

## 액츄에이터용 PMW-PNN-PZT 세라믹스의 압전특성

유경진, 류주현, 윤현상\*, 박창엽, 정영호\*\*, 이형규\*\*\*, 강형원\*\*\*

세명대학교, 경문대학\*, 한전전력연구원\*\*, 전자부품연구원\*\*\*

### Piezoelectric Characteristics of PMW-PNN-PZT Ceramics for Actuator Application

Kyungjin Yoo, Juhyun Yoo, Hyunsang Yoon\*, Yeongho Jeong\*\*, Hyunggyu Lee\*\*\* and Hyungwon Kang\*\*\*

Semyung Univ., Kyungmoon Coll.\*, KEPRI\*\*, KETI\*\*\*

**Abstract** : In this study, in order to develop low temperature sintering piezoelectric actuator,  $Pb(Mg_{1/2}W_{1/2})_{0.03}(Ni_{1/3}Nb_{2/3})_x(Zr_{0.50},Ti_{0.50})_{1-x-0.03}$  (PMW-PNN-PZT) ceramic systems were fabricated using  $CaCO_3$ - $Li_2CO_3$  sintering aid and their dielectric and piezoelectric properties were investigated with the variation of PNN substitution. The piezoelectric actuator requires high piezoelectric constant  $d_{33}$  and high electromechanical coupling factor  $k_p$ . At the PMW-PNN-PZT ceramics with 9mol% PNN substitution sintered at 900 °C, the density, electromechanical coupling factor  $k_p$ , dielectric constant, piezoelectric constant  $d_{33}$  and mechanical quality factor  $Q_m$  showed the excellent values of 7.86 [g/cm<sup>3</sup>], 0.584, 1881, 485 [pC/N] and 76, respectively for piezoelectric actuator application.

**Key Words** : Piezoelectric constant,  $d_{33}$ , electromechanical coupling factor  $k_p$ , sintering aids

### 1. 서 론

현재의 PbTiO<sub>3</sub>계, PZT계 압전세라믹스는 1200°C 이상의 고온소결로 이루어짐에 따라 대규모로 제작할 때 에너지소모가 크게되는 문제점과 고온소성시 많은 양의 PbO가 휘발되는 환경오염 문제를 가지고 있다. 따라서, PbO 휘발에 의한 환경 오염을 줄일 수 있고, 소결시 에너지 절감의 효과도 얻을 수 있기 때문에 1000°C미만의 저온소결에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다. 또한 낮은 입력 전압을 갖고 높은 발생력과 변위량을 얻을 수 있는 적층형 액츄에이터의 개발이 필요하게 되었다. 적층형 액츄에이터의 경우, 층간의 내부 전극이 도포된 상태에서 소결하여야 한다. 고온에서 소결시에 960[°C] 낮은 용점을 갖는 Ag 전극 보다는 높은 용점을 갖는 Pd 전극이 다량으로 함유된 Ag/Pd 내부전극을 사용해야 하지만 Pd 전극의 가격이 비싸 경제성이 떨어지게 된다. 따라서, 순수한 Ag 내부전극을 사용하기 위해서는 900[°C] 정도의 낮은 온도에서 소결 가능한 다바이스가 경쟁력을 갖기 때문에 이에 대한 연구개발이 필요한 실정이다. 따라서, 이 실험에서는 적층 압전 액츄에이터소자에 응용할 저온소결 압전세라믹스를 개발하기 위하여 PNN 치환에 따른 PMW-PZT 조성에 저용점 산화물인  $CaCO_3$ - $Li_2CO_3$ 를 첨가하여 시편을 제작하여 그에 관한 압전 및 유전특성을 연구하고자 한다.

### 2. 실험

본 실험에서는 일반적인 산화물 혼합법으로 시편을 제조하였으며, 실험에 사용된 조성식은 다음과 같다.  $Pb(Mg_{1/2}W_{1/2})_{0.03}(Ni_{1/3}Nb_{2/3})_x(Zr_{0.50},Ti_{0.50})_{1-x-0.03}+0.25wt\%CaCO_3+0.2wt\%Li_2CO_3$  ( $x=0.07, 0.09, 0.11, 0.13, 0.15, 0.17$ ) 조성에 따른 시료의 정확한 몰비를 10<sup>-4</sup>까지 평량하였고, 아세톤을 분산매로 불밀을 사용하여 24시간동안 혼합 분쇄하였으며, 80°C의 항온조에서 10시간 이상 건조 후 850[°C]에서 2시간동안 하소하였고, 소결첨가제  $CaCO_3$ 와  $Li_2CO_3$  넣고 재 혼합분쇄 후 PVA(5wt% 수용액)를 5[wt%] 첨가하여  $k_p$  mode로써 제작하기 위해 직경 21[mmφ] 물더로 1[ton/cm<sup>2</sup>]의 압력을 가하여 성형하였다. 900[°C]의 온도로 90분 소결한 후 특성 측정을 위해 1[mm] 두께로 연마하였고, Ag전극을 입혀 650[°C]에서 10분간 열처리하였다. 전극이 형성된 시편은 120[°C] 실리콘 유 속에서 30[kv/cm]의 전계를 30분동안 인가하여 분극하였다. 24시간이 지난 후에 공진 및 반공진법에 따라 Impedence analyzer (Agilent 4294A)를 사용하여 유전 및 압전특성을 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 PNN 치환량에 따른 밀도를 나타낸 것이다. 모든 시편이 PNN 치환량에 상관없이 치밀화 된

것을 확인할 수 있다. 그림 2는 PNN 치환량에 따른 유전상수와  $d_{33}$ 를 나타내었다. 유전상수와  $d_{33}$ 는 PNN 치환량 9[mol%]에서 최대 값을 보이고 그 이후에 감소하는 경향을 보인다. 이러한 결과는 PNN 치환에 따라 상경계 영역이 변화하기 때문이며, 본 조성에서는 PNN 9[mol%]가 상경계 영역으로 사료된다.

