

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2010-0026232 (43) 공개일자 2010년03월10일
(51) Int. Cl. <i>B82B 3/00</i> (2006.01) <i>G01N 27/00</i> (2006.01)	(71) 출원인 고려대학교 산학협력단 서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내	(72) 발명자 이광렬 경기도 남양주시 퇴계원면 강남 아파트 103-603
(21) 출원번호 10-2008-0085155 (22) 출원일자 2008년08월29일 심사청구일자 2008년08월29일	(74) 대리인 특허법인코리아나	

전체 청구항 수 : 총 19 항

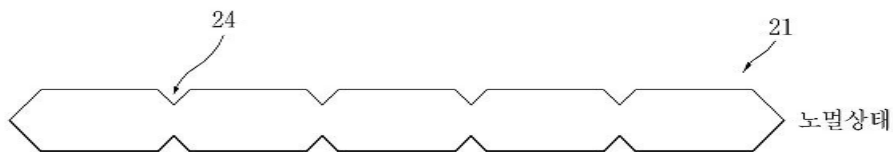
(54) 나노 구조체, 이를 포함하는 센서 및 그 제조방법

(57) 요약

복수의 전극이 형성되어 있는 기판; 및 상기 복수의 전극을 연결하는 나노 구조체를 포함하고, 상기 나노 구조체는 복수의 만입부(indent)를 포함하는, 센서 및 그의 제조방법을 개시한다.

나노 구조체의 만입부의 두께는 다른 부분보다 작기 때문에 적은 양의 가스 분석물에 노출되는 경우에도 나노 구조체를 통해 흐르는 전류를 실질적으로 0 이 되도록 한다.

대표도 - 도2a



특허청구의 범위

청구항 1

기관상에 복수의 나노 로드를 성장시키는 공정;

성장된 상기 복수의 나노 로드를 상기 기관으로부터 분리시키고 상기 나노 로드의 길이 방향으로 정렬시키는 공정; 및

정렬된 상기 복수의 나노 로드를 길이 방향으로 접합시키는 공정을 포함하는, 나노 구조체의 제조 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 나노 로드를 길이 방향으로 접합시키는 공정은,

상기 복수의 나노 로드에서 용매 및 열을 가하는 공정; 및

상기 복수의 나노 로드에서 열을 가하여 상기 복수의 나노 로드를 길이 방향으로 접합시키는 공정을 포함하는, 나노 구조체의 제조 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 나노 로드는 접합 부분에서 만입부(indent)를 형성하는, 나노 구조체의 제조 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 나노 로드를 상기 기관으로부터 분리시키고 상기 나노 로드의 길이 방향으로 정렬시키는 공정은,

상기 기관과 평행하도록 상기 복수의 나노 로드 상부에 평판을 배치하는 공정; 및

상기 평판에 압력을 가하여 상기 복수의 나노 로드를 상기 기관으로부터 분리시키고 길이 방향으로 실질적으로 정렬시키는 공정을 포함하는, 나노 구조체의 제조 방법.

청구항 5

실리콘 나노 와이어를 성장시키는 공정; 및

상기 실리콘 나노 와이어에 복수의 만입부(indent)를 형성하는 공정을 포함하는, 나노 구조체의 제조 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 복수의 만입부를 형성하는 공정은 이방성 에칭을 통해 이루어지는, 나노 구조체의 제조 방법.

청구항 7

길이 방향으로 접합된 복수의 나노 로드를 포함하고,

상기 복수의 나노 로드의 접합 부분은 만입부(indent)를 형성하는, 나노 구조체.

청구항 8

실리콘 나노 와이어로 형성되고, 복수의 만입부(indent)를 포함하는, 나노 구조체.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 복수의 만입부는 이방성 에칭에 의해 형성되는, 나노 구조체.

청구항 10

제 7 항 또는 제 8 항에 있어서,

상기 만입부의 두께는 3 nm 이하인, 나노 구조체.

청구항 11

복수의 전극이 형성되어 있는 기판; 및

상기 복수의 전극을 연결하는 나노 구조체를 포함하고,

상기 나노 구조체는 복수의 만입부(indent)를 포함하는, 센서.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 나노 구조체는 단일의 나노 와이어, 복수의 나노 와이어 또는 네트워크된 나노 와이어의 2 차원 필름 중 하나인, 센서.

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 나노 구조체는, 길이 방향으로 접합된 복수의 나노 로드들을 포함하고, 상기 만입부는 상기 복수의 나노 로드의 접합 부분에 형성되는, 센서.

청구항 14

제 11 항에 있어서,

상기 나노 구조체는 실리콘 나노 와이어로 형성되고, 상기 복수의 만입부는 이방성 에칭에 의해 형성되는, 센서.

청구항 15

제 11 항에 있어서,

상기 만입부의 두께는 3 nm 이하인, 센서.

청구항 16

기판상에 나노 구조체를 배치하는 공정; 및

상기 나노 구조체의 양 단부에 복수의 전극을 형성하는 공정을 포함하고,

상기 나노 구조체는 복수의 만입부(indent)를 포함하는, 센서의 제조 방법.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 나노 구조체는, 길이 방향으로 접합된 복수의 나노 로드들을 포함하고, 상기 만입부는 상기 복수의 나노 로드의 접합 부분에 형성되는, 센서의 제조 방법.

