

비정질 투명전도막 InZnO 박막의

구조적, 전기적, 광학적 성질

Structural, Transport, and Optical Properties of
Amorphous Transparent Conducting Oxide InZnO Films

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 밴드갭 E_g 가 3 eV 보다 크고 첨가된 불순물의 에너지 준위가 낮은 (shallow level) 산화물 반도체에서 발견되고 있으며 TFT-LCD, 태양 전지 등 다양한 산업에 응용되고 있다⁽¹⁾. 투명 전도막 중에서 가장 많이 사용되는 물질은 In_2O_3 에 Sn을 첨가한 인듐 주석 산화물(ITO)이나 투명 전도막 응용 산업의 발전에 따라 더 높은 광 투과도와 전기 전도도, 우수한 에칭 특성 및 매끄러운 표면 상태를 동시에 가지면서 저온 제작이 가능한 신규 투명 전도막 개발이 요구되고 있다. 본 연구에서는 비정질 구조를 가짐에도 불구하고 높은 광투과도와 전기 전도도를 가지는 새로운 투명 전도막인 인듐 아연 산화물(InZnO) 박막을 직류 스퍼터링 방법으로 기판 온도와 Ar/O_2 분압 및 증착 압력을 조절하면서 제작하고, 이들의 구조적, 전기적, 광학적 성질들을 정밀 조사하였다⁽²⁾.

InZnO 박막은 직류 스퍼터링 장치를 이용하여 두께가 100~5000 Å이 되도록 corning glass 기판 위에 제조하고 박막의 구조, 전기적, 광학적 특성을 XRD, SEM, AFM, 4단자 탐침법, profilometer, Hall, 광투과도 측정을 이용하여 분석하였다. InZnO 박막의 광투과도와 전기전도 특성을 최적화하기 위하여 기판 온도 (상온 $\leq T_s \leq 400$ °C), O_2/Ar 분압 (1/200 -1/10), 증착 압력 (1-10 mtorr)로 변화시키면서 제작한 후 최적화하였다. 증착 압력 5 mTorr, O_2/Ar 분압 1/200, 기판온도 200 °C를 사용하였을 때 전기전도도와 광투과도 특성이 최적화되었다. 이 최적화된 조건을 이용하여 박막의 두께에 따른 전기 저항 특성을 조사하기 위하여 자동이동 서터와 금속 접촉 마스크를 이용한 개의 기판 위에 4가지의 두께가 서로 다른 InZnO박막을 제작(두께가 같은 하나의 열에 4개씩 4열로 제작하여 기판하나에 총 16개의 시료 제작)하고 전기 저항을 측정하였다. 박막의 구조가 300°C 이하에서는 비정질로 성장되고 300°C 이상에서는 결정질로 성장됨으로⁽²⁾ 비정질과 결정질 상태에서 전기 전도 과정을 연구하기 위하여 사단자 탐침법으로 전기저항의 온도의존성을 조사하였다.

그림 1 은 광투과도와 전기전도도 특성이 최적화된 조건인 증착 압력 5 mTorr, O_2/Ar 분압 1/200 기판온도 200 °C 에서 두께를 달리하여 제작한 InZnO 박막의 비저항의 두께 의존성을 보여주고 있다. 그림 1 에 나타나 있는 것처럼 두께가 200Å 이상일 때는 비저항의 값이 0.3 m Ω cm 정도로 거의 일정한 반면, 두께가 200Å일때는 0.32 m Ω cm 두께가 100Å일때는 비저항이 0.45 ~ 0.63 m Ω cm 로 측정되었으며 대체적으로 박막의 두께가 얇아짐에 따라 비저항 값의 편차와 절대값이 동시에 커지는 것으로 나

타났다. 그래서 그림 1 에 박막 두께가 100Å 일때의 값이 두 개로 그려져 있다. 이는 막의 두께가 얇아짐에 따라 표면상태와 표면이 전기 전도에 상대적으로 큰 영향을 미치는 것에 기인한 것으로 추정된다.

