

FTS법을 이용한 ITO박막의 제작

김건희¹⁾, 금민종¹⁾, 김한기²⁾, 손인환³⁾, 장경욱⁴⁾, 이원재⁴⁾, 김경환¹⁾
¹⁾경원대학교 전기정보공학과, ²⁾삼성SDI, ³⁾신성대학, ⁴⁾경원전문대학

Preparation of ITO thin films by FTS(Facing Targets Sputtering) method

G.H.Kim, M.J.Keum, H.K.Kim, S.H.Son, K.W.Jang, W.J.Lee, K.H.Kim
KyungWong Univ,

Abstract

In this study the ITO thin films were prepared by using FTS(Facing Targets Sputtering) system. The electric characteristics, transmittance, surface roughness of ITO thin films were investigated as a function of varying input current and working gas pressure at room temperature. As a result, the ITO thin film was fabricated with resistivity $6 \times 10^{-4} [\Omega \cdot \text{cm}]$, carrier mobility $52.11 [\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}]$, carrier concentration $1.72 \times 10^{20} [\text{cm}^{-3}]$ of ITO thin film at working pressure 1mTorr and input current 0.6A.

Key Words : ITO, FTS, electric characteristics, transmittance, surface roughness

1. 서론

투명전도막으로의 응용을 위해 zinc, tin등이 도핑된 TCO(transparent conducting oxide)막이 널리 연구되어지고 있다. 특히 Indium - Tin - Oxide(ITO) 박막은 가시광 영역에서 광투과도가 높고 근적외선 영역에서는 광 반사도가 높을 뿐만 아니라 낮은 저항률을 가지고, 화학적 안정성이 뛰어나 다양한 분야에 응용되어 지고 있으며, 최근에는 디스플레이 분야로의 응용에 많이 사용되어 지고 있다[1,2]. 이러한 ITO 박막을 제작하는데 있어 스퍼터링법을 사용할 경우, 일반적으로 DC, RF등

의 스퍼터링 법이 널리 사용되어졌으나[3,4], 이러한 방법으로 양호한 특성을 가지는 ITO 박막을 얻기 위해서는 통상적으로 기관가열이 필요하며, 스퍼터링시 타겟에서 방출되는 전자 혹은 방전가스에서 방출되는 산소 음이온에 기인하는 고 에너지 입자에 의한 기관 충격 때문에 고품위의 ITO 박막을 제작하는데 어려움이 따른다[5,6]. 따라서 본 연구에서는 두 개의 타겟이 서로 마주 보며 기관은 플라즈마와 이격되어진 위치에 놓여, 저온에서도 고품위 박막을 제작 할수 있는 FTS장치[7-9]를 이용하여 ITO박막을 증착하였다.

2. 실험

본 실험에서는 그림 1과 같은 구조의 FTS [Facing Targets Sputtering] 장치를 사용하였다. 대향 타겟식 스퍼터링 장치는 두 개의 타겟이 마주 보고 있으며 타겟의 뒷면에는 영구 자석이 부착되어 플라즈마로부터 생성되어지는 음이온을 플라즈마 내에 구속시키게 된다. 또한 기판은 플라즈마로부터 이격되어지는 타겟간 중앙부에 위치하여 plasma-free에 위치하게 되므로, 스퍼터링이 일어날 때 발생하는 산소 음이온에 의한 박막의 손상을 최소화 시킬 수 있다.

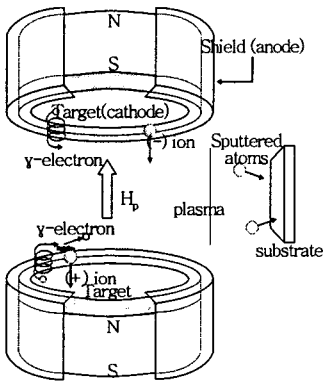


그림 1. 대향타겟식 스퍼터링 장치 개략도

Fig 1. Schematic diagram of Facing targets Sputtering apparatus

본 실험에서는 ITO 박막을 아르곤과 산소의 혼합가스[Ar:O₂ : 20:0.8 sccm] 분위기하에서 제작하였다. 기판으로는 Corning-glass 기판을 사용하여 증착하였으며, 모든 샘플의 기판 온도는 실온, ITO 박막의 두께는 100nm로 하였다. 자세한 증착 조건은 표 1에 나타내었다.

제작되어진 ITO 박막의 전기적 특성 및 표면 거칠기는 각각 Hall effect measurement(EGK) 장비와 Atomic Force Microscopy(PFI)장비를 사용하였으며 박막의 두께는 α -step(Chang-min)을, 광투과율은 UV-VIS spectrometer(HP)를 사용하여 측정하였다.

표 1. 스퍼터링 조건.

