



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년12월17일
 (11) 등록번호 10-1342490
 (24) 등록일자 2013년12월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/20 (2006.01) *H01L 21/205* (2006.01)
H01L 31/042 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2012-0086550
 (22) 출원일자 2012년08월08일
 심사청구일자 2012년08월08일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020070069144 A
 KR1020080081853 A
 KR100696362 B1
 KR100646696 B1

(73) 특허권자
한국광기술원
 광주광역시 북구 첨단벤처로108번길 9 (월출동)
국립대학법인 울산과학기술대학교 산학협력단
 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
 (72) 발명자
최경진
 서울특별시 중구 중림로 10 삼성사이버빌리지 10
 5동 502호
신재철
 광주광역시 광산구 월계동 선경아파트 102동 405
 호
 (74) 대리인
특허법인충현

전체 청구항 수 : 총 17 항

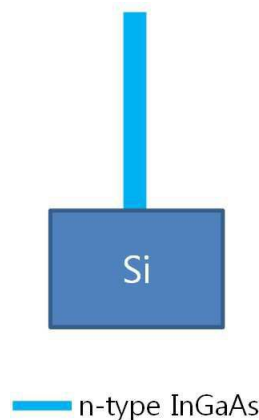
심사관 : 홍종선

(54) 발명의 명칭 **무촉매 방식의 대면적 나노선의 제조방법, 대면적 나노선, 이를 이용한 태양전지 및 발광다이오드**

(57) 요약

본 발명은 무촉매 방식의 대면적 나노선의 제조방법, 대면적 나노선, 이를 이용한 태양전지 및 발광다이오드에 관한 것으로 (a)반도체 기판을 계면활성제로 코팅하는 단계, (b)계면활성제로 코팅된 기판을 반응기로 이송하는 단계 및 (c)반응기에 III족의 유기금속, V족을 함유하는 기체 또는 유기금속을 주입한 후 유기금속 화학기상증착법(MOCVD)으로 상기 반도체 기판에 나노선을 성장시키는 단계를 포함함으로써, 촉매에 의한 오염을 방지하며 대면적의 반도체 기판 전체에 고밀도의 나노선이 성장할 수 있다.

대표도 - 도2a



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345144952

부처명 교육과학기술부

연구사업명 원천기술개발사업-미래기반기술개발(나노분야)-국가그린나노기술개발사업

연구과제명 III-V나노선/염료감응 탭덤형 광전변화효율 15%급 고효율 태양전지 개발

기여율 1/1

주관기관 울산과학기술대학교 산학협력단

연구기간 2011.09.01 ~ 2012.08.31

특허청구의 범위

청구항 1

(a)반도체 기판을 계면활성제로 코팅하는 단계;

(b)상기 계면활성제로 코팅된 기판을 반응기로 이송하는 단계; 및

(c)상기 반응기에 III족의 유기금속, V족을 함유하는 유기금속 또는 기체를 주입한 후 유기금속 화학기상증착법(MOCVD)으로 상기 반도체 기판에 나노선을 성장시키는 단계를 포함하며,

상기 (c)단계에서 V족을 함유하는 유기금속은 트리뷰틸아신, 트리뷰틸포스핀 및 트리메틸안티모니로 이루어진 군에서 선택된 1종이며, V족을 함유하는 기체는 이산화질소, 아신 및 포스핀으로 이루어진 군에서 선택된 1종인 것을 특징으로 하는 무촉매 방식의 대면적 나노선의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 (a)단계에서 반도체 기판은 실리콘, 사파이어, 유리, 산화알루미늄 및 산화마그네슘으로 이루어진 군에서 선택된 1종인 것을 특징으로 하는 무촉매 방식의 대면적 나노선의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 (a)단계에서 계면활성제는 폴리라이신, 폴리에틸렌이민 및 키토산으로 이루어진 군에서 선택된 1종인 것을 특징으로 하는 무촉매 방식의 대면적 나노선의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 (a)단계에서 계면활성제는 코팅막의 두께가 10 내지 70 nm가 되도록 코팅하는 것을 특징으로 하는 무촉매 방식의 대면적 나노선의 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 (c)단계에서 III족의 유기금속은 갈륨, 인듐, 알루미늄 및 탈륨으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상의 금속인 것을 특징으로 하는 무촉매 방식의 대면적 나노선의 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 (c)단계에서 III족의 유기금속은 갈륨 및 인듐이 혼합된 혼합금속인 것을 특징으로 하는 무촉매 방식의 대면적 나노선의 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 (c)단계에서 III족의 유기금속은 다이메틸인듐, 다이메틸갈륨, 다이메틸알루미늄, 다이에틸인듐, 다이에틸갈륨 및 다이에틸알루미늄인듐으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상인 것을 특징으로 하는 무촉매 방식의 대면적 나노선의 제조방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 (c)단계에서 III족 유기금속의 분자흐름은 1×10^{-3} 내지 1×10^{-7} mol/min 인 것을 특징으로 하는 무촉매 방식의 대면적 나노선의 제조방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 (c)단계에서 V족은 질소, 인, 비소 및 안티몬으로 이루어진 군에서 선택된 1종인 것을 특징으로 하는 무촉매 방식의 대면적 나노선의 제조방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 (c)단계에서 V족은 비소인 것을 특징으로 하는 무촉매 방식의 대면적 나노선의

