

## BCP의 증착조건에 따른 전기적 및 광학적 특성에 미치는 영향

김원중, 최현민, 김정식, 정인범, 이상교\*, 홍진웅  
 광운대학교, \*강원대학교

### Affect influenceable the Electrical and Optical Characteristics depending on the Deposition Condition of BCP

Weon-Jong Kim, Hyun-Min Choi, Joung-Sik Kim, In-Bum Jeong, Sang-Kyo Lee\*, Jin-Woong Hong  
 Kwangwoon Univ. \*Kangwon Univ.

**Abstract :** We have studied the electrical and optical of organic light-emitting diodes depending on hole size of crucible boat using BCP materials. The thickness of TPD, Alq<sub>3</sub> and BCP was manufactured 40 nm, 60 nm and 5 nm under a base pressure of  $5 \times 10^{-6}$  Torr using at thermal evaporation, respectively. In order to investigate the optimal surface roughness of BCP, the BCP was thermally evaporated to be 0.8 mm, 1.0 mm, 1.2 mm and 1.5 mm as a hole size of crucible boat, respectively. As the experimental results, we found that the luminous efficiency and the external quantum efficiency of the device is superior to others when hole size of crucible boat using BCP is 1.2 mm. Also, compared to the ones from the devices having the hole size of crucible boat is 1.0 mm and 1.5mm layer, the external quantum efficiency were improved by 2.5 and 2.4 times.

**Key Words :** Hole size of crucible boat, Average roughness, Luminous efficiency, External quantum efficiency

#### 1. 서론

OLEDs 디스플레이는 저 전압 구동, 높은 발광 효율, 넓은 시야각, 그리고 빠른 응답속도 등의 장점을 가지고 있다. OLEDs는 양극과 음극 사이에 놓여 있는 유기 재료에 전계를 가하여 전기 에너지를 빛으로 바꾸는 소자이기 때문에 소자의 전하 주입과 수송 및 발광에 대한 메커니즘, 음 전극 물질, ITO의 roughness에 대한 연구, 전극과 유기 박막사이의 계면 접촉과 buffer 층에 관한 연구, 높은 효율을 갖는 유기 발광재료에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있다[1]. 본 논문에서는 OLEDs의 연구 분야에서 전자 수송 및 정공 브로킹 물질인 BCP를 이용하여 crucible boat의 홀 크기 변화에 따라 유기 발광 다이오드에 대한 효율 향상을 고찰하기 위하여 전기적 및 광학적 특성에 대한 연구 결과를 소개한다.

#### 2. 실험

실험에서 사용한 전자 수송 및 정공 브로킹 물질 2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline(BCP)를 그림 1(a)에 나타내었고, 소자의 기본 구조는 ITO/TPD/Alq<sub>3</sub>/BCP/Al로 그림 1(b)에 나타내었다. TPD와 Alq<sub>3</sub>의 증착속도는  $5 \times 10^{-6}$  [Torr]정도의 진공도에서 각각 2.5 [Å/s], BCP의 증착속도는 1.0 [Å/s]으로 이용하여 시료의 두께를 각각 40, 60, 5 [nm] 증착하였으며 그리고 BCP의 crucible boat 홀 크기를 0.8, 1.0, 1.2, 1.5 [mm] 이용하여 표면 거칠기에 따른 전기적 및 광학적 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 크기로 제작하였다. 측정 장비는 Keithley 2000 multimeter, 6517 electrometer,

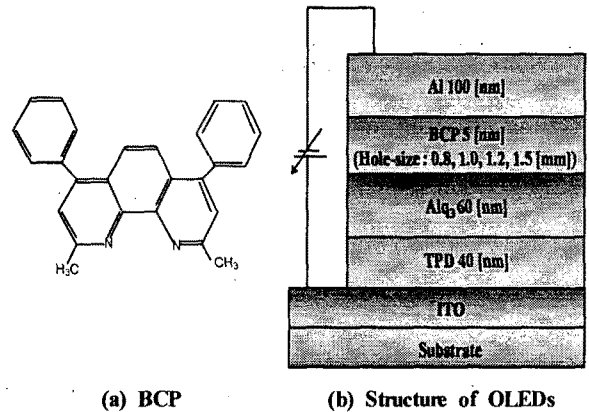


그림 1. BCP 분자구조(a)와 OLEDs 소자 구조(b)

