

TPM-BiP 청색 형광 재료의 전계발광특성

장지근[†] · 신상배 · 안종명 · 장호정 · 이학민 · 공명선* · 김민영** · 김준우***

[†]단국대학교 전자공학과, *단국대학교 화학과, **백석문화대학교 컴퓨터정보학부, ***대주전자재료

Characterization of Blue Organic Light Emitting Diodes using TPM-BiP

Ji Geun Chang[†], Sang Baie Shin, Jong Myoung Ahn, Ho Jung Chang, Hak Min Lee,
Myoung Sun Gong*, Min Young Kim** and Jun Woo Kim***

[†]Department of Electronics and Computer Engineering, Dankook University

*Department Chemistry, Dankook University

**Division of Computer Information, Baekseok College

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

ABSTRACT

For the fabrication of blue color organic light emitting diodes(OLED) with a high performance, 2-TNATA [4,4',4"-tris (2-naphthylphenyl-phenylamino)-triphenylamine] as hole injection material and NPB [N,N'-bis (1-naphthyl) -N,N'-diphenyl-1,1'-biphenyl-4,4'-diamine] as hole transport material were deposited on the ITO (indium tin oxide)/glass substrate by the vacuum thermal evaporation. After then, blue color emission layer was deposited using TPM-BiP[(4'-Benzoylferphenyl-4-y)phenyl-methanone-Diethyl(biphenyl-4-y-methyl)phosphonate] and GDI602 as a light emitting organic material. Finally, the two kinds of OLEDs with the structure of ITO/2-TNATA/NPB/TPM-BiP/Alq₃/LiF/Al and ITO/2-TNATA/NPB/GDI602/Alq₃/LiF/Al were prepared by in-situ deposition. The maximum current density and luminance were found to be about 588 mA/cm² and 5239 cd/m² at 12V for the OLED sample with the structure of ITO/2-TNATA/NPB/TPM-BiP/Alq₃/LiF/Al. Color coordinate of blue OLED was x=0.18, y=0.18 (at 11V) and the maximum current efficiency was 2.82 cd/A (at 6V) with the peak emission wavelength of 440 nm.

Key Words : OLED, blue oled, current efficiency, luminance

1. 서 론

전계발광 현상을 이용하는 유기발광다이오드(OLED, Organic Light Emitting Diode)는 저전력구동, 자발광, 넓은 시야각, 우수한 고해상도, Full Color, 재현성 용이, 빠른 응답속도 및 간편한 제조 공정 등의 이점으로 차세대 디스플레이 소자로서 기대를 모으고 있다[1-6].

저분자 발광재료를 이용한 방식은 현재 상용화 단계에 있으며, 기존의 대표적인 FPD(Flat Panel Display)인 LCD(Liquid Crystal Display)와 PDP (Plasma Display Panel)를 대체할 차세대 디스플레이 소자로 각광을 받고 있다. 저분자 OLED의 특징으로는 물질의 합

성이 용이하며, 다층막 구조의 형태로 만들기가 쉽다는 점이다. 전류구동 소자인 유기 발광 다이오드는 박막간 전자와 정공의 주입, 이동 및 전자-정공의 쌍(pair)인 엑시톤(exciton)의 재결합에 의하여 밴드갭 에너지에 해당하는 고유의 빛을 발산한다. 이러한 전자와 정공의 주입과 이동은 유기 발광 다이오드를 구성하고 있는 음극, 유기 발광층 박막, 양극 박막의 표면상태와 접합 상태에 따라 크게 영향을 받는다[5-7]. 따라서 고성능 OLED를 개발하기 위해서는 고효율 유기발광 재료를 개발하여야 하고 다층 구조의 발광메커니즘이 확립되어야 한다. 특히 외부 발광효율을 증대시키기 위해서는 전극과 유기 박막들 사이의 표면 상태와 박막간의 접촉력을 개선시켜 소자의 전기·광학적 특성을 최적화하는 연구가 필요하다. 또한 유기 발광 다이오드는 산

[†]E-mail : semicjk@dankook.ac.kr

소나 습기의 노출로부터 쉽게 열화 됨으로 장시간 수명을 갖고 고성능의 안정된 동작을 하기 위해서는 기판의 준비에서부터 봉지가 완성되기까지 진공상태에서 in-situ process 제작기술이 필요하다. 현재 상용화 되어 있는 PM (passive matrix) OLED의 일반적인 특성은 5~10 V의 구동전압과 약 500 cd/m² 전후의 휘도, 그리고 약 10 lm/W 의 최대 효율을 나타낸다[8-10].

