



# 특 허 증

CERTIFICATE OF PATENT

특 허 제 10-1210943 호	출원번호	제 2012-0092922 호
(PATENT NUMBER)	(APPLICATION NUMBER)	
	출 원 일	2012년 08월 24일
	(FILING DATE:YY/MM/DD)	
	등 록 일	2012년 12월 05일
	(REGISTRATION DATE:YY/MM/DD)	

발명의명칭 (TITLE OF THE INVENTION)  
캔틸레버 구조체 및 그의 제조방법

특허권자 (PATENTEE)  
전남대학교산학협력단(206371-0\*\*\*\*\*)  
광주광역시 북구 용봉로 77

발명자 (INVENTOR)  
등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 의하여 특허등록원부에 등록  
되었음을 증명합니다.

(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE KOREAN  
INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE.)

2012년 12월 05일



특 허 청  
COMMISSIONER, THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE



연차등록료 납부일은 설정등록일 이후 4년차부터 매년 12월 05일까지이며 등록원부로 권리관계를 확인바랍니다.

# 등 록 사 항

특 허 등록 제 10-1210943 호

(PATENT NUMBER)

발명자 (INVENTOR)

이동원(701225-1\*\*\*\*\*)

광주광역시 북구 용봉동 300번지

안준형(800822-1\*\*\*\*\*)

광주광역시 북구 용봉동 300번지

# 특허등록원부

특 허 번 호	제 1210943 호
---------	-------------

## [ 권 리 란 ]

표시번호	등 록 사 항			
1번	출원연월일	2012년 08월 24일	출원번호	2012-0092922 (분할)
	원출원연월일	2009년 12월 31일	원출원번호	2009-0135253 (특허)
	공고연월일	2012년 12월 11일	공고번호	-
	특허결정(심결)연월일	2012년 11월 27일	청구범위의 항수	14
	유 별	G01Q 60/24		
	발명의 명칭	캔틸레버 구조체 및 그의 제조방법		
	존속기간(예정)만료일	2029년 12월 31일		
		2012년 12월 05일 등록		

## [ 특 허 료 란 ]

제 01 - 03 년분 (2012.12.05 ~ 2015.12.05)	금 액	295,500 원(전담조직)	2012년 12월 06일 납입
--	-----	-----------------	------------------

## [ 특 허 권 자 란 ]

(최종권리자) 전남대학교산학협력단 (206371-0*****) 광주광역시 북구 용봉로 77	
순위번호	등 록 사 항
1번	(등록권리자) 전남대학교산학협력단(206371-0*****) 광주광역시 북구 용봉로 77
2012년 12월 05일 등록	

이하여백



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345088202/R0A-2007-000-10157-0

부처명 교육과학기술부

연구사업명 국가지정연구실 사업

연구과제명 질량분석기가 집적화된 다기능 원자현미경 시스템 개발

주관기관 전남대학교

연구기간 2007.06.25 ~ 2012.06.24

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

캔틸레버 구조체에 있어서,

폴리머 계열 물질로 마련되는 바디부;

상기 바디부에 지지되는 외팔보지지부와, 상기 외팔보지지부로부터 상기 바디부의 외측으로 연장된 외팔보와, 상기 외팔보의 자유 단부 영역에 형성되는 탐침이 폴리머 계열 물질에 의해 일체로 형성된 캔틸레버;

상기 캔틸레버 상부 및 하부에 마련되어 상기 외팔보의 휨변형을 측정하기 위한 휘트스톤브리지 회로를 형성하는 한 쌍의 회로패드를 포함하는 것을 특징으로 하는 캔틸레버 구조체.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 각 회로패드는

상기 외팔보측에 마련되는 적어도 하나의 압저항센서와,

상기 외팔보지지부에 마련되는 고정저항과,

상기 외팔보지지부에 마련되어 전원전압을 인가받는 전류입력단부와,

상기 압저항센서 및 상기 고정저항을 상기 전류입력단부와 전기적으로 연결하는 도전부분을 포함하는 것을 특징으로 하는 캔틸레버 구조체.

### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 바디부와 상기 캔틸레버는 SU-8(감광막)로 형성되는 것을 특징으로 하는 캔틸레버 구조체.

### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 회로패드는 금(Au) 또는 크롬(Cr) 재질로 마련되는 것을 특징으로 하는 캔틸레버 구조체.

### 청구항 5

제2항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 압저항센서는 상기 외팔보 상부 및 하부에 한 쌍씩 마련되는 것을 특징으로 하는 캔틸레버 구조체.

### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 압저항센서들은 폴리머 계열 물질의 보호막으로 덮여 있는 것을 특징으로 하는 캔틸레버 구조체.

### 청구항 7

바디부; 상기 바디부에 지지되는 외팔보지지부와, 상기 외팔보지지부로부터 상기 바디부의 외측으로 연장된 외팔보와, 상기 외팔보의 자유 단부 영역에 형성되는 탐침을 갖는 캔틸레버;를 포함하는 캔틸레버 구조체의 제조 방법에 있어서,

실리콘 웨이퍼에 상기 탐침이 침예한 끝단을 갖도록 형성하기 위해 'V'자 단면의 홈을 형성하는 단계;

상기 실리콘 웨이퍼 전면에 산화막 및 희생막인 알루미늄을 순차적으로 형성하는 단계;

상기 희생막 상에 금속 물질을 증착 및 패터닝하여 상기 외팔보의 하부에 위치하는 적어도 하나의 압저항센서

및 상기 압저항센서를 포함하는 휘트스톤 브리지 회로를 갖는 하부 회로패드를 형성하는 단계;

상기 하부 회로패드 상에 폴리머 계열 물질로 상기 캔틸레버를 형성하는 단계;

상기 캔틸레버 상에 금속 물질을 증착 및 패터닝하여 상기 외팔보의 상부에 위치하는 적어도 하나의 압저항센서 및 상기 압저항센서를 포함하는 휘트스톤 브리지 회로를 갖는 상부 회로패드를 형성하는 단계;

상기 상부 회로패드가 형성된 외팔보지지부 영역에 폴리머 계열 물질로 상기 바디부를 형성하는 단계;

상기 희생막을 제거하여 상기 실리콘 웨이퍼를 분리하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 캔틸레버 구조체의 제조방법.

#### 청구항 8

제7항에 있어서,

'V'자 단면의 홈을 형성하는 단계는

상기 실리콘 웨이퍼의 적어도 일면에 제 1 산화막을 형성하는 단계와,

상기 제 1 산화막에 상기 탐침 형성을 위한 개구부를 형성하는 단계와,

상기 개구부에 대응하는 상기 실리콘 웨이퍼 일영역을 식각하여 상기 V자 단면의 홈을 형성하는 단계와,

상기 제 1 산화막을 제거하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 캔틸레버 구조체의 제조방법.

#### 청구항 9

제8항에 있어서,

상기 개구부를 형성하는 단계는

상기 제 1 산화막 상에 상기 개구부에 대응하는 포토레지스트 패턴을 형성하고, 상기 포토레지스트 패턴을 식각 마스크로 하여 제 1 산화막에 상기 개구부를 형성하는 단계인 것을 특징으로 하는 캔틸레버 구조체의 제조방법.

#### 청구항 10

제8항에 있어서,

상기 실리콘 웨이퍼 전면에 산화막 및 희생막인 알루미늄을 순차적으로 형성하는 단계는

상기 제 1 산화막을 제거하여 'V'자 단면의 홈이 형성된 상기 실리콘 웨이퍼 전면에 열산화 공정으로 제 2 산화막을 형성한 다음, 상기 희생막을 형성하는 단계인 것을 특징으로 하는 캔틸레버 구조체의 제조방법.

