

산학연 연구실 소개 (2)

태양전지 신기술 융합연구단 (Pioneer Research Center for Next Generation Solar Cells)

서울시 서대문구 대현동 11-1 이화여자대학교 자연과학대학 화학나노과학과 (우: 120-750)

전 화: 02-3277-3429

E-mail: kimkk@ewha.ac.kr



연구단장 | 김경곤 교수
이화여자대학교
화학나노과학과

1. 연구단 소개

본 연구단은 2008년부터 현재까지 태양전지 및 나노 광전 소재 전문가들로 구성이 되어 신개념의 차세대 태양전지를 개발하고 원천 특허를 확보하는 것을 목표로 하여 있다. 본 연구단은 1세부 이화여자대학교(책임자 김경곤 교수), 2세부 고려대학교(책임자 김동환 교수), 3세부 인하대학교(책임자 이완인 교수), 4세부 한국과학기술연구원(책임자 고민재 박사)등 4개의 세부 그룹으로 구성되어 있으며 각 그룹에서 신개념 태양전지 연구를 담당을 하고 있다.

2. 연구의 배경

1세대 태양전지인 결정질 Si 태양전지는 이론치에 가까운 효율을 나타내고 있으므로 가격하락 요인은 원자재 가격하락이 유일한 방안이므로 기술적으로 red ocean이다. 이에 이론적으로 고효율의 가능성이 증명된 태양전지 신기술(그림 1) 을 실험적으로 증명하고 달성하기 위하여 본 연구단이 구성되었다.

3. 주요 연구 내용 및 조직

본 연구단은 태양전지에서 발생하는 빛의 흡수, 전하의 생성, 전하의 이동 등의 각 단계의 효율을 극대화하여 고효율의 광전 변환 신기술을 개발하는 것을 목표로 4개의 세부 연구그룹으로 구성이 되어 있다. 1, 4세부에서는 태양광 활용을 극대화하기 위하여 표면 플라즈몬 태양전지 및 다파장 흡수 태양전지를 연구하고 있으며 2세부에서는 하나의 광자를 흡수하여 다중 여기자를 생성할 수 있는 (multiple excitation generation) 현상을 이용하여 전자의 이용을 극대화 하는 연구를 담당하고 있다. 3세부에서는 발생된 전하 캐리어들을 효과적으로 분리하고

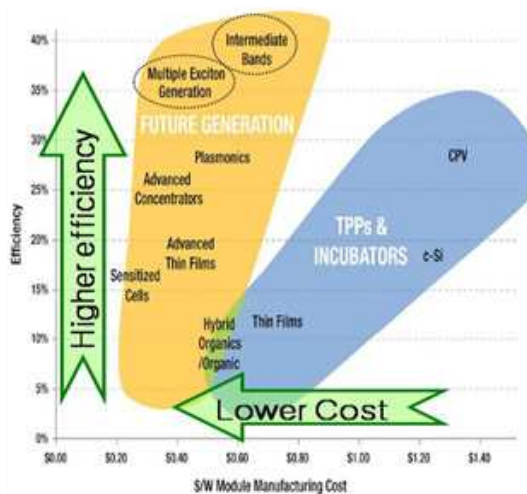


그림 1. 미래형 태양전지 개발 방향.

전달 할 수 있는 나노 스케일의 전극 구조에 대한 연구를 수행하고 있다. 대표적인 연구내용은 아래와 같다.

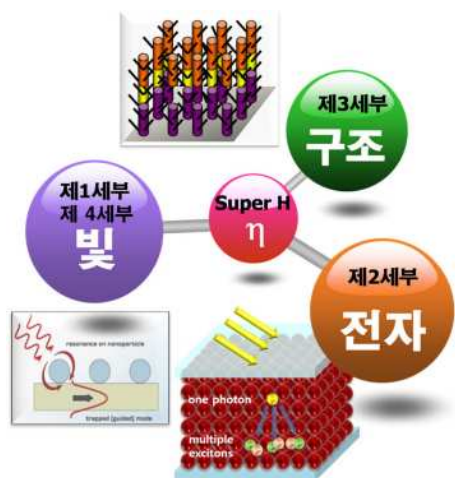


그림 2. 태양전지 신기술 융합 연구단 구성.

