



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0134042
(43) 공개일자 2020년12월01일

- | | |
|---|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 <i>G01N 27/12</i> (2006.01) <i>G01N 27/414</i> (2006.01)
 <i>H01L 21/02</i> (2006.01) <i>H01L 21/027</i> (2006.01)
 <i>H01L 29/06</i> (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
 <i>G01N 27/127</i> (2013.01)
 <i>G01N 27/4146</i> (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2019-0059560
 (22) 출원일자 2019년05월21일
 심사청구일자 없음</p> | <p>(71) 출원인
 울산과학기술원
 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50</p> <p>(72) 발명자
 신흥주
 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
 이재선
 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
 (뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인
 특허법인태백</p> |
|---|--|

전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 **공중 부유형 탄소 나노와이어를 이용한 3D 방법 기반 가스센서 및 그 제조 방법**

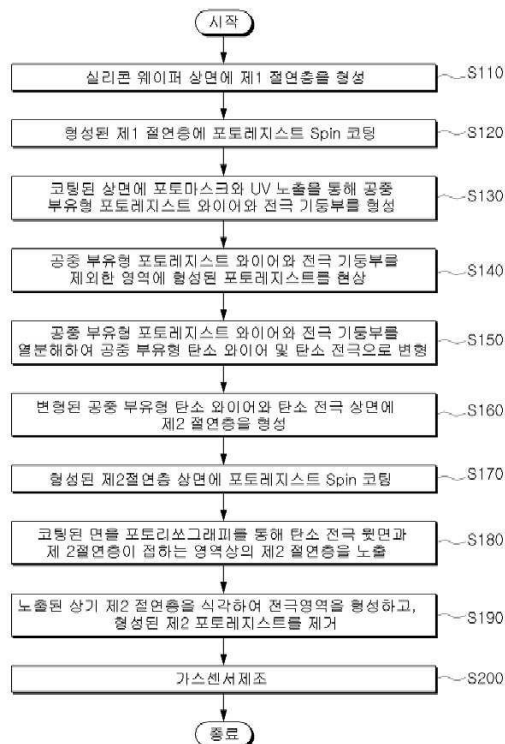
(57) 요약

본 발명은 공중 부유형 탄소 나노와이어를 이용한 3D 방법 기반 가스센서 및 그 제조방법에 관한 것이다.

본 발명에 따른 가스센서 제조 방법은 (a) 실리콘 웨이퍼 상면에 제1 절연층을 형성하는 단계, (b) 상기 (a) 단계에 의해 형성된 제1 절연층에 포토레지스트 Spin 코팅을 하는 단계, (c) 상기 (b) 단계에 의해 코팅된 상면에 포

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



토마스크와 UV 노출을 통해 공중 부유형 포토레지스트 와이어와 전극 기둥부를 형성하는 단계, (d) 상기 공중 부유형 포토레지스트 와이어와 전극 기둥부를 제외한 영역에 형성된 포토레지스트를 현상하는 단계, 그리고 (e) 상기 공중 부유형 포토레지스트 와이어와 전극 기둥부를 열분해하여 공중 부유형 탄소 와이어 및 탄소 전극으로 변형하는 단계를 포함한다.

이와 같이 본 발명에 따르면, 공중부유형 탄소 나노와이어에 교류를 인가하여 발생한 열과 주변 가스로의 열손실에 의해 결정되는 탄소 나노와이어의 온도 변화에 따른 탄소 나노와이어의 저항 변화를 측정하여 외부 가스의 농도를 측정할 수 있으며, 가스 측정 감도를 증가시킬 수 있다.

