

MFS 구조로 적층된 Yttrium Manganates의 기판 변화에 따른 특성 연구

강 승 구[†]

경기대학교 첨단산업공학부 신소재공학전공
(2003년 1월 22일 접수; 2003년 2월 12일 승인)

Properties of Yttrium Manganates with MFS Structure Fabricated on Various Substates

Seunggu Kang[†]

Materials Engineering, Kyonggi University, Kyonggi-Do 442-760, Korea
(Received January 22, 2003; Accepted February 12, 2003)

초 록

Sol-gel 공정으로 제조된 $YMnO_3$ 박막의 결정상과 강유전특성에 미치는 기판종류와 버퍼층의 영향에 대하여 고찰하였다. Si(100) 기판위에는 hexagonal $YMnO_3$ 이 형성되었으나 Pt(111)/ $TiO_2/SiO_2/Si$ 기판위에는 hexagonal과 orthorhombic $YMnO_3$ 이 함께 형성되었다. 기판위에 미리 Y_2O_3 버퍼층을 형성시킨 경우에는 Si(100)와 Pt(111)/ $TiO_2/SiO_2/Si$ 두가지 기판 모두 단일 hexagonal $YMnO_3$ 이 성장하였으며, 특히 c-축 배향성이 향상되었다. 박막내에 hexagonal과 orthorhombic $YMnO_3$ 이 혼재된 시편보다는 hexagonal 단일상이 형성된 시편이, 또한 단일상 시편중에서도 c-축 우선배향성이 좋은 시편이 그렇지 않은 시편에 비해 누설전류밀도 특성이 우수하였다. $YMnO_3$ 박막의 잔류분극값은 Si(100)기판을 사용했을 경우, 버퍼층 없이 제조된 시편은 0.14, 버퍼층이 삽입된 시편은 $0.24 \mu C/cm^2$ 의 값을 나타내었다. 한편 Pt(111)/ $TiO_2/SiO_2/Si$ 기판의 경우, 버퍼층 없이 형성된 $YMnO_3$ 시편은 이력곡선을 보여주지 못하였고, 버퍼층이 삽입된 시편은 $1.14 \mu C/cm^2$ 의 잔류분극값을 나타내었다. 이상의 연구를 통하여 기판의 종류와 Y_2O_3 버퍼층 삽입으로 $YMnO_3$ 박막의 결정상과 배향성을 제어함으로써 박막시편의 누설전류밀도 특성 및 강유전특성을 제어할 수 있음을 확인하였다.

ABSTRACT

Effects of substrates and buffer layer upon the formation of crystalline phases and ferroelectricity of $YMnO_3$ thin films were investigated. The hexagonal $YMnO_3$ was easily formed on Si(100) while the mixed phases, hexagonal and orthorhombic $YMnO_3$, on Pt(111)/ $TiO_2/SiO_2/Si$ substrate. When the Y_2O_3 buffer layer of 70 nm thick was inserted between the substrates and the $YMnO_3$, the c-axis oriented hexagonal single phase formed on both substrates, Si(100) and Pt(111)/ $TiO_2/SiO_2/Si$. The leakage current density of the hexagonal $YMnO_3$ thin films was lower than that consisting of mixed phases, hexagonal and orthorhombic. Furthermore the hexagonal $YMnO_3$ with c-axis preferred orientation showed the lowest leakage current density. The remnant polarization from a P-E hysteresis curve for the $YMnO_3$ formed on Si(100) was 0.14 without buffer layer and $0.24 \mu C/cm^2$ for that with buffer layer. For the Pt(111)/ $TiO_2/SiO_2/Si$ substrates, the specimen without Y_2O_3 buffer layer did not show the hysteresis curve, while the buffer-layered has the remnant polarization of $1.14 \mu C/cm^2$. It was concluded that the leakage current density and the ferroelectricity for the $YMnO_3$ thin films could be controlled by varying crystalline phases and their preferred orientation which depend on the kind of substrates and whether the Y_2O_3 buffer layer exist or not.

Key words : MFS, $YMnO_3$ thin films, Hexagonal, Substrates, Y_2O_3 buffer layer, Ferroelectricity, Sol-gel, Remnant polarization

1. 서 론

21세기 지식·정보화 사회에서는 다양하고 방대한 정보를 더욱 효율적으로 저장하고 전달할 수 있는 디바이스의 개발이 요구되고 있다. 따라서 반도체 기억 소자는 더욱 소형화, 경량화, 고집적화 되고 있으며, 이에 따른

DRAM(Dynamic Random Access Memory)과 FeRAM(Ferroelectric Random Access Memory)의 고집적화에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 강유전체 박막 기억 소자인 FeRAM은 DRAM과 비교할 때 낮은 전력 소비와 빠른 응답 특성은 뒤지지 않으면서도 전력공급이 중단되었을 때 메모리가 유지되는 비휘발 특성으로 인해 많은 관심을 받고 있다.¹⁾

