(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0010026
(43) 공개일자 2011년01월31일

(51) Int. Cl.
H01L 29/861 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0067526
(22) 출원일자 2009년07월23일
심사청구일자 2009년07월23일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가 1
(72) 발명자
김상식
서울특별시 송파구 가락동 우성아파트 3동 305호
조경아
서울특별시 광진구 능동 225-5
전진형
서울특별시 용산구 용문동 5-4
(74) 대리인
특허법인 대아

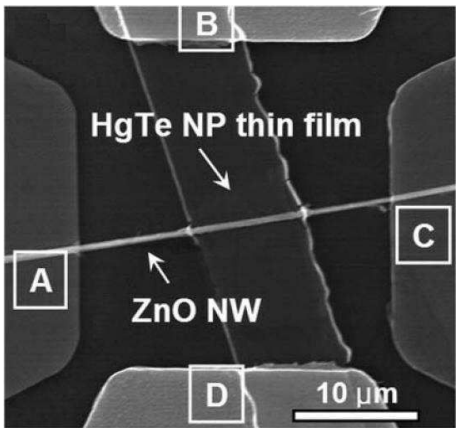
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 나노선과 나노입자막으로 구성된 p n 이종접합 다이오드 및 이를 제조하는 방법

(57) 요 약

본 발명은 나노선과 나노입자막으로 구성된 pn 이종접합 다이오드 및 이를 제조하는 방법에 관한 것으로, 나노선과, 상기 나노선과 교차접합되는 라인 패턴 형태의 나노입자막과, 상기 나노선 및 상기 나노입자막의 양단에 각각 형성되는 전극을 포함하여, 상기 나노입자막의 전극 중 선택된 어느 하나에서 상기 나노선의 전극 중 선택된 어느 하나로 이어지는 경로에서 정류특성이 나타나도록 구성함으로써, 정류특성이 안정적으로 나타날 수 있도록 하고, 저전압에서 동작할 수 있고, 동작 속도를 증가시킬 수 있도록 하는 발명에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 R0A20050001004502008
부처명 한국과학재단
연구관리전문기관
연구사업명 국가지정연구실사업
연구과제명 이종차원 하이브리드 나노재료를 이용한 메모리/광 나노소자 개발
기여율
주관기관 한국과학재단
연구기간 2008년 04월 01일~ 2009년 03월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

나노선;

상기 나노선과 교차접합되는 라인 패턴 형태의 나노입자막; 및

상기 나노입자막 및 상기 나노선의 양단에 각각 형성되는 전극을 포함하여, 상기 나노입자막의 전극 중 선택된 어느 하나에서 상기 나노선의 전극 중 선택된 어느 하나로 이어지는 경로에서 정류특성을 나타내는 것을 특징으로 하는 pn 이종접합 다이오드.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 나노선의 지름은 10 ~ 500㎚이고, 길이는 100㎚ ~ 30㎛인 것을 특징으로 하는 pn 이종접합 다이오드.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 라인 패턴의 선폭은 10㎚ ~ 10㎛이고, 길이는 100㎚ ~ 30㎛인 것을 특징으로 하는 pn 이종접합 다이오드.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 나노선은 n형 반도체 Si, Ge, GaN, InP, GaAs, GaP, SiC, ZnO 및 Ga_2O_3 중 어느 하나의 성분으로 이루어진 것이고, 상기 나노입자막은 p형 반도체 Si, Ge, GaN, InP, GaAs, GaP, SiC, ZnO, CdTe, HgTe, Cu_2O, $CuAlO_2$, CuGaO 및 PbS 중 어느 하나의 성분으로 이루어진 것을 특징으로 하는 pn 이종접합 다이오드.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 나노선은 p형 반도체 Si, Ge, GaN, InP, GaAs, GaP, SiC, ZnO 및 CuO 중 어느 하나의 성분으로 이루어진 것이고, 상기 나노입자막은 n형 반도체 Si, Ge, GaN, InP, GaAs, GaP, SiC, ZnO, HgSe 및 CdS 중 어느 하나의 성분으로 이루어진 것을 특징으로 하는 pn 이종접합 다이오드.