본 연구에서는 휘도 및 발광효율을 개선하기 위해 ITO/2-TNATA/ NPB /TPM-BiP/ Alq₃/LiF/Al과 ITO/2-TNATA/NPB/GDI602/Alq₃/LiF/Al 구조를 가지는 두 종류의 다층 청색 유기발광다이오드를 제작하여, 이들의 전기,광학적 특성을 비교하였다. 실험에서 사용된 TPM-BiP 호스트는 본 연구진에서 고효율 청색 형광재료의 개발 차원에서 신규로 합성한 물질이다. 이에 따라 현재 청색 형광재료로 널리 사용되고 있는 Gracel사의 GDI 602와 전계발광 특성을 비교하여, 신규 개발된 TPM-BiP의 청색 형광재료로서의 우수성과 이를 이용한 고효율 청색 OLED의 개발을 목적으로 하고 있다.

2. 실험방법

2 mm×2 mm크기로 ITO/glass를 패터닝하여 PT (plasma treatment chamber)에 O₂/Ar=2/1 혼합비와 200 W의 RF 전력 조건으로 2분간 플라즈마 처리를 하였다. OLED 제작에서 선행된 플라즈마 처리는 양극으로부터 정공주입 장벽을 낮추고, 표면 오염제거 및 ITO 와 유기막과의 접착력을 개선시켜 준다.

이후 시료를 고진공 상태에서 OC(organic deposition chamber)로 옮기고, 2-TNATA를 사용하여 약 600Å 두께의 정공 주입층(hole injection layer: HIL)과 NPB를 사용하여 약 200Å 두께의 정공 수송층(hole transport layer: HTL)을 형성하였다. 다음으로 TPM-BiP와 GDI 602를 약 200Å 두께로 정공수송층위에 in-situ 상태에서 발광층을 형성하였다. 계속하여 전자 수송층(electron transport layer: ETL)으로 약 300Å 두께의 Alq₃를 증착한 후, 시료를 MC(metal chamber)로 옮겨 최종적으로 약 10Å 두께의 LiF-전자 주입층(electron injection

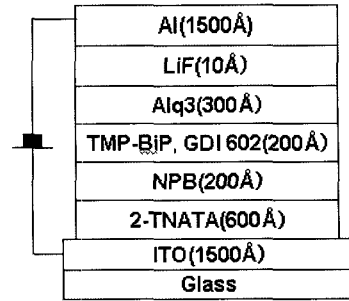


Fig. 2. Cross-sectional structure of Blue OLED.

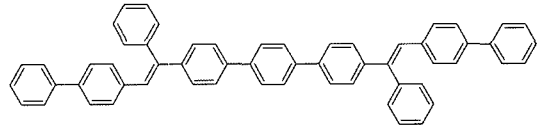


Fig. 3. (a) Structure of TPM-BiP.

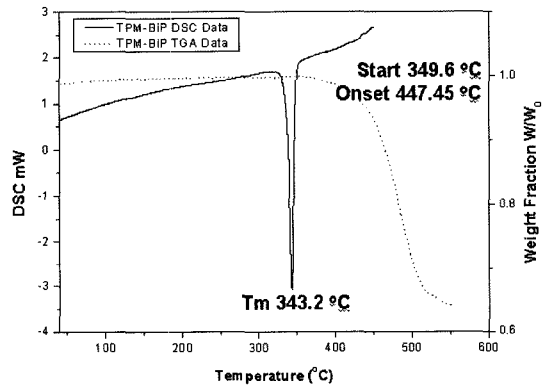


Fig. 3. (b) DSC and TGA Characteristics of TPM-BiP material.

layer: EIL)과 약 1500Å 두께의 Al-음극을 순차적으로 증착하여 OLED 발광소자를 제작하였다. Fig. 1 은 진공증착에 사용된 장비의 구조도를 나타내었다. 또한 Fig. 2에서는 OLED 소자의 단면 구조를 보여주고 있다. Fig. 3은 사용된 발광재료로서 TPM-BiP의 구조와 재료의 DSC(Differential Scanning Calorimetry)와 TGA (Thermo gravimetric Analysis) 특성을 각각 나타내었다. TPM-BiP의 용융점은 343.2°C, 열분해 온도는 349.6°C를 시작으로 447.45°C 에서 뚜렷이 관찰되었다. 제작된 OLED소자의 전기, 광학적 특성은Polaronix M6100 IVL Test System을 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 4는 TPM-BiP와 GDI 602를 형광체로 사용했을

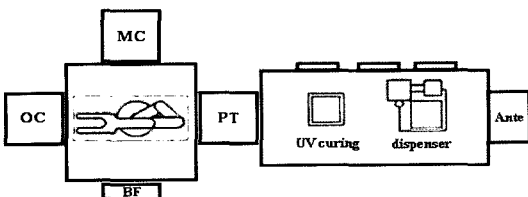


Fig. 1. OLED in-situ processing system.

