

레이저 공정을 이용한 고온초전도 멀티플렉서의 제작과 특성 분석

김철수*, 송석천, 이상렬
연세대학교 전기공학과

Investigation of Characterization and Fabrication High-Temperature Superconducting Multiplexer by Pulse laser Deposition

Cheol-Su Kim, Seok-Chun Song, Sang Yeol Lee
Department of Electrical Engineering, Yonsei University

Abstract - To fabricate superconducting multiplexers with narrow pass band characteristics and reduce the physical size of device, we have designed multiplexer using hair-pin type filters with the center frequency of 13.6 GHz. Multiplexers have been fabricated superconductor(HTS), because It has low surface resistance. The $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ (YBCO) films were deposited on MgO substrates($20 \times 20 \times 0.5mm^3$) by using pulsed laser deposition and conventional photo-lithographic methods were used to pattern the multiplexer. Epitaxial YBCO films were grown on(100)MgO substrates and showed strongly c_{axis} orientations observed by X-ray diffraction technique. Superconducting transition temperatures were measured to be about 89K. Simulated results of superconducting multiplexer consisting of hair-pin type filters show the insertion loss of about 1.2dB. The measured frequency response will be compared with the simulated results.

응답을 측정함으로써 모의 실험값과 측정값을 비교 관찰 하였다.

2. 실험 방법

전파 특성이 좋고 YBCO 박막과 격자 미스매치가 9%인 MgO(100)[6] 기판위에 5000A의 박막을 펄스 레이저 증착법을 사용하여 증착하였다. 사용한 레이저는 Nd:YAG 레이저이고 사용파장은 355nm였다. 증착조건은 타겟과 기판과의 거리는 5cm 이고 산소압은 200mtorr에서 750℃에서 증착하였다. 그리고 550℃에서 30분 어닐링 하였다. YBCO박막은 일반적인 포토 리소그래피법과 습식에칭을 이용하여 마이크로 스트립 필터를 패터닝하였으며, (그림 1) 접지 평면은 E-Beam evaporator와 thermal evaporator를 사용하여 Ti(30nm)/Ag(1μm)를 MgO 기판 뒷면에 증착하였다.

1. 서 론

폭증하는 전파 수요에 대처하고 높은 효율을 얻기 위해 한정된 주파수 자원이 적극적으로 개발 활용되고 있다. 이를 위해 기존의 필터들은 많은 한계상황에 도달한 상태이므로 다른 물질의 개발이 필수적인 상태에 이르렀다. 통신 분야에서 고온초전도체의 이용은 초전도체의 독특한 특성으로 무선통신, 개인휴대 통신, 위성통신 등의 소형, 경량화는 물론 가역주파수 대역이 점차적으로 높아가고 있는 실정에서 초전도체의 이용이 입지를 굳히고 있다. 이미 선진국에서는 개인 휴대통신의 기지국에 초전도체를 이용한 필터뱅크가 적용이 되고 있다. 초전도 수동 소자(안테나, 필터, 멀티플렉서)들은 기존의 물질들에 비해 낮은 표면저항으로 인하여 낮은 손실과 높은 양호도를 가진다. 그러므로, 우수한 특성을 나타내는 마이크로파 응용소자에 매우 적절하고 더욱이 고온초전도체인 $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ (YBCO) 박막은 높은 임계온도를 가지기 때문에 액체질소 온도에서 소자로서의 실용화가 기대된다.

고온 초전도 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.[1,2] 또, 구조적으로 사파이어 기판보다 YBCO에 더욱 적합하고 $LaAlO_3$, $LaGaO_3$, $NdGaO_3$ 등과 같은 페로브스카이트 구조보다 더욱 우수한 마이크로 특성을 갖는다.[3-5]

이 논문에서는 고온초전도 YBCO 박막을 이용하여 마이크로파 수동소자인 멀티플렉서를 제작하고, 주파수

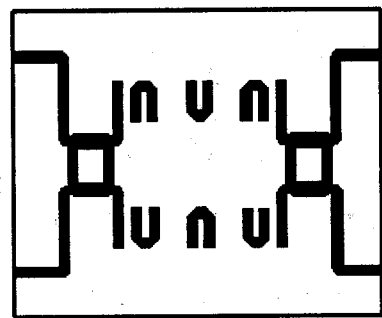


그림 1. 멀티플렉서의 패턴 모습

필터의 중심주파수는 13.6GHz를 가지도록 설계되었으며, 최적 조건하에서 증착된 고온 초전도 YBCO 박막의 임계온도는 88~89K정도였다. X-ray diffraction (XRD)를 이용하여 YBCO 박막의 배향성을 관찰하고, 넷트웍 애널리라이저(HP8510C)로 주파수 특성을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

펄스 레이저 증착법으로 제작한 초전도 박막의 결정성 및 전기적 특성을 분석하기 위하여 XRD와 저온 4 단자법을 사용하였다.

