

광대역 고조파 제거용 고온초전도 저역통과 필터의 설계

곽민환, 김상현, 안달*, 한석길**, 강광용**

경상대학교 공과대학 전기공학과

*순천향대학교 전자공학과 **한국전자통신연구원

A Design of High Temperature Superconducting Low-Pass Filter for Broad-Band Harmonic Rejection

Min Hwan Kwak, Sang Hyun Kim, Dal Ahn*, Seok Kil Han**, Kwang Yong Kang**
Department of Electrical Eng. Gyeongsang National Univ.

*Dept. of Electronics, Soonchunhyang Univ.

**Electronics and Telecommunication Research and Institute

Abstract

A new type low-pass filter design method based on a coupled line and transmission line theory is proposed to suppress harmonics by attenuation poles in the stop band. The design formula are derived using the equivalent circuit of a coupled transmission line. The new low-pass filter structure is shown to have attractive properties such as compact size, wide stop band range and low insertion loss.

The seventh-order low-pass filter designed by present method has a cutoff frequency of 0.9 GHz with a 0.01 dB ripple level. The coupled line type low-pass filter with stripline configuration was fabricated by using a high-temperature superconducting (HTS : $YBa_2Cu_3O_{7-x}$) thin film on MgO(100) substrate. Since the HTS coupled line type low-pass filter was proposed with five attenuation poles in stop band such as 1.8, 2.5, 4, 5.5, 6.2 GHz. The fabricated low-pass filter has improved the attenuation characteristics up to seven times of the cutoff frequency

Because of good rejection of the spurious signals and harmonics, our low-pass filter is applicable to mobile base station systems such as cellular, personal communication systems and international mobile telecommunication(IMT)-2000 systems.

1. 서론

일반적으로 저역통과 필터는 고조파, 스피어리스등 원하지 않는 신호를 제거하는 용도로 사용된다. 무선통신의 발달함에 따라 적은 삽입손실, 높은 감쇄특성, 작은 크기등의 고성능 저역통과 필터가 요구되고 있다.

일반적인 방법에 의한 저역통과 필터의 설계방법에서는 차단주파수의 3배이상의 주

파수에서는 감쇄특성이 급격하게 저하되는 특성을 가지고 있으나 본 연구에서 제안한 결합선로를 이용한 7극 저역통과 필터의 구조는 적은 삽입손실, 높은 감쇄특성, 다섯 개의 감쇄극에 의한 차단주파수의 일곱배에 이르는 차단영역을 가지면서 작은 소자의 크기를 가진다. 전송이론을 기초로한 결합선로의 등가회로부터 제안한 저역통과필터의 설계

방법을 유도하였으며, 결합선로와 전송선로의 길이를 조절함으로써 저역대역에서의 감쇄극의 위치를 쉽게 조절하여 저역통과 필터의 저역대역 특성을 향상시킬 수 있었다.

제안된 방법으로 설계된 필터는 고온초전도($YBa_2Cu_3O_{7-x}$)박막으로 제작하여 설계에 의한 장점과 고온초전도 박막의 저손실 특성을 모두 이용한 뛰어난 성능의 저역통과 필터를 제작하고자 한다.

2. 필터의 설계방법

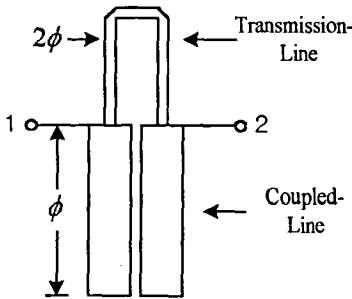


그림 1. 결합선로 저역통과 필터

제안된 결합선로 저역통과 필터는 전송선로 부분과 결합선로부분으로 구성되어 있다.(그림. 1)

그림 1의 전송선로부분은 그림 2의 π형 회로와 동가이며[1][2], 결합선로부분은 그림 3과 동가이다. 이 회로는 그림 4로 표현될 수 있다.[3][4]

그림 4의 동가 파라미터는 다음과 같다.

$$jB_a = jY_{oe} \tan \phi \quad (1)$$

$$jB_b = j \frac{Y_{oo} - Y_{oe}}{2} \tan \phi \quad (2)$$

따라서 전송선로부분과 결합선로부분으로 이루어진 제안된 저역통과 필터는 그림 5의 회로와 동가이며, 그림5는 그림 6의 분포소자 회로로 대체할 수 있다.

