

논문 2005-42SD-1-1

PLT(5) 박막의 Switching 및 Retention 특성에 관한 연구

(A Study on the Switching and Retention Characteristics of PLT(5) Thin Films)

최 준 영*, 장 동 훈**, 강 성 준***, 윤 영 섭**

(Joon Young Choi, Dong Hoon Chang, Seong Jun Kang, and Yung Sup Yoon)

요 약

Sol-gel 법을 이용하여 Pt/TiO₂/SiO₂/Si 기판 위에 $3.14 \times 10^{-4} \text{cm}^2$ 의 상부전극 면적을 갖는 PLT(5) 박막을 제작하여 스위칭 및 retention 특성에 대해 연구하였다. 4V 에서 $3.56 \times 10^{-7} \text{A/cm}^2$ 의 누설전류밀도 값을 갖는 우수한 PLT(5) 박막에 펄스전압을 2V 에서 5V 까지 인가하였다. 펄스전압 증가에 따라 스위칭 시간은 0.52 μ s 에서부터 0.14 μ s 까지 감소하는 경향을 나타냈으며, 부하저항을 50 Ω 에서 3.3k Ω 으로 증가시키기에 따라 스위칭 시간이 0.14 μ s 에서 13.7 μ s 로 증가하는 것이 관찰되었다. 인가된 펄스 전압에 대한 스위칭 시간의 관계로부터 구한 활성화 에너지(E_a) 는 135kV/cm 이었다. PLT(5) 박막의 이력곡선과 분극 스위칭 실험으로부터 구한 switched charge density 사이의 오차는 약 10% 정도로 비교적 잘 일치하였으며, retention 특성은 10⁵s 이후에도 약 8% 정도의 우수한 분극 감소 특성을 나타내었다.

Abstract

We fabricate PLT(5) thin film on Pt/TiO₂/SiO₂/Si substrate by using sol-gel method and investigate leakage current, switching and retention properties. The leakage current density of PLT(5) thin film is $3.56 \times 10^{-7} \text{A/cm}^2$ at 4V. In the examination of switching properties, pulse voltage and load resistance were 2V~5V and 50 Ω ~3.3k Ω , respectively. Switching time has a tendency to decrease from 0.52 μ s to 0.14 μ s with the increase of pulse voltage, and also the time increases from 0.14 μ s to 13.7 μ s with the increase of load resistance. The activation energy obtained from the relation of applied pulse voltage and switching time is about 135 kV/cm. The error of switched charge density between hysteresis loop and experiment of polarization switching is about 10%. Also, polarization in retention decreases as much as about 8% after 10⁵s.

Keywords : PLT(5) thin film, switching, retention, activation energy, hysteresis

I. 서 론

강유전체란 외부에서 걸어준 전기장에 대해 비선형적인 분극 값을 나타내어, 결과적으로 이력곡선(hysteresis loop) 을 나타내는 물질로 우수한 절연성, 초전성, 압전성 및 광학적 특성을 가지고 있어 콘덴서, 적외선 검출소자, 전기광학소자, 압전소자 등의 광범위

한 분야에 응용되고 있다.^[1,2] 최근에는 반도체 산업이 급격하게 발달함에 따라 강유전체 박막 자체의 고유특성인 분극반전과 이력곡선 현상을 이용한 비휘발성 메모리에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 메모리 소자의 응용을 위해 연구되어온 강유전체 박막 중 PLT 박막은 La 농도를 조절함에 따라 다양한 전기적 특성을 나타내어 DRAM 뿐만 아니라 비휘발성 메모리에 이르기까지 매우 폭 넓게 사용될 수 있는 장점을 가진 재료로 평가되고 있다.^[3-5]

강유전체 박막을 미래의 메모리 소자에 응용하기 위해 조사되어야 할 여러 가지 전기적 특성 중에서 펄스 인가에 의한 분극 스위칭과 시간에 따른 분극 감소를

* 학생회원, ** 정회원 인하대학교 전자공학과
(Dept. of Electronics Engineering, Inha University)

*** 정회원, 여수대학교 반도체학과
(Dept. of Semiconductor Materials & Devices,
Yosu National University)

접수일자: 2004년8월10일, 수정완료일: 2004년12월31일

나타내는 retention 특성은 각각 메모리 소자의 동작속도와 신뢰성을 결정짓는 중요한 특성들이다. 그러나, 메모리 응용을 위한 강유전체 박막에 대한 연구가 피로 특성에 편중되어 있어, 스위칭 및 retention 특성에 대한 연구는 그 중요성에 비해 미미한 실정이다. 특히, 스위칭 특성의 경우 핵 생성과 분역 (domain) 성장과 연관된 몇 가지 물리적인 모델^{6,7)}이 제시된바 있지만, 강유전체 박막을 실제 메모리 소자에 응용할 때 필수적인 외부 인가 펄스전압 및 부하저항 등에 대한 연구가 많이 이루어지지 않고 있어 메모리 소자의 응용에 커다란 장애가 되고 있다.

