

## 적층구조 BaTiO<sub>3</sub> 박막의 전기적 특성

송만호 · 윤기현

연세대학교 세라믹 공학과

(1996년 10월 22일 접수)

### Electrical properties of layered BaTiO<sub>3</sub> thin film

Man Ho Song and Ki Hyun Yoon

Department of Ceramics Engineering, Yonsei University

(Received October 22, 1996)

#### 요 약

다결정 BaTiO<sub>3</sub> 박막의 높은 유전상수와 비정질 BaTiO<sub>3</sub> 박막의 우수한 절연특성을 함께 지닌 적층구조 BaTiO<sub>3</sub> 박막을 제조하여 적층방법에 따른 전기적 특성을 비교, 평가하였다. BaTiO<sub>3</sub> 박막은 ITO 투명전도막이 입혀진 유리 기판위에 rf-magnetron sputtering 방법으로 형성하였으며 적층구조 BaTiO<sub>3</sub> 박막의 제조에는 다결정 BaTiO<sub>3</sub> 박막의 상부에 기판의 자연 냉각과정중에 비정질층이 형성되는 새로운 적층방법을 사용하였다. 이와 같이 제조된 적층박막은 다결정 BaTiO<sub>3</sub> 박막의 상부에 상온에서 비정질층을 형성시키는 일반적인 적층방법으로 제조한 적층박막에 비하여 높은 단위면적당 정전용량과 유전상수, 우수한 절연특성을 나타내었다. 일반적인 적층방법에 의하여 이 중층 구조가 형성되는 반면, 새로운 적층방법으로 제조된 적층박막은 AES depth profile 과 전기적 특성 분석을 통하여 비정질/microcrystalline/다결정 구조의 다층구조를 지닌 것으로 확인되었다.

#### ABSTRACT

The layered BaTiO<sub>3</sub> thin films with a high dielectric constant of polycrystalline BaTiO<sub>3</sub>, and a good insulating property of amorphous BaTiO<sub>3</sub> were prepared. And their electrical properties were characterized with stacking methods. The BaTiO<sub>3</sub> thin films were prepared by rf-magnetron sputtering technique using a ceramic target on Indium-doped Tin oxide coated glasses. A new stacking method resulted in higher dielectric constant, capacitance per unit area, and breakdown strength than those prepared by a conventional stacking method; the new method continuously decrease the substrate temperature after initial deposition of a polycrystalline BaTiO<sub>3</sub> layer. The observed high dielectric constant could be explained only by a multilayered amorphous/microcrystalline/polycrystalline structure, which was confirmed indirectly by AES depth profile.

**Key words :** Layered BaTiO<sub>3</sub> thin film, New stacking method, Multilayered structure.

#### 1. 서 론

Perovskite 구조의 재료들은 고집적, 대용량, 극초미세 전자소자에서 요구되는 다양한 조건을 만족시킬 수 있는 우수한 특성을 지닌 것으로 알려져 있다. 특히 박막 형태의 BaTiO<sub>3</sub>는 전자소자의 응용뿐만 아니라 물리적인 특성연구의 주요 대상이 되어왔다. 박막 형태의 BaTiO<sub>3</sub>는 bulk 재료와 마찬가지로 강유전성, 높은 유전상수, 우수한 광학적 특성을 가지고 있으며<sup>1,2)</sup> 대부분의 박막공정을 이용하여 제조할 수 있다.<sup>3,6)</sup> 현재 전자소자분야에서 주로 사용되는 절연, 유전박막으로는 SiO<sub>2</sub>,

Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, SiON 등이 있으며 정전용량을 증가시키기 위하여 박막의 두께 또는 형상을 제어하는 방법이 쓰이고 있으나 그 한계를 극복하기 위하여 고유전율을 지닌 새로운 물질 개발이 중요한 연구대상이 되고있다. BaTiO<sub>3</sub> 박막은 다결정과 비정질 상태로 나뉘어 연구되고 있으며 이와 같은 결정성의 차이는 증착시의 기판온도, 혹은 후열처리 온도에 의하여 결정된다.<sup>1)</sup> 절연특성이 우수한 비정질 상태의 BaTiO<sub>3</sub> 박막은 높은 전하저장능력 (charge storage capacitance)으로 인하여 관심의 대상이 되고 있다. 다결정 BaTiO<sub>3</sub> 박막은 비정질 형태에 비하여 10~100 배의 매우 높은 유전상수와 강유전성을 지

니고 있으나, 누설전류가 크고 절연파괴 강도가 낮은 문제점을 지니고 있다. 이와 같은 단점은 다결정 BaTiO<sub>3</sub> 박막을 박막형 집적회로에 응용하는데 있어 걸림돌이 되고 있다.