#### 청구항 11

제7항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 캔틸레버를 형성하는 단계는 진공 챔버에서 수행되는 것을 특징으로 하는 캔틸레버 구조체의 제조방법.

#### 청구항 12

제11항에 있어서,

상기 바디부와 상기 캔틸레버는 SU-8(감광막)로 형성되는 것을 특징으로 하는 캔틸레버 구조체의 제조방법.

#### 청구항 13

제12항에 있어서,

상기 상부 및 하부 회로패드는 금(Au) 또는 크롬(Cr) 재질로 마련되는 것을 특징으로 하는 캔틸레버 구조체의 제조방법.

#### 청구항 14

제13항에 있어서,

상기 상부 및 하부 회로패드의 압저항센서는 상기 외팔보 상부 및 하부에 한 쌍씩 형성되는 것을 특징으로 하는 캔틸레버 구조체의 제조방법.

## 명세서

### 기술분야

[0001] 본 발명은 캔틸레버 구조체 및 그의 제조방법에 관한 것으로, 특히 제작이 용이하고 원자 현미경의 분해능을 높일 수 있는 캔틸레버 구조체 및 그의 제조방법에 관한 것이다.

### 배경기술

[0002] 원자력 현미경(Atomic Force Microscopy; AFM)은 3세대 현미경인 원자 현미경의 한 종류로써, 시료 간의 원자력에 의해 힘이 발생하는 캔틸레버(Cantilever)를 이용하여 시료의 형상을 측정하는 장비이다. 이를 위해 캔틸레버의 끝단에는 뾰족한 바늘 형태의 탐침이 형성된다. 그리고 탐침이 시료 표면에 접근할 경우 탐침 끝단의 원자와 시료표면의 원자 사이에 작용되는 원자력에 의해 캔틸레버는 상/하로 휘어진다.

[0003] 이처럼 캔틸레버의 휨을 이용하여 시료의 형상을 측정하는 방법으로 레이저를 이용하는 것이 있다. 즉, 캔틸레버의 일면에 레이저 광선을 비추고, 반사된 광선의 각도를 포토다이오드를 이용하여 측정한다. 그리고 포토다이오드에 측정된 반사각도는 압전튜브 구동기에 피드백(feed back)되어 탐침 끝단과 시료 사이의 간격이 일정하게 유지되도록 제어된다. 그리고, 압전튜브에 가해진 전압을 측정하여 시료의 형상을 측정할 수 있다.

[0004] 또 다른 방법으로는 캔틸레버의 끝단에 가변저항을 형성하여 캔틸레버가 휘는 경우 가변저항의 저항값이 변하는 것을 이용하여 역으로 캔틸레버에 인가되는 힘을 계산하고, 이를 바탕으로 시료의 형상을 측정하는 것이다.

[0005] 이처럼 원자 현미경에 있어서 캔틸레버는 매우 중요한 구성요소이다. 그리고 0.1nN에서 10nN으로 매우 미세한 크기의 원자력에 의해 힘이 발생하는 정밀한 부품이다. 이처럼 미세한 힘에 의해서도 힘이 발생하려면 캔틸레버는 스프링 상수가 작은 물질을 이용하는 것이 유리하다.

그러나, 종래의 일반적인 캔틸레버는 스프링상수가 비교적 큰 실리콘(Si) 및 질화실리콘( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) 중에서 선택되는 재료로 제조되기 때문에, 캔틸레버의 휨 변형량에 한계를 갖는 단점이 있었다.

이러한 종래 캔틸레버의 휨 변형량의 한계에 의해서, 캔틸레버 탐침 끝단의 원자와 시료표면의 원자 사이에 작용되는 원자력에 대해 캔틸레버의 휨 변형이 충분히 대응하지 못하는 문제점이 발생한다.

이에 따라, 캔틸레버에 포함되는 가변저항의 저항값 역시 정밀하게 측정될 수 없고, 결국, 원자 현미경의 감도 및 분해능을 저하시키는 원인이 된다.

특히, 종래 캔틸레버는 실리콘(Si) 및 질화실리콘( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) 재료로 제조되기 때문에, 이들 재료의 특성상 캔틸레버의 구조에서 가변저항의 위치가 캔틸레버의 상부 또는 하부 일측에만 한정되는 한계를 갖는다. 이는 실리콘 웨이퍼를 이용하여 레이어를 형성하는 과정에서 제조방법에 한계가 있기 때문이다.

[0006] 이에 따라, 캔틸레버의 상부 또는 하부 일측에서만 가변저항의 저항값을 측정할 수밖에 없으므로, 측정 정밀도 및 원자 현미경의 감도 및 분해능 향상에 한계가 따르는 문제점이 있었다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0007] 따라서, 본 발명의 목적은 캔틸레버의 휨변형이 원활하게 이루어지면서 캔틸레버의 휨변형에 대한 가변저항의 저항값이 정밀하게 측정되도록 하여 원자 현미경의 감도 및 분해능을 현격하게 향상시킬 수 있는 캔틸레버 구조체 및 그의 제조방법을 제공하는 것이다.

[0008] 삭제

#### 과제의 해결 수단



[0009] 상기 목적은 본 발명에 따라, 캔틸레버 구조체에 있어서, 폴리머 계열 물질로 마련되는 바디부; 상기 바디부에 지지되는 외팔보지지부와, 상기 외팔보지지부로부터 상기 바디부의 외측으로 연장된 외팔보와, 상기 외팔보의 자유 단부 영역에 형성되는 탐침이 폴리머 계열 물질에 의해 일체로 형성된 캔틸레버; 상기 캔틸레버 상하부에 마련되어 휘트스톤브리지 회로를 형성하는 한 쌍의 회로패드를 포함하는 것을 특징으로 하는 캔틸레버 구조체에 의해 달성된다.

[0010] 여기서, 상기 회로패드는 상기 외팔보측에 마련되는 적어도 하나의 압저항센서와, 상기 외팔보지지부에 마련되는 고정저항과, 상기 외팔보지지부에 마련되어 전원전압을 인가받는 전류입력단부와, 상기 압저항센서 및 상기 고정저항을 상기 전류입력단부와 전기적으로 연결하는 도전부분을 포함하는 것이 바람직하다.

[0011] 또한, 상기 바디부와 상기 캔틸레버는 SU-8(감광막)로 형성되는 것이 바람직하다.

[0012] 그리고, 상기 회로패드는 금(Au) 또는 크롬(Cr) 재질로 마련되는 것이 효과적이다.

[0013] 또는, 상기 압저항센서는 상기 외팔보 상부 및 하부에 한 쌍씩 마련되는 것이 보다 바람직하다.

[0014] 이때, 상기 압저항센서들은 폴리머 계열 물질의 보호막으로 덮여 있는 것이 보다 효과적이다.

한편, 상기 목적은 본 발명의 다른 형태에 따라서, 바디부; 상기 바디부에 지지되는 외팔보지지부와, 상기 외팔보지지부로부터 상기 바디부의 외측으로 연장된 외팔보와, 상기 외팔보의 자유 단부 영역에 형성되는 탐침을 갖는 캔틸레버;를 포함하는 캔틸레버 구조체의 제조방법에 있어서, 실리콘 웨이퍼에 상기 탐침이 첨예한 끝단을 갖도록 형성하기 위해 'V'자 단면의 홈을 형성하는 단계; 상기 실리콘 웨이퍼 전면에 산화막 및 희생막인 알루미늄을 순차적으로 형성하는 단계; 상기 희생막 상에 금속 물질을 증착 및 패터닝하여 상기 외팔보의 하부에 위치하는 적어도 하나의 압저항센서 및 상기 압저항센서를 포함하는 휘트스톤 브리지 회로를 갖는 하부 회로패드를 형성하는 단계; 상기 하부 회로패드 상에 폴리머 계열 물질로 상기 캔틸레버를 형성하는 단계; 상기 캔틸레버 상에 금속 물질을 증착 및 패터닝하여 상기 외팔보의 상부에 위치하는 적어도 하나의 압저항센서 및 상기 압저항센서를 포함하는 휘트스톤 브리지 회로를 갖는 상부 회로패드를 형성하는 단계; 상기 상부 회로패드가 형성된 외팔보지지부 영역에 폴리머 계열 물질로 상기 바디부를 형성하는 단계; 상기 희생막을 제거하여 상기 실리콘 웨이퍼를 분리하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 캔틸레버 구조체의 제조방법에 의해서도 달성된다.

