

## 초전도 다층박막의 특성 해석

### Characterization of Superconducting Multi-layer Thin Films

이현수\*, 한태희\*\*, 임성훈\*\*, 고석철\*\*, 두호익\*\*, 한병성\*\*\*

(Htyun-soo Lee, Tae-Hee Han, Sung-Hun Lim, Suck-Chul Go, Ho-Ik Du, Byong-Sung Han)

#### Abstract

The sputtering systems mainly consist of the three-target holder. The target and substrate were the on-axis type. The MgO and STO substrate were used for the deposition of each layer.

The optimum conditions of single-layer thin film were investigated from the SEM images and the XRD patterns. Based on the above conditions, the multi-layer thin films such as YBaCuO/LaGaO/Au/Nb and YBaCuO/Au/Nb were fabricated. The crystalline, the electrical properties, the energy gap structure and the characteristics of the tunneling barrier on the multi-layer thin film have been investigated and characterized.

**Key Words(중요용어)** : sputtering, tunnel junction, multi-layer

#### 1. 서 론

소자로서 응용을 위하여 여러 형태의 단층박막이 만들어져 왔고 조셉슨 접합용으로는 주로 잡음특성이 좋고 재현성이 있는 이중결정형 박막과 이중적층형 박막이 연구되어 왔다. 그러나 이들 박막 역시 단층박막이므로 장벽의 위치가 중앙에만 위치해야 하는 제한적 요소를 갖는 단점 때문에 터널 접합을 만들어 조셉슨소자로 응용하기 위해서는 다른 형태의 박막구조가 필요하다. 이러한 이유로 다층박막에 대한 연구가 집중되기 시작하였다.

따라서 본 실험에서는 다층 초전도 박막 제작을 위한 아르곤과 산소분압, 기판온도 등의 최적조건을 산출한 후 장벽이 동일 박막층의 중앙에 위치하므로써 두께조절이 안되는 단층박막의 단점

을 보완할 수 있는 다층박막을 제작하여 온도와 저항 및 전기적 특성에 대하여 연구하였다. 이러한 결과는 향후 다층형 조셉슨소자 제작 등 초전도체 응용에 매우 중요한 역할을 할 것이다.

#### 2. 실험방법

##### 2.1 스파터

박막제작에는 많이 사용되고 있는 RF 마그네트론 스파터링법을 이용하였으며 박막제작장치는 기판-타겟 대향형인 on-axis형태로 기판-타겟 사이 거리가 가변으로 최대길이 70 mm까지 조절이 가능하였다.

##### 2.2 기판

본 실험에서 사용한 기판은 c축 배향 YBaCuO 막에는 MgO, a축 배향 YBaCuO 막에는 STO 기판이었다. 사용된 모든 기판은 (100) 방향으로 배향된

\* 마산대 전기공학과

\*\* 전북대 전기공학과

\*\*\* 전북대 전자정보공학부 교수

(E-mail : hbs@moak.chonbuk.ac.kr)

단결정 기판이며 기판 크기는 10mm×10mm×0.5mm이고 박막을 기판에 증착시키기 전 열처리에 의해 기판표면을 클리닝해 주었다.

### 2.3 스파터링 조건

스파터링 조건은 표 1 및 표 2에 각각 나타내었다.

표 1. YBaCuO박막제작을 위한 스파터링 조건

Table 1. Sputtering conditions to make a YBaCuO thin film

스파터링 요소	스파터링 조건
재 료	YBaCuO
기 판	MgO(100), STO(100)
타 겿	Y : Ba : Cu = 1 : 2 : 2.5 (c축) 0.9 : 1.1 : 2.5 (a축)
가 스	Ar : O <sub>2</sub> = 1 : 1
가스 압력	40 Pa (Ar 20 Pa, O <sub>2</sub> 20 Pa)
RF 전력	80 W
타겟-기판거리	70 mm
기판 온도	650 °C
기판 냉각	20 Torr O <sub>2</sub> 중 자연냉각
증착 비율	2Å/min

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 YBaCuO박막의 온도-저항 특성

YBaCuO박막의 초전도상 전이온도(T<sub>c</sub>)를 조사하기 위하여 온도-저항특성을 측정하였다. 그림 1은 각각 a축 YBaCuO박막과 c축 YBaCuO박막에 대한 온도-저항 특성을 나타낸 것이다. 측정결과 a축 YBaCuO박막과 c축 YBaCuO박막의 T<sub>c</sub>값은 각각 60 K와 85 K 이었다.

표 2. LGO박막의 스파터링 조건

Table 2. Sputtering conditions of LGO thin film

스파터링 요소	스파터링 조건
재 료	LGO
기 판	MgO(100), STO(100)
타 겿	La : Ga = 1 : 1
가 스	Ar : O <sub>2</sub> = 1 : 1
가스 압력	40 Pa
RF 전력	80 W
타겟-기판거리	70 mm
기판 온도	650 °C
기판 냉각	20 Torr O <sub>2</sub> 중 자연냉각
증착 비율	2 Å/min

### 3.2 c축 YBaCuO/LGO/Au/Nb 박막

그림 2는 4.2 K의 온도에서 측정된 c축 YBaCuO/LGO/Au/Nb 다층박막의 dI/dV 특성을 나타낸 것이다.

