(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0033815
(43) 공개일자 2022년03월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*G01N 27/407* (2006.01) *G01N 27/12* (2006.01)
*G01N 33/00* (2006.01) *H01L 29/06* (2006.01)
(52) CPC특허분류
*G01N 27/4071* (2013.01)
*G01N 27/127* (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0116130
(22) 출원일자 2020년09월10일
심사청구일자 2020년09월10일

(71) 출원인
**울산과학기술원**
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
**신홍주**
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
**조우택**
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
**김태중**
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
**특허법인태백**

전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **금속층이 형성된 공중부유형 탄소 나노와이어를 이용한 3ω방법 기반 가스센서 및 그 제조방법**

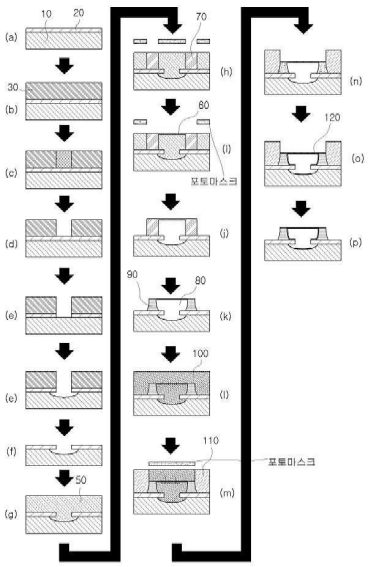
## (57) 요 약

본 발명은 금속층이 형성된 공중 부유형 탄소 나노와이어를 이용한 3ω방법 기반 가스센서 및 그 제조방법에 관한 것이다.

본 발명에 따르면, (a) 실리콘 기판 상면에 절연층을 형성하는 단계, (b) 절연층에 제 1 포토레지스트를 코팅하

(뒷면에 계속)

*대 표 도* - 도2



는 단계, (c) 상기 제1 포토레지스트가 코팅된 상면에 포토마스크와 1차 UV 노광을 통해 절연층 및 실리콘 식각이 필요한 영역의 상기 제1의 포토레지스트를 노광하는 단계, (d) 상기 제 1 포토레지스트 중 노광된 부분을 제거하여 처마 구조 형성을 위한 구조를 현상하는 단계, (e) 상기 식각이 필요한 위치에 상기 제1 포토레지스트가 제거된 상태에서 상기 절연층을 식각하는 단계, (f) 상기 절연층이 식각된 기판에 등방성 식각을 통해 처마 구조를 형성하는 단계, (g) 상기 (d)단계에서 제거되지 않은 제2 포토레지스트를 제거하여 처마 구조가 형성된 기판을 제작하는 단계, (h) 상기 처마구조가 형성된 절연층에 제2 포토레지스트를 코팅하는 단계, (i) 상기 제2 포토레지스트가 코팅된 상면에 포토마스크와 2차 UV 노광 및 3차 UV 노광을 통해 공중 부유형 와이어와 상기 공중 부유형 와이어를 지탱하는 전극 기둥부를 형성하는 단계, (j) 상기 공중 부유형 와이어와 상기 전극 기둥부를 현상하는 단계, (k) 상기 공중 부유형 와이어와 상기 전극 기둥부를 열분해하여 공중 부유형 탄소와이어와 탄소 전극으로 변형하는 단계, (l) 공중 부유형 탄소와이어와 탄소 전극에 제3 포토레지스트를 코팅하는 단계, (m) 상기 제3 포토레지스트가 코팅된 상면에 포토마스크와 4차 UV 노광을 통해 금속층의 증착이 필요한 위치의 상기 제3 포토레지스트를 노광하는 단계, (n) 상기 제3 포토레지스트 중 노광되지 않은 부분을 제거하여 상기 금속층의 증착을 위한 구조를 현상하는 단계, (o) 상기 금속층의 증착이 필요한 위치에 상기 제3 포토레지스트가 제거된 상태에서 금속층을 증착하는 단계, (p) 상기 (n)단계에서 제거되지 않은 제3 포토레지스트를 제거하여 전극 영역을 형성하는 단계를 포함한다.

이와 같이 본 발명에 따르면, 공중부유형 탄소 나노와이어 위에 증착된 금속층에 교류를 인가하여 발생한 열과 주변 가스로의 열손실에 의해 결정되는 탄소와이어 위에 증착된 금속층의 온도 변화에 따른 탄소와이어의 저항 변화를 측정하여 외부 가스의 농도를 측정할 수 있으며, 가스 측정 감도를 증가시킬 수 있다.

(52) CPC특허분류
*G01N 27/4073* (2013.01)
*G01N 27/4146* (2013.01)
*G01N 33/0036* (2013.01)
*H01L 29/0665* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711103068
과제번호 2018-0-00756-003
부처명 과학기술정보통신부(P71)
과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
연구사업명 차세대초소형IoT기술개발(R&D)
연구과제명 차세대초소형IoT기술개발(R&D)
기 여 율 90/100
과제수행기관명 울산과학기술원
연구기간 2020.01.01 ~ 2020.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1345321161
과제번호 2020R1A6A1A03040570
부처명 교육부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 이공학학술연구기반구축(R&D)
연구과제명 환경감시 자율무인시스템 연구센터
기 여 율 10/100
과제수행기관명 울산과학기술원
연구기간 2020.06.01 ~ 2021.02.28

# 명 세 서

## 청구범위

### 청구항 1

(a) 실리콘 기판 상면에 절연층을 형성하는 단계

(b) 절연층에 제 1 포토레지스트를 코팅 하는 단계

(c) 상기 제1 포토레지스트가 코팅된 상면에 포토마스크와 1차 UV 노광을 통해 절연층 및 실리콘 식각이 필요한 영역의 상기 제1의 포토레지스트를 노광하는 단계

(d) 상기 제 1 포토레지스트 중 노광된 부분을 제거하여 처마 구조 형성을 위한 구조를 현상하는 단계

(e) 상기 식각이 필요한 위치에 상기 제1 포토레지스트가 제거된 상태에서 상기 절연층을 식각하는 단계

(f) 상기 절연층이 식각된 기판에 등방성 식각을 통해 처마 구조를 형성하는 단계

(g) 상기 (d)단계에서 제거되지 않은 제1 포토레지스트를 제거하여 처마 구조가 형성된 기판을 제작하는 단계

(h) 상기 처마구조가 형성된 절연층에 제2 포토레지스트를 코팅을 하는 단계

(i) 상기 제2 포토레지스트가 코팅된 상면에 포토마스크와 2차 UV 노광 및 3차 UV 노광을 통해 공중 부유형 와이어와 상기 공중 부유형 와이어를 지탱하는 전극 기둥부를 형성하는 단계

(j) 상기 공중 부유형 와이어와 상기 전극 기둥부를 현상하는 단계

(k) 상기 공중 부유형 와이어와 상기 전극 기둥부를 열분해하여 공중 부유형 탄소와이어와 탄소 전극으로 변형하는 단계를 포함하는 가스센서의 제조방법

### 청구항 2

제1항에 있어서,

(l) 공중 부유형 탄소와이어와 탄소 전극에 제3 포토레지스트를 코팅하는 단계

(m) 상기 제3 포토레지스트가 코팅된 상면에 포토마스크와 4차 UV 노광을 통해 금속층의 증착이 필요한 위치의 상기 제3 포토레지스트를 노광하는 단계

(n) 상기 제3 포토레지스트 중 노광되지 않은 부분을 제거하여 상기 금속층의 증착을 위한 구조를 현상하는 단계

(o) 상기 금속층의 증착이 필요한 위치에 상기 제3 포토레지스트가 제거된 상태에서 금속층을 증착하는 단계

(p) 상기 (n)단계에서 제거되지 않은 제3 포토레지스트를 제거하여 전극 영역을 형성하는 단계를 더 포함하는 가스센서의 제조방법

### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 (a)단계에서

상기 절연층은 습식 산화(Wet oxidation)를 이용하여 형성되는 가스센서의 제조 방법.

### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 (f)단계에서

상기 처마 구조는,

상기 전극 기둥부 사이의 바닥면에 아치구조로 형성되는 가스센서의 제조 방법.

**청구항 5**

제1항에 있어서,

상기 (h)단계에서,

제2 포토레지스트는 네거티브 포토레지스트이며, 상기 절연층에 코팅되는 가스센서의 제조방법.

**청구항 6**

제2항에 있어서,

상기 (l)단계에서,

상기 제3 포토레지스트는 네거티브 포토레지스트이며, 상기 공중 부유형 탄소와이어와 탄소 전극에 코팅되는 가스센서의 제조방법.

**청구항 7**

실리콘 기판 상면에 형성되는 복수의 탄소전극, 그리고

상기 복수의 탄소전극의 상부를 연결하는 공중 부유형 탄소와이어를 포함하며,

상기 공중 부유형 탄소와이어의 상단부에 금속층이 증착되는 가스센서.

**청구항 8**

제7항에 있어서,

상기 복수의 탄소전극들 사이의 하단부에 아치 형태의 처마 구조가 형성되는 가스센서.

**청구항 9**

제8항에 있어서,

상기 공중 부유형 탄소와이어 위에 증착된 금속층에 교류 전압이 인가되면, 외부 매질로의 열손실에 따른 상기 공중 부유형 탄소와이어 위에 증착된 금속층의 측정된 저항 변화 값을 통하여 상기 외부 매질의 종류를 구분하고 상기 외부 매질의 농도를 측정하는 가스센서.

## *발명의 설명*

### *기 술 분 야*

[0001] 본 발명은 금속층이 형성된 공중 부유형 탄소 나노와이어를 이용한 3ω방법 기반 가스센서 및 그 제조방법에 관한 것으로 등방성 기판 식각을 통해 완성된 처마 구조를 이용하여 와이어 위에만 국부적으로 금속층이 형성된 공중 부유형 탄소 나노와이어에 3ω방법의 특성을 이용하여 가스의 농도 및 복수의 가스 종류를 검지하는 가스센서 및 그 제조방법에 관한 것이다.

### *배 경 기 술*

[0002] 최근 환경문제에 대한 관심 증가와 정보통신 기기의 발전과 더불어 다양한 가스에 대한 센서가 개발되고 있는 가운데 반도체 기술을 접목함으로써 제조가 간편해지고 그 성능이 향상되고 있다. 모든 센서는 성능 향상을 위하여 감지도를 높이는 것이 최대 목표이며, 이러한 목표를 달성하기 위한 노력도 증가되고 있다.

[0003] 한편, 종래의 반도체식 가스센서는 감지 물질이 반도체 박막이기 때문에 감지 범위에 대한 한계가 있었다.

[0004] 따라서, 일산화탄소(CO)나 이산화탄소 등과 같은 유해한 가스를 감지하기 위한 센서는 용액의 도전방식을 이용한 전기화학적 방법과 적외선 흡수법에 의한 광학적 방법, 그리고 나노 입자 또는 나노 와이어의 전기 저항을 측정하는 법이 적용되고 있다.

[0005] 상기 전기화학적 방법은 대상 가스를 전기화학적으로 산화 또는 환원하여 외부의 회로에 흐르는 전류를 측정하

거나, 전해질 용액이나 고체에 용해 또는 이온화한 가스 상의 이온이 이온전극에 작용하여 생기는 기전력을 이용하는 것으로서, 이는 매우 느린 반응속도를 나타냄과 더불어 가스의 감지범위 및 사용 환경이 한정되어 있는 데다가 가격도 비싸다는 단점이 있다.

[0006] 또한, 적외선 흡수법에 의한 광학적 방법은 여타의 혼합가스나 습도에 의한 영향을 거의 받지 않는다는 장점은 있으나, 장치가 복잡하고 크기가 커질 뿐만 아니라 가격도 고가라는 단점이 있다.

[0007] 일반적으로, 화학센서는 접촉연소법에 의해 가스를 감지하기 위한 구조로 이루어져 있는 바, 가스가 촉매인 백금선을 포함하는 센서와 반응하였을 때 발열반응이나 흡열반응에 의한 백금선의 저항변화를 이용하여 가스를 감지할 수 있도록 되어 있어서 센서의 안정성과 감도를 향상시켰다.

[0008] 한편, 최근에는 가스의 화학흡착에 의한 접촉반응과 전자밀도와의 관계가 규명되면서 산화물 반도체식 가스센서가 개발되어 상용화되고 있는 바, 이러한 반도체식 가스센서는 가연성 가스를 비롯한 대부분의 가스를 감지할 수 있도록 개발되었고, 그에 따라 다른 방식의 가스센서에 비해 소형화와, 저가격화, 신뢰성의 향상이 가능하게 되었다.

[0009] 이러한 반도체식 가스센서로서 적용되는 탄소나노튜브를 이용한 가스센서는 여타의 센서가 산화질소 등을 검출하기 위해 약 300℃까지 가열하여야 하였지만, 탄소나노튜브가 실온에서도 동작이 가능하고, 탄소나노튜브의 입자크기가 나노 단위이기 때문에 여타의 센서에 비해서 센서의 감도가 수천 배 정도 높다는 장점이 있다.

[0010] 측정 가스의 농도에 따른 나노 입자 자체 또는 나노 입자를 코팅한 물질의 전기 저항 변화를 측정하는 형식의 가스 센서가 개발되었다. 나노 입자를 사용하면 부피 대 면적비가 매우 높아 가스농도 변화에 따른 표면 반응의 효과의 전체 부피에 대한 저항 변화로의 효과가 매우 크기 때문에 감도가 매우 높은 센서 제작이 가능하다.

[0011] 또한, 종래의 반도체식 가스센서는 나노 물질과 전극과의 물리적, 전기적 연결이 불안정하고 표면과 접촉된 형태의 나노 물질은 가스 센싱 과정에서 표면의 영향을 받는다는 단점을 지니고 있다.

