

## Znq<sub>2</sub>와 dye에 의한 적색 OLED의 발광특성

### The Luminance characteristics of Red OLED based on Znq<sub>2</sub> and dye

조민정, 최완지, 박철현, 임기조, 박수길\*, 김현후\*\*

(M. J. Cho, W. J. Choi, C. H. Park, K. J. Lim, S. K. Park\*, H. H. Kim\*\*)

#### Abstract

In this study, the bis(8-oxyquinolino)zinc II (Znq<sub>2</sub>) were synthesized successfully from zinc chloride (ZnCl<sub>2</sub>) as a initial material. Then, we fabricated red organic electroluminescent device with a dye (DCJTB)-doped and inserted Znq<sub>2</sub> between emission layer and cathode layer for increasing EL efficiency. The hole transfer layer is a N,N'-diphenyl-N,N'-bis-(3-methyl phenyl) -1,1'-diphenyl-4,4'-diamine(TPD), and the host material of emission layer is Znq<sub>2</sub>. And we study the electrical and optical properties of devices. We found that the device using Znq<sub>2</sub> inserting layer result in the increased efficiency.

**Key Words :** Organic Electroluminescent Device(OELD), Znq<sub>2</sub>, Dye, DCJTB, Host, Guest

#### 1. 서 론

유기 전계 발광 디스플레이는 형광성 유기 화합물을 전기적으로 여기시켜 발광시키는 자 발광형 디스플레이이다. 유기 EL 디스플레이는 저전압 구동, 자 발광에 의한 고인식성, 박형 등의 장점이 있으며, 현재 각광을 받고 있는 LCD 소자와 비교해서 광 시야각, 빠른 응답 속도 등의 문제를 해결할 수 있는 이점이 있어 차세대 디스플레이 후보로서 주목을 받고 있다. 그러나, 풀 칼라용 평판 디스플레이에서 요구되는 청색, 녹색, 적색의 발광효율은 각각 1, 6, 3[lm/W]이며, 현재 녹색 및 청색 발광 재료의 효율은 어느 정도 목표치에 도달했지만, 적색 단분자의

경우 1.5[lmW], 고분자의 경우 1.8[lm/W]에 도달한 상태로서 아직 목표치에 충분하지가 않다. 1987년, Tang과 VanSlyke에 의해 Alq<sub>3</sub> 유기물이 사용되었는데, Alq<sub>3</sub>는 녹색영역(520nm)에서 빛을 발하며, 여러 가지 유기물 색소를 도핑함으로써 녹색에서 붉은 색까지의 넓은 영역에서 빛을 낼 수 있다.[1][2] 그런데 Znq<sub>2</sub> 역시 Alq<sub>3</sub>와 비슷한 PL 스펙트럼 영역인 535nm의 파장을 가지고 있으면서 20[V]에서 16200 [cd/m<sup>2</sup>]의 휘도가 보고된 바 있는 주목할 만한 발광 재료이다.[3][4] 적색 발광층의 경우 밴드갭이 작은 적색발광의 특성상 다량의 녹색 발광물질에 적색발광 물질을 소량 도핑하여 사용한다. 그중, DCJTB와 같은 DCM류의 물질이 적색 발광 물질중 가장 높은 휘도를 나타내고 색순도 또한 NTSC 기준에 근접하기 때문에 최근 주목받고 있다.[5]

본 연구에서는, Znq<sub>2</sub>를 host재료로, DCJTB를 dye dopant로 이용해서 적색의 유기 EL 소자를 제작하여 그 발광특성을 조사하였다.

충북대학교 전기공학과

(충북 청주시 흥덕구 개신동 충북대학교,

Fax: 043-263-2419

E-mail : kjlim@trut.chungbuk.ac.kr )

\*충북대학교 화학공학부

\*\*두원공대 전자과

## 2. 본 론

### 2.1 실험 방법

#### 2.1.1 성막 물질

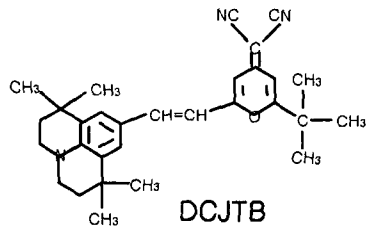
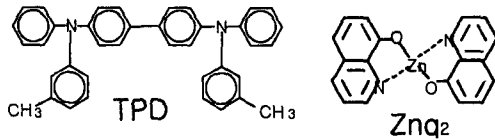


그림 1 실험에 사용된 유기재료의 화학적 구조

그림1은 TPD와 Znq<sub>2</sub>, DCJTBA의 화학적 구조를 나타낸 것이다. 정공 수송 재료 TPD[N-N'-diphenyl-N-N'-bis(3methyl)-1,1'-biphenyl-4,4'-diamine]는 일본 TCI사의 제품을 사용하였고, 발광층의 host 재료인 Znq<sub>2</sub>는 zinc chloride로부터 합성하였다. red dopant로서 Kodak의 DCJTBA[4-dicyanomethylene-6-cyano-2-tert-butylpyran]를 사용하였다.

