

Fabrication of 14 GHz Hairpin Type YBCO Filters

Seok-Cheon Song, Cheol-Su Kim*, Sang Yeol Lee*
Hyung Kuk Yoon** and Young Joong Yoon**

송석천, 김철수*, 이상렬*
윤형국**, 윤영중**

*Department of Electrical Engineering,
Yonsei University, Seoul, 120-749, Korea

**Department of Radio Communication Engineering,
Yonsei University, Seoul, 120-749, Korea

*서울시 서대문구 신촌동 134, 120-749 연세대학교 전기공학과

**서울시 서대문구 신촌동 134, 120-749 연세대학교 전파공학과

For the enhancement of communication system performance, high quality filters are required. Conventional metal filters made of copper can be substituted by high quality high temperature superconductivity(HTS) films for better performance.

In order to reduce the size of the filter for the integration of device in the limited area, we have fabricated hairpin type filters using pulsed laser deposition(PLD) technique. The superconducting YBCO thin films have been grown on MgO substrates by PLD with Nd:YAG laser. The YBCO films were patterned by conventional wet-etching process. We have compared YBCO filters and copper filters which were made with the same spec. Simulated and measured frequency responses reveal that HTS YBCO hairpin type bandpass filters show better performance than copper filters.

1. 서론

현재 사용되고 있는 이동 통신 시스템의 성능을 향상시키려면, 필터는 선택도와 분별력을 위해 낮은 삽입 손실과 날카로운 스킨트 특성을 가져야 한다. 그러나 그에 못지 않게 필터 자체가 가지고 있는 부피에 관한 문제가 나타났다. 일반 평행선 필터는 크기 면에서 그 자체의 한계를 가지고 있다. 초전도 필터가 제 성능을 발휘할 수 있는 온도를 유지하기 위한 크라이오제닉 환경은 생각시키는 필터의 면적에 비례하고 그 부피에 따라 전체 시스템의 크기와 사용 전력이 결정된다. 헤어핀 필터는 소형화할 수 있다. 그러나 이러한 헤어핀 필터는 그 자체의 단점인 의사 주파수 응답이 나타난다[1]-[4]. 이러한 성질을 고려하여 의사 주파수 응답을 중심 주파수로부터 쓰이지 않는 주파수 대역으로 보내도

록 필터를 설계하였다. 따라서 본 논문에서는 헤어핀 형태로 14 GHz를 중심 주파수를 가지는 마이크로 스트립 대역 통과 필터에 대해서 논할 것이다.

2. 본론

2.1. 실험 방법

현 실험에서 쓰이고 있는 $YBa_2Ca_3O_{7.8}$ 초전도 물질은 격자의 정합이 잘 맞고 열 팽창계수가 비슷한 MgO (100) 기판 위에 펄스 레이저 증착 시스템을 이용하여 500 nm 두께의 YBCO 박막을 증착하였다. 여기에서 355 nm 파장을 가지는 Nd:YAG 레이저를 이용하였으며, 반복율은 5 Hz 였다. 펄스 레이저 증착 시스템에서 타겟 표면과 레이저 빔이 이루는 각도는 약 45° 였으며, 타

겟에 조사되는 레이저빔은 약 1.3 J/cm^2 의 에너지 밀도를 가지고 있다. 증착에 사용된 기판은 앞서 $1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$ 크기로, 초음파 세척기로 세척하여 질소가스로 건조시켰다. 증착을 시킬 때의 기판온도는 $750 \text{ }^\circ\text{C}$ 이고 산소압 200 mTorr 였으며, 증착 후 산소압을 500 Torr 로 증가시켜 $500 \text{ }^\circ\text{C}$ 까지 서서히 냉각시키고 30분간 산소 후 열처리를 하였다. 증착된 YBCO 박막을 일반적인 포토리소그래피 법과 습식 에칭을 이용하여 패턴을 제작하였다. 기판 뒷면의 접지면은 기판과 은을 접합을 위해 먼저 E-beam 증발기를 Ti를 30 nm 증착하고 그 위에 열 증발기를 이용해, 은을 $1 \text{ } \mu\text{m}$ 증착시켰다. 제작된 박막을 일반적인 4단자법을 이용하여 측정한 결과 임계온도가 $88\text{-}89 \text{ K}$ 정도였고, XRD 측정을 한 결과 c-축으로 강하게 성장되었음을 보였다. 제작된 고온 초전도 협대역 필터의 마이크로파 측정을 위해 캐비티를 제작하였고, HP-8510C 네트워커널라이저에 K-커넥터를 연결하여 측정하였다.

