

『4단계 BK21사업』 미래인재양성사업(과학기술분야)

교육연구단(팀) 자체평가보고서

접수번호	4120200513584								
사업 분야	응용	신청분야	재료	단위	지역	구분	교육연구단		
학술연구분야 분류코드	구분	관련분야		관련분야		관련분야			
		중분류	소분류	중분류	소분류	중분류	소분류		
	분류명	재료공학	금속재료	재료공학	세라믹재료	재료공학	복합재료		
	비중(%)	35		35		30			
교육연구 단명	국문) 에너지융합소재 교육연구단 영문) Education and Research Center for Energy Convergence Materials								
교육연구 단장	소 속		전남대학교 공과대학 신소재공학과						
	직 위		교수						
	성명	국문	전화						
			팩스						
			이동전화						
영문		E-mail							
연차별 총 사업비 (백만원)	구분	1차년도 (2019-21)	2차년도 (21-22)	3차년도 (22-23)	4차년도 (23-24)	5차년도 (24-25)			
	국고지원금	409	819	820	1,121	974			
총 사업기간		2020.9.1.(2024.3.1.)-2027.8.31.(84개월)							
자체평가 대상기간		2023.9.1.(2024.3.1.)-2024.8.31.(12개월(6개월))							
본인은 관련 규정에 따라, 『4단계 BK21사업』 관련 법령, 귀 재단과의 협약에 따라 다음과 같이 자체평가보고서 및 자체평가결과보고서를 제출합니다. 2024년 11월 07일									
작성자	교육연구단(팀)장					(인)			
확인자	전남대학교 산학협력단장					하 준 석 (인)			

〈자체평가 보고서 요약문〉

중심어	에너지융합소재	4차산업	지역산업연계
	실험실습중심교육	쌍방향오픈형교육	융복합연구
	국제공동연구	지역거버넌스	산학연협력
교육연구단(팀)의 비전과 목표 달성정도	• 교육연구단 목표 - QS 학과평가 100위권 진입 - 에너지융합소재 분야 국내 TOP5 진입 • 교육연구단 비전 - 에너지융합소재 분야 고급인력양성 지역 거버넌스 구축 • 본 교육연구단은 지역의 에너지융합소재 산업의 지속적 발전을 견인하고 글로벌 경쟁력을 확보하기 위해 에너지변환·저장소재, 광융합에너지소재, 경량에너지소재로 교육과정을 특화함으로써 국제화된 창의적 고급연구인력을 체계적으로 양성하며, 지역 연구자들의 생산성 및 기술성 향상을 위해 과학기술 수준에 부합하는 재교육 시스템을 구축해 나갈 계획임. • 2024년도 QS 랭킹 재료과학 분야 세계순위 351-400위, 국내 12위를 기록함.		
교육역량 영역 성과	• 선진 교육 시스템 구축과 연구력 증진 노력 강화 - 2건의 교과목 신설 등 교육 및 세미나 제공, 기초연구역량 강화 및 우수한 연구 결과 도출에 기여 - 우수 대학원생과 신진연구인력 지원 및 연구 실적에 따른 인센티브 시스템 구축 - 맞춤형 취·창업 비교과 프로그램 개발 및 운영 • 참여대학원생의 우수 연구 및 특허실적 - 2023년도 대비 저명학술지 출판 논문수는 감소하였으나 (96→69) JCR 5% 이내 학술지에 출판한 논문들의 비율은 증가, (13%→19%) 논문의 질적 향상 달성 - 국내 특허 등록 1건, 국내 특허 출원 8건, 기술이전 1건 실적 달성. • 공동연구 및 교육 증진을 위한 대학원생 파견 및 신진연구원 유치 - North Carolina A&T State University로 대학원생 장기연수 - 박사급 우수 신진연구원 5명 유치 - 상호 교원, 학생 교류 및 인턴십, 학위 논문 프로그램 협력 - 공동 연구, 학회, 교육 및 문화 교류 프로그램 논의와 최신연구, 융합연구 적용, 교육법을 탐색 • 교육 프로그램의 국제화 - 외국어 강의 비율, 외국인 대학원생 비율, 학위논문 작성 비율 향상 - 해외 저명 연사 초청 세미나		
연구역량 영역 성과	• 에너지융합소재 분야 국내 TOP5 진입을 위해 “연구성과 공유 및 내외부 그룹 간 융합연구를 통한 연구성과 질적 향상”의 비전 및 전략을 수립, 수행함 • 전문 분야 연구의 질적 향상 및 융합화 - 기초연구 역량을 강화하고, 박사과정 및 신진연구인력의 비중을 높임 - 1년간 총 127건의 SCI/SCIE 논문 출판 - JCR 상위 1% 이내 4건, 1~10% 이내 46건을 포함하여, 전년도대비 향상된 연구 업적 달성. (Energy and Environmental Science (IF=32.4), Nano-Micro Letters		

	(IF=31.6), Advanced Materials (IF=27.4), 등) • 교육연구단 내외 그룹 간 융합연구 - 인프라 구축을 통해 융합연구 추진, 창의적 연구결과 도출 • 우수한 특허 실적 및 기술이전, 창업 - 특허등록 9건 (국내 6건, 해외 3건), 출원 9건 (국내 9건) - 노하우 기술이전 4건 달성 • 2020년 대비 향상된 연구 성과 - 교육연구단이 추구하는 신개념 융합연구 및 기초연구 역량 강화를 기반한 교육역량 강화전략의 긍정적 역할한 도약을 위한 교육역량 강화 • 현재 총 40억여원 규모 (57건)의 정부 출연 연구비 및 총 4천5백만원 (10건)의 산업체 연구비 수주
달성 성과 요약	• 교육과정 구성: 4차산업 선도 인재양성 - 지역 에너지 소재 산업 협력 네트워크 구축 • 학사관리: 선진형 학사관리 운영 - 전방위 학사관리 시스템 도입 및 구축 - 실무 인재양성을 위한 실험·실습 교육 강화 - 학위 논문 심사요건 강화 • 연구 교육 선순환 : 연구 인프라를 활용한 교육 중점 강화 - 학생 중심 워크숍을 활용한 연구 교육 강화 - 산학 밀착 교과목을 통한 실무 교육 강화 • 융합연구 거버넌스 구축 및 경쟁력 확보 - 핵심 융합연구 지원팀 구성 및 지원 - 거대 에너지소재 융합 공동연구 인프라 구축 및 공유 - 해외 저명 그룹으로 융합연구 파견 지원 - 에너지융합소재 분야 저명인사 초청 교육 및 세미나
미흡한 부분 / 문제점 제시	• 팬데믹 이후 기업의 활동 위축으로 인해 대학원생 취업률이 미진한 것으로 나타남. 지역기업들과의 유대 및 협력강화, 현장실습 등을 통해 취업률 제고 필요성 있음. • 마찬가지로 팬데믹 이후 국제학술대회 참여 및 국제공동연구 활동이 미진한 것으로 나타남. 해외 유명 대학과 기관과의 중장기적 교류를 통해 국제 공동 협업 지원이 필요해보임. • 연구실적이 특정분야 구성원에 편중되어 있어 구성원 전체가 고르게 성장할 수 있는 방안 구성이 필요함.
차년도 추진계획	• 5차년도에는 구성된 교육 및 국제 연구 인프라를 기반으로 캡스톤 디자인 교과목을 비롯한 개설된 신규 교과목의 본격적인 운용을 통해 대학원생의 연구역량을 강화함. 또한, 신진연구인력을 활용한 교재개발 및 대학원생 멘토링 등을 장려하며, 교수진의 국제공동연구 독려를 통해 교육연구단 전체의 역량을 강화함. • 지속적인 지역산업과 기술 교류 및 교육 네트워크 구축을 통해 밀접한 관계를 강화하여 수요 맞춤형 비교과 과정 개발 및 실행할 예정임. 연구 우수성과를 위해 참여 인력에 대한 경쟁력 강화 지원을 계획 중임. 또한, 해외 네트워크를 활용하여 본 교육연구단의 교육 및 연구 프로그램을 개발 및 강화하여 참여 인력의 국제공동연구 독려하고 교육연구단 전체의 역량을 강화하고자함.

I

교육연구단(팀)의 구성, 비전 및 목표

1. 교육연구단(팀)장의 교육·연구·행정 역량

성명	한글	영문
소속기관	전남대학교 공과대학 신소재공학과	

- 에너지융합소재교육연구단 단장인 박찬진 교수는 '05년 09월 전남대학교 신소재공학부 부임 후 지난 14년 남짓한 기간 동안 신소재공학부의 학부/대학원 교육 및 연구역량 강화를 위해 노력해 왔으며, 2018-2020년까지 신소재공학부 학부장 교수를 역임함.
- 교육 부분에 있어서 신소재공학부 학부장을 비롯해서 신소재연구소 소장, 금속재료공학 전공주임 교수, CK특성화 사업단 부장을 역임한 바 있으며, 현재 공학인증 (ABEEK) 신소재공학 프로그램의 PD를 담당함.
- 그간 연구 부분에서도 “배터리 및 전기화학” 분야에서 활발히 활동하고 있으며, 해당 분야 권위있는 학술지인 학술지인 Energ. Environ. Sci. (IF= 39.714)을 비롯하여 140여 편의 SCI논문을 게재하였으며, 2016년에는 전남대학교 최우수 연구 교원에게 수여하는 “용봉학술상”을 수상함. 이외에도 30여 건의 특허등록을 비롯 해 이차전지 기업인 (주) 아이비티로 “리튬 이차전지 음극재용 저머늄 탄소 복합체 및 이의 제조방법” 기술이전 실시함. 4단계 BK21사업 2차년도에도 전고체전지, 포타슘이온전지 관련해서 Adv. Sci. (IF=17.521), Chem. Eng. J. (IF=16.744) 등의 학술지에 연구결과를 발표함.
- 교내 공과대학 학무위원, 기획위원, 산학협력단 기획위원으로 활동한 바 있으며, 교외 대한금속·재료학회, 한국전기화학학회, 한국전지학회, 한국부식방식학회 등에서 학회 이사로 봉사 중임. 이외에도 2개의 SCI급 저널 Editor 및 Assoc. Editor 역임.
- 현재, 전남대학교 신소재공학부 BK사업단인 “에너지융합소재 교육연구단”의 단장역을 수행하고 있으며, 사업단 조직을 기반으로 학부 내 대학원 학생들의 교육 및 연구역량, 대학원 신소재공학과 교육 커리큘럼 등을 개선하는 노력을 수행중임.

2. 대학원 학과(부) 소속 전체 교수 및 참여연구진

〈표 1-1〉 교육연구단(팀) 대학원 학과(부) 전임 교수 현황

(단위: 명, %)

대학원 학과(부)	학기	전체교수 수	참여교수 수	참여비율(%)	비고
신소재공학부	2023년 2학기	16명	13명	81.25	
	2024년 1학기	17명	13명	76.47	

〈표 1-2〉 자체평가 대상기간(2023.9.1~2024.8.31.) 교육연구단(팀) 대학원 학과(부) 소속 전임 교수 변동 내역

연번	성명	변동 학기	전출/전입	변동 사유	비고
1	이영환	2024년 1학기	전입	신규 임용	2024.3.1.자
2	김호성	2024년 1학기	전출	정년퇴직	2024.8.31.자

〈표 1-3〉 교육연구단(팀) 대학원 학과(부) 대학원생 현황

(단위: 명, %)

대학원 학과(부)	참여 인력 구성	대학원생 수											
		석사			박사			석·박사 통합			계		
		전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)
신소재공 학과(부)	2023년 2학기	45	28	62.22	32	21	65.62	14	14	100	91	63	69.23
	2024년 1학기	51	31	60.78	33	22	66.66	19	15	78.94	103	68	66.01
참여교수 대 참여학생 비율													

2024년 1학기 신입교원 이영환 교수가 임용되어 본 교육연구단에 2025년도 (6차년도)부터 참여할 예정이다. 현재 대학원 학과 13명의 교수진과 지도학생들이 교육연구단에 참여 중임.

2. 교육연구단(팀)의 비전 및 목표 달성정도

1. 교육연구단의 비전, 목표 및 달성정도

- 본 교육연구단의 비전은 **“에너지융합소재 분야 고급 연구인력 양성을 위한 지역 거버넌스를 구축”** 하여 지역과 함께하는 세계적 수준의 산학·연구 중심학부로 발돋움하는 것이며, 구체적으로 **“재료과학 분야의 세계대학 순위 100위권”** 및 **“에너지재료 분야 국내 TOP 5”** 진입을 목표로 함.
- 본 교육연구단이 속한 전남대학교 신소재공학부는 ① 2024년 QS 세계대학 순위 재료과학 (Materials Science) 분야 351-400위, 국내 16위, 거점 국립대 3위, ② 연구비 거점 국립대 1위, ③ 학부 교원 1인당 SCI 논문 수 전남대 1위에 해당하는 교내·외 평가를 받고 있어, 전남대를 넘어 최상의 대외 경쟁력을 가지고 있는 학부임.
- 본 교육연구단은 지역의 에너지융합소재 산업의 지속적 발전을 견인하고 글로벌 경쟁력을 확보하기 위해 **에너지변환저장소재, 광융합에너지소재, 경량에너지소재**로 교육과정을 특화함으로써 국제화된 창의적 고급연구인력을 체계적으로 양성하며, 지역 연구자들의 생산성 및 기술성 향상을 위해 과학기술 수준에 부합하는 재교육 시스템을 구축하고 있음.

〈QS University Ranking 2024, 재료과학 분야 국내 대학 랭킹 비교〉

세계대학 순위	국내순위	대학명
21	1	KAIST
22	2	서울대
45	3	POSTECH
74	4	성균관대
78	5	한양대
100	6	고려대
101-150	7	UNIST
201-250	8	전북대
251-300	9	DGIST
		GIST
		부산대
301-350	12	한양대
		경희대
		경북대
		세종대
351-400	16	전남대
...	...	...

2. 벤치마킹분석과 연계한 교육연구단의 목표설정 및 달성정도

1) 벤치마킹분석의 필요성

- 본 교육연구단은 재료과학분야 세계 순위 100위권 진입을 위하여 교육연구단이 처한 지역 및 인적구성 환경이 비슷한 해외 선진 대학을 분석하여 성공사례 및 요인분석을 통해 교육연구단에 적용할 수 있는 프로세스 및 개선점을 찾고자 함.

2) 일리노이대학 어바나 샴페인 캠퍼스 사례 분석 (QS ranking, 2021년 19위 → 2024년 23위)



- 일리노이 공대 어바나 샴페인 캠퍼스 (UIUC, University of Illinois at Urbana-Champaign) 재료공학부는 현재 약 180명의 대학원 학생들과 29명의 전임 교수진들로 이루어져 있음. 교육 커리큘럼은 세라믹, 금속, 폴리머, 전자재료, 바이오재료 및 복합재료 전공들을 포함한 프로그램으로 구성되어 있으며, 각각의 세부 전공이 긴밀하게 협력 체계를 구축하고 있음.
- 구체적인 연구 분야는 에너지·환경 재료, 의료 및 의학용 재료, 극한환경을 위한 재료 및 특성 분석, 나노스케일 과학 및 기술 분야로 세분되어 있으며, 이를 지원하기 위한 다양한 형태의 연구지원 체계 및 연구 센터 조직을 갖추고 있음.
- 또한, 캠퍼스 내 또는 인근의 Argonne National Laboratory, Fermi Lab, Frederic Seitz Materials Research Laboratory 등의 최첨단 연구 인프라 및 연구시설을 갖추고 있는 세계 유수의 연구소들과의 협력 체계를 구축함으로써, 우수한 연구성과를 창출함과 동시에 졸업생의 인근 연구소 취업 등의 진로에도 큰 도움을 받고 있음.

3) 텍사스대학 오스틴 캠퍼스 사례 분석 (QS ranking, 2021년 31위 → 2024년 36위)



- 텍사스 대학 오스틴 캠퍼스 (University of Texas at Austin)의 재료공학 대학원의 경우 기계공학, 화학공학, 전기공학, 물리학, 지질과학, 항공우주, 화학, 인간생태학, 석유공학 등의 다양한 학과의 교수진 41명이, Texas Materials Institute를 매개로 재료과학 프로그램을 구성하여 운영하는 형태로 이루어져 있으며, 해당 연구소에는 68명의 대학원생이 참여하고 있음.
- 구체적인 연구 분야별로 나누면, 에너지 재료, 나노 재료, 구조 재료, 전자 및 광학 재료, 폴리머 및 바이오 재료, 계산 재료과학 분야 등으로 세분되어 있으며, 해당 프로그램을 지원하기 위하여 재료과학 Faculty이자 2019년 노벨화학상 수상자인 John B. Goodenough 교수를 필두로 113명의 Faculty를 포함하고 있는 Texas Materials Institute를 설립하여, 재료과학 분야 41명의 Faculty 이외에도 다양한 전공 교수를 참여시킴으로써 재료과학 분야 연구에 집중하고 있음.
- 미국 내 유수의 대학과 마찬가지로 최첨단 연구 인프라 및 연구시설을 캠퍼스 내에 갖추고 있으며, 산업계에서 활발히 활동하는 기업 연구소 연구원들과의 긴밀한 협력 체계를 구축하여, 실제 현장에 적용 가능한 우수한 연구성과를 지속적으로 창출하고 있음. 아울러, 공동연구에 참여한 대학원생들이 졸업 후 관련 기업과 연구소 등에 취업할 수 있도록 적극적으로 유도하고 있음.

4) 본 연구단이 속한 전남대 신소재공학부와 비교분석

- 전남대 신소재공학부 학부는 금속재료공학전공, 에너지나노재료전공, 광전자재료전공의 세 전공으로 나뉘어져 있으나, 신소재공학과 대학원의 경우 하나의 통합학과로 구성되어 있음. 본 BK사업

과 맞물려 에너지융합소재에 대한 교육 및 연구 프로그램 집중을 위해 전체 교수진 및 학과의 연구분야를 “에너지변환·저장소재”, “광융합에너지소재”, “경량에너지소재”로 분류하고 그룹화를 통한 시너지를 기대함.

- 전남대학교 주위의 한국생산기술연구원, 한국에너지기술연구원, 한국전기연구원, 한국전자부품연구원, 한국광기술원 등 연구소 및 세방전지, 광주글로벌모터스, 포스코 등의 지역 기업과의 협력강화를 통해 기업 및 연구소 연구원의 산학협력특강을 추진함. 또한 해외 유명 교육, 연구기관의 교수 및 연구원의 세미나 개최를 통해 교육의 국제화와 연구의 국제화를 강화하고 국제 공동 연구 시스템을 구축하고 있음.
- 교과과정 개발 및 개편을 통해 “전극소재제조공정”, “전지소재분석” 교과목을 신설하였으며, 금번 2학기 때부터 본격적으로 개설 및 운영하여 현장실무형, 문제해결형 인재를 양성하는데 기여함.

〈본 교육연구단 비전 및 목표 달성을 위한 핵심전략별 성과 및 달성도 평가〉

핵심 전략	가중치 (%)	달성도 (%)
4차산업 대응 에너지융합소재 전공교육 프로그램 강화	15	90
연구자 중심 대학원 실험·실습 교육 프로그램 추진	10	80
지역 관계 기관과 교육 및 연구에 대한 전주기 협력 체계 구축	10	85
연구의 질적 성과 도약을 위한 지원체제 구축	10	95
융·복합 연구를 위한 쌍방향 온라인강의 교육 및 창의적 연구 인프라 구축	10	95
지역산업을 주도할 수요자 맞춤형 인재양성 배출 계획 수립	15	90
에너지융합소재 분야 글로벌 경쟁력 갖춘 인재양성 지원 계획 수립	15	85
연구중심대학을 향한 구성원의 교육 및 연구역량 강화를 위한 성과 평가정책 구축	15	90

3. 교육연구단의 비전 및 목표 달성을 위한 애로사항

- 최근 우수한 연구실적을 가진 참여교수들의 퇴직 및 이직으로 인해 발생한 공백에 대한 보완이 필요함.
- 향후 5년간 3명 이상의 교수진이 정년퇴직을 앞두고 있어, 사업단의 비전을 변함없이 완수할 수 있는 역량 있는 신입교원의 충원이 지속적으로 요구됨.

□ 교육역량 대표 우수성과

■ 경쟁력 강화를 위한 선진 교육 시스템 구축과 연구 및 교육 프로그램 국제화

- **우수 대학원생 유치 노력 및 연구력 증진을 위한 시스템 구축:** 교육과정 및 내규 개편, ‘2023 GPVC’, ‘GCIM 2024’ 교내·외, 국제 학술행사에서 사업단 및 대학원 적극적 홍보, Open Lab 행사 개최, 동영상 제작 및 Youtube 홍보, 혁신본부 차원의 장학 사업 등을 통해 우수한 국내·외 대학원생을 유치하였음.
- **기초 연구역량 강화를 위한 교육:** 총 23건의 산학협력 세미나를 제공함으로써 대학원생 및 신진연구인력의 기초 연구역량을 강화하고 우수한 연구결과를 도출하는데 기여함.
- **해외 공동연구 및 교육 프로그램 & 교류 교원 파견:** 본 교육연구단은 당해연도 59편의 논문을 해외 유명 연구기관과 공동연구를 통해 출판함. 또한 North Carolina A&T State University로 공동연구 및 교육 프로그램 교류를 위해 참여 대학원생 1명을 장기 파견함. 지속적인 상호 교류, 공동연구 등을 통해 선진교육법 탐색함.
- **우수 대학원생 지원:** 정기 워크숍 실시를 통한 실험실 내 연구 홍보 및 공동연구를 독려함. 또한, 참여 대학원생 간 경쟁 촉진을 위해 논문, 특허, 산학협력 실적에 따른 인센티브 시스템을 구축함. 본부 차원의 외국인 대학원생 장학 지원과 참여 대학원생의 취업 준비 프로그램 시행함.
- **교육 프로그램의 국제화 :** 외국어 강의 비율 향상 / 외국인 대학원생 비율 향상 / 학위논문 외국어 작성 비율 향상

■ 산학 연계 및 융합연구를 위한 대학원 세미나 및 현장실습 운영

- **산학협력 특강, 신소재산학세미나 및 신진연구인력세미나:** 현장 맞춤형 창의융합인재 양성을 목표로 국내 정부출연연구소 및 기업의 전문가를 초청하여 산학협력 11건의 특강 및 세미나를 진행. NASA, Intel 등 해외 유명 대학 및 연구기관 소속 저명 학자들을 초청하여 12건의 세미나를 진행하고, 신진연구인력들의 우수 연구성과를 선정하여 세미나를 개최함. 다양한 산업 및 융합연구에 대한 시야를 확장하고 창의 융합 인재로 거듭나기 위한 성장 방향 및 비전을 제시함.
- **현장 실습 운영:** 에너지융합소재 분야 창의융합인재 양성 및 지역 거버넌스 구축을 위해 지역 산업 업체와 연계하여 현장실습 프로그램을 시행함. 지역 내 5개의 사업체에서 2주간 11명의 참여대학원생이 현장실습을 참여하여 현장 맞춤형 창의융합인재로 성장 할 수 있도록 기회를 제공함.

■ 참여 대학원생의 연구 실적 우수성

- **참여 대학원생의 우수 연구 및 특허 실적:** 우수 대학원생 지원, 고무적인 경쟁 촉진 및 해외 공동연구 기회 제공, 공용장비 구축 등을 통하여, 우수 연구실적을 도출함. 본 연구사업단 4차년도에 경우, 참여 대학원생들이 65편의 논문을 SCI/SCIE 저널에 출판하였음. Energy & Environmental Science, Advanced Materials, Advanced Energy Materials, ACS Energy Letters 등의 JCR Ranking 상위 5%의 논문은 13편(20%), 상위 5-10%의 논문은 12편(18.5%), 상위 10-20% 논문은 17편(26.2%)으로 전년 대비 논문 실적이 질적으로 대폭 상승함. 기초 연구역량 강화 및 융합연구를 기반한 교육역량 강화전략으로부터 긍정적인 영향을 받은 것으로 판단됨. 학술대회 참여 장려를 통해, 10건의 학술대회 우수 발표 수상함. 또한, 창의적이고 산업 친화적 연구를 장려하여, 융합연구 지원팀

을 구성하여 다수 특허를 등록함.

JCR 상위 %	편수	평균 IF	전체논문 편수에 대한 비율
JCR 5% 이내	13	20.6	20%
JCR 5-10% 이내	12	9.2	18.5%
JCR 10-20% 이내	17	7.8	26.2%
JCR 20-50% 이내	21	4.3	32.3%

1. 교육과정 구성 및 운영

1.1 교육과정 구성 및 운영 현황과 계획

1. 교육 과정 운영 결과

1) 정규 교과 과정 개선

〈교수별 기존 개설 과목 현황 리스트〉

담당교수	교과목 명
교수	전기화학적에너지변환및저장, 전기화학, 부식및방식, 신소재현장실습, 신소재캡스톤디자인
교수	철강재료특론, 비철금속재료특론, 금속생체재료
교수(미참여)	박막의기계적물성, 재료강도학특론, 금속강화및파괴기구
교수(미참여)	주조공학특론, 용고이론, 경금속재료
교수	고체재료플라스마공정, 광학적재료특성, 광전자소재공학
교수	전지재료, 에너지소재공학특론, 나노계면공학, 전극소재제조공정*, 전지소재분석*
교수	고체발광소자, 재료공학논문작성법
교수	고체전기화학, 고상이온학, 배터리재료과학, 물리기반임피던스분광법
교수	비양론적재료특성, 무기재료특론, 고체반응속도론, 배터리계면공학
교수	전자재료, 비정질재료, 진동분광학
교수	반도체물리, 최신반도체특론
교수	의공재료, 금속조직학특론, 나노재료공학특론
교수	박막소재및제조공정, 신소재산학세미나
교수	전자현미경특론, 전자현미경이론및실습
교수	재료표면특성
교수	결정구조해석, 결정학특론

* 기존 개설 과목 대비 개편 (신설, 명칭변경) 과목

- 다음 교과목은 교육과정에 있으나 담당교수 퇴직 등으로 현재 담당교수가 없음:
고체열역학특론, 상변태론, 고급재료분석, 전산및AI활용재료과학, X-선재료분석, 에너지소재나노공정, 기기분석특론, 이차전지소재, 이차전지재료설계

대학원 교육과정 개편 실적 (2023.9~2024.8)〉

일련번호	현행				개편				개편구분	개편시기
	교과구분	교과목코드	교과목명	학점	교과구분	교과목코드	교과목명	학점		
1	전공	GR06943	재료과학특론	3					폐지	2024
2	전공	GR18414	세라믹제조공정특론	3					폐지	2024
3					전공	GR25792	전극소재제조공정	3	신설	2024
4					전공	GR25793	전지소재분석	3	신설	2024
- 폐지 2건, 신설 및 명칭변경 2건										

- 본 교육연구단이 지정한 “에너지 융합 소재” 중심의 전공 교육 프로그램 강화를 위해 신규 교과목을 개설하였음. (전극소재제조공정, 전지소재분석)
- 전극소재제조공정 교과목 : 전극 소재의 특성과 품질은 배터리, 연료전지, 전기분해 등을 사용하는 장치의 성능과 수명에 직접적인 영향을 미침. 전극소재제조 공정에 대한 전체적인 이해와 전지 열화 원인과 그 해결을 위한 소재설계 방향을 제안하며, 이를 통해 수강 대학원생들이 이차전지 전극제조공정에 대한 이해도를 높임.
- 전지소재분석 교과목 : 실제 연구 사례(데이터)를 활용하여 특성을 검토하고 분석 기술을 교육함으로써 전기화학적 특성, 구조적 특징 등을 평가하고 분석하는 기술에 대한 이해와 성능 개선에 필요한 지식을 제공함. 최종적으로 전지 기술 분야에서의 경쟁력을 향상시키는 것을 목적으로 함.

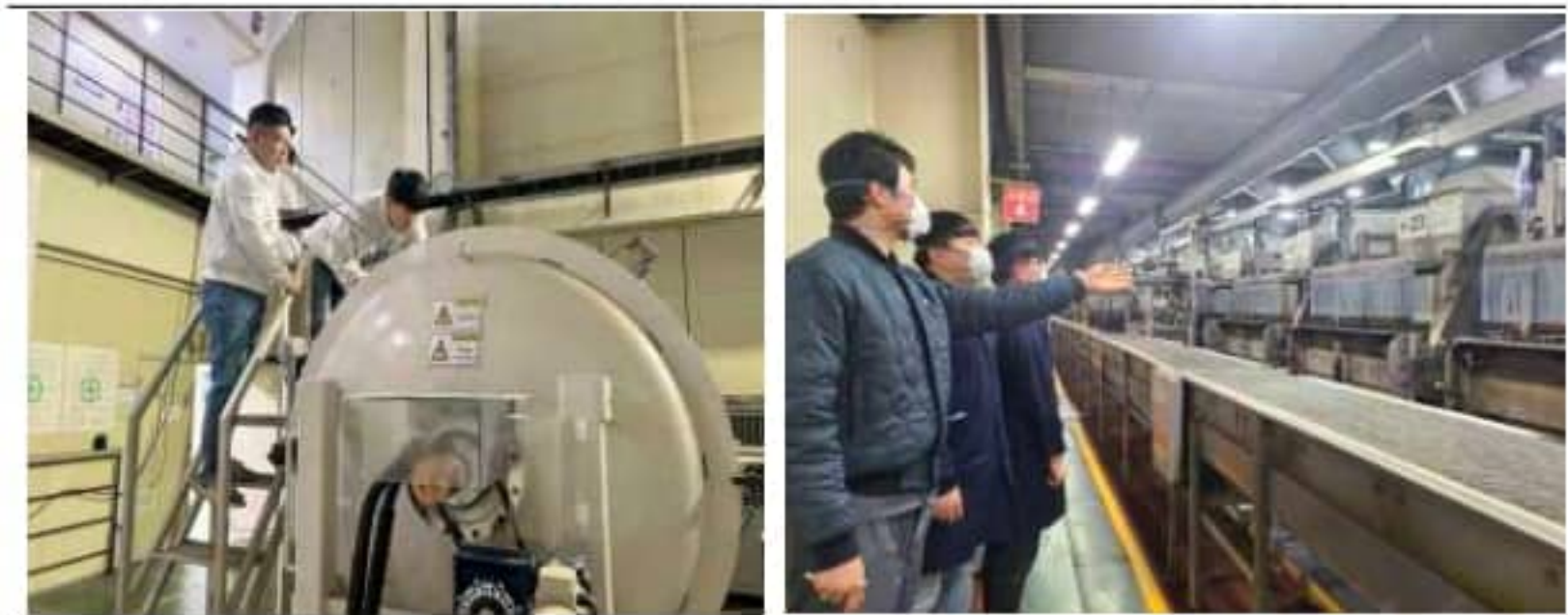
2) 지역 산업과의 협력 강화를 위한 시스템 구축

- 광주·전남권에 산재해 있는 다양한 에너지 소재 관련 중소·중견기업들과의 적극적인 산학 교류를 위한 현장실습을 진행하였음.

〈현장실습 내역〉

참여년도 및 현장실습 참여학생 (지도교수)	관련 기업
2023 - 나★빈, 양★석, 조★산 (박★진 교수)	세방전지
2023 - 박★성, 최★준 (김★혁 교수), 김★규 (홍★택 교수)	필스톤
2023 - 김★운, 서★홍 (김★국 교수)	티디엘
2023 - 김★한, 박★일 (김★훈 교수)	씨에스캠
2023 - 이★규 (이★민 교수)	유에이씨

다음은 현장 실습 참여 대표 사진들임.





