

Fabrication of the Microstrip Bandpass Filter using High-Tc Superconducting $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ Epitaxial Thin films

고온 초전도 $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ 에피텍셀 박막을 이용한 마이크로스트립 대역통과 필터의 제작

Kyung-Kuk Park, Dong-Chul Chung, Yong-Chae Jeong*,
S. J. Park, J. S. Hwang, H. Y. Lim, B. S. Han

박경국, 정동철, 정용채*
박성진, 황종선**, 임해용***, 한병성

Chonbuk national univ., 664-14, Duckjin-Dong 1Ga, Duckjin-Ku, Chonju,
Korea 561-756

Dept. of electrical engineering, *Dept. of information&communication engineering
** Damyang college, *** Yongnam univ.

전북 전주시 덕진구 덕진동 1가 664-14번지 전북대학교
전기공학과, *정보통신공학과
담양전문대, *영남대학교

In this paper, we designed and fabricated the microstrip bandpass filter using high-Tc superconducting $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ epitaxial thin films. The epitaxial thin films were deposited on an MgO substrate of dimension of $10mm \times 10mm \times 0.5mm$ t by pulsed laser deposition (PLD). Growth of the $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ thin films was attained in an atmosphere of 200 mTorr oxygen and *insitu* at $780^\circ C$. This high-Tc superconducting filter was designed with parallel coupled stripline stepped impedance resonators so as to perform the characteristic of bandpass filter in Ku-band and to have improved-insertion loss below -0.5 dB. The measured performance of the filter was compared well with simulation results.

1. 서론

마이크로파 시스템의 소형화 추세에 따라 마이

고온 초전도체를 이용한 회로로 대체하면 상대적으로 적은 전력소모에 의한 손실을 가질 수 있다.

고온 초전도체 에피텍셀 박막의 성장기술의 발

크로스트립 회로에 관한 많은 연구가 진행되고 있다. 마이크로파 대역에서 마이크로스트립 선로는 생산성, 제작의 용이성 등 MIC(Microwave Integrated Circuit)의 제작에 적합한 이점을 가지어 선로나 코플레너 도파관을 대체하여 사용되고 있으며 이의 적용은 전송선, 임피던스 정합 회로, 방향성 결합기, 필터 등 영역이 넓다.

널리 보급되고 있는 금속성을 갖는 재질로 이뤄진 마이크로스트립 회로를 산화물로 이뤄진

신은 이더인 고온 초전도체를 이용한 마이크로파 소자^{12,13}의 응용을 가능하게 하고 있다. 마이크로파 대역에서의 고온초전도 박막은 같은 조건하에서 표면저항이 구리나 금 같은 금속 재질에 비해 10~1000배정도 적은 값을 가지며, 침투깊이가 주파수에 무관하다는 이점을 지니어 높은 양호도와 손실이 적은 고온 초전도체의 마이크로파 응용에 관한 연구가 급속히 발전하고 있다.

본 논문에서는 고온 초전도체인 $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$

산화물을 MgO 기판위에 증착시킨 에피텍셜 박막을 이용한 마이크로파 대역통과 필터를 설계 및 제작하여 고온 초전도체에 의한 필터의 특성을 살펴보았다.

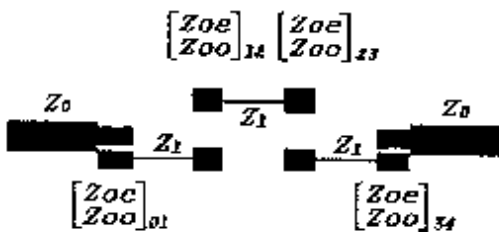
2. 필터의 설계 및 제작

2-1 필터의 설계

본 논문에서의 대역통과 필터는 10mm×10mm×0.5mm t의 크기를 갖는 MgO기판위에 산화물 고온 초전도체인 $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ 가 에피텍셜 박막으로서 마이크로스트립 구조를 가지도록 한 것이다. 기판으로 사용된 MgO는 결정강도가 약하고 흡습성이 높지만 저렴한 가격으로 10 GHz의 주파수 대역에서 적절한 기판^[4]으로 알려져 있다.

본 논문에서 다루진 필터는 삽입손실법에 의해 설계된 체비세프(Tchebycheff)형으로 통과대역에서 균일리플 0.01 dB와 함께 Ku 밴드에서 동작 특성을 나타내도록 하였다. 설계된 대역통과 필터의 구성은 비균일 임피던스를 갖는 스텝 임피던스 공진기의 평행결합^[5]에 의한 것으로 공진기의 임피던스 비(K)는 0.5로 하였다.

