

ZnO Buffer Layer에 의한 ZnO 박막의 결정학적 특성에 관한 연구

금민중^{†*} · 손인환^{**} · 이정석^{***} · 신성권^{****} · 김경환^{*}

*경원대학교 전기전자공학과, **신성대학 전기과, ***인하전문대 메카트로닉스과, ****동해대학
(2003년 3월 7일 접수)

A Study of the Crystallographic Characteristic of ZnO Thin Film Grown on ZnO Buffer Layer

Min-Jong Keum^{†*}, In-Hwan Son^{**}, Jung-Suk Lee^{***}, Sung-Kwun Shin^{****}, and Kyung-Hwan Kim^{*}

Kyungwon univ., **Shinsung college, **Inha Tech. college, **Donghae univ.*

(Received March 7, 2003)

요 약

본 연구에서는 박막 증착시 발생하는 γ -전자와 같은 고에너지 입자들의 막 충돌에 의한 손상이 적은 대향타겟식 스퍼터링 장치를 이용하여 SiO₂/Si 기판상에 ZnO 박막을 제작하였으며, 막의 결정성에 막 영향을 미치는 초기 성장층을 제어 할 수 있는 ZnO buffer-layer를 도입하여 박막의 결정학적 특성을 알아보았다. 제작된 박막의 결정성 및 c-축 우선배향성은 XRD를 사용하여 측정하였다. 측정 결과 ZnO buffer layer의 두께 10, 20 nm와 가스압력 1 mTorr일 때 ZnO 박막의 결정성이 가장 우수함을 알 수 있었다.

주제어 : 대향타겟스퍼터링장치, c-축 우선배향성

Abstract

In this study, we prepared ZnO thin film on SiO₂/Si substrate by FTS (Facing Targets Sputtering) apparatus which can reduce damage on the thin film because the bombardment of high-energy particles such as γ -electron can be restrained. And, properties of thin film grown with ZnO buffer-layer which can be suppress initial growth layer was investigated. The crystalline and the c-axis preferred orientation of ZnO thin film was also investigated by XRD. As a result, we noticed that the ZnO thin film has a good crystallographic characteristic at thickness of ZnO buffer layer 10, 20 nm and working pressure 1 mTorr.

Key Words : FTS, c-axis preferred orientation, ZnO buffer-layer

1. 서 론

ZnO 박막은 대칭 육방정계 (hexagonal) 구조로 결정구조에서의 이방성, 비화학 양론적 결합구조, 높은 굴절율과 압전 결합계수, 탄성파적 성질 때문에

탄성 표면파 소자를 비롯하여 FBAR (Film Bulk Acoustic Resonator) 소자 및 각종 초음파 트랜듀서, 투명 전도체, 가스 센서용 재료 등 다양한 분야에 적용되고 있다. 또한 SAW Filter, 초음파 현미경용 트랜듀서 및 전자 시계용 진동자는 이미 실용화가 이루어져

[†] E-mail : mjkeum@hanmir.com

있다 [1-3].

특히, 이러한 ZnO 박막은 기판에 수직인 결정학적 c-축으로 우선 방위 현상 (Preferred Orientation)을 나타내며 압전 특성을 이용하여 SAW Filter나 FBAR 소자로 응용을 할 경우 높은 기계결합 계수와 비저항이 요구되어 진다. 이는 ZnO 박막의 c-축 우선 배향성이 우수해야 한다는 것을 의미하지만, ZnO 박막의 c-축 배향성은 박막의 제작방법 및 제작 조건에 의해 큰 차이가 있다. 특히 스퍼터링법으로 ZnO 박막을 제작할 경우, 증착 변수인 증착 속도, 가스 압력, 투입 전력 등의 스퍼터링 조건이 박막의 c-축 배향성에 영향을 미친다고 보고되고 있다 [4,5]. 따라서 본 연구에서는 대향타겟식 스퍼터링 (FTS : Facing Targets Sputtering) 장치를 이용하여 ZnO 박막을 제작하였으며, 박막의 c-축 배향성 개선을 위해 buffer-layer에 따른 결정배향성 변화에 대한 실험을 하였다.

2. 실험 방법

본 연구에서는 그림 1에 나타난 FTS [6] 장치를 사용하여 ZnO 박막을 제작하였다.

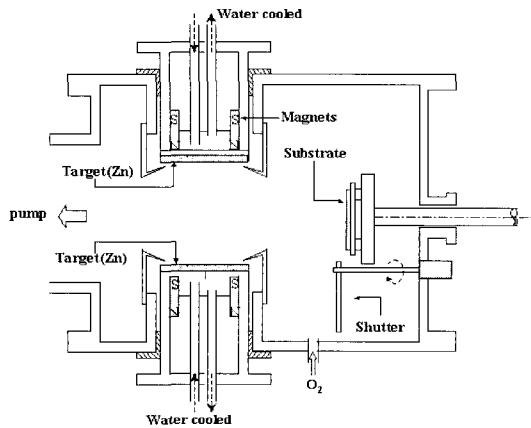


그림 1. FTS 장치 개략도.

