

## 다층구조 Organo-lanthanide OLED의 전기적 특성

하미영, 김소연, 문대규  
 순천향대학교 신소재공학과

### Electrical Properties of Multi-layer Organo-lanthanide OLEDs

Mi-young Ha, So-youn Kim, Dae-Gyu Moon  
 Soonchunhyang Univ.

**Abstract :** ITO / 4, 4'-tris (N - 3 - methylphenyl - N - phenyl - amino ) - triphenylamine, [m-MTDATA] / Terbium tris - ( 1 - phenyl - 3 - methyl - 4 - (tertiarybutyryl) - pyrazol - 5 - one ) triphenylphosphine oxide [(tb-PMP)<sub>3</sub>Tb-(Ph<sub>3</sub>PO)] / Mg:Ag devices were made to investigate its electrical and light emission properties. The thickness of m-MTDATA layer was varied from 0 to 80 nm. There was a threshold thickness for the sufficient hole injection. The insertion of 20 nm thick m-MTDATA layer between ITO and Tb-complex resulted in the right shift of current-voltage curve because of the insufficient hole injection. The low operating voltage can be obtained above the 40 nm of m-MTDATA layer. The insertion of m-MTDATA induced the increase of the background in the electroluminescence spectrum which was dependent on the current density of the devices.

**Key Words :** OLED, Organo-lanthanide, (tb-PMP)<sub>3</sub>Tb-(Ph<sub>3</sub>PO), electroluminescence

### 1. 서론

OLED(Organic Light Emitting Diode)는 자발광소자로서 백라이트가 필요 없고, 고속응답이 가능하여 동영상구현에 적합하며, 시야각이 넓고 박형으로 제작이 가능하여 최근 많은 연구가 진행되고 있다 [1]. OLED는 구동전압을 낮추며, 양자효율을 증가시키기 위하여 다층 구조의 형태로 제작이 되고 있다. OLED의 효율은 디스플레이의 소비 전력 및 수명에 중요한 영향을 미치기 때문에 고효율의 OLED 소자 제작을 제작하는 것이 중요하다. 인광 OLED는 이론적인 내부양자효율이 100%이기 때문에 최근에 많은 각광을 받고 있다. 란탄족의 유기물을 기반으로 한 Organo-lanthanide OLED는 triplet을 통하여 금속에서 발광이 일어나는 물질로서 내부양자효율이 100%이기 때문에 인광 OLED에 속하며 [3], 발광 스펙트럼이 매우 좁아 색 순도가 좋은 장점이 있어 디스플레이에 사용될 가능성이 있지만 효율이 낮고 수명이 짧아 아직까지 디스플레이로 사용될 수 있기 위해선 효율 및 수명의 개선이 필요하다. 효율 및 수명의 개선을 위해선 Organo-lanthanide OLED의 전기적인 특성에 관한 이해가 중요하다.

따라서 본 연구에서는 Organo-lanthanide 재료를 발광층으로 사용하여 다층구조의 OLED를 제작하고 이에 대한 전기적인 특성을 연구하였다.

### 2. 실험

ITO가 코팅되어 있는 유리기판을 이용하여 단층 및 이층구조의 유기물층을 갖는 OLED를 제작하였다. ITO 막의 면저항은 20 Ω/□였으며, ITO 막을 photolithography 공정을 이용하여 양극 패턴을 형성한 후 과산화수소수와 양모니아 혼합물을 이용하여 세척한 후 질소 분위기에서 건조하였다. 진공증착을 이용하여 저분자의 정공주입층인 4,4',4"-tris(N-3-methylphenyl-N-phenyl-amino)-triphenylamine