따라서 본 논문에서는 La 가 5mol% 첨가된 PLT(5) 박막을 Pt/TiO_x/SiO₂/Si 기판 위에 sol-gel 법으로 제작한 후 PLT(5) 박막의 스위칭 과 retention 특성에 대해 연구하였다. 스위칭 특성은 외부인가 펄스 전압 및 부하저항에 대한 영향을 고려하여 실시하였고, retention 특성은 10⁵s 까지의 시간에 대해 측정하였다.

II. 실험 방법

본 연구에서는 sol-gel 방법을 이용하여 PLT 박막을 제작하였다. 출발 물질은 Pb(C₂H₃O₂)₂ · 3H₂O, La(OOCCH₃)₃ · 1.5H₂O, Ti(OCH(CH₃)₂)₄ 를 사용하였다. Acetic acid를 metal alkoxide의 안정화제(stabilizer)로 사용하였고, 점도의 조절과 기판에 대한 습윤성(wettability)의 향상을 위해 n-propanol 을 이용하였다. 출발물질로 사용되는 alkoxide 는 공기중의 수분에 매우 민감하므로 질소 분위기의 glove box내에서 조성에 해당하는 양을 칭량한 후, clean bench내에서 stock solution을 제작하였다. Pb 용액의 경우, drying이나 annealing같은 열처리 과정 중 Pb 휘발로 인한 pyrochlore상이 생기는 것을 막기 위해, Pb를 12.5 mol% 과잉 첨가하였다. Pb, La, Ti stock solution 을 각각 제작한 후, 이들을 혼합하여 최종적으로 0.4M 의 coating solution 을 제작하였다.

제작된 coating solution 은 0.2μm filter (Gelman Science) 를 이용해 filtering 하여 사용하였다. 박막의 coating 은 clean bench 내에서 회전도포기 (ABLE, AM-4096) 를 사용하여 500 rpm 에서 10초, 3000 rpm 에서 30초간 회전시켜 Pt/TiO_x/SiO₂/Si 기판위에 형성시켰다. coating 후 110°C 와 400°C 에서 각각 10분과 15분간 건조시키고 다시 coating 하는 방법을 사

용하였다. 그 후 furnace 를 이용해 650°C 에서 30분간 열처리하여 박막의 제작을 완료하였다. 이와 같이 제작된 PLT 박막 위에 thermal evaporator 를 이용하여 은 (silver) 을 상부전극으로 증착 시킨 후, PLT 박막의 끝부분을 불산 (ammonium fluoride/hydrofluoric acid)으로 식각하여 상·하부 전극을 갖는 평판구조의 캐패시터를 제작하였다.

RT66A standardized ferroelectric test system (Radiant technologies)를 이용하여 PLT 박막의 이력곡선과 retention 특성을 측정하였고, 스위칭 특성은 pulse generator (HP8110A) 와 digitizing oscilloscope (HP54522A)를 이용하여 측정하였다.

III. 결과 및 논의

그림 1 은 La 가 5mol% 첨가된 PLT(5) 박막의 XRD pattern 을 나타낸 것이다. (100), (110), (111), (200), (211) 면들의 피크들이 나타나는 것을 통해 PLT(5) 박막은 다결정 상태이며, pyrochlore 상과 같은 바람직하지 않은 제 2 상이 생성되지 않았음을 알 수 있었다. Pyrochlore 상은 화학식이 A₂B₂O₆ 을 갖는 cubic 구조로 강유전성을 나타내지 않는다고 보고되고 있으며, pyrochlore 상이 존재하는 박막은 분극량이 적고, 항전계가 크며, 전기적 특성 등이 좋지 않은 것으로 알려져 있다.⁸⁾

PLT(5) 박막의 두께 및 미세구조를 알아보기 위해 SEM 으로 관찰한 표면과 단면 사진을 그림 2 에 나타내었다.

그림 2(a) 의 PLT(5) 박막 표면 사진에서 보듯이, 입자의 크기는 100~300nm 범위로 다소 크기 차이가 있

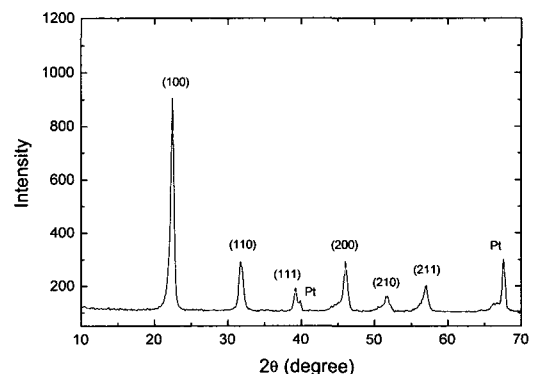


그림 1. PLT(5) 박막의 XRD pattern
Fig. 1. XRD pattern of PLT(5) thin films.

