

마그네트론 스퍼터링에 의해 증착한 ISZO 박막의 표면 형상 및 전기적 특성  
Surface morphology and electrical properties of ISZO films deposited by magnetron sputting

이동엽<sup>1\*</sup>, 이정락<sup>1</sup>, 김도근<sup>2</sup>, 이진환<sup>2</sup>, 송풍근<sup>1</sup>  
(<sup>1</sup>) 부산대학교, 재료공학부  
(<sup>2</sup>) 한국기계연구원, 표면기술연구센터

초 록 : In-Sn-Zn-O 박막을 2개의 케소드(DC, RF)를 이용해 magnetron co-sputtering법으로 polycarbonate (PC)기판 위에 성막하였다. ITO와 ZnO 타겟은 각각 DC와 RF power supply에 의해 스퍼터 되었다. ISZO 박막의 가장 낮은 비저항은 RF power 55W 일 때 얻을 수 있었고, 이것은 캐리어 밀도의 증가에 의한 것이라 생각되어 진다.

ITO 박막의 투과율은 200 ~ 1100nm의 파장에서 UV-Visible spectrophotometer (4E UV-Vis, Cary)를 통해 측정 되었다. ISZO 박막의 미세구조와 표면조도는 XRD (X'pert series PW3040, PHILIPS) 와 AFM (XE-120, PSIA)을 통해 각각 측정되었다. 실험의 상세 조건들은 표 1.에 나타내었다.

1. 서 론

현재 전 세계가 음성 및 화상정보들을 장소와 시간의 제한 없이 주고받을 수 있는 디스플레이 장치의 중요성에 주목하고 있다. 디스플레이의 다양한 용도를 만족하기 위하여 FPD의 개발은 더욱 가속화 되고 있으며, 휴대폰, PMP, PDA 등의 휴대용 디스플레이들의 수요가 증대되면서 그들의 핵심부품에 대한 관심이 커지고 있다. 특히, 가볍고 유연한 플라스틱 기판을 사용한 flexible display의 개발이 활발하게 진행되고 있다. Indium-Tin-Oxide (ITO)는 n-type의 전도 특성을 갖는 산화물 반도체로서 다른 투명 전극 재료에 비해 높은 전기적 특성과 가시광 영역에서의 높은 투과율을 나타내기 때문에 태양전지(solar cell), LCD (Liquid Crystal Display), 터치스크린(touch screen) 등의 투명 전극 재료로 널리 사용되어 지고 있다[1]. 이에 플라스틱 기판위에 ITO 박막의 제조는 flexible display의 개발에 필연적인 요소이다. ITO 박막의 제조방법은 CVD(Chemical Vapor Deposition)법[2], spray법[3], sputtering법[4-7] 등 여러 가지 방법으로 제조가 가능하다. 하지만 박막의 사용 용도에 따라 제조 방법을 고려해야 하는데, 최근에는 LCD 패널 등의 대형화에 맞춰서 실제 양산라인에서는 sputtering법이 널리 이용되고 있다. 이런 sputtering법은 다른 방법들에 비해 대형기판에 빠르고 균일한 박막의 제조가 용이한 장점이 있다. 이번 연구에서는 magnetron co-sputtering법을 이용해 PC 기판위에 In-Sn-Zn-O 박막을 성막했으며, Zn 도입에 따른 ITO 박막의 물성변화를 연구했다.

