

CdTe 나노입자를 이용한 EL구조 및 특성

김진형, 조경아, 김현석, 이준우, 박병준, 김상식
고려대학교 전기공학과

Electroluminescence of CdTe nanoparticles

Jinhyong Kim, Kyoungah Cho, Hyunsuk Kim, Joonwoo Lee, Byoungjun Park, Sangsik Kim
Department of Electrical Engineering, Korea University

Abstract

CdTe nanoparticles were synthesized in aqueous solution by colloidal method. The absorption and photoluminescence(PL) spectrum of the synthesized CdTe nanoparticles revealed the strong excitonic peak in the visible region. Electroluminescence of CdTe nanoparticles were observed in the structure of Al/CdTe/PVK/ITO and Al/CdTe/PEDOT/ITO that were fabricated by spin coating of polyvinylcarbazole (PVK), poly(3,4-ethylenedioxythiophene (PEDOT) and CdTe nanoparticles. The turn-on voltages of Al/CdTe/PVK/ITO and Al/CdTe/PEDOT/ITO for electroluminescence were 5V and 6V, respectively. We identified that the reduction of turn-on voltage resulted from the increase of hole injection into the hole transport layer due to lower ionization energy of PEDOT.

Key Words : CdTe nanoparticles, Electroluminescence (EL), photoluminescence(PL)

1. 서론

최근 나노기술의 발전으로 나노입자를 이용한 광소자 및 전자소자에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 반도체 나노입자를 광소자의 소재로써 주목하고 있는 것은 고효율로써 입자크기에 따라 발광 파장을 변화시킬 수 있기 때문이다 [1-3]. 또한, 반도체 나노입자는 무기물이므로 유기물에 비해 열이나 환경에 상당히 안정하다는 장점을 갖는다. 현재 고효율을 나타내는 유기 발광다이오드(Organic Light Emitting Diodes: OLED)의 경우는 전자와 정공을 외부에서 주입하여 발광층에서 여기자의 재결합에 의해 발광하는 구조로, 발광되면서 방출되는 열에 의해 유기 발광물질이 변성된다. OLED의 구조에서 유기 발광층을 비교적 열에 안정적인 무기물의 나노입자로 대체할 경우 발광층의 변성을 방지할 수 있어 보다 긴 수명의 발광소자 제작이 가능하리라 여겨진다. OLED구조에서 무기물 나노입자가 유기발광물질을 대신할 수 있는지를 알아보고자 본 실험에서는 CdTe 나노입자

를 이용하여 살펴보았다. CdTe 나노입자는 그 크기에 따라 녹색에서 적색의 가시광선 영역의 빛을 방출하는 것으로 알려져 있는 물질이다[1]. 본 실험에서는 CdTe 나노입자의 전계발광현상을 가장 간단히 살펴볼 수 있도록 OLED에서 사용되는 대표적인 정공수송층만을 도입하여 샘플을 제작하였다 (그림 1).

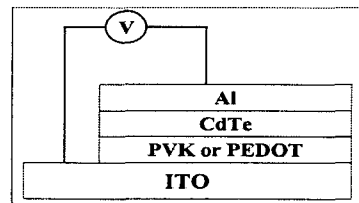


그림 1. 제작된 소자의 개략도.

2. 실험

CdTe 나노입자는 CdTe(ClO₄)₂ · 6H₂O(Aldrich, 98%)와 Al₂Te₃(Cerac, 99.5%)를 사용하여 수용액 속에서 합성되었으며, 나노입자의 안정제로써

1-Thioglycerol(Aldrich, 95%)가 사용되었다. CdTe 나노입자 합성방법은 다음과 같다. 초순수 125mL에 $Cd(ClO_4)_2 \cdot 3H_2O$ 0.985g(2.35mmol)과 1-thioglycerol 0.5mL(5.77mmol)를 첨가한 용액에 1M NaOH를 적가하여 용액의 pH(=11.63)를 조절하였다. 이 용액을 세 개의 가지가 달린 플라스크에 넣고 질소 가스 분위기에서 30 분동안 버블링을 한후, Al_2Te_3 0.6g과 0.5M H_2SO_4 30mL를 반응시켜 발생한 H_2Te 가스를 질소 가스와 함께 용액에 통과시켰다. 반응이 완료된 후 CdTe 나노입자 용액은 농축시켜 사용하였다. [4]

