

## 유기 박막의 EL 특성

### Electroluminescent Characteristics of Organic Thin Films

송진원<sup>1,a</sup>, 최용성<sup>2</sup>, 이경섭<sup>2</sup>  
(Jin-Won Song<sup>1,a</sup>, Yong-Sung Choi<sup>2</sup>, and Kyung-Sup Lee<sup>2</sup>)

#### Abstract

Electroluminescent (EL) devices based on organic thin films are considered to be one of the next generation of flat-panel displays. In this paper, we have investigated electro-luminescent (EL) characteristics of organic EL device using Alq<sub>3</sub>, 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.

**Key Words** : Organic films, Electro-luminescent (EL), Alq<sub>3</sub>, PBD, Luminance

#### 1. 서 론

많은 정보를 효율적으로 전달할 수 있는 시각 디스플레이 장치중 현재 가장 널리 보급되어 있는 CRT(cathode ray tube)는 고전압 하에서 작동하고 크기 및 무게 등에 제약을 받으므로 향후 전력소모가 적고 대형 화면화가 가능한 액정 디스플레이, 플라즈마 디스플레이 패널, 전계발광 디스플레이 등의 평판형 디스플레이 장치로 대체될 것으로 예상된다. 이러한 디스플레이 장치로서 연구가 활발히 진행되고 있는 전계발광 현상을 이용한 EL(Electroluminescent) 소자는 ZnS, Mn 등의 무기형광체를 발광층으로 사용하는 무기 EL소자와 유기물 또는 고분자를 발광재료로 사용하는 유기 EL소자로 분류할 수 있다[1-4].

무기 EL소자는 수십 [V]의 높은 구동전압이 필요하고, 청색발광의 낮은 발광 효율 때문에 풀칼라 표시에는 부적합한 반면, 유기 EL소자는 유기물의 뛰어난 가공성으로 평면상의 대형 디스플레이가 가능하며 유기화합물 분자의 구조가 단순하고, 분

자설계에 의해 쉽게 변화시킬 수 있어 무기재료에서는 얻기 힘든 청색 발광도 쉽게 얻을 수 있을 뿐 아니라, 낮은 구동전압에서 청색에서 적색에 이르는 넓은 발광색을 낼 수 있고, 빠른 응답속도, 높은 디스플레이 품질을 얻는 등의 장점이 있다.

유기 EL은 동작중에 열이 발생하지 않고, 수 마이크로미터의 박형으로 제작이 가능하므로 형광램프를 대체할 수 있는 LCD 백라이트 광원으로 응용이 기대되고 있으며, ITO 유리기관 대신 PET(poly(ethylene 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[5-9].

따라서 본 논문에서는 유기나노박막의 유기 EL의 전계발광에 대하여 연구하였다. 이를 구체적으로 제시하면, Alq<sub>3</sub>와 PBD를 이용하여 유기 EL 소자를 제작하고 전기적 특성을 측정된 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.

1. 한국기계연구원  
(대전시 유성구 장동 171)  
2. 동신대학교 전기공학과  
a. Corresponding Author : jwsong@kimm.re.kr  
접수일자 : 2006. 11. 8  
1차 심사 : 2006. 11. 23  
심사완료 : 2007. 1. 16

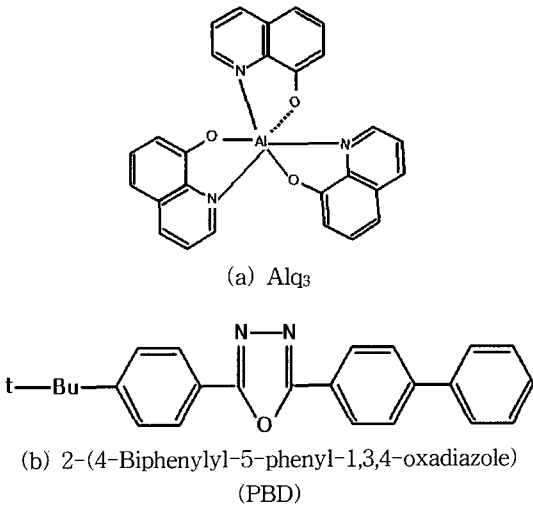


그림 1. 분자 구조.  
Fig. 1. Molecular structure.

