

센서용 piezoelectric film의 형성 및 특성 평가에 대한 연구

이성준, 김철주

서울시립대학교 전자·전기 공학부 반도체 재료 및 소자 연구실

Studies on Formation of Piezoelectric Film for Sensor and its Characteristic Estimation

Sung-Jun Lee and Chul-Ju Kim

Dept. of Electrical Engineering, The University of Seoul

Abstract

In this study, we formed the piezoelectric film and estimated its characteristics for sensor application. The Pb(Zr,Ti)O₃(PZT) was chosen as piezoelectric material and we used Sol-Gel method to form film. To increase film thickness, the multiple coatings were performed, and the good characteristics obtained in thick film compared to thin film. Because PZT film showed fine etching property as well as other good characteristics, it was thought that it was appropriate material for sensor fabrication

1. 서 론

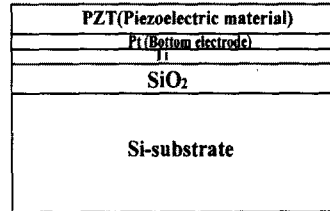
최근에 연구가 많이 이루어지고 있는 강유전체 물질들을 점차 소형화, 집적화 되는 반도체 소자의 제작에 이용하기 위해서 박막의 형태로 만드는 작업들이 시도되고 있는데, 특히 고유전율을 이용한 DRAM(Dynamic Random Access Memory)과 분극반전 특성을 이용한 FRAM(Ferroelectric Random Access Memory)소자에 응용하기 위한 많은 연구가 이루어지고 있다.[1-4]

여러 강유전체 중에서 Pb(Zr,Ti)O₃(PZT)는 다른 재료들에 비하여 우수한 유전 및 압전 특성을 가지기 때문에 이를 압전트랜스듀서, 적외선 센서, 광스위치 등 센서나 액츄에이터의 제작에 응용하려는 연구가 진행 중에 있다.[5-6]

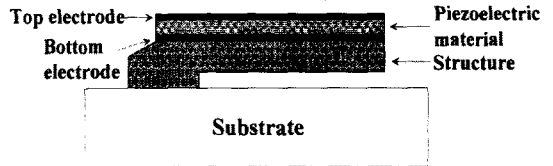
본 연구에서는 이러한 PZT를 컨디레버 구조의 가속도 센서 제작에 응용하기 위해서 film을 형성한 후 여러 가지 특성을 측정하여 센서 제작에의 적용 가능성을 타진하였다. Film의 형성 방법으로는 Sol-Gel(졸-겔)방법을 사용하였고, 여러 번의 다중 코팅을 수행한 후 film의 결정화 된 정도, 표면 상태, 식각 특성 등을 알아보았다.

2. 실험 방법

PZT film을 형성하기 위해서 먼저 PZT용액을 스피너에서 코팅하였다. Pt(2000Å)/Ti(500Å)/SiO₂(2000Å)/Si(p-type,(100))기판 위에 PZT용액을 코팅하였는데 기판층 중에서 버퍼층으로 사용한 SiO₂는 Pb의 확산을 막기 위해서 사용되었고, Ti는 Pt와 SiO₂의 접착성을 좋게 하기 위하여 삽입되었으며 Pt는 PZT film의 배향성을 좋게 함과 동시에 하부 전극의 용도로 증착하였다. PZT 용액을 3000rpm에서 1분간 코팅한 후에 hot plate에서 300℃의 온도로 10분간 베이킹을 하였다. 베이킹 과정에서 휘발성 물질을 증발 및 연소시키고, 최종적으로 600℃에서 열처리를 하여 완전한 결정



(a)



(b)

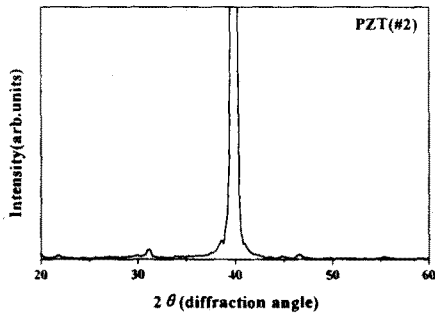
그림 1. 완성된 시료와 제작하려는 센서 구조의 단면도

Fig.1. The cross section views of completed sample and sensor structure to fabricate