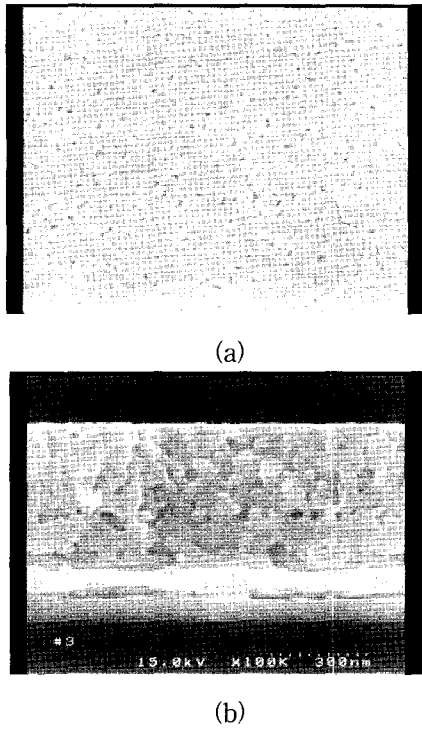


그림 2. PLT(5) 박막의 SEM 사진 (a) 표면 (b) 단면
Fig. 2. SEM image of PLT(5) thin films (a) surface (b) cross-section.

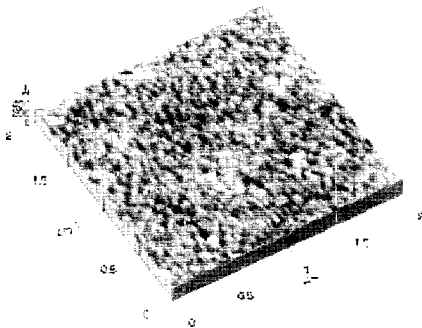


그림 3. PLT(5) 박막의 3차원 AFM 사진
Fig. 3. 3D AFM image of PLT(5) thin films.

지만 전체적으로 균일하게 분포하고 있음을 알 수 있었으며, SEM 단면을 나타낸 그림 2(b) 로 부터 실험을 통해 제작된 PLT(5) 박막의 두께가 4400Å 정도임을 알 수 있었다.

표면 거칠기는 강유전체 박막을 실제 소자에 응용할 경우, 상부전극 물질과 PLT(5) 박막과의 계면특성에 관련되므로 박막의 누설전류 등의 전기적 특성에도 영향을 미친다. 그림 3 에 PLT(5) 박막의 3차원 AFM 사진을 나타내었다. AFM 조사 결과 본 연구에서 제작된 PLT(5) 박막의 RMS (root mean square) 표면 거칠기는 19.5Å 으로 비교적 평탄한 표면 거칠기를 갖는 것으로 조사되었다.

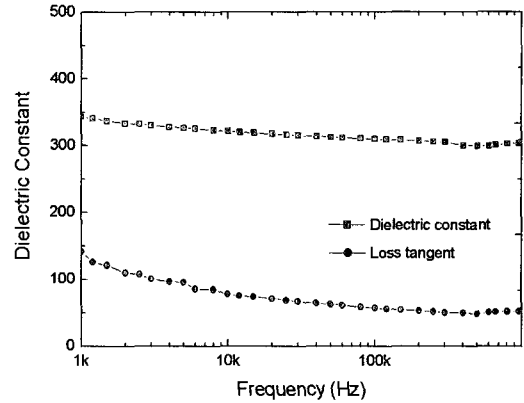


그림 4. PLT(5) 박막의 비유전률과 유전손실
Fig. 4. Plot of dielectric constant and loss tangent of PLT(5) thin films.

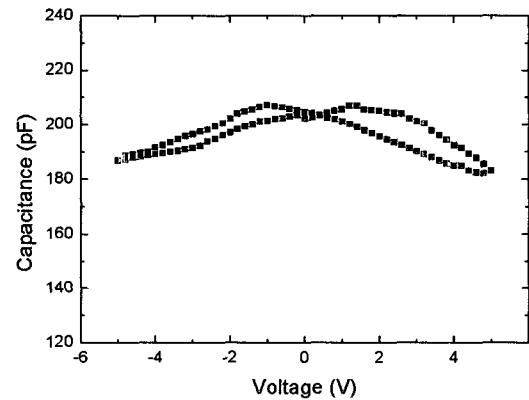


그림 5. PLT(5) 박막의 C-V 특성
Fig. 5. C-V characteristics of PLT(5) thin film.