(m-MTDATA)를 0 ~ 80 nm로 두께를 바꿔가며 증착한 후, 발광층으로 희토류계의 인광유기재료인 terbium tris-(1-phenyl-3-methyl-4-(tertiarybutyryl)-pyrazol-5-one)triphenylphosphine oxide [(tb-PMP)<sub>3</sub>Tb-(Ph<sub>3</sub>PO)]를 진공증착을 이용하여 60 nm 증착하였다. 그림 1에 사용된 발광재료의 화학구조를 나타내었다. 음극으로는 Mg/Al을 두께 100/100 nm로 진공증착하였다. 음극 패턴을 형성하기 위해 세도우 마스크를 사용하였으며 이에 의해 만들어진 소자의 크기는 0.2 x 1.0 cm<sup>2</sup> 이었다. 진공증착시의 압력은 4 x 10<sup>-6</sup> mbar이하였다. 유기물의 증착시 증착속도는 0.1 nm/s로 유지시켰으며, 음극층의 형성시 증착속도는 1 nm/s로 유지시켰다. OLED의 전류-전압 특성은 Keithley 2400을 이용하여 측정하였으며, 전계발광스펙트럼은 CCD 어레이가 연결된 분해능 1 nm의 스펙트로미터로 측정하였다.

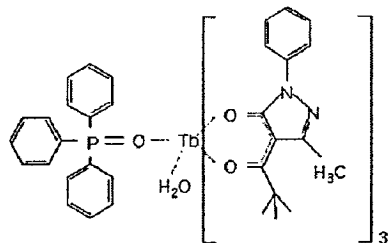


그림 1. (tb-PMP)<sub>3</sub>Tb-(Ph<sub>3</sub>PO)의 화학구조

### 3. 결과 및 검토

그림 2는 정공주입층인 m-MTDATA의 두께를 0 ~ 80 nm까지 변화시키며 측정된 전류-전압 곡선이다. 음극으로

사용된 Mg의 일함수는 약 3.67 eV 이며, ITO의 일함수는 약 4.3 ~ 4.8 eV를 갖는다. [(tb-PMP)<sub>3</sub>Tb(Ph<sub>3</sub>PO)] 층의 두께는 60 nm로 고정시켰으며, UPS 및 UV-Vis로 측정된 이의 HOMO (Highest Occupied Molecular Orbital) - LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital) 에너지는 6.2 eV 및 2.2 eV로 이다. 따라서 정공 및 전자의 주입에 대한 장벽이 높아 단일층의 Tb-유기화합물을 이용한 OLED는 tunneling에 의해 전기전도가 이루어진다고 볼 수 있다. Tb-유기화합물을 이용한 OLED에 정공주입층인 m-MTDATA 층을 삽입하면 전류-전압 특성이 정공주입층의 두께에 따라 변화했다. m-MTDATA의 HOMO 에너지 준위는 약 5.11 eV로 보고되고 있다 [4]. m-MTDATA의 두께가 20 nm이면 양극과 음극사이의 유기물 층의 두께가 증가하며 전류-전압 곡선이 구동전압이 높은 쪽으로 이동하였다. 반면 두께를 40 nm로 증가시키면 전류-전압 곡선이 왼쪽으로 이동되어 정공주입이 촉진되는 것을 알 수 있다. 정공주입층의 두께를 80 nm로 증가시키면 전류-전압 곡선은 왼쪽으로 이동하여 정공주입이 더욱 촉진되는 것을 알 수 있다. 따라서 정공주입층의 두께가 20 nm 이상 되어야 정공주입층의 효과가 있는 것을 알 수 있다.

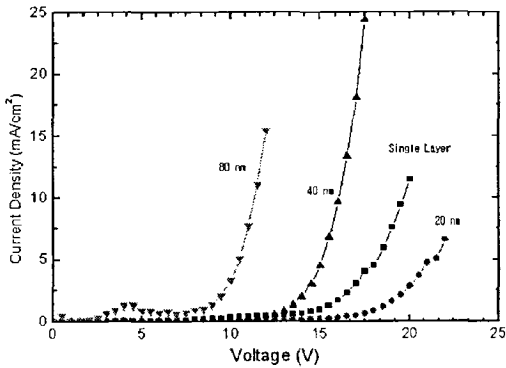


그림 2. ITO/m-MTDATA(x nm)/(tb-PMP)<sub>3</sub>Tb(Ph<sub>3</sub>PO) (60 nm)/Mg OLED의 전류-전압 특성

