

적색과 청색 인광 소재를 이용한 백색 유기 발광 소자에 관한 연구

박정현, 최학범, 김구영, 이석재, 서지현, 서지훈, 김영관
 홍익대학교 유기 소재 및 정보소자 센터

White Organic Light-emitting Diodes using red and blue phosphorescent materials

Jung-hyun Park, Hak-bum Choi, Gu-young Kim, Seok-jae Lee, Ji-hyun SCh, Ji-hoon Seo and Young-kwan Kim

Hongik Univ., Center for Organic Materials & Information Devices

Abstract : High-efficiency white organic light-emitting diodes (WOLEDs) were fabricated with two emissive layers and exciton blocking layer was sandwiched between two phosphorescent dyes which were, bis(3,5-Difluoro-2-(2-pyridyl)phenyl)-(2-carboxypyridyl) iridium III (Firpic) as blue emission and a newly synthesized red phosphorescent material guest, Bis(5-benzoyl-2-phenylpyridinato-C,N)iridium(III) (acetylacetonate) ((Bzppy)2Ir(III)acac). This exciton blocking layer prevents a triple-triple energy transfer between the two phosphorescent emissive layers with balanced emission of blue and red. The white device showed the Commission Internationale d'Eclairage (CIEx,y) coordinates of (0.34, 0.40) at the maximum luminance of 24100 cd/m² and maximum luminous efficiency of 22.4 cd/A, respectively.

Key Words : White organic light-emitting diodes, Two phosphorescent dyes, Exciton blocking layer

1. 서론

최근의 디스플레이는 모바일 기기와 대형 텔레비전의 요구 조건을 충족시킬 수 있는 빠른 응답 속도, 낮은 소비 전력 및 넓은 시야각을 요구하고 있다. 이에 가장 적합한 디스플레이는 자발광의 유기 발광 소자 (OLED: Organic Light-emitting Diodes)로써 응답 속도가 LCD: Liquid Crystal Display 대비 천 배 이상 빠르고, 백라이트가 필요 없으며 시야각이 우수하다. OLED는 이러한 우수한 디스플레이 특성뿐만 아니라 소자 구조가 간단하여 제작이 용이하며 진정한 의미의 벽걸이형 TV의 구현이 가능하다고 할 수 있다. 또한, 유리기판 뿐만이 아니라 플라스틱 기판 등에서도 제작할 수 있어 종이처럼 얇고, 필요할 때 펼쳐 볼 수 있고 구부릴 수 있는 디스플레이에 가장 적합한 기술이라고 할 수 있다. 백색 유기 발광 소자는 플랫 패널 디스플레이의 백라이트로 사용할 수 있으며 차세대 조명으로도 많은 주목을 받고 있다. [1-5] 최근 일중항과 삼중항 여기자를 사용하는 인광 물질을 사용한 고효율의 WOLEDs가 발표 되었다. 이러한 인광 물질은 이리듐과 플래티늄 원자에 유기 리간드가 붙어 있는 물질로 호스트 물질에 도핑 됨으로써 이론적으로 내부 양자 효율을 100% 까지 증가시킬 수 있다.

본 논문에서는 적색과 청색의 인광 물질이 각각 도핑되어 있는 발광층 사이에 여기자 저지층을 삽입하여 삼중항-삼중항 소멸 (triplet-triplet annihilation) 현상을 막음으로써 고효율, 고회도의 백색의 유기 발광 소자를 제작하였다.

2. 실험

OLED를 제작하기 위하여 유리 기판 위에 indium tin oxide (ITO)가 코팅되어 있는 기판을 사용하였다. 이 기판

은 30 Ω / square 의 면 저항을 가지며 1000 Å 의 두께를 가지고 있다. 이 유리기판은 아세톤 15분, 메틸알콜 15분, 2차 증류수 15 분 동안 초음파 세척 하였다. 건조된 유리기판은 고른 ITO의 표면과 더 낮은 일함수의 값을 갖기 위하여 진공 증착기의 로딩 챔버로 장착된 후 2 × 10⁻² Torr 기압의 산소 상태에서 125 W 로 2 분 동안 플라즈마 처리를 하였다. 모든 유기 물질과 음극으로 사용된 알루미늄은 1 × 10⁻⁶ Torr 의 진공상태에서 열증착 하였다. 그림 1에 각 소자의 구조를 나타내었다. Device I은 정공 주입층으로 500 Å 의 N,N'-diphenyl-N,N'-(2-naphthyl)-(1,1'-phenyl)-4,4'-diamine (NPB) 을 증착시킨 후 호스트 물질 4, 4'-N,N'-dicarbazole-biphenyl (CBP)에 청색 인광 물질 Firpic을 15% 의 도핑 농도로 380 Å 증착한 후 적색 인광 물질 (Bzppy)2Ir(III)acac을 CBP 에 2% 의 도핑 농도로 20 Å 증착하였다. 전자 수송 및 정공 저지층으로는 BPhen을 사용하였으며 300 Å 증착하였고 전자 주입층으로는 Liq를 0.1 Å/s 의 속도로 20 Å 증착하였다. 음극으로는 반사율이 높고 일함수가 낮은 Al을 사용하였고 10 Å/s 의 증착 속도로 두께 1000 Å 까지 증착 하였다. Device II는 청색 발광층과 적색 발광층 사이에 여기자 저지층으로 4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline (BPhen)을 20 Å 증착하였고, 소자 3은 BPhen을 50 Å 증착하였다.

