

# PZN-PZ-PT 세라믹스 압전팬의 특성에 관한 연구

논문  
8-1-1

## A Study on Characteristics of Piezoelectric Fan in PZN-PZ-PT Ceramics

최형욱\*, 백동수\*, 윤현상\*, 이두희\*, 김규수\*\*, 박창엽\*

(Hyung-Wook Choi, Dong-Soo Paik, Hyun-Sang Yoon, Doo-Hee Lee, Kyu-Soo Kim, Chang-Yub Park)

### Abstract

In this study, a piezoelectric fan was fabricated using piezoelectric element of 0.13PZN-0.41PZ-0.46PT prepared by extruding method. The sizes of the piezoelectric element and the piezoelectric fan were adjust to utilize commercial ac source(100V, 60Hz). The size of the piezoelectric element was  $0.26 \times 19.5 \times 45\text{mm}$  and the resonant frequency and the electromechanical coupling coefficient were 31.26KHz, 31.58% respectively. The size of the piezoelectric fan was  $0.62 \times 19.5 \times 78.5\text{mm}$  and the maximum displacement was 40mm.

**Key Words(중요용어)** : Piezoelectric fan(압전팬), Extruding method(압출 성형법), Displacement(변위).

### 1. 서 론

압전 세라믹스의 응용 분야중 가장 유망한 분야인 압전 액추에이터는 전기적 에너지에 따라 기계적 변위를 일으키는 특성을 이용한 제품을 총칭한다<sup>1)</sup>. 압전 액추에이터의 구동 방식에는 유니몰프(unimorph), 바이몰프(bimorph), 적층형이 있는데 이중 압전 바이몰프는 압전 세라믹스 접합 방법에 따라 2종류로 분류 할 수 있다. 병렬형의 압전 바이몰프는 3단자이며 동일한 에너지에 대한 정전용량이 2단자인 직렬형에 비하여 4배가 크므로  $E = \frac{1}{2}CV^2$ 의 식에 따라 전압은  $\frac{1}{2}V$ 가 되고 변위는 전압에 비례하므로 동일 전압에 따른 변위는 2배이다. 그림 1에 각 압전 바이몰프의 동작을 나타내었는데 직렬형의 바이몰프는 (1)의 상태에서 상축소자가 늘어나고 하축소자가 수축한다. 따라서 바이몰프는 아래쪽으로 휘어진다. (2)의 상태는 (1)의 상태와 정반대이다.

이러한 특성을 이용한 압전팬은 압전 바이몰프의 굴곡 진동을 이용한 요동식 팬으로서 진자와 노이즈가 없고, 브러쉬가 없어 모터 구동팬에 비하여 구조가 간단하고 수명이 길다. 또한 압전체이기

때문에 소비전력이 적은 장점을 가지고 있으나 변위량이 크지 않아 큰 풍량을 기대할 수 없다. 따라서 압전팬은 이와 같은 장점들을 필요로 하고 비교적 작은 풍량으로 저소음이 필요한 곳에 사용되며, 응용 분야로는 전자파 노이즈가 문제시 되는 컴퓨터 부품의 냉각 및 온도, 연기등을 감지하는 분위기 센서에 외부의 공기를 흡입하여 감지를 돕는 공기 도입용, 차량 공기 정화기, 방향기등에 적용되고 있다<sup>2,3)</sup>.

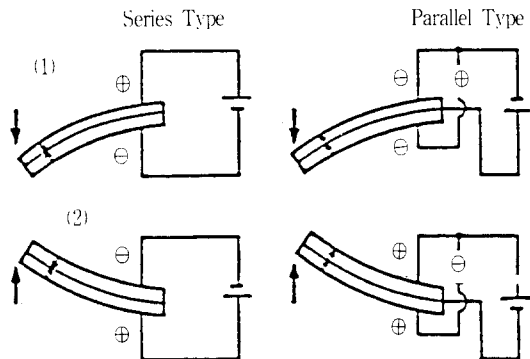


그림 1. 압전 바이몰프의 동작

Fig. 1. Piezoelectric bimorph operation.

