

## 두께 진동모드 적층형 압전 변압기의 유한요소 시뮬레이션

유경진, 이상호, 류주현, 홍재일\*, 손은영\*\*  
 세명대학교, 동서울대학\*, 인천폴리텍대학\*\*

### Finite Element Simulation of Thickness Vibration Mode Multilayer Piezoelectric Transformer

Kyungjin Yoo, Sangho Lee, Juhyun Yoo, Jaeil Hong\*, Eunyoung Son\*\*  
 Semyung Univ., Dongseoul Coll., Incheon Polytechnic Coll.\*\*

**Abstract** - In this study, vibration mode multilayer piezoelectric transformer was designed and thickness simulated using ANSYS of finite element method simulator for investigating its optimum conditions ist. As a results, resonant frequency was decreased with the increase of output layer thickness, Output voltage, maximum displacement and maximum stress at 0.34mm thickness transformer were 228.1 V, 0.42 $\mu$ m, 8.78[N/m<sup>2</sup>] respectively.

표 1에는 시뮬레이션에 사용된 재료 PCCT 세라믹스의 재료정수값을 나타내었다.

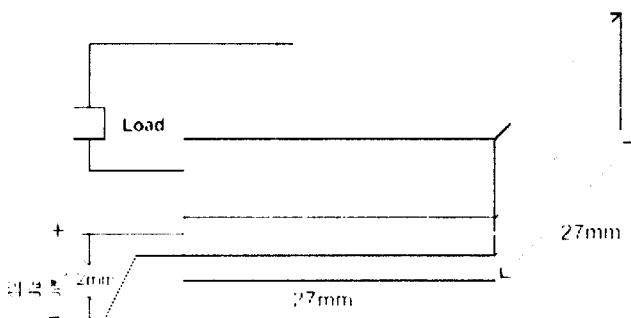
#### 1. 서 론

최근, 전자통신기기의 소형, 경량, 박형화가 급속도로 진행됨에 따라 이러한 상황에 부응하는 인버터도 소형화가 요구되고 있으며, 이에 따라 소형, 경량, 슬림형으로 제조가 가능한 압전 변압기가 주목 받고 있다. 압전 변압기에 대한 응용은 LCD 디스플레이, DC-DC 컨버터, AC-DC 컨버터, 형광등 ballast 및 오존발생기 등의 기타 고전압전원장치 등에 적용하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 최근 고휘도 LED가 기존의 형광등 조명에 대한 대체 조명으로서 그 응용이 확산됨에 따라, LED를 구동하기 위한 DC-DC 컨버터시장이 굉장한 속도로 확산되고 있다. 그러나 그동안 실용화되었던 LCD Backlight 구동용 승압용 압전 변압기는 길이방향 진동 모드로 동작되기 때문에 공진 주파수가 최대 200-300kHz 미만이고 출력 임피던스가 높아 사용하기 어렵다. 또한 권선형 변압기는 특히 고주파에서 사용할 때 고주파 손실, 동손 때문에 효율이 감소하게 되며 슬림형, 소형화에 한계를 가지고 있다. 두께진동을 이용한 압전 변압기는 공진 주파수를 1MHz 이상으로 할 수 있기 때문에 변압기를 소형화 할 수 있고 고전력밀도를 갖게 할 수 있는 장점을 가지고 있다. 압전 세라믹스 중에서 전기기계 결합계수의 이방성(kt/kp)이 큰 조성 물질은 두께 방향 진동 모드로 동작하는 변압기에 적용하기 적합하다. PbTiO<sub>3</sub> 계 세라믹스는 비유전율이 작고 (200정도) 기계적 강도가 크며 두께방향 진동의 전기기계 결합계수 kt가 윤곽진동의 전기기계 결합계수 kp보다 크므로 두께 방향 진동 모드를 이용한 벌크파 진동자의 경우 윤곽진동방향으로 불효신호(spurious signal)가 적고 grain size가 1 $\mu$ m정도로 작아서 미세 가공이 가능하여 고주파 재료로 이용되고 있다.

