2007년도 한국표면공학회 추계학술대회 논문집

ITO 표면 전처리에 따른 PLED 소자의 특성 연구
The Properties of PLED by Pre-treatment (Plasma and heat treatment) on ITO surface

공수철[1], 신상배[1], 신익섭[1], 유병철[1], 이학민[1*], 전형탁[2], 박형호[3], 장호정[1,*]
(1) 단국대학교, 전자・컴퓨터공학과
(2) 한양대학교, 신소재공학과
(3) 연세대학교, 세라믹공학과

초 록: 본 연구에서는 ITO/PEDOT:PSS/PFO-poss/LiF/Al 구조를 갖는 고분자 유기발광다이오드(PLED)를 제작하여 ITO 투명 전도막의 전처리 효과가 유기발광 다이오드의 특성에 미치는 영향에 대하여 조사하였다. 최적의 전처리 조건을 찾기 위하여 다양한 플라즈마 처리 조건에 다른 ITO 투명전도막의 표면형상의 변화와 전기적 특성을 관찰하였다. 또한 ITO 투명전도막에 플라즈마 처리와 열처리를 실시하여 PLED 소자를 제작하고 전기・광학적 특성을 조사하여 ITO 투명 전도막의 전처리가 소자의 특성에 미치는 영향을 조사하였다.

1. 서 론

유기발광다이오드(OLED)는 양극과 음극 사이에 다층의 유기물을 적층하여 전계를 가함으로써 전자와 정공의 재결합을 통하여 빛을 내는 자발광형 소자이다.[1,2] 이러한 원리를 이용한 유기발광다이오드에서 전자와 정공을 발생시키는 양극(anode)과 음극(cathode)의 특성 향상은 유기발광다이오드 소자의 성능을 결정하는 중요한 요소이다. 특 근래에는 디스플레이 소자의 양극으로 주로 사용되는 ITO(indium thin oxide)의 전처리를 통한 소자의 성능 향상을 위한 시도가 많이 이루어지고 있다. 현재 ITO 투명전도막의 전처리 공정으로 가장 많이 사용되는 것은 Ar, O_2, N_2 등의 gas를 이용한 플라즈마(plasma) 처리와 UV-ozone 처리를 이용한 방식이다.[3,4] 이러한 처리를 통하여 ITO 투명전도막의 전기적 특성을 향상시키고 ITO 위에 증착되는 유기물과의 접합력(adhesion)을 증대시킴으로써 제작된 소자의 전기・광학적 특성을 향상시킨다.

본 연구에서는 ITO 투명전도막과 유기물간의 접합력과 전기적 특성의 향상을 위하여 다양한 플라즈마 처리조건에 따른 ITO 투명전도막의 표면형상과 전기적 특성의 변화를 관찰하였다. 또한 플라즈마 처리와 동시에 ITO 투명전도막에 열처리를 실시하여 ITO/PEDOT:PSS/PFO-poss/LiF/Al 구조의 고분자 유기발광다이오드를 제작한 후 ITO 투명전도막의 전처리(plasma and heat treatment)가 소자의 특성에 미치는 영향에 대하여 조사하였다.

2. 본 론

2.1 실험 방법

3cm×3cm 크기의 ITO/glass 기판을 아세톤(acetone), 메탄올(methanol), D. I. water, 이소프로필 알코올(isoprop l alochol) 용액을 이용하여 초음파 세정기로 40℃에서 10분간 세정을 실시하였다. 세정된 ITO/glass 기판을 photolithography 공정을 이용하여 2mm 폭으로 패터닝을 실시한후 미세 불순물과 이온등을 제거하기 위하여 SC-1(H_2O_2:NH_4OH:D.I. water = 1:1:5) 방법으로 80℃에서 30분간 세정을 실시하였다.

양극으로 사용된 ITO 투명전도막은 약 1500Å의 두께를 갖으며 면저항은 약 8Ω/□, 광투과도는 90% 이상이다. 정공주입층과 발광층으로는 PEDOT:PSS와[5,6] PFO:poss 고분자 물질을 스핀코팅법(spin-coating)을 이용하여 유기 박막을 증착하였으며 전자주입층과 음극으로는 LiF와 Al을 열증착(thermal eyaporation)법을 이용하여 박막을 증착하였다. ITO 투명전도막의 표면형상은 AFM(atomic force microscope)를 이용하여 관찰하였으며 ITO 투명전도막과 PLED 소자의 전기적 특성은 HP4145B 반도체 측정 장치를 이용하여 측정하였고 PLED 소자의 광학적 특성은 CS-1000 분광 반사 휘도계를 이용하여 측정하였다.

