

유기발광소자의 전면 발광 특성

신은철, 박일흥, 이호식*, 조성오, 민항기, 김태완
홍익대학교, 동신대학교*

TOP-EMISSION CHARACTERISTICS OF ORGANIC LIGHT-EMITTING DIODES

Eun-Chul Shin, Il-Heung Park, Ho-Shik Lee*, Sung-Ho Cho, Hang-Gi Min, and Tae-Wan Kim
Hongik University, Dongshin University*

Abstract : We have fabricated top-emission organic light-emitting diodes in a structure of Glass/Al/2-TNATA/TPD/Alq₃/LiF/Al/Ag. By varying a film thickness of 2-TNATA and TPD, current efficiency, luminance efficiency, and viewing angle dependence of the device were measured. The top device using Alq₃ showed electroluminescent peak wavelengths of 522nm and 505nm at 0° and 60° viewing angles, respectively. It is thought that a microcavity effect affects on peak wavelength position for different viewing angles.

Key Words : TE-OLEDs, Transparent cathode, Top-emission Organic light-emitting diodes

1. 서론

유기발광소자(OLEDs)는 높은 해상도 등의 잇점을 갖는 소자이다. 이러한 높은 해상도의 구현을 위해서는 각 픽셀을 제어할 수 있는 TFT(Thin Film Transistors)가 필요하다. 유기발광소자의 발광방식은 배면발광방식과 전면발광방식의 두 가지로 나뉜다. 배면발광방식은 기판 아래로 빛을 내보내기 때문에 TFT 회로의 영향을 받아 개구율이 제한적이다. 일정 이상의 휘도를 낼 때 그에 따른 에너지가 더 소모되어 소자가 열화되기 쉽다. 반면에 전면발광방식은 기판의 반대 방향으로 빛을 내보내기 때문에 각 픽셀 당 TFT의 회로의 개수가 증가하여도 영향을 받지 않아, 개구율에 전혀 영향을 주지 않는 장점이 있다. 따라서, 마이크로 디스플레이를 구현할 수 있으며, 높은 해상도를 갖는 디스플레이를 제작할 수 있다. 전면발광방식에서 음 전극으로 빛을 내보내려면 전극이 투명해야 한다. 그러나 금속의 박막 두께를 얇게 할수록 투과도는 높으나 면저항이 높아지며, 박막 두께를 두껍게 할수록 투과도는 낮아지나, 면저항 값이 줄어드는 특성을 갖고 있다. 적절한 특성을 갖는 음극의 개발이 어렵기 때문에 유기물 위에 ITO등을 스퍼터링으로 증착시키는 방법이 있다. 이 방법 또한 유기 박막을 손상시켜, 효율 및 수명을 저하시킨다. 이러한 점을 해결하기 위해서는 Ca/Ag, Mg/Ag, 그리고 알카리 금속 등을 이용하는 방법이 있다. TE-OLEDs의 양(+) 전극에는 가시광선 영역에서 반사율이 높은 물질을 사용하며, 투명 음 전극은 가시광선 영역에서 광투과도가 높은 물질과 전기 전도도가 높은 재료를 사용하여야 한다. 본 논문에서는 TE-OLEDs를 제작하여 이의 전기적 특성 및 시야각에 따른 광학적 특성을 조사하였다.

2. 실험

본 실험에서는 유리 기판 크기를 20mm×20mm으로 자른 후, 반사형 양(+) 전극으로 Al을 사용하였고 박막 두께는 100nm, 폭은 5mm로 하였다. 패턴된 Al 박막 위에 정공주입층으로 4,4',4''tris[2-naphthyl(phenyl)amino]triphenylamine 2-TNATA를, 정공 수송층으로 [N,N'-diphenyl-N,N'-bis(3-methylphenyl)-1,1-biphenyl-4,4'-diamine]와, 발광층으로 [tris-(8-hydroxy-quinoline)aluminium] Alq₃를, 혼합 음 전극으로 LiF/Al/Ag의 구조를 가지고 5×10⁻⁶Torr의 진공도에서 열 증착하였다. 유기물의 증착 속도는 1.0 Å/s로 유지시켰으며 소자의 발광 면적은 3mm×5mm로 하였다. 그림 1은 Glass/Al(100nm)/2-TNATA(10nm)/TPD(30nm)/Alq₃(60nm)/LiF(0.5nm)/Al(1.5nm)/Ag(100nm)의 소자 구조를 나타내고 있다.

소자의 전압-전류 특성은 Keithley 236(source-measure unit)과 Keithley 617(electrometer)을 이용하여 측정하였다.

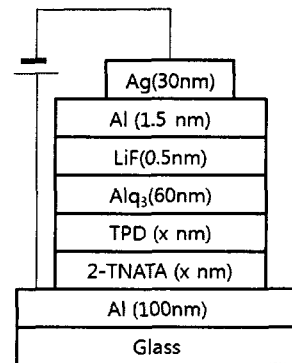


그림 1. TE-OLEDs의 소자 구조.

