

side by side 방법으로 제작한 matrix 유기 발광 소자의 발광특성

Characteristics of matrix OEL devices that fabricated by side-by-side methode

손철호*, 여철호*, 신경*, 이영종**, 정홍배*

(Chul - Ho Son*, Cheol - Ho Yeo*, Kyung Shin*, Young-Jong Lee**, Hong-Bay Chung*)

Abstract

In this study, the matrix Organic Electroluminescence (OEL) device, that was consisted of R,G,B pixels. We fabricated OEL devices by side by side methode and, used organic material Alq3 as green, DCM as red and Butyl PBD as blue ETL. We investigated the characteristic of brightness and current density for matrix OEL device. As the results, each color devices has minimum about 100 cd/m² brightness and maximum luminescence was 2500cd/m² in green OEL device.

Key Words : side by side methode, OEL, matrix, DCM, Alq3, Butyl PBD

1. 서 론

1987년 Eastman의 Tang 등이 전자수송층이자 발광층인 Alq3(tri(8-quinololate) aluminum(III))과 정공수송층인 TPD 의 이중층 구조인 유기 전계 발광 소자를 제작하여 낮은 전압에서 고휘도의 녹색 소자를 발표한 이후, 유기 전계 발광 소자의 활발한 연구가 진행되고 있다. [1] [2]

21세기 정보 디스플레이의 요구와 맞물려 현재 활발히 발표되고 있는 유기 전계 발광 소자의 장점은 LCD와 같은 수광 형태의 소자에 비해 응답속도가 빠르고 휘도가 뛰어나며, 낮은 직류구동전압, 박막형태 가능, 발광의 균일성, 용이한 패턴 형성, 높은 발광효율 등의 이점으로 인해 현재 사용하고 있는 다른 소자들을 대체할 디스플레이 디바

이스뿐만 아니라 다양한 분야에의 응용이 되고 있다. 또한, 전 세계적으로 시시각각 그 중요성이 부각되어 연구소 및 기업체의 디스플레이 시제품 중 100cd/m² 이상의 휘도를 갖는 풀-컬러에 대한 개발 역시 현저하게 늘고 있다. 유기 전계 발광 소자의 풀-컬러 구현의 방법으로는 크게 적층형과 평면 배치형으로 나눌 수 있는데, 적층형의 경우에는 서로 다른 색의 소자를 적층하여 멀티 컬러 발광을 얻고 있으며, 정밀도를 손상시키지 않는다는 것과 발광층의 가공이 불필요한 반면, 상부층으로 갈수록 박막형성이 어려워지며 구동회로가 복잡해진다는 단점이 있다. 이에 비해, 평면 배치형의 경우, 비교적 간단한 공정으로 이루어지며, 외부회로에 대한 단자 형성방법과 구동회로의 구성이 기본적으로 단색 디스플레이 소자와 동일하여 특별한 고안이 필요치 않고, 대형 화면의 제작에서 유리하다는 장점이 있다. 이러한 사항을 종합하여 볼 때, 현시점에서는 평면 배치형이 제조방법, 구조 및 구동회로의 구성면에서 풀-컬러 디스플레이의 실현성이 높다. [3][4][5]

* : 광운대학교 전자재료공학과
(서울시 월계동 447-1,
Fax : 02-943-3590
E-mail : hbchung@explore.gwu.ac.kr)
** : 여주대학 전자공학과

본 논문에서는 지금까지 연구해온 녹색, 청색 그리고 적색 소자 각각의 특성을 바탕으로 100 cd/m²이상의 삼원색 풀 컬러 EL 소자를 side-by-side 방법을 이용하여 제작하였고, 발광특성인 발광휘도, 전류, 전압 등을 비교 측정 분석하였다.

