

BST 박막 소자의 유전 특성

The Dielectric Characteristics of BST Thin Film Devices

홍경진*, 민용기*, 신훈규**, 조재철***

(Kyung Jin Hong*, Yong Ki Min*, Hoon Kyu Shin**, Jae Cheol Cho***)

Abstract

The devices of BST thin films to composite ($Ba_{0.7}Sr_{0.3}$)TiO₃ using sol-gel method were fabricated by changing of the depositing layer number on Pt/Ti/SiO₂/Si substrate. The thin film capacitor to be ferroelectric devices was investigated by structural and electrical properties. The thickness of BST thin films at each coating numbers 3, 4 and 5 times was 2500[Å], 3500[Å], 3800[Å]. The dielectric factor of thin film when the coating numbers were 3, 4 and 5 times was 190, 400 and 460 on frequency 1[MHz]. The dielectric loss of BST thin film was linearly increased by increasing of the specimen area.

Key Words : thin films, sol-gel method, ferroelectric devices, depositing layer number, dielectric loss

1. 서론

반도체용 박막 소자의 유전특성은 제조 방법 뿐만 아니라 기판의 종류, 기판온도 설정, 증착 속도 등의 조건에 의해서 전기적으로 다양한 특성을 갖는다.

BST는 200이상의 높은 유전율과 낮은 유전손을 가지며, Sr의 조성비에 따라 DRAM의 동작온도 범위 70~80[°C]에서 상유전체로 존재할 수 있어 잔류분극의 크기를 조절할 수 있다.[1] 이러한 특성을 갖는 BST는 강유전성이 갖는 분극 반전할 때의 피로특성을 개선할 수 있으며, 고주파와 온도에 따른 유전특성 및 절연특성이 우수하여 2~3[GHz]의 높은 주파수 영역에서도 400~800의 높은 유전율을 유지할 수 있으므로 ULSI DRAM 커패시터 재료로서 사용이 가능하다고 보고되고 있다.[2]

* : 광주대학교 컴퓨터전자통신공학부

(광주광역시 진월동 광주대학교)

** : 동아대학교 지능형 통합관리 연구센터

(부산광역시 한탄2동 동아대학교)

*** : 초당대학교 전자공학과

(전남무안군 무안읍 초당대학교)

BST 강유전체 박막의 제조 방법은 RF magnetron sputtering, Laser ablation, Multi Ion Beam Reactive Sputtering, Metal Organic Chemical Vapor Deposition, Sol-Gel 등과 같이 다양한 방법으로 연구되고 있다.[3,4,5]

본 연구에서는 반도체용 고유전율 박막 소자의 구조적 및 전기적 특성을 고찰하기 위하여 (Ba_xSr_{1-x})TiO₃ 용액을 Sol-Gel법으로 제조하고 Pt/Ti/SiO₂/Si의 기판에 회전 코팅법으로 증착 횟수를 변화시켜 박막 커패시터를 제조하였다.

2. 실험 및 방법

Ba과 Sr은 $Ba_{0.7}Sr_{0.3}TiO_3$ 의 조성비율에 따라 계량하여 Acetate Acid에 90[°C] 분위기에서 용해시켰다. TiO₂는 diisopropoxide를 이용하여 용해시키면 공기 중에 반응이 진행되기 때문에 acetylacetonate에 용해되어 있는 TiO₂를 사용하였다.

혼합할 각 용액을 조성비에 맞게 계량하고 90[°C]에서 교반기를 사용하여 혼합하였으며, pH2~3과 점도를 조정하기 위하여 Isopropyl Alcohol을 첨가하여 코팅 용액을

만들었다. 표 1은 BST 박막 커패시터 제작을 위한 시료의 조성비이다.

Table 1. Composition of BST thin films

Specimen	Composition		
	Ba	Sr	Ti
BST(70/30)	0.7 mol	0.3 mol	1 mol

Table 2. Specimen of BST thin films

Specimen	Coating Layer Numbers.
BST3	3
BST4	4
BST5	5

표 2는 본 연구에 사용된 시료의 코팅횟수이다. 제조된 용액은 Pt/Ti/SiO₂/Si 기판 위에 4000[rpm] 30초간 spin-coating하여 750[°C] 1[hr]동안에서 열처리하였다. 이러한 과정을 3회~5회 걸쳐 BST 박막커패시터를 제조하였다. BST 용액의 열적 거동을 통한 수분 증발, 유기물의 연소 및 결정 입자 형성 온도를 관찰하기 위하여 시차 열 분석기(TG-DTA)을 분석하였다.

