

PL Degradation을 활용한 OLED 소자의 사진 이미지 구현

Realization of Static Image on OLED using Photoluminescence Degradation

서원규¹, 문대규^{1,a}

(Won-Gyu Suh¹ and Dae-Gyu Moon^{1,a})

Abstract

We have realized static image on organic light emitting diodes (OLEDs) using photoluminescence degradation. Ultraviolet (UV) was irradiated to the glass side of device. UV power was 350 W and the wavelength was 365 nm. The UV irradiation gives rise to the degradation of photoluminescence. Due to the degradation, the current density-voltage curve was shifted to the higher voltage side and the luminescence was also degraded by the current and photoluminescence drop. The negative imaged films were prepared to control the transmittance of UV. The UV light was passed through the film. By this method, the film image was transferred to the device with reversed image and the static image was realized on the OLED.

Key Words : Organic light emitting diode, Static image, PL degradation, UV irradiation

1. 서 론

OLED (Organic Light Emitting Diode)는 응답 특성이 우수하여 동영상 구현에 적합하며 시야각이 넓고 백라이트가 필요 없는 자발광 표시 소자이며 얇은 두께로 제작이 가능하기 때문에 우수한 특성의 디스플레이를 제작할 수 있어 많은 연구가 진행되고 있다[1,2]. OLED를 디스플레이로 응용할 경우 양극 및 음극 버스가 교차되는 부분이 화소가 되는 PMOLED (Passive Matrix Organic Light Emitting Diode) 및 데이터 선과 스캔 선이 교차되는 부분의 TFT (Thin Film Transistor)에 OLED가 연결되는 AMOLED (Active Matrix Organic Light Emitting Diode)의 형태로 제작된다. 이러한 매트릭스 형태의 디스플레이는 시간에 따라 화면이 바뀌는 동적인 디스플레이의 구현에는 필수적이나, 각종 패턴 형성 및 화소 형성 등의

복잡한 공정에 의해 제조되기 때문에, 시간에 따라 화면이 변하지 않고 단순히 정지 화면 이미지만을 표시하는 광고판 등의 디스플레이에 응용하기에는 적합하지 않다.

OLED는 양극에서 정공이 주입되며 음극에서 전자가 주입되어 유기 발광층에서 이들이 재결합됨에 의해 빛이 생성되는 구조로 되어 있다. OLED의 휘도는 유기재료를 통한 전기전도 및 소자의 전류효율(current efficiency)에 의해 결정되며, 소자의 전류효율은 다시 재결합되는 전자와 정공의 비율, 유기발광재료의 PL (Photoluminescence) 양자효율(quantum efficiency) 및 발광에 기여하는 여기자의 생성 비율에 의해 결정되므로, OLED 소자의 전류밀도 혹은 전류효율을 국부적으로 제어하면 매트릭스 형태의 디스플레이를 제작하지 않고도 정지 영상의 이미지 즉, OLED 소자를 이용한 정적인 이미지를 구현할 수 있다.

본 논문에서는 자외선을 음극의 사진 이미지 필름을 통과하여 유기발광재료 및 유기재료에 조사함에 유기발광재료의 PL 양자효율 및 전기전도 특성을 국부적으로 조절하고, 이를 이용하여 OLED 소자에서 사진 이미지를 구현하였다.

1. 순천향대학교 신소재공학과
(충남 아산시 신창면 읍내리 646)

