논문 2011-48IE-4-5

# 다층구조 OLED소자의 발광특성

## ( Emission Characteristics of Multilayer Structure OLED )

최 영 일*, 조 수 영**

( Young-il Chol and Su-Young Cho )

요 약

유기 EL소자는 제작이 쉽고 휘도가 높아 CRT와 LED 대신 평판 디스플레이 패널의 광원으로써 많이 연구되어 지고 있으며, OLED 소자중 청색 OLED는 풀컬러 적용 어플리케이션에 적용할 수 있기 때문에 이에 대한 연구가 이루어 지고 있다. 본 연구에서는, 발광 소재로 PBD, Alq3를 사용하여 유기 EL 디바이스의 전기 발광 특성을 측정하였으며, 전류와 휘도는 전압과의 관계에서 알 수 있었고 휘도와 전류의 관계를 제시하였다.

Abstract

Organic electroluminesencent device have been studied because of its easy fabrication and high brightness for plate panel display instead of CRT and LED. There are some device structure for full color filter system can be applicable to the full color application if the blue light organic electroluminesencent device(OELD) is developed. In this study, We have investigated electro-luminescent (EL) characteristics of organic EL device using $Alq_3$, PBD as emitting material. Current and luminance can be seen that express a similar relativity in voltage and could know that luminance is expressing current relativity.

**Keywords** : Electro-luminescent (EL), Alq3, PBD, Luminance

## Ⅰ. 서 론

많은 정보를 효율적으로 전달할 수 있는 시각 디스플레이 장치중 과거에 가장 많이 이용되어졌던 CRT (cathode ray tube)는 고전압 하에서 작동하고 크기 및 무게 등에 제약을 받아, 최근 평판 디스플레이장치의 광원으로써 LED(Light Emitting Diode)가 많이 이용되어 지고 있다. 이러한 LED BLU(Back light Unit)는 소형화, 저전력화의 장점이 있으나 발열과 연색성 등에 있어서 한계점이 있어, 이를 대체할 수 있는 평판 디스플레이로 OLED(Organic Electro Luminesen -cent Device)가 주목받고 있다. OLED는 자발광, 빠른 응답속도, 넓은 시야각 등의 장점을 갖고 있어 많은 연구가 진행되고 있다. 이러한 EL(Electroluminescent) 소자는 ZnS, Mn 등의 무기 형광체를 발광층으로 사용하는 무기 EL소자와 유기물 또는 고분자를 발광재료로 사용하는 유기 EL 소자로 분류할 수 있다.

무기 EL소자는 높은 전계에서 작동하며 다양한 색상을 얻기 어렵기 때문에 천연색 표시에는 부적합한 반면, 유기EL소자는 낮은 구동전압으로 비교적 큰 휘도를 낼 수 있는 장점뿐만 아니라 시야각이 넓고 박막화가 가능하며, 응답속도가 빠른 특징을 가지고 있다. 또한 청색에서 자색까지 거의 모든 색이 발광가능하다는 특징 때문에 1987년 Tang 등이 유기 적층형 박막 EL소자를 제조하여 고휘도, 안정성이 우수한 녹색발광이 가능함을 보고한 이후 현재 많은 연구가 활발하게 이루어

* 정회원, 조선이공대학 메카트로닉스과
(Dept. of Mechatronics, Chosun College of Science & Technology)
** 정회원, 성화대학 항공전기전자과
(Dept. of Aerospace Electrical and Electronic, Sunghwa College)
접수일자: 2011년11월8일, 수정완료일: 2011년12월11일

지고 있다[1~2].

유기 EL은 동작중에 열이 발생하지 않고, 수 마이크로미터의 박형으로 제작이 가능하므로 형광램프를 대체할 수 있는 LCD 백라이트 광원으로 응용이 기대되고 있으며, ITO 유리기판 대신 PET(polyethylene terephthalate)와 같은 고분자 기판을 이용하여 구부릴 수 있는 소자의 제작으로 구조를 자유롭게 변형시킬 수 있는 다양한 디자인의 조명광원으로 응용될 수 있다. 또한 유기 EL을 이용한 디스플레이는 노트북 컴퓨터, TV 등의 멀티미디어 기기의 디스플레이 및 항공기, 의료기기 등의 광범위한 응용이 기대되고 있다[3~9].

