

정공수송층의 변화에 따른 청색 유기 발광 소자의 특성

김구영¹, 박정현¹, 서지훈¹, 이금희², 윤승수², 김영관^{1,*}

¹홍익대학교, 정보디스플레이공학과

²성균관대학교, 화학과

Characteristics on the Variation of Hole transporting layer of Blue organic light-emitting diodes.

Gu-Young Kim¹, Jung-hyun Park¹, Ji-hoon Seo¹, Kum-hee Lee², Seung-Soo Yoon², and Young-kwan Kim^{1,*}

¹Hongik Univ., Dept. Information Display

²Sungkyunkwan Univ., Dept. Chemistry

Abstract : We have demonstrated the characteristics on the variation of hole transporting layer in blue organic light-emitting diodes (OLEDs) using new blue fluorescent emitter. We fabricated two types of hole transporting layer structures that one is 4,4',4''-Tris(N-(2-naphthyl)-N-phenyl-amino)-triphenylamine (2-TNATA) of 600 Å as a hole injection layer, N,N'-diphenyl-N,N'-(2-naphthyl)-(1,1'-phenyl)-4,4'-diamine (NPB) of 200 Å as a hole transporting layer and another device is NPB of 500 Å without the 2-TNATA. The devices without the 2-TNATA showed improved characteristic of the luminance and efficiency.

Key Words : Blue organic light-emitting diodes, Hole transporting layer, OLEDs

1. 서 론

유기발광다이오드소자는 1987년 코닥의 Tang이 Alq₃를 이용하여 두개의 유기물 층으로 적층형 유기발광다이오드 소자를 보고한 이후 LCD와 PDP를 능가할 차세대 디스플레이로서 많은 관심을 모으며 연구가 진행되어 왔다. 유기 발광 디스플레이(OLED)는 자발광의 Flat Panel Display (FPD)로서 저전압구동, 광시야각, 고속 응답, 고정밀도와 얇고 가벼운 디스플레이를 제공하여 소형에서 대형까지 모든 디스플레이에 적용이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 또한 소자구조가 간단하여 제작이 용이하고 풀렉시볼 디스플레이에 가장 적합한 기술이다.[1~4] 이처럼 OLED는 많은 장점을 가지고 있지만 순수한 색재현, 소자의 열화에 의한 수명 단축 등 아직도 해결해야 할 문제점이 많이 있다. 유기 발광 디스플레이는 자발광이기 때문에 유기물 질에 대한 의존도가 높은 편이다. FPD를 제작하기 위해서는 적, 녹, 청색 모두 일정 수준 이상의 효과를 나타내는 유기재료가 필요하다. 녹색 물질은 안정적인 효율과 수명 색좌표를 얻어냈지만 청색 물질은 효율과 수명 측면에서 아직 미비한 상태이다.

본 논문에서는 새로 합성된 청색 형광 물질을 발광층의 도판트로 사용하고 정공수송층을 변화시켜 높은 효율을 가지는 청색의 유기발광다이오드소자를 제작하였다.

2. 실험

본 연구에 사용된 기판은 indium tin oxide (ITO)가 코팅

된 glass로 가로, 세로의 길이가 각각 30 × 30 mm² 이며 30 Ω / square 의 면 저항을 가지고 100 nm 의 두께를 가지고 있다. ITO가 코팅된 glass는 아세톤에 15분, 메탄올에 15분, 이차 증류수에 15분 동안 초음파로 세척한 후 이소프로필 알코올에 보관하였다. 건조된 유리기판은 2 × 10⁻² Torr 에서 125 W로 2분 동안 O₂ 플라즈마 처리를 하였다. 모든 유기 물질과 음극은 8 × 10⁻⁷ Torr 의 진공상태에서 열 증착 하였다. 그림 1에 각 소자의 에너지 밴드 다이어그램을 나타내었다. 소자 A, B, C는 정공주입층으로 600 Å의 4,4',4''-Tris(N-(2-naphthyl)-N-phenyl-amino)-triphenylamine (2-TNATA)를 증착시킨 후 정공수송층으로 N,N'-diphenyl-N,N'-(2-naphthyl)-(1,1'-phenyl)-4,4'-iamine (NPB)를 200 Å 증착하였다. 발광층으로는 호스트 물질 2-methyl-9,10-di(2-naphthyl)anthracene (MADN)에 새로 합성한 청색 형광 물질을 5 %, 10 %, 15 %의 도핑 농도로 300 Å 증착한 후(소자 A, B, C) 정공저지 역할과 전자수송 역할을 하는 4,7- diphenyl-1,10-phenanthroline (BPhen)을 300 Å, 전자주입층으로 20 Å 의 lithum quinolate (Liq)를 증착하였다. 음극으로는 알루미늄을 1000 Å 증착하였다. 소자 a, b, c는 이와는 다르게 정공주입과 정공수송 역할을 하는 NPB 500 Å 만을 증착시키고 다른 층은 앞의 소자와 같은 구조로 실험을 진행하였고 발광층에 각각 5%, 10%, 15%(소자 a, b, c)를 도핑하였다. 모든 유기 물질은 1 Å/s의 속도로 증착 하였고 전자주입층인 Liq는 0.1 Å/s, 금속 음극인 알루미늄은 100 Å까지 1 Å/s로 증착하고 나머지 900 Å은 10 Å/s로 증착하였다. 본 실험에서 유기 발광 소자의 전기적 특성은 Keithley 236과 Minolta

CS-100A를 이용하여 측정 하였고, 광학적 특성은 Perkin Elmer LS-50B를 이용하여 실온에서 측정하였다..

