

TMP-BiP 호스트와 DJNBD-1 도펀트를 이용한 청색 OLED의 제작과 특성평가

장지근[†] · 안종명 · 신상배 · 장호정 · 공수철 · 신현관 · 공명선* · 이철원**

[†]단국대학교 전자공학과, *단국대학교 화학과, **대주전자재료

Fabrication and Characterization of Blue OLED using TMP-BiP Host and DJNBD-1 Dopant

Ji Geun Jang[†], Jong Myung Ahn, Sang Baie Shin, Ho Jung Chang, Su Choel Gong
Hyun Kwan Shin, Myung Sun Gong* and Chil Won Lee**

[†]Department of Electronics Engineering,, Dankook University

*Department of Chemistry, Dankook University

**Display Material Div., DaeJoo Electronic Materials Co., Ltd.

ABSTRACT

The blue emitting OLEDs using TMP-BiP[(4'-Benzoylferphenyl-4-yl)phenyl-methanone-Diethyl(biphenyl-4-ymethyl) phosphonate] host and DJNBD-1 dopant have been fabricated and characterized. In the device fabrication, 2-TNATA [4,4',4"-tris(2-naphthylphenyl-phenylamino)-triphenylamine] as a hole injection material and NPB [N,N'-bis(1-naphthyl)-N,N'-diphenyl-1,1'-biphenyl-4,4'-diamine] as a hole transport material were deposited on the ITO(indium tin oxide)/glass substrate by vacuum thermal evaporation method. Followed by the deposition, blue color emission layer was deposited using TMP-BiP as a host material and DJNBD-1 as a dopant. Finally, small molecule OLEDs with structure of ITO/2-TNATA/NPB/TMP-BiP:DJNBD-1/Alq₃/LiF/Al were obtained by in-situ deposition of Alq₃, LiF and Al as the electron transport material, electron injection material and cathode, respectively. The effect of dopant into host material of the blue OLEDs was studied. The blue OLEDs with DJNBD-1 dopant showed that the maximum current and luminance were found to be about 34 mA and 8110 cd/m² at 11 V, respectively. In addition, the color coordinate was x=0.17, y=0.17 in CIE color chart, and the peak emission wavelength was 440 nm. The maximum current efficiency of 2.15 cd/A at 7 V was obtained in this experiment.

Key Words : Blue OLED, Luminance, CIE coordinate, Current efficiency, Peak emission wavelength

1. 서 론

OLED(organic light emitting diode)는 유기물을 사용하여, 소자의 전기적 특성이 다이오드 특성과 유사하여 유기발광다이오드라고 불리운다. OLED는 광 시야 각, 초고속 응답, 자체 발광 등의 장점 때문에 소형에서 대형에 이르기까지 동화상 표시매체로서 손색이 없으며, 소비전력이 작고, 경량·박형으로 제작할 수 있

기 때문에 평판 디스플레이용으로 가장 적합한 소자이다[1-5].

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[6, 7].

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 소

[†]E-mail : semicgk@dankook.ac.kr

자로 각광을 받고 있다. 저분자 OLED의 특징으로는 물질의 합성이 용이하며, 다층 박막 구조의 형태로 만들기가 쉽다는 점이다. 진류구동 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[8-10]. 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[11-12].

현 수준에서 OLED의 개발 성능을 색상별로 비교하면 청색과 적색의 경우가 녹색의 경우에 비해 휘도나 발광 효율이 많이 떨어진다[13]. 유기 디스플레이를 풀칼라로 대면적화하기 위해서는 청색과 적색 소자에 대한 성능 개선이 지속적으로 요구되며, 이를 위해 새로운 형광재료의 개발이나 공정 기술의 연구가 필요하다.

