(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0063894
(43) 공개일자 2012년06월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/20 (2006.01) *H01L 31/042* (2006.01)
H01L 33/00 (2010.01)
(21) 출원번호 10-2010-0125064
(22) 출원일자 2010년12월08일
심사청구일자 2010년12월08일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스내 (서천동, 경희대학교)
(72) 발명자
유재수
서울특별시 강남구 삼성2동 서광아파트 102동 506호
고영환
경기도 수원시 영통구 청명북로 81, 청명주공아파트 403동 901호 (영통동)
(74) 대리인
서재승

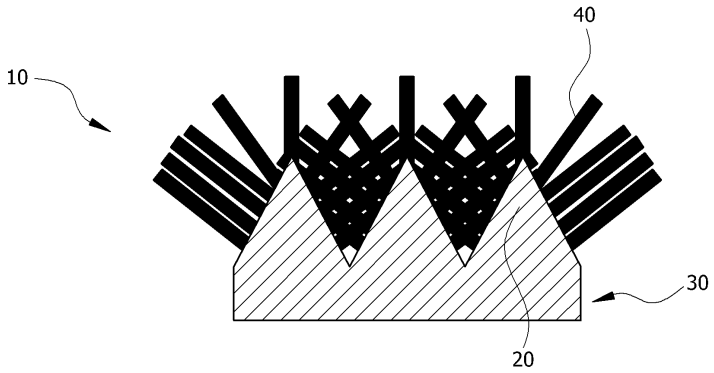
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **나노 로드를 갖는 기능소자 및 그 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 나노 로드의 집적도가 향상된 개선된 구조의 나노 로드를 갖는 기능소자 및 그 제조방법에 관한 것이다. 본 발명에 의한 나노 로드를 갖는 기능소자는, 기판, 기판의 표면에 돌출되도록 마련되어 기판의 표면적을 증가시키는 복수의 미세 구조물, 복수의 미세 구조물을 포함하는 기판의 표면에 형성되는 복수의 나노 로드를 포함한다. 본 발명은 1차원 구조의 나노 로드가 적용될 수 있는 다양한 소자에 적용되어 나노 로드의 집적도를 향상시킴으로써, 나노 로드에 의한 전기적?광학적 특성을 극대화시킬 수 있다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

기판;

상기 기판의 표면에 돌출되도록 마련되어 상기 기판의 표면적을 증가시키는 복수의 미세 구조물; 및

상기 복수의 미세 구조물을 포함하는 상기 기판의 표면에 형성되는 복수의 나노 로드;를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 로드를 갖는 기능소자.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 나노 로드의 성장을 촉진시키기 위해 상기 복수의 미세 구조물을 포함하는 상기 기판의 표면에 마련되는 시드 레이어(seed layer)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 로드를 갖는 기능소자.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 미세 구조물은 상기 기판의 표면에 일정한 주기로 배치되는 것을 특징으로 하는 나노 로드를 갖는 기능소자.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 나노 로드는 ZnO, TiO_2, GaN, GaAs, GaP 중에서 선택된 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 로드를 갖는 기능소자.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 기판은 유리, Si, GaAs, GaN, AZO, FTO, GZO, ITO 중에서 선택된 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 로드를 갖는 기능소자.

청구항 6

(a) 기판을 준비하는 단계;

(b) 상기 기판의 표면에 복수의 미세 구조물을 돌출되도록 마련하여 상기 기판의 표면적을 증가시키는 단계; 및

(c) 상기 복수의 미세 구조물을 포함하는 상기 기판의 표면에 복수의 나노 로드를 성장시키는 단계;포함하는 것을 특징으로 하는 나노 로드를 갖는 기능소자의 제조방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 (c) 단계는 수열 합성법(hydrothermal synthesis method), 화학기상 증착법(CVD method), 전기 증착법(electro-deposition mehod), 졸-젤법(sol-gel method), 분자빔 증착법, 스퍼터링법, 펄스레이저 증착법 중에서 선택된 방법으로 상기 나노 로드를 성장시키는 것을 특징으로 하는 나노 로드를 갖는 기능소자의 제조방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 (c) 단계는 상기 수열 합성법을 통해 상기 나노 로드를 성장시키되, 상기 나노 로드를 구성하는 물질이 함유된 성장용액의 농도, 상기 기판을 상기 성장용액에 침지해 두는 시간, 상기 성장용액의 온도를 조절하여 상기 나노 로드의 두께와 길이를 조절하는 것을 특징으로 하는 나노 로드를 갖는 기능소자의 제조방법.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 (b) 단계는 홀로그램 리소그래피, e-beam 리소그래피, 나노임프린트 리소그래피 중에서 선택된 방법으로 상기 기판의 표면을 식각하여 상기 복수의 미세 구조물을 형성하는 것을 특징으로 하는 나노 로드를 갖는 기능소자의 제조방법.

청구항 10

제 6 항에 있어서,

상기 (b) 단계는 상기 미세 구조물로 이용될 수 있는 나노구(nano sphere)를 상기 기판의 표면에 단일층으로 코팅하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 로드를 갖는 기능소자의 제조방법.

청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 (b) 단계와 상기 (c) 단계 사이에 상기 나노 로드의 성장을 촉진시키기 위해 상기 복수의 미세 구조물을 포함하는 상기 기판의 표면에 시드 레이어(seed layer)를 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 로드를 갖는 기능소자의 제조방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 시드 레이어를 물리 증착법, 화학 증착법, 스핀 코팅 중에서 선택된 방법으로 상기 기판의 표면에 형성하는 것을 특징으로 하는 나노 로드를 갖는 기능소자의 제조방법.

청구항 13

제 6 항에 있어서,

상기 나노 로드는 ZnO, TiO_2, GaN, GaAs, GaP 중에서 선택된 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 로드를 갖는 기능소자의 제조방법.

