

강유전체 $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ 박막의 제조 및 상부전극재료에 따른 전기적 특성

論文

48C-6-2

Deposition of $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ Thin Films and Electrical Properties with Various Materials Top Electrodes

朴椿培* · 金德奎** · 全長斐***

(Choon Bae Park · Deok Kyu Kim · Jang Bae Jeon)

Abstract - $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ thin films with various ratio of Sr ($x = 0.4, 0.5, 0.6$) were grown Pt/TiN/SiO₂/Si substrate by RF magnetron sputtering deposition. Al, Ag, and Cu films were deposited on $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ thin films as top electrodes by using a thermal evaporator. The electrical properties of $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ thin films for various compositions were characterized and the physical properties at interface between $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ thin films and top electrodes were evaluated in terms of the work function difference. At $x=0.5$, the degradation of capacitance is lower to the other compositions. As negative bias applied, the specimen with Cu top electrode has board saturation region and low leakage current since work function of Cu is bigger than other electrodes. $Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$ thin films with Cu top electrode, the dielectric constant was measured to the value of 354 at 1 kHz and the leakage current was obtained to the value of 5.26×10^{-6} A/cm² at the forward bias of 2 V.

Key Words : $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$, sputtering, top electrode, interface, capacitance, evaporator, leakage current

1. 서 론

최근 반도체 DRAM(dynamic random access memory) 소자에 있어서 더욱 높은 고집적도가 요구됨에 따라 강유전체를 사용하여 정전용량을 증가시키려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 강유전성 세라믹 박막 재료에는 $SrTiO_3$ (STO)[1], $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ (BST)[2], $PbZr_xTi_{1-x}O_3$ (PZT)[3] 등이 주로 연구되고 있다. 이 가운데 BST는 Ba 과 Sr 의 조성비를 변화시켜 높은 유전율과 낮은 누설전류특성을 얻을 수 있으며, 고주파 영역에서도 낮은 유전율변화특성을 가지고 있어 가장 각광을 받고 있는 재료이다. BST세라믹 박막의 유전특성과 누설전류특성은 화학조성 및 결정성과 밀접한 관련이 있으며 박막 제조 방법에 따라서도 현저히 변화한다. 제조방법에는 RF 스퍼터링[2,4], Ion Beam 스퍼터링[5], MOCVD[6] 그리고 Pulse Laser Ablation[7] 등이 사용되고 있다. 박막유전특성은 제조방법 뿐만 아니라 기판의 종류, 기판 온도, 증착 속도 등 증착 조건에 따라서도 많은 차이를 보이고 있다[8,9].

BST 세라믹 박막이 안정된 전기적 특성을 갖는 DRAM 캐패시터로 사용되기 위해서는 전극재료의 선택이 매우 중요한 요소이다. 하부전극은 박막의 결정구조와 전기적 누설전류특성을 좌우하며, 전극재료에는 Pt[10], Pd[11], RuO₂[12], IrO₂[13] 등이 주로 쓰인다. 그 중에서도 Pt는 뛰어난 산화

저항성과 화학적인 안정성 그리고 높은 일함수(5.3 eV)를 보유하고 있어 BST(4.1 eV)와의 계면에서 쇼트키 접촉을 형성하여 누설전류를 감소시키고 고유전율을 확보할 수 있어 많이 사용되고 있다[14].

상부전극은 인가전압에 따른 누설전류의 비대칭 현상에 상호작용하고 있으며, 전극재료에는 Al, Cu, Pt 등이 사용되고 있으나, 각 전극재료의 일함수 차에 따른 전기적 특성에 관한 연구는 미진한 상태에 있다. W. Y. Hsu 등은 상·하부 전극을 모두 Pt로 사용하는 경우에도 RF 스퍼터로 증착한 상부전극은 e-beam으로 증착한 하부전극보다도 (111) 방향으로 정렬되는 다결정 구조가 보다 많이 형성되고, 이로 인하여 일함수가 서로 달라짐을 보고한 바 있다[4].

따라서, 본 연구에서는 BST 세라믹 박막에서 Sr 의 조성비 변화에 따른 박막의 유전특성과 누설전류특성을 관찰하고, 일함수가 각각 다른 상부전극재료와 BST 박막 사이의 계면 특성을 구명하고자 한다.