a. Corresponding Author : dgmoon@sch.ac.kr
접수일자 : 2008. 7. 2
심사완료 : 2008. 8. 19

2. 실험

OLED 소자의 제작을 위하여 면저항 10 Ω/\square 의 ITO가 증착된 유리 기판을 이용하였다. ITO 기판을 이소프로필알콜(isopropyl alcohol) 및 로 세정한 후 photolithography 공정에 의해 ITO 양극 패턴을 형성하고 ITO 표면을 산소 플라즈마로 처리하였다. 유기재료 및 음극 증착을 위해 열증착 방식의 진공증착기에 ITO 양극 기판을 장착한 후 정공 수송층 (Hole Transport Layer)으로 두께 4,4'-bis(N-(1-naphtyl)-N-phenyl-amino)biphenyl (α -NPD)를 증착하였다. 발광층 (Emission Layer)으로 두께 35 nm의 bis(2-methyl-8-quinolino-N1,O8)-(1,1'-biphenyl-4-olato)aluminum (BALq) 호스트에 적색 인광 도판트로 8 %의 bis[2-(2'-benzothienyl)-pyridinato-N,C³]iridium(acetylacetonate) (BtpIr(acac))를 도핑하였다. 이 후 정공 저지층 (Hole Blocking Layer)인 BALq를 두께 5 nm로 증착한 후 전자 수송층 (Electron Transport Layer)으로 10 nm의 bis(10-hydroxybenzo[h]quinolino)beryllium (Bebq₂)을 증착하고, 전자 주입층 (Electron Injection Layer)으로 0.5 nm의 LiF를 증착한 후 Al 음극을 증착하여 OLED를 완성하였다. 적색 OLED 소자와 더불어 백색 OLED 소자 또한 제작하였으며, 백색 OLED는 발광 호스트로 4,4'-bis(2,2'-diphenylvinyl)-1,1'-diphenyl (DPVBi) 및 황색 게스트로 1 %의 rubrene을 사용하였다. 그림 1에 제작된 OLED 소자의 단면 구조를 표시하였다. 유기물의 증착 속도는 약 0.1 nm/s로 유지시켰으며, 금속 전극의 증착 속도는 0.2~0.3 nm/s로 유지시켰다. 제작된 소자는 공기중에 노출시키지 않고 질소 분위기의 글러브 박스에서 밀봉하여 소자 측정 시 공기 중의 수분과 산소의 영향을 최소화하였다.

제작된 OLED 소자는 350 W, 365 nm의 자외선을 유리 기판 쪽으로 조사하여 유기물이 자외선을 흡수하도록 하였다. 또한 OLED의 사진 이미지 구현을 위하여 음각 패턴이 새겨진 마스크 필름을 자외선 램프와 OLED 소자 사이에 놓아, 자외선이 음각 필름을 거쳐 OLED에 조사되도록 하였다. 자외선 조사에 의한 OLED의 전류-전압-휘도 특성 변화, PL 및 EL (Electroluminescence) 특성 변화를 측정하였다. 소자의 전류-전압 특성은 Keithley 2400 source/meter를 이용하였으며, 휘도 및 EL 특성은 보정된 photodiode 및 CS1000 spectroradiometer를 이용하여 측정하였다.

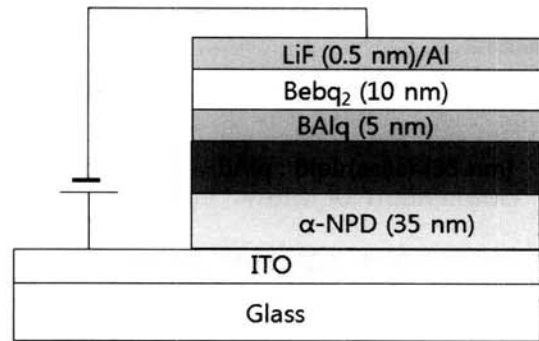


그림 1. 자외선 조사를 위해 제작된 OLED 구조.
Fig. 1. OLED structure for UV irradiation.

3. 결과 및 고찰

그림 2는 적색 인광 도판트인 BtpIr(acac)을 BALq 호스트에 8 % 도핑하여 OLED를 제작하고 365 nm 파장의 자외선을 유리 기판 쪽으로 조사한 후 PL 스펙트럼 변화를 나타낸 것이다. 소자 구조는 ITO/ α -NPD/BALq:BtpIr(acac)/BALq/Bebq₂/LiF/Al 이었으며, 자외선의 강도는 300 W 였다. 소자는 452 nm 파장에서 강한 PL 강도를 나타내었으며 약 610 nm의 파장에서 약한 PL 강도를 나타내었다. α -NPD는 약 450 nm에서 PL 피크를 보

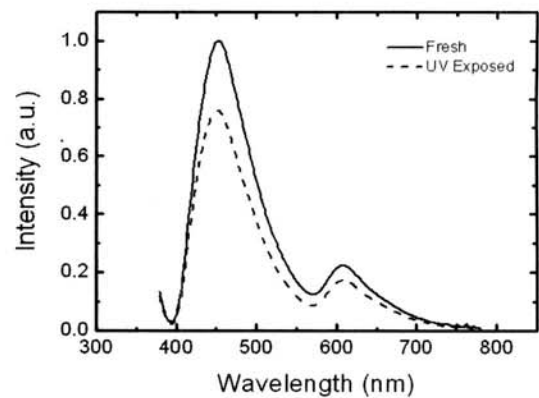


그림 2. OLED 소자의 유리 기판 쪽으로 365 nm, 350 W의 자외선을 조사하기 전(실선)·후(점선)의 PL 스펙트럼.

