

## 유기 전기 발광 소자의 전자 주입층 Quinolate Metal Complex의 효과

### The Effect of Quinolate Metal Complex as an Electron Injection Layers on the Performance of Organic Light Emitting Devices

최경훈\*, 손병정\*, 김영관\*\*

(Kyung Hoon Choi\*, Byung Chung Sohn\*, Young Kwan Kim\*\*)

#### Abstract

We investigated the effect of quinolate metal complex layer as an electron injection layer on the performance of OLEDs and optimized the device efficiency by varying from 0.5 to 10nm thickness of Liq layer. OLED with a structure of indium tin oxide/*a*-naphthylphenylbiphenyl (NPB,40nm)/tris-(8-hydroxyquinoline)aluminum(Alq3, 50nm)/Aluminum(150nm) were fabricated in sequence. The device with 1nm quinolate metal complex layer showed significant enhancement of the device performance.

**Key Words** : OLEDs, quinolate metal complex

#### 1. 서 론

유기 전기 발광 소자(OLED)는 고휘도, 고효율, 빠른 응답속도 및 초박막형등 여러 가지 장점을 가진 잠재적인 평면 디스플레이다[1]. OLED의 성능은 전자와 정공의 효율적인 주입에 달려 있다. 주입 장벽은 대개 전극과 유기물의 에너지 밴드 차이에 의해 결정된다. 따라서 낮은 일함수 금속(Ca, Li, Mg 등)은 효율적인 전자 주입이 가능하다. 그러나, 낮은 일함수를 갖는 금속들은 산소 및 수분등과의 높은 반응성 때문에 불안정하다. Al은 높은 일함수임에도 불구하고 안정성 때문에 음극으로 많이 사용된다. 그러나, Al전극의 사용은 유기물층으로의 전자 주입을 어렵게 하며 결국에는

OLED의 효율을 저하시킨다 [2][3].

최근에 Al전극과 유기물층 사이에 LiF, CsF 및 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 과 같은 절연층을 얇게 적층하여 전자 주입을 향상시키고 결국에는 OLED의 성능을 높이고 있다[4][5].

본 논문에서는 LiF나 CsF 대신에 alkali metal quinolate complex를 사용하여 여러 가지 두께에 따른 OLED의 전자 주입 효과에 대해 연구 하였다 [6][7]. quinolate metal complex는 Li 또는 Na과 같은 알칼리 금속을 갖고 있는 물질로 알칼리 금속 자체의 산화성으로 인해 Alq<sub>3</sub>에 전자를 주어 Alq<sub>3</sub><sup>-</sup>으로 만들어 음극에서의 전자의 주입 장벽을 낮추어 주는 것으로 알려져 있다[7].

#### 2. 실험

Fig. 1.은 실험에서 사용한 OLED와 유기물의 구조이다. ITO가 코팅된 glass를 기판으로 사용하였으며 아세톤, 메탄올, 증류수 그리고 이소프로필알콜 순서로 전처리를 하였다.

\* : 홍익대학교 화학공학과  
(서울특별시 마포구 상수동 72-1)  
Fax: 02-3142-3843  
E-mail : hoonee75@orgio.net

\*\* : 홍익대학교 유기 소재 및 소자 연구 센터

ITO 위에 정공 수송층으로  $\alpha$ -naphthylphenylbiphenyl(NPB) 발광층으로 tirs-(8-hydroxyquinoline) aluminum(Alq<sub>3</sub>)를 각각 40nm, 60nm를 차례로 증착한 후 전자 주입층으로 quinolate metal complex를 각각 0.5, 1, 2, 5 ~ 10nm의 두께로 증착 후 음극 전극으로 aluminium 150nm를 증착 하였다. quinolate metal complex로는 lithium quinolate(Liq) 와 sodium quinolate(Naq)를 합성 후 정제하여 사용하였다.

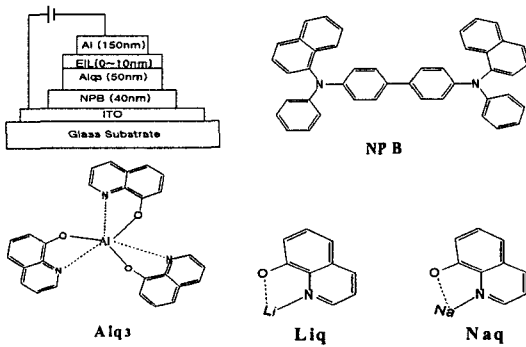


그림 1. OLED와 유기물의 구조

Fig. 1. Configuration of the OLED and molecular structure of the materials used

유기물 증착은  $10^{-6}$  torr하에 진공 break없이 연속적으로 이루어 졌다. 유기물 증착 속도는 1 ~ 2 Å/s 이며 발광 면적은  $0.3 \times 0.3 \text{ cm}^2$ 이다. OLED의 전기적, 광학적 특성은 encapsulation없이 공기 중에서 측정 하였다.

