

길이진동을 이용하는 PZT계 압전 세라믹 공진자의 온도안정성에 관한 연구

한성훈* · 임대관* · 이개명**

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

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

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, the ceramics of the six compositions, $Pb(Zr_xTi_{1-x})O_3 + y[\text{wt}\%]Cr_2O_3$ in which $x=0.56$ (rhombohedral phase), 0.53 (morphotropic phase), 0.50(tetragonal phase) and $y=0, 0.3$ in respective x were fabricated. Temperature stability of length extensional vibration mode of those specimens was investigated. Both ceramic resonators of the composition with $x=0.56, y=0$ and the composition with 0.53, $y=0.3$ had better temperature stability frequency than the others, and thermal aging could improve temperature stability in only them.

Key words : piezoelectric ceramic resonator, length extensional vibration, temperature stability, thermal aging

1. 서론

압전세라믹스는 비대칭 결정구조로 인하여 전기적 에너지를 기계적에너지로 혹은 기계적에너지를 전기적에너지로 변환시키는 압전효과를 가지며 공진자나 필터와 같은 전자부품, 초음파 발생과 수신 기능 수행하는 변환자, 코일을 이용하지 않는 초소형 모터 등에 사용되고 있다.¹⁾

최근 이동통신분야의 발전에 따라 이와 관련된 전자 부품의 소형화, 경량화 등이 요구되고 있다. 450[kHz] 부근에서 동작주파수를 갖는 압전세라믹 공진자와 필터는 기존의 압전세라믹스의 윤곽진동을 이용하는 것보다 길이진동을 이용하는 것이 소자의 크기를 1/3이하로 작게할 수 있으므로 소형화와 경량화의 장점이 있다.²⁾

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.³⁾

* 제주대학교 대학원

Graduate School, Cheju Nat'l Univ.

** 제주대학교 전기공학과, 산업기술연구소

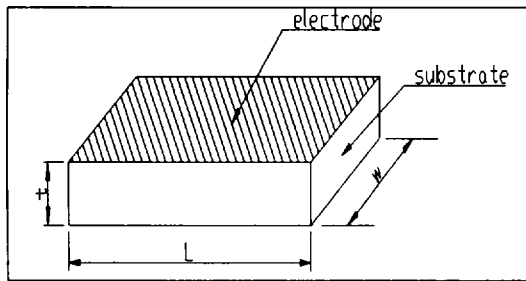
Dept. of Electrical Eng., Res. Inst. Ind. Tech., Cheju Nat'l Univ.

본 연구에서는 PZT 세라믹스에서 압전성이 가장 우수하다고 알려진 상경계 영역과 그 부근 영역의 조성파와 온도안정성의 관계를 조사하고자 한다.⁴⁾ $Pb(Zr_xTi_{1-x})O_3 + y [wt\%] Cr_2O_3$ 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 길이진동의 공진주파수에 대한 온도계수, 전기기계결합계수 등의 값을 구하여 비교·분석하고자 한다.

II. 실험

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.



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

Fig. 1 The aspect of the standard specimen of piezoelectric ceramic resonators for the length extensional vibration according to EMAS-6004 in Japan

1차 열처리는 850[°C]에서 2시간 유지하고 1차 열처리가 끝난 시료를 분쇄·건조 후 조립한 다음 1[ton/cm²]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 열

처리가 끝난 시편은 EMAS-6004규격⁵⁾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 Fig. 1에, 시편의 제작과정은 Fig. 2에 나타내었다.

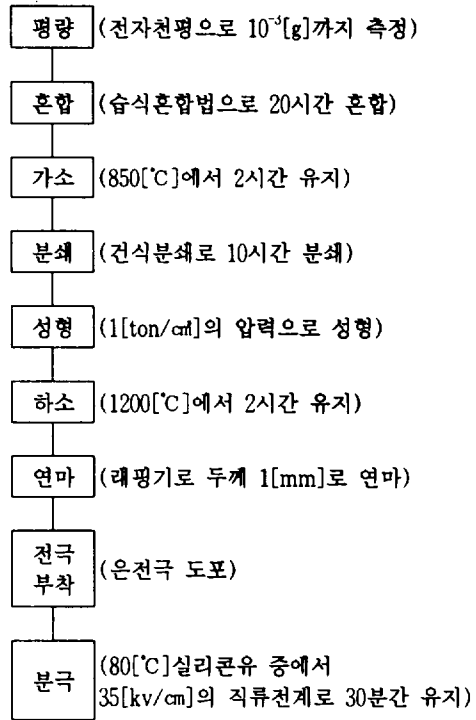


Fig. 2 Fabrication process of piezoelectric ceramics

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/cm³] 이상이었고 각 시편의 관계는 Table 1에 나타내었다.

