(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0019468
(43) 공개일자 2022년02월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H05B 3/10 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H05B 3/10 (2013.01)
H05B 2203/017 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0099920
(22) 출원일자 2020년08월10일
심사청구일자 2020년08월10일

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

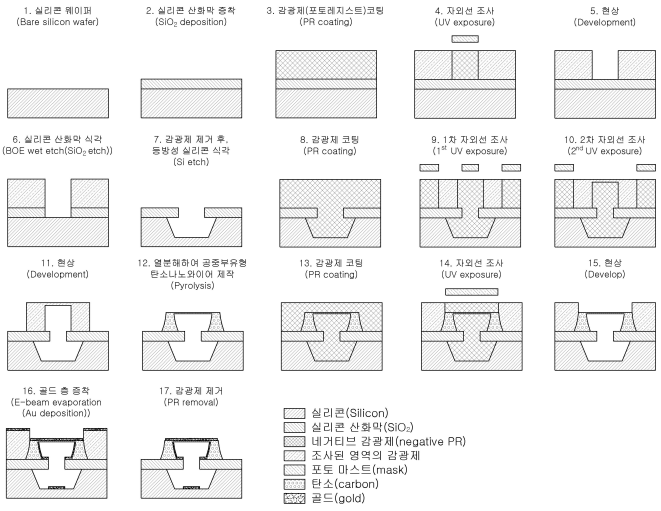
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터 및 그 제조 방법**

(57) 요 약

일 실시예에 따른 공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터는, 상부 표면에 요입 형성된, 소정의 개구부를 갖는 홈을 구비하는 기판; 상기 상부 표면 상에 배치되되, 상기 홈의 개구부 중 일부를 커버하고 상기 일부를 제외한 나머지 부분은 커버하지 않는 절연층; 상기 절연층 상에 배치되는 나노 구조물; 및 상기 나노 구조물의 표면 중 일부, 상기 절연층의 상면의 일부분 및 상기 홈의 바닥면 중에서 상기 절연층이 커버하지 않는 개구부에 수직 대향하는 부분에 증착되는 도전체를 포함하되, 상기 나노 구조물의 표면 중 일부에 증착된 도전체 및 상기 절연층의 상면의 일부분에 증착된 도전체는, 상기 절연층이 커버하지 않는 개구부에 수직 대향하는 부분에 증착된 도전체와 서로 절연될 수 있다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
H05B 2214/04 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711103068
과제번호 2018-0-00756-003
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
연구사업명 차세대초소형IoT기술개발(R&D)
연구과제명 Disposable IoT 환경 및 생체신호 나노센서 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 울산과학기술원
연구기간 2020.01.01 ~ 2020.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711102763
과제번호 CN19100US001
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 (재단)울산테크노파크
연구사업명 지역연구개발혁신지원(R&D)
연구과제명 IoT 센서기반 유해물질 안전대응 플랫폼 구축
기 여 율 1/2
과제수행기관명 울산과학기술원(교)
연구기간 2019.06.01 ~ 2020.05.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

상부 표면에 요입 형성된, 소정의 개구부를 갖는 홈을 구비하는 기판;

상기 상부 표면 상에 배치되되, 상기 홈의 개구부 중 일부를 커버하고 상기일부를 제외한 나머지 부분은 커버하지 않는 절연층;

상기 절연층 상에 배치되는 나노 구조물; 및

상기 나노 구조물의 표면 중 일부, 상기 절연층의 상면의 일부분 및 상기 홈의 바닥면 중에서 상기 절연층이 커버하지 않는 개구부에 수직 대향하는 부분에 증착되는 도전체를 포함하되,

상기 나노 구조물의 표면 중 일부에 증착된 도전체 및 상기 절연층의 상면의 일부분에 증착된 도전체는, 상기 절연층이 커버하지 않는 개구부에 수직 대향하는 부분에 증착된 도전체와 서로 절연된

공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 홈의 개구부 중 상기 나머지 부분의 넓이는,

상기 홈의 바닥면의 넓이보다 좁은

공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 절연층이 커버하는 상기 홈의 개구부 중 일부는,

상기 홈의 개구부의 가장자리인

공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 나노 구조물은,

상기 절연층 상에 배치되는 기둥부; 및

상기 기둥부에 의해 지지되며 상기 홈의 개구부를 가로지르도록 배치되는 나노 와이어를 포함하는

공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 나노 구조물은 상기 기둥부를 2개 포함하고,

상기 나노 와이어의 양단은,

상기 2개의 기둥부 각각에 의해서 지지되는

공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터.

청구항 6

절연층이 형성되어 있는 기판의 상부 표면 상에, 소정의 개구부를 갖는 홈을 요입 형성하는 단계;

상기절연층 상에 나노 구조물을 형성하는 단계; 및

상기 나노 구조물의 표면 중 일부, 상기 절연층의 상면의 일부분 및 상기 홈의 바닥면 중에서 상기 절연층이 커버하지 않는 개구부에 수직 대향하는 부분에 도전체를 증착하는 단계를 포함하되,

상기 나노 구조물의 표면 중 일부에 증착된 도전체 및 상기 절연층의 상면의 일부분에 증착된 도전체는, 상기 절연층이 커버하지 않는 개구부에 수직 대향하는 부분에 증착된 도전체와 서로 절연된

공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터 제조 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 홈의 개구부 중 상기 나머지 부분의 넓이는,

