

## Sputtering 압력에 따른 (Ba,Sr)TiO<sub>3</sub>[BST] 박막의 구조 및 전기적 특성

### Microstructure and Electrical Properties of (Ba,Sr)TiO<sub>3</sub>[BST] Thin Films with Sputtering Pressure

신승창*	광운대학교 전자재료공학과
이문기	광운대학교 전자재료공학과
류기원	여주대학 전자과
배선기	시립인천대학교 전기공학과
이영희	광운대학교 전자재료공학과

Shin Seoung-Chang*	Dept. of Electronic Materials Eng., Kwangwoon Univ.
Lee Moon-Kee	Dept. of Electronic Materials Eng., Kwangwoon Univ.
Ryu Ki-Won	Dept. of Electronic, Yeo Joo Institute of Technology.
Bae Sun-Gi	Dept. of Electric Eng., Incheon Univ.
Lee Young-Hie	Dept. of Electronic Materials Eng., Kwangwoon Univ.

#### ABSTRACT

(Ba,Sr)TiO<sub>3</sub>[BST] thin films were fabricated on Pt/SiO<sub>2</sub>/Si substrate by RF sputtering technique. The Microstructure, dielectric and electrical properties of BST thin films were investigated with sputtering pressure.

Dielectric constant and dielectric loss of the deposited thin film at sputtering pressure of 5 mTorr were about 91 and 1.9[%], respectively. Increasing sputtering pressure, leakage current was increased. It was found that leakage current of BST thin films was depended on the sputtering pressure.

#### 1. 서 론

최근 높은 유전상수 특성을 갖는 강유전체 세라믹스를 박막화하여 DRAM(Dynamic Random Access Memory)과 FRAM(Ferroelectric Random Access Memory)에 응용하고자 하는 연구가 활발히

진행중이다.<sup>1)</sup> 이러한 물질에는 PZT, PLZT, BaTiO<sub>3</sub> (Ba,Sr)TiO<sub>3</sub> 등의 강유전체 박막들이 기존의 SiO<sub>2</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>의 대체 유전체 박막으로 보고되고 있다.<sup>2)</sup> 이들 재료중 PZT와 PLZT는 높은 유전율과 큰 잔류분극을 가지는 강유전 특성과 기억유지특성이 우수하나 열화에 따른 피로특성 및 누설 전류가 크고 열처리시 Pb의 휘발로 인한 문제점으로 인하여

DRAM용으로서의 응용이 어렵다. 이에 비하여 (Ba,Sr)TiO<sub>3</sub>[BST]는 Ba의 높은 유전율과 Sr의 화학적 안정성의 특성을 고려한 물질로 Ba/Sr의 비를 조절함으로써 상온에서 상유전상을 갖게 할 수 있어 DRAM 캐패시터 물질로써 가장 각광을 받고 있다. 보통 bulk의 BST는 Ba/Sr의 비가 3/1일 경우 최대 유전율을 갖는 반면에 박막에서는 Ba/Sr의 비가 1/1에서 최대 유전율을 갖는다고 보고되었으며<sup>3)</sup> 4) 현재 Ba/Sr의 조성변화에 따른 박막의 특성에 대한 연구가 활발히 진행중에 있다.

따라서 본 연구에서는 BST 박막을 RF sputtering법으로 제조하였으며, 상부전극으로 융점이 높고 고온에서 내산화성과 화학적 안정도가 우수하며 전기전도도가 높은 Pt를 DC sputtering법으로 증착한 후 박막의 유전특성과 전기적 특성을 고찰하여 DRAM용 박막 캐패시터로서의 응용가능성을 조사하였다.

## 2. 실험

본 연구에서 박막 증착시 영향을 주는 매개변수로 기판온도, Ar/O<sub>2</sub>비, RF power, sputtering 압력 및 열처리온도 등이 있는데 여기서 Ar/O<sub>2</sub>비를 80/20, RF power를 90W, 열처리 온도를 750℃로 고정시킨후 sputtering 압력을 변화시켰을때의 증착 조건을 결정하였으며, 증착된 박막의 DRAM용 캐패시터로서의 응용가능성을 고찰하기 위하여 그림 1과 같은 MFM-type 캐패시터로 제작하였다.

