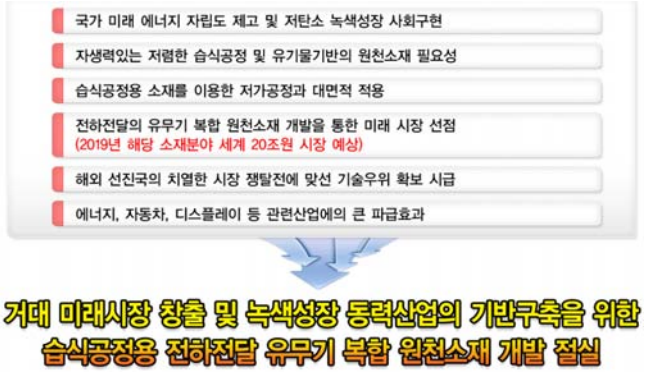
가톨릭대학교 화학과 분자제어 연구실

주 소 : 경기도 부천시 원미구 역곡 2동 산43-1 (우 : 420-743)
전 화 : 02) 2164-4331, FAX: 02) 2164-4764
E-mail: hahapark@catholic.ac.kr

주요 핵심 과제 : 습식공정용 전하전달 유무기 복합소재 기술개발,
2009년 지식경제부 소재원천기술개발사업(총10년)
총괄과제 책임 : 박종욱 교수

1. 기술 개요

국내 산업에 있어서 대부분의 연구는 기업 중심의 부품 및 응용 제품 연구가 핵심을 이루고 있으며, 부품에 사용되는 기초 소재의 경우 해외 기술에 의존하고 있는 실정이다. 더욱이 기초 소재에 대한 연구는 많은 기간이 필요하여 소재 분야의 기술 격차는 더욱 심각해지고 있어 해외 의존도 높아지고 있다. 그리고, 국내 에너지 산업분야의 경우 국가 미래에 에너지 자립도 제고와 저탄소 녹색성장 구현을 위해 많은 연구를 진행하고 있는 분야로 소자에 대한 연구는 많이 진행되고 있는 반면 기초 소재에 대한 연구는 미약한 상황이다. 따라서, 향후 미래 산업의 핵심 사업으로 육성하기 위해서는 무엇보다도 초기부터 기반 소재에 대한 원천기술 및 핵심기술이 필요하고, 이에 합당한 원천 및 핵심 특허 확보에 국가적인 지원이 필요한 시기다.



본 연구사업의 주된 연구 분야는 미래의 주축 산업인 에너지 분야에 있어서 저비용, 고용량, 고효율, 고출력, 친환경의 에너지 발생, 에너지의 사용, 에너지의 저장이 가능한 습식공정용 전하전달 유무기 복합소재 개발소재에 대한 것으로 차세대 조명, 연료전지, 태양전지, 고효율 수퍼캐패시터 및 프린팅 가능한 전극 분야이다. 특히, 본 연구 사업에서 개발하고자 하는 소재는 기존에 사용되는 고비용의 건식공정이 아닌 저비용의 습식공정이 가능한 소재를 의미하며 그 기능으로는 전자, 정공, 이온의 전하이동 효율을 향상시킬 수 있는 신규 소재를 의미한다.

- 1단계 개발기간/사업비 : 2009. 06. 01~2013. 05. 31 (4년간 96억원)
- 세부주관(책임자) : 가톨릭대학교(박종욱), 한국화학연구원(문상진), 한국과학기술연구원(김형준), 한양대학교(안희준), 재료연구소(이혜문)

2. 개발목표

- 습식공정이 가능하며 에너지절감이 우수한 고효율 백색광원용 친환경 광원 소재개발
- 장기 안정성이 확보되고 넓은 광흡수밴드를 가지고 있으며 습식공정을 사용하는 완전고상의 고전하 이동 광전하 발생 소재개발
- 습식 spray 공법을 이용하는 고효율 고체 알칼리연료전지에 기반한 저가의 고성능 막/전극접합체 소재 구현
- 차세대 전기자동차 전력원으로 사용가능한 습식공정의 고용량/고에너지 밀도형 슈퍼캐패시터 전극 소재 개발
- 습식공정을 이용한 저일함수(low work function), 내산화 콜로이드 유기/금속 복합전극 소재 기술개발

구체적인 기술개발 수치는 다음과 같다.

