

## 압전트랜스용 재료 개발을 위한 PMB - PZT계 세라믹의 압전특성에 관한 연구

### A study on the piezoelectric characteristics of PMB-PZT ceramics for piezoelectric transformer material development

김현철\*, 김승철\*, 배선기\*, 김진섭\*\*, 윤현상\*\*\*

( Kim Hyun-Chul\*, Kim Seung-Cheol\*, Bae Seon-Gi\*, Kim Jean-Shop\*\*, Yoon Hyun-Sang\*\*\* )

#### Abstract

In this thesis, specimens was manufactured in general method annexing PMB-PZT system ceramic, and the following conclusion has been deduced. In XRD, the crystal structure of ceramic has the tetragonal structure which is close to rhombohedral structure, and consequently the specimen characterized by MPB was manufactured. According to dopping with xPMB, electromechanical factor(kp) little is changed. kp was maximum value 23.37[%] at xPMB 0.03[mol%]. mechanical quality factor(Qm) was maximum value 237.04 at xPMB 0.03[mol%].

**Key Words** : electromechanical factor, mechanical quality factor

#### 1. 서 론<sup>1)</sup>

BaTiO<sub>3</sub>세라믹스에서 압전성이 발견된 이래 다수의 페로브스카이트계의 압전성에 관한 연구가 활발히 이루어져 왔다. 압전특성을 이용한 여러 소자들이 실용화되거나 실용화에 많이 근접해 있다. 실용화에 가능성을 보여준 H. Jaffe 등<sup>1)</sup>에 의해 여러 상들이 혼재하고 있는 상경계 영역(MPB : morpho trophic phase boundary)에서 압전특성이 우수한 Pb(Zr,Ti)O<sub>3</sub>[PZT]계 세라믹스가 개발되어 현재까지도 연구되어지고 있다. 또한 압전트랜스는 수십년 전에 수정진동자로 연구되었으나 고전압

발생장치로서 주목케 된 것은 C. E. Rosen등<sup>2)</sup>이 연구한 것이 처음이다. 그후 P. A Barkman, A. E. Craford 등에 의해 실용화 연구가 진행되었다.

압전특성의 응용분야로 압전트랜스는 대표적인 분야이다. 압전트랜스는 압전특성을 이용한 전압변환장치를 말한다. 여기서 압전특성이란 결정질 재료가 기계적 장력, 응력, 또는 압력을 받아 비틀림(strain)이 생기면 결정질 재료 내에 전압을 발생시키는 현상을 말한다. 전압변환장치로서 종래의 권선트랜스에 비해 압전트랜스는 고효율이며 소형·경량이 가능하고 구조가 간단하다는 장점을 가지고 있다<sup>3)</sup>.

본 연구에서는 압전트랜스용으로 적합한 시료를 선별하여 실용소자의 기초자료로 삼고자 한다. 압전 트랜스는 권선형 트랜스에 비하여 높은 승압비

\* 인천대학교 전기공학과  
\*\* 목포기능대학 전기계측제어과  
\*\*\* 경문대학 전기과  
(E-mail: kimhc98@hanmail.net)

를 갖고 있으며 손실이 거의 없다. 최근에는 정보통신산업(IT)에 필요성이 날로 커지고 있으며, 특히 이동용 단말기, 휴대용 캠코더, 노트북PC 등에 사용되는 광원부에도 압전트랜스가 유용하리라 판단된다.

따라서 본 연구에서는 고순도의 시료를 산화물 혼합법으로 합성하여 압전특성이 우수한 xPMB-(1-x)PZT를 기본 조성으로 제조하였다. 제조한 시편에 대하여 X선 회절분석에 의한 결정 구조 분석 및 압전특성을 고찰하여 압전트랜스용 소자의 가능성을 연구하고자 한다.

## 2. 실험

본 실험에서는 xPMB-(1-x)PZT(x=0.01, 0.03, 0.05, 0.07)를 선택하여 일반소성법으로 시편을 제조하였다. 전자천평을 사용하여 평량한 후 불빛에서 아세톤을 분산매로 하여 24시간 동안 140[rpm]으로 혼합 분쇄하였다. 100℃에서 건조시킨 후 완료된 시료는 알루미늄 유발로 분쇄한 후 알루미늄 도가니에 넣어 전기로에서 850℃로 2시간 동안 2회 하소하였다.