(52) CPC특허분류

H01L 21/02603 (2013.01)

H01L 21/0273 (2013.01)

H01L 29/0669 (2013.01)

이준범

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자

조우택

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

이승욱

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711080859
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	차세대초소형IoT기술개발(R&D)
연구과제명	Disposable IoT 환경 및 생체신호 나노센서 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

- (a) 실리콘 웨이퍼 상면에 제1 절연층을 형성하는 단계,
- (b) 상기 (a)단계에 의해 형성된 제1 절연층에 제1 포토레지스트 Spin 코팅을 하는 단계,
- (c) 상기 (b)단계에 의해 코팅된 상면에 포토마스크와 UV 노출을 통해 공중 부유형 포토레지스트 와이어와 전극 기둥부를 형성하는 단계,
- (d) 상기 공중 부유형 포토레지스트 와이어와 전극 기둥부를 제외한 영역에 형성된 포토레지스트를 현상하는 단계, 그리고
- (e) 상기 공중 부유형 포토레지스트 와이어와 전극 기둥부를 열분해하여 공중 부유형 탄소 와이어 및 탄소 전극으로 변형하는 단계를 포함하는 가스센서의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

- (f) 상기 (e)단계에 의해 변형된 공중 부유형 탄소 와이어와 탄소 전극 상면에 제2 절연층을 형성하는 단계,
- (g) 상기 (f)단계에 의해 형성된 제2절연층 상면에 포토레지스트 Spin 코팅을 하는 단계,
- (h) 상기 (g)단계에 의해 코팅된 면을 포토리소그래피를 통해 탄소 전극 윗면과 제 2절연층이 접하는 영역상의 제2 절연층을 노출하는 단계, 그리고
- (i) 상기 (h)단계에 의해 노출된 상기 제2 절연층을 식각하여 전극영역을 형성하는 단계를 더 포함하는 가스센서의 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 (a)단계에서,

상기 제1 절연층은 Wet oxidation를 이용하여 형성되는 가스센서의 제조 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 (b)단계에서,

상기 제1 포토레지스트는 네거티브 포토레지스트를 이용하여 코팅되는 가스센서의 제조 방법.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 (f)단계에서,

상기 제2 절연층은 ALD(Atomic layer deposition)를 이용하여 형성되는 가스센서의 제조 방법.

청구항 6

제2항에 있어서,

상기 (g)단계에서,

상기 제2 포토레지스트는 파지티브 또는 네거티브 포토레지스터를 이용하여 코팅되는 가스센서의 제조 방법.

청구항 7

실리콘 웨이퍼 상면에 형성되는 복수의 탄소전극,

상기 복수의 탄소전극 상부를 연결하는 공중 부유형 탄소와이어를 포함하는 가스센서.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 공중 부유형 탄소와이어에 교류를 인가하여 가열하고, 상기 교류의 주파수에 따른 탄소 나노와이어의 저항을 측정하여 가스 기체의 종류 및 농도를 측정하는 가스센서.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 공중 부유형 탄소 나노와이어를 이용한 3D 방법 기반 가스센서 및 그 제조방법에 관한 것으로, 3D 방법의 특성을 이용하여 가스의 농도 및 복수의 가스 종류를 검지하는 공중 부유형 탄소 나노와이어를 이용한 3D 방법 기반 가스센서 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[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 감지도에 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 측정하거나, 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 이격되어있는 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 3 ω 방법의 특성을 이용하여 가스의 농도 및 복수의 가스 종류를 검지하는 공중 부유형 탄소 나노와이어를 이용한 3 ω 방법 기반 가스센서 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

