'99 춘계학술대회 논문집/PB-42(pp. 630-633) 한국전기전자재료학회

으며, 또한 압전 트랜스포머의 제작을 위하여 1×20

Switching Converter의 응용을 위한 압전 트랜스포머의 제작 및 특성

The Properties and Manufacture of Piezoelectric Transformer for Application of Switching Converter

김 성진*, 이 수호**, 류 주현*
(*:세명대학교, **: 영월공과대학)
(S. J. Kim, S. H. Lee, J. H. Yoo)

Abstract

This paper presents a new sort of multilayer piezoelectric ceramice transformer for switching regulatied power supplies. And this paper presents the study and development of a DC-DC converter with a transformer made from piezoelectric materials. This piezoelectric transformer operate, in the second thickness extensional vibration mode. It's resonant frequency is higher than 1MHz. This piezoelectric transformer was used the $PbTiO_3$ family ceramics because it was a material large anisotropy between electromechanical coupling factors k_t and k_p. The input and output layer consists of two piezoelectric ceramic layer for eleivater of outpur power.

1. 서 론

최근들어, 전자통신기기의 소형, 경량, 박형화가 급속도로 진행되고 있다. 이러한 상황에 부흥하여 switching power Supply도 소형화가 요구되고 있다. 이에 따라 소형, 경량, 슬림형으로 제조가 가능한 압전 트랜스포머가 주목을 받고 있다. 그러나 압전 트랜스포머를 길이 방향 진동모드를 이용하는 경우 공진주파수가 최대 200~300KHz미만이며, 출력임피던스가 높아 사용하기가 어렵다. 또한 기존의 권선형 트랜스포머는 특히 고주파에서 사용할 때 고주파 손실, 동손 때문에 효율이 감소하게 되며 슬림형,소형화에 한계를 가지고 있다.

압전 세라믹스의 두께 방향 진동은 1MHz 이상에서 공진이 일어나기 때문에 압전 트랜스포머로 구동시 switching power supply의 소형, 경량으로 제작이 가능하며, 또한 압전 세라믹 트랜스포머는 기계적에너지를 전기적에너지로 변환시키는 소자이므로 에너지 변환 효율이 우수하여 이를 converter로서의 응용을 위한 많은 연구가 이루어지고 있다[1~3].

따라서 본 실험에서도 전기기계 결합계수의 이방성이 큰 $PbTiO_3$계 세라믹스를 사용하여 두께 방향 공진모드를 이용한 압전 트랜스포머의 제작을 하였으며, 또한 압전 트랜스포머의 제작을 위하여 1×20(mm)로 4개의 시편을 그림 1과 같이 2개의 입력층과 2개의 출력층을 가지는 4층의 구조로 제조하였다. 이는 본 저자들이 발표한 입·출력층이 1층인 소자[4]의 출력과 효율을 개선시키고자 두 개의 병렬접속을 가지는 새로운 디자인을 제시하였다.

2. 실험방법

압전 세라믹 트랜스포머를 두께 방향 진동모드로 이용하기 위해서는 전기기계결합계수의 이방성이 크야 한다. 즉, 경방향 진동의 발생시에는 압전 특성의 unstiffened효과를 나타내는 경방향 진동에 의해 안정된 에너지의 변환을 얻을 수 없다. 따라서 본 실험에는 전기기계 결합계수의 이방성이 크다고 알려진 $PbTiO_3$계 세라믹을 사용하였다. 본 실험에 사용된 분말은 $(Pb_{0.76}Ca_{0.24})[Ti_{0.96}(Mn_{1/3}Sb_{2/3})_{0.04}]O_3$계 압전 세라믹스를 산화물 혼합법으로 준비하였으며, 850[℃]에서 2시간 하소한 다음 1[t/cm^2]의 압력으로 성형한 후 1270[℃]에서 3시간 동안 소결하였다. 이렇게 제조된 시편을 연마하누후 초음파 세척기로 세척한 후 실크스크린법으로 전극을 부착하여 600[℃]에서 10분간 열처리 하였다. 그리고 모든 시편을 4[KV/mm]의 전계로 150[℃]의 실리콘 오일속에

서 분극처리하였다. 이렇게 처리된 시편을 1×20×20[mm]로 4개의 시편을 적층하여 전압이득 등을 측정하였다.