상기 홈의 바닥면의 넓이보다 좁은

공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터 제조 방법.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 절연층이 커버하는 상기 홈의 개구부 중 일부는,

상기 홈의 개구부의 가장자리인

공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터 제조 방법.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 나노 구조물을 형성하는 단계는,

상기 절연층 상에 기둥부를 형성하는 단계; 및

상기 기둥부에 의해 지지되며 상기 홈의 개구부를 가로지르도록 나노 와이어를 형성하는 단계를 포함하는

공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터 제조 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 나노 구조물을 형성하는 단계는,

상기 절연층 상에 상기 기둥부를 2개 형성하고,

상기 나노 와이어 양단은,

상기 2개의 기둥부 각각에 의해서 지지되는

공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 공중 부유형 나노 구조물 기반 나노 히터 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 현재, 공중 부유형 나노 구조물에 물질을 선택적으로 코팅에 사용할 수 있는 방법은 포토리소그래피(Photolithography) 방법이 있다.

[0003] 포토리소그래피를 이용하는 방법은 공중 부유형 나노 구조물에 빛에 반응하는 감광성 고분자 물질(Photoresist)을 도포하여 빛을 조사하하는 것을 통해, 조사된 부위에 따라 원하는 패턴을 형성하는 방법이며, 이때, 조사되는 부위는 포토 마스크(Photomask)를 이용해 선택적으로 조사할 수 있다.

[0004] 하지만, 포토리소그래피를 이용하는 방법은, 포토마스크의 패턴 사이즈 (통상 1 마이크로미터 이상) 가 나노 구조물 (직경 100 nm 로 가정)에 비해 최소 10배 이상 크기 때문에 공중부유형 나노 구조물이 형성되어 있는 기판(substrate)에 필연적으로 빛이 조사될 수 밖에 없어 공중부유형 나노 구조물에 선택적으로 기능성 물질을 코팅할 수 없다. 특히 공중부유형 나노 구조물에 전도성 또는 반도체성 물질과 같은 기능성 물질을 코팅하여 이들 물질의 저항 측정을 이용하는 센서의 경우, 기판 표면에 부가적으로 코팅된 기능성 물질을 통해 전기적 연결이 이루어져 실제 공중부유형 나노 구조물을 통한 전기 신호 검출이 불가능해진다. 또한 마스크 패턴의 크기가 나노 구조물과 크기와 동일하거나 또는 작을 경우에도, 포토마스크의 모든 패턴을 기판 상의 모든 나노 구조물의 위치에 정확히 정렬(Align)하는 것은 현재 기술로 불가능하다.

[0005] 따라서, 공중부유형 나노 구조물의 하단 기판 표면에 기능성 물질이 코팅이 되지 않게 하기 위해서는 구조물의 하단과 기판 표면 사이에 소정의 포토레지스트를 남겨 놓아야 한다. 이럴 경우, 포토레지스트 층의 상단 일부분에 빛을 조사하고 조사된 부분을 선택적으로 현상(Develop)하는 공정을 수행하는 것은 매우 어려우며, 특히 나노 구조물이 복잡하거나 사이즈가 작을수록 공정의 난이도는 증가하게 된다.

[0006] 또한, 포토리소그래피를 이용하는 방법에서 사용할 수 있는 포토레지스트의 종류는 포지티브 포토레지스트(Positive photoresist)로 한정되는데, 이로 인하여 포토레지스트 현상(Develop) 공정이 성공하더라도 포지티브 포토레지스트의 특성으로 인하여 포토레지스트가 잘 지워지지 않고, 포토레지스트를 지우는 과정에서 코팅물질이 바닥 면에 그대로 가라앉아 바닥 면에도 코팅이 되는 문제점이 발생하고 있는 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보, 10-1302058호 (2013.08.19. 등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 해결하고자 하는 과제는, 공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터 및 그 제조 방법을 제공하는 것이다.

[0009] 또한, 이러한 공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터 및 그 제조 방법을 통해 나노 구조물의 표면 중 일부와 절연층의 상면의 일부분에 증착된 도전체는 기판의 상부 표면에 요입 형성된, 소정의 개구부를 갖는 홈의 바닥면에 증착된 도전체와 서로 전기적 절연을 이루도록 할 수 있는 것 등이 본 발명의 해결하고자 하는 과제에 포함될 수 있다.

[0010] 다만, 본 발명의 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 것으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 해결하고자 하는 과제는 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 일 실시예에 따른 공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터는, 상부 표면에 요입 형성된, 소정의 개구부를 갖는 홈을 구비하는 기판; 상기 상부 표면 상에 배치되되, 상기 홈의 개구부 중 일부를 커버하고 상기일부를 제외한 나머지 부분은 커버하지 않는 절연층; 상기 절연층 상에 배치되는 나노 구조물; 및 상기 나노 구조물의 표면 중 일부, 상기 절연층의 상면의 일부분 및 상기 홈의 바닥면 중에서 상기 절연층이 커버하지 않는 개구부에 수직

대향하는 부분에 증착되는 도전체를 포함하되, 상기 나노 구조물의 표면 중 일부에 증착된 도전체 및 상기 절연층의 상면의 일부분에 증착된 도전체는, 상기 절연층이 커버하지 않는 개구부에 수직 대향하는 부분에 증착된 도전체와 서로 절연될 수 있다.

[0012] 또한, 상기 홈의 개구부 중 상기 나머지 부분의 넓이는, 상기 홈의 바닥면의 넓이보다 좁을 수 있다.

