

Spacer에 따른 백색 유기 전기 발광 소자의 전기적 특성에 관한 연구

박정현¹, 이석재¹, 김구영¹, 서지현¹, 서지훈¹, 윤승수², 이승희³, 김영관^{1,*}

¹홍익대학교, 정보디스플레이공학과

²성균관대학교, 화학과

³홍익대학교, 화학시스템공학과

White organic light-emitting diodes with various spacers inserted between blue and red emissive layers

Jung-hyun Park¹, Seok-Jae Lee¹, Gu-Young Kim¹, Ji-hyun Seo¹, Ji-hoon Seo¹, Seung-Soo Yoon², Seung-Hee Lee³, and Young-kwan Kim^{1,*}

¹Hongik Univ., Dept. Information Display

²Sungkyunkwan Univ., Dept. Chemistry

³Honhik Univ., Dept. Chemical system Engineering

Abstract : High-efficiency white organic light-emitting diodes (WOLEDs) were fabricated with two emissive layers and a spacer was sandwiched between two phosphorescent dyes which were, bis(3,5-Difluoro-2-(2-pyridyl)phenyl)-(2-carboxypyridyl) iridium III (Firpic) as the blue emission and bis(5-acetyl-2-phenylpyridinato-N,C2') acetylacetonate ((acppy)₂Ir(acac)) as the red emission. This spacer effectively prevented a triple-triple energy transfer between the two phosphorescent emissive layers with blue and red emission that was showed a improved lifetime. The white device showed Commission Internationale De L'Eclairage (CIE_{x,y}) coordinates of (0.33, 0.42) at 22400 cd/m², a maximum luminance of 27300 cd/m² at 0.388 mA/cm², and a maximum luminous efficiency of 26.9 cd/A.

Key Words : White organic light-emitting diodes, Two phosphorescent dyes, Spacers

1. 서 론

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 차세대 디스플레이는 자발광의 유기 전기 발광 소자(OLED: Organic Light-emitting Diodes)로써 응답 속도가 LCD: Liquid Crystal Display 대비 천 배 이상 빠르고, 백라이트가 필요 없으며 시야각이 우수하다. 유기 전기 발광 소자는 이러한 우수한 디스플레이 특성뿐만 아니라 소자 구조가 간단하여 제작이 용이하며 진정한 의미의 벽걸이형 TV의 구현이 가능하다고 할 수 있다. 또한, 유리 기판뿐만 아니라 플라스틱 기판 등에서도 제작할 수 있어 플렉서블 디스플레이에 가장 적합한 기술이라고 할 수 있다. 백색 유기 전기 발광 소자는 플랫 패널 디스플레이의 백라이트로 사용할 수 있으며 차세대 조명 및 자체 발광 디스플레이도 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, 고휘도, 장수명의 백색의 유기 전기 발광 소자

를 제작하였다.

2. 실험

백색 유기 전기 발광 소자를 제작하기 위하여 유리 기판 위에 indium tin oxide (ITO)가 코팅되어 있는 기판을 사용하였다. 이 기판은 30 Ω / square 의 면 저항을 가지며 1000 Å 의 두께를 가지고 있다. 이 유리 기판은 아세톤 15분, 메틸알콜 15분, 2차 증류수 15 분 동안 초음파 세척 하였다. 건조된 유리 기판은 낮은 일함수의 값과 고른 ITO 표면을 위하여 2 × 10⁻² Torr 기압의 산소 상태에서 125 W로 2분 동안 플라즈마 처리를 하였다. 모든 유기 물질과 음극으로 사용된 알루미늄은 1 × 10⁻⁶ Torr 의 진공상태에서 열 증착 하였다. 그림 1에 각 소자의 구조를 나타내었다. 각각의 소자는 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 360 Å 증착한 후 Spacer로써 CBP (20 Å) (Device I), 2-methyl-9,10-di(2-naphthyl)anthracene (MADN) (20 Å) (Device II), 4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline (BPhen) (20 Å) (Device III), CBP:BPhen (20 Å) (Device IV)을 상용하였다. 그 후 적색 발광층으로 인광 물질 (acppy)₂Ir(acac)을 CBP 에 2 %의 도핑 농도로 20 Å 증착 하였다. 전자 수송 및 정공 저지층으로는 BPhen을 사용하였으며 300 Å 증착하였고 전자 주입층으로는 lithium

quinolate (Liq)를 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.

