

상부전극에 따른 SCT 세라믹 박막의 전기적 특성

조춘남* . 김진사* . 신철기* . 최은식*** . 김충혁* . 박용필** . 유영각**** . 이준웅*
 *광운대학교 . **동신대학교 . ***대불대학교 . ****충청대학교

Electrical Properties of SCT Ceramic Thin Film with Top Electrode

C.N. Cho* . J.S. Kim* . C.G. Shin* . W.S. Choi*** . C.H. Kim* . Y.P. Park** . J.U. Lee*
 * Kwangwoon University . **Dongshin University . ***Daebul University

Abstract - The (Sr_{0.85}Ca_{0.15})TiO₃(SCT) thin films are deposited on Pt-coated electrode(Pt/TiO₂/SiO₂/Si) using RF sputtering method. Ag, Cu, Al, Pt films for the formation of top electrode were deposited on SCT thin films by thermal evaporator and sputtering. The effects of top electrodes have been studied on SCT samples with a variety of top electrode materials.

1. 서 론

최근 반도체 산업의 급속한 발전에 따라 전기·전자회로 소자의 경박 단소화가 빠르게 진행되고 있으며, 이 과정에서 박막 기술은 전기전자재료 뿐만 아니라 새로운 비정질재료, 유전재료, 센서재료, 복합재료 등의 응용이 모색되고 있다. 이중에서도 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)} 근래에는 반도체 기술의 향상으로 소자의 고집적화가 이루어지고 있으며 반도체 기술을 대표하는 DRAM 소자에 있어서도 미세화에 의한 고집적화가 촉진되고 있다.^{3,4)}

또한 고유전을 절연막으로 사용될 수 있는 고유전체 재료로는 TiO₂, Ta₂O₅, BaTiO₃, SrTiO₃, BST(Ba_{1-x}Sr_xTiO₃), PbTiO₃^{5,6,7,8,9)} 등이 있다. 이중에서도 SrTiO₃는 상온에서 임방정 페로브스카이트 구조로 높은 유전율($\epsilon_r=320$)을 가지며, 낮은 유전체 전이온도($T_c=108$ [K])를 갖기 때문에 정전용량의 온도에 따른 변화가 적어서 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 (Sr_{0.85}Ca_{0.15})TiO₃(SCT) 박막을 제조하여 다양한 상부전극(Pt, Al, Ag, Cu)을 스퍼터링과 열 증착법을 이용하여 증착한 후, 전기적인 특성을 비교함으로써 우수한 특성을 나타내는 최적의 상부전극을 얻고자 하였다.

2. 본 론

2.1 SCT 박막 제조

본 연구에서는 구조적 및 전기적 특성이 안정하고 우수한 것으로 알려진 SrTiO₃계 세라믹 박막을 제조하기 위하여 (Sr_{0.85}Ca_{0.15})TiO₃으로 조성된 타겟을 제작하였

다.

본 실험에 사용된 기판은 비저항값이 10~23(Ω cm)인 P-type Pt/TiO₂/SiO₂/Si(100) 실리콘 웨이퍼이며 사양은 SiO₂-3000[Å], TiO₂-500[Å], Pt-1500[Å] 등이다. 실리콘 웨이퍼는 10×10[mm]으로 절단하여 깨끗이 초음파 세척함으로써 표면에 잔류하는 불순물을 완전히 제거하였으며, 표 1에 증착시 SCT 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 스퍼터링법과 열 증착법을 이용하여 직경 0.25[mm]의 크기로 각각 증착하여 사용하였다.

2.2 측 정

SCT 박막에 대한 결정립 크기와 표면상태 등을 관찰하기 위하여 주사 전자 현미경(SEM)을 이용하여 관찰하였으며, 증착온도 및 열처리 온도에 따른 결정구조의 변화를 관찰하기 위하여 X-선 회절분석법(XRD)을 이용하여 분석하였다. 시편의 두께는 ellipsometer (GAERTNER, L116C)를 사용하여 측정하였으며, 대략 5000[Å]이었다. 정전용량의 주파수 특성은 LF Impedance Analyzer(HP 4192A)를 사용하여 Oscillation 전압을 1[Vrms], 1~1000[kHz]의 주파수 범위에서 정전용량 및 손실계수를 측정하였다.