Table 1. Sputtering conditions

Parameters	Conditions
Targets	ITO
Working gas	Ar, O ₂
Background pressure	2.0×10^{-3} m Torr
Working pressure	1,3,5[mTorr]
D _{T-T}	100mm
D _{T-S}	100mm
C _B	270G
Ar : O ₂ rate	20 : 0.8 [sccm]
Sputtering current	0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 , 0.5, 0.6[A]

3. 결과 및 고찰

그림 2.는 ITO 타겟을 사용한 FTS 스퍼터링 장치의 압력에 따른 방전 전압의 변화를 나타낸 방전 특성 그래프이다. 그래프에서 볼 수 있듯이 압력이 증가함에 따라 전압이 감소함을 알 수 있다.

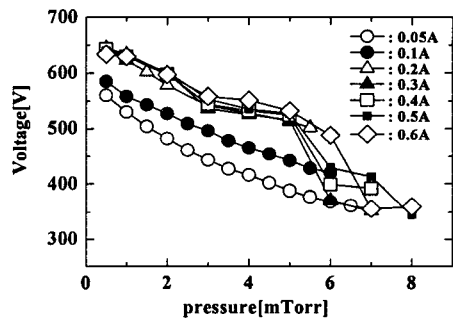


그림 2. FTS 장치의 방전특성

Fig 2. Discharge characteristics of FTS apparatus

그림 3은 FTS 장치를 사용하여 증착되어진 ITO 박막의 증착율을 나타낸 것이다. 증착율은 압력이 낮을수록 높으며, 투입전류가 증가할 수록 거의 일정하게 증가하는 것을 알 수 있다.

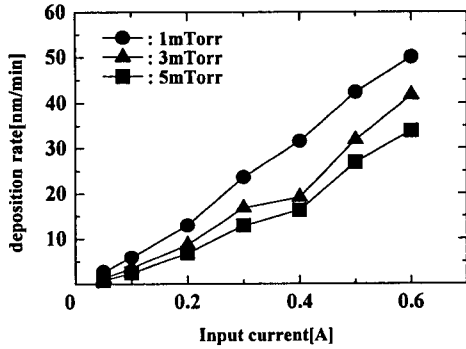


그림 3. ITO 박막의 증착율
Fig 3. Deposition rate of ITO thin films

그림 4는 작업압력 1mTorr에서 제작되어진 ITO 박막의 투입전류에 따른 비저항, 캐리어 이동도 및 농도를 나타낸 그래프이다. 투입전류가 0.3A까지 증가함에 따라 비저항은 낮아지며, 이동도는 증가하는 것을 볼 수 있으며, 투입전류가 0.05A~0.1A 사이의 경우 비저항의 감소는 이동도의 급격한 증가가 원인이 되며, 0.1A 이상의 투입전류에서 이동도는 거의 일정한 반면 캐리어 농도의 증가가 비저항의 감소를 가져오고 있음을 알 수 있다. 캐리어 농도와 이동도가 거의 일정한 0.5A~0.6A의 투입전류 부분에서는 비저항 역시 일정 수준을 유지하는 것을 볼 수 있다.

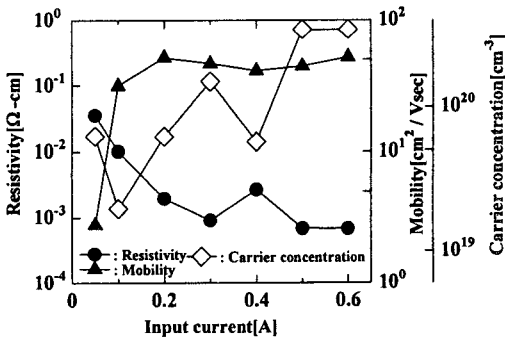


그림 4. 전류에 따른 ITO박막의 전기적 특성 (1mTorr)
Fig. 4. Electrical properties of ITO with input currents at 1mTorr

그림 5는 0.5A의 투입전류에서 제작되어진 ITO박막의 작업압력에 따른 전기적 특성을 나타낸 그래프이다. 작업압력이 증가함에 따라 이동도의 감소는 작은 반면 상대적으로 큰 캐리어 농도의 감소로 인해 비저항이 증가하고 있는 것을 알 수 있다.

