

Buffer층을 가진 유기 전기 발광 소자의 특성

Characteristics of organic electroluminescent devices having buffer layers

이호식^a, 고삼일^b, 정택균^b, 이원재^c, 김태완^b, 강도열^a

^a홍익대학교 전기제어공학과

^b홍익대학교 물리학과

Ho-Sik Lee^a, Sam-Il Kho^b, Taek-Gyun Chung^b, Won-Jae Lee^c, Tae Wan Kim^b, and Dou-Yol Kang^a

^a Dept. of Control and Electrical Eng., Hongik University, Korea

^b Dept. of Physics, Hongik University, Korea

^c Dept. of Electronics, Kyungwon College, Korea

Abstract

Electroluminescent(EL) devices based on organic thin films have attracted lots of interests in large-area light-emitting display. One of the problems of such device is a lifetime, where a degradation of the cell is possibly due to an organic layer's thickness, morphology and interface with electrode. In this study, light-emitting organic electroluminescent devices were fabricated using Alq₃(8-hydroxyquinolate aluminum) and TPD(N,N'-diphenyl-N,N'-bis(3-methylphenyl)-[1-1'-biphenyl]-4,4'-diamine). Where Alq₃ is an electron-transport and emissive layer, TPD is a hole-transport layer. The cell structure is ITO/TPD/Alq₃/Al and the cell is fabricated by vacuum evaporation method. In a measurement of current-voltage characteristics, we obtained a turn-on voltage at about 9 V. We also investigated stability of the devices using buffer layer with blend of PEI (Poly ether imide) and TPD by varying mol ratios between ITO and Alq₃. In current-voltage characteristics measurement, we obtained the turn-on voltage at about 6 V and observed an anomalous behavior at 3~4 V. And we used other buffer layer of PEDT(3,4-pyrazino-3',4'-ethylenedithio-2,2',5,5'-tetrathiafulvalenium) with ITO/PEDT/TPD/Alq₃/Al structure. We observed a surface morphology by AFM(Atomic Force Microscopy), UV/visible absorption spectrum, and PL(Photoluminescence) spectrum. We obtained the UV/visible absorption peak at 358nm in TPD and at 359nm in Alq₃, and the PL peaks at 410nm in TPD and at 510nm in Alq₃. We also studied EL spectrum in the cell structure of ITO/(TPD+PEI)/Alq₃/Al.

1. 서론

최근 멀티미디어 기기의 보급과 더불어 많은 정보를 효율적으로 전달할 수 있는 시각 표시 장치에 대한 요구가 증대되고 있다. 현재 보급이 가장 많이 된 CRT(Cathode-Ray Tube)는 고전압에서 작동하고 크기 및 무게 등의 제약을 받음으로 향후 전력 소모가 적고 대형 화면화가 가능한 평판 표시기로 대체 되리라 예상된다¹⁾. 그러므로 전기적, 광학적 성질을 이용한 다양한 소자 개발에 있어서, CRT의 단점을 보완할 수 있는 유기 물질들을 이용한 가능성의 확대 및 기초적, 응용적 측면에서의 잠재성으로 볼 때 많은 관심의 대상이 되었다. 이로 인해 유기 박막을 기본으로 하는 전기 발광

(Electroluminescence, EL)을 이용한 대면적의 표시 소자로서의 응용 가능성 때문에 유기 전기 발광에 대한 많은 관심이 되어 오고 있다. Tang과 Vanslyke는 처음으로 양전극으로부터 발광층으로 정공 주입을 위한 정공 전달층(hole-transport layer)을 사용하여 낮은 전압에서 발광하는 EL을 연구하였다²⁾. 본 연구에서는 Alq₃(8-hydroxyquinolate aluminum)와 TPD(N,N'-diphenyl-N,N'-bis(3-methylphenyl)-[1-1'-biphenyl]-4,4'-diamine)를 사용하여 초록색의 유기 전기 발광 소자를 제작하였다. 여기서 Alq₃는 전자 전달 물질이면서 또한 발광층이고, TPD는 정공 전달 물질로 사용되었다. 또한 buffer층을 사용하여 소자 안정성 및 turn-on 전압의 변화를 연구하였다.

2. 실험

2-1. 성막 물질

그림 1은 본 연구에서 사용한 시료의 분자 구조이다. Alq₃(C₂₇H₁₈AlN₃O₃, 459.44)는 전자 전달 물질이면서 또한 발광층으로 사용 되었고, TPD(C₃₈H₃₂N₂, 516.69)는 정공 전달층으로 사용한 시료의 그림이다.

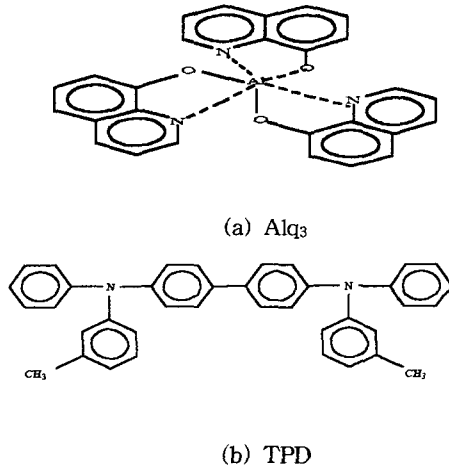


그림 1. 사용된 시료의 분자 구조.

