

PMS-PZT 계의 3단자형 필터 특성에 관한 연구

박기엽* 송준태**

A Study on Characteristics of dot-ring type Filter of PMS-PZT

G.Y. Park* J.T. Song**

* Pusan Junior College **Sung Kyun Kwan Univ.

ABSTRACT

The piezoelectric ceramics of PMS-PZT was made in the radial mode disk. As the results, in the application of filter required conditions: that is, higher-values for piezoelectric properties(K_p , Q_m) and lower-values for stabilities of F_r (temp. coefficient, aging rate). 5PMS-51PT-44PZ composition statified well.

This composition was made in the dot-ring type. As the results, with increasing n^2 both Q_m and S had high values, decreasing n^2 both K_p and BW had low values when the diameter of sintered bodies were constant. Therefore, curve of filter characteristic have sharpened with increasing n^2 and BW broadened with decreasing n^2 .

1 서론

압전 세라믹은 전압과 같이 전기적 에너지에 관계되는 양을 압력이나 진동과 같이 기계적 에너지에 관계되는 양으로, 또는 기계적 에너지를 전기적 에너지로 상호 변환시키는 성질을 가지고 있는 변환기로서 진동 형태나 형상에 따라 통신기, 초음파기, 음향기 등 광범위하게 이용된다.

1960년 Smolensky등⁽¹⁾이 PZT에 페로브스카이트형 복합산화물을 첨가한 3성분계 PZT를 보고 한 이후, 소결이 용이하고, 밀도가 높고 압전 특성이 우수한 압전 세라믹에 대한 연구가 활발하다. 특히 필터용 재료로 응용시, 에너지 변환의 관점에서 K_p , Q_m 및 F_r 의 온도계수와 경시변화가 적어야 한다.

따라서, 본 실험에서는 압전 세라믹이 필터용 재료로 응용시 요구되는 큰 압전 특성 (K_p , Q_m)과 F_r 의 안정도가 매우 좋은 3성분계 $5Pb(Mn_{1/3} Sb_{2/3})O_3 - (95-X)PbTiO_3 - XPbZrO_3$ 계 압전 세라믹의 상계 조성 부근의 소결 특성, 유전 특성, 압전 특성, F_r 의 안정도, dot-ring 형 필터에서 시료의 직경이 일정 할 때 출.입력 용량비(n^2)에 대한 필터 특성을 고찰하였다.

2 실험

시편의 제조를 위하여 조성식은 $XPb(Mn_{1/3} Sb_{2/3})O_3 - YPbTiO_3 - ZPbZrO_3$ 계에서 X는 5(mol%)로 일정하고 Y는 54

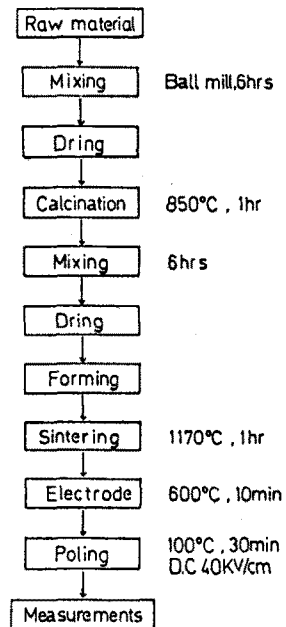


Fig. 1. Flow diagram of process sequence.

- 45(mol%), Z는 41 - 50(mol%) 범위에서 간격을 3(mol%)씩 일정하게 하였다. 여기에 소결시 PbO 의 휘발양을 보상하고, 전기적 특성을 높이기 위해 기본 조성에 3wt% 만큼 PbO 를 과잉 첨가 하였다.²⁾ 시편의 제조공정은 그림 1과 같다.

알코올을 혼합매체로 하여 6시간 동안 혼합 및 분쇄 하였다. 잘 혼합된 분말을 850°C에서 1시간 하소하였다. 하소한 분말을 직경 16mm의 스테인레스제의 성형기에 넣고 유입기로 1t/cm²의 압력을 가하여 성형 하였다. 성형된 시료의 직경은 16mm, 두께는 1.2mm인 원판형이었다.