[0013] 또한, 상기 절연층이 커버하는 상기 홈의 개구부 중 일부는, 상기 홈의 개구부의 가장자리일 수 있다.

[0014] 또한, 상기 나노 구조물은, 상기 절연층 상에 배치되는 기둥부; 및 상기 기둥부에 의해 지지되며 상기 홈의 개구부를 가로지르도록 배치되는 나노 와이어를 포함할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 나노 구조물은 상기 기둥부를 2개 포함하고, 상기 나노 와이어의 양단은, 상기 2개의 기둥부 각각에 의해서 지지될 수 있다.

[0016] 일 실시예에 따른 공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터 제조 방법은, 절연층이 형성되어 있는 기판의 상부 표면 상에, 소정의 개구부를 갖는 홈을 요입 형성하는 단계; 상기 절연층 상에 나노 구조물을 형성하는 단계; 및 상기 나노 구조물의 표면 중 일부, 상기 절연층의 상면의 일부분 및 상기 홈의 바닥면 중에서 상기 절연층이 커버하지 않는 개구부에 수직 대향하는 부분에 도전체를 증착하는 단계를 포함하되, 상기 나노 구조물의 표면 중 일부에 증착된 도전체 및 상기 절연층의 상부의 일부분에 증착된 도전체는, 상기 절연층이 커버하지 않는 개구부에 수직 대향하는 부분에 증착된 도전체와 서로 절연될 수 있다.

[0017] 또한, 상기 홈의 개구부 중 상기 나머지의 넓이는, 상기 홈의 바닥면의 넓이보다 좁을 수 있다.

[0018] 또한, 상기 절연층이 커버하는 상기 홈의 개구부 중 일부는, 상기 홈의 개구부의 가장자리일 수 있다.

[0019] 또한, 상기 나노 구조물을 형성하는 단계는, 상기 절연층 상에 기둥부를 형성하는 단계; 및 상기 기둥부에 의해 지지되며 상기 홈의 개구부를 가로지르도록 나노 와이어를 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0020] 또한, 상기 나노 구조물을 형성하는 단계는, 상기 절연층 상에 상기 기둥부를 2개 형성하고, 상기 나노 와이어 양단은, 상기 2개의 기둥부 각각에 의해서 지지될 수 있다.

발명의 효과

[0021] 일 실시예에 따른 공중 부유형 나노 구조물기반 나노히터에서 나노 구조물의 표면 중 일부에 증착된 도전체 및 절연층의 상면의 일부분에 증착된 도전체는 기판의 상부 표면에 요입 형성된, 소정의 개구부를 갖는 홈의 바닥면에 증착된 도전체가 서로 전기적 절연을 이루기 때문에 나노 구조물 상부에 증착된 도전체를 이용하여 히터로 사용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 일 실시예에 따른 공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터의 단면도이다.

도 2는 일 실시예에 따른 공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터의 입체도이다.

도 3은 일 실시예에 따른 공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터 제조 방법에 관한 구성도이다.

도 4는 일 실시예에 따른 공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터 제조 방법을 도시한 일 공정도이다.

도 5는 일 실시예에 따른 기판을 등방식각하는 것을 설명하기 위한 주사전자현미경 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0024] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명의 실시예에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수

있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0025] 도 1은 일 실시예에 따른 공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터 (100)의 단면도이고, 도 2는 일 실시예에 따른 공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터 (100)의 입체도이다.

[0026] 도 1 및 도 2를 참조하면, 일 실시예에 따른 공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터(100)는 기판(110), 절연층(120), 나노 구조물(130) 및 도전체(140-1, 140-2, 140-3)를 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0027] 기판(110)은 상부 표면에 요입 형성된, 소정의 개구부(110-1)를 갖는 홈(115)을 구비할 수 있다.

[0028] 기판(110)은 후술할 나노 구조물(130)(기둥부 및 나노와이어 포함)을 물리적으로 지지하는 지지체의 역할을 수행할 수 있다. 나아가, 기판(110)의 상부에는 후술할 나노 구조물(130)을 통해 검출되는 전류 또는 전압에 영향을 미치지 않도록 적어도 그 표면에 후술할 절연층(또는 절연막)(120)이 구비될 수 있다. 예를 들어, 기판(110)은 사파이어, quartz 기판과 같이 등방성 식각이 가능한 절연기판일 수 있다. 이때, 기판(110)이 절연기판일 경우에는, 기판(100)상에 추가적인 절연층 코팅을 필요로 하지 않을 수 있다.

[0029] 상세하게, 기판(110)은 웨이퍼 또는 필름(film)의 형상일 수 있으며, 물성적으로, 기판은 리지드 기판 또는 플렉시블 기판일 수 있다. 결정학적으로, 기판은 단결정체, 다결정체 또는 비정질체이거나, 결정상과 비정질상이 혼재된 혼합상일 수 있다. 기판이 둘 이상의 층이 적층된 적층기판일 경우, 각 층은 서로 독립적으로 단결정체, 다결정체, 비정질체 또는 혼합상일 수 있다.

[0030] 물질적으로, 기판(110)은 반도체를 포함하는 무기 기판일 수 있다. 이러한 기판(110)은 실리콘(Si), 게르마늄(Ge) 또는 실리콘게르마늄(SiGe)을 포함하는 4족 반도체; 갈륨비소(GaAs), 인듐인(InP) 또는 갈륨인(GaP)을 포함하는 3-5족 반도체; 황화카드뮴(CdS) 또는 텔루르화아연(ZnTe)을 포함하는 2-6족 반도체; 황화납(PbS)을 포함하는 4-6족 반도체; 또는 이들에서 선택된 둘 이상의 물질이 각 층을 이루며 적층된 적층기판을 들 수 있다. 이때, 상술한 바와 같이, 기판(110)은 그 표면에 후술할 절연층(120)이 구비될 수 있다.