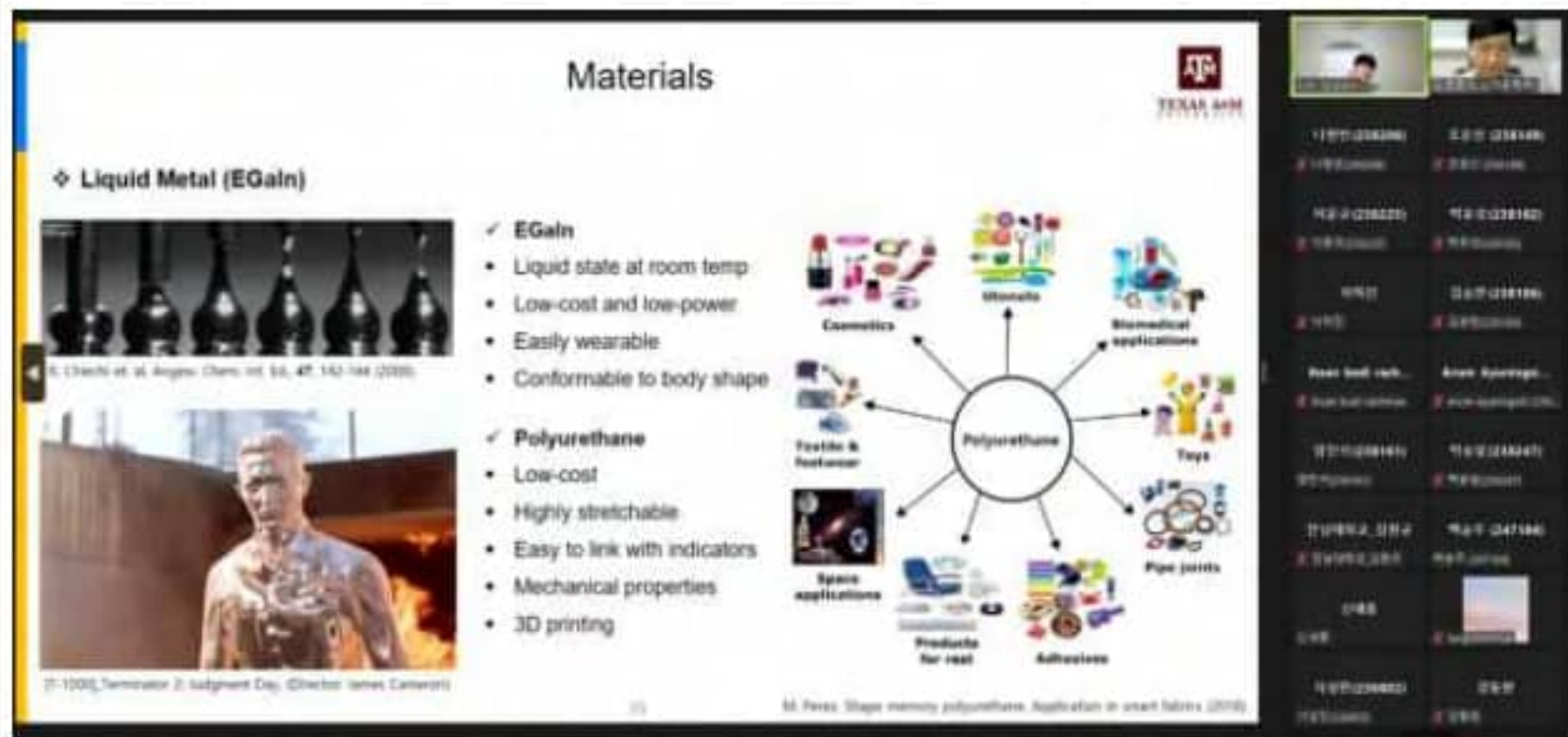
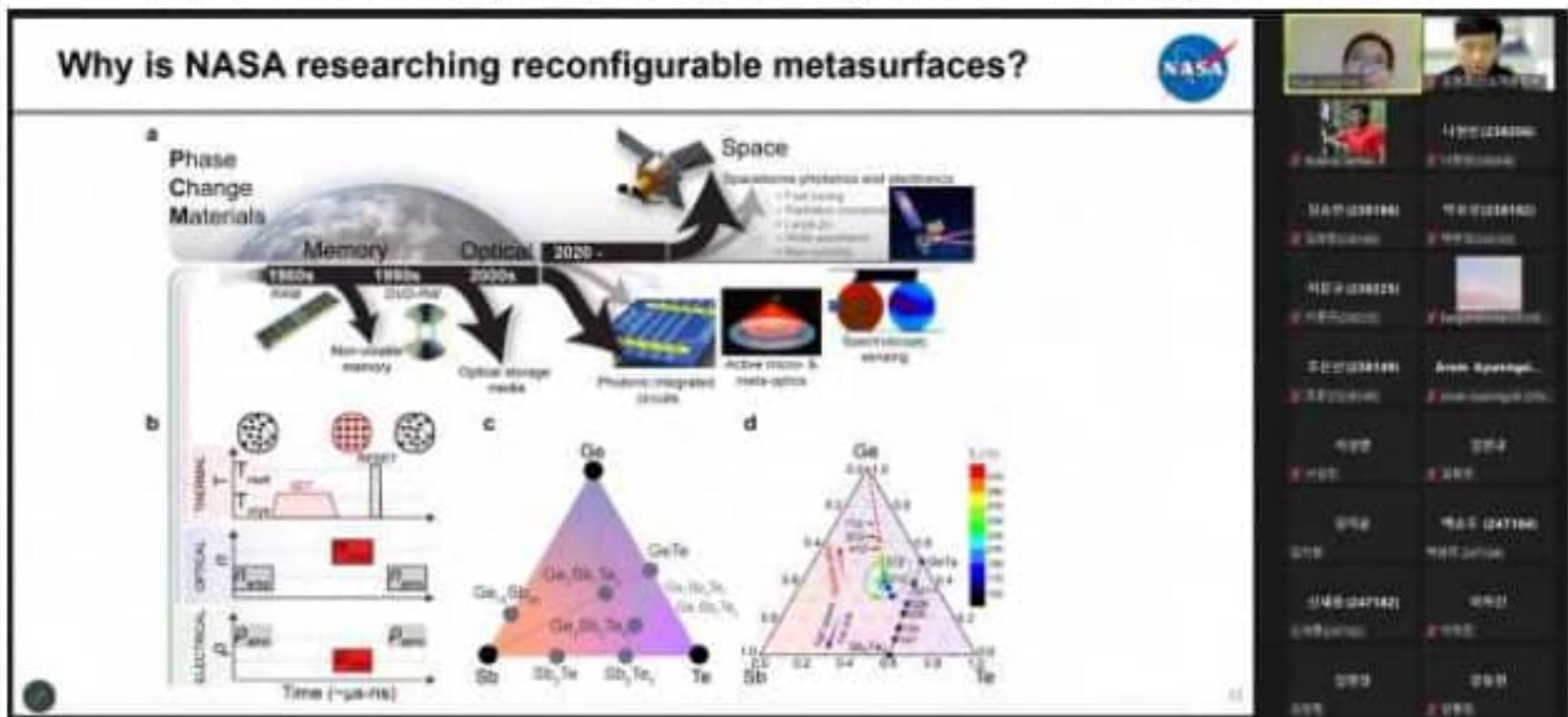
3) Open 형 교육 플랫폼 구축 및 산학 연계 프로그램 교육

- 신소재산학세미나 교과목을 통해 산업현장에서 발생하는 실질적인 문제점 및 이에 대한 도출방안에 대해 실례를 중심으로 학생들에게 소개하였음. 2024년 총 12명의 해외 저명 연사 초청을 통해 최첨 연구 동향 및 에너지 관련 연구 주제에 대한 교육을 진행하였음. 평가 대상 기간 중 진행한 초청 강연의 세부 연사명 및 발표 제목은 아래 표와 같음

〈2024년 신소재산학세미나〉

세미나 연사	발표 제목
Dr. Intel	Low Overhead Built-in Self-Test for Advanced RF Transceiver Architecture (2024.03.12.)
Dr. NASA	Space-qualified Chalcogenide Materials through ISS MISSE Exposure (2024.03.19.)
Prof. Washington University	Freestanding nanomembranes for future electronics from materials innovation to AI hardware (2024.03.26.)
Dr. Soelect	Understanding material properties and electrochemical reaction to improve battery performance (2024.04.02.)
Dr. Micron	Trends and Prospects of 3D NAND Flash Technology (2024.04.09.)
Dr. Apple	Unlocking Redox Mechanism to Extend the Energy Density of Li-Ion Batteries (2024.04.16.)
Prof. Texas A&M University	III-V compound semiconductor material and its application (2024.04.30.)
Dr. Coherent	IoT-based Portable and Wearable Sensors for Remote Health Monitoring Systems (2024.05.07.)
Prof. University of North Carolina	Performance and reliability of crystalline solar cells and modules (2024.05.14.)
Prof. University of Virginia	Remote Epitaxy Towards Heterogeneous Integration for Intelligent Sensing (2024.05.21.)
Prof. University of California, Riverside	Surface Interactions and Nanoconfinement: Reshaping Ionic Liquid Dynamics (2024.05.27.)
Dr. Texas Instruments	GaN based-power devices for next generation technology (2024.06.04.)

해외 연사의 세미나 편의를 위해 온라인으로 진행하였으며 아래 사진은 강연 일부 예시임.

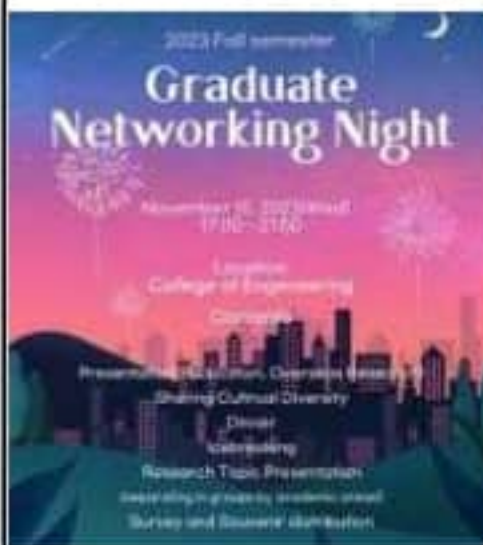


4) 비교과 프로그램 운영

- 취업 및 창업 역량 강화 프로그램의 운영을 통한 대학원생들의 취업 준비 적극 지원, 창업 인프라 활용 및 스타트업 지원. 학부생 (재학 및 외부학생)들의 대학원 진학 도모를 위한 학부생-대학원생의 매치업 프로그램 등의 운영을 통한 자연스러운 대학원생 확보 유도.
- 글로벌 리더십 역량 고취를 위해, 외국인 대학원생들의 국내 생활 적응 및 인력 교류를 위한 대학원생 네트워크 프로그램 운영 “Graduate Networking Night” (2023.11.15.)
- 연구인력 복지증진 지원
대학원생의 마음건강을 위한 집단 상담 프로그램을 통한 연구인력 심리상담, 심리 치료 프로그램 지원. “생명사랑 지킴이 양성교육” (2023.11.3., 15.)
- 대학원생 리더십 역량 고취 및 국제세미나 역량을 기르기 위한 “대학원생 온라인 1:1 화상 영어

(Power up)" (2024.12.21.~ 02.20.)

- 대학원생 논문작성 집중캠프 (2024.01.10.~12.)
지도교수와 함께하는 논문성장 워크숍 (2024.06.18.~07.19.)
- 연구 수행 역량 강화를 위한 각종 분석기기 세미나 진행
"FE-SEM Seminar" (전계방사형 주사전자현미경 세미나) (2023.09.20.)
"공초점 현미경 세미나" (2023.11.17.)
"고성능 PL 시스템 세미나 및 기기 실습" (2023.12.08.)
"고온 XRD 세미나 및 기기 실습" (2024.07.10.)

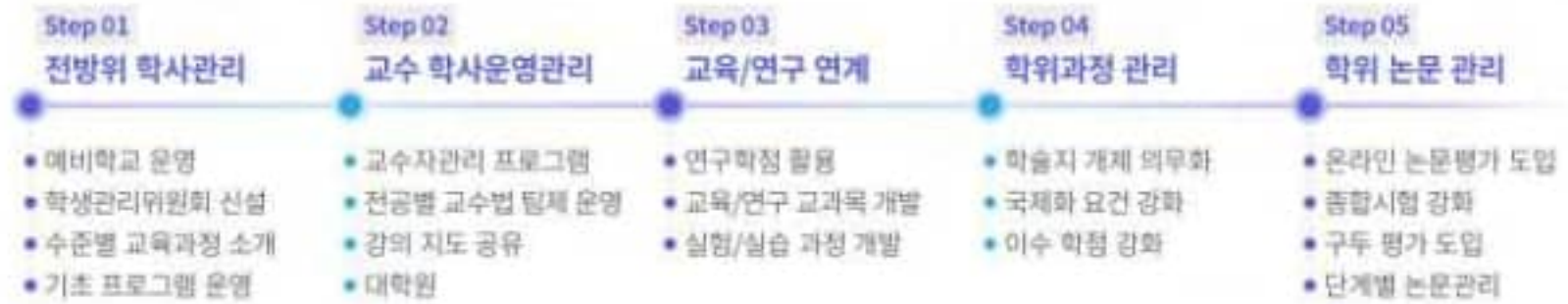


2. 학사관리강화 및 운영 결과

1) 학사관리 운영 핵심전략

1. 전문연구인력 양성을 위한 전방위 학생 관리 시스템 도입
2. 교육수준 향상을 위한 교수 학사운영 관리 및 감독
3. 실무에 적합한 글로벌 융합 인재 양성을 위한 실험·실습 교육 시스템 강화
4. 교육과정의 질적 우수성 향상을 위한 학위 과정 관리 강화
5. 우수 전문연구인력 양성에 부합한 학위 논문 심사 강화

학사관리 운영 핵심 전략



2) 우수 대학원생 유치에 위한 노력

다양한 입학전형 및 학위과정을 통한 우수 대학원생 유치현황

- 본 교육연구단 학위과정: 석사과정, 박사과정, 석·박사통합과정, 학·석사 연계과정
- 본 교육연구단은 각각의 학위과정 운영을 통해 다양한 여건의 학생들을 유치하는 데 노력함.
- 학·석사 연계과정은 학사학위 졸업학점 6학점 축소, 조기 졸업요건 완화, 대학원 등록금 지원 등 다양한 혜택을 통해 유치 학생을 늘리고 있음.
- 본 연구단 교수진이 참여하는 모집 단위: 신소재공학과, 광공학협동과정, 의공학협동과정, 재료공학과(산업대학원)
- 본 교육연구단 교수진들은 다양한 모집 단위에 참여하여 전문인력양성에 기여 중임.

3) 학과 내규 신설 및 변경을 통한 연구력 증진 노력 강화

- 현 학과 내규는 다양한 분야의 융합교과목을 학생들이 수강할 수 있도록 유도하고 있으며, 학위취득을 수월하게 할 수 있도록 제도가 간소화되어 있음.
- 또한 2021.02에 학과 내규 정리를 통해 현 학생의 매학기 9학기 학점까지 수강함을 원칙으로 하는 신소재공학과 내규를 수정하여 전남대학교 학칙 제66조(학점취득) 및 대학원 교학규정 제18조(수강신청) 2항에 맞추어 성적이 우수한 학생의 경우 3학점 초과하여 수강신청 할 수 있도록 허락함.
- 또한, 기존 교수 1인당 학생이 수강할 수 있는 최대학점 제한이 있었으나 2021.7 대학원 교학규정 개정을 통해 그 조항을 삭제하였음. 이를 통해 학생들이 듣고 싶은 다양한 분야의 수업을 들을 수 있도록 오픈하였음.
- 사업단 참여 학생들의 연구력 향상을 위한 노력의 일환으로 대학원 학과 내규 상 졸업 요건을 강화하였음 (2021.3.26. 개정).

항	학과내규	내용
1	지도교수 선정 방법 및 지도교수 1인당 지도 학생 수 제한의 여부	입학생에 대한 지도교수 배정은 제1학기 이내에 학생의 희망과 학과 교수 의견을 들어 정한다. 지도교수 1인당 지도 학생 수는 제한을 두지 않는다.
2	교수 1인당 매 학기 담당 과목 제한 수에 협동과정 과목 포함 여부	학과 교수의 매 학기 담당 과목은 2과목 이하로 한다. 다만, 협동과정 과목은 예외로 한다.
3	학생이 소속학과의 교과 과정에서 이수하여야 할 최소학점	학생은 신소재공학과 교육과정에서 석사과정은 15학점, 박사과정은 24학점, 석·박사통합과정은 30학점 이상을 취득하여야 한다.
4	타 대학원 기 이수학점 인정여부 (유효기간 및 학점인정범위)	이 대학원에 입학하기 이전에 국내 또는 외국의 대학원 (연구과정 포함)에서 취득한 학점은 석사과정은 9학점, 박사과정은 12학점까지 인정할 수 있다. 다만, 재학 최종 학기 말로부터 5년 이내에

		입학한 자라야 한다. 학점인정과목은 학과 주임교수가 정한다. (이때 타 대학원은 전남대학교 특수대학원 및 타 대학교 대학원을 말한다.)
5	학위 논문 제출자격 외국어시험 석·박사학위 과정별 부과 과목 수	학위 논문 제출자격 시험 중 외국어시험 과목 수는 석·박사과정 모두 1과목으로 한다.
6	논문작성계획서 발표에 관한 사항	박사학위청구논문 제출 예정자는 논문작성계획서를 제출하였을 경우 지도교수는 학과에서 계획서를 발표하게 하여야 한다.
7	논문지도위원회 운영 유무 및 세부사항	지도교수는 논문지도위원회를 구성하여 운영할 수 있다.
8	보충학점 취득에 관한 사항	석·박사과정 입학자에 대한 보충학점 대상자 선정 및 이수학점은 하위 과정에서 취득한 성적표에 의해 지도교수가 정하며, 석·박사 과정 모두 12학점 범위 내에서 이수할 수 있도록 한다.
9	학생이 각 교수당 총 이수할 수 있는 학점에 관한 사항	<삭제>
10	기타 학과에서 필요로 하는 사항	석사 졸업예정 학생은 학술대회에서 1편 이상, 박사과정은 SCI 1편 포함 국내외 전문학술지 2편 이상 발표하여야 한다. - 단, 국가 지원 사업(BK21사업 등)에서 지원받은 석사 및 학석사 연계과정 학생은 KCI 동제(후보)학술지 혹은 SCIE 논문 1편 이상을 주저자로 발표하여야 한다. (2021 학년도 입학생부터 의무 적용함. 2021학년도 이전 입학생은 상기 졸업 요건 이행을 권고함.) - 단, 국가 지원사업(BK21사업 등)에서 지원받은 박사 및 석박사 통합과정 학생은 SCIE 논문 3편 이상 발표하여야 한다(제1저자로 2편 이상 발표, 제1저자 논문 2편 중 1편은 SCIE 상위 20% 포함). (2021학년도 입학생부터 의무 적용함. 2021학년도 이전 입학생, 특히 박사 저년차는 상기 졸업 요건 이행을 권고함.) - 상기 졸업 요건을 맞추지 못한 학생의 경우 지도교수 요청 시 내부 위원회 심의를 거쳐서 청구논문 접수 가능 여부를 결정하도록 한다. 논문심사위원은 석사과정은 3인, 박사과정은 5인으로 하되, 박사과정은 2명 이상을 우리 대학교 교원이 아닌 외부 심사위원으로 한다.

3. 교육과정 운영계획

- 타 과정과의 연계 융합을 통한 선진화된 교과과정 개발 계획임.
- 산학연계 프로그램 구축을 통해 신소재산학세미나-신소재캡스톤디자인-신소재현장실습으로 이어지는 체계적인 산학밀착형 교육과정 운영.
- 지역 산업체와의 보다 밀접한 관계 구축을 통해 수요 맞춤형 비교과 과정 개발 및 운영 계획.
- 해외 네트워크를 활용한 적극적인 관계 개발을 통해 보다 다양한 분야의 최신 연구 동향 소개.

1.2 과학기술산업·사회 문제 해결과 관련된 교육 프로그램 현황과 구성 및 운영 계획

1. 교육 프로그램 구성 및 운영 추진체계 현황

- 지역사회의 사회·기술적 문제 해결을 위해 지역 과학기술자가 공동으로 참여하는 사회 문제 해결형 융합 프로그램 구성
- 교육단 주관 기술 교류 교육 네트워크 구축
- 대학원 현장실습 교과목 구성
- 연구 및 실무능력을 함양하는 현장형 인재양성을 위한 교과목 구성
- 에너지 융복합 산업육성에 필요한 인재 교육프로그램 구성
- 산학연정 공동의 협동과정 및 산업대학원 교육프로그램 활성화
- 문제 해결 독립 위원회 구성
- 에너지 산업에 특화된 진로 취업 설계 컨설팅 및 전문 관리 교육프로그램 개설
- 수요자 접근이 용이한 온라인 교육프로그램 개설 및 운영

2. 과학기술·산업·사회 문제 해결과 관련된 교육프로그램 현황

프로그램	주요 내용	주요 성과
BK 플러스 사업 '그린에너지소재 사업단'	- 2013년부터 'BK21 플러스 그린에너지 소재 사업단'을 통하여 에너지 저장, 변환, 절약 및 하이브리드 시스템 개발을 통한 그린에너지소재 기술 관련 고급인력을 양성	- 나노에너지 및 기능성 소재에 대한 산업적 해외 의존성을 탈피하여 부가가치가 높은 친환경 에너지 소재 산업을 육성하는 데 이바지함. - 4단계 BK사업으로 연계
인턴십/현장실습 프로그램	- 지역기업과 공동기술개발 프로그램, 인턴십 및 현장실습 프로그램을 운영	- 참여 기업 에너지머티리얼즈, 엠퍼닉스, 큐브나인, 퀴츠테크, 스펙트로, 기현테크, 쿠보텍, 세방전지, POSCO, 쓰리엘 시스템, 정명하이텍, 포스포, 그린에너지 등
산업대학원 재료공학과 운영	- 산업에서 중요성이 매우 높은 재료공학 분야에 대해 학부과정의 기초 지식을 토대로 심층적인 연구를 통해 각종 특수재료의 개발 및 응용능력을 향상시켜 산업에 필요한 고급 기술인력을 양성 - 2015년 이후 12명의 대학원생 졸업 및 수료	- 특히 지역 산업계에서 재료 관련 산업 종사자 중에서 재료 공학을 전공하지 않은 산업인력들의 전문성 강화를 위해 재료에 대한 기초 지식부터 현장 실무 응용에 필요한 노하우 및 연구개발에 필요한 전문지식을 함양할 수 있도록 운영 중
학파간 협동과정 광공학 협동과정	- 광공학 학문 분야에서 체계적이고 총괄적인 전문 교육을 하고 있으며, 광관련 산업 분야의 전문 인력을 양성하고 있음.	- 지역 특화 산업인 광융합 산업의 미약한 생태계 개선을 위해 사업의 다각화와 고부가가치화를 위한 고급 산업인력 양성에 주력
연구소 연계 교육프로그램 운영	- 지역의 에너지산업육성을 주도하고 있는 연구소들과 협약을 통해 지역 산업 연계 교육프로그램 운영	- 한국생산기술연구원, 한국에너지기술연구원, 한국전자부품 연구원의 광주 분원과 한국광기술원에 연수생 파견절차를 개선하여 지역 특성화 교육프로그램을 활성화함.
산학협력 선도대학	- 광융·복합산업/친환경수소기계산업 특성화 교육과정 개발 및 운영	- 2018년부터 진행된 전남대학교 링크플러스사업은 에너지-ICT 신산업 분야의 사

육성사업 (LINC+)	- 에너지저장·변환, 광융합에너지, 경량 에너지 소재 트랙과 연계 프로그램 운영 - 매 분기 별 기업요구 맞춤형 단기 강좌 및 애로기술지도 컨설팅 제공	업으로 ICT 기반 융복합 기술을 활용한 미래 에너지 구현산업을 육성하고 있으며, 석·박사급 창의인재와 기술사업화 역량을 지역사회에 확산하는 기치로 큰 성과를 얻고 있음. - 2022년 링크3.0 사업에 선정되어 미래사회 변화를 선도하는 융합인재 배출을 통해 지역사회 기여 가치를 높일 계획임.
--------------	---	--

3. 산업체 전문가를 활용한 특강 다수 개최

연 번	소속	성명	내용	일시
1	엠코테크놀로지코리아		산학협력특강	2023.09.15(금)
2	한국전자통신연구원		광ICT융합기술연구	2023.09.22(금)
3	SK하이닉스 TL		하이닉스 취업준비 과정 및 전형별 준비요령	2023.10.06(금)
4	푸스코트라 기술연구소 책임		수상태양광 발전시스템의 기술적 동향	2023.10.13(금)
5	원익 IPS ALK팀 과장		ALD 공정의 시간당 설비 생산량 향상 방법	2023.10.27(금)
6	한국생산기술연구원 그린에너지나노연구그룹 수석연구원		에너지 절약형 smart window 기술 개발	2023.11.03(금)
7	삼성전자 수석연구원		반도체 HK-MG 공정 소개	2023.11.10(금)
8	LG에너지솔루션 팀장		진로와 취업: 어떤 결정과 준비가 필요한가?	2023.11.17(금)
9	한국광기술원 광융합에너지소재연구 센터 연구원		태양광 물분해 기반 차세대 광전극 소재기술	2023.11.24(금)
10	한국광기술원 지능형광학모듈연구센 터 선임연구원		다이아몬드 유사 카본 코팅을 이용한 내구성 향상 및 무반사 코팅기술	2023.12.01(금)
11	한국광기술원 광학렌즈소재연구센터 센터장		광융합산업시대 광학소재부품 역할	2023.12.08(금)

4. 심포지엄 및 학회 공동 주관 개최

- 지역사회 기술 공유 및 최신 연구 동향 보고를 위한 국내 학회 공동 주관 주최함
- 2023 GPVC (2023.9.6.-8) 학회 공동 주관
- GCIM 2024 (2024.6.8.-12) 학회 공동 주관



5. 비전과 목표에 적합한 문제해결 교육 프로그램 구성 및 운영 계획

- 교육연구단 주관 광주 전남권 기업 기술 교류 및 교육 네트워크 구축
- 대학원 현장실습 및 실무능력 향상 교과목 운영 및 고도화
- 에너지융합소재 산업육성에 필요한 전문인재 교육 프로그램 구성

2. 인력양성 계획 및 지원 방안

2.1 최근 1년간 대학원생 인력 확보 및 배출 실적

〈표 2-1〉 교육연구단(팀) 소속 학과(부) 참여대학원생 확보 및 배출 실적 (단위: 명)

대학원생 확보 및 배출 실적					
실적		석사	박사	석·박사 통합	계
확보 (재학생)	2023년 2학기	28	21	14	63
	2024년 1학기	31	22	15	68
	계	59	43	29	131
배출 (졸업생)	2023년 2학기	8	0		8
	2024년 1학기	3	7		10
	계	11	7		18

2.2 교육연구단(팀)의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획

1. 우수 대학원생 확보 핵심전략 및 계획

- 학부생 대상 연구실 소개 Open Lab 실시
 - 타대 학부생 및 외국인 대상 방학 중 장기 Open Lab 실시
 - 학부생-대학원생 1:1 매칭 “Match-Up” 프로그램 시행
 - 대학원 연계과정 운영 적극 홍보
5. 해외 초청 연수 프로그램 활용한 인력 확보

우수 대학원생 확보 방안

오른편 실시 - 본교학부생대상년 2회 실시 - 타대학부생대상 겨울방학 2주 진행	MatchUp 프로그램 - RA제도 및 학내 RA 프로그램 적극 홍보 - 학부 4학년, 대학원생 11매칭	연계 과정 홍보 - 학석사연계 프로그램 - 석박사연계 프로그램 - 연계 프로그램 자격 조건 완화	해외 네트워크 활용 - 해외 MOU 대학교의 인적 네트워크 활용 - 호치민 대, 온주대, 인도네시아 국립대 등	초청 프로그램 활용 - 중남미 아공계 초청 연수 프로그램 활용 - 참여 교수 실험실 실험실습 운영
--	--	--	---	--

2. 대학원생 확보 노력 및 결과

1) 재학생 및 외부 학생들을 대상으로 하는 연구실 Open Lab 행사 개최 (2023.10.11.)

<연구실 소개 영상 예시>

- 학부생들을 대상으로 대학원 실험실별 연구 분야, 졸업 후 진로 등 다양한 분야 소개함.
- 학부장을 비롯한 각 실험실 교수님/대학원생의 적극 홍보를 통한 자대 학부생 대학원 진학 유도. 현재, 학·석사 연계과정 참여 학부생 장학금 지급을 통해 진학 적극 유도함.
- 학석사연계과정, 석박사통합과정 입학 등 다양한 연계 과정 집중 홍보를 수행함.
- 2022년 대비 2023년, 2024년 석사과정 입학생이 상승하였음. 2022년 1학기 기준 석사 24명, 박사 23명, 석박 통합과정 16명에서 2024년 1학기 석사 31명, 박사 22명 석박통합 15명으로 박사, 석박통합과정 입학생은 비슷한 수준을 유지하였으며, 석사 입학생이 대폭 상승하였음. 석사 이후 박사 진학을 기대할 수 있음.

3. 우수 대학원생 지원 전략

- 정기 워크숍 실시를 통한 실험실 내 연구 홍보 및 공동 연구 독려
- 우수 대학원생 해외 파견 공동 연구 기회 제공
- 참여 대학원생 간 경쟁 촉진을 통한 차등 지원
- 본부 차원의 외국인 대학원생 장학 지원 활용
- 대학원생의 석박사 졸업 후 취업 준비 지원

우수 대학원생 지원 방안

실험실 연구 홍보

- 동계/하계 워크숍 개최
- 연구 내용 공유 및 공동연구장려
- 연구 동기 부여

해외 파견 기회 제공

- 연구년 교수 활용한 대학원생 해외 파견
- 실질적 해외 공동연구 기회 제공

인센티브 차등 지급

- 교육 프로그램 참여도 및 연구 성과 기반 지급
- 해외 학회 발표 지원

장학 프로그램 활용

- 본부 차원 외국인 장학 프로그램 활용
- 의료보험료, 기숙사비 등 적극 지원

비교과 취업 지원

- 융합인재원 기초교육원 프로그램
- 취업캠프, 인적성검사, ONU에이스 프로그램

4. 대학원생 지원 결과

1) 우수 참여학생 선정 및 인센티브 지급

- BK 교육프로그램 참여 및 우수 참여대학원생의 학습 및 연구의욕 진작을 위해 참여대학원생 인센티브를 평가지표에 따른 등급별로 차등 지급함. (2024.02월 44명 30,200,000원)
- 이중 평가 점수가 우수한 정예슬, 박지민, 이준, NGUYEN AN GIANG, 배호한, RAVEENDRAN ATHIRA 학생은 학생 우수상 시상 및 상장을 수여함.
- 박순현, 오광언, 장수영, Fang 학생은 대학원 인재양성에서 운영하는 BK21 Fellowship에 선정되어 장학금(11,000,000원)을 지원받고 학생 우수상 시상식 및 상장을 수여함.
- *아래 사진 참조



<참여대학원생 평가기준>

구분	평가항목	환산점수	비고
평균평점	평균평점	평균평점(4.5 만점)	
공인외국어	TOEIC(또는 JPT)	TOEIC 점수/1000	평가시점으로 1년 이내 성적
논문	SCI급 학술지 게재 논문	IF>10 이상 논문 주저자 1건=3점 / 공동저자 1건=0.5점 JCR 상위10% 이내 논문 주저자 1건=2점 / 공동저자 1건=0.5점 기타논문 주저자 1건=1점, 공동저자=0.3점	
	SCIE 보정 IF (주저자만 해당)	보정 IF * 7점	
	학진등재 논문	1건=0.7점	

	국제학술대회 발표, 국외학회 논문	1건=0.5점	
	국내학술대회 발표	1건=0.3점	
특허	국내 특허 출원	1건=0.6점 -> 1점	학생 특허점수 상향
	국제 특허 출원	1건=1점 -> 2점	
산학협력	산학장학생	1건=0.5점	
	인턴쉽(3개월 이상)	1건=1점	
외국어 능력향상	언어교육원 외국어 프로그램 단계 향상	언어교육원 프로그램 1단계 향상 시 =0.2점	
	공인 외국어 점수 향상	공인외국어 점수 5% 향상 시=0.2점 공인외국어 점수 10%이상 향상 시=0.3점	
프로그램 참여도	BK 진행 프로그램	프로그램 참여 건수=0.3건	

※ SCIE 논문의 Impact Factor는 평가시점의 자료를 사용한다.

