

이동통신 단말기용 압전 진동 장치에 관한 연구

유지성, 권오덕, 윤용진, 강성화*, 임기조
충북대학교 전기전자컴퓨터공학부, 충청대학교*

A study on the piezoelectric vibration device for mobile phone

J. S. Yoo, O. D. Kwon, Y. J. Yun, S. H. Kang*, K. J. Lim
Chungbuk National Univ., Chungcheong Univ.*

Abstract

In this paper, it is investigated in advance about the PZT-based composition for piezoelectric vibration device. The specimens of piezoelectric ceramics are made of Columbite method.

The piezoelectric vibration device by this composition is designed by ATILA(Magsoft) program used FEM(Finite Element Method). The vibration device used for mobile phone must be driven in the frequency of 130~200Hz, so the resonant frequency of piezoelectricity must adjust driven frequency bandwidth. The result of analysis by ATILA is appeared dependant property of length, width, thickness and dummy weight about resonant frequency of the piezoelectric vibration device. The size of manufactured actuator is $28 \times 12 \times 0.3 \text{mm}^3$ (length \times width \times thickness) and this is bimorph type.

The test of manufactured piezoelectric vibration device measure displacement, acceleration and power dissipation. The piezoelectric vibration device has the advantage more than electro-magnetic motor, however the size of manufactured device is larger than electro-magnetic motor.

Key Words : PZT-based, FEM(Finite Element Method), resonant frequency, bimorph

1. 서 론

진동 모터(vibration motor)는 전기적인 에너지를 기계적인 진동으로 변환하는 부품으로서, 현재 이동통신단말기의 착신 알람(alarm)으로 가장 널리 사용되고 있다. 실용적으로 사용되고 있는 진동 모터는 전자식 직류모터의 회전자에 unbalanced weight를 부착시켜 회전자에 대해 편심을 갖도록 배치시킨 모터로서 실린더 형과 코인 형이 주류를 이루고 있다.

그러나 전자식 진동 모터의 기술 진보에도 불구하고 크기 면에서는 거의 한계에 도달하고 소비전력도 크기 때문에 소형화, 경량화, 저소비 전력화가 지속적으로 요구되는 이동통신단말기의 기술요구에 부응하기 어려우며 전자유도 노이즈 방출도 문제점으로 지적되고 있다.

압전 진동 장치의 경우 전자 노이즈가 발생하지 않는 장점뿐만 아니라 전기적 에너지를 기계적 에너지로 직접 변환함에 따라 에너지 변환 효율 또한 뛰어나며 박막 형태로 제작이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

본 논문에서는 압전 진동 장치에 적합한 PZT-based 조성에 대한 연구를 진행하였고 이를 바탕으로 압전 진동 장치를 설계하기 위해 유한요소법을 이용한 ATILA (Magsoft) 프로그램을 사용하였다. 특성 평가는 변위량, 진동가속도, 소비전력 등 중요 요소를 측정하였다.

2. 실험

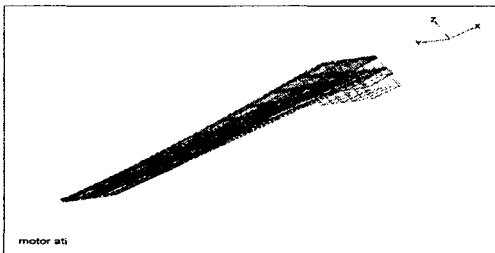
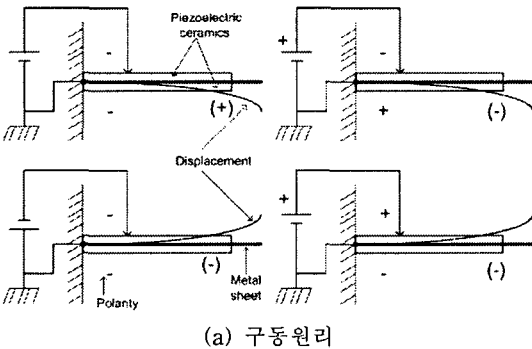
2.1 압전 세라믹 조성 개발 및 특성 평가

