

막 두께 변화에 따라 실온 제작된 ITO 박막의 특성

김경환, 김현웅, 금민중, 김한기*
 경원대학교, 삼성 SDI*

Properties of ITO thin films with film thickness at room temperature

K.H.Kim, H.W.Kim, M.J.Keum, H.K.Kim*
 Kyungwon Univ. Samsung SDI*

Abstract - In this study, Indium Tin Oxide(ITO) thin films were prepared at O₂ gas 0.2 sccm, no heating to substrate and working pressure 1mTorr with varying deposition time. We estimated structural, optical, electrical characteristics of ITO thin films as function of ITO thin films thickness. As a result, XRD peaks increased with increasing the thickness. The ITO thin film was fabricated with resistivity $4.23 \times 10^{-4} [\Omega \cdot \text{cm}]$, carrier mobility $52.9 [\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}]$, carrier concentration $2.79 \times 10^{20} [\text{cm}^{-3}]$. And we also observed that the SEM images of ITO thin films surface.

1. 서 론

첨단 디스플레이는 오늘날의 전자제품에 가장 중요한 역할을 한다고 해도 과언이 아니다. 현재 사용되고 있는 디스플레이를 평가하여 시장에서의 성공 여부를 판단할 수도 있는데, 특히 사용자들의 이러한 평가는 고해상도와 천연 색상이 필수적인 휴대용기기에서는 매우 중요하다. 최근에는 탁월한 명암비와 빠른 응답 시간, 넓은 시야각을 지닌 Organic Light Emitting Diode(OLED)가 각광을 받고 있다. OLED의 구조는 상부(혹은 하부)에 투명 전극과 주입층, 발광층이 위치하는 구조로 이루어져 있다. 투명전극의 물질과 특성에 따라 디바이스의 수명 및 효율에 영향을 주게 된다. 따라서 현재 전극 물질 및 증착 방법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1,2].

투명전도막으로의 응용을 위해 zinc, tin등이 도핑된 Transparent Conducting Oxide(TCO)막이 널리 연구되고 있다. 특히 ITO 박막은 가시광 영역에서 투과도가 높고 근적외선 영역에서는 광 반사도가 높을 뿐만 아니라 낮은 저항률을 가지고 있어 다

이 분야로의 응용에 많이 사용되고 있다[3,4]. 이러한 ITO 박막을 제작하는데 있어 스퍼터링법을 사용할 경우, 일반적으로 DC, RF등의 스퍼터링 법이 널리 사용되어 왔으나[5,6], 이러한 방법으로 양호한 특성을 가지는 ITO 박막을 얻기 위해서는 통상적으로 높은 온도가 필요하며, 스퍼터링시 타겟에서 방출되는 전자 혹은 방전 가스에서 방출되는 산소 음이온 등의 고 에너지 입자에 의한 기판 충격 때문에 고품위의 ITO 박막을 제작하는데 어려움이 따른다[7,8]. 따라서 본 연구에서는 두 개의 타겟이 서로 마주 보며 기판은 플라즈마와 이격되어진 위치에 놓여, 저온에서도 고품위 박막을 제작 할 수 있는 Facing Targets Sputtering(FTS)장치[9-11]를 이용하여 ITO박막을 증착하였다.

2. 본 론

2.1 실험

본 실험에서는 그림 1과 같은 구조의 FTS 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.

본 실험에서는 ITO 박막을 아르곤과 산소의 혼합가스[Ar:O₂ : 20:0.2 sccm] 분위기하에서 제작하였다. 기판으로는 Corning-glass 기판을 사용하여 증착하였으며, 모든 샘플의 기판 온도는 실온에서 제작하였다. 증착 시간을 조절하여 막 두께를 변화시켰으며, 자세한 증착 조건은 표 1에 나타내었다.

제작되어진 ITO 박막의 전기적 특성을 Hall effect measurement(EKG) 장비를 사용하여 측정 하였으며 박막의 두께는 α -step(Tencor)을, 광투과율은 UV-VIS spectrometer (HP)를 사용하여 측정하였다. SEM (Hitachi)을 통하여 막의 표면 형상을 살펴보았다.

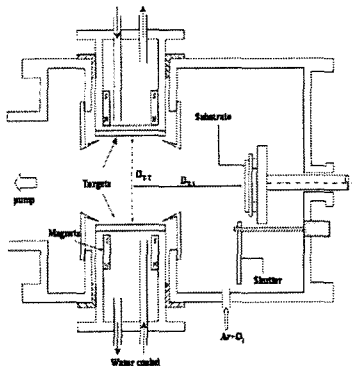


그림 1. 대향타겟식 스퍼터링 장치 개략도

표 1. 스퍼터링 조건.

