

산소 플라즈마 표면 처리에 의한 OLED 소자의 발광특성

임재성<sup>1)</sup>, 임경범<sup>2)</sup>, 김용운<sup>3)</sup>, 황명환<sup>4)</sup>, 강대하<sup>5)</sup>, 김형권<sup>6)</sup>, 신백균<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>인하대학교, <sup>2)</sup>한국소방안전협회, <sup>3)</sup>세경대학, <sup>4)</sup>인천대학교, <sup>5)</sup>부경대학교, <sup>6)</sup>한국소방검정공사

Luminescence Properties of the OLED with Oxygen Plasma Treated ITO

J.S. LIM<sup>1)</sup>, K.B. LIM<sup>2)</sup>, Y.W. Kim<sup>3)</sup>, M.H. Hwang<sup>4)</sup>, D.H. Kang<sup>5)</sup>, H.G. Kim<sup>6)</sup>, P.K. Shin<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>INHA Univ., <sup>2)</sup>KOFEIC, <sup>3)</sup>Saekyung Coll., <sup>4)</sup>Incheon Univ., <sup>5)</sup>Pukyong Univ., <sup>6)</sup>KFSA

**Abstract** - In this research, We investigated the effect of O<sub>2</sub>/O<sub>3</sub> plasma treatment of indium-tin oxide (ITO) surface on the performance of organic light emitting devices (OLEDs). The OLED had a structure of ITO/N,N'-diphenyl-N,N'-(3-methylphenyl)-1, 1'-biphenyl-4-4'-diamine (TPD)/Tris(8-hydroxyquinolato)Aluminum (Alq<sub>3</sub>)/Al.

The ITO surface was treated by O<sub>2</sub>/O<sub>3</sub> plasma with different RF power, chamber pressure and exposure time. As a result, the emission efficiency of the OLEDs could be improved obviously.

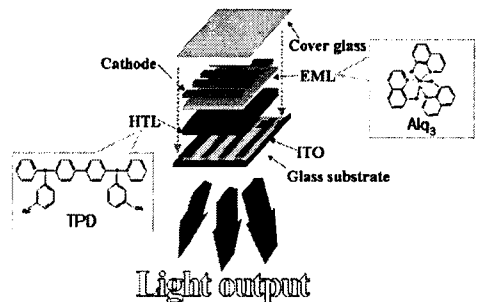


그림1 OLED 소자의 구조 및 재료

1. 서 론

새로운 평판 디스플레이 중의 하나가 OLED 디스플레이로서 저 전압구동, 자기발광, 경량박형, 광시야각, 그리고 빠른 응답속도 등의 장점 때문에 최근에 그 실용화에 박차를 가하고 있다. 이러한 OLED가 가장 주목받는 디스플레이라는 것에 의심할 여지가 없음을 알 수 있다. 그러나 아직까지 고효율, 긴 수명을 가지는 발광재료, 전하수송 재료, 그리고 정공 주입 재료의 개발, 유기박막 성막 방법의 개선, 봉지방법의 기술개발, 구동회로의 개발 등 개선해야 할 과제가 많이 남아있다.

이러한 유기 발광 소자에 대한 연구는 주로 소자의 효율 (efficiency) 및 수명(lifetime)의 향상에 집중되어지고 있다. 유기 발광물질과 전극사이의 계면 상에서의 전하 주입 특성이 발광소자의 양자효율 및 구동전압에 가장 큰 영향을 줄 뿐만 아니라 수명에도 중요한 역할을 한다는 것이 알려져 있다.[1] 따라서 이러한 계면 특성을 향상시키기 위해서 전극을 플라즈마 표면 처리 함으로써 소자의 성능을 향상시키는 연구가 많이 진행되어져 왔다. 산소 플라즈마를 이용해 표면처리를 한 경우 산소원자의 증가, 4가 주석 이온농도의 감소, 오염된 탄소원자의 감소 등의 결과와 정공의 일정한 단면을 통한 원활한 주입 등의 연구 결과가 보고되고 있다. 이러한 결과를 이용하여 ITO표면에서 일함수 제어와 표면 거칠기에 많은 영향을 미친다는 연구결과가 나오고 있다.