제조방법.

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 (c)단계에서 III족의 유기금속과, V족을 함유하는 유기금속 또는 기체의 몰비는 1 : 10~300인 것을 특징으로 하는 무촉매 방식의 대면적 나노선의 제조방법.

청구항 14

제1항에 있어서, 상기 (c)단계에서 나노선 성장시 온도는 450 내지 800 °C인 것을 특징으로 하는 무촉매 방식의 대면적 나노선의 제조방법.

청구항 15

제1항에 있어서, 상기 (c)단계에서 나노선 성장시 압력은 50 내지 1300 mbar인 것을 특징으로 하는 무촉매 방식의 대면적 나노선의 제조방법.

청구항 16

제1항 내지 제10항 및 제13항 내지 제15항 중 어느 한 항의 제조방법에 따라 제조된 직경 200 nm 이하의 나노선.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 나노선은 나노선 수의 밀도가 1×10^7 내지 8×10^9 개/cm²인 것을 특징으로 하는 나노선.

청구항 18

제1항 내지 제10항 및 제13항 내지 제15항 중 어느 한 항의 제조방법에 따라 제조된 나노선을 이용하여 제조된 태양전지.

청구항 19

제1항 내지 제10항 및 제13항 내지 제15항 중 어느 한 항의 제조방법에 따라 제조된 나노선을 이용하여 제조된 발광다이오드.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 촉매를 사용하지 않고 반도체 기판 전체에 고밀도의 나노선을 성장시킬 수 있는 무촉매 방식의 대면적 나노선의 제조방법, 대면적 나노선, 이를 이용한 태양전지 및 발광다이오드에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 나노 크기의 작은 직경을 갖는 물질들은 새로운 물리화학적 성질, 즉 독특한 전기적, 광학적, 기계적인 특성 때문에 최근 과학계에서 매우 중요한 분야로 대두되고 있다. 지금까지 진행되어 온 나노구조에 관한 연구는 양자 크기효과(Quantum size effect)와 같은 새로운 현상으로 미래의 새로운 광소자 물질로서의 가능성을 보여주고 있다.

[0003] 나노선은 나노전자소자와 반도체 발광소자를 포함한 광소자뿐만 아니라 환경관련 소재에 응용될 수 있고, 특히

반도체 나노화합물의 경우, 단일 전자 트랜지스터(SET) 소자뿐만 아니라 새로운 광소자 재료로 각광 받고 있다.