본 연구에서는 액추에이터의 응용 연구로서 PZN-PT-PZ세라믹스<sup>4)</sup>를 이용하여 상용 전원에서 사용이 가능하며 큰 풍량을 얻을 수 있는 변위확

\* : 연세대학교 전기공학과

\*\* : 울산전문대학 전자과

접수일자 : 1994년 1월 13일

심사완료 : 1994년 5월 26일

대 기구를 이용한 바이폴라 구조의 압전팬을 설계 제작하여 그 특성을 측정하고 응용 가능성을 고찰하고자 한다.

## 2. 실험 방법

### 2.1. 시편 제조

일반적인 산화물 혼합법으로 소자를 제조하였으며 혼합은 Plastic 용기와  $Y_2O_3$  안정화  $ZrO_2$  ball을 사용하였으며 이온 교환수를 배개체로 하였다. 혼합후 전조 과정에서 출발원료의 분리를 최대한 방지하기 위하여 적외선 건조기를 사용하여 빠른 시간내에 건조하고 재분쇄하여 MgO 도가니에서 합성반응 시켰다. 790°C에서 2시간 하소한 후 동일한 방법으로 분쇄하였다. 압출 성형하기 위하여 Methylcellulose, 글리세린, 물을 적당량 넣고 혼합하였고, 그 후 3분 Roller에 8회 통과시킨 후 5~10°C 냉장고에 72시간 이상 숙성시켰다. 압출기를 통하여 두께 0.32mm의 Sheet를 만들어 55×24mm로 절단 후 1200°C에서 2시간 소성하였다. 이 때 바인더를 제거하기 위하여 450°C에서 1시간 유지시켰으며, silver paste를 600°C 10분간 유지시킨후 소자를 꺼내 상온 냉각시켰다.

### 2.2. 압전팬의 제조 및 특성

그림 2는 본 연구에서 제작된 압전팬의 기본구조를 나타내고 있다. 압전 바이폴라에 교류전압을 인가하면 바이폴라가 각각 진동함에 따라 진동판도 각각 진동을 하도록 Fe 42Ni 금속 진동판(두께 0.1mm)의 양면에 2장의 압전 소자(0.26×19.5×45mm)를 접착하여 고정시킨 평원형(3단자)구조이

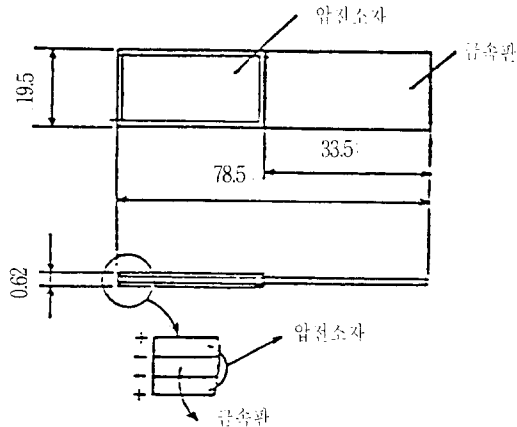


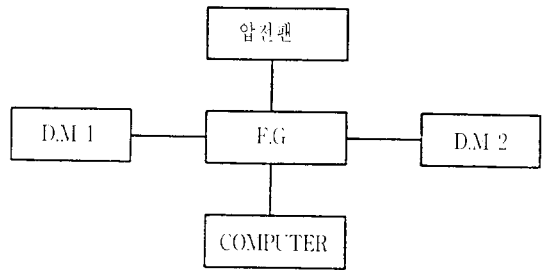
그림 2. 압전팬의 형태

Fig. 2. Structure of piezoelectric fan.

