissue Regeneration, Soonchunhyang University, Cheonan-31151, Republic of Korea (lbt@sch.ac.kr[†])

The extracellular matrix (ECM) provides instructive cues for cell attachment, proliferation, differentiation, and most importantly, it preserves tissue native environment. The use of decellularized ECM (dECM) in regenerative-medicine approaches has been rapidly expanding, especially in cartilage regeneration. For cartilage regeneration, it needs to develop a bio-ink with biocompatibility, biodegradability, and good printability. Cellulose nanofiber (CNF) has gained increased interest for biomedical applications because of its unique properties, including sustainability, biodegradability, biocompatibility, high surface area, and good strength properties. Sodium alginate (SA) also has good biocompatibility, cross-linking properties, and it can form a gel under mild conditions. The study's objective was to prepare a hydrogel type 3D printable bio-ink by directly mixing dECM, TEMPO-oxidized cellulose nanofiber (TOCN), and alginate to fabricate a functional biomolecule-containing scaffold. A calcium chloride solution was sprayed during the printing process to partially cross-link alginate and increase the printed gel's dimensional stability. At the end of the printing process, the prepared scaffolds were immediately cross-linked using calcium chloride to provide the hydrogel's rigidity and give it long-term stability. TEMPO-Oxidized CNF was used as support for cross-linked alginate through the new TEMPO-induced carboxyl groups' participation in constructing the cross-linked network. To better understand the mechanisms governing the manufacturing of scaffolds by 3D printing, the rheological behaviour and cell biocompatibility were investigated.

Keywords: 3D Printing, Silk-Fibroin, dECM, Cartilage Regeneration

Computed big data driven design of sensitive and selective virus-based electronic nose towards volatile organic compounds

박정윤, 전호제, 홍성준, 한병찬[†]

연세대학교
(bchan@yonsei.ac.kr[†])

A portable, highly sensitive and selective phage-based electronic nose towards explosives is designed using computationally guided experimental genetic engineering. Big database for 8,000 tripeptides with nine volatile organic compounds belonging to three chemical classes is established to investigate unique chemical affinity. With the help of first principles density functional theory calculations, we unveil the underlying sensing mechanism that even the partial difference in genetic sequences of peptides demonstrates unique optical properties, as both aromatic and aliphatic molecules are attached. With high-throughput computational screening and binding energy score program we identify promising peptides, enabling bacteriophage based electronic nose to detect specific explosives with outstanding sensitivity and selectivity. Density functional theory calculations show distinct electronic bandgap redshift with varying peptide, inciting that the peptide sequence is the key descriptor for the chemical affinity toward the explosive molecules, thus the molecules can be easily identified with appearing colors of the phage bundles. The computational prediction is validated using in-vitro experiments with multiarray of genetically modified phages of five selected tripeptide sequences (AHW, WAW, WHA, WHW, WWW) and wild-type phages. Classification success rates from hierarchical cluster analysis very consistently agree the computational outcomes on the electronic nose performance. Our result elucidates the fundamentals for selective and efficient optical biosensor generated from genetically engineered phages, and their ability of distinguishing not only the explosives in different, but also in same chemical classes. Thus, the design principle proposed in this study provides guidelines for the construction of practical electronic nose.

Keywords: Virtual screening, First-principles calculations, M13 bacteriophage, Electronic nose, Volatile organic compounds

Colloidal Synthesis of Monodisperse Phase Change Core-Shell Nanobeads for Thermal Energy Storage

우호영, 윤태열, 백태종[†]

중앙대학교
(paiktae@cau.ac.kr[†])

Phase change materials (PCMs) have attracted significant attention for the applications in thermal energy storage and managements. A latent heat of organic or inorganic materials in the phase change process is commonly used for the energy storage. It is isothermal process with small temperature variation and exhibits high energy storage density, which allows for PCMs to be utilized for various fields such as the solar energy managements, energy saving building, thermal managements for electronics, and textiles. Here, we present colloidal synthesis of highly monodisperse phase change core-shell nanobeads via emulsion polymerization. Organic paraffin core was over-coated by polymeric shell, which effectively prevents the leakage of PCMs during the phase change process, and also improves the heat storage capacity of PCMs. We confirmed the structures, composition and thermal properties of nanobeads fabricated with different reaction parameters.

Keywords: Colloid, Phase change material, Thermal energy storage

양면 태양광모듈 후면재 종류에 따른 PID 챔버 & 출력 특성

남건희, 김진혁[†], 김정훈¹, 이원재¹

전남대학교 신소재공학부; ¹(주)탐선 기업부설연구소
(jinhyeok@jnu.ac.kr[†])

양면 태양광모듈은 직사광선만을 이용한 발전을 하는 단면형 태양광 모듈에 비해 후면의 반사광 및 자연 산란광을 추가로 흡수하여 더 많은 발전량을 낼 수 있는 구조이다. 양면태양광 모듈의 종류로는 후면재에 glass를 이용한 G to G(Glass to Glass) 구조와 Backsheet를 이용한 G to B(Glass to Backsheet)구조가 일반적으로 사용되고 있다. 본 연구는 양면 태양광모듈의 후면 재료의 종류인 Glass와 Backsheet에 대한 양면모듈의 PID 챔버 특성 평가와 출력 특성 평가를 통한 양면모듈 후면재에 대한 성능분석에 대한 실험을 수행하였다.

실험결과, 양면 태양광 모듈의 후면재 종류별 출력(Bifaciality) 및 PID 특성평가 결과 출력(Bifaciality)의 경우 투과율이 높은 Glass 소재가 높게 분석 되었으나, PID 신뢰성 평가의 경우 PET 계열 BackSheet 소재 모듈의 출력 저감율이 낮게 분석되었다. 태양광 모듈의 PID 발생 원인은 태양광 발전시스템 전압에 의하여 태양전지와 프레임간의 전위차에 의한 누설전류 및 Glass 소재내의 Na⁺이 태양전지 표면에 이동, 이로 인한 분극 현상에 의하여 발생되게 된다. 이러한 특성들을 고려했을시 PET 소재 Backsheet 모듈보다 절연성능이 뛰어난 Glass 소재 모듈의 경우 누설전류의 영향보다 전/후면 Glass 내의 Na⁺ 영향이 높은 것으로 판단된다.

Keywords: bi-facial solar module, backsheet, glass, PID

Polymorph Lead Vanadate Synthesis and its Application for Wearable Aqueous Supercapacitor

홍상기, 배예지, Qadeer Akbar Sial¹, 서형탁^{1,†}

Department of Materials Science & Engineering, Ajou University; ¹Department of Energy Systems Research, Ajou University
(hseo@ajou.ac.kr[†])

Supercapacitors are of keen interest for the modern electronics industry because of their high- power density, cyclic stability and supercapacitors are important regarding safety aspects. Thus, for the development of industries including IoT (internet of things) demands for highly stable, with high power and energy density supercapacitor. Carbon based materials are very popular for supercapacitor applications, but they suffer from poor conductivity and low specific capacitance. Hence to solve this issue, finding alternative supercapacitor materials are on demand. Herein the growth of Lead vanadate (PbVOx) on nickel foam is reported with the excellent electrochemical properties. PbVOX was synthesized using hydrothermal route and morphology was controlled by controlling the synthesis time and capping agent. The chemical composition and structural analysis were performed by using different physical characterization techniques including scanning electron microscope (SEM), X-ray diffraction (XRD) and XPS. The obtained materials showed better electrochemical performance in the 1 M KOH electrolyte and were also tested in acid and neutral electrolyte for comparison study. The supercapacitor performance evaluation was performed by testing the fabricated supercapacitor by Cyclic Voltammetry (CV), Galvanostatic charging - discharging (GCD) and electrochemical impedance (EIS) analysis. The stability was tested by performing CV cycles test over 5000 cycles and it showed capacitance retention of 89.01% which is acceptable level for supercapacitor. Overall, our results indicated that the polymorph PbVOX based supercapacitor electrode showed excellent electrochemical performance with high specific capacitance and cyclic life which can be extended for practical applications.

Keywords: supercapacitor, Lead vanadate, aqueous electrolyte, polymorph, hydrothermal

Thermoelectric Properties of Te-doped Mg_3Sb_2 Synthesized by Controlled Melting, Pulverizing Followed by Vacuum Hot Pressing

Md. Mahmudur Rahman, Soon-Chul Ur[†]

Dept. of Material Sci. and Eng., Research Center for Sustainable Eco-Devices and Materials (ReSEM), Korea National University of Transportation, Chungbuk, Chungju, Republic of Korea
(scur@ut.ac.kr[†])

Zintl compound Mg_3Sb_2 is a potential thermoelectric candidate material due to its low band gap energy and low thermal conductivity. Carrier concentration tuning by Te doping was considered in order to increase electrical conductivity for higher ZT in this study, since Te substitution in Sb site can increase carrier concentration. The samples were prepared by controlled melting, pulverizing followed by vacuum hot pressing. Phase development during the process was confirmed using X-ray diffraction, and the resultant microstructure was examined using SEM. The subsequent thermoelectric and transport properties were also evaluated and discussed. Te doping was shown to increase in electrical conductivity, leading to higher ZT value in this material system. It is also noting that Te substitution in the Sb site effectively tunes the majority carriers from holes to electrons, showing a transition from p to n-type as Te concentration is increased.

Keywords: Zintl phase, Mg_3Sb_2 , controlled casting, vacuum hot press, thermoelectric

P-59

발 표 취 소

P-60

발 표 취 소

P-61

발 표 취 소

P-62

발 표 취 소

P-63

발 표 취 소

P-64

발 표 취 소

Fabrication and characterization of Fluorine (F) doped AZO (F:AZO) transparent conducting electrodes and their application in CZTSSe solar cells

김진혁[†], 장수영¹

전남대학교 신소재공학과, 광전자융합기술연구소; ¹전남대학교 신소재공학과
(jinhyeok@jnu.ac.kr[†])

Recently kesterite based $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S},\text{Se})_4$ (CZTSSe) photo absorber materials have been widely studied for thin film solar cells application. They exhibit low cost, nontoxic and earth abundant elements which makes them superior that of CIGS. Although the CIGS based solar cell reached over 20% device efficiency, the CZTSSe based solar cell still exhibits highest device efficiency of 12.6%. To overcome this performance gap, it is necessary to improve each constituting layer properties from the solar cell. Among them, the window layer which one the important part of the solar cell must exhibit high transparency and good electrical characteristics. It helps to transmit maximum light towards the absorption layer and efficient charge transfer in the solar cell. The most commonly used window/transparent conducting electrode (TCO) material to date is Aluminum (Al) doped ZnO (AZO). Further, to improve further device efficiency it is necessary to improves AZO properties. However, improving the properties of ZnO through doping of single element has the disadvantage of improving only one property. To solve this problem, we studied synergistic effect of Al and Fluorine (F) doping properties to improve the multiple properties at the same time. Among them, F can provide additional donors by replacement of the oxygen atom and there by improvement in electrical properties. Moreover, provide high transmittance in the long wavelength region and carrier mobility. In this study, F was added to AZO to evaluate the characteristics of the thin film, and the effect on the solar cell parameters was analyzed by applying it to the CZTSSe solar cell.

Keywords: thin film solar cells, CZTSSe, TCO, AZO

The Study on Improving Heterojunction Interface Quality of SnS/CdS Thin Film Solar Cells

조재유, 허재영[†]

전남대학교
(jheo@jnu.ac.kr[†])

Orthorhombic tin sulfide (SnS) is promising absorber material for thin-film solar cells (TFSCs) because it has an ideal optical band gap (~1.3 eV) and it comprises of relatively earth abundant constituents and non-toxicity. But till date, the cell efficiency has mostly remained below 4% which is fairly low compared to its theoretical limit of ~32%, because of low heterojunction quality with CdS buffer layer.

This study reports the highest efficiency of 4.225% for vapor-transport-deposited (VTD) SnS absorber/CdS heterojunction solar cells with good long-term stability. These improved characteristics are primarily attributed to the reduction in interface defects of the SnS/CdS heterojunction, which can occur either during the deposition of transparent electrodes (Al-doped ZnO) or direct annealing of SnS/CdS heterojunction at 300 °C. The enhanced heterojunction interface quality is well supported by the substantially reduced reverse saturation current density and shunt conductance of the fabricated devices measured under dark conditions. Although the SnS/CdS device exhibits efficiency over 4%, significant short-circuit current loss mainly due to recombination was revealed by quantum efficiency and optical analysis. Admittance analysis shows the presence of numerous defect densities of Sn and S vacancies ($> 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) in the VTD-grown SnS absorber. The detailed analysis of the device performance will be presented.

Keywords: SnS, CdS, Heterojunction, Interface, Thin film solar cell

Hydriding Kinetics and Material Life Cycle Assessment on Mg_2NiH_x -5, 10, 20wt% CaO Composites by Hydrogen Induced Mechanical Alloying

신효원, 황준현, 김은아, 흥태환[†]

한국교통대학교 신소재공학과
(twhong@ut.ac.kr[†])

Major countries around the world are paying attention to 'hydrogen energy' as the next-generation energy source. Since hydrogen does not emit pollutants even after combustion, it is considered an eco-friendly alternative to fossil fuels such as coal and petroleum. Therefore, hydrogen is a next-generation energy source prepared for the era of the hydrogen economy, and various studies are being conducted in various fields such as manufacturing, storage, and use. Among them, many studies are being conducted to safely and efficiently store hydrogen because it requires attention to efficiency and stability when storing hydrogen. In particular, Mg and Mg-based materials are lightweight, low-cost materials with high hydrogen storage capacity, but have a disadvantage in that the reaction rate is slow. Accordingly, in order to improve the hydriding kinetics using CaO, an alkaline earth metal oxide as a catalyst, a hydrogen induced mechanical alloying (HIMA) was performed to synthesize a composite, and then the hydriding kinetics was evaluated. XRD, SEM, BET, and TGA analyzes were performed and kinetics were evaluated using an automated PCT measurement system. In absorption kinetics tests, Mg_2NiH_x -5, 10, 20wt% CaO composites were evaluated to have up to 1.14wt%, 1.17wt%, and 1.19wt% hydrogen absorption within 3600 seconds at 623K. In this study, Material life cycle evaluation was performed to analyze the environmental impact characteristics of the Mg_2NiH_x -5, 10, 20wt% CaO composites manufacturing process. The software of MLCA(Material Life Cycle Assessment) was performed by Gabi. As a result, the contents of Global warming potential (GWP) and fossil fuels were founded to have a higher impact than other impact categories.

Keywords: Hydrogen energy(수소 에너지), Hydrogen storage(수소 저장), Kinetics(동역학), HIMA(수소 가압형 기계적 합금화), MLCA (물질전과정평가)

Correlation between i-ZnO thickness and TCO deposition temperature in CZTSSe solar cells

Jun Sung Jang, Jin Hyeok Kim[†]

Chonnam National University
(jinhyeok@jnu.ac.kr)[†]

CZTSSe is an attractive candidate to replace CdTe, CIGS and silicon based solar cells because of its low cost, earth-abundant element and high light absorption coefficient. Optimization of all layers and interfaces is essential to increase the power conversion efficiency (PCE) of CZTSSe solar cells. Especially, i-ZnO and TCO are one of the important layers in CZTSSe solar cells because they must transmit light to the absorber layer and having conductivity for carrier movement.. Our research group confirmed that the i-ZnO thickness and TCO deposition temperature are related to each other. In this study, the PCE change of the CZTSSe solar cell was confirmed by controlling the i-ZnO thickness and the TCO deposition temperature to 30 to 90 nm and 350 to 500 degrees, respectively. When the high i-ZnO thickness and TCO deposition temperature, the low i-ZnO thickness and TCO deposition temperature were applied, the efficiency of CZTSSe solar cell tended to increase.

Keywords: ZnO, thin film, CZTSSe solar cell, RF magnetron sputter

Cu(InGa)Se₂태양전지에 알칼리(KF+CsF)PDT 적용 효과

박재한, 김치호, 이승훈, 권일영, 김성현, 김양도[†], 김신호

부산대학교 재료공학과
(yangdo@pusan.ac.kr[†])

알칼리 금속(Na, K, Rb, Cs)을 이용한 후처리 공정 (PDT: post deposition treatment)은 Cu(In,Ga)Se₂ (CIGS) 또는 Cu(In,Ga)SSe₂ (CIGSSe) 박막 태양전지 변환 효율을 향상에 있어 중요한 기술이다. 최근 Cs-PDT를 적용한 CIGSSe 소자의 경우 22.9%의 변환효율이 보고되었는데, 개압전압 (VOC)과 단락전류 (JSC)가 동시에 향상된 것을 관찰하였다[1]. 또한, PDT와 관련된 다양한 연구에서 Cs이 CIGS에 첨가됨에 따라 변환 효율이 향상된 다수의 연구결과가 보고되고 있다. 하지만, Cs 첨가에 따른 효율 향상 메커니즘이 아직 불분명하여 이를 밝히기 위한 연구가 필요하다. 그러므로 본 연구는 CIGSe 박막에 서로 다른 알칼리 물질 (K, Cs)을 이용한 PDT를 시행하였고 이에 따른 효율 향상 메커니즘을 비교 분석하였다. 서로 다른 알칼리 물질의 PDT 효과를 규명하기 위해서, single-back graded bandgap CIGS를 3단계 방법을 이용하여 제작하였다. Single-back graded bandgap CIGS의 경우 CdS/CIGS 계면 재결합이 크므로 PDT에 의한 계면 재결합 감소 효과를 연구하는데 좋은 장점을 가진다. CIGSe 박막 형성 이후 세 가지 다른 PDT (KF, CsF, and combined KF + CsF)를 시행하였고, 이에 따른 박막 표면 모폴로지 분석과 태양전지 소자를 분석하였다. KF-PDT와 CsF-PDT를 각각 적용한 CIGSe 셀은 PDT를 하지 않은 CIGS 셀(~16%)에 비해 개선된 효율(~17.5%)이 관찰되었다. 하지만, 두 물질의 개선 메커니즘은 다른 것으로 판명되었다. KF-PDT CIGSe 셀은 CsF-PDT CIGSe 셀과 비교하여 CdS/CIGSe 계면 재결합이 감소하였다. 반면, CsF-PDT CIGSe 셀은 KF-PDT CIGSe 셀과 비교하여 벌크 내 재결합이 더욱 감소됨을 관찰하였다. 또한, K와 Cs을 동시에 이용한 PDT의 경우 CIGSe 셀은 계면과 벌크에서 동시에 재결합이 감소하였으며 높은 변환 효율 (18.4%)을 나타내었다. 마지막으로 combined-PDT와 MgF₂ anti-reflective coating을 적용하여 20.15%의 변환효율을 달성하였다.

Keywords: Cu(InGa)Se₂, KF-PDT, CsF-PDT, MgF₂ anti-reflective coating

Cu-deficient 금속 전구체 적용에 의한 순수 황화 찰코피라이이트 Cu(In,Ga)S₂의 개방전압 향상에 관한 연구

김성현, 김치호, 권일영, 이승훈, 박재한, 김신호¹, 김양도[†]

부산대학교 재료공학과; ¹부산대학교 재료공학과 BK21
(yangdo@pusan.ac.kr[†])

탠덤형 태양전지는 고에너지 광자를 흡수하는 상부전지와 저에너지 광자를 흡수하는 하부전지로 구성되는데, 다양한 에너지의 광자를 효율적으로 흡수함으로써 30%를 뛰어넘는 변환효율이 기대된다. 탠덤형 태양전지를 구현하기 위해서 20% 이상의 변환효율과 장기 안정성을 가진 상부전지가 필요하다. 무기물 기반의 순수 황화 Cu(In,Ga)S₂ (CIGS) 박막 태양전지는 In, Ga 비율 조절에 따라 1.53 – 2.43 eV를 나타내어 상부전지에 적합한 밴드갭 조절이 가능하며, 유기물 박막 태양전지와 비교하여 장기 안정성을 가지고 있다. 최근, 순수 황화 CIGS 박막 태양전지는 16.9%의 변환효율을 달성하였는데 향후 효율 향상을 통해 상부전지에 적용 가능할 것으로 예상된다. 이러한 효율 향상의 배경에는 박막 형성 방법의 변화에 있는데, Cu-excess 금속 전구체에서 Cu-deficient 금속 전구체로 변경에 의해 비약적인 효율 향상이 이루어지고 있다. 하지만 이와 관련된 효율 향상 메커니즘이 불분명하여 이에 대한 연구가 필요하다. 그러므로 본 연구에서는 순수 황화 CIGS 태양전지의 변환효율 향상 메커니즘 탐색을 위해서 Cu-excess와 Cu-deficient 금속 전구체 조건에서 성장한 CIGS 박막을 제조하였고 비교 연구를 수행했다. 먼저 서로 다른 조건에서 제작한 CIGS 태양전지 소자를 분석한 결과, Cu-excess 금속 전구체를 사용하여 만들어진 CIGS가 buffer/CIGS 계면과 벌크에서 높은 재결합이 관찰되었다. 반면에, Cu-deficient 금속 전구체로 만들어진 CIGS는 계면과 벌크에서 재결합이 감소하였으며 이로 인해서 크게 향상된 개방전압을 보였다. 재결합의 원인을 조사하기 위해 Photoluminescence (PL) 법으로 결함 분석을 수행하였는데, Cu-excess 금속 전구체로 만들어진 CIGS는 strong deep level과 관련된 emission 피크가 다수 관측되었다. 반면, Cu-deficient 금속 전구체로 만들어진 CIGS는 deep level transition이 없는 PL 특성을 보였다. 이 결과는 Cu-excess 금속 전구체를 이용하여 CIGS를 성장시킬 경우 많은 deep level이 CIGS에 생성되며 이로 인해서 소자의 개방전압이 제한됨을 의미한다. 따라서, 개방전압을 향상시키고 deep level 형성을 방지하기 위해 Cu-deficient 금속 전구체를 사용하여 CIGS가 성장되어야 한다.

Keywords: Cu-deficient metal precursor, pure sulfide Cu(In,Ga)S₂, Voc boosting, wide bandgap, chalcopyrite

The Influence of CdS Buffer Layer Thickness on SnS Thin Film Solar Cells

조재유, 허재영[†]

전남대학교
(jheo@jnu.ac.kr[†])

The substrate-type thin film solar cell (TFSC) consists of various layers, such as back contact, absorber layer, buffer layer, window layer, and top contact. Therefore, optimization of the process conditions for each layer is essential to produce a TFSC with a high and consistent power conversion efficiency. Especially, the n-type buffer layer forms a direct junction with the p-type absorber layer. The quality of this junction directly affects the characteristics of V_{OC} and short-circuit current (J_{SC}) of TFSCs; thus, it is necessary to establish the process conditions for the buffer layer.

In this work, we investigated the effect of thickness of the CdS buffer layer on the performance of SnS/CdS TFSCs. SnS films were deposited by vapor transport deposition using SnS powder in a horizontal furnace and CdS buffer layer was deposited by chemical bath deposition method. The thickness of the CBD-CdS buffer layer was varied by changing the deposition time from 15 to 25 min, which resulted in a thickness variation within the range of 30–80 nm. Finally, we fabricated the complete devices and compared the performances of the SnS/CdS TFSCs. The maximum PCE of 3.05% with $V_{OC} = 0.297$ V, $J_{SC} = 19.4$ mA cm⁻², and fill factor (FF) = 52.8% was achieved for ~42 nm thick CdS buffer layer (18 min of CdS deposition time). More details on device properties will be discussed in this presentation.

Keywords: Tin sulfide(황화주석), Vapor transport deposition(기상증착법), Cadmium sulfide(황화카드뮴), Buffer layer (버퍼층), Solar cell(태양 전지)

P-72

발 표 취 소

전체 물 전기분해 성능 향상을 위한 전이금속 기반의 이중 기능성 전기촉매 연구

이승훈, 김치호, 김성현, 권일영, 박재한, 김양도^{1,†}

부산대학교 재료공학과; ¹부산대학교 재료공학부
(yangdo@pusan.ac.kr[†])

전기화학적 물 분해(water splitting)는 태양광 또는 풍력 에너지에서 재생가능한 전기를 활용하여 수소를 생산하는 차세대 신재생 에너지 기술로 주목받고 있다. 일반적으로 수소 및 산소 발생 반응(HER, hydrogen evolution reaction 및 OER, oxygen evolution reaction)을 촉진하기 위해서는 큰 과전압(overpotential)이 발생하며, 이는 전기화학적 물 분해의 전반적인 효율을 방해한다. 현재 산소 발생 반응의 벤치마크 촉매는 이리듐 산화물(IrO₂) 및 루테튬 산화물(RuO₂)과 같은 귀금속 산화물에 의존하고 있으며, 수소 발생 반응에 가장 효과적인 촉매는 백금(Pt) 기반의 귀금속 촉매로 알려져 있다. 하지만 이러한 귀금속 물질들은 높은 비용과 희소성의 단점에 의해 광범위한 응용이 불가능하다.

전기화학적 물 분해를 위한 고효율 이중 기능성 전기촉매의 개발은 장치 제작을 단순화하고 비용을 줄일 수 있는 복합적인 이점을 제공한다. 귀금속 기반 촉매의 단점을 극복하기 위해 다양한 전이 금속 기반 전기 촉매(i.e., 산화물, 인화물, 황화물 및 수산화물)가 개발되어 전체 물 전기분해에 대해 높은 촉매 활성을 나타내었다. 특히, 전이 금속 기반 수산화물은 높은 촉매 활성과 우수한 내구성으로 인해 유망한 이중 기능성 전기촉매로 간주된다.

본 연구에서는 전체 물 전기분해를 위한 이중 기능성 전기촉매로써, 전이 금속 기반 수산화물을 제조하여 표면, 조성 및 전기화학적 분석을 통해 수전해 전극 촉매로써의 특성을 분석하였다.

Keywords: Water splitting, bifunctional electrocatalyst, transitional metal, (oxy)hydroxide

Evaluation of Electrochemical Properties of Lithium-Based Hydride in Room Temperature Conditions

황준현, 김은아, 신호원, 손종태¹, 흥태환[†]

한국교통대학교 신소재공학과; ¹한국교통대학교 나노고분자공학과
(twhong@ut.ac.kr[†])

All-solid battery research is active in battery-related companies around the world. In particular, the replacement of conventional lithium batteries in the EV(Electrochemical Vehicle) field can reduce the BMS(battery management system) parts for safety, thereby increasing the internal capacity of the battery by adding more cathode materials. Currently, research on sulfide series with excellent conductivity and electrochemically stable oxide series is active in the field of all-solid batteries. In addition, according to prior research by Professor Orimo of Japan, LiBH_4 was found to have a compliance ionic conductivity of 10^{-3} S/cm through the deformation from high temperatures to hexagonal structures, suggesting the possibility of research of all-solid batteries of hydride series. However, since Li-ion batteries are generally used in the temperature region between -20°C and 60°C , the temperature of 383K, which changes to the hexagonal structure, is not suitable for the temperature conditions in which batteries are used. Therefore, the ion conductivity at room temperature should be measured to determine whether it can be commercialized or not. In this experiment, electrochemical impedance spectroscopy of the three hydrogen compounds LiBH_4 , LiH , and LiAlH_4 was typically performed. The temperature was carried out under 300K conditions and their measurements were compared.

Keywords: All-solid state battery(전고체전지), Hydride(수소화물), Ion conductivity(이온전도도), Electrochemical Impedance Spectroscopy(임피던스 분광법), Room temperature(상온)

Achieving low Voc-deficit characteristics in $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S},\text{Se})_4$ Solar Cells

Vijay C. Karade, Jin Hyeok Kim[†]

Chonnam National University
(jinhyeok@chonnam.ac.kr[†])

Kesterite-based thin-film solar cells (TFSCs) have gained growing attention in the photovoltaic (PV) sector for their elemental earth abundance and low toxicity. An inclusive study from the past reveals basic knowledge about the grain boundary (GB) and grain interior (GI) interface. However, the compositional dependency of the surface potential within GBs and GIs remains unclear. The present work highlights deep insights into the surface potential of the bulk and GB interfaces. The Sn composition is sensitive to the absorber morphology and, therefore, it significantly impacts absorber and device properties. Absorber morphology improves with the formation of larger grains as Sn content increases. Additionally, the presence of SnSe_2 and increased $[\text{ZnCu} + \text{VCu}]$ A-type defect cluster density was observed and validated through Raman analysis. The secondary ion mass spectroscopy analysis revealed, the altered distribution of sulfur and sodium with higher near-surface accumulation. Thus, the synergistic outcome of the increased density of defects and the accumulation of S near the interface provides a larger GBs and GIs difference and expedites carrier separation improvement. Consequently, at an optimum compositional ratio of $\text{Cu}/(\text{Zn}+\text{Sn}) = \sim 0.6$, the power conversion efficiency (PCE) is significantly improved from 8–11%.

Keywords: CZTSSe, kesterite solar cell, surface potential, defects, Voc-deficit

The Influence of Growth Conditions on VTD-SnS Absorber Layer for Thin Film Solar Cells

조재유, 허재영[†], 이다정

전남대학교
(jheo@jnu.ac.kr[†])

Orthorhombic tin sulfide (SnS) has recently been emerged as a very promising absorber material for thin-film solar cells (TFSCs). It has an ideal optical band gap (~1.3 eV) and it comprises of relatively earth abundant constituents and non-toxicity. But till date, the highest efficiency obtained from the SnS-based solar cells is 4.36%, which is fairly low compared to its theoretical limit of ~32%. SnS is a non-cubic material unlike CIGS or CdTe, crystallizing in an orthorhombic structure (JCPDS No. 39-0354, $a = 4.3291 \text{ \AA}$, $b = 11.1923 \text{ \AA}$, $c = 3.9838 \text{ \AA}$). It easily leads to the formation of layered features. Therefore, controlling the morphology of the SnS absorber with dense and pinhole-free grains is crucial.

In this study, the influence of vapor transport deposition (VTD) conditions of tin sulfide (SnS), i.e., growth temperature and duration, on the formation of secondary phases, preferred orientation, and solar cell performance, was investigated. In the growth temperature effect experiment, the morphology is grew as plate form with increasing temperature and the secondary phase was found at low temperature. Also, it was confirmed that the film thickness wase increased linearly with duration and When the growth duration increases to 10 min, a dramatic improvement in the device performance is noted. Finally, fabricated SnS TFSCs (thin film solar cells) achieved near 4% efficiency (V_{OC} ; 0.342 V, J_{SC} ; 19.8 mA cm⁻², FF; 58.0%) at 600 °C growth temperature and 10 minutes duration. In addition, working stability under continuous illumination and damp-heat (85/85) conditions was investigated for the best cell in this study.

