



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0079492
(43) 공개일자 2016년07월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B82B 1/00 (2006.01) B82B 3/00 (2006.01)
G01N 27/30 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0190923
(22) 출원일자 2014년12월26일
심사청구일자 2014년12월26일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암
동5가)
(72) 발명자
이병양
서울특별시 강남구 압구정로 313, 53동 1202호 (압
구정동, 한양아파트)
손종렬
서울특별시 성동구 매봉길 15, 104동 1302호 (옥
수동, 래미안 옥수 리버젠)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인남춘

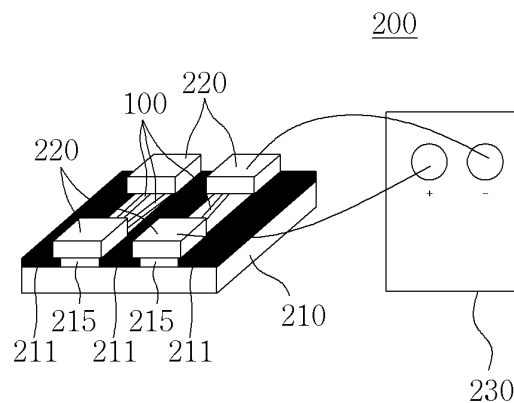
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 실리콘-니켈 나노와이어, 실리콘-니켈 나노와이어 제조방법, 유해가스 감지센서 및 유해가스 감지센서 제조방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 실리콘-니켈 나노와이어는 실리콘(Si)로 이루어진 나노와이어본체; 나노와이어본체의 외면에 니켈(Ni)이 코팅되어 형성된 니켈층; 및 니켈층의 니켈(Ni)이 산화되면서, 니켈층의 외면에 형성된 산화니켈층을 포함하고, 니켈층과 산화니켈층은 나노와이어본체에 대해 코어-셸(core-shell)구조로 형성되어, 나노와이어본체의 표면적을 증대시키는 것이 바람직하다.

대표도 - 도6



(72) 발명자

진준형

서울특별시 마포구 동교로38길 8 (연남동)

이동진

인천광역시 계양구 장기서로12번길 5, 101동 301호
(장기동, 하이즈타운)

장호찬

경기도 평택시 송탄로 90, 113동 104호 (이충동,
현대아파트)

박민준

충청남도 부여군 부여읍 가탑로 121

김준협

서울특별시 영등포구 국회대로 597, 104동 1902호
(당산동4가, 당산동 반도유보라팰리스)

전태진

경상북도 김천시 양금로 194, 202호 (황금동, 동보
수정아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 H11400136030100000000000000

부처명 환경부

연구관리전문기관 한국환경산업기술원

연구사업명 생활공감 환경보건기술개발사업

연구과제명 알레르기 질환 환경유해인자 통합 검출 센서 개발

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교

연구기간 2014.04.01 ~ 2015.03.31

명세서

청구범위

청구항 1

실리콘(Si)으로 이루어진 나노와이어본체;

상기 나노와이어본체의 외면에 니켈(Ni)이 코팅되어 형성된 니켈층; 및

상기 니켈층의 상기 니켈(Ni)이 산화되면서, 상기 니켈층의 외면에 형성된 산화니켈층을 포함하고,

상기 니켈층과 상기 산화니켈층은 상기 나노와이어본체에 대해 코어-셸(core-shell)구조로 형성되어, 상기 나노와이어본체의 표면적을 증대시키는 것을 특징으로 하는 실리콘-니켈 나노와이어.

청구항 2

(A) 기판에 실리콘 재질을 가진 나노와이어본체가 성장되는 단계;

(B) 상기 나노와이어본체에 니켈이 코팅되어, 상기 나노와이어본체의 표면에 니켈층이 형성되는 단계;

(C) 산화공정을 통해 상기 니켈층의 표면이 열처리되면서 산화니켈층이 형성되면서, 상기 나노와이어본체의 표면에 상기 니켈층과 상기 산화니켈층이 순차적으로 적층되어 코어-셸 구조로 실리콘-니켈 나노와이어가 형성되는 단계; 및

(D) 상기 C단계 후, 상기 실리콘-니켈 나노와이어가 초음파 분해공정에 의해 상기 기판에서 분리되는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 실리콘-니켈 나노와이어 제조방법.

청구항 3

극성분자패턴과 무극성분자패턴이 마련된 센서기판;

상기 극성분자패턴에 흡착되어 상기 센서기판에 정렬되고, 코어셸구조를 가지는 실리콘-니켈 나노와이어;

상기 실리콘-니켈 나노와이어와 전기적으로 연결되도록 상기 센서기판에 설치된 전극부; 및

상기 전극부에 연결된 감지부를 포함하고,

상기 감지부는 상기 실리콘-니켈 나노와이어의 전기전도도의 변화를 통해 유해가스를 감지하는 것을 특징으로 하는 유해가스 감지센서.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 실리콘-니켈 나노와이어는 단일 구조 또는 망(network) 구조로 상기 전극부에 연결된 것을 특징으로 하는 유해가스 감지센서.