청구항 18

제 16 항에 있어서,

상기 나노 구조체는 실리콘 나노 와이어로 형성되고, 상기 만입부는 이방성 에칭에 의해 형성되는, 센서의 제조 방법.

청구항 19

제 16 항에 있어서,

상기 만입부의 두께는 3 nm 이하인, 센서의 제조 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 가스, 화학 물질, 바이오분자 등을 검출할 수 있는 센서는 오랫동안 많은 연구 개발이 진행되어 왔다. 센서는 화학, 제약, 식품, 농업, 환경관리, 의료 분야 등 광범위한 분야에서 사용되며, 신속성, 선택성, 민감성, 재현성, 내구성, 저소비전력, 집적화 등의 특성이 요구된다. 이러한 센서 특성의 요구에 따라 센서의 센싱 소자로서 나노 구조체를 사용하는 방법에 대한 연구가 이루어지고 있다. 특히, 나노 구조체는 부피대 표면적 비가 크고 민감도가 높으며, 크기 등의 제약이 작으므로 센서가 요구하는 특성을 상당부분 충족시켜 줄 수 있다.

배경 기술

[0002] 나노 구조체를 이용하는 센서는 감지 대상 가스와 나노 구조체 사이에서 일어나는 화학반응에 의한 비저항의 변화를 통해 가스를 감지한다. 즉, 특정 가스가 나노 구조체와 반응하는 경우 이에 따라 전기 비저항이 변화하게 되므로, 센서의 비저항을 모니터링함으로써 특정 가스의 존재 여부를 판단할 수 있게 된다. 예를 들어, 금속산화물 반도체인 산화아연 (ZnO), 산화주석 (SnO₂), 산화텅스텐 (WO₃), 산화티타늄 (TiO₂) 등은 외부의 특정 가스 성분, 예를 들어, H₂, CO, O₂, NO_x, CO₂, DMMP, CH₄, NH₃, 알콜, 습도 등과 접촉하게 되면 산화물 표면에서 일어나는 기체 흡착 및 산화/환원 반응에 의해 전기 비저항이 변화하게 된다. 특히, 나노 와이어는 표면적비가 크고 종횡비가 높으며 높은 감도, 저전력, 고효율의 센싱 능력을 발휘할 수 있다. 또한, 실리콘 나노 와이어를 성장시켜 이를 센서에 이용할 수도 있다. 실리콘 나노 와이어 (Silicon Nanowire, SiNW) 를 이용하는 센서는 매우 높은 탐지 능력 (untrasensitive) 을 지닌 센서로서 바이오 센서나 화학 센서 등 다양한 분야에서 연구되고 있다. 실리콘 나노 와이어는 부피 대비 표면적 비율이 높고, 불순물의 도핑을 조절하여 전도성을 조절할 수 있으며, 바이오 분야 (biocompatibility) 에도 응용 가능하다는 특성 등의 장점을 가지고 있다. 이러한 실리콘 나노 와이어를 DNA 센서로 이용할 때의 메커니즘은 실리콘 나노 와이어가 DNA 와 결합할 때 (hybridization) 실리콘 나노 와이어 표면에서 전기장이 변하고 이것이 전하 밀도의 변화를 야기함으로써 센서로서의 탐지 능력을 갖게 하는 것이다.

발명의 내용

[0003] 나노 구조체를 기초로 하는 센서의 발전과 함께 보다 높은 민감도를 갖는 센서가 요구되고 있다.

[0004] 개시하고자 하는 제 1 실시형태는, 기관상에 복수의 나노 로드를 성장시키는 공정, 성장된 상기 복수의 나노 로드를 상기 기관으로부터 분리시키고 상기 나노 로드의 길이 방향으로 정렬시키는 공정, 및 상기 복수의 나노 로드를 길이 방향으로 접합시키는 공정을 포함하는 나노 구조체의 제조 방법이다. 나노 로드의 접합 부분에서는 다른 부분보다 두께가 작은 만입부 (indent) 가 형성된다.

[0005] 또한, 개시하고자 하는 제 2 실시형태는, 실리콘 나노 와이어를 성장시키는 공정, 및 상기 실리콘 나노 와이어에 복수의 만입부를 형성하는 공정을 포함하는 나노 구조체의 제조 방법이다.

[0006] 또한, 개시하고자 하는 제 3 실시형태는, 길이 방향으로 접합된 복수의 나노 로드를 포함하고, 상기 복수의 나노 로드의 접합 부분은 만입부를 형성하는 나노 구조체이다.

[0007] 또한, 개시하고자 하는 제 4 실시형태는, 복수의 전극이 형성되어 있는 기관 및 상기 복수의 전극을 연결하는 나노 구조체를 포함하고, 상기 나노 구조체는 복수의 만입부를 포함하는 센서이다.

