



GIST(광주과학기술원) 보도자료

<http://www.gist.ac.kr>

보도 일시

배포 즉시 보도 부탁드립니다.

보도자료

대외협력팀 김미연 팀장

062-715-2020 / 010-5302-3620

담당

대외협력팀 이나영 행정원

062-715-2024 / 010-2008-2809

자료 문의

히거신소재연구센터 이종훈
박사후 연구원

062-715-3206 / 010-3615-4968

에너지 전환효율 및 재현성이 우수한 차세대 태양전지 개발

- 페로브스카이트 태양전지 성능은 증대시키고 편차는 절반으로 줄인다..

- GIST(지스트, 총장 문승현) 신소재공학부 이광희 교수 연구팀이 차세대 태양전지로 주목받고 있는 페로브스카이트 태양전지* 소자의 낮은 재현성 원인을 규명하고 에너지 전환효율 및 재현성이 우수한 태양전지를 개발했다고 밝혔다.

* 페로브스카이트 태양전지: 페로브스카이트 결정구조를 가지는 유·무기 복합 이온성 결정소재를 광활성층으로 이용한 태양전지

- 유·무기복합 페로브스카이트 태양전지는 용액공정이 가능하여 쉬운 소자 제작공정과 에너지 전환효율이 20%가 넘는 높은 소자 성능으로 인해 차세대 태양전지로 주목받고 있다. 하지만 유·무기복합 페로브스카이트 박막 내부의 결함들은 제작 환경에 민감하게 변하기 때문에 페로브스카이트 태양전지 성능의 낮은 재현성을 초래하고 이는 상업화에 있어 큰 걸림돌이 되고 있다.

- 최근 페로브스카이트 박막 내의 구조적 결함을 최소화할 수 있는 다양한 방법들이 보고되고 있으며, 소자 성능의 재현성 문제에 대한 근원적인 접근과 이에 대한 해결책이 필요하다.

- 연구팀은 페로브스카이트 태양전지의 재현성(reproducibility)* 문제의 원인에 대해 기존 연구와 달리 유·무기 복합 페로브스카이트 층이 형성될 때 발생하는 구조적 결함(defects)**의 밀도 및 분포가 광전하 수집율***을 저하시키는 요인이며, 특히 태양전지 내에서 광전하에 작용하는 전기력이 약할 경우 구조적

결합의 상대적인 영향력이 커져서 소자의 성능 및 재현성이 저하될 수 있다는 것을 최초로 밝혔다.

* 재현성(reproducibility): 태양전지 소자 성능의 균일성

** 구조적 결함(defect): 원자의 주기적인 배열로 이루어진 페로브스카이트 결정에서 원자 배열의 주기성이 깨지는 부분(vacancies, grain boundaries 등)

*** 광전하 수집율: 빛에 의해서 페로브스카이트 층에 형성된 전자와 정공들이 전극으로 수집되는 효율

- 뿐만 아니라 연구팀은 페로브스카이트 태양전지 소자 성능의 낮은 재현성 문제를 해결하기 위해 소자 내부에 전기장(built-in electric field)*을 강화시킬 수 있는 전기쌍극자 기반의 공액고분자 전해질**을 페로브스카이트 층과 두 전극 사이에 각각 도입하여 페로브스카이트 층에 인가되는 전기장의 세기를 강화시켰으며, 그 결과 소자의 에너지 전환효율이 약 20%를 달성함과 동시에 소자 간의 성능 편차를 1/2 수준으로 낮춤으로써 페로브스카이트 태양전지의 재현성을 획기적으로 향상시키는 가능성을 제시하였다.

* 전기장(built-in electric field): 페로브스카이트 층에 형성되어 전자와 정공을 각각의 전극으로 수집하는 원동력임

** 공액 고분자 전해질: 단일 결합과 이중 결합이 교차적으로 있는 주 사슬과 양이온-음이온 쌍이 붙어 있는 곁 사슬로 이루어진 유기물로, 유기전자소자에서 전극과 유기물 사이에 도입되어 계면의 저항을 낮춰주고 효율적인 전하의 수송을 도와주는 계면 물질로 사용되고 있음

- 이광희 교수는 “이 연구성과는 페로브스카이트 태양전지의 효율 및 재현성 저하 원인을 밝히고, 이를 계면 공학적 방법으로 해결하여 소자의 재현성을 약 2배 향상시켰으며, 페로브스카이트 태양전지 상용화에 있어 중요한 전환점이 될 것으로 기대한다.”라고 연구의 의의를 밝혔다.