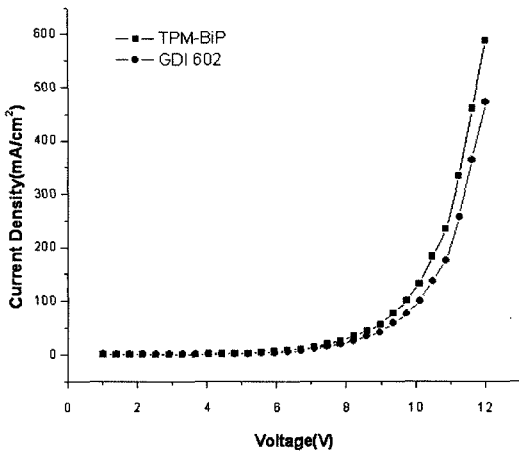


Fig. 4. Current Density versus Voltage curves of the blue OLED devices.

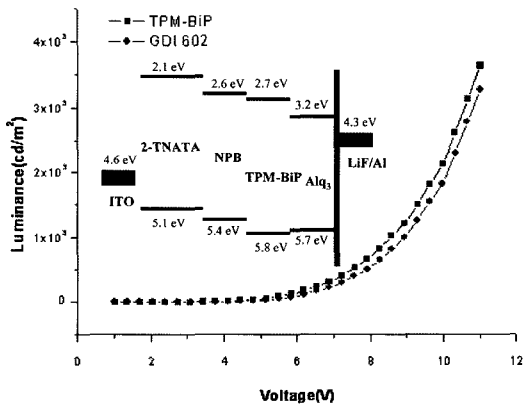


Fig. 5. Luminance characteristics of the blue OLED as a function of input Voltages and Energy Band diagram of OLED device.

때의 인가 전압에 따른 전류 특성이다. Fig. 5는 각 소자의 휘도 특성이며, 이 그림에 TPM-BiP형광체를 채용한 소자의 에너지 밴드구조가 내삽되어 있다. Fig. 4와 Fig. 5의 전류-전압-휘도 관계로부터 발광개시 전압은 4V로 측정되었으며 GDI 602 보다 TPM-BiP를 사용한 OLED 소자가 전류 및 휘도에서 보다 높은 특성을 보였다. 즉, TPM-BiP 발광층을 이용한 소자의 경우 최대 휘도는 3636 cd/m²(at 11V)로 나타났고, 이때의 전류밀도는 586 mA/cm²로 나타났다. 이와 같이 TPM-BiP 유기 발광재료를 사용한 소자에서 보다 높은 전류 및 발광 효율을 나타낸 것은 보다 원활한 전자 및 정공 이동에 기인하는 것으로 판단된다.

Fig. 6은 제작된 소자들의 전류효율 곡선이다. TPM-

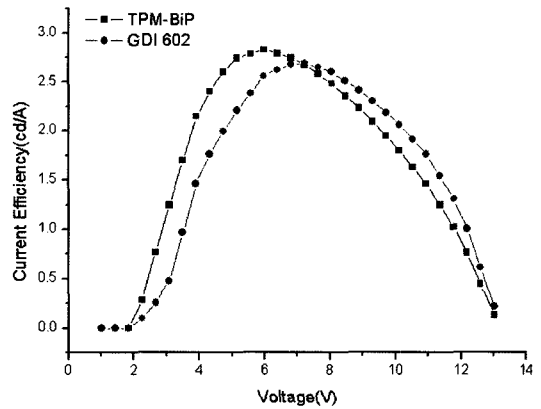


Fig. 6. Current efficiency versus Voltage curve of the OLED device.