I-V-L 특성 측정은 Keithley 238을 이용한 2단자법에 의해 전압을 인가하여 전류를 검출한뒤 전류-전압 곡선을 얻고 L-V는 photodiode를 이용하여 측정하였다.

Keithley 238의 두 단자를 시편의 두 전극에 각각 연결하여, 이 곳에 전압을 단계적으로 인가하고, 전류 값을 얻는 방법이다. 전류-전압 측정은 전기 발광 특성과 구동 방법을 알기 위해서 중요한 단계로 측정 값을 이용하여 turn-on 값과 OLED의 diode 특성을 확인 할 수 있다.

### 3. 결과 및 고찰

Fig. 2는 Liq의 두께 변화에 따른 OLED의 특성을 보여주고 있다. Liq의 두께가 1 nm일 때 전류 밀도와 빛의 세기가 가장 좋은 특성을 보여 주고 있다. Liq의 두께가 1 nm보다 두꺼워 진다면 OLED의 특성이 나빠짐을 보여주고 있다.

Naq에 대해서도 Liq와 같이 두께를 변화하며 OLED의 특성에 대하여 알아보았다. Naq의 경우에도 Liq와 마찬가지로 두께가 1 nm일 경우 전류 밀도와 빛의 세기에서 좋은 특성을 보였다.

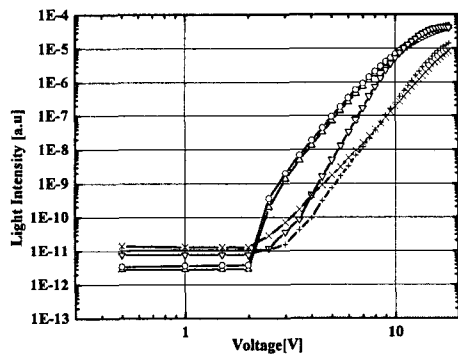
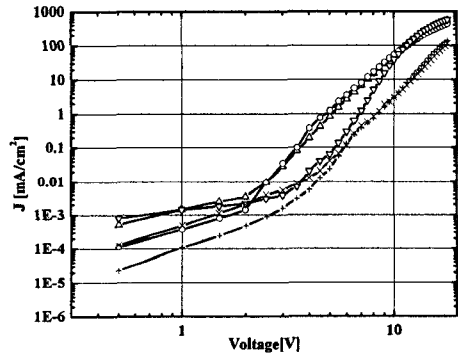


그림 2. Liq 두께 변화시 전압에 따른 전류 밀도와 빛의 세기

Fig. 2. Current density or Light intensity vs driving voltage for the various thickness of Liq layer : (Δ)0.5nm, (○)1nm, (▽)2nm, (×) 5nm, (+)10nm

Fig. 3은 전자 주입층을 사용하지 않고 음극을 증착한 OLED와 1 nm 두께의 Liq와 Naq를 사용한 OLED 그리고 현재 전자 주입층으로 많이 사용되고 있는 LiF와의 전류밀도와 빛의 세기를 비교하고 있다. quinolate metal complex는 전자 주입층을 사용하지 않은 OLED에 비해서 전류 밀도나 빛의 세기에서 모두 큰 값을 보이고 있다. 또한, LiF와 비교할 때 전류 밀도는 LiF보다 조금 낮지만 빛의 세기는 거의 비슷한 강도를 보이고 있다. 즉 효율면에서 LiF와 비슷하거나 더 좋은 특성을 보였다.

