

## 길이진동을 이용하는 PZT계 세라믹 공진자의 온도안정성에 관한 연구

한 성 훈\*, 임 대 관\*, 이 개 명\*

\*제주대학교 전기공학과

### A Study on Temperature Stability of PZT Piezoelectric Ceramic Resonators using Length Extensional Vibration

Seong-Hun Han\*, Dae-Kwan Lim\*, Gae-Myoung Lee\*

\*Dept. of Electrical Engineering in Cheju National University

**Abstract** - The piezoelectric ceramic resonator using length extensional vibration rather than contour extensional vibration in terms of the size is suitable for personal portable communication. In this paper,  $Pb(Zr_xTi_{1-x})O_3 + y[wt\%]Cr_2O_3$  ceramics,  $x=0.56, 0.53, 0.50$  (ie, Zr/Ti ratios = 56/44, 53/47, 50/50)  $y=0, 0.3[wt\%]$ , were fabricated. Temperature stability of length extensional vibration mode of those specimens was investigated. Both crystal structure with rhombohedral phase in the case of no addition of  $Cr_2O_3$  and crystal structure with morphotropic phase boundary in case of additions of  $0.3[wt\%]Cr_2O_3$  had the best temperature stability and improved temperature stability through thermal aging.

화와 경량화의 장점이 있다[1].

한편, 필터나 공진자와 같은 전기신호의 주파수 특성처리에 관계되는 기능 소자분야로의 응용에 있어서 요구되는 중요한 특성중의 하나가 소자의 동작주파수가 시간경과와 온도변화에 대해 변화가 작아야 한다는 것이다[2].

본 연구에서는 PZT 세라믹스에서 압전성이 가장 우수하다고 알려진 상경계 영역과 그 부근 영역의 조성과 온도안정성의 관계를 조사하고자 한다.  $Pb(Zr_xTi_{1-x})O_3 + y[wt\%]Cr_2O_3$  에서  $x=0.56, 0.53, 0.50$  즉 Zr/Ti비가 56/44, 53/47, 50/50이고  $y$ 가 0, 0.3 [wt%]인 조성의 세라믹스 시편을 제작하였고, 이들 시편의 길이진동에 대한 공진주파수에 대한 온도계수, 전기기계결합 계수 등의 값을 구하여 비교·분석하고자 한다.

## 2. 실험

### 1. 서 론

압전세라믹스는 비대칭 결정구조로 인하여 전기적에너지를 기계적에너지로 혹은 기계적에너지를 전기적에너지로 변환시키는 압전효과를 가지며 공진자나 필터와 같은 전자부품, 초음파 발생과 수신 등의 기능을 수행하는 변환자, 코일을 이용하지 않는 초소형 모터 등에 사용되고 있다.

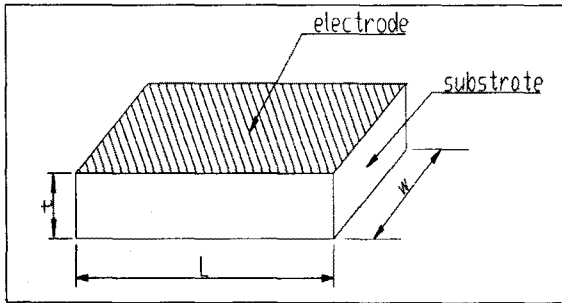
최근 이동통신분야의 발전에 따라 이와 관련된 전자부품의 소형화, 경량화 등이 요구되고 있다. 450(kHz) 부근에서 동작주파수를 갖는 압전세라믹 공진자와 필터는 기존의 압전세라믹스의 유평진동을 이용하는 것보다 길이진동을 이용하는 것이 소자의 크기를 1/3이하로 작게할 수 있으므로 소형

#### 2.1 시편의 제작

$Pb(Zr_xTi_{1-x})O_3 + y[wt\%]Cr_2O_3$ 에서  $x = 0.56, 0.53, 0.50$  즉 Zr/Ti비가 56/44, 53/47, 50/50이고  $y$ 가 0, 0.3 [wt%]인 조성의 분말을 산화물 혼합법으로 제조하고, 이 PZT분말을 성형하여 보통소성법으로 시편을 제작하였다.

