

Sr를 첨가한 PAN-PZT + 0.8wt%MnO₂ + 1wt%Nb₂O₅ 세라믹스의 압전 특성

Piezoelectric characteristics of PAN-PZT + 0.8wt%MnO₂ + 1wt%Nb₂O₅ ceramics doped with Sr

신혜경*, 손정준*, 임인호**, 성낙진***, 배선기*

(Shin Hea-kyoung*, Son Joung Jun*, Im In-Ho**, Soung Nak Jin***, Bae Seon-Gi*)

Abstract

In this paper, specimens was manufactured in general method annexing PAN-PZT + 0.8wt%Mn + 1wt% Nb ceramics doped by Sr(0.0 ~1.2 wt%), and the following conclusion has been deduced. In XRD, the crystal structure of ceramic has the rombohedral structure and consequently the specimen characterized by MPB was manufactured. According to doping with Sr, electromechanical factor(kp) little is changed. kp was maximum value 31.31[%] at Sr 1.2[wt%]. mechanical quality factor(Qm) was maximum value 371.879 at Sr 0.6[wt%].

Key Words : Electromechanical factor, Mechanical quality factor

1. 서 론

최근 산업이 발전함에 따라 제품은 소형화, 경량화를 요구하고 있으며, 따라서 고효율, 고전력 장치로의 응용과 균형을 위해 압전 세라믹스 재료의 연구가 활발히 진행되고 있다. BaTiO₃세라믹스에서 압전성이 발견된 이래 다수의 페로브스카이트계의 압전성에 관한 연구가 활발히 이루어져 왔으며, H. Jaffe 등¹⁾은 압전 특성이 우수한 Pb(Zr,Ti)O₃[PZT계 세라믹스를 발견하게 되었다. PZT계 세라믹스는 여러 상들이 혼재하고 있는 상경계 영역(MPB : morphotropic phase boundary)에서 압전특성이 우수

하였으나, 조성변태 상경계 부근의 Zr/Ti의 조성비에 크게 의존하여, 고온 소결시 Pb의 휘발에 따른 치밀성, 재현성 등이 문제점으로 지적되었다. 때문에 이를 보완하여, 응용분야에 따라 요구되는 특성에 맞도록 하기 위해 PZT계 세라믹에 불순물을 첨가하거나 제 3성분인 ABO₃형태의 복합 페로브스카이트 구조의 화합물을 고용시켜 소결특성, 유전특성 및 압전특성 등을 개선하려는 연구가 활발하게 이루어져 왔다.

압전특성의 대표적인 응용분야로는 압전트랜스가 있으며, 이는 압전특성을 이용한 전압변환장치를 말한다. 여기서 압전특성이란 결정질 재료가 기계적 장력, 응력, 또는 압력을 받아 비틀림(strain)이 생기면 결정질 재료 내에 전압을 발생시키는 현상이며, 전압변환장치로서 종래의 권선트랜스에 비해 압전트랜스는 고효율이며 소형·경량이 가능하고 구조가 간단하다는 장점을 가지고 있다²⁾.

이러한 압전 트랜스에 적합한 압전 세라믹의 특성은

* 인천대학교 전기공학과
** 삼화콘텐서 공업(주)
*** 인천 전문대학 전기과
(인천광역시 남구 도화동 인천대학교
E-mail: shk77@incheon.ac.kr)

높은 전기기계 결합계수(Kp), 높은 기계적 품질 계수(Qm), 낮은 유전손실(tan δ) 등이 요구된다.

한편, PZT 제조에 있어 ball mill 공정을 통하여 Al³⁺ 혼입에 의한 압전 특성의 저하가 예상되며, Atkin 등은 Nb⁵⁺이온을 Al³⁺이온과 같이 첨가함으로써 전하 보상(charge compensation)에 의하여 특성의 저하를 막을 수 있다고 보고하였다.³⁾

따라서 본 연구에서는 고순도의 시료를 일반 혼합법으로 합성하여 압전특성이 우수한 PAN-PZT를 기본 조성으로 일정량의 MnO₂, Nb₂O₅을 첨가후, Sr의 첨가량에 변화를 주어 제조하였다⁴⁾. 제조한 시편에 대하여 X선 회절분석에 의한 결정 구조분석 및 압전특성을 고찰하여 압전트랜스용 소자의 가능성을 연구하였다.

