

3차 진동모드를 이용한 종속 연결된 고주파 필터 특성에 미치는 결합 캐패시턴스의 영향

Effects of Coupling Capacitance on the Characteristics of Cascaded High Frequency Filter using 3rd Overtone Vibration Mode

류주현*, 오동언

(Ju-Hyun Yoo* and Dong-On Oh)

Abstract

In this paper, two filters with center frequency of 19.58MHz were cascaded and its bandwidth characteristics were investigated with the variations of coupling capacitance for intermediate frequency(IF) bandpass filter application. The cascaded filter showed the higher stop region, reduction of spurious response and increase of selectivity. With the increase of coupling capacitance, insertion loss was increased but spurious response reduced. The cascaded filter with coupling capacitance of 15pF showed insertion loss of 5.643dB, 3dB bandwidth of 55.089kHz and 20dB bandwidth of 83.608kHz, respectively.

Key Words : Cascade, Bandwidth, Intermediate frequency, SMD

1. 서론

압전 세라믹스를 이용한 고주파 소자 중 세라믹 레조네이터, 필터 등은 저 가격, 가공의 용이성 등 여러 장점으로 인해 많은 연구와 활용이 이루어져 왔다. 이중 세라믹 필터는 현재 AM, FM 라디오 및 TV, VCR 등의 IF(intermediate frequency) 용으로서 많이 사용되고 있으며, 높은 저지대역특성, 낮은 중심주파수 편차, 수백 kHz 정도의 대역폭으로 인하여 GSM(global system for mobile communication) 이동통신의 IF용 등으로 그 연구와 개발이 이루어지고 있다[1].

이 경우, 15~100MHz의 중심 주파수를 가지는 필터의 제조시 기관의 크기와 강도 등의 어려움

로 1차보다는 3차진동모드를 이용하는 것이 바람직하며 또한, PZT계 세라믹스보다 강도면에서 2배 이상이고, 3차 두께 진동모드에서 우수한 공진특성을 보이는 PbTiO₃계를 이용하는 것이 좋다[2].

또한, 단일 필터보다 2개의 필터를 종속 연결하여 필터를 제작할 경우 삽입손실과 군 지연 및 ripple의 증가, 중심주파수의 이동 등의 단점이 있으나, 불요응답의 개선, 저지대역특성 및 선택도 증가 등의 주요한 장점이 있어 그 이용이 바람직하다. 단일 필터를 전기적으로 R, L, C로 등가화 할 수 있으며 분할전극간 캐패시턴스를 변화를 주면 사대칭모드의 임피던스에 영향을 주어 등가회로에 변화를 주어 날카로운 전송곡선을 얻을 수 있다[3,4]. 이와 같이, 종속 연결된 필터간 결합 캐패시턴스는 필터의 임피던스에 영향을 주어 적절한 결합캐패시턴스 설정이 필요하며 또한, 이는 두 개의 종속 연결된 필터를 단일체 기관으로 제작할 때 ground부 설정에 유용하다. 따라서, 본 연구에서는 이전 연구[5]에서 중심주파수가 19.58MHz이고 적당한 필터특성을 보인 SMD형(surface mounted device)

* : 세명대학교 전기공학과
(충북 제천시 신월동 21 1,
Fax: 043 648 0868

Corresponding Author : juhyun57@semyung.ac.kr
2003년 3월 7일 접수, 2003년 4월 11일 1차 심사완료,
2003년 5월 15일 최종 심사완료

에너지트랩형 필터를 2개로 종속 연결하고, 두 필터 중간에 결합 캐패시턴스 변화에 따른 제반 필터특성을 조사함으로써, 단일체 기판내에서 종속 연결된(cascaded) SMD형 세라믹 필터를 설계하고자 한다.

2. 실험

본 실험에서 사용한 조성은 다음과 같다.

