

## Rubrene과 DCM2가 첨가된 적색 유기전계발광소자의 발광특성

### Luminescent characteristics of OLED doped with DCM2 and rubrene

박용규, 성현호, 김인회, 조황신, 양해석  
(Yong-kyu Park, Hyun-ho Sung, In-hoe Kim, Whang-sin Cho, Hae-suk Yang)

#### Abstract

We fabricated Red Organic light-emitting devices(OLED). The Basic Device Structure is ITO/hole transfer layer, TPD(50nm)/red emitting layer, Alq3 doped with DCM2 or DCM2:rubrene(xnm)/electron transfer layer, Alq3(50-xnm)/LiF(0.8nm)/Al(8nm). The thickness of emitting layer(xnm) changed 5, 10, 20nm. we demonstrate red emitting OLED with dependent on the thickness and concentration of Alq3 layer doped with DCM2 or co-doped with DCM2:rubrene. The Emission color and Brightness are changed with doping or co-doping condition, dopant concentration. In the case of rubrene:DCM2 co-doped layer structure, the red color Purity and device efficiency is improved. The CIE index of rubrene co-doped OLED is  $x=0.67$ ,  $y=0.31$ . By co-doping the Alq3 layer with DCM2, rubrene, EL efficiency improved from 0.38cd/A to 0.44cd/A in comparison with DCM2 doped Alq3 layer.

**Key Words** : OLED, rubrene, DCM2, co-doping

#### 1. 서론

차세대 평판디스플레이로서 주목을 받고있는 OLED는 자발광, 빠른 응답속도, 고 시야각, 박형 등의 장점을 가지고 있으며 최근 많은 연구가 진행되고 있다. OLED의 실용화에 가장 큰 걸림돌은 소자의 수명 및 신뢰성 확보가 부족하다는 점이며 또한 Full-color를 구현에 각각의 Red, Green, Blue color의 색순도 및 각각 발광소자의 수명에 제약이 있다는 점이다. 특히 Red color의 경우 DCM<sup>1)</sup>, DCM<sup>2)</sup>, DCJT<sup>3)</sup> 등의 물질을 Alq3를 모체로 하여 도핑하는 방식으로 구현하였으나 색순도 및 수명, 효율등의 부분에서 아직 개선할 점이 많이 존재하고 있다.

본 연구에서는 적색발광물질로 가장 많이 연구되고 있는 DCM2를 사용하여 그 발광특성을 연구하였으며 rubrene을 동시에 도핑하는 방법을 사용하여 그 색순도 및 발광효율 특성을 개선하였다.<sup>4)</sup>

#### 2. 실험 및 측정

소자의 전기적, 광학적 특성을 평가하기 위하여 ITO(200nm)/TPD(50nm)/Alq3:(DCM2,rubrene)(xnm)/ALq3(500-xnm)/LiF(0.8nm)/Al(80nm)구조의 소자를 제작하였다. 사진식각공정을 이용하여 ITO를 에칭하였으며 메탈 mask를 이용하여 음극을 선택적으로 증착하였다. 패터닝 ITO는 O<sub>2</sub> ashing을 통하여 cleaning을 실시하였으며 acetone 및 methanol로 sonication을 실시하였다. 증착 초기 진공은 2 X 10<sup>-6</sup> Torr였으며 증착시 진공분위기는 3 X 10<sup>-6</sup> Torr를 유지하였다. 소자의 전기, 광학적 특성을 평가하기 위하여 DCM2, rubrene 및 동시 도핑되는 영

1)전자부품연구원, 마이크로머신연구센터  
경기도 평택시 진위면 마산리 455-6  
Fax:031-610-4148  
e-mail:parkyku@keti.re.kr

역의 두께  $x$ 를 5, 10, 20으로 차츰 증가시켰고 도핑 양을 변화시켰다. 증착시 소자의 증착률은 0.5nm/sec로 고정하였고 doppant의 증착률은 0.01nm/sec로 고정하였다. 다음 그림 1은 도핑영역을 정의하며 제작된 소자의 단면을 그린 그림이다.

