

## RF magnetron sputtering을 이용한 $(\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5})\text{TiO}_3$ 박막의 RF power 의존성

### Dependence of RF power of $(\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5})\text{TiO}_3$ thin film using RF magnetron sputtering

최형윤\*, 이태일\*, 정순원\*, 박인철\*, 최동한\*\*, 김홍배\*\*  
(Hyoung-Yun Choi\*, Tae-Il Lee\*, Soon-Won Jung\*, In-Chul Park\*,  
Dong-Han Choi\*\*, Hong-Bae Kim\*\*)

#### Abstract

In this paper,  $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{TiO}_3$  thin films were prepared on Pt/Ti/SiO<sub>2</sub>/Si substrate by RF magnetron sputtering method. We investigated effect of deposition conditions (especially RF input power) on structural properties of BST thin films. Deposit conditions of BST films were set working gas ratio, Ar : O<sub>2</sub> = 70 : 30, working pressure 10mTorr, and RF input power 25W, 50W, 75W and 100W. Post-annealing using rapid thermal annealing(RTA) performed at 450°C, 550°C, 650°C, and 750°C in oxygen ambient for 60 sec, respectively. The structural properties of BST films on Pt/Ti/SiO<sub>2</sub>/Si substrate analysed by X-ray diffraction(XRD).

**Key Words(중요용어)** : XRD(X-ray diffraction), BST thin films ( $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{TiO}_3$  박막),  
RTA(고온 순간 열처리)

#### 1. 서론

최근 정보 통신 산업의 발달에 따라 전자 부품의 소형화, 집적화가 빠르게 진행되고 있다. 특히 반도체 분야에서는 DRAM 소자의 집적도가 높아짐에 따라 하나의 기억소자가 차지하는 면적이 급격하게 감소하게 되어 정보를 저장하는 캐패시터의 크기 또한 현저하게 감소하게 되었다. 따라서 단위 면적당 높은 전하 축적 밀도와 낮은 누설 전류 특성을 갖는 유전체 재료에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다<sup>1)</sup>. 이러한 DRAM에 사용하기 위한 유전체 물질은 캐패시터에 저장된 전하가 시간에 따라 결렬되거나 전극과 유전체 접합을 통하여 누설될 수 있

기 때문에 큰 정전 용량, 구동 전압하에서 낮은 누설 전류, 그리고 높은 항복 전압을 갖는 재충전성이 요구되고 있다. 이러한 용도로 256Kb에서 64Mb까지는 SiO<sub>2</sub>-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-SiO<sub>2</sub>(ONO) 등이 사용되어 왔으나 현재는 물리적인 한계 두께까지 도달하고 있다<sup>2)</sup> 기존에 사용되는 ON의 박막화 한계는 산화막 환산 두께( $t_{eq}$ )로 약 4nm 정도이고, 이보다 얇은 두께에서는 누설 전류의 증가와 항복전압의 급격한 감소에 의해서 소자의 신뢰성 문제가 심각해진다. 이러한 이유로 인해 일정한 면적에서 정전용량을 증가시키는 방법으로 고유전체 재료를 이용하게 되었다. 이러한 특성을 만족시키는 재료들로 페로브스카이트 구조를 갖는 강유전체(ferroelectric) 재료인 BaTiO<sub>3</sub> [BTO], SrTiO<sub>3</sub> [STO], Pb(Zr,Ti)O<sub>3</sub> [PZT], (Ba,Sr)TiO<sub>3</sub> [BST] 등이 있고, 이들 물질들은 유전상수가 높기 때문에 DRAM 적용 가능성으로 인해 활발히 연구가 진행되고 있다<sup>3),4)</sup>. BST는 높은 주파수에서 높은 유전상수를 가지며, 충분한 양의 전하

\* : 청주대학교 전자공학과

충북 청주시 상당구 내덕동 36번지 청주대학교  
Fax : 0431-229-8432

E-mail : tobig@chongju.ac.kr

\*\* : 청주대학교 전자·정보통신·반도체 공학부

를 측정할 수 있고, 어떤 소자의 동작온도 범위에서 일시적인 분극이 없는 상유전체로 동작하여 일시적으로 분극이 소멸될 가능성이 없으며, 절연체의 일종이므로 refreshing cycle 동안 작은 전력으로 DRAM이 동작하며, 이것은 실리콘 트랜지스터와 다르게 Na, K, Li와 같은 이온을 가지고 있지 않고 증착이 쉽기 때문에 현재는 BST가 DRAM에 사용된다<sup>5)</sup>.

