

산소 가스 유량비 변화에 따른 ITO 박막의 제작

김건희, 금민종, 이규성*, 김한기*, 김경환
삼성 SDI*, 경원대학교 전기정보 공학과

Preparation of ITO thin films with O₂ gas ratio

Geon Hi Kim, Min Jong Keum, Gyu Sung Lee*, Han Ki Kim*, Kyung Hwan Kim
Kyungwon University, Samsung SDI*

Abstract

Indium tin oxide(ITO) films were prepared as a function of varying the proportion of oxygen[0~1.0sccm] at fixed Ar gas[20sccm] by facing targets sputtering(FTS) system. Then electrical and optical properties of ITO thin films were estimated by Hall effect measurement system and UV/VIS-spectrometer. In the result, at very little oxygen rate, we can prepare a low resistivity ITO thin film of $3.40 \times 10^{-4} [\Omega \cdot \text{cm}]$ and transmittance of over 80%. So we noticed that the ITO thin film with low resistivity and high transmittance was prepared by FTS at room temperature.

Key Words : ITO, FTS, Electrical properties

1. 서론

낮은 비저항의 투명전도막에 대한 연구는 LCD(Liquid Crystal Display), OLED(Organic Light Emitting Diodes)등의 Flat panel Display 소자의 전극으로서 주목받고 있다[1]. ZnO:Al, ZnO:Ga[2,3]등 많은 재료들이 연구되고 있으나 Indium Tin Oxide(ITO)가 낮은 비저항, 가시광 영역에서의 높은 투과도, 화학적인 안정성등의 이유로 가장 널리 사용되고 있다. ITO를 제작하는 방법에는 일반적으로 sputtering method[4]와 evaporation[5]이 사용되고 있으나 고품질의 박막을 대면적의 기판에 증착 가능한 sputtering methods가 많이 연구되고 있다. sputtering method를 사용하여 ITO박막 제작 시 기판온도, 산소 유입량, 챔버 압력을 조절함으로써 박막의 전

기적, 광학적 특성을 변화 시킬 수 있다[6]. 본 연구에서는 기판온도 실온에서 산소가스 유입량을 변화시켜 ITO 박막의 전기적, 광학적 변화를 살펴 보았다. 또한 일반적인 sputtering 방법의 경우 기판과 타겟이 서로 마주보고 있어 산소 음이온이나 중성 원자등의 고에너지 입자들의 기판 입사로 인한 박막의 결함이 발생한다. 따라서 본 연구에서는 두 개의 타겟이 서로 마주 보고 있으며 타겟 간 중앙에서 수직인 위치에 있어 고에너지 입자에 의한 기판 손상을 최소화 할 수 있는 FTS[2,7] 장치를 사용하여 산소 가스 유입량에 따른 ITO 박막의 전기적, 광학적 특성을 연구하였다.

2. 실험

본 연구에서는 그림 1과 같은 FTS(Facing Targets Sputtering) system을 사용하여 ITO 박막을 증착했다. FTS 장치는 그림 1과 같이 두 개의

타겟이 서로 마주보며 타겟 뒷면에 영구 자석을 장착하여 타겟으로부터 방출되는 2차 전자등을 구속하여 고밀도 플라즈마를 형성한다. 따라서 낮은 가스압력 하에서도 안정적인 방전이 가능하며 기판은 플라즈마로부터 이격되어진 plasma-free 위치에 놓여 산소 음이온등의 고에너지 입자에 의한 기판 손상을 억제 할 수 있기 때문에 고품위의 박막 제작이 가능하다.

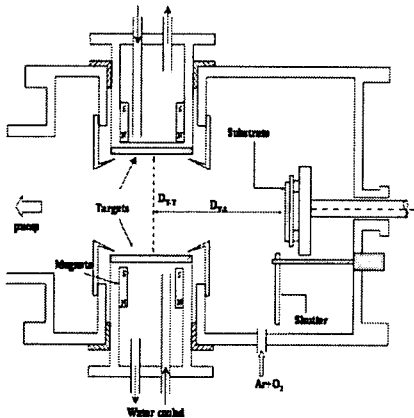


그림 1. 대향타겟식 스퍼터링 장치 개략도
Fig 1. Schematic diagram of Facing targets Sputtering apparatus

본 실험에서는 산소 가스 유입량[20±0~1.0(sccm)]에 따라 실온에서 glass 기판위에 ITO 박막을 제작했다. 박막의 두께는 100nm로 동일하게 제작했다. 자세한 실험 조건은 표 1.에 나타냈다. UV/VIS-Spectrometer(HP)를 사용하여 ITO 박막의 광학적 특성을 살펴보았으며, 제작된 ITO 박막의 비저항(ρ)은 Four point probe(Chang-Min)와 Hall effect measurement system(EGK)을 병행하여 사용하였으며 이동도(μ)와 R_H (Hall coefficient)는 Hall effect measurement(EGK) system으로 측정했다. 캐리어 농도는 상기 장비를 사용해 측정된 R_H 를 사용하여 다음 식으로 계산했다.