[0012] 이후, 나노 와이어를 표면과 일정 간격 이격되어 있는 형태, 즉 기둥 형태의 전극 위에 전기 영동법으로 고착시키거나, 나노 와이어를 한 쪽 전극에서 반대 쪽 전극으로 선택적으로 성장시켜 공중부유 형태로 나노 와이어 기반 센서를 제작하였다. 이러한 기존 공중 부유형 나노 와이어 센서는 감도는 좋지만 나노 와이어와 전극의 접촉이 좋지 않고 제조 과정의 제어가 어려우며 제조 방식이 비용이 많이 들거나 제조 시간이 길어 센서의 대량생산을 통한 상용화에 한계를 지니고 있다.

[0013] 또한, 기존의 공중 부유형 나노 와이어의 경우 감도는 높지만 상대적으로 낮은 농도의 가스에서도 쉽게 화학반응이 포화되어 고농도의 가스 측정이 어렵다는 단점이 있다.

[0014] 본 발명의 배경이 되는 기술은 대한민국 등록특허 제 10-0655640(2016.12.04)에 개시되어 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0015] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 등방성 기판 식각을 통해 완성된 처마 구조를 이용하여 와이어 위에만 국부적으로 금속층이 형성된 공중 부유형 탄소 나노와이어에 3ω방법의 특성을 이용하여 가스의 농도 및 복수의 가스 종류를 검지하는 가스센서 및 그 제조방법을 제공하기 위한 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0016] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 실시 예에 따르면, (a) 실리콘 기판 상면에 절연층을 형성하는 단계, (b) 절연층에 제 1 포토레지스트를 코팅하는 단계, (c) 상기 제1 포토레지스트가 코팅된 상면에 포토마스크와 1차 UV 노광을 통해 절연층 및 실리콘 식각이 필요한 영역의 상기 제1의 포토레지스트를 노광하는 단계, (d) 상기 제 1 포토레지스트 중 노광된 부분을 제거하여 처마 구조 형성을 위한 구조를 현상하는 단계, (e) 상기 제 1 포토레지스트에서 현상 제거된 부분의 절연층을 식각하는 단계, (f) 상기 절연층이 식각된 기판에 등방성 식각을 통해 처마 구조를 형성하는 단계, (g) 상기 (d)단계에서 제거되지 않은 제1 포토레지스트를 제거하여 처마 구조가 형성된 기판을 제작하는 단계, (h) 상기 처마구조가 형성된 절연층에 제2 포토레지스트를 코팅하는 단계, (i) 상기 제2 포토레지스트가 코팅된 상면에 포토마스크와 2차 UV 노광 및 3차 UV 노광을 통해 공중 부유형 와이어와 상기 공중 부유형 와이어를 지탱하는 전극 기둥부를 형성하는 단계, (j) 상기 공중 부유형 와이어

와 상기 전극 기둥부를 현상하는 단계, (k) 상기 공중 부유형 와이어와 상기 전극 기둥부를 열분해하여 공중 부유형 탄소와이어와 탄소 전극으로 변형하는 단계를 포함한다.

[0017] (l) 공중 부유형 탄소와이어와 탄소 전극에 제3 포토레지스트를 코팅하는 단계, (m) 상기 제3 포토레지스트가 코팅된 상면에 포토마스크와 4차 UV 노광을 통해 금속층의 증착이 필요한 위치의 상기 제3 포토레지스트를 노광하는 단계, (n) 상기 제3 포토레지스트 중 노광되지 않은 부분을 제거하여 상기 금속층의 증착을 위한 구조를 현상하는 단계, (o) 상기 금속층의 증착이 필요한 위치에 상기 제3 포토레지스트가 제거된 상태에서 금속층을 증착하는 단계, (p) 상기 (n)단계에서 제거되지 않은 제3 포토레지스트를 제거하여 전극 영역을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0018] 상기 (a)단계에서, 상기 절연층은 습식 산화(Wet oxidation)를 이용하여 형성될 수 있다.

[0019] 상기 (b)단계에서, 상기 제1 포토레지스트는 파지티브 포토레지스트이다.

[0020] 상기 (f)단계에서, 상기 처마 구조는, 상기 전극 기둥부 사이의 바닥면에 아치구조로 형성될 수 있다.

[0021] 상기 (h)단계에서, 제2 포토레지스트는 네거티브 포토레지스트이다.

[0022] 상기 (k) 단계에서, 열처리 온도를 조절하여 탄소와이어의 전기전도도를 낮추어서 (o) 단계에서 증착한 금속층으로만 전기적 연결이 이루어지도록 할 수 있다.

[0023] 상기 (i)단계에서, 상기 제3 포토레지스트는 네거티브 포토레지스트이다.

[0024] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 실리콘 기판 상면에 형성되는 복수의 탄소전극, 그리고 상기 복수의 탄소전극의 상부를 연결하는 공중 부유형 탄소와이어를 포함하며, 상기 공중 부유형 탄소와이어의 상단부에 금속층이 증착된다.

## 발명의 효과

[0025] 이와 같이 본 발명에 따르면, 공중부유형 탄소 와이어 위에 형성된 금속층에 교류를 인가하여 발생한 열과 주변 가스로의 열손실에 의해 결정되는 탄소 와이어 위에 증착된 금속층의 온도 변화에 따른 금속층의 저항 변화를 측정하여 외부 가스의 농도를 측정할 수 있으며, 가스 측정 감도를 증가시킬 수 있다.

[0026] 또한, 탄소 와이어의 크기가 작고 기판과 일정 간격 이격되어 적은 전력으로도 빠르게 가열 및 냉각이 가능하며, 입력 교류 신호의 주파수 변화에 민감하게 반응할 수 있다.

[0027] 또한, 주변 가스로의 열손실 변화에 따른 탄소 와이어위에 증착된 금속층의 저항을 측정하기 때문에 표면 반응의 포화에 의한 영향이 없어 고농도의 가스 측정이 가능하며, 주파수에 따른 저항 변화를 측정하여 가스의 종류를 구분할 수 있으며, 교류 신호 중 인가 전압의 주파수의 3배가 되는 3ω 신호를 추출하여 온도변화에 따른 저항 변화량을 측정하여 민감한 센서로 개발할 수 있다.

[0028] 또한, 처마 구조를 이용하여 전기적인 안정성이 높은 금속을 와이어 위에만 국부적으로 형성하였기 때문에 기존의 탄소 와이어로 제작된 가스센서보다 일정한 3ω 전압을 측정할 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 가스센서의 제조 방법을 나타낸 순서도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 가스센서의 제조과정을 간략하게 보인 예시도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 제조된 가스센서의 제조과정의 평면도를 나타낸 도면이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 제조된 가스센서를 전자현미경으로 촬영한 도면이다.

도 5는 공중부유형 탄소 나노와이어 표면에 금속층 증착 없이 탄소 나노와이어만을 사용한 가스센서와 본 발명의 실시예에 따른 제조된 가스센서를 이용하여 측정된 시간당 3Ù 전압을 나타낸 그래프이다.