본 논문에서는 RF magnetron sputtering system을 이용하여 Pt/Ti/SiO<sub>2</sub>/Si 구조 위에 Ba<sub>0.5</sub>Sr<sub>0.5</sub>TiO<sub>3</sub> 박막을 형성하였다. 증착 조건은 Ar과 O<sub>2</sub>를 7:3의 비율로 고정시키고, RF input power를 25W~100W로 변화시키면서 실험하였다. 또한 박막 형성 후 450°C~750°C까지 열처리 온도를 변화시키면서 O<sub>2</sub> 분위기에서 고온 순간 열처리(RTA)를 행하였다. 박막의 구조분석에는 XRD를 이용하여 박막의 결정성을 평가하였다.

## 2. MIM 커패시터의 제작

본 실험에서는 순도 99.95%, 직경 3inch, 그리고 두께가 0.25inch인 BST 타겟을 사용하였다. 유기 세척 및 표준 RCA법을 이용하여 세척된 p-type Si(100) 기판에 100nm 두께의 SiO<sub>2</sub> 산화막을 형성시킨 후 sputtering 방법으로 Ti를 100nm 증착하였다. 여기서 Ti는 SiO<sub>2</sub> 층과 하부 전극으로 증착될 Pt 사이의 diffusion barrier로 사용하였으며, 이러한 Ti는 Pt를 SiO<sub>2</sub> 층위에 직접 증착할 때보다 우수한 계면 특성을 나타내며, Pt에 대한 부착력을 좋게 한다. 다음으로 E-beam을 이용하여 하부 전극 Pt를 150nm 두께로 증착하였다. 이렇게 제작된 Pt/Ti/SiO<sub>2</sub>/Si 구조에 BST 박막을 증착하였으며, 이때의 반응 gas로 Ar과 O<sub>2</sub>를 7:3의 비로 이용하였으며, 그 양은 각각 70, 30sccm이었다. 반응 가스의 압력은 10mTorr로 유지하였으며, 타겟과 기판과의 거리는 55mm이다. 우선 기판을 장착한 후 챔버내의 압력을 1.0×10<sup>-6</sup> Torr 이하로 만든 다음, 반응 가스 산소와 아르곤을 주입한 후, RF input power를 가하여 플라즈마를 형성하였다. 이때 RF input power는 25W, 50W, 75W 그리고 100W로 변화시켰다. BST 박막을 100nm로 증착하였으며 이렇게 제작된 BST/Pt/Ti/SiO<sub>2</sub>/Si 구조를 O<sub>2</sub> 분위기에서 각각 450°C, 550°C, 650°C 그리고 750°C에서 고온 순간 열처리(RTA)를 하였다. 제작된 BST 박막의 구조 분석은 Ni 필터를 가지고 CuK $\alpha$ 를 사용한 Philips사의 장비를 이용하여 XRD 측정을 하였다. 전체적인

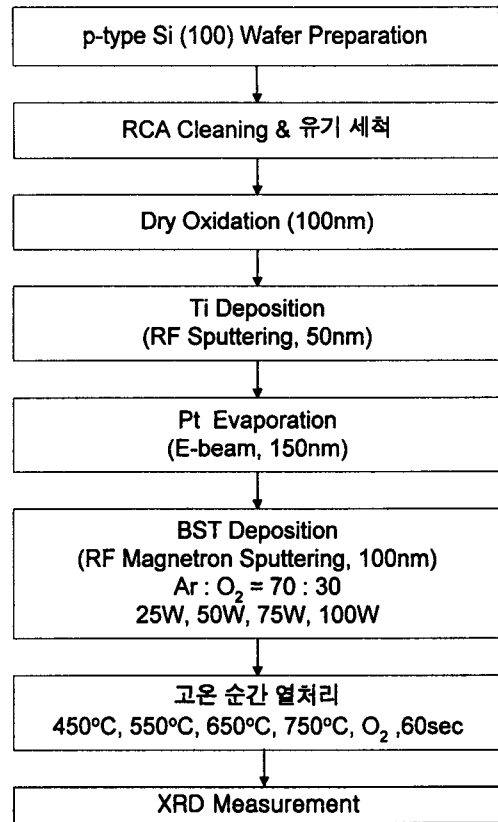


그림 1. 강유전체 Ba<sub>0.5</sub>Sr<sub>0.5</sub>TiO<sub>3</sub>를 이용한 RF power에 따른 BST/Pt/Ti/SiO<sub>2</sub>/Si 구조의 제작 순서도

Fig. 1. Fabrication flow chart of RF power dependence in BST/Pt/Ti/SiO<sub>2</sub>/Si structure using ferroelectric Ba<sub>0.5</sub>Sr<sub>0.5</sub>TiO<sub>3</sub>

실험 공정 순서도와 증착 조건과 변수들은 각각 그림 1과 표 1에 나타내었다.

