

저온소결 세라믹을 이용한 밴더형 적층 액츄에이터의 제작

이주영^{*,**}, 김상종^{*}, 강중윤^{*}, 김현재^{*} 이상렬^{**}, 윤석진^{*}

^{*}한국과학기술연구원, 박막재료 연구센터

^{**} 연세 대학교, 전기전자공학과

Bending Mode Multilayer Actuator Using Low Temperature Sintering Piezoelectric Ceramics

Ju-Young Lee^{*,**}, Sang-Jong Kim^{*}, Chong-Yun Kang^{*}, Hyun-Jai Kim^{*}, Sang Yoel Lee^{**}
and Seok-Jin Yoon^{*}

^{*} Thin Film Material Research Center, KIST

^{**} Department of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University

Abstract : Low temperature ($\leq 900^\circ\text{C}$) sintering piezoelectric ceramics $0.01\text{Pb}(\text{Mg}_{1/2}\text{W}_{1/2})\text{O}_3$ - $0.41\text{Pb}(\text{Ni}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ - 0.35PbTiO_3 - 0.23PbZrO_3 + $0.1\text{wt}\%\text{Y}_2\text{O}_3$ + $x\text{wt}\%\text{ZnO}$ ($0 \leq x \leq 2.5$) have been developed and investigated. The electromechanical coupling coefficient (k_p), piezoelectric constant (d_{33}), and mechanical quality factor (Q_m) have been measured to characterize the piezoelectric materials system. When 2.0 wt% ZnO is added, the properties of the system, $d_{33} = 559 \text{ pC/N}$, $k_p = 55.0 \%$ and $Q_m = 73.4$ are obtained which are very suitable for piezoelectric actuators. A bending mode multilayer actuator has been also developed using the materials which size is $27(\text{L}) \times 9(\text{W}) \times 1.07(\text{t})\text{mm}^3$. The actuators are fabricated by multilayer ceramic (MLC) process and consist of 24 layers and each layer thickness is $35\mu\text{m}$. At this time, the displacement of actuator was $100\mu\text{m}$ at 28V

Key words : Piezoelectric, MLC, Actuator, Bending Mode

1. 서론

최근 전자산업이 급속히 발전되면서 전자부품의 고성능화와 초소형화를 위한 적층화와 박막화가 이뤄지고 있다. 특히 PZT계 세라믹은 높은 압전특성과 유전특성으로 인해 다양한 전자제품에 응용되고 있다.

적층형 세라믹은 세라믹 층간에 전극을 도포하여 동시 소성을 해야 하며, 일반적으로 사용되고있는 압전 세라믹은 소결온도가 1200°C 이상의 고온이기 때문에 전극재료 선정시 고가의 Ag-Pd 전극을 사용해야한다. 또한, 고온 소결 압전 세라믹은 Pb 등의 휘발에 의한 환경 오염 및 높은 에너지 소비 등의 문제점이 있다. 그러므로, 환경오염과 에너지 절감 및 저가의 전극 사용을 위해서 고성능의 저온 소결 압전 세라믹의 개발이 시급한 시점이다. 저온소결을 위한 방법으로는 핫프레스법, 소결온도가 낮은 복합산화물을 이용하는 방법, 미세분말을 이용하는 방법, 소결조제의 첨가 등이 있다. 이중 소결조제의 첨가에 의한 방법은 압전 세라믹스의 입계에 액상을 생성시킴으로서 보다 낮은 온도에서도 물질의 확산을 용이하게 하여 낮은 온도에서도 소결이 가능하게 하는 것이다.¹⁾

압전 액츄에이터는 전기적 에너지를 인가했을때 기계적 에너지로 변환 가능한 기기를 말한다. 이러한 압전 액츄에이터는 기존의 기계식 장치에 비해 간단한 구조, 작은 크기, 정밀한 위치제어 및 빠른 응답속도를 갖으며, 이를 이용한 각종 정밀 위치제어 소자나 초음파 모터 등의 제품에 응용된다.