그림 2 는 증착 압력 5 mTorr, O₂/Ar 분압 1/200 을 이용하여, 기판온도를 상온에서 500 °C 까지 변화시키면서 제작한 InZnO 박막의 전기 비저항의 온도 의존성을 보여 주고 있다.

그림 2 에 나타난 것처럼 증착 온도를 다르게 하여 제작한 IZO 박막을 비저항의 측정온도를 달리하여 나타낸 그래프는 모두 선형적으로 나타났다. 증착온도 200°C에서 만든 sample을 80K에서 측정한 비저항의 값이 0.26 mΩcm, 상온에서 측정한 비저항의 값은 0.30 mΩcm로서 비저항의 값에 약간의 변화가 있음을 알 수 있었다. 또한 온도를 낮추어 비저항을 측정하여도 비정질일 때 (증착온도 300°C이하)의 값은 결정질일때의 값보다 작음을 알 수 있었다. 비저항/측정온도 의 기울기도 박막 증착 온도와는 상관없이 거의 일정한 것을 알 수 있다.

결론적으로 본 연구에서는 직류 스퍼터링으로 제작한 InZnO 박막은 300°C 전후 구조가 비정질에서 결정질로 전이하고 두께가 얇아질수록 비저항의 값이 의존함을 관찰 하였고, 비정질 InZnO의 전기저항이 결정질보다 낮고 200Å 이상일 때에는 비저항의 값이 0.3 mΩcm로서 일정함을 알 수 있었다. 비저항 값의 온도 의존성은 결정질 비정질 여부에 상관없이 약한 온도 의존성을 가지는 것으로 나타났다.

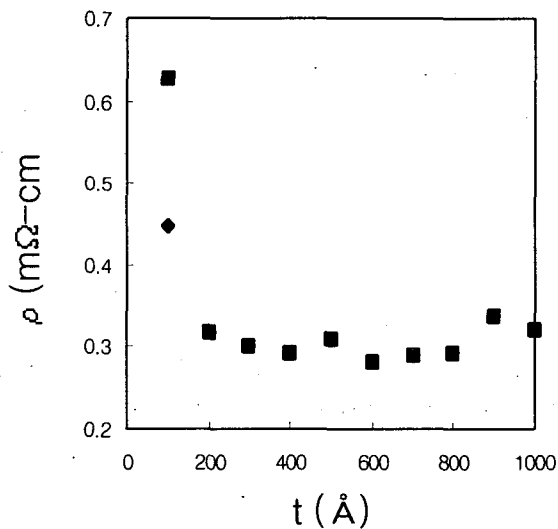


그림 1. 증착압력 5 mTorr, O₂/Ar 분압 1/200 기판온도 200°C에서 두께를 달리하여 제작한 InZnO 박막의 비저항의 두께 의존성. 주어진 두께에 4개의 시료가 있음.

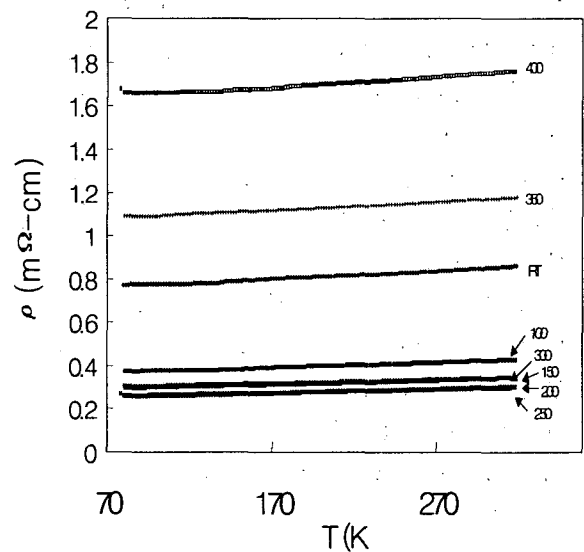


그림 2. 증착 압력 5mTorr, O₂/Ar 분압 1/200을 이용하여 박막 제작온도에 따른 InZnO 박막의 비저항의 온도 의존성.

[참고문헌]

- (1) Keran Zhang et. al., J. Appl. Phys. 86, 974 (1999).
- (2). K. H. Noh et. al. to be published.