

# 투명전도성 산화물 전극에 따른 Green OLED의 특성연구

논 문
58P-4-47

## The Study on Characteristics of Green Organic Light Emitting Device with Transparency Conductive Oxide Electrodes

기 현 철<sup>†</sup> · 김 선 훈\* · 김 회 중\*\* · 김 상 기\*\*\* · 최 용 성<sup>§</sup> · 홍 경 진<sup>§§</sup>

(Hyun-Chul Ki · Seon-Hoon Kim · Hwe-Jong Kim · Sang-Gi Kim · Young-Sung Choi · Kyung-Jin Hong)

**Abstract** - In order to apply for transparent conductive oxide(TCO), we deposited ZnO thin film on the glass at room temperature by RF magnetron sputtering method. Deposition conditions for low resistivity were optimized in our previous studies. Under the deposition condition with the RF power of 800 [W]. Sheet resistance and surface roughness of ITO and ZnO thin film were measured by Hall-effect measurement system and AFM, respectively. The sheet resistance of ITO and ZnO thin film were 7.290 [ $\Omega$ ] and 4.882 [ $\Omega$ ], respectively. and surface roughness were 3.634 [nm] and 0.491 [nm], respectively. Green OLED was fabricated with the structure of TPD(400 [Å])/Alq3(600 [Å])/LiF(5 [Å])/Al(1200 [Å]). Turn-on voltage of green OLED applied ITO was 7 [V] and luminance was 7,371 [cd/m<sup>2</sup>]. And, Turn-on voltage of green OLED applied ZnO was 14 [V] and luminance was 6,332 [cd/m<sup>2</sup>].

**Key Words** : Transparent Conductive Oxide, Green OLED, ZnO Thin Film

### 1. 서 론

투명 전도성 산화물(TCO)은 넓은 밴드갭, 낮은 저항값, 가시광영역에서의 높은 투과율 특성 때문에 태양전지, LCD(Liquid Crystal Display), OLED(Organic Light Emitting Device)에 이용되고 있다[1-2]. 투명 전도성 산화물은 디스플레이 또는 광전자 소자에서 투명전극으로 사용함에 따라 많은 연구가 진행되고 있다. 일반적인 디스플레이에서의 투명 전극으로는 ITO(Indium tin oxide)가 사용되고 있다. 그러나 인듐에 대한 자원의 부족과 그에 따른 비용 상승으로 인하여 ITO를 대신할 새로운 물질을 찾는 연구가 진행되고 있다. 그중에서 산화아연(ZnO)은 비독성, 화학적 안정성, 풍부한 자원, 저렴한 가격으로 인하여 ITO를 대체할 수 있는 물질로 각광을 받고 있다.

이러한 산화아연은 상온에서 에너지 띠 간격이 3.37 [eV]인 직접 천이형 반도체이며 엑시톤 결합에너지가 60 [meV]로 광이득 현상으로 자외선 영역에서의 LED와 LD(Laser Diodes)와 같은 엑시톤을 기저로한 광소자로써 활용이 기대되고 있다.[3-5]

산화아연 박막을 증착하는 방법으로는 화학기상증착

(Chemical vapor deposition:CVD), 전자빔 증착(Electron-beam evaporator), 스퍼터링(Sputtering) 방식이 사용되고 있다. 이러한 기술들 중에서 스퍼터링 방법은 상온에서 높은 증착율과 비독성 가스의 방출, 작업하기 용이하며 안전하다는 장점 및 대면적 기판에 증착이 가능하다는 특징이 있다[6].

본 연구에서는 산화아연 박막을 스퍼터링 방식으로 증착 후 투명전극으로 이용하여 녹색 유기발광소자(Green OLED)를 제작하여 일반적인 ITO로 제작되어진 녹색 유기발광소자와 특성을 비교함으로써 산화아연 박막의 OLED의 투명전극의 적용 가능성을 확인하였다.