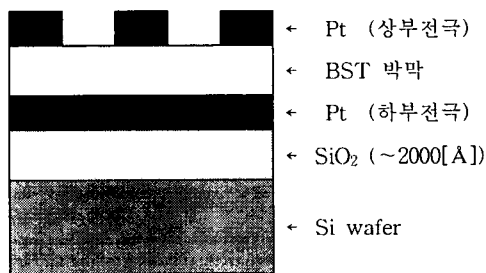


그림 1. MFM-type 캐패시터

제작된 MFM-type 캐패시터의 주파수 및 인가전압에 따른 정전용량의 변화는 LCR-meter(ANDO, AG-4311B)를 이용하여 측정하였다.

또한 증착시 sputtering 압력에 따른 BST박막의 결정화 과정과 결정상의 변화를 관찰하기 위해 X-ray generator(D/MAX-IIIC, Rigaku)를 사용하였

으며 스텝폭, 주사속도, 회절각을 각각 0.01[deg.], 4[deg./min](2θ), 20° ~ 60° 범위에서 측정하였고 측정에 사용한 X-선은 CuK<sub>α1</sub>-line(λ=1.542[Å])이었다.

BST박막의 히스테리시스 및 C-V특성을 측정하기 위해 RT66A를 사용하였다.

## 3. 결과 및 고찰

그림 2는 sputtering 압력에 따른 박막의 X-선 회절모양을 나타낸 것이며, sputtering 압력이 낮아짐에 따라 (Ba,Sr)TiO<sub>3</sub> (110), (111)피크의 강도가 강해지며 5mTorr에서 pyrochlore상의 peak가 관찰되지 않은 것으로 보아 박막의 결정성장이 양호함을 알 수 있었다.

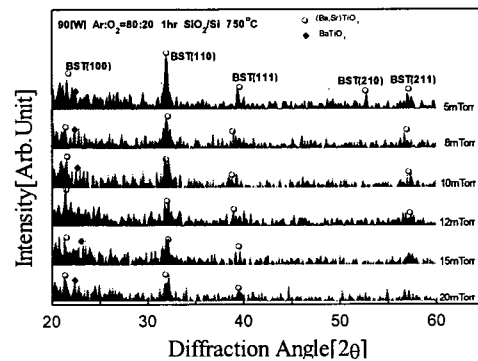


그림 2. sputtering 압력에 따른 BST박막의 X-선 회절 모양

그림 3의 D-E 히스테리시스 곡선으로 부터 관찰할 수 있는 바와 같이 박막은 메모리소자로 응용이 가능한 slim-loop의 이력특성을 나타내었다.

그림 4에서 경우 C-V 특성은 원점에 대칭적이지 못하고 한 쪽으로 치우쳐 관찰되었으며, 이는 상부전극과 하부 전극의 일함수 차이와 박막과 전극 사이의 고정전하(fixed charge) 및 계면 효과 등에 의해서 발생하는 효과라 사료된다.<sup>5)</sup> 이때, 박막의 유전상수 및 유전손실은 각각 91, 1.9[%]였다.

LCR-meter로 측정한 박막의 주파수 의존성은 그림 5에 나타내었다. 주파수변화에 따른 유전상수 및 유전손실은 주파수가 증가함에 따라 공간전하분극이 감소하고 이에 따라 유전상수가 감소하는 전형적인 유전분산특성을 나타내었다.

