

PNN-PMN-PZT 단판형 압전변압기의 온도의존성 연구

주현규, 김인성, 정순중, 김민수, 송재성, 이대수
한국전기연구원

Study on thermal effect of PNN-PMN-PZT ceramics Piezoelectric transformer

Hyeon-Kyu Joo, In-Sung Kim, Soon-Jong Jung, Min-Soo Kim, Jae-Sung Song, So-Hyun Jeon
Korea Electrotechnology Research Institute (KERI)

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(Kp) and high mechanical quality factor(Qm), 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. The composition of $0.01\text{Pb}(\text{Ni}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3 - 0.08\text{Pb}(\text{Mn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3 - 0.91\text{Pb}(\text{Zr}_{0.505}\text{Ti}_{0.495})\text{O}_3$ (abbreviated as PNN-PMN-PZT) ceramics is employed for this study.

Key Words : Piezoelectric transformer, PZT, Rosen type

1. 서론

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[1-3]. 특히 적층형 압전변압기는 단판형 압전변압기에 비해 크기가 작고 승압비가 높아 많은 응용이 이루어져 왔다. 하지만 적층형 압전변압기의 경우 구동 중 전극 간 박리현상이 심하며, 높은 소결온도로 인해 값이 비싼 Pd전극을 사용하여 제조 단가가 높으며, 제조공정이 복잡하다는 단점을 지니고 있다.

본 연구에서는 에너지 변환효율을 높이기 위해 전기기계결합계수(Kp)가 크고, 발열에 의한 온도상승이 없으며, 승압비를 높이기 위해 기계적 품질계수(Qm)가 크고, 높은 전류를 발생하기 위해 유전상수가 큰 단판형 압전변압기를 제작하였고 제반의 특성을 조사한 후, 온도가 단판형 압전변압기의 출력에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 실험

본 실험에서는 PNN-PMN-PZT의 조성으로 시편을 제조하였으며 일반적인 산화물 혼합법으로 분말을 제조하였다. 압전변압기 제작을 위해 제조되어진 분말을 52mm x 15mm 몰드를 사용하여 성형을 한 후 소결하였다. 소결이 끝난 시편은 연마제를 사용하여 42mm×10mm ×1.2mm의 크기로 연마한 후 야세론으로 세척한 다음 Ag paste를 실크스크린법으로 도포하여 700℃에서 30분간 열처리하여 전극을 형성시켰다. 전극 부착이 완료된 시편은 120℃의 실리콘 오일 속에서 길이 방향 2kV/mm, 두께방향 3kV/mm의 순으로 각각 직류전계를 30분간 가하여 분극처리를 하여 상온에서 24시간 경과한 후 제반의 압전 특성평가를 실시하였다.

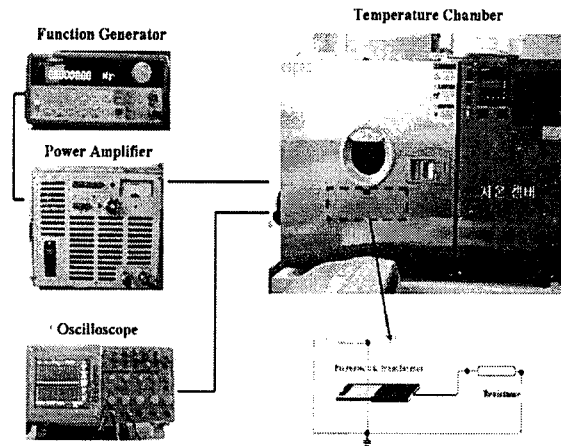


그림 1. 단판형 압전변압기의 온도의존성 테스트 장치

그림 1은 제작되어진 단판형 압전변압기의 온도의존성 실험을 위한 장치이다. 측정을 위해 제작되어진 단판형 압전변압기를 테스트 챔버 내부에 설치하고 변압기의 입력단에 외부로부터 Function generator 와 Power amplifier를 연결하고, 변압기의 출력단에 Oscilloscope를 연결하였다. 온도의존성 실험은 -50℃부터 100℃까지 각각 10℃의 범위에서 30분간 유지 후 측정하는 방식으로 이루어졌다.

3. 결과 및 검토

3.1 유전 및 압전특성

표 1은 원형 시편으로 제작되어진 PNN-PMN-PZT 세라믹스의 유전 및 압전특성을 측정된 결과 값이다. 전기기계결합계수(Kp)의 경우 1050℃에서 1200℃까지 소결온도가 증가함에 따라 증가하였으며 기계적품질계수(Qm)의

표 1. PNN-PMN-PZT 세라믹스의 소결온도별 특성

	K_p	Q_m	d_{33}	$\tan \delta$	density	ϵ_r
1050 °C	0.22	198	90	0.0065	7.499	899
1100 °C	0.28	275	160	0.0062	7.677	937
1150 °C	0.52	1609	227	0.0062	7.726	1127
1200 °C	0.60	1585	273	0.0064	7.917	1454

경우 1150°C에서 가장 큰 값을 얻었으나, 1200°C에서도 1500이상의 값을 나타내었다. 이 값은 일반적으로 압전변압기를 제작하기 위한 조건인 K_p 0.5이상, Q_m 1500이상을 만족하는 값을 나타내었다. 그 외 유전율(ϵ_r), 유전손실($\tan \delta$), 압전정수(d_{33}), 밀도(ρ)의 경우 소결온도가 증가함에 따라 증가하는 양상을 나타내었으며 1200°C에서 가장 좋은 특성을 나타내었다.