를 사용하여 측정하였다. 모든 기기의 제어 프로그램은 Lab-view 소프트웨어를 이용하여 시료를 측정하였다.

#### 3. 결과 및 검토

전자 수송 및 정공 브로킹(blocking) 물질로 사용되는 BCP를 crucible boat의 홀 크기에 따른 평균 거칠기를 사진 1(a) ~ (d) 나타내었다. crucible boat의 홀 크기에 따라 BCP의 표면 거칠기는 요철의 변화하는 것을 확인하였고 crucible boat의 홀 크기가 1.2 [mm] 일 때 평균 거칠기가 1.342 [nm]를 나타내었다. 이때 발광층까지 전자 이동을 도울 뿐만 아니라, 정공이 음극쪽으로 이동하는 것을 막아 전반적으로 효율 향상에 도움 줄 것이라 생각된다. crucible boat의 홀 크기에 따른 BCP 평균 거칠기를 정리하면 표 1과 같다. 그림 2(a)는 crucible boat의

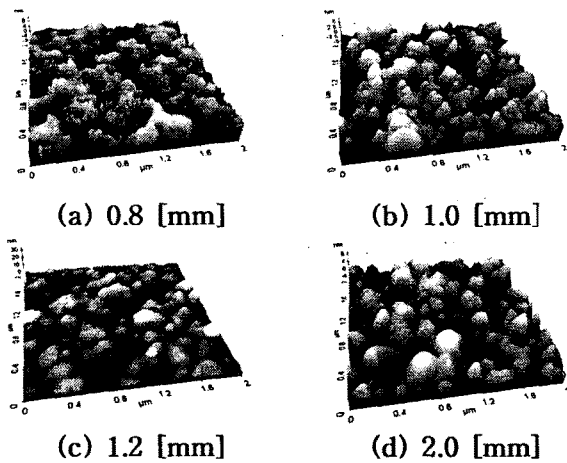


사진 1. 홀 크기에 따른 BCP 표면

표 1. 홀 크기에 따른 BCP 평균 거칠기

Hole-size of crucible boat [mm]	Average roughness [nm]
0.8	2.096
1.0	1.550
1.2	1.342
1.5	1.730

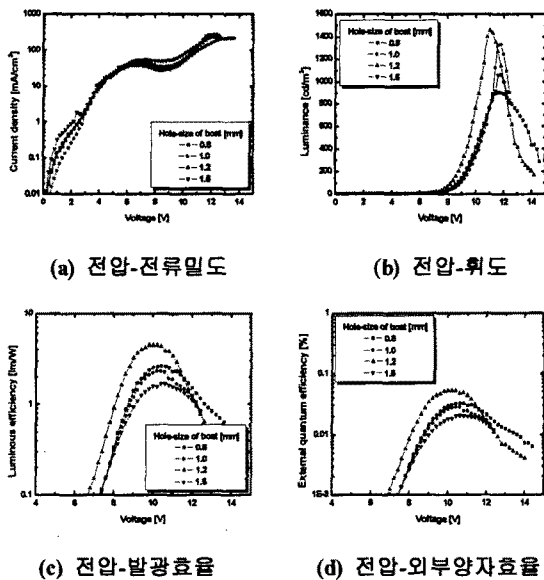


그림 2. 홀 크기에 따른 BCP의 전기적 특성

홀 크기에 따른 BCP의 전압과 전류밀도 특성을 나타낸 것으로 모든 소자들이 약 6 [V]까지는 전류가 급격히 증가하다가 6 [V]에서 8 [V]까지는 부성영역이 나타내고 그 이후에는 다시 전류가 증가하는 전형적인 전류밀도 특성을 나타내었다. 특히 crucible boat의 홀 크기가 1.2 [mm]일 때가 부성영역에서 전류밀도 값이 가장 적게 나타나고 발광되는 전압에서는 가장 큰 폭으로 전류가 증가

