

## SrTiO<sub>3</sub> 치환에 따른 (Na,K)NbO<sub>3</sub> 세라믹스의 압전 및 유전 특성

이상호, 김도형, 이일하, 류주현  
세명대학교

### Piezoelectric and Dielectric Properties of (Na,K)NbO<sub>3</sub> Ceramics as a Function of SrTiO<sub>3</sub> substitution.

Sangho Lee, Dohyung Kim, Ilha Lee and Juhyun Yoo  
Semyung Univ.

**Abstract :** In this study, in order to develop the composition ceramics for lead-free ultrasonic motor, [(K<sub>0.5</sub>Na<sub>0.5</sub>)<sub>0.95</sub>Li<sub>0.05</sub>(Nb<sub>0.96</sub>Sb<sub>0.04</sub>)]O<sub>3</sub> ceramics were fabricated using Ag<sub>2</sub>O as sintering aid and a conventional mixed oxide process and their piezoelectric and dielectric characteristics were investigated according to the SrTiO<sub>3</sub> substitution. SrTiO<sub>3</sub> substitution enhanced density, dielectric constant( $\epsilon_r$ ) and electromechanical coupling factor( $k_p$ ). However, mechanical quality factor was deteriorated. At the 0.5mol% SrTiO<sub>3</sub> substitution, density, electromechanical coupling factor( $k_p$ ), dielectric constant( $\epsilon_r$ ) and piezoelectric constant( $d_{33}$ ) of specimen showed the optimum value of 4.437g/cm<sup>3</sup>, 0.457, 1294, 265pC/N, respectively.

**Key Words :** lead-free ultrasonic motor, electromechanical coupling factor, piezoelectric constant

#### 1. 서론

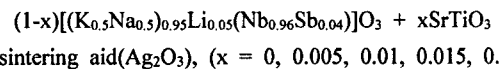
압전세라믹스는 기계적 에너지를 전기적 에너지로 또는 전기적 에너지를 기계적 에너지로 변환할 수 있는 대표적인 소자이다. 압전세라믹스중 높은 에너지 변환 효율을 가지는 PZT계 세라믹스는 압전변압기, 압전액추에이터 및 압전모터, 필터 및 레조네이터, 초음파 진동자 등에 넓게 응용되고 있다. 그러나 PZT계 세라믹스는 중량비의 60% 이상이 인체 및 환경에 유해한 Pb가 차지하고 있어 환경오염에 대한 문제가 제기되고 있는 실정이다 [1].

PZT계 압전세라믹스를 대체할 세라믹스에 대한 연구로 Bi-layer type, BiNaKTiO<sub>3</sub>, NaKNbO<sub>3</sub>, Tungsten-Bronze type 압전세라믹스를 중심으로 많은 연구가 진행되고 있다. 그러나 일반적인 세라믹스 제조법으로 대량생산이 가능한 BiNaKTiO<sub>3</sub>계, NaKNbO<sub>3</sub>계 세라믹스는 원료의 주요 성분 중 하나인 K의 큰 조해성과 소성중의 휘발 및 낮은 상전이 온도에 의한 특성의 변화 등으로 인해 실제적인 응용에 제한을 받고 있다 [2]. 최근 NaKNbO<sub>3</sub>계 세라믹스에 AETiO<sub>3</sub> (AE: Alkaline earth)를 치환하여 온도 특성이 우수하며 압전특성이 뛰어난 개량된 조성들이 보고되고 있으며 K의 휘발을 막기 위한 다양한 방법들이 보고되고 있다 [3].

따라서 본 연구에서는 온도안정성이 좋으며 우수한 비압계 압전세라믹스를 개발하기 위해 (K<sub>0.5</sub>Na<sub>0.5</sub>)<sub>0.95</sub>Li<sub>0.05</sub>(Nb<sub>0.96</sub>Sb<sub>0.04</sub>)]O<sub>3</sub> 세라믹스에 SrTiO<sub>3</sub>를 치환하고 Ag<sub>2</sub>O를 소결조제로 첨가하여 압전 및 유전특성을 관찰하였다.

