

Simulation of Frequency Responses of HTS Microwave Multiplexer Consisting of Hairpin Type Filters

헤어핀 형태의 고온 초전도체 마이크로 웨이브 멀티플렉서의 주파수 응답 시뮬레이션

Cheol-Su Kim*, Sung-Min Kim*, Seok-Cheon Song*, Sang Yeol Lee*.
Hyung Kuk Yoon** and Young Joong Yoon**
H. J. Kwon*** and Sang Young Lee***

김철수*, 김성민*, 송석천*, 이상렬*, 윤형국**, 윤영중**, 권형준***, 이상영***

Dept. of Electrical Engineering, Yonsei Univ. 134 Shinchondong Seodaemunku Seoul,
Korea, 120-749

*Yonsei Univ., **Yonsei Univ., ***Keonkuk Univ.

서울시 서대문구 신촌동 134, 연세대학교, 레이저 공학연구소
*연세대학교전기공학과, **연세대학교전파공학과, ***건국대학교물리학과

Superconducting multiplexer consisting of hairpin type filters has been designed for the reduction of the physical size of the device. Pulsed laser deposition with a Nd:YAG laser has been used to grow high quality YBCO superconducting films on MgO substrates. Multiplexer has been designed to have the center frequencies at 13.6 GHz and 13.9 GHz on MgO substrate with the size of $20 \times 20 \times 0.5 \text{mm}^3$. It is possible to implement superconducting multiplexer having two passbands on the limited $20 \times 20 \times 0.5 \text{mm}^3$ MgO substrate by adopting hairpin type filters. This type of superconducting device will be useful for the integration of microwave subsystem.

1. 서 론(Introduction)

폭증하는 전파 수요에 대처하고 높은 효율을 얻기 위해 한정된 주파수 자원이 적극적으로 개발 활용되고 있다. 이를 위한 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 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ (YBCO) 박막은 높은 임계온도를 가지기 때문에 액체질소 온도에서 소자로서의 실용화가 기대된다.

고온 초전도 마이크로파 응용에 대한 기관 재료의 특성에 대한 요구사항은 기계적 강도, 알맞은 격자정합, 기관의 절연특성 등이 있으며, MgO 기관은 초전도 마이크로파 응용에 있어서 낮은 유전상수를 갖는 뛰어난 기관으로 알려져 있다.[1,2] 또, 구조적으로 사파이어 기관보다 YBCO에 더욱 적합하고 LaAlO_3 , LaGaO_3 ,

NdGaO₃ 등과 같은 페로브스카이트 구조보다 더욱 우수한 마이크로파 특성을 갖는다.[3-5]

본 논문에서는 고온초전도 YBCO 박막을 이용하여 마이크로파 수동소자인 멀티플렉서를 제작하기 위해 병렬결합선로 필터 설계식을 응용하여 소형, 경량 및 평면형 구조를 갖는 hairpin 형태의 대역통과 필터를 설계하고, 주파수 응답을 측정함으로써 모의 실험값을 관찰하였다.

2. 실험 방법

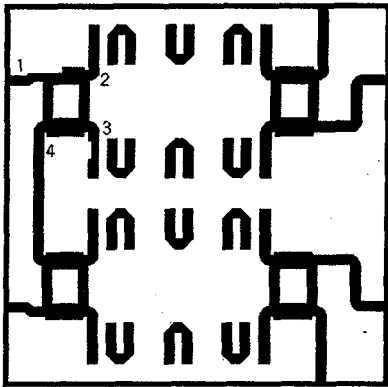


그림 1. 멀티플렉서의 패턴

MgO(20mm×20mm×0.5mm) 기판위에 초전도 멀티플렉서를 제작하기 위하여 hairpin 형태의 고온초전도체 마이크로파 멀티플렉서를 설계하여 대역통과 여파기 특성을 측정하였다. 설계한 멀티플렉서의 주파수 특성은, 중심 주파수 13.7 GHz와 13.9 GHz, 대역폭이 164 MHz였다. 마이크로파용 분기선 방식의 3-dB/90° 하이브리드 결합기를 사용하였으며, 왼쪽과 오른쪽에 하이브리드 결합기에서 포트 사이의 간격은 사용하는 주파수의 $\lambda/4$ 가 되게 설계 하였으며, 사용프로그램으로는 Emsemble을 이용하였으며 설계된 대역통과 여파기를 시뮬레이션 하였다.

