

PNN 치환에 따른 PMN-PZT 세라믹스의 유전 및 압전 특성

Piezoelectric and dielectric properties of PMN-PZT ceramics with PNN substitution

황상모*, 이정선*, 윤광희*, 류주현*, 정희승**

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

Abstract

In this study, piezoelectric and dielectric properties of $Pb(Mn_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ - $Pb(Zr,Ti)O_3$ ceramics were investigated with $Pb(Ni_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ substitution. As the $Pb(Ni_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ substitution was increased, dielectric constant and electromechanical coupling factor (k_p) were increased while mechanical quality factor decreased.

Key Words : piezoelectric, dielectric, $Pb(Ni_{1/3}Nb_{2/3})O_3$, substitution

1. 서론

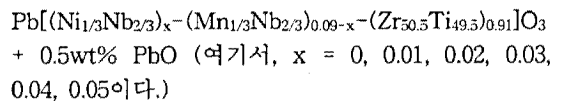
최근 들어, 압전트랜스포머가 PDA, 캠코더, 노트북등에 사용되는 LCD Back light 용 인버터에 채용이 확산됨에 따라 국내외에서 저출력급(5W급 미만)으로 연구개발이 활발히 이루어지고 있다. 또한, 이 압전트랜스포머가 형광등과 같은 방전등을 점등하기 위한 소자로서 가능성이 확인된바 있으며[1], 이 응용을 위한 연구도 괄목할만하게 진척이 이루어지고 있다. 형광등용으로는 높은 전류 및 전력에 견디는 소자개발이 필요하다. 이를 위해서, 압전트랜스포머용 조성 세라믹스는 높은 에너지 변환효율을 위해서 전기기계결합계수(k_p)가 커야 되며, 발열에 의한 온도상승을 억제하기 위하여 높은 기계적 품질계수(Q_m)[1]가 큰 것이 바람직하

다. 또한, 높은 전류를 발생하기 위해서는 유전상수가 커, 압전트랜스포머의 출력측 정전용량을 크게 하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 Takshashi 등[2]에 의해 적당한 전기기계결합계수 및 매우 높은 기계적품질계수를 갖는다고 보고된 바 있는 $PbTiO_3$ - $PbZrO_3$ - $Pb(Mn_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ 3성분계에 유전상수를 증가시키고자 큐리온도가 약 $-120[^\circ C]$ 정도인 $Pb(Ni_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ 를 치환하여 그에 따른 압전 및 유전 특성을 조사하고자 한다.

2. 실험

2.1 시편 제조

본 실험에서 사용된 조성식은 다음과 같다.



* : 세명대학교 전기공학과
(충북 제천시 신월동 산 21-1,
Fax : 043-648-0868
E-mail : sangmo9@orgio.net)
** : 주성대학

조성에 따라 시료를 10^{-4} g까지 평량하여 아세톤을 분산매로 불일에서 24시간 혼합 분쇄하였고, 건조 후 알루미늄 도가니로 850°C에서 2시간 하소하였다. 하소 후 재분쇄한 시료에 PVA(5wt% 수용액)를 첨가하여 1,200[kg/cm²]의 압력으로 성형하였고, 1250°C에서 2시간 소결하였다. 특성 측정을 위해 두께 1mm로 연마해 Ag paste를 도포하고 600°C에서 10분간 열처리하였다. 전극이 형성된 시편들은 120°C 실리콘유 속에서 30[kV/cm]의 전계를 인가하여 분극하였고, 24시간 후 제특성을 측정하였다.

2.2 특성 측정

PNN 치환에 따른 미세구조를 조사하기 위해 시편의 파단면을 주사전자현미경(SEM)으로 관찰하였다. 유전 특성을 조사하기 위해 20~300°C에서 LCR meter (ANDO AG-4304)로 1kHz에서 정전용량을 측정하여 유전상수 및 상전이 온도를 측정하였다. 압전 특성들을 조사하기 위하여 전기기계결합계수 및 기계적 품질계수 등을 IRE 규정에 따라 Impedance Analyzer(HP4194A)로 공진 및 반공진 주파수를 측정하여 산출하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 PNN 치환에 따른 전기기계결합계수(k_p)를 나타낸 것이다. PNN의 치환량이 증가할수록 전기기계결합계수는 증가하는 경향을 보이고 있다. 또한, PNN의 치환량이 5mol%에서 0.62의 아주 높은 값을 나타내었다.