2.2 ITO 투명전도막의 전처리 조건

본 연구에서 ITO 투명전도막의 최적화 전처리 조건을 찾기 위하여 아래 표 1과 같은 조건으로 ITO 투명전도막에 O_2 플라즈마 처리를 실시하였다. 표 1에 나타낸 것처럼 최적의 플라즈마 조건을 찾기 위하여 O_2 pressure와 플라즈마 처리시간은 각각 40 mtorr와 30 second로 동일하게 하였으며 RF power의 변화에 따른 ITO 투명전도막의 표면특성의 변화와 전기적 특성의 변화를 관찰하였다.

Table 1.Conditions of plasma treatment

Sample Number	0_2 pressure(mtorr)	RF power(W)	Time(sec)
#1	40	40	30
#2	40	80	30
#3	40	100	30
#4	40	200	30

플라즈마 처리 조건에 따라 RF power가 증가할수록 면저항(sheet resistance)은 #1: 7.70 ~ #4: 7.95 Ω/□로 증가하였다. 그러나 표면 거칠기는 RF power가 80 W로 증가할 때까지 약 4.5 nm로 유지되다가 RF power가 100 W에서 약 3.6 nm로 표면거칠기는 크게 개선이 되었다. 이 결과로부터 본 연구에서 플라즈마 처리의 최적의 조건은 #3(100 watt for 30 sec in RF plasma under 40 mTorr O_2 pressure)임을 알 수 있다.

이 결과를 바탕으로 플라즈마 표면처리(100 watt for 30 sec in RF plasma under 40 mTorr O_2 pressure)와 열처리(180℃ in vacuum oven for 2 hours)가 PLED 소자에 미치는 영향을 알아보기 위하여 플라즈마와 열처리에 따른 소자의 특성변화를 관찰하였다.

아래 표 2는 PLED 소자에 적용된 전처리 조건표이다.

Table 2. Conditions of plasma & heat treatment for ITO/Glass substrate

Sample Number	Plasma Treatment	Heat Treatment
#1	○	·
#2	·	○
#3	○	○
#4	·	·

각 전처리에 따른 PLED 소자의 특성 변화를 관찰하기 위하여 전처리를 하지 않은 소자(#4)와 플라즈마(#1)와 열처리(#2)만 한 소자와 두 가지 모두 처리한 소자(#3)를 제작하여 각각의 전기・광학적 특성을 비교하여 전처리 효과에 대하여 비교하였다.

2.3 ITO 투명전도막의 전처리 공정에 따른 소자의 특성

그림 1은 ITO 투명전도막의 전처리 공정에 따른 표면 거칠기의 변화이다. 표면거칠기는 플라즈마와 열처리를 모두 처리한 소자에서 가장 좋게 나타났다.

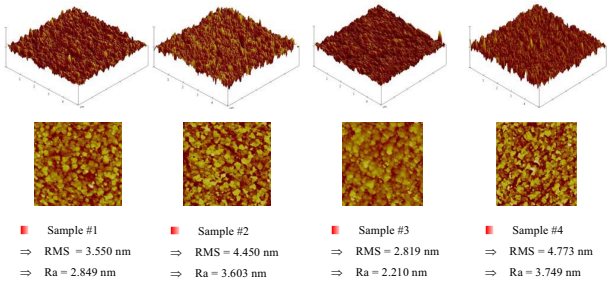

Fig. 1 The Surface Morpholog of ITO substrate b pre-treatment (plasma and heat)

그림 2는 전처리 공정 후 제작된 PLED 소자의 단면도이다.

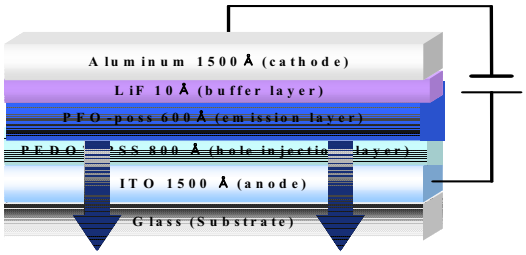

Fig. 2 The Structure of PLED

각각의 처리 조건에 따라 PLED 소자를 제작하고 전기·광학적 특성을 비교하여 ITO 투명전도막의 전처리 조건이 소자의 특성에 미치는 영향을 조사하였다.

그림 3은 전처리 조건에 따라 제작된 PLED 소자의 전류-전압 특성을 보여준다.

