

## PZT 후박을 적용한 piezo-cantilever 마이크로 발전 특성

김인성, 정순중, 김민수, 송재성, 이대수, 전소현\*

한국전기연구원, 재료응용연구단\*

### Micro power of piezo cantilever With PZT thick films

I-S Kim, S-J Jeong, M-S Kim, J-S Song, D-S Lee, S-H Jeon\*

KERI, Division of Materials Application

**Abstract :** PMN-PZT 단층 및 다층 후박을 알루미늄 기판위에 캔틸레버 형태로 제작하여, 외부의 미소 진동에 의한 마이크로 발전 특성을 고찰하였다. 미소 변위에 의한 마이크로 발전 특성은 캔틸레버의 무게(load), 진동수, 캔틸레버의 길이 등에 밀접한 영향을 미치므로 이에 준한 요소를 고려하여 여러 가지 변수로 실험하였다. 연구 결과 서로 다른 소재의 기판과 발전체의 계면 분리 현상, 전극과 발전체의 분리 현상, 소결 온도 등이 소재 측면의 문제점으로 크게 대두되었으며, 5X20 mm 기판위에 형성된 발전체의 특성은 1.1 kΩ~ 1MΩ의 부하에 따른 전압변동이 0.01 V에서 3.6V 로 큰 차이가 났다. 캔틸레버의 로드의 변화에 대한 피크 전압은 1.9~±2.8 V로 조사되었으며, 출력은 0.45 ~ 4 μW로 측정되었다. 그러나 이런 외부 조건 보다 압전체의 공진 특성과 진동수는 가장 중요한 요인으로 나타났으며, 몇몇 문제가 해결될 경우 마이크로 발전소자의 활용 가능성이 있는 것으로 조사되었다.

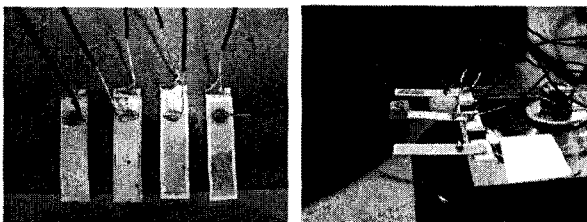
**Key Words :** 무향성 규소강판, 초기 자화 특성, 초투자율, 유도 전동기 코어소재, 투자율, 포화 자속밀도

### 1. 서 론

압전소재는 기계적인 에너지를 전기적인 에너지로 변환시킬 수 있는 대표적인 소재로 알려져 있다. 이러한 소재를 응용한 에너지 변환소자로서 액추에이터, 변압기, 초음파모터, 소자 및 각종 센서로 응용되고 있으며, 여러 응용분야 중에서 생활 주변의 무제한 진동으로부터 활용되고 있지 않은 진동에너지를 수확하여 전기에너지로 변환, 활용하는 Piezoelectric Generation에 대한 관심이 확대되고 있다. Piezoelectric Generation은 도래하는 유비쿼터스 무선 모바일 시대의 휴대용 전자제품, 즉 Wearable 컴퓨터, MP3, GSM, Bluetooth 등의 정보통신기기, Robotics, 항공우주, 자동차, 의료, 건축, MEMS 분야 등의 대체 에너지원으로 응용하기 위한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 마이크로 발전소자를 구현하여 여러 가지 변수에 대한 특성을 고찰 하였다.

### 2. 실험

PMN-PZT는  $0.2\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3-0.8\text{Pb}(\text{Zr}_{0.475}\text{Ti}_{0.525})$ 의 비율로 분말을 합성하여 페이스트 형태로 제조하였으며, 상용 알루미늄 기판위에 전극막을 도포하고 스크린 프린팅하여 1100℃에서 소결하였다.



