

## RF 파워에 따른 상온에서 합성한 AZO 투명전도막의 특성분석

서재근 · 고기한 · 김재광 · 이종환 · 이유성 · 최원석  
한밭대학교

### Characterization of the effect of RF power on the properties of AZO films deposited at room temperature

Jae Keun Seo, Ki-Han Ko, Jae Kwang Kim, Jong Hwan Lee, You Sung Lee, Won Seok Choi  
Hanbat national University

**Abstract** - In this study, transparent and conductive Al-doped zinc oxide (AZO) films were prepared on glass substrate by RF magnetron sputtering method using an Al-doped ZnO target (Al: 2wt.%) at room temperature as the thickness of 150 nm. We investigated the effects of the RF power between 100~350 W in the steps of 50 W on structural, electrical and optical properties of AZO films. The thickness and cross-sectional images of films were observed by field emission scanning electron microscopy (FE-SEM) and all of the films were kept to be constant about 150 nm on glass substrate. The grain size of AZO films figured out X-ray diffraction (XRD) on using the Scherrer' equation and their electrical properties investigated Hall effect electronic transport measurement system. Moreover, we measured transmittance of AZO films by UV/VIS spectrometer.

에 따라 그래인 크기를 계산하였다. 100~150 W에서는 FWHM은 0.31~0.26 nm이고, 200~350 W에서는 0.28~0.35 nm이었다. 100~350 W 사이에서 그래인 크기는 27.6~34.2 nm이었다. 그리고 150 W에서 그래인 크기가 34.2 nm로 가장 큰 값을 보였다.

#### 1. 서 론

투명전도막 (Transparent conducting oxide; TCO)은 organic lighting diodes, liquid crystal displays (LCD), 태양전지 등 mobile display 분야에 널리 사용되고 있다[1]. 우수한 안정성과 낮은 저항성으로 ITO가 대표적인 TCO 박막으로 사용되고 있지만 희소성과 가격이 비싸고 소모성이 큰 단점을 가진다[2]. 이러한 이유로 가격이 저렴할 뿐만 아니라 응용분야도 넓은 zinc oxide (ZnO)가 이상적인 대체용품으로 연구되어지고 있다[3, 4]. 최근 연구에서는 Al, B, Ga, Mn 또는 F가 합성된 ZnO 박막이 낮은 저항과 높은 투과율을 보이는 것으로 보고된다[5-8].

본 연구에서는 RF magnetron sputtering 방식으로 AZO의 구조적, 전기적, 광학적 특성을 연구하였다. Al-doped ZnO (Al: 2wt.%) target을 사용하여 상온에서 성장시켰다. 모든 AZO 박막은 유리 기판에 약 150 nm 두께로 합성하였다.

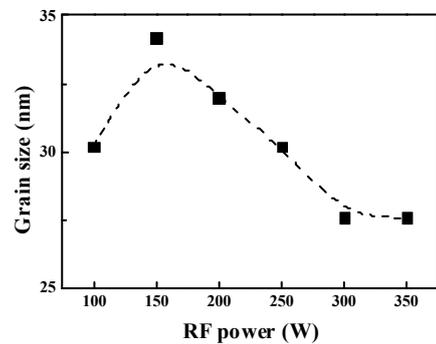
#### 2. 실험

RF magnetron sputtering를 이용하여 AZO 박막을 Corning (3713) 유리 기판에 합성하였다. 플라즈마를 처리 전 유리 기판을 trichloroethylene, 아세톤, 메탄올, D.I. water 에서 각각 10분씩 세척하였다. RF sputtering 방식으로 4인치 AZO (Al: 2wt.%) target을 Ar 플라즈마를 사용하여 10분간 pre-sputtering 실시하였다. 기판과 target과의 거리는 6 cm로 유지하였고 균일한 증착을 위해 1700 rpm으로 기판을 회전시켰다. 다른 공정조건들은 일치시키고 RF 파워를 100~350 W의 범위에서 50 W씩 차이를 두어 합성하였다. 각 박막의 합성두께는 150 nm를 유지하도록 하였고 그에 따라 증착시간을 변화시켰다.

