

고안정성 코어-셸 페로브스카이트

양자점 전기발광소자 개발

- 용액 공정을 이용한 고안정성 코어-셸 페로브스카이트 양자점 전기발광소자 구현, 차세대 디스플레이에 적용 가능... ACS Applied Materials and Interfaces 게재

지스트(광주과학기술원) 고등광기술연구소(APRI, 소장 이영락)의 이창열 수석연구원 연구팀은 페로브스카이트* 양자점의 성장 메커니즘 규명을 통해 결정 성장 속도를 제어함으로써 매우 얇은 두께의 셸(shell)을 가진 코어-셸** 페로브스카이트 양자점을 개발하는데 성공했다.

* **페로브스카이트** : 특정 물질을 지칭하는 명칭이라기보다는 크기가 다른 원소 2개의 양이온과 이들에 결합한 음이온으로 구성된 입방 구조의 결정을 갖는 물질.

** **코어(core)-셸(shell) 페로브스카이트 양자점** : 페로브스카이트 양자점의 낮은 대기 및 화학적 안정성을 향상시키기 위해 수분, 산소 및 극성 용매 등에 대해 높은 안정성을 가지는 무기물로 페로브스카이트 양자점을 둘러싼 구조임.

매우 얇은 두께의($< 2 \text{ nm}^*$) 실리카(SiO_2)를 셸로 코팅한 페로브스카이트 양자점은 매우 높은 발광효율과 극성 용매 하에서도 광학적 특성의 급격한 손실이 없는 우수한 화학적 안정성을 나타내었다.

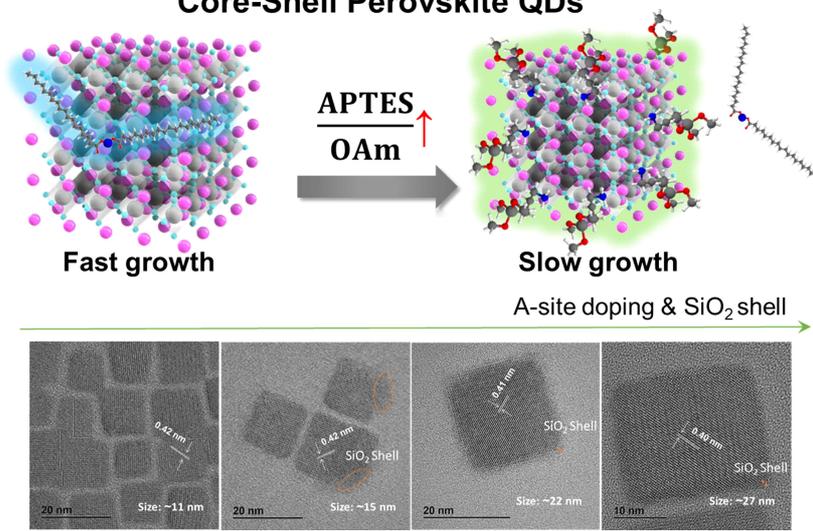
* **nm**: 1/1,000,000,000 미터로 머리카락 굵기의 10만분의 1 크기임.

페로브스카이트 양자점 소재는 높은 발광효율, 고색순도 및 용액 공정으로 인한 낮은 가격 등의 장점으로 유기발광다이오드(OLED)를 대체할 수 있는 차세대 디스플레이 발광소재로 최근 주목받고 있다.

그러나 이온결합 특성으로 인해 수분, 산소 및 극성 용매 하에서 매우 쉽게 분해되어 발광효율 및 색순도를 장기간 유지하기 어렵다는 단점이 있다. 금속 산화물(metal oxide) 또는 무기물을 셸로 도입한 코어-셸 페로브스카이트 양자점의 경우, 높은 화학적 안정성을 나타내었으나 절연체 특성을 가지는 셸의 두께 제어의 어려움으로 인한 낮은 전하 주입 효율은 소재의 최적화 및 디스플레이로의 개발에 큰 걸림돌로 작용하고 있다.

본 연구팀은 표면 리간드*의 결합 에너지(binding energy) 조절을 통한 페로브스카이트 양자점의 결정 및 실리카 셸의 성장 속도 제어를 통해 고안정성의 코어-셸 페로브스카이트 양자점을 합성하는데 성공하였다.

