

인광재료를 이용한 고효율 적색 유기발광 다이오드에 관한 연구

심주용, 전현성, 조재영, 정진하, 윤석범*, 강명구**, 오환술
 건국대학교, *공주대학교, **극동정보대학

A Study on the High-Efficiency Red OLEDs using Phosphorescent Materials

Ju-yong Shim, , Hyeon-seong Jeon, Jae-young Cho, Jin-ha Jung, Seok-beom Yoon*, Myung-goo Kang**, Hwan-sool Oh
 Konkuk Univ. *Kongju Univ. **Keukdong College

Abstract : In this thesis, verifies electrical-optical characteristics of phosphorescent materials.basic structure of fabricating devices is glass/ITO/ α -NPD(300 Å)/CBP:Guest(300 Å)/BCP(80 Å)/Alq₃(100 Å)/Al(1000 Å). In efficiency, fabrication of organic light emitting diodes using Ir(btp)₂acac phosphorescent material is external quantum efficiency 0.268% as doping concentration 3%. At CIE coordinates, phosphorescent material Ir(btp)₂acac following materials moves high purity red color(x=0.6686, y=0.3243). The brightness shows 285cd/cm².

Key Words : OLED, Phosphorescent material, CBP, Ir(btp)₂acac

1. 서론

유기발광소자는 1987년 미국 Kodak사의 Tang에 의해 단 분자 유기착화합물 Alq₃ 박막을 이용한 소자가 개발된 이후 유기발광소자에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 논문에서는 발광 재료로서 중금속을 중심에 둔 금속 착화합물인 인광 물질을 이용하여 일반 형광 재료를 이용한 유기발광소자보다 휘도 및 효율을 향상시키는데 목적이 있다. 인광재료를 이용하여 제작한 소자의 특성을 평가하여 인광재료의 우수한 특성을 보이고자 한다.

2. 실험

ITO가 코팅된 유리기판을 준비하고 ITO 크리닝과 ITO 패터닝을 거쳐 유기물층과 금속전극을 다단계 진공증착하여 소자를 제작하였다. 제작된 소자의 기본구조는 ITO/ α -NPD(300 Å)/CBP:Ir(btp)₂acac(300 Å)/BCP(80 Å)/Alq₃(200 Å)/Al(1000 Å)이다.

CBP를 host로 사용하고 Ir(btp)₂acac를 guest로 사용하여 도핑농도를 3, 4, 5, 6, 8, 12, 25%로 변화를 주어 소자제작 후 발광 특성을 평가하였다.

3. 결과 및 검토

인광 발광재료 CBP를 host로 사용하고 Guest 재료인 적색 인광색소 Ir(btp)₂acac의 도핑농도를 3, 4, 5, 6, 8, 12, 25%로 변화를 주어 소자제작 후 발광 특성을 평가하였다.

그림 1은 14V의 인가전압에 대한 인광색소 Ir(btp)₂acac의 도핑농도에 따른 정규화된 EL 스펙트럼이다.

Ir(btp)₂acac 사용한 적색 인광 유기발광소자의 첫 번째 EL 최대 발광파장은 617nm로 나타났으며 두 번째 EL 최대 발광파장은 671nm로 나타났다. 3, 4, 5, 6, 8, 12, 25%의 도핑농도변화에 대해 3%의 도핑농도일 때 Host인 CBP의 청색발광특성이 가장 작아졌다가 도핑농도의 증가에 따라

청색발광이 증가하여 8%일 때 가장 컸다가 도핑농도를 더 증가시키면 청색발광이 다시 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 사실로 미루어 도핑농도가 가장 작았을 경우에 Host에서 Guest로의 에너지전이가 가장 잘 일어난다는 사실을 확인하였다.

