

소성온도 변화에 따른 PNW-PMN-PZT세라믹스의 미세구조 및 압전 특성

Microstructural and Piezoelectric Characteristics of PNW-PMN-PZT Ceramics with the variations of sintering temperature

이정선*, 류주현*, 홍재일**, 이수호***, 이명수****

(J. S. Lee, J. H. Yoo, J. I. Hong, S. H. Lee, M.S.Lee)

Abstract

In this study, microstructure and piezoelectric characteristics of PNW-PMN-PZT ceramics manufactured using attrition milling method were investigated. Sintering temperature of the ceramics was varied from 1180°C to 1240°C. With increasing sintering temperature, dielectric constant was increased. In the specimen sintered at 1120°C, electromechanical coupling factor (Kp) and density showed the maximum values of 0.546 and 7.78(g/cm³), respectively. In the specimen sintered at 1160°C, mechanical quality factor (Qm) also showed the maximum value of 1,943.

key words: piezoelectric, mechanical quality factor, dielectric constant

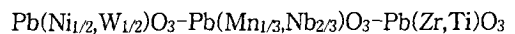
1. 서론

매년 증가하는 전력 소비량 추세에 따라 국내외에서 조명 기기의 에너지 절약을 위한 연구 개발이 최근 들어 활발히 진행되고 있다. 오스람에서는 재료의 감량과 효율의 개선을 위해 관의 직경이 가는 형광등 램프(직경16mm)를 14W, 21W, 28W, 35W, 40W까지 개발하였다.[1] 따라서, 점차 관의 직경이 가늘어지는 이유는 램프의 재료량을 감소시키고, 효율을 개선시키기 위한 것으로 이에 대응한 안정기 개발이 시급한 실정이다. 기존의 권선형 트랜스포머를 사용한 안정기는 효율이나, 소형의 한계를 가지고 있다. 이는 전자식 안정기에 권선형 트랜스포머를 사용하기 때문으로 페라이트 코어를 사용하여 권

선을 감은 타입으로 소형화나 슬림화 하기가 어렵다.[2] 형광등 구동용 압전트랜스포머는 고출력으로 구동되기 때문에 높은 입력전압을 인가할 경우 소자에 열이 발생하게 되고 이 열은 승압비의 저하와 공진주파수의 변화 등으로 압전특성을 저하시킨다. 따라서, 고전력 구동하에 높은 기계적인 강도를 갖는 재료를 제작하여야 한다. 본 연구에서는 하소된 분말을 사용하여 attrition milling을 이용하여 미세분말을 만든 다음 소결온도가 유전적, 미세구조적 및 압전적 특성에 미치는 영향을 고찰하여 고출력 압전트랜스포머용 세라믹스의 제조조건을 확립하고자 한다.

2. 실험

본 실험에서는 다음의 조성식에 의해 산화물 혼합법으로 시편을 제조하였다.



조성에 따른 시료의 정확한 물비를 10⁻⁴ g까지 평량하였고, 아세톤을 분산매로 볼밀을 사용하여 24

* : 세명대학교 전기공학과
(제천시 신월동 세명대학교,
Fax: 043-648-0868
E-mail : juhyun57@venus.semyung.ac.kr)
** : 동서대학교 전기공학과
*** : 경북대학교 전기전자공학부
**** : 산자부 기술표준원

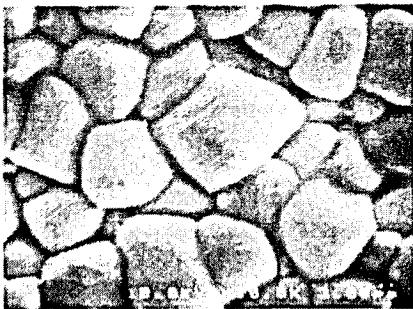
시간 동안 혼합 분쇄한 후 건조하였다. 건조된 시료는 알루미늄 도가니로 850[°C]에서 2시간 유지하여 하소하였다. 하소된 시료는 attrition mill을 이용하여 270[rpm]의 회전 속도로 4시간 동안 재 분쇄한 후 PVA(5wt% 수용액)을 5wt% 첨가하여 직경 21[mm] 몰더로 1[ton/cm²]의 압력을 가하여 성형하고 승하강 온도 300[°C/h]로 하여 1080[°C]~1240[°C]까지 온도 변화를 주어 2시간 동안 소결하였다. 시편들은 특성 측정을 위해 두께를 1[mm]로 하여 전극처리를 한 다음 120[°C] 실리콘유속에서 30[kV/cm]의 전계를 인가하여 분극 처리하였고 24시간 경과한 후 제 특성을 측정하였다. 미세구조는 시편의 표면을 주사전자 현미경(SEM)으로 관찰하였으며, 시편의 큐리온도는 20~400[°C]의 온도 범위에서 LCR meter(ANDO AG-4304)로 1[Hz]에서 정전용량 변화로 측정하였다. 압전 특성을 조사하기 위하여 전기기계결합계수 및 기계적 품질계수 등은 Impedance Analyzer(HP4294A)로 공진 및 반공진 주파수를 측정하여 산출하였다.

