

초전형 적외선 센서 제작을 위한 PZT박막 형성 및 식각 특성 평가

박윤권, 주병권*, 전호승, 윤영수**, 오영제**, 이윤희*, 서상희*, 오명현*, 김철주
 서울시립대학교 전자전기공학부, *한국과학기술연구원 정보재료소자 연구센터,
 **한국과학기술연구원 박막기술 연구센터

Characteristic Estimation of the Formation and Etching of PZT Thin Films for Pyroelectric IR Sensor Application

Y.K. Park, B.K. Ju*, H.S. Jeon, Y.S. Yoon**, Y.J. Oh**, Y.H. Lee*, S.H. Suh*, M.H. Oh*, C.J Kim
 Dept. of Electronics Eng., The University of Seoul, *Electronic Materials and Devices Research Center. KIST,
 **Thin Film Technology Research Center. KIST,

Abstract - In this study, we used the sputtering method with single target to obtain the thick and uniform PZT(PbZrTiO₃) films for micromachined IR sensor application. Then, we investigated the etching characteristics and conditions which is necessary process to fabricate the IR sensor. We tested the C-axis orientation and P-E loop of the deposited PZT films with the XRD and RT66A, respectively. Also we investigated the surface of the films by the AFM and SEM analysis.

1. 서 론

강유전체 박막은 구조적으로 페로브스카이트(perovskite) 구조를 가지고 있으며, 큰 유전상수 및 비휘발성 성질을 가지고 있다. 이러한 특성을 메모리 소자의 캐패시터에 적용하려는 연구가 근래에 많이 행하여지고 있다. 특히 Pb계열의 강유전체 박막은 압전 및 초전 특성이 우수하여 가속도 센서, 압력센서 및 적외선 센서에 대한 응용이 크게 기대되고 있다.[1]-[2]

이 중에서 초전형상(pyroelectric effect)을 이용한 적외선 센서는 기존에 쓰이고 있는 열형 적외선 센서에서 가장 심각한 문제가 되고 있는 냉각장치가 없이 상온에서 측정할 수 있으며, 보다 광범위한 파장을 흡수할 수 고, 비용절감을 할 수 있는 장점을 가지고 있다. 강유전체 재료를 MEMS(microelectromechanical system)에 적용하기 위해서는 먼저 박막증착방법 및 구조를 형성하기 위한 식각조건을 형성하여야 한다. 현재 연구되고 있는 강유전체 재료의 증착방법은 졸-겔(Sol-Gel), MOCVD(Metalorganic Chemical Vapor Deposition), laser ablation, RF 마그네트론 스퍼터링법 등이 있다.[3] 특히 적외선 센서에 적용하기 위하여 박막의 결정구조가 분극방향인 C축으로 배향하도록 성장 시킴으로써 별도의 분극처리 없이도 전기적인 특성을 향상시킬 수 있으며, 센서의 감도를 높일 수 있다.[4]

근래에 들어서서 강유전체 박막을 형성하기 위하여 표면 특성이 좋고, 또한 박막 전기적 특성이 우수한 RF 마그네트론 스퍼터링 방법을 사용하고 있으나, 한 개의 타겟을 이용한 박막 형성에 대한 연구가 초보적인 수준이다. 따라서 본 연구에서는 단일 타겟을 사용한 RF 마그네트론 스퍼터링 방법을 사용하여 PZT(PbZrTiO₃) 박막을 형성하였고, C축 배향성을 확인하였으며, 전기적 특성을 조사하였다. 또한 본 연구에서는 PZT 박막을 센서의 구조체로 이용하기 위해서는 필수적인 식각조건에 대한 방법 및 특성을 형성하였다.

2. 실험

2.1 실험 방법

본 실험에서는 저가이며 구동FET와 집적화가 가능한 Si(100) 기판을 사용하였다. 실리콘 기판 위에 열산화막을 건식 산화방식으로 2000Å을 성장시켰다. 이때 열산화막은 PZT 박막의 페로브스카이트 구조를 이루기 위해 열처리시 Pb가 확산되는 문제를 해결하기 위한 확산 방지 막으로 사용하였다. 하부전극과 산화막과의 흡착성을 증가하기 위하여, SiO₂/Si 기판 위에 Ti막을 진공 열 증착기(Vacuum Thermal Evaporator)를 사용하여 2000Å 두께로 증착 하였다. 하부전극 및 PZT 박막 결정구조의 시드(seed) 역할을 하기 위하여, 낮은 전기적 저항과 높은 열화학적 안정성을 가진 Pt 금속을 Ti/SiO₂/Si 위에 이온 빔 스퍼터링을 사용하여 증착하였다. 표 1에 증착조건을 나타내었다.

