

전기도금 방법으로 제작한 코일을 이용한 초소형 발전기의 특성분석

이동호¹ · 김성일* · 김영환 · 김용태 · 박민철 · 이창우¹ · 백창욱²

한국과학기술연구원 시스템 연구부, ¹국민대학교 물리학과, ²중앙대학교 전자전기공학부

Characterization of a Micro Power Generator using a Fabricated Electroplated Coil

Dong-Ho Lee¹, Seong-Il Kim*, Young-Hwan Kim, Yong-Tae Kim,
Min-Chul Park, Chang-Woo Lee¹, and Chang-Wook Baik²

Korea Institute of Science and Technology

¹Department of Nano and Electric Physics, Kookmin University

²School of Electrical and Electronics Engineering, Chung Ang University

초 록: 전기도금 방법으로 유리기판 위에 제작한 코일과 영구자석을 이용하여 초소형발전기를 제작하였다. 여러 크기의 코일 구조를 설계한 마스크를 제작하고, 이를 이용하여 MEMS 코일을 제작하였다. 그 중 두께가 7 μm 선폭이 20 μm 길이가 1.6 m인 코일을 선택하여 실험하였다. 광학현미경과 SEM을 사용하여 제작된 코일의 구조를 분석하였다. 또한 모터의 회전운동을 진동운동과 유사한 선형운동으로 변환하는 진동발생시스템을 제작하였고, 자석과 코일을 진동발생장치에 설치하고 진동을 발생시키면 교류 전압이 발생한다. 0.5Hz에서 8Hz까지 진동주파수를 변화시켜 특성을 측정하였다. 발생된 전압은 3Hz에서 106mV가 발생하였고, 6Hz에서 198mV가 발생하였다. 본 연구의 목적은 쓸모없이 버려지는 진동에너지를 유용한 전기에너지로 변환하는 초소형발전기 소자를 제작하는 것이다.

Abstract: We have designed and fabricated micro power generators by electroplating which is important in MEMS(micro electro mechanical system) technique. We have electroplated MEMS coils on the glass substrates and have chosen one of these coils for experiments. The thickness, width, and length of the coil are 7 μm , 20 μm , and 1.6 m, respectively. We have analyzed the structure of MEMS coil by SEM. We have made a vibrating system for reproducible results in measurement. With reciprocating a magnet on the surface of a fabricated winding coil, the micro power generator produce an alternating voltage. We have changed the vibrational frequency from 0.5 Hz to 8 Hz. The generated voltage was 106 mV at 3 Hz and 198 mV at 6 Hz. We aim at the micro power generator which can change vibration energy to useful electric energy.

Keywords: MPG(Micro Power Generator), RFID(Radio Frequency IDentification), MEMS, coil, magnet

1. 서 론

본 연구에서 제작한 전기전력발생 초소형발전

기 소자는 평면상에서 원형으로 감겨진 코일위에
서 영구자석을 왕복운동 시키거나 코일을 영구자
석 위에서 왕복운동 시키면 기전력이 발생하는 현

*Corresponding author
E-mail: s-ikim@kist.re.kr

상을 이용한다. 발생하는 전기에너지는 Faraday 법칙에 따라 유도되는 유도 기전력이다. 코일은 평면상에서 사각형 또는 원형으로 여러번 감아진 형태이다. 이렇게 생성된 전기에너지는 센서, 전기소자 및 RFID(Radio Frequency IDentification) 카드^{1,2)} 등을 구동하는데 사용될 수 있다. 본 연구에서 사용한 MEMS 기술을 사용하여 전기발생 소자의 크기나 부피를 매우 줄일 수도 있다. 부피 제한 조건에 따라 소자의 크기가 감소하면, 발생하는 전력도 감소하게 된다. 이 경우 다층으로 구성된 코일 구조를 제작하면 발생전압을 크게 할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 MEMS 기술의 하나인 전기도금으로 제작한 코일의 가능성만을 시험하기 위해서 하나의 층으로만 된 코일을 제작하여 시험하였다.

