

## Ring-Dot형 압전트랜스포머의 특성에 관한 연구 A Study on the Characteristics of Ring-Dot type Piezoelectric Transformer

정영호\*,이용우#, 윤광희#, 류주현#, 박창엽\*\*, 하복남\*홍재일\*\*\*  
전력연구원\*세명대학교#, , 연세대학교\*\*, 동서울대학\*\*\*

(Y-H. Jeong,Y-W. Lee, K-H. Yoon, J-H. Yoo. C-Y. Park, B-N.Ha,J-I.Hong)

### Abstract

In this paper, we designed and simulated a ring-dot type piezoelectric transformer. As the result, piezoelectric transformer of 25×25×3.5mm size (Dot electrode diameter of 11mm) show the maximum displacement, stress and output power. When the Input voltage of piezoelectric transformer was 155V, Output voltage show 30V and output power 9W at the load resistance of 100Ω.

key word : Piezoelectric Transformer(압전트랜스포머), Displacement(변위), Stress(응력) ring dot type(링 돏트형)

### 1. 서론

압전트랜스포머가 권선형 트랜스포머에 비해, 소형화, 슬립화, 불연성 및 고효율등의 장점을 가지고 있기 때문에 최근들어 일본에서 LCD backlight용 인버터로 실용화 되었다.<sup>1)</sup> LCD backlight용은 기존의 로젠형이 많이 이용되며, 이 형태는 고전압 저전류에 적합하고<sup>2)</sup>, 입력 구동부층을 적층하여 승압비및 전력을 높이는 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한 승압비는 낮으나 비교적 전류를 높게할 수 있는 새로운 모드의 압전 트랜스포머로서 Ring-Dot형 구조가 있다. 이는 일종의 필터 구조로서 원판과 각판의 윤곽진동을 이용한 AM Radio용 455KHz IF필터와 FM Radio용 10.7MHz 필터등 여러 가지 용도 및 구조의 세라믹 필터형태로 개발된바 있다.<sup>3)</sup>

본 연구에서는 이 Ring-Dot 필터형 압전트랜스포머를 설계 제작하고 그에 관한 부하저항에 따른 공진주파수 변화및 전력을 측정하였으며, ANSYS FEM해석을 통하여 응력, 변위 및 전압 분포를 simulation 하였다.

### 2. 실험

#### 2.1 시편의 제작

본 연구에서 압전트랜스포머 원료 물질은 PZT-8 Grade(EC-69 )를 사용하였으며, 성형은 1ton/cm<sup>2</sup>, sintering은 1260℃에서 2h동안 하였다. 표1은 압전트랜스포머 제작에 인가전압에 따른 변위, 응력, 전압분포를 simulation하기 위해 design한 size를 나타낸 것이다.

표1. 압전트랜스포머의 사양

Table1. Specification of piezoelectric transformer

No.	가로 [mm]	세로 [mm]	두께 [mm]	Ring 직경 [mm $\phi$ ]
S1	25	25	3	9
S2	25	25	3	11
S3	25	25	3	13
S4	25	25	3.5	9
S5	25	25	3.5	11
S6	25	25	3.5	13

2.2 simulation 및 특성측정

충분한 전력을 내기 위한 압전트랜스포머의 설계조건을 설정하기 위하여 그림1의 트랜스포머 구조에서 가로 세로 크기를 25×25로 한 상태에서 가운데 전극의 직경을 9, 11, 13 mm로 변화시키고, 두께를 3mm, 3.5mm 로 변화시킨 경우의 압전트랜스포머의 입력전압을 100Vrms의 공진주파수로 구동하였을때 변위, 응력, 전압분포를 Simulation하였다.

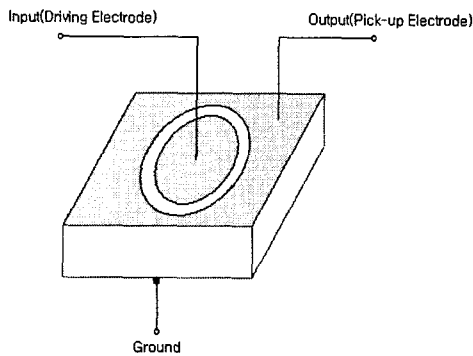


그림1. Ring-Dot형 압전트랜스포머의 구조  
Fig1. Structure of Ring-Dot type piezoelectric transformer

Simulation은 ANSYS program을 이용하였으며, 여기서 Simulation을 위해 사용된 물질상수는 PZT-8의 물질상수를 이용하였다. 또한, 압전 트랜스포머의 공진주파수 및 반공진주파수는 Impedance Analyzer(HP4194A)로 측정

하였으며,부하저항에 따른 전력측정은 Power Amp 및 오실로스코프(Recroy)로 하였다.

