

새로운 적층방법으로 제조된 고품위 비정질/다결정 BaTiO₃ 적층박막의 특성과 교류 구동형 박막 전기 발광소자에의 응용

송만호 · 이윤희 · 한택상 · 오명환 · 윤기현*

한국과학기술연구원 정보전자 연구부

*연세대학교 세라믹 공학과

(1995년 2월 9일 접수)

Characteristics of Amorphous/Polycrystalline BaTiO₃ Double Layer Thin Films with High Performance Prepared New Stacking Method and its Application to AC TFEL Device

Man-Ho Song, Yun-Hi Lee, Taek-Sang Han, Myung-Hwan Oh and Ki-Hyun Yoon*

Division of Electronics and Information Technology, KIST

*Dept. of Ceramics Eng., Yonsei University

(Received February 9, 1995)

요 약

저전압 구동이 가능한 교류 구동형 박막전기발광소자(TFELD)를 구현하기 위하여 우수한 절연성과 유전성을 갖는 적층구조의 BaTiO₃ 절연박막을 제조하였다. BaTiO₃ 박막은 rf-magnetron sputtering 방법으로 제조하였으며 증착시의 기판온도를 상온과 550°C로 유지하여 비정질, 다결정상의 BaTiO₃ 박막을 제조하였다. 다결정 BaTiO₃ 박막은 유전특성면에서 우수한 특성을 가지며 비정질 박막은 절연특성이 우수한 것으로 나타났다. 새로운 적층 방법을 이용하여 다결정 BaTiO₃ 박막의 상부에 비정질 BaTiO₃ 층을 적층한 이중층구조의 BaTiO₃ 박막은 높은 유전상수와 우수한 절연 특성을 동시에 나타내었다. 다결정 BaTiO₃의 경우 성능지수는 8.43 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 으로 측정되었으며 전류-전압(I-V), 이동전하량-전압(Q-V) 특성평가 결과 0.5 MV/cm 이상의 고전계 인가시에는 누설전류가 매우 높게 나타났다. 비정질/다결정 적층구조의 BaTiO₃는 약 20 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 이상의 성능지수를 가지며 0.3 MV/cm 크기의 인가전기장에서 2.5×10^{-8} A/cm²의 저누설전류 특성을 보일 뿐만 아니라 고전압 교류전기장에서의 이동전하량도 다결정 BaTiO₃에 비하여 크게 감소시킬 수 있다는 사실이 확인되었다. 비정질/다결정 적층구조의 BaTiO₃를 사용하여 제조한 TFEL 소자의 구동전압은 비정질 BaTiO₃를 사용하는 경우보다 50 V 이상 감소하는 효과를 얻을 수 있었으며 포화휘도는 약 220 cd/m²를 나타내었다.

ABSTRACT

Double layered BaTiO₃ thin films with high dielectric constant as well as good insulating property were prepared for the application to low voltage driving thin film electroluminescent (TFEL) device. BaTiO₃ thin films were formed by rf-magnetron sputtering technique. Amorphous and polycrystalline BaTiO₃ thin films were deposited at the substrate temperatures of room temperature and 550°C, respectively. Two kinds of films prepared under these conditions showed high resistivity and high dielectric constant. The figure of merit ($=\epsilon_r \times E_{bd}$) of polycrystalline BaTiO₃ thin film was very high (8.43 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$). The polycrystalline BaTiO₃ showed a substantial amount of leakage current (I), under the high electric field above 0.5 MV/cm. The double layered BaTiO₃ thin film, i.e. amorphous BaTiO₃ layer coated polycrystalline BaTiO₃ thin film, was prepared by the new stacking method and showed very good dielectric and insulating properties. It showed a high dielectric constant of 95 and leakage current density of 25 nA/cm² (0.3 MV/cm) with the figure of merit of 20 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$. The leakage current density in the double layered BaTiO₃ was much smaller than that in polycrystalline BaTiO₃ under the high electric field. The saturated brightness of the devices using double layered BaTiO₃ was about 220 cd/m². Threshold voltage of TFEL devices fabricated on double layered BaTiO₃ decreased by 50 V compared

to the EL devices fabricated on amorphous BaTiO₃.

Key words: BaTiO₃ thin film, Double layer, New stacking method. High dielectric constant, Low leakage current density, TFEL device

