

생체물질 리셉터를 이용한 마이크로 캔틸레버 센서의 선택성 향상

유용경*, 이정훈*
광운대학교*

High-selective microcantilever sensor using a biopolymer receptor

Yong Kyoung Yoo*, Jeong Hoon Lee*
Kwangwoon University*

Abstract - 본 연구는 압전 마이크로캔틸레버 및 생체물질 리셉터를 이용한 인공 후각 장치에 대한 연구이다. 기존의 인공 후각 장치는 폴리머 리셉터를 이용하여 선택적인 감별이 어려웠으나, 본 연구에서 적용된 펩타이드 바이오폴리머 리셉터의 적용을 통해 DNT가스에만 선택적으로 결합하는 후각센서의 개발이 가능하였으며, 이를 통해 인공후각 시스템의 응용가능성에 대해 논하고자 한다.

1. 서 론

기존의 인공 후각에 대한 연구는 주로 폴리머 재료를 이용한 가스 인식층 및 전기화학적 혹은 반도체식의 센서가 주를 이루고 있다.

폴리머재료를 이용한 가스센서 및 인공 후각에의 응용은 기본적으로 선택성(selectivity)가 기술적 문제점으로 지적되고 있으며, 선택성의 문제 때문에 패턴 분석 등의 신호 처리 기법이 요구되며, 실제로 유사한 화학기를 검출하지 못하는 등의 문제점을 가지고 있다.

마이크로/나노 캔틸레버는 극미세 검출기로서 그 연구가 매우 활발히 진행되고 있으며 이를 통해 DNA, 단백질, 세포 등의 생체물질 뿐만 아니라, 다양한 형태의 가스 질량 분석기로서의 응용이 연구중에 있다.

본 연구는 고감도 캔틸레버 센서를 이용한 인공 후각 시스템에 대한 기본 연구를 진행한 결과이며, 이를 위해 기존의 폴리머가 아닌 선택성이 매우 우수한 바이오 리셉터를 이용하여 그 선택성 및 감도를 증진시키는데 그 목적이 있다. 특히 전기적인 감지를 위해 압전 캔틸레버를 제작, 사용하였으며 이를 통해 포터블한 인공후각 시스템이 가능하도록 제안하고자 한다.

2. 본 론

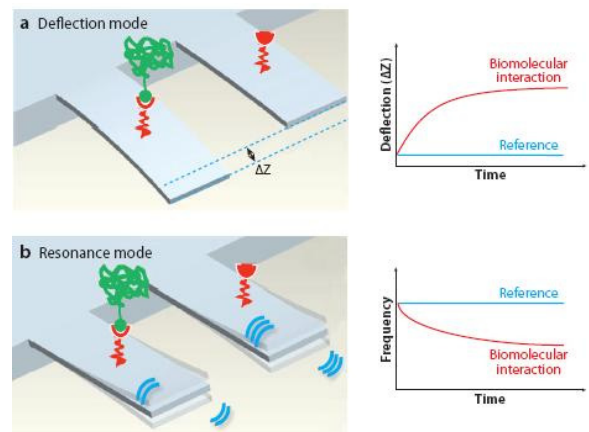
2.1 마이크로 캔틸레버

마이크로 캔틸레버는 공진 주파수 또는 캔틸레버의 변위 정도에 따라 물리적/화학적/생물학적 요인을 검출하는 센서 플랫폼이다 (그림1). 그림 1에 나타낸 바와 같이 그 동작 원리에 따라 변위 모드(deflection mode) 및 공진모드(resonance mode)로 구성되며, 본 연구에서는 압전박막이 일체화된 압전 캔틸레버를 제작하였으며, 공진모드의 변화를 감지함으로써 가스의 농도 및 질량 분석을 위한 시스템을 개발하였다.

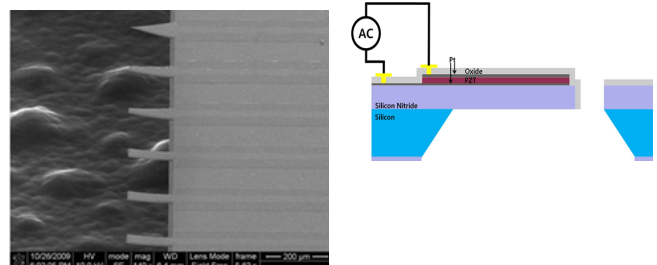
마이크로 캔틸레버의 공진 주파수는 캔틸레버 구조체의 질량과 탄성도에 의하여 결정되는데, 캔틸레버 표면에 타겟 분자가 흡착되면 캔틸레버의 질량이 미세하게 증가하게 되고 그로 인하여 공진 주파수가 감소하게 된다. 이처럼 질량과 공진 주파수의 관계는 뉴턴의 제2법칙과 후크의 법칙을 이용하여 조화 진동 모델(harmonic oscillation model)로 식 1로 정리된다.

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (1)$$

여기서 m은 질량, k는 탄성계수를 말한다. 마이크로 캔틸레버는 PZT를 이용하여 자가 진동이 가능하도록 MFM(metal ferroelectric metal)구조로 설계하였다. 그림 2와 같이 PZT층을 사이에 두고 Pt층을 코팅하여 상하부 전극으로 사용하였고 양전극에 ac전압을 인가했을 때, PZT 층의 변형에 의해서 진동하게 되며, 다시 전극을 통해 공진 주파수를 측정하게 된다.



