

31 타입 트리모프 캔틸레버의 마이크로 발전 특성 연구

김인성, 주현규, 정순종, 김민수, 송재성, 전소현
한국전기연구원

Micro-power Properties of 31Type Triple-morph Cantilever for Energy Harvesting Device

In-Sung Kim, Hyeon-Kyu Joo, Soon-Jong Jung, Min-Soo Kim, Jae-Sung Song, So-Hyun Jeon
Korea Electrotechnology Research Institute (KERI)

Abstract : With recent advanced in portable electric devices, wireless sensor, MEMS and bio-Mechanics device, the new typed power supply, not conventional battery but self-powered energy source is needed. Particularly, the system that harvests from their environments are interests for use in self powered devices. For very low powered devices, environmental energy may be enough to use power source. Therefore, in other to made piezoelectric energy harvesting device. The made 31type triple-morph cantilever was resulted from the conditions of 100kΩ, 0.25g, 154Hz respectively. The thick film was prepared at the condition of 6.57V_{rms}, and its power was 432.31μW and its thickness was 50μm.

Key Words : Energy Harvesting, Micro-Power, Cantilever, Triple-morph, PZT, Piezoelectric Device

1. 서 론

개인용 휴대장비나 무선 센서, MEMS 기술의 발달에 따라 저소비 전력 센서의 개발로 자가발전에 의해 전기를 생산하고 배터리를 충전하는 에너지 하베스팅(Energy harvesting) 장치의 연구가 활발히 이루어지고 있다. 에너지 하베스팅 장치에는 여러 가지 종류가 있지만 자동차 엔진과 같이 일상생활에 일어나는 진동과 사람이 걷고 있을 때의 충격과 같은 기계적 에너지를 전기적 에너지로 변환시키는 압전세라믹스의 특성을 이용한 장치가 주목을 받고 있다. [1-3] 하지만 압전세라믹스의 특성상 작은 충격에 약하며 진동에 의한 에너지 하베스팅의 경우 압전세라믹스의 공진주파수가 높아 일상생활에서 진원을 찾기 힘들다는 단점을 가지고 있다.

본 연구에서는 충격에 약한 단점을 보완하고 유연성을 부여하기 위해 캔틸레버 형식의 알루미늄 기판위에 압전 후막을 프린팅 하였고 출력특성향상을 위해 기존의 유니몰프 형태(Unimorph)에서 트리몰프(Triple-morph) 형태로 제작하여 전기적 특성을 측정하였다.

2. 실험

본 실험에서는 그림1과 같은 방법으로 압전 캔틸레버를 제작하였다. 일반적인 산화물 혼합법으로 PMN-PZT 슬러리를 제조한 후, 압전 캔틸레버 제작을 위해 5mm×30mm×0.2mm 크기의 알루미늄 기판을 사용하였고 스크린 프린터를 통해 하부전극 Ag/Pd(70:30) paste를 프린팅 하였다. 프린팅 되어진 Ag/Pd paste 는 1100℃에서 2시간동안 소결하였고, 소결되어진 하부전극 위에 압전 후막을 프린팅 하였다. 압전 후막 프린팅은 1회 코팅하여 소결 시 7μm의 두께를 얻는 관계로 50μm 이상의 두께를 얻기 위해 8회 반복하여 프린팅 한 후 1000℃에서 4시간 동안 소결하였다.상부전극은 Gold Ion coater를 이용하여 10분간 25mA의 전류로 2회 반

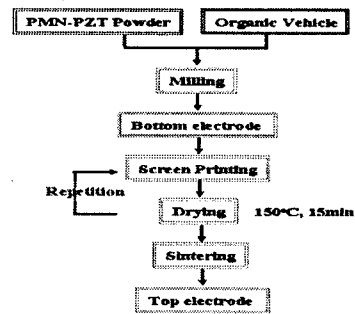


그림 1. 압전 캔틸레버 제작 공정도

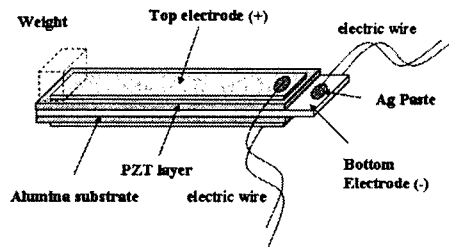


그림 2. 31type 트리몰프 캔틸레버 모식도

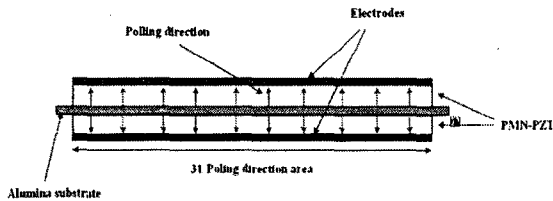
복하여 코팅하였다. 압전 캔틸레버를 트리몰프 형태로 제작하기 위해 위와 같은 공정을 뒷면에도 반복 수행하였으며, 분극처리를 위해 상·하부전극에 각각 Ag wire 를 Ag paste와 Ag epoxy를 이용하여 부착하였다. 풀링은 120℃의 실리콘 오일 속에서 3kV/mm 의 전계를 30분간 가하여 분극처리를 한 후 상온에서 24시간 동안 시효처리를 한 후 특성평가를 실시하였다. 그림 2는 제작되어진 압전 캔틸레버의 모식도를 나타낸 그림이다.

