

## 타겟간 거리 변화에 따른 ZnO 박막의 c-축 배향성에 관한 연구

성하윤, 금민중, 손인환\*, 김경환

경원대학교 공대 전기전자공학부  
\* 신성대학 전기과

## A study on the c-axis Orientation of ZnO Thin Films as a function of inter targets distance

H. Y. Seong, M. J. Keum, I. H. Son\*, K. H. Kim

School of Electrical & Electronic Eng., Kyungwon Univ., Kyunggi-do 467-701  
\* Dept. of Electrical Eng., Shinsung College., Chungnam 343-861

### Abstract

C-axis oriented zinc oxide thin films were deposited on glass substrate by reactive Facing Targets Sputtering (FTS) system. The characteristics of zinc oxide thin films on power, inter targets distance, and substrate temperature were investigated by XRD (x-ray diffractometer), alpha-step (Tencor) analyses. The Facing Targets Sputtering system can deposit thin film in plasma-free situation and change the deposition condition in wide range. The excellently c-axis oriented zinc oxide thin films were obtained at sputter pressure 1mTorr, sputtering current 0.4A, substrate temperature 300°C, inter targets distance 100mm. In the conditions, the rocking curve of zinc oxide thin films deposited on ZnO/Glass was 3.9°.

### 1. 서 론

ZnO 박막은 대칭 육방정계 (hexagonal) 구조로써 결정구조에서의 이방성, 비화학 양론적 결합구조, 높은 굴절율과 압전 결합계수, 탄성파적 성질 때문에 탄성표면과 소자를 비롯하여 각종 초음파 트랜듀서, 투명 전도체, 가스센서용 재료 등 다양한 분야에 적용되고 있다. 또한 탄성표면과 필터,

초음파 현미경용 트랜듀서 및 전자시계용 진동자는 이미 실용화가 이루어져 있다<sup>1)</sup>.

ZnO 박막을 제작하는 방법은 CVD법이나 스퍼터 장치를 이용하여 제작되고 있다. CVD법은 스퍼터법보다 증착속도는 우수하나 박막의 표면이 거칠고 고온에서 증착이 이루어지는 단점이 있다. 이에 반해 스퍼터링은 높은 증착율, 넓은 증착면적과 우수한 c-축 배향성을 갖는 양질의 막과 투

명하고 치밀한 막을 얻을 수 있는 장점이 있어서 가장 폭넓게 사용되고 있는 방법이다<sup>2)</sup>. 초음파 디바이스용 재료로서 ZnO 박막을 이용하는 경우 일반적으로 박막의 c-축이 기판에 수직으로 배향된 이른바 c-축 배향막이 사용된다. 그러나, 이 c-축 배향성은 ZnO 박막의 제작방법 및 제작조건에 의하여 큰 차이를 나타내고 있다. 특히, 스퍼터법으로 ZnO 박막을 제작하는 경우, 증착변수인 막 증착속도, 스퍼터 가스압력, 투입전력 등의 스퍼터 조건이 c-축 배향에 영향을 미친다는 사실은 이미 보고된 바 있다<sup>3-5)</sup>.

기존의 연구 결과<sup>6)</sup>에서 알 수 있듯이, c-축 배향성이 양호한 막을 제작하기 위한 증착조건에 있어서, 타겟간 거리, 스퍼터 가스압, 막 증착속도 등은 타겟에서 방출된 산소 음이온에 기인한 높은 에너지 입자의 기판 충돌이 ZnO 박막의 c-축 배향성에 미치는 영향이 매우 크다고 생각된다.

따라서, 본 연구에서는 대향타겟식 스퍼터법을 이용하여 ZnO 박막의 c-축 배향성을 우수하게 개선하기 위해 고 에너지 입자의 최소화를 실현하고자 한다. 또한 FTS법에 의한 박막의 우수한 결정성 부여를 위하여 타겟간 거리변화에 따른 c-축 배향성에 미치는 영향을 조사하였다.

## 2. 실험방법

본 실험에서는 ZnO 박막을 증착하는데 박막 표면의 평활도가 우수하고 2차 전자에 의한 박막의 손상이 방지되는 Fig. 1과 같은 대향타겟식 스퍼터링 장치를 사용하여 박막을 제작하였다. 이 FTS 장치는 기판의 위치가 타겟을 마주보고 있지 않는 플라즈마-프리 상태에 배치하고, 타겟 뒷면의 영구자석을 장착, 타겟면에 수직으로 자계를 형성시켜 타겟 사이의 공간에 형성되는 플라즈마 내의  $\gamma$ -전자를 구속하여 스퍼터링시 발생하는 높은 에너지를 갖는 입자들의 충돌에 의한 손상을 최소로 줄일 수 있으며 2차 전자의 왕복운동에 의