여기서, 'V'자 단면의 홈을 형성하는 단계는 상기 실리콘 웨이퍼의 적어도 일면에 제 1 산화막을 형성하는 단계와, 상기 제 1 산화막에 상기 탐침 형성을 위한 개구부를 형성하는 단계와, 상기 개구부에 대응하는 상기 실리콘 웨이퍼 일영역을 식각하여 상기 V자 단면의 홈을 형성하는 단계와, 상기 제 1 산화막을 제거하는 단계를 포함하는 것이 바람직하다.

이때, 상기 개구부를 형성하는 단계는 상기 제 1 산화막 상에 상기 개구부에 대응하는 포토레지스트 패턴을 형성하고, 상기 포토레지스트 패턴을 식각 마스크로 하여 제 1 산화막에 상기 개구부를 형성하는 단계인 것이 효과적이다.

그리고, 상기 실리콘 웨이퍼 전면에 산화막 및 희생막인 알루미늄을 순차적으로 형성하는 단계는 상기 제 1 산화막을 제거하여 'V'자 단면의 홈이 형성된 상기 실리콘 웨이퍼 전면에 열산화 공정으로 제 2 산화막을 형성한 다음, 상기 희생막을 형성하는 단계인 것이 보다 바람직하다.

[0015] 또한, 상기 캔틸레버를 형성하는 단계는 진공 챔버에서 수행되는 것이 보다 효과적이다.

### 발명의 효과

[0016] 본 발명에 따르면, 캔틸레버의 휨변형이 원활하게 이루어지면서 캔틸레버의 휨변형에 대한 가변저항의 저항값이 정밀하게 측정되도록 하여 원자 현미경의 감도 및 분해능을 현격하게 향상시킬 수 있는 캔틸레버 구조체 및 그의 제조방법이 제공된다.

[0017] 삭제

[0018] 삭제

## 도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 본 발명의 제 1 실시 예에 따른 캔틸레버 구조체의 측단면도,  
 도 2는 본 발명의 제 1 실시 예에 따른 캔틸레버 구조체에 마련되는 회로패드의 평단면도,  
 도 3a 및 도 3b는 본 발명의 제 1 실시 예에 따른 캔틸레버 구조체의 외팔보 휨변형에 따른 압저항센서의 출력 변화를 나타내는 도면,  
 도 4는 본 발명의 제 1 실시 예에 따른 캔틸레버 구조체의 회로도,  
 도 5a 내지 도 5l은 본 발명의 제 1 실시 예에 따른 캔틸레버 구조체의 간략한 제조 흐름도,  
 도 6은 본 발명의 제 2 실시 예에 따른 캔틸레버 구조체의 외팔보 영역 확대 사시도,  
 도 7은 본 발명의 제 2 실시 예에 따른 캔틸레버 구조체의 회로도,  
 도 8은 본 발명의 제 3 실시 예에 따른 캔틸레버 구조체의 측단면도.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 이하, 본 발명에 따른 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 구체적으로 설명한다.
- [0021] 도 1은 본 발명의 제 1 실시 예에 따른 캔틸레버 구조체의 측단면도이다. 이 도면에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제 1 실시 예에 따른 캔틸레버 구조체는 바디부(132)와, 일부 영역이 바디부(132)에 지지되며 타측부 영역이 바디부(132) 외측으로 휨변형 가능하게 연장된 캔틸레버(111)와, 캔틸레버(111)의 휨변형을 감지하기 위한 한 쌍의 회로패드(121a, 121b)를 포함한다.
- [0022] 바디부(132)는 후술할 캔틸레버(111)의 외팔보지지부(114)를 지지함으로써 캔틸레버(111) 전체를 지지하는 지지체 역할을 한다. 이 바디부(132)는 폴리머 계열의 물질로 형성되는데, 바람직하게는 SU-8로 형성될 수 있다.
- [0023] 캔틸레버(111)는 바디부(132)에 지지되는 외팔보지지부(114)와, 외팔보지지부(114)로부터 바디부(132) 외측으로 연장 돌출되는 외팔보(112)와, 외팔보(112)의 자유 단부 영역 일 측면에 형성되는 탐침(116)이 일체로 형성된 구조를 가지고 있다.
- [0024] 외팔보지지부(114)는 전술한 바와 같이, 바디부(132)에 지지되는 것으로서, 바디부(132)와 동일한 면적을 가지고 바디부(132)의 일측면에 합착된다. 이에 의해, 캔틸레버(111)는 전체적으로 바디부(132)에 지지된다.
- [0025] 외팔보(112)는 전술한 바와 같이, 외팔보지지부(114)로부터 바디부(132)의 외측으로 돌출되는 것으로서, 탐침(116)과 시료 간에 발생하는 원자력에 의해 휘어질 수 있게 된다.
- 그리고, 탐침(116)은 외팔보(112)의 자유단부 영역에서 시료를 향하는 방향의 끝단이 첨예하게 형성된 V자 단면 구조를 갖는다.
- 이러한 캔틸레버(111)는 바디부(132)와 마찬가지로 폴리머 계열의 물질인 SU-8로 형성된다. 폴리머 계열의 물질인 SU-8의 스프링상수가 작은 물질이므로 외팔보(112)의 휨변형이 원활하게 이루어진다. 이때, 적어도 외팔보(112)는 더욱 더 원활한 휨변형을 위해 그 두께가 2~5 $\mu$ m의 두께로 형성되는 것이 바람직하다.
- 이처럼 캔틸레버(111)를 폴리머 계열의 SU-8을 이용하여 형성함으로써 외팔보(112)의 휨변형 향상에 의한 원자 현미경의 분해능을 향상시킬 수 있다. 후술하는 바와 같이, 캔틸레버(111) 및 바디부(132)를 폴리머 계열의 SU-8로 형성함으로써, 외팔보(112)의 상하부 양 측면에 회로패드(121a, 121b)의 압저항센서(222, 224)를 형성할 수 있게 된다.
- [0026] 전술한 바와 같이, 원자 현미경의 수직적 분해능에 영향을 미치는 요인 중 하나인 캔틸레버(111)의 스프링 상수가 작은 것이 원자 현미경의 수직적 분해능 향상에 바람직하다. 이러한 스프링 상수 k는 다음의 [수학식 1]과 같이 표현될 수 있다.

수학식 1

$$k = \frac{E t^3 w}{4 L^3}$$

[0027]

[0028] (이때, E=탄성계수, t=캔틸레버 두께, w=캔틸레버 폭, L=캔틸레버 길이)

[0029] 이와 같이, 스프링 상수는 캔틸레버(111)의 탄성계수에 비례한다.

[0030] 일반적인 종래 캔틸레버의 재질인 실리콘은 폴리머 계열인 SU-8에 비해서 탄성계수가 40배 정도 크기 때문에 결국, 스프링상수에도 큰 영향을 미친다. 즉, 본 발명에 의한 캔틸레버 구조체의 캔틸레버(111)는 스프링상수가 작은 폴리머 계열의 SU-8 물질을 이용함으로써 원자 현미경의 수직적 분해능을 향상시킬 수 있는 것이다.

