

첨가제에 의한 PCW-PNN-PZT 세라믹스의 압전특성에 관한 研究

정보람, 신혜경, 주진수, 배선기
인천대학교

A Study on the Piezoelectric Characteristics of PCW-PNN-PZT Ceramics added with

Jung Bo-Ram, Shin Hyea-Kyoung, JU Jin- Su, Bae Seon-Gi
University of Incheon

Abstract - In this thesis, the minuteness structure, piezoelectric, and dielectric characteristics of $Pb[(Co_{0.5}W_{0.5})_{0.03}(Ni_{1/3}Nb_{2/3})_{0.07}(Zr_{0.52}Ti_{0.48})_{0.9}]O_3 + 0.5Wt\% MnO_2$ ceramics has been systematically investigated as a function of the sintering temperature after manufacturing the specimens with a general method. The electromechanical coupling coefficient (K_p) showed its maximum of 31.116[%] in the sintered specimens at 1050[°C], and its minimum of 20.220[%] in the sintered specimens at 1150[°C].

The mechanical quality coefficient (Q_m) marked the maximum of 139.526 at the sintering temperature of 1150[°C].

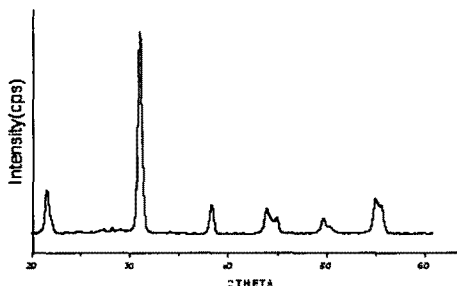
1. 서 론

고도 정보사회의 발달과 함께 미래 핵심 기술로 전자, 환경, 생명, 에너지 분야의 연구개발이 급속도로 진전되고 있다. 특히 정밀부품과 첨단재료에 대한 기술개발은 국가산업과 경제발전의 기반으로 주목받고 있다. 기술 및 제도적 환경에서 압전 세라믹스의 중요성을 인식하고, 관련 기술의 연구개발을 지원하기 위해, 압전 세라믹스의 기술과 특성을 살펴본다.

본 연구에서는 높은 압전 이방성을 보인 고순도의 시료를 산화물 혼합법으로 $Pb[(Co_{0.5}W_{0.5})_{0.03}(Ni_{1/3}Nb_{2/3})_{0.07}(Zr_{0.52}Ti_{0.48})_{0.9}]O_3 + 0.5Wt\% MnO_2$ 기본조성에 B2O3 0[wt%], 1[wt%], 3[wt%]를 각각 첨가하여 소결온도 950[°C], 1000[°C], 1050[°C], 1100[°C], 1150[°C]로 변화시켜 시편을 제작 하였다. 제작된 시편에 대하여 XRD에 의한 결정구조를 분석하였으며, 소결온도에 따른 압전적 특성을 고찰하여 실용화 소자로서의 활용 가능성에 대하여 연구하고자 하였다.

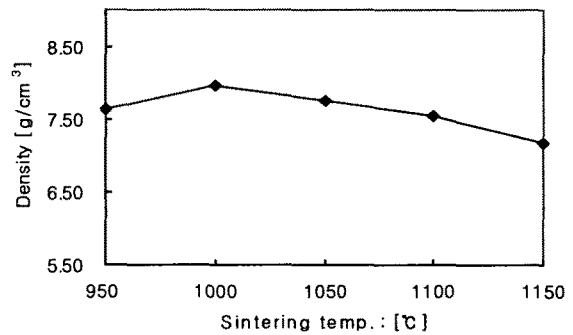
2. 본 론

$Pb[(Co_{0.5}W_{0.5})_{0.03}(Ni_{1/3}Nb_{2/3})_{0.07}(Zr_{0.52}Ti_{0.48})_{0.9}]O_3 + 0.5Wt\% MnO_2$ 기본조성에 B2O3 0[wt%], 1[wt%], 3[wt%]를 각각 첨가한 세라믹스를 소결온도 950[°C], 1000[°C], 1050[°C], 1100[°C], 1150[°C] 에서 각각 소결한 후 시편의 격자상수와 결정구조의 변화를 조사하기 위하여 X선 회절(XRD)을 이용하여 분석하였다. 소결온도에 따른 X선 회절분석결과 그림 1은 B2O3 0[wt%], 1[wt%], 3[wt%]를 첨가한 PCW-PNN-PZT + 0.5wt% MnO2 세라믹스 시편의 XRD 패턴을 나타낸 것이다.



