

# 소성온도에 따른 PSN-PNN-PZT 세라믹스에 미치는 압전특성

남승현, 류주현, 이수호\*, 박창엽, 윤현상\*\*, 안병렬\*\*\*  
세명대학교, 경북대학교\*, 경문대학\*\*, 충주대학교\*\*\*

## Dielectric and Piezoelectric Characteristics of PSN-PNN-PZT Ceramics with the Sintering Temperature

Seunghyon Nam, Juhyun Yoo, Suho Lee\*, Changyub Park, Hyunsang Yoon\*\*, Byungrgul An\*\*\*  
Semyung University, Kyungpook University\*, Kyungmoon College\*\*, Chungju University\*\*\*

### Abstract

In this study, to develop the low temperature sintering ceramics for multilayer piezoelectric transformer,  $0.02\text{Pb}(\text{Sb}_{1/2}\text{Nb}_{1/2})\text{O}_3-0.13\text{Pb}(\text{Ni}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3-0.85\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$  system ceramics were manufactured with the variations of sintering temperature between 1,090 and 1240°C and its dielectric and piezoelectric characteristics were investigated. With increasing the sintering temperature, electromechanical coupling factor ( $k_p$ ) and mechanical quality factor( $Q_m$ ) were decreased. At 1,180°C sintered specimen showed maximum value of 0.535 electromechanical coupling factor ( $k_p$ ). On the other hand, The specimen sintered at 1,180°C showed the maximum value of  $\epsilon_r=1,571$ ,  $Q_m=1,181$  respectively.

**Key Words** : low temperature sintering, multilayer piezoelectric transformer,

### 1. 서 론

전력 소비량이 매년 증가함에 따라 조명 기기의 에너지 절약을 위한 연구 개발이 국내외에서 활발히 진행되고 있다. PDA(Personal Digital Assistant), 모니터, 노트북의 LCD Back light 에 사용되는 기존의 권선형 트랜스포머를 사용한 인버터는 효율이나, 소형의 한계를 가지고 있다. 이는 전자식 인버터에 페라이트 코어를 사용하여 권선을 감은 타입의 권선형 트랜스포머를 사용하기 때문이다[1,2]. 최근들어, 이 권선형트랜스포머 대신 소형이며, 고효율인 압전트랜스포머를 채용한 인버터가 확산됨에 따라 더욱 압전트랜스포의 성능을 높이는 쪽으로 연구개발이 활발히 진행 중에 있다. 압전트랜스포머는 기계적인 진동을 이용하기 때문에 높은 기계적인 강도를 갖는 재료를 이용하여 제작하여야 한다. 또한, 신뢰성 있는 압전트랜스포머에 요구되는 특성은 소자의 그래인을 작게하여 분역에 의한 마찰손실을 줄이고, 기계적품질

질계수( $Q_m$ )을 증가시키고, 전기기계결합계수( $k_p$ )를 높게 하여 소자의 발열에 의한 온도상승을 억제하고, 에너지 변환 효율을 증가시켜야 한다[3,4]. 더불어, 입력되는 전기적 에너지를 증가시키기 위하여 유전상수를 증가시켜, 소자의 정전용량을 크게 해야한다. 본 연구에서는 하소된 분말을 사용하여 attrition milling을 이용하여 미세 분말을 만든 다음 소결온도가 유전적, 미세구조 및 압전적 특성에 미치는 영향을 고찰하여 고성능 압전트랜스포머용 세라믹스의 제조조건을 확립하고자 한다.

### 2. 실험

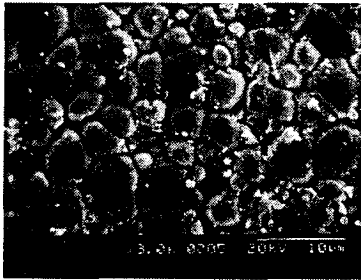
#### 2.1 시편의 제조 및 특성측정

본 연구에서는  $0.02\text{Pb}(\text{Sb}_{1/2}\text{Nb}_{1/2})\text{O}_3-0.13\text{Pb}(\text{Ni}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3-0.85\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3+0.5\text{ wt\% MnO}_2$  를 사용하여, 조성에 따라 시료를  $10^{-4}\text{g}$ 까지 평량하여 아세톤을 분산매로 불밀에서 24시간 혼합 분쇄하였고, 건조 후 알루미늄 도가니로 오븐에서 850°C에서 2시간

