

Quantum dots 을 이용한 White LED 의 제작 및 특성 평가

Fabrication and Evaluation of the properties of White LED using Quantum dots

*홍현국¹, #김영주², 신민호¹

*Hyun-Guk Hong¹, #Young-Joo Kim(yjkim40@yonsei.ac.kr)² and Min-Ho Shin¹

¹연세대학교 대학원 기계공학과, ²연세대학교 기계공학부

Key words : White LED, Quantum dots, Quantum efficiency

1. 서론

LED(Light-Emitting-Diode) p-n 접합 다이오드의 일종으로, 순방향으로 전압이 걸릴 때 단파장광(monochromatic light)이 방출되는 현상인 전기발광효과(electroluminescence)를 이용한 반도체 소자이다. LED 는 형광등보다 발광효율이 높고 전력 소모가 적으며 수은 등 환경 유해물질을 사용하지 않아 친환경적 고체 디바이스로 차세대 광원으로 각광 받고 있다. 현재 백색 LED 제작방법은 단일 칩 형태의 방법으로는 Blue LED 및 UV LED 칩 위에 형광체를 도포하여 백색을 만드는 2 가지 방법과 R, G, B 세 개의 LED 칩을 조합하여 백색을 얻는 2 가지 방법 총 4 가지 방법으로 백색 LED 를 구현 하고 있다. 형광체를 이용한 최초의 백색 LED 구조는 Blue 를 여기광으로 사용하여 YAG(Yttrium Aluminum Garnet)의 황색 형광을 이용하는 방법이다. 이 방법은 구조가 단순하고 제조단가가 저렴하며, 발광효율이 우수하여 많이 사용 되고 있다. 그러나 형광체 원천 특허 문제로 특정 회사가 독점하고 있는 실정이다. 이 방법의 단점으로는 청색과 황색의 파장간격이 넓어 색분리가 일어 나고 색차표가 동일한 백색 LED 생산의 어려움이 있다는 것과 연색성이 좋지 못한 것이 가장 큰 문제점이다. 이외 3 가지 백색 LED 구현 방법은 상용화 단계에는 미치지 못하고 있다. [1] 본 연구에서는 Quantum dots(이하 QD)을 이용하여 White LED 를 제작하여 특성을 평가 하였다. 기존 형광체의 여기 스펙트럼을 분석하면 청색 파장 영역인 400nm~470nm 에서

강한 흡수가 일어나 황색으로 전환 시키지만 근자외선 영역인 300nm~400nm 에서는 황색으로 전환하는 특성이 거의 나타나지 않는다. 그러나 QD 의 경우 근자외선 영역부터 청색 파장 영역까지 강한 흡수가 일어나며, 이에 양자변환 효율도 우수하다. 또한 Quantum confinement effect 에 의해 발생한 발광파장은 QD 의 사이즈 제어를 통한 다양한 발광파장대의 생성이 가능하며 이때 생성된 발광파장은 좁은 Bandwidth 를 갖는다. 이에 QD 의 다양한 발광 파장대와 좁은 발광파장을 이용하여 연색성이 우수한 백색 LED 제작 평가 하였다.

2. Quantum dot 의 흡수, 발광대역 분석 및 양자효율 측정

본 연구에서는 크기가 다른 4 종류의 QD 의 흡수 및 발광 스펙트럼을 측정 분석하였다. QD 의 변환 파장대 Fig.1 의 측정결과 그래프를 분석하면, QD 의 크기에 따라 흡수 파장대는 자외선 영역에서부터 약 600nm 까지 흡수 하는 것을 볼 수 있으며 최대 흡수 파장대는 304nm~370nm 이며, 발광 파장대 즉 QD 에 의해 conversion 된 발광은 QD 의 크기에 따라 530nm, 560nm, 580nm, 620nm 으로 변환 되어 나오고 있다.

양자변환 효율 측정 결과 Table.1 과 같은 결과를 얻었다. 본 실험에서는 양자점의 기본 특성을 분석 하였고, 백색 LED 구현을 위한 양자점의 크기, 농도, 박막의 두께에 대한 연구도 진행하였다.

