

PMN - PT - PZ 계 세라믹스를 이용한 압전 액츄에이터 의 제작 및 변위 특성

The fabrication and strain properties of piezoelectric ceramic actuator using PMN - PT -PZ system

지 승한*, 이 능현
이 덕출
김 호기

경원대
안하대
KAIST

Seung-Han Ji , Neung-Heon Lee
Deok-Chool Lee
Ho-Gi Kim

Kyung Won Univ.
Inha Univ.
KAIST

ABSTRACT

Piezoelectric Actuator and electrostrictive Actuator samples were fabricated using PMN-PT-PZ system ceramics with Barium substitution, and the strain properties of them investigated.

The largest Piezoelectric coefficient and electromechanical coupling coefficient were observed at sintering temperature 1250°C, Barium 0.05 mol %.

The strain of poled samples is observed twice highly than unpoled ones, and the former showed larger hysteresis in strain than the latter, too. Poled multilayered actuator samples showed considerable strain.

1. 서론

최근 메카트로닉스 분야에 있어 압전 현상을 이용한 발생 변위와 응력을 기계적 구동원으로써 응용하는 압전 Actuator에 관심이 집중되고 있다. 종래의 전자식 Actuator가 소비 전력, 발열, 전자 noise 등의 결점이 있는 반면 저 소비 전력, 대 발생력, 고속 응답성, 저 발열, 소형경량 등의 우수한 특성을 가지고 있어 메카트로닉스 기기 특히 광학, 정밀기기, 소형 모터 등의 분야에 널리 응용되고 있다.

압전 Actuator재료로서는 큰 압전계수(d_{33})를 얻기위해 전기기계 결합계수(K_p)가 크고 비 유전율(ϵ_r)이 큰 것이 요구된다.

본 연구에서는 위 조건에 부합된다고 생각되는 성분계인 $Pb(Mg_{1-x}Nb_{2x})O_3$ - $PbTiO_3$ - $PbZrO_3$ 조성 세라믹스에 소량의 Ba를 치환하여 특성을 개선한 시편을 제조한 다음, 압전/전왜 Actuator로서의 가능성을 조사했다.

2. 실험방법.

(1) 단판형 제작 방법

0.375PMN-0.37PT-0.255PZ 조성에 Ba를 소량 첨가하여 소결 온도에 따라 단판형 Actuator를 제작 하였다. PMN-PT-PZ계에 Ethyl alcohol을 일정비율로 첨가하여 12시간 ball milling 방법으로 균일하게 혼합시킨후 binder를 첨가하여 1시간 milling 하였다.

이 혼합체를 hot plate에서 30분간 저어 분말화 하였고 이를 분쇄하여 oven에서 건조 시켰다. 건조된 파우더는 80 mesh의 sieve를 통과시켜 미세 분말화 하였다.

이 파우더를 $1\text{ton}/\text{cm}^2$ 의 압력을 가하여 성형하였다. 성형된 시편을 Alumina crucible에 넣은후 PbO 분위기에서 1200°C, 1230°C, 1250°C, 1280°C로 온도를 변화시키면서 소결하였다.

단판형에 Ag paste로 외부 전극 처리후 590°C에서 20분간 유지하여 전극을 소결 하였다. 다음에 80°C의 silicon oil 내에서 $3\text{KV}/\text{mm}$ 의 전계를 10분간 가해 분극 처리를 하였다.

(2) 적층형 제작 방법.

그림 1에 적층형 Actuator의 제조공정도를 나타내었으며, 본 실험에서는 Tape casting에 의한 Dr. Blade법을 이용하였다.

하소한 분말을 170 mesh로 미세 분말하여 binder를 첨가시켜 24시간 ball milling하였다. 그후 De-airing을 한 다음 Dr. blade법을 이용 sheet를 뽑았다.

Silk screen법으로 내부 전극 Pt를 인쇄후 cutting을 해서 적층시킨후 Lamination시켜졌다. 적층된 시편을 3중 도가니에 넣은 후 PbO 분위기에서 1250°C에서 소결시켰다.

다음에 소결체를 Silver paste로 외부 전극 도포후 분극처리 하였다. 분극은 80°C의 Silicon oil내에서 3kV/mm의 전계를 5분간 가해 주었다.

(3) 측정

분극 처리된 시편의 압전특성은 HP 4192A Impedance Analyzer를 이용하여 공진-반공진법에 의해 측정하였다.

본 실험에서는 공진, 반공진 주파수에 의해 전기기계 결합계수 K_p 를 구하고, Piezo d_{33} meter로 압전계수를 주파수 100kHz, 압력 0.2N에서 측정하였다. 전계에 따른 왜형측정은 polyimid foil strain gauge를 이용하였다. 전계 인가에 따른 왜형변화를 Dynamic strain amp로 검출하여 X-Y recoder로 나타냈다.

