

실리콘 마이크로머시닝을 이용한 광섬유 간섭계형 가속도 센서

Fiber-optic interferometric accelerometer using silicon micromachining.

권혁춘, 김응수*, 김경찬**, 강 신원***

경북대학교 대학원 전자공학과, 부산외국어대학교 컴퓨터전자공학부, 계명대학교 자연과학부*, 경북대학교 전기전자공학부***

E-mail: swkang@knu.ac.kr

Abstract

Silicon substrate was fabricated by bulk silicon micromachining and its structure is based on a proof mass suspended by two beam. To monitor the acceleration, dynamic excitation of accelerometer was performed using a shaker. The attached FFPI and suspension beam are bent because support beam move with variation of the proof mass. Thus phase difference detected by the acceleration change. So we can know that resonance frequency of fabricated accelerometer is about 557 Hz and dynamic range was measured from 0 g to 2 g.

I. 서 론

광 광섬유 그 자체가 신호전송로 역할을 겸할수 있고 주위의 전기장에 의한 외부의 전자파에 영향을 받지 않으며 고압 내식성도 강할뿐만 아니라, 저손실, 넓은 범위와 높은 정밀도의 응답특성을 나타내며 특히 전기적 센서가 사용되기 어렵고 안정성이 요구되는 곳^[1], 방재, 군사분야^[2] 폭발 혹은 화재의 위험성이 있는 열악한 환경하에서도 안전하게 사용할수 있다. 지금까지 다수의 연구자들이 광섬유를 이용한 가속도 센서에 대한 연구 결과를 보고해 왔으며 대표적인 예로서 J. Marty^[3], G. Schropfer^[4]등이 실리콘 미세가공 기술을 이용하여 제작한 광강도형 가속도 센서에 대해 보고한바 있다.

본 논문에서는 기존의 광강도형 가속도센서들이 가지고 있는 단점을 보완하고 이미 발표된 간섭형 가속도센서^[5]의 구조를 개선한 가속도센서를 제작하여 그 특성을 평가하였다.

II. 동작 원리

가속도 센서는 가속도에 의해 작용하는 동적힘(운동에너지)를 저장하는 관성질량, 위치에너지를 저장하는 요소인 스프링 그리고 그 에너지를 점차로 소멸시키는 요소인 감쇄기(damper)로 모델링할수 있다. 관성질량이 가속도에 의해 움직이게 되면, 관성질량에 상대적 변화 발생하고 이것을 FFPI로 감지하게 된다 FFPI를 지지해주며 가속도를 변위로 변환시키기 위한 실리콘 기계구조물에서 공진 주파수와 감도를 결정하는 주요 요인은 보(beam)의 길이, 보의 두께, 질량부 크기이다. 위의 사항을 고려하여 최대 응력(stress)을 얻을수 있는 센서구조를 설계해야 한다. 변위를 광 위상차로 변환시키는 FFPI는 광섬유 내부에 두개의 반 투과 반사막이 일정 간격 만큼 떨어져 공동(cavity)을 형성하는 구조이다. FFPI의 공동부분에 길이 방향으로 스트레인이 가해질 경우 광 경로 변화에 의한 광 위상차가 변화하고 이것으로 가속도 변화를 검출한다.

III. 실험 및 방법

센서 구조는 범용 유한요소 패키지인 ANSYS™ 를 사용해 시뮬레이션을 수행하였다. 모드해석을 수행해서 보와 주변의 변위 정도를 보았다.[그림1] 가속도 센서의 실리콘 구조물은 두 개의 보와 관성질량으로 구성되어 있다. 관성질량은 5.1 x 12 mm²이며, 보의 폭은 500 μm, 보의 두께 100 μm이며, 보의 길이는 9 mm이다. 센서 제작 과정은 먼저 실리콘 웨이퍼를 사 진석판 공정후 RIE로 정의된 패턴 부분의 질화막을 제거하고, KOH 식각공정으로 구조물을 형성하였다. 그리고 변위를 검출할 FFPI는 TiO₂ 박막이 증착된 광섬유를 이용해서 융착 접속법으로 제작하였다. 마지막으로 실리콘 구조물과 FFPI를 Torr seal을 사용

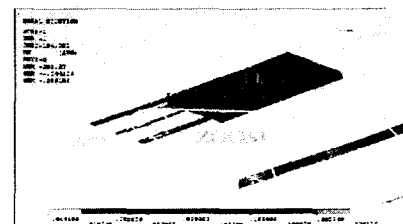


그림 1. ANSYS Modal analysis.