$$N = \frac{1}{qR_H} \quad (\text{식 1})$$

(q : 전하량, N : 캐리어 농도)

표 1. 스퍼터링 조건

Table 1. Sputtering conditions

Parameters	Conditions
타겟	ITO(90:10 wt%)
초기 압력	2.0×10^{-6} Torr
작업 가스 압력	1[mTorr]
중심자계	270G
D_T -T, D_T -S	100mm
Ar	20[sccm]
O_2	0~1.0[sccm]
투입전류(DC)	0.2, 0.4, 0.6[A]
기판	Corning-glass
기판 온도	R.T.

3. 결과 및 고찰

그림 2는 FTS 장치를 사용하여 산소 가스 유입량에 따른 ITO박막의 증착을 변화를 나타냈다. 그림에서 알 수 있듯이 박막의 증착율은 산소 가스의 유입량에는 큰 변화를 발견할 수 없으나 투입 전류에는 비례하여 증가하는 것을 볼 수 있다. 이는 Ar 가스의 양은 고정되어(20sccm) 있는 상태에서 미량의 산소 가스 유입이 증착율에 영향을 주지 못하며 증착율은 투입전류에 비례하여 증가한다는 것을 알 수 있다.

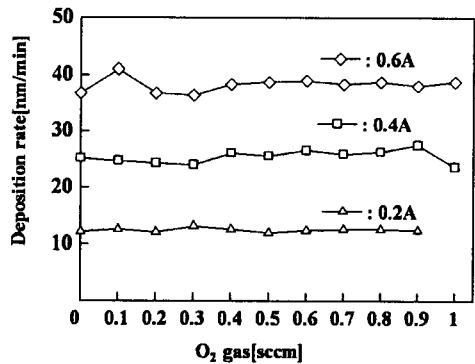


그림 2. 제작된 ITO 박막의 증착율

Fig 2. Deposition rate of ITO thin films

그림 3은 각각의 투입전류에서 산소 유입량에 따른 ITO박막의 전기적 특성을 나타낸 그림이다.

산소 유입량이 0.2[sccm]까지 증가함에 따라 ITO 박막의 비저항은 이동도의 증가와 함께 감소하며, 산소 가스 유입량이 0.2[sccm]을 넘게 되면 이동도는 거의 변화가 없으며 캐리어 농도가 약간씩 감소함에 따라 비저항이 증가하는 것을 볼 수 있다.

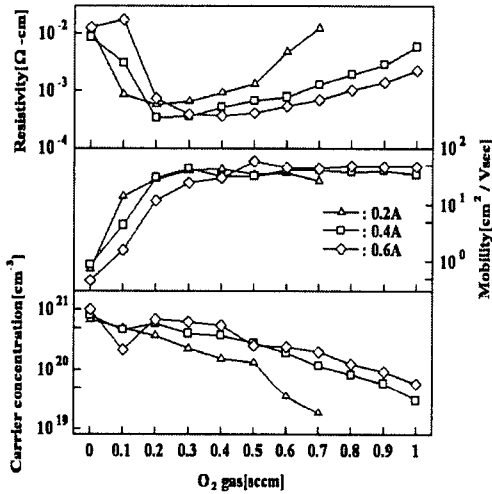


그림 3. 제작된 ITO 박막의 전기적 특성

Fig 3. Electrical properties of ITO thin films

산소의 유입없이 순수 Ar 분위기하에서 스퍼터링 시 타겟 주위가 검게 변화하는 것을 관찰할 수 있는데, 이는 산소 결핍에 의한 것으로 생각된다. 따라서 산소가 0.2[sccm]까지 증가함에 따라 산소의 결핍에 의한 InO등의 결함을 줄임으로서 이동도가 증가한 것으로 사료된다. 또한 산소 유입량이 0.2[sccm]을 넘으면 이동도의 변화는 거의 없으나 캐리어 농도의 완만한 감소가 일어난 것은 산소 결핍을 보충하고 남은 산소원자나 이온들은 SnO₂ complex등의 캐리어 방출에 기여하지 않는 중성 불순물을 형성하기 때문으로 생각된다. 그러나 산소 유입량이 1[sccm]까지 증가하여도 10⁻³[Ω·cm]대의 양호한 비저항을 유지하는 것을 알 수 있다.

