

논문 2014-51-8-18

CdSe/ZnS 양자점을 이용한 디스플레이

(Display using the CdSe/ZnS Quantum Dot)

조수영*, 송진원**

(Su-Young Cho[Ⓢ] and Jin-Won Song)

요약

평판 디스플레이(plate panel display)가 휴대용으로 발전하면서 박막화, 고색재현성, 고휘도에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 광원으로써 LED, OLED가 주로 이용되고 있다. 이러한 광원의 소재로 양자점에 관한 연구가 많이 이루어지고 있는데, 양자점은 고색재현성과 유연디스플레이 구현에 있어서 주목받는 차세대 반도체 나노형광체이다. 본 연구에서는 평판 디스플레이를 구현함에 있어서 양자점을 이용하는 방법에 관하여 제시하였다. CdSe/ZnS 양자점을 PET배리어 필름에 100 μ m 두께로 도포하고 455nm의 파장을 갖는 청색 LED를 광원으로하여 빛을 조사하는 디바이스를 제작하고 광특성을 평가하였으며, LCD의 색변환 필름으로써 양자점의 적용 가능성을 제시하였다

Abstract

While the development of a portable plate panel display, thinning, high color reproduction, high brightness studies have been actively performed. LED, OLED is used as a light source. The research on quantum dot is much accomplished by the material of light source. Such quantum dot is the next generation semiconductor nano fluorescent substance because quantum dot has the high color reproduction and flexible display characteristic. In this study, we presented to method of using the quantum dot for implementation of the plate panel display. Quantum Dot (CdSe/ZnS), having a 100 μ m thickness, is spread in PET barrier film. A Blue LED having a wavelength of 455nm as a light source irradiating light to the optical characteristic of the devices produced and evaluated. Also we presented the possibility for application with the color change film of the LCD.

Keywords : Quantum Dot, Display, BLU, LED

I. Introduction

일반적으로, 발광소자(Light Emitting Diode, LED)는 다른 발광소자, 예를 들면, 백열전구로부터의 광이 폭넓은 발광 스펙트럼을 갖는 것과는 달리 거의 단색광에 가까운 광을 발광한다는 특징이 있다. 최근에는 백색광

을 나타내거나 또는 다수의 색구현이 가능한 LED가 개발되었다.^[1~3]

백색 LED를 제조하는 방식에는 여러 색상의 LED 칩을 조합하여 백색을 나타내게 하거나, 또는 특정색의 광을 발광하는 LED 칩과 특정색의 형광을 발광하는 형광체를 조합하는데, 현재의 백색 LED는 일반적으로 후자의 방법이 상용화 되어있다.

예를 들어, 청색 LED 칩을 황색 형광체가 분산된 몰딩 수지로 봉지함으로써, 백색 LED 패키지를 얻을 수 있다. 청색 LED 칩으로부터 460nm 파장대의 빛이 발생하면, 이 빛을 흡수한 황색 형광체에서 545nm 파장대의 빛이 발생하고, 파장이 상이한 두 빛이 혼합되어 백

* 정회원, 조선이공대학교 메카트로닉스과
(Dept. of Mechatronics, Chosun College of Science and Technology, Korea)

** 학생회원, 에코플릭스
(Research Institute, ECOFLUX Co., Ltd, Korea)

Ⓢ Corresponding Author(E-mail: weeds112@naver.com)

접수일자: 2014년07월10일, 수정일자: 2014년07월25일
수정완료: 2014년07월30일

색광이 출력되는 것이다. 따라서 여러 종류의 형광체를 조합하여 원하는 색의 광을 얻을 수 있다.

이러한 광원소재로 양자점(quantum dot)을 이용하고자 하는 연구가 많이 이루어지고 있다.^[4~8] 양자점은 수 나노 크기의 결정 구조를 갖는 물질로 양자제한(quantum confinement) 효과를 나타내는 물질이며, 같은 물질의 경우에도 입자 크기에 따라 파장이 달라지는 특성을 나타낸다. 양자점의 크기를 조절하면 입사되는 광을 파장 변환하여 출력할 수 있는데, 양자점의 크기(직경)가 작아질수록 짧은 파장의 빛을 발광하고 양자점의 크기가 커질수록 긴 파장의 빛을 발광한다.

