

(PbCaSr)(TiMnSb)O₃ 세라믹스를 이용한 두께진동모드 적층 압전 변압기의 전기적 특성

유경진, 류주현, 정영호*
세명대학교, 한국전력공사*

The Electrical Properties of Thickness Vibration Mode Multilayer Piezoelectric Transformer using (PbCaSr)(TiMnSb)O₃ Ceramics

Kyung-jin Yoo, Ju-hyun Yoo, Yeong-ho Jeong*
Semyung Univ., KEPCO*

Abstract : In this study, low temperature sintering multilayer piezoelectric transformer for DC-DC converter were manufactured using (PbCaSr)Ti(MnSb)O₃ ceramics and thin their electrical properties were investigated according to the variation of frequency and load resistance. The voltage step-up ratio of multilayer piezoelectric transformer showed the maximum value in the vicinity of 1.3MHz and increased according to the increase of load resistance. When the output impedance coincided with the load resistance, the piezoelectric transformer showed the temperature rise of about 21 °C under the output power of 6W.

Key Words : low temperature sintering, multilayer piezoelectric transformer, tape casting

1. 서론

최근, LED 구동용 인버터, DC-DC 컨버터, AC-DC 컨버터 및 형광등 ballast 등에 압전변압기를 적용하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 순수한 PbTiO₃계 세라믹스는 높은 큐리온도(490°C), 유전상수의 낮은 경시변화를, 전기기계결합계수의 이방성(k_t/k_p)이 크기 때문에 DC-DC 컨버터에 응용가능한 두께방향 진동 모드로 동작하는 압전 변압기에 적용하기에 적합한 특성을 가지고 있다. 압전 변압기의 출력전력을 향상시키기 위해서는 적층으로 제작하여야 한다. 적층 압전변압기 제작 시에는 내부 전극과 함께 소결하여야 하는데, 이때 소결 온도가 높으면 Pd 함량이 높은 전극을 사용하여야 한다. 그러나, Pd 전극의 가격이 비싸 소자의 경제성이 떨어지게 된다. 따라서 순수한 Ag 전극을 내부전극으로 사용하기 위해서는 900°C 이하에서 소결이 가능하여야 한다. 따라서, 본 연구에서는 (PbCaSr)(TiMnSb)O₃ 조성을 이용하여 900°C 이하의 저온소결이 가능한 두께방향진동모드 적층 압전변압기를 제작하여 그에 대한 전기적 특성을 조사하였다.

쇄후, 파우더와 PVB의 비율을 71:29로 하여 혼합하여 Doctor Blade법으로 Tape Casting을 하여 65μm로 시트를 뽑아냈다. 시트를 쌓아 70°C에서 300[kgf/cm²]의 압력으로 일축 성형 한 후 340°C에서 3시간동안 Burn Out 과정을 거치고, 900°C에서 90분 동안 소결하였다. 소결을 마친 후 두께 3.5mm로 연마하여 전극을 발라 600°C에서 10분간 열처리하였다. 전극이 형성된 시편을 120°C실리콘유 속에서 45[kW/cm²]로 분극하였다. 24시간이 지난후에 공진 및 반공진법에 따라 유전 및 압전특성을 측정하였고, 적층 압전변압기의 전기적 특성을 측정하기 위해 입력전압에 따른 출력전압 및 출력전력은 Power Amp.(BA4825), Function generator (HP33120A) 및 오실로스코프 (Tektronix TDS3054)를 이용하여 측정하였고, 출력전력에 따른 온도상승은 접촉식 온도계로 측정하였다

2.2 적층 압전변압기의 제작

적층 압전변압기의 크기와 구조, 모양을 그림 1에 나타내었다. 입력층은 2층 출력층은 4층으로 설계제작 하였다.

2. 실험

2.1 시편의 제조 및 특성측정

본 실험에서는 다음과 같은 조성식을 사용하여 적층 압전 변압기를 제작하였다.

(PbCaSr)(TiMnSb)O₃ + 0.2wt%Na₂CO₃ + 0.2wt%Li₂CO₃ 조성에 따른 시료의 정확한 몰비를 10⁻⁴까지 평량하였고, 아세톤을 분산매로 볼밀을 24시간동안 혼합 분쇄하였으며, 건조후 850°C에서 2시간 하소하였다. 하소 후 Na₂CO₃-Li₂CO₃ 를 첨가하여 24시간동안 재혼합 분

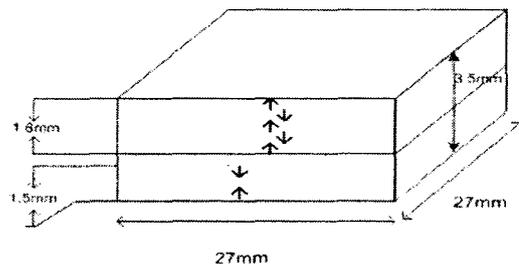


그림 1. 적층 압전변압기 구조

3. 결과 및 고찰

그림 2는 적층 압전변압기의 임피던스 특성을 나타낸 것이다. 입출력의 유효 전기기계결합계수 K_{eff} 각각 0.25, 0.45을 나타내어 우수한 압전 특성을 나타내었다.