2. MEMS 코일 제작공정

부피가 작은 코일을 만들기 위해서는 MEMS공정이 필요하다. Fig. 1은 MEMS 코일³⁾의 개략적인 공정도이다. MEMS 코일은 MEMS 가공기술 중의 하나인 전기도금 법으로 제작하였다. 4인치 파이렉스 7740유리기판에 Cr(200Å) / Au(1000Å) 씨앗층(seed layer)을 증착한 후 AZ4620 PR용액으로 15 μm 두께의 전기도금용 몰드를 제작한다. PR은 1000RPM으로 35초 동안 코팅한 후 115°C에서 3

분간 가열하였다. 전기도금 중 전류밀도는 4 mA/cm²이었고 증착률은 0.25 μm/min 이었다. 아세톤으로 PR몰드를 제거한 후 전기도금 된 금속들 사이에 남은 씨앗층들 중 금은 습식에칭으로 크롬은 Cl₂기체를 사용한 PF플라즈마 에칭으로 제거한다⁴⁾.

선폭이 10 μm와 20 μm로 감긴 사각형의 MEMS 코일을 설계하였다. 길이는 가장 짧은 것이 0.4 m 이고 가장 긴 것이 3.55 m이고, 적게 감긴 횟수는 96회고 가장 많이 감긴 횟수는 392회이다. 크기별로는 4개의 샘플을 선폭 10 μm와 20 μm로 총 8가지이고, 각각 두께 4.5 μm와 7 μm로 하여 2개조 제작하였다. 그 구조는 Fig. 1과 같다. 코일의 중심에 200 μm×200 μm의 와이어링 패드로부터 선이 감겨 나와 좌측 하단에는 외부에 와이어 본딩을 할 수 있는 패드1에 연결되어 있고, 우측 하단에는 코일 중심의 와이어링 패드로 와이어 본딩을 할 수 있도록 패드2가 있는 형태의 구조이다.

Fig. 3은 MEMS 코일제작 공정으로 제작한 실제의 MEMS 코일을 SEM으로 본 모습이다. 코일은 완성되었지만 이 코일만으로는 전력을 얻을 수 없다. Fig. 3을 보면 코일 중심에 와이어링 패드와 외곽의 패드2가 연결되어있지 않아 단선이 된 상태로 전력을 얻을 수 없다. 그래서 와이어링 패드와 패드2를 이어주는 와이어 본딩작업이 필요하다. 와이어 본딩이 되면 비로소 전력을 얻을 수 있는

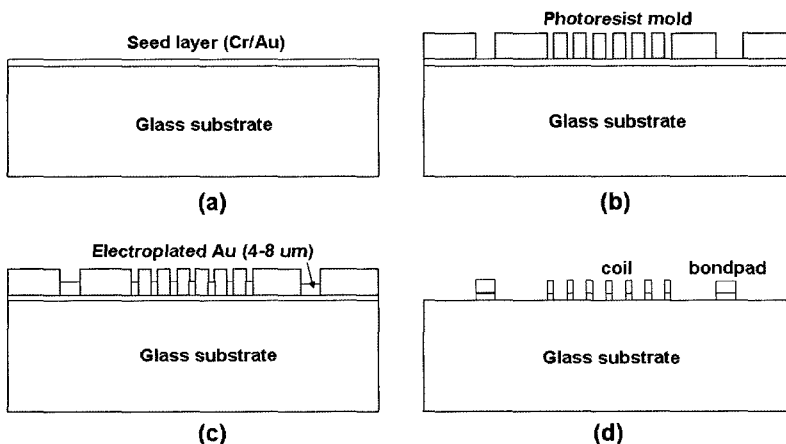


Fig. 1. The schematic diagram for fabricating MEMS coil (a) The seed layer(Cr/Au) deposited on a glass substrate. (b) The photoresist which is a shape of coil is constructed on the substrate. (c) Au is electroplated on the substrate. (d) The photoresist and the seed layer are removed.

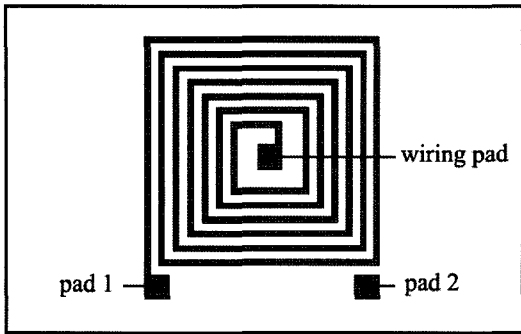


Fig. 2 The shape of a designed MEMS coil.