Table 1 The symbol signs of the specimens according to composition ratios and Cr₂O₃ addition

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

III. 결과 및 고찰

3.1. 비유전율의 변화

Fig. 3에 분극 전·후의 비유전율의 변화를 나타내었다. Cr₂O₃이 첨가되지 않은 시편에서는 B1, B2가 분극 후 비유전율이 감소하였으나 B3에서는 증가하였다. Cr₂O₃첨가된 시편에서는 D1이 분극 후 감소하였으나 D2, D3는 증가한 것을 알 수 있었다. 특히, Cr₂O₃이 첨가된 D2의 53/47조성에서 분극 후 비유전율이 가장 높았다.

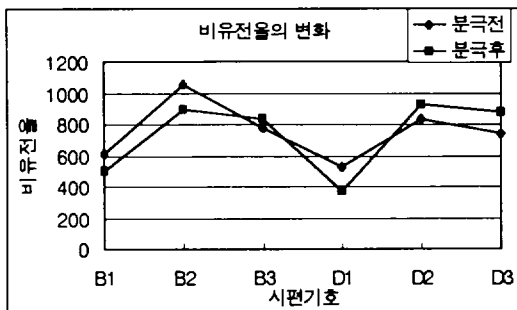


Fig. 3 Changes of relative dielectric constants of the specimens according to composition ratio and Cr₂O₃ addition before and after electric poling

3.2. 열에이징전후의 전기기계결합계수

Fig. 4에 열에이징 처리 전·후 시편의 길이진동에 대한 전기기계결합계수의 변화를 나타내었다. 열에이징 처리에 의해 시편의 길이진동에 대한 전기기계결합계수가 전기쌍극자의 소극으로 인해 감소하였고 Cr₂O₃이 첨가된 D2시편이 가장 좋았다.

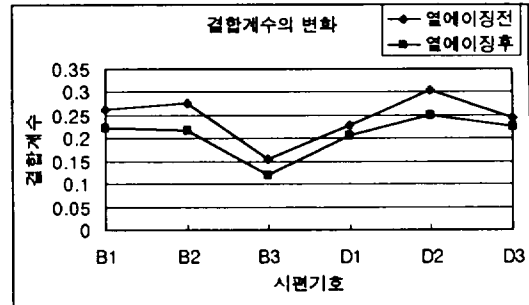


Fig. 4 Changes of electro-mechanical coupling factors for length extensional vibration of the specimens according to composition ratios and Cr₂O₃ addition before and after thermal aging

3.3. 온도 변화에 따른 열에이징 전·후에 있어서 공진주파수의 변화에 대한 상대적인 비교

Fig. 5는 30°C일때의 공진주파수를 기준으로 하여 온도변화에 따른 열에이징 전·후에 있어서 공진주파수의 변화를 상대적 비로 나타낸 것이다. Cr₂O₃를 첨가하지 않은 시편에서는 B1시편이 공진주파수의 변화가 거의 없었던 반면 B2, B3시편은 오히려 열에이징처리 후에 공진주파수의 변화가 더 심한 것으로 나타났다. Cr₂O₃를 첨가한 시편에서는 D1시편의 공진주파수의 변화가 심한 반면 D2, D3시편에서는 공진주파수의 변화가 거의 없었고, 특히 열에이징처리 후의 D2시편은 우수한 온도안정성을 보였다.