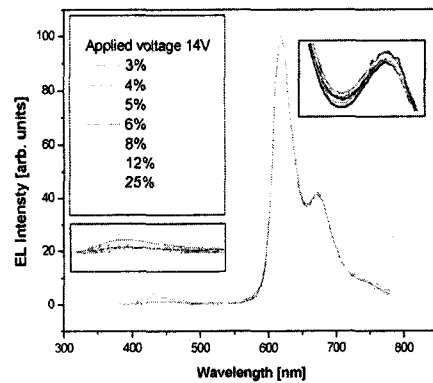


그림 1. Ir(btp)₂acac의 도핑농도에 따른 정규화된 EL스펙트럼

표 1은 도핑 농도의 변화에 따른 색좌표 값이다. 색좌표도를 보면 좌표계값이 움직이는 것을 확인할 수 있는데, 도핑농도의 변화에 따라 CBP의 에너지가 가장 많이 Guest로 전이된 도핑농도 3%에서 가장 순수한 적색으로의 이동이 있었으며 도핑농도 8%일때 CBP의 청색발광이 가장 큰 만큼 Guest로의 에너지 전이가 가장 적어 청색으로의 이동이 두드러졌다. 또한 이런 경향은 위의 같은 도핑농도 변화에 대하여 인가전압을 달리 적용하였을 때에도 같은 결과가 나와 색좌표상의 이동을 CBP가 주도하였음을 확인시켜 주었다.

그림 2는 Ir(btp)₂acac의 도핑농도에 따른 전류밀도와 광출력을 나타내었다. 저 전계 구간에서는 전압에 비례하여 전류밀도가 증가하는데 고 전계 구간에서는 전압에 따라

기하급수적으로 전류밀도가 증가함을 알 수 있다. 이와 같은 이유는 저 전계에서는 유기 단분자 내에 존재하는 트랩 및 그레인 경계에 존재하는 트랩 등 다양한 트랩에 의해서 흐르는 전하들이 포획되어 전류의 흐름을 억제하여 전류 밀도가 낮으나, 더 높은 전계에서는 서서히 빈 트랩들에 전하가 채워지기 때문에 전류가 서서히 증가하게 되어 아주 높은 고 전계에 공간 전하 제한 전류 특성을 나타내게 되어 더욱 전압을 증가시키면 전류가 급격히 증가하여 전류 밀도가 전압의 제곱에 비례하는 관계를 나타내게 되는 현상이 일어난다.

표 1. Ir(btp)₂acac를 사용한 적색 유기발광소자의 도핑 농도의 변화에 따른 색좌표 값

Doping variation(%)	Peak Wavelength	CIE Coordinates	
		X	Y
3	617	0.6720	0.3211
4	617	0.6383	0.3136
5	617	0.6711	0.3235
6	617	0.6592	0.3185
8	617	0.6232	0.3066
12	617	0.6543	0.3235
25	617	0.6603	0.3254

광출력에서 3%의 도핑농도로 제작한 유기발광소자의 발광개시전압은 2.6V, 4%의 도핑농도로 제작한 유기발광소자의 발광개시전압이 3.1V에서 시작되었으며 8%의 도핑농도로 제작한 유기발광소자의 발광개시전압은 3.3V에서 시작되었다. 전압의 증가에 따라 광출력도 기하급수적으로 증가하여 20V에서 8% 도핑 농도 소자가 가장 광출력이 높고 4%의 도핑 농도, 3%의 도핑 농도 순의 광출력 세기로 나타났다. 이는 도핑 농도에 따른 전류밀도의 세기에 비례하는 순으로 공급되는 전하간의 재결합에 의한 여기자 생성이 더욱 더 증가하였음을 보여준다.

