

ZnSe 반도체 양자점의 광학적 성질 연구

The Study on Optical Properties of ZnSe Nanocrystallite Quantum Dots

최문구, 임상엽, 제구출, 전영욱*, 천진우*, 박승한
연세대학교 물리학과, 한국과학기술원 화학과*
moongoo@phya.yonsei.ac.kr

반도체 양자점은 수 백 개에서 수 만 개에 이르는 원자들로 이루어진 미세한 결정 구조로써 독특한 물성들을 나타내므로 많은 연구가 이루어지고 있다. 양자점은 전자와 양공을 공간적으로 구속하는 양자 효과에 의하여 양자점의 크기가 엑시톤의 보어 반지름보다 작아질수록 띠간격 에너지가 청색 편이하고 엑시톤의 결합 에너지가 증가하며 에너지 전이가 불연속이 되어 진동자 세기가 집중되는 등 광학적인 성질이 크게 변화하게 된다. 이미 반도체 양자우물 구조의 연구에서 나타나듯이 차원이 더욱 감소된 양자점에서는 엑시톤의 광학적 비선형성이 증가할 것으로 기대되어 유리 조직 내에 첨가시킨 반도체 미세 구조나 박막 성장 기법에 의한 자발 형성 양자점, 화학적인 방법으로 얻어지는 용액상의 콜로이드 등 다양한 방법들로 반도체 양자점을 제작하고 있다. 특히 양자점의 크기 분포, 모양 조절 및 양자점의 규칙적인 배열 등은 양자점의 기본적인 물성 탐구에 있어서 뿐 아니라 기능성 소자로의 응용에 있어서 잠재성이 크기 때문에 다양한 연구들이 이루어지고 있다.

본 연구에서는 화학적 방법으로 제작된 용액내의 ZnSe 양자점의 광학적인 특성을 연구하였다. 시료는 중심부에 반도체 미세 결정이 차지하고 있고 양자점의 표면은 TOPO(tri-octyl-phosphine-oxide)라는 유기화합물이 둘러싸고 있는 ZnSe 양자점이었으며 용매는 톨루엔이 사용되었다. ZnSe 양자점의 직경은 각각 평균 27Å에서 49Å까지 크기별로 준비되었고 양자점의 표면을 이루는 TOPO는 양자점끼리의 뭉침을 방지하고 용매내에서 용해가 가능하도록 하며 ZnSe의 표면 결함을 부분적으로 보완해주는 역할을 한다.