Keywords: Tin monosulfide, Vapor transport deposition, Growth temperature, Duration, Thin-film solar cells, Absorber layer

Evaluation of Thermal Conductivity on Salt-like Hydrides

김은아, 황준현, 신호원, 손종태¹, 홍태환^{2,†}

한국교통대학교 신소재공학과; ¹한국교통대학교, 나노화학소재전공; ²한국교통대학교 에너지소재공학전공
(twhong@ut.ac.kr[†])

In recently years, Fire and explosion accidents in electric vehicles and lithium-ion batteries have increased. This is because it uses a flammable organic liquid electrolyte, which is unsafe for vehicle applications when battery size is increased. To solve this problem, The use of a solid electrolyte instead of a liquid electrolyte in the battery has been suggested as a way. The safety problem of battery is mainly contributed by thermal runaway caused fire and explosion. Thermal conductivity is considered one of the most important parameters that determine the safety of batteries. Low thermal stability can cause adverse reactions and thermal runaway inside the material. Hence, various kinds of solid electrolytes and thermal conductivity have been investigated to date. In this study, Among various solid electrolytes, A salt-like hydrides (LiH, LiBH₄, LiAlH₄) was selected as the solid electrolyte due to it has high conductivity and excellent compatibility with lithium electrodes. Thermal conductivity was analyzed by Laser Flash method to analyze the thermal stability of salt-like hydrides. Thermal runaway and stability were examined. Plus, we examined whether salt-like hydrides are suitable as solid electrolytes.

Keywords: solid-state battery(전고체 전지), salt-like hydride(염유사기 수소화물), thermal conductivity(열전도도), safety(안정성), thermal runaway(열폭주)

Wristband-type Wireless Presenter based on Thermoelectric Generator

문승언[†], 김정훈, 임종필

ETRI

(semoon@etri.re.kr[†])

To attain power conversion from human warmth, some points for the design of the device would be considered, for example, the place to wear, thermoelectric module dimension, the thermal resistance, etc. In this presentation, human wrist was chosen for thermoelectric power conversion for wristband-type wearable applications. Considering the dimension and thermal resistance of human wrist, the area and thermal resistance matched design of thermoelectric module was determined. In the thermoelectric module, the dimension of thermoelectric legs and the number of thermoelectric leg-pairs dependent output power performances of the thermoelectric generator on the human arm condition was calculated using 1-dimensional approximated heat flow equations with the temperature dependent material coefficients of the constituent materials and the dimension of the substrate. With the optimum thermoelectric generator design, thermoelectric generator modules were fabricated by using newly developed fabrication processes, which is mass production possible. The electrical properties and the output power characteristics of the fabricated thermoelectric modules were characterized by using a home-made test set-up. The output voltage of the designed thermoelectric generator was a few hundreds of mV and its output power was a few mW under the conditions at the virtual human arm condition. The measured output voltage and power of the fabricated thermoelectric generator were slightly lower than those of the designed thermoelectric generator due to several reasons. For applications, wristband-type wireless presenter was made and demonstrated by using the above thermoelectric generator, heat sink, power management integrated circuit, etc.

Keywords: Wristband, Wireless Presenter, Thermoelectric Generator

Effect of Ge doping on performance of $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S},\text{Se})_4$ (CZTSSe) thin film solar cells

Kuldeep Singh Gour, Jin Hyeok Kim[†]

Chonnam National University
(jinhyeok@chonnam.ac.kr[†])

Effect of germanium (Ge) doping on crystal growth and device properties of CZTSSe thin film solar cells were investigated. CZTSSe thin films were prepared by stacked layers from Zn, Sn and Cu metal targets using sputtering followed by post sulfo-selenization process. It was observed that doping of Ge improves the grain growth, compactness and crystallinity of CZTSSe absorber layer which results enhanced solar cell device performance from 7.92 to 10.09%. These results suggest the possibility to achieve a further improvement in the optoelectronic characteristics of the solar cells that could be accomplished by optimization of processes with a fine-tuning of the Ge doping in the CZTSSe absorber material.

Keywords: CZTSSe, Ge doping, Solar Cell, Sputtering

Investigation for the improvement of V_{oc} in $Cu_2ZnSn(S,Se)_4$ based solar cell by controlling the annealing temperature in RTA system

김동명, 김진혁^{1,†}

전남대학교 신소재공학부; ¹전남대학교 신소재공학부, 광전자융합기술연구소
(jinhyeok@chonnam.ac.kr[†])

The $Cu_2ZnSn(S,Se)_4$ Solar cells has been attracting great attention, because its absorber consists of earth-abundant and nontoxic elements. CZTSSe solar cells however, perform poorly compared to counterparts such as $Cu(In,Ga)(S,Se)_2$ (CIGS) solar cells and CdTe solar cells, due to high open-circuit voltage (V_{oc}) deficit. The high V_{oc} deficit in CZTSSe solar cells may be caused by band tailing effect, point defects, surface recombination, and etc. In particular, fabrication of absorber using PVD can easily lead to poor surface morphology such as pin-hole and voids. If the annealing temperature is too low, the grains size is small, and if the annealing temperature is too high, both Sn loss and secondary phase which known as the recombination center for mobile charge carriers occur. To overcome this problem, during chamber RTA process, slightly different working temperatures are applied in order to form large and uniform CZTSSe grains. It is also aims to suppress creation of the secondary phase. The CZTSSe films are prepared by sputtering and post-annealing process, and analyzed by X-ray diffraction, Raman spectroscopy, Incident photon-electron conversion efficiency, and Scanning electron microscopy.

Keywords: CZTSSe, Kesterite, RTA, Annealing temperature

Powder-free fabrication of the reliable Bi_2Te_3 -based thermoelectric alloys

Sung-Jin Jung, Seung-hyeok Lee, JoonChul Shin, Hyung-Jin Choi, Soo Young Jung, Ruiguang Ning, Min seok Kim, Seong Keun Kim, Jin-Sang Kim¹, Seung-Hyub Baek[†]

Electronic Materials Research Centers, Korea Institute of Science and Technology; ¹Institute of Advanced Composite Materials, Korea Institute of Science and Technology
(shbaek77@kist.re.kr[†])

Precise control of carrier density is essential to synthesize high-performance thermoelectric materials. Here, we explore a powder-free fabrication technique to synthesize n-type bismuth tellurium selenides, combining a cold deformation and a hot extrusion. The cold deformation enables controlling the electron density in the range of $\sim 10^{19}\text{-cm}^{-3}$ via the formation of intrinsic point defects, and the hot extrusion allows texturing the microstructure to enhance the electrical conductivity, hence a large power factor of $> 5 \times 10^{-3} \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-2}$. We confirm that our process is very reproducible, and the properties of the samples are stable without aging even after thermal stresses. Using this method, we can decouple the relationship between bandgap, carrier density, and composition to improve the high-temperature thermoelectric property. Moreover, we demonstrate the fabrication of high-performance thermoelectric materials from low-graded, raw materials by modifying the degree of the mechanical deformation to reach an optimum carrier density. Equipped with the ability to control electron density, we constructed a thermoelectric property map of the n-type $(1-x)\text{Bi}_2\text{Te}_3 - x\text{Bi}_2\text{Se}_3$ alloy system, to provide guidance on designing high performance thermoelectric modules for various applications. Our work provides a promising approach to synthesizing thermoelectric materials in the reproducible and adaptable way.

Keywords: Powder, thermoelectric, Bi_2Te_3

Effect of Annealing and Precursor Concentration on Spin-coated Tin Sulfide Thin-films for Solar Cell Application

Pravin Pawar, 허재영[†]

전남대학교
(jheo@jnu.ac.kr[†])

Among the p-type chalcogenides family, orthorhombic tin sulfide (α -SnS) has recently emerged as a promising absorber layer for a photovoltaic device application due to its suitable optical bandgap of ~ 1.32 eV and high optical absorption coefficient of $> 10^5$ cm⁻¹. Despite of having great absorber properties, the highest efficiency obtained from the SnS-based TFSCs is 4.8%, which is fairly low compared to its theoretical limit of $\sim 32\%$. SnS is a non-cubic material unlike CIGS or CdTe, crystallizing in an orthorhombic structure. It easily leads to the formation of layered features. Therefore, controlling the morphology of the SnS absorber with dense and pinhole-free grains is crucial.

In this study, SnS thin films were deposited using a simple and low-cost spin coating method for solar cell applications. The present study demonstrated the deposition of SnS thin films on soda-lime glass (SLG) and SLG/Mo substrates. The developed films were subsequently applied for the fabrication of a thin-film solar cell. The effect of the annealing temperature on the structural, optical, and morphological properties of the deposited SnS films was analyzed. The precursor concentrations and the annealing temperature played a critical role in determining the phase composition and morphological characteristics of the SnS thin films. The results obtained from X-ray diffraction revealed that the films annealed above 300 °C for one hour exhibit a pure SnS phase with the single (040) plane. TFSC with SLG/Mo/SnS/CdS/i-ZnO/AZO/Al configuration was fabricated using the optimal precursor ratio, i.e., Sn:S = 1:1.2, and this device showed a photoconversion efficiency of 0.076%.

Keywords: SnS, Thin film solar cell, Spin coating, Optical properties, Structural properties

The Effect of *i*-ZnO Thickness on The Performance of VTD-SnS/CBD-CdS Thin-film Solar Cells

Rahul Kumar Yadav, 허재영[†]

전남대학교
(jheo@jnu.ac.kr[†])

Orthorhombic tin monosulfide (SnS) having optical band gap (~ 1.35 eV), high absorption coefficient ($>10^4$) is promising absorber material for thin-film solar cells (TFSCs), comprises of relatively earth abundant and non-toxic constituents. The theoretical efficiency limit of SnS is $\sim 32\%$, but the reported cell efficiency has mostly remained below 4% which is fairly low as compared to theoretical. The relatively low efficiency of SnS solar cells is mainly attributed to the low heterojunction quality with CdS buffer layer and short circuit loss.

In this study, the effect of *i*-ZnO thickness on vapor transport deposited (VTD) SnS TFSCs has been investigated. The *i*-ZnO deposition was carried out using the RF magnetron sputter at room temperature. In order to change the thickness of *i*-ZnO, the deposition time was varied from 1400 to 2400 seconds. The thickness was observed between 40 and 65 nm. The highest efficiency of 3.51% ($V_{OC} = 0.334$ V, $J_{SC} = 18.81$ mA-cm⁻², and $FF = 56\%$) was obtained for 45 nm thick *i*-ZnO layer. The efficiency was decreased with increase in *i*-ZnO thickness above 45 nm. These improved characteristics are attributed to the reduction in shunt conductance with *i*-ZnO thickness. The detailed analysis of the device performance will be presented for different *i*-ZnO thickness.

Keywords: *i*-ZnO Thickness, VTD-SnS, Solar cells

Trimetallic NiCoFe-LDH nanosheets as efficient electrocatalyst for urea oxidation reaction

Komal Dnyanadev Patil, 김진혁[†]

전남대학교
(jinhyeok@chonnam.ac.kr[†])

The electrochemical urea oxidation reaction (UOR) is useful for the simultaneous elimination of urea-rich wastewater and generation of hydrogen. In this work, we demonstrated the synthesis NiCoFe-LDH nanosheets supported on 3D Ni foam substrates by one step hydrothermal method. Benefiting from the synergism of compositional and structural merits, the resultant self-supported NiCoFe-LDH/NF composite exhibited excellent electrocatalytic performance for UOR. Significant enhancement of electrocatalytic activity of NiCoFe-LDH/NF was witnessed because of the doped Fe. Compared with the parent NiCo-LDH/NF, the optimized NiCoFe-LDH/NF exhibited a lower overpotential of 109 mV at 25 mA cm⁻² with a smaller Tafel slope of 43 mV dec⁻¹ in 1 M KOH containing 0.33 M urea.

Keywords: NiCoFe-LDH, urea oxidation reaction, hydrothermal method

Optimization of O/(O+S) ratio of atomic layer deposited Zn(O,S) buffer layer for Cd-free kesterite thin-film solar Cells

Raju Nandi, 허재영[†]

전남대학교
(jheo@jnu.ac.kr[†])

Earth abundant, cost-efficient and environmental friendly kesterite $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ (CZTS), $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$ (CZTSe), and $\text{Cu}_2\text{ZnSn(S,Se)}_4$ (CZTSSe) materials are being extensively studied for the application of thin-film solar cells (TFSCs). Although CdS has been the most widely popular n-type buffer layer used in the TFSC fabrication, however, its prospect is limited by its toxic nature and parasitic loss in the short wavelength range. Recently, Cd-free non-toxic Zn(O,S) has emerged as promising buffer layers for solar cell applications. In the present work, the performance of CZTSSe-based solar cells fabricated with atomic layer deposited (ALD) Zn(O,S) buffer layers has been investigated. The growth parameters of ALD-Zn(O,S) were optimized by varying the substrate temperature and O/O+S ratio. The highest cell efficiency of 8.99% ($V_{oc} = 458$ mV, $J_{sc} = 36.85$ mA/cm², and FF = 0.53) was obtained at a growth temperature of 90 °C with an O/(O+S) ratio of 0.9. The reference device fabricated with conventional chemical bath deposited CdS buffer layer displayed relatively higher cell efficiency of 9.26%. This study demonstrates that using alternative ALD-grown Zn(O,S) buffer layer more than 90% of the standard CdS-based cell efficiency can be achieved.

Keywords: Kesterite, Zn(O,S), buffer layer, thin-film solar cell

The Influence of Atomic Layer Deposited ZnSnO Buffer Layer Process Condition on the Characteristics of CZTSSe Thin Film Solar Cells

조재유, 허재영[†]

전남대학교
(jheo@jnu.ac.kr[†])

Choice of suitable n-type buffer layer to form favorable heterojunction is one of the promising criteria to achieve a high performance thin film solar cell (TFSC). Till date, CdS has been used as standard buffer layer for various TFSCs, such as Cu(In,Ga)Se₂ (CIGS), CdTe, and Cu₂ZnSn(S,Se)₄ (CZTSSe) etc. However, the toxic Cd-free alternative buffer layers are always in demand to increase environmental compatibility of such TFSCs. In this regard, atomic layer deposition (ALD) has already been proven as a potential technique to obtain conformal ultrathin pinhole-free deposition of alternative buffer layers.

In this work, the application of ALD-ZnSnO (ZTO) buffer layer was investigated for CZTSSe TFSCs. Initially, ZTO films were characterized for variable process conditions. Finally, the performance of the cells was tested with ALD-grown ZTO buffer layer. The highest efficiency of 9.47% was achieved with the $V_{OC} = 383$ mV, $J_{SC} = 39.84$ mA/cm², and FF = 60.9% which corresponding to ~93% of the standard CdS-based solar cells (10.19%). Recently, ~8.6% efficiency of CZTSSe TFSCs with ZTO buffer layer has been reported by L. H. Wong group which is the best Cd-free CZTSSe TFSCs with ZTO buffer layer, till date. In comparison, we had fabricated a cell with a similar level of V_{OC} , but with a higher J_{SC} , that resulted in an efficiency difference of about 0.8%p. The detailed analysis of the influence of process conditions on the device performance will be presented.

Keywords: CZTSSe, Solar cell, ZnSnO, ALD, Buffer layer

Disparities in the band structure of SnS polymorphs and their assessment towards thin-film solar cell application

KrishnaRao Eswar Neerugatti, 허재영[†]

전남대학교
(jheo@jnu.ac.kr[†])

Tin sulphide (SnS) is extensively explored for green energy. Cubic SnS is one of the promising binary chalcogenides for solar cell applications. Cubic SnS is paid more attention because of its “asymmetrical center” with low-temperature processing advantages. Compared to conventional polymorph of SnS (orthorhombic), cubic SnS is a metastable (thermodynamic) compound having 1.7 eV band gap. However, owing to its structural feasibility, cubic SnS is practically anticipated for solar cell applications. On this account, it is highly necessary to understand the structure and synthesis induced band variations of this polymorph. Therefore, in the current study we have grown cubic SnS at low-temperature condition using chemical bath deposition to evaluate the optical properties with various thicknesses. Band positions were characterized thoroughly and compared with that of orthorhombic counterpart. We believe such comparative optical analysis may cast more light on the finding suitable buffer components towards fabricating an efficient solar cell. In addition, this work may also be considered as a rudimentary study for other green energy applications

Keywords: Tin sulfide, metastable, cubic, band gap, TFSCs

Ternary diagram of the phase, optical bandgap energy and photoluminescence of Cesium lead halide

정지나, 양성웅, 이상욱[†]

경북대학교 신소재공학부 전자재료공학과
(wook2@knu.ac.kr[†])

This is the first report on ternary diagram of phase, optical bandgap, and photoluminescence intensity of CsPbX₃ perovskite with three vertices of CsPbI₃, CsPbBr₃, CsPbCl₃. To obtain the exact designed composition, all the compositions were synthesized using mechanochemical reaction. At room temperature CsPbI₃ have stable δ phase (non-perovskite, orthorhombic), and it attains metastable γ phase (orthorhombic) on heat treatment above $\sim 350^\circ\text{C}$. Phase maps for each composition were separately derived before and after heat treatment. In the ternary phase maps, single or multi-phase regions were assigned to each composition. For single γ phase, c-axis lattice constant linearly decreased with the decrease in average radius of X-site ions. In contrast, decrease in the radius of X-site, linearly increased the bandgap from 1.73 to 2.96 eV. The ternary diagram's estimated lattice constants and bandgap values obeyed Vegard's law with negligible deviation. Hence, the bandgap and lattice constant for a certain CsPbX₃ composition with varied ratios of X-site (X: Cl, Br, and I), can be easily defined using the CsPbX₃ ternary diagram. Furthermore, photoluminescence intensity maps show desirable compositions for red, green, and blue-light emission. These ternary maps are important and useful for designing of a target perovskite composition for various optoelectronic applications.

Keywords: halide perovskite, cesium lead halide perovskite, phase, optical bandgap, photoluminescence

Pb-Sn계 Narrow bandgap 할라이드 페로브스카이트 소재 물성 연구

양성웅, 이상욱[†], 정지나, 조한별, 윤영훈, 최원창, 윤정철

경북대학교 신소재공학부 전자재료공학과
(wook2@knu.ac.kr[†])

최근, $A(\text{Pb}_x\text{Sn}_{1-x})\text{I}_3$ ($A = \text{formamidinium (FA), methylammonium (MA), Cs}$) 소재는 밴드갭 (bandgap) 에너지가 1.25 eV 정도로 낮고 광전특성이 우수해, 적층 (tandem) 구조의 페로브스카이트 (perovskite) 태양전지에서 rear cell의 광흡수층으로 활발히 연구되고 있다. A site에는 MA-FA 또는 Cs-FA 등 혼합된 이성분계 조성이 사용되어왔는데, 각 연구에 따라 조성비가 서로 상이하다. 본 연구에서는, A site가 FA-MA-Cs로 혼합된 $A(\text{Pb}_x\text{Sn}_{1-x})\text{I}_3$ 소재를 기계화학적 합성법으로 합성하고, A site 이온간 비율이 소재의 결정상, 광학특성, 환경에 대한 안정성 등에 미치는 영향을 연구하였다. 결정구조 분석을 통해 $\text{FA}(\text{Pb}_x\text{Sn}_{1-x})\text{I}_3$, $\text{MA}(\text{Pb}_x\text{Sn}_{1-x})\text{I}_3$, $\text{Cs}(\text{Pb}_x\text{Sn}_{1-x})\text{I}_3$ 를 각 꼭지점으로 하는 삼원 상태도를 도출하고, 안정한 입방정상 영역에 해당하는 조성들의 흡광 및 발광 특성을 조사하였다. 또한, 합성된 분말을 대기하 상온에서 100시간 보관하였을 때, 초기대비 광학적 특성 변화량을 분석하여, 수분/산소 등의 환경에 대한 안정성을 연구하였다. 본 연구 결과는, 우수한 물성의 narrow 밴드갭 페로브스카이트 소재를 도출하고, 고효율 고안정 탠덤 페로브스카이트 태양전지를 개발하는데 큰 기여를 할 것으로 예상된다.

Keywords: 페로브스카이트, 탠덤 페로브스카이트 태양전지, narrow 밴드갭, 안정성, 광학특성, 광전특성, 결정구조, 삼원 상태도

Effect of Zn(O,S) buffer layer deposition temperature on the performance of flexible $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S,Se})_4$ (CZTSSe) thin film solar cells

김수길, 김진혁[†]

전남대학교
(jinhyeok@jnu.ac.kr[†])

Recently, $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S, Se})_4$ (CZTSSe) solar cells have attracted great attention by the utility of earth abundant elements to replace the In and Ga of the well-developed $\text{Cu}(\text{In,Ga})(\text{S, Se})_2$ (CIGS) absorbers. CdS is one of the most researched buffer materials and is generally deposited by a chemical bath deposition (CBD) method. Due to the toxicity of Cd, many studies have attempted to replace CdS with Cd-free buffer layers. Zn(O, S) is a promising candidate to replace CdS buffer with a wide band gap and non-toxic material. In addition, alternative Cd-free buffer layers deposited by atomic layer deposition (ALD) may be more advantageous for industrial production compared to CBD processes, primarily due to less chemical waste and the possibility of a complete vacuum-based production line. In this work, a CZTSSe solar cell with Zn(O,S) buffer was fabricated on a flexible substrate using ALD method. The effect of the temperature of Zn(O,S) deposition on the CZTSSe solar cell was investigated. The optimum Zn(O,S) deposition temperature is a 100°C as shown by atomic force microscope(AFM).

Keywords: $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S,Se})_4$ (CZTSSe), flexible substrates, NaF doping, thin film solar cells (TFSCs)

장기 건식저장 사용후핵연료 피복관의 수소화물특성 및 열화거동

김성근[†], 장정남, 박명철, 서항석, 권형문

한국원자력연구원
(sg316@kaeri.re.kr[†])

장기 건식저장 중 사용후핵연료 지르코늄 합금 피복관 내 수소화물의 특성은 피복관의 기계적 건전성에 영향을 미치는 주요 요인으로 알려져 있다. 수소화물재배열은 건식저장 초기 약 400 °C 고온상태의 피복관이 냉각이 진행됨에 따라 기존 고용체 상태의 수소화물이 재석출되기 시작하여 봉내압에 의한 원환응력이 가해지면서 반경방향으로 재배열되는 현상으로 피복관 취성파괴, 균열 생성 및 전파 등을 야기한다. 본 연구에서는 건식저장 과정 중 피복관 수소화물재배열에 영향을 미치는 인자들을 분석하고 해당 인자에 대한 개별 시험을 수행하여 사용후핵연료 피복관 수소화물특성에 따른 열화거동을 평가하였다. 평가는 평균연소도 52 GWd/tU 이하 경수로 사용후핵연료봉을 대상으로 하였으며 봉 위치별 수소함량 및 산화특성 분석 후 시험 시편을 선정하였다. 각 시편은 수소화물재배열 현상의 영향 인자인 피복관 온도, 원환응력, 다중 싸이클, 냉각속도 등을 변수로 하여 수소화물재배열 처리를 수행한 후 미세조직분석을 통해 반경방향 방사형 수소화물 발생여부, 재배열 특성 등을 관찰하였다. 이후 열화특성을 평가하기 위해 링 압축시험을 수행하였고 offset-strain 결과를 분석하여 영향 인자 및 수소화물특성에 따른 피복관 건전성을 평가하였다. 추가하여 수소화물재배열 처리 이전 피복관의 시험결과와 비교하여 수소화물재배열이 피복관 열화거동에 미치는 영향을 분석하였다.

Keywords: 사용후핵연료 피복관, 건식저장, 수소화물재배열, 피복관 열화

Electrochemical expanded graphite foil electrode for supercapacitor

이나은[†], 조성오

한국과학기술원
(pancy6@kaist.ac.kr[†])

Carbon-based materials are promising electrode materials for electrochemical double layer supercapacitors due to large specific surface area, superior electrical conductivity. Most of carbon electrode are fabricated using a binder to maintain a shape, however binder can induces the performance degradation of the supercapacitor. Herein, we suggest the binder-free method to synthesize a graphite electrode using by electrochemical treatment. Graphite electrode are obtained by electrochemical expansion of graphite foil in 3M KCl aqueous solution. Vertical aligned graphene sheets and sponge-like shape are observed on the surface of expanded graphite foil (EGF). After electrochemical treatment, EGF contains the high crystallinity of graphene in Raman and XRD. EGF shows the typical curve of electrical double layer capacitor in cyclic voltammetry and galvanostatic charge-discharge curve. The EGF exhibits the capacitance of 228mFcm^{-2} at 0.5mAcm^{-2} .

Keywords: Graphite foil, Supercapacitor, Electrochemical treatment, Electrode, Binder-free method

Systematic Fabrication of Native oxide (β -Ga₂O₃) integrated from GaN photoanode introduce Interfacial Passivation against photocorrosion for Photoelectrochemical Water Oxidation

강순형[†], [maheswari arunachalam](mailto:maheswari.arunachalam)¹

전남대학교; ¹Chonnam national university
(skang@jnu.ac.kr)[†]

We report the rational synthesis of chemically modified GaN film, and their implementation as photoanodes in photoelectrochemical (PEC) cells for water oxidation. At first, GaN film surface is modified by a simple etching process to introduce native oxide. The films contain a homogeneous distribution of β -Ga₂O₃ with compositions that can be accurately controlled $\sim 4\%$ by varying the etching time. Mott-Schottky measurements on a representative sample give a flat-band potential of -0.6 VRHE, a carrier density of $\sim 3.1 \times 10^{18}$ cm⁻³. β -Ga₂O₃ layer formation grown by self-chemical anodization prevents corrosion, electronic defects promote hole conduction, and we show that the protected semiconductors are transparent enough to achieve finite performance. β -Ga₂O₃/GaN photoelectrode exhibited a photovoltage of 0.9 VRHE for water oxidation. The high photovoltage was attributed to a high built-in potential in a metal-insulator-semiconductor. Along with a thin layer of Ga₂O₃ upon GaN exhibited a continuous oxidation of 0.5 M aqueous NaOH to O₂ for more than 10 h at photocurrent densities of ~ 1.5 mA/cm². We show that passivation layers have been used as an effective strategy to improve the charge-separation and transfer processes across semiconductor-liquid interfaces, and thereby increase overall solar energy conversion efficiency.

Keywords: PEC water oxidation, Semiconductor, GaN, surface passivation

Universal Passivation Strategy for the Hole Transport Layer/Perovskite Interface via an Alkali Treatment for High Efficiency Perovskite Solar Cells

Boonmongkolras Passarut, Naqvi Syed Dildar Haider¹, Kim Daehan, Pae Seong Ryul, Kim Min Kyu, Ahn SeJin¹, Shin Byungha[†]

한국과학기술원; ¹한국에너지기술연구원
(byungha@kaist.ac.kr[†])

We present a passivation strategy for the perovskite/HTL interface based on potassium acetate (K-Ac). Since K-Ac is soluble in both polar and nonpolar solvent, thus, deposition of K-Ac on top and bottom of perovskite is possible. With this advantage, we report the universality of potassium interfacial passivation at the HTL/perovskite interface applied to various configurations with various range of perovskite bandgap. Regarding the p-i-n configuration, various materials characterizations reveal that a potassium passivation layer underneath perovskite modify perovskite orientations, resulting in a better charge transport and film properties. Furthermore, the potassium passivation layer shift the valence band position of the HTL upward, which result in a better extraction of charges (holes) across the HTL/perovskite interface, thus improving the short-circuit current density (J_{sc}). The modification of the band alignment at the HTL/perovskite by the potassium interfacial passivation layer is confirm in n-i-p devices with both WBG and CBG perovskites. Compare to reference solar cells without a passivation layer, an increase in J_{sc} of approximately 1 mA/cm^2 was observed in all cases, resulting in power conversion efficiencies of 19.42%, 20.06%, and 22.08% for WBG p-i-n, CBG p-i-n and n-i-p solar cells, respectively, demonstrating the wide applicability of our passivation strategy.

Keywords: perovskite solar cell, interfacial passivation, potassium acetate, universal passivation strategy

Co-evaporation로 형성한 $(\text{Ag}_w\text{Cu}_{1-w})(\text{In}_x\text{Ga}_{1-x})\text{Se}_2$ 박막 태양전지의 Ag 첨가 효과

황지선, 조윤애¹, 송수민, 윤재호, 박지혜, 장효식², 김기환[†]

한국에너지기술연구원 태양광연구단, ¹이화여자대학교 물리학과, ²충남대학교 에너지과학기술대학원
(kimkh@kier.re.kr[†])

CIGS 박막 태양전지는 여러 개의 층으로 이루어져 있으며 그 중 광흡수 층은 소자의 성능을 결정하는 데에 큰 영향을 미치기 때문에 광흡수 층의 개선은 CIGS 박막 태양전지의 고 효율화에 있어 필수적이기 때문에 이를 개선하기 위해 기존의 구성 원소를 제외한 다른 원소를 첨가하거나 후처리 하는 등의 다양한 연구가 이루어지고 있다. 그 중 Cu, In, Ga, Se 외의 Al, Ag, Se 등의 새로운 원소를 추가하는 방법은 박막의 특성을 쉽게 변화시킬 수 있으며, 그 중 Ag는 CIGS 박막의 조성제어와 밴드갭(band-gap)에 여유를 주고 용점(melting temperature)을 낮추어 결정 성장과 개방 전압을 증가시켜 주는 등의 이점이 있어 그 활용이 증가하고 있다.

본 연구에서는 기존의 CIGS 박막에 Ag를 미량 첨가하여 CIGS 박막의 특성은 유지하면서 Ag가 주는 이점을 이용해 막질이 개선된 박막 태양전지를 제조하였다. Ag 가 첨가된 CIGS 박막은 3단계 동시진공증발법(3-stage co-evaporation process)을 이용하여 형성 하였다. Ag의 함량은 0, 0.019, 0.038, 0.057, 0.076 at%로 조절하여 Ag 함량에 따른 소자의 특성 변화를 확인하였다. 적절한 양의 Ag가 첨가된 CIGS 박막 태양전지에서 광전압 특성이 개선되었는데 이는 FF 향상에 기인한 것으로 보인다. *temperature-dependent IV(IVT)*, *capacitance-voltage(CV)*, 그리고 *admittance spectroscopy(AS)*를 통해 적절한 함량의 Ag 첨가는 재결합 활성화 에너지(activation energy)를 감소시키고 박막내의 defect 개선에 미치는 영향에 대해 확인하였다.

