

PEDOT:PSS를 이용한 OLEDs의 발광 특성 향상에 관한 연구

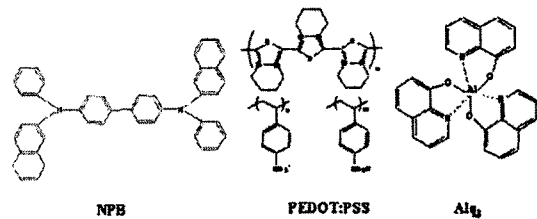
김동은, 김병상, 김두석*, 권오관, 이범중**, 권영수
 동아대학교 전기공학과, *포항공과대학교 나노기술집적센터, **인제대학교 화학과

A study on improvement of OLEDs luminescence property using PEDOT:PSS

Dong-Eun Kim, Byoung-Sang Kim, Doo-Seok Kim*, Oh-Kwan Kwon, Burm-Jong Lee** and Young-Soo Kwon
 Department of Electrical Engineering, Dong-A University,
 *National Center for Nanomaterials Technology, Pohang University of Science and Technology
 **Department of Chemistry, Inje University

Abstract - OLEDs based on organic thin films are similar to semiconductor base light-emitting diodes in that they were also considered to be one of the next generation flat-panel displays. They are attractive because of low-operating voltage, low power consumption, ease of fabrication, and low cost. In this study, we used poly(3,4-ethylenedioxythiophene)/poly(4-styrenesulfonate)(PEDOT:PSS) as a hole injection layer. In this experiment spin coating method was used with various speed rate. The fundamental structure of the OLEDs was ITO/PEDOT:PSS/NPB/Alq₃/LiF/Al. As a result, we obtained the enhancement performance of OLEDs when the spin coating speed was 4000 rpm. We obtained a maximum luminance of 24334 cd/m² at a current density of 967 mA/cm²

내었으며, 그림 2는 실험에 사용한 소자의 energy level diagram을 도식화 하였다.



〈그림 1〉 각 물질의 분자구조

1. 서 론

오늘날 OLEDs는 높은 효율과 견고한 내구성을 지닌 발광 소자를 얻고자 많은 분야에서 연구가 진행되고 있다. 또한, 효율적인 OLEDs를 개발하기 위하여 전기적으로 중요한 요소인 전하 주입, 수송 및 발광 메커니즘을 통하여 발광 제어를 위한 전도기구 해석의 중요성이 증대되고 있다[1-2].

OLEDs는 캐리어 주입형 소자이므로 양극과 음극으로부터의 정공과 전자의 주입과정이 중요하다. 그러므로 OLEDs의 발광효율은 주입되는 전하의 절대량이 늘어나면 캐리어 재결합(recombination)의 기회가 늘어나게 되어 발광효율이 증가하지만, 문제는 외부에서 가해지는 에너지에 대해서 얼마나 많은 캐리어가 재결합을 할 수 있는나 하는 것이다[3-4].

본 연구에서는 양전극에서의 정공의 주입을 원활히 하기 위해서 전도성 고분자물질인 PEDOT:PSS를 사용하였다. PEDOT:PSS는 전도 특성이 좋고 이를 이용하여 소자를 제작하면 효율이 향상되며 구동전압이 낮아지는 효과가 있다[5]. 본 실험에서는 ITO/PEDOT:PSS/NPB/Alq₃/LiF/Al 구조로 소자를 제작하였다.

2. 본 론

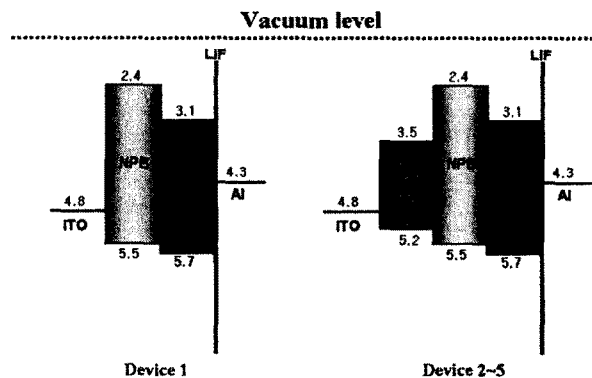
2.1 실험

본 실험에서 사용한 ITO 기판은 0.7 T 두께이고 유리 기판 위에 형성된 ITO 박막의 평균 두께는 1200 Å이었고 표면 저항은 10 Ω/□ 이었다. 소자를 제작하기 전에 ITO 기판을 1분 동안 UV-ozone 표면 처리 하였다. UV-ozone 표면 처리는 ITO 표면에 잔존해 있는 불순물을 제거하여 OLED의 특성을 향상 시킨다[6].