3.4. 열에이징 처리 전·후에 온도계수의 변화 비교

Fig. 6에 열에이징 전·후에 온도계수의 변화를 Cr₂O₃첨가 전과 후로 나누어 비교하였다. 열에이징 처리후에는 Cr₂O₃를 첨가하지 않은 56/44조성이 온도계수가 낮았고 53/47, 50/50조성은 더 높았다. Cr₂O₃

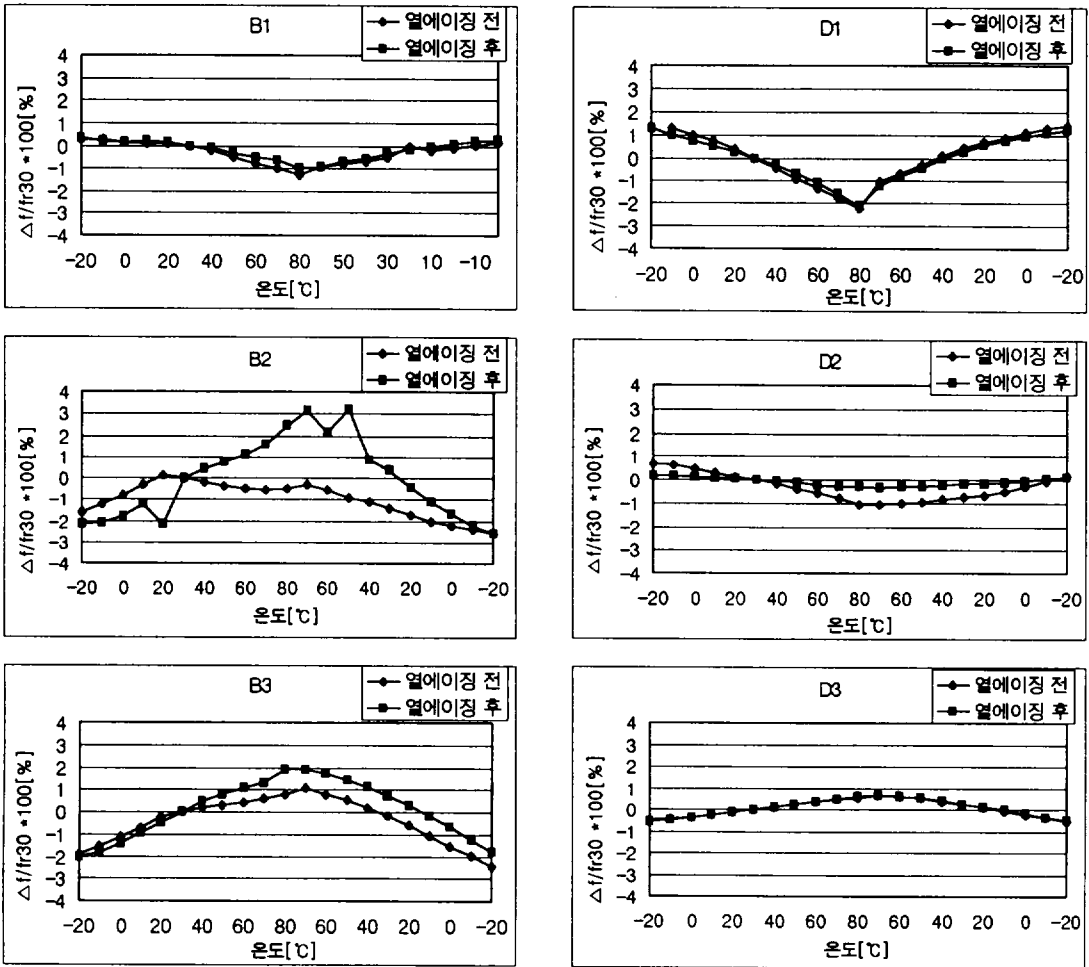


Fig. 5 Changes of resonant frequency of the specimens according to temperature changes before and after thermal aging

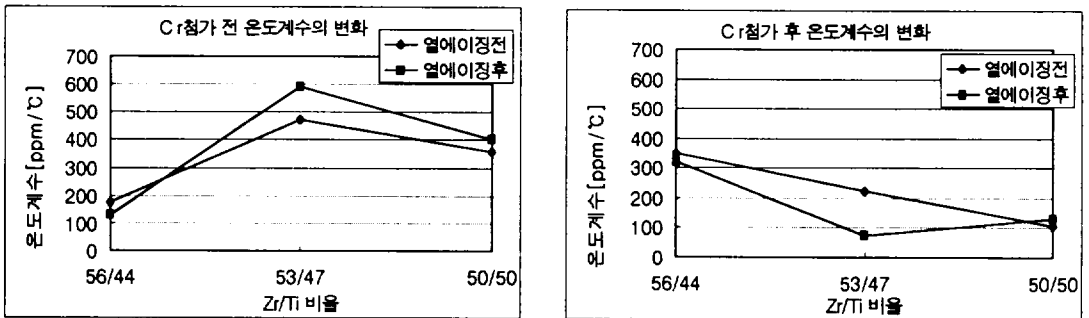


Fig. 6 Changes of temperature coefficients for resonant frequency of the specimens before and after thermal aging

를 첨가한 53/47, 50/50조성은 열에이징 처리후의 공진주파수에 대한 온도계수가 낮았다.