2-2. EL cell의 제작

하부 전극은 모두 ITO glass(Samsung Corning Co.)를 사용하였으며 상부전극도 모두 Al을 사용하였다. ITO glass는 과산화수소수(H₂O₂) : 암모니아수 : 2차 증류수를 1:1:4의 비율로 혼합하여 약 1시간 동안 끓인 후에 다시 2차 증류수로 약 1시간 동안 초음파 세척을 하여 사용하였다. 발광층으로 사용한 Alq₃는 진공 증착법으로 약 10⁻⁵ torr의 진공도에서 박막을 형성하였다. 그리고 buffer 층으로 사용한 PEI(Poly ether imide)는 정공 전달 물질인 TPD와 혼합하여 클로로포름(CHCl₃)에 녹여서 spin-coating법으로 박막을 제작하여 사용하였다. 본 연구에서 사용한 EL cell의 구조는 ITO/TPD/Alq₃/Al와 ITO/(TPD+PEI)/Alq₃/Al이다. 그리고, 또다른 buffer 층으로 사용한 전도성 고분자인 PEDT는 spin-coating법으로 각각의 층으로 제작되어 사용하였다. spin-coating은 2200rpm의 회전 속도로 약 1분 동안 막을 제작하였다. 이들의 구조는 ITO/PEDT/TPD/Alq₃/Al이다. 이의 구조를 그림 2에 각각 나타내었다.

3. 결과 및 검토

3-1. 광학적 특성 측정

광학적 측정으로는 본 연구에 사용된 정공 전달 물질인 TPD와 전자 전달 물질이며 또한 발광 물질인 Alq₃를 UV/visible 흡광도와 PL spectrum을 측정하였으며, 측정 그림은 그림 3에 나타내었다.

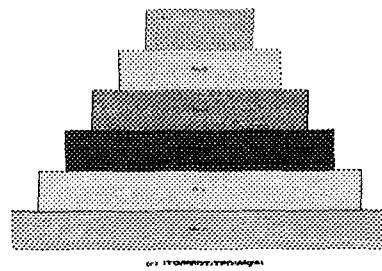


그림 2. EL 소자 구조.

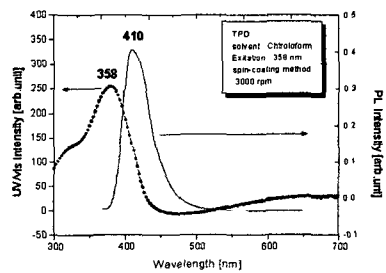
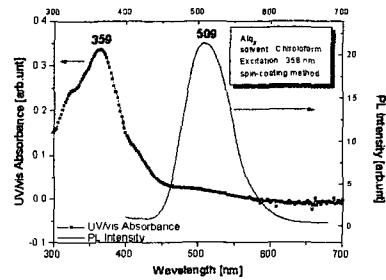


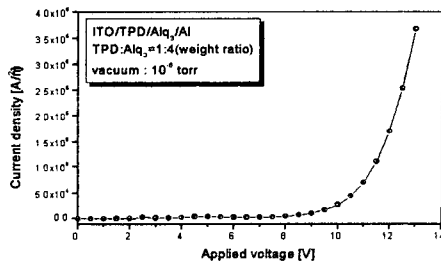
그림 3. UV/visible 흡광도와 PL spectrum 측정.

UV/visible 측정은 HP 8452A spectrophotometer를 사용하였고, PL 측정은 Perkin Elmer Limited LS50B를 사용하였다. 그림에서 보면, TPD의 경우 약

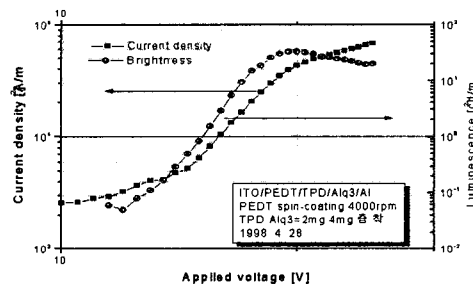
358nm에서 흡수 피크를 보이고 있으며 약 410nm에서 PL 피크를 보이고 있다. 또한 Alq₃의 경우는 약 359nm에서 흡수 피크를 보이고 있으며 약 509nm에서 PL 피크를 보이고 있다. 위의 결과로부터 본 연구에서 제작 사용한 소자가 초록색의 발광을 하고 있다는 것을 보여주고 있다.

