

PbTiO₃계 조성 세라믹스를 이용한 3차 진동모드 에너지 트랩형 필터에 관한 연구

오동연, 류주현, 박창엽, 윤현상*, 이수호**

세명대학교, 경문대학*, 경북대학교**

3rd Overtone Mode Energy-Trapped Filter Using PbTiO₃ System Ceramics

Dongon Oh, Juhyun Yoo, Changyub Park, Hyunsang Yoon* and Suho Lee**

SemYung Uni., KyungMoon College*, KyungPook Uni.**

Abstract

In this paper, 3rd overtone mode energy-trapped filter using modified PbTiO₃ system ceramics was manufactured to apply for intermediate frequency SMD-type filter with the variations of splitted electrode size. To investigate the effects of splitted electrode size on filter characteristics of 3rd overtone mode energy-trapped filter, ceramic wafers were fabricated by etching splitted rectangular electrode size(b×d) of b=0.4, 0.6, 0.8, 1mm, d=0.3, 0.4, 0.5mm, respectively. And then, SMD-type ceramic filter were fabricated with the size of 3.7×3.1mm. With the variations of b size, insertion loss, 3dB bandwidth and 25dB stop bandwidth showed nearly constant value, but with the variations of d size, insertion loss, 3dB bandwidth, selectivity(shape factor) decreased.

Key Words : third overtone mode, energy-trapped filter, Intermediate frequency, bandwidth, SMD

1. 서론

세라믹 필터는 AM, FM radio 및 TV 튜너의 IF(Intermediate Frequency)용으로 많이 사용되고 있으며, 현재 이동통신의 IF 용으로 많은 연구와 개발이 이루어지고 있다. 20~100MHz 범위를 가지는 이동통신의 IF 필터로의 이용시 수백 kHz의 대역폭과 높은 저지대역 특성을 요구하므로 벌크파 압전세라믹 필터가 높은 선택도, 저 가격 등의 이유로 그 이용이 적당하다.[1] 이중 15MHz 이상의 중심 주파수를 가지는 필터의 제조시 기판의 크기와 강도 등의 어려움으로 1차보다는 3차진동모드를 이용하는 것이 바람직하다. 그러나, 기존의 PZT계세라믹보다 강도면에서 2배이상이고, 3차 두께 진동모드에서 우수한 공진특성을 보이는 PbTiO₃계를 이용하는 것이 좋다.[2] 본 연구에서는

GSM(global system for mobile communication) 용 IF filter로서 중심주파수가 19.5MHz를 갖는 세라믹 필터를 개발하고자 한다. 세라믹 필터는 에너지 트랩현상과 탄성결합을 이용한 단일체 필터의 제조시 중심주파수는 시편의 두께, 전극, 주파수 상수 등에 영향을 받으며 대역폭은 시편의 전기기계 결합계수, 분할전극 등에 영향을 받는다.[3-4] 여기서 부분전극에 의한 정재파 형성시 부분전극의 크기를 크게하여 공진저항을 감소시키는 것이 바람직하나 압전기판에 대한 부분전극의 크기가 크면 전극에서 여기된 파가 압전기판에서 감쇄없이 전파되어 기판 모서리에서 반사될 수 있다.[5] 그러므로 적절한 정재파(Standing wave)형성을 위해 기판에 대한 부분전극의 크기를 조절할 필요가

있다. 따라서 본 연구에서는 이전 연구에서 20MHz에서 우수한 공진특성을 보인 $Pb_{0.88}(La_{0.3}Nd_{0.4})_{0.08}(Mn_{1/3}Sb_{2/3})_{0.02}Ti_{0.98}O_3$ 에 0.25wt% CuO을[6] 첨가한 조성을 사용하여 제작하였으며 분할 전극 크기를 조절하여 SMD형으로 제작하여 그 특성을 조사함으로써 20MHz SMD형 세라믹 필터로서 응용 가능성을 조사하고자 한다.

2. 실험

2.1 Ceramic wafer 제작

본 실험에서 사용한 조성은 다음과 같다.