3. 결과 및 고찰

그림 2는 2-TNATA와 TPD의 박막 두께 변화에 따른 전압-전류밀도 특성 그림이다. 2-TNATA의 박막 두께가 10nm일 때와 TPD의 박막 두께가 10nm, 20nm, 30nm일 때 낮은 전압에서 구동하고 전류밀도가 높았으며, 2-TNATA와 TPD의 박막 두께의 합이 50nm 이상의 경우에는 구동전압이 높아졌다. 그림 3에서 2-TNATA와 TPD의 박막 두께가 10nm와 30nm일 때 높은 발광 특성을 보였고, 최대 휘도는 약 $8,000\text{cd/m}^2$ 로서 상대적으로 높음을 알 수 있다. 2-TNATA의 박막 두께가 10nm일 때 TPD의 박막 두께가 10nm와 20nm의 경우는 TPD 30nm의 경우보다 낮은 발광 특성을 보였다. 그 외 두께에서는 구동전압이 높아져도 발광 특성은 낮게 나타났다. 그림 4는 전류밀도에 따른 전류효율이다. 2-TNATA가 40nm, 그리고 TPD가 30nm일 때 효율이 약 3cd/A 로 높았으며, 2-TNATA 10nm, TPD 30nm일 때 효율이 약 2cd/A 로 발광 특성에 비해 상대적으로 낮게 나타났으나 전류밀도가 약 250mA/cm^2 이상일 경우에는 안정적으로 나타내었다. 그림 5는 TE-OLEDs의 시야각에 따른 빛의 세기이다. 각도가 0° 일 때 파장의 피크는 522nm 로 나타났으며, 30° , 40° , 60° 일 때 517nm , 512nm , 505nm 로 각각 나타났다. 0° 에서 60° 까지 변할 때 파장의 변화는 17nm 로 피크 파장이 blue-shift함을 보였다.

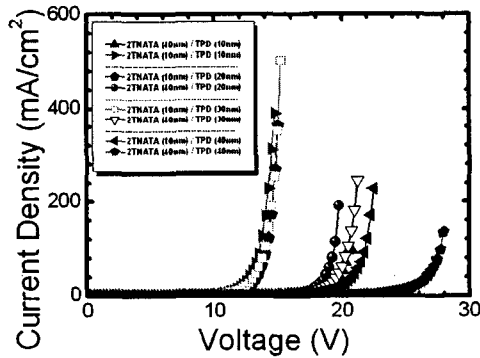


그림 2. 2-TNATA와 TPD의 두께 변화에 따른 전압-전류 특성.

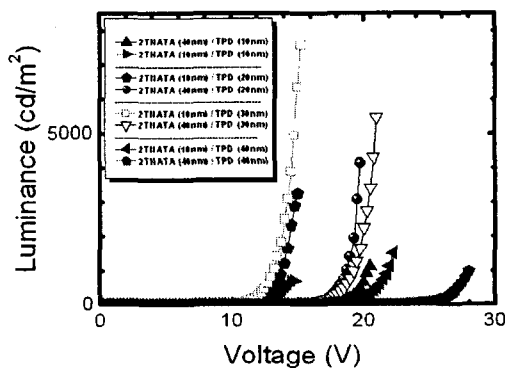


그림 3. 2-TNATA와 TPD의 두께 변화에 따른 발광 특성.

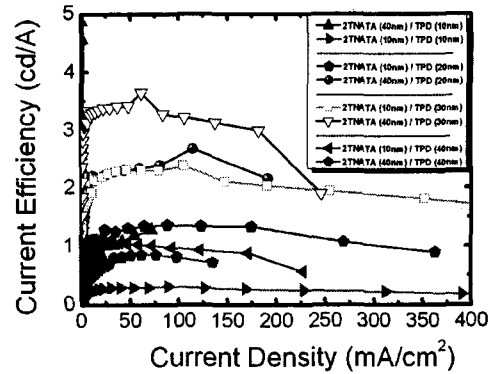


그림 4. 2-TNATA와 TPD의 전류 밀도에 따른 효율 특성.

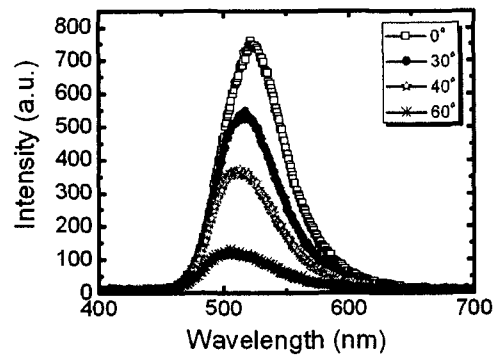


그림 5. TE-OLEDs의 시야각에 따른 빛의 세기.

4. 결론

TE-OLEDs에서 주로 음전극으로 사용되는 Al을 양(+) 전극으로 사용하여 소자를 제작한 결과 모든 특성이 낮게 나타났다. 2-TNATA와 TPD의 박막 두께의 변화에 따라 소자의 특성이 변화하였고, 발광 특성에서는 2-TNATA와 TPD의 두께는 10nm와 30nm일 때, 휘도는 약 $8,000\text{cd/m}^2$ 로 높게 나타났으며, 전류 효율은 2-TNATA와 TPD의 박막 두께가 각각 40nm와 30nm일 때가 약 3cd/A 로 높게 나타났다. 이는 발광층에 사용된 Alq_3 의 박막 두께가 60nm의 경우에 이러한 특성이 나타난다고 판단되며, 발광층에 두께에 따라서 2-TNATA와 TPD 두께의 조절이 필요할 것으로 예상된다. 또한, TE-OLEDs는 시야각이 커짐에 따라 파장의 피크가 blue-shift함을 보였고, 이는 microcavity effect의 영향으로 판단된다.

참고 문헌

- [1] C. W. Tang, and S. A. VanSlyke, Appl. Phys. Lett., Vol. 51, No. 12, p. 913, 1987.
- [2] E. F. Schubert, N. E. J. Hunt, M. Micovic, R. J. Malik, D. L. Sivco, A. Y. Cho, and G. J. Zyzdik, Science 265, p.943, 1994.