### 2. 실 험

#### 2.1 산화아연 박막 제작

본 연구에서는 산화아연 박막은 물리적 증착방법(Physical vapor deposition)중 RF 마크네톤 스퍼터링 법을 이용하여 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 2.5 [Wt%]이 포함된 산화아연 박막 타겟을 이용하여 증착하였다. 증착조건으로, 진공도는 6.8×10<sup>-5</sup> [Pa], 챔버 내의 Ar 분위기로 유지하였으며, 플라즈마 RF 출력은 800 [W]의 조건으로 산화아연 박막을 증착하였다. 이 때의 Ar의 가스압력은 0.033 [Pa], 유리 기판 온도는 200 [°C]를 유지하였고, 박막의 두께는 180 [nm]를 증착하였다.

기판으로 사용된 유기기판의 세척은 EKC 830으로 기판위의 부유물을 제거 후 탈 이온수(D.I water)에서 5분동안 세정하였으며, 160 [°C] 건조시킴으로서 잔류 수분을 제거하였다.

형성된 산화아연 박막의 표면 저항을 Hall-effect system을 이용하여 측정하였고, 일반적인 ITO의 표면저항을 측정하여 비교 분석하였다. 또한 AFM(Atomic Force Microscope)장비를 이용하여 표면의 거칠기를 측정하였다.

<sup>†</sup> 교신저자, 정회원 : 한국과학기술원 광소자팀 선임연구원 · 공박  
E-mail: kihc@kopti.re.kr

\* 비 회 원 : 한국과학기술원 광소자팀 선임연구원

\*\* 비 회 원 : 한국과학기술원 책임연구원 · 이박

\*\*\* 비 회 원 : (주)링크라임아이엔씨 대표이사

<sup>§</sup> 시니어회원 : 동신대학교 공대 전기공학과 교수 · 공박

<sup>§§</sup> 정 회 원 : 광주대학교 교수 · 공박

접수일자 : 2009년 11월 18일

최종완료 : 2009년 11월 19일

2.2 녹색 유기발광소자 제작

본 연구에서는 산화아연 박막을 OLED의 투명전극 적용 가능성을 확인하기 위하여 녹색 유기발광소자를 제작하였다. 녹색 유기발광소자를 제작하기 위하여 기관의 크기는 60×60 [mm]로 제작하였으며, 그림 1은 패턴 식각을 위해 제작된 마스크와 유기발광소자를 제작하기 위한 패턴이다. ITO 패턴 제작은 염산(HCl) : 탈 이온수(D.I)가 1:1로 혼합된 용액에서 20분간 실시하였고, 감광제를 제거하기 위하여 유기물 제거제인 EKC 830으로 5분 동안 Boiling을 실시하였다. 산화아연 박막도 위와 같은 방식으로 공정을 실시하였다.

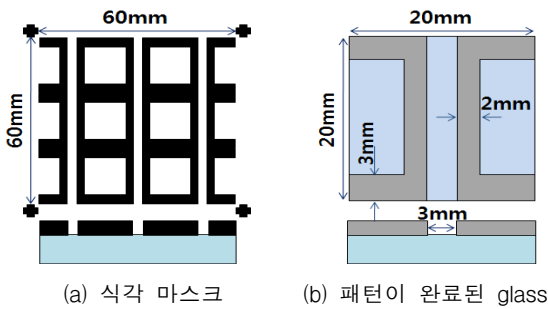


그림 1 식각을 위한 마스크 패턴과 유리 패턴  
Fig. 1 Mask pattern for etching & patterned glass

산화아연 박막과 ITO를 이용하여 TPD(400 [Å])/Alq<sub>3</sub>(600 [Å])/LiF(5 [Å])/Al(1200 [Å])의 구조인 유기발광소자를 제작하였다. 각각의 유기물은 열증착 방법(Thermal evaporator)인 OLED system(JBS International Korea)장비를 이용하여 진공 증착하였으며, 진공도는 3×10<sup>-6</sup> [torr]이고 증착률은 0.8~2 [Å/s]로 증착하였다. 제작되어진 녹색유기발광소자의 전기 및 광학적 특성은 IVL300 system(JBS International Korea)를 이용하였다.