[0031] 절연층(120)은 상기 기판(110)의 상부 표면 상에 배치되되, 상기 기판(110)의 홈(115)의 개구부(110-1) 중 일부(110-2)만을 커버하고, 상기 일부를 제외한 나머지 부분(110-3)은 커버하지 않을 수 있다.

[0032] 여기서, 절연층(120)이 커버하지 않는 상기 나머지 부분(110-3)은, 기판(110)의 홈(115)의 바닥면(110-4)의 넓이보다 좁을 수 있으며, 절연층(120)이 커버하는 기판(110)의 홈(115)의 개구부(110-1) 중 일부(110-2)는 개구부(110-1)의 가장자리일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0033] 일 예에 따른 절연층(120)은 열산화, 또는 원자층 증착 (Atomic Layer Deposition), RF 스퍼터링 (RF sputtering) 및 플라즈마 화학 기상 증착법 (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) 등의 증착법 등 통상적으로 사용되는 방법을 통해 형성될 수 있다. 비 한정적인 일 구체예로, 절연층(120)은 실리콘 산화물, 하프늄 산화물, 알루미늄 산화물, 지르코늄 산화물, 바륨-타이타늄 복합산화물, 이트륨 산화물, 텅스텐 산화물, 탄탈륨 산화물, 아연 산화물, 타이타늄 산화물, 주석 산화물, 바륨-지르코늄 복합산화물, 실리콘 질화물, 실리콘 옥시나이트라이드, 지르코늄 실리케이트, 하프늄 실리케이트, 이들의 혼합물(mixture) 또는 이들의 복합물(composite) 등일 수 있다.

[0034] 나노 구조물(130)은 절연층(120) 상에 배치될 수 있으며, 복수 개의 기둥부(130-1, 130-2) 및 나노 와이어(130-3)를 포함할 수 있으며, 나노 구조물(130)은 탄소(C, Carbon)로 구성될 수 있다.

[0035] 복수 개의 기둥부(130-1, 130-2)는 제 1 기둥부(130-1) 및 제 2 기둥부(130-2)를 포함할 수 있으며, 복수 개의 기둥부(130-1, 130-2)는 각각 적어도 2개의 슬로프면(또는 경사진 면)을 가지고 있다.

[0036] 나노 와이어(130-3)는 복수 개의 기둥부(130-1, 130-2) 각각에 의해 지지되며, 기판(110)의 홈(115)의 개구부(110-1)를 가로지르도록 배치될 수 있으며, 나노 와이어(130-3)의 양단은 복수 개의 기둥부(130-1, 130-2) 각각에 의해서 지지될 수 있다.

[0037] 도전체(140-1, 140-2, 140-3, 140-4)는 나노 구조물(130)의 표면 중 일부(140-1, 140-2), 절연층(120)의 상면의 일부분(140-4) 및 기판(110)의 홈(115)의 바닥면(110-4) 중에서 절연층(120)이 커버하지 않는 개구부(110-1)에 수직 대향하는 부분(140-3)에 증착될 수 있다.

[0038] 여기서, 나노 구조물(130)의 표면 중 일부에 증착되는 도전체(140-1, 140-2)는 나노 구조물(130)의 상부에 도전체(140-1)가 증착되고, 복수 개의 기둥부(130-1, 130-2) 각각에서 기판(110)의 개구부(110-1)를 향하는 방향의 슬로프면에 도전체(140-2)가 증착될 수 있다.

[0039] 또한, 절연층(120)의 상면의 일부분에 증착되는 도전체(140-4)는 제 1 기둥부(130-1) 및 제 2 기둥부(130-2) 사이에서, 나노 와이어(130-3)에 수직 대향하는 부분에 도전체(140-4)가 증착될 수 있다.

[0040] 한편, 나노 구조물(130)의 표면 중 일부에 증착된 도전체(140-1, 140-2) 및 절연층(120)의 상면의 일부분에 증착된 도전체(140-4)는, 기판(110)의 홈(115)의 바닥면 중에서 절연층(120)이 커버하지 않는 개구부(110-1)에 수직 대향하는 부분에 증착된 도전체(140-3)와 서로 절연되어 있을 수 있다.

[0041] 이러한, 도전체(140-1, 140-2, 140-3, 140-4)는 전도성 물질 또는 금속산화물 센서 물질로서 금(Au)을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0042] 한편, 일 실시예에 따른 공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터 (100)는 나노 구조물(130)상면에 증착되는 도전체(140-1)를 이용하여 히터(또는 나노 히터)로 사용할 수 있다.

[0043] 도 3은 일 실시예에 따른 공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터(100) 제조 방법에 관한 구성도이다.

[0044] 도 3을 참조하면, 먼저 절연층이 형성되어 있는 기판(110)의 상부 표면 상에 소정의 개구부(110-1)를 갖는 홈(115)을 요입 형성할 수 있다(단계 S100).

[0045] 이후, 절연층(120) 상에 나노 구조물(130)을 형성할 수 있다(단계 S200).

