

## Ir 착화합물을 이용한 유기발광소자의 특성연구

### The study on the characteristics of organic light emitting devices using Ir complexes

김준호\*, 표상우\*, 정래영\*\*, 하윤경\*\*\*, 김영관\*\*, 김정수\*

(Junho Kim\*, SangWoo Pyo\*, LeaYuong Jung Yunkyung Ha\*\*\*, YoungKwan Kim\*\*, jungSoo Kim\*)

#### Abstract

The internal quantum efficiency of organic light emitting devices(OLEDs) using fluorescent organic materials is limited within 25% because of the triplet excitons which can hardly emit light. So there has been considerable interest in finding ways to obtain light emission from triplet excitons. One approach has been to add phosphorescent compounds to one of the layers in OLEDs. Then triplet excitons can transfer to these phosphorescent molecules and emit light. In this study, multilayer OLEDs with phosphorescent emitter, Iridium complexes were prepared. The devices with a structure of ITO/TPD/Ir complex doped in the host material/BCP/Aiq3/Li:Al/Al were fabricated, and its electrical and optical characteristics were studied. Using various Ir complexes and the host materials, we fabricated several devices and investigated the device characteristics.

**Key Words** : Organic light emitting devices, Phosphorescence, Ir complex,

#### 1. 서론<sup>1)</sup>

최근까지 정보 표시용 디스플레이 소자는 CRT (Cathode Ray Tube)가 주도하여 왔으나 점차 기존의 CRT 보다 얇고 가벼우며 대면적, 고휘도, 고해상도, 낮은 소비전력의 디스플레이 개발이 절실

히 요구되고 있다. 정보 표시용 디스플레이에는 여러 가지 종류가 있지만 유기전기발광소자는 액정 디스플레이와 같은 비발광형의 디스플레이와는 달리 자체 발광을 하고 응답 속도가 빠르다는 장점 때문에 최근 들어 많은 연구가 진행되고 있다. 저분자 또는 고분자와 같은 유기 재료를 이용한 유기 전기발광소자는 저전압 구동, 박막 형성의 용이성, 발광하는 빛의 균일성 등의 장점으로 인해 활발한 연구가 진행되고 있다[1]. 유기전기발광소자의 발광원리는 소자에 전압을 가하여주면 양극과 음극으로부터 각각 정공과 전자가 유기물질 안으로 주입되고, 이렇게 주입된 캐리어들은 유기물질 내부의 한 지점에서 서로 결합하여 들뜬 상태를

\* 홍익대학교 전기정보제어공학과  
(서울시 마포구 상수동 72-1 홍익대학교,  
Fax : 02-3142-3844,  
E-mail : junnok@hanmail.net)  
\*\* 홍익대학교 화학공학과  
\*\*\* 홍익대학교 기초과학과

만든 후 바닥 상태로 발광 천이하게 된다. 이때 들뜬 상태의 여기자를 exciton 이라고 하는데 spin-symmetric한 일중항과, spin-antisymmetric한 삼중항이 1 : 3의 비율로 생성되어진다. 바닥상태가 일중항 상태이므로 일중항의 exciton은 발광천이를 하게되는데 이를 형광이라고 한다. 한편 삼중항 상태의 exciton은 그 spin 방향을 바꾸는데 많은 에너지가 필요하기 때문에 대부분 비발광소멸을 하게된다. 하지만 이러한 스핀에 어떠한 섭동이 가해지면 삼중항 상태에서도 발광이 일어나게 되는데 이를 인광이라고 한다[2]. 이러한 개념을 이용하여, 미국 Princeton 대학의 Forrest등은 이러한 인광 물질인 platinum(II)octaethylporphyrin(PtOEP)과 tris(2-phenylpyridine)iridium (Ir(ppy)<sub>3</sub>)등을 발광 물질로 사용하여 각각 적색과 녹색 발광소자를 제작하여 그 특성을 분석하였다[3][4]. 이러한 인광색소를 이용한 소자의 발광 원리는 인가된 전압에 의해 유기물질내로 주입된 전자와 정공이 host물질에서 exciton을 생성하고, 그 에너지를 도핑된 인광색소에 전달하여 발광이 인광색소 고유의 파장에서 일어나게 된다.

본 연구에서는, 이러한 인광색소중 여러 가지 Ir 착화합물을 발광체로 하는 소자를 제작하여 그 광학적·전기적 특성을 연구하였다.

