

Pt/ST/Pt 소자 구조의 박막증착 및 특성

김진사, 조춘남, 오용철, 신철기*, 송민중**, 소병문***, 최운식****, 김충혁
 광운대학교, *부천대학, **광주보건대학, ***익산대학, ****대불대학교

Deposition and Properties of Pt/ST/Pt Thin Film Structure

Jin-sa Kim, Choon-nam Cho, Yong-cheul Oh, Cheol-gi Shin, Min-jong Song*,
 Byeong-mun So, Woon-shick Choi, Chung-hyeok Kim
 Kwangwoon Univ. *Bucheon Col, **Kwangju Health Col, ***Iksan Col, ****Daibul Univ,

Abstract : The $(\text{Sr}_{1-x}\text{Ca}_x)\text{TiO}_3$ (ST) thin films are deposited on Pt-coated electrode(Pt/TiN/SiO₂/Si) using RF sputtering method with substitutional contents of Ca. The maximum grain of thin films is obtained by substitution of Ca at 15[mol%]. Also, the composition of ST thin films were closed to stoichiometry(1.081~1.117 in A/B ratio). The dielectric constant changes almost linearly in temperature ranges of -80~+90[°C]. The current-voltage characteristics of ST15 thin films showed the increasing leakage current as the measuring temperature increases.

Key Words : Substitutional contents, Dielectric constant, Leakage current

1. 서론

최근 박막 기술은 전기전자재료 뿐만 아니라 새로운 비정질재료, 유전재료, 센서재료, 복합재료 등의 기계, 항공, 광학 및 통신 등 광범위한 분야의 응용이 모색되고 있다. 이 중에서도 특히 세라믹 박막은 경박 단소화의 요구에 부응할 뿐만 아니라 세라믹 벌크(bulk)에서는 가질 수 없는 독특한 열적, 전기적, 자기적 및 광학적인 우수한 특성을 나타낸다.[1,2] 반도체 산업은 미국에서 시작하여 오늘날까지 눈부신 발전을 해오고 있다. 근래에는 반도체 기술의 향상으로 소자의 고집적화가 이루어지고 있으며 반도체 기술을 대표하는 DRAM (Dynamic Random Access Memory) 소자에 있어서도 미세화에 의한 고집적화가 촉진되고 있다. 또한 DRAM을 구성하는 캐패시터의 충전용량을 증가시키기 위해서는 유전박막의 두께 감소, 캐패시터 면적의 증가 그리고 고유전율 재료의 도입이 이루어져야 한다. 이런 고유전율 절연막으로 사용될 수 있는 고유전체 재료로는 TiO₂, Ta₂O₅, BaTiO₃, SrTiO₃, BST(Ba_{1-x}Sr_xTiO₃), PbTiO₃ 등이 있다. 이 중에서도 SrTiO₃는 상온에서 입방정 페로브스카이트 구조로 매우 높은 유전율($\epsilon_r=320$)을 가지며, 낮은 유전체 전이온도($T_c=108$ [K])를 갖기 때문에 정전용량의 온도에 따른 변화가 적다. 또한 안정된 조성의 박막을 제조하기가 비교적 용이하므로 차세대 유전 박막 재료로 많은 관심이 모아지고 있다.

따라서 본 연구에서는 SrTiO₃계 박막의 Sr의 일부를 정전용량의 온도 특성면에서 우수한 Ca로 치환시켜 치환량에 따른 특성을 관찰하기 위하여 $(\text{Sr}_{1-x}\text{Ca}_x)\text{TiO}_3$ (0.1≤x≤0.2) 박막을 증착하여 전기적 특성에 대하여 고찰하고자 한다.

2. 실험

본 실험에 사용된 기판은 비저항값이 1.5~3[Ωcm]인 P-type Pt/TiN/SiO₂/Si(100) 실리콘 웨이퍼이며 사양은 SiO₂-4000[Å], TiN-2000[Å], Pt-2000[Å] 등이다. 실

리콘 웨이퍼는 10×10[mm²]으로 절단하여 깨끗이 초음파 세척함으로써 표면에 잔류하는 불순물을 완전히 제거하였으며, 표 1에 증착시 ST 박막에 대한 스퍼터링 조건을 나타내었다. 또한 400[°C]에서 증착된 박막을 전기로(furnace)에서 600[°C]로 30분 동안 열처리(annealing)하였으며, 상부전극(top electrode)은 스퍼터링법을 이용하여 직경 1[mm]의 크기로 백금(Pt)을 2000[Å]의 두께로 증착하여 사용하였다.

표 1. SCT 박막의 스퍼터링 조건

Target(2inch)	ST10, ST15, ST20
Substrate	P-type Pt/TiN/SiO ₂ /Si(100)
Base pressure	5 × 10 ⁻⁶ [Torr]
Working pressure	2 × 10 ⁻² [Torr]
RF power	140 [W]
Substrate temperature	400 [°C]
Ar : O ₂	20 : 5[sccm]
Target-Substrate distance	45 [mm]
Deposition time	80 [min]

3. 결과 및 검토

사진 1에 박막 표면의 미세구조를 나타내었으며 모든 시편의 결정립(grain)이 뚜렷하고 치밀하게 성장되었음을 확인할 수 있었다. 또한 Ca의 치환량이 15[mol%]까지는 결정립의 크기가 약간 증가를 나타내다가 20[mol%]에서는 다시 작아짐을 알 수 있었다. 이런 입성장의 역제는 전기적 특성에 나쁜 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.[3]

