

고집적 DRAM소자용 14/50/50 PLZT 박막의 특성에 관한 연구

박 용 범^o, 장 낙 원*, 백 동 수**, 마 석 범***, 최 형 옥****, 박 창 업*
* 연세대학교 전기공학과, ** 한국과학기술연구원 박막기술연구센터
*** 용인승담대학 전기설비과, **** 경원대학교 전기전자공학부

A Study on Characteristic of the 14/50/50 PLZT Thin Film for DRAM Capacitor

Yong-Bum Park*, Nak-Won Jang*, Dong-Soo Paik**, Suk-Bum Mah***, Hyung-Wook Choi****, Chang-Yub Park*

Abstract

PLZT thin films were fabricated with different energy density by pulsed laser deposition. PLZT films deposited on Pt/Ti/SiO₂/Si substrate. This PLZT thin films of 5000Å thickness were crystallized at 600°C, 200mTorr O₂ pressure for 2 J/cm² laser energy density. 14/50/50 PLZT thin film showed a maximum dielectric constant value of ε_r=1289.9. P-E hysteresis loop of 14/50/50 PLZT thin film was slim ferroelectric. Leakage current density of 14/50/50 PLZT thin film was 10⁻⁷A/cm².

1. 서 론

1970년대 초, Haertling과 Land는 압전소자인 PZT의 Pb의 일부를 La로 치환한 PLZT 벌크세라믹스를 제작하였다. 이들은 PLZT가 Zr/Ti 몰비와 La 치환량에 따라 다양한 결정구조를 가지며, 강유전성, 압전성, 전기광학효과 등의 다양한 성질을 지니고 있다. 메모리용 capacitor, IR Sensor, 전기광학소자, micromachine 등의 다양한 분야로의 응용을 기대하였다.[1]

고집적 DRAM용 capacitor로 응용이 되는 강유전체는 강유전특성으로 인해 잔류분극의 피로현상과 분극의 유전완화현상을 나타내므로 이를 피할 수 있는 슬립영역 강유전체나 상유전체가 요구된다[2][3].

PLZT를 박막화시키는 방법에는 MOD[4], CVD[5], Laser ablation[6], sputtering[7], Sol-Gel 법[8]등이 있으며, 방법에 따라 장단점이 있기 때문에 응용분야와 목적에 따라 적절한 제조 방법이 선

택되어야 한다.

과거 YBCO 등의 초전도체 박막형성에 적용되어 왔던 Pulsed Laser Deposition(PLD)법이 최근 들어 강유전체 박막의 제작에 적용되고 있다. PLD법은 물리적 증착법의 하나로 단파장의 laser pulse로 target 표면을 용제(ablation)함에 의해서 기판 위에 막을 형성시키는 방법이다. 이 방법의 장점은 화학양론(stoichiometry)이 우수한 다성분계화합물 박막의 제작과 배향성을 가지는 다결정 박막을 epitaxy 하게 성장시킬 수 있는 장점을 가진다[6].

따라서, 본 논문에서는 고집적DRAM capacitor로 응용 가능한 슬립영역 14/50/50 PLZT 박막을 PLD 법으로 Pt/Ti/SiO₂/Si 기판위에 레이저 에너지밀도에 따라 제작하여 그의 구조적, 전기적 특성을 고찰하였다.

2. 실험

실험을 위한 Target은 일반적인 산화물 혼합법을 사용하여 제작하였다. PLZT 박막을 제조하기 위한 기판으로는 Pt(2000 Å)/Ti(500 Å)/SiO₂(6000 Å)/Si를 사용하였다.

레이저원으로는, 3rd harmonic generator를 이용한 파장 355nm의 Nd:YAG laser를 사용하여 타겟을 ablation 하였다. 본 실험에 사용한 PLD 시스템의 구조는 그림 1과 같다. 기판을 결정성장 온도로 가열시킨 상태에서 성막을 행하는 in-situ 방법을 적용하였다. 이 방법에서는 성막된 박막의 결정성 및 표면 morphology가 성막시의 기판온도와 분위기 산소압에 크게 영향을 받으므로, 산소압을 200mTorr, 기판온도를 600°C로 설정하여 성막하였다. 이 때 레이저 에너지밀도 1 J/cm² ~ 2 J/cm², 주파수 10Hz로 30분간 성막하였으며, 성막이 끝난 시료는 1 atm의 O₂ 분위기에서 성막온도를 그대로 유지한 채로 15 분간 후열처리 하였다. 이렇게 성막을 마친 박막의 두께는 5000 Å 이었다.

제작된 PLZT 박막의 구조적 특성을 조사하기 위하여 XRD 관찰을 통하여 제작조건에 따른 PLZT 박막의 결정화 특성을 관찰하였다. 또한 박막의 전기적 특성을 측정하기 위하여 진공 증착기를 사용하여 Au를 상부전극으로 형성시켜 MFM (금속-강유전체-금속)구조의 직경 250µm인 원형캐패시터를 제작하였고 이것으로 유전상수, 유전손실, 이력곡선 특성, 누설전류를 측정하였다.