※ 위의 평가 기준은 BK21사업과 관련하여 교육부의 평가지표가 공지/변경되거나, 기존 평가기준안에 심각한 오류가 있는 경우 및 사업단 경쟁력 강화를 위해 지표 변경이 필요한 경우에 내부 운영위원회를 거쳐 수정할 수 있다. 수정안은 참여교수 전체에 공람 후 1주일의 의견수렴 기간을 거쳐 확정한다.

〈BK21 Fellowship 장학생 선발 지침 및 기준〉

선발내용	(선발 인원 및 지원금액) 지원금액 : 교육연구단 6,000천원 선발인원 : 교육연구단별 지원금액 내 대상자 추천 (6,000천원 기준) (지원 자격 및 대상) • BK21 교육연구단에서 현재 연구에 참여중인 전일제 대학원생 (외국인 포함) • 직전학기 성적 평균평점 3.75이상 / 4.5 이상 ※ 수료후 등록생의 경우 마지막 학기 성적 기준으로 선발 • 전년도 BK21 Fellowship 장학금 수혜자 제외 * 증빙자료(건강보험자격득실확인서 등) 제출을 통해 확인					
선발요건	- 실적을 제출한 참여대학원생 중 논문과 특허 실적을 아래 평가기준을 적용하여 선발하 되 지도교수의 추천을 받은 학생으로 선발한다. <table><tr><th>논문 평가 기준</th><th>특허 평가 기준</th></tr><tr><td>IF>10 이상 논문 주저자 1건=3점 / 공동저자 1건=0.5점 JCR 상위10% 이내 논문 주저자 1건=2점 / 공동저자 1건=0.5점 기타논문 주저자 1건=1점, 공동저자=0.3점 SCIE 보정 IF (주저자만 해당) : 보정 IF * 7점</td><td>1건= 1점 1건= 2점</td></tr></table> ※ SCIE 논문의 Impact Factor는 평가시점의 자료를 사용한다.		논문 평가 기준	특허 평가 기준	IF>10 이상 논문 주저자 1건=3점 / 공동저자 1건=0.5점 JCR 상위10% 이내 논문 주저자 1건=2점 / 공동저자 1건=0.5점 기타논문 주저자 1건=1점, 공동저자=0.3점 SCIE 보정 IF (주저자만 해당) : 보정 IF * 7점	1건= 1점 1건= 2점
논문 평가 기준	특허 평가 기준					
IF>10 이상 논문 주저자 1건=3점 / 공동저자 1건=0.5점 JCR 상위10% 이내 논문 주저자 1건=2점 / 공동저자 1건=0.5점 기타논문 주저자 1건=1점, 공동저자=0.3점 SCIE 보정 IF (주저자만 해당) : 보정 IF * 7점	1건= 1점 1건= 2점					

2) 대학원생 장/단기 해외 파견 및 연구 기회 제공

구분	기간	성명	방문장소	내용
장기연수	2021.12.28.-2024.08.31		North Carolina Agricultural and Technical State University	인공장기칩 기술을 이용한 약물스크리닝 연구와 개발
단기연수	2024.04.22.-2024.04.26		MRS 학회참석	MRS 국제 학회 참석 후 포스터 발표

2.3 참여대학원생의 취(창)업의 질적 우수성

〈표 2-2〉 2023년 8월 및 2024년 2월 졸업한 교육연구단(팀) 소속 학과(부) 참여대학원생 취(창)업률 실적(단위: 명, %)

구 분		졸업 및 취(창)업현황 (단위: 명, %)						취(창)업률 (D/C)×100
		졸업자 (G)	비취업자(B)			취(창)업대상자 (C=G-B)	취(창)업자 (D)	
			진학자		입대자			
			국내	국외				
2023년 8월 졸업자	석사	2	0	0	0	2	1	88.89%
	박사	7			0	7	7	
2024년 2월 졸업자	석사	8	2	0	0	6	5	83.33%
	박사	0			0	0	0	

- 2023년 2월 기준, 8명의 석사를 배출하였고, 2명은 박사학위로 진학하였고, 12명이 취업하여 80%의 취업률을 달성하였음.
- 2023년 8월 기준, 7명의 박사와 2명의 석사를 배출하였고, 총 9명 중 8이 취업하여 88.8%의 취업률을 달성하였음.
- 2024년 2월 기준, 8명의 석사를 배출하였고, 2명은 박사학위로 진학하였고, 12명이 취업하여 80%의 취업률을 달성하였음.
- 2023년 1년 전체로 보면, 19명의 졸업생을 배출하고, 그 중 2명이 진학, 취업 대상자 17명 중 13명이 취업하여 76%의 취업률을 달성하였음.
- 작년 2021년 1년 전체에서 50%의 취업률과 비교하여, 우수한 취업률을 달성하였음.
- 외국인 졸업생 6명 가운데 4명이 졸업 후 국외/국내로 취업하였음.

□ 대표적 취(창)업 사례

〈내국인 졸업자〉

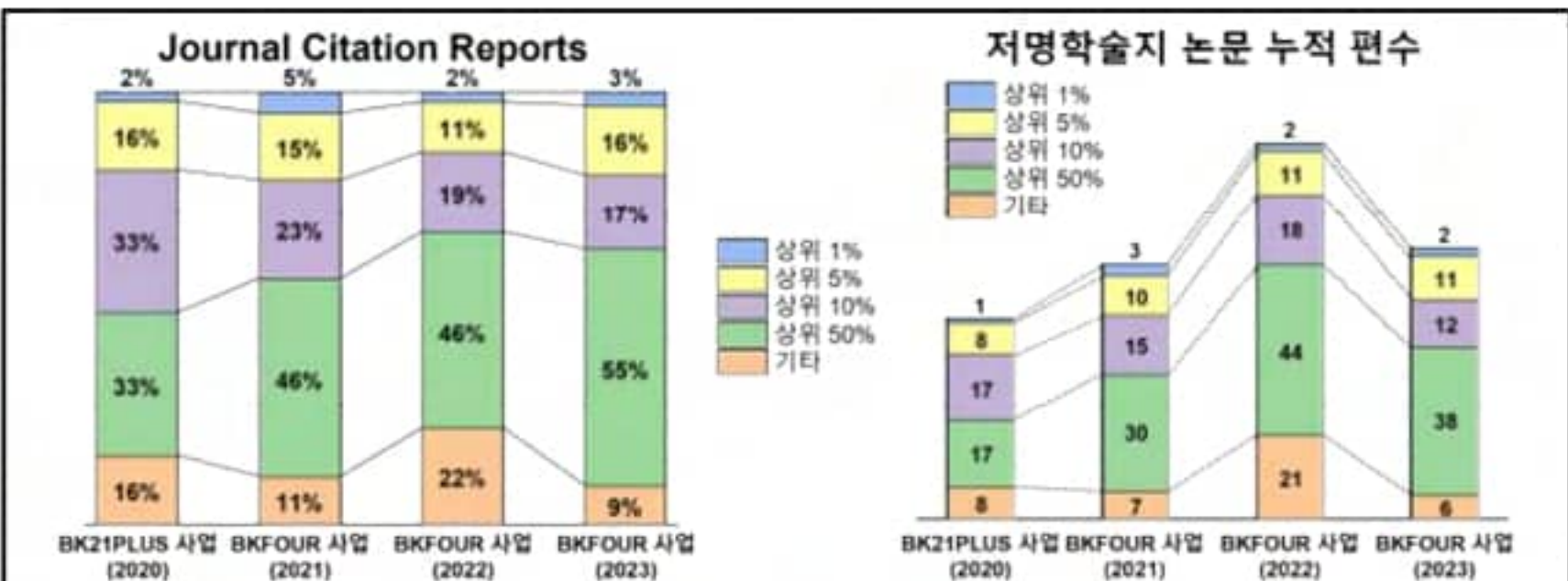
연번	대학원생 성명	학위 졸업	취창업 대표 사례
1		박사	LG 화학
2		석사	한국화학연구원
3		석사	한국광기술원
4		석사	에이케이에코플랜트
5		석사	전남대학교 신소재공학부 박사 진학
6		석사	삼성 SDI
7		석사	삼성 SDI
8		석사	포스코홀딩스
9		석사	전남대학교 신소재공학부 박사 진학
10		박사	Harvard University 박사후 연구원
11		석사	전남대학교 신소재공학부 박사 진학
12		석사	포스코 퓨처엠

〈외국인 졸업자〉

연번	대학원생 성명	학위 졸업	취창업 대표 사례
1		박사	한국 에너지공과대학교 박사후 연구원
2		박사	University of California San Francisco 박사후 연구원
3		박사	전남대학교 산학협력단 박사후 연구원
4		박사	Khalifa University 박사후 연구원
5		박사	British Columbia 박사후 연구원
6		박사	경상국립대학교 산학협력단 박사후 연구원
7		박사	전남대학교 산학협력단 연구원
8		석사	전남대학교 산학협력단 연구원

3. 참여대학원생 연구실적의 우수성

① 참여대학원생 저명학술지 논문의 우수성



〈참여대학원생 저명학술지 논문 JCR 통계〉

- 본 연구단의 당해연도(2023.09.~2024.08.) 참여대학원생 저명학술지 논문 업적은 총 69편으로 전년도에 비해 소폭 감소됨. 하지만, 전체논문 대비 상위 1%와 5% 이내 학술지에 출판한 논문들의 비율은 각각 전년도 대비 상승하였음. 상위 10% 이내 논문의 비율은 32%에서 36%로 상승하여, BK FOUR 사업 참여대학원생의 저명학술지 논문의 질적 향상 되었음.
- 저명학술지 누적 논문 편수 상위 1% 논문은 3건에서 2건으로 소폭 하락하였지만, 상위 5% 논문은 10건에서 11건으로 향상되었음. 상위 20% 이내 논문은 42편으로 당해연도 출판 논문 중 60.8 %에 해당함. 이러한 통계 수치들은 2023년 참여대학원생의 연구 업적이 전년도 참여대학원생과 비교하면 질적, 양적으로 향상되었음을 의미하며 기초 연구역량 강화 및 융합연구를 기반한 교육역량 강화를 통해 단계적으로 연구역량이 향상된 것으로 판단됨.
- 향후 체계화된 교육역량 강화 및 융합연구 전략을 통해 대학원생의 연구역량을 향상시키고자 함.

<참여대학원생 저명학술지 논문의 우수성>

연 번	대학원생 성명	저명학술지 논문의 우수성
1		[Journal of Materials Chemistry A, IF=10.7, JCR 상위 9.1% (Energy & Fuels)] 아연 하이브리드 커패시터의 제한된 용량 및 에너지 밀도는 대규모 응용 분야를 충족하기 위해 더욱 개선되어야 할 양극 물질과 전해질에 기인하는데 이러한 문제를 극복하기 위해 본 연구에서는 저비용/저농도 KI 첨가 수계 ZnSO₄를 전해질로, Zn 금속을 음극으로, 젤라틴 바이오 폴리머에서 추출한 헥테로 원자 함유 다공성 탄소(PC)를 사용하는 수계 아연 하이브리드 배터리-커패시터(AZHBC)를 개발함. Zn//ZnSO₄ + KI/PC로 구성된 AZHBC는 전압 범위가 0.2~1.8V로 각각 399mAhg⁻¹의 고용량과 479.1WhKg⁻¹의 고에너지 밀도를 보였으며, 이는 고비용 Zn//ZnSO₄ + ZnI₂/PC로 구성된 AZHBC보다 높음. 이러한 결과는 PC 전극의 계면 표면에서 폴리요오드화 산화환원 반응(3I⁻/I₃⁻, 2I⁻/I₂ 및 2I₃⁻/3I₂)을 향상시키는 KI 첨가제의 역할과 향상된 페러데이 반응에 기인한 것으로 볼 수 있음. 또한 1M ZnSO₄ + 0.08M KI는 가장 우수한 성능(6000 사이클 장기화 후 고용량 유지율(-94.5%))을 나타내어 최적의 전해질 농도로 확인됨. 이 연구에서 제안된 전략은 고에너지 저비용 AZHBC에 적합하고 최상의 산화환원 첨가제 탐색에 대한 새로운 접근법을 제공하여 에너지 융합 소재 및 인력양성을 한 축으로 하는 본 교육 연구단의 목표와 부합함.
2		[Journal of Materials Chemistry A, IF=10.7, JCR 상위 9.1% (Energy & Fuels)] 본 연구에서는 소듐 이온 배터리(SIB)를 위한 유망한 고에너지 양극으로서 탄소 전도성 네트워크를 가진 프러시안 화이트(Na₂MnFe(CN)₆)-탄소나노튜브(PW-CNT) 복합 물질을 제시함. 결합 결정화를 조절하기 위해 킬레이트제 보조 침전법으로 제조되는 이 양극은 높은 격자 결함, 비가역적 상전이, 그에 따른 구조적 불안정성과 같은 일반적으로 SIB용 PW 양극에 존재하는 불안정한 사이클링의 병목 현상에 대한 유망한 해결책으로 제시됨. 정확하게 PW-CNT 복합 물질 형성은 재료 합성 중 CNT와 킬레이트제의 전략적 시너지 효과를 통해 달성되는 효과적으로 제어된 수분 함량을 강조함. 또한, 특히 소듐 이온 배터리에서 PW-CNT 복합 물질의 전기화학적 거동과 성능은 제어된 수분 환경에서 탐구됨. PW, CNT 및 킬레이트제 사이의 복잡한 상호 작용과 수분 관리 및 후속 전기화학적 성능에 대한 시너지 효과적인 영향을 철저히 조사함. 10C의 극한 속도에서 PW-CNT 복합 양극은 이론값(-140mAhg⁻¹)에 매우 가까운 133mAhg⁻¹의 높은 가역 용량을 보였으며, 기존의 프러시안 블루(PB) 양극(-58mAhg⁻¹)보다 각각 약 30%, 1.2배 더 높은 용량을 보임. 하드 카본(HC) 음극을 사용한 코인형 풀셀 구성은 1C에서 1500사이클 후 용량 유지율이 약 58%로 나타나 SIB를 포함한 에너지 저장 응용을 발전시킬 수 있는 PW-CNT 복합 양극의 잠재력을 강조하여 에너지 융합 소재 및 인력양성을 한 축으로 하는 본 교육 연구단의 목표와 부합함.
3		[Nano-Micro Letters, IF=31.6, JCR 상위 1.7% (Materials Science, Multidisciplinary)] 본 연구에서는 전해질과 전극 간 뛰어난 이온전도성 및 계면 호환성을 동시에 달성하기 위한 목적으로 고체리튬금속배터리(SSLMB)를 위한 복합고체전해질(CSE) 설계를 진행함. 해당 목적을 달성하기 위해 합성된 다공성 Li_{6.4}La₃Zr_{1.4}Ta_{0.6}O₁₂ (LLZT) 물질 내에서 monomer를 in-situ중합하여 CSE를 제작하였으며, 해당 과정을 통해 합성된 CSE는 1.117mS cm⁻¹의 높은 이온 전도도, 0.627의 리튬 이동도, 30° C에서 Li/Li⁺ 대비 최대 5.06V의 전기화학적 안정성을 나타냄. 또한, 0.5° C 및 30° C에서 400 사이클 후 LiCSE/LiNi_{0.8}Co_{0.1}Mn_{0.1}O₂ 셀은 105.1 mAh g⁻¹의 방전 용량을 제공했으며 이는 61%의 용량 유지율에 해당함. 이와같은 방법론을 통해 미래의 다양한 세라믹 및 폴리머 전해질과 배터리 시스템으로의 확장 전략을 제시하였으며, 고에너지 밀도 SSLMB를 위한 CSE의 전기화학적 특징 개선의 가능성을 열어주는 등의 에너지 융합소재 및 인력 양성에 기여하는 연구단의 목표에 부합함.

4	[Journal of Materials Chemistry A, IF=10.7, JCR 상위 9.1% (Energy & Fuels)] 본 연구에서는 고정식 에너지 저장을 위한 배터리를 준비하기 위해 Mn-ion 배터리(MIB)와 관련 작동에 초점을 맞추고 있음. MIB의 특징은 실질적인 문제를 이해하는 데 필요한 안정적인 Mn^{2+} 저장 양극을 설정함으로써 정의할 수 있음. 본 연구에서는 두 가지 다른 전해질(1M $Mn(ClO_4)_2$ (MC) 및 1M $MnSO_4$ (MS)에서 졸-겔 기법으로 제조된 $Na_{1.25}V_3O_8$ (NVO) 양극을 Mn^{2+} 저장 호스트로 사용함. 안정적인 전하 전달 동역학을 가진 MC 전해질은 MS 전해질보다 더 나은 전기화학적 성능을 보임. 이론적 분석이 Mn 이온이 구조에 삽입될 때 반도체의 NVO 양극이 전도성이 된다는 것을 뒷받침하며, 이는 코인셀 구성에서 안정적인 Mn^{2+} 저장 특성을 이해하는 데 도움이 됨. 이를 통해 제안된 플랫폼은 미래의 배터리 응용에 크게 도움이 될 것이며 에너지 융합 소재 및 인력양성을 한 축으로 하는 본 교육 연구단의 목표와 부합함.
5	[ACS Energy Letters, IF=19.5, JCR 상위 3.8% (Materials Science, Multidisciplinary)] 본 연구에서는 최근 Zn 이온 및 전해 박리-도금 화학을 포함한 수계 Zn 금속 배터리 기술의 재출현은 특히 제조-설치 비용 측면에서 잠재적으로 실행 가능한 배터리를 나타냄. 그러나 알칼리성 Zn-MnO_2, Zn-Ni 및 Zn-공기 배터리를 포함하여 이러한 새로운 Zn-금속 기술의 추가 발전을 보장하기 위해 많은 중요한 요소를 해결해야 함. 특히 알칼리성 Zn-MnO_2 배터리는 MnO_2와 관련하여 2e를 완전히 소비해야 하는 문제에 직면한 반면, Zn-Ni 배터리는 양극 안정성 및 음극 비용 측면에서 어려움을 겪고 있음. 따라서 약산성 Zn-MnO_2 배터리의 복잡한 다양한 전기화학 메커니즘을 해결하기 위한 연구는 아직 진행되지 않은 반면, 강산성-알칼리성 디커플링된 Zn-MnO_2 배터리는 양극-음극 용해로 인해 어려움을 겪고 있음. 이 관점은 에너지 밀도 계산 시뮬레이션과 함께 수성 Zn-금속 배터리 기술의 상태와 실제 개발과 관련된 요소를 제공함. 이러한 연구의 관점은 에너지 융합 소재 및 인력양성을 한 축으로 하는 본 교육 연구단의 목표와 부합함.
6	[Journal of Materials Chemistry A, IF=10.7, JCR 상위 9.1% (Energy & Fuels)] 아연 이온 배터리(ZIB)는 저렴한 비용과 높은 안전성으로 인해 리튬 이온 배터리(LIB)의 잠재적 대안으로 상당한 관심을 받고 있음. 그러나 ZIB의 상용화 문제는 여전히 남아 있으며, 이는 주로 충분한 에너지 밀도를 가진 전극 물질의 부재에 기인함. 본 연구에서는 강력한 3D 구조 프레임워크와 높은 작동 전압으로 인해 고에너지 및 고출력 ZIB 양극으로서 β-$LiVOPO_4$를 개발함. 특히 β-$LiVOPO_4$의 경우 1.61V의 높은 작동 전압을 달성함. 양극은 $100mAhg^{-1}$의 전류 밀도에서 $114.1mAhg^{-1}$의 방전 용량을 상당한 수명특성과 속도 특성과 함께 제공함. 또한, 인시츄 싱크로트론 X-선 회절(XRD), 인시츄 X-선 흡수 분광법, 인시츄 XRD 및 이론적 계산을 포함한 다양한 특성화 기술을 사용하여 β-$LiVOPO_4$ 양극의 저장 메커니즘을 분석함. 사이클링하는 동안 용량 기반 표면 반응과 반복적인 Li^+/Zn^{2+} (탈)삽입을 통한 가역적이고 안정적인 상전이가 유지됨. 이는 ZIB 양극으로 사용될 때 β-$LiVOPO_4$의 높은 전기화학적 성능에 기여함. 이러한 분석을 통한 메커니즘 분석과 아연 이온 배터리에서의 고에너지밀도의 물질 개발은 에너지 융합 소재 및 인력양성을 한 축으로 하는 본 교육 연구단의 목표와 부합함.
7	[Advanced Functional Materials, IF=18.5, JCR 상위 4.1% (Chemistry, Multidisciplinary)] 본 연구에서는 낮은 효율을 가진 CZTSSe 박막 태양전지의 성능을 향상시키기 위한 최적화를 위하여 random forest ML prediction을 이용하였음. 차세대 태양전지로 각광받는 CZTSSe 박막 태양전지의 공정 중에서의 defect 형성, 다양한 구성원소의 불균형성, 각 층 두께의 차이로 인한 낮은 효율을 해결하기 위해 DT모델과 CART 모델을 구축하여 시뮬레이션하였음. 해당 모델들로 테스트하였을 때, CZTSSe 박막 태양전지의 효율에 영향을 끼치는 다양한 요인들 중 i-ZnO 두께와 Zn/Sn의 구성 비율 그리고 S, Se를 이용한 열처리 온도가 지대적인 것으로 확인되었음. 이러한 이론적 발견을 검증하고자 Zn/Sn 비율, i-ZnO, 열처리 온도 등을 변경한 후 이러한 다양한 변수를 이용하여 실험을 진행하였음.

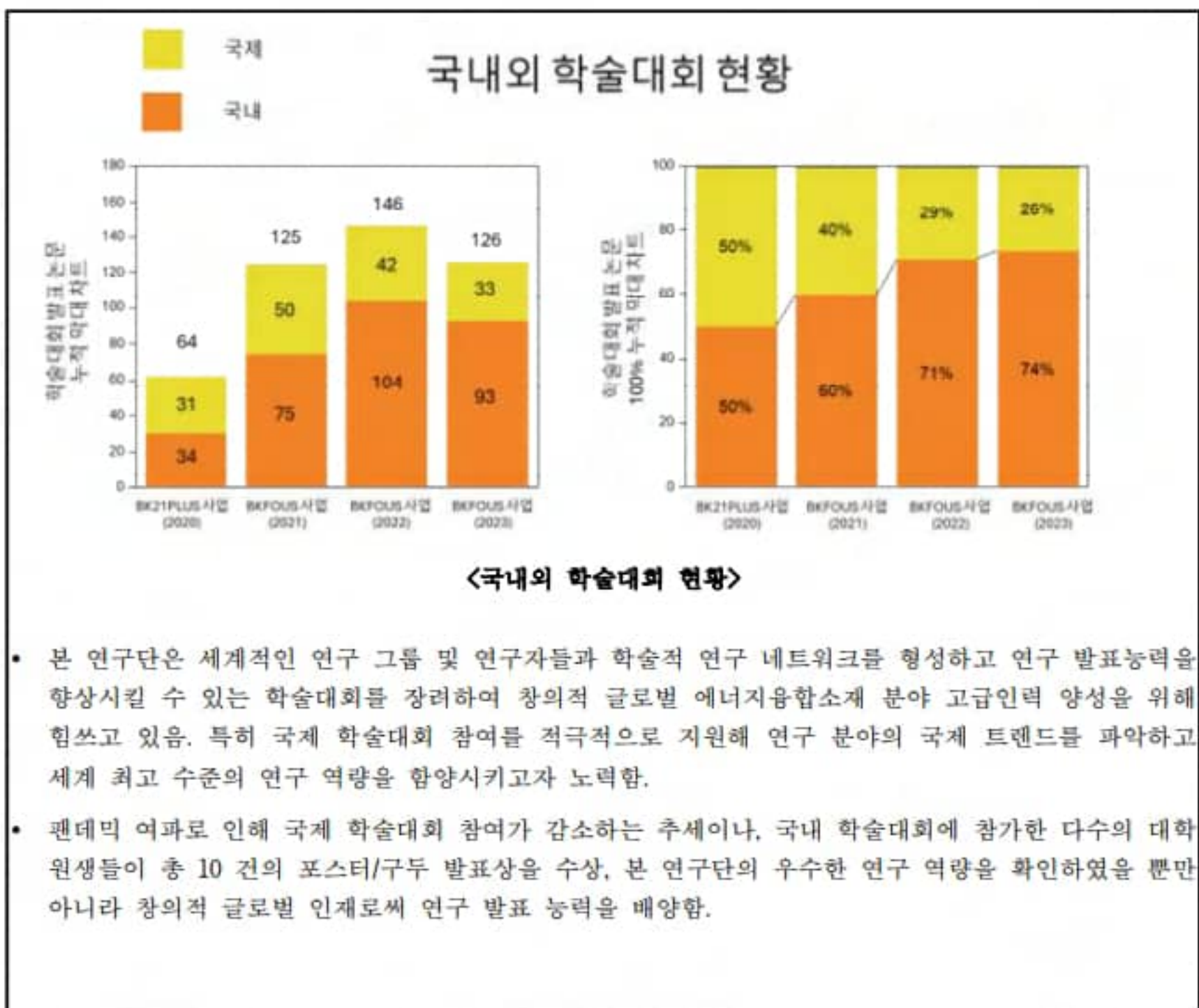
		실험적 결과를 확인하였을 때, 이론적 발견의 경향성과 일치하는 것을 확인하였음. 이론적 결과대로 최적의 효율은 60 nm의 i-ZnO, 540° C의 열처리 온도와 Zn/Sn = 1.0 ± 0.5, Cu/Sn = 1.3 ± 0.5, Cu/Zn = 1.2 ± 0.5 및 Cu/Zn+Sn = 0.63 ± 0.5에서 보였음. 본 연구는 지속 가능한 ML 알고리즘을 실험 데이터와 결합시켰을 때, 불필요한 실험 횟수를 줄일 수 있음을 시사하며, 고효율 장치를 위한 빠른 최적화 가능성을 보여줌. 이는 다양한 신소재에서 적용시킬 수 있으며 에너지 융합 소재 및 인력 양성을 한 축으로 하는 본 교육 연구단의 목표와 부합함.
8		[Chemical Engineering Journal, IF=13.4, JCR 상위 3.1% (Engineering, Environmental)] 본 연구는 차세대 태양전지인 CZTSSe의 낮은 개방회로 전압(V_{oc})과 불안정한 후면 접점 특성을 개선하기 위하여 MoO_x층의 도입 및 Ge 도핑 전략을 이용함. CZTSSe 박막 태양전지는 공정중 발생하는 두꺼운 $Mo(S,Se)_2$ 및 Sn 관련 defect로 인해 성능이 제한됨. 그러나 본 연구에서 고안된 오븐을 이용한 손쉬운 MoO_x 중간층의 도입, Evaporation을 이용한 Ge 도핑을 통해 이러한 문제점들이 개선되는 것이 확인되었음. MoO_x 및 Ge가 도입된 CZTSSe 장치는 11.55%의 광전환효율을 보였으며 이는 기존 CZTSSe 박막 태양전지가 보여준 8.1%의 효율보다 월등히 향상된 성능이며, 이러한 결과는 더 큰 입자 크기, 감소된 공극 및 후면 접점 근처의 작은 크기의 입자 등에 기인하는 것으로 확인되었음. 이러한 새로운 전략은 다중 양이온 도핑, 알칼리 원소 도핑 등과 통합되었을 때 더 큰 시너지 효과를 발휘할 것으로 예상되며 CZTSSe 박막 태양전지뿐만 아니라 다양한 광전소자의 최적화에도 큰 도움이 될 것으로 기대됨. 이는 에너지 융합 소재 및 인력양성을 한 축으로 하는 본 교육 연구단의 목표와 부합함.
9		[Advanced Energy Materials, IF=24.4, JCR 상위 2.6% (Energy & Fuels)] 전기화학적 물분해는 재생 가능한 수소(H_2)생산, 에너지 저장 및 탄소 배출없는 수송을 가능하게 함으로써 지속 가능한 에너지 미래로 전환을 촉진하는 데 중요한 역할을 함. 뛰어난 전반적인 물분해 성능, 우수한 촉매 활성 및 견고한 장기 안정성을 갖춘 지구상에 풍부한 원소로 이루어진 전기촉매를 개발하는 것은 물 전기분해의 실제 적용에 매우 중요함. 특히, 자체지지 전기 촉매는 활성 부위 로딩 증가, 빠른 질량 및 전하이동, 하부 전도성 지지체와의 강력한 상호작용으로 인해 실용적인 H_2 생산을 위한 가장 유력한 후보임. 또한 이러한 전기 촉매는 향상된 반응 속도 및 안정성도 갖추고 있음. 본 논문에서는 물 분해 및 선택적 산화반응을 위한 자체 지지형 Fe 기반 전기 촉매 개발의 최근 연구 동향에 대한 포괄적인 리뷰로 옥시수산화물, 증상 이중 수산화물, 산화물, 칼코게나이드, 인화물, 질화물 및 기타 Fe 기반 전기촉매에 대한 문헌조사를 수행함. 자체 지지형 Fe 기반 전기 촉매 합성의 개발동향과 다양한 증착 방법과 대규모 상업적 응용에도 적용가능한 자체 지지형 전도성 기관에 대한 문헌조사도 수행함. 마지막으로 높은 H_2 생산을 위한 시스템적 이해와 접근 방식에 대해서 논의함. 이러한 친환경 에너지에 대한 연구동향 파악과 차기연구방향에 대해 논의하는 것은 질적 연구 및 훌륭한 연구인력 양성에 매우 중요하며, 미래 에너지 소재 연구 및 인재 양성을 목표로 하는 연구단의 비전과도 부합함.
10		[Small, IF=13, JCR 상위 7% (Physics, Applied)] Core-Shell 구조는 서로 다른 재료로 이루어진 외부 셸과 이에 둘러싸인 중앙 코어로 구성됨. 코어의 주요 기능은 전하 이동을 개선하고 셸 성장을 지원함. TMO의 1D 구조가 중앙 코어에 가장 적합하다는 것은 많은 연구로 입증됨. 반면 TMO의 2D 구조는 여러 전기 활성 부위를 제공하는 거대한 전하 축적 영역 때문에 외부 셸에 가장 많이 사용됨. 이러한 외부 셸은 표면적을 개선하고 안정성과 산화환원 활성 부위를 제공함. TMO 코어의 1D 구조와 TMO 셸의 2D 구조로 구성된 Core-Shell은 많은 보고가 이루어짐. Core-Shell 재료의 선택 및 설계는 전하 저장 응용 프로그램을 결정하는데 중요한 역할을 함. 또한 셸과 코어 구조 간의 시너지는 더 나은 전기화학적 성능의 주요 원인으로 간주됨. 또한 Core-Shell 구조의 원하는 특성을 손상시키지 않으면서 효율성을 위해 합성 방법을 최적