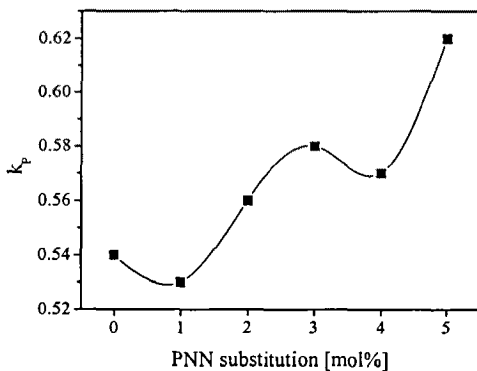


그림 1. PNN 치환에 따른 전기기계결합계수(k_p)
Fig. 1. Electromechanical coupling factor with PNN substitution

그림 2는 기계적품질계수(Q_m)를 나타낸 것이다. PNN의 치환량이 증가할수록 기계적품질계수는 증가하다 PNN의 치환량이 1mol%에서 최대값을 보이며 이후 감소하는 경향을 보이고 있다. 이 이유는 PNN이 전혀 들어가지 않을 때에는 소결온도가 증가하고 PNN이 치환됨에 따라 소결온도가 내려가기 때문이며, 그 결과 PNN 0mol%에서는 소결온도가 다소 낮아 공진저항이 증가되었기 때문이다. 2mol%이상에서 다소 기계적품질계수가 감소하고 있는 데 이는 PNN치환에 따라 유전상수가 증가하고, 그레인사이즈가 커지면서 도메인벽의 마찰손실이 증가하기 때문이다.

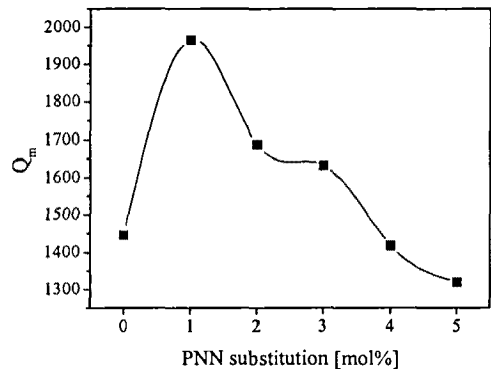


그림 2. PNN의 치환에 따른 기계적품질계수(Q_m)
Fig. 2. Mechanical quality factor with PNN substitution

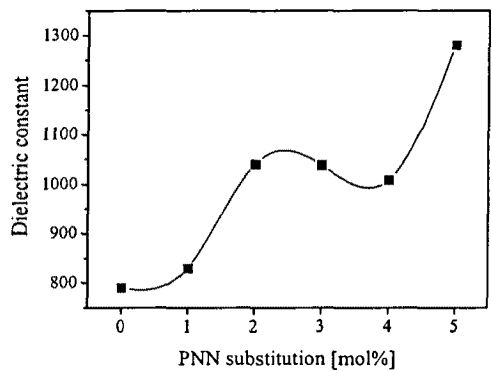
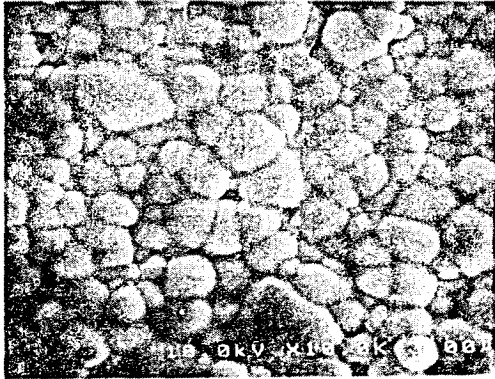


그림 3. PNN 치환에 따른 유전상수
Fig. 3. Dielectric constant with PNN substitution

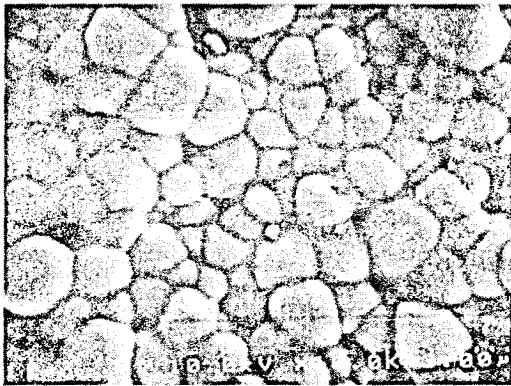
그림 3은 PNN 치환에 따른 유전상수를 나타낸 것이다. PNN 치환에 따라 유전상수는 점차 증가하였는데, 이는 Curie온도가 -120°C인 PNN의 비율이 기본 조성에서 보다 높아짐에 따른 것으로

사려된다.

