

플라스마 처리가 유기발광다이오드의 특성에 미치는 영향

신세진 · 안종명 · 김민영* · 장지근†

†단국대학교 전자공학과, *백석문화대학교 컴퓨터정보학부

The Effect of Plasma Treatment on the OLED Characteristics

Se Jin Shin, Jong Myung Ahn, Min Young Kim* and Ji Geun Jang†

†Department of Electronics Engineering, Dankook University

*Division of Computer Information, Baekseok college

ABSTRACT

The effects of plasma treatment on the ITO/glass substrate before deposition of organic materials were investigated in the fabrication of green light emitting organic devices with Alq₃-C545T fluorescent system. In our experiments, the optimum plasma treatment was obtained at the power and time of 150W and 2 minutes under the Ar(50%)/O₂ ambient of 1 mTorr. The green OLED with plasma treatment at 150W for 2 minutes showed the luminance and efficiency of 4700 cd/m² and 8 lm/W at 10V, respectively. On the contrary, the same structured device without plasma treatment showed much lower performance with the luminance of 2600 cd/m² and the efficiency of 3.6 lm/W at 10 V.

Key Words : OLED, Plasma treatment, Luminance, Efficiency

1. 서 론

유기 발광다이오드(organic light emitting diode, OLED)는 형광 유기물을 전기적으로 여기시켜 발광시키는 디스플레이 소자로서 저전력 구동, 자체 발광, 넓은 시야각, 우수한 고해상도, 풀 칼라, 높은 재현성, 빠른 응답속도 및 간편한 제조 공정 등의 장점을 갖고 있다[1-2].

유기화합물에 의한 발광 연구는 1960년대에 안트라센의 발광현상 발견으로부터 시작되었으나, 1987년 미국 코닥사의 Tang이 적층형 저분자 박막을 이용하여 저전압 구동이 가능한 유기 EL 소자를 개발한 이후 본격적으로 시작되었다[3-5].

저분자 발광 재료를 이용한 OLED는 현재 상용화 단계에 있으며, 기존의 대표적인 평판 디스플레이(flat panel display)인 LCD(liquid crystal display)와 PDP(plasma display panel)를 대체할 차세대 디스플레이 소자로 각광을 받고 있다.

전류구동 소자인 유기 발광다이오드는 전극으로부터 발광층까지 다층 박막을 통해 전자와 정공의 주입과 이동, 그리고 발광층에서 엑시톤(exciton)의 형성과 재결합에 의하여 밴드 갭 에너지에 해당하는 고유의 빛을 발산한다. 다층 구조의 OLED에서 캐리어의 주입과 이동은 전극과 캐리어 수송 재료의 종류 및 이들 간의 계면상태에 따라 크게 영향을 받는다[6-7]. 또한 유기 형광물의 구성과 공정처리는 발광층에서 엑시톤의 형성과 재결합에 영향을 미친다. 따라서 고성능 OLED를 개발하기 위해서는 다층 구조에서 각각의 박막에 대한 적절한 재료의 선정과 공정 설계가 중요하며, 이중 박막들 사이의 표면 상태와 접착력을 개선시켜 소자의 전기·광학적 특성을 최적화하는 연구가 필요하다[8-9].

본 실험에서는 플라스마 처리에 따른 OLED소자의 전기·광학적 특성을 조사하였다. OLED 제작에서 플라스마 처리는 양극으로부터 정공주입 장벽을 낮추고, 표면 오염제거 및 ITO와 유기막과의 접착력을 개선시켜 준다[10].

†E-mail : semicgk@dankook.ac.kr

2. 실험방법

소자 제작을 위한 기판으로는 면저항이 $8\ \Omega/\square$, 두께가 1500\AA 인 ITO가 코팅된 유리기판을 사용하였다. 소자제작에서는 먼저 ITO (1500\AA)/ glass 기판으로부터 ITO를 패터닝 (patterning)하고 inter-insulator (SiO_2 : 100\AA)와 음극 분리 격벽 (photoresist: $4\ \mu\text{m}$)을 형성하였다. 이후 패터닝된 기판을 Methanol과 IPA(iso-propyl alcohol)를 이용하여 초음파 세정 후 120°C 에서 30 분 동안 baking을 하였다. 플라즈마 전처리는 내부분압과 가스혼합비율 ($1\ \text{mTorr}$, Ar: $\text{O}_2=1:2$) 및 전력을 $150\ \text{W}$ 로 고정시키고 플라즈마 처리시간(1~5분)을 달리하여 실험하였다. 광학현미경을 통하여 패터닝된 격벽 손상을 확인해 본 결과 격벽 손상에 대한 임계시간이 3 분으로 나타났다.

