

## Improvement of WOLED by Controlling the Concentration of Double Dopants in Single Emitting Layer

송 욱<sup>1</sup>, 김유현<sup>1</sup>, 이상연<sup>2</sup>, 맹 매<sup>1</sup>, 김보성<sup>1</sup>, 양형진<sup>1</sup>, 김우영<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>디지털디스플레이공학과 호서대학교, <sup>2</sup>반도체디스플레이공학과 호서대학교

최근 백색 OLED는 디스플레이에 적용되는 full color OLED뿐만 아니라 LCD의 Backlight와 실내의 조명에도 적용이 가능하여 광원기술로 개발하기 위한 연구가 활발하게 진행 중이다. 이러한 백색 OLED를 제작하는 방법 중 하나가 단일 발광층에서 백색을 구현하는 방식이다. 이러한 SEL 방식의 경우 낮은 효율을 가지는 단점이 있으나 구동시간에 따른 열화구간이 동일하기 때문에 색좌표의 변화가 매우 적으며, 전계의 변화에 따른 발광효율의 개선되는 효과를 얻을 수 있다.

본 실험에서는 Balq의 호스트에 황색 도판트인 rubrene을 0.5% 도핑한 후 청색 도판트인 BCzVBi의 농도를 0, 5%, 13%로 조절하여 rubrene과 함께 도핑하여 백색광을 구현하였으며, 이러한 청색 도판트의 농도 차에 따라 어떠한 변화가 일어나는지 분석 하였다.

그림 1은 OLED 소자들의 전류밀도, 휘도, 휘도 효율등을 나타낸 그래프이다. 전류밀도의 경우 소자 A, B, C는 8.5 V일때 각각 136.3 mA/cm<sup>2</sup>, 183.6 mA/cm<sup>2</sup>, 87.0 mA/cm<sup>2</sup>를 나타내고 있으며, 같은 구동 전압일때 휘도는 각각 5,595 cd/m<sup>2</sup>, 5,597cd/m<sup>2</sup>, 3,712 cd/m<sup>2</sup>의 값을 가졌다. BCzVBi의 도핑 농도가 5%인 소자 B가 도핑농도가 13%인 소자 A보다 전류밀도 및 휘도 부분에서 좋은 특성을 가졌다. 이러한 이유는 BCzVBi의 농도가 낮을 때에 BCzVBi와 rubrene이 이루는 에너지 밴드에 의해 전자와 정공의 주입이 잘 일어났으나, BCzVBi의 도핑 농도가 높을 때에는 BCzVBi의 LUMO의 낮은 에너지 준위(2.4 eV)에 의해 전자와 정공의 공급을 방해하기 때문이다.

그림 2는 OLED 소자들의 EL 스펙트럼을 나타낸 것이다. BCzVBi의 도핑이 안 된 소자 C는 476 nm의 peak가 다른 peak에 비하여 약한 것을 알 수 있다. 소자 A와 소자 B는 청색영역의 476 nm peak과 황색 영역의 558 nm의 peak이 균등하게 발광하여 백색을 구현하였으며 CIE 1931 색좌표에서는 각각 8.5 V일때 (0.31,0.39), (0.29,0.32)의 색좌표를 가진다. 특히 5%의 BCzVBi를 가지는 소자 B는 EL peak에서 황색 영역의 peak에 비해 높은 청색 영역의 peak 강도를 보여주고 있다. 이는 BCzVBi가 5%일 때 Balq로부터 흡열 에너지전이가 많이 발생한 반면, BCzVBi가 13%일 때 낮은 LUMO에너지 준위를 가지는 BCzVBi가 불순물로 작용을 하여 BCzVBi로의 전자의 흡열 에너지 전이가 상대적으로 줄어들었기 때문으로 보여진다.

