



GIST(광주과학기술원) 보도자료

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

보도 일시	2019. 2. 21.(목) 조간(온라인 2. 20.(수) 12:00 이후 보도)	
보도자료 담당	대외협력팀 김미연 팀장	062-715-2020 / 010-5302-3620
	대외협력팀 이나영 행정원	062-715-2024 / 010-2008-2809
자료 문의	신소재공학부 이은지 교수	062-715-2730 / 010-9878-5919

유기태양전지 안정성을 향상시키는

고분자 나노전선-광활성층의 삼차원 구조 규명 성공

- 최첨단 삼차원 투과전자현미경으로 광전변환 효율과 장기 안정성에 영향을 미치는 광활성층의 형태학적 구조 분석 플랫폼 개발
- 재료분야 국제학술지 <Journal of Materials Chemistry A>에 논문 게재

□ GIST(지스트, 총장 문승현) 신소재공학부 이은지 교수 연구팀이 유기태양전지 내 광활성층에 전도성 고분자 나노전선 제조 기술을 도입하여 태양광 조사 시 전지의 안정성을 확보할 수 있는 기술을 개발하였다. 또한 광활성층의 형태학적 구조 안정성에 기인함을 투과전자현미경 토모그래피* 나노기술을 이용하여 규명하였다.

*투과전자현미경 토모그래피: 투과전자현미경을 이용하여 여러 각도로 획득한 일련의 이미지들을 재건축하여 삼차원 형태학적 정보를 추출해내는 기법. 삼차원 투과전자현미경으로도 일컬음

□ 전도성 고분자 물질을 기반으로 한 유기태양전지는 기존의 무기물 기반 태양전지에 비해 제작 단가가 저렴하고, 가볍고 유연한 장점을 가지고 있어 차세대 태양전지로 주목받고 있다. 하지만 고효율 유기태양전지의 개발에도 불구하고 실제 태양광 아래에서 사용 시 초기 효율이 급격하게 저하되는 문제점이 있어 상용화에 큰 걸림돌이 되고 있다.

- 무기물에 대비하여 유기물이 가지는 본질적인 불안정 상태 및 열화 현상은 유기태양전지 개발에 있어 고려해야할 중요한 문제이다. 특히, 빛이나 산소 투과에 의한 광활성층의 물리·화학적 열화는 전자 주개와 전자 받개 물질의 거대응집을 초래하여 두 물질의 접합계면을 감소시키고, 이는 정공이나

전자 이동을 방해시켜 결과적으로 유기태양전지의 효율 저하를 일으킨다. 하지만 이러한 광활성층의 형태학적 구조 변화는 적절한 분석도구의 부재로 직접적으로 밝혀진 바가 없었다.

- 연구팀은 용액상에서 폴리헥실싸이오펜(poly(3-hexylthiophene))* 전도성 고분자의 결정화를 유도하여 약 10 nm 두께를 가지는 나노전선을 제조하였고, 플러렌 유도체와 혼합하여 이중 접합 구조를 갖는 광활성층 박막을 제조하였다. 이를 통해 열이나 용매를 이용한 후처리 공정없이도 광전변환효율을 극대화할 수 있도록 엑시톤 확산거리(exciton diffusion length)를 만족시키는 전자 주개와 받개의 상분리를 유도하였고, 광조사에 따른 형태학적 구조 및 효율변화는 일반적인 블랜드 광활성층 박막과 비교하여 확인하였다.

*폴리헥실싸이오펜: 10^4 cm^{-1} 의 흡광계수를 가지는 대표적인 유기태양전지 물질. 플러렌과 벌크헤테로 접합 박막 제조시, 폴리헥실싸이오펜은 전자 주개, 플러렌은 전자 받개 역할을 함.

- 일반적인 블랜드 광활성층의 경우 40시간 동안 광조사 후 각 물질의 거대 상분리가 관찰되었고, 초기 효율 대비 40% 이상의 성능 저하를 보였다. 이에 반해 나노전선 기반의 광활성층은 나노전선 내부의 고분자 간 강한 파이 결합으로 인해 산소나 물에 의한 침투가 억제되어, 광조사 후에도 각 전극으로의 효과적인 여과경로(percolation pathway)를 보이는 초기의 삼차원적인 형태학적 구조를 잘 유지하여 초기 효율 대비 15%의 성능저하만을 보였다. 이러한 유기태양전지 광활성층의 형태학적 구조와 효율 저하의 상관관계는 삼차원 전자토포그래피 및 전산모사 분석법을 통해 정량적으로 규명하였다.

- 이은지 교수는 “이번 연구는 고분자 자기조립 나노기술을 유기태양전지 광활성층에 도입하여 소자 안정성을 확보하였을 뿐 아니라 효율저하를 야기하는 광활성층의 열화 메커니즘을 규명할 수 있는 분석 플랫폼을 구축하였다는 점에서 큰 의의가 있으며, 이를 토대로 기존에 개발된 고효율 유기태양전지의 장기안정성을 재평가하고 문제점을 개선하여 상용화에 기여할 수 있기를 기대한다” 고 말했다.