## 3. 실험 결과

그림 2 (a)는 RF input power를 25W로 제조한 박막을 산소 분위기에서 450°C~750°C로 열처리한 후의 BST/Pt/Ti/SiO<sub>2</sub>/Si 구조의 XRD 패턴을 보인다. BST(220) 피크는 열처리 온도와는 관계없이 일정한 값을 나타내지만, BST(110) 피크는 450°C에서 열처리 한 후부터 나타나고 있으며, 550°C에서 열처리를 하였을 때 가장 강한 피크가 얻어졌다.

Target	Ba <sub>0.5</sub> Sr <sub>0.5</sub> TiO <sub>3</sub> (3 inch, 99.95%)
Base Pressure	1.0 X 10 <sup>-6</sup> Torr
Working Pressure	1.0 X 10 <sup>-2</sup> Torr
RF Input Power	25W, 50W, 75W, 100W
Working Gas Ratio	Ar : O <sub>2</sub> = 70 : 30
Pre-Sputtering Time	20 min
Deposition Rate	0.8nm/min, 1.8nm/min, 3.6nm/min, 3.8nm/min

표 1. Sputtering 조건  
Table 1. Sputtering condition

그러나 650°C 이상에서 열처리하면 오히려 피크 강도가 감소하는 것으로 보아 결정성이 악화되는 것으로 판단된다.

그림 2 (b)는 RF input power를 50W로 하였을 때의 XRD 패턴을 나타내고 있다. BST(200) 피크는 RF input power가 25W일 때와 마찬가지로 열처리 온도에 따라서는 거의 변화하지 않았다. BST(110) 피크는 열처리 온도 550°C부터 나타나기 시작하여 650°C에서 가장 강한 피크를 나타내는 것으로 보아 열처리 온도 650°C에서 결정성이 가장 우수한 것으로 판단된다.

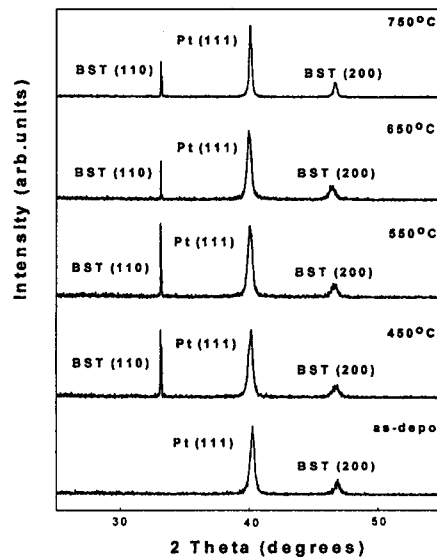
그림 2 (c)는 RF input power를 75W로 하였을 때의 XRD 패턴을 나타내고 있다. BST(200) 피크는 RF input power 25W, 50W에서와 마찬가지로 열처리 온도에 따라서는 거의 변화를 나타내지 않았다. 그러나 BST(110) 피크는 열처리 온도 550°C에서부터 작은 피크가 나타나기 시작하여 750°C에서 열처리를 하였을 때 가장 강한 피크를 나타내었다.

그림 2 (d)는 RF input power를 100W로 하였을 때의 XRD 패턴을 나타낸 것이다. BST(110) 피크는 열처리 온도 650°C까지는 나타나지 않았으나, 열처리 온도 750°C에서 비교적 큰 값으로 나타났다.

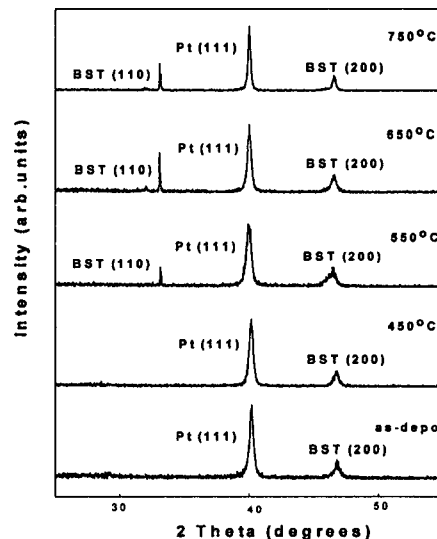
#### 4. 결론

RF magnetron sputtering system을 이용하여 Ba<sub>0.5</sub>Sr<sub>0.5</sub>TiO<sub>3</sub>/Pt/Ti/SiO<sub>2</sub>/Si 구조를 형성하였다. 이때의 RF input power는 25W, 50W, 75W 그리고 100W로 변화시켰으며, 산소 분위기 450°C~750°C에서 60초 동안 고온순간 열처리를 행하였다. RF in-

