

에너지 하베스팅 소자용 PZW-PMN-PZT 세라믹의 압전특성

(Piezoelectric Properties of PZW-PMN-PZT Ceramics for Energy Harvesting Devices)

정영호*·남석호·김승래·정주현, 류주현¹·이갑수¹·이유형¹

충주대학교 전기공학과, 세명대학교 전기공학과¹

(Yeongho Jeong*, Seokho Nam, Seungrae Kim, Juhyun Jung, Juhyun Yoo¹, Kabsu Lee¹, Yuhong Lee¹)

Dept. of Electrical Eng., Chungju National University, Dept. of Electrical Eng., Semyung University¹

Abstract

In this study, in order to develop the composition of ceramics capable of being sintered at low temperature with high piezoelectric properties, PZW-PMN-PZT system ceramics for piezoelectric energy harvesting application were manufactured according to the amount of PZW addition.

And also, their microstructural, dielectric and piezoelectric properties were investigated. At the sintering temperature of 930°C, a 5 mol% PZW substituted specimen showed a maximum value of density = 7.905g/cm³, kp = 0.585, d₃₃ = 351pC/N and Q_m = 1,254, respectively.

Key words: piezoelectric actuator, two-stage calcination method, electromechanical coupling factor, mechanical quality factor

1. 서 론

“Energy Harvesting(에너지 하베스팅)”은 “Power Harvesting” 또는 “Energy Scavenging”과 같은 뜻으로 사용되는 것으로, “자연에서 버려지는 에너지를 수확하여 저장하는 기술”을 의미하며, 무선 센서네트워크용 소형 독립전원 제작뿐만 아니라, 조명용 LED구동을 위한 독립전원을 제작하는데 많이 연구되고 있다.[1-3]

에너지 하베스팅 방법에는 태양광을 이용한 태양발전, 기계적인 운동과 전자기적 현상을 이용한 발전 및 Capacitive 발전, 폐열을 이용한 열발전, 기계적인 에너지를 이용한 압전발전 등이 있으며, 각각의 방법들은 장·단점을 가지고 있어 주어진 자연환경에 적합한 방법이 이용되고 있다. 예를 들면, 태양발전의 경우 생성되는 에너지양은 크지만 흐린 날이나 실내에서는 사용할 수 없는 단점이 있다. 반면, 압전 에너지 하베스팅은 다른 발전방법에 비해 에너지 밀도가 높고, 기후에 관계없이 실내외의 기계적 진동을 이용할 수 있으며 풍력, 바다의 파도 등의 다양한 형태의 기계적 에너지를 전기 에너지로 변환할 수 있어 많은 연구가 시행되고 있다. 압전 에너지 하베스팅 시스템에서 핵심이 되는 것은 압전세라믹스의 성능이다. 따라서 본 연구에서는 압전세라믹스를 압전 에너지 하베스팅에 활용하기 위한 연구의 일환으로 PMN-PZT세라믹스에 PZW를 치환하고 소

결조재를 사용하여 930°C의 소결온도에서 저온소결하여 PMN-PZT-PZW세라믹스를 제작하고 그 압전 및 유전 특성을 관찰하였다.

2. 본 론

2.1. 실험

본 실험에서는 산화물 혼합법을 이용하여 시편을 제조하였다. 시편의 제조 과정은 그림 3과 같다. 평량은 PbO와 소결첨가제를 제외한 나머지를 조성비대로 전자천평을 사용하여 10⁻⁴g까지 평량하였으며, 1차 혼합 및 1차 건조는 평량된 원료를 지르코니아 볼(φ=3mm)을 사용하여 아세톤으로 24시간 동안 혼합·분쇄하였고, 혼합분쇄가 완료된 시료를 80°C의 전기오븐에서 완전히 건조시켰다. 건조된 분말을 조립한 후 알루미늄 도가니에서 1100°C로 4시간 동안 하소하였다. 하소된 파우더에 PbO를 넣고 2차 혼합 분쇄를 하였고, 건조후 750°C에서 2시간동안 2차 하소를 하였다. 하소된 시료에 소결첨가제를 넣고 지르코니아 볼(φ=3mm)을 사용하여 아세톤으로 24시간 동안 재혼합·분쇄하여 다시 전기오븐에서 80°C로 건조하였다. 하소된 시료에 100 mesh를 사용하여 고르게 통과시켜 5 wt% PVA 수용액을 시료에 5 wt% 첨가하여 유발에서 균일하게 섞은 후 직경 21mm