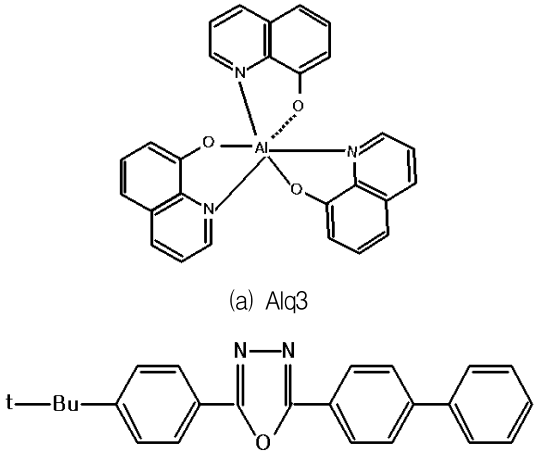
본 논문에서는 진공증착법을 이용하여 유기나노박막의 유기 EL 소자를 제작하고, 전계발광에 대하여 연구하였다. 이를 구체적으로 제시하면, Alq3와 PBD를 이용하여 유기 EL 소자를 제작하고 전기적 특성을 측정한 결과, 전류와 휘도는 전계의 크기에 의존함을 알 수 있었고, 발광층의 두께가 두꺼워질수록 구동전압이 증가함을 알 수 있었다. 유기 EL소자의 전계발광 효과를 관측하여, 유기나노박막의 광 변환소자로서의 활용 가능성을 제시하였다.

## Ⅱ. 본 론

### 2.1 시료 및 실험 방법

본 논문에서는 Alq3, 2-(4-Biphenylyl-5-phenyl-1,3,4-oxadiazole )(PBD)를 이용한 유기 EL 특성을 연구하였다. 유기발광을 위한 전자전달층이면서 발광층으로 사용한 PBD, Alq3는 Aldrich사 제품을 구입하여 소자를 제작하였다. 시료의 분자구조는 그림 1에 각각 나타내었다.

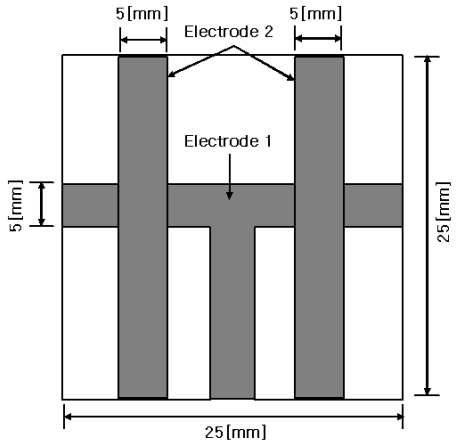
그림 2는 유기 EL 소자의 구조를 나타낸다. 실험에 사용된 기판은 ITO 기판을 사용하였다. ITO 기판은 25×25[mm] 크기로 하였으며 발광면적은 5×5[mm] 크기만 남기고 T자형으로 염산을 이용해 에칭한 후 세척하여 사용하였다. 준비된 기판위에 CuPc를 진공증착한 후 발광층으로 Alq3와 PBD를 증착하였으며 전자주입 효율을 높이기 위해 LiF를 증착하였다. 상부전극으로는 Al을 사용하였다. 소자의 전압-전류-휘도 특성은 직류 전압원 (Keithely 2400)과 와트미터 (Newport 1830-C)로 전압-전류-휘도 측정시스템을 구성하여 상온 (18 [℃]), 공기 중에서 측정하였다.