본 연구에서는 BaTiO<sub>3</sub> 박막을 실제로 전자소자에 응용하기 위한 한 방법으로 비정질/다결정 적층구조 Ba-TiO<sub>3</sub> 박막을 제조하여 다결정 및 비정질 BaTiO<sub>3</sub> 박막이 지닌 장점을 극대화하고 단점을 보완하였으며 적층구조 BaTiO<sub>3</sub> 박막을 구현하는데 있어 일반적인 적층방법과 새로운 적층방법을 사용하여 제조된 적층구조 BaTiO<sub>3</sub> 박막의 안정성을 평가하였다.

## 2. 실험

### 2.1. 시편제조

BaTiO<sub>3</sub> 박막은 rf-magnetron sputtering 장치를 사용하여 제조하였다. 기판으로는 면저항이 20 Ωcm 인 ITO (Indium-Tin oxide) 유리 (Corning 7059)를 사용하였으며 증착전에 메탄올, 아세톤, D.I. water 순으로 초음파 세척한 후 고순도 (6N) 질소를 사용하여 물기를 충분히 제거하여 사용하였다. 직경 4 인치, 두께 1/4 인치의 BaTiO<sub>3</sub> 세라믹 소결체(Cerac. Co. 순도 99.9%)를 타겟으로 사용하였으며 증착시 타겟에는 13.56 MHz 주파수의 rf-power 를 2.5 W/cm<sup>2</sup> 의 밀도로 인가하였다. 박막제조시 초기진공은 diffusion pump 와 rotary pump 를 함께 사용하여 3×10<sup>-6</sup> Torr 까지 배기하였으며 박막형성시의 플라즈마 압력은 4 mTorr로 유지하였다. 이때 Ar (6N) 기체와 함께 반응성 기체로 주입된 O<sub>2</sub> (4N)기체의 분압은 약 20% (P<sub>O<sub>2</sub></sub>/(P<sub>O<sub>2</sub></sub>+P<sub>Ar</sub>))로 하였다. 기판 가열용 히터에는 할로겐 램프를 사용하였으며 열전대(K-type)와 자동온도 조절기를 사용하여 기판온도를 제어하였다. 다결정 BaTiO<sub>3</sub> 박막은 550°C 의 기판온도에서 형성하였으며 비정질 BaTiO<sub>3</sub> 박막은 100°C 의 기판온도에서 증착하였다. 비정질/다결정 BaTiO<sub>3</sub> 적층구조 형성에는 기판의 자연냉각을 이용하는 방법과 550°C 의 기판온도에서 형성된 다결정 BaTiO<sub>3</sub> 층 상부에 100°C 에서 비정질층을 형성하는 두종류의 적층방법을 사용하였다. 본 연구에서 사용된 sputter 장비내의 기판온도는 다음식을 따라 자연냉각되는 것으로 확인되었다.

$$\frac{T(t) - T_{\infty}}{550 - T_{\infty}} = 1 - \exp[-C(t - 75)] \quad (2-1)$$

윗식에서 T 는 기판의 온도를 나타내며 t 는 기판가열용 히터의 전원을 차단한 후의 경과시간을 나타낸다. T<sub>∞</sub> 는 증착과정을 통하여 평형에 도달된 기판의 온도가

요업학회지

며 본 실험에서는 100°C 로 측정되었다. C 는 증착실내의 압력과 기판 holder 의 열용량에 의존하여 결정되는 상수로 0.043 의 값을 보였다. 비록, 위의 관계식이 본 실험에서 사용된 sputter 장비내에 위치한 기판의 자연냉각에 의하여 얻어진 결과이나, 기판의 냉각과정을 제어할 수 있는 sputtering 장비를 사용하여 위의 냉각과정을 재현할 수 있으며 이와 같은 적층방법은 다결정 BaTiO<sub>3</sub> 층과 비정질 BaTiO<sub>3</sub> 층간의 결정구조 불일치에 기인한 계면의 결합생성을 줄일 수 있을 것으로 생각되었다.