3. 결과 및 고찰.

소결온도에 따른 시편의 전기기계 결합계수(K_p)와 압전계수(d_{33})값의 변화를 그림 2, 3에 나타내었다. 이 그림에서 알 수 있듯이 1250°C에서 압전계수(d_{33})값이 최대로 나타났

다. 그림 4는 분극하였을 때의 D.C 전계시 소결온도에 따른 strain을 표시하였다. 이것으로 최적 소결온도는 1250°C임을 알 수 있다.

그림 5는 미 분극시 strain을 표시하였다. 이것으로부터 1280°C에서 잔류변위 값이 최대를 나타냈으며, 이력현상이 분극후 보다 분극전이 거의 나타나지 않았음을 알 수 있다.

그림 6은 적층수가 10층일때의 전압변화에 따른 시편의 변위량을 나타내었다. 전압에 따른 변위량이 비례적으로 그려짐을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 PMN-PT-PZ계 조성을 이용하여 단판형 및 적층형 Actuator를 제작한후 압전특성과 변위특성등 Actuator 재료로서의 가능성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 0.375PMN-0.37PT-0.255PZ계 조성에 미량의 Ba를 Pb자리에 부분적으로 치환하여 압전계수(d_{33})가 500 [10^{-12} C/N]의 큰 값을 얻을 수 있었다.
- 2) 본 조성에서의 소결온도에 따른 압전계수(d_{33}) 및 변위량으로부터 최적 소결온도는 1250°C이다.
- 3) 분극 처리된 시편의 변위량은 분극처리 않은 시편에 비해 2배이상 크게 관측되었다.
- 4) 변위 특성에 있어 분극처리된 시편이 분극처리 하지 않은 시편에 비해 이력현상이 크게 관측 되었다.
- 5) 변위값이 양호한 적층형 시편이 얻어졌다.

참고문헌

1. 内野研二, 壓電/電歪 Actuator - 基礎から 應用まで -
2. H. Ouchi, Piezoelectric Properties and Phase Relations of PMN-PT-PZ Ceramics with Barium or Strontium Substitutions, J. Am. Cer. Soc. Vol 51(3), 169-176
3. K. Uchino et al, Electric Coefficients of $Pb(Mg_{1-x}Nb_{2x})O_3$ ceramics, Jpn. J. Appl. Phys. Vol 19(11), 2099-2103

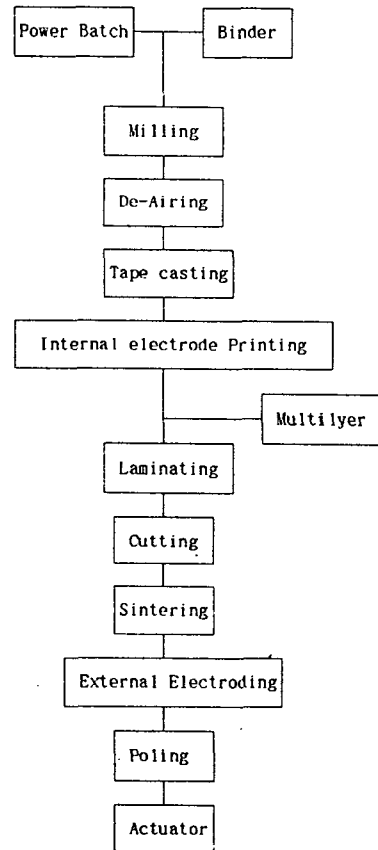


그림1. 적층형 Actuator 제조 공정도.
Fig. 1. Block Diagram of fabrication process of Multilayer Actuator

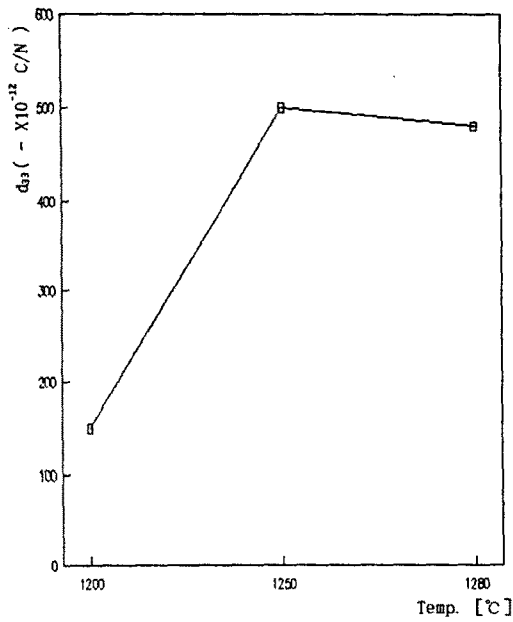


그림 2. 소결 온도에 따른 전기기계 결합 계수
Fig. 2. Electromechanical coupling coefficient with the Sintering Temp.

