

HTL/ETL 두께 비율에 따른 EL 소자의 발광 특성

Light-emitting property of the EL device with the thickness ratio of the HTL.ETL

손철호*, 여철호*, 박정일*, 장선주*, 박종화*, 이영종**, 정홍배*

Chul-Ho Son*, Cheol-Ho Yeo*, Jeong-il Park*, Sun-Joo Jang*, Jong-Hwa Park*,
Young-Jong Lee**, Hong-Bay Chung*

광운대학교 전자,정보통신공학부 전자재료공학과*, 여주대학 전자공학과**

Dept. of Electronic Materials Eng.,

Division of Electrical & Information Communication Engineering, Kwangwoon University*

Dept. of Electronic Eng., Yeo Joo Institute of Technology**

Abstract

In this study, We have investigated the light-emitting property of the EL Device with the thickness ratio of the HTL/ETL, which was 500Å:500Å, 400Å:600Å, 600Å:400Å. The Alq3 was used for the ETL. We have studied the relation of voltage, contrast, efficiency for current density. Emission was observed above 10mA/cm² and luminance was measured to be 1030cd/m² at a current density of 100mA/cm² in 500Å/500Å sample. A luminance of over 2500cd/m² was also observed after the final fabrication process in 500Å/500Å sample.

Key words(중요용어) : OLED(Organic Electroluminescent Device : 유기 전계 발광 소자),

HTL (Hole Transfer Layer : 정공수송영역), ETL (Electron Transfer Layer : 전자수송영역)

1. 서론

유기발광소자는 1987년 Tang 등이 단광성의 tri(8-quinolinate) aluminium(III) (Alq3)와 정공전도성의 diamine 유도체를 사용하여 10V이하의 직류전압에서 구동하여 최대 1000cd/m² 이상의

고휘도 녹색광의 발광휘도를 갖는 발광소자를 발표한 이후 EL 소자의 활발한 연구가 진행되고 있다.^[1] 현재 이러한 유기발광소자에 대한 연구는 소자의 구조에 대한 개선 방향과 높은 휘도와 발광효율을 갖는 재료를 개발하는 2부분으로 진행되고 있다.

그 중에서도 유기발광소자의 구조적 진보는 Adachi 등에 의한 삼중층 구조 소자 도입으로 큰 진전을 보였다. 이는 EML(Emitting layer)이 HTL과 ETL사이에 있으며, 이 층들은 EL효율을

* 광운대학교 전자재료공학과
(서울시 월계동 광운대학교,
Fax: 02-943-3590
E-mail : hbchung@daisy.kwangwoon.ac.kr)

증대시켰다.^[2-4] 또한 1990년에 Burroughes 등은 음극과 양극 사이에 고분자를 끼워 넣은 소자로 고분자 또한 전기발광 소자의 발광물질로 사용될 수 있음을 보고하였다.^[5]

지금까지 소자의 구조는 이중층에서 다층형까지 수많은 제안이 있어왔으나, 현재로서는 다층형이 발광효율, 내구성 모두 우수한 소자특성을 보이고 있는 것으로 보고되고 있다. 그러나 유기발광소자의 발광효율을 높이는 기원은 유기/유기 접합계면의 존재 그 자체에 있는 것이 아니라, 벌크로서의 유기층의 전기적 성질의 합리적 설계에 있는 것이라 보고되고 있다.

또한 이중층 구조 내 각 유기층은 그 운반자-수송 및 발광특성에 관해서 독립적으로 활용될 수 있으며, 유기발광소자에 대한 유기 물질의 선택에 중요한 자유도를 제공하고, 이는 기초적인 이중층 원리를 적용하면서, 수많은 유기 물질들이 다양한 다층구조에 연구되고 있음이 보고되고 있다.

본 연구는 HTL과 ETL의 전체 두께를 각각 400 Å/600 Å, 500 Å/500 Å, 600 Å/400 Å의 두께로 하여 두께에 따른 OLED에서의 발광휘도와 발광효율과 전류밀도와 인가전압의 의존성을 조사하였다

2. 실험 및 측정방법

2.1 실험 소자의 제작.

본 연구에서 제작된 유기 EL 소자는 ITO(S40SL, 1500 Å, 15 Ω/□, 투과율 85% 이상)을 하부전극의 기판으로 하였다.

