

# 기계경비용 전기센서필터의 압전박막 특성

## Piezoelectric Thin Film of Electrical Sensor Filter for Security System

이동윤

중부대학교 전기전자공학과

Dong-Yoon Lee

Joongbu Univ.

### 요약

RF 마그네트론 스퍼터링 법으로 ZnO박막을 실리콘기판 위에 증착 하였고, 인가전력에 따른 박막의 결정학적, 전기적 특성을 연구하였다. 기판온도 200oC, 산소:아르곤 가스의 비율이 50%:50%, 증착압력이 10mTorr의 조건에서 RF 전압에 따라 증착된 박막은 강한 c-축 성장과 우수한 결정성을 나타내었다.

### Abstract

Zinc Oxide(ZnO) thin films on Si (100) substrate were deposited by RF magnetron sputter with changing sputtering conditions such as argon/oxygen gas ratios, RF power, and substrate temperature, chamber pressure and target-substrate distance. To analyze a crystallographic properties of the films,  $\Theta/2\Theta$  mode X-ray diffraction, SEM analyses. C-axis preferred orientation highly depended on RF power.

## I. 서론

민간경비는 과거 인력위주의 단순경비에서 첨단장비와 기술을 이용하는 복합적인 형태로 발전하였다. 앞으로 급증하는 치안수요에 따라 민간경비의 성장추세는 계속 될 것으로 전망되며, 더불어 다양한 분야의 경비영역 확대를 통해 경비분야에 새로운 장이 열릴 것으로 전망된다.[1] 또한, 산업화, 도시화, 정보화에 따른 첨단장비의 수요가 날로 증가하고 있는 시대적 상황에서 기계경비의 필요성이 증대되고 있다.

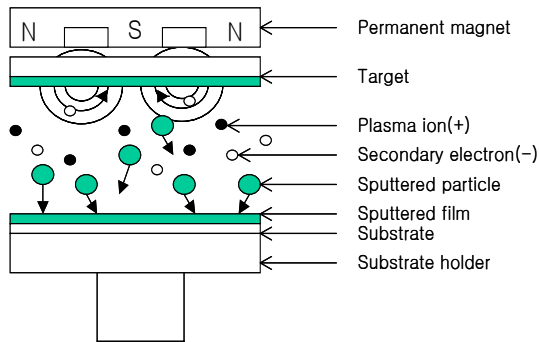
기계경비란 인가되지 않은 사람의 침입을 감지하여 그 정보를 필요한 사람에게 정보형태로 제공하여 이상상황에 적절하게 대응할 수 있게 하는 시스템으로 범죄를 예방하는 주요한 기능을 하게 된다.[2] 오늘날 기계경비는 점점 더 첨단 기술을 필요로 하고 있으며, 자동제어를 필요로 하는 효율적인 시스템 기술을 요구한다. 제어 기술의 성공적인 발전은 고도로 정교한 센서 기술이 제공하는 계측의 정확성에 의존한다. 따라서 센서 기술은 기계경비 기술이 번창하는 미래에 근본적인 키 역할을 한다. 센서는 검지 대상의 물리량이나 화학량을 선택적으로 포착하여 유용한 전기적 신호로 변환, 출력하는 장치, 즉 "어떤 종류의 신호 또는 에너지를 다른 종류의 신호 또는 에너지로 변환하는 장치"로 변환기라 할 수 있다.[3] 본 연구에서는 입출력의 기능을 담당하는 ZnO(Zinc Oxide) 압전 박막을 이용한 센서 제조 시에 요구되는 기계적 특성에 대해 고찰하고자 한다. ZnO 박막 증착 방법에는 스퍼터링법이 있는데 이는 압전성을 이용한 소자의 응용에 주로 사용되며 표면의 평활도를

가진 조밀한 박막과 전기 및 광학적 특성이 우수한 박막의 제조가 용이하다.[4] 본 연구에서는 센서에 응용이 가능한 ZnO 박막을 C-축 방향으로 실리콘(Si 100)기판 위에 RF 마그네트론 스퍼터링 법으로 증착 하였다.