압전 세라믹의 시편 제작은 PZT-based 조성 개

발을 위해 문헌조사와 본 연구실에서 수행해 온 연구 결과를 토대로 PZT-PNNS계 조성을 선택하였다. 그리고 PZT-based 3성분계 압전 세라믹의 경우 Zr, Ti와 제 3성분의 B-site 화합물이 A-site의 Pb에 비해 반응성이 낮기 때문에 Columbite method를 이용하여 시편을 제작하였다. 시편은 원판형(15[mmΦ], 0.8[mmt])으로 제작하여 저전계 하에서 유전 및 압전 특성을 측정하였다. 압전 변형정수 d_{33} 는 d_{33} 미터로 측정하였고 그 밖의 압전, 유전 정수의 측정은 Impedance Analyzer(HP 4194A)로부터 얻은 공진-반공진 등가 어드미턴스 회로의 각 회로 정수를 IRE Standard를 적용하여 구하였다[4].

2.2 압전 진동 장치의 설계, 제작 및 성능 평가

모터의 기하학적 구조 설계는 유한요소법을 이용한 ATILA(Magsoft) 프로그램을 이용하였다. 구조 설계에 사용되는 재료의 물성은 선행된 연구에서 얻어진 압전상수, 유전상수, 유전율, 밀도 등으로 database를 만들고 이를 토대로 외팔보(Cantilever) 바이몰프(bimorph) 형태의 진동 장치를 설계 및 시뮬레이션 하였다.



(b) 외팔보 압전 바이몰프의 형태

그림 1. 외팔보 압전 바이몰프의 구동원리와 형태

압전 진동 장치는 횡 방향 변위를 이용하였으며 장치의 구조는 접합되는 압전 세라믹의 분극 방향을 한 방향으로 하고 세라믹 박판 사이에 탄성체가 들어가는 병렬형 압전 바이몰프 타입으로 설계, 제작하였다.

압전 액추에이터의 제작에 이용된 압전체의 조성은 $0.1\text{Pb}(\text{Ni}_{1/3}\text{Nb}_{1/3}\text{Sb}_{1/3})\text{O}_3-0.9\text{Pb}(\text{Zr}_{0.49}\text{Ti}_{0.51})\text{O}_3$ 이다. 진동 장치는 $25 \times 12 \times 0.1\text{mm}^3$ ($L \times W \times t$) 크기의 압전 세라믹 박판 2장과 $28 \times 12 \times 0.1\text{mm}^3$ ($L \times W \times t$) 크기의 인칭동을 2액형 epoxy로 접합하였으며 액추에이터의 끝단에 0.5g의 납을 dummy weight로 부착하였다. 제작 완료된 압전 진동 장치의 총 무게는 1.35g이다.

제작된 압전 진동 장치의 성능 평가는 무게 100g의 이동통신단말기 모형의 jig에 설치 한 후 실시하였다. 그리고 진동 장치의 구동 조건은 입력 전압이 26[Vrms]의 정현파로 주파수는 165 ± 10 [Hz]를 인가한 후 특성을 평가하였다.

변위량 측정은 Laser vibrometer에서 진동 속도를 측정하여 오실로스코프에서 시간에 대해 적분함으로써 측정하였으며 가속도 측정 또한 마찬가지로 Laser vibrometer에서 측정된 값을 시간에 대해 적분함으로써 측정하였다. 소비전력 측정은 압전 진동 장치의 입력 측에서 differential probe와 current probe로 전압과 전류를 측정함으로써 소비전력을 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

압전 진동 장치에 사용할 세라믹 조성에 대한 특성평가 결과 가장 우수한 특성을 나타낸 조성은 $0.1\text{Pb}(\text{Ni}_{1/3}\text{Nb}_{1/3}\text{Sb}_{1/3})\text{O}_3-0.9\text{Pb}(\text{Zr}_{0.49}\text{Ti}_{0.51})\text{O}_3$ 이며 평균적으로 전기기계결합계수(k_p)는 66%, 기계적품질계수(Q_m)는 100, 압전상수(d_{33})는 590[pC/N], 유전상수(g_{33})는 $30[10^{-3}\text{V} \cdot \text{m/N}]$, 유전율($\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$)은 2220의 압전, 유전 특성을 나타내었다.