BST박막의 표면 미세 구조와 박막과 코팅 상태를 관찰하기 위해 SEM 측정 장치를 사용하였다.

박막 커패시터의 유전율과 유전체 손실은 주파수를 변화시키면서 LCR미터로 정전용량을 측정하여 계산하였다.

BST 박막 커패시터의 인가 전압에 따른 누설 전류를 측정하기 위해 인가전압을 0~10[V]로 가변하면서 미소 전류계로 측정하였다.

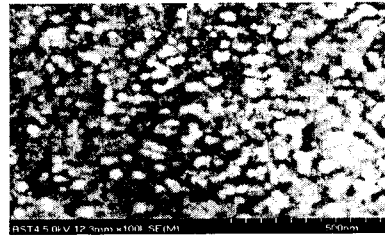
3. 결과 및 검토

EDX 분석 결과 합성한 BST(70/30)코팅 용액의 조성비는 표 3과 같다. 표 3에서 조성비의 오차는 0.03이었다.

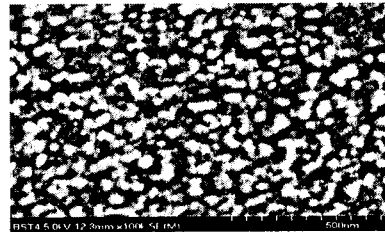
Table 3. EDX result of BST coating solution.

Spec.	composition			
	Ba	Sr	Ti	Err
Weight%	0.378	0.181	0.537	0.03

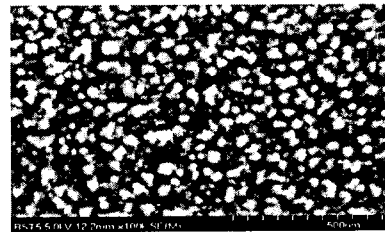
코팅용액의 TG-DTA 분석 결과 100[°C]부근에서 수분과 Acetic Acid의 증발에 의한 흡열 피크와 중량감소가 발생하였으며 300과 400[°C] 부근에서는 유기물의 연소에 따른 발열 피크와 중량감소가 관찰되었다. Gel 상태의 용액은 600~700[°C]의 피크에서 강유전체 결정으로 진행되었다. 이와 같은 결과에 의해 BST 박막 커패시터의 열처리 온도는 750[°C]로 결정하였다.



(a) BST3



(b) BST4



(c) BST5

Fig.1. Surface SEM photograph of BST thin films.

그림 1은 BST 박막 커패시터 표면의 입자이다

그림에서 BST 박막의 입자는 균일하게 성장하여 형성되었다. BST 박막 커패시터의 입자 크기는 40~50[nm]정도이었다.

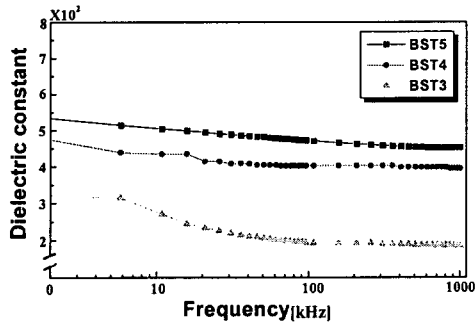


Fig. 2. The properties of dielectric constant according to frequency.

그림 2는 주파수에 따른 유전율 특성 곡선이다. BST 박막 커패시터의 유전율은 주파수가 증가함에 따라 완만하게 감소하는 전형적인 유전분산 특성이었다. 박막은 전극과 유전체 사이의 계면의 영향과 입자 성장에 따른 입계층의 영향으로 박막의 두께에 따라 유전율이 감소한다. 주파수 1[MHz]일 때의 유전율은 각각 460, 400, 190으로 박막의 코팅회수가 증가할수록 유전율은 증가하였다.

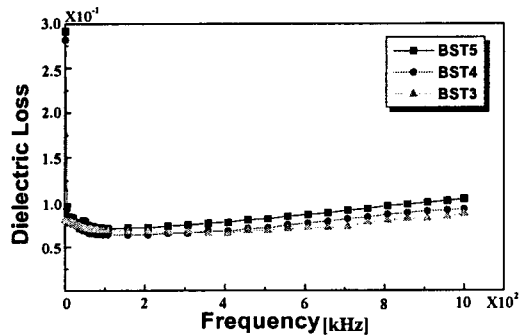


Fig. 3. The properties of dielectric loss according to frequency.