기존의 청색 LED 칩과 산화물, 질화물 계의 무기형광체를 이용하는 경우는 발광 파장이 상당히 Broad 하게 나타나지만, 양자점 형광체를 이용하면 Sharp 한 파장 영역을 얻을 수 있다. 이와 같은 특성 때문에 color filter 보다 좁은 영역을 갖는 Red, Green, Blue spectrum 형성이 가능해져 LCD TV의 색 재현성을 NTSC 100% 수준으로 끌어올릴 수 있게 된다.

본 연구에서는 양자점을 이용하여 평판 디스플레이용 필름을 제작하고, 광특성을 평가하여, LCD의 색변환 필름으로써 양자점의 적용 가능성을 제시하였다.

II. Experimental

2.1 양자점 합성

실험에 사용한 양자점의 합성은 일반적으로 널리 알려진 합성방법을 이용하여 합성하였다. Trioctyl amine(TOA)과 Oleic acid(OA), Cadmium oxide를 환류 콘덴서가 설치된 125ml 플라스크에 넣고, 300°C에서 700rpm으로 교반하였다. 이와 별도로, Se 분말을 순도 97%의 Trioctylphosphine(TOP)에 녹여서 Se-TOP 착물용액을 만들었다. 상기 교반되고 있는 300°C의 혼합물에 Se-TOP 착물 용액을 빠른 속도로 주입하여 반응을 시켰다. 반응 중에서는 교반 속도와 질소 분위기를 계속 유지하였다. 이렇게 형성된 CdSe core에 ZnMe₂와 (TMS)₂S를 주입하여 CdSe core와 ZnS shell을 갖는 양자점을 합성하였다.

양자점의 발광파장은 각각의 전구체 주입량 및 반응 시간의 조절을 통하여 조절하였으며, 각각 녹색, 주황색, 적색의 형광을 갖는 양자점을 합성하였다.

2.2 양자점/PMMA 하이브리드 졸 제조

양자점 필름을 제조하기 위해서는 양자점을 봉지재(Encapsulant materials)에 균일하게 분산시키는 것이 중요하며, 이러한 봉지재는 가시광 및 자외선 영역의 빛을 흡수하지 않고 가시광 영역의 빛에 관하여 투과성이 뛰어난 물질이어야 한다. 실험에는 투명성과 내광성을 갖고 있으며 기계적 강도와 성형이 용이한 Poly methyl methacrylate(PMMA)를 봉지재로 이용하였다. Toluene에 PMMA를 10wt%로 용해하고 위에서 합성된 627nm의 양자점을 각각 19mg, 38mg, 57mg, 76mg, 95mg, 190mg의 비율별로 혼합하고 진공분위기에서 500rpm으로 10시간 교반 및 탈포하여 QD/PMMA 졸(sol)을 제조하였다.

2.3 코팅막 제조

바코팅 공정은 소량의 코팅액을 사용하여 대면적에 고속으로 균일한 박막을 제조할 수 있다. 바코팅에서 박막의 두께는 코팅액의 농도와 코팅바에 감겨있는 와이어의 두께 등에 의해 결정이 된다. 본 연구에서는 제조된 Quantum dot/PMMA 하이브리드 졸 용액을 120 μm의 박막을 형성할 수 있는 코팅바를(TORAY, XU-42) 이용하여 poly ethylene terephthalate(PET) film 위에 바코팅하였다. 코팅 후 두께는 100 μm (dry) 이었고 130 °C에서 1 min 동안 건조시킨 후, 100 °C에서 3 h동안 열 경화시켰다.

