

고온초전도 박막을 이용한 마이크로스트립 대역통과 필터의 제작
Fabrication of Microstrip Band-Pass Filter using HTS Thin Film

허원일*, 정동철, 김민기, 임성훈, 한병성
전북대학교 전기공학과

Won-Il Huh*, Dong-Chul Chung, Min-Ki Kim, Sung-Hoon Lim, Byoung-Sung Han
Department of Electrical Engineering, Chonbuk National University

Abstract

The recent development of high temperature superconducting epitaxial thin film offer great potential for planar passive microwave application such as ring resonator^{[1],[2]}, filters^[3], transmission lines^[4], and antennas^[5].

This paper describes the fundamental properties of Microstrip Band-Pass Filter using HTS Thin Film and its application to microwave devices.

In order to fabricate HTS microstrip multiple filters, We have grown laser ablated HTS thin films, patterned by photolithographic process and wet etching processes into HTS microwave devices.

1. 서 론

1911년 네덜란드의 물리학자 Onnes에 의해 초전도체가 처음 발견된 이후, 임계온도 30 [K]는 초전도체에 있어서 절대적인 한계로 인식되

어 왔다. 그러나 1986년 IBM Zurich 연구소의 Georgh Bednorz와 Alex Müller가 산화물계 고온초전도체를 발견하면서 이에 대한 응용이 큰 활기를 띠게 되었다.

고온초전도체가 이렇게 관심을 끌게 된 것은 고온초전도체가 마이크로파 전자소자의 재료로서 우수한 특성을 가지고 있기 때문이다. 특히 표면저항(R_s)이 매우 작아서 마이크로파 수동소자(공진기, 필터 등)와 전송선로 소자(delay line, transmission line filter 등)로 응용할 수 있다. 또한, 저온초전도체에 비해 상당히 높은 온도에서 초전도 현상을 얻을 수 있어서 조셉슨 효과를 이용한 소자(SQUID : Superconducting Quantum Interference Device), 능동소자 및 복합소자(Mixer, Oscillator 등)로 응용할 수 있다.

초전도체의 표면저항은 전이온도(임계온도) 아래에서는 에너지 갭에 상응하는 주파수에서 표면저항값이 크게 감소한다. 먼저 갭주파수 보다 훨씬 낮은 주파수 영역에서의 점진적인 손실 감소는 주파수의 제곱에 비례하면서 떨어지므로

초전도 물질을 사용하면 일반금속들을 사용할 때보다 훨씬 적은 도체손실값을 가지며, 높은 Q-factor를 갖는 고주파용 소자들을 만들 수 있다. 일반적으로 10 GHz의 주파수 대역에서 YBaCuO 박막으로 얻은 실험 데이터는 일반금속에 비해 1/10 정도의 작은 도체손실값을 갖는 것으로 알려져 있으며, 이는 다시 말해 10배 이상의 양호도를 갖는 소자를 만들 수 있다.

고온초전도체를 전자소자에 응용함에 있어서 수동소자, 특히 필터는 집적화된 부품에의 필수 성분이다. 본 논문에서는 마이크로파 전자소자에의 응용연구 중 고온초전도 단결정 박막을 이용한 통신용 마이크로스트립 대역통과 필터의 구현에 관해 설명하고자 한다. 본 논문에서 구현하고자 하는 평면형 마이크로스트립 소자를 이용한 필터를 제작하기 위해, 먼저 양질의 고온초전도 에피택셜 박막을 펄스 레이저를 이용하여 증착하고, 시뮬레이션을 통해 필터의 최적회로 형태를 구한 다음, 리소그래피 과정을 거쳐서 소자를 만들고, 제작한 측정용 칩을 사용하여 벡터 회로망 분석기로 그 마이크로파 특성을 평가하였다.

2. 고온초전도 마이크로파 필터의 설계

저역통과 응답 또는 다른 필터 응답 특성을 나타내는 소자들을 설계하기 위한 설계과정에는 몇가지 기본적인 단계가 있다.

