

대향타겟식스퍼터링으로 제작된 ZnO 박막의 c-축 배향성

C-axis Orientation of ZnO Thin Films Prepared by FTS Method

°금민중°, 손인환°, 최형욱°, 최동진°, 김경환°

(°M.J.Keum°, I.H.Son°, H.O.Choi°, D.J.Choi°, K.H.Kim°)

Abstract

We prepared ZnO thin film with Facing Targets Sputtering system that can deposit thin film in plasma-free situation and change the deposition condition in wide range. And prepared thin film's c-axis orientation and grain size were analyzed by XRD(x-ray diffractometer). In the results, we suggest that FTS system is very suitable to preparing high quality ZnO thin film with good c-axis orientation.

Key words(중요용어) : Facing Targets Sputtering, plasma-free, c-axis orientation, grain size

1. 서 론

ZnO 박막은 탄성표면과 소자를 비롯하여 각종 초음파 트랜듀서, 투명전도체, 가스센서용 재료 등 다양한 분야에 적용되고 있다. 이를 응용한 탄성표면과 필터, 초음파 현미경용 트랜듀서 및 전자시계용 진동자는 이미 실용화가 이루어져 있다[1].

ZnO 박막은 현재, CVD 장치나 스퍼터 장치를 이용하여 제작되고 있으며, 이러한 증착 기술 중 스퍼터링은 가장 폭넓게 사용되고 있는 방법이다. 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, 막증착속도[2], 스퍼터 가스압력[3], 투입전력[4] 등의 스퍼터 조건이 c-축 배향에 영향을 미친다는 사실은 이미 보고된 바 있다. 기존의 연구 결과에서 알 수 있듯이, 기판의 배치, 스퍼터 가스압, 막증착속도 등 c-축 배향성이 양호한 막

을 제작하기 위한 제작조건에 있어서, 타겟에서 방출된 마이너스의 산소 이온에 기인한 높은 에너지 입자의 기판 충돌이 ZnO 박막의 c-축 배향성에 미치는 영향이 매우 크다고 생각된다.

따라서, 본 연구에서는 대향타겟식 스퍼터법을 사용하여 기판에 충돌하는 산소 이온 입자의 최소화를 실현하여, ZnO 박막의 c-축 배향성을 우수하게 개선하고자 한다. 또한 FTS법에 의한 박막의 최적 결정성 부역을 위하여 산소압 변화가 c-축 배향성에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 실험 방법

본 실험에서는, 그림 1과 같은 대향타겟식스퍼터링 장치를 사용하여 박막을 제작하였다. 이 FTS 장치는 한쌍의 타겟을 음극으로, 쉴드링과 챔버는 양극으로 한다. 타겟 뒷면에 영구자석을 배치하여 타겟 면에 수직으로 자계를 형성시켜, 타겟 사이의 공간에 형성되는 플라즈마 내에 2차 전자를 구속하며, 기판은 플라즈마와 격리된 플라즈마-프리 상태에 배치한다. 따라서, 스퍼터링 시에 발생하는 2차 전자에 의한 기판 손상을 최소로 줄일 수 있으며, 또한 2차 전자의 왕복운동에 의해 가스 이온화에 촉진되어, 다양한 범위의 가스압력에서도 막을 증착 할 수 있는 특성을 가지고 있다.

본 실험에서는 직경 100mm의 Zn 디스크형 타겟을

* : 경원대학교 공대 전기전자공학부
(성남시 수정구 복정동 산 65, Fax: 0342-750-5267
E-mail: khkim@main.kyungwon.ac.kr)
** : 신성대학 전기과

사용하여 0.2 ~ 20mTorr의 산소 분위기에서 (111) Si 웨이퍼 표면 0.5 μ m를 산화시킨 기판 (SiO₂/Si) 위에 500~4000nm의 ZnO 박막을 증착하였으며, Background 압력은 8 \times 10⁻⁷Torr 이하로, 기판온도는 30 $^{\circ}$ C에서 550 $^{\circ}$ C까지 변화시켜 박막을 제작하였다.

