

Superconductive Multi-pole Hairpin type Filter과 Delay Time 설계 및 실험

*양재라, **정구락, *강준희
*인천대학교 물리학과, **한국 광기술연구원

Modeling and Simulation of the Delay Time in Superconductive Multi-pole Hairpin type Filter

Jae. Ra. Yang, **Jung Ku Rak**, *Joon hee Kang*
*University of Incheon, Department of Physics
**Korea Photonics Technology Institute

jeara@incheon.ac.kr

Abstract - In the favor of adjusting microwave signal, Hairpin type Filter, which delay microwave signal enough to several nanosecond, is a key component. One of the main advantage in using Hairpin type Filter is a conveniency for equipping with Delay Module, and because of having a wide bandwidth, Hairpin type Filter can be designed to satisfy the most applications.

In this work, we attempted to estimate the delay time in a superconductive hairpin type filter. A software to synthesize even and odd order equiripple hairpin type filter has been developed. This software arbitrarily locate its transfer zeros making symmetric of asymmetric amplitude response and equalizing group delay. Borland C++ compiler has been used. The program was designed to run under MS-DOS, Window 98, Window 2000. The program optimizes the position of the transfer function zeros in order to fulfill the group delay specification masks.

We designed and fabricated a hairpin type HTS 2-pole microstrip bandpass filter to operate at 5.8Ghz. The fabrication method was pulsed laser deposition and YBCO films were deposited on sapphire substrates with a CeO_2 thin layer as a buffer layer. We also developed a new style hairpin type filter by using interdigitide inner-pole. Compared to the same size regular hairpin type filters, our filters had a lower center frequency.

Keywords: Microwave, Delay, Hairpin, Filter, Frequency

1. 서 론

Microwave system의 소형화 추세에 따라 microstrip회로에 관한 많은 연구가 진행되고 있다. Microwave 대역에서 microstrip line은 생산성, 제작의 용이성 등 제작에 적합한 이점을 가지고 있어 전송선, 임피던스 정합회로, 방향성 결합기, 필터등 적용영역이 넓다.[1]

초전도체가 갖는 low loss, low distortion 특성 때문에 이를 이용한 microwave 소자의 개발이 세계 여러 기관에서 활발하게 진행되고 있으며, 대박막에 hybrid intergration하는 추세로 응용력을 넓히고 있다[1]. 현재 고온초전도를 이용한 고주파 소자의 제작은 주로 고온초전도 박막을 이용하여 이루어지고 있으며, 이러한 고온 초전도 박막으로 제작된 microstrip 필터나 안테나와 같은 고주파용 수동소자는 이동통신용 기지국에 설치되거나 인공위성용 소자로서 상용화될 단계에 와 있다.

Microwave 필터의 설계는 EM simulator인 HFSS(High Frequency Structure System)을 이용하였다. 또한 Borland C++로 컴파일된 프로그램을 코딩하여 delay time을 구현하여 각각의 성분별로 구성하였다.

본 연구에서는 고온 초전도 기관으로 널리 쓰이는 $LaAl_2O_3$ 나 $SrTiO_3$ 기관 대신에 유전률이 낮고 loss $\tan \theta$ 값이 적은 Sapphire기관을 사용하였으며, 일반적으로 사용되는 hairpin type 필터에 son pole를 삽입하므로써 같은 크기의 hairpin type 필터보다 주파수, bandwidth, loss 값을 줄일 수 있다.[2]

2. 본 론

2.1 필터의 설계 및 결과

필터의 모형은 그림 1에 보여진 바와 같은

hair-pin type을 선택하여 simulation을 하였으며, hairpin typ은 기존의 hairpin type에 내부 pole을 삽입하여 내부 pole과 외부 pole사이의 coupling으로 인하여 중심 주파수를 낮출 수 있도록 설계하였으며, 내부와 외부 pole사이의 coupling을 크게 하기 위하여 interdigitide형식으로 coupling을 시켰다. 필터의simulation은 우선적으로circuit simulator인 serenade를 사용하여 만족할만한 필터의 특성을 얻은 후, EM simulator인 HFSS를 사용하여 수정 보완하는 형식으로 진행하였다.