박막의 두께와 횡단면은 field emission scanning electron microscopy (FE-SEM: Hitachi, S-4800)으로 측정하였고, 박막의 결정성은 측정하기위해서 X-ray diffraction (XRD: Riraku, Max 2500H)로 측정하였으며, 전기적인 특성은 Hall measurement (Ecopia, HMS-3000)와 4-point probe (AIT, CMT-SR2000N)로 측정하였으며, 광학적인 특성은 UV/VIS (Scinco, S-3100)를 이용하였다.

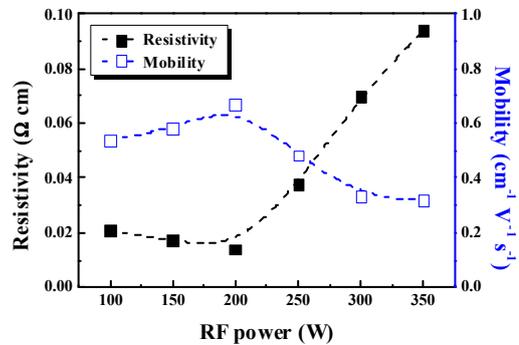
#### 3. 결과 및 검토

그림 1은 150 nm로 증착된 AZO 박막의 RF 파워에 따른 그래인 (grain) 크기를 보여준다. XRD 측정을 통해 구한 full width at half maximum (FWHM) 값을 사용하여 Scherrer의 방정식[9]

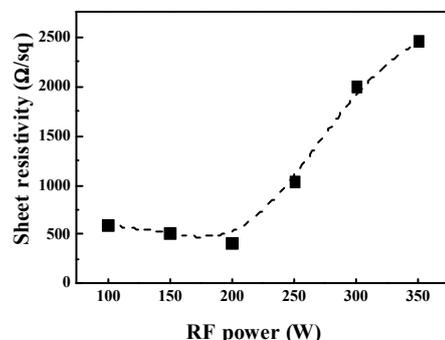


<그림 1> XRD 분석을 통해 계산된 그래인 크기

(a)



(b)



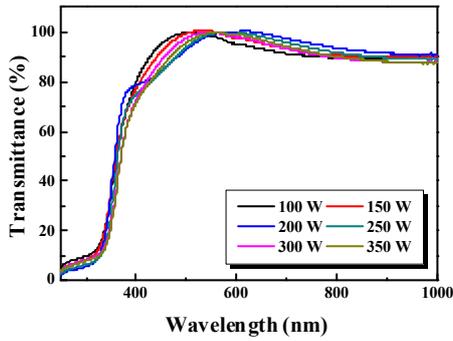
<그림 2> RF 파워에 따른 AZO 박막의 전기적 특성

(a) 홀 측정의 저항과 홀 이동도 (b) 4-point probe의 저항

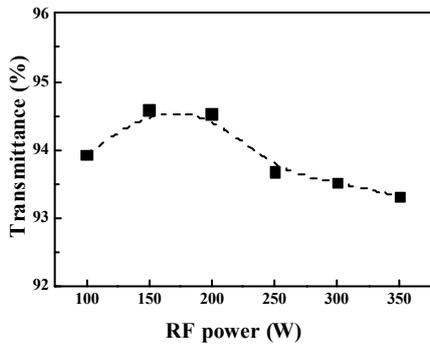
그림 2 (a)는 RF 파워에 따른 저항과 홀 이동도를 보여준다. RF 파워가 100~200 W로 증가하면서 저항은 감소되고 200 W에

서 0.014  $\Omega \cdot \text{cm}$ 로 가장 낮은 수치가 측정되었다. 그러나 250~350 W로 RF 파워가 증가하면 저항은 증가하였다. 이와는 반대로 홀 이동도는 100~200 W로 증가하면서 0.54~0.67  $\text{cm}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$ 로 증가한다. 그림 2 (b)는 4-point probe 측정 결과이며 RF 파워가 100~200 W로 증가하면서 저항은 줄어들고, 200 W에서 411  $\Omega \cdot \text{sq}$ 의 가장 낮은 수치를 보여주었다. 그러나 RF 파워가 증가하면서 저항수치는 증가한다. 이러한 결과는 홀 측정결과에도 일관된 모습을 보여주었다. XRD결과에서 확인하였듯 상온에서 AZO 박막의 결정성은 RF 파워에 따른 증착시간에 민감하게 반응하며 성장하였고 AZO 박막의 저항 또한 결정성에 영향을 준다는 것을 의미한다.