청구항 6

절연층 상부에 나노선을 형성하는 단계;

상기 나노선 및 상기 절연층 상부에 상기 나노선과 교차접합되는 라인 패턴 형태의 나노입자막을 형성하는 단계; 및

상기 나노입자막의 양단에 각각 제 1 전극 및 제 2 전극을 형성하고, 상기 나노선의 양단에 각각 제 3 전극 및 제 4 전극을 형성하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 pn 이종접합 다이오드 제조 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 나노입자막을 형성하는 단계는

상기 절연층 상부에 라인/스페이스 타입의 감광막 패턴을 형성하는 단계;

상기 감광막 패턴 사이의 영역에 나노입자막을 스핀 코팅(Spin Coating) 방법으로 형성하는 단계;

상기 나노입자막을 경화시키는 단계; 및

상기 감광막 패턴을 제거하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 pn 이종접합 다이오드 제조 방법.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 나노입자막을 경화시키는 단계는 50 ~ 300℃의 온도에서 1분 ~ 1시간 가열하는 것을 특징으로 하는 pn 이종접합 다이오드 제조 방법.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 절연층은 유리, 나무, 플라스틱, 고무, SiO_2층이 형성된 실리콘 기판 및 Al_2O_3층이 형성된 실리콘 기판 중 어느 하나로 이루어진 것을 특징으로 하는 pn 이종접합 다이오드 제조 방법.

청구항 10

SiO_2층 상부에 n형 ZnO 나노선을 형성하는 단계;

상기 n형 ZnO 나노선 및 상기 SiO_2층 상부에 상기 n형 ZnO 나노선과 교차접합되는 라인 패턴 형태의 p형 HgTe 나노입자막을 형성하는 단계; 및

상기 p형 HgTe 나노입자막의 양단에 각각 제 1 전극 및 제 2 전극을 형성하고, 상기 n형 ZnO 나노선의 양단에 각각 제 3 전극 및 제 4 전극을 형성하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 pn 이종접합 다이오드 제조 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 나노선과 나노입자막으로 구성된 pn 이종접합 다이오드 및 이를 제조하는 방법에 관한 것으로 나노물질을 이용하여 제조한 pn 이종접합 다이오드가 정상적인 기능을 수행할 수 있도록 하는 기술에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 현재 우리나라의 경제, 산업 발전을 주도하고 있는 DRAM 위주의 메모리 시장이 디지털 카메라, 휴대용 전화기 등의 모바일(mobile) 사업과 IT 기술의 발달을 이끌고 있다.

[0003] 그 중 모바일 시장에 있어서 전자제품의 휴대성 향상 및 고성능화를 위해서 나노전자소자의 필요성이 대두되고 있다.

[0004] 나노전자소자 분야에서 나노선과 나노입자로 구성된 나노 구조체에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

[0005] 특히, 나노 물질 기반의 기본적인 구조체로 사용할 수 있는 나노물질을 이용한 pn 접합 다이오드에 대한 관심이 커지고 있으며, p형 나노선과 n형 나노선을 교차시키거나 p형 나노입자막과 n형 나노입자막을 접촉시켜 형성한 pn 접합 다이오드에 대한 연구가 진행되고 있다.

[0006] p형과 n형의 InP 나노선을 교차시켜 형성한 pn 동종접합 다이오드나, p형의 Si 나노선과 n형의 GaN 나노선을 교차시켜 형성한 pn 이종접합 다이오드에 관한 기존의 연구에서 pn 접합의 정류특성이 관찰되었다.

[0007] 그러나, 나노선끼리 교차시켜 형성한 기존의 pn 접합 다이오드는 나노선과 나노선이 만나는 점(point)에서만 pn 접합이 되어 pn 접합 면적이 작다는 단점을 가지고 있고, 따라서 정류특성이 우수하지 못하여 나노전자소자로서 응용이 어려운 단점이 있었다.

