

셀룰로오스 압전종이 에너지 하베스터의 성능 평가

*적림동¹, 강병우¹, 장상동¹ 김흥수², #김재환¹

*Lindong Zhai¹, ByungWoo Kang¹, SangDong Jang¹ #HeungSoo Kim², Jaehwan Kim¹(jaehwan@inha.ac.kr)

¹인하대학교 기계공학과, ²동국대학교 기계로봇에너지공학과

Key words : energy harvesting, piezoelectric, cellulose

1. 서론

셀룰로오스는 매력적인 구조와 특성을 가진 거의 무한한 고분자 재료이다. 전 세계에서 가장 풍부하고 사용 가능한 유기물질이다. Electro-Active paper(EAPap)는 전극을 입힌 셀룰로오스 필름이고 스마트 셀룰로오스의 하나의 형식이다. 구동 전압이 낮고 큰 변형을 일으킬 수 있다는 장점이 있어서 셀룰로오스 기반의 EAPap 을 이용해서 에너지 하베스터에 적합하다. 셀룰로오스는 스마트 재료로서 바이오 센서, 액추에이터 장치, MEMS 등 영역에서 응용할 수 있다[1]. EAPap 액추에이터를 다른 환경 조건에서 급변변위, 작동력, 에너지 소비의 순서로 성능 평가를 하였다 [2,3]. EAPap 액추에이터가 압전 센서로 가능한지 간단한 외팔 보 진동으로 연구하여 조사했다[4]. EAPap 액추에이터가 압전 장치로서 잠재력이 있는데 압전 에너지 하베스터로는 연구된 바가 많지 않았다. EAPap 를 압전 에너지 하베스터로 만들기 위해서 정확한 출력 전압 데이터, 에너지 효율, 주파수 대역폭 등 중요한 데이터를 가지고 있어야 한다. 본 논문에서 EAPap 의 압전 에너지 하베스터로의 가능성과 기초적인 진동 성능을 조사했다.

2. EAPap 에너지 하베스터

2.1 샘플 준비

재생 셀룰로오스 필름은 중합도 4580 의 목화 셀룰로오스 (Buckeye technologies Co., USA)를 이용해서 만들었다. 목화 셀룰로오스와 LiCl (Junsei Chemical Co., Japan)는 물기를 제거하기

위해 110° C 의 오븐에서 한 시간 동안 건조를 시킨다. 건조한 목화 펄프를 LiCl/무수 DMAc (N, N-dimethyl acetamide, Sigma Aldrich)의 용액에 셀룰로오스 펄프/LiCl/DMAc 2/8/90 의 비례로 혼합 시킨다. 셀룰로오스는 기계교반과 150° C 의 가열조건에서 용해된다. 마지막 상온에서 투명한 셀룰로오스 용액을 얻었다. 투명한 셀룰로오스 용액을 깨끗한 유리판 위에 부은 다음에 닥터 블레이드를 이용해서 캐스팅을 한 다음에 먼저 준비된 DI water/IPA (isopropyl alcohol)의 혼합 용액에서 24 시간 담가 놓아다가 DI water 로 바꿔서 24 시간 다시 담가 놓은 다음에 셀룰로오스 젖은 필름을 얻는다. 젖은 상태의 셀룰로오스 필름을 스트레칭기 위에 올려 1.8 배를 늘린 다음에 적외선 가열기 밑에서 한 시간 동안 가열하여 건조 시킨다. 건조한 필름은 45° 의 방향으로 5x5cm 의 크기를 자른 다음에 금속 증착기에 넣어서 금속전극을 증착 시킨다. 두 가지 금속전극 (금, 알루미늄)을 증착 시켰다. 마지막으로 패키징을 하기 위해서 EAPap 샘플을 얇은 라미네이팅 필름을 이용해서 코팅을 한다.