Fig. 1은 플라즈마 처리에 따른 격벽 모양의 변화를 나타낸다. 그리하여 소자 제작에서는 격벽 손상이 일어나는 임계시간까지 플라즈마 처리를 하여 유기박막 증착 전 단계를 준비하였다.

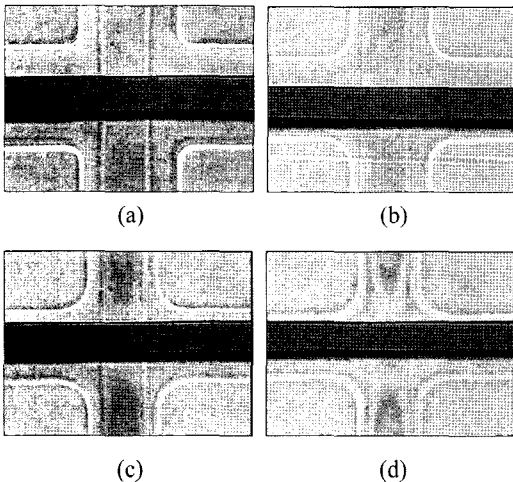


Fig. 1. Change of separator shape in plasma treatment. (a) non treatment, (b) 150W, 2 min, (c) 150W, 3 min, (d) 150W, 4 min.

유기박막의 증착 과정에서는 PT(Pre treatment Chamber)에서 플라즈마 처리된 시료를 고진공 상태에서 OC(Organic Chamber)로 옮기고, 2-TNATA를 사용하여 약 600\AA 두께의 정공 주입층(Hole Injection Layer: HIL)과 NPB를 사용하여 약 250\AA 의 정공 수송층(Hole Transport Layer: HTL)을 형성하였다. 다음으로 Alq_3 (Host)와 C545T (Dopant)를 100 : 1의 비율로 조정하여 약 200\AA 두께로 co-evaporation하여 발광층

을 형성하였다. 계속하여 전자 수송층(Electron Transport Layer: ETL)으로 약 300\AA 두께의 Alq_3 를 증착한 후, 시료를 MC(Metal Chamber)로 옮겨 최종적으로 약 10\AA 두께의 LiF-전자 주입층(Electron Injection Layer: EIL)과 약 1800\AA 두께의 Al-음극을 순차적으로 증착하였다. Fig. 2는 제작된 소자의 단면도이다.

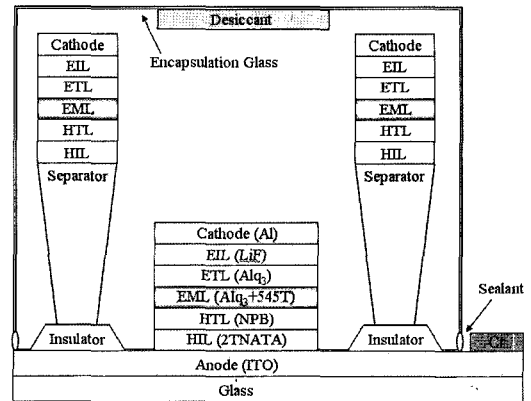


Fig. 2. Cross section of the fabricated devices.

3. 결과 및 고찰

HP4145B Semiconductor Measurement System과 CS-1000 Spectro Radiometer를 이용하여 OLED 소자의 전기·광학적 특성 및 AFM을 통한 표면특성을 조사하였다.

Fig. 3은 전압에 따른 휘도의 세기를 보여 주고 있다.

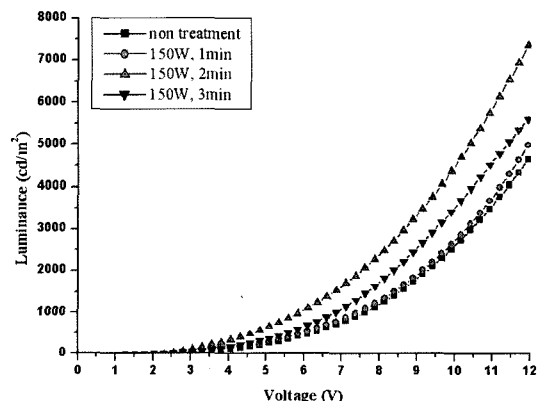


Fig. 3. Luminance-voltage characteristics.