[0031] 한편, 회로패드(121a, 121b)는 캔틸레버(111)의 상하부 양 측에 한 쌍으로 마련될 수 있는데, 각 회로패드(121a, 121b)는 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 외팔보(112)의 상부 및 하부면에 위치하여 외팔보(112)의 휨 변형을 감지하는 압저항센서(222, 224)와, 외팔보지지부(114) 측에 고정되게 위치하는 고정저항(124)과, 외팔보(112) 반대측 영역의 외팔보지지부(114) 외측에 위치하여 전류를 인가받는 전류입력단부(126)와, 전류입력단부(126)와 압저항센서(222, 224) 및 고정저항(124)을 전기적으로 연결하는 도전부분(128)을 구비한다. 이러한 회로패드(121a, 121b)는 도전성이 우수한 금(Au) 또는 크롬(Cr) 재질로 마련되는 것이 바람직하다. 여기서, 양 회로패드(121a, 121b)의 압저항센서(222, 224) 외에 전류입력단부(126)와 고정저항(124) 및 도전부분(128)(도전부)은 동일한 도면 부호를 사용하는 것으로 한다.

[0032] 압저항센서(222, 224)는 각 회로패드(121a, 121b)의 위치에 따라 외팔보(112)의 상하부에 위치하는 제 1 및 제 2 압저항센서(222, 224)로 마련되게 되는데, 이들 제 1 및 제 2 압저항센서(222, 224)는 외팔보(112)의 휨 변형에 따라서 저항값이 변하는 가변저항으로서 도 3a 및 도 3b에 도시된 바와 같이, 복수회 굴곡진 패턴 형태로 형성될 수 있다.

[0033] 그리고, 고정저항(124)은 외팔보(112)의 휨이 발생하여도 인장/압축 응력이 발생되지 않도록 전술한 바와 같이, 외팔보지지부(114) 측에 고정되게 위치한다. 이에 따라, 외팔보(112)의 휨 변형 발생시 고정저항(124)은 저항값이 변하지 않는다.

[0034] 이러한 각 회로패드(121a, 121b)의 구성들인 전류입력단부(126)와 압저항센서(222, 224)와 고정저항(124), 그리고, 도전부분(128)들은 상호 전기적 접속 구조에 의해서 도 4와 같이, 외팔보(112)의 상하부에 위치하는 제 1 및 제 2 압저항센서(222, 224)에 의한 2개의 가변저항을 갖는 휘트스톤 브리지 회로를 구성한다.

[0035] 이러한 2개의 가변저항을 갖는 휘트스톤 브리지 회로 구조에 의해 본 실시 예에 따른 캔틸레버 구조체는 외팔보(112)의 휨 변형에 따른 저항값을 더욱 정밀하고 정확하게 측정함으로써, 원자 현미경의 감도 및 분해능을 현격하게 향상시킬 수 있다.

[0036] 이를 도 3 a 및 도 3b를 참고하여 설명하면 다음과 같다. 도 3a 및 도 3b는 도 1에 도시된 외팔보(112)가 아래로 휨 경우 즉, 'b' 방향으로 휨 경우 제 1 및 제 2 압저항센서(222, 224)의 변형을 나타내는 도면들이다.

[0037] 외팔보(112)가 아래로 휨 경우, 도 3a와 같이, 외팔보(112)의 상부에 위치하는 제 1 압저항센서(222)는 인장 응력으로 인해서 저항값이 커진다. 이와 동시에, 도 3b와 같이 외팔보(112)의 하부에 위치하는 제 2 압저항센서(224)는 압축 응력으로 인해서 저항값이 작아진다

[0038] 이처럼 제 1 및 제 2 압저항센서(222, 224)의 저항값 변화에 따른 전압이득을 도 4의 휘트스톤 브리지 회로도들을 포함하여 설명하면 다음과 같다. 이때, 도 4에서 Rx1 및 Rx2는 각각 제 1 및 제 2 압저항센서(222, 224)를 나타낸다.

[0039] 삭제

[0040] 삭제

[0041] 삭제

[0042] 삭제

[0043] 삭제

[0044] 삭제

[0045] 삭제

[0046] 삭제

[0047] 삭제

[0048] 삭제

[0049] 삭제

[0050] 삭제

[0051] 삭제

[0052] 삭제

[0053] 도 4에 표현된 휘트스톤 브리지 회로에서 전압 이득값은 다음의 [수학식2]와 같이 표현할 수 있다.

수학식 2

$$Vg=(\frac{Rx1}{R1+Rx1}-\frac{Rx2}{R2+Rx2})$$

[0054]

[0055] [수학식 2]에서 보듯이 전압이득값(Vg)은 제 1 및 제 2 압저항센서(222,224)의 차이의 절대값에 비례한다. 즉, 외팔보(112)의 휨에 의해 발생하는 저항값의 변화가 ΔR 이라고 한다면, 제 1 압저항센서(222)는 +ΔR 의 변화

량을 제 2 압저항센서(224)는  $-\Delta R$ 의 변화를 나타낼 때 전압 이득값( $V_g$ )은 커진다.