1. 서 론

ABO₃ (A=Ba, Ca, Sr, Pb; B=Ti, Zr) 구조의 페로브스카이트 재료들은 고집적, 대용량, 극초미세 전자소자에서 요구되는 다양한 조건을 만족시킬 수 있는 우수한 특성을 지닌 것으로 알려져 있다. 특히 박막 형태의 BaTiO₃는 전자소자에의 응용뿐만 아니라 물리적인 특성연구의 주요 대상이 되어왔다. 박막 형태의 BaTiO₃는 bulk 재료와 마찬가지로 강유전성, 높은 유전상수, 우수한 광학적 특성을 가지고 있으며 대부분의 박막공정을 이용하여¹⁻⁴⁾ 제조할 수 있다. 현재 전자소자분야에서 주로 사용되는 절연, 유전박막으로는 SiO₂, Si₃N₄, 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 되고 있다. 특히 평판 표시소자(Flat panel display)의 일종인 교류 구동형 전기발광소자(TFELD; thin film electroluminescent display)의 경우도 고품위의 유전박막 개발이 절실히 요구되는 분야이다. TFEL 소자는 다른 평판표시소자에 비하여 매우 우수한 표시특성을 가지고 있음에도 불구하고 높은 구동전압으로 인하여 배터리 동작이 불가능하므로 휴대용 각종 컴퓨터나 단말기 등과 같은 분야에서는 사용이 제한되고 있다. 상·하부 유전박막 사이에 발광막이 위치하는 구조를 가진 TFEL 소자의 성능과 동작 신뢰도는 절연박막의 특성에 크게 좌우된다. TFEL 소자의 구동시 1~2 MV/cm의 높은 전기장이 발광막에 인가되며 이때 상·하부의 절연막은 발광막의 급격한 절연 파괴를 방지하기 위한 전류 제한자로서 거동한다. EL 소자용 절연박막의 품위는 유전상수와 항복전기장 세기의 곱으로 주어지는 성능지수 값으로 평가되며 EL 소자에 사용되기 위해서는 발광막의 성능지수인 1.8 μC/cm²의 3배 이상의 값이 요구된다⁵⁾. 또한 TFEL 소자는 전기적으로 용량소자이므로 전기장 인가시 각 층의 정전용량의 역수에 비례하여 전압이 분배된다. 따라서 소자의 구동전압을 낮추기 위해서는 유전상수가 큰 절연박막을 사용하여야 한다. 기존의 TFEL 소자용 절연박막으로는 절연 파괴강도가 우수한 Si₃N₄를 비롯하여 Y₂O₃, Ta₂O₅, SiON 등의 단일 박막이 사용되어 왔다⁶⁾. 이들 박막을 사용하여 제조된 소자의 경우 150~200 volt의 구동전압을 보이며 이를

낮추기 위해서는 보다 높은 유전상수를 가지는 물질을 사용하는 것이 바람직하다.

BaTiO₃ 박막은 다결정 상태로 형성되면 매우 높은 유전상수를 가지는 반면 비정질 상태에서는 절연특성이 우수한 것으로 알려져 있다^{7,8)}. 본 실험에서는 고유전율 재료인 BaTiO₃를 TFEL 소자에 직접 적용할 수 있는지의 여부를 평가하기 위하여 다결정 BaTiO₃ 박막과 비정질 BaTiO₃ 박막에 대한 전기적인 특성을 측정하였다. 또한, TFEL 소자에서 요구하는 높은 유전상수와 우수한 절연특성을 지닌 박막을 구현하기 위하여 기판 온도의 자연냉각을 이용한 새로운 적층방법으로 형성한 비정질/다결정 BaTiO₃ 이중층구조의 절연박막을 제조하여 이의 전기적 특성을 평가하였으며 이를 이용한 TFELD를 구현하여 구동전압과 휘도변화를 관찰하였다.

2. 실험

BaTiO₃ 박막은 rf-magnetron sputtering 방법으로 제조하였다. 기판으로는 ITO가 코팅된 유리(Corning 7059)를 사용하였으며 증착전에 메탄올, 아세톤, D.I. water 순으로 초음파 세척한 다음 고순도 질소를 사용하여 물기를 충분히 제거한 후 사용하였다. 직경 4인치, 두께 1/4인치의 BaTiO₃ 세라믹 소결체(Cerac. Co. 순도 99.9%)를 타겟으로 사용하였으며 증착시 타겟에 인가된 rf-power 밀도는 2.5 W/cm²이었다. 박막제조시 초기진공은 3×10⁻⁵ torr, 박막형성시의 플라즈마 압력은 8 mtorr로 유지하였으며 반응기체로 주입된 산소분압은 약 10%로 하였다. 다결정질 BaTiO₃ 박막(p-BT)과 비정질 BaTiO₃ 박막(a-BT)제조시의 기판온도는 각각 550°C, 상온으로 유지하였다. a-BT/p-BT 적층구조의 BaTiO₃ 박막은 Fig. 1과 같이 기판온도의 자연냉각을 이용하여 형성하였다. 먼저 기판온도를 550°C로 고정하여 원하는 두께의 p-BT 층을 형성한 후 기판 가열용 램프에 입력되는 전원을 차단하고 이후 계속하여 BaTiO₃ 막이 증착되도록 하였으며 증착 종료시 기판의 온도는 270°C였다. 이와같은 적층박막 제조방법은 p-BT 층을 형성한 후 기판온도를 상온으로 내리고 a-BT를 형성하는 경우에 쉽게 발생할 수 있는 결정구조 불일치에 기인한 계면의 결합생성을 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

