

## FTS법을 이용한 ITO박막의 제작

### Preparation of ITO Thin Films by FTS(Facing Targets Sputtering) Method

김건희<sup>1</sup>, 금민중<sup>1</sup>, 김한기<sup>2</sup>, 손인환<sup>3</sup>, 장경욱<sup>4</sup>, 이원재<sup>5</sup>, 최형욱<sup>1</sup>, 박용서<sup>1</sup>, 김경환<sup>1,a</sup>  
(Geon Hi Kim<sup>1</sup>, Min Jong Keum<sup>1</sup>, Han Ki Kim<sup>2</sup>, In Hwan Son<sup>3</sup>, Kyung Wook Jang<sup>4</sup>, Won Jae Lee<sup>5</sup>,  
Hyung Wook Choi<sup>1</sup>, Yong Seo Park<sup>1</sup>, and Kyung Hwan Kim<sup>1,a</sup>)

#### Abstract

The ITO thin films were prepared by the FTS(Facing Targets Sputtering) system. The ITO thin films are deposited by changing the input current and working gas pressure. Then, electric characteristics, transmittance and surface roughness of ITO thin films were measured by Hall effect measurement, UV-VIS spectrometer and AFM. 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  $1.72 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ , transmittance over 85 % of ITO film at working gas pressure 1 mTorr and input current 0.6 A.

**Key Words** : ITO, FTS, Electric characteristics, Transmittance, Surface roughness

#### 1. 서 론

최근 광·전자공학 분야가 급속히 발전함에 따라, 투명도와 전도도가 높은 투명전도막(transparent conducting oxide)에 대한 관심이 크게 증가하고 있다. 특히 ITO(Indium-Tin-Oxide) 박막은 가시광 영역에서 광투과도가 높고 근적외선 영역에서 광 반사도가 높을 뿐만 아니라 낮은 저항률을 가지고 있다. 또한 화학적 안정성이 뛰어나 다양한 분야에 응용되어 지며, 최근에는 디스플레이 분야로의 응용에 많이 사용되고 있다[1,2]. 이러한 ITO 박막을 제작하는데 있어 일반적인 DC나 RF 스퍼터링법을 사용할 경우에는[3,4], 양호한 특성을 가지는 ITO 박막을 얻기 위해서 기판가열이 필요하며, 스퍼터링시 타겟에서 방출되는 전자 혹은

은 방전가스에서 방출되는 산소 음이온에 기인하는 고 에너지 입자에 의한 기판 충격 때문에 양호한 특성의 ITO 박막을 제작하는데 어려움이 따른다[5,6]. 이는 OLED의 상부 cathode용 ITO나 flexible 기판사용을 사용할 경우 약점이 될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 두 개의 타겟이 서로 마주 보며, 기판이 플라즈마와 이격되어진 위치에 놓여, 저온에서도 양호한 특성의 박막을 제작할 수 있는 FTS장치[7-9]를 이용해 실온에서 ITO박막을 증착했다.

#### 2. 실험

##### 2.1 실험장치

본 실험에서는 그림 1과 같은 구조의 FTS(Facing Targets Sputtering) 장치를 사용해 ITO 박막을 제작했다. FTS장치는 두 개의 타겟이 마주 보고 있으며 타겟의 뒷면에는 영구 자석이 부착되어 플라즈마로부터 생성되는 음이온을 플라즈마 내에 구속시킨다. 또한 기판은 플라즈마로부터 이격되는 타겟 간 중앙부에 위치하여 plasma-free에 위치하여, 스퍼터링이 일어날 때 발생하는 산소 음이온에 의한 박막의 손상을 최소화 시킬 수 있다.