도 6a는 공중부유형 탄소 나노와이어 표면에 금속층 증착 없이 탄소 나노와이어만을 사용한 가스센서의 TCR(Temperature coefficient of resistance) 값을 나타낸 도면이다.

도 6b는 본 발명의 실시예에 따라 제조된 가스센서의 TCR 값을 나타낸 도면이다.

도 7는 본 발명의 실시예에 따라 제조된 가스센서의 수소($H_2$,농도 0~20%)와 아르곤(Ar, 농도0~100%)의 농도에 따른 센서의 온도변화량 측정 결과이다.

## *발명을 실시하기 위한 구체적인 내용*

[0030] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시 예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0031] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0032] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0033] 이하에서는 도 1 내지 도 4를 이용하여 본 발명의 실시예에 따른 가스센서의 제조 방법을 설명한다.

[0034] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 가스센서의 제조 방법을 나타낸 순서도이고, 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 가스센서의 제조과정을 간략하게 보인 예시도이며, 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 제조된 가스센서의 제조과정의 평면도를 나타낸 도면이고, 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 제조된 가스센서를 전자현미경으로 촬영한 도면이다.

[0035] 도 1에서 나타낸 것처럼, 실리콘 기판(10)의 상면에 절연층(20)을 형성한다(S110).

[0036] 도 2의 (a) 및 도 3의 (a)는 실리콘 기판(10)의 상면에 절연층이 형성된 것을 나타낸다.

[0037] 이때, 실리콘 기판(10)의 상면에 형성되는 절연층(20)은 습식 산화(Wet oxidation)를 이용하여 형성될 수 있다.

[0038] 여기서, 습식 산화는 챔버 내부에 수증기와 산소 기체를 넣어 반응시켜 실리콘 기판(10)의 상면에 $SiO_2$을 증착하는 것으로, 반응이 빠르다는 장점이 있다.

[0039] 따라서, 절연층(20)은 $SiO_2$로 구성된다.

[0040] 여기서, 실리콘을 산화시켜 $SiO_2$를 증착하는 방법 외에도 다양한 절연물질을 증착시켜 절연층을 형성할 수 있다.

[0041] 다음으로, 도 2의 (b) 및 도 3의 (b)는 제1 포토레지스트(30)가 절연층(20)의 상면에 코팅되는 것을 나타낸다(S120).

[0042] 이때, 제1 포토레지스트(30)는 파지티브 포토레지스트(positive photoresist)이다.

[0043] 여기서, 파지티브 포토레지스트는 빛에 노광된 부분이 지워지는 포토레지스트를 말하며, 포토 마스크과 음영이 동일한 패턴이 형성된다.

[0044] 다음으로, 제1 포토레지스트(30)가 코팅된 상면에 1차 UV 노광을 통해 절연층과 실리콘 식각이 필요한 위치의 제1 포토레지스트(30)를 노광한다(S130).

[0045] 도 2의 (c) 및 도 3의 (c)에서 나타낸 것처럼, 절연층과 실리콘 식각이 필요한 위치의 제1 포토레지스트에 UV를 노광한다

[0046] 여기서, 절연층과 실리콘 식각이 필요한 위치의 제1 포토레지스트(30)에 UV 노광하기 위해 포토마스크를 이용하였으며, 포토마스크의 형태 및 위치에 따라 에칭이 필요한 영역의 형태 및 크기는 변경될 수 있다.

[0047] 다음으로, 절연층과 실리콘 식각이 필요한 영역을 현상한다(S140).

[0048] 도 2의 (d) 및 도 3의 (d)에서 나타낸 것처럼, 노광된 제1 포토레지스트(40)는 제거되며, 절연층(20)의 상면에는 절연층과 실리콘 식각이 필요한 영역이 형성된다.

[0049] 다음으로, 절연층(20)의 상면을 식각하여 절연층(20)에 홀(Hole)을 생성한다(S150).

[0050] 도 2의 (e) 및 도 3의 (e)는 절연층(20)에 홀이 생성된 것을 나타낸다.

[0051] 여기서, 식각은 액체 또는 기체 형태의 부식액을 이용하여 불 필요한 부분을 제거하는 것이며, 부식액의 종류는 BOE(Buffered oxide etchant)와 같은 물질을 이용할 수 있다.

[0052] 다음으로, 절연층 식각이 적용된 기판에 등방성 실리콘 식각을 통해 처마구조를 형성한다(S160).

[0053] S160 단계를 통해 도 2의 (f) 및 도 3의 (f)에서 나타낸 것처럼, 절연층(20)의 밑부분에 존재하는 기판의 일부분이 제거되어 처마 구조가 형성된다.

[0054] 이때, 차마 구조는 아치형태로 형성된다.

[0055] 다음으로, 식각을 위해 절연층(20)위에 남겨두었던 제1 포토레지스트(30)를 제거한다(S170).

[0056] 도 2의 (g) 및 도 3의 (g)는 식각을 위해 절연층(20)위에 남겨두었던 제1 포토레지스트(30)가 제거되는 것을 나타낸다.

[0057] 다음으로, 처마 구조가 형성된 절연층(20)에 제2 포토레지스트(50)를 코팅한다(S180).

[0058] 도 2의 (h) 및 도 3의 (h)는 제2 포토레지스트(50)가 절연층(20)의 상면에 코팅되는 것을 나타낸다.

[0059] 이때, 제2 포토레지스트(50)는 네거티브 포토레지스트(negative photoresist)이다.

[0060] 여기서, 네거티브 포토레지스트 노광시에 빛을 쪼이지 않는 부분이 현상되는 포토레지스트를 말하며, 포토마스크과 음영이 반대되는 패턴이 형성된다.

[0061] 다음으로, 제2 포토레지스트(50)가 코팅된 상면에 2차 UV 노광 및 3차 UV 노광을 통해 공중 부유형 와이어(60)를 지탱하는 전극 기둥부(70)와 공중 부유형 와이어(60)를 형성한다(S190).

[0062] 도 2의 (i) 및 도 3의 (i)에서 나타낸 것처럼, 2번의 UV 노광을 통해 공중 부유형 와이어(60)와 전극 기둥부(70)를 형성한다.

[0063] 여기서, 공중 부유형 와이어(60)와 전극 기둥부(70)을 현상하기 위해 포토마스크를 이용하였으며, 포토마스크의 형태 및 위치에 따라 공중부유형 와이어(60)와 전극 기둥부(70)의 형태 및 크기는 변경될 수 있다.

[0064] 다음으로, 공중 부유형 와이어(60)와 전극 기둥부(70)를 제외한 영역에 형성된 포토레지스트를 현상하여 제거한다(S200).

[0065] 도 2의 (j) 및 도 3의 (j)에서 나타낸 것처럼, 제2 포토레지스트(50)는 제거되며, 절연층(20)의 상면에는 공중 부유형 와이어(60)와 2개의 전극 기둥부(70)가 생성된다.

[0066] 이때, 2개의 전극 기둥부(70)는 각각 절연층(20)의 상면에 이격되어 형성되고, 공중 부유형 와이어(60)는 2개의 전극 기둥부(70) 각각의 상면에 형성되어, 2개의 전극 기둥부(70)를 연결하는 형태로 이루어진다.