2. 실험 방법

RF magnetron sputter 을 사용하여 Pt(150nm)/TiN(200nm)/SiO₂(400nm)/Si 기판위에 BST 박막을 성장시켰으며 증착조건은 표 1 에 나타낸 바와 같다. 스퍼터링을 위한 BST 타겟트는 x 비율의 SrCO₃ 와 (1-x) 비율의 BaCO₃ 분말을 TiO₂ 분말과 1:1 몰 비율로 습식 혼합하여 건조시켰다. 혼합된 시료를 1100 °C 의 온도에서 하소하고, 하소된 시료에 유기바인더를 3 wt% 섞어 2 inch 의 금형에 넣어 431 atm 의 압력으로 성형하였다. 성형된 타겟트를 1270 °C 의 온도로 3 시간 동안 소결하였다. 타겟트 제조시 Sr 의 양을 표 2

* 正 會 員 : 圓 光 大 電 氣 · 電 子 工 學 部 教 授 · 工 博

** 非 會 員 : 圓 光 大 電 子 材 料 工 學 科 博 士 課 程

*** 準 會 員 : 圓 光 大 電 子 材 料 工 學 科 碩 士 課 程

接受日字 : 1998년 6월 30일

最終完了 : 1999년 5월 14일

표 1 BST 박막과 상부전극의 증착 조건

Table 1 Deposition conditions for BST thin films and top electrodes.

BST film	Base pressure	< 1.5×10^{-5} Torr
	Working pressure	5.0×10^{-2} Torr
	RF power	180 W
	Substrate temperature	RT
	Working gas	Ar : O ₂ = 8 : 2
	Substrate	Pt/TiN/SiO ₂ /Si
	Deposition time	2hr
	Pre-sputtering time	> 30min
Top electrode	Base pressure	< 1.5×10^{-5} Torr
	Working pressure	5.0×10^{-2} Torr
	Deposition temperature	150 °C

에 나타낸 바와 같이 조절하여 $x = 0.4, 0.5, 0.6$ 의 성분비율을 갖는 박막을 제조하였다. 상온에서 성장시킨 BST 박막을 600 °C 에서 2 시간동안 N₂ 분위기에서 열처리한 후 열증착기로 상부전극을 증착하였고, 상부 전극재료에는 Al, Ag, Cu 를 사용하였으며, 전극은 직경 0.5 mm 의 점(dot) 형으로 제작한 마스크 위에 진공 증착하였다. 상부전극이 저항접촉이 되도록 N₂ 분위기에서 500 °C 온도로 10 분 동안 열처리하였다.

표 2 BST 박막의 조성과 상부전극의 구분 번호

Table 2 BST thin films for various compositions and top electrodes.

Composition	Top electrode	Sample
Ba _{0.6} Sr _{0.4} TiO ₃	Al	BST-A1
	Ag	BST-A2
	Cu	BST-A3
Ba _{0.5} Sr _{0.5} TiO ₃	Al	BST-B1
	Ag	BST-B2
	Cu	BST-B3
Ba _{0.6} Sr _{0.4} TiO ₃	Al	BST-C1
	Ag	BST-C2
	Cu	BST-C3

증착된 BST 박막의 결정성을 분석하기 위하여 XRD (Rigaku, D-MAX3) 를 사용하였으며, 박막 단면의 미세구조를 알아보기 위해 SEM (JEOL, JSM-6400) 을 사용하였다. 그리고 BST 박막의 정전용량-주파수(C-f) 특성을 측정하기 위하여 LCR meter (HP 4284A) 를 사용하였으며, 주파수를 100 Hz ~ 1 MHz 까지 변화시켰다. 누설전류특성은 Semiconductor Parameter Analyzer (HP 4145B)를 사용하여 분석하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 BST 박막특성