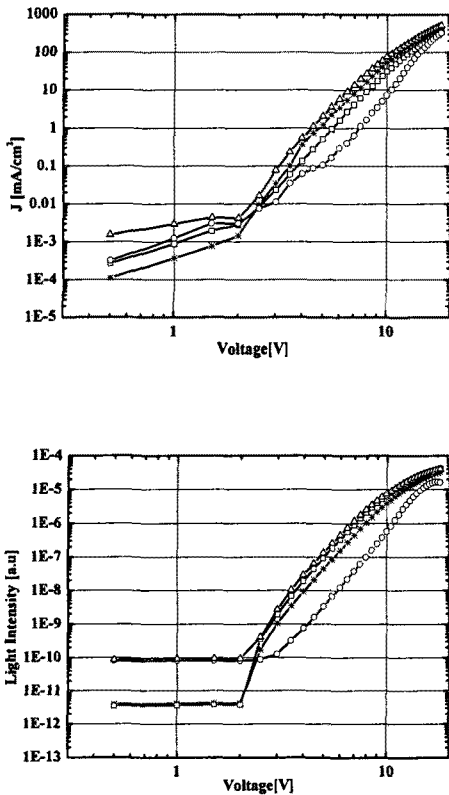


그림 3. 전자 주입 변화시 전압에 따른 전류 밀도와 빛의 세기

Fig. 3. Current density or Light intensity vs driving voltage of device NPB/Alq<sub>3</sub>/EIL/Al : (□) Liq 1 nm, (\*) Naq 1 nm, (△) LiF 2nm, (○) NO EIL

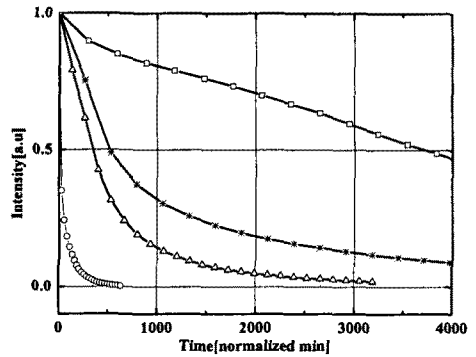


그림 4. 100cd/m<sup>2</sup>에서 여러 가지 주입층에 따른 OLED의 Lifetime

Fig. 4. Light intensity vs device operating lifetime of NPB/Alq<sub>3</sub>/EIL/Al : (□) Liq 1 nm, (\*) Naq 1 nm, (△) LiF 2nm, (○) NO EIL

Fig. 4는 일정한 전압에서 OLED의 lifetime을 측정하여 100cd/m<sup>2</sup>에서의 lifetime으로 환산한 것이다. 전자 주입층을 사용하지 않았을 경우 LiF 및 quinolate metal complex를 사용한 경우에 비하여 매우 짧은 lifetime을 가지는 것으로 나타났다. 특히 quinolate metal complex를 사용한 경우 기존의 LiF보다 Lifetime이 향상된 것을 볼 수 있다. 특히 Liq는 Naq에 비해서 lifetime이 4배정도 길었다.

#### 4. 결론

음극과 유기물층 사이에서 quinolate metal complex는 효과적인 전자 주입층의 역할을 하였다. LiF와 비슷하거나 더 좋은 특성을 보였으며 유기물인 quinolate metal complex는 LiF보다 두께와 증착 속도 조절이 쉬운 장점이 있으며 특히 lifetime 면에서 좋은 특성을 보이고 있다. quinolate metal complex는 음극과 전자 수송층 사이에서 LiF보다는 더 좋은 계면 특성을 가져서 lifetime의 향상을 가져온 것으로 생각된다.

### 감사의 글

이 논문은 2002년도 학술진흥재단의 연구비에 의하여 연구 되었습니다.

### 참고 문헌

- [1] S. Miyata, H. S. Nalwa, "Organic Electroluminescent Materials and Devices", Gordon and Breach, 1997.
- [2] C. W. Tang, S. A. Van Slyke, "Organic electroluminescent diodes ", Appl. Phys. Lett., Vol 51, p. 913, 1987.
- [3] C. W. Tang, S. A. Van Slyke and C. H. Chen, "Electroluminescence of doped organic thin films ", J. Appl. Phys., Vol. 65, p. 3610, 1989.
- [4] T. Mori, H. Fujikawa, S. Tokito and Y. Taga, Appl. Phys. Lett., " Electronic structure of 8-hydroxyquinoline aluminum/LiF/Al interface for organic electroluminescent device studied by ultraviolet photoelectron spectroscopy", Vol. 73, p. 2763, 1998.
- [5] M. Matsumera, Y. Jinde, "Analysis of current-voltage characteristics of organic light emitting diodes having a LiF/Al cathode and an Al-hydroxyquinoline/diamine junction", Appl. Phys. Lett., Vol. 73, p. 2872, 1998.
- [6] Christoph Schmitz, Hans-Werner Schmidt and Mukundan Thelakkat, Chem. Mater. "Lithium- Quinolate Complexes as Emitter and Interface Materias in Organic Light - Emitting Diodes", Vol. 12, p. 3012. 2000.
- [7] M. G. Mason, C. W. Tang and L-S. Hung, "Interfacial chemisty of Alq<sub>3</sub> and LiF with reactive metals", J. Appl. Phys., Vol. 89. p.: 2756. 2001.