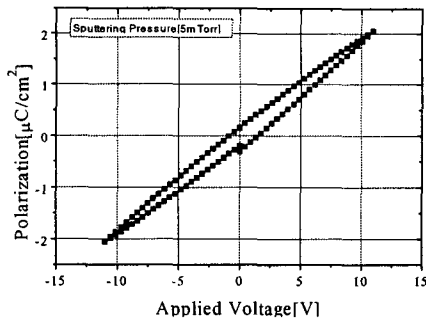


그림 3. D-E 히스테리시스 곡선

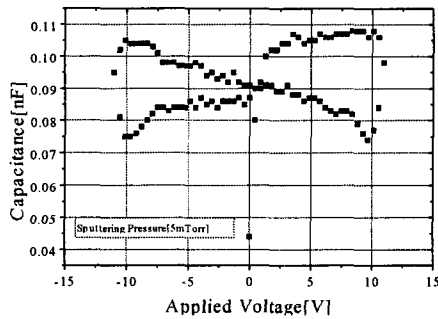


그림 4. BST 박막의 C-V 곡선

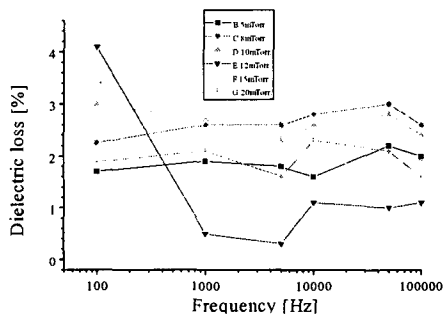
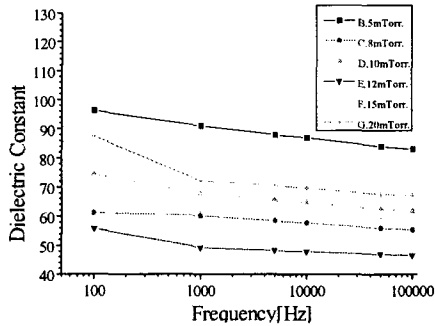


그림 5. 주파수에 따른 유전상수와 유전손실

그림 6은 시간에 따른 누설전류특성으로서 일반적으로 강유전체 박막을 ULSI DRAMs(256Mb)소자의 전하축적 물질로 사용하기 위해서는 128 [ms]의 refresh time을 가져야 하며, 이를 위해서는 3[V]인 가전압에서 약  $10^{-7}$ [A/cm<sup>2</sup>]이하의 누설전류밀도를 가져야 한다. 또한 캐패시터에 가해지는 전계의 방향이 계속 반전되므로 전계 인가 방향에 관계없이 항상 낮은 누설전류 밀도 값을 요구한다.<sup>6)</sup>

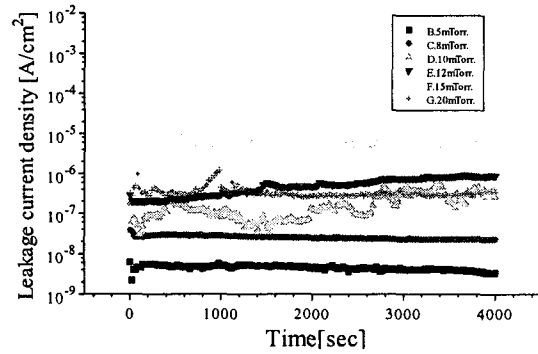


그림 6. BST박막의 인가전압에 대한 시간의존성

따라서 본 연구에서는 인가전압에 따른 시간의존 특성을 알아보기 위하여 5V 인가하여 20초 간격으로 4000초까지 측정하였으며 sputtering 압력이 5mTorr일때, 인가 전압에 대한 유전체의 시간의존성 효과가 특히 안정적이며 매우 낮은 누설특성값을 보임을 알 수 있었다. 이 경우 누설전류가 초기에는 불안정하였으나 800초 이후  $4.1 \times 10^{-9}$ [A/cm<sup>2</sup>]의 값으로 안정화 되었다.