본 실험에서는 TMP-BiP 호스트(host)와 DJNBD-1 도펀트(dopant)의 형광 시스템을 이용하여 고성능 청색 OLED를 제작하고 그 특성을 평가하였다. 소자 제작 과정에서는 패터닝된 ITO/glass 기판을 준비한 후, 기판을 고진공 시스템에 장착하고 in-situ 방식으로 ITO/2-TNATA/NPB/TMP-BiP:DJNBD-1/Alq₃/LiF/Al 구조의 다층 박막을 증착하였다. 제작된 소자의 특성 평가에서는 전류-전압 관계, 휘도, 전류 효율, CIE-색 좌표 및 발광 스펙트럼을 조사하였다.

2. 실험방법

본 실험에 사용된 기판은 ITO(indium tin oxide)가 코팅된 유리(glass)를 30 mm×35 mm의 크기로 잘라서 사용하였다. 세정 후 Patterning 공정은 Photo 공정과 Etching 공정으로 나눌 수 있으며 Fig. 1에 자세한 공정을 나타내었다. 이후 패터닝된 기판을 Fig. 2의 진공 증착기에 장착하고 PT(plasma treatment)실에서 O₂/Ar= 2/1 혼합비와 200W의 RF 전력 조건으로 2분간 플라즈마 처리를 하였다. 유기 박막을 증착하기 전에 플라즈마 처리는 기판 준비 과정에서 생긴 오염을

제거 하고 ITO로부터 정공의 주입 장벽을 낮추기 위함이다. Fig. 2의 진공 증착기는 플라즈마 처리실(PT),

유기물 증착실(OC), 금속 증착실(MC), 봉지를 위한 glove box가 자동 전달 장치에 의해 서로 연결될 수 있어 기판의 장착으로부터 봉지가 완성되기까지 시료를 대기중으로 꺼내지 않고 in-situ처리가 가능한 시스템이다. 박막의 증착 과정에서는 시료를 고진공(5×10⁻⁸ Torr) 상태의 OC(organic chamber)로 옮기고, 600Å 두께의 2-TNATA 정공 주입층(hole injection layer: HIL)과 200Å 두께의 NPB 정공 수송층(hole transport layer: HTL)을 형성하였다. 다음으로 시료에 따라 TPM-BiP만을 200Å 두께로 evaporation하는 경우와 TMP-BiP 호스트와 DJNBD-1 도펀트를 20:1의 비율로 co-evaporation 하여 210Å 두께의 형광층을 형성하는 경우로 구분하여 발광층을 형성하였다. 이후 전자 수송층(electron transport layer: ETL)으로 300Å 두께의 Alq₃를 증착하고 시료를 MC(metal chamber)로 옮겨 최종적으로 LiF(10Å)/Al(1500Å)의 음극을 순차적으로 증

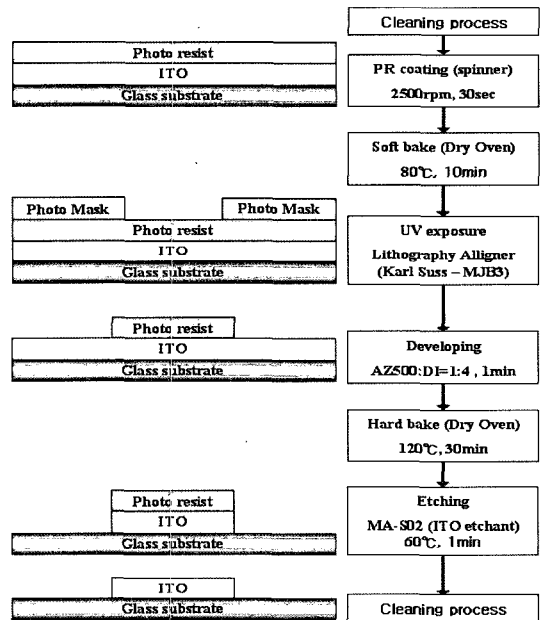


Fig. 1. ITO Patterning process flow of unit devices.