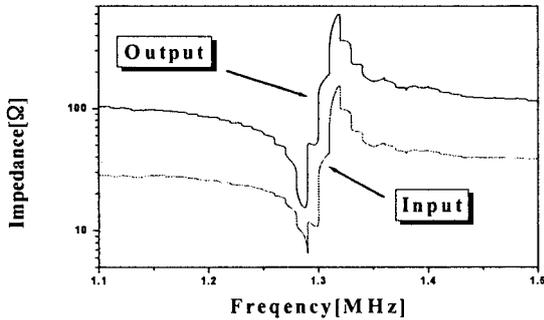


그림 2. 적층 압전변압기의 임피던스 특성

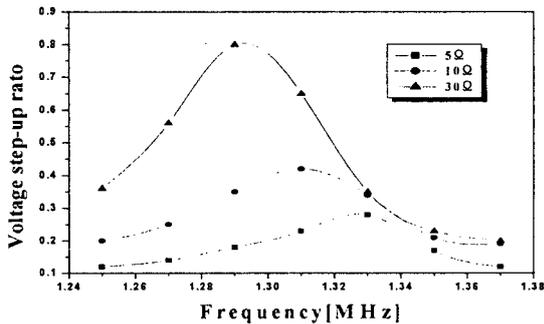


그림 3. 주파수와 부하 저항에 따른 승압비

그림 3은 적층 압전변압기의 출력 전력을 2W로 일정하게 유지한 상태에서 부하저항에 따른 승압비를 나타낸 것이다. 부하저항이 높을수록 승압비가 높은 것을 알 수 있다. 부하 저항이 30Ω 일 때 0.8의 최대 승압비를 나타내었다. 그림 4는 부하 저항에 따른 각 출력전력에서 15분간 구동 후 측정된 온도 상승의 결과를 나타낸 것이다. 부하 저항이 커지거나 출력 전력이 증가함에 따라 온도 상승 폭이 커지는 것을 알 수 있다. 이는 출력 전류가 증가함에 따라 진동 변위의 크기가 증가하고 기계적 손실이 커지기 때문이다. 부하 저항이 10Ω 일 때 6W 이상에서 급격한 온도 상승이 나타나고 부하저항이 30Ω 일 때 5W 이상에서 급격한 온도상승이 일어났다. 그림 5는 적층 압전변압기의 입력 전압과 부하 저항에 따른 출력 전력을 나타낸 것이다. 인가된 입력 전압이 높아질수록 출력이 증가하는 것을 볼 수 있다. 10Ω의 부하 저항과 공진 주파수 부근에서 가장 좋은 출력 값을 나타내었으나 부하저항이 30Ω 일 때 낮은 출력을 볼 수 있다 이는 부하 저항의 증가에 따라 발열이 커지면서 손실이 생긴 것으로 사료된다.

표 1은 적층 압전변압기의 압전특성과 구동특성을 나타낸 것으로 출력임피던스 Z_{out} 와 유효전기기계결합계수 K_{eff} 를 나타내었고 출력임피던스의 매칭저항 부근인 10Ω을 이용하여 6W에서 구동 후 그 특성을 나타낸 것이다. 6W의 출력전력에서 약 21℃의 온도상승을 나타내었다. 따라서 이

트랜스포머는 6W까지는 안정적으로 사용할 수 있으리라 생각된다.

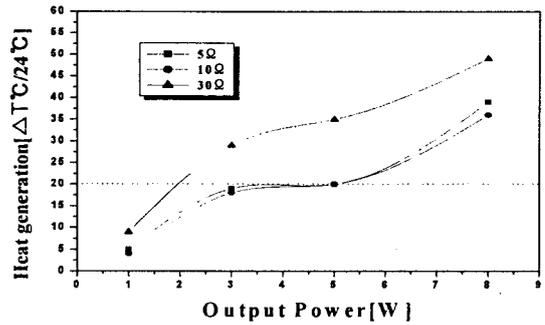


그림 4. 출력 전압과 부하 저항에 따른 발열

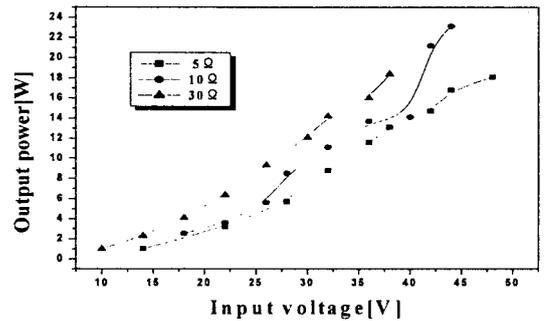


그림 5. 입력 전압과 부하 저항에 따른 출력 전력

표 1. 적층 압전변압기의 압전특성 및 구동특성

	F_1 [MHz]	F_2 [MHz]	R [Ω]	C [nF]	K_{eff}	Q_{in}	Z_{out} [Ω]
Input	1.275	1.315	9.66	1.57	0.252	1373	
Output	1.19	1.315	1.07	10.4	0.47	784	11.9
F_0 [MHz]	V_{in} [V]	V_{out} [V]	I_{in} [mA]	I_{out} [mA]	P_{in} [W]	P_{out} [W]	ΔT [℃]
1.303	24	10.1	493	709	7.7	6	21.4

4. 결론

본 연구에서는 두께진동모드 적층 압전변압기를 개발하기 위해 (PbCaSr)(TiMnSb)O₃ 세라믹스를 이용하여 적층 압전변압기를 제작하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 주파수와 부하 저항에 따른 승압비를 측정된 결과 주파수 1.29~1.31 [MHz]에서 5, 10, 30 [Ω]에서 각각 0.28, 0.42 그리고 0.8배의 최대 승압비를 나타내었다.
2. 출력전력 6W에서 약 21℃의 온도상승을 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 2005년 산자부 에너지관리공단 에너지기술혁신진흥사업(과제번호: 2005-03-0013-0-0000)의 연구비로 이루어 졌으며 이에 감사 드립니다.

참고문헌

- [1] J. H. Yoo, K. H. Yoon, Y. W. Lee, S. S. Suh, J. S. Kim and C. S. Yoo: Jpn. J. Appl. Phys., 39(2000), 2680.