

전자 주입층의 두께 변화에 따른 OLEDs의 전기적 특성

차기호, 이영환, 이종용, 정동희, 신종열*, 김태완**, 홍진웅
 광운대학교, 삼육대학교*, 홍익대학교**

Electrical Properties of OLEDs depending on Thickness variation of Electron Injection Layer

Ki-Ho Cha, Young-Hwan Lee, Jong-Yong Lee, Dong-Hoe Chung, Jong-Yeol Shin*, Tae-Wan Kim**, Jin-Woong Hong
 Kwang-Woon Univ., Sahn-Yook Univ.*, Hong-Ik Univ.**

Abstract : We studied increasement of efficiency of Organic Light-emitting Diodes depending on thickness variation of LiF, Material of Electron Injection Layer in structure of ITO/ Hole Injection Layer (PTFE)/ Hole Transpotion Later (TPD)/ Emitting Layer (Alq3)/Electron Injection Layer (LiF)/ Al. TPD and Alq₃ is deposited as rate of 1.3~1.5 [Å/s] in high vacuum (5×10^{-6} [torr]). In result of these studies, we can know maximum efficiency in 0.7 [nm], thickness of LiF. And samples with electron injection material are increased about 5-fold in maximum efficiency in compare with sample without electron injection material.

Key Words : OLEDs; PTFE; LiF; Luminance; Electron Injection Layer

1. 서론

유기발광 소자는 구동 전압이 낮고, 박막으로 형성되어 가볍고, 응답속도가 빠르고, 낮은 소비전력과 자체 발광, 넓은 시야각, 다양한 색상의 구현이 가능하여 많은 관심을 받고 있다[1,2]. OLEDs 소자는 고휘도, 높은 효율이 요구되는데 전하의 주입과 수송 및 발광에 대한 메커니즘, 음극의 물질, ITO의 roughness에 대한 연구, 전극과 유기박막 사이의 계면 접촉과 buffer 층에 관한 연구, 높은 효율을 갖는 유기 발광 재료에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있다[3].

본 논문에서는 OLEDs의 연구 분야에서 전자 주입물질이 유기 발광 다이오드에 대한 효율 상승에 미치는 영향을 고찰하기 위하여 정공 주입층 PTFE를 증착한 OLEDs 전기적 특성 및 효율에 대한 연구한 결과를 소개한다.

2. 실험

양(+) 전극으로는 S. Co.의 15 [Ω/□]의 표면 저항과 170 [nm] 두께의 ITO (Indium-Tin-Oxide) 기판을 다음과 같이 patterning하여 사용하였다. 20×20 [mm] 크기로 cutting된 유리판 위의 폭 5 [mm]인 ITO는 실온에서 염산(HCl)과 질산(HNO₃)을 섞은 용액의 증기에 식각한다. 흐르는 물에 세척 후, ITO 기판을 클로로포름과 알코올에 넣고 50 [°C]에서 초음파 세척을 한다. 그 후에 과산화수소수, 암모니아수, 증류수를 섞은 용액 속에 넣고 약 80 [°C]의 온도에서 1시간 정도 가열한 후, 다시 클로로포름과 알코올에 ITO 기판을 넣고 50 [°C]에서 초음파 세척을 한다. 그리고 증류수에서 초음파 세척을 한 후, 가열 교반기로 건조시킨다. PTFE는 0.1-0.2 [Å/s], TPD와 Alq₃는 1.3~1.5 [Å/s], LiF는 0.1 [Å/s]의 비율로 증착시켰으며, 음전극 Si의 순서로 증착하였다. 이때 진공도는 약 5×10^{-6} [Torr]이다. 실

험은 정공 주입물질인 PTFE의 두께를 2.5 [nm]로 고정시키고, 전자 주입물질인 LiF의 두께를 각각 0, 0.5, 0.7, 1.0 [nm]로 변화시켜 OLEDs의 전기적 특성을 연구하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 전자 주입층 물질인 LiF의 두께 변화에 따른 전류 밀도를 나타낸 그림으로 LiF를 증착시켰을 때 전류 밀도는 크게 증가하는 것을 확인하였다. 또한 LiF를 증착시켰을 때 동작 전압이 낮아지는 것을 확인할 수 있었다. 이것은 전자 주입 물질인 LiF가 전자 주입을 용이하게 하여 낮은 전압에서도 정공과 전자의 결합을 향상시키기 때문으로 사료된다. 특히 LiF의 두께가 두꺼워질수록 시료의 파괴 전압이 고전압 쪽으로 이동하는 것을 확인하였다.

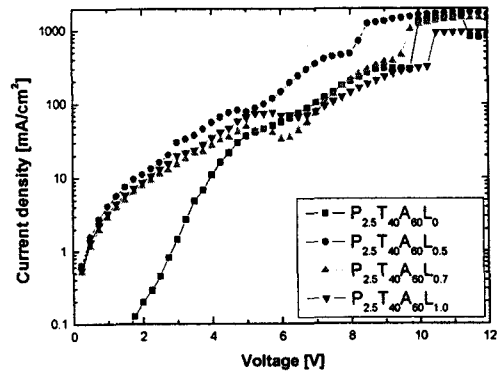


그림 1. LiF의 두께 변화에 따른 전류 밀도 특성
 Fig. 1 Current density characteristics with the variation of LiF thickness

그림 2는 전자 주입층 재료인 LiF의 두께 변화에 따른 발광 특성을 나타낸 그림으로 LiF를 0.7 [nm]의 두께로 증착시켰을 때 발광 특성은 약 15배가 향상됨을 확인하였다. 이것은 정공 주입층만 증착된 시료에서는 정공은 주입되었으나 전자 주입이 용이하지 않아 결합이 제대로 이루어지지 않으므로 휘도는 높게 나타나지 않았고, 정공 주입층과 전자 주입층이 증착된 시료에서는 주입된 정공과 전자 주입층에서 주입된 전자가 결합이 용이하여 높은 휘도값을 얻을 수 있었다. 또한 LiF의 두께가 증가할수록 휘도의 최대 피크값은 고전압 쪽으로 이동하는 것을 확인할 수 있었다.

