

인체의 움직임과 열을 이용한 PVDF 기반 에너지 수확 소자

PVDF-based Energy Harvester using Human Motion and Heat

*김명수¹, 조성은¹, 김민기¹, #김용준¹

*M. S. Kim¹, S. E. Jo¹, M. K. Kim¹, #Y. J. Kim(yjk@yonsei.ac.kr)¹

¹연세대학교 기계공학과

Key words : PVDF, Human, Piezoelectric, Pyroelectric, Energy harvester

1. 서론

스마트 폰 및 무선 센서 노드를 기반으로 정보를 자유롭게 이용할 수 있는 유비쿼터스 사회로 발전함에 따라 관련 기기들의 에너지 공급원 문제가 필연적으로 대두되고 있다. 이 문제를 해결하기 위해 전 세계적으로 주변 진동 및 인간의 신체활동으로 인한 소산 에너지 등을 이용해서 에너지를 수확하는 연구가 진행되고 있다. 이 중 인간의 신체활동을 이용한 에너지 수확은 장소와 시간에 구애 받지 않고 에너지를 얻을 수 있다는 장점을 가진다.

현재 진행되고 있는 인간의 신체활동을 이용한 에너지 수확 연구의 대부분은 움직임에 의해 발생하는 진동을 이용한다. 그러나 이 진동은 비주기적이며 낮은 공진 주파수를 가지기 때문에 효율적인 에너지 수확이 힘들다.[1] 인체로부터 얻을 수 있는 에너지는 진동 에너지 뿐만 아니라 비틀림, 굽힘, 국부적인 충격 등의 움직임에서 나오는 에너지와 체온에 의해 발생하는 열 에너지가 있다. 따라서 효율적인 인체 에너지 수확을 하기 위해서는 진동 에너지 외에도 각종 움직임에서 나오는 에너지 및 열 에너지를 수확하기 위한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 압전 폴리머인 PVDF (polyvinylidene-fluorid) 필름을 이용하여 인체에서 소산되는 에너지 수확을 위한 에너지 수확소자를 제안한다. 이는 PVDF 가 지닌 압전 및 초전기 특성으로 인체의 움직임 및 체온으로부터 에너지 수확이 가능하다. 제작한 소자의 성능 평가를 위해 다양한 자극을 주고 이에 따른 전압 변화를 확인하였다.

2. 에너지 수확 소자 구조 및 원리

제안하는 에너지 수확 소자는 그림 1 과 같이 PVDF 필름의 윗면과 아랫면에 전극을 형성하는 방식으로 설계하였다. 체열이 직접

PVDF 필름으로 전달되도록 하기 위해 상단과 하단의 전극을 각기 다른 모양으로 하였으며, PDMS 패키징을 통해 전극 손상 방지 및 물리적인 힘이 가해졌을 경우 반발력을 주어 에너지 수확량을 향상 시켰다.

압전 폴리머인 PVDF 필름은 응력이나 변형이 가해졌을 경우 필름의 두께, 작용한 힘, 면적 및 유전율에 따라 전압이 발생한다. 또한 PVDF 필름은 온도에 의존하는 쌍극자 모멘트를 가지는 초 전기성 폴리머로 표면의 온도 변화에 비례하여 전압이 변화한다. 따라서 충격과 굽힘 및 열변화로 인한 그림 1 (b)의 전압 발생 특성을 보이며 이로 인해 에너지가 생산됨을 알 수 있다.

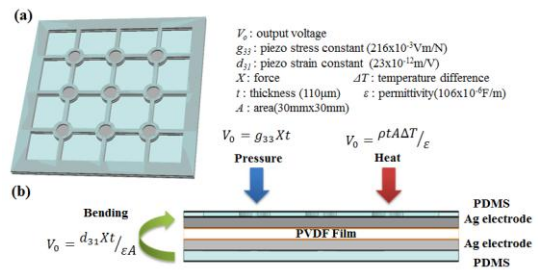


Fig. 1 Schematic diagram of the PVDF-based energy harvester. (a) upper view, (b) side view

3. 에너지 수확 소자 제작

제안하는 수확 소자는 110 μm 두께의 Pre-polarized PVDF 필름 윗면과 아랫면에 스크린 프린팅으로 Ag 전극을 형성하였다. 이후 상단 전극 모양의 PDMS 을 만들기 위해 SU-8 을 이용하여 틀을 형성하고 그 위에 PDMS 를 양생시켰다. 마지막으로 상단의 PDMS 와 제작한 PVDF 를 결합시킨 후 하단 PDMS 를 양생함으로써 수확 소자를 완성하였다. 그림 2 는 에너지 수확 소자의 제작 공정 및 실제 제작된 수확소자이며 소자의 크기는 30mm × 30mm 이다.