2. 본 론

2.1 실험 방법

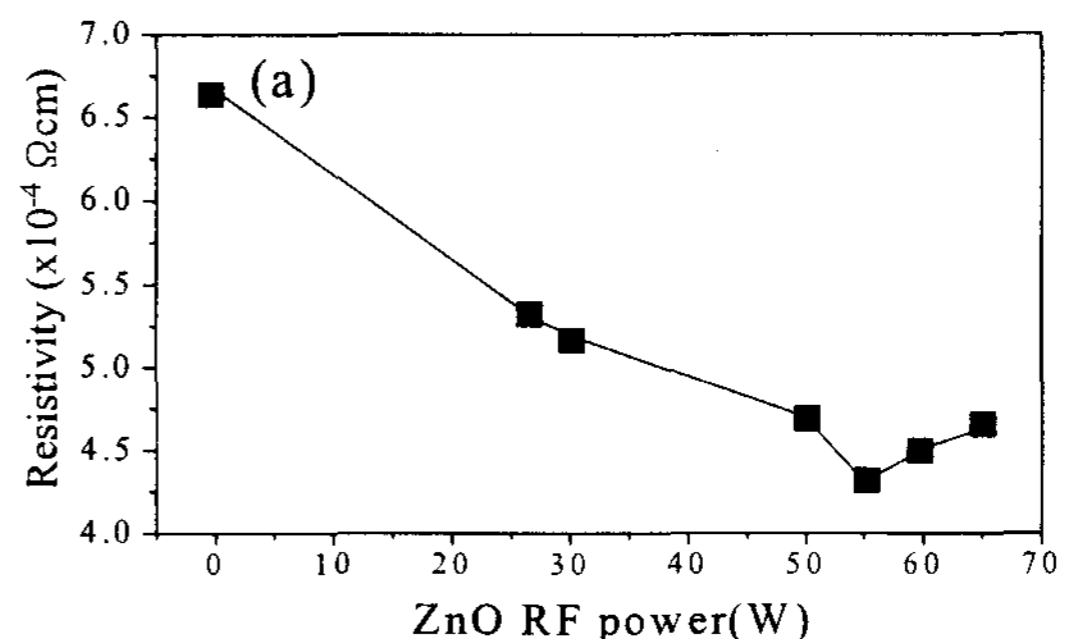
이번 연구에서는 d.c. magnetron sputtering법을 이용해 플라스틱 기판위에 직경 3-inch의 ITO(95wt% In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 5wt% SnO<sub>2</sub>) 타겟을 약 150~160nm 두께의 ITO 박막을 성막 했다. ITO 박막을 성막할 기판은 PC (polycarbonate) 기판을 사용했으며, 기판의 세척은 에탄올과 이온교환수순으로 10분간 초음파 세척 후, 질소 gun으로 물기를 제거한 후 건조하였다. 성막 프로세스 및 박막의 물성에 대한 재현성을 높이기 위하여 챔버내의 압력은 1.0x10<sup>-3</sup> Pa 이하로 배기 하였다. 성막시 주입가스는 99.9999%의 초고순도 Ar와 Ar+O<sub>2</sub> 혼합가스를 사용하였으며, 챔버 내의 작업 압력은 0.5Pa 유지하였다. 성막 된 ITO 박막의 두께 및 전기적 특성은 surface profiler (DakTak<sup>3</sup>, Veeco)과 Hall effect measurement (HMS-3000, ECOPIA)를 통해 측정 되었다.

표 1. 성막 조건

Deposition condition of ISZO thin film	
Substrate	Polycarbonate
DC power	50 W
RF power	0 ~ 65 W
Base pressure	1.0x10 <sup>-3</sup> Pa
Working pressure	0.5 Pa
O <sub>2</sub> flow ratio	0 ~ 0.3%
Substrate temperature	R.T.

2.2 실험 결과 및 고찰

우선 ITO 타겟 단독 방전에 의한 ITO 박막의 최저 비저항을 얻기 위하여 O<sub>2</sub> 첨가량에 대한 최적 조건을 조사해 본 결과, O<sub>2</sub> 첨가 0.2%에서 ITO 박막의 최저 비저항(6.6 x 10<sup>-4</sup> Ωcm)을 얻을 수 있었다. 따라서, In-Sn-Zn-O 박막의 성막시 O<sub>2</sub> 첨가량은 0.2%로 고정시켜서 성막을 행했다. 그림 1.은 DC 및 RF 동시방전을 이용하여 성막한 In-Sn-Zn-O 박막에 있어서 ZnO 타겟의 RF power에 따른 In-Sn-Zn-O 박막의 (a) 비저항, (b) 캐리어 밀도, (c) 홀 이동도를 나타내었다. ZnO 타겟의 RF power가 증가 할수록 In-Sn-Zn-O 박막의 비저항은 감소하는 경향을 나타냈으며, RF power 55W 에서 최저 비저항 (4.3 x 10<sup>-4</sup> Ωcm)이 얻어졌다. 이러한 Zn 함량에 따른 비저항의 감소는 캐리어 밀도의 증가에 기인한 것으로 생각되어진다. 반면, RF power 55W 이상에서의 In-Sn-Zn-O 박막의 비저항 증가는 과잉의 Zn원자 첨가에 따른 중성 불순물 산란에 의한 캐리어 밀도 및 홀 이동도의 감소에 기인한 것으로 생각되어진다. 한편, In-Sn-Zn-O 박막의 XRD 패턴은 모두 비정질 구조를 나타내었다.



