

## 다양한 플라스틱 기판위에 (SiO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>(ZnO)<sub>7</sub> 보호층을 갖는 투명 전도성 박막들의 특성 향상

권오정, 김동영, 유성원, 손선영, 홍우표, 김화민, 홍재석<sup>1,\*</sup>  
대구가톨릭대학교 전자공학과, (주)씨티씨<sup>1,\*</sup>

### Enhanced characteristics of TCO films with (SiO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>(ZnO)<sub>7</sub> gas barrier layer on various plastic substrates

Oh-Jeong Kwon, Dong-Yung Kim, Sung-Won Ryu, Sun-Young Sohn, Woo-Pyo Hong, Hwa-Min Kim, and Jae-Suk Hong<sup>1\*</sup>  
Department of Electronics Engineering, Catholic University of Daegu, CTC Co.,Ltd.<sup>1\*</sup>

**Abstract :** Electrical and optical characteristics of indium tin oxide (ITO) and indium zinc oxide (IZO) films without and with (SiO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>(ZnO)<sub>7</sub> at.% (SZO) film deposited on poly(ethylene naphthalate) (PEN) and poly(ethylene terephthalate) (PET) substrates as a gas barrier layer for flexible display were studied. The ITO and IZO films with SZO gas barrier layer showed the improved properties which were both the high transmittance of average 80% in the visible light range and the decreased sheet resistance as compared to those of ITO and IZO films without SZO layer. Particularly, the PEN substrate with only SZO gas barrier layer had a low water vapor transmission rate (WVTR) of ~10<sup>-3</sup>g/m<sup>2</sup>/day. Thus, we suggest that the SZO film with protection ability against the water vapor permeation can be applied to gas barrier layer for flexible display.

**Key Words :** gas barrier film, water vapor transmission rate (WVTR), SiO<sub>2</sub>, ZnO, ITO, IZO

#### 1. 서론

차세대 평판 디스플레이중의 하나인 유기전기발광소자(Organic Light Emitting Diode, OLED)는 제작 방법이 간단하며, 저전압 구동, 넓은 시야각, 빠른 응답속도 등의 장점이 있다.[1,2] 또한 유기물의 특성을 이용하여 플라스틱 기판위에 제작된 휘어지는 OLED (Flexible OLED, FOLED)는 유리 기판위에 제작된 디스플레이에 비해 안전하면서도 가볍고 다양한 방향으로 구부릴 수 있다는 장점들로 인해 최근 이에 대한 연구가 활발하게 진행중이다.[3] FOLED에 사용되는 플라스틱 기판들은 가벼우면서도 높은 투명성과 잘 휘어지는 특성들을 갖는 반면 디스플레이 구동시 플라스틱 기판이 포함하고 있는 유기 솔벤트 성분 또는 대기중에 있는 수분 및 산소가 기판을 통해 유기물 내로 확산되어 디스플레이의 특성을 저하시키는 원인으로 작용한다.[4] 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해 플라스틱 기판위에 SiO<sub>x</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>x</sub>, SiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>, AlO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>,...등 무기 박막들을 이용한 보호막 (gas barrier film)에 대한 연구결과가 보고되고 있으나 이들 박막들은 대부분 높은 수분투과율 (water vapor transmission rate, WVTR)을 가지며, 이는 10<sup>-6</sup> g/m<sup>2</sup>/day 이하의 낮은 수분투과율이 요구되는 OLED 보호층으로 적용하기에 부족하므로 새로운 물질의 개발이 필요하다.[5-7]

따라서 본 실험에서는 FOLED용 poly(ethylene naphthalate) (PEN)과 poly(ethylene terephthalate) (PET) 기판위에 (SiO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>(ZnO)<sub>7</sub> at.% (SZO) 보호층 (gas barrier film)을 갖는 Indium Tin Oxide (ITO) 및 Indium Zinc Oxide (IZO) 양전극의 전기적, 광학적인 특성들에 대해 연구하였다.

