

PNW 치환이 PSN-PZT 세라믹스에 유전 및 압전특성에 미치는 영향

우원희, 오동언, 류주현, 류성림*, 김용운**, 정영호***
세명대학교, 충주대학교*, 세경대학**, 전력연구원***

The effect of PNW substitution on dielectric and piezoelectric properties of PSN-PZT Ceramics

Wonhee Woo, Dongon Oh, Juhyun Yoo, Sunglim Ryu*, Yongwoon Kim** and Yeongho Jeong***
Semyung Uni., Chungju Uni.*, Saekyung college** and KEPRI***

Abstract

In this study, dielectric and piezoelectric properties of PSN-PZT Ceramic were investigated as a function of PNW substitution. With the increase of PNW substiution, teragonality , Curie temperature and mechanical quality factor were decreased but grain size and electromechanical coupling factor(kp) was gradully increased .At 4 mol [%] PNW substitution. maximum kp of 0.567 was shown.

Key Words :PNW substiution, PSN-PZT ceramic, Teragonaiity, Curie temperature,

1. 서 론

최근들어, PDA(Personal Digital Assistant), 캠코더, 노트북 등 휴대용 가전제품의 소형화, 경량화가 되어지고있다. 따라서 이에 사용되는 액정 display의 back light용 CCFL(Cold Cathod Fluloscent Lamp)을 구동하기 위한 트랜스포머의 경우 전자식보다는 소형화 경량화가 가능한 압전 트랜스포머가 응용되어지고 있다 그러나 높은 승압비를 얻기 위해서는 소자의 두께가 얇아져야 하나 기계적인 강도가 약해지므로 기계적 강도를 높이고 높은 승압비를 얻을 수 있는 적층형 소자가 필요하게 되었다. 하지만 적층형 소자의 경우 층간의 내부 전극이 도포된 상태에서 소결해야 하기 때문에 낮은 용점을 갖는 Ag 전극 보다는 높은 용점을 갖는 Pd 전극이 다량으로 함유된 Ag/Pd 내부전극을 사용해야한다. 하지만 Ag/Pd 전극의 경우 소결온도에 대한 영향이 적고 전기적인 특징이 우수한 소자를 만들에 낼 수 있지만 Pd 전극의 가격이 비싸 경제성 떨어지게 된다. 따라서 Pd 전극의 함유량을 줄이기 위해 낮은 온도에서 소결하

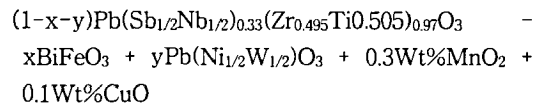
는 방법이 바람직하다. 또한 저온 소결은 PbO의 함유량이 70%이상을 차지하는 대부분의 PZT계 압전소자에서 PbO의 휘발을 줄일 수 있어 이로 인한 환경 오염을 줄일 수 있다. PZT계 세라믹스를 저온소결하는 방법에는 (1)용점이 낮은 grass나 oxides 등을 첨가하는 방법, (2)출발원료를 미세한 분말로 만들어 소결반응을 촉진시키는 방법,(3)소결온도가 낮은 복합산화물을 첨가하여 소결 온도를 낮추는 방법 등이 있다.

본실험에서는 소결온도를 낮출수 있다고 보고된 BiFeO₃[1]와 큐리온도가 낮은 복합산화물 PNW[2]를 치환량을 변화시켜 유전 및 압전특성을 조사하였다.

2. 실험

2.1 시편제조 및 특성 측정

본 실험의 기본조성식은 다음과 같으며 산화물 혼합법으로 시편을 제조하였다.



x는 0.5로 고정을 하였으며 y값은 0, 0.02, 0.04, 0.06 0.08로 변화를 주었고 PNW는 미리 복합화합물로 만든뒤 평량하였으며 CuO는 하소후 첨가하였다. 조성에 따른 시료는 10^{-4} g까지 평량하여 아세톤을 분산매로 $\phi 3\text{mm}$ Zirconia Ball을 사용하여 24시간동안 혼합, 분쇄후 건조한뒤, 알루미늄 도가니에 넣고 850°C 에서 2시간 하소하였다. 하소후 질량의 0.1wt%CuO를 첨가하여 24시간동안 재혼합, 분쇄후 건조하여, PVA(5% 수용액) 8%를 첨가하고 $\phi 21\text{mm}$ 몰더로 $1 [\text{ton}/\text{cm}^2]$ 으로 성형하였다. 이 성형된 시편을 600°C 에서 3시간동안 동안 결합제를 태워버린 뒤, 승하강온도 $3[^{\circ}\text{C}/\text{min}]$ 로 하여 1100°C 에서 1시간 소결하였다. 시편의 특성을 측정하기 위하여 1mm의 두께로 연마한 시편에 Ag전극을 도포한뒤, 600°C 에서 10분간 전극을 열처리하고 130°C 의 절연류속에서 $30[\text{kv}/\text{cm}]$ 의 직류전계를 30분동안 인가하여 분극처리 하였으며 24시간 후에 제 특성을 측정하였다. 유전특성을 조사하기 위하여 LCR meter[ANDO]로 1kHz에서의 정전용량을 측정하 유전 상수를 산출하였고, IRE 규정에 따라 Impedance Analyzerfh로 공진 및 반공진 주파수와 공진 저항을 측정하여 전기기계결합계수와 기계적 품질계수를 산출하였다.

