

플렉시블 디스플레이 적용을 위한 Sn이 첨가된 IZO 광학필름의 투명전도 특성

Transparent and Conducting Properties of Sn-Doped IZO Optical Films for Application to Flexible Displays

우병재, 이재환, 유성원, 홍재석, 김종재, 박승환, 김화민*, 안병철**

*대구가톨릭대학교 광반도체 정보공학과, **(주) AVACO,

hmkim@cu.ac.kr

최근 플렉시블 디스플레이 개발에 대한 관심이 높아짐에 따라 PET(polyethylene terephthalate)나 PC(poly carbonate)와 같은 플라스틱 기판을 사용한 투명전도 산화막 (TCO film : Transparent Conductive Oxide Film)에 대한 연구가 많이 진행되고 있다.⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾ 특히, 플라스틱 기판에 대한 TCO 박막 형성은 저온 공정으로부터 높은 투과율과 낮은 저항을 갖는 물질을 선택하는 것이 매우 중요한데, 현재 가장 많이 사용되고 있는 ITO 박막의 높은 투과율과 낮은 비저항은 약 200-300 °C의 기판 온도에서 제작되어야 하는 단점을 갖고 있다.⁽³⁾⁽⁴⁾ 본 논문은 플렉시블 투명전도기판 제작을 위하여 PET 기판 위에 Ion gun assisted sputtering 방법에 의하여 SiO₂ 완충(buffer)층을 형성하고, 그 위에 다시 In₂O₃ : ZnO : SnO₂ = 90 : 7 : 3 wt.%의 조성비를 갖는 Sn-doped IZO (or IZTO) 박막의 전기적, 구조적 특성을 비롯하여, 완충층이 이들에 미치는 영향을 조사함으로써, IZTO 박막은 저온 공정에서도 화학적으로 매우 안정하며, 전기전도도와 투과율이 우수한 TCO 물질임을 보고한다.

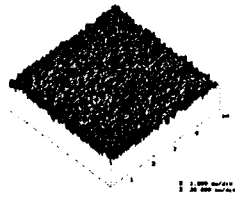
그림 1은 (a) PET와 (b) SiO₂ 완충층을 갖는 PET 기판 위에 성막된 IZTO 박막의 AFM 상을 나타낸 것이다. 그림 (a)의 경우 PET 위에 바로 성막된 IZTO 박막의 표면 조도(surface roughness)를 평가할 수 있는 R_{MS} 값은 1.694 Å이며, 표면이 그림 (b)와 비교하여 거친 것을 볼 수 있다. 반면, 그림(b)의 SiO₂ 완충층위에 성막된 IZTO 박막의 R_{MS} 값은 0.904 Å로 감소하면서, 표면이 비교적 매끄러운 평평한 형태를 유지하고 있음이 관측된다.

그림 2는 박막 두께의 함수로 나타낸 (a) IZTO/PET 박막의 비저항, 전하운반자 농도, 이동도, 그리고 (b) IZTO/SiO₂/PET와 IZTO/PET에 대한 면저항의 변화를 보여준다. 박막의 두께가 100 nm 이하에서는 두께가 감소할수록 비저항이 현저하게 감소하는 반면, 100 nm 이상의 두께에 대해서는 비저항이 약 $5.3 \times 10^{-4} \Omega \cdot cm$ 로 일정한 것을 볼 수 있다. 이와는 달리 전하운반자 농도의 두께에 대한 의존성은 비저항과 반대로 100 nm까지는 두께가 증가함에 따라 농도가 증가하는 반면, 100 nm 이상에서는 $4.2 \times 10^{20} cm^{-3}$ 의 일정한 농도를 보여준다. 한편, IZTO 박막의 Hall 이동도는 두께에 따라 약 $20 \sim 30 cm^2 V^{-1} s^{-1}$ 사이에 분포되어 있음을 알 수 있다. 따라서 IZTO 박막의 두께 변화에 의한 비저항의 변화는 두께가 너무 얇으면, 전하운반자의 농도와 이동도가 크게 감소하는 반면, 100 nm 이상의 두께에서는 거의 벌크와 같은 특성을 유지함으로써, 전기적 특성이 거의 일정하게 되는 것을 알 수 있으며, 이러한 결과는 박막의 일반적인 특성으로 잘 알려져 있다. 한편, SiO₂ 완충층에 의하여 IZTO 박막의 면저항의 감소는 그렇게 크게 나타나지 않음을 그림 (b)는 보여준다. 그러나, 아래에서 논의될 것처럼, SiO₂ 완충층에 의한 IZTO 박막의 특성 개선은 면저항보다는, 습열(moist heat) 또는 휘어짐(bending)과 같은 외

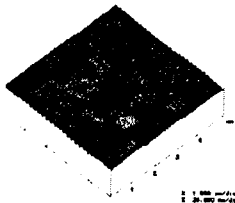
부 스트레스에 대한 전기적 안정성 면에서 크게 개선되는 것으로 나타났다.