$Pb_{0.88}(La_{0.6}Nd_{0.4})_{0.08}(Mn_{1/3}Sb_{2/3})_{0.02}Ti_{0.98}O_3 + 0.1wt\% exc$
 $ess PbO + 0.1wt\% MnO_2 + 0.25wt\% CuO$

조성에 따른 시료의 정확한 물비를 $10^{-4}g$ 까지 평량하였고, 24시간 동안 혼합 분쇄한 후 건조하여 $850[^\circ C]$ 에서 2시간 동안 하소하였다. 하소가 끝난 시료에 CuO를 0.25[wt%] 첨가하여 재분쇄한 후 PVA(5wt%수용액)을 8[wt%]을 첨가하여 직경 30mm 몰더에 $3[ton/cm^2]$ 으로 성형하였으며, 승하강 온도 $300[^\circ C/h]$ 로 하여 $1200[^\circ C]$ 에서 각각 2시간 동안 소결 하였다. 소결된 시편들은 두께 0.385mm로 정밀 가공한 후 전극 질량을 $2.763 \times 10^{-4}[g/cm^2]$ 로 Ag로 성막 하였으며, $70[kV/cm]$ 로 분극한 후 24시간 경과 후 특성을 측정하여 공진특성 및 k값이 비슷한 wafer를 선별하여 $21 \times 18mm$ 로 가공하였다.

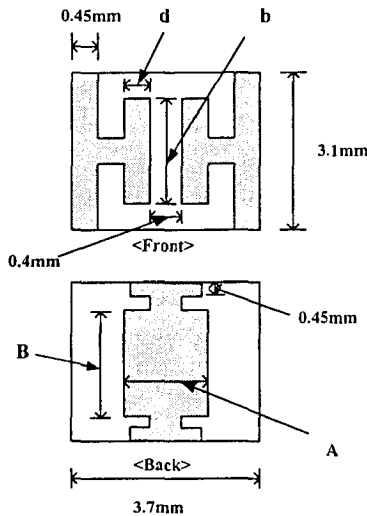


그림 1. 내부전극 패턴.

2.2 SMD형 filter 제작

가공한 wafer를 photo resistor(AS-500)를 사용하여 분할전극의 크기를 $b=0.4, 0.6, 0.8, (d=0.4, gap=0.4)$ 고정) 1mm, $d=0.3, 0.4, 0.5mm (b=0.8, gap=0.4)$ 고정)로 변화하여 에칭 하였다. $MgTiO_3$ 기판인 base와 cap을 접합에폭시폰드(TB2236)을 사용하여 항온항습조에 $170[^\circ C]$, 30분 동안 가열가압접합지구를 사용하여 접합하였다. 접합한 시편을 $3.7 \times 3.1mm$ 크기로 절단하여 바렐연마를 하였으며, 24시간 경과후 HP5100A를 사용하여 특성을 측정하였다.

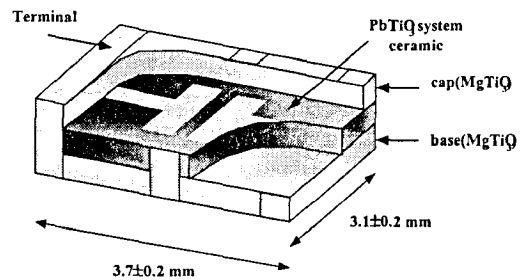


그림 2. SMD형 filter 구조

3. 결과 및 고찰

표 1. 시편의 물성

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

압전 세라믹스를 이용한 고주파소자의 재료특성 중 전기기계 결합계수, 유전율, 기계적 품질계수, 온도특성, 경시변화 등은 매우 중요하게 고려되어야 할 특성이다. 표 1은 사용된 시편의 재료특성을 보여주고 있으며, 고주파 소자로의 응용에 적합한 물성을 보였다. 압전필터로 이용시 dynamic range가 작으면 유도성 부분이 작아져 필터로서의 이용이

어려우므로 높은 dynamic range가 필요하다. 이전 연구에서 20MHz SMD형 공진자로 제작하여 50dB 이상의 Dynamic range을 보여 IF 필터로서 적합한 공진특성을 보였다. 그림 3은 20MHz SMD형 공진자의 임피던스 특성곡선을 보였다.