청구항 14

제 6 항에 있어서,

상기 기판은 유리, Si, GaAs, GaN, AZO, FTO, GZO, ITO 중에서 선택된 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 로드를 갖는 기능소자의 제조방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 나노 로드를 갖는 기능소자에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 나노 로드의 집적도가 향상된 개선된 구조의 나노 로드를 갖는 기능소자 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 나노 기술은 원자, 분자 수준에서 물질을 물리적 혹은 화학적으로 제어하여 유용한 구조와 기능을 발현시키는 기술로, 이를 통해 종래와는 전혀 다른 원리의 디바이스를 구현할 수 있으며, 그 활용 가능성이 무궁무진할 것으로 기대되고 있다. 나노 기술은 향후 과학기술의 핵심적인 분야가 될 것으로 예상되고 있으며, 다른 기술들에 비해 기반이나 속도 면에서 훨씬 급속하게 성장하고 있다.

[0003] 이와 함께, 물질의 나노 구조를 이용하여 새로운 전자소자나 광소자 등의 기능소자를 개발하려는 연구도 활발하게 이루어지고 있다. 나노 분말, 나노 와이어, 나노 튜브, 나노 로드, 나노 복합체 등 나노미터 크기의 구조물에서는 기존의 박막이나 벌크 형태에서와는 전혀 다른 광학적, 전기적, 자기적, 유전적 특성이 발현된다. 이러한 특성을 이용해 저전력으로 동작 효율을 높이거나, 기능소자의 성능을 향상시키려는 다양한 시도가 이루어지고 있다.

[0004] 특히, 나노 로드, 나노 와이어, 나노 섬유와 같은 종횡비가 큰 1차원 나노 구조체는 넓은 표면적을 가질 수 있고 전위 밀도가 작고 결정성(crystallinity)이 높으며 나노 크기에 의한 양자크기 효과와 같은 물리적 특성을 지니기 때문에, 전자소자와 반도체 발광소자, 광소자뿐만 아니라, 환경관련 소재에 응용될 수 있고, 특히 반도체 나노 구조체의 경우, 단일 전자 트랜지스터 소자뿐만 아니라, 새로운 광소자 재료로 응용이 가능하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 최근, 나노 로드를 다양한 전자소자나 광소자 등의 기능소자에 응용하려는 연구가 활발하게 이루어지고 있고, 나노 로드를 효율적으로 성장시킬 수 있는 다양한 방법이 개발되고 있다. 이와 더불어, 기능소자의 성능을 향상시키기 위해 나노 로드의 형상이나 배열 구조를 개선하려는 다양한 시도가 이루어지고 있다.

[0006] 본 발명은 이러한 점을 감안하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 나노 로드의 집적도를 높여 다양한 소자의 전기적?광학적 특성을 향상시킬 수 있는 새로운 구조의 나노 로드를 갖는 기능소자 및 그 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 의한 나노 로드를 갖는 기능소자는, 기판, 상기 기판의 표면에 돌출되도록 마련되어 상기 기판의 표면적을 증가시키는 복수의 미세 구조물, 상기 복수의 미세 구조물을 포함하는 상기 기판의 표면에 형성되는 복수의 나노 로드를 포함한다.

[0008] 본 발명에 의한 나노 로드를 갖는 기능소자는 상기 나노 로드의 성장을 촉진시키기 위해 상기 복수의 미세 구조물을 포함하는 상기 기판의 표면에 마련되는 시드 레이어(seed layer)를 더 포함할 수 있다.

[0009] 상기 복수의 미세 구조물은 상기 기판의 표면에 일정한 주기로 배치될 수 있다.

[0010] 상기 나노 로드는 ZnO, TiO_2, GaN, GaAs, GaP 중에서 선택된 물질을 포함할 수 있다.

[0011] 상기 기판은 유리, Si, GaAs, GaN, AZO, FTO, GZO, ITO 중에서 선택된 물질을 포함할 수 있다.

[0012] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 의한 나노 로드를 갖는 기능소자의 제조방법은, (a) 기판을 준비하는 단계, (b) 상기 기판의 표면에 복수의 미세 구조물을 돌출되도록 마련하여 상기 기판의 표면적을 증가시키는 단계, (c) 상기 복수의 미세 구조물을 포함하는 상기 기판의 표면에 복수의 나노 로드를 성장시키는 단계를 포함한다.

[0013] 상기 (c) 단계는 수열 합성법(hydrothermal synthesis method), 화학기상 증착법(CVD method), 전기 증착법(electro-deposition mehod), 졸-젤법(sol-gel method), 분자빔 증착법, 스퍼터링법, 펄스레이저 증착법 중에서 선택된 방법으로 상기 나노 로드를 성장시킬 수 있다.

[0014] 상기 (c) 단계는 상기 수열 합성법을 통해 상기 나노 로드를 성장시키되, 상기 나노 로드를 구성하는 물질이 함유된 성장용액의 농도, 상기 기판을 상기 성장용액에 침지해 두는 시간, 상기 성장용액의 온도를 조절하여 상기 나노 로드의 두께와 길이를 조절할 수 있다.

[0015] 상기 (b) 단계는 홀로그램 리소그래피, e-beam 리소그래피, 나노임프린트 리소그래피 중에서 선택된 방법으로 상기 기판의 표면을 식각하여 상기 복수의 미세 구조물을 형성할 수 있다.

[0016] 상기 (b) 단계는 상기 미세 구조물로 이용될 수 있는 나노구(nano sphere)를 상기 기판의 표면에 단일층으로 코팅하는 단계를 포함할 수 있다.

[0017] 본 발명에 의한 나노 로드를 갖는 기능소자의 제조방법은, 상기 (b) 단계와 상기 (c) 단계 사이에 상기 나노 로드의 성장을 촉진시키기 위해 상기 복수의 미세 구조물을 포함하는 상기 기판의 표면에 시드 레이어(seed

layer)를 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0018] 상기 시드 레이어는 물리 증착법, 화학 증착법, 스핀 코팅 중에서 선택된 방법으로 상기 기판의 표면에 형성될 수 있다.