[0067] 또한, 공중 부유형 와이어(60)의 하부와 절연층(20)의 상부 사이에는 빈 공간이 형성된다.

[0068] 다음으로, 공중 부유형 와이어(60)와 전극 기둥부(70)를 열분해하여 공중 부유형 탄소와이어(60)와 탄소 전극(70)으로 변형한다(S210).

[0069] 도 2의 (k) 및 도 3의 (k)에서 나타낸 것처럼, 열분해를 통해 공중 부유형 와이어(60)와 전극 기둥부(70)는 공중 부유형 탄소와이어(80)와 탄소 전극(90)으로 변형된다.

[0070] 이때, 탄소 전극(90)은 기존의 전극 기둥부(70)보다 부피가 감소되어 형성되며, 탄소 전극(90)의 상부의 부피 감소가 탄소 전극(90)의 하부보다 크기 때문에 탄소 전극(90)의 옆면이 기울어진 형태로 제작된다. 또한 열분해를 통해 공중 부유형 와이어(60)의 직경은 감소하고 길이는 증가하여 공중 부유형 탄소와이어(80)가 형성된다.

[0071] 여기서, 열분해의 온도가 기준 온도 이상일 경우에 공중 부유형 와이어(60)와 전극 기둥부(70)가 공중 부유형 탄소와이어(80)와 탄소 전극(90)로 변환된다.

[0072] 다음으로, 공중 부유형 탄소와이어(80)와 탄소 전극(90)에 제3 포토레지스트(100)를 코팅한다(S220).

[0073] 도 2의 (l) 및 도 3의 (l)에서 나타낸 것처럼, 제3 포토레지스트(100)를 공중 부유형 탄소와이어(80)와 탄소 전극(90)에 코팅한다.

[0074] 이때, 제3 포토레지스트는 네거티브 포토레지스트이다.

[0075] 다음으로, 제3 포토레지스트(100)가 코팅된 상면에 포토마스크와 4차 UV 노광을 통해 금속층의 증착이 필요한

위치의 제3 포토레지스트(100)를 노광한다(S230).

[0076] 도 2의 (m) 및 도 3의 (m)에서 나타낸 것처럼, 3차 UV 노광을 통해 제3 포토레지스트(100)를 노광한다.

[0077] 이때, 제3 포토레지스트(100)가 노광되지 않은 부분이 금속층(120)이 공중부유형 탄소 와이어에 증착되는 부분에 해당된다.

[0078] 다음으로, 제 3 포토레지스트(100)중 노광되지 않은 부분을 제거하고 금속층의 증착을 위한 구조를 현상(S240)한다.

[0079] 도 2의 (n) 및 도 3의 (n)에서 나타낸 것처럼, 3차 UV 노광을 통해 금속층의 증착을 위한 구조를 현상한다.

[0080] 이때, 노광되지 않은 제3 포토레지스트(100)는 제거되며, 공중 부유형 탄소와이어(80)와 탄소 전극(90)위에는 금속층의 증착이 위한 구조가 현상된다. 다음으로, 노광 되지않은 제3 포토레지스트(100)가 제거된 상태에서 금속층(120)을 증착한다(S250).

[0081] 도 2의 (o) 및 도 3의 (o)에서 나타낸 것처럼, 금속층(120)은 공중 부유형 탄소와이어(80)와 탄소 전극(90)의 상면에 증착되며, 처마 구조를 형성하는 부분에도 증착된다.

[0082] 이때, 본 발명의 실시예에서는 금속층(120)을 금으로 이용하였으며, 가스 센서의 특성에 따라 구리, 은 또는 백금과 같은 다른 종류의 금속을 증착시킬 수 있다.

[0083] 다음으로, 제거되지 않은 제3 포토레지스트(110)를 제거하여 전극 영역을 형성한다(S260).

[0084] 도 2의 (p) 및 도 3의 (p)에서 나타낸 것처럼, 제3 포토레지스트(110)를 제거하여 전극 영역을 형성한다.

[0085] 이때, 가스 센서는 실리콘 기판 상면에 형성되는 복수의 탄소전극, 복수의 탄소전극의 상부를 연결하는 공중 부유형 탄소와이어를 포함하며, 공중 부유형 탄소와이어의 상단부에 금속층(120)이 증착된다.

[0086] 그러면, 도 4에서 나타낸 것처럼, 바닥면에 처마 구조를 포함하며, 처마 구조의 상면에 공중 부유형 탄소와이어가 포함된 가스센서가 생성된다.

[0087] 이와 같이, S110 내지 S260 단계를 통해 본 발명의 실시예에 따른 금속층(120)과 처마 구조를 포함하는 가스 센서가 제조된다.

[0088] 이하에서는 도 5 내지 도 6b를 이용하여 공중부유형 탄소 나노와이어 표면에 금속층 증착 없이 탄소 나노와이어만을 사용한 가스센서와 본 발명의 실시예에 따라 제작된 가스센서의 성능을 비교한다.

[0089] 도 5는 공중부유형 탄소 나노와이어 표면에 금속층 증착 없이 탄소 나노와이어만을 사용한 가스센서와 본 발명의 실시예에 따른 제조된 가스센서를 이용하여 측정된 시간당 3ù 전압을 나타낸 그래프이고, 도 6a는 공중부유형 탄소 나노와이어 표면에 금속층 증착 없이 탄소 나노와이어만을 사용한 가스센서의 TCR 값을 나타낸 도면이며, 도 6b는 본 발명의 실시예에 따라 제조된 가스센서의 TCR 값을 나타낸 도면이다.

[0090] 먼저, 도 5에서 나타낸 것처럼, 금속층이 증착되지 않은 가스센서는 검은색 그래프로 나타내었으며, 본 발명의 실시예에 따라 제작된 가스센서는 붉은색 그래프로 나타내었다.

[0091] 즉, 공중부유형 탄소 나노와이어 표면에 금속층 증착 없이 탄소 나노와이어만을 사용한 가스센서의 경우, 시간이 경과할수록 측정되는 3ù 전압의 변화가 불규칙하게 측정되는 반면에, 본 발명의 실시예를 통해 제작된 가스센서의 경우 시간에 따른 3ù 전압의 변화가 적은 것을 확인할 수 있다.

[0092] 그리고, 도 6a 및 도 6b에서 나타낸 것처럼, 공중부유형 탄소 나노와이어 표면에 금속층 증착 없이 탄소 나노와이어만을 사용한 가스센서의 TCR 값은 $-0.00114K^{-1}$으로 측정되며, 본 발명의 실시예에 따라 제작된 가스센서의 TCR 값은 $0.00162K^{-1}$으로 측정된다.

[0093] 여기서, TCR값은 온도 변화에 따른 저항 변화율이며, TCR 값이 크면 센서의 민감도가 증가한다.

[0094] 즉, 본 발명의 실시예에 따라 제작된 가스센서가 금속층이 없는 기존의 가스센서보다 가스를 측정하기 위한 민감도가 40%가 향상된 것을 알 수 있다.

