

투명전도막  $\text{In}_{2-x}\text{A}_x\text{O}_3$  (A=Si,Ta)의 전기적, 광학적 특성  
 Electrical and Optical Properties of  
 $\text{In}_{2-x}\text{A}_x\text{O}_3$  (A = Si, Ta) Transparent Conducting Oxides

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

투명 전도막은 높은 광 투과도와 전기 전도도를 동시에 가지는 물질로서 TFT-LCD, 태양 전지 등 다양한 산업에 응용되고 있다<sup>(1)</sup>. 투명 전도막 중에서 가장 많이 사용되는 물질은  $\text{In}_2\text{O}_3$  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 가능하여 ITO의 성질을 능가하는 우수한 신규 투명 전도막 개발이 요구되고 있다. 본 연구에서는 직류와 고주파 스퍼터링 방법으로  $\text{In}_2\text{O}_3$ 에 Si 또는 Ta등을 소량 첨가하여 첨가물질의 양과 annealing온도를 달리하면서 제작하고, 이들의 전기적 구조적 특성들을 조사하였다.

이들 박막은 먼저  $\text{O}_2/\text{Ar}$  분압(1/100), 증착압력 5mTorr에서  $\text{In}_2\text{O}_3$ 를 450Å 증착하고  $\text{SiO}_2$  또는 Ta를 50-200Å 증착하고  $\text{In}_2\text{O}_3$ 를 450Å 증착하였다. 이 때 사용한 기판은 LCD-TFT제작에 이용하고 있는 cornig glass를 이용하였고  $\text{In}_2\text{O}_3$  와 Ta 증착 시에는 직류마그네트론 방식을 이용하였고  $\text{SiO}_2$  증착 시에는 고주파 마그네트론 스퍼터링 법을 이용하였다. 위와 같이 제작된  $\text{In}_2\text{O}_3$  (450Å)/A(A= $\text{SiO}_2$  또는 Ta, 두께: 50-200Å)/ $\text{In}_2\text{O}_3$  (450Å) 박막을 공기중에서 열판을 이용하여 250°C에서 24시간동안 열처리하여  $\text{In}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$  또는 Ta / $\text{In}_2\text{O}_3$  막들이 확산에 의하여 균일한  $\text{In}_{2-x}\text{A}_x\text{O}_3$  (A = Si, Ta) 화합물이 되도록 하였다. 그 후에 진공중 300°C에서 열처리를 하여 박막내의 산소함량을 조절하였다. 박막의 전기적, 광학적, 구조적 특성을 XRD, 4단자 탐침법, 광투과도 측정, AFM, Hall, profilometer등을 이용하여 분석하였다.

그림 1은  $\text{In}_2\text{O}_3$  에  $\text{SiO}_2$  7.6% 또는 Ta 16.5%를 첨가한 박막을 상온 제작후 24시간 공기중 열처리한 박막 및 제작후 24시간 공기중 250°C 열처리후 300°C/1hr 진공에서 열처리 한 박막과 X선 회절 실험의 결과이다. 그림에서 나타난 것처럼 이 박막들은 기본이 되는 물질인  $\text{In}_2\text{O}_3$  와 구조가 같은 bixbyite 구조를 가지고 있으며 열처리에 의하여 균일한 박막이 형성됨을 알 수 있다. 또한  $\text{SiO}_2$ 를 첨가한  $\text{InSiO}_3$  박막은 300°C/1hr 진공에서 추가 열처리하였을 경우가 추가 열처리를 하지 않았을 때보다 peak이 더 선명하였고, Ta를 첨가한  $\text{InTaO}_3$  박막은 300°C/1hr 추가열처리 하였을 경우와 하지 않았을 경우가 XRD 회절강도는 비슷하였다.