(a) 마이크로 발전체 (b) 변위에 대한 진동 실험  
그림 1 piezo cantilever 마이크로 발전체

소결 후 상부 전극을 형성하고 풀링하여 마이크로 발전체를 구현 하였다. 기계적 변위는 vibrator를 이용하여 주어졌으며 이때 출력되는 전압과 부하에 따른 전력을 측정하였다. 캔틸레버 끝단에 무게(weight)를 0.15, 0.23, 0.5, 0.75g으로 변화 시켜 길이와 무게에 대한 발전 특성 실험을 행하였다. 공진 주파수 특성은 vibrator의 진동수를 인위적으로 가변 했을때 발전 특성을 조사하였다. 그림 1의 (a)는 제조한 마이크로 발전체 소자이며, (b)는 변위에 대한 진동 실험용 시료이다. 그림 2 는 전체 실험 장치의 블럭을 나타낸 것이다.

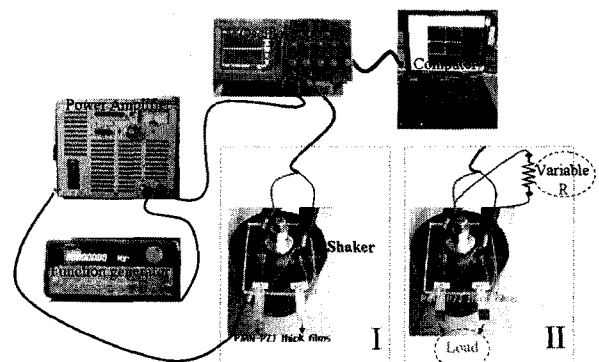
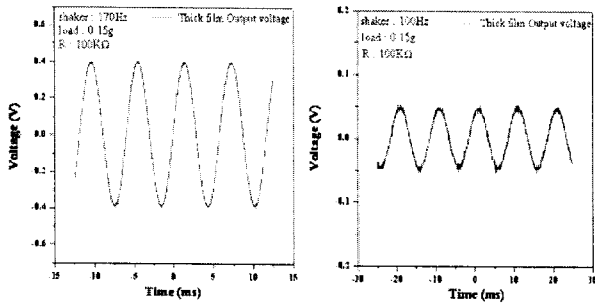


그림 2 마이크로 발전 특성 실험 장치

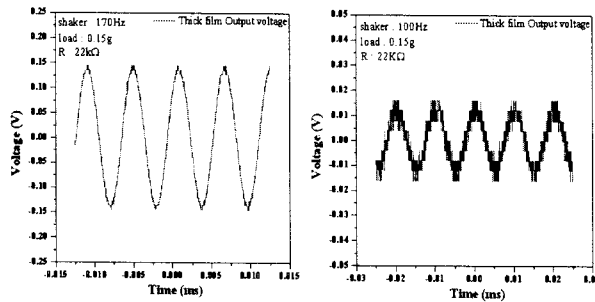
### 3. 결과 및 고찰

그림 3의 (a)는 부하 저항 100 kΩ에서 캔틸레버 무게 0.15 g일때 마이크로 발전 특성을 나타낸 것이다. 공진 주파수 대역에서는 0.4 V 이 감지되었으며, 공진 주파수 위와 아래에서는 0.05 V 정도로 측정 되었다. 동일 조건에서 부하 저항이 21kΩ 일때는 각각 0.15V와 0.03 V로 측정되었다. 마이크로 발전 특성상 부하 저항이 클때는

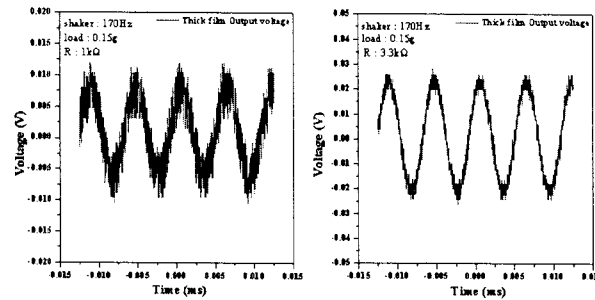
약 10 배 이상 차이로 전력이 떨어지는 접압 감소가 심하게 일어났다. 동일한 조건에서 그림 (c) 역시 유사한 경향으로 나타났다.



