



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0045510
(43) 공개일자 2019년05월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 31/0352 (2006.01) H01L 21/02 (2006.01)
H01L 31/0216 (2014.01) H01L 31/0224 (2006.01)
H01L 31/0392 (2006.01) H01L 31/18 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 31/035227 (2013.01)
H01L 21/02603 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0138191
(22) 출원일자 2017년10월24일
심사청구일자 2017년10월24일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
김선경
경기도 화성시 동탄지성로 295, 102동 1303호(기산동, 참누리1단지아파트)
나진영
서울특별시 강동구 고덕로 131, 140동 402호(암사동, 강동 롯데캐슬퍼스트아파트)
문윤중
서울특별시 중랑구 신내로17길 41, 702동 403호(신내동, 진로아파트)
(74) 대리인
김연권

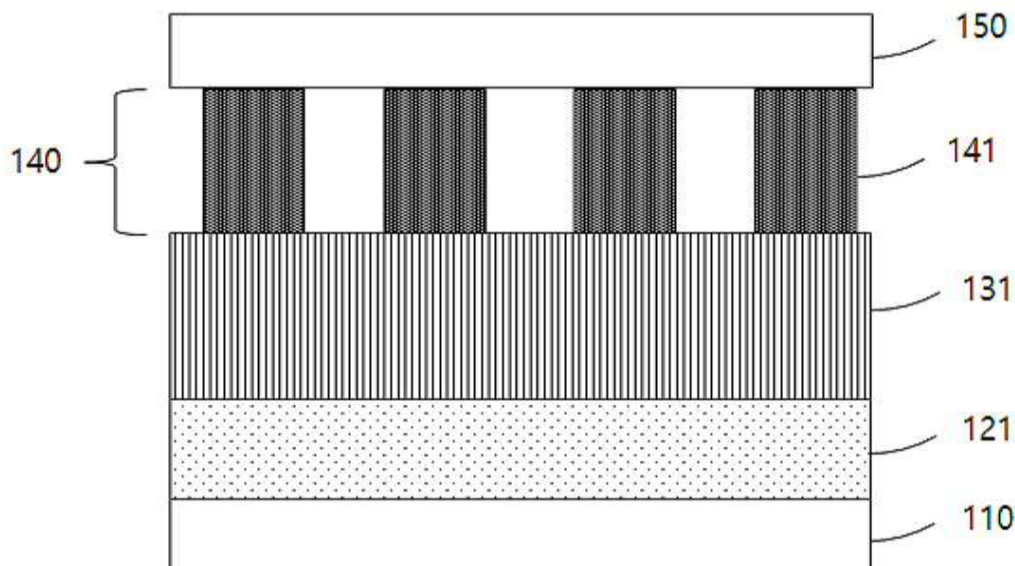
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지 및 이의 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 나노 와이어 어레이를 포함하는 태양 전지 및 그의 제조 방법을 개시한다. 본 발명은 나노 와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 하부 전극 상에 형성되는 제1 극성의 반도체층; 상기 제1 극성의 반도체층 상에 형성되고, 상기 제1 극성과 다른 극성을 갖는 제2 극성의 반도체층; 및 상기 제2 극성의 반도체층 상에 형성되는 상부 전극을 포함하고, 상기 하부 전극 및 상부 전극은 적어도 하나 이상의 나노와이어(nanowire)를 포함하는 나노와이어 어레이(nanowire array)이고, 상기 나노와이어 어레이는 직접적으로 맞닿는 상기 제1 극성의 반도체층 또는 상기 제2 극성의 반도체층과 동일한 극성을 갖는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1a



(52) CPC특허분류

H01L 31/02168 (2013.01)

H01L 31/022425 (2013.01)

H01L 31/0392 (2013.01)

H01L 31/18 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

하부 전극 상에 형성되는 제1 극성의 반도체층;

상기 제1 극성의 반도체층 상에 형성되고, 상기 제1 극성과 다른 극성을 갖는 제2 극성의 반도체층; 및

상기 제2 극성의 반도체층 상에 형성되는 상부 전극

을 포함하고,

상기 하부 전극 또는 상부 전극은 적어도 하나 이상의 나노와이어(nanowire)를 포함하는 나노와이어 어레이(nanowire array)이고, 상기 나노와이어 어레이는 직접적으로 맞닿는 상기 제1 극성의 반도체층 또는 상기 제2 극성의 반도체층과 동일한 극성을 갖는 것을 특징으로 하는 태양 전지.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 나노와이어 어레이는 입사되는 광의 표면 반사를 감소시키거나 산란을 통해 반도체 층 내 광흡수 효율을 증가시키는 것을 특징으로 하는 태양 전지.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 나노와이어 어레이는 일정한 주기를 갖도록 규칙적으로 배열되거나, 랜덤으로 배열되는 것을 특징으로 하는 태양 전지.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나 이상의 나노와이어의 공간 채움 비율은 10% 이상인 것을 특징으로 하는 태양 전지.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나 이상의 나노와이어의 직경은 10nm 내지 300nm인 것을 특징으로 하는 태양 전지.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 나노와이어 어레이는 다층으로 형성되는 것을 특징으로 하는 태양 전지.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 상부 전극의 상부에는 상기 상부 전극을 부분적으로 덮고 있는 서브 전극을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 태양 전지.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 하부 전극의 하부에는 서브 전극을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 태양 전지.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나 이상의 나노와이어는 IV족 반도체 반도체, III-V족 및 II-VI족 반도체 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 태양 전지.

청구항 10

하부 전극 상에 제1 극성의 반도체층을 형성하는 단계;

상기 제1 극성의 반도체층 상에 상기 제1 극성과 다른 극성을 갖는 제2 극성의 반도체층을 형성하는 단계; 및

상기 제2 극성의 반도체층 상에 상부 전극을 전이하는 단계

를 포함하고,

상기 상부 전극은 적어도 하나 이상의 나노와이어를 포함하는 나노와이어 어레이이고, 상기 나노와이어 어레이는 직접적으로 맞닿는 상기 제2 극성의 반도체층과 동일한 극성을 갖는 것을 특징으로 하는 태양 전지의 제조 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 제2 극성의 반도체층 상에 상부 전극을 전이하는 단계는,

성장 기판 상에 제2 극성의 나노와이어를 성장시키는 단계;

상기 성장된 제2 극성의 나노와이어를 수득하는 단계; 및

상기 수득된 제2 극성의 나노와이어를 제2 극성의 반도체층 상에 전이시켜 제2 극성의 나노와이어 어레이를 형성하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 태양 전지의 제조 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 분리된 제2 극성의 나노와이어를 제2 극성의 반도체층 상에 전이시켜 제2 극성의 나노와이어 어레이를 형성하는 단계는,

적어도 1회 이상 반복 진행되는 것을 특징으로 하는 태양 전지의 제조 방법.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 제2 극성의 나노와이어는 화학기상증착법(chemical vapor deposition; CVD), 기상-액상-고상법(vapor-liquid-solid method), 열 화학기상증착법(thermal chemical vapor deposition; T-CVD), 급속 열처리 화학기상증착법(rapid thermal chemical vapor deposition; RTCVD), 플라즈마 화학기상증착법(plasma enhanced chemical vapor deposition; PECVD), 유도전류플라즈마 화학기상증착법(inductively coupled enhanced chemical vapor deposition; ICPVD), 유기금속 화학기상증착법(metal organic chemical vapor deposition; MOCVD), 저압화학증기증착(low pressure chemical vapor deposition; LPCVD), 무촉매 유기금속 화학기상증착법(catalyst-free MOCVD), 상압화학증기증착(atmospheric pressure chemical vapor deposition; APCVD), 스퍼터링(sputtering), 열 또는 전자빔 증발법(thermal or electron beam evaporation) 및 펄스레이저 증착법(pulse laser deposition) 중 적어도 어느 하나의 방법으로 성장되는 것을 특징으로 하는 태양 전지의 제조 방법.

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 제2 극성의 나노와이어는 스핀코팅(Spin-Coating), 물리적 기상 전송법(Physical Vapor Transport), 드랍 캐스팅(Drop-Casting), 용매 어닐링(Solvent Annealing), shear force transfer 및 contact printing 중 적어도 어느 하나의 방법으로 전이되는 것을 특징으로 하는 태양 전지의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예는 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지 및 이의 제조 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 제조 비용을 절감할 수 있는 고효율의 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 오늘날 고유가와 환경오염으로 인하여 청정 대체 에너지 개발이 절실하다. 다양한 대체 에너지 가운데 태양 에너지를 사용하는 것이 가장 경제적인 방법으로 인식되고 있으며 광에너지를 직접 전기적 에너지로 변환시키는 태양 전지에 대한 관심이 크게 증가하고 있다.

[0004] 태양전지는 태양광을 이용하여 빛을 전기로 바꾸는 전지를 말하는데, 실리콘 태양전지의 구조는 실리콘 기판 위에 태양광이 내부로 흡수가 잘 되도록 하기 위한 반사방지막(AR 코팅)과 태양전지 내부(실리콘 기판, P층)에서 만들어진 전기를 외부로 보내는 양단의 전극으로 구성된다. 실리콘 태양전지는 p형 실리콘을 기본으로 하여 그 표면에 5족 원소를 확산시켜 n형 반도체를 형성함으로써 p-n 접합을 형성한다. 그리고, p-n 접합이 형성된 기판에 태양광이 흡수되면 전자정공쌍(electron-hole pair, EHP)이 형성되어 자유롭게 이동하다가 p-n 접합에 의해 생긴 전기에 들어오게 되면 정공(+)은 p형으로 전자(-)는 n형으로 이동하여 전위가 발생하고, 발생된 전자전공이 양단의 전극을 통하여 외부로 전류가 흐르게 된다.

[0005] 태양전지는 다결정 또는 단결정 실리콘 웨이퍼를 기반으로 제작되고, 효율이 높은 태양전지를 위해 박막형 구조가 연구되고 있으나, 150mm 이상의 두께를 갖는 벌크형 태양전지는 제작 원가가 높다는 단점을 갖고 있으나, 박막형 태양전지의 두께는 2 μ m 이내 이므로 벌크형 태양전지에 비해 재료비를 낮출 수 있는 장점을 갖고 있다.

[0006] 박막 태양전지는 PN 접합 형의 구조를 갖지만 벌크형 태양전지에 비해 효율이 낮다는 단점이 있으나, 이를 보완하기 위한 방법은 에칭을 통해 상부(빛이 들어오는 면)에 패터닝을 만드는 기술 또는 다중 접합형 박막 태양전지 기술이 연구되고 있다.