표 1 PNW-PMN-PZT 세라믹스
Table 1 PNW-PMN-PZT ceramics

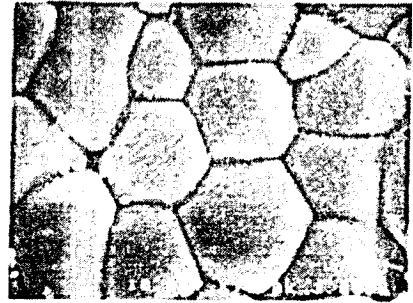
Sample No.	Sintering temperature[°C]
S1	1080
S2	1120
S3	1160
S4	1200
S5	1240

3. 결과 및 고찰

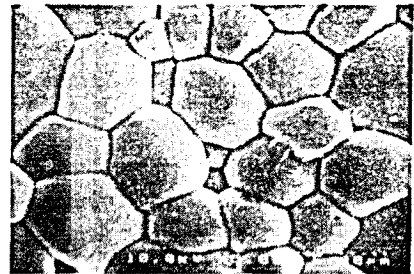
그림 1은 소성온도에 따른 미세구조(SEM) 변화를 나타낸 것이다. 미세구조를 관찰한 결과, 그래인



(a)S1



(b)S3



(c)S5

그림 1 소성온도에 따른 미세구조(SEM)

Fig. 1 Micro-structure with sintering temperature

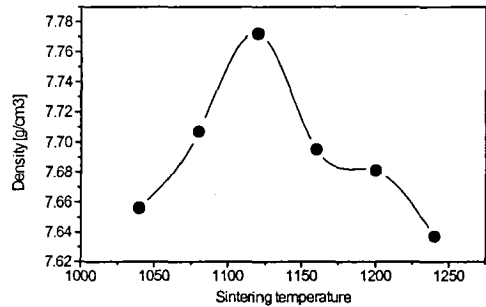


그림2 소성온도에 따른 밀도

Fig.2 Density with sintering temperature

성장에 필요한 열에너지를 흡수하여 소성온도의 증가에 따라 그래인 사이즈는 점차 증가함을 알 수 있었다. 그림2는 소성온도에 따른 밀도의 변화를 나

타낸 것이다. 온도가 높아질수록 밀도가 증가하다가 1120°C에서부터는 낮아지는 경향을 보인다. 이는 과소성시에 PbO 휘발에 의한 효과로 생각된다.

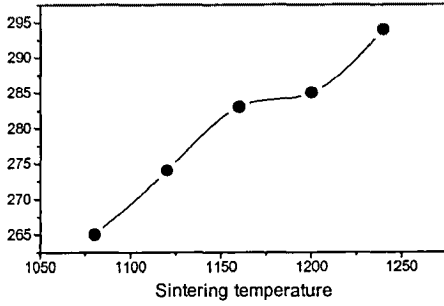


그림 3 소성온도에 따른 큐리온도
Fig.3 Curie temperature with Sintering temperature

그림 3은 소성온도에 따른 큐리온도를 나타낸 것이다. 소성온도가 증가함에 따라 큐리온도는 약간씩 증가하였다. 이는 소성온도의 증가에 따라 PbO의 휘발이 증가하여 정방성이 증가하기 때문으로 생각된다.

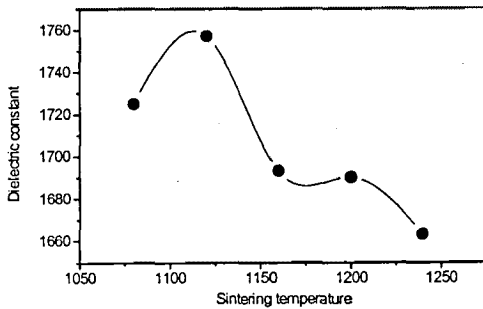


그림 4 소성온도에 따른 유전상수
Fig. 4 Dielectric constant with Sintering temperature

그림 4는 소성온도에 따른 유전상수를 나타낸 것이다. 소성온도 1120°C일 때 유전상수가 1760으로 가장 큰 값을 나타내었으며, 그 이후에는 점차 감소하였다. 이는 과소성시에 PbO 휘발에 의한 효과로 밀도의 하락과 더불어 저 유전율층인 기공이 증가하

여 압전 성능이 떨어지기 때문이다.