발명의 효과

[0019] 본 발명은 1차원 구조의 나노 로드가 적용될 수 있는 다양한 소자에 적용되어 나노 로드의 집적도를 향상시킴으로써, 나노 로드에 의한 전기적?광학적 특성을 극대화시킬 수 있고, 다양한 소자의 성능을 향상시킬 수 있다.

[0020] 본 발명은 태양광 소자, LED, 레이져, 바이오 센서, 광센서 등 적용할 수 있는 분야가 매우 넓으며, 다양한 기술 분야에 응용되어 기술 발전을 이끌 수 있다. 특히, 태양광 소자나 LED 등 정부의 녹색 성장 정책과 관련된 기술 분야는 그 수요가 증가하고 있는 추세이므로, 본 발명은 향후 해당 산업 및 이와 관련된 산업에 큰 영향을 줄 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 일실시예에 의한 나노 로드를 갖는 기능소자를 나타낸 단면도이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 의한 나노 로드를 갖는 기능소자를 제조하는 방법의 일례를 나타낸 것이다.

도 3 및 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 의한 나노 로드를 갖는 기능소자를 나타낸 단면도이다.

도 5는 도 4에 도시된 나노 로드를 갖는 기능소자의 미세 구조물을 형성하는 과정을 나타낸 것이다.

도 6은 본 발명의 또다른 실시예에 의한 나노 로드를 갖는 기능소자를 나타낸 단면도이다.

도 7은 1차원 구조의 ZnO 나노 로드를 수열 합성법으로 기판에 형성하는 방법을 설명하기 위한 것이다.

도 8은 1차원 구조의 ZnO 나노 로드를 전기 증착법으로 기판에 형성하는 방법을 설명하기 위한 것이다.

도 9는 1차원 구조의 ZnO 나노 로드를 화학기상 증착법으로 기판에 형성하는 방법을 설명하기 위한 것이다.

도 10은 Si기판 위에 ZnO 나노 로드를 성장시킨 실시예의 SEM이미지이다.

도 11은 종래 기술에 의해 Si기판 위에 ZnO 나노 로드를 성장시킨 광소자와 본 발명에 의해 Si기판 위에 ZnO 나노 로드를 성장시킨 광소자의 반사율을 비교하여 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명의 일실시예에 의한 나노 로드를 갖는 기능소자 및 그 제조방법에 대하여 상세히 설명한다.

[0023] 본 발명을 설명함에 있어서, 도면에 도시된 구성요소의 크기나 형상 등은 설명의 명료성과 편의를 위해 과장되거나 단순화되어 나타날 수 있다. 또한, 본 발명의 구성 및 작용을 고려하여 특별히 정의된 용어들은 사용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 이러한 용어들은 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야 한다.

[0024] 도 1에 도시된 것과 같이, 본 발명의 일실시예에 의한 기능소자(10)는 기판(20), 기판(20)의 표면에 돌출되도록 마련되는 복수의 미세 구조물(30), 복수의 미세 구조물(30)을 포함하는 기판(20)의 표면에 형성되는 복수의 나노 로드(40)를 포함한다. 이러한 기능소자(10)는 LED, 평판 디스플레이, 태양전지, 트랜지스터, 바이오 센서 등에 사용될 수 있다. 1차원 구조의 나노 로드(40)는 고품질의 결정성과 전자의 짧은 이동경로 등의 특성을 가지며, 기능소자(10)의 광학적?전기적 특성을 향상시킨다.

[0025] 복수의 미세 구조물(30)은 기판(20)의 표면적을 증가시켜준다. 따라서, 동일한 크기의 기판(20)을 갖는다고 할 때, 본 발명에 의한 기능소자(10)는 기판(20)의 표면에 더욱 많은 수의 나노 로드(40)를 집적할 수 있으며, 나노 로드(40)의 집적도 향상에 의해 나노 로드(40)에 의한 광학적?전기적 특성 개선 효과를 더욱 높일 수 있다.

[0026] 나노 로드(40)로는 ZnO, TiO_2, GaN, GaAs, GaP, 또는 그 이외에 광학적?전기적 특성을 향상시킬 수 있는 다양한 물질이 이용될 수 있다. 그리고 기판(20)으로는 유리, Si, GaAs, GaN, AZO, FTO, GZO, ITO, 또는 그 이외

에 다양한 기능소자의 기판으로 사용되는 다양한 물질이 이용될 수 있다.

[0027] 복수의 미세 구조물(30)은 홀로그램 리소그래피, e-beam 리소그래피, 나노임프린트 리소그래피 등의 나노 패터닝 기술이나, 표면을 거칠게 만들거나 주기적으로 반복되는 일정한 패턴을 표면에 형성하는 표면 텍스쳐링(Surface texturing) 기술을 통해 기판(20)에 일체형으로 마련될 수 있다. 이 밖에, 나노구(nano sphere)를 기판(20)의 표면에 단일층으로 코팅함으로써 나노구를 미세 구조물로 이용할 수도 있다.

[0028] 나노 로드(40)는 수열 합성법(hydrothermal synthesis method), 화학기상 증착법(CVD method), 전기 증착법(electro-deposition mehod), 졸-젤법(sol-gel method), 분자빔 증착법, 스퍼터링법, 펄스레이저 증착법, 또는 그 이외의 다양한 방법으로 복수의 미세 구조물(30)을 포함하는 기판(20)의 표면에 형성될 수 있다. 나노 로드(40)는 그 성장 과정에서 성장 조건의 변화에 따라 그 두께나 길이가 다양하게 조절될 수 있다.

[0029] 도 2는 본 발명의 일실시예에 의한 기능소자를 제조하는 방법의 일례를 나타낸 것으로, 홀로그램 리소그래피(hologram lithography) 기술을 이용하여 기판(20)에 복수의 미세 구조물(30)을 일정 주기로 형성한 후, 기판(20) 표면에 나노 로드(40)를 성장시키는 과정을 나타낸 것이다. 그 구체적인 과정은 다음과 같다.