- [0016] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 실시예에 따른 가스센서 제조방법은 (a) 실리콘 웨이퍼 상면에 제1 절연층을 형성하는 단계, (b) 상기 (a)단계에 의해 형성된 제1 절연층에 제1 포토레지스트 Spin 코팅을 하는 단계, (c) 상기 (b)단계에 의해 코팅된 상면에 포토마스크와 UV 노출을 통해 공중 부유형 포토레지스트 와이어와 전극 기둥부를 형성하는 단계, (d) 상기 공중 부유형 포토레지스트 와이어와 전극 기둥부를 제외한 영역에 형성된 포토레지스트를 현상하는 단계, 그리고 (e) 상기 공중 부유형 포토레지스트 와이어와 전극 기둥부를 열분해하여 공중 부유형 탄소 와이어 및 탄소 전극으로 변형하는 단계를 포함한다.
- [0017] (f) 상기 (e)단계에 의해 변형된 공중 부유형 탄소 와이어와 탄소 전극 상면에 제2 절연층을 형성하는 단계, (g) 상기 (f)단계에 의해 형성된 제2절연층 상면에 포토레지스트 Spin 코팅을 하는 단계, (h) 상기 (g)단계에 의해 코팅된 면을 포토리소그래피를 통해 탄소 전극 윗면과 제2절연층이 접하는 영역상의 제2 절연층을 노출하는 단계, (i) 상기 (h)단계에 의해 노출된 상기 제2 절연층을 식각하여 전극영역을 형성하는 단계, (j) 상기 (g)단계에 의해 형성된 제2 포토레지스트를 제거하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0018] 상기 (a)단계에서, 상기 제1 절연층은 Wet oxidation를 이용하여 형성될 수 있다.
- [0019] 상기 (b)단계에서, 상기 제1 포토레지스트는 네거티브 포토레지스트를 이용하여 코팅될 수 있다.
- [0020] 상기 (f)단계에서, 상기 제2 절연층은 ALD(Atomic layer deposition)를 이용하여 형성될 수 있다.
- [0021] 상기 (g)단계에서, 상기 제2 포토레지스트는 파지티브 및 네거티브 포토레지스터를 이용하여 코팅될 수 있다.
- [0022] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 실리콘 웨이퍼 상면에 형성되는 복수의 탄소전극, 상기 복수의 탄소전극 상부를 연결하는 공중 부유형 탄소와이어를 포함한다.

발명의 효과

- [0023] 이와 같이 본 발명에 따르면, 공중부유형 탄소 나노와이어에 교류를 인가하여 발생한 열과 주변 가스로의 열손실에 의해 결정되는 탄소 나노와이어의 온도 변화에 따른 탄소 나노와이어의 저항 변화를 측정하여 외부 가스의 농도를 측정할 수 있으며, 가스 측정 감도를 증가시킬 수 있다.
- [0024] 또한, 탄소 나노와이어의 크기가 작고 기관과 일정 간격 이격되어 적은 전력으로도 빠르게 가열 및 냉각이 가능하며, 입력 교류 신호의 주파수 변화에 민감하게 반응할 수 있다.
- [0025] 또한, 열전도도 변화에 따른 탄소 나노와이어의 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 3 ω 신호를 추출하여 온도변화에 따른 저항 변화량을 측정하여 민감

한 센서로 개발할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 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 가스센서를 이용하여 수소 농도에 따른 탄소 나노와이어의 3 ω 전압 변화의 실시간 측정 그래프이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 제조된 가스센서를 이용하여 수소 농도에 따른 탄소 나노와이어의 온도 변화를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 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 실시 예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0028] 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.

[0029] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0030] 이하에서는 도 1 및 도 2를 이용하여 가스센서의 제조 방법을 설명한다.

[0031] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 가스센서의 제조 방법을 나타낸 순서도이고, 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 가스센서의 제조과정을 간략하게 보인 예시도이다.

[0032] 도 1에서 나타낸 것처럼, 실리콘 웨이퍼(10)의 상면에 제1 절연층(20)을 형성한다(S110).

[0033] 도 2의 (a)에서 나타낸 것처럼, 실리콘 웨이퍼(10)의 상면에 제1 절연층(20)이 형성된 것을 볼 수 있다.

[0034] 이때, 실리콘 웨이퍼(10)의 상면에 형성되는 제1 절연층(20)은 습식산화(Wet oxidation)를 이용하여 형성된다.

[0035] 여기서, 습식 산화는 수소 기체가 채워진 챔버 내부에 산소 기체를 넣어 반응시켜 실리콘 웨이퍼(10)의 상면에 SiO₂를 도포하는 것으로, 반응이 빠르다는 장점이 있다.

[0036] 그러면, 형성된 제1 절연층(20)의 상면에 제1 포토레지스트(30)를 Spin 코팅한다(S120).

[0037] 도 2의 (b)에서 나타낸 것처럼, 제1 포토레지스트(30)는 네거티브 포토레지스트를 이용하여 제1 절연층(20)의 상면에 코팅된다.

[0038] 여기서, 네거티브 포토레지스트(negative photo resist)는 노광시에 빛을 쏘이지 않는 부분이 현상되는 포토레지스트를 말하며, 포토마스크와 음영이 반대되는 패턴이 형성된다.