CdTe 나노입자의 전계발광을 확인하기 위해 ITO 기판에 대표적인 정공수송물질인 polyvinylcarbazole (PVK)와 poly(3,4-ethylenedioxythiophene (PEDOT)을 각각 spin coating하여 필름을 제작하였다. PVK는 60°C, PEDOT은 200°C에서 10분 동안 baking하여 건조시킨 후 CdTe 나노입자 용액을 spin coating으로 필름을 제작하였다. cathode 전극으로 사용된 알루미늄은 열증착기를 이용하여 증착하였다.

합성된 CdTe 나노입자 발광 특성 분석을 위하여 He-Cd 레이저(여기파장: 325nm,)를 이용하여 Photoluminescence(PL)을 측정하였으며, 흡광도 측정을 위해서 UV-VIS spectrophotometer를 이용하였다. 제작된 샘플의 전기적인 특성을 알아보기 위하여 Keithley 237를 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 2는 합성된 CdTe 나노입자의 absorption과 PL 스펙트럼을 나타내고 있다. absorption 스펙트럼을 보면 490nm에서 흡수가 시작되어서 422nm에서 강한 엑시톤 피크를 보여주고 있다. 이를 통해서 합성된 CdTe 나노입자는 강한 엑시톤 결합을 가지는 것을 보여주며 이는 광소자의 소재로서의 가능성을 보여주고 있다. PL 스펙트럼에서는 약 500nm 부근에서 강하고 좁은 반치폭을 가지는 PL 피크가 나타난다. 용액의 CdTe 나노입자의 PL과 비교해 볼 때, 합성된 CdTe 나노입자를 이용하여 제작된 필름의 경우에는 PL 피크의 위치는 변함이 없으나, 그 반치폭이 증가함을 보였다.

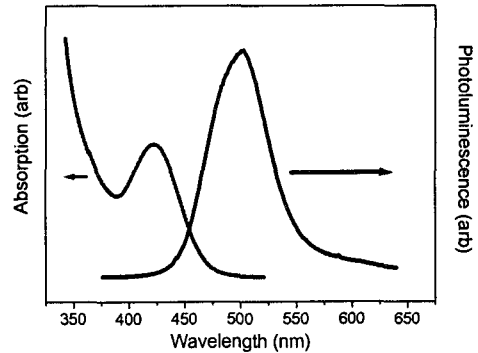


그림 2. CdTe 나노입자의 PL과 absorption 스펙트럼.

그림 3에서는 정공 수송층으로 PVK와 PEDOT을 이용한 소자의 I-V특성을 보여주고 있다. 정공 수송층으로 PEDOT을 사용한 소자의 경우는 문턱전압이 5V으로, PVK를 정공 수송층으로 사용하였을 때 (6V) 보다 낮게 관찰되었다.

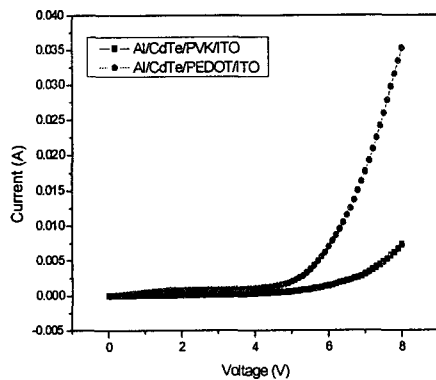


그림 3. Al / CdTe / PVK / ITO 와 Al / CdTe / PEDOT / ITO 의 구조를 갖는 각각 소자의 I-V 특성.

본 실험에서 정공 수송층으로 PVK와 PEDOT을 사용한 각각의 샘플에 대한 에너지 준위를 그림 4에서 비교하였다. 그림 4에서 CdTe 나노입자는 안정제로 사용된 1-thioglycerol에 의해 캡핑되어 있는 것을 나타내고 있다. PEDOT를 정공 수송층으로 사용한 소자의 경우가 PVK를 정공 수송층으로

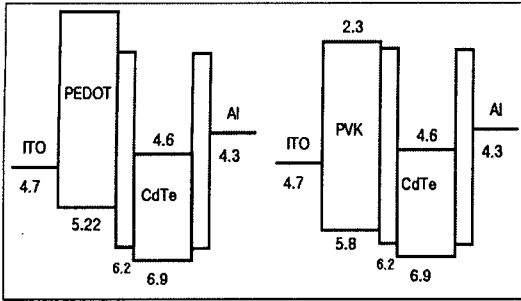


그림 4. Al / CdTe / PVK / ITO 과 Al / CdTe / PEDOT / ITO 구조의 에너지 준위 비교.