2. 실험

2.1 실험 소자의 제작

제작된 유기 전계 발광 소자는 ITO(S40SL, 1500Å, 15Ω/□, 투과율 85%이상)을 양의 전극으로 사용하였다. 이를 기판으로 하여, 진공 열 증착 방법을 이용한 유기물층을 구성하였으며, 이는 삼원색 각각의 적색, 청색, 녹색소자의 공통적인 정공수송층으로 방향족 디아민유도체인 TPD(N,N'-biphenyl-4,4'-diamine)를 500Å의 두께로 증착하였다. 그림 1은 실험에서 사용된 유기물 시료의 분자모형을 나타내었다. 발광층이자 전자수송층으로 녹색의 경우 Alq3(8-Hydroxyquinoline, aluminum)를 500Å, 적색의 경우 DCM(4-(Dicyano-methylene)-2-methyl-6-(4-dimethyl-aminostyl)-4 H-pyran)을 500Å, 그리고 청색의 경우 Butyl PBD(2-(4-Biphenyl)-5-(4-tet-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazole)를 500Å으로 제작하였다. 음극으로써 순도 5N의 Al을 2000Å의 두께로 제작하였다. 소자의 각 층은 진공도 10⁻⁶ Torr의 분위기에서 증착하였다. 또한 유기물 두 층의 전체 두께를 1000Å인 동일한 조건으로 하여 각 소자의 발광특성을 비교하도록 하였다. 상부 발광층의 크기는 3mm×3mm의 크기로 제작하였다.

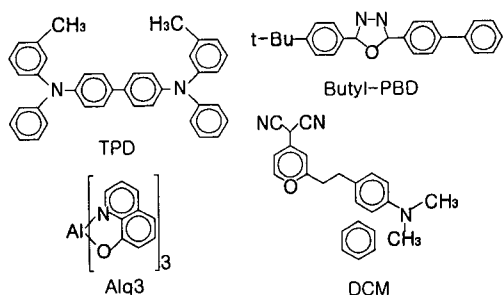


그림 1. 시료의 분자구조 (TPD, Alq3, DCM, Butyl PBD)

Fig. 1. Molecular structures of TPD, Alq3, DCM, Butyl PBD

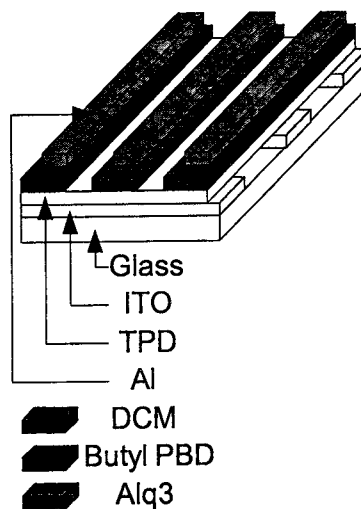


그림 2 삼원색 유기 발광 소자의 구조

Fig. 2. The structure of RGB color OEL

그림 2는 제작된 소자의 구조를 나타내고 있다.

2.1 실험 소자의 측정

제작된 소자 박막의 두께는 결정감지기를 이용한 두께 측정기를 사용하여 증착과 동시에 측정한 후, 박막 특성 분석기 (n&k thin film analyzer : NKT1200)를 이용하여 확인하였다. 소자의 발광 특성 측정시 청정실에서 온도 20℃, 습도 40%의 분위기를 유지하였으며, 휘도의 측정은 휘도계 (luminescence colormeter bm-7, Topcon)을 이용하여 0V에서 30V의 전압을 인가하면서 반도체 파라미터 분석기 (Hewlett packard 4115B semiconductor parameter analyzer)를 사용하여 전류, 전압과 동시에 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

본 실험에서는 음극과 양극에서 각각 전자수송층과 정공수송층을 통해 전자와 정공이 발광층으로 주입되어 여기자를 형성한 뒤 여기자로부터 전자와 정공사이의 에너지에 해당하는 에너지를 방출하는 유기 EL 소자의 기본 원리를 기초로 하여, 삼원색 소자를 하나의 기판에서 side by side 방법

으로 제작, 구현함으로써 발광특성인 전류, 전압 그리고 휘도의 관계를 분석하여 풀컬러 구현을 위한 소자의 기본 특성을 알아보았다.