그러나 FET(Field-Effect Transistor)형의 FeRAM이 더욱 고집적화되고, 궁극적으로 DRAM을 대체하기 위해서는 MFS(Metal-Ferroelectric-Semiconductor) 구조 또는 MFIS

[†]Corresponding author : Seunggu Kang
E-mail : sgkang@kyonggi.ac.kr
Tel : +82-31-249-9767 Fax : +82-31-249-9775

(Metal-Ferroelectric-Insulator-Semiconductor) 구조의 FeRAM 연식이 필요하다. 그런데 이에 사용할 수 있는 강유전체 재료는 기존의 (Ba,Sr)TiO₃, Pb(Zr,Ti)O₃와 SrBi₂Ta₂O₉가 아닌 Si 기판위에 직접 형성할 수 있는 것이어야 하므로 관련 기초연구가 필요한 실정이다. 이러한 새로운 강유전체 재료는 구성 성분원소의 산화가 어렵고, 강력한 산화억제력을 갖고 있어야 Si 기판위에 직접 형성할 수 있으므로, 지금까지 보고된 강유전체중 ReMnO₃(Re: Lanthanide) 계열 한정된다.²⁻⁵⁾

강유전성을 나타내는 YMnO₃ 박막은 단일 분극축(0001)을 가지며, 성분원소의 무게가 무겁고 Bi, Pb등과 같은 휘발성 원소를 포함하지 않는다.^{6,7)} 더구나 희토류 원소인 Y는 강력한 환원제로써 Si 기판에 SiO₂의 생성을 억제하므로 Si 기판상에 YMnO₃를 직접 제조할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 이유로 YMnO₃는 비휘발성 메모리 소자로서의 응용 가능성이 매우 높다고 평가된다.

본 실험의 목적은 기판종류에 따른 YMnO₃ 박막의 결정성 및 강유전특성 변화를 연구하는 것으로서, 대상기판으로 Si(100)와 Pt(111)/TiO₂/SiO₂/Si를 택하였으며, 또한 Y₂O₃ 버퍼층 형성유무에 따른 특성변화를 함께 관찰하였다. 버퍼층으로 Y₂O₃를 선택한 이유는 Y₂O₃ (111)면과 YMnO₃ (0001)면과의 격자 부적합(lattice mismatch) 정도가 (1.2%)^{4,5)}이어서 다른 희토류 금속 산화물에 비하여 작기 때문이다. 본 실험에서는 출발물질로써 금속염을 사용하여 reflux 과정을 통해 Y-alkoxide를 합성하고 이로부터 졸-겔 공정법으로 YMnO₃ 박막을 제조하였다. Y₂O₃ 버퍼층은 유기금속화합물을 유기용매에 녹인 후, 이를 기판위에 코팅한 후 열처리에 의해 산화물 박막을 제조하는 방법인 MOD(Metal-Organic Decomposition) 방법을 이용하여 제조하였다.

2. 실험방법

2.1. Sol 제조

졸-겔공정에 사용될 alkoxides는 금속염을 reflux하여 제조하였다. 출발물질로서 Y(CH₃CO₂)₃·xH₂O (yttrium acetate hydrate, 99.9%, Aldrich Co.)와 Mn(CH₃CO₂)₂·4H₂O [manganese(II) acetate tetrahydrate, 99.99%, Aldrich Co.]를 사용하였고, 부착수를 제거하기 위하여 각각 100°C에서 5시간 전 열처리를 함으로써 Y(CH₃CO₂)₃와 Mn(CH₃CO₂)₂를 얻었다. 용매는 Methanol(CH₃OH, 99.9%, Aldrich Co.)을 사용하였다.

Refluxing은 Y(CH₃CO₂)₃와 Mn(CH₃CO₂)₂에 용매인 Methanol과 혼합하여 농도가 0.2 M이 되도록 한 후, 68°C에서 2시간동안 실시하였다. 남아있는 유기물을 제거하기 위하여 진공감압 하에서 distillation을 실시하고 다시 68°C에서 5시간동안 refluxing한 후, 0.1 M로 희석시켜고 24시

간 숙성시킨 후 코팅용액으로 사용하였다. 용액을 희석시키는 과정에서 가수분해를 위해서 첨가되는 물의 양, R_w (H₂O/alkoxide mol ratio)=1로 유지하였다. Y₂O₃ 버퍼층의 제조는 MOD(Metal-Organic Decomposition)법⁸⁾을 이용하였다. 출발물질로는 Y(CH₃CO₂)₃·xH₂O(yttrium acetate hydrate, 99.9%, Aldrich Co.)가 사용되었으며, 용매로서는 Methanol(CH₃OH, 99.9%, Aldrich Co.)을 사용하였다. 0.1 M 농도의 액을 제조하여 상온에서 3시간 교반시킨 후 코팅용액으로 사용하였다.