[0008] 이를 해결하기 위하여, 나노입자막을 접촉시켜 형성한 pn 접합 다이오드를 형성하였으나, pn 접합의 경계를 명확히 정의할 수 없다는 단점을 가지고 있다. 특히, p형의 ZnO 나노입자막과 n형의 ZnO 나노입자막으로 구성된 pn 접합의 경우, 접합면을 정확하게 정의할 수 없기 때문에 pn 접합 다이오드의 정류특성이 관찰되지 않았다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0009] 본 발명은 정류특성을 향상시키기 위하여 나노선에 나노입자막이 교차되는 형태로 접합시키는 구조를 사용함으로써, 저전압에서 안정적으로 동작할 수 있고, 동작 속도를 증가시킬 수 있는 pn 이종접합 다이오드 및 그 제조방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

[0010] 또한, 용액상태의 나노입자를 이용한 용액 기반(solution-based)의 나노입자막 제조 공정을 사용함으로써, 낮은 온도에서도 인쇄 전자 소자(Printed electronic devices)를 제조할 수 있고, 플렉서블(flexible) 기판 등에 응용할 수 있는 pn 이종접합 다이오드 제조방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제 해결수단

[0011] 본 발명에 따른 pn 이종접합 다이오드는 나노선과, 상기 나노선과 교차접합되는 라인 패턴 형태의 나노입자막 및 상기 나노입자막 및 상기 나노선의 양단에 각각 형성되는 전극을 포함하여, 상기 나노입자막의 전극 중 선택된 어느 하나에서 상기 나노선의 전극 중 선택된 어느 하나로 이어지는 경로에서 정류특성을 나타내는 것을 특징으로 한다.

[0012] 여기서, 상기 나노선의 지름은 10 ~ 500㎚이고, 길이는 100㎚ ~ 30㎛인 것을 특징으로 하고, 상기 라인 패턴의 선폭은 10㎚ ~ 10㎛이고, 길이는 100㎚ ~ 30㎛인 것을 특징으로 하고, 상기 나노선은 n형 반도체 Si, Ge, GaN, InP, GaAs, GaP, SiC, ZnO 및 Ga_2O_3 중 어느 하나의 성분으로 이루어진 것일 경우, 상기 나노입자막은 p형 반도체 Si, Ge, GaN, InP, GaAs, GaP, SiC, ZnO, CdTe, HgTe, Cu_2O, $CuAlO_2$, CuGaO 및 PbS 중 어느 하나의 성분으로 이루어진 것을 특징으로 한다. 또한, 상기 나노선은 p형 반도체 Si, Ge, GaN, InP, GaAs, GaP, SiC, ZnO 및 CuO 중 어느 하나의 성분으로 이루어진 것일 경우, 상기 나노입자막은 n형 반도체 Si, Ge, GaN, InP, GaAs, GaP, SiC, ZnO, HgSe 및 CdS 중 어느 하나의 성분으로 이루어진 것을 특징으로 한다.

[0013] 아울러, 본 발명에 따른 pn 이종접합 다이오드 제조 방법은 절연층 상부에 나노선을 형성하는 단계와, 상기 나노선 및 상기 절연층 상부에 상기 나노선과 교차접합되는 라인 패턴 형태의 나노입자막을 형성하는 단계 및 상기 나노입자막의 양단에 각각 제 1 전극 및 제 2 전극을 형성하고, 상기 나노선의 양단에 각각 제 3 전극 및 제 4 전극을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 여기서, 상기 나노입자막을 형성하는 단계는 상기 절연층 상부에 라인/스페이스 타입의 감광막 패턴을 형성하는 단계와, 상기 감광막 패턴 사이의 영역에 나노입자막을 스핀 코팅(Spin Coating) 방법으로 형성하는 단계와, 상기 나노입자막을 경화시키는 단계 및 상기 감광막 패턴을 제거하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하고, 상기 나노입자막을 경화시키는 단계는 50 ~ 300℃의 온도에서 1분 ~ 1시간 가열하는 것을 특징으로 하고, 상기 절연층은 유리, 나무, 플라스틱, 고무, SiO_2층이 형성된 실리콘 기판 및 Al_2O_3층이 형성된 실리콘 기판 중 어느 하나로 이루어진 것을 특징으로 한다.

