

펄스 레이저 증착법에 의해 제작된 Laser pulse repetition rate의 변화에 따른 Pb(Zr_{0.48}Ti_{0.52})O₃ (PZT) 박막의 전기적 특성

이동화, 이상철
연세대학교

Effect of Laser Pulse Repetition Rate on the Electrical Properties of Pb(Zr_{0.48}Ti_{0.52})O₃ (PZT) Thin Films grown by Pulsed Laser Deposition

Dong Hua Li and Sang Yeol Lee
Yonsei University

Abstract : Pb(Zr_{0.48}Ti_{0.52})O₃ (PZT) thin films were deposited on Pt(111)/Ti/SiO₂/Si substrates by pulsed laser deposition. In order to study the effect of different laser pulse repetition rate on the dielectric and ferroelectric properties of PZT thin films, 2 Hz and 5 Hz of laser pulse repetition rate were selected. We compared the results of XRD pattern, dielectric constant and hysteresis characteristics. From the experimental data, we found that the electrical properties of PZT thin films which grown at 2 Hz of laser pulse repetition rate were better than those which grown at 5 Hz of laser pulse repetition rate.

Key Words : PZT thin films, Remanent polarization, Coercive field, Laser pulse repetition rate

1. 서론

FRAM과 같은 비 휘발성 메모리의 커패시터용 물질로 가장 대표적인 PZT ferroelectric 박막은 많은 연구결과에 의해 이미 강력한 대체 물질로 보고되고 있다[1-2]. PZT ferroelectric 박막은 다른 ferroelectric 물질, SrBi₂Ta₂O₉ (SBT)와 Bi_{3.25}La_{0.75}Ti₃O₁₂ (BLT)에 비해 높은 잔류분극과 낮은 항전계를 가지므로 보다 안정적인 정보저장 능력과 낮은 작동전압을 가지는 소자로 각광받고 있다.

또한, PZT ferroelectric 박막은 공정온도 조건이 500 ~ 600 °C로서 다른 ferroelectric 박막에 비해 증착공정 온도 조건이 낮기에 공정장비의 power 절약차원에서 장점을 지니고 있다. 그리고 증착공정 온도조건이 낮음으로 하여 thermal로 인한 PZT 박막 내에서 발생하는 stress를 저하시킬 수 있으며 박막 결정구조의 mismatch 현상도 따라서 감소시킬 수 있다.

따라서 본 연구에서는 PLD 증착법을 이용하여 레이저 펄스 반복율의 변화에 따른 PZT 박막을 제작하여 박막의 결정구조 및 정보저장 능력을 고찰함으로써 더욱 좋은 전기적 특성을 얻기 위한 적합한 공정조건에 대해 고안하였다.

2. 실험

본 연구는 펄스 레이저 증착 시스템을 사용하여 PZT 박막을 Pt(111)/Ti/SiO₂/Si 기판위에 증착하였다. 실험에 사용된 레이저는 Quantel Brilliant 사의 Q-switched Nd:YAG 레이저로 4준위 레이저이며, 레이저의 pumping을 위한 flash lamp는 1620 ~ 1630 V에서 작동하였다. 본 실험에서는 제3고조파인 355 nm의 파장을 사용하였다. 레이저 에너지 밀도는 3.0 J/cm². 레이저 power는 0.7 W로 조정 하

였다. 레이저에서 나온 beam은 mirror를 사용하여 각도를 조절한 후 lens로 집광하여 타겟에 조사되었다. Laser pulse repetition rate는 2 Hz와 5 Hz의 값을 사용하였다. 기판과 타겟사이 거리는 5 cm로 고정하였다. 박막 증착공정은 550°C의 기판온도, 200 mTorr의 산소분압에서 진행하였으며 증착된 PZT 박막의 두께는 600 nm로 추정된다. 박막 증착이 끝난 후 산소분위기에서 증착 온도를 그대로 유지하면서 20분간 후열처리를 진행하였다. 박막의 전기적 특성을 측정하기 위해 thermal evaporator로 Au를 증착하여 상부전극으로 사용하였다.

3. 결과 및 검토

Laser pulse repetition rate의 변화에 따른 결정화 특성을 조사하기 위해 일반적인 $\theta - 2\theta$ 방식의 XRD 분석을 행하여 그 결과를 그림 1에 나타내었다.

그림 1. (a)에서는 대표적인 perovskite phase를 나타내는 (001), (111) 배향성을 관찰할 수가 있었다. 그림 1. (b)에서는 (111) 배향성만 관찰이 되었고 제2차상인 pyrochlore phase의 peak가 그림 1. (a)에 나타나는 pyrochlore phase의 peak보다 더 강하게 나타나는 것을 확인할 수가 있었다. 이는 laser pulse repetition rate가 5 Hz인 경우에, 제2차상이 더 많은 비율을 점함으로써 아래에서 분석할 전기적 특성결과에도 큰 영향을 준다는 것을 뒷받침하고 있다. 제2차상의 형성은 Pb 계열의 강유전체 물질이 500°C 부근에서 결정화가 이루어지기 시작하고 600°C 정도에서 완전히 결정화가 이루어진다는 보고에 의해 설명될 수가 있다[3]. 또한, 그림 1에서 알 수 있듯이 laser pulse repetition rate에 무관하게 polycrystalline 형성을 관찰할 수가 있었다.

