



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0000545
(43) 공개일자 2018년01월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/02 (2006.01) H01L 21/027 (2006.01)
H01L 29/06 (2006.01) H01L 29/41 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/02603 (2013.01)
H01L 21/0273 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0078664
(22) 출원일자 2016년06월23일
심사청구일자 2016년06월23일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
백정민
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
신홍주
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인다나

전체 청구항 수 : 총 18 항

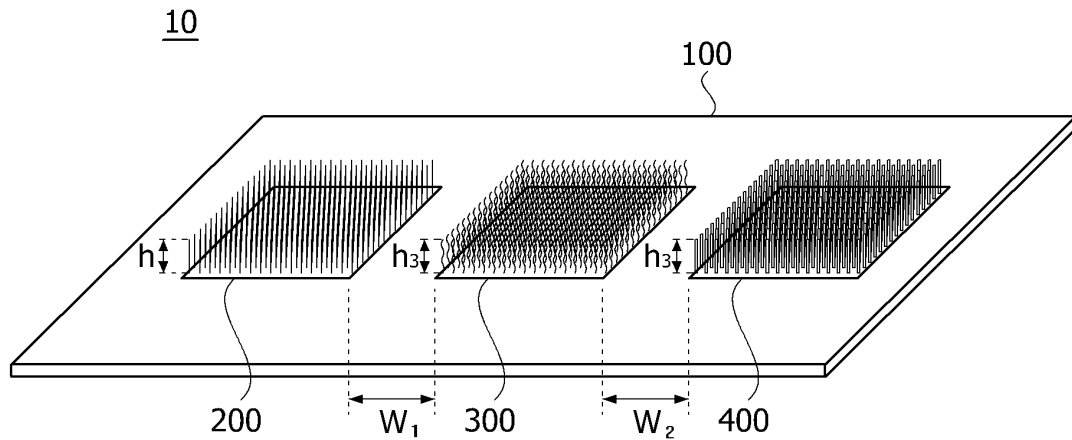
(54) 발명의 명칭 이중 나노와이어 성장 방법

(57) 요약

본 발명은 이중 나노와이어 성장 방법에 관한 발명이다. 본 발명의 실시예에 따른 이중 나노와이어 성장 방법은, 기판 상에 제1 화합물이 증착되어 제1 시드 레이어(seed layer)가 형성되는 단계, 상기 제1 시드 레이어 상에 상기 제1 화합물을 포함하는 제1 나노와이어(nano-wire) 어레이(array)가 성장되는 단계, 상기

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



기판 상에 PR(photo-resist)가 코팅(coating) 되는 단계, 상기 기판 상에 코팅된 PR 중에서 상기 제1 나노와이어 어레이 위에 코팅된 PR 을 제외한 나머지 PR 중에서 일부가 제거되는 단계, 상기 기판 상에 상기 제2 화합물이 증착되어 제2 시드 레이어가 형성되는 단계, 상기 제2 시드 레이어 상에 상기 제2 화합물을 포함하는 제2 나노와이어 어레이가 성장되는 단계 및 상기 기판 상에 존재하는 PR이 제거되는 단계를 포함하되, 상기 제1 화합물과 상기 제2 화합물은 서로 상이하고, 상기 제1 나노와이어 어레이와 상기 제2 나노와이어 어레이는 서로 상이할 수 있다.

(52) CPC특허분류

H01L 29/0669 (2013.01)

H01L 29/413 (2013.01)

(72) 발명자

권영민

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

김진웅

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

임영진

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

서준영

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10054548

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 센서산업고도화를위한첨단센서육성사업

연구과제명 공중부유형 다중 나노소자 기반 초소형 유해가스 센서 시스템 기술개발

기 여 율 1/1

주관기관 울산과학기술원

연구기간 2015.08.01 ~ 2019.07.31

명세서

청구범위

청구항 1

기판 상에 제1 화합물이 증착되어 제1 시드 레이어(seed layer)가 형성되는 단계;

상기 제1 시드 레이어 상에 상기 제1 화합물을 포함하는 제1 나노와이어(nano-wire) 어레이(array)가 성장되는 이 성장되는 단계;

상기 기판 상에 PR(photo-resist)가 코팅(coating) 되는 단계;

상기 기판 상에 코팅된 PR 중에서 상기 제1 나노와이어 어레이 위에 코팅된 PR 을 제외한 나머지 PR 중에서 일부가 제거되는 단계;

상기 기판 상에 상기 제2 화합물이 증착되어 제2 시드 레이어가 형성되는 단계;

상기 제2 시드 레이어 상에 상기 제2 화합물을 포함하는 제2 나노와이어 어레이가 성장되는 단계; 및

상기 기판 상에 존재하는 PR이제거되는 단계;를 포함하되,

상기 제1 화합물과 상기 제2 화합물은 서로 상이하고, 상기 제1 나노와이어 어레이와 상기 제2 나노와이어 어레이는 서로 상이한.

이중 나노와이어 성장 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제2 시드 레이어가 형성되는 단계는;

상기 제1 시드 레이어로부터 제1 간격만큼 이격되서 상기 제2 시드 레이어가 형성되는 가 형성되는 단계를 포함하며,

상기 제1 간격은,

상기 제1 나노와이어 어레이의 높이 및 상기 제2 나노와이어 어레이의 높이 중에서 더 큰 값 이상의 수치를 가지는,

이중 나노와이어 성장 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 나노와이어 어레이가 성장되는이 성장되는 단계는,

수열합성법에 의하여 상기 제1 화합물을 포함하는 상기 제1 나노와이어 어레이가 성장되는 단계를 포함하고,

상기 제2 나노와이어 어레이가 성장되는이 성장되는 단계는,

수열합성법에 의하여 상기 제1 화합물을 포함하는 상기 제2 나노와이어 어레이가 성장되는 단계를 포함하는,

이중 나노와이어 성장 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1 화합물은,

TiO₂인,

이중 나노와이어 성장 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1 시드 레이어가 형성되는 단계는,

이빔(E-beam) 또는 고주파 스퍼트(RF Sputter) 중에서 어느 하나를 포함하는 물리적 증착방법에 의해서 TiO_2 를 포함하는 20 [nm] 두께의 상기 제1 시드 레이어가 형성되는 단계를 포함하는,

이중 나노와이어 성장 방법.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 제1 나노와이어 어레이가 성장되는 단계는,

초순수(Deionized water)에 HCl 과 티타늄 부톡사이드(Titanium butoxide)을 혼합한 수열합성법에 의해서 상기 TiO_2 를 포함하는 제1 나노와이어 어레이가 성장되는이 성장되는 단계를 포함하는,

이중 나노와이어 성장 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 제2 화합물은,

CuO 인,

이중 나노와이어 성장 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제2 시드 레이어가 형성되는 단계는,

