



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년07월28일
(11) 등록번호 10-2561102
(24) 등록일자 2023년07월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 31/09 (2006.01) H01L 31/0224 (2006.01)
H01L 31/032 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 31/09 (2013.01)
H01L 31/022466 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0018071
(22) 출원일자 2018년02월13일
심사청구일자 2021년02월15일
(65) 공개번호 10-2019-0097981
(43) 공개일자 2019년08월21일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020120132178 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
성균관대학교산학협력단
경기도 수원시 장안구 서부로 2066 (천천동, 성균관대학교내)
(72) 발명자
조상현
서울특별시 동작구 사당로 300, 102동 1503호 (사당동, 이수자이)
양희준
서울특별시 서대문구 북아현로1길 50, 201동 302호(북아현동, 아현역푸르지오)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
리앤목특허법인

전체 청구항 수 : 총 13 항

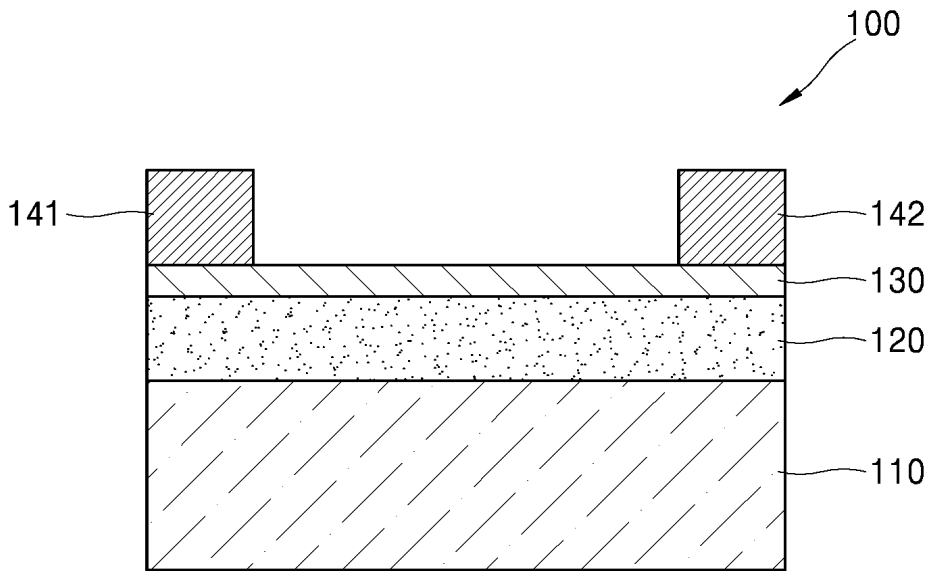
심사관 : 광태근

(54) 발명의 명칭 2차원 절연체를 포함하는 근적외선 센서

(57) 요약

개시된 근적외선 센서는 기판 상의 2차원 물질 반도체층과, 상기 2차원 물질 반도체층 상의 터널링층과, 상기 터널링층의 상면 양단에 각각 배치된 제1 전극 및 제2 전극을 포함한다. 상기 반도체층은 대략 10nm ~ 100nm 두께를 가진 전이금속 디칼코게나이드다. 상기 터널링층과 상기 기판은 hBN 물질로 이루어질 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류
H01L 31/0324 (2013.01)

(72) 발명자
황근우
경상북도 김천시 봉산면 봉산로 492

신현진
경기도 수원시 권선구 망포로 14, 212동 705호 (곡
반정동, 수원하늘채더퍼스트2단지)

(56) 선행기술조사문헌
KR1020150051823 A*
KR1020160004433 A*
KR1020160149105 A
KR1020170046386 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

기판 상의 2차원 물질 반도체층;

상기 2차원 물질 반도체층 상의 터널링층; 및

상기 터널링층의 상면 양단에 각각 배치된 제1 전극 및 제2 전극;을 구비하며, 상기 기판은 hBN을 포함하고, 상기 터널링층의 두께는 3nm ~ 10nm인 근적외선 센서.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 반도체층은 전이금속 디칼코게나이드를 포함하는 근적외선 센서.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 반도체층은 , MoS₂, MoSe₂, MoTe₂, WS₂, WSe₂, WTe₂, ZrS₂, ZrSe₂, HfS₂, HfSe₂, NbSe₂, ReSe₂, CuS 를 포함하는 근적외선 센서.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 반도체층은 10nm ~ 100nm 두께를 가진 근적외선 센서.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 터널링층은 hBN, 알루미늄, 하프늄 옥사이드를 포함하는 근적외선 센서.