그림 7은 인가전압에 따른 BST박막의 누설전류특성을 나타낸것으로써 sputtering 압력이 12, 15, 20mTorr의 경우 6[V]까지는 전압에 거의 영향을

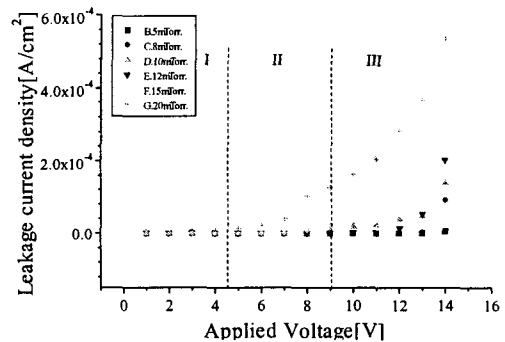


그림 7. 인가전압에 따른 (Ba,Sr)TiO<sub>3</sub> 박막의 누설전류

받지 않았으나 7[V]이상부터는 지수함수적으로 증가하기 시작하였으며 13[V]이상에서는 누설전류가 급격히 증가하여 유전파괴현상을 보였고, 5, 8mTorr의 경우 11[V]까지는 전압에 대해 안정적이었으며 13[V]이상에서 전류가 급격히 증가하였다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 RF sputtering법으로 (Ba,Sr)TiO<sub>3</sub> [BST]박막 캐패시터를 제조한 후, 유전 및 전기적 특성을 조사하였다.

1. Ar/O<sub>2</sub>비 80/20, RF Power 90W, sputtering 압력 5mTorr에서 증착한 후 750℃에서 1[hr] 열처리한 박막의 유전상수 및 유전손실은 각각 91과 1.9[%]이었다.

2. 주파수변화에 따른 BST 박막 캐패시터의 유전상수의 변화를 관찰한 결과 주파수가 증가함에 따라 감소하는 전형적인 유전분산특성을 나타되었다.

3. sputtering 압력이 증가할수록 누설전류가 증가하였으며, 박막중 5mTorr의 경우 양호한 누설전류특성이 관찰되었다. 이때 DC. 5[V]를 인가하였을 경우 800초 이후에서 누설전류는  $4.1 \times 10^{-9}$ [A/cm<sup>2</sup>]으로 안정화되었다.

4. 인가전압에 따른 누설전류특성은 전체적으로 6[V]까지는 영향을 받지 않았으나 12, 15, 20mTorr의 경우 인가전압이 증가 할수록 지수함수적으로 증가하여 13[V]이상에서 유전파괴현상을 보였으며 5, 8mTorr에서 제조된 박막의 경우 11[V]까지 안정적이었으며 13[V]이상에서 유전파괴현상을 보였다.

본 연구는 한국과학재단 연구비(과제번호 : 971-0911-068-2)의 지원에 의해서 수행되었음.

#### 참 고 문 헌

- (1) 이영희, 이성갑, "반도체 기억소자용 강유전체 박막의 연구동향", 대한전기학회지, Vol 46(1), pp.369-373, 1997
- (2) W.P.Noble et al. "Fundamental Limitation on DRAM Storage Capacitors." IEEE Circuit and Device Magazine, January, pp.45-51, 1985
- (3) Y. Miyasaka. et al, "DIELECTRIC

PROPERTIES OF SPUTTER-DEPOSITED BaTiO<sub>3</sub>-SrTiO<sub>3</sub> THIN FILMS." IEEE pp.121-124 1991

- (4) C.-J. Peng, and SB. Krupanidhi, "Process/Structure/Property Relations of Barium Strontium Titanate Thin Films Deposited by Multi-ion-Beam Sputtering Technique", IEEE pp.460-463, 1995
- (5) Anard K.Kulkarni, "Thin Film Ferroelectric Materials and Devices," IRSP Tutorial, 1990
- (6) L.H.Parker, and A.F.Tasch, "Ferroelectric Materials for 64Mb and 256Mb DRAMs," IEEE Circuits and Devices Magazine, pp.17-26, January, 1990