- 본 연구는 한국연구재단과 미래창조과학부의 기후변화대응기술개발 사업, 글로벌연구실 사업, 산업통상자원부와 한국에너지기술평가원의 신재생에너지핵심기술 사업 및 GIST의 GRI 사업의 지원을 받아 수행되었으며, 환경과학 분야 최고 권위의 학술지인 에너지 앤 인바이런멘탈 사이언스(Energy & Environmental Science, IF: 29.518)지에 5월 7일(월)자로 게재되었다. <끝>

논문의 주요 내용

1. 논문명, 저자정보

- 논문명 : Introducing paired electric dipole layers for efficient and reproducible perovskite solar cells
- 저자 정보 : 이광희 (교신저자, 광주과학기술원), 이종훈 (제1저자, 광주과학기술원), 김정환 (공동 제1저자, 토론토대학)

2. 논문 주요 내용

1. 연구의 필요성

- 유·무기복합 페로브스카이트 태양전지는 용액공정이 가능하여 쉬운 소자 제작공정과 에너지 전환효율이 20%가 넘는 높은 소자 성능으로 인해 차세대 태양전지로 주목 받고 있다.
- 하지만 유·무기복합 페로브스카이트 박막 내부의 결함들은 제작 환경에 민감하게 변하기 때문에 페로브스카이트 태양전지 성능의 낮은 재현성을 초래하고 이는 상업화에 있어 큰 걸림돌이 되고 있다.
- 최근 페로브스카이트 박막 내의 구조적 결함을 최소화할 수 있는 다양한 방법들이 보고되고 있으며, 소자 성능의 재현성 문제에 대한 근원적인 접근과 이에 대한 해결책이 필요하다.

2. 발견 원리

- 연구팀은 기존 페로브스카이트 태양전지 소자 성능의 편차를 분석하여, 빛을 받아 페로브스카이트 층에 형성되는 광전하에 작용하는 전기력이 약할 때 광전하가 전극으로 수집되는 과정에서 결함에 의해 쉽게 손실 될 수 있음을 밝혔고*, 전기력이 약할수록 결함에 의한 소자 성능의 편차가 커짐을 보였다.

* 일반적으로 태양전지 전극으로 사용되는 소재를 이용할 경우, 태양전지 내부에 가해지는 전기장의 세기는 강하지 않다고 보고됨. 전기장이 약한 태양전지 내부에 광전하가 형성될 경우, 전극으로 수집하기 위한 전기력이 미약하여 구조적 결함 등에서 발생하는 인력으로 인해 광전하들이 쉽게 재결합하여 손실될 수 있음

- 약한 전기력에 기인한 소자 성능 저하 및 낮은 재현성을 해결하기

위해서 전기쌍극자*를 포함하고 용액공정이 가능한 공액 고분자 전해질*을 전극과 맞닿는 페로브스카이트 양쪽 계면에 전기쌍극자층을 도입하여 페로브스카이트 층에 인가되는 전기장의 세기를 강화하였으며, 그 결과 소자 성능 및 재현성이 획기적으로 향상될 수 있음을(소자의 에너지전환효율이 초기 성능에서 15% 이상 증가되고 재현성은 기존 대비 약 2배 증가) 확인하였다.

* 전기쌍극자 : 공액 고분자 전해질의 결 사슬에 붙어있는 양이온(+)과 음이온(-) 쌍에 의하여 전기쌍극자 (+)(-)가 형성됨

* 공액 고분자 전해질: 단일 결합과 이중 결합이 교차적으로 있는 주 사슬과 양이온-음이온 쌍이 붙어 있는 결 사슬로 이루어진 유기물로, 유기전자소자에서 전극과 유기물 사이에 도입되어 계면의 저항을 낮춰주고 효율적인 전하의 수송을 도와주는 계면 물질로 사용되고 있음

3. 연구 성과

- 페로브스카이트 태양전지의 소자 성능의 낮은 재현성의 원인을 밝히고, 이를 해결하여 차세대 태양전지로서 페로브스카이트 태양전지의 상용화 가능성을 높일 것으로 기대된다.
- 용액공정이 가능한 전기쌍극자층은 페로브스카이트 태양전지의 성능과 재현성을 쉽게 향상시킬 수 있기 때문에 추후 인쇄공정 기반의 차세대 태양전지의 상업화에 기여할 것으로 기대된다.

