$PbTiO_3$계 세라믹스을 이용한 30MHz 레조네이터의 전기적특성

Electrical characteristics of 30MHz resonator using $PbTiO_3$ system ceramics

오동언*, 류주현*, 박창엽*, 윤현상**
(D. O. Oh, J. H. Yoo ,C. Y Park,H. S. Yoon)

Abstract

In this study, resonant characteristics of $Pb_{0.88}(La_{0.6}Nd_{0.4})_{0.08}(Mn_{1/3}Sb_{2/3})_{0.02}Ti_{0.98}O_3$ ceramics were investigated with the variations of electrode radius size for manufacturing the best 30MHz SMD type ceramic resonator with the size of $3.7\times3.1\times0.255mm^3$. Physical properties were proper for appling for 30MHz SMD type ceramic resonator. In third overtone thickness vibration mode, with increasing electrode radius size, resonant resistant(Z_r) was decreased gradually. Mechanical quality factor(Q_{mt3}) and dynamic range(D.R) showed the maximum value of 2,283, 47.1dB respectively, at 0.74mm electrode radius size.

Key Words : SMD, dynamic range, mechanical quality factor(Q_{mt3})

1. 서 론

정보화 진전에 따른 고주파 소자에 대한 관심이 증대대고 있는 가운데 핵심소자에 대한 연구가 국내외에서 활발히 진행되고 있다. 핵심 부품 중 세라믹 진동자는 수정 진동자에 비해 가격이 저렴하고 양호한 발진특성을 가지므로 활발히 연구가 진행중에 있으며, 두께 진동을 이용한 세라믹 진동자는 수백kHz~수MHz대역의 clock 발생기용으로 FDD, HDD, CDP, CDROM, DVD 등 컴퓨터 및 주변기기기 등의 Clock 발생 오실레이터로서 널리 이용되고 있다.

두께 진동을 이용한 세라믹 공진자는 1차, 3차 ,5차 모드 등이 있으며, 동작 주파수을 높이기 위해서는 3차, 5차등의 고차 모드를 이용하는 것이 좋다.[1]

3차,5차등의 고차진동모드 이용시 두께방향전기기계 결합계수 k_t 가 커야 하며, 손실을 줄이기 위해서 높은 품질계수 Q_{mt}가 요구된다. 또한 SMD(Surface Mount Device)화에 따른 높은 상전이 온도를 가져야 하며, 공진주파수에서의 안정된 구동을 위해 공진주파수에서의 임피던스척도인 dynamic range가 높아야 한다.

W. Shockley[2]등 의해 발견된 에너지포획 현상(energy trapping effect)에서 부분 전극구조를 가지는 에너지 포획형 공진자에 포획되는 탄성파의 주파수는 시편의 주파수 상수, 시편의 두께 및 전극의 무게에 영향을 받는다. 또한 부분전극의 무게와 시편 면적에 대한 부분전극 면적의 상대적인 크기가 에너지 포획형 공진자의 특성에 영향을 미친다.[3] 따라서 본 연구에서는 0.25wt%의 CuO가 첨가된 $Pb_{0.88}(La_{0.6}Nd_{0.4})_{0.08}(Mn_{1/3}Sb_{2/3})_{0.02}Ti_{0.98}O_3$ 세라믹스를 두께 0.255mm인 21×18mm size의 wafer로 제작하여, 세라믹 기판에 대한 전극 직경변화를 변수로 두어 SMD 타입으로 제작하여 공진특성을 조사하므로써 30MHz SMD형 진동자로 응용 가능성을 고찰하고자 한다.

2. 실 험

2.1 세라믹 공진자 제작

본 실험에서는 화합물 혼합법으로 시편을 제조

*: 세명대학교 전기공학과
(제천시 신월동 21-1,Fax: 043-648-0868
E-mail : juhyun57@venus.semyung.ac.kr)
**: 경문대학교 전기공학과

하였으며, 실험에 사용된 조성식은 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 +0.25wt% CuO

조성에 따른 시료의 정확한 몰비를 10^{-4}[g]까지 평량하였으며, 24시간 동안 혼합 분쇄한 후 건조하여 850[℃]에서 2시간 동안 하소하였다. 하소가 끝난 시료에 CuO를 0.25wt%로 첨가하여 재분쇄한 후 PVA(5wt% 수용액)을 8wt% 첨가하여 직경 30mm 몰더로 3[ton/cm^2]으로 성형하였으며, 승하강 온도 300[℃/h]로 하여 1200[℃]에서 2시간 동안 소결 하였다. 소결된 시편들은 0.255mm로 정밀 가공한 후 전극 질량 1.765×10^{-4}[g/cm^2]로 성막 하였으며, 70[kV/cm]로 분극 하였다. 분극한 시편을 21×18mm 크기의 wafer로 제작한 후 전극직경을 0.68, 0.71, 0.74, 0.77, 0.8mm로 변화를 두어 에칭하였으며, base cap을 접착한후 3.7×3.1mm로 절단한 뒤 바렐연마 후 특성을 측정하였다.