Fig. 2. PL spectrum of fresh (solid line) and 365 nm, 350 W UV exposed (dotted line) OLEDs.

이며[3], BA1q는 약 480 nm에서 발광 피크를 보이는 것으로 알려져 있다[4]. 또한 Bebq₂는 510 nm에서 녹색 발광을 하며[5], BtpIr(acac)은 610 nm에서 삼중항으로부터 발광이 일어나는 것으로 알려져 있다[6]. 따라서 그림의 450 nm PL 피크는 α-NPD에서의 발광으로 인한 것이며 610 nm PL 피크는 BtpIr(acac)에 의한 것임을 알 수 있다. PL을 측정하기 위해 약한 강도의 자외선을 유리 기판 쪽으로 조사하였으며 유리 기판에 가까운 α-NPD가 자외선을 많이 흡수하여 PL 피크가 강하게 나왔다. 500 W의 강한 자외선을 OLED 소자에 조사하면 그림에서와 같이 α-NPD 및 BtpIr(acac) PL 피크가 감소하는 것을 볼 수 있으며 이는 강한 자외선에 의해 유기물의 PL 양자 효율이 감소하기 때문이다.

그림 3은 OLED 소자에 365 nm, 500 W의 자외선을 조사하기 전·후의 전류밀도-전압-휘도 곡선을 나타낸 것이다. OLED 소자는 자외선의 조사에 의해 휘도 및 전류밀도가 감소하는 것을 알 수 있다. 예를 들어, 자외선 조사 전의 소자는 7 V에서 1000 cd/m²의 휘도를 나타내었으나, 자외선 조사에 의해 8.3 V에서 같은 휘도를 나타낸다. 또한 소자는 5.6 V에서 20 mA/cm²의 전류밀도를 나타내었으나, 자외선 조사에 의해 6.9 V에서 같은 전류밀도를 나타내었다. 자외선 조사에 의한 소자의 전류

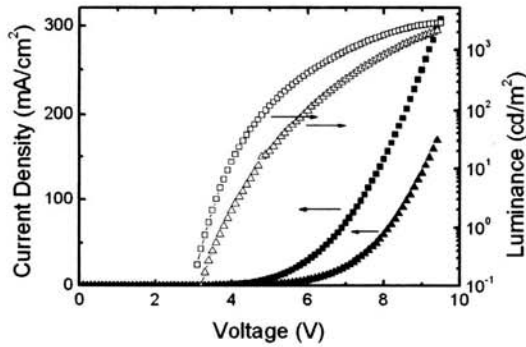


그림 3. OLED 소자의 유리 기판 쪽으로 365 nm, 350 W 자외선을 조사하기 전(네모)·후(세모)의 전류밀도(검정색)-전압-휘도(흰색) 특성.

Fig. 3. Current density (closed) - voltage - luminance (open) curves of fresh (square) and 365 nm, 350 W UV exposed (triangle) OLEDs.

밀도 및 휘도 특성 변화는 유기물이 자외선에 의해 분해되며 트랩(trap) 밀도가 증가하고, PL 양자 효율이 감소함에 의한 것이다.

그림 4는 자외선의 강도를 30 및 350 W로 하여 OLED 소자의 유리 기판 쪽으로 조사한 후 조사 시간에 따른 OLED 소자의 EL 강도 변화를 측정 한 것이다. 30 W의 자외선을 조사한 경우 EL 강도는 조사 시간에 따라 천천히 감소하는 반면, 350 W의 자외선을 조사한 경우 EL 강도는 빨리 감소하였다. 따라서 자외선의 조사 강도를 변화시키면 OLED 소자의 EL 강도를 변화시킬 수 있다.

