

## PFW치환에 따른 저온소결 PMN-PZT 세라믹스의 유전 및 압전 특성

이갑수, 유경진, 이현석, 류주현, 백동수\*  
 세명대학교, E2S\*

### Dielectric and Piezoelectric Characteristics of Low Temperature PMN-PZT Ceramics with the amount of PFW substitution

Kab-Soo Lee, Kyung-Jin Yoo, Hyun-Seok Lee, Ju-Hyun Yoo, Dong-Soo Paik\*  
 Semyung Univ., E2S\*

**Abstract :** In this study, in order to develop multilayer piezoelectric transformer, PMN-PZT ceramics were fabricated according to PFW substitution using  $\text{Li}_2\text{CO}_3\text{-CaCO}_3$  as sintering aids and their dielectric and piezoelectric characteristics were investigated. As increasing the amount of PFW substitution, density was slightly increased due to the increased sinterability. At the 1[mol%] PFW substituted PMN-PZT ceramic sintered at  $950[^\circ\text{C}]$ , density, dielectric constant  $\epsilon_r$ , electromechanical coupling factor  $k_p$ , mechanical quality factor  $Q_m$  and piezoelectric  $d_{33}$  constant showed the optimum value of  $7.761[\text{g}/\text{cm}^3]$ , 1251, 0.479, 1425 and  $282[\text{pC}/\text{N}]$ , respectively.

**Key Words :** multilayer piezoelectric transformer, sintering aids, electromechanical coupling factor, mechanical quality factor

#### 1. 서론

압전 변압기는 전자식 변압기에 비해서 소형화 및 경량화가 가능하며, 전자기적노이즈가 없으며, 높은 승압비를 가지는 장점 등으로 LCD-backlight의 inverter와 AC-DC converter, 안정기 등에 응용하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 최근에는 압전 변압기의 출력을 높이기 위해 적층형 압전 변압기가 연구되면서, 압전 변압기의 적층구조와 저온소결 저손실용 압전 재료의 개발에 관심이 높아지고 있다.

따라서, 본 연구에서는 저손실용 압전 재료로 많이 사용되는  $\text{Pb}(\text{Mn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$ 계 세라믹스에 높은 유전특성을 보이며, 약  $-95^\circ\text{C}$ 의 큐리온도를 가지고, 소성온도가 낮은 완화형 강유전체  $\text{Pb}(\text{Fe}_{2/3}\text{W}_{1/3})\text{O}_3$ 를 치환하고,  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ 와  $\text{CaCO}_3$ 를 소결조제로 사용하여 시편을 제작하고 그 압전 및 유전 특성을 조사하고자 한다.[1, 2].

#### 2. 실험

본 실험에서는  $\text{Pb}_{0.97}\text{Sr}_{0.03}[(\text{Fe}_{2/3}\text{W}_{1/3})_x(\text{Mn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})_{0.07}(\text{Zr}_{0.48}\text{Ti}_{0.52})_{1-0.07-x}]\text{O}_3+0.25\text{wt}\%\text{CaCO}_3+0.2\text{wt}\%\text{Li}_2\text{CO}_3$ 에서  $X=0, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05$ 로 변화시키면서 산화물 혼합법으로 시편을 제조하였다. 시편의 조성비에 따라  $10^{-4}[\text{g}]$ 까지 평량하였으며, 1차 혼합 및 1차 건조는 칭량된 원료를 지르코니아 볼( $\phi=3\text{mm}$ )을 사용하여 아세톤으로 24시간 동안 혼합분쇄 하였고, 혼합분쇄된 시료를  $80[^\circ\text{C}]$ 의 전기오븐에서 완전히 건조시켰다. 건조된 분말