		화하기 위한 더 많은 연구가 필요함. 이외에도 헤테로원자를 이용하여 셀 재료를 도핑하는 것은 슈퍼커패시터를 위해 기능화하는 강력하고 다양한 접근 방식을 나타냄. 이러한 포괄적인 접근 방식은 TMO 기반 Core-Shell 구조의 현재 설계 및 합성에서 발생하는 과제를 극복하고 슈퍼커패시터에 대한 TMO Core-Shell 구조의 실용적인 적용을 발전시키는 데 기여함.
11		[Advanced Energy Materials, IF=24.4, JCR 상위 2.6% (Energy & Fuels)] 효율적인 전기화학 에너지 장치를 설계하기 위해 활성 기능 물질을 탐구하는 것은 필수적임. 2D-Covalent organic frameworks (2D-COF)는 조정 가능한 구조 및 전자 특성, 높은 열/화학적 안정성 및 탄소 기반의 Motifs 때문에 전기화학 기기의 핵심 물질로 높은 관심도를 가지고 있음. 이 리뷰는 2D-COF를 전자적인 관점에서 수정 전략과 특성 그리고 전기화학 장치에서의 전망에 대해서 구체적으로 다루고, 다양한 합성 그리고 합성 후 전략에 의해 COF 골격의 전기 활성 방안에 대해서 명확하게 설명함. 또한 전기화학 에너지 변환 장치의 실제 응용 분야에서 새로운 기능성 소재로서 전기 활성 2D-COF의 중요성에 대해서 구체적으로 설명함. 추가적으로, 전기 촉매 활용을 개선시키는데 있어 2D-COF의 효과적인 전략들을 요약하고 미래의 연구 전망에 대해 지속 가능하고 신뢰할 수 있는 미래를 위한 첨단 기능성 소재로서 전기 활성 2D-COF를 제안함. 이러한 연구결과는 에너지 융합 소재 및 인력 양성을 한 축으로 하는 본 교육 연구단의 목표와 부합함.
12		[Advanced Materials, IF=27.4, JCR 상위 1.9% (Chemistry, Multidisciplinary)] 결정립계와 각 결정들의 결정학적인 방향들을 포함하는 결정학적 특성들은 2차원 물질들(2DMs)의 특성을 결정하는데 있어서 중요한 역할을 함. 지금까지, 파괴적이고 복합적인 과정을 요구하는 2DMs의 국소적인 미세구조 분석은 주로 잘 알려지지 않은 2DMs의 시료들을 확인하는데 사용되어왔음. 여기서, 스티커 메모와 유사한 방식을 사용하는 반데르발스(vdW) 결합-분리를 활용해 비파괴적으로 넓은 영역의 이차원 결정학적 분석 방법이 제시됨. 잘 알려지지 않은 다결정의 그래핀(PCG)과 단원자 두께의 단결정 그래핀 필터(SCG-filter)의 vdW 결합방식을 활용해 분석해보았을 때, PCG에서 각 결정립의 구체화된 결정학적인 정보는 각 layer 간 비틀림 각도를 측정하는 2D Raman signal scan 분석을 통해 확인됨. 확인된 PCG는 원래 상태를 유지하면서, vdW 분리를 사용하는 SCG-filter에서 매끄럽게 분리되며, 그 남아있는 SCG-filter는 다른 PCG의 추가적인 결정학적 스캔을 위해 재사용됨. 이 방식은 2DMs의 활용에 큰 시사점을 주었으며, 단원자 두께 물질의 결정학적인 분석 발전에 기여함.
13		[Energy & Environmental Science, IF=32.4, JCR 상위 0.3% (Engineering, Chemical)] 연료전지, 전해전지 등 전기화학적 에너지 저장 및 변환장치의 성능을 향상시키기 위해서는 높은 전기촉매 활성과 수화능력을 갖는 산소촉매의 개발이 필수적임. 산소 환원 반응(ORR) 및 산소 발생 반응(OER)의 느린 동역학은 종종 이러한 장치의 성능을 제한하므로 촉매 물질의 개선이 필요한 상황이며, 최근 삼중 전도($H^+/O_2^-/e^-$) 산화물(TCO) 촉매는 가역 세라믹 전지에서의 유망한 성능으로 주목받고 있음. 본 연구에서는 TCO 전기촉매 성능을 향상시키기 위해 용출 방법을 사용함. 널리 연구된 TCO 물질인 $BaCo_{0.4}Fe_{0.4}Zr_{0.18}Y_{0.02}O_{3-\delta}$에 염기도가 높은 1가 알칼리 금속을 도핑함으로써 가습된 공기 조건에서 산화바륨의 용출을 유도함. 물 매개 용출과 고염기성 원소의 도핑을 결합한 이 접근법의 주요 목적은 양성자 흡수를 증가시키고 TCO 내에서 효과적인 전도 경로를 활성화하여 ORR 및 OER 활동을 향상시키는 것임. 실험 결과, BaO_x가 용해된 $K_{0.05}Ba_{0.95}Co_{0.4}Fe_{0.4}Zr_{0.18}Y_{0.02}O_{3-\delta}$ (KBCFZY) 촉매가 다른 페로브스카이트 구조에 비해 ORR과 OER 모두에 대해 더 높은 활성과 안정성을 나타냄. 이 촉매는 이전에 보고된 수치를 뛰어넘는 성능을 가능하게 하여 650°C에서 연료 전지(FC) 모드의 경우 $>1.65\text{Wcm}^{-2}$의 최대 전력 밀도를 보였고, 전기분해(EC) 모드의 경우 1.3V에서 $>6.5\text{Acm}^{-2}$의 높은 전류밀도를 보임. 또한 700°C에서 FC 모드와 EC 모드에서 각각 $>2.5\text{Wcm}^{-2}$ 및 $>10.5\text{Acm}^{-2}$의 높은 성능을 보임. DFT 계산을 통해 알칼리 금속 도핑이 촉매 활성 산화바륨 나노입자의 용출을 촉진하고, 산소 결손의

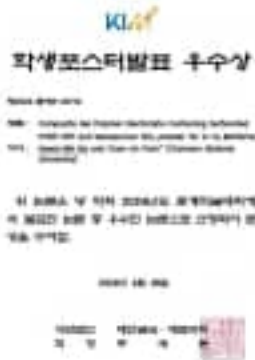
		형성 에너지를 낮추며, BCFZY 구조 내 양성자 이동 장벽을 감소시킨다는 것을 보여줌으로써 관찰된 촉매 활성 및 성능의 증가를 종합적으로 설명함. 에너지 융합 소재 및 인력 양성을 한 축으로 하는 본 교육 연구단의 목표와 부합함.
14		[Journal of Materials Chemistry A, IF=10.7, JCR 상위 9.1% (Energy & Fuels)] 황화주석 (SnS)은 광흡수층으로서 여러 매력적인 특성으로 인해 지난 몇 년간 박막태양전지의 흡수층으로 많은 연구가 이루어졌음. 그러나 SnS기반의 박막태양전지의 광전변환효율은 현재까지 5%에도 미치지 못하는데, 이는 흡수층 벌크 및 계면에 존재하는 많은 결함때문임. 특히 벌크 결함은 박막태양전지의 선트 손실을 발생시키고 최종적으로 V_{oc}를 낮추어 소자의 효율을 감소시킴. 이와 같은 벌크 결함은 기상 수송 증착(VTD)-SnS 흡수층의 S vacancy (V_s)를 줄임으로써 제어할 수 있음. 본 논문에서는 VTD-SnS 흡수층 내의 V_s를 줄여 소자의 특성을 개선하는 효과적인 접근 방법을 제시함. 흡수층 증착 전 동일한 튜브 내에서 소량의 S 분말로 SnS 소스를 사전에 베이킹 하였으며, 이는 흡수층 내의 V_s의 농도를 줄이는 효과적인 방법임. 이를 통해 제작된 소자의 효율은 3.39%에서 4.82%로 상승하였음. 본 논문을 통해 현재 답보상태에 놓여있는 차세대 초저가 태양전지용 칼코겐 화합물 기반 흡수층 연구에 새로운 활력을 불어넣을 수 있을 것으로 기대하며, 에너지 융합 소재 및 인력 양성을 한 축으로 하는 본 교육 연구단의 목표와 부합함.
15		[Chemical Engineering Journal, IF=13.4, JCR 상위 3.1% (Engineering, Environmental)] 박막 태양 전지(TFSC)의 표면 및 계면 엔지니어링은 전하 캐리어 역학을 최적화하고, 재결합을 줄이며, 재료 특성을 향상시키고, 궁극적으로 효율성과 전반적인 성능을 개선하는데 필수적임. 본 연구에서는 e-beam evaporator를 사용하여 셀레늄(Se)을 10nm-50nm 두께로 황화주석(SnS) 흡수층에 증착했음. Se층 최적화는 다양한 분석 기술을 사용하여 검증되었으며, 이를 통해 Se 드롭릿 증착을 통해 마이크로 크기의 개구부가 형성되었음을 확인하였음. 이 Se 패시베이션-로컬 개구부 형상은 셀 제조 중에 n-type CdS와 점 접합을 형성하는 데 중요한 역할을 하며, 최첨단 기술로써 새로운 접근 방식을 제시함. 실험 결과 30 nm Se 층을 증착했을 때 SLG/Mo/SnS/Se/CdS/i-ZnO/AZO/Al 소자의 변환 효율이 3.01 % ($V_{oc} = 0.326$ V, $J_{sc} = 20.21$ mA cm⁻² 및 FF = 0.45)로 상당히 향상되었음을 보여주었음. 또한, 소자 성능을 개선하기 위해 30 nm 두께의 NaF/Se 층을 증착하였으며, XRD, SEM, EDS, AFM 및 XPS를 사용하여 Se와 Na가 SnS 기판으로 확산되는 것을 검증하였음. SLG/Mo/SnSSe-NaF/CdS/i-ZnO/AZO/Al 소자의 전력 변환 효율(PCE)은 3.70 % ($V_{oc} = 0.340$ V, $J_{sc} = 22.56$ mA cm⁻² 및 FF = 0.48)로 더욱 향상되었음. 이러한 성능 향상은 Se 표면 부동태화를 통해 국소적 접합이 생성되고, 동시에 SnSSe 형성이 밴드갭 튜닝을 유도하고 입자 크기를 증가시켜 Na 보조 Se 확산 중 추가적인 PCE 향상에 기여하기 때문임. 본 논문은 칼코겐 화합물 기반 초저가형 박막태양전지 제작에 새로운 전략을 제시하였으며, 이는 에너지 융합 소재 연구 및 인력 양성을 큰 축으로 하는 본 연구단의 목표에 부합함.
16		[Advanced Science, IF=14.3, JCR 상위 6.5% (Materials Science, Multidisciplinary)] 고급 뇌에서 영감을 받은 전자 장치와 메모리 기술을 추구하면서, 폰 노이만 구조의 한계로 인해 차세대 반도체 플랫폼으로써 다중 모드 및 다중 레벨 맞춤형 전도 특성을 처리하여 새로운 소재를 탐색이 진행되고 있음. 이러한 소재 중에서 황화 안티몬(Sb_2S_3) 박막은 뛰어난 광학적 및 전자적 특성을 나타내므로 박막 태양 전지 및 비휘발성 메모리 시스템과 같은 응용 분야에 이상적이라 할 수 있음. 본 연구에서는 기상 수송 증착(VTD) 기술을 통해 증착된 Sb_2S_3 박막의 전도 변조 및 메모리 기능을 조사하였음. 실험 결과에 따르면 Ag/Sb_2S_3/Pt 장치는 낮은 동작 전압, 우수한 내구성 및 안정적인 스위칭 동작을 포함하여 메모리 응용 분야에 적합한 특성을 가지고 있음. 또한 이러한 특성의 재현성과 안정성은 다양한 장치 배치에서 이러한 장치의 실제 구현에 대한 신뢰성을 검증함. 더욱이 Sb_2S_3 기반 뮌치스터는 장기간 안정성을 갖춘 인공 신경 가소성을 나타내 뉴로모픽 컴퓨

		팅에서 상당한 발전을 보장함. Sb_2S_3 의 광감응성을 활용하면 $Ag/Sb_2S_3/Pt$ 디바이스는 메모리 애플리케이션에 대한 광학 자극 하에서 상당히 낮은 작동 전위와 전도도 변조를 보일 수 있음. 본 연구는 미래의 메모리 디바이스와 광전자공학 및 다재다능한 전자제품 성형에 있어 Sb_2S_3 의 잠재적인 응용 분야를 강조하였으며, 미래 융합 소재 연구 및 인재 양성을 목표로 하는 연구단의 비전과도 부합함.
17		[Advanced Materials, IF-27.4, JCR 상위 1.9% (Chemistry, Multidisciplinary)] Mott 절연체는 초고속, 가역적인 저항 변화를 동반하는 금속-절연체 전이(MIT) 현상을 보임. MIT 현상에 대한 연구는 차세대 전자 및 광전자 소자뿐만 아니라 응집 물질 시스템의 근본적 이해를 위해 매우 중요함. 현재까지 제시된 MIT의 원리와 메커니즘을 설명하고, 다양한 Mott 절연체의 MIT 특성을 살펴본 후 이를 기반으로 한 나노전자 소자(메모리, 가스 센서, 광검출기, 논리회로, 인공 신경망 등)의 설계와 제조에 대해 다룸. 또한, MIT 기반 나노전자공학이 차세대 전자 및 광전자 소자의 혁신적 설계 가능성을 열어주는 점과 향후 발전 전망을 제시하고, 관련 연구에 대한 종합적인 이해와 통찰을 제공하였음. 이러한 차세대 광·전자소자에 대한 연구동향 파악과 차기 연구방향에 대해 논의하는 것은 질적 연구 및 훌륭한 연구 인력 양성에 매우 중요하며, 미래 융합 소재 연구 및 인재 양성을 목표로 하는 연구단의 비전과도 부합함.

② 참여대학원생 학술대회 대표실적의 우수성



<참여대학원생 학술대회 수상 실적>

연 번	대학원생 성명	학술대회 발표의 우수성
1		[GCIM, 구두, 국제, 발표 우수상 수상]  본 연구는 스퍼터링 기반 적층형 $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S},\text{Se})_4$ 박막 태양전지에 Ge 원소를 도핑하였을 때 적층 위치에 따른 흡수층과 장치에 미치는 영향에 대한 것으로 흡수층 열처리 전, 전구체 단계에서 각각의 전구체 물질(Zn/Sn/Cu) 사이에 Ge를 적층하였음. 원소의 적층 위치에 따라 흡수층 구성원소의 확산 특성이 다르게 나타났으며 'Ge on soft' 샘플에서 흡수층 합성 경로가 삼분자에서 이분자 반응으로 유도되어 장치의 특성이 향상되었음. 이를 통해 9.71%의 높은 광전변환효율에 달성하였으며 양이온 원소 도핑 위치에 따른 $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S},\text{Se})_4$ 합성 경로에 대한 새로운 메커니즘을 제공함.
2		[한국재료학회, 포스터, 국내, 발표 우수상 수상]  본 연구는 스퍼터링 기반으로 제조된 kesterite계 $\text{CZTS}_{1-x}\text{Se}_x$ 박막을 광전기화학 셀에 사용되는 박막 태양전지 및 광전음극에 적용시켜 그 특성을 분석한 것으로 특히, CZTSSe 박막에서는 적절한 S와 Se 원소의 시너지 효과로 인해 입자 성장이 매끄러워지고 사이즈가 향상되면서 적절한 밴드갭 및 높은 전기적 특성에 도달함. 이로 인해, CZTSSe 박막에서 높은 캐리어 이동 효율을 보였으며 이를 광전음극과 박막 태양전지에 적용시켰을 때, 각각 33.50 mA/cm^2의 광전류와 9.48%의 광전변환효율에 도달함. 해당 연구 결과는 스퍼터링 방식으로 제조된 광전음극에서는 가장 높은 광전류에 도달한 것으로 대면적화 및 장기안정성을 갖는 수전해 광음극을 개발하였음.
3		[한국재료학회, 포스터, 국내, 발표 우수상 수상]  본 연구는 손쉬운 금속 전구체 엔지니어링 접근 방식으로 구현된 Ag가 합금된 CZTSSe 박막 태양전지에 대한 것으로 Ag는 합금화 공정동안 Cu-Sn 금속 합금의 형성을 촉진하여 더 큰 입자와 조밀한 미세구조의 성장을 촉진하였으며 효율저하를 촉진시키는 결함과 관련 결함 클러스터의 형성을 크게 억제함. 또한 Ag 원소는 이베퍼와 스퍼터링 방법으로 증착되었으며 이베퍼 방식으로 증착했을 때 좀 더 조밀하고 고르게 증착되었음. 따라서, 이베퍼 증착방식을 이용한 Ag원소 합금으로 인해 비방사성 재결합을 효과적으로 줄여 kesterite계 CZTSSe 박막 태양전지의 성능을 향상시켜 높은 광전변환효율인 10.32%에 도달함.
4		[대한금속재료학회, 포스터, 국내, 발표 우수상 수상]  리튬-산소 배터리는 높은 에너지 밀도와 산소와 같은 풍부한 활성 물질 자원 등 상당한 이점을 제공합니다. 하지만 음극 전극의 높은 저항, 외부 환경 요인으로 인한 수명 저하, 리튬 금속을 양극으로 사용할 경우 리튬 덴드라이트가 형성되는 등의 단점도 존재합니다. 이러한 단점을 해결하기 위해 변형된 복합 젤 폴리머 전해질(CGPE)과 수동 필러로 SiO_2를 사용하는 연구가 진행되었습니다. PVDF-HFP에 SiO_2를 첨가하면 결정성이 감소하여 CGPE의 전기화학적 안정성이 Li/Li^+ 대비 5.2V로 향상되고 이온 전도도가 30°C에서 1.29 mS cm^{-1}로 증가합니다. 또한 세라믹 필러를 추가하여 리튬 덴드라이트가 효과적으로 차단되어 장기적인 사이클 안정성을 보장합니다. 그 결과 Li/CGPE/Li 대칭형 전지 및 리튬-O_2 배터리에 액체 전해질만 사용할 때보다 사이클 특성이 개선됩니다. CGPE는 안정적인 고체 전해질

		계면 형성을 촉진하고 리튬 덴드라이트의 성장을 억제합니다.
5		[대한금속재료학회, 포스터, 국내, 발표 우수상 수상] 고성능 리튬 이온 배터리(LIB)는 안정성과 에너지 밀도로 EV와 ESS에 필수적이거나, LIB의 액체 전해질은 인화성과 누출 위험이 있어 안전성을 개선하기 위해 전고체 리튬 이온 배터리(ASLIB)가 연구되고 있습니다. 이에, 고분자와 세라믹을 혼합한 복합 고체 전해질(CSE)이 주목받고 있으나, 저비용 충전제로 인해 상온에서 이온 전도도가 낮아지는 문제를 가지고 있습니다. 본 연구는 해당 문제를 전기방사로 Li 도핑된 ID SiO₂ 나노섬유 막을 설계해, 이온 전송을 향상시키는 방법으로 해결하였습니다. Li₂SO₄를 실리카 전구체에 추가하고, 1,3-디옥솔란(DOL)으로 in-situ 증합해 계면 특성을 개선하였습니다. 최적의CSE는0.2 mS cm⁻¹의 이온 전도도와 4.91V의 Potential window을 30° C에서 달성했으며, Li/CSE/Li 셀은0.1 mA cm⁻²에서 1000시간의 가동을 보였습니다. 또한 Li/CSE/LFP 셀은 30° C에서 C/2 속도로 150회 동안 137.5 mAh g⁻¹의 용량을 제공하였습니다.
6		[한국전지학회, 포스터, 국내, 발표 우수상 수상] 전기차(EV)와 ESS 수요 증가로 LIB 가격이 상승하며, 차세대 배터리 연구가 활발하게 진행되고 있습니다. 포타슘 이온 배터리(PIB)에서 포타슘은 20,000ppm의 풍부한 매장량과 리튬과 유사한 전위(-2.93V vs. SHE), 작은 Stokes 반지름(3.6Å)으로 높은 이온 이동성을 제공합니다. 그러나 흑연 음극은 273mAh g⁻¹의 낮은 용량과 구조 파괴 문제가 있으며, red phosphorus는 1154 mAh g⁻¹의 높은 용량을 제공하나, 전도성 부족과 부피 팽창 문제를 가지고 있습니다. 해당 연구에서 사용되는 GeP5는 흑연보다 4배 높은 전도성과 black phosphorus 유사 구조로 유리하지만, 부피 팽창 문제를 가지고 있습니다. 해당 연구에서 GeP5를 고에너지 분-틸링 및 탄소 코팅하여 부피 팽창을 억제하였으며 GeP5/C-30은 100mA g⁻¹에서 568.11mAh g⁻¹, 300mA g⁻¹에서 413.90mAh g⁻¹의 용량을 99.1%, 99.2%의 효율로 100회 후 유지했을 뿐만 아니라, 1.5A g⁻¹에서 249.59mAh g⁻¹의 성능을 보였습니다.
7		[한국전지학회, 포스터, 국내, 발표 우수상 수상] 리튬 이온 배터리(LIB)의 수요 및 비용 증가로 차세대 배터리, 특히 포타슘 이온 배터리(PIB)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있습니다. 포타슘은 LIB와 유사한 '록킹 제어' 메커니즘으로 작동하며, 낮은 탈수화 에너지와 작은 Stokes 반지름 덕분에 높은 이온 이동성을 제공합니다. 그러나 흑연 음극은 낮은 용량(273 mAh g⁻¹)과 짧은 수명이라는 한계를 지니고 있어 대체 소재 개발이 요구되고 있습니다. GeP5는 흑연보다 4배 높은 전기 전도성과 black phosphorus와 유사한 층상 구조로 포타슘 이온 저장에 적합합니다. 해당 연구에서, 합성 과정에서 발생하는 부피 팽창 문제를 줄이기 위해 GeP5에 탄소 코팅을 적용하였습니다. 30wt% 탄소 함유 GeP5/C-30은 100 mA g⁻¹에서 568.11 mAh g⁻¹의 가역 용량과 100회 사이클 후 99.1%의 쿨롱 효율을 유지하였으며, 800 mA g⁻¹의 높은 전류 밀도에서도 500회 사이클 후 54.57%의 용량 유지율을 나타낼 뿐만 아니라 300 mA g⁻¹에서 200회 사이클 후에는 271.09 mAh g⁻¹의 가역 용량을 기록해 우수한 성능을 보여주었습니다.
8		[대한금속재료학회, 포스터, 국내, 발표 우수상 수상] 전기차 및 ESS 수요가 증가하며 2050 탄소 중립 목표 확산으로 리튬 이온 배터리(LIB) 수요가 급증하고 있습니다. 하지만 리튬 매장량은 50ppm으로 한정적이며, 가격 상승이 우려된다. 포타슘은 리튬과 유사하지만 20,000ppm의 풍부한 매장량과 낮은 탈수화 에너지로 LIB 대안이 되고 있습니다. 또한 포타슘의 표준 전위는 -2.93V(SHE)로 리튬과 유사하며, 작은 Stokes 반지름으로 높은 이온 이동성을 제공합니다. 그러나 흑연 음극은 낮은 용량(279mAh g⁻¹)과 층상 구조 파괴 문제가 나타나며, red phosphorus는 높은 용량(843mAh g⁻¹)을 제공하지만 전도성이 낮

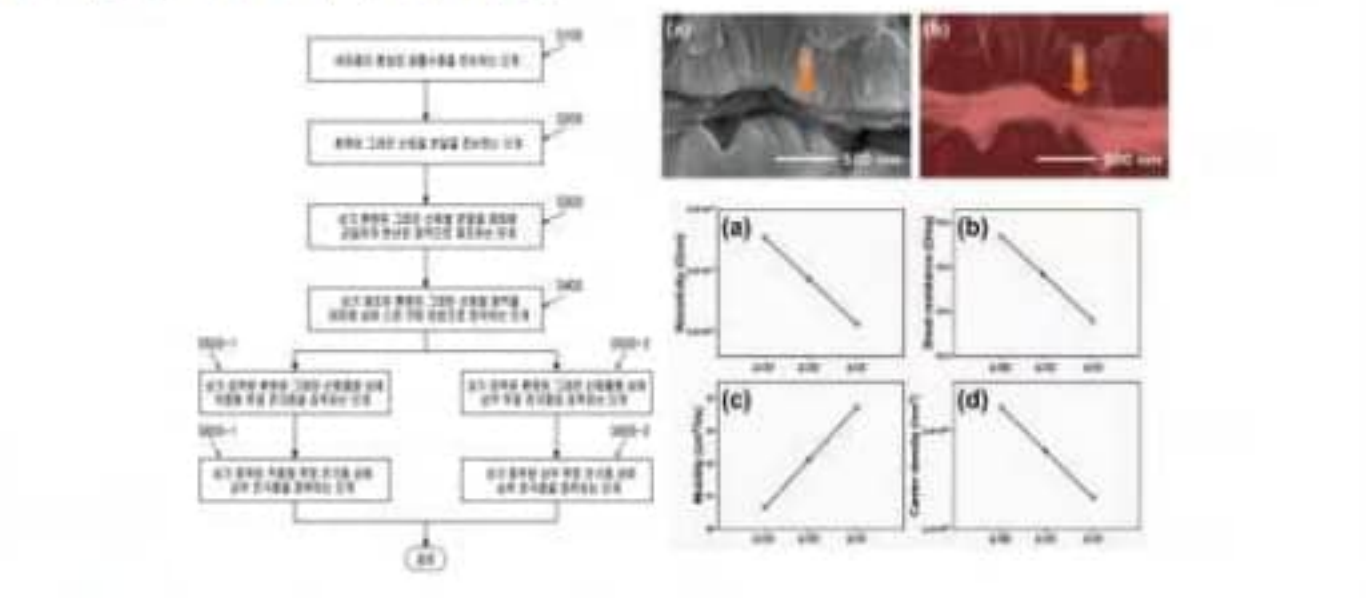
		 고 부피 팽창으로 수명이 짧은 특성을 지닙니다. GeP5는 높은P 원자 비율과 4배 높은 전도성을 지니며 black phosphorus 유사 구조로 포타슘 저장에 유리한 특성을 지니지만 충방전 시 부피 팽창 문제를 가지고 있어 이를 완화하기 위해 탄소 코팅을 적용하였으며, 다양한 탄소 함량에 따른 최적의 성능을 평가하였습니다.
9		【 한국세라믹학회, 포스터, 국내, 발표 우수상 수상 】  고체 산화물 연료전지는 전극과 전해질의 물질 특성 및 전극 형상에 따라 성능이 좌우되는 에너지 변환 장치다. 본 연구에서는 전극 형상을 다양하게 수정해 전기화학적 성능을 향상시키는 것을 목표로 하였으며, 이를 분석하기 위해 i-v 곡선, EIS, DRT, Transmission Line Model(TLM)을 활용했다. 800-650도의 온도와 다양한 열역학적 조건에서 저항 변화를 관찰해 기존 단전지와 성능 차이를 평가하였고, EC 모드에서 700도, 1.5A/cm²의 전류 밀도 하 열화 거동을 이미지 분석으로 분석하여 열화 메커니즘을 규명하고자 했다.
10		【 한국수소학회, 구두, 국내, 발표 우수상 수상 】 본 연구에서는 고체 산화물 연료전지(SOFC)의 성능에 있어 중요한 역할을 하는 GDC 반응방지층의 치밀화가 전기화학적 특성에 미치는 영향을 조사하였다. LSCF6428-GDC10//GDC//YSZ//Ni-YSZ(AFL)//Ni-YSZ(AS) 구조를 갖는 음극 지지형 단전지를 제작하였으며, PVP solution infiltration을 통한 pore filling 기법을 이용해 치밀한 GDC 반응방지층을 형성하였다. 치밀한 GDC 층이 연료전지 성능에 미치는 영향을 분석하기 위해 다공성 GDC 반응방지막 층을 가진 셀을 제작 후 EIS Nyquist plot, I-V curve 및 DRT 분석 결과를 바탕으로 두 셀을 비교하였으며, 이를 바탕으로 전기화학적 성능 향상의 메커니즘을 TLM(Transmission Line Model)을 통해 상세히 분석하였다.

③ 참여대학원생 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

- 본 교육연구단의 참여 대학원생은 총 1건의 국내 특허 등록과 8건의 국내 특허 출원, 1건의 기술이전 실적을 달성함.
- 대학원생 특허, 기술이전 실적은 연구 업적물의 창의성, 혁신성, 교육연구단의 비전과 목표를 고려하여 이에 부합하는 성과로 국내특허 3건과 기술이전 실적 1건을 선정하였으며, 각 연구 성과는 광 융합 에너지 소재 개발 및 인력양성을 한 축으로 하는 본 교육 연구단의 목표와 부합함.
- 국내 특허등록
 - (1) 이중 버퍼층을 구비하는 박막 태양전지 및 이의 제조방법, 10-2671502, 2024년 05월 28일, 김용태
 - (2) 고분자 전해질막, 이를 포함하는 고분자 전해질막 연료전지 및 고분자 전해질막의 제조 방법, 10-2024-0006221, 2024년 01월 15일, 남궁연, 박정현
 - (3) 수계 아연 하이브리드 배터리 커패시터용 전해질 및 상기 전해질을 포함하는 수계 아연 하이브리드 배터리 커패시터, 10-2024-0052345, 2024년 04월 18일, 송문수, 서세홍
- 기술이전
 - (1) 촉매 성능 분석 및 센싱 기술 노하우, 2024년 02월 01일, 9,550,000원, 김현규

<대학원생 대표 특허, 기술이전, 창업 실적>

연 번	대학원생 성명	특허, 기술이전, 창업 등 실적의 우수성
1		[국내 특허 등록] 이중 버퍼층은 박막 태양전지의 성능을 개선하기 위해 널리 사용되는 기술임. 기존의 칼코겐 화합물 흡수층 태양전지의 경우 흡수층과 금속간의 계면 결함을 줄이기 위해 HTL이 필요했음. 그러나 이 HTL 소재들은 단가가 비싸고 독성이 있으며, 환경에 많은 영향을 받음. 이를 대체 하기 위해 본 발명에서는 Sb_2S_3 흡수층 태양전지에 HTL 대신 원자층증착한 SnO_2 및 TiO_2와 CdS를 이중 버퍼층으로 적용하여 소자의 특성을 개선하였음. 이중 버퍼층은 전하 수송층의 표면 거칠기를 감소시키고 흡수층의 부적절한 결정 방향을 억제하였으며 흡수층의 완전한 핵생성에 도움을 주었음. 이에 소자의 V_{oc}, J_{sc} 및 FF 등 대부분의 특성이 개선되었으며, 효율이 기존 3.06%에서 최대 4.23%까지 상승하였음. 본 발명은 흡수층과 버퍼층간의 계면 특성에 따른 소자 특성 변화를 상세하게 보여주었으며 본 사업의 한 축인 에너지 융합 소재에 관한 발명으로 적절하다고 볼 수 있음.
2		[국내 특허 출원] 연료전지 및 수전해 전지에서 일반적으로 공기극에는 스트론튬이 포함된 LSCF와 같은 페로브스카이트계 물질을 사용하며, 전해질 물질로는 고온에서 높은 산소이온전도도를 가진 YSZ를 사용함. 두 물질의 경우 연료전지 구동 시 스트론튬 이온의 확산으로 공기극과 전해질 사이에 전도도가 매우 낮은 상이 형성됨. 이를 방지하기 위해 확산방지층으로 GDC를 사용하지만 치밀한 GDC 층을 제작하기 위해서는 1300° C 이상의 높은 온도가 필요함. 그러나 GDC와 YSZ 또한 1300도이상에서 반응하여 전도도가 매우 낮은 상이 형성되어 1300° C 보다 낮은 온도에서 치밀한 GDC층을 얻어야 함. 본 발명은 pore filling 방법을 통해 1200° C의 낮은 온도에서 치밀한 금속 산화물 층을 형성하여 전지의 성능, 안정성 및 수명을 향상시킴. 따라서 에너지 효율성과 장기적인 운영 안정성이라는 목표에 맞춰 보다 내구성 있는 RSOC 설계를 가능하게 하여 특히 고효율 에너지 응용 분야에 적합하며 이러한 문제 해결법을 고안하는 능력을 함유하는 것은 훌륭한 연구 후진 인력 양성에 있어 매우 중요한 요소 중 하나이며, 본 교육연구단의 교육 풀을 넓히는 데 적합한 사례라 할 수 있음.