몰더를 사용하여 1ton/cm²의 압력을 가하여 성형하였다. 성형된 시편은 600℃에서 3시간동안 결합제를 휘발시킨 뒤, 930℃에서 2시간 소결하고, 온도의 상승 및 하강 시간은 3℃/min이었다. 소결이 끝난 시편의 전기적 특성을 측정하기 위하여 1mm의 두께로 연마한 후, Ag 전극을 스크린프린팅법으로 도포하여 600℃에서 10분간 열처리하여 전극을 형성시켰다. 전극 도포가 완료된 시편들은 120℃의 실리콘 오일 속에서 30kV/cm의 전계를 30분간 가하여 분극처리를 하여 상온에서 24시간 경과한 후 제반 압전특성을 측정하였다.

2.3. 측정결과

그림 1은 소성온도 930℃에서 PZW 치환량에 따른 시편의 미세구조를 나타낸 것이다. 그레인의 크기는 PZW가 9mol% 치환되었을 때 2.88[μm]로 최대를 나타내었다. 이러한 결과는 PZW가 치환되면서 액상소결효과를 향상시켜 그레인이 성장한 것으로 사료된다.

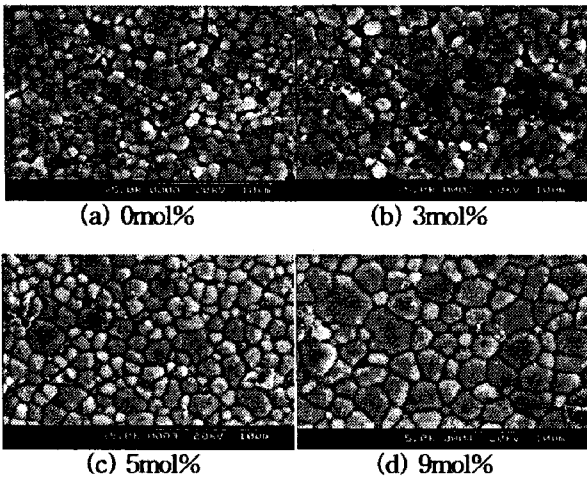


그림 1. PZW 치환량에 따른 시편의 미세구조

그림 2는 소성온도 930℃에서 PZW 치환량에 따른 시편의 XRD 패턴을 나타낸 것이다. 모든 시편에서 pyrochlore상이 존재하지 않는 순수한 페로브스카이트상을 나타내었다.

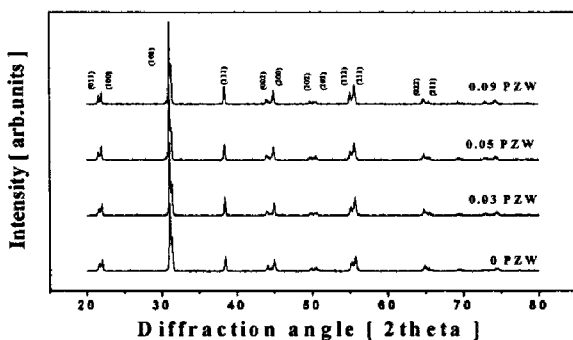


그림 2. PZW 치환량에 따른 시편의 XRD패턴.

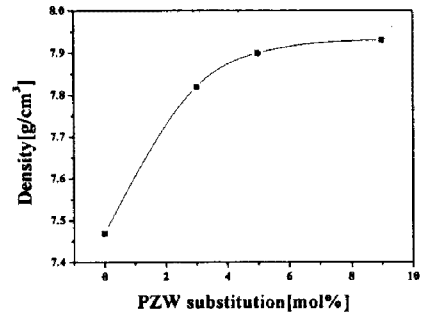


그림 3. PZW 치환량에 따른 시편의 밀도.

그림 3은 PZW 치환량에 따른 밀도를 나타낸 것이다. PZW가 치환되지 않은 시편에서는 밀도가 낮은 특성을 나타내었고, PZW치환량이 증가할수록 시편의 밀도가 증가하는 특성을 나타내었다.

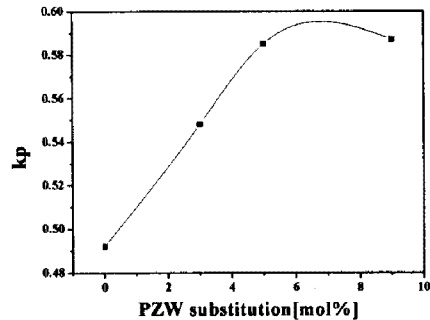


그림 4. PZW치환량에 따른 시편의 전기기계결합계수.

