

표면 거칠도에 따른 OLEDs의 전기적 특성

김원중, 이영환, 임윤희*, 심낙순*, 이상교*, 신종열**, 홍진웅
 광운대학교, *강원대학교, **삼육대학교

Electrical Properties of OLEDs depending on the Surface Roughness

Weon-Jong Kim, Young-Hwan Lee, Yun-Hee Lim*, Nak-Soon Shim*,
 Sang-Kyo Lee*, Jong-Yeol Shin** and Jin-Woong Hong

Kwangwoon University, *Kangwon National University, **Sahmyook University

Abstract - A base structure of device was made to be ITO/tris(8-hydroxyquinoline) aluminum (Alq₃)/Al and the Alq₃ organics were evaporated to be 100nm thick at a deposition rate of 1.5 Å/s. In order to investigate the optimal surface roughness of Alq₃, the Alq₃ was thermally evaporated to be 0.8 mm, 1.0 mm, 1.5 mm 2.0 mm and 3.0 mm as a hole-size of the crucible, respectively. When the hole-size of the crucible is 1.0 mm, we found that when the hole-size of the crucible is 1.0 mm, the electrical properties are superior to the others.

1. 서 론

21세기 정보화 사회에 들어오면서 많은 정보를 언제 어디서나 신속하고 정확하게 얻고자 하는 요구가 증가되고 있다[1]. 특히 많은 정보를 얻을 수 있는 ‘유비쿼터스(Ubiquitous)’ 사회 진입함에 따라 그 중요성이 더욱 커지고 있다. 여기에 유효한 공간성, 편리성을 추구하는 인간의 욕구가 더해져 얇고 가벼우면서 구부릴 수 있는 디스플레이를 원하고 있다. 이러한 상황에 부응하는 것이 Organic Light-Emitting Diodes(OLEDs)이다. 1987년에 Tang과 Vanslyke가 emitter로서 유기 박막을 가지고 다층 구조를 이용하여 OLEDs 소자를 개발된 이래 그 후 많은 사람들이 디스플레이 응용 가능성 때문에 새로운 개발에 연구하고 있다[2]. OLEDs는 양극과 음극 사이에 놓여 있는 유기 재료에 전계를 가하여 전기 에너지를 빛으로 바꾸는 소자이다. 이러한 발광기구로 인하여 LCD와 비교하여 응답속도가 빠르고, 소비전력이 낮고 백라이트가 필요 없는 장점이 있으며, 또한 다른 디스플레이에 비해 무게, 두께 등에 있어서 우월한 특성이 가지고 있어 차세대 디스플레이로서 높은 잠재력을 가지고 있다. OLEDs 소자는 안정적인 동작파라미터와 고 휘도, 높은 효율이 요구되는데 이러한 요소를 만족시키기 위해서 OLEDs 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 Alq₃를 이용하여 표면 거칠도에 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 (Alq₃)를 그림 1(a)에 나타내었고, 소자의 기본 구조는 ITO/Alq₃/Al로 그림 1(b)에 나타내었다. 양(+) 전극으로는 S사의 약 15[Ω/□]의 표면 저항과 170 [nm] 두께의 인듐-주석-산화물(Indium-Tin -Oxide : ITO) 기판을 다음과 같이 patterning하여 사용하였다. 폭이 5 [mm]인 ITO 전극은 실온에서 염산(HCl)과 질산(HNO₃)을 3:1의 부피비로 섞은 용액의 증기에 10~20 [min] 정도 노출시켜 식각한다. 이때, ITO와 용액과의 거리는 약 2 [cm]이며, patterning된 ITO를 흐르는 물에서 세척한다. 그 후 ITO 기판의 세척 과정은 다음과 같다. 먼저 아세톤이나 클로로포름으로 50 [°C]에서 약 20 [min] 정도 초음파 세척하고, 그런 후에 과산화수소수(hydrogen peroxide):암모니아(ammonia):2차 증류수(de-ionized water)를 부

피비 1:1:5의 비율로 섞은 용액 속에 기판을 넣고 약 80 [°C]의 온도에서 1 [h]정도 가열하고, 다시 아세톤이나 클로로포름에 기판을 넣고 50 [°C]에서 약 20 [min]간 초음파 세척을 한다. 그리고 마지막으로 알코올(alcohol)과 1차 증류수에서 각각 약 20 [min] 정도 초음파 세척을 한 후, 질소 가스로 건조시킨다. Alq₃의 두께는 100 [nm]로 고정시키고 각각 crucible의 구멍 크기를 0.8 [mm], 1.0 [mm], 1.5 [mm], 2.0 [mm], 3.0 [mm] 이용하여 증착속도를 1.5 [Å/s] 속도로 증착하였으며 이에 대하여 Alq₃의 표면 거칠도에 따른 전기적 특성을 관찰하였다. 음전극도 5×10⁻⁶ [Torr]정도의 진공도에서 두께 100 [nm]를 연속적으로 증착하였다. 또한, 발광 면적은 마스크를 이용하여 3×5 [mm²]의 크기로 제작하였다. 측정 장비는 Keithley 2000 multimeter, 6517 electrometer, Si-photodiode를 사용하여 측정하였다. 모든 기기의 제어 프로그램은 Lab-view 소프트웨어를 이용하여 시료를 측정하였다.

