

## 전극질량 변화에 따른 SMD형 변성 PbTiO<sub>3</sub> 세라믹 공진자의 공진특성

### Resonant Characteristics of SMD Type - Modified PbTiO<sub>3</sub> Ceramic Resonator with the Variations of Electrode Weight

오동언\*, 류주현\*, 박창엽\*\*, 류성림\*\*\*, 김종선\*\*\*\*, 정영호\*\*\*\*  
(Dong on Oh\*, Ju hyun Yoo\*, Chang yub Park\*\*, Sung lim Ryu\*\*\*,  
Jong sun Kim\*\*\*\*, and Yeong ho Jeong\*\*\*\*)

#### Abstract

In this study, modified PbTiO<sub>3</sub> ceramics was manufactured to apply for 30MHz SMD type ceramic resonator with the variations of electrode weight. To investigate the effects of electrode weight on resonant characteristics of ceramic resonator using 3<sup>rd</sup> overtone thickness vibration mode, ceramic wafers for resonator were fabricated by evaporating electrode weights of 0.66, 1.765, 2.32, 3.87 × 10<sup>-4</sup>g/cm<sup>2</sup> with silver, respectively. And then, SMD type ceramic resonators were fabricated with the size of 3.7×3.1mm and electrode radius size of 0.77mm. With increasing electrode weight, resonant resistance was gradually decreased. At the electrode weight of 2.32×10<sup>-4</sup>g/cm<sup>2</sup>, mechanical quality factor(Q<sub>m3</sub>) and dynamic range(D.R) showed the maximum value of 2,152 and 49dB, respectively.

**Key Words** : Dynamic range, Mechanical quality factor(Q<sub>m3</sub>)

#### 1. 서론

고주파 소자에 대한 관심이 증대되고 있는 가운데 압전세라믹을 이용한 공진자는 수정진동자에 비해 양호한 발진특성, 저렴한 가격 등의 장점을 가지고 있어 많은 연구가 이루어지고 있는 실정이다. 이러한 진동자는 FDD, HDD, CDP, CDROM, DVD등의 clock 발생오실레이터로 사용되는데 이들 소자의 고주파화에 따른 진동자의 동작주파수를 올리는 것이 필요한 실정이다. 세라믹 공진자를

수 MHz로의 구동을 위해서는 두께진동모드를 이용하는 것이 좋으며, 이 중 20MHz 이상의 동작주파수를 가지는 공진자는 에너지트랩이 발생하는 3차진동모드를 이용하는 것이 바람직하다.[1-2] 이들 소자를 고주파로의 이용시 두께방향의 전기기계결합계수(k<sub>t</sub>)가 크고, 높은 D.R, 손실을 줄이기 위해 높은 Q<sub>m3</sub> 등이 요구된다.

W. Shockley등[3]에 발견된 에너지 포획현상(energy trapping effect)에서 부분 전극구조를 가지는 에너지 포획형 공진자에 포획되는 탄성파의 주파수는 시편의 주파수상수, 시편의 두께 및 전극의 무게에 영향을 받는다. 또한 부분전극의 무게와 시편면적에 대한 상대적인 크기가 에너지 포획형 공진자의 특성에 영향을 미친다. 따라서 본 연구에서는 Pb<sub>0.88</sub>(La<sub>0.3</sub>Nd<sub>0.4</sub>)<sub>0.08</sub>(Mn<sub>1.3</sub>Sb<sub>2.3</sub>)<sub>0.02</sub>Ti<sub>0.98</sub>O<sub>3</sub> 세라믹스에 0.25wt% CuO을 첨가한 조성을 사용하여 30MHz SMD(Surface Mounted device)형 공진자로 활용하고자 제작하였으며, 부분전극구조에서의

\* : 세명대학교 전기공학과  
(재천시 신월동 21-1,  
Fax: 043-648-0868  
Corresponding Author : juhyun57@semyung.ac.kr)  
\*\* : 세명대학교 전기공학과 석좌교수  
\*\*\* : 충주대학교 재료공학과  
\*\*\*\*: 한전전력연구원  
\*\*\*\*\* : 삼성전기 중앙연구소  
2002년 7월 29일 접수, 2002년 8월 26일 1차 심사완료,  
2002년 9월 5일 최종 심사완료.

전극질량변화에 따른 특성변화를 얻고져 먼저 wafer를 전극질량변화에 따라 제작하였으며, 이를 부분전극구조로 제작하여 전극질량변화에 따른 3차 진동모드를 이용한 30MHz SMD형 공진자의 제반특성을 조사하였다.