청구항 5

(A) 센서기판의 일면에 포토리소그래피공정에 의해 패턴이 형성되고, 상기 패턴이 분자막 코팅되면서 무극성분자패턴이 형성되고, 상기 패턴의 나머지부분은 극성분자패턴이 형성되는 단계;

(B) 상기 센서기판의 일면에 실리콘-니켈 나노와이어가 함유된 부유액이 도포되고, 상기 부유액이 건조되는 단

계;

(C) 상기 무극성분자패턴 상에 존재하는 상기 실리콘-니켈 나노와이어가 세척용액에 의해 상기 센서기판에서 분리되어, 상기 실리콘-니켈 나노와이어가 상기 극성분자패턴에 선택적으로 흡착되는 단계;

(D) 상기 센서기판의 일면에 상기 실리콘-니켈 나노와이어에 연결되는 전극부가 포토리소그래피공정에 의해 형성되는 단계; 및

(E) 상기 전극부에 감지부가 전기적으로 연결되는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 유해가스 감지센서 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 실리콘-니켈 나노와이어, 실리콘-니켈 나노와이어 제조방법, 유해가스 감지센서 및 유해가스 감지센서 제조방법에 관한 것이며, 상세하게는 코어셸 구조를 통해 가스와 반응하는 표면적을 증가시켜 센서의 민감도를 향상시킬 수 있는 실리콘-니켈 나노와이어와 이의 제조방법에 관한 것이고, 실리콘-니켈 나노와이어를 센서기판에 선택적으로 흡착시켜 센서의 집적도를 증대시킬 수 있는 유해가스 감지센서 및 유해가스 감지센서 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 반도체형 가스센서는 감응물질의 표면에 가스분자들의 흡/탈착에 의한 저항의 변화를 이용하여 유해가스를 측정하는 원리에 의해 구동된다.

[0003] 박막이나 벌크에서의 가스센서 특성은 감응물질의 입자 표면과 가스분자의 흡/탈착 과정에 의해 생기는 현상이므로, 입자 크기를 작게 만들어 비표면적을 극대화하거나 Pt, Pd 등의 귀금속을 첨가하여 그 특성을 증가시킨다.

[0004] 그러나, 이러한 박막이나 벌크에서 입자 크기의 감소는 그 한계가 있으므로, 최근에는 고비표면적, 탁월한 단결정성, 나노 스케일의 크기 등 다양한 물리적, 화학적 특성을 지닌 1차원 나노구조체를 이용한 가스센서 재료에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0005] 도 1은 종래에 널리 알려진 바 있는 벌크 형태의 가스센서 소자를 나타낸 것으로서, Si 기판(substrate, 1) 위에 백금(Pt) 전극(2)을 전기적으로 분리되게 소정 간격을 두고 이격시켜 형성한 다음, 양측의 백금 전극(2) 사이에 산화주석 분말의 구조물(3)을 후막 인쇄 공정을 통해 형성하여, 양측의 백금 전극(2)을 산화주석 분말(3)의 구조물이 서로 연결한 구조로 되어 있다. 이러한 벌크 형태의 가스센서 소자는 입자들의 크기가 크고 또한 바탕층을 통한 누설전류 성분이 있어서 감도가 그다지 높지 않다는 단점이 있다.

[0006] 한국등록특허 제10-0791812호에는 산화주석 나노선 가스센서 및 그 제조방법이 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 유해가스에 반응하는 표면적을 증대시킬 수 있도록 코어셸구조를 가진 실리콘-니켈 나노와이어를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0008] 아울러, 본 발명은 실리콘-니켈 나노와이어를 센서에 적용하여, 유해가스를 감지하는 센서의 민감도를 증가시킬 수 있는 유해가스 감지센서를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0009] 또한, 본 발명은 극성분자패턴 부분에만 실리콘-니켈 나노와이어를 센서기판에 선택적으로 흡착시켜 센서의 집

