

스퍼터 증착법으로 제작한 Bi-Sr-Ca-Cu-O 고온 초전도 박막

천민우, 양승호, 박노봉, 박용필
 동신대학교

High-Tc Superconducting Bi-Sr-Ca-Cu-O Thin Films prepared by Sputter Deposition

Min-Woo Cheon, Sung-Ho Yang, No-Bong Park, Yong-Pil Park
 Department of Electrical & Electronic Engineering, Dongshin Univ.

Abstract : Bi-Sr-Ca-Cu-O thin films have been fabricated by sputter deposition method. During the deposition, 10 and 90 wt%-ozone/oxygen mixture gas of typical pressure of $1 \sim 9 \times 10^{-5}$ Torr are supplied with ultraviolet light irradiation for oxidation. XRD and RHEED investigations reveal out that a buffer layer with some different compositions is formed at the early deposition stage of less than 10 units cell and then Bi-2201 oriented along the c-axis is grown.

Key Words : Superconducting Thin Film, Sputter Deposition, Bi-2201, Bi-2212

1. 서 론

반도체 디바이스의 집적화 기술은 이미 물리적인 한계에 달하고 있어 미세화, 발열 처리 및 고속화 등이 큰 문제로 제기되고 있으며 특히 저 소비 전력화와 고속화 등 양대 문제를 동시에 해결할 수 있는 신소재와 디바이스의 개발이 절실히 요구되어지고 있는 실정이다.

초전도 박막을 이용한 스위칭 소자 디바이스는 이러한 문제에 대응할 수 있는 유망한 소자의 하나로, 조셉슨 전류와 자계와의 간섭을 이용하여 극히 미약한 자장을 검출할 수 있는 초전도 양자 간섭계(SQUID)는 초전도 현상을 실용화한 대표적인 경우이다. 또한 초전도 박막은 super 컴퓨터와 같은 초고속 LSI, 우주 통신용 안테나, 믹서, 군사 장비, 초전도 트랜지스터, 초전도 센서 및 초전도 한류기 등에 광범위하게 응용할 수 있으며, 이의 연구·개발에는 첨단 고급 기술의 축적이 요구되므로 인접 학문 및 주변 산업의 진보를 촉진시킬 수 있어 파급 효과가 매우 큰 연구 분야라 할 수 있다. 특히 실용화를 고려할 때 액체 질소 온도 이상에서 응용 가능한 고온 초전도 박막의 개발이 절실히 요구된다. 따라서 본 연구에서는 Bi-Sr-Ca-Cu-O 고온 초전도 박막의 고품질화를 목적으로 기초 연구를 수행하였으며, 스퍼터 증착법을 채택하여 Bi-초전도 박막을 제작, 그 특성을 분석하였다.

2. 실험

순차 증착[1]에서는 Bi2201 또는 Bi2212상의 결정 구조에 맞추어, Bi→Sr→Cu→(Ca→Cu)→Sr→Bi의 순으로 스퍼터하고, 이것을 단위격자의 반값으로 통상 40 사이클 반복했다. 따라서 생성막의 두께는 이론적으로는 BSCCO의 c 축 길이 × 20 층 분이 될 것이다. 순차증착에 의한 생막조건을 표 1에 나타냈다.

표 1. 성막 조건.

기 판	SrTiO ₃ single crystal (100)
기 판 온도	650 ~ 730 °C
분위기 가스	O ₃ (90 mol%) : $1 \sim 50 \times 10^{-6}$ Torr
성 막 속도	0.00008 ~ 0.0027 nm/sec
박 막 두께	40 half unit cell
타 깃	Bi, Sr, Ca, Cu metal
증 착 과 정	Bi(15 ~ 560 sec)→Sr(80 sec)→Cu(80 sec)→[Ca(300 sec)→Cu]→Sr→Bi/1 half unit cell

3. 결과 및 고찰

그림 1은 순차 증착으로 Bi2201상을 제작한 박막의 XRD 패턴이다. 이 때 1 회의 증착 과정은 Bi→Sr→Cu→Sr→Bi이다. XRD 패턴으로부터 c 축으로 배향한 Bi2201 단상 막이 얻어진 것을 알 수 있다. 피크의 반값의 폭은 약 0.2°이며 결정성은 양호하다. 단, 동시증착에서 제작한 Bi2201 박막에 보여진 라우에 진동 피크는 관측되지 않았다. 이처럼 기판 온도, 산화가스압을 최적화함으로써 순차 증착법에서 Bi2201 단상 막을 비교적 용이하게 생성할 수 있다.

다음으로 순차 증착으로 Bi2212 단상 막의 제작을 시도했다. 이 경우의 증착 과정은 Bi→Sr→Cu→Ca→Cu→Sr→Bi이다. 그림 2에 제작한 막의 대표적인 XRD 패턴을 나타냈다. 그림 2 XRD (a)에서는 Bi2212상 대신에 Bi2201상과 유사 스피넬 구조를 가진 a 축으로 배향한 SrBi2O4가 생성되고 있다. 또한 (b)의 샘플은 Bi의 스퍼터 시간을 길게 한 경우로 CaCuO2 등[2-3] 불순물상의 피크밖에 볼 수 없다. 이처럼 Bi2212상의 생성을 목적으로 성막 했음에

도 불구하고, 어떠한 기판온도, 오존 가스압[4] 조건에서도 XRD의 피크에서는 Bi2212층의 생성은 확인할 수 없었다. 또한 박막의 조성은 Bi 원소의 경우 화학양론보다 현저하게 부족했다. 따라서 스퍼터 시간에 따라 박막에 포함된 원자의 수 및 조성을 상세히 조사하였다.