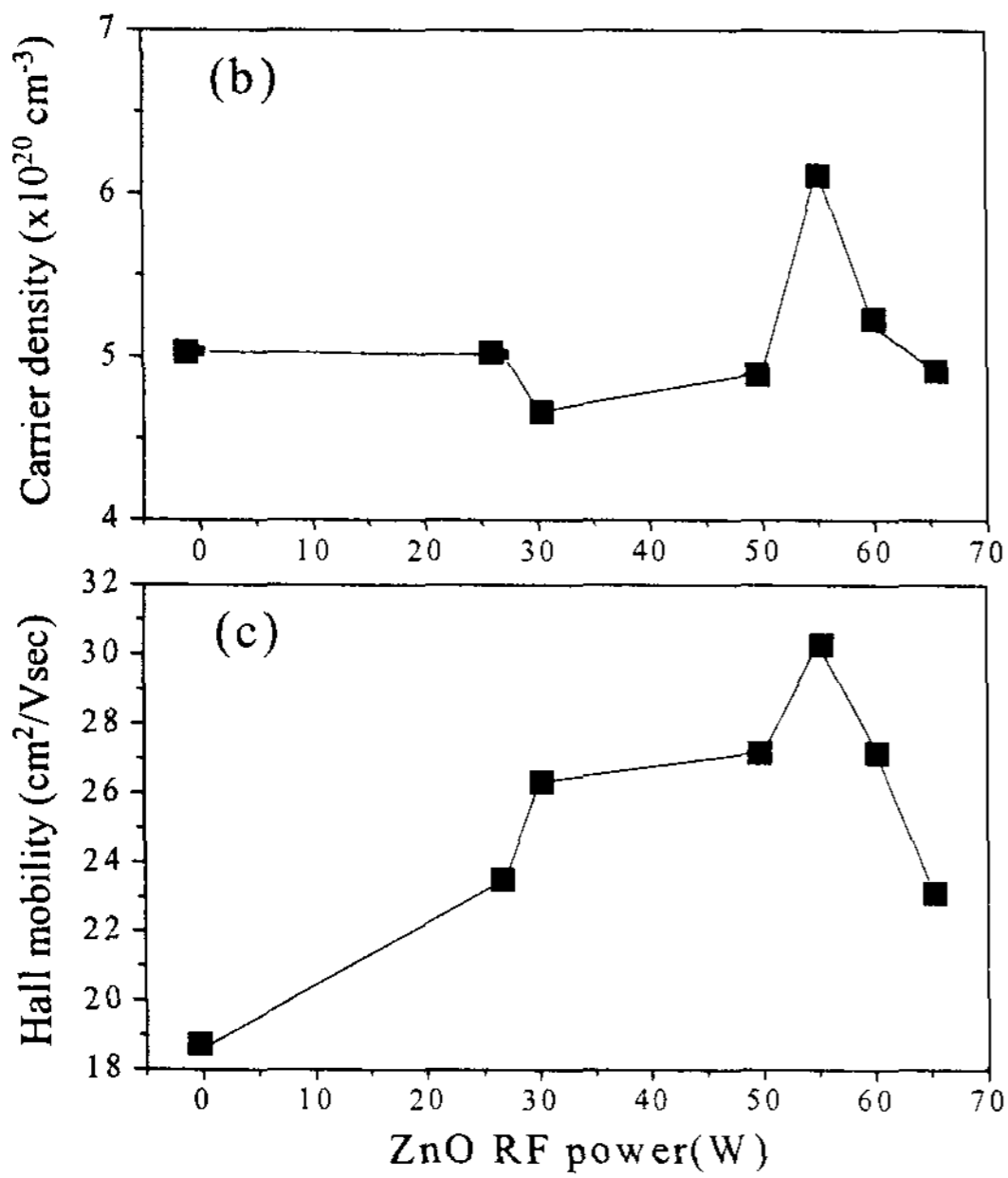
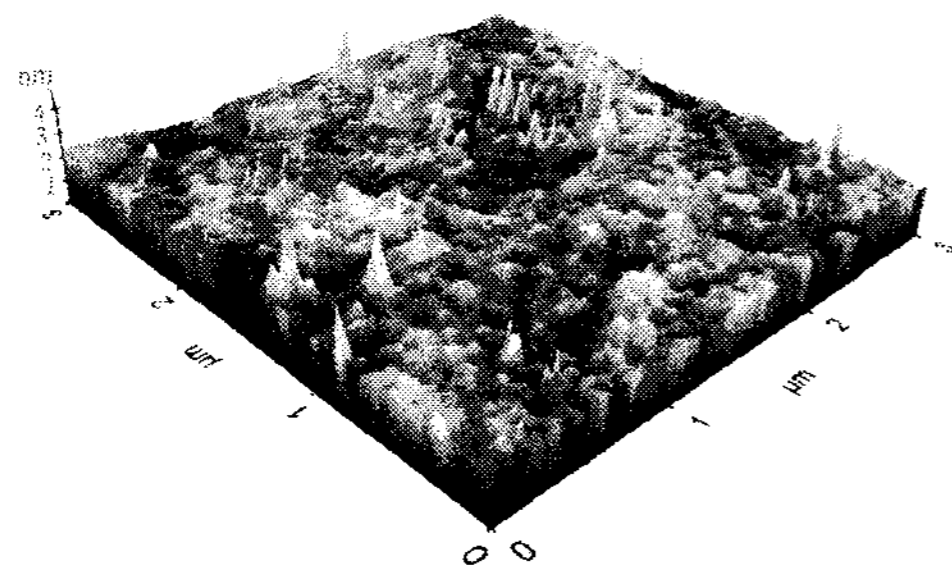
