

PVK:Ir(ppy)₃ 발광부를 갖는 고분자 인광 발광다이오드의 특성평가

백승준*, 공수철*, 이호섭*, 장성규*, 장호정*

*단국대학교 전자공학과

e-mail : hjchang@dankook.ac.kr

Properties of the Phosphorous Polymer Light Emitting Diodes with PVK:Ir(ppy)₃ Emission layer

Seung Jun Baek*, Su Cheol Gong*, Lee Ho Sub*, Seong Kyu Jang*,

Ho Jung Chang*

*Dept. of Electronics Engineering, Dankook University

요 약

고분자 발광다이오드(polymer light emitting diode, PLED)는 초박막화, 초경량화가 가능하며 간단한 용액공정으로 향후 휘성(flexible) 디스플레이로의 응용이 가능할 것으로 기대되고 있다.

본 연구에서는 녹색 고분자 유기 발광다이오드를 제작하고, 효율을 향상 시키고자 이중 발광층을 두어 전기·광학적 특성을 평가하였다. ITO/Glass기판 위에 정공주입층으로 PEDOT:PSS [poly(3,4-ethylenedioxythiophene):poly(styrene sulfonate)]를 발광물질로는 형광 발광물질인 PVK(poly-vinylcarbazole)와 인광 발광 물질인 Ir(ppy)₃[tris(2-phenylpyridine) iridium(III)]를 각각 host와 dopant로 사용하였다. 정공 차단층 및 전자 수송층 두 개의 역할로 사용 가능한 TPBI(1,3,5-tris(2-N-phenylbenzimidazolyl) benzene)를 진공 열증착법으로 막을 형성하였다. 전자주입층으로 LiF(lithium fluoride)와 음극으로 Al(aluminum)을 증착하여 최종적으로 ITO/PEDOT:PSS/PVK:Ir(ppy)₃/TPBI/LiF/Al 구조를 갖는 녹색 형광:인광 혼합 유기 발광 다이오드를 제작하였다.

1. 서론

유기발광 다이오드(Organic Light Emitting Diode, OLED)는 1965년 W. Helflich와 W. G. Schneider에 의해 안트라센 단결정에 고 전계를 인가하여 전류를 흘릴 경우 청색 발광이 일어나는 현상이 발견되면서 관심을 받기 시작하였으며, 1987년 Estman Lodac사의 C. Tang과 S. A. VanSlyke에 의해 전자적 성질이 다른 알루미늄리튬 복합체와 방향족 아민의 2층 구조 유기 박막을 적층하여 소자를 구현하면서 본격적인 연구가 시작되었다.^[1-2]

전계 발광을 이용하는 유기 발광다이오드(organic light emitting diode, OLED)는 저 전력구동, 자발광, 넓은 시야각, 빠른 응답속도 및 간편한 제조 공정 등의 이점으로 차세대 디스플레이 소자로서 기대를 모으고 있다. 더욱이 고분자 발광재료를 이용한 고분자 유기발광 다이오드(polymer light emitting diode, PLED)는 초박막화, 초경량화가 가능하며 간단한 공정 등으로 향후 휘성(Flexible) 디스플레

이로의 응용이 가능할 것으로 기대되며 기존의 대표적인 평판디스플레이(flat panel display, FPD)인 LCD(liquid crystal display)와 PDP(plasma display panel)를 대체할 차세대 디스플레이 소자로 각광을 받고 있으며 이와 관련하여 많은 연구가 진행되고 있다.^[3]

본 연구에서는 Glass 기판 위에 ITO(indium tin oxide)를 양극으로 사용하고 정공 주입층으로 PEDOT:PSS [poly (3,4-ethylenedioxythiophene):poly (styrenesulfonate)]를, 발광물질로는 형광 발광물질인 PVK (poly-vinylcarbazole)와 인광 발광 물질인 Ir(ppy)₃ [tris(2-phenylpyridine) iridium(III)]를 각각 host와 dopant로 사용하였다. 두 발광 물질을 서로 혼합하여 단일 발광층을 구성하였다. 정공 차단층 및 전자 수송층 두 개의 역할로 사용 가능한 TPBI(1,3,5-tris(2-N-phenylbenzimidazolyl) benzene)를 진공 열증착법으로 막을 형성하였다. 전자 주입층으로 LiF (lithium fluoride)와 음극으로 Al(aluminum)을 증착하여 최종적으로 ITO/PEDOT:PSS/PVK:Ir(ppy)₃/

TPBI/LiF/Al 구조를 갖는 녹색 형광:인광 혼합 유기 발광 다이오드를 제작하였다.

인광 소자의 발광층에서 형성된 삼중항 엑시톤은 상대적으로 긴 수명을 가져 EML 영역을 지나 다른 층으로 확산될 수 있고 비 발광성 소멸을 가져와 발광 효율과 색 순도가 저하된다. 그러므로 고효율 인광 소자를 제작하기 위해 정공을 효율적으로 차단하며 전자의 원활히 수송이 중요하다.