본 실험에서는 정공의 주입과 수송을 쉽게 하기 위하여, 정공주입층으로 PEDOT:PSS, 정공수송층으로 NPB를 이용하였으며, 발광층으로는 Alq₃를 이용하였다. 소자구조는 ITO/PEDOT:PSS/NPB (40 nm)/Alq₃ (60 nm)/LiF (0.5 nm)/Al (100 nm) 로 구성하였다. 정공주입층으로 사용된 PEDOT:PSS의 두께에 따른 소자의 특성을 알아보기 위하여, PEDOT:PSS의 spin coating 속도를 변화시켜 실험을 진행하였다. 유기물과 금속은 5×10⁻⁶ torr의 진공도에서 1.0 Å/s, 10 Å/s의 증착율로 각각 증착하였다. 그림 1은 각 물질의 분자 구조를 나타내었다. 표 1에 실험에 사용된 소자의 구조를 나타

〈표 1〉 소자구조

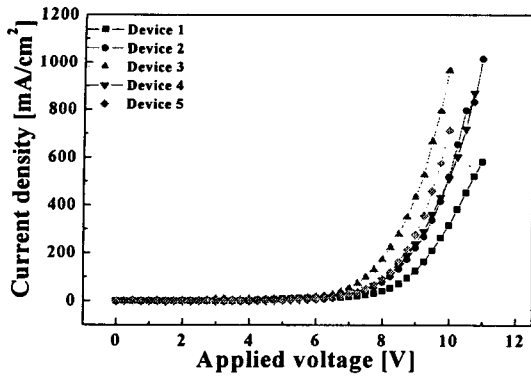
Device	소자구조
Device 1	ITO/NPB(40 nm)/Alq ₃ (60 nm)/LiF/Al
Device 2	ITO/PEDOT:PSS(3000 rpm)/NPB(40 nm)/Alq ₃ (60 nm)/LiF/Al
Device 3	ITO/PEDOT:PSS(4000 rpm)/NPB(40 nm)/Alq ₃ (60 nm)/LiF/Al
Device 4	ITO/PEDOT:PSS(5000 rpm)/NPB(40 nm)/Alq ₃ (60 nm)/LiF/Al
Device 5	ITO/PEDOT:PSS(6000 rpm)/NPB(40 nm)/Alq ₃ (60 nm)/LiF/Al



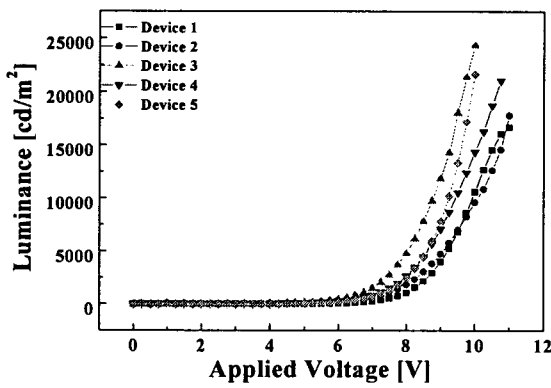
〈그림 2〉 Energy level diagram

2.2 결과 및 고찰

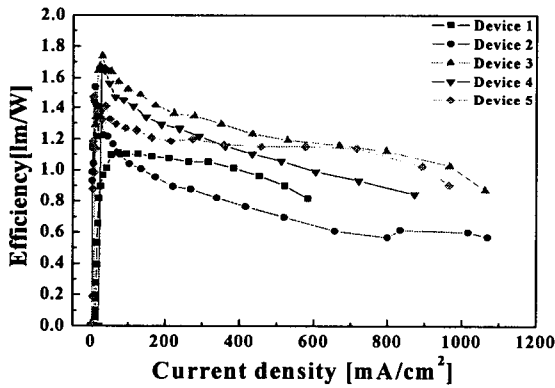
그림 3은 PEDOT:PSS의 spin coating 속도에 따른 (a) 전압-전류밀도, (b) 전압-휘도 (c) 전류밀도-효율 특성이다. 표 2는 각 소자의 구동전압 및 효율을 나타내었다. 그림 3-(a)에서 모든 소자가 전형적인 비선형 곡선을 보여 주고 있으며, PEDOT:PSS를 정공주입층으로 사용함으로써 같은 전압에서 전류밀도가 증가하는 경향이 나타났다. 그림 3-(a)에서 전류밀도 100 mA/cm²에서 정공수송층이 없는 소자(device 1)의 구동 전압은 8.7 V인데 반해, PEDOT:PSS를 3000 rpm(device 2), 4000 rpm(device 3), 5000 rpm(device 4), 6000 rpm(device 5)으로 spin coating한 소자는 각각 8.1 V, 7.4 V, 8.2 V, 8.2 V로 구동 전압이 낮아졌다.