첫째, 원하는 특성을 결정한다. 둘째, 적절한 저역통과 기본 회로망을 설계한다. 이 기본 회로망은 차단 주파수 1 rad/sec의 1 Ω 임피던스 시스템에서 동작하는 저역통과 필터이다. 셋째, 저역통과 기본 회로망을 마이크로파 회로망으로 변형시킨다. 일반적으로, 마이크로파 회로망은 전송선로 사이의 다양한 상호 관계와 결합된 전송선로들로 이루어진 분포정수회로이다. 마지막

으로, 분포정수회로를 인쇄회로, 동축 케이블 기술 및 도파관 기술 등을 이용하여 물리적 구조로 변환한다.

본 연구에서 구현하고자 한 대역통과 평행 결합 선로 필터의 조건은 표 1과 같고, 설계된 대역통과 필터의 패턴이 그림 1에 나타나 있다.

표 1. 대역통과 필터의 설계 조건

Center frequency	32 [GHz]
Passband bandwidth	400 [MHZ]
Passband return loss	20 [dB]
Stopband attenuation at center frequency ±	40 [dB]
System impedance	50 [Ω]
Substrate (MgO)	
Thickness	0.5 [mm]
ϵ_r	9.6

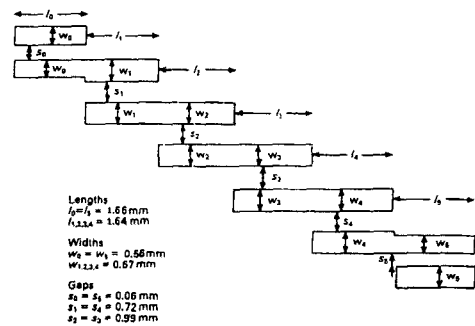


그림 1. 설계된 대역통과 필터의 패턴

3. 고온초전도 마이크로스트립 대역통과 필터의 구현

3.1 YBa₂Cu₃O_x/MgO 에피택셜 박막의 제조

고온초전도 필터 제작에 필요한 YBCO/MgO 박막을 제조하기 위해, 여타 증착방법에 비해 양질의 에피택셜 박막을 제조할 수 있는 것으로

알려진 펄스레이저 증착법(PLD; pulsed laser depositor)을 이용하였다.

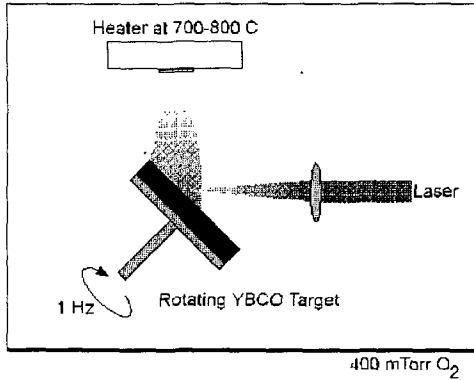


그림 2. 펄스레이저 증착 시스템^[6]

펄스레이저 증착 공정은 그림 2에 나타난 것처럼, 볼록렌즈를 통해 집광된 펄스레이저를 진공챔버에 입사하여 성장될 박막조성과 거의 같은 같은 조성을 가진 타겟 표면에 조사하면, 타겟 표면의 물질들이 증발되거나 이온화된 원자 및 분자의 형태로 증발되어 플룸(plume)을 형성한 후, 기판에 증착되는 원리이다.

3.2 마이크로스트립 대역통과 필터의 형상화 공정

설계된 패턴을 형상화하기 위해 전자선 마스크를 사용하고 표준의 포토리소그래피 기술을 이용하였다. 먼저 AZ5214 포토레지스터를 5200 [rpm]으로 30초간 회전도포하고, 90°C에서 20분간 가열한 후 노광하였다.

Contact aligner를 써서 300W로 1분간 노광하였으며, AZ500MIF 현상액에 1분간 현상하였다. 현상된 박막을 EDTA를 이용하여 습식시각하였다.

3.3 마이크로파 하우징

제작을 마친 고온초전도 마이크로스트립 대

역통과 필터를 측정하기 위해서는 하우징 공정이 필요하다. 하우징 시 측정하고자 하는 소자를 안정하게 고정시켜주고, 계측장비의 입출력 단과의 우수한 정합을 이룰 수 있도록 고려하여야 한다.