2. 실험방법

면저항이 약 $15\Omega/\text{cm}^2$ 이하이고 두께 $200\mu\text{m}$ 인 ITO/PEN 기판을 DI water, 아세톤(acetone), 메탄올(methanol), 이소프로필 알코올(isopropyl alcohol), DI water 순으로 1차 세정을 한다. 1차 세정은 각각 5분씩 Ultra Sonic을 이용하여 초음파 세정을 실시하였다.

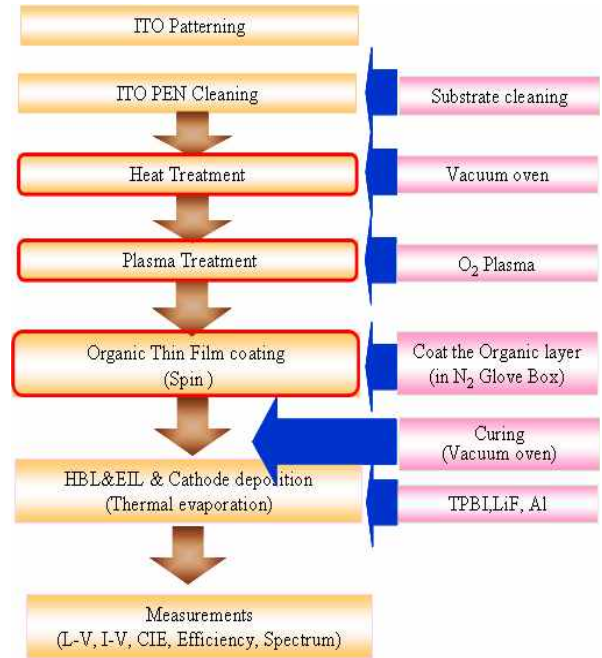
$2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 크기의 단위셀을 제작하기 위하여 photolithography 공정을 통하여 ITO 투명전극을 2mm 폭의 스트라이프로 패터닝하였다. 패터닝된 ITO/Glass 기판위에 남아 있는 이온 등의 미세 불순물을 제거하기 위하여 반도체 공정에 주로 사용되는 SC-1($\text{H}_2\text{O}_2:\text{NH}_4\text{OH}:\text{DI}=1:1:5$) 방법을 이용하여 80°C 의 온도에서 3분간 세정한 후, 다시 아세톤, 메탄올, 이소프로필알코올, DI water 순으로 각각 5분간 2차 초음파 세정을 실시하였다.

ITO 투명전극과 유기물간의 계면 접합력(adhesion), 면저항(sheet resistance) 및 표면 거칠기(surface roughness)를 향상시키기 위하여 Ar, O_2 gas를 이용하여 40 mtorr 압력에서 150watt 전력의 RF 강도로 2분간 ITO 전극표면에 대해 plasma 처리를 실시하였다. PEDOT:PSS^[3]은 고분자 물질을 사용하였으며 spin-coating법으로 6000rpm의 속도로 정공 막을 형성하였다. PEDOT:PSS는 내화확성이 우수하여 박막이 유기 용매에 쉽게 손상되지 않는 특성을 가지고 있으며, 표면 거칠기를 개선시켜 ITO 투명 전극과 유기 박막간의 접합을 용이하게 할 수 있다. PEDOT:PSS는 공역계 고분자를 제막하여 ITO 전극과의 밀착성이 좋기 때문에 저분자 재료계인 것 보다 저전압구동이 가능하다. 발광물질 역시 spin-coating법으로 5000rpm의 속도로 발광층을 구성하였다. 발광층은 약 24시간 동안 교반(Stirring)된 PVK와 $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ 의 도핑량을 0.5 wt%에서 3.0 wt%까지 0.5 wt%씩 변화시키면서 최적의 농

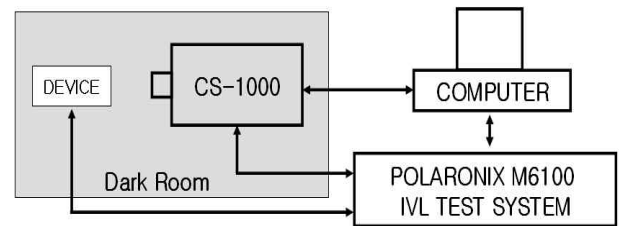
도 조건을 조사하였다.

전자주입층 및 버퍼층(buffer layer)으로 LiF를, 음극으로 Al을 진공 열 증착(thermal evaporation) 방법으로 증착하여 다층구조의 PLED 소자를 제작하였다. 그림 1에서 PLED 제작공정의 모식도를 나타내었다.