그림 4는 PZW 치환량에 따른 전기기계결합계수(kp)를 나타낸 것이다. kp는 밀도와 같은 경향을 나타내었으며, PZW 치환량이 증가할수록 증가하는 특성을 나타내었다. 이는 PZW가 치환되면서 시편의 소결성 증가에 기인한 것으로 사료된다.

그림 5는 PZW 치환량에 따른 시편의 압전상수(d₃₃)를 나타낸 것이다. d₃₃는 kp와 밀도의 경향과 일치한다. 이는 치환량이 증가하면서 시편의 소결성의 증가와 그레인의 성장에 의한 것으로 사료된다.

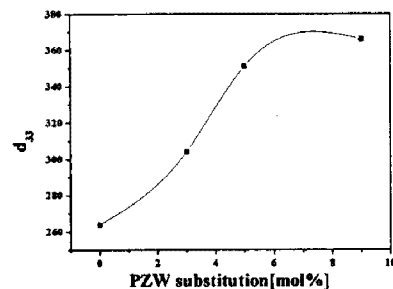


그림 5. PZW치환량에 따른 시편의 압전상수.

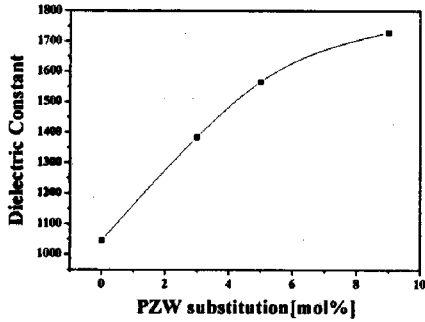


그림 6. PZW치환량에 따른 시편의 유전상수.

그림 6은 PZW 치환량에 따른 유전상수(ϵ_r)를 나타낸 것이다. ϵ_r 은 k_p 와 같은 경향을 나타내었다. 유전상수가 증가하는 것은 PZW가 치환되면서 그래인의 크기가 증가했기 때문으로 사료된다.

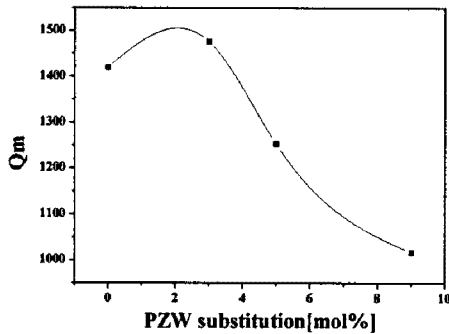


그림 7. PZW치환량에 따른 시편의 기계적품질계수.

그림 7은 PZW 치환량에 따른 시편의 기계적품질계수(Q_m)를 나타낸 것이다. Q_m 은 PZW가 3mol% 치환시 까지 증가하였고, 이후에는 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 시편의 입경이 증가하여 분역벽의 이동을 용이하게 하여 내부응력을 증가시킴으로써 Q_m 이 감소한 것으로 사료된다.

표 1은 PZW 치환량에 따른 시편의 물성을 나타낸 것이다.

표 1. PZW 치환량에 따른 시편의 물성.

Sintering Temperature [°C]	PZW [mol%]	Density [g/cm ³]	k_p	Q_m	Dielectric Constant	d_{33} [pC/N]
930	0	7.47	0.492	1420	1045	264
	3	7.82	0.548	1476	1384	304
	5	7.90	0.585	1253	1566	351
	9	7.93	0.587	1017	1730	366

3. 결론

1. 모든 시편에서 이차상 없이 tetragonal phase을 보였다.
2. PZW의 치환은 저온소성에서 밀도를 높이는 것을 도왔다.
3. PZW의 치환은 소결성을 증가시켜 모든 시편의 압전 및 유전특성을 개선하는 결과를 나타내었다.

참고 문헌

- (1) T. Sterken, P. Fiorini, K. Baert, R. Puers, G. Borghs, An electretbased electrostatic -generator, in: Proceedings of the 12th Int. Conf. on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems, 2003, pp. 1291 - 1294.
- (2) P. Glynn-Jones, M.J. Tudor, S.P. Beeby, N.M. White, An electromagnetic vibration-powered generator for intelligent sensor systems, Sens. Actuators. A 110 (2004) 344 - 349.
- (3) N.M. White, P. Glynn-Jones, S.P. Beeby, A novel thick-film piezoelectric micro-generator, Smart Mater. Struct. 10 (2001) 850-852.