

The 14th Korean **MEMS** Conference

제14회 한국 MEMS 학술대회

2012. 4. 5(목) ~ 7(토), 제주 KAL호텔

[주최] 마이크로나노시스템학회
 (Society of Micro and Nano Systems)
 [주최] 대한전기학회(KIEE) MEMS 연구회
 한국센서학회(KSS) MEMS 연구회
 대한기계학회(KSME) 마이크로/나노공학부문
 한국정밀공학회(KSPE) 나노마이크로부문
 MEMS 기술연구조합

| 협찬 | 나노전광주식회사, 나노종합랩센터, (주)네프코, (주)넥스트론, 디에스세미콘,
 서울대학교 한국Bio-IT파운드리 서울센터, 성균관대학교 지역혁신센터, 성원포밍, 셀로코
 주식회사, 샘소닉, (주)신우엠에스티, 아이앤에이테크놀로지, (주)알트소프트, 엑사테크, 연세
 대학교 인체에너지변환 융합파이오니어 연구단, 우원테크놀로지, (주)이디엔씨, 케이시엠씨,
 (주)케이원솔루션, (주)코아칩스, 한국기계연구원(자원절약형 고충황비형상 공정기술 기반구축
 센터), 한국기술벤처재단, MEMS 기술연구조합

MEMS 학술 대회 일정

일과	시 간	내 용	장 소
4월 6일 금요일	16:00~18:00	등 록	로비 (그랜드볼룸 앞)
	17:30~19:00	리셉션	로비 (그랜드볼룸 앞)
	07:30~18:00	등 록	로비 (그랜드볼룸 앞)
	08:00~09:20	구두 발표 FO-1 (Bio/Bionimetics)	그랜드볼룸 좌장 : 김상호, 김지윤
	09:20~09:30	휴 식	
	09:30~09:50	개회식 및 마이크로나노시스템학회 출범식	그랜드볼룸
	09:50~10:20	초청강연 (Invited talk) 김기범 (서울대학교)	그랜드볼룸 좌장 : 최두선, 좌성훈
	10:20~11:30	포스터 발표 FP-1	무궁화룸, 로즈룸, 동백룸 좌장 : 윤준보, 이상호
	11:30~12:00	초청강연 (Invited talk) 백상미 (Kolon Glotech, Inc.)	그랜드볼룸 좌장 : 이종원, 양성
	12:00~13:20	중 식	
	13:20~14:40	구두 발표 FO-2 (Micro Sensors)	그랜드볼룸 좌장 : 이국병, 김정무
	14:40~15:00	휴 식	
	15:00~15:30	초청강연 (Invited talk) 부종욱 (Senplus Inc.)	그랜드볼룸 좌장 : 남호진, 정기훈
	15:30~16:50	구두발표 FO-3 (Nano/Micro Materials and Fabrication Technology)	그랜드볼룸 좌장 : 장원익, 김준원
	16:50~18:00	포스터 발표 FP-2	무궁화룸, 로즈룸, 동백룸 좌장 : 조일주, 이정철
	18:30~20:30	만 찬	그랜드볼룸
4월 7일 토요일	07:30~12:00	등 록	로비 (그랜드볼룸 앞)
	08:00~09:20	구두발표 SO-4 (Optical and RF MEMS, Miscellaneous)	그랜드볼룸 좌장 : 박재영, 김종만
	09:20~10:30	포스터 SP-3	무궁화룸, 로즈룸, 동백룸 좌장 : 이상호, 백정욱
	10:30~11:50	구두발표 SO-5 (Power MEMS and Micro Fluidics)	그랜드볼룸 좌장 : 지창현, 공성호
	11:50~12:00	우수논문 시상 및 폐회	그랜드볼룸

