

# WSN 활용을 위한 고효율 압전 에너지 발전소자의 구조 최적화

## Optimization of high efficient piezoelectric energy harvester for WSN applications

\*Zheng Yingmei<sup>1</sup>, #이동원<sup>2</sup>, Xuan Wu<sup>1</sup>, 윤형석<sup>1</sup>, 전인수<sup>2</sup>

#Dong-weon Lee(mems@jnu.ac.kr)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>전남대학교 기계공학과 대학원, <sup>2</sup>전남대학교 기계시스템 공학부

Key words : energy harvesting, double-clamped, piezoelectric

### 1. 서론

전세계적으로 약 5억개의 센서가 사용되고 있으며 최근 무선 센서 분야에서 활발한 연구가 진행되고 있다. 무선센서는 유선센서와 달리 초기 설치 비용이 적고 설치에 제약이 적다는 장점이 있지만 전원공급을 위한 배터리가 필요 하고 배터리 교체 관리 비용은 상당하다. 그 대안으로 에너지 하베스팅 기술이 필요하다. 주변의 환경이나 자연으로부터 버려지는 에너지를 전기에너지로 변환하여 사용하는 것 이다. 대표적인 에너지원으로서 태양에너지와 진동에너지가 가장 각광받고 있지만, 태양에너지의 경우 무선센서 시스템에 적용하기에는 많은 제약이 따르고 날씨 등 외부요소 영향을 많이 받기 때문에 진동에너지를 활용하는 것이 더 효율적이다. 진동에너지원을 이용하는 방식중에서 전력밀도가 가장 높은 압전효과 방식을 사용하고 소자의 변형을 압전소자를 통해 전기 에너지로 변환시키는 방식으로 국내·외에서 다양한 압전 소재와 다양한 형태로 많은 연구가 진행되고 있다. 하지만 기존 대부분 연구들에서는 캔틸레버 기반의 압전소자를 제작하였고 캔틸레버의 경우 고정단에서 자유단까지 받는 응력은 고정단에서 최대치를 나타내고 자유단으로 가면서 응력의 감소를 나타낸다. (그림1) 이런 캔틸레버에 압전소재를 접합함으로써 압전소재가 받는 응력도 당연히 불균일하게 되며 이는 곧 에너지 발전효율을 제약하는 요소이다. 본 연구실에서는 기존에 버클링의 메커니즘에 관한 연구를 수행하였다[1]. 양단 지지형 빔의 경우 양단으로부터 받는 응력이 최대일 때 빔의 불안정성을 유발하는 점에서 버클링현상이 발생하며 버클링 후의 과정을 포스트버클링

현상이라고 한다. 발전소자에서 발전량은 압전소재 받는 응력에 정비례하며 버클링 혹은 포스트 버클링 현상에서 받는 큰 축 응력을 캔틸레버 구조에 접목함으로써 발전효율의 증대를 실현하고자 한다.

### 2. 압전 에너지 발전소자 구조의 최적화

본 연구에서는 상용 PVDF(DT1-028K,MEAS)를 압전소재로 사용하였다. 동일한 캔틸레버에서 상부에는 양단 지지형 빔을 하부에는 샌드위치 빔을 고정하였다. 유한요소법을 통한 해석결과 양단 지지형 빔의 응력은 9.54MPa로 샌드위치 빔의 약 2배로 나타났다. 이는 양단 지지형 빔의 효율성이 샌드위치 구조의 2배라는 것을 예상할 수 있다. 유한요소법을 통한 해석값을 기반으로 실험을 진행하였다. 제작한 구조체는 스틸기판의 발전소자이며 사이즈는 200x25x1(mm)이며 PVDF사이즈는 30x16x0.1(mm)이다. 발전소자의 효율성 증대를 위한 구조체 최적화를 실시하였다. 캔틸레버 고정단 끝단에 압전체를 고정하였다(그림1참조). 캔틸레버 상부에 설치한 양단 지지형 빔에서 접합부 두께에 따른 출력전압값을 측정하였다(그림2). 접합부 두께가 2.5mm인 구조체에서 최대치를 나타 내었다. 접합부 두께의 증가로 피크 출력전압값은 증가되지만 파형은 급속한 변화를 나타 내었다. 4.5mm 두께 구조체의 피크출력전압은 높으나 에너지 밀도는 낮음이 확인 되었다. 캔틸레버 끝단에 질량체를 접합함으로써 파형의 변화를 억제할 수 있었다. 끝단 질량체의 증가로 임계가속도값은 감소하면서 출력전압값은 증가하고 또한 완벽한 싸인파형을 갖는 발전소자의 제작이 가능하다.

