

청색 유기 EL 소자의 두께비에 따른 발광 특성

Characteristics of blue organic EL devices as thickness ratio

손철호*,나선웅*,여철호*,이영종**,정홍배*

(Chul ho Son*, Sun woong Na*, Cheol ho Yeo*, Young hong Lee**, Hong bay Chung*)

Abstract

We studied about luminance characteristics of blue organic electroluminescent device as thickness ratio. The device is fabricated TPD(N,N'-dyphenyl-N-N'-bis(3-methyphenyl)-1,1'-biphenyl-4,4'-diamine) as hole transport layer and Butyl-PBD(1,1,4,4-Tetraphenyl-1,3-butadiene) as emission layer and electron transport layer. Total thickness is 1000Å as HTL and ETL, each devices has 500Å:500Å, 400Å:600Å and 600Å:400Å of TPD : Butyl-PBD. We obtained the maximum brightness about 175cd/m² in 500Å:500Å thickness devices as HTL:ETL

Key Words : organic electroluminescent, Butyl-PBD

1. 서론

새로운 디스플레이의 개발 및 실용화와 반도체 시장의 포화로 인해 디스플레이 시장이 전자 산업에서 각광을 받고 있다. 특히 평판 디스플레이 소자의 관심이 높아지면서 LCD 등이 상용화 되었으나, 자체 발광과 저전력, 대조비, 시야각 그리고 대면적화의 문제로 인하여 LCD의 기술적 한계를 맞이함에 따라 이러한 단점을 극복할 수 있는 새로운 디스플레이 소자인 EL의 연구가 활발하게 되었다.^{[1][2]}

유기 전계 발광 소자(OELD)는 1987년 Tang의 이중층 구조 소자 개발 이후 고분자, 저분자의 재료와 다층층의 구조적 발달로 그 연구가 활발히 진행되고 있으

며, LCD 소자가 가지고 못하는 자체 발광형, 고휘도, 넓은 광시야각, 10 μ s이상의 빠른 응답속도, 직류 10V 이하의 저전압구동, flexible한 디스플레이의 소자특성 및 가시광 영역에서의 모든 색상의 발광 특성과 경량박형이 가능하고 백라이트가 필요없음으로 인한 소비전력 측면에서의 우수한 장점과 외부 충격에도 강하고 폭넓은 사용온도 범위등으로 인한 풍부한 응용성으로 인해 여러 분야로의 연구개발이 전개되고 있다.

현재 활발히 발표되고 있는 유기 전계 발광 소자의 시제품 중 풀-컬러에 대한 개발이 현저하게 늘고 있다. 풀-컬러 재현의 방법으로는 크게 적층형과 평면 배치형으로 나눌 수 있는데, 적층형의 경우에는 서로 다른 색의 소자를 적층하여 멀티 컬러 발광을 얻고 있으며, 장점으로 정밀도를 손상시키지 않는 것과 발광층의 가공이 불필요하다는 것이다. 하지만, 상부층으로 갈수록 박막형성이 어려워지며 구동회로가 복잡진다는 단점이 있다. 평면 배치형의 경우, 비

* 광운대학교 전자재료공학과
(서울시 노원구 월계동 광운대학교,
Fax: 02-943-3590
E-mail : hbchung@gwu.ac.kr)
** 여주대학 전자과

교적 간단한 공정으로 이루어지며, 외부회로에 대한 단자 형성방법과 구동회로 구성이 기본적으로 단색 디스플레이 소자와 동일하여 특별한 고안이 필요치 않다는 장점이 있다. 이러한 사항을 종합하여볼 때, 현시점에서는 평면 배치형이 제조방법, 구조 및 구동회로의 구성면에서 풀-컬러 디스플레이의 실현성이 높으며, 평면 배치형에서 가장 필수적으로 이루어지고 있는 연구 중의 하나가 고휘도의 청색 발광 형광체의 개발 및 특성 분석이다.^{[3][4][5]}

따라서, 본 실험에서는 풀-컬러 삼원색 중 청색 발광소자의 두께별 발광특성인 발광휘도 및 전류밀도 등을 비교 측정함으로써 풀-컬러 소자의 제작방법에서의 응용 방안을 제시한다.

