

PMN-PZT세라믹스의 Zr/Ti 변화에 따른 유전, 압전 특성

Dielectric and Piezoelectric Characteristics with Zr/Ti ratio in PMN-PZT Ceramics

이정선*, 황상모*, 윤광희*, 류주현*, 이용우** 이수호***

(J. S. Lee, S. M. Hwang, K. H. Yoon, J. H. Yoo, Y. W. Lee, S. H. Lee)

Abstract

The dielectric and piezoelectric properties of $Pb(Mn_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ - $Pb(Zr,Ti)O_3$ ceramics were investigated as a function of Zr/Ti ratio. Curie temperature was increased with the increase of Ti amount. At the Zr/Ti ratio of 0.495/0.505, dielectric constant and electromechanical coupling factor(kp) showed the maximum value of 1159 and 0.523 respectively.

key words: piezoelectric, mechanical quality factor, dielectric constant

1. 서론

최근 들어, 핸드폰의 수요가 폭발적으로 급증함에 따라 국내에서 이 제품에 소요되는 핵심 부품개발이 활발히 이루어지고 있다. 핵심 부품 중에 IF 필터도 점점 종래의 10.7MHz보다도 높은 고주파화가 요구되고 있다. 이들은 주파수가 높기 때문에 두께진동모드를 이용해야 한다.

고주파 소자가 갖추어야 할 조건은 두께방향의 전기기계결합계수 k_t 가 커야 하고, 고주파에서 손실이 작고 선택도를 높이기 위해 기계적품질계수 Q_m 이 커야 한다. 또한 두께진동모드를 이용해야 하므로 두께가 얇아짐에 따라 가공을 용이하게 하기 위하여, 고밀도, 고강도의 특성을 가져야 한다. 또한, 필터가 점점 Lead타입에서, SMD 타입화로 됨에 따라 두께와 사이즈가 감소됨에 따라 soldering이 진행되

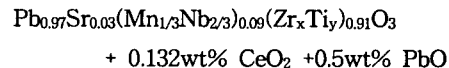
는 동안 상당히 높은 온도로 노출되므로 열적인 충격에서 공진주파수가 일정한 세라믹 조성이 되어야 한다. 따라서 공진주파수의 온도계수가 ± 20 [ppm/°C] 이내인 것이 중요하다.[1-3]

Takshashi 등에 의해 처음 보고된바 있는 $Pb(Mn_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ - $Pb(Zr,Ti)O_3$ 3성분계는 적당한 전기기계결합계수(kp) 및 매우 높은 기계적 품질계수(Q_m)를 가지므로, 본 연구에서는 $Pb(Mn_{1/3}Nb_{2/3})O_3$

- $Pb(Zr,Ti)O_3$ 계 세라믹스에 Pb자리에 Sr을 치환시키고 CeO_2 를 첨가하여 시편을 제작하였다. 본 실험에서는 세라믹 필터용 조성으로서의 응용가능성을 고찰하고자, 1단계로서 제조된 세라믹스에 대하여 기본적인 결정구조, 유전 및 압전 특성 등을 분석하고자 한다.

2. 실험

본 실험에서 사용된 조성식은 다음과 같다.



여기서, $x = 0.525 - 0.475$, $y = 0.475 - 0.525$ 까지 변형시켰다. 표 1에 시편의 조성에 따른 번호를 나타

* 세명대학교 전기공학과
(제천시 신월동 세명대학교,
Fax: 043-648-0868
E-mail : juhyun57@venus.semyung.ac.kr)
** 우진산전(주)
*** 경북대학교 전기전자공학부

내었다. 조성에 따른 시료는 알루미나 도가니로 850 [°C]에서 2시간 유지하여 하소하였고, 1225[°C]에서 2 시간 동안 소결하였다. 시편들은 특성 측정을 위해 두께를 1[mm]로 하여 전극처리를 한 다음 120[°C] 실리콘유속에서 30[kV/cm]의 전계를 인가하여 분극 처리하였고 24시간 경과한 후 제특성을 측정하였다.

미세구조는 시편의 표면을 주사전자 현미경(SEM)으로 관찰하였으며, 시편의 큐리온도는 20~400[°C]의 온도 범위에서 LCR meter(ANDO AG-4304)로 1[kHz]에서 정전용량 변화로 측정하였다. 압전 특성을 조사하기 위하여 전기기계결합계수 및 기계적 품질계수 등은 Impedance Analyzer(HP4194A)로 공진 및 반공진 주파수를 측정하여 산출하였다.