제조된 박막의 두께는 TENCO α-200 model의 sty-

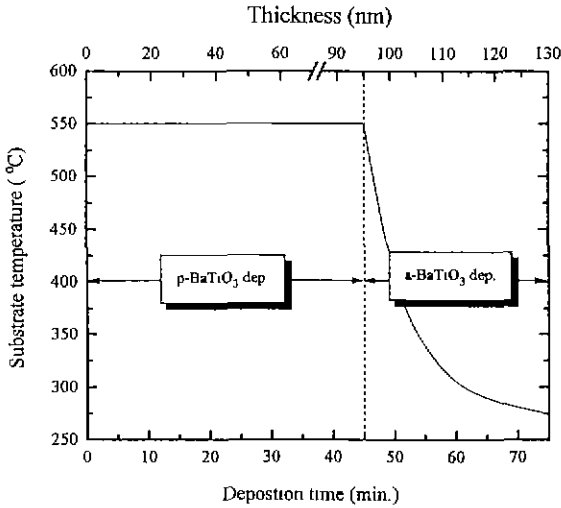


Fig. 1. Heating schedule of substrate for amorphous/poly-crystalline BaTiO₃ double layer thin films.

luse와 주사전자현미경(SEM)을 사용하여 측정하였다. 박막의 결정상을 조사하기 위하여 X-선 회절 분석 실험을 하였다. BaTiO₃ 박막위에 원형의 개구가 형성된 금속 마스크를 없애고 알루미늄 전극을 열 증착하여 ITO-BaTiO₃-Al 구조의 MIM 도트를 형성한 후 전기적 특성을 평가하였다. 유전특성은 IBM-PC에 의해 자동 제어되는 impedance analyzer를 사용하여 측정하였으며 전류-전압(I-V) 특성은 HP 4140B pA meter/dc volt source로 측정하였다. 고전압 교류 전기장하에서의 전기적 성질을 측정하기 위하여 Sawyer-Tower 회로를 구성하고 여기에 MIM 시편을 연결하였다. 전기장을 인가하여 얻어지는 Q-V loop는 디지털 스토리지 오실로스코프(금성사 VC-6275)로 관측하고 이를 HP-plotter(7475A)를 사용하여 출력할 수 있도록 구성하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. TFEL 소자용 절연박막으로서의 BaTiO₃

본 실험에서 제조한 다결정 BaTiO₃ 박막은 550°C의 기판온도에서 형성되었으며 Fig. 2는 제조된 박막의 X-선 회절 결과이다. 정방정 구조 박막의 경우 일반적으로 관측되는 (110), (101) 회절선의 분리가 관찰되지 않으며 이로부터 제조된 박막은 입방정 형태의 결정구조를 가지고 있다는 것을 알 수 있다. BaTiO₃ 박막을 이루는 입자 내부에는 박막의 두께 또는 입자크기에 반비례하여 증가하는 응력이 발생되며 이로 인하여 두께가 약 3000

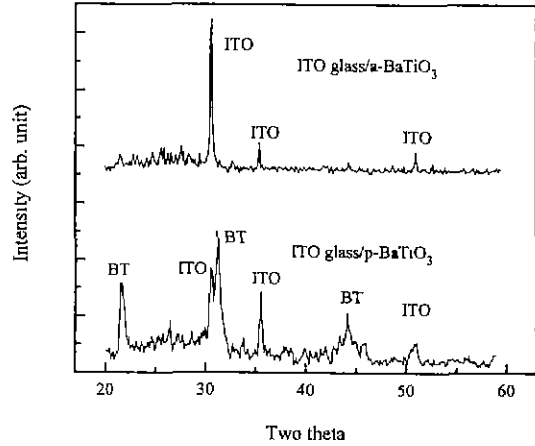


Fig. 2. XRD patterns of BaTiO₃ thin films deposited at room temperature and 550°C.

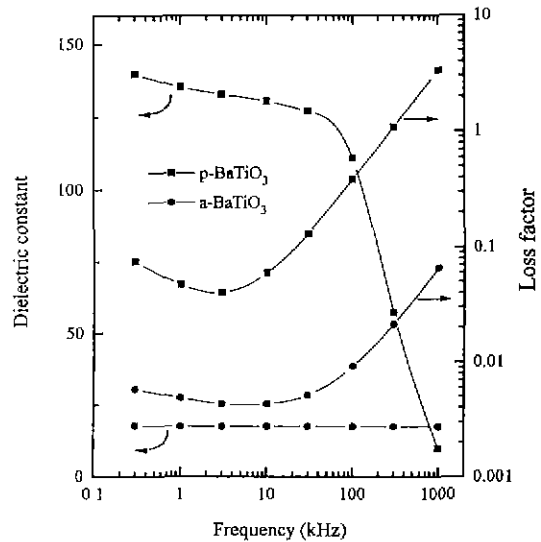


Fig. 3. Dielectric constant and loss of BaTiO₃ thin films with frequency.

~5000 Å 이하인 BaTiO₃ 박막의 경우 냉각시 정방정로의 전이가 억제된다고 보고된 바 있다⁹⁾. 본 실험에서 제조한 다결정 BaTiO₃ 박막의 두께는 약 1300 Å로 앞서 언급한 원인에 의하여 상온에서 입방정 구조를 보이는 것으로 생각된다.