- [0007] 구체적으로, 태양전지의 효율을 향상시키는 방법으로서 태양광의 반사율을 억제하는 방안이 고안되고 있으며, 주로 기상법에 의한 건식 오목 볼록형의 텍스처를 형성시켜서 약 10~20%의 반사율 수준으로 감소시키고 있으나, 보다 효율을 향상시키기 위한 방법이 검토되고 있다.
- [0008] 종래에는 태양전지의 효율 증가를 위해 태양광 반사율 감소의 극대화에 의한 태양광 효율 특성을 개선하여 광 포획량을 증가시키기 위한 방법으로 태양전지 표면에 반사방지막을 형성하거나 나노 구조체를 형성하는 방법이 있다.
- [0009] 반사방지막을 형성하는 방법으로는 화학기상증착(CVD)방법을 이용하여 태양전지의 수광부 상에 질화실리콘(SiNx)을 증착하고, 플라즈마를 사용한 건식 식각법이나 습식 식각법으로 질화실리콘을 패터닝하여 반사방지막을 형성하는 방법을 대표적인 예로 들 수 있다. 건식 식각법과 습식 식각법 중에서 태양전지의 낮은 제조 단가를 위해 주로 습식 식각법이 검토되고 있으나, 건식 식각법이나 습식 식각법은 패턴 형성이 어렵고, 식각 공정에 의해 물질이 감소하여 효율이 저하되는 문제가 있다.
- [0010] 또한, 나노 구조체를 형성하는 방법으로는, 주로 나노 와이어를 성장시키면서 제조하는 VLS (Vapor-Liquid-solid) 법과 다공성 마스크를 이용하여 나머지 공간을 습건식 식각 공정에 의해 나노 구조체를 형성하는 방법이 있다.
- [0011] 종래의 VLS 방법에 의해 나노와이어가 제조되었을 경우, 나노와이어의 어레이가 불규칙하게 되고 최적화된 태양 전지 후속공정(passivation, 도핑 및 TCO 공정)을 적용하더라도 성장 시 발생하는 나노와이어간 간섭에 의하여 고밀도화에 한계가 있어 나노와이어를 어레이 할 수 있는 방법으로 에칭법이 제안되고 있다. 여기서, 다공성 마스크를 이용하여 나노 구조를 형성하는 방법은 일정한 배열과 수직형 나노 구조를 형성할 수 있는 장점이 있으나 유리기관과 같은 저가형 기관에 다결정 실리콘 박막을 형성하는데 어려움이 있어 제한을 받는다.
- [0012] 또한, 종래의 방법에 의해 제조된 실리콘 흡수층의 반사 방지층은 비교적 고가의 생산기술로서 소량 생산에 적합하며 태양광 효율에 직접적으로 영향을 주는 반사율의 저하에도 한계가 있음이 확인되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0014] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1100414호, "태양전지 및 그 제조 방법"
- (특허문헌 0002) 한국등록특허 제10-1401887호, "태양전지 및 그 제조방법"
- (특허문헌 0003) 한국등록특허 제 10-1465397호, "태양전지"

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0015] 본 발명의 실시예들의 목적은 성장 기관 상에 적어도 하나 이상의 나노와이어를 포함하는 나노와이어 어레이를 성장시킨 다음, 벌크층 상에 전이시킴으로서, 태양 전지의 제조 비용을 감소시키는 동시에 효율을 향상시키기 위한 것이다.
- [0016] 본 발명의 실시예들의 목적은 적어도 하나 이상의 나노와이어를 포함하는 나노와이어 어레이를 태양 전지의 무 반사층 및 전극으로 사용함으로써, 태양 전지의 광흡수율을 향상시키기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

- [0018] 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 하부 전극 상에 형성되는 제1 극성의 반도체층; 상기 제1 극성의 반도체층 상에 형성되고, 상기 제1 극성과 다른 극성을 갖는 제2 극성의 반도체층; 및 상기 제2 극성의 반도체층 상에 형성되는 상부 전극을 포함하고, 상기 하부 전극 또는 상부 전극은 적어도 하나 이상의 나노와이어(nanowire)를 포함하는 나노와이어 어레이(nanowire array)이고, 상기 나노와이어 어레이

이는 직접적으로 맞닿는 상기 제1 극성의 반도체층 또는 상기 제2 극성의 반도체층과 동일한 극성을 갖는다.

- [0019] 상기 나노와이어 어레이는 입사되는 광을 무반사시킬 수 있다.
- [0020] 상기 나노와이어 어레이는 일정한 주기를 갖도록 규칙적으로 배열되거나, 랜덤으로 배열될 수 있다.
- [0021] 상기 적어도 하나 이상의 나노와이어의 공간 채움 비율은 10% 이상일 수 있다.
- [0022] 상기 적어도 하나 이상의 나노와이어의 직경은 10nm 내지 100nm일 수 있다.
- [0023] 상기 나노와이어 어레이는 다층으로 형성될 수 있다.
- [0024] 상기 상부 전극의 상부에는 상기 상부 전극을 부분적으로 덮고 있는 서브 전극을 더 포함할 수 있다.
- [0025] 상기 하부 전극의 하부에는 서브 전극을 더 포함할 수 있다.
- [0026] 상기 적어도 하나 이상의 나노와이어는 IV족 반도체 반도체, III-V족 및 II-VI족 반도체 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0027] 본 발명의 다른 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 하부 전극 상에 형성되는 제1 극성의 반도체층; 상기 제1 극성의 반도체층 상에 형성되는 상부 전극을 포함하고, 상기 하부 전극 또는 상부 전극은 적어도 하나 이상의 나노와이어를 포함하는 나노와이어 어레이이고, 상기 나노와이어 어레이는 상기 제1 극성의 반도체층과 다른 극성을 갖는 제2 극성을 가질 수 있다.
- [0028] 상기 나노와이어 어레이는 입사되는 광을 무반사시킬 수 있다.
- [0029] 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 제조 방법은 하부 전극 상에 제1 극성의 반도체층을 형성하는 단계; 상기 제1 극성의 반도체층 상에 상기 제1 극성과 다른 극성을 갖는 제2 극성의 반도체층을 형성하는 단계; 및 상기 제2 극성의 반도체층 상에 상부 전극을 전이하는 단계를 포함하고, 상기 상부 전극은 적어도 하나 이상의 나노와이어를 포함하는 나노와이어 어레이이고, 상기 나노와이어 어레이는 직접적으로 맞닿는 상기 제2 극성의 반도체층과 동일한 극성을 가진다.
- [0030] 상기 제2 극성의 반도체층 상에 상부 전극을 전이하는 단계는, 성장 기판 상에 제2 극성의 나노와이어를 성장시키는 단계; 상기 성장된 제2 극성의 나노와이어를 수득하는 단계; 및 상기 수득된 제2 극성의 나노와이어를 제2 극성의 반도체층 상에 전이시켜 제2 극성의 나노와이어 어레이를 형성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0031] 상기 분리된 제2 극성의 나노와이어를 제2 극성의 반도체층 상에 전이시켜 제2 극성의 나노와이어 어레이를 형성하는 단계는, 적어도 1회 이상 반복 진행될 수 있다.
- [0032] 상기 제2 극성의 나노와이어는 화학기상증착법(chemical vapor deposition; CVD), 기상-액상-고상법(vapor-liquid-solid method), 열 화학기상증착법(thermal chemical vapor deposition; T-CVD), 급속 열처리 화학기상증착법(rapid thermal chemical vapor deposition; RTCVD), 플라즈마 화학기상증착법(plasma enhanced chemical vapor deposition; PECVD), 유도전류플라즈마 화학기상증착법(inductively coupled enhanced chemical vapor deposition; ICPVD), 유기금속 화학기상증착법(metal organic chemical vapor deposition; MOCVD), 저압화학증기증착(low pressure chemical vapor deposition; LPCVD), 무촉매 유기금속 화학기상증착법(catalyst-free MOCVD), 상압화학증기증착(atmospheric pressure chemical vapor deposition; APCVD), 스퍼터링(sputtering), 열 또는 전자빔 증발법(thermal or electron beam evaporation) 및 펄스레이저 증착법(pulse laser deposition) 중 적어도 어느 하나의 방법으로 성장될 수 있다.
- [0033] 상기 제2 극성의 나노와이어는 스핀코팅(Spin-Coating), 물리적 기상 전송법(Physical Vapor Transport), 드랍 캐스팅(Drop-Casting), 용매 어닐링(Solvent Annealing), shear force transfer 및 contact printing 중 적어도 어느 하나의 방법으로 전이될 수 있다.

발명의 효과

- [0035] 본 발명의 실시예들에 따르면 성장 기판 상에 적어도 하나 이상의 나노와이어를 포함하는 나노와이어 어레이를 성장시킨 다음, 벌크층 상에 전이시킴으로서, 태양 전지의 제조 비용을 감소시키는 동시에 효율을 향상시킬 수 있다.

[0036] 본 발명의 실시예들에 따르면 적어도 하나 이상의 나노와이어를 포함하는 나노와이어 어레이를 태양 전지의 무반사층 및 전극으로 사용함으로써, 태양 전지의 광흡수율을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0038] 도 1a 및 도 1b는 상부에 나노와이어 어레이를 포함하는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지를 도시한 단면도이다.

도 2a 및 도 2b는 하부에 나노와이어 어레이를 포함하는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지를 도시한 단면도이다.

도 3a 및 도 3b는 나노와이어 어레이의 배열 구조를 도시한 평면도이다.

도 4는 원형의 단면 구조를 갖는 나노와이어의 단면도를 도시한 단면도이다.

도 5a 및 도 5b는 상부에 나노와이어 어레이를 포함하는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지를 도시한 단면도이다.

도 6a는 나노와이어가 랜덤으로 배열된 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 나노와이어 어레이를 도시한 광학현미경이미지이다.

도 6b는 특정 영역에만 랜덤하게 배열된 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 나노와이어 어레이를 도시한 전자현미경이미지이다.

도 6c는 다층 구조로 배열된 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 나노와이어 어레이를 도시한 전자현미경이미지이다.

도 7a는 나노와이어의 축을 도시한 입체도이고, 도 7b 및 도 7c는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 파장-반사율 특성을 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0039] 이하 첨부 도면들 및 첨부 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다.

[0040] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예를 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0041] 본 명세서에서 사용되는 "실시예", "예", "측면", "예시" 등은 기술된 임의의 양상(aspect) 또는 설계가 다른 양상 또는 설계들보다 양호하다거나, 이점이 있는 것으로 해석되어야 하는 것은 아니다.

[0042] 또한, '또는'이라는 용어는 배타적 논리합 'exclusive or'이기보다는 포함적인 논리합 'inclusive or'를 의미한다. 즉, 달리 언급되지 않는 한 또는 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 'x가 a 또는 b를 이용한다'라는 표현은 포함적인 자연 순열들(natural inclusive permutations) 중 어느 하나를 의미한다.

[0043] 또한, 본 명세서 및 청구항들에서 사용되는 단수 표현("a" 또는 "an")은, 달리 언급하지 않는 한 또는 단수 형태에 관한 것이라고 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 일반적으로 "하나 이상"을 의미하는 것으로 해석되어야 한다.

[0044] 아래 설명에서 사용되는 용어는, 연관되는 기술 분야에서 일반적이고 보편적인 것으로 선택되었으나, 기술의 발달 및/또는 변화, 관례, 기술자의 선호 등에 따라 다른 용어가 있을 수 있다. 따라서, 아래 설명에서 사용되는 용어는 기술적 사상을 한정하는 것으로 이해되어서는 안 되며, 실시예를 설명하기 위한 예시적 용어로 이해되어야 한다.

[0045] 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 설명 부분에서 상세한 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 아래 설명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌 그 용어가 가지는 의미와 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 이해되어야 한다.