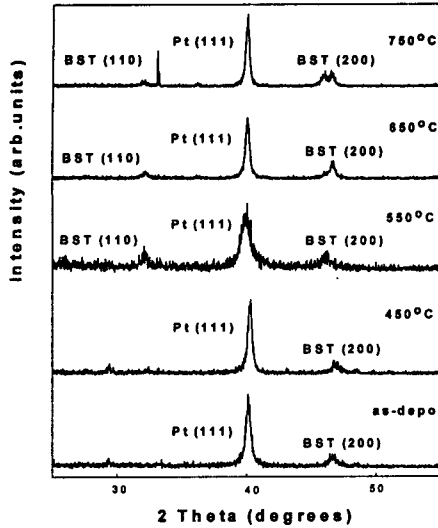
put power가 25W일 때에는 열처리 온도 450°C 이상에서 BST 박막이 (110) 방향으로 성장하여 550°C일 때 가장 강한 피크를 나타내었고, 50W일 때는 650°C에서, 75W와 100W에서는 750°C에서 가장 강한 피크를 나타내었다. 따라서, 위와 같은 자료들을 비교해 볼 때, 50W에서는 550°C에서 나타나기 시작하여 650°C에서 최고치를 나타내었고, 양호한 결정



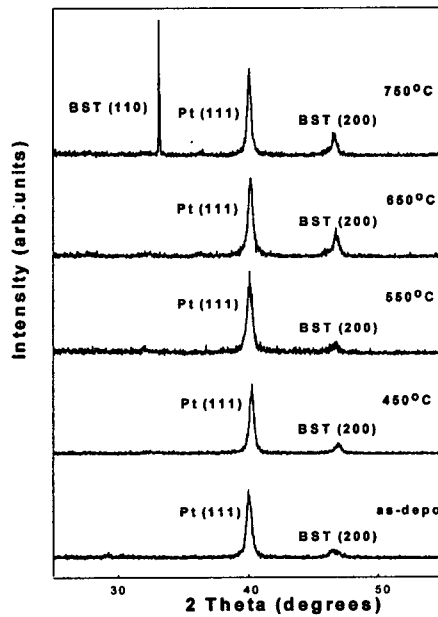
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 2.  $Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$  막 결정의 RF power 의존성

(a) 25W (b) 50W (c) 75W (d) 100W

Fig. 2. RF power dependence of  $Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$  films

(a) 25W (b) 50W (c) 75W (d) 100W

성을 나타내었다.

BST(200) 피크는 RF input power나 열처리 온도에 의존하지 않았지만, BST(110) 피크는 RF input power 25W, 50W, 75W 그리고 100W에 대해 각각 450°C, 550°C, 550°C 그리고 750°C에서 나타나기 시작하였다. 이는 BST(110) 방향으로 결정을 성장시키기 위해서는 RF input power가 증가함에 따라 열처리 온도가 증가하여야 우수한 배향성을 갖는다고 할 수 있다.

### 감사의 글

본 연구는 과학 기술부·한국 과학 재단 지정 청주대학교 정보 통신 연구 센터의 지원을 받아 수행되었습니다.

### 참고 문헌

1. A. F. Tasch Jr and L. H. Parker, "Memory Cell, and Technology Issues for 64- and 256-Mbit One - Transistor Cell MOS DRAMs", Proceedings of IEEE, Vol. 77, No. 3, 1989.
2. W.P. Noble et al., "Fundamental Limitations on DRAM Storage Capacitor", IEEE Circuit and Devices Magazine, pp. 45~51, 1985.
3. M. Azuma et al., "Electrical characteristics of High Dielectric Constant Materials for Integrated Ferroelectrics", Proc. 4th ISIF, pp 109~117, 1992.
4. L. Baginsky and E. G. Kostov, "Information Writing Mechanism in Thin Film MFIS Structures, Ferroelectrics", Vol. 143, pp. 239~250, 1993.
5. Noboru Mikami, "(Ba,Sr)TiO<sub>3</sub> Films and Process Integration for DRAM Capacitor", Advanced R&D Center, Mitsubishi Electric Corp. Tsukaguchi-Honmachi 8-1-1, Amagasaki, Japan.