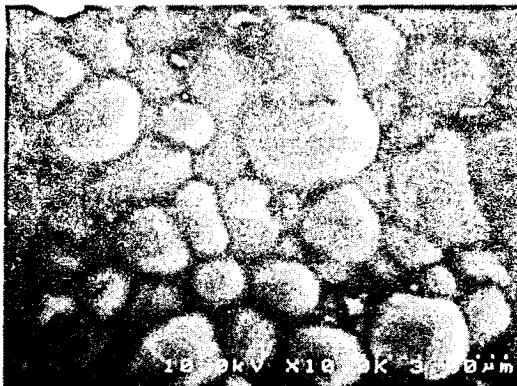
그림 4는 PNN치환에 따른 SEM사진을 나타낸 것이다. PNN치환에 따라 그레인사이즈가 뚜렷하게 증가함을 확인할 수 있다.



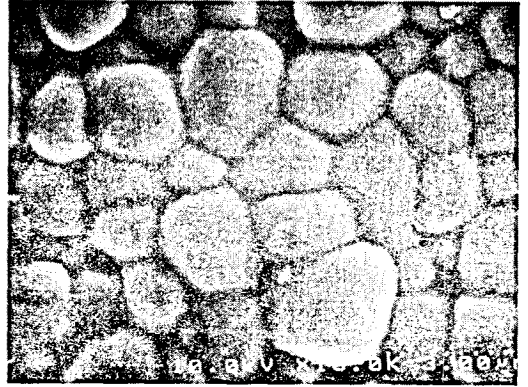
(a) PNN 0mol%



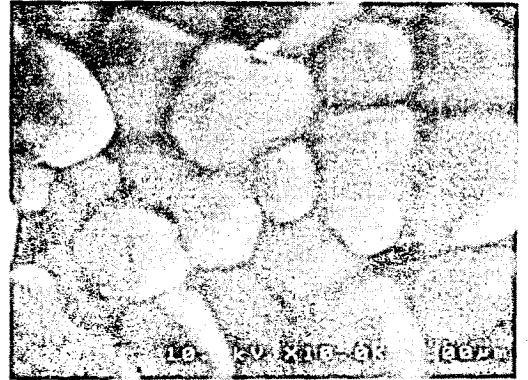
(b) PNN 1mol%



(c) PNN 2mol%



(d) PNN 3mol%



(e) PNN 4mol%



(f) PNN 5mol%

그림 4. PNN 치환에 따른 미세구조
Fig. 4. Micro-structure with PNN substitution

표 1은 측정하여 얻어진 유전 및 압전특성에 대한 결과를 요약한 것이다.

표 1. PNN-PMN-PZT 세라믹스의 유전 및 압전 특성

Table 1. Dielectric and piezoelectric properties of PNN-PMN-PZT system ceramics

PNN mol%	Density (g/cm ³)	k _p	Q _m	ε _r	Grain size (μm)
0	7.97	0.54	1445	800	1.15
1	7.86	0.53	1965	830	1.17
2	7.83	0.56	1687	1040	1.70
3	7.88	0.58	1632	1038	2.17
4	7.90	0.57	1418	1008	2.54
5	7.97	0.62	1320	1280	3.84

4. 결 론

본 연구에서는 PbTiO₃ - PbZrO₃ - Pb(Mn_{1/3}Nb_{2/3})O₃ 3성분계에 Pb(Ni_{1/3}Nb_{2/3})O₃를 치환하여 그에 따른 압전 및 유전 특성을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. PNN의 치환량이 증가할수록 전기기계결합계수는 증가하는 경향을 보이고 있다. 또한, PNN의 치환량이 5mol%에서 0.62의 아주 높은 값을 나타내었다.
2. PNN의 치환량이 증가할수록 기계적품질계수는 증가하다 PNN의 치환량이 1mol%에서 최대값을 보이며, 이후 감소하는 경향을 보였다.
3. PNN의 치환량이 증가할수록 유전상수, 그레인 사이즈가 증가하였다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단의 특정기초연구(과제번호: 1999-1-302-004-3)의 연구비로 이루어진 것이므로 이에 한국과학재단에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] Juhyun Yoo et al "Electrical Characteristics of the Contour-Vibration -Mode Piezoelectric Transformer with Ring/Dot electrode Area Ratio" Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 39 (2000)

pp.2680-2684

- [2] 田中哲郎 外, "壓電セラミックス とその應用", 電波新聞社, pp. 113~116, 1974