

# 전기도금 방법으로 제작한 코일을 이용한 초소형 발전기의 저주파 진동 특성분석

김성일\*, 이동호\*\*, 이윤표\*, 김용태\*

\*한국과학기술연구원, \*\* 국민대학교 물리학과, 한국과학기술연구원

## 초록

전기도금 방법으로 유리기판 위에 제작한 코일과 영구자석을 이용하여 초소형발전기를 제작하였다. 여러 크기의 코일 구조를 설계하여 마스크를 제작하였으며, 4.5  $\mu\text{m}$ , 7  $\mu\text{m}$  두께의 코일을 제작하였다. 광학현미경과 SEM(투사전자현미경)을 사용하여 제작된 코일의 구조를 분석하였다. 발생한 전기에너지를 진동주파수의 함수로 측정하였다. 또한 모터의 회전운동을 진동운동과 유사한 선형운동으로 변환하는 시스템을 제작하였고, 초소형 발전기 특성측정에 사용하였다. 1 Hz에서 8 Hz까지 진동주파수를 변화시켜 특성을 측정하였고, 진동에 의해 발생된 전압 값과 채배정류된 전압 값을 비교하였다. 본 연구의 목적은 쓸모없이 버려지는 진동에너지를 유용한 전기에너지로 변환하는 초소형발전기 소자를 제작하는 것이다.

## 1. 서론

본 연구에서 제작한 전기전력발생 초소형발전기 소자는 평면상에서 원형으로 감겨진 코일위에서 영구자석을 왕복운동 시키거나 코일을 영구자석 위에서 왕복운동 시키면 기전력이 발생하는 현상을 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] 등을 구동하는데 사용될 수 있다. 본 연구에서 사용한 MEMS 기술을 사용하여 전기발생 소자의 크기나 부피를 매우 줄일 수 도 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[2,3].

## 2. 실험 방법

전기금도금 방법으로 MEMS 코일을 제작하고, 일정하고 균일한 전압측정을 위하여 진동발생장치를 제작하고 이를 이용하여 교류 전압 값을 측정하고 채배회로를 설치하여 직류 전압 값을 측정하는 실험을 하였다[4].

### 2.1 전기도금에 의한 MEMS 코일의 제작

Cr/Au 접착층을 증착하고, 포토레지스트(PR)를 사용한 코일구조 정의한 후, 금도금을 한다. 끝으로 포토레지스트 및 접착층(Cr/Au)을 제거하면 공정이 완료 된다. 그후 개별소자로 절단한 후, 패드에 가는 금선으로 외부 전선과 연결하여 측정을 하게 된다[5]. 그림 1 (a)와 (b)는 금도금 방법으로 제작한 MEMS 코일 구조를 주사전자현미경(SEM)으로 관찰한 사진이고, 그림 1(a)는 코일의 중심부분을 140 배 확대한 사진이고 그림 1(b)는 MEMS 코일의 선 부분을 1500 배 확대한 사진이다. SEM 은 FEI 사의 Nova SEM 200 을 사용하였다. 두께는 7  $\mu\text{m}$ , 선폭은 20  $\mu\text{m}$  이고, 코일의 안쪽에 위치한 패드의 크기는 200  $\mu\text{m}$  x 200  $\mu\text{m}$  이다. 이때 제작한 MEMS 코일의 저항 값은 1.1 k $\Omega$ 이었다.