하소가 끝난 시료를 유발로 분쇄하여 200mesh로 sieving 하여 입도를 균일하게 한 후 바인더로 PVA용액을 2[wt%] 혼합한 다음 원통형 금형(∅ 12mm)에 1.5[g]씩 넣고 1[ton/cm<sup>2</sup>]의 압력으로 성형하였다. 소성은 3중 도가니 구조를 사용하여 1150, 1200, 1250[℃]에서 2간 동안 소결하였다.

소결이 완료된 시편은 두께 1[mm] 이내로 연마하여 만든 후 전극을 형성하였으며, DC 30[KV/cm]의 전압을 40분간 인가하여 분극 시킨 후 impedance analyzer(HP-4194A)를 사용하여 압전 특성을 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 결정구조 관찰

그림1은 소결온도 1200℃에서 소결한 시편의 XRD 분석 결과와 회절 곡선이다. 시편들이 전반적으로 약간의 능면체정계에 가까운 정방정계 구조를 가지고 있어 조성 변태 상경계 조성의 특성을 가지는 시편이 제작되었음을 알 수 있으며 (110), (111), (200), (201), (211)면에 대응하는 회절피크가 나타나고 있어 강유전체로서 비교적 소결이 잘 이루어졌음을 알 수 있다.

전반적으로 미반응 물질에 의한 peak들이 관찰

되지 않아 PMB는 PZT에 완전 고용되었을 것으로 보인다.

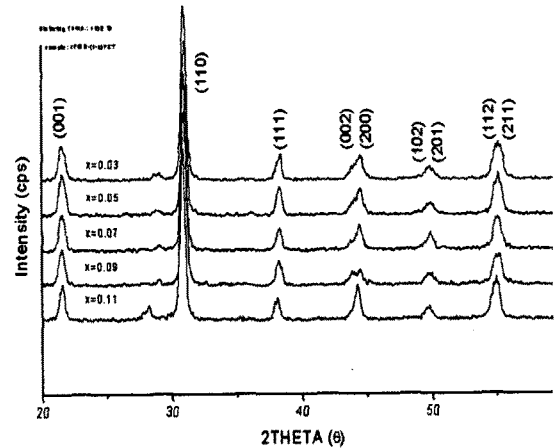


그림 1. X 선 회절 패턴.

Fig. 1. X-ray diffraction pattern

### 3.2 압전특성 고찰

#### 1) 전기기계 결합계수

그림 2는 소결온도 1150[℃]에서 xPMB의 고용량에 따른 소결한 시편의 전기기계 결합계수(kp)

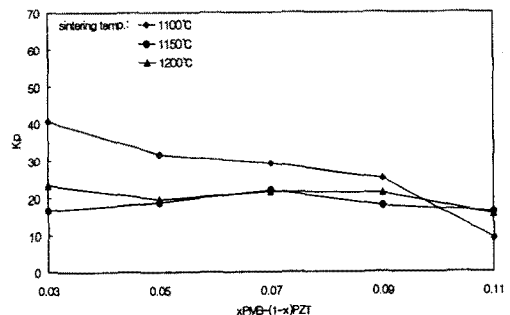


그림 2. PMB-PZT계 세라믹의 전기기계 결합계수 kp

Fig. 2. Electromechanical coupling factor kp of PMB-PZT

를 나타낸 것이다. x를 증가함에 따라 전기기계 결합계수는 약간 증가하거나 거의 변화가 없이 나타

났다.  $x=0.03[\text{mol}\%]$ 에서  $k_p$ 는 23.37[%]을 보였으며 최대값을 나타냈다.