## 2. 본론

스퍼터링법은 두께의 균일성이나 c-축 배향성에서 우수하고 저온증착이 가능한 장점이 있으나 성막시 전자의 충돌로 인한 결함이 발생할 가능성이 높고 증착률도 비교적 낮다. 이러한 일반적인 스퍼터링법에서 발생하는 문제점을 보완하기 위해 diode 스퍼터링법 보다 약 10 배 정도 박막 성장 속도가 크며, 생성되는 전자들을 타겟 주위에 속박함으로써 이온화율이 높고 전자와 기판과의 충돌을 억제해 기판 손상을 방지할 수 있는 RF 마그네트론 스퍼터링법의 개략도를 그림 1에 나타내었다.

스퍼터링은 이차전자 및 스퍼터 원자가 방출되는 현상을 나타내며, 스퍼터 증착은 고체음극에서 방출된 입자를 기판에 증착 시키는 것이다. 스퍼터링된 입자들은 기판에 도달하기까지 플라즈마 속을 지나면서 가스들과의 충돌에 의해 다양한 거동을 하게 된다. 플라즈마 가스와 충분한 충돌이 일어나지 않아, 증착 압력이 낮은 경우 운동 에너지를 가진 상태의 거동을 ballistic이라 하며, 이때에는 운동에너지를 가진 방향성 입자들이 기판에 도달하게 된다.[5]



▶▶ 그림 1. RF 마그네트론 스퍼터링 방법의 개략도

RF 마그네트론 스퍼터링법은 일반적인 스퍼터링법보다 증착율이 10 배 이상 크고, 자장에 의한 타겟 근처에 플라즈마 밀도를 높일 수 있어 낮은 압력에서 공정이 가능하고, 전자가 자력에 의해 타겟 주위를 맴돌기 때문에 성막되는 막에 전자의 충돌로 인한 결함이 발생할 가능성이 상당히 줄어든다.[6] 그러므로 상당히 좋은 막질을 가진 두꺼운 막을 얻을 수 있다. 반응성 스퍼터링으로 박막을 증착시키는 것은 여러 가지 증착 변수들이 복잡된 매우 복잡한 과정이며, 각 증착 변수에 따라 박막의 특성이 매우 민감하게 변한다. 본 실험에서는 ZnO 박막은 4 inch ZnO 타겟(99.999%)을 이용하여 조건을 변화시키면서 기초 실험을 한 후 양호한 조건인 스퍼터링 압력 10 mTorr, 기판온도 200°C, 기판-타겟의 거리 40 mm에서 RF 전력을 변화시키면서 실리콘(Si 100)기판 위에 ZnO박막을 증착하였다. 증착 조건은 Table 1 과 같다.

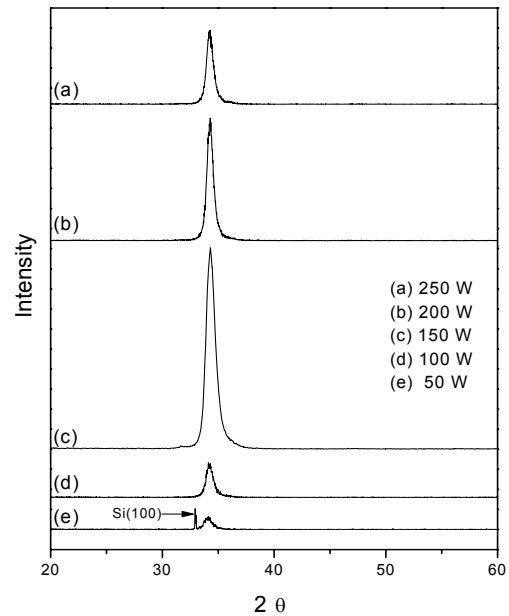
[표 1] ZnO 박막 증착 조건

Deposition parameters	Conditions
RF power	50 ~ 250 W
Substrate temperature	200°C
Distance of target-substrate	40 mm
Ar/O <sub>2</sub> gas ratio	50/50
Sputtering pressure	10 mTorr
Base Pressure	5×10 <sup>-6</sup> Torr