ITO 표면처리는 일함수와 표면 거칠기의 제어를 위해서 수행하였고, 큰 일함수를 가지는 ITO는 원활한 정공 주입을 위한 에너지 장벽을 낮추는 결과를 가져오게 되고, ITO의 낮은 표면 거칠기는 정공의 일정한 단면을 통한 주입을 유도하게 된다.[2,3] 또한, 표면에너지 및 면저항도 계면 특성에 중요한 요소가 된다. 또한, 문헌에 따르면 오존으로 만든 플라즈마에서는 상당한 양의 O가 관측되었다고 한다.[4]

본 연구에서는 ITO 전극을 O<sub>2</sub>/O<sub>3</sub> 플라즈마 표면처리 함으로써 OLED 소자의 전기-광학적 특성에 관한 연구를 수행하였다.

2. 실 험

2.1 소자의 제작

120mm의 면 저항을 가진 ITO(유리기판)를 2.0mm의 간격으로 wet etching하여 줄 패턴하였다. 패턴된 ITO 표면을 acetone, ethanol, decorex, DI water 순서로 각각 10분씩 초음파 세척하였고, 세척한 ITO 기판은 진공 오븐으로 이동하였다. 실험에 사용된 장치는 기본적으로 플라즈마 증합과 플라즈마 표면처리를 고려하여 제작되었다. 장비의 전체적인 개념도와 실제 제작된 모양을 그림 1에 나타내었다. 플라즈마를 일으키기 위한 전원으로는 13.56[MHz]의 RF 플라즈마 발생기(RF Plasma Generator(AUTO ELEC. ST-500, 600[W]))를 사용하였고, 임피던스 매칭을 위해서 매칭 박스(Matching Box(Load Coupler LC-1000))를 설치하였으며, 방전부에 공급되는 전력을 측정하기 위해서 RF 방전전력계(RF Power Meter(Collins 30K-3))를 연결하였다. 진공의 검출은 진공계이지(Pirani Gauge(Model PG-1S 23593 Okano, 10<sup>-10</sup>[torr]))를 사용하였다. 그리고 요구되는 진공도를 확보하기 위해서 액체질소를 사용하는 콜드트랩(Cold Trap)을 설치하였다.

가스의 유입은 방전관 내부로 가스가 유입될수 있도록 두 개의 가스 공급원을 각각 설치하였으며, 유량조절장치(Mass Flow Controller, FC-280, Tylan)를 사용하여 O<sub>2</sub>/O<sub>3</sub> 가스의 유량을 조절하여 방전관으로 유입되도록 하였다. 이 플라즈마 증합장치를 이용하여 ITO기판의 표면 처리에 사용하였다.

후속 공정으로 정공 수송층 물질로써 TPD를 사용하였고, 녹색 발광을 하는 발광 물질로써 Alq<sub>3</sub>를 사용하였다(그림1). 상부전극으로는 Al을 사용하여 전자(electron)들이 잘 유입되고 빛 반사의 영향을 고려해서 전기 발광 소자를 제작하였다.

그림2와 그림3은 플라즈마 표면처리 장비의 개략도와

소자의 구조를 보여주고 있다. 본 연구에서는 전공 수송층 물질로서 잘 알려진 TPD와 전자 수송 물질인 동시에 발광 물질인 Alq<sub>3</sub>를 사용하여 1 Å/s의 증착 속도로 각각 50 nm 두께로 증착하였고 알루미늄은 200 nm 두께로 석막 하였다. 발광면적은 2x2 mm의 크기로 하였다.