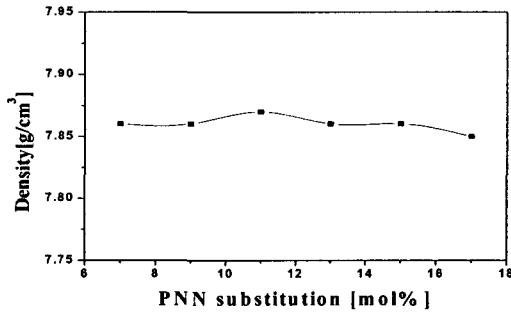


그림 1. PNN 치환에 따른 밀도.

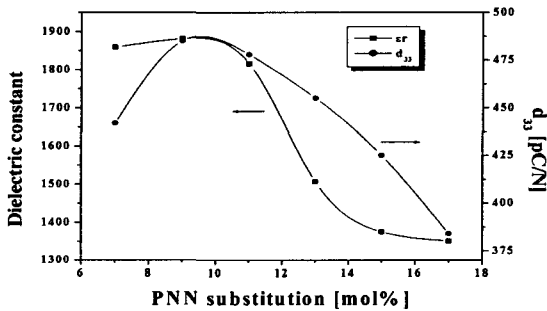


그림 2. PNN 치환에 따른 유전상수 와  $d_{33}$

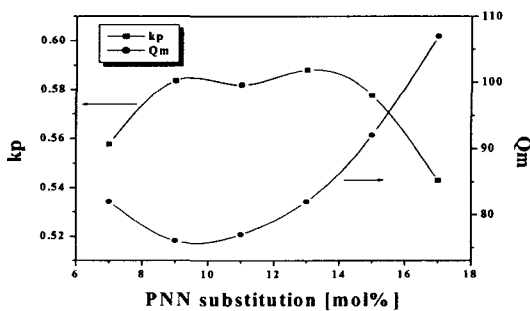


그림 3. PNN 치환에 따른 kp와 Qm.

전기기계결합계수  $k_p$ 는 PNN 치환량이 9~13[mol%]에서 최대값을 보이고 PNN 치환에 따른 큰 변화는 나타나지 않았다.  $k_p$ 는 일반적으로 상경계 부근에서 가장 큰 값을 보이지만, 본 실험에서는 상경계 이후에도  $k_p$ 값은 높은 값을 가졌다. 기계적품질계수  $Q_m$ 은 9[mol%]에서 최저 값을 보이고 이후에 증가하는 경향을 보이고 있다. 이러한 특성은 상경계 영역에서 유전

상수 증가에 의해서 유전손실이 증가하여  $Q_m$ 이 감소하는 PZT계 세라믹스의 상경계 특성에 부합하는 결과이다.

표 1에 PNN 치환에 따른 시편의 물성을 나타내었다.

표. 1. PNN 치환에 따른 시편의 물성.

Sintering temp. [°C]	PNN [mol%]	Density [g/cm³]	Dielectric constant	$k_p$	$Q_m$	$d_{33}$ [pC/N]
900	7	7.86	1859	0.558	82	442
	9	7.86	1881	0.584	76	485
	11	7.87	1816	0.582	77	478
	13	7.86	1507	0.588	82	455
	15	7.86	1375	0.578	92	425
	17	7.85	1351	0.543	107	384

#### 4. 결론

본 연구에서는 적층 압전 액츄에이터용 저온소결 세라믹스를 개발하기 위해 PMW-PZT조성에 저융점 산화물인  $CaCO_3-Li_2CO_3$ 를 첨가하여 저온소결 하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. PNN 치환량에 따른 밀도의 변화는 없었다.
2. 유전상수와 압전  $d_{33}$ 는 PNN의 치환량이 9mol%에서 최대값을 보이고 그 이후에는 감소하였다.
3. 전기기계결합계수  $k_p$ 는 PNN 치환량이 13[mol%]까지 약간 증가하는 경향 보이고 그 이후에 감소하였다.
3. 기계적품질계수는 PNN 치환량이 9[mol%]에서 최저값을 보이고 그 이후에 증가하였다.
4. PNN 치환량이 9[mol%]일 때 밀도,  $er$ ,  $k_p$ ,  $d_{33}$ ,  $Q_m$ 은 각각 7.86[g/cm³], 1881, 0.584, 485[pC/N], 76으로 최적의 특성을 보였으며, 적층형 압전액츄에이터용 세라믹스로의 응용 가능성을 나타내었다.

#### 감사의 글

본 연구는 2004년 부품소재기술개발사업과 산업기술재단의 석박사 인력양성사업의 지원으로 수행되었음.

#### 참고 문헌

- [1] 류주현, 이창배, 이상호, 백동수, 정영호, 임인호, "저온소결 PMN-PZT 압전세라믹의 소성시간에 따른 미세구조 및 압전특성" 전기전자 재료학회지, vol.18, No. 3, p. 237, mach 2005
- [2] Berlincourt, D. A., Cmolick, C, and Jaffe, b."piezoelectric properties of Polycrystalline Lead Titanate Zirconate Composition", proc. IRE, 48(2), pp220~229(1965)