용 어 설 명

1. 에너지 & 엔바이런멘탈 사이언스 (Energy & Environmental Science) 誌

- Energy & Environmental Science는 영국왕립화학회(Royal Society of Chemistry)에서 발간하는 환경 및 에너지 과학분야의 세계적인 저널로 2008년도부터 출판되었다. 학술지표 평가기관인 Thomson JCR 기준, 전 세계 환경과학 분야 (Environmental Science) 학술지 229개 중 1위에 해당하는 영향지수(impact factor 29.518)를 가지고 있다.

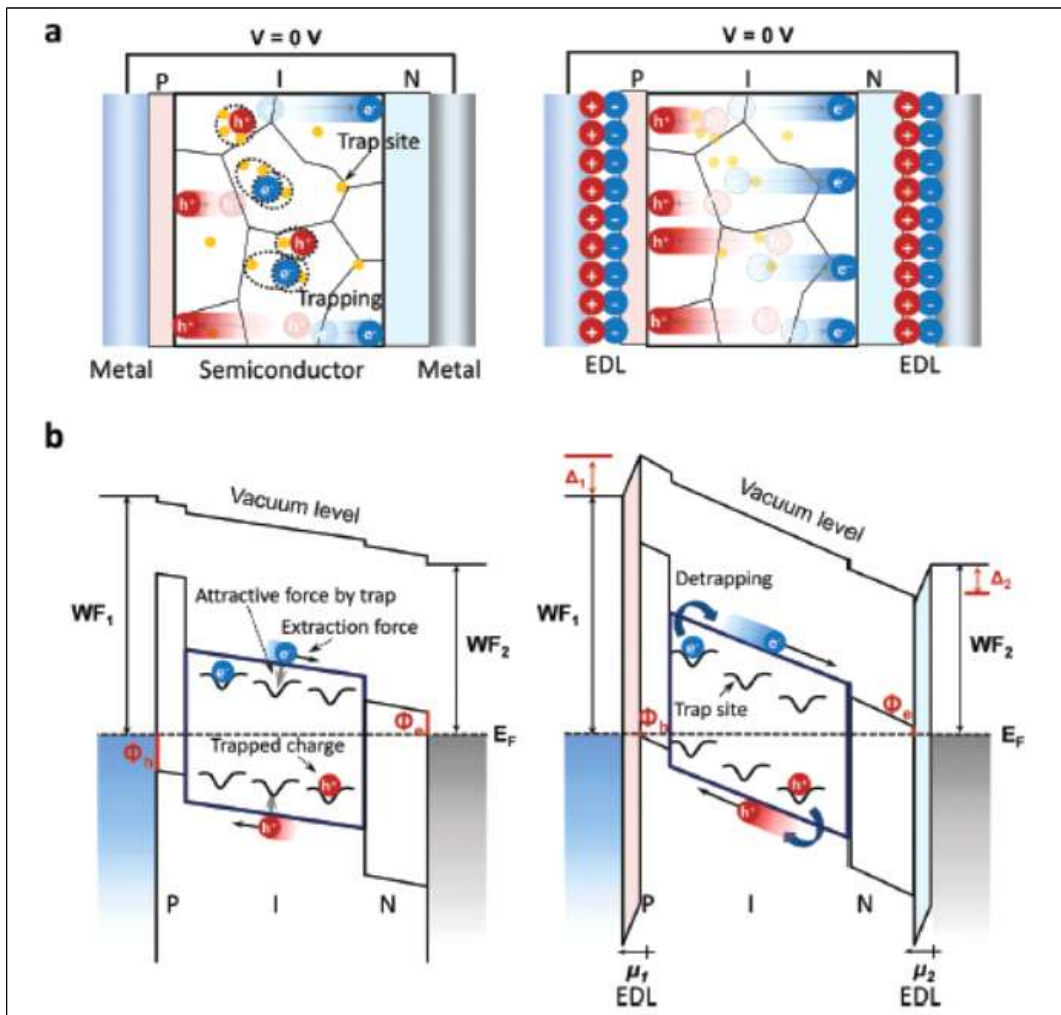
2. 유·무기 복합 페로브스카이트 태양전지

- 1가의 유기물 양이온 및 2가의 금속의 양이온과 1가의 할라이드 음이온 3개가 결합하여 페로브스카이트 결정상을 이루게 되면 가시광영역에서 큰 흡광계수를 가지고 이를 광활성층으로 이용하면 20%이상의 에너지 전환 효율을 가지는 고효율의 태양전지를 제조할 수 있다. 뿐만 아니라 이러한 유·무기 복합 페로브스카이트 결정은 용액공정으로 저온에서도 쉽게 제조할 수 있기 때문에 페로브스카이트 태양전지가 차세대 태양전지로서의 가능성이 매우 높음을 의미한다.