$Pb_{0.88}(La_{0.6}Nd_{0.4})_{0.08}(Mn_{1/3}Sb_{2/3})_{0.02}Ti_{0.98}O_3 + 0.1wt\%$ excess $PbO + 0.1wt\%$ $MnO_2 + 0.25 wt\%$ CuO 위 조성을 사용하여 $21 \times 18 mm^2$ 크기의 wafer로 제작하여 photo resistor(AS-500)를 사용하여 분할전극의 크기와 간격을 $0.8 \times 0.4 mm^2$, $0.4 mm$ 로 하여 에칭하였다. $MgTiO_3$ 기판인 base와 cap을 에폭시폰드(TB2236)를 사용하여 항온항습조에서 $170^\circ C$, 30분 동안 가열가압 접합지그를 사용하여 접합하였다. 접합한 시편을 $3.7 \times 3.1 mm^2$ 크기로 절단하여 바렐연마를 하였으며, 24시간 경과 후 network analyzer(HP5100A)를 사용하여 특성을 측정하였다. 중심주파수와 필터특성이 비슷한 필터를 선별하여 결합 캐패시턴스를 $0 \sim 300 [pF]$ 로 변화를 주어 특성을 조사하였다.

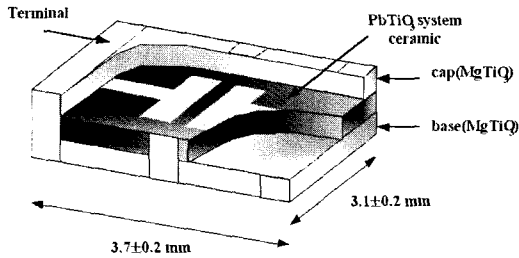


그림 1. SMD형 세라믹 필터의 내부구조.
Fig. 1. Internal structure of SMD type ceramic filter.

3. 결과 및 고찰

3.1 시편의 물성 및 필터특성

표 1은 시편의 물성을 보이고 있으며, 고주파소자로서 적합한 물성을 보였다. 아울러 표2와 그림 2에는 이 조성으로 제작한 단일 레조네이터 및 필터의 특성을 나타내었다[5-7]. 그림 2에서 보여진 전송특성을 개선하기 위해서는 필터를 종속 연결

하여 보다 높은 저지대역특성과 선택도를 얻어야 하며 불요응답의 개선이 필요하다. 또한 종속연결시 그림 3의 등가회로에서 보여진 것처럼 결합 캐패시턴스를 변화주어 적절한 필터특성을 얻어야 한다. 따라서, 본 실험에서는 결합 캐패시턴스를 $0 \sim 300[pF]$ 까지 변화를 주었다.

표 1. 시편의 물성.

Table 1. Physical properties of specimen.

Dielectric constant	211
Grain size [μm]	1.18
Tc [$^\circ C$]	325
Density [g/cm^3]	7.72
Tetragonality (c/a)	1.028
TcFr (-20~80 $^\circ C$) [ppm/ $^\circ C$]	17
Nt	2573

표 2. 단일 레조네이터 및 필터 특성.

Table 2. Characteristics of single resonator and filter.

Resonator	fr [MHz]	D.R. [dB]	Q_{m3}	k_3
	19.92	60.72	5552	0.116
Filter	Fc [MHz]	Insertion loss [dB]	3dB B.W. [kHz]	20dB B.W. [kHz]
	19.580	2.951	54.735	129.270

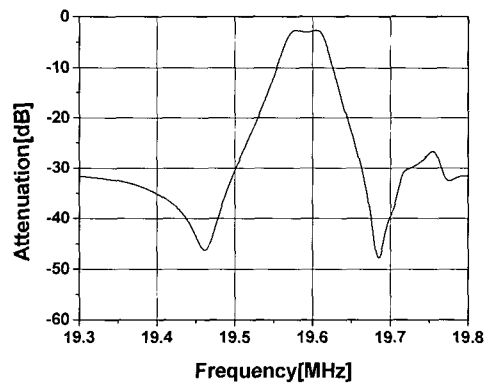


그림 2. 단독 필터의 전송특성.
Fig. 2. Transfer curves of single filter.

