

# New ETL 층에 의한 저전압 구동 백색 발광 OLED

김태용, 서원규, 문대규  
순천향대학교

## Low voltage driving white OLED with new electron transport layer

Tae-yong Kim, Won-kyu Suh, Dae-gyu Moon  
Soonchunhyang University

**Abstract :** We have developed low voltage driving white organic light emitting diode with new electron transport layer. The with light emission was realized with a yellow dopant, rubrene and blue-emitting DPVBi layer. The new electron transport layer results in very high current density at low voltage, causing a reduction of driving voltage. The device with new electron transport layer shows a brightness of 1000 cd/m<sup>2</sup> at 4.3 V.

**Key Words :** Organic Light Emitting Diode, Electron transport layer, Low voltage driving

### 1. 서 론

백색 OLED (Organic Light Emitting Diode)는 고해상도 대면적 디스플레이에 적합하고, 고휘도 면광원으로 사용할 수 있어 최근 각광받고 있다 [1]. 전력효율(power efficiency)이 높은 백색 OLED 구현은 이들 응용에 있어서 필수적이다. 고효율의 백색 OLED 구현을 위해서는 양자 효율(quantum efficiency)이 높아야하고, 구동전압이 낮아야 한다. OLED의 양자효율은 단일항 여기자(singlet exciton)와 삼중항 여기자가 모두 발광에 기여할 수 있는 인광발광재료를 이용함에 의해 향상될 수 있다. 하지만, OLED는 구동전압이 반도체 LED에 비하여 높아 전력효율이 높은 소자의 제작에 한계가 있어, 구동전압이 낮은 OLED의 제작이 필요하다.

OLED의 휘도는 전류효율(current efficiency) 및 전류밀도에 의해 표시되므로 낮은 전압에서 높은 휘도를 구현하기 위해선 전류효율 및 전류밀도가 커야한다. 전류효율은 양자효율에 비례하므로 인광재료를 이용하여 높은 전류효율을 얻을 수 있으나, OLED의 전기전도 특성은 경쟁 기술인 무기반도체만큼 좋지 않아 전류밀도의 향상은 저전압 구동 OLED의 실현에 필수적인 요소라고 할 수 있다. OLED에서 전기전도는 전하의 주입 및 이동에 의해 좌우된다. 특히 전자수송재료의 낮은 이동도는 구동전압을 저하시키는 요인이 되고 있다.

따라서 본 연구에서는 전자이동특성이 우수한 전자수송재료를 이용하여 구동전압이 낮은 백색 OLED를 제작하고 이의 특성을 조사하였다.

### 2. 실험

먼저항 10 Ω/□의 ITO가 코팅된 유리 기판을 이용하여 OLED를 제작하였다. OLED의 양극 패턴을 형성하기 위해 phtolithography 공정을 이용하여 ITO 패턴을 형성하였다.

이후 isopropyl alcohol를 이용하여 세정한 후 ITO 표면을 플라즈마 처리하였다. 이 후 진공증착을 이용하여 유기물을 증착하였다. 정공주입층으로 15 nm의 2-TNATA를 진공증착한 후, 정공수송층으로 3 nm의 α-NPD를 진공증착하였다. 5 nm의 DPVBi를 진공증착하고, 10 nm의 DPVBi를 황색 도판트인 rubrene과 동시에 진공증착한 후 25 nm의 DPVBi를 진공증착하였다. 이후 60 nm의 전자수송층을 진공증착하고 LiF 및 Al을 순차적으로 진공증착하여 OLED를 완성하였다. 완성된 OLED는 대기 중에 노출시키지 않고 질소분위기의 glove box에서 봉지하여 외부의 수분 혹은 산소를 차단하도록 하였다. 유기물과 금속을 증착하기 위한 진공도는 10<sup>-6</sup> torr였으며, 유기물의 증착속도는 약 0.1 nm/s, 금속의 증착속도는 약 10 nm/s 였다. 제작된 OLED는 전류밀도-전압-휘도 특성의 측정을 위하여 Keithley 2004 Source/Meter 및 Minolta CS1000 spectroradiometer, Minolta 100 휘도계를 이용하였다. 소자의 EL 스펙트럼 또한 CS1000 spectroradiometer를 이용하여 측정하였다.

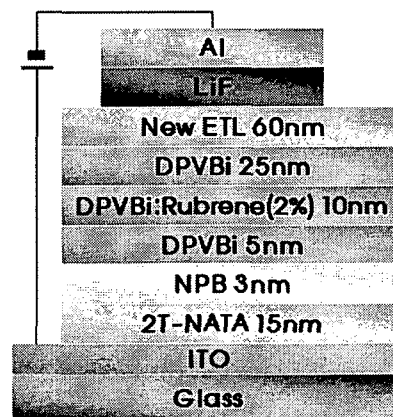


그림 1. 실험에서 사용한 OLED의 구조

### 3. 결과 및 검토

그림 2에 제작된 백색 OLED 소자의 구동전압에 따른 휘도 특성을 나타내었다. 소자의 turn on voltage ( $1 \text{ cd/m}^2$ 의 휘도를 위한 전압)는 약 2.7 V로 낮았다. 소자의 휘도는 구동전압이 증가함에 따라 급격하게 증가하여 3.2 V에서  $100 \text{ cd/m}^2$ 의 휘도를 나타내었다. 또한 4.3 V에서  $1150 \text{ cd/m}^2$ 의 구동전압을 나타내었다. 따라서 새로운 전자수송층을 사용한 OLED 소자는 낮은 전압에서 높은 휘도를 구현할 수 있음을 알 수 있다. 이는 낮은 전압에서 높은 전류밀도로 인해서이다. 소자의 전류밀도는 4 V에서  $20 \text{ mA/cm}^2$  이상으로 아주 높았다. 이는 전자수송층의 전자 이동도가 아주 높으며 전자의 주입에 대한 장벽이 아주 낮기 때문으로 사료된다.