2. 실험 방법 및 측정 방법

본 실험의 유기 EL 소자는 그림1과 같은 Glass/ITO/TPD/Bu-PBD/Al의 구조로 10⁻⁶Torr의 진공도를 유지하면서 진공 열증착법으로 제작하였다. 제작된 박막층의 구성으로, 하부 전극의 ITO는 S40SL로써 1500Å의 두께와 15Ω/□의 면저항, 투과율 85%이상을 가지고 있으며, 정공수송층(HTL)으로 TPD(N,N'-diphenyl-N,N'-bis(3-methylphenyl)-1,1'-biphenyl-4,4'-diamine)를 사용하였고 전자수송층(Electron Transport layer, ETL)과 발광층(Emission layer, EML)로써 Butyl-PBD(2-(4-Biphenyl)-5-(4-tetrabutylphenyl)-1,3,4-oxadiazole)를 사용하였다. 제작된 박막의 두께는 N&K analyzer (NKT1200)을 사용하여 측정하였으며, 각 소자의 전류밀도와 인가전압 그리고 휘도의 특성을 측정하기 위하여 Topcon luminance colormeter Bm-7, Hewlett Packard 4115B semiconductor parameter analyzer로 30V까지의 전압을 인가하면서 휘도와 전류밀도를 동시에 측정하였고 video microscope IT system을 사용하여 발광 이미지를 추출하였다.

두께비 변화에 따른 특성비교를 위해, 각 실험 소자의 구조에서 정공수송층과 전자수송층의 전체 두께를 1000Å로 제작하였으며, 정공수송층과 전자수송층의 두께비를 각 소자에서 500Å : 500Å, 400Å:600Å 그리고 600Å:400Å를 갖도록 제작하였다.

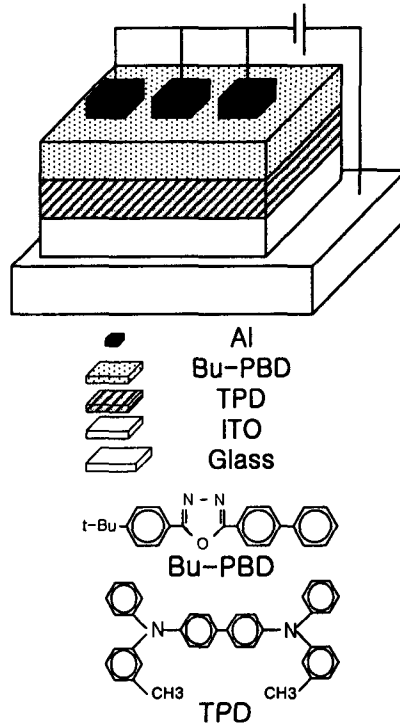


그림 1. 청색 유기 EL 소자의 구조 및 재료의 분자모형 (Bu-PBD, TPD)

3. 결과 및 고찰

양극과 음극에서 정공수송층과 전자수송층을 통하여 정공과 전자가 각각 발광층으로 주입되어 여기자를 형성한 후 여기자로부터 정공과 전자사이의 에너지에 해당하는 빛을 발광하는 것이 유기 전계 발광 소자의 기본 원리이다. 이에, 본 실험에서는 정공수송층과 전자수송층 및 발광층의 두께비에 따른 전류밀도, 인가전압과 휘도의 관계를 분석하여 풀컬러 구현을 위한 청색 소자의 특성 파라미터를 추출하였다.

정공수송층(TPD)과 전자수송층이며 발광층(Bu-PBD)의 두께 비율을 각각 500Å:500Å, 400Å:600Å, 600Å:400Å로 하고 두 층의 전체두께를 1000Å으로 소자를 제작하였다.