[0030] 먼저, 도 2의 (a)에 도시된 것과 같이, 기판(20) 위에 감광층(phtoresist, 50)을 적층하고, 도 2의 (b)에 도시된 것과 같이 감광층(50)에 빛을 조사하여 감광층(50)을 노광한 후, 도 2의 (c)에 도시된 것과 같이 노광된 감광층(50)을 현상하여 일정 주기로 배치되는 감광 패턴(51)을 형성한다. 이러한 홀로그램 리소그래피는 간섭 리소그래피(interference lithography)로 불리기도 하며, 빛의 간섭무늬를 이용한 패터닝 방법이다. 이 방법은 두 빛 간의 각도를 조절하여 수십 나노미터에서 수 마이크로의 다양한 스케일의 패턴 형성이 가능한 장점이 있다.

[0031] 다음으로, 도 2의 (c) 및 (d)에 도시된 것과 같이, 감광 패턴(51)을 포함하는 기판(20)의 표면을 이온반응 식각(reactive ion etching) 또는 다른 식각 방법으로 감광 패턴(51)이 제거될 때까지 식각하여, 기판(20)의 표면에 일정한 주기로 배치되는 미세 구조물(30)을 형성한다. 형성되는 미세 구조물(30)은 윗부분이 아랫부분보다 상대적으로 많이 깎여 원뿔형이 된다.

[0032] 마지막으로, 도 2의 (e)에 도시된 것과 같이, 복수의 미세 구조물(30)을 포함하는 기판(20)의 표면에 수열 합성법(hydrothermal synthesis method), 화학기상 증착법(CVD method), 전기 증착법(electro-deposition mehod), 졸-젤법(sol-gel method) 등 다양한 방법으로 나노 로드(40)를 형성한다.

[0033] 도 3 및 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 의한 기능소자를 나타낸 것이다.

[0034] 도 3에 도시된 기능소자(11)는 기판(20)의 표면에 마련되는 파라볼라 형상의 미세 구조물(31)에 나노 로드(40)가 성장한 것이다. 파라볼라 형상의 미세 구조물(31)은 홀로그램 리소그래피, e-beam 리소그래피, 나노임프린트 리소그래피 등의 나노 패터닝 기술이나, 표면 텍스쳐링 기술을 이용하여 기판(20)에 일체형으로 마련될 수 있다.

[0035] 도 4에 도시된 기능소자(12)는 구형으로 이루어진 미세 구조물(32)에 나노 로드(40)가 성장한 것이다. 구형의 미세 구조물(32)은 나노구를 기판(20)에 단일층으로 코팅하여 기판(20)의 표면에 형성할 수 있다. 즉, 기판(20)에 부착되는 나노구가 기판(20)의 표면적을 증가시키는 미세 구조물(32)이 된다. 기판(20)에 나노구 단일층을 코팅하는 방법으로는 스핀 코팅법(Spin-coating theory), LB(Langmuir-Blodgett)법, 딥코팅(Dip coating) 법 등 다양한 코팅법이 이용될 수 있다.

[0036] 도 5는 LB법으로 기판(20)에 나노구 단일층을 형성하는 방법을 나타낸 것이다. LB법은 수면상에 단분자막을 형성시킨 후 단분자막을 기판 위에 누적하는 기술로 손쉽게 일정한 균일막을 형성할 수 있는 코팅 방법이다. 도 5에 도시된 것과 같이, 기판(20)을 용액에 담갔다가 비스듬히 들어올리면 용액의 수면에 있던 나노구(33)가 기판(20)의 표면에 부착되어 주기적으로 배치되는 미세 구조물(32)을 형성한다. 여기에서, 기판(20)의 표면에 부착되는 나노구(33)의 크기를 다르게 함으로써 미세 구조물(32)의 주기를 조절할 수 있다.

[0037] 도 6은 본 발명의 또다른 실시예에 의한 기능소자를 나타낸 것이다.

[0038] 도 6에 도시된 기능소자(13)는 기판(20), 기판(20)의 표면에 돌출되도록 마련되는 반구형의 복수의 미세 구조물(34), 복수의 미세 구조물(34)을 포함하는 기판(20)의 표면에 형성되는 복수의 나노 로드(40), 나노 로드(40)의 성장을 촉진시키기 위해 복수의 미세 구조물(34)을 포함하는 기판(20)의 표면에 마련되는 시드 레이어(seed layer, 60)를 포함한다. 시드 레이어(60)는 복수의 미세 구조물(34)을 포함하는 기판(20)의 표면에 일정 두께로 적층됨으로써 복수의 미세 구조물(34)에 대응하는 돌출부를 갖는다. 복수의 나노 로드(40)는 시드

레이어(60) 위에 배치된다.

[0039] 시드 레이어(60)는 나노 로드(40)의 성장을 촉진시킬 수 있도록 나노 로드(40)의 소재와 동일 계열의 물질로 이루어진다. 이러한 시드 레이어(60)는 물리 증착법, 화학 증착법, 스핀 코팅 등 다양한 방법으로 복수의 미세 구조물(34)을 포함하는 기판(20) 위에 형성될 수 있다.

[0040] 본 발명에 있어서, 기판(20)의 표면에 마련되는 미세 구조물은 그 형상이 도시된 것과 같은 원뿔형, 파라볼라형, 반구형으로 한정되지 않고, 기판(20)의 표면적을 증가시킬 수 있는 다양한 다른 형상이 될 수 있다.

[0041] 도 7 내지 도 9는 1차원 구조의 ZnO 나노 로드를 수열 합성법, 전기 증착법, 화학기상 증착법으로 기판에 형성하는 실시예를 나타낸 것이다.

[0042] ZnO는 투명 전도성 산화물 반도체로써, 매장량이 풍부하기 때문에 가격이 저렴하며, 화학적 열적으로 안정하며 전기적 광학적 특성이 우수하기 때문에 광소자 분야에 널리 사용되고 있다. 특히, 1차원 구조의 ZnO 나노 로드는 고품질의 결정성과 전자의 짧은 이동 경로를 가지고 있어, 광학적?전기적으로 매우 우수하여 각종 태양전지나 광센서 등에 매우 유용하게 적용되고 있다.