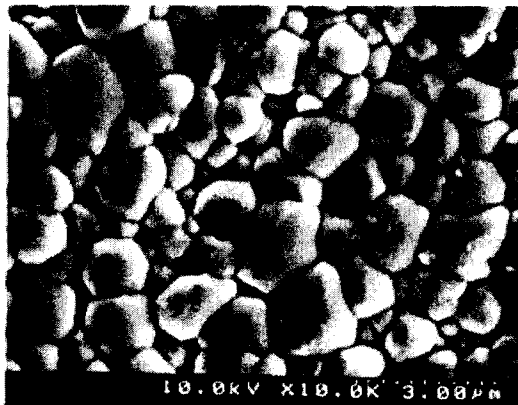
표 1 PMN-PZT 세라믹스

Table 1 PMN-PZT ceramics

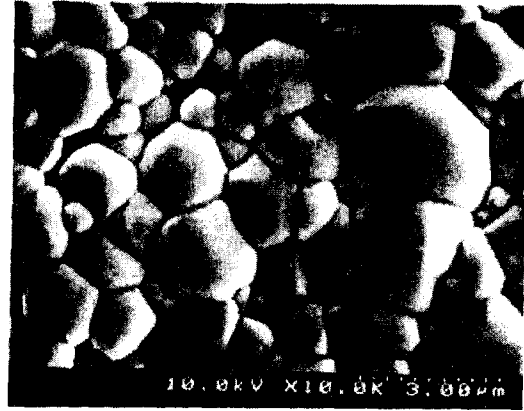
Sample No.	Composition
S1	x=0.525, y=0.475
S2	x=0.515, y=0.485
S3	x=0.505, y=0.495
S4	x=0.495, y=0.505
S5	x=0.485, y=0.515
S6	x=0.475, y=0.525

3. 결과 및 고찰

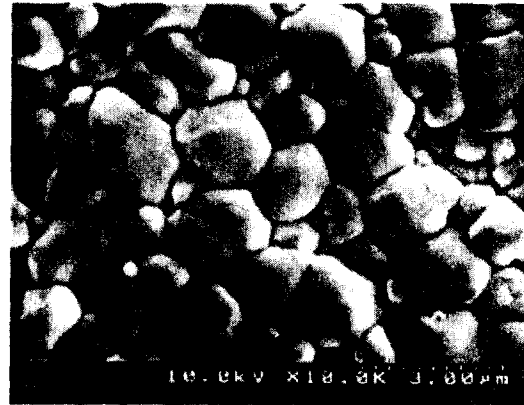
그림 1은 Zr/Ti 비에 따른 미세구조(SEM) 변화를 나타낸 것이다. 미세구조를 관찰한 결과, Zr/Ti 비에 변화에 따라 그레인 사이즈는 큰 변화를 보이지 않음을 알 수 있었다.



(a) S1



(b) S3



(c) S5

그림 1 Zr/Ti 비에 따른 미세구조(SEM)

Fig. 1 Micro-structure with Zr/Ti ratio

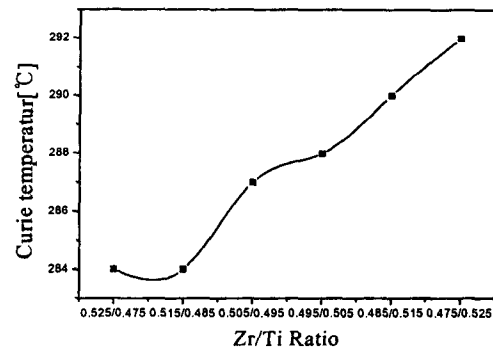


그림 2 Zr/Ti 비에 따른 큐리온도

Fig. 2 Curie temperature with Zr/Ti ratio

그림 2는 Zr/Ti 비에 따른 큐리온도를 나타낸 것

이다. Zr/Ti 비율이 감소함에 따라 즉, Ti 비율이 증가됨에 따라 큐리온도는 미소하지만 약간씩 증가하였다.

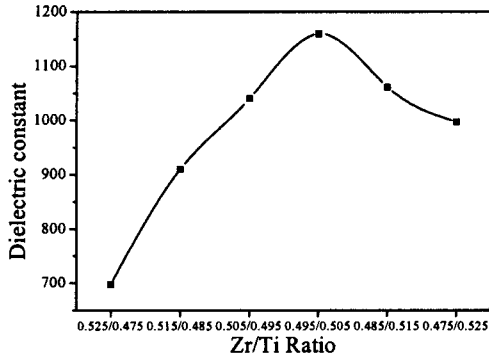


그림 3 Zr/Ti 비에 따른 유전상수
Fig. 3 Dielectric constant with Zr/Ti ratio

그림 3은 Zr/Ti 비에 따른 유전상수를 나타낸 것이다. 유전상수는 일반적으로 정방정계와 삼방정계의 상경계 부근에서 가장 크게 증가하면서 이 MPB(morphotropic phase boundary)에서 압전 d 상수 및 전기기계결합계수가 최대로 된다.