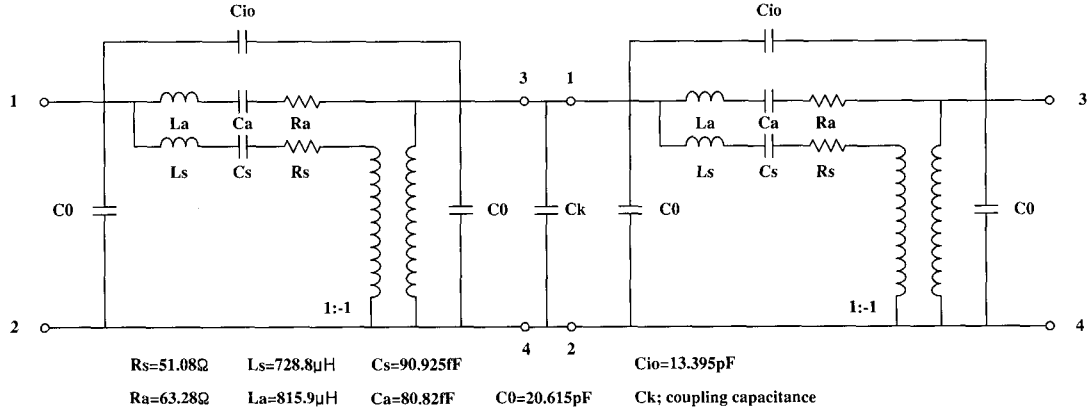


그림 3. 2개로 중속 연결된 필터의 등가회로.
Fig. 3. Equivalent circuit of cascaded filter with two ones.

3.2 결합 캐패시턴스 변화에 따른 필터특성

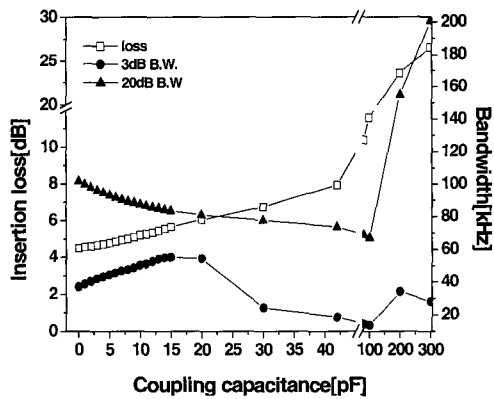


그림 4. 결합 캐패시턴스 변화에 따른 중속 연결된 필터특성.

Fig. 4. Characteristics of cascaded filter with coupling capacitance.

그림 4는 2개의 필터를 중속 연결하여 결합 캐패시턴스 변화를 주어 측정하여 얻어진 필터의 특성이며, 그림 5는 좁은 범위에서의 전송곡선이다. 아울러, 그림 5에서 결합 캐패시턴스가 증가함에 따라서 화상표 방향으로 전송곡선이 변화했음을 나타내었다. 또한 넓은 범위에서의 전송특성을 그림 6에 나타내었다. 그림 2의 한 개의 필터 전송곡선과 비교하여 그림 6 (a)의 2개로 중속 연결된 필터 전송곡선에서 볼 수 있는 것처럼 2개로 중속

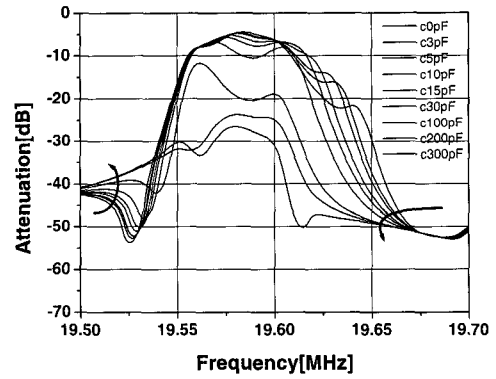


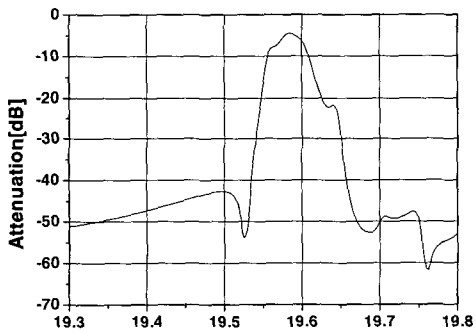
그림 5. 결합 캐패시턴스 변화에 따른 중속 연결된 필터의 좁은 범위에서의 전송특성.