Keywords: CIGS solar cell, Ag, Microstructure, Defect

First-principles Study on the Role of Halogen Anion for Halospinel Solid-State Electrolyte

전호제, 강준희¹, 한병찬[†]

연세대학교; ¹한국에너지기술연구원
(bchan@yonsei.ac.kr[†])

For the next generation Li-ion battery, it is of importance to develop a solid-state electrolyte that secures the stability during the operation. Sulfide and oxide electrolytes have been extensively studied for their possibility, but they have prolonged limitations such as low Li-ion conductivity or stability along with the compatibility toward the electrode materials. Recent focus is to shift the gear toward the halide materials, which have high electrochemical stabilities. Here, we investigate several candidates of halospinel electrolytes ($\text{Li}_2\text{Sc}_{2/3}\text{X}_4$, X=Cl, Br, and I) and the role of anion bonding in spinel structure for solid-state electrolyte. We search the thermodynamically stable structures considering possible arrangements of Li and Sc. Then, we calculate the Li-ion conductivity of $\text{Li}_2\text{Sc}_{2/3}\text{X}_4$, and further understand the microscopic Li-ion diffusion mechanism *via* anionic charge and statistical analysis of ab-initio molecular dynamics simulations. Consequentially, we propose $\text{Li}_2\text{Sc}_{2/3}\text{Cl}_4$ as a promising solid-state electrolyte with halospinel structure.

Keywords: First-principles, Solid-state-electrolyte, Halospinel, Ion conductivity

수열합성법으로 제조한 니켈코발트산화물(NiCo₂O₄) 전극의 구조적 및 전기적 특성

이석희, 차현진, 이상운, 김준아, 손영국, 손창식¹, 황동현^{1,†}

부산대학교 재료공학과; ¹신라대학교 신소재공학부
(dhhwang@silla.ac.kr[†])

최근 스마트폰, 노트북 PC 등과 같은 휴대용 전자기기의 보급 확대와 전기차의 상용화 및 친환경 에너지의 효율적 사용이라는 관점에서 에너지 저장 장치(ESS: Energy Storage System)에 대한 관심이 증대되고 있다. 대표적인 에너지 저장 장치에는 슈퍼커패시터(super capacitor), 이차전지(secondary battery) 그리고 연료전지(fuel cell)가 있으며, 이들 중 상대적으로 우수한 에너지 밀도 특성을 갖는 이차전지가 에너지 저장 장치로 널리 사용되고 있다. 그러나 이차전지의 경우 제조된 직후부터 발생하는 열화(degradation)현상과 느린 충전 속도 및 시간은 개선되어야 할 과제로 지적된다. 본 연구에서는 높은 비정전용량을 갖는 슈퍼커패시터용 다공성 전극을 제조하기 위해 니켈코발트산화물(NiCo₂O₄)을 수열합성법(hydrothermal method)으로 니켈 폼(Ni-form) 위에 혼합제(binder) 없이 합성하였고, 니켈코발트산화물의 원료 물질인 헥사메틸렌테트라아민(C₆H₁₂N₄)의 농도가 슈퍼커패시터용 전극의 구조적 및 전기적 특성에 미치는 영향을 알아보았다.

Keywords: NiCo₂O₄, Hydrothermal, Synthesis, Supercapacitor

슈퍼커패시터용 수산화니켈(Nickel(II) hydroxide) 전극의 제작 및 특성

차현진, 이석희, 이상운, 이승곤, 손영국, 손창식¹, 황동현^{1,†}

부산대학교 재료공학과; ¹신라대학교 신소재공학부
(dhhwang@silla.ac.kr[†])

최근 몇 년 동안 인구 밀집도가 높은 전 세계의 대도시에서 심각한 수준의 대기오염이 발생하고 있으며, 화석연료를 에너지원으로 사용하는 자동차에서 배출되는 배기가스가 환경오염을 일으키는 주요 원인 중 하나로 지적된다. 자동차에서 발생하는 에너지 및 환경 문제를 해결하기 위하여 친환경 전기 자동차(environmentally friendly electric vehicle)의 개발이 촉진되고 있으며, 전기 에너지를 보다 효율적으로 활용할 수 있는 에너지 저장 부품(energy storage component)에 대한 연구 또한 주목받고 있다. 슈퍼커패시터(supercapacitor)는 저렴한 제조 비용(low cost), 높은 전력 밀도(high power density) 및 에너지 밀도(energy density), 그리고 장-주기 안정성(long-term cycle stability)의 장점이 있어 에너지 저장 부품으로 응용할 수 있는 잠재력이 높다. 본 연구에서는 슈퍼커패시터용 수산화니켈(Nickel(II) hydroxide) 전극을 다공성 구조와 높은 표면적을 갖는 니켈 폼(nickel foam) 상에 수열합성법(hydrothermal method)으로 제조하였다. 수열합성 공정에서의 온도와 시간 변수에 따른 수산화니켈 전극의 전기적 특성 변화를 분석하였다.

Keywords: Nickel(II) hydroxide, Hydrothermal, Synthesis, Supercapacitor, Energy Storage Component

Efficient and stable perovskite solar cells through surface passivation

고재혁, 김대한, 신병하[†]

한국과학기술원 (KAIST)
(byungha@kaist.ac.kr[†])

In recent years, the efficiency of the perovskite solar cells (PSCs) has improved to over 25%. Due to its outstanding properties (e.g., high absorption coefficient, long diffusion length, etc.), PSCs has got attention as a candidate for next-generation Solar Cells. However, its poor stability with ambient conditions (e.g., moisture, heat, illumination) is the main drawback to commercialization of PSCs. Indeed, the degradation process of the PSCs is contributed to the instability of perovskite materials, hole transport layer (HTL), and electron transport layer (ETL), and the interfaces of each layer. Here, we show a new passivation strategy to the interface between perovskite absorber layer and C_{60} (ETL) with introducing a thin PEABF₄ layer. By passivation with PEABF₄ layer, not only the stability of the PSCs is improved, but also the open-circuit voltage (VOC) and power conversion efficiency is improved. Details and discussion of the results behind the improvements with the passivation treatment will be described.

Keywords: stability, PEABF₄, passivation

스퍼터링 법으로 제조된 Cu₂O 박막의 구조적 및 광학적 특성에 대한 공정 압력의 영향박정환, 김민성, 한태구, 김나경, 남기원¹, 황동현, 손창식[†]신라대학교 신소재공학부; ¹신라대학교 에너지융복합기술센터
(csson@silla.ac.kr[†])

RF(radio frequency) 마그네트론 스퍼터링(magnetron sputtering) 법으로 산화구리(I)(cuprous oxide, Cu₂O) 박막을 상온(room temperature)에서 유리 기판상에 제조하였고, 각기 다른 공정 압력(working pressure)에서 성장한 Cu₂O 박막의 특성 변화를 알아보았다. 구조적 특성은 X-선 회절(X-ray diffraction, XRD), 라만 분광법(Raman spectroscopy), 전계 방출형 주사 현미경(field emission scanning electron microscopy, FESEM)으로 관찰하였다. 광학적 특성은 자외선-가시광선-근적외선 분광 광도계(UV-VIS-NIR spectrophotometer)를 사용하여 400nm에서 1600nm의 파장 범위를 갖는 투과율을 측정하고, 이후 타우 작도(Tauc plot) 법으로 에너지 밴드 갭(energy band gap)을 계산하여 분석하였다. XRD 분석 결과, 서로 다른 공정 압력 조건(1mTorr~15mTorr)에서 성장한 모든 Cu₂O 박막에서 (111)면 우선 성장 방향(preferential orientation)과 입방정계(cubic) 결정구조를 확인하였다. 투과율 데이터를 기반으로 산출한 에너지 밴드 갭은 공정 압력이 1mTorr(0.14Pa)에서 15mTorr(2.0Pa)로 높아짐에 따라 소폭 감소하는 경향을 보여주었다.

Keywords: Cu₂O, Thin film, RF magnetron sputtering, Working pressure, Solar cell

기판 온도 변화에 따른 Cu_2O 박막의 구조적 및 광학적 특성 연구김나경, 박정환, 한태구, 김민성, 황동현, 손창식[†]신라대학교 신소재공학부
(csson@silla.ac.kr[†])

본 연구에서는 산화구리(I)(cuprous oxide, Cu_2O) 박막을 고주파 마그네트론 스퍼터링(radio-frequency magnetron sputtering) 법으로 소다석회 유리 기판(soda-lime glass substrate) 위에 증착하였다. Cu_2O 박막의 증착 공정 변수로 기판 온도(substrate temperature, T_s)를 선택하였고, 서로 다른 기판 온도($T_s = 100^\circ\text{C} \sim 400^\circ\text{C}$)에서 제조한 Cu_2O 박막의 구조적 및 광학적 특성 변화를 X-선 회절(X-ray diffraction, XRD), 라만 분광법(Raman spectroscopy), 전계 방출형 주사 전자 현미경(field emission scanning electron microscopy, FESEM) 그리고 자외선-가시광선-근적외선 분광 광도계(UV-VIS-NIR spectrophotometer)를 사용하여 조사하였다. 기판 온도가 상온(room temperature, RT)에서 400°C 로 증가함에 따라 Cu_2O 박막의 주 회절 피크인 (111) 면에 대한 상대적 강도는 감소하였고, 2세타(θ) 각도를 기준으로 42.6° 에서 나타나는 (200) 면에 대한 회절 강도는 증가하였다. 400nm 에서부터 $1,600\text{nm}$ 의 파장 범위에서 측정한 상온 증착- Cu_2O 박막의 평균 투과율은 45% 정도이었고, 기판 온도의 증가와 함께 Cu_2O 박막의 평균 투과율은 감소하였다. 투과 스펙트럼에서 보이는 흡수 단(absorption edge)에 대한 파장 값 또한 기판 온도 상승에 따라 장파장으로 이동하였고, 에너지 밴드 갭(energy band gap)은 감소하는 경향을 나타내었다.

Keywords: Cu_2O , Thin film, RF magnetron sputtering, Substrate temperature, Solar cell

P-102

Direct synthesis of molybdenum phosphide nanorods on silicon using graphene at the heterointerface for photoelectrochemical water reduction

전상연, 장호원[†]

서울대학교 재료공학부
(hwjang@snu.ac.kr[†])

Transition metal phosphides (TMPs) and transition metal dichalcogenides (TMDs) have been widely investigated as photoelectrochemical (PEC) catalysts for hydrogen evolution reaction (HER). However, for high-temperature processes to get crystallized compounds with large-area uniformity, it is still challenging to directly synthesize these catalysts on silicon photocathodes due to chemical incompatibility at the heterointerface. Here, a graphene interlayer is applied between p-Si and MoP nanorods to enable fully engineered interfaces without forming parasitic light absorption layers and interfacial defects. Furthermore, the graphene facilitates the photogenerated electrons to rapidly transfer by creating Mo-O-C covalent bondings and energetically favorable band bending. Not only bridging role of graphene but also numerous active sites and anti-reflectance of MoP nanorods lead to significantly improved PEC-HER performance with a high photocurrent density of 21.8 mA/cm² at 0 V vs. RHE and high stability. These results indicate that the direct synthesis of TMPs and TMDs enabled by graphene interlayer is a new promising way to fabricate Si-based photocathodes with high-quality interfaces and superior HER performance.

Keywords: solar water splitting, graphene, molybdenum phosphide

스퍼터링 법으로 증착한 SnS 박막의 물성에 황화수소(H₂S) 가스가 미치는 영향한태군, 김나경, 박정환, 김민성, 황동현, 손창식[†]신라대학교 신소재공학부
(csson@silla.ac.kr[†])

황화주석(tin sulfide, SnS)은 Sn-공공(vacancy)이 주요 전하 운반자로서의 역할을 하는 전형적인 p-형 반도체(p-type semiconductor) 물질이다. 현재까지 보고된 대부분의 p-형 SnS 박막(thin film)의 경우 사방정계(orthorhombic) 결정 구조(space group P_{bnm} , No. 62, the lattice parameters of $a = 1.118$, $b = 0.3982$, $c = 0.4329\text{nm}$)를 가지는 것으로 알려져 있다. p-형 SnS 박막의 간접 에너지 밴드 갭(indirect energy band gap)은 대략 $\sim 1.07\text{eV}$ 이며, 가시광선과 자외선 영역(visible to ultraviolet light region)에서 10^4cm^{-1} 이상의 높은 흡수 계수(absorption coefficient)를 나타낸다. 이러한 특성의 p-형 SnS 박막을 태양전지(solar cell)의 광 흡수층(light-absorbing layer)으로 적용하는 경우, 이론적으로 태양광 변환 효율(photovoltaic conversion efficiency)이 24% 이상을 갖는 태양전지 소자의 제조가 가능하다. 그러나, 현재까지 보고된 SnS-기반 태양전지의 최고 효율은 이론적 효율 대비 매우 낮은 4.36%에 머물러 있다. 따라서, SnS 박막의 증착 공정 및 다양한 공정 변수에 따른 특성 이해가 필요하다. 본 연구에서는 RF(radio frequency) 마그네트론 스퍼터링(magnetron sputtering) 법으로 p-형 SnS 박막을 유리 기판상에 성공적으로 제조하였다. SnS 박막 제조 공정에서 투입하는 아르곤(argon, Ar) 가스(gas)의 유입량을 기준으로 5%-H₂S 가스의 함유량을 2sccm에서 4sccm으로 변화시켰으며, 공정 변수에 따라 제조한 SnS 박막의 구조적, 전기적 및 광학적 물성 변화를 연구하였다.

Keywords: SnS, Thin film, RF magnetron sputtering, H₂S gas, Solar cell

TiO₂ NTs/r-GO/Cu-TCNQ array Photoanode for Efficient and Stable Photoelectrochemical Water Splitting

ramesh, soon hyung kang[†]

chonnam national university
(skang@jnu.ac.kr[†])

The increasing energy demand and environmental pollution are today's most important problems and the scientific community is searching a new form of energy alternative to fossil fuels which is one of the primary research topics of the 21st century. Hydrogen is the fuel of the future because of high gravimetric energy density and clean combustion. Hydrogen can be produced by photoelectrochemical water splitting method by using semiconductor photoanode/photocathode. The efficient, stable, visible light absorption and cost effective photoelectrode materials are certainly important in developing highly efficient PEC system. TiO₂ is the most widely investigated photoanode material for PEC water splitting due to their low cost, non-toxicity, high chemical and thermal stability. In the present work, we have integrated r-GO (reduced graphene oxide) and charge transfer complex Cu-TCNQ (Copper-Tetracyanoquinodimethane) with TiO₂ nanotubes (NTs) for PEC water splitting application. The r-GO and Cu-TCNQ complex were incorporated onto the surface of TiO₂ NTs by electrophoretic deposition (EPD) method. The fabricated TiO₂ NTs/r-GO/Cu-TCNQ array photoanode was systematically characterized by using various techniques. The obtained experimental results reveal that rGO with a high work function and superior electron mobility accepts photogenerated electrons from TiO₂ NTs and enables fast electron transportation; while Cu-TCNQ acts as a OER electrocatalyst (co-catalyst) which accelerates the surface water oxidation reaction.

Keywords: Photoelectrochemical water splitting, charge transfer complex, TiO₂ NTs, r-GO, Cu-TCNQ and electrophoretic deposition

Fabrication of the piezoelectric PLLA fiber reinforced with BaTiO₃ nanoparticles in melt-spinning process

오현주, 김도균, 배종혁, 양병진[†]

한국생산기술연구원
(yeang777@kitech.re.kr[†])

최근 착용 가능하고 유연한 소재의 textile 기반 device 개발 관련 관심이 증가하고 있고, 인체의 움직임 및 버려지는 운동 에너지를 전기 에너지로 변환할 수 있는 압전 소재를 적용한 연구도 활발히 진행되고 있다. 압전 소재로는 특성이 우수한 PZT, PVDF 기반 연구가 활발히 진행되고 있으나, 중금속에 의한 인체 유해성, Brittle한 특성, 고가의 비용으로 섬유형 적용에 한계가 있다. 최근 친환경 소재 기반 PLLA 압전 소재의 낮은 단가, 생분해성, 우수한 방사성으로 대체제로 관심을 받고 있지만, 기존 압전 재료와 비교시 낮은 압전 특성으로 압전 특성을 향상시키기 위한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 강자성 나노입자인 BaTiO₃ 첨가 및 연신 공정(연신비, 온도)을 통해 PLLA 섬유의 결정 거동 및 압전 특성 변화에 관한 연구를 수행하였다. 용융방사 공정에서 BaTiO₃ 나노입자가 0, 1, 3, 5 wt% 보강된 PLLA 용융 방사 섬유를 제조하였고, in-line 공정에서 연신비 및 연신온도에 따른 연구를 수행하였다. 섬유의 표면 및 단면은 FE-SEM을 통해 분석되었고, 결정 거동 및 기계적 물성은 DSC, 2D-WAXD, Tensile test를 통해 확인하였다. 압전 특성은 tapping test를 통해 분석되었으며, 다양한 동작(Twist, Tapping, Folding)에 따른 신호도 확인하였으며, 내구성 테스트도 수행되었다.

Keywords: Piezoelectric, fiber, BaTiO₃, Melt-spinning, Post-process

자동차용 압축전선의 통전식 열처리 전압 조건에 따른 물성 향상 연구

최진주, 임병용, 심현우, 김대근[†]

고등기술연구원
(dgkim@iae.re.kr[†])

친환경 차량의 수요가 증가함에 따라 차량 내 전장부품의 비중은 점차 증가하는 추세이며, 전선 경량화를 통한 연비 향상의 필요성이 대두되고 있다. 그중 압축전선(CIVUS)은 연선 제조 시 바깥쪽에서 압축하여 소선간 틈을 최소화한 전선으로 기존 전선(AVSS) 대비 15% 이상 경량화가 가능하나, 도체에 전기를 직접 가하는 통전식 열처리를 수행함에 따라 소선의 단선, 잔류응력 등 완제품의 품질 저하 등의 문제점이 발생하고 있다. 이에 본 연구에서는 압축전선의 열처리 불량 문제를 해결하고자 구리 소선의 물성 향상 연구를 수행하였으며, 통전식 열처리 공정 변수에 따른 미세조직과 물성 변화를 관찰하였다.

이를 위해 1.0SQ 16연선용 직경 0.29 mm 구리 소선에 대해 700 m/min 속도로 통전식 열처리를 수행하였으며, 인가전압에 따른 결정립 변화를 관찰하였다. 이후 전기전도도, 연신율 등의 물성 변화를 확인하였으며, 최종적으로 통전식 열처리에 따른 구리 소선의 물성 변화 메커니즘에 대해 고찰하였다.

Keywords: Compressed stranded wire, Heat treatment, Voltage, Elongation, Electric conductivity

고차압 Dirty Service용 밸브 고속유체 제어기술 연구

변영민[†], 김도영¹, 박수영²

한국건설생활환경시험연구원; ¹(주)비에프에스; ²한국폴리텍대학
(82bym@kcl.re.kr[†])

오스테나이트 상과 페라이트 상이 동시에 존재하는 듀플렉스 스테인리스강은 우수한 내식성과 가공성의 장점을 지닌 소재로써 극한 환경에서 높은 강도와 탁월한 내식성을 요구하는 구조재 등으로 널리 사용되고 있다. 극한환경에서 사용 증가로 인해 보다 향상된 특성이 요구됨에 따라 국내외적으로 듀플렉스 스테인리스강의 특성을 개선하고자하는 연구가 다방면으로 진행 중이다. 그러나 이상 스테인리스강은 높은 강도와 우수한 내식성의 장점이 있는 반면, Cr과 Mo의 함량을 증가시키에 따라 특정 온도에서 σ 상과 같은 유해한 상의 석출로 기계적 특성이 저하되는 것이 문제시 되고 있다. 이러한 금속간 화합물의 석출은 생산조업 중에 일정온도에 노출되어 생성된다.

고압 Valve는 시트부위가 일체형 바디로 구성되어 제련 Process에의 산액과 미세한광석이 흐르는 Leaching Process (침출)와 Think Process (담금)등에서 바디내 부식 특히 시트 부위 마모가 극심한 상태이며 이를 해결하기 위해 내마모성, 내식성이 향상된 고크롬강 적용에 대한 연구가 진행 중이다.

내식 및 내마모성에 우수한 제품 개발이 일찍부터 시작되어 현재는 실용화 단계에 있지만, 국내의 경우 합금설계와 열처리 기술이 확립되지 못한 상태에 있다.

따라서 본 연구에서는 Cr를 포함한 Ni, W, Mo, Si, Mn 등 첨가물질의 최적 조성비 확립하여 Sleeve를 포함한 valve의 설계 및 특정조건하 물성 평가를 연구하였다.

Keywords: 고차압 밸브, Dirty Service, Trim, 플랜드

Structural Observation and Characterization of Thermoelectric Cr-Si Alloy Powders by Mechanical Alloying

오유상, 이충효[†]

목포대학교 신소재공학과
(chlee@mokpo.ac.kr[†])

최근 신재생에너지에 대한 관심이 증가함에 따라 열에너지와 전기에너지를 상호 변환시킬 수 있는 열전재료가 큰 주목을 받고 있다. 현재 상용화 되고 있는 열전재료는 Bi-Te계로 희귀 금속을 포함하여 가격이 비싸고 사용 온도도 낮다는 문제점이 있다. 한편 지구상에 구성원소가 풍부하고 환경이나 재활용성 관점에서 볼 때 금속 실리사이드는 환경친화적인 소재라 할 수 있다.

본 연구에서는 기계적합금화(Mechanical Alloying : MA)법을 적용하여 Cr-Si 계 초미세 열전 합금분말을 제조하고 생성과정을 조사하였다. 출발원료로는 고순도 화학제 Cr(99.9%, 평균입경 60 μ m) 및 Si(99.999%, 평균입경 150 μ m) 분말을 사용하였으며 CrSi₂ 화합물 단상을 제조하기 위하여 출발조성은 각각 변화시켜 MA를 실시하였다. 또한 MA 분말시료를 SPS(Spark Plasma Sintering)법을 적용하여 벌크화 하였으며 벌크체의 열전물성, 기계적 특성을 평가하였다.

Acknowledgements

‘This Research was studied by Research Funds of MNU Innovative programs for University in 2021’. Also ‘This research was supported by X-mind Corps program of National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Science, ICT (NRF-2019H1D8A1105567).

Keywords: Mechanical alloying, Thermoelectric materials, Cr-Si alloy, SPS

냉간 필거 및 어닐링 조건에 따른 Grade 2 티타늄 튜브의 기계적 특성

이민수, 박재영, 김호형, 임태홍[†]

한국생산기술연구원 부품기능연구부문
(thyim@kitech.re.kr[†])

티타늄 튜브는 높은 비강도와 우수한 내부식성, 고온에서도 안정정한 기계적 물성을 갖는 우수한 특성으로 화학, 해양, 원자력, 생명 관련 분야 등에서 널리 사용된다. 특히 원자로 내 핵연료 안정성을 확보하기 위하여 금속연료와 피복관의 상호반응을 방지할 수 있는 배리어용 라이너 소재로 응용이 가능하다. 또한 해수에 대한 내부식성이 뛰어나기 때문에 심해용 자원 개발 등에 필요한 해양플랜트용 재료로 사용된다.

본 연구에서는 Grade 2 티타늄 튜브의 박형화 가공을 위해 냉간 필거 공정을 적용하여 소재의 가공 특성을 확인하였다. 공정 변수로 필거 다이의 직경과 압하율 변화에 따라 가공된 튜브의 소성 거동을 관찰하였다. 또한 필거 공정 횟수와 어닐링 조건에 따른 기계적 특성 변화를 관찰하였다. 이를 통하여 티타늄 튜브의 박형화 가공을 위한 냉간 가공 조건을 고찰하고자 하였다.

Keywords: Titanium, Cold working, Pilger, Annealing, Plastic deformation

핫스탬핑용 Al-Si 도금 보론강 ARM 레이저 용접시 센터 빔/링 빔 출력 조절에 따른 용접부의 편석과 미세조직 비교

전현욱, 김재원, 조일국¹, 김양도², 지창욱[†]

한국생산기술연구원; ¹동의대학교 신소재공학부; ²부산대학교 재료공학부
(cwji@kitech.re.kr[†])

최근 세계적인 환경 규제 강화로 인하여 자동차 산업에서는 CO₂ 가스 배출 저감과 연비향상을 위한 차체의 경량화와 더불어 운전자의 안전을 위한 강성 및 내구성 확보가 요구되어, 보론강과 같은 1 GPa급 이상인 고강도강 적용이 증가하고 있다. 하지만 강재가 고강도화됨에 따라 프레스 성형시 연성이 부족하여 복잡한 형상의 가공이 어려운 실정이다. 이러한 성형성 문제를 해결하기 위해, 현재는 고온에서 성형과 동시에 빠른 냉각을 함으로써 강도 및 성형성을 동시에 확보할 수 있는 핫스탬핑 공법이 적용되었다. 그러나 이 공법은 900°C 이상의 가열공정으로 강재의 표면산화에 의한 스케일 생성 및 표면탈탄 현상을 방지하기 위해서는 Al-Si(10wt%) 도금이 필수적이다. 이러한 도금층으로 인해 핫스탬핑용 Al-Si 도금 보론강의 단일 빔 파이버 레이저 용접시 도금층이 용융부에 혼입되어 페라이트를 형성하여 용접부의 강도를 저하시키는 문제로 인해 많은 어려움을 겪고 있다.

레이저 용접은 타 용접법에 비해 용접속도가 빠르고 입열량이 작아 열변형이 작은 이점이 있고, 비드 외관이 미려할 뿐만 아니라 정밀성, 안정성이 높다. 현재는 파이버 레이저 시스템에서 조정 가능한 링 모드(ARM)를 추가한 차세대 고출력 파이버 레이저가 개발되었다. ARM 레이저는 스펙터 저감, 심 품질 향상 및 생산성 증가와 같은 많은 이점이 제시되었지만, ARM 레이저 용접 메커니즘 연구 및 공정 개발에 관한 연구는 미비한 실정이다. 특히 ARM 레이저 용접의 경우, 센터 빔/링 빔의 출력 값에 따라 용접 효율이 달라짐으로써, 용접부의 형상 및 미세조직 특성에 차이가 발생할 것으로 예상된다.

본 연구의 목적은 핫스탬핑용 Al-Si 도금 보론강의 ARM 레이저 용접시 센터 빔과 링 빔의 출력 값의 조절에 따른 용접부의 형상, 미세구조의 변화를 통해 링 빔의 효과를 명확하고 증명하고자 하였으며, 도금층의 성분인 Al과 Si의 용융부 혼입에 따른 편석 현상과 상변화에 대한 경향을 현미경과 전자탐침미량분석기(EPMA)를 이용하여 비교·분석하였다.

Keywords: Hot-stamping, Al-Si coated layer, Fiber laser, ARM(Adjustable ring mode) Laser, Ring beam, Segregation

Electron Backscatter Diffraction of Nitride Phases of SCM440 Steel

류하영, 김윤기[†], 이경명¹

한밭대학교; ¹(주)케이피티유
(ykkim@hanbat.ac.kr[†])

강의 질화처리는 표면의 내식성 및 내마모성 향상을 위하여 폭넓게 사용되고 있다. 강의 표면에 형성되는 질화상은 활성화된 질소 농도에 의해 영향을 받게되어 표면층에는 주로 $Fe_{2.3}N$ 상(ϵ 상)이 형성되며 내부에 Fe_4N 상(γ' 상)이 형성되는 것이 일반적이다. 그러나 입계와 같이 질소원자의 확산속도가 빠른 부위에서는 높은 질소농도로 인하여 내부에서도 ϵ 상이 형성될 수 있다. ϵ 상은 γ' 상에 비하여 내마모성 및 내화학적 우수하나 취성이 크기 때문에 응용분야에 따라 상이 형성되지 않도록 조절될 필요가 있다. 일반적으로 x-선 회절시험으로 ϵ 상과 γ' 상의 형성여부와 상대적인 양을 비교하는 것은 용이하다. 그러나 ϵ 상과 γ' 상의 공간적 분포에 대한 정보는 제공하지 못한다. 후방산란전자회절분석(Electron Backscatter Diffraction: EBSD)은 철강재료에서 페이이트상과 오스테나이트 상을 명확히 구분해 낼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 EBSD를 이용하여 질화처리된 SCM440강의 ϵ 상과 γ' 상의 분포와 비율을 분석하였다. 또한 EBSD 분석과 x-선 회절분석 결과를 비교 고찰하였다.

Keywords: 후방산란전자회절, 질화층, SCM440강, 상분율

P-112

Fabrication of homogeneous W-Y₂O₃ composite with controlled Y₂O₃ fraction by ultrasonic spray pyrolysis

김정현, 변종민, 정영근¹, 오승탁, 이영인[†]

서울과학기술대학교 신소재공학과; ¹부산대학교 융합학부
(youngin@seoultech.ac.kr[†])

In spite of the excellent high-temperature properties of tungsten, the high ductile-brittle transition temperature has been regarded as a barrier to the application at room temperature. Currently, yttria dispersion strengthened tungsten alloy has been actively studied as a strategy to overcome these drawbacks. The strengthening in W-Y₂O₃ composite is generally attributed to the grain refinement and pinning effect, but a few researchers reported conflicting debates on the interaction between Y₂O₃ and W matrix (e.g., compound or sintering behavior) that affects its mechanical properties. Although it is required a detailed study about this, the synthetic researches, including precipitation and mechanical milling, are incompatible with the suppression of the growth and segregation of Y₂O₃ particles due to solubility difference and large surface energy. As an attempt to further elucidate the effects of Y₂O₃ on the strengthening, in this presentation, W-Y₂O₃ composite with controlled Y₂O₃ fractions was successfully synthesized by ultrasonic spray pyrolysis in which the individual droplet acts as a micro-reactor. As result, the differences in microstructure and chemical states of the composite versus the ratio of Y₂O₃ were systematically investigated.

