

세라믹 나노입자-탄성중합체 복합재를 이용한 에너지 하베스팅 장치의 제작

Fabrication of Energy Harvester

Using Ceramic Nanoparticle-Elastomer Composite

*박재일¹, #안성훈^{1,2}, 이길용¹, 김충수², 윤해성¹, 최정오¹, 이현택¹

*J. I. Park¹, #S. H. Ahn (ahnsh@email.com)^{1,2}, G. Y. Lee¹,

C. S. Kim², H. S. Yoon¹, J. O. Choi¹, H. T. Lee¹,

¹서울대학교 기계항공공학부 ²서울대학교 정밀기계설계공동연구소

Key words : BaTiO₃, Polyether block amide, Composite, Energy harvesting

1. 서론

최근 지속 가능한 발전에 대한 관심이 증대되어 다양한 신재생에너지의 수확 및 친환경 발전 방법들이 연구되고 있다. 그 중 압전성을 가진 물질을 이용하여 기계적인 변형력에 의한 에너지를 전기적인 에너지로 변환해주는 발전기 역시 많은 관심을 받고 있는데 최근에는 여기에 더하여 가볍고 유연하여 다양한 분야에 발전기 및 센서로 적용할 수 있는 에너지 변환 장치의 제작에 대한 연구가 많이 이루어져 왔다. 압전성을 가진 폴리머인 Polyvinylidene fluoride (PVDF)를 이용하거나^{[1],[2]}, ZnO 나노 와이어를 이용하는 방법^{[3],[4]}, Lead zirconate titanate (PZT) 나노 구조를 이용한 제작 방법^{[5],[6]}, BaTiO₃ 입자와 폴리머 복합재를 제작하는 방법^[7] 등이 소개되어 왔다.

이 연구에서는 강한 압전성을 가진 BaTiO₃ 입자와 우수한 기계적 성질을 가진 탄성중합체인 Polyether block amide (PEBA)의 복합재를 이용하여 유연 압전성 발전기를 제작하고 평가하였다. PEBA는 높은 탄성 한계와 피로파괴 강도, 저온 환경 및 다양한 화학물질에 대한 저항성 등의 우수한 성질을 갖는 물질이다^[8]. 이러한 PEBA에 BaTiO₃ 입자를 분산시켜 압전성 유연 복합재를 제작하였다. 높은 강도와 탄성을 함께 가진 PEBA 안에 BaTiO₃ 입자가 분산되어 유연하면서도 외부에서 가해지는 기계적인 에너지가 BaTiO₃ 입자에 잘 전달이 될 수

있으며, 강한 힘이 작용하여도 파괴되지 않기에 강한 전기적 에너지를 만들수 있으며, 좋지 않은 환경 조건에서도 견딜 수 있다는 다차원적인 장점을 가지고 있다. 이러한 복합재를 이용하여 압전성 에너지 하베스팅 장치를 제작하였으며 제작한 에너지 하베스팅 장치를 평가하기 위하여 출력 전압 및 전류를 측정하였다.

2. 제작 및 실험 방법

BaTiO₃와 PEBA 복합재는 기계적인 방법으로 혼합되었다. 140 °C의 온도로 PEBA를 가열하여 이를 액체상태로 만든 후 3 μm 이하의 크기를 갖는 BaTiO₃ 입자를 PEBA에 무게비 1:9로 혼합하여 기계적으로 저어 분산되도록 하였다.

기판 및 전극은 ITO-PET 기판에 백금 및 금을 코팅하여 제작하였으며 제작된 복합재와 기판을 위의 Fig 1과 같이 140 °C의 온도에서 접착시켜 에너지 하베스팅 장치를 완성하였다. 제작된 에너지 하베스팅 장치의 평가를 위하여 에너지 하베스팅 장치에 힘을 가해 굽혀지도록 하여 출력 전압과 전류를 측정하였다.

