

## Rubrene/GDI 4234 Dual 도펀트를 이용한 적색 유기발광다이오드

장지근, 강의정, 김희원, 신세진, 공명선\*, 임성규, 오명환

단국대학교 전자공학과, 단국대학교 화학과\*

### Red Organic LED with Dual Dopants of Rubrene and GDI 4234

Ji Geun Jang, Eui Jung Kang, Hee Won Kim, Se Jin Shin, Myoung Sun Gong\*, Sung Kyoo Lim, Myoung Hwan Oh

Department of Electronics Engineering, Dankook University \*Department of Chemistry, Dankook University

**Abstract:** In the fabrication of high performance red organic light emitting diode, 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 vacuum evaporation. And then, red color emission layer was deposited using Alq3 as a host material and Rubrene (5,6,11,12- tetraphenyl-naphthacene) and GDI 4234 as dopants. Finally, small molecular weight OLED with the structure of ITO/2-TNATA/ NPB/Alq3+Rubrene+GDI4234/Alq3/LiF/Al was obtained by in-situ deposition of Alq3, LiF and Al as electron transport material, electron injection material and cathode, respectively. Green OLED fabricated in our experiments showed the color coordinate of CIE(0.65,0.35) and the maximum luminescence efficiency of 2.1 lm/W at 7 V with the peak emission wavelength of 632 nm.

**Key Words :** Red OLED, Alq3, Rubrene, GDI 4234, Luminescence efficiency

### 1. 서론

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.<sup>[1][2][3]</sup>

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 합성이 용이하며, 다층막 구조의 형태로 만들기가 쉽다는 점이다. 전류구동 소자인 유기발광다이오드는 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 접촉 상태에 따라 크게 영향을 받는다.<sup>[4]</sup> 따라서 고성능 OLED를 개발하기 위해서는 고효율 유기발광 재료를 개발하여야 하고 다층 구조의 발광메커니즘이 확립되어야 한다. 특히 외부 발광효율을 증대시키기 위해서는 전극과 유기 박막 사이의 표면 상태와 박막간의 접촉력을 개선시켜 소자의 전기·광학적 특성을 최적화하는 연구가 필요하다. 또한 유기발광다이오드는 산소나 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 되어있는 OLED의 일반적인 특성은 5~12V의 구동전압과 100~500 cd/m<sup>2</sup>의 휘도, 그리고 1~10 lm/W의 효율 범위를 갖는다.<sup>[5][6]</sup>

본 연구에서는 Passive Matrix 방식의 ITO/2-TNATA/ NPB /Alq3+Rubrene+GDI4234/Alq3/LiF/Al 구조를 갖는 유기 발광 다이오드를 제작하여, 전기·광학적 특성을 조사하였다.

### 2. 실험

20cm×20cm 크기의 ITO(Indium Tin Oxide)/glass 기판으로부터 ITO를 patterning하고 inter-insulator 및 음극분리 격벽을 형성하여 유기박막 증착전 단계를 준비하였다. 유기박막의 형성은 SUNICEL PLUS 200 시스템[그림 1]을 이용하여 5×10<sup>-8</sup> Torr 이하의 고진공 상태에서 In-Situ 방식으로 증착하였다.

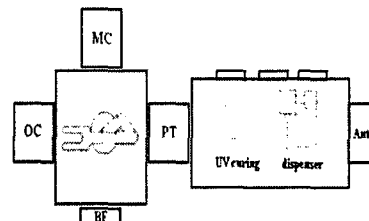


그림 1. 유기 박막 증착장비(SUNICEL PLUS 200)

유기박막의 증착 과정에서는 우선 패터닝된 기판을 PT(pre-treatment chamber)에 넣고 O<sub>2</sub>와 Ar를 사용하여 플라즈마 처리하였다. OLED 제작에서 선행 플라즈마 처리

는 양극으로부터 정공주입 장벽을 낮추고, 표면 오염제거 및 ITO와 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 200Å의 정공 수송층(hole transport layer: HTL)을 형성하였다. 다음으로 Fine Mask를 사용하여 Alq<sub>3</sub> (host)와 Rubrene, GDI4234 (dopant)를 100 : 10 : 2의 비율로 조정하여 약 336Å 두께로 진공 증착함으로써 형광층을 형성하였다. 계속하여 전자 수송층(electron transport layer: ETL)으로 약 300Å 두께의 Alq<sub>3</sub>를 증착한 후, 시료를 MC(metal chamber)로 옮겨 최종적으로 약 10Å 두께의 LiF-전자 주입층 (electron injection layer: EIL)과 약 1800Å 두께의 Al-음극을 순차적으로 증착하였다. 봉지 과정에서는 시료를 glove box로 옮기고 sealant를 이용하여 UV curing 방식으로 흡습제가 장착된 인캡 글라스(encapsulation glass)를 sealing 하였다. 제작된 단위 패널은 1“(dia-gonal) 크기의 96 × 3(0,R,0) × 64 해상도를 갖는다.

