

테프론을 이용한 2.3 GHz 협대역 대역통과필터

채동규 · Mai Linh · 임문혁 · 윤기완

한국정보통신대학교

Design of 2.3 GHz BPF Using Microstrip Line Structure

Dongkyu Chai · Mai Linh · Munhyuk Yim · Giwan Yoon

Information and Communications University

E-mail : khshh@weppy.com

요 약

본 논문에서는 테프론을 이용하여 커플링 수가 5개인 대역통과필터를 제안한다. BPF의 경우, 1 GHz 이내의 낮은 주파수에서는 좁은 대역폭과 저지대역에서 우수한 특성을 갖는 필터를 집중소자를 이용하여 만들 수 있지만 그 이상의 주파수에서는 유전체를 이용한 마이크로 스트립과 같은 분포소자를 이용하여 설계하여야 한다. 한편 분포 소자를 이용하는 방법으로서 2 GHz 이하에서는 저 비용이면서도 우수한 특성을 보이는 FR4를 사용하지만, 2 GHz ~ 10 GHz에서 FR4 구조는 설계치와 측정치의 차이가 크므로 FR4 대신, 테프론을 이용한다. 제안한 필터의 중심 주파수는 2.3 GHz, 삽입 손실이 1.2 dB, 반사 손실이 30 dB, 대역폭이 100 MHz, 크기는 8.3 cm × 4.9 cm 이다.

ABSTRACT

In this paper, a 5-coupled BPF with teflon substrate is presented. In general, for less than 1 GHz frequency, the narrow bandwidth as well as the good characteristic in the rejection frequency band could be realized using lumped elements. However, for higher than 1 GHz frequency, the distributed elements such as microstrip lines need to be used for the design of the desired BPF. For less than 2 GHz, the FR4 shows good filter characteristic at low cost. However, in the range of 2 GHz ~ 10 GHz, the filters with FR4 show a big difference between simulation and measurement results. Thus, in such a high frequency region, the teflon is more preferred to the FR4. The center frequency (f_c) of the proposed filter is 2.3 GHz, the insertin loss (IL) is 1.2 dB, the return loss (RL) is 30 dB, bandwidth (BW) is 100 MHz, and the size is 8.3 cm × 4.9 cm.

키워드

BPF, IL, RL, microstrip, teflon

1. 서 론

사용 주파수가 1 GHz 이내인 주파수 영역에서 집중 소자를 이용하면 대역폭이 매우 좁은 필터를 구현할 수 있다. 그러나 사용 주파수가 1 GHz 이상인 주파수 영역에서 집중 소자를 이용한 필터 구현은 매우 어렵다. 한편 1 GHz 이상의 주파수에서 동작하는 필터를 구현하는 방법으로서 커플링을 이용한 마이크로 스트립 라인 구조를 주로 이용한다[1][2]. 마이크로 스트

립에 사용하는 유전체로서 FR4는 2 GHz까지의 비교적 낮은 주파수 영역에서는 설계치와 측정치가 대체로 일치하나 2 GHz 이상에서는 설계치와 측정치 사이에 차이가 많으므로 FR4 대신 테프론을 사용한다.

설계에 사용한 테프론의 상대 유전율은 2.5, 손실 탄젠트는 0.0025 정도로 매우 낮다. 한편 공진기 사이의 커플링을 이용한 필터 설계에 있어서 커플링 길이와 간격은 매우 중요하다[3]. 먼저 커플링 길이를 조절함으로써 중심 주파수를 결정할 수 있다. 일반적으로

커플링 길이를 줄이면 중심 주파수는 높은 쪽으로 이동하므로 커플링 길이와 중심 주파수는 반비례 관계가 있다. 한편 커플링 간격을 조절함으로써 대역폭, 삽입 손실, 반사 손실을 조절할 수 있다. 커플링 간격을 늘리면 대역폭이 줄어드는 경향이 있다. 커플링에서의 전계, 자계 분포를 그림 1에 도식적으로 표현하였다. 전계의 대부분은 상층의 마이크로 스트립 라인에서 하층의 접지판으로 향하고, 상층의 마이크로 스트립 라인 사이에도 분포한다. 자계는 전계에 수직하는 방향으로 분포하는 데 각 도선을 에워싸는 모양을 하고 있다.