Fig.1은 전자선 마스크 제작을 위해 Cad 프로그램인 Cadence에 의해 최적 설계된 마이크로스트립 대역통과 필터의 패턴을 형상화 시킨 것을 나타내고 있다.



(a)

2-2 박막의 증착 및 미세 형상화

스트립 도체로 이용된 $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ 박막은 펄스 레이저 증착(Pulsed laser deposition, PLD)법에 의해 증착되었다. 박막의 증착에 사용한 PLD에서는 248nm의 파장을 가지고 자외선 영역 발진을 하는 KrF를 사용한 Lambda Physik Compex-205 엑시머 레이저를 이용하였다. 그리고 기판의 온도는 780℃로 고정하였고 산소압은 200 mTorr, 에너지 밀도는 1.7 J/cm²로 하였다. C-axis로 에피텍셜하게 성장한 박막은 Fig 2에서와 같이 임계온도(Tc)가 89K에서 초전도성(R=0)을 나타내었다. 그리고 마이크로스트립에서의 ground plane으로서 사용된 Au 박막의 증착은 thermal evaporation에 의해 2μm의 두께를 갖도록 하였다.

Photo-lithography와 ion-milling은 마이크로스트립 대역통과 필터의 미세형상화를 위해 사용되었다. Photo-lithography공정시 사용된 마스크는 크롬(Cr)을 이용한 전자선 마스크이다. 그리고 ion-milling시의 식각장치의 조건은 beam voltage는 350V이고 beam current와 accelator current는 각각 25mA, 2mA으로 하였고 식각율은 170 A/min으로 하였다.

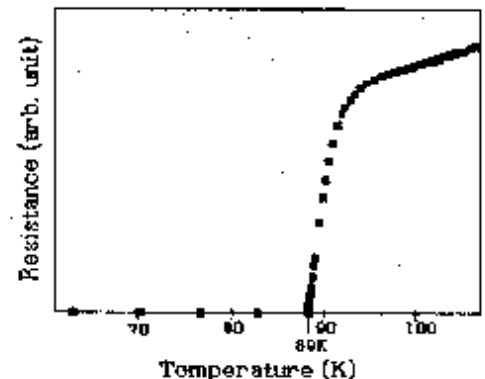


Fig. 2 Temperature dependence of resistance

3. 측정

Z_0	0.49780		
Z_1	0.07811		1.16883
$(Z_{00}, Z_{0e})_{01, 34}$	0.29728	0.06149	0.64445
$(Z_{00}, Z_{0e})_{12, 23}$	0.40953	0.55682	0.64334

(b)

Fig. 1 Shaped pattern of the Microstrip filter
(a) Layout (b) Dimension

MgO 기판위에 성장된 YBCO 에피텍셜 박막을 photo-lithography와 ion milling에 의해 미세형상화한 대역통과 필터는 시험치구(jig)에 은 paste로 접착하고 SMA 커넥터에 연결하였다. 시험치구에 장착되어 커넥터와 연결된 필터는 저온냉각기(cryostat)에 설치하여 진공상태로 290K와 질소온도인 77K에서 network analyzer (HP8501C)를 이용

하여 필터의 특성을 측정하였다.

Fig.3는 측정을 위해 시험치구에 장착된 필터와 형상화된 필터의 모습을 나타내고 있다. 그리고 필터의 특성을 측정을 위한 시스템의 구조는 Fig.4에 나타내고 있다.

