

PNN-PZN-PZT계 세라믹의 압전 및 유전특성

이 수 호*, 손 무 현, 사 공 건(동아대학교)

Dielectric and Electric Properties of Ceramics PNN-PZN-PZT

S.H. Lee*, M.H. Son, G. Sa-Gong(Dong-A Univ.)

<Abstract>

In the field of the optics, precise machine, semiconducting processing, the micro-positioning actuators are required for the control of position in the submicron range.

In this study, PNN-PZN-PZT ceramics were fabricated by solid state reaction. The structural, dielectric and electric properties were investigated for sintering condition. The specimen sintered for 1hr at 1,150(°C), had the highest density and dielectric constant.

1. 서 론

최근 광학, 정밀기계, 소형모타 등의 정밀 분야에 있어서, 미소 변위제어는 submicron 정도의 정밀위치 변위소자의 필요성이 증대되고 있다.^{1,2)} 종래에 사용되는 변위 제어소자로서는 DC-servo 모타, pulse 모타와 공기압력식, 유압식이 사용되고 있으며, 이들은 모두 기계적인 동작 특성에 의존하기 때문에 기계적인 흔들림에 의한 오차와 응답속도 등에 문제점을 가지고 있어 10(μm)이하의 미소 변위를 제어하기에는 한계가 있다. 이러한 요구 조건에 부응하여 최근에 소형 경량이면서 전계에 의해 유지되는 변위를 이용한 세라믹 액츄에이터가 개발 되어 정밀계측산업, 우주항공 산업분야 등에 널리 이용되고 있다.^{3,4)}

세라믹 액츄에이터는 세라믹의 전기-기계 상호 변환작용을 이용한 것으로 전계에 대한 세라믹의 변위특성을 이용하게 되므로 기계적인 동작에 의한 것에 비해 0.01(μm)精度로 변위제어를 할 수 있으며, 응답속도도 10(μs)로 짧으며, 열손실이 작고, 발생력은 큰 특징을 가지고 있다. 그러나 세라믹 액츄에이터의 전기적인 성질은 세라믹 물성에 크게 의존되며, 특히 세라믹이 가지는 전계강도는 한계가 있어 높은 구동전계에서 견딜수 있는 고밀도의 세라믹이 요구된다. 따

라서 세라믹 액츄에이터의 제조에 앞서 세라믹의 물성에 미치는 여러가지 요인에 대한 검토가 중요하다.

따라서 본 논문에서는 소결온도와 조성비의 변화에 따라 미세구조, 전기 및 유전 특성을 조사하였다.

2. 실험 방법

본 실험에 사용한 출발 원료는 PbO, NiO, Nb₂O₅, ZnO, ZrO₂, TiO₂를 사용하였으며, 화학적 조성은 0.5Pb(Ni_{1/3}Nb_{2/3})O₃-xPb(Zr_{1/3}Nb_{2/3})O₃- (1-x)Pb(Zr_{1/2}Ti_{1/2})O₃(x:0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.45mole)으로 x를 변화시켜 24시간 milling하였다. 그 후 800(°C)에서 2hr동안 1차 하소를 한 후 700-900(°C) 온도 범위를 100(°C) 간격으로 2차 하소시킨 분말을 XRD로 화합물 생성을 확인하였다. 이 중 800(°C)에서 하소된 분말을 선택하여 일정량의 PVA를 혼합, 충분히 건조시킨 후 19,000(psi) 압력하에서 직경 15(mm) disk형태로 성형하여 1,050- 1,200(°C)에서 50(°C)간격으로 1시간 동안 공기중에서 소결하여 노냉하였다. 소결이 끝난 시편을 표면 연마한 후 초음파 세척기로 세척하여 KS-3114L 규정에 의해 밀도를 측정하였다. 이들 시편에 온전극을 도포하여 각종 특성치를 측정하였다. 유전율 및 저항율은 LF Impedance Analyzer(HP4194A) 및 Electrometer(KEITHLEY 617)를 사용하여 측정하였으며, SEM으로 미세구조를 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 PZN의 양에 따른 XRD회절의 결과로서 PZN의 양이 증가할수록 pyrochlore상이 감소하는 것을 알 수 있으며, 또한 그림 2는 하소온도의 증가에 대한 XRD 결과를 관찰한 것으로 하소온도가 증가되면 pyrochlore상이 감소됨을 알 수 있으나 여전히 pyrochlore상을 이루고 있어 특성이 다소 저하될 것으로 생각된다.