[0095] 도 7는 본 발명의 실시예에 따라 제조된 가스센서의 수소(농도 0~20%)와 아르곤(0~100%) 측정결과이다.

[0096] 여기서, 수소는 공기보다 열전도도 값이 높기 때문에 수소의 농도가 증가할수록 더 많은 열이 와이어로부터 빠져나가 와이어의 온도변화가 감소한다.

[0097] 반대로 공기보다 열전도도가 낮은 아르곤의 경우 아르곤의 농도가 증가할수록 와이어로부터 열손실이 줄어 와이어의 온도변화가 증가한다.

[0098] 이와 같이 본 발명의 실시예에 따르면, 공중부유형 탄소 와이어 위에 증착된 금속층에 교류를 인가하여 발생한 열과 주변 가스로의 열손실에 의해 결정되는 탄소 와이어 위에 형성된 금속층의 온도 변화에 따른 탄소 와이어의 저항 변화를 측정하여 외부 가스의 농도를 측정할 수 있으며, 가스 측정 감도를 증가시킬 수 있다.

[0099] 또한, 탄소 와이어의 크기가 작고 기판과 일정 간격 이격되어 적은 전력으로도 빠르게 가열 및 냉각이 가능하며, 입력 교류 신호의 주파수 변화에 민감하게 반응할 수 있다.

[0100] 또한, 주변 가스로의 열손실 변화에 따른 탄소 와이어위에 형성된 금속층의 저항을 측정하기 때문에 표면 반응의 포화에 의한 영향이 없어 고농도의 가스 측정이 가능하며, 주파수에 따른 저항 변화를 측정하여 가스의 종류를 구분할 수 있으며, 교류 신호 중 인가 전압의 주파수의 3배가 되는 3ω 신호를 추출하여 온도변화에 따른 저항 변화량을 측정하여 민감한 센서로 개발할 수 있다.

[0101] 또한, 처마 구조를 이용하여 전기적인 안정성이 높은 금속을 와이어 위에만 국부적으로 형성하였기 때문에 기존의 탄소 와이어로 제작된 가스센서보다 안정적인 3ω 전압을 측정할 수 있다.

[0102] 본 발명은 도면에 도시된 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것이 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