2. 실험 방법

본 실험에서는 PAN-PZT + 0.8wt%MnO₂ + 1wt%Nb₂O₅ + xSr (x=0.0, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2)를 선택하여 일반소성법으로 시편을 제조하였다. 전자천평을 사용하여 평량한 후 불필에서 아세톤을 분산매로 하여 24시간 동안 140[rpm]으로 혼합 분쇄하였다. 100℃에서 건조시킨 후 알루미늄 도가니에 넣어 전기로에서 850℃로 2시간 동안 2회 하소하였다.

하소가 끝난 시료를 유발로 분쇄하여 200mesh로 sieving 하여 입도를 균일하게 한 후 바인더로 PVA 용액을 2[wt%] 혼합한 다음 원통형 금형(∅12mm)에 1.5[g]씩 넣고 1[ton/cm²]의 압력으로 성형하였다. 소성은 3중 도가니 구조를 사용하여 1150, 1200에서 2시간 동안 소결하였다.

소결이 완료된 시편은 두께 1[mm] 이내로 연마한 후 전극을 형성하였으며, DC 30[KV/cm]의 전압을 40분간 인가하여 분극시킨 후 impedance analyzer(HP-4194A)를 사용하여 압전특성을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 결정구조 관찰

표 3-1과 그림 3-1은 소결온도 1150℃에서 소결한 시편의 XRD 분석 결과와 회절 곡선이다. 시편들이 전반적으로 α[°]값이 90°에 가까운 능면체 정계구조를 가지고 있으며, (110), (111), (200), (201), (211)면에 대응하는 회절피크가 나타나고 있어 강유전체로써 비교적 소결이 잘 이루어졌음을 알 수 있다.

Sr의 첨가량이 증가함에 따라 α[°]는 점차 감소

하였으며, 이는 2θ°부근에서 나타나는 이상(pyrochlore phase)의 생성이 억제됨에 따른 입자의 수축으로 인한 것으로 생각된다.

표 3.1. Sr 첨가에 따른 결정 구조

NO	x(Sr) [wt%]	Lattice Constant			Cell Volume [Å ³]	Crystal Structure	비고
		a[Å]	α[°]	c[Å]			
1	0	4.075926	90.23852		67.71231	Rhombo	
2	0.3	4.068140	90.28369		67.32425	Rhombo	
3	0.6	4.052605	90.28577		66.55591	Rhombo	
4	0.9	4.053370	89.92914		66.59592	Rhombo	
5	1.2	4.056159	89.58199		66.72836	Rhombo	

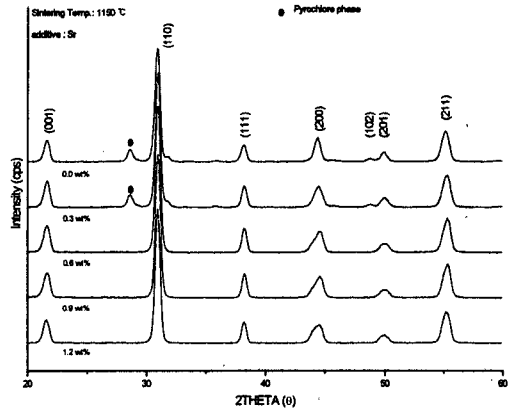


그림 3.1. Sr의 첨가량에 따른 PAN-PZT +0.8wt%-MnO₂ +1wt%Nb₂O₅세라믹스의 XRD pattern (Sr = 0.0, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2wt%)

3.2 압전특성 고찰

1) 전기기계 결합계수

전기기계 결합계수(Kp)는 전계인가 시, 전기적인 에너지에서 기계적인 에너지로, 용력을 주었을 때 기계적 에너지를 전기적 에너지로의 변환 효율을 나타낸다.⁴⁾ 그림 3-2는 소결온도 1150, 1200[℃]에서의 Sr의 첨가량에 따른 소결한 시편의 전기기계 결합계수(kp)를 나타낸 것이다. Sr의 첨가량이 증가함에 따라 1150[℃]에서의 Kp는 점차 증가함을 보이는 반

면, 1200[°C]에서의 Kp 값은 거의 변화가 없이 나타났다. Sr의 첨가량이 1.2[wt%]에서 Kp는 31.31[%]을 보여 최대값을 나타냈다.

2) 기계적 품질계수

그림 3-3은 기계적 품질계수(Qm)를 나타낸 것이다. Qm은 1150°C에서 Sr의 첨가량이 0.6wt%까지는 증가하였으나 그 이상에서는 감소하였으며, 1200°C는 전반적으로 증가하는 추세를 보이고 있다. 1150°C에서 소결한 Sr의 첨가량이 0.6wt%일 때 기계적 품질계수는 371.879를 보여 최대값을 나타냈다.