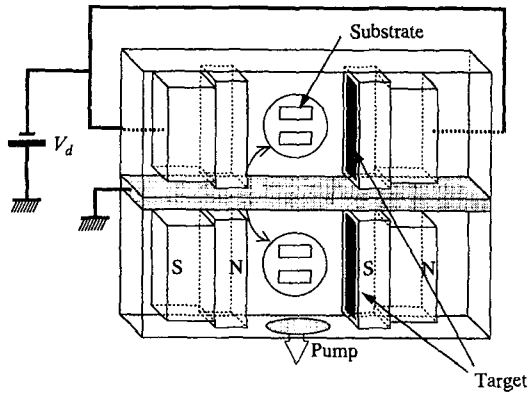


그림 1. 박막제작장치 개략도
Fig. 1 Schematic diagram of the FTS system

표 1. 박막의 제작 조건
Table 1 Sputtering conditions of ZnO thin films

방전전류 I _d	0.6~0.8A
가스압력 P _{O₂}	0.2 ~ 20mTorr
기판온도 T _s	30 $^{\circ}$ C ~ 550 $^{\circ}$ C
두께 δ	500~4000nm

제작된 ZnO 박막의 두께는 α -step를 이용하여 측정하였다. 또한 결정성에 미치는 기판온도, 막두께, 스퍼터 가스압력의 영향을 확인하기 위하여 XRD를 사용하여 rocking curve를 측정하여 반치폭 $\Delta\theta_{50}$ 을 조사하였으며, 2θ 를 측정하여 결정 입경 D를 확인하였다.

3. 결과 및 검토

4.1. ZnO 박막의 c-축 배향성에 미치는 산소압 영향

그림 3은 산소 가스압 P_{O₂}의 변화에 따른 박막의 결정성 인자인 반치폭 $\Delta\theta_{50}$ 및 결정입경 <D>의 변화를 나타낸다. 그림 3에 나타난 바와 같이, 전체 가스압 영역에서 $\Delta\theta_{50}$ 은 4 $^{\circ}$ 이하의 양호한 배향성을

을 갖는다.

기판온도 T_s가 300 $^{\circ}$ C인 경우 P_{O₂}가 0.5mTorr 부근에서 $\Delta\theta_{50}$ 은 최소, <D>는 최대이다. 또한 T_s가 500 $^{\circ}$ C인 경우 P_{O₂}가 1mTorr 부근에서 $\Delta\theta_{50}$ 은 최소, <D>는 최대이다. 이는 결정입경이 최대인 경우 양호한 배향성을 갖는 박막을 얻을 수 있다는 사실을 나타내고 있다.

또한 c-축 격자상수는 산소 가스압 0.5mTorr 인 경우, 파우더 형태의 ZnO에 비하여 조금 큰 5.22 정도를 나타냄을 확인하였다.

따라서, 대향타겟식 스퍼터법으로 제작된 박막은 분위기 가스압의 다양한 범위에서 큰 차이를 갖지 않는 결정성을 얻을 수 있다고 사료되며, 따라서, 좀 더 낮은 가스압에서 양호한 결정성, 구조적 특성을 갖는 ZnO 박막을 제작할 수 있다고 생각한다.

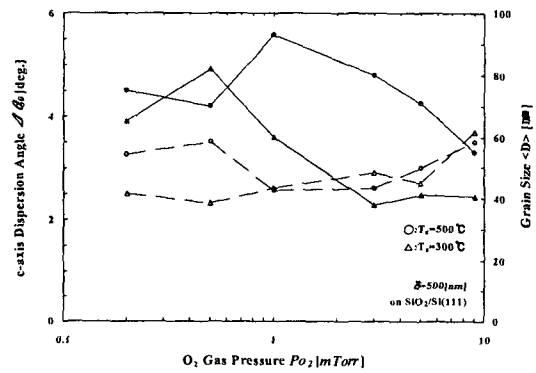


그림 2. c-축 배향 ZnO 박막의 $\Delta\theta_{50}$ 및 <D>의 산소가스압력 P_{O₂} 의존성
Fig. 2. O₂ gas pressure P_{O₂} dependence of $\Delta\theta_{50}$ and <D> of ZnO Thin Films with c-axis orientation

4.2. ZnO 박막의 c-축 배향성에 미치는 막두께 영향

그림 3은 제작된 ZnO 박막의 막두께 변화에 기인된 결정성, 구조적 특성을 나타내고 있다. 결과에서 ●심벌과 ○심벌은 기판온도 T_s=500 $^{\circ}$ C, 스퍼터 가스압 P_{O₂}=3mTorr에서 제작된 ZnO 박막의 결정 입경과 반치폭을 나타낸다. 또한, ▲와 △는 기판온도 T_s=300 $^{\circ}$ C, 스퍼터 가스압 P_{O₂}=0.5mTorr에서 제작된 ZnO 박막의 막두께를 500~4000nm로 변화시켜 결정 입경과 반치폭을 조사한 결과이다.

