

# 새로운 형광 및 인광 물질을 이용한 효율적인 백색 유기 전기 발광소자

서지훈, 김준호, 이금희\*, 윤승수\*, 김영관  
 홍익대학교, 성균관대학교\*

## Efficient White Organic Light-Emitting Diodes with Novel Fluorescent and Phosphorescent Materials

Ji Hoon Seo, Jun-Ho Kim, Kum Hee Lee\*, Seung Soo Yoon\*, Young kwan Kim  
 Hongik Univ., Sungkyunkwan Univ.\*

**Abstract :** We have demonstrated highly efficient WOLED with two separated emissive layers using a blue fluorescent dye and a red phosphorescent dye. we also obtain stable CIE<sub>x,y</sub> coordinates with two-layered WOLEDs. The device structure was ITO / 2-TNATA / NPB / two separated emissive layers/ Bphen / Liq / Al. The maximum luminous efficiency of the device was 11.6 cd/A at 20 mA/cm<sup>2</sup> and CIE<sub>x,y</sub> coordinates varied from (x = 0.33, y = 0.37) at 6V to (x = 0.28, y = 0.35) at 14V

**Key Words :** WOLEDs, blue fluorescent dye, red phosphorescent dye.

### 1. 서 론

정보화 사회에 있어서 평판 디스플레이가 관심을 끌게 됨에 따라 유기 전기 발광 소자 (OLEDs) 에 대한 관심이 높아지고 있다 [1]. 유기 전기 발광 소자는 다른 디스플레이에 비해서 가볍고, 낮은 구동 전압, 높은 대조비 및 시야각을 가지고 있다. 그리고 고휘도, 고효율의 백색 유기 전기 발광 소자는 액정 표시 장치 (LCD) 의 백라이트 및 광원으로 적용될 수 있는 가능성이 있기 때문에 백색 유기 전기 발광 소자에 관한 연구의 필요성이 대두되고 있는 실정이다 [2-3]. 적, 녹, 청색의 우수한 발광효율의 물질을 이용하여 적절한 소자 구조를 갖는 백색 유기 전기 발광 소자를 제작한다면 발광 물질들의 우수한 특성을 바탕으로 백색 발광 효율의 향상을 기대할 수 있다 [4-5].

백색 발광을 위한 유기 전기 발광 소자는 적, 녹, 청의 세 가지 발광 도판트를 사용하거나 연청, 연적색 두 가지 도판트를 이용해서 제작된다. 또한 단일 발광층에 도판트들을 함께 도핑하거나 다층막으로 구성되어진다. 다층막으로 구성할 때에는 각각의 층에서 발광을 고르게 형성하는 것이 중요하다. 다층막 발광층의 발광 정도를 제어하기 위해서는 여기자의 재결합 구역, 여기자를 발광시키는 도판트들의 트랩 작용, 확산에 의한 여기자들의 에너지 전달 과정을 이용하여 발광을 조절해야 한다.

본 논문에서는 2-methyl-9,10-di(2-naphthyl)anthracene (MADN)의 호스트에 BLUE-1 도판트를 도핑하여 청색 발광층으로, 4,4'-N,N'

-dicarbazole-biphenyl (CBP) 의 호스트에 RED-1 도판트를 도핑하여 적색 발광층으로 각각 구성하여 발광층의 두께를 조절하면서 효율적인 백색 유기 전기 발광 소자를 구현하였다.

### 2. 실험

본 연구에 사용된 기판은 indium-tin-oxide (ITO) 가 코팅된 glass 로 가로, 세로 길이가 각각 30 x 30 mm<sup>2</sup> 인 코팅된 ITO 의 두께는 100 nm, 표면 저항은 30 Ω/□ 이었다. ITO가 코팅된 glass 는 아세톤에 15 분, 메탄올에 15 분, 아차 증류수에 15 분 동안 세척한 후, O<sub>2</sub> 플라즈마를 125 W, 2 X 10<sup>-2</sup> Torr 에서 약 2분간 처리하고, 8 X 10<sup>-7</sup> Torr 의 진공에서 백색 유기 발광 소자를 제작하였다. 그림 1에서 알 수 있듯이 소자구조는 다음과 같다. ITO / 4,4',4''-Tris(N-(2-naphthyl)-N-phenyl-amino)triphenylamine (2-TNATA, 60 nm) / N,N'-bis-(1-naphyl)-N,N'-diphenyl-1,1'-biphenyl-4,4'-diamine (NPB, 20 nm) / MADN : BLUE-1 (7%, 37 nm) / CBP : RED-1 (8%, 3 nm) / 4,7-Diphenyl-1,10-phenanthroline (Bphen, 30 nm) / Lithium quinolate (Liq, 2 nm) / Al (100 nm). 여기서 ITO 는 양극으로, 2-TNATA 는 정공 주입층으로, NPB 는 정공 수송층으로 MADN : BLUE-1 은 청색 형광 발광층으로, CBP : RED-1 은 적색 인광 발광층으로, Bphen 은 정공 저지층 및 전자 수송층으로, Liq 는 전자 주입층으로, Al 은 음극으로 각각 사용하였다. 그림 1의 소자구조

에서, Bphen 물질의 HOMO, LUMO 준위는 각각 6.4, 3.0 eV 로서 양극으로부터 흘러오는 holes 을 저지할 수 있고, 음극으로부터의 전자를 수송할 수 있는 적절한 준위를 가지고 있기 때문에, 전자수송층과 홀저지층으로 사용되기 때문에, 그림 1에서 Bphen층과 CBP:RED1 층의 계면 쪽에서 여기자가 생성된다. 백색 발광을 나타내기 위해선 적색층을 3 nm, 청색층을 37 nm 의 발광층으로 했을 때 가장 우수한 특성을 나타내었고, 그때의 전기적 특성 결과를 그림 2에 나타내었다.