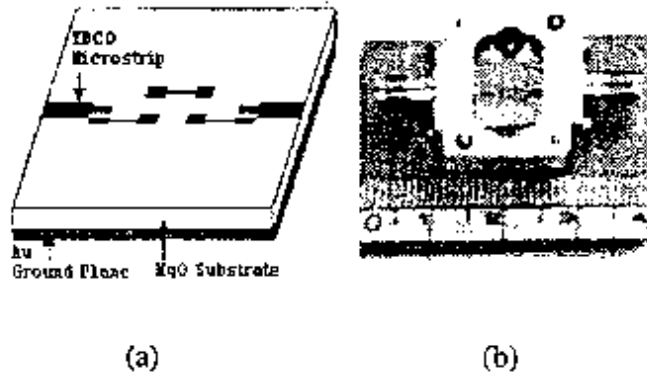


Fig. 3 The microstrip filter for the measurements

- (a) Perspective view
- (b) The fixture used in the measurements

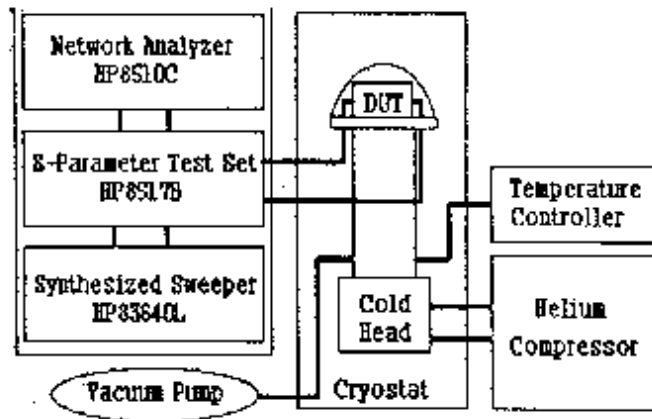


Fig 4. Measurement system

3-1 전산모사에 의한 필터 특성

설계한 대역통과 필터의 전산모사 특성은 마

3-2 측정된 필터 특성

제작된 고온 초전도체 대역통과 필터의 특성 결과는 Fig. 6에 나타내고 있다. 측정된 결과는 50Ω을 갖는 고온 초전도 전송선에 의한 calibration과 함께 얻어진 결과이다. 측정결과를 살펴보면 상온에 가까운 290K의 온도에서는 S_{21} 이 설계된 대역통과 필터의 통과대역에서 -22dB 이상이고, S_{11} 이 -9 dB정도 나타나고 있다. 이 필터를 헬륨을 냉매로 한 저온 냉각기에 의해 질소의 온도까지 낮추었을때의 특성을 살펴보면 필터의 삽입손실 S_{21} 이 급격히 상승하여 -0.458 dB로 적은 손실특성을 나타내며, 반사손실 S_{11} 도 급격하게 저하 됨을 알 수 있었다.

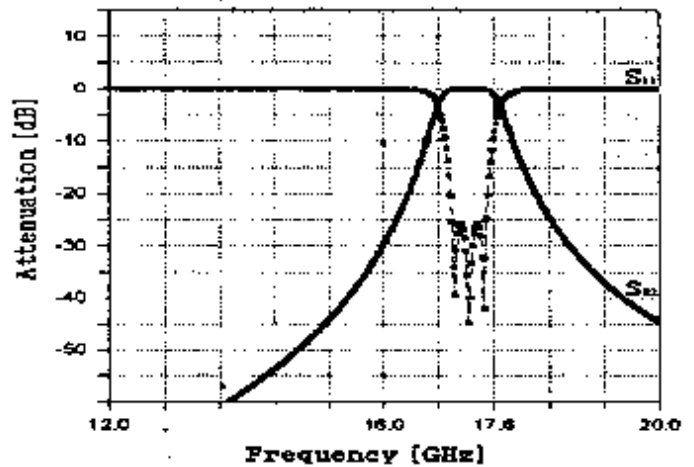
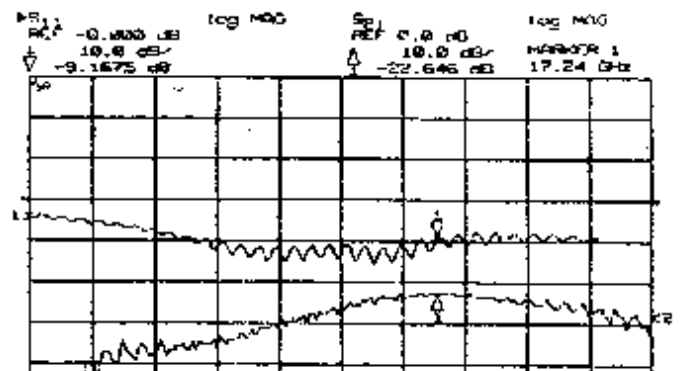


Fig. 5 Simulated results (S_{21} , S_{11}) of the microstrip bandpass filter



이크로파 회로 해석 프로그램인 MDS (EEsof S/W)에 의하여 구하였다. 구한 필터의 특성은 Fig.5에 나타내고 있다. 전산모사에 의한 필터의 특성을 살펴보면 Ku 밴드의 통과 대역에서의 삽손실(S_{21})이 -0.26 dB, 반사손실(S_{11})이 -25 dB 정도로 일반 금속에 의한 필터보다 매우 우수한 손실 특성을 나타내고 있다.

