

Pb(Mn_{1/3}Nb_{2/3})ZrTiO₃ 압전사기재료의 특성에 미치는 Sr치환효과

주광호, 리철수

ABO₃구조의 강유전체재료의 압전 및 유전특성은 A와 B원소에 크게 관계된다.[3]

우리는 Pb(Mn_{1/3}Nb_{2/3})ZrTiO₃(MN)재료의 Pb를 Sr로 치환할 때 Sr치환량에 따르는 고유전률특성, 고우량도특성과 전기음향학적성능결수를 고찰하였다.

출발원료로 99% PbO, SrCO₃, MnCO₃, Nb₂O₅, ZrO₂, TiO₂을 리용하였다.

Pb_{1-x}Sr_x(Mn_{1/3}Nb_{2/3})Zr_yTi_{1-y}O₃(MNS)에서 $x=0\sim0.1$, $y=0.45\sim0.50$ 으로 조성을 선택하고 잘 알려져있는 압전사기제작방법으로 $d=19\text{mm}$, $t=1\text{mm}$ 인 원판형시편들을 제작하였다.

4단자측정회로에서 시편의 공진 및 반공진주파수와 공진저항을 측정하여 미소신호에서 압전특성을 평가하였으며 1kHz에서 전기용량을 측정하여 유전률을 결정하였다.

Sr치환량에 따르는 시편의 공진저항(R)과 상대유전률(ϵ)의 변화곡선은 그림 1과 같다.

그림 1에서 보는바와 같이 Sr치환량이 증가할수록 시험시편의 공진저항은 감소하며 상대유전률은 증가한다. 그것은 Sr²⁺의 반경(0.112nm)이 Pb²⁺의 반경(0.12nm)보다 작은데 기인되는것으로 해석될수 있다. 외부교류전기마당이 작용할 때 압전사기내에서 반대부호의 전기를 띤 이온들은 서로 반대방향으로 진동하며 이 과정에 내부마찰에 의하여 손실이 일어난다. ABO₃구조의 A위치를 차지하고있는 Pb²⁺의 일부가 Sr²⁺으로 치환될 때 정방도가 감소하는것과 함께 O²⁻의 C축방향으로의 공간적이동이 쉬워지며 따라서 진동과정에 력학적손실의 감소와 유전률증가효과를 나타내게 된다.

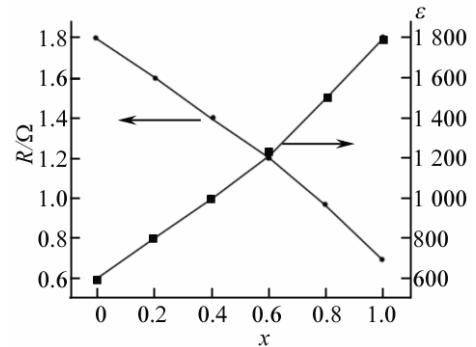


그림 1. Sr치환량에 따르는 공진저항과 상대유전률의 변화곡선

Sr치환량에 따르는 시편의 전기력학적결합결수(K_p), 력학적우량도(Q_m)의 변화곡선은 그림 2와 같다.

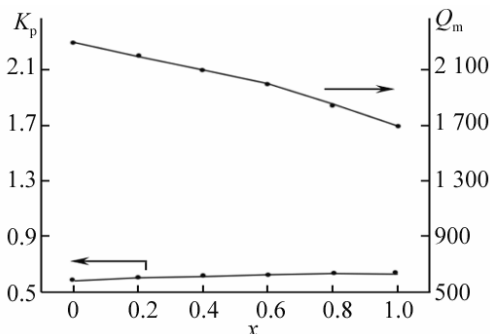


그림 2. Sr치환량에 따르는 K_p , Q_m 의 변화곡선

그림 2에서 보는바와 같이 Sr치환량이 증가할수록 K_p 는 증가하며 력학적우량도는 감소되었다. K_p 가 증가하는것은 Sr치환량이 증가할 때 결정구조가 조성상경계가까이에로 접근한다는것을 보여준다. 그러나 이 경우에 자발변형의 감소효과도 동반되므로 크게는 증가되지 않는다고 본다.[1] 또한 공진저항과 상대유전률, 전기력학적결합결수의 변화특성으로부터 력학적우량도는 감소한다.

