

## 이중 도핑을 이용한 고효율 적색 인광 유기발광소자

장지근, 신현관, 김원기  
단국대학교 전자공학과

### High Efficiency Red Phosphorescent Organic Light Emitting Devices Using the Double Dopant System

J. G. Jang, H. K. Shin, W. K. Kim  
Dept. of Electronics Eng., Dankook University

**Abstract :** A new high efficient red PhOLED using a host of Bebq<sub>2</sub> and double dopants of (pq)<sub>2</sub>Ir(acac) and SEC-R411 have been fabricated and evaluated. The device doubly doped with (pq)<sub>2</sub>Ir(acac) and SFC-R411 showed the current efficiency improvement of 22% under a luminance of 10000 cd/m<sup>2</sup> in comparison with the device singly doped with SFC-R411. The luminance, current efficiency and central wavelength of the doubly doped device were 9300 cd/m<sup>2</sup> at 7V, 11.1 cd/A under a luminance of 10000 cd/m<sup>2</sup> and 625 nm, respectively.

**Key Words :** Red PhOLED, Double dopant system, Current efficiency, Luminance

#### 1. 서 론

종래의 인광 발광소자(phosphorescent organic light emitting diodes, PhOLEDs)는 캐리어(전자와 정공)의 주입 손실과 삼중항 엑시톤(triplet exciton)의 확산을 억제하기 위해 엑시톤 차단층(exciton blocking layer, EBL)을 발광층 가장자리에 도입함으로써 4 ~ 5 층의 유기막 구조로 만들어져 왔다.[1,2] PhOLEDs는 사용 도펀트(또는 염료)의 성질에 따라 중심 발광 파장과 발광 효율이 결정되는데, 특히 적색 OLEDs에서는 발광 효율이 높으면 발광색이 주황색에 가깝고 순적색의 발광에서는 발광 효율이 떨어지는 경향을 보여 왔다. 예로 적색 도펀트로 (pq)<sub>2</sub>Ir(acac)를 사용할 경우 발광 효율은 높지만 중심 발광 파장이 610 nm 이하로 순적색이 아닌 주황색을 나타낸다.[3] 반면에 적색 도펀트로 Ir(piq)<sub>3</sub>를 사용할 경우 625 nm 이상의 순적색 발광이 가능하지만 충분히 높은 발광 효율이 얻어지지 않고 있다.[4] 본 연구에서는 발광층의 호스트 재료에 이중 도핑을 이용한 정공수송층/발광층/전자수송층 구조의 새로운 고효율 순적색 PhOLED를 제안하며, 2-TNATA [4,4',4''-tris(2-naphthylphenyl-phenylamino)-triphenylamine]를 정공수송층으로, SFC-137[SFC 제품의 전자전달 물질]을 전자수송층으로 사용하고 Bebq<sub>2</sub> [bis(10-hydroxybenzo[h]quinolinato)beryllium complex]에 (pq)<sub>2</sub>Ir(acac)와 SFC-R411 [SFC 제품의 적색인광 물질]를 이중 도핑한 발광층을 갖는 2-TNATA/Bebq<sub>2</sub>::[(pq)<sub>2</sub>Ir(acac),SFC-R411]/SFC-137 구조의 소자를 제작하였다. 이 소자는 구조가 비교적 간단하며 높은 전류 효율과 deep red의 발광 스펙트럼을 갖는 고효율 순적색 PhOLED로서 우수한 전계발광 특성을 나타내고 있다. 본 연구에서 제안된 기술은 엑시톤 형성이 용이하고 삼중항 에너지가 높은 제 1 인광 도펀트에서 장파장 발광의 낮은 삼중항 에너지를 갖는 제 2 인광 도펀트로 에너지 전이를 이용하는 새로운 방식이다.

#### 2. 실험

실험방법으로는 먼저 ITO(Indium Tin Oxide)가 코팅된 유리 기판으로부터 양극 전극을 패터닝하고, O<sub>2</sub>/Ar = 2/1, 8 mTorr, 200W의 조건으로 2 분간 플라즈마 처리를 실시하였다. 유기박막 형성 공정에서는 정공주입 및 수송층으로 500 Å 두께의 2 TNATA를 증착하였다. 다음으로 Bebq<sub>2</sub>를 호스트로, (pq)<sub>2</sub>Ir(acac)와 SFC-R411를 도펀트로 사용하여 330 Å 두께의 10% 도핑된 발광층을 형성하였다. 실험에서는 도핑 방식에 따라 (pq)<sub>2</sub>Ir(acac)만을 도핑한 시료, SFC-R411만을 도핑한 시료, 그리고 (pq)<sub>2</sub>Ir(acac)와 SFC-R411을 1:1로 혼합하여 도핑한 시료로 구분하였다. 이후, 전자수송층으로 SFC-137을 500 Å 두께로 증착한 후, 시료를 금속 증착실로 옮겨 LiF와 Al을 각각 10 Å과 1200 Å 두께로 진공 증착하여 음극 전극을 형성하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 제작된 소자의 전류효율-휘도 그래프를 보여주고 있다. 실험에서 발광 휘도와 전류효율은 모든 인가 전압 범위에서 (pq)<sub>2</sub>Ir(acac)를 도핑한 경우가 가장 높게 나타났다.

