

비공액고분자 박막으로 페로브스카이트 성능 저하 극복

- 고품질·고효율 차세대 태양전지 개발의 실마리 마련



▲ (왼쪽부터) 지스트 이광희 교수, 김희주 교수, 부산대 서홍석 교수, 지스트 김주현 박사
과정생, 스완지 대학교 김용운 박사

한국연구재단(이사장 이광복)은 이광희, 김희주 교수(광주과학기술원), 서홍석 교수(부산대학교) 공동연구팀이 페로브스카이트* 태양전지의 성능을 저하 시키는 요인인 **비방사재결합****을 억제하여 **고성능·고안정성의 태양전지를 개발했다고 밝혔다.**

* 페로브스카이트(perovskite): 1839년 러시아 우랄산맥에서 발견된 광물의 결정구조. 페로브스카이트 구조는 높은 전하 이동과 빛 흡수성으로 차세대 태양전지의 선두주자로 주목 받음.

** 비방사재결합(nonradiative recombination): 태양전지 작동 시 생성된 정공과 전자가 각 전극으로 이동하지 못해 전기에너지로 전환되지 않고 서로 재결합하면서 열에너지로 방출되는 현상.

태양전지의 안정성과 효율성을 저해하는 **비방사재결합은 태양전지가 빛을 흡수해 작동하는 동안 열에너지로 에너지가 손실되는 현상**으로, 페로브스카이트 물질 자체의 결함과 태양전지 작동 시 전극과 태양전지 사이에 고여 있는 **소수 전하 운반체***에 의해 발생한다.

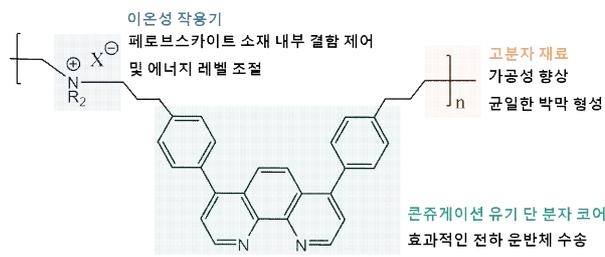
세계적으로 이를 해결하기 위한 연구가 활발히 진행되어 왔지만, 증착* 및 고온 열처리와 같은 **복잡한 공정을 통해** 물질자체의 결함 또는 소수 전하 운반체에 의한 문제 중 하나만 해결하고 아직까지 전체를 억제하는 방법은 찾지 못한 실정이다.

* 전하 운반체(charge carrier): 전하를 띠고 운동하는 입자 (전자, 정공)

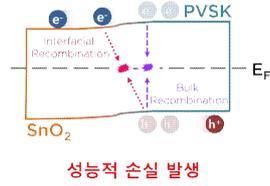
* 증착(evaporation): 물질을 고온으로 가열 및 증발시켜 견고한 박막을 제조하는 방법

이에 연구팀은 **새로운 비공액고분자***를 개발하고, **간단한 용액공정을 통해 페로브스카이트 박막 하부층에 얇은 막 형태로** 접목시켜 비방사재결합을 근본적으로 해결하였다.

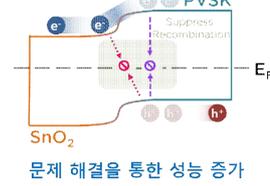
새로운 비공액고분자 층은 페로브스카이트 물질의 태양빛 흡수를 방해하지 않으며, **고품질 페로브스카이트 결정 성장을 유도해** 내부 결함을 효과적으로 감소시켰다.