그림 3에 나타난 바와 같이, 박막의 두께가 증가함에 따라 c-축 배향성은 증가한다. 또한 4.1에서와 같이 c-축 배향성은 결정 입경의 증가에 따라 발생한다고 할 수 있다. 제작 조건에서 가스압과 기판

온도를 변화시킨 경우에 박막 두께를 변화시켜도 큰 결정성의 차이를 갖지 않는 사실로부터 대향타겟식 스퍼터법으로 제작된 박막은 c-축 배향성이 우수한 박막을 낮은 가스압 영역에서도 얻을 수 있으며, 필요한 두께의 박막을 제작할 수 있다고 사료된다.

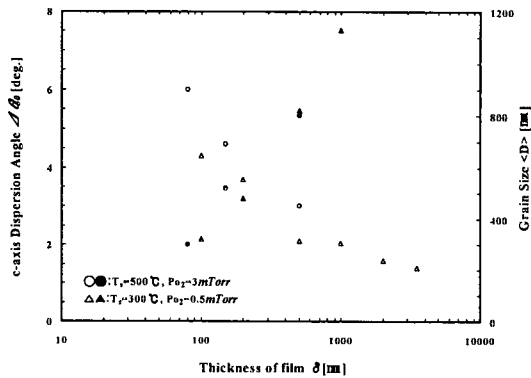


그림 3. c-축 배향 ZnO 박막의 $\Delta\theta_{50}$ 및 $\langle D \rangle$ 의 막 두께 δ 의존성

Fig. 3. Film Thickness δ dependence of $\Delta\theta_{50}$ and $\langle D \rangle$ of ZnO Thin Films with c-axis orientation

4.3. ZnO 박막의 c-축 배향성에 미치는 기판온도 영향

그림 4는 박막의 결정성에 미치는 기판온도 의존성을 나타낸다. 가스압 $P_{O_2}=3mTorr$, 막증착속도 50

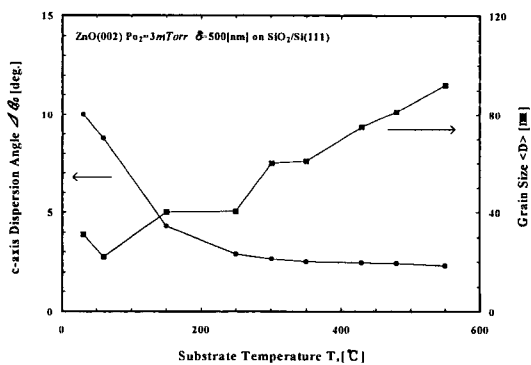


그림 4. c-축 배향 ZnO 박막의 $\Delta\theta_{50}$ 및 $\langle D \rangle$ 의 기판온도 T_s 의존성

Fig. 4. Substrate temperature T_s dependence of $\Delta\theta_{50}$ and $\langle D \rangle$ of ZnO Thin Films with c-axis orientation

A/min, 막두께 $\delta=500nm$ 의 제작 조건을 갖는 ZnO 박막의 $\Delta\theta_{50}$ 및 $\langle D \rangle$ 의 기판온도 의존성이다.

그림에서 확인 할 수 있는 바와 같이, 기판온도가 상승함에 따라, 반치폭은 250°C 이상에서는 거의 일정한 약 2.5 정도의 양호한 c-축 배향성을 확인 할 수 있다.

또한, 결정 입적 $\langle D \rangle$ 는 기판온도가 상승함에 따라 일정하게 증가하는 경향을 나타내고 있다. 이와 같은 결과로부터 기판온도가 상승함에 따라 ZnO 박막의 결정성장이 용이하게 발생한다는 사실을 알 수 있다.

5. 결론

대향타겟식스퍼터법에 의한 ZnO 박막 제작은 결과 산소 가스압, 기판온도의 제작 조건에서 가장 양호한 c-축 배향성을 얻을 수 있었다.

이와 같은 조건에서 제작된 ZnO 박막은 기존의 박막에 비하여 우수한 배향성을 나타내며, 이는 FTS 방식이 결정성이 양호한 c-축 배향 ZnO 박막을 증착하는 방법으로서 유망하다는 사실을 확인하였다.

참고 문헌

1. 박용욱 외 5인, 한국전기전자재료학회논문지, 11권, 10호, 1998.
2. S. M. and A. Z., J. Appl. Phys., 49, 1978.
3. T. Minami, Jpn. J. Appl. Phys., 23, 1984.
4. Kikuo Tominaga, Ichiro Mori, Thin Solid Films, 253, 1994.