- [0056] 이와 같이, 외팔보(112)의 상부 및 하부에 각각 압저항센서(222, 224)를 형성할 경우에 상술한 [수학식 2]로 표현되는 전압이득값( $V_g$ )을 크게 할 수 있다. 이는 저항값 변화량이 보다 정밀하고 정확하게 측정되는 것으로서 원자 현미경의 분해능이 향상되는 것을 나타낸다.
- [0057] 한편, 본 실시 예에 따른 캔틸레버 구조체의 제조 방법을 도 5a 내지 도 5k를 참조하여 살펴보면 다음과 같다.
- [0058] 먼저 도 5a를 참조하면, 실리콘 웨이퍼(101)를 준비하고, 실리콘 웨이퍼(101)의 적어도 일면에 제 1 산화막(102)을 형성한다. 제 1 산화막(102)은 열산화 공정을 이용하여 형성할 수 있다. 즉, 약 1000℃의 온도로 설정된 산화로에 실리콘 웨이퍼를 투입하고 수증기 및 산소를 주입하면 실리콘 웨이퍼 표면이 열산화 되는 것을 이용할 수 있다.
- [0059] 이어서 도 5b와 같이 제 1 산화막(102) 상에 제 1 산화막(102)의 일부분을 노출시키는 개구부(106)를 갖도록 포토레지스트 패턴(104)을 형성한다. 개구부(106)는 탐침(116)의 패턴 형상을 위해 실리콘 웨이퍼(101)를 식각하기 위한 것이다. 포토레지스트 패턴(104)을 형성하기 위해서는 먼저 제 1 산화막(102) 상에 포토레지스트 물질(미도시)을 도포한다. 그리고 포토레지스트 물질 위에 개구부(106)에 대응하는 마스크(미도시)를 정렬하고 사진/식각 공정을 수행함으로써 포토레지스트 물질을 선택적으로 식각하여 포토레지스트 패턴(104)을 형성할 수 있다.
- [0060] 그리고 도 5c를 참조하면, 포토레지스트 패턴(104)을 식각 마스크로 하여 제 1 산화막(102)을 선택적으로 식각하여 제 1 산화막 패턴(102a)을 형성한다. 제 1 산화막(102)은 BHF(Buffered-HF)를 이용하여 식각할 수 있다. 이때 제 1 산화막(102)의 식각 공정 시간은 제 1 산화막(102)의 형성 두께에 의해서 결정될 수 있다. 예컨대 제 1 산화막(102)의 식각 속도가 70~80nm/m 이므로, 제 1 산화막(102)이 200nm의 두께로 형성되었을 경우에는 3분 정도의 식각 시간이 소요될 수 있다.
- [0061] 제 1 산화막 패턴(102a)을 형성한 다음에는 도 5d와 같이 제 1 산화막 패턴(102a)을 식각 마스크로 하여 실리콘 웨이퍼(101)를 선택적으로 식각함으로써 홈(108)을 형성한다. 실리콘 웨이퍼(101)의 식각은 TMAH 용액을 이용하여 수행할 수 있다. 이때 실리콘의 결정방향이 <100>방향일 경우에 식각되는 속도가 달라서 V자 형태를 갖는 홈(108)을 형성할 수 있다.
- [0062] 이어서 제 1 산화막 패턴(102)과 포토레지스트 패턴(104)을 제거하여 도 5e와 같이 홈(108)이 형성된 실리콘 웨이퍼(101)만을 남긴다. 이때 포토레지스트 패턴(104)은 과산화수소( $H_2O_2$ ) 및 황산( $H_2SO_4$ )의 혼합액을 이용하여 제거할 수 있다. 그리고 제 1 산화막(102)은 BHF를 이용하여 제거할 수 있다.
- [0063] 제 1 산화막 패턴(102) 및 포토레지스트 패턴(104)을 제거한 후에는 도 5f와 같이 홈(108)이 형성된 실리콘 웨이퍼(101) 상에 전체적으로 제 2 산화막(103)을 형성한다. 제 2 산화막(103)은 도 5a와 마찬가지로 열산화 공정을 이용하여 형성할 수 있다. 이처럼 열산화 공정을 이용할 경우 실리콘 웨이퍼(101)의 표면이 산화되면서 최초 높이보다 아랫면으로 약 40%와 윗면으로 약 60% 정도의 양으로 산화막이 형성된다. 이처럼 제 2 산화막(103)을 형성함에 따라서 실리콘 웨이퍼(101)에 형성된 홈(108)을 더욱 예리하게 할 수 있다.
- [0064] 이어서 도 5g와 같이, 제 2 산화막(103) 상에 전체적으로 희생막(109)을 형성한다. 희생막(109)은 알루미늄(Al)을 이용하여 형성할 수 있다. 이러한 희생막(109)은 이후 공정에서 캔틸레버 구조체를 실리콘 웨이퍼(101)로부터 분리시키기 위한 것이다.
- [0065] 희생막(109)을 형성한 다음에는 도 5h에서 보는 것처럼, 희생막 상에 금속 물질을 패터닝하여 하부의 회로패드(121b)를 형성한다. 하부의 회로패드(121b)는 도 1 및 도 2에 도시된 제 2 압저항센서(224), 고정저항(124), 도전부분(128) 및 전류입력단부(126)를 포함한다. 즉, 제 2 압저항센서(224), 고정저항(124), 도전부분(128) 및 전류입력단부(126)는 동일한 공정에서 단일 마스크를 이용하여 형성할 수 있다. 이러한 하부 회로패드(121b)를 형성하는 금속 물질은 금(Au) 또는 크롬(Cr)인 것이 바람직하다.
- 하부 회로패드(121b)를 형성한 다음에는 도 5i에서 보는 것처럼 캔틸레버(111)를 형성한다. 이때 캔틸레버(111)는 도 1 및 도 2에 도시된 외팔보지지부(114), 외팔보(112), 탐침(116)이 일체형으로 형성된 것을 일컫는다. 캔틸레버(111)를 형성하기 위해서 먼저 희생막(109) 상에 폴리머 계열의 물질을 전체적으로 도포한다. 이때, 폴리머 계열의 물질은 SU-8인 것이 바람직하다. 그리고 도 2에 도시된 외팔보지지부(114) 및 외팔보(112)

의 형태에 대응하는 형태의 마스크(미도시)를 정렬시킨 이후에 식각 공정을 통해서 캔틸레버(111)를 형성할 수 있다.

이처럼 본 발명에 의한 캔틸레버 구조체 제조방법에 의하면 캔틸레버(111)를 폴리머 계열의 물질인 SU-8 물질을 이용함으로써 식각을 위한 하드 마스크 공정을 수행할 필요가 없다.

그리고 SU-8을 이용하여 캔틸레버(111)를 형성하는 공정은 진공 챔버(미도시)에서 진행될 수 있다. 이때 진공 챔버에서의 캔틸레버(111) 형성 공정은 상온(25℃)에서 10분간 진행될 수 있다. 이러한 캔틸레버(111) 형성 공정은 진공 챔버에서 수행됨에 따라서 홈(108)의 첨예한 끝단의 기포들을 제거할 수 있어서 SU-8이 홈(108)의 내부까지 잘 채워진다. 즉, 탐침(116)의 끝단을 예리하게 형성함으로써 원자 현미경의 수평 분해능을 향상시킬 수 있다.

외팔보지지부(114) 및 외팔보(112)는 도면에서와 같이 동일한 물질을 이용하여 동일한 공정에서 일체형으로 형성될 수 있다. 이러한 외팔보지지부(114) 및 외팔보(112)는 폴리머 물질을 이용하여 형성한다. 일례로 외팔보지지부(114) 및 외팔보(112)는 SU-8을 이용하여 형성할 수 있다.

그리고 도 5j와 같이 캔틸레버(111)의 일면에 상부 회로패드(121a)를 형성한다. 상부 회로패드(121) 역시, 도 1 및 도 2에 도시된 제 1 압저항센서(222), 고정저항(124), 도전부분(128) 및 전류입력단부(126)를 포함할 수 있다. 즉, 제 1 압저항센서(222), 고정저항(124), 도전부분(128) 및 전류입력단부(126)는 동일한 공정에서 단일 마스크를 이용하여 형성할 수 있다. 이러한 상부 회로패드(121a)를 형성하는 금속 물질은 금(Au) 또는 크롬(Cr)을 이용하여 형성할 수 있다.

이어서 도 5k에서와 같이 바디부(132)를 형성한다. 바디부(132)는 폴리머 계열의 물질, 즉 일례로 SU-8을 이용하여 형성할 수 있다.

그리고 도 5l와 같이 실리콘 웨이퍼(101)로부터 캔틸레버(111) 및 상하부 회로패드(121a, 121b)와 바디부(132) 등을 포함하는 캔틸레버 구조체를 분리할 수 있다. 캔틸레버 구조체를 분리하는 것은 BHF를 이용하여 희생층을 제거함으로써 수행될 수 있다.

한편, 도 6은 본 발명의 제 2 실시 예에 따른 캔틸레버 구조체의 외팔보 영역 확대 사시도이고, 도 7은 본 발명의 제 2 실시 예에 따른 캔틸레버 구조체의 회로도이다.

도 6은 캔틸레버 구조체 중에서 외팔보(112)에 형성되는 압저항센서를 중심으로 설명하기 위한 것으로 전술한 실시 예와 동일한 다른 구성에 대한 도시를 생략하였다.

도 6을 참조하면, 본 실시 예에 의한 캔틸레버 구조체는 외팔보(112)의 상부에 형성되는 제 1 및 제 4 압저항센서(R11, R14)와, 외팔보(112)의 하부에 형성되는 제 2 및 제 3 압저항센서(R12, R13)를 포함한다. 즉, 본 실시 예에 의한 캔틸레버 구조체는 외팔보(112)의 상부 및 하부에 4개의 압저항센서로서 제 1 내지 제 4 압저항센서(R11, R12, R13, R14)들을 포함한다. 본 실시 예에 있어서 전술한 실시 예와 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 도면부호를 사용하고 자세한 설명을 생략하기로 한다.

외팔보(112)의 상부 및 하부에 형성되는 제 1 내지 제 4 압저항센서(R11, R12, R13, R14)들은 외팔보(112)의 휨에 따라 저항값이 변하는 가변저항을 이용할 수 있다. 이와 같이 외팔보(112)의 상부 및 하부에 각각 압저항센서를 형성할 경우에 외팔보(112)의 휘어짐에 따라서 제 1 내지 제 4 압저항센서(R11, R12, R13, R14)들은 동시에 저항값이 변화하게 된다.

