

## PMS 하소온도에 따른 PZ-PT-PMS 계 세라믹 압전특성

이 동 준, 정 수 현\*, 김 현 후\*\*, 박 수 길\*\*\*, 임 기 조  
 충북대학교 전기공학과, \*대원전문대, \*\*두원전문대, \*\*\*충북대학교 공업화학과

### Piezoelectric characteristics of PZ-PT-PMS ceramics according to calcination temperature of PMS

D.J.Lee, S.H.Jeong\*, H.H.Kim\*\*, S.K.Park\*\*\*, K.J.Lim

Dept. of Elec. Eng. & \*\*\*Dept. of Industrial Chemistry Chungbuk Univ., \*Deawon, \*\*Doowon College

#### 2. 실 험

**Abstract** - Piezoelectric characteristics of lead zirconate(PZ)-lead titanate(PT)-lead manganese antimony(PMS) ceramics with the various changes of calcination temperature in PMS were prepared. The range of their sintering temperature was from 1100°C to 1250 °C.

The electro-mechanical properties of PZ-PT-PMS ceramics such as piezoelectric constant, electro-mechanical coupling coefficient, and mechanical quality factor are measured as a function of the calcination temperature of PMS. As increasing the calcination temperature of PMS mechanical quality factor is increased.

PbO, Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, ZrO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, MnO<sub>2</sub>, Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 원료를 사용하여 다음과 같은 조성비[3]로 하였다.

0.47 PbZrO<sub>3</sub>-0.43 PbTiO<sub>3</sub>-0.1 Pb(Mn<sub>1/3</sub>Sb<sub>2/3</sub>)O<sub>3</sub>-1 wt%PbO

1 wt% PbO는 소결공정에서 PbO의 휘발을 보상하기 위해 첨가하였다.

그림1은 PZ-PT-PMS 계 세라믹의 조성도를 나타내고 있다. PMS는 페로브스카이트구조를 가지고 있지는 않지만, 소결한후 PZ-PT-PMS 계 세라믹은 페로브스카이트구조를 가진다.

#### 1. 서 론

압전 액츄에이터, 압전 트랜스포머[1] 그리고 초음파모터등과 같은 고출력디바이스는 소형·경량·박형화 및 구조가 간단하고 수명이 반영구적인 장점을 가지고 있어 최근에 활발하게 연구되고 있다. 이러한 디바이스는 고진동레벨에서 구동하기 때문에 재료의 압전특성이 매우 중요하다. 고출력 디바이스에서 급격한 출력변화를 위해 높은 기계적품질계수 (Q<sub>m</sub>), 높은 전기기계결합계수 (k<sub>p</sub>), 높은 항전계 (E<sub>c</sub>)는 필수적이다. 하지만, 이에따른 고출력 압전디바이스의 재료 및 고진동레벨에서의 압전특성 자료가 많이 제한되어있다.

일반적으로 고출력 디바이스재료로써 PZT 계 압전 세라믹을 기초로 하고 있으며, 그 중에서 고진동레벨에서 안정성이 우수한 PZ-PT-PMS 계 세라믹[2]을 사용하여 밀도, 압전정수, 전기기계결합계수, 기계적품질계수등과 같은 압전특성을 PMS 단결정의 하소온도(850, 900, 950, 1000 °C)에 따라 측정하였으며, 고전계하에서 PZ-PT-PMS 계 세라믹의 공진주파수변화율을 조사하였다.

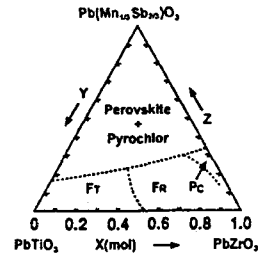


Fig.1 Phase diagram of the pseudo-ternary solution system PZ-PT-PMS

PZT와 PMS를 mol 비로 0.9 : 0.1로 각각 조성시킨 다음, PZT는 825, 850, 875 °C로 각각 하소시킨후에 X-ray diffraction(XRD) 및 Scanning Electric Microscope(SEM)측정으로 페로브스카이트 구조 및 결정면이 그림 4와 같이 가장 양호한 하소온도가 825 °C임을 확인하였으며, PMS를 850, 900, 950, 1000 °C로 하소온도조건을 주어서 하소한 후, 그림 5와 같이 XRD와 SEM을 측정하였다.