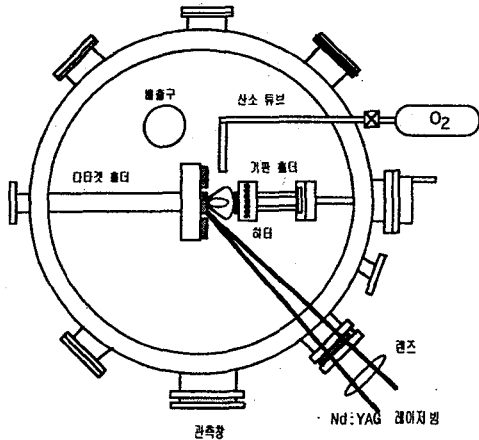
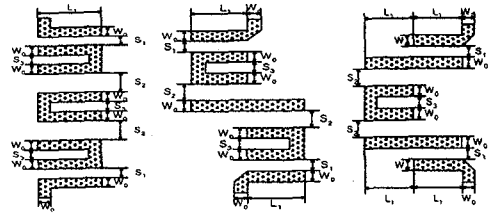


그림 1. 펄스 레이저 증착시스템

2.2. 결과 및 토의

3극 평행선 필터로 제작된 필터의 경우 그 필터 자체가 차지하는 면적은 약 70 mm^2 정도이고 헤어핀 필터로 제작된 패턴들을 그림 1에 나타내었다[4].

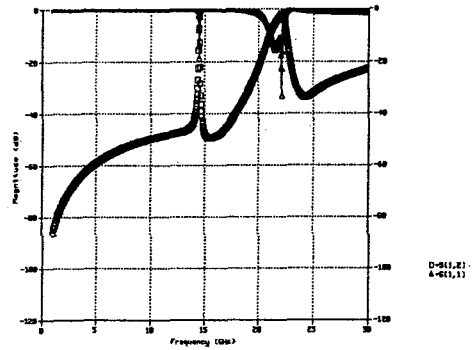
그림 2에서 각 필터가 들어가기 위한 최소한의 가로×세로 면적을 구하면 A, B, C 형태의 필터는 순서대로 $26.32, 42.11, 47.37 \text{ mm}^2$ 을 나타내었다.



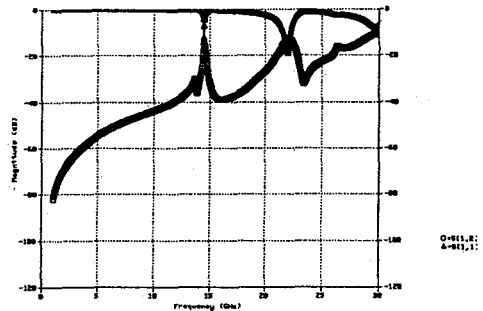
(a) A형 (b) B형 (c) C형

그림 2. 헤어핀형 3극 필터

각 필터는 본 연구에서 제작된 여파기의 중심주파수는 14.25 GHz 이며 고온 초전도체 필터의 경우 1% 미만의 대역폭을 가지도록 설계하였다.



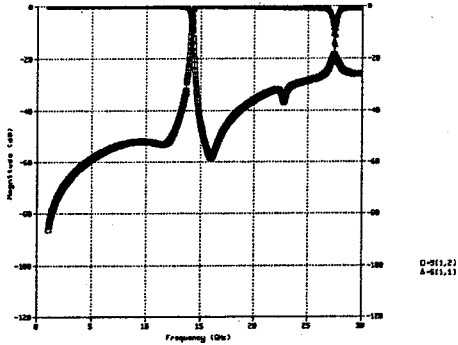
(a) A형



(b) B형

그림 3은 각 필터의 시뮬레이션된 주파수 응답을 나타낸 것이다. 그림 2.(a) 그림을 보면 중심주파수에서 정상적인 통과대역이 생기고 의사 주파수 응답이 약 21 GHz 에서 생김을 알 수 있다. (b) 그림에서는 의사 주파수 응답이 약간 오른쪽으로 이동하였으며 (c) 그림에서는 의사 주파수 응답이 확연하

게 오른쪽으로 움직였음을 보여주고 있다. 이때 생긴 의사 주파수 응답은 28 GHz 정도로 14 GHz 중심 주파수의 2차 고조파라고 여겨진다.



(c) C 형

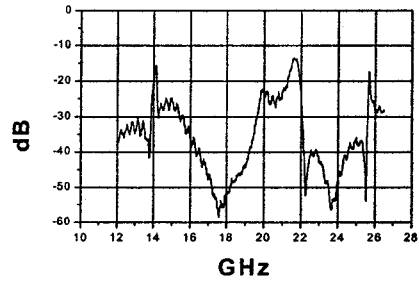
그림 3. 각 패턴별 시뮬레이션 결과

그림 4는 60 K의 온도에서 측정된 주파수 응답으로 그 중심 주파수가 약 14.3 GHz이었는데 시뮬레이션 결과와 같이 28 GHz 정도에서 2차 고조파로 보이는 응답이 나타났으며, 설계한 주파수와 약간의 차이를 보이는 이유는 식각을 할 때 약간 선폭이 달라진 것으로 생각된다. A 형과 비교하여 C 형의 경우 중심주파수와 2차 고조파 사이의 의사 주파수 응답의 감소가 확연히 관찰된다.