스퍼터(sputter) 공정에 의해서 상기 CuO 를 포함하는 20 [nm] 두께의 상기 제2 시드 레이어가 형성되는 단계를 포함하는,

이중 나노와이어 성장 방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 제2 나노와이어 어레이가 성장되는가 성장되는 단계는,

초순수(Deionized water)에 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 과 헥사메틸렌테트라민(hexamethylenetetramine)을 혼합한 수열합성법에 의하여 상기 CuO 물질을 포함하는 상기 제2 나노와이어 어레이가 성장되는 단계를 포함하는,

이중 나노와이어 성장 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 제1 나노와이어 어레이 상에서 PR을 제거되는 단계 이후에,

상기 기판 상에 PR(photo-resist)이 코팅(coating) 되는 단계;

상기 기판 상에 코팅된 PR 중에서 상기 제1 나노와이어 어레이 및 상기 제2 나노와이어 어레이 위에 코팅된 PR

을 제외한 PR 중에서 일부가 제거되는 단계;
 상기 기판 상에 상기 제3 화합물이 증착된 제3 시드 레이어가 형성되는 단계;
 상기 제3 시드 레이어 상에 상기 제3 화합물을 포함하는 제3 나노와이어 어레이가 성장되는 단계; 및
 상기 기판 상에 존재하는 PR이 제거되는 단계; 를 더 포함하는,
 이중 나노와이어 성장 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,
 상기 제3 시드 레이어가 형성되는 단계는;
 상기 제1 시드 레이어 또는 상기 제2 시드 레이어로부터 제2 간격만큼 이격되서 상기 제3 시드 레이어가 형성되는 단계를 포함하며,
 상기 제2 간격은,
 상기 제3 나노와이어 어레이의 높이와 상기 제3 시드 레이어에 인접한 상기 제1 시드 레이어 또는 상기 제2 시드 레이어 상에 성장된 나노와이어 어레이의 높이 중에서 더 큰 값 이상의 수치를 가지는,
 이중 나노와이어 성장 방법.

청구항 12

제10항에 있어서,
 상기 제3 나노와이어 어레이가 성장되는 단계는,
 수열합성법에 의하여 상기 제3 화합물을 포함하는 상기 제3 나노와이어 어레이가 성장되는 단계를 포함하는,
 이중 나노와이어 성장 방법.

청구항 13

제10항에 있어서,
 상기 제3 화합물은,
 ZnO 인,
 이중 나노와이어 성장 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,
 상기 제2 시드 레이어가 형성되는 단계는,
 스퍼터(sputter) 공정에 의해서 상기 ZnO를 포함하는 20 [nm] 두께의 상기 제2 시드 레이어가 형성하는 단계를 포함하는,
 이중 나노와이어 성장 방법.

청구항 15

제13항에 있어서,
 상기 제2 나노와이어 어레이가 성장되는 단계는,
 초순수(Deionized water)에 $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 과 헥사메틸렌테트라민(hexamethylenetetramine)을 혼합한 수열합성법에 의해서 상기 ZnO 을 포함하는 상기 제3 나노와이어 어레이가 성장되는 단계를 포함하는,
 이중 나노와이어 성장 방법.

청구항 16

제1항에 있어서,
상기 제1 시드 레이어가 형성되는 단계 이전에,
상기 기판 상에 금속층이 형성되는 단계를 더 포함하는,
이중 나노와이어 성장 방법.

청구항 17

서로 다른 복수의 나노와이어 어레이가 형성된 실리콘 기판;
상기 각 나노와이어 어레이의 양측에 연결되고 상기 실리콘 기판 상에 형성된 전극; 및
상기 전극에서 발생하는 전기 신호를 처리하는 센싱부;를 포함하되,
상기 복수의 나노와이어 어레이는,
반응 가스(gas)의 종류 또는 상기 가스의 농도에 대한 전기전도도가 서로 다른,
나노와이어 가스 센서.

청구항 18

제17항에 있어서,
상기 전극은,
상기 각 나노와이어 어레이의 각 마주는 측면 상단에 형성되는,
나노와이어 가스 센서.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 이중 나노와이어(nono-wire) 성장 방법에 관한 것이다. 보다 자세하게는, 서로 다른 복수의 나노와이어를 하나의 기판에 성장 시키는 방법 및 그 방법에 의해 제작된 이중 나노와이어 기판과 상기 이중 나노와이어 기판을 이용한 가스 센서에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 실리콘 나노와이어(SiNW)는 많은 응용, 예를 들어 광전지들, Li-이온 배터리들, 화학/바이오 센서들 및 트랜지스터들에 대해 중요하다. 나노와이어 직경을 제어함으로써 실리콘 밴드 갭 및 이에 따라 그 광학 특성들을 변형할 수 있는 능력은 이들 많은 응용들에 대해 중요하다. 큰 대역 갭 변화들은 10nm 아래의 직경을 갖는 실리콘 나노와이어들에서 관찰된다. 하지만, 그러한 작은 직경을 갖는 실리콘의 고밀도 나노와이어 어레이들은 합성화에 어려움을 겪고 있다.

[0003] 실리콘 나노와이어 어레이들에 대한 다수의 합성 기술들이 존재한다. 예를 들어, VLS 방법(증기-액체-고체)은 화학 증기 증착으로부터 나노와이어들과 같은 1차원 구조들의 성장을 위한 메커니즘이다. 고체 표면 상에 기상(gas phase)의 직접적인 흡착을 통해 1차원 나노스케일(nanoscale) 결정들의 성장이 도전되고 있고, 일반적으로 매우 느리다. VLS 메커니즘은 촉매 액체 합금 상(일반적으로 귀금속들을 이용하여)을 주입함으로써 이를 회피하고, 이러한 촉매 액체 합금 상은 과포화 레벨들로 증기를 급속히 흡수할 수 있고, 이로부터 결정 성장은 후속하여 액체-고체 경계면에서 유핵 시드들로부터 발생할 수 있다.

[0004] MOCVD(비촉매 유기화학기상증착법, catalyst-free metalorganic chemical vapor deposition)은 촉매를 이용하지 않고 나노와이어를 성장시키는 방법이다. MOCVD는 어떤 촉매도 이용하지 않고 실리콘 기판에 어떠한 특별한 처리를 하지 않는다. MOCVD는 성장 온도가 상대적으로 낮고 나노와이어가 실리콘 기판에 수직한 방향으로 잘 서 있으며, 높은 순도의 나노와이어를 성장시킬 수 있다.

[0005] 촉매를 이용하지 않는 방법으로, 수열합성법(hydrothermal method)이 있다. 수열합성법은 나노결정의 합성에는

오래전부터 이용되고 있었다. 근래에 수열합성법을 이용한 나노와이어 성장은, 물에 반응물을 녹여서 일정 온도와 압력을 유지하기만 하면 되기 때문에, 제조 공정이 간단하여 연구가 활발히 되고 있다.