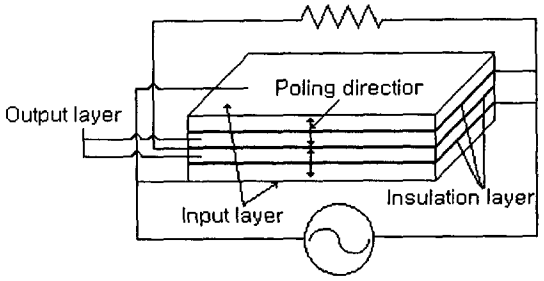


그림 1. 압전 세라믹 변압기의 구조
Fig. 1. Piezoelectric ceramic transformer construction

3. 실험결과 및 고찰

본 실험에 사용된 시편의 밀도는 6.8~6.9[g/cm^3]으로 비교적 균일하게 얻었으며, 유전상수도 230 정도로 순수 $PbTiO_3$ 세라믹스에 비하여 많이 증가되었다. $PbTiO_3$계 세라믹스는 정방성(c/a)이 매우 커서 소결시 균열이 발생하며, 분극이 어려운 단점을 가지고 있다. 따라서 최적의 분극조건을 얻기 위하여 분극전계의 변화에 따라 두께 진동 모드를 이용한 power supply converter의 제작을 위하여 중요한 상수인 전기기계 결합계수인 k_t를 그림 2에 나타내었으며, 분극전계의 증가에 따라 k_t는 증가함을 알 수 있다. 이는 90° 도메인의 배향이 분극전계의 증가에 의해 많이 이루어 진 것으로 생각된다. 또한 분극시간이 30분 보다는 1시간에서 비교적 낮은 전계에서 크게 나타났다. 그러나 전계가 3[KV/mm]이

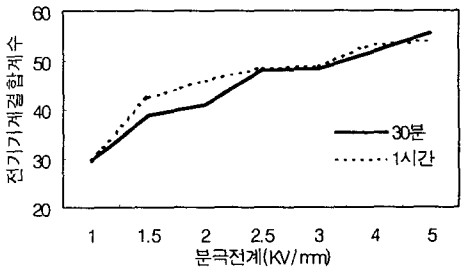


그림 2. 분극전계에 따른 전기기계 결합계수(k_t)
Fig. 2. Electromechanical coupling factors(k_t)

according to poling voltage.

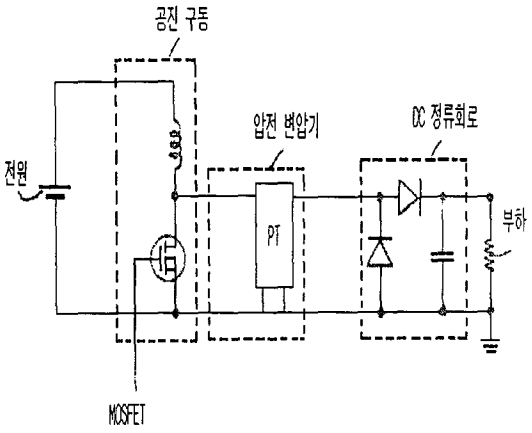
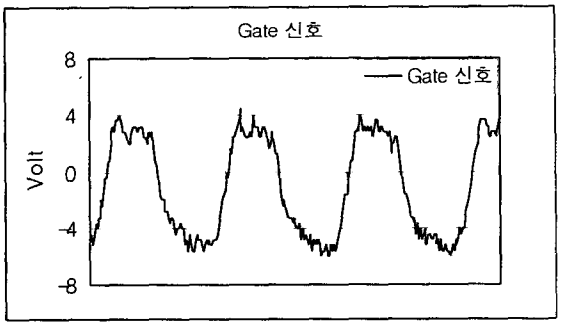
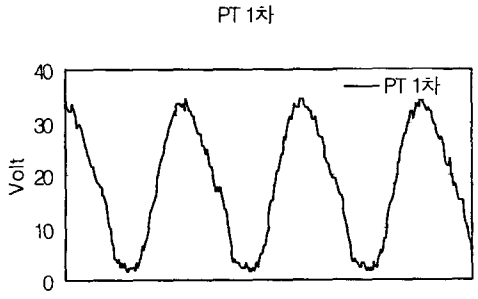