## 2. 실험

### 2.1 세라믹 공진자 wafer 제작

본 실험에서 사용한 조성은 다음과 같다.  $Pb_{0.88}(La_{0.6}Nd_{0.4})_{0.08}(Mn_{1/3}Sb_{2/3})_{0.02}Ti_{0.98}O_3 + 0.1wt\%excess PbO + 0.1wt\% MnO_2 + 0.25wt\% CuO$  조성에 따른 시료의 정확한 몰비를  $10^{-4}g$ 까지 평량하였고, 24시간 동안 혼합 분쇄한 후 건조하여  $850[^\circ C]$ 에서 2시간 동안 하소하였다. 하소가 끝난 시료에  $CuO$ 를  $0.25[wt\%]$  첨가하여 재분쇄한 후 PVA(5wt%수용액)을  $8[wt\%]$ 를 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  $0.255mm$ 로 정밀 가공한 후 전극 질량 변화를  $0.66, 1.765, 2.32, 3.87 \times 10^{-4}[g/cm^2]$ 로 성막 하였으며,  $70[kV/cm]$ 로 분극한 후 24시간 경과 후 특성을 측정하였다.

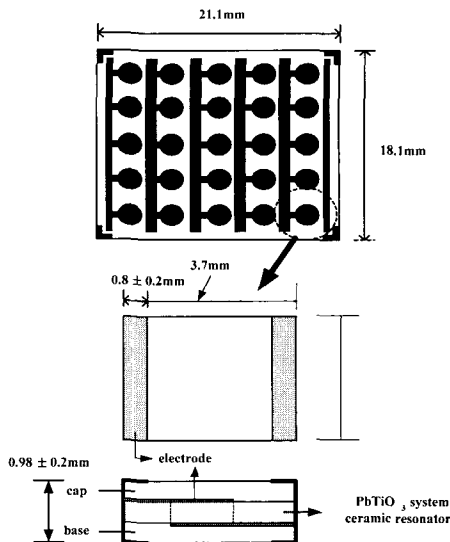


그림 1. wafer 및 SMD형 공진자 구조.

Fig. 1. The shape of wafer and SMD-type resonator.

### 2.2 SMD형 세라믹 공진자 제작

완성된 wafer를  $21 \times 18mm$ 로 제작하여 photo resistor(AS-500)를 사용하여 전극직경 크기를  $0.77mm$ 로 에칭 하였으며,  $MgTiO_3$  기판인 base와 cap을 접합에폭시폰드(TB2236)을 사용하여 항온항습조에  $170[^\circ C]$ , 30분동안 가열가압접합지그를 사용하여 접합하였다. 접합한 시편을  $3.7 \times 3.1mm$  크기로 절단하여 바렐연마를 하였으며, 24시간 경과후 HP4294A를 사용하여 공진 반공진 특성을 조사하였다.

## 3. 결과 및 고찰

세라믹 공진자의 재료특성 중 전기기계 결합계수, 유전율, 기계적품질계수, 온도특성, 경시변화 등은 매우 중요하게 고려되어야 할 특성이다. Table 1은 시편의 재료특성을 보여주고 있으며, 공진자로 적합한 특성을 보였다.

표 1. 시편의 물성.

Table 1. Physical characteristics.

Dielectric constant	211
Grain size [ $\mu m$ ]	1.18
Tc [ $^\circ C$ ]	325
Density [ $g/cm^3$ ]	7.72
Tetragonality (c/a)	1.028
TcF, ( $-20 \sim 80[^\circ C]$ )[ppm/ $^\circ C$ ]	17

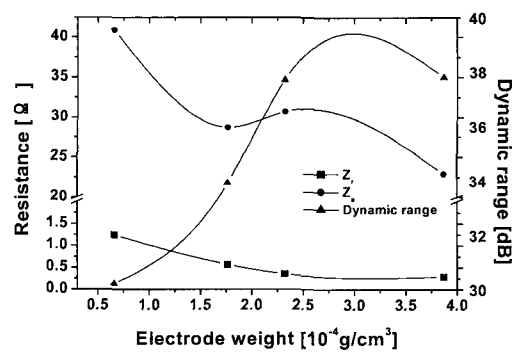


그림 2. 전극질량 변화에 따른 wafer의 임피던스 및 D.R.

Fig. 2. Impedance and Dynamic range of wafer with electrode weights.

그림 2와 3은 wafer(21×18mm)와 SMD형 부분전극구조(3.7×3.1mm)에서의 공진 및 반공진 저항과 D.R을 각각 나타내고 있다.

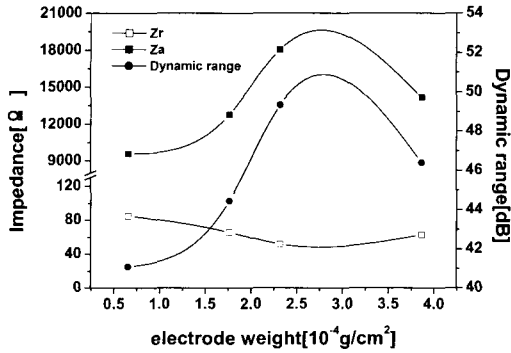


그림 3. 전극질량변화에 따른 SMD형 공진자의 임피던스 및 D.R.