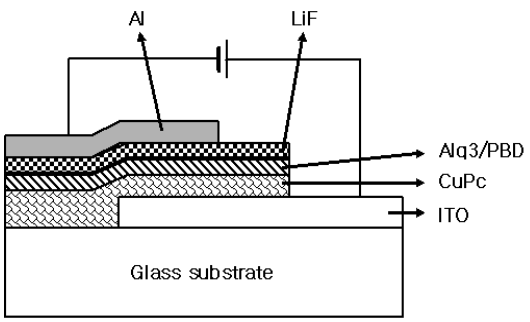

(a) Alq3

(b) 2-(4-Biphenylyl-5-phenyl-1,3,4-oxadiazole) (PBD)

그림 1. 분자 구조.
Fig. 1. Molecular structure.




(a) 상부 구조



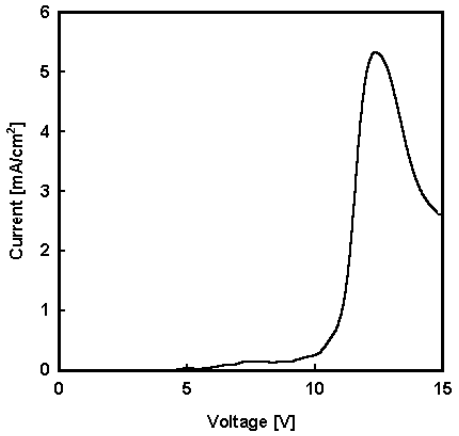

(b) 측면 구조

그림 2. 유기 EL 소자의 구조.
Fig. 2. Structure of organic EL device.

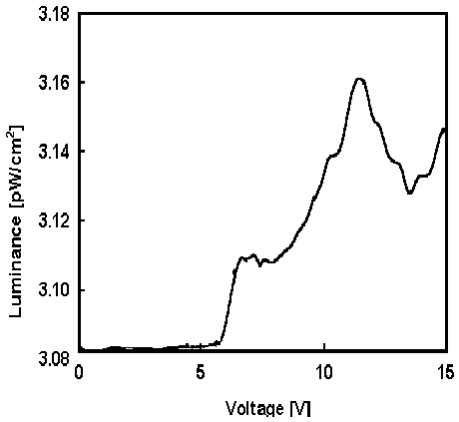
## Ⅲ. 결과 및 토의

### 3.1 Alq3의 전계발광특성

유기 EL소자는 낮은 구동전압으로 비교적 큰 휘도를




(a) 전압-전류 특성




(b) 전압-휘도 특성

그림 3. ITO/CuPc/Alq3/LiF/Al 구조의 전기적 특성.
Fig. 3. Electrical characteristics of ITO/CuPc /Alq3/LiF/Al structure.

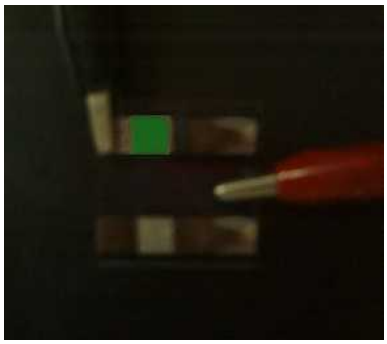


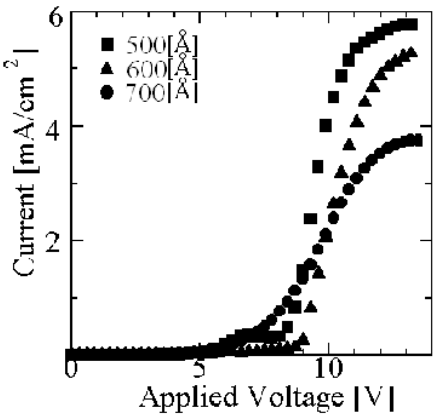
그림 4. ITO/CuPc/Alq3/LiF/Al 구조의 녹색발광.
Fig. 4. Photograph of green light emission of ITO/CuPc/Alq3/LiF/Al.