- [0004] 특히, 나노선의 제조기술은 나노테크놀로지의 근간이 되는 중요한 소자 재료의 개발이라는 면에서 큰 의미를 갖고 있다.
- [0005] 또한, 나노세계가 아직 미개척 분야인 점을 감안한다면 나노선은 보다 넓은 분야에 응용될 수 있다.
- [0006] 현재까지 나노선 합성에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, Si, Ge, GaN, GaAs 등 여러 가지 물질들로 제조된 나노선이 보고되고 있다. 이러한 나노선의 제조에는 주로 금과 같은 금속을 촉매로 이용하는 기상이송법(vapor-phase transport process), 물리증착법(physical vapor deposition)을 응용한 방법 등이 이용되어 직경이 대략 30 내지 150 nm인 나노선을 합성하는 방법이 개발된 바 있다.
- [0007] 이와 같은 기존의 금속 촉매를 이용한 나노선 합성방법에서는 금 등의 금속을 적당한 온도로 어닐링시켜 나노미터 크기의 액적(liquid droplet)을 만들고 이를 촉매로 이용한다. 이러한 방법에서는 나노선의 액체상태의 금속 촉매에 의해 고용화된 후 석출과정을 거치면서 합성되기 때문에, 이 과정에서 미량의 금속 촉매들이 나노선 내에 들어가는 것을 막을 수 없다. 이러한 불순물은 나노선의 고유 특성을 저하시키며, 특히 반도체 나노선의 경우 이러한 불순물은 의도하지 않은 결합 준위를 형성시켜서 전기적, 광학적 특성을 급격히 저하시키는 문제점이 있다.
- [0008] 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 종래 대한민국 등록특허 제0456016호에는 아연-함유 유기금속과, 산소-함유 기체 또는 산소-함유 유기물을 이용하여 유기금속 화학증착법으로 나노선을 성장시키는 기술이 개시되어 있다. 상기 기술은 금속 촉매를 사용하지 않으므로 나노선에 불순물이 들어가는 문제는 없지만 대면적의 기판에 사용시 기판 전체에 나노선이 형성되지 않고 국부적으로 나노선 형성되는 문제가 있다.
- [0009] 따라서 촉매에 의한 오염을 방지하면서 대면적의 반도체 기판 전체에 고밀도의 나노선이 성장할 수 있는 나노선 성장방법이 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명의 목적은 촉매에 의한 오염을 방지하면서 대면적의 반도체 기판 전체에 고밀도의 나노선이 성장할 수 있는 무촉매 방식의 대면적 나노선의 제조방법을 제공하는데 있다.
- [0011] 또한, 본 발명의 다른 목적은 상기 나노선의 제조방법으로 제조된 나노선을 제공하는데 있다.
- [0012] 또한, 본 발명의 또 다른 목적은 상기 나노선의 제조방법으로 제조된 나노선을 이용한 태양전지를 제공하는데 있다.
- [0013] 또한, 본 발명의 또 다른 목적은 상기 나노선의 제조방법으로 제조된 나노선을 이용한 발광다이오드를 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

- [0014] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 나노선 제조방법은 (a)반도체 기판을 계면활성제로 코팅하는 단계; (b)상기 계면활성제로 코팅된 기판을 반응기로 이송하는 단계; 및 (c)상기 반응기에 III족의 유기금속, V족을 함유하는 유기금속 또는 기체를 주입한 후 유기금속 화학기상증착법(MOCVD)으로 상기 반도체 기판에 나노선을 성장시키는 단계를 포함할 수 있다.
- [0015] 상기 (a)단계에서 반도체 기판은 실리콘, 사파이어, 유리, 산화알루미늄 및 산화마그네슘으로 이루어진 군에서 선택된 1종일 수 있으며, 계면활성제는 폴리라이신, 폴리에틸렌이민, 키토산 등으로 이루어진 군에서 선택된 1종일 수 있다.
- [0016] 상기 (a)단계에서 계면활성제는 코팅막이 10 내지 70 nm의 두께가 되도록 코팅될 수 있다.
- [0017] 상기 (c)단계에서 III족의 유기금속은 갈륨, 인듐, 알루미늄 및 탈륨으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상의 금속, 바람직하게는 갈륨 및 인듐이 혼합된 혼합금속일 수 있다.
- [0018] 상기 (c)단계에서 III족의 유기금속은 구체적으로 다이메틸인듐, 다이메틸갈륨, 다이메틸알루미늄, 다이에틸인듐, 다이에틸갈륨 및 다이에틸알루미늄 등으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상일 수 있다.