[0043] 도 7에 나타난 수열 합성법을 살펴보면, 먼저 기판(20)의 표면에 ZnO 또는 AZO(Al이 도핑된 산화아연)의 표면에 고주파 마그네트론 스퍼터(RF magnetron sputter)를 이용하여 시드 레이어(60)를 형성한다. 이후, 시드 레이어(60)가 형성된 기판(20)을 78℃~90℃의 성장용액(70)에 5~12시간 침지시킨다. 성장용액(70)은 질산아연(zinc nitrate, $Zn(NO_3)_2$) 분말가루와 헥사메틸렌테트라아민(hexamethylene tetramine, $(CH_2)_6N_4$)분말 가루를 같은 농도로 초순수(deionized water)에 혼합하여 생성한다.

[0044] 이러한 성장용액(70)에 시드 레이어(60)가 형성된 기판(20)을 침지시키면, 성장용액(70) 속에 생성된 OH^-기와 Zn^{2+} 이온이 시드 레이어(60)와 화학반응을 일으켜 시드 레이어(60) 위에 1차원 구조의 ZnO 결정이 형성된다. 이때, 1차원 구조의 ZnO의 성장 방향은 시드 레이어(60)의 상면에 c-plane축 방향이며, c-plane축 방향으로 ZnO 나노 로드가 성장한다. c-plane은 ZnO 또는 AZO의 원자 구조(Wurzite 구조)에서의 c축을 의미한다.

[0045] 성장용액(70) 속에서 시드 레이어(60) 표면에 ZnO 나노 로드가 성장할 때의 화학 반응식은 다음과 같다.

[0046] $(CH_2)_6N_4 + 6H_2O \Rightarrow 6CHOH + 4NH_3$

[0047] $NH_3 + H_2O \Rightarrow NH_4^+ + OH^-$

[0048] $Zn(NO_3)_2 + H_2O \Rightarrow Zn^{2+} + 2HNO_3$

[0049] $2OH^- + Zn^{2+} \Rightarrow ZnO + H_2O$

[0050] 이와 같이, 기판(20)에 시드 레이어(60)를 형성하고 이를 성장용액(70)에 침지시키고 성장용액(70)을 가열하면, 기판(20))의 미세 구조물에 대응하는 돌출부를 갖는 시드 레이어(60)의 표면에 ZnO 나노 로드를 성장시킬 수 있다.

[0051] 이와 같이, 수열 합성법을 통해 나노 로드를 성장시킴에 있어서, 나노 로드를 구성하는 물질이 함유된 성장용액의 농도, 기판을 성장용액에 침지해 두는 시간, 성장용액의 온도를 조절함으로써, 기판 위에 성장되는 나노 로드의 두께와 길이를 조절할 수 있다.

[0052] 도 8은 전기 증착법으로 ZnO 나노 로드를 기판에 성장시키는 방법을 나타낸 것이다.

[0053] 전기 증착법은 기판(20)을 작동전극(working electrode, 81)에 결합하여 성장용액(80)에 침지시킨 후, 전원공급장치(83)로 작동전극(81)에 -전압을 가하고 상대전극(counter electrode, 82)에 +전압을 인가하여 성장용액(80)에 전기장를 형성함으로써 기판(20)과 성장용액(80)의 화학 반응을 촉진시키는 방법이다. 성장용액(80)은 질산아연(zinc nitrate, $Zn(NO_3)_2$), 헥사메틸렌테트라아민(hexamethylene tetramine, $(CH_2)_6N_4$) 및 염화칼륨(KCL)이 혼합된 것이다.

[0054] 기판(20)에 ZnO 나노 로드가 성장할 때의 화학 반응식은 다음과 같다.

[0055] $Zn(NO_3)_2 \Leftrightarrow Zn^{2+} + 2NO_3^-$

[0056] $NO_3^- + H_2O + 2e^- \Leftrightarrow NO_2^- + 2OH^-$

[0057] $Zn^{2+} + 2OH^- \Leftrightarrow Zn(OH)_2$

[0058] $Zn(OH)_2 \Leftrightarrow ZnO + H_2O$

[0059] 이러한 전기 증착법은 시드 레이어 없이 기판(20)에 나노 로드를 성장시킬 수 있고, 나노 로드의 성장 속도가 약 2 ~ 5시간 정도로 빠르다는 장점이 있다.

[0060] 도 9는 화학기상 증착법으로 기판에 ZnO 나노 로드를 성장시키는 방법을 나타낸 것이다.

[0061] 시드 레이어(60)가 형성된 기판(20)을 Zn 파우더(93)와 함께 진공챔버(90)에 넣고, 진공펌프(91)를 이용하여 진공챔버(90)를 진공으로 만든 후, 히터(92)로 진공챔버(90)를 고온(예컨대, 800 ~ 900℃)으로 가열하면서 아르곤 가스를 진공챔버(90)에 공급하면, 증발한 Zn 파우더(93)가 산소와 반응하여 기판(20)에 ZnO 나노 로드가 성장한다.

[0062] 도 10은 Si기판 표면에 SiO^2로 미세 구조물을 형성하고, 그 위에 ZnO 나노 로드를 성장시킨 실시예의 SEM이미지이다. 도 10의 이미지를 보면 알 수 있듯이, 기판에 복수의 미세 구조물을 형성하고 그 위에 나노 로드를 성장시킴으로써 나노 로드의 집적도를 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

[0063] 도 11은 종래 기술에 의해 Si기판 위에 ZnO 나노 로드를 성장시킨 광소자와 본 발명에 의해 Si기판 위에 ZnO 나노 로드를 성장시킨 광소자의 반사율을 비교하여 나타낸 그래프이다. 그래프를 보면 기판에 복수의 미세 구조물을 형성하고 그 위에 ZnO 나노 로드를 성장시킨 본 발명에 의한 광소자(그래프에서 '(b)'로 표시함)가 기판의 평평한 상면에 ZnO 나노 로드를 성장시킨 종래의 광소자(그래프에서 '(a)'로 표시함)에 비해 대략 400~1100nm의 파장대에서 반사율이 낮게 나타남을 알 수 있다. 이렇게 본 발명에 의한 광소자는 종래 기술에 의한 광소자에 비해 반사율을 크게 낮출 수 있어 광소자의 효율을 높일 수 있다.