표 1. 하부전극 Pt 스퍼터링 증착조건
 Table 1. Deposition condition of Pt as a bottom electrode

증착 변수	증착 조건
Base pressure	1.7 × 10 ⁻⁷ Torr
Working pressure	4.1 × 10 ⁻⁵ Torr
Beam voltage	1000 V
Beam current	25 mA
Cathode voltage	9.2 V
Cathode current	4.6 Amp
Target and beam angle	65°
Substrate angle	15°

적외선 센서의 검출기 역할을 하는 PZT 박막을 증착하기 위해 3인치의 PbZr_{1-0.5}Ti_{0.5}O₃ 타겟을 사용하여 RF 마그네트론 스퍼터링법으로 증착 하였다. 이때 타겟은 증착과정과 열처리시 Pb의 결핍현상을 보상해주기 위해 15%의 PbO가 첨가된 타겟이다. 타겟과 기판 사이의 거리는 7cm를 유지하였으며, 증착시키기 전 챔버 내부 압력을 1×10⁻⁶Torr가 되도록 한 후 아르곤과 산소 가스를 7:1 비율로 흘려주었다. 가스를 흘려준 후 내부 압력을 1×10⁻²Torr 압력으로 유지한 후 200Watt의 rf 전원으로 플라즈마를 형성 시킨 후 30분 이상 충분히 타겟표면의 오염물질을 제거 후 증착을 시작하였다. 표 2에 자세한 증착 조건을 나타내었다. 스퍼터링을 통하여 증착된 PZT 박막은 페로브스카이트 결정화를 이루기 위해, RTA(rapid thermal annealing)를 방법으로 600℃에서 10분간 열처리를 하였다. 열처리가 완료된 박막은 전기적 특성을 조사하기 위하여 진공 열 증착기법으로 새도우 마스크를 이용하여 상부전극 Al을 증착하였다. 증착된 PZT 박막은 결정화를 보

표 2. PZT 박막의 스퍼터링 증착조건
Table 2. Sputtering condition for deposition of PZT Film

증착변수	증착조건
Target	3inch.PZT(PbO15%첨가)
Target-Subs. distance	7cm
Base pressure	1×10^{-6} Torr
Gas pressure	1×10^{-2} Torr
Substrate temperature	400°C
Gas rate	Ar : O ₂ = 7 : 1
RF power	200 Watt

기 위해 XRD 조사를 하였고, RT66A를 사용하여 P-E 루프를 보았으며, SEM(scanning electron microscopy)와 AFM(atomic force microscopy)를 사용하여 표면 거칠기 및 결정립을 조사하였다. 또한 PZT 식각 조건 및 특성을 확립하기 위하여, 기존의 열처리 후 식각하는 방법과는 달리 증착된 박막을 열처리 하기 전에 BOE를 통한 식각을 제안하였고, SEM과 AFM를 사용하여 식각특성을 조사하였다.

2.2 결과 및 고찰

그림 1에 RTA를 사용하여 600°C에서 10분간 열처리를 한 후 X-선 회절 분석을 통한 PZT 박막의 C축 배향성을 보였다. 그림에서 보듯이 PZT 박막은 페로브스카이트 구조를 형성하였으며, (111)방향으로 배향된 Pt의 영향을 받아 (111)방향으로 우선 배향이 되었음을 알 수 있다. 또한 C축 우선 배향이 되므로써, PZT 박막이 적외선 센서에 적용될 때 별도의 분극처리 없이도 사용될 수 있어, 전계를 가함으로써 생기는 PZT박막의 피로현상을 줄일 수 있다.

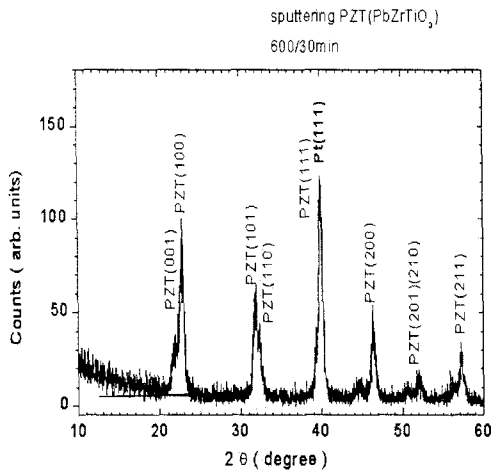
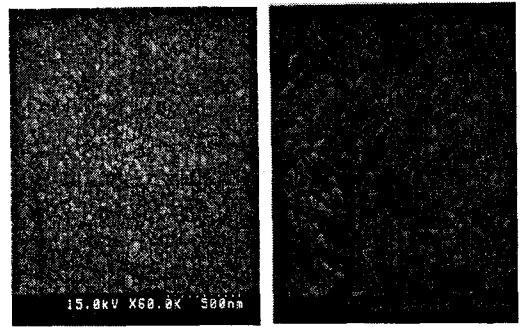


그림1. 600°C에서 열처리된 PZT의 X-선 회절 패턴
Fig.1 X-ray diffraction pattern of PZT annealed at 600°C

그림 2는 열처리 전 후의 PZT 박막의 표면 SEM 사진으로 열처리 전에는 결정립(grains)들이 작았는데, 열처리를 함으로써 결정구조인 페로브스카이트 구조를 이루면서 평균 결정립의 크기가 0.5μm로 2배 이상 증가되었음을 보여준다. PZT 박막의 표면은 상부전극 형성 후 전기적 특성에 큰 영향을 미치는데, 표면이 거칠면 박막의 힐록(hillock)등에 의해 전극이 단락되는 경우가 생긴다. AFM을 통한 박막의 표면을 살펴본 결과 RMS(root mean square) 값이 54Å으로 비교적 양