- [0019] 상기 (c)단계에서 III족 유기금속의 분자흐름은 1×10^{-3} 내지 1×10^{-7} mol/min일 수 있다.
- [0020] 상기 (c)단계에서 V족은 질소, 인, 비소 및 안티몬으로 이루어진 군에서 선택된 1종일 수 있으며, 바람직하게는 비소일 수 있다.
- [0021] 상기 (c)단계에서 V족을 함유하는 기체는 구체적으로 이산화질소, 아신 및 포스핀 등으로 이루어진 군에서 선택된 1종일 수 있으며, V족을 함유하는 유기금속은 구체적으로 트리뷰틸아신, 트리뷰틸포스핀, 및 트리메틸안티모니 등으로 이루어진 군에서 선택된 1종일 수 있다.
- [0022] 상기 (c)단계에서 III족의 유기금속과, V족을 함유하는 유기금속 또는 기체의 몰비는 1 : 10~300일 수 있다.
- [0023] 상기 (c)단계에서 나노선 성장시 온도는 450 내지 800 °C일 수 있으며, 압력은 50 내지 1300 mbar일 수 있다.
- [0024] 또한, 상기한 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 나노선은 상기 제조방법에 따라 제조되어 직경이 200 nm 이하일 수 있으며, 나노선 수의 밀도는 1×10^7 내지 8×10^9 개/cm²일 수 있다.
- [0025] 또한, 상기한 또 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 태양전지는 상기 제조방법에 따라 제조된 나노선을 이용할 수 있다.
- [0026] 또한, 상기한 또 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 발광다이오드는 상기 제조방법에 따라 제조된 나노선을 이용할 수 있다.

발명의 효과

- [0027] 본 발명의 나노선 제조방법은 촉매를 사용하지 않고 나노선을 성장시키므로 촉매에 의한 오염을 방지할 수 있으며 전기적, 광학적 특성이 우수하다.
- [0028] 또한, 본 발명의 나노선 제조방법은 대면적(예컨대, 2x2인치)의 반도체 기관 전체에 고르게 고밀도의 나노선을 형성시킬 수 있다.
- [0029] 또한, 본 발명의 나노선 제조방법을 이용하면 나노선 두께와 길이가 균일할 뿐만 아니라 기체에 수직인 방향으로 잘 배향되므로 태양전지, 발광 다이오드 적외선 검출기 등에 적용시 보다 우수한 전기적, 광학적 특성을 보인다.

도면의 간단한 설명

- [0030] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따라 제조된 나노선을 상측에서 촬영한 SEM사진이다.
- 도 2a는 본 발명의 일실시예에 따라 제조된 나노선의 구조를 나타낸 도면이다.
- 도 2b는 본 발명의 일실시예에 따라 제조된 나노선을 45° 에서 촬영한 SEM사진이다.
- 도 2c는 본 발명의 일실시예에 따라 제조된 나노선을 측면에서 촬영한 SEM사진이다.
- 도 3은 종래의 방법에 따라 제조된 나노선을 45° 에서 촬영한 SEM사진이다.
- 도 4는 본 발명의 일실시예에 따라 제조된 나노선을 XRD로 측정된 그래프이다.
- 도 5a는 본 발명의 일실시예에 따라 제조된 나노선을 코어-셸 구조로 형성한 도면이다.
- 도 5b는 본 발명의 일실시예에 따라 제조된 나노선을 이용하여 형성한 코어-셸 구조를 촬영한 SEM사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0031] 본 발명은 촉매를 사용하지 않고 반도체 기관 전체에 고밀도의 나노선을 성장시킬 수 있는 무촉매 방식의 대면적 나노선의 제조방법, 대면적 나노선, 이를 이용한 태양전지 및 발광다이오드에 관한 것이다.
- [0032] 이하, 본 발명을 상세하게 설명한다.
- [0033] 본 발명의 무촉매 방식의 대면적 나노선의 제조방법은 (a)반도체 기관을 계면활성제로 코팅하는 단계; (b)상기 계면활성제로 코팅된 기관을 반응기로 이송하는 단계; 및 (c)상기 반응기에 III족의 유기금속, V족을 함유하는

유기금속 또는 기체를 주입한 후 유기금속 화학기상증착법(MOCVD)으로 상기 반도체 기판에 나노선을 성장시키는 단계를 포함한다.