주파수에 따른 비유전률의 변화 양상을 조사하기 위해 1kHz 에서부터 1MHz 까지 주파수를 증가시키면서 비유전률과 유전손실을 측정하여 그림 4 에 나타내었다. 100 kHz 에서 비유전률은 310 이었고, 유전손실은 0.03 의 값을 나타내었다.

PLT(5) 박막의 C-V 특성을 알아보기 위해 100 kHz 에서 전압을 +5V 에서 -5V 까지 변화시키며 측정해 보았다. $V_{max}-V_{min}-V_{max}$ 의 순서로 전압을 변화시켰으며, 그림 5 에 PLT(5) 박막의 C-V 특성을 나타내었다. 측정된 C-V 곡선은 좌우가 서로 대칭인 나비모양의 형상을 보이며, 전형적인 금속-강유전체-금속 (MFM) 캐패시터의 거동을 나타내었다.

그림 6 은 상부전극의 면적이 $3.14 \times 10^{-4} \text{cm}^2$ 이고, La 농도가 5mol% 인 PLT(5) 박막의 이력곡선을 인가되는 전압의 함수로 나타낸 것이다. 그림을 보면 인가되는 전압이 증가할수록 이력곡선의 모양이 점차 포화되는 강유전체의 전형적인 특징을 나타내고 있으며, PLT(5) 박막이 강유전체임을 확인할 수 있었다. 인가전압 5V

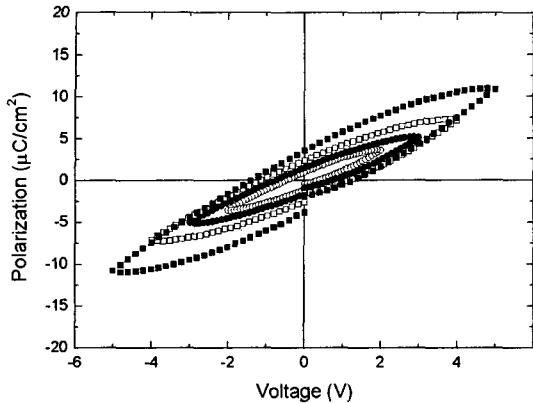


그림 6. 다양한 인가전압에 따른 PLT(5) 박막의 hysteresis
Fig. 6. Hysteresis loops of PLT(5) thin films as a function of applied voltage.

표 1. 스위칭 특성의 측정 조건

Table 1. Measurement conditions for pulse switching.

Top electrode area (A_e)	$3.14 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$
Pulse voltage (V_D)	2V~5V
Pulse width (W_D)	1500ns
Pulse rise time (t_r)	2ns
Sense resistance (R)	$50\Omega \sim 3.3k\Omega$

에서 잔류분극의 두 배 값 ($2Pr$) 과 항전계 (E_c) 는 각각 $7.5\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 과 $38.6 \text{ kV}/\text{cm}$ 로 측정되었다.

강유전체 박막의 영구 전기쌍극자 반전과 연관된 동적 프로세스인 스위칭 특성을 이용하여, switched charge density(Q_{sw})와 스위칭 시간 (t_s) 에 대한 정보를 얻을 수 있다. 강유전체 박막의 스위칭 특성은 RC 직렬회로가 사용되며, 일련의 펄스들로 구성된 입력 신호가 사용된다.^[9] 펄스 스위칭에 대한 응답신호는 PLT(5) 캐패시터에 직렬로 연결된 부하저항 (R) 의 양단에서 transient voltage 로 측정된다. 입력 전압에 대한 응답 특성과 부하저항을 측정 변수로서 고려하였으며, 측정 조건을 표 1에 나타내었다.

그림 7 은 상부전극의 면적이 $3.14 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$ 인 PLT(5) 박막에 double bipolar 펄스를 인가하여 발생한 positive 와 negative 스위칭 응답특성을 나타낸 것이다. 이때, 입력펄스의 폭은 $1.5\mu\text{s}$ 이고, 펄스 전압의 크기는 5V 이다. PLT(5) 박막의 switching transient 는 초기의 setup 펄스에 의해 음으로 분극된 박막에 그림 7 에 나타낸 입력펄스들에서 첫 번째 (+) 펄스전압 (P) 을 인가하여 발생시키고, non-switching transient 는 두 번째 (+) 펄스전압 (U) 을 인가하여 발생시킨다. 또, 그림 7 에서 (-) 영역은 그 반대의 펄스 전압 (N 과 D)

