

적층 원환형 압전 진동자의 전기적 특성

김국진, 이상호, 류주현, 윤현상*, 영경현
세명대학교, *국제대학

Electrical Properties of Multilayer Ring-type Piezoelectric Vibrator

Kook-Jin Kim, Sang-Ho Lee, Ju-Hyun Yoo, Hyun-Sang Yoon*, Kyoung-Hyun Yeom
Semyung Univ. *Kookje Coll.

Abstract : In this study, in order to develop low temperature sintering ceramic ultrasonic nozzle, single-layer and multilayer ring-type piezoelectric vibrators were manufactured using PMN-PNN-PZT ceramics, And then the electrical properties were investigated. The piezoelectric vibrator were sintered at low temperature of 940 °C. The resonant resistance decreased with the increases of the number of layer. And also, the capacitance increased with the increases of the number of layer. The mechanical quality factor (Qm) decreased with the increases of the number of layer.

Key Words : ring-type piezoelectric vibrator, co-fired, low temperature sintering.

1. 서 론

최근까지 액체연료의 미립화를 위해서는 고압 분무방식이 일반적으로 사용되어졌다. 그러나 고압 분무 방식을 이용할 시 분무 액체 표면적의 불균일성과 고르지 못한 입경에 의해 불완전 연소가 발생하며, 이로 인해 공해발생과 효율이 떨어지는 문제점을 가지고 있다. 그러나 초음파를 사용하여 액체 연료를 분무할 시에 균일한 입경과 미립화가 우수하여 에너지 절약과 공해방지뿐만 아니라 유속이 낮은 곳과 공급 유량이 적은 곳에서도 이용할 수 있기에 의약품 도포공정, 반도체 제조공정 등의 여러 산업에 응용이 가능하다. 그러나 초음파 진동을 이용하여 액체 연료의 분무 효율을 향상시키기 위해서는 노즐의 기계적인 메카니즘과 더불어 진동자의 특성 향상이 중요하다.[1,2] 초음파 노즐은 기존의 초음파 노즐과 비교해 고출력을 위하여 내부 임피던스를 작게 설계하는 기술로써 적층의 제작기술이 무엇보다도 선행되어야 할 과제이다. 그러나 적층화에 따라 압전재료의 압전특성은 현저히 감소하기 때문에 적층 시 발생하는 압전재료의 특성저하를 방지하는 기술 또한 중요하게 부각되고 있다. 또한, 적층 세라믹스의 제작 시 구조적 특성상 내부전극이 도포된 상태에서 동시소결이 필요한데, 용점이 약 960 °C 정도로 낮은 Ag 전극 대신 값비싼 Pd나 Pt가 다량 함유된 Ag/Pd, Ag/Pt 전극이 사용되고 있어 경제적인 문제가 발생하게 된다. 따라서 순수 Ag 전극을 사용하거나 Ag의 비율이 높은 내부전극을 사용하기 위해서는 950 °C 이하에서 소결되는 압전 세라믹스를 개발하는 것이 필요하다.[3] 따라서 본 연구에서는 저온소결에서 우수한 압전특성을 보이는 조성을 사용하여 원환형의 단판형과 적층형 진동자를 제작하여 그 전기적 특성을 연구하였다.

환형 진동자를 제작하였다.



조성에 따른 시료의 정확한 물비를 10⁻⁴g까지 평량하였고, 아세톤을 분산매로 불밀을 24시간동안 혼합 분쇄하였으며, 건조후 850 °C에서 2시간 하소하였다. 하소 후 Li₂CO₃-Bi₂O₃-CuO를 첨가하여 24시간동안 재혼합 분쇄하였다. 단판 진동자는 PVA(0.5wt%수용액) 5wt% 첨가하여 외부직경 31.5mm 몰더로 1000[kg/cm²]의 압력으로 성형후, 600 °C에서 3시간동안 번아웃 하였다. 적층 진동자는 파우더와 PVB의 비율을 72:28로 하여 혼합하여 Tape Casting을 하여 70 μm로 시트를 뽑아냈다. 시트를 쌓아 70 °C에서 300[kg/cm²]의 압력으로 일축성형 한 후, 340 °C에서 3시간동안 번아웃 하였다. 이 두 종류의 진동자를 940 °C에서 2시간동안 소결하였다. 소결을 마친 시편의 두께를 3mm로 연마하여 전극을 발라 600 °C에서 10분간 열처리하였다. 전극이 형성된 시편을 120 °C 실리콘유 속에서 20[kV/cm]로 분극하였다. 24시간이 지난후에 공진 및 반공진법에 따라 impedance analyzer (Agilent 4294A)를 사용하여 유전 및 압전특성을 측정하였다. 진동자의 유효전기기계결합계수(k_{eff}) 및 기계적 품질계수(Q_m)의 값은 다음 식에 의하여 계산하였으며, f_r 과 f_a는 1kHz에서 측정된 공진과 반공진 주파수를 나타낸 것이고, R과 C는 공진저항과 캐패시턴스의 값을 나타낸 것이다.