표 1. SCT 박막의 스퍼터링 조건

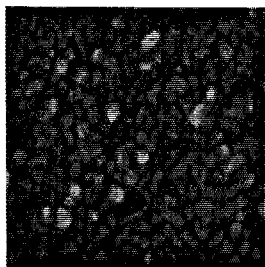
Target(2inch)	(Sr _{0.85} Ca _{0.15})TiO ₃
Substrate	P-type Pt/TiO ₂ /SiO ₂ /Si(100)
Base pressure	5×10 ⁻⁶ [Torr]
Working pressure	2×10 ⁻² [Torr]
RF power	140 [W]
Substrate temperature	400 [°C]
Ar : O ₂	4 : 1
Target-Substrate distance	30 [mm]
Deposition time	80 [min]

박막의 전압-전류특성은 Source Measure Unit(Keithley 236)을 사용하여 $10^{-12} \sim 10^{-5}$ [A]의 전류 범위에서 전압을 일정속도로 증가하면서 측정하였다.

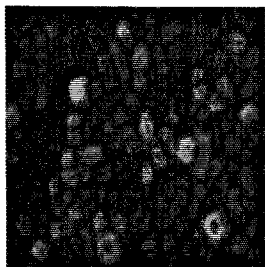
3 결과 및 고찰

3.1 구조적인 특성

사진 1에 시편의 기판온도 400[°C]에서 증착된 박막과 600[°C]로 후속 열처리한 박막 표면의 미세구조를 나타내었다. 600[°C]의 후속 열처리에 의해서 시편의 결정립이 뚜렷하고 치밀하게 성장되었음을 확인할 수 있었다.



(a) 400[°C]



(b) 600[°C]

사진 1. SCT 박막의 전자 현미경 사진

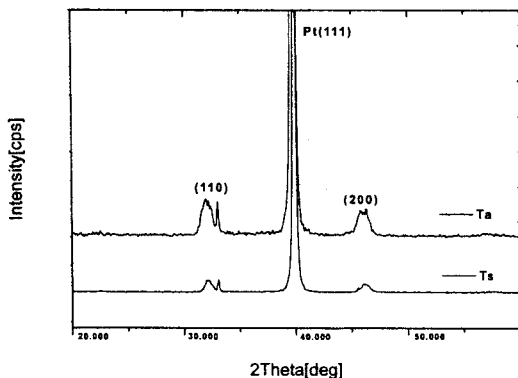


그림 1. SCT 박막의 XRD

그림 1은 기판온도 400[°C]에서 결정성과 후속 열처

리가 SCT 박막의 결정구조에 미치는 영향을 알아보기 위하여 XRD 분석을 행하였다. 열처리 후 시편의 상대적인 피크 크기를 볼 때 후속 열처리에 의해 박막의 결정성이 향상됨을 알 수 있다. 이것은 기판온도 400[°C]에서 남아있던 비정질 구조가 후속 열처리에 의해서 결정화가 촉진되는 것으로 생각된다.¹⁰⁾

SCT 박막의 EDS 분석 결과를 표 3에 나타내었다. 표 3에서 알 수 있듯이 모든 시편은 B-site의 결핍된 조성비에 의해서 화학량론적인 비로부터 약간 벗어남을 나타내었다.

표 3. SCT 박막의 A/B 비율

Sr	Ca	B-site (Ti)	A/B ratio (Sr+Ca)/Ti
10.293	2.005	11.316	1.086

이것은 타겟의 조성 ($\text{Sr}_{0.85}\text{Ca}_{0.15}\text{TiO}_3$)에서 Ca 원소의 스퍼터링율, 즉 기판에 달라붙는 접착율이 크기 때문으로 판단된다.¹¹⁾

3.2 전기적인 특성

그림 2는 SCT 박막의 상부전극에 따른 전압-전류 특성을 나타내었다. 누설전류는 전체적으로 작은 아주 양호한 값을 얻을 수 있었다. 상부전극에 따라 기울기의 큰 차이를 나타내었다.