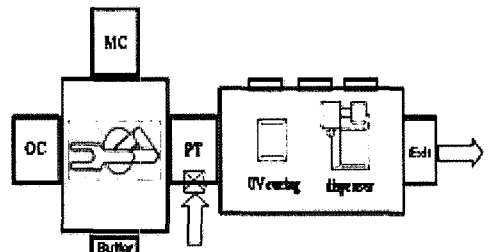


Fig. 2. OLED in-situ processing system.

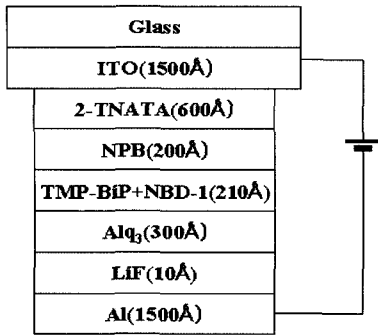
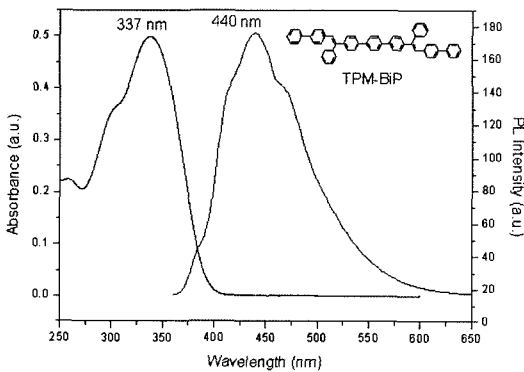
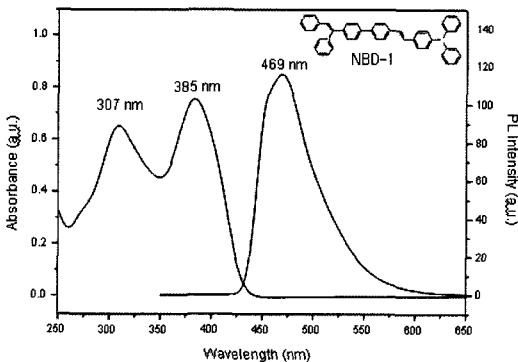


Fig. 3. Stacked layers of the fabricated device.



(a) TMP-BiP



(b) DJNBD-1

Fig. 4. Molecular structure and UV, PL Spectra.

착하였다. Fig. 3은 제작된 소자의 적층구조이다.

3. 결과 및 고찰

Polaronix M6100 IVL Test System을 이용하여 OLED 소자의 전기광학적 특성을 조사 하였다.

Fig. 4는 TMP-BiP 호스트 및 DJNBD-1 도펀트의 분

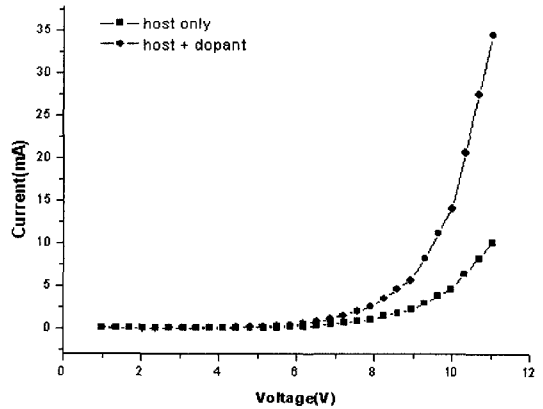


Fig. 5. Current-Voltage characteristics.

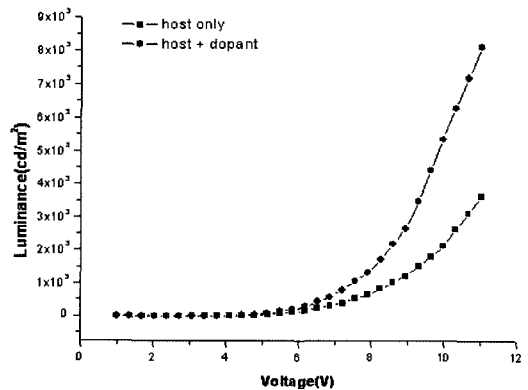


Fig. 6. Luminance-Voltage characteristics.