〈그림 1〉 마이크로 캔틸레버의 작동 원리



(a) PZT 캔틸레버 SEM이미지 (b)마이크로 캔틸레버 단면도
〈그림 2〉 마이크로 캔틸레버의 이미지

2.2 생체물질 리셉터

고감도 고 선택성을 갖는 폭발물 감지 가스센서의 개발을 위해서는 센서의 개발 뿐만 아니라 원하는 타겟 물질에만 선택적으로 검출할 수 있는 리셉터의 개발이 필수적이다. 일반적인 가스 센서에서는 폴리머 리셉터가 범용적으로 사용되나, 재현성과 내구성 등이 뛰어난 반면 원하는 타겟 물질에 대한 선택성에는 한계를 가진다. 따라서 이러한 한계를 극복하기 위하여 생체물질 리셉터를 이용한 폭발물 감지 가스센서를 본 논문에서 제안하고자 하며, DNT에 특이적으로 반응하는 펩타이드의 발굴을 통해 캔틸레버 센서에 탑재하였다.

2.3.1 생체물질 리셉터를 이용한 DNT 가스 검출

그림 3(b)는 DNT 바인딩 펩타이드가 고정화된 캔틸레버가 DNT 가스에 노출 되었을 때의 공진 주파수의 변화를 보여준다. 높이 300 um, 너비 100 um의 사이즈의 직사각형 캔틸레버를 사용하였다. DNT 가스는 상온 상압에서 약 200 ppb 정도 생성이 되는데 이를 MFC 시스템을 이용하여 200 sccm의 유속으로 일

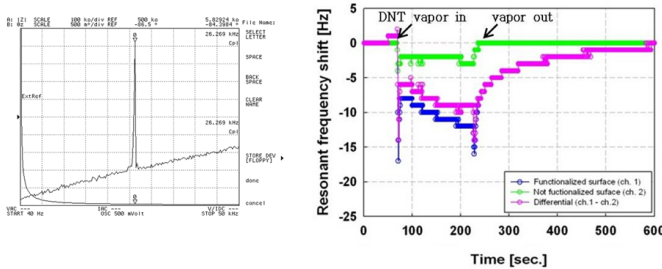
정하게 붙어 넣어주었다. 실험은 50초에 DNT 가스를 주입하였고, 주입 이후 200초 후에 DNT가스를 차단하고 질소 가스로 퍼징하였다. 측정 장비로 상용화되어 있는 임피던스 애널라이저는 낮은 주파수 분해능과 반응 시간등을 극복하기 위하여 별도로 제작된 장비를 이용하였다. 펩타이드가 고정화된 캔틸레버의 공진주파수의 변화는 약 12Hz정도였으며 레퍼런스 캔틸레버의 공진주파수의 변화량은 2Hz로 측정되었다.

감사의 글

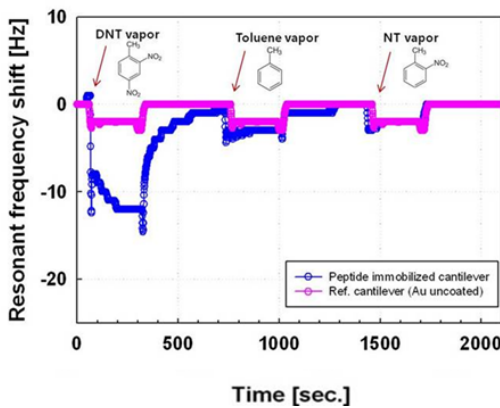
본 연구는 2011년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호: 2011-0004785)

[참 고 문 헌]

[1] Hwang KS, Lee SM, Kim SK, Lee JH, Kim TS. 2009. Micro- and nanocantilever devices and systems for biomolecule detection. *Annu.Rev.Anal.Chem.*2:77-98



(a) 캔틸레버의 공진주파수 (b) DNT 가스 검출
 <그림 3> 캔틸레버의 공진주파수 측정과 DNT 가스 검출



<그림 4> 펩타이드 리셉터를 사용한 캔틸레버의 타겟 선택성 증가 그래프

2.3.2 생체물질 리셉터의 고 선택성

펩타이드 리셉터의 DNT 가스에 대한 선택성을 알아보기 위하여 nitrotoluene 가스와 toluene 가스를 이용하여 실험과 같이 공진 주파수의 변화를 측정하였다. DNT는 벤젠고리에 하나의 메틸기와 두 개의 니트로기로 화학구조를 가지는 반면, nitrotoluene은 한 개의 메틸기, 한 개의 니트로기를 toluene은 한 개의 메틸기만으로 구성되어 있어 화학적으로 비슷한 구조를 갖는다. 그림 4와 같이 DNT가스를 주입할 때에는 12 Hz 정도의 공진 주파수의 변화를 관측할 수 있었던 반면 nitrotoluene 가스와 toluene 가스를 주입 했을 때는 레퍼런스 캔틸레버와 비슷한 약 2-3Hz 정도의 공진 주파수의 변화가 있었다.

3. 결 론

마이크로/나노 단위의 미세가공기술과 생체물질 리셉터를 통하여 폭발물 감지를 위한 고감도와 높은 선택성을 갖는 생체물질 리셉터 가스센서를 개발하였다. 개발한 센서는 200ppb의 DNT농도에서 12Hz 정도의 공진주파수를 보여 높은 수준의 검출성능을 보였고, DNT와 화학적으로 비슷한 구조를 갖고 있는 nitrotoluene과 toluene에는 레퍼런스 캔틸레버와 같이 공진주파수의 변화가 거의 일어나지 않는 높은 선택성을 보여주었다. 이는 생체물질 리셉터를 이용하여 원하는 타겟 물질만 감별할 수 있는 고성능의 검출 시스템을 구축하였음을 의미한다.