

전자주입층(LiF와 Li₂O)을 사용한 유기 발광 소자의 특성

신은철, 안희철, 이호식*, 송민중**, 이원재***, 한원근, 김태완
 홍익대학교, 동신대학교*, 광주보건대학**, 경원대학교***

CHARACTERISTICS OF ORGANIC LIGHT-EMITTING DIODES FOR THE DEVICES WITH ELECTRON INJECTION LAYER (LIF AND LI₂O)

Eun-Chul Shin, Hui-Chul An, Ho-Sik Lee*, Min-Jong Song**, Won-Jae Lee***, Wone-Keun Han, and Tae-Wan Kim
 Hongik University, Dongshin University*, Kwangju Health College**, Kyungwon University***

Abstract : To enhance the electron injection from the cathode of organic light-emitting diodes (OLEDs), We have studied characteristics of device that electron injection layer(EIL) is inserted between emissive layer and cathode. We fabricated bi-layer cathode Li₂O(x nm)/Al(100nm) and LiF(x nm)/Al(100nm) using LiF and Li₂O as an electron injection layer. We analyzed the current efficiency, luminance efficiency, and external quantum efficiency of the device by varying the thickness of Li₂O and LiF to be 0.5nm, 1nm, or 3nm. Using the EIL, we have obtained the efficiency of 7cd/A and the luminance of 20,000cd/m². There is an improvement of efficiency by more than 3 times than the device without the Li₂O layer.

Key Words : Electron Injection Layer, Li₂O, LiF, Organic light-emitting diodes

1. 서 론

유기발광소자(OLED)는 타 디스플레이보다 두께가 얇으며, 낮은 구동전압과 소비전력, 고효율, 빠른 응답속도, 밝기 변화에도 동일한 색 재현율을 유지하며, 자발광과 광시야각 등의 장점으로 인하여 각광받고 있는 차세대 디스플레이이다. OLEDs의 발광 원리는 양극으로부터 정공주입과 음극으로부터는 전자주입이 되어 정공과 전자가 발광층에서 결합하여 높은 에너지를 갖는 들뜸자를 생성하게 되는데, 이 때 들뜸자가 낮은 에너지로 떨어지면서 발광을 하게 된다[1]. 따라서 OLED는 정공과 전자를 효율적으로 주입 또는 수송하여 소자의 성능을 높일 수 있다. 음 전극에서 발광층으로 전하 주입이 원활한 이유는 OLED의 전자주입층 역할로서 음 전극과 유기물 사이의 에너지 장벽이 낮아져 우수한 특성을 나타낸다고 보고하고 있다[2,3]. OLED 소자의 음 전극은 비교적 낮은 일함수를 갖는 단일 금속 전극으로 Si를 사용한다. OLED 소자의 효율을 높이기 위하여 Al의 금속과 유기물 사이에 전자주입층을 사용함으로써 낮은 전압에서의 구동이 가능하며, 수명 등에 큰 영향을 주는 것으로 알려져 있다[2]. OLED의 효율을 높이기 위하여 무기 절연체(LiF, CsF, MgO, Al₂O₃)를 전자주입층으로 얇게 삽입하여 사용한다[4].

본 논문에서는 유기물과 음극 사이에 버퍼층으로써 Li₂O와 LiF를 삽입하여 박막 두께의 변화에 따른 전기적 특성 및 발광 효율을 비교, 분석하였다.

2. 실험

본 실험에서는 양전극으로 면저항 10Ω/□과 180nm 두께의 ITO(Indium-Tin-Oxide)를 사용하였고, ITO 기판 크기를 20×20mm으로 자른후, 염산(HCl)과 질산(HNO₃)을 3:1로 섞은 용액에 식각 처리하였다. 패터된 ITO 박막 위에 정공수송층으로 TPD [N,N'-diphenyl-N,N'-bis(3-methyl-phenyl)-1,1-biphenyl-4,4'-diamine]와, 발광층으로 Alq₃ [tris-(8-hydroxy-quinoline)aluminium]를, 전자주입층(EIL)으로 LiF와 Li₂O를 5×10⁻⁶Torr의 진공도에서 열 증착하였다. 전자주입층의 증착 속도는 0.3 Å/s로 유지시켰으며, 박막의 두께는 5 Å, 10 Å, 30 Å으로 변화시켜가며 증착하였고, 소자의 발광 면적은 3mm×5mm로 하였다.

그림 1은 Glass/ITO/TPD(40nm)/Alq₃(60nm)/EIL(x nm)/Al(100nm)의 구조를 나타내고 있다. 소자의 전압-전류 특성은 Keithley 236(source-measure unit)과 Keithley 617(electrometer)을 이용하여 측정하였다.

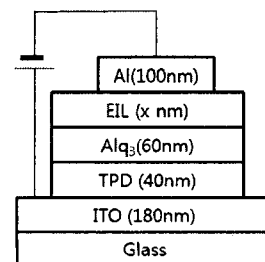


그림 1. ITO/TPD/Alq₃/HIL/Al의 소자 구조.

3. 결과 및 고찰

그림 2는 LiF와 Li₂O의 두께 변화에 따른 전압-전류 밀도 특성 그림이다. LiF와 Li₂O는 낮은 전압에서 구동하고 전류밀도가 높으며, 박막 두께가 두꺼워짐에 따라 구동 전압이 높아짐을 알 수 있다. 전자주입층이 없는 소자는 상대적으로 구동 전압이 높게 나타났다.

