

## 레이저 공정을 이용한 초전도 통신소자 제작과 고주파특성 연구

박 주 형<sup>o</sup>, 정 영 식, 이 상 렬  
연세대학교 전기공학과<sup>\*</sup>

Study on the synthesis and the frequency response of HTS microwave device  
fabricated by pulsed laser deposition

Joo Hyung Park<sup>o</sup>, Young Sik Jeong, Sang Yeol Lee  
Department of Electrical Engineering, Yonsei University

**Abstract** - Pulsed laser ablation has been used to fabricate superconducting  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ (YBCO) thin films on MgO substrates. The epitaxial YBCO thin films were grown at 750 °C and oxygen partial pressure of 200 mTorr. The electrical property and the characteristics of the YBCO thin films have been studied by R-T measurement, scanning electron microscopy (SEM) and X-ray diffraction (XRD). A microstrip line resonator has been fabricated using YBCO superconducting thin films by photolithography and wet-etch process. The resonator has linear microstrip line separated by a gap of 0.278 mm. We observed a fundamental resonance peak at the frequency of 10.007 GHz.

### 1. 서 론

YBCO 초전도 박막은 높은 임계온도를 가지며, 그로 인하여 액체질소 온도에서의 실제적인 응용과 소자로서의 개발이 기대되고 있다. YBCO 초전도체는 상온에서  $a = 3.82 \text{ \AA}$ ,  $b = 3.89 \text{ \AA}$ , 그리고  $c = 11.67 \text{ \AA}$  등과 같은 격자상수를 가지는 사방정구조를 하고 있다.[1-3] 고온초전도 마이크로파 응용에 대한 기판 재료의 특성에 대한 요구사항은 기계적 강도, 알맞은 격자정합, 기판의 절연특성 등이 있으며, MgO 기판은 초전도 마이크로파 응용에 있어서 낮은 유전상수를 갖는 뛰어난 기판으로 알려져 있다.[4-5] 또, 구조적으로 사파이어 기판보다 YBCO에 더욱 적합하고  $LaAlO_3$ ,  $LaGaO_3$ ,  $NdGaO_3$  등과 같은 페로브스카이트 구조보다 더욱 우수한 마이크로파 특성을 갖는다.[6-8]

이 논문에서는 레이저 어블레이션에 의해 적층성장된 YBCO 박막으로 일반적인 포토 리소그래피와 습

식 식각 방법을 이용, 공진기를 제작하여 그 주파수 특성을 관찰하였다.

### 2. 실험 방법

펄스 레이저 증착 시스템을 이용하여 MgO (100) 기판 위에 1,000 Å 두께의 YBCO 박막을 증착하였다. 레이저는 Nd:YAG 레이저의 355 nm의 파장을 이용하였고, 타겟 표면과 레이저 빔이 이루는 각도를 45° 로 유지하였다. 레이저 빔은 렌즈를 통해 집광되어 1 ~ 2 J/cm<sup>2</sup>의 에너지 밀도를 이용하였으며 5 Hz의 반복율을 사용하였다. 증착에 앞서, 1 cm × 1 cm 크기의 MgO 기판을 세척하기 위해 아세톤과 메탄올에서 초음파 세척기로 5분씩 세척하여 질소가스로 건조시켰다. YBCO 초전도 타겟표면을 사포로 문질러 표면을 최대한 매끈하게 만든후 타겟을 회전 가능한 타겟홀더에 은페이스트를 이용하여 부착하였다. 기판온도 750 °C, 산소압 200 mTorr에서 적층박막을 증착하였다. YBCO 박막이 증착된 후, 산소압을 500 Torr로 증가시켜 500 °C까지 천천히 냉각시키고 그 온도에서 30분간 어닐링을 하고난 후 상온으로 냉각시켰다. 이렇게 만들어진 YBCO 박막은 일반적인 포토 리소그래피법과 습식 에칭을 이용하여 마이크로 스트립 공진기 패턴이 제작되었다. 공진기는 중심 주파수 10 GHz를 가지도록 설계되었다. X-ray diffraction(XRD)를 이용하여 YBCO 박막의 배향성을 관찰하고, 네트워크 애널라이저(HP8510C)로 주파수 특성을 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

YBCO 초전도 박막의 임계온도는 4단자 측정법으로 측정되었으며, 박막의 배향성은 XRD로 분석하였

다. 그림 1은 온도에 따른 저항의 변화를 측정된 것으로 임계온도는 88 ~ 89 K를 보였다.

그림 2는 750 °C, 200 mTorr에서 증착된 1 μm 두께의 YBCO 박막에 대한 XRD 패턴을 보이고 있다. YBCO 박막이 단일축 배향성을 가지고 c축으로 잘 성장했음을 알 수 있다.

그림 3은 같은 조건에서 증착된 YBCO 박막으로 마이크로 스트립 공진기를 제작하여 주파수 특성을 알아본 것이다. 공진기는 중심 주파수 10 GHz를 가도록 설계되었으며, 선 사이의 간격은 0.278 mm였다. 실제로 측정된 결과 중심 주파수는 10.007 GHz, 9.3486 dB의 주파수 응답을 보임을 확인하였다.