적도를 향상시킬 수 있는 유해가스 감지센서 및 유해가스 감지센서 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0010] 본 발명의 일 실시예에 따른 실리콘-니켈 나노와이어는 실리콘(Si)로 이루어진 나노와이어본체; 나노와이어본체의 외면에 니켈(Ni)이 코팅되어 형성된 니켈층; 및 니켈층의 니켈(Ni)이 산화되면서, 니켈층의 외면에 형성된 산화니켈층을 포함하고, 니켈층과 산화니켈층은 나노와이어본체에 대해 코어-셸(core-shell)구조로 형성되어, 나노와이어본체의 표면적을 증대시키는 것이 바람직하다.
- [0011] 본 발명의 일 실시예에 따라, 실리콘-니켈 나노와이어를 제조하는 실리콘-니켈 나노와이어 제조방법은 (A) 기판에 실리콘 재질을 가진 나노와이어본체가 성장되는 단계; (B) 나노와이어본체에 니켈이 코팅되어, 나노와이어본체의 표면에 니켈층이 형성되는 단계; (C) 산화공정을 통해 니켈층의 표면이 열처리되면서 산화니켈층이 형성되면서, 나노와이어본체의 표면에 니켈층과 산화니켈층이 순차적으로 적층되어 코어-셸 구조로 실리콘-니켈 나노와이어가 형성되는 단계; 및 (D) C단계 후, 실리콘-니켈 나노와이어가 초음파 분해공정에 의해 기판에서 분리되는 단계를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0012] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 유해가스 감지센서는 극성분자패턴과 무극성분자패턴이 마련된 센서기판; 극성분자패턴에 흡착되어 센서기판에 정렬되고, 코어셸구조를 가지는 실리콘-니켈 나노와이어; 실리콘-니켈 나노와이어와 전기적으로 연결되도록 센서기판에 설치된 전극부; 및 전극부에 연결된 감지부를 포함하고, 감지부는 실리콘-니켈 나노와이어의 전기전도도의 변화를 통해 유해가스를 감지하는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 본 발명의 일 실시예에서, 실리콘-니켈 나노와이어는 단일 구조로 전극부에 연결된 것이 바람직하다.
- [0014] 본 발명의 일 실시예에서, 실리콘-니켈 나노와이어는 망(network) 구조로 전극부에 연결된 것이 바람직하다.
- [0015] 본 발명의 일 실시예에 따라, 유해가스 감지센서를 제조하는 유해가스 감지센서 제조방법은, (A) 센서기판의 일면에 포토리소그래피공정에 의해 패턴이 형성되고, 패턴이 분자막 코팅되면서 무극성분자패턴이 형성되고, 패턴의 나머지부분은 극성분자패턴이 형성되는 단계; (B) 센서기판의 일면에 실리콘-니켈 나노와이어가 함유된 부유액이 도포되고, 부유액이 건조되는 단계; (C) 무극성분자패턴 상에 존재하는 실리콘-니켈 나노와이어가 세척용액에 의해 센서기판에서 분리되어, 실리콘-니켈 나노와이어가 극성분자패턴에 선택적으로 흡착되는 단계; (D) 센서기판의 일면에 실리콘-니켈 나노와이어에 연결되는 전극부가 포토리소그래피공정에 의해 형성되는 단계; 및 (E) 전극부에 감지부가 전기적으로 연결되는 단계를 포함하는 것이 바람직하다.

발명의 효과

- [0016] 본 발명은 코어셸 구조를 통해 나노와이어의 부피를 증대시켜, 유해가스와 반응하는 표면적을 증대시킬 수 있고, 이로 인해 실리콘-니켈 나노와이어가 사용된 유해가스 감지센서는 유해가스를 민감하게 감지할 수 있다.
- [0017] 또한, 본 발명은 실리콘-니켈 나노와이어를 센서기판의 극성분자패턴 부분에 선택적으로 흡착시켜 유해가스 감지센서의 집적도를 증가시킬 수 있고, 이로 인해 유해가스를 센서의 초소형화를 도모할 수 있다.
- [0018] 아울러, 본 발명은 실리콘-니켈 나노와이어를 통해 유해가스 감지센서의 민감도 및 집적도를 향상시켜, 유해가스 감지센서를 작동시키는데 소요되는 전력소모를 최소화시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 종래에 널리 알려진 바 있는 벌크 형태의 가스센서 소자를 나타낸 것이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 실리콘-니켈 나노와이어 제조방법의 제조과정을 개략적으로 도시한 것이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 실리콘-니켈 나노와이어 제조방법의 순서도를 개략적으로 도시한 것이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 실리콘-니켈 나노와이어의 단면도를 개략적으로 도시한 것이다.
- 도 5는 실리콘-니켈 나노와이어에 대한 주사 전자 현미경 이미지 및 투과 전자 현미경 이미지이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 유해가스 감지센서의 구성도를 개략적으로 도시한 것이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 유해가스 감지센서의 제조공정에 대한 공정순서도를 개략적으로 도시한 것이다.
- 도 8의 (a)는 실리콘-니켈 나노와이어가 망(network) 구조로 센서기관에 흡착된 이미지이고, 도 8의 (b)에는 실리콘-니켈 나노와이어가 단일(single) 구조로 센서기관에 흡착된 이미지를 도시한 것이다.
- 도 9의 (a)는 니켈 나노와이어가 사용된 경우에 센서가 유해가스와의 반응전후의 전압에 따른 전류변화에 대한 그래프이고, 도 9의 (b)는 실리콘-니켈 나노와이어가 사용된 경우에 센서가 유해가스와의 반응전후의 전압에 따른 전류변화에 대한 그래프이다.
- 도 10은 유해가스 감지센서의 염소가스에 대한 반응도를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 이하에서는 첨부도면을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 실리콘-니켈 나노와이어, 실리콘-니켈 나노와이어 제조방법, 유해가스 감지센서 및 유해가스 감지센서에 대해 설명하기로 한다.
- [0021] 이하에서는 도 2 내지 도 5를 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 실리콘-니켈 나노와이어(100) 및 실리콘-니켈 나노와이어 제조방법에 대해 설명하기로 한다.
- [0022] 실리콘(Si)은 화학기상증착법(chemical vapor deposition, CVD)에 의해 기관(10)에서 성장한다. 이에 따라, 도 2의 (a)에 도시된 바와 같이, 기관(10)에는 나노와이어본체(110)가 형성된다. 나노와이어본체(110)는 20nm 내지 100nm의 반경을 가지고, 1μm 내지 4μm의 길이를 가진 크기를 가진다.
- [0023] 도 2의 (a)에 도시된 바와 같이, 나노와이어본체(110)의 표면의 실리콘(Si)은 대기중의 공기와 접촉하여 자연산화되면서 산화실리콘(SiO_2 , 120)이 된다. 이로 인해 소정의 시간이 경과하면, 나노와이어본체(110)의 표면에는 산화실리콘층(120)이 형성된다. 산화실리콘층(120)의 두께는 1nm 내외이다.
- [0024] 본 발명의 일 실시예에서는 나노와이어본체(110)의 부피를 증대시키기 위해, 나노와이어본체(110) 표면에 원자층증착법(atomic layer deposition, ALD)에 의해 니켈(Ni)을 코팅한다. 이에, 도 2의 (b)에 도시된 바와 같이, 산화실리콘층(120)의 표면에는 니켈층(130)이 형성된다. 니켈층(130)은 두께가 20nm 내지 100nm의 범위 내이다.
- [0025] 이후, 니켈층(130)은 산화처리되어 산화니켈층(140)을 형성된다. 산화니켈층(140)은 니켈층(130) 표면의 니켈이 자연산화 또는 열처리에 의한 산화공정을 통해 형성된다. 니켈층(130)의 자연산화시 니켈층(130)의 외주면을 둘러싸는 산화니켈층(140)의 두께는 1nm 내외이다.
- [0026] 자연산화는 그 시간도 오래 걸리고, 자연산화에 의한 산화니켈층(140)의 두께 또한 얇게 형성되어, 실리콘-니켈 나노와이어(100)의 표면적을 증대시키기에는 부족한 면이 있다. 이에, 본 발명은 500℃ 정도의 고온으로 열처리에 의한 산화공정을 통해 산소가 니켈층(130)을 파고 들어가면서 니켈층(130)의 외주면에 산화니켈층(140)을 형성한다. 열처리에 의한 강제산화시 산화니켈층(140)의 두께는 10nm 까지 증가될 수 있다.

