

Sr이 치환된 Rosen 타입 압전변압기의 전기적 특성

주현규, 김인성, 정순중, 김민수, 송재성, 이대수, 전소현
한국전기연구원

Electrical properties of strontium substitution Rosen type piezoelectric transformer

Hyeonkyu Joo, Insung Kim, Soonjong Jeong, Minsoo Kim, Jaesung Song, Daesoo Lee, Sohyeon Jeon
Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract - Recently, piezoelectric transformer is applied to wide fields. Multi layer piezoelectric transformer has the advantage of high step up ratio, high electromechanical coupling coefficient(K_p) and high mechanical quality factor(Q_m), however it shows the peeling-phenomenon of electrode, and high price due to high sintering temperature. Therefore this study focus on the method for fabrication of high power rosen type piezoelectric transformers.

<표 1> Sr 이 치환된 압전 세라믹스의 소결온도별 특성

	K_p	Q_m	d_{33}	density	ϵ_r	$\tan \delta$
1050℃	0.1	435	120	7.422	629	0.0057
1100℃	0.18	15	168	7.586	794	0.0051
1150℃	0.25	106	176	7.664	850	0.0044
1200℃	0.51	781	232	7.935	1095	0.0046
1250℃	0.49	1129	218	7.990	1221	0.0041

1. 서 론

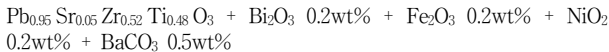
압전 변압기는 에너지 변환 과정 중에 자기 에너지로의 변환이 없으므로 권선 변압기에서 나타나는 누설자속이나 권선에서의 손실이 없어서 효율이 높다는 장점을 지니고 있으며, 권선 변압기에 비해 구조가 간단하고 소형이며 박형으로 제작이 가능하고 전기적 손실이 적다. 이러한 특성으로 압전변압기는 음이온 발생기, 전자복사기, 고주파 변압기, 공기 청정기 및 DC-DC 컨버터와 소형 AC-adaptor 등에 응용되어진다[1-2]. 압전변압기는 C.A. ROSEN 에 의해 기본적인 형태의 압전 변압기가 제안되어 이론적, 실용적 연구가 시작된 후, 최근까지 다양한 용도와 형태를 가진 압전변압기가 제안되고 거기에 따른 분극 방향과 진동 방향에서의 압전변압기의 전기적 기계적 특성 연구가 진행되고 있다[3]. 압전 변압기는 역효과와 정효과를 동시에 응용하기 때문에 높은 전기기계결합계수(k_p)와 기계적품질계수(Q_m)를 동시에 수반해야 한다. Sr 의 경우 적은함량의 치환을 통해 압전변압기의 특성에 직접적인 영향을 미치는 기계적 품질계수의 증가에 도움을 준다고 보고되어져 왔다[4].

본 연구에서는 Sr이 치환되어진 상용 압전세라믹스를 이용하여 제반의 분말특성을 평가하였다. 그리고 특성을 토대로 전기기계결합계수(K_p)가 크고, 발열에 의한 온도상승이 없으며, 기계적 품질계수(Q_m)가 크고, 높은 전류를 발생하기 위해 유전상수가 큰 단판형 압전변압기를 제작하였고 제반의 특성평가를 실시하였다.

2. 본 론

2.1.1 압전세라믹스의 특성평가

본 실험에서는 Sr 이 치환되어진 상용분말(S-44, SUNNYTEC)을 이용하여 전반적인 실험을 진행하였다. 본 실험에 사용되어진 조성은 다음과 같다.