(a)



(b)



(c)

〈그림 3〉 (a) 전압-전류밀도, (b) 전압-휘도, (c) 전류밀도-효율 특성

〈표 2〉 각 소자의 구동전압 및 효율

Device	구동전압 (at 100 mA/cm ²)	효율 (at 200 mA/cm ²)
Device 1	8.7 V	1.07 lm/W
Device 2	8.1 V	0.91 lm/W
Device 3	7.4 V	1.38 lm/W
Device 4	8.2 V	1.28 lm/W
Device 5	8.2 V	1.19 lm/W

그리고, 최대휘도는 device 2, 3 4, 5, 각각 18180 cd/m², 24334 cd/m², 21051 cd/m², 21601 cd/m²으로 정공주입층으로 PEDOT:PSS를 사용하지 않은 소자 (device 1)의 16701 cd/m² 보다 증가함을 확인 할 수 있었다. 또한, 그림 3-(c)에서, 전류밀도 200 mA/cm²에서 효율은 device 2, 3 4, 5, 각각 0.91 lm/W, 1.38 lm/W, 1.28 lm/W, 1.19 lm/W로 PEDOT:PSS를 사용하지 않은 소자(device 1)보다 증가하였다. 특히, 4000 rpm으로 스펀코팅 한 소자 (device 3)의 구동전압이 가장 낮았으며, 최대 휘도 및 효율이 가장 증가하였다. 이는 정공주입층을 사용하지 않은 소자(device 1)에 비해 1.1 V의 구동전압의 감소와 약 1.5배의 최대휘도와 효율의 향상을 가져왔다. 이러한 결과는 그림 2의 energy level diagram에서 보면, 양전극인 ITO의 일함수는 4.8 eV, 정공수송층인 NPB의 HOMO 값은 5.5 eV로 에너지 차이가 0.7 eV 이다. 반면, PEDOT:PSS의 HOMO 값은 5.2 eV로 에너지 차가 0.4 eV 이므로, PEDOT:PSS를 사용한 소자가 사용하지 않은 소자보다 전극에서 유기물로의 정공주입시 에너지 장벽이 낮아져서 더 많은 양의 정공이 주입되어 발광층에서 전자와 정공이 균형적으로 재결합하여 소자의 특성이 향상 되었다.

3. 결 론

본 연구에서는 정공주입층으로 PEDOT:PSS를 사용하였으며, 소자구조는 ITO/PEDOT/NPB/Alq₃/LiF/Al의 구조로 구성하였다. 실험 결과 PEDOT:PSS를 이용한 소자가 사용하지 않은 소자보다 구동전압이 감소하였으며, 최대 휘도가 증가함을 확인 할 수 있었다. 특히, PEDOT:PSS를 4000 rpm으로 spin coating 한 소자(device 3)는 정공주입층을 사용하지 않은 소자보다 구동전압이 1.1 V 감소하였으며, 최대 휘도와 효율이 약 1.5배 증가함을 확인 할 수 있었다. 이것은 양전극인 ITO의 일함수와 유기물의 HOMO 값으로 설명되어질 수 있다. 즉, 양전극인 ITO에서 정공 주입시 PEDOT:PSS를 사용한 소자의 에너지 장벽은 0.4 eV, 사용하지 않은 소자는 0.7 eV 이다. 따라서, PEDOT:PSS 사용한 소자의 에너지 장벽이 더 낮아 정공이 주입이 더 원활하여, 발광층에서 전자와 재결합할 수 있는 더 많은 양의 정공의 주입되어 소자의 특성이 향상 되었다.

감사의글

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2006-000-11120-0) 지원으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] R. F. Service, "Organic light emitters gain longevity", Science, Vol. 273, p. 878, 1996.
- [2] K. S. Yang, H. K. Shin, C. Kim and Y. S. Kwon, "Synthesis and Luminescent Properties of Alq₃ Complex". Synthetic Metals, Vol.152, p. 245, 2005.
- [3] 양기성, 김병상, 김두석, 신훈규, 권영수, "ITO 기판의 산소 플라즈마처리에 의한 OLED의 전기적·광학적 특성에 관한 연구", 대한전기학회논문지, Vol. 54C, p. 8, 2005
- [4] S. Jung, N. G. Park, M. Y. Kwak, B. O. Kim, K. H. Choi, Y. J. Cho, Y. K. Kim, Y. S. Kim, "Surface treatment effects of indium-tin-oxide in organic light-emitting diodes", Optical Materials, Vol. 21, p. 235-241, 2002.
- [5] David Vaufrey, Mohamed Ben Khalifa, Marie-Paule Besland, Jacques Tardy, Cosmin Sandu, Marie-Genevieve Blanchin, Jean-Alain Roger, "Electrical and optical characteristics of indium tin oxide thin films deposited by cathodic sputtering for top emitting organic electroluminescent devices", Materials Science and Engineering C Vol. 21, P. 265, 2002.
- [6] 김두석, 장윤기, 권영수, "ITO 표면 처리와 음전극 변화에 따른 OLED의 특성 연구", 한국전기전자재료학회논문지, Vol. 18, p. 1143, 2005.