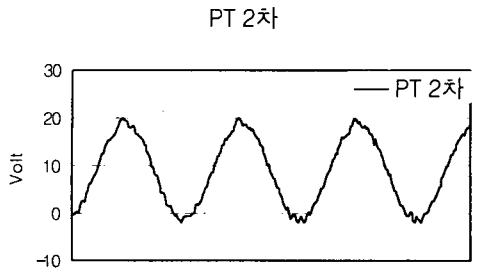
그림 3. 압전 세라믹 변압기의 구동회로
Fig. 3. Driving circuit of piezoelectric ceramic transformer



(a) MOSFET 신호



(b) PT 1차 입력 전압



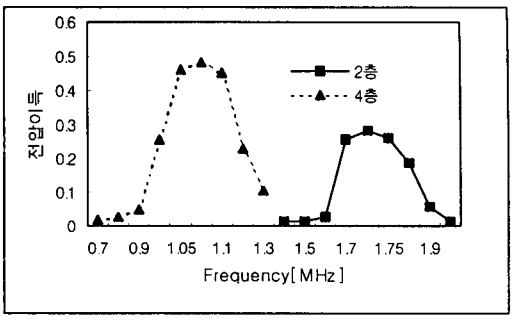
(c) PT 2차 출력 전압

그림 4. 압전 변압기의 입·출력 파형
Fig. 4. Input and output waveform of piezoelectric transformer

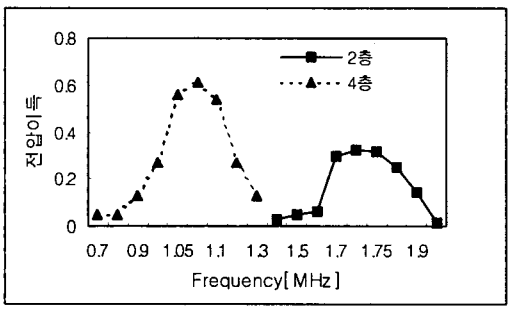
상의 분극전계에서는 분극시간에서의 차이가 없음을 알 수 있다. 이는 항전계가 0.85[KV/mm]이므로 이것의 적어도 3배인 2.55[KV/mm]이상에서는 분극이 포화되기 때문으로 사료된다.

그림 3는 switching power converter로서의 응용을 위한 구동회로도를 나타내고 있으며, 이 회로를 이용하여 전압이득을 구하였다. 또한 부하저항 150Ω일 경우 공진시에 입력되는 입력전압과 게이트 신호 및 출력전압을 그림 4에 나타내었으며, 전압이득이 약 0.68정도임을 알 수 있다.

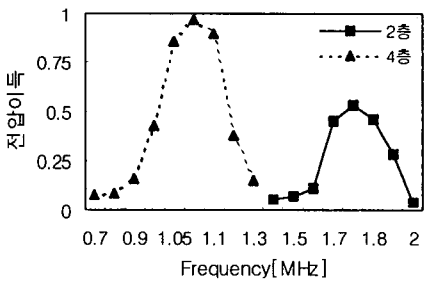
그림 5의 (a), (b), (c)에 부하저항이 30, 50, 100Ω일 경우 입·출력층이 각각 1층으로 2층 접합에 의해 얻어진 전압이득과 입·출력층이 각각 2층으로 4층 접합에 의해 얻어진 전압 이득을 비교하여 나타내었다. 여기에서 전압 이득은 입력전압(V_{in})과 출력전압(V_{out})에 의해 식 (1)과 같이 계산하였다. 또한 그림 5에서 알 수 있듯이 같은 부하에서 전압이득은 2층으로 접합한 경우보다 4층의 접합이 약 2배 전압이득 향상을 가져왔다. 이는 출력층의 증가에 따라 전극 면적의 증가에 따라 전하들의 증가에 의한 것으로 생각된다. 따라서 압전 변압기의 문제점으로 지적되고 있는 출력은 본 논문에서 제시된 새로운 디자인의 제시에 의해 많은 향상을 가져올 수 있을 것으로 기대되며, 응용 분야의 확대가 가능할 것으로 생각된다. 그러나 공진 주파수의 이동을 나타내고 있음을 알 수 있다. 이는 압전 트랜스포머의 제조시 두께의 크기가 2층과 4층이 차이가 다소 있었서 나타난 결과이다.