[0039] 이어서 포토레지스트 기둥부(40) 사이의 포토레지스트 상부를 와이어 형태의 창을 가진 포토마스크를 통하여 UV를 노광하여 공중부유형 포토레지스트 와이어(50)를 형성한다(S130).

[0040] 도 2의 (c)에서 나타낸 것처럼, 포토레지스트 기둥부(40) 및 공중 부유형 포토레지스트 와이어(50)를 형성한다.

[0041] 여기서, 포토레지스트 기둥부(40)와 공중 부유형 포토레지스트 와이어(50)를 형성하기 위해 포토마스크를 이용하였으며, 포토마스크의 형태 및 위치에 따라 전극 기둥부(50)의 형태는 변경될 수 있다.

[0042] 이때, 공중 부유형 포토레지스트 와이어(50)는 UV를 조절하여 포토레지스트의 상면을 경화시킨다.

[0043] 그러면, 전극 기둥부(40) 및 공중 부유형 포토레지스트 와이어(50)를 제외한 영역에 형성된 제1 포토레지스트(30)를 현상한다(S140).

[0044] 즉, 도 2의 (d)에서 나타낸 것처럼, 제1 포토레지스트(30)는 제거되고, 제1 절연층(20)의 상면에는 2개의 포토

레지스트 기둥부(40) 및 공중 부유형 포토레지스트 와이어(50)가 생성된다.

- [0045] 이때, 2개의 포토레지스트 기둥부(40)는 각각 제1 절연층(20)의 상면에 이격되어 형성되고, 공중 부유형 포토레지스트 와이어(50)는 2개의 포토레지스트 기둥부(40) 각각의 상면에 형성되어, 2개의 포토레지스트 기둥부(40)를 연결하는 형태로 이루어진다.
- [0046] 또한, 공중 부유형 포토레지스트 와이어(50)의 하부와 제1 절연층(20)의 상부 사이에는 빈 공간이 형성된다.
- [0047] 그러면, 공중 부유형 포토레지스트 와이어와 포토레지스트 기둥부(40)를 열분해하여 공중 부유형 탄소 와이어 및 탄소 전극으로 변형한다(S150).
- [0048] 도 2의 (e)에서 나타낸 것처럼, 열분해를 통해 탄소 전극(60) 및 공중 부유형 탄소 와이어(70)로 변형된다.
- [0049] 이때, 탄소 전극(60)은 기존의 포토레지스트 기둥부(40)보다 부피가 감소되어 형성되며, 탄소 전극(60)의 상부의 부피 감소가 탄소 전극(60)의 하부보다 크기 때문에 탄소 전극(60)의 옆면이 기울어진 형태로 제작된다. 또한 열분해를 통해 공중부유형 포토레지스트 와이어(50)의 직경은 감소하고 길이는 증가하여 공중부유형 탄소 와이어(70)가 형성된다.
- [0050] 여기서, 열분해의 온도가 기준온도 이상일 경우에 기존의 포토레지스트 기둥부(40) 및 공중 부유형 포토레지스트 와이어(50)가 탄소 전극(60) 및 공중 부유형 탄소 와이어(70)로 변환된다.
- [0051] 다음으로, 탄소 전극(60) 및 공중 부유형 탄소 와이어(70) 상면에 제2 절연층(80)을 형성한다(S160). 도 2의 (f)에서 나타낸 것처럼, 탄소 전극(60) 및 공중 부유형 탄소 와이어(70)의 전체에 제2 절연층(80)을 형성한다.