3. 공액 고분자 전해질

- 단일 결합과 이중 결합이 교차적으로 이루어진(공액) 주 사슬과 양이온과 음이온 쌍이 붙어지는 곁 사슬로 이루어진 유기물을 의미한다. 공액 구조로 이루어진 주 사슬로 인하여 가시광 영역의 빛을 흡수 또는 방광하는 등의 광학적 특성과 전하를 수송시킬 수 있는 전기적 특성을 갖는다. 또한, 이온기를 갖는 곁 사슬로 인하여 물과 알코올과 같은 극성 용매를 이용한 용액 공정이 가능하다. 특히, 곁 사슬의 양이온과 음이온은 금속과의 계면에서 자발적인 이온 정렬을 통하여 금속의 표면 일함수를 조절할 수 있다.

그림 설명



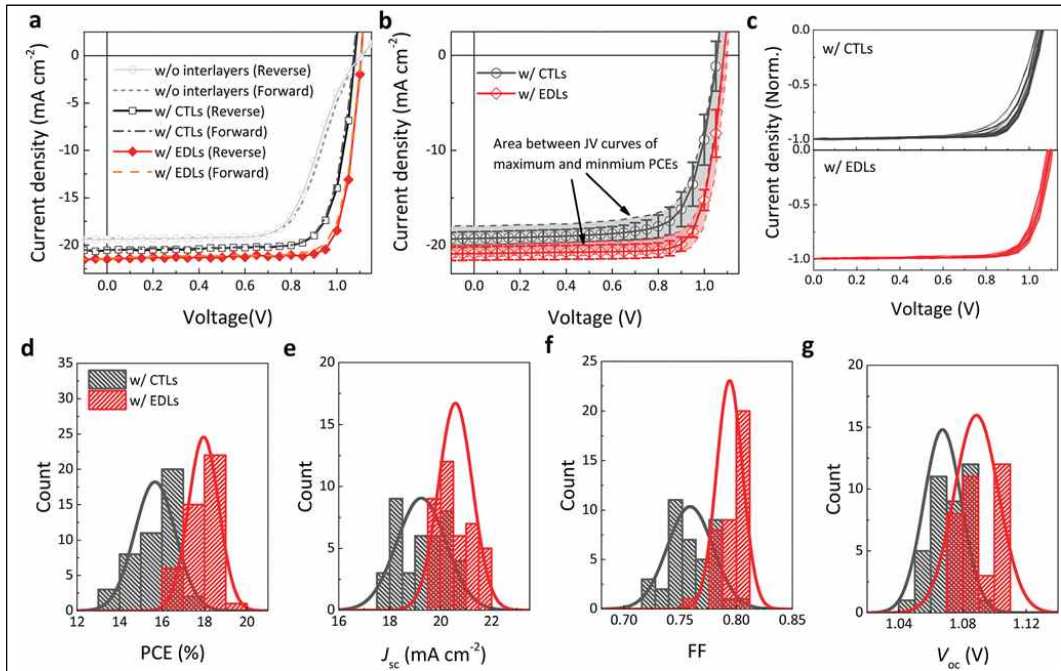
<그림 1> 연구팀이 규명한 페로브스카이트 태양전지소자의 광전하 수집과정 모식도

(a) 광전하 형성 및 수집

빛을 받아 페로브스카이트 층의 내부에서 발생하는 광전하들은 내부 전기장에 의한 전기력과 각 층 결함에 의한 인력에 영향을 받음

(b) 에너지 레벨 다이어그램

내부 전기력의 세기에 따라 페로브스카이트 내부의 결함에 의한 광전하 손실을 줄일 수 있음



<그림 2> 페로브스카이트 태양전지 소자의 성능 및 재현성

(a) 전류 밀도 전압 곡선

페로브스카이트 태양전지에 계면 물질을 도입하지 않은 경우, 전하수송층의 도입한 경우, 전기쌍극자층을 도입한 경우 각각 성능 비교

(b) 전류 밀도 전압 곡선 통계

(c) 정규화된 전류 밀도 전압 곡선

(d) 에너지전환효율 (PCE: power conversion efficiency) 히스토그램

(e) 단락 전류 밀도 (J_{sc} : short circuit current density) 히스토그램

(f) 개방 회로 전압 (V_{oc} : open circuit voltage) 히스토그램

(g) 곡선인자 (FF: fill factor) 히스토그램