성형된 시료를 1170°C에서 1시간 소결 하였다. 소결된 시편을 직경을 13mm, 두께를 0.7mm로 연마하여 전면전극과 dot-ring 전극을 스크린 인쇄법으로 부착 하였다. 분극처리 는 100°C SiC- 오일 속에 넣고 40KV/cm의 직류전계를 30분 동안 인가하여 IRE-standard에 의한 전류공진법³⁾으로 측정 하였다.

3 결과 및 고찰

1. 소결특성

그림2는 PZ량에 대한 소결밀도와 수축율을 나타낸 것이다. PZ량이 41-50(mol%)로 증가할 수록 밀도와 수축률은 커졌고, 증가율은 상경계 부근인 47-50(mol%)에서 가장 크다. 이러한 현상은 고온에서 입자를 성장 시키면 정방정계에서 삼방정계쪽으로 갈 수록 입자의 크기가 적어지므로 PZ량이 증가할 수록 밀도와 수축률은 커진다.

2. 유전특성

그림3은 온도에 대한 유전상수의 변화와 각 조성의 큐리온도 T_c 를 나타낸 것이다. 시편에 열을 가하면 유전상수는 서서히 증가 하며, T_c 부근에서 급격히 증가하다가 감소하는 변곡점을 갖는다. PZ량이 41-50(mol%)로 증가할 수록 T_c 는 감소한다. 즉 PZ량과 T_c 는 반비례하고, 정방정계보다 삼방정계쪽이 T_c 가 높다. 본 조성에서 T_c 는 300-400°C 사이에 존재하므로 필터로 응용시 온도에 대한 영향은 없을 것으로 사료된다.

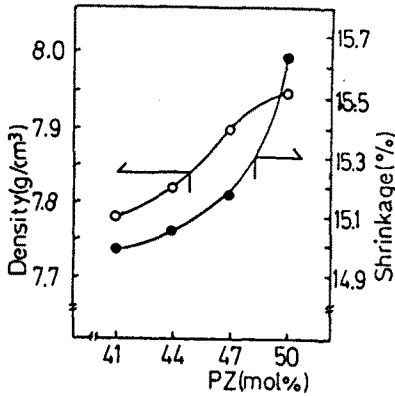


Fig. 2. Density, Shrinkage vs $PbZrO_3$

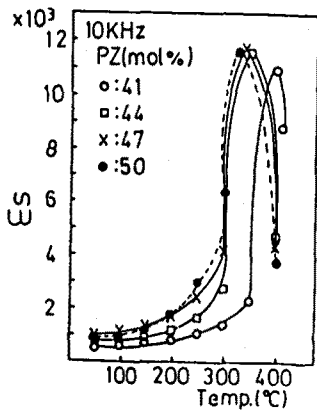


Fig. 3. Variation of ϵ_s , Curie temperature vs $PbZrO_3$

3. 압전특성

그림4는 PZ량에 대한 전기기계결합계수 K_p 와 기계적 품질계수 Q_m 을 나타낸 것이다. K_p 는 PZ량이 41-47(mol%)로 증가할 수록 커졌고, 47-50(mol%)로 증가할 수록 감소하였

다. 이는 유전상수와 비슷한 경향을 나타낸다. PZ량이 47(mol%)에서 K_p 는 52(%)로 최대이며, Q_m 은 K_p 와 반대로, 47(mol%)를 중심으로 하여 PZ량이 증가하거나 감소할 수록 커졌다. 이는 Q_m 은 정전용량C에 반비례하므로, C가 가장 큰 조성에서 Q_m 이 가장 작게 나타난다.⁴⁾

대부분 Q_m 은 2000 이상의 값을 유지하므로 전기진동이나 기계진동으로 변환할 때 내부에서 소비되는 에너지가 작다는 것을 알 수 있다. K_p 는 대역폭과, Q_m 은 선택도의 감쇠량에 관계가 있으므로 각각 클수록 좋다.

4. 공진주파수와 Fr의 안정도

그림5는 각 조성에 대한 Fr의 온도계수를 나타낸 것이다. 여기서 온도계수⁵⁾는 $[(Fr(20) - Fr(T)) / Fr(20)] \times [1/(20-T)] \times 10^6$ (ppm/°C) 이다. 여기서 $Fr(20)$: 20°C에서의 Fr, $Fr(T)$: 임의의 온도에서의 Fr이다. PZ량이 41과 50(mol%)에서는 온도계수의 변화율이 크다. 44와 47(mol%)에서는 비교적 작다. PZ량이 44(mol%)일때 실온에서 80°C까지의 온도계수는 21-39(ppm/°C)이고, 온도변화율은 0.3(%)로 온도의존성이 가장 적다. 본 조성에서는 정방정계보다 삼방정계의 온도의존성이 크게 나타났다.