플라즈마 처리를 하지 않은 소자는 $10\ \text{cd}/\text{m}^2$ 기준 임계전압이 약 3V로 나타나고 있으며 구동전압 10V에서 약 $2600\ \text{cd}/\text{m}^2$ 의 발광휘도를 나타내었다. 이에 비하여 150W, 2 min의 조건에서 플라즈마 처리된 소자

는 임계전압이 약 2V로 나타났으며 약 4700 cd/m²의 발광휘도를 나타 내었다. Fig. 4는 10V에서 발광되고 있는 소자의 사진을 보여주고 있다.

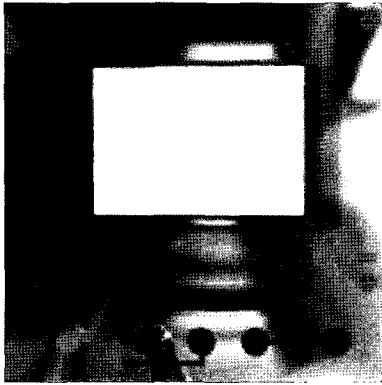


Fig. 4. Emission image of the fabricated device.

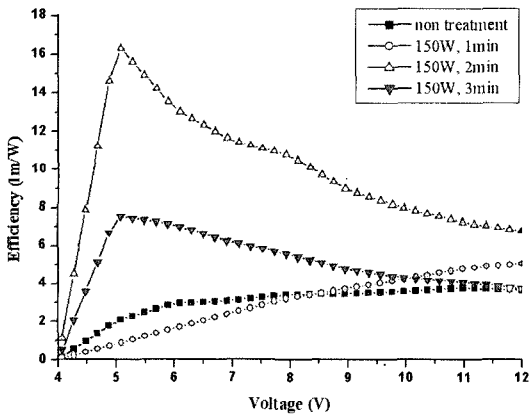


Fig. 5. Efficiency-voltage characteristics.

Fig. 5는 OLED 소자의 발광효율을 동작전압에 따라 식 (1)과 같이 계산하여 나타낸 그림이다.

$$\eta = (\pi \times L) / (J \times V) \quad (1)$$

구동전압 10V에서 제작된 소자들의 발광효율은 150W, 2 min의 플라즈마 처리 조건에서 8 lm/W로 나타났으며, 플라즈마 처리 하지 않은 소자는 발광효율이 3.6 lm/W로 나타났다. 또한 150W, 2 min으로 플라즈마 처리된 소자를 제외한 소자들은 임계전압부터 전압이 증가함에 따라 약 5V에서 포화되는 특성을 보이고 있다.

Fig. 6은 ITO 표면의 AFM 분석이다. 제작된 소자들의 ITO 표면 거칠기에 대한 rms 값은 격벽 손상이 일어나는 임계시간 직전(150W, 2 min)에서 가장 낮은 값을 나타내었다.

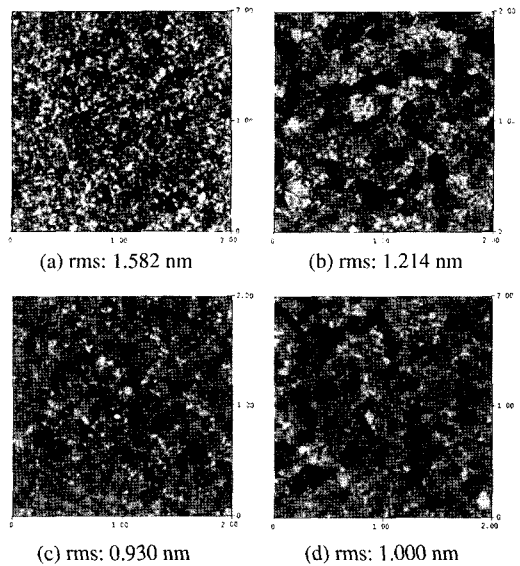


Fig. 6. AFM analysis of ITO surface: (a) non treatment, (b) 150W, 1 min, (c) 150W, 2 min, and (d) 150W, 3 min.

