

a-축 배향된  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}/\text{Insulator}/\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  다층박막의 제조  
 (Fabrication of a-Axis Oriented  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}/\text{Insulator}/\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$   
 Multilayer Thin Films)

서정대, 성건용, 김종희\*

한국전자통신연구소, 기초기술연구부

\*한국과학기술원, 재료공학과

### 1. 서론

$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  (YBCO) 고온초전도 박막의 전자소자 응용을 위해서 많은 연구들이 진행되고 있다. 특히, 조셉슨 접합을 이용한 능동소자의 경우에는 초전도체/절연체/초전도체(SIS)의 접합구조를 형성하는 것이 필수적인 것으로 알려져 있다. 이러한 SIS 터널접합을 형성하기 위해서는 양질의 고온초전도 박막과 절연박막으로 구성된 다층박막을 in-situ로 제조할수 있는 기술이 요구되고 있다. YBCO 고온초전도체의 결정구조는 이방성을 갖고있어서 초전도 정합길이가 a-축 방향이 c-축 방향에 비하여 한자릿수 정도 크다 ( $\xi_{a,b}=30 \text{ \AA}$ ,  $\xi_c=3 \text{ \AA}$ ). 따라서 a-축 배향 YBCO 박막의 경우, 초전도체와 절연체 계면에서 결정결합등에 의한 초전도성의 상실정도가 c-축 배향 박막에 비하여 줄어 들게되는 장점이 있다. 이러한 정합길이의 이방성으로 인하여 a-축 배향된 YBCO 박막이 c-축 배향 YBCO 박막에 비하여 샌드위치형태의 조셉슨접합 제작에 유리하다고 알려져 있다. 최근에 a-축 배향 YBCO 박막이 여러 산화물 단결정기판을 사용하여 제조되었으며, a-축 배향 YBCO 박막내의 b, c-축의 일방향 정렬이 성공적으로 이루어 졌다. 이러한 a-축 배향 다층 박막 제조의 성공은 조셉슨 터널접합 형성을 위한 a-축 배향 SIS 다층박막의 제조가능성을 제시하였다.

본 연구에서는 샌드위치형 조셉슨 접합형성에 유용한 a-축 배향 YBCO/Insulator/YBCO 다층박막의 제조에 관하여 논의하고자 한다.

### 2. 실험방법

a-축 배향 YBCO/Insulator/YBCO 고온초전도 다층박막은 펄스레이저 증착공정으로 제조되었다. 증착실의 진공도는 turbomolecular pump를 사용하여  $10^{-6}$  Torr로 유지하였고, 증착기판은  $\text{LaSrGaO}_4(100)$ (LSGO) 단결정을 사용하였다. YBCO 박막의 결정배향을 제어하기위해 기판의 온도를  $630^\circ\text{C}$  로 유지한후, 100 mTorr의 산소분위기에서 제 1 층의  $\text{PrBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  (PBCO) 박막을 밀틀층으로 증착한후 기판의 온도를  $750^\circ\text{C}$ 로 승온시켜 YBCO 박막을 증착하는 2단계증착법을 사용하였다. 제 1층 YBCO 박막증착후 산소압력을 500 Torr로 승압시켜  $500^\circ\text{C}$ 의 온도에서 한시간동안 in-situ로 열처리한후  $600^\circ\text{C}$ 의 온도로 승온시켜 100 mTorr의 산소분위기에서 LSGO 절연박막을 증착하였다. 이 위에 다시 PBCO 박막과 YBCO 박막을 제 1층 박막증착과 동일한 조건에서 행하였다.

박막증착에 사용한 펄스레이저는 308 nm XeCl 이었으며, 에너지 밀도가  $1 \text{ J/cm}^2$ 인 레이저 펄스를 1 Hz의 반복률로 YBCO 타겟에 조사하였다. 다층박막의 전기적물성은 4단자법으로 측정하였고, 박막배향은 XRD로 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

LSGO (100) 기판위에 100 nm 두께로 증착된 제 1층 PBCO 박막의 배향을 XRD 회절분석을 행한 결과에서는 (0k0) 피크만 관측되었다. 이 결과로부터 PBCO 밀들층은 b-축이 기판에 수직한 배향을 갖는 것으로 생각되었다.