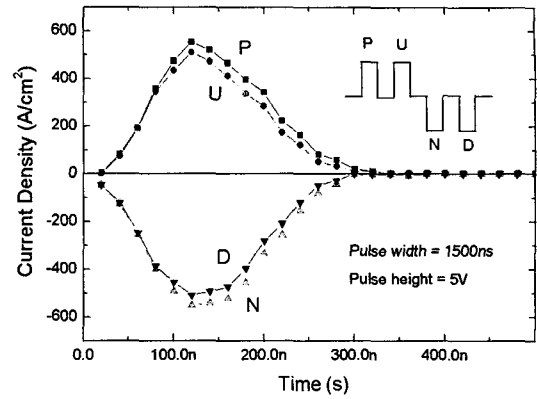


그림 7. PLT(5) 박막의 펄스 스위칭에 대한 응답 특성
Fig. 7. Response transient current to pulse switching in PLT(5) thin films.

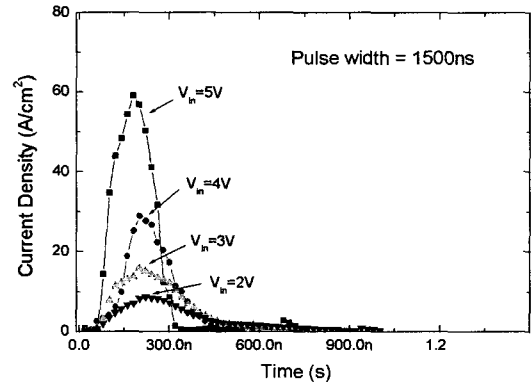


그림 8. 2 에서 5V 까지의 입력 펄스전압에 따른 PLT(5) 박막의 relative current response
Fig. 8. Measured relative current response for PLT(5) thin films with various input pulse voltage from 2 to 5V.

을 인가하여 발생시킨다. PLT(5) 박막의 본질적인 스위칭 특성을 측정하기 위해서 switching transient 곡선에서 non-switching transient 곡선을 뺀 relative switching transient 곡선을 이용하였다.

그림 8 은 입력 펄스의 폭이 $1.5\mu\text{s}$ 인 2V 에서 5V 까지의 입력 펄스전압에 대한 relative current response 를 나타낸 것이다. 그림을 보면 인가 전압의 크기에 따라 peak current 가 감소하는 것을 볼 수 있으며, 스위칭 시간은 입력 펄스전압이 2V 에서 5V 까지 증가함에 따라 $0.52\mu\text{s}$ 에서부터 $0.14\mu\text{s}$ 로 감소하였다. 일반적으로 스위칭 시간은 relative current 가 최대 값으로부터 10% 까지 감소한 부분까지 걸린 시간으로 정의^[10]되며, switched charge density 는 relative current response 곡선의 면적을 구함으로써 얻을 수 있다. 표 2 에 이력곡선으로부터 구한 switched charge

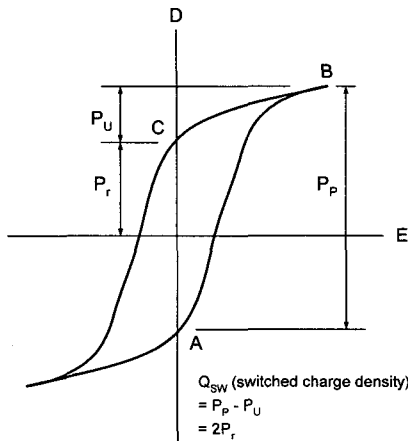


그림 9. 강유전체의 분극 스위칭을 설명하기 위한 이력 곡선 모델

Fig. 9. Hysteresis loop model for explanation of the ferroelectric polarization switching process.

표 2. 이력곡선과 분극 스위칭으로부터 구한 switched charge density

Table 2. Switched charge density obtained from hysteresis loops and polarization switching.

Voltage (V)	Switched Charge Density($\mu\text{C}/\text{cm}^2$)	
	P-V plot	J-t plot
2	2.1	2.36
3	3.17	3.53
4	4.97	5.1
5	7.5	8.49

density 와 분극 스위칭으로부터 구한 switched charge density 를 나타내었다.

음으로 분극된 강유전체 박막에 P 와 U 펄스전압이 인가되었을 때, 이력곡선과의 관계를 그림 9에 나타내었다. 그림에서 보듯이 분극 스위칭 실험에 의한 switched charge density 는 이력곡선에서 잔류분극의 2배 값에 상응되는 값을 나타내게 된다. 5V 에서 이력곡선과 분극 스위칭 실험으로부터 구한 switched charge density 는 각각 $7.5\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 과 $8.49\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 으로 약 10% 정도의 오차를 보이며 비교적 잘 일치하였다.