그림에서 Nb의 에너지갭 전압이 약 0.5 ~ 0.6 mV 부근에서 관찰되므로 LGO가 터널장벽으로 작용하고 있음을 알 수 있었다.

### 3.3 c축 YBaCuO/Au/Nb박막

c축 YBaCuO/Au/Nb박막에 대한 V-I 특성과 dI/dV-V 특성의 온도 의존성을 그림 4.13, 그림 4.14에 나타내었다. 이 V-I 특성을 살펴보면 약 0.5 mV부근에서 비선형적인 특성을 보이며 SIS조셉슨 접합 형태의 RSJ적인 특성을 나타내고 있다. dI/dV-V 특성을 고찰하면 0.5 ~ 0.65 mV부근에서 에너지갭적인 비선형특성이 나타났다.

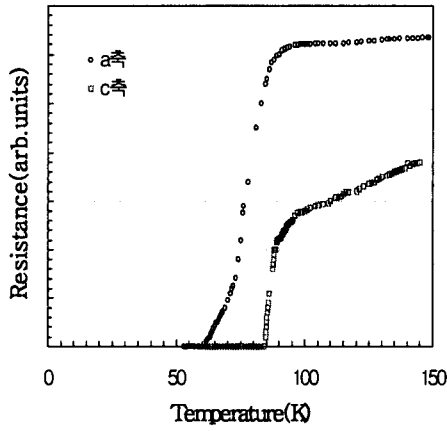


그림 1. a축과 c축 YBaCuO 박막의 온도-저항 특성  
 Fig. 1. Temperatures-resistance properties of YBaCuO thin film with a-axis and c-axis

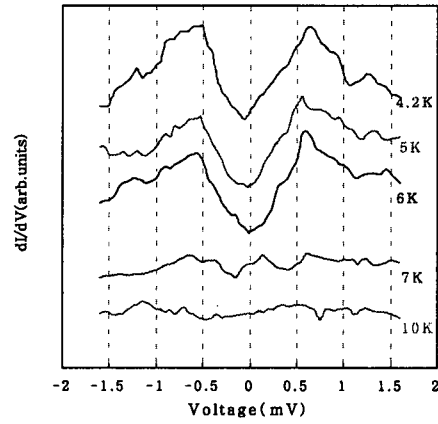


그림 3. c축 YBaCuO/Au/Nb 접합의 dI/dV-V 특성의 온도의존성  
 Fig. 3. dI/dV-V curves of c-axis YBaCuO/Au/Nb junction

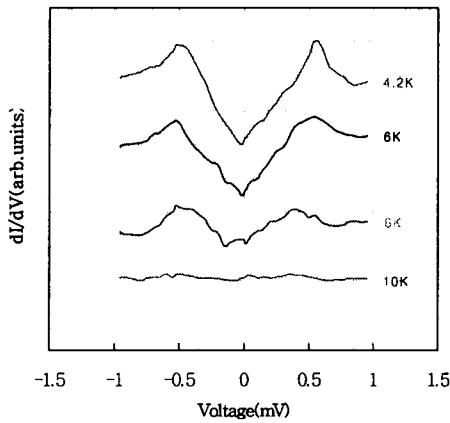


그림 2. c축 YBaCuO/LGO/Au/Nb 접합의 dI/dV-V 특성  
 Fig. 2. dI/dV-V curves of c-axis YBaCuO/LGO/Au/Nb junction

#### 4. 결 론

제작된 YBaCuO/LGO/Au/Nb 박막의 dI/dV-V 특성에서 Nb의 에너지갭이 0.5 ~ 0.6 mV에서 관찰 됨으로써 LGO가 터널장벽으로 작용하고 있음을 확인할 수 있었다.

YBaCuO/Au/Nb 박막의 dI/dV-V 특성에서 Nb의 에너지갭 전압이 0.5 ~ 0.65 mV에서 관찰 됨으로써 YBaCuO/Au 계면에 쇼트키장벽이 존재하고 있음도 확인하였다.

YBaCuO 다층박막의 계면에 쇼트키장벽이 존재하고 있는 것은 이 장벽이 YBaCuO 초전도성을 감쇄시키는 원인으로서 작용하였음을 나타내는 것이다.

#### 참고 문헌

- [1] Z. Z. Sheng and A. M. Hermann, "Superconductivity in the rare-earth-free Ti-Ba-Cu-O system above liquid-nitrogen temperature", *Nature*, vol. 332, no. 3, pp. 55-58, 1988.
- [2] T. Goto and A. Niimi, "Magnetic properties of superconducting Pb-Bi system alloy filaments produced by glass-coated melt spinning", *Jpn. J. Appl. Phys.* vol. 27, no. 2, pp. 209-213, 1988.

- [3] T. V. Filippov and Y. A. Polyakov, "Signal resolution of RSFQ comparators", *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, vol. 5, no. 2, pp. 2240-2243, 1995.
- [4] J. Kow, et al, "Observations of quasi-particle tunneling and Josephson behavior in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ /native barrier/Pb thin-film junctions", *Appl. Phys. Lett.*, vol. 56, no.8, pp. 788-790, 1990.
- [5] R. Wilkins, M. Amman and R. E. Soltis, "Tunneling spectroscopy study of  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  thin films using a cryogenic scanning tunneling microscope", *Phys. Rev.*, B, vol. 41, no. 13, pp. 8904-8911, 1990.