그림 2 는  $\text{In}_2\text{O}_3$  에  $\text{SiO}_2$  또는 Ta 를 3.9~29% 첨가한후 공기중 250°C 열처리한  $\text{In}_{2-x}\text{A}_x\text{O}_3$  (A = Si, Ta) 박막과 공기중 250°C 열처리후 300°C/1hr 진공에서 열처리한  $\text{In}_{2-x}\text{A}_x\text{O}_3$  (A = Si, Ta) 박막 저항 값의 In에 대한  $\text{SiO}_2$ 와 Ta 등 첨가물의 비율 의존성을 보여주고 있다. 먼저  $\text{SiO}_2$ 가 첨가된 박막의 경우  $\sim 1\Omega\text{cm}$  로서 현재 사용중인 ITO 박막의 비저항인  $\sim 0.2\text{ m}\Omega\text{cm}$  보다 매우 크게 측정되었다. Ta를 첨가한  $\text{In}_{2-x}\text{Ta}_x\text{O}_3$  박막의 비저항은 모두  $1\text{m}\Omega\text{cm}$  이하였다.  $\text{In}_{2-x}\text{Ta}_x\text{O}_3$  박막의 경우 진공에서 추가 열

처리(300°C/1hr)에 의하여 비저항 값이 감소하여으며  $In_{2-x}Ta_xO_3$  박막 비저항의 최저치는 Ta가 16.5%정도 포함된 경우였으며 이 때의 비저항값은  $0.58m\Omega cm$  였다.

결론적으로 본 연구에서는  $In_2O_3$ 에  $SiO_2$ 나 Ta등을 첨가하여 제조한 박막의  $In_{2-x}A_xO_3$  (A = Si, Ta) 구조는 기본이 되는 물질인  $In_2O_3$ 와 같은 bixbyite 구조였으며,  $In_{2-x}Si_xO_3$  박막의 비저항은  $\sim 1\Omega cm$ 로 매우 컸다. Ta를 첨가한  $In_{2-x}Ta_xO_3$  박막의 경우 최저 비저항값은 약  $0.6m\Omega cm$ 로서 비교적 낮게 나왔고, 열처리를 할 경우 비저항 값은 더욱 낮아지는 것으로 나타났다.

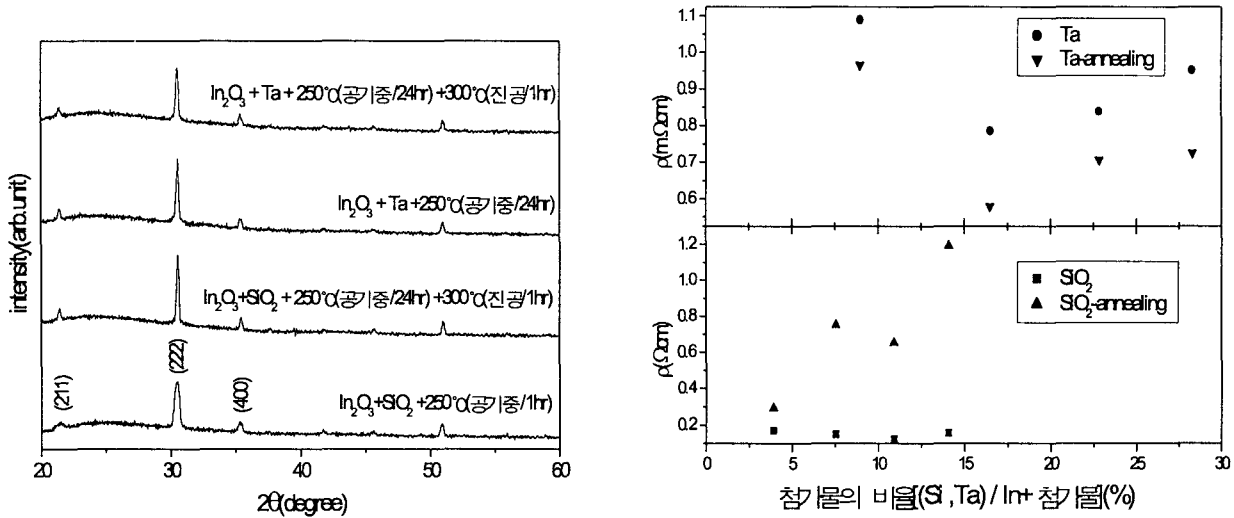


그림 1. 증착압력 5mTorr,  $O_2/Ar$ 분압 1/100에서 그림 2.  $In_2O_3$ 에 Si, Ta등 첨가물질의 비율을 변화시  $In_2O_3$ 에  $SiO_2$  Ta등을 첨가하여 진공중에서 300°C 켜 때의 비저항값의 변화 annealing하였을때와 그렇지 않았을때의 XRD.

[참고문헌]

(1) Keran Zhang et. al., J. Appl. Phys. 86, 974 (1999).