낼 수 있는 장점뿐만 아니라 시야각이 넓고 박막화가 가능하며, 응답속도가 빠른 특징을 가지고 있다. 또한 청색에서 자색까지 거의 모든 색이 발광 가능하다는 특징을 가지고 있다. 그림 3 (a)와 (b)는 녹색 발광재료로 많이 이용되고 있는 Alq3를 전자 전달층이면서 발광층으로 이용한 ITO/CuPc/Alq3/LiF/Al 구조의 전압-전류 특성과 전압-휘도 특성이다. 전압-전류 특성에서 턴온 전압은 약 5.5[V] 임을 알 수 있었고 전압이 상승함에 따라 전류는 비선형적으로 증가함을 알 수 있었다.

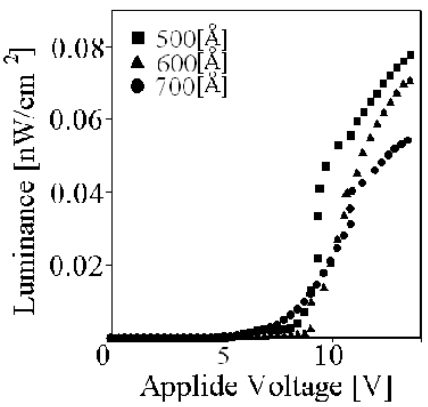
전류의 피크값은 5.5[mA/cm$^2$]를 나타내었으며 이때 전압은 12[V] 이었다. 전압-휘도 특성에서 휘도는 전류가 증가하기 시작한 시점인 5.5[V]부터 나오기 시작하여 전압이 점차 증가함에 따라 그 휘도 또한 점점 증가함을 알 수 있었다. 그림 3을 통해 본 전류와 휘도는 전압에 비슷한 의존성을 나타냄을 볼 수 있었고, 또 휘도가 전류 의존성을 나타내고 있음을 알 수 있다. 그림 4는 ITO/CuPc/Alq3/LiF/Al 구조의 발광사진으로 녹색의 발광을 확인할 수 있었다.

### 3.2 PBD의 전계발광특성

그림 5 (a)와 (b)는 청색 발광재료로 많이 이용되고




(a) 전압-전류 특성




(b) 전압-휘도 특성

그림 5. ITO/CuPc/PBD/LiF/Al 구조의 녹색발광 특성.
Fig. 5. Photograph of green light emission of ITO/CuPc/PBD/LiF/Al.

그림 6. ITO/CuPc/Alq3/LiF/Al 구조의 청색발광
Fig. 6. Photograph of blue light emission of ITO/CuPc/Alq3/LiF/Al.

있는 PBD를 전자전달층이면서 발광층으로 이용한 ITO/CuPc/PBD/LiF/Al 구조의 전기적 특성으로, 발광층으로 주입된 전자와 정공의 재결합이 금속전극 주위에서 발생하는 것을 방지하기 위해 전자수송층의 두께를 각각 500, 600, 700[Å]으로 증착하여 측정한 전압-전류 특성과 전압-휘도 특성이다.

그림 5로부터 소자의 구동전압은 PBD의 두께가 두꺼워질수록 증가하는데 이는 유기 EL 소자의 구동이 전압의존성이 아닌 인가되는 전계에 의존하고 있음을 의미한다.

EL소자에서 발광휘도가 증가하는 경우는 발광층에 주입된 전자와 정공이 증가하는 경우와 발광층에 주입된 전자와 정공의 결합효율이 증가하는 경우, 발광층에서 발광된 빛이 외부로 방출되는 효율이 증가하는 경우 등이 될 수 있다.

그림 5에서 전자수송층의 두께에 따라 전류의 량이 변화함으로써 인가 전계가 변화하고 이에 따라 발광효율이 변화하는 것을 알 수 있다. 즉 적절한 두께의 전자수송층을 형성함으로써 전류가 증가할 경우 발광휘도가 증가하는 것을 알 수 있었다. 따라서 EL소자에 있어서 상부전극 종류와 전자주입층 삽입, MIS(Metal Insulator semiconductor) 구조 도입은 EL소자의 효율을 높일 수 있는 방법이다.

