

PLD를 이용한 IZO 투명전극의 결정구조에 영향을 미치는 공정인자에 대한 연구

김판영, 이재열
영남대학교

The Effects of the Processing Parameters on the Structure of IZO Transparent Thin Films Deposited by PLD Process

Pan-Young Kim, Jai-Yeoul Lee
Department of Materials Engineering, Yeungnam University

Abstract : In this study, transparent conducting oxide indium zinc oxide (IZO) thin films were deposited by pulsed laser deposition (PLD) process as a function of the deposition time on the glass substrates at 400°C. The crystal structures, electrical and optical properties of IZO films analyzed by XRD, AFM, and UV spectrometer. High quality IZO thin film with the resistivity of 9.1×10^{-4} ohm cm and optical transmittance over 85% was obtained for sample when deposition time was 15min. Thin films with the preferred orientations along the c axis were observed as the deposition time increased.

Key Words : PLD, IZO thin film, electrical resistivity, crystal structure

1. 서 론

투명 전도성 산화물 박막(TCO)은 flat panel display, solar cell 및 organic light diodes 와 같은 전자 장치들을 위해 많은 연구가 진행되고 있다.[1-4] 이러한 TCO 박막 중 ITO 박막은 가시광선 영역에서 투과율이 뛰어나면서 매우 뛰어난 전도성을 가지고 있기 때문에 가장 많이 연구되고 있다. 하지만 주성분 원소인 In_2O_3 의 높은 가격으로 인해 생산 단가가 높고, 내화학성이 취약하며 고온에서 불안정하기 때문에 ITO를 대체할 박막 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 대체 박막들 중에서 In_2O_3 -ZnO 시스템은 열적·화학적으로 안정하며, 가시광선 영역에서 높은 투과율과 뛰어난 전도성을 가지면서도 낮은 생산 단가로 비교적 낮은 온도에서 박막을 증착시킬 수 있다는 장점 때문에 최근에 많은 주목을 받고 있다.[5,6]

IZO 박막의 우선배향성제조시에 본 연구에서는 PLD 방법을 사용하여 기판 온도, 증착 시간 등의 다양한 조건에서 IZO 박막을 증착한 후 IZO 박막의 결정구조를 확인하여 이때의 결정구조에 영향을 미치는 인자와 결정구조에 따른 IZO 박막의 특성에 대해 조사하였다.

2. 실험

본 실험에서는 PLD 방법을 사용하여 투명전극용 IZO 박막을 제조하였다. PLD 에 사용된 레이저는 355nm 파장을 갖는 Nd:YAG 레이저를 사용하였으며, $2J/cm^2$ 의 레이저 에너지와 5Hz의 반복 주기로 타겟에 조사하였다. 증착에 사용한 타겟은 In_2O_3 -10at%-ZnO 의 조성을 가졌으며 직경 20mm의 크기로 소결하여 사용하였다. 본 실험에서는 Corning Eagle 2000 glass 를 기판으로 사용하였으며 타겟과 기판 간의 거리는 60mm로 고정하였다. 챔버 내부의

진공도를 10^{-6} Torr 이하로 유지한 후 O_2 가스를 주입하여 working pressure 를 5×10^{-4} Torr로 고정시켰으며, 기판의 온도는 400°C로 유지하였고 증착시간(5분~15분)을 변화시켜 박막의 두께에 변화를 주면서 이에 따른 IZO 박막의 결정 구조 및 특성 변화를 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1 은 기판 온도 400°C, 산소분압을 0.5mTorr 로 고정하고 증착시간을 변화시켰을 때 얻어진 박막들의 XRD 패턴을 출발 타겟의 XRD 패턴과 비교한 그림이다. 다결정의 IZO 타겟에서는 30.57° , 35.45° , 60.64° 부근에서 peak이 발견되며, 각각 $In_2O_3(222)$, $In_2O_3(400)$, $In_2O_3(622)$ peak에 해당하며 (222) 방향의 강도가 상대적으로 크게 나타난다. 그러나 제조된 박막의 XRD 패턴의 경우에는 (400) peak의 강도가 대체로 크게 나타나 (100) 축 방향으로 우선배향성을 가지는 것으로 보인다.

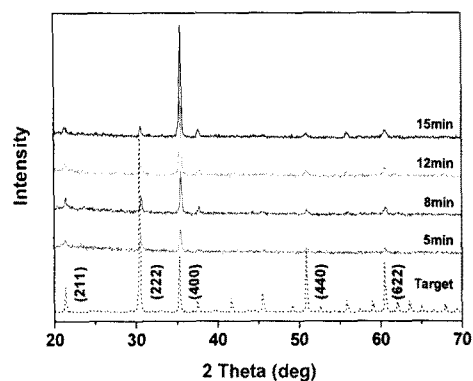


그림 1. XRD patterns of IZO thin film and IZO target.