Core-Shell Perovskite QDs

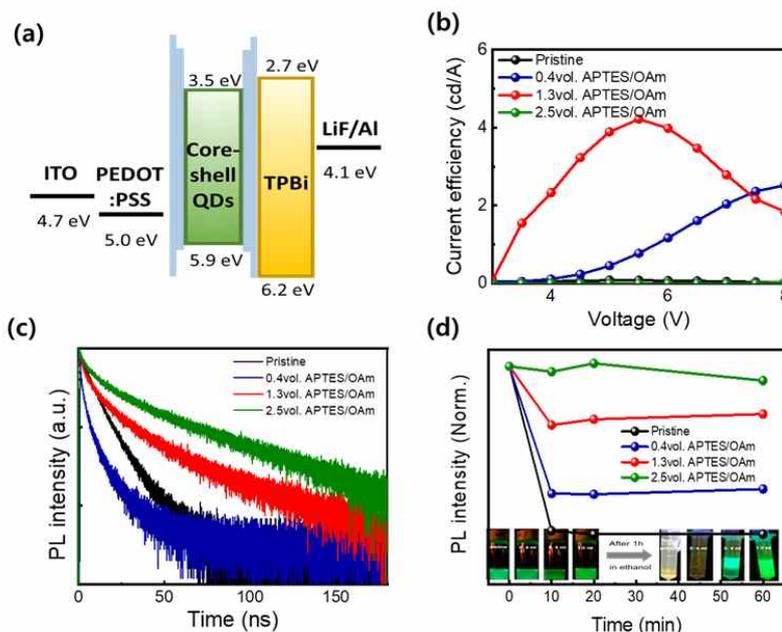


[그림 1] 리간드 결합 에너지 조절을 통한 코어-셸 페로브스카이트 양자점의 결정 성장 모식도.

코어-셸 페로브스카이트 양자점 합성을 위해 사용되는 세 종류의 리간드 첨가량 조절을 통해 리간드와 양자점간의 결합 에너지를 제어함으로써 양자점의 결정성을 향상시켰으며 매우 얇은 두께의 실리카 셸을 형성하였다.

* **리간드:** 다양한 탄소길이를 갖는 계면활성제로 양자점의 표면에 부착되어 양자점이 용액 내에서 안정적으로 분산될 수 있도록 함.

본 연구팀이 개발한 코어-셸 페로브스카이트 양자점은 높은 화학적 안정성으로 인해 페로브스카이트 양자점 전기발광 소자의 박막 제작 전 공정이 용액 공정으로 구현 가능하였다. 또한 절연체 특성의 실리카 셸의 두께가 매우 얇음(< 2 nm)으로 인해 전하 이동 특성의 저하가 크지 않아 고효율의 전기발광소자 구현이 가능하였다.



[그림 2] (a) 코어-셸 페로브스카이트 양자점 전기발광소자의 에너지 준위 및 (b) 소자 특성. 리간드 비율 (첨가량)에 따른 코어-셸 페로브스카이트 양자점의 (c) 여기자 수명 및 (d) 화학적 안정성.

지스트 이창열 수석연구원은 "매우 얇은 두께의 실리카 셸을 가진 고효율, 고안정

성의 코어-셸 페로브스카이트 양자점 잉크를 개발함으로써 용액 공정만으로 페로브스카이트 양자점 전기발광소자를 구현 가능하다는 것을 확인하였다"면서 "향후 페로브스카이트 양자점 소재의 상용화를 앞당길 수 있을 것으로 기대한다"고 말했다.

지스트 이창열 박사(교신저자)가 주도하고 Cuc Kim Trinh 박사(제1저자)와 이한림 박사(제1저자)가 수행한 이번 연구는 한국연구재단이 지원하는 중견연구자 지원 사업, 학문후속세대 및 지스트 개발과제를 통해 수행되었으며, 2021년 6월 30일 재료 분야 저명 학술지인 ACS Applied Materials and Interfaces에 속표지 (supplementary cover) 논문으로 선정되었다. <끝>

논문의 주요 내용

1. 논문명, 저자정보

- 논문명 : Synthesis of Chemically Stable Ultrathin SiO₂-Coated Core-Shell Perovskite QDs via Modulation of Ligand Binding Energy for All-Solution-Processed Light-Emitting Diodes

(리간드 결합 에너지를 통한 고안정성 코어-셸 페로브스카이트 양자점 개발 및 용액 공정을 통한 전기발광소자 구현)

- 저자 정보 : Cuc Kim Trinh, Hanleem Lee, Mo Geun So and Chang-Lyoul Lee

용어 설명

1. 양자점

- 특정 무기화합물의 크기가 수~수십 나노미터로 줄어들어 발생한 양자 구속효과로 인해 전기적, 광학적 특성이 변화된 반도체 입자이다.