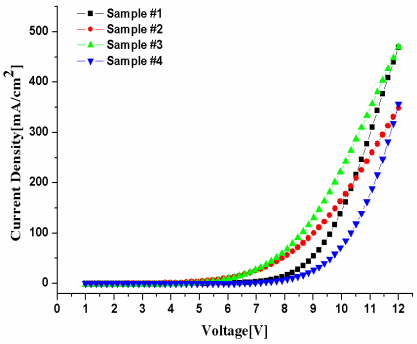

Fig. 3 Current Densit yerse Voltage Characteristics of PLED b Pre-treatment conditions

제작된 소자의 전류-전압 특성은 모든 전처리 공정을 한 소자에서 전처리를 하지 않은 소자에 비하여 전류-전압 특성은 향상되었으며 플라즈마와 열처리(#3)를 한 소자에서 전류-전압 특성은 다른 소자에 비하여 개선되는 경향을 보였다. #3의 경우 문턱전압은 6V, 최대전류밀도는 468 mA/cm^2 (at 12V)으로 측정되었다.

그림 4는 전처리 조건에 따라 제작된 PLED 소자의 휘도-전압 특성을 보여준다. 제작된 소자의 휘도-전압 특성은 그림 3의 전류-전압 특성과 동일하게 전처리를 한 소자는 전처리

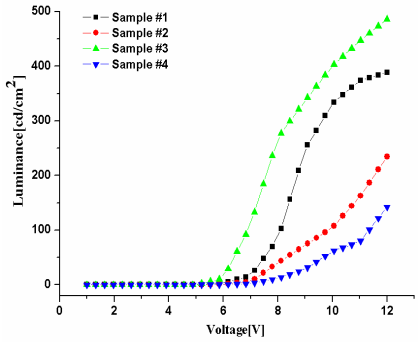

Fig. 4 Luminance yerse Voltage Characteristics of PLED b Pre-treatment conditions

를 하지 않은 소자에 비하여 휘도 특성이 크게 개선되었으며 플라즈마와 열처리(#3)를 모두 한 소자에서 특성이 가장 우수하게 측정되었다. #3의 경우 발광개시전압은 6V로 가장 낮게 나타났으며 휘도 역시 486 cd/m^2 (at 12V)으로 가장 높게 측정되었다.

3. 결 론

본 연구에서는 ITO 투명전도막의 전처리 효과가 PLED 소자에 미치는 영향에 대하여 조사하였다. 최적의 플라즈마 표면 처리 조건은 40 mTorr O_2 pressure, 100W RF power, 30 sec에서 가장 좋은 특성을 나타내었다. 플라즈마와 열처리를 병행하여 소자에 적용하였을 경우 전처리를 하지 않은 소자에 비하여 전처리를 한 소자에서 PLED 소자의 전기·광학적 특성은 향상됨을 보였으며, 특히 ITO 투명전도막에 플라즈마와 열처리를 모두 병행한 경우 전기·광학적 특성은 다른 소자에 비하여 크게 향상됨을 보였다. 이는 ITO 투명전도막의 전처리를 통하여 PLED 소자의 성능을 향상시킬 수 있음을 보여준다.

감 사 의 글

이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구이며 이에 감사드립니다. (KRF-2007-000-0000-5719)

참 고 문 헌

[1] B. D Chin, "Technology of OLED interface", Information display, Vol 7, 1, pp 14-29(2006).
[2] G. E. Jabbour, B. Kippelen, N. R. Armstrong, N. Peyghambarian "Aluminum based cathode structure for enhanced electron injection in electroluminescent organic devices", Appl. Phys. Lett., vol 73, no 9, pp1185-1187, (1998).
[3] I. M. Chan, F. C. N. Hong,"Plasma treatments of indium tin oxide anodes in carbon tetrafluorinde(CF4)/oxygen(O2) to improve the performance of organic light-emitting diodes", Thin solid film, vol 444, pp 254-259, (2003).
[4] W. Song, S. K. So, D. Wang, Y. Qiu, L. Cio,"Angle dependent X-ray photoemission study on UV-ozone treatments of indium tin oxide", Appl. Surface Science 177, pp158-164,(2001).
[5] M. B. Khalifa, D. Vaufrey, A. Bouazizi, J. Tardy, H. Maaref, "Hole injection and transport in ITO/PEDOT/PVK/Al", Mat. Sci. and Eng., C 21, pp 277-282, (2002).
[6] K. Book, H. Bassler, A. Elschner, S. Kirchmeyer, "Hole injection from an ITO/PEDT anode into the hole transporting layer of an OLED probed by bias induced absorption", Organic Electronics, 4, pp 227-232,(2003).