자 구조와 각각의 UV 및 PL Spectra를 보여주고 있다. Fig. 5는 제작된 소자들의 전압에 따른 전류 특성 곡선이며, Fig. 6은 전압에 따른 휘도 특성 곡선이다. OLED는 전류 구동소자이므로 기본적으로 전류-전압 특성곡선은 휘도-전압 특성 곡선과 유사한 경향을 나타내었다. Fig. 5의 특성 곡선에서 두 소자 모두 Turn-on 전압은 약 4V이며 11V 동작전압에서 약 34 mA의 전류값을 나타내었다.

Fig. 6으로부터 8V 동작 전압에서 Host + Dopant 소자의 휘도는 1,395 cd/m²이며, Host만으로 제작한 (Host Only) 소자는 684 cd/m²으로 나타났다. 11V에서 휘도는 각각 8110 cd/m²과 3636 cd/m²까지 증가 하였다. 실험에서 얻어진 데이터에서 알 수 있듯이 Host만 사용하여 제작한 소자 보다 호스트에 도펀트를 첨가하여 제작한 소자가 월등히 높은 휘도를 나타내었다. 이는 DJNBD-1의 도펀트를 첨가함으로써 색순도의 증가와 함께 Host에서 Dopant로 에너지 전이가 잘 일어나 발광 휘도가 증가된 결과로 판단된다. Fig. 7은 제작된

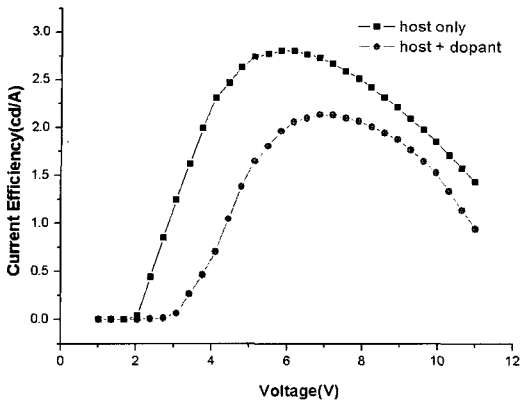
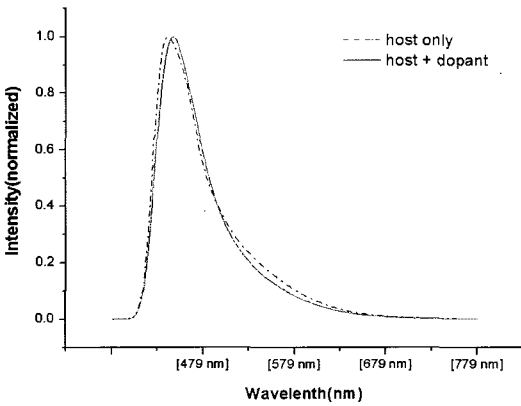
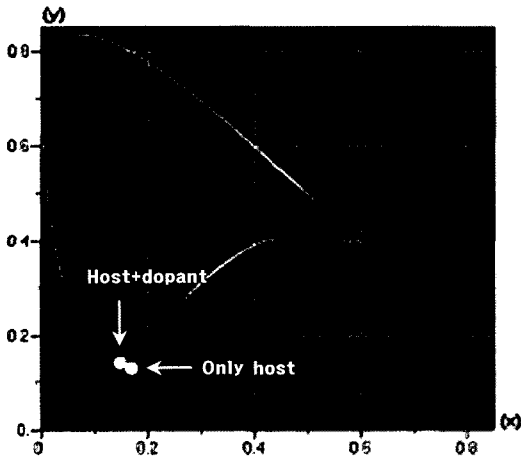


Fig. 7. Current efficiency-voltage characteristic.