- [0046] 한편, 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 구성 요소들은 용어들에 의하여 한정되지 않는다. 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0047] 또한, 막, 층, 영역, 구성 요청 등의 부분이 다른 부분 "위에" 또는 "상에" 있다고 할 때, 다른 부분의 바로 위에 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 막, 층, 영역, 구성 요소 등이 개재되어 있는 경우도 포함한다.
- [0048] 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.
- [0049] 한편, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는, 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고, 본 명세서에서 사용되는 용어(terminology)들은 본 발명의 실시예를 적절히 표현하기 위해 사용된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 본 발명이 속하는 분야의 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 본 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0050] 이하에서는, 도 1a 및 도 2b를 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지에 대해 설명하기로 한다.
- [0051] 태양 전지는 태양광의 포톤(photon)을 전기로 변환시키는 PN 접합의 광전 효과를 이용하여 전기 에너지를 발생시킨다. 태양전지는 PN 접합이 구성되는 반도체층의 상/하면에 각각 하부 전극과 상부 전극이 형성되어 있다. 따라서, 태양전지는 반도체 입사되는 태양광에 의해 PN 접합의 광전 효과가 유도되고, 이로부터 발생된 전자들이 전극을 통해 외부로 흐르는 전류를 제공한다.
- [0052] 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 하부 전극(110) 상에 형성되는 제1 극성의 반도체층(121, 122), 제1 극성의 반도체층(121, 122) 상에 형성되고, 제1 극성과 다른 극성을 갖는 제2 극성의 반도체층(131, 132) 및 제2 극성의 반도체층(131, 132) 상에 형성되는 상부 전극(140)을 포함한다.
- [0053] 하부 전극(110) 또는 상부 전극(140)은 적어도 하나 이상의 나노와이어(nanowire; 141, 142)를 포함하는 나노와이어 어레이(nanowire array)이고, 나노와이어 어레이는 직접적으로 맞닿는 제1 극성의 반도체층(121, 122) 또는 제2 극성의 반도체층(131, 132)과 동일한 극성을 갖는다.
- [0054] 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 나노와이어 어레이는 표면의 반사를 감소시키는 광학적 효과 및 표면을 따라 이동되는 전류의 흐름을 원활하게 하는 전기적인 효과를 나타내기 때문에, 나노와이어 어레이가 직접적으로 맞닿는 제1 극성의 반도체층(121, 122) 또는 제2 극성의 반도체층(131, 132)과 동일한 극성을 가짐으로써, 표면 저항을 감소시키고 전류 확산을 향상시킬 수 있다.
- [0055] 도 1a 및 도 2b는 나노와이어 어레이가 상부 전극(도 1a 및 도 1b 참고) 또는 하부 전극(2a 및 도 2b 참고)으로 사용되는 것을 제외하면 동일한 구성요소를 포함하고 있으므로, 동일한 구성요소에 대해서는 도 1a에서만 설명하기로 한다.
- [0056] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 상부 전극/하부 전극(110, 140) 모두 나노와이어 어레이로 형성될 수 있다.
- [0057] 도 1a 및 도 1b는 상부 전극으로 나노와이어 어레이를 포함하는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지를 도시한 단면도이다.
- [0059] 도 1a는 제1 극성이 p형이고, 상부 전극으로 나노와이어 어레이를 포함하는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지를 도시한 단면도이다.
- [0060] 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 하부 전극(110)을 포함한다.
- [0061] 하부 전극(110)은 투명한 물질로 형성될 수 있고, 금속, ITO(indium tin oxide), IZO(indium zinc oxide), AZO(aluminum zinc oxide) 또는 IZTO(indium zinc tin oxide)과 같은 투명전도성산화물(TCO), 도전성 폴리머, 그래핀 및 그래파이트 중 적어도 어느 하나의 물질을 포함할 수 있고, 금속은 알루미늄(Al), 은(Ag), 금(Au), 니켈(Ni), 티타늄(Ti) 및 크롬(Cr) 중 적어도 어느 하나의 물질을 포함할 수 있다.

- [0062] 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 하부 전극(110) 상에 형성되는 제1 극성의 반도체층(121)을 포함한다.
- [0063] 제1 극성은 p형 또는 n형일 수 있고, 도 1a에서는 제1 극성은 p형이다.
- [0064] 따라서, 도 1a에 도시된 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 제1 극성의 반도체층(121)은 p형 반도체층일 수 있다.
- [0065] 제1 극성의 반도체층(121)은 Si, Ge과 같은 IV족 반도체, InP 또는 GaAs과 같은 III-V족 반도체 및 CdS와 II-VI족 중 적어도 하나를 포함하는 반도체 화합물로 형성될 수 있고, 제1 극성의 도펀트가 도핑될 수 있다.
- [0066] 제1 극성이 p형일 경우, 제1 극성의 도펀트는 p형 도펀트로서, Mg, Zn, Ca, Sr 및 Ba 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0067] 제1 극성의 반도체층(121)은 화학증착방법(CVD), 분자선 에피택시(MBE), 스퍼터링 및 수산화물 증기상 에피택시(HVPE) 중 적어도 어느 하나의 방법으로 형성될 수 있다.
- [0068] 예를 들면, 제1 극성의 반도체층(121)은 챔버에 트리메틸 갈륨 가스(TMGa), 암모니아 가스(NH₃), 질소 가스(N₂) 및 마그네슘(Mg)과 같은 p형 불순물을 포함하는 비세틸 사이클로 펜타디에닐 마그네슘(EtCp2Mg){Mg(C2H5C5H4)2}가 주입되어 p형 GaN층이 형성될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0069] 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 제1 극성의 반도체층(121) 상에 형성되는 제2 극성의 반도체층(131)을 포함한다.
- [0070] 제2 극성은 p형 또는 n형일 수 있고, 도 1a에서는 제2 극성은 n형이다.
- [0071] 따라서, 도 1a에 도시된 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 제2 극성의 반도체층(121)은 n형 반도체층일 수 있다.
- [0072] 제2 극성의 반도체층(131)은 Si, Ge과 같은 IV족 반도체, InP 또는 GaAs과 같은 III-V족 반도체 및 CdS와 II-VI족 중 적어도 하나를 포함하는 반도체 화합물로 형성될 수 있고, 제2 극성의 도펀트가 도핑될 수 있다.
- [0073] 제2 극성이 n형일 경우, 제2 극성의 도펀트는 n형 도펀트로서, Si, Ge, Sn, Se 및 Te 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있으나 이에 대해 제한되지는 않는다.
- [0074] 제2 극성의 반도체층(131)은 화학증착방법(CVD), 분자선 에피택시(MBE), 스퍼터링 및 수산화물 증기상 에피택시(HVPE) 중 적어도 어느 하나의 방법으로 형성될 수 있다.
- [0075] 예를 들면, 제2 극성의 반도체층(131)은 챔버에 트리메틸 갈륨 가스(TMGa), 암모니아 가스(NH₃), 질소 가스(N₂) 및 실리콘(Si)과 같은 n형 불순물을 포함하는 실란 가스(SiH₄)가 주입되어 n형 GaN층으로 형성될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0076] 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 제2 극성의 반도체층(131) 상에 형성되는 상부 전극(140)을 포함한다.
- [0077] 상부 전극(140)은 적어도 하나 이상의 나노와이어(141)를 포함하는 나노와이어 어레이이고, 나노와이어 어레이는 직접적으로 맞닿는 제2 극성의 반도체층(131)과 동일한 극성을 갖는다.
- [0078] 따라서, 도 1a에 도시된 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 나노와이어 어레이는 n형 나노와이어를 포함할 수 있다.
- [0079] 나노와이어(141)는 원형, 삼각형, 사각형, 오각형 및 육각형 중 적어도 하나의 단면 구조를 포함할 수 있다.
- [0080] 바람직하게, 나노와이어(141)는 삼각형의 단면 구조를 가짐으로써, 상부로 갈수록 굴절률이 점진적으로 감소하여 반사율이 최소가 되는 점진적 인덱스(Graded Index) 효과가 향상될 수 있다.
- [0081] 나노와이어(141)는 Si, Ge과 같은 IV족 반도체, InP 또는 GaAs과 같은 III-V족 반도체 및 CdS와 II-VI족 중 적어도 하나를 포함하는 반도체 화합물로 형성될 수 있고, 제2 극성의 도펀트가 도핑될 수 있다.
- [0082] 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 나노와이어 어레이는 표면의 반사를 감소시키는 광학적 효과 및 표면을 따라 이동되는 전류의 흐름을 원활하게 하는 전기적인 효과를 나타내기

때문에, 나노와이어 어레이가 직접적으로 맞닿는 제2 극성의 반도체층(131) 과 동일한 극성을 가짐으로써, 표면 저항을 감소시키고 전류 확산을 향상시킬 수 있다.

- [0083] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 상부 전극(140)으로 나노와이어 어레이를 사용함으로써, 표면 반사가 감소되어 태양전지 내부에서 흡수될 수 있는 태양광의 양을 증가시킬 수 있고, 표면 저항을 감소시키며, 전류 확산을 향상시킬 수 있다.
- [0084] 또한, 나노와이어 어레이는 나노와이어가 제2 극성의 반도체층(131)에 배열될 때, 수평으로 누워있는 형태로 배열될 수 있다. 즉, 나노와이어의 축이 반도체 층의 평면 방향으로 놓여 있다(도 3a 및 도 3b를 참조하면, 나노와이어가 수평으로 형성되어 있는 것을 확인할 수 있다).
- [0085] 나노와이어 어레이는 입사되는 광을 무반사시키는 무반사층으로 사용될 수 있고, 따라서, 나노와이어 어레이는 입사되는 광의 반사를 방지함으로써, 태양 전지의 광 흡수 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0086] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 p-n 접합 반도체층(121, 131) 상에 형성되는 나노와이어 어레이로 인해 표면 텍스처링 효과를 얻을 수 있으므로 광 추출 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0087] 따라서, 도 1a에 도시된 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 나노와이어 어레이는 제2 극성의 반도체층(131) 상에 전이되어 형성될 수 있다.
- [0088] 나노와이어 어레이를 제2 극성의 반도체층(131) 상에 전이시키는 기술은 성장 기판 상에 나노와이어를 성장시킨 후, 성장된 나노와이어를 분리하여 제2 극성의 반도체층(131) 상에 전이하여 형성될 수 있고, 형성 방법에 대해서는 도 5a 및 도 5b에서 상세히 설명하기로 한다.
- [0089] 나노와이어 어레이는 스핀코팅(Spin-Coating), 물리적 기상 전송법(Physical Vapor Transport), 드랍캐스팅(Drop-Casting), 용매 어닐링(Solvent Annealing), shear force transfer 및 contact printing 중 적어도 어느 하나의 방법으로 전이될 수 있다.
- [0090] 따라서, 도 1a에 도시된 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 벌크형 제2 극성의 반도체층(131) 상에 나노와이어 어레이를 전이시켜 형성함으로써, 나노와이어 어레이를 형성하기 위한 식각 공정을 제거하는 동시에 광효율을 월등히 향상시킬 수 있다.
- [0091] 나노와이어 어레이는 나노와이어가 일정한 주기를 갖도록 규칙적으로 배열되거나, 랜덤으로 배열될 수 있다.
- [0092] 나노와이어 어레이의 배열 구조에 대해서는 도 3a 및 도 3b를 참조하여 설명하기로 한다.
- [0093] 도 3a 및 도 3b는 나노와이어 어레이의 배열 구조를 도시한 평면도이다.
- [0094] 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 나노와이어 어레이는 도 3a에서와 같이 적어도 하나 이상의 나노와이어(141)가 일정한 주기를 갖도록 규칙적으로 배열되거나, 도 3b에서와 같이 적어도 하나 이상의 나노와이어(141)가 랜덤으로 배열될 수 있다.
- [0095] 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 나노와이어 어레이가 도 3a에서와 같이 적어도 하나 이상의 나노와이어(141)가 일정한 주기를 갖도록 규칙적으로 배열되면, 주기적인 구조가 주는 빛의 회절 현상으로 인해 특정 파장에서 반사율이 추가적으로 감소하는 효과가 있다.
- [0096] 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 나노와이어 어레이(140)가 도 3b에서와 같이 적어도 하나 이상의 나노와이어(141)가 랜덤으로 배열되면, 나노와이어 어레이의 공간 채움 정도가 특정 값까지 (바람직하게는 50% 근처) 증가함에 따라 표면 반사율이 감소되는 효과가 있다.
- [0097] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 나노와이어 어레이가 일정한 주기를 갖도록 규칙적으로 배열되고, 나노와이어가 빈 틈 없이 공간을 채우고 있다면, 적어도 하나 이상의 나노와이어(141)의 주기는 10nm 내지 300nm일 수 있다.
- [0098] 적어도 하나 이상의 나노와이어(141)의 직경(d)은 10nm 내지 300nm일 수 있고, 적어도 하나 이상의 나노와이어(141)의 직경(d)이 10nm 미만이면 빛이 나노와이어(141)의 크기를 인지할 수 없어, 나노와이어 어레이에 의한 표면 반사 감소 효과가 발생되지 않는 문제가 있고, 300 nm를 초과하면 나노와이어 어레이에 의한 후방 산란 효과가 발생하여 표면 반사율이 오히려 증가하는 문제가 있다.
- [0099] 보다 구체적으로, 나노와이어(141)의 직경은 빛의 파장보다 크면 빛의 반사 특성이 더 강해지고, 빛의 파장보다

작으면 빛의 반사 특성이 줄어들게 된다.

