

## II형 초음파 모터의 특성평가

윤용진, 박성희, 강성화\*, 임기조  
충북대학교, 충청대학교\*

### Characteristics of pi-shaped Ultrasonic Motor

Yong-Jin Yun, Park Sung-Hee, Sung-Hwa Kang\* and Ki-Joe Lim  
HChungbuk National Univ, Chung Cheng, College\*

**Abstract :** 본 논문에서는 카메라폰용 광학줌(Optical zooming)과 자동초점조절장치(Auto Focusing, AF)에 쓰일 초음파모터를 제작하였다. 초음파모터의 제작 및 시뮬레이션은 유한요소해석 프로그램인 ATILA 5.2.1(Magsoft co.)를 사용하여 디자인설계에 따른 구동특성을 고찰하였고 제작된 초음파모터는 한쪽 면이 없는 사각형의 탄성체를 제작하였으며 탄성체의 양쪽 다리에 각각 압전체를 부착하였다. 또한 압전세라믹의 조성은  $0.9\text{Pb}(\text{Zr}_{0.51}\text{Ti}_{0.49})\text{O}_3 - 0.1\text{Pb}(\text{Mn}_{1/3}\text{Nb}_{1/3}\text{Sb}_{1/3})\text{O}_3$  의 조성으로 설계하였고 시편의 제조는 7-layer로 적층하였다. 제작된 압전세라믹의 치수는  $6 \times 2 \times 0.35\text{mm}^3$ (길이\*폭\*두께)로 제작하였다. 또한 탄성체의 외형치수는  $8 \times 4 \times 2\text{mm}^3$ 로 제작하였으며 회전축의 지름은 2mm로 제작하였다. 인가전압과 공진주파수가 각각 20Vpp, 64kHz일 때 소비전력은 0.3[W]이며 회전속도는 500rpm 으로 측정되었다.

**Key Words :** Optical zooming, Auto Focusing, AF, piezoelectric, ultrasonic motor

### 1. 서 론

최근 정보통신기술 및 멀티미디어 기술의 발달로 핸드폰(mobile phone)과 PDA(personal digital assistants)와 같은 통신장치 내에 디지털 카메라(digital camera) 기능을 갖추는 것은 필수적이 되어있는 실정이다. 최근 출시된 디지털 카메라와 거의 비슷한 정도의 화소를 지닌 카메라폰(camera phone)이 등장하고 있다. 그러나, 카메라폰은 소형으로 하여야 하며 아직까지 자동 초점 조절(autofocusing, AF)과 광학줌(optical zooming)기능을 갖지 못하여 화질이 떨어지는 단점을 가지고 있다. 크기가 매우 중요시되는 카메라폰이나 PDA에 AF와 광학줌 기능을 응용하기 위해서는 액추에이터(actuator)가 필요하다.

본 논문에서는 초음파 모터를 카메라의 AF나 광학 줌용 액추에이터로 응용하기 위해 새로운 디자인을 설계하고 모터의 진동모드를 분석하기 위해 유한요소해석프로그램 ATILA 5.2.1(Magsoft Co.)를 사용하였으며 탄성체의 두께에 대한 공진주파수 특성을 연구하였다. Square Type 초음파 모터를 설계하고 이를 유한 요소 해석 프로그램을 이용하여 진동 모드를 분석한 후 조건의 변화에 따른 Square type 리니어 초음파 모터의 특성에 대해 고찰하고자 한다.

### 2. 실 형

본 연구에서 초음파 모터에 사용하기 위한 압전세라믹 조성은  $0.9\text{Pb}(\text{Zr}_{0.51}\text{Ti}_{0.49})\text{O}_3 - 0.1\text{Pb}(\text{Mn}_{1/3}\text{Nb}_{1/3}\text{Sb}_{1/3})\text{O}_3$ 로 설계하였고 tape-casting 방법으로 7-layer로 적층하였다. 그림1과 표1은 각각 압전세라믹의 구조와 압전, 유전특성을 나타낸 것이다.

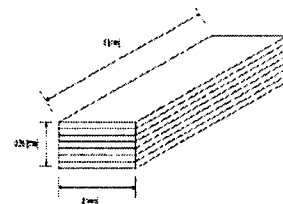


그림1. 압전세라믹의 구조( $6 \times 2 \times 0.35\text{mm}^3$ )

표1. 압전세라믹의 압전·유전특성

Electro-mechanical coupling factor, $k_{31}$	0.32
Mechanical quality factor, $Q_m$	1500
Piezoelectric constant, $d_{33}$	340[pC/N]
Resonance Frequency, $f_r$	275[kHz]
Free capacitance	10[nF]

또한, 탄성체에 부착할 압전세라믹의 치수는  $6 \times 2 \times 0.35[\text{mm}^3]$ (길이\*폭\*두께)로 제작하였다. 표 1은 초

음파 모터를 위해서 제작된 압전세라믹의 압전·유전 특성을 나타낸 것이다.