PVDF 필름을 이용한 Post-buckling 기반 에너지 하베스팅 시스템

¹YINGMEI ZHENG, ²XING CHEN, ¹이동원*,

^{1,2} 전남대학교 기계공학과 대학원, ^{1*}전남대학교 기계시스템 공학부

E-mail: mems@jnu.ac.kr

Post-buckling based PVDF energy harvesting system

¹YINGMEI ZHENG, ²XING CHEN, ¹Dong-Weon Lee*

^{1,2}Graduate school of Mechanical Engineering, Chonnam National University,

^{1*}School of Mechanical Systems Engineering, Chonnam National University

Abstract

In this study, the post-buckling mechanism was applied to generate axial stress of double-clamped beam. The beam was made out of PVDF material. When the axial stress is given along the PVDF beam, an electric charge (or voltage) can be generated due to direct effect of piezoelectricity. Once the compressive stress is beyond the critical point, buckling and subsequent post-buckling will occur on the PVDF beam, at which point the maximum compressive axial stress can be formed. In turn, the voltage at PVDF beam by direct effect of piezoelectricity will reach maximum at buckling/post-buckling stage. A PDMS cantilever was fabricated as the substrate, where two ends of PVDF beams were fixed at the surface of PDMS cantilever. It was proved in experiment that the generated voltage by post-buckling is higher than other deformation methods, thanks to the maximum stress from post-buckling deformation.

Keyword – energy harvesting(에너지 하베스팅), Post-buckling (포스트-버클링), PVDF

1. 서론

화석연료의 고갈과 이로 인한 에너지 가격 상승, 특히 화석연료의 온실가스 배출로 인한 환경문제가 하루가 다르게 심각성을 더해간다. 이로써 최근 에너지 하베스팅에 대한 관심이 집중됨에 따라 주변 환경에서 에너지를 소규모 전기에너지로 변환시키는 에너지 하베스팅에 관한 연구가 각광 받고 있다. 에너지 하베스팅 실현 방식으로는 태양광을 이용한 태양발전과 온도차를 이용한 열전발전이 많이 이루어 지고 있는데 본 논문에서는 압전 폴리머를 이용한 압전발전에 관한 연구를 진행하였다. 압전발전은 불충분한 태양과 열 에너지보다 외부 날씨에 영향을 받지 않으며, 에너지 밀도가 높아 많은 연구가 진행되고 있다. 기존에 대부분 PZT 압전소자를 이용한 캔틸레버 구조의 연구가 진행해 왔었고 캔틸레버 구조는 제작 과정이 복잡한데 비하여 효율성 및 활용성에 제한을 가진다. 구조체의 압축/인장 응력을 이용하는 진동력(excited vibration force)이 분극 방향에 수직으로 인가되는 d_{31} 모드는 d_{33} 모드에 비하여 큰 축 응력을 받는다. 본 논문에서는 이러한 큰 축 응력의 장점을 극대화할 수 있고 기존 연구의 복잡성을 최소화 하고, 발전량의 향상을 실현할 수 있는 새로운 구조체, 양단 지지형인 Post-buckling 구조체를 제안하였다. 또한 압전 폴리머의 한 종류인 PVDF

(polyvinylidene-fluoride)를 최대 응력 부분에 위치 시킴으로 발전의 효율을 극대화할 수 있는 구조를 제작 및 평가 하였다.

2. 본론

2.1 Post-buckling 메커니즘 & PVDF 필름

축 응력이 최대일 때 빔의 불안정성을 발생시키며 post-buckling 현상에서 대변위를 형성한다. Post-buckling 빔은 캔틸레버, 박막, sandwich 구조 중에서 가장 큰 축 응력을 받는다. 압전발전의 에너지 하베스팅은 축 응력에 비례하는 발전량을 나타낸다. Post-buckling 기반 에너지 하베스팅은 발전량의 증대를 실현 하고 압축 응력이 임계점을 지나면서 빔이 buckling/post-buckling 현상이 나타나고 이런 현상이 나타나는 그 점에서 최대의 축 응력이 발생한다. 압축 응력이 임계점에서 단일 지지형의 캔틸레버 보다 변위량은 작지만 외부에서 인가되는 외충격에 강하다는 장점이 있다.

