

# 의용소자로 응용하기 위해 제작한 BSCCO 박막의 부착계수 해석

양승호\*, 박용필\*  
 동신대학교\*

## Analysis of Sticking Coefficient in BSCCO Thin Film Fabricated for apply to Biomedical device

Seung-Ho Yang\*, Yong-Pil Park\*  
 \*Dongshin University

**Abstract :** BSCCO thin films are fabricated by an ion beam sputtering method, and sticking coefficients of the respective elements are evaluated. The sticking coefficient of Bi element in BSCCO film formation was observed to show a unique temperature dependence; it was almost a constant value of 0.49 below about 730°C and decreased linearly over about 730°C. In contrast, Sr and Ca, displayed no such remarkable temperature dependence. This behavior of the sticking coefficient was explained consistently on the basis of the evaporation and sublimation processes of Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. It was concluded that Bi(2212) thin film constructs from the partial melted Bi(2201) phase with the aid of the liquid phase of Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

**Key Words :** sticking coefficient, BSCCO thin film

### 1. 서 론

고온초전도물질 응용기술은 21세기의 의료, 에너지, 정보통신, 교통, 환경 등의 분야에서 혁신적인 기술을 창출해 낼 수 있는 미래원천 기술로서, 21세기를 이끌어 갈 가장 중요한 기술의 하나이다. 초전도 박막은 첨단 디바이스는 물론 다양한 산업분야에 응용이 가능하여 많은 기대가 모아지고 있다. 초전도 박막의 활용을 위해서는 무엇보다 고품질의 박막제작이 필수적이며, 양질의 박막을 제작하기 위해서는 생성막의 조성을 엄밀히 제어할 필요가 있고, 이를 위해 원자 단위에서의 성장 메커니즘에 대한 연구가 선행되어야 한다. 그 접근 방법으로 구성 원소의 부착계수에 대한 연구가 필수적이다. 박막제작을 위해 입사된 모든 원자가 결정구조를 형성하는 것은 아니고, 기판 표면에서 확산한 후, 안정영역에 도달한 원자만이 결정구조를 형성한다. 그렇기 때문에 부착 계수는 '기판에 입사된 원자수와 결정을 형성하는 원자수의 비율'로 정의할 수 있으며, 이를 통해 원자의 흡수, 이동, 결합 및 재증발 등 박막의 성장 메커니즘과 관련된 다양한 정보를 얻을 수 있다. 따라서 본 연구에서는 Bi, Sr, Ca 및 Cu 각 구성 원소의 부착계수 및 온도 의존성에 대해 고찰하였다.

### 2. 실험

이온 빔 스퍼터(IBS)에 의한 동시증착법[1-2]으로 BSCCO 박막을 제작하였으며, 박막의 성장속도를 0.17 ~ 0.27 nm/min의 초저속으로 성장 시켰다.

그림 1에 IBS 장치의 개략도를 나타냈다. 냉음극

saddle-field 형 이온 건을 진공 챔버 내부에 장착하고 Bi, Sr, Ca 및 Cu 금속 타겟을 동시에 스퍼터하였으며, 기판은 MgO(100)을 사용하였다. 산화 가스는 고농도 오존을 사용하였고[3], 오존가스압력을  $2 \times 10^{-6} \sim 4 \times 10^{-5}$  Torr로 하였으며, 기판 온도를 650 ~ 820°C의 범위로 설정하여 박막을 성장시켰다.

기판으로 공급되는 각각의 원소에 대한 공급 원자수는 수정 진동자 막두께 측정 장치를 기판에 부착하여, 추적속도(推積 速度)를 조사하여 산출하였다. 박막에서 Cu 원소의 실제 원자수는 ICP 분광 장치를 이용하여 분석하였는데 기판 온도에 따라 다소 차이를 보였으나 거의 일정한 값을 보였다. 이는 입사된 Cu 원소의 원자수가 박막을 구성하는 원자수와 거의 일치함을 보여주는 것이다.

일반적으로, 원소의 부착계수는 박막을 구성하는 결정 구조에 크게 좌우된다. 따라서, BSCCO 박막을 구성하는 각 원소의 부착계수를 구하기 위해 제작된 박막의 결정 구조를 X 선 회절 분석 장치(XRD)를 이용하여 관찰하였다.

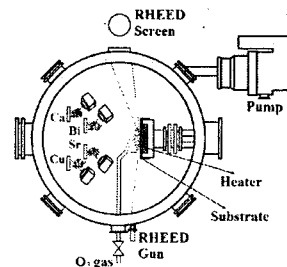


그림 1. IBS 시스템의 개략도.

### 3. 결과 및 고찰

그림 2는 Cu와 Sr 원소에 대해서 입사원자수와 생성된 박막시료의 ICP 분석으로 구한 부착원자수의 관계를 나타내고 있다.