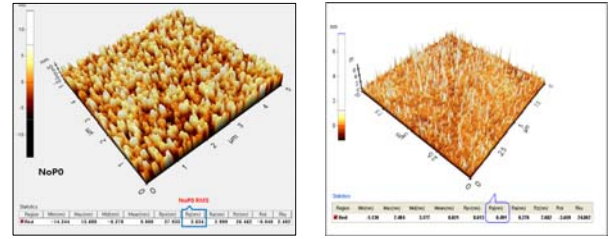
3. 결과 및 고찰

투명전도성 산화물 박막의 정확한 저항을 측정하기 위하여 홀 측정 장치(HL5500, Accent Optical Tech Ltd.)를 사용하여 측정하였다. 표 1은 ITO와 산화아연 박막의 표면저항 값을 나타냈다.

투명전도성 산화물 박막 표면의 rms roughness는 AFM의 이미지에서 계산하여 나타낸 수치로써 그림 2는 ITO와 산화아연 박막의 AFM 이미지 사진이다. ITO와 산화아연 박막의 표면거칠기는 각각 3.634 [nm], 0.491 [nm]였다.

표 1 ITO와 산화아연박막의 표면저항  
Table 1 Sheet resistance of the ITO thin film and ZnO

	Sheet resistance [Ω/sq]
ITO	7.290
ZnO	4.882



(a) ITO roughness (b) ZnO roughness  
그림 2 ITO와 산화아연 박막의 표면 AFM  
Fig. 2 AFM Image of ITO and ZnO surface

ITO는 표면처리를 하지 않기 때문에 표면은 거칠고 불균일할 특성을 나타낸 반면 산화아연박막은 RF 스퍼터링 방식으로 증착되어 표면이 균일하게 증착되어짐을 알 수 있었다.

ITO와 산화아연박막 위에 TPD/Alq<sub>3</sub>/LiF/Al 구조로 제작된 녹색 유기발광소자의 전압-전류, 전압-휘도의 특성을 그림 3과 그림 4에 나타냈다. ITO와 산화아연박막으로 제작되어진 녹색유기발광소자의 초기 동작전압에서는 유사한 동작전압 특성을 나타냈었으나, 12 [V] 이상 전압을 인가하였을 경우 산화아연 박막은 ITO 박막에 비해 전류주입이 선형적으로 증가하였다. 이것은 산화아연 박막의 낮은 표면 거칠기값이 ITO보다 매우 낮기 때문에 저항 특성이 증가하여 전류가 선형적으로 증가되어진다고 생각된다.

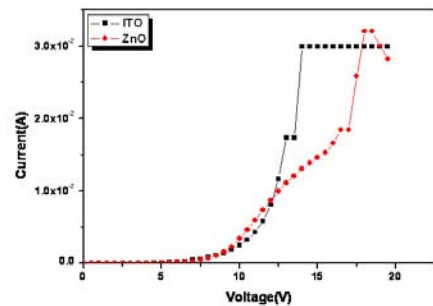


그림 3 ITO와 산화아연박막 녹색 OLED 소자의 전압-전류 특성  
Fig. 3 Voltage-current characteristics of Green OLED with ITO and ZnO

그림 4는 전압-휘도 특성을 나타낸다. ITO와 산화아연박막으로 제작되어진 녹색 유기발광소자의 동작전압은 각각 7 V, 14 V이었다. 산화아연박막으로 제작되어진 녹색유기발광소자의 동작전압이 7 [V] 높은 것을 확인할 수 있었다. 이것은 높은 표면 저항은 페르미 준위가 낮아져 전하밀도가 감소하고 따라서 전자가 빠져나오기 힘들어 일함수 증가하는 것이다. 이러한 일함수 증가는 정공이 넘어야 할 장벽이 낮아지기 때문에 동작전압이 낮아지게 되어진다[7-8]. 산화아연박막은 ITO와 비교했을 때 낮은 표면 저항값 때문에 동작전압이 높아지는 것으로 사료된다. 최대 휘도는 ITO는 인가전압이 13 [V]일 때 7,371 [cd/m<sup>2</sup>]이고, 산화아연박막은 18 V일 때, 6,332 [cd/m<sup>2</sup>]였다.. 이러한 휘도 특성은 높은 동

작전압에 의해 여기자 형성을 위한 전하들의 공급이 어렵다는 것을 판단할 수 있다.

