

플라즈마 표면 처리에 의한 ITO 박막 제작 특성

김상모, 손인환*, 박상준, 김경환

신성대학교*, 경원대학교

Characteristic of ITO thin film with plasma surface treatment

Sang-Mo Kim, In-Hwan Son*, Sang-Joon Park and Kyung-Hwan Kim

Kyungwon University, Shinsung College*

Abstract: Tin-doped indium thin film is outstanding material among Transparent Conductive Oxide (TCO) materials. ITO thin films show a low electrical resistance($<10^{-4}$ [$\Omega\cdot\text{m}$]) and high transmittance($>80\%$) in the visible range. ITO thin films usually have been deposited on the glass substrate. In order to apply flexible display, the substrate should have the ability to bend and be deposited without substrate heat. Also properties of ITO thin film depend on what kind of substrate. In this study, we prepared ITO thin film on the polycarbonate (PC) substrate by using Facing Target Sputtering (FTS) system. Before deposition of ITO thin film, PC substrate took plasma surface treatment. The electrical and surface properties of as-deposited thin films were investigated by Hall Effect measurement, UV/VIS spectrometer and the surface property of substrate is investigated by Contact angle measurement

Key Words : ITO, FTS, PC, contact angle

1. 서론

최첨단 기술의 발전은 과거 CRT 중심의 디스플레이 시장을 LCD, PDP, OLED의 평판 디스플레이로의 발전시켰다. 이제는 한 단계 더 진보된 Flexible display와 같은 차세대 디스플레이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 디스플레이의 발전은 디스플레이 소자 핵심부품인 투명전극으로 쓰이는 TCO (Transparent Conducting Oxide) 박막에 대한 관심이 점점 커지게 되고, 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 응용되고 있으며, 특히 디스플레이 분야에서도 많이 사용되고 있다.

Flexible display에 적용하기 위해서는 기판에 투과성이 높고 쉽게 휘어지는 polymer 기판을 사용해야 한다. 하지만, Polymer 계열의 기판은 내열성이 약하고, Sputtering시 발생하는 고에너지 입자에 대한 기판의 손상이 우려되고, 특히 polymer 특성상 유리 기판에 비해서 낮은 표면 에너지를 가지고 있어서 ITO 투명전극 형성시 균일한 막을 형성하기 어렵다. 특히 고분자 표면은 내부와는 다른 결합 형태 및 이중매체와의 상호작용으로 인하여 표면 에너지에 따른 안정화도 및 화학구조 뿐만 아니라, 표면과 접하는 매체를 고려한 전반적 특성이 내부의 성질과는 전혀 다르게 취급된다. 따라서 이로 인하여 polymer 기판의 표면 처리에 대한 연구가 선행되어야 한다.

본 연구에서는 박막의 증착전에 PC 기판을 핸드플라즈마

장치(APP社)를 이용하여 플라즈마 표면 처리한 후에 대향 타겟식 스퍼터링 (Facing Target Sputtering) 장치를 이용하여 ITO 박막을 증착시켰다.[1,2]

2. 실험

2.1 실험장치

그림1은 실험에 사용된 대향 타겟식 스퍼터링 (Facing Targets Sputtering, FTS) 장치이다. FTS 장치는 두 타겟 사이에서 plasma-free상에 기판을 위치하여 Sputtering시 발생하는 고에너지 입자에 대한 충돌로 인한 기판 손상을 최소화하고, 또한 기판 가열없이 고품질의 균일한 ITO 박막을 증착시킬 수 있다.

2.2 접촉각

그림2는 기판 및 플라즈마 표면처리에 따른 접촉각 측정 사진이다. 접촉각이란 고체/액체/기체 경계면에서 고체 표면과 액체 표면이 이루는 각을 의미한다. 액체가 고체표면 위에서 열역학적으로 평형 상태에 이르렀을 때 이루는 각을 말한다. 고체 표면과 액체의 시약 사이에서 이루는 접촉각의 측정은 접착(Adhesion), 표면 처리 그리고 Polymer의 표면 상태에 따라서 많은 차이가 발생한다. 특히 Polymer 기판은 고분자로서 Glass 기판에 비해서 큰 접촉각을 가지고 있어서 낮은 표면 에너지를 가지는 것으로 알려져 있다.