### 3. 결 론

챔버압력 10 mTorr, 기판온도 200°C 및 타겟과 기판과의 거리 40 mm의 증착 조건에서 실리콘 기판에 일정한 아르곤과 산소 비에서 RF power에 따른 박막의 두께 변화를 보면, RF power를 50W에서 250W까지 50W간격으로 변화시켜 ZnO박막을 60분 동안 증착시킨 결과막의 두께가 약 2100Å에서 10300Å으로 RF power가 증가함에 따라 막의 두께는 거의 선형적으로 증가하였다. 이는 인가전력이 증가하면 입사하는 방전 가스인 아르곤과 산소의 이온 에너지가 커지게 되고, 그

에 따라 스퍼터링율이 상승하여 증착 속도가 증가한다. 막의 두께변화에 따른 성장속도는 변화 없이 거의 일정하여 RF power에 따른 막의 두께를 조절할 수 있었고 기판 온도의 변화는 증착된 박막의 두께에 큰 영향을 미치지 않았다. ZnO 박막의 인가전력에 따른 결정성을 알아보기 위해  $\theta/2\theta$ 의 XRD 분석을 하였고, 그 결과를 그림 2에 나타내었다. 각 인가전력에 대한 정확한 분석을 위하여 ZnO 박막의 두께는 약 6000Å으로 고정하였다. Si(100)기판위에 증착된 ZnO 박막은  $\theta/2\theta$  XRD 결과에서 모든 인가전력에서 기판에 수직인 (002) 결정면만이 존재하는 것을 보여 주며 다른 이상의 결정면은 존재하지 않음을 알 수 있고 인가전력의 변화에 따른 회절 피크는 150 W의 전력을 인가했을 때 가장 큰 것을 알 수 있다.



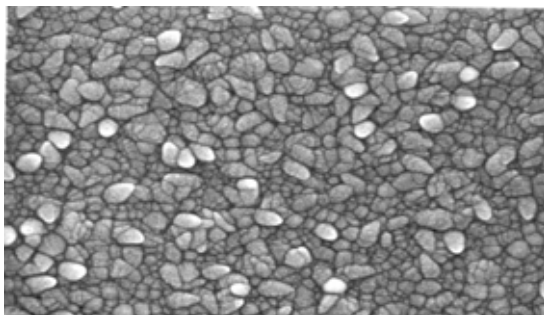
▶▶ 그림 2. 인가전력에 따른 ZnO 박막의 XRD

이와 같은 결과에서 인가전력에 따른 결정성의 변화는 주로 인가전력에 의한 증착속도의 변화, 즉 속도론적 관점이나 스퍼터링되는 입자들의 종류에 따른 성장 단위에 의해 설명될 수 있다. 낮은 인가전력의 경우 스퍼터링되어 기판에 도달하는 입자들의 운동 에너지가 낮아서 기판에 도달하는 입자들의 표면 이동도가 보장되지 않아 결정성이 좋지 않은 박막이 형성되나, 인가 전력을 증가시킬 경우 원자들의 표면 이동도를 증가시켜 우수한 결정질의 박막을 증착할 수 있다. 그러나 이 이상의 인가전력의 증가는 증착속도의 과도한 증가로 인하여 표면 원자들이 충분히 격자 평형 위치로 이동하지 못한 상태에서 이후에 증착되는 입자들이 기판에 도달하여 결정성을 저하시키게 되는 것이다. 또한 인가전력에 따른 스퍼터링되는 입자들의 상대적인 비의 변화 또한 박막의 결정성과 우선 배향성