1. 강원대학교 전기정보공학과  
(경기도 성남시 수정구 복정동 산65)  
2. 삼성 SDI  
3. 신성대학 디지털전기계열  
4. 강원전문대 자동차과  
5. 강원전문대 전자정보과  
a. Corresponding Author : khkim@kyungwon.ac.kr  
접수일자 : 2004. 9. 6  
1차 심사 : 2004. 9. 15  
심사완료 : 2004. 10. 4

### 3. 결과 및 고찰

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

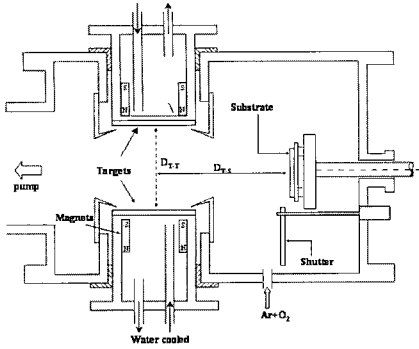


그림 1. 대향타겟식 스퍼터링 장치 개략도.  
Fig. 1. Schematic diagram of facing targets sputtering apparatus.

본 실험에서는 ITO 박막을 아르곤과 산소의 혼합가스[Ar+O<sub>2</sub> : 20+0.8 sccm] 분위기하에서 제작하였다. 기판으로는 Corning-glass 기판을 사용하여 증착했으며, 모든 샘플의 기판 온도는 실온, ITO 박막의 두께는 100 nm로 하였다. 자세한 증착 조건은 표 1에 나타났다.

제작된 ITO 박막의 표면 거칠기, 두께 및 광투과율은 Atomic Force Microscopy(PSI), UV-VIS spectrometer(HP)와  $\alpha$ -step(Tencor)을 사용하여 각각 측정했다. 또한 ITO 박막의 비저항( $\rho$ ), 이동도( $\mu$ ), R<sub>11</sub>(Hall coefficient)는 Hall effect measurement(EGK) 장비를 사용해 측정했으며, 캐리어 농도( $N$ )은 상기 장비로 측정된 R<sub>11</sub>를 사용하여 다음 식으로 계산했다.

$$N = \frac{1}{qR_{11}} \quad (1)$$

( $q$ : 전하량,  $N$ : 캐리어 농도)

표 1. 스퍼터링 조건.  
Table 1. Sputtering conditions.

Parameters	Conditions
타겟	ITO(90:10 wt%)
초기 압력	$2.0 \times 10^{-6}$ Torr
작업 가스 압력	1.35 mTorr
중심자계	270 G
D <sub>T-T</sub> , D <sub>T-S</sub>	100 mm
작업 가스 [Ar+O <sub>2</sub> ]	20 + 0.8 sccm
투입전류(DC)	0.05, 0.1~0.6 A
기판 온도	R. T.

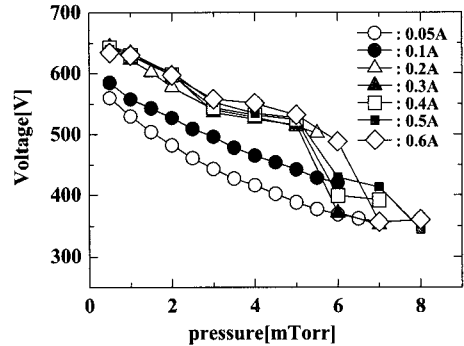


그림 2. FTS 장치의 방전특성.  
Fig. 2. Discharge characteristics of FTS apparatus.

그림 3은 FTS 장치를 사용해 증착된 ITO 박막의 증착율을 나타냈다. 증착율은 작업 가스 압력이 낮아질수록 높으며, 투입전류가 증가할 수록 일정하게 증가하는 것을 알 수 있다.

그림 2, 3에서, 작업가스 압력 6 mTorr 이상, 투입전류 0.6 A초과 시에는 방전이 불안정해 증착 조건을 상기 조건 이하로 한정했다.