#### 2.1.2 소자 제작

양극으로 ITO(면저항 20Ω/□)코팅된 유리기판을 아세톤과 알콜을 사용해 초음파 세척기에 의해 세척해 사용했으며, 유기재료는 모두 10<sup>-6</sup>Torr단위의 진공도에서 가열진공 증착법에 의해 적층하였다. 음극

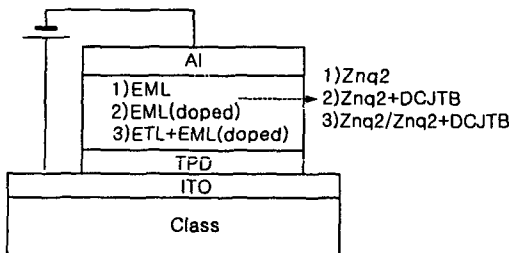


그림 2 소자의 구조

으로 사용한 Al은 4~10Å/s의 증착률로 유기물과 동

일한 진공범위에서 200nm의 두께로 증착하였다. 소자의 발광면적은 1×1cm<sup>2</sup>이고, 모든 측정은 상온의 DC전압의조건에서 실행되었다.

그림2는 실험에서 제작한 소자의 구조이다. 발광특성을 비교하기 위해 Al(200nm)/Znq<sub>2</sub>(60nm)/TPD(60nm)/ITO구조와 Al(200nm)/Znq<sub>2</sub>+DCJTBA(60nm)/TPD(60nm)/ITO구조, 전자 수송층이 삽입된 Al(200nm)/Znq<sub>2</sub>(30nm)/Znq<sub>2</sub>+DCJTBA(30nm)/TPD(60nm)/ITO구조의 소자가 제작되었다.

### 2.2 실험 결과 및 검토

#### 2.2.1 DCJTBA에 의한 변화

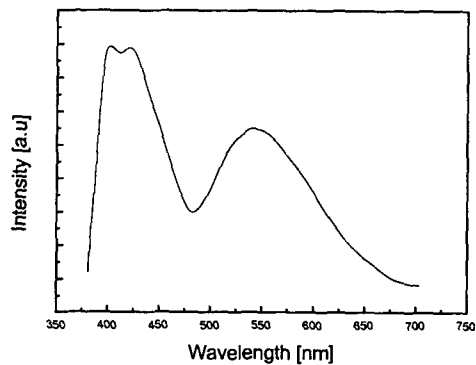


그림 3 Znq<sub>2</sub>의 PL 스펙트럼

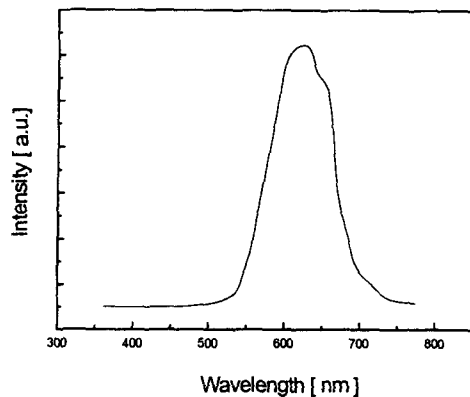


그림 4 DCJTBA의 PL 스펙트럼

그림 3은 absorption peak 파장이 약 400nm, emission peak 파장 약 535nm부근에 위치해 있는 Znq<sub>2</sub>의 PL 스펙트럼이다.

그림 4는 DCJTBA의 PL 스펙트럼이다. 피크파장은

약 630nm 부근에서 나타나고 있다.

그림 5는 Znq<sub>2</sub> 발광 소자의 EL스펙트럼과 DCJTBD 도핑에 의한 적색발광의 EL 스펙트럼을 나타낸다. Znq<sub>2</sub>만을 발광층으로 사용한 소자는 Znq<sub>2</sub>의 PL 스펙트럼 피크 535nm에 유사한 550nm의 피크를 가지