3.결과 및 고찰

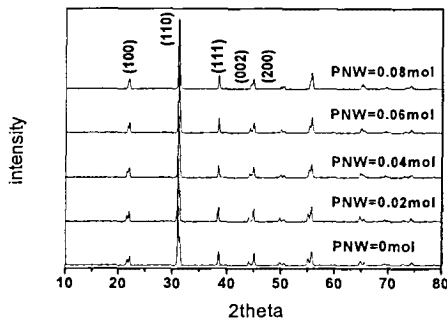
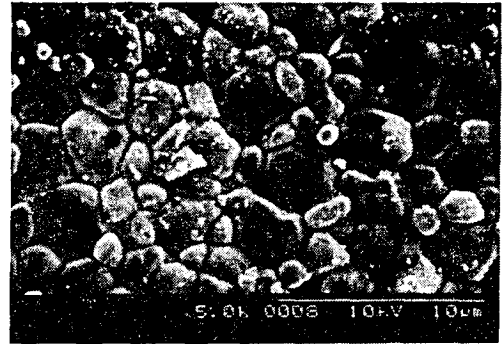


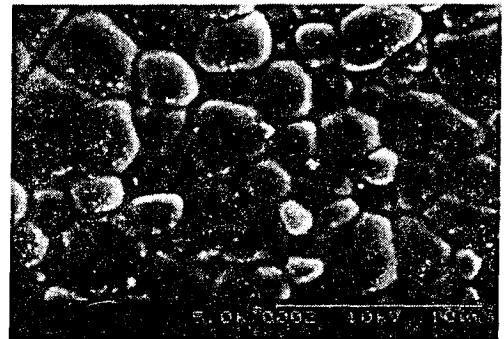
그림 1. PNW치환량에 X선 회절곡선

그림 1 은 PNW 치환량에 따른 X선 회절곡선을 나타낸 것이다. PNW치환량이 증가할수록 tetragonality가 점차 감소하고 있음을 알 수 있었다. 이는

FNW의 큐리온도가 약 -3°C 부근이 내문에 PNW가 PSN-PZT페로브스카이트구조에 고용해 들어감에 따라 이것이 강유전성을 약하게 하는 작용을 하기 때문인 것으로 생각된다. 그림2는 PNW 치환량에 따른 미세구조를 나타낸 것이다. PNW치환량이 증가할 수록 그레인은 점점 증가하고 있음을 알 수 있었다. 이는 PNW가 소결온도를 낮추는 효과로 작용하여 그레인 성장에 필요한 열적인 에너지가 PNW가 증가할수록 충분히 공급되었기 때문으로 생각된다. 그림3은 이와같은 설명을 증명해주는 결과로서 PNW치환량이 증가할수록 소결밀도가 급격히 증가하고 있음을 보여 주고 있다.

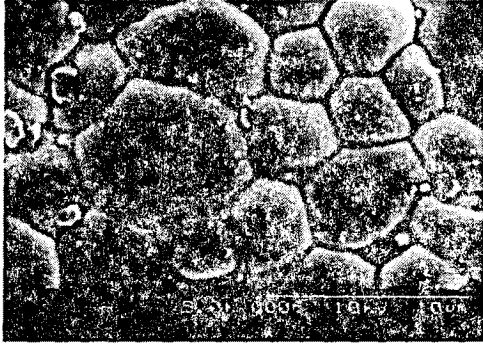


(a)PNW 0mol[%]



(b)PNW 4mol[%]

PNW치환량이 0mol[%]에서 $3.22\mu\text{m}$ 에서 8mol[%]에서는 $7.41\mu\text{m}$ 로 크게 증가하였다.



(c)PNW 8mol[%]

그림 2. PNW치환량에 따른 미세구조(SEM)

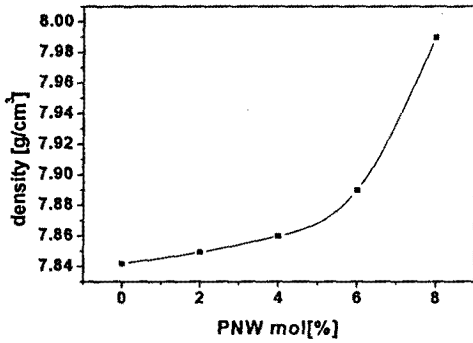


그림3. PNW치환량에 따른 밀도

그림4는 PNW치환량에 따른 전기기계결합계수 (k_p)를 나타낸 것이다. PNW치환량이 증가할 수록 전기기계결합계수가 증가하고 있으며, 4mol%에서 최대를 보이고, 그 이상에서 다소 감소하였다. 이는 PNW가 정방성을 약화시켜 분극을 용하게 해주어 분극효율이 좋아지기 때문이다. 4mol% 이상에서는 적정소결온도보다 다소 높은 점도 있지만 강유전성이 약화된 효과가 큰 것으로 생각된다.