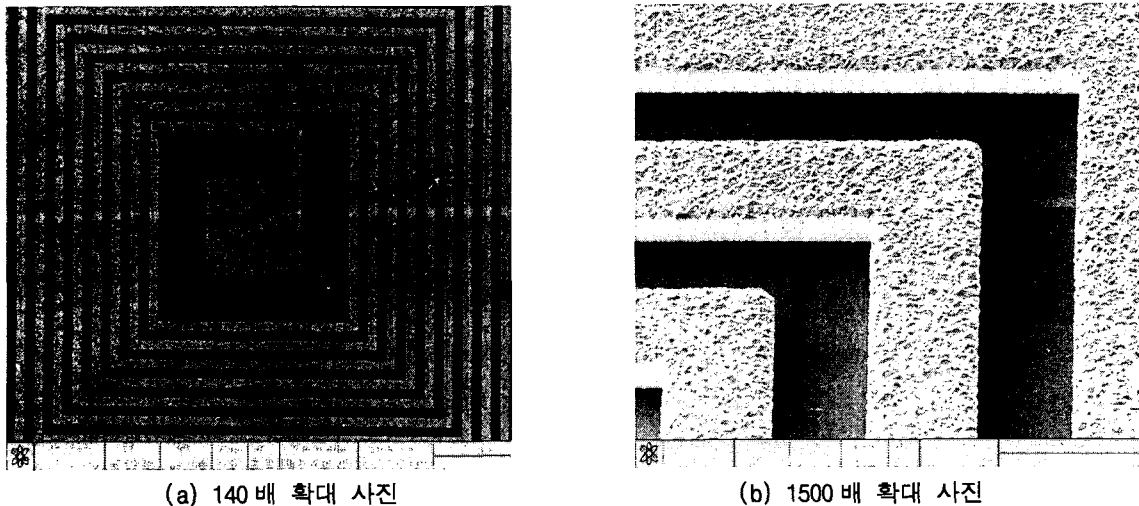


그림 1 금도금 방법으로 제작한 MEMS 코일 구조

### 2.2 진동측정장치

본 연구에서 주파수에 따른 진동에너지를 측정하기 위해 모터의 회전 운동을 정확하고 일정하게 수평방향의 진동으로 변환해주는 진동 발생장치를 제작하였다. 그림 2 는 진동발생장치이다. 진동 발생장치는 속도 조절장치와 속도변환 모터, 선형베어링, 일반베어링 및 아크릴 몸체 등으로 이루어져 있다. 선형베어링 위에 슬라이더를 장착하여 자석을 왕복하여 움직일 수 있게 하였다. 모터의 축에 원형 아크릴 판을 달았고, 코일의 크기에 따라 자석의 진폭을 조절하기 위하여 원형 아크릴판 위에 1 cm단위로 베어링을 설치하였다. 아크릴 판이 회전을 하면 막대의 형태인 아크릴이 슬라이더에 직선 운동의 형태로 에너지를 전달해준다. AC 속도변환 모터는 최대 600RPM 까지 가능하고 이를 직선운동형태로 변환할 경우 진동수단위로 환산하면 10 Hz가 된다.

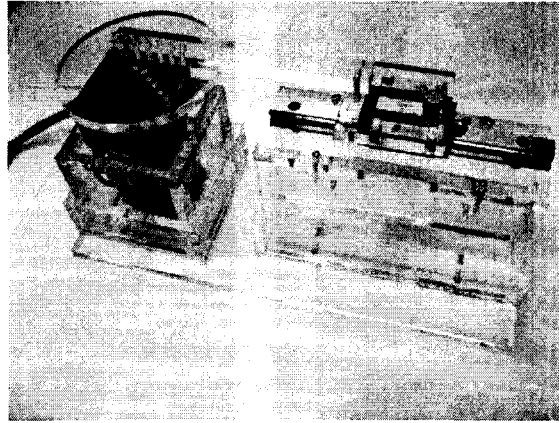


그림 2 제작된 진동발생장치

### 2.3 주파수 변화에 따른 발생전압 특성 분석

금도금으로 제작한 MEMS 코일과 진동발생장치를 이용하여 교류전압을 발생시켰고, 체배정류회로를 이용하여 교류전류를 직류로 바꾸고 전압을 체배하는 실험을 하였다. 이때 전압은 작은 값이므로 다이오드선정에서 순방향 문턱 전압이 작은 쇼트키다이오드를 사용하는 것이 바람직하다. 이 실험에서 사용한 커패시터의 용량은  $47 \mu\text{F}$ 이었다. 위의 실험방법과 같이 진동발생장치를 이용하여 1 Hz에서 8 Hz까지의 진동을 만들어서 코일로부터 교류전압을 발생시켰고, 체배정류회로를 사용하여 직류전압을 얻었다.