실제로 진동 장치에 사용될 세라믹의 경우 hard 계열 보다 soft계열의 조성이 적합한 것으로 알려져 있다[5].

압전 진동 장치의 설계에서 가장 중요한 요소는 압전체의 공진주파수이다. 압전체의 경우 공진주파수에서 구동 될 때 최대의 에너지 변환 효율을 갖기 때문이다. 이동통신 단말기용 진동모터는 130~200Hz의 구동주파수를 사용하기 때문에 압전체의

공진주파수도 이 대역에 맞추는 것이 중요하다.

시뮬레이션을 통해 진동 장치의 기하학적 치수를 조사한 결과는 그림 2, 그림 3, 그림 4, 그림 5와 같고 공진주파수는 길이 의존성, 폭 의존성, 두께 의존성, dummy weight 의존성에 따라 결정되므로 적합한 치수를 도출할 수 있다.

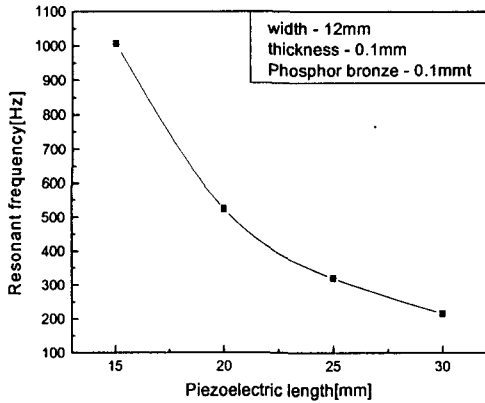


그림 3. 길이에 따른 공진주파수 변화.

진동 장치의 길이에 따른 공진 주파수의 변화는 지수함수적인 감소 형태를 보이므로 길이 변화에 따른 공진주파수 변동 폭이 상당히 크기 때문에 모터의 치수 결정에 중요한 요소를 차지함을 알 수 있다.

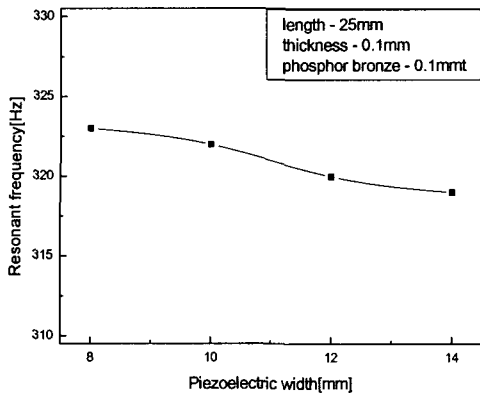


그림 4. 폭에 따른 공진주파수 변화.

진동 장치의 폭에 따른 공진주파수의 변화는 길

이 의존성보다는 상대적으로 훨씬 작은 값을 나타내기 때문에 폭에 대한 의존성이 상대적으로 낮음을 알 수 있다.

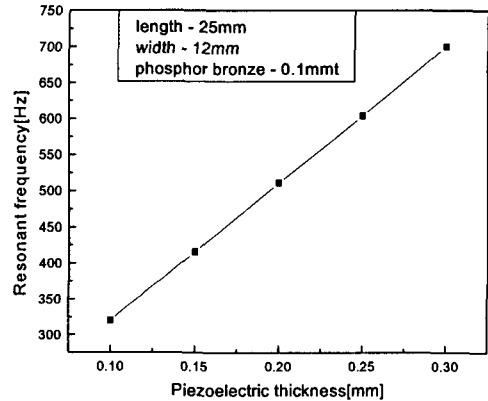


그림 5. 두께에 따른 공진주파수 변화.

진동 장치의 두께가 증가함에 따라 공진 주파수는 비례적으로 증가하는 특성을 보임에 따라 모터의 두께는 최대한 얇게 제작해야 함을 알 수 있다.