(a) 100 kΩ 부하



(b) 21 kΩ 부하



(c) 3.3 kΩ 부하

그림 3 마이크로 발전 특성 실험 장치

후막 소재의 공진 주파수는 165~170Hz 부근임을 감안하면 공진 주파수 대역을 벗어났을 때 발전 특성은 10배 이상 떨어짐이 확인되었다. 즉, 주변의 자연스런 진동이 발전 가능한 영역의 주파수를 갖고 있는지가 중요한 요인이다. 아울러 대역이 넓은 소자의 개발도 필요하다.

표 1 마이크로 발전체 특성 실험 결과

Load (g)	0.23	0.5	0.75
Resonance frequency (Hz)	224	154	130
Output voltage (Vp-p)	± 1.9	± 2.7	± 2.8

표 1에서와 같이 켈티레버의 무게가 무거워져도 공진 주파수 대역에서의 피크전압이 더 높게 측정되었다. 압전 소자는 아래 식과 같이 압전 전하계수  $d_{33}$ 를 비례상수로 외력에 비례하는 전하량  $Q$ 를 발생하며, 이로부터 생성되

는 전기에너지는  $d_{33}$ 와 압전 전압계수  $g_{33}$ 의 곱에 비례하여 크기와도 직접적인 관계에 있는 것으로 알려져 있다.

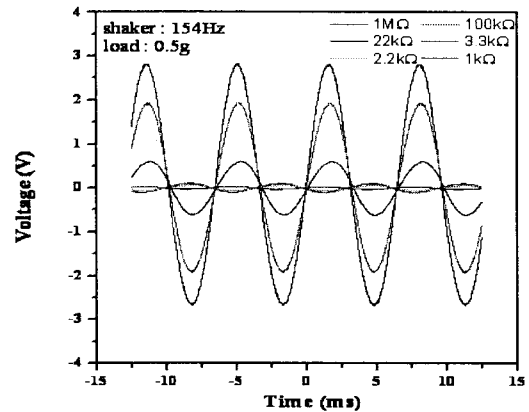


그림 4 부하저항에 따른 발전 특성

따라서 발전 효율을 증대시키기 위해서는 압전 소자의 특성, 즉  $d_{33}$ 와  $g_{33}$ 의 값이 높은 재료의 개발이 필요하고, 소자의 형상과 가해지는 진동의 세기도 중요한 요소로 작용하는 것을 알 수 있다.

$$Q_3 = d_{33} \cdot F_3, \quad W = 1/2 \cdot g_{33} \cdot d_{33} \cdot F_3 \cdot T/WL$$

#### 4. 결론

본 연구에서 piezo cantilever를 적용한 마이크로 발전체 적용 가능성 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 서로 다른 소재의 기판과 발전체의 계면 분리 현상, 전극과 발전체의 분리 현상, 소결 온도 등이 소재 측면의 문제점으로 크게 대두되었으며, 5X20 mm 기판위에 형성된 발전체의 특성은 1.1 kΩ~ 1MΩ의 부하에 따른 전압변동이 0.01 V에서 3.6V로 큰 차이가 났다. 켈티레버의 로드 변화에 대한 피크 전압은 1.9~±2.8 V로 조사되었으며, 출력은 0.45 ~ 4 μW로 측정되었다. 특히 다른 변위 소자에서와 마찬가지로 공진 주파수 특성은 매우 중요한 것으로 조사되었으며, 진동-공진 주파수를 감안하여 외부 진동체에 적용한다면 마이크로 발전소자의 가능성은 충분히 있는 것으로 조사되었다.

#### 참고 문헌

- [1] Tomoaki Futakuchi, et. al., "Preparation of Ferroelectric Thick Film Actuator on Silicon Substrate by Screen Printing, Jpn. J. Phy. Vol 40(2001)
- [2] S. J Jung, I.S Kim et. al "Microstructure and properties of piezoelectric complex for micro-power harvesting" IUMRS-ICA. 2006
- [3] Francis Menil. et. al., "Screen-printed thick-films:From materials to functional devices", Elsevier, 2005.