- [0052] 즉, 제2 절연층(80)은 탄소 전극(60) 및 공중 부유형 탄소 와이어(70)와 다른 물질의 반응을 방지하기 위해 얇은 막의 형태로 형성된다.
- [0053] 또한, 제2 절연층(80)은 ALD(Atomic Layer Deposition)방법을 이용하여 형성된다.
- [0054] 여기서, ALD(Atomic Layer Deposition)방법은 반응원료를 각각 분리공급하여 반응가스 간의 화학반응으로 형성된 입자를 웨이퍼 또는 기판 표면에 증착하는 방법으로, PVD 및 CVD방법보다 절연층의 두께를 미세하게 조정할 수 있다는 장점이 있다.
- [0055] 그러면, 제2 절연층 상면에 포토레지스트 스핀(Spin) 코팅을 한다(S170).
- [0056] 즉, 도 2의 (g)에서 나타낸 것처럼, 제2 절연층(80) 상면에 제2 포토레지스트(90)를 코팅한다.
- [0057] 포토 리소그래피(Photolithography)를 통해 탄소 전극(60)의 상면에 형성된 제2 절연층(80)의 상면에 해당되는 제2 포토레지스트(90)에 포토마스크를 통해 UV를 노광하고 현상하여 탄소 전극(60)의 상단부를 노출시킨다(S180).
- [0058] 즉, 도 2의 (h)에서 나타낸 것처럼, 포토마스크를 이용하여 탄소 전극(60)의 상단부를 노출시킨다.
- [0059] 이때, 도 2의 (h)에서는 네거티브 포토레지스트를 이용하여 탄소 전극(60)의 상단부를 노출시켰으나, 양지티브 포토레지스트를 이용하여 탄소 전극(60)의 상단부를 노출시킬 수 있다.
- [0060] 그러면, 노출된 제2 절연층(80)을 식각하여 전극영역을 형성하고, 형성된 제2 포토레지스트(90)를 제거한다(S190).
- [0061] 도 2의 (i)에서 나타낸 것처럼, 탄소 전극(60)의 상면에 위치한 제2 절연층(80)을 식각하여 전극영역을 형성한다.
- [0062] 이와 같이, 실리콘 웨이퍼 상면에 형성되는 복수의 탄소전극과 복수의 탄소전극 상부를 연결하는 공중 부유형 탄소와이어를 포함하는 가스센서를 제조한다(200).
- [0063] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 제조된 가스센서를 이용하여 수소 농도에 따른 탄소 나노와이어의 3ω 전압 변화의 실시간 측정 그래프이며, 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 제조된 가스센서를 이용하여 수소 농도에 따른 탄소 나노와이어의 온도 변화를 나타낸 그래프이다.
- [0064] 그리고, 도 3에서 나타낸 것처럼, 공기보다 열전도도가 높은 수소의 농도가 증가할 수록 공중 부유형 탄소 나노와이어로부터 더 많은 열이 방출되기 때문에 3ω 전압 측정값이 감소하는 것을 볼 수 있다.