다. 이때 진동판만이 크게 진동하고 압전 바이폴라의 진동은 작게 진동하도록 설계하였다. 즉 압전 바이폴라는 구동원으로 진동판을 변위 확대기구로 사용하였다.

또한 이것만으로는 충분한 진폭을 얻을 수 없기 때문에 진동판의 길이와 인가 교류전압의 주파수를 변화시킴으로써 진동판의 기계적 공진주파수와 인가 교류전압의 주파수와와의 상호관계를 고찰하여 상용 AC진원에서 가장 큰 진폭의 변위 즉 기계적 공전을 얻을 수 있는 압전팬의 구조를 고찰하였다.

압전팬의 길이에 따른 공진주파수는 그림 3과 같은 블럭선도를 구성하여 측정하였다.



FG : FUNCTION GENERATOR

DM1: DIGITAL MULTIMETER(전류측정)

DM2: DIGITAL MULTIMETER(전압측정)

그림 3. 압전팬의 공진주파수 측정 블럭선도

Fig. 3. Block diagram for resonant frequency measurement of piezoelectric fan.

소성된 시편의 길이에 따른 정진 용량, 공진 및 반공진 주파수 그리고  $k_{31}$ 의 변화는 그림 4, 5, 6에 나타내었고 표 1은 크기가 0.26×19.5×45mm인 압전 소자의 제반특성을 나타내고 있다. 그림 4에서 정진 용량은 시편의 길이가 증가함에 따라 증가하였으며 또한 같은 크기의 시편에서는 분극 된 모나 분극 후 증가하였는데 이는 분극진동에 의해 시편내부의 자유에너지가 증가하였기 때문으로 사료된다. 시편의 공진 및 반공진 주파수는 그림 5에 나타낸 것과 같이 시편 길이의 증가에 따라 감소하였고 그림 6의  $k_{31}$ 는 시편의 길이가 증가함에 따라 증가하였으며 크기가 0.26×19.5×45mm일 때 31.58%로 가장 큰값을 나타내었다. 이에 따라 크기가 0.26×19.5×45mm인 시편이 압전팬 진동사용 압전소자로서 양호한 특성을 나타내었다.

본 실험에서는 충분한 진폭을 만들어 내지 못하는 압전 바이폴라는 구동원으로, 진동판을 변위 확대기구로 사용하였고 진동판의 크기를 변화시키

표 1. 압전소자의 특성

Table 1. Characteristics of piezoelectric element.

분극전		분극후		Fr (KHz)	Zr ( $\Omega$ )	Fa (KHz)	Za ( $\Omega$ )	K <sub>31</sub>	Q <sub>m</sub>
C(nF)	Df(%)	C(nF)	Df(%)						
36.59	1.74	57.77	1.42	31.26	18.55	32.60	526.3	31.58	59.17

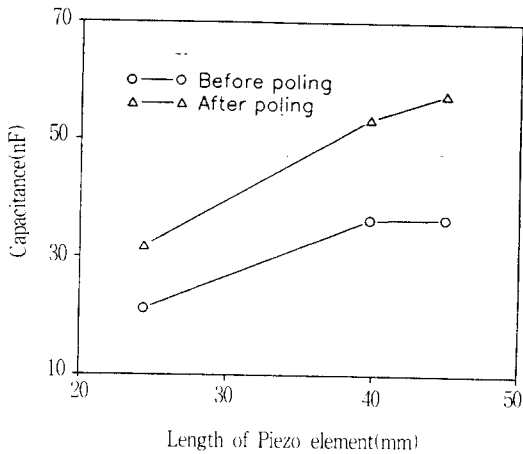


그림 4. 압전소자의 길이에 따른 용량

Fig. 4. Capacitance according to length of piezoelectric element.