Keywords: W, Y₂O₃, Ultrasonic spray pyrolysis, Y₂O₃ fraction, Mechanical property

Improvement of casting surface roughness through FDM 3D Printing cast pattern and surface treatment

강은영, 정대용^{1†}

(주)대명테크놀로지, 인하대학교 금속·재료공정공학, ¹인하대학교 신소재공학과
(dyjeong@inha.ac.kr[†])

Casting models of the Full Mold casting method, which is made of foam polystyrene, are used as a one-time use. Processing residues that are indispensable for their processing contain environmental hormones called “styrendymer” and “styren trimmer. In this study, we wanted to compare and analyze the dimensional precision and surface conditions after manufacturing mandrill molds in the existing styrofoam and 3D printing methods respectively. In addition, surface roughness and mechanical properties of 3D FDM printing specimens were evaluated using experimental specimens according to fumigation. The existing polystyrene-patterned casting material had a rough surface even when visually checked, and although it could not be measured with a surface roughness meter, it showed a bumpy surface for 1 to 2mm. The surface roughness of the casting material with 3D printing patterns was determined by measuring the average roughness (Ra) through a surface roughness and confirming the surface roughness of 10.687 ((Ra). The fumigation showed that the average roughness of the specimen was gradually reduced, and the tensile strength and elongation rate were increased.

Keywords: 3D Printing, FDM, Casting surface, Cast pattern

Mg 합금 원소 첨가에 따른 3XXX계 알루미늄 합금 판재의 기계적·물리적 특성 변화

고준, 김철우¹, 유효상¹, 이종국², 전재열^{1,†}

한국생산기술연구원, 조선대학교; ¹한국생산기술연구원; ²조선대학교
(jyjeon0156@kitech.re.kr[†])

전기자동차에 사용되는 리튬이온전지에는 충방전 시 발생하는 열을 관리하기 위한 Heat Sink가 냉각장치의 역할을 수행하고 있으며 상용 3천계 알루미늄 합금 판재가 사용되고 있다. 최근, 전기자동차의 주행거리 증대를 위해 Heat Sink의 고효율화 관련 활동이 활발히 이루어지고 있다. 그러한 예로 합금 원소 첨가 및 첨가량 변화에 따른 강도 향상을 통한 원소재 경량화와 방열 특성 향상 등이 연구되고 있다. 본 연구에서는 Mg 합금 원소 첨가가 3천계 알루미늄 합금의 기계적, 물리적 특성에 미치는 영향에 대해 분석하였다. Al-0.3wt.%Mn-0.4wt.%Si-0.28wt.%Fe 합금 조성에 0.2, 0.3, 0.5wt.%Mg을 각각 첨가하여 주조제를 제조 후, 압연을 통해 두께 1.5mm 판재를 제작하였다. 압연재를 415°C에서 어닐링을 실시한 후, 합금 판재의 단면 중심부에서 경도와 전기전도도를 측정하였다. 또한, FE-SEM, EBSD를 이용해 각 합금 별 어닐링 시간에 따른 미세조직 거동을 분석하였다.

Keywords: Aluminum, Rolling, Microstructure, Electrical conductivity

저·고열팽창계 Fe합금의 어닐링 조건에 따른 미세조직 및 기계적 특성 변화

유효상 조우빈, 고준, 한준희, 이진규¹, 송기안¹, 김대근², 최한철³, 전재열[†]

한국생산기술연구원, ¹공주대학교, ²고등기술연구원, ³조선대학교
(jyjeon156@kitech.re.kr[†])

대전력용 변압기, 계기용 변성기, 차단기 등 중전기 수요가 크게 늘어남에 따라 고전압 차단기 및 개폐기 시장은 지속적으로 성장하고 있다. 그 중 바이메탈류 개폐기는 전자기기의 온도 조절, 전류 제한, 자동 개폐 등 넓은 범위에 걸쳐 사용되고 있다. 그러나 국내의 경우 고전압용 바이메탈 소재 제조 기술이 전무하며, 이에 따라 바이메탈용 저·고열팽창계 합금의 제조를 위한 기술 개발이 요구되고 있다. 본 연구에서는 바이메탈용 저·고열팽창계 합금의 압연 및 어닐링 조건에 따른 미세조직 및 기계적 특성에 대해 분석하였다. 저·고열팽창계 합금의 열간 및 냉간 압연을 통해 판재를 제작 후 550 °C에서 950 °C까지 열처리를 진행하였다. 압연재의 어닐링 조건에 따른 미세조직은 광학현미경 및 EBSD를 통해 조사하였고, 비커스 경도를 통해 기계적 특성을 평가하였다.

Keywords: Bimetal, Rolling, Microstructure, Vickers hardness

와이어 종류에 따른 9% Nickel강 다층용접부 물성 평가에 관한 연구

김재원, 김원호, 조일국¹, 지창욱[†]

한국생산기술연구원 울산뿌리기술지원센터 첨단정형공정연구그룹; ¹동의대학교 신소재공학과
(cwji@kitech.re.kr[†])

국제해사기구(IMO)는 선박의 운항시 발생하는 온실가스를 제한하는 국제 규약의 제정을 지속적으로 추진해 왔으며, 2016년 이후 건조되는 선박에 대해서는 질소산화물(NOx) Tier III를 적용하고 있다. LNG 연료추진선박 등의 친환경 연료로 선박을 추진을 통하여 강력한 환경 규제에 대응하고 있으므로 지속적인 확장이 될 것으로 예상된다. 친환경 LNG 탱크에 사용되는 대표적인 소재는 알루미늄, 스테인리스강, 9% 니켈강이 있으며, 최근에는 고망간강, 5%-7% 니켈강 등의 개발 연구도 함께 진행되고 있다. 9% 니켈강 관련 용접연구에 관하여 기존의 연구는 용접부의 강도, 피로파괴 그리고 용접부 비파괴 검사에 많은 연구가 진행되고 있다. 특히나 GMAW 용접을 통한 9% 니켈강 용접은 생산성 증가를 위해 전류를 증가하면 고온균열 및 아크 불안정으로 용접불량이 발생하며, 용접 재료와 모재간의 상이한 화학성분에 의해 모재 희석이 높으면 강도가 저하되거나 균열이 다량 발생한다고 보고되고 있다. 이러한 용접부의 고온균열, 극저온 물성 특성을 해결하기 위해 여러가지 인코넬 또는 하스텔로이계 와이어가 개발되고 있으며, 각 와이어의 특성에 대한 명확한 결과도 없이 적용에 대한 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 LNG 저장 탱크에 사용되는 두께 15mm의 9% 니켈강에 대하여 적용 가능한 용접와이어에 따른 GMAW 다층용접을 실행한 후 용접부 및 열영향부, 모재에 대한 용접 특성을 비교하였다. 용접은 V-Groove 개선을 통해 총 7-8pass 용접을 수행하였으며, 와이어 종류에 따른 용접부를 각각 바레스트레이 실험, 극저온(-192°C) 인장시험, 극저온 충격시험, 미세조직 분석 등을 통하여 물성 비교평가를 수행하였다.

Keywords: 9% Nickel, Welding Wire Type, Gas Metal, Arc, Welding (GMAW), Multipass Weld, Mechanical Properties

Al-Si 도금된 핫스탬핑 보론강 저항 점 용접시 다단 통전이 용접부 강도에 미치는 영향

김재훈, 천주용, 김재원, 전현욱, 지창욱[†]

한국생산기술연구원
(cwji@kitech.re.kr[†])

자동차 배기가스로 인한 대기오염 저감을 위해 전세계적으로 자동차 온실가스 배출허용기준 및 연비규제가 강화됨에 따라 친환경동력 자동차의 개발에 몰두하고 있다. 친환경동력 자동차는 주행거리 확보를 위해 경량화가 필수이며, 경량화를 위해서는 Al, CFRP 등 경량소재 적용, 초고장력강판을 이용한 차체 부품 두께감소 등의 기술이 적용되고 있다.

탑승자의 안전과 직결되어 높은 강성을 요구하는 A필러, B필러 등의 부품은 고온에서 성형하여 스프링백 현상 등을 개선하고 얇은 두께에서도 높은 강도를 확보 할 수 있는 핫스탬핑 보론강의 적용이 증가하고 있는 추세이다. 그러나 Al-Si 핫스탬핑 보론강은 불연속 구조의 금속간 화합물로 이루어져 저있는 합금화층 및 산화층이 존재하여 용접시 높은 발열을 발생시키며 용접 후에 생성되는 Fe-Al₂ 상은 높은 취성을 갖고 용접부 강도를 저하시킨다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 작업현장에서는 Shot blast 공정을 통해 도금층을 제거하거나 용접 타점을 늘려 접합부의 강도를 보강하는 등 또하나의 공정을 추가하여 작업하고 있으며 앞선 연구에서는 전류의 파형제어를 통해 최적용접조건을 도출하거나, 도금층의 용융거동이 용접성에 미치는 영향 등 다양한 연구를 진행중이다.

본 연구에서는 Al-Si 도금된 핫스탬핑 보론강 저항 점 용접시 다단 통전이 용접부 강도에 미치는 영향을 분석하고자 용접부 외각의 노치로 작용하는 Al-Si 도금층을 최소화 할 수 있는 최적용접조건을 도출하고, Al-Si 도금층이 용접부 외각의 노치로 작용하였을때 용접부 강도에 미치는 영향을 고찰하였다.

Keywords: 핫스탬핑강, 핫스탬핑보론강, Al-Si 도금, 저항점용접

회전하는 다이스 및 플러그를 이용한 인발 공정으로 제조된 Cu Tube의 기계적 특성 및 미세조직 비교 분석

허현준, 조상현, 이성희[†]

국립목포대학교
(shlee@mokpo.ac.kr[†])

일반적인 공조기의 구성은 압축기와 응축기로 구성되어 냉매(기체 및 액체)가 경유할 수 있는 통로인 모세관과 연결이 되며, 이러한 모세관은 3mm 내외, 두께 1mm 이내가 사용되는데, 이는 약 $\phi 5 \sim \phi 6$ 정도의 내직경이 큰 동재질의 원소재를 내직경이 작은 다이를 통과시키는 인발 공정을 통해 생산한다. 온도의 변화가 있는 냉매가 지속적으로 통과하고, 압축기를 통과하면서 고압을 견뎌야 하는 모세관은 시간이 지남에 따라 미세주름의 주름이 떨어져 나가며 냉매의 불순물이 되거나, 미세균열 확대의 원인이 되어 공조기의 수명 단축 또는 고장의 원인이 된다. 이러한 문제점을 막기 위해 인발 성형이 완료된 관체의 내표면을 매끄럽고 균일하게 형성시킬 수 있는 Cu Tube 모세관 성형기술을 필요로 한다.

본 연구에서는 회전하는 다이스 및 역으로 회전하는 내부 플러그를 설치한 인발기에서 인발 공정이 진행된 Cu Tube와 일반적인 인발 공정을 통한 Cu Tube의 열처리 공정에 의한 기계적 특성과 미세조직 변화를 비교 분석하였다. 실험은 풀림 처리가 완료된 외경 $\phi 12.7$, 두께 0.8T의 Cu Tube를 초기 재료로 사용하였으며, 인발 공정을 통하여 최종 외경 $\phi 4.2$, 두께 0.62T의 모세관을 제작하였고 온도 변화를 변수로 두어 각 시편의 기계적 특성 및 미세조직을 비교 분석하였다.

Keywords: Cu tube, 인발, 기계적 특성, 미세조직, 모세관

냉간압연접합법으로 제조한 불균일 혼합조직을 가지는 알루미늄 합금의 기계적 특성 평가 및 미세조직 분석

조상현, 허현준, 이성희[†]

국립목포대학교
(shlee@mokpo.ac.kr[†])

고강도/저연성 부류, 중강도/중연성 부류, 저강도/고연성 부류 등으로 분류되는 알루미늄 합금의 경우, 수송기기의 경량 구조용 재료로 활용도가 증대되고 있으며 매우 이상적인 고강도/고연성의 알루미늄 합금을 개발하기 위해서는 가공 및 열처리에 의한 미세조직 제어와 더불어 구성요소의 복합화가 매우 중요하다. 불균일 혼합조직을 가진 재료의 경우, 강도 및 연성 모두가 우수한 특성을 발휘한다는 기존의 연구 결과를 토대로 경량 구조용 재료로서 고강도/고연성의 알루미늄 합금 제조가 기대된다.

본 연구에서는 서로 다른 초기변형량을 가지는 동종의 판재 알루미늄 판재 시편을 냉간압연 접합한 뒤 열처리를 통해 미세조직을 효과적으로 제어하여 불균일 혼합조직을 가지는 알루미늄 합금을 제조 후 기계적 특성 및 미세조직 분석을 하였다. 실험은 450°C에서 2시간 동안 균질화 처리한, 두께 2 mm, 폭 100 mm, 길이 300 mm의 AA6061, AA1050 판상시편을 출발재료로 사용하였으며, 1mm로 압연한 시편을 일부는 풀림 처리하여 압하율 0%를 가진 시편과 압하율 50%를 가진 동종의 시편을 압연접합을 실시하여 최종 압하율 50%와 75%를 가지는 시편을 제조하였다(AA6061 50%+AA6061 75% / AA1050 50%+AA1050 75%). 압연은 폭 400 mm인 2단 압연기를 사용하여 임계압하율 50%까지 실시하였고, 열처리 온도를 변수로 두어 열처리 온도에 따른 기계적 특성을 비교 및 평가하였으며, 미세조직 관찰을 실시하였다.

Keywords: 알루미늄 합금, 압연, 불균일 혼합조직, 가공성, 경량화

SKD61 분말을 이용한 레이저클래딩 공정 조건에 따른 S45C 표면 특성 향상 연구

김철우[†], 유효상한국생산기술연구원
(cwkim@kitech.re.kr[†])

다이캐스팅 금형의 재료는 크게 ① 용탕이 직접 접촉되어 제품을 생산할 수 있게 하는 합금 공구강(코어, SKD61종)과 ② 제품 생산을 위해 코어의 외관을 보호하며 작동 및 사출 구조 적용을 위한 구조용 탄소강(몰드베이스, S45C)으로 나뉘어진다. 본 연구에서는 효율적인 다이캐스팅 금형 제작을 위해 몰드베이스에 사용되는 S45C 구조용 탄소강에 합금 공구강인 SKD61 분말을 레이저클래딩을 통해 표면에 적층시켰다. 레이저클래딩 공정조건은 900-1070nm로 특성화된 다이오드 레이저 소스를 활용하여 아르곤 분위기에서 수행하였으며, 출력 조건은 3, 4, 5kW 세가지 조건으로 각각 실시하였다. 클래딩이 완료된 후 표면 코팅층의 형상, 단면의 두께별 경도 및 미세조직 분석을 하였으며, 코팅층의 부식 특성 분석을 위한 Polarization Curve를 측정하였다.

Keywords: 레이저클래딩, 마이크로 비커스 경도, 미세조직, Polarization Curve

Investigation of the Residual stress on AlSi10MnMg alloy with various Grain size

전민정, 박성환, 이준엽, 이은경^{1,†}

한국해양대학교 조선기자재공학과 (재료공학전공, 해양인공지능융합전공); ¹한국해양대학교 해양신소재융합공학과
(재료공학전공, 해양인공지능융합전공)
(elee@kmou.ac.kr[†])

재료 내부에 존재하는 잔류 응력은 용탕의 응고 속도 차이로 발생하며 이는 피로 수명, 치수 안정성 및 파괴 강도 등 부품의 기계적 특성을 저하시키고 예상치 못한 뒤틀림 및 파괴로 이어질 수 있다. 부품의 예상치 못한 뒤틀림 및 파괴로 인한 완성품의 고장은 안전과 매우 밀접한 연관이 있기 때문에 잔류응력의 예측과 이해는 품질의 보장을 위해 매우 중요하다. 하지만 잔류응력 측정 및 예측에 대한 기준 및 연구는 매우 미흡하기 때문에 주조 공정 중에 발생하는 잔류응력 거동을 이해하기 위해 미세조직 변화에 따른 잔류응력의 변화 거동 연구가 필요하다. 본 연구는 다양한 냉각 속도에 따른 결정립의 크기가 잔류응력에 미치는 영향을 조사하여 미세구조 변화에 의한 잔류응력의 거동 분석을 목표로 수행되었다. 다이캐스팅으로 제작된 AA365 알루미늄 합금을 500도에서 2시간 동안 열처리 후 수냉과 노냉으로 냉각 속도에 변수에 두어 실험을 진행하였다. 전자 후방산란 회절기(EBSD)를 이용하여 다양한 냉각 속도에 따른 결정립의 크기를 분석하였으며 X선 회절분석기(XRD)를 통해 시편의 잔류응력을 측정하였다. 그 결과 수냉된 시편에서는 비교적 큰 잔류응력 값과 미세한 결정립이 관찰되었으며 노냉된 시편에서는 작은 잔류응력 값과 조대한 결정립이 관찰되었다. 다양한 냉각 속도에 따른 결정립 크기의 차이로 인해 잔류응력 값이 다르게 나타난 것으로 사료되었다.

Acknowledgement

이 연구는 2019년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(G02P03040000701)

Keywords: Residual stress, Grain size, Die-casting, AlSi10MnMg alloy

방전 플라즈마 소결법을 통해 제조된 WC-Co-HfB₂ 초경소재의 특성평가

김주훈 박현국[†]

한국생산기술연구원
(hk-park@kitech.re.kr[†])

HfB₂는 우수한 산화저항성 및 내열성 소재로 WC-Co 초경합금의 내산화성을 높일 수 있는 Boride 첨가제로 사용된다. 본 연구에서는 WC 고유의 높은 경도 특성을 유지하면서 고온특성(내산화성, 화학적 안정성, 고온내열성 등)을 향상시키기 위해 WC-6 wt.% Co 소재에 HfB₂ (1, 2.5, 4 및 5.5 wt.%)를 첨가하여 소결체를 제조하였다. 소결은 방전 플라즈마 소결법을 이용하여 약 1300°C의 소결온도와 60MPa 압력으로 10분 이내 약 99.4%의 치밀한 소결체를 제조하였다. 제조된 WC-6 Co-(1~5.5 wt.%) HfB₂ 소결체의 내산화성을 분석하기 위해 대기 중에서 약 1000°C까지 열처리를 진행하였으며, FE-SEM 및 EDS 분석을 통해 HfB₂ 함량에 따라 변화되는 내산화성을 비교하였다. 최종적으로, HfB₂ 첨가에 따른 기계적 특성변화를 평가하였고 미세조직 및 상 분석을 통해 기계적 특성 변화를 규명하였다.

Keywords: WC, hafnium boride, spark plasma sintering, mechanical property, microstructure

Pressureless Sintered Silicon Nitride Ceramics with Controlling α - β Ratio for Self-reinforcement

Jung Hoon Kong, Ho Jin Ma, Wook Ki Jung, Do Kyung Kim[†]

KAIST
(dkkim@kaist.ac.kr[†])

Increasing demands for electronic devices has revealed the importance of a structural material based on its high performance. Silicon nitride ceramics which possess higher strength but lower thermal conductivity than aluminum nitride are generally sintered via gas pressure sintering to maximize those properties. The gas pressure sintering is considered the Si_3N_4 industry standard; however, the pressureless sintering offers a promising alternative with the added benefit of versatility. In this study, a self-reinforced Si_3N_4 ceramic with high thermal conductivity was prepared through multi-step pressureless sintering with Y_2O_3 and MgO additives. The steps consisted of phase control and densification stages to provide additional crystallization sites using a partial α - β phase transformation, which also established a bimodal microstructure. The optimal temperature for the intermediate stage that exhibited the maximum flexural strength was determined by comparing the phase content and linear shrinkage. After final sintering, a flexural strength of 932 MPa and a thermal conductivity of 74 W/mK were achieved, which are 11.5% and 8.0% higher, respectively, than those obtained using conventional pressureless sintering.

Keywords: Si_3N_4 , pressureless sintering, strength, thermal conductivity

Fe, Si, B의 상호작용을 이용한 Aluminum alloy 미세구조 제어 및 열팽창계수로 인한 강화효과

방재희, 강민혜, 문기훈, 이준엽, 박성환, 이은경^{1,†}

한국해양대학교 조선기자재공학과(재료공학, 해양인공지능융합전공); ¹한국해양대학교 해양신소재융합공학과
(elee@kmou.ac.kr[†])

Aluminum alloy내의 합금 원소들은 높은 강도, 우수한 주조성 등 다양한 목적을 위해 첨가되어 미세구조 및 품질에 영향을 준다. 따라서 미세구조 제어 및 품질 향상을 위한 합금 원소들의 제어가 필요하다. 특히 Aluminum내의 Fe는 응고과정 동안 다공성을 유도하고 취성을 가진 Intermetallic phase를 형성해 기계적 특성에 악영향을 끼친다. 본 연구에서는 AlSi10MnMg 및 AlSi7Mg0.3 Aluminum alloy 내 함유된 Fe의 영향을 줄이기 위해 Boron을 첨가하여 미세구조를 제어하였으며 이에 따른 기계적특성을 분석하였다. Aluminum matrix에 분포된 Fe는 Boron과 FeB로 결합하여 Aluminum과의 Intermetallic phase 형성을 감소시키는 것을 확인하였다. Aluminum과 Boron의 결합으로 생성된 AlB₂는 grain refinement를 야기하며 Si의 함량에 따라 상이한 크기를 가짐을 확인하였다. 또한 Boron의 첨가 이후 미세해진 SDAS 및 감소한 다공성을 확인하였으며 이는 알루미늄의 수소 흡수 경향을 향상시키는 Fe와 Si의 효과가 감소하였기 때문으로 사료된다. Tensile test의 결과 증가한 인장강도를 확인할 수 있었으며 이는 Boron의 첨가로 형성된 Intermetallic phase가 Aluminum matrix와의 Coefficient of Thermal Expansion 차이를 유발해 Orowan strengthening 및 CTE mismatch strengthening 효과가 발생한 것으로 사료된다.

Acknowledgement

이 연구는 2019년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임('G02P03040000701')

Keywords: Aluminum alloy, Intermetallic phase, Coefficient of Thermal Expansion, Porosity

망간을 이용한 Porcelain의 표면코팅의 특성

김남훈, 김경남^{1,†}

강원대학교 기능소재공학과; ¹강원대 신소재공학과
(knkim@kangwon.ac.kr[†])

세라믹의 코팅시 산화물을 이용한 표면개질과 착색이 주로 활용되고 있다. 그중 전이원소를 이용하여 표면과 다양한 색을 나타내기 위해 연구되고 있다. 종래에는 세라믹스의 안료가 광물로 사용되어 왔으나, 기존의 유약에 착색제 역할을 하고 있는 발색원소들을 첨가하여 표면을 개선하기 위한 방법들이 시도되고 있다. 이들은 최근 프린팅 산업에도 응용범위를 넓혀가고 있다. 본 연구 여러 종류의 세라믹소지에 표면에 망간황하물($MnSO_4 \cdot 4H_2O$)을 이용하여 코팅을하여 특성을 조사하였다. 연구에는 망간황하물($MnSO_4 \cdot 4H_2O$)을 이용하여 물에 용해하여 발색제로 이용 하였으며, 기판은 백자토, 청자토, 백조합토를 사용하였다. 소성시 소지에 반응하여 나타나는 확산범위와 발색에 관한 연구를 위해 1150-1250°C 여러온도 범위에서 실험하였다. 소지와 용착된 표면발색은 소지의 종류에 따라 다른 변화가 나타났으며, 이는 소지의 성분과 코팅제와의 반응에 따른 발색의 변화로 생각된다.

Keywords: 세라믹스 코팅, 안료, 망간황하물, 세라믹소지

Wear analysis in PTFE/MoS₂ composite cage for cryogenic ball bearings

서우석, 이진국[†]

광전소재연구단
(jkleemc@kist.re.kr[†])

It was experimentally elucidate the mechanism of friction wear surface for the sliding and rolling contact movement in the cryogenic atmosphere. To evaluate the properties of the solid lubricating cage, we should minimize the frictional wear of the contact surface at a low temperature conditions. Investigations of wear resistance of polymers with additives, using the cryogenic pin-on-disk apparatus has been carried out. Normal load, rotating speed and liquid nitrogen flow rate were considered variables in the cryogenic wear tests. The friction and the wear mechanisms are briefly reviewed. Various polymeric materials containing solid lubricants were investigated.

Cage center-of-mass orbits for cryogenic ball bearing with different solid lubricant are demonstrated. In the case of MoS₂ containing composite cage, circular orbit is observed. Among the tested materials, the composites PTFE with additive MoS₂ have shown good friction coefficient.

Keywords: Wear analysis, polymer composite cage, cryogenic ball bearing

Fabrication and Characterization of α -Fe/FeO Composite Powders by Solid State Reduction

오유상, 이충효[†]

목포대학교 신소재공학과
(chlee@mokpo.ac.kr[†])

강자성 nanocomposite는 초미세 자성상의 single domain 효과와 비자성상에 의한 자기적, 전기적 고립 효과로 특유한 자기적 특성을 나타내기도 한다. 본 연구에서는 α -Fe/FeO계 자성 나노복합재료를 제조하기 위하여 기계적합금화법을 적용하였다. 특히 볼밀처리 중 발생하는 고상환원반응을 이용하여 실온에서 자성 나노복합재료 합성을 시도하였다. 출발원료로는 헤마타이트와 순금속 Fe 혼합분말을 각각의 mole 비로 혼합한 후 Ar 분위기에서 진동형 볼밀장치를 이용하여 MA처리를 실시하였다. 본 발표에서는 MA 처리 중 출발원료인 순금속 Fe의 조성변화에 따른 단상의 FeO 생성조건을 검토하였다. 얻어진 MA 분말에 대하여 XRD, DSC, SEM 및 VSM을 이용하여 생성상을 조사하였다. 또한 MA에 의한 자성 나노복합재료의 생성조건, 미세구조 변화도 함께 조사하였다.

Acknowledgements

‘This Research was studied by Research Funds of MNU Innovative programs for University in 2021’. Also “This research was supported by X-mind Corps program of National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Science, ICT (NRF-2019H1D8A1105567).

Keywords: Solid state reduction, composite powders, magnetic properties

방전플라즈마 소결법을 통해 제조된 WC-6Co-(VC, Cr₃C₂) 소결체의 미세구조 및 기계적 특성평가

김주훈 박현국[†]

한국생산기술연구원
(hk-park@kitech.re.kr[†])

본 연구에서는 결정립 성장 억제제(VC, Cr₃C₂)가 첨가된 WC-Co 초경합금 소결체의 미세구조 및 기계적 특성평가를 분석하였다. 금속 소결조제 중 하나인 Co는 WC에 첨가되어 소결의 구동력을 향상시킬 뿐만 아니라 파괴 인성을 향상시킨다고 보고되고 있다. 그러나, 첨가된Co는 WC 입자간의 결합을 촉진시키고 결정립 크기 성장을 야기시킬 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 결정립 성장 억제제로서 첨가 되는 탄화물은 WC입계에 Complexion(얇은 층)을 형성하여 WC의 결정립 성장을 억제하는 역할을 한다. 따라서, WC-6 wt.% Co 소재에 결정립 성장 억제제로 VC와 Cr₃C₂를 각각 1, 2.5wt.% 첨가하였고 방전 플라즈마 소결법에 의해 제조하였다. 첨가된 탄화물의 거동을 규명하기 위해 XRD 상분석 및 미세구조 분석을 진행하였다. 첨가된 탄화물은 WC 입계에 존재하며, WC와 Co의 결합을 분리하여 WC 입자 성장을 효과적으로 억제하였다. 결과적으로, 기계적 특성은 2.5 wt.% VC를 첨가하였을 때 2278 kg/mm²의 최대 경도를 나타내었고 미세구조 분석을 통해 경도 향상 특성을 논의하였다.

Keywords: WC, Grain growth inhibitor, spark plasma sintering, mechanical property, microstructure

방전플라즈마 소결법을 통해 제조된 WC-6Co-TaC 소결체의 미세구조 및 기계적 특성평가

김주훈 박현국[†]

한국생산기술연구원
(hk-park@kitech.re.kr[†])

본 연구에서는 난삭재 가공용 공구 소재로 각광받는 WC에 금속 소결조제(Co) 및 탄화물(TaC) 분말을 첨가하여 혼합 분말로 제조하였다. 혼합분말은 방전플라즈마 소결법을 통해 소결체를 제조하였으며 기계적/물리적 특성을 평가하였다. 소결조제로는 WC의 소결성을 향상시킬 수 있는 Co를 첨가하였다. Co 첨가에 따른 소결성 및 기계적 특성을 규명하기 위해 미세구조 분석을 통하여 WC 입내/입계면에 분포된 소결조제의 상 거동 및 파괴거동을 분석하였다. 제조된 WC-Co소체는 99.5% 이상의 높은 상대밀도를 나타내었으며, Co의 입내 분포 거동에 따른 인성 향상 효과를 확인하였다. 하지만, Co가 첨가됨에 따라 WC의 경도 하락 및 입자 조대화 현상을 야기하였다. 이에 따라, WC-Co 초경합금의 기계적 특성을 향상 및 결정립크기 성장 제어를 위해 탄화물(TaC) 분말을 소량 1, 2.5 wt.% 첨가 하였고, 방전플라즈마 소결법을 통해 고특성의 WC-Co-TaC계 소결체를 제조하였다. 특히, 소결체의 미세구조 분석을 통해 입계에 주로 분포된 탄화물의 상 거동 및 입자성장 제어효과를 확인하였다. 기계적 특성평가를 위하여 미세조직 내의 균열의 길이를 측정하여 파괴인성을 측정 하였고 각 탄화물 첨가에 따른 미세조직 내의 상거동을 분석하여 기계적 특성을 규명하였다.

Keywords: WC, TaC, spark plasma sintering, mechanical property, microstructure

SnO₂ nanowires decorated by insulating amorphous carbon layers for improved NO₂ gas detection at room temperature

유동재, 김현우[†], 방재훈, 이하영, 신가윤

한양대학교

(hyounwoo@hanyang.ac.kr[†])

For few years, the amorphous carbon has been studied its properties and fabrication by many research materials. Amorphous carbon (a-C) have unusual electronic properties, however there have not been enough researches about the application of amorphous carbon to sensors.

In this study, we deposited insulating a-C layer on SnO₂ NWs to improve the electronic properties at room temperature. Synthesis of the SnO₂-based nanocomposite did not require preprocessing and functionalization, requiring just a few second for processing time. Decorating a-C layer is important to detect NO₂ gas. A new sensing mechanism is proposed to explain the process of gas sensing at room temperature. When the NO₂ contacts the sensing layer, it brings more electrons from the sensor surface and changes the diameter of the conduction channel. The amorphous carbon increases the surface area highly and supply electrons to SnO₂ to change the conduction channel width inside the SnO₂, which improve the NO₂ gas sensing. Relevant sensing mechanism is usually described through heterojunction formation. The proposed gas sensor can be operated for NO₂ gas sensing application at room temperature and has various characteristics such as high response, high selectivity and low power consumption.