3. 결과 및 검토

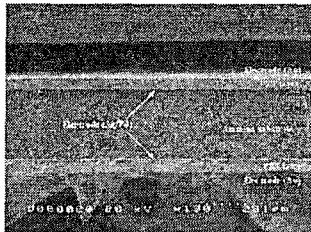
그림 3(a)는 31type 트리몰프 캔틸레버의 분극방향을 나타내었으며, 그림 3(b)는 31type 트리몰프 캔틸레버의 파단면 SEM 이미지를 나타내었으며, 그림 3(c)는 제작되어진 31type 트리몰프 캔틸레버를 Shaker에 부착한 사진이다. 그림 3(a)에서 알 수 있듯이 알루미늄 기판에 형성된 전극을 통해 전계의 방향이 PMN-PZT 후막의 상·하부전극 방향으로 향하고 있는 것을 볼 수 있다. 이것은 31방향으로 폴링이 이루어지는 것으로 캔틸레버의 상·하 진동시 출력이 상쇄되지 않게 하기 위함이다. 그림 3(b)에서도 알 수 있듯이 상·하부 PZT 후막 가운데 알루미늄 기판이 있고 알루미늄 기판의 상·하부에 Ag/Pd 전극이 있고 상·하부 PZT 후막의 바깥부분에 Au 전극이 있다.

그림 4은 압전캔틸레버의 무부하시 출력전압을 나타내었다. 154Hz에서 0.25g의 무게를 부여했을 때 $\pm 13.1V_{p-p}$ 의 최대전압이 측정되었다. 그리고 출력(W)특성을 측정하기 위해 154Hz의 공진주파수 대역에서 각각 5k Ω , 33k Ω , 50k Ω , 100k Ω 의 저항을 사용하여 측정하였다.

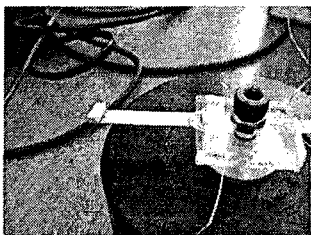
그림 5는 154Hz에서 0.25g의 무게를 부여하고 5k Ω , 33k Ω , 50k Ω , 100k Ω 의 저항을 각각 부여했을 때의 출력전압(V_{rms})과 출력(W)의 그래프이다. 5k Ω 의 저항에서 0.57V $_{rms}$, 63.98 μW 의 전압과 출력이 측정되었고, 33k Ω 의 저항에서 3.32V $_{rms}$, 334.59 μW , 50k Ω 의 저항에서 4.52V $_{rms}$, 409.47 μW , 100k Ω 의 저항에서 6.57V $_{rms}$, 432.31 μW 의 출력이 각각 측정되었다.



(a) 31type triple-morph cantilever 분극방향



(b) 31type triple-morph cantilever의 파단면



(c) 31type triple-morph cantilever

그림 3. 31type triple-morph cantilever의 단면과 분극방향 및 Shaker에 부착된 모습

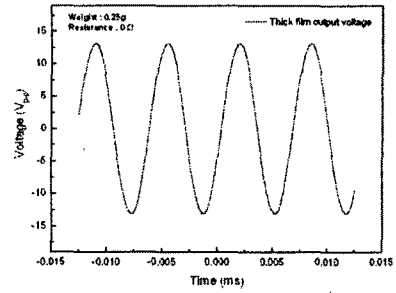


그림 4. 154Hz, weight 0.25g, 무부하시 31type triple-morph cantilever의 출력전압

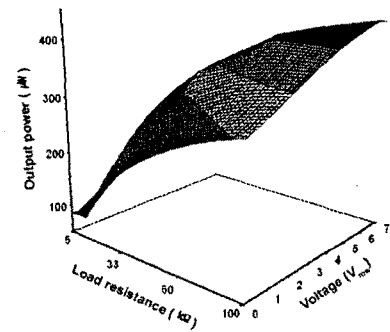


그림 5. 154Hz, weight 0.25g 일 때 저항에 따른 31type triple-morph cantilever의 전압과 출력특성

4. 결론

본 연구에서는 압전세라믹스에 유연성을 부여하기 위해 스크린 프린터를 이용하여 알루미늄 기판위에 PMN-PZT 후막을 프린팅 하였고, 출력특성의 향상을 위해 알루미늄 기판의 상·하부에 후막을 형성함으로써 31타입 트리몰프 형태의 압전 캔틸레버를 제작하였다.

압전 캔틸레버에 0.25g의 무게를 부여했을 때의 공진주파수는 154Hz 이었으며 100k Ω 의 부하저항에서 432.31 μW 의 최대출력을 나타내었다. 본 연구에서 제작한 트리몰프 압전 캔틸레버는 일상생활의 진동을 이용한 자가발전용으로 이용될 수 있을 것으로 기대되며, 자연에서 발생하는 진원의 진동수에 따라 압전 캔틸레버의 길이와 부여하는 무게의 변화를 통해 공진주파수를 조절하여 각종 센서로도 사용할 수 있을 것이라 생각된다.

참고 문헌

- [1] H. Kim, A. Batra, S. Priya, K. Uchino, R. E. Newnham, D. Markeley and H. F. Hofmann: Jpn. J. Appl. Phys. 43 (2004) p. 6178.
- [2] R. E. Newnham, J. Zhang and R. Meyer, Jr.: 12th IEEE Int. Symp. 2000, Vol. 1, p. 29.
- [3] H. A. Sodano, G. Park, D. J. Inman, J. Mat. Sys. Vol. 16, No. 10, 799-807, 2005.