

3-1 타입 트리모프 캔틸레버의 마이크로발전 응용기술 개발

김인성, 주현규, 정순중, 김민수, 송재성, 전소현
한국전기연구원

Development of Application Technique for 3-1 Type Triple-morph Cantilever

Insung Kim, Hyeonkyu Joo, Soonjong Jeong, Minsoo Kim, Jaesung Song, Sohyeon Jeon
Korea Electrotechnology Research Institute

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 6.57Vrms, and its power was 432.31μW and its thickness was 50μm. And than, the fabricated piezoelectric cantilever was packaged for application.

1. 서 론

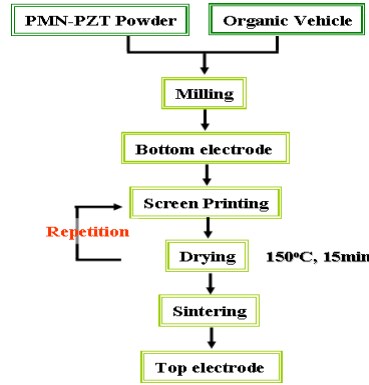
에너지 하베스팅(energy harvesting)은 주위에 산재해 있는 에너지를 수집해서 사용할 수 있는 전기 에너지로 변환시키는 과정을 말한다. 최근 들어 무선기술 및 MEMS 와 같은 저 전력 전자기술의 발전과 더불어 휴대용 전자기기 등에 대한 수요도 증가하고 있는 실정이다. 이러한 장비들은 대부분 휴대할 수 있는 소형 장비로서 자체 전력공급기를 가지고 있으며, 재래식 전지를 사용한다. 하지만 재래식 전지의 경우 수명이 짧고 원하는 기능의 유지를 위해 지속적인 충전과 교체를 해주어야 하는 문제점을 가지고 있다. 이러한 측면에서 자가 발전 전원장치의 연구 및 개발은 시급한 실정이다. 현재 활발히 연구되고 있는 에너지 하베스팅 장치에는 여러 가지 종류가 있지만 일상생활에 일어나는 진동과 사람이 걷고 있을 때의 충격과 같은 기계적 에너지를 전기적 에너지로 변환시키는 압전세라믹스의 특성을 이용한 자가발전장치가 주목을 받고 있다[1-3]. 하지만 압전세라믹스의 특성상 작은 충격에 약하며 진동에 의한 에너지 하베스팅의 경우 압전세라믹스의 공진주파수가 높아 일상 생활에서 진원을 찾기 힘들다는 단점을 가지고 있다.

본 연구에서는 충격에 약한 단점을 보완하고 유연성을 부여하기 위해 캔틸레버 형식의 알루미늄 기판위에 압전 후막을 프린팅 하였으며, 출력 특성향상을 위해 기존의 바이모프 형태(bimorph)의 캔틸레버와 트리모프(triple-morph) 형태의 캔틸레버를 제작하여 두가지 형태의 캔틸레버의 발전특성을 비교하였다.

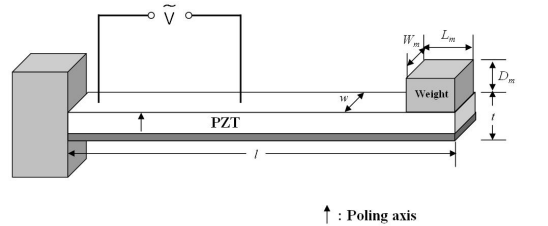
2. 본 론

2.1 압전 캔틸레버의 제작

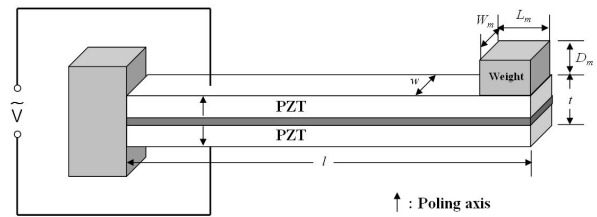
본 실험에서는 그림1과 같은 방법으로 압전 캔틸레버를 제작하였다. 일반적인 산화물 혼합법으로 PMN-PZT 슬러리를 제조한 후, 압전 캔틸레버 제작을 위해 5×30×0.2 mm 크기의 알루미늄 기판을 사용하였고 스크린 프린터를 통해 하부전극 Ag/Pd(70:30) 페이스트를 프린팅 하였다. 프린팅 되어진 Ag/Pd 페이스트는 1100℃에서 2시간동안 소결하였고, 소결되어진 하부전극 위에 압전 후막을 프린팅 하였다. 압전 후막 프린팅은 1회 코팅하여 소결 시 7μm의 두께를 얻는 관계로 50μm 이상의 두께를 얻기 위해 8회 반복하여 프린팅 한 후 1000℃에서 4시간 동안 소결하였다. 상부전극은 금 이온코팅기를 이용하여 10분간 25mA의 전류로 2회 반복하여 코팅하였다. 압전 캔틸레버를 바이모프로 제작한 후 특성평가를 실시하였으며, 트리플모프 형태로 제작하기 위해 위와 같은 공정을 뒷면에도 반복 수행하였다. 분극처리를 위해 상·하부전극에 각각 Ag 와이어를 Ag페이스트와 Ag epoxy를 이용하여 부착하였다. 폴링은 120℃의 실리콘 오일 속에서 3kV/mm의 전계를 30분간 가하여 분극처리를 한 후 상온에서 24시간 동안 시효처리를 한 후 특성평가를 실시하였다. 그림 2는 바이모프와 트리플모프 캔틸레버의 모식도를 나타낸 그림이다. 그림 2(b)에서 알 수 있듯이 알루미늄 기판에 형성된 전극을 통