3.2 단판형 압전변압기의 온도의존성

그림 2는 단판형 압전변압기의 입력전압을 일정하게 유지한 상태에서 부하저항에 따른 공진주파수와 승압비를 나타낸 것이다. 부하저항은 10kΩ, 100kΩ, 1MΩ, 5MΩ, 10MΩ, 무부하를 사용하여 측정하였다. 부하저항의 증가에 따라 승압비는 증가하는 특성을 보였고 부하저항이 클수록 공진주파수는 다소 높은 주파수에서 나타났다. 이러한 결과는 압전변압기의 일반적인 특성으로 부하저항의 증가에 따라 승압비가 증가하고 이에 따라 2차측의 탄성진동이 증가하여 공진주파수가 증가하기 때문이다. 부하저항 10kΩ을 연결했을 때 76.573Hz에서 8배로 최저 승압비가 나왔고 무부하시 81.563Hz에서 280배로 최대 승압비를 나타내었다.

그림 3은 제작되어진 단판형 압전변압기의 온도별 특성을 나타낸 그림으로 그림 3(a)는 온도변화에 따른 단판형 압전변압기의 승압비, 그림 3(b)는 온도변화에 따른 단판형 압전변압기의 공진주파수의 변화를 나타낸 그림이다. 실험결과에서 알 수 있듯이 실험온도의 증가에 따라 승압비는 감소하는 특성을 보였고 실험온도가 높을수록 공진주파수는 다소 낮은 주파수에서 나타났다. 이러한 결과는 온도의 증가에 따라 PNN-PMN-PZT의 큐리온도(T_c)에 가

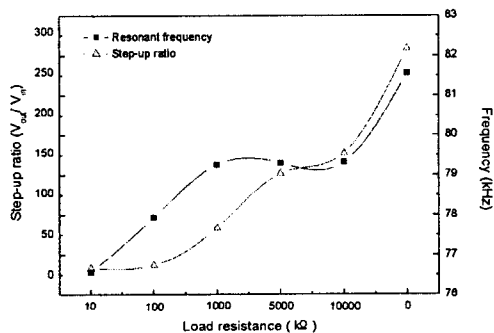
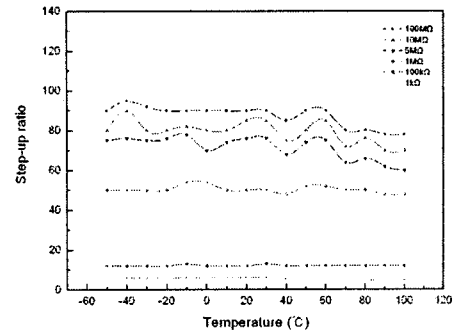
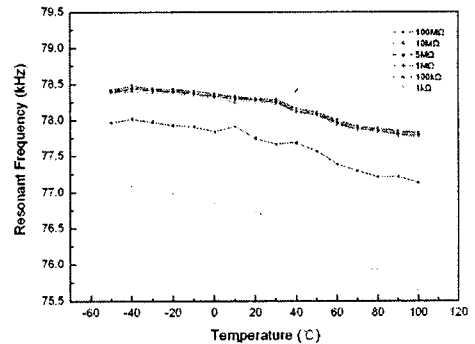


그림 2. 단판형 압전변압기의 저항에 따른 승압비와 공진주파수 변화



(a) 온도별 승압비 변화



(b) 온도별 공진주파수 변화

그림 3. 단판형 압전변압기의 온도별 승압비와 공진주파수 변화

가이 접근하면서 승압비가 감소하고 이에 따라 2차측의 탄성진동이 감소하여 공진주파수가 감소하기 때문이다. 한편 공진주파수 범위의 최대부하 효율인 매칭 저항은 161kΩ으로 계산되었으며, 이후 매칭 저항 범위에서 압전변압기의 온도 변화 특성을 추가로 관찰할 예정이다.

4. 결론

본 연구에서는 PNN-PMN-PZT 세라믹스를 이용하여 단판형 압전변압기를 제조하였고 제반 특성평가를 실시하였다. 전기기계결합계수(K_p)와 기계적품질계수(Q_m)가 높은 조성을 선정하여 단판형 압전변압기를 제작하였고, 단판형 압전변압기의 단점인 승압비 부분을 보완하여 적층형 압전변압기와 동등하거나 그 이상의 특성을 얻을 수 있었다. 제작되어진 단판형 압전변압기는 상온에서는 물론 고온에서도 비교적 안정하였다.

참고 문헌

- [1] J. Yoo, C. Lee, Y. Jeong, K. Chung, D. Lee, D. Paik, Mater. Chem. Phys. 90, 386-390. 2005
- [2] H. Shin, H. Ahn, D.Y. Han, Mater. Chem. Phys. 92, 616-620. 2005
- [3] Y. Fuda, K. Kumasaka, M. Katsuno, H. Sato, Y. Ino, Jpn. J. Appl. Phys. 36, 3050-3052. 1997