

CO 가스측정을 위한 마이크로 캔틸레버 센서의 최적화 설계

손희주, 나대석, 백경갑*, 박배호**, 권광호***, 남산****, 주병권
 고려대학교 전기공학과, 대전대학교 전자공학과*, 건국대학교 물리학과**
 한서대학교 전자공학과***, 고려대학교 신소재공학과****

Optimum Design of Micro-Cantilever Sensor for measuring CO gas

H. J. Son, D. S. Na, K. K. Peak*, B. H. Park**, K. H. Kwon***, S. Nahm**** and B. K. Ju

Department of Electrical Engineering, Korea Univ.

Department of Electronic Engineering Daejin, Univ.*

Department of Physics Konkuk, Univ.**

Department of Electronic Engineering Hanseo, Univ.***

Department of Materials Science and Engineering, Korea Univ.****

Abstract : This paper describes resonant frequency of the structural behavior of micro-cantilever beam simulated by FEM (Finite Element Method). The resonant characteristics and the sensitivity of cantilever-shaped SOI resonant were measured for the application of chemical sensor. The resonant frequency of the fabricated micro-cantilever system was found to be 5.59kHz when the size of cantilever is 500 μ m long, 100 μ m wide and 1 μ m thick. Generation of resonant frequency measured by Modal Analysis is resulted in length of cantilever. The length was found to be a dominant factor for the selection of required resonant frequency range. On the other side, the width had influenced very little on either the magnitude of resonant frequency or the sensitivity.

Key Words : MEMS, SOI, Sensor, Cantilever, Simulation

1. 서 론

MEMS 기술은 센서의 감도, 선택성, 응답시간을 향상 시키는데 중요한 요소로서 작용하고, 이러한 기술을 이용하여 저 전력소비, 극소형화, 높은 고속 동작과 감도를 갖는 마이크로 캔틸레버 가스센서를 제작한다.

기존의 용량형, 저항형, FET Type의 가스센서가 가스 감응물질의 특성에 따라 센서의 특성이 매우 달라지는 것과는 달리 마이크로 캔틸레버를 이용한 가스센서는 캔틸레버와 감응물질이 가지는 공진주파수를 이용해 가스를 감지한다.

본 연구에서는 SOI 마이크로 캔틸레버 액추에이터를 CO를 검출하는 화학센서에 적용하기 위해 물질의 선택도와 민감도를 높이는 가장 적합한 구조를 설계하기 위해 FEM(유한요소법)을 적용한 공진특성을 시뮬레이션 하였다.

2. 실험

Si의 물성치는 표1과 같으며 캔틸레버의 설계 및 시뮬레이션 과정은 유한요소법(FEM)을 사용한 ANSYS를 이용하였다. 먼저 SOI 기판의 구조 및 특성을 연구하고, cantilever structure를 디자인한 후(그림1) 시뮬레이션 하는 설계 과정을 거친다.

시뮬레이션 단계에서 ANSYS 프로그램에 Si의 물성값(표 1)을 입력하고 캔틸레버를 모델링한 후 길이 및 넓이

를 변화시킴으로써 CO를 감지하기 위한 가장 적합한 공진주파수의 값을 나타내는 캔틸레버의 길이를 결정한다.

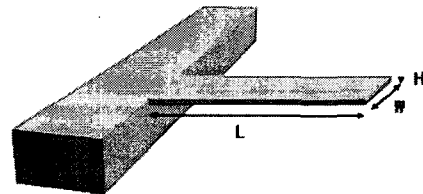


그림 1. 캔틸레버 구조도

표 1. 시뮬레이션에 적용한 SOI 웨어퍼의 파라미터

Elements	Parameter
Length(L)	200~900 μ m
Width(W)	100 μ m
Thickness(H)	1 μ m
Young modulus(E)	1.69 $\times 10^{11}$ Pa
Density(ρ)	2320 kg/m ³
Poisson's ratio(ν)	0.22

CO분자들이 흡착될 때의 검출 감도의 변화를 분석하기 위하여 민감도를 흡착 전후의 공진주파수의 변화율로 정의하였다.

$$\text{검출 감도} = \frac{f_{after} - f_{before}}{f_{before}} \times 100(\%)$$

위의 식에서 f_{after} 는 CO분자가 흡착된 후의 캔틸레버 공진주파수, f_{before} 는 흡착되기 전의 캔틸레버의 공진 주파수이다. 그리고 frequency를 시뮬레이션 할 때 적용되는 식은 다음과 같다.

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{EWH^3}{4M_t L^3}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{EWH^3}{4L^3(M_d + 0.24 WHL\rho)}}$$

L, W, H는 각각 캔틸레버의 길이, M_d 는 흡착되는 질량, ρ , E는 캔틸레버를 형성하고 있는 물질의 밀도, 탄성계수이다.