2.2. 박막합성

YMnO₃ 박막을 제조하기 위한 기판으로 Si(100)와 Pt(111)/TiO₂/SiO₂/Si를 선택하였다. 박막을 형성하기 위해 spin coating 기기(K-359 S-1, KYOWARIKEN Co.)를 사용하였으며, 코팅용액 농도는 0.1 M, 회전속도는 3000 rpm, 회전시간은 30 sec로 고정하였다. 제조된 박막은 320°C/2 min에서 중간 열처리를 행하였다.

성형된 박막은 800°C로 가열된 튜브로에 넣어 1h 유지한 후 곧 바로 꺼내는 급열처리(rapid firing)방식^{9,10)}으로 행하였고, 환원분위기가 되지 않도록 air를 30 cc/min로 주입하였다. 버퍼층을 삼입시키는 경우에는 YMnO₃ 막을 형성하기 전에 먼저 기판위에 MOD법으로 형성하였다. 버퍼층의 열처리도 YMnO₃ 막의 경우와 같이 급열처리(810°C/1h)하였다.

2.3. 측정 및 분석

제조된 박막의 전기적 특성을 측정하기 위하여 시편에 상부전극을 증착시킴으로써, Metal-Ferroelectric-Silicon(MFS)와 Metal-Ferroelectric-Metal(MFM) capacitor 구조로 만들었다. 이 때 상부전극은 직경 0.2 mm의 원형 dot를 가진 shadow mask를 이용하여 gold를 sputtering을 통하여 증착하였다. 이렇게 제조된 박막의 누설전류밀도(I-V) 특성은 electrometer(KEITHLEY Co.)를 사용하여 0~10 V 범위 내에서 0.2 V씩 증가시키면서 측정하였다. P-E 이력곡선은 Precision Pro(Radiant Co.)를 이용해서 분석하였다. 합성된 박막의 결정학적 특성은 X-선 회절분석기(PW 3020, Philips Co.)를 이용하여 분석하였다. 측정조건으로는 Cu K α 선을 사용하였고, 가속전압 및 전류가 각각 40 kV 및 40 mA, 주사속도는 0.05°/sec, 주사범위는 2 θ =10~60°이었다. 제조된 박막의 단면 미세구조는 주사전자현미경(S-4200, Hitachi Co.)을 이용하여 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. YMnO₃ 박막의 배향성

YMnO₃ 박막의 결정성에 미치는 버퍼층의 효과를 관찰하기 위하여 버퍼층으로 Y₂O₃를 선택하였다. 0.1 M 농도

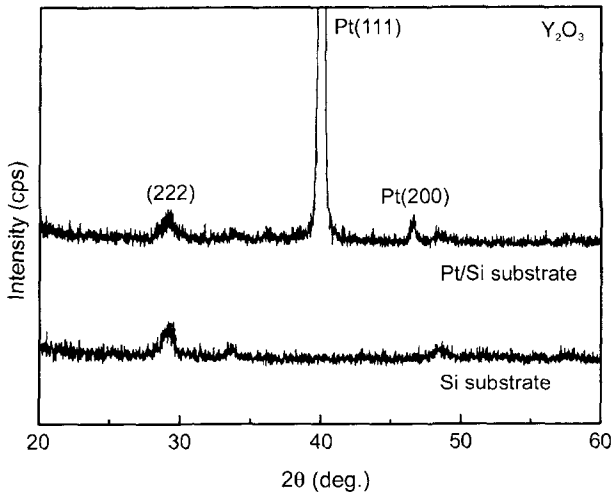


Fig. 1. XRD patterns for the Y_2O_3 thin films formed on 2 different substrates. Sintering condition is $810^\circ C/1$ h. 1-cycle coating.