이렇게 외팔보(112)에 압저항센서가 4개로 형성될 경우에는 전술한 실시 예보다 압저항센서의 민감도가 증가하여 원자 현미경의 분해능을 더욱 향상시킬 수 있다. 본 실시 예에 의한 캔틸레버 구조체의 외팔보(112) 민감도는 제 1 내지 제 4 압저항센서(R11, R12, R13, R14)들에 인가되는 전압에 대한 출력을 살펴보면 파악할 수 있다.

제 1 내지 제 4 압저항센서(R11, R12, R13, R14)들을 동일한 재질을 이용하여 동일한 패턴으로 형성할 경우 전압이 인가되기 전의 초기 저항값은 모두 동일하다. 그리고, 외팔보(112)가 아래방향으로 휨 경우에 상부에 형성되는 제 1 및 제 4 압저항센서(R11, R14)들의 저항값은 증가한다. 이와 동시에 하부에 형성되는 제 2 및 제 3 압저항센서(R12, R13)들의 저항값은 감소한다. 이러한 원리는 앞서 제 1 실시 예에서 설명한 압저항센서들의 저항값 변화 원리와 유사하다.

이처럼 외팔보(112)가 아래 방향으로 휨에 따라서 제 1 내지 제 4 압저항센서(R11, R12, R13, R14)들의 저항값은 다음과 같이 변하게 된다. 즉, 제 1 내지 제 4 압저항센서(R11, R12, R13, R14)들의 저항값은 외팔보(112)가 아래



방향으로 휠 경우에, R11 및 R 14 는 R0 + ΔR 로 변하게 된다. 이와 동시에 R12 및 R 13 은 R0 - ΔR 과 같 이 변하게 된다.

그리고 입력전원(Vs)에 대한 출력 전압(Vo)은 도 7에서 b노드와 a노드에서의 전압차이인 Vb-Va로 정의된다. 이 때, Vb 및 Va는 각각 Ib\*R4 및 Ia\*R2와 같다. 여기서 Ib는 Vs/(R13+R14)로 정의되고, Ia는 Vs/(R11+R12)로 정 의된다.

[0066] 따라서, Ib\*R4-Ia\*R2 로 정의되는 출력전압(Vo) 관계식에 Ib 및 Ia 값을 상술한 전압 및 압저항 센서 저항값의 관계식으로 대체하면, 출력전압 Vo는 다음과 같은 [수학식3]으로 정리될 수 있다.

### 수학식 3

$$V_o = V_s \frac{R_{14}}{R_{13} + R_{14}} - V_s \frac{R_{12}}{R_{11} + R_{12}} = V_s \frac{R_0 + \Delta R}{R_0 + \Delta R + R_0 - \Delta R} - V_s \frac{R_0 - \Delta R}{R_0 + \Delta R - R_0 - \Delta R} = V_s \frac{\Delta R}{R_0}$$

[0067]

[0068] 그리고, 도 6에 도시된 외팔보(112)의 스트레인(e)은 외팔보(112)의 길이(L), 폭(w) 및 높이(h)의 관계식인  $6L \cdot F / w \cdot h^2 \cdot Y$  로 정의할 수 있다. 여기서 Y는 외팔보(112)의 탄성율을 나타낸다. 또한 [수학식 3]엔 ΔR/R0 는 게이지 팩터(gauge factor)와 탄성율을 이용하여 다음과 같은 [수학식 4]로 다시 정리될 수 있다.

### 수학식 4

$$V_o = V_s G F e = V_s G F \frac{6 L F}{w h^2 Y} = \frac{6 V_s G F L}{w h^2 Y} F = k F$$

[0069]

[0070] 즉, 본 실시 예와 같이, 압저항센서들을 4개 이용할 경우, 모든 압저항센서들의 저항값의 변화로 더 민감한 측 정을 할 수 있어서, 결국 원자 현미경의 감도를 향상시킬 수 있다.

한편, 도 8은 본 발명의 제 3 실시 예에 따른 캔틸레버 구조체의 측단면도이다.

[0071]

삭제

[0072] 도 8을 참조하면, 본 실시 예에 의한 캔틸레버 구조체는 바디부(132), 바디부(132)의 일면에 배치되는 일체형의 외팔보지지부(114) 및 외팔보(112)를 포함한다. 그리고 외팔보(112)의 상부 및 하부에는 제 1 내지 제 4 압저 항센서(R21,R22,R23,R24)들이 형성된다. 즉, 외팔보(112)의 상부에는 제 1 및 제 4 압저항센서(R21,R24)들이 형성되고, 외팔보(112)의 하부에는 제 2 및 제 3 압저항센서(R22,R23)들이 형성될 수 있다. 또한, 제 1 내지 제 4 압저항센서(R21,R22,R23,R24)들을 덮도록 제 1 및 제 2 보호막(232,236)이 형성된다. 즉, 제 1 보호막 (232)은 상부의 제 1 및 제 4 압저항센서(R21,R24)들을 덮도록 형성될 수 있다. 또한, 제 2 보호막(236)은 하 부의 제 2 및 제 3 압저항센서(R22,R23)들을 덮도록 형성될 수 있다.

[0073] 제 1 및 제 2 보호막(232,236)은 제 1 내지 제 4 압저항센서(R21,R22,R23,R24)들이 외부로 노출되는 것을 방지 하여 불순물 등으로부터 보호하기 위한 것이다. 이러한 제 1 및 제 2 보호막(232,236)은 폴리머 계열의 물질을 이용하여 형성할 수 있다. 이와 같은 제 1 및 제 2 보호막(232,236)은 제 1 내지 제 4 압저항센서 (R21,R22,R23,R24)들이 외부로 노출되는 것을 방지하기 때문에 수용액 속의 시료나 액화 상태의 시료에 대한 측 정이 더욱 용이할 수 있다.

[0074] 이와 같이, 본 발명에 따른 캔틸레버 구조체는 폴리머 계열 물질인 SU-8을 이용하여 제작됨으로써, 종래 실리콘 (Si) 및 질화실리콘(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)으로 제작되는 캔틸레버 구조체에서 적용될 수 없는 외팔보 상하부 양 면에 가변저항 으로서 압저항센서를 포함하는 휘트스톤 브리지 회로의 내장이 가능하다.

이에 의해, 캔틸레버 구조체의 변형을 더욱 정밀하게 측정할 수 있어서 원자 현미경의 감도를 향상시켜서 원자

현미경의 분해능을 개선시킬 수 있다.

