

Comb-Line 설계 이론을 이용한 세라믹 유전체 대역통과 필터의 새로운 구현에 관한 연구

오 창 현, 임 상 규, 안 철
서강대학교 전자공학과
서울시 마포구 신수동 1. (121-742)
e-mail : s197194@ccs.sogang.ac.kr

A Study on the New Configuration of Dielectric Bandpass Filter Using Comb-Line Design Theory

Chang-Heon Oh, Sang-Kyu Lim, Chul An
Department of Electronic Engineering, Sogang University
1 Sinsoo-Dong, Mapo-Gu, Seoul, Korea
e-mail : s197194@ccs.sogang.ac.kr

Abstract

This paper presents a new configuration of dielectric bandpass filter using the comb-line filter design theory. This filter is composed of a homogeneous dielectric monoblock ($\epsilon_r=35.5$) with two metal post and a dielectric sheet ($\epsilon_r=9.8$). In this structure, the RF leakage is suppressed without other shield housing. For the fabricated filter, insertion loss value in the passband region was 0.9dB(Max.) and return loss value was 19dB(Min.). Also, this filter has a attenuation pole in the stopband.

I. 서 론

정보화 시대에 통신 산업의 급격한 발달로 이동통신기 사용의 급증은 세계적인 추세이며, 이에 따른 무선통신기기의 소형화는 이동통신의 발달과 함께 가속화되고 있다. 이러한 경향에 따라 소형화와 경량화된 대역통과 필터의

개발은 필수적이다. 이동통신기기의 무선송수신 시스템을 구성하는 핵심 RF부품 중의 하나인 대역통과 필터의 소형화, 경량화는 고유전율, 저손실을 갖는 세라믹 유전체의 개발로 분포소자의 크기가 현저히 줄어들었고, 경량화 되고 있다.

이동통신 단말기용 대역통과 필터가 가져할 특징들은 다음과 같다. 첫째, 위에서 언급한 것처럼 단말기 자체의 소형화, 경량화를 위해 필터 자체가 소형화, 경량화 되어야 하는 것은 필수적이다. 둘째, 단말기의 소형화를 위한 간접적인 방법으로 단말기를 구성하고 있는 다른 부품들과 전자기적 결합을 방지해줌으로써 높은 밀도로 실장될 수 있어야 한다. 셋째, 전력소모를 줄이기 위하여 통과대역 내에서의 삽입손실이 적어야 한다. 넷째, 주파수 자원의 효율성을 높이기 위하여 저지대역에서 감쇠특성이 우수하여야 한다.

지금까지 세라믹 유전체를 이용한 이동통신 단말기용 대역통과 필터의 많은 구조들이 보고되었다. 그들의 전형적인 구조는 크게 일체형^{[1][2]}과 분리형^[3]으로 나뉘어지며, 분리형의 경우 각각의 공진기와 커플링 구조가 분리되기 때문에 삽입손실이 크고 모양이 복잡하여 생산성이 좋지 않은 단점과 설계하기에 편리하다는 장점을 가지고 있다. 일체형의 경우는 설계하기는 어려

우나 소형화하기가 유리하며 삽입손실이 적은 장점을 가진다. 하지만 지금까지 개발된 유전체 필터는 상업적 목적 때문에 등록되어 있는 특허 등을 이용하여 제작할 시에는 많은 경제적인 비용을 지불해야 하므로 새로운 구조의 유전체 필터의 설계 및 제작이 필요한 실정이다.