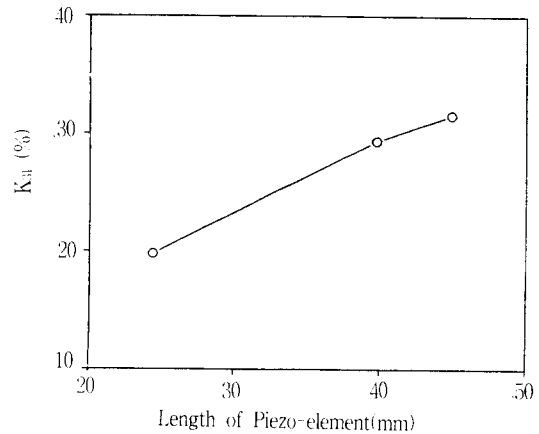


그림 6. 압전소자의 길이에 따른 전기기계 결합계수

Fig. 6. Electromechanical coupling coefficient according to length of piezoelectric element.

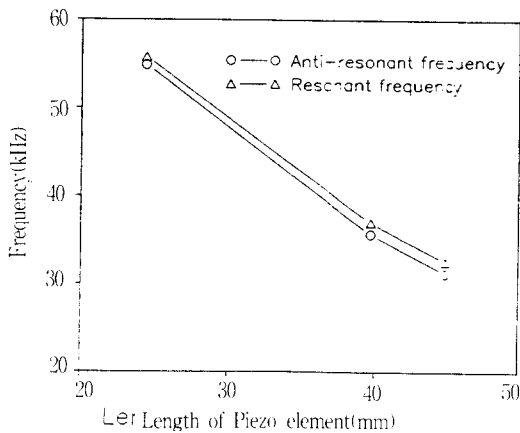


그림 5. 압전소자의 길이에 따른 공진 및 반공진 주파수

Fig. 5. Resonant and anti-resonant frequency according to length of piezoelectric element.

큰 진폭의 바람을 얻을 수 있는 진동판의 기계적 공진주파수와 인가 교류전압의 주파수의 관계를 고찰하였다. 그림 7은 진동판의 길이에 따른 공진주파수의 변화이다. 진동판 길이가 작아질수록 공진주파수는 증가하였으며, 압전센의 크기가  $0.62 \times 19.5 \times 78.5\text{mm}$ 인 때 압전센의 공진주파수는 57.51Hz로 상용 AC전원의 주파수인  $60 \pm 3\text{Hz}$ 안에 존재하였다. 그림 8은 주파수에 따른 압전센의 변위를 측정 한 결과이다. 주파수의 증가에 따라 변위가 증가함을 알 수 있으며 주파수가 57.51Hz일 때 최대 변위 40mm가 발생하였고 그 이상 주파수가 증가함에 따라 변위는 감소하였다. 이는 57.51Hz에서 인가 교류전원의 주파수가 변위 확대기구로 사용된 압전센 진동판의 기계적 공진주파수에 일치됨에 따라 큰 진폭의 변위 증진동이 발생하였다고 생각된다. 따라서 압전센의 최대 변위를 이용하기 위해서는 사용전원의 주파수에 압전센 진동판의 기계

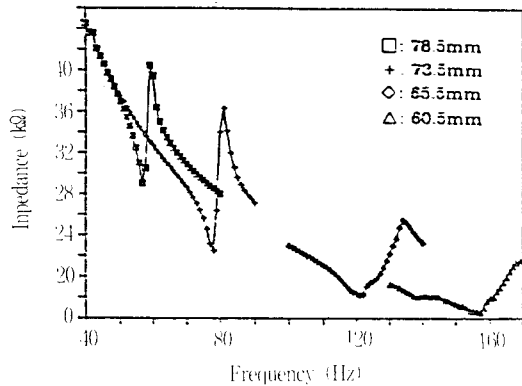


그림 7. 압전팬의 길이에 따른 공진주파수  
 Fig. 7. Resonant frequency according to length of piezoelectric fan.