본 실험에서는 deviation을 줄여 주기 위해 R-cut face Sapphire 기판 위에 고온초전도 박막을 성장시켰다. CeO₂박막 성장 조건은 760°C의 온도에서 200mtorr의 산소를 흘려주면서 ArF Excimer Laser를 10Hz로 target에 조사하여 제작하였으며, YBCO는 5000Å의 두께로 성장시켰다. 기판 뒷면의 ground plane은 DC sputter를 이용하여 silver를 1μm의 두께로 증착시키고 silver위에 gold를 1000Å의 두께로 증착시켰다. 필터의 패턴은 photo-lithography와 dry에칭을 이용하여 형성하였다. [3] package는 직접 설계 후 주문 제작하였으며, port와 SMA connector사이의 연결은 접합을 좋게 하기 위해서 silver paster를 이용하였다.

그림 2는 제작된 필터의 특성을 보여주고 있다.[4]

center frequency는 5.4Ghz이고 bandwidth 270Mhz이며 loss는 0.55dB이었다. pole한개의 크기는 4mm×2.8mm이었으며, 전체 크기는 3.3mm×13.7mm이었다.

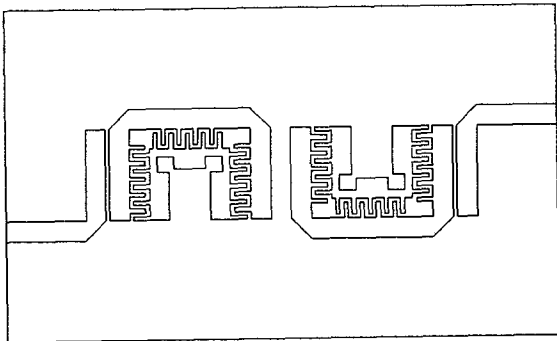


그림 1. Hairpin type microstrip filter의 설계도.

2.2 Delay Time의 구현

Filter의 특성을 나타내는 지표중 하나로서, 신호가 Filter 내부를 통과하면서 발생한 time delay을 의미한다. 이것은 결국 시간축에서 sine 파형이 약간 밀려서 위상차를 가진 것처럼 보이게 된다.

수식적으로 Group Delay는

$$\tau_{gr} = -\frac{1}{360^\circ} (d\phi)/(df) \quad (1)$$

가 된다.[7]

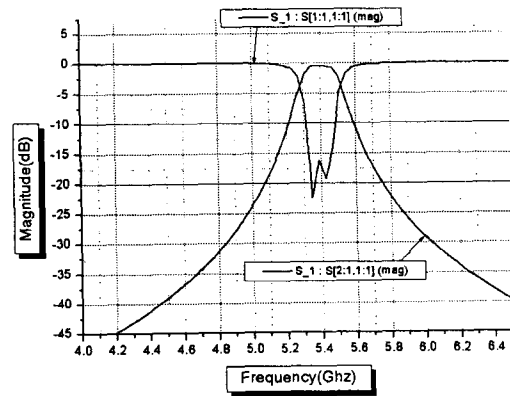


그림 2. S Matrix of Hairpin type filter

이 식을 위상의 변화량으로 다시 표현하면 결국에는 아래와 같이 표현이 된다.

$$\tau_{gr} = -\frac{1}{360^\circ} \frac{d\phi}{df} \quad (2)$$

로 표현된다. [8] 이 미분식은 결국 각 주파수 ω (=2πf)에 따른 위상의 변화량을 의미한다. 이것은 Filter의 크기나 구조에 많이 의존하며, 이렇게 발생한 시간지연현상은 단순히 신호가 늦게 전송한다는 문제가 아니라 신호자체의 왜곡을 가져올 수 있다. 이것은 단순한 주기적 파형을 계속하는 sine 파형이 문제가 아니라, 변조된 신호에서 왜곡을 발생하기 때문에 문제가 된다. 대부분의 필터는 변조된 신호를 필터링 하게 되며 넓은 변조대역에서 똑같은 시간지연은 서로 다른 위상지연값을 만들어내게 되어서, 주파수-시간축 간의 Fourier 변환관계를 깨트리게 된다.

Group Delay가 크면 통과되는 주파수대역의 주파수마다 위상관계가 조금씩 더 틀어지게 되며, 결국 이것은 신호의 왜곡으로 나타나게 된다. 그러므로 Filter에서 Group Delay를 작게 만드는 구조가 중요해지는 것이다

이러한 delay time을 정확하게 계산하기 위하여 수식 (1)을 사용한 프로그램을 제작하여 HFSS 프로그램과 연관하여 delay time을 계산하였다. 이 프로그램의 snapshot이 그림 3에 보여진 바와 같다.