그림 10 은 인가된 펄스전압에 대한 스위칭 시간의 의존성을 나타낸 것이다. 스위칭 시간이 식 (1) 에 나타낸 것과 같은 exponential law^[11] 를 만족한다고 가정하여 측정된 스위칭 시간과 인가 펄스전압의 관계를 fitting 하여 구한 t_{s0} 와 E_a 는 각각 69 ns 와 135 kV/cm 이었다.

$$t_s = t_{s0} \exp\left(\frac{E_a}{E}\right) \quad (1)$$

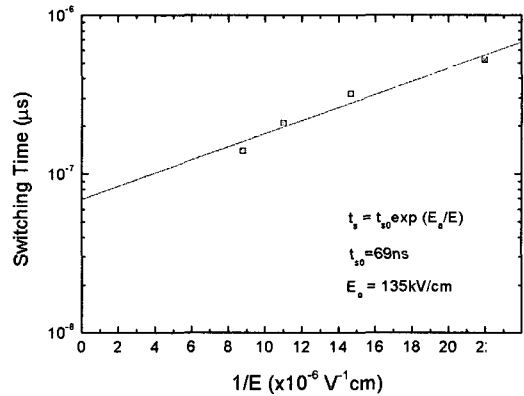


그림 10. 인가된 펄스전압에 대한 스위칭 시간의 의존성

Fig. 10. Dependence of the switching time on the applied electric field.

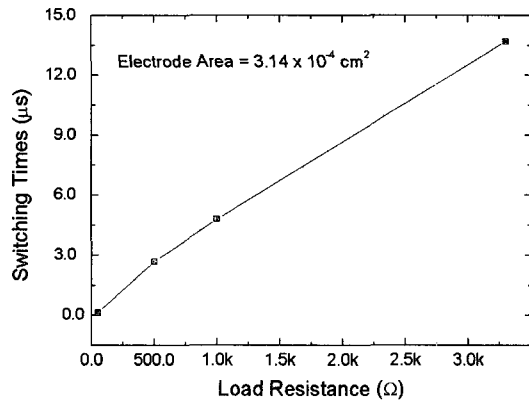


그림 11. 부하저항에 대한 스위칭 시간의 의존성

Fig. 11. Load resistance dependence of the switching time of the PLT(5) thin film.

그림 11 은 부하저항에 대한 스위칭 시간의 의존성을 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 부하저항을 500Ω 에서 3.3kΩ 으로 증가시키에 따라, 스위칭 시간은 0.14μs 에서 13.7μs 까지 증가하였다. 이러한 저항 대 전류응답과의 관계는 식 (2) 로부터 추론될 수 있다.^[12]

$$i = i_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \quad (2)$$

여기서, $\tau=RC$ 로 전기적 시상수이다.

이러한 결과로부터 스위칭 특성 측정 회로의 저항 성분에 의해서도 스위칭 특성이 영향을 받을 수 있음을 알 수 있으며, 측정회로의 저항 성분을 줄임으로서 측정 정확도를 향상시킬 수 있고, 실제 소자의 응용에 있어서도 회로간의 저항성분을 줄여 동작 속도를 향상시킬 수 있음을 알 수 있었다.

Retention 특성은 RT66A 를 이용하여, -5V 의 write 사각펄스를 인가하고 최종적으로 +5V 와 -5V 두 개의

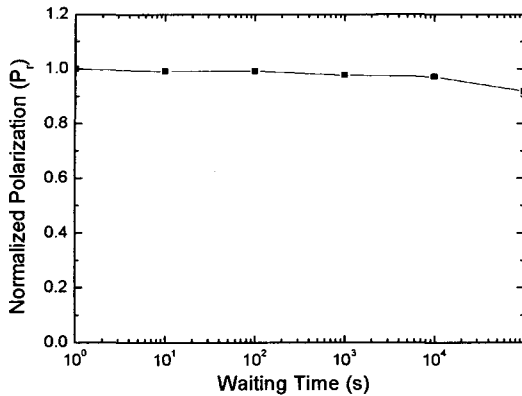


그림 12. PLT(5) 박막의 retention 특성

Fig. 12. Normalized retention properties of PLT(5) thin films.