그림 1에 나타난바와 같이 FTS 장치는 타겟 뒷면에 영구자석이 장착되어 있어 타겟 표면에 수직 한 방향으로 자계가 분포하게 된다. 따라서 타겟 사이에 형성되는 플라즈마의 γ -전자를 구속하게 되며, 구속된 γ -전자는 반사적극 역할을 하는 맞은 편 타겟으로 인해 두 타겟 사이를 왕복 운동하게 된다.

표 1. 스퍼터링 조건.

	ZnO	ZnO/ZnO buffer-layer		
		Buffer-layer	ZnO	
Targets	Zn(4N)			
substrate	SiO ₂ /Si			
Base pressure	1.8×10 ⁻⁶ (Torr)			
Working gas	Oxygen			
Confining flux	200 (G)			
Working gas pressure(P _{O₂}) [mTorr]	2	0.5	0.5-2	2
Temperature	R.T.			
Sputtering current[A]	0.8	0.4		0.8
Thickness[nm]	1000	0-40	10	1000

때문에 γ -전자의 이동거리가 기존의 스퍼터링법 보다 길어 분위기 가스의 이온화율이 높아 높은 막 증착 속도와 낮은 가스압력 0.5 (mTorr)하에서도 안정적인 방전을 유지하며 박막을 제작할 수 가 있다. 또한 기판의 위치가 플라즈마와 이격되어 있는 상태이기 때문에 박막이 증착 될 때 발생하는 높은 에너지를 갖는 입자들의 기판 충돌을 억제할 수 있다는 특징을 갖고 있다. 표 1은 ZnO 박막의 증착 조건을 나타낸 것이다. 스퍼터법을 이용한 박막 증착시, 막의 초기 성장시 발생하는 초기 성장층은 random한 배향성을 나타내기 때문에 이러한 초기 성장층을 억제할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 박막 성장시 발생하는 초기 성장층을 감소시키기 위해 동일 구조의 ZnO buffer-layer를 도입하였다.

또한 본 연구에서 사용된 기판은 slide glass로써 다음의 세척 과정을 통한 후 ZnO 박막을 제작하였다. 증류수로 5분간 2회, IPA로 10분간 2회 초음파 세척한 후 질소 가스로 송풍 건조시켰다. 제작된 박막의 두께는 Tencor사의 α -step을 이용하여 측정하였으며, 박막의 c-축 우선 배향성은 XRD를 사용하여 rocking-curve를 측정 반치폭 $\Delta\theta_{50}$ 을 조사하였다. 이때 X-Ray는 Cu- K α line ($\lambda=1.5405 \text{ \AA}$)/40 KV/20 mA를 사용하였으며 스텝폭과 주사 속도는 각각 0.05, 2(deg/min)로 측정하였다. 또한 박막의 c-축 우선 배향성 정도 ($\Delta\theta_{50}$)는 X-Ray의 입사 각도와 goniometer

의 각도를 (002)면의 회절각으로 고정시킨 후 0~35°범위에서 시편을 측정하여 구하였다. 이 $\Delta\theta_{50}$ 의 값이 작을수록 기판면에 특정 결정축의 수직인 정도가 우수함을 나타낸다.

3. 결과 및 고찰

그림 2는 상부 ZnO 압전 박막을 R.T., sputtering current 0.8A, 가스압력 2mTorr, 두께 1000nm의 증착 조건을 고정한 후 ZnO buffer-layer의 두께에 따른 ZnO/ZnO/SiO₂/Si 박막의 2θ 회절 패턴을 나타낸 것이다. 그림 2에 나타난 바와 같이 ZnO buffer-layer의 두께가 10nm에서 XRD 패턴이 가장 큰 peak를 나타내었다.

그림 3은 ZnO buffer-layer의 두께에 따른 ZnO/ZnO/SiO₂/Si 박막의 $\Delta\theta_{50}$ 및 결정입경을 나타낸 것이다. 그림 3에 나타난 바와 같이 ZnO buffer-layer의 두께가 10, 20(nm)일 때 박막의 c-축 우선 배향성이 개선되었음을 알 수 있다. 그러나 이 값은 압전 재료로 사용할 수 있을 정도의 양호한 값은 아니며 ZnO buffer-layer 도입에 따라 ZnO 박막의 성장이 영향을 받는다는 것을 생각 할 수 있다. 따라서 다음의 실험은 ZnO 박막의 제작은 동일 조건으로 한 뒤 ZnO buffer-layer의 가스압력을 변화시켜 제작하였다. ZnO buffer-layer의 두께는 10 nm로 고정하고 가스압력을 0.5, 1, 1.5, 2 mTorr로 변화시켜 제작하였을 때 ZnO 박막의 XRD 회절 패턴을 그림 4에 나타내었다.