따라서 본 연구에서는 두께 진동모드 적층형 압전 변압기를 개발하기 위해 유한요소 시뮬레이션 프로그램인 ANSYS를 사용하여 적층형 압전 변압기의 두께를 변수로 두어 두께 진동모드 적층형 압전 변압기를 설계하고자 한다.

#### 2. 실 험

그림 1은 두께 진동모드 적층형 압전 변압기의 모델을 나타내었다. 1층으로 된 입력층 위에 전기적인 절연을 위해 절연층을 쌓고 그 위에 5층으로 된 출력층을 쌓았으며, 입력전압을 220 V로 하고 층의 두께를 0.14, 0.24, 0.34, 0.44 mm로 변화를 주어서 시뮬레이션하였다.



<그림 1> 두께진동모드 적층형 압전 변압기 모델

<표 1> 시뮬레이션에 적용된 재료 정수.

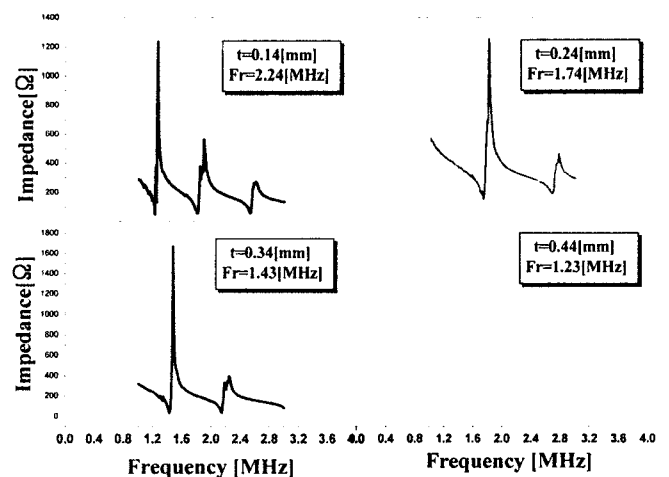
재 료	항 목	정 수
PCCT	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	7370
	$K_{33}^T$	181
	$K_{11}^T$	202
	$c_{11}^E$ (10 <sup>10</sup> N/m)	13.8
	$c_{12}^E$ (10 <sup>10</sup> N/m)	3.25
	$c_{13}^E$ (10 <sup>10</sup> N/m)	2.79
	$c_{33}^E$ (10 <sup>10</sup> N/m)	12.8
	$c_{44}^E$ (10 <sup>10</sup> N/m)	5.35
	$c_{66}^E$ (10 <sup>10</sup> N/m)	5.30
	$e_{31}$ (C/m)	-0.815
	$e_{33}$ (C/m)	6.88
	$e_{15}$ (C/m)	2.96

#### 3. 결과 및 고찰

그림 2는 출력층 두께에 따라 시뮬레이션한 결과인 임피던스 특성 곡선을 나타내고 있다. 공진주파수는 출력층의 두께가 두꺼워짐에 따라 2.24 MHz에서 점차 감소하였는데 이는 두께진동모드에서 공진주파수가 두께에 반비례한다는 일반적인 현상을 보여준 것이다.

표 2는 출력층 두께에 따른 공진주파수와 출력전압, 최대변위, 최대응력을 정리한 것이다. 출력전압은 출력층 두께가 0.14 mm에서 0.24mm가 될 때까지는 변화가 거의 없었으나 0.34mm에서 228.1 V로 상승한 후 0.44mm에서 177.7 V로 다소 감소하였다. 최대변위는 두께가 0.34mm와 0.44mm에서 0.42 $\mu$ m로 가장 컸으며 최대응력은 0.34 mm에서 8.78[N/m<sup>2</sup>]로 최대값을 나타내었다.

그림 3은 두께진동모드 적층형 압전 변압기를 시뮬레이션한 결과 두께가 0.44mm일 때 변위분포를 색지수로 나타낸 것이고 그림 4는 두께진동모드 적층형 압전 변압기를 시뮬레이션한 결과 두께가 0.44mm일 때 응력분포를 색지수로 나타낸 것이다.