[0008] 또한, 개시하고자 하는 제 5 실시형태는, 기관상에 나노 구조체를 배치하는 공정, 및 상기 나노 구조체의 양 단부에 복수의 전극을 형성하는 공정을 포함하고, 상기 나노 구조체는 복수의 만입부를 포함하는, 센서의 제조 방

법이다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0009]

나노 구조체를 이용한 센서

[0010]

도 1a 는 나노 와이어 센서의 일반적인 형태를 개략적으로 도시하고 있다. 나노 와이어 (11) 는 n 타입의 금속 산화물로 형성되어 있고, 2 개의 전극 (12) 을 연결하고 있다. 2 개의 전극 (12) 에 대하여 전원이 인가되면 나노 와이어 (11) 는 저항으로서 역할하게 되고, 나노 와이어 (11) 의 비저항의 변화 또는 전류의 크기 변화를 통해 주위의 가스 존재 여부를 검출할 수 있게 된다. 구체적으로, 도 1b 를 참고하면, 나노 와이어 (13) 내부의 잉여 전자들은 전하 캐리어로서의 기능을 수행하게 되는데, 나노 와이어 (13) 가 산화 가스 분석물에 노출되게 되면 잉여 전자들은 그 산화 가스에 의해 트랩되게 된다. 이와 같은 나노 와이어 (13) 표면에서의 산화 반응에 의해 나노 와이어 (13) 표면에는 전자 고갈 영역 (14) 이 형성되게 되고, 이에 따라 나노 와이어 (13) 의 비저항은 증가하게 된다. 도 1b 의 (15) 는 나노 와이어의 단면을 나타내는데, 전자 고갈 영역 (16) 과 그렇지 않은 영역 (17) 을 보여준다. 이와 같이, 나노 와이어를 이용하는 센서는 나노 와이어의 비저항의 측정 또는 나노 와이어를 통한 전류의 크기를 측정함으로써, 목적하는 분석물의 존재 여부를 감지할 수 있다.

[0011]

한편, 나노 구조체의 비저항은 나노 구조체의 형상 디자인에 영향을 받으므로 이를 적절하게 변경함으로써 보다 민감도가 높은 센서를 제조할 수 있음을 알 수 있다.

[0012]

도 2a 및 도 2b 는 복수의 만입부를 가지는 나노 구조체의 상태 변화를 개략적으로 나타내는 도면이다.

[0013]

일 실시형태로서, 나노 구조체 (도 2a 의 21, 도 2b 의 22) 는 복수의 만입부 (도 2a 의 24, 도 2b 의 25) 를 포함하는데, 여기서 만입부라 함은 나노 구조체의 다른 부분보다 두께가 작은 부분을 의미한다. 만입부 (도 2a 의 24, 도 2b 의 25) 의 두께는, 예를 들어, 3 nm 이하일 수도 있다. 나노 구조체 (도 2a 의 21, 도 2b 의 22) 는 도 1a 의 나노 와이어 (11) 와 같이 2 개의 전극을 연결함으로써 센서의 기능을 수행할 수 있다.

[0014]

도 2a 는 주위에 가스 분석물이 없는 상태, 즉, 노멀 상태에서의 나노 구조체 (21) 를 나타내는 것으로서, 이 경우 나노 구조체 전 영역에서 전자가 전달될 수 있으므로 전류가 크게 흐를 수 있다. 반면에, 도 2b 에서는 주위의 가스에 노출된 상태의 나노 구조체 (22) 를 도시하고 있다. 노멀 상태에서의 나노 구조체 (21) 가 주위 가스 분석물에 노출되는 경우 그 표면에서는 전자 고갈 영역 (26) 을 형성하게 되어 가스에 노출된 상태의 나노 구조체 (22) 와 같이 되는데, 이때, 두께가 작은 만입부 (25) 에서는 만입부 전체의 전자가 가스에 의해 트랩되게 된다. 따라서, 가스에 노출된 상태에서의 나노 구조체 (22) 의 만입부 (25) 에서는 잉여 전자가 모두 고갈되어 실질적으로 전류가 흐르지 않게 된다.

[0015]

이와 같이, 만입부를 포함하는 나노 구조체를 이용하는 경우 적은 양의 가스에 대해서도 센서에 감지되는 전류의 변화량이 급격할 수 있으므로 민감도가 매우 강한 센서를 제작할 수 있다.

[0016]

또한, 여기서는 1 차원의 나노 와이어를 예를 들어 설명하고 있으나, 앞서 설명한 만입부를 포함하는 나노 구조체는 2 차원의 네트워크 구조를 이용하는 센서에도 적용될 수 있다.

[0017]

만입부를 포함하는 나노 구조체의 형성

[0018]

이하에서는, 위와 같은 만입부를 포함하는 나노 구조체를 형성하는 방법을 개시한다.

[0019]

만입부를 포함하는 나노 구조체의 형성은, 복수의 나노 로드를 일렬로 배열한 후 이를 접합시키는 방법과 실리콘 나노 와이어에 이방성 에칭 (anisotropic etching) 을 가하는 방법이 있다. 나노 로드라는 용어는 일반적으로 나노 와이어와 유사한 형상을 가지는 나노 구조체를 지칭하는 것으로서, 나노 와이어보다 작은 종횡비를 갖는 나노 구조체를 지칭한다.

[0020]

이하에서는 성장시킨 복수의 나노 로드들 그 길이 방향으로 접합시킴으로써 만입부를 형성하는 방법을 개시한다.