각 소자의 정공 수송층은 TPD 500Å으로 공통으로 하였으며, 발광층의 두께 역시 500Å으로 제작하여 이중층의 두께가 세 소자 모두 동일한 1000Å이 되도록 하였다.

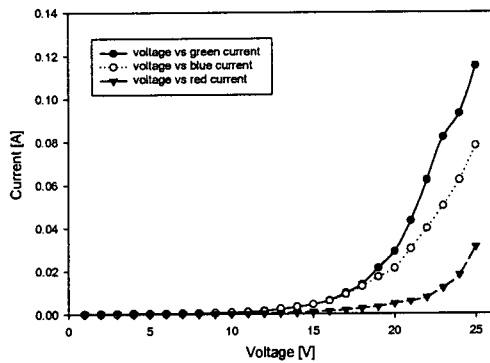


그림 3 삼원색 유기 발광 소자의 전압-전류관계 (● 녹색 소자 ○ 청색 소자 ▼ 적색 소자)

Fig. 3. The relation of current and voltage of three color OEL device.

(● green device ○ blue device ▼ red device)

그림 3은 삼원색 소자의 인가 전압과 전류와의 관계를 나타내고 있다. 적색, 녹색, 청색의 각 소자의 문턱 전압은 녹색과 청색은 12V 이내였으며, 적색 소자의 경우 15V에서 이루어짐을 알 수 있다. 세 소자 모두 문턱 전압이후 증가하는 형태를 이루고 있으며, 녹색 소자의 경우 다른 소자와 비교했을 때, 보다 급격한 증가형태를 나타내고 있다. 이는 각각의 소자의 정공수송층과 발광층의 두께를 500Å: 500Å으로 일정하게 했을 경우, 문턱 전압 이후 Alq3 녹색 발광 소자의 전류의 흐름이 타 소자에 비해 원활함을 알 수 있다.

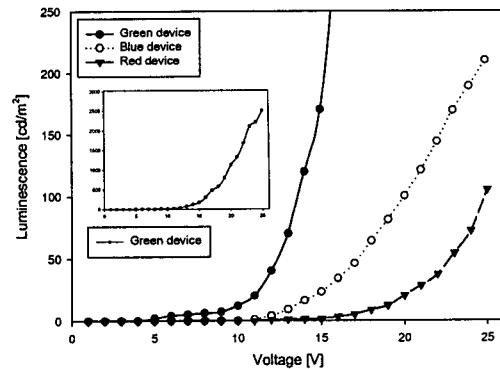


그림 4 전압과 발광 휘도의 관계

(● 녹색 소자 ○ 청색 소자 ▼ 적색 소자)

Fig. 4. The relation of brightness and voltage.

(● green device ○ blue device ▼ red device)

그림 4는 인가 전압에 따른 발광 휘도를 보여주고 있다. Alq3가 발광층인 녹색 발광 소자의 경우 5V에서 발광하기 시작하여 문턱전압인 10V 이후에 급격한 휘도의 증가를 보여주고 있다. 내부 그림을 보면, 인가전압 25V의 경우 약 2500cd/m²의 최대 휘도를 나타내고 있다. Butyl-PBD를 발광층으로 한 청색 발광 소자는 문턱 전압과 같은 12V이후의 증가를 나타내어 25V에서 약 200cd/m²의 휘도를 나타내었다. 발광층이 DCM인 적색 소자의 경우 15V이후 서서히 발광하기 시작하여, 최대 약 100cd/m² 이상의 휘도를 보여주고 있다.

그림 5는 전류 밀도에 대한 발광 휘도의 특성을 보여주고 있다. 전체적으로 전류밀도가 증가함에 따라 휘도의 증가형태를 나타내고 있으며, 그림 4에서 보여주는 바와 같이 가장 낮은 문턱전압과 전압의 증가에 따른 높은 휘도증가를 보여주고 있는 녹색 소자의 경우 전류 밀도의 증가에 있어서도 가장 큰 휘도의 변화를 보이고 있으며, 청색 및 적색의 순으로 증가하는 형태를 보여주고 있다. 이는 같은 정공수송층인 TPD 조건에서 각 색상별 전자수송의 차이에 따른 발광 휘도의 특성을 보여주고 있다.