다음 시편의 전기음향학적성능결수[2]를 평

가하였다.(표 1)

표 1. 시편의 전기음향학적성능결수

재료	d/mm	t/mm	C_f/nF	f_f/kHz	f_a/kHz	R/Ω	K_p	Q_m	ε	$\tan \delta$	$M/(\cdot 10^5)$
MNS	18.6	1.2	4.49	119.5	137.5	0.7	0.617	1 784	1 848	0.001	12.50
MN	19.0	1.2	2.52	114.7	134.0	1.2	0.652	1 717	1 005	0.001	7.50
1S	18.9	1.5	4.01	105.2	128.7	13.4	0.75	85	2 400	0.012	1.15

표 1에서 보는바와 같이 미소신호측정에서 MNS재료는 MN재료에 비하여 전기음향학적성능결수가 1.67배, 1S재료보다는 10배정도 크다.

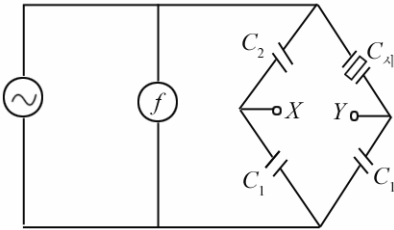


그림 3. 측정회로

은 표 2, 그림 4와 같다.

표 2. 공진주파수에서 시편발열특성

재료	f_f/kHz	R/Ω	발열온도
MNS	114.5	6.4	65
MN	114.9	9.7	74
1S	104.2	13.5	120

그림 4에서 보는바와 같이 매 재료들의 리력곡선의 모양과 면적이 차이난다. 1S시편은 26V에서 120℃까지 자체발열이 이루어지면서 손실이 가장 크게 나타났으며 MN시편은 27.8V에서 74℃까지, MNS시편은 29V에서 65℃까지 자체발열을 하였다. 또한 공진저항은 MNS시편의 경우에 가장 작다.

이로부터 MNS재료가 MN, 1S재료에 비하여 손실이 더 작으며 보다 큰 출력에서 안정하다는것을 알수 있다.

맺는말

Sr를 0.1mol 치환할 때 공진저항은 거의 1/2정도 작아지며 음향학적성능결수는 1.7배 높아진다. 높은 출력에서 MNS재료의 공진저항은 Sr를 치환하지 않은 경우보다 2/3배정도 작다.

참고문헌

- [1] E. G. Fesenko; Ferroelectrics, **41**, 137, 1982.
- [2] V. A. Isupov; Ferroelectrics Letters, **7**, 97, 1987.
- [3] Kohei Uka; e-Journal of Surface Science and Nanotechnology, **12**, 40, 2014.

주제107(2018)년 6월 5일 원고접수

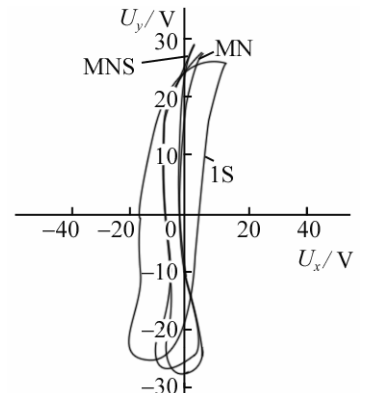


그림 4. 공진주파수에서 재료들의 리력곡선

The Effect of Substituting Sr on the Properties of Pb(Mn_{1/3}Nb_{2/3})ZrTiO₃ Piezoelectric Ceramic Material

Ju Kwang Ho, Ri Chol Su

We found that both permittivity and mechanical quality factor were increased and the electroacoustical performance was improved, substituting Sr for a part of Pb.

Key words: substitution, piezoelectric ceramic