2.2 실험장비 설치

셀룰로오스 EAPap 에너지 하베스터의 실험 장비 설치는 Fig. 1 과 같이 함수발생기, 진동기 주파수 분석기 등으로 연결된다. 샘플은 진동기에 고정 되어있는 외팔 보에 붙이고 외팔 보의 자유 단에 추를 매달아 변위를 더 크게 하였다. 함수발생기에서 공진주파수를 진동기로 신호를 보내서 외팔보를 진동 시킨다. EAPap 에너지 하베스터에서 생성되는 출력

전압은 Pulse 주파수 분석기로 받는다.

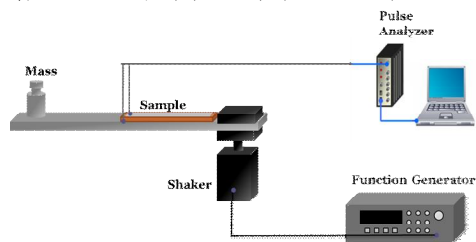


Fig. 1 Experimental Setup

2.3 EAPap 에너지 하베스터 특성

EAPap의 양면에 금과 알루미늄으로 금속증착하여 전극을 입힌다. 알루미늄 전극 입힌 샘플은 200mV 정도의 출력 전압을 제공했고 금 전극 입힌 EAPap 샘플은 124mV 정도의 출력 전압을 제공했다. 알루미늄은 비교적인 높은 일함수를 가지고 있기 때문에 높은 전압을 나타낸 것으로 생각된다. Fig. 2는 알루미늄과 금 전극 입힌 EAPap의 출력 전압이다.

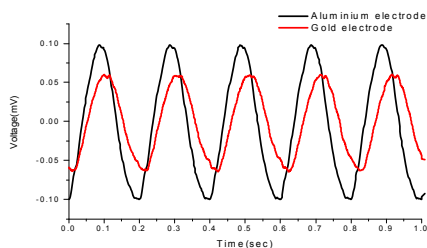


Fig. 2 Voltage output of gold and silver electrode

에너지 하베스터의 더 좋은 성능을 얻기 위해서 하나 4x4cm의 금속 전극 패치를 세 개 1x4cm의 금속 전극 패치를 대신 실험을 했다. 그리고 이 세 개 패치의 연결 방식에 따라 결과가 다르게 나왔다. 직렬의 경우 각 전극 패치의 출력 전압과 거의 같고 병렬의 경우 출력 전압은 거의 세 개 패치의 합과 같게 나왔다. 이는 직병렬로 연결함에 따라 전압 또는 전류를 키우는 구성을 할 수 있음을 말해준다.

3. 결론

실험을 통해서 셀룰로오스 Electro-Active Paper (EAPap)가 유연한 에너지 하베스터로는

잠재적인 성질이 있음을 확인하였다. 알루미늄과 금 전극을 입힌 EAPap을 이용해서 실험한 결과, 알루미늄 전극이 더 높은 전압을 보였다. 전극의 크기와 연결방식을 직병렬로 한 결과, 직렬에서는 전압, 병렬에서는 전류를 키울 수 있었다. 와이어의 선택도 역시 중요한 인자이다. EAPap은 유연성 있는 에너지 하베스터로서 가능성이 있다. 그러나 EAPap의 크기, 민감도, 에너지 효율 등, 더 많은 연구가 필요하다.

4. 후기

이 연구는 연구재단 중견연구지원사업의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. Kim, J., Yun, S., and Ounaies, Z., "Discovery of cellulose as a smart material," *Macromolecules*, **39**, 4202~4206, 2006.
2. Kim, J., Song, C, S., and Yun, S, R., "Cellulose based electro-active papers: performance and environmental effects," *Smart Materials and Structures*, **15**, 719~723, 2006.
3. Kim, J., Wang, N., Chen, Y., and Yun, G, Y., "An electro-active paper actuator made with lithium chloride/cellulose films: Effects of glycerol content and film thickness," *Smart Materials and Structures*, **16**, 1564~1569, 2007.
4. Kim, J., Lee, H., and Kim, H, S., "Beam Vibration Control Using Cellulose based Electro-Active Paper Sensor," *International journal of precision engineering and manufacturing*, **11**, 823~827, 2010.