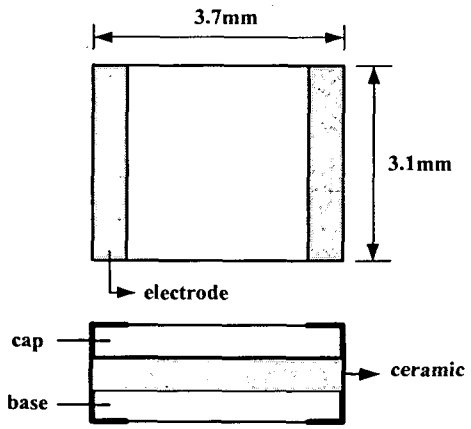

그림 1. SMD형 진동자 구조
Fig. 1. Design of SMD-type resonator

2.2 특성측정

공진자의 3차 두께방향 진동모드에서의 기계적 품질계수(Q_{mt3})는 IRE 규정에 따라 Network Analyzer (HP4294)로 공진주파수 및 반공진 주파수, 공진임피던스 및 반공진임피던스를 측정하여 다음식에 의하여 IRE 표준방법에 따라 계산하였다.

$$Q_{mt3} = (2\pi f_r Z_m C_0 \frac{f_a^2 - f_r^2}{f_a^2})^{-1} \quad (1)$$

여기서, Q_{mt3}는 3차 진동모드에서의 기계적품질계수이다. f_r, f_a는 공진주파수와 반공진주파수, C_0는 정전용량이다. 또한, 3차 진동모드에서의 dynamic range (D.R)을 다음의 식으로 계산하였다.

$$D.R = 20\log|\frac{Z_{max}}{Z_{min}}| \quad (2)$$

여기서는 Z_{max}와 Z_{min}은 각각 3차 두께방향 진동모드에서의 소자의 공진주파수와 반공진주파수에서의 임피던스이다.

3. 결과 및 고찰

표 1. 시편의 물성

Table 1. physical Properties of specimen

Dielectric constant	211
Grain size [㎛]	1.18
Tc[℃]	325
Density [g/cm3]	7.72
Tetragonality (c/a)	1.028
TcF_r (-20~80℃)[ppm/℃]	17

표1은 제작된 시편의 물성을 보이고 있다. 입경크기, 상전이온도, 밀도, 공진주파수온도계수등을 고려해볼 때 SMD 세라믹 진동자로 적합한 특성을 보였다.

그림 2는 전극 크기변화에 따른 3차 두께방향 진동모드에서의 공진 및 반공진 저항과 D,R을 보이고 있다. 전극 크기가 증가함에 공진 및 반공진 저항은 대체로 작아지다 전극직경 0.74mm 이후 다소 증가하는 경향을 보였으며 이는 D.R값이 전극직경 0.74mm에서 47.1dB의 최대값을 보이는 것으로 이어졌으며, 이는 일정한 크기의 세라믹 기판에 대한 부분전극의 변화에 따른 공진 및 반공진 저항의 최적임을 나타낸다.

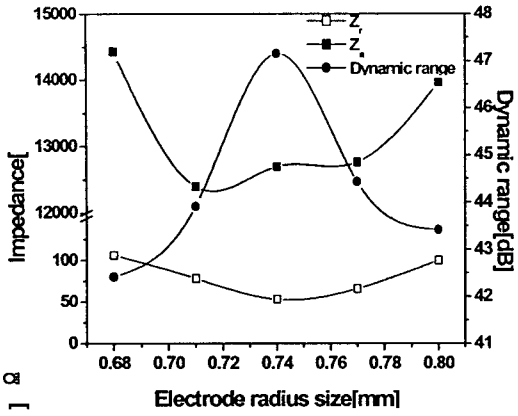

그림 2. 전극직경 변화에 따른 임피던스 및 D.R

Fig. 2. Impedance and dynamic range with the variations of electrode radius size

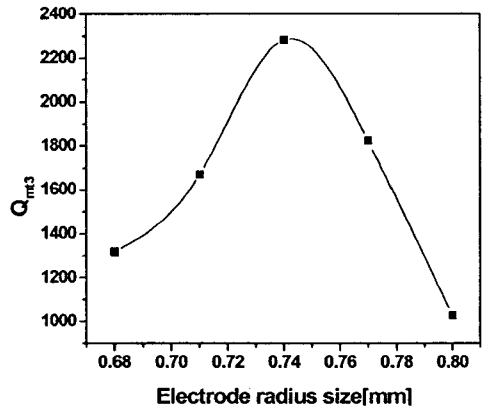

그림 3. 전극직경 변화에 따른 품질계수

Fig. 3. Mechanical quality factor (Q_{mt3}) with the variations of electrode radius size