Fig. 3. Impedance and dynamic range of SMD type resonator with electrode weight.

전극질량이 증가함에 따라 공진 저항값은 감소하는 경향을 나타내고, 에너지트랩효과가 뚜렷해져 공진 반공진 특성은 명확해지나, 전극질량의 증가는 전극무게에 따른 기계적 진동을 억제시키는 결과 손실을 증가시키므로 전극질량의 증가는 한계성을 가질것으로 여겨진다[4]. 전극질량  $2.32 \times 10^{-4} [\text{g/cm}^2]$ 에서 37.7, 49dB의 D.R값을 각각 보였다.

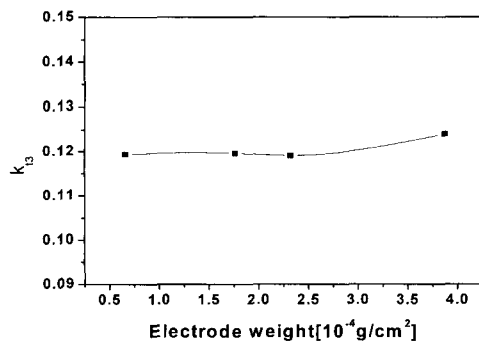


그림 4. 전극질량 변화에 따른 SMD형 공진자의 전기기계 결합계수( $k_{33}$ ).

Fig. 4. Electromechanical coupling factor( $k_{33}$ ) of SMD-type resonator with electrode weight.

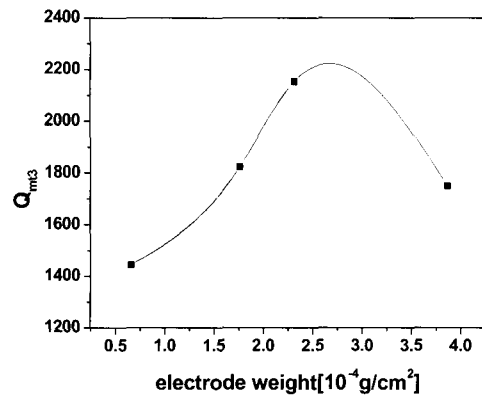
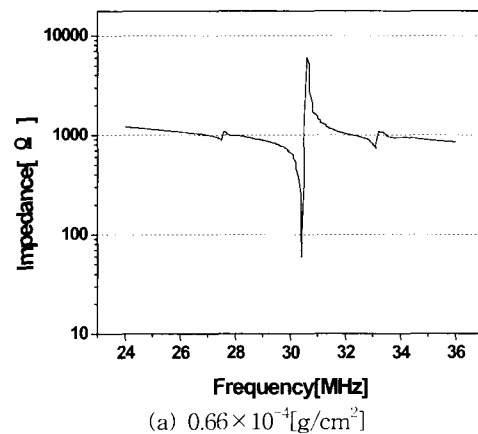
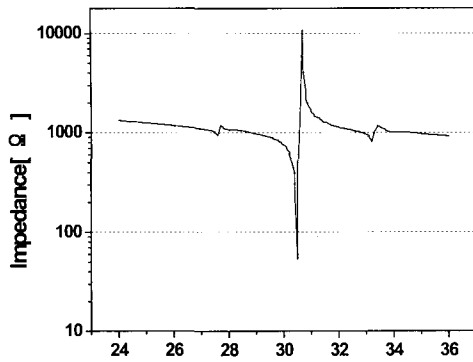


그림 5. 전극질량 변화에 따른 SMD형 공진자의 품질계수.

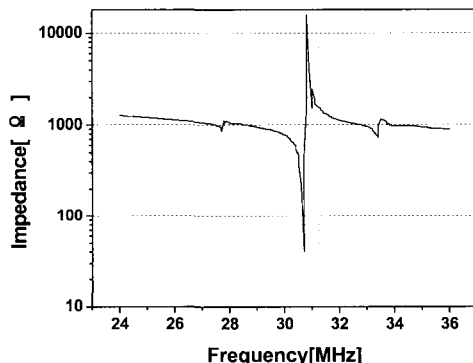
Fig. 5. Mechanical quality factor( $Q_{m3}$ ) of SMD type resonator with electrode weight.