- [0100] 예를 들면, 나노와이어(141)의 굴절률을 n 이라고 하고, 태양전지가 흡수할 수 있는 파장 범위를 300 nm 내지 1100 nm(Si 물질 기준)로 하였을 때, 태양전지가 흡수할 수 있는 최대 파장인 1100 nm를 기준으로 나노와이어(141)의 직경은 $1100/n$ 이하가 되어야 한다. Si 물질의 굴절률은 빛의 파장에 따라 값이 달라지기는 하나, 평균적으로 약 4 정도로 볼 수 있기 때문에, 나노와이어(141)의 최대 직경은 300 nm인 것이 바람직하다.
- [0101] 또한, 나노와이어(141)를 제작할 때, 10 nm 이하에서는 나노와이어(141)를 신뢰성 있게 제작하기에 어려움이 있으므로, 나노와이어(141)의 최소 직경은 10 nm일 수 있고, 빛의 입장에서 물체의 크기가 10 nm 이하로 작아지면 구조로 인지할 수 없기에 나노와이어(141)의 최대 직경은 10 nm인 것이 바람직하다.
- [0102] 바람직하게, 적어도 하나 이상의 나노와이어(141)의 직경(d)은 30nm 내지 200nm일 수 있다. 적어도 하나 이상의 나노와이어(141)의 직경(d)이 30nm 내지 200nm를 벗어나면, 나노와이어(141)에 의해 표면의 반사가 감소되는 효과가 점차 감소되기 시작한다.
- [0103] 또한, 적어도 하나 이상의 나노와이어(141)의 공간 채움 비율은 10% 이상일 수 있다. 나노와이어(141)의 공간 채움 비율이 10% 이상을 가짐으로써, 표면에서의 반사율을 월등히 감소시킬 수 있다. 또한, 나노와이어(141)의 공간 채움 비율의 최대 값은 밀집한(close packed) 구조를 갖는 경우를 의미한다.
- [0104] 나노와이어(141)의 공간 채움 비율에 대해서는 도 4에서 설명하기로 한다.
- [0105] 다시, 도 1a를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 나노와이어 어레이는 다층으로 형성될 수 있다.
- [0106] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 나노와이어 어레이가 다층으로 형성되고, 각 층의 나노와이어 공간 밀도, 크기 또는 물질을 조절하면, 상부로 갈수록 굴절률이 점진적으로 감소하여 반사율이 최소가 되는 점진적 인덱스(Graded Index) 효과가 향상되어, 넓은 파장 범위에서 표면 반사를 0에 가깝게 줄일 수 있는 효과가 있다.
- [0107] 예를 들면, 제1층의 나노와이어 어레이(반도체층 상에 첫번째로 형성된 나노와이어 어레이), 제2 층의 나노와이어 어레이 및 제3 층의 나노와이어 어레이(반도체층에서 가장 멀리 형성된 나노와이어 어레이)를 포함하는 다층 구조의 나노와이어 어레이를 형성하는 경우, 제1 층의 나노와이어 어레이에서 제3 층의 나노와이어 어레이로 갈수록 각층의 나노와이어의 공간 밀도가 줄어들도록 형성(나노 와이어의 공간 밀도: 제1 층>제2 층>제3층)함으로써, 다층 구조의 나노와이어 어레이에서 상부로 갈수록 굴절률이 점진적으로 감소하여 반사율이 최소가 되는 점진적 인덱스(Graded Index) 효과가 나타나, 넓은 파장 범위에서 표면 반사를 0에 가깝게 줄일 수 있다.
- [0108] 실시예에 따라, 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 적어도 하나 이상의 나노와이어(nanowire; 141)를 포함하는 나노와이어 어레이(nanowire array)의 상부 전극(140)은 상부에 서브 전극(150)을 더 포함할 수 있다.
- [0109] 서브 전극(150)은 투명 전극 물질 또는 금속 물질을 포함할 수 있고, 금속 물질의 서브 전극(150)을 상부 전극(140)의 상부에 형성되는 경우, 태양광이 흡수될 수 있도록 금속 물질의 서브 전극(150)이 상부 전극(140)을 부분적으로 덮도록 형성하거나, 적어도 하나 이상의 나노와이어(nanowire; 141)를 포함하는 나노와이어 어레이(nanowire array)의 상부 전극(140)을 형성한 다음, 특정 영역에 나노와이어(nanowire; 141)가 제거되도록(배열되지 않도록) 패터닝한 후, 나노와이어(nanowire; 141)가 제거된 영역과 대응되도록 선택적(부분적)으로 금속 물질의 서브 전극(150)을 형성할 수 있다.
- [0110] 보다 구체적으로, 금속 물질의 서브 전극(150)이 상부 전극(140)을 모두 덮게 되면, 빛은 표면에서 모두 반사되어 p-n 접합 반도체층(121, 131)의 광흡수가 감소되는 문제가 발생되기 때문에, 서브 전극(150)이 상부 전극(140)의 일부의 면적만 덮도록 도입함으로써, 광흡수를 방해하지 않는 동시에, 전류 확산을 개선시킬 수 있다.
- [0111] 또한, 실시예에 따라, 상부 전극(140)과 서브 전극(150) 사이에 투명 전극을 더 포함할 수 있고, 투명 전극은 상부 전극(140)을 모두 덮도록 형성될 수 있다.
- [0113] 도 1b는 제1 극성이 n형이고, 상부 전극으로 나노와이어 어레이를 포함하는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지를 도시한 단면도이다.

- [0114] 도 2b는 제1 극성이 n형이고, 도 1b는 제1 극성이 p형인 것을 제외하면 모두 동일한 구성요소를 포함하고 있으므로, 동일한 구성요소에 대한 설명은 생략하기로 한다.
- [0115] 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 하부 전극(110) 상에 형성되는 제1 극성의 반도체층(122)을 포함한다.
- [0116] 제1 극성은 p형 또는 n형일 수 있고, 도 1b에서는 제1 극성은 n형이다.
- [0117] 따라서, 도 1b에 도시된 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 제1 극성의 반도체층(122)은 n형 반도체층일 수 있다.
- [0118] 제1 극성의 반도체층(122)은 Si, Ge과 같은 IV족 반도체, InP 또는 GaAs과 같은 III-V족 반도체 및 CdS와 II-VI족 중 적어도 하나를 포함하는 반도체 화합물로 형성될 수 있고, 제1 극성의 도펀트가 도핑될 수 있다.
- [0119] 제1 극성이 n형일 경우, 제1 극성의 도펀트는 n형 도펀트로서, Si, Ge, Sn, Se 및 Te 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있으나 이에 대해 제한되지는 않는다.
- [0120] 예를 들면, 제1 극성의 반도체층(122)은 챔버에 트리메틸 갈륨 가스(TMGa), 암모니아 가스(NH₃), 질소 가스(N₂) 및 실리콘(Si)과 같은 n형 불순물을 포함하는 실란 가스(SiH₄)가 주입되어 n형 GaN층으로 형성될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0121] 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 제1 극성의 반도체층(122) 상에 형성되는 제2 극성의 반도체층(132)을 포함한다.
- [0122] 제2 극성은 p형 또는 p형일 수 있고, 도 1b에서는 제2 극성은 p형이다.
- [0123] 따라서, 도 1b에 도시된 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 제2 극성의 반도체층(132)은 p형 반도체층일 수 있다.
- [0124] 제2 극성의 반도체층(132)은 Si, Ge과 같은 IV족 반도체, InP 또는 GaAs과 같은 III-V족 반도체 및 CdS와 II-VI족 중 적어도 하나를 포함하는 반도체 화합물로 형성될 수 있고, 제2 극성의 도펀트가 도핑될 수 있다.
- [0125] 제2 극성이 p형일 경우, 제2 극성의 도펀트는 p형 도펀트로서, Mg, Zn, Ca, Sr 및 Ba 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0126] 예를 들면, 제2 극성의 반도체층(132)은 챔버에 트리메틸 갈륨 가스(TMGa), 암모니아 가스(NH₃), 질소 가스(N₂) 및 마그네슘(Mg)과 같은 p형 불순물을 포함하는 비세틸 사이클로 펜타디에닐 마그네슘(EtCp2Mg){Mg(C2H5C5H4)2}가 주입되어 p형 GaN층이 형성될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0127] 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 제2 극성의 반도체층(132) 상에 형성되는 상부 전극(140)을 포함한다.
- [0128] 상부 전극(140)은 적어도 하나 이상의 나노와이어(142)를 포함하는 나노와이어 어레이이고, 나노와이어 어레이는 직접적으로 맞닿는 제2 극성의 반도체층(132)과 동일한 극성을 갖는다.
- [0129] 따라서, 도 1b에 도시된 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 나노와이어 어레이는 p형 나노와이어를 포함할 수 있다.
- [0130] 나노와이어는 Si, Ge과 같은 IV족 반도체, InP 또는 GaAs과 같은 III-V족 반도체 및 CdS와 II-VI족 중 적어도 하나를 포함하는 반도체 화합물로 형성될 수 있고, 제2 극성의 도펀트가 도핑될 수 있다.
- [0131] 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 나노와이어 어레이는 표면의 반사를 감소시키는 광학적 효과 및 표면을 따라 이동되는 전류의 흐름을 원활하게 하는 전기적인 효과를 나타내기 때문에, 나노와이어 어레이가 직접적으로 맞닿는 제2 극성의 반도체층(132)과 동일한 극성을 가짐으로써, 표면 저항을 감소시키고 전류 확산을 향상시킬 수 있다.
- [0132] 나노와이어 어레이는 입사되는 광을 무반사시키는 무반사층으로 사용될 수 있고, 따라서, 나노와이어 어레이는 입사되는 광의 반사를 방지함으로써, 태양 전지의 광 흡수 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0133] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 p-n 접합 반도체층(122, 132) 상에 형성되는 나노와이어 어레이로 인해 표면 텍스처링 효과를 얻을 수 있으므로 광 추출 효율을 향상시킬 수 있

다.