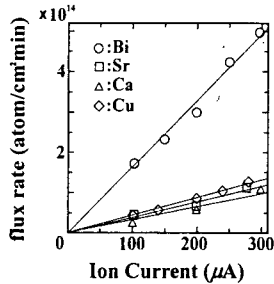


그림 2 Cu와 Sr 원소 부착원자수의 관계

이 직선의 기울기로부터 부착계수를 구하면 각각 Cu의 부착계수는 0.97 Sr은 0.69였다. Cu의 부착계수는 약 1.0으로 Bi계 산화물 초전도 제작 시 Cu의 부착원자수가 입사원자수와 거의 일치하는 것을 보여주고 있다. 즉, Cu원소는 성막시간 동안 입사한 원자수를 부착된 총 원자수로 보는 것이 가능하다는 것을 의미한다.

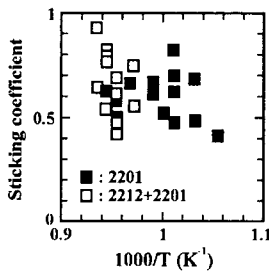


그림 3. 성막 온도에 대한 Sr 원소의 부착 계수.

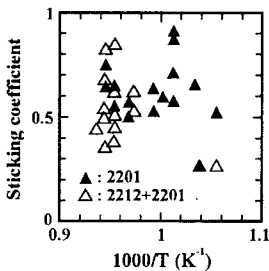


그림 4. 성막 온도에 대한 Ca 원소의 부착 계수.

실제로 Bi2212의 조성으로 원소를 공급했음에도 불구하고 온도 및 산화 가스압의 영향으로 부분적으로 Bi2201이 생성된 막 및 소량의 CuO가 확인된 막도 얻어진다. 그러나 본 연구의 동시증착 과정에서는 순차증착 과정에서 잘 관측되던 Bi 원소를 포함한 이중 화합물상은 생성되지 않았다. 더욱이 Bi2201 상은 Bi2212 상과 동일한 결정구조[4]이므로 부착계수의 영향에 대한 큰 차이는 없다고 생각된다.

위 사항을 고려하여 초전도 박막의 부착계수를 구하였고 Sr과 Ca의 부착계수를 성막 온도에 대한 함수로 그림 3과 그림 4에 표시하였다.

이들을 통계적으로 정리하면 측정된 온도범위에서는 온도 의존성은 작고 Sr 및 Ca의 부착계수는 각각  $0.69 \pm 0.15$ ,  $0.61 \pm 0.12$ 로 계산된다.

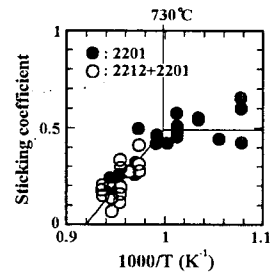


그림 5. Bi 부착계수의 온도 의존성.

그림 5에 Bi의 원자의 온도 의존성을 나타냈다.

Bi의 부착계수는 기타 원소와는 다른 온도의존성을 나타내고 있으며, 730°C까지는 일정한데 비해, 730°C보다 고온이 되면 급격히 작아진다.

### 4. 결론

부착계수는 Cu는 거의 1.0, Sr 및 Ca는 각각  $0.69 \pm 0.15$ ,  $0.61 \pm 0.12$ 임을 구할 수 있었다. 이들 원소의 부착계수는 온도의존성이 적다. 반면, Bi는 730°C보다 저온영역에서는  $0.49 \pm 0.06$ 으로 일정하지만, 고온 영역에서는 온도의 상승과 더불어 감소하고 있다. 730°C는 성막 조건하에서 Bi 산화물의 융점으로 볼 수 있다. 박막 제작 과정에서 Bi2212상이 750°C 이상에서 생성되는 이유는 Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 포함한 액상 상태에서 Bi2212 상 c축 방향의 Sr-O-Cu 결합을 끊고 CaCuO<sub>2</sub>가 삽입되어, Bi2201 상으로부터 Bi2212 상이 생성되는 과정으로 이해할 수 있다.

본 연구에서 측정된 Bi의 부착계수 값 및 온도 의존성은, Bi계 고온 초전도 산화물의 결정성장기구의 해명과 박막 제작 시 시스템 제어에 많은 정보를 제공하리라 판단된다.

### 참고 문헌

- [1] Y. P. Park and J. U. Lee, "Characteristics of co-deposition for Bi-superconductor thin film using Ion Beam Sputtering method", J. of KIEEME, vol. 10, No. 5, p. 425, 1997.
- [2] 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.
- [3] Y. P. Park, "Evaluation of ozone condensation system by T. D. method", Trans. on EEM, vol. 1, No. 2, p. 18, 2000.
- [4] R. Prasad, V. Venugopal and D. D. Sood, "Vapour pressure of bismuth calculated from Mg<sup>+</sup>Bi and Pb<sup>+</sup>Bi alloys using a transpiration technique", J. Chem. Thermodynamics 9, p. 593, 1977.