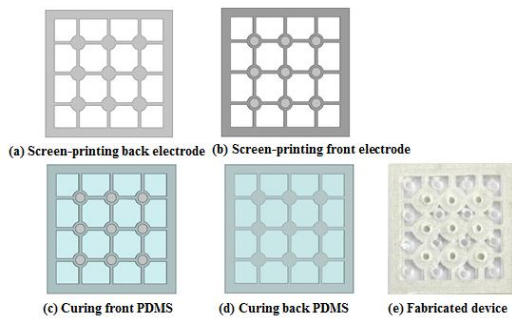


Fig. 2 Fabrication process of proposed device

4. 실험 및 결과

제작된 수확 소자의 인체 움직임과 체열에 따른 에너지 수확을 평가하기 위해 소자에 각기 다른 종류의 힘과 열을 인가하고, 이에 따른 소자의 전압 변화를 오실로스코프를 이용하여 측정하였다.

인체의 움직임에 의한 에너지 수확 성능 평가를 위해 소자에 0.25N 충격 및 90° 굽힘을 각각 주기적으로 인가하였다. 이때, 출력 전압은 가한 충격의 크기와 굽힘 각도에 따라 일정하게 발생하는 것을 볼 수 있었으며, 충격 및 굽힘에 따른 전압 변화는 각각 13.5V 와 0.33V 이었다.(그림 3,4)

열 에너지 수확 성능 평가를 위해 22°C의 상온 소자에 600W 열원과 체열을 인가하고 전압 변화를 측정하였다. 열원과 체열 모두 열을 인가한 시점부터 열평형에 도달할 때까지 일정하게 전압이 감소하는 것을 볼 수 있었다. 최대 전압 값은 열원과 체열을 인가하였을 경우 각각 0.74V, 0.51V 이었다.(그림 5,6)

5. 결론

본 논문에서는 인체의 움직임과 열을 이용하여 에너지 수확이 가능한 PVDF 기반 에너지 수확 소자를 제안하였다. 충격과 굽힘 인가에 따른 전압 발생량은 각각 0.33V, 13.5V 이었으며, 상온 22°C 에서 600W 열원과 체열 인가에 따른 전압 발생량은 각각 0.74V, 0.51V 이었다.

후기

본 연구는 한국연구재단의 미래유망 융합기술 파ioni어사업(2010-0019313) 및 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업(2009-0093823)으로 수행된 연구임.

참고문헌

1. Inna Kozinsky, "STUDY OF PASSIVE SELF-TUNING RESONATOR FOR BROADBAND POWER HARVESTING", Power MEMS, 388-391, 2009

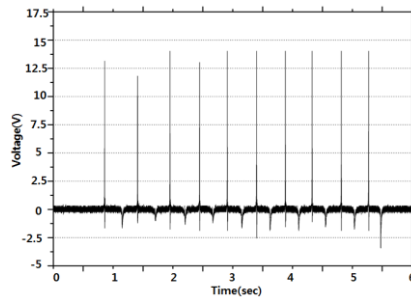


Fig. 3 Output voltage when the impact was applied

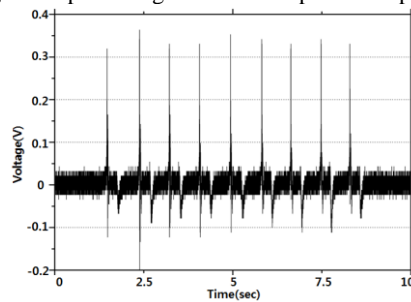


Fig. 4 Output voltage when the bending was applied

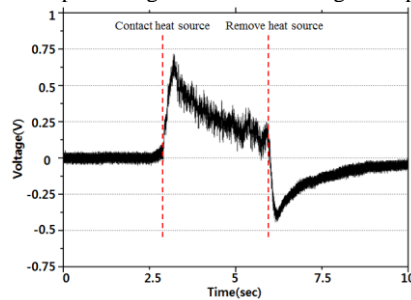


Fig. 5 Output voltage with contacting heat source

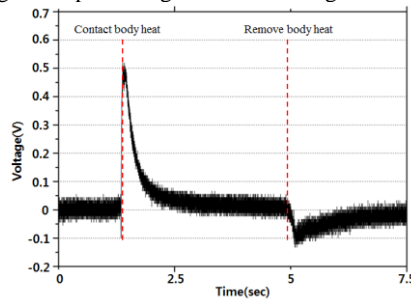


Fig.6 Output voltage with contacting body heat