기판의 온도를 각각 550°C와 상온으로 고정하고 제조한 BaTiO₃ 박막은 유전상수 및 손실특성에서 큰 차이를 나타내고 있으며 이는 결정구조의 차이에 기인한 것이다. 다결정 BaTiO₃ 박막(p-BT)은 Fig. 3에서 볼 수 있듯이

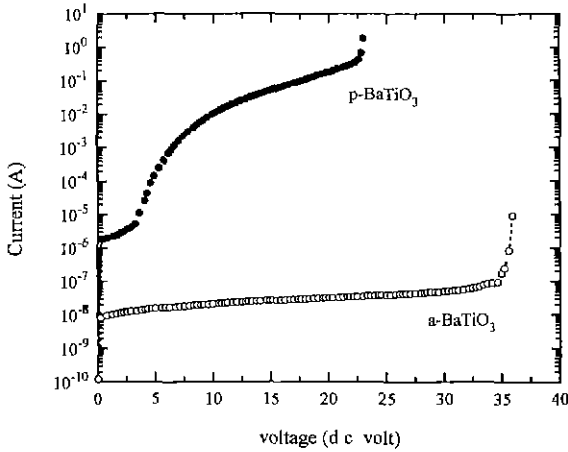


Fig. 4. I-V (current-voltage) characteristics of BaTiO₃ thin films.

100 kHz 이상의 주파수에서 쌍극자 완화 현상에 의한 유전상수의 감소를 보이며 이와 같은 현상은 영구 쌍극자를 갖는 유전체에서 일반적으로 관측되는 현상이다. p-BT는 TFEL 소자의 실제 구동조건인 10 kHz 이하에서 비정질 BaTiO₃ 박막(a-BT)에 비하여 7배 이상의 매우 높은 유전상수를 갖는다.

이상의 결과로부터 기존에 사용되고 있는 TFEL 소자용 절연 박막을 다결정 BaTiO₃로 대체할 경우 절연 박막에 의한 전압 강하를 1/10 이상 감소시킬 수 있을 것으로 생각된다.

원자분극(atomic polarization)에 의한 기여만을 가지고 있는 a-BT의 경우 300 Hz~1 MHz에서 유전손실은 거의 무시할 수 있는 것으로 알려져 있다. 본 실험에서는 10 kHz 이상에서 급격한 손실 증가현상이 관측되었으며 이는 시편과 측정 탐침간의 접촉 저항에 의한 것으로 생각되어진다. p-BT의 경우에도 쌍극자의 완화에 의한 손실 증가가 이러한 영향과 함께 나타났다고 볼 수 있다. Fig. 3에 보이는 바와 같이 p-BT는 a-BT에 비하여 매우 높은 유전손실을 보이지만 절연박막의 종류와 결정구조에 따라서 손실을 유발하는 원인이 서로 다르므로 유전손실만으로는 두 박막의 절연성을 판단할 수 없다. TFEL 소자의 안정성이라는 측면에서 유전손실은 중요한 변수가 될 수 있으며 본 실험에서 제조한 a-BT의 유전손실은 실제 TFEL 소자용 절연 박막으로 사용되고 있는 비정질 Si₃N₄, SiO₂, Al₂O₃ 박막의 유전 손실과 거의 유사한 값을 보인다.

일반적으로 누설전류에 의한 유전손실은 100 Hz 이하의 주파수 범위에서 발생하는 것으로 알려져 있다¹⁰⁾.

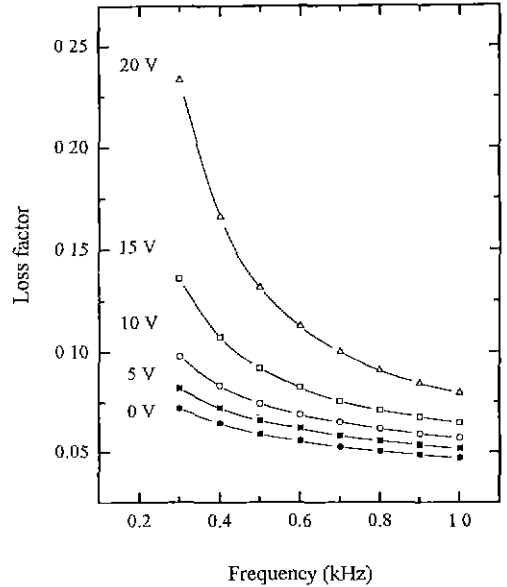


Fig. 5. Dielectric loss of poly-BaTiO₃ thin film with frequency and d.c. bias.

그러나 이와 같은 결과는 소신호의 교류 전압을 인가하여 측정된 결과이므로 실제 TFEL 소자의 구동조건인 고전압(1 MV/cm 이상)의 교류 전기장 인가시와 동일하게 생각되어 질 수 없다. Fig. 4는 각각 550°C, 상온에서 측정된 BaTiO₃ 박막의 전류-직류전압 특성으로서 p-BT는 a-BT에 비하여 매우 높은 누설전류값을 보인다. 이와 같은 현상은 p-BT가 절연성이 취약한 입계(grain boundary)를 포함하는 다결정구조를 가지고 있기 때문이다. 전류-직류전압 특성 측정 결과 절연과피 강도($I > 1$ mA)는 p-BT의 경우 0.8 MV/cm, a-BT의 경우 2.7 MV/cm이며 이를 근거로 계산한 성능지수는 각각 8.4 μ C/cm², 4.1 μ C/cm²로 나타났다. 위의 결과에 의하면 a-BT보다는 p-BT가 TFEL 소자에 유리할 것으로 생각될 수 있다¹¹⁾. 그러나 TFEL 소자에서 요구하는 전하 차단층으로서의 역할은 절연박막의 누설 전류특성에 의해 평가되어야 하며 적어도 발광시의 전류밀도(1 mA/cm²)보다는 낮아야 한다. 즉, p-BT의 경우 높은 누설전류특성으로 인하여 우수한 유전특성과 높은 성능지수에도 불구하고 TFEL 소자가 요구하는 전하 차단층으로서의 역할을 기대할 수 없다는 사실을 알 수 있다.