그림 1. 커플링에서의 전계, 자계 분포 [4]

II. 설계

그림 2는 필터의 설계한 필터의 단면도를 나타낸다. 아래층과 위층은 각각 두께가 16 mm인 metal로 하였다. 아래층은 접지면, 위층은 마이크로 스트립 라인 역할을 하고 metal과 metal 사이에는 테프론이 위치한다. 설계에 사용한 테프론은 CGP-502E 계열로서 상대 유전율은 2.5, 손실 탄젠트는 0.0025, 두께는 500 um이다.

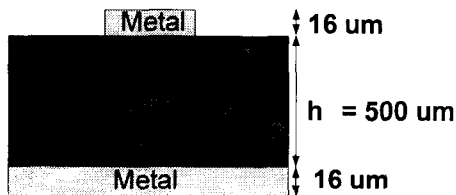


그림 2. 필터의 단면도

그림 3은 필터의 top view이다. 커플링과 다음 커플링 간의 신호 간섭을 줄이기 위하여 각 커플링을 90°로 배치하였다. 이 그림에서 필터는 4개의 공진기로 구성되었고, 50 Ω 매칭을 위한 마이크로 스트립 라인의 폭(W)은 식 (1), (2)에 의해 1.4 mm로 하였다[5].

$$Z_0 = \frac{377}{\sqrt{\epsilon_{eff}} \left(1.393 + \frac{W}{h} + \frac{2}{3} \ln \left(\frac{W}{h} + 1.444 \right) \right)} \quad (1)$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{W} \right)^{-1/2} \quad (2)$$

한편 feed line의 길이(L)는 10 mm, 중심 주파수가 2.3 GHz에 오기 위한 커플링 길이(L1)는 22.2 mm, 첫 번째 gap(S1)과 두 번째 gap(S2)은 0.1 mm로 같고, 가운데 gap(S3)은 대역폭인 100 MHz가 되도록 하기 위하여 1.6 mm로 하였다.

그림 4는 설계한 필터의 삽입 손실, 반사 손실을 나타낸다. 중심 주파수인 2.3 GHz에서 삽입 손실이 1.2 dB, 반사 손실은 30 dB, 대역폭은 100 MHz임을 확인할 수 있다.

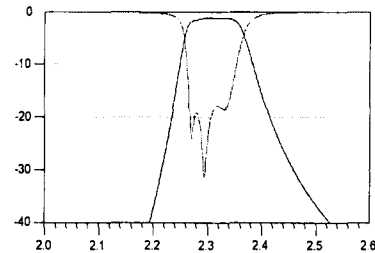


그림 4. 설계한 필터의 삽입 손실, 반사손실

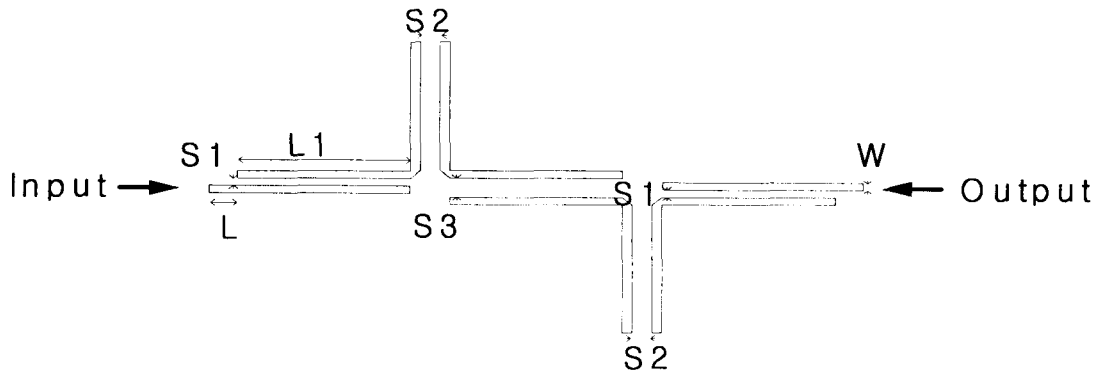


그림 3. 필터의 top view

$W = 1.4$, $S1 = S2 = 0.1$, $S3 = 1.6$, $L = 10$, $L1 = 22.2$ mm

대역폭을 더 줄이기 위해서는 S3을 더 크게 하면 되지만, S3를 너무 크게 하면 커플링 부분에서의 손실이 커진다.