Fig. 5. Transfer curves of cascaded filter with coupling capacitance at narrow span.

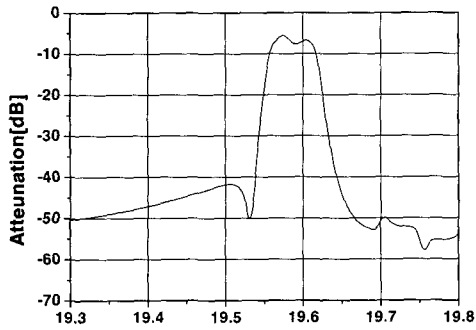
연결된 필터는 높은 저지대역특성과 불요응답의 개선 및 선택도가 증가함을 보였다. 여기서 그림 3의 등가회로에서 볼 수 있는 것처럼 결합 캐패시턴스가 대칭모드의 임피던스에 영향을 미쳐 필터특성에 영향을 주므로 적절한 결합 캐패시턴스를 선택하여 적합한 필터특성을 얻어야 한다.

따라서, 중속 연결된 필터의 결합 캐패시턴스 변화에 따른 실험결과 결합 캐패시턴스가 증가함에 따라 삽입손실은 증가하였으며 불요응답은 개선되는 경향을 보였다. 그러나 3dB 대역폭과 20dB 대역폭은 그림 4에서 볼 수 있는 것처럼 서로 다른 경향을 보였는데 결합 캐패시턴스가 0[pF]에서

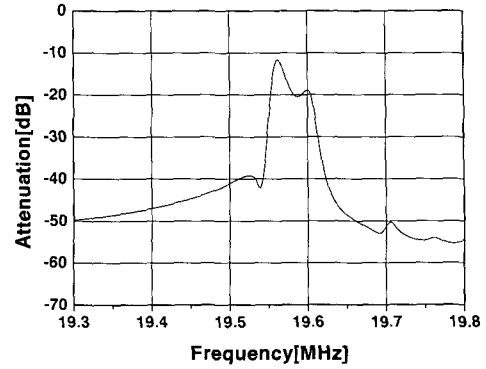
15[pF]까지 증가함에 따라서 3dB 대역폭은 증가하였으며 20dB 대역폭은 감소하여 선택도가 증가하는 경향을 보였다. 그러나 결합 캐패시턴스가 15[pF]에서 100[pF]까지 증가함에 따라서는 그림 6(c)에서 볼 수 있는 것처럼 ripple 증가에 따라 3dB 대역폭과 20dB 대역폭은 감소하였다. 반면 결합 캐패시턴스가 100[pF] 이상 증가하였을 때는 그림 6(d)의 전송곡선에서 볼 수 있는 것처럼 전송곡선이 일그러져 높은 삽입손실을 보였으며 또한 20dB 대역폭은 증가하고 불규칙한 3dB 대역폭특성을 보여 대역통과 필터로서의 특성이 보이지 않았다. 이상의 결과는 전기적으로는 그림 3의 등가회로에서 볼 수 있는 것처럼 결합 캐패시턴스가 대칭모드의 임피던스에 영향을 주어 이에 따라 전송임피던스가 변하여 발생한 것이나 이에 대한 보다 물리적 해석이 필요하다 하겠다. 결합 캐패시턴스 변화에 따른 실험에서는 결합 캐패시턴스가 15[pF]일 때 삽입손실은 5.643dB, 3dB 대역폭과 20dB 대역폭은 55.089 kHz, 83.608 kHz로 최적의 필터특성을 보였다. 표 3에 제반 특성을 나타내었다.