[0021]

도 3a 는 기판 (32) 상에 나노 로드 (31) 가 성장된 모습을 개략적으로 개시하고 있다. 나노 로드 (31) 는 기판 (32) 에 대하여 수직방향으로 일정한 방향성을 갖고 성장하므로 복수의 나노 로드 (31) 는 그 길이 방향으로 정렬되는 양상을 보일 수 있다.

[0022]

상기 나노 로드는 n 타입의 금속 산화물이 이용될 수 있으며 예컨대, SnO_2 , ZnO , In_2O_3 , WO_x , TiO_2 등이 사용될

수도 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0023] 나노 로드(31)의 성장 기법은 예를 들어, VLS (vapor-liquid-solid) 메커니즘이 이용될 수도 있다. VLS 메커니즘에서는 가스 형태의 반응 물질이 기판 위에 액체 상태로 존재하는 촉매를 포화시킨다. 액체-고체 경계면에서 대칭성이 깨지면서 단결정 나노 로드 구조가 응집하게 되고, 상기 나노 로드(31)는 기판으로부터 에피택셜(epitaxial) 방법으로 성장하게 된다. 이러한 나노 로드(31)의 성장은 물질의 촉매에 의한 용해율이 액체/고체 경계면에서 고체 물질이 우세해질 때까지 지속된다. 또 다른 예로는, 선택적 영역에서 행해지는 에피택시(selective area epitaxy) 방법을 이용할 수 있다. 상기 방법에서는, 결정성 기판이 특정 영역에서는 에피택시가 일어나지 못하게 하는 물질로 덮여있으므로, 촉매가 없이도 나노 로드(31)를 성장시킬 수 있다. 이 외에도 분자선 결정 성장 시스템(MBE) 등의 다양한 방법이 나노 로드(31)의 성장에 이용될 수 있음을 당업자는 용이하게 파악할 수 있다.

[0024] 앞서 개시된 나노 로드(31)의 종류 및 그 성장 방법은 예시적인 것으로 이에 한정되지 아니하며, 센서를 구성할 수 있는 종류의 나노 로드(31) 및 그 성장 방법이라면 특별히 제한되지 않는다.

[0025] 도 3b는 기판(32)으로부터 분리되고, 그 길이 방향으로 정렬되어 배치된 나노 로드(33)를 개시하고 있다. 이는 후술할 나노 로드(31)의 접합을 위한 것으로서, 실질적으로 복수의 나노 로드(31)가 길이 방향으로 정렬되도록 배치되어야 한다. 나노 로드(31)가 일정한 방향성을 유지하도록 나노 로드(31)를 기판(32)으로부터 분리시키는 방법은 다양하게 존재할 수 있다. 일례로, 도 3a와 같이 기판(32)에 수직으로 성장한 나노 로드(31)에 일정한 압력을 가함으로써 나노 로드(31)를 길이 방향으로 배열할 수도 있다. 예를 들어, 도 4a에서와 같이 기판(42)으로부터 수직으로 성장된 나노 로드(41)에 일정한 압력을 가하여 나노 로드(41)를 길이 방향으로 배열할 수도 있다. 구체적으로, 기판(42)으로부터 수직으로 성장한 나노 로드(41)들은 일정한 방향성을 가지고 기판(42)에 부착되어 있는데, 이에 일정한 압력을 가해주게 되면 나노 로드(41)들은 그 정렬 상태를 유지한 채로 기판(42)으로부터 분리될 수도 있다. 이때, 압력이 가해지는 방향은 주로 나노 로드(41)의 성장 방향과 수직인 방향이 될 수 있고, 도 4a와 같이 기판(42) 면에 비스듬한 방향일 수도 있는데, 구체적인 실시형태에 따라 나노 로드(41)에 손상이 가해지지 않으면서 기판(42)으로부터 분리시킬 수 있도록 그 방향 및 크기를 제어할 수 있다. 또한, 도 4a에서처럼 나노 로드(41) 전체에 압력을 직접적으로 가할 수도 있지만, 도 4b에서와 같이 나노 로드(41)의 상부에 평판(43)을 접촉시키고 그 평판(43)에 일정한 압력을 가해줌으로써 나노 로드(41)를 기판(42)으로부터 분리시킬 수도 있다.

[0026] 다른 일례로, 기판(32)에서 성장시킨 나노 로드(31)의 배열체를 용액에 침적한 후 초음파를 가하여 나노 로드(31)를 기판(32)으로부터 분리시키고, 그 후에 용액 내에 흩어져있는 나노 로드(31)를 배열시킬 수도 있다. 예를 들어, 도 4c와 같이 기판(45) 상에 나노 로드(46)들이 분산되어 있는 용액(48)을 배치시킨 후에, 기판(45)의 양단부에 위치된 판(49)에 적절한 압력을 가하여 주게 되면 용액(48) 내에 분산되어 있는 나노 로드(46)가 한 방향으로 정렬되게 된다. 그 후, 용액(48)을 증발시키면 나노 로드(46)가 정렬된 상태(47)로 기판(45) 상에 남게 된다. 이 밖에도, 나노 로드(46)의 양단부에서 전기장을 인가하는 등의 방법을 통하여 나노 로드(46)가 일정한 방향성을 갖도록 정렬, 배치할 수도 있다. 앞서 개시된 나노 로드(31)를 정렬 배치하는 방법은 예시적인 것으로 이에 한정되지 아니한다.