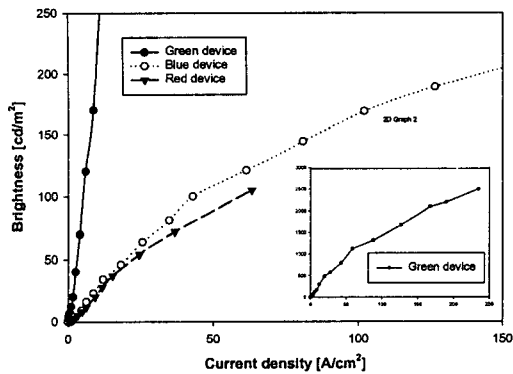


그림 5 전류밀도와 휘도와의 관계
 (● 녹색 소자 ○ 청색 소자 ▼ 적색 소자)
 Fig. 5. The relation of current density and brightness.
 (● green device ○ blue device ▼ red device)

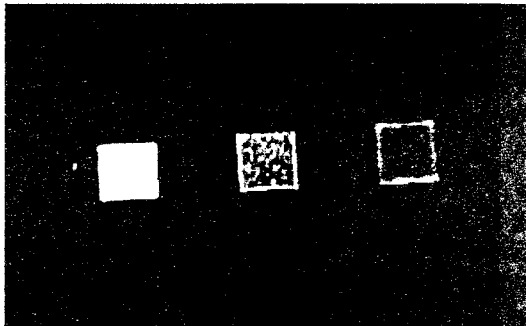


그림 6 삼원색 소자의 발광 사진
 (인가전압 : 녹색 15V, 청색 : 17V, 적색 : 20V)
 Fig. 6. The photo of three color OEL device.
 (applied voltage : green device : 15V
 blue device : 17V, red device : 20V)

그림 6은 각 소자에 전압을 인가하였을 때의 발광사진이다. 녹색 소자는 15V, 청색 소자는 17V, 적색 소자는 20V의 인가전압에서의 측정 사진이다.

4. 결론

본 연구에서는 유기 EL소자의 풀컬러 구현의 평면 배치형 중 side by side 방법을 이용하여 matrix 구조의 소자를 제작하고, 삼원색 소자 각각의 발광특성을 조사하였다.

side by side 방법으로 제작된 삼원색 각 소자의 발광 특성은 최대 발광 휘도는 소자 모두 최소 100cd/m² 이상 보였으며, 녹색 소자의 경우 최대 2500cd/m² 이상이였다. 소자의 문턱전압은 모두 10V 전후에서 이루어졌으며 25V의 인가전압까지 안정된 증가형태를 보이고 있다.

이로써, side by side 방법의 단분자 이중층 구조의 유기 전계 발광 소자는 현재 많은 개발이 되고 있는 휴대용 디스플레이 기기에서의 풀 컬러 구현에 응용될 수 있음을 확인 할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 2001년도 광운대학교 산학연 컨소시엄 공동 기술 개발(과제번호 B-7)에 의해 수행되었음을 밝히며 아울러 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] Tang, C.W., VanSlyke, S.A., "Organic electroluminescent diode", Appl. Phys. Lett. vol. 51, pp913-915, 1987
- [2] C.W. Tang, VakSlyke S.A. and C.H. Chen., "Electroluminescence of doped organic thin films", J. Appl. Phys., vol. 65, pp3610-3616, 1989
- [3] C. Adacni, S. Tokito, T. Tsutsui and S.Saito, "Organic electroluminescent device with a three-layer structure", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 27, pp. L713-715, 1988
- [4] K.Y.Law, "Squaraine Chemistry", J. Phys. Chem. vol 91, pp 5184-5192, 1987
- [5] Gerd Mueller, "Electroluminescence I", Academic press, vol 64., pp214-217, 2000