그림 3은 전극직경 변화에 따른 품질계수(Q_{mt3})을 보이고 있다. 품질계수는 D.R특성과 유사하게 전극직경이 0.74mm에서 2283의 최대값을 보였다. 그림 4와 5는 각각 1차 및 3차 두께 진동모드에서의 임피던스 특성을 보이고 있다. 1차 진동모드에서는 Poission ratio가 1/3보다 작아 에너지트랩현상이 발생하지 않아 공진주파수에서의 불요 응답 특성을 보이고 있다. 3차 진동모드에서는 부분전극 구조에 의한 정재파(Standing wave)형성으로 공진 및 반공진 주파수에서 날카로운 특성곡선을 보이고 있다. 표 2는 전극직경변화에 따른 공진특성을 나타내었다.

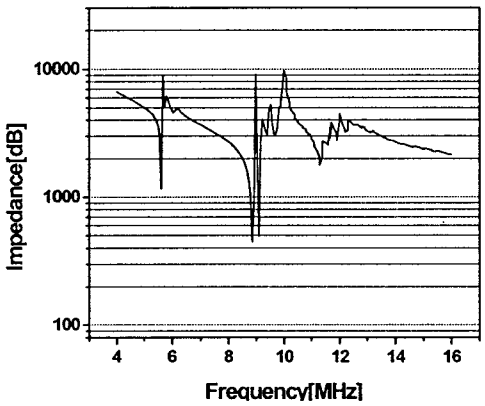

그림 4. 전극직경 0.74mm에서 1차 두께 진동모드에서의 임피던스 곡선

Fig. 4. Impedance curve in fundamental thickness vibration mode at 0.74mm electrode radius size

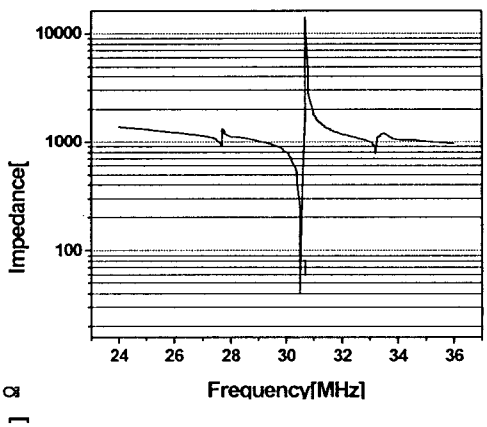

그림 5. 전극직경 0.74mm에서 3차 두께 진동모드에서의 임피던스 곡선

Fig. 5. Impedance curve in third overtone thickness vibration mode at 0.74mm electrode radius size

표 2. 전극직경 변화에 따른 공진특성

Table 2. Resonant characteristics with the variations of electrode radius size

electrode radius size [mm]	f_r [MHz]	f_a [MHz]	Z_r [Ω]	Z_a [Ω]	D.R [dB]	Q_{m3}
0.68	30.5	30.7	106	14433	42.4	1318
0.71	30.5	30.7	78	12400	43.9	1669
0.74	30.5	30.7	53	12700	47.1	2283
0.77	30.5	30.7	66	12760	44.4	1824
0.8	30.5	30.7	100	13966	43.4	1027

4. 결 론

본 연구에서는 30MHz SMD형 세라믹 공진자로 활용고자 $Pb_{0.88}(La_{0.6}Nd_{0.4})_{0.08}(Mn_{1/3}Sb_{2/3})_{0.02}Ti_{0.98}O_3$ 세라믹스를 전극직경 크기변화를 변수로 두어 SMD형으로 제작하여 3차 두께진동 모드에서의 공진특성을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 전극직경 크기가 증가함에 따라 공진 및 반공진저항은 감소하다 다소 증가하는 경향을 보였다.
2. 전극직경 0.74mm에서 47.1dB의 D.R과 2283의 품질계수로 최대를 보였다.
3. 전극직경 0.74mm에서 30MHz형 세라믹 공진자로 응용 가능할 것이다.

감사의 글

본 논문은 2001년 기초전력공학공동연구소 (Electrical Engineering &Science Research Institute (Grant, No 01-030))의 지원에 의해 연구되었음

[참고문헌]

[1] 오동언, 민석규, 윤광희, 류주현, 박창엽. "MnO_2첨가에 따른 (Pb)(La,Ce)TiO_3세라믹스의 미세구조 및 압전특성", 전기전자재료학회 춘계학술대회, vol 1, 442, 2001.

[2] W, Shockley, D,R Curran and D.J Koneval, "Energy trapping and studies of multiple electrode filter crystals", Proc 17th Annu. Frequency contorl Symp, 88p, 1963

[3] 이계명, 박창엽, "압전세라믹을 이용한 고주파 대역의 단일체 필터에 관한 연구", 전기전자재료학회, 제2권 1호 41p, 1989.