

기판온도와 산화가스압에 따른 Bi-2212 초전도 박막의 단상막 형성에 관한 연구

양승호*, 이희갑**, 박용필*

동신대학교 병원의료공학과*, 대한상공회의소 인력개발원**

A Study on Formation of Single-phase Film in the Bi-2212 Superconducting Thin Films versus Substrate Temperature and Oxide Gas Pressures

Seung-Ho Yang*, Hee-Kab Lee** and Yong-Pil Park*

*Dept. of Hospital Biomedical Engineering, Dongshin University

**The Korea Chamber of Commerce & Industry

Abstract : BiSrCaCuO superconducting thin films have been fabricated by co-deposition using the faraday cup. Despite setting the composition of thin film Bi2212, Bi(2201, 2212, 2223) phase were appeared. It was confirmed the obtained field of stabilizing phase was represented in the diagonal direction of the right below end in the Arrhenius plot of temperature of the substrate and PO₃, and it was distributed in the rezone.

Key Words : BiSrCaCuO Superconducting Thin Films, IBS, Co-Deposition Method

1. 서론

초전도 박막은 의료분야 외에 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 산화물 초전도 박막의 고품질화를 목적으로 기판온도, 산화 가스압에 따른 Bi2212의 단상막 생성 조건을 규명하고 새로운 정보를 얻는 것을 연구 목표로 하였다.

2. 실험

IBS 장치는 기존의 동시 증착 시스템을 그대로 이용하였으며[1] 부족한 Bi 원소를 페러데이 컵을 이용하여 증발시키는 방식으로 Bi 원소의 부착율을 개선하여 다량의 원소를 보다 안정하게 공급할 수 있도록 하였다. 기판은 MgO(100)를 사용하였고, 기판온도는 660 ~ 720 °C까지 조절 할 수 있게 하였으며, 분위기 가스는 고농도의 O₃(90 mol%)를 사용하였다. 이온전류는 200 ~ 300 μA, Ar 가스압은 5×10⁻⁶ Torr, 성막 속도는 0.02 nm/sec의 초저속으로 하였으며, 막두께는 40 nm, Bi 도가니의 온도는 400 ~ 500 °C으로 하였다. 제작한 박막은 EDX로 조성을 분석, 확인하였으며 결정구조는 XRD 패턴으로 조사하였다. 박막제작에 사용한 개선된 성막 장치의 개략도를 그림 1에 나타냈다.

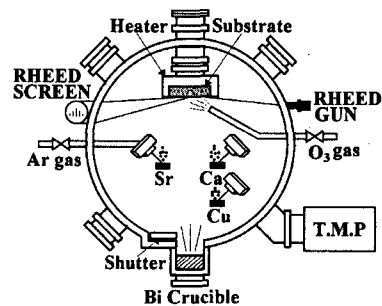


그림 1. 페러데이 컵을 이용한 IBS장치의 개략도.

3. 결과 및 고찰

3.1 Bi 계 초전도 상(Bi2212)의 생성상도

그림 2에 Bi:Sr:Ca:Cu=2:2:1:2로 조성을 고정했을 때의 Bi 계 초전도상의 생성상도를 표시하였다. 혼합된 그림 표시는 XRD의 피크가 Bi2201 단상, Bi2212 단상 및 Bi2223상 단상의 어느 쪽에도 속하지 않은 것이다. 이들은 (002) 피크 위치가 이상적인 Bi2201상과 Bi2212상 또는 Bi2212상과 Bi2223상과의 사이에 위치해 있고, 이들 상이 혼합된 혼합 결정계의 생성을 나타내고 있다[2]. 각 상의 생성 영역은 금속원소의 증기압 곡선과 동일한 양상으로 우측 하단 쪽으로 band 상태의 분포를 보이고 있다. 일정한 압력 선상에서 비교하면, 기판온도가 저온에서 고온 측으로 이동함에 따라 박막의 결정구조는 Bi2201 → Bi2212 → Bi2223으로 변화한다. 또한 기판온도가 일정한 선상에서는 가스 압력에 따라 동일한 양상의 변화가 보인다. 따라서 단위격자에서 c 축의 길이가 길어지면 그 생성 영역은 고온 저압 측으로 이동해 가는 것을 알 수 있다.

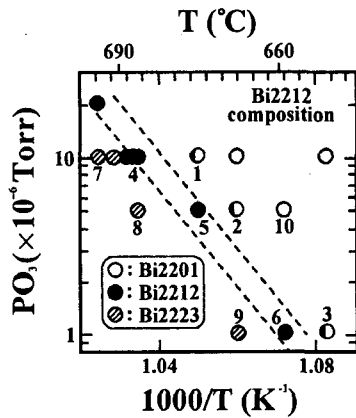


그림 2. Bi2212의 조성으로 제작한 박막의 생성상도.

3.2 XRD에 의한 결정구조 해석

그림 3의 샘플 1,2,3은 Bi2201과 Bi2212의 혼합상이 생성된 막을 비교한 패턴으로 어느 것이나 *c* 축으로 배향해 있고, 불순물상으로 약간의 CuO 피크를 볼 수 있다. 이 불순물상(CuO)의 피크 강도는 성막 환경이 저온 저압 축으로 향하는 만큼 증가하고 있다. 이는 박막 조성이 Bi2212이므로 Bi2201상이 생성된 경우 박막 내의 과잉 Ca과 Cu가 화합물을 형성하고 석출하는 것이라 판단된다.