이상의 결과로부터 단일층의 다결정 BaTiO₃ 박막은 높은 성능지수에도 불구하고 TFEL 소자용 절연막으로의 이용에는 문제가 있을 것으로 생각된다. 100 Hz 이하의 교류전기장 인가시 발생한다고 알려진 누설전류에 의한

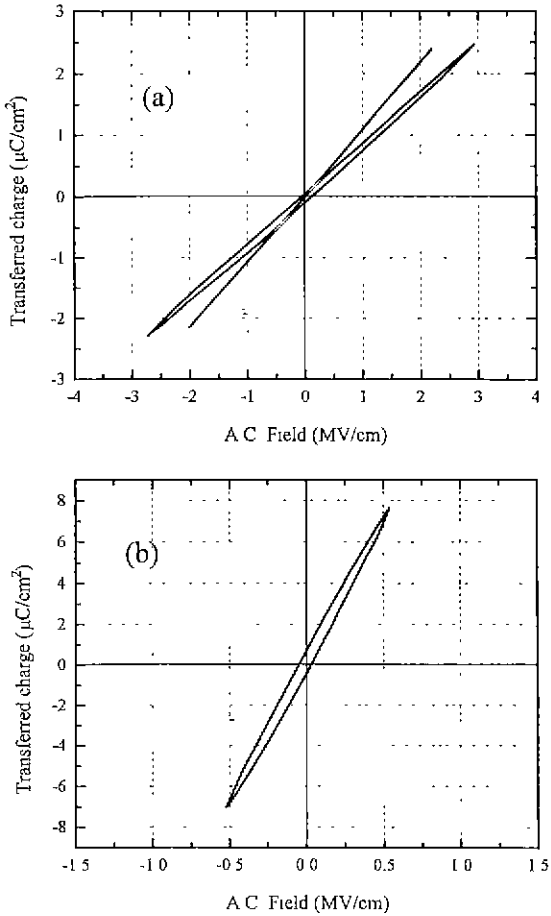


Fig. 6. Charge-voltage (Q-V) characteristics diagrams of amorphous (a) and polycrystalline (b) BaTiO₃ thin films.

손실이 TFEL 소자의 구동조건인 고전압의 교류 전기장 인가시 발생할 수 있는 지의 여부를 알아보기 위하여 직류 전압을 인가하여 주파수에 따른 유전특성을 관찰하였다. Fig. 5에서 볼 수 있듯이 100 Hz 이하에서 발생하는 누설전류에 의한 손실이 직류 전압을 인가함에 따라서 100 Hz 이상의 주파수 영역으로 이동하는 것을 알 수 있다. Fig. 6은 실제 TFEL 소자의 구동조건인 고전압의 교류 전기장 인가시 제조한 BaTiO₃ 박막의 Q-V 결과이다. Q-V plot에서 직선의 기울기는 박막의 정전용량을 의미하며 직선의 모양 변화로부터 누설전류의 발생을 확인할 수 있다. 누설전류가 발생하게 되면 박막내를 이동한 전하가 반대편 계면에 포획되어 외부 전기장과 반대방향으로 전기장을 형성하여 외부 전기장을 제거한 후에도 박막내부에는 잔류 전기장이 남게

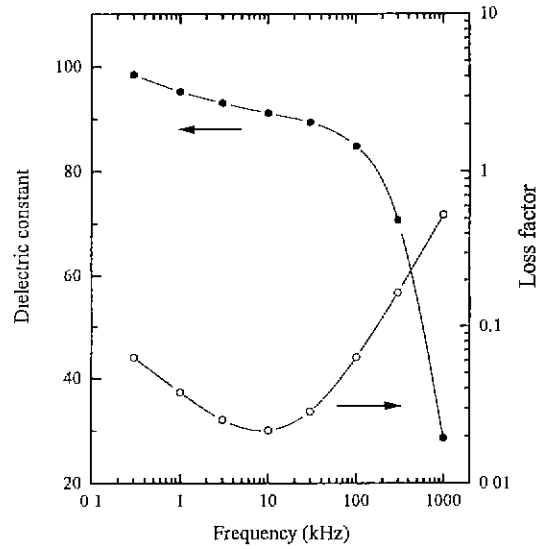


Fig. 7. Dielectric constant and loss of double layer BaTiO₃ thin films with frequency.