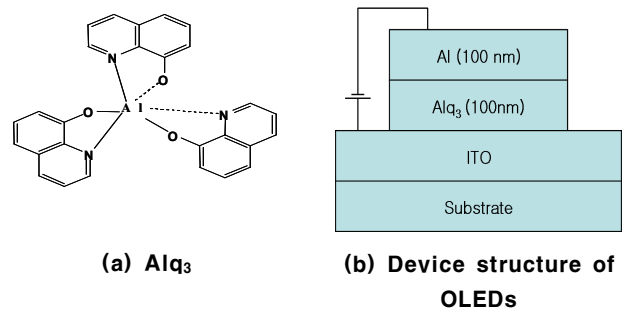


그림 1. 전자수송 및 발광 물질의 분자구조 (a)와 OLEDs의 소자 구조 (b)

Fig. 1 Molecular structure of Electron transport and Emitting material (a) and Device structure of organic light-emitting diodes (b)

3. 결과 및 고찰

그림 2는 crucible의 구멍 크기에 따른 전압에 대한 전류밀도 특성을 나타낸 그림이다. 전압이 증가함에 따라 전류밀도는 약 6 [V]까지 증가하다가 그 후 일정함을 알 수 있었다. 특히 crucible의 구멍 크기가 1.0 [mm]일 때가 전류밀도가 가장 적게 나타남을 확인 할 수 있었다. 이것은 crucible의 구멍 크기에 따라 Alq₃ 물질이 전자와 정공이 발광층에서 재결합하여 전하의 이동을 감소하는 것이 그 원인이라고 생각된다. 그림 3은 crucible의 구멍 크기에 따른 전압에 대한 휘도 특성을 나타낸 그림이다. crucible의 구멍 크기에 따라 휘도는 구멍 크기가 1.0 [mm]일 때가 최고 휘도 140 [cd/m²]를 나타내었고, 또한 발광 개시전압도 가장 낮게 나타남을 확인하였다. 그러나 crucible의 구멍 크기가 1.5 [mm]이상으로 증가하면 휘도는 점차로 감소하는데 이것은 표면 거칠기에 따라 물질이 변화되어서 발광층에서 정공과 전자들이 재결합하는 비율이 점차로 적어지기 때문으로 생각되어진다. 소자의 휘도 효율은 $\eta = \pi L / JV$ [lm/W] [5]를 이용하여 전압에 대한 휘도 효율을 그림 4에 나타내었다. 여기서 L 은 발광면에서 수직으로 나오는 빛의 휘도 [cd/m²], J 는 전류밀도 [mA/cm²], V 는 인가전압 [V]를 의미한다. crucible의

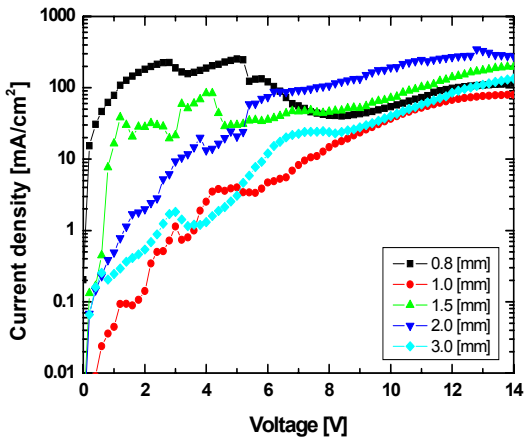


그림 2. Crucible의 구멍 크기에 따른 전류 밀도 특성
Fig. 2 Current density characteristics with the Hole-size of crucible

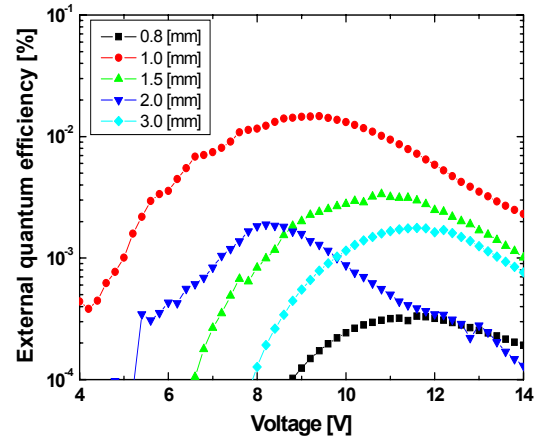


그림 5. Crucible의 구멍 크기에 따른 외부 양자 효율 특성
Fig. 5 External quantum efficiency characteristics with the Hole-size of crucible