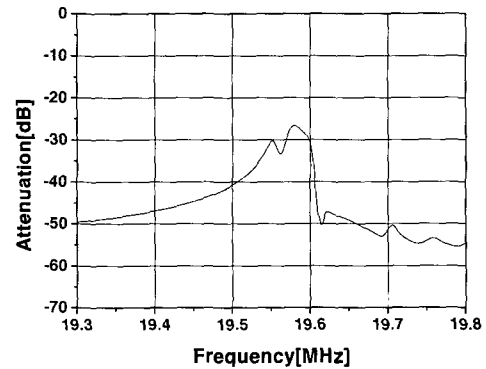
(a) C=0[pF]



(b) C=15[pF]



(c) C=100[pF]



(d) C=300[pF]

그림 6. 결합 캐패시턴스 변화에 따른 중속 연결된 필터의 전송특성.

Fig. 6. Transfer curves of cascaded filter with coupling capacitance.

표 3. 결합 캐패시턴스 변화에 따른 필터특성.
Table 3. Characteristics of filter with coupling capacitance.

Coupling Capacitance C[pF]	Fc [MHz]	Insertion loss [dB]	3dB B.W. [kHz]	20dB B.W. [kHz]
0	19.585	4.493	37.151	101.764
10	19.584	5.192	50.074	87.464
15	19.586	5.643	55.089	83.608
30	19.57	6.748	24.363	77.796
100	19.563	11.615	13.653	67.026
200	19.586	23.603	34.253	155.075
300	19.583	26.6	28.07	200.656

4. 결론

본 실험에서는 PbTiO₃계 조성 세라믹스를 이용하여 중심주파수가 19.58MHz이고 적절한 필터특성을 보인 SMD형 에너지트랩형 필터를 2개로 중속 연결하여 결합 캐패시턴스의 변화에 따른 필터 특성을 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 2개의 중속 연결된 필터는 단일 필터보다 높은 저지대역특성과 불요응답의 개선 및 선택도 증가함을 보였다.
- 2) 결합 캐패시턴스가 증가함에 따라 삽입손실은 증가하였으며 불요응답은 개선되는 경향을 보였다.
- 3) 결합 캐패시턴스가 15[pF]일 때 삽입손실은 5.643dB, 3dB 대역폭과 20dB 대역폭은 55.089[kHz], 83.608[kHz]로 최적의 필터특성을 보였다.

감사의 글

이 논문은 2000년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2000-042-E00023)

참고 문헌

[1] Y. Yamashita, S. Sakano, and I. Toba, "TE harmonic overtone mode energy-trapped ceramic filter with narrow frequency tolerance", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 36, No. 9B, p. 6096, 1997.

[2] S. K. Min, D. O. Oh, K. H. Yoon, J. H. Yoo, C. Y. Park, and J. S. Kim, "Resonant characteristics as the variations of l/t (length/thickness) ratio of Pb(La,Ce)TiO₃ system ceramics", *J. of KIEEME(in Korean)*, Vol. 14, No. 9, p. 720, 2001.

[3] W. P. Mason, "Physical Acoustics", Academic press, p. 335, 1964.

[4] M. Onoe, "Crystal, ceramic, and mechanical filter in Japan", *Proc. IEEE*, p. 75, 1979.

[5] D. O. Oh, J. H. Yoo, C. Y. Park, H. S. Yoon, S. H. Lee, J. S. Kim, and H. S. Jeong, "Electrical characteristics of 3rd overtone mode energy-trapped filter using PbTiO₃

system ceramics", *J. of KIEEME(in Korean)*, (2003.2 accepted)

[6] J. H. Yoo, S. K. Min, C. Y. Park, S. J. Suh, H. S. Yoon, J. S. Kim, and S. H. Lee, "Electrical properties of Pb(La,Nd)(Mn,Sb,Ti)O₃ system ceramics for 20MHz ceramic resonator", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 41, No. 11B, p. 7011, 2002.

[7] 오동연, 류주현, 박창엽, 류성림, 김종선, 정영호, "전극질량변화에 따른 SMD형 변성 PbTiO₃세라믹 공진자의 공진특성", *전기전자재료학회논문지*, 16권, 3호, p. 202, 2003.