

Ir complexes를 이용한 인광 발광 소자의 전기 광학적 특성 관한 연구

김소영, 김준호, 서지현, 김영관
홍익대학교

A study on the characteristics of the OLEDs using Ir complex for the blue phosphorescence

So-Young Kim, Jun-Ho Kim, Ji-Hyun Seo, YoungKwan Kim
Hongik Univ.

Abstract : Several iridium based complexes were investigated as blue phosphorescent dopants. They are achieved about 100 % quantum efficiencies due to utilization of both singlet and triplet excitons in the radiative processes. We have fabricated phosphorescent OLED with 8 % Ir(ppz)₃ as a triplet emissive dopant in diverse host materials. In this study, the CBP obtained the luminance efficiency of 0.20 cd/A adapts to the host material. Furthermore, we synthesize metalorganic phosphor complexes based on Ir heavy metal with different ligands as to Ir(ppz)₂acac, (Im)₂Ir(acac), (Im-R)₂Ir(acac).

Key Words : OLEDs, blue phosphorescence, ligand, iridium complexes

1. 서론

OLED (Organic Light Emitting Diode)는 경박단소화, 저소비전력화, 그리고 대형 평면화 등의 평판 표시 소자에 요구되는 중요한 요소들에 적합한 특성을 갖고 있다. 또한 박막화가 가능하고, 공정이 매우 간단하며 구부림 등의 자유로운 형태의 디스플레이 구현이 가능하다는 장점을 이용하여 정보화 사회에서 평판 디스플레이의 광범위한 적용 가능성을 지니고 있다. 무거운 금속 중심 원자가 존재하는 중금속 착물들은 강한 spin-orbital coupling에 의한 singlet과 triplet이 혼합되어 고효율 인광이 발광하게 된다 [1]. 인광 물질로부터의 발광을 통해 100 % 가까운 양자효율의 증가를 이룬데 반해 blue 인광의 효율 확보가 요구되어진다. 본 논문에서는 blue 인광물질로 Pt, Cu, Os, Re, Au 그리고 Ir(Iridium)과 같은 금속 중심 원자 중에서 특히 Ir 계열의 인광 물질의 발광에 관해 연구 하였다. Ir(ppz)₃을 다양한 host 물질에 도핑하여 host 재료에 따른 전기 광학적 특성을 확인하였다[2]. 또다른 blue 인광재료로 Ir계열인 (Im)₂Ir(acac)와 (Im-R)₂Ir(acac)의 전기 광학적 특성을 확인하였다.

2. 실험

소자의 제작 과정은, 하부전극인 ITO (indium-tin-oxide : sheet resistance : 30 Ω/□)를 chloroform, acetone, methanol, isopropyl alcohol, 그리고 증류수에 차례로 세척하여 불순물을 제거한 후, 진공증착법에 의해 5×10⁻⁷ Torr 이하의 진공에서 유기물질과 금속을 증착하였고 유기물과 금속을 각각 0.5 ~ 1 Å/sec 와 6 ~ 10 Å/sec 의 속도로 증착하였다. 증착 순서는 ITO위에 정공 수송층으로 NPB를 증착하였으며, 발광층으로는 host와 Ir(ppz)₃를 그 농도를 달리하여 같이 증착하였고, BCP를 정공 저지층으로, 그리고 Alq₃를 전자 수송층으로 증착한 후 Liq, Al의 순서로

음극을 증착하였다. 이렇게 제작된 소자의 구조는 ITO/NPB(40 nm)/Host : Ir(ppz)₃ 8 %(20 nm)/BCP(10 nm)/Alq(20 nm)/Liq(1 nm)/Al(150 nm)이다. 소자의 면적은 3 × 3 mm² 이다.

3. 결과 및 고찰

Ir(ppz)₃는 고체 상태로는 녹색 발광을 보이지만, CBP 등의 호스트에 도핑이 되면 PL(photoluminance) 이나 EL(electroluminescence) 모두 450 nm 근처의 발광 피크를 갖는 청색 발광의 특성을 나타낸다. 그림 1처럼 다른 호스트에서의 EL 특성이 동일한 것으로 보아, Ir(ppz)₃가 나타내는 특성임을 알 수 있다. Ir(ppz)₃의 450 nm의 발광이 MLCT(metal ligand charge transfer)에 의한 인광인지의 여부를 확인하기 위하여 Ir(ppz)₃를 CBP에 도핑하여 과도 PL 측정결과 Ir(ppz)₃의 여기 상태 수명은 218 ns로 인광임을 확인할 수 있었다[3]. 고효율 인광재료로 확인된 Ir(ppz)₃를 호스트 CBP, mCP, tCP에 8 % 도핑 농도로 소자를 제작하여 전기 광학적 특성을 측정하였을 때, 최대 발광 효율이 각각 0.20, 0.08, 0.02 cd/A 였다[4,5].

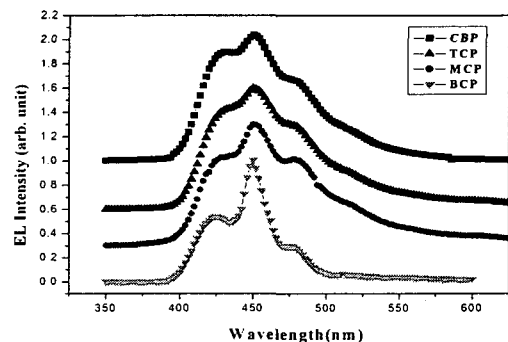


그림 1. 다양한 host를 사용했을 때 Ir(ppz)₃ 소자의 EL 특성

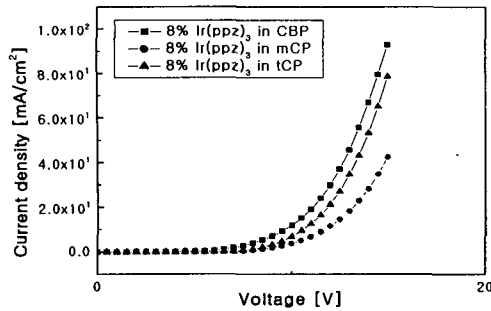


그림 2. 다양한 host에 도핑된 Ir(ppz)₃의 전류밀도-전압 특성.