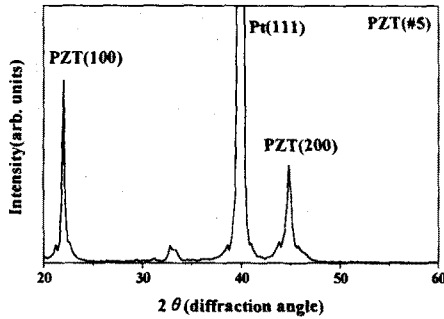
화를 이루었다. 1회 코팅시 film은 약 1000Å내외의 두께를 나타내었고, 이 film을 센서의 제작에 응용하기 위해서는 구조체에 필요한 충분한 두께를 가져야 하기 때문에 여러번의 다중 코팅을 수행하였다. 코팅의 각 단계마다 열처리를 하게 되면 많은 시간이 소모되는 관계로 각 코팅마다 베이킹만 수행하고, 최종적으로 30분간 열처리하는 방법을 선택하여 박막의 특성을 측정하였다. 그림 1에 시료의 단면도(a)와 차후에 제작하려는 센서의 구조(b)를 나타냈다.

3. 측정 및 결과

형성된 PZT film의 결정화 상태를 알아보기 위하여 X선 회절 측정으로 film의 배향성을 살펴보았는데 그림 2에 결과 그래프를 보였다. 그림 2(a)는 첫번째 코팅 후에 베이킹만 하고, 두 번째 코팅 후에 베이킹과 열처리를 한 시료이고, 그림 2(b)는 각 코팅 단계후에 베이킹 과정을 수행하고, 최종적으로 열처리를 한 시료의 결과이다. 코팅의 횟수 즉 film의 두께가 증가할수록 PZT film에 대한 X선 회절 peak값이 커지는 것을 확인할 수 있으며 특히 2θ = 22도 부근의 PZT(100) peak와 45도 부근의 PZT(200) peak 값이 뚜렷하게 증가하는 것을 볼 수 있다. 결정의 배향성이 증가하면 결정립의 크기도 커지게 되고, 따라서 강유전체의 결정 내부에서 분극이 잘 일어나게 되며, 결과적으로 센서에서 중요한



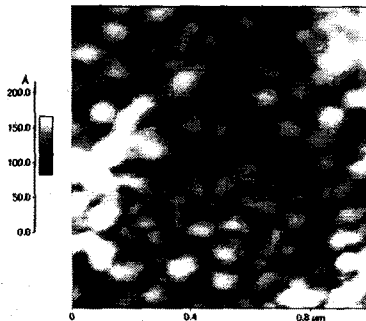
(a) 2회 코팅한 PZT film



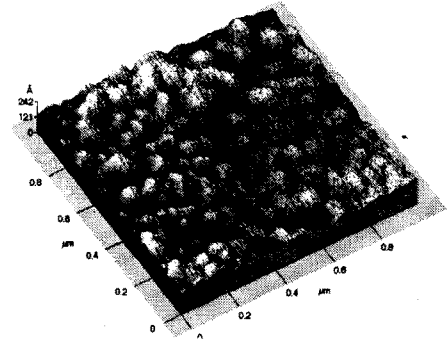
(b) 5회 코팅한 PZT film

그림 2. X선 회절 측정 결과
Fig. 2. X-ray diffraction data

감도가 높아지는 요인이 된다.
그림 3은 AFM(Atomic Force Microscope)으로 관찰한 PZT film의 표면 사진이다. 사진에서 알 수 있듯이 5회 코팅한 시료의 표면이 매우 평탄화 되어 있음을 알 수 있다. 측정 결과에서도 평균 거칠기 값은 22.1Å 이고, RMS값은 28.6Å으로 거의 굴곡이 없는 것으로 나타났다. 이것은 PZT film을 형성할 때 졸-겔법을 사용하여 용액을 코팅하는 방식으로 PZT film을 형성한 것도 큰 원인이지만, PZT film이 아래층인 Pt에 의해 영향을 거의 받지 않고 안정적인 결정화를 이루었기 때문에 나타난 결과로 볼 수 있다. 이 정도의 평탄한 표면 특성을 나타낸다면 그 위에 증착되는 박막(ex. 상부 전극)의 특성에는 큰 영향을 주지 않을 것으로 예상된다.