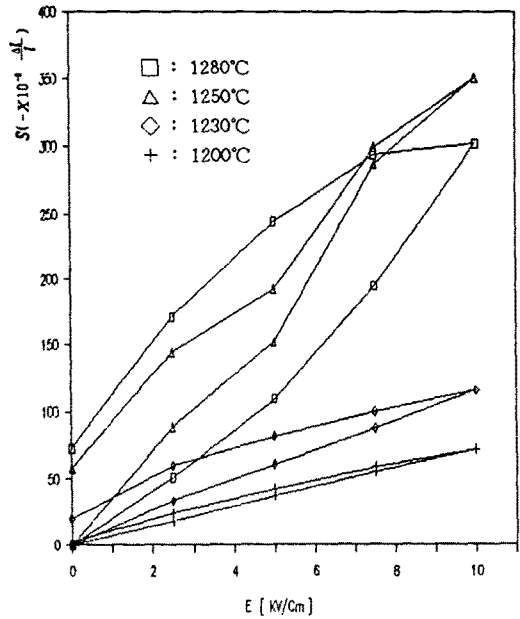


그림 4. 분극 처리된 시편의 변위 특성
Fig. 4. The characteristics of Strain hysteresis for poled samples.

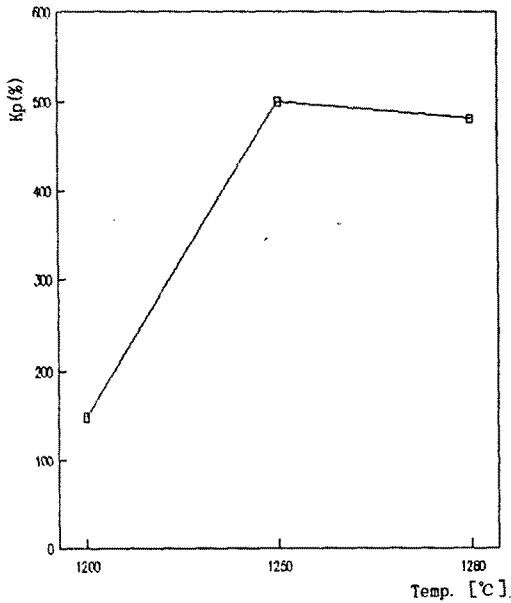


그림 3. 소결 온도에 따른 압전 계수
Fig. 3. Piezoelectric coefficient with the Sintering Temp.

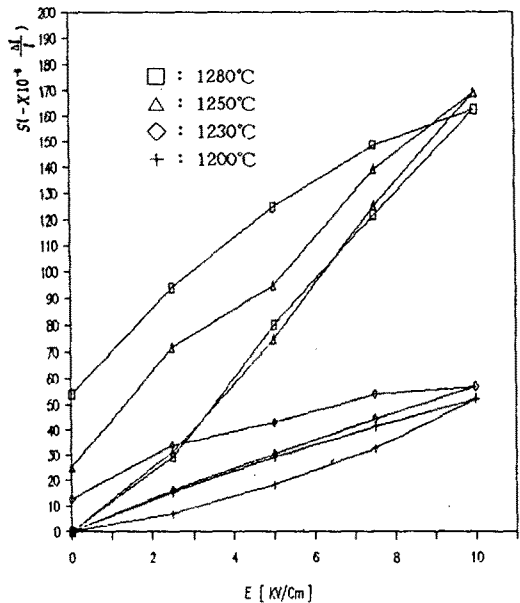


그림 5. 미 분극 처리된 시편의 변위 특성
Fig. 5. The characteristics of Strain hysteresis for unpoled samples.

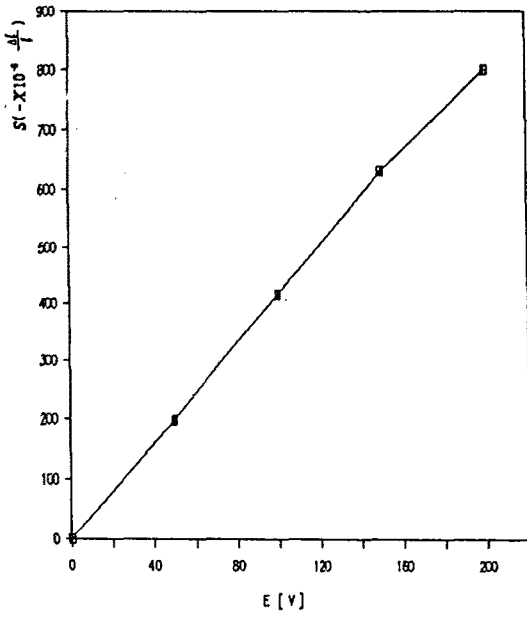


그림 6. 적층형의 전압에 따른 변위
 Fig. 6. Strain of Multilayered type with Electric Field