### 2.2. 측정

제조된 박막의 두께는 surface profilometer (TENCO alpha-step 200) 와 주사전자 현미경 (scanning electron microscopy; SEM, Hitachi S800)을 사용하여 측정하였다. 박막의 조성을 확인하기 위하여 auger electron microscopy (AES, Perkin-Elmer PHU670) 를 사용하였다. BaTiO<sub>3</sub> 박막의 표면 형상은 원자간력 현미경 (atomic forces microscopy; AFM) 을 사용하여 관찰하였다. BaTiO<sub>3</sub> 박막의 전기적 특성은 박막위에 직경 0.7 mm 크기의 원형 개구가 형성된 금속 마스크를 얹고 알루미늄 전극을 열 증착하여 ITO-BaTiO<sub>3</sub>-Al 구조의 MIM 도트를 형성하여 평가하였다. 유전특성은 IBM-PC 에 의해 자동 제어되는 impedance analyzer (HP 4192A)를 사용하여 측정하였으며 전류-전압 (I-V) 특성은 Keithely 237 source/measure unit 를 사용하여 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

Table 1 에 본 연구에서 제조한 다결정(두께 250 nm) 및 비정질(두께 300 nm) BaTiO<sub>3</sub> 박막의 유전특성을 요약하였다. 본 실험에서 제조한 비정질, 다결정 BaTiO<sub>3</sub> 박막의 조성과 타겟으로 사용한 세라믹 BaTiO<sub>3</sub> 와의 조성차이를 확인하기 위하여 먼저, 타겟을 AES 분석하여 얻어진 Ba, Ti, O 원자성분비를 증착된 박막에 대한 결과와 비교하였으며 그 결과를 Table 2 에 나타내었다.

Fig. 1 은 비정질(a,b), 다결정(c) BaTiO<sub>3</sub> 박막의 절연파괴된 모습을 나타낸 광학현미경 사진이다. 비정질 BaTiO<sub>3</sub> 박막은 전역영역에서 치명적인 절연파괴가 발생하기 이전에 증착시 형성된 외부적인 결함에 의하여 자기치유 모드의 절연파괴가 국부적인 영역에서 발생하며 (Fig. 1-a) 박막전체의 절연파괴는 자기치유 모드로 절연파괴된 영역으로 부터 시작되는 전파모드의 절연파괴에 의하여 발생되는(Fig. 1-b) 것으로 확인되었다. 반면,

다결정 BaTiO<sub>3</sub> 박막은 외부적인 결함에 의하여 바로 전파모드의 절연파괴가 시작되어 박막의 전 영역으로 확장되어 가는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같이 다결정 BaTiO<sub>3</sub> 박막에서 관찰되는 전파모드의 절연파괴는 다결정 BaTiO<sub>3</sub> 박막을 사용하여 제조된 소자가 BaTiO<sub>3</sub> 박막의 증착중에 형성된 미세한 결함에 의해서도 치명적으로 파괴될 수 있다는 사실을 의미한다.

Fig. 2 는 각각 다결정(p-BT), 비정질(a-BT) BaTiO<sub>3</sub> 박막의 전류밀도-적류전기장(J-E) 특성으로서 P-BT 는 A-BT 에 비하여 매우 높은 누설전류값을 보인다. 비정질 BaTiO<sub>3</sub> 박막의 I-V 결과는 전형적인 Ohmic 거동을

**Table 1.** Dielectric Properties of a Polycrystalline and an Amorphous BaTiO<sub>3</sub> thin Films Prepared in This Work.

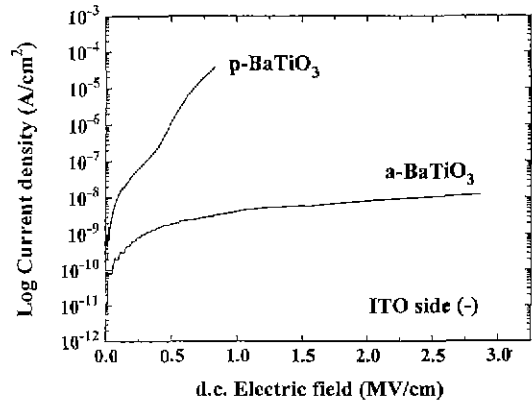
	Polycrystalline BaTiO <sub>3</sub> thin film	Amorphous BaTiO <sub>3</sub> thin film
Dielectric constant ( $\epsilon_r$ ) @ 1 KHz	140	17.1
Tan $\delta$ @ 1 KHz	0.056	0.003
Capacitance/Area ( $10^5$ pF/cm <sup>2</sup> )	6.9	0.52

**Table 2.** Comparison of Ba, Ti and O Content in Amorphous and Polycrystalline BaTiO<sub>3</sub> Thin Films and in Target.