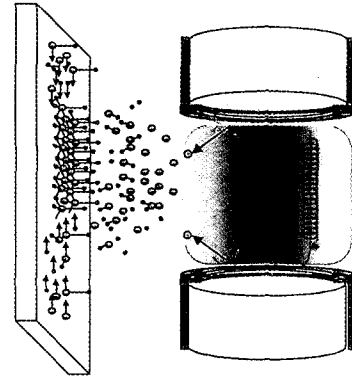


Fig. 1. Schematic diagram of the FTS system

해 이온화가 촉진되어 낮은 가스압력에서도 막을 증착할 수 있는 장점을 가지고 있다. 본 실험에서는 직경 100mm의 Zn 디스크형 타겟을 사용하여 타겟간 거리 90, 100, 110mm, 산소 가스압 1mTorr, 방전전류 0.4A, Background 압력  $2 \times 10^{-6}$ Torr 이하, 기판온도 100°C, 200°C, 300°C로 변화시켜 박막을 제작하였다. 제작된 ZnO 박막의 두께는 Tencor사의 Alpha-step을 이용하여 측정하였으며, c-축 우선 배향성을 알아보기 위해 XRD (X-ray diffractometer)를 사용하여 rocking curve를 측정 반치폭  $\Delta\theta_{50}$ 을 조사하였다. 이때 X-ray는  $Cu\text{-}K\alpha$  line ( $\lambda=1.5405\text{\AA}$ )/40kv/100mA를 사용하였으며, 스텝폭과 주사속도는 각각 0.05, 5(deg/min)로 측정하였다. 또한, 박막의 우선 배향성 정도는 X-ray의 입사각도와 goniometer의 각도를 (002)면의 회절각으로 고정시킨 후 0°~30°범위에서 시편을 rocking 시켜 주면서 X-ray curve를 측정하여 표준편차( $\sigma$ )를 구하는 방법으로 이 표준편차의 값이 작을수록 기판면에 특정결정축의 수직인 정도가 우수함을 나타낸다. Table 1은 ZnO 박막의 제작조건을 나타낸 것이다.

Table 1. Sputtering conditions

방전전류 $I_d$	0.4A
타겟간거리 $D_{T-T}$	90 ~ 110mm
가스압력 $P_{O_2}$	1mTorr
기판온도 $T_s$	100°C ~ 300°C
두께 $\delta$	300, 500nm

### 3. 결과 및 검토

#### 3. 1. 기판온도에 따른 결정성의 변화

Fig. 2, 3은 타겟간 거리변화에 따라 제작된 ZnO 박막의 결정성을 나타내고 있다. 위의 결과로 기판온도 200℃, 300℃에서 100mm의 거리에서 최대 피크를 확인할 수 있었다. 이는 타겟간 거리가 변화함에 따라 고 에너지 입자를 구속하는 구속장계의 값이 변하게 되는데 타겟간 거리가 90mm (2400e), 110mm (1900e)일 때는 막 증착에 관여하는 산소 음이온의 potential energy가 감소, 증가하게 되어 막의 결정성에 악영향을 미치는 것으로 사료된다. 타겟간 거리가 100mm (2000e)일 때는 적절한 구속장계 (2000e)라고 사료되어 결정성이 양호한 값을 가지는 것을 확인할 수 있었다. 또한 실제로 이 위치에서 증착된 막일수록 증착률이 높고, 증착된 막의 특성이 우수하게 나타난다.

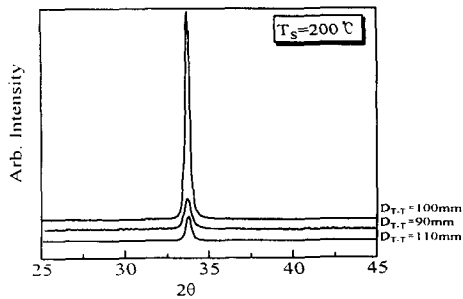


Fig. 2. XRD intensity of ZnO as a function of inter targets distance (200℃)

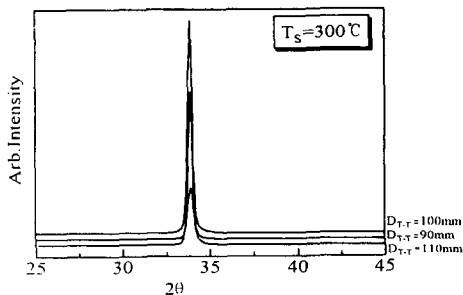


Fig. 3. XRD intensity of ZnO as a function of inter targets distance (300℃)

Fig. 4는 산소 가스압 1mTorr, 방전전류 0.4A, 기판온도 100℃, 200℃, 300℃에서 제작된 박막의 c-축 배향성의 변화를 나타낸 것이다. 그림에 나타난 것처럼 기판온도 100℃의 경우 스퍼터된 원자가 갖는 표면에서의 mobility가 낮아 박막의 결정성이 저하되며, 기판온도 증가에 따라 (200℃, 300℃) 기판표면 원자의 mobility가 증가하여 에너지적으로 안정한 위치를 충분히 찾아 갈 수 있기 때문에 c-축 배향성이 양호해지는 것으로 사료된다.

