

PLD로 증착된 YBCO 박막의 두께에 따른 배향성과 전기적 특성 변화

Thickness Effect on the Structural and Electrical Properties of YBCO Thin Films Grown by Pulsed Laser Deposition

허창희, 한경보, 이상렬.

(Chang Hoi Hur, Kyoung Bo Han, Sang Yeol Lee^{*})

Abstract

The effect of the superconducting film thickness on the substrate temperature has been investigated. Superconducting YBCO thin films have been grown on MgO substrates by pulsed laser deposition. The dependence of the orientation of YBCO film on thickness has been investigated by X-ray diffraction technique. X-ray diffraction indicated that the film orientation was changed by increasing the film thickness and by changing the substrate temperature.

Key Words : pulsed laser deposition(펄스 레이저 증착법), superconducting thin film(초전도 박막), YBCO, orientation, MgO

1. 서론

복잡한 다성분계 재료의 박막공정기법인 펄스레이저 증착법은 1980년대 중반이후 최첨단 공정법으로 세계적 관심을 끌고 있으며 그 응용범위가 매우 넓음이 입증되었다[1-3]. 이렇게 PLD에 대한 관심이 급증하고 있는 이유는 순수한 단일 원소 물질에서부터 복잡한 다성분계 물질에 이르기까지 재현성이 있고[4], 화학양론이 뛰어나며 무엇보다도 간단한 공정기법으로 박막을 증착시킬 수 있기 때문이다[5]. YBCO 초전도 박막은 높은 임계온도를 가지며, 그로 인하여 액체질소 온도에서의 실제적인 응용과 소자로서의 개발이 기대되고 있다. YBCO 초전도체는 상

온에서 $a = 3.82\text{\AA}$, $b = 3.89\text{\AA}$, $c = 11.67\text{\AA}$ 등과 같은 격자상수를 가지는 사방정구조(orthorhombic)를 하고 있다. 그러나 a , b , $c/3$ 의 격자상수 차이가 거의 없기 때문에 대부분의 YBCO 박막에서 표면에 수직한 방향의 a 축, b 축, c 축 결정입자가 혼합되어 형성되게 된다[6-8]. 심지어 이러한 혼합된 방향성은 in-situ 로 증착된 박막에서도 관찰이 되고 있다. YBCO의 물리적 특성은 그 성장 방향에 따라 그 특성이 차이가 있기 때문에 이러한 혼합된 성장 방향은 YBCO 박막의 전기적 특성 및 표면 상태에 큰 영향을 끼친다. 즉 이러한 바람직하지 않은 혼합된 결정입자 경계에 의하여 YBCO 박막의 표면저항이 증가하게 되어 최대 전류밀도를 제한하게 되고, 거친 박막표면을 형성하게 되어 성공적인 디바이스 응용에 영향을 미치는 것이다. 그러므로 이러한 결정입자의 방향성에 대한 연구는 성공적 디바이스 응용

* 연세대학교 전기전자공학과
(서울특별시 서대문구 신촌동 연세대학교,
Fax: 02-364-6996
E-mail : syllee@yonsei.ac.kr)

에 있어서 필수적인 사항이다.

2. 실험

펄스 레이저 증착 시스템을 이용하여 MgO (100) 기판위에 6,000Å 두께의 YBCO 박막을 증착하여왔다. Nd:YAG 레이저의 삼차 고조파 355 nm 파장을 이용하였으며, 반복율은 5 Hz였다. 펄스레이저 증착 시스템에서 타겟 표면과 레이저빔이 이루는 각도는 38° 정도로 맞추었다. 조사된 레이저의 에너지 밀도는 약 1.2 J/cm² 이다. 기판으로는 1 cm × 1 cm 크기의 MgO 물질을 사용하였고 표면의 청결을 위해 아세톤과 메탄올에서 초음파 세척기로 1분씩 세척하여 질소가스로 건조시켰다. 산소압 200 mTorr에서 증착하였으며, YBCO 박막이 증착된 후, 산소압을 500 Torr 이상으로 증가시켜 500°C 까지 천천히 냉각시키고 30 분간 산소 후열처리를 실시하였다. 박막의 특성을 고찰하기 위해 박막의 두께를 500-2000 nm 의 범위에서 증착시켰고 동시에 온도를 700-750 °C로 변화시켜서 증착하였다. 박막의 구조적 특성을 측정하기 위해 XRD를 사용하였다. 또한 전기적인 특성을 분석하기 위해 및 크라이오제닉콜러를 이용하여 임계온도를 측정하였고, 그 결과 약 69-85K의 임계온도를 가짐을 확인하였다.

3. 결과 및 고찰

YBCO 박막의 구조적 특성과 결정성을 알아보기 위하여 X-ray 회절패턴(XRD : X-ray Diffraction)을 조사하였다. 측정된 XRD 결과가 그림 1에 나타나 있다. 정리된 XRD 결과에서 알 수 있듯이 두께를 변화시키에 따라서 방향성의 전이가 관찰되었다. 즉 750°C에서 증착된 박막의 경우 그림에서 보여주는 결과와 마찬가지로 (001) 피크에서부터 (006) 피크에 이르기까지 양질의 박막임을 확인시켜주는 (001) 피크만 관찰되고 있음을 알 수 있었다. 이로부터 750°C에서 1.5µm 두께로 성장된 박막은 c축으로 단일한 방향성을 가지고 잘 성장되었음을 확인할 수 있다. 그러나 같은 두께인 박막이라 할지라도 온도가 상대적으로 낮은 700°C의 경우에도 혼합된 방향성을 의미하는 a축 성장 피크인 (200) 피크가 나타나고 있음을 확인할 수 있다. 이와 같이 박막의 두께가 증가함에 따라 박막의 배향성이 c축 단일 성장에서 혼합된 적층성장으로 변하는 경향성을 보이는 메커니즘을 보이고 있다. 이러한 관찰로부터 같은 두께의 박막이라고 할지라도 온도를 더 증가시켜줌에 따라 단일한 방향성을 가지고 성장할 것임을