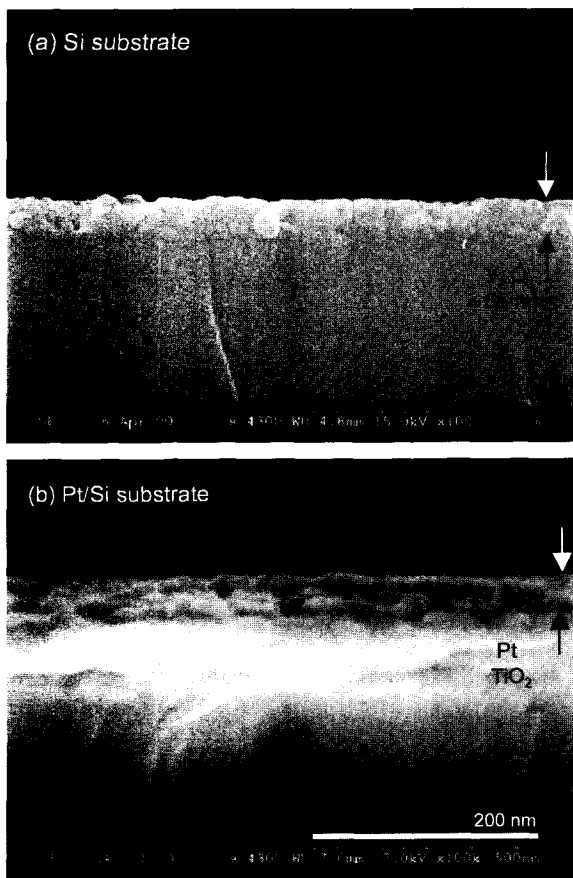


Fig. 2. Cross-sectional SEM micrographs of Y_2O_3 thin films formed on (a) Si(110) and (b) Pt(111)/ TiO_2 / SiO_2 /Si substrate. Sintering condition is $810^\circ C/h$. 1-cycle coating.

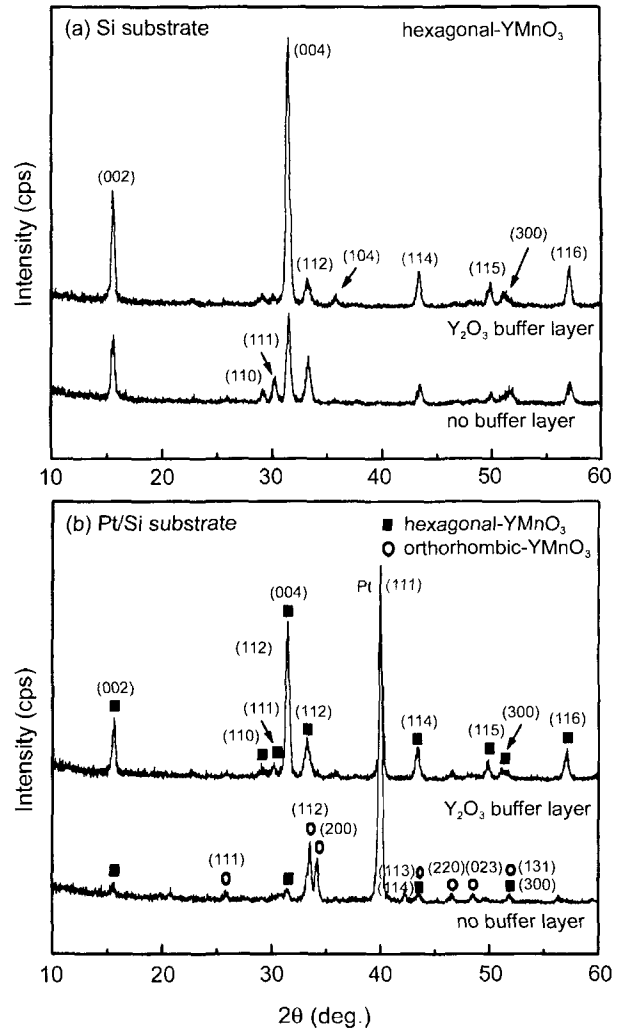


Fig. 3. XRD patterns for the $YMnO_3$ thin films fabricated on (a) Si(100) and (b) Pt(111)/ TiO_2 / SiO_2 /Si substrate. Sintering condition is $800^\circ C/1$ h.

의 Y_2O_3 전구체 용액을 1회 코팅하고, $810^\circ C/1$ h 열처리된 박막의 X-선 회절분석 결과를 Fig. 1에 나타내었다. Y_2O_3 박막은 기판의 종류에 관계없이 29° 부근의 (222)면이 형성되었으며, 다른 결정피크는 관찰되지 않았다. 또한 Y_2O_3 버퍼층의 단면 미세구조를 확인한 결과(Fig. 2), 막두께는 Si(100)와 Pt(111)/ TiO_2 / SiO_2 /Si 기판에서 약 65 nm와 79 nm로 각각 확인되었다.

제조된 $YMnO_3$ 박막의 XRD 측정결과를 Y_2O_3 버퍼층 유·무에 따라서 Fig. 3에 나타내었다. Si(100) 기판에서 제조된 박막의 경우 [Fig. 3(a)], Y_2O_3 버퍼층 유무에 관계없이 orthorhombic 상은 생성되지 않고, hexagonal- $YMnO_3$ 단일상이 형성되었으나, c-축으로 우선 배향된 hexagonal- $YMnO_3$ 상은 버퍼층이 삽입된 시편에서만 형성되었다[c-축 (002), (004) 강도가 매우 커져 있음].