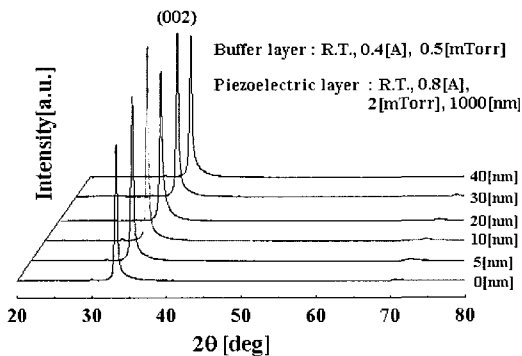


그림 2. ZnO buffer-layer 두께에 따른 ZnO 박막의 XRD 회절 패턴.

그림 4의 **는 ZnO buffer-layer가 없는 ZnO/SiO₂/Si 박막의 XRD 회절 패턴을 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 ZnO buffer-layer를 도입하지 않은

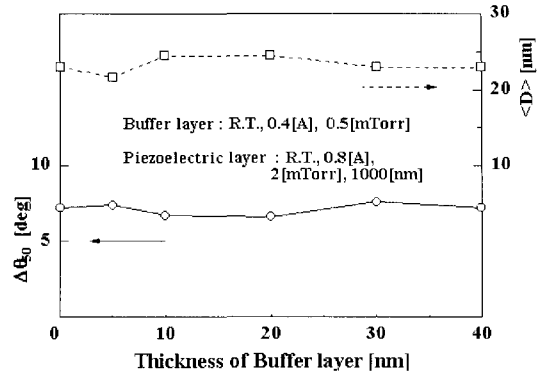


그림 3. ZnO buffer-layer 두께에 따른 ZnO 박막의 c-축 우선 배향성 및 결정입경.

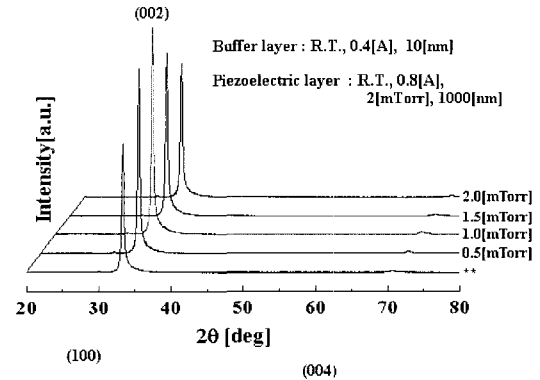


그림 4. ZnO buffer-layer의 가스압력에 따른 ZnO 박막의 XRD 회절 패턴.

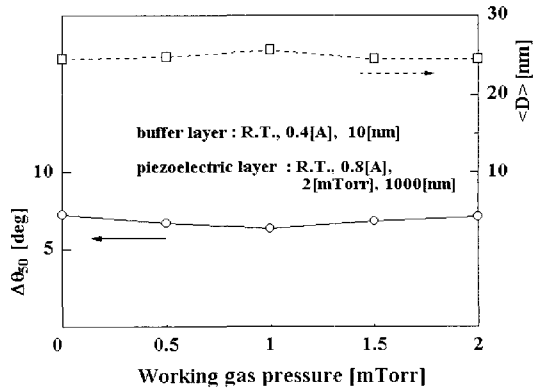


그림 5. ZnO buffer-layer 가스압력에 따른 ZnO 박막의 c-축 우선 배향성 및 결정입경

경우보다 ZnO buffer-layer를 도입한 경우의 XRD 패턴이 가장 높은 peak를 나타내었다.

그림 5는 가스압력 변화에 따른 ZnO 박막의 $\Delta\theta_{50}$ 및 결정 입경을 나타낸 것이다. 그림 5에 나타난 바와 같이 ZnO buffer-layer의 가스압력이 1(mTorr)일 때 ZnO 박막의 c-축 배향성이 가장 낮은 값을 나타내었다.

4. 결 론

본 연구에서 ZnO buffer-layer를 도입한 ZnO 박막을 실온에서 제작하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

ZnO buffer-layer를 도입하여 실온에서 제작된 ZnO 박막의 $\Delta\theta_{50}$ 은 ZnO buffer-layer의 막 두께 10 nm와 20 nm에서 가장 낮은 값을 나타내었다. 또한 buffer-layer의 두께를 10 nm로 고정시킨 후 가스압력을 0.5, 1, 1.5, 2(mTorr)로 변화시켜 실험한 결과

1 mTorr일 때 ZnO 박막의 $\Delta\theta_{50}$ 의 값이 가장 낮게 나타났다. 이는 ZnO buffer-layer의 제작 조건에 따라 ZnO 박막의 결정성 및 c-축 우선 배향성이 영향을 받는 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] Y. Igasaki and H. Saito, J. Appl. Phys. **70**, 3613, 1991.
- [2] F. S. Hickernell, J. Appl. Phys. **44**, 1061, 1973.
- [3] W. H. G. Horsthuis, Thin Solid Films **137**, 185, 1986.
- [4] T. Minami, J. Appl. Phys. Jpn. **23**, 1984.
- [5] K. Tominaga and I. Mori, Thin Solid Films **253**, 1994.
- [6] K. H. Kim, S. H. Kong, M. J. Keum, I. H. Son, M. Naoe, and S. Nakagawa, Appl. Surf. Sci. **169**, 170, (2001), 409.