그림 3은 SiO₂ 완충층이 있는 시료와 없는 시료에 대하여 급격한 온도 변화와 습열에 대한 IZTO 박막의 전기적 안정성을 조사한 것이다. 여기서 IZTO 층의 두께는 180 nm이며, 상온에서 성막 되었다. 우선 그림 (a)는 -25 °C와 100 °C 사이의 급격한 온도 변화 횟수 (cycle times)에 따른 IZTO 박막의 면저항 변화를 나타낸 것이다. SiO₂ 완충층이 없는 경우, -25 °C와 100 °C에서 번갈아 각각 5분 동안 15차례 열처리 한 후, 28.8에서 35.1 Ω/□로 증가하여 약 22 %의 변화를 나타내는 반면, 완충층이 있는 시료는 면저항이 28에서 29.2 Ω/□로 증가하여 불과 4 % 이하의 변화만을 보여줌으로써, SiO₂ 완충층에 의해서 급격한 온도 변화에 대한 IZTO 박막 전기적 안정성이 크게 개선되었음을 입증해 준다. 한편 그림 (b)는 위의 두 시료에 대하여 상대습도 90 %와 80 °C의 온도에서 열처리 시간의 함수로서 나타낸 IZTO 박막의 면저항 변화를 나타낸 것이다. 완충층이 없는 경우, 열처리 전의 면저항이 30.4 Ω/□에서 열처리가 240 시간을 경과한 후에는 351.3 Ω/□로 크게 증가하여 약 69 %의 변화를 나타낸 반면, 완충층이 있는 시료는 열처리에 의해 30.2에서 33.0 Ω/□로 증가하여 10 % 이내의 변화를 나타냄으로서, SiO₂ 완충층에 의한 IZTO 박막의 개선된 전기적 안정성을 보여주고 있다.

이상의 실험결과들로부터 200 nm의 두께로 성막 된 SiO₂ buffer 층은 PET 기판으로부터의 수분 또는 솔벤트와 같은 유기물질이 IZTO 박막으로의 확산을 막아주는 barrier의 역할을 할 뿐만 아니라, bending damage에 대한 완충 역할을 하고, PET 기판의 표면 거칠기를 완화시켜줌으로서 IZTO 박막의 표면조도와 기판에 대한 부착력을 향상시켜 주는 것이 확인되었다.



(a) IZTO/PET



(a) IZTO/SiO₂/PET

그림1. IZTO 박막의 AFM 상

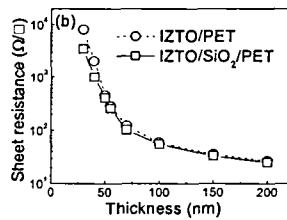
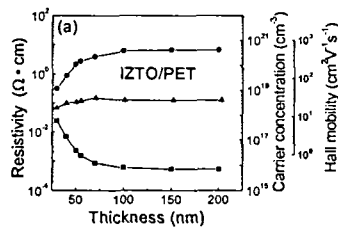


그림2. 두께함수로 나타낸 IZTO 박막의 비저항, 전하운반자 농도, 이동도

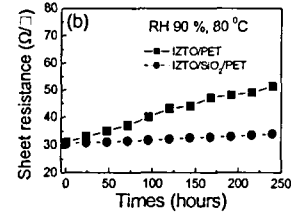
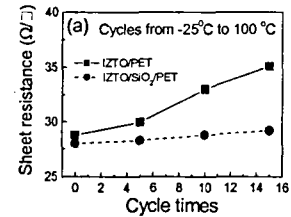


그림3. (a) -25 와 100 °C 사이의 급격한 온도 변화와 (b)상대습도 90 %와 80 °C의 온도에서 시간의 함수로 나타낸 IZTO 박막의 면저항 변화

본 연구는 2005년도 대구테크노파크의 차세대선도산업기술 연구개발사업의 지원에 의해 수행되었음.

1. H. M. Kim, S. K. Jeung, J. S. Ahn, Y. J. Kang, and C. K. Je, Jpn. J. Appl. Phys. 42, 223 (2003).
2. K. Noda, H. Sato, H. Itaya, and M. Yamada, Jpn. J. Appl. Phys. 42, 217 (2003).
3. S. Y. Sohn, H. M. Kim, S. H. Park, and J. J. Lim, New Phys. 46, 332 (2003).
4. R. K Jain, and R. C. Lind, J. Opt. Soc. Am. 73, 647 (1983).