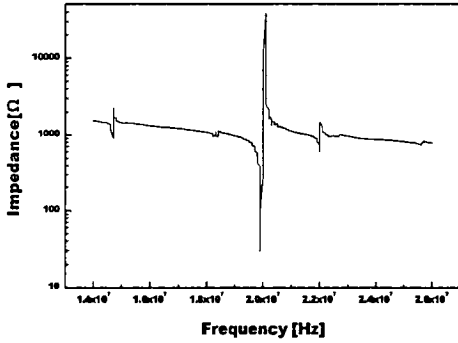
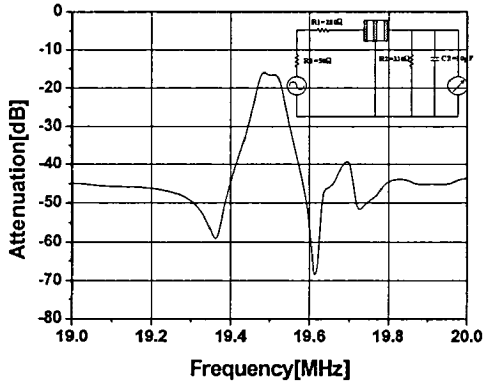
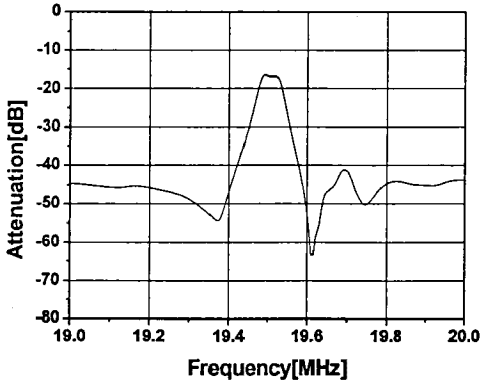


그림 3. 20MHz SMD형 공진자의 임피던스 커브

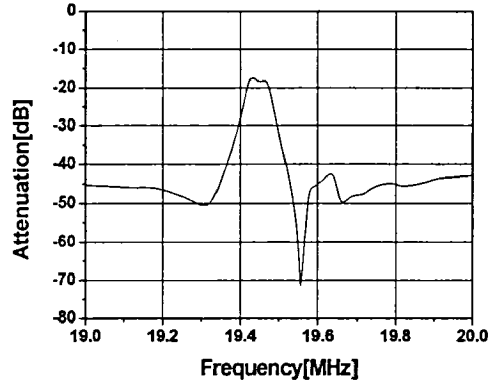


(a) $b=0.4$

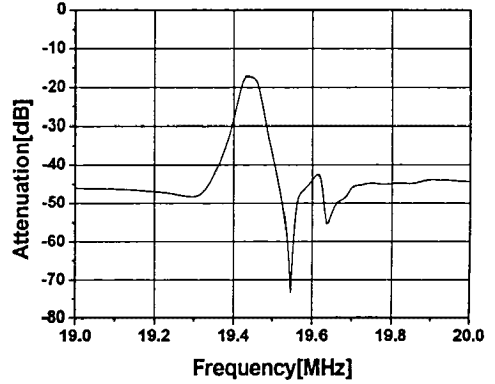


(b) $b=1$

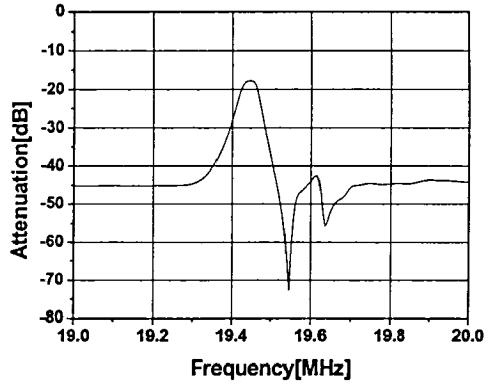
그림 4. b 변화에 따른 전송특성



(a) $d=0.3$



(b) $d=0.4$



(c) $d=0.5$

그림 5. d 변화에 따른 전송특성

그림 4에서는 직사각형 분할전극 b 변화에 따른 전송특성을 보이고 있다. 그림 4의 (a) 상단에 측정방법을 보였다. b변화에 따라 삽입손실, 3dB 대역폭, 25dB 대역폭 그리고 선택도(shape factor)는 큰 변화가 없었으며, $b=0.4$ 일 때 삽입손실, 3dB 대역폭과 25dB 대역폭은 각각 17dB, 54kHz,