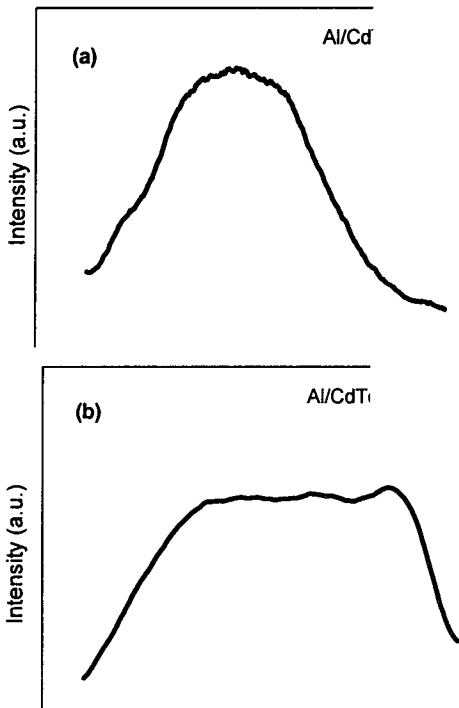


그림 5. (a) Al/CdTe/PVK/ITO 와 (b) Al/CdTe/PEDOT/ITO 구조의 EL 스펙트럼.

사용한 소자보다 낮은 문턱전압을 보이는 것은 그림 4에서 알 수 있듯이 PEDOT의 이온화 에너지가 PVK보다 작기 때문이라고 생각되어진다. 이온화 에너지가 작은 PEDOT을 정공 수송층으로 사용할 경우, PVK를 정공 수송층으로 사용하였을 때보다 anode에서 정공이 정공수송층으로 잘 주입된

다. 그림 5 (a)는 PVK를 정공수송층을 사용한 샘플의 EL 스펙트럼을 나타내며, 500nm 부근에서 피크를 나타내고 있다. 그림 5(b)는 PEDOT을 정공수송층으로 사용하여 제작한 샘플의 EL 스펙트럼을 보여주고 있다. 450nm부터 550nm까지 비교적 넓은 피크를 나타내고 있다.

4. 결론

용액상에서 콜로이드 방법에 의해 CdTe 나노입자를 합성하였다. PL 과 absorption 스펙트럼을 통하여 CdTe 나노입자의 가시광선영역에서의 발광특성을 확인하였다. 소자구조를 Al / CdTe / PVK / ITO, Al / CdTe / PEDOT / ITO 로 각각 제작하여 그것들의 I-V특성을 통해서 PVK보다 PEDOT이 ITO에서 정공의 주입이 원활이 이루어지고 발광층까지의 수송능력 또한 우수한 것으로 확인되었다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 지원으로 수행하는 21세기 프론티어연구개발사업(이산화탄소저감 및 처리 기술개발)에 의해 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] Wei Chen, Dennis Grouquist, and Joel Roark "Voltage tunable electroluminescence of CdTe nanoparticle light emitting diodes", J. Nanosci. Nanotech. Vol. 2, No. 1, p. 47.
- [2] B. O. Dabbousi, MG. Bawen야, O. Onitsuka, and M. F. Rubner "Electroluminescence from CdSe quantum-dot/polymer composites", Appl. Phys. Lett. Vol. 66, No. 11, p. 1316.
- [3] Nikolai P. Gaponik, Dmitri V. Talapin, and Andrey L. Rogach "A light-emitting device based on a CdTe nanocrystal/polyaniline composite", Phys. Chem. Chem. Phys., Vol. 1, p. 1787.
- [4] 김현석, 송현우, 조정아, 김상식, 김성현, "CdTe 양자점 합성과 물리적 특성 분석", J. KIEEME., Vol. 16, No. 8, p. 663.