본 실험에서는 우수한 압전특성을 갖는 $0.01\text{Pb}(\text{Mg}_{1/2}\text{W}_{1/2})\text{O}_3$ - $0.41\text{Pb}(\text{Ni}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ - 0.35PbTiO_3 - 0.23PbZrO_3 + $0.1\text{wt}\%\text{Y}_2\text{O}_3$ 에 저온소결 조제인

$x\text{wt}\%\text{ZnO}$ ($0 \leq x \leq 2.5$)를 첨가하여 압전특성을 관찰하였다. 압전상수, 전기-기계 결합계수 및 기계적 품질계수가 높은 결과의 조성을 이용하여 밴더형 적층 액츄에이터를 제작하고 변위량을 관찰하였다.²⁾

2. 실험

2-1 저온소결 세라믹

본 연구에서는 PMW-PNN-PT-PZ 세라믹스에 Y_2O_3 와 ZnO를 첨가하여 900°C 에서 각각 1시간 및 2시간 소결하여 특성을 분석하였다. 시작 파우더는 정확한 칭량을 위해 전자저울을 사용하여 10^{-4}g 까지 칭량한 후, 증류수를 분산매로 하여 플라스틱 통에 지르코니아 볼을 이용하여 24시간 밀링하였다. 혼합된 원료는 완전히 건조한 후 알루미늄 도가니에 넣어 850°C 에서 2시간 하소하였다. 하소가 끝난 시료는 $0.1\text{wt}\%\text{Y}_2\text{O}_3$ + $x\text{wt}\%\text{ZnO}$ ($0 \leq x \leq 2.5$)를 첨가하여 24시간 밀링한 후 건조하였다. 건조된 파우더는 PVA를 5wt% 첨가하여 균일하게 섞은 후 $\phi 18 \text{ mold}$ 로 2ton의 압력을 가하여 성형하였다. 성형된 시편은 600°C 에서 3시간 burn out 하였다. 탈지된 시편들은 PbO의 휘발을 억제하기 위해 시료조성과 동일한 분위기 분말을 사용하여 알루미늄 도가니에 넣고 900°C 에서 1시간 및 2시간동안 소결하였다. 소결이 끝난 시편은 1mm 두께로 연마한 후 전극을 도포하고 600°C 에서 15분간 열처리를 하였으며, 전극이 형성된 시편은 120°C 의 silicon oil 속에서 3.5kV/mm의 직류전계를 30분간 가하여 분극하고 24시간이 경과한 후 시편의 특성을 측정하였다.

압전특성은 d_{33} meter, Network Analyzer (HP3577A)와 LF Impedance Analyzer (HP4192A)를 사용하여 압전상수(d_{33}), 전기-기계 결합계수(k_p)와 기계적 품질계수(Q_m)을 구하였다.

2-2 밴더형 적층 액추에이터 제작

압전상수와 전기-기계 결합계수 및 기계적 품질계수가 높은 PMW-PNN-PT-PZ +0.1wt%Y₂O₃ +2.0wt%ZnO를 이용하여 액추에이터를 제작하였다. 슬러리는 파우더와 바인더(Ferro, B73210)의 비율이 70 : 30 이며, 지르코니아 볼을 이용하여 플라스틱 볼통에서 24시간 혼합하였다. 제조된 슬러리를 doctor blade으로 tape casting하여 sheet를 제작한 후, 전극(Ag, 900℃)을 프린팅 하여 적층하였다. 이 때 적층 수는 24층으로 하였으며 70℃로 가열한 press에 3200psi의 압력을 20분간 가하였다. 적층된 시편을 27(L)×9(w)의 size로 cutting하여 330℃에서 2시간 burn-out 한 후 PZT ceramic 기판위에서 900℃에서 1시간 소결하였다. 제작된 액추에이터는 Fiber Vibrometer (OFV-551)을 이용하여 변위 특성을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1 저온소결 세라믹