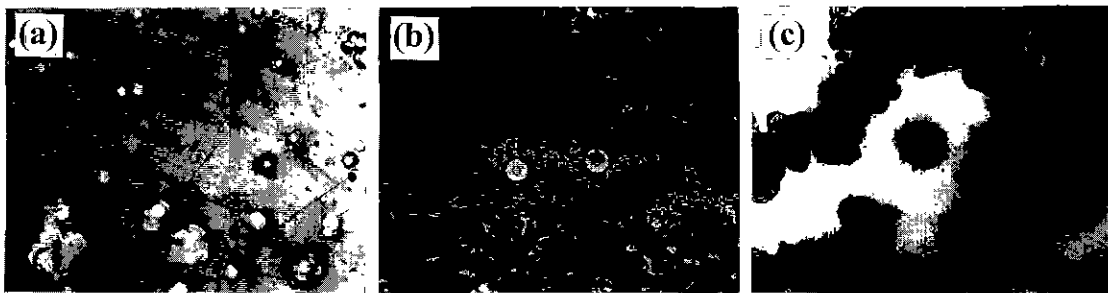
Relative Content (in thin film/ in target)	Amorphous BaTiO <sub>3</sub> thin film	Polycrystalline BaTiO <sub>3</sub> thin film
Ba	20.02/20	19.87/20
Ti	19.99/20	20.15/20
O	59.99/60	59.98/60

보이며 이로부터 비정질 BaTiO<sub>3</sub> 박막은 고전압에서 추가적인 전도전자가 발생되지 않고 전압증가에 따라 전자들의 속도만이 증가하고 있음을 알 수 있다. p-BT 와 a-BT 의 J-E 특성, 즉 절연성에서 큰 차이가 나타나는 이유는 결정성 차이에 의하여 고전압에서 전도전자의 발생근원, 즉 전도기구가 다르기 때문이다.

고전압에서의 전도기구는 크게 전극 제한적(Electrode limited) 과정과 내부 제한적(Bulk limited)과정으로 나뉘어 진다.<sup>7,8)</sup> 위의 두 가지 전도과정 모두 인가 전압과 온도 의존성에 따라 이론적인 분석이 가능하며 그 결과가 실험적으로 규명되어 있다. I-V 분석을 통하여 절연체내의 전도기구는 실험적으로 규명이 가능한 것으로 알려져 있다.<sup>9)</sup> Fig. 3 은 다결정 BaTiO<sub>3</sub> 박막의 I-V 측정 결과를 Electrical field: E<sup>1/2</sup> vs. Log(Current density:J/Electrical field:E) 의 관계로 나타낸 것으로 그림에서 보여지는 직선성은 고전압하에서 Poole-Frenkel 전도가 발생하고 있음을 의미한다. Fig. 4 에 다결정 BaTiO<sub>3</sub> 박막의 J-E 결과와 이론적인 Poole-Frenkel 전도 곡선을 함께 나타내었다. Ohmic 거동을



**Fig. 2.** Current density-electric field(J-E) characteristics of amorphous and polycrystalline BaTiO<sub>3</sub> thin films.



**Fig. 1.** Photographs of failed surface of amorphous (a and b) and polycrystalline (c) BaTiO<sub>3</sub> thin films.

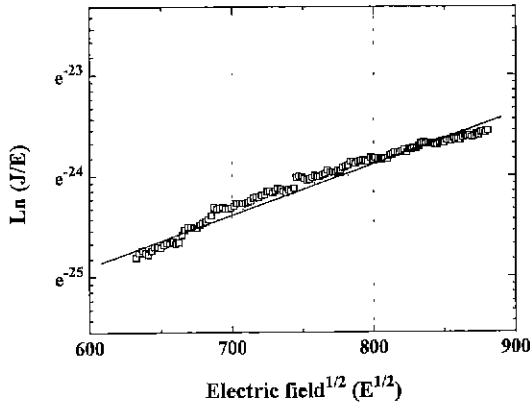


Fig. 3. Poole-Frenkel plot of polycrystalline BaTiO<sub>3</sub> thin film.

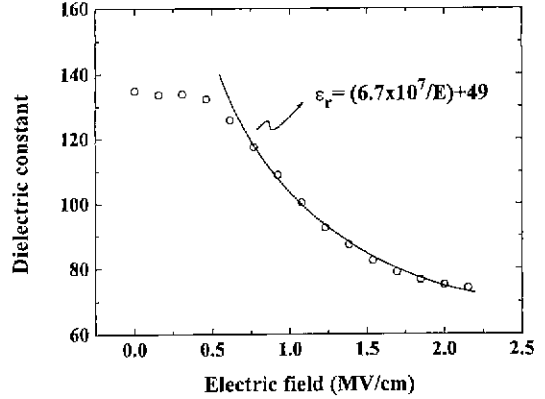


Fig. 5. Change in dielectric constant of polycrystalline BaTiO<sub>3</sub> thin film with d.c. electric field.