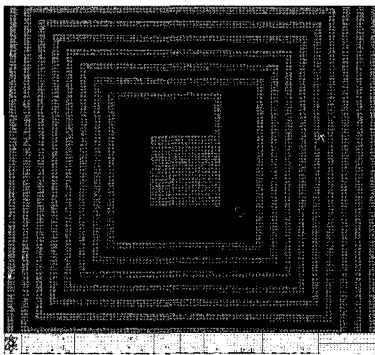


Fig. 3. A picture of a MEMS coil that was taken by SEM, 140 magnifications. the thickness and the line width is 7 μm and 20 μm . the size of wiring pad is 200 μm ×200 μm .

MEMS 코일이 완성된다.

3. 실험

본 실험에서는 두께가 7 μm , 선폭이 20 μm , 길이가 1.6m이고 197회 감겨진 MEMS코일을 선택하였고 두께 1 cm, 직경이 1.5 cm인 자석을 사용하였다. 이때 MEMS코일의 저항값은 1.1 k Ω 이었다. 진동수 변화에 따라 정확하고 일정하게 수평방향으로 진동하는 진동 발생장치를 제작하였다⁵⁾. Fig. 4는 진동발생장치의 개요도이고, Fig. 5는 제작한 진동 발생장치의 사진이다. 진동 발생장치는 속도 조절장치와 속도변환 모터, 선형베어링, 일반베어링 및 아크릴 몸체 등으로 이루어져있다. 선형베어링 위에 슬라이더를 장착하여 자석을 왕복하여 움직일 수 있게 하였다. 모터의 축에 원형 아크릴

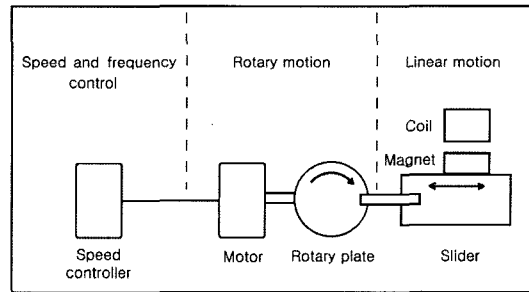


Fig. 4. A measurement system is composed of a speed and frequency control part, a rotary motion part and a linear motion part.

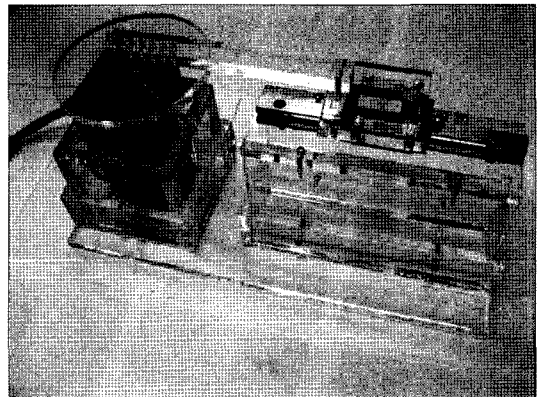


Fig. 5 The fabricated measurement system.

판을 달았고, 코일의 크기에 따라 자석이 왕복 운동하는 진폭을 조절하기 위하여 원형 아크릴판 위에 1 cm 단위로 베어링을 설치하였다. 아크릴 판이 회전을 하면 막대의 형태인 아크릴이 슬라이더에 직선 운동의 형태로 에너지를 전달해준다. AC 속도변환 모터는 최대 600RPM까지 가능하고 이를 직선운동형태로 변환할 경우 진동수 단위로 환산하면 10Hz가 된다. 샘플 홀더를 사용하여 코일을 올려놓고 속도 조절장치를 사용하여 진동 발생 장치의 진동수를 0.5Hz에서 8Hz까지 0.5Hz단위로 변환해 가며 코일에서 발생하는 전압 값을 측정하였다.