## 2. 실험

### 2.1 실험장치

본 연구에서는, 여러 가지 Ir 착화합물을 발광층으로 사용하고 BCP와 Be(BTZ)<sub>2</sub>, Zn(BTZ)<sub>2</sub>, CBP를 host 물질로 사용하여 소자를 제작하였다. 아래의 그림 1과 그림 2에 본 연구에서 사용된 유기물질의 구조와 제작된 소자의 구조를 나타내었고 그림 3에 제작된 소자의 구조를 나타내었다.

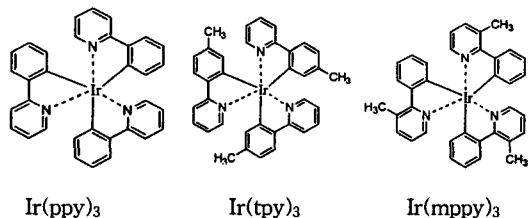


그림 1. Ir 착화합물의 분자구조.

Fig. 1. The molecular structures of Ir complexes.

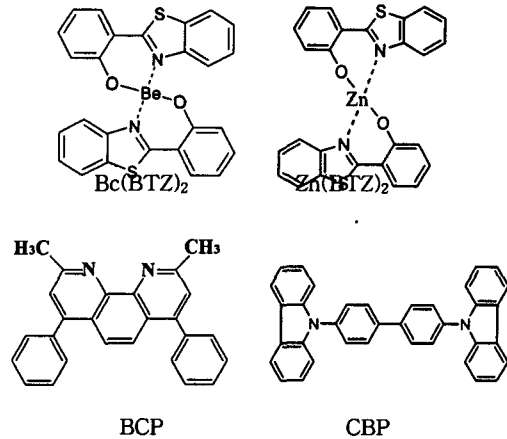


그림 2. host 물질의 분자 구조.

Fig. 2. The molecular structures of host materials.

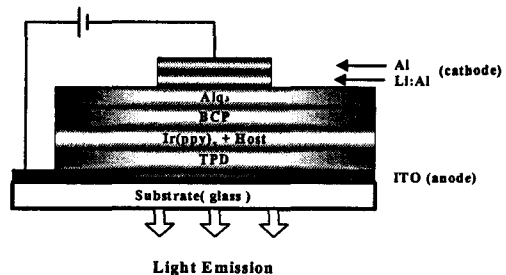


그림 3. 유기 발광 소자의 구조.

Fig. 3. The the configuration of the OLEDs.

소자의 제작 과정은, 하부전극인 ITO(indium-tin-oxide : sheet resistance : 30Ω/□)를 chloroform, acetone, methanol, isopropyl alcohol, 그리고 증류수에 차례로 세척하여 불순물을 제거한 후, 진공증착법에 의해 5×10<sup>-6</sup> Torr 이하의 진공에서 유기물질과 금속을 증착하였고 유기물과 금속을 각각 0.5 ~ 1 Å/sec와 6 ~ 10 Å/sec의 속도로 증착하였다. 증착순서는 ITO위에 정공수송층으로 TPD를 증착하였으며, 발광층으로는 host 물질과 Ir 착화합물을 같이 증착하였으며 도핑 농도는 7 wt%로 하였다. BCP를 정공블록층으로, 그리고 Alq<sub>3</sub>를 전자수송층으로 증착한 후 Li:Al, Al의 순서로 금속을 증착하였다. 이렇게 제작된 소자의 구조는 ITO/ TPD(40nm)/ 호스트 물질에 도핑된 Ir 착화합물(30nm)/ host(10nm)/ Alq<sub>3</sub>(40nm)/ Li:Al/ Al이다. 소자의 면적은 3 × 3 mm<sup>2</sup> 이며, 모

든 측정은 DC전압 조건하에서 상온에서 측정하였다. 또한 석영 기판위에 유기물질을 증착하여 UV/vis 흡광도와 광 발광 (photoluminescence : PL)특성을 조사하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 4에는 인광 색소로 사용된 Ir 착화합물의 UV/vis. 흡광도 스펙트럼과 host 물질의 PL 스펙트럼을 측정하여, host 물질에서 인광 색소로의 에너지 전달이 용이한가를 관측하였다.