[0064] 이와 같이, 본 발명은 태양광 발전소자, 레이져, LED, 바이오 센서, 압전소자 등 1차원 구조의 나노 로드를 이용할 수 있는 다양한 분야에 적용되어 나노 로드의 집적도를 향상시킴으로써, 다양한 소자의 성능을 향상시킬 수 있다.

[0065] 예컨대, 본 발명을 태양광 소자에 적용할 경우, 종래보다 많은 ZnO 나노 로드를 태양광 소자에 집속할 수 있으며, 입사되는 태양광을 더욱 효율적으로 산란시킬 수 있어 태양광 소자의 성능을 향상시킬 수 있다.

[0066] 또다른 예로, ZnO 나노 로드를 이용하는 염료감응형 태양전지의 경우, 종래보다 많은 수의 ZnO 나노 로드를 형성함으로써, 태양광의 에너지를 흡수하여 생산되는 전자의 수를 증가시켜 소자의 효율을 높일 수 있다.

[0067] 또다른 예로, p형 Si기판 위에 1차원 구조의 ZnO 나노 로드를 집적하면, 단위 면적당 매우 많은 p-n 접합구조를 형성할 수 있어, 고성능의 포토 다이오드를 제작할 수 있다. 여기에서, 1차원 구조의 ZnO 나노 로드는 화학적 성장으로 제작하게 되면 자연스럽게 n형 반도체 성질을 갖게 된다.

[0068] 또다른 적용 예로, 반사율을 낮추기 위한 광파장 이하의 격자 미세 구조물(subwavelength grating)을 갖는 광소자에 본 발명을 적용할 경우, 반사율을 더욱 낮추고 빛의 흡수율을 최대로 향상시킴으로써, 태양전지, 광센서 등의 성능을 크게 향상시킬 수 있다.

[0069] 또다른 적용 예로, 본 발명을 LED에 적용할 경우, LED 표면의 전도성을 더욱 향상시킬 수 있어, LED의 성능을 높일 수 있다.

[0070] 앞에서 설명되고, 도면에 도시된 본 발명의 실시예는, 본 발명의 기술적 사상을 한정하는 것으로 해석되어서는 안 된다. 본 발명의 보호범위는 특허청구범위에 기재된 사항에 의해서만 제한되고, 본 발명의 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상을 다양한 형태로 개량 및 변경하는 것이 가능하다. 따라서, 이러한 개량 및 변경은 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것인 한 본 발명의 보호범위에 속하게 될 것이다.