(a) 열처리 전 (b) 열처리 후

그림2. PZT박막의 표면 SEM 사진
Fig.2 SEM micrograph of PZT Film surface

호한 상태를 나타내었다. 그림 3은 강유전체 박막의 전기적 특성을 보여주는 P-E 이력곡선을 RT66A를 사용하여 측정된 결과이다. 항 전계값이 150kV/cm이고, 잔류분극(2Pr=Pr⁺-Pr⁻)이 28uC/cm²를 나타내었다.

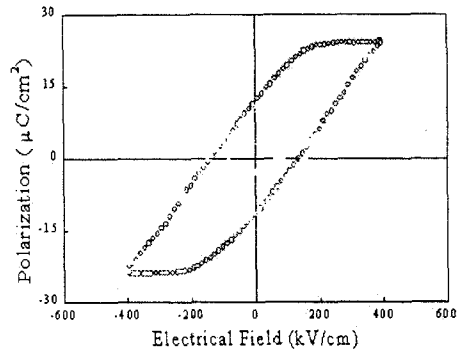


그림3. PZT 박막의 P-E 루프
Fig.3 P-E hysteresis loop of the PZT film

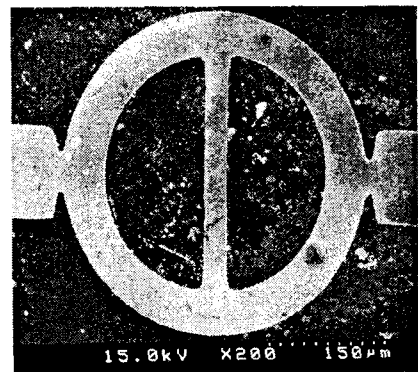


그림4. SEM으로 관찰한 PZT 박막의 식각상태
Fig.4 SEM micrograph of etched PZT film

그림 4는 PZT 박막의 식각을 위해서, 기존의 방법과는 달리 PZT 박막을 열처리하여 결정화를 이루기 전에 원하는 구조로 사진 식각 공정을 통하여 패턴을 형성한 후 BOE(HF:D.I.water= 1:7)를 사용하여 습식 식각을 하고, SEM으로 관찰한 사진이다. 사진에서 보듯이 측면 식각이 거의 발생되지 않고 원하는 모양의 패턴이 형성되었다. 식각률은 분당 500Å으로 나왔다. 그림5는 BOE를 사용하여 평탄화를 한 후 PZT 표면의 거칠기를

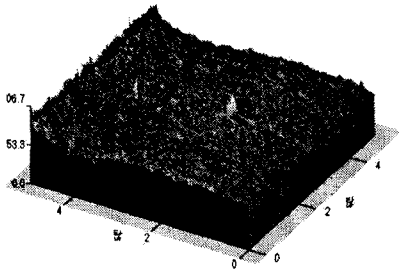


그림5. PZT 박막 표면의 AFM사진
Fig.5 Surface morphology investigated by AFM
for PZT film

AFM 사진으로 확인한 결과, RMS의 값이 5.8Å으로 매우 평탄화가 되었음을 확인하였다.

3. 결 론

본 연구에서는 단일 타겟을 사용한 RF 마그네트론 스퍼터링법을 이용하여, 적외선 센서의 검출막으로 사용될 PZT 박막을 증착하였다. 또한 PZT 박막을 구조체로 사용하기 위하여 식각 조건을 형성하였다. XRD 확인결과 (111)방향으로 성장이 우수함으로써 C축 배향된 박막을 얻을 수 있었다. 이로 인해 소자의 감도를 높일 수 있으며, 강유전체 박막을 구조체로 사용시 문제가 되는 피로현상을 줄일 수 있음을 확인하였다. PZT 박막을 열처리 함으로써 평균 결정립의 크기가 0.5 μm 으로 2배 이상 증가되는 것을 확인하였다. 전기적 특성을 확인한 결과 항전계값이 150kV/cm가 되었고 잔류분극이 28 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 로 비교적 큰 값을 얻었다. 또한 PZT 박막을 열처리 전에 식각을 함으로써 원하는 구조체 형성이 가능함을 확인하였다. 앞으로 PZT박막의 초전계수와 유전율을 측정하고, 적외선 센서에 적용할 예정이다.

(참 고 문 헌)

- [1]M.Schlessinger, "Infrared Technology Fundamental" 2nd. Edition, p95-102, 1995.
- [2]Donald P. Butler, et al., "Micromachined YBaCuO capacitor structures as uncooled pyroelectric infrared detector" Journal of Applied Physics, Vol84, number3, p1680, 1998
- [3]W.Wang, Z. Chen, et al., Integrated Ferroelectric Vol.12, p251, 1996
- [4]Qin-Yi Tong et al., Journal of Microelectromechanical Systems p29 1994