## *부호의 설명*

[0103] 10: 실리콘 기판 20: 절연층,

30: 제1 포토레지스트, 40: 노광된 제1 포토레지스트

50: 제2 포토레지스트 60: 공중 부유형 와이어,

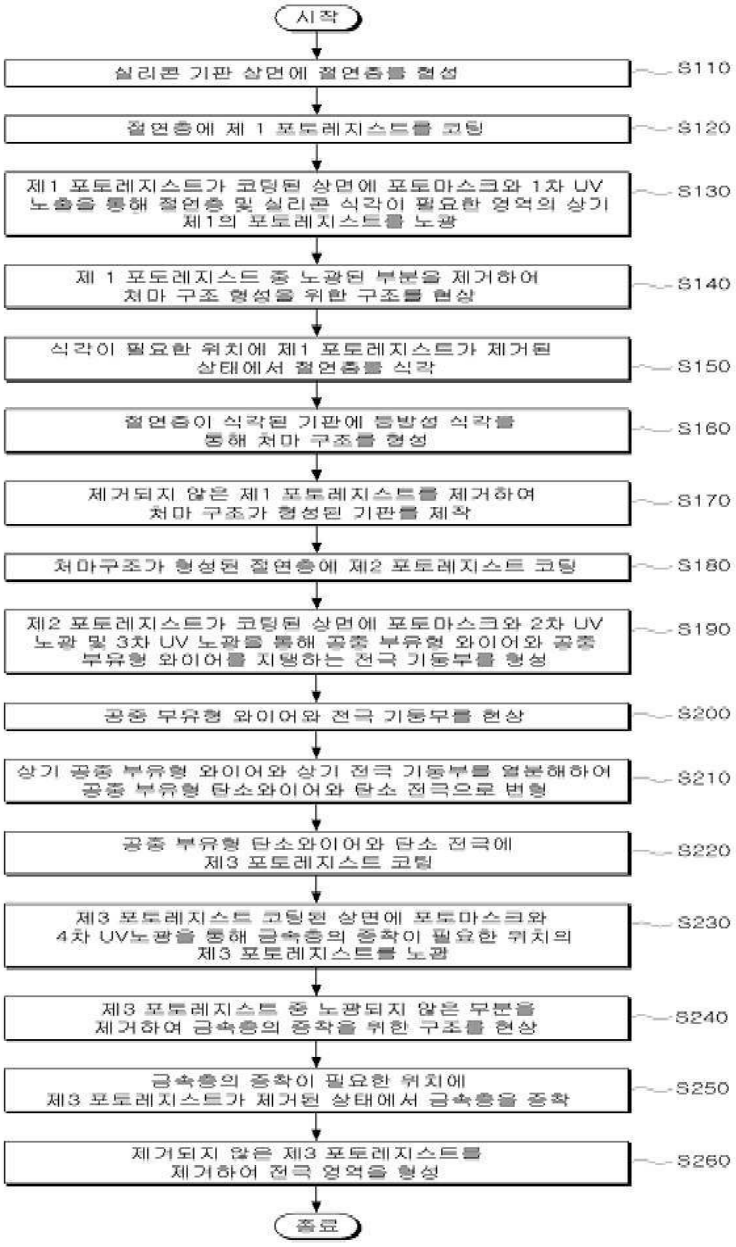
70: 전극 기둥부, 80: 공중 부유형 탄소와이어,

90: 탄소 전극, 100: 제3 포토레지스트,

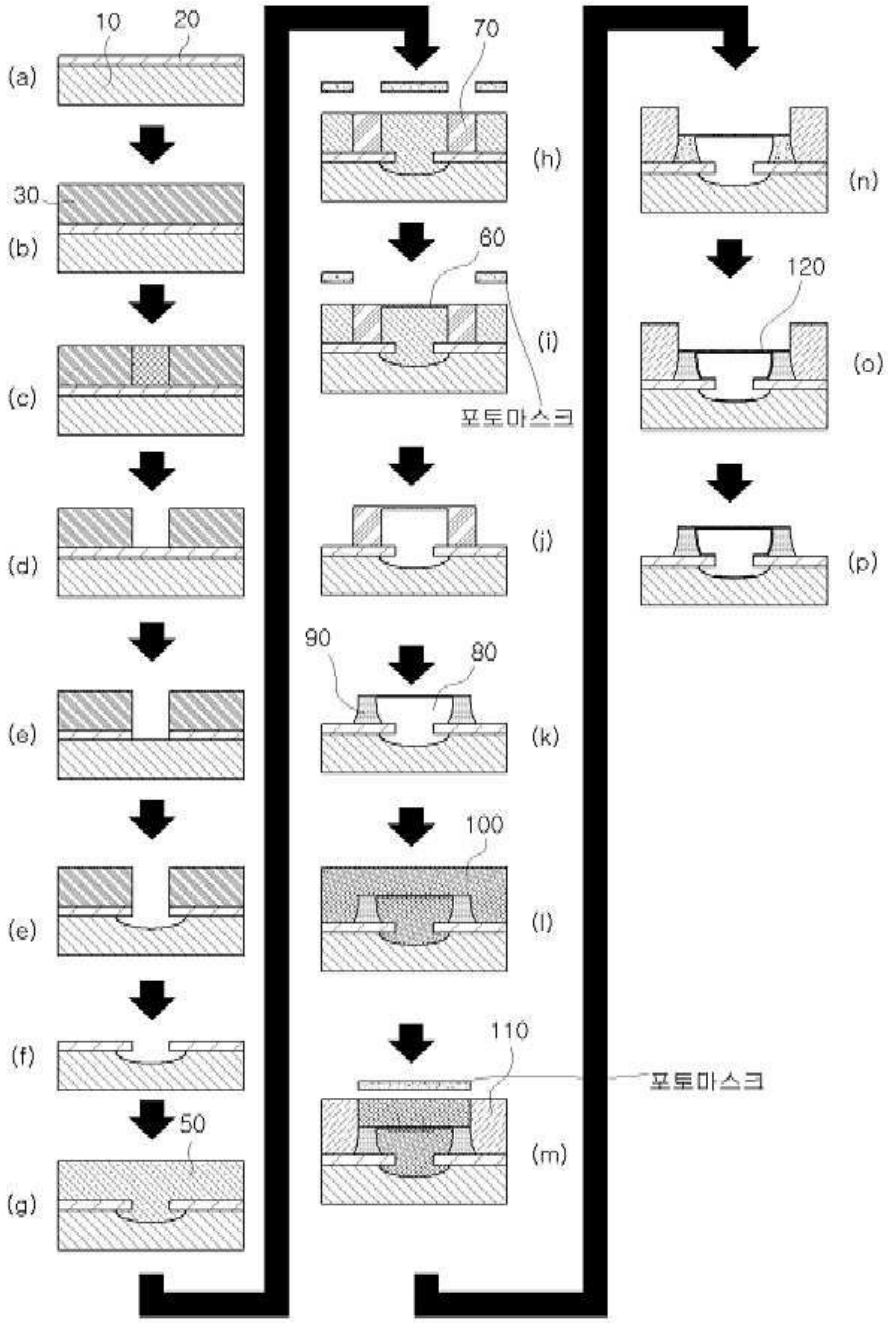
110: 노광된 제3 포토레지스트 120: 금속층

## 도면

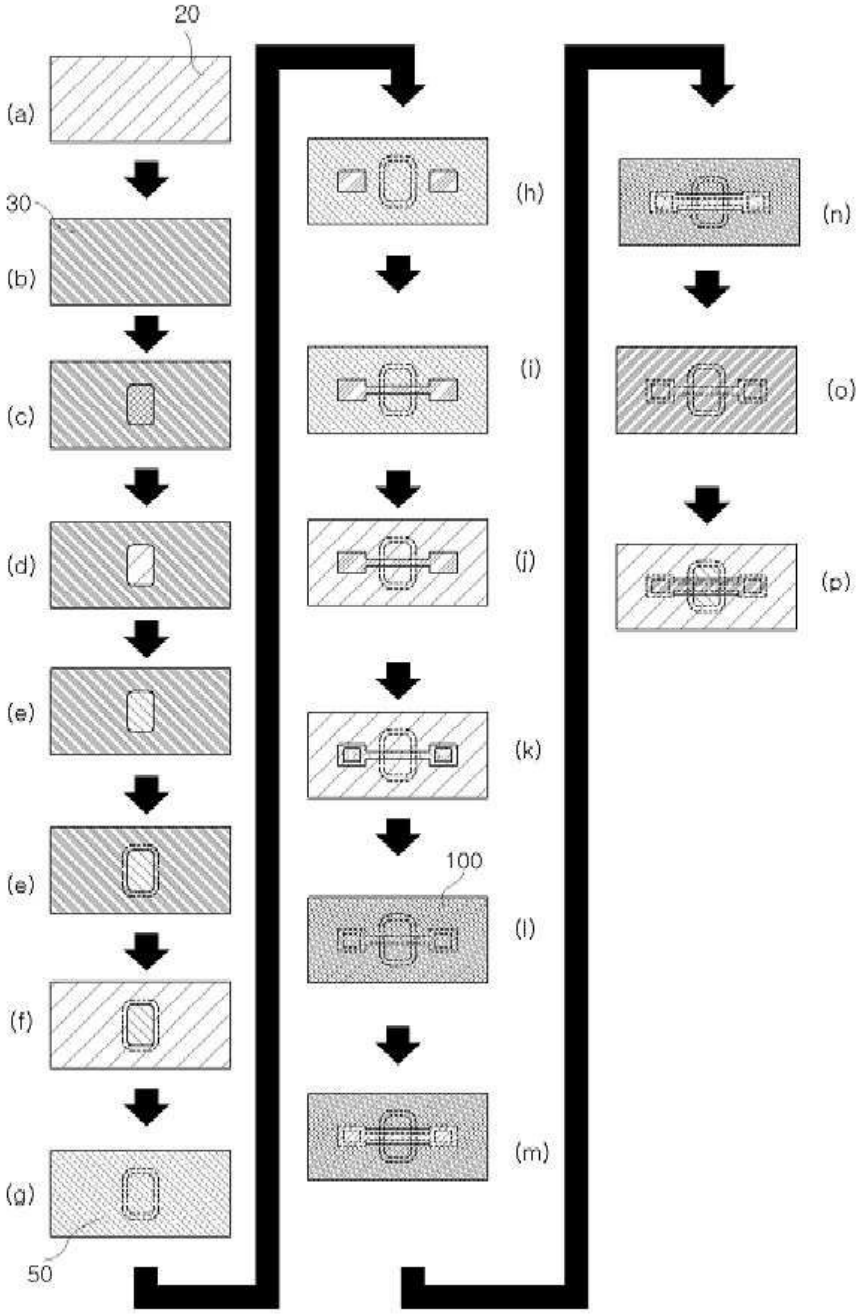
### 도면1


시작
실리콘 기판 상면에 절연층을 형성
S110
절연층에 제 1 포토레지스트를 코팅
S120
제1 포토레지스트가 코팅된 상면에 포토마스크와 1차 UV 노출을 통해 절연층 및 실리콘 식각이 필요한 영역의 상기 제1의 포토레지스트를 노광
S130
제 1 포토레지스트 중 노광된 부분을 제거하여 처마 구조 형성을 위한 구조를 현상
S140
식각이 필요한 위치에 제1 포토레지스트가 제거된 상태에서 절연층을 식각
S150
절연층이 식각된 기판에 등방성 식각을 통해 처마 구조를 형성
S160
제거되지 않은 제1 포토레지스트를 제거하여 처마 구조가 형성된 기판을 제작
S170
처마구조가 형성된 절연층에 제2 포토레지스트 코팅
S180
제2 포토레지스트가 코팅된 상면에 포토마스크와 2차 UV 노광 및 3차 UV 노광을 통해 공중 부유형 와이어와 공중 부유형 와이어를 지탱하는 전극 기둥부를 형성
S190