그림 1의 (a)는 900℃의 소결온도에서 ZnO의 첨가량과 소결 시간에 따른 밀도를 나타낸 것이다. ZnO가 증가함에 따라 밀도가 높아지며, 2.0wt%에서부터 미세하게 감소되었다. 그림 1의 (b)는 ZnO의 첨가량에 따른 압전상수 값을 나타낸 것이다. 1.5wt% 첨가하였을 때 594pC/N로 좋은 특성을 보였다. 2.0wt% ZnO 첨가시 미세하게 감소되는 것을 볼 수 있는데, 이는 밀도의 감소로 인한 소결성의 감소에 의한 것으로 보여진다. 그림 1의 (c)는 ZnO 첨가량과 소결시간에 따른 전기-기계 결합계수를 나타낸 것이다. 1.5wt% ZnO를 첨가하여 소결하였을 때 56.5%로 가장 높은 특성을 보였다. 1.5wt% ZnO에서 높은 특성을 나타내고 2.0wt% ZnO에서 밀도와 압전상수와 마찬가지로 미세하게 감소하는 모습을 보였다. 이 역시 소결성 감소로 인한 특성저하로 보여진다. 그림 1의 (d)는 ZnO 첨가량과 소결시간에 따른 기계적 품질계수를 나타내었다. 앞의 특성들과는 다르게, 큰 변화없이 비슷한 값을 보였으나 2.0wt% ZnO에서 가장 높은 값을 나타내었다.

3-2 밴더형 적층 액추에이터

그림 2의 (a)는 변위 측정 사진이다. 제작된 액추에이터를 DC 0V~30V를 2V 간격으로 인가하여 변위량을 측정한 결과 28V에서 100μm의 변위를 나타내었다. 그림 2의 (b)는 밴더형 적층 액추에이터의 단면 사진이다. 세라믹과 전극간에 틈이 없으며, 휘어짐이 없이 적층된 것을 볼 수 있다. 이 때 세라믹 두께는 35μm, 전극두께는 5μm이다.

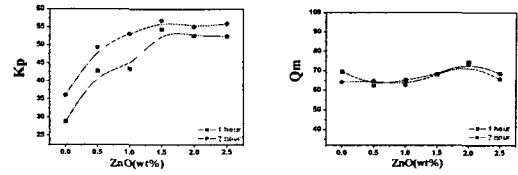
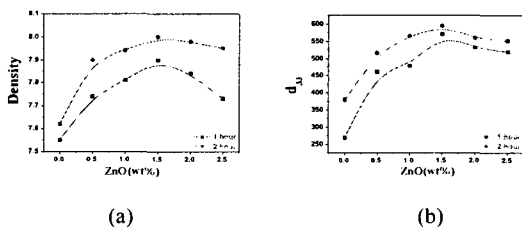


그림 1. ZnO 첨가량과 소결시간에 따른 특성
(a) 밀도, (b) d₃₃, (c) k_p, (d) Q_m

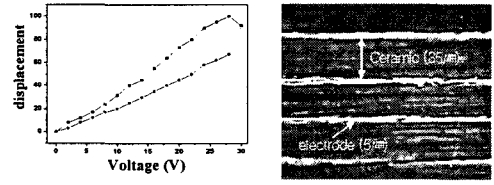


그림 2. (a) DC Voltage별 변위량 특성 (b) 적층형 액추에이터 소결단면

4. 결론

본 연구에서는 PMW-PNN-PT-PZ+0.1wt%Y₂O₃에 xwt%ZnO를 첨가한 후 900℃에서 소결하여 그 특성을 관찰하였다. 밀도, 압전상수, 전기-기계 결합계수는 ZnO를 첨가량이 증가할수록 특성이 증가한다. 1.5wt% ZnO에서 가장 높은 값을 나타내었다. 기계적 품질계수는 ZnO 첨가에 따라 큰 차이가 없었으나 2.0wt% ZnO에서 가장 높은 값을 나타내었다. 밴더형 적층 액추에이터의 제작을 위해 압전상수와 전기-기계 결합계수 및 기계적 품질계수가 높은 PMW-PNN-PT-PZ+0.1wt%Y₂O₃+2.0wt%ZnO를 선택하였다. 제작된 밴더형 적층 액추에이터는 DC 28V에서 100μm의 변위를 나타내었다.

5. 참고문헌

- 이동균, 신효순, 윤석진, 김현재, 한득영 "PMN-PZT세라믹스의 저온소결 및 압전특성" 전기전자재료학회 춘계학술대회 (1999) PB-46(pp.645-648)
- B.G.Ahn, D.K.Lee, D.Y.Han, C.Y.Kang, J.W.Choi, HJKim, SJYoon, "Bender typed Piezoelectric Multilayer Actuator" Journal of the Korean Ceramics Society. vol 40, No 3, pp. 225-228, 2003