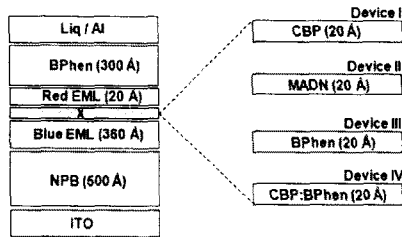


그림 1. 백색 유기 전기 발광 소자의 구조.

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 2000 으로 측정 하였고, 소자의 구동 전압에 따른 전류밀도, 휘도, 색좌표와 전류밀도에 따른 효율과 소비 전력은 Keithley 236 소스미터와 Minolta사의 CS-100A 분광방사휘도계를 이용하여 측정 하였다.

3. 결과 및 검토

그림 2는 전압에 따른 소자의 휘도를 나타낸 것이다. Device III 가 268 mA/cm²에서 27300 cd/m², 0.388 mA/cm²에서 26.9 cd/A의 가장 높은 휘도 및 발광 효율을 나타내고 있다. 이는 device III의 Spacer로 사용된 BPhen의 호모(HOMO: Highest occupied molecular orbital) 값이 다른 소자에 사용된 Spacer의 호모 값 보다 낮으므로 더 많은 정공의 막음으로 인한 결과로 생각할 수 있다.

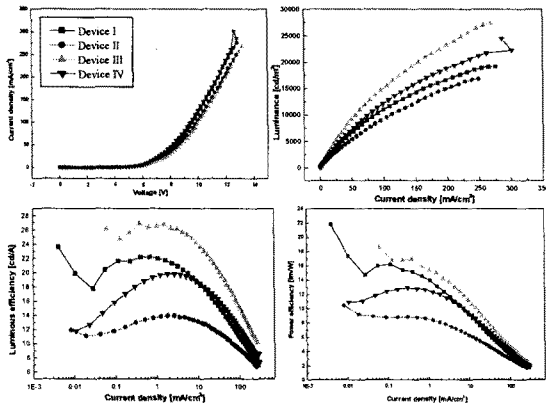


그림 2. 백색 유기 전기 발광 소자의 전압에 따른 전류 밀도 및 전류 밀도에 따른 휘도, 발광 효율, 전력 효율의 전기적 특성.

그림 3은 최초 휘도 1000 cd/m²으로 시간의 흐름에 따른 소자의 수명을 나타내고 있다. Device IV가 장수명의

소자 특성을 보여주고 있다. 그림 2에서 Device III는 전기적 특성에서는 타 소자에 비하여 월등한 특성을 보여주었다. 하지만, 소자를 구동함으로써 BPhen의 불안정한 화학 특성으로 인하여 수명에서는 뛰어난 특성을 보여주지는 못 하였다.

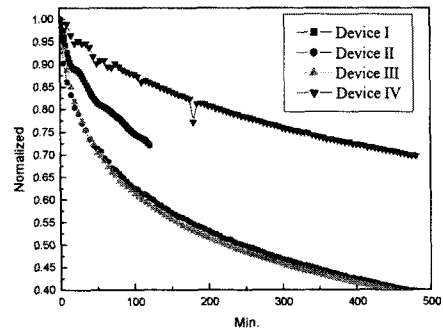


그림 3. 휘도 1000 cd/m²에서의 백색 유기 전기 발광 소자의 수명.

4. 결론

Spacer를 사용함으로써 청색 발광층의 여기자가 적색 발광층으로 확산하는 것을 막아 삼중항-삼중항 소멸 현상을 피할 수 있었다. 또한, 낮은 호모 값을 가지는 Spacer를 사용하여 고효율, 고휘도의 백색 유기 전기 발광 소자를 얻을 수 있었고, Mixed-Spacer를 사용함으로써 장수명의 소자 특성을 나타내었다.

감사의 글

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

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.