- [0027] 산화니켈층(140)의 두께가 두꺼울수록 실리콘-니켈 나노와이어(100)의 부피는 증가되고, 이로 인해 실리콘-니켈 나노와이어(100)가 공기와 접촉되는 표면적 또한 넓어지게 된다.
- [0028] 상기와 같은 공정을 통해 형성된 실리콘-니켈 나노와이어(100)는 도 2의 (c)에 도시된 바와 같이, 부유액(20) 내에서 초음파분해공정을 통해 기관(10)에서 분리된다. 기관(10)에서 분리된 실리콘-니켈 나노와이어(100)는 그 길이가 1 μm 내지 4 μm 정도로 매우 작기때문에 부유액(20)에 포함된 상태로 사용된다.
- [0029] 한편, 상기와 같은 공정을 통해 형성된 실리콘-니켈 나노와이어(100)는 도 4에 도시된 바와 같이, 나노와이어본체(110)를 중심으로 하여 산화실리콘층(120), 니켈층(130)과 산화니켈층(140)이 순차적으로 둘러싸여진 구조를 가진 코어-셸(core-shell) 구조를 형성한다.
- [0030] 본 실시예에 따른 실리콘-니켈 나노와이어(100)는 코어-셸 구조를 통해 공기와 접촉되는 표면적을 증가시키고, 이로 인해 실리콘-니켈 나노와이어(100)를 설치된 유해가스 감지센서(200)의 센서 민감도를 향상시킬 수 있다.
- [0031] 도 5에는 실리콘-니켈 나노와이어의 주사 전자 현미경 이미지 및 투과 전자 현미경 이미지가 개시되어 있다. 도 5의 (a)는 실리콘-니켈 나노와이어가 80nm의 직경을 가지고 부유액에 포함된 상태의 주사 전자 현미경 이미지이고, 도 5의 (b)는 실리콘-니켈 나노와이어가 80nm의 직경을 가지고 부유액에 포함된 상태의 투과 전자 현미경 이미지이다.
- [0032] 이하에서는 도 6 내지 도 8을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 유해가스 감지센서(200) 및 유해가스 감지센서 제조방법에 대해 설명하기로 한다.
- [0033] 도 6에 도시된 바와 같이, 유해가스 감지센서(200)는 센서기관(210), 실리콘-니켈 나노와이어(100), 전극부(220)와 감지부를 포함한다.
- [0034] 센서기관(210)에는 무극성분자패턴(211)과 극성분자패턴(215)이 마련된다. 여기서, 센서기관(210)은 산화실리콘(SiO_2) 재질을 가질 수 있으나, 이에 반드시 한정되는 것은 아니다.
- [0035] 본 발명은 센서기관(210)을 무극성분자패턴(211)과 극성분자패턴(215)으로 구분하고, 전류가 통하는 극성분자패턴(215)에만 실리콘-니켈 나노와이어(100)를 흡착시켜, 센서의 집적도를 향상시킬 수 있다.
- [0036] 실리콘-니켈 나노와이어(100)는 전기가 통하는 물질로서, 유해가스와의 접촉시 반응한다. 실리콘-니켈 나노와이어(100)는 극성분자패턴(215)에 정렬된다.
- [0037] 실리콘-니켈 나노와이어(100)는 부유액(20)의 농도에 따라 망(network) 구조로 센서기관(210)에 흡착되거나 단일 구조로, 센서기관(210)의 극성분자패턴(215)에만 선택적으로 흡착될 수 있다.
- [0038] 실리콘-니켈 나노와이어(100)에는 전극부(220)가 연결된다. 그리고, 전극부(220)에는 감지부가 전기적으로 연결된다. 여기서, 감지부는 실리콘-니켈 나노와이어의 전기전도도의 변화시 유해가스를 감지할 수 있다.
- [0039] 도 8의 (a)에 도시된 바와 같이, 실리콘-니켈 나노와이어(100)가 망구조로 센서기관(210)에 흡착된 경우에 복수의 실리콘-니켈 나노와이어(100)가 서로 망구조로 열기설기 연결되어 있어, 전극부(220)로의 전류인가시 전류가 단락될 경우가 극히 드물어, 안정적으로 유해가스를 감지할 수 있고, 이로 인해 센서의 안정성을 증가시킬 수 있다. 또한, 망구조로 형성된 소자 간의 센서 특성의 변화는 매우 적어, 균일한 특성을 가진 센서를 제작하기에 용이하다.
- [0040] 한편, 도 8의 (b)에 도시된 바와 같이, 실리콘-니켈 나노와이어(100)가 단일 구조로 센서기관(210)의 극성분자패턴(215)에 흡착된 경우에, 실리콘-니켈 나노와이어(100)는 유해가스 흡착시 나노와이어 표면의 전자 변화가 매우 빠르게 전극부(220)에 도달할 수 있어, 반응속도가 빠르고, 민감도가 큰 센서를 제작할 수 있다. 하지만,