1차 열처리는 850(°C)에서 2시간 유지하고 1차 열처리가 끝난 시료를 분쇄·건조 후 조립한 다음 1[ton/cm<sup>2</sup>]의 압력으로 14×3.5(mm)크기의 직사각판으로 성형하였다. 이때 바인더는 5%PVA액 5[wt%]를 첨가하였다. 2차 열처리는 성형체를 도가니에 넣어 밀봉하고 1200(°C)에서 2시간 유지하였다. 2차 열처리가 끝난 시편은 EMAS-6004규격

을 만족하도록 연마한 후 은전극을 부착하였고, 80[°C] 실리콘유 중에서 35[kv/cm]의 직류전계로 고온 분극하였다. 분극 후 24시간이 경과된 시편의 윗면과 아랫면을 단락시키고 200[°C]에서 1시간 동안 열에이징 처리를 하였다. EMAS-6004규격 시편은 그림. 1에, 시편의 제작과정은 그림2에 나타내었다.



$$L/w \geq 4, w/t \geq 3, L \geq 12 \text{ [mm]}$$

그림. 1 EMAS-6004 압전세라믹 길이진동에 대한 시편의 규격

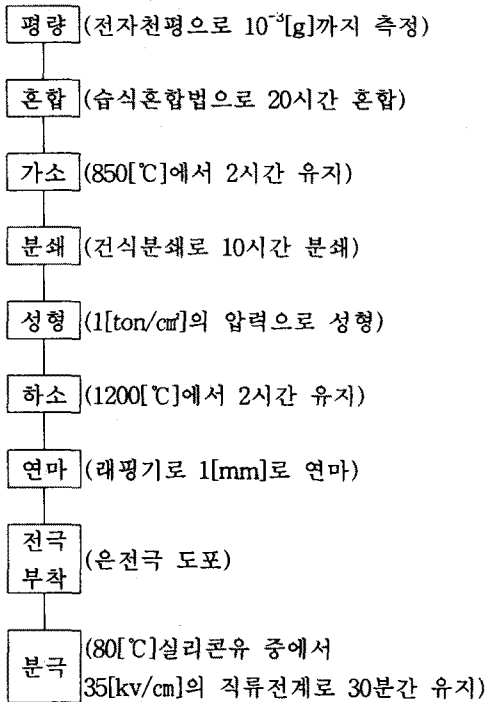


그림. 2 시편의 제작과정

## 2.2 측정

우선 준비된 시편의 밀도를 측정하고 LCR미터로 시편의 정전용량을 측정하여 비유전율을 계산하였고 항온 항습조와 HP사의 E5100a Network Analyzer를 사용하여 길이진동에 대한 전기기계결합계수(k31), 공진주파수에 대한 온도계수를 계산하였다. 온도계수는 항온조의 온도를 -20[°C]~80[°C]까지 2~3[°C/min]의 속도로 변화시키면서 공진주파수를 측정하여 계산하였다. 열에이징 처리를 한 시편은 열에이징 처리 후 24시간이 경과된 뒤 측정을 하였다.

측정된 시편의 밀도는 7.50[g/cm<sup>3</sup>]이상이었고 각 시편의 관계는 Table. 1에 나타내었다.

Table. 1 시편의 조성과 기호

		Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
		0[wt%]	0.3[wt%]
PZT	56/44	B1	D1
	53/47	B2	D2
	50/50	B3	D3

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 비유전율의 변화

그림. 3에 분극 전·후의 비유전율의 변화를 나타내었다. Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>이 첨가되지 않은 시편에서는 B1, B2가 분극 후 비유전율이 감소하였으나 B3에서는 증가하였다. Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>첨가된 시편에서는 D1이 분극 후 감소하였으나 D2, D3는 증가한 것을 알 수 있었다. 특히, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>이 첨가된 D2의 53/47조성에서 분극 후 비유전율이 가장 높았다.