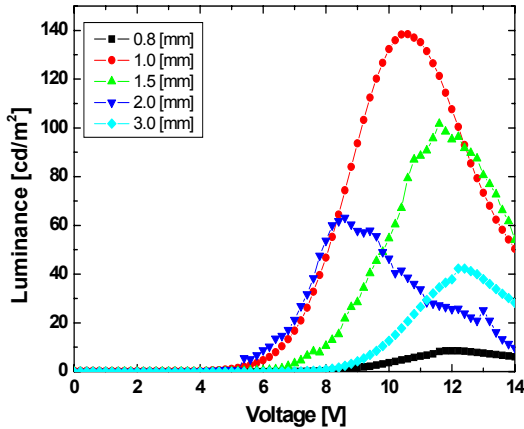


그림 3. Crucible의 구멍 크기에 따른 효율 특성
Fig. 3 Luminance characteristics with the Hole-size of crucible

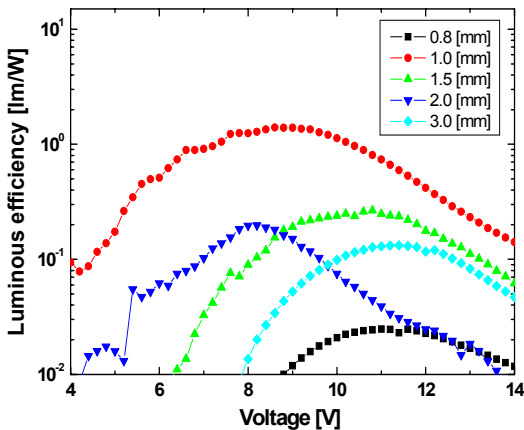


그림 4. Crucible의 구멍 크기에 따른 휘도 효율 특성
Fig. 4 Luminous efficiency characteristics with the Hole-size of crucible

구멍 크기에 따라 휘도 효율은 crucible의 구멍 크기가 1.0 [mm] 일 때가 가장 큰 휘도 효율 1.4 [lm/W] 나타났다. 그러나 crucible의 구멍크기가 1.5 [mm] 이상으로 커지면 휘도 효율들은 점차적으로 감소되고 발광 개시 전압도 커지는 것을 확인하였다. 이것은 crucible의 구멍 크기가 1.0 [mm]일 때가 양극과 음극에서 주입된 정공과 전자를 발광층으로 비교적 잘 전달하기 때문에 다른 소자보다 높은 휘도를 갖는 것으로 생각된다. 그림 5는 crucible의 구멍 크기에 따른 외부 양자효율 특성을 나타낸 것이다. 외부 양자효율 특성은 전반적으로 발광 효율 특성과 비슷한 경향을 보였는데 crucible의 구멍 크기가 1.0 [mm]일 때가 가장 큰 외부 양자 효율 0.015 [%]를 나타내었고, crucible의 구멍 크기가 1.5 [mm] 이상으로 커지면 점차적으로 외부 양자 효율들이 감소하는 경향을 보였다. 따라서 발광효율이 개선될수록 외부 양자 효율특성이 나아질 것으로 생각되어진다.

4. 결 론

표면 거칠도에 따른 OLEDs의 전기적 특성을 연구한 결과 crucible의 구멍 크기가 1.0 [mm]일 때가 전기적 특성이 가장 우수하였으며 발광개시전압도 가장 낮아짐을 확인하였다. 그러나 crucible의 구멍 크기가 1.5 [mm]이상으로 커지면 점차적으로 전기적 효율 특성이 줄어들음을 확인하였다. 표면 거칠기에 따라 발광층에서 정공과 전자들이 재결합하는 비율이 점차로 적어지기 때문으로 생각되어진다. 그러므로 적절한 crucible의 구멍 크기가 OLEDs의 전기적 특성 및 효율 향상에 도움을 되는 것으로 생각되어진다.

[참 고 문 헌]

- [1] 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.
- [2] C. W. Tang and S. A. Vanslyke, "Organic Electroluminescent Diodes", Appl. Phys. Lett. Vol 51, pp. 913~915, 1987.
- [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] Y. Qiu, Y. Gao, Liduo and D. Zhang, "Efficient light emitting diodes with Teflon buffer layer", Synthetic Metals, Vol. 130, pp. 235~237, 2002.
- [5] J. S. Kim, P. K. H. Ho, N. C. Greenham, and R. H. Friend, "Electroluminescence emission pattern of organic light-emitting diodes implication for device efficiency calculations", J. Appl. Phys. Vol. 88, No. 2, pp. 1073~1081, 2000.