## 2) 기계적 품질계수

그림 3은 기계적 품질계수( $Q_m$ )를 나타낸 것이다. 기계적 품질계수는 에너지 변환시 시편 내부에서 발생하는 기계적 손실의 역수를 말한다<sup>4)</sup>.  $x$ 를 증가할수록  $Q_m$ 은 전반적으로 증가하는 곡선을 나타냈다.  $x=0.03$ 일 때 기계적 품질계수는 237.04를

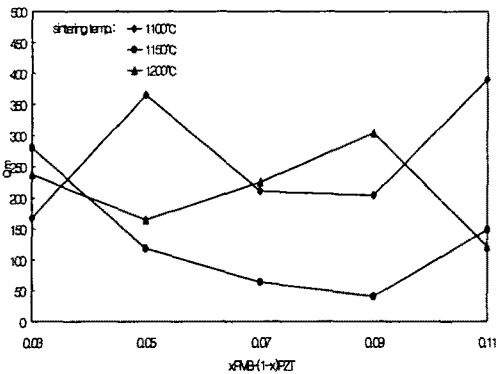


그림 3. PMB-PZT계 세라믹의 기계적 품질계수  $Q_m$

Fig. 3. Mechanical quality factor  $Q_m$  of PMB-PZT

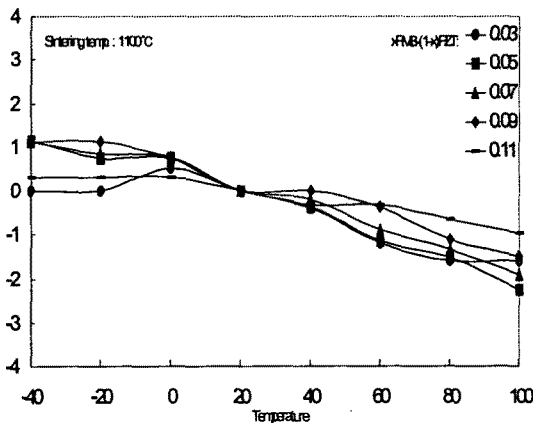


그림 4. 공진 주파수의 온도특성

Fig. 4. Temperature Coefficient of resonant Frequency : TCFr

보여 최대값을 나타냈다.

이상의 결과로 미루어 볼 때,  $x\text{PMB}-(1-x)\text{PZT}$  ( $x=0.01, 0.03, 0.05, 0.07$ )계 세라믹은  $x$ 의 고용량이 많아질수록 전기기계 결합계수( $k_p$ )는 변형력 및 분역간 마찰력을 감소시켜 분역벽이 쉽게 움직이기 때문에  $k_p$ 가 약간 증가하고,  $Q_m$ 은 감소되는 것으로 판단된다.

## 3.3 온도특성 고찰

그림 4는 온도 변화 및  $x\text{PMB}-(1-x)\text{PZT}$ 계 세라믹의 공진 주파수의 온도특성(Temperature Coefficient of resonant Frequency : TCFr)를 나타낸 것이다. 소결온도 1100°C, 고용량 0.11PMB에서 온도안정성(TCFr)이 가장 좋은 것으로 나타났다. 그 이하의 공진 주파수의 온도특성은 큰 폭으로 변하는 것으로 나타났다.

## 4. 결론

1. 결정구조분석에서 pyrochlore phase이 나타나지 않은 시편은 PMB의 고용량이 0.05, 0.17일 때이며, 상경계 영역(MPB)조성의 특성을 갖는 시편이 제작되었다.
2. 소결온도 1100°C, 고용량 0.03PMB에서 전기기계 결합계수( $k_p$ )는 40.59[%]로 최대값을 보였으며, 고용량이 증가할수록  $k_p$ 는 감소하는 것으로 나타났다.
3. 기계적 품질계수( $Q_m$ )는 소결온도 1100°C, 고용량 0.11PMB에서 최대값 389.41을 나타냈다.
4. 공진 주파수의 온도특성은 소결온도 1100°C, 고용량 0.11PMB에서 온도안정성(TCFr)이 가장 좋은 것으로 나타났다.

## 참고 문헌

- [1] B. Jaffe, "Piezoelectric ceramics", Academic Press, pp. 140-142, 1971.
- [2] 박창엽, "압전 세라믹스", 김영출판사, pp. 170-183, 1987.
- [3] 소형종, 안형근, 한득영, "압전 변압기의 기초이론", 전기전자재료학회지, 제5권, 제12호, pp. 1-6, 1999.
- [4] IRE Standards and Piezoelectric Crystals(1958), Proc. IRE, Vol.46.