

사파이어 기판위에 올린 BST박막의 후 열처리 효과

이동우, 고종혁*, 노지형, 문병무
고려대학교, *광운대학교

Covering Effects of post-deposition annealing for BST thin films on Al₂O₃

Dong-Woo Lee, Jung-Hyuk Koh*, Ji-Hyoung Roh, Kim and Byung-Moo Moon
Korea Univ, *Kwangwoon Univ

Abstract : Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃(BST) films with different deposition temperatures were deposited on Al₂O₃ substrate by Nd:YAG Pulsed Laser Deposition(PLD). The deposition conditions to achieve high crystal structures and dielectric properties were optimized for both techniques. The structural characterization on the BST thin films was performed by X-Ray Diffraction (XRD) and Atomic Force Microscopy (AFM). Effects of post-deposition annealing of BST films were investigated. The best dielectric properties were obtained on 800°C deposited BST film with post-deposition annealing at 1100°C in flowing O₂ atmosphere for 2hours.

Key Words : Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃, Pulsed Laser Deposition, post-deposition annealing, Al₂O₃

1. 서 론

편의성과 소형화를 위해 고유전율을 가지는 유전체 소재는, 벌크형 소재의 커패시턴스 측면에서 불합리를 해결하기 위하여 대부분의 경우 박막형으로 제작되며*참고 자료* 소재는 페로브스카이트구조인 Ba_xSr_{1-x}TiO₃(BST)와 SrTiO₃가 주종을 이룬다. BST는 BaTiO₃와 SrTiO₃의 완전 고용체로서 그 구조가 유사하므로 조성 조절이 용이하며 전기적 특성이 안정하고, 응답 속도가 매우 빠르고, 매우 큰 유전율 값을 가지며, 높은 Power handling capability, 그리고 적은 전류로도 제어될 수 있는 특징을 갖는다¹⁾. 따라서 BST박막을 이용하면 작은 크기의, 신뢰성 있는 가변소자를 개발할 수 있게 된다. 산화물 박막을 제조하기 위하여 사용되는 기판으로는 SrTiO₃, LaTiO₃, MgO와 같은 산화물 단결정들이 있으나, 유전율이 너무 커서 마이크로파 소자 응용이 어렵거나 가격이 매우 비싸다²⁾. 따라서 전자소자의 상용화를 염두에 두어, 가격이 저렴하고 마이크로파 특성이 우수한 poly-Al₂O₃ 기판위에 BST를 PLD기법으로 증착하고, 증착 온도 및 후열처리에 따른 특성을 분석하였다.

2. 실험

실험은 그 표1과 같은 조건에서 진행하였다.

표 1. PLD의 증착 조건

Base Pressure		1.7 X 10 ⁻⁵ Torr
Laser	Voltage	1.37 Kv
	Frequency	11 Hz
	Delay time	230 us
Working Pressure		2.0 X 10 ⁻¹ Torr
Temperature		700, 750, 800 °C
Deposition Time		15 min

Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃, (Ba_xSr_{1-x}TiO₃, x=5)을 기본 조성으로 하는 BST 박막을 Nd:YAG 레이저를 사용하여 PLD 기법으로 Al₂O₃ 기판위에 증착하였다. 박막 성장의 온도 조건으로, 타겟 물질의 녹는점의 절반 이상의 온도에서 증착, 성장이 이루어지기 때문에³⁾ BST의 녹는점인 1414°C의 절반인 700°C를 기준으로, 50°C의 온도 변화를 주어 700, 750, 800°C의 기판온도에서 증착하였고, 그 후 out-situ annealing으로 전기로에서 1100°C의 온도로 각각 30분, 1시간, 2시간동안 후 열처리 하였다.

그 후, 열처리 효과에 대하여 생각해 본 후, 열처리가 결과에 미치는 영향과 그 한계에 대하여 생각을 해보았다. 기준 증착온도 보다 낮은 300°C와 500°C에서 증착한 후, out-situ annealing으로 2시간동안 열처리를 하였다. 또한, 열처리 효과를 극대화시키기 위하여, 증착 조건과 같은 환경에서 in-situ annealing으로 1시간을 열처리 후, 다시 out-situ annealing을 해 본 후 각각의 데이터를 XRD와 AFM으로 분석, 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

기본 온도 조건인, 700°C와 그 이상의 온도에서 증착하고, out-situ annealing으로 여러 가지 온도 변화를 준 데이터를 XRD와 AFM으로 측정하였다.

표 2. AFM으로 측정된 높이차

열처리시간	700°C		750°C		800°C	
	0H	2H	0H	2H	0H	2H
최고높이차	1.608E+3	1.425E+3	1.499E+3	1.395E+3	1.365E+3	1.340E+3
평균높이차	1.826E+2	1.618E+2	1.779E+2	1.606E+2	1.768E+2	1.609E+2

(단위 :nm)

낮은 증착온도에서 높은 온도로 온도를 높여가면서 증착한 결과가, 좀 더 낮은 최고높이차와 평균높이차를 갖는 것을 볼 수 있고, 각각의 grain들이 고르게 성장했다는 것으로 해석할 수 있다.