163kHz를 보였다. $b=1$ 에서는 감쇄 특성이 다소 약화되었는데 이는 제한된 기판에서의 부분전극에 의한 정재파 형성이 약화된 것으로 보인다. 그림 5는 d 변화에 따른 전송특성을 보이고 있다. $d=0.3$ 일 때 삽입손실과 3dB 대역폭과 25dB 대역폭은 각각 17dB, 61kHz, 197kHz를 보였으며, d 크기가 증가함에 따라 3dB 대역폭, 25dB 대역폭과 선택도는 감소하는 경향을 보였다. IF 필터로서 이용시 중심주파수 편차는 $\pm 0.1\%$ 이내, 삽입손실 6dB 이내가 바람직하나 b , d 분할 전극변화에 따른 완성된 필터의 중심주파수 편차는 모두 중심주파수 19.5MHz에서 $\pm 0.2\%$ 이내였다. 그러나 이는 coating 법 등과 같은 중심주파수 조절 방법을 사용하면 개선될 것으로 사료된다.[5] 또한 높은 삽입손실 가진 것은 이진실험과 비교하여 SMD형으로 제작함에 따라 절단과 접합 바렐연마 등에 의한 영향과 특히 측면 인쇄시 열처리, 전극도포 등으로 인하여 높은 손실이 발생된 것으로 생각된다. 앞으로 앞면의 분할전극과 뒷면전극의 크기를 변화주어 대칭 혹은 비대칭으로 제작하여 삽입손실, 대역특성, 불요응답(spurious response), GDT (group delay time)등을 조사할 예정이다.

4. 결론

본 실험에서는 $Pb_{0.88}(La_{0.3}Nd_{0.4})_{0.08}(Mn_{1/3}Sb_{2/3})_{0.02}Ti_{0.98}O_3$ 에 0.25wt% CuO을 첨가한 조성을 사용하여 분할 전극크기를 조절하여 SMD형으로 제작하여 그 특성을 조사함으로써 20MHz SMD형 세라믹 필터로서 응용 가능성을 조사하였다. 분할전극 b 크기를 변화시킴에 따라 삽입손실, 3dB 대역폭, 25dB 대역폭 그리고 선택도(shape factor)는 큰 변화가 없었으며, $b=0.4$ 일 때 삽입손실, 3dB 대역폭과 25dB 대역폭은 각각 17dB, 54kHz, 163kHz를 보였다. 반면 d 크기 변화에 따라서는 $d=0.3$ 일 때 삽입손실과 3dB 대역폭과 25dB 대역폭은 각각 17dB, 61kHz, 197kHz를 보였으며, d 크기가 증가함에 따라 3dB 대역폭, 25dB 대역폭과 선택도는 감소하는 경향을 보였다. b , d 분할 전극변화에 따른 완성된 필터의 중심주파수 편차는 모두 중심주파수 19.5MHz에서 $\pm 0.2\%$ 이내를 보였다. 삽입손실은 측면인쇄의 영향으로 매우 높은 값을 보였으며 추후 개선이 필요하다고 하겠다. 또한 높은 선택도와

70dB정도 이상의 저지대역을 위하여 cascade로 제작할 계획에 있다.

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 $Pb(La,Ce)TiO_3$ system ceramics", J. of KIEEME(in Korean), Vol. 14, No. 9, p. 720, 2001.
- [3] C. S. Kwon, " Monolithic ceramic filter using energy-trapped thickness shear mode" Dept. of Electrical Eng. The graduate school Yonsei Uni., 1986.
- [4] C. Y. Park, and K. M. Lee, " Monolithic bandpass filter using piezoelectric ceramics", J. of KIEEME(in Korean), Vol. 2, No. 1, p. 41, 1989.
- [5] Y. Yamashita, Y. Oikawa and M. Sugimoto, "Inharmonic overtone spurious mode suppression by partial mass-loading onto the electrode for energy-trapped-type thickness-extensional-mode piezoelectric ceramic resonator", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 37, No. 9B, p. 5318, 1998
- [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 $Pb(La,Nd)(Mn,Sb,Ti)O_3$ system ceramics for 20MHz ceramic resonator", Special Issue of Jpn. J. Appl. Phys.,(accepted) 2002.