〈그림 1〉 PCW-PNN-PZT + 0.5Wt% MnO2 조성의 XRD pattern

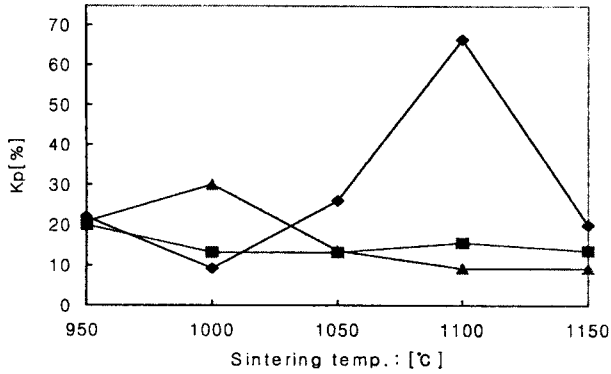
그림 2는 B2O3 첨가에 따른 시편의 소결밀도를 나타낸 것이다. B2O3 첨가량이 0[wt%]에서는 소결온도가 증가함에 따라 밀도는 점차 증가하고, 1[wt%], 3[wt%]에서는 소결온도가 증가할수록 밀도가 감소하는 현상이 나타나 소결온도가 증가할수록 과잉첨가에 의한 미 반응액상이 입계에 편석 되어 치밀화를 억제한 것으로 사료되며, 소결온도가 낮을수록 보다 많은 첨가량에서 최대 밀도특성을 나타내었다.



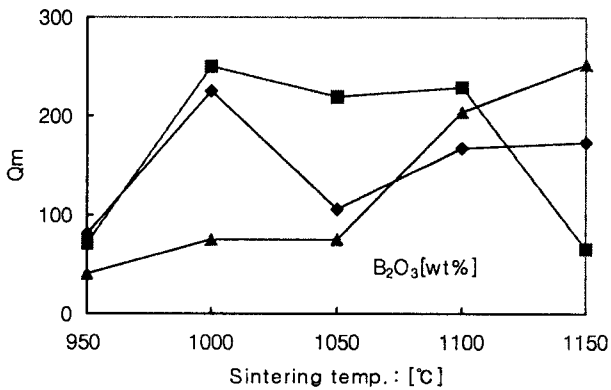
〈그림 2〉 B2O3 첨가량에 따른 밀도

그림 3은 전기기계 결합계수(electromechanical coupling factor : K_p) 전계 인가시 전기적 에너지와 기계적 에너지 사이의 변환 효율을 나타내는 계수로 소결온도에 따라 K_p 값이 달라지는 것으로 나타났다. K_p 값은 Okazaki15)등에 의해 기공율에 반비례하고 입경에 비례한다고 보고 되어 있는 결과로 볼 때 본 실험에서 유전 및 압전특성이 소결온도에 의해 변화된다는 것을 알 수 있다. B2O3첨가량이 0[wt%]일 때 소결온도 1100[°C]에서 66.720[%]로 최대값을 나타내었고, B2O3첨가량이 3[wt%]일 때 소결온도 1150[°C]에서 9.290(%)의 최소값을 나타내었으며, 1000[°C]에서 K_p 값은 첨가량에 따라 점차 증가하는 반면, 1050[°C]이상에서는 첨가량에 따라 점차 감소하였다.

그림 4는 기계적 품질계수(mechanical quality factor : Q_m) 에너지 변환시 시편 내부에서 발생하는 기계적 손실의 역수를 나타내며 기계적 품질계수에서 분역이동(domain motion)에 대한 내부응력(internal stress)은 반비례하므로 기계적 품질계수의 증가는 분역이동이 어려워짐을 의미한다20). 기계적 품질계수 Q_m 은 전반적으로 증가추세를 보이고 있으며 B2O3를 3 [wt%] 첨가 하였을 때 소결온도 1150[°C]에서 251.938로 최대값을 나타내었고, 소결온도 950[°C]에서 39.700으로 최소값을 나타내었다.