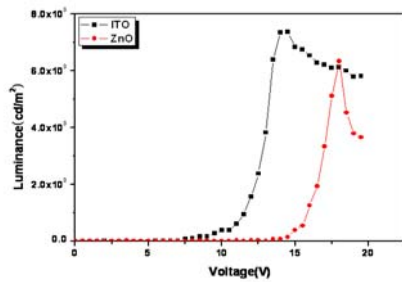


그림 4 ITO와 산화아연박막 녹색 OLED 소자의 전압-휘도 특성.

Fig. 4 Voltage-luminance characteristics of Green OLED with ITO and ZnO.

ITO와 산화아연박막을 이용한 녹색유기발광소자의 스펙트럼 특성을 그림 5에 나타냈었다. ITO를 이용한 녹색 유기발광소자는 인가전압이 13 [V]일 때 중심파장이 520 [nm]였으며, 산화아연 박막을 이용한 녹색 유기발광소자는 인가전압이 18 [V]일 때 510 [nm]로 10 [nm]파장 차이를 보였다. 이것은 산화아연박막의 저항특성에 의해 유기물층 온도가 증가하여 중심파장이 이동한 것으로 판단된다.

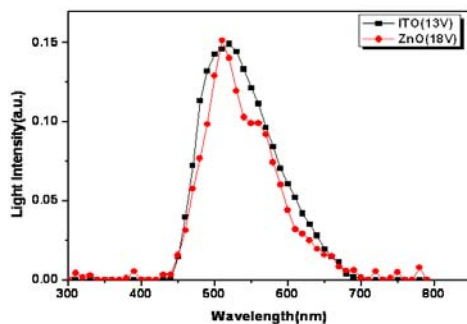


그림 5 ITO와 산화아연박막 녹색 OLED 소자의 스펙트럼 특성.

Fig. 5 Spectrum of Green OLED with ITO and ZnO.

#### 4. 결 론

산화아연박막을 이용하여 제작되어진 녹색유기발광소자는 ITO를 이용한 녹색유기발광소자에 비해 전압-전류, 전압-휘도특성에 비해 낮은 값을 나타냈었으나, 표면저항 값을 증가하는 방법, 표면 전처리 공정 방법등을 이용하여 산화아연박막의 표면 특성을 향상시키게 된다면 유기발광소자의 효율이 향상되어 ITO를 대체할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 참 고 문 헌

[1] H. Jeon, V. P. Verma, K. Noh, D. -H. Kim, W.Choi,

and M. Jeon, "Fabrication and Characteristics of Zinc Oxide- and Gallium doped Zinc Oxide thin film transistor using Radio Frequency Magnetron sputtering at Room Temperature" J. Kor. Vac. Soc., Vol. 16, pp.359-365, 2007.

[2] S.H. Jeong, S.B. Lee and J. H. Boo, "The Insert of Zinc Oxide thin film in Indium tin oxide anode for organic electroluminescence devices", Current Applied Physics, Vol.4, pp.655-658, 2004.

[3] X. Jiang, F. L. Wong, M. K. Fung, S. T. Lee, "Aluminum-doped zinc oxide films as transparent conductive electrode for organic light-emitting devices", Appl. Phys. Lett. Vol. 83, pp.1875-1877, 2003.

[4] J. Lim, K. Shin and C. Lee, "ECR Plasma Pretreatment on Sapphire and Silicon Substrates for ZnO ALE", Kor. J. Mater. Res., Vol.14, pp.363-367, 2004.