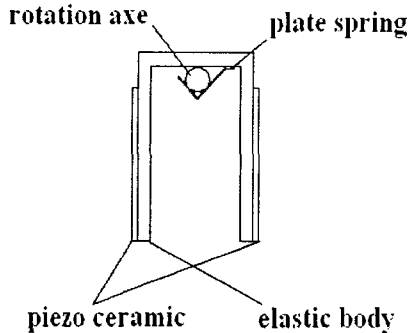


그림2. 제안된 초음파 모터의 구조

그림2.는 초음파모터의 디자인을 새롭게 고안한 것이다. 초음파 모터는 렌즈 지지대인 회전자와 고정자로 구성되어 있다. 고정자는 직사각형의 압전세라믹과 한쪽면이 없는 사각형과 같은 구조를 가진 탄성체로 구성된다. 회전축은 판스프링으로 고정자에 고정시켰다. 공진주파수는 임피던스어날라이저(HP4194A, Agilent)로 측정하였으며 유한요소해석프로그램의 시뮬레이션 결과와 비교하였다.

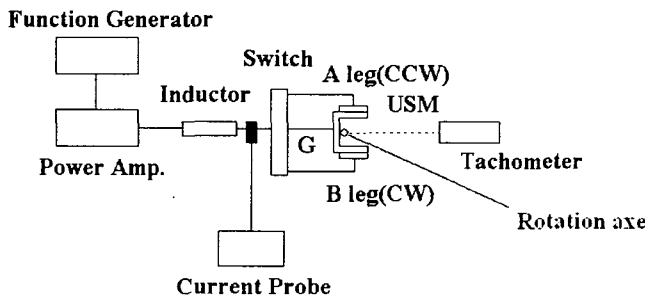


그림3. 초음파 모터의 구동시스템

그림3.은 초음파 모터의 구동시스템을 나타낸 것이다. 함수발생기(HP33120A, Agilent)와 전력증폭기(4012, NF)가 초음파모터의 구동에 이용되었다. 이때 제작된 초음파 모터의 입력을 측정하기 위해 전류프로브(P6022, Tektronix)를 사용하였고 초음파 모터의 회전속도는 타코미터(M 3632, Yokogawa)를 이용하여 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 4.는 압전세라믹의 치수는 일정하게 고정시킨 초음파 모터의 탄성체의 두께에 따른 공진주파수의 변화를 나타낸 것이다. 그림 4.에서 보는 바와 같이 탄성체의 두께가 증가하면서 공진주파수도 선형적으로 증가하는 것을 알 수 있었다. 그림 5.는 인가한 전압에 대한 회전속도 및 전류에 대한 함수를 그래프로 나타낸 것이다. 실험결과 탄성체의 두께가 0.3[mm]인 초음파 모터는 회전을 전

혀 발생하지 못했으며 두께가 0.5[mm]인 초음파 모터는 30[Vpp]이상의 전압을 인가하여야만 회전하였지만 불안정하기 때문에 탄성체의 두께는 0.8[mm]로 고정하였다. 초음파 모터 구동에는 빔(beam)표면의 한 지정에서 타원 운동을 만드는 굴곡파를 사용하는데, 빔 표면의 두께가 얇아지면 굴곡파 발생이 어려워지기 때문에 0.8[mm]두께의 탄성체를 선택하였다.

그림 5.는 인가전압이 증가하면서 회전속도와 전류가 증가하는 것을 볼 수 있다. 공진주파수가 64[kHz]이고 인가 전압이 20[Vpp]일 때 회전속의 최대치는 500[rpm]을 보였으며, 소비전력의 최대치는 0.3[W]를 보였다.

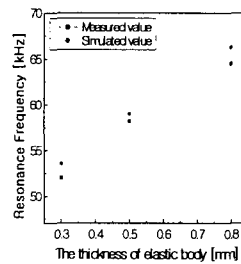


그림 4. 탄성체의두께에 따른 공진주파수의 변화

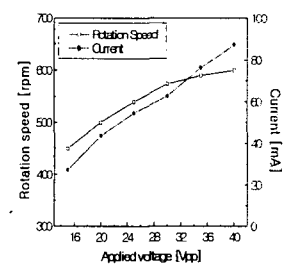


그림 5.인가전압에 따른 회전속도 및 전류

### 4. 결론

본 논문에서 외팔보형태의 초음파 모터의 제작 및 특성 평가를 하였으며 탄성체 두께에 대한 실험은 휴대폰 내에 장착되기 위하여 크기를 0.3[mm],0.5[mm],0.8[mm]으로 변화시키며 제작하였다. 그러나 탄성체의 두께가 감소함에 따라 굴곡파가 발생되기 어렵다는 것을 알게 되었다. 두께가 0.8[mm]인 경우 공진주파수는 60.5[kHz]를 나타내었으며 초음파모터의 압전세라믹에 인가전압이 증가함에 따라 회전속도와 모터에 흐르는 전류는 증가하였다. 인가전압이 20[Vpp]일 때 회전속도는 500[rpm]이며 소비전력은 0.3[W]로 제작된 시편은 카메라폰용 광학증 및 자동초점조절장치시스템 분야에 응용이 가능할 것으로 사료된다.

### 참고 문헌

- [1] Sashida, T., Kenjo, T., "An Introduction to Ultrasonic Motors", Oxford, Clarendon Press, 1993
- [2] Shijie GUO, et. al, "A Three-dimensional Vibration Analysis of the Stator of an Ultrasonic Motor", 日本機械學會論文集, Vol. 57, No. 541, pp. 20 -26, 1991.
- [3] Burhanettin Koc et al, "An Ultrasonic Motor Using a Metal-Ceramic Composite Actuator Generating Torsional Displacement", JJAP, Vol. 37, No. 10, pp. 5659 - 5662, 1998.p. 10, 2001.