표 2 소성온도 따른 시편의 물성 및 압전 특성
Table 2 Physical and piezoelectric characteristics with sintering temperature

	k_p	Q_m	Dielectric constant	Density [g/cm ³]	Grain size (μ m)
S1	0.536	1389	1725	7.71	2.7
S2	0.546	1511	1757	7.77	3.1
S3	0.540	1943	1693	7.69	3.4
S4	0.535	1547	1697	7.68	4.5
S5	0.529	1415	1663	7.63	4.7

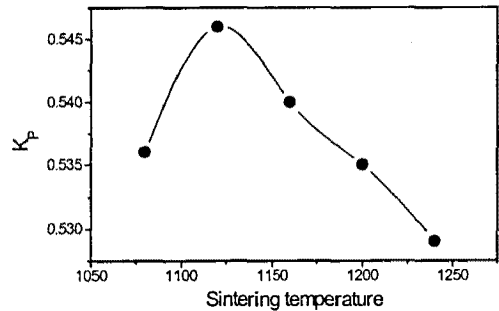


그림 5 소성온도에 따른 전기기계결합계수(k_p)
Fig. 5 Electro-mechanical coupling factor with Sintering temperature

그림 5는 소성온도에 따른 전기기계결합계수(k_p)를 나타낸 것이다. 1120°C에서 역시 최대값을 보였으며, 이는 소결성의 척도를 나타내는 밀도와 거의 유사한 경향을 나타냈다. 이 역시, 과소성시에 PbO 휘발에 의한 효과로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 1999년도 과학재단 특정기초연구과제 (과제번호 : 1999-1-302-004-3)로 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] Juhyun YOO, Yongwoo LEE, Kwanghee YOON, Sungjae SUH, Jongsun KIM and Chungsik YOO, "Electrical characteristics of the contour-vibration-mode piezoelectric transformer with ring/dot electrode area ratio", Japanese Journal of Applied Physics, 2000. 5.
- [2] S. Kawashima, O. Ohnishi, H. Hakamata, S. Tagami, A. Fukuoka, T. Inoue and S. Hirose : Proc.1. Int. IEEE Ultrasonic Symp., pp. 525., 1994

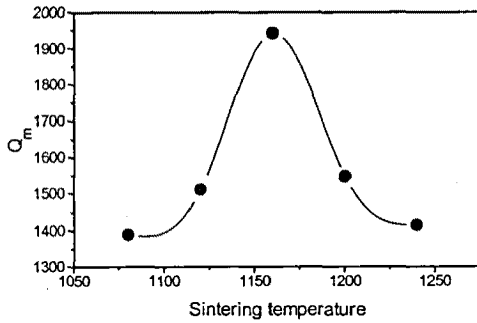


그림 6 소성온도에 따른 기계적 품질계수(Qm)
Fig. 6 Mechanical quality factor with Sintering temperature

그림 6은 소성온도에 따른 기계적 품질계수(Qm) 나타낸 것이다. 전기기계결합계수와 밀도의 최대보다 약간 높은 1160°C일 때에 최대를 나타내었다 이는 소결 온도가 증가함에 따라 정방성이 약간 증가하는 원인으로 생각된다. 따라서, 본 연구 결과 고효율 압전트랜스포머용 세라믹스로서의 우수한 제조 조건은 1160°C 제조된 시편이 밀도 7.69g/cm³, 전기기계 결합계수 0.540, 유전상수 1693, 기계적 품질계수 1943 그레인 사이즈 3.4(μm)으로 가장 적절한 특성을 나타내었다.

4. 결 론

본 연구에서는 Pb(Ni_{1/2},W_{1/2})O₃-Pb(Mn_{1/3},Nb_{2/3})O₃-Pb(Zr,Ti)O₃ 세라믹스를 attrition milling 방법을 이용하여 제작하여, 미세구조, 유전 및 압전 특성을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 소성온도를 증가시킴에 따라 그레인 사이즈는 점차 증가하였다.
2. 밀도와 전기기계 결합계수는 1120°C 시편에서 7.77g/cm³, 0.546으로 가장 큰 값을 나타내었다.
3. 기계적 품질계수는 1160°C 제조된 시편에서 1943 가장 큰 값을 나타내었다

따라서, 고효율 압전트랜스포머용 세라믹스로서의 우수한 제조조건은 1160°C 제조된 시편이 밀도 7.69g/cm³, 전기기계결합계수 0.540, 유전상수 1693, 기계적 품질계수 1943, 그레인 사이즈 3.4(μm)으로 가장 적절한 특성을 나타내었다