PVDF 필름은 폴리머의 일종으로 유연성과 내 화학성을 가지는 테플러계열 수지중의 하나이다. 또한 압전체의 성질을 가지며, 인가된 응력에 비례 하는 전력을 발생시키는 물질로, 유연성과 가공성이 뛰어나 $5\mu m \sim 1mm$ 두께의 다양한 크기와 형태의 필름 제작이 용이하다.

2.2 구조체

2mm 두께의 PDMS(Poly-dimethylsilicone)를 기판으로 사용하였고 PDMS 는 진공 상태에서 30 분 동안 기포를 제거한 후 PVDF 필름의 내열 온도인 $70^\circ C$ 에서 경화하였다. 이렇게 제작한 기판 PDMS 양면에 각각 서스펜션 PVDF 압전 폴리머의 Post-buckling 구조와 PVDF 를 PDMS 에 삽입한 샌드위치 형태로 직접화 되어 있는 구조로 제작하였다. 진동력을 받아 PVDF 필름이 압축/인장 응력을 받으며 상하로 운동하고 이 과정 에 Post-buckling 구조는 대변형을 이루면서 집중적인 응력이 발생한다. 제작된 구조체 이미지는 그림 2 과 같으며 전체 사이즈는 $90 \times 35 \times 6mm$ 이다.

3. 실험 방법 및 결과

실험실에서 자체 제작한 지그로 세가지 에너지 하베스팅 구조에 동시에 같은 세기의 진동력을 인가하며 비교 평가하였다(그림 2). 진동력에 의해서 구조체는 상하로 움직이며 변위를 형성하면서 발전한다. 본 논문에서는

Post-buckling 구조의 장점을 극대화 하기 위하여 Post-buckling 구조와 캔틸레버 구조; Post-buckling 구조와 샌드위치 구조, 두 종류의 비교실험을 진행하였다. 첫번째, 캔틸레버 구조는 상용 PVDF (DT1-028K, MEAS) 압전 폴리머를 사용하였다. Post-buckling 빔은 상용 PVDF 캔틸레버 구조에 비하여 대략 3 배에 가까운 높은 피크 발전량을 보였다(그림 3). 두번째, 서스펜션 PVDF 압전폴리머의 post-buckling 구조와 PVDF 를 PDMS 에 삽입한 샌드위치 구조의 비교실험에서 PVDF (LDT1-028K, MEAS) 압전 폴리머를 사용하였다. PVDF 필름의 사이즈는 $30 \times 16 \times 0.15 \text{ mm}$ 이고 양면에 $110 \mu\text{m}$ 두께의 금속 전극 이 있다. 그림 4 는 반복되는 압축과 인장 동작에 의하여 서로 다른 주파수 영역에서 post-buckling 구조와 샌드위치 구조의 에너지 하베스팅에서 생성된 출력 파형을 나타낸다. 13 Hz 에서 피크 발전량이 post-buckling 구조는 대략 1.5 V , 샌드위치 구조는 0.7 V 가 측정 되었다. Post-buckling 구조에서는 진동력에 비례 하여 출력이 크게 증가하며 낮은 주파수의 운동임에도 불구하고 샌드위치 구조에 비하여 대략 2 배에 가까운 높은 발전량을 보였다.

4. 결론

본 논문에서는 post-buckling 기반 PVDF 구조를 제안하였다. PVDF 압전 폴리머를 이용한 서스펜션 Post-buckling 구조와 샌드위치 형태로 직접화된 구조를 제작하고 상용 PVDF 캔틸레버 구조 총 세가지 종류의 빔으로 동일한 가진기의 진동력을 에너지원으로 한 압전형 에너지 하베스팅을 실현하였다. PVDF 압전 폴리머를 이용한 서스펜션 Post-buckling 구조와 샌드위치 형태로 직접화된 구조의 비교에서 효과적이고 고 신뢰성을 나타내기 위하여 하나의 기판 PDMS 로 제작하였다. Post-buckling 구조가 기타 구조에 비하여 높은 발전량을 가짐을 확인하였다.