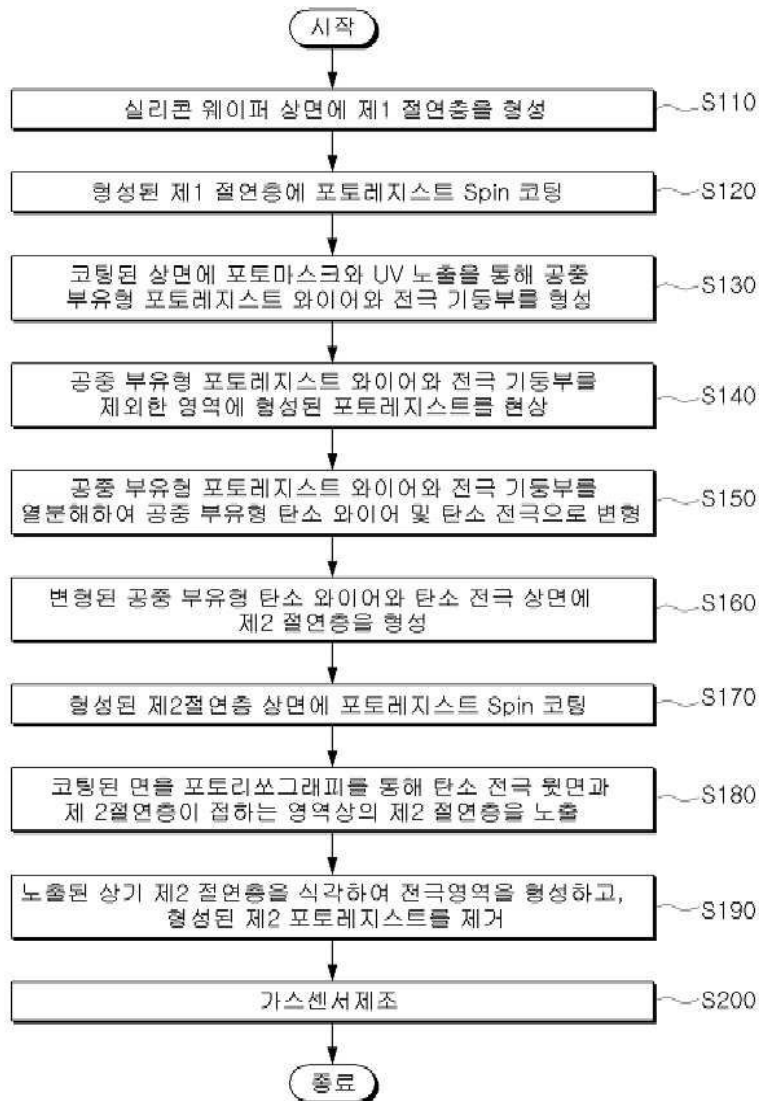
- [0065] 예를 들어, 도 3에서 나타낸 것처럼, 수소 농도가 5%일 경우, 측정되는 $3\dot{U}$ 압의 크기는 7.8 V로 측정되며, 수소 농도가 3%일 경우, 측정되는 $3\dot{U}$ 전압의 크기가 8 V로 측정된다.
- [0066] 즉, 공중 부유형 탄소 나노와이어를 이용한 가스센서는 수소의 농도가 높을수록 낮은 전압을 측정할 수 있다.
- [0067] 도 4에서 나타낸 것처럼, 공기보다 열전도도가 높은 수소의 농도가 증가할수록 탄소 나노와이어의 열이 더 많이 전달되어서 탄소 나노와이어의 온도변화가 선형적으로 감소하는 것을 볼 수 있다. 예를 들어 수소 농도가 5%일 경우, 측정되는 탄소 나노와이어의 온도변화가 16.6 °C로 측정되며, 수소의 농도가 1%일 경우, 측정되는 탄소 나노와이어의 온도변화가 17.2°C로 측정된다.
- [0068] 즉, 수소의 농도가 높을수록 작은 탄소 나노와이어의 온도 변화를 측정할 수 있다.
- [0069] 즉, 공중 부유형 탄소 나노와이어를 이용한 3ω 방법 기반 가스센서는 기체의 농도를 판단할 수 있다.
- [0070] 이와 같이 본 발명의 실시예에 따르면, 공중부유형 탄소 나노와이어에 교류를 인가하여 발생한 열과 주변 가스의 열손실에 의해 결정되는 탄소 나노와이어의 온도 변화에 따른 탄소 나노와이어의 저항 변화를 측정하여 외부 가스의 농도를 측정할 수 있으며, 가스 측정 감도를 증가시킬 수 있다.
- [0071] 또한, 탄소 나노와이어의 크기가 작고 기판과 일정 간격 이격되어 적은 전력으로도 빠르게 가열 및 냉각이 가능하며, 입력 교류 신호의 주파수 변화에 민감하게 반응할 수 있다.
- [0072] 또한, 열전도도 변화에 따른 탄소 나노와이어의 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.
- [0073] 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