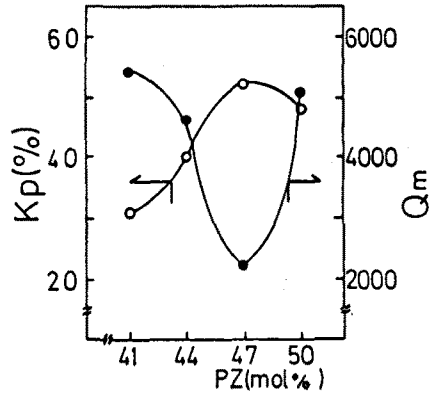


Fig. 4. K_p , Q_m vs $PbZrO_3$

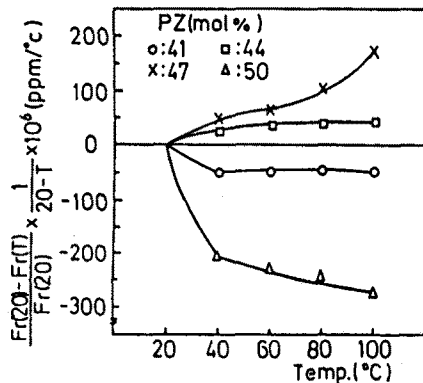


Fig. 5. Temperature coefficient of Fr vs $PbZrO_3$

그림6은 각 조성의 시간에 대한 Fr의 경시변화 (또는 시효율)를 나타낸 것이다. 여기서 시효율(aging rate: AR)^①은 $[\phi(t)-\phi(1)]/\phi(1) = (AR) \cdot \log[t/t(1)]$ 이다. 단 $\phi(1)$:분극처리 후 1일의 Fr, $\phi(t)$:분극처리 후 t일의 Fr, $t(1)$:분극처리 후 1일을 표시, t:분극처리 후의 경과일 수이다. 측정법은 2ⁿ(n=1,2,3,----)을 기준으로 하고, 단위는(%/decade)로 나타낸다. PZ량이 44(mol%)일 때 약 -1.0(%/decade)로서 시간에 대한 의존성이 가장 적은 편이다

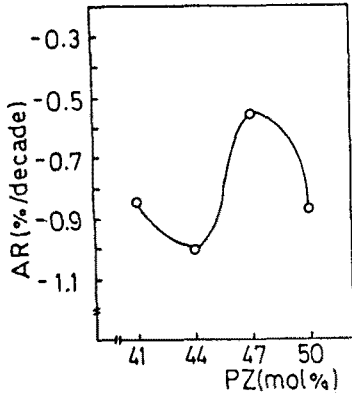


Fig. 6. Aging rates of Fr vs PbZrO₃

5.3단자형 필터특성

그림7은 압전특성과 Fr의 안정도가 가장 좋다고 사료되는 5PMS-51PT-44PZ 조성을 3단자형 필터의 시료로 제작한 구조이며, 시료의 직경은 13mm, dot형의 입력 전극 직경은 각각 4, 6, 8mm이고, dot(입력)과 ring(출력) 사이의 간격은 1mm인 ring형이다.

표1은 이러한 3단자형 필터의 입출력 특성을 나타낸 것이다. 여기서 NO. 1, 2, 3은 입력직경이 4, 6, 8mm이고 첨자 i, o, b는 각각 입력, 출력, 베이스이다.

그림8은 전극용량비에 대한 필터 특성 곡선으로서 하부전극이 일정하고 상부전극의 입력직경이 각각 4, 6, 8mm일 때 n²에 대한 중심주파수 Fo, 통과대역폭 BW, 선택도 S를 나타낸 것이다. n²이 클수록 Fo와 S는 직선적으로 증가하고, 작을수록 BW가 직선적으로 증가함을 알 수 있다. 즉 n²은 Fo와 S에 비례하나 BW에 반비례한다. 이는 입력공진자의 면적이 작을수록 정전용량이 감소하므로 Fr과 Qm은 커지고, Fa와 Kp는 적어진다. 그리고 이 특성들이 출력공진자의 특성에는 큰 영향을 받지 않으나 상호 복합적으로 작용하여 필터특성 곡선이 형성된다.