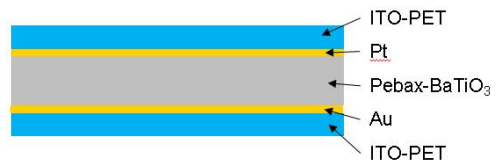


Fig 1 Schematic diagram of energy harvester



Fig 2 Fabricated BaTiO₃-PEBA composite

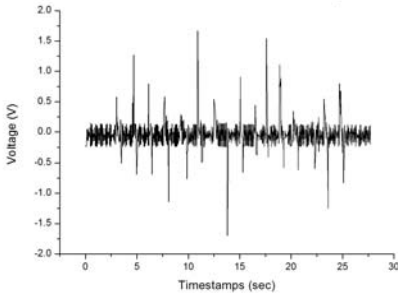


Fig 3 Voltage measurement result of energy harvester

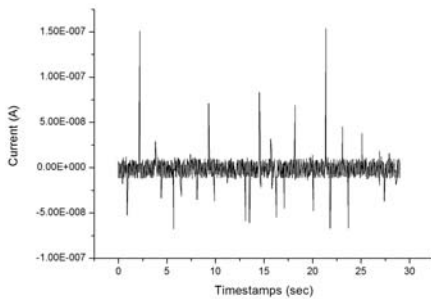


Fig 4 Schematic diagram of energy harvester

3. 제작 및 실험 결과

제작된 BaTiO₃ 와 PEBA 의 복합체는 아래 Fig 2 에 나타나있다. 크기 15mm x 15mm x 1mm 의 BaTiO₃ - PEBA 복합체로 위의 Fig 1 와 같은 에너지 하베스팅 장치를 제작하여 압력을 가하였을 때 전압 수준과 전류를 측정하였으며, 그 결과는 Fig 3 과 Fig 4 에 잘 나타나 있다. 압력이 가해져 장치가 휘어질 때와 풀어질 때 각각 반대 방향으로 전압과 전류가 생성되어 양의 방향과 음의 방향의 반복적인 피크 모양의 전류가 생성됨을 확인할 수 있다.

4. 결론

이 연구에서는 압전성을 가진 BaTiO₃ 입자와

우수한 성질을 가진 탄성중합체인 PEBA 의 복합체를 이용하여 유연 에너지 하베스팅 장치를 제작하고 평가하였다. 유연 에너지 하베스팅 장치는 간단한 방법으로 성공적으로 제작되었으며 작은 부피로 1.5V, 100nA 이상의 전압과 전류를 생성하는데 성공하였다.

후기

이 논문은 2012 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2012-0008727).

참고문헌

1. Chang, C., et al., Direct-write piezoelectric polymeric nanogenerator with high energy conversion efficiency. *Nano Lett*, 2010. **10**(2): p. 726-31.
2. Xu, J., et al., Microphone based on Polyvinylidene Fluoride (PVDF) micro-pillars and patterned electrodes. *Sensors and Actuators A: Physical*, 2009. **153**(1): p. 24-32.
3. Kumar, B. and S.-W. Kim, Energy harvesting based on semiconducting piezoelectric ZnO nanostructures. *Nano Energy*, 2012. **1**(3): p. 342-355.
4. Kim, K.H., et al., Paper-based piezoelectric nanogenerators with high thermal stability. *Small*, 2011. **7**(18): p. 2577-80.
5. Chen, X., et al., 1.6 V nanogenerator for mechanical energy harvesting using PZT nanofibers. *Nano Lett*, 2010. **10**(6): p. 2133-7.
6. Qi, Y., et al., Piezoelectric ribbons printed onto rubber for flexible energy conversion. *Nano Lett*, 2010. **10**(2): p. 524-8.
7. Park, K.I., et al., Flexible nanocomposite generator made of BaTiO₃ nanoparticles and graphitic carbons. *Adv Mater*, 2012. **24**(22): p. 2999-3004, 2937.
8. Sheth, J.P., J. Xu, and G.L. Wilkes, *Solid state structure-property behavior of semicrystalline poly(ether-block-amide) PEBAX® thermoplastic elastomers*. *Polymer*, 2003. **44**(3): p. 743-756.