

## Crucible boat의 구멍 크기에 따른 유기발광소자의 전기적 특성

김원중, 이영환, 이상교\*, 김태완\*\*, 홍진웅  
 광운대학교, \*강원대학교 삼척캠퍼스, \*\*홍익대학교\*\*

### Electrical Characteristics of OLEDs depending on the Boat hole-size of a Crucible

weon-Jong Kim, Young-Hwan Lee, Sang-Kyo Lee\*, Tae-wan Kim\*\* and Jin-Woong Hong  
 Kwangwoon University, \*Kangwon University Samcheok campus, \*\*Hongik University

**Abstract :** In a device structure of ITO/tris(8-hydroxyquinoline) aluminum (Alq<sub>3</sub>)/Al device, We investigated an the electrical characteristics of Organic Light-Emitting Diodes (OLEDs) depending on the hole-size of boat. The device was manufactured using a thermal evaporation under a base pressure of  $5 \times 10^{-6}$  [Torr]. The Alq<sub>3</sub> organics were evaporated to be 100 [nm] thick at a deposition rate of 1.5 [ $\text{\AA}/\text{s}$ ], and in order to investigate the optimal surface roughness of Alq<sub>3</sub>, the Alq<sub>3</sub> was thermally evaporated to be 0.8 [mm], 1.0 [mm], 1.5 [mm], and 3.0 [mm] as a hole-size of the boat, respectively. We found that when the hole-size of the boat is 1.0 [mm], luminance and external quantum efficiency are superior.

**Key Words :** OLEDs, Luminance, External Quantum Efficiency, Boat Hole-Size of Crucible

### 1. 서 론

Organic Light-Emitting Diodes (OLEDs) 디스플레이는 저 전압 구동, 높은 발광 효율, 넓은 시야각, 그리고 빠른 응답속도 등의 장점을 가지고 있어서 차세대 평판 디스플레이 기술 중의 하나로서 현재 제품화를 위한 기술 개발이 활발하게 진행되고 있다[1-2]. OLEDs는 양극과 음극 사이에 놓여 있는 유기 재료에 전계를 가하여 전기 에너지를 빛으로 바꾸는 소자이기 때문에 소자의 전하의 주입과 수송 및 발광에 대한 메커니즘, 음 전극 물질, ITO의 roughness에 대한 연구, 전극과 유기박막의 사이의 계면 접촉과 buffer 층에 관한 연구, 높은 효율을 갖는 유기 발광재료에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있다[3-4]. 본 논문에서는 OLEDs의 연구 분야에서 전자수송 및 발광물질인 Alq<sub>3</sub>를 이용하여 crucible의 boat 구멍 크기에 따른 유기발광 다이오드에 대한 효율 향상에 대한 미치는 영향을 고찰하기 위하여 전기적 특성에 대한 연구 결과를 소개한다.

### 2. 실험

본 실험에서 사용한 유기 발광 소자는 전자 수송과 발광 물질로서 tris(8-hydroxyquinoline) aluminum (Alq<sub>3</sub>)를 그림 1(a)에 나타내었고, 소자의 기본 구조는 ITO/Alq<sub>3</sub>/Al로 그림 1(b)에 나타내었다. Alq<sub>3</sub>의 두께는 100 [nm]로 고정시키고 각각 crucible의 boat 구멍 크기를 0.8 [mm], 1.0 [mm], 1.5 [mm], 3.0 [mm] 이용하여 증착속도를 1.5 [ $\text{\AA}/\text{s}$ ] 속도로 증착하였으며 이에 대하여 Alq<sub>3</sub>의 표면 거칠기에 따른 전기적 특성을 관찰하였다. 음전극도  $5 \times 10^{-6}$  [Torr] 정도의 진공도에서 두께 100 [nm]를 연속적으로 증착하였다. 또한, 발광 면적은 마스크를 이용하여  $3 \times 5$  [mm<sup>2</sup>]의 크기