[0015] 아울러, 본 발명에 따른 pn 이종접합 다이오드 제조 방법은 SiO_2층 상부에 n형 ZnO 나노선을 형성하는 단계와, 상기 n형 ZnO 나노선 및 상기 SiO_2층 상부에 상기 n형 ZnO 나노선과 교차접합되는 라인 패턴 형태의 p형 HgTe 나노입자막을 형성하는 단계 및 상기 p형 HgTe 나노입자막의 양단에 각각 제 1 전극 및 제 2 전극을 형성하고, 상기 n형 ZnO 나노선의 양단에 각각 제 3 전극 및 제 4 전극을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

효 과

[0016] 상기와 같은 구성 및 바람직한 실시예를 가지는 본 발명의 pn 이종접합 다이오드는 상기 나노선과 이종 형태인 나노입자막을 형성함으로써, 나노선끼리의 pn 접합 다이오드에 비해 상대적으로 큰 pn 접합 면적을 확보할 수 있고, 나노입자막끼리 이루어지는 pn 접합 다이오드의 경우에 비해 pn 접합 면적을 명확히 정의할 수 있다.

[0017] 따라서, 본 발명은 전하 전송 능력이 뛰어난 나노선과의 접촉면적을 극대화하는 나노입자막의 상호보완 작용으로 저전압에서 동작할 수 있고, 동작 속도를 증가시킬 수 있는 효과를 제공한다.

[0018] 또한, 본 발명은 나노선을 전하의 이동 채널로 이용하여 전자의 전송 극대화하며, 나노입자막을 사용하여 나노선과의 접촉면적을 극대화하여 가용 전류를 증가시키며 동작 전압을 낮추고, 빠른 동작 속도를 갖도록 함으로써, 우수한 정류특성을 나타낼 수 있도록 하는 효과를 제공한다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0019] 상기와 같은 기술적 과제를 해결하기 위하여 제안된 본 발명의 pn 이종접합 다이오드는 나노선과, 나노선과 교차접합되는 형태의 나노입자막과, 상기 나노입자막 및 상기 나노선의 양단에 각각 형성되는 전극을 포함하여, 나노입자막의 전극 중 선택된 어느 하나에서 나노선의 전극 중 선택된 어느 하나로 이어지는 경로로 정류특성을 나타낼 수 있는 구조를 갖는다.

[0020] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 상기와 같은 구성수단으로 이루어져 있는 본 발명의 pn 이종접합 다이오드 및 그 제조방법에 관하여 상세하게 설명하는 것으로 한다.

[0021] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 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 구성요소를 지칭한다.

[0022] 도 1은 본 발명에 따른 n형 ZnO 나노선 및 p형 HgTe 나노입자막으로 구성되는 pn 이종접합 다이오드의 평면 구조를 SEM으로 촬영한 사진이다.

[0023] 도 1을 참조하면, 먼저 형성되는 n형 나노선과, n형 나노선과 교차접합되는 라인 패턴 형태의 p형 나노입자막을 볼 수 있다.

[0024] 이때 나노선의 지름은 10 ~ 500㎚이고, 길이는 100㎚ ~ 30㎛가 되도록 형성하는 것이 바람직하며, 상기 나노입자막은 도시된 물질 이외에 p형 반도체 Si, Ge, GaN, InP, GaAs, GaP, SiC, ZnO, CdTe, HgTe, Cu_2O, $CuAlO_2$, CuGaO 및 PbS 중 어느 하나의 성분으로 이루어지거나, 또는 n형 반도체 Si, Ge, GaN, InP, GaAs, GaP, SiC, ZnO, HgSe 및 CdS 중 어느 하나의 성분으로 이루어진 것을 사용할 수 있다.

[0025] 또한, 상기 나노선은 n형 반도체 Si, Ge, GaN, InP, GaAs, GaP, SiC, ZnO 및 Ga_2O_3 중 어느 하나의 성분으로 이루어지거나, 또는 p형 반도체 Si, Ge, GaN, InP, GaAs, GaP, SiC, ZnO 및 CuO 중 어느 하나의 성분으로 이루어지는 것을 사용할 수 있다.

[0026] 본 발명에서는 상기 성분들 중 나노선을 n형으로 사용할 경우 나노입자막은 p형을 사용하고, 나노선을 p형으로

사용할 경우 나노입자막은 n형으로 사용하여 그 활용범위를 확장시킬 수 있다.