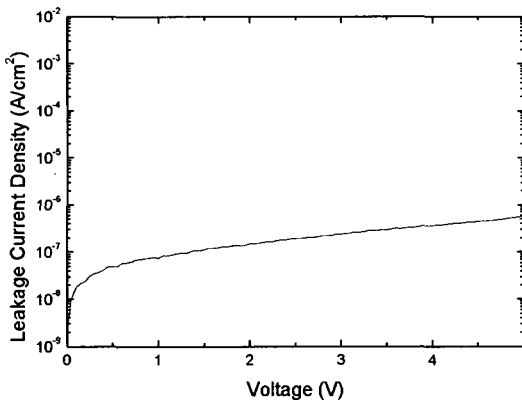


그림 13. 인가전압에 따른 PLT(5) 박막의 누설 전류밀도 특성

Fig. 13. Leakage current density of PLT(5) thin films as a function of applied voltage.

read 사각 펄스를 인가하여 그 특성을 조사하였다. Write 펄스 폭과 read 펄스 폭은 각각 $8.6\mu\text{s}$ 와 2ms 로 지정하였으며, write 와 read 펄스 사이의 시간 지연을 retention time 으로 정하였다. Retention 발생의 주요 원인은 표면 공간전하와 ferroelastic 에 의한 탈분극 (depolarization) 전계로 보고되고 있으며^[13], 10^5s 이후에 10% 이하의 분극감소를 나타낼 경우 믿을 만한 신뢰성을 보이는 것으로 알려져 있다.^[14] 그림 12 에 PLT(5) 박막의 분극 감소 특성을 나타내었다. 그림을 보면 10^5 시간 이후에도 분극 감소율이 8% 정도로 비교적 우수하게 나타남을 알 수 있다.

누설전류 특성은 강유전체 박막을 메모리 소자로 활용하기 위해 고려해야할 중요한 요소 중의 하나이다. 누설전류가 증가하면 소비전력이 늘어나며 소자에 인가되는 전기장이 제한되는 등의 문제가 발생하기 때문이다.^[15] 그림 13 에 PLT(5) 박막의 누설 전류 밀도를 나타내었다. 누설전류밀도가 급격히 증가하여 절연 파괴

현상이 일어나는 breakdown 현상은 나타나지 않았으며, 4V 에서도 $3.56 \times 10^{-7} \text{A/cm}^2$ 의 비교적 낮은 누설전류밀도 값을 나타내었다. 낮은 누설전류 밀도로 PLT(5) 박막이 메모리 소자로 이용 가능함을 알 수 있었다.

IV. 결 론

본 연구에서는 Pt/TiO_x/SiO₂/Si 기판 위에 sol-gel 법으로 PLT(5) 박막을 제작한 후 소자의 동작속도를 결정짓는 스위칭 및 시간에 따른 분극 감소로 소자의 신뢰성을 결정짓는 retention 특성에 대해 조사하였다.

PLT(5) 박막은 4V 에서 $3.56 \times 10^{-7} \text{A/cm}^2$ 의 비교적 낮은 누설전류밀도 값을 나타내었으며, 이력곡선을 측정 한 결과 5V 에서 잔류분극의 2배 값 (2Pr) 과 항전계 (E_c) 는 각각 $7.5\mu\text{C/cm}^2$ 과 38.6 kV/cm 로 측정되었다. RC 직렬회로에 double bipolar 펄스들로 구성된 입력신호를 인가하여 PLT(5) 박막의 스위칭 특성을 측정 한 결과, 외부인가 전압이 2V 에서 5V 까지 증가함에 따라, $0.52\mu\text{s}$ 에서부터 $0.14\mu\text{s}$ 로 감소하였다. 이와 같이 외부인가 펄스전압이 커질수록 스위칭 시간이 감소하는 원인은 외부인가 펄스 전압이 증가함에 따라 분극들의 재배열 또는 스위칭 속도가 증가하기 때문이다. 인가된 펄스 전압에 대한 스위칭 시간의 관계로부터 구한 활성화 에너지 (E_a) 는 135 kV/cm 이었다. 상부전극의 면적이 $3.14 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$ 인 PLT(5) 박막에서 이력곡선과 분극 스위칭 실험으로부터 구한 switched charge density는 2V 에서 5V 에 걸쳐 양쪽 값 사이의 오차는 약 10% 정도로 비교적 잘 일치하였다. -5V 의 write 사각펄스를 인가하고, 최종적으로 +5V 와 -5V 두 개의 read 사각 펄스를 인가하여 retention 특성을 조사하였다. Write 와 read 펄스 폭을 각각 $8.6\mu\text{s}$ 와 2ms 로 지정하여, write 와 read 펄스 사이의 시간지연을 retention time 으로 정하여 측정 한 PLT(5) 박막의 분극 감소는 10^5s 이후에 약 8% 정도로 신뢰할 만한 값을 나타내었다. 본 실험을 통해 PLT(5) 박막은 우수한 스위칭 및 retention 특성을 가지고 있어 메모리 소자에 응용할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] C. P. de Araujo, J. F. Scott and G. W. Taylor, Ferroelectric Thin Films : Synthesis and Basic Properties, Gordon and Breach Publishers,

Amsterdam, pp. 1~8, 1996.