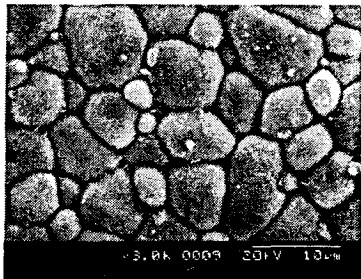
하소하였다. 하소 후 attrition mill를 사용하여 4시간동안 재 분쇄하여 건조한 시료에 PVA(5wt% 수용액)을 첨가하여 1,000[kg/cm<sup>2</sup>]의 압력으로 성형하였고, 1090-1240℃에서 2시간 소결하였다. 특성 측정을 위해 두께 1mm로 연마해 Ag paste를 도포하고 600℃에서 10분간 열처리하였다. 전극이 형성된 시편들은 120℃ 실리콘유 속에서 30[kV/cm]의 전계를 인가하여 분극하였고, 24시간 후 제 특성을 측정하였다. 유전특성을 조사하기 위하여 LCR meter (ANDO AG-4304)로 1kHz에서 정전용량을 측정하여 유전상수를 측정하였고, 압전 특성들을 조사하기 위하여 전기기계결합계수 및 기계적 품질계수 등을 IRE 규정에 따라 Impedance Analyzer(HP4294A)로 공진 및 반공진 주파수를 측정하여 산출하였다.

### 3. 결과 및 고찰

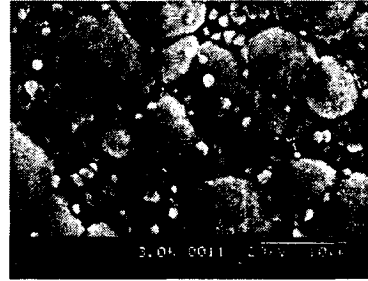
#### 3.1 소성온도에 따른 미세 구조적 특성



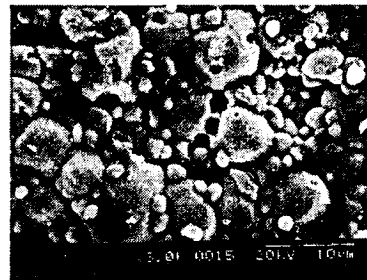
(a) 1090℃



(b) 1150℃



(c) 1180℃



(d) 1240℃

그림 1. 소성온도에 따른 미세구조 (SEM)

그림1은 소성온도에 따른 미세구조를 나타낸 것이다. 소성온도가 증가할수록 그레인 성장에 필요한 에너지가 충분히 공급되어 그레인이 점점 증가하고 있음을 알 수 있었다. 그러나, 1180℃에 미세구조에서 미소 그레인이 관찰되었는데 이는 과소성으로 인한 이상이 아닌가 생각되어진다.

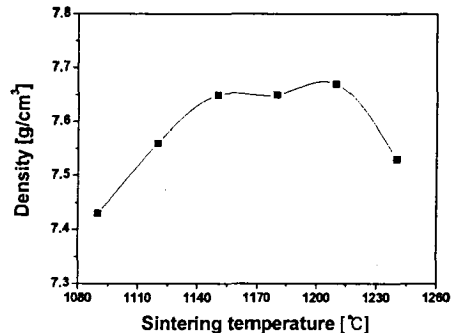


그림 2. 소성온도에 따른 밀도

그림2은 소성온도에 따른 밀도를 나타낸 것이다. 소성온도가 증가함에 따라 점차 증가하였는데 1150-1210℃ 에는 거의 일정한 특성을 나타냈으며, 1210℃ 이후에는 급속히 감소함을 알 수 있었다. 1210℃ 이후에는 적정 소결온도를 지나 PbO 휘발이 증가되어 소결성이 떨어지기 때문으로 생각된다.

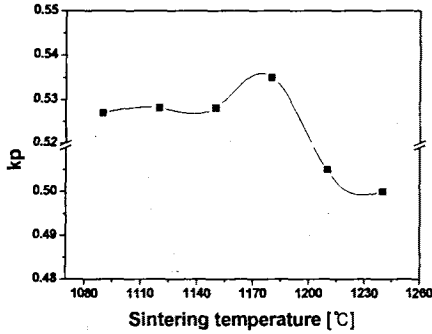


그림 3. 소성온도에 따른 전기기계결합계수 (kp)

그림 3는 소성온도에 따른 전기기계결합계수(kp)를 나타낸 것이다. 역시 소결성이 우수한 1180℃에서 최대값을 보였으며, 그 이후에는 급속히 감소함을 알 수 있었다. 그림 4는 소성온도에 따른 기계적 품질계수 (Qm)을 나타낸 것이다. 1180℃에서 최대값을 보였으며, 그 이후에는 점차 감소함을 알 수 있었다.