- [0134] 따라서, 도 1b에 도시된 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 나노와이어 어레이는 제2 극성의 반도체층(132) 상에 전이되어 형성될 수 있다.
- [0135] 실시예에 따라, 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 적어도 하나 이상의 나노와이어(nanowire; 142)를 포함하는 나노와이어 어레이(nanowire array)의 상부 전극(140)은 상부에 서브 전극(150)을 더 포함할 수 있다.
- [0136] 서브 전극(150)은 투명 전극 물질 또는 금속 물질을 포함할 수 있고, 금속 물질의 서브 전극(150)을 상부 전극(140)의 상부에 형성되는 경우, 태양광이 흡수될 수 있도록 서브 전극(150)이 상부 전극(140)을 부분적으로 덮도록 형성하거나, 적어도 하나 이상의 나노와이어(nanowire; 142)를 포함하는 나노와이어 어레이(nanowire array)의 상부 전극(140)을 형성한 다음, 특정 영역에 나노와이어(nanowire; 142)가 제거되도록(배열되지 않도록) 패터닝한 후, 나노와이어(nanowire; 142)가 제거된 영역과 대응되도록 선택적으로 금속 물질의 서브 전극(150)을 형성할 수 있다.
- [0137] 보다 구체적으로, 금속 물질의 서브 전극(150)이 상부 전극(140)을 모두 덮게 되면, 빛은 표면에서 모두 반사되어 p-n 접합 반도체층(122, 132)의 광흡수가 감소되는 문제가 발생되기 때문에, 서브 전극(150)이 상부 전극(140)의 일부의 면적만 덮도록 도입함으로써, 광흡수를 방해하지 않는 동시에, 전류 확산을 개선시킬 수 있다.
- [0138] 또한, 실시예에 따라, 상부 전극(140)과 서브 전극(150) 사이에 투명 전극을 더 포함할 수 있고, 투명 전극은 상부 전극(140)을 모두 덮도록 형성될 수 있다.
- [0140] 도 2a 및 도 2b는 하부 전극으로 나노와이어 어레이를 포함하는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지를 도시한 단면도이다.
- [0141] 도 2a 및 도 2b는 나노와이어 어레이를 하부 전극으로 사용하는 것을 제외하면 도 1a 및 도 1b와 동일한 구성을 포함하고 있다.
- [0142] 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 하부 전극(110) 상에 형성되는 제1 극성의 반도체층(121, 122), 제1 극성의 반도체층(121, 122) 상에 형성되고, 제1 극성과 다른 극성을 갖는 제2 극성의 반도체층(131, 132) 및 제2 극성의 반도체층(131, 132) 상에 형성되는 상부 전극(140)을 포함한다.
- [0143] 하부 전극(110)은 적어도 하나 이상의 나노와이어(111, 112)를 포함하는 나노와이어 어레이이고, 나노와이어 어레이는 직접적으로 맞닿는 제1 극성의 반도체층(121, 122)과 동일한 극성을 갖는다.
- [0144] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 나노와이어 어레이는 표면의 반사를 감소시키는 광학적 효과 및 표면을 따라 이동되는 전류의 흐름을 원활하게 하는 전기적인 효과를 나타내기 때문에, 나노와이어 어레이가 직접적으로 맞닿는 제1 극성의 반도체층(121, 122)과 동일한 극성을 가짐으로써, 표면 저항을 감소시키고 전류 확산을 향상시킬 수 있다.
- [0145] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 하부 전극(110)으로 나노와이어 어레이를 사용함으로써, 나노와이어 어레이에서의 빛의 산란 효과가 강하게 발생하여 태양전지 내 빛의 흡수 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0147] 도 2a는 제1 극성이 p형이고, 하부 전극으로 나노와이어 어레이를 포함하는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지를 도시한 단면도이다.
- [0148] 도 2a에 도시된 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 제1 극성이 p형 또는 n형일 수 있고, 바람직하게는, 제1 극성은 p형일 수 있다.
- [0149] 따라서, 도 2a에서 도시된 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 제1 극성의 반도체층(121)으로 p형 반도체층이 사용되고, 제2 극성의 반도체층(131)으로 n형 반도체층이 사용되기 때문에, 적어도 하나 이상의 나노와이어(111)를 포함하는 나노와이어 어레이를 포함하는 하부 전극(110)은 이고, 직접적으로 맞닿는 제1 극성의 반도체층(121)과 동일한 극성을 갖는다.
- [0150] 따라서, 도 2a에 도시된 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 나노와이어 어

레이는 p형 나노와이어를 포함할 수 있다.

- [0151] 실시예에 따라, 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 하부 전극(110)의 하부에는 서브 전극(150)을 더 포함할 수 있다.
- [0152] 서브 전극(150)은 금속 물질을 포함할 수 있고, 하부 전극(110)의 하부에 형성되어 금속 거울로 사용됨으로써, 태양 전지의 집광도를 향상시켜, 태양 전지의 면적 및 제조 단가를 감소시킬 수 있다.
- [0154] 도 2b는 제1 극성이 n형이고, 하부에 나노와이어 어레이를 포함하는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지를 도시한 단면도이다.
- [0155] 도 2b에 도시된 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 제1 극성이 p형 또는 n형일 수 있고, 바람직하게는, 제1 극성은 n형일 수 있다.
- [0156] 따라서, 도 2b에서 도시된 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 제1 극성의 반도체층(122)으로 n형 반도체층이 사용되고, 제2 극성의 반도체층(132)으로 p형 반도체층이 사용되기 때문에, 적어도 하나 이상의 나노와이어(112)를 포함하는 나노와이어 어레이로 형성된 하부 전극(110)은 직접적으로 맞닿는 제1 극성의 반도체층(122)과 동일한 극성을 갖는다.
- [0157] 따라서, 도 2b에 도시된 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 나노와이어 어레이는 n형 나노와이어를 포함할 수 있다.
- [0158] 실시예에 따라, 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 하부 전극(110)의 하부에는 서브 전극(150)을 더 포함할 수 있다.
- [0159] 서브 전극(150)은 금속 물질을 포함할 수 있고, 하부 전극(110)의 하부에 형성되어 금속 거울로 사용됨으로써, 태양 전지의 집광도를 향상시켜, 태양 전지의 면적 및 제조 단가를 감소시킬 수 있다.
- [0161] 도4는 원형의 단면 구조를 갖는 나노와이어의 단면도를 도시한 단면도이다.
- [0162] 도 4는 상부에 나노와이어 어레이를 포함하는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지에 대해 설명하고 있으나, 이에 제한되지 않고, 하부에 나노와이어 어레이를 포함하는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지에도 동일하게 적용될 수 있다.
- [0163] 또한, 도 4는 원형의 단면을 갖는 나노와이어(141)에 대해 설명하고 있으나, 나노와이어(141)의 단면은 원형 외에, 삼각형, 사각형, 오각형 또는 육각형 같은 다각형 구조를 가질 수 있다.
- [0164] 바람직하게, 나노와이어(141)가 삼각형의 단면을 가지면, 상부로 갈수록 굴절률이 점진적으로 감소하여 반사율이 최소가 되는 점진적 인덱스(Graded Index) 효과가 향상될 수 있다.
- [0165] 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지는 나노와이어의 직경(D)뿐만 아니라 나노와이어의 공간 채움 비율(fill fraction) 또한 반사율을 감소시킬 수 있다.
- [0166] 도 4를 참조하면, 나노와이어(141)의 공간 채움 비율은 나노와이어(141)의 주기(A)를 나노와이어(141)의 직경(D)으로 나눈 값으로 계산될 수 있고, 나노와이어(141)의 공간 채움 비율은 10% 이상일 수 있다.
- [0167] 나노와이어(141)의 공간 채움 비율이 10% 이상을 가짐으로써, 표면에서의 반사율을 월등히 감소시킬 수 있다. 또한, 나노와이어(141)의 공간 채움 비율의 최대 값은 밀집한(close packed) 구조를 갖는 경우를 의미한다.
- [0169] 도 5a 및 도 5b는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 제조 방법을 도시한 흐름도이다.
- [0170] 도 5a 및 도 5b는 상부 전극으로 나노와이어를 포함하는 기술에 대해 도시하고 있으나, 이에 제한되지 않고, 하부 전극으로 나노와이어를 포함하는 기술 또는 본 발명의 다른 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지 또한 동일한 방법으로 제조될 수 있다.
- [0171] 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 제조 방법은 하부 전극 상에 제1 극성

의 반도체층을 형성하는 단계(S110), 제1 극성의 반도체층 상에 제1 극성과 다른 극성을 갖는 제2 극성의 반도체층을 형성하는 단계(S120) 및 제2 극성의 반도체층 상에 상부 전극을 전이하는 단계(S130)를 포함한다.

- [0172] 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 제조 방법은 하부 전극 상에 제1 극성의 반도체층을 형성한다.
- [0173] 하부 전극은 투명한 물질로 형성될 수 있고, 금속, ITO(indium tin oxide), IZO(indium zinc oxide), AZO(aluminum zinc oxide) 또는 IZTO(indium zinc tin oxide)과 같은 투명전도성산화물(TCO), 도전성 폴리머, 그래핀 및 그래파이트 중 적어도 어느 하나의 물질을 포함할 수 있고, 금속은 알루미늄(Al), 은(Ag), 금(Au), 니켈(Ni), 티타늄(Ti) 및 크롬(Cr) 중 적어도 어느 하나의 물질을 포함할 수 있다.
- [0174] 하부 전극은 하부 전극 자체가 기판으로 사용될 수도 있고, 기판 상에 화학증착방법(CVD), 물리증착방법(PVD), 스퍼터링, 스핀 코팅(spin coating), 딥 코팅(depp coating) 및 드랍 캐스팅(drop casting) 중 적어도 어느 하나의 방법으로 형성될 수 있다.
- [0175] 제1 극성의 반도체층은 p형 반도체층일 수 있고, 제1 극성의 반도체층은 Si, Ge과 같은 IV족 반도체, InP 또는 GaAs과 같은 III-V족 반도체 및 CdS와 II-VI족 중 적어도 하나를 포함하는 반도체 화합물로 형성될 수 있고, 제1 극성의 도펀트가 도핑될 수 있다.
- [0176] 제1 극성이 p형일 경우, 제1 극성의 도펀트는 p형 도펀트로서, Mg, Zn, Ca, Sr 및 Ba 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0177] 제1 극성의 반도체층은 화학증착방법(CVD), 분자선 에피택시(MBE), 스퍼터링 및 수산화물 증기상 에피택시(HVPE) 중 적어도 어느 하나의 방법으로 형성될 수 있다.
- [0178] 예를 들면, 제1 극성의 반도체층(121)은 챔버에 트리메틸 갈륨 가스(TMGa), 암모니아 가스(NH₃), 질소 가스(N₂) 및 마그네슘(Mg)과 같은 p형 불순물을 포함하는 비세틸 사이클로 펜타디에닐 마그네슘(EtCp2Mg){Mg(C₂H₅C₅H₄)₂}가 주입되어 p형 GaN층이 형성될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0179] 이후, 제1 극성의 반도체층 상에 제1 극성과 다른 극성을 갖는 제2 극성의 반도체층을 형성한다.
- [0180] 제2 극성의 반도체층은 n형 반도체층일 수 있고, 제2 극성의 반도체층은 Si, Ge과 같은 IV족 반도체, InP 또는 GaAs과 같은 III-V족 반도체 및 CdS와 II-VI족 중 적어도 하나를 포함하는 반도체 화합물로 형성될 수 있고, 제2 극성의 도펀트가 도핑될 수 있다.
- [0181] 제2 극성이 n형일 경우, 제2 극성의 도펀트는 n형 도펀트로서, Si, Ge, Sn, Se 및 Te 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있으나 이에 대해 제한되지는 않는다.
- [0182] 제2 극성의 반도체층은 화학증착방법(CVD), 분자선 에피택시(MBE), 스퍼터링 및 수산화물 증기상 에피택시(HVPE) 중 적어도 어느 하나의 방법으로 형성될 수 있다.
- [0183] 예를 들면, 제2 극성의 반도체층(131)은 챔버에 트리메틸 갈륨 가스(TMGa), 암모니아 가스(NH₃), 질소 가스(N₂) 및 실리콘(Si)과 같은 n형 불순물을 포함하는 실란 가스(SiH₄)가 주입되어 n형 GaN층으로 형성될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0184] 마지막으로, 제2 극성의 반도체층 상에 상부 전극을 전이한다.
- [0185] 상부 전극은 적어도 하나 이상의 나노와이어를 포함하는 나노와이어 어레이이고, 나노와이어 어레이는 직접적으로 맞닿는 제2 극성의 반도체층과 동일한 극성을 가진다.
- [0186] 상부 전극을 전이하는 과정에 대해서는 도 5b를 참조하여 상세하게 설명하기로 한다.
- [0187] 도 5b는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 제조 방법 중, 상부 전극을 전이하는 단계를 도시한 흐름도이다.
- [0188] 제2 극성의 반도체층 상에 상부 전극을 전이하는 단계(S130)는, 성장 기판 상에 제2 극성의 나노와이어를 성장시키는 단계(S131), 성장된 제2 극성의 나노와이어를 수득하는 단계(S132) 및 수득된 제2 극성의 나노와이어를 제2 극성의 반도체층 상에 전이시켜 제2 극성의 나노와이어 어레이를 형성하는 단계(S133)를 포함할 수 있다.
- [0189] 먼저, 성장 기판 상에 제2 극성의 나노와이어를 성장시킨다.