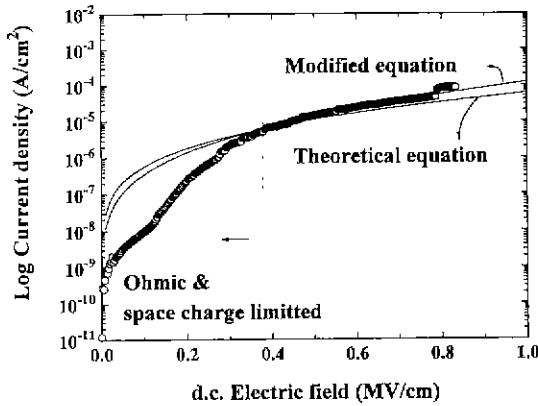


Fig. 4. Modified Poole-Frenkel conduction of polycrystalline BaTiO<sub>3</sub> thin film.

전압 인가 초기에 관찰되며 이로부터 다결정 BaTiO<sub>3</sub> 박막의 전하차단막으로의 역할이 매우 제한적임을 알 수 있다. 이론적인 Poole-Frenkel 전도식에는 아래 식에서와 같이 시편의 유전상수와 온도에 의존하는 Poole-Frenkel 상수( $\beta$ )가 포함되며  $\beta$ 값에 따라 I-V 곡선의 모양이 다소 차이를 보이게 된다.

$$J = J_0 \exp \left\{ \frac{\beta E^{1/2}}{kT} \right\} \quad (2-2)$$

$$\beta = \left\{ \frac{q^3}{\pi \epsilon} \right\}^{1/2} \quad (2-3)$$

윗식에서  $q$ 와  $\epsilon$ 는 각각 전자의 전하량과 전도체의 유전상수를 의미한다. Fig. 4에 나타낸 이론적인 Poole-Frenkel 전도 곡선은 impedance 분석기로 1

KHz에서 측정된 다결정 BaTiO<sub>3</sub> 박막의 유전상수, 140 과 상온(300 K)을 대입하여 계산된 값을 사용하여 얻어진 결과이며 실제 측정된 J-E 곡선과 약간의 차이를 보인다.

이론적인 Poole-Frenkel 전도식은 시편의 유전상수가 인가된 전압에 무관하다는 가정을 포함하고 있다.<sup>8)</sup> 그러나, 다결정 BaTiO<sub>3</sub> 박막은 누설전류 발생에 의한 속박전하(bound charge)의 손실이 발생하여 Fig. 5에서와 같이 전압에 따라 유전상수가 감소하는 경향을 보인다. 이와 같은 유전상수의 변화는 본 실험에서의 경우, 아래식에 의하여 표현될 수 있으며 이를  $\beta$ 에 대입하여 수정된 Poole-Frenkel 전도식은 Fig. 4에서와 같이 실험결과와 매우 잘 일치함을 확인하였다.

$$\epsilon_r = \frac{6.23 \times 10^7}{E} + 49 \quad (2-4)$$

다결정 BaTiO<sub>3</sub> 박막에서 Poole-Frenkel 전도가 발생하고 있다는 사실은 다결정 BaTiO<sub>3</sub> 박막내에 많은 수의 trap이 존재하며 전기장에 의하여 이들 trap에 속박되어 있던 전자가 전도대로 여기하고 있음을 보여준다. 이와 같은 trap의 근원은 다결정 구조를 이루는 입계(grain boundary)와 증착후 냉각과정중에 야기된 내부 응력에 의한 결정장(crystal field)의 변화에 기인하는 것으로 생각된다. 이상은 다결정 BaTiO<sub>3</sub> 박막이 고전압에서 전하 차단층으로의 역할을 수행할 수 없으며 오히려 유동전하의 생성을 야기할 수 있다는 사실을 의미하는 결과로서 본 연구에서 제조한 다결정 BaTiO<sub>3</sub> 단일박막은 높은 유전상수에도 불구하고 전자소자용 유전박막으로는 적합하지 않음을 알 수 있다.

다결정 BaTiO<sub>3</sub> 박막의 위와 같은 단점을 보완하고자 본 연구에서 제조한 두종류의 적층구조 BaTiO<sub>3</sub> 박막은

180 nm 두께의 동일한 하부 다결정 BaTiO<sub>3</sub> 층을 포함하고 있다. 기관의 자연냉각을 이용하여 형성된 적층박막(L1-BT)은 240 nm 두께로 형성하였으며 일반적인 적층방법으로 형성된 적층박막(L2-BT)은 L1-BT 박막과 동일한 정전용량을 지니도록 210 nm 두께로 형성하였다. Fig. 6 에 L1-BT 박막과 L2-BT 박막의 I-V 특성을 함께 나타내었다. 절연과괴가 발생하기 전까지의 누