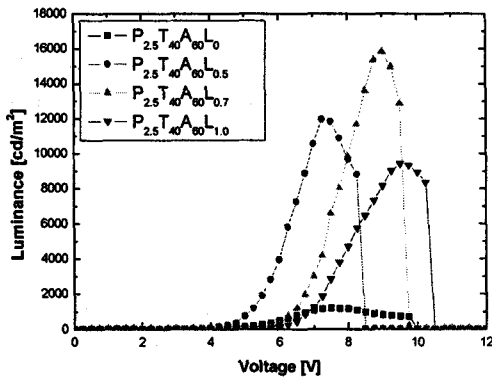


그림 2. LiF의 두께 변화에 따른 발광 특성
Fig. 2 Luminance characteristics with the variation of LiF thickness

그림 3과 그림 4는 전자 주입층 재료인 LiF의 두께 변화에 따른 양자 효율 특성과 발광 효율 특성을 나타낸 그림으로 0.7 [nm]의 LiF의 두께에서 양자 효율이 약 5배 향상됨을 확인하였다. 이것은 LiF를 넣음으로써 정공과 전자의 결합을 쉽게 하도록 하기 때문으로 사료된다. 또한 LiF의 두께가 증가할수록 최대 효율의 피크 값은 고전압 쪽으로 이동하는 것을 확인했다.

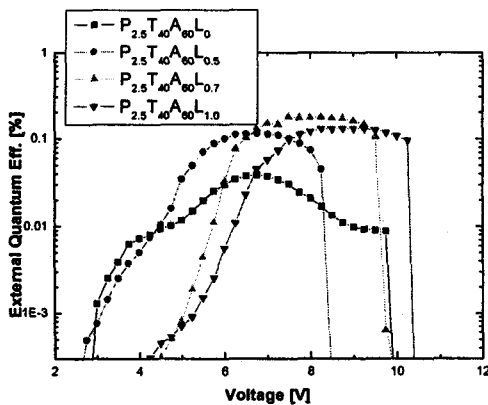


그림 3. LiF의 두께 변화에 따른 양자 효율 특성
Fig. 3 External Quantum Efficiency characteristics with the variation of LiF thickness

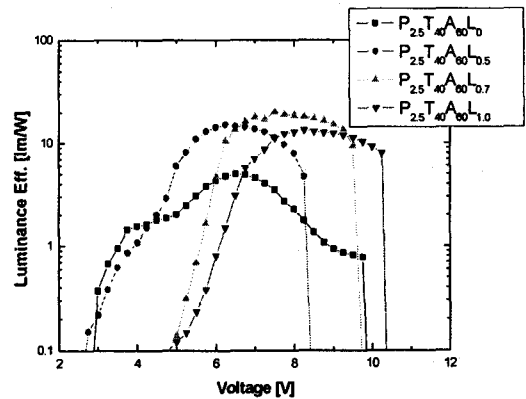


그림 4. LiF의 두께 변화에 따른 발광 효율 특성
Fig. 4 Luminance Efficiency characteristics with the variation of LiF thickness

4. 결론

ITO/PTFE/TPD/Alq₃/LiF/Al 구조에서 정공 주입물질인 PTFE (2.5 [nm])를 증착하고, 전자 주입물질인 LiF의 두께 변화에 따른 OLEDs의 특성을 조사한 결과는 다음과 같다.

ITO/TPD/Alq₃/LiF/Al의 구조에서의 전자 주입물질 LiF의 최적의 두께는 많은 논문들을 통해 0.5 [nm]와 0.6 [nm]임을 확인할 수 있다. 하지만 정공 주입물질인 PTFE를 증착한 실험에서 최적의 두께는 0.7 [nm]로 확인하였다. 이것은 정공 주입물질인 PTFE의 역할 즉, 정공 주입, ITO의 인동 확산 방지와 전자의 blocking 과 연관되어 있는 것으로 사료되며, 특히 LiF를 증착 하였을 때 정공과 전자의 결합이 활발하게 되어 전류 밀도는 증가하지만 동작 전압이 낮고, 휘도는 약 15배 정도 향상되었다. 또한 양자 효율과 발광 효율도 약 5배 정도 향상됨을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] Anna B. Chang, Mark A. Rothman, "Thin film encapsulated flexible organic electroluminescent displays", Appl. Phys. Lett., Vol. 83, No. 3, p. 413, 2003.
- [2] R. H. Friend, R. W. Gymer, A. B. Holmes, J. H. Burroughes, R. N. Marks, C. Taliani, D. C. Bradley, D. A. Dos Santos, J. L. Bredas, M. Logdlundd, and W. R. Sanraneck, "Electroluminescence in conjugated polymer" Nature, Vol. 397, pp. 121-128, 1999.
- [3] C. Jiang, W. Yang, J. Peng, S. Xiao and Y. Caoet, "High -efficiency, saturated red-phoshorescent polymer lighting diodes based on conjugated and non-conjugated polymers doped with an Ir complex", Advanced Materials, Vol. 16. No. 6, pp. 537-541 2004.