시편제작후, 1 kHz의 주파수조건에서 공진시 등가회로의 각 파라메타 값을 IIP4194A로 측정하여 기계적품질계수 (Q<sub>m</sub>), 전기기계결합계수 (k<sub>p</sub>)를 구하였다. 압전정수 (d<sub>33</sub>)는 IRE 표준측정[4]에 의하여

Piezo  $d_{33}$  meter(Berlincourt제)로 직접측정하였다. 고전계하에서 공진주파수측정은 그림 2과 같이 주파수발생기, 증폭기, 오실로스코프를 구성하여 측정했다.

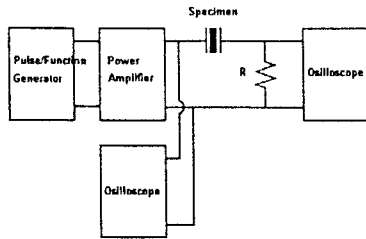


Fig. 2 Measuring apparatus for electrical properties under high electric field

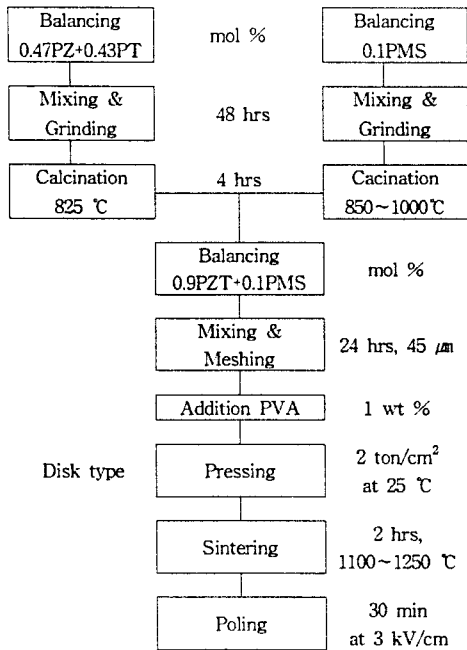


Fig. 3 Fabrication process of specimen

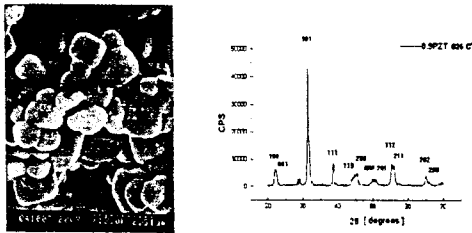


Fig. 4 Scanning Electric Microscope(SEM) photographic & X-ray diffraction(XRD) of PZT grain with perovskite structure after calcination(825 °C)

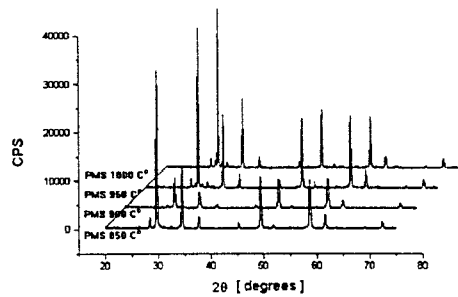
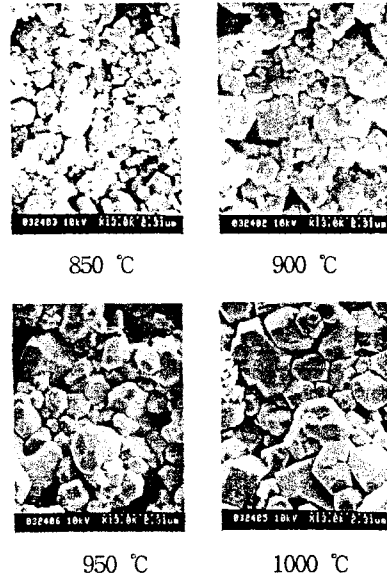


