

BaTiO₃ 치환에 따른 (Na,Li)NbO₃ 세라믹스의 압전 및 유전특성

이상호, 이갑수, 류주현, 류성림*, 송현선
세명대학교 전기공학과, 충주대학교 신소재공학과*

Piezoelectric and Dielectric Properties of (Na,Li)NbO₃ Ceramics According to the BaTiO₃ substitution

Sangho Lee, Kabsoo Lee, Juhyun Yoo, Sunglim Ryu*, Hyunseon Song
Semyeng Univ., Chungju Univ.*

Abstract : In this study, in order to develop the composition ceramics of lead-free ultrasonic motor, (Na,Li)NbO₃-BaTiO₃ ceramics were fabricated using a conventional mixed oxide process and their piezoelectric and dielectric characteristics were investigated according to the BaTiO₃ substitution. BaTiO₃ substitution enhanced density, dielectric constant(ϵ_r) and electromechanical coupling factor(k_p). However, mechanical quality factor was deteriorated. At the BaTiO₃ substitution of 4mol%, density, electromechanical coupling factor(k_p), dielectric constant(ϵ_r) and piezoelectric constant(d_{33}) of specimen showed the optimum value of 4.493g/cm³, 0.236, 175, 70pC/N, respectively.

Key Words : lead-free ultrasonic motor, electromechanical coupling factor(k_p), piezoelectric constant(d_{33})

1. 서 론

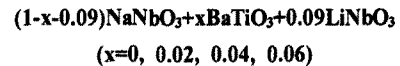
압전세라믹스는 기계적 에너지를 전기적 에너지로 또는 전기적 에너지를 기계적 에너지로 변환할 수 있는 대표적인 소자이다. 압전세라믹스중 높은 에너지 변환 효율을 가지는 PZT계 세라믹스는 압전변압기, 압전액추에이터 및 압전모터, 필터 및 레조네이터, 초음파 진동자 등에 넓게 응용되고 있다. 그러나 PZT계 세라믹스는 중량비의 60%이상이 인체 및 환경에 유해한 Pb가 차지하고 있어 환경오염에 대한 문제가 제기되고 있는 실정이다 [1].

이러한 PZT계 압전세라믹스를 대체할 세라믹스에 대한 연구로 Bi-layer type, BiNaKTiO₃, NaKNbO₃, Tungsten-Bronze type 압전세라믹스를 중심으로 많은 연구가 진행되고 있다. 그러나 일반적인 세라믹스 제조법으로 대량생산이 가능한 BiNaKTiO₃계, NaKNbO₃계 세라믹스는 원료의 주요 성분 중 하나인 K의 큰 조해성과 소성중의 휘발 및 낮은 상전이 온도에 의한 특성의 변화 등으로 인해 실제적인 응용에 제한을 받고 있는 실정이다 [2]. 또한 Bi-layer type, Tungsten-Bronze type 세라믹스들은 제조공정의 복잡성으로 인한 대량 생산의 문제점을 가지고 있다.

따라서 본 연구에서는 PZT계 압전세라믹스를 대체할 우수한 특성을 나타내는 초음파 모터용 압전세라믹스 개발하기 위해 NaLiNbO₃ 세라믹스에 BaTiO₃를 치환하여 BaTiO₃ 치환량에 따른 압전 및 유전특성을 관찰하였다.

2. 실험

본 연구에서는 아래와 같은 조성식을 사용하여 실험하였다.



99% 이상의 순도를 가지는 출발원료를 사용하여 조성식에 따라 10⁻⁴g 까지 칭량하였으며 아세톤을 분산매로 하여 24시간 지르코니아 불을 사용하여 불밀 하였다. 건조된 시료를 900℃의 온도에서 3시간동안 하소 하였으며 하소된 파우더를 24시간 불밀하여 혼합 및 분쇄하였다. 건조된 시료에 바인더를 첨가하여 직경 21φ의 물더를 사용하여 1ton/cm²의 압력으로 성형하였으며, 성형된 시편을 1150~80℃의 온도에서 2시간동안 소성하였다. 소성된 시편은 두께 1mm로 연마하여 600℃에서 10분간 전극을 소부 시키고 120℃의 실리콘 오일에서 30kv/cm의 전계를 가해 30분간 분극 하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 BaTiO₃ 치환량에 따른 시편의 밀도를 나타낸 것이다. BaTiO₃의 첨가량이 증가함에 따라 밀도는 4mol%까지 약간 증가하다가 6mol%이후에 급격히 감소하였다. 이러한 결과는 BaTiO₃의 고용한계 초과에 따른 소결성 저하에 의한 밀도의 감소로 사료된다.

그림 2는 BaTiO₃ 치환량에 따른 시편의 전기기계결합계수를 나타낸 것이다. BaTiO₃의 첨가량이 증가함에 따라 시편의 전기기계결합계수도 증가하여 4mol% BaTiO₃ 치환시 0.236으로 최댓값을 보이고 이후에 급격히 감소하였다.

이러한 결과는 그림 1의 밀도의 경향성과 일치하는 결과로 소결성의 증가 및 BaTiO₃ 치환에 따른 특성의 개선으로 사료된다.