그림 6의 회로소자 값은 그림 5와 6에서 유도할 수 있다.

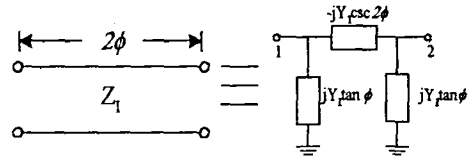


그림 2. 전송선로의 π형 동가회로

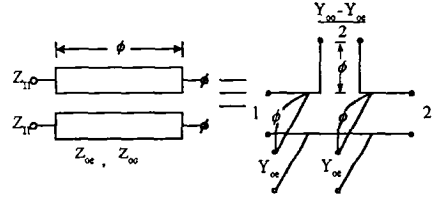


그림 3. π형 동가회로

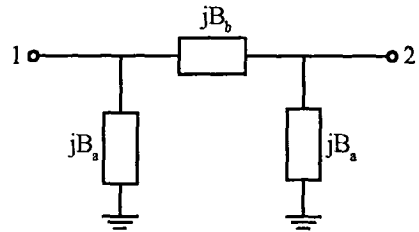


그림 4 결합선로의 π형 동가회로

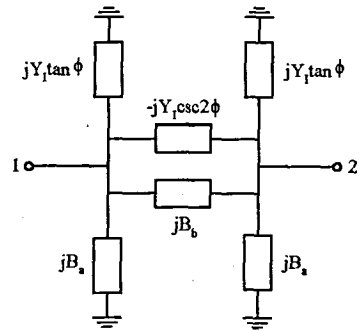


그림 5 제안한 저역통과 필터의 동가회로

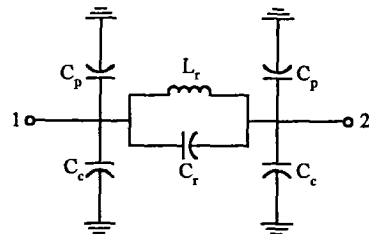


그림 6 분포소자로 이루어진 저역통과 필터의 동가회로

$$j\omega_0 L_r = jZ_0 \sin \beta \quad (3)$$

$$j\omega_0 C_p = jY_0 \tan \frac{\beta}{2} \quad (4)$$

$$j\omega_0 C_r = j \frac{Y_{\infty} - Y_{oe}}{2} \tan \phi \quad (5)$$

$$j\omega_0 C_c = jY_{oe} \tan \phi \quad (6)$$

Z_0 : 전송선로의 특성임피던스

Z_{oe}, Z_{oo} : 결합선로의 우, 기 모드 임피던스

β : 전송선로의 영상전파상수

ϕ : 결합선로의 전기적길이

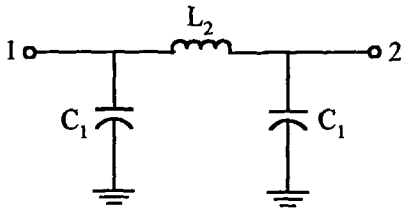


그림 7 프로토타입 저역통과 필터

여기에서 그림6은 그림7의 3극 저역통과 필터로 나타낼 수 있으며 그 소자 값은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} j\omega_0 C_1 &= j\omega_0 C_c + j\omega_0 C_p \\ &= jY_{oe} \tan \phi + jY_0 \tan \frac{\beta}{2} \end{aligned} \quad (7)$$

$$j\omega_0 L_2 = \frac{1}{j\omega_0 C_r + \frac{1}{j\omega_0 L_r}} \quad (8)$$

이 회로에서는 저지대역에 3개의 감쇄극이 나타나는데 감쇄극의 위치는 직렬 소자의 서셉턴스가 0이 되는 점과 병렬 소자의 서셉턴스가 무한대가 되는 점이다.

$$jB_b - jY_0 \csc 2\phi = 0 \quad (9)$$

$$jB_a + jY_0 \tan \phi = \infty \quad (10)$$

3. 시뮬레이션과 제작

이상에서 설명한 방법으로 그림 1의 3극 저역통과 필터 3개가 연결된 7극 저역통과 필터를 설계하였다.(그림8)