2.4 측정 및 분석

양자점 및 양자점 필름의 광흡수율, PL, 양자효율(Quantum Yield)의 측정은 각각 UV - vis 분광 광도계(SD-1000, Scinco), 형광광도계(Fluorolog, Horiba Jobin Yvon), 양자효율 측정 시스템(C-9920-02, Hamamatsu)을 이용하여 실온에서 측정하였다.

광흡수율 및 PL 측정은 350nm~800nm 파장 범위에서 측정하였으며, 양자효율 측정은 450nm의 여기파장으로 300nm~800nm 범위에서 측정하였다.

III. Results and Discussion

온도 및 반응시간 등의 조건을 달리하여 합성된 양자점의 흡광 및 발광 스펙트럼을 측정한 결과 양자점의 발광파장은 540nm, 560nm, 620nm를 나타내었으며, 이

때 반치폭(Full width at half maximum)은 32~34nm, 양자효율은 78~82%로 고효율의 CdSe/ZnS 양자점이 합성되었음을 알 수 있었다.(그림 1)

PMMA에 양자점의 함량을 각각 0.4wt%에서 0.8wt%

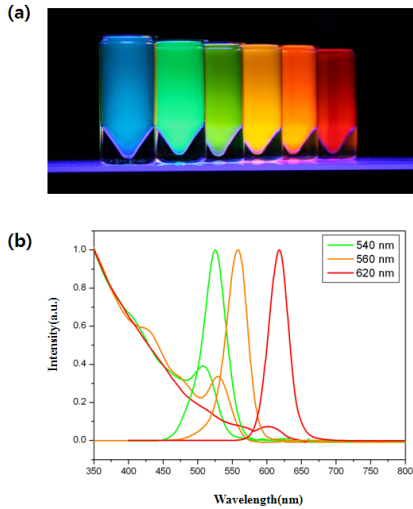


그림 1. (a) 합성된 양자점 (b) 양자점의 광흡수율 및 PL 스펙트럼

Fig. 1. (a) QD image, (b) UV-vis optical absorption spectra and corresponding PL emission spectra of QD solutions in toluene.

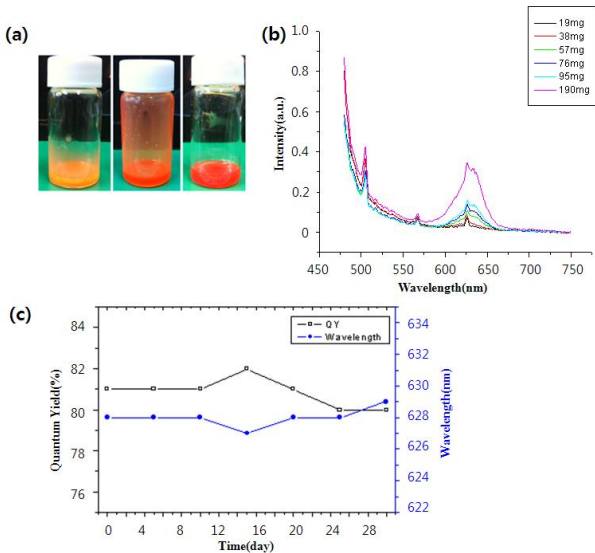


그림 2. (a) QD/PMMA 하이브리드 졸 이미지 (b) 양자점 함량에 따른 PL 변화 (c) QD/PMMA 하이브리드 졸의 시간에 따른 양자효율 변화

Fig. 2. (a) QD/PMMA hybrid sol image. (b) Changing PL-spectra in content of the quantum dots. (c) Quantum efficiency is changed according to the time of QD/PMMA hybrid sol.

까지 조절하여 QD/PMMA 하이브리드 졸 용액을 제조한 결과 고농도까지 분산이 잘 이루어 졌으며, 이 결과를 바탕으로 발광파장 627nm 양자점의 함량을 19mg에서 190mg까지 조절한 QD/PMMA 하이브리드 졸 용액을 제조하고 PL을 측정된 결과는 그림 2와 같다.