Wafer size 보다 SMD형 부분전극구조가 상대적으로 큰 D.R값을 보인 이유는 두께와 직경의 비가 IRE standard에서 두께의 직경비가 10정도에서 면적진동모드의 고차모드가 사라져 불요잡음이 제거되어 최적조건이 나오기 때문이다.[1] 그림 4와 5는 SMD형 부분전극구조(3.7×3.1mm)에서의 전극질량 변화에 따른 전기기계 결합계수( $k_{33}$ )와 품질계수( $Q_{m3}$ )를 보이고 있다. 전기기계 결합계수는 거의 일정하였으며, 기계적 품질계수는 부분전극구조에 의한 정재파(standing wave) 형성과 적절한 질량 부하효과로 전극질량  $2.32 \times 10^{-4} [\text{g/cm}^2]$ 에서 2.152의 값을 보였으며, 그 이상에서는 전극질량에 의한 진동억제로 기계적 품질계수는 감소하였다.

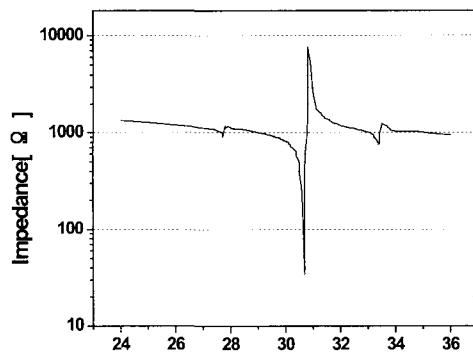




(b)  $1.765 \times 10^{-4} [\text{g}/\text{cm}^2]$



(c)  $2.32 \times 10^{-4} [\text{g}/\text{cm}^2]$



(d)  $3.87 \times 10^{-4} [\text{g}/\text{cm}^2]$

그림 6. 전극질량변화에 따른 SMD형 공진자의 임피던스 특성곡선.

Fig. 6. Impedance curves of SMD type resonator with the variations of electrode weight.

그림 6은 3차 진동모드를 이용한 SMD형 공진자의 임피던스특성 곡선을 보이고 있다. 전극질량이  $2.32 \times 10^{-4} [\text{g}/\text{cm}^2]$ 일 때 부분전극 구조에서 임피던스곡선이 가장 Sharp해져 에너지 트랩이 명확해 짐을 알수 있다. Table2에 SMD형 공진자의 자체반특성을 나타내었다.

표 2. SMD형 공진자의 공진 특성.

Table 2. Resonant characteristics of SMD-type resonator.

electrode weight [ $10^{-4} \text{g}/\text{cm}^2$ ]	$f_r$ [MHz]	$f_a$ [MHz]	$Z_r$ [ $\Omega$ ]	$Z_a$ [ $\Omega$ ]	D.R [dB]	$Q_{m3}$	$k_3$
0.66	30.75	30.93	85	9585	41	1444	0.1194
1.765	30.68	30.86	66	12766	44	1824	0.1196
2.32	30.94	31.12	52	18050	49	2152	0.1191
3.87	31.44	31.64	63	14183	46	1750	0.1241

#### 4. 결론

본 논문에서는 30MHz SMD형 세라믹 공진자를 개발하고자 압전기판에 대한 전극질량변화가 에너지 트랩이 발생하는 3차진동모드를 이용한 부분전극 구조에 미치는 영향을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 전극질량이 증가함에 따라 공진 저항은 감소하였으며, 에너지트랩특성이 명확해 졌다.
- 2) 전극질량이 증가함에 따라  $Q_{m3}$ 와 D.R은 증가하다 감소하는 경향을 나타내었다.
- 3) 전극질량 변화에 따라  $k_3$ 는 거의 일정하였다.
- 4) 전극질량  $2.322 \times 10^{-4} [\text{g}/\text{cm}^2]$ 에서 49dB의 D.R과 2152의 기계적품질계수로 공진자로 적합하였다.

#### 감사의 글

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

### 참고 문헌

- [1] 민석규, 오동연, 윤광희, 류주현, 박창엽, 김종선, "Pb(La,Ce)TiO<sub>3</sub>계 세라믹스의 길이와 두께 비(l/t)에 따른 공진특성", 전기전자재료학회논문지, 14권, 9호, p. 720, 2001.
- [2] 류주현, 민석규, 황상모, 박창엽, 윤현상, "Piezoelectric Characteristics and Temperature Stability of Resonant Frequency of PbTiO<sub>3</sub> System Ceramics for High Frequency Resonator using 3rd Overtone Thickness Vibration Mode" 전기전자재료학회논문지, 15권, 4호, p. 338, 2002.
- [3] W. Shockely, D. R. Curran, and D. J. Koneval, "Energy trapping and studies of multiple electrode filter crystal", in Proc. 18th Annu., Frequency control Symp., p. 93, 1964.
- [4] 박창엽, 이개명, "압전세라믹을 이용한 고주파 대역의 단일체 대역통과필터에 관한 연구", 전기전자재료학회논문지, 2권, 1호, p. 44, 1989.