은  $850[^\circ\text{C}]$ 의 온도에서 2시간 동안 하소하였다. 하소된 시료는  $\text{Li}_2\text{CO}_3\text{-CaCO}_3$ 를 소결조제로 첨가하여 24시간 동안 혼합분쇄 하여  $80[^\circ\text{C}]$ 의 전기오븐에서 건조하였다. 완전히 건조된 시료는 5[wt%]PVA 수용액을 5[wt%]첨가하여  $21[\phi]$ 의 몰더를 사용하여  $1[\text{ton}/\text{cm}^2]$ 의 압력을 가하여 성형하였다. 성형된 시편은  $900, 950[^\circ\text{C}]$ 에서 2시간 동안 소결하였다. 소결된 시편은 전기적 특성을 평가하기 위하여  $1[\text{mm}]$ 의 두께로 연마한 후 Ag 전극을 스크린 프린트법으로 부착하여  $600[^\circ\text{C}]$ 의 온도에서 10분간 열처리하여 전극을 형성시켰으며,  $120[^\circ\text{C}]$ 의 실리콘 오일 속에서  $30[\text{kV}/\text{cm}]$ 의 전계를 30분간 가하여 분극처리를 하였다. 분극된 시편은 24시간 경과 후 Impedance analyzer (Agilent 4294)를 이용하여, 주파수 및 impedance 특성을 측정하였고, LCR meter(ANDO AG 4304)를 사용하여 유전특성을 측정하였다. 시편의 압전 및 유전 특성은 IRE에서 규정에 따라 공진 반공진법을 이용하여 계산 하였으며, 시편의 미세구조 및 결정구조는 각각 SEM(Scanning Electron Microscope)과 XRD(X-Ray Diffraction)를 이용하여 관찰하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

그림 1.은 PFW치환양에 따른 밀도를 나타내었다. PFW 치환양이 증가함에 따라 모든 온도에서 밀도가 증가하는 것을 볼 수 있다. 이러한 결과는 PFW의 소성온도가 상대적으로 낮아서 소결성이 증대되기 때문이다.

그림 2.는 PFW 치환양에 따른 유전상수  $\epsilon_r$ 과 압전 $d_{33}$ 상수 값을 나타내었다. 소결온도  $950[^\circ\text{C}]$ 에서 PFW 치환양이

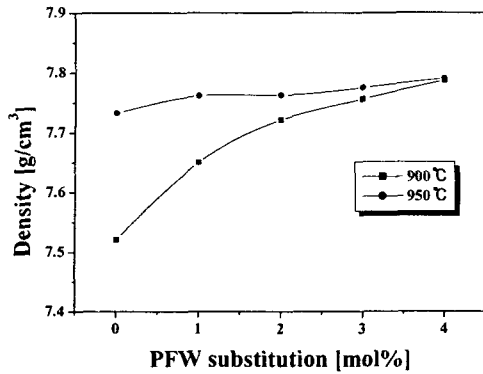


그림 1. PFW 치환양에 따른 밀도

1[mol%]일 때 유전상수 및 압전  $d_{33}$ 상수가 각각 1251, 282[pC/N]로 최대 값을 보이고 이후에 감소하는 경향을 보이며, 보다 낮은 소결온도인 900[°C]에서는 PFW의 치환 양이 3[mol%]부근에서 최적의 값을 보였다. 이러한 결과는 PFW의 치환이 소결성을 개선시키기 때문이다.