Keywords: Amorphous carbon, Tin oxide, Gas sensor, Room temperature

Green synthesis of CdS nanoparticles by *Andrographis paniculata* leaves extract for effective environmental remediation and biomedical applications

Karthik Kannan, Van-Quyet Nguyen, Hyung jun Park, Chang Hun Lee, Bee Lyong Yang[†]

금오공과대학교 신소재공학부
(blyang@kumoh.ac.kr[†])

Microwave-assisted CdS nanoparticles were prepared via plant extract (*Andrographis paniculata*) and characterized by structural, morphological, optical, and antibacterial analysis. The results revealed a hexagonal structure of CdS nanoparticles with an average crystallite size of 21 nm. The FTIR peak at 602 cm⁻¹ confirmed the vibration stretching of Cd-S bonds. SEM and TEM images demonstrated rod-like morphology of the nanoparticles. The optical bandgap of the prepared CdS nanoparticles was established to be equal to 2.52 eV. The photodegradation activity of the prepared nanoparticles for Rose Bengal dye was evaluated under sunlight irradiation. The degradation of the dye was equal to 98 % after 120 min. The antimicrobial activity of CdS nanoparticles investigated alongside human pathogens indicated higher antimicrobial activity against gram-positive (*S. aureus*) as opposed to gram-negative (*E. coli*, *E. typhi* and *P. aeruginosa*) bacterial strains.

Keywords: Green synthesis, CdS nanoparticles, Rose Bengal dye, Human pathogens

Single Crystal Silicon Nanomembrane based Gas Sensor for Wearable Electronics

한수덕, 송현철, 강종윤[†]

한국과학기술연구원
(cykang@kist.re.kr[†])

인간의 코를 대신하는 가스 센서는 나노 기술의 발전으로 성능이 대폭 향상되었으며, 극 미량의 가스를 감지해야 하는 산업과 군사, 환경, 의료 등 다양한 분야에서 이용되고 있다. 다양한 재료와 방식의 가스 센서가 개발 되고 있으며, 최근 사물인터넷 시대의 도래와 함께 웨어러블 장치로서 가스 센서가 큰 화두로 떠오르고 있다. 웨어러블 장치에 가스 센서가 적용되기 위해 우선 센서 구동 전력 소모가 작아야 되며, 유연한 기판에 적용하여 구부리거나 당겨도 그 특성이 유지 되어야 한다. 또한 신체에 직접 적용할 수 있도록 생체 친화적인 소자로 구성되어야 하며, 상온에서 안정적으로 작동할 수 있어야 한다. 지금까지 상온에서 구동 가능한 웨어러블 가스 센서로 graphene, CNT와 다양한 1 차원 나노 구조체 재료들이 연구 되어 왔다. 하지만 아직 상온 가스 센서 성능의 미성숙, 복잡한 공정, 반복 생산의 어려움, 고비용 등의 문제로 실제 웨어러블 제품에 적용하기 어렵다. 이번 연구에서는 이러한 점들 해결하기 위하여 단결정 실리콘 박막을 이용한 새로운 형태의 웨어러블 상온 가스 센서를 제안하였다. 실리콘은 가장 대표적인 반도체 물질로 저렴한 가격으로 다양한 방식의 공정이 개발되어 있다. 박막 형태의 실리콘을 유연한 폴리머 기판 위에 전사하고 IDE 타입의 전극을 구성하여 NO₂, NH₃ 등 다양한 가스를 흘려주며 전기 저항 변화를 측정하였다. 만들어진 센서는 상온에서 NO₂ 가스에 대하여 높은 선택성을 나타내었으며, 100이상의 감도와 (R_{gas}/R_{air}) 60초 이내의 빠른 반응과 회복 특성을 보였다. 기존에 연구된 상온 가스 센서에 비하여 매우 높은 센싱 능력을 나타내었으며, 반도체 MEMS 공정을 적용하여 대면적, 대량 생산이 가능하여 차세대 웨어러블 가스 센서 소자로 높은 잠재력을 가지고 있다.

Keywords: silicon, nanomembrane, gas sensor, wearable electronics

광범위한 수소 농도 및 온·습도 조건에서 작동하는 다양한 구조로 제작된 Pd-Ni 수소 가스 센서 연구

이종연, 한승익¹, 서형탁^{2,†}

아주대학교 신소재공학과; ¹아주대학교 에너지시스템공학과, 아주대학교 공학연구소; ²아주대학교 신소재공학과,
아주대학교 에너지시스템공학과
(hseo@ajou.ac.kr[†])

팔라듐(Pd)은 촉매로써 뛰어난 수소 흡착 및 분리 특성을 보인다. 따라서 수소분리막, 전기화학 셀과 같은 다양한 분야에서 응용이 보고되고 있으나 높은 수소 농도에서는 구조적 불안정성을 가지고 있다. 본 실험에서는 이를 보완해주는 물질로 Ni을 사용하여 Pd와 Ni의 다층구조 합금 촉매를 제작했다.

단순한 구조 형태의 수소 센서는 광범위한 수소농도의 농도 별 측정과정에 있어서 각 수소농도간의 낮은 전기저항 차이로 인해 신호처리에 정확성이 떨어졌다. 이를 개선하기 위하여, 9가지 다양한 digit타입 구조로 제작된 수소센서를 제작하였다.

제작방법으로는 E-beam evaporator를 이용하여 SiO₂ 기판에 H₂ 해리 반응을 위한 촉매 금속인 Pd-Ni을 Pd/Ni/Pd의 샌드위치 타입의 다층박막 형태로 증착 되도록 한다. Pd-Ni 센서는 25-100 °C, 0-70 RH의 온·습도 조건에서 N₂ gas로 희석된 20ppm~100%의 광범위 수소 농도에서 측정하였다.

제작된 수소센서는 단일 Pd, Ni 촉매를 사용했던 것 보다 baseline이 안정화되고 5초 이내 수소를 검지하는 우수한 성능을 보여주며, 이는 Pd-Ni 이중층 촉매에서 Ni이 조 촉매의 역할을 하여 수소의 흡·탈착 반응에너지의 변화를 초래했기 때문으로 사료된다. 그리고 다양한 타입으로 제작된 Pd-Ni 증착층의 구조 및 길이 변화에 따라서 신호처리에 적합한 저항신호 출력 구조를 연구하였다.

Keywords: 수소센서, Pd-Ni, digit 타입구조, 다층구조 합금촉매

Pd 기능화와 In_2O_3 첨가를 이용한 ZnO 나노섬유의 초고감도 수소 감응 거동

김진영, 양동훈, 남명성, 김상섭[†]

인하대학교 신소재공학과
(sangsub@inha.ac.kr[†])

수소는 친환경적이고, 재사용가능하고 대체에너지 자원으로서 청정에너지 중 하나로 각광받고 있다. 이러한 우수한 특성에도 폭발성이 있고 250-400도에서 자연발화 특성도 있으며, 무색, 무미, 무취의 가스이기 때문에 사람의 감각으로 감지할 수 없다. 따라서 청정에너지로서 광범위하게 이용하기 위해서는 수소 센서의 개발이 매우 중요하다. 본 연구에서는 Pd 기능화와 In_2O_3 첨가한 ZnO 나노섬유를 제작하여 수소 가스에 대한 감응 특성을 조사하였다. 제작된 센서는 In_2O_3 의 첨가량(0.05, 0.1, 0.15 mol%)에 따른 수소 감응 거동을 조사하였으며, 최종적으로 Pd 기능화와 0.1 mol% In_2O_3 첨가한 ZnO 나노섬유에서 가장 높은 감응도를 가짐을 확인하였다. 이와 같은 센싱 결과는 Pd 나노입자, ZnO- In_2O_3 간의 이중 접합 그리고 ZnO의 metallic 효과의 시너지 효과에 기인하는 것으로 판단되며, 관련 센싱 메커니즘을 제시하고자 한다.

Keywords: Pd 기능화, In_2O_3 , ZnO, 나노섬유, 수소

Mg 금속 입자가 첨가된 금속유기구조체(MOF)의 가스 감응 거동

양동훈, 김진영, 남명성, 김상섭[†]

인하대학교 신소재공학과
(sangsub@inha.ac.kr[†])

금속유기구조체(MOF)는 금속 클러스터와 유기 링커의 조합으로 구성된 결정질 재료의 한 종류로서, 높은 다공성과 안정성 및 화학적 내구성이라는 특성을 가지고 있어 가스 감지에 유리하다. 따라서 본 연구에서는 두 종류의 링커(TDA, ODA)를 사용하고 Mg 금속 입자를 첨가한 금속유기구조체(Mg-MOF-I, Mg-MOF-II) 가스 센서를 제작하였고, 이 센서는 좋은 결정도, 높은 열 안정성, 바늘 모양의 형태와 넓은 표면적을 가지고 있다. 해당 가스센서들은 다양한 온도(25-300°C)에서 가스감응특성을 조사하였고, 200°C의 온도에서 가장 높은 감응도를 보였다. Mg-MOF-II의 경우, Mg-MOF-I보다 다양한 가스에서 상대적으로 높은 가스 감응도를 보였고, 반응 및 회복시간이 더 짧아졌다는 것 또한 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 Mg-MOF-I(2520 m²/g)에 비해 Mg-MOF-II(2900 m²/g)의 비표면적이 더 크기 때문에 더 많은 가스 흡착 사이트를 제공하여, 감응도와 반응 및 회복 시간에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 이는 감응 성능이 우수한 다른 유사 MOF 가스 센서를 설계하는데 사용 될 수 있다.

Keywords: MOF, Mg, gas sensing, porosity, toxic gas

ZnO-Co₃O₄ 복합 나노 섬유의 수소 감응 거동

남명성, 김진영, 양동훈, 김상섭[†]

인하대학교신소재공학과
(sangsub@inha.ac.kr[†])

수소는 친환경 장치의 실현을 위한 대표적인 청정 에너지로서 수소 감지 재료의 개발은 필수적이다. 하지만, 수소는 폭발성, 작은 크기로 인한 확산, 무색, 무미, 무취의 가스이기 때문에 사람이 감지할 수 없다. ZnO 나노섬유는 뛰어난 물리적, 화학적, 열 안정성, 높은 전도성, 낮은 독성, 낮은 가격으로 대표적인 수소 감지 센서로서 선호되고 있다. 또한 p-n 이종 접합을 통하여 순수 ZnO 나노섬유보다 우수한 감지 능력이 보고 된 바가 있다. 이에 따라 본 연구에서 순수 나노 섬유의 수소 감지 특성을 개선하기 위해 (1-X)ZnO-XCo₃O₄ 비율을 조절하여 용액을 제조하였다. Co₃O₄의 양을 달리한 용액을 전기 방사하여 센서를 제작하였으며, 최적의 온도 및 재료 간의 최적의 비율을 구하기 위해 여러 가지 측정을 진행 하였다. 측정된 결과 300도 및 0.95ZnO-0.05Co₃O₄ 조건에서 수소 가스에 대한 뛰어난 감응성을 보여주었다. 이러한 결과는 ZnO 표면의 금속화, p-n 이종접합을 통한 전자공핍층의 변화에 기인하는 것으로 판단되며 관련 메커니즘을 제시하고자 한다.

Keywords: ZnO, Co₃O₄, 나노 섬유, 수소 감응

EV 배터리 스크랩으로부터 양극재 및 유기금속 회수에 대한 연구

이석환, 채병만[†], 김득현, 서은주, 강동준, 홍세철¹, 손미영¹

(주)케이엠씨; ¹구미전자정보기술원
(kmc0051@hanmail.net[†])

본 연구는 여러 산업에서 전원을 공급하고 수명이 지나버린 폐 전지를 재활용 공정 가공 후, 발생하는 폐기물 부산물을 활용하고자 한다. 재활용이 한번 시행된 폐기물 부산물에는 구리, 알루미늄 과 소량의 니켈, 코발트가 함유되어 있으며, 본 연구진은 업사이클링을 통하여 원료로서 소재화 하는 것과 이차전지 원재료로서의 활용을 위한 소재화 기술개발을 동시에 진행 하였다.

폐 스크랩은 색채분리를 통하여 크게 알루미늄/ 구리 로 나누었으며, 알루미늄은 알칼리를 이용하여 pH에 따른 용해도 차이를 이용하여 정제하였다. 분리된 구리와 기타금속들은 용융점 차이를 이용하여 구리 잉곳으로 분리 배출하였다. 그 후 NCM (니켈, 코발트, 망가니즈)를 파우더 형태로 회수하였다.

폐 전지 스크랩 내 80% 이상을 물질별로 회수 하는 기술을 확보하였으며, 본 연구를 통하여 pilot 구축 및 사업화를 이룰 예정이다.

Keywords: 이차전지, 전기차, 재활용, 니켈, 코발트, 알루미늄, 구리

Co₃O₄ 스피넬 나노 입자의 미세구조에 따른 전기화학 산소발생(OER) 촉매특성 분석

Myeong Gyu Kim, Hyeon Jeong Hong, Yun-Hyuk Choi[†]

대구가톨릭대학교
(yunhyukchoi@cu.ac.kr[†])

전이 금속 산화물은 에너지 응용을 위한 높은 촉매 활성을 보이기 때문에 고비용 귀금속 촉매를 대체할 가능성이 있다. 다양한 전이 금속 산화물 중 Co₃O₄는 광 촉매, 이차전지, 태양전지, 슈퍼커패시터 등 다양한 에너지 응용에 널리 사용되어 왔다. 본 연구에서는 물 전기분해를 통한 수소생산 공정 중, 산소발생반응(Oxygen evolution reaction, OER)용 촉매전극으로 쓰이는 Co₃O₄ 스피넬 나노입자를 열 증착 공정을 통해 전도성 탄소섬유 기판에 제조하였다. 공정 조건으로써 반응 시간과 온도, 열처리 온도와 분위기를 변화시킴에 따라 미세구조가 제어된 Co₃O₄ 스피넬 나노입자를 형성시킬 수 있었다. 반응 시간은 10분에서 2시간, 온도는 400 °C에서 800 °C까지의 범위 안에서 설정되었다. 제조된 Co₃O₄ 스피넬 나노입자는 100 °C에서 450 °C까지의 온도범위와 다양한 비율의 아르곤/산소 혼합가스 분위기 하에서 추가 열처리되었다. 결국, 공정 조건에 따라 Co₃O₄ 스피넬 나노입자의 미세구조 및 산소공공농도가 조절되었고, 그러한 미세구조 및 결합구조 변화에 따른 전기화학 산소발생(OER) 촉매활성의 변화가 조사되었다. 미세구조와 OER 활성 사이의 상관관계를 규명하기 위해 다양한 구조분석이 진행되었다.

Keywords: OER, Co₃O₄, 스피넬

Influence of pore-structure on VOC adsorption properties of multi-porous activated carbon powders

Sung Hwan Hong[†]

Sejong University
(shhong@sejong.ac.kr[†])

Carbon has attracted more and more attention in scientific aspects and technological applications due to the diversity of structural and electrical properties. The forms of carbon include not only the crystalline phase of graphite, diamond and fullerene, but also many amorphous materials. As one of non-crystalline carbon, the activated carbon could be used as adsorption materials and catalyst due to their developed internal pore structure, huge surface area and presence of surface chemistry activity. Treatments such as thermal treatment and chemical treatment can modify the pore structure and the chemical nature of the activated carbon. The modification of activated carbon is an attractive route towards the novel application of these materials as gas-phase adsorbents, as well as catalyst supports.

In this work, the influence of pore-structure on VOC adsorption properties of multi-porous activated carbon powders was investigated with systematic structural investigation. The three different activated carbons with different porosity and surface area were selected. The samples exhibited almost amorphous carbon structure with small amount crystalline graphite. The specific surface area of the samples was measured by using BET analysis and was in the ranging between 1351 and 2245 m²/g. In detailed structural analysis, the three samples revealed the significant difference in specific surface area in micro-, meso- and macro-pore, which strongly influenced to the adsorption properties of toluene that is one of the VOCs.

Keywords: Activated carbon, Amorphous carbon, VOC adsorption

탄탈륨 스크랩으로부터 탄탈륨 중간화합물 합성 연구

이지은, 구분우¹, 이찬기, 윤진호[†]

고등기술연구원 융합소재연구센터; ¹에코리사이클링
(yjh6373@iae.re.kr[†])

탄탈륨은 분쟁광물로서 국내 수급이 어려운 희소금속 중 하나이다. 우수한 물리화학적 성질을 지니는 탄탈륨은 전자제품용 부품 및 항공기용 부품, 의료용 소재등으로 널리 사용되고 있으나 불안정한 수급으로 안정적인 탄탈륨 수급이 필요한 시점이다. 따라서 본 연구에서는 국내 발생하는 탄탈륨 스크랩을 활용하여 전자제품 및 금속 탄탈륨 전구체로 이용 중인 탄탈륨 중간화합물(불화물/산화물)제조하고자 한다.

국내 탄탈륨 스크랩은 금속 및 화합물 상태로 발생하고 있다. 금속 탄탈륨 스크랩 대부분은 사용자에게 의하여 해외로 반출되고 있으며 일부 반도체 공정 및 폐 전자제품에서 발생하는 혼합 스크랩은 전량 폐기되고 있는 실정이다. 반도체 공정에서 발생하는 탄탈륨은 화합물 상태로 존재하며 이는 침출에 용이하지 않고, 다량의 불순물이 함유되어 있는 상태로 존재한다. 이를 재활용하기 위해 탄탈륨 스크랩의 상변화 및 불순물 제거 연구를 실시하였으며 최종적으로 고순도의 탄탈륨 침출액을 제조하였다. 고순도 탄탈륨 침출액으로부터 습/건식 공정을 활용하여 탄탈륨 중간화합물 제조를 실시하였다. 탄탈륨 스크랩의 열처리 거동 및 생성된 중간화합물 상변화를 확인하기 위해서 XRD(x-ray diffraction)분석을 실시하였으며, 침출된 용액의 순도 및 불순물 제거 거동을 확인하기 위해 ICP(Inductive Coupled Plasma)분석을 실시하였다.

Acknowledgment

본 연구는 한국에너지기술평가원의 에너지기술개발사업(20195210100070)의 일환으로 수행된 연구입니다.

Keywords: 탄탈륨, 중간화합물, 리사이클링, 친환경 공정

High energy ball milling and sintering characteristics of Ti-Al-Nd alloy powders

이현승, 장시영[†], 이호성, 김유리

한국항공대학교
(sychang@kau.ac.kr[†])

본 실험에서는 각각 순수한 Ti, Al 및 Nd 분말을 이용하여 Ar 분위기에서 스테인리스 볼로 800 rpm의 밀링 속도로 3시간 동안 볼 밀링하여 Ti-48wt%Al-4wt%Nd 혼합 분말을 제조하였다. Ti, Al 및 Nd의 초기 분말 사이즈는 각각 20 μ m, 40 μ m, 200 μ m였으며, 밀링 처리 후 혼합 분말의 입자 크기 분포는 7~20 μ m이었다. XRD 분석 결과 TiAl, TiAl₃ 이원 화합물 상의 생성이 확인되어 합금화가 이루어진 것을 알 수 있었다. 밀링된 분말을 Stearic acid 바인더(5 wt%)와 혼합하여, 15분 동안 390MPa의 압력으로 성형하여 밀도 60%의 성형체를 제조하였다. 그 후, Ar 분위기에서 1373K 온도로 8시간 동안 소결을 실시한 결과, 소결체의 밀도는 99%였으며, 경도는 약 460Hv였다. XRD 분석 결과 TiAl₃, TiAl 상과 소결시에 생성된 Al₃Nd의 피크가 확인되었다. 일반 소결된 시편의 특성은 SPS(Spark Plasma Sintering)처리된 시편의 특성과 비교 분석하였다.

Keywords: High energy ball milling, Sintering, Ti-Al-Nd powders

Photodegradation of gas-phase acetaldehyde using TiO₂ photocatalysts

김수진, 김은미, 전희경, 최정연, 김진혁^{1,†}

한국생산기술연구원; ¹전남대학교
(jinhyeok@jnu.ac.kr[†])

VOCs는 독성이 있고 돌연변이성, 발암성, 기형성을 유발하는 물질로 알려져 있으며 특히 대기질에서는 오존과 광화학 스모그의 전구체로서 대기환경오염의 주요지표로 이용한다. 본 연구는 VOCs 중의 하나인 아세트알데히드를 저감하기 위해 광촉매의 제조법을 달리하여 (sol-gel process, RF sputtering process, P25) 다양한 조건의 광촉매를 이용한 광분해 실험을 수행하였다. 실험결과, UV-C가 UV-A 보다 광플럭스(photo flux)가 더 크므로 이러한 보다 큰 광플럭스가 파장영역에서 높은 전화율을 가져오는 것으로 생각되며, UV-A, C에서의 반응을 비교해 본 결과, 광원에 상관없이 세 가지 광촉매 제조법에 따른 광촉매의 광분해율은 P25>sol-gel process>RF sputtering process의 순서로 나타났다.

Keywords: photocatalysts, TiO₂, acetaldehyde, VOCs, Sol-gel

Manipulating Wettability of Catalytic Surface for Improving Ammonia Production from Electrochemical Nitrogen Reduction

김도훈, Khurshed Alam, 한미경, 조훈성, 심욱[†]

전남대학교
(usim@jnu.ac.kr[†])

Electrochemical nitrogen reduction reaction (ENRR), direct photocatalytic, or electrocatalytic conversion of N_2 with water molecules into NH_3 , is considered as promising alternative for the traditional Haber-Bosch process. In this work, we present a method for improving ENRR performance by controlling the wettability of surface of the catalyst, which suppresses hydrogen evolution reaction (HER) while facilitating N_2 adsorption. Reduced-graphene oxide (rGO) catalyst with the hydrophobic surface property (C.A 59°) was synthesized through a high-density atmospheric plasma deposition. Two other surfaces with hydrophilicity (C.A 15°) and superhydrophobicity (C.A 150°) were developed through additional argon plasma and heat treatment of as-deposited rGO, respectively. The ENRR results show that the ammonia yield and Faradaic efficiency tended to increase with increasing hydrophobicity. Electrochemical measurements reveal that superhydrophobic rGO achieves higher Faradaic efficiency (5.73 %) at - 0.1 V vs. RHE and higher NH_3 yield ($9.77 \mu g h^{-1} cm^{-2}$) at - 0.4 V vs. RHE in 0.1 M KOH electrolyte. These results affirm controlling the wettability of the catalytic surface is an effective strategy to improve ENRR performance by suppressing the HER. This study inspires the development of rGO electrocatalyst via surface wettability modification for boosting ammonia electrosynthesis without any additional framework.

Keywords: Electrochemical, Electrocatalyst, reduced-Graphene oxide, Ammonia, Nitrogen reduction, Energy conversion, Wettability

P-144

The Spinel-type Ni₂GeO₄ Electrocatalyst with improved catalytic activity for efficient electrochemical N₂ fixation to NH₃ under ambient conditions

Jaehyoung Lim, Hyeonuk Choi, Dohun Kim, Subramani Surendran, Yoongu Lim, Uk Sim[†]

Department of Materials Science & Engineering, Engineering Research Center, Chonnam National University, Gwangju
61186, South
(usim@jnu.ac.kr[†])

Ammonia (NH₃) as a fundamental chemical material is essential to industrial areas for fertilizer, hydrogen storage, and fuels. Generally, the production of 180 million tons of NH₃ per year depends on the Haber-Bosch process. This energy-intensive process consumes nature gas with huge CO₂ emissions. The electrochemical nitrogen reduction reaction (ENRR) for ammonia synthesis under ambient conditions has emerged as a sustainable approach to overcoming the limits of the Haber-Bosch process. Nevertheless, the electrochemical synthesis of ammonia suffers from poor selectivity and low efficiency owing to the constrained catalytic activity and competitive hydrogen evolution reaction (HER). Transition metal oxides are recognized to be the potential electrocatalysts that contribute a sluggish activity to deteriorate HER reactions. Besides, the bimetallic oxides with multiple electroactive sites can promote improved catalytic activity. In this work, as a proof-of-concept, Ni₂GeO₄ nanoparticles synthesized via a facile hydrothermal method were investigated as novel electrocatalysts for ENRR for the first time. The prepared Ni₂GeO₄ electrocatalysts achieve the highest Faradaic efficiency of 3.38 % and ammonia yield rate of 2.66 μg h⁻¹ cm⁻² at -0.1V vs. RHE. The improved ENRR activity can be attributed to the D-band center near the Fermi level, and exceptional electrochemical properties due to changes in electronic structures due to the interaction. Thus, this study intends to inspire the development of Ni₂GeO₄ based electrocatalysts with innovative approaches to influence ENRR activity.

Keywords: Nitrogen reduction reaction, Ni₂GeO₄, Electrocatalyst, Transition metal oxide, Ammonia

Sb 이온 식재된 SnO₂ 나노선의 가스감응특성

김진영, 양동훈, 남명성, 김상섭[†]

인하대학교 신소재공학과
(sangsub@inha.ac.kr[†])

화학저항식 가스센서는 우수한 감도, 높은 안정성, 빠른 응답 특성 및 가격경쟁력 등으로 다양한 가스를 감지하는데 사용되는 매우 인기있는 감지 장치 중 하나이다. 그리고 가스 센서에 사용되는 다양한 물질 중 SnO₂ 나노선은 높은 표면적, 높은 안정성 및 저비용 등의 장점들로 인해 광범위하게 사용되지만, 성능 개선의 문제점이 있다. 이러한 센서의 감지 능력을 향상시키기 위해 귀금속 기능화, p-n 이종접합, UV 조사 및 이온 식재와 같은 다양한 전략에 제안되고 있다. 그리고 안티몬(Sb)은 SnO₂에서 높은 n형 전도성을 이루기 위해 가장 널리 사용되는 도펀트 중 하나이다. 그러므로 본 연구에서는 Sb 이온 식재된 SnO₂ 나노선의 가스 감지 성능을 조사하였다. 제작된 센서는 최적 온도 및 가스별로 측정을 진행하였으며, 최종적으로 300도 및 NO₂ 가스에서 가장 높은 감응도를 가지는 것을 확인하였다. 이러한 센싱 결과에 바탕하여 Sb 이온에 의한 전자 농도 변화 및 표면 결함 발생을 기반으로 관련 감지 메커니즘을 제시하고자 한다.

Keywords: Sb 이온, SnO₂, 나노선, 가스센서

백금 나노입자가 표면 기능화 된 단일벽 탄소나노튜브와 가스 감응특성

변영민, 이정근¹, 최선우^{2,†}

한국건설생활환경시험연구원, ¹선일알미늄(주); ²강원대학교 신소재공학과
(csw0427@kangwon.ac.kr[†])

탄소 소재 기반의 가스 센서는 기존의 세라믹 소재 기반의 센서에 비해 물리적/화학적 특성이 매우 우수하고 상온에서의 극미량의 화학물질에 대한 감응특성이 유리하여 센서 재료로서 많은 각광을 받고 있으나, 이와 같은 탄소 소재 기반 센서의 실용화를 위해서는 특정 물질에 대한 선택성과 감응특성의 증진이 더욱 요구되고 있다. 특히, 촉매 특성이 뛰어난 귀금속 혹은 금속산화물 나노입자를 탄소 소재 표면에 부착시킨, 기능화 된 탄소 소재 기반 센서에 관련된 연구가 활발하다. 촉매형 나노입자 형성을 위해 진공 증착, 역 마이셀, 아크 방전, 방사선 분해(radiolysis), 초음파 화학법, 마이크로파 그리고 광환원법을 이용한 합성법 등 여러 가지 방법들이 시도되고 있으며, 그 중 적외선을 활용한 광환원법은 짧은 시간 내에 고품질의 촉매형 나노입자 형성이 용이할 뿐 아니라, 나노입자를 센서 소재 표면에 안정적으로 고르게 고착할 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서는 적외선을 적용한 광환원법을 이용하여 촉매형 백금 나노입자를 단일벽 탄소나노튜브에 기능화 하고, 스프레이 분사법을 이용하여 네트워킹된 센싱층을 형성한 후, 이에 따른 염소가스에 대한 감응특성을 평가하였다. 또한, 촉매형 백금 나노입자의 형성이 간섭가스인 NO₂, NH₃ 그리고 CO 가스에 대한 감도와 선택성에 미치는 영향을 조사하였다.

Keywords: 단일벽탄소나노튜브, 백금 나노입자, NO₂ 가스, 가스센서

산소 발생용 구리 촉매가 부착된 산화 이연 광양극 소자의 광전기화학적 특성 평가

박종현 김효진[†]

충남대학교 공과대학 신소재공학과
(hyojkim@cnu.ac.kr[†])

기존의 화석연료 기반의 에너지를 대체할 수 있는 지속 가능하고 친환경적인 에너지원에 대한 연구가 최근 활발하게 이루어지고 있다. 또한, 기존의 탄소 기반한 화석연료 사용에서 비롯된 환경 문제 등으로 인해 최근 신재생 에너지에 대한 관심이 증대하고 있다. 태양에너지, 풍력에너지, 조력에너지, 수소에너지 등 다양한 종류의 신재생 에너지 가운데 수소에너지는 외부 조건에 상관없이 물을 전기 분해하여 쉽게 얻을 수 있으며, 에너지 사용 후 부산물이 물(H₂O)뿐이라서 차세대 청정에너지로 특히 주목을 받고 있다.

여러 가지 수소 생산 방법 중에 태양광을 활용하여 수소 연료를 생산하려는 광전기화학적 물 분해 소자용으로 널리 쓰이는 ZnO계 광전극은 자연의 풍부함, 환경적 견고함 및 비용 효율성으로 인해 보편적이고 유망한 잠재력을 갖추고 있다. 최근 태양광을 이용한 물 분해 반응의 효율적인 광전극으로서 갖추어야 할 광전기화학적 성능을 향상시키기 위해 여러 가지 재료의 광촉매와 그 밖의 여러 형태를 포함한 산화물 반도체 나노구조가 집중적으로 연구되고 있다. 본 연구에서는 불소가 도핑된 산화주석을 코팅한 유리 기판 위에 각각 수열합성법으로 ZnO nanorod를 성장시킨 후 sputtering 방법으로 Cu를 부착하여 광전기화학적 물 분해 특성을 평가하고자 한다.

