

KCN 첨가에 따른 (K,Na)NbO₃ 세라믹스의 압전특성

서병호, 성금현, 이상호, 류주현
세명대학교

Piezoelectric Properties of (K,Na)NbO₃ ceramics with the amount of KCN addition

Byeong - Ho Seo, Kum-Hyun Sung, SangHo Lee, Juhyun Yoo
Semyung Univ.

Abstract : In this study, in order to develop excellent lead-free composition ceramics for piezoelectric transformer, (K₄CuNb₈O₂₃) added (K_{0.5}Na_{0.5})(Nb_{0.96}Sb_{0.04})O₃ ceramics were fabricated using conventional mixed oxide method and their piezoelectric and dielectric properties were investigated as a function of the amount of KCN addition. With increasing the amount of KCN addition, density and mechanical quality factor(Qm), electromechanical coupling factor (Kp) were increased up to 1.2mol% and then decreased. At the 1.2mol% KCN added specimen, mechanical quality factor (Qm), electromechanical coupling factor (Kp), density and dielectric constant (εr) showed the optimal values of 781, 0.445, 4.42g/cm³ and 443, respectively, for piezoelectric transformer application.

Key Words : lead-free ceramics composition, electromechanical coupling factor, mechanical quality factor

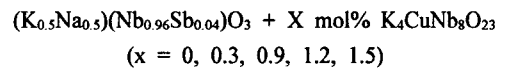
1. 서 론

PZT계 압전세라믹스를 대체할 세라믹스에 대한 연구로 Bi-layer type, (BiNaK)TiO₃, (NaK)NbO₃, Tungsten-Bronze type 압전세라믹스를 중심으로 많은 연구가 진행되고 있다. 그러나 일반적인 세라믹스 제조법으로 대량생산이 가능한 (BiNaK)TiO₃계, (NaK)NbO₃계 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 [1]. 치밀한 (Na,K)NbO₃계 세라믹스의 밀도를 증가시키기 위하여 Hot pressing, Hot forging, RTGG(Reactive Template Grain Growth), SPS(Spark plasma Sintering)와 같은 여러 가지 방법들을 통해 고밀도의 압전 세라믹스를 제조한다. 그러나, 이는 무연 세라믹스의 대량 생산 과정에서 어려운 문제를 가지고 있고, 저가격 관점에서 볼 때 보통소성법이 보다 바람직하다. 그래서 보통 소성법으로 (Na,K)NbO₃세라믹스의 소결성을 향상 시키고 비교적 높은 압전특성을 얻기 위해서 많은 연구가 이루어지고 있다. 그 중 (Na,K)NbO₃세라믹스에 KCT, KCN 같은 이성분을 첨가하여 소결성을 높이며 압전특성을 크게 개선시키는 방법과 AETiO₃(AE : Alkali Earth)의 이성분을 치환하여 온도안정성을 높이며 압전특성을 개선하는 방법들이 크게 주목받으며 연구되고 있으며 PZT계 세라믹스에 근접한 압전특성을 보이고 있다 [2, 3].

따라서 본 논문에서는 우수한 압전변압기용 무연 압전 세라믹스를 개발하기 위해서 (K_{0.5}Na_{0.5})(Nb_{0.96}Sb_{0.04})O₃ 세라믹스에 K₄CuNb₈O₂₃을 첨가에 따른 유전 및 압전 특성을 조사하였다.

2. 실험

본 실험은 다음의 조성식에 따라 일반적인 산화물 혼합법으로 시편을 제작하였다.



첨가제를 제외한 raw material은 순도 99% 이상의 원료를 사용하여 칭량 한 후 아세톤을 분산매로 사용하여 24시간 1차 ball mill을 하였으며 첨가제인 K₄CuNb₈O₂₃도 24시간 같은 조건으로 혼합분쇄 하였다. raw material 및 첨가제는 900℃의 온도에서 각각 6, 5시간 하소하였다. 하소된 시료는 조성식에 따라 mol비에 맞추어 2차 ball mill을 하였다. 혼합분쇄된 시료는 PVA를 혼합하여 21φ의 몰더로 1ton/cm²의 힘으로 성형하여 600℃에서 3시간 번아웃 하였다. 제작된 시편은 1100℃의 소결온도에서 5시간 동안 소결하였으며 특성측정을 위하여 두께 1mm로 연마 후 Ag전극을 도포한 후 600℃에서 10분간 열처리를 하였다. 제작된 시편은 100℃의 실리콘 오일에서 3KV의 전계를 가하여 분극 처리를 하였으며 24시간 경과후 재 측정을 실시하였다.

제작된 시편의 정전용량 측정은 LRC meter로 1kHz에서 측정을 하였으며 Impedance Analyzer를 이용 공진과 반공진을 찾고 이에 따른 전기기계결합계수와 기계적품질계수를 측정하였다

3. 결과 및 고찰

그림 1은 KCN의 첨가량에 따른 밀도를 나타내고 있다. KCN의 첨가량이 증가할수록 밀도는 크게 증가하는 특성을 나타내었으며 1.5mol% 첨가 시 4.472g/cm³로 비교적 높은 값을 나타내었다. 이러한 결과는 용점이 낮은 KCN이 본 조성의 소결성을 개선시키기 때문이다.