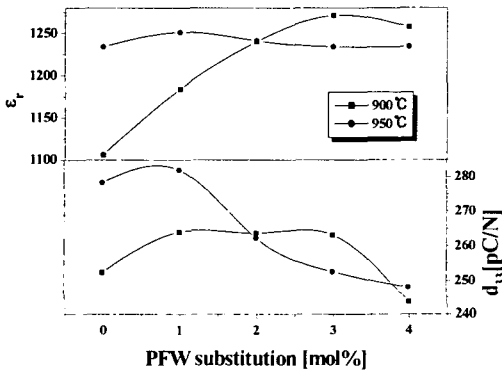


그림 2. PFW 치환양에 따른 유전상수 및 압전  $d_{33}$ 상수

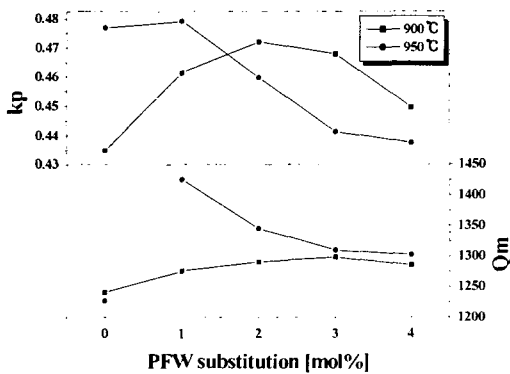


그림 3. PFW 치환양에 따른 전기기계결합계수와 기계적 품질계수

그림 3은 PFW치환양에 따른 전기기계결합계수  $k_p$ 와 기

기계적품질계수  $Q_m$ 을 나타내었다. 소결온도 950[°C]에서는 전기기계결합계수  $k_p$ 와 기계적품질계수  $Q_m$  역시 PFW치환양이 1[mol%]에서 최대 값을 보이고 이후에 감소하는 경향을 보이며, 900[°C]의 소결온도에서는  $k_p$ 와  $Q_m$ 이 유전상수 및 압전  $d_{33}$ 상수와 비슷한 경향을 나타내었다. 이러한 결과 역시 PFW치환에 따른 소결성의 증가로 인한 결과로 사료된다.

이상의 결과를 표 1.에 정리하여 나타내었다.

표 1. 시편의 물성.

Sintering temp. [°C]	PFW [mol%]	Density [g/cm³]	Dielectric constant	$k_p$	$Q_m$	$d_{33}$ [pC/N]
900	0	7.521	1106	0.435	1241	252
	1	7.650	1184	0.461	1276	264
	2	7.721	1240	0.472	1291	264
	3	7.756	1271	0.468	1299	263
	4	7.787	1257	0.450	1285	244
950	0	7.732	1234	0.477	1227	278
	1	7.761	1251	0.479	1425	282
	2	7.762	1241	0.460	1345	262
	3	7.774	1234	0.442	1310	252
	4	7.790	1234	0.438	1302	247

#### 4. 결론

본 연구에서는 적층형 압전 변압기에 적용할 저손실용 저온소결 압전 세라믹스 조성을 개발하기 위해  $Pb(Mn_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ - $Pb(Zr,Ti)O_3$ 계 세라믹스에  $Pb(Fe_{2/3}W_{1/3})O_3$ 를 치환하고,  $Li_2CO_3$ 와  $CaCO_3$ 를 소결조제로 사용하여 시편을 제작하고 그 압전 및 유전 특성을 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 모든 소결온도에서 PFW 치환양이 증가함에 따라 밀도는 증가하는 경향을 보였다.
- 소결온도 950[°C], PFW 치환양 1[mol%]에서 밀도, 유전상수, 전기기계결합계수, 기계적품질계수, 압전  $d_{33}$ 상수는 각각 7.761[g/cm³], 1251, 0.479, 1425, 282[pC/N]로 최대 값을 보이고 이후에 감소하는 경향을 보였다.

#### 감사의 글

본 연구는 2004년도 전력산업연구개발사업 (과제번호 : R-2004-0-114)으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

#### 참고 문헌

- 류주현, 이상호, 이창배, 송현선, 정광현, 정영호, 박덕원, "CaCO<sub>3</sub>첨가에 따른 저온소결 PNW-PMN-PZT의 압전 및 유전특성", J. of KIEEME(in Korean), Vol. 18, No. 3, p. 243, 2005.
- 류주현, 이창배, 이상호, 백동수, 정영호, 임인호, "저온소결 PMN-PZT 압전세라믹의 소결시간에 따른 미세구조 및 압전 특성", J. of KIEEME(in Korean), Vol. 18, No. 3, p. 237, 2005.