$YMnO_3$ 는 hexagonal과 orthorhombic로 존재할 수 있는

데, hexagonal 구조는 강유전성 및 반강유전성의 배열을 갖는데 반하여 orthorhombic 구조는 강자성의 배열을 갖는다.^{11,12)} 따라서 YMnO₃가 강유전 특성을 지니려면 orthorhombic 구조가 형성되지 않도록 해야 하며, 또한 박막인 경우 hexagonal상의 c-축(0001) 우선 배향이나 epitaxial 성장을 시켜야 우수한 강유전 특성을 나타내는 것으로 알려져 있다.^{3,13,14)}

Pt(111)/TiO₂/SiO₂/Si 기판상에 제조된 YMnO₃ 박막의 X-선 회절분석 결과[Fig. 3(b)], 버퍼층을 사용하지 않았을 경우, hexagonal 구조를 나타내는 (002), (004)면은 매우 약하게 형성된 반면, orthorhombic 구조를 나타내는 25.7°, 34°, 42.2°, 48.5° 위치의 (111), (200), (202), (023) 면들이 형성된 것으로 보아 33° 위치의 주피크, (112) 역시 orthorhombic 구조를 나타내는 피크라고 판단된다. 따라서, Y₂O₃ 버퍼층을 사용하지 않은 경우에는 orthorhombic-YMnO₃이 주결정상이면서 hexagonal-YMnO₃이 일부 혼재되어 있는 것으로 판단된다. 반면에, Y₂O₃ 버퍼층을 사용한 경우에는 주 피크가 33° 부근의 (112)면에서 c-축인 (004)면으로 전이 되고, orthorhombic 구조의 결정피크인 (111), (200) 등의 형성이 억제됨으로써 c-축 우선 배향된 hexagonal-

YMnO₃ 단일상을 형성하였다.

이러한 결과로부터 버퍼층을 삽입시키지 않은 경우 Si(100) 기판이 Pt(111)/TiO₂/SiO₂/Si 기판에 비하여 hexagonal-YMnO₃ 형성에 유리함을 알 수 있었다. 한편 Y₂O₃ 버퍼층을 삽입한 경우에는 기판의 종류에 관계없이 결정성이 증가하였으며, c-축 우선 배향된 hexagonal-YMnO₃ 형성을 촉진함을 알 수 있었다.

제조된 YMnO₃ 박막의 단면 미세구조를 관찰하여 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4(a)는 YMnO₃/Y₂O₃/Si 구조의 단면 미세구조를 나타낸 것으로 박막의 두께는 약 230 nm였고, Fig. 4(b)는 YMnO₃/Pt(111)/TiO₂/SiO₂/Si 구조의 단면 미세구조이며 두께는 약 187 nm였다.

3.2. YMnO₃ 박막의 강유전 특성

기판종류에 따른 YMnO₃ 박막의 누설전류밀도 특성을 Fig. 5에 나타내었으며, 비교를 쉽게 하기 위하여 Fig. 5로부터 5 V에서의 누설전류밀도 값을 읽어 Table 1에 정리하였다. Fig. 5(a)는 Si(100) 기판에서 제조된 YMnO₃

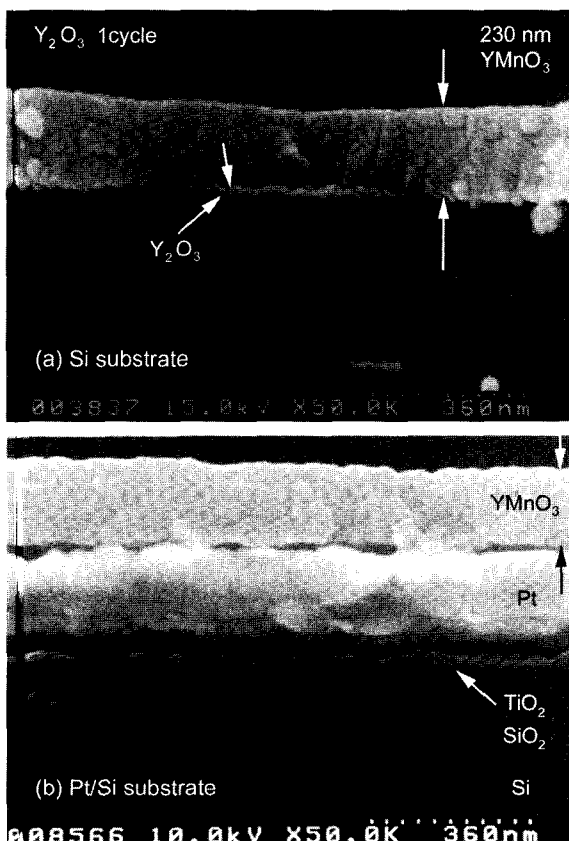


Fig. 4. Cross-sectional SEM micrographs of YMnO₃ thin films fabricated on (a) Si(100) and (b) Pt(111)/TiO₂/SiO₂/Si substrate. Sintering condition is 800°C/1 h. 1-cycle coating.