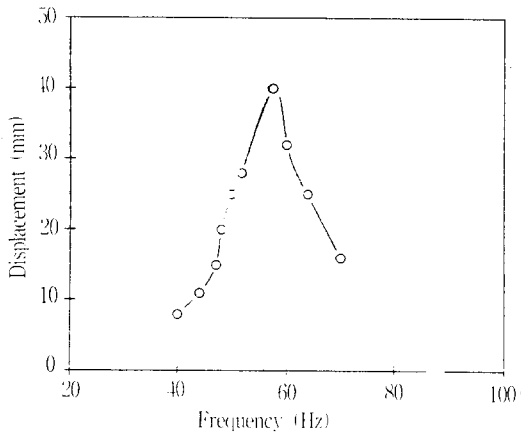


그림 8. 주파수에 따른 압전팬의 변위  
 Fig. 8. Displacement of piezoelectric fan.

작 공진주파수를 일치시킬 수 있는 구조로 압전팬의 크기를 결정해야 함을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 0.13PZn-0.41PZ-0.46PT 세라믹스를 압출 성형 방법으로 제작한 후 액츄에이터용 압전팬을 제작하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 압전 소자의 크기는  $0.26 \times 19.5 \times 45\text{mm}$ 가 적당 하였고 이때의 공진주파수( $f_0$ )는 31.26KHz, 전기 기계 결합계수( $k_{33}$ )는 31.58%이었다.
- (2) 압전팬의 공진주파수는 진동판 길이가 클 수록 감소하였으며 압전팬의 크기가  $0.62 \times 19.5 \times 78.5\text{mm}$ 일 때 압전팬의 공진주파수는 57.5Hz이었다.
- (3)  $0.62 \times 19.5 \times 78.5\text{mm}$ 크기의 압전팬에서 인가 교류전원의 주파수와 압전팬의 기계적 공진주파수가 일치되는 57.5Hz에서 최대 변위 40mm가 발생하였다.

이상의 결과로 0.13PZn-0.41PZ-0.46PT 세라믹스를 이용한 압전팬은 인가전원의 교류주파수에 압전팬의 기계적 공진주파수를 일치시킴으로써 큰 진폭의 변위를 얻을 수 있었으며 이에따라 본 연구에서 제작된 압전팬은 상용 AC전원(100V, 60Hz)에서 응용이 가능하리라 생각된다.

#### 5. 참고 문헌

1. K. Uchino, S. Nomura, "New Electrostrictive Material", Summer, Vol. 57; Autumn, Vol. 67 (1980).
2. E. Kolm and H. Kolm, Chemtech, 3, 180 (1983).
3. 電壓セラミックスの應用, 學獻社, 1989.
4. M. A. Ugryumova and A. A. Anan'eva, Soviet Physics Doklady, 16, 9, 767 (1972).

저자소개



**최형욱**

1964년 7월 22일생. 1987년 연세대 전기공학과 졸업. 1989년 연세대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 연세대 대학원 전기공학과 박사과정.



**이두희**

1964년 1월 6일생. 1986년 연세대학교 전기공학과 졸업. 1988년 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1994년 현재 연세대학교 대학원 전기공학과 박사과정.



**백동수**

1964년 12월 13일생. 1987년 연세대 전기공학과 졸업. 1989년 연세대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1994년 연세대 대학원 전기공학과 졸업(박사).



**김규수**

1949년 6월 15일생. 1976년 연세대 이공대 전기공학과 졸업. 1982년 영남대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1994년 현재 연세대 대학원 전기공학과 박사과정. 울산전문대학 전자과 부교수.



**윤현상**

1961년 12월 5일생. 1988년 인천대학교 전기공학과 졸업. 1992년 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1994년 현재 연세대학교 대학원 전기공학과 박사과정.



**박창엽**

1935년 2월 13일생. 1958년 연세대 공대 전기공학과 졸업. 1960년 연세대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1973년 연세대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 연세대 공대 전기공학과 교수.