

고 효율 2파장 백색 유기 발광 소자의 발광 특성

이운규, 오용준, 고영욱*
국립한밭대학교, KDT(주)*

Properties of high efficiency 2-λ white organic light emitting diode

Oun-Gyu Lee, Young-Jun Oh, Young-Wook Ko*
Hanbat National Univ., KDT Corp.*

Abstract : In order to develop high efficiency white organic light-emitting diodes (OLEDs), OLED devices consisted of red and blue emitting layers (EMLs) were fabricated and the effect of respective layer thickness and the order of layer stacking on the luminous efficiency was evaluated. Red/blue structure showed higher efficiency than blue/red, due to the higher exciton formation in the blue layer of red/blue structure. However, the efficiency of the red/blue significantly depended on the thickness of the red layer, whereas the thickness of the blue layer was not affect so much. The optimum thickness of the red layer was 20 Å, where the luminous and power efficiencies were 15.5 cd/A and 10.51 lm/W at 1000~3000cd/m² respectively and the maximum luminance was about 80,000 cd/m².

Key Words : OLED, EML, Luminous efficiency, color filter

1. 서론

OLED는 디스플레이영역 뿐만 아니라 조명 및 BLU로 활발히 연구되고 있다. 특히 미국과 일본의 업체에서 조명용 OLED의 활발한 연구개발을 하고 있으며, 일본의 Toyota, Stanley, EMS등의 업체에서 BLU용 OLED를 활발히 연구 개발하고 있다. LCD용 BLU를 OLED로 제작하면 기존의 광학적인 부품인 도광판, 반사시트, 확산시트, 프리즘 시트, 보호시트 등을 사용하지 않아 원가절감을 기대할 수 있다. LCD용 BLU의 휘도는 2,500 cd/m² 이상을 요구한다. 일반적으로 백색 OLED를 이용하여 BLU를 제작할 경우 수명이 약 5,000 시간밖에 안 되는 단점을 가지고 있다. 이를 해결하고자 구동 전압 감소, 발광 효율 증가를 위한 많은 연구들이 진행 되고 있다.

본 연구에서는 기존 2파장 백색 유기 소자의 효율을 높이고 소비 전력과 색변화가 적은 고효율 백색광을 만들기 위해, 발광층(EML)과 전자수송층(ETL)에 변화를 준 소자를 제작하고, 전기적, 광학적 특성을 조사하였다.

2. 실험

ITO글라스 위에 PR(positive photoresist)를 도포 후 노광 및 에칭 공정을 수행하여 패터된 ITO글라스를 얻고, 패터된 ITO글라스에 PR를 도포한 후, 노광 및 PR제거로 유기물이 증착될 2mm×2mm의 발광영역으로 만들 부분과 음전극 contact부위의 ITO를 드러나게 insulator패턴을 완성하였다. 기판을 열 증착기에 장착 후 다층 박막으로 증착하여 White OLED소자를 제작하였다. 실험은 크게 세 종류로 나누어 진행되었다.

실험1: 2파장 White 소자의 2개의 발광층 순서는 device A의 경우 Red(100:1wt%)/Blue(300:2.5wt%)로 하였고 (광효

율은 host: dopant 비), device B의 경우 Blue(100:2.5wt%)/Red(300:1wt%)구조로 제작하였다. 나머지 층들은 공통적으로 정공수송층 700 Å, 정공수송층 200 Å, 전자수송층 (Alq3) 200 Å, 완충층 7 Å 및 음전극 1500 Å의 두께로 동일하게 두 개의 소자를 제작하여 Red/Blue와 Blue/Red 효율 및 스펙트럼을 비교하였다.

실험2: 전자 수송층으로 Alq3보다 전자주입이 좋은 BeBq2를 Red/Blue구조에 대해 적용하는 실험을 수행하였다. 이때, Red 발광층의 두께는 Device C의 경우 20 Å, Device D는 30 Å, Device E는 40 Å, Device F는 50 Å으로 변화 시켰고, Blue층의 두께는 350 Å으로 고정 시켰다. 각 기능층은 실험1과 동일한 두께로 제작하고, 전자 수송층을 Alq3에서 BeBq2로 바꾸어 소자를 제작하였다. BeBq2의 두께는 200 Å으로 하였으며, EML층은 Red/Blue의 순서로 증착하여 효율 및 스펙트럼을 비교하였다.

실험3: 전자 수송층에 BeBq2를 사용하고, 각 기능층은 실험1과 동일하게 증착하였으며, Red발광층의 두께를 50 Å으로 고정 후 Blue층의 두께를 변화시켰다. Device G의 경우 350 Å, Device H의 경우 400 Å, Device I의 경우 450 Å, Device J의 경우 500 Å 바꾸어 효율 및 white tuning 실험을 수행하였다. 소자 특성 관찰은 Keithley2400(전원공급 장치)를 이용하여 광학적, 전기적 특성을 측정하기 위하여 미놀타 CS1000A과 CS100A를 연동하여 EL스펙트럼과 IVL, 효율을 관찰 하였다.