3.1 1, 4세부: 폴스펙트럼 광이용 고효율 태양전지 개발

- 폴스펙트럼 흡수 태양전지 개발
- 광 증폭 기능 태양전지 개발

3.2 2세부: 양자점 태양전지용 나노복합소재 원천기술 개발

- 양자점 대량 생산 기술 개발
- 양자점/산화물 복합구조의 이종접합 태양전지 개발
- 양자점에서 일어나는 다중 엑시톤 생성(MEG)을 측정용 시분해 펌프-탐침 분광기 개발

3.3 3세부: 나노접합 태양전지 기술

- 나노접합형 CdTe 태양전지의 구조 개발
- 다조성 나노구조 양자점 태양전지 제작
- Janus 나노구조 태양전지 구조 설계 (구조 제어 및 다성분 배열)

4. 대표적 연구 성과

4.1 선택적 염료 흡착방법을 이용한 팬크로마틱 태양전지 개발

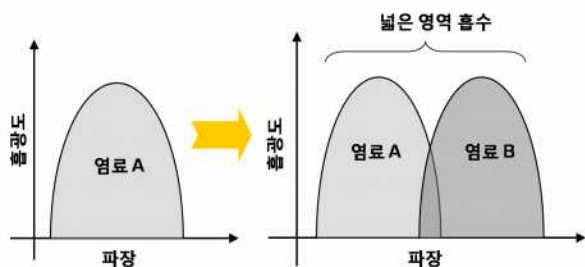


그림 3. 다파장 흡수 태양전지 장점

염료감응형 태양전지는 산화티타늄 나노입자에 흡착되어 있는 염료가 빛을 흡수하여 전자를 발생시킨 다음 생성된 전자가 산화티타늄 나노입자를 통하여 전극에 흘러감으로써 작동이 된다. 그러므로 태양광과 유사한 흡수스펙트럼을 가지는 염료를 흡착하므로써 염료감응형 태양전지의 변환효율을 향상시킬 수 있다(그림 3). 그러나 한 종류의 염료만으로는 태양광의 넓은 파장 영역을 고르게 흡수할 수 없으므로 여러 가지 염료를 적층하여서 사용하는 것이 해결책이 될 수 있다. 하지만 산화티타늄의 고온 소성 공정으로 인하여 여러 종류의 염료가 흡착된 산화티타늄 층을 적층하는 것은 불가능하였다.

본 연구단에서는 컬럼 크로마토그래피 방법을 이용하여서 나노산화물 층에 염료를 선택적으로 흡착하여 태양광을 최대한 활용할 수 있는 다중염료흡착 신구조 태양전지를 세계최초로 개발 하였다(*Nature Materials*, **8**, 665 (2009), *Nanotechnology*, **22**, 045201 (2010)).

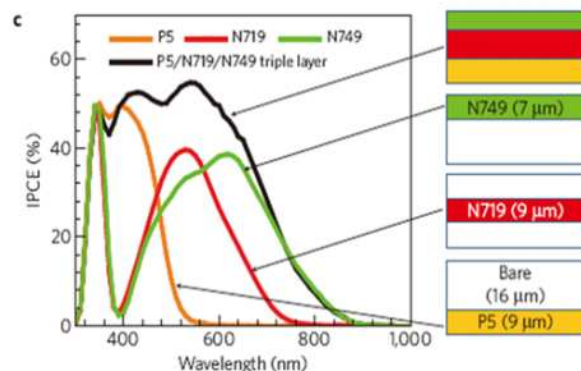


그림 4. 다중염료흡착 신구조 태양전지 구조도와 파장에 따른 효율 스펙트럼 (IPCE).

그림 4에서 보여지듯이 하나의 염료만 흡착된 태양전지의 경우 전자를 발생시키는 파장영역이 제한적이나(그림 2의 녹색, 적색, 황색선), 선택적 다중 염료흡착 과정을 이용하여 제작된 신구조 태양전지는 넓은 태양과 파장영역에서 전자를 발생시키는 것을 알 수가 있다(그림 4의 흑색선).