[0027] 상기의 방법으로 나노 로드(31)가 길이 방향으로 정렬된 상태에서 나노 로드(31)의 접합을 수행한다. 나노 로드(31)의 접합은 도 5에서 도시되는 바와 같이 길이 방향으로 연장되도록 접합한다. 나노 로드(31)는 그 길이 방향의 단부에서 성장이 가장 빠르며, 일반적으로 가장 빠르게 성장하는 부분은 에너지적으로 가장 불안정하므로, 나노 로드(31)를 1차원 구조로의 연장하기 위한 접합 부분으로 나노 로드(31)의 길이 방향의 단부가 이용될 수 있다. 즉, 복수의 나노 로드(31)는 서로 대향하는 단부들을 통하여 접합되어 긴 종횡비를 갖는 나노 구조체를 형성하게 된다.

[0028] 구체적인 예시로서, 도 5를 참고하여 나노 로드(31)의 접합 방법을 살펴본다. 먼저, 도 5의 (a)와 같이 복수의 나노 로드(51)가 일렬로 배열된 상태에서 용매를 공급하고 동시에 열을 가한다. 이때, 용매로는 물, 유기용매, 계면활성제 등이 사용될 수도 있다. 가열온도는 상온에서 200℃ 사이의 범위가 될 수 있다. 또한, 가열은 압력관(pressure tube)을 이용하여 이루어질 수도 있다. 이와 같이 나노 로드(51)에 물과 압력이 가해지게 되면 나노 로드(51)의 양단부는 도 5의 (b)에 나타난 바와 같이 불안정한 상태가 되게 된다. 이후, 물을 제거하고 열을 계속 가해주면, 서로 인접해 있는 불안정한 상태의 나노 로드(51)의 단부가 도 5의 (c)와 같이 서로 링크되고 나노 로드(51)의 양 단부는 길이 방향으로 성장하게 된다. 이 때, 압력관을 이용하여 가열하는 경우에는 압력관을 개방한 상태로 가열할 수도 있다. 여기에 계속 열을 가해주게 되면 도 5의 (d)와 같이

나노 로드들의 단부의 성장 부분이 접촉하게 되고 접촉부위는 더욱 성장하여 도 5 의 (e) 와 같이 나노 로드들의 단부를 통해 접합된다. 이와 같은 나노 로드 사이의 접합 부분이 만입부를 형성하게 된다.

[0029] 따라서, 길이 방향으로 정렬된 복수의 나노 로드들이 길이 방향으로 연장되도록 접합됨으로써 하나의 나노 구조체를 형성하게 되고, 이와 같이 형성된 나노 구조체는 도 2 에 도시된 것과 같이 복수의 만입부를 갖는 나노 구조체가 된다. 또한, 나노 구조체의 크기는 만입부에서 3 nm 이하의 두께를 갖고 그 외의 부분에서는 10 nm 이하의 두께를 가질 수도 있다.

[0030] 이하에서는 하나의 실례로 실리콘 나노 와이어를 이용하여 만입부를 형성하는 방법을 개시한다.

[0031] 도 6 은 Fe 를 촉매로 하여 실리콘 나노 와이어를 성장시키는 방법을 개략적으로 나타내고 있다.

[0032] Fe-Si 타겟에 대한 레이저 어블레이션 (laser ablation) 은 (도 6 의 (a)) 조밀하고 뜨거운 증기상을 만들고, 이러한 Fe 및 Si 종 (species) 의 증기상은 버퍼 가스와 충돌함에 따라 쿨링되면서 Fe-Si 나노 클러스터 (61) 로 응축된다 (도 6 의 (b)). 노 (furnace) 의 온도는 Fe-Si 나노 클러스터 (61) 를 액체 상태로 유지하도록 조절될 수 있고, 액체가 실리콘 내에서 파포화되기 시작하면 나노 와이어가 성장하게 된다 (도 6 의 (c)). 도 6 의 (c) 에서 나노 와이어는 화살표 방향 (62) 으로 성장한다. 상기 나노 와이어의 성장은 Fe-Si 나노 클러스터가 액체 상태로 남아있고 실리콘 반응체가 유용가능할 때까지 계속 성장할 수 있다.

[0033] 실리콘 나노 와이어의 성장은 개시된 방법 외에도 당업계에 공지된 다양한 방법들이 이용될 수 있음을 인식할 수 있을 것이다.

[0034] 도 7 은 실리콘 나노 와이어에 복수의 만입부가 형성된 나노 구조체를 개시하고 있다.