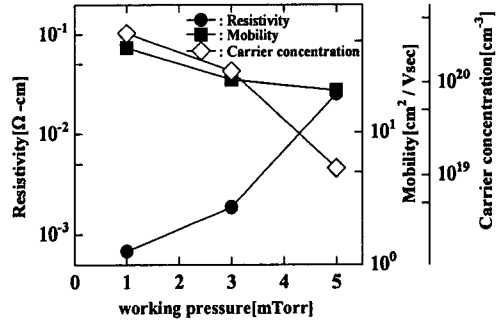


그림 5. 투입전류 0.5A에서 작업압력에 따른 ITO 박막의 전기적 특성
Fig. 5. Electrical properties of ITO with working pressure at 0.5A

그림 6은 0.5A에서 제작되어진 ITO 박막의 작업압력에 따른 광투과율을 나타낸 것이다. 작업압력이 증가함에 따라 이동도와 캐리어 농도는 감소하고 그에 따라 흡수영역이 가시광영역 쪽으로 약간씩 이동되는 것을 볼 수 있다. 이는 0.05A~0.6A까지 공통적으로 볼 수 있었으며, 제작되어진 모든 샘플들의 광투과율은 85% 이상의 우수한 투과율을 가지고 있음을 알 수 있었다.

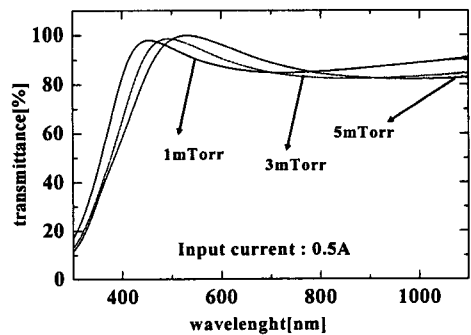


그림 6. 제작되어진 ITO 박막의 광투과율
Fig. 6. Transmittance of prepared ITO thin films

그림 7은 1mTorr, 0.3A에서 제작되어진 ITO 박막의 AFM 이미지를 나타낸 것이다. 이 조건에서 제작 되어진 ITO 박막의 표면 거칠기 RMS(Root mean Square roughness)는 10.05Å의 매우 부드러운 표면을 가졌다.

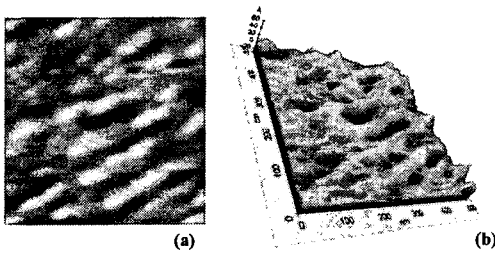


그림 7. AFM 이미지; (a) 2D, (b) 3D
Fig. 7. Image of AFM ; (a) 2D, (b) 3D

4. 결 론

본 연구에서는 FTS 스퍼터링 장치를 이용하여 ITO 투명전도성 박막을 제작하였다. 상기 결과에서 알 수 있듯이 실온에서 제작되어진 모든 ITO 투명 전도막의 광투과율은 85% 이상의 우수한 값을 가졌으며, 전기전도도, 캐리어 이동도 및 캐리어 농도는 1mTorr의 작업압력과 0.6A의 투입전류에서 제작되어진 ITO 투명 전도막의 경우 각각 전기전도도 약 $6 \times 10^{-4} [\Omega \cdot \text{cm}]$, 캐리어 이동도 $52.11 [\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}]$, 캐리어 농도 $1.72 \times 10^{20} [\text{cm}^{-3}]$ 의 우수한 값을 가지는 것을 알았다.

참고 문헌

- [1] R.H. Friend, R.W. Gymer, A.B. Holmes, Nature 397(1999)121
- [2] C.C. Wu, C.I. Wu, J.C. Sturm, A.Kahn, Appl. Lett. 70(1997)1384
- [3] K. Zhang, F. Zhu, C.H.A. Huan, A.T.S. Wee, J. Appl. Phys.86 (1999) p.974
- [4] J.K. Sheu, Y.K. Su, G.C. Chi, M.J. Jou,

C.M. Chang, Appl. Phys. Lett. 72(1999) p.129

- [5] Y. Hoshi, H. Kato, K. Funatsu, Thin solid films 445(2003) 245-250
- [6] K. Ishibashi, K. Hirata, N. Hosokawa, J. Vac. Sci. Technol. Vol. A10 (4) (1992) 1719-1722
- [7] 금민중, 김경환 “대향타겟스퍼터링법에 의한 FBAR용 AZO(ZnO:Al) 박막의 제작” 전기전자재료학회논문지 17권 4호 442-445 (2004)
- [8] 금민중, 손인환, 최명규, 추순남, 최형욱, 신영화, 김경환 “FBAR용 ZnO/SiO₂/Si 박막의 결정학적 특성에 관한 연구”, 전기전자재료학회 논문지, 16권, 8호 p711 (2003)
- [9] 김경환, 손인환, 금민중, “대향타겟식 스퍼터링에 의한 Co-Cr 박막의 제작”, 전기전자재료학회논문지, 11권 5호, p418 (1998)