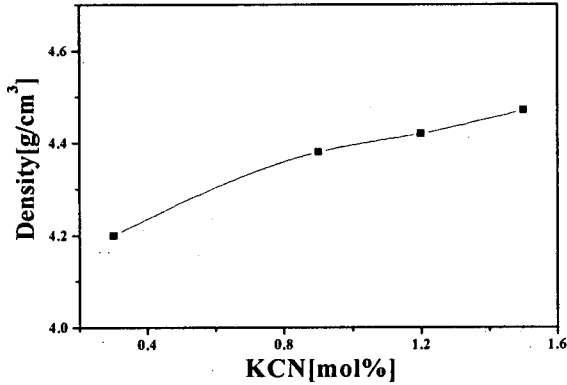


그림 1. KCN 첨가에 따른 시편의 밀도.

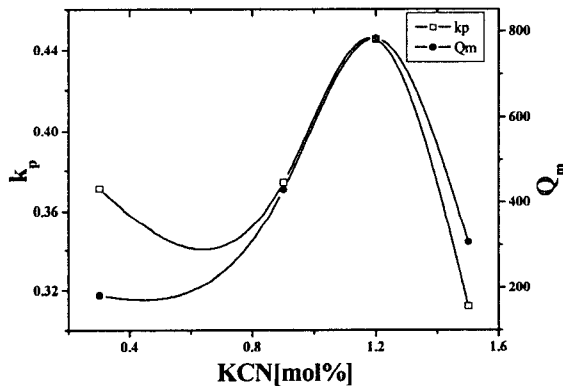


그림 2. KCN 첨가에 따른 시편의 kp와 Qm.

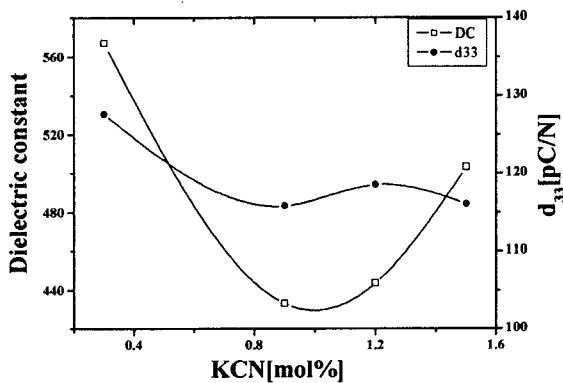


그림 3. KCN 첨가에 따른 시편의 εr과 d33.

그림 2는 첨가량에 따른 전기기계결합계수 kp와 기계적품질계수 Qm을 보여주고 있다. kp와 Qm은 KCN 치환량이 증가함에 따라 증가하여 KCN 치환량이 1.2mol% 일 때 각각 0.445와 781의 값으로 최대값을 나타내고 이후에 감

소하였다. 이러한 결과는 KCN 첨가에 따른 소결성의 개선에 의한 효과로 사료되며 본 조성에서 KCN 첨가량이 1.2mol%일 때 가 최적의 제작조건으로 사료된다.

그림3은 KCN 첨가량에 따른 유전상수 εr과 압전상수 d33를 보여 주고 있다. d33는 KCN 첨가량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다.

표 1은 시편의 물성을 정리한 것이다.

표 1. 시편의 물성

Sintering Temp. [°C]	KCN [mol%]	Density [g/cm³]	Dielectric constant	kp	Qm	d33 [pC/N]
1100 °C	0.3	4.20	567.03	0.371	181.05	127.60
	0.9	4.38	432.95	0.374	429.19	115.80
	1.2	4.42	443.45	0.445	781.97	118.50
	1.5	4.47	503.19	0.312	305.76	116.05

4. 결론

본 논문에서는 우수한 무연 압전 세라믹스를 개발하기 위해 (K0.5Na0.5)(Nb0.96Sb0.04) 세라믹스에 K4CuNb8O23을 첨가에 따른 유전 및 압전 특성을 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. KCN의 치환은 본 조성에서 소결성을 크게 증가시켰으며 그로인한 전기기계결합계수, 기계적품질계수, 압전상수, 유전상수의 특성을 개선 시켰다.
2. 1100°C의 소결온도에서 KCN 첨가량이 1.2 mol% 일 때 밀도, 전기기계결합계수, 기계적품질계수, 압전상수, 유전상수는 각각 4.42g/cm³, 0.445, 781, 118pC/N, 443으로 최적의 값을 나타내었다.

참고 문헌

- [1] R. Wang, R. Xie, K. Hanada, K. Matsusak, H. Bando, and M. Itoh, "Phase Diagram and Enhanced Piezoelectricity in the Strontium Titanate Doped Potassium - odium Niobate Solid Solution," Phys. Stat. Sol. Vol. 202[6], p.R57, 2005.
- [2] M. Kosec, V. Bobnar, M. Hrovat, J. Bernard, B. Malic, and J. Holc, "New Lead-Free Relaxor. Based on the K0.5Na0.5NbO3 - SrTiO3 Solid Solution," J. Mater. Res., 19 [6] p.1849, 2004.
- [3] Y. Wang, J. Wu, D. Xiao, J. Zhu, P. Yu, L. Wu, and X. Li, "Piezoelectric properties of (Li, Ag, Sb) modified (K0.50Na0.50)NbO3 lead-free ceramics", J. Alloys Comp, Vol. 462, p. 310, 2008.