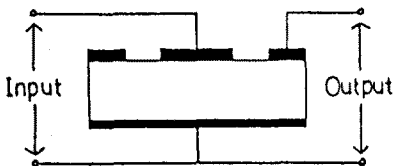


Fig. 7. Structure of dot-ring type.

Table. 1. Input and output characteristics of dot-ring type.

NO.	1	2	3	
변역	Ai	12.56	28.27	50.20
	Ao	104.45	82.46	54.19
변역비	Ai/Ab	0.09	0.21	0.37
	Ao/Ab	0.78	0.62	0.4
용가정수치	R(Ω)	33	14	9
	L(mH)	65.5	20.4	0.8
	C(pF)	9.8	32.4	68.0
	C ₀₁ (nF)	0.19	0.357	0.571
	C ₀₂ (nF)	0.17	0.27	0.35
C ₀₂ (nF)	1.23	0.98	0.77	
변성비	n ²	6.47	2.74	1.34
공진주파수 (kHz)	Fr _i	107.85	105.58	103.37
	Fr _o	194.71	193.58	201.82
반공진주파수 (kHz)	F _{xi}	202.02	204.25	204.71
	F _{xo}	203.17	204.62	204.91
변기계진분계수	K _{pi} (%)	25	32	37
기계진 품질계수	Q _{mi}	2409	1793	1320
중심주파수	F _o (kHz)	198.4	197.01	196.13
통과대역폭	BW(kHz)	3.2	5.27	8.8
선택도	S=Fo/BW	62	37.38	22.28

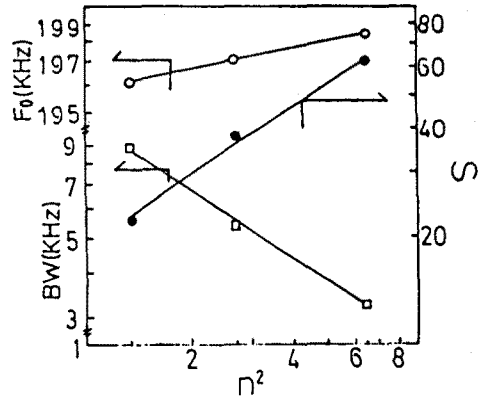


Fig. 8. Fo, BW and S vs n².

4 결론

3성분계 5Pb(Mn_{1/3}Sb_{2/3})O₃-XPbTiO₃-YPbZrO₃계 압전세라믹의 소결체와 3단자형 필터를 제작하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 큐리온도는 모두 300-400°C 사이에 존재하므로, 필터로 사용시 사용온도에 대한 영향은 거의 없을 것으로 사료된다.
- 2) X=51 Y=44(mol%) 조성에서 필터용 재료로 요구되는 Kp와 Qm 값이 각각 40(%), 4600으로 상당히 큰 값이었다.
- 3) Fr의 온도계수(20-80°C)는 21-39(ppm/°C)이고 경시변화는 -0.1(%/decade)로 비교적 안정하였다.
- 4) 3단자형 필터특성은 시료의 직경이 일정할 때, n²이 클

수축 Q_m 과 감쇠량은 커졌고, K_p 와 BW 는 작아졌다. 또 n^2 이 작을수록 K_p 와 BW 는 증가하고, Q_m 과 감쇠량은 작아졌다. 따라서 n^2 이 클수록 필터특성 곡선은 예리해지고 작을수록 통과대역폭이 넓어졌다. 즉 n^2 과 감쇠량은 비례하나 통과대역폭에는 반비례함을 알 수 있다.

REFERENCE

1. G.A.Smolensky, A.I.Agranovskaya, Soviet Phys.Solid State, 1, 10, pp.1429-1437(1960)
2. A .I.Kington, J.B.Clark, J. Am. Ceram. Soc., Vol. 66, pp. 253-256 (1983)
3. 豊崎忠, 學獻社, 東京, pp.177-178(1985)
4. 一願昇, TMP. エレクトロニク セラミックス(匠電特集號), 2, pp.60-62(1971)
5. Nippon Electric Piezo-Electric Ceramics, pp.114-116 (1972)
6. Ibid. pp.115-116