- 이은지 교수(교신저자)가 주도하고, 진선미 박사과정생(제1저자)이 참여한 이번 연구는 한국연구재단 재원으로 기초연구사업(중견연구), 기후변화대응기술개발사업의 지원을 받아 수행되었으며, 연구성과는 재료분야 저명 학술지인 ‘Journal of Materials Chemistry A’ 에 2019년 1월 30일 게재되었다. <끝>

논문의 주요 내용

1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Journal of Materials Chemistry A
- 논문명 : The 3D morphological stability of P3HT nanowire-based bulk heterojunction thin films against light irradiation quantitatively resolved by TEM tomography
- 저자 정보 : Seon-Mi Jin(제1저자, 충남대학교/GIST), Jinwoo Nam(공저자, 충남대학교/GIST), Chang Eun Song(공저자, 한국화학연구원), BongSoo Kim(공저자, UNIST), and Eunji Lee(교신저자, GIST)

용어 설명

1. 투과전자현미경

- 투과전자현미경은 얇은 시료에 전자를 통과시켜 확대된 상을 얻는 장치이다. 전자의 물질파는 파장이 가시광선의 파장보다 훨씬 짧아 더 미세한 상을 뚜렷하게 볼 수 있다. 삼차원 전자토폴로그래피 기법은 일반적인 투과전자현미경을 이용하여 여러 각도에서 획득한 일련의 이차원 이미지들을 알고리즘으로 재건축하여 삼차원적 정보를 추출해내는 기법이다.

2. 전도성 고분자

- 고분자의 본래 특성인 가볍고 가공이 쉬운 장점을 유지한 채 전기를 통하는 플라스틱을 말한다. 가볍고 탄성이 있어 실생활에서 많이 사용되는 플라스틱과 같은 고분자 물질은 전통적으로 절연체로 알려져 왔으나 전기전도도가 높은 고분자 재료들이 발견됨으로써 고분자 재료에 대한 기존관념을 넘어서 금속을 대체할 수 있는 플라스틱 제품들의 출현이 가능해졌다.

3. 플러렌 유도체

- 고분자 태양전지를 제작하는데 사용되는 탄소화합물로, 고분자에서 생성된 여기자와 반응하여, 여기자의 마이너스(-) 전자를 강하게 잡아당겨, 여기자를 플러스(+) 전자와 마이너스(-) 전자로 분해시켜, 전기가 생성되게 만드는 역할을 한다.

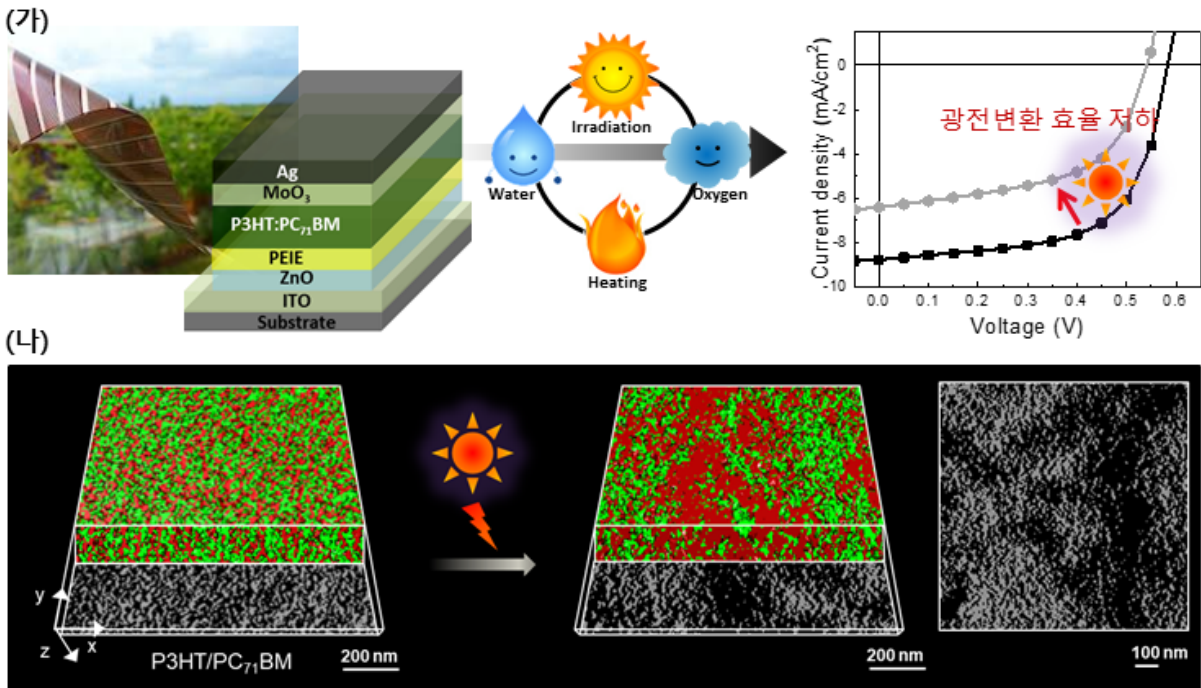
4. 광활성층

- 유기소자에서 광에너지를 받아 전기로 전환하는 전자 주개와 받개로 이루어진 박막층으로, 전자와 정공이 전극으로 원활하게 이동하게 도움을 주는 층이다.

