

휴대폰 카메라모듈용 초음파모터의 제작 및 특성분석

윤용진, 권오덕, 강성화*, 임기조
충북대학교, 충청대학교*

Fabrication and Characteristics Analysis of an Ultrasonic Motor for the Camera Module of Mobile Phone

Yong-Jin Yun, Oh-Deok Kwon, Sung-Hwa Kang and Ki-Joe Lim
Chungbuk 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)를 사용하여 디자인설계에 따른 구동특성을 고찰하였고 제작된 초음파모터는 한쪽 면이 없는 사각형의 탄성체를 제작하였으며 탄성체의 양쪽 다리에 각각 압전체를 부착하였다. 또한 압전세라믹의 조성은 $0.9Pb(Zr_{0.51}Ti_{0.49})O_3 - 0.1Pb(Mn_{1/3}Nb_{1/3}Sb_{1/3})O_3$ 의 조성으로 설계하였고 시편의 제조는 7-layer로 적층하였다. 제작된 압전세라믹의 치수는 $6*2*0.35mm^3$ (길이*폭*두께)로 제작하였다. 또한 탄성체의 외형치수는 $10*10*2mm^3$ 로 제작하였으며 두께를 각각 0.3[mm],0.5[mm], 0.8[mm]으로 변화시키며 제작하였다. 두께가 0.8[mm]인 경우 공진주파수는 60.5[kHz]를 나타내었으며 초음파모터의 압전세라믹에 인가전압이 증가함에 따라 회전속도와 모터에 흐르는 전류는 증가하였다. 인가전압이 40[Vpp],공진주파수는 60.5[kHz]일때 무게추를 달고 그때의 토크 및 효율을 측정하였다. 회전 속도는 토크가 증가함에 따라 거의 선형적으로 감소하였으며 효율은 토크에 따라 증가하다가 토크가 약 20[mNm]일 때 약 28[%]로 최대치를 나타내었다.

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 하여야하며 아직까지 자동 초점 조절(autofocusing,AF)과 광학줌(optical zooming)기능을 갖지 못하여 화질이 떨어지는 단점을 가지고 있다. 크기가 매우 중요시되는 카메라폰이나 PDA에 AF과 광학줌 기능을 응용하기 위해서는 액츄에이터(actuator)가 필요하다.

본 논문에서는 초음파 모터를 카메라의 AF나 광학 줌용 액츄에이터로 응용하기 위해 새로운 디자인을 설계하고 모터의 진동모드를 분석하기 위해 유한요소해석프로그램ATILA 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 조건에 따른 Square type 리니어 초음파 모터의 특성에 대해 고찰하고자 한다.

2. 본 론

2.1 시편의 제조 및 실험방법

본 연구에서 초음파 모터에 사용하기 위한 압전세라믹 조성은 $0.9Pb(Zr_{0.51}Ti_{0.49})O_3 - 0.1Pb(Mn_{1/3}Nb_{1/3}Sb_{1/3})O_3$ 으로 설계하였고 그림1(a).는 시편의 제조공정을 나타낸 것이며 tape-casting 방법으로 7-layer로 적층하였다. 그림1(b).는 압전세라믹의 구조를 나타낸 것이다. 탄성체에 부착할 압전세라믹의 치수는 $6*2*0.35mm^3$ (길이*폭*두께)로 제작하였다.

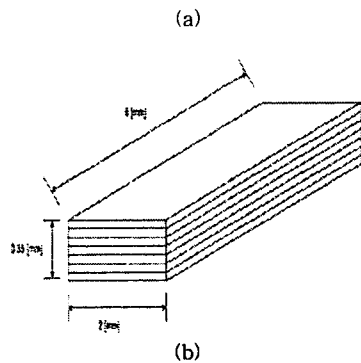
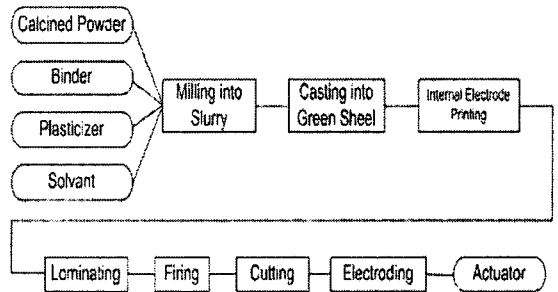