유전특성은 HP 4663A LCR meter를 사용하여 1KHz, 100mV에서 측정하였고, 이력곡선은 Sawyer - Tower 회로를 이용하여 인가전압 1KHz, -12V ~ +12V의 범위에서 측정하였으며, 누설전류는 KEITHLEY 236, 237로 0 ~ 20V의 범위에서 측정하였다.

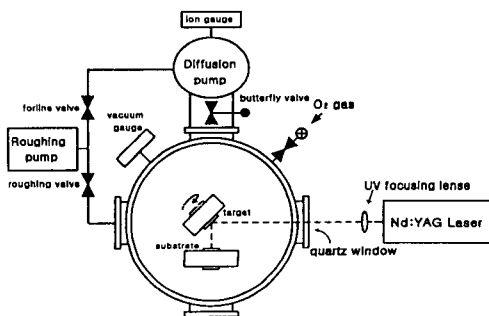


그림 1. PLD system

3. 결과 및 고찰

형성된 PLZT 박막의 레이저 에너지밀도에 따른 결정화 특성을 조사하기 위하여 XRD 분석을 행하였다. 결정구조는 Rigaku사의 박막용 X선 회절 분석기로 20° ~ 60° 사이의 (211)면까지 관찰하였으며, 기판결정면의 영향을 배제시키며, 두께에 따른 결정구조의 변화를 알 수 있는 Glancing angle법을 사용하였다. 레이저 에너지밀도에 따른 XRD pattern을 그림 2에 나타내었다.

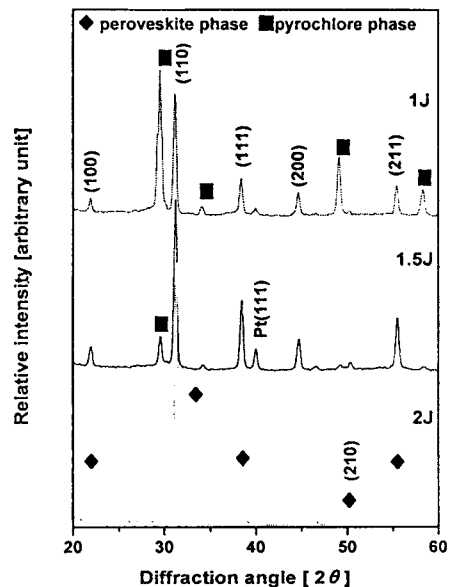


그림 2. 14/50/50 PLZT 박막의 레이저 에너지밀도에 따른 XRD peak

2 J/cm²로 성막시킨 경우에는 완전히 페로브스카이트상만이 나타났으므로 PLZT 박막의 결정화가 모두 이루어졌다고 생각된다.[9] 하지만 레이저 에너지 밀도가 낮아짐에 따라 페로브스카이트상이 줄어들며, 29°부근의 PbO등 여러 곳에서 파이로클로상이 증가됨을 관찰할 수 있다..

PLD 법으로 제작된 PLZT 박막의 레이저 에너지밀도에 따른 유전특성을 측정하였다. 그림 3은 레이저 에너지밀도에 따른 유전율과 유전손실의 변

화를 나타내었다.

에너지밀도가 증가할수록 유전상수값은 700부근에서 1329.9까지 증가하였으며, 유전손실은 0.035에서 0.017까지 감소하는 것을 관찰할 수 있다.

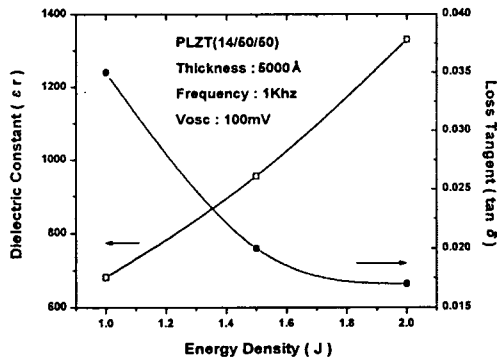


그림 3. 14/50/50 PLZT 박막의 레이저 에너지밀도에 따른 유전상수와 유전율의 변화

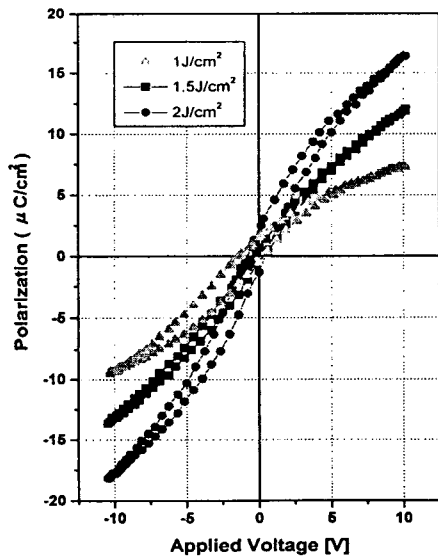


그림 4. 레이저 에너지밀도에 따른 PLZT 박막의 이력곡선

PLD법으로 제작된 PLZT 박막의 레이저 에너지밀도에 따른 이력 곡선을 측정하였다. 그림 4는

14/50/50 PLZT 박막을 레이저 에너지밀도를 변화시키며 관찰한 이력곡선을 나타내었다.