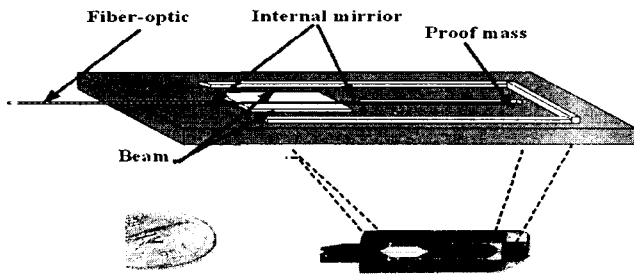


그림 2. 제작된 가속도 센서 및 모형도.

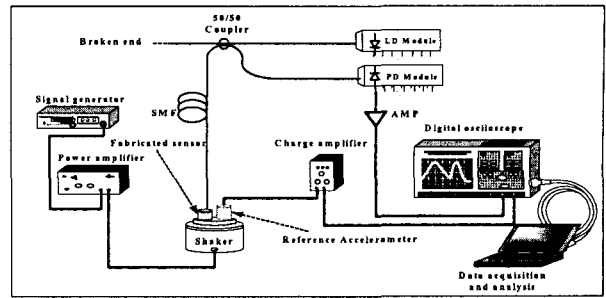


그림 3. 가속도 측정 장치도.

하여 접착하여 광섬유 간섭계형 가속도 센서를 제작하였다. 제작된 센서에 B&K의 장비(4809, 4378, 27(6)로 가진 실험을 하였다. 간섭신호는 3dB Coupler를 거쳐 Photo Diode를 통하여 디지털 오실로 스코프로 측정하였다.

IV. 결과 및 고찰

공진 특성은 가속도를 1 g로 일정하게 유지한 후 가진 주파수를 증가시켰을때 1차 공진 주파수인 557 Hz에서 최대 위상변화를 나타냈다. 제작된 센서의 공진 주파수의 약 1/2인 150 Hz로 가진 주파수를 고정된 상태에서 0.2 g씩 가속도를 점차로 증가시켜 위상변화를 측정하였다.

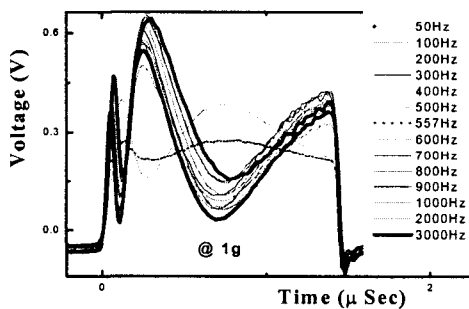


그림 4. 가속도 센서의 주파수 응답 특성.

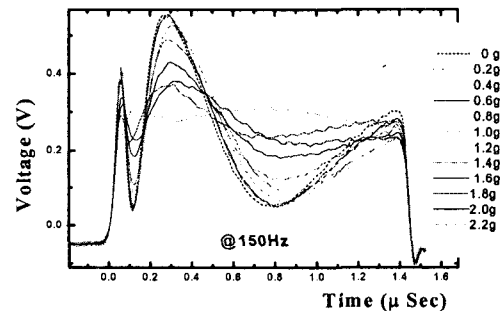


그림 5. 가속도 변화에 따른 센서의 간섭 위상 신호.

V. 결 론

반도체 공정을 이용해서 정밀한 크기의 구조물을 제작하고 광섬유 간섭계가 가지는 장점을 이용한 가속도 센서를 제작하였다. 제작된 센서의 특성은 공진 주파수 557 Hz였으며, 가속도 측정 범위는 0~2g였다. 이 센서는 방재, 군사분야, 폭발 혹은 화재의 위험성이 있는 열악한 환경하에서 진동 및 가속도 측정을 위해 사용될 것으로 기대된다.

VI. 참고문헌

- [1] In-line fiber Fabry-Perot interferometer with high-reflectance internal mirrors; Lee, C.E.; Gibler, W.N.; Atkins, R.A.; Taylor, H.F. Lightwave Technology, Journal of , Volume: 10 Issue:10 , Oct. 1992 Page(s): 1376 -1379.
- [2] FM 3-19.30, PHYSICAL SECURITY (JAN 2001); U.S Headquarters Department of the Army ¶6-92, ¶6-97.
- [3] Fibre-optic accelerometer using silicon micromachining techniques, J. Marty, F. Baillieu, A. Malki, C. Renouf and P. Lecoy , Sensors and Actuators A: Physical, Volume 47, Issues 1-3, March-April 1995, Pages 470-473.
- [4] Lateral optical accelerometer micromachined in (100) silicon with remote readout based on coherence modulation G. Schropfer, M. De Labachellerie, S. Ballandras, W. Elflein , Sensors and Actuators A: Physical, Volume 68, Issues 1-3, 15 Pages 344-349 (1998).
- [5] FFPI를 이용한 고감도 가속도 센서; 김종호, 권혁춘, 강신원; 제9회 광전자 및 광통신 학술회의; page 196 -196.