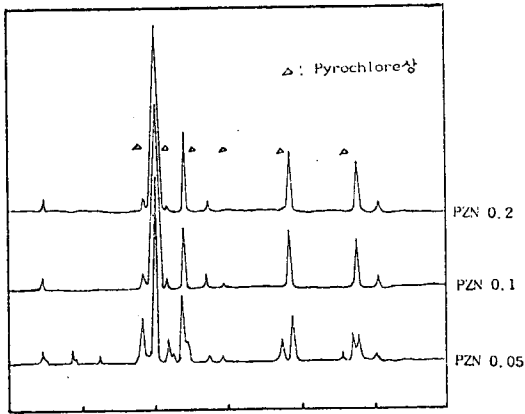


그림 1. PZN의 양의 증가에 따른 XRD

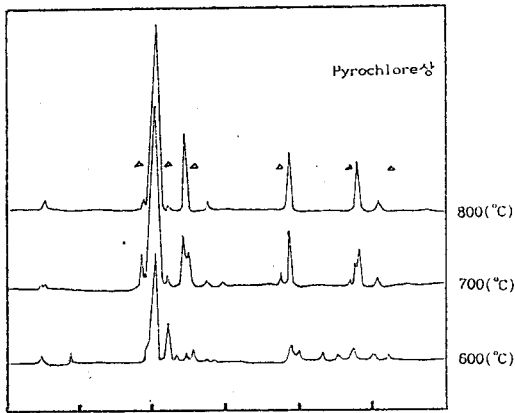


그림 2. 하소온도에 따른 XRD

그림 3은 소결온도와 조성의 변화에 따른 밀도의 변화로서 소결온도와 PZT의 첨가량이 증가할수록 밀도는 증가되고 있음을 볼 수 있다. 그러나 이론밀도에 비해서 현저히 낮은 결과를 보여주고 있으며, 이는 XRD의 결과에서처럼 pyrochlore상이 생성되면서 결정립의 불균질성 및 기공율의 증가에 의한 것이라 생각된다.

그림 4의 (a), (b), (c)는 소결온도의 증가에 따른 SEM사진으로서 소결온도의 증가와 함께 결정립의 크기가 조금씩 증가하고 있음을 관찰할 수 있으나, Pyrochlore상으로 보이는 제 2상이 나타나고 있다. (d), (e), (f), (c)는 PZT양의 증가에 따라 결정립의 크기는 변화가 없으나 제 2상의 생성이 증대되고 있음을 볼 수 있다.

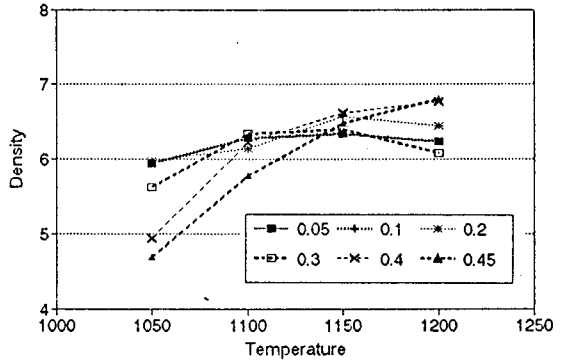
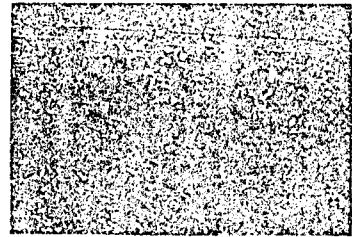
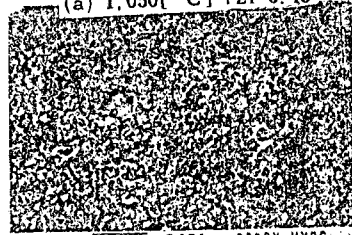