- [0034] 먼저, 상기 (a)단계에서는 통상 사용되는 BOE(buffered oxide etchant) 및 HF용액을 이용하여 자연 산화막(native oxide)이 제거된 반도체 기판의 표면을 계면활성제로 코팅시킨다.
- [0035] 상기 계면활성제로 코팅된 코팅막의 두께는 10 내지 70 nm, 바람직하게는 30 내지 50 nm이다. 코팅막의 두께가 상기 범위를 만족하지 못하는 경우에는 대면적 반도체 기판의 일부에만 나노선이 성장할 수 있으며, 나노선의 두께와 길이가 균일하지 못할 수 있다.
- [0036] 상기 반도체 기판은 특별히 한정되지 않으며, 예를 들면 실리콘, 사파이어, 유리, 산화알루미늄($Al_2O_3(0001)$) 또는 $Al_2O_3(1100)$) 및 산화마그네슘으로 이루어진 군에서 선택된 1종의 기판일 수 있고, 바람직하게는 실리콘 기판일 수 있다.
- [0037] 상기 계면활성제는 반도체 기판의 표면에 차지(charge)를 유발시켜 이후 반응기에서 나노선을 성장시킬 때 전구체 물질이 표면에 잘 흡착되어 반응이 균일하게 일어나도록 하므로 대면적(예컨대, 2X2 인치)의 반도체 기판 전체에 나노선이 고르게 성장하는 것으로서, 구체적으로 폴리라이신(poly(lysine)), 폴리에틸렌아민 및 키토산 등으로 이루어진 군에서 선택된 1종 또는 2종 이상을 들 수 있으며, 바람직하게는 폴리라이신이다.
- [0038] 반도체 기판에 계면활성제를 코팅하지 않고 나노선을 성장시키면 반도체 기판의 일부에만 국부적으로 나노선이 성장될 수 있다.
- [0039] 다음으로, 상기 (b)단계에서는 (a)단계에서 계면활성제로 코팅된 기판을 반응기로 이송한다.
- [0040] 코팅된 기판의 표면에 자연 산화막(native oxide)이 생성되면 나노선이 성장하지 않거나, 반도체 기판 일부에 국부적으로 성장할 수 있으므로 자연 산화막이 생성되는 것을 방지하기 위하여 빠르게 반응기로 이송한다.
- [0041] 다음으로, 상기 (c)단계에서는 반응기에 전구체 물질을 주입한 후 통상적인 유기금속 화학기상증착법(MOCVD)으로 나노선을 성장시킨다. 이때 반응기는 유기금속 화학기상증착기이며, 나노선은 반도체 기판과 전구체 물질들의 격자상수 차이에 의하여 성장된다.
- [0042] 전구체 물질로는 III족의 유기금속, 및 V족을 함유하는 유기금속 또는 기체를 사용하고, 운반기체로는 아르곤 등의 불활성 가스를 이용한다. 상기 각 전구체 물질을 개별적으로 라인을 통해 각각 반응기에 주입하고 반응기 내에서 상기 전구체 물질들을 화학반응시켜 반도체 기판 상에 나노선을 증착, 성장시키는 방법으로 수행된다.
- [0043] 이때 반응기의 온도는 450 내지 800 °C, 바람직하게는 500 내지 650 °C를 유지하며; 압력은 50 내지 1300 mbar, 바람직하게는 50 내지 900 mbar를 유지한다. 반응기의 온도 및/또는 압력이 상기 범위를 벗어나는 경우에는 나노선이 균일하게 성장하지 못하거나 기판의 일부에만 나노선이 성장할 수 있다.
- [0044] 상기 III족의 유기금속은 갈륨, 인듐, 알루미늄 및 탈륨으로 이루어진 군에서 선택된 1종 또는 2종 이상의 금속일 수 있으며, 바람직하게는 갈륨 및 인듐이 혼합된 혼합금속이다.
- [0045] 구체적으로, 반응기에 주입되는 III족의 유기금속은 다이메틸인듐, 다이메틸갈륨, 다이메틸알루미늄, 다이에틸인듐, 다이에틸갈륨, 및 다이에틸알루미늄인듐 등으로 이루어진 군에서 선택된 1종 또는 2종 이상일 수 있으며, 바람직하게는 다이메틸인듐, 다이메틸갈륨 및 다이에틸알루미늄인듐으로 이루어진 군에서 갈륨 화합물 및 인듐 화합물이 혼합된 것이다
- [0046] 상기 III족 유기금속의 분자흐름은 1×10^{-3} 내지 1×10^{-7} mol/min이다. 분자흐름이 상기 범위를 벗어나는 경우에는 나노선의 두께와 길이가 균일하게 성장하지 못할 수 있으며, 나노선이 기판 전면에 성장하지 못할 수 있다.
- [0047] 상기 V족은 질소, 인, 비소 및 안티몬으로 이루어진 군에서 선택된 1종일 수 있으며, 바람직하게는 비소일 수 있다.
- [0048] 구체적으로, V족을 함유하는 기체는 이산화질소, 아신(arsine) 및 포스핀(phosphine)으로 이루어진 군에서 선택된 1종일 수 있으며, 바람직하게는 아신일 수 있다. 또한 V족을 함유하는 유기금속은 트리뷰틸아신, 트리뷰틸포스핀 및 트리메틸안티모니로 이루어진 군에서 선택된 1종일 수 있으며, 바람직하게는 트리뷰틸아신일 수 있다.
- [0049] 이때 상기 III족의 유기금속과, V족을 함유하는 유기금속 또는 기체의 몰비는 1 : 10~300, 바람직하게는 1 :