3. 결과 및 고찰

표2. 각 시편에 대한 입력 100Vrms 일때의 최대 변위, 응력, 전압 simulation

Table2. Simulation of displacement, stress and voltage at 100Vrms

No	displacement	stress [N/m <sup>2</sup> ]	voltage[V]
S1	$2.5 \times 10^{-6}$	$2.9 \times 10^7$	300
S2	$1.8 \times 10^{-6}$	$22 \times 10^7$	2,000
S3	$8.5 \times 10^{-6}$	$10.5 \times 10^7$	820
S4	$2.9 \times 10^{-6}$	$3.5 \times 10^7$	390
S5	$35 \times 10^{-6}$	$42 \times 10^7$	4,300
S6	$5 \times 10^{-6}$	$6 \times 10^7$	520

Dot전극 직경을 증가함에 따라 입력부의 정전용량이 증가하여 임피던스가 감소하기 때문에 전력을 증가시킬 수 있으나, 이 직경이 증가하면 출력측의 정전용량이 감소하게되어 고출력의 전력을 얻어내기가 곤란하다. 따라서, simulation을 통하여 윤곽진동을 최대로 하는 전극 구조 설계가 필요하다. 본 연구에서는 simulation결과 표2에서 알 수 있듯이 압전트랜스포머의 두께를 3mm나 3.5mm로 했을 때 Dot 전극 직경 11mm에서 둘다 변위, 응력, 전압이 최대로 나타났다.

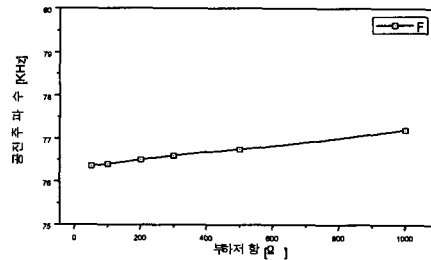
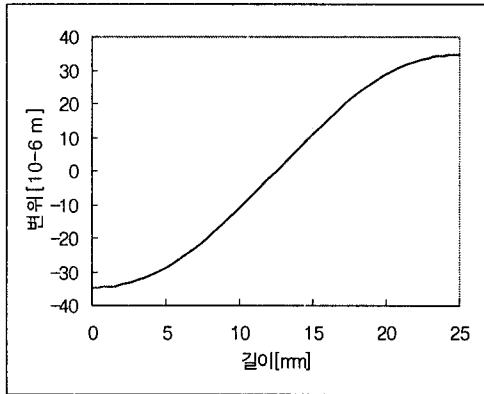
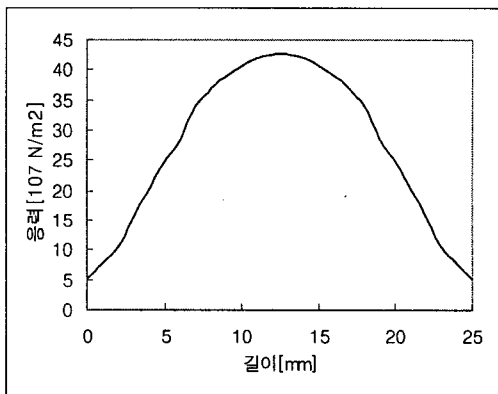


그림2. 부하저항에 따른 공진주파수  
Fig2. Resonant frequency as a function of load resistance

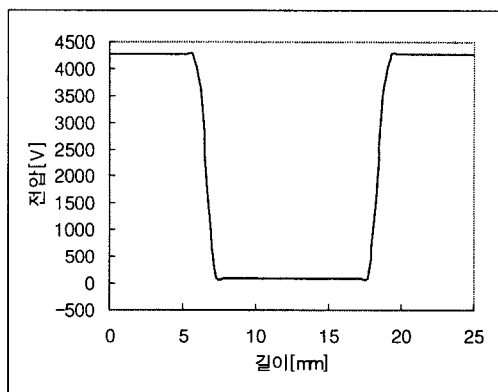
그림2는 압전 트랜스포머의 부하저항에 따른 공진주파수 변화 관계를 나타내었다.