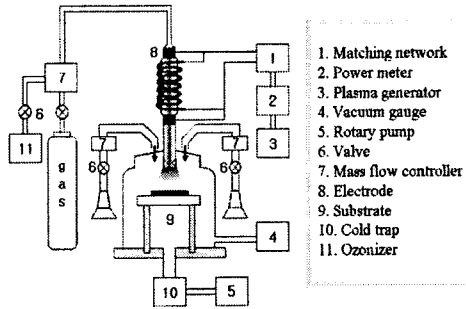


그림2 플라즈마 표면처리 장비의 개략도

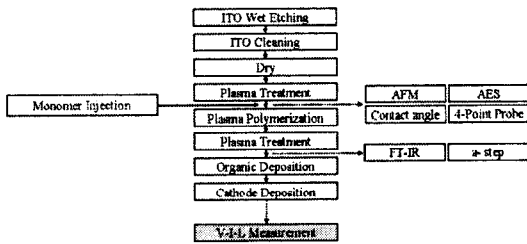


그림3 실험 순서도

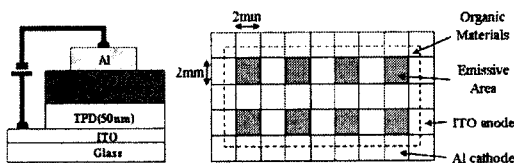


그림4 소자 구조

### 2.1 소자의 제작

전류-전압-휘도는 Source Measurement Unit (SMU : Keithly, Model 2400)와 휘도계(TOPCON, BM-8)를 사용하여 측정하였으며, 측정시스템은 노트북 PC와 LabVIEW 프로그램을 이용하여 RS-232C 인터페이스를 통해 측정 장비의 제어와 전류-전압-휘도를 동시에 측정할 수 있었다.

### 3. 결과 및 고찰

ITO/TPD/Alq<sub>3</sub>/Al 형태의 전기 발광 소자에 대해 ITO 표면의 O<sub>2</sub>/O<sub>3</sub> 플라즈마 처리시간에 따라 소자의 전기적 특성을 그림5, 그림6, 그림7, 그리고 그림8에 나타내었다. 비교를 위하여 ITO 표면을 미처리한 소자의 특성곡선도 같이 나타내었다. 그림5와 6의 전류-전압 특성곡

선에서 알 수 있듯이 O<sub>2</sub>/O<sub>3</sub> 플라즈마로 ITO 표면 처리를 하면 정공 주입이 원활해지고 따라서 구동 전압이 감소하게 된다. 이러한 효과는 O<sub>2</sub> 플라즈마를 10분 처리했을 때와 O<sub>3</sub> 플라즈마를 이용한 표면처리에서는 3분 처리했을 때 현저하게 나타난다. 하지만 20(O<sub>2</sub>), 10(O<sub>3</sub>)분 처리 시간에 오히려 감소하게 되는데 이는 장시간 O<sub>3</sub>/O<sub>2</sub> 플라즈마 조사에 의한 표면의 식각 그리고 열화 때문으로 생각된다. 그림7와 그림8의 휘도-전류밀도 특성곡선의 경우 O<sub>2</sub> 보다는 O<sub>3</sub> 플라즈마를 처리함에 따라 휘도가 증가하게 된다. 따라서 최고 휘도, 효율이 얻어지는 10분(O<sub>2</sub>), 3분(O<sub>3</sub>) 플라즈마로 ITO 표면을 처리한 최적의 시간이라 할 수 있다.

유기 발광소자의 경우 성능에 영향을 미치는 요인들은 대체로 일함수, 계면 안정화, 및 형태구조(morphology) 등으로 알려져 있다. 먼저 O<sub>2</sub> 플라즈마로 ITO 표면을 처리하면 일함수가 처리 전 보다 1.0 [eV]이상 높아져 발광 층으로의 정공 주입이 증가하게 된다[5,6]. 따라서 구동전압이 낮아지고, 결과적으로 소자의 양자 효율이 증가하게 된다. 다음으로 표면 형태 구조의 영향을 생각할 수 있다. 유기 발광 소자에 있어서 이러한 전극이나 유기물의 표면 및 계면의 영향은 매우 중요하다.