10~200이다. III족의 유기금속을 기준으로 V족을 함유하는 유기금속 또는 기체의 몰비가 상기 범위를 벗어나는 경우에는 성장된 나노선이 균일하지 않거나, 기관 전면에 성장하지 못하는 문제점이 발생할 수 있다.

[0050] 갈륨 화합물 및 인듐 화합물이 혼합된 유기금속과 비소를 함유하는 기체를 이용하면 $In_xGa_{1-x}As$ (X는 0.1 내지 0.9의 소수) 나노선을 제조할 수 있다.

[0051] 본 발명에 따라 제조된 나노선의 수의 밀도는 1×10^7 내지 8×10^9 개/ cm^2 이며(도 1), 제조된 나노선은 금속 촉매를 사용하지 않고도 계면활성제의 표면에 전구체들이 핵생성제로 성장되기 때문에 촉매에 의한 오염이 방지되어 전 기적, 광학적 특성이 우수하다.

[0052] 또한, 나노선의 직경을 200 nm이하, 바람직하게는 20 내지 200 nm로 조절할 수 있으며, 반응시간 경과에 따라 생성된 나노선의 두께와 길이가 균일하기 때문에 태양전지, 발광 다이오드 적외선 검출기 등에 적용이 용이하다.

[0053] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 바람직한 실시예를 제시하나, 하기 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐 본 발명의 범주 및 기술사상 범위 내에서 다양한 변경 및 수정이 가능함은 당업자에게 있어서 명백한 것이며, 이러한 변형 및 수정이 첨부된 특허청구범위에 속하는 것도 당연한 것이다.

[0054] **실시예 1.**

[0055] 폴리라이신을 실리콘 기관에 50 nm 정도의 두께로 코팅한 후 유기금속 화학기상증착기로 빠르게 이송한다. 다이메틸인듐과 다이메틸갈륨의 혼합물과 아신이 각각 라인을 통해 상기 유기금속 화학기상증착기에 주입되고 600 °C 및 300 mbar압력 하에서 화학반응을 진행하여 1시간에 걸쳐 실리콘 기관 상에 인듐갈륨비소 나노선을 증착, 성장시켰다. 이때 다이메틸인듐과 다이메틸갈륨 혼합물의 분자흐름은 5×10^{-5} mol/min이며, 디메틸인듐과 디메틸갈륨 혼합물과 아신의 몰비는 1:90이다.

[0056] **비교예 1.**

[0057] 상기 실시예 1과 동일하게 실시하되, 폴리라이신으로 코팅하지 않고 나노선을 성장하였다.

[0058] **시험예 1. 나노선을 SEM으로 측정**

[0059] 도 2는 본 발명에 따라 실시예 및 비교예에서 제조된 나노선을 SEM으로 촬영한 사진이다.

[0060] 도 2a에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따라 제조된 나노선은 반도체 기관과 수직으로 형성된 n-type의 나노선이다.