#### 2. 실험

본 실험의 다음의 조성식을 사용하여 일반적인산화물 혼합법으로 시편을 제조하였다.



99%이상의 순도를 가지는 원료를 조성에 따라 칭량 하였고 아세톤을 분산매로 하여 3[Φ] Zirconia ball을 사용하여 24시간동안 혼합, 분쇄 하였다. 볼밀 한 시료를 건조한 뒤, 900℃에서 6시간 하소하였다. 하소된 시료는 Ag<sub>2</sub>O를 소결조제로 첨가하여 24시간동안 재 혼합분쇄 하였다. 건조된 시료에 PVA(0.5wt%수용액) 5wt%를 첨가하고 21[Φ]의 몰더로 3[Φ]1[ton/cm<sup>2</sup>]의 힘을 가해 성형하였다. 성형된 시편은 600[℃]에서 3시간동안 결합제를 태워버린 뒤, 승하강 온도구배를 3[℃/min]로 하여 1050[℃]의 온도에서 5시간 소결하였다. 소결된 시편을 1[mm]의 두께로 연마하고 Ag전극을 스크린 프린트법으로 도포한 뒤, 600[℃]에서 10분간 열처리하였고 150[℃]의 실리콘유 속에서 4[kV/mm]의 직류전계를 30분간 인가하여 분극 하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 SrTiO<sub>3</sub> 치환에 따른 밀도를 나타낸 것이다. 시편의 밀도는 SrTiO<sub>3</sub> 치환량 증가에 따라 증가하여 1.5mol%에서 4.378[g/cm<sup>3</sup>]으로 최대값을 보였으며 2mol% 치환시 급속히 감소하였다.

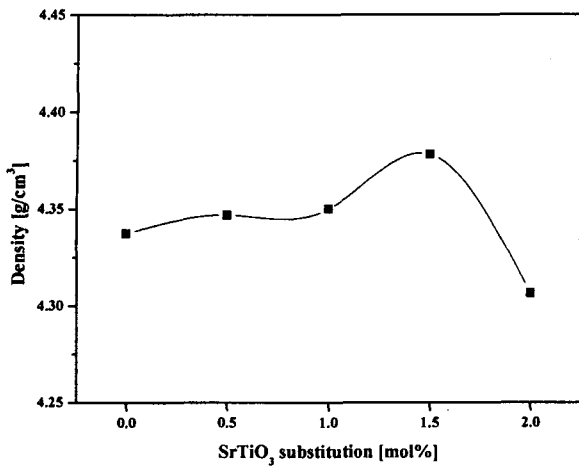


그림 1. SrTiO<sub>3</sub> 치환에 따른 시편의 밀도.

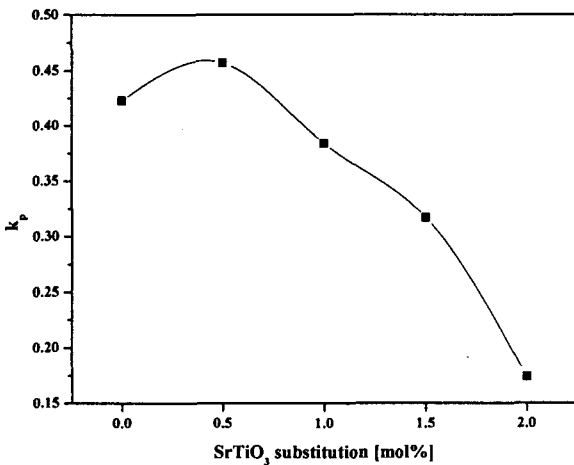


그림 2. SrTiO<sub>3</sub> 치환에 따른 시편의 전기기계결합계수.