BST 박막의 결정성을 확인하기 위해 XRD 분석을 하였으며 그 결과는 그림 1 과 같다. 측정된 시편은 상부전극 증착 후 N₂ 분위기에서 500 °C 로 10 분간 열처리하였다. XRD 패턴을 보면 모든 조성에서 다결정질의 입방정 페로브스카이트 (perovskite) 구조를 갖는 것을 알 수 있다. 다결정 peak 는 BST(100)(23.1°), BST(110)(29.7°), BST(111)(39.4°), BST(112)(56.6°), BST(211)(57.25°) 등이 관찰되었으며 (110)방향의 우선 배향이 나타남을 알 수 있었다. 그리고 BST(110) peak 를 보면 Ba 의 양이 많은 BST-A 에서 가장 높게 나타났으며 Ba 양이 감소함에 따라 (110) peak 가 낮아짐을 알 수 있다. BST peak 외에도 unknown phase 에 의한 미확인 peak 가 있음을 알 수 있다. 이는 상온에서 BST 박막을 증착하므로써 안정된 결정립의 형성이 낮을 뿐만 아니라 비정질립이 형성되기 때문으로 여겨진다. 즉 BST 박막을 초기 증착할 때에 Pt 하부전극과 BST 사이에 비정질의 계면층이 형성되는데 이 계면층의 결정화는 BST 박막의 증착 온도에 밀접한 영향을 받는다. BST 박막의 상형성 온도인 570 °C 이상에서 박막을 증착 한 경우에는 unknown phase 에 의한 미확인 peak 가 없음을 알 수 있다[15].

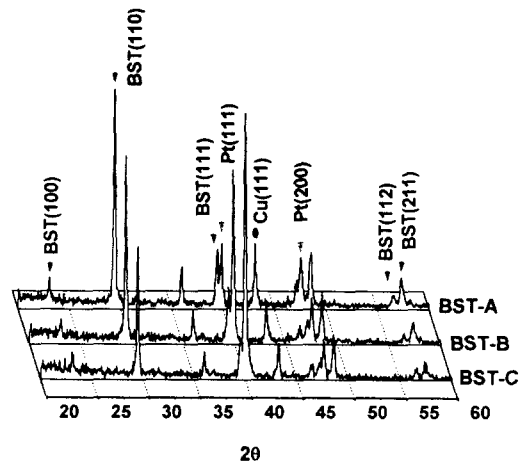


그림 1 Sr 조성에 따른 BST 박막의 X-선 회절 패턴

Fig. 1 XRD pattern of BST thin films with various compositions of Sr ($x=0.4, 0.5, 0.6$).

그림 2 는 Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃ 조성에서 상부전극재료에 따른 박막의 단면 SEM 사진이다. 각 시편의 BST 박막 단면은 균일한 박막형성으로 매우 안정된 형태를 보여주고 있다. Al 과 Cu 의 상부전극에서는 뚜렷이 대비(contrast) 되는 평활한 계면을 형성하고 있는 반면에 Ag 의 상부계면은 다소 흐릿하여 저항 접촉의 약한 alloy 층을 형성하고 있다. SEM 사진에서 구한 BST 박막의 두께는 약 200 nm 임을 알 수 있다.

