

$\text{Pb}_{0.95}\text{Sr}_{0.05}(\text{Mn}_{1/3}\text{Sb}_{2/3})_{0.05}\text{Zr}_x\text{Ti}_{0.95-x}\text{O}_3$ 압전사기의 조성상경계근방에서의 특성

한정수, 이정수

경애하는 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《새 세기 산업혁명의 불길을 세차게 지펴올려 과학기술의 힘으로 경제강국건설의 전
환적국면을 열어놓아야 하겠습니다.》

현재 지르코늄티탄산염계 [$\text{Pb}(\text{ZrTi})\text{O}_3$, PZT] 고용체에 첨가물을 넣어 얻은 다성분계압
전사기가 고출력압전요소로서 광범히 리용되고있다. PZT에 Mn을 첨가하면 력학적우량도
가 높아지고 Sb를 첨가하면 전기력학결합계수가 높아지게 된다. [2-4]

안티몬망간지르코늄티탄산염 [$\text{Pb}(\text{Mn}_{1/3}\text{Sb}_{2/3})_{0.05}\text{Zr}_x\text{Ti}_{0.95-x}\text{O}_3$ (PMSZT)]계 압전고용체는
소결이 치밀하고 재현성이 좋은 특성을 가지고있지만 [3, 4] 소결온도가 높고 주파수온도특
성이 그리 좋지 못한 일부 제한성도 있다. 또한 스트론튬으로 일정한 량의 연을 치환하
여 우와 같은 결합을 극복하려는 일련의 연구 [1]가 진행되고있지만 PSMSZT재료에서의 조
성상경계특성에 대한 연구결과는 거의 찾아볼수 없다.

우리는 PSMSZT재료를 고출력재료로 선정하고 조성상경계근방에서 지르코늄함량이 사
기의 상조성과 전기적특성에 주는 영향을 밝혔다.

실험 방법

시약으로는 분석순급의 PbO , ZrO_2 , TiO_2 , SrCO_3 , MnCO_3 , Sb_2O_3 을 리용하였다.

재료는 $\text{Pb}_{0.95}\text{Sr}_{0.05}(\text{Mn}_{1/3}\text{Sb}_{2/3})_{0.05}\text{Zr}_x\text{Ti}_{0.95-x}\text{O}_3$, $x=0.48\sim 0.50$ 의 조성을 선택하고 고온에서 PbO
는 휘발성을 고려하여 3질량%의 과잉량을 첨가하였다. 모든 공정은 전통적인 고상합성법
에 따라 진행하였다.

용량측정기(《LCR HI meter》)에서 유전상수(C)와 유전손실($\tan\delta$)을 측정하였으며 주파수
직시장치(《LBO-115M》)로 공진 및 반공진상태에서의 주파수(f_r , f_a)와 공진저항(R_0)을 측정하
여 전기력학결합계수(k_p)와 력학적우량도(Q_m), 유전률(ϵ)을 결정하였다. 또한 아르키메데스
법으로 소결시편의 밀도를 측정하였다.

시편의 결정구조는 X선회절분석기(《Rigaku-MINIFLEX》)로 분석하였다.

실험 결과

900°C에서 3h동안 열처리한 합성분말의 XRD는 그림 1과 같다.

그림 1에서 보는바와 같이 시편의 상은 순수한 페로브스카이트상을 이루고있으며 그

어떤 다른 불순상은 나타나지 않는다.

이 구역에서 정방-삼방의 상변이는 정방상의 2개의 특정봉우리 [T(200)]과 [T(002)]가 삼방상의 하나의 특정봉우리 [R(200)]으로 변화되었다.

주사구역 $2\theta=42\sim 47^\circ$ 범위의 XRD자료를 보면 Zr의 함량이 0.48~0.495일 때 2개의 상이 공존하며 이때 재료는 조성상경계에 놓이게 된다고 볼수 있다.

1 260°C에서 소결한 서로 다른 Zr함량에 대한 소결시편의 유전특성은 그림 2와 같다.