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 기판에서 상기 반도체층을 마주보게 형성된 게이트 전극을 더 포함하는 근적외선 센서.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 기판의 두께는 3nm ~ 10nm인 근적외선 센서.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 제1 전극 및 상기 제2 전극은 투명한 도전성 산화물을 포함하는 근적외선 센서.

청구항 11

hBN 기판 상의 MoTe₂ 반도체층;

상기 MoTe₂ 반도체층 상의 hBN 터널링층; 및

상기 터널링층의 상면 양단에 각각 배치된 제1 전극 및 제2 전극;을 구비하며, 상기 터널링층의 두께는 3nm ~ 10nm인 근적외선 센서.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 MoTe₂ 반도체층 은 10nm ~ 100nm 두께를 가진 근적외선 센서.

청구항 13

삭제

청구항 14

제 11 항에 있어서,

상기 기판에서 상기 MoTe₂ 반도체층 을 마주보게 형성된 게이트 전극을 더 포함하는 근적외선 센서.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 기판의 두께는 3nm ~ 10nm인 근적외선 센서.

청구항 16

제 11 항에 있어서,

상기 제1 전극 및 제2 전극은 투명한 도전성 산화물을 포함하는 근적외선 센서.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 2차원 절연체를 포함하는 근적외선 센서 에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 모바일 결제 등의 기술이 상용화됨에 따라 보안 기술이 발전하고 있다. 이러한 보안 기술로서 홍채 인식 (iris recognition) 등과 같은 생체 인식 기술(biometrics)이 연구되고 있다. 현재 상용화된 실리콘 기반의 이미지 센서의 경우, 800nm ~ 900nm 파장의 근적외선(NIR; Near-Infrared)에 대한 양자 효율(quantum efficiency)은 대략 30% 정도다. 이러한 근적외선 영역의 양자 효율은 가시광 대역의 1/2 ~ 1/3 정도 수준이므로, 상기 이미지 센서의 저조도 감도는 떨어지게 된다. 따라서, 저조도 환경에서 상기 이미지 센서로 홍채 인증을 하는 경우에는 상기 이미지 센서의 감도가 낮기 때문에 추가적인 광원이 필요하다. 그러나, 높은 파워의 광원을 사용하게 되면 안구가 손상될 염려가 있다.

[0003] 기존의 실리콘 기반의 이미지 센서의 경우에는 저조도 감도를 증대시키기 위해서 실리콘 두께를 증가시켜야 하며, 이로 인해 픽셀 사이즈가 커지므로 상기 이미지 센서를 포함하는 카메라의 크기가 커진다.

[0004] LiDAR, 3D 센서, 저조도 센서의 경우 작은 광신호를 검출해야 하므로 높은 광전변환효율이 요구된다. 종래의 실리콘 기반 이미지 센서를 저조도에서 사용하기 위해서는 픽셀 크기의 증가, 광검출층 두께의 증가 등이 필요하다.

[0005] 최근에는 단위 두께 대비 빛의 흡수율이 매우 뛰어난 전이금속 디칼코게나이드(Transition Metal Dichalcogenides: TMDC) 물질을 이용한 광소자 개발과 관련하여 많은 연구가 이루어지고 있다. 그러나 광반응도(photo-responsivity), 암전류(dark current), 반응시간(response time)이 모두 양호한 센서 구조는 극히 제한적이다. 광반응도, 암전류 및 반응시간 특성이 개선된 센서가 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 암전류 특성이 개선된 근적외선 센서를 제공한다.

과제의 해결 수단

[0007] 실시예에 따른 근적외선 센서는:

[0008] 기판 상의 2차원 물질 반도체층;

[0009] 상기 2차원 물질 반도체층 상의 터널링층; 및

[0010] 상기 터널링층의 상면 양단에 각각 배치된 제1 전극 및 제2 전극;을 포함한다.

[0011] 상기 반도체층은 전이금속 디칼코게나이드를 포함할 수 있다.

[0012] 상기 반도체층은 , MoS₂, MoSe₂, MoTe₂, WS₂, WSe₂, WTe₂, ZrS₂, ZrSe₂, HfS₂, HfSe₂, NbSe₂, ReSe₂, CuS 를 포함할 수 있다.

[0013] 상기 반도체층은 대략 10nm ~ 100nm 두께를 가질 수 있다.