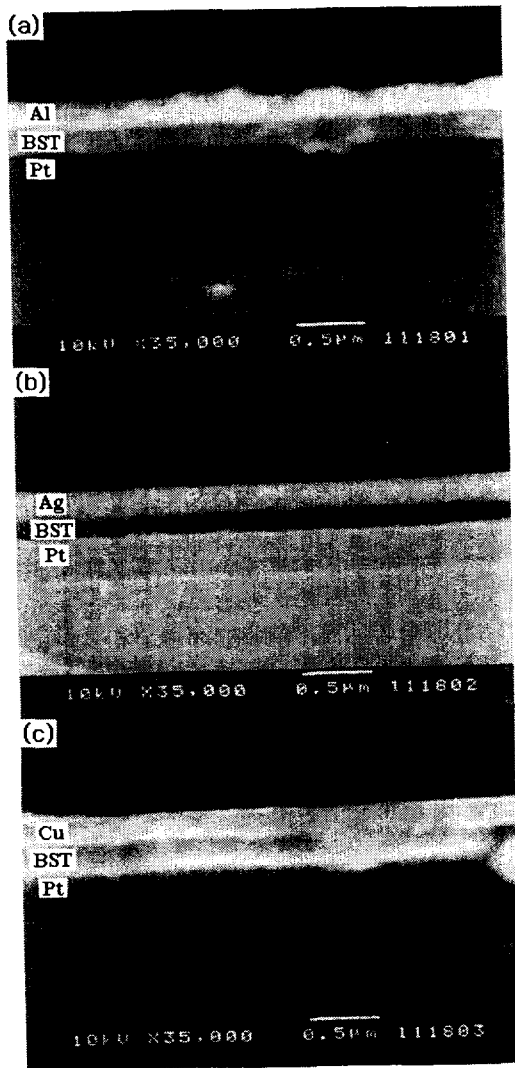


그림 2. 상부전극재료에 따른 Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃ 박막의 단면 SEM 사진[(a) Al, (b) Ag, (c) Cu]

Fig. 2 Cross-sectional SEM micrographs of Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃ thin films for various top electrodes[(a) Al, (b) Ag, (c) Cu].

3. 2 유전특성

그림 3 은 Sr 조성비 ($x=0.4, 0.5, 0.6$) 에 따른 BST 박막의 정전용량-주파수 특성곡선이다. 주파수가 증가함에 따라 정전용량이 조금씩 감소하다가 300 kHz 부근에서 급격히 감소하는 양상을 보인다. 이러한 고주파 영역에서 유전율의 저하는 마치 저주파 통과 필터와 같은 박막특성을 나타내고 있다. 고주파영역에서 정전용량의 감소는 유전 손실의 증가와 상관관계가 있다. 이는 주파수가 증가하면 유전분극이 전기장의 변화를 따라가지 못하게 되어 위상의 늦음이 발생하는데 이 위상의 늦음이 바로 유전손실로 나타나게 된다. 따라서 고주파로 갈수록 위상 늦음이 커지게 되어 정전용량의 감소가 발생하고 유전손실은 커지게 된다. 상부전극을 Cu 로 한 Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃ 박막의 계산된 유전율은 1 kHz 의 주파수에서 약 354 정도를 나타내었다.

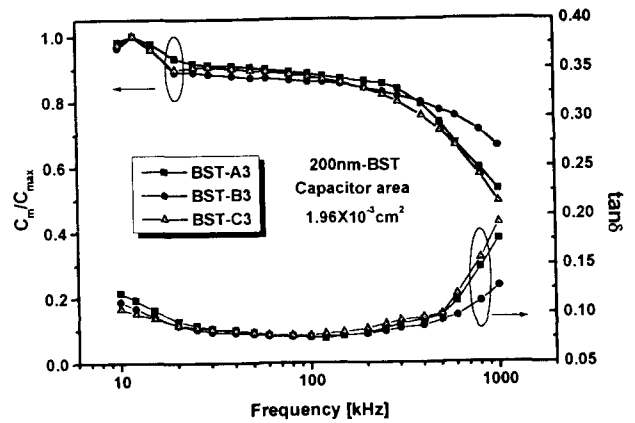


그림 3. 상부전극이 Cu 일 때 조성비에 따른 정전용량과 주파수 특성 곡선

Fig. 3 Capacitance ratios for various compositions of BST thin films with Cu top electrode as a function of the applied AC frequency.

고주파영역에서 유전율의 감소는 유전손실의 급격한 증가 효과에 기인되며 300 kHz 이하의 주파수영역에서 tan δ는 0.07 로 일정하다가 1 MHz 에서 tan δ는 0.2 에 이른다. 1 MHz 의 주파수에서 Sr 성분비가 $x=0.5$ 인 BST 박막은 정전용량 분산이 66% 로 가장 적게 일어나며, $x=0.4, 0.6$ 인 BST 박막은 각각 52%, 49% 까지 크게 분산됨을 알 수 있다.

그림 4 는 Sr 양이 $x=0.4$ 인 BST 박막의 온도에 따른 정전용량의 특성변화를 나타낸다. 정전용량은 290 K 온도 영역에서 급상승하고 그 이후로도 계속 증가하고 있는데 이것은 Ba_{0.6}Sr_{0.4}TiO₃ 박막이 Sr 양보다 Ba 양이 많으므로 큐리 온도의 상승을 일으켜 강유전성의 특성을 나타냄을 알 수 있다. 그리고 주파수 증가에 따라 정전용량의 감소가 순차적으로 일어남을 알 수 있다.