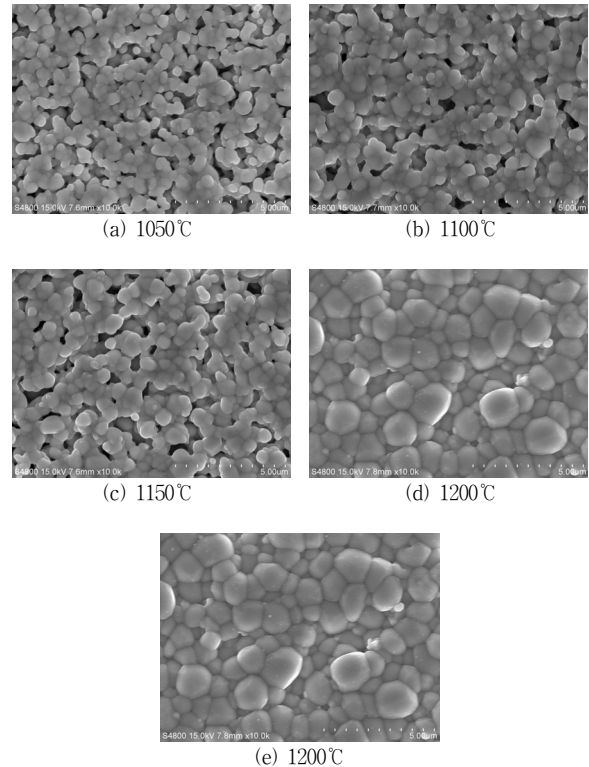


실험에 사용되어질 S-44분말을 에탄올 용매에 24H 동안 불밀을 한 후 24H의 건조를 통해 균일한 분말상태로 만든 후 직경 18mm 몰더로 100MP의 압력을 가하여 성형하였다. 성형한 시편을 1050~1250℃의 범위에서 소결하였으며 소결을 마친 후 특성평가를 위해 1mm 두께로 연마하여 Ag paste 를 도포하고 700℃에서 10분간 열처리 하였다. 전극이 형성된 시편을 120℃의 실리콘 오일에서 3kV/mm 의 직류전계를 30분간 가하여 분극처리를 하여 상온에서 24시간 경과한 후 제반의 압전 특성평가를 실시하였다.

2.1.2 압전세라믹스의 특성평가

표 1은 원형 시편으로 제작되어진 Sr이 치환된 압전 세라믹스의 유전 및 압전특성을 측정된 결과 값이다. 전기기계결합계수(K_p)의 경우 1050℃에서 1200℃까지 소결온도가 증가함에 따라 증가하였으며 기계적품질계수(Q_m)의 경우 1250℃에서 가장 큰 값을 얻었다. 이 값은 일반적으로 압전변압기를 제작하기 위한 조건을 만족하는 값으로 유전율(ϵ_r), 유전손실($\tan \delta$), 압전정수(d_{33}), 밀도(ρ) 또한 좋은 특성을 나타내었다.

그림 1은 Sr이 치환된 압전 세라믹스의 소결온도별 SEM 사진이다. 사진에서 알 수 있듯이 1050℃~1150℃의 범위에서는 소결이 전혀 이루



<그림 1> Sr 이 치환된 압전 세라믹스의 소결온도별 이미지 특성

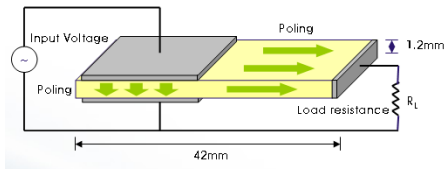
어지지 않았음을 알 수 있다.

2.2.1 압전변압기 제작

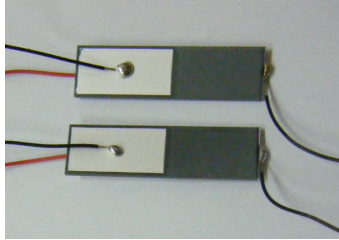
압전변압기 제작을 위해 특성평가가 끝난 분말을 52x15mm 몰드를 사용하여 성형을 한 후 소결하였다. 소결이 끝난 시편은 연마제를 사용하여 42x10x1.2mm의 크기로 연마한 후 아세톤으로 세척한 다음 Ag paste를 실크스크린법으로 도포하여 700℃에서 30분간 열처리 하여 전극을 형성시켰다. 전극 부착이 완료된 시편은 120℃의 실리콘 오일 속에서 길이 방향 2 kV/mm, 두께방향 3 kV/mm의 순으로 각각 직류전계를 30분간 가하여 분극처리를 하여 상온에서 24시간 경과한 후 제반의 압전 특성평가를 실시하였다.

2.2.2 압전변압기의 특성평가

그림 2(a)는 Rosen 타입 압전변압기 모식도를 나타낸 그림이고 그림

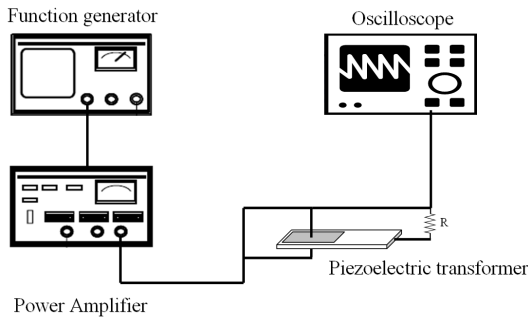


(a) ROSEN type 압전변압기



(b) 제작되어진 압전변압기 사진

<그림 2> Sr 이 치환된 압전세라믹스를 이용해 만들어진 압전변압기 사진



<그림 3> 압전변압기 측정 모식도

2(b)는 Sr이 치환된 압전세라믹스를 이용하여 제작되어진 압전변압기 사진이다. 그림에서도 알 수 있듯이 일반 권선형 변압기와는 달리 박형이며 구조가 매우 간단한 것을 볼 수 있다.