### 3. 결과 및 고찰

HP4145B Semiconductor Measurement System과 CS-1000 Spectro Radiometer를 이용하여 OLED 소자의 전기·광학적 특성을 조사하였다. 그림 2는 제작된 소자의 휘도-전류 특성 곡선을, 그림 3은 구동전압의 변화에 따른 효율 특성을 보여주고 있다.

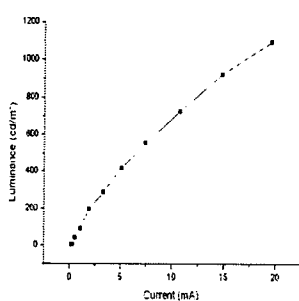


그림 2. L-I 특성 곡선

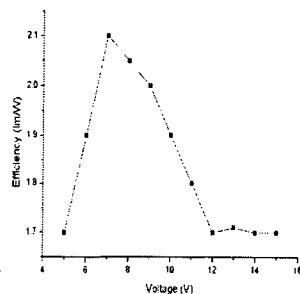


그림 3. 효율특성 곡선

그림 2에서 휘도는 전류에 비례하며, 그림 3에서 제작된 소자의 최대 발광효율은 7V의 동작전압에서 2.1 lm/W로 나타나고 있다.

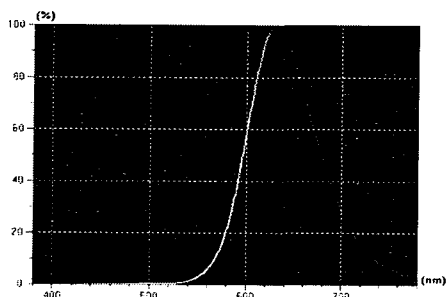


그림 4. 발광 스펙트럼

그림 4는 OLED 소자의 발광 스펙트럼을 보여주고 있다. 그림 4의 발광 스펙트럼 중심 파장은 632nm 이며, FWHM (full width at half maximum)을 통한 스펙트럼 범위는 약 620~660 nm로 나타나고 있다.

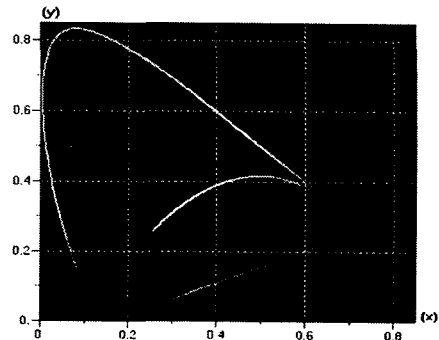


그림 5. CIE 색 좌표

그림 5는 CIE 색 좌표이며,  $x = 0.65$ ,  $y = 0.35$ 의 적색좌표 값을 갖는다.

### 4. 결론

본 연구에서는 ITO(Indium Tin Oxide)/glass 기판으로부터 음극분리 격벽을 형성하기까지 전처리 공정을 실시한 후  $5 \times 10^{-8}$  Torr 이하의 고진공 상태에서 In-Situ 방식으로 ITO/2-TNATA/NPB/Alq<sub>3</sub>+Rubrene+GDI4234/Alq<sub>3</sub>/LiF/Al 구조의 적색 OLED 소자를 제작하였다. 제작된 소자는 632nm의 중심 발광 파장을 가지며, CIE(0.65, 0.35)의 색순도를 나타내었다. 그리고 임계전압을 약 5V로 하여 7V에서 2.1 lm/W의 최대 효율을, 15V에서 약 1100 cd/m<sup>2</sup>의 고휘도를 갖는 전기·광학적 특성을 나타내었다.

### 5. 감사의 글

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RT104-01-02) 지원으로 수행되었음.

### 참고 문헌

- [1]. John L. Vossen, Werner Kern, "Thin Film Process II", Academic Press, pp 501-564 (2002).
- [2]. 키도 준지 "유기 EL", 청문각 (2004).
- [3]. 松本正一 외 7명 "Electronic Display", 성안당 (2002).
- [4]. 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).
- [5]. 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).
- [6]. Joseph Shinar. "Organic Light-Emitting Devices" Springer, AIP press, pp 155-185 (2004).