- [0190] 성장 기판은 사파이어(sapphire), 갈륨 비소(GaAs; gallium arsenide), 스피넬(spinel), 실리콘(Si; silicon), 인화 인듐(InP; indium phosphide) 및 실리콘 카바이드(SiC; silicon carbide) 중 적어도 어느 하나일 수 있다.
- [0191] 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 제2 극성의 나노와이어 어레이는 n형 나노와이어를 포함할 수 있다.
- [0192] 제2 극성의 나노와이어는 Si, Ge과 같은 IV족 반도체, InP 또는 GaAs과 같은 III-V족 반도체 및 CdS와 II-VI족 중 적어도 하나를 포함하는 반도체 화합물로 형성될 수 있고, 제2 극성의 도펀트가 도핑될 수 있다.
- [0193] 제2 극성이 n형일 경우, 제2 극성의 도펀트는 n형 도펀트로서, Si, Ge, Sn, Se 및 Te 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있으나 이에 대해 제한되지는 않는다.
- [0194] 바람직하게, 제2 극성의 나노와이어는 질화 갈륨(GaN; gallium nitride), 알루미늄 갈륨 질화물(AlGaN; aluminium gallium nitride), 인듐 갈륨 질화물(InGaN; indium gallium nitride) 및 알루미늄 인듐 갈륨 질화물(AlInGaN; aluminum indium gallium nitride) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 III-V족 반도체가 사용될 수 있다.
- [0195] 제2 극성의 나노와이어는 화학기상증착법(chemical vapor deposition; CVD), 기상-액상-고상법(vapor-liquid-solid method), 열 화학기상증착법(thermal chemical vapor deposition; T-CVD), 급속 열처리 화학기상증착법(rapid thermal chemical vapor deposition; RTCVD), 플라즈마 화학기상증착법(plasma enhanced chemical vapor deposition; PECVD), 유도전류플라즈마 화학기상증착법(inductively coupled enhanced chemical vapor deposition; ICP-CVD), 유기금속 화학기상증착법(metal organic chemical vapor deposition; MOCVD), 저압화학증기증착(low pressure chemical vapor deposition; LPCVD), 무촉매 유기금속 화학기상증착법(catalyst-free MOCVD), 상압화학증기증착(atmospheric pressure chemical vapor deposition; APCVD), 스퍼터링(sputtering), 열 또는 전자빔 증발법(thermal or electron beam evaporation) 및 펄스레이저 증착법(pulse laser deposition) 중 적어도 어느 하나의 방법으로 성장될 수 있다.
- [0196] 예를 들면, 제2 극성의 나노와이어가 화학기상증착법(chemical vapor deposition; CVD)으로 성장되면, 제2 극성의 나노와이어는 성장 기판을 반응기(퍼니스)에 장착하고, 특정 온도(예를 들어, 700 내지 900)이상의 온도에서 반응 가스 및 제2 반응 가스를 주입하는 경우, 주입된 제1 반응 가스 및 제2 반응 가스는 혼합되어 성장 기판 상에 성장될 수 있다.
- [0197] 제1 반응 가스 및 제2 반응 가스는 제2 극성의 나노와이어를 형성하기 위한 전구체로, 제2 극성의 나노와이어로 III-V족 반도체가 사용되면, 제1 반응 가스는 갈륨소스(Trimethyl Gallium(TMGa) 및/또는 Ga 금속)가 사용될 수 있고, 제2 반응 가스는 암모니아 기체와 같은 V족 반응 가스가 사용될 수 있다.
- [0198] 예를 들면, 제2 극성의 나노와이어가 기상-액상-고상법(vapor-liquid-solid method)으로 성장되면, 제2 극성의 나노와이어는 금속 촉매가 증착된 성장 기판을 반응기(퍼니스)에 장착하고, 특정 온도(예를 들어, 500 내지 750)이상의 온도에서 반응 가스(제1 반응 가스 및/또는 제2 반응 가스)를 주입하는 경우, 주입된 반응 가스는 금속 촉매와 혼합되어 액체 상의 합금을 형성하게 되고, 고온 한계 이상으로 반응 가스가 혼합되면 반응 가스에 포함되어 있던 원소가 고체상으로 석출되어 성장 기판 상에 성장될 수 있다.
- [0199] 반응 가스는 제2 극성의 나노와이어를 형성하기 위한 전구체로, 제2 극성의 나노와이어로 III-V족 반도체가 사용되면, 반응 가스는 갈륨소스(Trimethyl Gallium(TMGa) 및/또는 Ga 금속) 및/또는 암모니아 기체와 같은 V족 반응 가스가 사용될 수 있다.
- [0200] 금속 촉매는 금, 은, 알루미늄, 구리, 니켈, 팔라듐, 백금, 루테튬, 코발트 및 갈륨 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0201] 예를 들면, 제2 극성의 나노와이어를 무촉매 유기금속 화학기상증착법(catalyst-free MOCVD)을 사용하여 성장되면, 촉매를 사용하지 않음으로 인해 촉매에 의한 오염을 방지할 수 있고, 전기적, 광학적 성능이 우수한 나노와이어를 제조할 수 있다.
- [0202] 이후, 성장된 제2 극성의 나노와이어를 수득한다.
- [0203] 성장된 제2 극성의 나노와이어의 직경은 10nm 내지 300nm일 수 있고, 적어도 하나 이상의 나노와이어의 직경은 10nm 내지 300nm일 수 있고, 적어도 하나 이상의 나노와이어의 직경이 10nm 미만이면 빛이 나노와이어의 크기를

인지할 수 없어, 나노와이어 어레이에 의한 표면 반사 감소 효과가 발생되지 않는 문제가 있고, 300 nm를 초과하면 나노와이어 어레이에 의한 후방 산란 효과가 발생하여 표면 반사율이 오히려 증가하는 문제가 있다.

- [0204] 보다 구체적으로, 나노와이어의 직경은 빛의 파장보다 크면 빛의 반사 특성이 더 강해지고, 빛의 파장보다 작으면 빛의 반사 특성이 줄어들게 된다.
- [0205] 예를 들면, 나노와이어의 굴절률을 n 이라고 하고, 태양전지가 흡수할 수 있는 파장 범위를 300 nm 내지 1100 nm(Si 물질 기준)로 하였을 때, 태양전지가 흡수할 수 있는 최대 파장인 1100 nm를 기준으로 나노와이어의 직경은 $1100/n$ 이하가 되어야 한다. Si 물질의 굴절률은 빛의 파장에 따라 값이 달라지기는 하나, 평균적으로 약 4 정도로 볼 수 있기 때문에, 나노와이어(141)의 최대 직경은 300 nm인 것이 바람직하다.
- [0206] 또한, 나노와이어를 제작할 때, 10 nm 이하에서는 나노와이어를 신뢰성 있게 제작하기에 어려움이 있으므로, 나노와이어의 최소 직경은 10 nm일 수 있고, 빛의 입장에서 물체의 크기가 10 nm 이하로 작아지면 구조로 인지할 수 없기에 나노와이어의 최대 직경은 10 nm인 것이 바람직하다.
- [0207] 또한, 바람직하게, 적어도 하나 이상의 나노와이어의 직경(d)은 30nm 내지 200nm일 수 있다. 적어도 하나 이상의 나노와이어의 직경(d)이 30nm 내지 200nm를 벗어나면, 나노와이어에 의해 표면의 반사가 감소되는 효과가 점차 감소되기 시작한다.
- [0208] 또한, 성장된 제2 극성의 나노와이어는 서로 다른 폭 또는 길이를 가질 수 있다.
- [0209] 마지막으로, 수득된 제2 극성의 나노와이어를 제2 극성의 반도체층 상에 전이시켜 제2 극성의 나노와이어 어레이를 형성한다.
- [0210] 성장 기관으로부터 수득된 제2 극성의 나노와이어는 벌크의 제1 극성의 반도체층으로 물리적 또는 화학적 방법을 사용하여 전이될 수 있다.
- [0211] 바람직하게, 성장 기관으로부터 수득된 제2 극성의 나노와이어는 용매에 분산시킨 나노와이어를 용액 공정을 이용하여 벌크의 제2 극성의 반도체층 상에 전이시킨 다음, 약 50 내지 150의 온도에서, 약 1분 내지 30분간 건조 시킴으로써, 제 2 극성의 나노와이어 어레이를 형성할 수 있다.
- [0212] 용매는 탈이온수, 아세트산, 에탄올, 메탄올, 다이클로로에틸렌, 트라이클로로에틸렌, 클로로포름, 클로로벤젠, 다이클로로벤젠, 스타이렌, 다이메틸포름아마이드, 다이메틸설폭사이드, 자일렌, 톨루엔, 사이클로헥센, 이소프로필알콜, 테트라하이드로퓨란, 이소프로필알콜, 테르피네올, 에틸렌글리콜, 다이에틸렌글리콜, 폴리에틸렌글리콜, 아세트나이트릴 및 아세톤 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0213] 제2 극성의 나노와이어는 스핀코팅(Spin-Coating), 물리적 기상 전송법(Physical Vapor Transport), 드랍캐스팅(Drop-Casting), 용매 어닐링(Solvent Annealing), shear force transfer 및 contact printing 중 적어도 어느 하나의 방법으로 전이될 수 있다.
- [0214] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 제조 방법은 성장 기관에서 제2 극성의 나노와이어를 성장시킨 후, 벌크의 제2 극성의 반도체층 상에 전이시킴으로써, 나노와이어를 형성하기 위한 식각 공정을 제거하여 층 손상을 방지하는 동시에 태양전지의 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0215] 또한, 기존에 150nm 이상의 두께를 갖는 벌크형 태양전지를 제조하기 위해서는 제작 원가가 높은 문제점이 있었으나, 본 발명은 성장 기관에서 제2 극성의 나노와이어를 성장시킨 후, 벌크의 제2 극성의 반도체층 상에 전이시켜 벌크형 태양전지를 제조함으로써, 제조 비용을 감소시키는 동시에 태양전지의 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0216] 제2 극성의 나노와이어 어레이의 제2 극성의 나노와이어는 일정한 주기를 갖도록 규칙적으로 배열되거나, 랜덤하게 배열될 수 있다.
- [0217] 제2 극성의 나노와이어 어레이의 제2 극성의 나노와이어가 일정한 주기를 갖도록 규칙적으로 배열되고, 나노와이어가 공간을 빈틈없이 채운다면, 적어도 하나 이상의 나노와이어의 주기는 10nm 내지 300nm일 수 있다.
- [0218] 또한, 성장 기관으로부터 분리된 제2 극성의 나노와이어를 제2 극성의 반도체층 상에 전이시켜 제2 극성의 나노와이어 어레이를 형성하는 과정은 적어도 1회 이상 반복 진행될 수 있다.
- [0219] 또한, 제2 극성의 나노와이어 어레이는 단층 또는 다층으로 형성될 수 있고, 제2 극성의 나노와이어 어레이가 다층으로 형성되는 경우, 각 층에 포함되는 제2 극성의 나노와이어는 서로 다른 폭 또는 길이를 가질 수 있다.
- [0220] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 제조 방법은 서로 다른 폭 또는