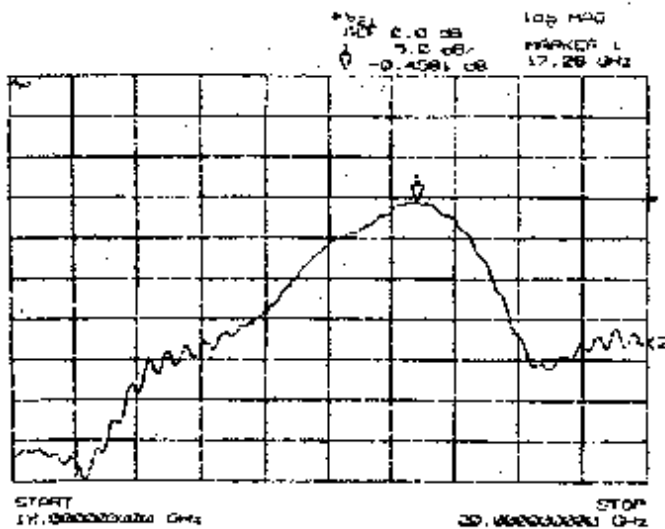


(a)

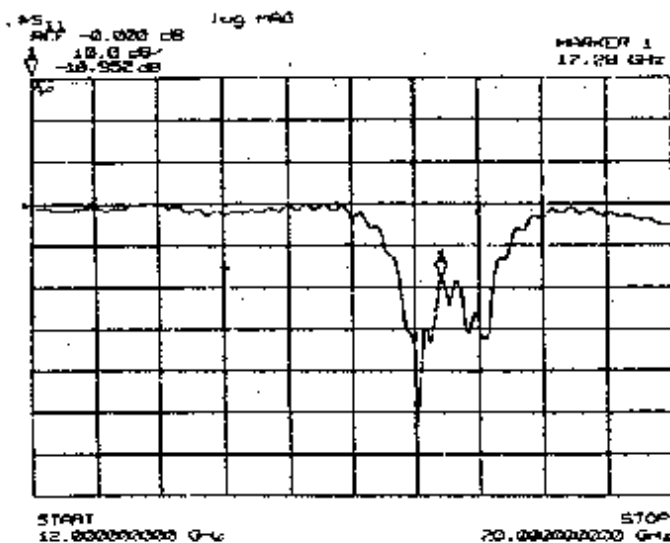
과로 부터 고온초전도체 $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ 에피택셜 박막을 이용한 Ku 밴드의 마이크로파 영역에서의 대역통과 필터가 임계온도 이하에서 일반 금속성 재질에 의한 필터보다 매우 적은 손실을 가지고 동작함을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] C. M. Chorey, K.Kong, K. B. Bhasin, J. D. Warner and T. Itoh, "YBCO superconducting ring resonator at millimeter-wavefrequency", *IEEE Trans. Microwave theory Tech.*, Vol. 39, pp. 1408-1487, 1991
- [2] S. H. Talisa, M. A. Janocko, C. Moskowitz, J. Talvaccico, J. F. Billing, R. Brown, D. C. Buck, C. K. Jones, B. R. McAvoy, Wagner, and D. H. Watt, "Low and high temperature superconducting microwave filters", *IEEE Trans. Microwave theory Tech.*, Vol. 39, No. 9, pp1455-1461, 1991.
- [3] G. C. Liang, D. Zhang, C. F. Shih, M. E. Johansson, and R. S. Withers, "High-power high-temperature superconducting microstrip filters for cellular base-station application", *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, Vol. 5, No. 2, pp.2652-2655, 1995
- [4] J. Talvacchio, G. R. Wagner and S. H. Talisa, "High-Tc film development for electronic applications", *Microwave Journal*, July pp. 105-114, 1991
- [5] G. L. Mattahaci, L. Young, E. M. T. Jones, *Microwave filters, impedance-matching networks, and coupling structures*, Artech House Books, 1980



(b)



(c)

Fig. 6 Measured results (S_{21} , S_{11}) of the microstrip bandpass filter
(a) 290K(S_{21} , S_{11}) (b) 77K(S_{21}) (c) 77K (S_{11})

4. 결론

본 논문은 산화물 고온초전도체인 $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$

의 마이크로파 소자의 응용의 일환으로 MgO 기판위에 에피택셜 박막으로 성장시킨 구조를 가지고 마이크로스트립 대역통과 필터를 설계, 제작하여 그 특성을 살펴보았다. 측정 결과 제작된 대역통과 필터의 손실 특성은 전산모사에 의해 얻어진 결과와 약간의 오차가 있었으나 거의 일치한 특성을 나타냄을 알 수 있었다. 측정된 결

[ÀÀü](#) [Ã³À½](#)