BST 박막 커패시터는 BL(Boundary Layer)형 커패시터와 같은 입계절연형 커패시터로 동작하는 것으로 사료된다. 유전율은 코팅회수의 증가에 의해

입계 면적과 전하 축적 용량이 증가하기 때문에 증가하는 것으로 판단된다. 코팅회수가 5회인 BST5의 유전율이 가장 높았다.

그림 3은 주파수에 따른 유전손실 특성 곡선이다. BST 박막 커패시터의 유전 손실은 주파수가 증가함에 따라 유전 손실이 고주파수 영역에서 선형적으로 증가하였으며 코팅회수가 많을수록 유전손실이 증가하였다. 이는 코팅회수의 증가에 의해 입계 면적이 증가하면서 입계의 석출물이나 기공 등의 원인에 기인한 것으로 판단된다. 주파수 1[MHz]에서 BST 박막 커패시터의 유전손실은 각각 0.08, 0.09, 0.1이었다. 고주파수에서 유전율의 증가는 유전체와 전극 면저항에 의해 증가하고, 전극의 두께가 얇아지면 손실이 커지게 된다.

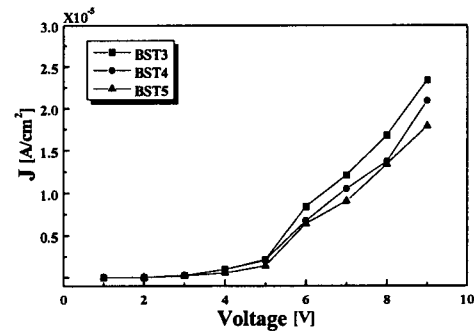


Fig. 4. Leakage current density according to voltage.

그림 4는 인가 전압에 따른 BST 박막 커패시터의 누설전류밀도 변화이다. 인가전압 4[V] 범위내에서는 전압의 변화에 따른 누설전류밀도의 변화가 아주 미소하여 $10^{-7} \sim 10^{-9}$ [A/cm²]정도로 안정적이었다. 4~9[V] 전압을 인가했을 때 인가전압에 비례적으로 증가하다가 9[V]이상에서 누설전류는 급격히 증가하였다. BST 박막 커패시터는 반도체 커패시터의 누설 전류 범위에서 동작하는 특성이었다. 코팅회수의 증가에 따른 BST 박막 커패시터의 누설 전류 밀도는 코팅회수가 증가할수록 증가하였다.

4. 결 론

반도체용 고유전율 ($Ba_x Sr_{1-x}$)TiO₃ 박막 커패시터 소자의 코팅횟수 변화에 따른 구조 및 전기적 특성을 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다

BST 박막 커패시터의 입자는 균일하게 성장하여 형성되었으며 입자 크기는 40~50[nm]정도이었다.

고전율 박막 커패시터의 유전율은 박막의 코팅회수가 증가할수록 증가하였다. 또한 유전 손실은 주파수가 증가함에 따라 유전 손실이 고주파수 영역에서 선형적으로 증가하였으며 코팅회수가 많을수록 유전손실이 증가하였다.

BST 박막 커패시터는 메모리 반도체 소자의 누설 전류 범위에서 동작하는 특성이었으며 코팅회수의 증가에 따라 누설 전류 밀도는 증가하였다.

참고 문헌

- [1] C. S. Hwang, et al., "Deposition and Electrical Characterization of Very Thin SrTiO₃ Films for Ultra Scale Integrated Dynamic Random Access Memory Application", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 34, pp.5178-5183, 1995.
- [2] S. O. Park, "A stack Capacitor Technology with (Ba,Sr)TiO₃ Dielectrics and Pt Electrodes for 1 Giga-bit Density DRAM", VLSI 96, pp.24-25, 1996.
- [3] 김경덕 외, "DRAM용 (Ba_{0.7}Sr_{0.3})TiO₃ 박막의 전기적 특성", Trans KIEE. Vol. 47, No. 10, OCT, p.1700, 1998.
- [4] E. Fujii, et al., "ULSI DRAM Technology with Ba_{0.7}Sr_{0.3}TiO₃ Film of 1.3nm Equivalent SiO₂ Thickness and 10⁻⁹ A/cm² Leakage Current", IEDM 92, pp.267-270, 1992.
- [5] K. Koyama, et al., "A Stacked Capacitor with (Ba_xSr_{1-x})TiO₃ for 256M DRAM", IEEM 91, pp.823-826, 1991