II. 외형적 구조

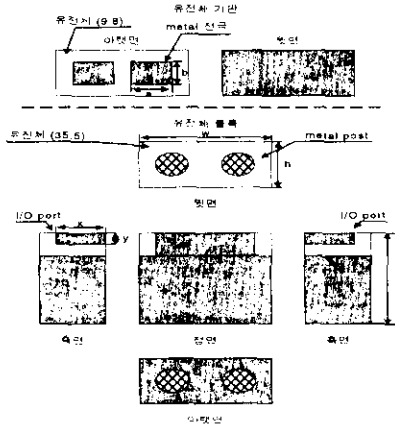


그림 1. 필터의 외형적 구조

위의 그림 1은 제작된 comb-line 필터의 외형적인 구조를 보여주고 있다. 필터는 두 개의 도체봉을 갖는 일체형 유전체 블록($\epsilon_r=35.5$)과 앞·뒷면에 전극을 갖는 유전체 기판($\epsilon_r=9.8$)으로 구성되어 있다. 유전체 블록은 아랫면이 단락된 평행결합선로를 이루고 있고, 블록의 개방면을 덮고 있는 유전체 기판은 로딩 커패시터 (loading capacitor)와 커플링 커패시터(coupling capacitor)를 이루고 있다. 한편, 유전체 블록의 옆면에 접지극과 고립된 전극을 형성시켜 안쪽의 도체봉들과 커패시턴스를 형성하게하여 I/O 포트를 구성하고 있다. 이러한 구조는 I/O 포트를 고립시켜주는 부분을 제외하고는 필터의 모든 외부가 도체막으로 둘러 쌓여 있어서 누설 필드를 억제시킬 수 있다.

III. Comb-Line 필터의 설계

그림 2.(a)는 본 연구에서 설계된 필터의 등가 회로^[4]를 보여주고 있으며, 그림 2.(b)는 J-인버터를 이용한 필터 설계 방법에 따르기 위한 등가 회로^[5]를 보여주고 있다. 등가 회로에서 보여주고 있는 것처럼 공진기 사이의 커플링은 두 도체봉 사이의 전자계 결합과 기판에 형성된 커

패시터를 통하여 조절할 수 있다. 따라서 원하는 주파수에서 병렬공진회로로 동작하도록 홀(hole) 간격 및 공진기의 길이와 간격 커패시턴스(gap capacitance)는 임의로 조절될 수 있다. 한편, 로딩 커패시턴스는 공진주파수의 조절을 위해서 사용된다.

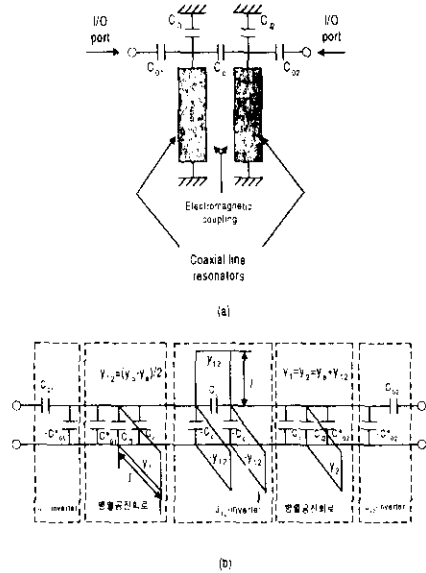


그림 2. 필터의 등가회로

IV. 우·기 모드 어드미턴스

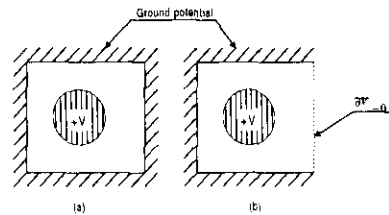


그림 3. 우·기 모드 여기에 따른 등가 회로 조건

도체봉 사이의 결합 특성은 도체봉 사이의 대칭면에 전체벽이 있는 경우(기모드)와 대칭면에 차폐벽이 있는 경우(우모드)로 나누어 해석하고 두 경우를 중첩시켜서 그 특성을 해석한다. 우·기 모드의 단위길이당 커패시턴스를 유효요소법을 이용하여 구한 후 다음의 식을 이용하여 우·기 모드에서의 특성 어드미턴스를 유도할 수 있다.

$$Y_{e,o} = v_p C_{e,o} \quad (1)$$

V. 실험 및 시뮬레이션

표 1. 대역통과 필터의 설계 사양

중심 주파수	2140 MHz
공진기의 수	2 개
필터 응답	Chebyshev Type
통과대역 ripple	0.1 dB
통과대역 폭	60 MHz

제작된 필터는 IMT-2000 대역의 수신단을 목표로 하여 설계사양을 표 1과 같이 설정하였다. 몇 가지 경우의 Y_{12} 에 대해서, 설계식에 의하여 계산된 각각의 파라미터들은 표 2와 같다.

표 2. 대역통과 필터의 최종 설계값

l (mm)	4.9			
Y_{12} ($1/\Omega$)	0.005	0.009	0.013	0.017
$C_{01}(C_{12})$ (pF)	0.5072	0.5072	0.5072	0.5072
$C_{11}(C_2)$ (pF)	0.7579	0.6783	0.5987	0.5191
C_c (pF)	0.2798	0.3594	0.4390	0.5186

그림 4는 구하여진 파라미터들과 동기회로를 이용하여 s-파라미터를 구한 후 상용프로그램인 Mathematica를 사용하여 구한 주파수 응답 특성을 보여주고 있다.