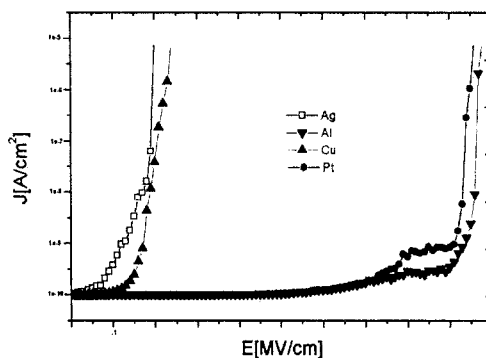


그림 2. 상부전극에 따른 SCT 박막의 전압-전류 특성

상부전극이 Cu와 Ag의 경우 전계가 각각 0.2 [MV/cm]와 0.18[MV/cm]이상의 전계에서의 전류는 비직선적으로 증가하여 파괴에 이르는 것을 알 수 있었으며, 또한 상부전극이 Pt와 Al의 경우 전계가 각각 0.8[MV/cm]와 0.95[MV/cm]이상의 전계에서의 전류는 비직선적으로 증가하여 파괴에 이르는 것을 알 수 있었다.

4. 결 론

($\text{Sr}_{0.85}\text{Ca}_{0.15}$) TiO_3 박막을 RF 스퍼터링법으로 제조하여 전기적 특성을 측정한 결과는 다음과 같다.

(1) XRD 분석으로부터 SCT 박막은 모든 조건에서 (1 10) (111) (200)배향성을 나타내었고, 600[°C] 열처리시 결정성의 향상을 알 수 있었다.

(2) SCT 박막의 A/B의 비가 1.086으로 거의 화학량론 적임을 나타내었다.

(3) 전압-전류 특성으로부터 상부전극이 Cu와 Ag의 경우 전계가 각각 0.2[MV/cm]와 0.18[MV/cm]까지 그리고 Pt와 Al의 경우 전계가 각각 0.8[MV/cm]와 0.95[MV/cm]이상의 전계에서의 전류는 비직선적으로 증가하여 파괴에 이르는 것을 알 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] SUSUMU NISHIGAKI, KANJI MURANO et al., "Dielectric Properties of Ceramics in the system ($\text{Sr}_{0.5}\text{Pb}_{0.25}\text{Ca}_{0.25}$) TiO_3 - Bi_2O_3 - 3TiO_2 and Their Applications", J. Am. Ceram. Soc., Vol.65(11), pp.554~560, 1982.
- [2] D. W. Hoffman, and J. A. Thornton, "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] A. Yuuki et al., "Novel Stacked Capacitor Technology for 1 Gbit DRAMs with CVD-(Ba,Sr) TiO_3 Thin Films on a Thick Storage Node of Ru", IEDM Technical Digest, pp. 115, 1995
- [4] Y. Tarui, "Future DRAMs Development and Prospects for Ferroelectric Memories", IEDM 94, pp. 7-16, 1993
- [5] D. H. Lee, "Future Evolution of DRAMs and Its Materials", Integrated Ferroelectrics, vol. 17, pp. 113-126, 1997.
- [6] J. F. Scott, and C.A. Paz de Araujo, Science, 246, pp.1400, 1989
- [7] T. Kuroiwa, Y. Tsunemine, T. Horikawa, T. Makita, J. Tanimura, N. Mikami, and K. Sato, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 33, pp.5187, 1994
- [8] K. Koyama, T. Sakuma, S. Yamamichi, H. Watanabe, H. Aoki, Y. Miyasaka, and T. Kikkawa, IEDE Tech. Digest, pp.823, 1991
- [9] S. O. Park, C. S. Hwang, H. J. Cho, C. S. Kwag, H. K. Kang, S. I. Lee, and M. Y. Lee, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 35, pp.1548, 1996
- [10] L. P. Cook, M. D. Vaudin et al., "Microstructural Changes during Processing of Laser Deposited BaTiO_3 and PZT Thin films", MRS Symposium Proceeding, Vol.202, pp.241~245, 1991.
- [11] Z. Surowiak, A. M. Margolin, I. N. Zaharochenko, and S. V. Biryukov, "The Influence of structure on the Piezoelectric properties of BaTiO_3 and (Ba Sr) TiO_3 Thin Films with a Diffuse Phase Transition", Thin Solid Films, Vol.176, pp.227~246, 1989.