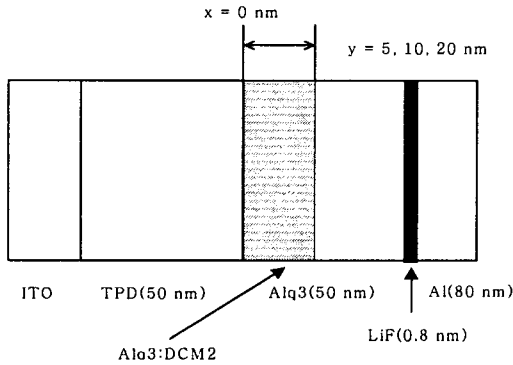


그림 1 DCM2가 첨가된 두께에 따른 소자의 구조.

소자의 휘도, 색좌표, 파장의 측정은 MINOLTA사의 CS-1000 spectroradiometer를 사용하였고 전기적특성을 측정하기 위하여 HP E3601A와 FLUKE 8840A/AF를 사용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 2은 DCM2가 도핑된 영역의 두께에 따른 소자의 효율 및 색좌표를 나타낸 것이다. 그림 2(a)에서 소자의 두께가 5 nm에서 10 nm로 증가함에 따라 효율이 감소함을 알 수 있다. 그러나 10 nm에서 20 nm로 두께가 증가하여도 소자의 효율은 거의 변화하지 않음을 알 수 있다. 그림 2(b)에서 두께가 5 nm인 경우와 20 nm인 경우 모두 휘도가 증가함에 따라  $x$  값은 줄어 들고  $y$  값은 증가함을 알 수 있다. 이러한 현상은 전류밀도 또는 휘도가 증가함에 따라 첨가된 DCM2의 발광에 비하여 모체인 Alq3의 발광의 세기가 상대적으로 더 강해지기 때문이다. 따라서 좌표값이 휘도가 증가함에 따라 녹색영역으로 이동하게 되는 것이다. 또한 그림으로부터 소자의 두께가 5 nm인 경우에 비하여 두께가 20 nm인 경우에 CIE 좌표의  $x$  값은 더 크고  $y$  값은 더 작아 더 deep red를 나타냄을 알 수 있다. 이는 DCM2에 에너지를 전달해주는 Alq3의 exciton이 20 nm이상 떨어진 위치에도 존재하기 때문에 그림 2(b)에서 DCM2가 도핑된 영역의 두께가 20 nm인 경우의 색좌표값이 5 nm인 경우에 비하여 적색영역으로 이동

하는 것이다. 따라서 DCM2가 첨가된 두께를 늘리면 CIE 좌표가 적색영역으로 이동하지만 소자의 효율은 감소하게됨을 알 수 있다.

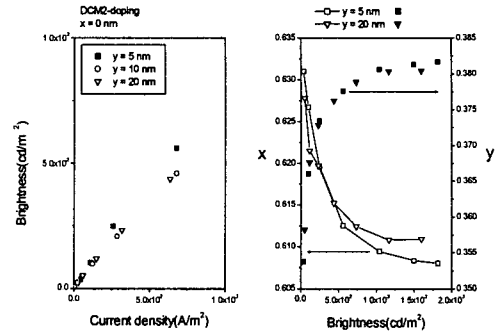


그림 2 DCM2가 첨가된 두께에 따른 (a) 소자의 효율과 (b) CIE 좌표의 변화.

그림 3은 DCM2의 첨가량에 따른 소자의 효율의 변화를 나타낸 것이다. 도핑된 영역의 두께는 20nm로 고정을 하고 DCM2의 첨가량을 변화시키며 그 특성의 변화를 살펴보았다. 그림 3(a)에서 DCM2의 첨가량이 2 vol%에서 4 vol%로 증가함에 따라 약 0.72 cd/A에서 약 0.38 cd/A로 감소함을 알 수 있다.

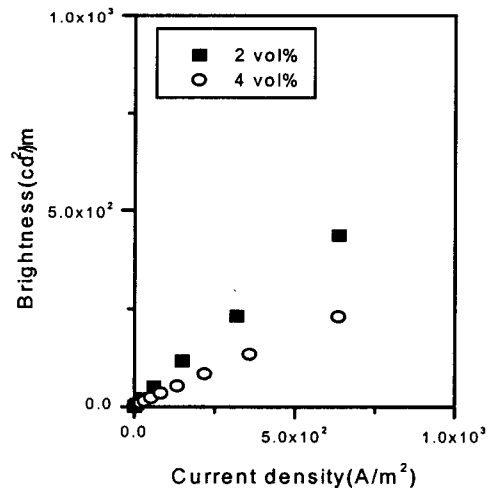


그림 3 DCM2의 첨가량에 따른 소자의 효율의 변화.