개별 나노와이어의 표면 상태 및 구조 등이 다를 수 있기에 나노와이어 간의 센서 특성은 달라질 수 있다.

- [0041] 이하에서는 도 7을 참조하여 유해가스 감지센서 제조방법에 대해 설명하기로 한다. 도 7에는 본 발명의 일 실시예에 따른 유해가스 감지센서(200)의 제조공정에 대한 공정순서도가 개략적으로 도시되어 있다.
- [0042] 도 7의 (a)에 도시된 바와 같이, 센서기판(210)의 일면에 포토리소그래피공정에 의해 패턴이 형성된다. 센서기판(210)에는 패턴이 형성된 부분이 옥타데실트리클로로실란(octadecyltrichlorosilane, OTS)에 의해 분자막 코팅된다. 이때, 옥타데실트리클로로실란(octadecyltrichlorosilane, OTS)에 의해 분자막 코팅된 부분을 무극성분자패턴(211)이라 지칭한다. 무극성분자패턴(211) 이외에 센서기판(210)의 일면에 마련된 패턴을 극성분자패턴(215)이라 지칭한다.
- [0043] 다음으로, 도 7의 (b)에 도시된 바와 같이, 센서기판(210)의 일면에 실리콘-니켈 나노와이어가 함유된 부유액(20)이 도포된다. 이후, 건조과정에 의해, 부유액(20)이 건조되면서, 센서기판(210)의 일면에는 실리콘-니켈 나노와이어(100)가 흡착된다.
- [0044] 이후, 무극성분자패턴(211) 상에 존재하는 실리콘-니켈 나노와이어는 세척용액에 의해 센서기판(210)에서 분리된다. 여기서, 세척용액은 다이클로로벤젠(Dichlorobenzene)과 디아이워터(DI water)가 사용될 수 있다.
- [0045] 이에 따라, 도 7의 (c)에 도시된 바와 같이, 실리콘-니켈 나노와이어(100)는 센서기판(210)의 극성분자패턴(215) 부분에만 선택적으로 흡착된다. 실리콘-니켈 나노와이어(100)는 극성분자패턴(215)에 정렬된 상태이다. 이는, 도 8에 도시된 SEM 이미지를 통해 알 수 있듯이, Si-Ni 나노와이어가 극성 분자인 센서기판(210) 상에 선택적으로 흡착되었음을 확인할 수 있다.
- [0046] 유해가스 감지센서(200)는 실리콘-니켈 나노와이어(100)가 극성분자패턴(215)에 흡착된 형태에 따라, 예를 들어, 도 8의 (a)에 도시된 바와 같이 망구조로 극성분자패턴(215)에 흡착되거나, 도 8의 (b)에 도시된 바와 같이 단일 구조로 극성분자패턴(215)에 흡착될 수 있다.
- [0047] 다음으로, 도 7의 (d)에 도시된 바와 같이, 센서기판(210)의 일면에 포토리소그래피공정에 의해 전극부(220)가 형성된다. 여기서, 전극부(220)는 실리콘-니켈 나노와이어에 연결가능하게 센서기판(210)의 일면에 마련된다.
- [0048] 이후, 도 7의 (e)에 도시된 바와 같이, 전극부(220)에는 감지부(230)가 연결된다. 여기서, 감지부(230)는 실리콘-니켈 나노와이어의 전기전도도의 변화를 측정한다.
- [0049] 실리콘-니켈 나노와이어(100)는 유해가스(예컨대, 연소가스, 플루오르가스, 브롬가스 등과 같은 할로젠가스)와 반응한다. 그리고, 실리콘-니켈 나노와이어(100)가 유해가스가 화학반응하면, 감지부(230)에서 측정되는 전기전도도 또한 가변된다.
- [0050] 이에 따라, 본 발명의 일 실시예에 따른 유해가스 감지센서(200)는 감지부(230)에서 측정되는 실리콘-니켈 나노와이어의 전기전도도의 변화를 통해 유해가스의 존재여부를 감지할 수 있다.
- [0051] 도 9의 (a)은 니켈 나노와이어가 사용된 경우에 센서가 유해가스와의 반응전후의 전압에 따른 전류변화에 대한 그래프이고, 도 9의 (b)는 실리콘-니켈 나노와이어(100)가 사용된 경우에 센서가 유해가스와의 반응전후의 전압에 따른 전류변화에 대한 그래프이다.
- [0052] 도 9의 (a)의 그래프에 도시된 바와 같이, 단일 구조의 니켈 나노와이어가 적용된 센서는 반응전후에 전류변화의 차이가 미비하다. 반면, 도 9의 (b)의 그래프에 도시된 바와 같이 코어셸구조를 가진 실리콘-니켈 나노와이어(100)가 적용된 센서는 반응전과 반응후의 전류의 차이가 현저하게 나타남을 알 수 있다.