mCP는 CBP보다 삼중항 밴드갭이 큰 물질로 알려져 있지만, host로 사용했을 경우 소자의 발광 효율이 CBP보다 높지 않은 것은 mCP에서 Ir(ppz)₃로의 에너지 전이가 안 되기 때문인 것으로 여겨진다. 실제, Ir(ppz)₃의 에너지 준위 계산 결과는 LUMO 준위가 호스트의 LUMO 준위보다 상당히 높다. 이 사실은 전기 인광 발광의 중요한 기저인 dexter transfer에는 상당한 장애가 되리라 생각할 수 있다.

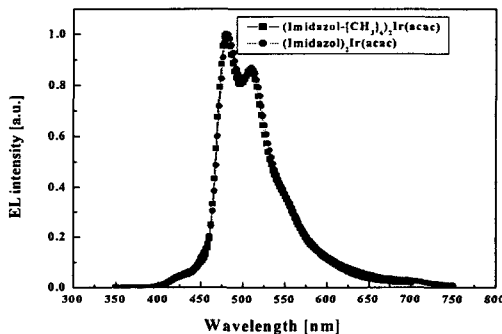


그림 3. (Im)₂Ir(acac)와 (Im-R)₂Ir(acac) EL 스펙트럼.

페닐이미다졸(phenyl imidazole) 계열은 481 nm에서 peak를 가지고, 509 nm에서 shoulder를 가지는 스펙트럼의 전형적인 greenish blue 인광 재료이다. R의 변화 따라 스펙트럼의 변화는 거의 없었다.

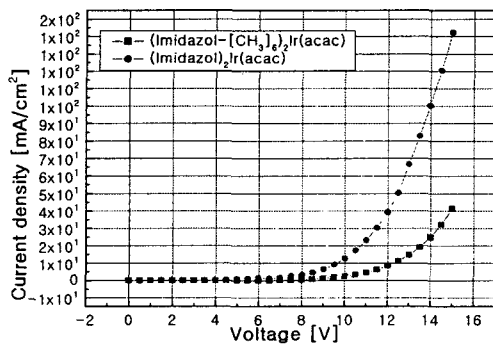


그림 4. (Im)₂Ir(acac)와 (Im-R)₂Ir(acac) 소자의 전류밀도-전압 특성.

전기적 특성에서는 페닐이미다졸(phenyl imidazole) 계열의 리간드에 붙은 알킬기인 R에 따른 발광 효율의 변화를 확인할 수 있었다. 더 큰 구조의 R₁이 포함된 착물이 발광 효율이 좋음을 알 수 있었다. 발광 효율은 14 V에서 R₁이 1.51 cd/A, R₂는 0.97 cd/A로 측정되었다. 분자량이 작은 R₂에 의해 입체성이 증가되어 steric hindrance effect가 커져 발광효율의 감소를 야기시킨 것으로 고려되어 진다[6].

4. 결론

Ir착물은 삼중항-삼중항 소멸을 방지하기 위하여 적절한 host에 인광 재료를 Dexter energy transfer가 가장 효율적인 8 %도핑을 하였다. 이때 호스트의 삼중항 밴드갭이 인광 재료의 밴드갭 보다 커야 호스트-도판트간 에너지 전이 효율이 높다. 청색 인광 재료로 Ir(ppz)₃를 Host 물질 CBP, mCP, tCP에 도핑했을 때 CBP일때 가장 좋은 효율 2.0 cd/A를 보였지만 전반적인 호스트에서 Ir(ppz)₃의 에너지 전이의 문제가 관찰되었다. 또한 (Im)₂Ir(acac)와 (Im-R)₂Ir(acac)는 14 V에서 R₁이 1.51 cd/A, R₂는 0.97 cd/A로 높은 최대 효율을 보였다. 다른 Ir계열의 인광 물질의 EL, 과도 PL, I-V-L 특성 등의 측정을 통하여 리간드의 영향에 대한 발광 특성을 파악하였고, Ir을 중심 원자로 하는 새로운 고효율 인광 물질 합성에 관한 가능성을 얻을 수 있었다.

감사의글

이 논문은 2001년도 한국학술진흥재단의 연구비에 의하여 지원되었음 (KRF-2001-005-D22001).

참고 문헌

- [1] M. A. Baldo, S. Lamansky, P. E. burrows, M. E. Thompson, and S. R. Forrest, Appl. Phys. Lett., 75, 2 (1999)
- [2] B. W. D'Andrade, M. A. Baldo, C. Adachi, J. Brooks, M. E. Thompson, and S. R. Forrest, Appl. Phys. Lett., 79, 1045 (2001)
- [3] Y. Cao, I. Parker, G. Yu, C. Zhang, and A. J. Heeger, Nature, 397, 414 (1999)
- [4] M. A. Baldo, M. E. Thompson, and S. R. Forrest, Nature, 403, 750 (2000)
- [5] C. Adachi, M. A. Baldo, S. R. Forrest, and M. E. Thompson, Appl. Phys. Lett., 77, 904 (2000)
- [6] M. Hiroda, K. Sakadibara, T. Yuzuri, and S. Kuroda, Int. J. Mol. Sci., 6, 18 (2005)