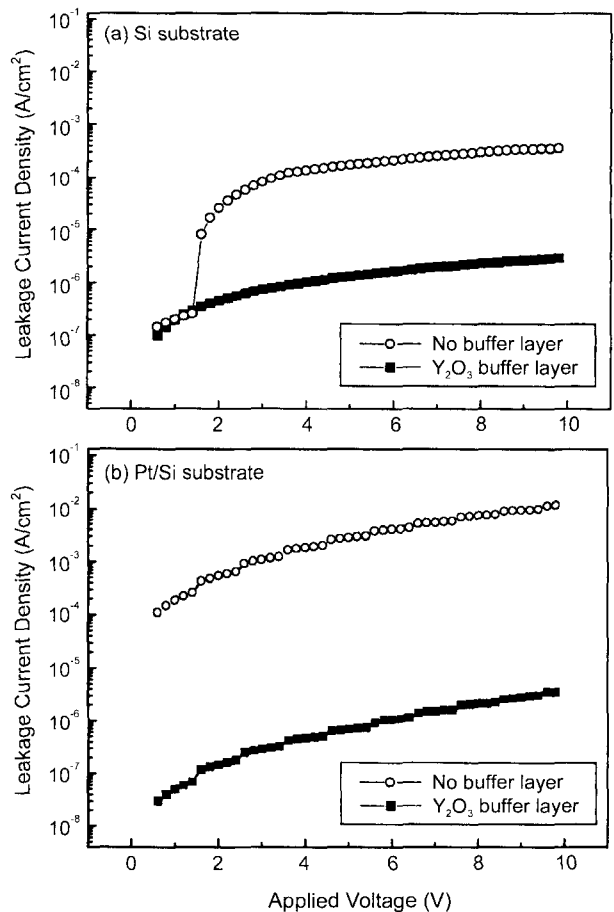


Fig. 5. Leakage current density of YMnO₃ thin films fabricated on (a) Si(100) and (b) Pt(111)/TiO₂/SiO₂/Si substrate. Sintering condition is 800°C/1 h.

Table I. Leakage Current Density Measured at 5 V of YMnO_3 Thin Films Fabricated on Various Substrates. Data were Obtained from Fig. 5 (A/cm^2)

Substrates	No Buffer layer	Y_2O_3 Buffer layer
Si(100)	1.73×10^{-4}	1.33×10^{-6}
Pt(111)/ $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{Si}$	2.78×10^{-3}	7.00×10^{-7}

박막의 누설전류밀도이다. Y_2O_3 버퍼층을 사용하지 않은 시편의 누설전류밀도는 0~10 V 범위 내에서 인가전압을 증가하면 누설전류밀도는 급격히 증가하여 5 V에서 $1.73 \times 10^{-4} \text{ A}/\text{cm}^2$ 의 값을 나타내었다. 반면에, Y_2O_3 버퍼층 위에 형성된 시편의 경우, 누설전류 밀도는 5 V에서 $1.33 \times 10^{-6} \text{ A}/\text{cm}^2$ 의 값을 나타내어, 버퍼층 삽입이 YMnO_3 의 누설전류밀도 특성을 향상시킴을 알 수 있다

이와 같이 Si(100) 기판 시편에서 Y_2O_3 버퍼층 유무에 따라 누설전류밀도값 차이가 2 order 정도 되는 것은 형성된 결정상으로부터 분석할 수 있다. 버퍼층이 없이 형성된 YMnO_3 박막은 hexagonal 단일 결정상이긴 하나, 버퍼층이 존재하는 시편에 비하여 c축 배향성이 좋지 않았다[Fig. 3(a)]. 이로부터 단일상의 경우에도 c-축 배향성이 우수한 시편이 더욱 누설전류 특성이 우수함을 알 수 있다.

Pt(111)/ $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{Si}$ 기판에서 제조된 YMnO_3 박막의 누설전류밀도 측정결과도 Si(100) 기판의 경우와 경향이 비슷하였다. 즉 Y_2O_3 버퍼층을 사용하지 않은 시편의 누설전류밀도는 $2.78 \times 10^{-3} \text{ A}/\text{cm}^2$ 이고, 버퍼층 위에 형성된 시편의 경우에는 $7.00 \times 10^{-7} \text{ A}/\text{cm}^2$ 으로, 역시 버퍼층 삽입이 누설전류 특성을 향상시킴을 알 수 있다. 그런데 Pt(111)/ $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{Si}$ 기판의 경우에는 버퍼층 유무에 따라 누설전류밀도 차이가 4 order로서 Si(100) 기판의 경우인 2 order 보다 더 크게 나타났다. 이러한 차이는 Pt(111)/ $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{Si}$ 기판에 버퍼층 없이 형성시킨 YMnO_3 박막에서는 orthorhombic과 hexagonal상이 혼재한다는 XRD 결과[Fig. 3(b)]에 연관시켜 볼 때, 단일상보다는 2상이 혼재된 시편에서의 누설전류밀도가 더 높다는 것을 보여준다. 본 결과는 2종 결정상간의 입계가 동종간의 입계에서보다 격자불일치가 크기 때문에 누설전류밀도값이 높은 것으로 생각된다.