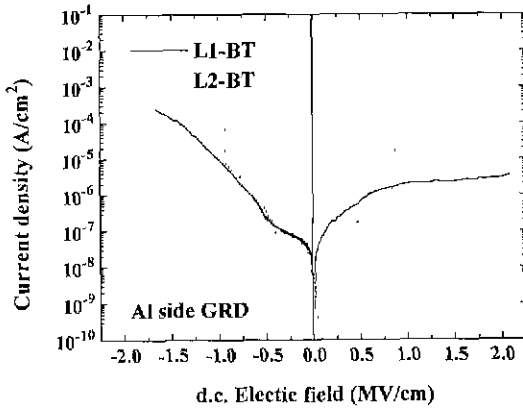


Fig. 6. Current density-electric field(J-E) curves of L1-BT and L2-BT thin films.

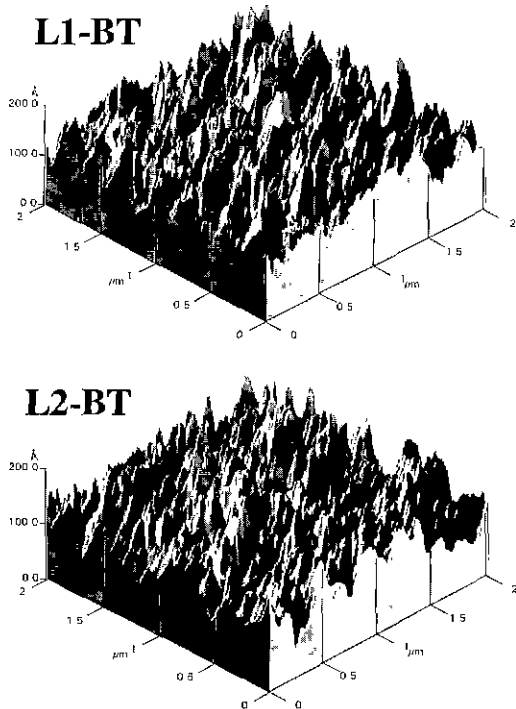


Fig. 7. Surface AFM images of L1-BT and L2-BT thin films.

설전류 특성에서는 두 종류의 적층구조 박막에서 큰 차이를 보이지 않는 것을 확인할 수 있었으나, L2-BT 박막에서는 인가전압의 극성에 관계없이 1 MV/cm 이전의 전압에서 절연과괴되는 현상을 관측할 수 있었다. 인가전압의 극성 (polarity)에 따라 적층박막의 J-E 특성이 서로 다른 것을 확인할 수 있으며 적층구조 박막이 ITO 전극과 인접한 면에는 다결정 BaTiO<sub>3</sub> 층이, Al 전극과 인접한 면에는 비정질 BaTiO<sub>3</sub> 층이 형성되어 있는 비대칭적 MIM 구조에 기인한 것으로 생각된다. ITO 전극에 (-) 전압이 인가되는 경우, 다결정 BaTiO<sub>3</sub> 층으로 주입된 전자가 비정질 BaTiO<sub>3</sub> 층에 의하여 차단되는 반면, Al 전극에 (-) 전압이 인가되는 경우에는 인접한 비정질 BaTiO<sub>3</sub> 층에 의하여 효과적으로 전자의 주입이 차단되는 것으로 생각할 수 있다. 이와 같은 결과는 고전압 인가시 다결정 BaTiO<sub>3</sub> 박막에서 관측되는 높은 누설전류가 박막내부의 trap 에서 열적 활성화된 전자들뿐 아니라 전극으로부터 직접 주입된 전자들에 의하여 발생할 수 있다는 사실을 보여준다.

Fig. 7 는 I-V 측정에 사용된 L1-BT 와 L2-BT 박막의 표면 형상을 보여주는 AFM 결과이다. 박막의 표면에 형성된 굴곡부위에는 국부적인 전압집중이 발생되어 절연과괴를 가속화시킬 수 있다. 위의 두 박막에서 관찰되는 거의 동일한 표면 거칠기는 절연과괴 강도의 차이가 표면형상의 차이에 의한 것이 아님을 보여준다. I-V 결과에서 관찰되는 절연특성의 차이는 L1-BT 박막과 달리, L2-BT 박막의 경우에는 다결정 층과 비정질 층의 계면에서 결정구조의 급격한 변화로 인하여 유발된 결합이 절연과괴를 가속화시킨 결과로 생각된다. Fig. 8 은 새로운 적층방법으로 제조한 L1-BT 박막의 AES 분석 결과로서 ITO 전극에 인접한 다결정 BaTiO<sub>3</sub> 층과 상부의 BaTiO<sub>3</sub> 층 사이에 조성의 변화가 연속적으로 나타나는 전이영역 (transition region) 이 존재하고 있음을 확인할 수 있었다. 이와 같은 전이영역은 적층박막 형성