그림1.압전세라믹의 구조($6*2*0.35mm^3$)

표 1.은 초음파 모터를 위해서 제작된 압전세라믹의 압전·유전 특성을 나타낸 것이다. 압전 변형 정수 d_{33} 는 그림2와 같은 실험 장치를 구성하여 Berlincourt d_{33} meter(CHANNEL product)로 직접 측정하였으며, 함수 발생기(function generator)에서 1[V_{rms}], 100[Hz]의 입력 신호를 발생하여 force head에 입력하였다. 이 때, 전자석인 force head의 진동력(I[N])에 의해 압전 세라믹에 유기되는 전압은 디지털 멀티미터(digital multimeter)로

측정하여 기계력과 유기전압의 관계로부터 압전 변형 정수로 산출하였다. 다른 압전 및 유전 정수의 측정은 Impedance Analyzer(HP 4194A)로부터 얻은 공진-반공진 등가 어드미턴스 회로의 각 회로 정수를 IRE 규정을 적용하여 계산하였다. 전기기계 결합계수 k_p 와 기계적 품질계수 Q_m 은 식 (1)과 식 (2)에 의해 계산하였다.

$$\frac{1}{k_p^2} = 0.395 \times \frac{f_r}{(f_a - f_r)} + 0.574 \quad (1)$$

$$Q_m = \frac{f_a^2}{2\pi f_r R C_f (f_a^2 - f_r^2)} \quad (2)$$

여기서, f_r : 공진 주파수, f_a : 반공진 주파수
 R : 공진 주파수에서의 공진 저항
 C_f : 1[kHz]에서의 자유 커패시턴스

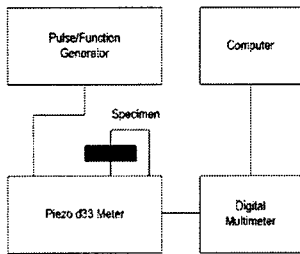


그림2. 압전변형정수(d_{33})의 측정

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]

그림3은 초음파모터의 디자인을 새롭게 고안한 것이다. 초음파 모터는 렌즈 지지대인 회전자와 고정자로 구성되어 있다. 고정자는 직사각형의 압전세라믹과 한쪽면이 없는 사각형과 같은 구조를 가진 탄성체로 구성된다. 그림의 화살표는 압전세라믹의 분극방향을 나타내며 각각 다른 방향의 압전세라믹을 평행하게 부착하였다.

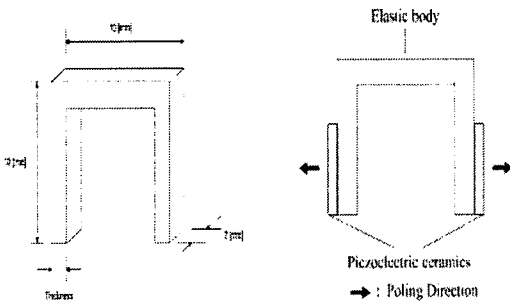


그림 3. 제안된 초음파모터의 구조

그림 4.은 제안된 초음파모터의 유한요소해석 프로그램을 이용하여 진동 및 구동특성의 해석한 것으로 A-leg의 압전세라믹에 전압을 인가하면 C지점에서 회전자를

연결하면 반시계방향의 타원궤적을 가지며 회전하게 된다. 또한 B-leg의 압전세라믹에 전압을 인가하고 C지점에 회전자를 연결하면 회전자는 시계방향의 타원궤적을 가지며 회전하게 된다. 본 논문에서 제안한 초음파모터는 단상에서 구동이 가능하고 고정자가 없기때문에 경박·단소하게 제작이 가능하였다.