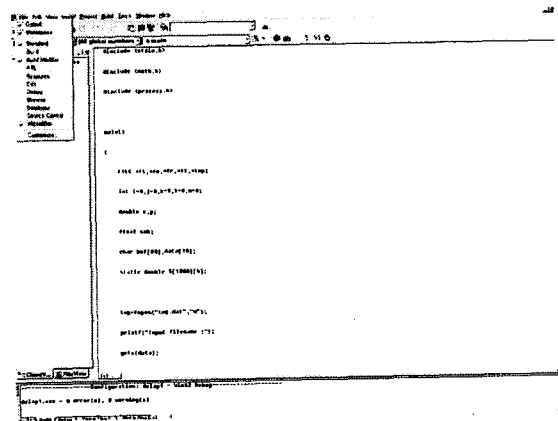


그림 3. Delay time simulator using a Borland C++

감사의 글

본 연구는 21세기프린터 연구개발사업인 차세대초전도응용기술개발 사업단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] A. A. Dynmikov and O. D. Poustylnik International Waves, Vol. 20, No. 5. 937-965(1999)
- [2] Reinment K. Hoffman "Handbook of Microwave Intergrated Circuits", 1987
- [3] Zhi-Yuan Shen, "High-Temperature Superconducting Microwave Circuits" pp9-24, WilliamL. Hostein, 1994
- [4] Phillips, J.M. et al, Journal Mater. Res, Vol 7, 2650-2657(1990)
- [5] Wu X. D, R. C. Dye et al, App. Phys. Lett, Vol. 21, 495-498(1992)
- [6] Douglas B. Chrisey and Graham K. Hubler "Pulsed laser deposition of thin film" pp182-184, Li-Chyng Chen, 1994
- [7] O. Ostwald "Group and Phase Delay Measurements with Vector Network Analyzer" Appl. Note 1EZ35_1E. 1999
- [8] C. K. Campbell and C. B. Saw : IEEE Tran. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control 34 pp.1509. 1993
- [9] R. J. Cameron. Fast Generation of Chebyshev Filter Prototypes with Asymmetrically-Prescribed Transmission Zeros, ESA Journal, 1982, Vol. 6 ,pp83-95

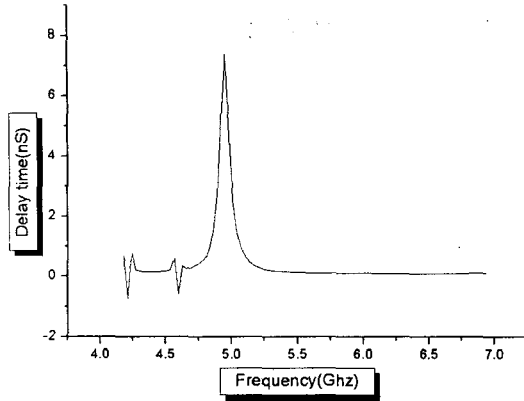


그림 4. delay time of hairpin type filter

그림 3에 보여진 프로그램을 사용하여 그림 1에 보여진 필터에 대해 그림 2에서 보여진 시뮬레이션의 과정에서 얻어지는 위상 정보를 통하여 delay time을 계산한 결과가 그림 4에 보여지고 있다.

3. 결 론

고온초전도체 박막을 이용한 5Ghz~6Ghz 대역의 filter를 설계하고 제작하였으며, 양질의 박막을 얻기 위하여 Arf Excimer Laser를 이용한 YBCO박막을 제작하였다.

그래서 필터설계에 있어서 신뢰성을 높이기 위해서 사용한방법은 circuit simulator인 serenade와 EM simulator인 HFSS를 사용하는 것이다. 필터의 특성은 액체질소 온도인 77K에서 측정을 하였다.

기존에 사용하는 hairpin type의 필터에 내부 pole을 삽입하여 중심 주파수, bandwidth 그리고 insertion loss가 줄어드는 효과를 얻었다. 또한 delay time을 구현할 수 있는 소프트웨어를 제작하여 hairpin type의 필터에 대한 delay time을 계산하였다. [9]