된다. 그 결과 Q-V plot에서 이력현상(hysteresis)이 나타나며 전하누설에 의해 정전용량이 감소된다.

a-BT의 경우 2 MV/cm의 전기장이 인가될 때까지 우수한 전하 차단효과를 보이나 p-BT의 경우에는 0.2 MV/cm의 저전기장하에서도 누설 전류가 발생하는 것을 알 수 있다. Q-V plot로부터 구한 a-BT, p-BT의 유전상수는 각각 약 14와 140으로서 impedance analyzer로 측정된 결과와 거의 일치한다. P-BT의 Q-V plot으로부터 박막내를 흐르는 전하량을 계산할 수 있었으며 그 결과 0.6 MV/cm의 전계에서 1.1 μC/cm²의 이동전하가 발생하는 것을 알 수 있다. 위의 수치는 실제 TFEL 소자 구동시의 이동전하량과 유사한 값으로서 p-BT가 전하 차단막으로 부적합할 것이라는 I-V 결과와 일치한다.

3.2. 비정질 BaTiO₃/다결정질 BaTiO₃ 적층박막의 특성

a-BT/p-BT 적층구조 박막에 대한 전기적 특성은 보고된 바가 있다^{11,12}. 적층구조에 발생하는 계면은 구조의 급격한 변화에 의해 많은 결함을 포함하게 되며 이와 같은 결함은 고전기장 인가시 전자방출의 근원으로 작용하여 박막의 절연과 파괴를 유발할 수 있다.

본 실험에서는 a-BT/p-BT 적층 구조 형성시에 구조의 급격한 변화를 피하므로써 계면에 형성될 수 있는 결함농도를 최소화할 수 있도록 기판의 자연냉각과정을 이용한 새로운 적층방법을 사용하였다.

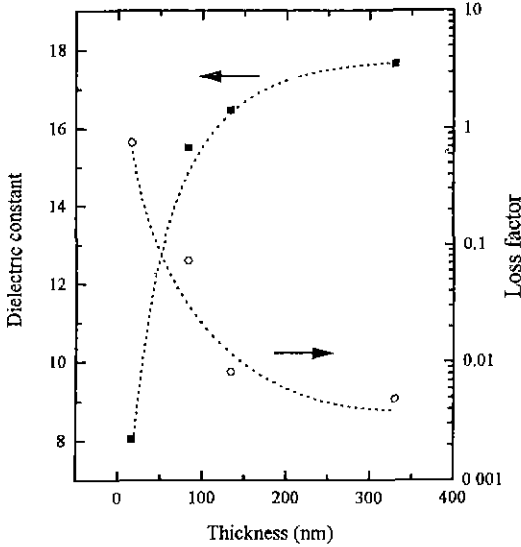


Fig. 8. The dielectric properties of amorphous BaTiO₃ thin film with thickness.

우선 550°C에서 원하는 두께의 p-BT 층을 증착한 후 기판 가열용 히터의 전원을 차단하고 기판의 자연냉각 도중에 a-BT 층이 연속적으로 적층되도록 하였다. 기판의 냉각시간은 30분으로 하였으며 증착 종료시 기판 온도는 270°C까지 냉각되었다. 550°C 이하에서 증착된 BaTiO₃ 층은 비정질 상태를 가지는 것으로 알려져 있으므로^{13,14} 본 실험에서 제조한 적층박막의 경우 a-BT/p-BT 구조를 가지는 것으로 생각된다. Fig. 7은 주파수에 따른 적층박막의 유전특성을 나타내고 있다. p-BT와 a-BT 적층구조는 전기적으로 서로 다른 축전지를 직렬로 연결한 경우이므로 전 주파수 범위에서 유전상수는 다결정 BaTiO₃ 박막의 경우보다 작게 나타나며 유전손실은 다결정 BaTiO₃ 박막의 경우와 거의 동일하다. 적층 박막의 유전상수는 1 kHz 에서 98로써 이는 p-BT 층 상부에 a-BT 층의 유전상수와 두께를 각각 18과 60 Å로 가정하여 계산한 결과와 동일하다. Fig. 8은 두께에 따른 비정질 박막의 유전특성 변화를 나타낸 것으로 두께가 700 Å 이하인 박막에서 유전상수의 감소와 함께 손실의 증가 현상이 관찰되므로 다결정 BaTiO₃ 박막과의 적층에 따른 유전상수의 감소는 더욱 커질 것으로 예상된다. 따라서 700 Å 이하인 a-BT 층은 전류 차단막으로서의 역할을 기대할 수 없을 것으로 생각된다. 그러므로 본 실험에서 제조한 적층박막의 높은 유전상수와 절연성은 비정질/다결정의 단순 이중층 구조로는 설명하기 어려우며, 고온으로부터의 냉각 과정에서 a-BT와 p-BT의

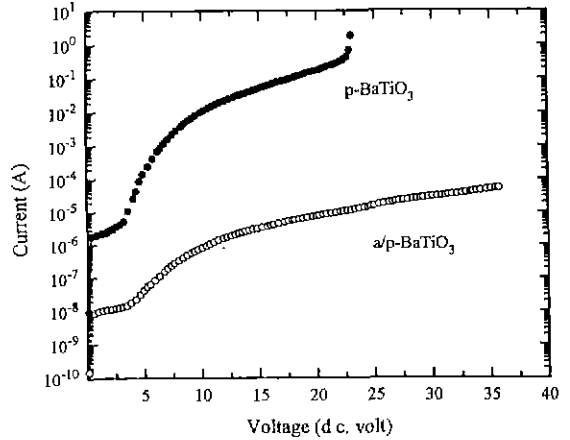


Fig. 9. I-V (current-voltage) characteristics of polycrystalline and double layer BaTiO₃ thin films.