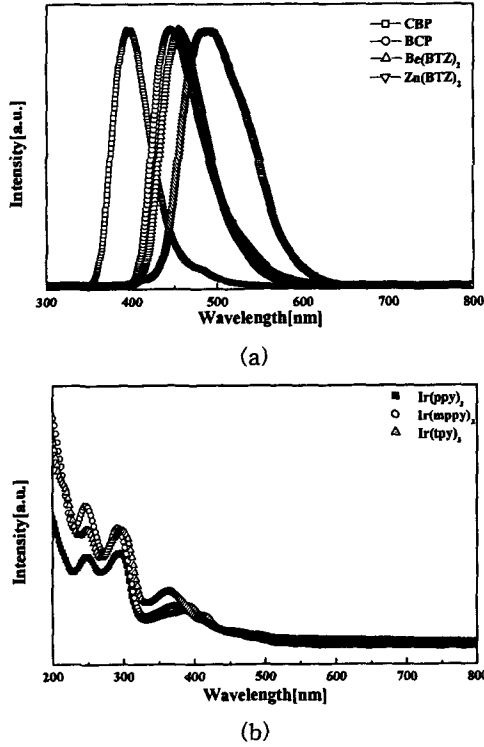


그림 4. 호스트 물질의 흡광도(a)와 Ir착화합물의 광 발광 특성(b).

Fig. 4. The UV/vis. absorption spectrum of the host materials(a) and the PL spectrum of the Ir complexes(b).

그림에서 나타나듯이 CBP가 가장 단파장 쪽에서 PL 피크를 나타내어 Ir 착화합물의 흡광도 스펙트럼과 중첩을 잘 이룸을 알 수 있고, 그로 인해 CBP를 호스트로 썼을 때 에너지의 전달이 가장 잘 일어날 것이라고 예측할 수 있다.

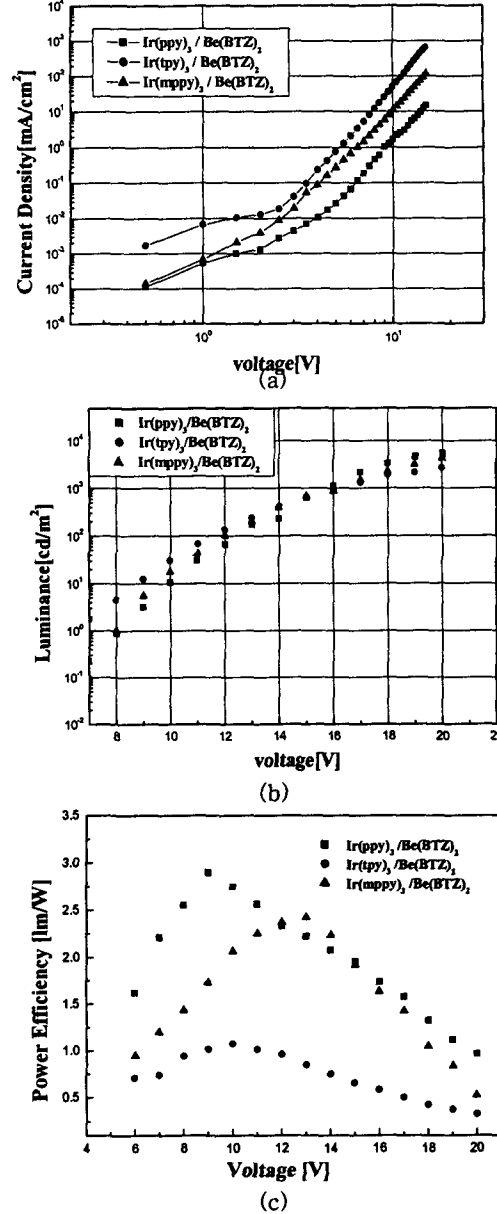


그림 5. 여러 가지 Ir 착화합물을 발광층으로 한 유기 발광 소자의 특성. (a) J-V 특성곡선, (b) L-V 특성 곡선, (c) 소비 전력 효율.

Fig. 5. The characteristics of OLEDs using various Ir complexes. (a) J-V characteristics, (b) L-V characteristics, (c) the power efficiency.

Be(BTZ)<sub>2</sub>를 호스트로 사용하여 여러 가지 Ir착

화합물의 발광 특성 및 소자의 효율을 측정하였다. 아래 그림 5에서 나타나듯이 Ir(ppy)<sub>3</sub>를 사용하였을 때의 그 전류-전압 특성 및 전기 발광 특성이 가장 좋은 것을 알 수 있다. Ir(ppy)<sub>3</sub>가 낮은 전류 밀도에서 가장 높은 발광 휘도를 나타내어 그 전력 효율도 9V에서 2.89 lm/W를 나타내었다. 이에 반하여 Ir(mppy)<sub>3</sub>와 Ir(tpy)<sub>3</sub>는 각각 13V에서 2.41 lm/W와 10V에서 1.07 lm/W의 전력효율을 보였다.