- [0006] 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.
- [0007] 한편, 종래의 반도체식 가스센서는 감지 물질이 반도체 박막이기 때문에 감지도에 대한 한계가 있었으며, 일례로, 이산화탄소(CO_2)와 같은 안정된 화학물질의 경우 감지가 거의 불가능하였다.
- [0008] 따라서 일산화탄소(CO)나 이산화탄소 등과 같은 유해한 가스를 감지하기 위한 센서는 용액의 도전방식을 이용한 전기화학적 방법과 적외선 흡수법에 의한 광학적 방법, 그리고 나노입자 또는 나노와이어의 전기 저항을 측정하는 법이 적용되고 있다.
- [0009] 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.
- [0010] 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.
- [0011] 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.
- [0012] 이러한 반도체식 가스센서로서 적용되는 탄소나노튜브를 이용한 가스센서는 여타의 센서가 산화질소 등을 검출하기 위해 약 300°C 까지 가열하여야 하였지만, 탄소나노튜브가 실온에서도 동작이 가능하고, 탄소나노튜브의 입자크기가 나노단위이기 때문에 여타의 센서에 비해서 센서의 감도가 수천 배 정도 높다는 장점이 있다.
- [0013] 측정 가스의 농도에 따른 나노 입자 자체 또는 나노 입자를 코팅한 물질의 전기 저항 변화를 측정하는 형식의 가스 센서가 개발되었다. 나노입자를 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.

선행기술문헌

특허문헌

- [0014] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제2011-0036218호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0015] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 하나의 기관 위에 서로 다른 복수의 나노와이어를 성장 시키는 방법을 제공하는 것이다.
- [0016] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 기술적 과제는 서로 다른 복수의 나노와이어를 포함하는 기관을 제공하는 것이다.
- [0017] 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 기술적 과제는 서로 다른 복수의 나노와이어가 포함된 기관을 이용한 가스 센서를 제공하는 것이다.
- [0018] 본 발명의 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해 될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0019] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 이중 나노와이어 성장 방법은, 기판 상에 제1 화합물이 증착되어 제1 시드 레이어(seed layer)가 형성되는 단계, 상기 제1 시드 레이어 상에 상기 제1 화합물을 포함하는 제1 나노와이어(nano-wire) 어레이(array)가 성장되는 단계, 상기 기판 상에 PR(photo-resist)가 코팅(coating) 되는 단계, 상기 기판 상에 코팅된 PR 중에서 상기 제1 나노와이어 어레이 위에 코팅된 PR 을 제외한 나머지 PR 중에서 일부가 제거되는 단계, 상기 기판 상에 상기 제2 화합물이 증착되어 제2 시드 레이어가 형성되는 단계, 상기 제2 시드 레이어 상에 상기 제2 화합물을 포함하는 제2 나노와이어 어레이가 성장되는 단계 및 상기 기판 상에 존재하는 PR이 제거되는 단계를 포함하되, 상기 제1 화합물과 상기 제2 화합물은 서로 상이하고, 상기 제1 나노와이어 어레이와 상기 제2 나노와이어 어레이는 서로 상이할 수 있다.

[0020] 본 발명의 실시예에 따른 나노와이어 가스 센서는 서로 다른 복수의 나노와이어 어레이가 형성된 실리콘 기판, 상기 각 나노와이어 어레이의 양측에 연결되고 상기 실리콘 기판 상에 형성된 전극 및 상기 전극에서 발생하는 전기 신호를 처리하는 센싱부를 포함하되, 상기 복수의 나노와이어 어레이는, 반응 가스(gas)의 종류 또는 상기 가스의 농도에 대한 전기전도도가 서로 다를 수 있다.

발명의 효과

[0021] 상기와 같은 본 발명에 따르면, 수열합성법만을 이용하여 하나의 기판 위에 서로 다른 복수의 나노와이어를 성장시킬 수 있으며, 이렇게 제작된 서로 다른 복수의 나노와이어를 포함하는 기판을 이용하여 가스 센서를 제공할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른, 서로 다른 복수의 나노와이어 어레이를 포함하는 기판의 사시도이다.
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른, 이중 나노와이어 성장 방법을 나타내는 순서도이다.
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른, 이중 나노와이어 성장 방법에 따라 서로 다른 복수의 나노와이어 어레이를 성장시키는 공정을 나타내는 도면이다.
 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른, 서로 다른 복수의 나노와이어 어레이가 성장된 기판을 나타내는 도면이다.
 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른, 서로 다른 복수의 나노와이어의 단면도이다.
 도 6은 본 발명의 몇몇 실시예에 따른, 나노와이어 어레이에 전극을 결합한 센서의 단면도이다.
 도 7은 본 발명의 몇몇 실시예에 따른, 나노와이어 어레이에 전극을 결합한 센서의 단면도이다.
 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른, 서로 다른 복수의 나노와이어를 포함하는 기판을 이용한 가스 센서의 구성도이다.
 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른, 서로 다른 복수의 나노와이어에 전극을 결합한 기판을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시 예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시 예들은 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. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.

[0024] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

[0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른, 서로 다른 복수의 나노와이어를 포함하는 기판의 사시도이다. 도 1을 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 서로 다른 복수의 나노와이어를 포함하는 기판에 대하여 자세하게 설명한다.

[0026] 본 발명의 일 실시예에 따른 서로 다른 복수의 나노와이어(200, 300, 400)을 포함하는 기판(10)은, 기판(100),

제1 나노와이어 어레이(200), 제2 나노와이어 어레이(300) 및 제3 나노와이어 어레이(400)을 포함할 수 있다.

[0027] 기판(100)은 실리콘(silicon) 기판을 포함할 수 있지만, 이것은 예시에 불과하며 이에 한정되지는 않는다.

[0028] 제1 나노와이어 어레이(200), 제2 나노와이어 어레이(300) 및 제3 나노와이어 어레이(400)는 서로 다른 나노와이어가 각각 성장된 어레이(array)이다. 즉, 제1 나노와이어 어레이(200)는 제1 화합물, 제2 나노와이어 어레이(300)는 제2 화합물, 제3 나노와이어 어레이(400)는 제3 화합물을 이용하여 성장된 나노와이어의 어레이일 수 있다. 상기 제1 화합물, 상기 제2 화합물 및 상기 제3 화합물은 서로 다른 물질일 수 있다.

[0029] 예를 들어, 상기 제1 화합물은 TiO_2 이고, 상기 제2 화합물은 CuO 이며, 상기 제3 화합물은 ZnO 일 수 있다. 이것은 예시에 불과하며 이에 한정되는 것은 아니다.