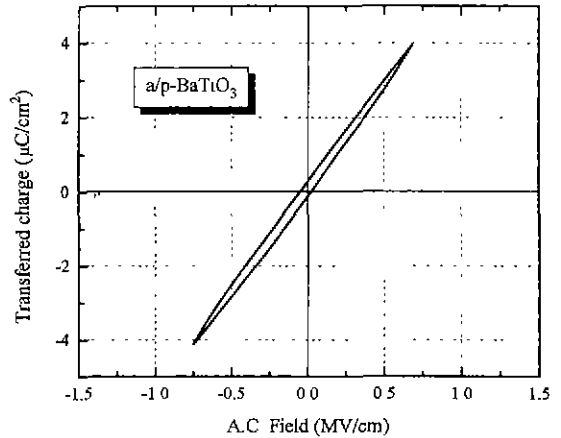


Fig. 10. Charge-voltage (Q-V) characteristics diagram of double layer BaTiO₃ thin film.

중간정도 유전상수를 지닌 막이 두층 사이에 형성되어 있는 다층 구조에 기인한 것으로 판단된다.

Fig. 9는 적층 박막과 다결정 박막에 대한 전류-직류 전압 특성을 비교한 것이다. 전하 차단막으로서의 성능이 우수한 a-BT 층이 적층된 경우 0.3 MV/cm 크기의 인가 전기장하에서 25 nA/cm²의 누설전류를 보이므로 단일 p-BT에 비하여 절연특성이 크게 개선되는 것을 알 수 있으며 이로부터 계산된 성능지수는 20 μC/cm² 이상인 것으로 나타났다. Fig. 10은 적층박막의 Q-V plot으로서 직선의 기울기를 이용하여 계산한 유전상수는 약 100으로 나타났다. 이 결과는 impedance analyzer로 측정된 결과와 매우 유사하다. 이동전하량은 0.7 μC/cm²(a.c. 0.6

Table 1. Electrical Properties of Polycrystalline/Amorphous BaTiO₃ Double Layer Thin Films Prepared in ref. 12 and this Work.

	Anderson <i>et al's</i> Data			Our Data		
	a-BT	p-BT	a/p-BT	a-BT	p-BT	a/p-BT
Capacitance per unit area (10 ⁵ pF/cm ²)	0.28	6.0	3.7	0.52	6.9	4.8
dc Conductivity (10 ⁻¹¹ Ω ⁻¹ cm ⁻¹)	7.7	9.3×10 ⁵	9.1	0.011	1.4×10 ⁹	5.9
Breakdown field Voltage (MV/cm)	2.5	0.7	1.2	2.7	0.8	>2.2

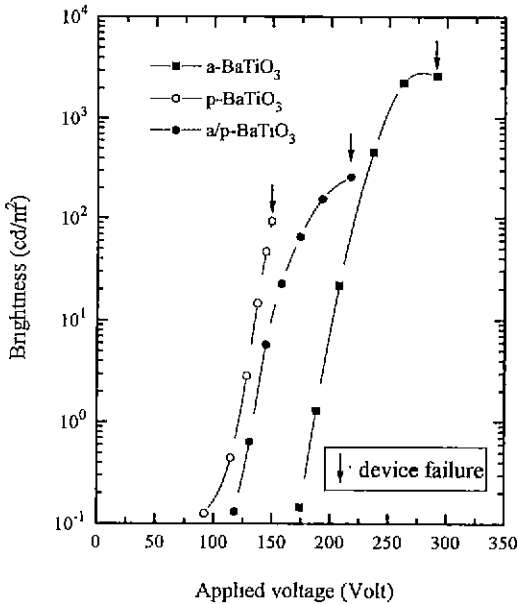


Fig. 11. Brightness-voltage characteristics of TFEL devices fabricated on BaTiO₃ thin films.

MV/cm)으로써 I-V(직류전압 인가시) 결과와 마찬가지로 교류전기장에 의한 누설전류가 p-BT 단일박막에 비하여 약 1/2로 감소되었다. 본 실험에서 시도한 새로운 적층방법으로 제조된 적층박막과 Anderson 등이 사용한 적층방법, 즉 다결정 BaTiO₃ 박막위에 상온에서 비정질 BaTiO₃ 박막을 형성하는 방법으로 제조된 적층박막의 전기적 특성을 비교하여 Table 1에 정리하였다.