Ir(ppy)<sub>3</sub>를 여러 가지 호스트 물질에 도핑하여 그 소자의 특성을 관측하였다. CBP는 정공 수송층 및 호스트 물질로 잘 알려져 있는 물질이며, BCP는 전자 수송층 및 엑시톤 블록층으로 사용되어지며, Be(BTZ)<sub>2</sub>와 Zn(BTZ)<sub>2</sub>는 새로이 호스트 물질로 사용하였다. 호스트 물질에 7 wt%로 도핑하여 소자를 제작하였으며, CBP에 도핑하였을 때의 특성이 가장 우수하게 나타났다. 이는 CBP의 PL 스펙트럼과 Ir(ppy)<sub>3</sub>의 UV/vis. 흡광도 스펙트럼간의 중첩이 잘 이루어지고 밴드갭이 커 에너지의 전달이 용이하게 일어나기 때문이며, 다른 호스트 물질은 이에 비하여 그 중첩이 크지 않기 때문에 그 특성이 현저히 떨어짐을 알 수 있었다.

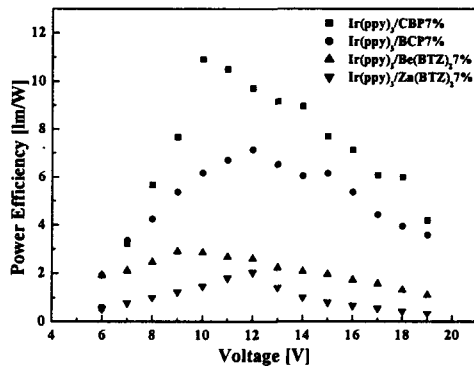


그림 6. 여러 가지 호스트 물질에 Ir(ppy)<sub>3</sub>를 도핑하여 제작한 유기 발광 소자의 소비 전력 효율.

Fig. 6. The power efficiency of OLEDs using Ir(ppy)<sub>3</sub> doped in various host materials.

CBP를 호스트로 사용한 소자의 최대 전력 효율은 10 V에서 10.9 lm/W이었으며, BCP, Be(BTZ)<sub>2</sub>, 그리고 Zn(BTZ)<sub>2</sub>를 호스트로 사용한 소자의 최대 전력 효율은 각각 12 V에서 7.14 lm/W, 9 V에서 2.89 lm/W, 그리고 12 V에서 2.0 lm/W이었다.

#### 4. 결론

유기전기발광소자가 디스플레이 응용에 폭넓게 사용되어지기 위해서 고효율에 대한 연구는 필수적이다. 도핑을 이용한 소자는 발광 물질이 여기저기 흩어져 있기 때문에 삼중항-삼중항 소멸이 적게 일어나기 때문에 그 만큼 효율이 향상된다. 본 연구에서는 인광색소인 Ir 착화합물들을 여러 가지 호스트 물질에 도핑하여 소자를 제작하였으며, 그 도핑농도에 따른 전기적·광학적 특성을 조사하였다. Ir(ppy)<sub>3</sub>가 다른 착화합물보다 그 소자의 특성이 우수하게 나타났으며, 호스트 물질로는 CBP를 사용한 소자의 특성이 가장 우수하게 나타났다. 여러 물질을 새로이 호스트 물질로 적용하여 보았으나, 앞에서 언급한 바와 같이, host 물질의 PL 스펙트럼과 색소의 UV/vis 흡수 스펙트럼이 어느 정도 중첩을 이룰 때 에너지의 전달이 더욱 효과적으로 일어나므로, Be(BTZ)<sub>2</sub>나 Zn(BTZ)<sub>2</sub>는 호스트 물질로 적합지 않음을 알 수 있다. 이에 앞으로 호스트 물질에 대한 연구가 더욱 활발히 이루어져야 하며 이와 함께 최적화된 소자의 구조를 설계하는 것도 중요한 과제라고 할 수 있다.

#### 감사의 글

이 논문은 정통부 대학기초연구지원사업에 의하여 연구되었음.

#### 참고 문헌

- [1]. C. W. Tang, S. A. Van Slyke, Appl. Phys. Lett., 51, 913, 1987.
- [2]. M. A. Baldo, D. F. O'Brien, M. E. Thompson, S. R. Forrest, Phys. Rev., B60, 1442, 1999.
- [3]. M. A. Baldo, D. F. O'Brien, Y. You, A. Shoustikov, S. Sibley, M. R. Thompson, S. R. Forrest, Nature, 395, 151, 1998.
- [4]. M. A. Baldo, S. Lamansky, P. E. Burrows, M. E. Thompson, S. R. Forrest, Appl. Phys. Lett., 75, 4, 1999.