4.2 PbS 양자점에서 다중 엑시톤 생성 측정

Visible pump-IR probe 시분해 분광기 개발하여 양자점 기반 태양전지에서 광활성물질인 밴드갭이 작은 양자점에서 일어나는 다중 엑시톤을 직접 측정할 수 있는 기반을 확립하였다. 이를 통해 양자점의 양자효율을 측정, 광활성물질에서 전자 이동 메커니즘을 연구할 수 있으며 나아가 태양전지의 효율을 향상시키는데 중요한 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

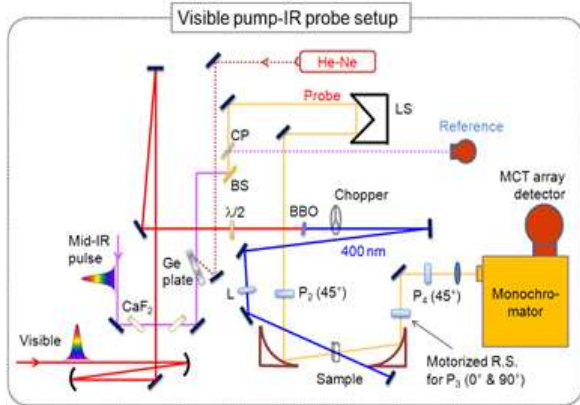


그림 5. Visible pump-IR probe 시분해 분광시스템.

개발된 Visible pump-IR probe 시분해 분광시스템을 이용하여 PbS 양자점에서 다중 엑시톤 생성 측정을 관찰하였으며, Eph/Eg=3.1의 조건하에서 엑시톤 다중도 1.5를 얻었다. 이는 양자효율이 150%임을 의미하며, 이 결과는 PbS 양자점에서 다중 엑시톤이 생성됨을 의미한다.

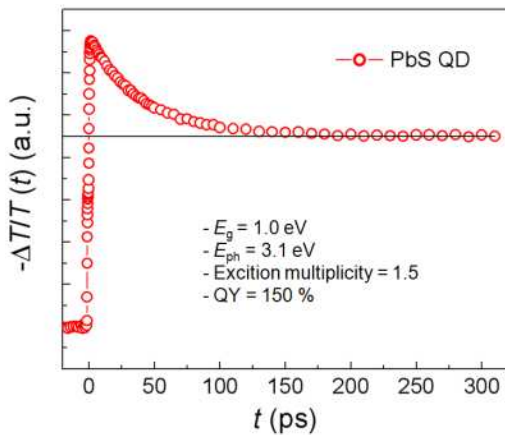


그림 6. PbS 양자점의 다중엑시톤 발생 측정.

4.3 정량적 연구 성과

본 사업단은 2008년부터 2010년까지 1단계 연구를 완료하고 현재 2단계 2년차 연구를 수행하고 있으며 1단계에서 *Nature Materials*, *JACS*, *Advanced Materials*, *Nano Letters* 등 총 36편의 SCI논문들을 발표하였다. 이들 논문의 평균 impact factor는 4.3으로써 논문의 수준도 높다 할 수 있겠다. 또한 기술의 상용화에 필요한 23편의 원천 특허를 확보하였다. 1단계 연구성과를 바탕으로 2단계 1차년도에서는 23편의 SCI논문을 출판하였으며 9편과 4편의 특허를 각각 출원 및 등록하였다.

5. 연구 기대 효과

실리콘 태양전지 대체 상품으로 발전 가능한 초고효율 태양전지 원천기술을 확보할 수 있으며 이를 바탕으로 태양에너지를 유용한 형태의 에너지로 변환하는 모든 기술(예를 들면, 광화학 반응, 생체에서 일어나는 광합성, 여러 형태의 광전변환소자)에 응용할 수 있는 기술 개발을 지원할 것으로 기대한다.

6. 2012년 현재 사업단 참여 교수 및 박사 소개

	성명	소속
총괄	김경곤	이화여자대학교
1세부	김경곤(세부책임)	이화여자대학교
	이수형	전북대학교
	김범준	KAIST
2세부	김동환(세부책임)	고려대학교
	송현준	KAIST
	정운룡	연세대학교
	박성남	고려대학교
3세부	이완인	인하대학교
	정지원	인하대학교
	김종학	연세대학교
4세부	고민재(세부책임)	한국과학기술연구원
	민병권	한국과학기술연구원
	이도권	한국과학기술연구원
	민요셉	건국대학교