

직류 및 고주파 스퍼터링 방법으로 제조한 InZnO 박막의 전기적, 광학적 특성

Electrical and Optical Properties of InZnO Films prepared by DC/RF Sputtering

노경현*, 남윤성*, 최문구*, 정창오**, 정규하**, 박장우***, 박승한*, 주홍렬*
*연세대학교 물리학과, **삼성전자 AMLCD사업부, ***한밭대학교 공업화학과
hlju@phya.yonsei.ac.kr

투명 전도막은 높은 광 투과도와 전기 전도도를 동시에 가지는 물질로서 TFT-LCD, 태양 전지 등 다양한 산업에 응용되고 있다⁽¹⁾. 투명 전도막 중에서 가장 많이 사용되는 물질이 인듐 주석 산화물(ITO)이나 투명 전도막 응용 산업의 발전에 따라서 더 높은 광 투과도와 전기 전도도를 가진 신규 투명 전도막 개발이 요구되고 있다. 본 연구에서는 최근에 개발되어⁽²⁾, ITO 보다 투명 전도막 특성이 더 우수할 것으로 예견되고 있는 인듐 아연 산화물(InZnO) 박막을 직류 및 고주파 스퍼터링으로 기판 온도와 Ar/O₂ 분압 및 증착 압력을 조절하면서 제작하여, 그들의 구조적·전기적·광학적 특성들을 정밀 조사하였다.

InZnO 박막은 직류 및 고주파 스퍼터링 장치를 이용하여 두께가 50~500 nm 되도록 corning glass 기판 위에 제조하였다. InZnO 박막의 광 투과도와 전기 전도도 특성을 최적화하기 위하여 기판 온도 (상온 ≤ T_s ≤ 500 °C), O₂/Ar 분압 (1/500 ≤ r ≤ 1/10), 증착 압력 (1mtorr ≤ P ≤ 10 mtorr)을 변화시키면서 제조하였고, 박막의 구조, 전기적, 광학적 특성을 XRD, SEM, AFM, 4단자 탐침법, profilometer, Hall, 광투과도 측정을 이용하여 분석하였다.

증착 압력을 6 mtorr 로 고정시킨 후 기판온도를 상온에서 500 °C 까지 변화시키면서 직류 스퍼터링으로 제조한 InZnO 박막의 구조의 $\theta-2\theta$ X-선 회절 실험 결과 및 광 투과도 측정 실험 결과는 그림 1a)와 그림 1b)와 같다. 그림 1 (a)에 나타나 있는 것처럼 225°C 이하의 기판온도에서 제조한 InZnO 박막은 비정질 구조를 보이고 있고, 250 °C에서 이상에서 제조한 박막은 결정질 구조를 가지는 것을 보이고 있다. 또한 기판 온도가 250 °C 이상인 경우 높은 성장 온도로 인한 결정화 정도의 향상으로 인하여 X-ray 회절 강도가 커지는 것으로 나타났으며, 기판온도가 250 °C 이상에서 증착한 박막은 In₂O₃와 같은 cubic bixbyite 구조를 가지는 것으로 나타났다. 상온에서 제조한 시료의 전기 저항은 0.6 $m\Omega cm$ ~ 4 $m\Omega cm$ 이었고, 225°C에서 제조한 시료의 경우에는 0.6 $m\Omega cm$ ~ 1.0 $m\Omega cm$ 이었으며; 400 °C에서 제조한 시료의 경우는 1.2 $m\Omega cm$ ~ 3.5 $m\Omega cm$ 을 나타내어, 전기 저항 값의 시료의존성 및 기판 온도 의존성이 큰 것으로 나타났다. 비정질인 225 °C에서 만든 시료의 저항은 0.6 $m\Omega cm$ ~ 1.0 $m\Omega cm$ 로서, 특이하게도 결정질의 전기저항 1 $m\Omega cm$ ~ 3.5 $m\Omega cm$ 보다 더 낮은 전기 저항을 보이는 것으로 나타났다. 이러한 비정질 InZnO의 전기저항이 결정질의 전기저항 보다 낮은 이유는 연구 중에 있다.

