

# CdS@Ag 코어 쉘 구조 양자점의 광학적 특성 연구

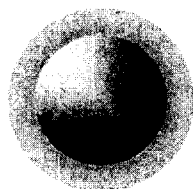
## Optical Properties of CdS@Ag Core-shell Structure Quantum Dots

임상엽, 이창열\*, 정은희, 최문구, 최종길\*, 박승한  
연세대학교 물리학과, \*연세대학교 화학과  
syim@phya.yonsei.ac.kr

반도체 양자점 구조는 양자크기 효과를 이용하여, 인공적으로 원자와 같이 매우 좁은 선폭의 에너지 준위를 만들어 낼 수 있다는 점에서 관심을 끌고 있는 물질 구조이다<sup>(1)</sup>. 특히 양자점 구조는 크기에 따라 에너지 준위의 위치가 조절되므로, 기본적인 물성을 탐구하는 물리적인 관점에서 뿐만이 아니라 실용적인 관점에서도 이를 이용한 전자, 광전자 및 광소자에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 반도체 양자점은 여러 가지 다양한 방법으로 제작되고 있는데 대표적으로 유리 안에 반도체 미세구조를 첨가하는 방법, Stranski-Krastanow 성장에 의한 자발 형성 방법, 리소그래피에 의한 식각 방법, 그리고 화학 반응에 의해 콜로이드 상태로 제작하는 방법 등이 있다.

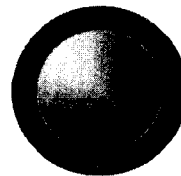
이 가운데에서 화학적 방법에 의한 콜로이드 상태 양자점 제조법은 다른 방식의 제조법에 비해 여러 면에서 장점이 있다. 우선 양자점을 제작하기 위한 고가의 장비가 필요 없고, 액체 상태에서 화학 반응에 의해 제조하므로 제조 과정을 제어하기가 수월하다. 이러한 이유로 콜로이드 상태 양자점의 경우, 매우 좁은 선폭과 높은 발광 효율의 양자점을 쉽게 제조할 수 있다.

본 연구에서는 금속막이 코팅된 반도체 양자점의 광학적 특성을 조사하였다. 일반적으로 구 형태의 한가지 물질 외부에 다른 물질을 덧입혀 구 형태로 성장시킨 구조를 코어 쉘 구조라 한다. 유전체, 반도체, 그리고 금속 물질을 각각 코어 및 쉘로 선택하는 방식에 따라 수많은 코어 쉘 구조의 물질이 가능하며 이에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 특히 반도체 양자점의 경우에는 그림 1(a)에 보는 바와 같이 에너지 밴드갭이 큰 물질로 코어에 해당하는 반도체 양자점을 덧입히는 구조의 코어 쉘 양자점이 많이 연구되고 있는데, 이러한 양자점에서 발광 효율이 수 배 이상 높아지는 사실이 잘 알려져 있다. 그러나 그림 1(b)와 같은 반도체 코어, 금속 쉘 구조의 양자점에 대한 연구는 거의 이루어지지 않고 있는데, 이는 반도체 물질에 금속을 안정적으로 접합하고 그 두께를 균일하게 제어하기가 쉽지 않기 때문이다.



CdSe@ZnS QD

(a)



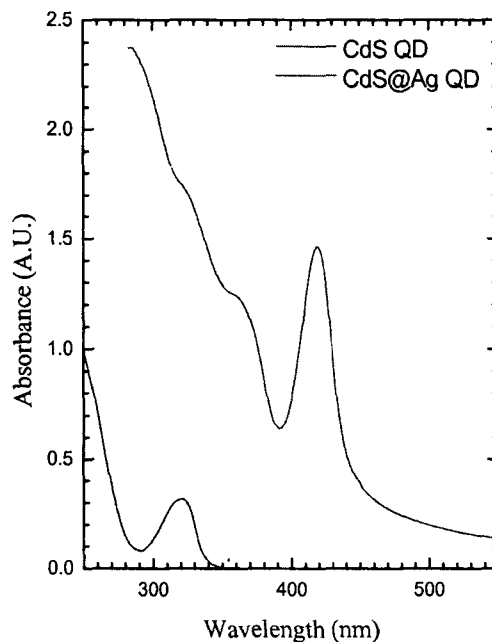
CdS@Ag QD

(b)

그림 1. (a)반도체-반도체, (b)반도체-금속 코어 쉘 구조 양자점의 개념도

이러한 제약에도 불구하고 반도체 코어, 금속 셸 구조의 양자점이 관심을 끄는 이유는 금속 물질에 의한 표면 플라즈몬 공명이나 국소장 증대와 반도체 양자점의 엑시톤 비선형성의 결합에 의해 특이한 물리 현상과 그 응용이 가능하리라는 예측 때문이다. 이미 십 여년 전에 금속 물질이 반도체 양자점에 직접 덧입혀져 있는 코어 셸 구조에서는 금속 물질의 표면 플라즈몬 공명에 의해 양자점 엑시톤의 진동 세기가 증대될 것으로 제안되었고 또한 비선형 Kerr 효과가 수 order 이상 증대되는 것이 관측되기도 하였다<sup>(2)</sup>. 본 연구에서는 쉽게 제어가 가능한 화학적 방법에 의하여 Ag가 코팅된 콜로이드 상태의 CdS 반도체 양자점을 제조하였다. 이를 위하여 우선  $\nu$ 선 조사를 통하여 균일한 크기 분포의 CdS 반도체 양자점을 제조하였는데, 평균 직경은 1nm이고 크기 분포는 약 10% 정도이었다. 그림 2에서 엑시톤 흡수 봉우리가 잘 형성되어 있음을 알 수 있다. 이어서 CdS가 서로 뭉치지 않도록 처리한 후 silver sulfate를 첨가하여 CdS에 입혔다. 마지막으로 formaldehyde를 이용하여 은 입자를 환원처리함으로써 균일한 Ag 셸을 만들어내었다.

그림 2는 Ag가 코팅되지 않은 CdS 양자점과 CdS@Ag 코어 셸 구조 양자점의 흡수 스펙트럼을 비교한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 Ag 셸에 의한 표면 플라즈몬 공명 흡수띠와 CdS 반도체 양자점의 엑시톤 흡수 등이 동시에 존재함을 알 수 있다. 특히 360nm 부근의 흡수 봉우리는 CdS 반도체 양자점 코어와 Ag 셸의 결합에 의해 생긴 것이 분명하다. 이로부터 반도체-금속 코어 셸 구조에 의한 양자점이 잘 형성되었음을 알 수 있었으며, 또한 그 광학적 특성을 관측하여 새로운 물리 현상을 관측할 기반을 마련하게 되었다.



1. A. L. Efros, and A. Efros, Sov. Phys. Semicond. **16**, 772 (1982).
2. N. Kalyaniwalla, J. W. Haus, R. Inguva, M. H. Birnboim, Phys. Rev. **A42**, 5613 (1990).