Zr/Ti=0.495/0.505 일 때 유전상수가 1159로 가장 큰 값을 나타내었다.

표 2 Zr/Ti 비에 따른 시편의 물성 및 압전 특성
Table 2 Physical and piezoelectric characteristics with Zr/Ti ratio

	k_p	Q_m	Dielectric constant	Density [g/cm ³]	Grain size(μm)
S1	0.476	1495	698	7.67	1.3
S2	0.500	1353	910	7.73	2.2
S3	0.519	1403	1040	7.69	1.0
S4	0.523	1261	1159	7.65	1.0
S5	0.487	1123	1061	8.16	1.2
S6	0.475	1396	997	7.58	1.4

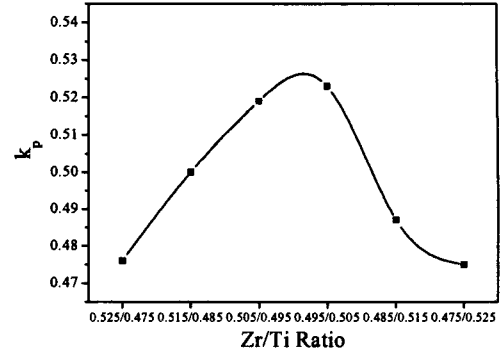


그림 4 Zr/Ti 비에 따른 전기기계결합계수(k_p)
Fig. 4 Electro-mechanical coupling factor with Zr/Ti ratio

그림 4는 Zr/Ti 비에 따른 전기기계결합계수(k_p)를 나타낸 것이다. Zr/Ti=0.495/0.505에서 역시 최대 값을 보였으며, 이는 이 부분이 MPB영역임을 증명해주는 것으로 생각된다.

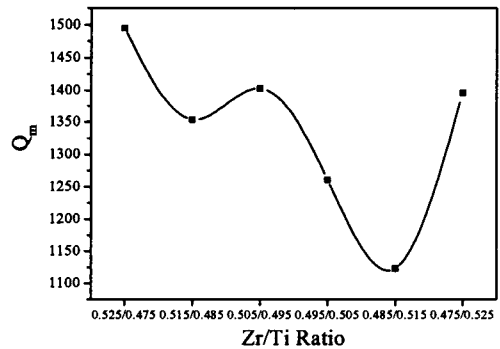


그림 5 Zr/Ti 비에 따른 기계적 품질계수(Q_m)
Fig. 5 Mechanical quality factor with Zr/Ti ratio

그림 5는 Zr/Ti 비에 따른 기계적 품질계수(Q_m)는 Zr/Ti=0.485/0.515일 때에 최소를 보였으며, 이는 전기기계결합계수와 유전상수가 최대가 되는 부분과 정확히 일치하지는 않았다. 본 연구에서는 세라믹필터에 응용을 목표로 일 단계로 조성의 기초적인 특성만 파악하였다. 연이어 다음 발표에는 두계진동모드로 시편을 동작시켜 이 모드에서의 제반 특성을 조사하고자 한다.

4. 결 론

본 연구에서는 $Pb_{0.97} Sr_{0.03} (Mn_{1/3} Nb_{2/3})_{0.09} (Zr_x Ti_y)_{0.91} O_3 + 0.132wt\% CeO_2 + 0.5wt\% PbO$ 세라믹 스에를 제작하여, 미세구조, 유전 및 압전 특성을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Zr/Ti 비에 변화에 따라 그래인 사이즈는 1~2 [μm]로 큰 변화를 보이지 않음을 알 수 있었다.
2. Zr/Ti=0.495/0.505일 때 유전상수가 1159, k_p 가 0.523으로 가장 큰 값을 나타내었다.
3. Zr/Ti 비에 따른 기계적 품질계수(Q_m)는 Zr/Ti=0.485/0.515일 때에 최소를 보였다.

감사의 글

This work was supported by Korea Research Foundation (Grant, No KRF-2000-042-E00023)

참고문헌

- [1] K. Takahashi, M. Nishida and H. Hase, "Effect of Y and Mn Doping in $Pb(Zr,Ti)O_3$ Piezoelectric Ceramics on the Resonant Frequency and Capacitance Changes and Aging by Thermal Shock Tests", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 37 pp. 5285-5287, 1998.
- [2] K. Nejezchleb, "Composition and temperature dependence of resonant frequency of $PbTiO_3$ - $PbZrO_3$ ceramics with addition of Cr_2O_3 ", Ferroelectrics, Vol. 26, pp. 779-782, 1980.
- [3] H. Thomann, "Stabilization effects in piezoelectric lead titanate zirconate ceramics", Ferroelectrics, Vol. 4, pp. 141-146, 1972.