#### 2. 실험

Rf-magnetron sputter용 SZO (SiO<sub>2</sub>:ZnO=3:7 at.%), ITO (In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:SnO<sub>2</sub>=90:10 wt.%), 그리고 IZO (In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:ZnO=78:22 wt.%) 타겟들의 제작공정은 우선 일본 고순도사의 4N (99.99%) 분말들을 사용하여 진공오븐에서 150 °C의 60분 동안 분말의 습기를 제거 하였다. 각 분말들은 ball mill 방법으로 2시간 동안 혼합한 후, 400 °C와 800 °C에서 각각 60분 동안 열처리하였다. 열처리된 혼합물들은 hand mill과 ball mill 방법으로 24시간동안 교반 및 분쇄작업을 반복하고, 1200 kg · weight/cm<sup>2</sup>의 압력으로 2인치 펠렛 (pellet) 형태로 압착한 후에 1150 °C에서 90분 동안 소결 과정을 거쳐 각각의 SZO, ITO, IZO 타겟들을 고형화하였다. 제작된 타겟들을 사용한 SZO, ITO, IZO 박막들의 증착조건은 아래의 표 1과 같다.

표 1. 박막 증착 조건

parameter	barrier layer	TCO layer	
	SZO	ITO	IZO
base pressure (torr)	3×10 <sup>-5</sup>	3×10 <sup>-5</sup>	3×10 <sup>-5</sup>
deposition pressure (torr)	2.5×10 <sup>-3</sup>	2.5×10 <sup>-3</sup>	2.5×10 <sup>-3</sup>
power (W)	20	40	40
distance between target and substrate (mm)	80	80	80
carrier gas (sccm)	Ar, 25	Ar, 25	Ar, 25
rotation (rpm/min)	5	5	5
thickness (nm)	300	200	200

PEN과 PET 기판위에 SZO 보호막의 증착 유무에 따른 수분투과율은 Prematran W3/31 (Mocon)을 이용하여 상대습

도 (relative humidity, RH) 100%의 조건에서 N<sub>2</sub> 가스의 유량을 9.8 sccm으로 주입하여 약 36시간동안 증착되었다. SZO 보호막을 갖는 ITO와 IZO 투명 전도막의 광학적 특성은 Shimadzu사의 UV-Vis Spectrophotometer를 사용하여 광 투과도를 측정하였다. SZO 보호막 증착 유무에 따른 ITO와 IZO 박막의 전기적 특성 분석을 위해서는 Mitsubishi-Chemical 사의 Loresta-EP 장치를 이용하여 4-pin probe 법으로 면저항을 측정하였다. 또한 FOLED용 ITO 및 IZO 양전극에서 SZO 보호층의 효과를 알아보기 위해 bending test 전과 후의 전기적인 특성변화를 비교하였다.

### 3. 결과 및 검토

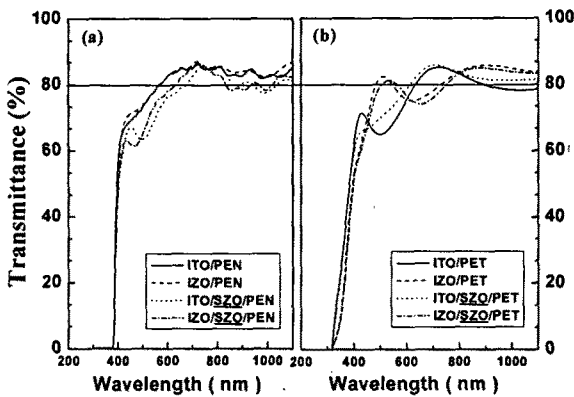


그림 1. (a) PEN 기판과 (b) PET 기판 위에 SZO 보호층의 유무에 따른 ITO 및 IZO 박막의 투과율.

그림 1은 (a) PEN과 (b) PET 플라스틱 기판위에 SZO 층의 유무에 따른 ITO 및 IZO 박막의 광 투과도를 나타낸 것이다. 측정결과 SZO 보호막을 갖는 ITO 및 IZO 박막은 가시광 영역에서 평균 80%의 높은 투과율을 가진다.