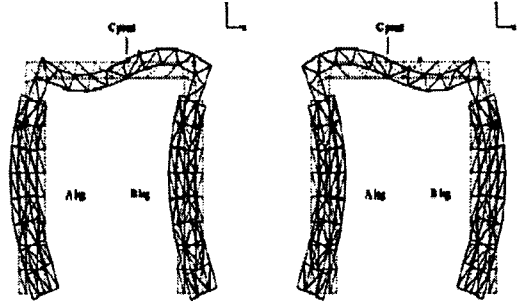


그림4. 초음파 모터의 구동특성

그림 5.에서는 제작한 초음파 모터의 구동시스템을 나타낸 것이다. 함수발생기(Function generator: HP 33120A, Agilent)와 전력증폭기(power amplifier : HAS 4012, NF)를 이용하여 초음파 모터를 구동하였다. 압전 세라믹의 커패시턴스 공진을 할 수 있도록 직렬 인덕터를 사용하였다. 초음파 모터를 구동시에 회전자의 회전 방향은 기계적 스위치에 의해 변화시킬 수 있으며, 그 회전 속도는 타코미터(tachometer: M 3632, Yokogawa)를 이용하여 측정하였다. 초음파 모터의 소비전력은 인가한 전압과 전류탐침기(current probe: P6022, Tektronix)를 이용하여 측정된 전류의 곱으로 계산하여 구하였다.

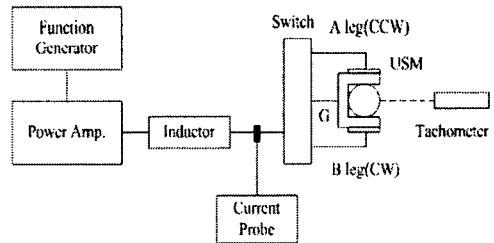


그림5. 초음파 모터의 구동시스템

2.2 실험결과 및 고찰

그림 6.는 압전세라믹의 치수는 일정하게 고정시킨 초음파 모터의 탄성체의 두께에 따른 공진주파수의 변화를 나타낸 것이다. 그림 6.에서 보는 바와 같이 탄성체의 두께가 증가하면서 공진주파수도 선형적으로 증가하는 것을 알 수 있었다. 그림 7.는 인가한 전압에 대한 회전속도 및 전류에 대한 함수를 그래프로 나타낸 것이다. 실험결과 탄성체의 두께가 0.3[mm]인 초음파 모터는 회전을 전혀 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 지점에서 타원운동을 만드는 굴곡파를 사용하는데, 빔 표면의 두께가 얇아지면 굴곡파 발생이 어려워지기 때문에 0.8[mm]두께의 탄성체를 선택하였다. 그림 7.는 인가전압이 증가하면서 회전속도와 전류가 증가하는 것을 볼 수 있다. 공진주파수가 60.5[kHz]이고 인가전압이 40[Vpp]일 때 회전속도의 최대치는 206[rpm]을 보였으며, 소비전력의 최대치는 0.3[W]를 보였다. 그림 8.는 부하에 따른 회전 속도의 변화를 보이고 있다.

이 때, 인가 전압은 40[Vpp], 구동 주파수 60.5[kHz]이었다. 부하로는 질량이 m[g]인 금속 추를 사용하였다. 회전 속도는 토크가 증가함에 따라 거의 선형적으로 감소하였다. 또한, 효율은 토크에 따라 증가하다가 토크가 약 20[mNmm]일 때 약 28[%]로 최대를 보이고 다시 감소하였다.