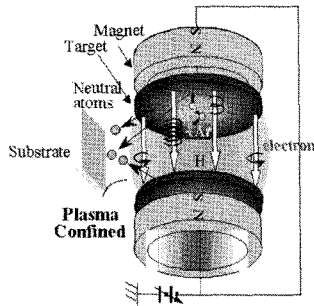
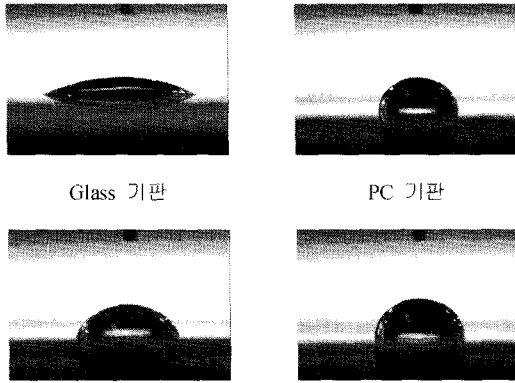


그림 1. 대향타겟식 스퍼터링 장치



Glass 기판

PC 기판

PC 기판(표면처리 8S)

PC 기판(표면처리 16S)

그림 2. 유리 기판 및 PC 기판의 접촉각 측정

2.3 실험방법

실험에 사용된 PC 기판을 증착 실험에 앞서, 증류수와 IPA에서 초음파 세척한 후 오븐에서 100°C의 온도로 30분 동안 건조하여 준비하였다. 준비된 PC 기판을 핸드플라즈마(ATI社)를 이용하여 기판을 표면 처리하였다. 표 1은 스퍼터링 조건 및 플라즈마 표면처리 시간을 나타낸 것이다.

표 1. 스퍼터링 조건.

Parameters	Conditions
Targets	ITO(10% SnO ₂)
Substrate	PC (polycarbonate)
Substrate Temperature	R.T.
Base pressure	2.1×10 ⁻⁶ Torr
Working pressure	1 mTorr
O ₂ Gas flow rate	0.2 sccm
Input power	100 W
Plasma surface treatment Time	0-12 s

3. 결과 및 고찰

그림 3은 PC 기판의 플라즈마 표면 시간 처리 후 증착한 ITO 박막의 전기적 특성을 나타낸 것이다. 플라즈마 처리 시간이 늘어남에 따라 비저항의 감소됨을 알 수 있다. 하지만 8초 이상 처리시 비저항값이 급격히 증가함을 알 수 있다. 이것은 기판의 표면이 플라즈마 노출 시간에

따라 표면의 거칠기에 영향을 미쳐서, 표면의 거칠기를 증가시킨 것으로 사료된다. 이것은 산란중심으로 작용한 것으로, 스퍼터링시 입자의 증착시 균일한 박막의 균일한 막을 형성하기 어렵다. 따라서 플라즈마 표면처리를 통하여 기판의 표면의 거칠기를 감소시킴으로서 균일한 ITO 박막을 제작할 수 있을 것으로 사료된다.

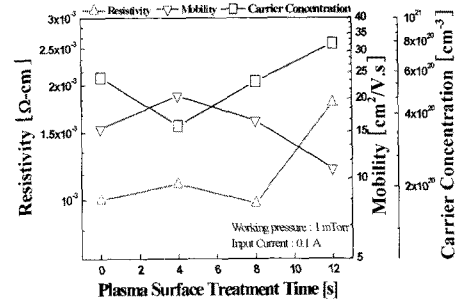


그림 3. ITO 박막의 전기적 특성

4. 결론

본 연구는 실온에서 대향 타겟식 스퍼터링 (FTS) 장치를 이용하여 Polycarbonate (PC) 기판위에 ITO 박막을 증착하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

ITO 박막의 증착전에 PC 기판의 플라즈마 표면처리를 하였다. 플라즈마 표면 처리 시간이 늘어남에 접촉각이 감소하지만, 8초 이상일 경우 오히려 증가함을 보였다. 이 결과는 ITO 박막의 전기적 특성에 영향을 미쳐서 8초간 플라즈마 표면 처리한 ITO 박막의 비저항값이 $6.8 \times 10^{-4} [\Omega \cdot \text{cm}]$ 을 얻었고, 그 이상일 때 비저항의 증가 및 이동도의 감소, 캐리어 농도의 감소를 가져왔다. 하지만, 제작 모든 박막에서 가시광선영역에서 85%의 광투과율을 보였다.

Polymer 기판의 플라즈마 표면 처리는 접촉각의 감소를 가져오고, 균일한 박막의 형성 시킨다. 또한 FTS 장치는 고에너지 입자에 대한 기판의 손상을 최소화시킴으로서 고품질의 ITO 박막을 제작할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2007년도 두뇌 한국 21 사업 및 경기도 협력 센터 (GRRC)에 의하여 지원되었음.

참고 문헌

- [1] K. H. Kim, I. H. Son, K. B. Song, S. H. Kong, M. J. Keum, S. Nakagawa and M. Naoe, "Thin film properties by facing targets sputtering system" Applied Surface Science, Vol. 169-170, p. 410-414, 2001.
- [2] K. H. Kim, "The preparation of indium tin oxide films as a function of oxygen gas flow rate by a facing target sputtering system", Journal of Ceramic Processing Research. Vol.8, No.1, 2007.