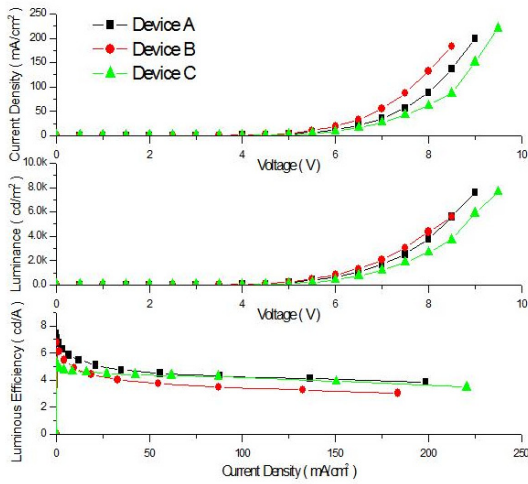


그림 1.

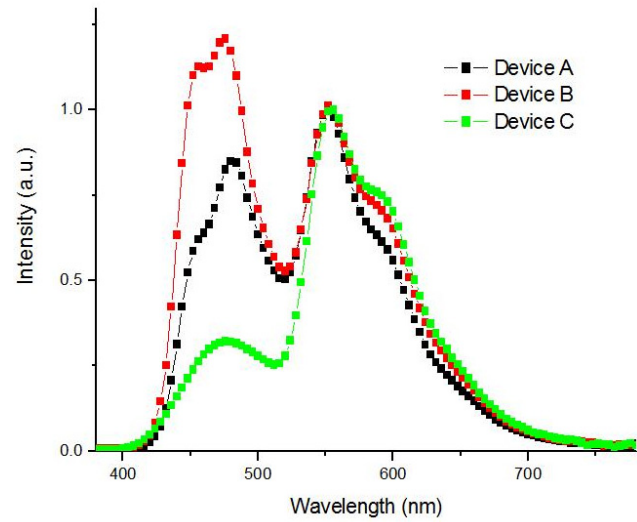


그림 2.

표 1. 제작한 OLED 소자 구조

소자 A	NPB(700Å)/Balq:BCzVBi 13%:rubrene 0.5% (300Å)/Bphen(300Å)/Liq(20Å)/Al(1000Å)
소자 B	NPB(700Å)/Balq:BCzVBi 5%:rubrene 0.5% (300Å)/Bphen(300Å)/Liq(20Å)/Al(1000Å)
소자 C	NPB(700Å)/Balq:rubrene 0.5% (300Å)/Bphen(300Å)/Liq(20Å)/Al(1000Å)

전기적인 특성에서는 소자 A가 휘도가 약  $100 \text{ cd/m}^2$  기준에서 휘도 효율이  $6.72 \text{ cd/A}$ 로 가장 좋았으나 광학특성에서는 소자 B가 (0.29, 0.32)로 이상적인 백색 색좌표에 근접하였다. 이는 소자 A가 전반적으로 높은 도핑 농도를 가지면서 엑시톤이 형성될 확률이 높아졌음을 알 수 있었으나, 동시에 BCzVBi의 낮은 LUMO 에너지 준위로 전자와 정공의 공급율이 낮기 때문이다. 그와 반대로 소자 B는 BCzVBi의 도핑 농도가 낮아 전자와 정공의 공급이 소자 A에 비해 상대적으로 그로 인해 BCzVBi로의 흡열 에너지 전이가 많이 발생하여 청색 발광 세기가 증가하게 되었다.

또한 이러한 소자를 제작하면서 BCzVBi의 농도가 증가함에 따라 그에 대한 HOMO, LUMO의 에너지 준위가 많이 형성 되어 떨기풀림(vibrational relaxation)에 의해 청색의 단파장 영역 (446 nm)이 줄어든 것 또한 알 수 있었다.

추후 실험에는 LUMO 에너지 준위를 고려하여 BCzVBi의 고농도 도핑에 영향을 많이 받지 않는 호스트 재료를 선정한다면, 전반적인 전기적 광학적 특성을 모두 개선시킬 수 있을 것이라 기대 한다.

### 감사의 글

본 과제(결과물)는 교육과학기술부와 지식경제부의 출연금 및 보조금으로 수행한 산학협력중심대학육성사업의 결과입니다.

**Keywords:** WOLED, OLED, SEL, Balq, DCJTb, White