[0014] 상기 터널링층은 hBN, 알루미늄, 하프늄 옥사이드를 포함할 수 있다.

[0015] 상기 터널링층의 두께는 대략 3nm ~ 10nm일 수 있다.

[0016] 상기 기판은 hBN으로 이루어질 수 있다.

[0017] 다른 국면에 따르면, 상기 기판에서 상기 반도체층을 마주보게 형성된 게이트 전극을 더 포함한다.

[0018] 상기 기판의 두께는 대략 3nm ~ 10nm일 수 있다.

[0019] 상기 제1 전극 및 상기 제2 전극은 투명한 도전성 산화물을 포함할 수 있다.

[0020] 다른 실시예에 따른 근적외선 센서는:

[0021] hBN 기판 상의 MoTe₂ 반도체층;

[0022] 상기 MoTe₂ 반도체층 상의 hBN 터널링층; 및

[0023] 상기 터널링층의 상면 양단에 각각 배치된 제1 전극 및 제2 전극;을 포함한다.

발명의 효과

[0024] 실시예에 따른 근적외선 센서는 2차원 절연체 터널링층의 사용으로 암전류가 감소된다. 또한, 광흡수량이 증가된 전이금속 디칼코게나이드 반도체층의 이용으로 광반응도가 향상된다.

[0025] 또한, hBN 기판 또는 hBN 게이트 절연층은 근적외선 센서의 광반응도를 향상시킨다.

[0026] 또한, 게이트 전극은 반도체층에서의 광흡수를 촉진시켜서 근적외선 센서의 광반응도 및 반응시간을 개선시킨다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 실시예에 따른 근적외선 센서의 구성을 개략적으로 보여주는 단면도다.

도 2는 실시예에 따른 근적외선 센서의 암전류를 표시한 그래프다.

도 3은 실시예에 따른 근적외선 센서의 반응도를 도시한 그래프다.