제작된 소자는 그림 2와 같은 system에 의해서 전기적, 광학적 특성을 각각 조사하였다.



[그림 1] Fabrication of PLED process

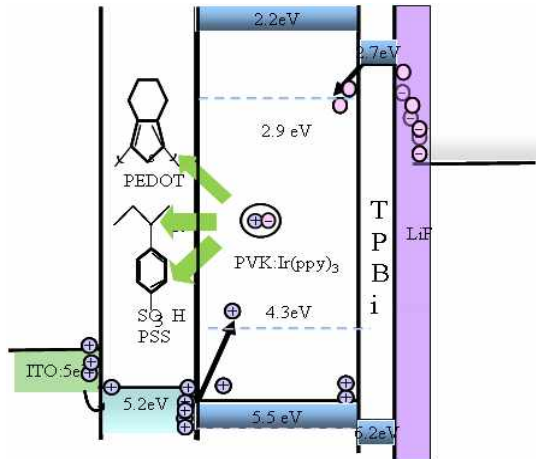


[그림 2] Measurement system of PLED with Polaronix M6100 and CS-1000

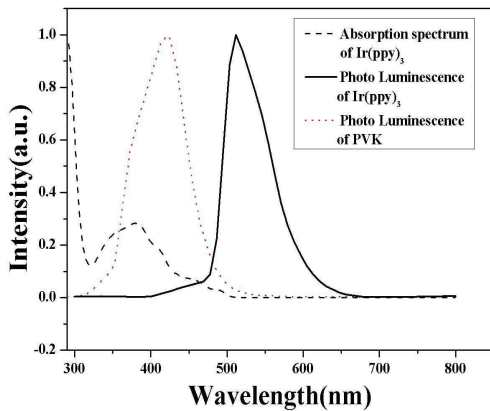
3. Results and Discussion

그림 3은 본 연구에서 제작한 형광:인광 혼합 유기 발광 다이오드 소자의 에너지 밴드 다이어그램과 완성된 소자의 구조 및 에너지 밴드 그림이다. 에너지 밴드 다이어그램에서 알 수 있듯이 PVK의 HOMO (Highest occupied molecular orbital) 레벨과 LUMO (Lowest unoccupied molecular orbital) 레벨 사이에 $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ 의 에너지 밴드가 위치하기 때

문에 에너지 전이가 원활히 일어날 수 있고, 그림 4에서 나타내었듯이 host 재료인 PVK와 guest 재료인 Ir(ppy)₃의 PL 스펙트럼과 흡광 스펙트럼의 중첩이 관찰되었기 때문에 에너지 전이가 PVK에서 Ir(ppy)₃로 일어남을 알 수 있다.



[그림 3] Energy band diagram of the PhPLED device



[그림 4] Normalized photo luminance (PL) spectrum of PVK host, and absorption and emission peaks of Ir(ppy)₃ guest material

OLED의 host and dopant system^[4]에서는 host의 발광파장과 dopant의 흡수 파장이 서로 겹치는 부분이 많을수록 좋은 특성을 나타낸다. 제작된 소자는 Ir(ppy)₃의 4V에서 turn-on되기 시작하였다. 8V에서 각각 686cd/m²로 가장 양호한 휘도 특성을 나타내었고, 이때의 전류밀도는 약 610mA/cm²의 값을 나타내었다. 최대 휘도는 약 8600cd/m² (at 8V)로 약 17배 이상 상승하였다.

4. Conclusions

ITO/PEDOT:PSS/PVK:Ir(ppy)₃/TPBI/LiF/Al구조를 갖는 녹색 형광:인광 혼합 유기 발광 다이오드를 제작하였다. 실험결과 형광 고분자 발광 물질 PVK에 인광의 발광물질 Ir(ppy)₃를 혼합하였을 경우 형광의 PVK에서 인광의 Ir(ppy)₃로 에너지 전달이 잘 이루어짐을 알 수 있었다. 제작된 소자는 4V에서 turn-on되기 시작하였으며, 최대 휘도는 약 8600 cd/m² (at 8V)를 나타내었다.

감사의 글

This work was supported by a Korea Research Foundation Grant funded by the Korean Government (KRF-2008-521-D00261)

참고문헌

- [1] C.W. Tang and S.A. Vanslyke, *Appl. Phys. Lett.* 51 (1987), p. 913.
- [2] C.C. Wu, C.I. Wu, J.C. Sturm and A. Kahn, *Appl. Phys. Lett.* 70 (1997), p. 1348.
- [3] F. Zhu, B. Low, K. Zhang and S. Chua. *Appl. Phys. Lett.* 79 (2001), p. 1205
- [4] Khizar-ul Haq, Liu Shan-peng, M.A. Khan, X.Y. Jiang, Z.L. Zhang, Jin Cao, W.Q. Zhu, *Current Applied Physics.* 20 (2008).