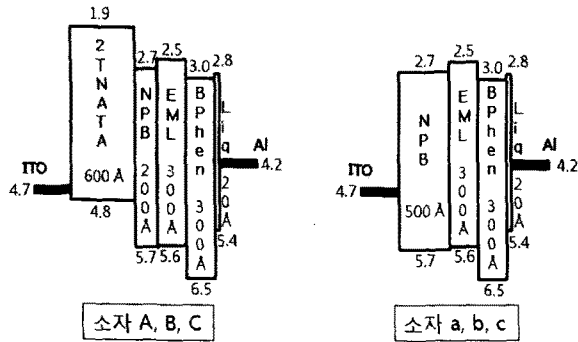


그림 1. 유기 발광 소자의 에너지 밴드 다이어그램

3. 결과 및 검토

그림 2. (a)는 전압에 따른 전류밀도를 나타낸 것이고, (b)는 전압에 따른 휘도를 나타낸 것이다. 정공주입층과 정공수송층을 따로 분리한 소자 A, B, C는 10V에서 각각 63.5, 81.4, 84.1 mA/cm²의 전류밀도를 나타내었고 정공수송층이 단순한 소자 a, b, c는 같은 10V에서 217, 240, 270 mA/cm²의 전류밀도로 측정되었다. 전압에 따른 휘도는 소자 A, B, C는 10V에서 각각 3790, 5590, 6050 cd/m²의 휘도를 보였고 소자 a, b, c는 각각 17500, 23200, 26100 cd/m²의 휘도로 측정되었다. 정공수송층이 단순한 소자가 저전압에서 구동하며 휘도 또한 높은 결과를 보여 주고 있다. 15%의 청색 형광 물질을 도핑한 소자 c가 10V에서 270 mA/cm²의 전류밀도의 전류밀도를 가지며 그때의 휘도는 26100 cd/m²로 가장 높은 휘도를 갖는 결과를 보였다.

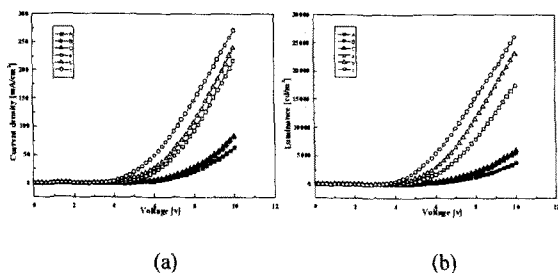


그림 2. (a) 전압에 따른 전류밀도의 변화, (b) 전압에 따른 휘도 변화

그림 3.(a)에서는 전류밀도에 따른 발광효율을 나타내고 있다. 소자 A, B, C는 20 mA/cm²의 전류 밀도에서 각각 6.32, 7.33, 7.86 cd/A의 효율로 측정되었고, 소자 a, b, c는 각각 8.72, 11, 11.3 cd/A의 효율로 측정되었다. 전압에 따른 휘도와 마찬가지로 전류밀도에 따른 발광효율 또한 정공주입층과 정공수송층이 단순한 소자가 정공수송층과 정공수송층이 분리되어진 소자 보다 효율이 높게 나타났으며 그중에서도 청색형광물질이 15% 도핑 되어진 소자 c가 11.3 cd/A로 가장 높은 결과를 보였다. 이것은 NPB의

정공이동도가 2-TNATA와 NPB를 사용한 소자보다 높기 때문에 전자주입층 계면에 정공이 축적되어 정공과 전자의 재결합 확률이 좋아지기 때문에 휘도와 효율면에서 NPB만 사용한 소자가 좋은 결과를 나타낸다. 그림 (b)에서는 8V에서의 각각의 소자의 발광특성을 나타내고 있다. A, B, C는 각각 460.5, 460.5, 462 nm의 peak를 보였고 a, b, c는 각각 461.5, 462.5, 464 nm의 peak으로 정공수송층의 변화에 따른 발광특성은 거의 변화 하지 않았다는 결과를 보여준다.

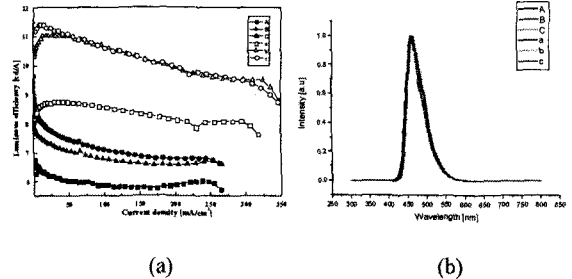


그림 3. (a) 전류밀도에 따른 발광효율 변화, (b) 8 V 에서의 발광 특성 변화

4. 결론

본 연구에서는 새롭게 합성된 청색 형광 물질을 사용하고 정공수송층을 변화시켜 최적화된 소자를 제작하고 특성을 평가하였다. 효율면에서는 정공수송층에 NPB만 사용한 소자 중 청색 형광 물질을 15% 도핑한 소자 c가 20 mA/cm²의 전류 밀도에서 11.3 cd/A로 가장 높게 나타났으며 발광특성 면에서는 정공주입층과 정공수송층이 분리된 소자와 정공수송층이 단순한 소자의 차이가 거의 없었다. 이와 같은 결과는 NPB와 2-TNATA와 NPB를 사용한 소자의 정공이동도의 차이에 의해 발생하였다.

감사의 글

이 논문은 서울시 산학연 협력사업의 연구비에 의하여 지원되었음 (10555).

참고 문헌

- [1] C. W. Tang and S. A. VanSlyke, Appl. Phys. Lett., Vol. 51, p. 913, 1987.
- [2] M. Morimoto and H. Watanabe, NEC Technical Journal, Vol. 49, No. 1, p. 82, 1996.
- [3] J. Kido, M. Kimura, and K. Nagai, Science Vol. 267, P. 1332, 1995.
- [4] 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.