도 4는 다른 실시예에 따른 근적외선 센서의 구성을 개략적으로 보여주는 단면도다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 실시예들을 상세하게 설명한다. 이 과정에서 도면에 도시된 층이나 영역들의 두께는 명세서의 명확성을 위해 과장되게 도시된 것이다. 이하에 설명되는 실시예는 단지 예시적인 것에 불과하며, 이러한 실시예들로부터 다양한 변형이 가능하다.
- [0029] 이하에서, "상부" 나 "상"이라고 기재된 것은 접촉하여 바로 위에 있는 것뿐만 아니라 비접촉으로 위에 있는 것도 포함할 수 있다.
- [0030] 도 1은 실시예에 따른 근적외선 센서(100)의 구성을 개략적으로 보여주는 단면도다. 근적외선 센서(100)는 수백만 픽셀을 포함할 수 있으며, 도 1은 근적외선 센서(100)의 하나의 픽셀의 구조를 보여준다.
- [0031] 도 1을 참조하면, 근적외선 센서(100)는 기판(110) 상에 순차적으로 형성된 2차원 물질 반도체층(120)과 터널링층(130)을 포함할 수 있다. 기판(110) 바로 위에 2차원 물질 반도체층(120)이 형성되며, 2차원 물질 반도체층(120) 바로 위에 터널링층(130)이 형성될 수 있다. 터널링층(130)의 양측에 각각 제1 전극(141) 및 제2 전극(142)이 접촉되어 형성될 수 있다. 제1 전극(141) 및 제2 전극(142) 사이의 터널링층(130) 위로 근적외선이 조사될 수 있다.
- [0032] 2차원 물질 반도체층(120)은 대략 800nm ~ 900nm 파장대의 근적외선을 받으면 캐리어를 생성한다. 2차원 물질 반도체층(120)은 상기 캐리어의 통로인 채널이 된다. 2차원 물질 반도체층(120)은 광을 받아서 전기적인 신호로 변환시키는 층이다. 2차원 물질 반도체층(120)은 근적외선을 잘 흡수할 수 있는 1 eV 정도의 밴드갭을 가질 수 있다. 2차원 물질 반도체층(120)은 전이금속 디칼코게나이드(Transition Metal Dichalcogenides)로 이루어진 층상 구조를 가질 수 있다. 상기 전이금속 디칼코게나이드는 Mo, W, Nb, V, Ta, Ti, Zr, Hf, Tc, Re, Cu 중 하나의 전이금속과 S, Se, Te 중 하나의 칼코겐(chalcogen) 원소를 포함할 수 있다. 예를 들면, 상기 전이금속 디칼코게나이드는 MoS₂, MoSe₂, MoTe₂, WS₂, WSe₂, WTe₂, ZrS₂, ZrSe₂, HfS₂, HfSe₂, NbSe₂, ReSe₂, CuS 등을 포함할 수 있다. 이상에서 언급된 물질은 단지 예시적인 것으로, 그 밖에 다른 물질들이 전이금속 디칼코게나이드 물질로 사용될 수도 있다.
- [0033] 2차원 물질 반도체층(120)은 대략 10nm ~ 100nm 두께를 가질 수 있다. 2차원 물질 반도체층(120)의 두께가 10nm 보다 얇으면 광흡수량이 적으므로, 이러한 2차원 물질 반도체층을 포함하는 근적외선 센서는 센서로서의 역할을 수행하기가 어렵다. 2차원 물질 반도체층(120)의 두께가 100nm 보다 두꺼우면 센서(100)의 크기가 커져서 소형 근적외선 센서(100)로 이용될 수 없다. 2차원 물질 반도체층(120)의 두께는 대략 20nm ~ 50nm 일 수 있다.
- [0034] 터널링층(130)은 2차원 절연체를 포함한다. 상기 2차원 절연체는 헥사고랄 보론 나이트라이드(hBN), 알루미늄, 하프늄 옥사이드를 포함할 수 있다. 터널링층(130)의 두께는 대략 3nm ~ 10nm일 수 있다. 터널링층(130)의 두께가 3nm 보다 얇으면 암전류가 증가할 수 있다. 터널링층(130)의 두께가 10nm 보다 두꺼우면 터널링 전류가 작아서 광의 검출 감도가 감소될 수 있다.
- [0035] 터널링층(130)이 hBN으로 형성된 경우, 터널링층(130)의 표면에 댕글링 본드가 거의 없으며 터널링층(130)의 밴드갭 내부에 결함 상태(defect states)가 매우 적어 hBN을 터널링층(130)으로 사용하는 근적외선 센서(100)에서의 암전류가 거의 발생하지 않는다.
- [0036] 제1 전극(141)과 제2 전극(142)은 일반 금속 또는 투명한 도전성 산화물로 형성될 수 있다. 상기 일반 금속은 Al, Cu, Ti, Au, Pt, Ag 및 Cr으로 이루어진 군에서 선택된 적어도 하나의 물질을 포함할 수 있다. 하지만, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0037] 상기 투명한 도전성 산화물은 예를 들면 ITO(Indium Tin Oxide), IZO(Indium Zinc Oxide), ZnO, SnO₂, ATO(antimony-doped tin oxide), AZO(Al-doped zinc oxide), GZO(gallium-doped zinc oxide), TiO₂ 및 FTO(fluorine-doped tin oxide)로 이루어진 군에서 선택된 적어도 하나의 물질을 포함할 수 있다. 하지만, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0038] 기판(110)은 일반적으로 사용되는 절연 물질, 예컨대 실리콘, 유리, 플라스틱 등으로 형성될 수 있다. 기판(110)은 hBN으로 형성될 수 있다. hBN 으로 이루어진 기판(110)을 사용하는 경우, 반도체층(120)을 통과하는 캐

리어가 기판(110)에 의한 저항이 낮아 반도체층(120)에서의 캐리어의 이동이 용이해지므로 광검출 효과가 증대하고 근적외선 센서(100)의 감도가 향상되며, 반도체층(120)에서 생성된 전자 및 정공의 재결합(recombination)이 감소되어 근적외선 센서(100)의 광반응도가 향상될 수 있다.