는 길이를 갖는 제2 극성의 나노와이어를 포함하는 제2 극성의 나노와이어 어레이를 상부 전극으로 사용함으로써, 표면 저항을 감소시키고 전류 확산을 향상시킬 수 있다.

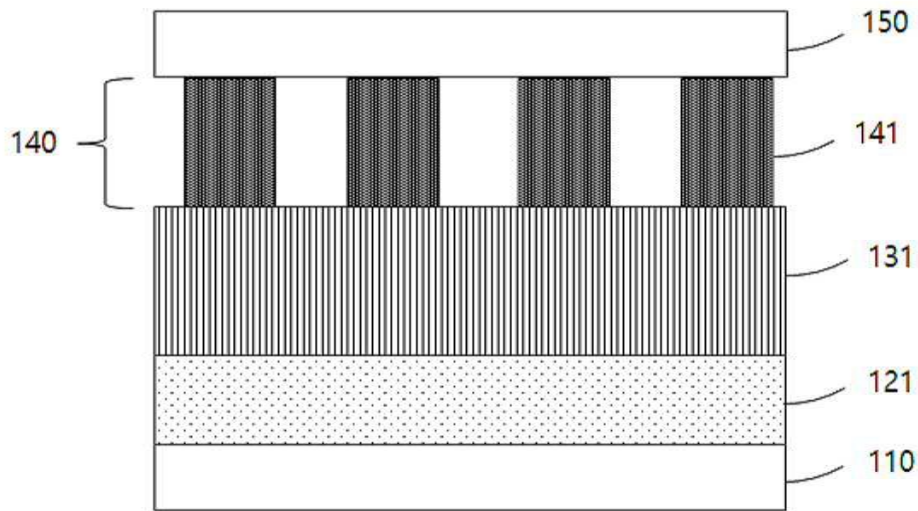
- [0222] 도 6a는 나노와이어가 랜덤으로 배열된 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 나노와이어 어레이를 도시한 광학현미경이미지이다.
- [0223] 도 6a를 참조하면, p형 극성을 갖는 실리콘 기판 표면에 100nm의 직경을 갖는 p형 극성을 갖는 실리콘 나노와이어가 잘 형성되는 것을 알 수 있다.
- [0224] 또한, p형 극성을 갖는 실리콘 나노와이어가 p형 극성을 갖는 실리콘 기판 표면에 랜덤으로 배열되는 것을 확인할 수 있다.
- [0226] 도 6b는 특정 영역에만 랜덤하게 배열된 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 나노와이어 어레이를 도시한 광학현미경이미지이다.
- [0227] 도 6b를 참조하면, 특정 영역에는 p형 극성을 갖는 실리콘 나노와이어가 랜덤하게 배열되고, 또 다른 특정 영역에서는 p형 극성을 갖는 실리콘 나노와이어가 배열되지 않은 것을 알 수 있다.
- [0229] 도 6c는 다층 구조로 배열된 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 나노와이어 어레이를 도시한 광학현미경이미지이다.
- [0230] 도 6c를 참조하면, p형 극성을 갖는 실리콘 나노와이어가 여러층에 걸쳐 밀집되게 랜덤으로 배열된 것을 확인할 수 있다.
- [0232] 도 7a는 나노와이어의 축을 도시한 입체도이고, 도 7b 및 도 7c는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 파장-반사율 특성을 도시한 그래프이다.
- [0233] 도 7a를 참조하면, 빛이 나노와이어에 수직 입사될 때, 편광 방향이 나노와이어 축에 수직(TE)인지, 평행(TM)인지 여부에 따라, TE/TM 편광으로 나눌 수 있고, 나노와이어의 축이 평행인 경우, TM 모드의 편광을 나타내고, 나노와이어의 축이 수직인 경우, TE 모드의 편광을 나타낸다. 또한, 편광에 따라 반사 특성이 달라질 수 있다.
- [0234] 도 7b는 수직 입사된 TE 편광의 빛에 대한 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 파장-반사율 특성을 도시한 것이고, 도 7c는 수평 입사된 TM 편광의 빛에 대한 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 어레이를 포함하는 태양 전지의 파장-반사율 특성을 도시한 것이다.
- [0235] 도 7b 및 도 7c는 나노와이어의 공간 채움 비율(fill fraction)이 30%, 50%, 70% 및 100%일 때, 나노와이어의 직경(D)에 따라 파장-반사율을 측정하였다.
- [0236] 도 7b 및 도 7c를 참조하면, TM 모드의 편광 및 TE 모드의 편광 모두, 공간 채움 비율(fill fraction)이 특정 값 이상이 되면 반사율이 감소되는 것을 알 수 있다.
- [0237] 또한, 나노와이어의 너비가 증가됨에 따라, 반사율이 감소되나, 나노와이어의 너비가 500nm인 경우, 오히려 반사율이 증가되는 것을 알 수 있다.
- [0239] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.
- [0240] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

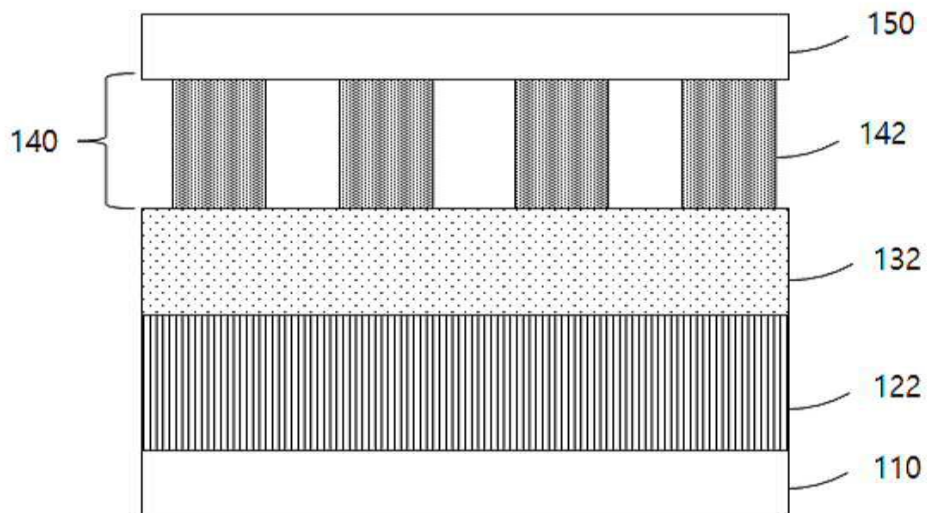
[0242]	110: 하부 전극	111, 112: 나노와이어
	121, 122: 제1 극성의 반도체층	131, 132: 제2 극성의 반도체층
	140: 상부 전극	141, 142: 나노와이어
	150: 서브 전극	