Keywords: ZnO, 수열합성법, Cu, Catalyst, OER, 광전기화학적 물 분해, 광전극, 수소 연료

Degradation of methylene blue using recycled TiO₂ by atmospheric pressure dielectric barrier discharge

최혜진, 김윤기[†]

한밭대학교
(ykkim@hanbat.ac.kr[†])

수용액 중의 유기물의 광분해에 사용되는 TiO₂의 표면은 사용시간이 길어짐에 따라 표면오염이 진행되고 결과적으로 광분해 효율의 감소가 초래된다. 따라서 광분해 효율을 높이기 위하여 표면오염의 제거가 필요하다. 그러나 나노분말인 TiO₂의 표면세정을 습식방법으로 하는 경우 또다시 폐수가 발생하여 환경오염을 유발한다. 따라서 본 연구에서는 환경오염 유발이 없는 플라즈마 세정방법으로 TiO₂ 표면오염을 제거하고자 하였다. 그러나 나노분말의 비산에 따른 필터의 사용 등 입자상태에서 플라즈마세정을 위해서는 복잡하고 고비용의 장치가 필요하다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서는 TiO₂ 나노분말을 액상에 분산 후 기판에 코팅하여 고정하였다. 기판에 고정된 TiO₂를 이용하여 수용액 중의 메틸렌블루의 분해를 진행하여 분말 표면을 오염시켰다. 오염된 TiO₂는 아르곤과 산소 혼합가스 대기압 유전체 배리어 방전으로 세정처리 하였다. 세정 전후 TiO₂를 이용하여 수용액 중의 메틸렌블루 분해를 비교 평가하여 세정 효과를 고찰하였다. 또한 세정 전후 TiO₂ 표면을 SEM으로 비교평가 하였다. 또한 대기압 배리어 방전의 특성과 TiO₂ 세정과의 상관관계를 고찰하였다.

Keywords: TiO₂, 광분해, 재처리, 대기압 유전체 배리어 방전, 메틸렌블루

Low temperature CO oxidation by Pd-CeO₂ catalyst on SiC monolith synthesized using electrodeposition

김진아, 김상준[†]

한국화학연구원
(sangjoon@kriect.re.kr[†])

Several synthesis methods have been investigated for the growing of low-dimensional cerium dioxide (CeO₂) catalysts on the monolithic support such as hydrothermal process. However, as another synthesis process must be needed to load noble metals to the CeO₂, coating CeO₂ catalysts loaded with noble metals on the monolithic support has remained a tremendous challenge. Here, we significantly mitigated this issue by one-step electrodeposition. We developed a simple strategy for synthesizing Pd catalyzed CeO₂ (Pd-CeO₂) on silicon carbide (SiC) monolith. Due to their hierarchical low-dimensional nanostructures and increased surface areas, the catalyst (Pd-CeO₂@SiC) has high performance for CO oxidation at low temperature. More interestingly, the Pd_xCe_{1-x}O_{2-δ} species exist between platelets-like CeO₂ and coral-like Pd clusters. There are metallic Pd⁰, PdO and Pd_xCe_{1-x}O_{2-δ} solid solution which formed during electrodeposition and heat treatment, so dispersed Pd species provide high catalytic activity and mechanical stability.

Keywords: Electrodeposition, SiC monolith, CO oxidation, Pd-CeO₂ catalyst, Diesel oxidation catalyst

Basic research on fabrication and characteristics of ZnO-based gas sensor device

심규연, 정우섭, 안민주, 김효종, 변동진[†]

고려대학교
(dbyun@korea.ac.kr[†])

The development of nanostructured materials has resulted in enhanced gas sensing performances as compared to bulk materials regarding to superior qualities like large surface area to volume ratio. And metal oxide semiconductor gas sensors have been used for detecting explosive and harmful gases due to advantages of properties like sensitivity, reproducibility, stability against harsh atmosphere. Among metal oxide-based sensors, zinc oxide (ZnO) based gas sensors have been widely used due to fast reponse, low detection limit, high selectivity, reliable performance and low manufacturing cost. ZnO nanostructures were fabricated using metal-organic vapor chemical vapor deposition (MOCVD) followed by electrode evaporation and rapid thermal annealing (RTA) in this work. Morphology and chemical composition of ZnO nanostructures has been figured by scanning electron microscopy (SEM) and energy dispersive x-ray spectrometer (EDS). The gas sensing characteristics have been observed investigated regarding to response of gas sensor by parameters like time, temperature, and the concentration. And the gas sensing mechanisms and the future work for enhancing characteristics of ZnO-based gas sensors are discussed.

Keywords: ZnO, gas, sensor

Monte Carlo simulations integrated with first-principles to understanding early-stage oxidation process of UO_2 in aqueous solution

김준엽, 권초아, 한병찬[†]

연세대학교

(bchan@yonsei.ac.kr[†])

Safe control of used nuclear fuels disposed in deep underground is of paramount concern for modern society. Previously various scenarios of release of the radioactive materials via contact of groundwater at elevated temperature and pressure conditions were proposed. For example, oxidation of the spent nuclear fuels has been suggested [1] without clear elucidation of underlying mechanism. In this study, we study early-stage process of UO_2 oxidation reaction using first-principles density functional theory calculations and Monte Carlo simulations.

Thermodynamically most stable surface of UO_2 is identified with surface energy calculations. Atomistic level of surface oxidation of UO_2 is described by Monte Carlo simulations, in which the interaction potentials between adsorbate O and UO_2 are obtained by cluster expansion theory. Furthermore, the potentials enable us to calculate not only surface Pourbaix diagram but also cyclic voltammetry of UO_{2+x} exposed to aqueous solution, which are invaluable for understanding the oxidation mechanism and characterizing detailed structures.

Our calculated Pourbaix diagram indicate that oxidation potential of UO_{2+x} surface is lower than bulk for the same stoichiometric oxide (i.e., easier oxidation). In Monte Carlo simulations, it is shown how the surface oxidation evolves with varying oxygen chemical potential and temperature. Our results are very consistent what were reported by experiment, and detailed oxidation mechanism is clearly identified for the early-stage reaction. It will provide a useful guide for safe management of disposed used nuclear fuel in underground.

References

[1] Ziyang Zhu, Shoesmith, David W and Noël James J, Electronic Thesis and Dissertation Repository, 5787 (2018).

Keywords: monte carlo simulations, cluster expansion, spent nuclear fuels, pourbaix diagram, cyclic voltammetry

The Influence of Gd doping on Oxidation Resistivity of UO_2

홍민준, 권초아, 한병찬[†]

연세대학교 화학생명공학과
(bchan@yonsei.ac.kr[†])

UO_2 is of interest material particularly regarding with their long-term structural integrity at deep underground as disposed spent nuclear fuel. Gd-doped UO_2 (Gd- UO_2) is one of its derivatives forming via nuclear fission of U-235. In spite of experimental reports on influence of Gd dopant on UO_2 oxidation its underlying mechanism is not clearly known.

In this study, we utilize first-principles density functional theory (DFT) calculations to elucidate how the oxidation behaviors of a pure UO_2 change with substitutional doping of Gd for U element. The oxidation of UO_2 and Gd- UO_2 is modelled as two-step process: (i) adsorption of O atoms on the surface. (ii) diffusion of adsorbed O into interstitial sites of UO_2 subsurface. Adsorption energy of O in (111) surfaces of UO_2 and Gd- UO_2 with varying coverage are calculated. Our results indicate that the doped Gd atoms weaken the O adsorption regardless of the surface coverages less than 1 monolayer. Electronic structure calculations shows that the UO bond strength is weaker in Gd- UO_2 than in pure UO_2 due to less charge transfer from U to O. Moreover, the doped Gd atoms do not adsorb O, indicating they effectively reduce adsorption sites of O. These two facts consistently poise that Gd doping can enhance the structural integrity of UO_2 due to preventing the surface oxidation.

Our DFT calculations also indicate that Gd doping suppresses surface diffusion of O via lattice contraction of UO_2 . In summary, the oxidation of Gd- UO_2 is thermodynamically less favorable than pure UO_2 . Our results can guide for post-process to enhance the safety for spent nuclear fuel disposed in deep underground.

Keywords: first principles, Gd doped UO_2 , oxidation resistivity, adsorption energy, Mulliken population analysis, electron localization function

Dramatic Catalytic Activation of Kinetically Inert Disilane Hydrolysis in Metallic Iron Particulate via Barrierless Chemical Dissociation: First-Principles Study

WeiTao, Byungchan Han[†]

연세대학교
(bchan@yonsei.ac.kr[†])

Disilane (Si_2H_6) is a key substance for chemical industries designing semiconductors and graphene materials. Its reaction mechanism is, however, still elusive, as evident from serious chemical accidents when exposed to open air. Using first-principles density functional theory calculations, we investigate the thermodynamic and kinetic mechanisms of Si_2H_6 hydrolysis, with and without oxidative conditions of adjacent water, oxygen gas and metallic Fe particulates. Despite the remarkable thermodynamic spontaneity, direct hydrolysis is kinetically sluggish due to the high energy barrier. Hydrolysis initiated by O_2 is identified with a multi-step radical mechanism, which is kinetically more favored than the direct hydrolysis. The energy barrier of rate-determining step is, however, still too high for Si_2H_6 to react in a humid and oxidative environment. Surprisingly, we report that metallic iron serves as an of interest heterogeneous catalyst for the Si_2H_6 hydrolysis dramatically lowering the activation energy barrier for the dissociation. Our results propose that fine air particulates including Fe can play a key role in facilitating the explosive reaction of Si_2H_6 potentially leading to severe chemical accidents, otherwise very inert.

Keywords: First-principles calculations, Disilane hydrolysis mechanism, Semiconductor, Heterogeneous catalyst, Severe chemical accident

P-154

Enhancement of photocatalytic properties using electrochemically Li-doped TiO₂ photocatalyst

심우형, 정형모^{1,†}

성균관대학교 기계공학부; ¹성균관대학교 기계공학부 및 지능형팹테크융합전공
(hmjeong@skku.edu[†])

Because the suitable properties of TiO₂ for photocatalysts such as cost effectiveness, stability and Non-toxic, TiO₂ is attracting. However, TiO₂ has wide band gap and fast hole-electron recombination which hinder photocatalytic performance. To enhance the photocatalytic performance of TiO₂, alkali ion doping process is has been known. Alkali ion doping can enhance the photocatalytic performance some extent. Nevertheless, doping process and doping amount control of alkali ions is complex. In this presentation, we suggest the facile Li doping method using electrochemically intecation method. Doping of lithium induces the formation of Li_{0.5}TiO₂ phase, resulting in enhaced photocatalytic performance. Consequently, Li-doped TiO₂ shows the enhanced hydrogen evolution rate.

Keywords: Photocatalyst, Alkali ion doping, TiO₂, Hydrogen evolution

P-155

Facile synthesis of oxygen-deficient black BaTiO₃ nanoparticles using black TiO₂ for piezo-catalytic application

지명준, 김정현, 류철희, 이영인[†]

서울과학기술대학교 신소재공학과
(youngin@seoultech.ac.kr[†])

Recently, through theoretical and experimental studies, it has been reported that defect engineering is a promising strategy for improving piezo-catalytic performance by modulating the electronic structure of metal oxide. However, in spite of active studies, reported researches has been mainly focused on the reduction-based methods which require harsh chemical agents and multi-step processes to induce oxygen vacancies and/or low valence metal species. Although a few researchers have been reported partial oxidation methods from the low valence state precursor in order to develop a synthetic route compatible with the cost-effective process, it is still remained a challenge to synthesize defect-rich multi-component materials. In this study, a simple synthetic strategy for defect-rich binary metal oxide was proposed. BaTiO₃, which is still limited to practical piezo-catalytic decontamination due to its poor carrier concentration, was adopted as a model system and oxygen-deficient TiO₂ (so-called black TiO₂) was used as a starting material with the BaCO₃ in order to control the final oxidation state. BaTiO₃ nanoparticles with controllable contents of oxygen vacancy were successfully synthesized by solid-state reaction of this mixture in the different atmosphere. Then, the correlation between physicochemical property and piezo-catalytic performance was systematically investigated by various analysis methods.

Keywords: Oxygen-deficient BaTiO₃, solid-state reaction, piezo-catalysis, black TiO₂

SnO₂-x/Pd/SnO₂ 3중층으로 구성된 헤테로 나노와이어의 향상된 NO₂ 가스 감응특성

최명식, 진창현, 최선우^{1,†}

연세대학교 신소재공학부; ¹강원대학교 신소재공학과
(csw0427@kangwon.ac.kr[†])

여러 다른 공정들에 비해 상대적으로 간단한 표면 개질 방법인 직화식 불꽃 기화 증착 방법으로, 기 형성된 Pd 나노파티클이 흡착된 SnO₂ 나노와이어를, Pd가 매립된 SnO₂-x/Pd/SnO₂ 헤테로 구조로 변환시켰다. 그리고 SEM, TEM, XRD, XPS, PL 등의 분석을 통해, 이러한 3중층에서의 형태적, 구조적, 조성적 특징들이 기존의 Pd가 흡착된 SnO₂와는 어떻게 다른지가 순차적으로 자세히 비교하였다. 본 연구에서 제조된 SnO₂-x/Pd/SnO₂ 헤테로 구조는 공정 중 재료 표면에 생성되는 산소 결함과 Pd 촉매 효과를 동시에 나타낼 수 있는 시너지 효과로 인해 향상된 가스 감응특성을 기대할 수 있다. 성공적으로 제조된 SnO₂-x/Pd/SnO₂ 헤테로 구조물은 100도 이하 저온의 동작 온도에서 10 ppm NO₂ 가스에 대하여 10배 이상의 높은 감도와 우수한 NO₂ 가스 선택성을 보였다.

Keywords: SnO₂ 나노선, Pd 매립 나노입자, NO₂ 가스, 가스센서

Pd/ITO/MoOx/p-Si 광음극 재료의 광전기화학 물분해 수소생산을 위한 특성 평가

이영재, 하중섭¹, Shankara S. Kalanur¹, 서형탁[†]아주대학교 에너지시스템공학과; ¹아주대학교 신소재공학과
(hseo@ajou.ac.kr[†])

기존 화석 연료 기반 에너지 사용에 따른 이산화탄소 배출량 급증으로 인해 지구 온난화 문제가 심각해짐에 따라 이산화탄소를 배출하지 않는 친환경 에너지를 생산하는 것이 점점 중요해지고 있다. 따라서, 친환경 에너지 중 하나로 수소에너지를 화석연료의 대체자원으로 활용하고자 하는데, 수소를 생산하는 방법 중에 빛을 이용한 물분해 방법은 지속가능하고 청정한 에너지원인 태양광 에너지를 활용할 수 있다는 장점이 있다. 그 중, 광음극에서의 광전기화학적 물분해는 환원을 통해 수소를 발생시키므로 차세대 친환경 수소생산 기술로 각광받고 있다.

광전기화학 촉매는 반응에 필요한 과전압을 줄여 반응 속도를 빠르게 도와주며, p-Si는 대표적인 광전기화학 음극 촉매 재료로 사용된다. MoOx는 지구상에 풍부하고 값싼 물질로 광전기화학 조촉매로 사용될 수 있으며, ITO는 가시광선 영역에서 80%이상의 뛰어난 투과율과 낮은 전기저항, 넓은 광학적 밴드갭을 가져 대표적인 투명 전도성 물질로 사용되므로 계면에서의 전자 이동을 돕고, 전해질 내에서 촉매의 부식을 방지해주는 passivation 역할도 하게 되어 촉매의 안정성을 높여준다. Pd는 과전압이 거의 없고, 반도체 표면에서 빛에 의해 유도된 전자-정공 쌍의 재결합을 효과적으로 방해하여 광촉매 특성을 향상시키는 조촉매 역할을 한다. 따라서, 이들을 결합하여 우수한 광전기화학적 음극 촉매 특성을 얻을 수 있다.

본 연구에서는 p-Si기판 위에 RF magnetron 스퍼터를 사용하여 MoOx와 ITO박막을 순차적으로 증착한 후, E-beam evaporation을 사용하여 Pd를 올려 샘플을 제작하였다. p-Si, MoOx/p-Si, ITO/MoOx/p-Si, Pd/ITO/MoOx/p-Si의 4가지 샘플에 대해 Iviumstat장비를 사용해 광전류밀도-전압(J-V) 곡선을 측정하여 광전기화학적 성능을 비교했으며, Impedence, Mott-Schottky측정을 진행하였다. 또한, UV-vis spectroscopy를 통해 샘플의 광투과율을 측정하였으며, SEM/EDS측정을 통해 샘플 표면에 Pd가 균일하게 증착된 것을 확인하였다. 결과적으로, Pd/ITO/MoOx/p-Si의 성능이 가장 우수했는데, 그 이유는 Pd의 전자-정공쌍의 재결합 방해효과와 ITO의 우수한 광투과성과 높은 전도성이 MoOx의 광전기화학적 조촉매 효율을 증가시켜 광음극에서의 환원에 따른 물분해 반응에 필요한 과전압이 줄었기 때문이다.

Keywords: 광전기화학, 물분해, 광음극, Pd/ITO/MoOx/p-Si

암모니아 가스 감지 가능한 dye 3/meta-Aramid nanofiber/nets

오현주, 양병진, 김도균, 함완규[†]

한국생산기술연구원
(wghahm@kitech.re.kr[†])

다양한 산업 현장 및 일상생활에서 흔히 발생하는 휘발성 유기화합물인 암모니아 가스는 무색의 독성 가스이다. 암모니아 가스 1ppm 이상의 농도에서는 눈, 코, 호흡기 등에 자극을 주며, 25 ppm 이상에서는 피부와 눈에 심한 화상과 호흡기에 지속적인 자극이 되고, 300 ppm 이상에서는 매우 위험하며 사망에 이르기에도 한다. 산업 현장의 경우, 이러한 암모니아 가스 누출을 감지 할 수 있는 센서형 장비 및 가스 차단막을 막는 보호복 등이 구비되어 있지만, 고가의 센서형 장비는 작업자들이 개인용으로 구비하기에 어려움이 있고 보호복의 경우 무색의 암모니아 가스를 작업 중 인식하기 어렵다. 따라서 작업복에 쉽게 착용 혹은 부착하여 변색을 통해 쉽게 인식 가능하고, 저비용으로 작업자의 안전을 확보할 수 있는 colorimetric 섬유형 센서 개발을 통해 이 문제를 해결하고자 했다. 본 연구에서는 암모니아 가스 감지 가능한 dimethine 계열의 염료를 메타아라미드에 첨가하여 colorimetric 나노섬유 가스 센서를 제조하였고, 그 성능을 평가하였다. 전기방사를 통해 1, 5, 10 wt%의 dimethine계 염료가 첨가된 메타아라미드를 제조하였고, FE-SEM을 통해 netting 구조의 나노섬유 표면을 확인하였다. 또한, 열적, 기계적 특성은 DSC, Tensile test를 통해 확인하였다. 가스 농도별 색변화 센서의 성능을 확인하기 위해 1, 3, 5, 10 ppm의 농도에서 가스 테스트가 수행되었고, 각 시료는 CCM(Computer color matching) 장비와 연결하여 10초 간격으로 시료의 반사율을 측정하였다. 또한, 각 시료의 L*, a, b 값을 통해 노출 시간에 따른 색 변화(ΔE)를 확인할 수 있었다. 나노섬유 센서의 내구성 평가를 위해 세탁견뢰도 규격에 따라 세탁 후 센서 성능을 비교해보았다. 그 결과, 세탁 후 ΔE 값의 변화는 크게 감소하였으나, 가스 노출 후 반응 속도는 크게 저하되지 않음을 확인할 수 있었다.

Keywords: Ammonia gas detect, Nanofiber, meta-Aramid, washable

용액법 기반 비희소금속 산화물 반도체 박막의 저온 결정화 기술 개발

주은총, 박제형¹, 고경민, 조성운[†]

첨단부품소재공학과, 순천대학교; ¹전기전자공학과, 순천대학교
(swcho@scnu.ac.kr[†])

For past decades, innovative solution approaches and low-temperature processes have been successfully developed for high-performance metal oxide (MO) semiconductors and their optoelectronic applications. Although those strategies could effectively lower the activation and chemical transition temperature to achieve high-quality a-MO films from precursor solution, those a-MO semiconductor based optoelectronics steadily reveal problematic issues originating from the amorphous phase; i) limited electrical performance due to inefficient conduction paths, ii) amorphous defect-state induced operation instability, and iii) limited materials candidates (earth-rare metal based (In- and Ga-based) MO semiconductors). In contrast, the c-MO semiconductors are advantageous to demonstrate high-performance and high-stability optoelectronics owing to more effective conduction paths and suppressed defect states.

Then, we report new catalytic metals-induced low-temperature crystallization process technique introducing a crystalline catalytic metal seed layer for low-temperature crystallization of solution-processed a-MO semiconducting films. The newly developed CMAC process could effectively suppress crystallization temperature (≥ 300 °C) of solution-processed a-MO films, enabling scalable manufacturing of high-quality semiconducting c-TiO₂ film with well-aligned anatase grains and low-defect density. In particular, Al-CMAC process using crystalline thin-aluminum (Al) catalytic metal seed layer simultaneously facilitates low-temperature crystallization (≥ 300 °C) of solution-processed a-TiO₂ films and the implementation of c-TiO₂ TFTs with superior field-effect mobility, good on/off switching behavior and improved operational stability.

Keywords: 산화물 박막트랜지스터, 디스플레이, 저온결정화, 용액법

Ultra-flexible and transparent electrodes with crack-propagation preventing nanostructure

한수현, 양찬우[†]

Korea Institute of Industrial Technology
(chanu@kitech.re.kr[†])

플렉서블 디바이스의 수요가 높아지면서 플렉서블 디바이스에 사용되는 전극의 유연성이 중요해졌다. 낮은 면저항과 높은 투과도를 가지고 있는 Indium Tin Oxide (ITO)는 디스플레이용 투명 전극으로 널리 활용되고 있으나, 유연성의 한계로 플렉서블 디바이스 적용에 제약이 있다. 최근 유연성이 우수한 그래핀이나 metal grid 및 전도성고분자와 같은 신규 전극에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있으나 높은 면저항과 복잡한 제조공정으로 인해 상용화에 어려움이 있다. 따라서 우리는 기존 상용 소재인 ITO와 Ag의 나노구조를 이용하여 전극이 벤딩될 때 발생하는 crack의 전파를 효율적으로 감소시키는 메커니즘으로 전극의 유연성을 향상시키는 방법에 관해 연구했다. Ag crack 전파 억제 나노구조는 crack의 길이가 8.7~72.1 μm 수준으로 crack 전파를 억제시키지 못하는 기존 ITO/Ag/ITO 박막구조 전극에 비해 10만번 벤딩(strain ~2.5%)에서의 저항변화율이 5~15%로 월등히 우수했다.

Keywords: flexible, electrode, resistance, nanostructure

P-161

Fabrication of gallium nitride on AlN buffer layer with hole pattern mask using lift off method

김호중, 정우섭, 안민주, 심규연, 강성호, 변동진[†]

고려대학교 신소재공학과
(dbyun@korea.ac.kr[†])

There are two ways to grow GaN rods: bottom up and top down. In the case of the top down method, it is simpler than the bottom up method by using an etching technique, but it adversely affects the device quality. The GaN rod method we manufactured this time is a bottom-up method. therefore it becomes a basic step to grow the rod. If the lift-off method used in this manufacturing method is used, masking is produced only by photolithography without using reactive ion etching (RIE), so it is possible to form a masking pattern more simply than the conventional manufacturing method. In addition, LT GaN and AlN are mainly used as buffers to reduce the lattice constant with the substrate. In order to grow GaN rods, an AlN buffer that grows in the shape of a hexagonal cone is essential. furthermore, if a mask is stacked and GaN is grown thereon, different polarities may be grown at the interface due to the inversion domain boundary (IDB). Therefore, in this study, conditions for making high-quality rods were prepared by growing AlN buffer and GaN before covering the mask.

Keywords: GaN rod, MOCVD, Lift off, AlN, Sputter, Photolithography, Micro LED, LED

P-162

Surface Treating Method of CsPbI₃ Perovskite Quantum Dots by Ligand-Assisted Sulfide

한정우, 김수영[†]

고려대학교 신소재공학과 유기반도체공정연구실
(sooyoungkim@korea.ac.kr[†])

Recent study of cesium lead halide perovskite is increasingly important for quantum dot(QDs) light emitting diodes. Their great contribution to advanced perovskite light emitting diode research is truly respectful, but there are still a long way to achieve a goal. Obstacles like moisture weakness, lifetime blocked CsPbX₃(X = I, Br, Cl), and phase stability is one of them. Especially CsPbI₃, the most metastable cesium halide perovskite in room temperature, needs more advanced method of enhancing stability. Here, we introduce surface treating method of CsPbI₃ to enhance their phase stability and increase photoluminescence. With sulfur-oleylamine, called S-OLA, photoluminescence intensity increase by 21% and aged CsPbI₃ QDs that transformed into nonluminous phase was recover its photoluminescence 95% of that of the fresh QDs. Therefore, this work will bring us to the upstairs of cesium lead halide perovskite QDs research.

Keywords: lead-halide perovskite, CsPbI₃ quantum dots, surface treatment, photoluminescence intensity, stability

Enhancement of Blue-light Emitter CsPbBr₃ Nanoplatelets through Post-treatment Surface Passivation

박진우, 김준연, 신병하[†]

KAIST
(byungha@kaist.ac.kr[†])

Due to extremely narrow luminous spectrum (full-width at half maximum (FWHM) < 20nm), i.e., high color purity, lead halide perovskite has emerged as a candidate for next-generation light emitting diodes (LEDs). Especially, all-inorganic CsPbX₃ (X=Br, I) emitters have showed the photoluminescence quantum yield (PLQY) of near-unity for green and red-light emission. However, further research is required for blue light materials with relatively low light-emitting performance. By moderately exchanging Br to Cl in CsPbBr₃, the light emission spectrum can be matched to the blue-light emission. nonetheless, the mixed halide component, CsPbBr_{3-x}Cl_x, suffers from phase segregation due to easily ion migration, which introduces low PLQY and poor spectral stability. Here, we show a synthesis method of low-dimensional CsPbBr₃ nanoplatelets (NPLs) that is efficient at emitting blue light without the need for halide-substitution. CsPbBr₃ NPLs with 2 monolayer (ML) and 3 ML of thickness yielded PL peak at 435nm with very narrow FWHM of ~ 15 nm and PL peak at 456nm with FWHM of ~ 20 nm, respectively. To improving optical properties of these NPLs, we conducted post-synthesis treatment with tetrafluoroborate salts—almost 10-fold increase in PLQY was observed without major spectral change. Details and discussion of the results behind the improvement with the post-synthesis treatment will be described.

Keywords: Blue light, CsPbBr₃, Nanoplatelets, Tetrafluoroborate

Photoluminescence of Eu^{3+} -doped organic-inorganic hybrid POSS phosphors for the application of flexible display

정보라, 안성준, 정재용, 이성수[†]

신라대학교 신소재공학부
(ssyi@silla.ac.kr[†])

We have suggested organic-inorganic hybrid polyhedral oligomeric silsequioxane (POSS) type monomer ligand 2,6-pyridinediamine-bis-propanylheptaisobutyl POSS (PDC-POSS) and synthesized of rare earth (RE = Eu^{3+}) doped hybrid complex PDC-POSS phosphors. Rare earth doped PDC-POSS were successfully synthesized of molecular precursor prepared from PDC-POSS complex from the FT-IR spectra. The excitation at 288 nm ultraviolet light, strong visible emission was detected from the RE^{3+} -doped PDC-POSS. XPS was used to prove that the substitution and doping of rare earth ions in PDC-POSS material proved that the oxidation state of rare earth ions was +3. The origin of the red emission is attributed to the crystal field transition from the 5d energy level of the RE^{3+} ion to the 4f ground state. PL decay time results suggest that the photoluminescence properties were quenched in relation to the rare earth concentration Eu^{3+} ions. As the amount of 0.25 mol% ions added increased, when the amount of rare earth ions increases, the distance between the activator ions in the parent body becomes closer and exchange interaction between ions, It is considered as concentration quenching. Solution-based coating of PDC-POSS: RE^{3+} phosphors on various objects showed the excellent transparency of the phosphor thin film having strong color emission, which can be recognized by naked eyes. The hiding under usual condition and easy identification ability of PDC-POSS: RE^{3+} phosphors indicated feasibility of RE^{3+} -doped PDC-POSS as anti-counterfeiting inks and flexible composite applications.

Keywords: POSS, Photoluminescence, flexible, Anti-Counterfeiting, Hybrid

고품질 InGaN 나노 와이어 이중접합 구조의 에피택시 모델링

김성윤, 권혜영¹, 신동욱, 라용호^{1,†}

한양대학교; ¹한국세라믹기술원
(yhra@kicet.re.kr[†])

3족 질화물 재료를 기반으로 한 1차원 나노 와이어는 그들의 우수한 구조적, 광학적, 전기적 특성 때문에 발광 다이오드(LED), 레이저 다이오드(LD), 태양 전지 및 광촉매 응용 분야에서 가장 유망한 구조 중 하나로 부상하고 있다. 하지만, 1차원 반도체 나노 와이어를 기반으로 한 나노소자 및 시스템을 제작하기 위해서는 여전히 해결해야 할 여러가지 어려움이 있다. 특히, GaN 기반의 에피택시 성장시 발생하는 다양한 결함 및 구조적 변화, 상분리 현상은 광소자의 효율에 커다란 영향을 미친다. 우리는 고품질의 GaN 기반 나노와이어를 제작하기 위하여, 나노와이어 에피택시에서 균일한 온도 분포의 구조 모델링을 위한 시뮬레이션을 수행하였으며 분자 빔 에피택시(MBE) 시스템을 사용하여 실리콘(Si) 기판에 고농도 InGaN 및 long-InGaN 나노 와이어 이중접합 구조를 성공적으로 개발하였다. 다양한 In(인듐) 조성을 기판 온도의 변화를 통해 주입함으로써, 가시광 에너지 밴드를 가지는 나노와이어들의 구조적, 광학적 특성들이 조사되었다. 주사전자현미경(SEM)과 투과전자현미경(TEM)은 개발된 나노와이어들이, 기존의 나노와이어와 비교하여, 상당히 고품질로 성장되었음이 증명되었다. 새롭게 도입된 3-step 성장 기법을 통하여, InGaN 활성 영역을 획기적으로 증가시켰으며, 상분리가 상당히 감소된 우수한 광특성의 나노와이어들이 확인되었다. 이러한 단계별 온도 구배를 통한 균일한 조성분배 에피택시 성장기법은 다양한 1차원 나노 구조의 제작시 매우 중요한 플랫폼 기술이 될 것이다. 추가적으로, 우리는 본 연구를 통해 자외선부터 전체 가시광 영역의 방출을 위한, 멀티밴드구조 고품질 나노와이어를 성장하였고, InGaN을 부식이나 산화로부터 보호할 수 있는 코어-셸(core-shell) 구조도 성공적으로 제작하였다. 이렇게 제작된 InGaN 나노와이어는 전체 가시 스펙트럼 범위에서 빛을 방출하고 InGaN 표면을 표면 재결합으로부터 보호할 수 있는 역할을 할 것이다. 제안된 나노와이어 모델링 및 에피택시 성장 결과는 초고효율의 광전 소자를 제작하기 위한 중요한 요소 기술이 될 것이다.