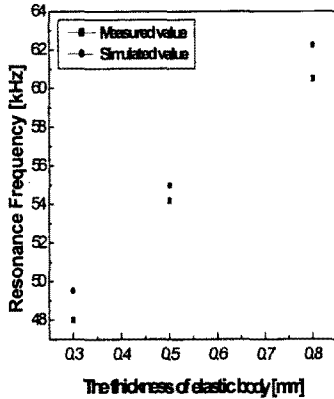


그림 6. 탄성체의 두께에 따른 공진주파수의 변화

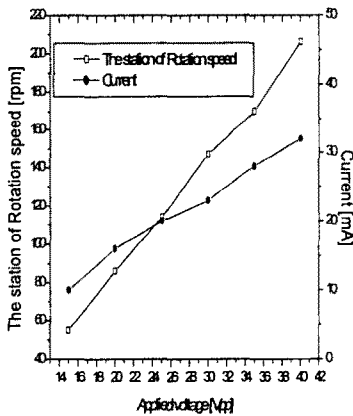


그림 7. 인가전압에 따른 회전속도 및 전류

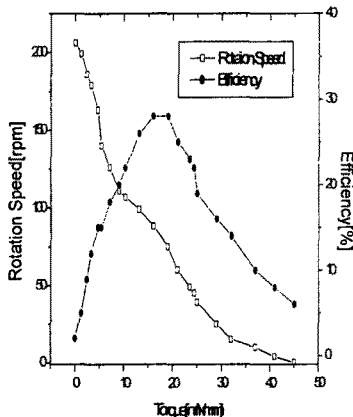


그림 8. 부하에 따른 회전속도 및 효율

3. 결 론

본 논문에서 외팔보형태의 초음파 모터의 제작 및 특성평가를 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. 회전속도는 토크가 증가함에 따라 거의 선형적으로 감소하였으며 효율은 토크에 따라 증가하다가 토크가 약 20[mNmm]일 때 약 28[%]로 최대를 보이고 다시 감소하였다. 인가전압이 40[Vpp]일 때 회전속도는 206[rpm]이며 소비전력은 0.3[W]로 제작된 시편은 카메라폰용 광학줌 및 자동초점조절장치시스템 분야에 응용이 가능할 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] Gene H. Haertling, "Ferroelectric Ceramics : History and Technology", J.Am. Ceram. Soc., Vol. 4, No. 82, pp. 797 - 818, 1999.
- [2] Sashida, T., Kenjo, T., "An Introduction to Ultrasonic Motors", Oxford, Clarendon Press, 1993
- [3] 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.
- [4] Y. Tomikawa et al, "A Paper or Card Forwarding Device Using a Flat-Type Ultrasonic Motor", Sensors and Materials, Vol. 1, No. 6, pp. 359-379, 1989.
- [5] 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.
- [6] Yoshiaka Hata and Yasuhiro Okamoto, "Linear Actuator", US Patent, Pub. No. US 2003/0222538, pp. 1 -12, 2003.
- [7] Burhanettin KOC, Aydin Dogan, Yuan Xu, Robert E. Newnham and Kenji Uchino, "An Ultrasonic Motor Using a Metal-Ceramic Composite Actuator Generating Torsional Displacement", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 37, No. 10, 5659-5662, 1998.
- [8] Kentaro Nakamura, Jacques Margairaz, Takaaki Ishii, and Sadayuki Ueha, "Ultrasonic Stepping Motor Using Spatially Shifted Standing Vibrations", IEEE Trans. On UFFC, Vol. 44, No. 4, pp. 823 - 827, 1997.
- [9] Faa-Jeng Lin, "Fuzzy Adaptive Model-Following Position Control for Ultrasonic Motor", IEEE Trans. On Power Electronics, Vol. 12, No. 2, pp. 261-268, 1997.
- [10] 金護基, 申昞鐵 박사 編著, "압전.전왜 세라믹스" 羊鳥出版社, 1991.
- [11] Sridhar S, Giannakopoulos AE, Suresh S, Ramamutry U, "Electrical response indentation of piezoelectric material characterization", Journal of applied physics, Vol 85, No.1, pp.380-387, 1999.