

# 유기물층 두께변화에 따른 유기 발광 소자의 전기적 및 광학적 특성

안희철, 주현우, 나수환, 한원근, 김태완  
홍익대학교

## Organic-layer thickness dependent electrical and optical properties of organic light-emitting diodes

Hui Chul An, Su Hwan Na, Hyun Woo Joo, Wone Keun Han and Tae Wan Kim  
Hongik Univ.

**Abstract :** We have studied an organic layer-thickness dependent electrical and optical properties of organic light-emitting diodes in a device structure of ITO/TPD/Alq<sub>3</sub>/LiF/Al. While a hole-transport layer thickness of TPD was varied from 35 to 65nm, an emissive layer thickness of Alq<sub>3</sub> was varied from 50 to 100nm. A ratio of those two layers was kept to about 2:3. Variation of the layer thickness changes a traverse time of injected carriers across the organic layer, so that it may affect on the chance of probability of exciton formation. Current-voltage-luminance characteristics of the devices show that there are typical rectifying behaviors, and the luminance reaches about 30,000cd/m<sup>2</sup>. Thickness-dependent current efficiency shows that there is a gradual increase of the efficiency as the total layer thickness increases. The efficiency becomes saturated to be about 10cd/A when the total thickness is above 140nm. They show that emission was from the Alq<sub>3</sub> layer, because the peak wavelength is about 525nm. View angle-dependent emission spectra show that the emission intensity decreases as the angle increases.

**Key Words :** Alq<sub>3</sub>, spectrum

### 1. 서론

유기 발광 소자는 1960년대 분자 반도체 단결정에서 전계 발광 현상이 발견된 것을 비롯해 1970년대 증착을 통한 박막 개념의 소자에서, 1980년대 중반 Eastman Kodak의 Ching Tang과 Steve Van Slyke에 의해 본격적인 연구가 계속되어 오고 있다. 유기 발광 소자는 낮은 구동전압과 소비 전력, 빠른 응답 속도와 고 휘도의 균일한 밝기를 구현하며, 고해상도의 색 순도가 좋은 면광원의 자발광 디스플레이로서 경박 초박형의 차세대 디스플레이이다. 유기 발광 소자는 음극과 양극에서 각각 주입층과 수송층에 의해 이동한 전자와 정공이 발광층에서 만나 높은 에너지를 갖는 여기자를 생성한 후 여기자가 낮은 에너지로 떨어지면서 빛을 발생하게 된다. 이때 소자를 구성하는 유기 물질과 유기물층의 두께는 소자의 전기적, 광학적 특성에 집적적인 영향을 미친다. 본 논문에서는 유기물층의 두께를 변화하여 소자의 전기적 특성, 효율 그리고 각도에 따른 발광 스펙트럼을 비교 분석하여 TPD층과 Alq<sub>3</sub>층의 최적의 두께를 알아본다.

### 2. 실험

본 실험에서는 양(+) 전극으로 면 저항 10Ω/□과 170nm 두께의 패터닝된 ITO(폭 5mm)를 사용하였고, 소자 크기는 20x20mm이다. 패터닝된 ITO 위에 정공 수송층

은 [N,N'-diphenyl-N,N'-bis(3-methyl-phenyl)-1,1-biphenyl-4,4'-diamine] TPD를 발광층은 [tris-(8-hydroxy-quinoline)aluminium] Alq<sub>3</sub>를 2:3의 비율로 유기물 전체 두께를 80~160nm로 변화시켰고, 음 전극은 LiF/Al의 구조로 5x10<sup>-6</sup>Torr의 진공도에서 열증착하였다. 유기물의 증착 속도는 1.0 Å/s로 유지시켰으며 소자의 발광 면적은 15mm로 하였다. 소자의 구조는 Glass/ITO(170nm)/TPD(xnm)/Alq<sub>3</sub>m(ynm)/LiF(0.5nm)/Al(100nm)이다. 소자의 전압-전류 특성은 Keithley 236(source-measure unit)과 Keithley 617(electrometer)을 이용하여 측정하였다. 시야각 발광 스펙트럼은 Ocean Optics USB 2000을 이용하여 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

TPD와 Alq<sub>3</sub>박막의 총 두께가 85nm일 때 2.9V의 낮은 전압에서 Turn-on 하였고 유기물층의 총 두께가 증가할수록 구동 전압도 순차적으로 증가하였다. 그림 1에서 TPD의 박막 두께가 50nm, Alq<sub>3</sub>의 박막 두께가 70nm일 때 높은 발광 특성을 보였고, 최대 휘도는 약 32,000 cd/m<sup>2</sup>로써 상대적으로 높음을 알 수 있다.

그림 2는 전류밀도에 따른 전류 효율과 외부 양자 효율이다. TPD가 55nm 그리고 Alq<sub>3</sub>가 85nm일 때 전류 효율이 10cd/m<sup>2</sup>, 외부 양자 효율이 1.2%로 높았으며 구동전압이 낮았던 TPD 35nm, Alq<sub>3</sub> 40nm와 발광 휘도가 높았던 TPD 50nm, Alq<sub>3</sub> 70nm 는 전류 효율이 각각 7.8cd/A 8.5cd/A, 외부 양자 효율이 각각 0.91%, 0.99%로 발광

특성에 비해 상대적으로 낮게 나타났다. 그림 3은 TPD가 55nm 그리고 Alq<sub>3</sub>가 85nm일 때 시야각에 따른 빛의 스펙트럼과 극좌표로 매우 안정적임을 보였다. 시야각이 0°에서 유기물 두께(80nm, 100nm, 12nm, 140nm, 160nm)에 따른 최대 피크 파장은 각각 530nm, 528nm, 526nm, 524nm, 522nm로 파장이 변화함을 보였으며 이때 평균 반폭치 값은 95.6nm였다.