(a) 부하저항 30Ω



(b) 부하저항 50Ω



(c) 부하저항 100Ω

그림 5. 주파수 변화에 따른 전압이득 값
Fig. 5. Voltage gain according to frequency

$$\text{전압이득} = \frac{v_{out}}{v_{in}} \quad \text{----------} \quad (1)$$

그림 6은 부하저항의 변화에 따라 공진 주파수에서 얻어진 최대 전압 이득을 나타내었으며, 4층 접합의 경우에 2층 접합에 비해 많은 향상이 되었음을 알 수 있다. 표 1에는 2층 접합의 경우와 4층 접합시의 최대 전압이득과 공진 주파수를 부하저항에 따라 정리하여 두었으며, 부하의 증가에 따라 공진 주파수가 다소 증가함을 알 수 있다.

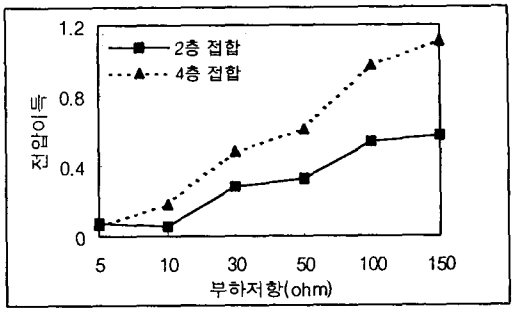


그림 6. 부하저항의 변화에 따른 최대 전압이득 값
Fig. 6. Maimum voltage gain according to loading resistance

표 1. 부하저항에 따른 공진주파수와 최대 전압이득
Table. 1. Reaonance frequency and maximum voltage gain according to load resistance.

저항 [Ω]	2층 접합		4층 접합	
	전압이득	공진주파수 [MHz]	전압이득	공진주파수 [MHz]
5	0.07	1.71	0.068	1.063
10	0.055	1.72	0.185	1.070
30	0.282	1.72	0.482	1.072
50	0.326	1.73	0.612	1.073
100	0.532	1.75	0.97	1.077

4. 결 론

switching power supply 응용을 위하여 제조한 압전 변압기의 새로운 디자인으로 제조한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 최적의 분극조건은 30분간 4[KV/mm]임을 알 수 있었다.
2) 압전 변압기의 구동을 위하여 제조한 구동회로에서 입 출력 전압은 정현파로 나타나 응용의 가능하였다.
3) 새로운 디자인으로 제시한 4층 접합의 전압이득의 경우 2층 접합에 비해 2배이상의 출력이 향상되었다.
4) 공진 주파수는 부하가 증가됨에 따라 다소 증가하였다.

본 실험에서는 새로운 디자인 제시를 통하여 출력의 향상을 하고자 하였다. 또한 구동회로의 설계를 통하여 실제 트랜스포머의 구동을 위한 기초 회로 설계를 목적으로 하였지만, 나아가 switching 회로뿐만 아니라 피드백 제어 회로의 설계를 통하여 제품에 응용을 가능고자 한다.

참고문헌

1) O. Ohnishi, H. Kishie, A. Iwamoto, Y. Sasaki, T. Zaitsu, and T. Inoue, "Piezoelectric ceramic transformer operating in thickness extensional vibratin mode for power supply", IEEE Ultrasonics Symposium Proc., pp. 483~488, 1992.

2) T. Zaitsu, T. Inoue, O. Ohnishi, A. Iwamoto, "2MHz power converter with piezoelectric ceramic transformer", IEEE INTELEC '92 Proc., pp.430~437, Oct. 1992.

3) S. Kawashima, O. Ohnishi, H. Hakamata, S. Tagami, A. Fukuoka, T. Inoue, and S. Hirose, "Third dorder longitudinal mode piezoelectric ceramic transformer and its application to high-voltage power inverter", IEEE International Ultrasonic Symposium Proc., Nov. 1994.

4) 김 성진, 이 수호, 류 주현, 임 인호, 홍 재일, "2차 두께 방향 진동모드로 동작되는 압전트랜스포머의 Voltage Gain 특성", 한국전기전자재료학회논문지, Vol. 11, No. 10, pp. 855~860, 1998.

5) 홍 재일, 유 주현, 윤 현상, 윤 광희, 장 낙원, 박 창엽, "MnO_2 첨가에 따른 $PbTiO_3$계 세라믹스의 구조적, 전기적 특성", 대한전기학회 논문지, Vol. 44, No. 11. pp. 1488~1493, 1995.