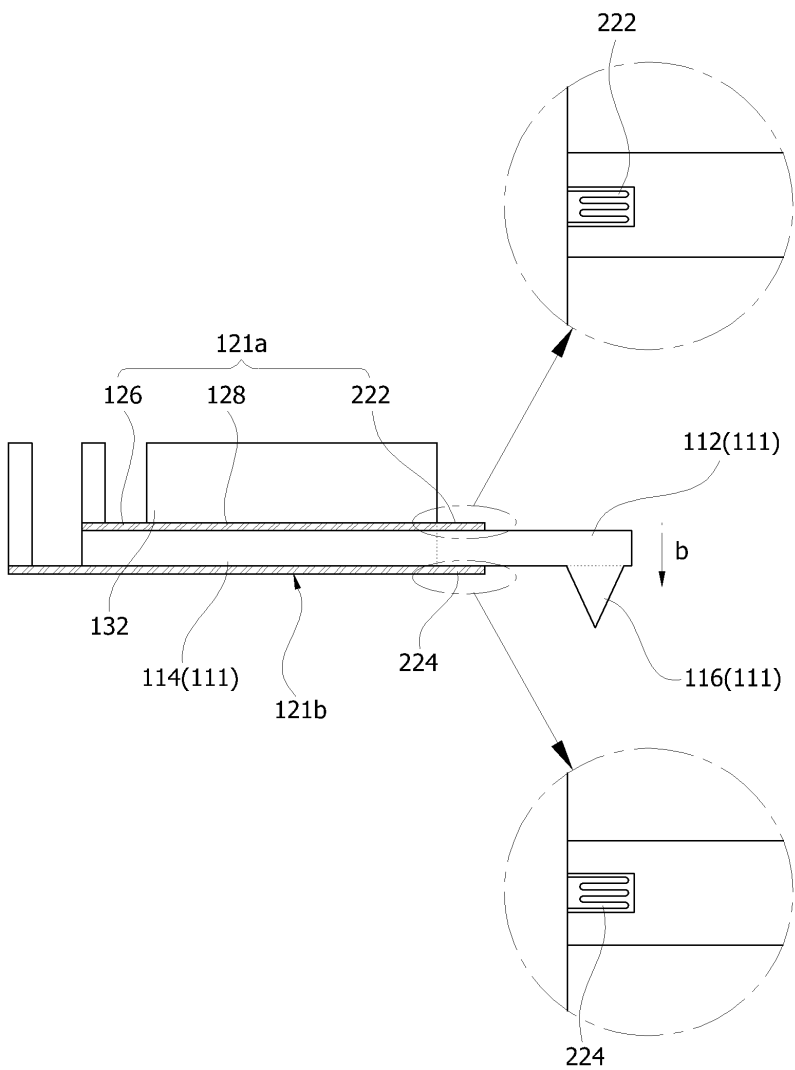
본 발명은 이상에서 살펴본 바와 같이 바람직한 실시 예를 들어 설명하였으나, 상기한 실시 예에 한정되지 아니하며 본 발명의 요지를 벗어나지 않는 범위 내에서 당해 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변경과 수정이 가능할 것이다.

부호의 설명

- [0075]
- |                   |              |
|-------------------|--------------|
| 112 : 외팔보         | 114 : 외팔보지지부 |
| 116 : 탐침          | 132 : 바디부    |
| 222, 224 : 압저항 센서 | 126 : 회로패드   |