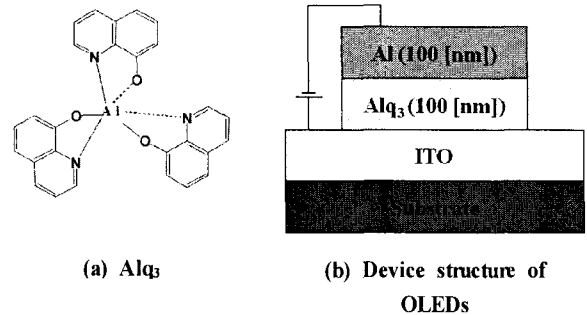


그림 1. Alq<sub>3</sub>의 분자구조 (a)와 OLEDs의 소자 구조 (b)

로 제작하였다. 측정 장비는 Keithley 2000 multimeter, 6517 electrometer, Si-photodiode를 사용하여 측정하였다. 모든 기기의 제어 프로그램은 Lab-view 소프트웨어를 이용하여 시료를 측정하였다.

### 3. 결과 및 검토

사진 1은 crucible의 boat hole-size에 따른 AFM 사진들을 나타낸 것이다. 사진에서 보면 거칠도 표면의 분포가 매우 불규칙적이고 일부분에서 요철이 증가함을 알 수 있었다. crucible의 boat 구멍크기에 따른 평균 거칠기를 정리하면 표 1과 같다. crucible의 boat 구멍크기가 1.0 [mm]일 때가 다른 시료들에 비해 평균 거칠기가 평탄한 것을 알 수 있다. 결국 crucible의 boat 구멍크기가 1.0 [mm]일 때가 규칙적인 표면을 만들 수 있고 요철의 분포가 고르게 나타남을 확인 할 수 있다. 표 1에서와 같이 crucible의 boat hole-size가 1.0 [mm]일 때가 평균 거칠기 1.035 [nm]임을 알 수 있었고, 이때가 균일한 표면 거칠기가 가지고 있으므로 효과적인 정공수송이 용이해 발광층에서 재결합하여 전반적인 효율 향상됨을 확인 하였다.

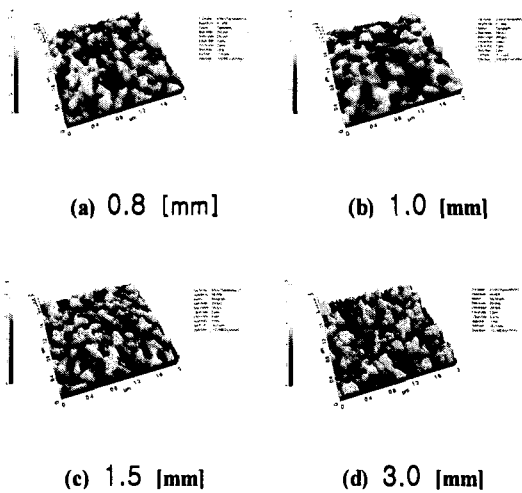


사진 1. Boat Hole-Size of Crucible에 따른 AFM

표 1. Boat Hole-Size of Crucible에 따른 평균 거칠기.

Boat hole-size of Crucible [mm]	Average Roughness [nm]
0.8	1.197
1.0	1.035
1.5	1.159
3.0	1.313

그림 2 (a) crucible boat의 구멍크기에 따른 전류밀도를 나타낸 그림인데, crucible의 구멍 크기가 1.0 [mm]일 때가 전류밀도가 가장 적게 나타남을 확인 할 수 있었다. 이것은 crucible boat의 구멍 크기에 따라 Alq<sub>3</sub> 물질이 전자와