3.5. Cr₂O₃첨가 전·후에 온도계수의 변화 비교

Fig. 7에 Cr₂O₃첨가 전·후에 온도계수의 변화를 열에이징 전과 후로 나누어 비교하였다. Cr₂O₃첨가전의 56/44조성이 공진주파수에 대한 온도계수가 낮았고 53/47, 50/50조성은 온도계수가 높게 나타났다. Cr₂O₃첨가 후에는 56/44조성의 온도계수가 높아진 반면 53/47, 50/50조성의 온도계수가 낮아져 Cr₂O₃첨가 전과는 상반된 결과를 보였다.

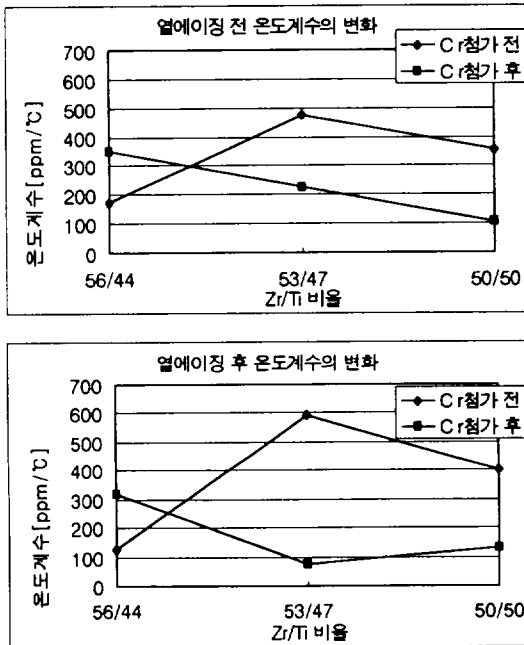


Fig. 7 Changes of temperature coefficients for resonant frequency of the specimens according to Cr₂O₃ addition

IV. 결 론

Pb(Zr_xTi_{1-x})O₃ + y[wt%] Cr₂O₃에서 x = 0.56,

0.53, 0.50 즉, Zr/Ti비가 56/44(능면체정계), 53/47(상경계), 50/50(정방정계)이고 y = 0, 0.3[wt%]으로 한 세라믹스 기판을 제작하고 길이진동에 대한 온도안정성의 변화를 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) Cr₂O₃이 첨가된 53/47조성에서 분극 후 비유전율이 가장 높았다.
- (2) 열에이징 처리 후 전기쌍극자의 소극으로 인해 전기기계결합계수가 감소하였고 Cr₂O₃가 첨가된 53/47조성에서 전기기계결합계수가 가장 크게 나타났다.
- (3) 상경계와 정방정계 조성의 시편에서만 Cr₂O₃의 첨가가 공진주파수에 대한 온도계수를 낮추었다. 반면에 능면체정계에서는 Cr₂O₃ 첨가가 공진주파수에 대한 온도계수를 증가시켰다.
- (4) 능면체정계 조성과 Cr₂O₃가 첨가된 상경계 조성에서만 열에이징 처리에 의해 온도계수가 낮아졌다.
- (5) 온도계수가 능면체정계에서는 온도가 증가함에 따라 감소하였고, 정방정계에서는 온도가 증가함에 따라 증가하였다.

참고문헌

- 1) B. Jaffe, W. R. Cook and H. Jaffe, 1971, *Piezoelectric Ceramics*, Academic Press, pp.1-21.
- 2) 塩崎忠 外, 1987, 新·壓電材料の製造と應用, CMC, pp.150-163.
- 3) 이개명, 1997, 압전 세라믹스 주파수 소자의 소개와 개발 동향, 전기전자재료학회논문지, Vol.10, No.2, pp.172~178.
- 4) Don A. Berlincourt, Chagrin Falls, and Frederick T. Brunarski, 1960, Polarization of Titanate ceramics, U.S. Patent 2,928,163
- 5) 일본전자재료공업회, 昭和57, EMAS-6004