그림 6은 ITO/ CuPc/PBD/LiF/Al 구조의 발광사진으로 청색의 발광을 확인할 수 있었다.

## Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 전계인가에 의한 유기 박막의 발광특성을 검출하기 위하여 Alq3와 PBD를 이용한 유기 발광소자를 제작하여 발광특성을 검토하였다. 본 연구를 통해 얻어진 결과는 다음과 같다.

1. Alq3와 PBD를 이용하여 유기 EL 소자를 제작하고 전기적 특성을 측정한 결과, 전류와 휘도는 전압에 비슷한 의존성을 나타냄을 알 수 있었다.

2. 발광층의 두께가 두꺼워질수록 구동전압이 증가하는데 이는 유기 EL소자의 구동전압이 전압의존성이 아닌 인가되는 전계에 의존하고 있음을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

[1] H. Arai, “The Present Status and Technical Trends in Display Devices”, JSAE Review Vol.17, pp.457~460, 1996.
[2] W.I. Milne, A. Ilie, J.B. Cui, A. Ferrari and J. Robertson, “Field emission from nanocluster carbon film”, Diam. Relat. Mater., Vol. 10, pp.260~264, 2001.
[3] G. Mueller, “Semiconductors and semimetals”, Academic press, Vol. 64, pp.255~302, 2000.
[4] C. Hosokawa, M. Eida, M. Matsuura, K. Fukuoka, H. Nakamura and T. Kusumoto, “Organic multi-color electroluminescence display with fine pixels”, Synth. Met., Vol.91, pp3~7, 1997.
[5] D. Braun and A.J. Heeger, “Visible light emission from semiconducting polymer diodes”, Appl. Phys. Lett., Vol. 58, No. 18, pp.1982~1984, 1991.
[6] X. Y. Zheng, W. Q. Zhu, Y. Z. Wu, X. Y. Jiang, R. G. Sun, Z. L. Zhang, “A white OLED based on DPVBi blue light emitting host and DCJTB red dopant”, Display, Vol. 21, pp.121~124, 2003.
[7] Y. S. Wu, S. W. Hwang, H. H. Chen, M. T. Lee, W. J. Shen, C. H. Chen, “Efficient white organic light emitting devices wth dual emitting layers”, Thin Solid Films, Vol. 488, pp.265~269, 2005.
[8] M. Mazzeo, D. Pisignano, L. Favaretto, G. Sotgiu, G. Barbarella, R. Cingolani and G. Gigl, “White emission from organic light emitting diodes based on energy down-convertion mechanism”, Synthetic Metals, Vol. 139, pp. 657~677, 2003.
[9] Z. L. Zhang, X. Y. Jiang, W. Q. Zhu, B. Z. Zhang, S. H. Xu, “A white organic light emtting diode with improved stability”, J. Phys. D: Appl. Phys., Vol. 34, p.3083, 2001.

## 저 자 소 개

최 영 일(정회원)

1983년 조선대학교 공과대학 전자공학과 학사 졸업.
1987년 조선대학교 대학원 전자공학과 석사 졸업.
1995년 조선대학교 대학원 전자공학과 전자통신 전공 박사 졸업.
2001～2002년 동경공업대학 물리전자학부 객원연구원
1992년～현재 조선이공대학 메카트로닉스과 교수
<주관심분야 : 전기전자재료, 시스템설계 >

조 수 영(정회원)

1993년 동신대학교 공과대학 전기공학과 학사 졸업.
1998년 동신대학교 대학원 전기전자공학과 석사 졸업.
2004년 동신대학교 대학원 전기전자공학과 전기전자재료 전공 박사 졸업.
1998년 3월～현재 성화대학 항공전기전자과 조교수.
<주관심분야 : LB박막, OLED, 전기전자재료 >