[0027] 본 발명 따른 일실시예에서는 특히 p형 나노입자막으로 HgTe 나노입자막(HgTe NP thin film)을 사용하고, n형 나노선으로 ZnO 나노선(ZnO NW)을 사용하는 것이 바람직하며, 도 1에 촬영된 SEM사진은 상기 실시예를 나타낸 것으로 각 구성의 영문 명칭을 표기하였다. 사진 상에서 라인 형태로 상/하 방향을 가로 질러 형성된 것이 HgTe 나노입자막(HgTe NP thin film)이며, 이를 좌/우 방향으로 가로 질러 형성된 것이 ZnO 나노선(ZnO NW)이다.

[0028] 본 발명 따른 일실시예에 따른 pn 이종 접합 다이오드 제조 방법으로 먼저, 볼 밀링에 의해 분산된 n형 나노 파우더를 열증착(Thermal Evaporation) 방법을 이용하여 나노선의 형태로 제조하고, 두께가 300nm인 SiO_2층이 형성된 p형 실리콘 기판 상부에 형성한다. 이때, 상기 실리콘 기판 이외에 절연층으로 유리, 나무, 플라스틱 및 고무 중 어느 하나의 소재로 이루어진 절연층이 사용될 수 있으며, Al_2O_3층이 형성된 실리콘 기판도 사용될 수 있다.

[0029] 다음에는, 상기와 같이 형성된 나노선 상부에 교차 형태로 라인/스페이스 타입의 감광막 패턴을 형성한다.

[0030] 다음에는, 감광막 패턴 사이의 영역에 DI-Water(De-ionized water)에 분산된 p형 반도체 나노입자를 스핀 코팅 방법으로 채워 넣는다.

[0031] 그 다음에는, 100 ~ 200℃의 온도에서 5 ~ 15분간 가열함으로써 p형 반도체 나노입자들이 경화되면서 라인 패턴의 형태로 나노입자막이 형성되도록 한다. 이때의, 라인 패턴의 선폭은 10nm ~ 10㎛로 형성하고, 길이는 100nm ~ 30㎛로 형성하는 것이 바람직하다.

[0032] 상기한 바와 같이, 본 발명에 따른 나노입자막 형성은 용액상태의 나노입자를 이용하는 용액 기반(solution-based)의 공정을 사용함으로써, 낮은 온도에서도 용이하게 나노입자막을 제조할 수 있도록 하고, 전자 소자의 형성이 까다로운 플렉서블(flexible) 기판에도 용이하게 적용할 수 있도록 하는 장점을 제공한다.

[0033] 그 다음에는, p형 나노입자막 및 n형 나노선의 양단에 각각 전극을 형성한다. 각각의 전극은 도 1에서 표시한 바와 같이 n형 나노선의 좌측 단부에 형성된 전극부터 시계 방향으로 각각 A, B, C, D로 나타낸다. 이때, n형 나노선의 양단에 형성된 A전극 및 C전극은 Ti/Au로 형성하는 것이 바람직하며, p형 나노입자막 양단의 B전극 및 D전극은 Au로 형성하는 것이 바람직하다.

[0034] 상기와 같이 형성된 pn 이종접합 다이오드는 n형 나노선 상부에 p형 나노입자막이 중첩되는 영역에서 안정적인 정류특성이 나타나며, 상기 전극들을 기준으로 볼 때 A-B 방향 또는 C-D방향에서 정류특성이 나타난다. 이하에서는, 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 들어 상기 정류특성에 대해 구체적으로 설명하는 것으로 한다.

[0035] 도 2는 본 발명에 따른 n형 ZnO 나노선 및 p형 HgTe 나노입자막으로 구성되는 pn 이종접합 구조의 밴드 다이어그램이다.

[0036] 도 2를 참조하면, n형 ZnO 나노선(ZnO NW)의 에너지 갭(E_G)는 3.27eV 이고, p형 HgTe 나노입자막(HgTe NPs thin film)의 에너지 갭(E_G)는 1.18eV로 나타나고 있다. 따라서, 상기 밴드 다이어그램에 의해서 나타날 수 있는 n형 ZnO 나노선의 전자친화력은 4.35eV 이고, p형 HgTe 나노입자막의 전자친화력은 5.5eV 이며, 상기 전자친화력에 의해 우수한 정류 특성이 나타날 수 있는 것이다.

[0037] 도 3은 본 발명에 따른 ZnO 나노선의 광전류특성을 나타내는 그래프이다.