3. 결과 및 고찰

마이크로파용 분기선 방식의 3-dB/90° 하이브리드 결합기는 마이크로스트립 선로를 사용할 경

우 적합한 4-포트 소자이다. 각 포트의 특성 임피던스는 50Ω이 되게 하고, 그림1의 왼쪽과 오른쪽에 위치한 3-dB 하이브리드 결합기에서 포트사이의 간격은 사용하는 신호파장의 $\lambda/4$ 이 되게 하고 특히 포트 2와 포트 3에서 신호는 서로 90° 위상차를 가지도록 설계하였다.

그림1에 나타난 것처럼 마이크로파 멀티플렉서는 2개의 하이브리드 결합기와 특정 주파수만 통과

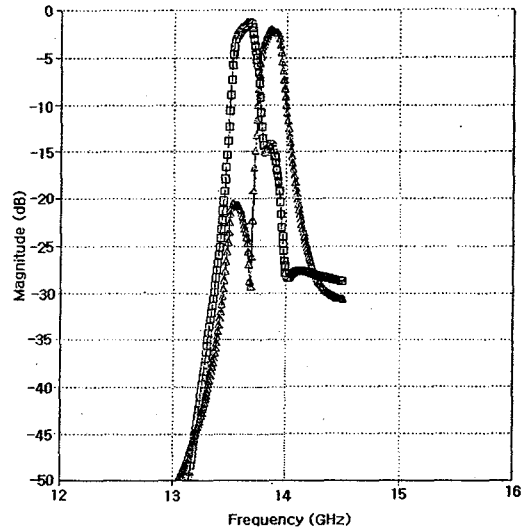


그림 2. 주파수 응답 특성 시뮬레이션

시키는 2개의 대역통과 필터로 구성된 멀티플렉서 2개를 나란히 연결시킨 구조로 설계하였다. 포트1에 f_1 과 f_2 가 입사되면, 좌측면에 위치한 하이브리드 결합기의 두분기에서 주파수 f_1 에 해당하는 에너지가 등분되고 남은 주파수 f_2 는 대역통과 필터를 통하여 반사되고 옆에 있는 멀티플렉서로 가게 되어 처음과 마찬가지로 두번째 멀티플렉서의 대역통과 필터를 통해 통과되게 된다. 그림 2는 마이크로파용 멀티플렉서의 주파수 응답특성을 나타내었는데, 대역폭이 164 MHz, 삽입 손실이 1 dB이고 중심 주파수가 13.7 GHz, 13.9 GHz인 대역통과 필터특성을 갖는 신호를 얻을수 있었다.

3. 결론

MgO(20mm×20mm×0.5mm) 기판위에 고온 초전도체를 사용한 마이크로파 멀티플렉서를 제작하기 위하여 emsemble 프로그램을 사용하여 중심 주파수 13.7 GHz와 13.9 GHz를 가지는 멀티플렉서를 설계하였다. 두개의 3-dB/90° 결합기와 두개의 2극 대역통과 필터를 가진 멀티플렉서 2개를 연결하여 1개의 칩에 2가지의 주파수를 통과시킬수 있는 멀티.플렉서를 제작함으로써 폭증하는 전파수요에 대처하기 위해 초전도체를 사용할 때 생기는 크기의 문제를 줄이고자 하였다. 주파수 응답 특성으로부터 삽입손실은 1 dB이었고, 대역폭은 164 MHz인 필터 특성을 얻었다. 앞으로 실험에서 고온초전도체와 구리를 이용한 멀티플렉서를 제작하여 모의 실험에서 얻은 결과와 실험결과를 비교 평가하여 초전도 통신소자의 집적화 가능성을 제시하고자 한다..

참고문헌

- [1] C.H. Chen, J. Kwo, and M. Hong, "Microstructures of YBa₂Cu₃O_{7-x} superconducting thin films grown on a SrTiO₃ (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 YBa₂Cu₃O_{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 SrTiO₃" Appl. Phys. Lett. 53, p.1871, 1988.
- [5] T. Yoshitake, H. Tsuge, and T. Inui, "Effect at microstructure of YBa₂Cu₃O_x films on power handing capability studied with microstrip resonators", J. Appl. Phys. 76 (7), p.4256, 1994.

감사의 글

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