<그림 2> 두께진동모드 적층형 압전 변압기의 임피던스 특성 곡선

〈표 2〉 두께진동모드 적응형 압전 변압기 시뮬레이션 결과

출력층 두께 [mm]	공진주파수 [MHz]	출력전압 [V]	최대변위 [m]	최대응력 [N/m <sup>2</sup> ]
t=0.14	2.24	22.9	0.07*10 <sup>-6</sup>	3.75*10 <sup>7</sup>
t=0.24	1.74	21.7	0.13*10 <sup>-6</sup>	3.76*10 <sup>7</sup>
t=0.34	1.43	228.1	0.42*10 <sup>-6</sup>	8.78*10 <sup>7</sup>
t=0.44	1.23	177.7	0.42*10 <sup>-6</sup>	6.73*10 <sup>7</sup>

4. 결 론

본 연구에서는 주계 진동 모드 적응형 압전 변압기를 개발 하기 위해서 유한 요소 시뮬레이션 프로그램인 ANSYS를 사용하여 적층 두께를 변수로 두어 두께 진동모드 적응형 압전 변압기를 시뮬레이션 하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 출력층 두께가 증가함에 따라 공진주파수는 감소하였다.
2. 출력층 두께가 0.34 mm일 때 출력 전압이 228.1 V, 최대변위가 0.42μm, 최대응력이 8.78[N/m<sup>2</sup>]로 가장 큰 값을 나타내었다.

[ 감사의 글 ]

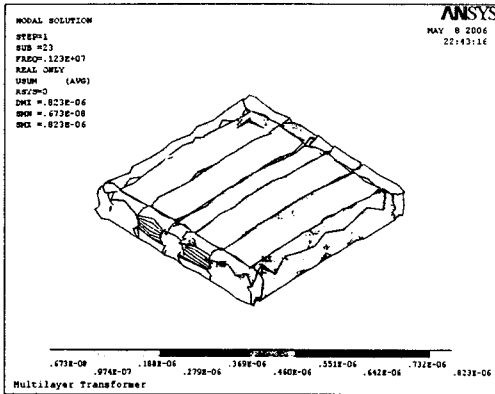
본 연구는 2005년 산자부 에너지 관리공단 에너지기술 학술진흥사업 (과제번호: 2005-03-0013-0-000)의 연구비로 이루어 졌으며, 이에 감사드립니다.

[참 고 문 헌]

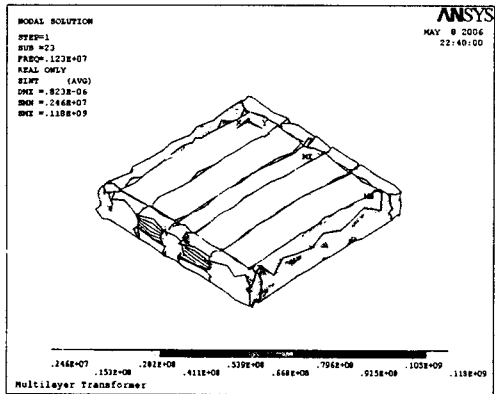
[1] 정광현, 류주현, 유경진, 조봉희, 윤현상, 백동수 “저온소결 Pb<sub>0.76</sub>Ca<sub>0.24</sub>[(Mn<sub>1/3</sub>Sb<sub>2/3</sub>)<sub>0.04</sub>Ti<sub>0.96</sub>]O<sub>3</sub> 세라믹스의 분극 전계에 따른 압전 특성”, 전기전자 재료학회논문지.19권 3호 P.228,2006

[2] 민석규, 오동언, 윤광희, 류주현, 박창엽, 김 종선, “Pb(La,Ce)TiO<sub>3</sub>계 세라믹스의 길이와 두께비(l/t)에 따른 공진특성”, 전기전자재료 학회 논문지, 14권, 9호, p.720, 2001.

[3] S.Y. Chu, T.Y. Chen, Doping effects of strontium on the piezoelectric and dielectric properties of Ca additive Sm-modified PbTiO<sub>3</sub> ceramics, Sen. Acta. A116 (2004) 10-14.



〈그림3〉 두께진동모드 적응형 압전 변압기의 출력 변위



〈그림4〉 두께진동모드 적응형 압전 변압기의 출력 응력