### 3. 실험결과 및 고찰

1 Hz에서 8 Hz까지의 진동수중에서 4 Hz와 8 Hz를 살펴보면, 4 Hz의 진동에서 체배정류회로를 통과한 직류전압이 130 mV로 체배 되기 전의 교류전압 139 mV 보다 9 mV 낮고, 8 Hz의 진동에서 체배정류회로를 통과한 직류전압이 370 mV로 체배 되기 전의 교류전압 263 mV 보다 107 mV 높은 것을 알 수 있다. 그림 3 은 1 Hz에서 8 Hz까지의 진동수에서 1 Hz단위로 진동에 의한 교류전압과 체배정류된 직류전압을 나타낸 그림이다. 진동수가 1 Hz씩 증가하면 교류전압은 거의 일정하게 평균 32 mV씩 증가하였지만, 비선형적으로 증가하였다. 결과적으로 체배 되기 전의 교류전압의 증가율이 일정하게 증가 하였고, 체배정류된 직류전압은 전압증가율이 점차적으로 증가 하여 약 4.5 Hz에서 전압 값이 같아진다. 4.5 Hz 이후에는 체배정류된 전압의 증가량이 체배정류 되기 전의 증가량보다 10 mV 이상 큰 것을 알 수 있다. 따라서 4.5 Hz까지는 체배정류회로를 사용하여 얻어진 이득이 체배회로 자체의 저항이나 커패시터와 관련된 손실보다 작음을 알 수 있었고, 4.5 Hz 이상부터는 체배회로를 사용한 이득이 손실보다 더 큰 값을 갖고 있음을 알 수 있었다.

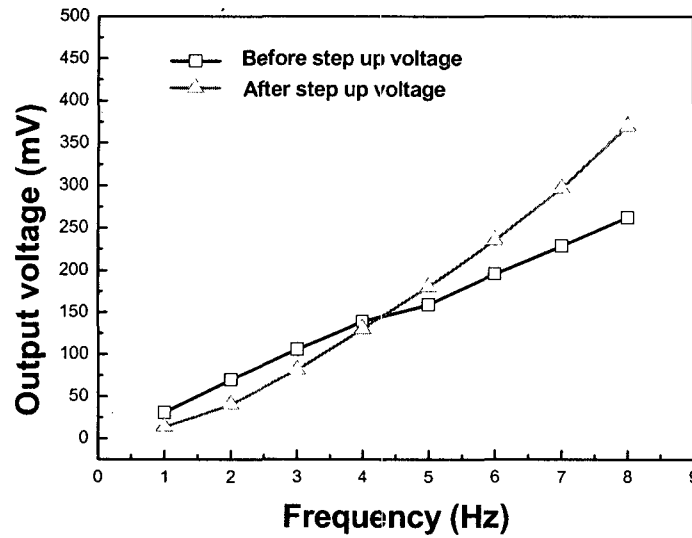


그림 3 채배정류되기전 전압과 채배정류된 전압의 비교

#### 4. 결론

전기도금 방법에 의하여 MEMS 코일을 제작하고, 이 코일 위에서 자석을 수평으로 왕복운동 시켜서 초소형발전기의 특성을 측정하였다. 진동수가 4 Hz에서 교류전압 139 mV 진동수 8 Hz에서 교류전압 263 mV가 발생하였다. 채배 정류 회로를 이용하여 전압을 채배 시킨 결과 4 Hz에서 130 mV, 8 Hz에서 370 mV의 값을 얻었다. 진동수가 증가하면 채배되기 전의 교류전압은 주파수에 선형적으로 비례하고, 채배 회로를 통한 직류전압은 비선형적으로 비례한다. 약 4.5 Hz 근처에서 채배 되기 전 교류전압과 채배 된 직류전압 값이 같아지고, 4.5 Hz 이후에는 채배 정류된 전압의 증가량이 채배 정류되기 전의 증가량보다 커졌다.

#### 참고문헌

- [1] I. Byfield, "Development in RFID", Sensor Review 16, 4, pp4-5, 1996.
- [2] J.H. Ryu, A.V. Carazo, K. Uchino and H.E. Kim, "Magnetroelectric Properties in Piezoelectric and Magnetrostrictive Laminate Composites." Jpn. J. Appl. Phys. 40, pp4948-4951, 2001.
- [3] P. Smalser, 1997. "Power Transfer of Piezoelectric Generated Energy", US patent 5703474, Patent and Trademark Office, Washington, D.C.
- [4] C.B. Williams, R.B. Yates, "Analysis of a micro-electric generator for microsystem." Sensors and Actuators. 52, pp8-11. 1996.
- [5] K. Kawabe, H. Koyama and K. Shirae, "Planar inductor". IEEE transactions on magnetics, MAG-20, 5, pp1804-1806. 1984.