[0030] 제1 나노와이어 어레이(200)는 h_1 의 높이로 성장된 나노와이어를 포함하고, 제2 나노와이어 어레이(300)는 h_2 의 높이로 성장된 나노와이어를 포함하며, 제3 나노와이어 어레이(400)는 h_3 의 높이로 성장된 나노와이어를 포함할 수 있다. 상기 h_1 , h_2 및 h_3 는 사전에 정해진 값일 수 있으며, 나노와이어는 성장 과정에서 가해지는 조건에 따라 성장 높이가 달라질 수 있다. 예를 들어, 상기 나노와이어가 수열합성법에 의해 성장되는 경우, 수열합성법에 사용되는 온도, 압력 또는 상기 온도와 압력의 지속 시간에 의해서 성장되는 높이가 결정될 수 있다.

[0031] 상기 h_1 은 700~800nm 이고, 상기 h_2 는 700~800nm 이며, 상기 h_3 는 700~800nm 일 수 있다. 이것은 예시에 불과하며 이에 한정되지 않는다.

[0032] 제1 나노와이어 어레이(200)와 제2 나노와이어 어레이(300)는 W_1 만큼 이격 되어 성장될 수 있다. 상기 W_1 은 상기 h_1 및 상기 h_2 중에서 큰 값 이상의 수치를 가지는 값일 수 있다. 이와 같이 W_1 이 값이 정해지면, 제1 나노와이어 어레이(200)와 제2 나노와이어 어레이(300)의 성장 과정에서 서로의 간섭을 줄일 수 있는 효과가 있다.

[0033] 제2 나노와이어 어레이(300)와 제3 나노와이어 어레이(400)는 W_2 만큼 이격 되어 성장될 수 있다. 상기 W_2 은 상기 h_2 및 상기 h_3 중에서 큰 값 이상의 수치를 가지는 값일 수 있다. 이와 같이 W_2 이 값이 정해지면, 제2 나노와이어 어레이(300)와 제3 나노와이어 어레이(400)의 성장 과정에서 서로의 간섭을 줄일 수 있는 효과가 있다.

[0034] 도 1에 도시된 것과 같이, 제1 나노와이어 어레이(200), 제2 나노와이어 어레이(300) 및 제3 나노와이어 어레이(400)는 같은 선상에 배치될 수 있지만, 이것을 예시에 불과하며 이에 한정되지 않는다. 예를 들어서, 도 1에는 도시되어 있지 않지만, 제1 나노와이어 어레이(200), 제2 나노와이어 어레이(300) 및 제3 나노와이어 어레이(400)는 가상의 삼각형의 각 꼭지점 위치에 배치될 수 있다.

[0035] 도 1에는, 세 개의 서로 다른 나노와이어 어레이가 배치되어 있지만, 이것은 예시에 불과하며, 본 발명에 따르면, 둘 이상의 나노와이어 어레이가 하나의 기판에 배치될 수 있다. 설명의 편의를 위하여, 특별한 언급이 없는 경우, 도 1과 같이 세 개의 서로 다른 나노와이어 어레이가 배치된 것을 가정하고 설명한다.

[0036] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른, 이중 나노와이어 성장 방법을 나타내는 순서도이다. 도 2를 참조하여, 이중 나노와이어 성장 방법을 순서에 따라 설명한다.

[0037] 기판 위에 제1 화합물을 증착한다(S310). 상기 제1 화합물을 증착하여 제1 시드 레이어를 형성한다.

[0038] 상기 제1 시드 레이어 상에 제1 나노와이어 어레이를 성장시킨다(S320). 상기 제1 나노와이어 어레이는 상기 제1 화합물을 이용한 수열합성법에 의해 성장될 수 있다. 나노와이어 어레이는 수직 방향으로 균일하게 성장된 복수의 나노와이어 군집을 가진다.

[0039] 상기 기판 상에 PR(photo-resist)를 코팅(coating)한다(S330). 상기 PR 코팅은 상기 기판 상의 전 영역에 코팅될 수 있다. 기존에 성장된 나노와이어 위에 상기 PR 코팅이 됨으로써, 상기 이미 성장된 나노와이어와 추가적으로 성장되는 다른 나노와이어가 섞이는 것이 방지될 수 있다.

[0040] 상기 코팅된 PR 중에서 일부가 제거된다(S340). 상기 기판 상에 코팅된 PR 중에서 상기 제1 나노와이어 어레이 위에 코팅된 PR을 제외한 나머지 PR 중에서 일부가 제거될 수 있다. 상기 제거되는 PR은, 다른 나노와이어가 추가적으로 성장될 영역에 있는 PR일 수 있다. 즉, 전체 PR 코팅 중에서 추가적으로 나노와이어를 성장시킬 기판 상의 영역에 있는 PR이 제거될 수 있다.

[0041] 상기 기판 위에 추가 화합물을 증착한다(S350). 상기 기판 상에 다른 나노와이어를 성장시키기 위하여 추가 화합물인 제2 화합물을 증착하여 제2 시드 레이어를 형성한다.

[0042] 상기 기판 상에 추가 나노와이어 어레이를 성장시킨다(S360). 상기 제2 시드 레이어 상에 상기 제2 화합물을 이

용한 수열합성법에 의해 제2 나노와이어 어레이가 성장될 수 있다.