(a)



(b)

Fig. 8. Emission spectra(a) and CIE coordinate chart(b).

소자들의 전압에 따른 전류효율을 보여주고 있다. Host + Dopant 소자의 경우 최대 효율은 구동전압이

7V일 때 약 2.15 cd/A로 나타났다.

Fig. 8은 8V동작전압에서의 발광 스펙트럼과 CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) 색 좌표 값을 보여주고 있다. 발광 스펙트럼 상의 중심파장은 약 440 nm이며 FWHM(full width at half maximum)을 통한 발광파장 범위는 약 430~500 nm를 나타내었다. CIE 차트 상에서 색 좌표는 Host만 사용하여 제작한 소자의 경우 $x=0.18, y=0.16$ 로, Host+Dopant 소자의 경우 $x=0.17, y=0.17$ 로 나타나 제작된 소자의 발광색은 NTSC 표준 청색인 CIE(0.14, 0.08)과 비교하여 다소 x -좌표는 오른쪽으로, y -좌표는 위쪽으로 이동된 상태를 나타내었다.

4. 결 론

본 연구에서는 ITO/glass을 전처리 후 5×10^{-8} Torr 이하의 고진공 상태에서 in-situ 방식으로 ITO/2-TNATA/NPB/TMP-BiP: DJNBD-1/Alq3/LiF/Al 구조의 청색 발광 OLED 소자를 제작하였다.

제작된 소자의 전류와 휘도 특성은 11V 동작전압에서 각각 34 mA와 8110 cd/m^2 으로 나타났다. 또한 최대 전류효율은 7V의 구동전압에서 2.15 cd/A로 나타났다. 발광 스펙트럼은 440 nm의 중심파장을 가지며, FWHM은 약 70 nm의 파장 범위를 나타내었으며 CIE 차트 상에서 색 좌표는 $x=0.17, y=0.17$ 로 나타났다. 실험에서 사용된 TPM-BiP 호스트와 DJNBD-1 도펀트는 본 연구진에서 새로운 청색 형광재료의 개발 차원에서 직접 합성한 신규 물질이다.

본 연구에서는 신규 TPM-BiP와 DJNBD-1 발광재료를 이용하고, ITO/glass 기판으로부터 전처리 단계를 거쳐 각 박막층을 형성함에 있어서 적절한 공정 설계와 in-situ process를 통한 신뢰성 있는 제조 기술을 확보함으로써 고성능 청색발광 OLED를 성공적으로 제작할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RTI04-01-02) 지원으로 수행되었으며 이에 감사 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. S. C. Gong and H. J. Chang, "The Properties of Polymer Light Emitting Diode with ITO/PE DOT:PSS/MEH-PPV/Al Structure", *J. of Microelectronics & Packaging Soc.*, Vol. 12, No. 3, pp. 213-217 (2005).
 6. M. A. Baldo, S. Lamansky, P. E. Burrows, M. E. Thompson, and S. R. Forrest, *Appl. Phys. Lett.*, 75, 4 (1999).
 7. 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).
 8. T. P. Nguyen and P. Destruel, *Handbook of Luminescence, Display Materials, and Devices*, Vol. 1-Organic Light Emitting Diodes, 90(2003).
 9. 장지근, 김희원, "GDI 602/Rubrene를 이용한 황색 OLED의 제작과 특성 분석" *한국마이크로전자 및 패키징학회지* 13권 4호, pp-71-75 (2006).
 10. 장지근, 신세진, "GDI 호스트-도펀트 형광체를 이용한 청색 OLED의 제작과 특성 평가" *한국재료학회지*, pp 253-256 (2006).
 11. 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).
 12. Hiroshi Kanno, Yuji Hamada, and Hisakazu Takahashi, *IEEE J. of Selected Topics in Quantum Electronics*, 10(1), 30(2004).
 13. 김우영, 유기EL 소자 제작공정, *한국진공 연구조합*, 2, 27(2001).