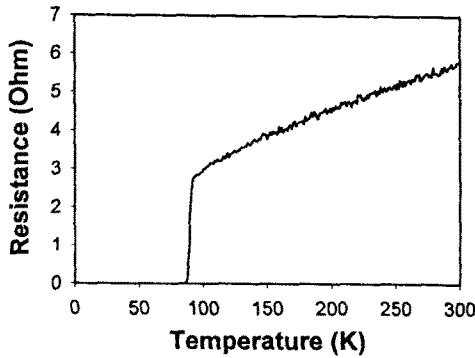


그림 1. 레이저 어블레이션으로 증착된 YBCO 박막저항의 온도 의존성

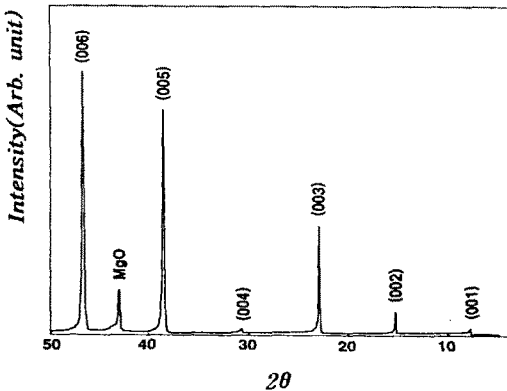


그림 2. 기판온도 750°C에서 증착한 10,000 Å 두께의 YBCO 박막의 XRD 패턴

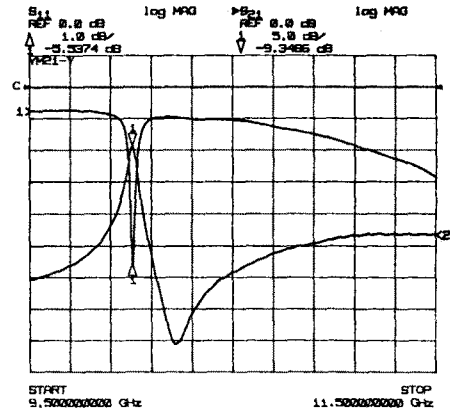


그림 3. 마이크로스트립 공진기(중심주파수 10.007 GHz)의 주파수 특성

#### 4. 결 론

레이저 어블레이션에 의해 단일 성장축을 가진 1 μm 두께의 YBCO 박막을 증착하였다. 증착온도는 750 °C였으며, 200 mTorr의 산소분압 하에서 증착되었다. 증착된 박막은 일반적인 포토 리소그래피법과 습식 에칭을 이용하여 마이크로스트립 공진기로 패터닝되었다. 공진기는 선 사이의 간격이 0.278 mm로서, 10 GHz의 중심주파수를 갖도록 설계되었다. 제작된 공진기의 주파수 특성을 측정된 결과 10.007 GHz의 중심 주파수와 9.3486 dB의 주파수 응답을 보였다.

#### 감사의 글

이 연구는 97년도 한국과학재단 연구비 지원에 의한 결과임. (과제번호 : 96-0102-08-01-3)

#### 참고 문헌

- [1] S.Y. Lee, Q.X. Jia, W.A. Anderson, and D.T. Shaw, "In situ laser deposition of superconducting YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub> thin films on GaAs substrates", J. Appl. Phys. 70, p.7170, 1991
- [2] S.Y. Lee, K.Y. Kang, and D. Ahn, "Fabrication of YBCO superconducting dual mode resonator for

- satellite communications", IEEE Trans. Appl. Supercond. 5, p.2563, 1995
- [3] B.F. Cole, G.C. Liang, N. Newman, K. Char, G. Zaharchuk, and J.S. Martens, "Large-area thin films on sapphire for microwave applications", Appl. Phys. Lett., 61, p.1727, 1992
- [4] C.H. Chen, J. Kwo, and M. Hong, "Microstructures of  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  superconducting thin films grown on a  $\text{SrTiO}_3$  (100) substrate", Appl. Phys. Lett. 52, p.841, 1988
- [5] J.D. Budai, R. Feenstra, and L.A. Boatner, "X-ray study of in-plane epitaxy of  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  thin films", Phys. Rev. B39, p.12355, 1989
- [6] D.M. Hwang, T. Venkatesan, C.C. Chang, L. Nazer, X.D. Wu, A. Inam, and M.S. Hegde, "Microstructure of in situ epitaxially grown superconducting Y-Ba-Cu-O thin films", Appl. Phys. Lett. 54, p.1702, 1989
- [7] B.M. Clements, C.W. Nieh, J.A. Kittl, W.L. Johnson, J.Y. Josefowicz, and A.T. Hunter, "Nucleation and growth of  $\text{YBaCuO}$  on  $\text{SrTiO}_3$ ", Appl. Phys. Lett. 53, p.1871, 1988
- [8] T. Yoshitake, H. Tsuge, and T. Inui, "Effect of microstructure of  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$  films on power handling capability studied with microstrip resonators", J. Appl. Phys. 76 (7), p.4256, 1994