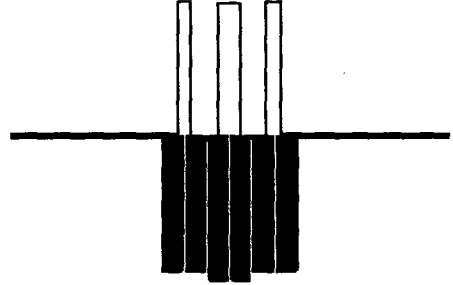


그림 8. 설계된 7극 저역통과 필터

차단주파수는 0.01dB 리플 레벨에서 0.9GHz로 하였으며, 전송선로의 전기적 길이는 40.5° 와 56.25° 로 결정하여 각각 1.8GHz, 2.5GHz, 4.0GHz, 5.5GHz, 6.2GHz에서 감쇄극을 가지도록 설계하였으며, 시뮬레이션 결과는 그림9와 같다.

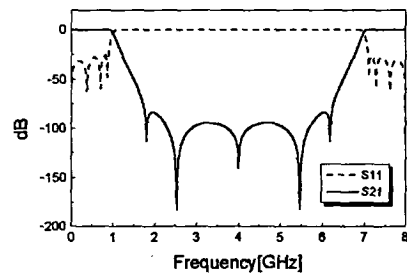


그림 9. 7극 저역통과 필터의 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 결과에서 제시한 저역통과 필터의 설계방법과 이론적인 해석이 타당하며, 기존의 저역통과 필터에 비해서 작은 소자크기에서 우수한 감쇄특성과 차단주파수의 7배에 이르는 넓은 저지대역을 가짐을 알 수 있

다.

보다 실제에 근접한 시뮬레이션 결과를 얻기 위해 전자기 시뮬레이터를 이용하여 시뮬레이션을 한 결과 역시 비슷한 결과를 얻었다.(그림 10)

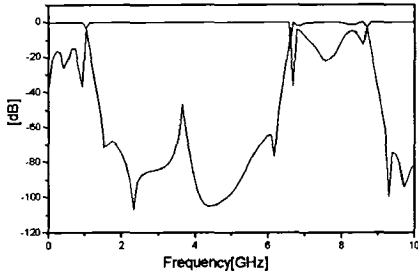


그림 10. 전자기 시뮬레이터에 의한 시뮬레이션 결과.

설계된 소자는 대면적 박막증착에 용이한 할로우 캐소드 스퍼터링 장치로 $20 \times 20 \times 0.5$ mm 크기와 비유전율 9.6의 MgO(100) 기판위에 $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ (YBCO) 고온초전도 박막을 증착하고 증착된 박막을 일반적인 사진식각공정에 의해서 제작하였다.(그림11)

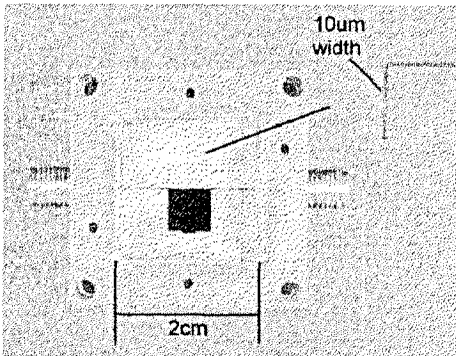


그림 11. 7극 고온초전도 결합선로 저역통과 필터

4. 결론

일반적인 저역통과 필터의 단점인 좁은 저지대역 특성을 개선하고 소자의 크기를 줄일 수 있는 결합선로 구조를 응용한 저역통

과 필터의 설계 방법을 제시하였다. 제안된 설계방법에 의해서 0.01dB 리플레벨에서 0.9GHz의 차단주파수를 가지는 7극 저역통과 필터를 설계하였다.

설계된 저역통과 필터는 저지대역에서 다섯 개의 감쇄극을 가지기 때문에 차단주파수의 일곱배에 이르는 영역의 저지대역특성을 가지는 우수한 특성을 나타낸다.

참고문헌

- [1] Brian C. Wadell "Transmission Line Design Handbook" Artech House, pp. 199-219, 1991
- [2] David M. Pozar "Microwave Engineering" Addison-Wesley Publishing Company pp. 486-517, 1990
- [3] George L. Matthaei, Leo Young, E. M. T. John "Microwave Filters, Impedance Matching Networks and Coupling Structures", Artech House pp. 217-228, 1980
- [4] J. A. G Malherbe "Microwave Transmission Line Filter" Artech House, pp. 1-38, 1979