그림 2는 최적조건에서 증착된 5000 A 두께의 고온

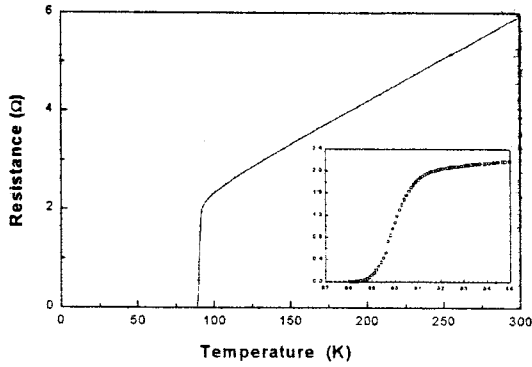


그림 2. 온도 대 저항 측정 결과

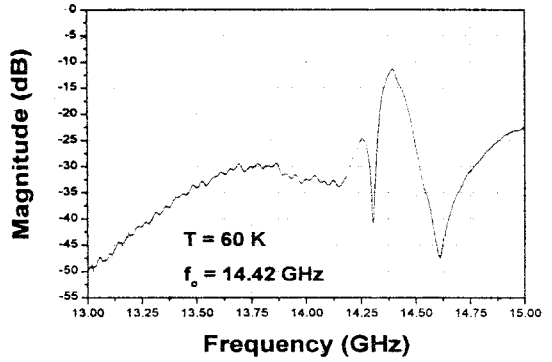


그림 6. 측정된 주파수 응답

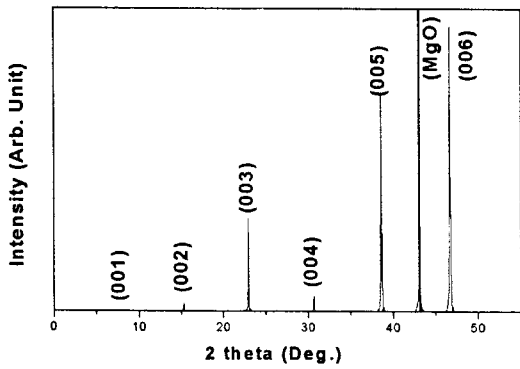


그림 4. YBCO 박막의 XRD 패턴

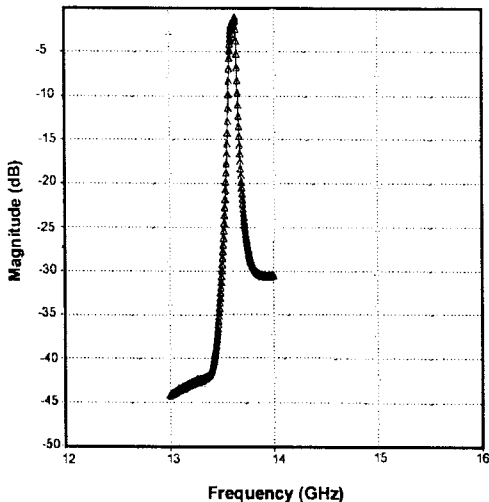


그림 5. 모의 실험한 주파수 응답

초전도 YBCO 박막에 대한 XRD 패턴을 보이고 있다. 이 패턴으로부터 YBCO 박막이 c축으로 단일축 배향 성장되었음을 확인할 수 있었다.

그림 3은 저온 4단자법을 사용하여 YBCO 박막의 임계온도를 측정된 것으로 88~89 K에서 저항 값이 0이 됨을 확인할 수 있었다.

그림 4와 그림 5는 c축으로 단일 축 배향성을 가지고 5000 Å 두께로 증착된 YBCO 박막으로 멀티플렉서를 제작하여 주파수 특성을 측정된 결과이다. 저온 마이크로 응답특성을 측정하기 위하여 벡터 네트워크 어닐라이저와 특수하게 설계, 제작한 캐비티를 이용하였다.

60 K일 때의 중심주파수는 14.42 GHz로서 시뮬레이션 결과에서 중심주파수가 13.6 GHz로 나타난 것에 비해 약 820 MHz 정도의 변이가 있었다. 이는 온도에 따른 초전도 박막의 인덕턴스 변화에 의해 공진 주파수 변이가 발생하기 때문이다.[7] 대역폭은 0.51%를 갖는 공진기를 구현하였다.

3. 결 론

펄스 레이저 증착법에 의해서 고온초전도 YBCO 박막을 에피택셜하게 증착하였고, 전기적 특성과 단일축 배향성이 좋은 특성을 가진 박막이 증착되었음을 확인하였다. 제작한 멀티플렉서는 중심주파수가 14.46 GHz로 시뮬레이션 결과와 중심주파수가 820 MHz 정도의 변이가 생겼으며 이는 온도에 따른 초전도 박막이 인덕턴스 변화에 의해 공진 주파수 변이가 발생하기 때문인 것으로 예상된다. 이러한 초전도체를 사용한 필터의 개발은 미래에 이동 통신 및 위성통신분야에 매우 큰 파급효과를 미치리라 예측된다.

감사의 글

이 논문은 한국과학재단 특장기초 연구비 지원에 의한 결과임. (과제번호 : 96-0102-08-01-3)

(참 고 문 헌)

- [1] C.H. Chen, J. Kwo, and M. Hong, "Microstructures of $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ superconducting thin films grown on a $SrTiO_3$ (100) substrate", Appl.

Phys. Lett. 52, p.841, 1988

[2] 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

[3] D.M. Hwang, T. Venkatesan, C.C. Chan, I.Nazer, X.D. Wu, A. Inam, and M.S. Heiger, "Microstructure of in situ epitaxially grown superconducting YBaCuO thin films", Appl. Phys. Lett. 54, p1702, 1989.

[4] B.M. Clements, C.W. Nieh, J.A. Kittl, W. I. Johnson, J.Y. Josefowicz, and A.T. Hunter, "Nucleation and growth of YBaCuO on SrTiO_3 " Appl. Phys. Lett. 53, p.1871, 1988

[5] T. Yoshitake, H. Tsuge, and T. Inui, "Effect at 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

[6] M.C.Hsieh, T.Y.Tseng, K.H.Wu, J.Y.Juang, T.M.Uen, "Microwave properties of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ deposited on MgO substrates" Physica 282-287, 1997.

[7] W.G.Lyons, R.R. Bonetti, A.E. Williams "High-Tc superconductive microwave filters" IEEE Trans. Vol. 27, No. 2, 1991