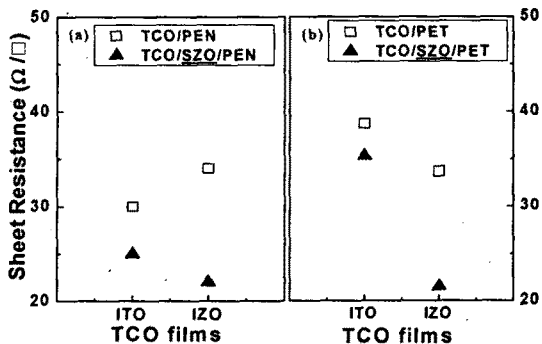


그림 2. (a) PEN 기판과 (b) PET 기판 위에 SZO 보호층의 유무에 따른 ITO 및 IZO 박막의 면저항.

그림 2는 (a) PEN과 (b) PET 기판위에 SZO 보호층의 유무에 따른 ITO 및 IZO 박막들의 면저항을 나타내고 있

다. 특히, PEN과 PET 기판위에 제작된 IZO 박막의 면저항은 SZO 보호층의 증착에 의해 약 10 Ω/□ 정도 감소된 효과를 보이고 있다. 또한 300회 이상의 bending test 후 SZO 보호막을 갖는 ITO 및 IZO 박막들의 저항 변화는 크게 나타나지 않는 결과로부터 FOLED에 적용 가능성을 확인하였다. 이는 본 실험에서 제작된 SZO 보호층이 플라스틱 기판과 ITO 및 IZO 박막사이의 계면 특성을 향상시켜 양전극의 저항을 감소시키며 이는 실제 소자에 적용시 효율 향상에 기여할 수 있다.

### 4. 결론

본 연구에서는 FOLED용 PEN과 PET 플라스틱 기판 위에 SZO 보호층을 갖는 ITO와 IZO 투명전극의 전기적, 광학적 특성들에 대해 분석하였다. PEN과 PET 기판위에 제작된 SZO 박막을 갖는 ITO 및 IZO 박막은 가시광 영역에서 평균 80%의 높은 투과율을 나타내며, 플라스틱 기판과 ITO 및 IZO 박막 사이의 부착력을 향상시켜 SZO 층이 없는 박막들에 비해 면저항이 감소했다. 특히, 1 g/m<sup>2</sup>/day의 수분투과율을 갖는 PEN은 SZO 보호층에 의해 약 10<sup>-3</sup> g/m<sup>2</sup>/day로 감소된 효과를 가지며, 이러한 결과는 FOLED에 적용시 SZO 단일 보호층만으로 대기중에 있는 수분 또는 플라스틱 기판이 포함하고 있는 불순물이 유기물내로 확산되어 소자의 성능을 저하시키는 현상을 감소시킬 수 있다. 결론적으로 SZO 박막이 FOLED 뿐만 아니라 터치패드(≤10<sup>-1</sup> g/m<sup>2</sup>/day) 또는 LCD(≤10<sup>-3</sup> g/m<sup>2</sup>/day)와 같은 차세대 디스플레이의 보호막으로 적용 가능함을 제안한다.

### 감사의 글

본 연구는 기업부설 연구소 사업의 연구비 지원과 (주) 씨티씨 지원에 의한 것입니다.

### 참고 문헌

- [1] Jianfeng Li, Liangbing Hu, Jun Liu, Lian Wang, Tobin J. Marks, and George Grüner, Appl. Phys. Lett. Vol. 93, p. 083306, 2008.
- [2] Bryan D. Vogt, Hae-Jeong Lee, Vivek M. Prabhu, Dean M. DeLongchamp, Eric K. Lin, Wen-li Wu, and Sushil K. Satija, J. Appl. Phys. Vol. 97, p. 114509, 2005.
- [3] 홍문표, 전자부품, Vol. 10, p 76, 2007.
- [4] S. H. Kwon, S. Y. Paik, and J. S. Yoo, Synth. Met. Vol. 130, p. 55, 2002.
- [5] 김광호, 이주원, Journal of the Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers. Vol. 17, p. 432, 2004.
- [6] M. Drogenik, J. Amer. Ceram. Soc. Vol. 70, No. 5, p. 311, 1987.
- [7] J.-Y. Yang, S.-T. Kim, J. Korean Physical Society, Vol. 50, p. 910, 2007.