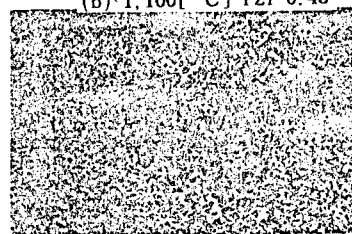
그림 3. 소결온도와 조성의 변화에 따른 밀도



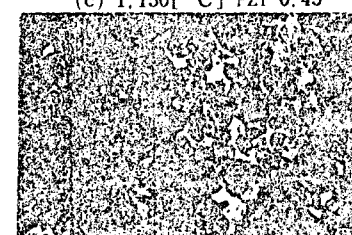
(a) 1,050[°C] PZT 0.45



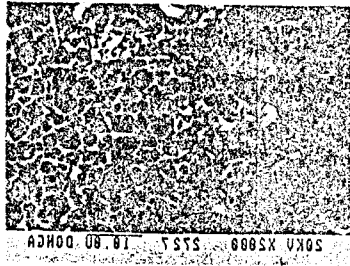
(b) 1,100[°C] PZT 0.45



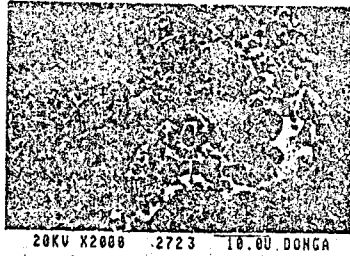
(c) 1,150[°C] PZT 0.45



(d) 1,150[°C] PZT 0.05



(e) 1,150[° C] PZT 0.10



(f) 1,150[° C] PZT 0.40

그림 4. 소결온도와 PZT의 양에 따른 SEM

그림 5는 주파수에 따른 유전율 변화를 나타낸 것으로 유전율은 주파수에 따라 다소 감소 하였으며, 또한 PZT 첨가량이 증가함에 따라 유전율은 증가되었으나 다른 3성분계 세라믹과 비교하여 유전율이 현저히 낮은 것을 알 수 있다.

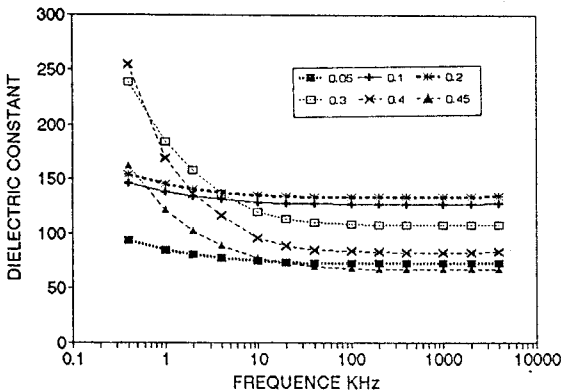


그림 5. 주파수에 대한 유전상수

4. 결 과

PNN-PZN-PZT계 세라믹을 2단하소 및 소결에 의해 얻어진 결과는 다음과 같다.

1. PZT의 양이 증가할수록 밀도는 증가하였으나 이론밀도(8.1g/cm^3)에 비해 현저히 낮은 값(6.8g/cm^3)을 나타내었다.

2. 소결온도의 증가에 따라 결정립의 크기는 다소 증가되었고 PZT의 양에 따라서는 결정립의 크기에는 변화가 없지만 제 2상의 생성이 증대되었다.
3. PZT의 증가에 따라 유전율은 다소 증가하였지만 단일상의 PZT(1,800)에 비해 현저히 낮음을 알 수 있다. 2단 하소법을 이용하여 3성분계 세라믹을 제조하였으나, 많은 pyrochlore상이 생성되어 제조공정 및 첨가물에 대해 더 많은 연구가 요구되고 있다.

참 고 문 헌

1. 内野: 壓電/電歪 Actuator, 森北出版, (1986).
2. 瀬昇鹽: 壓電 Ceramics 新技術, 才-ム社, (1991).
3. T. Ota, T. Uchikawa & T. Mizutani: "Printing Flight Hammer Using Multilayer Piezoelectric Actuator", Jap. J. of Applied Phys., 24, Sup. 24-3, pp. 193-195 (1985).
4. T. Inoue, T. Nada, T. Miyama & K. Sugiuchi: "Low-frequency Flexentional Piezoelectric Transmitter with Displacement Amplifier", IEEE Ultrasonic Sym., pp. 765-770(1987).