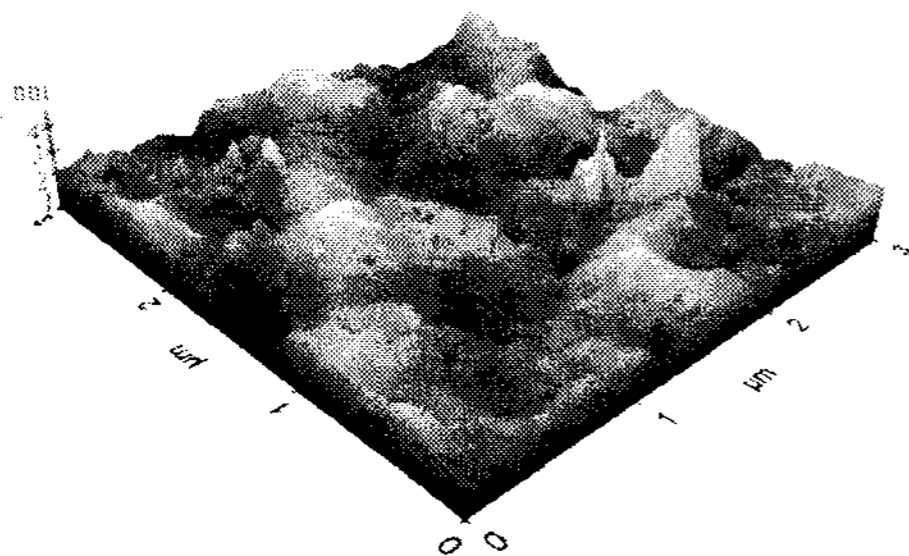