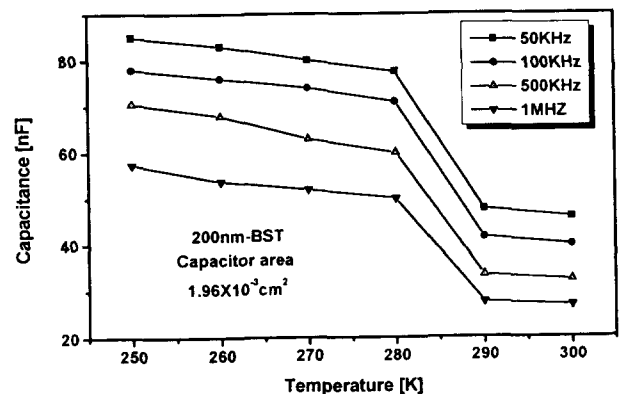


그림 4. 온도변화에 따른 BST($x=0.4$) 박막의 정전용량 특성 곡선

Fig. 4 Temperature-dependent capacitances of BST($x=0.4$) film for various frequencies.

그림 5는 Sr 양이 x=0.5 인 BST 박막의 온도에 따른 정전용량의 특성변화를 나타낸다. 주파수변화에 따른 정전용량의 변화는 200 K~300 K 온도범위에서 매우 선형적임을 알 수 있다. x=0.5 인 BST 에서는 BaTiO₃ 의 강유전성의 영향이 x=0.4 인 BST 박막에 비교하여 상대적으로 적고, SrTiO₃ 의 상유전성이 지배적임을 알 수 있다. 또한, 주파수 변화에 따른 정전용량의 변화도 크지 않음을 알 수 있으며, 210 K 온도부근에서 정전용량의 최대점을 보이고 있다.

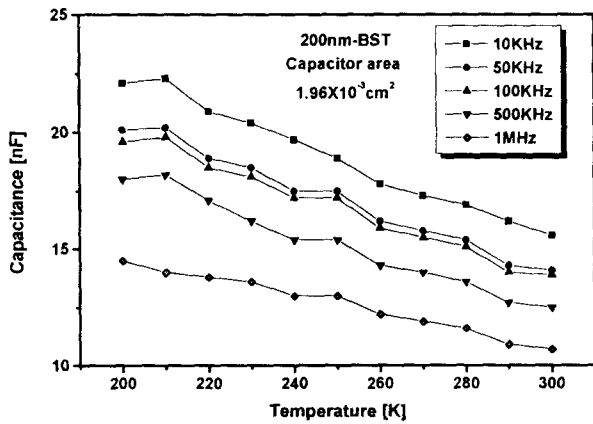


그림 5. 온도변화에 따른 BST(x=0.5) 박막의 정전용량 특성 곡선

Fig. 5 Temperature-dependent capacitances of BST(x=0.5) film for various frequencies.

3.3 누설전류특성

BST 박막의 Sr 조성비 x=0.4, 0.5, 0.6 에서 상부전극에 순방향(+) 전압을 인가할 때 전극재료에 따른 누설전류특성을 그림 6 에 나타냈다. 저전압 인가 영역에서는 전류가 증가하다가 포화 상태에 이르게 되는데, 이것은 호 핑 전도 또는

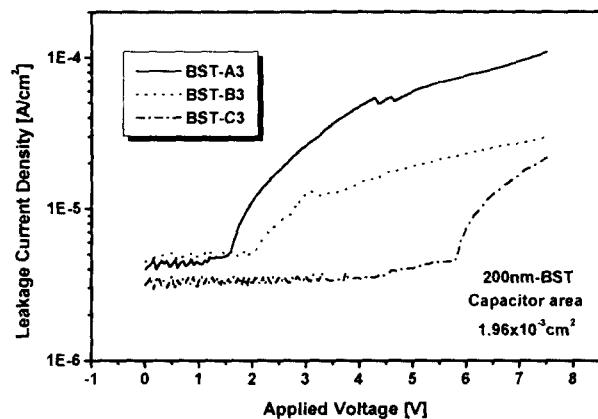


그림 6. Sr 조성비에 따른 Cu 상부전극을 이용한 BST 의 순방향 전류-전압 특성곡선

Fig. 6 Leakage current densities as a function of forward bias voltage for 200 nm-thick BST thin films, which are deposited for various Sr compositions (x=0.4, 0.5, 0.6).