[0053] 도 10에는 유해가스 감지센서(200)의 염소가스에 대한 반응도를 나타낸 그래프가 도시되어 있다.

[0054] 반응도는 다음과 같은 식에 의해 계산된다.

[0055]
$$\text{반응도}(\%) = \frac{|I_{\text{gas}} - I_{\text{air}}|}{I_{\text{air}}} \times 100$$

[0056] 여기서, I_{gas} 는 유해가스가 존재하는 경우에 실리콘-니켈 나노와이어의 전류값이고, I_{air} 는 유해가스 없이 공기만 존재하는 경우에 실리콘-니켈 나노와이어의 전류값이다.

[0057] 도 10에 도시된 바와 같이, 니켈 나노와이어가 적용된 센서는 5 ppm의 염소가스가 투입되던 20 ppm의 염소가스가 투입되던간에 반응전후의 전류변화차이가 미비하여 니켈 나노와이어의 유해가스와의 반응도가 0에 가깝다.

[0058] 반면, 실리콘-니켈 나노와이어(100)가 적용된 유해가스 감지센서(200)는 5 ppm의 염소가스가 투입되면 염소가스(Cl_2)와 실리콘-니켈 나노와이어(100)의 반응도가 10% 미만에서 20%이상으로 급격하게 증가함을 알 수 있고, 추후, 20 ppm의 염소가스(Cl_2)가 재투입되면, 20%미만에서 40%에 근접하게 반응도가 20% 정도 증가함을 알 수 있다.

[0059] 본 발명인 유해가스 감지센서(200)는 실리콘-니켈 나노와이어(100)가 극성분자패턴(215)에 선택적으로 흡착되는 과정을 통해 센서의 집적도를 향상시킬 수 있고, 이로 인해, 초소형화된 상태로 가전기기에 장착될 수 있다.

[0060] 이상에서 설명한 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능함은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명백할 것이다.

부호의 설명

[0061] 100: 실리콘-니켈 나노와이어 110: 나노와이어본체

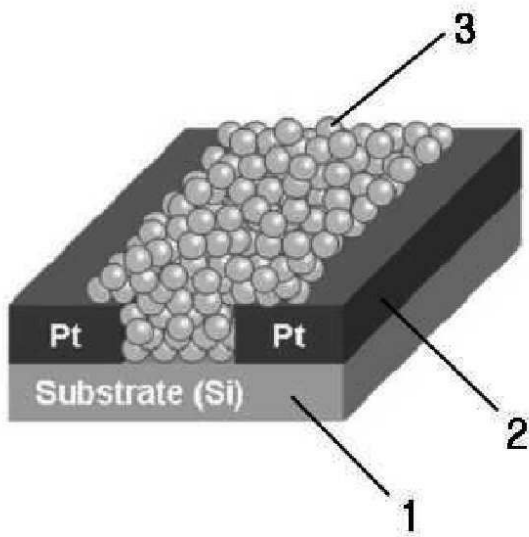
120: 산화실리콘층 130: 니켈층

140: 산화니켈층

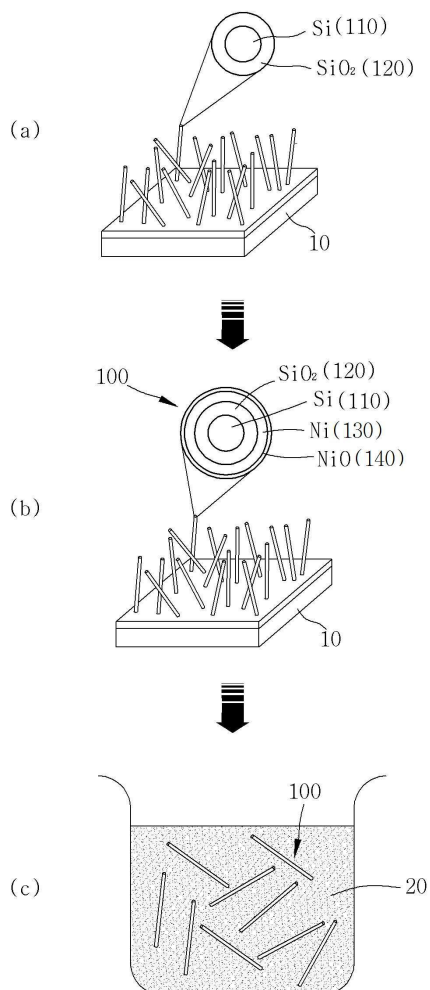
200: 유해가스 감지센서 210: 센서기판 220: 전극부 230: 감지부