BSCCO는 다원계 산화물로 조성과 조건이 일치하지 않는 경우 구성 원소 각각의 산화물 이외에도 Ca-Cu, Bi-Sr, Ca-Bi, Sr-Ca, Sr-Ca-Cu, ... 등 여러 가지 조합의 이상 생성물이 생성되는 것으로 알려져 있다[3]-[5]. 이 가운데 Ca과 Cu의 산화물로는 CaCuO₂가 생성되는 것으로 보고되어 있다[6]. 그러나 CaCuO₂ 주 피크의 위치(32.96°)와 Bi2201상(008)의 피크가 겹치기 때문에 그 존재는 확인할 수 없다.

그림 3의 샘플 4,5,6은 Bi2212상이 생성된 막의 XRD 패턴이다. 어느 것이나 *c* 축으로 배향한 Bi2212 단상막으로 이 경우도 저온 저압 조건에서 성막한 막에서는 약간의 CuO 피크가 성장한 것을 알 수 있다. 그림 3의 샘플 7,8,9는 (002) 피크가 두 개로 분리되어 있어 생성막에 Bi2212상이 혼합되어 있음을 의미하고 있다. 또한 불순물상으로 SrBi₂O₄의 생성을 확인할 수 있다. 박막의 조성비가 Bi2212이므로 Bi2223상이 형성되는 경우 Bi와 Sr이 과잉되어 이상으로서 SrBi₂O₄가 생성되는 것은 자연스럽다고 볼 수 있다. SrBi₂O₄ 결정은 스피넬 구조를 취하고 있고, 피크의 면지수 (100)에서 기판 상 또는 박막 안에서 *a* 축으로 배향하고 있다고 사료된다.

4. 결론

Bi2212상(n=1)에 박막 조성을 고정하여 성막했음에도 불구하고, Bi2201, Bi2212 및 Bi2223상이 생성되었다. 이들 안정상의 생성 영역은 기판 온도-산화 가스압의 Arrhenius 플롯에서 우측 하단 방향으로 경사진 직선으로 표시되며 매우 좁은 영역에 분포되어 있다. 생성막의

XRD 피크는 기판 온도에 따라 연속적으로 변화했다. 이는 각각의 (Bi2201, Bi2212, Bi2223)이 결정 구조 내에 혼합되어 있는 혼합 결정계의 존재를 시사하는 것이다.

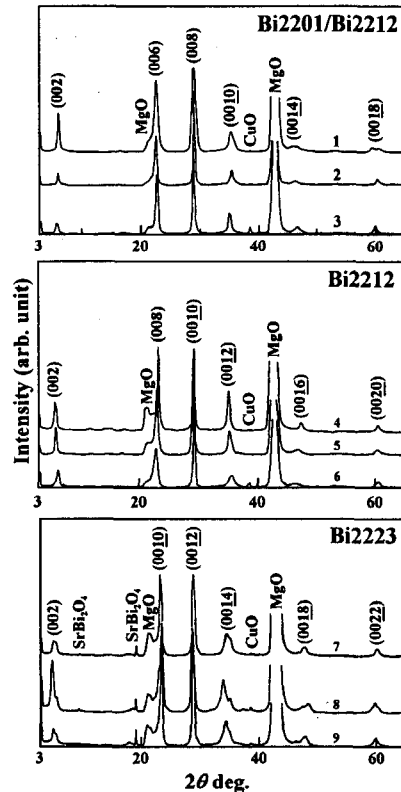


그림 3. 생성막의 XRD 패턴.

참고 문헌

- [1] G. J. Ruthton, K. R. O'shea, and R. K. Fitch, "Modes of operation of an electrostatic ion gun", J. Phys. D: Appl. Phys. Vol. 6, p. 1167, 1973.
- [2] R. S. Roth, C. J. Rawn, B. P. Burton, and F. Beech, "Phase equilibria and crystal chemistry in portions of the system SrO-CaO-Bi₂O₃-CuO, Part II -the system SrO-Bi₂O₃-CuO", J. Res. Natl Inst. Stand. Technol, Vol. 95, No. 3, pp. 291, 1990.
- [3] H. B. Sun, G. J. Russell, and K. N. R. Taylon, "DC magnetic field effects for ceramic YBa₂Cu₃O_{7-δ} using isothermal AC susceptibility", Physica C, 243, p. 139, 1995.
- [4] R. Müller, M. Cantoni, and L. J. Gauckler, "Phase compatibilities in the Bi-poor region of the system Bi-Sr-Ca-O at 820 and 900 °C in air", Physica C, 243, p. 103, 1995.
- [5] R. S. Rath, C. J. Rawn, J. J. Ritter, and B. P. Burton, "Phase equilibria of the system SrO-CaO-CuO", J. Am. Ceram. Soc. Vol. 72, No. 8, p. 1545. 1989.
- [6] S. H. Yang and Y. P. Park, "Phase stabil Bi-2212 and Bi-2223 thin films prepared by IBS technique", Trans. on EEM, Vol. 2, No. 1, p. 12, 2001.