세부기술명	성능지표	단위	현재 기술 수준 비교			기술개발 목표		
			국내	선진국		2013년	2016년	2019년
				수준	기업(국가)			
고효율 백색 광원용 습식 공정 유기 소재 기술	발광효율	lm/W	2	8	CDT(영국)	10	25	>80
	발광수명	hr	-	8,000	CDT(영국)	8,000	15,000	40,000
	휘도균일도	%	-	-	-	10	7	<5
	연색지수	-	-	60	CDT(영국)	60	70	80
습식 공정을 이용한 유무기 복합 광전하 발생/캐리어 소재 및 구조 기술	효율	%	1.5	4.0	EPFL(스위스)	6	8	12
	광전류	mA/cm²	3.0	8.3	EPFL(스위스)	11	15	23
	안정성	hr	-	1,000	-	1,200	2,000	3,000
	전도도	S/cm	-	10^{-3}	EPFL(스위스)	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}
	광흡수파장	nm	700	<900	EPFL(스위스)	950	1,050	> 1,100
Anion의 선택적 투과성 분리막 소재 합성 기술	OH 전도도	S/cm	0.01	0.03	Solvay(유럽)	0.04	0.06	> 0.1
	기계적 강도	MPa	20	20	Dupont(미국)	25	30	40
	ORR 전류밀도	mA/cm²	-	-	-	300	400	600
	단전지의 전류밀도	mA/cm²	-	-	-	300	400	500
전하 전달을 이용한 에너지저장용 유무기 복합소재 기술	커패시턴스	F/g	250	300	ESMA(러시아)	1,000	1,500	2,000
	에너지 밀도	Wh/kg	40	45	마즈시다(일본)	50	70	100
	파워밀도	W/kg	10,000	20,000	마즈시다(일본)	25,000	35,000	50,000
	수명	회	300,000	500,000	마즈시다(일본)	500,000	1,500,000	3,000,000
습식공정용 콜로이드 유기/금속 복합 전극 소재 기술	일함수	eV	4.7	4.2	Argonne Lab(미국)	< 4.4	< 4.2	4.0
	평균입도	nm	-	개발중	Argonne Lab(미국)	50	30	10
	고상 함유율	%	-	개발중	Argonne Lab(미국)	>15	>40	> 65
	소성온도	℃	800	650	Dupont(미국)	< 700	< 600	< 300
	전기저항	μΩ.cm	4.2	3.5	Dupont(미국)	3.7	3.5	3.0

3. 연구내용 및 추진전략

각 세부과제별 구체적인 연구내용은 다음과 같다.

◈ 제 1세부(주관 : 가톨릭대) : 고효율 백색광원용 습식공정 유기소재 기술
- 습식공정이 가능하며 에너지절감이 우수한 고효율 백색광원용 친환경 광원 소재개발
- 다양한 습식공정 대응을 위한 용해도가 높은 고효율 유기소재 개발
- 고효율/장수명 구현을 위한 Interlayer 소재 개발
- 습식공정 다층박막 형성 및 소자제작/평가기술
- 소재 평가 표준화

◈ 제 2세부(주관 : 한국화학연구원) : 습식공정을 이용한 유무기 복합 광전하 발생/캐리어 소재 및 구조 기술
- 장기 안정성이 확보되고 넓은 광흡수밴드를 가지고 있는 완전고상의 고전하 이동 광전하 발생 소재 개발
- 습식공정을 통한 3D 분자인식 구조체형 0.6 $/W급(2019년 기준) 유무기 태양전지 원천소재 확보
- 에너지변환 효율 6% 이상의 신규 완전고상 고전하 이동 광전하 발생 소재 개발
- 10^{-8} S/cm 이상 고전도도 HTL 물질 개발
- 950 nm 이상의 낮은 밴드갭 Sensitizer 개발
- 소자 광안정성 표준화 방안 확보

◈ 제 3세부(주관 : 한국과학기술원) : Anion의 선택적 투과성 분리막 소재 합성 기술
- 고효율 고체알칼리연료전지에 기반한 저가의 고성능 막전극접합체 소재 개발
- 습식 spray 공법을 이용한 제조 공정이 단순한 전극 제작 기술 개발
- 전하전달 반응을 이용한 고성능 저가 촉매 개발
- 고체알칼리연료전지 막전극접합체의 성능 측정 표준화 확립

◈ 제 4세부(주관 : 한양대) : 전하전달을 이용한 에너지 저장용 유무기 복합소재 기술
- 고용량/고에너지 밀도형 슈퍼커패시터용 전극 소재 개발
- 습식공정용 고전극밀도형 유무기 전극 소재 개발
- 슈퍼커패시터용 신규 고전도성 유기나노소재 설계 및 합성
- 슈퍼커패시터용 유-무기 나노복합소재 박막 설계 및 합성기술 개발
- 슈퍼커패시터용 전극소재의 특성 측정 표준화 방법

◈ 제 5세부(주관 : 재료연구소) : 습식 공정용 콜로이드 유기/금속 복합 전극 소재 기술
- 습식공정을 이용한 저일함수(low work function), 내산화 콜로이드 유기/금속 복합전극 소재 기술개발
- 상압 습식 프린팅 공정을 이용한 고속 전극 형성기술 개발
- 형성 전극의 규격화를 통한 전극의 전기적 특성 평가 표준화

이상 위와 같은 연구내용을 중심으로 현재 2년차 연구과정을 수행중이며, 각 세부주관별 연구를 좀 더 유기적으로 진행하기 위해 또한 개발내용의 시너지 극대화를 위해 아래 그림과 같은 체계로 연구에 박차를 가하고 있다. 조만간 가시적인 큰 성과들이 많이 도출될 예정이다.

기존의 연구방법과 차별화된 연구개발로 1차년도 진행한 연구 결과 특허 18편, 논문(SCI paper) 24편을 출간 완료하였고, 궁극적인 목표인 관련 원천소재의 사업화를 위한 최선의 노력을 다하고 있다.