부호의 설명

[0071] 10, 11, 12, 13 : 기능소자 20 : 기판

30, 31, 32, 34 : 미세 구조물

33 : 나노구

40 : 나노 로드

50 : 감광층

51 : 감광 패턴

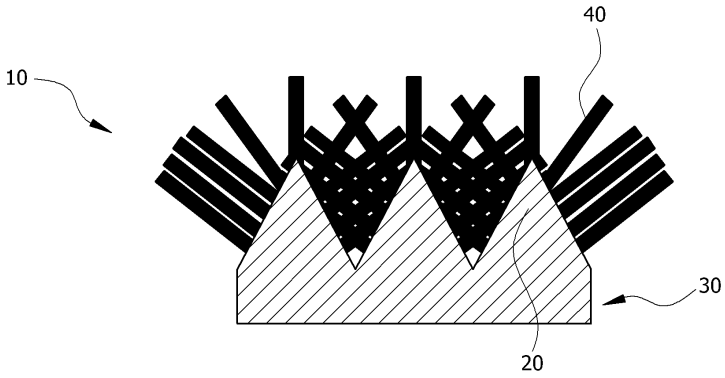
60 : 시드 레이어

70, 80 : 성장용액

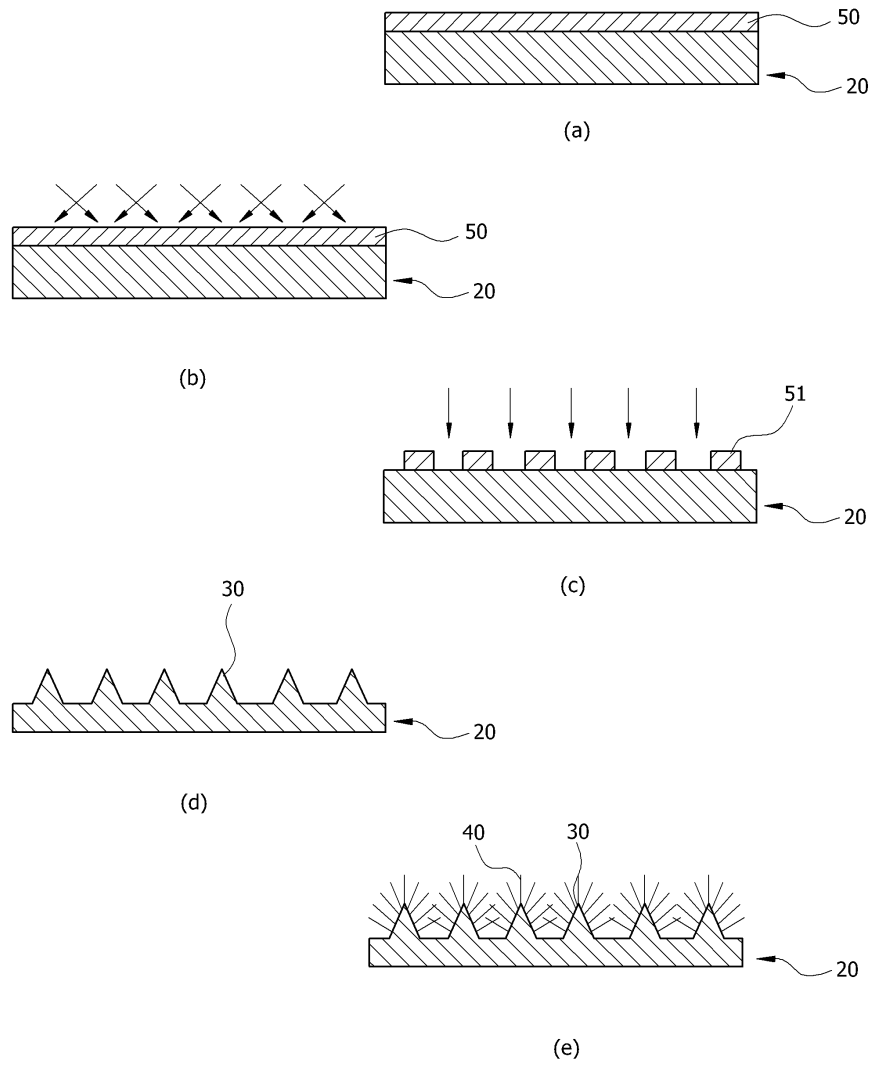
90 : 진공챔버

도면

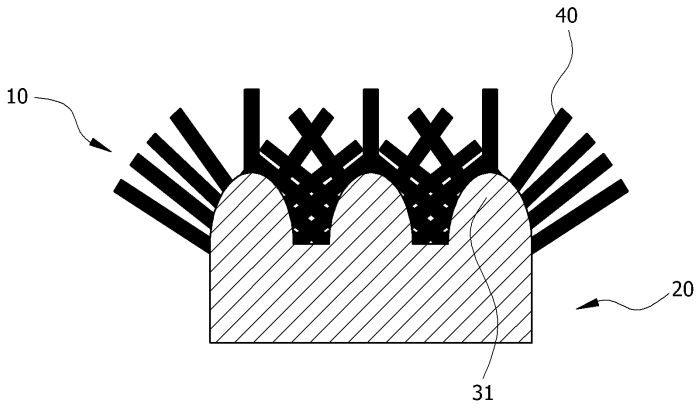
도면1



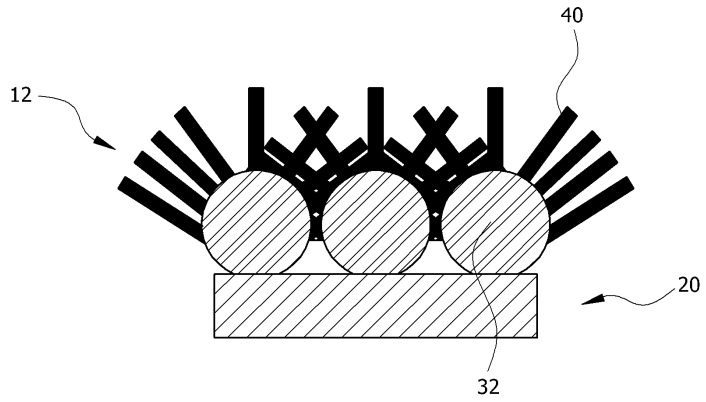
도면2



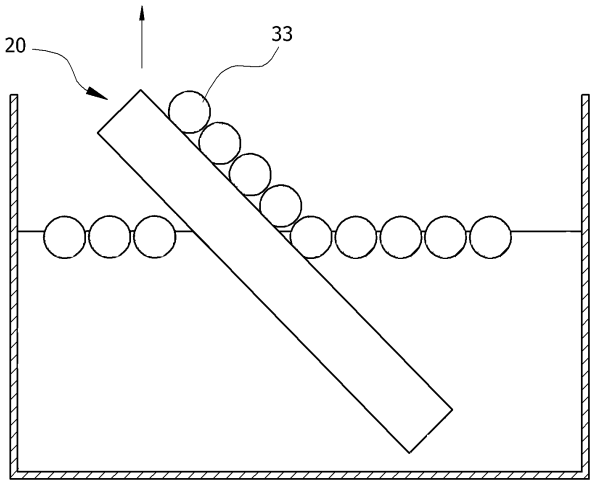