자가발전 소자에서 발생하는 교류전압 및 정류된 직류전압을 측정하기 위해 Agilent technology의 MSO6034A 오실로스코프를 사용하였다. 오실로스코프의 측정시 표시되는 눈금은 전압은 50 mV 시간은 250 ms를 나타낸다. 제작된 코일의 표

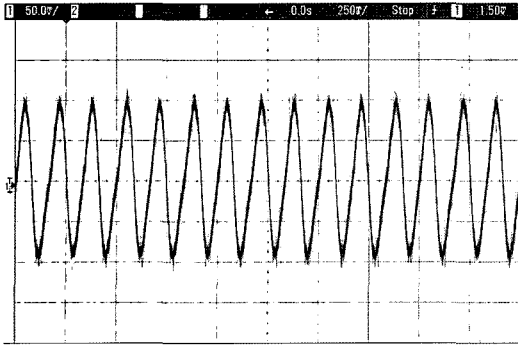


Fig. 6. The output voltage measured at 3Hz. The result was 106mV.



Fig. 7. The output voltage measured at 6Hz. The result was 198mV.

면에서 자석을 왕복운동 시키면 측정된 전압 값은 교류 전압으로 나타난다. Fig. 6과 7에서 진동수 3 Hz일 때 106mV가 6Hz일 때 198mV의 출력전압이 발생했다. 0.5Hz단위별 각각의 진동수를 표시해보면 Fig. 8에서와 같이 나타난다. 진동수가 0.5 Hz일 때 최대 출력전압 18mV이고, 0.5Hz를 증가시킬 때 마다 평균 16mV증가하여 진동수가 8Hz일 때 263mV까지 발생한다.

4. 결 론

본 연구에서는 주위 환경에서 발생하는 진동 에너지를 전기에너지로 변환하는 초소형 자가발전 소자를 제작하고 특성측정을 하였다. 코일은

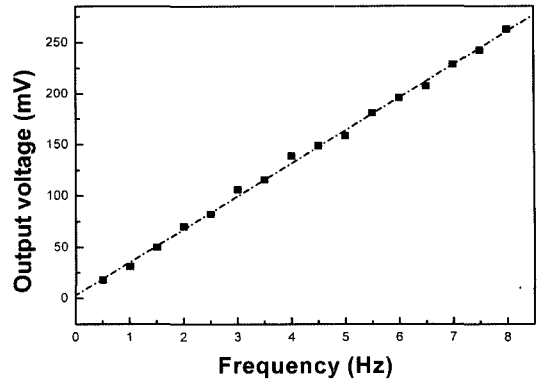


Fig. 8. Output voltages as a function of frequency

MEMS에서 많이 사용되는 전기도금 방법으로 제작하였고 자석을 코일의 평면상에서 수평으로 왕복운동 시켜 기전력이 발생하는 현상을 이용하였다. 또한 진동에너지를 모사하기위해 모터의 회전운동을 슬라이더의 직선운동으로 변환하는 장치를 고안하여 제작하였다. 진동발생장치에 자석을 설치하여 0.5Hz에서 8Hz까지 진동을 0.5Hz단위로 발생시켜 전압 값을 측정하였다. 진동수가 3Hz에서 교류전압 106mV 진동수 6Hz에서 교류전압 198mV이 발생하였으며, 발생 전압은 0.5Hz의 진동수를 증가시킬 때 마다 평균 16mV씩 진동수에 선형으로 증가 하였다.

참고문헌

1. N. Wang, N. Zhang and M. Wang, Computers and Electronics in Agriculture, 50(1), 1-14(2006).
2. L. Chiu, T. Y. Yum, W. S. Chang, Q. Xue and C. H. Chan, Microwave and Optical Technology Letters, 48(2), 409-411(2006).
3. K. Kawabe, H. Koyama and K. Shirae, IEEE Transactions on Magnetics, 20(5), 1804-1806(1984).
4. S.G. dos Santos F, L.F.O. Martins, P.C.T. D'Ajello, A.A. Pasa and C.M. Hasenack, Microelectronic Engineering, 33(1-4), 59-64(1997).
5. T.G. Park, D.S. Jeong, M.H. Kim and T.K. Song, Materials Chemistry and Physics, 98(1), 1-4(2006).