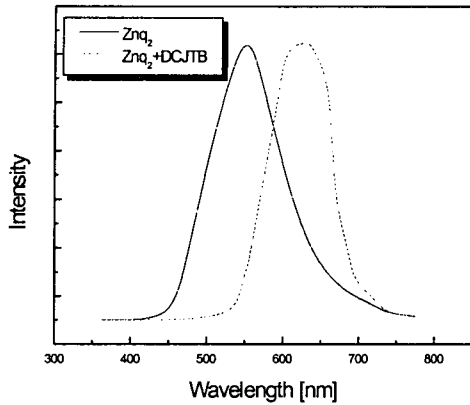


그림 5 발광재료에 따른 소자의 EL 특성

지만, DCJTBD를 도핑하게 되면 EL 스펙트럼은 장파장쪽으로 이동하여 630nm를 갖는 적색의 발광특성을 보이게 된다. 이때, Znq<sub>2</sub>는 녹색발광이 주가 되고 DCJTBD 도핑소자는 적색발광이 주가 되므로 이를 직접 비교할 수는 없다. 휘도는 인간이 느낄 수 있는 광 감도에 대해서 파장 555nm를 최대값 1로서 나타내는 표준시감도에 따른 것이므로 휘도만으로 EL의 Intensity를 정확히 반영할 수는 없기 때문이다. 그러나 그림5는 파장이 shift되는 것을 확인하기 위하여 각각의 피크 값을 1로 환산하여 임의로 나타내었다.

### 2.2.2 전자 수송층의 영향

그림 6에는 인가전압에 따른 소자의 전류밀도를 나타내었다. DCJTBD가 도핑된 소자는 도핑하지 않은 소자에 비해서 전류가 흐르기 어렵다. 이것은 DCJTBD 분자가 Znq<sub>2</sub> 중에서 캐리어 트랩으로서 작용하는 것을 의미한다.[6] 그러나, DCJTBD를 도핑하고, Znq<sub>2</sub>의 전자 수송층을 삽입한 소자는 미도프 소자에 좀더 가까운 경향을 보이게 된다.

Znq<sub>2</sub>층은 전자 수송층으로서 작용하면서 터널효과에 의해 전자를 Znq<sub>2</sub>+DCJTBD의 발광층 계면으로 이동시키는 것이다.[7]

그림 7에는 전자 수송층 Znq<sub>2</sub>의 삽입이 EL 스펙트럼에 미치는 영향을 나타내고 있다. DCJTBD를 첨가

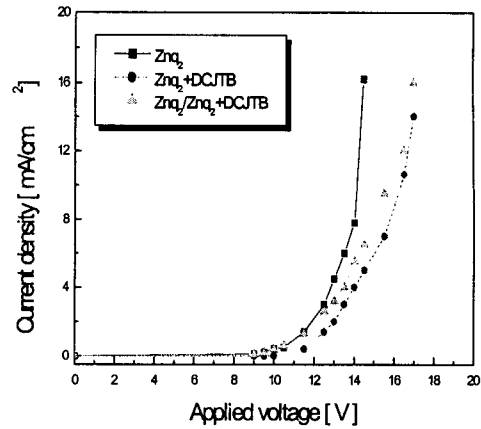


그림 6 인가전압에 따른 전류밀도 특성

한 소자는 모두 DCJTBD에 의한 630nm 피크의 발광 특성을 가지고 있지만, 전자 수송층을 삽입한 소자에서는 550nm 부근의 작은 Znq<sub>2</sub>발광이 관측된다.

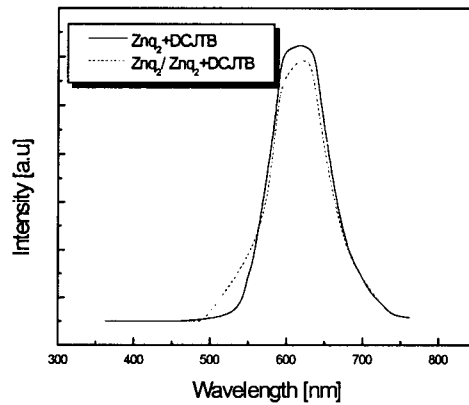


그림 7 전자 수송층 삽입에 의한 EL 스펙트럼 변화

이것은 발광층 내에서 재결합하지 않고 이동하는 소량의 정공이 Znq<sub>2</sub>층에서 전자와 재결합함을 나타내는 것이다.

그림 8은 실험에 사용한 소자의 전압 대 휘도의 특성이다. DCJTBD를 적색 염료로서 도핑 했을때는 Znq<sub>2</sub>를 발광층으로 사용한 녹색의 소자에 비해 휘도가 낮아진다.

그림 9에는 Znq<sub>2</sub>를 발광층으로 사용한 소자와 DCJTBD를 도핑한 소자, Znq<sub>2</sub> 전자 수송층을 삽입한 소자의 전압에 따른 EL 효율특성을 나타내었다.

Znq<sub>2</sub> 발광층에 2%의 DCJTBD를 도핑함으로써 적색

의 유기 전계 발광 소자를 제작하였을 때, 최대효율은 인가전압이 15.5[V]일 때, 0.242[lm/W]였다.