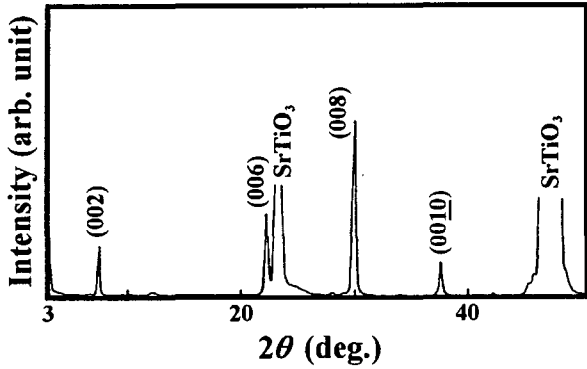


그림 1. Bi2201 생성막의 XRD 패턴.

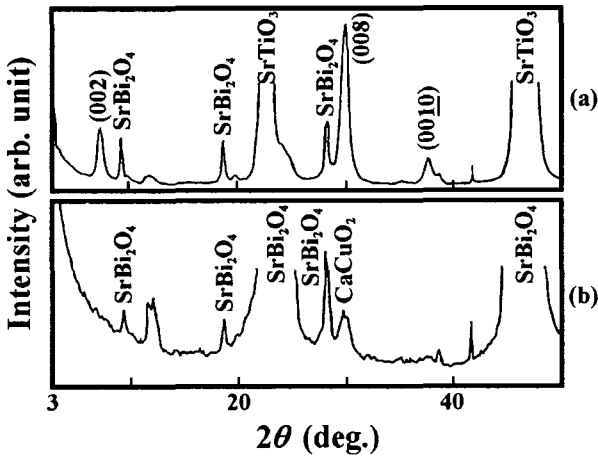


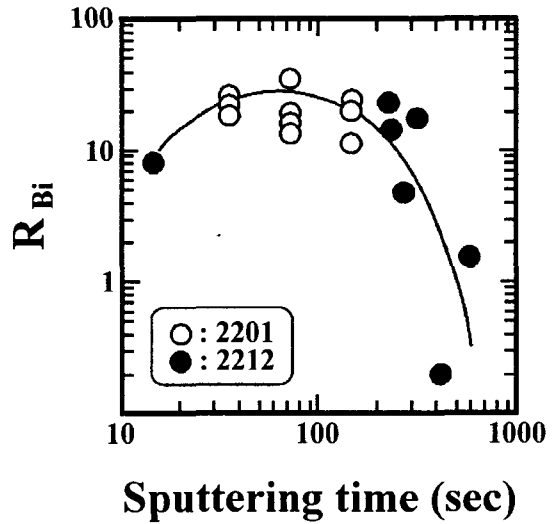
그림 1. Bi2212 생성막의 XRD 패턴.

다음으로 Bi 원소의 스퍼터 시간에 대한 피복률의 변화를 그림 3에 나타냈다. 그림 중 ○는 Bi2201상이 생성된 막, ●는 Bi2212상이 생성된 막을 나타낸다. 그림으로부터 초기에는 박막 중에 Bi 원소의 양이 스퍼터 시간과 함께 상승하고 있으나 약 70 초를 경계로 급속히 감소하는 것을 알 수 있다 이때 Bi 원소의 피복률은 최대 30%가 된다.

4. 결론

본 연구에서는 스퍼터 증착법으로 Bi-Sr-Ca-Cu-O 고온 초전도 박막을 제작하였다. 그 결과 각 원료 원소를 필요한 수만큼 스퍼터하기 위해서는 많은 시간이 소요되므로 Bi 원소의 재증발과 성막 도중 단계에서 이상 생성의 억제에 관한 연구를 알았다. 이처럼 초 저속에서의 순차 증착은 Bi-Sr-Ca-Cu-O 고온 초전도 박막을 형성하는 것이 매우

난해하고 Bi 2212의 제작 시 Bi 및 Ca의 스퍼터 시간을 최적화함으로써 미량의 Bi 2212 상을 생성할 수 있었으나 실제로 생성된 것은 결정성이 좋지 않은 Bi 2201 상과 이상의 SrBi2O4이었다. Bi 원소의 스퍼터 시간과 생성막 내에 포함된 Bi 원자수의 관계를 조사한 결과 이상 치의 30%를 초과할 수 없음을 알 수 있었다. Bi의 스퍼터 시간을 증가한 경우 역으로 Bi의 함유 원자수는 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 Bi 계 박막의 저속 성막에서 Bi 원자의 재증발이 성막 속도와 비슷한 수준으로 발생하는 것이 원인으로 판단된다.



감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] Y. P. Park, "Characteristics of Bi-superconducting thin film fabricated by layer-by-layer and co-sputtering method", J. of EEIS, Vol. 3, No. 4, p. 491, 1998.
- [2] Y. P. Park and J. U. Lee, "Layer-by-layer deposition of BSCCO thin films using ion beam sputtering method", J. of KIEEME, Vol. 11, No. 4, pp. 334-339, 1998.
- [3] K. Abe and S. Komtsu, "Ferroelectric properties in epitaxially grown BaxSr1-xTiO3 thin films", J. Appl. Phys. Vol. 77, No 12, pp. 6461-6465, 1995.
- [4] Y. P. Park, "Evaluation of Ozone Condensation System by T. D. Method", Transactions on Electrical and Electronic Materials, vol. 1, No. 2. pp. 18-22, 2000.