

Pb(Mn_{1/3}Nb_{2/3})ZrTiO₃사기재료의 형태학적인 상경계조성변화에 미치는 Sr치환효과

주 광 호

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《과학자, 기술자들은 현실에 튼튼히 발을 붙이고 사회주의건설의 실천이 제기하는 문제들을 연구대상으로 삼고 과학연구사업을 진행하여야 하며 연구성과를 생산에 도입하는데서 나서는 과학기술적문제들을 책임적으로 풀어야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제15권 492페이지)

선행연구[1]에서는 페로브스카이트구조의 Pb의 일부를 Sr로 치환할 때 내부마찰저항이 작아진다는것을 밝혔다. 결정살창의 Pb자리에 다른 원소가 치환될 때 결정살창파라메터들이 변화되며 형태학적상경계의 위치도 이동한다.[3]

본문에서는 Pb(Mn_{1/3}Nb_{2/3})ZrTiO₃재료의 조성상경계의 변화에 미치는 Sr치환효과를 고찰하였다.

실 험 방 법

먼저 PbO(99.5%), ZrO₂(99.5%), TiO₂(99.5%), Nb₂O₅(99.5%), SrCO₃(99.5%), MnCO₃(98.5%) 원료분말을 충분히 건조시킨 다음 Pb_{1-x}Sr_x(Mn_{1/3}Nb_{2/3})_{0.05}Zr_yTi_{1-y}O₃(x=0-0.1, y=0.48-0.52) 화학량론적조성에 맞게 원료들을 평량하고 볼밀혼합분쇄하였다. 고상반응법으로 페로브스카이트구조의 강유전화합물을 합성하고 이 재료들에 대하여 XRD분석을 하였다.

D=19mm, t=1mm인 원판형시편들을 제작하고 상경계근방조성들의 경방향공진주파수 온도변화특성을 결정하고 XRD자료와 비교하였다.

실험결과 및 분석

재료조성에 따르는 결정구조의 XRD도형을 그림 1에 보여주었다.

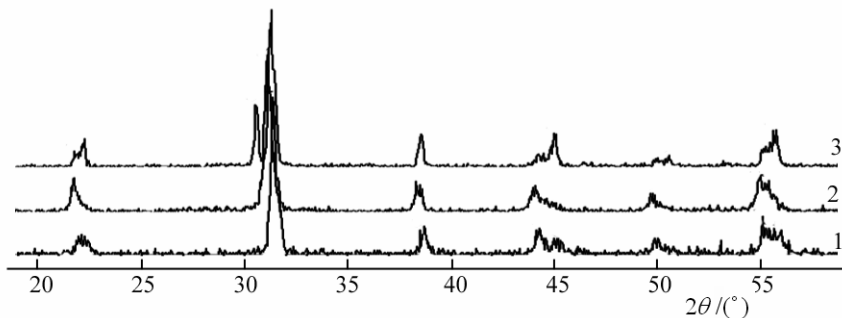


그림 1. 재료조성에 따르는 결정구조의 XRD도형
1-3은 재료조성이 각각 Pb(Mn_{1/3}Nb_{2/3})_{0.05}Zr_{0.485}Ti_{0.465}O₃,
Pb(Mn_{1/3}Nb_{2/3})_{0.05}Zr_{0.49}Ti_{0.46}O₃, Pb_{0.95}Sr_{0.05}(Mn_{1/3}Nb_{2/3})_{0.05}Zr_{0.49}Ti_{0.46}O₃인 경우

그림 1에서 보는바와 같이 $\text{Pb}(\text{Mn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})_{0.05}\text{Zr}_{0.485}\text{Ti}_{0.465}\text{O}_3$ 인 경우 (002)선과 (200)선이 $2\theta = 45^\circ$ 근방에서 갈라져있으며 (002)선의 세기가 (200)선의 세기보다 높다. 이것은 이 조성에서 정방상과 삼방상이 공존하기때문이다. 또한 $\text{Pb}(\text{Mn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})_{0.05}\text{Zr}_{0.49}\text{Ti}_{0.46}\text{O}_3$ 인 경우 (002)선의 세기가 강하고 (200)선은 약하다. 이것은 결정구조가 대부분 삼방구조를 이루고있기때문이다. $\text{Pb}_{0.95}\text{Sr}_{0.05}(\text{Mn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})_{0.05}\text{Zr}_{0.49}\text{Ti}_{0.46}\text{O}_3$ 에서는 $2\theta = 45^\circ$ 근방에서 (002)선과 (200)선이 갈라져있고 (200)선의 세기가 (002)선의 세기에 비해 2배 높다. 이것은 결정구조가 정방구조를 이루고있기때문이다.