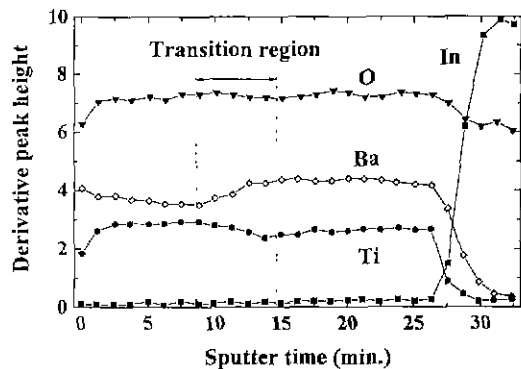


Fig. 8. AES in-depth profile for the L1-BT thin film.

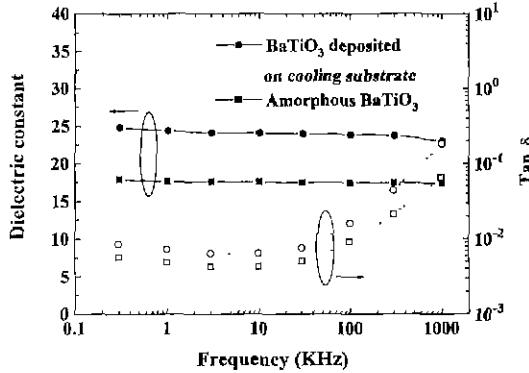


Fig. 9. Dielectric properties of 60 nm-thick BaTiO<sub>3</sub> thin film deposited during the continuous cooling of substrate.

Table 3. Electrical Properties of Layered BaTiO<sub>3</sub> thin Films.

	L1-BT	L2-BT
Capacitance/Area (10 <sup>5</sup> pF/cm <sup>2</sup> )	4.81	4.76
Dielectric constant (ε <sub>r</sub> )	130.1	112.9
Breakdown field (MV/cm)	>2.2	1.1

시의 기판온도 변화를 고려할 때 microcrystalline 형태의 BaTiO<sub>3</sub> 층으로 생각된다. Microcrystalline 형태의 BaTiO<sub>3</sub> 층이 완충층으로 존재하는 다층구조의 L1-BT 박막에서는 결정구조의 급격한 변화를 줄일 수 있으므로 고전압에서 L2-BT 박막에 비하여 상대적으로 안정된 I-V 특성을 보이는 것으로 생각된다. Fig. 9 에 다결정 BaTiO<sub>3</sub> 층의 형성없이 550°C 의 기판온도에서 자연 냉각과정중에만 증착된 60 nm 두께의 BaTiO<sub>3</sub> 박막과 100°C 의 기판온도에서 형성된 비정질 BaTiO<sub>3</sub> 박막 (300 nm)의 주파수에 따른 유전특성을 나타내었다. 기판온도의 자연 냉각과정중에 형성된 BaTiO<sub>3</sub> 박막은 비정질 BaTiO<sub>3</sub> 단일박막에 비하여 높은 유전상수를 보이며 유전손실은 비정질 BaTiO<sub>3</sub> 박막과 거의 유사함을 알 수 있다. 앞서 보고한 바에 따르면<sup>10)</sup> 60 nm 두께의 비정질 BaTiO<sub>3</sub> 박막은 약 13 의 낮은 유전상수와 0.1 의 높은 유전손실을 보인다. 이상으로부터 L1-BT 박막내의 다결정 BaTiO<sub>3</sub> 층 상부에 형성된 BaTiO<sub>3</sub> 층은 동일한 두께의 비정질 BaTiO<sub>3</sub> 에 비하여 우수한 유전특성을 지닌 것을 알 수 있다. Table 3 에 나타낸 L1-BT 와 L2-BT 의 전기적 특성에서 알 수 있듯이 L1-BT 박막은 유

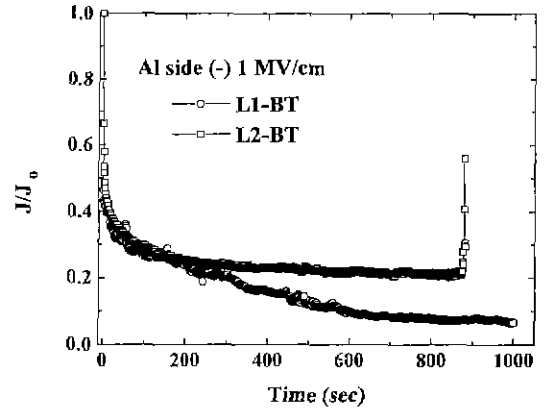


Fig. 10. Change in current density of L1-BT and L2-BT thin films with the acceleration time.