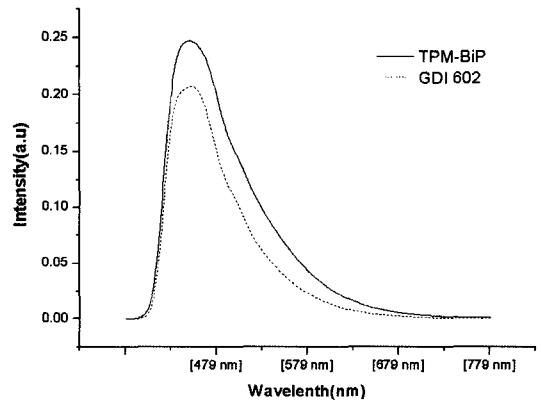


Fig. 7. Comparison of The Emission Spectrum.

BiP를 채용한 OLED 소자의 경우 최대 전류효율은 8V에서 2.82 cd/A로 나타났다. Fig. 7은 제작한 두 종류의 소자(GDI 602와 TPM-BiP의 발광층 재료를 각각 사용)에 대해 같은 전압에서의(인가전압: 10V) 발광 스펙트럼을 보여주고 있다. 제작된 소자들의 발광 스펙트럼은 거의 유사하게 나타났으며, 발광중심 파장과 FWHM(full width at half maximum)은 각각 약 440 nm와 70 nm로 나타났다. 또한 색 좌표는 x=0.18, y=0.18로 비교적 우수한 청색 특성을 나타내었으며, 같은 파장대의 스펙트럼상의 강도는 TPM-BiP를 발광층으로 사용한 소자에서 보다 높은 세기를 나타내었다.

4. 결 론

본 연구에서는 ITO/glass를 전처리 후 in-situ 방식으로 ITO/2-TNATA/NPB/TPM-BiP/Alq₃/LiF/Al 구조와

ITO/2-TNATA/NPB/GDI602/Alq₃/LiF/Al 구조를 가지는 두 종류의 청색발광 OLED 소자를 제작한 후 특성을 조사, 비교하였다. 제작된 ITO/2-TNATA/NPB/TPM-BiP/Alq₃/LiF/Al 구조의 소자에서 최대 전류와 휘도 특성은 11V 동작 전압에서 각각 10 mA와 3636 cd/m²를 나타내었다. 또한 TPM-BiP와 GDI 602의 최대 전류효율은 6V의 구동전압에서 2.82 cd/A와 8V의 구동전압에서 2.6 cd/A로 각각 나타났다. 발광 스펙트럼은 440 nm의 중심파장을 가지며 CIE 차트 상에서 색좌표는 x=0.18, y=0.18로 우수한 청색 순도를 보여주었다. 본 연구에서는 in-situ process를 통한 신뢰성 있는 제조 기술을 확보함과 동시에, 2종류의 발광층 재료를 사용한 소자를 제작하여 비교 평가 함으로써 우수한 특성의 청색발광 OLED를 제작할 수 있는 기반 기술을 확보할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RTI04-01-02) 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. John L. Vossen, Werner Kern, "Thin Film Process II", Academic Press, pp 501-564 (2002).
2. 키도 준지 "유기 EL", 청문각 (2004).
3. 강원호, 장호정 공역, 유기 EL 디스플레이 기초와 응용, 성안당 (2006).
4. 장지근, 김희원, "GDI 602/Rubrene을 이용한 황색 OLED의 제작과 특성 분석" 한국마이크로전자 및 패키징학회지 13권 4호, pp-71-75 (2006).
5. S. C. Gong, H. J. Chang "The Electrical and Optical Properties of Polymer Light Emitting Diode with ITO/PEDOT: PSS/MEH-PPV/Al Structure", J of Microelectronics & Packaging Soc., Vol. 12, No. 2, pp. 155-159 (2005).
6. J. H. Yoo, H. J. Chang "Preparation of Polymer Light Emitting Diodes with PFO-poss Organic Emission Layer on ITO/Glass Substrate", J. of Microelectronics & Packaging Soc., Vol. 13, No. 4, pp. 51-56 (2006).
7. 장지근, 신세진, "GDI 호스트-도펀트 형광체를 이용한 청색 OLED의 제작과 특성 평가" 한국재료학회지, pp 253-256 (2006).
8. N. C. van der Vaart, E. A. Meulenkaamp *et al.*, "Next-generation active-matrix polymer OLED displays", Asia Display/IMID'04 DIGEST, pp. 337-347 (2004).
9. D. C. Shin, "The improving technology of optical properties on OLED", Info. Dis., 5, 4, pp 13-17(2005) 신동찬, "OLED 소자의 광학특성 향상기술", 인포메이션 디스플레이, 제5권, 제4호, pp 13-17 (2005).
10. Joseph Shinar, "Organic Light-Emitting Devices" Springer, AIP press, pp, 155-185 (2004).