양자점의 함량이 적을때는 PL의 변화가 크지 않았으나 57mg이상의 함량에서 PL의 변화가 크게 관찰되었고 양자점의 함량에 비례하여 PL의 강도가 증가하는 것을 확인 할 수 있었으며, QD/PMMA 하이브리드 졸 용액의 분산 안정성을 확인하기 위하여 30일 경과까지 양자효율을 측정된 결과 양자효율의 변화가 1% 이내로 안정함을 확인할 수 있었다.

양자점 함량에 따라 제조된 QD/PMMA 하이브리드 졸을 이용하여 바코팅 방법으로 양자점 필름을 제작하였다. 양자점의 함량은 각각 19mg, 57mg, 76mg, 95mg으로 하였으며, 제작된 양자점 하이브리드 필름을 455nm의 발광파장을 갖는 LED 상부에 필름을 위치시키고 측정된 PL은 그림 3과 같다. 양자점 함유량이 증가함에 따라 양자점 고유의 파장 영역에서 PL 피크가 점점 크게 나타남을 확인할 수 있었고, 반치폭(FWHM, full width at half maximum)도 잘 유지됨을 확인할 수 있었다. 디스플레이 기기에서 발광파장의 반치폭은 색재현 특성에 있어서 아주 중요한 요소이다. 본 실험 결과에서 확인한 바와 같이 양자점 함유량에 따라 양자점 하이브리드 필름을 제조하고, 휘도가 증가함에도 반치폭이 유지되는 것은, 색재현성이 우수한 광특성을 갖는

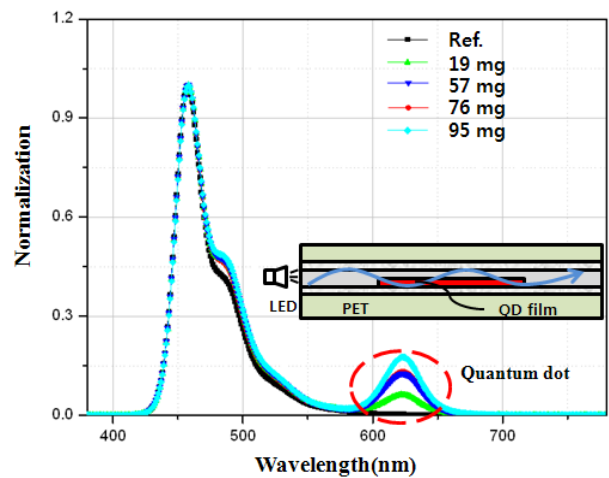


그림 3. 양자점 함량에 LED 발광 스펙트럼 변화

Fig. 3. PL spectrum was changed with according to content of quantum dots.

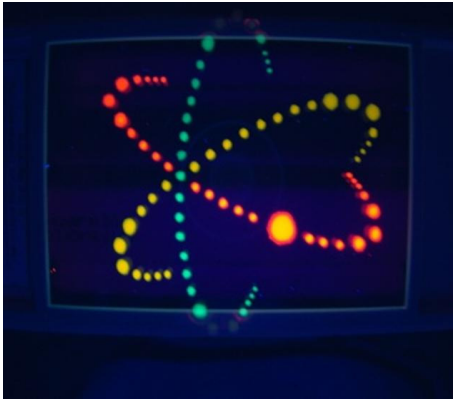


그림 4. 양자점 디스플레이
Fig. 4. quantum dot display.

Back Light Unit(BLU)의 제작이 가능하다는 것을 알 수 있는 결과이다.

그림 4는 양자점을 이용한 디스플레이 적용 이미지이다. 다양한 발광 파장을 갖는 양자점을 이용하여 이미지를 구현한 것으로써, 이는 LED 광원의 디스플레이 기기에 양자점을 필름형태로 부착하였을 때, 광변환 필름으로 이용이 가능하리라 여겨진다.