(a) 변위분포



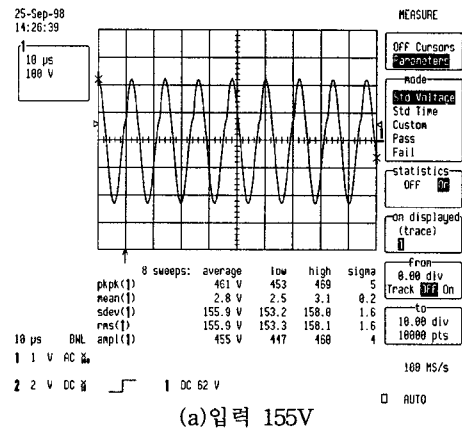
(b) 응력분포



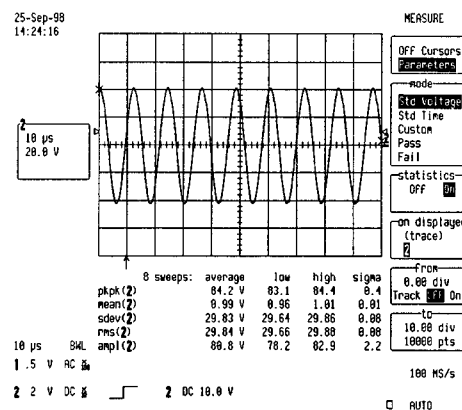
(c) 전압분포

그림3. S5 sample의 변위, 응력, 전압분포  
Fig3. Displacement, Stress, Voltage distribution of S5 sample

그림3은 최대의 변위, 응력, 전압 분포를 나타낸 Dot전극직경(11mm $\phi$ )인 S5샘플의 구동은 100 $\Omega$ 의 일정 부하에서 하였으며, 이때 인가전압 변화에 따른 출력특성은 그림 4와 같다. 입력전압이 155V일 때, 출력전압이 약 30 V로 9 Watt를 나타냈다. 입력전압을 더욱 증가 시키면 10Watt 이상 가능하나 장시간 구동시에 열화 문제로 인해 소자 1개당 최대 10w 출력전력을 내도록 설계하는 것이 이상적이다. 다음 연구에서 입력전압 증가에 따른 소자의 온도를 측정하여 발열의 정도를 평가하고자 한다.



(a)입력 155V



(b) 출력 30V

그림4. S5압전트랜스포머의 인가전압에 따른 출력특성.  
Fig4. Outout voltage characteristic as the input voltage of S5 piezoelectric transformer.

#### 4. 결론

- 1) Ring-Dot 압전트랜스포머는 부하가 증가함에 따라 공진주파수도 증가하는 경향을 보였다.
- 2) ANSYS program을 이용하여 simulation한 결과 전압과 변위의 분포는 모서리 부분에서 가장 크게 일어났으며, 응력은 가운데 부분에서 크게 일어났다.
- 3) Size  $25 \times 25 \times 3.5\text{mm}$  ( Dot size  $11\text{mm}$  ) 의 압전트랜스포머에서 변위  $35 \times 10^{-6}[m]$ , 응력  $42 \times 10^7[N/m^2]$ , 전압  $4,300\text{V}$ 로 최대의 값을 나타내었다.
- 4) Size  $25 \times 25 \times 3.5\text{mm}$ (Dot size  $11\text{mm}$ )의 압전트랜스포머에서 부하저항  $100\Omega$ 에서 입력전압  $155\text{V}$ 에 출력전압  $30\text{V}$ , 출력전력  $9\text{Watt}$ 를 나타내었다.

#### - 참고문헌 -

- 1) O.ohnishi et al, "piezoelectric Transformer operating in Thickness Extensional Vibration and it's Application to switching converter" IEEE PESC Record pp.585-595, 1994.
- 2) Shyama, Masahito et al., "Steady-state characteristics of the push-pull piezoelectric inverter" IEEE. PESC Record pp. 715-721, 1997.
- 3) Park Chang Yub. "Piezoelectric ceramics". Kim Young comp. 1987.