예측할 수가 있었다. 따라서 비록 상대적으로 낮은 온도인 700°C일지라도 1000 nm까지는 c축 방향으로

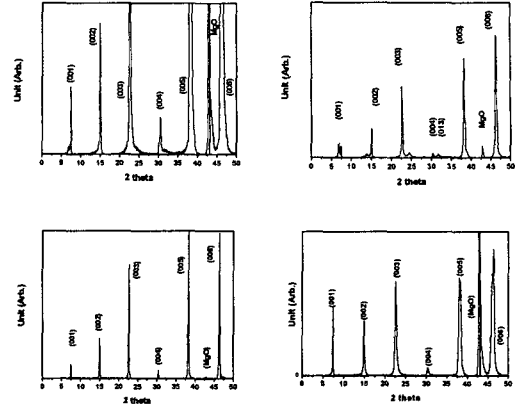


그림 1. MgO 기판상 증착된 YBCO 박막의 XRD 패턴 (a) 700°C에서 증착된 1µm 두께의 경우 (b) 700°C에서 증착된 1.5µm 두께의 경우 (c) 750°C에서 증착된 1µm 두께의 경우 (d) 750°C에서 증착된 1.5µm 두께의 경우

단일 배향성을 가지고 성장함을 확인하였고, 750°C에서는 1500Å의 두께까지는 c축 방향으로 단일 배향성을 가지고 성장함을 알 수 있다.

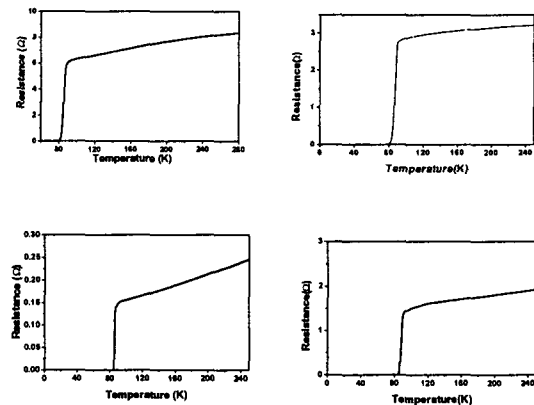


그림 2. MgO 기판상 증착된 YBCO 박막의 T_c (a) 700°C에서 증착된 1µm 두께의 경우 (b) 700°C에서 증착된 1.5µm 두께의 경우 (c) 750°C에서 증착된 1µm 두께의 경우 (d) 750°C에서 증착된 1.5µm 두께의 경우

그림 2는 MgO 기판상 YBCO 박막의 온도대 저항의

그래프를 도시한 그림이다. 그림에서 보이는 것처럼 동일한 온도하에서 박막의 두께가 증가할수록 임계 온도는 점점 낮아지는 것을 확인할 수 있다. 또한 동일한 두께일 때에는 박막의 증착시 기판온도가 높을수록 임계온도는 증가하는 경향을 보였다. 이는 그림 1의 박막의 구조적 특성의 변화와 같은 경향을 보였다. 따라서 박막의 배향성이 c축 단일성장한 박막의 임계온도는 높은 값을 가지는데 비하여 배향성이 혼합된 박막에서는 단일성장한 박막에 비하여 임계온도값이 현저히 저하되는 것을 확인할 수 있다.

Table 1.

온도 \ 두께	500 Å	1,000 Å	1,500 Å
700 °C	83.47 K	80.56 K	69.78 K
750 °C	85.47 K	85.35 K	83.91 K

Table 1에 각각의 증착온도와 박막두께에 따른 임계 온도값의 변화를 나타내었다.

4. 결 론

본 논문에서는 증착온도와 두께에 관한 상관관계를 규명하기 위해 펄스 레이저 증착법에 의해 YBCO 박막을 증착하였다. YBCO 박막의 두께가 증가함에 따라 c축 단일성장으로 부터 혼합된 성장으로의 전이가 발생하였으며, 같은 두께를 갖는 박막일 지라도 증착온도가 달라짐에 따라 박막의 배향성에 변화가 발생함을 관찰하였다. 이러한 관찰로부터 같은 두께의 박막이라고 할지라도 온도를 더 증가시켜 줌에 따라 단일한 방향성을 가지고 성장함을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 연세대학교의 연구비 지원(과제 관리 번호 : 2000-1-0104)으로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] L.P. Lee, K. Lhar, M.S. Clclough, and G. Zaharchuk, Appl. Phys. Lett. Vol 59, p.3051, 1991.
- [2] H.S. Newman, D.B. Chrisey, J.S. Horwitz, B.D. Weaver, and M.E. Reeves, IEEE Trans, Magn.

Vol 27, p.2540, 1991.

- [3] R. Simon, Rhysics Today. Vol 44, p.64, 1991.
- [4] N.P. Ong, J.K. Moyle, J. Bajaj, and J.T. Cheung, J. Vac. Sci. Technol. Vol A5, p.3079, 1987.
- [5] J. Desserre and J.F. Eloy, Thin Solid Films. Vol 29, p.29, 1975.
- [6] T. Kitamura, I. Hirabayashi, S. Tanaka, Y. Sugawara, and Y. Ikuhara, Appl. Phys. Lett. vol 54, p.1054, 1989.
- [7] F.M. Granozio and U.S. Uccio, J.Crystal Growth, Vol 174, p.409, 1997.
- [8] S.W. Chen, D.M. Hwang, and L. Nazer, J. Appl. Phys, Vol 65, p.4719, 1989.