Parameters	Conditions
Targets	ITO(10wt% SnO ₂)
Working gas	Ar, O ₂
Background pressure	$2.0 \times 10^{-3} \text{ mTorr}$
Working pressure	1[mTorr]
Ar : O ₂ rate	20 : 0.2 [sccm]
Sputtering current	0.4[A]

양한 분야에 응용되어 지고 있으며, 최근에는 디스플레이

2.2 결 과

표 2에 나와 있는 것과 같이 증착시간을 변화시켜가며 ITO 막을 제작하였다. 이때 다음과 같은 특성을 얻을 수 있었다.

Samples	Deposition Time(min.)
A	4 (100nm)
B	8 (180nm)
C	12 (260nm)
D	16 (310nm)
E	20 (440nm)

성막 초기에는 증착율이 높았으나 시간이 흐름에 따라 증착율이 감소하는 것을 관찰할 수 있었다. 이는 두가지 이유로 설명될 수 있다. 하나는 미소하나마 발생할 수 있는 re-sputtering의 영향으로 볼 수 있고, 또 다른 하나는 기성막되어있는 ITO박막내로 sputter된 입자가 diffusion되어 증착율이 감소할 수 있다. 증착 시간 12분 이상에서는 증착율의 변화가 거의 없이 일정한 비율로 증착되는 것을 관찰할 수 있었다.

그림 2는 증착 시간에 따른 ITO박막의 XRD 패턴이다. 막두께 180nm까지는 별다른 peak가 관찰되지 않았으나, 그 이상의 두께에서는 뚜렷한 XRD 패턴을 보여주었다. ITO의 주 피크는 [222], [400]으로서 본 실험에서 제작된 막의 경우 [222]피크가 주로 관찰되었다.

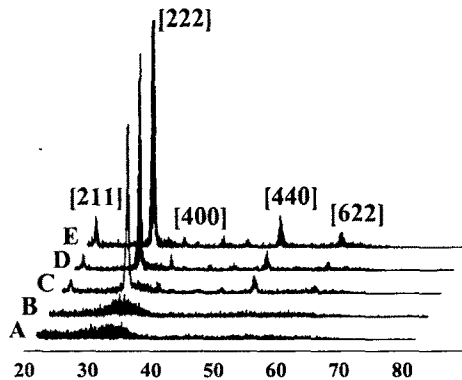


그림 2. 두께변화에 따른 ITO박막의 XRD 패턴

그림 3은 증착 시간에 따른 ITO박막의 전기적 특성에 관한 그림이다. 막의 결정화 이후 이동도의 감소를 관찰할 수 있었다. 이는 ITO박막의 결정화에 의한 grain boundary scattering의 증가에 따른 것으로 사료된다. 증착시간 8분 이후 캐리어 농도의 지속적인 감소 역시 관찰할 수 있었다. 막의 비저항은 캐리어농도와 이동도의 변화에 영향을 받아 그 값이 나왔으며, 막두께 180nm에서 $4.23 \times 10^{-4} [\Omega \cdot \text{cm}]$ 의 결과를 얻을 수 있었다. 이때의 이동도는 $52.9 [\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}]$, 캐리어 농도는 $2.79 \times 10^{20} [\text{cm}^{-3}]$ 였다.

그림 4는 증착 시간에 따른 ITO박막의 광투과율에 관한 그림이다. 막의 두께가 증가할수록 단파장(短波長) 영역을 더욱 많이 차단하였으며, 가시광 영역에서의 투과율에 대한 진동주파수 또한 높아졌다. 그러나 두께로 인한 투과율의 감소는 크게 관찰되지 않았으며, 모두 80% 이상의 양호한 값을 나타내었다.

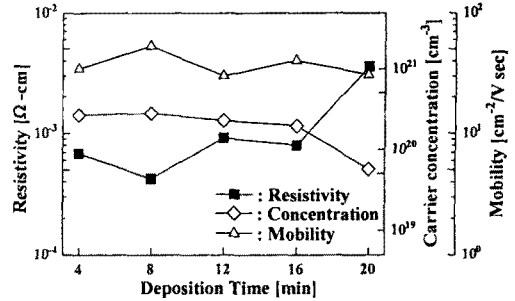


그림 3. 증착 시간에 따른 ITO박막의 전기적 특성

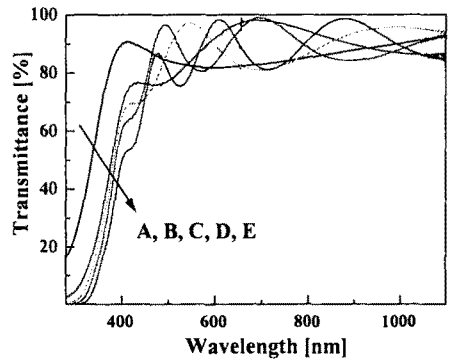


그림 4. 두께변화에 따른 ITO박막의 광학적 특성

그림 5는 증착 시간에 따라 제작된 ITO박막의 표면 형상을 SEM image를 통해 본 그림이다. A와 B표본의 경우 비정질 막임을 알 수 있다. C, D, E의 경우 결정들을 관찰할 수 있었으며, 두께의 증가에 따라 그 형상이 뚜렷해지는 것을 알 수 있었다. 또한 그림 2와 그림 5를 비교하였을 때 그 결과가 서로 일치하는 것을 알 수 있다.