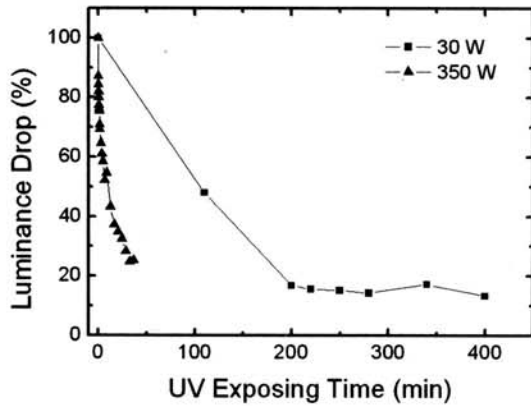


그림 4. OLED 소자의 유리 기판 쪽으로 365 nm, 350 (네모) 및 30 (세모) W 자외선 조사 시간에 따른 휘도 감소율.

Fig. 4. Luminance drop percent as a function of UV exposing time for the 30 (square) and 350 (triangle) W UV exposed OLEDs.

OLED 소자의 유리 기판 쪽으로 자외선의 조사 시 자외선의 조사 강도를 조절하여 이미지의 구현을 위해 그림 5(a)와 같은 음각 이미지 필름을 제작하였다. 음각 이미지 필름은 투과도가 필름 위에서의 위치에 따라 각각 다른 이미지로 인하여 OLED 소자에 조사되는 자외선의 강도가 필름 이미지의 투과도에 따라 다르게 되고, 이로 인하여 OLED 소자의 열화 현상은 이미지에 따라 달라져 그림 5(b)에서 보는 것과 같이 음각 필름의 이미지를 OLED 소자에 전사시킬 수 있다. 따라서 프린트된 음각 필름을 이용하여 OLED 소자에 조사되는 자외선의 투과 강도를 조절하면 정적인 OLED 사진 이미지를 구현할 수 있다.



그림 5. (a) OLED 소자 사진 구현을 위한 음각 필름 및 (b) 음각 필름에 자외선을 통과시켜 구현한 OLED 사진 이미지.

Fig. 5. (a) Negative imaged film for the static image and (b) OLED static image by exposing UV through the negative film.

4. 결론

본 연구에서는 OLED 소자를 구성하고 있는 유기물에 자외선을 조사하면 유기물의 전기 및 발광 특성이 변하는 것을 이용하여 OLED 소자의 사진 이미지를 구현하였다. 365 nm 파장의 자외선을

OLED 소자의 유리기판 쪽으로 조사하면 OLED 소자의 EL 강도가 감소하게 되며 자외선의 조사 강도가 크면 감소 속도가 빨라지게 된다. 따라서 음각의 이미지가 프린트되어 있는 필름을 통과하여 자외선을 조사함에 의해 OLED에 조사되는 자외선 강도를 조절하고, 이를 이용하여 OLED 소자의 사진 이미지를 구현하였다.

참고 문헌

- [1] C. W. Tang and S. A. VanSlyke, "Organic electroluminescent diodes", *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 51, No. 12, p. 913, 1987.
- [2] 김소연, 하미영, 문대규, 이찬재, 한정인, "투명 금속 음극을 이용한 전면발광 적색 인광 OLEDs의 전기 및 광학적 특성", *전기전자재료학회논문지*, 20권, 9호, p. 802, 2007.
- [3] N. von Malm, J. Steiger, R. Schmechel, and H. von Seggern, "Trap engineering in organic hole transport materials", *J. Appl. Phys.*, Vol. 89 No. 10, p. 5559, 2001.
- [4] Y. Iwama, T. Itoh, T. Mori, and T. Mizutani, "Electroluminescent properties of organic light-emitting diodes using BA1q and Alq₃ co-evaporation layer", *Thin Solid Films*, Vol. 499, p. 364, 2006.
- [5] C. H. Chen and J. Shi, "Metal chelates as emitting materials for organic electroluminescence", *Coord. Chem. Rev.*, Vol. 171, p. 161, 1998.
- [6] F. C. Chen, Y. Yang, M. E. Thompson, and J. Kido, "High performance polymer light-emitting diodes doped with a red phosphorescent iridium complex", *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 80, No. 13, p. 2308, 2002.