3. 결과 및 검토

그림 1은 device A와 device B의 결과를 비교하고 있다. device A가 M.E(cd/A)값이 11cd/A의 값으로 device B(8cd/A)보다 높은 효율을 보인다. 이는 일반적으로 Blue층의 효율이 Red층의 효율 보다 높기 때문에, 엑시톤 형성이 device A에서는 효율이 좋은 Blue층에서 주로 일어났

으며, device B에서는 상대적으로 효율이 낮은 Red층에서 엑시톤 형성이 주를 이루고 있기 때문에 판단된다. 또한 Device A는 Blue층에서 형성된 Blue 에너지에 의해 Red층으로의 에너지 전달이 발생하며, 이로 인해 device A의 Red 스펙트럼이 device B보다 높게 나타난 것으로 판단된다.(그림 2)

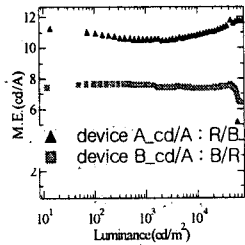


Fig. 1. The efficiency of Device A and B

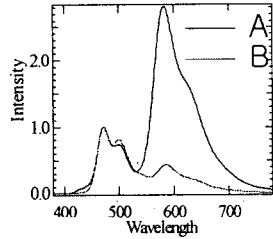


Fig. 2. The normalized EL spectra of devices A and B

그림 3은 전자수송층으로 BeBq2를 사용한 상태에서 Red층의 두께를 20 Å에서 50 Å으로 증가시키면서 얻은 효율을 비교하고 있다. Red의 두께가 두꺼울수록 Red 스펙트럼이 증가하고 있다. 이는 Red층의 두께가 증가하면서 Blue로부터의 에너지 전달이 커지고 엑시톤 생성이 증대된 때문으로 보인다. Red층의 두께가 20 Å인 Device C의 경우 엑시톤은 주로 Blue층에서 형성됨으로 인해 색좌표는 CIExy(0.32, 0.38)로 White 색좌표를 보였고, 효율은 15.5cd/A로서, ETL로 Alq3를 사용한 White소자의 효율 (11.5cd/A)보다 상당히 높은 효율을 보였다.(그림 3) 이는 LOMO레벨과 음극간의 장벽이 낮아 전자 주입이 증대되어 발광층에서 엑시톤이 더 많이 생성되기 때문으로 판단된다.

Red층이 50 Å일때 색좌표는 CIExy(0.39, 0.39)로 색온도 4000K의 색좌표를 나타내며, 20 Å에 비해 효율이 낮게 나타났다. 이는 Red층에서 형성되는 엑시톤 양이 증가함으로 인해 Blue층의 엑시톤 양이 줄면서 일어난 것으로 보인다.

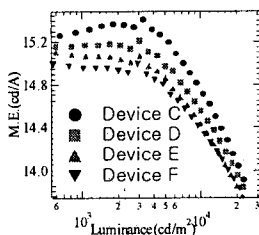


Fig. 3. The efficiency of devices C to F.

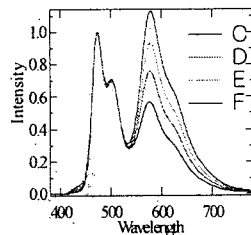


Fig. 4. The normalized EL spectra of devices C to F.

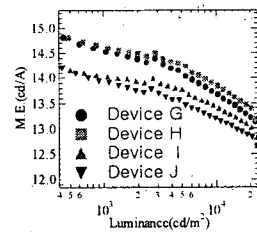


Fig. 5. The efficiency of devices G to J.

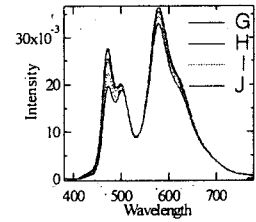


Fig. 6. The EL spectra of devices G to J.

그림 5와 6은 각각 Red/Blue구조에서 Blue층의 두께 변화에 따른 효과를 평가한 결과이다. 색좌표는 CIExy(0.38, 0.39)이고, Blue층의 두께가 증가하면서 Blue 스펙트럼이 감소하며 소자 효율이 감소하는 현상을 보였다. 이는 microcavity에 의한 효과로 소자 두께가 변하면서 A1에서 반사되는 광에 의해 파장 변화가 생겼기 때문이다.

4. 결론

본 연구에서는 고 효율의 OLED 백색소자를 제작하기 위해 다양한 구조의 적색과 청색 발광층을 갖는 소자를 제작하였다. 적/청 구조(11cd/A)가 청/적(8cd/A)구조에 비하여 효율이 높았는데, 그 이유는 효율이 좋은 Blue층에서 엑시톤이 더 많이 형성된 것과 관련이 있었다.

전자주입층으로 BeBq2를 사용한 적/청 구조에서 일정한 Red층 두께에서 Blue층의 두께를 변화시킨 결과, 적절한 White tuning을 얻을 수 없었다. 반면에 Red층의 경우 두께를 감소시킬수록 백색의 색좌표로 이동하는 효과가 컸다. Red층의 두께가 20 Å 일때, 발광 효율과 전력 효율이 각각 15.5cd/A, 10.5lm/W at 1000~3000cd/m²로 높았고, 색좌표는 (0.32, 0.38)로 LCD White BLU나 조명에 적용할 수 있는 효율이 높은 소자를 얻을 수 있었다.

참고 문헌

- [1] J. Kido and Y. Lizumi, *Appl. Phys. Lett.* 73, 2721 (1998)
- [2] L. S. Hung, C. W. Tang, and M. G. Mason, *Appl. Phys. Lett.* 70, 152 (1997)
- [3] V. Bulović, A. Shoustikov, M. A. Baldo, E. Bose, V. G. Kozlov, M. E. Thompson, S. R. Forrest, *Chem. Phys. Lett.* 287, 455(1998)
- [4] B. W. D'Andrade, J. Brooks, V. Adamovich, M. E. Thompson and S. R. Forrest, *Adv. Mater.* 14, 1032 (2002)