저압 산소 플라즈마 처리된 ITO박막을 이용한 유기 EL 소자의 성능 향상에 관한 임피던스 분석

김현민, 박형준, 이준신, 오세명*, 정동근*
성균관대학교 전자전기공학과, *성균관대학교 물리학과

Impedance spectroscopy analysis of organic light emitting diodes with the O_2 anode plasma treatment

Hyunmin Kim, Hyungjune Park, Junsin Lee, Semyoung Oh*, Donggeun Jung*
School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan Univ. *Dept. of physics, Sungkyunkwan Univ.

Abstract : In this work, impedance Spectroscopic analysis was applied to study the effect of plasma treatment on the surface of indum-tin oxide (ITO) anodes using O_2 gas and to model the equivalent circuit for organic light emitting diodes (OLEDs) with the O_2 plasma treatment of ITO surface at the anodes. This device with ITO/TPD/Alq3/LiF/Al structure can be modeled as a simple combination of a resistor and a capacitor. The O_2 plasma treatment on the surface of ITO shifts the vacuum level of the ITO as a result of which the barrier height for hole injection at the ITO/organic interface is reduced. The impedance spectroscopy measurement of the devices with the O_2 plasma treatment on the surface of ITO anodes shows change of values in parallel resistance (R_P) and parallel capacitance (C_P).

Key Words : Impedance, O_2 plasma treatment, OLED, barrier height

1. 서 론

정보화 시대에서 정보를 영상으로 표시하는 디스플레이 기술이 더욱 중요해지고 있다. 특히, 휴대전화, 노트북, PDA 등 각종 휴대용 정보기기의 출현은 더욱 가볍고 얇으며 전력 소모가 적고 고화질의 동영상을 표현할 수 있는 평판 디스플레이의 필요성이 커지고 있다. 최근 차세대 디스플레이로 인식되어지는 OLED 소자는 양극 전극으로 In_2O_3-SnO_2 (ITO) 박막을 사용한다. ITO 박막은 가시광선 영역에서 투과율과 전기전도도가 매우 우수하고 공정과정의 편이성 때문에 현재 다양한 평판 디스플레이 소자 분야에서 투명 전극으로 사용되고 있는 중요한 물질이다[1]. ITO 전극에서 OLED 소자의 발광층 또는 정공수송층에 정공을 주입할 때 전극 재료의 일함수(work function)와 발광층 및 전하 수송층의 일함수가 거의 동일한 수준에 있을 필요가 있으며 전극과 유기물 사이의 에너지 장벽(barrier height)이 가능한 작은 것이 바람직하다. 이 에너지 장벽을 줄이기 위해서 계면층의 삽입, 건식과 습식을 이용한 다양한 전극 표면 처리를 통하여 양극 재료의 일함수와 정공수송층이 갖는 이온화 포텐셜의 차를 줄일 필요가 있다. 이와 같이 다양한 방법을 통하여 제작된 높은 일함수를 갖는 ITO 박막은 OLED 소자의 발광 효율 개선에 매우 중요한 요소이다[2-4].

본 연구에서는 ITO 박막의 일함수를 높이기 위하여 저압 산소분위기에서 RF-전력을 통하여 형성된 플라즈마에서 ITO 박막 표면 처리를 하였다. 표면처리 후 제작된 OLED 소자의 효율 향상을 DC 바이어스와 AC 바이어스에서 확인하고 간단한 모델링을 하기 위해서 임피던스 분석법을 사용하였다[5].

2. 실 험

본 실험에서 사용한 기판은 ITO가 코팅된 유리 기판을 사용하였다. 질산과 염산을 3:1 의 비율로 섞은 왕수의 증기로서 ITO를 에칭시켰다. 패터닝 된 ITO를 트리클로로에틸렌(trichloroethylene), 아세톤(acetone), 메탄올(methanol)에 각각 10분씩 초음파 세척을 하고 탈이온화수(deionized water)로 세척을 한 후 N_2 gas 를 이용하여 건조시켰다. 세척 후, ITO 기판을 ICP reactor 로 이동시키고 초기 압력을 0.03torr 로 진공시킨 후 O_2 gas를 3sccm 으로 주입시켜 0.18torr 로 진공상태를 유지시킨다. 이 상태에서 교류 전원을 인가시켜 플라즈마를 형성시켰다. 플라즈마 파워는 10W 로 약 30초 동안 처리하였다.