이상과 같이 본 실험에서 제조한 우수한 전기적 특성을 지닌 적층박막은 TFEL 소자에 적합할 것으로 판단되었다. Fig. 11은 다결정, 비정질, 비정질/다결정 BaTiO₃ 박막을 사용하여 제조한 ZnS : Mn TFEL 소자의 휘도-전압 특성을 나타낸 것이다. 다결정 BaTiO₃ 박막을 사용하는 경우 구동전압은 비정질 BaTiO₃ 박막을 사용하는 경우보다 크게 감소되나 휘도의 포화현상 이전에 소자의 절연파괴가 발생한다. 비정질/다결정 BaTiO₃ 박막을 사

용한 소자는 다결정 BaTiO₃를 사용하는 경우와 유사한 구동전압을 보이며 휘도의 포화가 관찰되는 고전압에서 안정된 구동이 가능함을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

TFEL 소자용 절연 박막으로서 BaTiO₃ 박막에 대한 연구를 위하여 비정질과 다결정 BaTiO₃ 박막을 제조하여 그 전기적 특성을 평가하였다. 각각의 박막은 2.76 μC/cm², 8.43 μC/cm² 성능지수를 보였으며 성능지수 특성만을 고려할 때 다결정 BaTiO₃ 박막은 TFEL 소자에 적용할 수 있을 것으로 판단되었으나 전류-전압(I-V), 이동전하량-전압(Q-V) 측정 결과 8 μA/cm² (0.4 MV/cm)의 누설전류와 1.1 μC/cm² (0.4 MV/cm)의 이동전하량을 보이므로 전하 차단막으로서의 역할을 기대할 수 없었다.

TFEL 소자가 요구하는 교류전율과 우수한 절연특성을 동시에 가지는 절연박막을 구현하기 위하여 비정질 BaTiO₃/다결정 BaTiO₃ 적층 박막을 제조하였다. 적층 박막은 20 μC/cm² 이상의 성능지수를 보일 뿐만 아니라 25 nA/cm² (a.c. 0.3 MV/cm)의 누설전류 특성과 0.7 μC/cm² (d.c. 0.6 MV/cm)의 이동전하량을 나타내므로 p-BT에 비하여 전하 차단막으로서의 특성이 개선된 것을 알 수 있다. 적층박막을 사용하여 제조된 TFEL 소자의 구동전압은 비정질 BaTiO₃를 사용하는 경우에 비하여 약 50 V가 감소하였으며 포화휘도는 약 220 cd/m²으로 관측되었다.

REFERENCES

1. Y. Shintani and O. Tada, "Preparation of Thin BaTiO₃ Films by dc Diode Sputtering," *J. Appl. Phys.*, **41**(6), 2376 (1970).
2. I.H. Pratt and S. Firestone, "Fabrication of rf-Sputtering Barium Titanate Thin Films," *J. Vac. Sci and Technol.*, **8**(1), 256 (1971).
3. B.S. Kwak, K. Zhang, E.P. Boyd, A. Erbil and B.J.

- Wilkens, "Metalorganic Chemical Vapor Deposition of BaTiO₃ Thin Films," *J. Appl. Phys.*, **69**(2), 767 (1991).
4. H. Nakazawa, H. Yamane and T. Hirai, "Metalorganic Chemical Vapor Deposition of BaTiO₃ Films on MgO (100)," *Jpn. J. Appl. Phys.*, **30**(9B), 2200 (1991).
 5. S.K. Tiku and G.C. Smith, "Choice of Dielectric for TFEL Displays," *IEEE Trans. Electron Devices*, **ED31**, 105 (1984).
 6. Y. Fujita, J. Kuwata, M. Nishikawa, T. Tohda, T. Matsuoka, A. Abe and T. Nitta, "Large-scale ac Thin Film Electroluminescent Display Panel," *Proc. Japan Display '83*, 76 (1983).
 7. J.C. Olson, D.F. Stevison and I. Bransky, "The Effect of Temperature on Properties of RF Sputtered BaTiO₃ Films," *Ferroelectrics*, **37**, 685 (1981).
 8. P. Li, T.M. Lu and H. Bakhru, "High Charge Storage in Amorphous BaTiO₃ Thin Films," *Appl. Phys. Lett.*, **53**(23), 2639 (1991).
 9. T. Nagatomo, T. Kosaka, S. Omori and O. Omoto, "Fabrication of BaTiO₃ Films by Planar-Magnetron Sputtering," *Ferroelectrics*, **37**, 681 (1981).
 10. W.D. Kingery, H.K. Bowen and D.R. Uhlmann, "Introduction to Ceramics," *A Wiley-Interscience Publication*, Ch.18. (1976).
 11. Z.Q. Shi, Q.X. Jia and W.A. Anderson, "High-Performance Barium Titanate Capacitors With Double Layer Structure," *J. Electron. Mater.*, **20**, 939 (1991).
 12. Z.Q. Shi, Q.X. Jia and W.A. Anderson, "Development and Fabrication of Thin Film BaTiO₃ Capacitors using Radio-frequency Magnetron Sputtering," *J. Vac. Sci. Technol.*, **A11**(4), 1411 (1993).
 13. M. Wohlecke, V. Marrello and A. Onton, "Refractive Index of BaTiO₃ and SrTiO₃ Films," *J. Appl. Phys.*, **48**(4), 1748 (1977).
 14. K. Sreenivas and A. Mansingh, "Structural and Electrical Properties of Rf-sputtered Amorphous Barium Titanate Thin Films," *J. Appl. Phys.*, **62**(11), 4475 (1987).