

탄소섬유 gauge factor 측정 및 센서 응용

김지관, 박창신, 이동원[†]

Measurement of a gauge factor of a carbon fiber and its application to sensors

J. K. Kim, C. S. Park, and D. W. Lee[†]

Department of Mechanical Engineering, Chonnam National University

[†]mems@chonnam.ac.kr

Abstract

In this paper we present a new piezoresistive sensing element made by a carbon fiber with 10 μm in diameter. It provides more advantages in comparison with other piezoresistive elements such as highly doped silicon or polysilicon. The gauge factor of the carbon fiber(CF) is observed using a microfabricated structure and a micro manipulator. Also, potential applications of the CF for physical sensors(e.g., flow sensors, resonator, pressure sensor, etc.) have been discussed in detail.

Key Words : piezoresistive, carbon fiber, dielectrophoresis, microstructure, gauge factor

1. 서론

압저항 효과(Piezoresistive effect)는 물체에 응력을 부여하면 전기 저항이 변화하는 효과로써, 높은 게이지 상수(Gauge factor)를 갖는 재료에 관한 많은 연구가 이루어지고 있다 [1, 2]. 반도체인 실리콘은 주로 이용되고, 그 종류에는 단결정 벌크 게이지, 기판 위에 단결정 실리콘을 박막화한 박막 스트레인 게이지, 그리고 확산형의 게이지 등이 있다. 이러한 재료 중 하나로써 우수한 물리, 화학, 전기 및 기계적 성질을 갖고 있는 탄소섬유(carbon fiber)를 압저항 소자로 이용하여 MEMS 압력 센서를 제작한 선행연구가 본 연구실에서 수행되었으며^[3], 탄소섬유도 압저항 소자로서의 가능성이 검증되었다.

본 연구에서는 탄소섬유의 게이지 상수 값을 정확하게 측정하기 위해 마이크로조작기와 MEMS 기술로 제작한 소자를 이용하였으며, 측정된 탄소섬유의 게이지 상수 값을 이용한 다양한 센서의 응용에 대하여 살펴보았다.

2. 실험방법 및 측정

탄소섬유의 게이지 상수를 측정하기 위한 실험 방법은 그림 1에 간략히 나타내었다. 제작한 간단한 구조물에 탄소섬유 한 가닥의 끝 단면을 고정하고 반대쪽은 마이크로조작기를 조금씩 움직여가면서 탄소섬유의 길이변화를 유도하였다. 탄소섬유의 미소 길이변화에 따른 저항 값의 변화를 측정하여 게이지 상수 값을 계산하였으며, 약 100 ~ 200의 높은 값이 산출되었다. 이는 고온공정을 요구로 하는 폴리실리콘과 비교하면, 약 2 ~ 8배 우수한 게이지 상수를 가지므로, 탄소섬유를 센서 소자로써 사용한다면 압력센서의 응용 이외에도 무한한 가능성이 있을 것으로 기대된다.

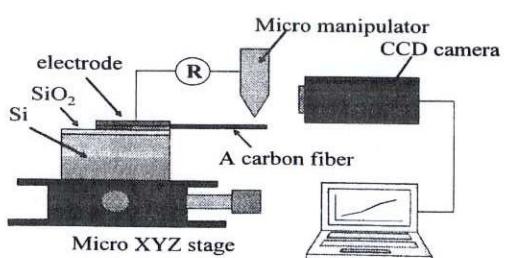


Fig. 1. Experiment setup to measure the gauge factor of a carbon fiber.

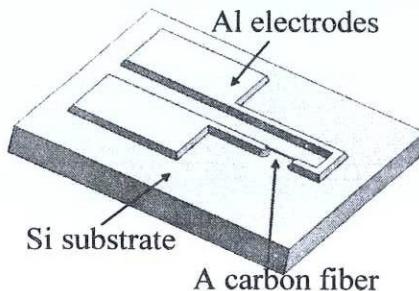


Fig. 2. A schematic view of a resonator using a carbon fiber.

3. 탄소섬유를 이용한 공진형 마이크로 센서제작 및 특성평가

탄소섬유를 이용한 공진형 마이크로 센서의 원리는 간단하다. 마이크로 센서의 두 전극 사이에 탄소섬유를 정렬하고 탄소섬유와 센서의 기판과의 air-gap 구조를 주어 탄소섬유가 전극 사이에 매달린 구조를 이용, 특정주파수나 파의 진동을 끌어내는 원리이다. 공진형 마이크로 센서는 Si wafer를 이용하여 마이크로메시닝 공정으로 직사각형의 간단한 모양으로 설계 되었으며, 길이와 폭을 일정하게 유지하였다. 또한, 마이크로 센서 위의 전극의 폭과 간격을 다양한 크기로 디자인 및 제작하였으며, 그림 2에 간략하게 나타내었다. 그림 3은 150 μm 전극 간격을 갖는 센서 사이에 탄소섬유($L = 280\mu\text{m}$, $D = 10\mu\text{m}$)가 놓인 SEM 사진이다.

제작한 공진형 마이크로 센서는 PZT를 이용하여 탄소섬유를 5차 공진모드로 가진시키고, 가진으로 인한 탄소섬유의 저항 변화(V_{p-p})를 오실로스코프를 통하여 측정하였다. 또한 FEM 구조해석을 통하여 PZT의 가진모드로 인해 공진되는 탄소섬유의 공진모드를 해석하였으며, 실험결과와 일치함을 알 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 PAN계 탄소섬유를 이용, 길이변화에 따른 탄소섬유의 저항 변화를 측정하여 탄소섬유의 게이지 상수 값을 측정하였으며, 약 100 ~ 400 정도의 높은 게이지 상수 값을 얻을 수 있었다. 이러한 높은 탄소섬유의

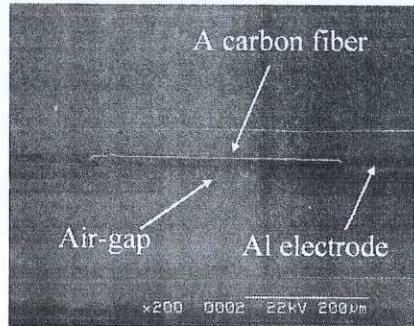


Fig. 3. A SEM image of a resonating sensor based on a carbon fiber.

게이지 상수 값을 이용하면 다양한 물리적 센서로의 응용이 가능할 것으로 기대된다. 특히 탄소섬유를 이용하여, 마이크로 공진기의 측정 소자에 대한 가능성을 살펴보았으며, 특성평가 결과를 바탕으로 공진기 제작에 있어서 매우 중요한 기초 실험결과로 활용할 수 있을 것이다.

Acknowledgement

This work was supported by Korea Research Foundation Grant funded by Korea Government (MOEHRD, Basic research Promotion Fund) (KRF-2005-205-D00010).

참고문헌

- [1] J. W. Dally and W. F. Riley, "Handbook of experimental mechanics-chapter 2. Strain gauges", Prentice-Hall Englewood Cliffs, pp. 41 ~ 78, 1987.
- [2] S. Keil, "The thermal output of a strain gauge", Reports in Applied Measurement, vol. 4, no. 1, pp. 15 ~ 17, 1988.
- [3] C. S. Park, B. S. Kang, D. W. Lee, "Fabrication and characterization of a pressure sensor using a pitch-based carbon fiber", Microelectronic Engineering, vol. 84 pp. 1316-1319, 2007.