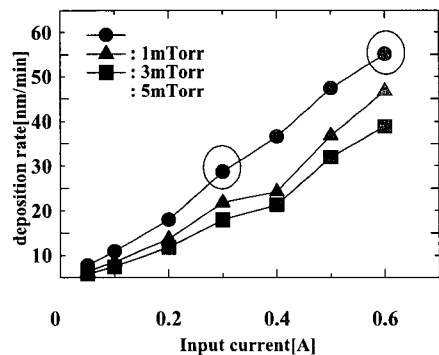


그림 3. ITO 박막의 증착율.  
Fig. 3. Deposition rate of ITO thin films.

또한 1 mTorr, 0.3 A와 0.6 A에서 제작된 ITO 박막의 surface roughness를 조사하였다. 이 조건에서 제작된 ITO 박막의 표면 거칠기(Root mean Square roughness) 및  $R_{p-v}$ (peak to valley)는 각각 10.05 Å와 92.42 Å 및 2.37 Å과 26.77 Å의 매우 부드러운 표면을 가졌으며, 투입전류가 0.3 A에서 0.6 A로 증가함에 따라 표면 거칠기 역시 개선된 것을 알 수 있었다.

그림 4는 작업압력 1 mTorr에서 제작된 ITO 박막의 투입전류에 따른 비저항, 캐리어 이동도 및 농도를 나타냈다. 0.05 A~0.1 A 사이의 경우 비저항 감소는 이동도의 급격한 증가에 기인하며, 투입전류가 0.3 A까지 증가함에 따른 비저항의 감소 원인은 이동도는 일정한 반면 캐리어 농도의 증가가 주된 원인임을 알 수 있다. 또한 캐리어 농도와 이동도가 일정한 0.5 A~0.6 A의 투입전류 부분에서는 비저항 역시 일정 수준을 유지하는 것을 볼 수 있다.

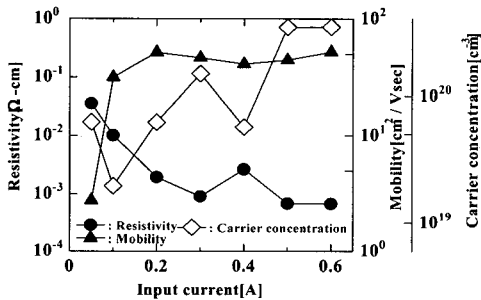


그림 4. 전류에 따른 ITO박막의 전기적 특성(1 mTorr).

Fig. 4. Electrical properties of ITO thin films with input currents at 1 mTorr.

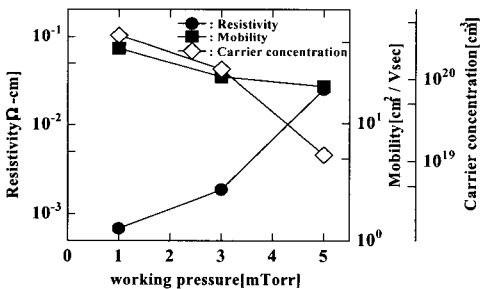


그림 5. 투입전류 0.5 A에서 작업압력에 따른 ITO 박막의 전기적 특성.

Fig. 5. Electrical properties of ITO thin films with working pressure at 0.5 A.

그림 5는 0.5 A의 투입전류에서 제작된 ITO박막의 작업 가스 압력에 따른 전기적 특성을 나타냈다. 작업 가스 압력이 증가함에 따라 이동도의 감소는 작은 반면 상대적으로 큰 캐리어 농도의 감소로 인해 비저항이 증가하고 있는 것을 알 수 있다.

그림 4, 5에서 ITO 투명전도막의 비저항 감소는 캐리어의 주요 공급원인 산소 공공의 숫자가 스퍼터 되는 입자의 에너지가 증가함에 따라 산소와 인듐간의 비화학 양론적 결합을 촉진하여 많아지기 때문인 것으로 사료된다.

그림 6은 0.5 A에서 제작된 ITO 박막의 작업압력에 따른 광투과율을 나타냈다. 작업압력이 증가함에 따라 이동도와 캐리어 농도는 감소하고 그에 따라 투과율이 급격히 떨어지는 차단영역이 가시광 영역 쪽으로 이동되는 것을 볼 수 있다. 이러한 압력에 따른 차단영역의 이동은 투입전류 0.05 A~0.6 A에서 제작된 모든 박막에서 공통적으로 볼 수 있었으며, 제작된 모든 박막들의 광투과율은 85 % 이상이었다.