Keywords: nanowire, InGaN, molecular beam epitaxy, LED

전기도금 공정에 의하여 제조된 Co-P 합금 박막의 자성 특성에 대한 연구

Dung T. To, 박덕용¹, Nosang V. Myung^{2,†}, 유봉영³, Saba Seyedmahmoudbaraghani⁴, 박선화⁵

University of Norte Dame, Department of Chemical and Biomolecular Engineering; ¹한밭대학교 신소재공학과;

²University of Notre Dame, Department of Chemical and Biomolecular Engineering; ³한양대학교, 재료공학과;

⁴Department of Chemical and Environmental Engineering, University of California, Riverside; ⁵KRISS
(nmyung@nd.edu[†])

Nanocrystalline cobalt-phosphorus ($\text{Co}_{100-x}\text{P}_x$) thin films were electrodeposited and their extrinsic magnetic properties were systematically studied by controlling various synthesis parameters. The crystalline thin films exhibited the perpendicular anisotropy which had the behavior of strip domains. The incorporation of phosphorus (P) atoms into cobalt (Co) lattice structure resulted in the transition from single to pseudo-domain particles. As P content augmented in the crystalline deposits, P precipitation at the grain boundary served as pinning sites, resulting in higher coercivity. Further increase in P content reduced the crystallinity of the deposits and thereby lowered perpendicular anisotropy and coercivity. Promotion of P content was observed at higher NaH_2PO_2 concentration, lower pH, and smaller film thickness. Temperature was also adjusted to tune P content by controlling the fraction of free Co^{2+} ions and complexes $\text{Co}(\text{NH}_3)_6$ in solution.

Keywords: Electrodeposition, Co-P thin film, Nanocrystalline, Magnetic property

Fabrication of Electric Conductive Film via Laser Patterning Process

신은애, 정제영, 이상봉, 이창기[†]

한국생산기술연구원
(withs@kitech.re.kr[†])

The radar sensor of an autonomous vehicle can deteriorate its detection performance when frost or moisture is generated in radar surface. Degraded radar detection performance while driving can cause serious accidents. As one of the methods to solve this problem, a heat generating film of a radar sensor is applied to remove moisture. Using CNT, which is a conductive material for heat generation, a conductive film composed of circuits was manufactured. The conductive circuit was manufactured through laser etching after coating CNT/CNF composite ink. The amount of CNT / CNF ink to be etched can be adjusted according to the energy and time of the laser. SEM analysis confirmed the thickness and morphology before and after laser etching. Also, the thermal stability of the conductive ink dispersed by compounding CNF with CNT was confirmed by TGA analysis.

Keywords: electric conductive film, laser etching, carbon nanotube

AZO/Cu/AZO의 Cu의 두께와 열처리 온도에 따른 전기적·광학적·구조적 특성

강찬희, 이상익, 임규민, 임상철, 이택영[†]

한밭대학교 공과대학 신소재공학과
(tylee@hanbat.ac.kr[†])

본 연구에서는 p-Si, sodalime glass 기판 위에 AZO/Cu/AZO 박막을 증착한 후 RTP를 이용하여 열처리를 진행하였다. 그 후 열처리온도에 따른 AZO/Cu/AZO 박막의 전기적, 광학적, 구조적 특성을 평가하였다.

P-type si 기판을 아세톤, 에탄올, DI water로 각 10분 간 세척한 후에 RF Sputter에 로딩 하였다. 그 후 Ar 분위기에서 RF 출력을 200W로 고정을 하며 먼저 AZO를 30nm 증착 한 후에 Cu는 4~12nm 두께로 증착하였다. 그런 다음 AZO를 30nm 증착하였다. 이후 RTP를 이용하여 질소 분위기에서 100 °C ~ 400 °C의 온도 범위에서 5분 동안 열처리하였다. 박막의 전기적 특성과 광학적 특성과 구조적 특성은 홀 효과, 광 루미네센스 (PL), X선 회절 (XRD)를 측정하여 조사하였다.

XRD 분석을 통해 AZO는 (100)면, Cu는 (111)면으로 Cu 두께가 증가 할수록 XRD 회절선의 피크 강도가 증가하였다. 열처리 온도에 따른 AZO, Cu의 XRD 회절선 피크를 평가하였다. Hall effect 장비를 통해 AZO/Cu/AZO 구조의 전기적 특성을 분석하였으며 Cu의 두께가 증가 할수록 이동도, 전기전도도가 증가하는 것을 확인하였고 비저항은 감소하는 것을 확인하였다.

Keywords: AZO, RF Sputter, RTA, XRD, Hall Effect, PL

패터닝을 통해 투명 전도성이 향상된 투명 전도막의 전기화학 성능 향상 연구

정석준, 김규호, 안효진[†]

서울과학기술대학교 신소재공학과
(hjahn@seoultech.ac.kr[†])

인류 역사의 발전에 있어서 화석연료는 매우 중요한 역할을 해왔지만, 화석연료의 계속된 사용으로 인해 발생하는 환경오염 및 자원 고갈 등이 문제로 제기되어 왔다. 이를 해결하기 위해서 화석연료를 전기화학 소자로 대체하는 연구가 세계적으로 활발히 진행되고 있다. 전기화학 소자의 에너지 효율 향상을 위해서는 소자를 구성하는 활물질, 전해질, 전도층의 성능을 높이는 방법이 있다. 그 중에서도 투명전도막은 외부회로와 전극 사이의 전자 전달 역할을 하며, 전자 전달 속도는 소자의 성능에 직접적으로 영향을 끼치는 요소 중 하나이다. 또한 전도층에 높은 투명성을 부여하여 투명한 전기화학 소자의 개발은 스마트 윈도우, 디스플레이 등으로의 적용성을 확장시킬 수 있는 중요기술로 여겨져 왔다. 본 연구에서는 금속 메쉬를 이용한 투명 전도막의 패터닝을 통해 높은 투과도와 전기화학 활성도를 가지는 전도층을 개발하였다. 높은 투과도 특성은 패턴 형태로 얇게 코팅 된 부분에 의해서 증가하고, 높은 전기화학 활성도는 투명 전도막의 패터닝으로 인해 활물질과의 증가한 접촉면적을 통해 발생하였다. 각각 다른 패턴 크기를 가지는 투명 전도막이 적용된 전기화학 반쪽 셀을 구현하였고, 그들의 성능향상 메커니즘을 체계적으로 분석하여 규명하였다.

Keywords: Patterning, Transparent conducting film, Optical property, Electrochemical properties

Advanced Metallization of Contact Fill Tungsten Thin Film Process with Controllable Growth System

김태성, 최석규, 박흥기, 선우훈, 김동우, 박진우, 권주연, 이건정, 윤원준, 전진호[†]

원익아이피에스
(jin_ho_jeon@wonik.com[†])

It is becoming an essential technique to achieve the gap-fill of tungsten metal thin films for the fabrication of sub-10 nm semiconductor devices. Seams and voids are commonly observed in the conventional tungsten chemical vapor deposition method due to difference in deposition rates inside wall of holes. For the successful gap-fill of tungsten, the control of deposition rates inside wall of holes is very critical. For the gap-fill tungsten, controlling deposition rate in the hole and line patterning each part is considered.

In this study, we introduce a controllable growth system to improve the gap fill capability by adjusting deposition rates in the sidewalls. As a result, we achieved successful gap-fill of tungsten metal thin film with reduced seams and voids, on the trench substrate with 27:1 aspect ratio. Prepared films were characterized by high-resolution transmission electron microscopy, X-ray fluorescence and resistivity probe.

Keywords: gap-fill, tungsten, seamless, void and seam, metallization

AZO 박막의 투명 기판의 종류와 RF 스퍼터링 파워 변화에 따른 전기적·광학적 특성

이상익, 강찬희, 임규민, 임상철, 이택영[†]

한밭대학교 신소재공학과, 반도체소재부품장비센터
(tylee@hanbat.ac.kr[†])

본 연구에서는 AZO 박막을 Glass 기판과 PES 기판 위에 RF 스퍼터링 파워를 변화하여 증착시킨 후, 제작된 AZO 박막의 전기·광학적 특성을 조사하였다.

Glass 기판과 PES 기판 위에 AZO 박막을 성장시키기 위해 Ar 가스를 50 sccm 주입하여 공정 압력을 5.0×10^{-3} torr로 유지하였고, 상온에서 스퍼터링 파워를 150 ~ 300 W 범위에서 변화시켰다. 박막의 특성을 X선 회절 (XRD), 홀 효과, 광루미네선스 (PL), 투과도를 측정하여 조사하였다.

모든 기판 위에서 AZO 박막은 c-축 방향으로 우선 배향되어 성장되었으며, RF 스퍼터링 파워가 증가함에 따라 XRD 회절선의 피크 강도가 감소하고 회절각 또한 감소하였다. 상온에서 측정된 PL 스펙트럼은 3.09 eV 부근에서 강한 강도의 에너지 갭 부근 발광이 검출되었다. RF 스퍼터링 파워에 따른 피크 위치의 변화는 관찰되지 않았다.

Glass 기판위의 AZO 박막의 전자 농도는 RF 파워가 150 ~ 300 W의 범위에서는 2.34×10^{20} 에서 $1.25 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 로 증가하였다. PES 기판위의 AZO 박막의 전자 농도는 RF 파워가 150 ~ 300 W의 범위에서는 2.08×10^{20} 에서 $1.15 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 로 증가하였다. 비저항은 RF 스퍼터링 파워가 증가함에 따라 증가한다.

Glass, PES 기판위의 AZO 박막 모두 가시광 영역 (400 ~ 780nm)에서 80% 이상의 투과율을 보인다.

Keywords: AZO, RF Sputter, XRD, Photoluminescence, Hall Effect, Transmittance

Morphology-controlled growth and photoelectrochemical properties of few-layer MoS₂ nanosheets

Dong-Bum Seo, Viet Dongquoc, Eui-Tae Kim[†]

Department of Materials Science and Engineering, Chungnam National University, Republic of Korea
(etkim@cnu.ac.kr[†])

The development of advanced materials for efficient photoelectrochemical (PEC) water splitting is notable topic to the field of renewable energy. Two-dimensional (2D) metal chalcogenides, such as MoS₂, MoSe₂, and WS₂, has been attracted huge research attention as a promising semiconductor for PEC water splitting due to their great electric transportation property, and strong PEC reaction under visible light. Among them, MoS₂ in 2D semiconductor with superior absorption on visible light and high catalytic activity has noticeable potential to applications based on PEC water splitting. Herein, we fabricated a PEC cell based various morphology of MoS₂ on indium tin oxide (ITO) substrate using metal-organic chemical vapor deposition (MOCVD) method. PEC photocurrent of vertically grown MoS₂ nanosheets was significantly enhanced compared to MoS₂ nanoparticle due to the efficient transfer of charge carrier and high density active site. The improved photocurrent on PEC performance was attributed to the efficient charge separation and improved light absorption of MoS₂ nanosheets. Meanwhile, photocurrent property of further thick nanosheets was decrease due to the diffusion length limit of carriers. This work suggest a valuable design of photoelectrode for suitable morphology like nanosheets for efficient PEC water splitting.

Keywords: Metal chalcogenides, MoS₂, photoelectrocatalysis, chemical vapor deposition

P-173

Study on the characteristics of AlN buffer layer deposited with RF-Magnetron sputter for GaN growth

강성호, 정우섭, 안민주, 심규연, 김효종, 변동진[†]

고려대학교 신소재공학과
(dbyun@korea.ac.kr[†])

When growing GaN directly on a sapphire substrate, it is difficult to grow excellent GaN due to a lattice mismatch between the GaN layer and the sapphire substrate and a difference in thermal expansion coefficient. AlN is mainly studied as a buffer layer to reduce the problems between the GaN layer and the sapphire substrate. In this study, the characteristics of the AlN buffer layer to grow an excellent GaN epitaxial layer were studied. As the AlN buffer layer deposited on the C-plane sapphire substrate, RF-magnetron sputter was used, and temperature was used as a variable. XRD and SEM AFM were used to analyze the properties of the deposited AlN buffer layer.

Keywords: RF-magnetron sputter, AlN, Aluminium nitride

Synthesis of Forsterite(Mg_2SiO_4)-Cordierite($Mg_2Al_4Si_5O_{18}$) nano particles for millimeter wave and study of their properties

성우준, 장현배, 김정윤, 권도균[†]

한국항공대학교 신소재공학과
(dkwon@kau.ac.kr[†])

For 5G⁺, 6G mobile communications, high frequency of millimeter wave region is expected to be applied for high speed and larger data transfer. Forsterite(Mg_2SiO_4) and Cordierite($Mg_2Al_4Si_5O_{18}$) which has low dielectric constant($< 6.8, 5$) and high Q factor which is the inverse of dielectric loss at high frequency are promising crystalline materials for millimeter waves.

In this study, crystalline forsterite was hydrothermally synthesized and cordierite amorphous nano particles were synthesized by a two step process of sol-gel method, hydrothermal reaction

These synthesized forsterite and cordierite particle's phase formations and shapes were estimated by FE-SEM, X-ray diffractometer. In addition these ceramic's bulk properties are estimated as sintering, dielectric properties.

Keywords: Forsterite, Cordierite, Hydrothermal synthesis, millimeter wave, Low dielectric, High Q dielectrics

Lift-off Fabrication Suitable for Design of Thick Multilayer Dielectric Reflective Film in Laser Direct Patterning Photo Mask for 1064nm Wavelength

인장식, 정대용[†], 지성엽, 김민규

인하대학교
(dyjeong@inha.ac.kr[†])

This paper presents a novel fabrication method of dielectric masks for high-power laser ablation. Existing wet etching-based fabrication methods have been limited to thin film design with less than 1 μ m due to the limitation of etch selectivity between dielectric materials and resist, and high fabrication cost. In this study, the dielectric film was designed to have a thickness of about 2.9 μ m (1064 nm wavelength, 99.1%) by electron beam evaporation with a lower process temperature. After optimizing the dose and development conditions for a negative resist having high temperature heat resistance (180 °C), the lift-off conditions were optimized. In this paper, we demonstrated precise patterning with high fidelity, minimum line width of 10 μ m, and 3 σ CD uniformity of 0.33 μ m. Finally, the fabricated photomask was mounted on the laser projection system, and then the Ag nanowires coated on the PET substrate were patterned. At this time, a high productivity linear beam scan pattern was performed by converting the Gaussian type beam from the laser source into a flat top type. We obtained processing results that depend on the precision pattern performance of the dielectric mask even in the low cost configuration of the laser system. In conclusion, the lift-off fabrication can contribute to reducing the cost of laser equipment. It is expected that the securing of precision patterning technology for dielectric masks can replace contact/proximity photolithography in the existing micro-patterning market.

Keywords: Laser ablation, Dielectric masks, Lift off, Ag nanowire

전기도금 된 Cobalt-계 합금 박막의 자성특성에 대한 연구

박덕용[†], N.V. Myung¹

한밭대학교 신소재공학과; ¹University of Notre Dame, Department of Chemical and Biomolecular Engineering
(dypark@hanbat.ac.kr[†])

Magnetic properties of the electrodeposited of binary CoPt and ternary CoPtP thin films were systematically investigated by varying the several electrodeposition parameters such as electrolyte composition (i.e. Co^{2+} and Pt^{4+} ion concentrations), solution pH, and current density for binary CoPt thin films and electrolyte composition (i.e. NaH_2PO_2 concentration) and current density for the ternary CoPtP thin films, respectively. Dependences of several electroplating parameters on current efficiency, film composition, magnetic properties (i.e. coercivity and squareness) and microstructure were studied. For the binary CoPt thin films, the maximum coercivities ($H_{c, //} = \sim 1600$ Oe, and $H_{c, \perp} = \sim 2500$ Oe) were measured at the deposit conditions including 0.01 M H_2PtCl_6 , 0.04 M Co-pyrophosphate, $7.5 \text{ mA}\cdot\text{cm}^{-2}$ and solution pH 8. In the case of the ternary CoPtP thin films, the maximum coercivities ($H_{c, //} = \sim 2600$ Oe, and $H_{c, \perp} = \sim 3800$ Oe) were obtained at the deposit conditions including 0.015 M H_2PtCl_6 , 0.07 M Co-pyrophosphate, 0.8 M NaH_2PO_2 , $7.5 \text{ mA}\cdot\text{cm}^{-2}$ and solution pH 9.

Keywords: Electrodeposition, Cobalt alloys, Magnetic property, Co-Pt thin film

표면개질을 통한 다이아몬드 소결체의 강도 향상

이민수, 박재영, 박동열¹, 김호형[†]

한국생산기술연구원 부품기능연구부, ¹신한다이아몬드공업(주)
(khh0524@kitech.re.kr[†])

반도체 실리콘 웨이퍼를 제조하기 위해 실리콘 잉곳을 성장시키고 슬라이싱 한 후 후면을 다이아몬드 소결체를 이용하여 평탄하게 가공하는 공정이 필요하다. 이때 사용되는 다이아몬드 소결체는 연마에 필요한 다이아몬드와 연마 시 발생하는 chip과 연삭유를 배출할 수 있는 기공을 형성하기 위한 기공재 및 가혹한 가공조건하에서도 다이아몬드 입자의 탈락이 발생하지 않게 하기 위한 결합재로 구성되어 있다. 이러한 각 구성 소재간의 분산성 확보는 웨이퍼의 연마 균일도 향상과 가공부하 저하 및 소결체 강도를 향상시킬 수 있는 중요한 요소이다.

본 연구에서는 다이아몬드 소결체의 구성 소재간의 분산성을 향상시키기 위해 다이아몬드, 기공재의 표면전하 개질을 통해 정전기적 척력을 유도하였고 결합재를 coupling agent로 표면개질하여 결합력을 증가시킴으로서 다이아몬드의 grip force를 높임으로 가공품의 직접적 영향을 받는 소결체의 강도를 향상시킬 수 있었다.

Keywords: Surface modification, Diamond, abrasive, Dispersion

Growth of various metal oxide nanostructures by gradient of thermal expansion coefficient

류학기[†], 김영호, 김노을, 배지권

아주대학교 에너지시스템학과
(hakkiyu@ajou.ac.kr[†])

When the nanostructure is formed, the physical, chemical, electrical, and optical properties of the material change dramatically compared to the bulk. The properties of these nanostructures are used in various sensors such as gases, optics, and liquids. Nanostructures are synthesized by various techniques such as evaporation, vapor-liquid-solid growth (VLS), electrochemical deposition, and colloid dispersion, but there are disadvantages that it is difficult to control the density and length of the nanostructure, and additional processes such as catalyst film deposition are required. In order to compensate for this problem, in previous studies, the WO₃ nanostructure was grown using the thermal expansion coefficient, and it was used as a UV sensor. Based on the ideas of previous research, this study confirms the formation of nanostructures due to differences in thermal expansion coefficients of various metal oxides. And we will try to utilize the nanostructures as sensors by measuring the electrical and optical properties of the formed nanostructures.

Keywords: metal Oxide, Nanostructure, CTE, Thermal expansion coefficient, growth

Mass transport barrier using Multi-Layer Graphene

신호준, Daba Deme Megersa, 류학기[†]

아주대학교 에너지시스템학과
(hakkiyu@ajou.ac.kr[†])

The effect of Multi-layer Graphene(MLG) coating on copper film on the stability of film and the ability as mass transport barrier was studied. According to the previous research, when Single Layer Graphene(SLG) is coated on metal, metals such as Cu and Ag and Cu-Ni alloy are protected from oxidation and corrosion, and diffusion to Si and SiO₂ can be prevented. However, if a defect occurs during the SLG process, the diffusion of metal is concentrated on the defect and the barrier ability is lost. To improve this, we intend to use graphene as a mass transport barrier by stacking graphene as a multi-layer to reduce the probability that defects in individual graphene layers are aligned in a row.

In this study, we will focus on improving the thermal stability of Graphene-copper-Graphene samples made by repeating the wet transfer method. In order to check the thermal stability, the melting point through DTA analysis and after high-temperature heat treatment, the surface condition is analyzed through OM, SEM, and AFM to find out the possibility of applying the copper film protected by MLG to the high-temperature process.

Keywords: graphene, mass transport barrier, thermal stability, wet transfer method

Direct In-situ Synthesis of TMD/CeO₂ Multi-Heterostructures by Sequential Pulsed Laser Deposition

Inhyeok Oh, Sehun Seo, Jun-Cheol Park, Sanghan Lee[†]

Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)
(sanghan@gist.ac.kr[†])

Transition metal dichalcogenides (TMDs) have a high degree of freedom to form interfaces with various materials owing to weak out-of-plane van der Waals interaction. Furthermore, their dangling-free-interfaces lead to a low density of interface trap and reduced scattering. Notably, multi-heterostructures (MHs) of atomically thin TMDs layers combined with metal oxide have gained significant attention to investigate their emergent phenomena in charge transport and optical properties. In spite of this advantage of MHs-TMDs combined with metal oxides, the fabrication of MHs-TMDs has been significantly challenging using conventional methods thus far. Compared to other conventional deposition methods, sequential pulsed laser deposition (PLD) has the advantage of being able to continuously stack various types of materials at low temperatures. Herein, we fabricated centimeter-scale in-situ MHs TMDs such as MoS₂/WSe₂, MoS₂/CeO₂, and MoS₂/WSe₂/CeO₂ on Si/SiO₂ substrates via PLD with multi-target carousels system. We performed X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) and Raman spectrum analysis to observe the structural properties of TMDs heterostructures. Additionally, the sharp interface of each layer in heterostructures was verified via transmission electron microscopy (TEM) and energy dispersive spectroscopy (EDS) mapping. We believe that our research will be a cornerstone not only for the fabrication and characterization of various TMDs heterostructures but also for the realization of functional devices based on them.

Keywords: transition metal dichalcogenides, molybdenum sulfides, tungsten selenides, cerium oxide, pulsed laser deposition, heterostructure

All-solid-state battery inspired Li-ion based artificial synapse

백지현, 장호원[†]

서울대학교 재료공학부
(hwjang@snu.ac.kr[†])

Artificial synaptic devices are key building blocks for neuromorphic computing systems that can go beyond the constraints of von Neumann architecture. The intercalation of Lithium ion-based two-terminal synaptic device is developed for improved weight updating in hardware-based neuromorphic systems. Herein, all-solid-state battery-inspired artificial synaptic devices are demonstrated. The developed ion synapse consists of the most traditional cathode material, lithium cobalt oxide (LCO) thin film layers and a centrally inserted solid electrolyte lithium titanate (LLTO) thin film. The resistance states of Li_xCoO_2 thin film can be adjusted continuously by sequential input voltage pulses train, and that these resistance states depend on the pulses input conditions. Lithium cations in Lithium cobalt oxide layer can migrate from one side of LCO layer to the other side of LCO layer through LLTO solid electrolyte under programming voltage pulse or bias sweep, resulting in change of total conductance correspond to synaptic weight, hence emulating biological synapse plasticity. Therefore, these Li_xCoO_2 -based synaptic devices allow for a combination of possibilities, offering new perspectives of usage in nanoelectronics and bio-inspired neuromorphic circuits.

Keywords: artificial synapse, neuromorphic, battery-inspired

All Inorganic Copper-Based Halide Perovskites as ReRAM Artificial Synapses for Neuro-Computing

곽경주, 장호원^{1,†}

서울대학교 재료공학부 대학원생; ¹서울대학교 재료공학부 교수
(hwjang@snu.ac.kr[†])

The progress of Moore's law has been fueling a growing-demand for computing. However, there is a gap between the amount of data generated and computing efficiency. The two main reasons are the saturation of processing speed, and the bottleneck which appears between the storage and computing unit. Because the processing unit and storage unit of a von Neumann computer are located separately, there is a time delay for data to move from one unit to another, which is called 'data bus'. We can eliminate the 'data bus' itself by designing a new hardware which makes possible in-memory operations. In the case of redox RSMs, the redox reaction rate and ion migration speed decides the switching speed. The Electro chemical mechanism refers to using an electrochemically active metal for the top electrode. The ReRAM works through the creation of filaments made of ions or vacancies, therefore the halide perovskite is a promising material for resistive switching. Also, they allow facile fabrications and are easy to tune the bandgap through controlling the types and the ratio of Halogen elements. Herein copper based HPs, which are eco-friendly and relatively environmentally stable, are suggested as artificial synapses. Typical synaptic behaviors such as potentiation and depression, SVDP, SWDP are demonstrated that.

Keywords: artificial synapses, copper-based halide perovskites, ReRAM

Fabrication of anti-ESD photomask with charge channeling by introducing transparent conductive material between chromium patterns through partial erosion control of resist

인장식, 정대용[†], 김승욱, 김삼정

인하대학교

(dyjeong@inha.ac.kr[†])

Conductive ITO materials were introduced in the form of bridging between Chromium patterns to improve the electrostatic-induced pattern damage problem of contact type lithography photomasks. It is very difficult to deposit a conductive material without electrical disconnection due to the undercut nature of the Chromium layer, which inevitably occurs due to the isotropic nature of wet etching. In this work, a method called UV-Assisted-Partial-Strip (UAPS) was used to appropriately induce changes in the solubility and erosion properties of the resist through additional UV irradiation and optimization of the alkaline solution process after the standard lithography process. Subsequently, it was induced to facilitate connection with Chromium during the deposition of conductive ITO(Indium Tine Oxide). The optimized ITO thin film had a thickness of 20 nm, a sheet resistance of $3.0 \times 10^2 \Omega / \text{cm}^2$, and a light transmittance of 84 %.

In the hand silicon rolling test, the ITO-coated specimen showed more than 6 times more electrostatic durability than the uncoated specimen. In the electrostatic discharge immunity test using an electrostatic application gun, the maximum endurance limit of the ITO-coated specimen was 28 kV, whereas the uncoated specimen had a maximum endurance limit of 1.8 kV. This study proposes a high performance anti-static photomask technology that can achieve high transmission without electrical disconnection through partial erosion control of resist called UAPS (UV-Assisted-Partial-Strip).

Keywords: Photomask, Contact Lithography, Electrostatic Damage, Transparent Conductive Oxide

알칼리 수전해 내 수소 생산 향상을 위한 환원된 산화그래핀에 담지된 표면 상조절된 산화 니켈 나노 입자에 대한 연구

조승근, 이정우[†]

부산대학교 재료공학과, 부산대학교 대학원
(jungwoolee@pusan.ac.kr[†])

수소는 차세대 대체 에너지로 각광받고 있으며, 이러한 수소를 친환경 방식으로 대량 생산하기 위해서는 수전해 기술의 발전이 필요하다. 또한, 수전해를 통한 수소 생산의 효율을 높이기 위해서는 저렴하고 높은 효율을 갖는 촉매 생산에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 산화니켈 나노 입자를 환원된 산화그래핀 위에 담지한 후 환원 분위기에서 열처리 과정을 통해 산화니켈 표면의 상을 부분적으로 조절하였다. 산화니켈 입자는 나노 크기의 형태로 균일하게 형성되었으며, 열처리 과정을 거쳐 부분적으로 금속 니켈과 산화 니켈이 공존하는 형태로 변화하였다. 또한, 합성된 촉매의 전기화학 분석을 통해, 열처리 전의 NiO/rGO는 수소 생산 반응에서 10 mA cm⁻²의 전류 밀도에 도달하는 데 353 mV가 소요되었으나 열처리된 A-NiO/rGO의 경우 201 mV만으로 동일 전류 밀도 값에 도달하는 것을 확인하여, 열처리를 통한 촉매의 활성 향상을 확인하였다. 또한, A-NiO/rGO에 대한 내구성 평가에서 1,000 사이클의 산화 환원 반복과 12 시간 동안의 전압 인가에도 전기화학 성능을 유지하여, 내구성 또한 우수함을 증명하였다. 최종적으로, 합성된 촉매를 수전해 시스템에 적용하여 전극 표면에서의 수소 생산을 확인함으로써, 본 촉매가 알칼리 수전해 시스템에 사용될 수 있음을 확인하였다.

Keywords: 수소 생산, 알칼리 수전해, 니켈-산화 니켈, 시너지 효과, 후-열처리공정

질소 도핑 된 산화 그래핀에 담지된 팔라듐-루테튬 합금의 산소환원반응 특성

박길령, 이정우[†]

부산대학교 재료공학과, 부산대학교 대학원
(jungwoolee@pusan.ac.kr[†])

수소 경제 사회 실현에 필수적인 연료전지 수소차 대중화를 위한 연구, 개발이 세계적으로 활발히 진행되고 있다. Zero-emission, 짧은 충전시간, 긴 주행거리 등의 장점에도 불구하고 수소차의 높은 가격으로 인해 수요의 급증을 기대하기는 어렵다. 연료전지 셀 스택 가격의 26%를 차지하는 Pt/CB 촉매는 가격 문제 외에도 카본블랙 담지체의 열화에 의해 셀의 내구성이 감소하는 단점이 있다. 그럼에도 Pt/CB 촉매는 전지 반응의 속도 결정 단계인 산소 환원 반응(ORR) 속도를 향상시키기 위해 필수적이다. 따라서 Pt/CB 이상의 내구성을 보이는 저렴한 촉매의 개발이 필요하다. 본 연구에서 Pd-Ru 합금을 질소가 도핑된 산화 그래핀(NGO)에 담지한 촉매를 마이크로파를 이용한 가열 방법으로 합성했다. Pd-Ru/NGO 촉매는 5 wt%의 금속 함량을 가지며 20 wt% Pt/CB 보다 낮은 가격으로 제작할 수 있다. 도핑된 질소로 인해 그래핀 시트 내의 반응기 수가 증가하여 2.4 nm의 작은 금속 입자가 균일하게 성장했다. 이에 따른 촉매 표면적 증가의 효과로 ORR 반응 시 Pt/CB 촉매를 사용했을 때 보다 높은 한계전류를 생성했다. 또한 Pd-Ru/NGO 촉매에 ORR 구동을 가할수록 반응에 유리한 방향으로 재료에 구조적 변화가 발생했다. 1000 cycle의 반응 후, 초기 한계전류의 140%에 해당하는 값을 가졌고 Pt/CB는 95%의 값을 가졌다. 이에 우수한 내구성을 확인했으며 연료전지 시스템에 산소환원반응 촉매로 적용할 수 있음을 확인했다.