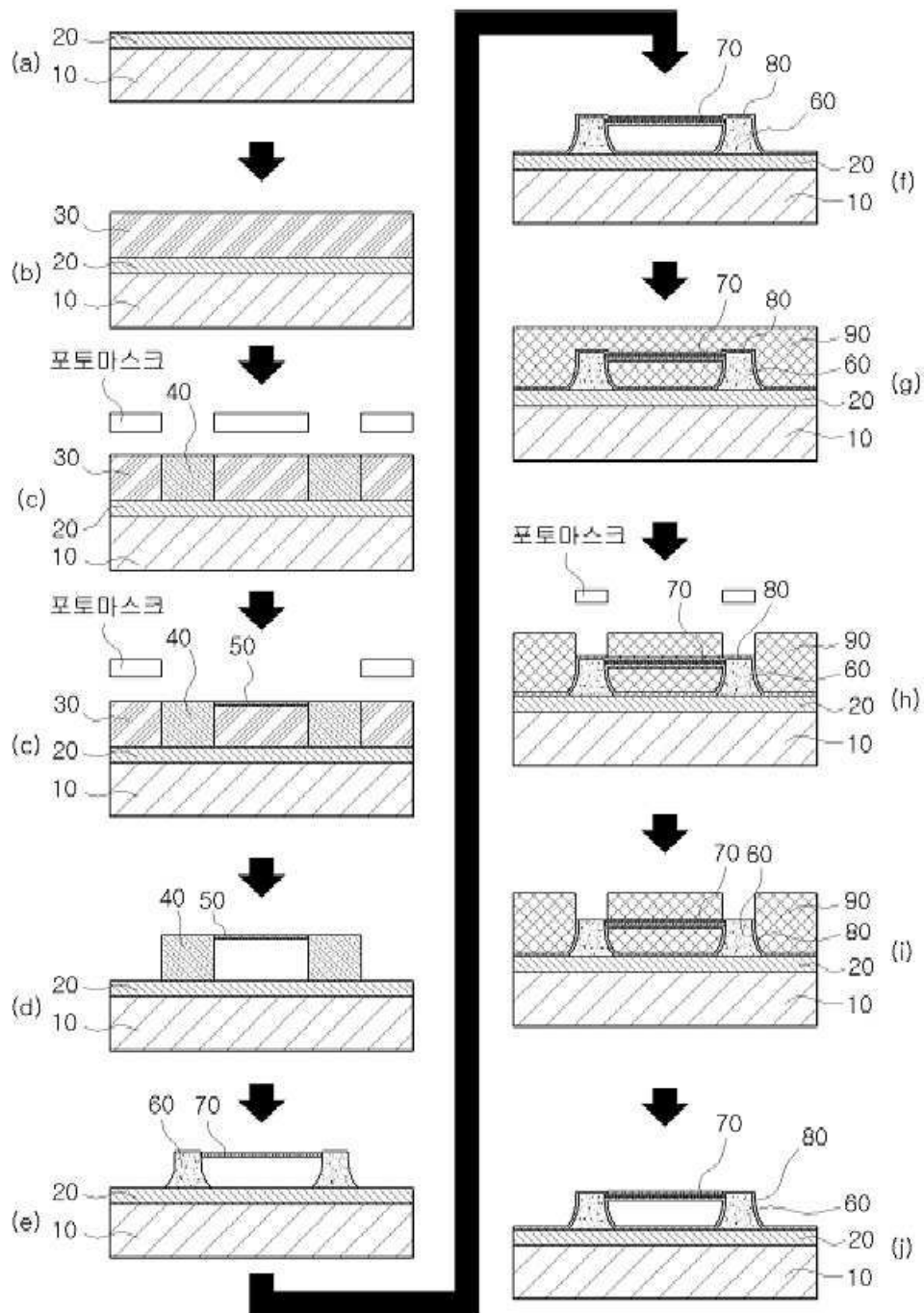
- [0074] 10: 실리콘 웨이퍼, 20: 제1 절연층,
30: 제1 포토레지스트, 40: 포토레지스트 기둥부,
50: 공중 부유형 포토레지스트 와이어, 60: 탄소 전극,
70: 공중 부유형 탄소 와이어, 80: 제2 절연층,
90: 제2 포토레지스트

도면

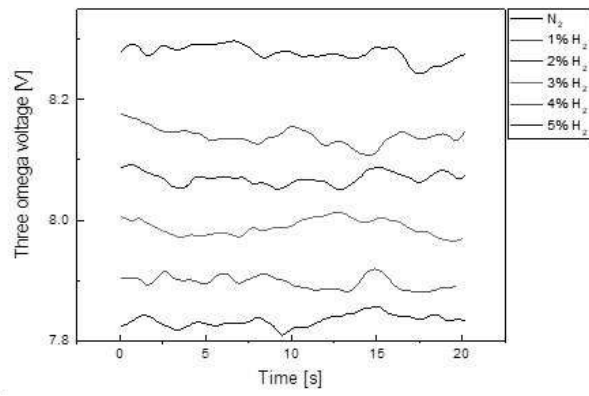
도면1



도면2



도면3



도면4