그림 2는 두께별에 따른 각 소자의 인가전압과 전류의 특성을 보여주고 있다. 정공수송층과 전자수송층의 두께가 같은 소자의 경우, 10V로 가장 낮은 문턱 전압 및 이후 급격한 전류증가형태를 보이며, 이는 소자내의 두께에 따른 전자와 정공의 이동에 대한 전압과 전류의 특성을 설명하고 있다. 그림 3은 전류밀도와 인가전압의 관계에 대하여 나타내주고 있다. 그림 2의 경우와 마찬가지로 두께가 같은 소자의 경우 다른 소자보다 더 큰 전류밀도를 가짐을 나타낸다. 이로 인해, 전자와 정공의 낮은 문턱 전압과 급격한 전류밀도 증가형태를 가장 두드러지게 일어나는 박막이 전자수송층과 정공수송층의 두께가 500Å/500Å 일 때임을 알 수 있다.

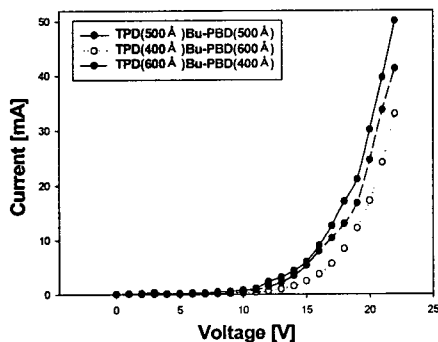


그림 2. 전압 전류 특성 곡선

태를 보여주고 있다. 정공수송층과 전자수송층의 두께가 각각 500Å, 500Å으로 동일할 때, 100mA/cm²의 전류밀도에서 약 170cd/m²로 가장 높은 발광휘도를 나타내었으며 이에 비해, 400Å/600Å, 600Å/400Å의 두께를 갖는 소자들은 약 115cd/m², 90cd/m²의 최대 휘도를 나타내었다. 또한, 같은 전류밀도 일때의 발광 휘도 역시 500Å:500Å인 박막에서 월등히 높은 값을 가짐을 보여주고 있다. 따라서, HTL:ETL의 재료를 각각 TPD와 Butyl-PBD로 구성된 소자에서는 이들의 두께비가 동일할 때, 전자와 정공 수송에 가장 안정된 재결합으로 인해 높은 휘도를 갖고 있음을 알 수 있다.

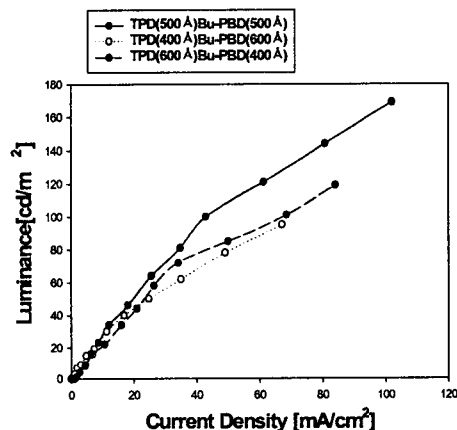


그림 4. 전류밀도와 휘도 특성

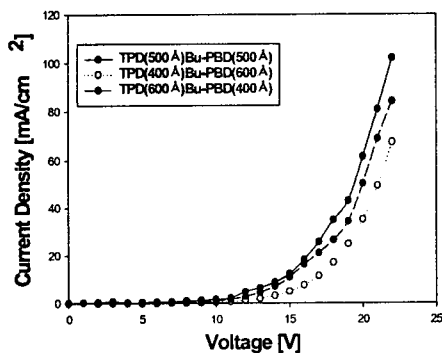
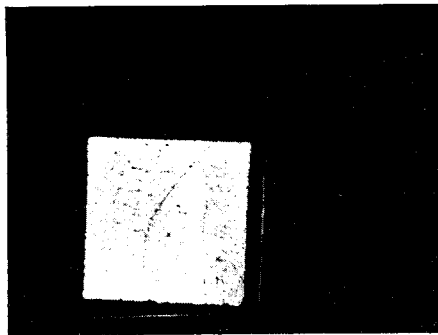