이상의 결과로 미루어 볼 때, PAN-PZT + 0.8wt%MnO₂ + 1wt%Nb₂O₅ + xSr (x=0.0, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2)계 세라믹은 1150°C에서는 x의 첨가량이 많아질수록 전기기계 결합계수(kp)는 변형력 및 분역간 마찰력을 감소시켜 분역벽이 쉽게 움직이기 때문에 kp가 약간 증가하고, Qm은 감소되는 것으로 판단된다. 온도 1200°C에서의 Kp, Qm값은 x 첨가량에 대한 변화가 거의 없는 것으로 나타났다.

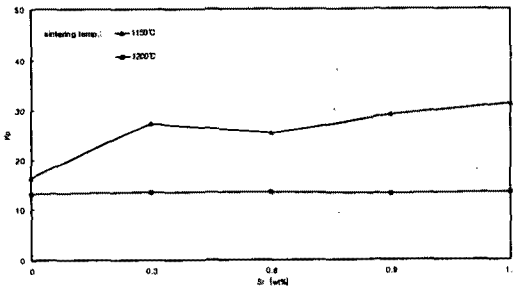


그림 3.2. Sr의 첨가량에 따른 PAN-PZT +0.8wt%MnO₂ +1wt%Nb₂O₅세라믹스의 Kp(Sr = 0.0, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2wt%)

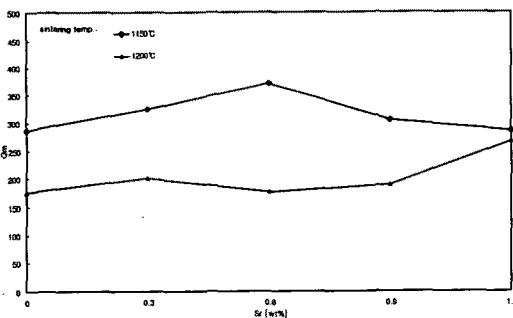


그림 3.3. Sr의 첨가량에 따른 PAN-PZT +0.8wt%MnO₂ +1wt%Nb₂O₅ 세라믹스의 Qm(Sr = 0.0, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2wt%)

4. 결 론

본 연구에서는 PAN-PZT + 0.8wt%MnO₂ + 1wt%Nb₂O₅ + xSr (x=0.0, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2)계 세라믹의 압전특성을 일반소성법으로 제조하여 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 결정구조분석에서는 전반적으로 α [°]값이 90°에 가까운 능면체 정계구조를 가지고 있으며, Sr의 첨가량이 안정적인 구조 형성에 영향을 주는 것으로 나타났다.
2. 전기기계 결합계수(kp)는 1150°C에서 Sr의 첨가량에 따라 점차 증가추세를 보였으며, 1200°C에서는 Sr의 첨가량이 영향을 미치지 못하였다. 1150°C에서 소결한 Sr의 첨가량이 1.2[wt%]인 시편에서 31.31[%]로 최대값을 나타내었다.
3. 기계적 품질계수(Qm)는 1150°C에서 전반적으로 증가추세를 보이고 있다. 소결온도 1150°C에서 Sr의 첨가량이 0.6wt%인 시편은 371.879를 보여 최대값을 나타냈다.

이상으로 PAN-PZT계 세라믹의 압전특성을 고찰한 결과 압전트랜스용 소자로 개발시 소결온도에 따른 압전특성 및 첨가제의 개발이 선행되어야한다면 압전특성이 우수한 소자로 개발될 수 있을 것으로 생각된다.

참고 문헌

- [1] B. Jaffe, "Piezoelectric ceramics", Academic Press, pp. 140-142, 1971.
- [2] 소형중, 안형근, 한득영, "압전 변압기의 기초 이론", 전기전자재료학회지, 제5권, 제12호, pp. 1-6, 1999.
- [3] R.B Atkin, and R.M. Fulrath, J. Am. Ceram. Soc., 54(5), 265(1971)
- [4] 이홍렬, 윤석진, 김현재, 정형진, "[Pb(Al_{0.5}Nb_{0.5})O₃]_x - [Pb(Zr_{0.52}Ti_{0.48})O₃]_{1-x}계의 유전 및 압전 특성[1]", 전기전자재료학회지, 제5권, 제2호, pp. 78-80, 1992.
- [5] IRE Standards and Piezoelectric Crystals(1958), Proc. IRE, Vol.46.