[0035] 실리콘 나노 와이어에 만입부를 형성하는 방법은 실리콘 나노 와이어에 이방성 에칭 프로세스를 통하여 만입부가 형성될 영역을 선택적으로 에칭하는 방법이 사용될 수 있다. 이방성 에칭이란 결정면 중에서 일정 방향의 특수한 면이 매우 빠른 에칭 속도를 나타내어 에칭이 방향성을 갖게 되는 것을 의미하는 것으로서, 이방성 에칭을 통한 에칭 속도 및 에칭 영역은 구체적인 실시예에 따라 당업자가 용이하게 적용할 수 있다. 일 실시예로서, 도 7 에 도시된 바와 같은 실리콘 나노 와이어 (71) 에 이방성 에칭을 가하는 경우, (100) 면과 (111) 면의 에칭 속도의 상이함에 따라 도 7 에서와 같은 만입부 (74) 를 형성할 수 있다. 이방성 에칭에 사용되는 에칭액으로는 예를 들어, KOH 수용액, Ethylenediamine·Pyrocatechol (EDP), 4-Tetramethylammonium hydroxide (TMAH) 등이 사용될 수도 있다.

[0036] 이와 같이, 나노 로드들의 접합 또는 이방성 에칭을 가하는 방법을 통해 복수의 만입부를 갖는 나노 구조체를 형성할 수 있다. 복수의 만입부를 갖는 나노 구조체는 센서에 사용되어 민감도가 높은 센서를 제조할 수 있게 한다.

[0037] 상술한 내용에서는 센서의 검출 대상물로서 가스를 예시적으로 설명하고 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며 바 이오 분자 등 다양한 분석물의 검출에 응용될 수 있음을 당업자는 이해할 수 있을 것이다.

[0038] 또한, 상술한 다양한 예시적인 실시예 외에도, 당업계의 통상의 지식을 갖고 있는 자는 실시예에 개시된 일부 구성의 변형, 치환, 부가 및 그들의 조합이 가능함을 용이하게 인식할 수 있다. 따라서, 본 출원이 개시하는 기술적 사상의 범위 내에 이러한 모든 변형, 치환, 부가 및 그들의 조합이 포함되는 것으로 해석된다.

도면의 간단한 설명

[0039] 도 1a 은 나노 와이어 센서의 일반적인 형태를 개략적으로 도시하는 도면.

[0040] 도 1b 는 나노 와이어와 분석물의 반응을 개략적으로 도시하는 도면.

[0041] 도 2a 는 복수의 만입부를 포함하는 나노 구조체의 노멀상태를 개략적으로 도시하는 도면.

[0042] 도 2b 는 복수의 만입부를 포함하는 나노 구조체가 분석물에 노출된 상태를 개략적으로 도시하는 도면.

[0043] 도 3a 은 기판상에 성장된 나노 로드들을 도시하는 도면.

[0044] 도 3b 는 나노 로드들이 일정한 방향으로 정렬된 모습을 나타내는 도면.

[0045] 도 4a 내지 도 4c 는 나노 로드들을 길이방향으로 배열하는 방법을 개략적으로 나타낸 도면.

[0046] 도 5 는 나노 로드들을 접합하는 방법을 개략적으로 나타내는 도면.

[0047] 도 6 은 실리콘 나노 와이어의 성장을 개략적으로 나타내는 도면.

[0048] 도 7 은 이방성 에칭을 통해 나노 구조체에 복수의 만입부를 형성하는 방법을 개략적으로 나타낸 도면.