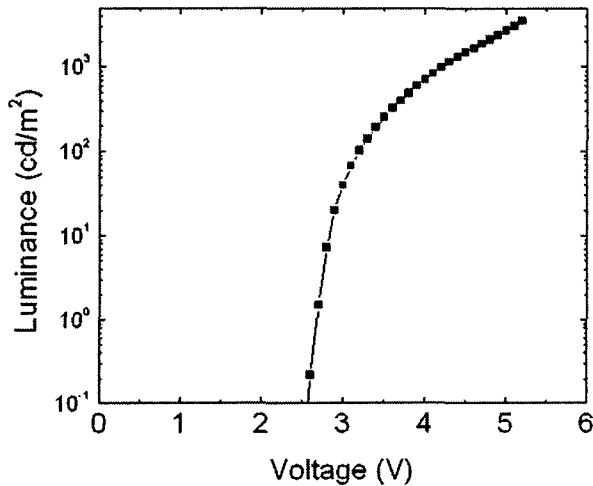


그림 2. 제조된 시편의 미세구조.

그림 3는 제작된 백색 OLED의 구동전압에 따른 EL 스펙트럼 변화를 나타낸 것이다. 소자는 DPVBi로 부터의 발광으로 인하여 약 450 nm의 파장에서 청색 발광이 나타남을 볼 수 있으며, rubrene로부터의 발광으로 인하여 약 550 nm의 파장에서 녹색 발광이 나타나는 것을 볼 수 있다. 백색 OLED의 발광 스펙트럼은 구동전압의 변화에 따라 크게 변하지 않아 구동전압 변화에 상관없이 안정한 백색이 구현되는 것을 알 수 있다.

그림 4에 백색 OLED의 구동전압에 따른 색좌표 변화를 나타내었다. 구동전압 3.1 V에서 소자의 색좌표는 (0.26, 0.32)였으며, 3.6 V의 전압에서 색좌표는 (0.27, 0.32)였고, 4.6 V의 구동전압에서 색좌표는 (0.28, 0.32)로 안정한 백색이 구현되는 것을 알 수 있다. 소자의 백색 발광색은 약간 청색에 가까웠다. 이는 rubrene로부터의 발광보다는 DPVBi로부터는 발광이 강하여서 나타나며, rubrene의 도핑 농도를 조절하여 발광 스펙트럼 및 백색의 색온도 범위를 조절할 수 있다.

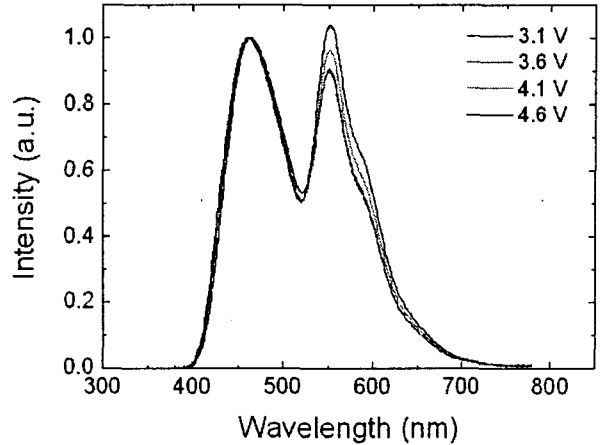


그림 3. 도펀트 첨가량에 따른 시편의 XRD 모양.

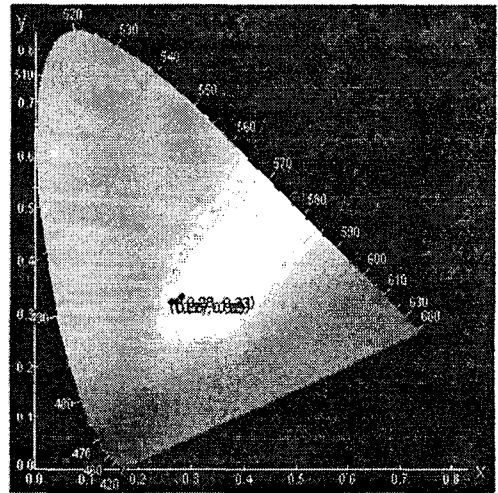


그림 4. 도펀트 첨가량에 따른 시편의 XRD 모양.

### 4. 결론

본 연구에서는 새로운 전자수송층을 이용하여 구동전압에 따른 색좌표 변화가 적고, 낮은 구동전압에서 높은 휘도의 구현이 가능한 백색 OLED 소자를 제작하였다. 새로운 전자수송층은 전자 이동특성 및 주입특성이 좋아 구동전압이 낮은 소자의 구현이 가능하였다.

### 참고 문헌

- [1] E. L. Williams, K. H. Haavisto, J. Li, and G. E. Jabbour, *Adv. Mater.*, Vol. 19, p.197, 2007.
- [2] M. Li, W. Li, J. Niu, B. Chu, B. Li, X. Sun, Z. Zhang, Z. Hu, *Solid State Electron* Vol. 49, p.1956, 2005.