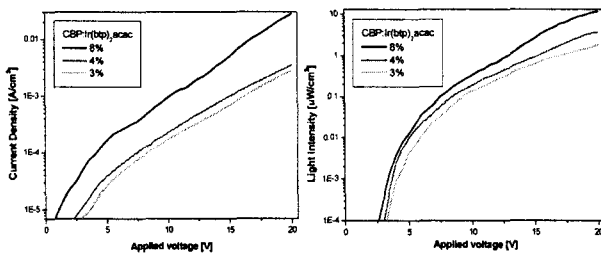


그림 2. Ir(btp)₂acac의 도핑농도에 따른 전류밀도와 광출력

그림 3은 Ir(btp)₂acac의 도핑농도에 따른 외부양자효율을 나타내었다. 3%, 4%, 8%의 도핑농도로 제작한 유기발광소자의 외부양자효율이 인가전압의 증가에 따라 꾸준히 증가하다가 3%의 도핑농도 였을 경우 8V에서 0.268%의 최대 외부 양자 효율을 나타내었으며 4%의 도핑 농도 였을 경우 10V에서 0.18%의 최대 외부 양자 효율을 나타내었다. 8%의 도핑 농도 였을 경우 9V에서 0.08%의 최대 외부 양자 효율을 나타내다 그 이후로는 서서히 효율이

감소하였다. 도핑농도가 작을수록 양자 효율이 높다는 사실과 최대 외부 양자 효율은 인광 물질의 특성상 상대적으로 형광 물질에 비해 낮은 전압에서 양자 효율이 가장 높다는 사실을 확인하였다.

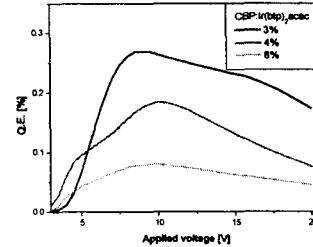


그림 3. Ir(btp)₂acac의 도핑농도에 따른 외부양자효율

4. 결론

인광 발광재료 CBP를 host로 사용하고 Ir(btp)₂acac를 guset로 사용하여 적색 유기발광소자를 제작하였다. 소자의 구조는 ITO/ α -NPD(300 Å)/CBP:Ir(btp)₂acac(300 Å)/BCP(80 Å)/Alq₃(200 Å)/Al(1000 Å)이다.

Ir(btp)₂acac 인광재료의 도핑농도변화에 따른 유기발광소자의 전류밀도 및 광출력은 도핑농도가 낮을수록 소자의 동작개시전압과 발광개시전압이 낮은 전압에서 시작하였으며 동일한 전압에서 도핑농도가 낮을수록 높게 나타났다. 또한 효율도 3%의 도핑농도일 때 0.268%로 나타나 낮은 도핑농도에서 높은 효율을 나타냈다. 재료에 따라 색 좌표상에서 인광재료의 가장 순수한 적색(x=0.6686, y=0.3243)으로의 이동을 확인하였으며, 휘도는 285cd/cm²로 나타났다. 또한 효율면에서는 0.268%의 최대 외부양자효율을 나타내 인광재료의 우수한 발광특성 및 효율특성을 입증하였다.

앞으로 유기발광소자 제작에서의 발광 효율을 높이기 위해 인광재료 사용이 점차적으로 확대되어 유기발광소자의 전기적, 광학적 특성향상에 큰 기여를 할 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] M. Morimoto and H. Watanabe, "Flat Panel Displays", NEC Technical Journal, Vol. 49, No. 1, pp. 82-86, 1996
- [2] W. Conard Holton, "Light-emitting polymers: Increasing promise", Solid State Technology, Vol. 40, No. 5, pp. 163-167, 1997
- [3] M. Pope, H.P. Kallmann and P. Magnate, J. Chem. Phys., No. 38, p.2042, 1963
- [4] C.W. Tang and S.A. VanSlyke, "Organic electroluminescent diodes", Appl. Phys. Lett., Vol. 51, No. 12, pp. 913-915, 1987
- [5] C.W. Tang, S.A. VanSlyke, and C.H. Chen, "Electroluminescence of doped organic thin films", J. Appl. Phys., Vol. 65, No. 9, pp. 3610-3616, 1989