3		[국내 특허 출원] 광흡수 특성을 갖는 이성분계 칼코지나이드 화합물 박막 및 이의 제조방법을 제공함. 본 발명은 단순하고 저가 제조 공정을 통해, 종래의 제조 공정인 GeSe가 형성된 값비싼 스퍼터링 타겟과 분말을 포함한 제조 공정보다 낮은 비용으로 GeSe 박막을 합성함. 향후 상업화 단계에서 생산 비용을 절감할 수 있기 때문에 경제성이 우수함. 또한 이성분계 칼코지나이드 화합물인 GeSe 박막을 박막태양전지와 광물분해 소자에 적용함으로써, 독성과 희소성의 원소가 포함된 CdTe, CIGS와 쉽게 형성되는 2차상과 많은 결함을 가진 CZTSSe의 다성분계 광흡수층을 대체할 수 있는 우수한 효과를 가짐. 
4		[국내 특허 출원] 스퍼터링 방법은 산화물로 구성된 적층형 구조를 형성하기에 적합한 공정이지만 높은 에너지의 플라즈마를 이용하기 때문에 태양전지의 버퍼층이나 하부층 표면에 데미지를 발생시켜 낮은 광전 효율을 초래할 수 있음. 데미지를 줄이기 위해 제시된 물질 중 하나인 환원된 그래핀 산화물은 광전기적 특성 및 열적 안정성이 우수하고 생산 비용을 낮출 수 있음. 따라서 스펀 코팅 방법을 사용한 환원된 그래핀 산화물층을 투명전극 층에 적용시킴으로써 플라즈마 데미지를 감소시킴과 동시에 균일한 박막이 제조 가능함. 또한, 효율성 및 안정성을 향상시켜 태양전지 기술의 진보에 기여함. 이를 통해 제안된 플랫폼은 다양한 태양전지 분야에 적용시킬 뿐만 아니라 신소재 발견에 크게 도움이 될 것이며 에너지 융합 소재 및 인력양성을 한 축으로 하는 본 교육 연구단의 목표와 부합함. 
5		[국내 특허 출원] 해당 특허는 고성능 이차전지 개발을 위한 다공성 산화물계 세라믹 필름과 환형 카보네이트 중합체로 이루어진 고체 전해질을 제안함. 제안된 전해질은 이온 전도도와 고온 안정성을 높이며, 전지 내의 부반응을 억제하여 수명과 안정성을 향상시키며, 산화물계 세라믹 필름은 리튬 등의 알칼리 금속이 도핑된 가넷형 및 나시콘형 구조로 이루어져 이온 이동 통로를 확장하며, 전극 계면의 저항을 줄이는 효과를 가짐. 전구체 용액의 In-Situ 중합을 통해 형성된 환형 카보네이트 중합체는 리튬 덴드라이트 형성을 억제하여 단락 위험을 줄이고, 고온에서도 안정적인 충·방전 성능을 제공함. 이로 인해, 본 발명의 이차전지는 기존 액상 전해질 대비 고온 및 고

		전압 환경에서도 장기 안정성과 전기화학적 성능을 유지할 수 있어, 차세대 전지 산업에 적용 가능성을 크게 가지는 등, 에너지 저장 소재 개발이라는 교육연구단의 목표에 적절히 부합함.
6		[국내 특허 출원] 기존 아연이온전지는 수계 전해질을 적용함으로써 높은 안정성 및 가격경쟁력을 갖지만, 낮은 작동전압과 에너지밀도로 인해 상용화에 어려움을 겪고 있음. 이를 극복하기 위하여 전해질 첨가제로써 Potassium Iodide를 도입, 다공성 탄소를 양극재로 적용함으로써 기존 Intercalation기반의 전기화학반응과 더불어 추가적으로 흡/탈착 반응을 유도하여 높은 에너지밀도를 갖는 수계 아연 이온 하이브리드 배터리 캐패시터를 개발함. 또한 다양한 농도 및 조성에 대한 성능평가를 통해 최적의 비율에 대한 연구를 진행하였으며 이는 기존 보고된 타 첨가제 대비 높은 가격경쟁력과 더불어 우수한 수명특성을 발현함을 확인함. 해당 특허는 에너지 변환 및 저장 소재 개발을 목표로 하는 본 교육 연구단의 목표와 매우 부합함.
7		[국내 특허 출원] 본 발명은 칼코게나이드 기반 박막 태양전지 (TFSCs; Thin Film Solar Cells)로써 보다 상세하게는 단일원천 기상증착법을 통한 고안정성 박막 태양 전지 $\text{SnS}_x\text{Se}_{1-x}/\text{CdS}$ 및 그 제조방법에 관한 것임. 칼코젠 화합물 TFSCs는 여러 장점들로 인해 최근 차세대 박막태양전지 소재로써 많은 연구가 이루어지고 있으나 아직 광전 변환 효율 (PCE)는 매우 낮은 상태인데, 그 원인으로 흡수층 벌크 및 표면의 결함, 흡수층과 버퍼층간의 부적절한 밴드정렬이 있음. 본 발명은 $\text{Se}/(\text{Se}+\text{S})=0.3$의 비율을 갖는 $\text{SnS}_{0.7}\text{Se}_{0.3}$ 단일 소스를 이용하여 기상 수송 증착한 (VTD) $\text{SnS}_x\text{Se}_{1-x}/\text{CdS}$ 이중 접합 TFSCs에 대해 보고하였음. 본 발명에서는 이제까지 보고되지 않은 $\text{SnS}_x\text{Se}_{1-x}/\text{CdS}$ 이중접합 계면의 흡수층 공정 매개변수에 따른 밴드 정렬과 conduction band offset (CBO)에 관한 상세한 연구 결과를 제공하여 향후 차세대 TFSCs 연구 개발의 새로운 전략을 제시함.

9		[Know-how 기술이전] 친환경 에너지 전환을 위해 수소는 청정 연료로 주목받고 있음. 특히 물 전기분해를 통한 수소 생산이 중요한 기술로 자리 잡고 있으나, 효율적이고 경제적인 수소 생산을 위해 고성능 촉매의 개발이 필수적임. 기존 촉매는 고가의 귀금속을 사용하여 고비용, 저내구성 문제가 있어, 대체 촉매 연구가 요구됨. 기존 비귀금속 촉매 개발을 위해서 촉매 소재 및 소자의 특성 분석이 필수적임. 주사탐침현미경은 촉매 표면의 원자적, 분자적 구조를 고해상도로 관찰할 수 있어, 촉매의 활성 부위 분석과 촉매의 안정성과 반응 메커니즘을 이해하는 데 중요한 역할을 함. 촉매의 형상, 전기적, 기계적, 광학적 특성을 실시간 분석 가능한 주사탐침현미경 분석 시스템 설계 및 분석 방법 기술을 이전함.

4. 신진연구인력 현황 및 실적

1. 우수 신진연구인력 유치 및 지원 현황 주요 내용

1) 신진 연구 인력 확보를 위한 지속적인 홍보 노력 실시

- 정기적인 모집 공고 및 공동 연구 네트워크를 활용하여 우수 신진 연구 인력 확보를 위한 지속적인 교육 및 연구 교류를 실시한 결과 인도, 중국, 베트남 등에서 우수 외국인 신진인력을 꾸준히 확보하였음.
- 본교 학위과정을 수행한 내·외국인들 가운데서 우수한 결과를 성취하고, 국외 박사후 과정 또는 우수기관 취업 준비 중인 핵심 인력을 대상으로 본 연구단의 신진 연구인력으로 흡수, 우수한 연구 성과를 지속적으로 달성하게 함.
- 그 결과, 우수한 논문 및 특허 등 다수의 연구성과를 성취하였고, 학위과정 중에 있는 대학원생들의 연구 지도에도 많은 도움을 주었음.

<박사급 우수 신진연구원 유치현황(2023.09-2024.08)>

이름	최종학력 학교/기관	경력/전공분야
, Ph. D.	CSIR-National Physical Laboratory (박사)	전자재료
, Ph. D.	National Institute of Technology Rourkela (박사)	응집물질물리
, Ph. D.	SHIVAJI UNIVERSITY (박사)	재료공학
, Ph. D.	National Institute of Technology Rourkela (박사)	화학
, Ph. D	Chonnam National University, Korea (박사)	재료공학

2) 높은 월급여, 논문 인센티브, 지원 공간 등 우수 지원 내역 확보

- 신진 연구 인력에 높은 급여 및 개인 연구 공간, 논문 인센티브 지원을 통해 연구력 향상을 유도 하였음.
- 연구경력 산정 대비 평균 연 3천만원 이상 5천만원에 달하는 연봉 급여 지원 실시
- 우수 연구 교류를 위해 학술대회 참가 경비 일체 지원
- 그 결과, 우수 신진인력들의 연구력 향상 결과뿐 아니라, 후보 신진연구인력들의 연구단 지원 요청이 급증하여 우수한 인력을 추가로 확보할 수 있는 선순환 시스템을 구축할 수 있었음.

2. 신진연구인력의 연구실적 및 교육실적

- 신진연구인력은 SCI(E)급 논문 13편과 KCI급 논문 1편을 게재하였음.
- 신진연구인력의 SCI(E)급 논문 13편 중 3편이 JCR 상위 10% 저널에 게재되었으며, 대표 실적 예시로 국제 저명학술지인 Advanced Energy Materials(IF=24.4, JCR 상위 2.6%)에 주저자로서 게재하였음.
- 신진연구인력을 본교 석사, 박사생들의 교육에 활용함으로써, 학생들의 학위에 필요한 새로운 연구 멘토역할을 수행함으로써 우수한 교육자로 성장시킴.
- 지속적인 우수 신진 연구 인력 확보를 위해서 따라서, 다음과 같은 계획이 필요함
 - 연구단의 우수 성과를 적극적으로 향상시키기 위한 유인 장치가 필요
 - 융합 연구력 향상을 위한 제도적 장치가 필요함
 - 연구 인력을 적극적, 체계적으로 홍보할 수 있는 연구단 차원의 홍보위원회가 필요함
 - 우수 인력 유입을 위한 홍보와 더불어 유인 향상을 위한 교육 프로그램 또한 필요
 - 연구단의 신진연구인력 간, 그리고 연구단과 대학내 국제연구센터간의 연계 및 연구단과 인근 국제 및 기업부설 연구소 등과의 연계과정 운영이 필요
 - 대학원 차원에서 실시하고 있는 연구 인력 지원 계획과 연계하여 지원 제도 적극 도입
 - 박사급 우수 연구인력이 연구단의 대학원생 지도에도 동참하여, 신진 연구인력의 교육 연구력 향상 뿐만 아니라, 우수 대학원 인력 양성에도 일조할 수 있도록 기여

<신진연구인력 대표 논문의 우수성>

연번	성명	비고
1		Advanced Energy Materials, IF=24.4, JCR 상위 2.6% (Energy & Fuels)
2		Journal Of Materials Chemistry A, IF=10.7, JCR 상위 9.1% (Energy & Fuels)
3		Journal of Energy Storage, IF=8.9, JCR 상위 16.7% (Energy & Fuels)
4		Journal of Energy Storage, IF=8.9, JCR 상위 16.7% (Energy & Fuels)
5		ACS Applied Materials & Interface, IF=8.5, JCR 상위 15.4% (Materials Science, Multidisciplinary)
6		Solar RRL, IF=5.7, JCR 상위 24% (Materials Science, Multidisciplinary)
7		Ceramic Internationals, IF=5.1, JCR 상위 8.1% (Materials Science, Ceramics)

3. 당초 계획 대비 실적 분석을 통해 향후 추진계획

1) 연구 우수성과를 위한 신진연구 인력에 대한 경쟁력 강화 지원 계획

- 우수 연구경력을 가진 신진연구원에 대한 연봉 및 인센티브 차등 지급을 통해 연구력을 향상시킬 수 있는 금전적 혜택 홍보
- 기본 지급 급여 외에도 4대보험, 퇴직금 등을 지원하는 제도적 장치를 마련하였고, 참여교수와 연계된 개별 연구과제에서도 우수연구원의 성과에 대한 인건비를 추가로 책정하여 계상될 수 있도록 함.
- 우수 연구 활동 (영향력 지수 10 이상 및 JCR 상위 분야 10% 이내 논문 발표 등)에 대한 적극적 포상으로 성과 확산 체계 구축
- 연구 실적 증대방안을 위한 논문발표 마일리지 도입을 통해 연구력 향상 뿐만 아니라 지속적인 연구력 향상을 위한 노력을 실시할 수 있도록 함
- 발표논문 중심의 획일적인 평가시스템 도입과 동시에, 연구 분야별 특성화가 반영된 평가시스템 도입으로 우수 신진 연구 인력의 공격적, 창의적 연구가 가능하도록 탄력적 운영 실시
- 국내 첨단 연구시설 사용 및 해석 기술 확보를 위한 단기 교육프로그램 파견을 적극 지원하여 연구에 필요한 다양한 분석 스킬을 확보할 수 있도록 함
- 국제경쟁력 강화를 위하여 각 연구분야의 주요한 해외학회 연구발표 독려를 통한 세계적 네트워크 확립 활동 지원
- 전문 국제학회 단기 회원등록 지원 실시하여, 네트워크 확산 및 우수 성과 교류 기회제공
- 우수한 연구실적을 가진 연구단 내의 우수 신진 연구 인력에 대해 추후 연구단 내의 전임교원 지원 여석이 발생시 지원 우대 사항을 고려할 수 있도록 함.

2) 연구단의 우수성과 및 융합 연구력 향상을 위한 제도적 장치 마련

- 사업단 학술 세미나를 정기적으로 실시하여, 연구단 내 참여 구성원들과의 연구 내용 교류의 기회를 확대할 수 있도록 함.
- 연구단 내의 각 연구실 세미나에 교차로 참석할 수 있도록 하여, 융합 연구가 자유롭게 이루어질 수 있도록 함.
- 신진연구인력들 중심의 워크숍을 개최하여 신진연구자간 또한 참여구성원간의 지속적 토론회 확대
- 신진연구인력 분산을 방지하고 연구역량 집적화를 통한 선도원천기술 개발이 이루어지도록 사업단 구성원간의 상시 연구 논의 네트워크 확보
- 신진 연구인력의 전문성이 다양한 융복합 분야에 구현될 수 있도록 사업단 구성원간의 유기적 결합으로 참여 구성원의 니즈에 맞도록 평행적인 연구 접근기회 부여
- 우수 연구인력의 연구 과제 제안서 작성 기회를 제공하여 신진연구자 중심의 연구리더십을 배양할 수 있도록 함.
- 신진 연구인력을 참여연구원으로 구성한 글로벌연구사업 및 해외 우수 연구기관 유치사업 등 국책사업 및 민간 연구사업에 적극적으로 연계하여 준비

3) 연구단 홍보위원회 조직하여 연구인력 확보 및 지원 전담팀 조직 및 활동

- 연구단의 우수성을 적극 알릴 수 있는 제도적 장치를 마련하고자, 홍보위원회를 조직하여 적극적인 홍보를 실시
- 주요 국제 학회 참석 및 선진 대학 방문을 정기적으로 실시하여, 세계 다양한 국가에서 우수 연구 인력의 많은 지원이 이루어 질 수 있도록 함.

- 연구단 현황 및 우수 성과를 소개할 수 있는 팸플렛 등 다양한 홍보수단을 마련하여, 연구단의 성과를 적극적으로 외부기관에 홍보할 수 있도록 함.
- 위원회 및 전담팀 활동의 정기적인 성과를 보고할 수 있게 하여 실질적인 운영이 될 수 있도록 함

4) 우수 인력 유인을 위한 교육 프로그램 개설

- 에너지융합소재 연구 분야의 차별화된 전문연구역량을 지닌 연구단 참여 연구 교수의 인력구성을 중심으로 최첨단 에너지 소재 연구를 수행할 기회와 자기 계발을 진행할 수 있는 다양한 교육프로그램을 제작하고 실시하여, 창조적이면서도 혁신적인 우수 연구인력을 초빙할 수 있도록 함.
- 개설된 교육 프로그램은 온라인 강의 프로그램을 활용하여 지속적으로 상영 및 활용이 될 수 있도록 함.
- 본 사업단 국/영문 홈페이지를 구축하여 신소재공학부 메인화면에 링크되도록 배치함으로써 국내외 우수 신진 연구인력들이 쉽게 본 사업단 관련 내용을 파악 및 지향하고자 하는 연구에 더욱 집중해 나갈 수 있도록 함.

5) 연구단-신진연구인력-대학/연구센터/연구소 연계과정 운영

- 본 연구단의 신진 연구인력이 소속된 연구실에서만 활약하는 것이 아니라, 기 구축된 대학의 연구센터 및 인근의 연구소와의 연계 과정을 통해 연구참여의 기회를 더욱 높일 수 있도록 할 계획임
- 지역 내의 유관 연구기관 (광주테크노파크, 한국광산업진흥회, 한국광기술원, ETRI 광통신연구센터, 고등광기술연구소, 한국생산기술연구원, 전자부품연구원 광주지역본부, 광주디자인센터, 과학기술 교류협력센터, 등)과의 적극적 기술 교류 지원
- 연구단이 소속된 신소재공학부에서 운영 중에 있는 대형 국책 연구사업과도 연계하여 우수 성과를 달성할 수 있도록 함: Get-future, LINC+, ERC, 중점연구소 사업 등
- 본 연구단의 우수 연구 인력 인프라 현황 공개를 통해 타 연구센터 및 연구소의 공동 참여 연구의욕을 고취시킬 수 있도록 함
- 연구단의 융합소재 연구의 성격에 맞게 연구원간 공동 연구를 통한 융복합 연구활동 기회 홍보 및 융합 연구 결과에 대한 우수성을 적극 권장할 수 있도록 함

6) 해외 리쿠르트 프로그램 활용을 통한 인력 확보

- 박사급 신진 연구인력 현황에서 보듯이 인도 학위자에 대한 의존성이 높았음을 알 수 있었으며, 국제화 및 융합 학문 분야 발전을 위해 신진 연구인력 학위취득 국가의 다양화 추진을 시도함
- 미국, 유럽 등에서도 우수 신진 연구인력이 본 연구단에 참여하여 활약할 수 있도록 연구환경의 우수성 뿐만 아니라, 연구단이 속해있는 지리적인 특색의 장점, 동반 가족이 편하게 지낼 수 있는 좋은 거주환경에 대해서도 신경을 쓸 수 있도록 할 계획임
- 기존 해외 공동연구 협력 네트워크를 적극 활용하여 우수 연구 인력 확보를 실시, 우수한 국제 공동연구의 결과로도 이어질 수 있도록 함.

7) 연구인력 복지증진 지원: 연구원 정신 건강 및 연구원 가족/ 여성인력 복지 지원 강화

- 여성과학기술인 육성을 위해 광주전남여성과학기술인 지원센터를 통한 박사급인력 지원체제 활용
- 기혼 여성인력의 경우 일-가정 양립 지원제도 중 자율적 제도 운영을 실시하여 근무여건을 개선

- 국내뿐만 아니라 국제학회를 통한 국제 여성연구자 네트워크 구축을 통하여 교류 지원
- 미취학 아동 및 영유아 자녀가 있는 연구인력의 경우 전남대 어린이집 입소 홍보 및 육아-연구 병행을 위해 대학원 차원에서 마련된 키즈존 홍보
- 대학원 차원에서 마련한 연구 인력 및 가족 심리 상담 및 심리치료 프로그램 지원: UC 버클리 캠퍼스 <마음챙김명상그룹> 벤치마킹 도입

8) 연구단 우수 대학원생 인력 양성에도 기여할 수 있는 시스템 마련

- 우수한 연구지도력을 바탕으로 석박사 과정 대학원생들에게 연구 지도와 특강 실시 등을 통해, 우수한 인력 양성에도 기여함
- 우수 신진 연구 인력들의 우수한 연구력을 지속적으로 활용해 나갈 수 있도록 교육 저술 활동에도 참여를 유도, 석박사과정 지도 및 교육활동에 힘쓸 예정임
- 대학원 강의 참여기회를 제공하여 교육 지도 역량 강화 지원
- 우수연구인력의 대학내 학술 활동의 편의 및 지도력 강화를 위하여 대학 도서관에서 주관하는 EndNote, Web of Science, JCR, Scopus등의 활용법 워크샵에 참여하도록 함.
- 대학원수업 특강 등을 통한 신진연구자와 참여 대학원생 및 구성원 간 상호교류 활성화
- 참여대학원생과 신진 연구인력 간의 학술교류 다양화 및 파트너십 유지를 위한 교육/연구 연계프로그램 준비
- 참여대학원생과의 실제적 연구 활동이 지속될 수 있도록 연구진도 점검 및 모니터링 역할 부여

5. 참여교수의 교육역량 대표실적

① 참여교수의 Book Chapter 실적 (※ 해당 기간 실적 없음)

연번	참여교수명	세부전공분야	대학원 교육관련 대표실적물	DOI번호/ISBN/인터넷 주소 등
	참여교수의 교육관련 대표실적의 우수성			

② 참여교수의 새로운 대학원 교과목 개설 실적 (※ 해당 기간 실적 없음)

연번	참여교수명	신설교과목명	대학원 교육관련 대표실적물	교과코드
	참여교수의 대학원 전공교과목 개설 우수성			

6. 교육의 국제화 전략

① 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획

1. 국제화 핵심 전략

- 1) 국제화 프로그램 다변화를 통한 글로벌 인재 양성
- 2) 온라인 커뮤니케이션 글로벌 시스템 구축을 통한 교육 프로그램 국제화
- 3) 교육 시스템 개선을 통한 국제화 질적 향상
- 4) 세계적인 인지도를 갖는 교육 연구단 구축



2. 해외 석학 온라인 초청 신소재 산학세미나 개최

- 해외 우수 대학 및 연구기관의 우수 연구진들을 온라인 초청하여, 세미나 발표 및 연구 협의 진행

세미나 연사	발표 제목
Dr. Intel	Low Overhead Built-in Self-Test for Advanced RF Transceiver Architecture (2024.03.12.)
Dr. NASA	Space-qualified Chalcogenide Materials through ISS MISSE Exposure (2024.03.19.)
Prof. Washington University	Freestanding nanomembranes for future electronics from materials innovation to AI hardware (2024.03.26.)
Dr. Soelect	Understanding material properties and electrochemical reaction to improve battery performance (2024.04.02.)
Dr. Micron	Trends and Prospects of 3D NAND Flash Technology (2024.04.09.)
Dr. Apple	Unlocking Redox Mechanism to Extend the Energy Density of Li-Ion Batteries (2024.04.16.)
Prof. Texas A&M University	III-V compound semiconductor material and its application (2024.04.30.)
Dr. Coherent	IoT-based Portable and Wearable Sensors for Remote Health Monitoring Systems (2024.05.07.)
Prof. University of North Carolina	Performance and reliability of crystalline solar cells and modules (2024.05.14.)

Prof. University of Virginia	Remote Epitaxy Towards Heterogeneous Integration for Intelligent Sensing (2024.05.21.)
Prof. University of California, Riverside	Surface Interactions and Nanoconfinement: Reshaping Ionic Liquid Dynamics (2024.05.27.)
Dr. Texas Instruments	GaN based-power devices for next generation technology (2024.06.04.)

해외 연사의 세미나 편의를 위해 온라인으로 진행하였으며 아래 사진은 강연 일부 예시임.

Why is NASA researching reconfigurable metasurfaces?

Materials

◆ Liquid Metal (EGain)

✓ EGain

- Liquid state at room temp
- Low-cost and low-power
- Easily wearable
- Conformable to body shape

✓ Polyurethane

- Low-cost
- Highly stretchable
- Easy to link with indicators
- Mechanical properties
- 3D printing

3. 교육 프로그램의 국제화 성과

- 외국인 대학원생의 비율을 2017년 32.6%에서 2018년 35.6%, 2019년 39.6%에서, 2020년~2023년에는 지속적으로 약 45%의 일정 수준이상으로 유지하여 내국인 학생과 외국인 학생들 상호 간의 협동 연구 기회를 제공함으로써 국내 학생들에게는 외국어 능력을 증진할 기회를, 외국 학생들에게는 빠른 학교 적응과 연구 습득의 기회를 제공함. 2024년 4월 기준 외국인 대학원생 수 비율이 다소 낮은 것은, 국내 대학원생 확보 비율이 상승하였기 때문임.
- 학위논문의 외국어 작성비율은 2013년에는 27.8%로 매우 낮은 편이었으나, 효과적인 교육 인프

라 구축 및 성공적인 해외 대학원생 유치의 결과로 2014년에는 69.4%, 2015년에는 77.0%로 급격히 증가하였음. 계속해서 해외연수와 인턴, 교환학생 등과 같은 학생들의 외국어 능력을 향상할 수 있는 프로그램을 개발하여 2020년 이후 외국어 작성 비율은 꾸준히 80% 이상을 유지하였음. 2024년 졸업 대학원생 외국어 논문 작성비율은 90 % 달성함. 지속적인 국제화 전략을 통하여, 90% 이상으로 유지할 계획임.

항목	구분	20.04월 기준 (6개월)	20.10월 기준 (6개월)	21.04월 기준 (6개월)	22.10월 기준 (6개월)	22.04월 기준 (6개월)	23.04월 기준 (6개월)	23.10월 기준 (6개월)	24.04월 기준 (6개월)
외국인 대학원 생	사업단 대학원생 수	62	63	64	66	63	61	63	68
	외국인 대학원생 수	28	30	27	29	29	28	29	26
	비율 (%)	45.1	47.6	42.1	43.9	46.03	45.9	46.03	38.23
외국어 학위논 문	구분	20.08월 졸업	21.02월 졸업	21.08월 졸업	22.02월 졸업	22.08월 졸업	23.08월 졸업	24.02월 졸업	24.08월 졸업
	사업단 대학원생 학위논문 수	3	7	10	15	4	9	8	10
	외국어 학위논문 수	3	7	9	12	4	9	6	9

4. 국제 프로그램을 통한 외국인 학생 유치 전략

- 1) 인접 아시아 국가 최상위 대학 학과와 인력교류 협약 통한 외국인 우수 대학원생 유치 추진 중
 - 현재 해외 인력교류 협정 체결 대학: 호치민대학, 호치민자연과학대학, 하노이이공대학 (베트남), 인도공과대학, Shivaji 대학, 카르타니카 국립기술원 (인도), PSU (태국), 중국 연변대학교, 중국연변과기대, 중국 온주대학 (중국), 넬슨만델라과기원 (탄자니아), 몽 골국립대학 (몽고), 인도네시아국립대학 (인도네시아) 등
- 2) 국제 공동 연구 및 연구인력 확보를 위해 학과 차원에서 적극적으로 주도하여, 중국 및 동남아시아지역의 협력 대학 방문을 통한 홍보와 유학생 유치활동을 수행하여 인재들을 유치하기 위해 노력하고 있음.
 - 글로벌 경쟁력을 갖춘 우수 인재 유치확대를 위해 국제협력본부와의 유기적 협조를 통해 외국인 신입생의 경우 입학 첫 학기 등록금 전액을 면제해주는 “글로벌 장학” 프로그램 활용 중
 - 해외 우수인력의 유치 노력과 함께 진학한 해외 대학원생들의 학교생활에 어려움이 없도록 지원 시스템 구축함 (교과요목, 행정서식, 각종 공지 등의 영문 표기, 대학원 교과목의 외국어 강의 비율을 확대하여 강의 불편사항 개선, 인센티브형 장학금 확충, 수학능력 및 연구 능력 향상에 대한 보상방안 확대, 공과대학 자체적으로 “유학생의 날” 행사개최 및 문화 체험)

5. 교육 프로그램의 국제화 계획

- 1) 외국어 강의 다변화를 통한 글로벌 인재양성
 - 학생들의 외국어 사용 유도할 수 있는 다양한 교수법 적용, 신진 외국인 연구인력의 국제화 교육 프로그램 활용
- 2) 교육 자료와 프로그램 공유 온라인 글로벌 커뮤니케이션 시스템 구축
 - 교육단 소속 교원들의 국제활동 및 네트워크 활용

- 3) 온라인 교육 프로그램 활용 국제화 경쟁력 향상
 - 해외 석학들의 세미나, 비정규 단기 강의 프로그램 개설 및 온라인 교육 프로그램 활용 유도
- 4) 해외 교류대학들과 공동 학위 프로그램 구축
 - 국제 공동 학위제 및 교육, 연구 교류 MOU 체결
- 5) 학위논문 외국어 작성비율 및 질적 향상
 - 외국어 논문 쓰기 교육 프로그램 및 시스템 구축
- 6) 국제화 향상을 위한 외국어 강의 비율 향상
 - : 외국어 강의 비율의 단계적 증가 및 융합적 사고 함양

② 참여대학원생 국제공동연구 현황과 계획

- 대학원생의 해외연구실 공동연구 수행 실적

연 번	공동연구 참여자		상대국/소속기관	연구주제	수행 연구기간
	교육연구단				
	대학원 생	지도교 수			
1			미국/Harvard Medical School	선택적 세포 투과 펩타이드와 형광염료를 합성한 항암제 표적 단백질을 이용한 면역항암제 개발	2022.09-2024.02 (18개월)

연구내용: 면역항암제를 개발하기 위해 선택적으로 암을 타겟팅하는 펩타이드와 형광염료를 합성하고, 항암효과를 세포내, 동물실험을 이용해 평가하는 연구를 수행함.



Ⅲ

연구역량 영역

□ 연구역량 대표 우수성과

- 본 교육연구단은 “에너지융합소재 분야 국내 TOP5 진입”이라는 궁극적인 목표를 달성하기 위해 “연구성과 공유 및 내외부 그룹 간 융합연구를 통한 연구성과 질적 향상”의 비전 및 전략을 수립하고 수행함.
- **연구비 수주** : 현재 총 40억 4천여만원 규모(57건)의 정부 연구비와 총 4천 5백여만원 (10건)의 산업체 연구비를 수주함.
- **전문분야 연구의 질적 향상** : 각 그룹 전문분야의 강화된 기초연구역량을 기반으로 체계적이고 심도 깊은 연구를 위해 석,박사과정을 포함한 연구원들의 심화 교육을 통해 연구 역량을 향상시켜 연구 결과의 질적 향상을 도모함.
- **교육연구단 내외 그룹간 융합연구** : 연구 국제화 핵심 전략, 외국 대학과의 공동 교육 프로그램 운영 및 인적 교류를 통해 형성된 연구 네트워크를 활용하여 국내외 연구그룹과의 융합연구를 추진, 융합 연구 및 교육법 개발로 최신 연구 트렌드를 선도함.
- **신진 연구인력 활용** : 우수한 신진 연구인력과 석,박사로 이루어진 연구팀을 지원함으로써 창의적이고 우수한 융합 연구를 수행함.
- **연구논문** : SCI(E)급 논문 127편과 SCOPUS와 KCI급 논문 9편을 출판함. 우수 연구 결과를 바탕으로 JCR 상위 1% 이내 4편, 상위 5% 이내 20편, 상위 10% 이내 23편을 출판하여 우수한 실적을 거둠.
- **특허** : 특허등록 9건(국내 6건, 해외 3건), 출원 9건(국내 9건)의 실적을 달성함.
- **기술이전** : 노하우 관련 기술이전 4건 실적을 달성함.
- 본 연구단은 융합연구 전략과 기초연구 역량 강화를 기반으로 한 교육역량 강화전략을 통해 이전 연도에 비해 향상된 연구 성과를 나타냄. 이러한 결과들은 전년도에 체계화된 교육 역량 강화 및 융합연구 전략을 구체화함으로써 연구역량 향상에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단됨.