[0046] 이후, 나노 구조물(130)의 표면 중 일부, 절연층(120)의 상면의 일부분 및 기판(100)의 홈(115)의 바닥면 중에서 절연층(120)이 커버하지 않는 개구부(110-1)에 수직 대향하는 부분에 도전체를 증착할 수 있다(단계 S300).

[0047] 이때, 나노 구조물(130)의 표면 중 일부에 증착된 도전체(140-1, 140-2) 및 절연층(120)의 상면의 일부분에 증착된 도전체(140-4)는, 기판(100)의 홈(115)의 바닥면 중에서 절연층(120)이 커버하지 않는 개구부(110-1)에 수직 대향하는 부분에 증착된 도전체(140-3)와 서로 절연되어 있을 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0048] 보다 상세하게, 일 실시예 따른 공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터 (100) 제조 방법을 도 4를 통해 설명하도록 한다. 도 4는 일 실시예에 따른 나노 구조물(100) 제조 방법을 도시한 일 공정도이다.

[0049] 도 4를 참조하면, 먼저 1) 기판(110)을 마련하고, 2) 기판(110)을 산화시켜 절연층(120)을 형성할 수 있다.

[0050] 이때, 기판(110)은 실리콘 웨이퍼(silicon wafer)일 수 있으며, 절연층(120)은 실리콘 산화막(SiO_2)일 수 있으며 기판(110)은 절연층(120)이 형성되어 있는 절연기판이 마련될 수 있고, 절연기판이 사용될 경우, 공정 2)단계는 수행되지 않을 수 있다.

[0051] 이후, 3) 절연층(120) 상부에 제 1 포토레지스트를 코팅(예를 들어, 스핀 코팅(spin coating))하고, 4), 5) 제 1 포토 마스크를 이용하여 UV 노광을 수행함에 따라, 소정의 중심 영역의 제 1 포토레지스트를 제거할 수 있다.

[0052] 6) BOE(Buffered oxide etchant) 에칭을 수행하여 소정의 중심 영역에 위치한 절연층을 제거하고, 7) 소정의 중심영역을 제외한 영역에 코팅되어 있는 제 1 포토레지스트를 제거하고, 적어도 하나 이상의 가스를 이용하여 기판(110)을 식각할 수 있다.

[0053] 즉, 6) 및 7) 단계를 통해 절연층(실리콘 산화막(SiO2))과 기판(실리콘(Si))을 각각 등방식각할 수 있다. 7) 단계에서 기판을 식각하는 속도가 절연층(120)을 식각하는 속도보다 상대적으로 매우 빠르면 개구부(110-1) 가장자리의 절연층 하단으로 기판 식각이 이루어질 수 있다.

[0054] 보다 상세하게, 도 5를 참조하면, 7) 단계에서, 절연층(SiO_2) 하단으로 기판(Si)의 등방성 식각이 이루어지며, 등방성 식각이 이루어진 기판(실리콘(Si))의 옆면이 곡선으로 이루어져 있는 것을 확인할 수 있다.

[0055] 이때, 7) 단계에서 기판(110)을 식각하는데 사용되는 가스는 육플루오린화 황(SF_6) 및 옥타플루오로사이클로뷰테인(C_4F_8) 일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0056] 이후, 8) 제 2 포토레지스트를 코팅(예를 들어, 스핀 코팅(spin coating))할 수 있다. 이때, 제 2 포토레지스트는 기판이 식각된 부분까지 제 2 포토레지스트가 코팅될 수 있다.

[0057] 그 다음, 9) 제 2 포토 마스크를 이용하여 UV 노광을 수행하고(포토레지스트 상단부에서 기판까지 polymer의 cross-linking이 이루어지도록 할 수 있음), 10) 제 3 포토 마스크를 이용하여 UV노광을 수행함에 따라 절연층(120)에 배치된 2개의 기둥부(포토레지스트 기둥부일 수 있음)와, 2개의 기둥부를 지지하는 와이어(포토레지스트와이어일 수 있음)가 생성될 수 있으며(이때, 기판까지 cross-linking이 일어나지 않도록 노광에너지를 조절

할 수 있음), 이후 11) UV에 노출되지 않은 제 2 포토레지스트를 제거하고, 12) 열분해(pyrolysis: 산화가 발생하지 않는 분위기에서 폴리머를 가열하여 폴리머를 탄소로 변환하는 공정일 수 있음)를 수행함에 따라 탄소전극들과 탄소와이어를 포함하는 나노 구조물(130)이 형성될 수 있다.

[0058] 보다 상세히, 12)단계에서 열분해를 수행하는 과정에서 최대 90%의 부피 감소가 발생하기 때문에 마이크로미터 사이즈의 지름을 가지는 포토레지스트 와이어가 탄소화가 되어 나노미터 사이즈의 지름을 가지는 나노 구조물(130)(또는 탄소 나노와이어)로 변환될 수 있으며 이때 나노 구조물(130)은 직경이 수십 nm ~ 수백 nm이고, 길이가 수 ~ 수백 ㎛, 그리고 기판과 와이어의 간격이 1 ~ 수십 ㎛가 될 수 있으며, 예를 들어, 나노 구조물(130)의 직경은 250 ~ 400㎚, 길이는 130 ~ 170㎛를 가진 것일 수 있다.