[0038] 도 3을 참조하면, n형 ZnO 나노선 및 p형 HgTe 나노입자막으로 구성되는 pn 이종접합 구조의 다이오드 중 ZnO 나노선에서 나타나는 광전류특성을 알 수 있다. 325㎚ 또는 633㎚의 파장을 이용하였으며, 325㎚의 파장의 빛은 He-Cd 레이저를 이용하여 조사하였고, 633㎚의 파장의 빛은 He-Ne 레이저를 이용하여 조사 하였다.

[0039] 먼저, 633㎚의 파장의 광선을 조사할 경우 광발전에 의해 전자들이 형성되고, ZnO 나노선의 전도성이 향상된다. 이때, ZnO 나노선의 표면에서는 반대 전하를 띄는 산소 이온 정공들이 형성된다. 따라서, 도시된 바와 같이 나타나는 광전류 특성은 암전류(Dark Current)와 비교할 때, 미세하게 증가되는 것을 볼 수 있다. 아울러, 325㎚

의 파장의 빛에서는 상기 633㎚의 파장의 광선을 조사할 경우보다 증가된 광전류 특성을 얻을 수 있었다.

[0040] 도 4는 본 발명에 따른 HgTe 나노입자막의 광전류특성을 나타내는 그래프이다.

[0041] 도 4를 참조하면, 상기 도 3의 경우와는 대조적으로 HgTe 나노입자막에 325㎚ 또는 633㎚의 파장으로 빛 조사하여 나타난 광전류 특성은 암전류와 거의 유사하게 나타나고 있다.

[0042] 이와 같은 현상은 HgTe 나노입자막의 경우 빛의 에너지 보다 박막 자체의 에너지 갭 차이에 의해서 일어나는 것이다. 따라서, n형 ZnO 나노선 및 p형 HgTe 나노입자막으로 구성되는 pn 이종접합 구조의 다이오드의 경우 정류특성이 명확하게 나타날 수 있게 되는 것이다.

[0043] 도 5는 본 발명에 따른 pn 이종접합 다이오드의 정류특성을 나타내는 그래프이다.

[0044] 도 5는 상기 도 3 및 도 4의 결합에 의한 I-V특성을 나타내는 그래프로, 상기 도 1의 전극 중 A-B전극 방향에 따른 다이오드의 정류특성을 나타낸다. 이때, C-D전극 방향에 따른 정류특성도 거의 유사한 결과를 나타낸다.

[0045] 도시된 I-V 커브를 살펴보면, 1V 일 때 암전류는 65.5 nA이고 -1V 일 때 암전류는 -0.4 nA이다. 암전류 상태에서, 정류비(I_F/I_R)는 1V에서 163.8이고 동작저항(on-resistance)은 12.3 MΩ으로 낮은 전압에서도 정류특성이 안정적으로 나타날 수 있음을 확인할 수 있다.

[0046] 633㎚ 파장의 빛이 조사되는 경우에는, 암전류 상태와 유사하게 낮은 전압에서도 광전류에 의한 정류특성이 안정적으로 나타날 수 있음을 보인다.

[0047] 325㎚ 파장의 빛이 조사되는 경우에는, 에너지갭보다 큰 빛을 조사함으로써 접합 배리어가 낮아지는 효과에 의한 오믹한(ohmic) 전류 특성을 보인다.

[0048] 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 pn 이종접합 다이오드는 325㎚ 파장의 빛을 통하여 얻어지는 광전류 특성 및 암전류 특성에 의해 정류특성이 명확하게 나타나고 있다.

[0049] 상기와 같은, 본 발명의 pn 이종접합 다이오드는 누설 전류를 줄이면서, 동작 전압을 낮추고, 빠른 동작 속도를 갖도록 함으로써, 다양한 나노전자소자에 응용할 수 있다.

[0050] 또한, 상기와 같은 pn 이종접합 다이오드는, 고주파의 빠른 동작 속도를 가진 이종접합 쌍극자 트랜지스터(Heterojunction Bipolar Transistor, HBT) 또는 낮은 전압에서 높은 변환 효율을 가지는 고효율 태양전지의 개발에 응용될 수 있다는데 중요한 의미가 있다.

[0051] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 제조될 수 있으며, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 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.