Si(100) 기판에 형성된 YMnO_3 박막의 P-E 이력곡선을 Y_2O_3 버퍼층 유·무에 따라 측정하여 Fig. 6(a)에 나타내었다. Y_2O_3 버퍼층을 사용하지 않은 시편은 잔류분극값이 $0.15 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ 인 반면, 버퍼층이 삽입된 시편은 $0.24 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ 로 약 2배 증가되었다. 이는 Fig 3(a)에서 보여준 바와 같이, 버퍼층이 삽입된 시편은 YMnO_3 상의 단일 분극축인 c-축의 (002), (004)면의 피크강도가 상대적으로 커서 그만큼 분극이 향상되어 잔류분극 값이 향상된 것으로 보인다. 이미 Takeshi 등³⁾도 c-축인 (001)로 배향된 YMnO_3 박막의 경우가 (111)로 배향된 경우보다 더 우수한 잔류

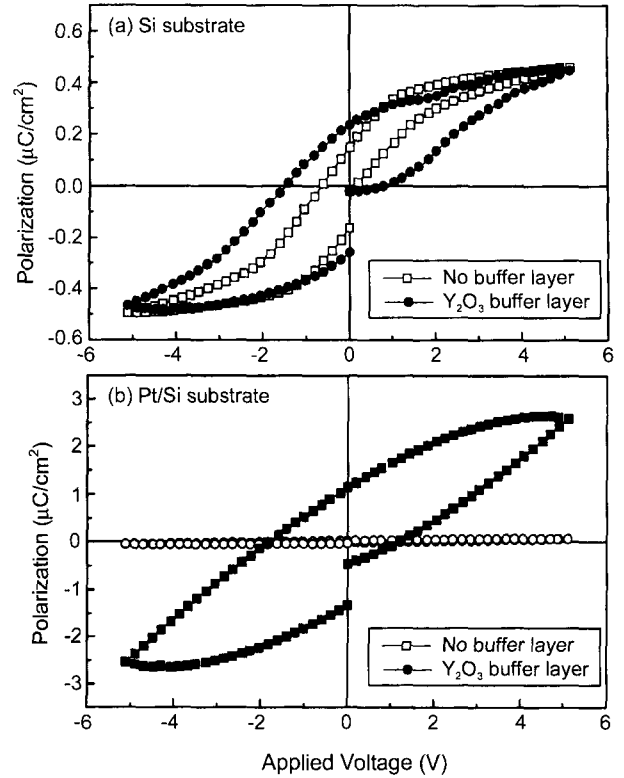


Fig. 6. Hysteresis loop of YMnO_3 thin films fabricated on (a) Si(100) and (b) Pt(111)/ $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{Si}$ substrate. Sintering condition is $800^\circ\text{C}/1 \text{ h}$.

분극 값을 나타낸다고 보고한 바 있다.

Fig. 6(b)는 Pt(111)/ $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{Si}$ 기판 위에 형성된 YMnO_3 박막의 P-E 이력곡선을 Y_2O_3 버퍼층 유·무에 따라서 나타내었다. 버퍼층없이 기판에 직접 제조된 YMnO_3 박막 경우 이력곡선이 형성되지 않았다. 이는 주상인 orthorhombic과 부상인 hexagonal이 혼재[Fig. 3(b)]하기 때문이다. YMnO_3 는 3.2절에서 언급한 바와 같이, hexagonal 구조일 경우 강유전성인 반면 orthorhombic 구조는 강유전성이 아닌 강자성 특성을 나타내기 때문에, orthorhombic이 주상인 시편에서는 분극이 억제되어 이력곡선을 나타내지 못한 것으로 보인다. 반면 Y_2O_3 버퍼층 위에 형성된 YMnO_3 는 c-축 우선 배향성이 우수한 hexagonal 단일 결정상이 형성되었기에 이력곡선이 형성되었다고 생각된다.

4. 결 론

Si(100) 기판에는 hexagonal YMnO_3 이 형성되었으나, Pt(111)/ $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{Si}$ 기판에는 hexagonal과 orthorhombic YMnO_3 이 혼재하였다. Y_2O_3 버퍼층을 기판위에 먼저 형성시킨후 YMnO_3 박막사이에 형성시킨 경우, Si(100)와 Pt(111)/ $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{Si}$ 기판 시편에서 모두 hexagonal 단일상이 성장되었다. 박막의 누설전류밀도 특성은 hexagonal