- [0043] 상기 기판 상의 모든 PR 코팅을 제거한다(S370). 상기 PR 코팅의 제거에 의해서, 상기 기판 상에는 서로 다른 나노와이어 어레이만이 남게 된다.
- [0044] 추가적인 나노와이어를 성장시키기 위해서는 S330 단계부터 다시 반복한다(S380). 상기 기판 상에 또 다른 나노와이어를 성장시키기 위해서 제2 화합물이 아니 제3 화합물을 이용하여 S330 단계부터 반복한다.
- [0045] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른, 이중 나노와이어 성장 방법에 따라 서로 다른 복수의 나노와이어 어레이를 성장시키는 공정을 나타내는 도면이다. 도 3을 참고하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 서로 다른 세 개의 나노와이어 어레이를 성장시키는 공정을 자세하게 설명한다.
- [0046] (a) 단계에서, 기판(100) 위에 제1 시드 레이어(210)을 증착한다. 제1 시드 레이어(210)은 제1 화합물을 이용하여 증착될 수 있다.
- [0047] 예를 들어, 상기 제1 화합물은 TiO_2 를 포함하며, 이빔(e-beam) 또는 고주파 스퍼트(RF Sputter) 중에서 어느 하나를 포함하는 물리적 증착방법에 의해서 20 [nm]두께의 제1 시드 레이어(210)가 증착될 수 있지만, 이것은 예시에 불과하며 이에 한정되지 않는다.
- [0048] 다음으로 (b) 단계에서, 제1 시드 레이어(210) 상에 제1 나노와이어 어레이(200)를 성장시킨다. 제1 나노와이어 어레이(200)는 상기 제1 화합물을 이용한 수열합성법을 사용하여 성장될 수 있다.
- [0049] 예를 들어, 초순수(Deionized water) 30 [mL] 에 HCl 30 [mL] 와 티타늄 부톡사이드(Titanium butoxide) 1 [mL]을 혼합하고, 130℃ 에서 5시간 동안 가열하는 수열합성법을 사용하여 상기 TiO_2 을 포함하는 제1 나노와이어 어레이(200)가 성장될 수 있다. 이것은 예시에 불과하며 이에 한정되지 않는다.
- [0050] 그 다음으로 (c) 단계에서, 제1 기판 상의 전 영역에 PR(600)을 코팅 한다.
- [0051] 그 다음으로 (d) 단계에서, 기판(100) 상에 코팅된 PR 중에서 제1 나노와이어 어레이(200) 위에 코팅된 PR을 제외한 나머지 PR 중에서 일부를 제거한다. 상기 제거되는 PR은 이후의 단계에서 제2 나노와이어 어레이가 성장될 영역(610)에 있는 PR일 수 있다.
- [0052] 일부의 PR을 선택적으로 제거하는 다음과 같다. 예를 들어, 마스크 얼라이너(mask aligner)를 이용하여 패터닝(patterning) 된 마스크(mask)에 자외선(UV) 조사함으로써 상기 마스크를 통과한 자외선에 의해서 일부의 PR이 제거될 수 있다.
- [0053] 그 다음으로 (e) 단계에서, 기판(100) 상에 제2 시드 레이어(310)을 증착한다. 제2 시드 레이어(310)은 제2 화합물을 이용하여 증착될 수 있다. 제2 시드 레이어(310)은 제2 나노와이어 어레이 영역(610)뿐만 아니라, 코팅된 PR(600) 위에서 증착될 수 있다.
- [0054] 예를 들어, 제2 화합물은 CuO 를 포함하며, 스퍼트(sputter) 공정에 의해서 20 [nm] 두께의 제2 시드 레이어(310)가 증착될 수 있지만, 이것은 예시에 불과하며 이에 한정되지 않는다.
- [0055] 그 다음으로 (f) 단계에서, 제2 시드 레이어(310) 상에 제2 나노와이어 어레이(300)를 성장시킨다. PR(600) 위에 증착된 제2 시드 레이어(310) 상에도 불필요한 나노와이어 어레이(320)가 성장될 수 있다.
- [0056] 제2 나노와이어 어레이(300)는 상기 제2 화합물을 이용한 수열합성법을 사용하여 성장될 수 있다. 예를 들어, 초순수(Deionized water) 에 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 1.812[g] 와 헥사메틸렌테트라민(hexamethylenetetramine) 1.0514 [g]을 혼합하고, 90℃ 에서 9시간 동안 가열하는 수열합성법을 사용하여 상기 CuO 를 포함하는 제2 나노와이어 어레이(300)가 성장될 수 있다. 이것은 예시에 불과하며 이에 한정되지 않는다.
- [0057] 그 다음으로 (g) 단계에서, 기판(100) 상에 존재하는 PR(600) 코팅을 제거한다. (g) 단계에서는 기판 (100) 상에 존재하는 모든 PR(600) 코팅이 제거될 수 있다. 모든 PR(600) 코팅이 제거 됨으로써, PR(600) 코팅 위에 성장된 나노와이어 어레이(320)도 함께 제거될 수 있다. PR(600) 코팅의 제거하기 위하여, PR(600)에 자외선을 조사할 수 있다.
- [0058] 추가적으로 (g) 단계는 클리닝(cleaning)을 포함할 수 있다. 예를 들어, PR(600)에 자외선을 조사한 이후에, 아세톤(acetone)으로 5분 동안 세척한 후 IPA(Isopropyl Alcohol) 로 5분 세척하고, 초순수(deionized water)로 5분간 세척할 수 있다. 상기 클리닝을 통하여, 기판(100)에 남아있는 PR 및 불필요한 나노와이어 어레이(320)도

함께 제거될 수 있다.

- [0059] (g) 단계가 마무리 되면, 기판(100) 상에는 제1 나노와이어 어레이(200)과 제2 나노 와이어 어레이(300)만이 존재하게 된다.
- [0060] 그 다음으로 (h) 단계에서, 기판(100) 상에 PR(600)을 코팅한다. PR(600)은 기판(100) 상의 전 영역에 코팅된다.
- [0061] 그 다음으로 (i) 단계에서 기판(100) 상에 코팅된 PR(600) 중에서 일부를 제거한다. 기판(100) 상에 코팅된 PR(600) 중에서 제1 나노와이어 어레이(200) 와 제2 나노와이어 어레이(300) 위에 코팅된 PR을 제외한 나머지 PR 중에서 일부를 제거한다. 상기 제거되는 PR은 이후의 단계에서 제3 나노와이어 어레이가 성장될 영역(620)에 있는 PR일 수 있다. 상기 제거에 의해서 PR(600)은 제1 나노와이어 어레이(200) 및 상기 제2 나노와이어 어레이(300) 상에만 존재하게 된다.
- [0062] 그 다음으로 (j) 단계에서, 기판(100) 상에 제3 시드 레이어(410)을 증착한다. 제3 시드 레이어(410)은 제3 화합물을 이용하여 증착될 수 있다.
- [0063] 예를 들어, 제3 화합물은 ZnO를 포함하며, 스퍼트(sputter) 공정예의 의해서 20 [nm] 두께의 제3 시드 레이어(410)가 증착될 수 있지만, 이것은 예시에 불과하며 이에 한정되지 않는다.
- [0064] 제3 시드 레이어(410)은 기판(100) 위에 뿐만 아니라, 제1 나노와이어 어레이(200)과 제2 나노와이어 어레이(300) 위에도 증착될 수 있다.
- [0065] 그 다음으로 (k) 단계에서, 제3 시드 레이어(410) 상에 제3 나노와이어 어레이(400)를 성장시킨다. 제3 나노와이어 어레이(400)는 상기 제3 화합물을 이용한 수열합성법을 사용하여 성장될 수 있다.
- [0066] 예를 들어, 초순수(Deionized water) 에 $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 1.785[g] 와 헥사메틸렌테트라민(hexamethylenetetramine) 0.841 [g]을 혼합하고, 90℃ 에서 3시간 동안 가열하는 수열합성법을 사용하여 상기 ZnO 물질로 된 제3 나노와이어 어레이(400)가 성장될 수 있다. 이것은 예시에 불과하며 이에 한정되지 않는다.
- [0067] (k) 단계의 제3 나노와이어 어레이(400)을 성장시키는 과정에서, 제1 나노와이어 어레이(200)과 제2 나노와이어 어레이(300) 상에 증착된 제3 시드 레이어(410) 상이도 불필요한 나노와이어 어레이(420)이 성장될 수 있다.
- [0068] 마지막으로 (l) 단계에서, 기판(100) 상의 모든 PR(600) 코팅을 제거한다. (l) 단계에서 PR(600)을 제거하는 것은 (g) 단계에서 PR(600)을 제거하는 것과 동일할 수 있다.
- [0069] (l) 단계에서 코팅된 PR(600) 과 함께 불필요한 나노와이어 어레이(420)도 제거됨으로써, 기판(100) 상에는 서로 다른 제1 나노와이어 어레이(200), 제2 나노와이어 어레이(300) 및 제3 나노와이어 어레이(400)이 존재할 수 있다.
- [0070] 도 3에는 설명의 편의를 위하여, 제1 나노와이어 어레이(200), 제2 나노와이어 어레이(300) 및 제3 나노와이어 어레이(400)가 이격 없이 붙어 있지만, 이것은 예시에 불과하며, 도 1에 도시된 것과 같이 W1 또는 W2 의 간격으로 이격 되어 있을 수 있다.
- [0071] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른, 서로 다른 복수의 나노와이어가 성장된 기판을 나타내는 도면이고, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른, 서로 다른 복수의 나노와이어의 단면도이다.
- [0072] 도 4를 참조하면, 본 발명의 이중 나노와이어 성장 방법에 의해서, 하나의 기판 위에 TiO_2 , CuO 및 ZnO 로 된 나노와이어 어레이가 생성될 수 있다.
- [0073] 도 5를 참조하면, TiO_2 , CuO 및 ZnO의 나노와이어 어레이는 기판 위에 수직으로 성장되어 있지만, 서로 다른 밀도, 높이 및 형상을 가질 수 있다.
- [0074] 도 6은 본 발명의 몇몇 실시예에 따른, 나노와이어 어레이에 전극을 결합한 센서의 단면도이다.
- [0075] 도 6을 참조하면, 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 나노와이어 어레이가 사용된 센서는, 기판(100), 제1 전극(710), 나노와이어 어레이(200), 제2 전극(720) 및 검출기(750)을 포함할 수 있다.
- [0076] 제1 전극(710)은 나노와이어 어레이(200)가 성장되기 이전에 기판(100)에 금속으로 증착될 수 있다. 나노와이어 어레이(200)는 제1 전극(710) 상에, 본 발명의 실시예에 따른 이중 나노와이어 성장 방법에 따라 성장된 나