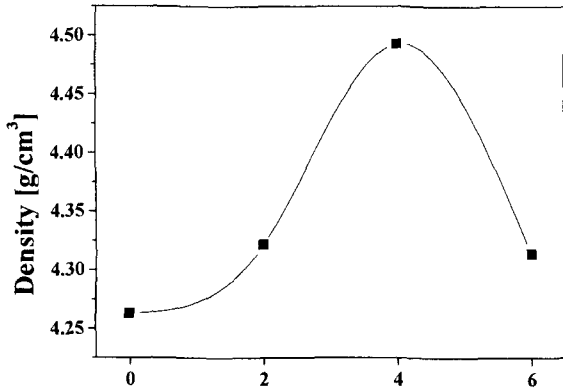


그림 1. BaTiO₃ 치환량에 따른 시편의 밀도.

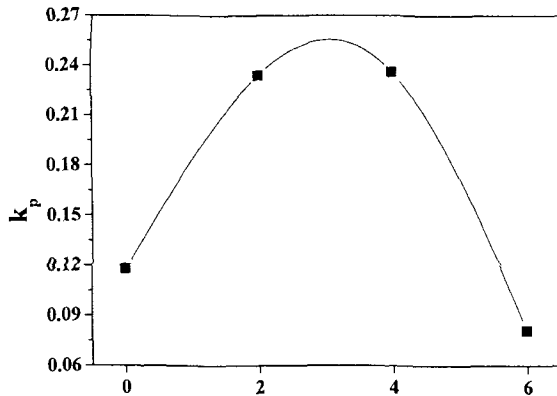


그림 2. BaTiO₃ 치환량에 따른 시편의 전기기계결합계수.

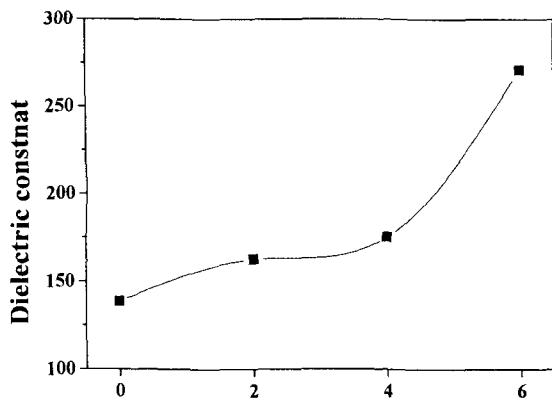


그림 3. BaTiO₃ 치환량에 따른 시편의 기계적품질계수.

그림 3은 BaTiO₃ 치환량에 따른 시편의 유전상수를 나타낸 것이다. 시편의 유전상수는 BaTiO₃ 치환량이 증가함에 따라 증가하는 특성을 나타내었으며 BaTiO₃ 치환량이 6mol% 일때 271의 값으로 최댓값을 나타내었다. 이러한 유전상수의 증가는 고유전 재료인 BaTiO₃ 치환에 따른 결과로 사료된다.

그림 4는 BaTiO₃ 치환량에 따른 시편의 압전상수 d₃₃를 나타낸 것이다. 압전상수 d₃₃는 전기기계결합계수와 같은 경향을 나타내고 BaTiO₃ 치환량이 4mol%일 때 70pC/N으로 최대 값을 보였다.

표 1에 시편의 물성을 나타내었다.

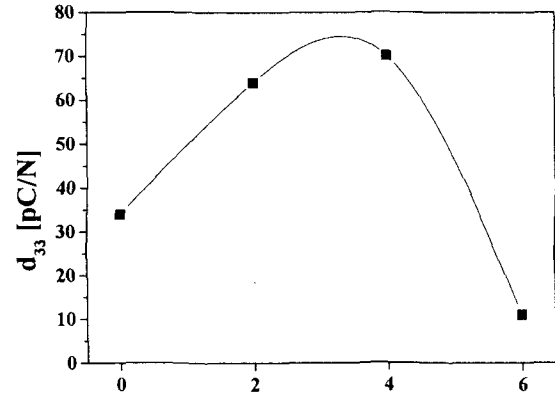


그림 4. BaTiO₃ 치환량에 따른 시편의 압전상수 d₃₃.

표 1. 시편의 물성.

Sintering Temp. [°C]	BaTiO ₃ [mol%]	Density [g/cm ³]	ε _r	k _p	d ₃₃ [pC/N]
1150	0	4.263	138	0.118	34
~	2	4.322	162	0.234	64
	4	4.493	175	0.236	70
1180	6	4.314	271	0.081	11

4. 결론

본 연구에서는 PZT계 압전세라믹스를 대체할 우수한 특성을 나타내는 초음파 모터용 압전세라믹스 개발하기 위해 (Na,Li)NbO₃ 세라믹스에 BaTiO₃를 치환하여 BaTiO₃ 치환량에 따른 압전 및 유전특성을 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. BaTiO₃의 치환은 소결성의 개선과 함께 밀도, 전기기계결합계수 k_p, 유전상수 ε_r, 압전상수 d₃₃ 을 증가시켰다.
2. BaTiO₃의 치환량이 4mol%일 때 밀도=4.493g/cm³, 전기기계결합계수 k_p=0.236, 유전상수 ε_r=175, 압전상수 d₃₃=70pC/N으로 최적의 조건을 나타내었다.

참고 문헌

[1] J. W. Wanders, "Piezoelectric Ceramics - Properties and Application, Philips Components, Eindhoven, 1991".
 [5] J Yoo, K Lee, K Chung, S Lee, K Kim, J Hong, S Ryu and C Lhee, "Piezoelectric and Dielectric Properties of (LiNaK)(NbTaSb)O₃ Ceramics with Variation in Poling Temperature", JJAP, Vol. 45, No. 9B, p. 7444, 2006.