PLZT 박막은 레이저 에너지밀도가 2 J/cm^2 로 증가함에 따라 이력곡선이 슬림화됨을 볼 수 있다. 이력곡선이 슬림화됨에 따라서 강유전박막을 메모리소자로 사용할 때 잔류분극과 항전계의 크기 변화로 인해 발생하는 문제점인 피로현상을 줄일 수 있기 때문에 DRAM Capacitor로서의 응용에는 레이저 에너지밀도가 2 J/cm^2 로 충분할 때 더욱 유리하다고 생각된다.

PLD법으로 제작된 PLZT 박막의 레이저 에너지밀도에 따른 누설전류를 측정하였다. 그림 5는 14/50/50 PLZT 박막을 레이저 에너지밀도의 변화에 대하여 관찰한 누설전류밀도를 나타내었다.

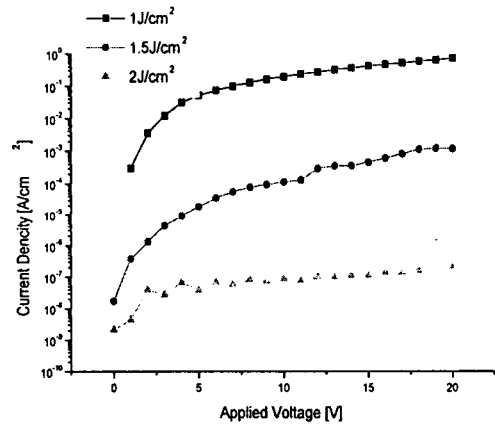


그림 5. 레이저 에너지밀도에 따른 PLZT 박막의 누설전류밀도

DRAM Capacitor 응용에서 누설전류밀도는 DRAM의 리플레쉬타임을 결정하게 하는 중요한 요소이다. 즉, 누설전류밀도가 작을수록 capacitor가 방전하기 어려워지므로, 그만큼 자주 리플레쉬를 해주지 않아도 되게 된다. 그림 5에서 레이저 에너지 밀도 2 J/cm^2 로 성막하였을 때에는 인가전압 5V까지 10^{-7} A/cm^2 이하로 나타났으며, 레이저 에너지밀도가 감소할수록 누설전류밀도가 감소하는 것을 관찰할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 PLD법을 이용하여 Pt/Ti/SiO₂/Si 기판 위에 14/50/50 PLZT 박막의 제조시 레이저 에너지밀도의 차이에 의한 특성변화를 알아보았다. PLZT 박막의 결정화 분석과 유전상수, 유전손실, 누설전류, 이력곡선 등의 전기적 특성을 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. PLD 법에 의해 제조된 14/50/50 PLZT 박막은 기판온도 600℃, 산소압 200mTorr, 레이저 에너지밀도 2 J/cm²에 성막하여 페로브스카이트상을 이루어 결정화되었다.
2. PLZT 박막은 레이저 에너지밀도가 2 J/cm²에서 유전상수는 최대 1289.9를 나타내었으며, 유전손실은 0.017로 가장 작은 값을 나타내었다.
3. PLD법에 의해 제조된 PLZT 박막의 이력곡선은 레이저 에너지밀도가 증가함에 따라 슬립화한다.
4. 레이저 에너지밀도가 증가함에 따라 누설전류밀도는 감소하여 레이저 에너지밀도가 2 J/cm²일 때 인가전압 5V까지 10⁻⁷ A/cm²이하로 나타났다.

5. 참고문헌

- [1] G. H. Haetling, *Ferroelectrics*, Vol.75, pp.25-55, 1987
- [2] Hiroshi Nakasima, Sigeki Hazumi, Tadashi Kamiya, Kouji tominaga and Masaru Okada, *Electrical Properties for Capacitors of Dynamic Random Access Memory on (Pb, La)(Zr, Ti)O₃ Thin Films by Metalorganic Chemical Vapor Deposition*, *Jpn. J. Appl. Phys.* Vol 33, pp 5139-5142, 1994
- [3] H. Watanabe, T. Mihara, H. Yoshimori and C. A. Araujo, *Proc. 4th Int. Symp. Intergrated Ferroelectrics*, Monterey, pp346, 1992

- [4] R. W. Vest and J. Xu, *Ferroelectrics*, Vol.93, pp.21-29, 1989
- [5] Hidenobu Nakazawa, *Metalorganic*, J.J.A.P., Vol.30, pp.2200-2203, 1991
- [6] K. Ramkumar and J. Lee, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, Vol.200, pp.121-126, 1990
- [7] S. Ibuki, T. Nakagawa, and Y. Hamakawa, *J.J.A.P.*, Vol.29, No.3, pp.532-535, 1990
- [8] M. Klee, R. Eusemann, R. Waser, and W. Brand, *J.Appl.Phys.*, Vol.72(4), pp.1566-1576, 1992
- [9] 구본혁, "Sol-Gel법으로 제작된 DRAM용 PLZT박막의 전기적특성" 연세대학교 석사논문, pp17, 1998