IV. Conclusion

본 논문에서는 CdSe/ZnS 양자점을 합성하고, 이를 PMMA에 혼합 분산하여 QD/PMMA 하이브리드 졸을 제조하였다. 그리고 제조된 QD/PMMA 하이브리드 졸을 이용하여 QD 필름을 제조하고 디스플레이 기기에 적용 가능성을 확인하였다.

그 결과 QD/PMMA 하이브리드 졸의 분산안정성 및 양자점의 특성변화가 30일까지 안정되게 유지됨을 확인할 수 있었으며, 이를 필름으로 제작하였을 경우 양자점의 함유량에 따라 디스플레이의 색좌표를 변환시킬 수 있음을 확인하였다. 이는 기존 디스플레이 기기의 BLU로써 양자점 필름이 적용가능하며, 새로운 고성능 나노물질로써 양자점의 디스플레이 적용 가능성을 확인할 수 있었다.

REFERENCES

[1] Y. Li, A. Rizzo, R. Cingolani, and G. Gigli, "Bright White-Light-Emitting Device from Ternary Nanocrystal Composites," *Adv. Mater.*,

- vol.18, no.19, pp.2545-2548, 2006.
- [2] J. Lim, S. Jun, E. Jang, H. Baik, H. Kim, and J. Cho, "Preparation of Highly Luminescent Nanocrystals and Their Application to Light-Emitting Diodes," *Adv. Mater.*, vol.19, no.15, pp.1927 - 1932, 2007.
- [3] W. K. Bae, J. Kwak, J. W. Park, K. Char, C. Lee, and S. Lee, "Highly Efficient Green-Light-Emitting Diodes Based on CdSe@ZnS Quantum Dots with a Chemical-Composition Gradient," *Adv. Mater.*, vol.21, no.17, pp.1690 - 1694, 2009.
- [4] J.W. Kim, J. E. Oh, S. C. Hong, "Studies on long-wavelength infrared detector using multiple stacked InAs Quantum dot Layers, 대한전자공학 회논문지, 제37권, SD편, 제8호, pp. 42-47, 2000
- [5] P. O. Anikeeva, J. E. Halpert, M. G. Bawendi, and V. Bulović, "Quantum Dot Light-Emitting Devices with Electroluminescence Tunable over the Entire Visible Spectrum," *Nano Lett.*, vol.9, no.7, pp.2532 - 2536, 2009.
- [6] E. Jang, S. Jun, H. Jang, J. Lim, B. Kim, and Y. Kim, "White-Light-Emitting Diodes with Quantum Dot Color Converters for Display Backlights," *Adv. Mater.*, vol.22, no.28, pp.3076 - 3080, 2010.
- [7] K. Kim, J. Y. Woo, S. Jeong, and C.S. Han, "Photoenhancement of a Quantum Dot Nanocomposite via UV Annealing and Its Application to White LEDs," *Adv. Mater.*, vol.23, no.7, pp.911 - 914, 2011.
- [8] J. Y. Woo, J. Lee, H. Lee, N. Lee, J. H. Oh, Y. R. Do, and C. S. Han, "Visible cathodoluminescence of quantum dot films by direct irradiation of electron beam and its materialization as a field emission device", *OPTICS EXPRESS*, vol. 21, no. 10, pp.12519-12516, 2013

— 저 자 소 개 —



조 수 영(정회원)

1993년 동신대학교 공과대학
전기공학과 학사 졸업.
1998년 동신대학교 대학원 전기
전자공학과 석사 졸업.
2004년 동신대학교 대학원 전기전
자공학과 전기전자재료
전공 박사 졸업.

<주관심분야 : Quantum Dot, LED, BLU, Display>



송 진 원(학생회원)

1999년 동신대학교 공과대학
전기공학과 학사 졸업.
2001년 동신대학교 대학원 전기
전자공학과 석사 졸업.
2005년 ~ 現 에코플렉스 연구소장

<주관심분야 : Quantum Dot, LED, BLU, Display>