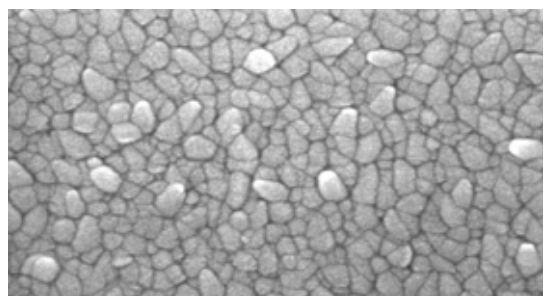
에 영향을 미치며 인가 전력이 증가 할수록  $Zn^{+}/ZnO^{+}$  이온의 비가 증가하는 것으로 알려져 있다.[7] 즉 인가전력이 증가할수록 단원자 상태로 스퍼터링되는 양이 많아지므로 결국 형성되는 막의 표면에는 Zn가 과잉인 상태가 된다. 따라서 기판에서 산소와 결합하는 추가 반응이 일어나야 하므로 Zn 과잉의 박막은 산화물 형태로 증착되는 박막보다 결정성이 저하되는 것이다. 그림 3은 인가전력을 변화시키면서 증착한 박막의 미세구조를 확인하기 위해 전자주사 현미경을 이용하여 관찰한 결과이다. 인가 전력이 증가하면 증착된 박막의 결정립의 크기가 점점 증가하는 것을 알 수 있다. 특히 인가전력 150 W에서의 미세구조는 매끄럽고 전체적으로 매우 균일한 형태의 결정립 형상을 보이지만 200 W에서는 전체 결정립들이 큰 모양의 결정립 형상으로 변화하는 것을 보이는데, 이러한 표면현상은 증착도중 박막표면에서 재스퍼터링이 발생하는 것을 나타낸다. 그러나 전체적으로 기판에 수직인 (002) 결정면이 주상구조로 성장하였다.



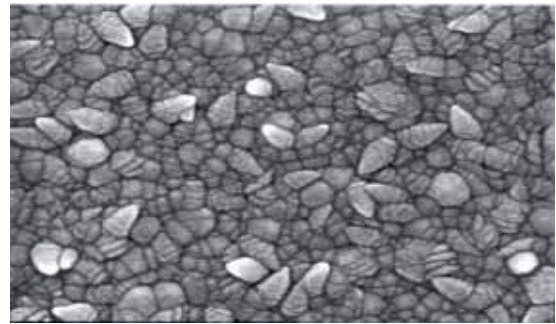
(a) RF power : 50 W



(b) RF power : 100 W



(c) RF power : 150 W



(d) RF power : 200 W

▶▶ 그림 3. 기판온도 200°C, Ar/O<sub>2</sub>=50/50에서 인가전력에 따른 ZnO 박막의 표면 SEM

#### ■ 참고 문헌 ■

- [1] 「경비지도사 민간경비론」, 이윤근, 육서당, 1999
- [2] 「기계경비론」, 신상엽, 백산출판사, 2004
- [3] Kentaro Setsune and Kiyotaka Wasa, Use of Three IDT SAW devices in high definition satellite TV receivers," IEEE Trans. Sonics Ultrason., SU-31, 6, 652, 1984.
- [4] Qian Zhenxing et al., "A modified ZnO film model for calculating elastic and piezoelectric properties," IEEE Trans. Sonics Ultrason., SU-32, 5, 630, 1985.
- [5] F. H. Dill, "Optical Lithography," IEEE Trans. Electron Devices, ED-22, 7, 440, 1975.
- [6] C. A. Meak, "Analytical Expression for the Standing Wave Intensity in Photoresist," IEEE Trans. Electron Devices, ED-31, 12, 1730, 1984.
- [7] DONG-YOON LEE, SEOK-JIN YOON, SAHN NAHM, KEUM-CHAN WHANG, "Crystal structure and microwave dielectric properties of La(Mg<sub>1/2</sub> Ti<sub>1/2</sub>)O<sub>3</sub> ceramics," JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE LETTERS 19, 131, 2000.