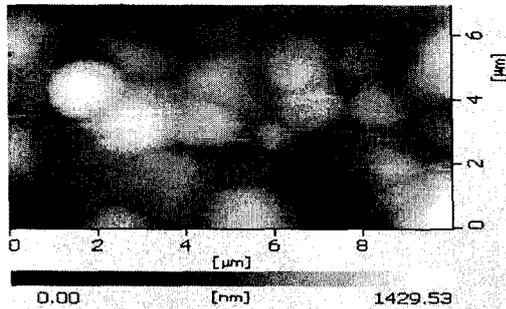


그림 1. AFM으로 측정한 BST박막 표면

그림 2에서 보이는 것처럼, PLD의 증착 온도가 700°C에서보다는 750°C에서, 그리고 750°C보다는 800°C에서 Group별로 BST의 peak이 잘 측정되는 것을 볼 수 있다. 마찬가지로 out-situ annealing을 하지 않은 결과보다는 각각 30분, 1시간, 2시간을 한 결과가 좋은 결과를 보였다.

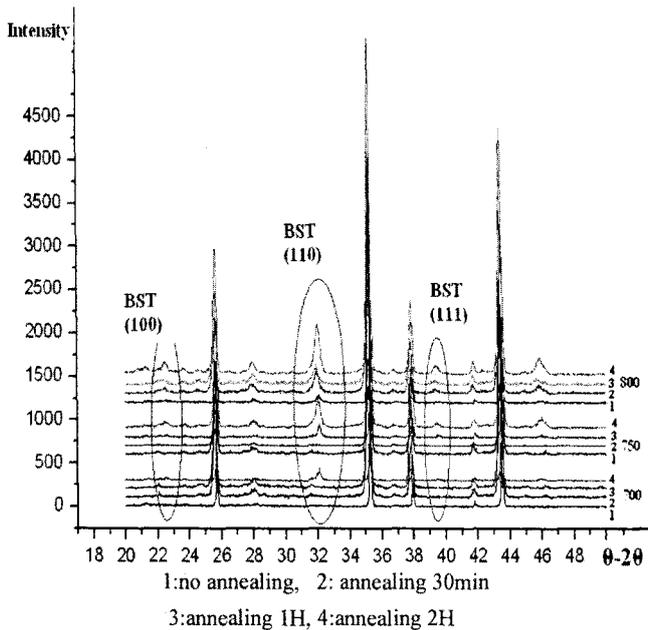


그림 2. 증착 온도와 열처리 시간변화의 XRD 측정

위 결과로 유추하여, 낮은 온도에서 증착한 BST도 annealing시간을 길게 한다면, 높은 온도에서 증착한 BST의 결과처럼 좋은 구조적, 전기적 성질이 있다고 예상하였다. 일반적으로 알려진 BST의 증착 온도인 700°C이하, 300°C와 500°C에서 PLD로 같은 조건으로 BST를 증착 후에 out-situ annealing으로 가장 좋은 결과를 보였던 2시간을 처리 후 결과를 다시 측정하였다.

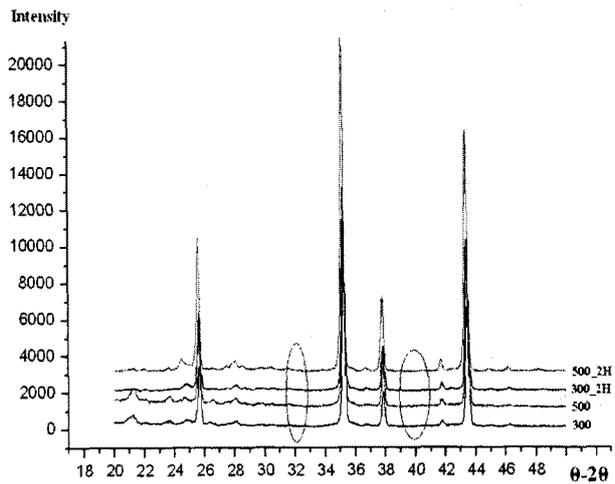


그림 3. 300°C와 500°C의 열처리 결과 XRD

낮은 온도에서 증착을 해도, 열처리 공정을 거치면 높은 온도에서 증착한 결과만큼의 좋은 특성을 가질 수 있다는 예상되는 달리, BST의 최저 증착 온도인 700°C이하인 300°C와 500°C에서는 별 다른 진전을 보이지 않았다.

4. 결론

본 연구에서는 Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃(BST)을 여러 증착온도의 PLD공정후, 열처리를 하여 그 특성을 측정 비교하여, 열처리 공정이 증착 결과에 미치는 범위와 한계를 조사하였다. 일정 온도이상에서 증착한 BST에서는, 열처리 공정이 시간에 비례하여 좋은 특성 값을 보장해주었지만, 최소 증착 온도 이하에서는 열처리 공정이 아무 효과가 없었음을 보았다.

Out-situ annealing은 BST의 peak의 intensity, grain의 높이차의 고르기, 크리스탈의 구조적 특성이 좋아지며, 700°C에서 증착한 BST타겟이라면 그 이상의 온도에서 증착한 타겟의 특성 값에 근사한 값을 가질 수 있게 사용되므로, 경제적 시간적 기회비용을 줄여줄 수 있을것이라 생각한다.

감사의 글

본 연구는 고려대학교의 연구비 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

- [1] E. Fujli, Y. Uemoto, S. Hayashi, T. Nasu, Y. Shimada, A. Matsuda, and M. Kibe, "ULSI DRAM technology with Ba_{0.7}Sr_{0.3}TiO₃ film of 1.3nm equivalent SiO₂ thickness and 10⁻⁹A/cm² leakage current," IEDM, 92, 267 (1992).
- [2] Seung Kwon Lee, "Microwave properties of phase shifter made of ferroelectric thin film", 2006 HanNam, p. 10, 2006.
- [3] Robert Eason, "Pulsed Laser Deposition of Thin Films", 2007, p. 533, 2007