그림 3에서 전자주입층이 없는 소자의 최대 휘도는 약 5,000cd/m²로서 비교적 낮으며, LiF와 Li₂O의 박막 두께가 0.5nm일 때 약 20,000cd/m²로 높은 발광 특성을 보였다. EIL의 삽입으로 인하여 발광 특성이 약 3배 이상 향상됨을 확인하였다. LiF와 Li₂O의 박막 두께에 따른 발광 특성은 0.5nm일 때 비슷한 특성을 보였으나, Li₂O의 박막 두께가 3nm일 때는 LiF의 3nm일 때 보다 소자특성이 낮은 것으로 확인되었다.

그림 4는 전류 밀도에 따른 전류효율이다. EIL층이 없는 경우는 효율이 약 3cd/A이며, EIL층이 있는 경우 효율이 약 3배 이상 증가함을 알 수 있다. LiF의 박막 두께가 0.5nm일 때, 그리고 Li₂O는 1nm일 때 높은 효율을 보이고 있으며, LiF와 Li₂O의 효율은 비슷한 특성을 보이고 있다. 그림 5에서 EIL로 삽입한 층은 정공과 전자의 결합이 쉽게 되기 때문에, EIL이 없는 소자보다 양자 효율이 약 3배 이상 향상되었다.

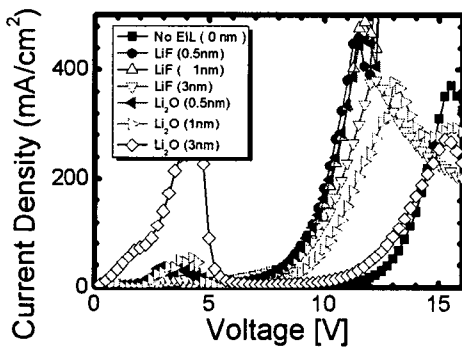


그림 2. LiF와 Li₂O의 두께 변화에 따른 전압-전류 특성.

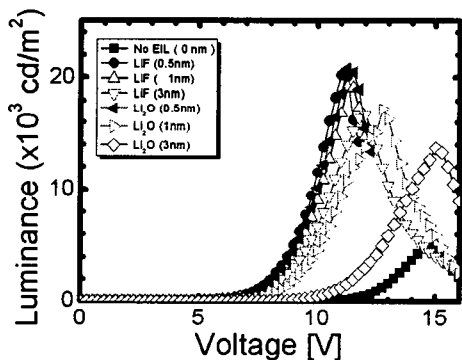


그림 3. LiF와 Li₂O의 두께 변화에 따른 발광 특성.

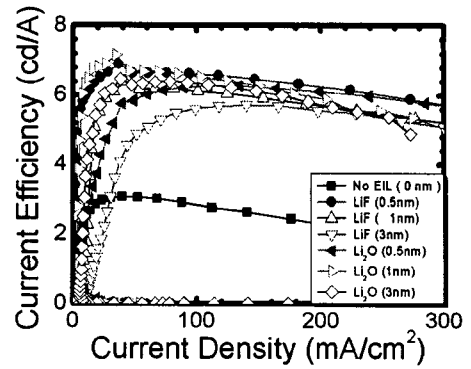


그림 4. LiF와 Li₂O의 전류 밀도에 따른 효율 특성.

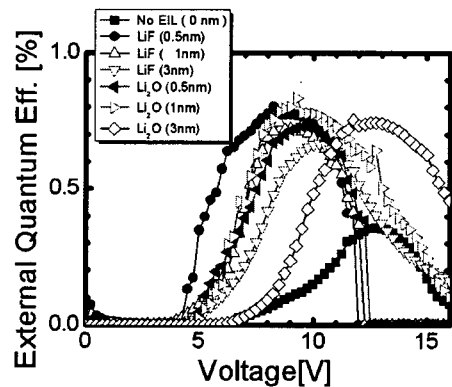


그림 5. LiF와 Li₂O의 두께 변화에 따른 양자효율 특성.

4. 결론

OLED의 전자주입층으로 LiF 박막의 두께를 0.5nm로 하였을 때 약 7cd/A의 효율을 보였으며, Li₂O는 1nm로 증착하였을 때, 약 7cd/A의 효율을 보여 LiF와 Li₂O의 효율은 비슷하게 나타났다. Li₂O는 정공과 전자의 재결합을 높여 낮은 전압에서 동작하고, 휘도와 전류효율은 약 3배 이상 향상되었다. 따라서, 전자주입층으로 Li₂O를 삽입한 결과 LiF를 사용한 경우와 같이 음 전극의 일함수의 낮아짐으로 인하여 전하 주입이 용이해졌다고 판단되며, 또한 유기물과 음극의 장벽 차이를 낮추고, 전하 주입이 원활하여 효율 향상에 기여했으리라 판단된다.

참고 문헌

- [1] C. W. Tang, and S. A. VanSlyke, Appl. Phys. Lett., Vol. 51, No. 12, p. 913, 1987.
- [2] L. S. Hung, C. W. Tang, and M. G. Mason, Appl. Phys. Lett., Vol. 70, No 2, p. 152, 1997.
- [3] S. Y. Park, C. H. Lee, W. J. Song, and C. Seoul, Curr. Appl. Phys., Vol. 1, No 1, p. 116, 2001.
- [4] C. H. Lee, Synthetic Metals, Vol. 91, p. 125, 1997.
- [5] B. J. Chen, X. W. Sun, And K. S. Wong, OPTICS EXPRESS, Vol. 13, No. 1, p. 26, 2005.