그림 3. 전압과 전류밀도의 관계

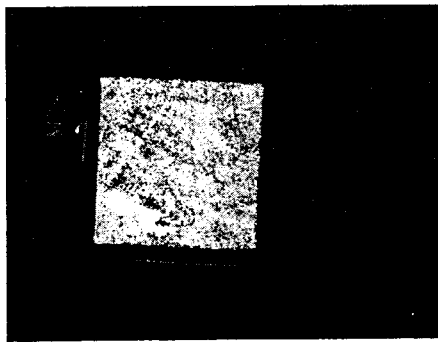
그림 4는 두께비에 따른 전류밀도 대 휘도의 특성을 나타낸다. 두께비가 각각 다른 소자 모두 일반적인 유기 전계발광 소자의 경우와 마찬가지로 전류밀도가 증가함에 따라 휘도가 선형적으로 증가하는 형

그림 5는 동일한 20V에서의 각 소자의 발광 상태를 수록하였다. 그림 5-(a)는 TPD 500Å, Bu-PBD 500Å의 소자이며, (b)는 TPD 400Å, Bu-PBD 600Å 그리고, (c)는 TPD 600Å, Bu-PBD 400Å로 제작된 소자이다. 그림에서 각각의 소자는 비교적 균일한 발광 특성을 보이고 있음을 확인할 수 있다.

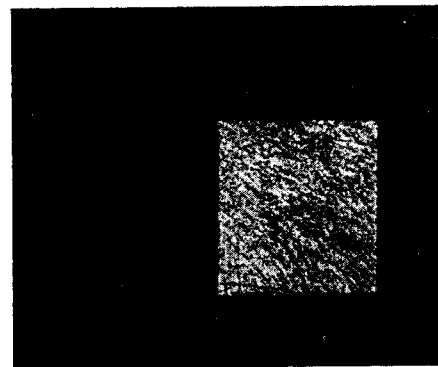
또한 20V인가 전압시 그림 5-(a) 500Å:500Å에서 가장 밝은 140cd/m²의 휘도를 확인할 수 있었다.



(a)



(b)



(c)

그림 5. 20V 전압 인가시 소자의 발광 사진
(a) 500Å:500Å, (b) 400Å:600Å, (c) 600Å:400Å

4. 결 론

본 연구에서는 TO/TPD/Bu-PBD/Al 구조의 유기 전계발광소자를 정공수송층인 TPD와 발광층 및 전

자수송층인 Bu-PBD의 두께비를 500Å:500Å, 400Å:600Å 그리고 600Å:400Å로 각각 제작하여, 각 소자에 대한 전류밀도와 인가전압, 휘도의 특성을 비교 분석하였다.

두께비를 500Å:500Å으로 동일하게 제작한 소자에서 전압과 휘도 특성은 다른소자에 비해 170cd/m²의 최대 휘도를 나타내었고, 문턱 전압 또한 10V로 가장 낮은 전압을 나타내었다. 전류밀도와 휘도의 특성 또한 두께비가 400Å:600Å와 600Å:400Å 모두 전류밀도에 따른 휘도증가도가 500Å:500Å와 비교하여 낮은 형태를 보였다.

이상의 실험에서 정공수송층인 TPD와 전자수송층인 Bu-PBD의 재결합 조건을 확인하였으며, 이는 현재 풀컬러 디스플레이 및 여러 표시 소자로의 응용에 큰 영향을 미칠 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2001년 광운대학교 산학연 컨소시엄 공동 기술개발(과제번호 B-7) 연구지원에 의해 수행되었음을 밝히며, 아울러 이에 감사 드립니다.

참고 문헌

- [1] Tang.C.W , VanSlyke. S.A. "Organic electroluminescent diode", Appl. Phys. Lett. 51. pp913-915,1987
- [2] Tang.C.W "Organic electroluminescent materials and devices", Inf. Display 10, 16-19, 1996
- [3] Gerd Mueller. "Electroluminescence I", Academic press, vol 64. pp 214-217, 2000
- [4] Hamada,Y.,Adachi,C., Tsutsui,T. and Saito,S "Blue-light-emitting organic electroluminescent devices with oxadiazole dimer dyes as an emitter: JJAP V31 p 1812 ,1992
- [5] Nakada, H. Wakimoto, T., Murayama, R., Nomura,M. and Sato.G. "The effect of changes of substituents in blue emitting materials for the organic EL devices", The japan society of applied physics, No.0 p1205 , 1990