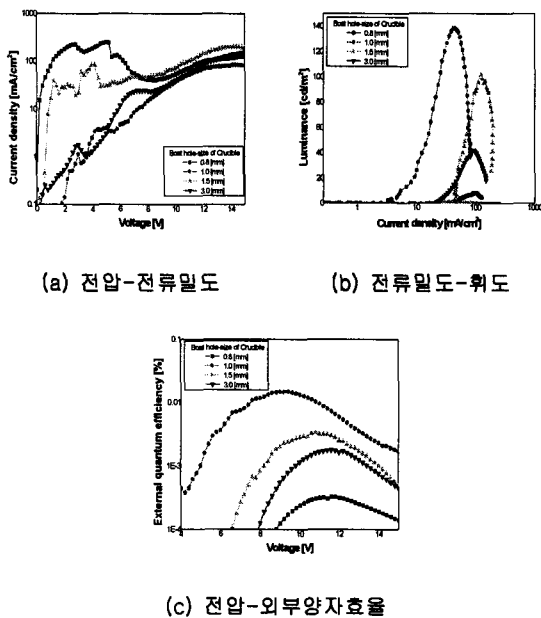


그림 2. Crucible의 boat 구멍크기에 따른 전기적 특성

정공이 발광층에서 재결합하여 전하의 이동을 감소하는 것이 그 원인이라고 생각된다. 그림 2 (b)는 crucible boat의 구멍크기에 따른 전류밀도와 휘도특성이 나타낸 그림이다. crucible boat의 구멍 크기에 따라 휘도는 구멍 크기가 1.0 [mm]일 때가 최고 휘도 140 [cd/m<sup>2</sup>]를 나타내었고, 또한 발광 개시전압도 가장 낮게 나타남을 확인하였다. 그러나 crucible boat의 구멍 크기가 1.5 [mm]이상으로 증가하면 휘도는 점차로 감소하는 데 이것은 표면 거칠기에 따라 물성이 변화되어서 발광층에서 정공과 전자들이 재결합하는 비율이 점차로 적어지기 때문으로 생각되어진다. 그림 3 (c)는 crucible boat의 구멍크기에 따른 외부 양자효율을 나타낸 그림이다. Crucible boat의 구멍 크기에 따라 양자효율은 점차적으로 증가하다가 boat의 구멍 크기가 1.0 [mm]일 때가 0.02 [%] 최고 양자 효율값을 나타내고 또한 발광 개시전압도 가장 적게 되었다. 그러나 그 이상의 boat의 구멍크기가 증가하면 양자 효율값이 감소하였다. 이것은 crucible boat의 구멍 크기가 1.0 [mm]일 때가 양극과 음극에서 주입된 정공과 전자를 발광층으로 비교적 잘 전달하기 때문에 다른 소자보다 높은 효율을 갖는 것으로 생각된다.

#### 4. 결론

Crucible boat의 구멍 크기에 따른 유기발광소자의 전기적 특성의 연구를 하였다. crucible boat의 구멍 크기가 1.0 [mm] 일 때가 AFM에서 평균 거칠기가 가장 낮아짐을 확인하였고, 또한 전압에 따른 전류 밀도값이 가장 적었다. 그리고 휘도 효율값과 외부 양자 효율값들도 가장 우수함을 확인하였다. 따라서 crucible boat의 구멍크기가 적절한 크기만이 OLEDs의 효율을 향상됨을 확인 하였다.

#### 참고 문헌

- [1] C. W. Tang and S. A. Vanslyke, "Organic Electroluminescent Diodes", Appl. Phys. Lett. Vol 51, pp. 913~915, 1987.
- [2] G. B. Blanchet, Y. L. Loo, J. A. Rogers, F. Gao, C. R. Fincher, "Large area, high resolution, dry printing of conducting polymers for organic electronics", Applied Physics Letters, Vol. 82, No. 3, pp. 463~465, 2003.
- [3] Y. H. Lee, W. J. Kim, T. Y. Kim, J. Jung, J. Y. Lee, H. D. Park, T. W. Kim and J. W. Hong, "Electrical characteristics and efficiency of organic light-emitting diodes depending on hole-injection layer", Current Applied Physics, Vol. 7, pp. 409~412, 2007.
- [4] W. J. Kim, Y. H. Lee, T. Y. Kim, T. W. Kim, and J. W. Hong, "Dependence of Efficiency Improvement and Operating-Voltage Reduction of OLEDs on Thickness Variation in the PTFE Hole-Injection Layer", J. Korea Phys. Soc. Vol. 51, No. 3, pp. 1007~1010, 2007.