<연구역량 대표 우수성과(논문, 특허, 연구비 수주)>

구분	저널명(IF)/소속 등록번호(특허국가)/소속 총연구비(천원)	논문제목 특허제목 연구과제명
논문 /전문 분야	Energy & Environmental Science (32.4)/전남대(교수)	Water-mediated exsolution of nanoparticles in alkali metal-doped perovskite structured triple-conducting oxygen electrocatalysts for reversible cells
	Nano-Micro Letters(31.6) /전남대(교수)	Construction of a High-Performance Composite Solid Electrolyte Through In-Situ Polymerization within a Self-Supported Porous Garnet Framework
	Advanced Energy Materials(24.4) /전남대(교수)	Self-Supported Fe-Based Nanostructured Electrocatalysts for Water Splitting and Selective Oxidation Reactions: Past, Present, and Future
논문 /융합 연구	Advanced Materials(27.4) /전남대(교수)	Nondestructive Single-Atom-Thick Crystallographic Scanner via Sticky-Note-Like van der Waals Assembling-Disassembling
	Advanced Materials(27.4) /전남대(교수)	Nanoelectronics Using Metal-Insulator Transition
	Advanced Functional Materials(18.5) /전남대(교수)	Metamorphic InGaAs/InAsPSb Quantum Well Light Emitting Diodes for Operation in the Short-Wave Infrared Region

특허	US2023/11799113B2(미국) /전남대(교수)	Electrolyte Membranes with improved chemical durability and membrane-electrode assembly including same
	ZL202110018910.2(중국) /전남대(교수)	Preparation method of p-type semiconductor layer for inorganic thin film solar cell
	ZL202080085149.8(중국) /전남대(교수)	Transition metal electrochemical catalyst prepared by using ultrafast combustion method and synthesis method thereof
연구비 /정부	1,639,040	인공지능 활용 이온닉스 기반 소재개발 플랫폼 연구센터
	700,000	이차전지산업 전문인력산업
	602,140	광전자융합기술연구소
	495,000	지역연계형 수소산업 혁신인재양성사업
연구비 /산업체	198,000/삼성전자(주)	CVD 공정 히터 AlN 소재의 임피던스 연구
	312,848/한국전력공사	유연기관을 이용한 초경량 다중접합 박막 태양전지 기술개발
	244,947/한국전력공사	지르코니아계 고성능 전해질 개발 및 안정성 확보
	77,000/삼성SDI	LIB 풀셀 임피던스 양/음극 분리 해석 기술 개발
	19,358/한국표준과학연구원	소재 연구데이터 사업의 스마트 IT 소재 광전분야 raw data 수집 및 KMDS 데이터 업로드용 data set 처리 및 분석 용역

1. 참여교수 연구역량

1.1 연구비 수주 실적

〈표 3-1〉 자체평가 대상기간(2023.9.1(2024.3.1)-2024.8.31) 참여교수 1인당 정부, 산업체, 해외기관 등 연구비 수주 실적

항 목	수주액(천원)		
	3년간(2020.9.1~2023.8.31) 실적	최근 1년간 (2023.9.1(2024.3.1)-2024.8.31) 실적	비고
정부 연구비 수주 총 입금액	12,408,039	4,046,106	
산업체(국내) 연구비 수주 총 입금액	850,888	447,859	
해외기관 연구비 수주 총 (환산) 입금액	0	0	
1인당 총 연구비 수주액	1,104,910	345,689	
참여교수 수	12	13	

1.2 연구업적물

① 참여교수 연구업적물의 우수성

- 본 연구단의 참여교수들은 최근 1년(2023.09~2024.08)동안 총 127건의 SCIE)급 논문을 출판하였음. 상위 1% 이내 4건을 포함하여, 상위 1~10% 이내 논문 총 43편으로 집계됨.
- 전체논문 중 상위 1% 이내 논문은 3.1%, 상위 1~5% 이내 논문은 15.71%, 상위 5~10% 이내 논문은

18.1%, 상위 10~20% 이내 논문은 27.6%의 비율을 차지함.

- 이러한 수치는 당해연도 연구 성과가 융합연구를 포함하여 전문분야의 연구가 질적, 양적으로 우수한 성과들을 달성했음을 보여주고 있음.

<참여교수 대표연구업적물>

1	1005685 2	이공계 열	에너지 재료	저널논문	Aqueous Rechargeable Zinc-Metal Batteries: A Critical Analysis
					ACS Energy Letters Volume 9, Page 3058-3065 2024 DOI : 10.1021/acsenergylett.4c00792
2	1010440 1	이공계 열	에너지 재료	저널 논문	Self-Supported Fe-Based Nanostructured Electrocatalysts for Water Splitting and Selective Oxidation Reactions: Past, Present, and Future
					Advanced Energy Materials Volume 14, Page 2303730 2024 DOI: 10.1002/aenm.202303730

[ACS Energy Letters, IF=19.5, JCR 상위 3.8% (Materials Science, Multidisciplinary)]
최근 Zn 이온 및 electrolytic stripping-plating 화학을 포함한 수계 아연 금속 배터리 기술은 특히 제조 및 설치 비용 측면에서 매우 저렴하여 잠재적인 배터리 응용시스템임. 그러나 알칼리성 Zn-MnO₂, Zn-Ni 및 Zn-공기 배터리를 포함하여 이러한 새로운 아연 금속 기술들의 발전하기 위해 많은 중요한 요소를 해결해야함. 특히 알칼리성 Zn-MnO₂ 배터리는 MnO₂와 관련하여 2e를 완전히 소비해야 하는 문제에 직면한 반면, Zn-Ni 배터리는 양극 안정성 및 음극 비용 측면에서 어려움을 겪고 있음. 따라서 약산성 Zn-MnO₂ 배터리의 복잡한 다양한 전기화학 메커니즘을 해결하기 위한 연구는 아직 진행되지 않은 반면, 강산성-알칼리성 디커플링된 Zn-MnO₂ 배터리는 양극-음극 용해로 인해 어려움을 겪고 있음. 이 관점은 에너지 밀도 계산 시뮬레이션과 함께 수성 아연 금속 배터리 기술의 상태와 실제 개발과 관련된 요소를 제공함. 이러한 여러 수계 아연 금속배터리의 문제점 탐구와 문제 해결법을 고안하는 능력을 함유하는 것은 훌륭한 연구 후진 인력 양성에 있어 매우 중요한 요소 중 하나이며, 본 교육 연구단의 교육 풀을 넓히는데 적합한 사례라 할 수 있음.

[Advanced Energy Materials, IF=24.4, JCR 상위 2.6% (Energy & Fuels)]
전기화학적 물분해는 재생 가능한 수소(H₂)생산, 에너지 저장 및 탄소 배출없는 수송을 가능하게 함으로써 지속 가능한 에너지 미래로 전환을 촉진하는 데 중요한 역할을 함. 뛰어난 전반적인 물분해 성능, 우수한 촉매 활성 및 견고한 장기 안정성을 갖춘 지구상에 풍부한 원소로 이루어진 전기 촉매를 개발하는 것은 물 전기분해의 실제 적용에 매우 중요함. 특히, 자체지지 전기 촉매는 활성 부위 로딩 증가, 빠른 질량 및 전하이동, 하부 전도성 지지체와의 강력한 상호작용으로 인해 실용적인 H₂ 생산을 위한 가장 유력한 후보임. 또한 이러한 전기 촉매는 향상된 반응 속도 및 안정성도 갖추고 있음. 본 논문에서는 물 분해 및 선택적 산화반응을 위한 자체 지지형 Fe 기반 전기 촉매 개발의 최근 연구 동향에 대한 포괄적인 리뷰로 옥시수산화물, 증상 이중 수산화물, 산화물, 칼코게나이드, 인화물, 질화물 및 기타 Fe 기반 전기촉매에 대한 문헌조사를 수행함. 자체 지지형 Fe 기반 전기 촉매 합성의 개발동향과 다양한 증착 방법과 대규모 상업적 응용에도 적용가능한 자체 지지형 전도성 기관에 대한 문헌조사도 수행함. 마지막으로 높은 H₂ 생산을 위한 시스템적 이해와 접

근 방식에 대해서 논의함.						
3		1154024 5	이공계 열	광전 소재 료	저널 논문	Toward Ga-Free Wavelength Extended 2.6 μm InAsP Photodetectors with High Performance
						Advanced Functional Materials
						Volume 34, Page 2309897
						2024
						DOI: 10.1002/adfm.202309897
						[Advanced Functional Materials, IF=18.5, JCR 상위 4.1% (Chemistry, Multidisciplinary)] 단파장 적외선(SWIR) 광검출기는 SWIR 영상의 높은 감도와 분해능을 통해 고해상도 적외선 이미징이 가능하여 큰 관심을 받고 있음. 상업적으로 1.7 μm 이상의 차단 파장을 갖는 확장된 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 이종접합 검출기가 SWIR 이미징 시스템에 사용되나, 높은 암전류와 제한된 차단 파장 조정 가능성 때문에 SWIR 이미징 분야에서의 광범위한 사용에는 제한이 있음. 본 연구에서는 최적 설계된 $\text{InAs}_y\text{P}_{1-y}$ 메타몰픽 버퍼를 활용한 격자 및 밴드갭 공학을 통해 2.6 μm 의 차단 파장을 갖는 새로운 $\text{InAs}_{0.85}\text{P}_{0.15}$ 동종접합 검출기를 구현함. 2.0%의 격자 부정합을 갖는 기존의 $\text{In}_{0.83}\text{Ga}_{0.17}\text{As}/\text{InP}$ 검출기와 비교할 때, 2.7%의 격자 부정합을 갖는 $\text{InAs}_{0.85}\text{P}_{0.15}$ 검출기는 우수한 결정성 덕분에 완전한 격자 이완과 더 낮은 표면 거칠기를 나타냄. InAsP 검출기에서 전자-정공 쌍 형성에 필요한 더 작은 엔트로피 덕분에 광전하 생성이 더 효율적으로 진행됨. InAsP 검출기의 낮은 트랩 밀도와 더 긴 캐리어 수명으로 인해 암전류가 감소하여, 300 K에서 더 넓은 전압 범위에 걸쳐 약 $1.0 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}\text{Hz}^{1/2}\text{W}^{-1}$ 의 높고 균일한 검출률을 달성함. 이러한 우수한 광검출 성능을 갖춘 InAsP 메타몰픽 검출기는 확장된 SWIR 이미징을 위한 대면적 초점면 배열 소자 구현에 적용될 예정이며, 개발된 적외선 소자 기술은 국가 전략기술 중의 하나로 즉시 상용화 가능한 수준으로 차세대 레이더, 의약품 품질검사, 머신비전 등 미래산업 분야에 폭넓게 활용될 것으로 기대됨.
4		1108737 9	이공계 열	금속 재료	저널 논문	Nondestructive Single-Atom-Thick Crystallographic Scanner via Sticky-Note-Like van der Waals Assembling-Disassembling
						Advanced Materials
						Volume 36, Page 2400091
						2024
						DOI: 10.1002/adma.202400091
						[Advanced Materials, IF=27.4, JCR 상위 1.9% (Chemistry, Multidisciplinary)] 결정립계와 각 결정들의 결정학적인 방향들을 포함하는 결정학적 특성들은 2차원 물질들(2DMs)의 특성을 결정하는데 있어서 중요한 역할을 함. 지금까지, 파괴적이고 복합적인 과정을 요구하는 2DMs의 국소적인 미세구조 분석은 주로 잘 알려지지 않은 2DMs의 시료들을 확인하는데 사용되어왔음. 여기서, 스티커 메모와 유사한 방식을 사용하는 반데르발스(vdW) 결합-분리를 활용해 비파괴적으로 넓은 영역의 이차원 결정학적 분석 방법이 제시됨. 잘 알려지지 않은 다결정의 그래핀(PCG)과 단원자 두께의 단결정 그래핀 필터(SCG-filter)의 vdW 결합방식을 활용해 분석해보았을 때, PCG에서 각 결정립의 구체화된 결정학적인 정보는 각 layer 간 비틀림 각도를 측정하는 2D Raman signal scan 분석을 통해 확인됨. 확인된 PCG는 원래 상태를 유지하면서, vdW 분리를 사용하는 SCG-filter에서 매끄럽게 분리되며, 그 남아있는 SCG-filter는 다른 PCG의 추가적인 결정학적 스캔을 위해 재사용됨. 이 방식은 2DMs의 활용에 큰 시사점을 주었으며, 단원자 두께 물질의 결정학적인 분석 발전에 기여함.
5	박찬진	1010473 4	이공계 열	에너지	저널 논문	An-Giang Nguyen, Min-Ho Lee, Jaekook Kim, Chan-Jin Park

				재료		Construction of a High-Performance Composite Solid Electrolyte Through In-Situ Polymerization within a Self-Supported Porous Garnet Framework
						Nano-Micro Letters
						Volume 16, Page 83
						2024
						DOI: 10.1007/s40820-023-01294-0
						[Nano-Micro Letters, IF=31.6, JCR 상위 1.7% (Materials Science, Multidisciplinary)] 본 연구에서는 전해질과 전극 간 뛰어난 이온전도성 및 계면 호환성을 동시에 달성하기 위한 목적으로 고체리튬금속배터리(SSLMB)를 위한 복합고체전해질(CSE) 설계를 진행함. 해당 목적을 달성하기 위해 합성된 다공성 $\text{Li}_{5.4}\text{La}_3\text{Zr}_{1.4}\text{Ta}_{0.6}\text{O}_{12}$ (LLZT) 물질 내에서 monomer을 in-situ중합하여 CSE를 제작하였으며, 해당 과정을 통해 합성된 CSE는 1.117mS cm^{-1} 의 높은 이온 전도도, 0.627의 리튬 이동도, 30°C 에서 Li/Li^+ 대비 최대 5.06V 의 전기화학적 안정성을 나타냄. 또한, 0.5°C 및 30°C 에서 400 사이클 후 $\text{Li CSE LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$ 셀은 105.1mAh g^{-1} 의 방전 용량을 제공했으며 이는 61%의 용량 유지율에 해당함. 이와같은 방법론을 통해 미래의 다양한 세라믹 및 폴리머 전해질과 배터리 시스템으로의 확장 전략을 제시하였으며, 고에너지 밀도 SSLMB를 위한 CSE의 전기과학적 특징 개선의 가능성을 보여줌.
	10150409	이공계열	에너지재료	저널논문		Water-mediated exsolution of nanoparticles in alkali metal-doped perovskite structured triple-conducting oxygen electrocatalysts for reversible cells
						Energy and Environmental Science
						Volume 17, Page 1175-1188
						2024
						DOI: 10.1039/d3ee03510g
6						[Energy & Environmental Science, IF=32.4, JCR 상위 0.3% (Engineering, Chemical)] 연료전지, 전해전지 등 전기화학적 에너지 저장 및 변환장치의 성능을 향상시키기 위해서는 높은 전기촉매 활성과 수화능력을 갖는 산소촉매의 개발이 필수적임. 산소 환원 반응(ORR) 및 산소 발생 반응(OER)의 느린 동역학은 종종 이러한 장치의 성능을 제한하므로 촉매 물질의 개선이 필요한 상황이며, 최근 삼중 전도($\text{H}^+/\text{O}^{2-}/\text{e}^-$) 산화물(TCO) 촉매는 가역 세라믹 전지에서의 유망한 성능으로 주목받고 있음. 본 연구에서는 TCO 전기촉매 성능을 향상시키기 위해 용출 방법을 사용함. 널리 연구된 TCO 물질인 $\text{BaCo}_{0.4}\text{Fe}_{0.4}\text{Zr}_{0.18}\text{Y}_{0.02}\text{O}_{3-\delta}$ 에 염기도가 높은 1가 알칼리 금속을 도핑함으로써 가습된 공기 조건에서 산화바륨의 용출을 유도함. 물 매개 용출과 고염기성 원소의 도핑을 결합한 이 접근법의 주요 목적은 양성자 흡수를 증가시키고 TCO 내에서 효과적인 전도 경로를 활성화하여 ORR 및 OER 활동을 향상시키는 것임. 실험 결과, BaO_x 가 용해된 $\text{K}_{0.05}\text{Ba}_{0.95}\text{Co}_{0.4}\text{Fe}_{0.4}\text{Zr}_{0.18}\text{Y}_{0.02}\text{O}_{3-\delta}$ (KBCFZY) 촉매가 다른 페로브스카이트 구조에 비해 ORR과 OER 모두에 대해 더 높은 활성과 안정성을 나타냄. 이 촉매는 이전에 보고된 수치를 뛰어넘는 성능을 가능하게 하여 650° 에서 연료전지(FC) 모드의 경우 $>1.65\text{Wcm}^{-2}$ 의 최대 전력 밀도를 보였고, 전기분해(EC) 모드의 경우 1.3V 에서 $>6.5\text{Acm}^{-2}$ 의 높은 전류밀도를 보임. 또한 700°C 에서 FC 모드와 EC 모드에서 각각 $>2.5\text{Wcm}^{-2}$ 및 $>10.5\text{Acm}^{-2}$ 의 높은 성능을 보임. DFT 계산을 통해 알칼리 금속 도핑이 촉매 활성 산화바륨 나노입자의 용출을 촉진하고, 산소 결손의 형성 에너지를 낮추며, BCFZY 구조 내 양성자 이동 장벽

	을 감소시킨다는 것을 보여줌으로써 관찰된 촉매 활성 및 성능의 증가를 종합적으로 설명함. 해당 연구를 통해 개발된 전극 물성 개질법은 선진 연료전지 기술의 발전에 큰 기여를 할 것으로 생각되며, 더 나아가 연료전지 상용화를 촉진할 촉매 역할을 수행할 것으로 기대됨.				
	1010446 2	이공계 열	금속 재료	저널 논문	TRIP behavior of non-equiatomic $\text{Co}_{40}\text{Cr}_{20}\text{Ni}_{15}\text{Fe}_{15}\text{Mo}_{10}$ high entropy alloys International Journal of Refractory Metals and Hard Materials Volume 115, Page 106288 2023 DOI: 10.1016/j.ijrmhm.2023.106288
7	[International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, IF=4.2, JCR 상위 17.26% (Metallurgy & Metallurgical Engineering)] 고엔트로피 합금은 다양한 금속 원소들이 비슷한 비율로 구성된 합금임. 원자 배열의 높은 무질서도 때문에 기존 합금과 비교하여 독특한 미세구조와 특성을 나타냄. 본 연구에서는 Co 기반 고엔트로피 합금의 TRIP(변형 유도 소성) 거동과 원소 비율 및 가공 조건과의 상관관계를 규명하고, 가공 조건 최적화를 보고함. Co-기반 고엔트로피 합금은 마르텐사이트 상 형성으로 인해서 변형속도 $1 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ 에서 최대 인장강도와 연신율을 보임. X-선 회절 분석을 통해서 초기 열처리된 고엔트로피 합금은 단일 FCC 구조를 가지지만, 변형 조건 아래에서 FCC와 HCP의 이중 구조로 변형됨을 확인함. 또한, Co 기반 고엔트로피 합금의 인장 파단 표면은 FCC와 HCP 상 사이의 계단형 계면을 보여, 취성 HCP 구조를 따라 파단이 발생했음을 확인함. 이러한 결과를 기반으로 고엔트로피 합금 가공 최적화가 가능하였음. 해당 연구는 고엔트로피 합금이 에너지, 미래형 모빌리티, 항공·우주 등 다양한 산업 분야에서 혁신적인 소재로 활용될 가능성을 제시함.				
	1016057 2	이공계 열	에너지 재료	저널 논문	TiO_2 nanocone photoanodes by Ar ion-beam etching and physics-based electrochemical impedance spectroscopy Electrochimica Acta Volume 481, Page 143976 2024 DOI: 10.1016/j.electacta.2024.143976
8	[Electrochimica Acta, IF=5.5, JCR 상위 23.3% (Electrochemistry)] 티타늄을 양극 산화한 나노튜브(NT) TiO_2 를 아르곤 이온 빔 에칭을 통해 나노콘(NC) 배열의 광전기화학특성을 파악할 때 전류-전압곡선으로는 정보가 제한됨. 평탄 구조를 얻기위해 티타늄을 Si 웨이퍼에 증착한 것과 Ti 벌크를 사용한 것을 비교했는데, Si 기판을 사용한 경우, 임피던스 반응이 주로 p-Si 기판에서 나오는 것을 밝혔으며, 거의 이상적으로 반도체 벌크에서 소수 캐리어에 의해 지배되는 확산-재결합 과정을 통해 설명될 수 있었음. Ti 위의 NT는 고주파와 저주파 한계에서 각각 지수 1과 1/2의 고정된 값을 갖는 Havriliak-Negami 커패시턴스 함수를 사용하여 나노다공성 구조를 따라가고, Ti와의 계면에서 분산된 커패시턴스 효과를 고려한 트랜스미션라인 모델을 적용할 수 있었음. NT 및 Ti/Si 위의 NC에 대한 저주파수에서 제한된 정보를 통해 TiO_2 응답을 분리하여 광전기화학적 성능과 관련 지을 수 있었음. Havriliak-Negami 함수에서 정의된 커패시턴스 파라미터의 Mott-Schottky 분석은 나노구조 물질에서 공간적 및 에너지적으로 분포된 도핑 결함의 물리				

기반 설명을 가능하게 함.						
	1013122 3	이공계 열	광전 소재 료	저널 논문	Highly efficient visible-light-driven CdS-loaded ZnO-GaN nanowire photoanode fabricated on Si for H ₂ evolution	
					Journal of Alloys and Compounds	
					Volume 973, Page 172901	
					2024	
					DOI: 10.1016/j.jallcom.2023.172901	
9	[Journal of Alloys and Compounds, IF=5.8, JCR 상위 8.3% (Metallurgy & Metallurgical Engineering)] GaN 나노와이어는 뛰어난 광전특성을 가지고 있어, 에너지 문제를 해결할 수 있는 차세대 광전극 소재로 주목받고 있지만, 낮은 안정성과 태양광-수소 변환 효율로 인해 실용성 측면에서 한계가 있음. 본 연구에서는 GaN 나노와이어의 표면 passivation과 촉매 장식을 통해서 GaN 나노와이어 광전극의 태양광-수소 변환 효율과 안정성을 향상시킴. Si 기판 위에 GaN 나노와이어를 성장시키고, ZnO과 CdS를 표면 passivation 층과 촉매로써 활용됨. ZnO/GaN NW 광전극과 비교할 때, CdS/ZnO/GaN NW 광전극은 광전류 밀도가 10배, 광변환 효율이 47배 증가한 결과를 보임. ZnO와 CdS가 노출된 GaN NW의 광부식을 억제하고 표면 결함을 줄임으로써 광생성 전하의 재결합 속도를 낮추는 효과를 확인함. 이를 기반으로, 높은 pH 전해질에서 GaN 나노와이어의 안정성이 향상되어 효율적인 수소 생산이 가능해짐. 해당 연구는 고성능 광전극과 고효율 수소 생산을 위해서 표면 passivation과 이종접합 설계에 관한 새로운 접근법을 제시하고, 더 나아가 친환경 수소 에너지 생산에 핵심적인 기여를 할 것으로 기대됨.					
	1017747 5	이공계 열	에너지 재료	저널 논문	Achieving high energy storage density and efficiency in (Na _{0.5} Bi _{0.5})TiO ₃ -based lead-free ceramic	
					Ceramics International	
					Volume 50, Page 26858-26868	
					2024	
					DOI: 10.1016/j.ceramint.2024.04.416	
10	[Ceramics International, IF=5.1, JCR 상위 8.1% (Materials Science, Ceramics)] 전자기기의 소형화, 경량화와 전자기기의 친환경 생산에 대한 높은 수요로 인해, 현재 고에너지 밀도, 고효율 무연계 유전체 기반 커패시터 개발에 대한 필요성이 증가하고 있음. 본 연구에서는 고상 반응법 제조를 통해서 (1-x)[0.75(Na _{0.5} Bi _{0.5})TiO ₃ -0.25SrTiO ₃]-xNdNbO ₄ (NBST-xNN)을 합성하고, 이를 커패시터에 적용하였음. NdNbO ₄ 첨가를 통해서 낮은 유전상수와 유전손실을 갖는 Bi ₂ Ti ₂ O ₇ 상형성을 확인함. COMSOL 시뮬레이션을 통해서, Bi ₂ Ti ₂ O ₇ 상이 국부 전기장을 집중시켜 절연강도 향상에 도움을 주는 것을 확인함. 또한, NdNbO ₄ 도핑이 증가함에 따라, 분극 이력 현상이 억제됨을 확인함. 이를 기반으로 NBST-xNN을 커패시터에 적용해본 결과, 4.14 J cm ⁻³ 의 에너지 밀도와 90%의 높은 에너지 저장 효율을 확인할 수 있었음. 이 연구결과는 NBST-xNN 세라믹이 환경친화적인 유전체 커패시터 소재로써 매우 유망한 후보임을 입증함.					
11	1069478 2	이공계 열	생체 재료	저널 논문		
					Biological Effects of Double-Layered Hydroxyapatite and Zirconium Oxide Depositions	

						on Titanium Surfaces International Journal of Nanomedicine Volume 19, Page 8015-8027 2024 DOI: 10.2147/ijn.s470231
						[International Journal of Nanomedicine, IF=6.7, JCR 상위 5.2% (Pharmacology & Pharmacy)] 티타늄(Ti)은 기계적 강도와 우수한 생체적합성으로 인해 가장 널리 사용되는 임플란트 재료임. 그러나 티타늄의 생물학적 활성 및 항균 특성이 부족하여 뼈와의 느슨한 고정 및 수술 후 감염으로 이어질 수 있음. 이 문제를 해결하기 위해서, 뼈와 치아의 천연 성분 중 하나이며 천연 뼈와 구조적, 화학적 유사성을 가진 하이드록시 아파타이트($\text{HA}, \text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$)를 통해 티타늄의 표면을 개질하고자함. 이 연구는 티타늄에 이중층 하이드록시 아파타이트/지르코늄 산화물 스퍼터링 박막 증착을 적용하여 골아세포 및 항균 활성을 평가함으로써 두 재료의 시너지 효과를 확인하는 것을 목표로 함. 지르코늄 산화물로 코팅된 티타늄 표면에 형성된 HA는 다른 실험군(지르코늄 산화물 표면, HA)과 비교하여 가장 높은 항균 및 골아세포 생존 특성을 보임. 이러한 결과는 이중층 표면이 바이오필름의 형성을 억제하여 S. mutans의 접착을 감소시키고 골유합에 관여하는 골아세포 분화를 증가시키는 데 더 효과적임을 나타냄. 해당 연구는 전세계적인 인구 고령화에 따라 뼈 결함이나 뼈 질환을 겪는 사람의 수가 늘어나고, 이로 인해 다양한 생물의학 임플란트에 대한 수요가 증가하고 있는 상황에서 티타늄 표면 개질 방식을 확장시켰다는 의의를 갖음.
						Multilevel Conductance States of Vapor-Transport-Deposited Sb_2S_3 Memristors Achieved via Electrical and Optical Modulation Advanced Science Volume 11, Page 2405251 2024 DOI: 10.1002/advs.202405251
						[Advanced Science, IF=14.3, JCR 상위 6.5% (Materials Science, Multidisciplinary)] 고급 뇌에서 영감을 받은 전자 장치와 메모리 기술을 추구하면서, 폰 노이만 구조의 한계로 인해 차세대 반도체 플랫폼으로써 다중 모드 및 다중 레벨 맞춤형 전도 특성을 처리하여 새로운 소재를 탐색이 진행되고 있음. 이러한 소재 중에서 황화 안티몬(Sb_2S_3) 박막은 뛰어난 광학적 및 전자적 특성을 나타내므로 박막 태양 전지 및 비휘발성 메모리 시스템과 같은 응용 분야에 이상적이라 할 수 있음. 본 연구에서는 기상 수송 증착(VTD) 기술을 통해 증착된 Sb_2S_3 박막의 전도 변조 및 메모리 기능을 조사하였음. 실험 결과에 따르면 Ag/ Sb_2S_3 /Pt 장치는 낮은 동작 전압, 우수한 내구성 및 안정적인 스위칭 동작을 포함하여 메모리 응용 분야에 적합한 특성을 가지고 있음. 또한 이러한 특성의 재현성과 안정성은 다양한 장치 배치에서 이러한 장치의 실제 구현에 대한 신뢰성을 검증함. 더욱이 Sb_2S_3 기반 멤리스터는 장기간 안정성을 갖춘 인공 신경 가소성을 나타내 뉴로모픽 컴퓨팅에서 상당한 발전을 보장함. Sb_2S_3 의 광감응성을 활용하면 Ag/ Sb_2S_3 /Pt 디바이스는 메모리 애플리케이션에 대한 광학 자극 하에서 상당히 낮은 작동 전위와 전도도 변조를 보일 수 있음. 본 연구는 미래의 메모리 디바이스와 광전자공학 및 다재다능한 전자제품 성형에 있어 Sb_2S_3 의 잠재적인 응용 분야를 강조함.
						Nanoelectronics Using Metal-Insulator Transition Advanced Materials

티타늄(Ti)은 기계적 강도와 우수한 생체적합성으로 인해 가장 널리 사용되는 임플란트 재료임. 그러나 티타늄의 생물학적 활성 및 항균 특성이 부족하여 뼈와의 느슨한 고정 및 수술 후 감염으로 이어질 수 있음. 이 문제를 해결하기 위해서, 뼈와 치아의 천연 성분 중 하나이며 천연 뼈와 구조적, 화학적 유사성을 가진 하이드록시 아파타이트($\text{HA}, \text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$)를 통해 티타늄의 표면을 개질하고자함. 이 연구는 티타늄에 이중층 하이드록시 아파타이트/지르코늄 산화물 스퍼터링 박막 증착을 적용하여 골아세포 및 항균 활성을 평가함으로써 두 재료의 시너지 효과를 확인하는 것을 목표로 함. 지르코늄 산화물로 코팅된 티타늄 표면에 형성된 HA는 다른 실험군(지르코늄 산화물 표면, HA)과 비교하여 가장 높은 항균 및 골아세포 생존 특성을 보임. 이러한 결과는 이중층 표면이 바이오필름의 형성을 억제하여 *S. mutans*의 접착을 감소시키고 골유합에 관여하는 골아세포 분화를 증가시키는 데 더 효과적임을 나타냄. 해당 연구는 전세계적인 인구 고령화에 따라 뼈 결함이나 뼈 질환을 겪는 사람의 수가 늘어나고, 이로 인해 다양한 생물의학 임플란트에 대한 수요가 증가하고 있는 상황에서 티타늄 표면 개질 방식을 확장시켰다는 의의를 갖음.