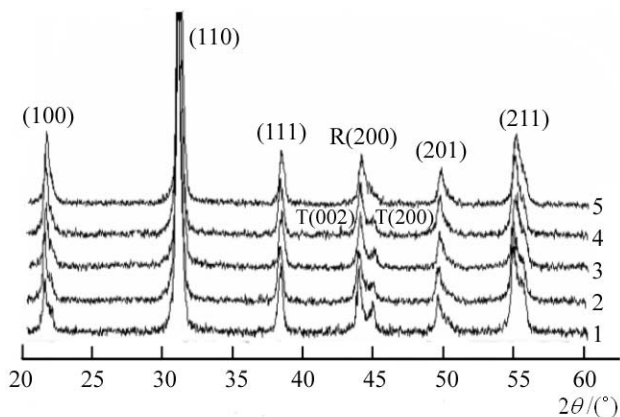


그림 1. 여러 조성의 합성분말에 대한 XRD
1-5는 $x=0.48, 0.485, 0.49, 0.495, 0.50$ 인 경우

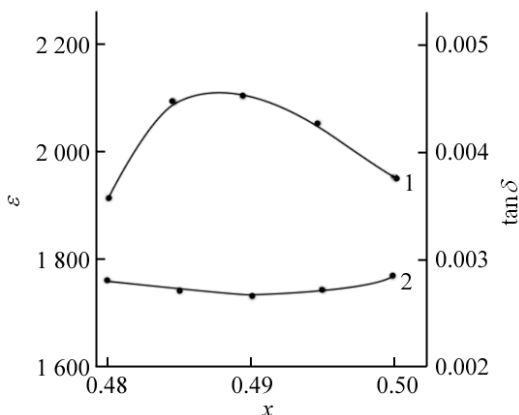


그림 2. 1 260°C에서 소결한 시편의
Zr함량에 따르는 $\epsilon(1)$ 과 $\tan\delta(2)$

그림 2에서 보는바와 같이 Zr의 함량이 $x=0.485$ 일 때 유전률 ϵ 은 2 100으로 되며 $x=0.49$ 일 때 유전손실 $\tan\delta$ 는 0.002 7로서 매우 작다.

1 260°C에서 소결한 시편의 각이한 Zr함량에 따르는 압전특성은 그림 3과 같다.

그림 3에서 보는바와 같이 Zr함량이 $x=0.485$ 일 때 k_p 와 Q_m 이 0.628, 2 870으로서 가장 크다. 그것은 이때의 상이 조성상경계근방에 있기때문이라고 보아진다.

Zr함량이 $x=0.485$ 일 때 조성이 Pb_{0.95}Sr_{0.05}(Mn_{1/3}Sb_{2/3})_{0.05}Zr_{0.485}Ti_{0.465}O₃인 사기의 소결온도에 따르는 밀도는 그림 4와 같다.

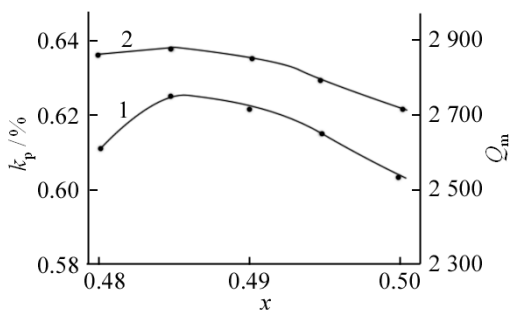


그림 3. 1 260°C에서 소결한 시편의
Zr함량에 따르는 압전특성
1- k_p , 2- Q_m

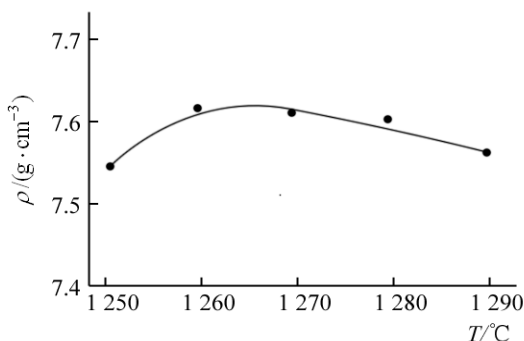


그림 4. Zr함량이 $x=0.485$ 일 때 PSMSZT사기의
밀도와 소결온도와의 관계

그림 4에서 보는바와 같이 소결온도가 1 260°C일 때 사기의 밀도는 7.63g/cm³로서 최대로 된다.

맺는 말

$\text{Pb}_{0.95}\text{Sr}_{0.05}(\text{Mn}_{1/3}\text{Sb}_{2/3})_{0.05}\text{Zr}_x\text{Ti}_{0.95-x}\text{O}_3$ 에서 Zr함량이 $x=0.485$ 일 때 이 재료는 상경계근방에 놓이며 이때 그것의 특성량들은 다음과 같다. 즉

$$\varepsilon=2100, k_p=62.8\%, Q_m=2870, \tan\delta=0.0029.$$

따라서 이 재료는 고출력압전소자의 응용에 적합하다.

참고문헌

- [1] Raj N. Singh; Ferroelectrics, 293, 219, 2003.
- [2] L. Zhang et al.; J. Mater. Sci. Mater. Electron., 23, 3, 688, 2012.
- [3] 周静 等; 硅酸盐学报, 3, 289, 2006.
- [4] 陆翠敏 等; 材料工程, 12, 48, 2005.

주제 105(2016)년 2월 5일 원고접수

On the Properties of $\text{Pb}_{0.95}\text{Sr}_{0.05}(\text{Mn}_{1/3}\text{Sb}_{2/3})_{0.05}\text{Zr}_x\text{Ti}_{0.95-x}\text{O}_3$ Piezoelectric Ceramics Near Morphotropic Phase Boundary

Han Jong Su, Ri Jong Su

The crystallographic phase, electric properties of $\text{Pb}_{0.95}\text{Sr}_{0.05}(\text{Mn}_{1/3}\text{Sb}_{2/3})_{0.05}\text{Zr}_x\text{Ti}_{0.95-x}\text{O}_3$ (PSMSZT) piezoelectric ceramic ternary system were studied. The results show that all the dielectric and piezoelectric properties of the morphotropic phase boundary near Zr content $x=0.485$ (mol%) are exhibited significantly. At that point, the optimized piezoelectric properties of $\varepsilon(2100)$, $k_p(62.8\%)$, $Q_m(2870)$, $\tan\delta(0.0029)$ were obtained thus the ceramic can be used in high power ceramics application.

Key words: zirconate titanate ceramic, ternary system piezoelectric ceramic, morphotropic phase boundary