도면

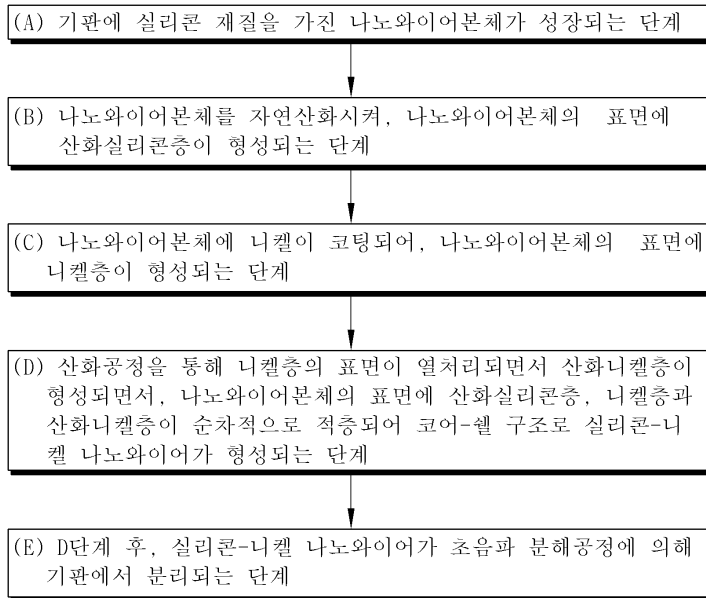
도면1



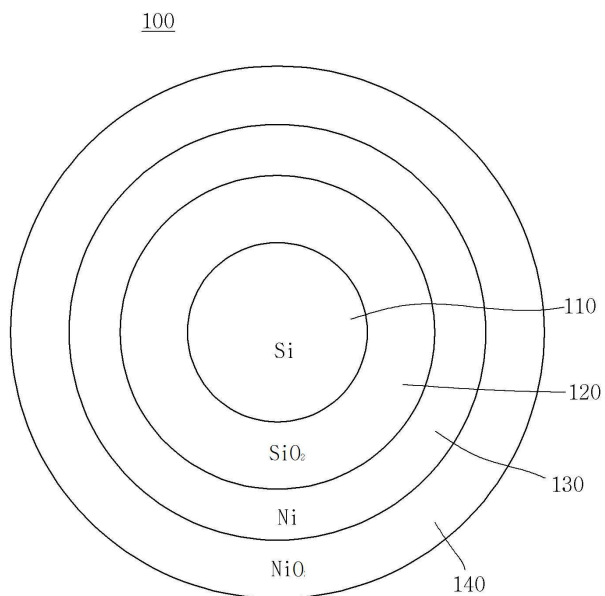
도면2



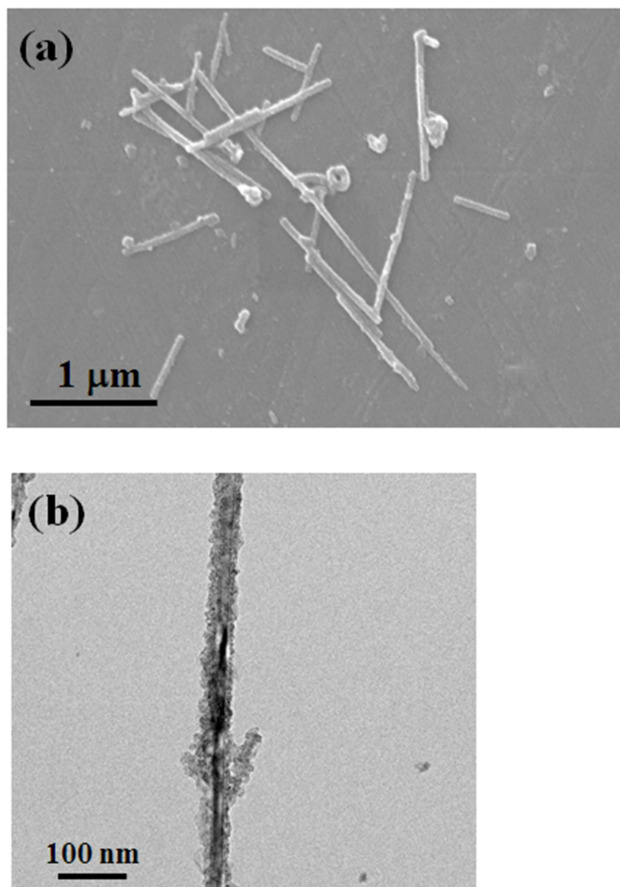
도면3



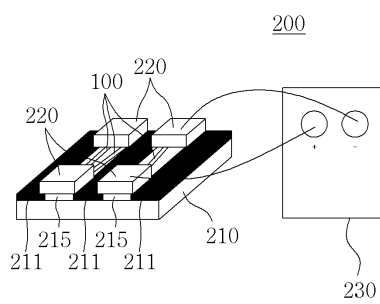