도면

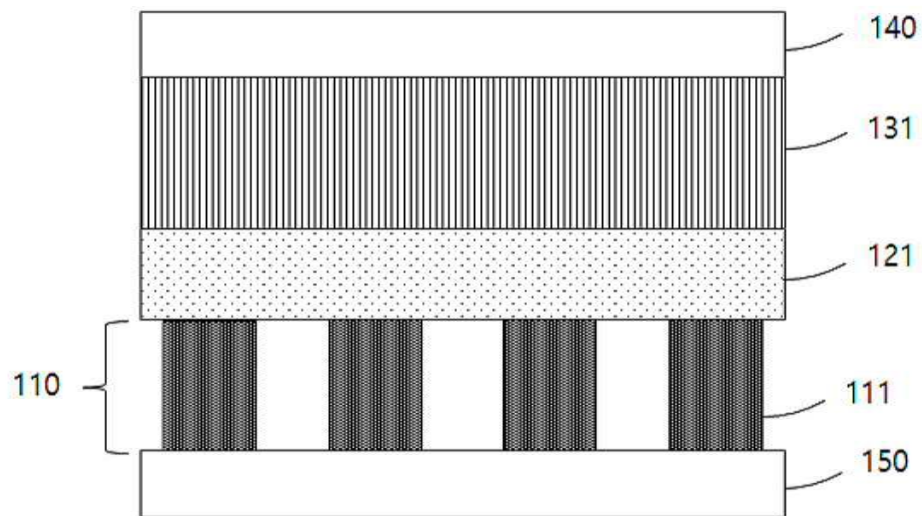
도면1a



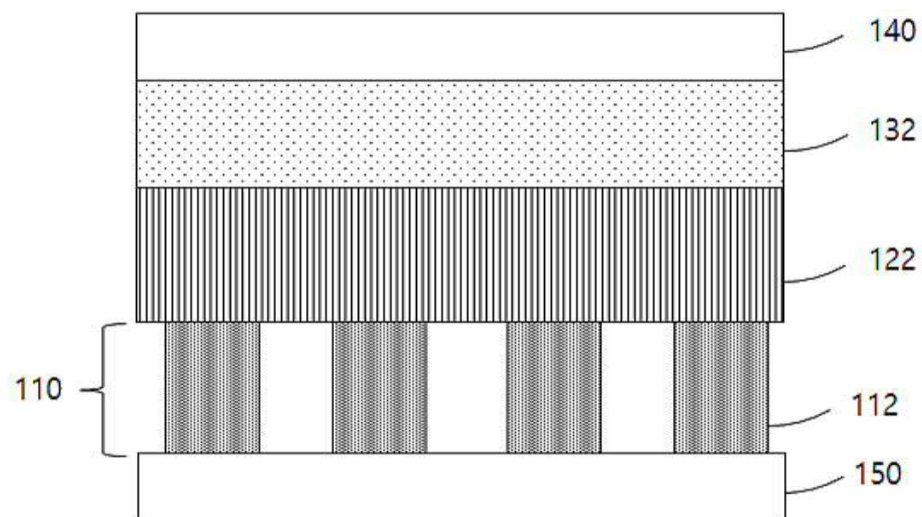
도면1b



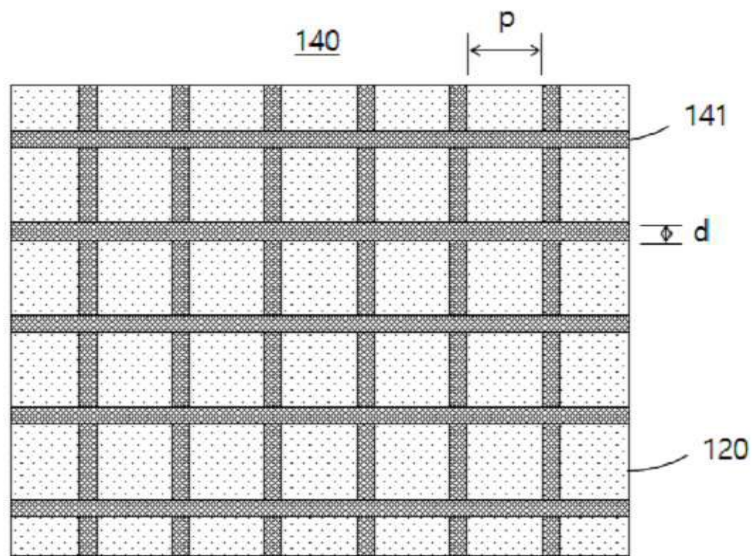
도면2a



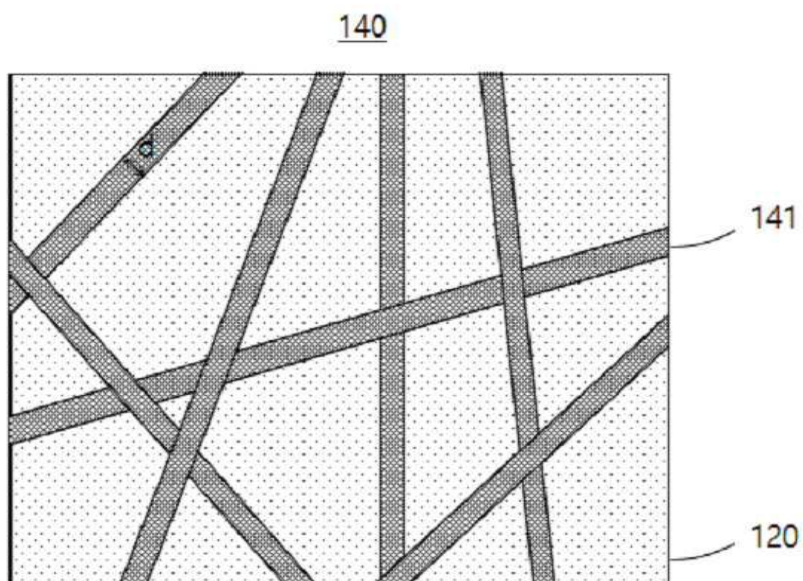
도면2b



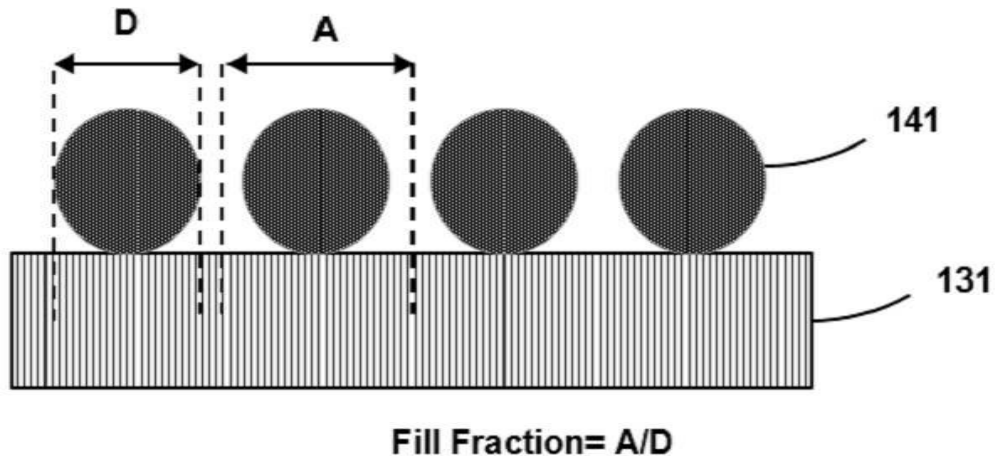
도면3a



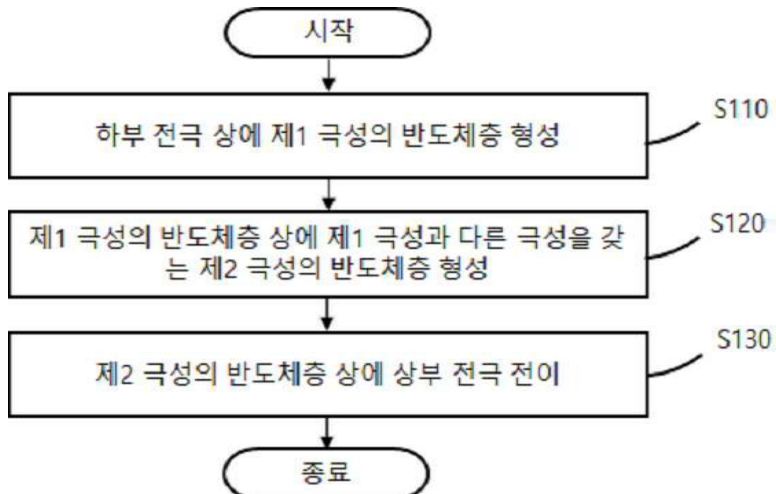
도면3b



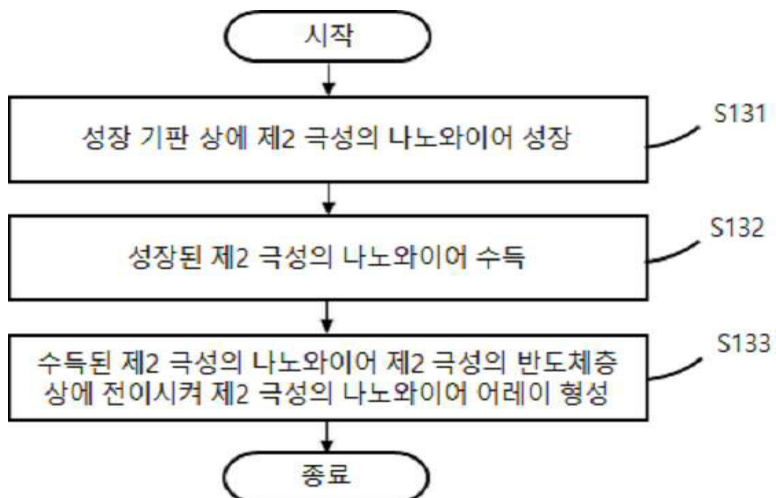
도면4



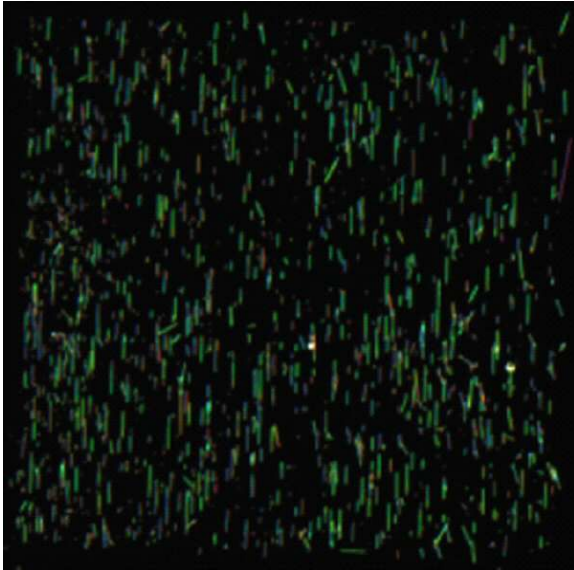
도면5a



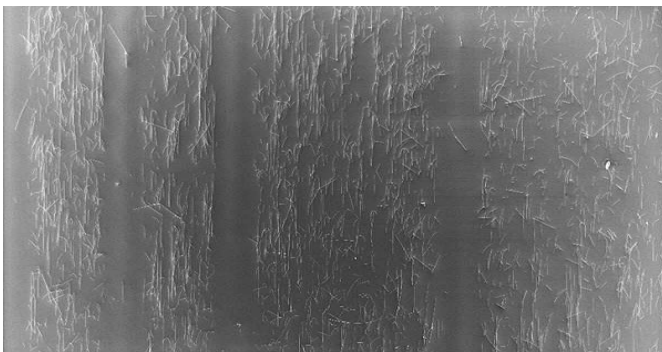
도면5b



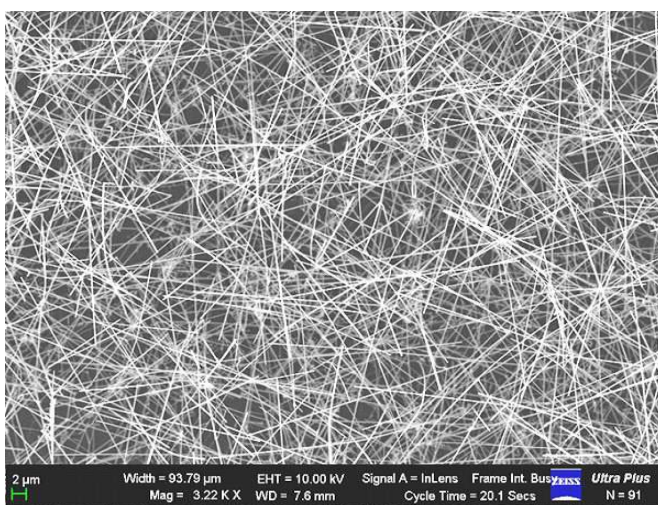
도면6a



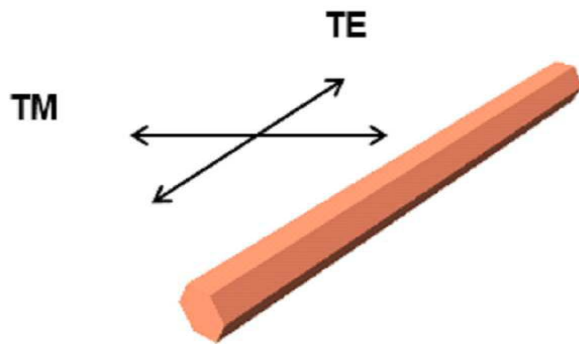
도면6b



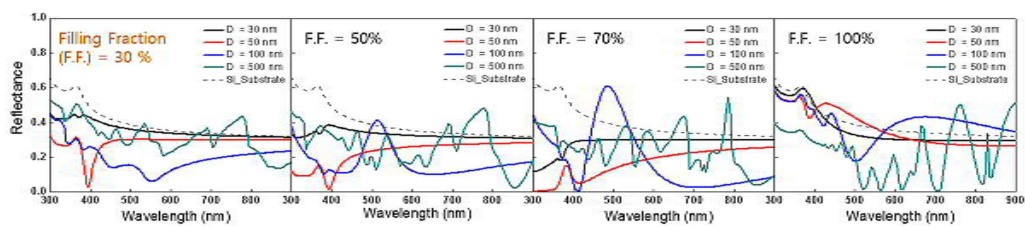
도면6c



도면7a



도면7b



도면7c