PBCO 밀들층 위에 증착된 제 1층 YBCO 박막의 XRD 회절분석결과를 그림 1.에 나타내었다. 기판의 온도가 630 °C일때 최적의 a-축 배향 YBCO 박막을 얻을 수 있었다. 제 1층 YBCO 박막의 일방향 결정축 정렬 (in-plane alignment)를 확인하기 위하여 (102) YBCO 결정면을 사용하여  $\phi$ -scan한 결과를 그림 2.에 나타내었다.  $\phi = n \times 180^\circ$  (n=정수)의 각도에서 강한 피크를 나타내었다. 이것은 a-축 배향된 YBCO 박막의 b, c-결정축이 일방향으로 정렬되어 있기 때문이며, a-축 배향박막에 통상적으로 존재하는 90° 경계면이 존재하지 않음을 의미한다. 일방향으로 정렬된 제 1층 YBCO 박막의 초전도 특성을 측정할 결과, b-축과 c-축 방향의 임계온도는 88 K 나타내었고, 275 K의 온도에서  $\rho_c/\rho_b = 11.5$ 을 나타내었다.

일방향으로 정렬된 제 1층의 YBCO 박막위에 LSGO 절연체박막을 증착온도를 달리하여 200 nm의 두께로 증착하여 결정배향을 확인하였다. 제 2층의 PBCO 박막이 존재하는 경우에는 기판의 온도가 600 °C이하에서는 제 2층의 YBCO 박막배향은 a-축 배향을 나타내었고, 650 °C 이상에서는 c-축 배향을 나타내었다. 제 2층의 PBCO 박막층이 존재하지 않는 경우에는 LSGO의 증착온도에 관계없이 제 2층의 YBCO 박막 배향은 c-축 배향을 나타내었다.

### 4. 결론

펄스레이저를 이용하여 조셉슨 터널접합에 형성하기 위한 a-축 배향 YBCO/Insulator/YBCO 다층박막을 in-situ 공정으로 제조할 수 있었다. 제 1층 YBCO 박막의 배향은 PBCO 밀들층의 배향에 의존하였고, LSGO 기판온도가 630 °C일때 증착한 PBCO 박막을 밀들층으로 사용하여 최상의 a-축 배향 YBCO 박막을 얻을 수 있었다. 제 2층 YBCO 박막배향은 PBCO층의 존재와 LSGO 절연층의 증착 온도에 민감하게 의존하였다.

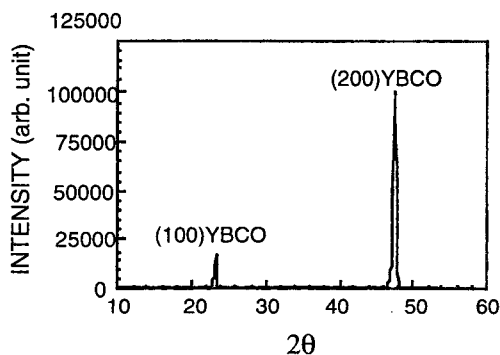


Fig. 1. X-ray diffraction pattern for the YBCO films deposited on LSGO(100) substrate with 100 nm thick PBCO template layer.

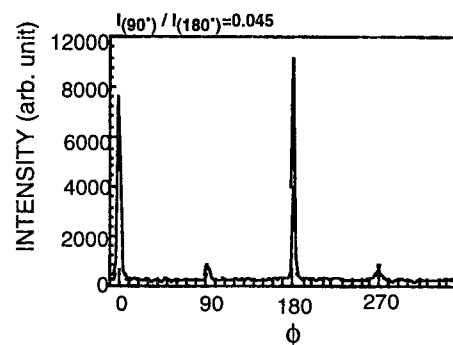


Fig. 2.  $\phi$ -scan of the (102) peak of the a-axis oriented YBCO thin films on the LSGO(100) substrate with 100 nm thick PBCO template layer.