도면4



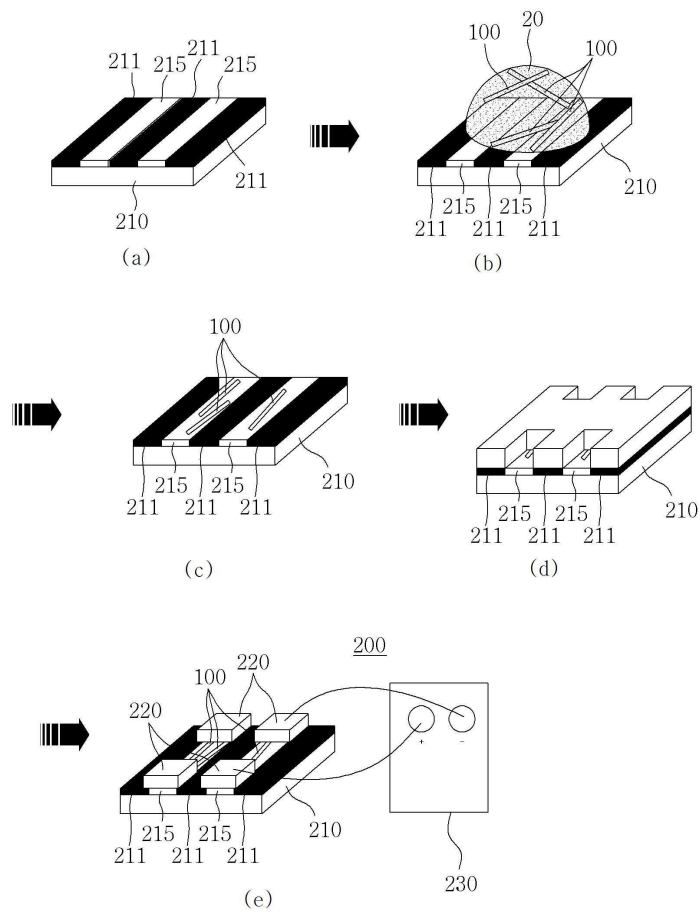
도면5



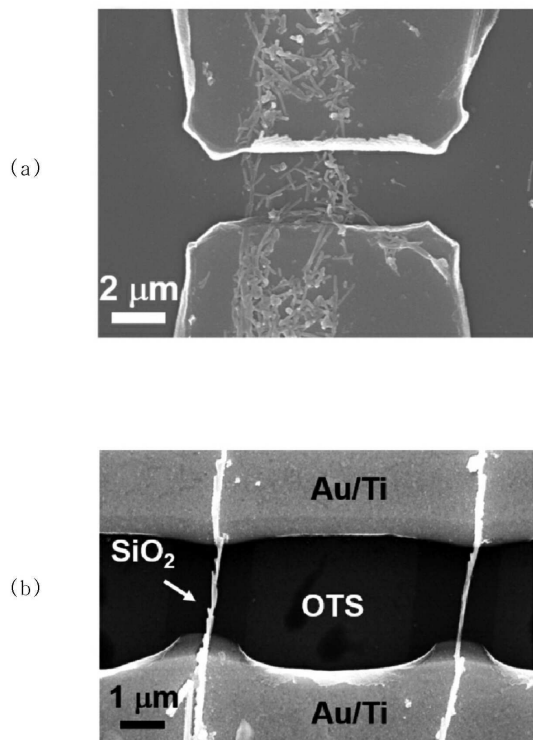
도면6



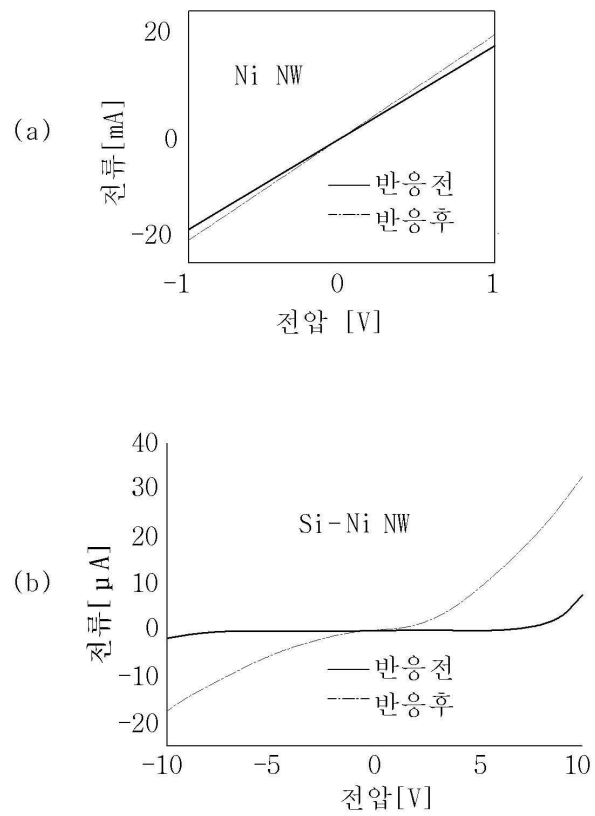
도면7



도면8



도면9



도면10

