

적층 압전초음파모터용 소자의 전기적 특성

이갑수, 이상호, 류주현
세명대학교

The Electrical properties of piezoelectric device for Multilayer Piezoelectric Ultrasonic Motor

Kabsoo Lee, Sangho Lee, Ju-Hyun Yoo
Semyung Univ

Abstract : In this study, in order to develop piezoelectric device for multilayer piezoelectric ultrasonic motor , low temperature sintering $Pb(Mn_{1/3}Nb_{2/3})_{0.02}(Ni_{1/3}Nb_{2/3})_{0.12}(Zr_{0.48}Ti_{0.52})_{0.86}O_3$ system ceramics were fabricated according to the variations of forming pressure of casting sheet. At the $300[kgf/cm^2]$ forming pressure, the maximum density of $7.8[g/cm^3]$ was obtained. At the $350[kgf/cm^2]$ forming pressure, the maximum values of effective electromechanical coupling factor $k_{eff} = 0.24$ and mechanical quality factor $Q_m = 628$ were obtained.

Key Words : Ultrasonic motor, effective electromechanical coupling factor, mechanical quality factor

1. 서론

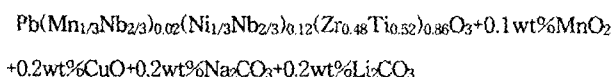
최근 압전 세라믹 기술의 급속한 발전과 함께 압전체를 이용한 압전 디바이스의 개발도 급속하게 이루어지고 있다.¹⁾ 압전소자를 이용한 초음파 모터는 저속에서의 큰 토크와 정확한 위치 제어가 가능하다는 점에서 큰 관심을 끌고 있을 뿐만 아니라 높은 전자기장에도 영향을 받지 않는다는 이점이 있다.^{2, 3)} 초음파 모터는 전기 입력에 의하여 진동체에 미소한 탄성진동을 일으키고, 이 탄성진동을 이용한 마찰력에 의하여 기계적 운동을 발생시키는 장치이다. 또한, 초음파 모터는 경량일 뿐만 아니라 구조가 간단하여 소형화 할 수 있고, 정밀 위치제어와 함께 토크 제어에 단순한 알고리즘으로 쉽게 구현할 수 있는 장점이 있다. 이런 초음파 모터는 H. V. Barth가 최초로 제안하였고 1980년 T. Sashida의 썩기형 초음파 모터에 의해 비약적으로 발전하게 되었다. 그 후 진행파를 이용한 초음파 모터의 개발이 이루어졌다. 이 때부터 초음파 모터의 연구가 본격적으로 시작되었고 다양한 초음파 모터의 개발 및 실용화가 이루어졌다.

이 논문에서는 적층압전초음파모터용 소자를 제작하는데 있어서 성형압력의 변화에 따른 전기적 특성을 조사하였다.

2. 실험

2.1 시편의 제조 및 특성측정

본 실험에서는 다음과 같은 조성식을 사용하여 적층압전초음파모터용 소자를 제작하였다.



조성식에 따라 $10^{-4}[g]$ 까지 평량 하였으며, 아세톤을 분산매로 사용하여 지르코니아 분을 이용해 24시간동안 혼합 분쇄 하였으며, 혼합분쇄 한 시료를 전기오븐에서 건조시킨 후 $820[^\circ C]$ 의 온도로 2시간동안 하소하였다. 하소된 시료에 $Na_2CO_3 - Li_2CO_3$ 를 0.2wt%를 첨가하여 24시간 동안 2차 혼합분쇄 후 슬러리 제작은 파우더와 PVB의 비율을 72:28 로 하여 지르코니아 분을 이용해 24시간동안 혼합하였다. 제조된 슬러리를 Doctor Blade법으로 Tape Casting 을 하여 $64\mu m$ 로 Sheet를 제작한 후, Sheet를 적층하여 $70^\circ C$ 에서 250, 300, 350, $400[kgf/cm^2]$ 의 압력으로 각각 일축성형 한 후 $340^\circ C$ 에서 3시간동안 Burn Out 과정을 거치고, $900^\circ C$ 에서 1시간 동안 소결하였다. 소결을 마친 후 두께는 각각 0.9mm 로 연마하여 전극을 발라 $600^\circ C$ 에서 10분간 열처리하였다. 전극이 형성된 시편을 $120[^\circ C]$ 의 silicon oil-bath에서 30분 동안 DC $30[kv/cm]$ 의 전계를 가하여 분극 하였다. 분극 된 시편을 24시간 경과 후 Impedance analyzer (Agil-ent 4294A)를 이용하여, 주파수 및 impedance 특성을 측정하였다. 시편의 압전 및 유전 특성은 IEEE에서 규정에 따라 공진 및 반공진법을 이용하여 계산 하여 관찰하였다.

2.2 적층압전초음파모터용 소자의 제작

적층압전초음파모터용 소자의 크기와 구조, 모양을 그림 1에 나타내었다.