그림 4는 DCM2의 첨가량에 따른 EL 스펙트럼과 CIE 좌표의 변화를 나타낸 것이다. 그림 4(a)로부터

DCM2의 첨가량이 2 vol% → 4 vol% → 20 vol%로 증가함에 따라 스펙트럼의 중심이 625 nm → 641 nm → 658 nm로 이동함을 알 수 있다. 또한 그림 4(b)에서 첨가량이 2 vol%에서 4 vol%로 증가함에 따라 x 값은 커지고 y 값은 작아져서 좌표값이 적색 영역으로 이동함을 알 수 있다. 그림 2과 3으로부터 좋은 적색발광을 구현하기 위하여 DCM2의 첨가량을 늘리게 되면 보다 좋은 적색발광을 얻을 수는 있지만 소자의 효율이 감소하게 됨을 알 수 있다.

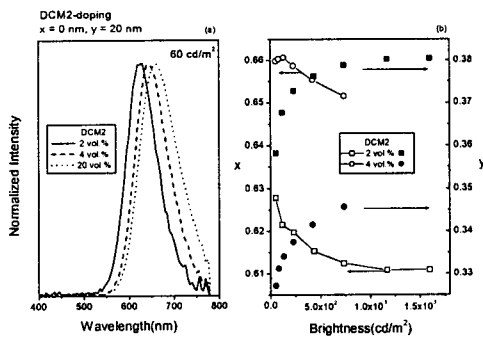


그림 4 DCM2의 첨가량에 따른 (a) EL 스펙트럼과 (b) CIE 좌표의 변화.

그림 5는 DCM2와 rubrene이 동시에 첨가된 소자의 휘도 및 전류밀도와 효율의 변화를 나타낸 것이다. 그림 5(a)에서 시에 첨가된 소자의 경우 휘도와 전류밀도가 DCM2만 첨가한 소자보다 다소 증가하

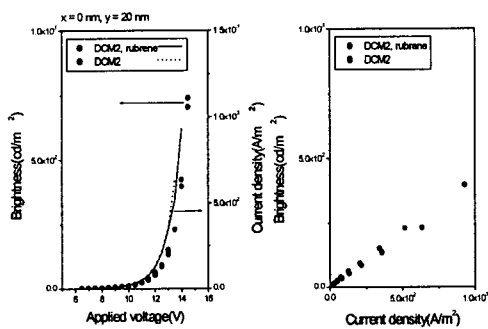


그림 5 DCM2와 rubrene이 동시에 첨가된 소자의 (a) 휘도 및 전류밀도와 (b) 효율의 변화.

였음을 알 수 있다. 전류밀도가 증가하는 원인은 TPD로부터 Alq3로 주입되지 못하는 정공의 일부가 rubrene의 HOMO

준위로 포획되어 전도에 기여하기 때문으로 생각된다. 그림 5(b)에서 동시에 첨가된 소자의 효율이 약 0.44 cd/A로 DCM2만 첨가된 소자의 0.38 cd/A보다 다소 증가하였음을 알 수 있다.

그림 6은 DCM2와 rubrene이 동시에 첨가된 소자의 EL 스펙트럼과 CIE 좌표를 나타낸 것이고 그림 7은 휘도에 따른 소자의 EL 스펙트럼의 변화를 나타낸 것이다. 그림 6(a)에서 동시에 첨가된 소자의 EL 스펙트럼의 중심이 648 nm로 DCM2만 첨가된 소자의 EL 스펙트럼 보다 장파장으로 이동하였음을 알 수 있다. 또한 CIE 좌표에서 동시에 첨가한 소자의 경우가 DCM2만 첨가한 소자보다 x 값이 커지고 y 값은 작아져서 적색영역으로 이동하였음을 알 수 있다. 그러나 DCM2만 첨가한 경우와 같이 동시에 첨가한 경우에도 소자의 휘도가 증가함에 따라 x 값은 작아지고 y 값이 커져서 녹색영역의 방향으로 이동함을 알 수 있다.