### 3. 실험 및 결과

제작된 캔틸레버 발전소자의 공진주파수 19Hz 이며 주파수에 따른 출력전압값은 양단 지지형 빔이 샌드위치 빔의 약 2배로 확인 되었다(그림2). 부하저항에 따른 출력전압값은 그림3와 같으며 5MΩ이상에서 전압은 포화 되었다. 그림4는 가속도 증가에 따라 선형적으로 증가하는 출력전압값을 나타내며 이는 실험결과와 이론의 일치로 이론식(1)를 만족한다는 것을 알 수 있다.

$$\sigma_{max} = \frac{M_b g h L}{4I} = \frac{M_b g h L}{bh^2} = \frac{3\rho g L^2}{h} \quad (1)$$

### 4. 결론

진동에너지원을 사용함으로써 다양한 형태의 주위의 에너지 활용이 용이하고 구조체 최적화를 통하여 기존의 샌드위치형 캔틸레버를 양단 지지형 빔을 적용함으로써 약 2배의 효율성이 증가하였고 구조체 어레이를 통해 대역폭을 실현하였다.

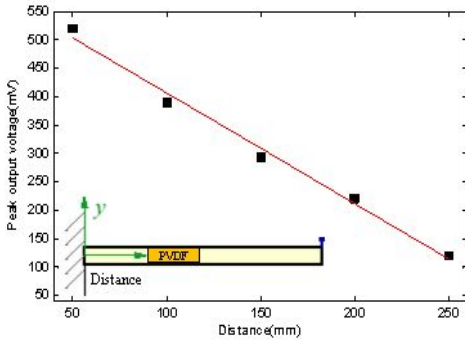


Fig. 1 압전체 설치위치에 따른 출력전압값

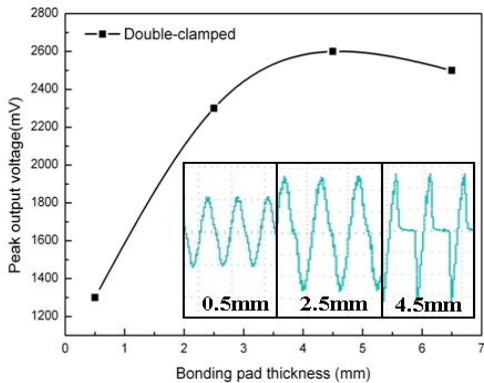


Fig. 2 접합부 두께에 따른 출력전압값

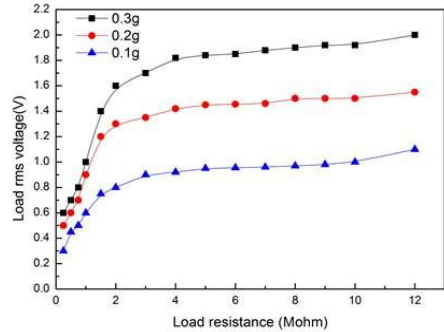


Fig. 3 부하저항에 따른 출력전압값

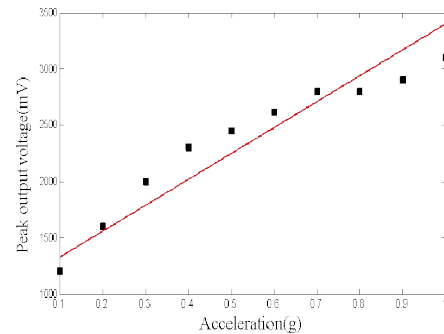


Fig. 4 가속도에 따른 출력전압값

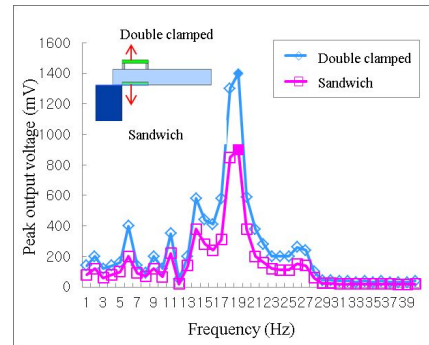


Fig. 5 주파수에 따른 출력전압값

### 후기

This work was supported by the Ministry of Knowledge Economy of the Korea through the KEIP program (No.10033377) and by the National Research Foundation of Korea through the WCU Program(R32-20087).

### 참고문헌

1. X. Chen, D.W. Lee, "Theoretical analysis of post-buckling behavior with experimental validation using electrothermal microbeams", *APL* 98,(2011)