〈그림 3〉 PCW-PNN-PZT + 0.5Wt% MnO2 시편의 소결온도에 따른 전기기계 결합계수



〈그림 4〉 PCW-PNN-PZT + 0.5Wt% MnO2 시편의 소결온도에 따른 기계적 품질계수

3. 결 론

본 연구는 Pb [(Co0.5 W0.5)0.03 (Ni1/3 Nb2/3)0.07 (Zr0.52 Ti0.48)0.9]O3 + 0.5Wt% MnO2 기본조성에 B2O3 0[wt%], 1[wt%], 3[wt%]를 각각 첨가하여 세라믹스를 일반 소성법으로 시편을 제작한 후 소결온도 변화에 따른 미세구조와 압전특성을 측정하고 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 결정구조 분석에서 결정구조는 격자상수를 구한 결과 Rhombohedral상과 Tetragonal상이 서로 공존하고 있으며 소결온도가 올라감에 따라 Pseudocubic상이 점차 감소하였으며, 전반적으로 B2O3는 결정구조에 영향을 미쳐 저온소결에 효과가 나타났다. 그러나 단순한 B2O3 만으로는 낮은 분해온도에 의해 소결성에 나쁜 영향을 미칠 수 있어 MnO, CuO 등과 같은 다른 물질과 함께 합성하여 중간상(액상)을 형성함으로써 액상소결 및 이온의 치환에 따른 최적의 특성을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.
- 2) 밀도의 측정 B2O3 첨가량이 0[wt%]에서는 소결온도가 증가함에 따라 밀도는 점차 증가하고, 1[wt%], 3[wt%]에서는 소결온도가 증가할수록 PbO 증발로 인해 밀도가 감소하는 현상이 나타나 소결온도가 증가할수록 과잉첨가에 의한 미 반응액상이 입계에 편석되어 치밀화를 억제한 것으로 사료되며, 소결온도가 낮을수록 보다 많은 첨가량에서 최대 밀도특성을 나타내었다.
- 3) 전기기계 결합계수 Kp는 B2O3 첨가량이 0[wt%]일 때 소결온도 1100[°C]에서 66.720[%]로 최대값을 나타내었다.

기계적 품질계수 Qm은 B2O3 첨가량이 3[wt%]일 때 소결온도 1150[°C]에서 251.938의 최대값을 나타내었다.

4) 공진주파수의 온도계수(TCFr)는 소결온도 950[°C]에서 B2O3를 3[wt%]를 첨가 하였을 때 온도범위 -40[°C] ~ 100[°C]에서 20[%]를 기준으로 0.35[%] ~ -0.52[%]으로 변화폭이 B2O3를 첨가하지 않았을 때 보다 온도특성이 향상되어 공진 주파수에 온도 안정성이 좋은 것으로 나타났다.

이상의 결과로 보아 Pb [(Co0.5 W0.5)0.03 (Ni1/3 Nb2/3)0.07 (Zr0.52 Ti0.48)0.9]O3 + 0.5Wt% MnO2 기본조성에 B2O3 0[wt%], 1[wt%], 3[wt%]를 각각 첨가하여 세라믹스를 일반 소성법으로 제조하여 압전특성을 고찰한 결과 세라믹스 소자 개발의 기초 자료로 활용될 것으로 생각되며 앞으로 시편 제작 조건의 개선과 더불어 온도 안정성 개선, 첨가체의 영향, 주파수 안정성, 재현성 등에 대한 연구가 이루어진다면 압전 세라믹스의 응용소재로 활용 가능할 것으로 생각된다.

〔참 고 문 헌〕

- 1) T. Takenaya, K. Maruyama and K. Sakata, "Bi1/2Na1/2/TiO3-BaTiO3 System for lead-free piezoelectric ceramics", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 30, No. 9B p. 2236, 1991.
- 2) H. Kukunaga, H. Kakehashi, H. Ogasawara and Y. Ohta, "Effect of Dimension on characteristics of Rosen-type Piezoelectric Transformer", IEEE proc, p. 1504~1510, 1998.
- 3) P. J. Jorgensen and R. C. Andersen, J. Am. Ceram. Soc, vol 50, No.11, p. 553~558, 1967.
- 4) W. Kingery, H. K. Bowen and D. R. Uhlman, Introduction to Ceramic - Wiley, 1976.
- 5) H. Thoman and W. Wersing, "Ferroelectrics", vol, 40, p. 189, 1982.
- 6) K. Okazaki and K. Nagata, J. AM. Ceram. Soc. p.56(2), 82, 1973.
- 7) 이미영, "MnO2 첨가체가 무연 BNKT계 세라믹스의 소결거동과 압전 특성에 미치는 영향에 관한 연구", 석사학위 논문, 충주대, 2005.
- 8) 박석환, "MnO2 첨가에 따른 압전트랜스용 PMW-PNN-PT-PZ계 세라믹스의 특성", 석사학위 논문, 연세대, 1996.