하였다. 그림 2(b)는 crucible boat의 홀 크기에 따른 BCP의 전압과 휘도 특성을 나타낸 것으로 모든 소자는 약 8 [V] 이후에 휘도 값이 나타나고 이것은 그림 2(a)와 같이 부성영역에서 다시 전류가 증가하는 지점에서 발광이 되는 것과 일치한다. 모든 소자들이 약 11 [V]부근에서 최대 휘도 값을 나타내었다. 특히 crucible boat의 홀 크기가 1.2 [mm]일 때 최대 휘도 값 1454 [cd/m<sup>2</sup>]을 나타내고, crucible boat의 홀 크기가 1.0 [mm]과 1.5 [mm]와 비교 했을 때 각각 1.1 배, 1.4 배 휘도효율 값이 상승하였고 또한 구동전압도 0.8 [V], 0.7 [V] 각각 감소되었다. BCP는 정공 브로킹을 사용하여 더 낮은 전압에서 구동되고 전류 및 휘도가 우수한 소자를 만들 수 있기 때문이라 생각된다. 그림 2(c)는 crucible boat의 홀 크기에 따른 BCP의 전압과 발광효율 특성을 나타낸 것이다. 모든 소자들이 약 7 [V] 부근에서 발광효율 값이 급격히 증가하고 약 10 [V]부근에서 최대 발광효율 값이 나타내었다. 특히 crucible boat의 홀 크기가 1.2 [mm]일 때 최대 발광효율 값 4.48 [lm/W] 나타내었고, crucible boat의 홀 크기가 1.0 [mm]와 1.5 [mm]를 비교 했을 때 각각 1.9 배, 2.7배가 향상되었다. 이것은 정공 브로킹인 BCP가 발광층을 넘어 음극 쪽으로 향하는 정공을 막을 수 있는 능력을 가지고 있고 소자 내에서 그 역할을 충실히 수행하고 있는 것으로 생각된다. 그림 2(d)는 crucible boat의 홀 크기에 따른 BCP의 전압과 외부양자효율 특성을 나타낸 그림으로 모든 소자들이 약 7 [V] 부근에서 외부양자효율이 급격히 증가하고 약 10 [V] 부근에서 최대 외부 양자 효율 값이 나타내었다. 특히 crucible boat의 홀 크기가 1.2 [mm]일 때 최대 외부 양자 효율 값 0.05 [%] 나타내었고 Crucible boat의 홀 크기가 1.0 [mm]와 1.5 [mm]를 비교 했을 때 각각 2.5 배, 2.4 배가 향상되었다. 따라서 적절한 crucible boat의 홀 크기를 이용한 BCP 만이 외부 양자효율 향상에 도움을 주는 것으로 생각된다.

#### 4. 결론

BCP의 증착조건에 따른 전기적 및 광학적 특성을 연구한 결과 crucible boat의 홀 크기가 1.2 [mm]일 때 가장 낮은 평균 거칠기 1.342 [nm]를 확인하였으며 전기적 및 광학적 특성에서 전류밀도는 가장 낮았으며 휘도는 1454 [cd/m<sup>2</sup>], 발광효율은 4.48 [lm/W] 외부양자효율은 0.05 [%]값을 확인하였으며 1.2 [mm]와 1.5 [mm]비교했을 때 휘도는 1.1배, 1.4배 발광효율은 1.9배, 2.7배 외부양자효율은 2.5배와 2.4배가 각각 향상되었다.

#### 참고 문헌

- [1] 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.