## 2. 시료 및 실험 방법

### 2.1 시료

대부분의 전자수송 물질들은 주로 발광 재료로 사용된다. 소자 구조에 정공 수송층이나 저분자 색소가 도핑된 발광층이 사용되었을 경우, 음극에서 발광층으로의 전자 주입을 위해 전자 수송층이 필요하게 된다. 전자수송 재료의 선택 기준은 열 안정성, 높은 전자 이동도, 소자에 사용되는 양극 전극과의 에너지 장벽 최소화 등이 있다. 가장 중요한 전자 수송물질은 Alq<sub>3</sub>와 BeBq<sub>2</sub>와 같은 금속 킬레이트화합물과 2-(4-Biphenyl)-5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazole(PBD), 1,2,4-triazole derivative(TAZ) 등이 있다. 본 논문에서는 Alq<sub>3</sub>, PBD를 이용한 유기 EL 특성을 연구하였다. 유기발광을 위한 전자 전달층이면서 발광층으로 사용한 PBD, Alq<sub>3</sub>는 Aldrich사 제품을 구입하여 소자를 제작하였다. 시료의 분자구조는 그림 1(a)와 (b)에 각각 나타내었다.

### 2.2 유기 EL 소자의 구조

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 칩한 후 세척하여 사용하였다. 최근에는 유기 EL 소자의 기본 형태를 바탕으로 소자의 발광효율을 향상시키기 위한 보다 더 복잡한 구조의 소자

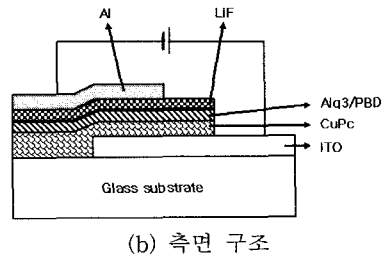
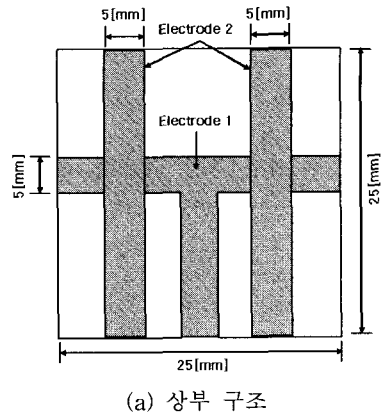


그림 2. 유기 EL 소자의 구조.

Fig. 2. Structure of organic EL device.

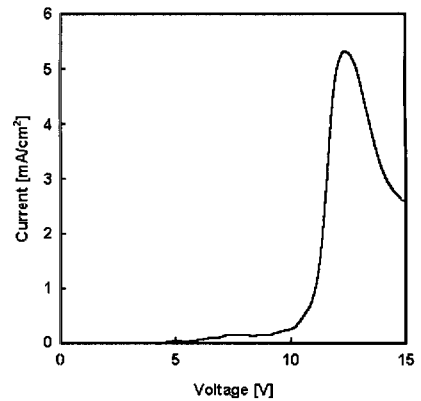
형태가 제안되고 있으며, 양극으로부터 발광층으로 주입되는 정공의 주입효율을 향상시키기 위해 copper phthalocyanine(CuPc) 등과 같은 전자 주입층을 적용하는 경우와, 음극과 발광층 사이에 존재하는 전자주입에 필요한 에너지 장벽을 감소시키는 lithium fluoride(LiF) 등을 사용하는 연구도 진행되고 있다. 본 연구에서는 준비된 기판위에 CuPc를 진공증착한 후 발광층으로 Alq<sub>3</sub>와 PBD를 증착하였으며, 전자주입효율을 높이기 위해 LiF를 증착하였다. 상부전극으로는 Al을 사용하였다. 소자의 전압-전류-휘도 특성은 직류전압원 (Keithely 2400)과 와트미터 (Newport 1830-C)로 전압-전류-휘도 측정시스템을 구성하여 상온 (18 °C), 공기 중에서 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