<기존의 페로브스카이트 태양전지>



<본 연구를 통한 태양전지>

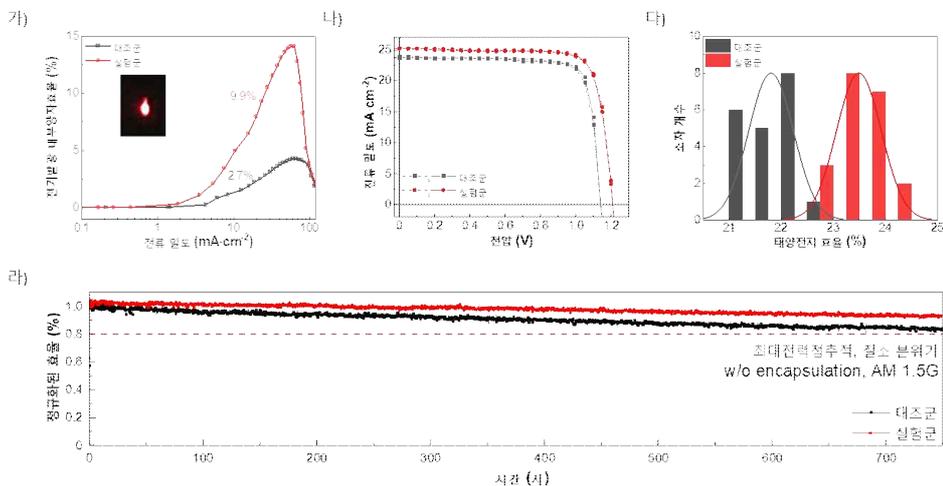


▲ 본 연구에서 개발한 비공액고분자 구조 및 특징 (위), 이를 이용한 페로브스카이트 태양전지의 성능 증가 설명: 본 연구에서 개발한 신규 비공액 고분자 구조 및 각 작용기의 역할에 대한 설명으로써 기존의 반도체소자에 많이 활용되는 유기 단분자를 물질의 코어로 사용하였으며 더욱 효율적인 전하 수송을 위해 이온성 작용기를 접목시켰다. 더 나아가, 물질의 가공성을 위해 비공액 고분자 형태로 물질을 디자인하였으며 실제로 개발된 고분자 물질을 전하 수송층과 페로브스카이트 광활성층 사이에 적용하였을 때 기존의 성능적 손실을 해결함으로써 태양전지에서 생성된 전하가 손실 없이 원활히 이동하였다.

또한, 이온성 기능기를 도입하여 페로브스카이트 물질에서 생성된 전하를 하부 전극으로 효과적으로 추출하고, 더욱 향상된 전하 수송능력으로 태양전지 성능이 향상되었다.

* 비공액고분자(non conjugated polymer): 고분자물질을 이루는 단위체 간에 연결이 단일결합으로 이루어진 고분자. 전자가 비편제화되어 있지 않아 일반적으로 부도체적인 성질을 가짐.

연구팀은 신규소자 구조가 기존 구조의 페로브스카이트 태양전지보다 높은 개방 전압과 광전류를 보여 24.4%의 에너지 전환효율을 기록하고, 약 700시간 태양광 노출 실험에서 초기 효율 대비 7%만 감소하여 우수한 광안정성을 나타냄을 확인하였다.



▲ 본 연구 기술을 통해 향상된 전기발광 내부양자효율 그래프 (가), 전류-전압 곡선 (나), 태양전지 효율 히스토그램 (다), 광안정성 그래프 (라): 본 연구에서 개발한 고분자물질을 페로브스카이트 태양전지에 적용하였을 때 비방사재결합 손실이 얼마나 줄어들었는지 확인하기 위해 전기발광 내부양자효율을 측정하였으며 기존 소자대비 3배 이상의 높은 내부양자 효율을 얻음으로써 비방사재결합 손실이 효과적으로 줄었다는 것을 확인하였으며 이를 통하여 태양전지 효율 및 안정성이 획기적으로 증가하였다.

이광희 교수는 “이번 연구를 통해 페로브스카이트 물질의 성능저하의 근본적인 원인을 해결할 수 있는 실마리를 제시했다”라며 “향후 태양광 모듈 및 건물 일체형 태양전지 개발 등 실생활과 밀접한 다양한 분야에 활용 가능할 것으로 기대된다”라고 밝혔다.

과학기술정보통신부와 한국연구재단이 추진하는 글로벌연구실사업, 기후변화대응기술개발사업 등의 지원으로 수행된 이번 연구 성과는 재료분야 국제학술지 ‘어드밴스드 머티리얼즈(Advanced Materials)’ 온라인판에 10월 13일 게재되었다.