그림5는 PNW치환량에 따른 기계적 품질계수(Q_m)을 나타낸 것으로서 PNW치환량이 증가됨에 따라 점차 감소되고 있는 데 이 역시 정방성이 약화된 결과로서 해석된다.

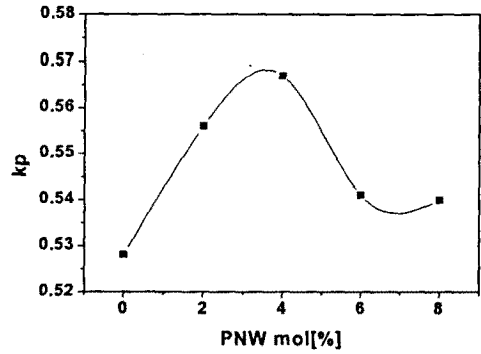


그림4. PNW치환량에 따른 전기기계 결합계수(k_p)

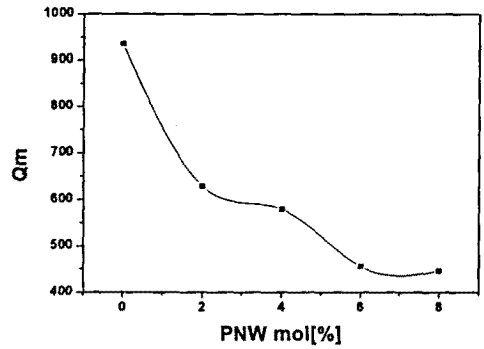


그림5. PNW치환량에 따른 기계적 품질계수(Q_m)

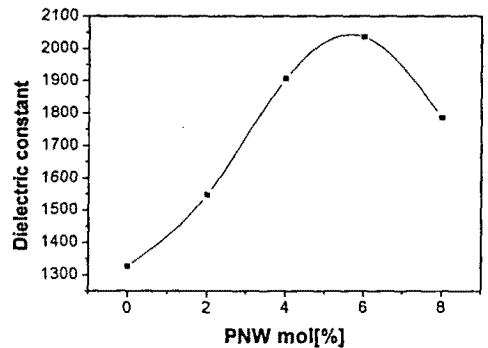


그림6. PNW치환량에 따른 유전상수

그림6은 PNW치환량에 따른 유전상수를 나낸 것으로서, 이 역시 표1에서 알 수 있듯이 PNW의 큐리온도가 약 -3°C 부근이 때문에 PSN-PZT세라믹

의 큐리온도를 PNW치환량이 증가할수록 낮추는 작용을 하여 상온에서의 유전상수를 증가시키기 때문이다. 이는 표1은 위의 결과를 표로 정리한 것이다.

표 1. PNW치환량에 따른 물성 및 압전 특성

PNW mol[%]	Density [g/cm ³]	Grain size[μ m]	Kp	Qm	Dielectric constant	Tetragonality (c/a)	Tc (°C)
0	7.842	3.22	0.528	936	1328	1.0226	321
2	7.849	3.461	0.556	629	1549	1.0205	300
4	7.86	4.22	0.567	579	1906	1.0172	281
6	7.893	6.002	0.541	456	2037	1.015	259
8	7.996	7.41	0.54	446	1786	1.0121	237

4. 결론

본 연구에서는 PSN-PZT세라믹에 PNW를 치환시켜 1100°C에서 1시간 소결 제조하였다. 제조된 시편의 유전 및 압전특성을 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. PNW치환량이 증가할수록 tetragonality가 점차 감소하였다.
2. PNW치환량이 증가할 수록 그레인사이즈가 점점 증가하였다.
3. PNW치환량이 증가할 수록 전기기계결합계수가 증가하고 있으며, 4mol%에서 최대를 보이고, 그 이상에서 다소 감소하였다.
4. 기계적품질계수가 PNW치환량이 증가됨에 따라 점차 감소하였다.

이상으로서, PNW를 치환시킨 PSN-PZT 세라믹스가 치환 시키지 않을 때 보다 100°C 낮은 1100°C에서 소결이 잘 되어 Ag/Pd전극 7:3의 비율전극을 사용가능 한 것으로 나타났다. 향후 소결온도를 더욱 낮추고, 기계적품질계수를 높히는 연구를 보완하고자 한다.

참고 문헌

- [1] K.Murakami, D.Dong, H.Suzuki and S.Kaneko "Microanalysis of grain boundary on low-temperature sintered Pb(Zr,Ti)O₃ ceramics with complex oxide additives " Jpn.J.Appl.Phys.Vol.34 No. 9B, p.5457,1995
- [2] J. H. Yoo, K. H. Yoon, S. M. Hwang, and S. J. Suh, " Electrical characteristics of high power piezoelectric transformer for 28W fluorescent lamp", Sensor and Actuators, Vol. A 2884, p 1, 2001.[