도면의 간단한 설명

[0052] 도 1은 본 발명에 따른 n형 ZnO 나노선 및 p형 HgTe 나노입자막으로 구성되는 pn 이종접합 다이오드의 평면 구조를 SEM으로 촬영한 사진.

[0053] 도 2는 본 발명에 따른 n형 ZnO 나노선 및 p형 HgTe 나노입자막으로 구성되는 pn 이종접합 구조의 밴드 다이어그램.

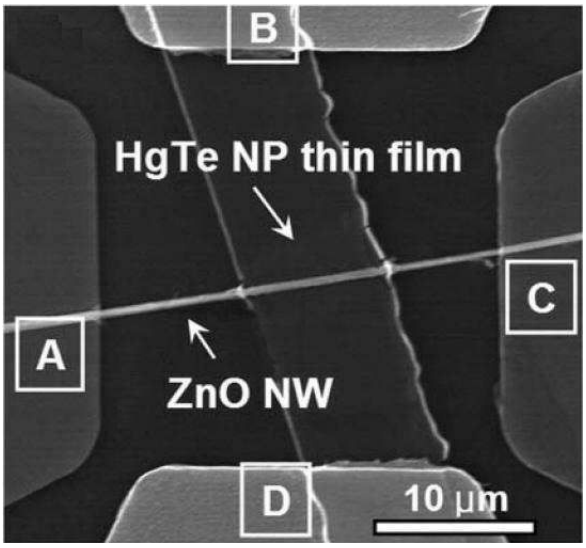
[0054] 도 3은 본 발명에 따른 ZnO 나노선의 광전류특성을 나타내는 그래프.

[0055] 도 4는 본 발명에 따른 HgTe 나노입자막의 광전류특성을 나타내는 그래프.

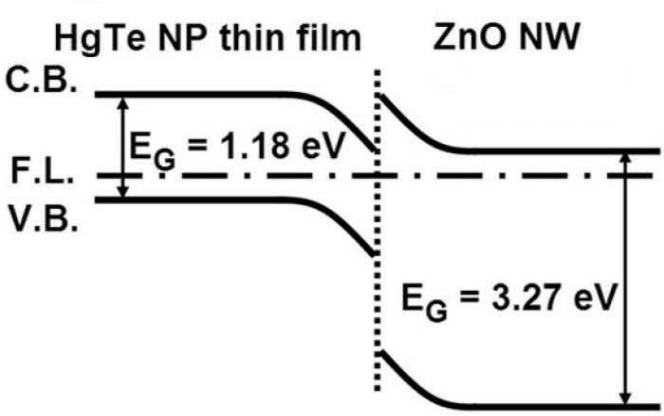
[0056] 도 5는 본 발명에 따른 pn 이종접합 다이오드의 정류특성을 나타내는 그래프.