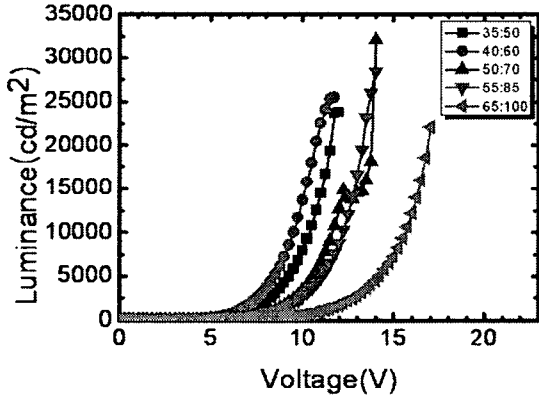


그림 1. TPD와 Alq<sub>3</sub>의 두께 변화에 따른 발광 특성.

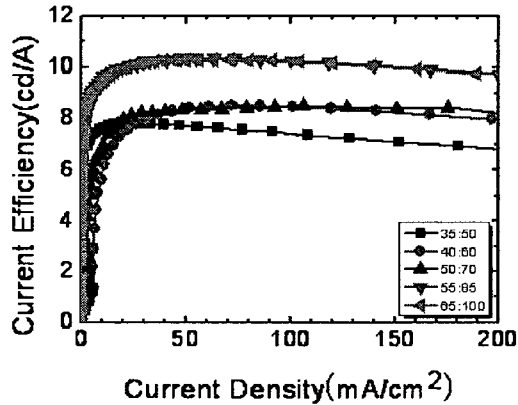


그림 2. TPD와 Alq<sub>3</sub>의 전류 밀도에 따른 효율 특성.

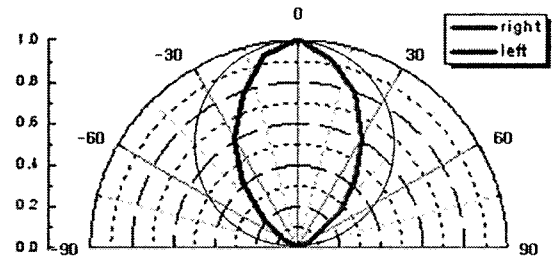
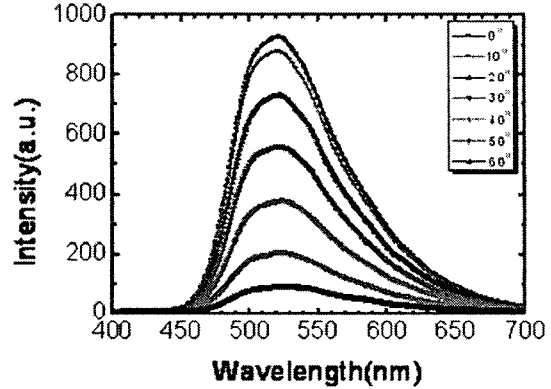
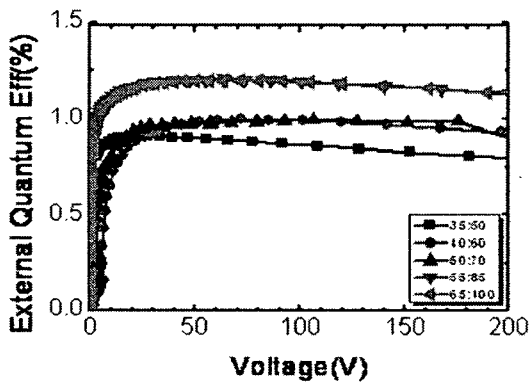


그림 3. TPD와 Alq<sub>3</sub>의 시야각 스펙트럼과 극좌표.

#### 4. 결론

TPD와 Alq<sub>3</sub>의 박막 두께를 변화하여 소자를 제작한 결과 TPD와 Alq<sub>3</sub>의 박막 두께의 변화에 따라 소자의 발광 특성이 변화하였고, TPD와 Alq<sub>3</sub>의 박막 두께가 50nm 70nm일때 32.000cd/m<sup>2</sup> 로 높게 나타났으며, 전류 효율은 TPD와 Alq<sub>3</sub>의 박막 두께가 55nm 85nm 일때 10.3cd/A 로 높게 나타났다. 이는 TPD와 Alq<sub>3</sub>의 총 박막 두께가 120nm~140nm 의 경우에 이러한 특성이 나타난다고 판단되며, 소자 제작시 TPD와 Alq<sub>3</sub>의 박막 두께의 조절이 필요할 것으로 예상된다. 또한, TPD와 Alq<sub>3</sub>의 박막 두께 변화시 시야각에 따른 파장의 피크가 520nm~530nm로 나타났으며 이때 반폭치값은 82nm~107nm로 나타났다. 이는 유기 발광 소자의 배면 발광 방식은 시야각에 따른 파장의 피크가 대체로 안정적이라 판단되며 유기물층의 두께를 조절하여 발광 스펙트럼과 전기적 특성 조절이 가능함을 알 수 있었다.

#### 참고 문헌

- [1] C. W. Tang and S. A. VanSlyke, *Appl. Phys. Lett.* 51, 913 (1987).
- [2] L. S. Hung, C. W. Tang, and M. G. Mason, *Appl. Phys. Lett.* 70, 152 (1997).
- [3] C. J. Lee, Y. I. Park, and J. W. Park, *Bull. Korea Chem. Soc.* 26, 9 (2005).