공중 무유형 와이어와 전극 기둥부를 현상
S200
상기 공중 부유형 와이어와 상기 전극 기둥부를 열분해하여 공중 부유형 탄소와이어와 탄소 전극으로 변형
S210
공중 부유형 탄소와이어와 탄소 전극에 제3 포토레지스트 코팅
S220
제3 포토레지스트 코팅된 상면에 포토마스크와 4차 UV노광을 통해 금속층의 증착이 필요한 위치의 제3 포토레지스트를 노광
S230
제3 포토레지스트 중 노광되지 않은 부분을 제거하여 금속층의 증착을 위한 구조를 현상
S240
금속층의 증착이 필요한 위치에 제3 포토레지스트가 제거된 상태에서 금속층을 증착
S250
제거되지 않은 제3 포토레지스트를 제거하여 전극 영역을 형성
S260
종료

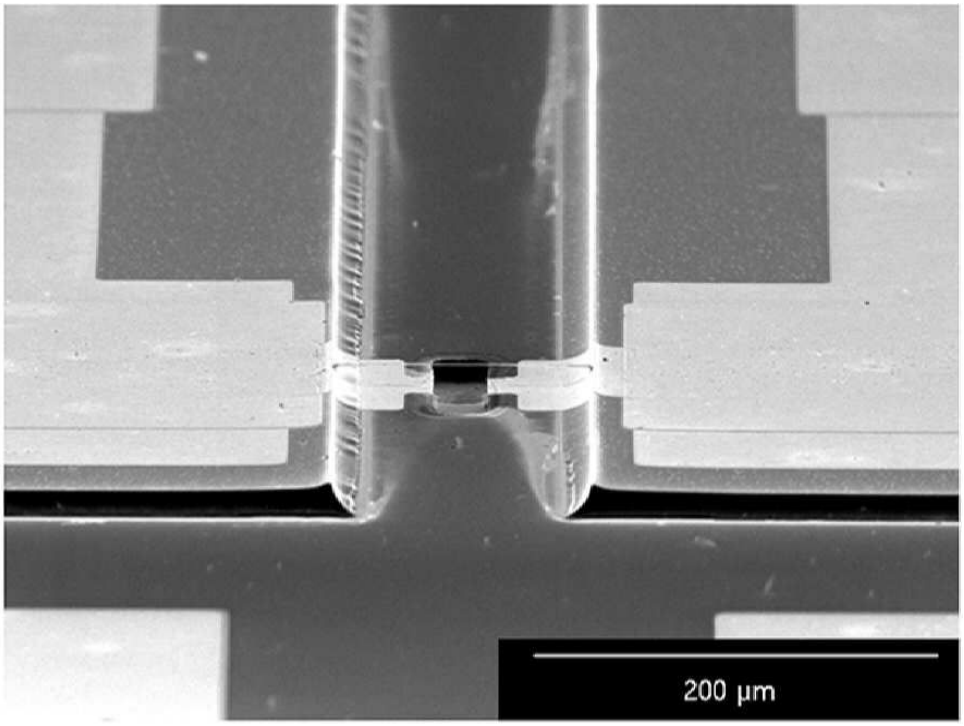
도면2


10
20
(a)
30
(b)
(c)
(d)
(e)
(e)
(f)
50
(g)
70
(h)
60
(i)
포토마스크
(j)
90
80
(k)
100
(l)
110
포토마스크
(m)
(n)
120
(o)
(p)

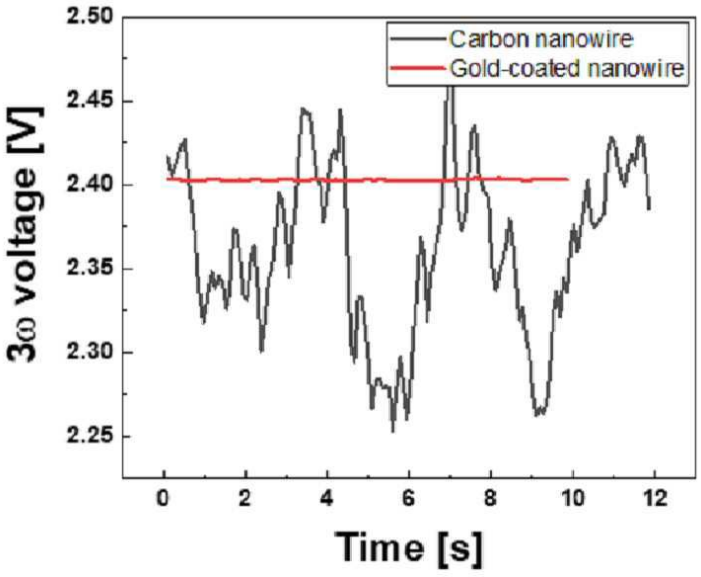
도면3



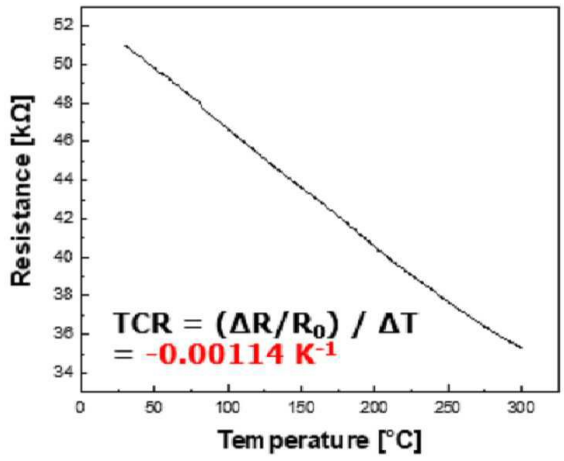
도면4


200 μm

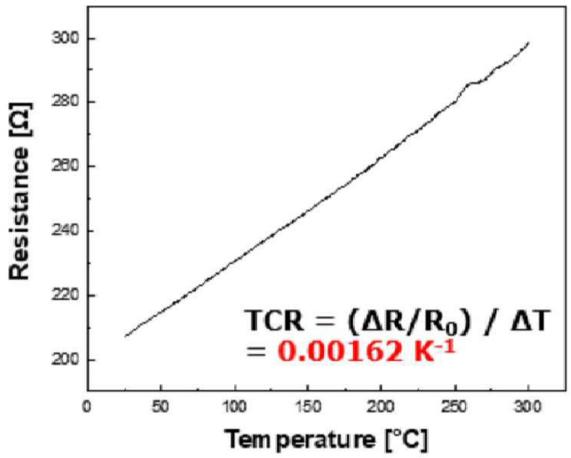
도면5


Carbon nanowire
Gold-coated nanowire
3ω voltage [V]
2.50
2.45
2.40
2.35
2.30
2.25
0
2
4
6
8
10
12
Time [s]

도면6a




도면6b




도면7