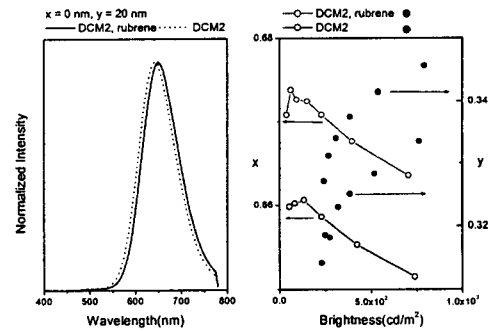


그림 6 DCM2와 rubrene이 동시에 첨가된 소자의 (a) EL 스펙트럼과 (b) CIE 좌표

이러한 현상은 그림 7로 설명 할 수 있다. 그림 7로부터 소자의 휘도가 100 cd/m<sup>2</sup>에서 700 cd/m<sup>2</sup>으로 증가함에 따라 EL 스펙트럼의 중심은 거의 변화가 없지만 단파장 영역의 세기가 증가함을 알 수 있다. 따라서 CIE 좌표가 녹색영역으로 이동하는 것은 DCM2만 첨가된 경우와 같이 모체인 Alq3의 발광이 나타나기 때문이 아니라 DCM2의 EL 스펙트럼 자체에서 단파장 영역의 세기가 상대적으로 강해지기 때문이다. 이상의 그림 2~4로부터 DCM2만 첨가된 소자보다 rubrene이 동시에 첨가된 소자에서 보다 더 좋은 적색발광을 구현할 수 있고, 소자의 휘도와 효율도 증가됨을 알 수 있다.

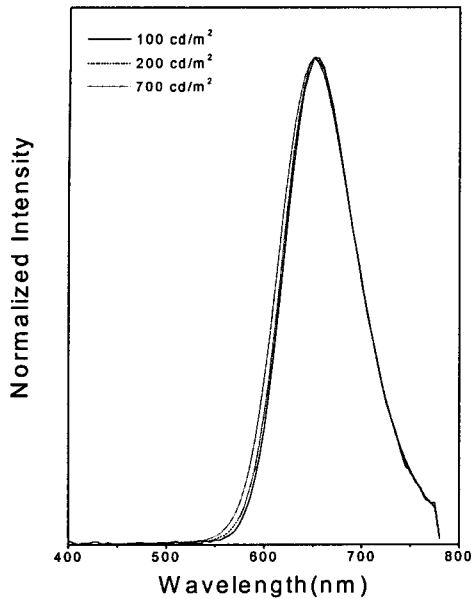


그림 7 DCM2와 rubrene이 동시 첨가된 소자의 휘도에 따른 EL 스펙트럼의 변화.

#### 4. 결론

본 연구에서는 red의 색순도 및 광 효율특성을 향상시키기 위하여 기존의 Alq3:DCM2에 rubrene을 동시에 증착하는 방법을 취하였다. 기존에 DCM2를 도핑하는 방식에 비하여 CIE좌표는 DCM2를 단독으로 사용 시  $x=0.66$ ,  $y=0.33$ 에서 DCM2와 rubrene co-doping시  $x=0.67$ ,  $y=0.31$ 로 색좌표가 개선되었음을 알 수 있으며 소자의 효율이 DCM2만 증착된 소자보다  $0.38\text{cd/A}$ 에서  $0.44\text{cd/A}$ 로 개선되었다.

#### 참고 문헌

- [1] C. W. Tang, S. A. VanSlyke, and C. H. Chen, "Electroluminescence of doped organic thin films", J. Appl. Phys. 65(9), pp.3610-3616, 1989.
- [2] V. Bulovic, A. Shoustikov, M.A. Bose, E. Bose, V.G. Kozlov, M.E. Thompson, S.R. Forrest Yuji Hamada, Hiroshi Kanno, Tsuyoshi, "Bright, saturated, red-to-yellow organic light-emitting devices basde on polarization-induced spectral shifts", 초드. phys. lett., 287,

pp.455-460, 1998.

- [3] C.H. Chen, C.W. Tang, J. Shi, K.P. Klubek, "Recent developments in the synthesis of red dopants for Alq3 hosted electoluminescence", Thin Solid Film, 363, pp.327-331, 2000.
- [4] Tsuijilka, Hisakazu Takahashi, and Tatsuro Usuki, "Red organic light-emitting diodes using an emitting assist dopant", Appl. Phys. Lett., vol 75, no.12, pp. 1682-1684, 1999.