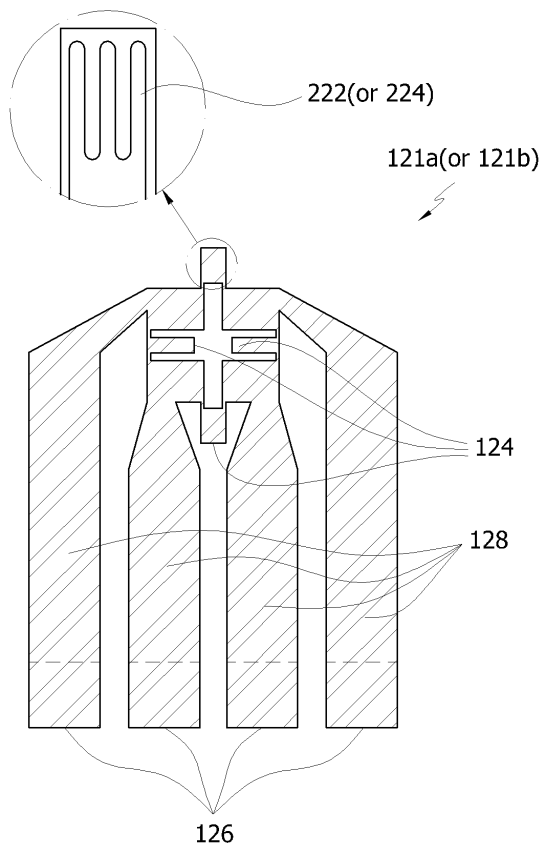
도면

도면1

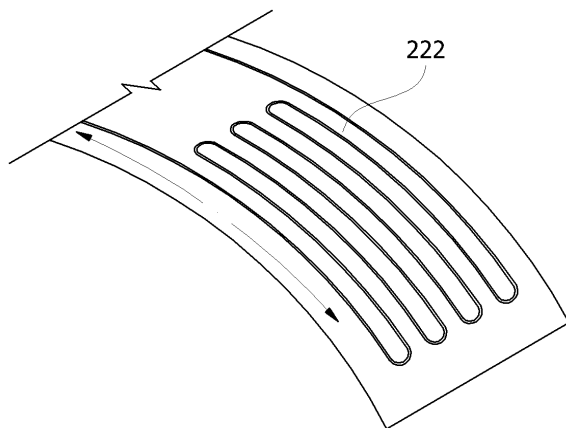




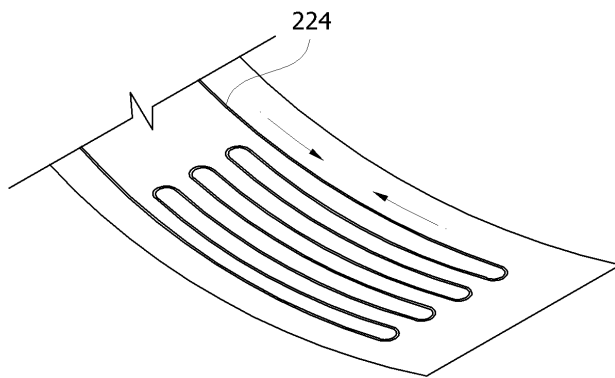
도면2



도면3a



도면3b



도면3c

삭제

도면3d

삭제

도면3e

삭제

도면3f

삭제

도면3g

삭제

도면3h

삭제

도면3i

삭제

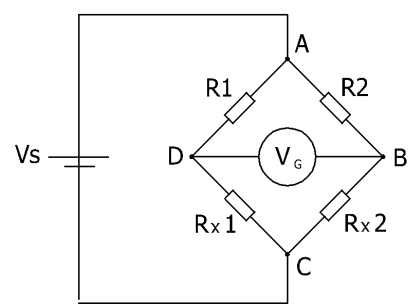
도면3j

삭제

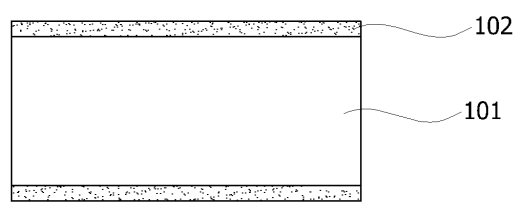
도면3k

삭제

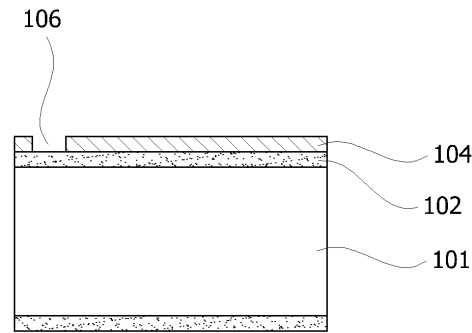
도면4



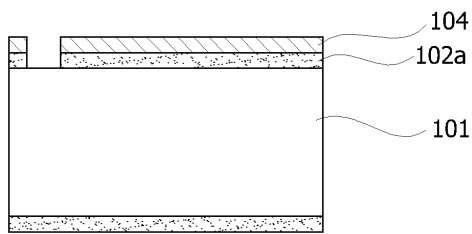
도면5a



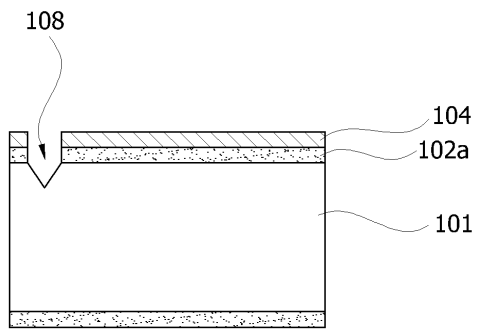
도면5b



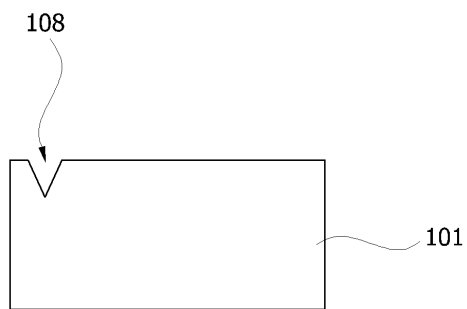
도면5c



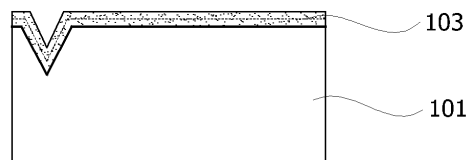
도면5d



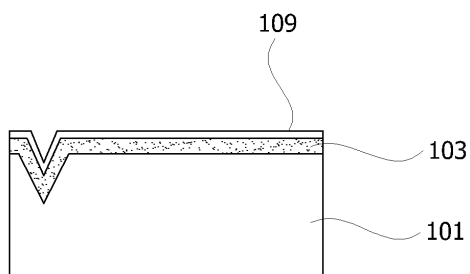
도면5e



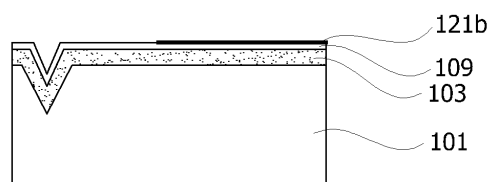
도면5f



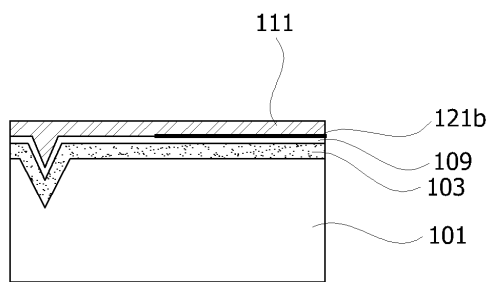
도면5g



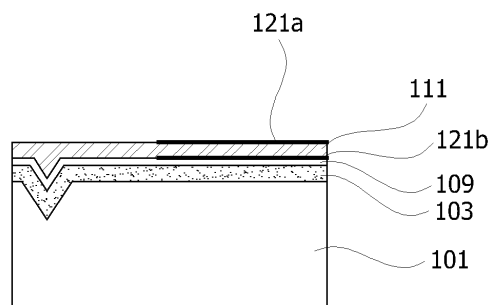
도면5h



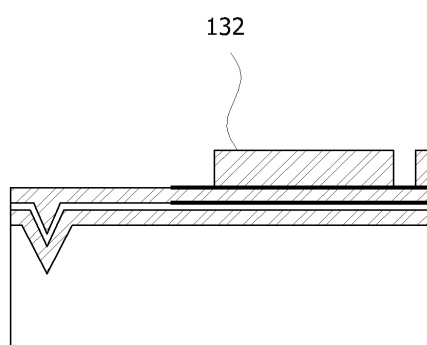
도면5i



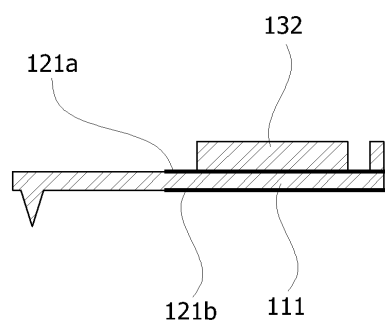
도면5j



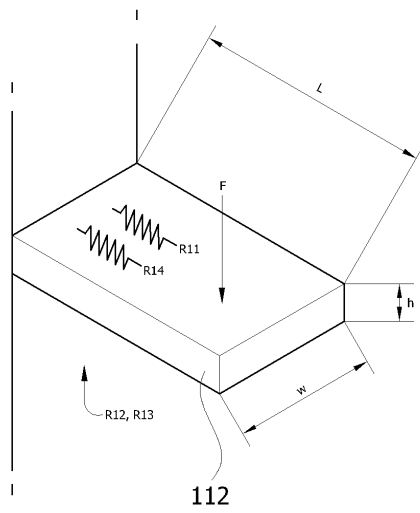
도면5k



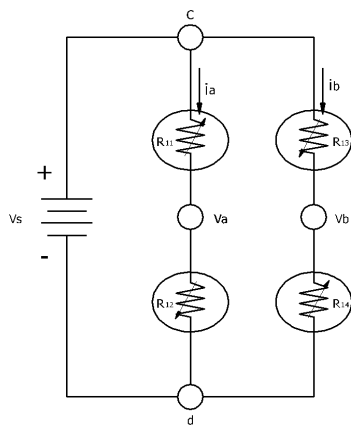
도면5l



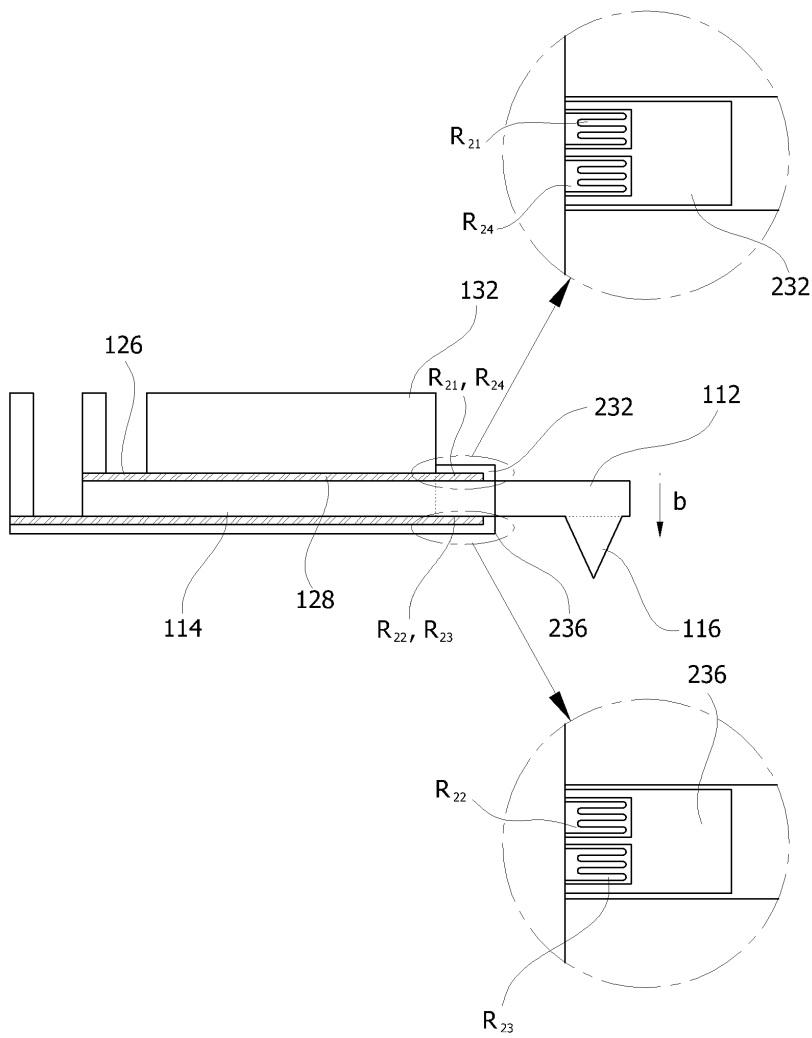
도면6



도면7



도면8



도면9

삭제