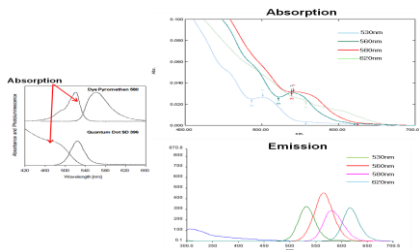


Fig. 1 absorption spectra and emission spectra of our QD

Table. 1 External and internal Quantum efficiency of QD solution

Model	External Quantum Efficiency	Internal Quantum Efficiency
530	54.3%	68.6%
560	53.7%	68.0%
580	47.0%	55.1%
620	36.8%	46.5%

3. Quantum dot 을 이용한 White LED 제작 및 평가

다양한 크기의 QD 은 각 크기별 발광 파장대가 정해진다. 본 연구에서 사용된 4 종류의 QD 을 사용하여 White LED 를 제작 하였다. 제작 방법으로는 첫번째, 폴리머와 4 종류의 QD 을 농도를 달리 하여 혼합한 White LED 용 QD 형광체를 준비하여 LED 칩 위에 직접 도포하여 샘플을 제작. 두번째, 폴리머와 4 종류의 QD 을 layer-by-layer 방법으로 각각의 박막을 제작 하였다.^[2] Fig. 2 에서 우측 상단의 샘플은 첫번째 방법으로 제작 되어진 각 파장대별 LED 이며, 우측 하단의 샘플은 두번째 방법으로 제작된 박막형 QD 필름이다.

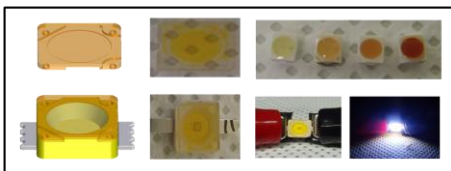


Fig. 2 White LED configuration with QD layer. Thin film method and dispensing method
이때 두번째 방법으로 제작된 White LED 의

경우 양자점의 reabsorption 에 의한 효율 저하를 고려 하여 각 파장대의 배열이 중요하며, 본 연구에서 사용된 4 종류의 QD 에서 장파장대의 발광대역을 갖는 필름이 가장 하단에 가도록 배열 하였다

4. 결론

QD 을 이용하여 연색성이 우수한 White LED 를 제작하기 위한 기초 연구를 진행하였다. Fig.3 은 QD 의 혼합비에 따른 스펙트럼이며, 최종 White LED 를 제작하여 평가 하였다. 스펙트럼 색좌표(0.2716,0.2412), Tc=20619K 의 결과를 획득 하였다. 연색성이 우수한 White LED 의 제작을 위해서는 다양한 파장대의 QD 을 이용하여 최적의 농도 및 혼합비를 찾는다면 가능할 것으로 사료 되며, 최상의 결과를 위해 계속 연구중에 있다.

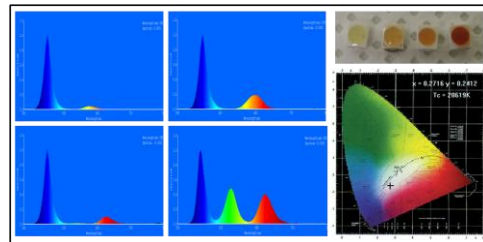


Fig. 3 Electroluminescence spectra of a dual combination of green(530nm) and red(620nm) QD film with blue LED

후기

본 연구는 지식경제부의 산업원천기술개발사업 “나노양자점 형광체 기반 차세대 LED 모듈 개발”의 3 세부 “고효율 나노형광체 구조 설계 및 미세도포 기술”의 지원으로 수행됨.

참고문헌

1. 김창해 “LED 용 형광체 기술”, 2009
2. S Nizamoglu, T Ozel, E Sari and H V Demir, “White light generation using CdSe/ZnS core-shell nanocrystals hybridized with InGaN/GaN light emitting diodes”, Nanotechnology 18, 5pp, 2007.