[5] J. F. Chang, H. L. Wang, M. H. Hon, "X-ray photoelectron spectroscopy investigation of substrate surface pretreatments for diamond nucleation by microwave plasma chemical vapor deposition", J. Crystal Growth, Vol.211, pp.211-215, 2000.

[6] H. Kim and J. Kim, "Heat treatment effects on the electrical properties of In2O3-ZnO films prepared by rf-magnetron sputtering metho." J. Kor. Vac. Soc., Vol. 14, pp.238-244, 2005.

[7] H. Y. Yu, X. D. Feng, D. Grozea, Z. H. Lu, R. N. S. Sodhi, A-M. Hor, H. Aziz, "Surface electronic structure of plasma-treated indium tin oxides", J. Appl. Phys., 78, p2595, 2001

[8] C. C. Wu, C. I. Wu, J. C. Sturm, A. Kahn, "Surface modification of indium tin oxide by plasma treatment", Appl. phys., 70, p1348, 1997 hydrogen and electricity from water and light. International Journal of Hydrogen Energy, pp.557 - 561, 1984.

### 저 자 소 개



#### 기 현 철 (奇 珉 徹)

1975년 3월 11일생. 1998년 전남대학교 전기공학과 졸업 (학사). 2000년 동 대학원 전기공학과 졸업 (석사). 2009년 동 대학원 전기공학과 졸업 (공박). 1998년~2001년 전남대학교 공업기술연구소 연구원. 2002년~2004년 한국광기술원 전문 연구요원, 2004년~현재 한국광기술원 광소자 팀 선임연구원

Tel : 062-605-9213

Fax : 062-605-9229

E-mail : kihc@kopti.re.kr



**김 선 훈 (金 宣 訓)**

1972년 1월 31일생. 1995년 전남대학교 무기재료공학과 졸업 (학사). 2001년 동 대학원 금속공학과 졸업 (석사). 2007년 동 대학원 광공학과 박사과정수료. 2002년~현재 한국광기술원 광소자팀 선임연구원.  
Tel : 062-605-9212  
Fax : 062-605-9229  
E-mail : shkim@kopti.re.kr



**김 회 종 (金 會 宗)**

1963년 01월 18일생. 1988년 서강대학교 물리학과 (학사). 1991년 동 대학원 물리학과 졸업(석사). 1998년 동 대학원 물리학과 졸업(이박). 1992년~2002년 한국과학기술연구원 선임연구원. 2000년~2002년 미국 UCSB 전자공학과 객원연구원 2002년~현재 한국광기술원 책임연구원  
Tel : 062-605-9210  
Fax : 062-605-9229  
E-mail : hjkim@kopti.re.kr



**김 상 기 (金 相 琦)**

1966년 3월 18일생. 1993년 조선대학교 전자공학과 졸업 (학사). 1999년 전남대학교 대학원 전기공학과 졸업 (석사). 2001년 동 대학원 전기공학과 박사수료. 현재 (주)링크라인아이엔씨 대표이사.  
Tel : 062-384-7578  
Fax : 062-384-7579  
E-mail : skkim@linklineinc.co.kr



**최 용 성 (崔 龍 成)**

1967년 11월 14일생. 1991년 동아대학교 전기공학과 졸업 (학사). 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업 (석사). 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업 (공박). 1999년~2001년 JAIST Post-Doc.. 2001년~2003년 Osaka Univ. Post-Doc.. 2002년~2005년 원광대학교 연구 교수. 2006년~현재 동신대학교 전기공학과 교수. 2006년~현재 전력산업인력양성사업단 기획운영부장.  
Tel : 061-330-3204  
Fax : 061-330-3105  
E-mail : yschoi67@dsu.ac.kr



**홍경진 (洪京鎭)**

1967년 1월 15일생. 1989년 전남대학교 전기공학과 졸업(학사). 1991년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동대학원 전기공학과 졸업(공박). 1997년~1998년 일본 국립과학기술청 물질연구소 외래연구원. 2000년~현재 광주대학교 교수  
Tel :062-670-2523  
Fax: 062-670-2191  
E Mail : tronichkj@gwangju.ac.kr