Fig. 5 SEM, XRD of PMS single phase crystal after calcination

### 3. 결 과

그림 6에서 PMS 하소온도를 증가함에 따라 PZ-PT-PMS 계 세라믹의 밀도는 다소 증가하였다. PMS 하소온도 1000 °C와 1200 °C 소결온도에서 최대 7.443 g/cm<sup>3</sup>의 값을 얻었다. 그림 7은 1100 °C의 소결온도에서 PMS 하소온도에 따라 압전정수 ( $d_{33}$ )는 하소온도 850 °C에서 최고점을 가졌지만, PMS 하소온도가 증가함에 따라 일정하였다. 전기기계결합계수 ( $k_p$ )는 그림8과 같이 PMS 하소온도의 변화에 따라 거의 일정하며, 소결온도 1100 °C 조건을 제외하고는 0.5 이상 높은값을 보이고 있다. 그림 9에서 기계적품질계수 ( $Q_m$ )는 PMS 하소온도에 따라 증가하다가, 하소온도 1000 °C에서  $Q_m$ 값이 거의 포화되고 있다. 그림 10에서는  $Q_m$ 값이 가장 양호한 소결온도 1100 °C 조건에서 인가전계에 따라 공진주파수 변화를 측정한 결과 전체의 세기가 500 V/cm 이후부터 공진주파수의 변화가 급격히 일어났다.

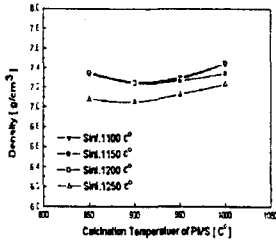


Fig.6 Effect of calcination temperature of PMS on sintered density

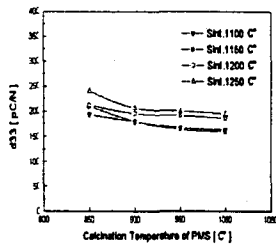


Fig. 7  $d_{33}$  with the various calcination temperature of PMS in PZ-PT-PMS ceramics

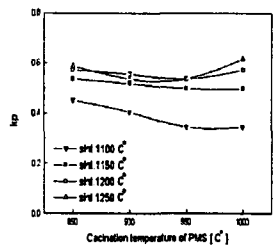


Fig. 8  $k_p$  with the various calcination temperature of PMS in PZ-PT-PMS ceramics

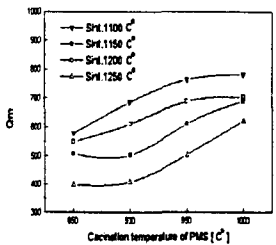


Fig. 9.  $Q_m$  with the various calcination temperature of PMS in PZ-PT-PMS ceramics

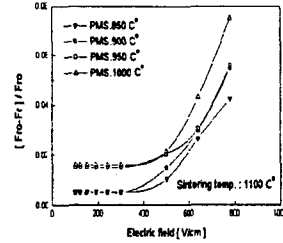


Fig. 10 Electric field dependence of resonance frequency changing-ratio in PZ-PT-PMS ceramics

#### 4. 결 론

0.47PbZrO<sub>3</sub>-0.43PbTiO<sub>3</sub>-0.1Pb(Mn<sub>1/3</sub>Sb<sub>2/3</sub>)O<sub>3</sub>계 세라믹의 압전특성인 기계적품질계수 ( $Q_m$ ), 전기기계 결합계수 ( $k_p$ ), 압전정수 ( $d_{33}$ )에 있어서 PMS 단결정의 하소온도의존성을 고려하여 필요한 특성을 얻는데 적용하면 좋을 것이다. 특히, 높은 전기기계 결합계수 ( $k_p$ )와 기계적품질계수 ( $Q_m$ )에 있어서 PMS 단결정의 하소온도에 대한 의존성이 크다는 것을 알 수 있었다. 또한, 고출력 압전 디바이스는 고진동레벨, 즉 500 V/cm에서 주로 구동되므로 이 세라믹이 충분히 실용화 될 수 있음을 알 수 있다.

본 연구는 충북대학교 국책대학사업 산학협력연구 지원에 의하여 수행되었으며 감사드립니다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] Yuichi Kaname & Yukihiko Ise, "A Study of Transducer Design of Piezoelectric Ceramic Transformers", JJAS of Japan, Vol. 32 No. 8, pp 470-479, Aug. 1975
- [2] Sadayuki Takahashi et al., "Stability of PbZrO<sub>3</sub> - PbTiO<sub>3</sub> - Pb(Mn<sub>1/3</sub>Sb<sub>2/3</sub>)O<sub>3</sub> Piezoelectric Ceramics under Vibration-Level Change", JJAP, Vol. 34, pp. 5328-5331, September 1995
- [3] Hidemasa Kawai et al., "High Power Material for Piezoelectric Transformer", 13th Ferroelectric Application Conference 30-A-6(Japanese).
- [4] IRE Standards on Piezoelectric Crystals; Measurements of Piezoelectric Ceramics, pp. 1161-1169, 1962