[0049] * 도면 부호 *

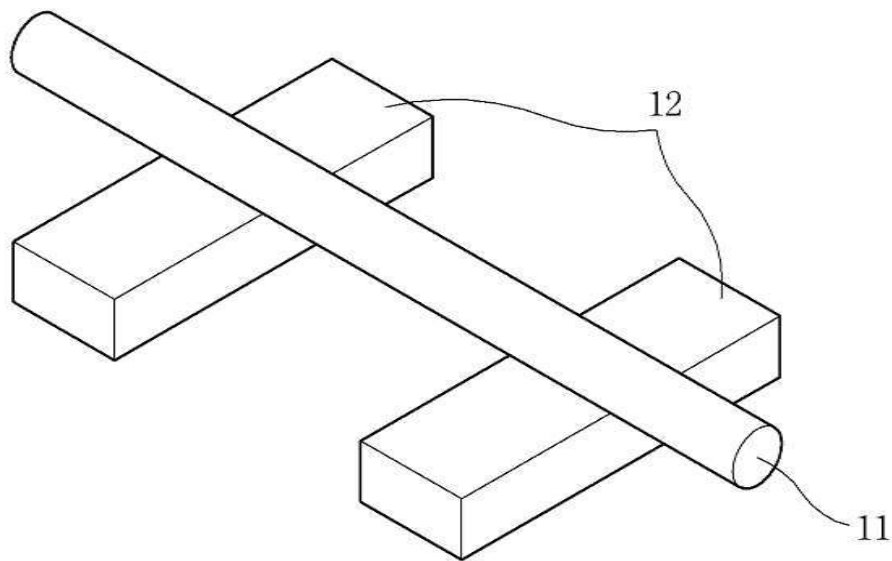
[0050] 11, 21, 71: 나노 구조체 12: 전극

[0051] 13: n타입 금속 산화물 나노 로드 14, 16, 26 : 전자 고갈 영역

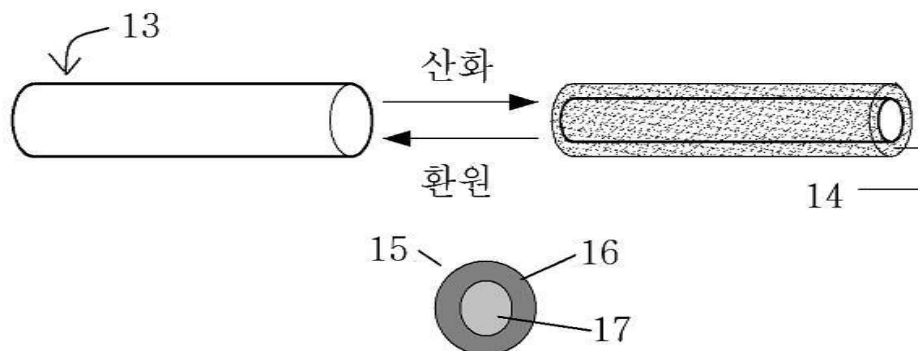
[0052] 24, 74: 만입부 32, 42, 45: 기판 31,
41, 46, 51: 나노 로드