노와이어 어레이일 수 있다.

- [0077] 제2 전극(720)은 나노와이어 어레이(200)의 상단에 접하도록 위치할 수 있다.
- [0078] 제1 전극(710)과 제2 전극(720)은 나노와이어 어레이(200)에 검출 대상이 포획되면 이에 따라 발생하는 전기 신호를 검출기(750)으로 전달할 수 있다. 예를 들어, 상기 센서가 가스 센스인 경우에 나노와이어 어레이(200)에 가스가 검출되면, 상기 검출에 따라 발생하는 전기적 신호는 제1 전극(710)과 제2 전극(720)을 통해서 외부로 전달될 수 있다.
- [0079] 도 7은 본 발명의 몇몇 실시예에 따른, 나노와이어 어레이에 전극을 결합한 센서의 단면도이다.
- [0080] 도 7을 참조하면, 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 센서는 기관(100), 나노와이어 어레이(200), 제1 전극(810), 제2 전극(820) 및 검출기(850)를 포함할 수 있다.
- [0081] 기관(100)과 나노와이어 어레이(200)은 본 발명의 일 실시예에 따른 이중 나노와이어 성장 방법에서 설명한 것과 동일하므로 중복된 설명을 피하기 위해서 설명을 생략한다.
- [0082] 제1 전극(810)은 나노와이어 어레이(200)에 포함된 나노와이어 중에서 측면에 위치한 나노와이어의 상단에 접촉하여 위치할 수 있다. 제2 전극(820)은 상기 측면과 마주보는 다른 측면에 위치한 다른 나노와이어 상단에 접촉하여 위치할 수 있다.
- [0083] 제1 전극(810)과 제2 전극(820)은 나노와이어 어레이(200)에 검출 대상이 포획되면 이에 따라 발생하는 전기 신호를 검출기(850)으로 전달할 수 있다. 예를 들어, 상기 센서가 가스 센스인 경우에 나노와이어 어레이(200)에 가스가 검출되면, 상기 검출에 따라 발생하는 전기적 신호는 제1 전극(810)과 제2 전극(820)을 통해서 외부로 전달될 수 있다.
- [0084] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른, 서로 다른 복수의 나노와이어를 포함하는 기관을 이용한 가스 센서의 구성도이다.
- [0085] 도 8을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 서로 다른 복수의 나노와이어를 포함하는 기관(10)을 이용한 나노와이어 가스 센서(900)을 자세하게 설명한다.
- [0086] 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 가스 센서(900)은, 기관(100), 제1 나노와이어 어레이(200), 제2 나노와이어 어레이(300), 제3 나노와이어 어레이(400), 제1 전극(910), 제2 전극(920), 제3 전극(930), 제4 전극(940), 제5 전극(950), 제6 전극(960) 및 센싱부(990)를 포함할 수 있다.
- [0087] 기관(100), 제1 나노와이어 어레이(200), 제2 나노와이어 어레이(300) 및 제3 나노와이어 어레이(400)은 본 발명의 일 실시예에 따른 이중 나노와이어 성장 방법에서 설명한 것과 동일하므로 중복된 설명을 피하기 위해서 설명을 생략한다.
- [0088] 제1 전극(910)과 제2 전극(920)은 제1 나노와이어 어레이(200)의 상단에 접촉하여 제1 나노와이어 어레이(200)에 포함된 나노와이어에 연결될 수 있다. 제3 전극(930)과 제4 전극(940)은 제2 나노와이어 어레이(300)의 상단에 접촉하여 제2 나노와이어 어레이(300)에 포함된 나노와이어에 연결될 수 있다. 제5 전극(950)과 제6 전극(960)은 제3 나노와이어 어레이(400)의 상단에 접촉하여 제3 나노와이어 어레이(400)에 포함된 나노와이어에 연결될 수 있다.
- [0089] 제1 전극(910)과 제2 전극(920), 제3 전극(930)과 제4 전극(940) 및 제5 전극(950)과 제6 전극(960)이 각각 제1 나노와이어 어레이(200), 제2 나노와이어 어레이(300) 및 제3 나노와이어 어레이(400)에 연결되는 것은 도 7에 도시된 전극의 연결형태와 같으므로, 설명의 중복을 피하기 위하여 자세한 설명은 생략한다.
- [0090] 센싱부(990)는 제1 전극(910) 내지 제6 전극(960)으로부터 전달된 전기 신호를 처리할 수 있다. 나노와이어 어레이(200, 300, 400)은 각각 특성이 상이하여, 서로 다른 가스 또는 가스의 농도에 대하여 반응하는 정도가 다르며, 이에 따른 서로 다른 전기 신호가 발생하게 된다. 나노와이어 어레이(200, 300, 400)에서 상기 가스의 검출에 따라 발생하는 전기 신호는 제1 전극(910) 내지 제6 전극(960)을 통해서 센싱부(990)에 전달될 수 있다. 센싱부(990)는 상기 전기 신호를 전달받아, 어떠한 가스 인지 또는 가스의 농도를 나타내는 센싱값을 출력할 수 있다.
- [0091] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른, 서로 다른 복수의 나노와이어에 전극을 결합한 기관을 나타내는 도면이다.
- [0092] 도 9에 도시된 기관은, 도 4에 도시된 기관에 복수의 전극(910 내지 960)을 연결한 센서 기관이다. 상기 센서