유전 완화에 의한 전류라고 해석되고 있다. 이 중 호핑 전도는 박막재료의 특성에 의한 전류이므로 전극재료와는 상관 없이 일정전류가 흘러야 한다. 그러나 그림 7 에서와 같이 상부전극재료에 따라 누설전류의 값이 큰 차이를 나타내므로 호핑 전도는 타당성이 없어 보인다. 따라서 이 포화 영역은 유전완화에 기인 한 것으로 평가된다[4]. 고전압 인가영역에서는 쇼트키형 전자방출에 의해서 누설전류가 지수함수적으로 증가하게 된다. 조성비를 증가시키에 따라 누설전류특성이 향상되고 유전 완화에 의한 포화영역이 1.8 V, 2.1 V, 6.3 V 로 증가함을 알 수 있다. 즉, 상온에서 고전압 인가 시에 쇼트키형 전자방출에 의한 전자전도특성은 Sr 조성이 클수록 지연되고 유전 완화에 의한 포화영역이 증가함을 보였다. 상부전극을 Cu 로 한 BST 박막의 누설전류밀도는 2 V 에서 1.11×10^{-5} A/cm² (x=0.4), 5.26×10^{-6} A/cm² (x=0.5), 3.14×10^{-6} A/cm² (x=0.6) 을 나타냈다.

상부전극재료에 따른 Sr 조성비가 x=0.5 인 BST 박막의 누설전류를 측정 한 전류-전압 특성 곡선을 그림 7 에 나타냈다. 상부전극에 순방향(+) 전압을 인가한 후 점차 전압을 감소시키면서 누설전류특성을 관찰하였다. 그림에서와 같이 누설전류특성은 상부 전극재료에 따라 유전 완화에 의한 포화영역이 조금씩 변화됨을 알 수 있다. 순방향 전압을 감소시키면 Al 전극에서는 3.0 V, Ag 전극에서는 2.5 V, 그리고 Cu 전극에서는 2.0 V 에서 쇼트키형 전자방출에 의한 전자전도가 종료되고, 유전완화에 의한 포화 영역이 시작된다. 이러한 순방향 누설전류특성은 상부전극에 의한 전위 장벽보다는 주로 BST(x=0.5) 박막의 일함수 4.1 eV 와 하부전극 Pt 의 일함수 5.3 eV 의 차 1.2 eV 에 의한 쇼트키 전위장벽에 의한 것이다[16].

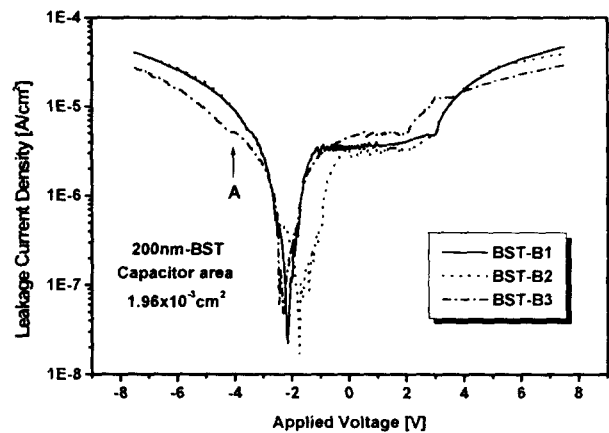


그림 7. 상부전극에 따른 BST(x=0.5) 박막의 순·역방향 전류-전압 특성 곡선

Fig. 7 Leakage current densities of the BST films(x=0.5) for various top electrodes.