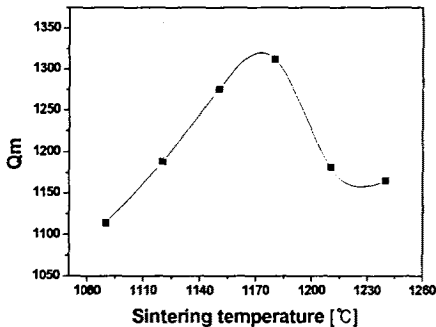


그림 4. 소성온도에 따른 기계적 품질계수 (Qm)

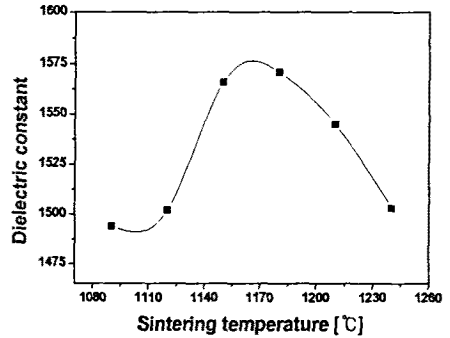


그림 5. 소성온도에 따른 유전상수

그림5는 소성온도에 따른 유전상수를 나타낸 것이다. 이 역시 소성온도 1180℃일 때 유전상수가 가장 큰 값을 나타냈으며, 그 이후에는 점차 감소하였다. 위 결과를 고찰하여 보면 일반 보통 소성법으로는 1200℃ 이상에서 밀도가 7.6g/cm<sup>3</sup> 이상 나오나, Attrition mill을 이용하여 시편을 제작할 시에는 그보다 50℃ 낮은 온도에서도 충분한 소결밀도가 나옴을 알 수 있었다. 따라서, 소결온도를 낮추기 위해서 Attrition mill이 유효한 방법이나, 계속 낮추기에는 한계가 있다. 앞으로 attrition mill 방법과 더불어 glass frit나, 저 융점 산화물을 첨가하는 방법을 더욱 연구할 예정이다.

표 1. PSN-PNN-PZT 세라믹스의 유전 및 압전특성

| sintering temperature[°C] | kp     | Qm   | D.C  | density [g/cm <sup>3</sup> ] |
|---------------------------|--------|------|------|------------------------------|
| 1090                      | 0.527  | 1114 | 1494 | 7.43                         |
| 1120                      | 0.5281 | 1188 | 1502 | 7.56                         |
| 1150                      | 0.5282 | 1275 | 1566 | 7.64                         |
| 1180                      | 0.535  | 1312 | 1571 | 7.64                         |
| 1210                      | 0.505  | 1181 | 1545 | 7.66                         |
| 1240                      | 0.500  | 1165 | 1503 | 7.53                         |

#### 4. 결론

본 연구에서는 유전상수, 전기기계결합계수 및 기계적 품질계수가 큰 압전세라믹스를 개발하기 위

하여 PSN-PNN-PZT계에 소성온도 변화에 따른 유전 및 압전 특성을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 소성온도가 증가함에 따라 그레이인이 점점 증가하였다.
2. 소성온도가 증가함에 따라 전기기계결합계수  $k_p$ , 기계적 품질계수  $Q_m$ 은 유전상수와 함께 증가하였으며, 1180도에서 최대를 보이고 그 이후에는 감소하였다
3. 소성온도가 1180℃에서 유전상수 1571, 전기기계결합계수( $k_p$ ), 0.53 기계적 품질계수( $Q_m$ ) 1312으로 압전트랜스포머용 세라믹조성으로 응용 가능하였다.

### 감사의 글

본 연구는 2002년도 산자부 에너지관리공단 학진과제로 이루어졌으며 에너지 관리공단에 감사드립니다.

### 참고 문헌

- [1] Juhyun Yoo, Yongwoo Lee, Kwanghee Yoon, Chungsik Yoo and Jongsun Kim, "Electrical characteristics of the contour-vibration-mode piezoelectric transformer with ring/dot lectrode area ratio", Jpn.J.Appl.Phys., Vol.39, p.2680, 2000.
- [2] S. Kawashima, O. Ohnishi, H. Hakamata, S. Tagami, A. Fukuoka, T. Inoue and S. Hirose, "Third dorder longitudinal mode piezoelectric ceramic transformer and its application to high-voltage power inverter" Proc.1. Int. IEEE Ultrasonic Symp., p. 525, 1994
- [3] 류주현, 오동연 "PNW-PMN-PZT세라믹스를 이용한 윤곽진동모드 압전트랜스포머의 전기적 특성", 전기전자재료학회논문지,15,7호, p.602, 20002
- [4] 황상모,류주현,황락훈,김주래,홍재일,박창엽,김중선 "압전트랜스포머를 이용한 T5(28W)형광등 안정기회로의 전기적특성" 전기전자재료학회 논문지, 14권,9호, p.736, 2001
- [5] 이용우, 류주현, 윤광희. 정희승, 서성재, 김중선. "PSN-PZT계 세라믹스를 이용한 고출력 압전트랜스포머의 전기적 특성", 전기전자재료학회 논문지,13권,4호, p.286, 2000
- [6] Juhyun Yoo, Sukkyu Min, Jael Hong, Sungjae Suh, Soonchul Ur, "Microstructural and Piezoelectric characteristics of PSN-PMN-PZT Ceramics Produced by Attrition Milling" Trans.on on Eletric & Electronic Materials Vol 2, No 3, p.18, 2001