HTL(Hole Transport layer, 정공수송층)으로 TPD(N,N'-diphenyl-N,N'-bis(3-methylphenyl)-1,1'-biphenyl-4,4'-diamine)를 사용하였으며, ETL(Electron Transport layer, 전자수송층)으로써 Alq3(8-hydroxyquinoline aluminum)를 사용하고, 상부 전극으로 순도 5N의 Al를 진공열충착법을 이용하여 진공도 1×10^{-6} Torr 에서 제작하였다. TPD의 경우 3 Å/sec, Alq3의 경우 1.5 Å/sec의 속도로 각각의 샘플은 상부전극인 Al은 크기는 2.5×2.5 mm²로 제작하였다.

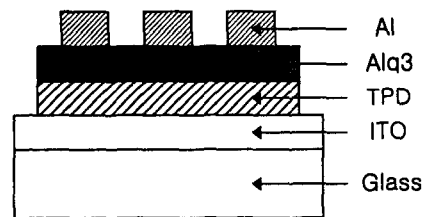
두께별 특성비교를 위한 소자의 제작으로 HTL과 ETL층의 두께를 400 Å/600 Å, 500 Å/500 Å, 600 Å/400 Å의 비율로 각각 제작하였다. 또한 두께는 N&K Analyzer(NKT1200)을 이용하여 측정하였다.

산화막의 유무에 관한 특성비교를 위한 소자의 제작으로 동일한 두께의 HTL, ETL로 각각의 층의 제작시에 산화막이 없는 연속증착을 하였고, 각각의 층의 제작시에 측정을 위한 산화막으로 불연속 제작을 하였다.

2.2 실험 소자의 측정

제작된 소자의 휘도 측정은 Topcon사의 luminescence colormeter bm-7을 사용하였다. 휘도는 0.5V간격으로 0V에서 30V까지 측정하였다.

또한 전류밀도는 휘도의 측정과 동시에 측정하였다.



TPD/Alq3 (400 Å/600 Å, 500 Å/500 Å, 600 Å/400 Å)

그림 1. OLED 시편의 구조

3. 결과 및 고찰

소자의 제작은 HTL과 ETL의 전체 두께를 1000 Å로 하여 각각의 두께를 변화시켰다. 정공운송층으로는 TPD를 사용하였으며, 각각 400 Å, 500 Å, 600 Å의 두께로 하였다. 전자운송층으로는 Alq3를 사용하였으며, 발광층의 역할로서 각각 600 Å, 500 Å, 400 Å의 두께로 하였다.

그림 2는 두께비에 따른 전류밀도 대 휘도의 특성을 나타낸다.

HTL과 ETL의 두께가 각각 500 Å/500 Å에서 전류밀도 100 mA/cm²에서 약 1500 cd/m로 가장 높은 발광휘도를 나타내었다.

또 최대 발광휘도는 HTL과 ETL의 두께가 각각 500 Å/500 Å일 때, 다른 두께의 소자보다 높은 약 2500 cd/m²의 휘도를 나타내고 있음을 보여

주고 있다. 이에 비해, 400Å/600Å, 600Å/400Å의 두께를 갖는 소자들은 각각 최대휘도가 약 1000cd/m²와 800cd/m²를 나타내었다. 따라서 전자수송층과 정공수송층의 두께비가 동일할 때, 전자와 정공의 수송에 가장 안정된 재결합으로 인해 높은 휘도를 갖고 있음을 알 수 있었다.

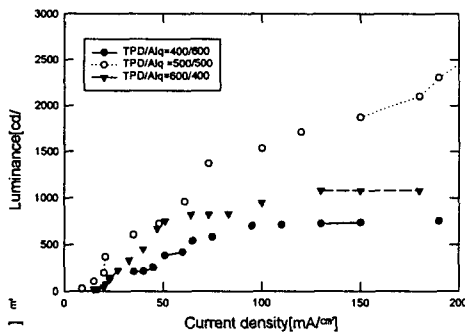


그림 2. 전류밀도에 따른 휘도와 정공수송층과 전자수송층의 두께 의존성.

그림 3은 HTL과 ETL의 두께비에 따른 전류밀도 대 효율의 특성을 나타낸다. 효율은 다음과 같은 식으로 계산하였다.^[6]

$$\eta = \pi \cdot L / V \cdot J$$

여기에서 η 는 효율[lm/W], L은 휘도[cd/m²], V는 전압[V], J는 전류밀도[A/m²]이다.