BST 박막은 -2 V 의 역방향(-) 전압을 인가할 때까지 계속 순방향 전압에 의해서 분극된 전하가 잔존하여 순방향으로 전류가 흐르다가 상쇄되어지면서 역방향으로 누설전류가 흐르게 되는 상유전체 특성을 보인다. 누설전류의 순방향/역방향 교차점 전압은 Cu 상부전극에서는 -2.2 V, Al 상부전극

에서는 -2.1 V, Ag 상부전극에서는 -1.8 V 이다. 일함수가 각각 4.25 eV, 4.3 eV, 4.4 eV 인 Al, Ag, Cu 상부전극과 BST 박막의 계면에서 누설전류특성은 역방향 전압 인가에 잘 나타난다. BST 박막과의 일함수차가 0.15 eV, 0.2 eV 로 매우 적은 Al, Ag 상부전극에서는 낮은 쇼트키 장벽으로 인하여 전도전자들이 낮은 인가전압에서도 장벽을 넘어 전기전도에 기여를 하므로 유전완화에 의한 포화영역이 거의 나타나지 않고 쇼트키형 전자방출에 의한 누설전류특성만 나타나고 있다. 일함수차가 0.3 eV 의 Cu 상부전극에서는 다른 금속 상부전극에서보다 전위장벽이 높으므로 유전완화에 의한 포화영역(A 부분)이 조금 나타나다가 더욱 높은 전압이 인가되면 전도전자에 의한 누설전류의 증가가 나타나게 된다. 일함수차가 1.2 eV 의 Pt 상부전극에서는 포화영역이 더욱 넓어지는 경향을 보인다[17].

4. 결 론

Sr 조성비가 x=0.4, 0.5, 0.6 을 갖는 벌크형 BST 타게트를 제조하여 RF 스퍼터링법으로 BST 박막을 증착시켰다.

(1) 상온에서 증착하여 후속 열처리한 BST 박막은 X-선 회절 분석에서 페로브스카이트의 다결정상으로 존재함을 알 수 있었다. 다결정 회절 peak 로는 BST(100), BST(110), BST(111), BST(112), BST(211) 등이 관측되었고 (110) 방향의 우선 배향성이 있음을 알 수 있었다.

(2) 정전용량은 고주파 영역(1 MHz) 에서 급격한 감소현상을 보였으며, x=0.5 인 BST 박막이 고주파 영역에서 유전특성이 가장 양호하고 유전 손실이 상대적으로 적으며 온도에 안정적임을 알 수 있었다.

(3) 누설전류특성은 Sr 양이 증가함에 따라 유전완화에 의한 포화영역이 증가하였다. 상부전극에 따른 누설전류특성은 비대칭성으로서 역방향 전압을 인가할 때 보다 순방향 전압을 인가할 때에 포화영역에서 차이가 나타났으며, 역방향 전압 인가시 Cu 전극에서 가장 낮은 누설전류와 좁은 포화영역을 나타냈다. 누설전류값을 더욱 낮추기 위해서는 보다 큰 일함수를 갖는 금속 전극을 사용하고 적정 온도에서 증착하여 결정화도를 높이는 것이 필요하다.

(4) 상부전극을 Cu 로 한 Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃ 박막의 유전율은 1 kHz 의 주파수에서 약 354 의 값을 나타냈으며, 누설전류는 2 V 에서 5.26×10⁻⁶ A/cm² 의 전류밀도를 나타냈다.

감사의 글

이 논문은 1998년도 원광대학교의 교비지원에 의해서 연구되었음.

참 고 문 헌

[1] C. S. Hwang, et al., "Deposition and Electrical Characterization of Very Thin SrTiO₃ Films for Ultra Scale Integrated Dynamic Random Access Memory Application", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 34, pp. 5178-