1113745 1	이공계 열	광전 소재 료	저널 논문	Multilevel Conductance States of Vapor-Transport-Deposited Sb_2S_3 Memristors Achieved via Electrical and Optical Modulation Advanced Science Volume 11, Page 2405251 2024 DOI: 10.1002/advs.202405251
--------------	----------	---------------	----------	--

[Advanced Science, IF=14.3, JCR 상위 6.5% (Materials Science, Multidisciplinary)]

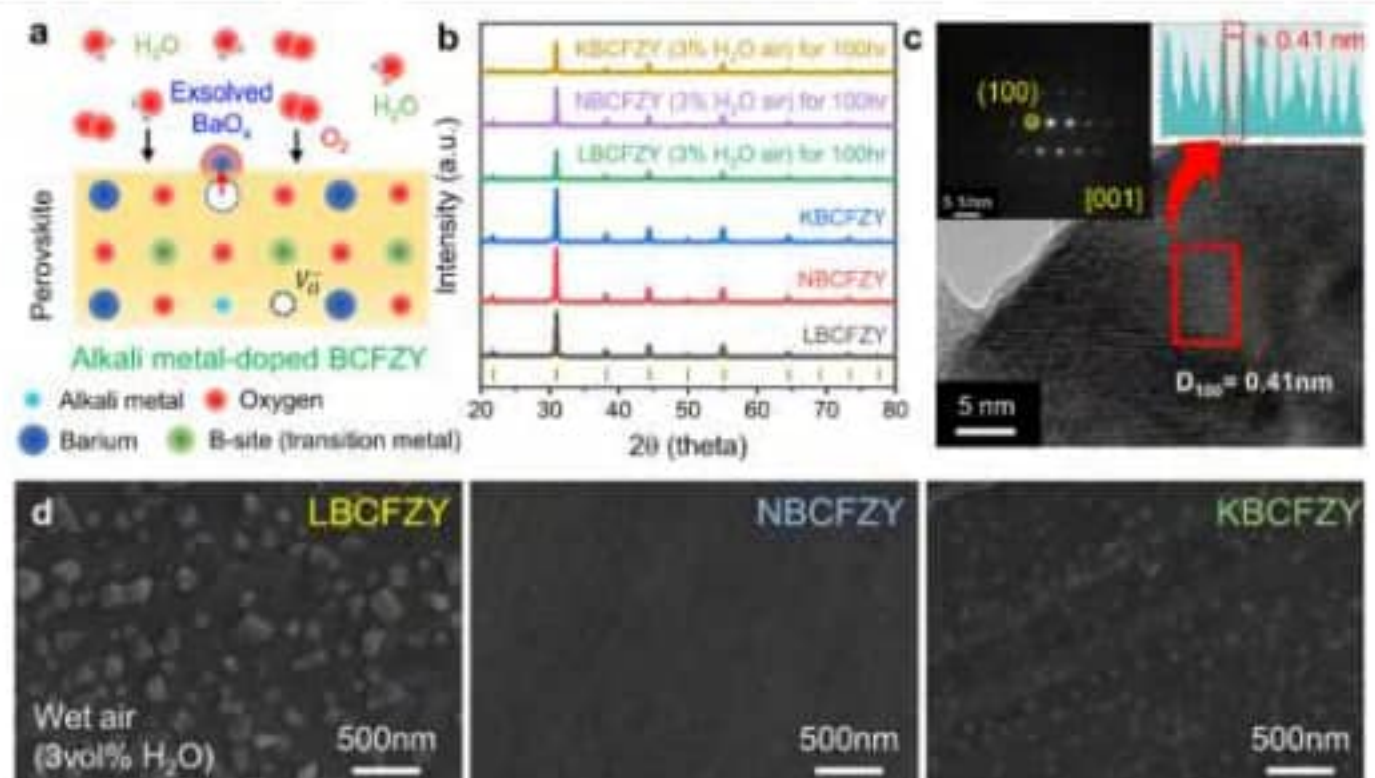
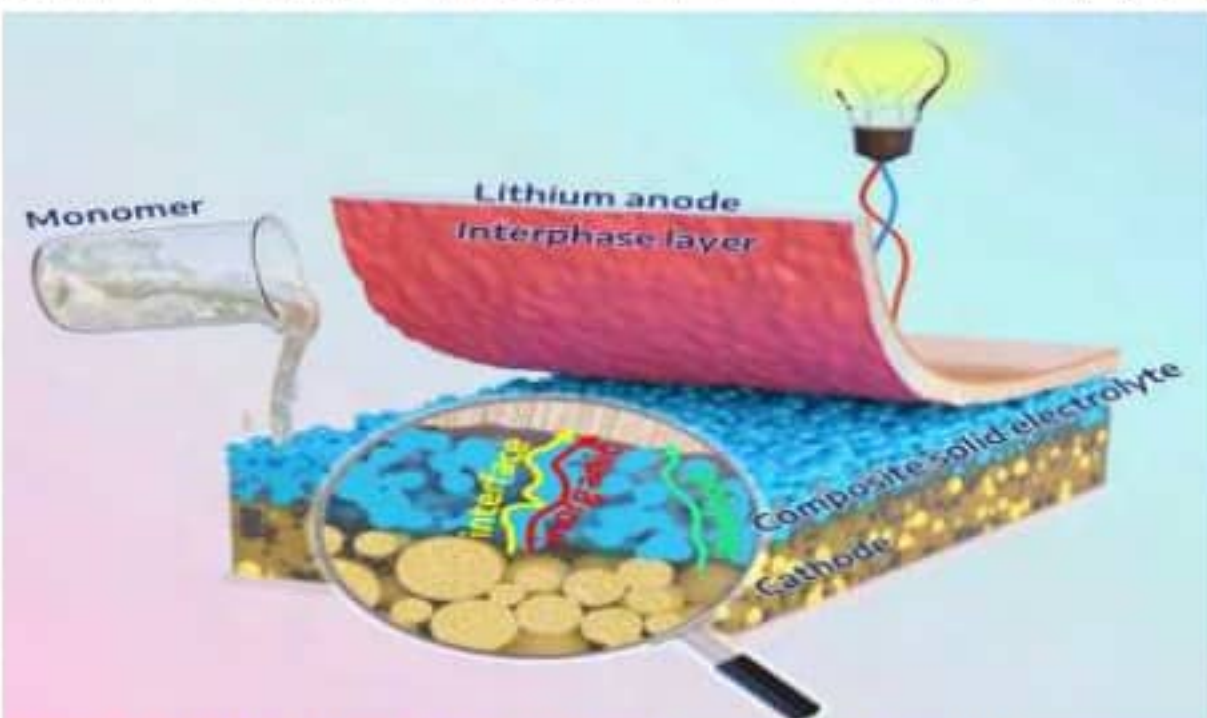
고급 뇌에서 영감을 받은 전자 장치와 메모리 기술을 추구하면서, 폰 노이만 구조의 한계로 인해 차세대 반도체 플랫폼으로써 다중 모드 및 다중 레벨 맞춤형 전도 특성을 처리하여 새로운 소재를 탐색이 진행되고 있음. 이러한 소재 중에서 황화 안티몬(Sb_2S_3) 박막은 뛰어난 광학적 및 전자적 특성을 나타내므로 박막 태양 전지 및 비휘발성 메모리 시스템과 같은 응용 분야에 이상적이라 할 수 있음. 본 연구에서는 기상 수송 증착(VTD) 기술을 통해 증착된 Sb_2S_3 박막의 전도 변조 및 메모리 기능을 조사하였음. 실험 결과에 따르면 $\text{Ag/Sb}_2\text{S}_3/\text{Pt}$ 장치는 낮은 동작 전압, 우수한 내구성 및 안정적인 스위칭 동작을 포함하여 메모리 응용 분야에 적합한 특성을 가지고 있음. 또한 이러한 특성의 재현성과 안정성은 다양한 장치 배치에서 이러한 장치의 실제 구현에 대한 신뢰성을 검증함. 더욱이 Sb_2S_3 기반 멤리스터는 장기간 안정성을 갖춘 인공 신경 가소성을 나타내 뉴로모픽 컴퓨팅에서 상당한 발전을 보장함. Sb_2S_3 의 광감응성을 활용하면 $\text{Ag/Sb}_2\text{S}_3/\text{Pt}$ 디바이스는 메모리 애플리케이션에 대한 광학 자극 하에서 상당히 낮은 작동 전위와 전도도 변조를 보일 수 있음. 본 연구는 미래의 메모리 디바이스와 광전자공학 및 다재다능한 전자제품 성형에 있어 Sb_2S_3 의 잠재적인 응용 분야를 강조함.

1131145 2	이공계 열	광전 소재 료	저널 논문	Nanoelectronics Using Metal-Insulator Transition
				Advanced Materials

					Volume 35, Page 2305353
					2024
					DOI: 10.1016/j.ijrmhm.2021.105628
[Advanced Materials, IF=27.4, JCR 상위 1.9% (Chemistry, Multidisciplinary)] Mott 절연체는 초고속, 가역적인 저항 변화를 동반하는 금속-절연체 전이(MIT) 현상을 보임. MIT 현상에 대한 연구는 차세대 전자 및 광전자 소자뿐만 아니라 응집 물질 시스템의 근본적 이해를 위해 매우 중요함. 현재까지 제시된 MIT의 원리와 메커니즘을 설명하고, 다양한 Mott 절연체의 MIT 특성을 살펴본 후 이를 기반으로 한 나노전자 소자(메모리, 가스 센서, 광검출기, 논리회로, 인공 신경망 등)의 설계와 제조에 대해 다룸. 또한, MIT 기반 나노전자공학이 차세대 전자 및 광전자 소자의 혁신적 설계 가능성을 열어주는 점과 향후 발전 전망을 제시하고, 관련 연구에 대한 종합적인 이해와 통찰을 제공하였음. 이러한 차세대 광·전자소자에 대한 연구동향 파악과 차기 연구방향에 대해 논의하는 것은 질적 연구 및 훌륭한 연구 인력 양성에 매우 중요하며, 미래 융합 소재 연구 및 인재 양성을 목표로 하는 연구단의 비전과도 부합함.					

② 교육연구단(팀)의 학문적 수월성을 대표하는 연구업적물 (최근 1년(2023.9.1(2024.3.1.)-2024.8.31.))

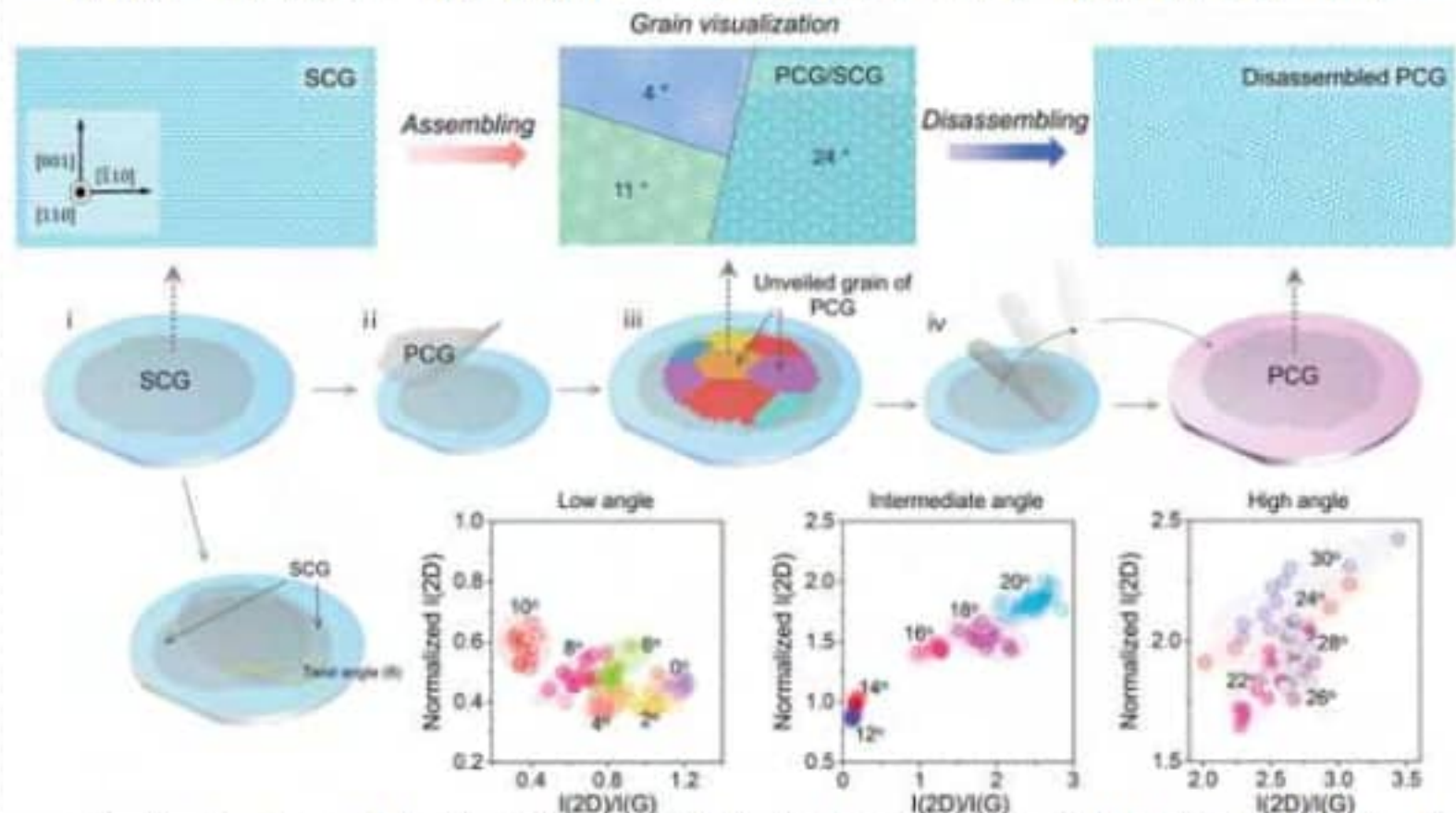
연번	대표연구업적물 설명
1	• 논문정보 : , “Water-mediated exsolution of nanoparticles in alkali metal-doped perovskite structured triple-conducting oxygen electrocatalysts for reversible cells” , Energy & Environmental Science, 17, 1175-1188, 2024. • IF= 32.4 (JCR 상위 0.3 %, Engineering, Chemical 분야), 피인용수=10회 (WoS)] • 연료전지, 전해전지 등 전기화학적 에너지 저장 및 변환장치의 성능을 향상시키기 위해서는 높은 전기촉매 활성과 수화능력을 갖는 산소촉매의 개발이 필수적임. 산소 환원 반응(ORR) 및 산소 발생 반응(OER)의 느린 동역학은 종종 이러한 장치의 성능을 제한하므로 촉매 물질의 개선이 필요한 상황이며, 최근 삼중 전도($H^+/O^{2-}/e^-$) 산화물(TCO) 촉매는 가역 세라믹 전지에서의 유망한 성능으로 주목받고 있음. 본 연구에서는 TCO 전기촉매 성능을 향상시키기 위해 용출 방법을 사용함. 널리 연구된 TCO 물질인 $BaCo_{0.4}Fe_{0.4}Zr_{0.18}Y_{0.02}O_{3-\delta}$에 염기도가 높은 1가 알칼리 금속을 도핑함으로써 가습된 공기 조건에서 산화바륨의 용출을 유도함. 물 매개 용출과 고염기성 원소의 도핑을 결합한 이 접근법의 주요 목적은 양성자 흡수를 증가시키고 TCO 내에서 효과적인 전도 경로를 활성화하여 ORR 및 OER 활동을 향상시키는 것임. 실험 결과, BaO_x가 용해된 $K_{0.05}Ba_{0.95}Co_{0.4}Fe_{0.4}Zr_{0.18}Y_{0.02}O_{3-\delta}$ (KBCFZY) 촉매가 다른 페로브스카이트 구조에 비해 ORR과 OER 모두에 대해 더 높은 활성과 안정성을 나타냄. 이 촉매는 이전에 보고된 수치를 뛰어넘는 성능을 가능하게 하여 650° 에서 연료 전지(FC) 모드의 경우 $>1.65Wcm^{-2}$의 최대 전력 밀도를 보였고, 전기분해(EC) 모드의 경우 1.3V에서 $>6.5Acm^{-2}$의 높은 전류밀도를 보임. 또한 700° C에서 FC 모드와 EC 모드에서 각각 $>2.5Wcm^{-2}$ 및 $>10.5Acm^{-2}$의 높은 성능을 보임. DFT 계산을 통해 알칼리 금속 도핑이 촉매 활성 산화바륨 나노입자의 용출을 촉진하고, 산소 결손의 형성 에너지를 낮추며, BCFZY 구조 내 양성자 이동 장벽을 감소시킨다는 것을 보여줌으로써 관찰된 촉매 활성 및 성능의 증가를 종합적으로 설명함.

	
2	• 논문정보 : “Construction of a High-Performance Composite Solid Electrolyte Through In-Situ Polymerization within a Self-Supported Porous Garnet Framework” , Nano-Micro Letters, 16, 83, 2024. • IF= 31.6 (UCR 상위 1.7 %, Materials Science, Multidisciplinary 분야), 피인용수=8회 (WoS)] • 본 연구에서는 전해질과 전극 간 뛰어난 이온전도성 및 계면 호환성을 동시에 달성하기 위한 목적으로 고체리튬금속배터리(SSLMB)를 위한 복합고체전해질(CSE) 설계를 진행함. 해당 목적을 달성하기 위해 합성된 다공성 $\text{Li}_{6.4}\text{La}_3\text{Zr}_{1.4}\text{Ta}_{0.6}\text{O}_{12}$ (LLZT) 물질 내에서 monomer를 in-situ중합하여 CSE를 제작하였으며, 해당 과정을 통해 합성된 CSE는 1.117mS cm^{-1}의 높은 이온 전도도, 0.627의 리튬 이동도, 30°C에서 Li/Li^+ 대비 최대 5.06V의 전기화학적 안정성을 나타냄. 또한, 0.5°C 및 30°C에서 400 사이클 후 $\text{Li} \text{CSE} \text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$ 셀은 105.1mAh g^{-1}의 방전 용량을 제공했으며 이는 61%의 용량 유지율에 해당함. 이와같은 방법론을 통해 미래의 다양한 세라믹 및 폴리머 전해질과 배터리 시스템으로의 확장 전략을 제시하였으며, 고에너지 밀도 SSLMB를 위한 CSE의 전기과학적 특징 개선의 가능성을 열어주는 등  의 에너지 융합소재 및 인력 양성에 기여하는 연구단의 목표에 부합함.
3	• 논문정보 : “Nondestructive Single-Atom-Thick Crystallographic Scanner via

Sticky-Note-Like van der Waals Assembling-Disassembling", **Advanced Materials**, 36, 2400091, 2024.

• **IF= 27.4 (JCR 상위 1.9 %, Chemistry, Multidisciplinary 분야), 피인용수=8회 (WoS)]**

- 결정립계와 각 결정들의 결정학적인 방향들을 포함하는 결정학적 특성들은 2차원 물질들(2DMs)의 특성을 결정하는데 있어서 중요한 역할을 함. 지금까지, 파괴적이고 복합적인 과정을 요구하는 2DMs의 국소적인 미세구조 분석은 주로 잘 알려지지 않은 2DMs의 시료들을 확인하는데 사용되어왔음. 여기서, 스티커 메모와 유사한 방식을 사용하는 반데르발스(vdW) 결합-분리를 활용해 비파괴적으로 넓은 영역의 이차원 결정학적 분석 방법이 제시됨. 잘 알려지지 않은 다결정의 그래핀(PCG)과 단원자 두께의 단결정 그래핀 필터(SCG-filter)의 vdW 결합방식을 활용해 분석해보았을 때, PCG에서 각 결정립의 구체화된 결정학적인 정보는 각 layer 간 비틀림 각도를 측정하는 2D Raman signal scan 분석을 통해 확인됨. 확인된 PCG는 원래 상태를 유지하면서, vdW 분리를 사용하는 SCG-filter에서 매끄럽게 분리되며, 그 남아있는 SCG-filter는 다른 PCG의 추가적인 결정학적 스캔을 위해 재사용됨. 이 방식은



2DMs의 활용에 큰 시사점을 주었으며, 단원자 두께 물질의 결정학적인 분석 발전에 기여함.

③ 참여교수 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

- 특허 : 특허등록 9건(국내 6건, 해외 3건), 출원 9건(국내 9건)으로 우수한 지식재산권 실적을 달성함.
- 기술이전, 창업 : 4건의 노하우 기술이전 실적을 달성함.
- 전년도에 비해 해외 등록 특허가 소폭 증가하였음. 이를 바탕으로 기술이전 실적을 4건 달성하여 특허 출원 → 특허 등록 → 기술이전으로 이어지는 프로세스가 긍정적인 방향으로 성장하고 있는 것으로 판단됨.

<참여교수 대표 특허, 기술이전, 창업실적>

연번	참여교수명	연구자 등록번호	세부전공분야	실적 구분	저서, 특허, 기술이전, 창업 상세내용
저서, 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성					
1		10150409	에너지재료	특허	Electrolyte Membranes with improved chemical

					durability and membrane-electrode assembly including same
					미국
					US2023/11799113B2
					2023
	개발된 전해질막은 연료전지와 수전해전지의 화학적 내구성을 높이는 것이 목표임. 본 발명은 항산화 특성과 내산성을 개선하기 위해 원소 황 또는 황 화합물로 만든 항산화제를 통합하여 산성 환경에서 더 빠르게 분해되는 산화세균과 같은 전통적인 산화물 기반 항산화제의 한계를 해결함.				
		10104401	세라믹공정	특허	Preparation method of p-type semiconductor layer for inorganic thin film solar cell
					중국
					ZL202110018910.2
					2024
2	본 발명은 스퍼터링 진공 증착법을 이용한 무기박막 태양전지 및 그 제조방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 흡수층으로 알려진 p형 화합물 반도체층의 품질을 향상시키고 공정시간을 단축시킬 수 있는 무기박막태양전지용 p형 화합물 반도체층 제조방법 및 상기 방법으로 제조된 p형 화합물 반도체층을 포함하는 무기박막태양전지에 관한 것이다. 본 발명은 다수의 연구결과를 통해 무기박막 태양전지의 흡수층의 막질을 개선하여 태양전지의 전기적 특성을 향상시킬 수 있는 기술을 개발함으로써 수행되었다. 구체적으로는 p형 화합물 반도체층을 공동스퍼터링 및 사전열처리를 통해 공공이 없고 결정성이 높은 박막을 형성하였으며 이 과정에서 기존에 존재하는 제조방법의 단점인 성분비의 불균일성, 흡수층 이후 공정에서 병렬저항의 감소, 높은 표면 거칠기 등의 문제를 해결할 수 있다.				
		10056852	세라믹공정	특허	Transition metal electrochemical catalyst prepared by using ultrafast combustion method and synthesis method thereof
					중국
					ZL202080085149.8
					2024
3	본 발명은 초고속 연소 방법을 사용하여 제조된 전이금속 전기화학 촉매 및 그 합성 방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 다음과 같은 단계를 포함한다: a) 질소 전구체와 전이금속 전구체를 폴리올계 용매에 용해시켜 전이금속 이온과 자유 라디칼 음이온이 배위된 용액을 제조하고, 용액을 담체와 혼합하여 혼합물을 제조하는 단계; b) 단계에서 제조된 혼합물을 점화하여 폴리올계 용매를 탄화시켜 탄소로 둘러싸인 전이금속 나노입자를 형성하는 단계; c) 열처리를 수행하여 혼합물에 포함된 유기 잔기를 탄화시키고, d) 산처리를 통해 탄소로 둘러싸여 있지 않은 불순물과 전이금속 나노입자를 제거한 후 세척 및 재가열처리를 통해 잔여 산을 제거하고, 다음과 같은 구조의 나노촉매를 a) 내지 d) 단계에 따라 합성하는 단계; 탄소로 둘러싸인 단원자 전이금속-질소 결합 구조 및/또는 전이금속 나노입자의 존재.				
		10056852	에너지재료	특허	3차원다공성 양극재료, 그 제조방법, 이를 포함하는 양극 및 나트륨이온배터리
					대한민국
					10-2599656
					2023
4	본 발명은 나트륨이온배터리용 양극재료 기술에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 바나듐 함량을 감소시켜 친환경성 및 경제성을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라, 이를 양극으로 포함하는 나트륨이온 배터리의 전기화학적 특성까지도 향상시킬 수 있는 새로운 조성의 화합물을 포함하는 NVMP 양극재				

료, 그 제조방법, 이를 포함하는 양극 및 나트륨이온배터리에 관한 것이다.					
5		10056852	에너지재료	특허	탄소 코팅된 NMTVP 나노복합체 양극재료, 그 제조방법 및 이를 포함하는 양극 및 나트륨이온 배터리
					대한민국
					10-2602749
					2023
					본 발명은 나트륨이온배터리용 양극재료 기술에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 바나듐 함량을 감소시켜 친환경성 및 경제성을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라, 이를 양극으로 포함하는 나트륨이온 배터리의 전기화학적 특성까지도 향상시킬 수 있는 새로운 조성의 화합물을 포함하는 탄소 코팅된 NMTVP 나노복합체, 그 제조방법 및 이를 포함하는 응용제품에 관한 것이다.
6		10150409	세라믹공정	특허	황화이온을 이용한 치밀질 산화물 박막 제조방법
					대한민국
					10-2623249
					2024
					본 발명은 치밀질 산화물 박막 제조기술에 대한 것으로, 보다 구체적으로는 산화물의 유일한 음이온인 산소이온과 동일한 산화수와 유사한 이온 크기를 갖는 황화이온을 이용하여 수 마이크론 두께 이하로 치밀질 산화물 막을 제조할 수 있는 황화이온을 이용한 치밀질 산화물 박막 제조방법에 관한 것임.
7		10104734	에너지재료	특허	이차전지용 전해질 및 이를 포함하는 이차전지
					대한민국
					10-2655782
					2024
					본 발명은 이차전지용 전해질 및 이를 포함하는 이차전지에 대한 것으로, 해당 이차전지용 전해질은 폴리카보네이트계 고분자를 포함하는 고분자 매트릭스, 및 상기 고분자 매트릭스 내에 분산되며, 다공성 실리카 입자 또는 특정 화학식으로 표시되는 리튬 금속염 입자를 포함하는 무기물 필러를 포함한다. 이에 따라, 전기화학적 특성 및 안정성이 향상된 이차전지용 전해질 및 이를 포함하는 이차전지가 제공된다.
8		11137451	광에너지소자	특허	이중 버퍼층을 구비하는 박막 태양전지 및 이의 제조방법
					대한민국
					10-2671502
					2024
					이중 버퍼층은 박막 태양전지의 성능을 개선하기 위해 널리 사용되는 기술임. 기존의 칼코겐 화합물 흡수층 태양전지의 경우 흡수층과 금속간의 계면 결함을 줄이기 위해 HTL이 필요했음. 그러나 이 HTL 소재들은 단가가 비싸고 독성이 있으며, 환경에 많은 영향을 받음. 이를 대체하기 위해 본 발명에서는 Sb_2S_3 흡수층 태양전지에 HTL 대신 원자층증착한 SnO_2 및 TiO_2 와 CdS 를 이중 버퍼층으로 적용하여 소자의 특성을 개선하였음. 이중 버퍼층은 전하 수송층의 표면 거칠기를 감소시키고 흡수층의 부적절한 결정 방향을 억제하였으며 흡수층의 완전한 핵생성에 도움을 주었음. 이에 소자의 V_{oc} , J_{sc} 및 FF 등 대부분의 특성이 개선되었으며, 효율이 기존 3.06%에서 최대 4.23%까지 상승하였음. 본 발명은 흡수층과 버퍼층간의 계면 특성에 따른 소자 특성 변화를 상세하게 보여주었으며 본 연구단의 한 축인 에너지 융합 소재에 관한 발명으로 적절하다고 볼 수 있음.

9		11137451	광에너지소 자	특허	폐 태양전지 침출수로부터 은의 회수방법
					대한민국
					10-2673579
					2024
					본 발명은 폐 태양전지 침출수로부터 은의 회수방법에 관한 것임. 태양전지 모듈의 제조시, 은 (Ag) 은 스크린 인쇄에 의해 실리콘 태양 전지의 전면의 금속화에 사용되고 있음. 태양광 시스템의 생산과 설치가 증가함에 따라, 폐 태양광 모듈이 꾸준히 증가하고 있으며, 이러한 장치의 재활용은 자원 재활용과 환경적인 측면에서 매우 중요함. 그중 실리콘의 회수는 현재까지 광범위하게 수행되고 있으나 은은 일반적으로 제거되거나 무시되어 왔음. 최근 은의 수요 증가와 엄격한 환경정책으로 인해 소비된 실리콘 태양전지로부터 은을 회수하는 것은 매우 중요함. 종래 은은 질산용액에서 에칭을 통한 습식 제련처리에 의해 회수 및 제거되거나 염산으로 은을 용해한 후 침전법으로 회수하고 있으나 고액 분리가 어려운 문제점이 있었음. 또한 비용 및 안정성에 문제가 있어 상용화에 어려움을 겪고 있음. 본 발명에서 제시한 은의 회수방법을 적용시, 은을 선택적으로 회수할 수 있으며, 은 회수율이 높고 동시에 알루미늄의 회수가 가능하며, 추출제의 재생이 가능하며 경제성이 우수함. 이는 본 연구단의 목표 중 하나인 에너지 융합 소재 인력 양성에 부합하다고 할 수 있음.
10		11137451	광에너지소 자	기술이전	금속 산화물 박막의 원자층 증착 핵생성 속도 및 형상 조절 제어 기술 노하우
					주식회사 씨엔원
					5,000 천원
					2023
					금속 산화물 박막의 원자층 증착 기술은 반도체 등 전자소자 기술의 진보에 따라 매우 다양한 곳에서 사용되고 있으며 기판 표면의 화학적/물리적 특성에 따라 핵생성 특성이 달라질 수 있어 이를 제어하는 기술이 필수적임. 본 기술은 친수성/소수성을 띄는 여러 종류의 기판에서 200 cycle 미만의 금속 산화물 공정 시 프리커서 및 리액턴트의 펄스/퍼지 시간과 같은 공정 변수를 통해 초기 핵생성의 향상 및 속도를 제어할 수 있는 기술에 관한 것임. 기술의 세부 내용 및 이전 범위는 다음과 같음. ○ 친수성 표면의 기판에서 다양한 금속 산화물의 핵생성 속도 제어 및 형상 제어 방법 및 평가 노하우 제공 ○ 소수성 표면 기판 (그래핀, CNT 등)에서의 핵생성 속도 제어를 위한 프리커서/리액턴트의 펄스/퍼지 시간 제어 및 관련 결과 ○ 다양한 기판에서 형성되는 금속 산화물 원자층증착 박막의 핵생성 형상 제어 결과 및 노하우 ○ 페로브스카이트 박막 표면에서 초기 핵생성을 제어할 수 있는 기술 결과 및 관련 노하우 제공 이러한 기술들은 에너지 융합 소재 분야에 있어 매우 핵심적인 기술이라 볼 수 있으며 본 연구단의 목표에 부합함.
11		11311452	에너지재료	기술이전	촉매 성능 분석 및 센싱 기술 노하우
					㈜닐사이언스
					9,550 천원
					2024
					친환경 에너지 전환을 위해 수소는 청정 연료로 주목받고 있음. 특히 물 전기분해를 통한 수소 생산이 중요한 기술로 자리 잡고 있으나, 효율적이고 경제적인 수소 생산을 위해 고성능 촉매의 개발이 필수적임. 기존 촉매는 고가의 귀금속을 사용하여 고비용, 저내구성 문제가 있어, 대체 촉매 연구가 요구됨. 기존 비귀금속 촉매 개발을 위해서 촉매 소재 및 소자의 특성 분석이 필수적임. 주사탐침현미경은 촉매 표면의 원자적, 분자적 구조를 고해상도로 관찰할 수 있어, 촉매의 활성 부위 분석과

	촉매의 안정성과 반응 메커니즘을 이해하는 데 중요한 역할을 함. 촉매의 형상, 전기적, 기계적, 광학적 특성을 실시간 분석 가능한 주사탐침현미경 분석 시스템 설계 및 분석 방법 기술을 이전함.			
12		11540245	에너지재료	기술이전
	ICT융합 자율주행 차량용 라이다 센서 기술 노하우			
	㈜우리로			
	2,530 천원			
	2024			
	자율주행차에 탑재되어 3차원 거리 정밀 측정이 가능한 라이다(LiDAR, Light Detection And Ranging) 시스템은 전 세계에서 경쟁적으로 연구개발이 진행되고 있음. 기존 라이다 시스템은 850 nm, 905 nm 파장을 갖는 레이저 광원과 이를 검출할 수 있는 실리콘 기반의 광센서로 구성되어 있으며, 원거리 측정을 위해 레이저 광원의 출력을 높이는 과정에서 물체로부터 반사된 레이저 빛이 사람의 눈으로 입사되어 망막 손상을 일으키는 문제가 있음. 기존 라이다 시스템의 한계를 극복하기 위해 시각안전(Eye-safe) 파장으로 알려진 1550 nm 파장 이상에서 동작하는 적외선 레이저 광원에 적용하여 사용할 수 있는 고감도 단파장 적외선 InGaAs 아발란치 포토다이오드(APD, Avalanche Photo Diode) 소자 설계, 공정 및 특성평가 기술을 이전함.			