ITO 표면 처리 후 OLED 소자 제작은 열 증기 증착 장비를 사용하여 약 3×10^{-6} torr 의 압력 상태에서 TPD, Alq_3, LiF, Al를 순차적으로 증착하였다. 제작된 소자의 구조는 그림 1과 같다.

OLED 소자의 I-V, L-V, C-F, G-F, Z 전기적 특성은 Keithley 2400 SMU electrometer, Keithley 485 picoameter, Oriel 71608 Silicon photodiode 와 LF 4192A impedance analyzer 를 통하여 측정하였다.

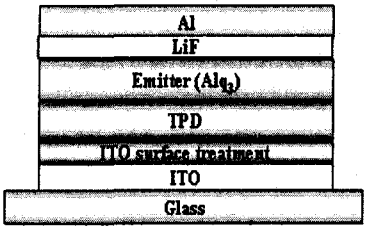

그림 1. 제작된 OLED 소자의 구조.

3. 결과 및 검토

그림 2는 주파수 특성에 따른 전기용량의 변화를 나타낸 그래프이다. ITO 박막의 O_2 플라즈마 처리 후 전기 용량의 변화는 일함수 증가에 따른 홀 주입의 증가에 따라 전기 용량이 크게 증가하였다.

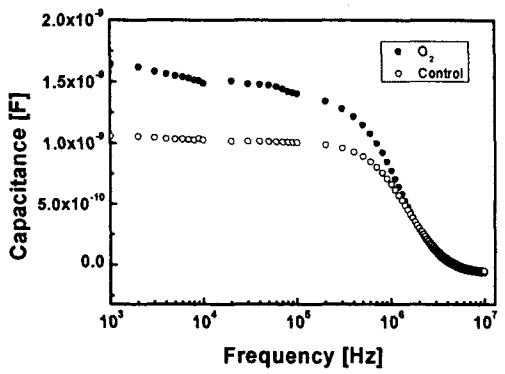

그림 2. 전기용량-주파수(C-F) 그래프.

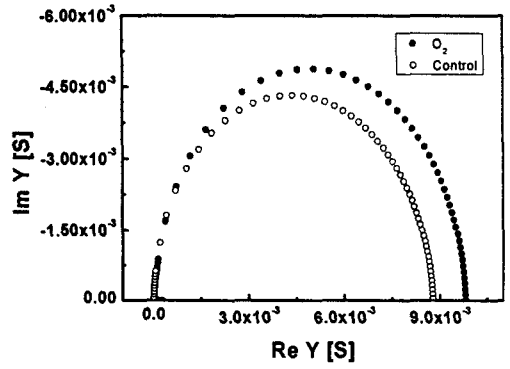

그림 3. Cole-cole 그래프.

그림 3은 임피던스 값을 이용하여 그린 Cole-cole 그래프이다. 그래프를 통하여 유기 El 소자의 내부 병렬 저항 값과 내부 병렬 전기용량 값을 얻어낼 수 있다. 아래의 표 1에 ITO 박막의 O_2 플라즈마 처리 전 후의 값을 비교한 결과를 정리하였다.

표 1. ITO 박막의 O_2 플라즈마 처리 전 후의 값을 비교.

	O_2 플라즈마처리 전	O_2 플라즈마처리 후
R_P (MΩ)	1.8	1.1
C_P (nF)	1.1	1.6

4. 결 론

본 연구에서 임피던스 분석법을 통하여 ITO 박막 표면을 산소 분위기에서 플라즈마 처리한 소자의 효율 향상을 확인하였다. 유기 EL 소자는 내부 병렬 저항과 내부 병렬 전기용량으로 간단히 나타낼 수 있는데 전기 용량과 임피던스의 주파수 특성을 통하여 전기 용량 증가와 내부 저항의 감소를 확인할 수 있었다. 이는 ITO 표면 처리에 따른 일함수의 증가가 홀 주입을 증가시켜 내부 전기 용량의 증가와 내부 저항의 감소에 기여함을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

[1] D. B. Fraser and H. D. Cook, J. Electrochem Soc. 119, p. 1368, 1972.

[2] C. C. Wu, C. I. Wu, J. C. Sturm, and A. Kahn, Appl. Phys. Lett. 70 p. 1348, 1997.

[3] Huei-Tzong Lu, Meiso Yokoyama, J. Cry. Gro. 260 p. 186, 2004.

[4] I-Min Chan, Franklin Chau-Nan Hong, Thin Solid Films. 444 p. 254, 2003.

[5] Y. S. Lee, J. H. Park, J. S. Choi, J. I. Han, Jpn. J. Appl. Phys. 42 p. 2717, 2003.