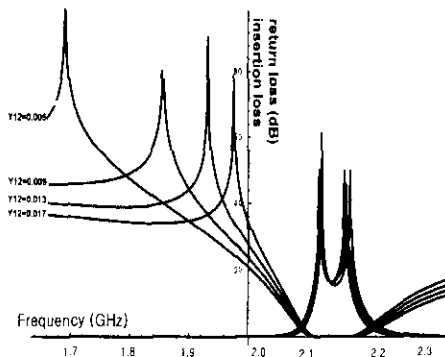


그림 4. 설계된 대역통과 필터의 시뮬레이션 결과

지금까지의 연구에서는 정확한 특성 어드미턴스(Y_e, Y_o)를 구할 수 없었기 때문에 실험적인 방법으로 대역통과 필터를 제작하였다. 제작된 필터의 유전체 블록과 유전체 기판의 규격은 표

3과 같다. 그림 5는 제작된 필터를 HP사의 8753D Network analyzer를 이용하여 얻은 주파수 응답 특성을 보여주고 있다.

표 3. 유전체 블록과 유전체 기판의 규격 (단위:mm)

유전체 블록($\epsilon_r=35.5$)	
크기 ($w*h*l$)	8.63*4.13*4.9
hole 직경	1.51
hole 간격	2.96
I/O port 크기($x*y$)	2.0*1.2
유전체 기판($\epsilon_r=9.8$)	
크기 ($w*h$)	8.63*4.13
두께	1.05
전극 크기 ($a*b$)	2.0*2.2
전극간격	0.4

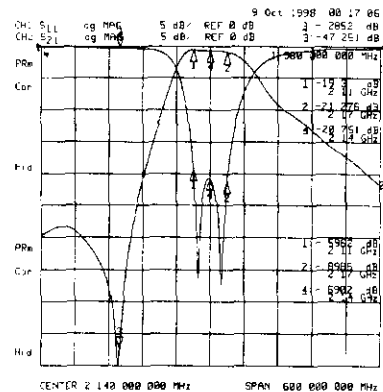


그림 5. 제작된 대역통과 필터의 주파수 응답

V. 결론

본 논문에서는 comb-line 필터 설계 이론을 이용하여 중심주파수 2140MHz에서 60MHz의 대역폭을 갖는 2단 Chebyshev 응답의 대역통과 필터를 설계·제작하였다. 이 필터는 통과대역 내에서의 삽입손실이 최대 0.9dB이며, 반사손실이 최소 19dB이고 1996MHz에서 감쇠극을 갖는다. 이 필터는 구조상 I/O 포트를 제외한 나머지 부분이 도체막으로 둘러 쌓여있기 때문에 누설 필드를 억제시킬 수 있으며 다양한 유전체 기판을 사용할 수 있으므로 설계의 범위를 넓혀 줄 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 본 연구의 실험 결과를 통해 향후 듀플렉서의 설계와 제작에도 충분히 응용될 수 있으리라 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] Atsushi Fukasawa, "Analysis and Composition of a New Microwave Filter Configuration with Inhomogeneous Dielectric Medium," *IEEE Trans on MTT*, vol. MTT-30, No. 9, pp. 1367~1375, September, 1982.
- [2] Cheng-Chyi You, Cheng-Liang Huang and Chung-Chuang Wei, "Single-Block Ceramic Microwave Bandpass Filters," *Microwave Journal*, pp. 24~35, November, 1994.
- [3] Haruo Matsumoto, Tadahiro Yorita, Youhei Ishikawa, Toshio Nishikawa, "Miniaturized Duplexer Using Rectangular Coaxial Dielectric Resonators for Cellular Portable Telephone," *IEICE Trans.*, vol. E-74, No. 5, pp. 1214~1220, May, 1991.
- [4] E. M. T. Jones, J. T. Bolljahn, "Coupled -Strip-Transmission-Line Filters and Directional Couplers," *IRE Trans on MTT*, vol. PGM-TT-4, pp. 75~81, April, 1956.
- [5] G. L. Matthaei, "Comb-Line Bandpass Filters of Narrow or Moderate Bandwidth," *Microwave Journal*, vol. 6, pp. 82~91, August, 1963.