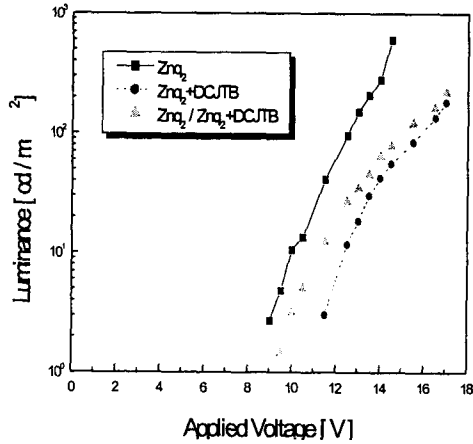


그림 8 소자의 인가전압에 따른 휘도 특성

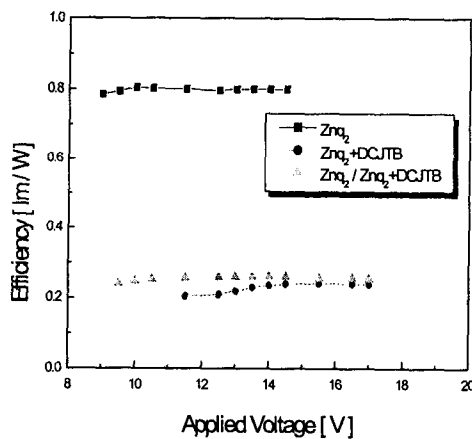


그림 9 소자의 구조에 따른 효율 특성

여기에 전자수송층 Znq<sub>2</sub>를 삽입하였을 때는 13.5[V]에서 0.262[lm/W]의 최대효율 특성을 보이고 있다. 이처럼 적색의 발광 소자를 얻기위한 DCJTБ의 도핑에서 전자 수송층을 삽입하게 되면 적색 소자의 효율을 보상할 수 있다.

### 3. 결 론

본 연구에서는, 적색의 유기 전계 발광 소자의 제작을 위해 발광층의 host 재료로 Znq<sub>2</sub>를 합성하였고, 여기에 2%의 DCJTБ를 도핑하여 발광층을 구성하였다. EL의 메인 피크가 550nm인 Znq<sub>2</sub>에 DCJTБ를

도핑하여 발광층으로 제작한 유기 전계 발광 소자는 630nm의 피크를 갖는 색순도 좋은 적색 발광을 구현할 수 있었지만, 휘도와 효율이 낮아졌다. 이 때문에, DCJTБ의 도핑을 이용하여 적색 발광을 구현한 소자에 전자수송층 Znq<sub>2</sub>를 삽입한 소자를 제작하였더니 전류밀도가 낮아지고, 휘도가 개선되어 효율을 높일 수 있었다. 삽입된 Znq<sub>2</sub>층에서의 발광 때문에 색순도가 미세하게 저하되긴 했으나 전자수송층을 삽입하지 않은 소자에서도 아주 작지만 550nm 부근의 발광은 존재했고, 효율의 측면에서 개선되었다고 할 수 있다. 그러나, 정공 블로킹 기능을 도입하게 되면, 음극으로 흘러가게 되는 정공을 막아 높은 색순도를 유지하면서도 전자와 정공의 재결합 확률을 증가시킬 것이라는 가정이 가능하게 되며, 앞으로 적절한 블로킹 재료의 선택으로 개선된 효율의 적색 발광 소자 구현에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

### 감사의 글

본 연구는 2000년도 한국과학재단 목적기 초연구(과제번호 2000-2-30200-009-3) 지원에 의해서 수행되었음.

### 참고 문헌

- [1] C. W. Tang and S. A. Van Slyke, APL, 51, 913, 1987
- [2] Tang, Van Slyke and Chen, J. Appl. Phys. Lett., 65, 9, 1989
- [3] Seung Jun Jung, Soo Gil Park, "The luminance characteristics of organic ELD based on Znq<sub>2</sub> and TPD"
- [4] Seizo Miyata et. al, "Organic electroluminescent materials and devices", Gordon and Breach publishers, p.316~p.318, 1997
- [5] T. K. Hatwar, G. Rajeswaran, J. Shi, Y. Hamada, H. Kanno, and H. Takahashi, "Red emitting Organic Electroluminescent Devices with Improved stability", Proc. the 10th International Workshop on Inorganic and Organic Electroluminescence (EL'00), p.31, 2000
- [6] H. G. Kim, T. Mori, T. Mizutani and D. C. Lee, "Electroluminescent properties of Organic Light-Emitting Diode doped with Squarylium Dye", IEE Japan, vol. 188-E, No.4, p.223, 1998
- [7] Martin Pope, Charlese, Swenberg, "Electronic Processes in Organic Crystals and Polymers.", second edition, oxford science publications, p.1194~p.1199