기판의 전극(910 내지 960)과 센싱부를 연결하면, 도 8에 도시된 나노와이어 가스 센서(900)가 될 수 있다.

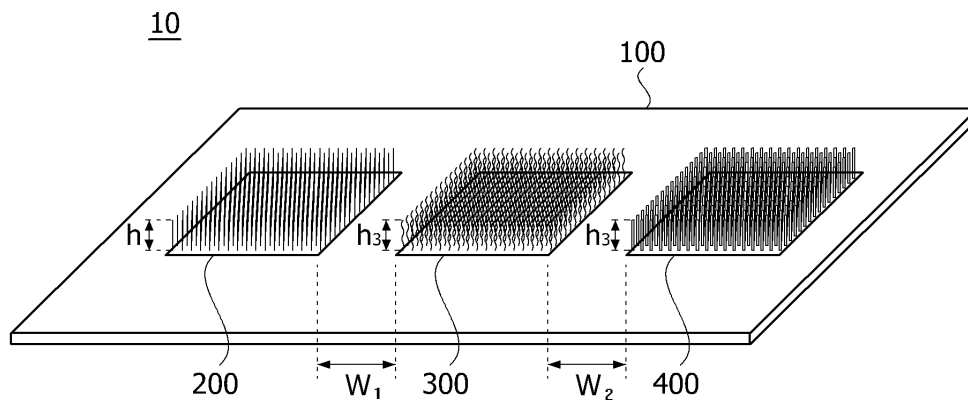
[0093] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

부호의 설명

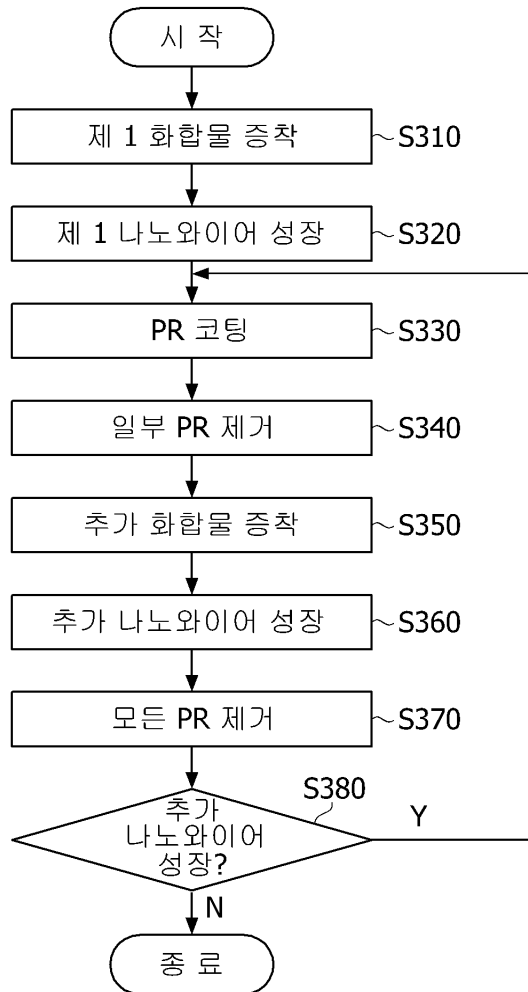
[0094] 기판 100 제1 나노와이어 어레이 200 제2 나노와이어 어레이 300 제3 나노와이어 어레이 400