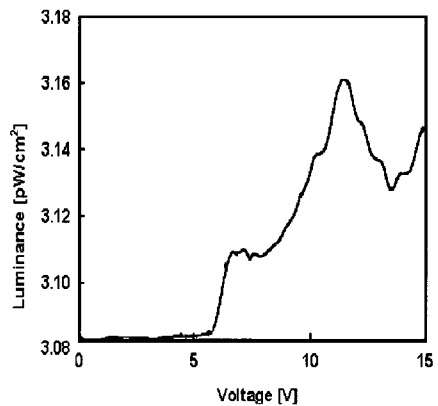
### 3.1 Alq<sub>3</sub>의 전계발광특성

유기 EL소자는 낮은 구동전압으로 비교적 큰 휘도를 낼 수 있는 장점뿐만 아니라 시야각이 넓고 박막화가 가능하며, 응답속도가 빠른 특징을 가

지고 있다. 또한 청색에서 자색까지 거의 모든 색이 발광 가능하다는 특징을 가지고 있다. 유기 EL 소자의 구조를 결정하는 가장 중요한 요소는 발광층 내에서 비발광 과정이 최소화될 수 있는 방식으로 전자와 정공의 재결합을 조절하는 것이다. 소자에 사용되는 유기박막의 경우, 소자 구동시 발생하는 대부분의 비발광 소멸이 음극 또는 전자주입 접촉으로부터 발생하기 때문에 전하의 주입과 재결합 과정을 균형있게 조절하여 접촉부분에서 떨어진 곳에서 전하의 재결합이 발생하도록 소자구조를 설계하는 것이 중요하다. 대부분의 유기박막은 선택적으로 전자나 정공을 수송하는 특성을 나타내므로 유기박막은 전자나 정공의 이동도에 따라 음극 또는 양극 계면에서 재결합 영역의 극부화를 발생시키기 쉽다. 이 경우, 접촉중 하나의 부근에서 생성되는 여기 상태가 금속 표면에 의해 소멸되기 때문에 발광 효율이 현저하게 감소하게 된다. 이러한 문제의 해결 방안으로 유기 박막에 전자와 정공의 수송능력을 모두 갖는 양극성 수송 특성을 부여하는 방법으로 정공과 전자 수송물질 등이 적절하게 혼합된 다성분 박막을 사용하거나, 정공 수송층과 전자 수송층으로 구성된 이중층 구조를 도입하는 방법이 사용되고 있다. Cathode/HTL//EML/ITO와 같은 단층구조의 소자는 이동도가 빠른 캐리어가 유기발광층 내에서 여기자를 형성하지 못하고 유기물-전극 계면에서 비발광 재결합을 일으키기 때문에 소자의 발광효율이 현저하게 감소하게 된다. 본 논문에서는 유기 EL소자의 발광효율을 향상시키기 위하여 전자주입층으로 CuPc를 사용하였고 전자주입에 필요한 에너지 장벽을 감소시키는 LiF를 사용하여 발광효율을 향상시켰다. 그림 3(a)와 (b)는 녹색 발광재료로 많이 이용되고 있는 Alq<sub>3</sub>를 전자 전달층이면서 발광층으로 이용한 ITO/CuPc/Alq<sub>3</sub>/LiF/Al 구조의 전압-전류 특성과 전압-휘도 특성이다. 전압-전류 특성에서 턴온전압은 약 5.5 V 임을 알 수 있었고 전압이 상승함에 따라 전류는 비선형적으로 증가함을 알 수 있었다. 전류의 피크값은 5.5 mA/cm<sup>2</sup>를 나타내었으며 이때 전압은 12 V 이었다. 전압-휘도 특성에서 휘도는 전류가 증가하기 시작한 시점인 5.5 V부터 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 전류의존성을 나타내고 있음을 알 수 있다. 그림 4는 ITO/CuPc/Alq<sub>3</sub>/LiF/Al 구조의 발광사진으로 녹색의 발광을 확인할 수 있었다.



(a) 전압-전류 특성



(b) 전압-휘도 특성

그림 3. ITO/CuPc/Alq<sub>3</sub>/LiF/Al 구조의 전기적 특성.  
Fig. 3. Electrical characteristics of ITO/CuPc/Alq<sub>3</sub>/LiF/Al structure.