HP4284로 인가전압에 따른 커패시터를 측정하여 본

연구에 사용된 PZT 박막의 유전특성을 고찰하였다. Laser pulse repetition rate가 2 Hz인 경우에 유전상수가 467이고 5 Hz인 경우에는 유전상수가 273이었다. 유전상수는 박막 구조에서 a축 성장과 비례적인 밀접한 연관이 있는바, XRD pattern 결과로부터도 2 Hz인 경우에 (110) 배향성 peak가 5 Hz인 경우의 (110) 배향성 peak보다 강하게 나타남으로 2 Hz인 경우의 유전상수가 더 크다는 것을 추론해 낼 수 있다.

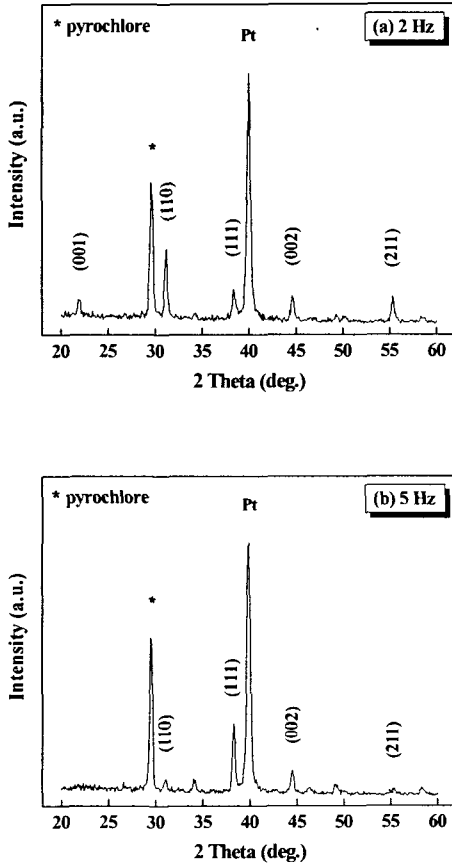


그림 1. (a) 2 Hz (b) 5 Hz의 laser pulse repetition rate에서 증착된 PZT 박막의 XRD pattern.

그림 3은 증착한 PZT 박막의 ferroelectric 이력 특성을 측정해 본 결과 laser pulse repetition rate의 변화에 따른 잔류 분극의 변화를 보여준다. Laser pulse repetition rate가 2 Hz인 경우, 10 V의 전압을 인가하면 잔류분극은 19.589 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$, 15 V의 전압을 인가하면 27.129 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 의 값을 보여주며 인가전압 10 V에서 3.8 V의 항전계의 값을 보여주어 우수한 ferroelectric 특성을 나타낸다. Laser pulse repetition rate가 5 Hz인 경우, 10 V의 전압을 인가하면 잔류분극은 8.516 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$, 15 V의 전압을 인가하면 18.195 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 의 값을 보여주며 인가전압 10 V에서 4.5 V의 항전계의 값을 보여준다. 실험데이터 비교분석으로부터 알 수 있는바, 같은 증착공정 온도조건에서 laser pulse repetition rate가 낮은 경우에 증착된 박막의 이력곡선이 더욱 잘 포

화되었고 더 큰 잔류분극 특성을 나타내는 바, 이는 정보 저장능력이 더 우수하다는 것을 증명해주고 있다. 같은 전압을 인가한 경우에도 낮은 항전계의 값을 가지므로 실제 소자의 응용에서 작동전압의 작음을 의미해준다.

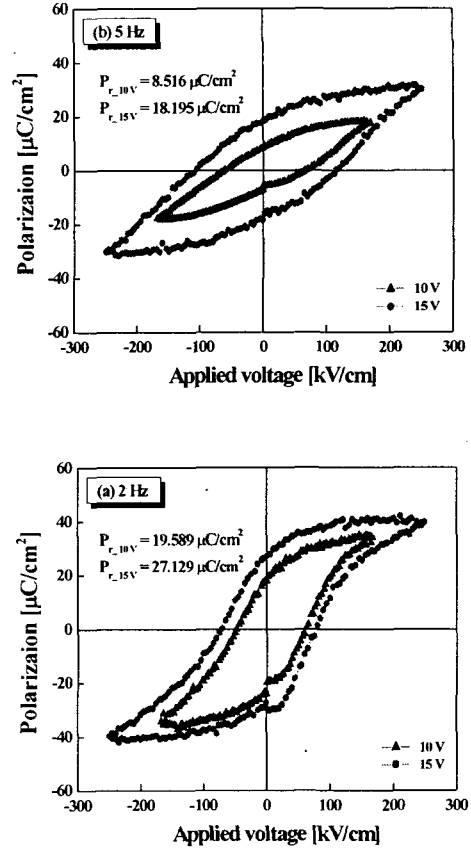


그림 2. (a) 2 Hz (b) 5 Hz의 laser pulse repetition rate에서 증착된 PZT 박막의 P-E 이력곡선.

4. 결론

본 연구에서는 PLD 증착법으로 PZT ferroelectric 물질을 증착하여 laser pulse repetition rate의 변화에 따른 구조적, 전기적 특성에 대해 고찰을 진행하였다.

실험데이터의 비교분석으로부터 알 수 있다싶이 Laser pulse repetition rate가 낮은 경우에 증착된 PZT 박막이 더욱 우수한 결정구조 특성 및 P-E 이력특성을 보여준다.

Acknowledgement

This work has been supported by Ministry of Environment in Korea under "The Eco-technopia 21 project".

참고 문헌

- [1] H. Takasu, Integr. Ferroelectr, Vol. 14, p. 1, 1997
- [2] D. E. Kotechi, Integr. Ferroelectr, Vol. 16, p. 1, 1997
- [3] 이수재, 강광용, 한석길, 장민수, 채병규, 김성현, 양용석, 한국 물리학회 "새물리", Vol. 37, p. 454, 1997