[0061] 또한 도 2b, 도 2b에 도시된 바와 같이 본 발명의 실시예에 따라 나노선이 성장된 기관을 45° 에서 촬영한 SEM 사진 및 측면에서 촬영한 SEM사진을 살펴보면, 불순물 없이 균일하게 나노선이 성장하였으며 비교예 1에 제조된 나노선(도 3)에 비하여 반도체 기관에 빈 공간이 거의 없이 나노선이 성장되어 있다.

[0062] 반면, 비교예 1에 제조된 n-type의 나노선을 촬영한 SEM사진(도 3)을 살펴보면 생성된 나노선의 두께가 균일하지 못하고 나노선이 성장하지 못한 부분이 많은 것을 알 수 있다.

[0063] **시험예 2. 나노선을 XRD로 측정**

[0064] 도 4는 본 발명에 따라 실시예에서 제조된 나노선을 XRD로 측정한 그래프이다.

[0065] 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따라 실시예에서 제조된 나노선은 실리콘 기관 위에 헤테로에피택셜(이종 적층, heteroepitaxial)하게 성장되었다.

[0066] 상기와 같이 본 발명에 따라 제조된 나노선은 도 5a에 도시된 바와 같이 코어-셸 구조로 형성하여 태양전지, 발

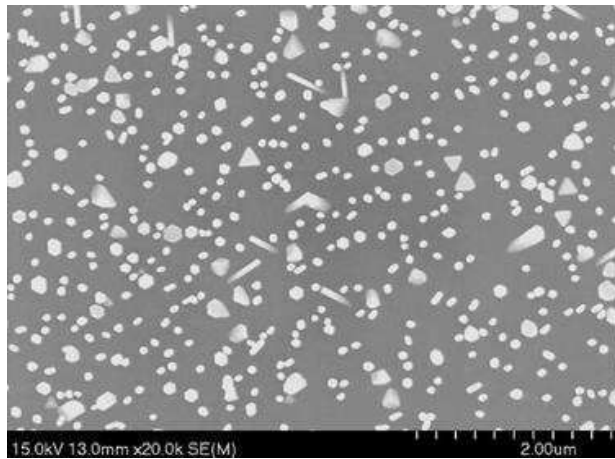
광다이오드 등에 적용할 수 있다.

[0067] 도 5b는 나노선을 코어-셸 구조로 형성한 후 이를 45° 에서 촬영한 SEM사진이다. 도 5b에 도시된 바와 같이, 코어-셸 구조로 형성 후에도 두께 및 길이가 균일한 것을 알 수 있다. 그러므로 태양전지, 발광다이오드 등에 적용시 우수한 전기적, 광학적 특성을 갖는다.

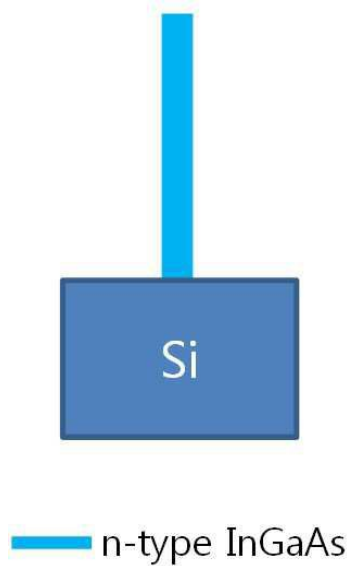
[0068]