다 orthorhombic YMnO_3 이 혼재된 시편보다는 hexagonal 단일상 시편이 우수하여, 2종 상간의 입계존재가 누설전류밀도를 높이는 것으로 생각된다. 또한 단일상 시편중에서도 결정배향이 c-축으로 발달된 시편의 누설전류밀도 특성이 더 우수하였다. P-E 이력곡선의 잔류분극은 Si(100) 기판의 경우, 버퍼층이 삽입된 시편은 $0.24 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ 으로 삽입하지 않은 시편에 비해 2배 정도 증가되었다. 한편 Pt(111)/ $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{Si}$ 기판의 경우, Y_2O_3 버퍼층이 없는 시편에서는 이력곡선 자체를 나타내지 못하였고, 버퍼층이 삽입된 시편은 $1.14 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ 의 잔류분극값을 나타내었다. 이 값은 버퍼층이 삽입된 Si(100) 기판의 경우에 비하여, 약 5배 정도여서 강유전 특성이 기판의 종류와 버퍼층 유무에 크게 의존함을 보였다. 이상의 연구를 통하여 기판의 종류와 Y_2O_3 버퍼층 삽입으로 YMnO_3 박막의 결정상을 제어함으로써 박막시편의 누설전류밀도 특성 및 강유전 특성을 제어할 수 있음을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 2001학년도 경기대학교 학술연구비(일반연구 과제)지원에 의하여 수행되었음.

REFERENCES

1. D. Bondurant and F. Gnadinger, "Ferroelectric for Non-volatile RAMs," *IEEE spectrum*, 30-5, July (1989).
2. J. H. Ryu, Y. T. Kim, E. S. Kim, S. G. Kang, and K. B. Shim, "Preparation and Electrical Properties of ErMnO_3 Thin Film Using Sol-gel Process," *J. Kor. Ceram. Soc.*, **37** [10] 981-86 (2000).
3. Y. Takeshi, F. Norifumi, A. Nobuaki, H. Kouzo, T. Shigeki, K. Keisuke, and I. Taichiro, "Fabrication of YMnO_3 Thin Films on Si Substrates by a Pulsed Laser Deposition Method," *Jpn. J. Appl. Phys.*, **36** 5921-24 (1997).
4. J. H. Kim, S. G. Kang, and E. T. Eun, "Effects of Y_2O_3 Buffer Layer on Ferroelectric Properties of YMnO_3 Thin Films Fabricated on Pt/ $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{Si}$ Substrate," *J. Kor. Ceram. Soc.*, **37** [11] 1097-104 (2000).
5. I. Shogo, S. Shigeto, T. Eisuke, and I. Hiroshi, "Epitaxial Growth of Ferroelectric YMnO_3 Thin Films on Si(111) Substrates by Molecular Beam Epitaxy(in *Jpn.*)," *J. Appl. Phys.*, **37** 6497-501 (1998).
6. E. F. Bertaut, F. Forrat, and P. H. Fang, "Les Manganites de Terres Rares et d'Yttrium: Une Nouvelle Classe de Ferroelectriques," *Compt. Rend.*, **256** 1598-61 (1963).
7. F. Norifumi, I. Tadashi, Y. Takeshi, and I. Taichiro, "Epitaxially Grown YMnO_3 Film: New Candidate for Nonvolatile Memory Devices," *Appl. Phys. Lett.*, **69** [7] 1011-13 (1996).
8. J. H. Kim, S. G. Kang, E. S. Kim, Y. T. Kim, and K. B. Shim, "Preparation of Ferroelectric YMnO_3 Thin Films by Metal-organic Decomposition Process and their Characterization," *J. Kor. Ceram. Soc.*, **37** [7] 665-72 (2000).
9. C. C. Hsueh and M. L. Meacartney, "Microstructural Development and Dielectrical Properties of Sol-gel Prepared Lead Ziconate-Titanate Thin Films," *J. Mater. Res.*, **6** [10] 2208-17 (1991).
10. L. F. Fransis, Y. J. Oh, and D. A. Payne, "Sol-gel Processing and Properties of Lead Magnesium Niobate Powders and Thin Layers," *J. Mater. Sci.*, **25** 5007-13 (1990).
11. M. N. Iliev, H. G. Lee, V. N. Popov, M. V. Abrashev, A. Hamed, R. L. Meng, and C. W. Chu, "Raman-and Infrared-active Phonons in Hexagonal YMnO_3 : Experiment and Lattice-dynamical Calculations," *Phys. Rev.*, **56** [5] 2488-94 (1997).
12. M. N. Iliev, M. V. Abrashev, H. G. Lee, V. N. Popov, Y. Y. Sun, C. Thomsen, R. L. Meng, and C. W. Chu, "Raman Spectroscopy of Orthorhombic Perovskitelike YMnO_3 and LaMnO_3 ," *Phys. Rev.*, **57** [5] 2872-77 (1998).
13. Y. Takeshi, F. Norifumi, and I. Taichiro, "Ferroelectrics Properties of C-oriented YMnO_3 Films Deposited on Si Substrates," *Appl. Phys. Lett.*, **73** [3] 414-16 (1998).
14. W. C. Yi, J. S. Choe, C. R. Moon, S. I. Kwun, and J. G. Yoon, "Ferroelectric Characterization of Highly (0001)-oriented YMnO_3 Thin Films Grown by Chemical Solution Deposition," *Appl. Phys. Lett.*, **73** [7] 903-05 (1998).