그림 1b에 나타난 것처럼 InZnO 박막의 광 투과도는 기판 온도에 의존하는 경향성은 없었으나 대체적으로 결정질 시료의 광 투과도가 비정질 시료의 광투과도 보다 약간 더 높은 것을 알 수 있었다. 모든 InZnO 박막들이 모두 가시광 영역(3900~7300 Å)에서 80% 이상의 광투과도를 나타내었고, 특히 4500 Å 근처 및 6500 Å 90% 이상의 높은 투과도를 보였다. 또 UV에서는 근원적인 흡수의 시작으로 인해 투과도가 급격히 감소하였다.

결론적으로 본 연구에서는 직류 및 고주파 스퍼터링으로 제조한 InZnO 박막은 기판 온도에 따라 비정질 구조($T_s < 250\text{ }^\circ\text{C}$)에서 결정질 구조 ($T_s > 250\text{ }^\circ\text{C}$)로 전이함을 관찰하였으며, InZnO의 전기 전도도는 $0.5\text{ m}\Omega\text{ cm}$ 에서 $4\text{ m}\Omega\text{ cm}$ 범위의 값을 가지고 있음을 알 수 있었다. 또한 InZnO의 전기 저항은 비정질인 경우가 결정질인 경우보다 전기 전도성이 더 높은 특이한 현상을 보였고, 결정질 및 비정질 InZnO는 가시광 영역에서 80% 이상의 높은 광투과도 가지고 있었으며, 4500 Å 부근 및 6500 Å 부근에서 90% 이상의 높은 투과도를 보임을 알 수 있었다.

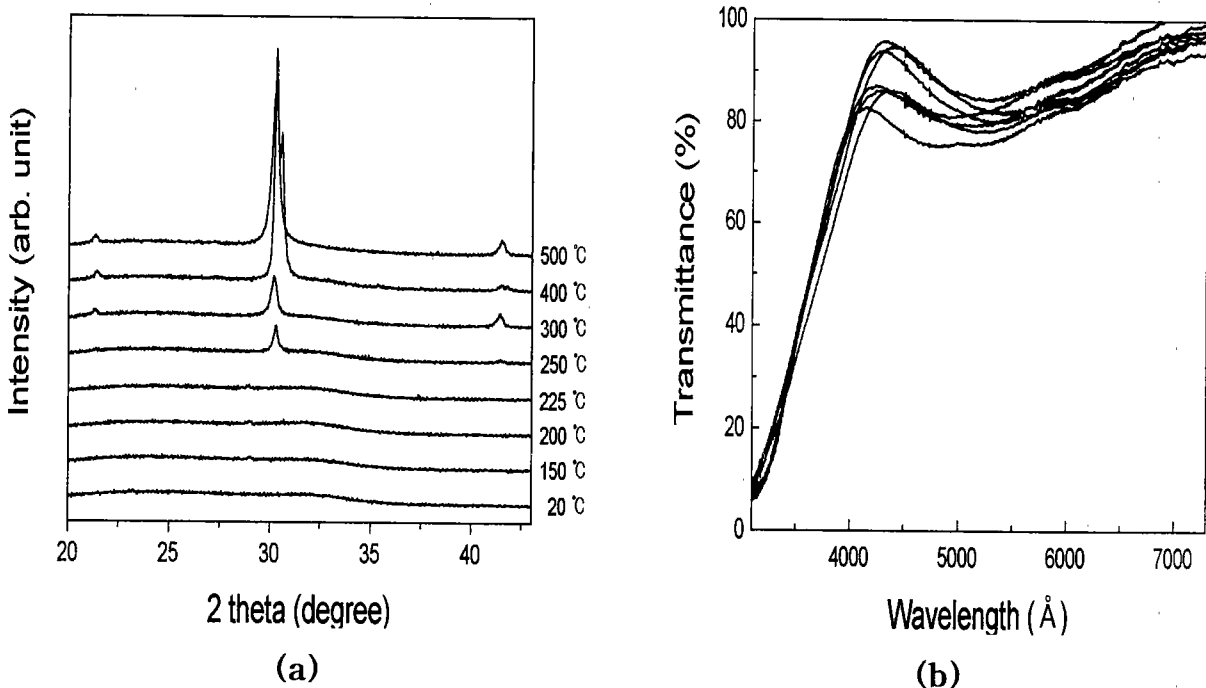


그림 1. 기판 온도를 달리하여 성장시킨 InZnO 박막의 (a) X-선 회절도 및 (b) 광 투과도

[참고문헌]

- (1) Keran Zhang et. al., J. Appl. Phys. 86, 974 (1999).
- (2). P.K. Song et. al., Jpn. J. Appl. Phys. 37, 1870 (1998).