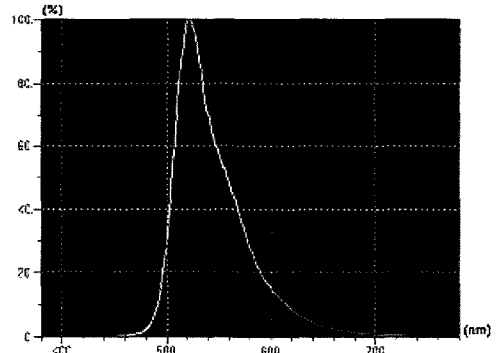


Fig. 7. Emission spectrum.

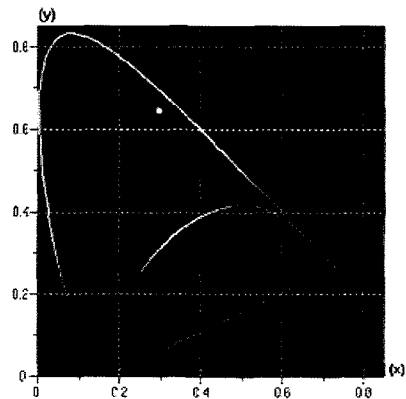


Fig. 8. CIE coordinate chart.

Fig. 7은 OLED 소자의 발광 스펙트럼을 보여 주고 있다. 발광 스펙트럼 상의 중심 파장은 521 nm 이며, FWHM(Full Width at Half Maximum)을 통한 스펙트럼 범위는 약 505~555 nm로 나타나고 있다. Fig. 8은 CIE 색 좌표이며, $x=0.30$, $y=0.65$ 의 녹색좌표 값을 갖는다.

4. 결 론

본 실험에서는 OLED 소자 제작의 선행으로 ITO/glass 기판의 플라즈마 전처리가 소자 성능에 미치는 영향을 조사하였다. 제작된 소자들은 ITO/2TNATA/NPB/Alq₃-C545T/Alq₃/LiF/Al의 기본구조를 갖는다. 플라즈마 처리는 시간(1~5분)을 달리하여 시행하였다. 플라즈마 처리 후 광학 현미경을 통하여 격벽 모양의 변화를 관찰한 결과 격벽 손상이 일어나는 임계시간이 3분으로 나타났으며 임계시간까지 소자를 제작하였다.

표면 평탄도를 고려하고 플라즈마 처리시간에 따른 녹색 OLED를 제작해 본 결과, 제작된 소자는 150W, 2 min의 플라즈마 처리 조건(4700 cd/m², 8 lm/W)에서 플라즈마 처리하지 않은 소자(2600 cd/m², 3.6 lm/W)의 발광 휘도 및 효율보다 약 2배의 성능 개선을 나타내어 최적의 플라즈마 처리 조건을 확립하였다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RTI04 -01-02) 지원으로 수행되었으며, 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. D. C. Shin, Information Display, 5(4), 13 (2005).
2. 키도 준지, 유기 EL, 청문각, 34 (2004).
3. C. W. Tang and S. A. Van Slyke, Appl. Phys. Lett., 51, 913 (1987).
4. J. H. Burroughs, D. D. C. Bradley, A. R. Brown, R. N. Marks, K. Mackay, R. H. Friend, P. L. Burn, and A. B. Holmes, Nature, 347, 539 (1990).
5. M. A. Baldo, S. Lamansky, P. E. Burrows, M. E. Thompson, and S. R. Forrest, Appl. Phys. Lett., 75, 4 (1999).
6. S. C. Gong, I. J. Back, J. H. Yoo, H. S. Lim, H. J. Chang, and G. K. Chang, J. of the Microelectronics & Packaging Society, 12(2), 155(2005).
7. T. P. Nguyen and P. Destruel, Handbook of Luminescence, Display Materials, and Devices, Vol. 1-Organic Light Emitting Diodes, 90 (2003).
8. T. K. Hatwar, J. P. Spindler, M. L. Ricks, R. H. Young, L. Cosimbescu, W. J. Begley, and S. A. Van Slyke, Asia Display/IMID '04 Digest, 816 (2004).
9. Hiroshi Kanno, Yuji Hamada, and Hisa-kazu Takahashi, IEEE J. of Selected Topics in Quantum Electronics, 10(1), 30 (2004).
10. Hyongsik Kim, Junho Lee, and Chinho Park, Journal of the Korean Physical Society, Vol. 41, No. 3, P. 395-399 (2002).