Keywords: 연료전지, 산화 그래핀, 질소 도핑, 팔라듐, 루테튬, 산소환원반응

Quasi-2D halide perovskites based Resistive random-access memory devices for ON/OFF ratio and long-term stability

Hyojung Kim, Ho won Jang[†]

Department of Materials science and Engineering, Seoul National University, Seoul, Korea, 08826
(hwjang@snu.ac.kr[†])

Resistive random-access memory (ReRAM) devices based on halide perovskites have recently emerged as a new class of data storage devices, where the switching materials used in these devices have attracted extensive attention in recent years. Thus far, three-dimensional (3D) halide perovskites have been the most investigated materials for resistive switching memory devices. However, 3D-based memory devices display ON/OFF ratios comparable to those of oxide or chalcogenide ReRAM devices. In addition, perovskite materials are susceptible to exposure to air. Herein, we compare the resistive switching characteristics of ReRAM devices based on a quasi-two-dimensional (2D) halide perovskite, PEA2Cs3Pb4I13, to those based on 3D CsPbI3. Astonishingly, the ON/OFF ratio of the PEA2Cs3Pb4I13-based memory devices (109) is three orders of magnitude higher than that of the CsPbI3 device, which is attributed to a decrease in the high-resistance state (HRS) current of the former. This device also retained a high ON/OFF current ratio for 2 weeks under ambient conditions, whereas the CsPbI3 device degraded rapidly and showed unreliable memory properties after 5 days. These results strongly suggest that quasi-2D halide perovskites have potential in resistive switching memory based on their desirable ON/OFF ratio and long-term stability.

Keywords: Resistive random-access memory devices, quasi-2D halide perovskites, ON/OFF ratio, long-term stability

◆ 좌장리스트 ◆

성함	소속	날짜	시간	발표회장	세션코드
강길선	전북대	5월 13일	09:10~10:25	A발표회장	B
김봉훈	송실대	5월 13일	09:10~10:10	F발표회장	G
김상섭	인하대	5월 13일	16:10~16:50	기조강연장	PT
김세훈	KATECH	5월 13일	10:35~11:50	E발표회장	D
김연상	서울대	5월 13일	10:35~11:50	G발표회장	F
김유진	KICET	5월 14일	09:30~10:30	D발표회장	B
김진혁	전남대	5월 13일	09:00~18:00	포스터발표장	P
김태욱	전북대	5월 14일	09:30~10:40	C발표회장	A
손창식	신라대	5월 13일	13:00~13:50	A발표회장	SA
신병하	KAIST	5월 13일	09:10~10:10	C발표회장	C
신병하	KAIST	5월 14일	09:30~12:05	A발표회장	SG
심욱	전남대	5월 13일	09:30~11:45	D발표회장	SD
심욱	전남대	5월 13일	13:00~14:40	D발표회장	SD
안철우	KIMS	5월 13일	10:35~11:45	B발표회장	A
이동윤	부산대	5월 13일	14:00~14:45	A발표회장	G
이상진	KRICT	5월 13일	10:35~11:35	F발표회장	G
이성희	목포대	5월 13일	13:00~15:40	B발표회장	SB
이승기	부산대	5월 14일	09:30~11:45	B발표회장	SH
이응규	경희대	5월 13일	14:10~15:10	G발표회장	F
이창훈	KIMS	5월 13일	13:00~15:40	F발표회장	SF
이해석	고려대	5월 13일	10:35~11:50	A발표회장	SA
장호원	서울대	5월 13일	09:10~10:25	G발표회장	E
김영윤	KRICT	5월 14일	10:50~11:25	D발표회장	B
정대용	인하대	5월 13일	09:10~10:20	B발표회장	A
조성진	경북대	5월 13일	13:00~14:00	G발표회장	F
지창욱	KITECH	5월 13일	09:10~10:10	E발표회장	D
허재영	전남대	5월 13일	10:35~11:35	C발표회장	C
현상일	KICET	5월 13일	13:00~15:05	E발표회장	SE
홍기현	충남대	5월 14일	10:50~11:50	C발표회장	A
홍영준	세종대	5월 13일	13:00~16:05	C발표회장	SC

◆ 저자인덱스 ◆

강관수 P-46	권초아 P-152	김병욱 A-6	김연주 P-37
강달영 F-10	권형문 P-91	김보필 B-9	김영록 B-6
강동균 C-5	권혜영 P-165	김봉훈 G-3	김영빈 G-6
강동준 P-137	금형섭 B-9	김사웅 SC-7	김영주 P-10
강민구 SA-3	김경남 P-125	김삼정 A-4	김영호 P-178
강민지 SH-5	김규호 P-169	김삼정 P-183	김우철 SF-6
강민혜 D-3	김기환 P-95	김상모 E-3	김원호 P-116
강민혜 D-6	김나경 P-100	김상섭 E-4	김유리 P-141
강민혜 P-124	김나경 P-101	김상섭 P-134	김유미 B-9
강성호 G-4	김나경 P-103	김상섭 P-145	김유진 B-9
강성호 P-161	김남훈 P-125	김상섭 P-135	김윤기 P-111
강성호 P-173	김노을 P-178	김상섭 P-136	김윤기 P-148
강순형 P-93	김대근 P-115	김상준 P-149	김윤석 F-7
강윤목 C-5	김대근 P-106	김성근 P-91	김은미 P-142
강윤찬 P-72	김대한 P-99	김성대 SF-1	김은비 SC-7
강은영 P-113	김도경 C-7	김성운 P-165	김은아 P-74
강재희 P-26	김도경 D-8	김성웅 SF-2	김은아 P-77
강천연 SF-1	김도균 P-105	김성현 G-9	김은아 P-67
강종윤 P-132	김도균 P-158	김성현 P-70	김의태 G-5
강준희 P-96	김도영 P-107	김성현 P-69	김의태 G-10
강찬희 P-171	김도훈 F-1	김성현 P-73	김인수 SF-5
강찬희 P-168	김도훈 F-5	김세훈 SB-3	김일두 C-6
고경민 P-159	김도훈 F-3	김수길 P-90	김지연 SC-7
고재혁 P-99	김도훈 P-143	김수영 E-5	김재국 SD-5
고 준 P-114	김동규 C-7	김수영 P-162	김재득 D-2
고 준 P-115	김동명 P-80	김수진 P-142	김재원 P-110
곽경주 P-182	김동수 G-6	김승언 SF-2	김재원 P-116
곽지혜 P-95	김동우 P-170	김승욱 A-13	김재원 P-117
구병진 SD-6	김동환 C-5	김승욱 A-4	김재훈 P-117
구본우 P-140	김득현 P-137	김승욱 A-8	김정윤 P-174
구본울 G-2	김록원 SE-1	김승욱 P-183	김정현 P-49
국승우 C-1	김민 B-10	김승준 A-11	김정현 P-112
권도균 A-1	김민규 A-13	김승준 A-9	김정현 P-155
권도균 P-174	김민규 A-8	김승준 P-14	김정환 SB-5
권용우 A-5	김민규 A-4	김승준 P-4	김정훈 P-78
권용우 P-18	김민규 P-175	김승준 P-7	김정훈 P-56
권용우 P-5	김민성 P-100	김신호 P-70	김종석 P-15
권일영 P-70	김민성 P-101	김신호 P-69	김종헌 C-6
권일영 P-69	김민성 P-103	김양도 G-7	김주형 P-72
권일영 P-73	김민수 P-37	김양도 P-69	김주훈 P-122
권주연 P-170	김민종 SE-1	김양도 P-70	김주훈 P-128
권초아 P-31	김민준 F-7	김양도 P-73	김주훈 P-129
권초아 P-151	김범성 P-23	김양도 P-110	김준아 P-97



◆ 저자인덱스 ◆

김준연 P-163	김효진 P-147	민유호 B-8	박지선 P-1
김준엽 P-30	김후연 F-9	박기대 P-72	박지선 P-46
김준엽 P-151	나경호 P-33	박기민 P-36	박지성 SF-2
김지연 P-28	나사균 P-12	박길령 P-185	박지호 I-1
김지현 P-37	나영상 SF-6	박덕용 P-176	박진성 G-1
김진솔 C-5	나주원 D-4	박덕용 P-166	박진우 P-170
김진아 P-149	남건희 P-56	박동열 P-177	박진우 P-163
김진영 E-4	남기원 P-100	박명철 P-91	박진홍 A-9
김진영 P-134	남대현 SD-7	박병진 SB-5	박진홍 A-11
김진영 P-135	남명성 E-4	박상준 D-9	박진홍 P-7
김진영 P-145	남명성 P-134	박선화 A-10	박진홍 P-4
김진영 P-136	남명성 P-135	박선화 P-166	박진홍 P-14
김진주 B-9	남명성 P-145	박성은 SA-3	박진희 P-63
김진혁 P-56	남명성 P-136	박성준 SF-1	박진희 P-60
김진혁 P-84	남옥현 SC-4	박성환 D-6	박진희 P-59
김진혁 P-65	노승준 I-1	박성환 D-7	박진희 P-62
김진혁 P-90	도정현 SF-5	박성환 P-121	박진희 P-64
김진혁 P-80	라용호 P-165	박성환 P-124	박진희 P-61
김진혁 P-142	류상완 SC-5	박소용 P-30	박현국 P-122
김철우 P-120	류상완 F-2	박수영 P-107	박현국 P-128
김철우 P-114	류철희 P-49	박시진 P-62	박현국 P-129
김치호 P-69	류철희 P-155	박시진 P-64	박현순 SB-2
김치호 P-73	류하영 P-111	박시진 P-61	박현우 A-6
김치호 P-70	류학기 P-178	박시진 P-60	박현정 C-5
김태성 P-170	류학기 P-179	박시진 P-63	박현중 SD-9
김태일 SC-6	마병진 SE-4	박시진 P-59	박현진 G-9
김태환 F-9	명재민 F-3	박영훈 P-26	박형권 SF-1
김태훈 SH-4	명재민 F-12	박용일 F-4	박흥기 P-170
김판주 F-4	명재민 F-8	박재영 P-36	방재훈 P-130
김판주 F-2	명재민 F-5	박재영 P-177	방재희 D-6
김한울 A-1	명재민 F-10	박재영 P-109	방재희 D-3
김현석 C-6	명재민 F-1	박재한 P-69	방재희 P-124
김현우 P-130	문기훈 D-5	박재한 P-70	배강빈 F-7
김혜민 G-9	문기훈 D-6	박재한 P-73	배성수 G-5
김혜진 SE-1	문기훈 P-124	박재홍 C-4	배성환 I-1
김호형 P-36	문병기 SF-4	박정웅 E-3	배성환 B-6
김호형 P-177	문병준 F-4	박정윤 P-54	배수강 SH-2
김호형 P-109	문승언 P-78	박정환 P-100	배시영 SC-2
김효정 P-34	문준오 SF-1	박정환 P-101	배예지 P-57
김효종 G-4	민관홍 SA-3	박정환 P-103	배종혁 P-105
김효종 P-150	민유호 I-1	박제형 P-159	배지권 P-178
김효종 P-161	민유호 A-10	박종현 P-147	배진원 P-15
김효종 P-173	민유호 B-6	박중규 P-39	백성두 F-12

◆ 저자인덱스 ◆

백성두 F-10	손호기 C-4	안철우 I-1	유 근 P-64
백성두 F-8	손호기 F-7	안철우 A-10	유다영 G-7
백승진 C-7	송기안 P-115	안철우 B-8	유동재 P-130
백지현 P-181	송민 P-40	안철우 B-6	유병준 B-9
백태종 P-41	송민 P-40	안효진 G-2	유병영 P-166
백태종 P-55	송수민 P-95	안효진 P-38	유재수 B-12
변동진 G-4	송요셉 P-23	안효진 P-169	유재수 C-8
변동진 P-150	송채연 B-9	안희주 F-5	유효상 P-120
변동진 P-161	송태영 A-1	안희주 F-3	유효상 P-114
변동진 P-173	송현규 SC-5	안희주 F-1	유효상 P-115
변영민 P-146	송현철 P-132	양동훈 E-4	윤영훈 P-89
변영민 P-107	송희은 SA-3	양동훈 P-134	윤윤하 B-8
변종민 P-112	신가윤 P-130	양동훈 P-145	윤윤하 B-6
사기동 SC-7	신도영 F-11	양동훈 P-135	윤원준 P-170
서동범 G-10	신동욱 P-165	양동훈 P-136	윤재식 P-32
서동범 G-5	신병하 P-99	양병진 P-105	윤재식 P-35
서동원 P-2	신병하 P-163	양병진 P-158	윤재호 SA-4
서우석 P-126	신상민 SB-5	양성웅 P-89	윤재호 P-95
서은주 P-137	신은애 P-167	양성웅 P-88	윤정철 P-89
서재인 P-27	신호준 P-179	양재열 P-32	윤진호 P-140
서정희 P-46	신효원 P-77	양재열 P-35	윤태열 P-55
서종현 P-15	신효원 P-67	양찬우 P-160	이강현 F-7
서항식 P-91	신효원 P-74	어광준 SF-3	이건정 P-170
서형탁 P-57	심규연 G-4	어광준 SB-6	이경명 P-111
서형탁 P-10	심규연 P-150	엄대영 P-28	이관훈 SE-4
서형탁 P-133	심규연 P-161	오성찬 D-8	이니은 P-92
서형탁 P-157	심규연 P-173	오승탁 P-112	이남규 A-6
서희원 G-6	심우형 P-154	오유상 P-127	이다정 P-76
선우훈 P-170	심욱 P-143	오유상 P-108	이덕락 PT-1
성기욱 P-38	심현우 P-106	오정균 P-28	이동윤 G-7
성우준 A-1	안건형 P-64	오주원 F-12	이동현 SB-5
성우준 P-174	안건형 P-61	오주원 F-8	이민규 P-25
손미영 P-137	안건형 P-62	오현주 P-105	이민수 P-36
손영국 P-98	안건형 P-60	오현주 P-158	이민수 P-177
손영국 P-97	안건형 P-59	오형석 SD-2	이민수 P-109
손종태 P-77	안건형 P-63	우호영 P-55	이민준 P-15
손종태 P-74	안민주 G-4	우호영 P-41	이백주 P-2
손창식 SA-1	안민주 P-150	원종우 SF-6	이병권 E-1
손창식 P-98	안민주 P-161	유 근 P-63	이상관 SB-5
손창식 P-97	안민주 P-173	유 근 P-61	이상복 SB-5
손창식 P-100	안성준 P-164	유 근 P-62	이상봉 P-167
손창식 P-101	안성진 P-27	유 근 P-60	이상섭 P-19
손창식 P-103	안철민 D-1	유 근 P-59	이상엽 B-9



◆ 저자인덱스 ◆

이상욱 SE-3	이영근 P-64	이준엽 P-124	임지호 A-4
이상욱 P-88	이영인 P-49	이준철 B-9	임지호 A-8
이상욱 P-89	이영인 P-112	이지민 B-9	임태홍 P-109
이상운 P-97	이영인 P-155	이지은 P-140	장마오 G-7
이상운 P-98	이영채 P-157	이진규 P-115	장수영 P-65
이상익 P-171	이용준 P-26	이진리 P-15	장시영 P-141
이상익 P-168	이원재 P-56	이찬기 P-140	장우영 P-39
이상진 G-9	이유나 P-27	이찬우 SD-4	장재훈 SF-1
이상진 G-11	이은경 D-1	이창기 P-167	장정남 P-91
이상진 G-1	이은경 D-3	이창훈 SF-1	장정호 P-43
이상한 P-33	이은경 D-6	이철로 P-28	장정호 P-39
이상현 F-2	이은경 D-5	이철호 F-7	장정호 P-40
이상현 F-4	이은경 D-7	이충호 P-127	장정호 P-48
이상화 SB-6	이은경 P-121	이충호 P-108	장종문 A-10
이상희 SA-3	이은경 P-124	이태경 SA-3	장종문 B-8
이석환 P-137	이은영 F-4	이태원 B-6	장종문 B-6
이석희 P-97	이은영 F-2	이태윤 P-25	장한휘 F-7
이석희 P-98	이응규 F-6	이태호 SF-1	장헌배 P-174
이성수 P-164	이인환 C-4	이택영 P-171	장호원 P-34
이성희 SB-1	이인환 F-7	이택영 P-168	장호원 P-181
이성희 P-118	이인환 F-9	이하영 P-130	장호원 P-102
이성희 P-119	이인환 F-11	이하울 P-43	장호원 P-182
이승열 F-4	이재신 P-19	이학현 G-6	장효식 P-95
이수범 P-59	이재연 P-64	이한샘 P-23	전민정 D-7
이수범 P-64	이재연 P-61	이해석 C-5	전민정 D-6
이수범 P-63	이재연 P-63	이현승 P-141	전민정 P-121
이수범 P-61	이재연 P-59	이호성 P-141	전상언 P-102
이수범 P-60	이재연 P-60	이호영 P-1	전상용 B-9
이수범 P-62	이재연 P-62	이화평 A-13	전재열 P-114
이승곤 P-98	이재현 SH-1	이화평 A-8	전재열 P-115
이승민 P-25	이전국 P-126	이환욱 P-18	전준영 D-9
이승용 D-8	이정근 P-146	인장식 P-183	전진호 P-26
이승철 D-4	이정수 P-38	인장식 P-175	전진호 P-170
이승훈 P-73	이정우 A-10	임가람 SF-6	전현욱 P-110
이승훈 P-69	이정우 P-184	임규민 P-171	전현욱 P-117
이승훈 P-70	이정우 P-185	임규민 P-168	전형탁 A-6
이연승 P-12	이정훈 A-6	임병용 P-106	전호제 P-54
이영국 C-1	이종국 P-114	임상철 P-171	전호제 P-96
이영근 P-63	이종연 P-133	임상철 P-168	전호제 P-31
이영근 P-59	이준엽 D-6	임성호 P-26	전희경 P-142
이영근 P-61	이준엽 D-3	임연수 E-1	정건욱 SC-3
이영근 P-60	이준엽 D-7	임종필 P-78	정경택 SA-3
이영근 P-62	이준엽 P-121	임지호 A-13	정대용 A-4

◆ 저자인덱스 ◆

정대용 A-8	조영희 SF-3	최석규 P-170	한병찬 P-54
정대용 A-13	조용훈 SC-1	최선우 P-146	한병찬 P-151
정대용 P-183	조용훈 SC-5	최선우 P-156	한병찬 P-152
정대용 P-113	조우빈 P-115	최성순 SE-4	한수덕 P-132
정대용 P-175	조윤애 P-95	최성진 SA-3	한수현 P-160
정덕현 SF-6	조은미 G-11	최연식 A-6	한승우 SE-2
정동명 A-5	조은미 G-1	최요한 SE-1	한승익 P-133
정동명 P-5	조일국 P-110	최용욱 C-1	한정우 P-162
정보라 P-164	조일국 P-116	최원창 P-89	한준희 P-115
정석준 P-169	조재유 P-66	최윤혁 P-3	한태구 P-100
정승욱 SE-1	조재유 P-86	최은경 P-27	한태구 P-101
정연식 F-7	조재유 P-71	최인영 F-3	한태구 P-103
정영근 P-112	조재유 P-76	최인영 F-5	한형수 P-19
정용훈 P-46	조진혁 E-5	최인영 F-1	함완규 P-158
정우섭 G-4	조하세암 B-9	최재욱 P-2	함지연 P-113
정우섭 P-150	조한별 P-89	최정연 P-142	허 근 A-11
정우섭 P-161	조형균 G-6	최종진 I-1	허 근 A-9
정우섭 P-173	조훈성 P-143	최종진 A-10	허 근 P-14
정윤오 SF-2	주은총 P-159	최종진 B-8	허 근 P-4
정재길 SB-6	지명준 P-49	최종진 B-6	허 근 P-7
정재용 P-164	지명준 P-155	최지훈 G-6	허재영 P-82
정재윤 F-12	지성엽 A-8	최진석 P-27	허재영 P-76
정재윤 F-8	지성엽 A-4	최진주 P-106	허재영 P-66
정제영 P-167	지성엽 A-13	최창혁 SD-1	허재영 P-86
정중은 SF-5	지성엽 P-175	최한철 P-115	허재영 P-85
정지나 P-88	지수영 SE-1	최현주 SB-4	허재영 P-83
정지나 P-89	지창욱 D-2	최형석 SE-5	허재영 P-71
정지원 C-6	지창욱 P-110	최혜진 P-148	허재영 P-87
정지호 SC-7	지창욱 P-116	표채은 P-48	허현준 P-118
정태곤 P-46	지창욱 P-117	하성준 C-1	허현준 P-119
정태희 SE-4	진경석 SD-8	하수진 I-1	홍기하 SG-6
정필영 P-26	진창현 P-156	하준석 F-2	홍기현 I-3
정현욱 P-30	차은호 C-7	하중섭 P-157	홍대현 P-3
정형모 P-154	차현애 I-1	하태준 D-9	홍민준 P-152
조명훈 G-2	차현진 P-98	하현영 SF-1	홍상기 P-57
조상현 P-118	차현진 P-97	한미경 P-143	홍서연 P-113
조상현 P-119	채병만 P-137	한병동 I-1	홍성빈 P-41
조성오 P-92	천주용 D-2	한병동 A-10	홍성준 P-31
조성운 P-159	천주용 P-117	한병동 B-8	홍성준 P-54
조수호 C-6	최동진 C-5	한병동 B-6	홍세철 P-137
조승근 P-184	최명식 P-156	한병찬 P-30	홍승범 SG-5
조승찬 SB-5	최명철 B-9	한병찬 P-31	홍태환 P-77
조승희 F-7	최백규 SF-5	한병찬 P-96	홍태환 P-67

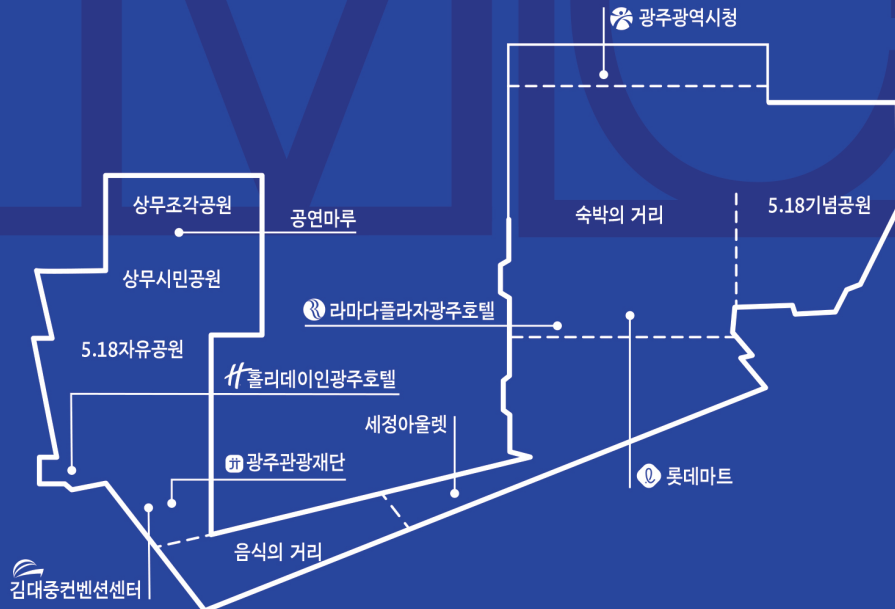


◆ 저자인덱스 ◆

- 홍태환 P-74
 황동현 P-98
 황동현 P-97
 황동현 P-100
 황동현 P-101
 황동현 P-103
 황장연 SD-5
 황재순 P-2
 황준현 P-67
 황준현 P-74
 황준현 P-77
 황지선 P-95
 Aadil Waseem SC-5
 Ahn SeJin P-94
 Aisyah Devita Mukhlisah P-13
 Akshay Kumar P-9
 Akshay Kumar P-6
 Akshay Kumar P-8
 Aloysius Soon SG-2
 Ashok Kumar Kakarla C-8
 Bee Lyong Yang P-42
 Bee Lyong Yang P-50
 Bee Lyong Yang P-131
 Bo Hou F-13
 Bon Heun Koo P-9
 Bon Heun Koo P-6
 Bon Heun Koo P-8
 Bon-Ryul Koo P-61
 Boonmongkolras Passarut P-94
 Bright Walker SG-3
 Byeol I Im P-42
 Byeol I Im P-50
 Byong-Taek Lee B-1
 Byong-Taek Lee B-4
 Byong-Taek Lee B-11
 Byong-Taek Lee B-5
 Byong-Taek Lee B-3
 Byong-Taek Lee B-2
 Byong-Taek Lee P-52
 Byong-Taek Lee P-51
 Byong-Taek Lee P-45
 Byong-Taek Lee P-53
 Byong-Taek Lee P-44
 Byong-Taek Lee P-47
 Byungchan Han P-153
 Byungha Shin SA-2
 Chaebien Kwon P-24
 Chang Hun Lee P-131
 Chang Won Ahn P-11
 Cheul-Ro Lee P-29
 Chihyeong Won P-20
 Chu Thanh Lan P-47
 Cyrus R. Safinya B-9
 D. Narsimulu C-8
 Da Som Jung P-22
 Daba Deme Megersa P-179
 Dae-Yong Jeong A-2
 Dae-young Um P-29
 Do Kyung Kim P-123
 Dohun Kim P-144
 Dong-Bum Seo G-8
 Dong-Bum Seo P-172
 Donghyeok Kim P-11
 Dung T. To P-166
 Edugulla Girija Shankar B-12
 Eui-Tae Kim G-8
 Eui-Tae Kim P-172
 Eung Soo Kim A-3
 Eung Soo Kim A-7
 Eung Soo Kim A-12
 Eung Soo Kim P-16
 Eung Soo Kim P-22
 Feng DING SG-1
 Garima Tripathi B-4
 Geon-Ju Choi C-2
 Hae-Seok Lee SA-5
 Haq Muhammad Aneeq P-23
 Herbert P. Miller B-9
 Heyjin Tae P-45
 Ho Jin Ma P-123
 Ho Kwang Choi I-2
 Ho Thi Thu Trang P-18
 Ho won Jang P-186
 Hoang Thien Khoi Nguyen P-19
 Hoang Thien Khoi Nguyen P-13
 Hoang Thien Khoi Nguyen P-11
 Hoe-Jin Kang B-1
 Hokyun Rho E-2
 Hyeon Jeong Hong P-138
 Hyeonuk Choi P-144
 Hyojung Bae E-2
 Hyojung Kim P-186
 Hyoung-Su Han P-11
 Hyoung-Su Han P-13
 Hyung jun Park P-131
 Hyung-Jin Choi P-81
 Hyungjun Kim SD-3
 Il Jeon SH-3
 Il-Kyu Park F-13
 Il-kyu Park C-2
 Inhyeok Oh P-180
 Jae-Shin Lee P-11
 Jae Young Jeong P-16
 Jae-Shin Lee P-13
 Jaehyoung Lim P-144
 Jeong-Kyun Oh P-29
 Ji Eun Lee P-6
 Ji-Yoen Kim P-29
 Jian Wang SD-3
 Jin Hyeok Kim P-75
 Jin Hyeok Kim P-79
 Jin Hyeok Kim P-68
 Jin Seok Baek A-3
 Jin-Sang Kim P-81
 Jongwoo Lim SD-3
 JoonChul Shin P-81
 Ju Young Lee P-42
 Jun Sung Jang P-68
 Jun-Cheol Park P-180
 Jun-Seok Ha E-2
 Jung Hong Min P-42
 Jung Hoon Kong P-123
 Jung Inn Sohn F-13
 Junichi Tanaka B-9
 Karthik Kannan P-131
 Kavita Kumari P-8
 Kavita Kumari P-9
 Khurshed Alam P-143
 Kim Daehan P-94
 Kim Jin Hyeok C-3
 Kim Min Kyu P-94
 Komal Dnyanadev Patil P-84
 KrishnaRao Eswar Neerugatti P-87
 Kukro Yoon P-17
 Kuldeep Singh Gour P-79
 Kyung-Hwan Kim B-7
 Leslie Wilson B-9
 Maqsood Ali B-3
 Md Sohanur Rahaman P-52
 Md Sowaib Ibne Mahbub B-2
 Md. Abdullah Al Fahad P-51
 Md. Mahmudur Rahman P-58
 Min Ji Shin P-6
 Min seok Kim P-81
 MinJi Shin P-9
 Minji Choi B-11
 Minkyu Lee P-21
 Muhammad Ali Johar SC-5
 Myeong Gyu Kim P-138
 Myeongki Park P-44
 N.V. Myung P-176
 Na Young Kwon P-50
 Nak Beom Jo A-7
 Nak Beom Jo A-12
 Naqvi Syed Dildar Haider P-94
 Nguyen Huyen E-3
 Nosang V. Myung P-166
 Oi Lun (Helena) LI SG-4
 Pae Seong Ryul P-94
 Pratik Mane E-2

상무지구의 또 다른 이름 광주 마이스파크

GWANGJU MICE PARK 국제회의 일번지 광주
MICE 최고의 파트너, 광주관광재단



광주마이스파크는?

김대중컨벤션센터, 숙박시설, 쇼핑시설을 중심으로 상무지구 일원에 지정된 "광주 국제회의 복합지구"

MICE산업은?

기업회의(Meeting), 포상관광(Incentive tour), 컨벤션(Convention), 전시 및 이벤트(Exhibition&Event) 관련 산업으로 일반관광산업 대비 1.8배의 부가가치를 창출하는 블루오션 산업

Materials Research Society of Korea,
Spring Conference 2021

2021년도 한국재료학회 춘계학술대회

▶ e-conference

2021.5.12.(수)~5.14.(금)

광주 김대중컨벤션센터

<https://www.kdjcenter.or.kr/>



한국재료학회
Materials Research Society of Korea