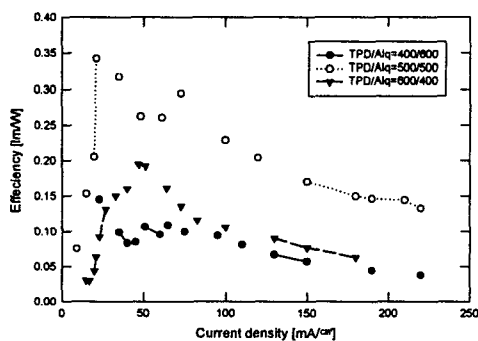


그림 3. 전류밀도에 따른 효율과 정공수송층과 전자수송층의 두께 의존성.

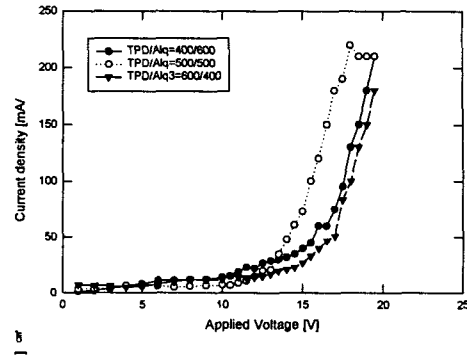


그림 4. 인가전압에 따른 전류밀도의 두께 의존성

휘도의 경우와 마찬가지로, HTL과 ETL의 두께가 500Å/500Å일 때, 다른 두께의 소자보다 높은 효율인 0.035 lm/W를 보여주고 있다.

그림 4는 인가전압에 따른 전류밀도의 두께 의존성을 보여주고 있다. 정공수송층과 전자수송층의 두께가 같은 소자의 경우 가장 낮은 문턱전압을 갖으며, 큰 전류밀도를 가지며, 전자수송층이 두꺼운 경우와 더 얇은 정공수송층으로 문턱전압과 전류밀도를 나타낸다. 또한 전자와 정공의 재결합이 가장 두드러지게 일어나는 박막이 HTL과 ETL의 두께가 500Å/500Å일 때임을 알 수 있었다.^[7]

4. 결론

본 연구는 이중층 유기 EL 소자에서 전자수송층과 정공수송층의 두께비를 각각 4:6, 5:5, 6:4로 하여 전체 두께가 1000Å인 소자의 특성을 조사하였다.

전류밀도와 휘도를 비교한 결과 두께비가 5:5인 경우 약 2500cd/m²로 최대의 휘도를 나타내었으며, 효율면에서도 동일한 두께의 소자가 0.35lm/W의 효율을 가짐을 보였다. 인가전압에 대한 전류밀도의 경우에서도 가장 낮은 문턱전압과 전류밀도를 갖는 것을 알 수 있었다.

이상의 결과로 이중층 박막에서 정공수송층 TPD와 전자수송층(Alq3)의 재결합을 확인하였으며 이는 다층박막에서 이들의 재결합을 조절하는데 큰 영향을 미칠 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 광운대학교 산학연 컨소시엄 공동
기술개발(과제번호A-15) 연구지원에 의해 수행
되었음을 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]. C. Adachi, T. Tsutsui, and S.Saito, Appl. Phys. Lett., 55,1489, 1989
- [3]. C. Adachi, T. Tsutsui, and S.Saito, Appl. Phys. Lett., 56,799, 1990
- [4]. C. Adachi, T. Tsutsui, and S.Saito, Appl. Phys. Lett., 57,531, 1990
- [5]. J.H. Burroughes, D. D. C. Bradley, A.R.Brown, R. H. Friend, P. L. Burns and A. B. Kolmes, Nature, 347, pp539, 1990
- [6] H.G.Kim, T.Mori and T.Mizutani and D.C. Lee, "Electroluminescent Ptoperties of Orginic Light-Emitting-diode Doped with Squarylium Dye", Trans. IEE of Japan, 118-E, 1998
- [7] 김형권, 이덕출, "유기발광소자의 막두께 및 음극전극의 변화에 따른 발광특성", "전기전자재료학회지", vol11, no10. pp897-902, 1998