3-2. EL cell의 전류-전압 특성 및 휘도 측정

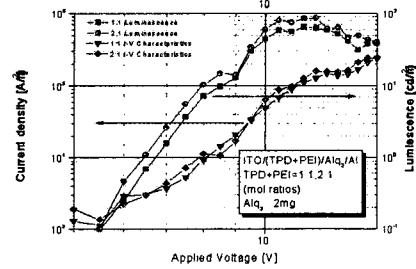
그림 2의 구조로 제작한 각각의 EL cell의 전류-전압(*I-V*) 특성을 측정하였다. *I-V* 특성 측정은 컴퓨터에 연결된 Keithley 236을 이용하여 SMU (source-measure unit) 프로그램으로 측정을 하였다. 그림 4는 그림 2의 각각의 구조의 *I-V* 특성을 측정한 것이다. 그림 4(a)의 경우 약 9V에서 빛이 방출하기 시작하는 것을 관측할 수 있었고 (b)의 경우는 약 6V에서 빛이 방출하는 것을 관측할 수 있었으며, 휘도는 약 85cd/m² 정도가 측정되었다. (c)의 경우에는 구동 전압이 약 4.5V였으며, 휘도는 약 35cd/m² 정도가 측정되었다. 위의 측정으로부터 buffer 층을 사용하는 경우 구동 전압이 낮아지는 것을 알 수가 있다.



(a) ITO/TPD/Alq₃/Al 구조



(b) ITO/PEDT/TPD/Alq₃/Al 구조



(c) ITO/(TPD+PEI)/Alq₃/Al 구조

그림 4. 구조에 따른 전류-전압 특성 및 휘도 측정.

3-3. EL 측정 및 표면 관찰

Polyimide 계열의 buffer 층을 사용하여 EL cell을 제작하여 EL 측정을 한 결과를 그림 5에 나타내었다.

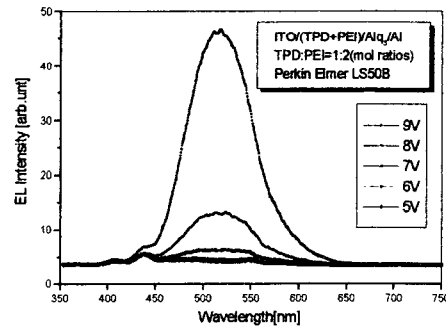
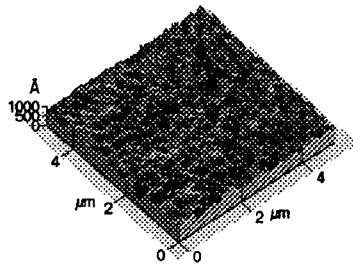


그림 5. ITO/(TPD+PEI)/Alq₃/Al 구조의 EL 측정.

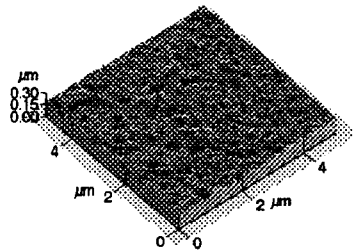
그림에서 보면, 약 510nm에서 피크가 관측되고 있으며, 이는 본 연구에서 제작한 소자가 초록색을 빛을 발광하고 있음을 보여주고 있다. 또한 인가 전압에 따라서 상대적으로 피크의 크기가 감소하는 것을 볼 수가 있으나, 피크의 파장은 변화하지 않고 있음을 볼 수 있다.

3-4. 표면 관찰

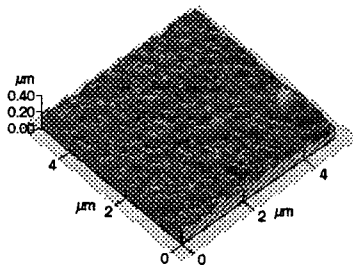
그림 6은 본 연구에 사용한 정공 전달 물질(TPD)과 전자 전달 물질(Alq₃) 및 buffer 층으로 사용된 PEDT의 표면을 관찰한 AFM 이미지이다.



(a) TPD 표면



(b) Alq₃ 표면



(c) PEDT 표면

그림 6. 표면 관찰 이미지.

4. 결론

본 연구에서는 초록색 발광을 하는 Alq₃를 발광층으로 하여 정공 전달 물질로 TPD를 사용하고, buffer 층으로 polyimide 계열인 PEI와 전도성 고분자인 PEDT를 사용한 결과는 다음과 같다.

첫째, PEI를 정공 전달 물질과 혼합하여 사용한 결과 구동 전압이 약 9V에서 약 6V로 낮아지고 발광 효율도 상승한 것으로 나타났다.

둘째, 전도성 고분자인 PEDT를 buffer 층으로 사용한 결과 TPD와 Alq₃만을 사용한 소자보다 낮은 전압에서 구동되는 것을 확인할 수 있었다.

셋째, AFM을 통한 표면 관찰 결과, TPD보다는 Alq₃의 표면이 상당히 균일하다는 것을 관찰할 수 있었다.

위와 같은 결과로부터 향후 연구 과제로는 소자의 안정성에 대한 보다 많고, 정확한 실험이 필요하다는 것을 확인할 수가 있었다.

AFM 표면 측정에 도움을 준 홍익대학교 화학공학과 박사과정 권오관 학생에게 감사를 표합니다.

참고 문헌

1. 구할본, 김주승, 조재형 ; 유기 전계발광 소자의 최근의 개발 동향, *전기전자재료학회 Vol, 9, No, 2, February 1996.*
2. C. W. Tang and S. A. Vanslyke, *Appl. Phys. Lett.*, 51. 913, 1987.