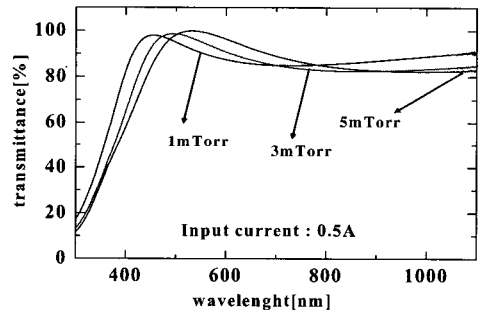


그림 6. 제작되어진 ITO 박막의 광투과율.

Fig. 6. Transmittance of prepared ITO thin films.

#### 4. 결론

본 연구에서는 FTS 스퍼터링 장치를 이용하여 실온에서 ITO 투명전도성 박막을 제작한 결과는 다음과 같다. 실온에서 제작되어진 모든 ITO 투명전도막의 광투과율은 85 % 이상의 우수한 값을 가졌으며, 전기전도도, 캐리어 이동도 및 캐리어 농도는 각각 약  $6 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ ,  $52.11 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}$ ,  $1.72 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 의 값을 가졌다. 또한 박막의 표면 거칠기[RMS]와  $R_{p-v}$ 는 투입전류 0.3 A에서 약 10 Å와 92 Å정도, 0.6 A에서 2.37 Å과 26.77 Å로서 매우 부드러운 표면의 박막을 제작했다. 따라서 다

양한 디바이스의 제작 시 요구되어지던 ITO 박막의 표면처리 과정이 불필요할 것으로 사료된다.

### 참고 문헌

- [1] R. H. Friend, R. W. Gymer, and A. B. Holmes, "Electroluminescence in conjugated polymers", *Nature* 397, p. 121, 1999.
- [2] C. C. Wu, C. I. Wu, and J. C. Sturm, "Surface modification of indium tin oxide by plasma treatment", *A. Kahn, Appl. Lett.* 70, p. 1384, 1997.
- [3] K. Zhang, F. Zhu, C. H. A. Huan, and A. T. S. Wee, "Effect of hydrogen partial pressure on optoelectronic properties of indium tin oxide thin films deposited by radio frequency magnetron sputtering method", *J. Appl. Phys.* 86, p. 974, 1999.
- [4] J. S. Jung and S. S. Lee, "Development of indium tin oxide film texture during DC magnetron sputtering deposition", *J. Crystal Growth* 259, p. 343, 2003.
- [5] Y. Hoshi, H. Kato, and K. Funatsu, "Structure and electrical properties of ITO thin films deposited at high rate by facing target sputtering", *Thin solid films*, Vol. 445, p. 245, 2003.
- [6] K. Ishibashi, K. Hirata, N. Hosokawa, "Mass spectrometric ion analysis in the sputtering of oxide targets", *J. Vac. Sci. Technol.*, Vol. A10 (4), p. 1719, 1992.
- [7] 금민중, 김경환, "대향타겟스퍼터링법에 의한 FBAR용 AZO(ZnO:Al) 박막의 제작" 전기전자재료학회논문지, 17권, 4호, p. 442, 2004.
- [8] 금민중, 손인환, 최명규, 추순남, 최형욱, 신영화, 김경환, "FBAR용 ZnO/SiO<sub>2</sub>/Si 박막의 결정학적 특성에 관한 연구", 전기전자재료학회논문지, 16권, 8호, p. 711, 2003.
- [9] 김경환, 손인환, 금민중, "대향타겟식 스퍼터링에 의한 Co-Cr 박막의 제작", 전기전자재료학회논문지, 11권, 5호, p. 418, 1998.