제작된 ITO 박막의 결정학적 특성을 알아보기 위해 XRD를 이용하여 회절 피크를 측정하였으나 상기 어떠한 조건에서도 피크가 나타나지 않는 비결정질임을 알 수 있었다. 이는 제작된 박막의 두께가 100nm정도로 매우 얇기 때문일 것으로 생각되

며, 추후 기판 온도를 올린다면 결정학적 특성을 살펴 볼 수 있을 것으로 사료된다.

그림 4는 투입전류 각각 0.2, 0.4, 0.6A에서 제작된 ITO박막의 광학적 특성을 나타낸 그래프이다. 모든 투입전류에 대한 그림에서 알 수 있듯이 Ar 가스에 0.1[sccm]의 미량의 산소 가스 유입만으로도 투과도는 30%이상 향상되며 산소 가스 유입량이 0.2[sccm]부터는 투명 전도막으로서 응용 가능한 80% 이상의 투과도를 가지고 있었다. 이는 박막의 광투과율은 투입 전류에는 큰 영향을 받지 않으나 산소 가스의 유입량에 매우 의존적임을 알 수 있다.

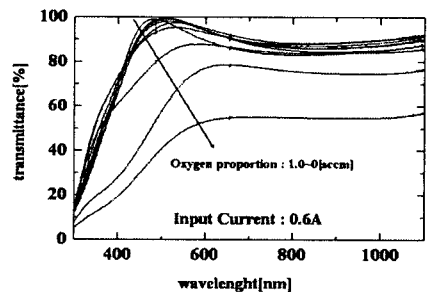
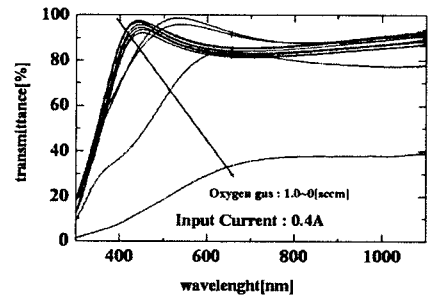
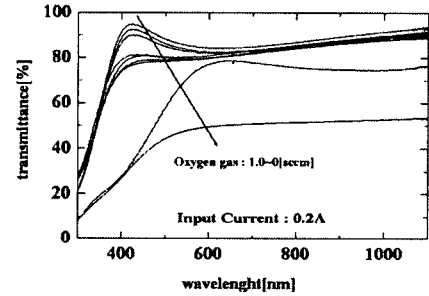


그림 4. 제작된 ITO 박막의 광투과도

Fig 4. Transmittance of ITO thin films

4. 결 론

본 연구에서는 FTS 장치를 사용하여 산소 가스 유입량에 따라 실온에서 ITO 박막을 제작하였다. 산소 음이온등의 고에너지 입자들의 기관으로의 충돌을 효율적으로 제한함으로써 아주 작은 산소 유입량인 투입전류 0.4A에서 산소 0.2[sccm]의 유입으로도 실온에서 $3.40 \times 10^{-4} [\Omega \cdot \text{cm}]$ 의 우수한 비저항의 박막 제작이 가능했다. 뿐만 아니라 박막의 투과도 역시 아주 작은 0.2[sccm]의 산소 유입만으로도 80% 이상의 높은 투과도를 가질수 있었다. 이는 실온 공정이 필요한 투명 전도막의 응용에 있어 적합할 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] Y. Shigesato, T. Haranoh, "Electrical and structural properties of low resistivity tin-doped indium oxide films" J. Appl. Phys, 71,3356(1992)
- [2] 금민중, 김경환 "대향타겟스퍼터링법에 의한 FBAR용 AZO(ZnO:Al) 박막의 제작" KIEEME Vol.17 No.4 (2004) p.422
- [3] B. H. Choi, H. B. Im, J. S. Song and K. H. Yoon "Optical and electrical properties of Ga₂O₃-doped ZnO films prepared by r.f. sputtering" Thin Solid Films, 193/194, 1/2 (1992) 712
- [4] T. Karasawa, Y. Miyata, "Electrical and optical properties of indium tin oxide thin films deposited on unheated substrates by d.c. reactive sputtering", Thin Solid Films, 223, p135 (1993)
- [5] T. Maruyama, K. Fukui, "Indium-tin oxide thin films prepared by chemical vapor deposition" J. Appl. Phys., 70, 3848(1991)
- [6] Hyun-Hoo Kim "Optimal sputtering parameters of transparent conducting ITO films deposited on PET substrates" Transaction on Electrical and Electronic Materials, Vol. 1, No. 2, (2000)
- [7] 금민중, 김경환 "FTS법으로 제작한 ZnO/AZO 박막의 결정학적 특성" KIEEM Vol. 17, No. 9, p979 (2004)