감사의 글

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. J.Q. Liu et al., A MEMS-based piezoelectric power generator array for vibration energy harvesting, *J. Microelectronics*, **39**, 802-806 (Feb. 2008)
2. D Vatansever et al., An investigation of energy harvesting from renewable sources with PVDF and PZT, *J. SMART MATERIALS AND STRUCTURES*, **20**, 055019 (Apr. 2011)
3. A J Sneller et al., Experimental investigation of a post-buckled piezoelectric beam with an attached central mass used to harvest energy, *J. Systems and Control Engineering*, **225**, 497 (Jun. 2011)

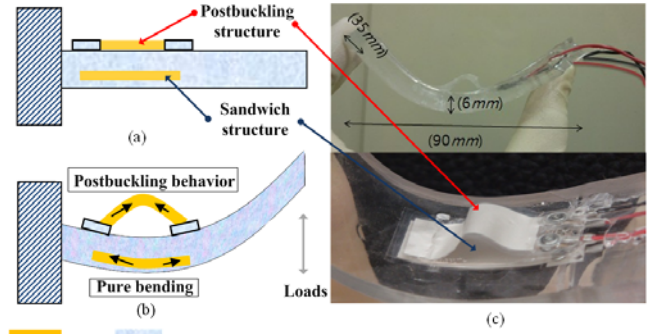


그림 1. (a) 진동력을 받기 전 상태, (b) 진동력을 받은 후 Post-buckling 구조와 샌드위치 구조의 다른 운동 행위, (c) 구조체 이미지.

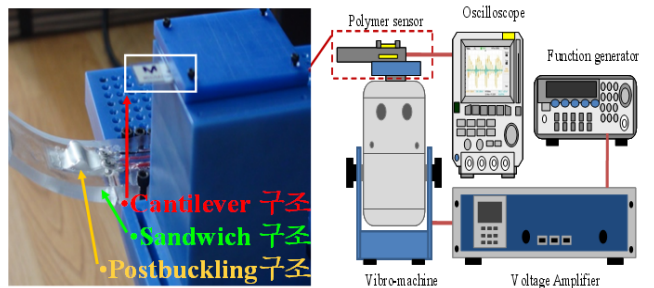


그림 2. 동일한 지그상에서의 세가지 에너지 하베스팅 및 측정시스템

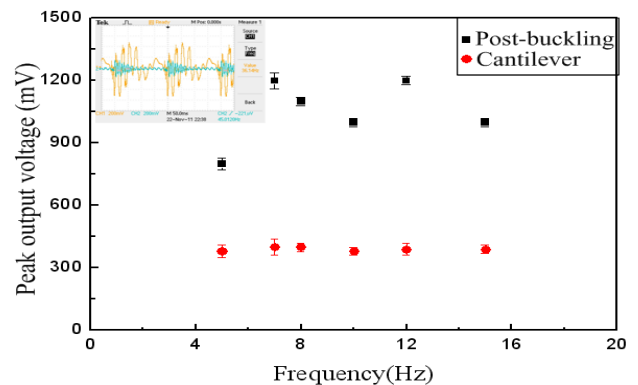


그림 3. Post-buckling 과 상용 캔틸레버의 에너지 하베스팅 발전량

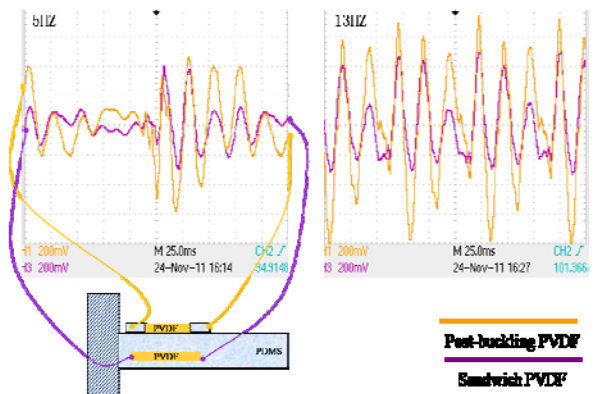


그림 4. 다른 주파수 영역에서의 Post-buckling 과 샌드위치 구조의 발전량