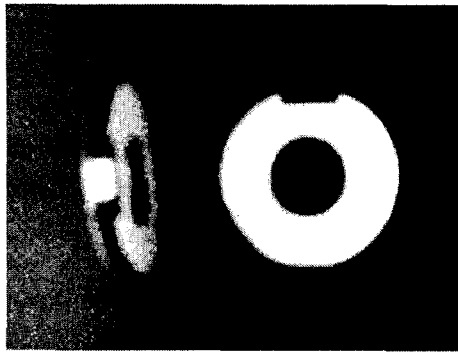
$$k_{eff} = \sqrt{\frac{f_a^2 - f_r^2}{f_a^2}} \tag{1}$$

$$Q_m = \frac{1}{2\pi f_r [1 - (f_r/f_a)^2] RC} \tag{2}$$

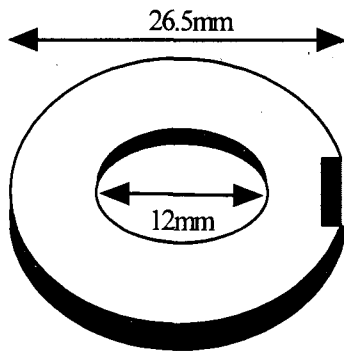
2. 실험

본 실험에서는 다음과 같은 조성식으로 단판 및 적층원

3. 결과 및 검토



(a)



(b)

그림 1. 적층 원환형 압전 진동자

그림 1은 제작된 적층 원환형 압전 진동자의 사진(a)과 적층 진동자의 개략도(b)를 나타낸 것이다. 압전 진동자의 크기는 외경 26.5mm, 내경 12mm, 두께 3mm의 원환형으로 제작하였다. 적층형 진동자의 경우 interdigital 구조로 적층을 하였다.

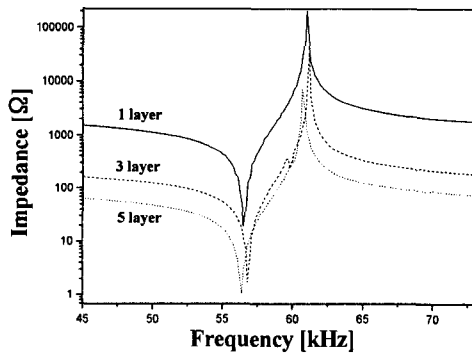


그림 2. 원환형 압전 진동자의 임피던스 특성

그림 2는 단판 과 적층 원환형 압전 진동자의 임피던스 특성을 나타낸 것이다. 단판과 적층의 주파수 특성은 큰 차이를 보이지 않았으며, 층수가 높아질수록 공진 임피던스의 값이 1.83~1.09Ω까지 감소하였다. 또한, 적층수의 증가에 따라서 캐패시턴스의 값은 12.2~42.5nF까지 높아지는 것을 확인할 수 있었다. 이는 공진시의 등가저항은

소자의 전극면적에 비례하기 때문에 적층수가 증가할수록 등가저항은 층수에 반비례하여 감소하기 때문이다. 또한, 캐패시턴스의 경우 전극면적에 비례하기 때문에 적층수의 증가에 따라 상승하는 것을 확인할 수 있었다.[4]

표 1에 제작된 원환형 압전 진동자의 물성특성 나타내었다.

표 1. 원환형 압전 진동자의 물성특성

Sintering Temp.[°C]	Layer	Density [g/cm ³]	k _{eff}	Q _m
940	1	7.70	0.41	926
	3	7.81	0.40	923
	5	7.82	0.41	428

4. 결론

본 연구에서는 적층 압전 초음파 노즐로의 응용을 위하여 단판과 적층형 원환형 초음파 진동자를 제작하여 층수의 변화에 따른 전기적인 특성을 조사하여 다음과 같은 결론은 얻었다.

1. 단판에서보다 적층시 공진저항은 감소하는 특성을 보였으며, 캐패시턴스의 값은 증가하는 특성을 보였다.
2. 적층시 유효전기기계결합계수의 값은 큰 차이가 없었으나 기계적 품질계수의 값은 적층수의 증가와 함께 감소하는 특성을 보였다.

적층 원환형 세라믹스를 제작으로써 앞으로 저전압에서도 구동 가능한 적층 압전 액추에이터를 이용한 초음파 노즐의 개발 가능성을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 2006년도 과학재단에서 시행하는 특정기초사업 (과제번호: R01-2006-000-10120-0)으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] 이수호, 민석규, 윤광희, 류주현, 사공건, “초음파 진동자 응용을 위한 압전 세라믹의 유전 및 전기적 특성”, 한국전기전자재료학회 2000년도 추계학술대회 Vol. 12, No. 1, p.200
- [2] 김선우, 정남훈, 선우명호, “피에조 인젝터의 모델링 및 분사율의 추정”, 한국자동차공학회는논문집, Vol. 13, No. 2, 2005, p.93
- [3] S. Zhang, R. Xia, Thomas R. Shrout, "Low temperature sintering and properties of piezoelectric ceramics PSNT-Mn with LiBiO₂ addition", Mater, Sci. and Eng. B Vol. 129, No. 1 p.131 (2006)
- [4] 정수태, 조상희, “적층압전변압기의 전기적특성”, 한국전기전자재료학회 논문지, Vol. 9, No. 2, 1996, p. 138.