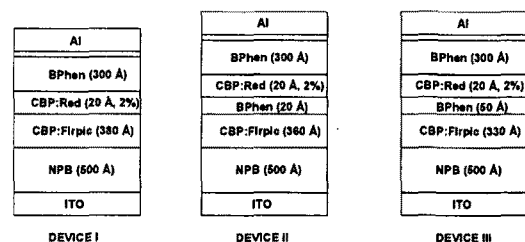


그림 1. 유기 발광 소자의 구조.

유기물과 금속이 증착된 기판은 질소 상태의 글로브 박스에서 봉지과정을 거쳤다. 봉지 과정시 대기로부터의 습기 및 O₂ 침투를 방지하기 위하여 흡습제인 barium-oxide 분말을 첨가하였다. 소자의 발광 영역은 3 mm × 3 mm 이며, 전계 발광 스펙트럼은 JBS International사의 IVL 2000으로 측정하였고 소자의 구동 전압에 따른 전류밀도, 휘도, 색좌표와 전류밀도에 따른 효율과 소비 전력은 Keithley 236 소스미터와 Minolta사의 CS-100A 분광방사휘도계를 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 검토

그림 2는 전압에 따른 소자의 휘도를 나타낸 것이다. Device II가 13.8 V에서 24100 cd/m²의 가장 높은 휘도를 나타냈고 device I과 device III는 각각 13.8 V에서 19800 cd/m²과 15900 cd/m²을 나타내었다. 이는 device II가 여기자 저지층을 가지고 있으므로 청색의 발광 층에서 적색의 발광층으로 상중항의 여기자가 확산되는 것을 방지하여 상중항-상중항 소멸 현상을 막음으로써 더 좋은 휘도를 나타나게 된다.

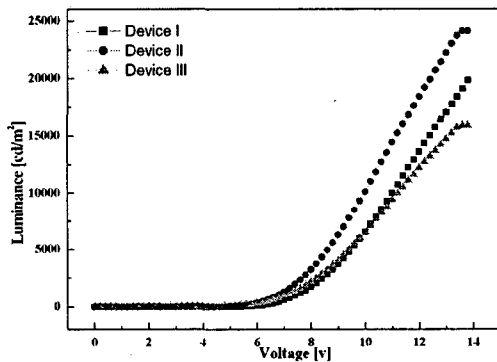


그림 2. OLED의 전압에 따른 휘도 특성.

그림 3은 8 V에서 14 V로의 전압의 변화에 따른 각 소자의 전기 발광 스펙트럼을 나타내고 있다. Device I과 device II는 전압이 변함에 따라 적색의 장파장 세기가 변함을 관찰할 수 있다. Device I은 여기자 저지층이 존재하지 않고 Device II는 여기자 저지층이 20 Å으로 얇음에 원인을 알 수 있다. 하지만 Device III는 50 Å의 두꺼운 여기자 저지층으로 인하여 청색 발광층에서 적색 발광층으로 엑시톤이 확산되는 것을 분명하게 막아줌으로써 적색 파장의 세기가 변하지 않는 것을 알 수 있고 그로인하여 청색 파장의 세기가 강하게 관찰되는 것을 알 수 있다.

4. 결론

여기자 저지층을 사용함으로써 청색 발광층의 여기자가 적색 발광층으로 확산하는 것을 막아 상중항-상중항 소멸

현상을 피할 수 있었다. 또한, 여기자 저지층을 사용함으로써 고효율, 고휘도의 백색 유기 발광 소자를 얻을 수 있었다.

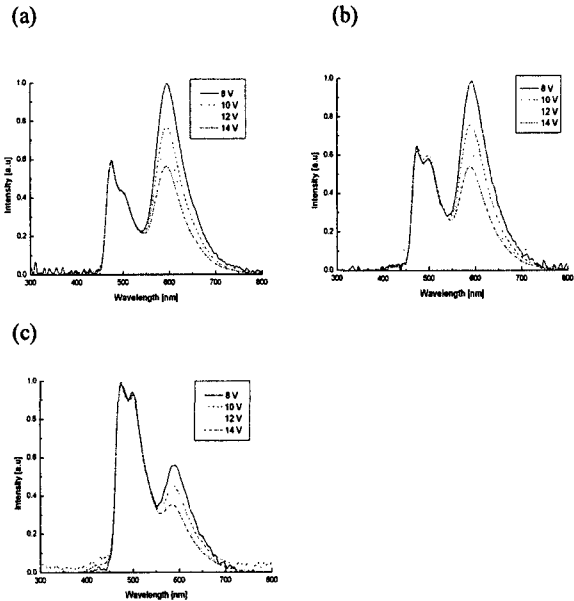


그림 3. 8 V에서 14 V로의 전압 변화에 따른 각 소자의 EL 스펙트럼 (a) device I, (b) device II, (c) device III.

감사의 글

이 논문은 2007 학년도 홍익대학교 교내연구비에 의하여 지원되었음.

참고 문헌

- [1] J. Kido, M. Kimura, and K. Nagai, Science Vol. 267, P. 1332, 1995.
- [2] Y. Sun, N. C. Giebink, H. Kanno, B. Ma, M. E. Thompson and S. R. Forrest, Nature Vol. 440, P. 908, 2006.
- [3] H. K. Lee, J. H. Seo, J. H. Kim, J. R. Koo, K. H. Lee, S. S. Yoon and Y. K. Kim, J. Kor. Phys. Soc. Vol. 49, P. 1052, 2006.
- [4] S. Y. Kim, H. Y. Shim, J. H. Seo and Y. K. Kim, J. Kor. Phys. Soc. Vol. 49, P. 1247, 2006.
- [5] J. H. Seo, J. H. Seo, J. H. Park, J. H. Kim, G. W. Hyung, K. H. Lee, S. S. Yoon and Y. K. Kim, Appl. Phys. Lett. Vol. 90, P. 203507, 2007.