도면

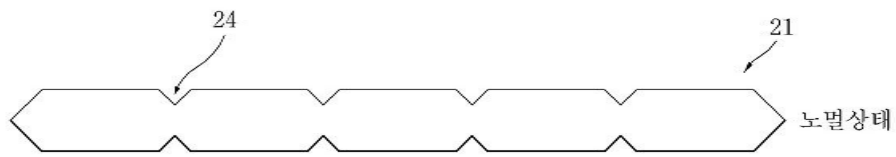
도면1a



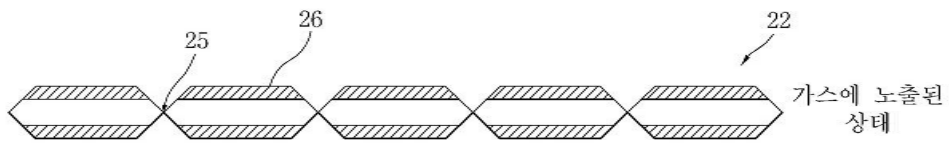
도면1b



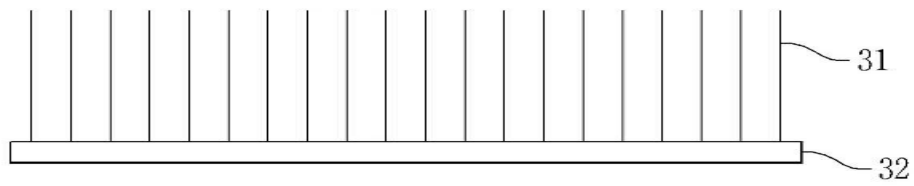
도면2a



도면2b



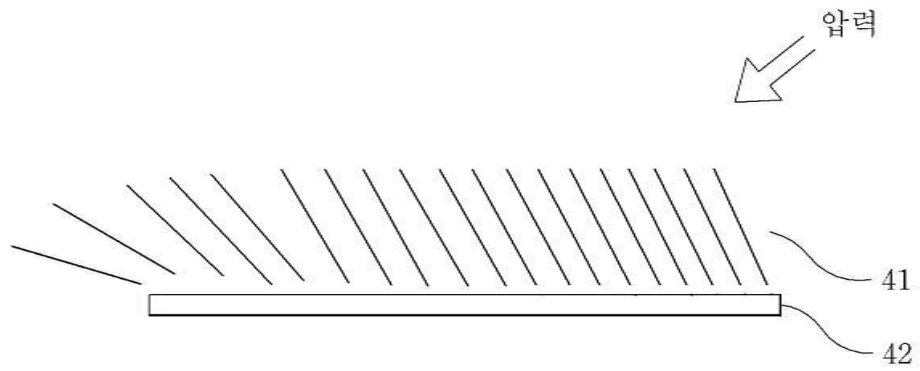
도면3a



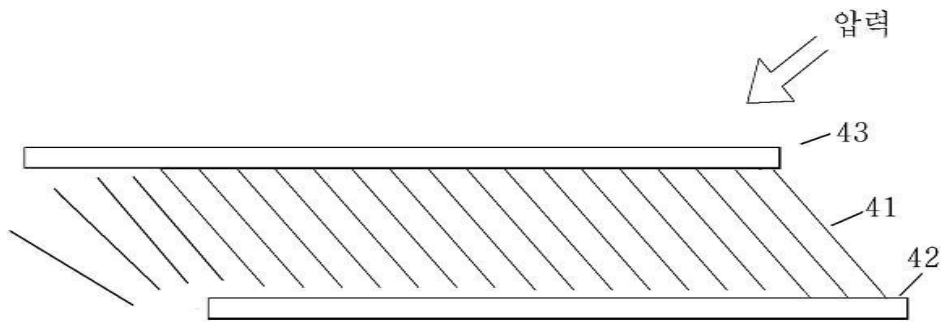
도면3b



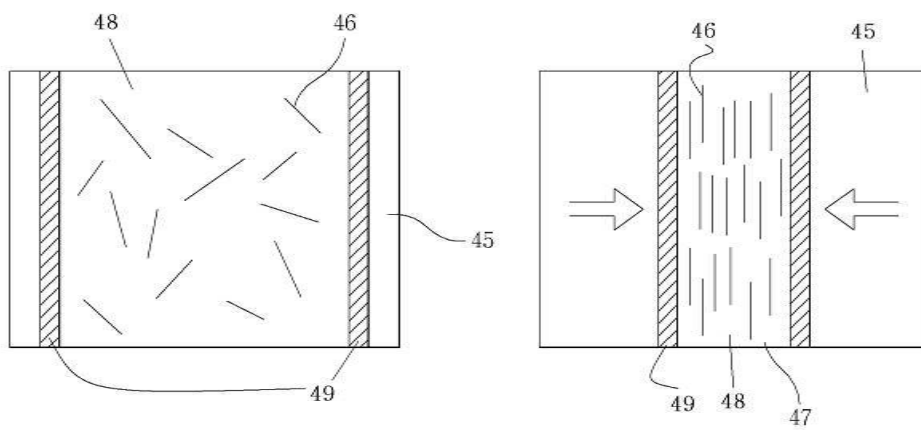
도면4a



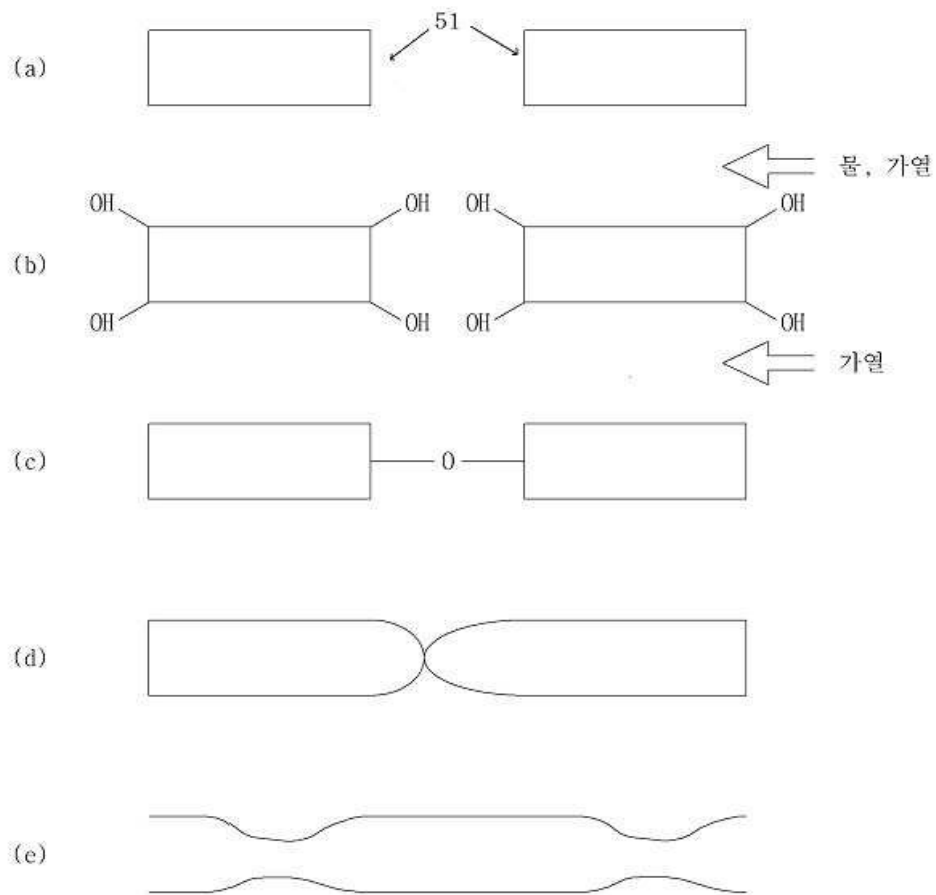
도면4b



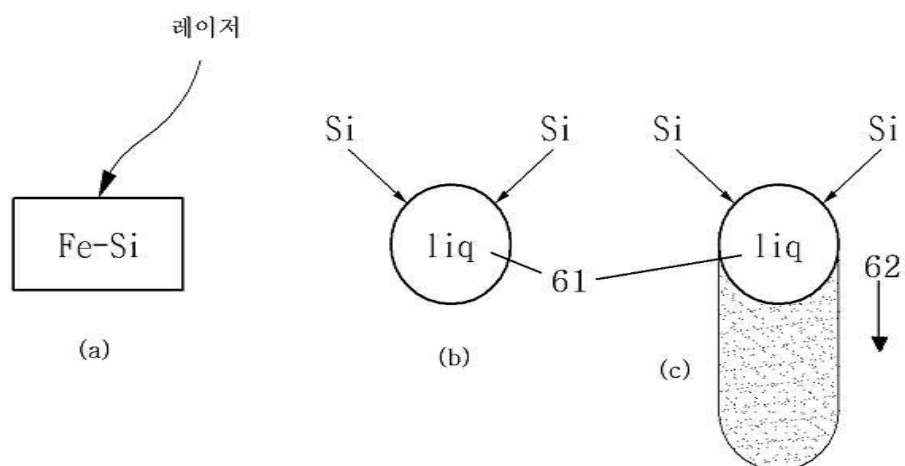
도면4c



도면5



도면6



도면7