3. 결과 및 고찰

CO의 검출에 적합한 캔틸레버의 길이를 정하기 위해 길이를 변화에 따른 공진주파수와 CO분자가 흡착 되었을 때의 공진주파수를 시뮬레이션 하였다. 그림2.는 캔틸레버 길이에 따른 공진주파수가 지수 함수적으로 감소하는 것을 보여준다.

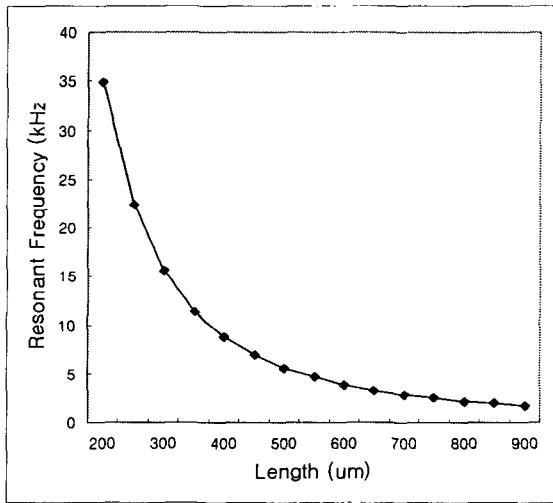


그림 2. 캔틸레버 길이변화에 따른 공진주파수의 변화

공진주파수의 변화를 검출감도 공식에 적용한 후 민감도의 평균값이 약 0.917% 였고 이 값과 동일한 민감도를 가진 캔틸레버의 길이는 500um이므로 흡착질량에 따른 민감도를 측정할 캔틸레버의 구조는 길이 500um, 넓이 100um, 두께 1um의 값을 가진다.

흡착되는 CO의 질량에 따른 공진주파수를 시뮬레이션 하기위해 필요한 CO의 밀도는 1.1614kg/m³이고 캔틸레버의 공진주파수는 5.5909kHz 이다. 계산된 흡착질량과 검출감도와와의 관계를 그림 3에 나타내었다. CO의 흡착은 캔틸레버의 공진주파수를 흡착전의 공진주파수에 비해 상대적으로 감소시켰으며, 흡착 질량이 증가함에 따라서 검출감도가 선형적으로 증가하는 것을 알 수 있었다.

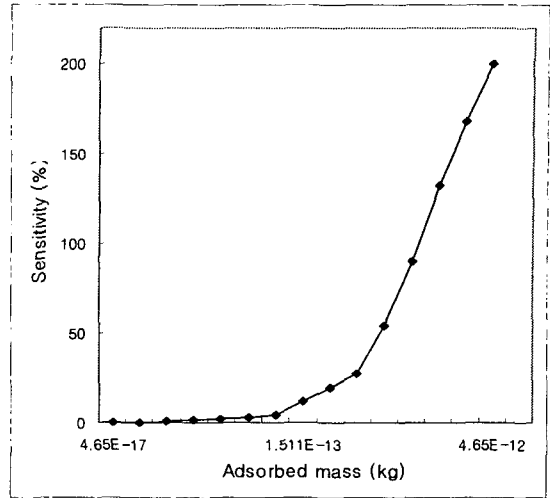


그림 3. 흡착되는 CO질량에 대한 민감도 특성

4. 결 론

길이가 500um, 넓이가 100um, 두께가 1um인 마이크로 캔틸레버의 공진주파수를 시뮬레이션 한 결과는 5.5909kHz를 나타내었으며, CO의 흡착질량 증가에 따른 민감도를 계산 하였다. 흡착질량이 작을 때는 민감도의 변화가 거의 0에 가까웠으나 CO의 질량이 1.511x10⁻¹³kg 일 때부터 검출감도가 선형적으로 증가 하였다.

이러한 결과로 보아 마이크로 캔틸레버를 CO를 검출하는 가스센서로 응용할 때 사용하고자 하는 공진주파수 대역은 길이의 조절을 통하여 결정할 수 있고, 흡착되는 질량이 1.511x10⁻¹³kg이상 일 때 감지가 가능함을 알 수 있었다. 이 자료를 토대로 최적의 검출감도를 가지는 CO가 스센서로 사용 가능하다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구 (R01-2005-000-10289-0)의 지원으로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] W. H. Ryu, Y. C. Chung and Y. H. Kim, "Computer simulation of the resonance characteristics and the sensitivity of cantilever-shaped Al/PZT/RuO2 biosensor", Sensors and Actuators B: Chemical, Vol. 97(2), 2004.
- [2] F. M. Battiston, J. K. Gimzewski and H. -J. Güntherodt, "A chemical sensor based on a microfabricated cantilever array with simultaneous resonance-frequency and bending readout", Sensors and Actuators B: Chemical, vol. 77(1-2), 2001.
- [3] Marc J. Madou, Fundamentals of Microfabrication, 2nd ed., CRC, New York, 2002, pp. 310-313