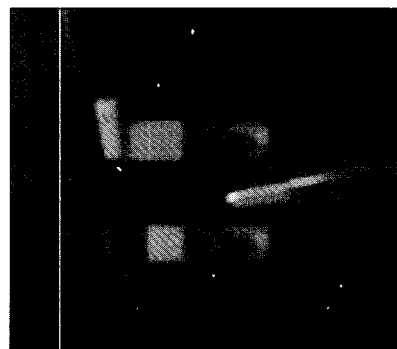
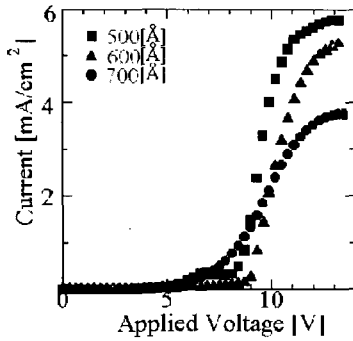
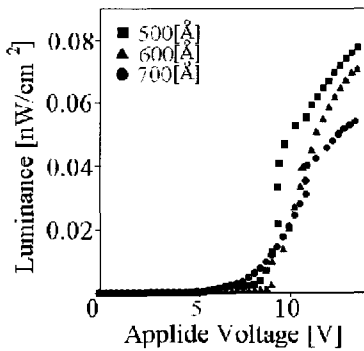


그림 4. ITO/CuPc/Alq<sub>3</sub>/LiF/Al 구조의 녹색발광.  
Fig. 4. Photograph of green light emission of ITO/CuPc/Alq<sub>3</sub>/LiF/Al.



(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.

### 3.2 PBD의 전계발광특성

그림 5(a)와 (b)는 청색 발광재료로 많이 이용되고 있는 PBD를 전자전달층이면서 발광층으로 이용한 ITO/CuPc/PBD/LiF/Al 구조의 전기적 특성으로, 발광층으로 주입된 전자와 정공의 재결합이 급속전극 주위에서 발생하는 것을 방지하기 위해 전자수송층의 두께를 각각 500, 600, 700 Å으로 증착하여 측정된 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. 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.

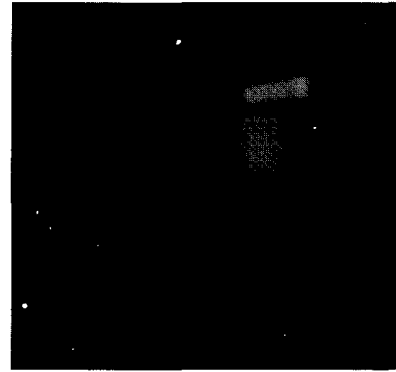


그림 6. ITO/CuPc/PBD/LiF/Al 구조의 청색발광.  
Fig. 6. Photograph of blue light emission of ITO/CuPc/PBD/LiF/Al.

## 4. 결론

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.

## 감사의 글

이 논문은 산업자원부에서 시행하는 전력산업기초인력양성사업 (I-2006-0-092-01)에 의해 작성되었습니다.

## 참고 문헌

[1] X. Y. Zheng, W. Q. Zhu, Y. Z. Wu, X. Y. Jiang, R. G. Sun, and Z. L. Zhang, "A white OLED based on DPVBi blue light emitting host and DCJTb red dopant", Displays, Vol.

- 21, p. 121, 2003.
- [2] Y. S. Wu, S. W. Hwang, H. H. Chen, M. T. Lee, W. J. Shen, and C. H. Chen, "Efficient white organic light emitting devices with dual emitting layers", *Thin Solid Films*, Vol. 488, p. 265, 2005.
- [3] M. Mazzeo, D. Pisignano, L. Favaretto, G. Sotgiu, G. Barbarella, R. Cingolani, and G. Gigli, "White emission from organic light emitting diodes based on energy down-conversion mechanism", *Synthetic Metals*, Vol. 139, p. 657, 2003.
- [4] L. Zügang and H. Nazare, "White organic light-emitting diodes emitting from both hole and electron transport layers", *Synthetic Metals*, Vol. 111-112, p. 47, 2000.
- [5] W. I. Milne, A. Ilie, J. B. Cui, A. Ferrari, and J. Robertson, "Field emission from nanocluster carbon film", *Diam. Relat. Mater.*, Vol. 10, p. 260, 2001.
- [6] G. Mueller, "Semiconductors and semimetals", Academic Press, Vol. 64, p. 255, 2000.
- [7] 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, p. 3, 1997.
- [8] D. Braun and A. J. Heeger, "Visible light emission from semiconducting polymer diodes", *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 58, No. 18, p. 1982, 1991.
- [9] 문대규, 이찬재, 한정인, "Rubrene 도핑층을 이용한 백색 OLEDs의 전기 및 광학적 특성", *전기전자재료학회논문지*, 20권, 1호, p. 53, 2007.