이러한 하우징의 조건을 만족시키기 위해서는, 동축형에서 마이크로스트립으로의 전이가 우수한 컨넥터를 사용해야 하며, 특히 77 [K] 이하의 저온에서도 접촉특성이 잘 유지되어야 하며, 마이크로스트립이 고온 초전도체로 되어 있으므로 일반 금속일 때 보다는 접촉 특성이 나쁠 것이므로 접촉특성이 잘 유지될 수 있는 구조여야 한다. 본 연구과정에서는 전송특성이 우수하며, 전이점에서 특성이 잘 유지되는 구조로써 Wiltron사의 K-100 커넥터를 사용하였다.

4. 대역통과 필터의 측정

하우징한 대역통과 필터의 특성 평가를 위해 HP 8510B Vector Network Analyzer를 이용하였으며, 그림 3에 측정된 특성 곡선을 나타내었다.

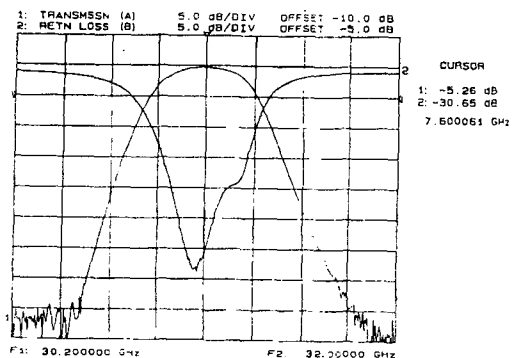


그림 3. 측정된 대역통과 필터의 특성

그림 3에 나타난 바와 같이 측정된 결과는 설계된 중심주파수와 거의 정확히 일치함을 확인할 수 있으며, 낮은 주파수를 갖는 저지대역에서

높은 주파수 측에 비해 비교적 감쇠특성이 약한 것을 볼 수 있다.

4. 결 론

본 연구를 통해 고온초전도체로 구성된 마이크로스트립 대역통과 필터가 지금까지 보고된 일반 도체를 이용한 필터에 비해 저손실, 높은 Q-factor 값 등과 같은 많은 이점들을 갖는다는 것을 확인할 수 있었다.

측정된 결과는 설계치와 비교하여 중심주파수가 거의 일치하는 아주 우수한 특성을 나타내었으며, 저지대역에서 감쇠특성이 비대칭적으로 나타나는 것은 설계 파라미터를 보정하고 공정을 반복 수행함으로써 해결할 수 있으리라 본다.

참고문헌

1. C. M. Chorey, K. Kong, K. B. Bhasin, J. D. Warner, and T. Itoh, "YBCO Superconducting Ring Resonator at Millimeter Wave Frequencies", IEEE Trans. Microwave Theory and Thch. Vol. 39, pp. 1480-1487, 1991.
2. J. H. Takemoto, F. K. Oshita, H. R. Fetterman, P. Korbin, and E. Sovoro, "Microstrip Ring Resonator Technique for Measuring Microwave Attenuation in High T_c Superconducting Thin Films", IEEE Trans. Microwave Theory and Tech. Vol. 37, pp. 1650-1652, 1989.
3. W. G. Lyons, R. R. Bonetti, A. E. Williams, P. M. Mankiewith, M. L. O'Malley, J. M. Hamm, A. C. Anderson, R. S. Withers, A. Meulenberg and R. E. Howard, "High T_c Superconductive Microwave Filters", IEEE Trans. on Magnetics, Vol. 27, pp. 2537-2539, 1991.
4. E. B. Ekholm and S. W. McKnight, "Attenuation and Dispersion for High-T_c Superconducting Microstrip Lines", IEEE Trans. Microwave Theory and Tech. Vol. 38, pp. 387-395, 1990.
5. M. A. Richard, K. B. Bhasin, C. Gilbert, S. Metzler, G. Keopf and P. C. Claspy, "Performance of a Four-Element Ka-Band High-Temperature Superconducting Microstrip Antenna", IEEE Microwave and Guided Wave Letters, Vol. 2, pp. 143-145, 1992.
6. F. Wellhofer, P. Woodall, C. M. Muirhead, M. J. Lancaster, C. E. Gough, S. Abell, P. P. Edwards, C. Greaves, F. Huang, T. S. M. Maclean, "Laser Ablation of High Temperature Superconducting Thin Films", <http://eesun.bham.ac.uk/commsr4.htm>