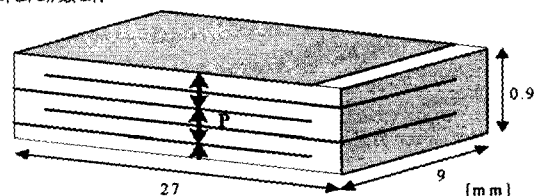


그림 1. 적층압전초음파모터용 소자의 구조

3. 결과 및 고찰

그림 2은 성형압력 변화에 따른 밀도를 나타낸 것이다. 성형압력이 300[kgf/cm²]일때 7.8[g/cm³]의 값을 나타내었고, 일반적으로 성형압력이 높을수록 PbO의 휘발이 적어지는 경향이 있지만 성형압력이 증가 할수록 밀도가 감소하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 성형압력이 높을수록 입자간의 거리가 가까워져 소결온도가 낮아졌기 때문에 성형압력이 300[kgf/cm²] 이상에서는 소결온도(900℃)가 다소 높아 미소한 PbO 휘발이 증가하여 밀도가 감소한 것으로 사료된다.

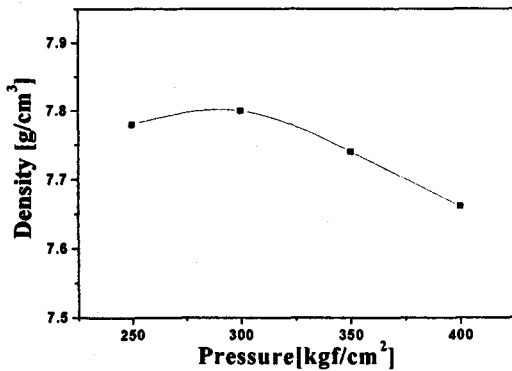


그림 2. 성형압력 변화에 따른 밀도

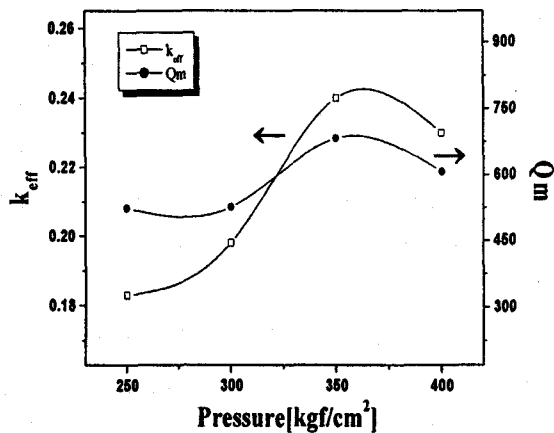


그림 3. 성형압력 변화에 따른 유효전기기계결합계수(k_{eff})와 기계적품질계수(Q_m)

그림 3은 성형압력 변화에 따른 유효전기기계결합계수(k_{eff})와 기계적품질계수(Q_m)를 나타낸 것이다. 성형압력이 350[kgf/cm²]일때 유효전기기계결합계수(k_{eff})와 기계적품질계수(Q_m)는 각각 0.24, 682로 최고의 값을 나타내었다. 기계적품질계수(Q_m)이 높아진 이유는 밀도에서의 설명한 것과 같이 소결온도가 다소 약간 높게 되어 미소한 PbO 휘발의 증가가 하드너 작용을 한 것으로 사료되며, 성형압력이 400[kgf/cm²]

에서는 과소성 되어 유효전기기계결합계수(k_{eff})와 기계적품질계수(Q_m)가 감소한 것으로 사료된다. 표 1은 압력변화에 따른 적층압전초음파모터용 소자의 물성표를 나타내었다.

표 1. 적층압전초음파모터용 소자의 물성표

Pressure [kgf/cm ²]	Density [g/cm ²]	k _{eff}	Q _m
250	4.59	0.183	524.04
300	4.64	0.198	526.66
350	4.62	0.240	628.69
400	4.63	0.230	607.52

4. 결론

본 연구에서는 적층압전초음파모터를 개발하기 위하여 PMN-PNN-PZT 세라믹을 Doctor Blade 방법으로 Tape-Casting 하여 27×9×0.9mm 크기의 적층압전초음파모터용 소자를 제작하여 성형압력 변화에 따른 전기적 특성을 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 성형압력이 300[kgf/cm²]일때 7.8[g/cm³]의 값을 나타내었고, 300[kgf/cm²]이상에서는 지속적으로 감소하는 특성을 나타내었다.
2. 유효전기기계결합계수(k_{eff})와 기계적품질계수(Q_m)은 성형압력이 350[kgf/cm²]일때 각각 0.24, 682로 최고의 값을 나타내었다.

연구결과 본 세라믹 조성에서는 350[kgf/cm²]의 성형압력이 최적인 것으로 생각되어진다.

감사의 글

본 연구는 2005년도 학술진흥재단 선도연구자지원사업(과제번호 : KRF-2005-041-D003707)의 연구비로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

1. Junhui Hu, Kentaro Nakamura and Sadauki Ueha, "Optimum Operation Conditions of an Ultrasonic Motor Driving Fluid Directly, JJAP. Vol. 35, No. 115, pp. 3289-3294, 1996.
2. S. Ueha, Y. Tomikawa, M. Kurosawa, N. Nakamura, "Ultrasonic Motor ; Theory and Applications", Oxford, Clarendon Press, 1993.
3. T. Sasgida, T. Kenjo, "An Introduction to Ultrasonic Motors", Oxford, Clarendon Press, 1993.