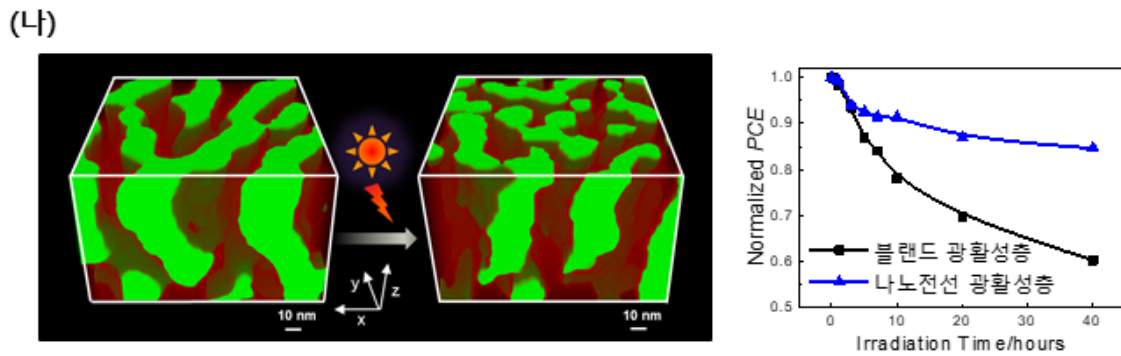
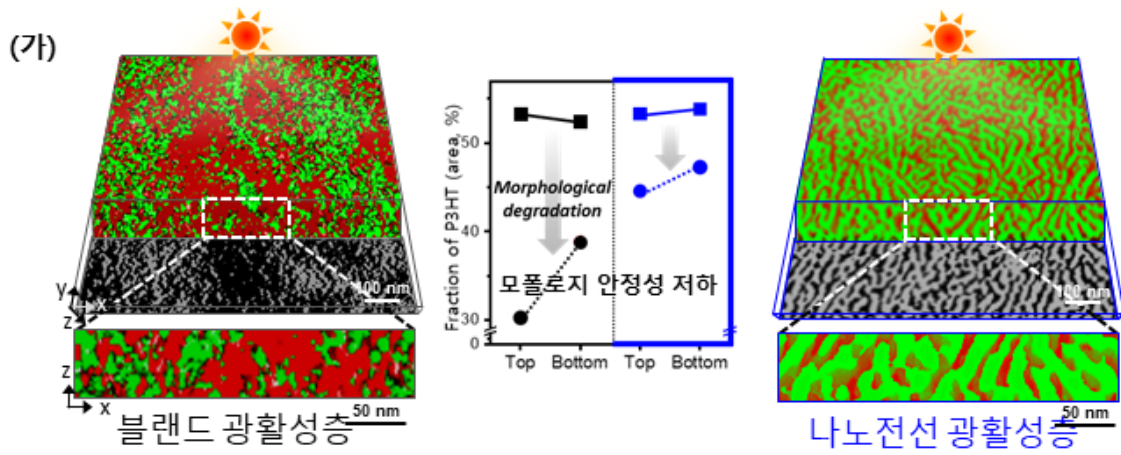
5. 파이 결합

- 파이 결합(π bonds)은 분자 내 서로 이웃하고 있는 원자의 각각의 전자 궤도의 중첩에 의한 화학결합이다. 시그마 결합과 달리 파이결합은 x축이나 y축을 중심으로 놓여있어 양 원자핵을 연결한 z축 위의 전자 밀도가 0인 결합이다. 파이 결합은 두 원자의 p오비탈 상호간에 전자를 공유하고 있는데 이 결합은 원자핵의 전하로부터 거리가 멀기 때문에 시그마 결합보다 결합력이 약하고, 에너지 준위가 높다.

그림 설명



[그림 1] (가) 본 연구에서 사용한 유기태양전지 구조 모식도와 열, 대기, 광에 따른 소자 효율 저하 그래프, (나) 일반적인 P3HT/플러렌 블렌드 활성층의 광조사에 따른 거대상분리 현상



[그림 2] (가) 삼차원 투과전자현미경 분석법을 이용하여 광조사에 따른 활성층의 형태학적 구조 변화: 일반적인 P3HT/플러렌 블렌드 활성층과 P3HT 나노전선/플러렌 활성층 비교(초록색: P3HT 영역, 빨간색: 플러렌 영역), (나) 광조사에 따른 나노전선 기반 광활성층의 구조안정성을 보여주는 전자토포그래피 이미지와 광전변환 효율 그래프