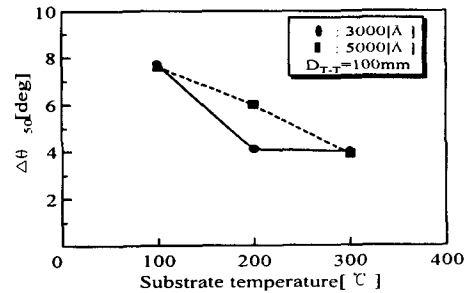


Fig. 4. Δθ<sub>50</sub> as a function of substrate temperature

따라서 본 연구에서는 결정성이 가장 양호한 200℃와 300℃에서 타겟간 거리를 변화시켜가며 c-축 배향성을 조사하였다.

#### 3. 2. 타겟간 거리변화에 따른 c-축 배향성

Fig. 5는 타겟간 거리변화에 따른 c-축 배향성과 결정입경을 나타내고 있다. 타겟간 거리가 90mm, 기판온도 (Ts) 300℃에서 제작된 막이 가장 양호했으며, 100mm에서 제작된 막은 200℃, 300℃에서 막이 우수하게 나타났다. 또한 110mm에서 제작된 막은 300℃에서 가장 양호한 특성을 나타내었다. 기판온도 200℃에서는 타겟간 거리 100mm일 때가 양호한 4.1°를 나타내었으며, 300℃에서도 타겟간 거리 100mm일 때가 가장 양호한 3.9°를 나타내었다. 이는 전술한 바와 같이 결정성이 양호한 ZnO 박막을 제작하기 위해 적절한 구속장계가 요구되

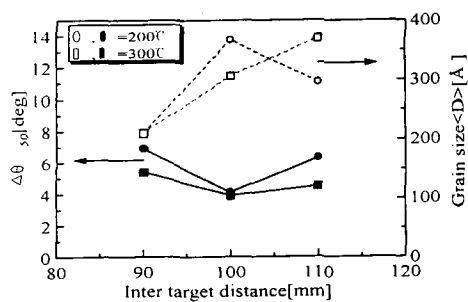


Fig. 5. C-axis orientation and grain size of ZnO thin films as a function of inter targets distance

어지는데 이 값은 타겟간 거리가 100mm일 때가 최적의 조건이라 생각된다.

결정 입경  $\langle D \rangle$ 는 타겟간 거리가 증가함에 따라 200°C에서 최대값을 나타내고 다시 감소한다. 300°C에서는 타겟간 거리가 증가함에 따라 결정입경이 서서히 증가한다. 이와 같은 결과로부터 타겟간 거리 100mm, 기판온도 200°C, 300°C에서 각각 4.1°, 3.9°로 ZnO 박막의 결정성장이 용이하게 발생한다는 사실을 알 수 있으며, 이는 타겟간 거리가 100mm일 때가 증착하는 원자들이 최초밀면으로의 성장에 필요한 충분한 에너지를 갖기 때문이라고 사료된다.

#### 4. 결 론

대향타겟식 스퍼터법에 의한 ZnO 박막 제작에 있어서 증착변수(기판온도, 타겟간 거리, 투입전력, 산소 가스압 등) 중의 하나인 타겟간 거리변화에 따른 c-축 배향성을 조사하여 최적의 증착조건을 확인할 수 있었다. 타겟거리가 100mm (2000e)일 때 막 증착에 관여하는 산소 음이온의 potential energy가 적절하게 되어 막의 c-축 배향성이 우수한 3.9°의 값을 확인하였다.

#### 참 고 문 헌

1. 박용욱 외 5인, 한국전기전자재료학회논문지, 11 권, 10호, 1998.
2. Y. Igasaki and H. Saito, J. Apply. Phys, 70, 3613, 1991.
3. S. M. and A. Z., J. Appl. Phys., 49, 1978.
4. T. Minami, Jpn, J. Appl. Phys., 23, 1984.
5. Kikuo Tominaga, Ichiro Mori, Thin Solid Films 253, 1994.
6. 김경환 외 4인. KIEE, pp854~856, 1999