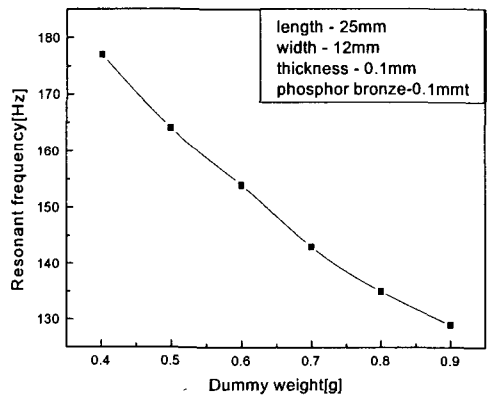


그림 3. dummy weight에 따른 공진주파수 변화.

dummy weight의 무게가 증가함에 따라 공진 주파수는 비례적으로 감소하는 특성을 보이며 0.4g에서 0.9g 사이에서는 원하는 주파수 범위 내에 있기 때문에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 그러나 dummy weight의 무게가 증가함에

따라 액추에이터 및 이동통신 단말기의 무게 또한 증가하기 때문에 적절한 값을 선택하는 것이 매우 중요하다.

압전 진동 장치의 기하학적 치수는 위의 결과를 토대로 $28 \times 12 \times 0.3 \text{mm}^3 (L \times W \times t)$ 의 크기에 0.5g의 dummy weight를 추가하는 형태로 최종적인 제작을 하였다.

압전 진동 장치의 진동 특성 평가 결과를 살펴보면 최대 변위는 $1.5 \text{mm}_{p-p} \pm 0.1 [\text{mm}]$ 이며 최대 가속도는 $0.8 \pm 0.05 [\text{G}]$ 로 나타났고 소비전력은 $50 \pm 5 [\text{mW}]$ 로 측정되었다. 기존의 coreless DC 진동모터가 약 1[G]의 진동가속도를 가지므로 본 연구에서 개발된 압전 진동 모터의 진동 특성이 이동통신단말기에 적용함에 무리가 없음을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 이동통신단말기용 압전 진동 장치를 개발하기 위하여 PZT-PNNS계 조성을 바탕으로 압전 진동 장치에 적합한 soft 계열의 압전 조성을 개발하였다. 이를 바탕으로 ATILA 프로그램을 이용하여 압전 진동 장치의 기하학적 구조 및 치수를 설계하였고 시뮬레이션을 통해 진동 장치에 사용되는 압전체의 치수에 따른 공진주파수의 변화에 대하여 조사하였다. 공진주파수의 길이, 폭, 두께, dummy weight의 변화에 따른 의존성을 통해 압전 진동 장치의 기하학적 치수는 $28 \times 12 \times 0.3 \text{mm}^3 (L \times W \times t)$ 으로 정하였고 모터의 끝단에는 0.5g의 dummy weight를 추가 하였다. 이를 통해 압전 진동 장치의 공진주파수를 이동통신 단말기에서 진동 모터 구동 주파수 범위(130~200Hz)에 맞추므로써 에너지변환 효율이 최대가 될 수 있었다.

최종 완성된 압전 진동 장치의 진동특성은 기존의 전자식 진동 모터를 대체하여 사용하는데 문제가 없을 것으로 판단된다. 그러나 바이몰프형 진동 장치의 경우 길이방향 의존성이 매우 크기 때문에 진동 장치의 치수를 줄이는데 많은 어려운 점이 있기 때문에 진동 장치에 대한 기하학적 구조나 재료에 대한 보다 많은 연구를 통한 개선이 요망된다.

참고 문헌

- [1] K. Uchino, "Piezoelectric and Electrostrictive Actuator", Proc. the 6th IEEE ISAF, pp.610-618, 1986.
- [2] T. Uchino et al, "A Piezoelectric Ceramic Material and a Bimorph for Auto-Tracking in VTR", Jpn. J. Appl. Phys. 20. Suppl 20-4, 97-100, 1981.
- [3] S. Takahasi, "Longitudinal Mode Multilayer Piezoceramic Actuator", Cerm. Bull., 65, 88, 1156~1157, 1986.
- [4] IRE Standards Committee, "Standard on Piezoelectric Crystals. 1949" Proc. of the IRE, (1949), pp.921-930
- [5] Commercial application of passive and active piezoelectric vibration control. Yoshikawa, S.; Bogue, A.; Degon, B. Proceedings of the Eleventh IEEE International Symposium on 1998 p.293 - 294