이러한 우선배향성은 박막증착시간이 증가하면, 즉 박막의 두께가 증가 할수록 더 커지는 경향을 나타내고 있다. 이러한 경향성은 정도의 차이는 있지만 기판의 온도가 다르거나 산소의 분압이 달라지더라도 크게 변하지 않는다. 이는 (100) 축 우선배향성을 가지기 위해서는 비정질인 기판과 어느 정도의 거리를 가져야만 효과적인 우선배향성을 가진다는 것을 의미한다.[7]

그림 2 는 증착 시간에 따른 박막의 두께와 비저항과의 관계를 보여주고 있다. 증착 시간이 길어질수록 두께가 약 200nm 에서 600nm 정도까지 증가하는 확인할 수 있었다. 하지만 두께의 증가에도 불구하고 IZO 박막의 비저항은 약 $1 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ 정도로 거의 일정한 것을 확인할 수 있었는데 이것은 박막의 방향성과 전기적 특성은 큰 관련성이 없음을 의미한다.

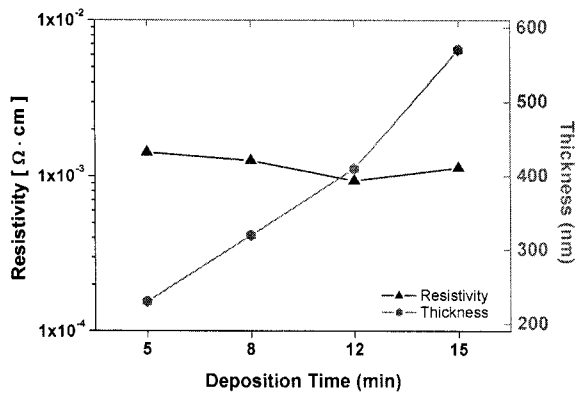


그림 2. Resistivity of IZO thin films as a function of deposition time.

그림 3 은 IZO 박막의 증착 시간에 따른 박막의 미세구조 및 표면의 roughness를 나타낸 AFM 이미지이다. 증착 시간이 길어질수록 표면의 roughness 가 증가함을 확인할 수 있었으며, 더불어 grain size 도 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

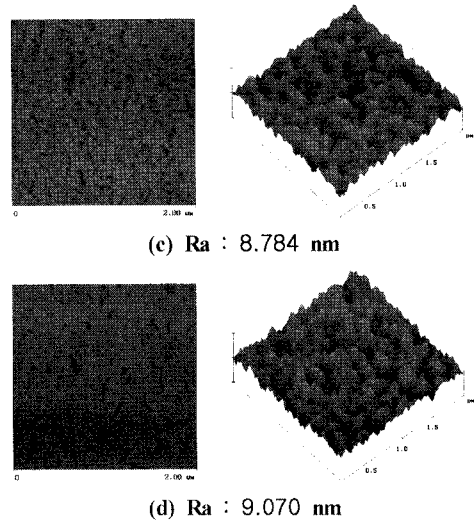
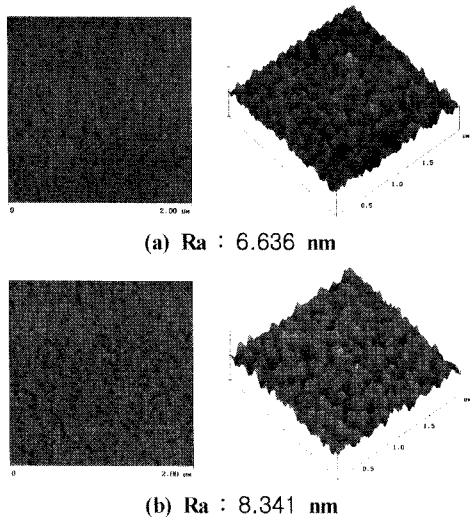


그림 3. (a) 5분, (b) 8분, (c) 12분, (d) 15분 증착 시간에 따른 AFM 이미지와 Roughness

4. 결 론

본 연구에서는 PLD 법으로 IZO 투광성 전도막을 제조하였다. 제조된 박막의 배향성 및 이에 따른 전기적, 광학적 특성을 조사하였다. XRD 패턴을 통해 PLD법으로 제조된 IZO 박막은 (100) 축 방향으로 우선배향성을 가지며 이러한 우선배향성은 박막의 증착시간이 증가 할수록, 즉 박막의 두께가 증가 할수록 증가하였다. 그러나 이 박막들의 비저항은 $1 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ 정도로 거의 일정하여 배향성과 비저항은 큰 연관성이 없는 것으로 나타났다.

참고 문헌

- [1] T. Minami, MRS bulletin vol. 25, p. 38, 2000.
- [2] H. Hosono, Thin solid films, vol. 515, p. 6000, 2007.
- [3] K. Ellmer, J. Phys. D. Appl. Phys. vol. 34, p. 3097, 2001.
- [4] K. Ramamoorthy, K. Kumar, R. Chandramohan, K. Sankaranarayanan, Materials Science and Engineering B vol. 126, p. 1, 2006.
- [5] H. Kim, C.M. Gilmore, A. Piqué, J.S. Horwitz, H. Mattoussi, H. Murata, Z.H. Kafafi and D.B. Chrisey, J. Appl. Phys. vol. 86, p. 6451, 1999.
- [6] S. Laux, N. Kaiser, A. Zöller, R. Götzelmann, H. Lauth and H. Bernitzki, Thin Solid Films vol. 335, p. 1, 1998.
- [7] Ju-O Park, Joon-Hyung Lee, Jeong-Joo Kim, Sang-Hee Cho, Young Ki Cho, Thin Solid Films vol. 474 p. 127, 2005.