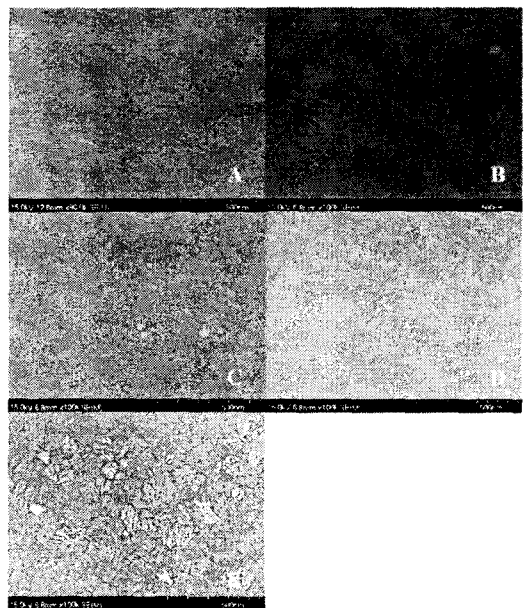


그림 5. 두께변화에 따른 ITO박막의 SEM image

3. 결 론

본 연구에서는 FTS 장치를 이용하여 ITO 투명전도막을 제작하였다. 증착 시간을 변화시켜가며 ITO 박막의 두께를 조절하였으며, 증착시 기판 가열이나 후열처리 없이 제작하였다. 증착된 막은 두께와 결정성에 상관없이 모두 80% 이상의 투과율을 가졌으며, 8분(180nm) 이상 증착한 막의 경우 자외선 영역을 우수히 차단하는 것을 관찰할 수 있었다. 이 표본의 비저항은 $4.23 \times 10^{-4} [\Omega \cdot \text{cm}]$ 이었으며, 이때의 이동도는 $52.9 [\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}]$, 캐리어 농도는 $2.79 \times 10^{20} [\text{cm}^{-3}]$ 이었다. 막의 결정성은 두께의 증가에 따라 증가하였다.

상기 제작된 막의 특성은 현재 사용되고 있는 OLED 디바이스에 적용하여도 크게 무리는 없는 결과라 할 수 있다. 그러나, 전면 발광 OLED의 경우 증착 시간과 방전전압은 유기층에 인가되는 에너지와 비례한다. 따라서 가능한 낮은 전압에서 높은 증착율을 가지고 증착을 해야 한다. 본 실험의 경우 증착시간은 양호하였으나, 비교적 높은 인가전압(약 390V)로 인해 유기층에 손상을 줄 가능성이 높다. 따라서 최적의 조건을 확립하여 보다 낮은 방전 전압에서 상기의 결과를 얻을 수 있는 조건의 확립이 필요하다 할 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] Y. Fukushi, H. Kominami, Y. Nakanishi and Y. Hatanaka Applied Surface Science, Vol. 244, Issues 1-4 (2005) p.537-540
- [2] K. Kato, K. Takahashi, K. Suzuki, T. Sato, K. Shinbo, F. Kaneko, H. Shimizu, N. Tsuboi, T. Tadokoro, S. Ohta Current Applied Physics, Vol 5, Issue 4 (2005) p.321-326
- [3] R.H. Friend, R.W. Gymer, A.B. Holmes, Nature 397 (1999)121
- [4] C.C. Wu, C.I. Wu, J.C. Sturm, A.Kahn, Appl. Lett. 70 (1997)1384
- [5] K. Zhang, F. Zhu, C.H.A. Huan, A.T.S. Wee, J. Appl. Phys.86 (1999) p.974
- [6] J.K. Sheu, Y.K. Su, G.C. Chi, M.J. Jou, C.M. Chang, Appl. Phys. Lett. 72(1999) p.129
- [7] Y. Hoshi, H. Kato, K. Funatsu, Thin solid films 445 (2003) 245-250
- [8] K. Ishibashi, K. Hirata, N. Hosokawa, J. Vac. Sci. Technol. Vol. A10 (4) (1992) 1719-1722
- [9] 금민중, 김경환 “대향타겟스퍼터링법에 의한 FBAR용 AZO (ZnO:Al) 박막의 제작” 전기전자재료학회논문지 17권 4호 442-445 (2004)
- [10] 금민중, 손인환, 최명규, 추순남, 최형욱, 신영화, 김경환 “FBAR용 ZnO/SiO₂/Si 박막의 결정학적 특성에 관한 연구”, 전기전자재료학회논문지, 16권, 8호 p711 (2003)
- [11] 김경환, 손인환, 금민중, “대향타겟식 스퍼터링에 의한 Co-Cr 박막의 제작”, 전기전자재료학회논문지, 11권 5호, p418 (1998)