<그림 1> 압전 캔틸레버 제작 공정도



(a) 바이모프 캔틸레버



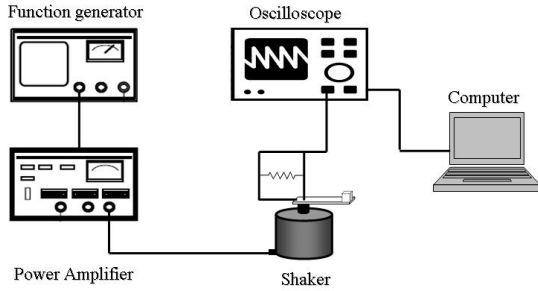
(b) 트리플모프 캔틸레버

<그림 2> 바이모프와 트리플모프 캔틸레버 모식도

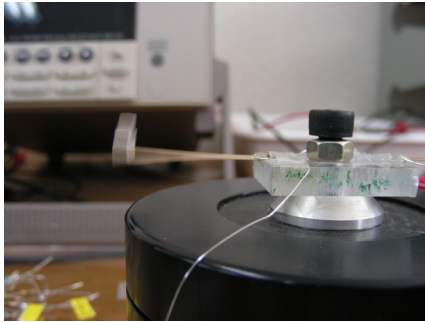
해 전계의 방향이 PMN-PZT 후막의 상·하부전극 방향으로 향하고 있는 것을 볼 수 있다. 이것은 3-1방향으로 폴링이 이루어지는 것으로 캔틸레버의 상·하 진동시 출력이 상쇄되지 않게 하기 위함이다. 또한 상·하부 PZT 후막 가운데 알루미늄 기판이 있고 알루미늄 기판의 상·하부에 Ag/Pd 전극이 있고 상·하부 PZT 후막의 바깥부분에 Au 전극이 있다.

2.2 압전 캔틸레버의 특성평가

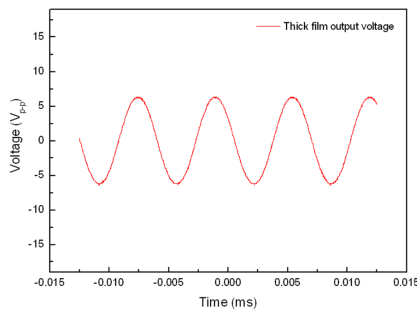
그림 3은 제작되어진 바이모프, 트리플모프 캔틸레버의 측정 모식도를 나타내었다. Function generator에서 공진주파수를 부여하고 Power amplifier에서 Shaker를 통해 진동의 크기가 결정되어진다. Shaker에 부착되어진 압전 캔틸레버는 각각의 공진주파수에 따라 진동하며 전기를 생산해 낸다. 그 전기는 오실로스코프를 통해 측정되어지며 컴퓨터와 연



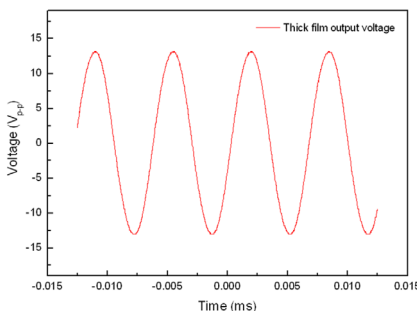
〈그림 3〉 압전 캔틸레버의 측정 모식도



〈그림 4〉 공진주파수 대역에서 Shaker에 부착되어진 압전 캔틸레버의 측정 사진



(a) 194Hz, weight 0.25g, 무부하시 바이몰프 캔틸레버의 출력전압



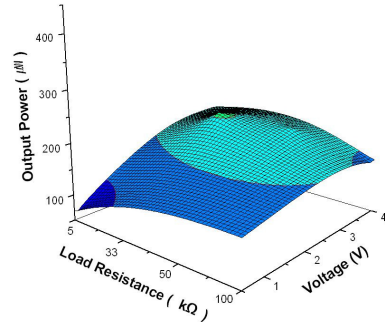
(a) 154Hz, weight 0.25g, 무부하시 트리플몰프 캔틸레버의 출력전압