그림 3는 ITO/m-MTDATA/(tb-PMP)<sub>3</sub>Tb(Ph<sub>3</sub>PO)/Mg:Ag OLED의 EL 스펙트럼을 나타낸 것이다. OLED의 EL 스펙트럼의 주 발광 피크는 (tb-PMP)<sub>3</sub>Tb(Ph<sub>3</sub>PO) 박막의 PL 스펙트럼과 동일하였으며, 전류 밀도에 따라 스펙트럼의 백그라운드 증가하는 것을 알 수 있다. 490, 548, 587, 625 nm의 피크는 각각 <sup>5</sup>D<sub>3</sub> → <sup>7</sup>F<sub>6</sub>, <sup>5</sup>D<sub>4</sub> → <sup>7</sup>F<sub>5</sub>, <sup>5</sup>D<sub>4</sub> → <sup>7</sup>F<sub>4</sub>, <sup>5</sup>D<sub>4</sub> → <sup>7</sup>F<sub>3</sub>에 기인한 것으로 알려져 있다 [5]. 소자의 발광 색은 548 nm의 강한 발광 피크로 인해 녹색을 나타내었다. 가장 강한 발광을 보이는 피크의 FWHM은 약 12 nm로서, 란타늄 유기화합물을 이용한 OLED 소자는 금속에서의 전이에 의한 발광으로 인하여 FWHM이 매우 좁은 발광 피크를 보인다. 이러한 좁은 발광 스펙트럼은 고색순도의 디스플레이 구현에 장점이 있을 것으로 생각된다.

전류 밀도의 증가에 따른 백그라운드의 증가는 MTDATA 정공주입층으로 인한 것 보다는 exciplex의 생성에 의한 것으로 추정된다.

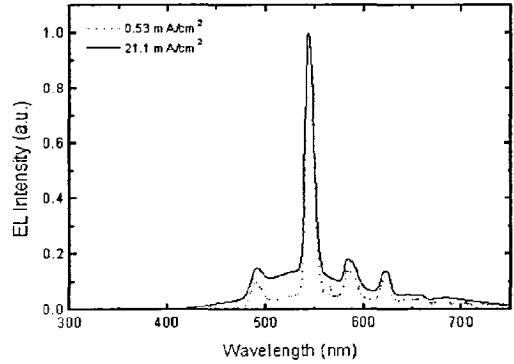


그림 3. ITO/m-MTDATA/(tb-PMP)<sub>3</sub>Tb(Ph<sub>3</sub>PO)/Mg OLED의 EL 스펙트럼

#### 4. 결론

본 연구에서는 (tb-PMP)<sub>3</sub>Tb(Ph<sub>3</sub>PO) 유기화합물을 발광층으로 사용하여 OLED를 제작하고, m-MTDATA 정공주입층을 삽입함에 따른 소자의 전기적 특성을 살펴보았다. 정공주입층의 두께가 20 nm일 경우, 단일층의 Tb화합물을 사용한 경우에 비하여 같은 전류를 얻기 위한 전압이 증가하였으나, 40 nm 이상으로 정공주입층의 두께를 증가시키면 전류-전압 곡선이 왼쪽으로 이동하여 구동전압이 감소하여 정공주입이 활성화되었다. OLED는 Tb화합물에 의해 발광이 일어났으며, 전류 밀도를 증가시키면 EL 스펙트럼의 백그라운드가 증가하였다.

#### 참고 문헌

- [1] C. W. Tang and S. A. VanSlyke, Appl. Phys. Lett., Vol. 51, No. 12, p. 913, 1987.
- [2] M. A. Baldo, D. F. O'Brien, Y. You, A. Shoustikov, S. Sibley, M. E. Thompson and S. R. Forrest, Nature, Vol. 395, p. 151, 1998.
- [3] S. Capecchi, O. Renault, D. G. Moon, M. Halim, M. Etchells, P. J. Dobson, O. V. Salata, and V. Christou, Adv. Mater., Vol. 12, No. 21, p. 1591, 2000.
- [4] S. F. Chen and C. W. Wang, Appl. Phys. Lett., Vol. 85, No. 5, p. 765, 2004.
- [5] J. J. Freeman, G. A. Crossby, J. Phys. Chem., Vol. 67, p. 2717, 1963.