- [2] F. Wang and G. H. Heartling, "A PLZT Optical Phase Modulator and Its Applications", Proc. of 1992 IEEE International Symposium on Applications of Ferroelectrics, pp. 596~599, 1992.
- [3] S. K Dey and J. J. Lee, "Curie Paraelectric (Nonferroelectric) Perovskite PLT Thin Films with High Permittivity for ULSI DRAM's and Decoupling Capacitors", IEEE Trans. Electron Devices, vol.39, no.7, pp. 1607~1612, 1992.
- [4] S. J Kang and Y. S. Yoon, "Optical and Electrical Properties of Lanthanum-Modified Lead Titanate Thin Films with Various Lanthanum Concentrations", Jpn. J. Appl. Phys., vol. 36, no. 7, pp. 4459~4465, 1997.
- [5] 강성준, 정양희, 윤영섭, "Pb/La 조성에 따른 (Pb,La)TiO₃ 박막의 특성변화", 전자공학회 논문지, vol.36D, no.1, pp.29~37, 1999.
- [6] I. S. Zheludev, Physics of Crystalline Dielectrics, Plenum, New York, pp. 474~490, 1971.
- [7] H. M. Duiker et al, "Fatigue and Switching in Ferroelectric Memories: Theory and Experiment", J. Appl. Phys., vol.68, no.11, pp. 5783~5791, 1990.
- [8] Byung Moo Song and Doh-Yeon Kim, Effect of Excess PbO The Densification of PLZT ceramics, J. Am. Ceram. Soc., vol. 72[5], pp. 833~836, 1989.
- [9] Y. S. Yoon et al. "Switching properties of the PLT(10) Thin Film", Proc. of 2000 IEEE International Symposium on Applications of Ferroelectrics, pp. 941~944, 2000.
- [10] A. K. Kulkarni, "Thin Film Ferroelectric Materials and Devices", IRPS Tutorials, pp. 8.1~8.52, 1990.
- [11] M. E. Lines and A. M. Glass, Principles and Applications of Ferroelectrics and Related Materials, Oxford Univ. Press, Oxford, pp. 106, 1977.
- [12] P. C. Joshi and S. B. Krupanidhi, "Switching, Fatigue and Retention in Ferroelectric Bi₄Ti₃O₁₂ Thin Films", Appl. Phys. Lett., vol. 62, no. 16, pp. 1928~1930, 1993.
- [13] J. J. Lee and S. B. Desu, "Retention and Imprint Properties of Ferroelectric Thin Films", Phys. state. sol. vol. (a)151, pp. 171~182, 1995.
- [14] Deborah J. Taylor, Ferroelectric Film Devices, Academic Press, pp. 28~30, 2000.
- [15] K. Koyama et al, "A Stacked Capacitor with (Ba_xSr_{1-x})TiO₃ for 256M DRAM", IEDM Tech. Digit., pp. 823~826, 1991.

저 자 소 개



최 준 영(학생회원)
2003년 국립한밭대학교
재료공학과 학사 졸업.
2003년~현재 인하대학교
전자공학과 석사 과정.
<주관심분야: 강유전체 박막을 이
용한 메모리소자, 압전박막을 이
용한 고주파 소자의 모델링 및 시뮬레이션>



장 동 훈(정회원)
1995년 수원대학교 전자재료
공학과 학사 졸업.
1997년 인하대학교 전자재료
공학과 석사 졸업.
2003년 인하대학교 전자재료
공학과 박사 졸업.
2003년~현재 인하대학교 전자공학과 연구원
<주관심분야: ULSI DRAM 응용을 위한 강유전
체 박막, Pyroelectric 센서>



강 성 준(정회원)
1989년 인하대학교 응용물리학과
학사 졸업.
1994년 인하대학교 전자재료
공학과 석사 졸업.
1999년 인하대학교 전자재료
공학과 박사 졸업.
1999년 3월~2000년 1월 인하대학교
전자재료공학과 연구원(Post Doc.)
2000년~현재 국립여수대학교 반도체학과
조교수
<주관심분야: 강유전체 박막을 이용한 메모리 소
자, Pyroelectric 센서, 압전박막>



윤 영 섭(정회원)
1975년 서울대학교 금속공학과
학사 졸업.
1977년 한국과학원 재료공학과
석사 졸업.
1988년 12월 U.S.C 전자공학과
박사 졸업.
1987년~1988년 Oklahoma State University
대우교수
1988년~1989년 UCLA Device Research Lab.
연구원
1989년~1992년 삼성전자 기흥반도체연구소
수석연구원
1992년 3월~현재 인하대학교 공과대학
전자공학과 교수
<주관심분야: ULSI DRAM 을 위한 신물질 개발,
강유전성 박막, Pyroelectric 센서, SAW Dvice>