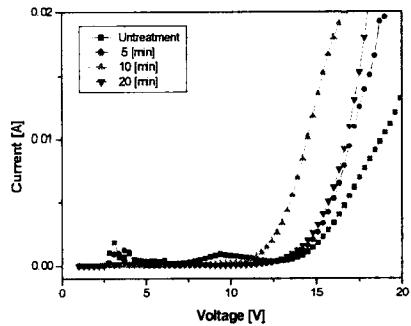


그림5 O<sub>2</sub> 플라즈마 전류-전압 특성 곡선

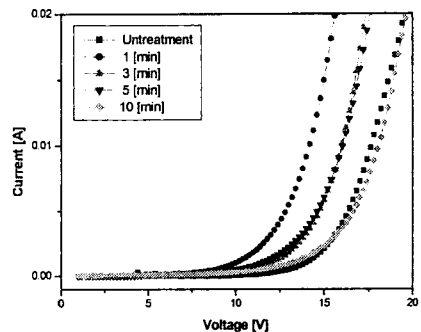


그림6 O<sub>3</sub> 플라즈마 전류-전압 특성 곡선

[3] I. D. Parker, J. Appl. Phys. 75, 1656 (1994)  
 [4] Nquyen, S., T. Nquyen, D. Dobuzinsky, R. Gleason, and M. Gibson, Mat. Res. Soc. Proc., 223:229 (1991)  
 [5] C. C. Wu, C. I. Wu, J. C. Sturm, and A. Kahn, "Surface modification of indium tin oxide by plasma treatment: An effective method to improve the efficiency, brightness, and reliability of organic light emitting device", Appl. Phys. Lett., Vol. 70, pp. 1348-1352, 1997.  
 [6] M. Ishii, T. Mori, H. Fujikawa, S. Tokito, Y. Taga, "Improvement of organic electroluminescence device performance by in situ plasma treatment of indium-tin-oxide surface", Journal of Luminescence, Vol. 87-89, pp. 1165-1167, 2000.

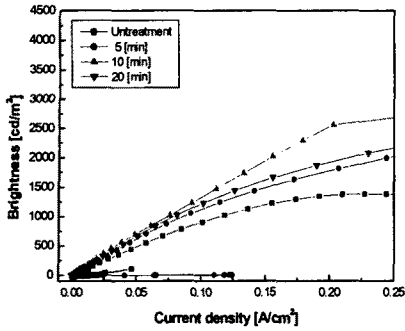


그림7 O<sub>2</sub> 플라즈마 전류밀도-휘도 특성 곡선

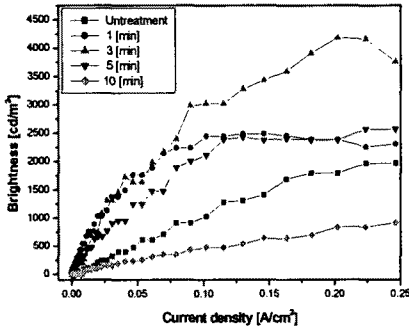


그림8 O<sub>3</sub> 플라즈마 전류밀도-휘도 특성 곡선

#### 4. 결 론

본 연구에서는 초록색 발광 물질인 Alq<sub>3</sub>를 발광층으로 하여 정공 수송 물질 TPD를 사용하고, ITO 전극의 플라즈마 표면처리에 의한 OLED 소자의 특성은 다음과 같다.

기존의 O<sub>2</sub> 플라즈마를 이용한 ITO전극의 표면처리에 비해서 O<sub>3</sub> 플라즈마 표면처리 했을 경우가 플라즈마 방전전압, 처리시간, 전기-광학적 특성 등의 좋은 결과를 얻게 되었다.

이와 같은 결과로부터 향후 후속 연구를 통하여 향상된 소자 특성의 원인을 규명하기 위한 물성적인 측정과 분석이 필요하다 하겠다.

본 논문은 산업자원부에서 시행하는 대학전력연구센터 육성지원 사업에 의해 작성되었습니다.

#### [참 고 문 헌]

[1] James R. Sheats, Homer Antonidis, Mark Heschen, "Organic Electroluminescence Devices", Science, Vol. 273, pp. 884-888, 1996.  
 [2] C. C. Wu, C. I. Wu, J. C. Sturm, and A. Kahn, "Surface Modification of Indium Tin Oxide by Plasma Treatment: An Effective Method to Improve The Efficiency, Brightness, and Reliability of Organic Light Emitting Device", Appl. Phys. Lett., Vol. 70, PP. 1348-1352, 19