전 및 절연특성면에서 L2-BT 에 비하여 매우 우수함을 알 수 있다.

Fig. 10 는 1 MV/cm 의 직류 전기장을 인가하여 시간에 따른 누설전류의 변화를 나타낸 것이다. 전압인가 초기의 절연특성은 적층구조에 따라 큰 차이를 보이지 않았으나, L2-BT 박막은 고전기장에서 수십분안에 절연파괴가 발생하는 것으로 확인되었다. 이는 Fig. 6 의 결과와 함께 계면에서 결정구조의 급격한 변화를 줄인 다층구조 L1-BT 박막의 우수한 절연특성을 보여준다.

본 연구에서는 I-V 측정을 통하여 적층구조 BaTiO<sub>3</sub> 박막의 단시간적인 절연강도 및 신뢰성을 비교, 평가하였으며, 향후에는 절연파괴의 시간의존성(Time dependent dielectric breakdown) 측정을 통한 적층구조 BaTiO<sub>3</sub> 박막의 수명을 예측하여 보다 신뢰성 있는 결과를 제시할 것이다.

#### 4. 결 론

전자소자에서 요구되는 고유전율과 우수한 절연특성을 동시에 가지는 절연박막을 구현하기 위하여 비정질 BaTiO<sub>3</sub> 층을 다결정 BaTiO<sub>3</sub> 층위에 형성시킨 적층구조 BaTiO<sub>3</sub> 박막을 제조하였다. 기판의 자연냉각을 이용하여 적층구조를 형성하는 경우에 일반적인 적층방법, 즉 다결정 BaTiO<sub>3</sub> 층위에 상온에서 비정질 BaTiO<sub>3</sub> 층을 형성하는 적층방법으로 형성한 이중층구조와는 달리 비정질/microcrystalline/다결정의 다층구조를 지니는 것으로 확인되었다. 비정질 BaTiO<sub>3</sub> 층 과 다결정 BaTiO<sub>3</sub> 층 사이에 microcrystalline 완충층을 포함하고 있는 다층구조 BaTiO<sub>3</sub> 박막은 이중층구조 BaTiO<sub>3</sub> 박막에 비하여 우수한 유전 및 절연특성을 나타내며 20 μc/cm<sup>2</sup> 이상의 높은 성능지수를 보이는 것으로 확인되었다.

## REFERENCES

1. A. B. Kaufman, "Ferroelectric Memories for Security and Identification Purposes," IEEE Trans. Electron Devices **ED16**, 562 (1969).
2. N. F. Borelli and M. M. Layton, "Electrooptic Properties of Transparent Ferroelectric Glass-Ceramic Systems," IEEE Trans. Electron Devices **ED16** 511 (1969).
3. Y. Shintani and O. Tada, "Preparation of Thin BaTiO<sub>3</sub> Films by dc Diode Sputtering," *J. Appl. Phys.*, **41**(6), 2376 (1970).
4. I. H. Pratt and S. Firestone, "Fabrication of rf-Sputtering Barium Titanate Thin Films." *J. Vac. Sci. and Technol.*, **8**(1), 256(1971).
5. B. S. Kwak, K. Zhang, E. P. Boyd, A. Erbil and B. J. Wilkens, "Metalorganic chemical Vapor deposition of BaTiO<sub>3</sub> thin films," *J. Appl. Phys.*, **69**(2), 767 (1991).
6. H. Nakazawa, H. Yamane and T. Hirai, "Metalorganic Chemical Vapor Deposition of BaTiO<sub>3</sub> Films on MgO (100)," *Jpn J. Appl. Phys.*, **30**(9B), 2200 (1991).
7. D. R. Lamb, "Electrical conduction mechanisms in Thin Insulating Films," McGraw-Hill, New York, 1969.
8. J. J. O'Dwyer, "The Theory of Electrical and Breakdown in Solid Dielectric," Carendon Press, Oxford, 1973.
9. Milton Ohring, "The Material Science of Thin Films," Academic Press, San Diego, (1992).
10. M. H. Song, Y. H. Lee, T. S. Hahn, M. H. Oh and K. H. Yoon. "Characteristics of Amorphous/polycrystalline BaTiO<sub>3</sub> Double layer Thin Films with high performance prepared by a new stacking method and its application on AC TFEL Device," *J. Kor. Cera. Soc.*, **32**(7), 761 (1995).