그림 1. ZnO 타겟의 RF power에 따른 In-Sn-Zn-O 박막의 (a) 비저항, (b) 캐리어밀도, (c) 홀 이동도.

그림 2는 (a) ITO 박막과 (b) In-Sn-Zn-O 박막의 표면조도를 AFM 이미지를 통해 비교한 결과이다. In-Sn-Zn-O 박막은 RF power 55W에서 성막 되어진 것이고, 비교적 낮은 비저항을 나타내었다. 각 박막의 표면조도는  $R_a$ (average roughness)의해서 정해졌으며, ITO 박막과 In-Sn-Zn-O 박막의  $R_a$ 는 각각 약 1.0nm와 0.7nm로 In-Sn-Zn-O 박막의 표면조도는 ITO박막보다 우수한 것으로 나타났다.



(a) ITO film  
[RF power (ZnO):0W,  $R_a$ :1.0nm]



(b) In-Sn-Zn-O film  
[RF power (ZnO):55W,  $R_a$ :0.7nm]

그림 2. ITO 박막 (a)과 In-Sn-Zn-O (b) 박막의 AFM 사진

ITO 박막 및 In-Sn-Zn-O 박막의 가시광 투과율은 85% 이상으로 높은 투과성을 나타내었다.

### 3. 결 론

In-Sn-Zn-O 박막을 2개의 케소드(DC, RF)를 이용해 magnetron co-sputtering법으로 polycarbonate (PC)기판 위에 성막한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

ITO 박막의 경우,  $\text{O}_2$  첨가 0.2%에서 비교적 낮은 비저항 ( $6.6 \times 10^{-4} \Omega\text{cm}$ )을 얻었을 수 있었다. Zn의 도입으로 ITO 박막의 전기적 특성은 향상되었으며, 최소 비저항 ( $4.3 \times 10^{-4} \Omega\text{cm}$ )은 ZnO 타겟의 RF power 55W에서 성막한 In-Sn-Zn-O 박막에서 얻을 수 있었다. 이러한 In-Sn-Zn-O 박막의 비저항 감소는 캐리어 밀도 증가에 기인한 것으로 생각된다. 또한 Zn 도입으로 인한 In-Sn-Zn-O 박막의 표면 조도는 ITO 박막과 비교해 뚜렷이 개선됨을 확인할 수 있었다.

### 감 사 의 글

본 연구는 한국기계연구원의 지원으로 이루어졌습니다.

### 참 고 문 헌

- [1] C. G. Granqvist and A. Hultaker, "Transparent and conducting ITO films: New developments and applications", *Thin Solid Films*, Vol. 411, P. 1, 2002.
- [2] T. Maruyama and K. Fukui, "Indium-tin-oxide thin films prepared by chemical vapor deposition", *J. Appl. Phys*, Vol. 70, P. 3848, 1991.
- [3] J. C. Manificier and J. P. Fillard, "Deposition of  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$  layers on glass substrates using a spraying method", *Thin Solid Films*, Vol. 77, P. 67, 1981.
- [4] W. Wu and B.-S. Chiou, "Effect of annealing on electrical and optical properties of RF magnetron sputtered indium tin oxide films", *Appl. Surf. Sci.*, Vol. 68, P. 497, 1993.
- [5] K. Zhang, F. Zhu, C. H. A. Huan, and A. T. S. Wee, "Indium tin oxide films prepared by radio frequency magnetron sputtering method at a low processing temperature", *Thin Solid Films*, Vol. 376, P. 255, 2000.
- [6] Y. Hu, X. Diao, C. Wang, W. Hao, and T. Wang, "Effect of heat treatment on properties of ITO films prepared by rf magnetron sputtering", *Vacuum*, Vol. 75, P. 183, 2004.
- [7] S. Uthanna, P. S. Reddy, B. S. Naidu, and P. J. Reddy, "Physical investigations of DC magnetron sputtered indium tin oxide films", *Vacuum*, Vol. 47, P. 91, 1996.