그림 3은 압전변압기 측정모식도 이다. 그림 3과 같은 방법으로 압전 변압기의 승압비를 측정하였으며 그 결과를 그림 4에 나타내었다. 그림 4에서 볼 수 있듯이 무부하시 입력전압이 1V_{p-p} 일 때, 245V_{p-p}의 출력 전압으로 245배의 승압비를 얻을 수 있었다.

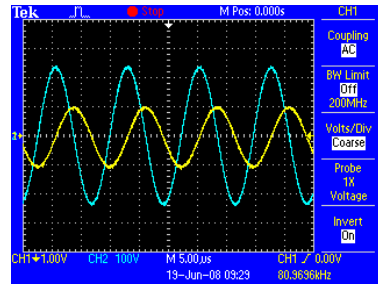
그림 5는 단판형 압전변압기의 입력전압을 일정하게 유지한 상태에서 부하저항에 따른 공진주파수와 승압비를 나타낸 것이다. 부하저항은 10kΩ, 100kΩ, 1MΩ, 5MΩ, 10MΩ, 무부하를 사용하여 측정하였다. 부하 저항의 증가에 따라 승압비는 증가하는 특성을 보였고 부하저항이 클수록 공진주파수는 다소 높은 주파수에서 나타났다. 이러한 결과는 압전 변압기의 일반적인 특성으로 부하저항의 증가에 따라 승압비가 증가하고 이에 따라 2차측의 탄성진동이 증가하여 공진주파수가 증가하기 때문이다. 부하저항 10kΩ을 연결했을 때 76.573Hz에서 4배로 최저 승압비가 나왔고 무부하시 80.863Hz에서 245배로 최대 승압비를 나타내었다.

<표 2> 부하저항에 따른 공진주파수와 승압비 변화

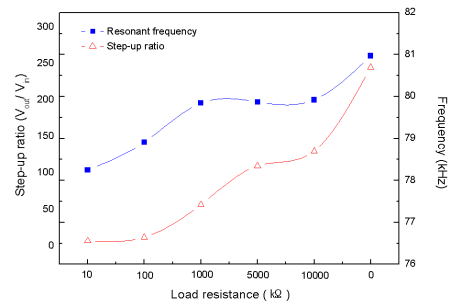
Load resistance (kΩ)	Resonant frequency (Hz)	Step-up ratio
0	80.863	245
10 kΩ	76.573	4
100 kΩ	76.764	12
1 MΩ	77.421	49
5 MΩ	78.392	122
10 MΩ	78.765	142

3. 결 론

본 연구에서는 Sr 치환된 압전 세라믹스를 이용하여 압전변압기를 제작하여 주파수와 부하저항에 따른 압전변압기의 전기적 특성에 관하



<그림 4> 압전변압기 승압비 측정 사진



<그림 5> 부하저항에 따른 승압비와 공진주파수 변화

여 연구를 하였고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Sr이 치환된 압전세라믹스는 1250℃에서 가장 좋은 특성을 나타내었으며 $d_{33}=218\text{pC/N}$, $K_p=0.49$, $Q_m=1129$, $\epsilon_r=1221$, $\text{density} = 7.990\text{g/cm}^3$, $\tan\delta=0.0041$ 의 특성을 각각 나타내었다.
2. 특성평가를 토대로 제작되어진 압전변압기는 주파수와 부하저항에 따른 승압비를 측정된 결과 10kΩ, 100kΩ, 1MΩ, 5MΩ, 10MΩ의 부하저항과 76~79kHz의 주파수 범위내에서 최대승압비가 4, 12, 49, 122, 142를 나타내었으며 무부하시 80kHz의 주파수 범위내에서 최대승압비가 245를 나타내었다.

[참 고 문 헌]

- [1] J. Yoo, C. Lee, Y. Jeong, K. Chung, D. Lee, D. Paik, "Microstructural and piezoelectric properties of low temperature sintering PMN-PZT ceramics with the amount of Li₂CO₃ addition", Mater. Chem. Phys. 90, 386-390. 2005
- [2] H. Shin, H. Ahn, D.Y. Han, "Effects of WO₃ addition on the structure and electrical properties of Pb₃O₄ modified PZT-PFW-PMN piezoelectric ceramics", Mater. Chem. Phys. 92, 616-620. 2005
- [3] Y. Fuda, K. Kumasaka, M. Katsuno, H. Sato, Y. Ino, "Piezoelectric transformer for cold cathode fluorescent lamp inverter", Jpn. J. Appl. Phys. 36, 3050-3052. 1997
- [4] J. Yoo, Y. Lee, K. Yoon, "Microstructural, electrical properties and temperature stability of resonant frequency in Pb(Ni_{1/2}W_{1/2})O₃-Pb(Mn_{1/3}Nb_{2/3})O₃-Pb(Zr, Ti)O₃ ceramics for high-power piezoelectric transformer", Jpn. J. Appl. Phys. 40, 3256, 2001