2. 산업·사회에 대한 기여도

산업·사회 문제 해결 기여 실적			
다양한 산학 교류를 위해 교육연구단 참여교수들이 산학협력 과제수행, 기술이전 및 기술자문을 실시하고 산학연 전문가를 초청하여 특강을 진행하는 등 활발한 연구 교류를 진행하여 기술 역량과 노하우를 공유하고 지역에 산적해 있던 여러 가지 요구사항과 문제점들을 해결하는 데 많은 기여를 함.			
1. 참여교수의 산학공동연구 및 기술 개발			
교수, 교수			
기 간	2023.04.01.-2025.03.31.	업 체	한국전력공사
유연기관을 이용한 초경량 다중접합 박막 태양전지 기술 개발에 대한 산학협력 과제를 수행함.			
교수			
기 간	2022.08.01.-2024.02.29.	업 체	한국전력공사
지르코니아계 고성능 전해질개발 및 안정성 확보에 대한 산학협력 과제를 수행함.			
교수, 교수			
기 간	2022.05.01.-2025.04.30.	업 체	삼성전자(주)
CVD 공정 장비의 히터 AlN 소재의 임피던스 연구에 대한 산학협력 과제를 수행함.			
교수			
기 간	2024.02.01.-2025.01.31.	업 체	삼성SDI(주)
LIB 풀셀 임피던스 양/음극 분리 해석 기술 개발에 대한 산학협력 과제를 수행함.			
교수			
기 간	2022.07.15.-2023.07.31.	업 체	삼성SDI(주)
LIB 풀셀 임피던스 진단용 등가회로 모델 및 파이썬 기반 피팅 소프트웨어 개발 관련 산학협력 과제를 수행함.			

교수			
기 간	2022.06.28.-2024.12.15.	업 체	국방과학연구소
하이브리드 파워팩 전주기 관리 특화연구센터와 파워팩에 관한 산학협력 과제를 수행함.			
2. 산업체 기술이전 실적			
교수			
업 체	(주)씨엔원	기술이전료	5,000,000원
금속 산화물 박막의 원자층 증착 핵생성 속도 및 형상 조절 제어 기술 노하우 (2023.11.01.-2026.10.31.)			
교수			
업 체	(주)닐사이언스	기술이전료	9,550,000원
촉매 성능 분석 및 센싱 기술 노하우 (2024.01.17.-2029.01.16.)			
교수			
업 체	(주)닐사이언스	기술이전료	9,550,000원
ALD 활용 표면 passivation 기술 노하우 (2024.01.17.-2029.01.16.)			
교수			
업 체	(주)우리로	기술이전료	2,530,000원
ICT융합 자율주행 차량용 라이다 센서 기술 노하우 (2024.02.05.-2025.02.04.)			
3. 참여교수 산학협력 실적			
구분	교수명	내용	일시
자문 계약		기술정보 및 소재 분야 산업정보 자문, 기술 신규 도입 및 진행 시 사업성에 대한 자문, 연구 장비의 손상에 대한 자문 (주)에코에너지젠, 자문료: 12,000,000원)	2024.01.01.- 2024.12.31.
전문가 초청		Ferroelectric materials and devices toward emerging computing paradigms (서울대학교 박민혁 교수)	2024.07.17.
전문가 초청		박막 기술 기반 소자 응용 (서울대학교 손준우 교수)	2024.07.17.
4. 산업체 전문가 활동 특강 실적			
소속	성명	내용	일시
엠코테크놀로지코리아		산학협력특강	2023.09.15.
한국전자통신연구원		광ICT융합기술연구	2023.09.22.
SK하이닉스		하이닉스 취업준비 과정 및 전형별 준비요령	2023.10.06.
(주)스코트라 기술연구소		수상태양광 발전시스템의 기술적 동향	2023.10.13.
원익 IPS		ALD 공정의 시간당 설비 생산량 향상 방법	2023.10.27.
한국생산기술연구원		에너지 절약형 smart window 기술 개발	2023.11.03.
삼성전자		반도체 HK-MG 공정 소개	2023.11.10.
LG에너지솔루션		진로와 취업: 어떤 결정과 준비가 필요한가?	2023.11.17.
한국광기술원		태양광 물분해 기반 차세대 광전극 소재기술	2023.11.24.

한국광기술원		다이아몬드 유사 카본 코팅을 이용한 내구성 향상 및 무반사 코팅기술	2023.12.01.
한국광기술원		광융합산업시대 광학소재부품 역할	2023.12.08.

3. 참여교수의 연구의 국제화 현황

① 국제적 학술활동 참여 실적 및 현황

1. 편집위원 활동

교수	
2016-present	Journal of Electrochemical Science and Technology, SCIE, Associate Editor
교수	
2015-present	Scientific Reports, SCIE, Editorial board member
교수	
2016-present	Electronic Materials Letters, SCIE, Editorial board member
교수	
2024-present	Journal of Asian Ceramic Societies, SCIE, Associate Editor
2024-present	Journal of the Korean Ceramic Society, SCIE, Associate Editor

2. 국제학회 수상 실적

수상내역	교수명	논문제목	학회명	일시
구두 발표상		Ge incorporated Cu-Zn-Sn precursor in CZTSSe thin film solar cells: A stacking order approach	Global Conference on Innovation Materials 2024 (GCIM 2024)	2024.06
포스터 발표 우수상		Growth of single crystals of $(K_{1-x}Na_x)NbO_3$ by the self-flux method and their characterization	The 9 th Asian Conference on Crystal Growth and Crystal Technology (CGCT-9)	2024.06

② 국제 공동연구 실적

<표 3-6> 최근 1년간 국제 공동연구 실적

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호/ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육연구단(팀) 참여교수	국외 공동연구자			
1			India, University of Delhi	ACS Applied Nano Materials, "Optimized Ti Doping in CoMoO ₄ Nanorods as Anodes with Enhanced Electrochemical Performance for Lithium-Ion Batteries", 6, 19, 17748-17759 (2023)	10.1021/acsanm.3c03046

2			Indonesia, Institut Teknologi Bandung /Indonesia, Sumbawa University of Technology	Journal of Physics and Chemistry of Solids, "Exploring the feasibility of sodium alginate as a binder in aqueous zinc-ion batteries incorporating α -MnO ₂ nanorod cathodes" , 188, 111880 (2024)	10.1016/j.jpccs.202 4.111880
3			India, University of Delhi /India, University of Lucknow	Physical Chemistry Chemical Physics, "Synergistic effect between ZnCo ₂ O ₄ and Co ₃ O ₄ induces superior electrochemical performance as anodes for lithium-ion batteries " , 26, 13152-13163 (2024)	10.1039/D3CP061 56F
4			Germany, University of Münster /Japan, Shizuoka University /Viet Nam, Hanoi University of Science and Technology /Singapore, Nanyang Technological University /Germany, Helmholtz-Ins titute Münster	Journal of Materials Chemistry A, "Decoding the manganese-ion storage properties of Na _{0.25} V ₃ O ₈ nano-rods" , 26, 13152-13163 (2024)	10.1039/D4TA004 80A
5			India, University of Delhi	Materials Advances, "Highly-robust nanoplate-shaped V ₂ O ₅ as an efficient cathode material for aqueous zinc ion batteries" , 5, 5896-5902 (2024)	10.1039/D4MA00 403E

6			Viet Nam, Hanoi University of Science and Technology /Japan, Shizuoka University /Australia, University of Wollongong	Batteries & Supercaps, “Aqueous Rechargeable Manganese/Iodine Battery” , 7, 8, e202400131 (2024)	10.1002/batt.2024 00131
7			India, Shivaji University /Australia, Uni versity of New South Wales	Advanced Functional Materials, “Machine Learning Assisted Analysis, Prediction, and Fabrication of High-Efficiency CZTS _{Se} Thin Film Solar Cells” , 33, 2303459 (2023)	10.1002/adfm.202 303459
8			India, Shivaji University /India, Patil Education Society /India, Amity University Maharashtra /New Zealand, University of Canterbury	Nanotechnology, “Solvothermal synthesis of TiO ₂ nanospheres for non-volatile memory and synaptic learning applications” , 34, 42, 425201 (2023)	10.1088/1361-652 8/ace830
9			India, Patil Education Society	Journal of Alloys and Compounds, “Doping of rare earth elements: Towards enhancing the electrochemical performance of pseudocapacitive materials” , 960, 170601 (2023)	10.1016/j.jallcom. 2023.170601
10			China, Luoyang Institute of Science and Technology	Surface and Interfaces, “FeOOH-induced electronic modulation of metal-organic framework-derived CoNi-ZLDH for overall water splitting” , 42, 103407 (2023)	10.1016/j.surfin.2 023.103407

11			Australia, University of New South Wales	Solar RRL, "Germanium Selenide: A Critical Review on Recent Advances in Material Development for Photovoltaic and Photoelectrochemical Water-Splitting Applications" , 7, 2300502 (2023)	10.1002/solr.2023 00502
12			India, Shivaji University	Journal of Alloys and Compounds, "The g-C ₃ N ₄ -TiO ₂ nanocomposite for non-volatile memory and artificial synaptic device applications" , 7, 2300502 (2023)	10.1016/j.jallcom. 2023.171024
13			India, Shivaji University	Journal of Alloys and Compounds, "The g-C ₃ N ₄ -TiO ₂ nanocomposite for non-volatile memory and artificial synaptic device applications" , 7, 2300502 (2023)	10.1016/j.jallcom. 2023.171024
14			India, Shivaji University /India, CSIR-National Metallurgical Laboratory/Au stralia, University of New South Wales	Crystals, "Unraveling the Effect of Compositional Ratios on the Kesterite Thin-Film Solar Cells Using Machine Learning Techniques" , 13, 1581 (2023)	10.3390/cryst131 11581
15			India, Shivaji University /India, Patil Agriculture and Technical University /India, G. K. G. College	Journal of Energy Storage, "Acid substitutions for WO ₃ nanostructures synthesis by the hydrothermal route and its effect on physio-chemical and electrochemical properties for supercapacitors" , 72, 108432 (2023)	10.1016/j.est.2023 .108432
16			India, Patil Education Societ	Journal of Energy Storage, "Facial synthesis of reduced graphene oxide – Amorphous nickel tungstate composite for flexible hybrid asymmetric solid state supercapacitor application" , 72, 108729 (2023)	10.1016/j.est.2023 .108729

17			United Arab Emirates, Khalifa University of Science and Technology	Journal of Energy Storage, "Hollow silica spheres encapsulated with nitrogen-doped carbon frame as an anode for high performance Li-ion capacitor: Correlating experimental and theoretical studies" , 72, 108721 (2023)	10.1016/j.est.2023.108721
18			India, Shivaji University /India, Patil Agriculture and Technical University /India, G. K. G. College	Journal of Physics and Chemistry of Solids, "Investigating the effect of electrolyte and its concentration dependence on WO ₃ nanosheet as an efficient electrode for supercapacitors: Effect of Redox Additive" , 183, 111609 (2023)	10.1016/j.jpcs.2023.111609
19			India, Institute of Chemical Technology /India, University of Mumbai	Electrochimica Acta, "Effective transformation of hydrothermally grown TiO ₂ nanorods to nanotube arrays for improved PEC hydrogen evolution" , 471, 143391 (2023)	10.1016/j.electacta.2023.143391
20			India, Shivaji University /India, CSIR-National Metallurgical Laboratory	ACS Applied Materials & Interfaces, "Improving the Device Performance of CZTSSe Thin-Film Solar Cells via Indium Doping" , 15, 49, 57183-57191 (2023)	10.1021/acsami.3c13813

21			India, Shivaji University /India, Patil Agriculture and Technical University /India, G. K. G. College	Diamond and Related Materials, "Chemically synthesized graphene oxide nanosheet (GONs) is an efficient electrode material for supercapacitor: Effects of current collectors" , 141, 110602 (2024)	10.1016/j.diamond.2023.110602
22			India, Shivaji University /India, Patil Agriculture and Technical University /India, G. K. G. College	Ceramics International, "Hydrothermal synthesis of graphene oxide interspersed in non-uniform tungsten oxide nanorod and its performance towards highly efficient hybrid supercapacitor" , 50, 1, 340-350 (2024)	10.1016/j.ceramint.2023.10.107
23			Australia, University of New South Wales	Chemical Engineering Journal, "Achieving highly efficient kesterite solar cells using simultaneous surface Ge substitution and rear interface engineering strategies" , 479, 147842 (2024)	10.1016/j.cej.2023.147842

24			India, Punyashlok Ahilyadevi Holkar Solapur University /India, Santosh Bhimrao Patil College, King Saud University /India, National Chemical Laboratory	Journal of Materials Science-Materials in Electronics, "Reduced graphene oxide/tungsten oxide (rGO/WO ₃): A versatile nanocomposite for enhanced detection of acetone" , 479, 147842 (2024)	10.1007/s10854-023-11869-7
25			Australia, The University of Queensland	Energy and Environmental Science, "All-inorganic halide perovskites for air-processed "n-i-p" monolithic perovskite/organic hybrid tandem solar cells exceeding 23% efficiency" , 17, 1046-1060 (2024)	10.1039/D3EE02763E
26			India, Shivaji University	Biomass Conversion and Biorefinery, "Biobased carbon for effective removal of rhodamine B and Cr(VI) from aqueous solution: kinetic, isotherm and thermodynamic study" , 14, 3535-3550 (2024)	10.1007/s13399-022-02625-8
27			Australia, University of New South Wales /	ACS Applied Materials & Interfaces, "Facile Approach for Metallic Precursor Engineering for Efficient Kesterite Thin-Film Solar Cells" , 16, 13, 16328-16339 (2024)	10.1021/acsami.4c01230
28			Australia, University of New South Wales	Advanced Energy Materials, "Self-Supported Fe-Based Nanostructured Electrocatalysts for Water Splitting and Selective Oxidation Reactions: Past, Present, and Future" , 14, 15, 2303730 (2024)	10.1002/aenm.202303730

29			India, Shivaji University	Journal of Energy Storage, "Engineering of both binder-free CuCo ₂ O ₄ nanorod@CuO flower-like nanosheet core-shell heterostructure and NiFe ₂ O ₄ nanoflake electrodes for asymmetric supercapacitor" , 84, 110942 (2024)	10.1016/j.est.2024.110942
30			India, Shivaji University	Journal of Power Sources, "Rational design of NiMoO ₄ @CoMoO ₄ core-shell microrods a promising binder-free positive electrode for high-performance asymmetric supercapacitor application" , 601, 234291 (2024)	10.1016/j.jpowsour.2024.234291
31			India, Shivaji University	ACS Applied Materials and Interfaces, "Electrochemical Detection of a Breast Cancer Biomarker with an Amine-Functionalized Nanocomposite Pt-Fe ₃ O ₄ -MWCNTs-NH ₂ as a Signal-Amplifying Label" , 16, 20, 25601-25609 (2024)	10.1021/acsami.3c15531
32			India, Shivaji University	Microchemical Journal, "Integration of amine-functionalized magnetic reduced graphene oxide and Fe ₃ O ₄ -MWCNTs-NH ₂ nanocomposites for highly sensitive CA 15-3 breast cancer biomarker detection in a sandwich-type electrochemical immunosensor" , 201, 110527 (2024)	10.1016/j.microc.2024.110527
33			Australia, University of New South Wales /Australia, University of Surrey	ACS Applied Materials and Interfaces, "Fostering Charge Carrier Transport and Absorber Growth Properties in CZTSSe Thin Films with an ALD-SnO ₂ Capping Layer" , 16, 23, 30010-30019 (2024)	10.1021/acsami.4c02432

34			USA, Texas Tech University /Saudi Arabia, King Abdullah University of Science and Technology	International Journal of Hydrogen Energy, "In-situ vacancy defects triggered via organic solvent-water fusion for improved OER, HER, and supercapacitor performance" , 70, 91-104 (2024)	10.1016/j.ijhyden e.2024.05.104
35			India, Yashwantrao Chavan Warana Mahavidyalay a, Warananagar	Small, "Recent Development on Transition Metal Oxides-Based Core-Shell Structures for Boosted Energy Density Supercapacitors" , 20, 31, 2312179 (2024)	10.1002/sml.2023 12179
36			Viet Nam, Vietnam Academy of Science and Technology	Heliyon, "Effect of multiple quantum well periods on structural properties and performance of extended short-wavelength infrared LEDs" , 10, 3, e25269 (2024)	10.1016/j.heliyon. 2024.e25269
37			USA, University of Delaware	Advanced Functional Materials, "Toward Ga-Free Wavelength Extended 2.6 μm InAsP Photodetectors with High Performance" , 34, 9, 2309897 (2024)	10.1002/adfm.202 309897
38			Germany, University of Cologne /China, Xi' an Jiaotong-Live rpool University	Journal of Energy Chemistry, "A conformal titanyl phosphate amorphous overlayer for enhancing photoelectrochemical hydrogen peroxide production" , 86, 399-408 (2023)	10.1016/j.jechem. 2023.07.039
39			USA, Stanford University /China, Xi' an Jiaotong-Live rpool University	Materials Chemistry Frontiers, "In situ decorated Cu ₂ FeSnS ₄ nanosheet arrays for low voltage hydrogen production through the ammonia oxidation reaction" , 7, 5843-5857 (2023)	10.1039/D3QM00 291H

40			USA, Stanford University /China, Xi'an Jiaotong-Liverpool University /USA, University of Kansas Lawrence	Journal of Electroanalytical Chemistry, "Bimetallic NiO/NiFe ₂ O ₄ heterostructures with interfacial effects for boosting electrochemical water splitting applications" , 952, 117947 (2024)	10.1016/j.jelechem.2023.117947
41			China, North University of China	Applied Catalysis B: Environmental, "A natural molecule-driven organometallic conformal overlayer for high efficiency photoelectrochemical water splitting" , 343, 123516 (2024)	10.1016/j.apcatb.2023.123516
42			USA, University of Kansas Lawrence	Journal of Colloid and Interface Science, "Defect engineered ternary metal spinel-type Ni-Fe-Co oxide as bifunctional electrocatalyst for overall electrochemical water splitting" , 663, 566-576 (2024)	10.1016/j.jcis.2024.02.042
43			China, Xi'an Jiaotong-Liverpool University	SusMat, "V ₂ O ₃ /VN electrocatalysts with coherent heterogeneous interfaces for selecting low-energy nitrogen reduction pathways" , 4, 4, e226 (2024)	10.1002/sus2.226
44			USA, The University of Maryland /USA, Northwestern University	Electrochimica Acta, "Physicochemical analysis of infiltrated cathode symmetric cells for intermediate temperature SOFCs" , 4, 4, e226 (2023)	10.1016/j.electacta.2023.143329
45			USA, The University of Maryland /USA, Northwestern University	Journal of Alloys and Compounds, "Nickel-doped NdBa _{0.5} Sr _{0.5} Co _{1.5} Fe _{0.5} O _{5+δ} oxygen electrode material for high performance reversible protonic ceramic cells" , 968, 171987 (2023)	10.1016/j.jallcom.2023.171987
46			United Arab Emirates, Khalifa University /Germany, University of Cologne	Journal of The Electrochemical Society, "Role of Divalent Co-Dopant as Structure Stabilizer in Scandia-Stabilized Zirconia Electrolyte for SOFC" , 170, 124519 (2023)	10.1149/1945-7111/ad1550

47			USA, University of Maryland /USA, Colorado School of Mines	Energy and Environmental Science, “Water-mediated exsolution of nanoparticles in alkali metal-doped perovskite structured triple-conducting oxygen electrocatalysts for reversible cells” , 17, 1175-1188 (2024)	10.1039/D3EE035 10G
48			Germany, University of Cologne	Journal of Alloys and Compounds, “Enhanced performance of reversible solid oxide fuel cells by densification of $Gd_{0.1}Ce_{0.9}O_{2-\delta}$ (GDC) barrier layer/ $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fe_{0.8}O_{3-\delta}$ (LSCF6428)-GDC oxygen-electrode interface” , 976, 173296 (2024)	10.1016/j.jallcom. 2023.173296
49			United Arab Emirate, Khalifa University	Solid State Ionics, “Ternary co-doped ytterbium-scandium stabilized zirconia electrolyte for solid oxide fuel cells” , 408, 116507 (2024)	10.1016/j.ssi.2024 .116507
50			China, Jilin University	Journal of the Korean Ceramic Society, “Growth of $(1-x)(Na_{1/2}Bi_{1/2})TiO_3-xKNbO_3$ single crystals by the self-flux method and their characterisation” , 61, 342-365 (2024)	10.1007/s43207-0 24-00393-x
51			Australia, Australian Nuclear Science and Technology Organisation /Australia, The University of Sydney	Progress in Solid State Chemistry, “Characterizations of structural, optical, and dielectric properties of oxynitride perovskites $ACa_{0.2}M_{0.8}O_{2.6}N_{0.4}$ (A= Sr, Ba; M = Nb, Ta)” , 73, 100439 (2024)	10.1016/j.progsoli dstchem.2024.100 439
52			China, China University of Petroleum /Slovenia, Jožef Stefan Institute /Slovenia, National Institute of Chemistry	Inorganics, “Growth of $KNbO_3$ Single Crystals by the Flux Method Using KBO_2 as a Flux” , 61, 342-365 (2024)	10.3390/inorganic s12060151

53			China, Jilin University	Ceramics International, "A co-doping strategy to achieve high energy storage performance in BiFeO ₃ -based ceramics" , 49, 17, 29218-29228 (2023)	10.1016/j.ceramint.2023.06.208
54			China, Jilin University /China, Changchun Institute of Applied Chemistry	Ceramics International, "Achieving high energy storage density and efficiency in (Na _{0.5} Bi _{0.5})TiO ₃ -based lead-free ceramics" , 50, 15, 26858-26868 (2024)	10.1016/j.ceramint.2024.04.416
55			Egypt, Beni-Suef University /Saudi Arabia, King Saud University	Catalysts, "High Performance of Nanostructured Cu ₂ O-Based Photodetectors Grown on a Ti/Mo Metallic Substrate" , 13, 7, 1145 (2023)	10.3390/catal13071145

56			India, Shivaji University /India, Rajagiri School of Engineering and Technology	Applied Surface Science, "Self-assembled vapor-transport-deposited SnS nanoflake-based memory devices with synaptic learning properties" , 648, 158994 (2024)	10.1016/j.apsusc.2023.158994
57			India, Shivaji University	Advanced Science, "Multilevel Conductance States of Vapor-Transport-Deposited Sb ₂ S ₃ Memristors Achieved via Electrical and Optical Modulation" , 11, 2405251 (2024)	10.1002/adv.202405251
58			USA, Lawrence Berkeley National Laboratory	Matter, "Combining text mining, in situ characterization, and ab initio calculations to rationalize BiFeO ₃ crystallization pathways" , 6, 12, 4291-4305 (2023)	10.1016/j.matt.2023.10.002
59			USA, Lawrence Berkeley National Laboratory /USA, University of Minnesota /USA, Toyota Research Institute /Saudi Arabia, King Fahd University of Petroleum and Minerals	Chemistry of Materials, "Text Mining the Literature to Inform Experiments and Rationalize Impurity Phase Formation for BiFeO ₃ " , 36, 2, 772-785 (2023)	10.1021/acs.chemmater.3c02203

③ 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적 및 계획

1. 외국대학 및 연구기관 연구자 방문

- 외국 우수 대학 및 연구기관의 우수 연구진 초청 교류, 전문가 세미나 개최 및 국제 공동연구 등을 통해 연구의 질적 우수성, 혁신성 등의 연구 결과 수월성을 높이고자 노력하고 있음.
- 본 국제 공동연구 네트워크를 기반으로 우수 연구자 초청뿐만 아니라, 연구 기반 확산 및 고도화, 연구 성과 활성화를 위해 차후 교육연구단 참여대학원생들의 해외 파견 및 글로벌 공동연구를 적극적으로 논의 중임.

• 해외 연구자 온라인 초청 신소재산학세미나 실적

Dr.	강연주제: Low Overhead Built-in Self-Test for Advanced RF Transceiver Architecture 소속기관: Intel / 일시: 2024.03.12.
Dr.	강연주제: Space-qualified Chalcogenide Materials through ISS MISSE Exposure 소속기관: NASA / 일시: 2024.03.19.
Prof.	강연주제: Freestanding nanomembranes for future electronics from materials innovation to AI hardware 소속기관: Washington University / 일시: 2024.03.26.
Dr.	강연주제: Understanding material properties and electrochemical reaction to improve battery performance 소속기관: Soelect / 일시: 2024.04.02.
Dr.	강연주제: Trends and Prospects of 3D NAND Flash Technology 소속기관: Micron / 일시: 2024.04.09.
Dr.	강연주제: Unlocking Redox Mechanism to Extend the Energy Density of Li-Ion Batteries 소속기관: Apple / 일시: 2024.04.16.
Dr.	강연주제: III-V compound semiconductor material and its application 소속기관: Coherent / 일시: 2024.04.30.
Prof.	강연주제: IoT-based Portable and Wearable Sensors for Remote Health Monitoring Systems 소속기관: Texas A&M University / 일시: 2024.05.07.
Prof.	강연주제: Performance and reliability of crystalline solar cells and modules 소속기관: University of North Carolina / 일시: 2024.05.14.
Prof.	강연주제: Remote Epitaxy Towards Heterogeneous Integration for Intelligent Sensing 소속기관: University of Virginia / 일시: 2024.05.21.
Prof.	강연주제: Surface Interactions and Nanoconfinement: Reshaping Ionic Liquid Dynamics 소속기관: University of California, Riverside / 일시: 2024.05.28.
Dr.	강연주제: GaN based-power devices for next generation technology 소속기관: Texas Instruments / 일시: 2024.06.04.

2. 국제 공동연구 교류 실적

- 국제 공동연구 네트워크의 지속적인 유지와 적극적인 확장을 통해 우수논문 연구 성과를 창출함.

교수

Prof. Anil V. Ghule / Shivaji University, India

공동연구를 통해 광전기화학적 수소 및 산소 생산과 관련한 공동연구 논문을 발표함. (*Int. J. Hydrog. Energy* 88, 604-616, 2024)

3. 외국 대학 및 연구기관 연구자 방문 교류 실적 현황 및 계획

- 강의실과 회의실에 구축된 비대면 영상회의 시스템을 이용해 해외 전문가 활용 세미나 교류를 완료하고, 자료 공유 시스템을 활용한 비대면 연구그룹인 버추얼랩(Virtual Lab) 운영 등을 통해 글로벌 공동연구를 활성화할 계획임.
- 참여 학생들과 해외 연구자들 간의 장단기 방문 교류를 통해 기술 교류 활성화 및 국제 연구협력 네트워크 형성에 주력할 계획임.

IV

4단계 BK21 교육연구단(팀) 관련 언론보도 리스트

교육연구단(팀)명	에너지 융합소재 교육연구단
교육연구단(팀)장명	박찬진

연번	구분	언론사명 /수상기관 등	보도일자/ 수상일자 등	제목/ 수상명 등	관련 URL
		주요내용 (200자이내)			
1	수상	위키�트리 외 2건	2023.11.22.	2023 한국재료학회 우수발표논문 상 수상	https://www.wikitree.co.kr/articles/904156
		참여교수: 대학원생 우수발표논문상 수상			
2	수상	브레이크뉴스 외 3건	2023.12.05.	방사광 이용 우수 연구로 '심계과학상' 수상	https://www.breaknews.com/1002336
		참여교수: 방사광 이용 우수 연구로 '심계과학상' 수상			
3	수상	전남매일 외 3건	2024.01.05.	교수, 한국재료학회 장 취임	http://m.jndn.com/article.php?aid=1705316491377827011
		참여교수: 한국재료학회장 취임			
4	성과	뉴시스 외 1건	2024.01.22.	고순도 수소생산 기술 제시	https://www.newsis.com/view/NISX20240122_0002600402
		참여교수: 고온 수전해 수소생산 연료전지 전해질의 성능을 향상시킨 연구 결과를 발표 (Energy & Environmental Science)			
5	성과	연합뉴스 외 2건	2024.02.07.	전고체 배터리 상용화 기술 개발	https://www.yna.co.kr/view/AKR20240206135700063
		연구단장: 전고체 배터리 상용화 기술 개발 (Nano-Micro Letters)			
6	보도	위키텍트 외 2건	2024.03.05.	전남대 에너지융합소 재교육연구단, 동계워크숍 가져	https://www.wikitree.co.kr/articles/932280
		연구단장: 신진연구자, BK21 Fellowship 장학금 수혜자, 우수대학원생 등이 영어 및 국문으로 구두 발표하고, 학술대회 발표 포스터를 전시할 수 있는 워크숍을 개최함.			

7	성과	위키�트리 외 2건	2024.04.22.	교수팀, 소듐이온전지 용 고엔트로피 양극소재 개발	https://www.wikitree.co.kr/articles/945340
		참여교수: 나시론 소재($\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$, NVP) 기반 우수한 출력과 수명이 길어진 소재를 개발 (Carbon Energy)			
8	성과	뉴스워커 외 4건	2024.04.23.	교수팀, 리뷰논문 국제학술지 게재	https://www.newsworker.co.kr/news/articleView.html?idxno=328737
		참여교수: '철 기반 자체 지지형 전기 촉매에 관한 리뷰' 논문 국제학술지 게재 (Advanced Energy Materials)			
9	성과	KBS 뉴스 외 3건	2024.05.13.	교수팀, 차세대 반도체 소재 상용화 기술 개발	https://news.kbs.co.kr/news/pc/view/view.do?ncd=7962117
		참여교수: '이차원 반데르발스' 재료 상용화를 위한 2D 결정 스캐너 분석기술을 개발 (Advanced Materials)			
10	성과	위키템리 외 2건	2024.06.26.	교수팀, 차세대 이차전지 연구방향 제안	https://m.wikitree.co.kr/articles/962610?utm_source=wikitree&utm_medium=recommanded&utm_campaign=click
		참여교수: '차세대 수계 아연-금속 이차전지'에 대한 연구 방향과 전망을 도출한 논문 국제학술지 게재 (ACS Energy Letters)			
11	보도	위키템리 외 2건	2024.06.14.	교수, 제2회 세계재료총회(GCIM) 성료 이끌어	https://www.wikitree.co.kr/articles/959415
		참여교수: 한국재료학회장이자 행사 조직위원장인 김진혁 교수, 제2회 세계재료총회(GCIM)의 성공적인 개최 이끌.			
12	수상	베리타스알파 외 2건	2024.08.06.	석사과정생, 세계재료총회 서 우수 구두 발표상	https://www.veritas-a.com/news/articleView.html?idxno=515280
		참여교수: kesterite 기반 박막 태양전지의 성능향상에 관한 내용을 발표해 우수 구두 발표상 수상			

※ 교육연구단(팀) 운영규정에 따라 실시한 자체평가 결과를 요약본 또는 원본의 형태로 제출
※ 해당 양식은 자체평가 결과보고서 양식으로 활용할 수 있음