III. 측정 및 비교

그림 5는 제작한 필터의 top view를 나타낸 것으로 크기는 8.3 cm × 4.9 cm이다. 그림 6은 simulation 결과와 측정 결과의 중심 주파수 및 삽입 손실을 그래프로 나타낸 것이고 이를 표 1에 수치로 나타내었다. 측정 결과 중심 주파수는 약간 낮아졌을 뿐 큰 변화가 없었으나, 대역폭은 30% 줄었고, 삽입손실은 6 dB 이상으로 시뮬레이션에 비해 특성이 많이 저하되었음을 알 수 있다. 이것은 커플링 간격의 차이에 의한 것으로써, 시뮬레이션일 때의 커플링 간격 0.1 mm와 제작했을 때의 간격 0.1 mm는 약간 다르게 인식해서 나타나는 현상이다. 이에 대한 대책으로는 제작 과정에서 각 공진기 부분을 따로 떼어서 측정치의 공진 주파수 즉 반사 손실이 뚝 떨어지는 주파수를 기록하고, 다음 단계

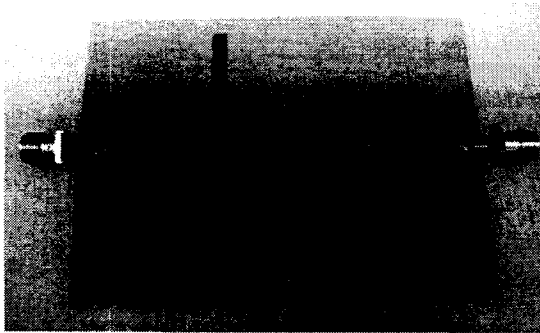


그림 5. 제작한 필터의 top view

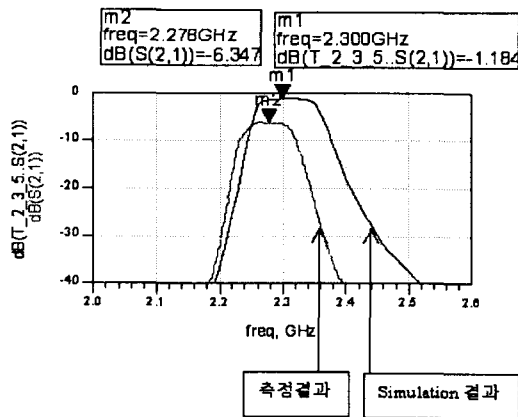


그림 6. 시뮬레이션 결과와 측정 결과의 중심 주파수 및 삽입 손실

표 1. 중심 주파수 및 삽입손실 변화

	시뮬레이션	측정
중심 주파수 (GHz)	2.3	2.278
삽입 손실 (dB)	1.184	6.847
대역폭 (MHz)	100	70

로서 시뮬레이션 할 때 시뮬레이션 간격을 적당히 조절하여 측정치와 같은 공진 주파수가 되었을 때의 커플링 간격을 다시 적용하여 제작 및 측정을 다시한다.

IV. 결과

본 논문에서 제안한 필터의 중심 주파수는 2.3 GHz로서 IMT2000에 사용할 수 있다. 사용한 teflon의 상대 유전율은 2.5, 손실 탄젠트는 0.0025, 두께 500 um 이고, 필터 크기는 8.3 cm × 4.9 cm이다. 중심 주파수, 대역폭, 삽입 손실은 시뮬레이션 결과와 측정 결과 사이에 많은 차이가 있는데 이것은 커플링 간격의 차이에 의한 것이므로 커플링 간격을 재조정 함으로써 두 결과의 차이를 줄일 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] T. P. Budka, E. M. Tentzeris, and S. D. Waclawik, "An Experimental Theoretical Comparison of the Electric Fields above a Coupled Line Bandpass Filter", MTT-S, vol. 3, pp. 1487-1490, 1995.
- [2] R. Aidam, J. Geerk, G. Linker, F. Ratzel, J. Reiner, R. Schneider, R. Smithey, A. G. Zaitsev, E. Gaganidze, and R. Schwab, "Y-Ba-Cu-O thin films on 3" sapphire wafers for microwave devices", IEEE Trans., vol. 11, pp. 357-360, 2001.
- [3] I. B. Vendik, A. N. Deleniv, V. O. Sherman, A. A. Svishchev, V. V. Kondratiev, D. V. Kholodniak, A. V. Lapshin, and P. N. Yudin, "Narrowband Y-Ba-Cu-O filter with quasi-elliptic characteristic", IEEE Trans., Appl. Supercond., vol. 11, pp. 477-480, 2001.
- [4] L. Brethko, "RF Circuit Design", Prentice Hall
- [5] J. S. Hong, "Microstrip filters for RF/ Microwave applications", John Wiley & Sons.