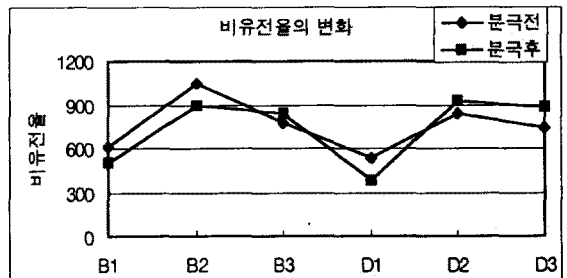


그림. 3 분극 전·후의 비유전율의 변화

### 3.2 열에이징전후의 전기기계결합계수

그림. 4에 열에이징 처리 전·후 시편의 길이진동에 대한 전기기계결합계수의 변화를 나타내었다. 열에이징 처리에 의해 시편의 길이진동에 대한 전기기계결합계수가 전기쌍극자의 소극으로 인해 감소하였고  $Cr_2O_3$ 이 첨가된 D2시편이 가장 좋았다.

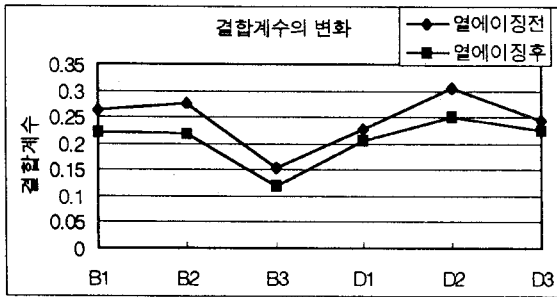


그림. 4 열에이징 전·후 시편의 길이진동에 대한 전기기계결합계수

### 3.3 열에이징 전후의 공진주파수에 대한 온도계수

그림. 5에 열에이징 처리 전·후 시편의 공진주파수에 대한 온도계수의 변화를 나타내었다.  $Cr_2O_3$ 이 첨가되지 않은 시편에서는 B1을 제외하고 열에이징 처리 후 온도계수가 증가하였고  $Cr_2O_3$ 이 첨가된 시편에서는 D3를 제외하고 열에이징 처리 후 온도계수가 감소하였다. 분극 후 온도계수는  $Cr_2O_3$ 이 첨가된 D2시편이 가장 좋았다.

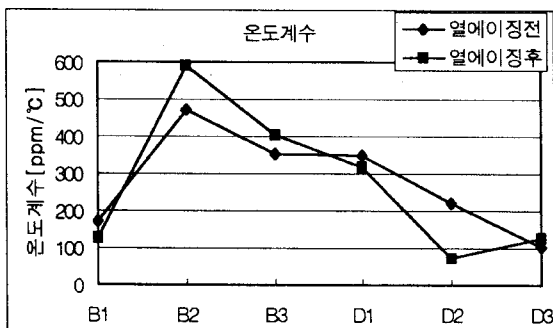


그림. 5 열에이징 처리 전·후 시편의 공진주파수에 대한 온도계수의 변화

## 4. 결론

$Pb(Zr_xTi_{1-x})O_3 + y[wt\%]Cr_2O_3$ 에서  $x = 0.56, 0.53, 0.50$  (즉, Zr/Ti비가 56/44, 53/47, 50/50)이고  $y = 0, 0.3[wt\%]$ 으로 한 세라믹스 기판을 제작하고 길이진동에 대한 온도안정성의 변화를 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1)  $Cr_2O_3$ 이 첨가된 53/47조성에서 분극 후 비유전율이 가장 높았다.
- (2) 열에이징 처리 후 전기쌍극자의 소극으로 인해 전기기계결합계수가 감소하였고  $Cr_2O_3$ 가 첨가된 53/47조성에서 전기기계결합계수가 가장 크게 나타났다.
- (3) 열에이징 처리 후 온도계수는  $Cr_2O_3$ 을 넣지 않은 조성에서는 56/44조성이 가장 작았으며,  $Cr_2O_3$ 을 첨가시킨 조성에서는 53/47조성이 가장 적었다. 전체적으로는  $Cr_2O_3$ 을 첨가시킨 53/47조성이 가장 우수한 온도안정성을 나타내었다.

### [참고 문헌]

- [1] 塩崎忠 外, 新・壓電材料の製造と應用, CMC, pp. 150~163, 1987
- [2] 이개명, "압전 세라믹스 주파수 소자의 소개와 개발 동향", 전기전자재료학회논문지, Vol. 10, No. 2, pp. 172~178, 1997