(a)



(b)



**<그림 3> RF 파워에 따른 AZO 박막의 광학적 특성  
(a) 투과도 스펙트럼 (b) 평균투과율 (400~800 nm)**

그림 3은 유리 기판에 150 nm 두께로 증착시킨 AZO 박막의 광학적 특성을 보여준다. AZO 박막의 투과도는 RF 파워가 증가할수록 증가하였다. 그리고 가장 높은 투과도는 150 W에서 94.59%를 나타냈다. 그러나 250~350 W로 RF 파워가 증가할수록 투과도는 감소하였다. 그림 3 (b)는 400~800 nm의 파장대에서 평균투과도를 보여준다. 모든 AZO 박막의 투과도는 90% 이상이었으며, RF 파워에 따라 약간의 편차가 있었다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 RF magnetron sputtering 방식으로 4인치 AZO (Al: 2wt.%) 타겟을 사용하여 Al-doped ZnO 박막을 상온에서 합성하였다. 150 nm의 두께로 증착된 AZO 박막의 합성 RF 값에 따른 구조적, 전기적, 광학적인 특성을 연구하였다. SEM과 XRD 분석을 통해 박막의 구조적인 특성을 확인하였고 XRD 분석을 통해 002축의 성장이 우선적으로 형성된 것을 볼 수 있었다. 200 W의 RF 파워에서 그레인 크기는 34.2 nm로 가장 큰 값을 나타내었고, 150 W와 200 W의 합성 RF에서 홀 저항은 0.017  $\Omega \cdot \text{cm}$  과 0.014  $\Omega \cdot \text{cm}$ , 면 저항은 510  $\Omega \cdot \text{sq}$ 와 411  $\Omega \cdot \text{sq}$ , 투과도는 94.59%와 94.53%로 좋은 특성을 나타내었다.

#### [참 고 문 헌]

[1] K. Matsubara, P. Fons, K. Iwata, A. Yamada, S. Niki, "ZnO transparent conducting films deposited by pulsed

laser deposition for solar cell applications", *Thin Solid Films*, 431, 369-372, 2003.

- [2] Chung Ping Liu, Gwo Rou Jeng, "Properties of aluminum doped zinc oxide materials and sputtering thin films", *Journal of Alloys and Compounds*, 468, 343-349, 2009.
- [3] Ellmer, k., "Magnetron sputtering of transparent conductive zinc oxide: relation between the sputtering parameters and the electronic properties.", *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 33, R17-R32, 2000.
- [4] E. Fortunato, P. Barquinha, A. Pimentel, A. Goncalves, A. Marques, L. Pereira, R. Martins, "Recent advances in ZnO transparent thin film transistors", *Thin Solid Films*, 487, 205-211, 2005.
- [5] B.G. Choi, I.H. Kim, D.H. Kim, K.S. Lee, T.S. Lee, B. Cheong, Y.-J. Baik, W.M. Kim, "Electrical, optical, and structural properties of transparent and conducting ZnO thin films doped with Al and F by rf magnetron sputter", *Journal of the European Ceramic Society*, 25, 2161-2165, 2005.
- [6] Songqing Zhao, Yueliang Zhou, Yuzi Liu, Kun Zhao, Shufang Wang, Wenfeng Xing, Zhen Liu, Peng Han, Ze Zhang, Zhenghao Chen, Huibin Lu, Kuijuan Jin, Bolin Cheng, Guozhen Yang, "Enhanced hardness in B-doped ZnO thin films on fused quartz substrates by pulsed-laser deposition", *Applied Surface Science*, 253, 726-729, 2006
- [7] Byung-Teak Lee, Tae-Hwan Kim and Sang-Hun Jeong, "Growth and characterization of single crystalline Ga-doped ZnO films using rf magnetron sputtering", *J. Phys. D: Appl. Phys.* 39, 957-961, 2006.
- [8] Xiaobing Feng, "Electronic structures and ferromagnetism of Cu- and Mn-doped ZnO", *J. Phys.: Condens. Matter* 16, 4251-4259, 2004
- [9] M. Jaboyedoff, B. Kubler, PH. "An empirical Scherrer equation for weakly swelling mixed-layer minerals, especially illite", *Thelin, Clay Minerals*, 34, 601-617, 1999