[0059] 이때, 열분해는 진공 상태나 불활성 가스 환경에서 기 설정된 온도로 수행될 수 있으며, 열분해 온도에 따라 나노 구조물(130)의 탄소의 전기 전도도를 조절할 수 있다. 예를 들어, 나노 구조물(130)은 열분해 온도를 낮게 유지할 경우, 금속과 비교하였을 때 금속에 비해 매우 낮은 전기 전도도를 가질 수 있으며, 나노 구조물(130)은 열분해 온도에 따라 절연체와 같은 수준에서 흑연보다 높은 전도도까지 조절될 수 있다.

[0060] 이때, 나노 구조물(130)은 탄소로 구성될 수 있으며, 2개의 탄소기둥과 2개의 탄소기둥을 지지하는 탄소 나노와이어를 포함하며, 이때 탄소 나노와이어는 공중부유 형태로 형성될 수 있다.

[0061] 이러한 나노 구조물(130)은 도체 또는 부도체로서 형성될 수 있으며, 나노 구조물(130)이 부도체로서 형성될 경우에는 나노 구조물(130)위에 도전체가 증착되게 되면 나노 전극체로서 작용하게 될 수 있다.

[0062] 이후 13) 제 3 포토레지스터를 코팅(예를 들어, 스핀 코팅(spin coating))할 수 있고, 14) 제 4 포토마스크를 이용하여 나노 구조물(130)의 탄소 나노와이어(130-3) 부분에 UV 노광을 수행하여 15) 나노 구조물(130)의 탄소 나노와이어(130-3) 부분의 제 3 포토레지스트를 제거할 수 있다.

[0063] 나노 구조물(130)의 탄소 나노와이어(130-3) 부분의 제 3 포토레지스트를 제거한 후, 16) 전자빔 증착(E-beam evaporation)을 이용하여 나노 구조물(130)의 표면 중 일부, 절연층(120)의 상면의 일부분 및 기판(110)의 식각된 부분의 바닥면에 도전체를 증착하고, 17) 남아 있는 제 3 포토레지스터를 제거할 수 있다.

[0064] 예를 들어, 도전체는 금(Au)을 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않고 도전체는 전기 전도도가 높은 물질을 포함할 수 있다. 또한 도전체를 증착하는 방법은 전자빔 증착에 한전되지 않고, thermal evaporation, sputtering 등의 도전체를 증착하는 방법이 사용될 수 있다.

[0065] 한편, 일 실시예에 따른 공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터 (100)는, 기판의 상부 표면에 요입 형성된, 소정의 개구부를 갖는 홈이 형성됨에 따라 포토레지스트의 높이 조절을 위한 정교한 현상(development) 공정을 수행하지 않아도, 포토레지스트를 지우는 과정에서 도전체가 침전되는 현상이 발생되지 않을 수 있기 때문에 나노 구조물(130)에 선택적으로 도전체를 증착할 수 있다.

[0066] 또한, 일 실시예에 따른 공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터는 나노 구조물(130)에 나노 패터닝 공정이 어려운, 연성이 좋은 금과 같은 물질을 용이하게 증착(또는 코팅)시킬 수 있다.

[0067] 이상에서 살펴본 바와 같이, 일 실시예에 따른 공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터에서 나노 구조물의 표면 중 일부에 증착된 도전체 및 절연층의 상면의 일부분에 증착된 도전체는 기판의 상부 표면에 요입 형성된, 소정의 개구부를 갖는 홈의 바닥면에 증착된 도전체가 서로 전기적 절연을 이루기 때문에 나노 구조물 상부에 증착된 도전체를 이용하여 히터로 사용할 수 있다.

[0068] 또한, 각 블록 또는 각 단계는 특정된 논리적 기능(들)을 실행하기 위한 하나 이상의 실행 가능한 인스트럭션들을 포함하는 모듈, 세그먼트 또는 코드의 일부를 나타낼 수 있다. 또, 몇 가지 대체 실시예들에서는 블록들 또는 단계들에서 언급된 기능들이 순서를 벗어나서 발생하는 것도 가능함을 주목해야 한다. 예컨대, 잇달아 도시되어 있는 두 개의 블록들 또는 단계들은 사실 실질적으로 동시에 수행되는 것도 가능하고 또는 그 블록들 또는 단계들이 때때로 해당하는 기능에 따라 역순으로 수행되는 것도 가능하다.

[0069] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 품질에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 균등한 범위 내에 있는 모든 기술사상은 본 발명의 권

리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0070] 100: 공중 부유형 나노 구조물 기반 나노히터