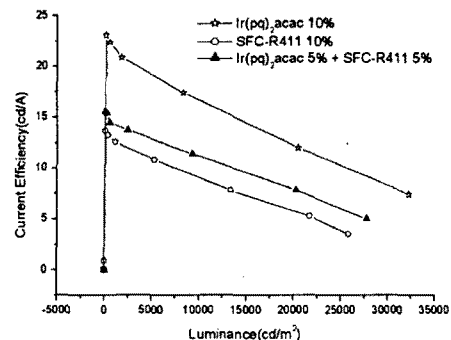


그림 1. 전류효율-휘도 특성

## 감사의 글

본 연구는 지역경제부 지방기술혁신사업 (RTI 04-01-02) 지원으로 수행되었습니다.

## 참고 문헌

- [1] X. Y. Jiang, Z. L. Zhang, etc, J. Phys. D: Appl. Phys. Vol.33, p.473, 2000.
- [2] R. C. Kwong, M. R. Nugent, etc, Appl. Phys. Lett., Vol.81, p.162, 2002.
- [3] G. Y. Park, Y. S. Kim and Y. K. Ha, Thin Solid Film, Vol.515, p.5090, 2007.
- [4] S. H. Kim, J. S. Jang and J. Y. Lee, Synthetic Metals, Vol.157, p.228, 2007.

7V의 인가전압에서 제작된 소자들의 전류밀도와 발광 휘도는  $(pq)_2Ir(acac)$ 를 도핑한 경우  $170 \text{ mA/cm}^2$  와  $20450 \text{ cd/m}^2$  로, SFC-R411을 도핑한 경우  $170 \text{ mA/cm}^2$ 와  $13360 \text{ cd/m}^2$ 로, 그리고  $(pq)_2Ir(acac)$ 와 SFC-R411을 이중 도핑한 경우  $82 \text{ mA/cm}^2$ 와  $9300 \text{ cd/m}^2$  로 각각 나타났다.  $10000 \text{ cd/m}^2$  휘도 상태에서, 전류효율은  $(pq)_2Ir(acac)$ 를 도핑한 경우  $16.6 \text{ cd/A}$ , SFC-R411을 도핑한 경우  $9.1 \text{ cd/A}$ , 그리고  $(pq)_2Ir(acac)$ 와 SFC-R411을 이중 도핑한 경우  $11.1 \text{ cd/A}$  로 각각 나타났다.  $(pq)_2Ir(acac)$ 를 도핑한 경우 최대 전류효율은  $550 \text{ cd/m}^2$ 의 휘도 상태에서 약  $22 \text{ cd/A}$  로 나타났다.  $(pq)_2Ir(acac)$ 와 SFC-R411을 이중 도핑한 경우 비록 SFC-R411을 도핑한 경우보다 전반적으로 낮은 전류밀도와 휘도 특성을 보였지만, 전류효율은  $10000 \text{ cd/m}^2$  휘도 아래에서 약 22%의 개선을 가져왔다. 그림 2는 각 소자들의 전계발광 스펙트럼을 보여주고 있다. 그림 2에서 소자들의 중심 발광 파장들은 각각  $610 \text{ nm}$  [ $(pq)_2Ir(acac)$ ],  $628 \text{ nm}$  [SFC-R411],  $625 \text{ nm}$  [ $(pq)_2Ir(acac)$ +SFC-R411]로 나타났다.  $(pq)_2Ir(acac)$ 와 SFC-R411을 이중 도핑한 경우, 발광 스펙트럼은 SFC-137 만을 도핑한 경우와 거의 유사하게 나타났는데, 이는 발광시 상중항 에너지가 높은 제 1 인광 도펀트 [ $(pq)_2Ir(acac)$ ]에서 좀 더 낮은 상중항 에너지를 갖는 제 2 인광 도펀트 [SFC-411]로 에너지 전이가 일어난 결과로 사료된다.

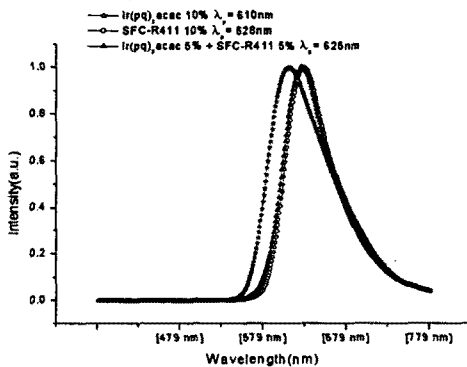


그림 2. 전계발광 스펙트럼 특성

## 4. 결론

두 개의 서로 다른 상중항 에너지를 갖는 인광 도펀트 [ $(pq)_2Ir(acac)$ , SFC-R411]를  $Bebq_2$  호스트에 co-doping 하여 고효율 순적색의 새로운 적색 인광 소자를 제작하였다. 이중 도핑된 소자는 낮은 상중항 에너지를 갖는 단일 인광 염료로 도핑된 소자와 비교하여 발광 스펙트럼은 유사 하면서 전류효율은 개선되는 특성을 나타내었다. 또한 제 1 인광 소자는 종래의 엑시톤 보호층 없이 3 층의 유기막만으로 소자를 실현할 수 있어, 구조가 간단하다는 장점을 갖는다.