5183, 1995.
 [2] S. O. Park, et al., "A stack Capacitor Technology with (Ba,Sr)TiO₃ Dielectrics and Pt Electrodes for 1 Giga-bit Density DRAM", VLSI 96, pp. 24-25, 1996.
 [3] K. Torii, et al., "Single-Target Sputtering Process for PZT Thin Films with Precise Composition Control", SSDM 91, pp. 195-197, 1991.
 [4] W. Y. Hsu, et al., "Direct Current Conduction Properties of Sputtered Pt/ (Ba_{0.7}Sr_{0.3})TiO₃/Pt Thin Films Capaaitors", Appl. Phys. Lett., 66, pp. 2975-2977, 1995.
 [5] C. J. Peng, et al., "Process/Structure/Property Relations of Barium Strontium Titanate Thin Films Deposited by Multi-Ion-Beam Sputtering Technique", ISAF 95, pp. 460-463, 1995.
 [6] H. Yamaguchi, et al., "A Stacked Capacitor with an MOCVD - (Ba,Sr)TiO₃ Film and a RuO₂/Ru Storage Node on a TiN-Capped Plug for 4 Gbit DRAMs and beyond", IEDM 96, pp. 675-678, 1996.
 [7] Q. X. Jia, et al., "Characterization of Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃ Thin Film Capacitors Produced by Pulsed Laser Deposition", Integrated Ferroelectrics, Vol. 10, pp. 73-79, 1995.
 [8] E. Fujii, et al., "ULSI DRAM Technology with Ba_{0.7}Sr_{0.3}TiO₃ Film of 1.3 nm Equivalent SiO₂ Thickness and 10⁻⁹ A/cm² Leakage Current", IEDM 92, pp. 267-270, 1992.
 [9] K. Koyama, et al., "A Stacked Capacitor with (Ba_xSr_{1-x})TiO₃ for 256M DRAM", IEDM 91, pp. 823-826, 1991.
 [10] W. J. Lee, et al., "Electrical Properties of Barium Strontium Titanate (BST) Thin Films Deposited on Various Pt-Base Electrodes", ISIF 95, Vol. 11, pp. 111-119, 1995.
 [11] N. Ichinose, et al., "Preparation and Propertise of (Ba,Sr)TiO₃ Thin Films by RF Magnetron Sputtering", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 32, pp.4115-4117, 1993.
 [12] K. Takemura, et al., "High dielectric constant (Ba,Sr)TiO₃ Thin Films Prepared on RuO₂/Sapphire", Appl. Phys. Lett., 64, pp. 2967-2969, 1994.
 [13] T. Nakamura, et al., "Preparation of Pb(Zr,Ti)O₃ Thin Films on Ir and IrO₂ Electrodes", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 33, pp. 5207-5210, 1994.
 [14] H. N. Al-Shareef and A. I. Kigon, "Electrode Materials for Ferroelectric Thin Film Capacitors and Their effect on the Electrical Properties", Gordon and Breach(New York), 1996, pp. 193-230.
 [15] T. Kuroiwa, et al., "Dielectric Properties of (Ba_xSr_{1-x})TiO₃ Thin Films Prepared by RF Sputtering for Dynamic Random Access Memory Application", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 33, pp. 5187-5191, 1994.
 [16] K. Abe and S. Komatsu, "Epitaxial Growth and

Dielectric Properties of $(\text{Ba}_{0.24}\text{Sr}_{0.76})\text{TiO}_3$ Thin Film",
 Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 33, pp. 5297-5300, 1994.
 [17] K. H. Lee, et al., "Variation of Electrical Conduction
 Phenomena of Pt/(Ba,Sr)/Pt Capacitors by Different
 Top Electrode Formation Processes", Jpn. J. Appl.
 Phys. Vol. 36, pp. 5860-5865, 1997.

저 자 소 개



박 춘 배(朴椿培)

1950년 11월 1일생. 1973년 조선대 공대
 전기공학과 졸업. 1976년 동 대학원 전기
 공학과 졸업(석사). 1990년 전남대 대학원
 전기공학과 졸업(공학). 1991~1992년 미
 국 미시시피 주립대학 교환교수. 현재 원
 광대 공대 전기·전자공학부 교수.

Tel : 0653-850-6348

E-mail : cbpark@wonms.wonkwang.ac.kr

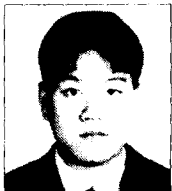


전 장 배(全長褱)

1974년 4월 7일생. 1997년 원광대 공대 전
 자재료공학과 졸업. 현재 동 대학원 전자
 재료공학과 석사과정.

Tel : 0653-850-6348

E-mail : coolguy@ecd.wonkwang.ac.kr



김 덕 규(金德奎)

1974년 4월 20일생. 1996년 원광대 공대
 전자재료공학과 졸업. 1998년 동 대학원
 전자재료공학과 졸업(석사). 현재 동 대학
 원 전자재료공학과 박사과정.

Tel : 0653-850-6348

E-mail : dkkim@gaebyok.wonkwang.ac.kr