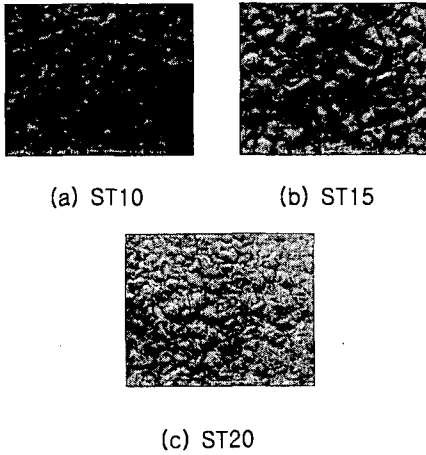


사진 1. ST 박막의 전자 현미경 사진

ST 박막의 정확한 정량분석을 위하여 EPMA 분석을 행하였으며, 분석 결과를 표 2에 나타내었다. 모든 시편은 B-site의 결핍된 조성비에 의해서 화학량론적인 비로부터 벗어남을 보이고 있다. 그러나 대체로 전 조성에 걸쳐 A/B의 비가 1.081 ~ 1.117로써 거의 화학량론적임을 나타내었다.

표 2. ST 박막의 구성비

Composition	Atomic percent			(Sr + Ca)/Ti
	Sr	Ca	Ti	
x=0.1	12.179	1.536	12.688	1.081
x=0.15	10.293	2.005	11.316	1.086
x=0.20	9.800	2.772	11.249	1.117

그림 1에 ST 박막의 온도에 따른 정전용량의 변화를 나타내었다. 그림과 같이 본 연구에 사용된 시편의 정전용량의 온도계수는 -80 ~ +90[°C]의 온도 범위에서 ±4[%]이하로 대단히 양호한 값을 나타내었다.

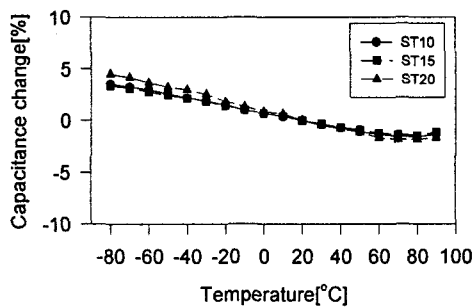


그림 1. 온도에 따른 정전용량의 변화

그림 2는 ST15 박막의 각 측정온도에 따른 전압-전류 특성을 측정하여 나타내었다. 누설전류는 전체적으로 아주 작은 양호한 값을 얻을 수 있었으며 측정온도가 상승함에

따라 누설전류가 거의 비례적으로 증가하였다. 전계가 1 [MV/cm] 이하에서는 전류가 인가전계에 거의 비례하여 증가하며, 그 이상 전계에서의 누설전류는 비직선적으로 증가하여 파괴에 이르고 있음을 알 수 있었다.

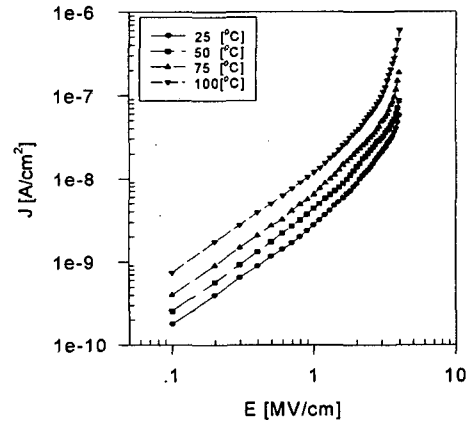


그림 2. 측정온도에 따른 ST15 박막의 전압-전류 특성

4. 결론

(Sr_{1-x}Ca_x)TiO₃ 박막을 증착하여 특성을 측정한 결과, ST 박막의 입자성장은 Ca의 치환량이 15[mol%]일 때 가장 크게 성장하였고, 증착된 ST 박막을 정량분석 결과 A/B의 비가 1.081 ~ 1.117로써 거의 화학량론적임을 나타내었다. 온도에 따른 정전용량의 변화율은 -80 ~ +90[°C] 온도범위에서 ±4[%] 이하의 아주 양호한 값을 얻을 수 있었다. 또한 전압-전류 특성을 측정한 결과 측정온도가 상승함에 따라 누설전류도 증가하였으며, 전계가 1[MV/cm] 이하에서는 전류가 인가전계에 거의 비례하여 증가하다가 그 이상에서는 비직선적으로 증가하여 파괴에 이르고 있음을 알 수 있었다.

참고 문헌

- [1] SUSUMU NISHIGAKI, KANJI MURANO et al., "Dielectric Properties of Ceramics in the system (Sr_{0.5}Pb_{0.25}Ca_{0.25})TiO₃-Bi₂O₃.3TiO₂ and Their Applications", J. Am. Ceram. Soc., Vol.65(11), pp.554 ~ 560, 1982.
- [2] D. W. Hoffman, and J. A. Thorton, "Internal Stresses in Cr, Mo, Ta, and Pt Films Deposited by Sputtering from a Planar Magnetron Sources", J. Vac. Sci.&Technol., Vol.20(3), pp.355 ~ 358, 1982.
- [3] L. P. Cook, M. D. Vaudin et al., "Microstructural Changes during Processing of Laser Deposited BaTiO₃ and PZT Thin films", MRS Symposium Proceeding, Vol.202, pp.241 ~ 245, 1991.