Sr치환에 의한 결정구조의 변화는 형태학적인 상경계가 Zr함량이 큰쪽으로 이동한 결과에 기인된다.

Sr치환에 의해 상경계조성이 Zr가 큰쪽으로 이동한다는것은 Sr치환에 의한 결정구조의 이방성변화에서 삼방결정구조에 미치는 효과가 보다 높다는것을 말해준다.

정방상과 삼방상의 공존은 두 상의 합리적인 비율에 의해 형성되므로 삼방상의 이방도가 Sr치환에 의해 낮아질 때 Zr가 보다 많은쪽에서 상공존이 형성된다고 볼수 있다.

방온도에서 Zr함량에 따르는 경방향공진주파수의 온도결수변화를 그림 2에 보여주었다.

그림 2에서 보는바와 같이 Sr함량이 증가할 때 령온도결수를 가진 재료조성은 Zr함량이 증가하는쪽으로 이동한다.

보통 조성상경계재료는 령온도결수를 가지므로[2] 령온도결수재료조성의 이동은 조성상경계조성의 이동을 의미한다.

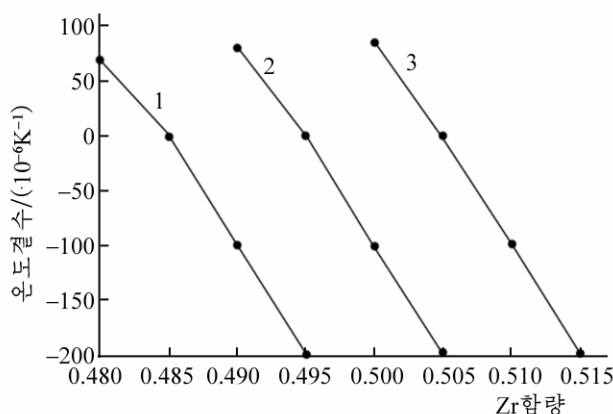


그림 2. Zr함량에 따르는 경방향공진주파수의 온도결수변화

1, 2, 3은 Sr함량이 0, 0.05, 0.10인 경우

XRD분석과 온도결수변화특성으로부터 Pb^{2+} 이 Sr^{2+} 에 의해 1질량%씩 치환될 때 조성상경계는 약 0.4질량%씩 Zr함량이 증가하는쪽으로 이동한다는것을 알수 있다.

맺 는 말

Sr함량이 증가할 때 령온도결수를 가진 재료조성은 Zr함량이 증가하는쪽으로 이동한다. 페로브스카이트구조의 Pb^{2+} 이 Sr^{2+} 에 의해 1질량% 치환될 때 조성상경계를 주는 Zr함량은 약 0.4질량% 증가한다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성 종합대학학보 물리학, 64, 4, 77, 주체107(2018).
- [2] M. Oudys; Tesla Electron(CSK), 13, 3, 81, 1980.
- [3] F. Kahoul; Energy Procedia, 50, 87, 2014.

주체108(2019)년 12월 5일 원고접수

The Effect of Substituting Sr on the Change of Morphotropic Phase Boundary Composition of Pb(Mn_{1/3}Nb_{2/3})ZrTiO₃ Ceramic Material

Ju Kwang Ho

We investigated the effect of substituting Sr on the change of the morphotropic phase boundary composition of Pb(Mn_{1/3}Nb_{2/3})ZrTiO₃ material. We showed that Zr content of morphotropic phase boundary composition increased 0.4 mass %, if 1 mass % of Pb²⁺ was substituted by Sr²⁺.

Keywords: piezoelectric ceramics, the effect of substituting Sr