도면

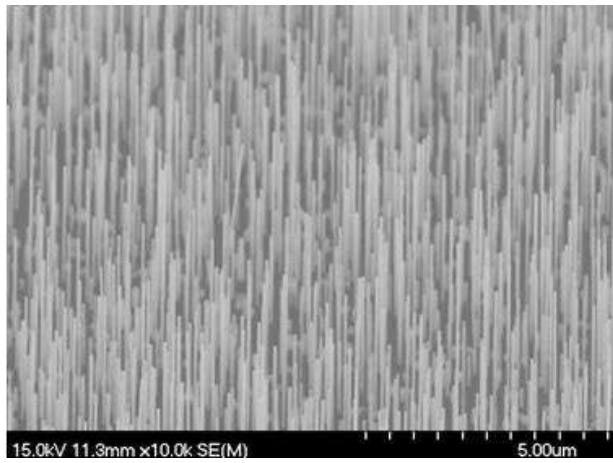
도면1



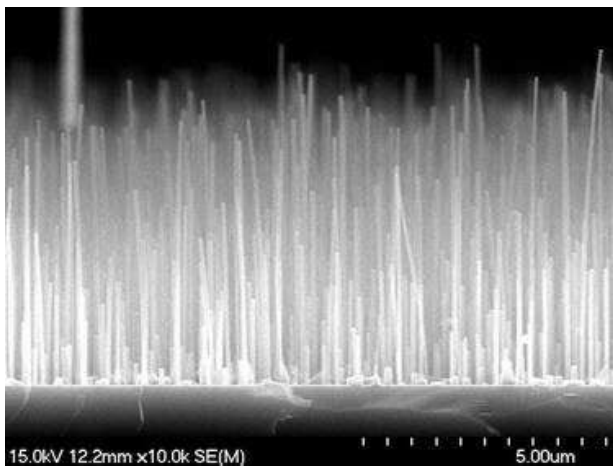
도면2a



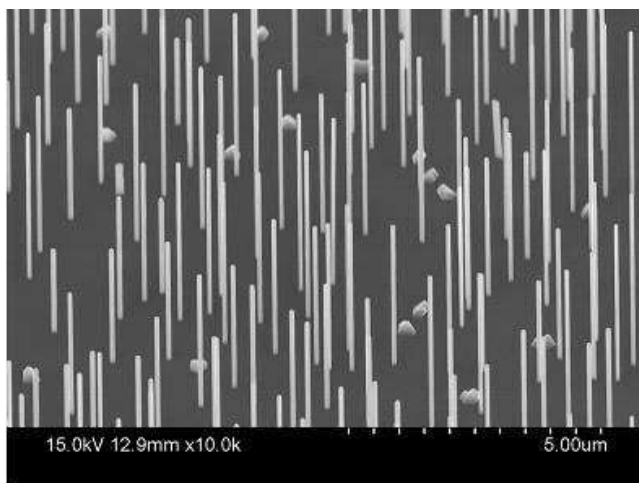
도면2b



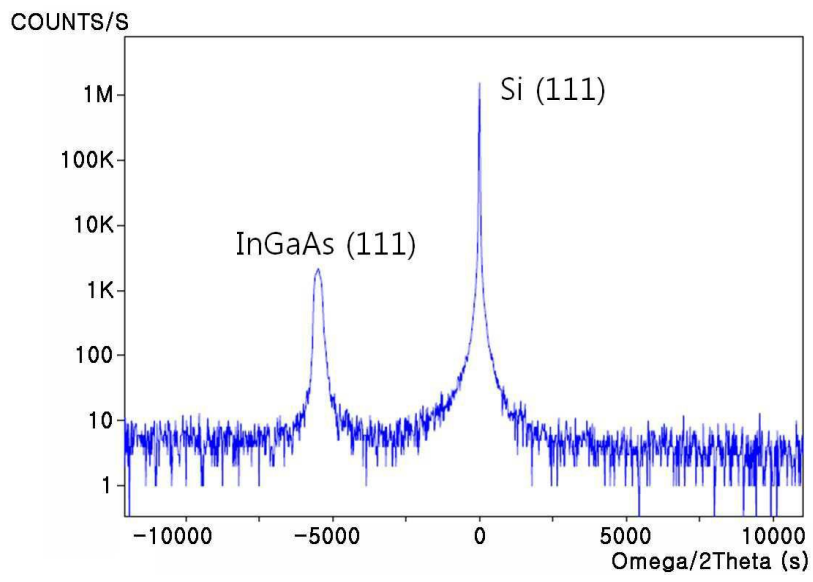
도면2c



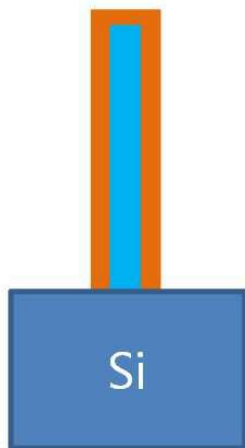
도면3



도면4



도면5a



— n-type InGaAs

— p-type InGaAs

도면5b