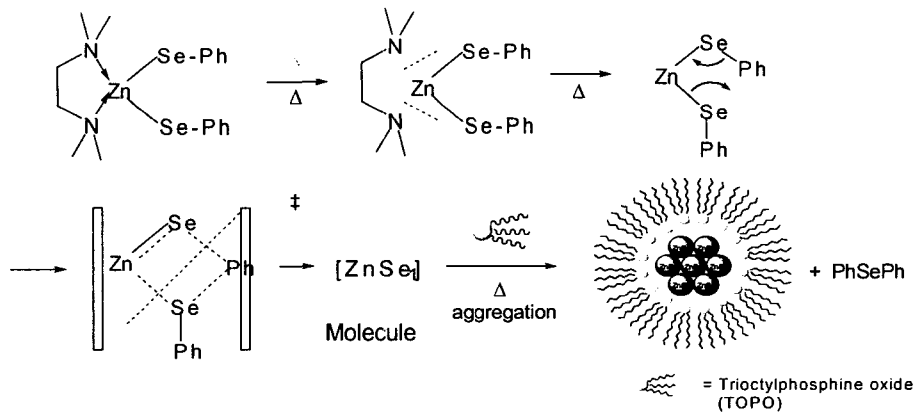


그림 1 ZnSe 반도체 양자점의 제작 과정

ZnSe 반도체 양자점의 크기별로 백색 광원을 이용한 선형 흡수 측정과 띠간격보다 높은 에너지를 갖는 레이저 광원을 이용한 형광 측정 및 색소 레이저를 이용한 여기광의 에너지에 따른 형광 곡선을 구하여 이론적으로 구한 띠간격 에너지와의 비교를 통해서 양자 구속 효과에 의한 띠간격 에너지의 청색 편이를 확인하였다. 양자점의 크기에 따라 동일한 레이저 광의 세기에 대한 형광 곡선을 비교함으로써 양자점의 평균 크기에 따라서 크기 분포 편차가 일정한지 혹은 형광 효율이 일정한지를 분석하고 양자점의 불균일 선폭 넓어짐에 대한 연구를 수행하였다. 한편 광 여기 조사법을 이용하여 엑시톤 공명 흡수 에너지에서부터 비공명 에너지 대역까지 여기광의 파장을 변화시켜가며 양자점의 흡수를 변화를 관찰하고 이를 통해 쿨롱 상호작용에 의한 효과를 연구하였다.

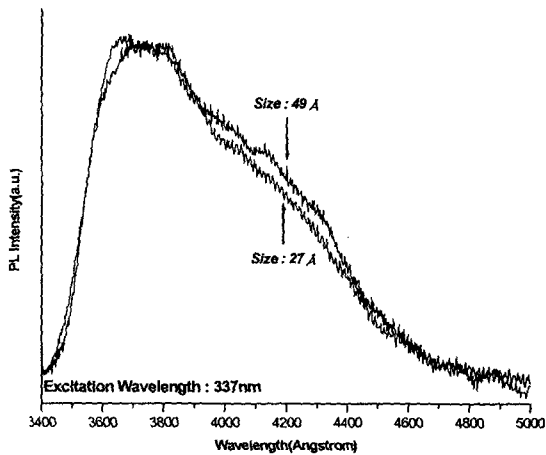


그림 2 반도체 양자점의 크기에 따른 형광 그래프

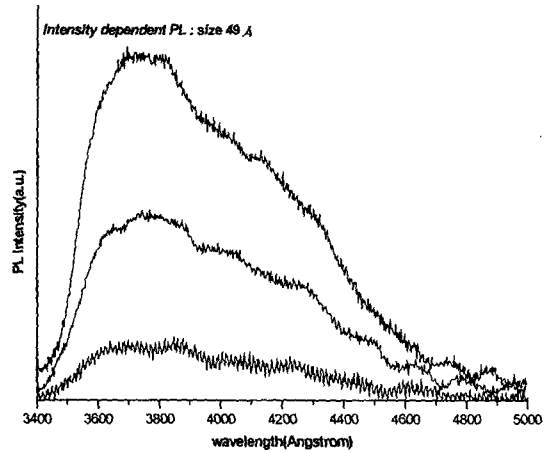


그림 3 직경 49A인 양자점의 여기광 세기에 따른 형광 곡선

참고 문헌

1. A.P.Alivisatos, Nature 271, 933(1996)
2. Y.N.Hwang *et al* and S.H.Park, Physical Review B 61, 4496(2000)
3. S.A.Empedocles, D.J.Norris, and M.G.Bawen^o, Physical Review Letters 77, 3873(1996)
4. N.Chestnoy, R.Hull, and L.E.Brus, L.Chem.Phys. 85, 2237(1986)
5. A.A.Guzelian, U.Banin, A.V.Kadavanich, X.Peng, and A.P.Alivisatos 69, 1432(1996)
6. M.G.Bawendi, W.L.Wilson, L.Rothberg, P.J.Carroll, T.M.Jedju, M.L.Steigerwald, and L.E.Brus, Physical Review Letters 65, 1623(1990)
7. S.A.Empedocles, D.L.Norris, and, M.G.Bawen^o, Physical Review Letters 77, 3873(1996)
8. Takehiko Tawara, Satoru Tanaka, Hidekazu Kumano, and Ikuo Suemune, Applied Physics Letters 75, 235(1999)
9. C.A.Smith, H.W.H.Lee, V.J.Leppert and S.H.Risbud, Applied Physics Letters 75, 1688(1999)