(a) 1μm×1μm의 범위를 스캐닝한 표면 사진



(b) (a)와 같은 범위의 표면 상태를 3차원으로 나타낸 모습

그림 3. 5회 코팅한 PZT film을 AFM으로 관찰한 결과
Fig. 3. The result of fifth multi-coating PZT film observed by AFM



그림 4. SEM으로 관찰한 PZT film의 식각 상태
Fig. 4. The etching condition of PZT film observed by SEM

그림 4의 두 그림은 졸-겔법으로 5회 코팅하여 형성한 PZT film을 사진 석판 공정을 통해서 패터닝한 후 습식 식각을 하고 SEM으로 관찰한 사진이다. 사진을 보면 측면 식각이 발생하지 않았고, 거의 마스크 모양 그대로 패터닝이 형성된 것을 알 수가 있다. PZT film의 식각 용액으로는 HF와 D.I.water가 1:7로 혼합된 BOE를 사용하였고, 이 때 PZT film의 식각률은 분당

약 2000Å 정도로서 CVD-SiO₂나 PSG와 같은 막들에 비교할만 한 좋은 식각률을 보여주었다.

4. 결 론

본 연구에서는 piezoelectric 특성을 갖는 PZT를 컨티레버 구조의 가속도 센서 제작에 응용하기 위해서 film으로 형성한 후, film의 여러가지 특성을 조사하였다. 졸-겔법을 사용하여 코팅을 하는 방법으로 film을 형성하였는데 film의 두께가 증가할수록 결정의 배향성이 증가하였고, 표면의 상태도 매우 평탄한 것으로 나타났다. 센서 제작을 위한 필수 조건인 식각에 대한 특성을 알아보기 위하여 습식 식각을 수행한 결과 높은 식각률과 양호한 식각 상태를 보여주었다. 전술한 결과외에도 PZT film은 다른 강유전체들에 비하여 높은 piezoelectric coefficient를 가지고 있기 때문에 마이크로머시닝 기술을 이용한 센서의 제작에서 많은 효용 가치를 가지고 있는 물질이라는 것을 확신할 수 있었다.

(참 고 문 헌)

- [1] K.Aoki, Y.Fukuda, K.Numata and A.Nishimura, "Dielectric Properties of (111) and (100) Lead-Zirconate-Titanate Films Prepared by Sol-Gel Technique", *Jpn.J.Appl.Phys.*, Vol.33, pp.5155-5158, 1994
- [2] R.Moazzami, C.Hu and W.H.Shepherd, "Electrical Characteristics of Ferroelectric PZT Thin Films for DRAM Applications", *IEEE Trans. Electron Devices*, Vol.39, p. 2044, 1992
- [3] T.Hirai, K. Teramoto, T. Nishi, T. Goto and Y.Tarui, "Formation of MFIS Structure with a CeO₂ Buffer Layer", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol.33, pp.5219-5222, 1994
- [4] D. S. Shin, Y. H. Han and Y.T. Kim, "A Proposal of Pt/SrBi₂Ta₂O₉/CeO₂/Si Structure for Non Destructive Read Out Memory Device", *International Conference on S.S.D.M.*, p.32, 1997
- [5] M. Sayer, D.Barrow, L. Zou and C.V.R.Vasant Kumar, R.Noteboom, D.A.Knapik, D.W.Schindel and D.A.Hutchins, "Piezoelectric and Capacitative Microactuators and Devices", *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* Vol. 310, pp.37-46, 1993
- [6] Y. Nemirovsky, A. Nemirovsky, P. Muralt, N. Setter, "Design fo a novel thin-film piezoelectric accelerometers", *Sensor and Actuators, A* 56, pp.239-249, 1996