〈그림 5〉 무부하시 공진주파수 대역에서 측정되어진 압전 캔틸레버의 출력전압

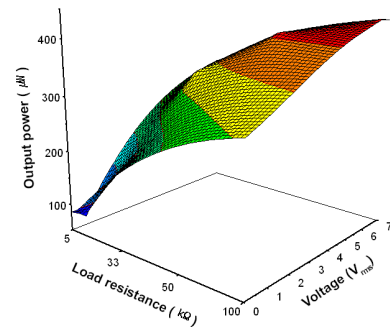
동하여 저장되어지는 방식이다.

그림 4는 제작되어진 바이몰프, 트리플몰프 캔틸레버의 측정사진이다. 사진에서도 볼 수 있듯이 공진주파수 대역에서 압전 캔틸레버는 Shaker의 진동에 따라 상하운동을 반복하며 전기를 생산해 낸다.

그림 5는 압전 캔틸레버의 무부하시 출력전압을 나타내었다. 바이몰프 압전캔틸레버의 경우 194Hz에서 0.25g의 무게를 부여했을 때 $\pm 7.2V_{p-p}$ 의 최대전압이 측정되었다. 그리고 트리플몰프 압전캔틸레버의 경우 154Hz에서 0.25g의 무게를 부여했을 때 $\pm 13.1V_{p-p}$ 의 최대전압이 측정되



(a) 194Hz, weight 0.25g에서의 부하저항에 따른 바이몰프 압전캔틸레버의 출력전압과 출력



(b) 154Hz, weight 0.25g에서의 부하저항에 따른 트리플몰프 압전캔틸레버의 출력전압과 출력

〈그림 6〉 부하저항에 따라 공진주파수 대역에서 측정되어진 압전 캔틸레버의 출력전압과 출력

었다. 그리고 최대출력(W)특성을 측정하기 위해 각각의 공진주파수 대역에서 5kΩ, 33kΩ, 50kΩ, 100kΩ의 저항을 사용하여 측정하였다.

그림 5는 각각의 공진주파수 대역에서 바이몰프 압전 캔틸레버와 트리플몰프 압전 캔틸레버에 0.25g의 무게를 부여하고 5kΩ, 33kΩ, 50kΩ, 100kΩ의 저항을 각각 부여했을 때의 출력전압(Vrms)과 출력(W)의 그래프이다. 바이몰프 압전 캔틸레버의 경우 5kΩ의 저항에서 0.23Vrms, 32.92μW의 전압과 출력이 측정되었고, 33kΩ의 저항에서 2.75Vrms, 230μW, 50kΩ의 저항에서 3.12Vrms, 201.42μW, 100kΩ의 저항에서 3.89Vrms, 121.21μW의 출력이 각각 측정되었다. 그리고 트리플몰프 압전캔틸레버의 경우 5kΩ의 저항에서 0.57Vrms, 63.98μW의 전압과 출력이 측정되었고, 33kΩ의 저항에서 3.32Vrms, 334.59μW, 50kΩ의 저항에서 4.52Vrms, 409.47μW, 100kΩ의 저항에서 6.57Vrms, 432.31μW의 출력이 각각 측정되었다.

3. 결 론

본 연구에서는 압전세라믹스에 유연성을 부여하기 위해 스크린 프린터를 이용하여 알루미늄 기판위에 PMN-PZT 후막을 프린팅 하였고, 출력특성의 비교 평가를 위해 바이몰프 캔틸레버와 알루미늄 기판의 상·하부에 후막을 형성함으로써 트리플몰프 형태의 압전 캔틸레버를 제작하였다.

압전 캔틸레버는 바이몰프 캔틸레버 보다 트리플몰프 캔틸레버의 특성이 더 높게 측정되었으며 0.25g의 무게를 부여했을 때의 공진주파수는 154Hz이었으며 100kΩ의 부하저항에서 432.31μW의 최대출력을 나타내었다. 또한 트리플몰프 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.

[참 고 문 헌]

[1] H. Kim, A. Batra, S. Priya, K. Uchino, R. E. Newnham, D. Markeley and H. F. Hofmann "Energy Harvesting Using a Piezoelectric "Cymbal" Transducer in Dynamic Environment", Jpn. J. Appl. Phys. 43, p. 6178, 2004
 [2] H. A. Sodano, G. Park, D. J. Inman, "Cymbal transducers: a review", J. Mat. Sys. Vol. 16, No. 10, p. 799-807, 2005