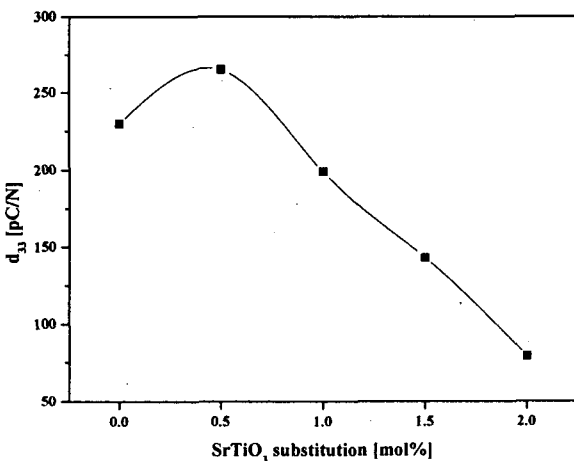


그림 3. SrTiO<sub>3</sub> 치환에 따른 시편의 압전상수.

그림 2는 SrTiO<sub>3</sub> 치환에 따른 시편의 전기기계결합계수를 보여준다. 전기기계결합계수  $k_p$ 는 SrTiO<sub>3</sub> 치환량이 0.5 mol% 일 때 0.457로 최대값을 보이고 이후에 감소하였다.

그림 3은 SrTiO<sub>3</sub> 치환에 따른 시편의 압전상수  $d_{33}$ 을 나타낸 것이다. SrTiO<sub>3</sub> 치환에 따른  $d_{33}$ 은  $k_p$ 와 비슷한 경향을 나타내었으며 0.5 mol% 일 때 265pC/N으로 최대값을 나타내었다.

표 1에 SrTiO<sub>3</sub> 치환에 따른 시편의 물성을 나타내었다.

표 1. 시편의 물성

Sintering Temp. [°C]	SrTiO <sub>3</sub> [mol%]	Density [g/cm <sup>3</sup> ]	$\epsilon_r$	$k_p$	$Q_m$	$d_{33}$ [pC/N]
1050	0	4.338	1125	0.423	49	230
	0.5	4.347	1294	0.457	54	265
	1	4.350	1207	0.384	65	199
	1.5	4.378	1018	0.317	93	143
	2	4.307	903	0.174	89	79

#### 4. 결론

본 연구에서는 초음파 모터에 적용하기 온도안정성이 좋으며 특성이 우수한 비납계 압전세라믹스를 개발하기 위해  $(K_{0.5}Na_{0.5})_{0.95}Li_{0.05}(Nb_{0.96}Sb_{0.04})O_3$  세라믹스에 SrTiO<sub>3</sub>를 치환하고 Ag<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 소결조제로 첨가하여 압전 및 유전특성을 관찰하였다. 소량의 SrTiO<sub>3</sub>의 치환은 시편의 소결성을 향상 시켰으며 0.5mol% 치환 시 밀도, 전기기계결합계수, 유전상수, 압전상수는 각각 4.437g/cm<sup>3</sup>, 0.457, 1294, 265pC/N으로 우수한 특성을 나타내었다.

#### 참고 문헌

- [1] J. W. Wanders, "Piezoelectric Ceramics—Properties and Application, Philips Components, Eindhoven, 1991".
- [2] J Yoo, K Lee, K Chung, S Lee, K Kim, J Hong, S R yu and C Lhee, "Piezoelectric and Dielectric Properties of  $(LiNaK)(NbTaSb)O_3$  Ceramics with Variation in Poling Temperature", JJAP, Vol. 45, No. 9B, p. 7444, 2006.
- [3] Y Chang, Z Yang, L Wei, B Liu, "Effects of AETiO<sub>3</sub> additions on phase structure, microstructure and electrical properties of  $(K_{0.5}Na_{0.5})NbO_3$  ceramics", Mater sci eng A, Vol. 437, p.301, 2006