도면

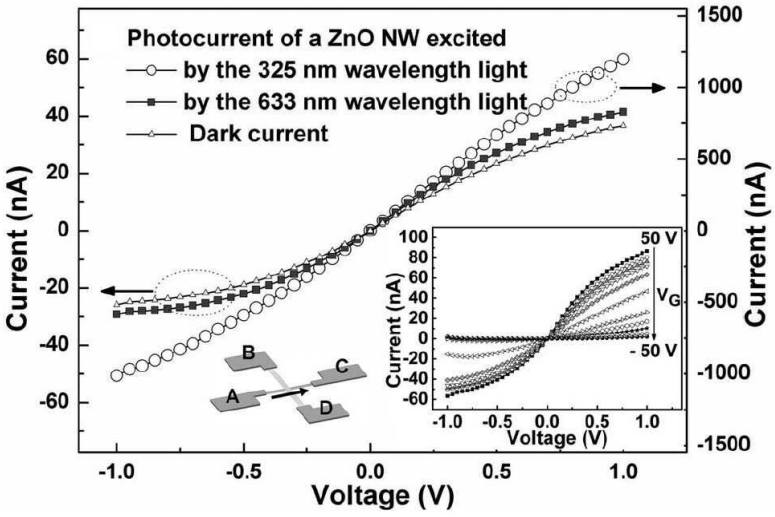
도면1


B
HgTe NP thin film
C
A
ZnO NW
D
10 μm

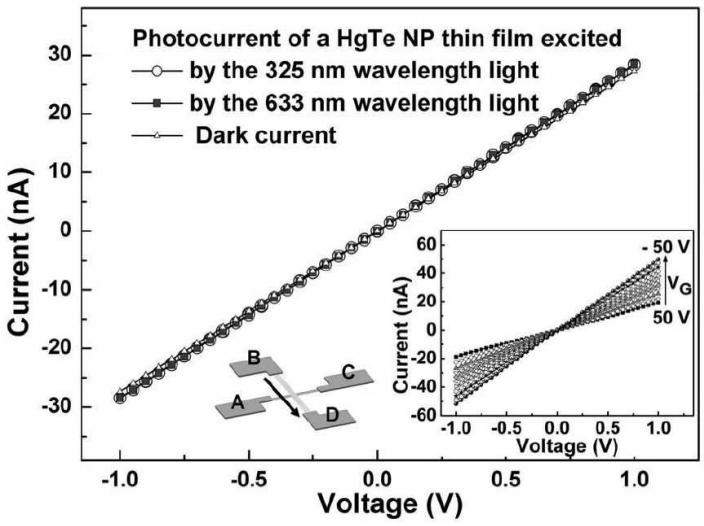
도면2


HgTe NP thin film
ZnO NW
C.B.
E_G = 1.18 eV
F.L.
V.B.
E_G = 3.27 eV

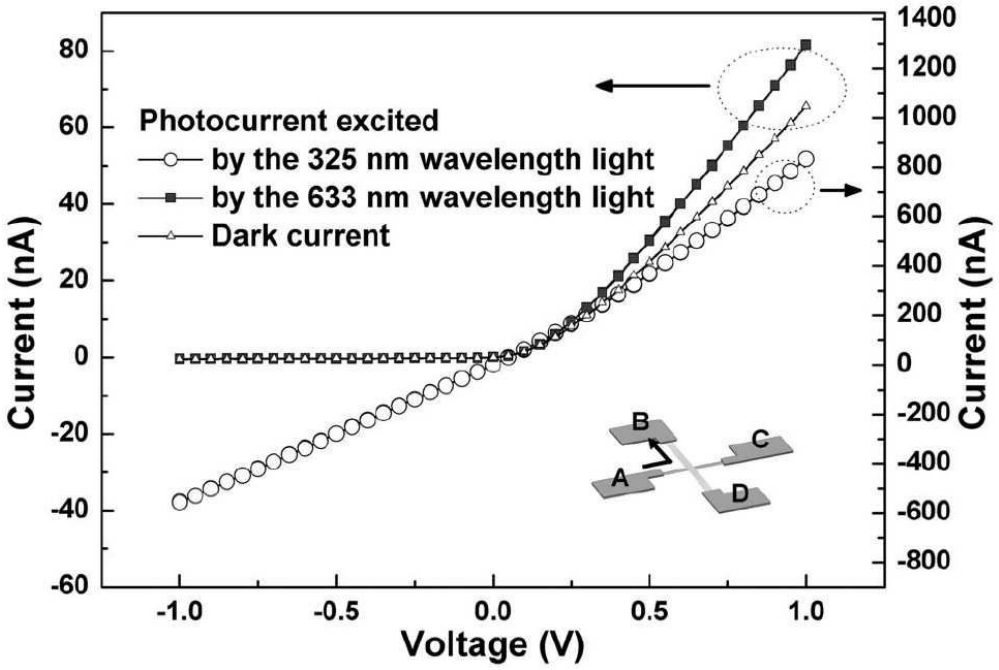
도면3


Photocurrent of a ZnO NW excited
by the 325 nm wavelength light
by the 633 nm wavelength light
Dark current
Current (nA)
Voltage (V)
50 V
- 50 V
V_G
A
B
C
D

도면4


Photocurrent of a HgTe NP thin film excited
by the 325 nm wavelength light
by the 633 nm wavelength light
Dark current
Current (nA)
Voltage (V)
- 50 V
50 V
V_G
A
B
C
D

도면5


Photocurrent excited
by the 325 nm wavelength light
by the 633 nm wavelength light
Dark current
Current (nA)
Current (nA)
Voltage (V)
80
60
40
20
0
-20
-40
-60
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
-200
-400
-600
-800
-1.0
-0.5
0.0
0.5
1.0
A
B
C
D