도면

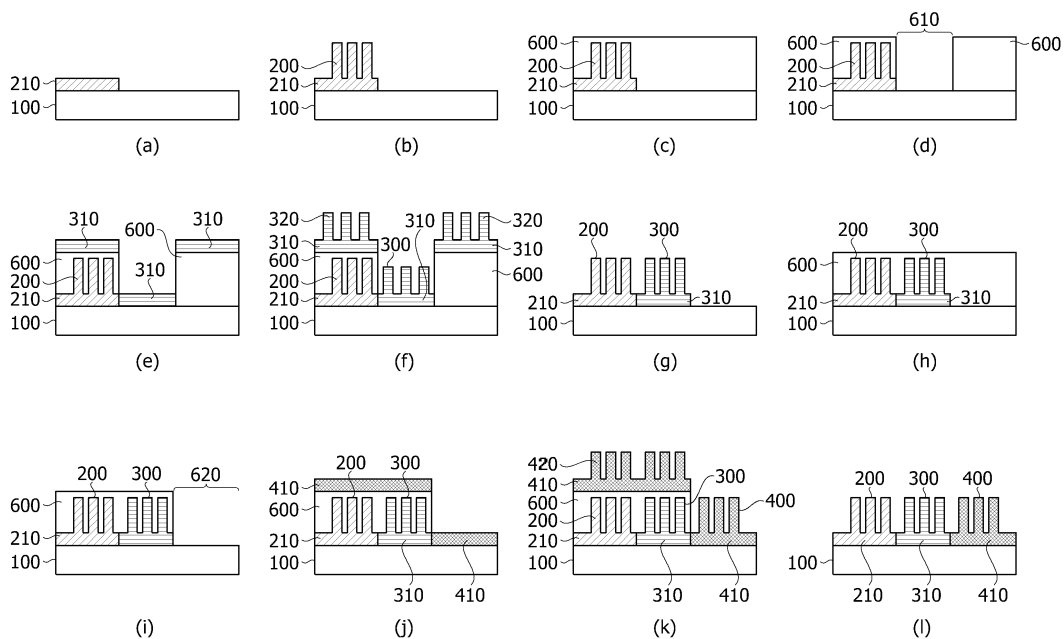
도면1



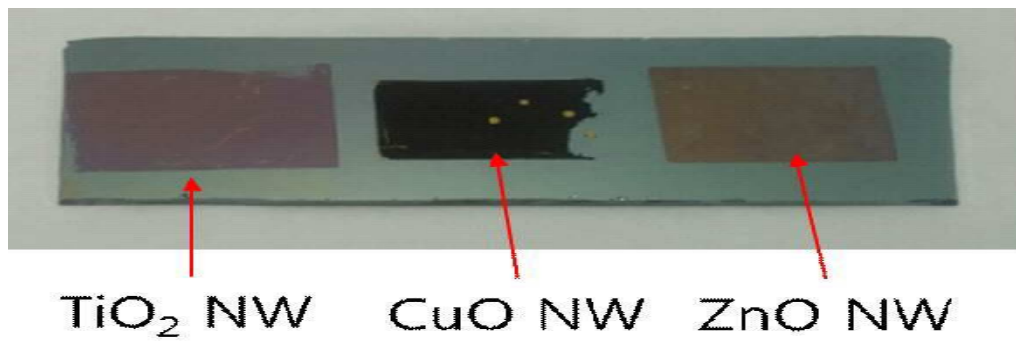
도면2



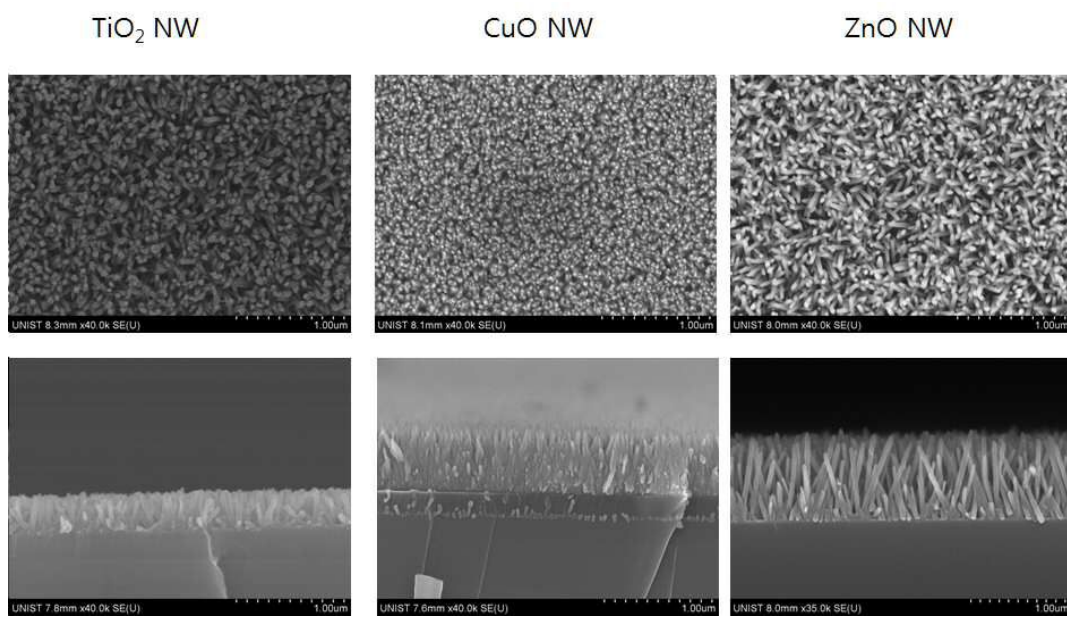
도면3



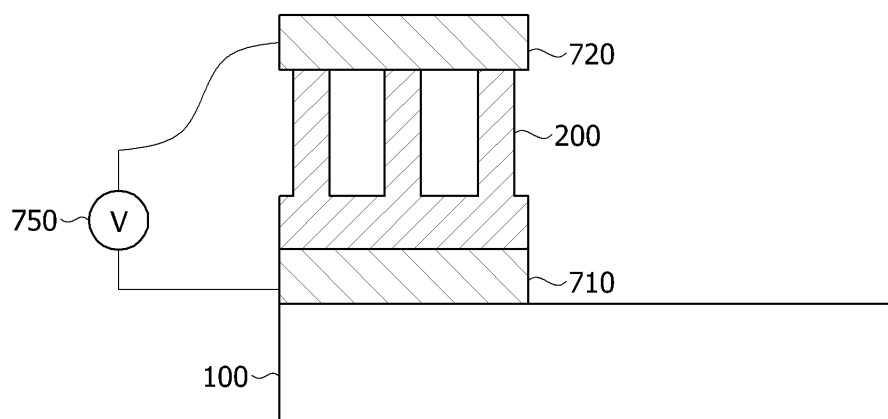
도면4



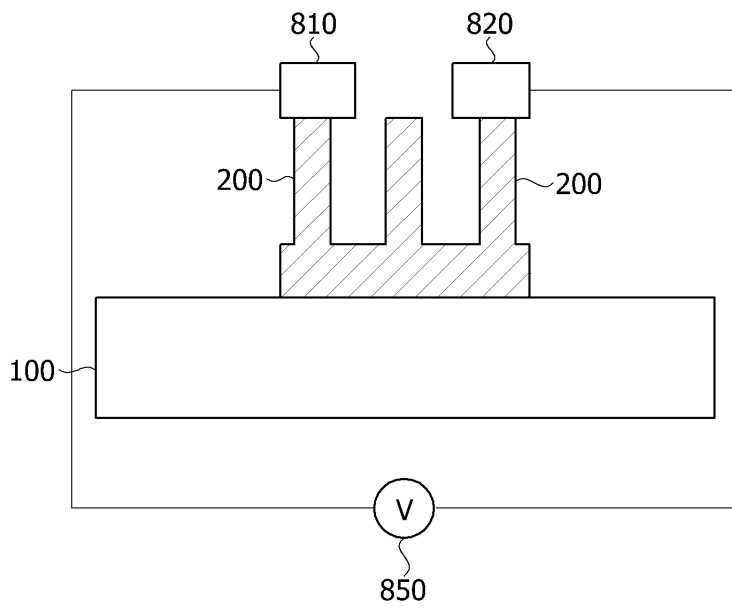
도면5



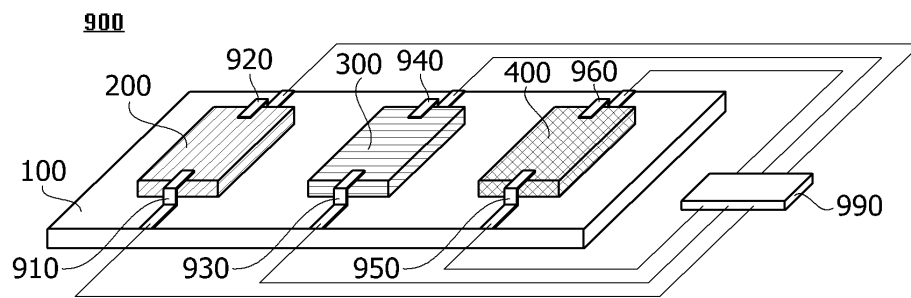
도면6



도면7



도면8



도면9