본 실험에서 백색 유기 전기 발광소자의 전기적 특성은 Minolta CS100 을 이용하여 측정하였다.

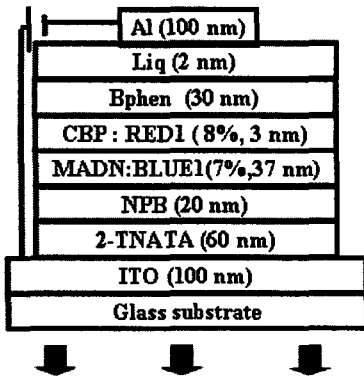


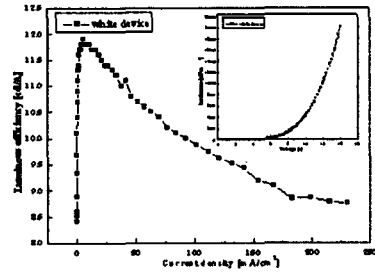
그림 1. 백색 유기 전기 발광 소자 구조

### 3. 결과 및 고찰

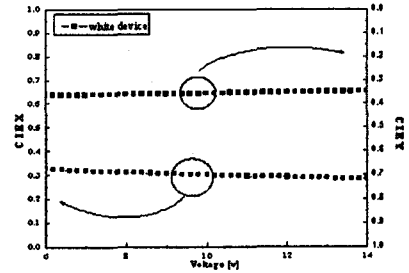
그림 2. (a)는 전류밀도에 따른 발광 효율을 나타낸 것이다. 5.7 mA/cm<sup>2</sup> 에서 가장 높은 발광 효율인 11.9 cd/A 를, 230 mA/cm<sup>2</sup> 의 고 전류밀도에서는 8.76 cd/A 의 우수한 발광 효율을 나타내었다. 그림 2. (a) 의 삽입된 그림은 전압에 따른 휘도 특성을 나타낸 것이다. 3.6 V에서 1 cd/m<sup>2</sup> 의 휘도를 나타내었고, 14 V에서 20,200 cd/m<sup>2</sup> 의 높은 휘도를 나타내었다. 또한 제작된 소자는 모든 작동 전압에 대하여 순수한 백색광을 나타내었으며, 색좌표의 변화도 거의 일어나지 않았다. 그림 2. (b) 에서 보듯이 저전압인 6 V 에서는 (x=0.33, y=0.37)를 고전압인 14 V 에서는 (x=0.28, y=0.35)의 색좌표를 보였다. 저전계에 이루어진 적색과 청색의 적절한 색평형을, 고전계에서도 안정된 백색광의 결과를 나타내었다.

### 4. 결론

본 실험에서는 새로운 형광 및 인광 물질을 이용한 효율적인 백색 유기 전기 발광소자를 제작하였다. 백색 유기 전기 발광 소자는 발광층을 2가지, 3가지의 여러 층을 적층하기 때문에 각 층의 두께



(a)



(b)

그림 2. (a) 전류밀도에 따른 발광 효율 (삽입) 전압에 따른 휘도, (b) 전압에 따른 색좌표

비율이 가장 중요한 요소이며, 저전계에서 고전계로 갈수록 색좌표의 변동이 심하지 않아야 한다.

본 실험에서 휘도는 14 V 에서 20,200 cd/m<sup>2</sup> 을, 발광 효율은 20 cd/m<sup>2</sup> 에서 11.6 cd/A를, 색좌표는 10 V에서 x=0.30, y=0.36을 나타내었다.

### 감사의 글

이 논문은 서울시 차세대 감성형 디지털 정보 디스플레이 혁신 클러스터 구축의 연구비에 의하여 지원되었음 (10555).

### 참고 문헌

- [1] J .C. Scott and G. G. Malliaros, in *Semiconducting Polymers*, edited by P. F. van Hutten and G. Hadziioannou (WILEY-VCH, New York, 1999), pp. 411-461.
- [2] Dashan Qin and Ye Tao, *Appl. Phys. Lett.* 86, 113507 (2005).
- [3] Yao-Shan Wu, Shiao-Wen Hwang, Hsian-Hung Chen, Meng-Ting Lee, Wen-Jian Shen and chin H. Chen, *Thin Solid Film*, 488, 165 (2005).
- [4] M. A. Baldo, D. F. O'Brien, Y. You, A. Shoustikov, S. Sibley, M. E. Thompson and Stephen. R. Forrest, *Nature (London)*, 395, 151 (1998).
- [5] Brian W. D'Andrade and Stephen R. Forrest, *Adv. Mater.* 16, 1585 (2004).