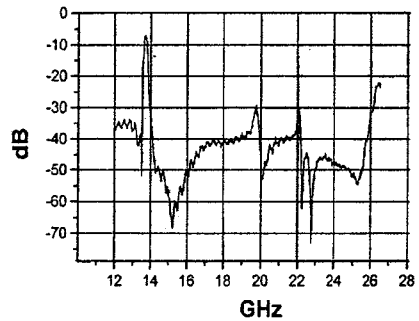
위 결과로 알 수 있는 내용은 단순하게 헤어핀 형태로 제작된 필터가 작은 면적으로 같은 성능을 낼 수 있지만 의사 주파수 응답이 주 통과 대역과 근처에 존재하게 되는데, 필터의 구조학적인 조정을 통해 그 의사 주파수 응답을 나타나지 않게 할 수 있다. 이런 의사 주파수 응답은 캐비티 자체가 가지고 있는 주파수 응답 때문에 나타날 수 있기 때문에 이런 점을 고려하여 캐비티를 설계하면 중심 주파수 근처에서의 의사 주파수 응답을 제거할 수 있다. 그림 4에서 삽입 손실이 큰 이유는 상온에서 캘리브레이션한 후 초전도를 나타내는 온도에서 측정하기 때문에 케이블의 수축 때문이라고 생각하고 있다.

위와 같이 제작된 필터의 성능을 비교하면, A 형 필터는 시뮬레이션 된 삽입 손실이 -0.7 dB, 3 dB 대역폭이 0.38 %이고 B형 필터는 삽입 손실이 -3.0 dB, 3 dB 대역폭이 0.49 %, C

형 필터는 삽입 손실이 -4.4 dB, 3dB 대역폭이 0.86 %이다. 이러한 삽입 손실의 증가는 직접적으로 커플링되는 면적이 A 형 필터보다 C형 필터가 작기 때문이다[6]. 또한 같은 패턴과 조건으로 만들어진 구리 필터는 삽입 손실이 -10.3 dB 이고, 3 dB 대역폭이 1.16%였다.



(a) A 형



(b) C 형

그림 4 필터의 주파수 응답

3. 결론

3극 헤어핀형 고온 초전도 필터를 제작하여 그 특성을 고찰하여 헤어핀 필터의 단점인 의사 주파수 응답을 관찰하였고, 이러한 주파수 응답을 제거하기 위해 2가지 형태의 패턴을 개발하였다. 그중 C형의 경우는 제 2고조파 사이의 의사 주파수 응답이 사라졌다. 그러나 그 필터의 면적이 최초 A형 필터보다 80%가량 증가하였으며 평행선 필터의 면

적을 약 32.33 % 줄일 수 있었다.

필터의 크기를 줄여서 삽입 손실을 줄일 수 있었지만 의사 주파수 응답을 제거하기 위해 제작된 크기를 늘렸으며 이로 인해 삽입 손실이 많아지고 대역폭이 늘어났다.

본 연구는 한국과학재단 특정기초 연구비
지원에 의한 결과임.
(과제번호 : 96-0102-08-01-3)

참고 문헌

- [1] Akira Enokihara and Kentaro Sesun. "5-GHz Hi-Tc Superconducting Microstrip Bandpass Filter of Miniaturized Configuration", *Journal of superconductivity*, Vol. 10. No. 1. (1997)
- [2] S. Jerry Fiedziuszko, John A. Curtis, Stephen C. Holme, and Raymond S. Kwok, "Low Loss Multiplexers with Planar Dual Mode HTS Resonators", *IEEE*, Vol. 44, No. 7. (1996)
- [3] Petri Piirpnen, Juha Mallat, and Antti V. Räsänen, "Cryogenic Millimeter-Wave Ring Filter for Space Allocation", *IEEE*, Vol. 46. No. 9. (1998)
- [4] Jia-Sheng Hong and Michael J. Lancaster "Cross Coupled Microstrip Hairpin-Resonator Filters," *IEEE*, Vol. 46. No. 1. (1998)
- [5] 박주형, 이상렬, 윤형국, 윤영중, "마이크로스트립 평행결합선을 이용한 초전도 협대역 필터의 제작", *하계 학술대회 논문집, D권*, pp 1549-1551, 전기학회, (1998)
- [6] T. Dahm, D. J. Scalapino, and B. A. Willemsen, "Phenomenological Theory of Intermodulation in HTS Resonators and Filters", *Journal of Superconductivity*, Vol. 12. No. 2. (1999)