도면3



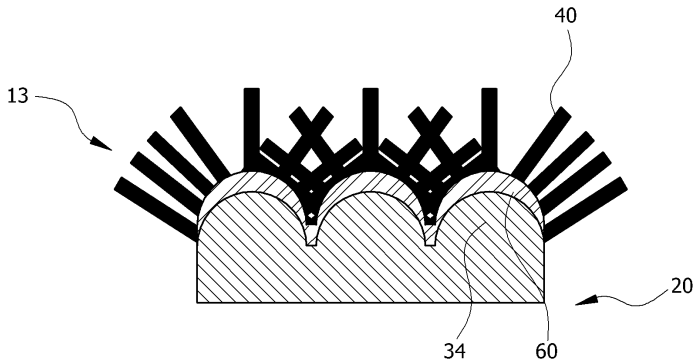
도면4



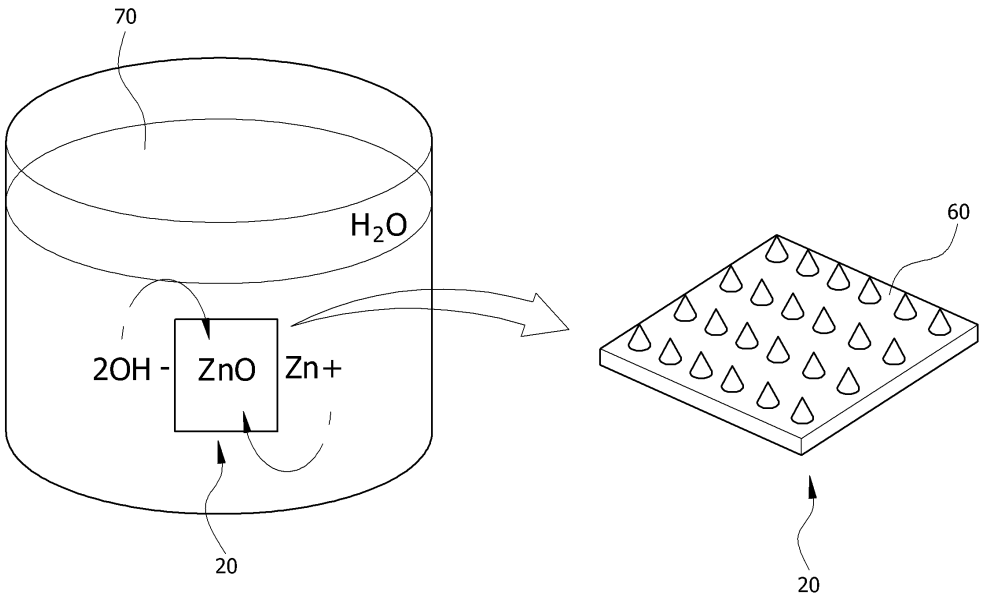
도면5



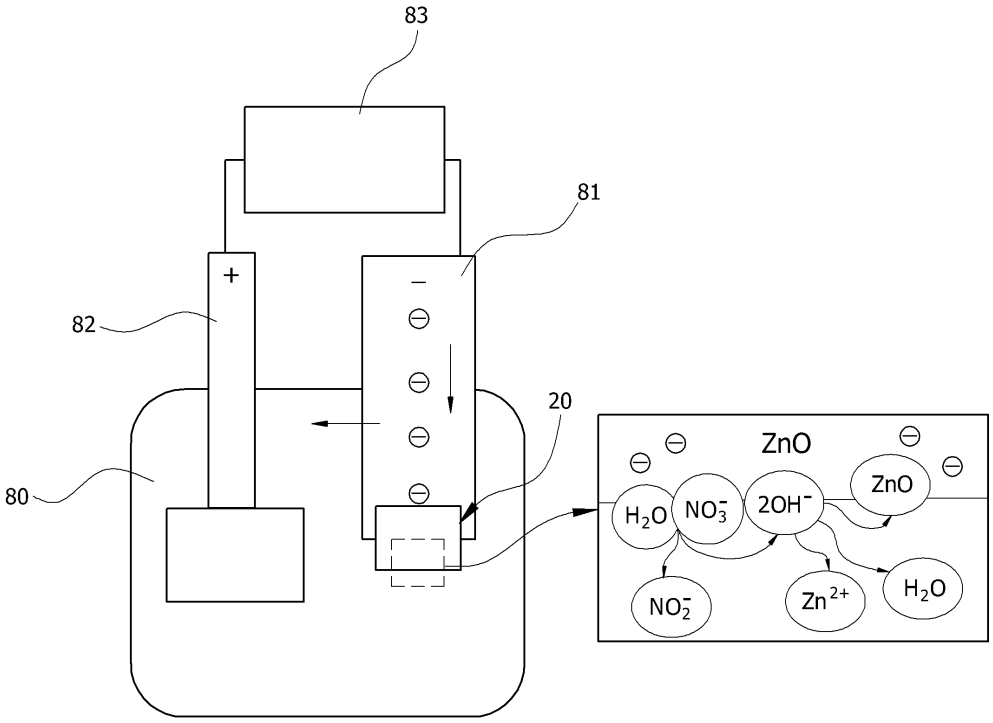
도면6



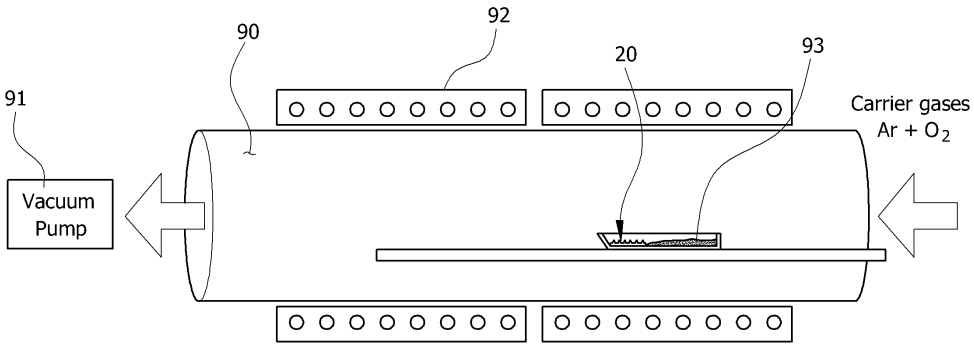
도면7


70
H_2O
2OH -
ZnO
Zn+
20
60
20

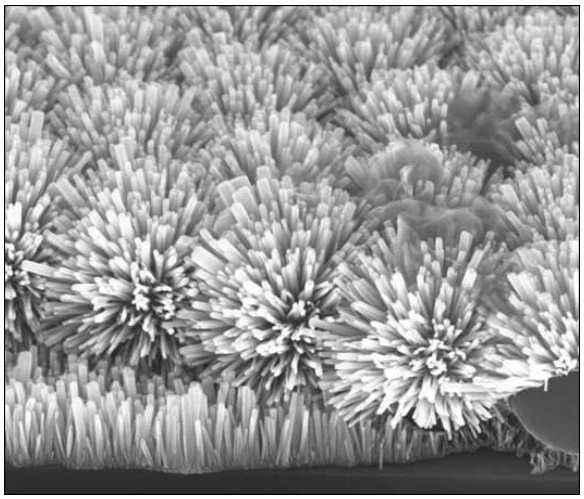
도면8


83
81
82
80
20
ZnO
H_2O
NO_3^-
$2OH^-$
ZnO
NO_2^-
Zn^{2+}
H_2O

도면9



도면10



도면11