110: 기판

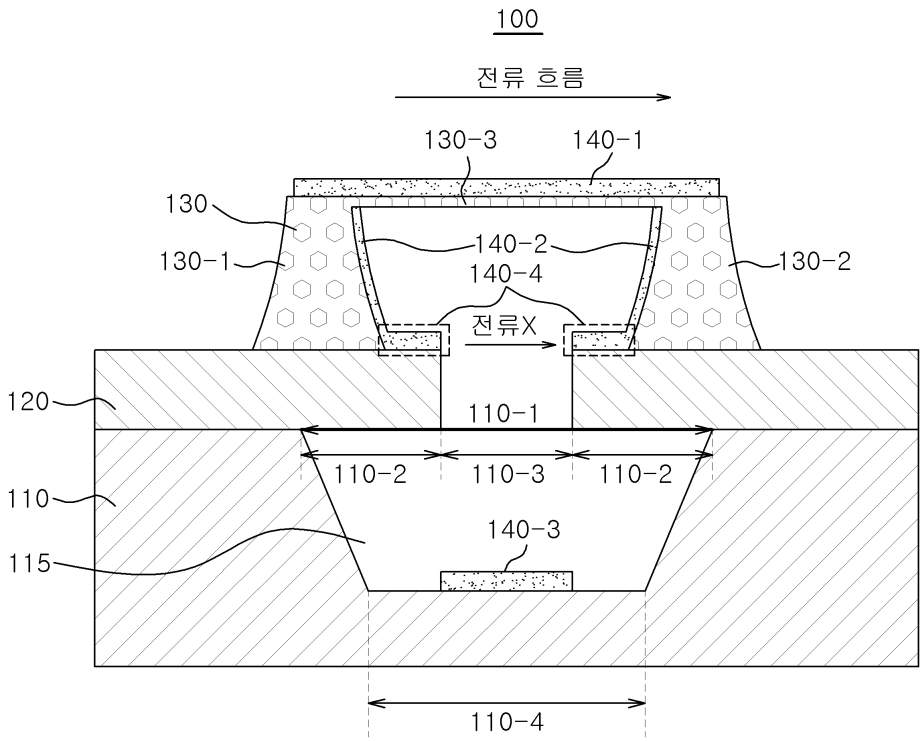
120: 절연층

130: 나노 구조물

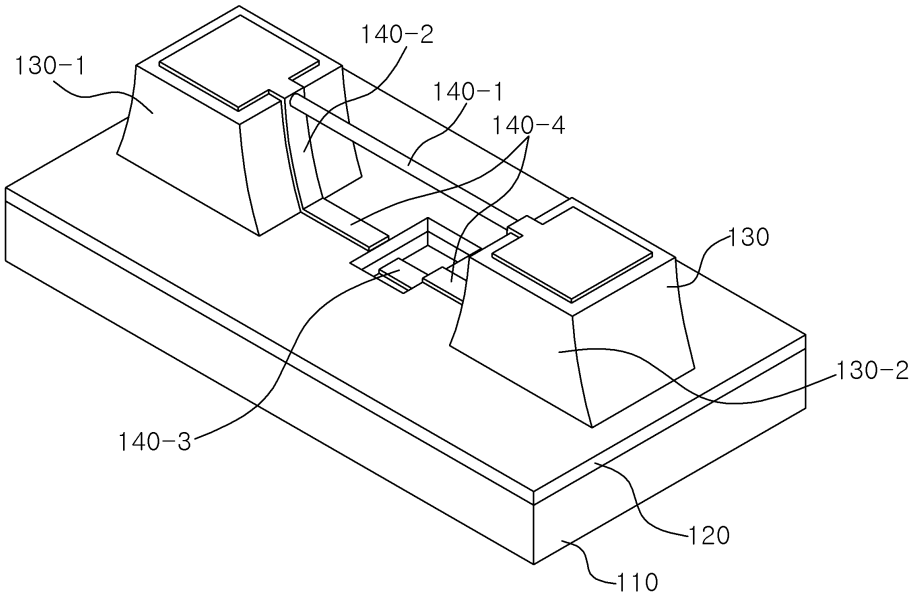
140: 도전체

도면

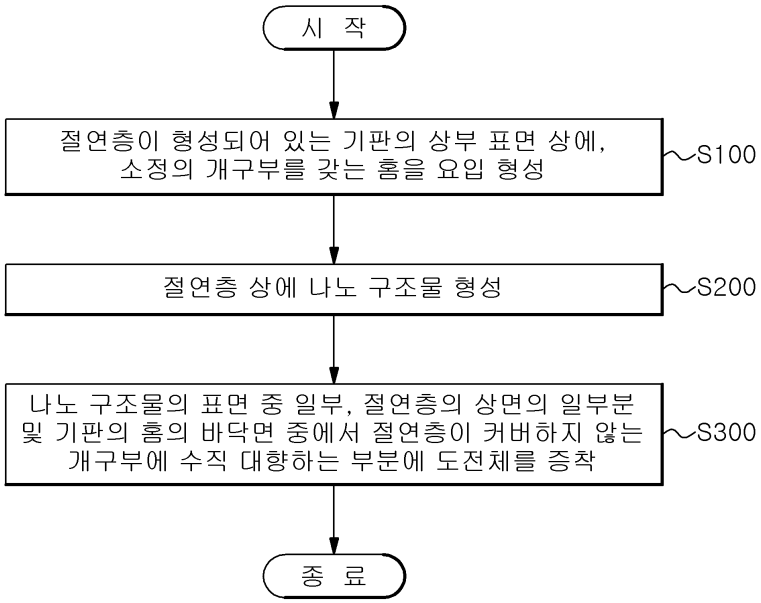
도면1



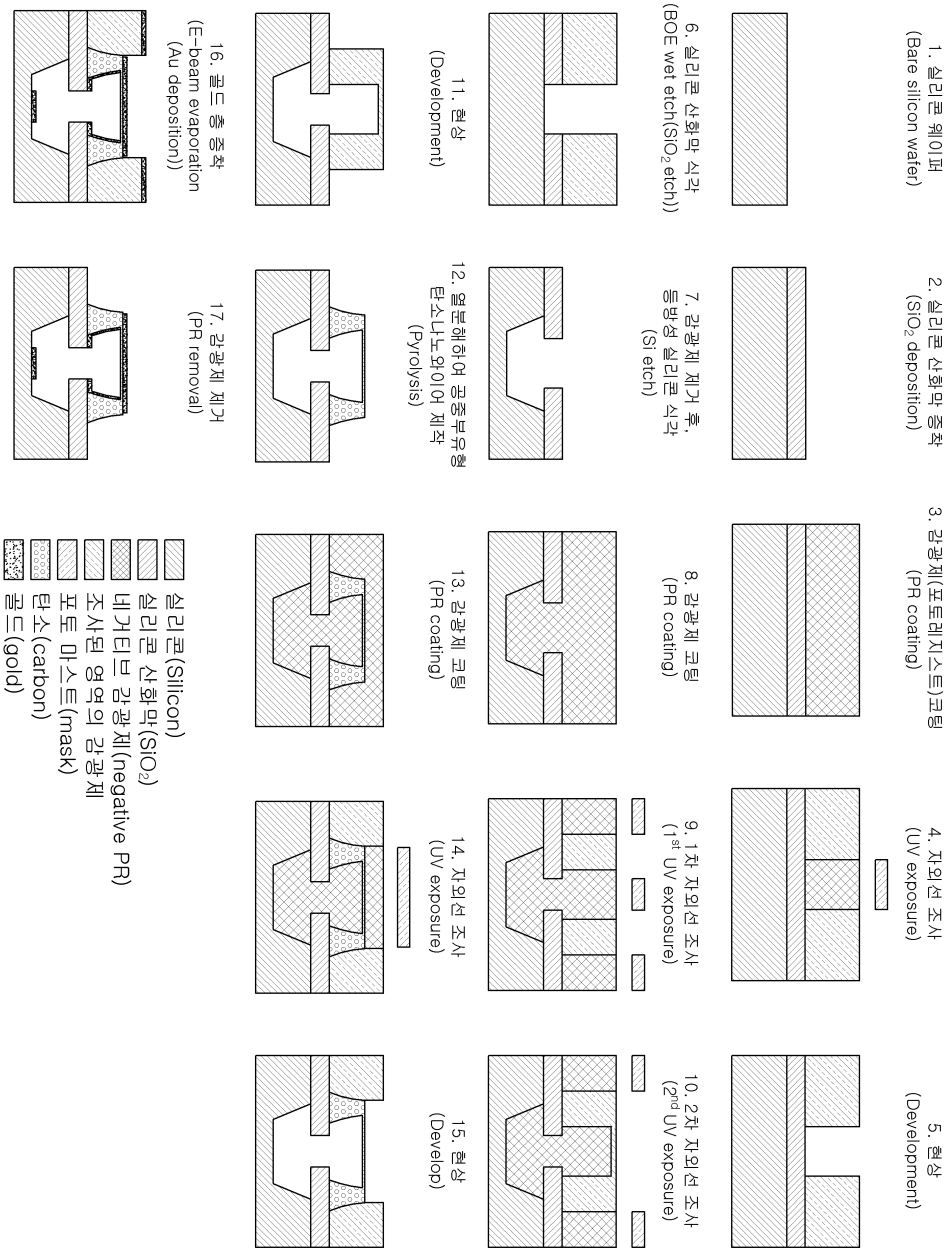
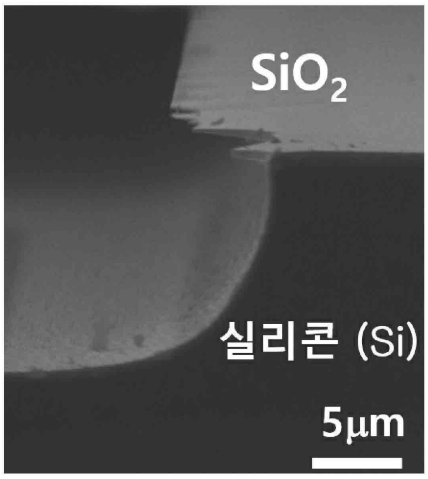
도면2


130-1
140-2
140-1
140-4
130
130-2
140-3
120
110

도면3


시 작
절연층이 형성되어 있는 기판의 상부 표면 상에, 소정의 개구부를 갖는 홈을 요입 형성
S100
절연층 상에 나노 구조물 형성
S200
나노 구조물의 표면 중 일부, 절연층의 상면의 일부분 및 기판의 홈의 바닥면 중에서 절연층이 커버하지 않는 개구부에 수직 대향하는 부분에 도전체를 증착
S300
종 료

도면4


1. 실리콘 웨이퍼 (Bare silicon wafer)
2. 실리콘 산화막 증착 (SiO_2 deposition)
3. 감광제(포토레지스트)코팅 (PR coating)
4. 자외선 조사 (UV exposure)
5. 현상 (Development)
6. 실리콘 산화막 식각 (BOE wet etch(SiO_2 etch))
7. 감광제 제거 후, 등방성 실리콘 식각 (Si etch)
8. 감광제 코팅 (PR coating)
9. 1차 자외선 조사 (1^{st} UV exposure)
10. 2차 자외선 조사 (2^{nd} UV exposure)
11. 현상 (Development)
12. 열분해하여 공중부유형 탄소나노와이어 제작 (Pyrolysis)
13. 감광제 코팅 (PR coating)
14. 자외선 조사 (UV exposure)
15. 현상 (Develop)
16. 골드 증착 (E-beam evaporation (Au deposition))
17. 감광제 제거 (PR removal)
실리콘(Silicon)
실리콘 산화막(SiO_2)
네거티브 감광제(negative PR)
조사된 영역의 감광제
포토 마스트(mask)
탄소(carbon)
골드(gold)

도면5