- [0039] 근적외선 센서(100)의 상면, 즉 터널링층(130) 상으로 근적외선 광이 조사되면, 조사된 광은 터널링층(130)을 통과한 후 반도체층(120)에서 전자-정공 쌍을 생성한다. 생성된 전자-정공 쌍은 전자 및 정공으로 분리된다. 분리된 전자는 제1 전극(141)과 제2 전극(142) 중 상대적으로 고전위 전압이 인가된 전극으로 이동하며, 이에 따라 터널링층(130)을 지나는 터널링 전류가 발생한다. 상기 터널링 전류를 측정함으로써 근적외선 센서(100)의 해당 픽셀에서의 근적외선 광량이 검출된다.
- [0040] 도 2는 실시예에 따른 근적외선 센서(100)의 암전류를 표시한 그래프다. 근적외선 센서(100)의 2차원 물질 반도체층(120)은 50nm 두께의 MoTe₂ 를 사용하였으며, 터널링층(130)은 5nm 두께의 hBN 을 사용하였다. 기판(110)은 hBN 을 사용하였다. 근적외선으로는 850 nm 파장의 근적외선이 사용되었다. 도 2는 어두운 환경에서 제1 전극 및 제2 전극 사이에 걸린 전압에 따른 암전류를 측정한 것이다.
- [0041] 도 2를 참조하면 어두운 환경에서 제1 전극(141) 및 제2 전극(142) 사이에 전압을 인가함에 따라 대략 0.7 pA 이하의 암전류가 검출되었다. 이 암전류값을 센서(100)의 단위 면적당 수치로 환산하면 0.7 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 이 이하가 되며, 이는 종래의 실리콘 기반의 근적외선 센서에 비해 암전류가 수백 배 낮은 값이다.
- [0042] 도 3은 실시예에 따른 근적외선 센서(100)의 반응성을 도시한 그래프다. 근적외선 센서(100)는 도 2에서의 근적외선 센서(100)와 동일한 구성으로 이루어져 있다. 도 3은 어두운 상태("dark")와, 광조사량이 20, 50, 150nW인 상태에서 측정된 광전류를 도시한 것이다.
- [0043] 도 3을 참조하면, 어두운 상태에서의 암전류가 서브 피코 암페어였으며, 근적외선 센서(100)로 조사되는 근적외선(850nm 광조사)의 광량을 증가함에 따라 광전류가 증가하는 것을 볼 수 있다. 광 반응도는 1 A/W 이상으로 양호한 반응도를 보여준다. 실시예에 따른 근적외선 센서(100)는 무결함 hBN(defectless hBN) 터널링층(130)을 사용하기 때문에, 암전류가 낮다. 또한, hBN 기판(110) 사용으로, 근적외선 광에 의해 형성된 전자-정공 쌍들이 전자와 정공으로 분리된 후 전자 및 정공이 재결합하지 않고 전극들(141, 142)로 전달되므로, 근적외선 센서(100)의 광반응도(photoresponsivity)가 향상되는 것을 알 수 있다. 또한, 종래의 옥사이드 기판을 사용하는 센서와 비교하여 hBN 기판을 사용하는 근적외선 센서(100)의 반응시간(response time)이 감소된다.
- [0044] 또한, 실시예에 따른 근적외선 센서(100)는 반도체층(120)의 두께가 비교적 얇으므로 근적외선 센서(100)를 채용한 카메라의 소형화를 가능하게 한다.
- [0045] 도 4는 다른 실시예에 따른 근적외선 센서(200)의 구성을 개략적으로 보여주는 단면도다. 도 1의 근적외선 센서(100)의 구성요소와 실질적으로 동일한 구성요소에는 동일한 명칭을 사용하고 상세한 설명은 생략한다.
- [0046] 도 4를 참조하면, 근적외선 센서(200)는 게이트 전극(250) 상에 순차적으로 형성된 게이트 절연층(210), 2차원 물질 반도체층(120)과 터널링층(130)을 포함할 수 있다. 게이트 절연층(210) 바로 위에 2차원 물질 반도체층(120)이 형성되며, 2차원 물질 반도체층(120) 바로 위에 터널링층(130)이 형성될 수 있다. 터널링층(130)의 양측에 각각 제1 전극(141) 및 제2 전극(142)이 접촉되어 형성될 수 있다. 제1 전극(141) 및 제2 전극(142) 사이의 터널링층(130) 위로 근적외선이 조사될 수 있다.
- [0047] 게이트 절연층(210)은 대략 5nm ~ 10nm 두께로 형성될 수 있다. 게이트 절연층(210)은 통상 반도체 공정에서 사용되는 실리콘 옥사이드, 실리콘 나이트라이드로 형성될 수 있다. 게이트 절연층(210)은 2차원 절연체, 예를 들면 hBN으로 형성될 수 있다. hBN 게이트 절연층(210)을 사용하는 경우, 반도체층(120) 및 게이트 절연층(210) 사이의 불순물의 감소로 게이팅 효과가 증대될 수 있다.
- [0048] 게이트 전극(250)은 일반 금속으로 형성될 수 있다. 상기 일반 금속은 Al, Cu, Ti, Au, Pt, Ag 및 Cr으로 이루어진 군에서 선택된 적어도 하나의 물질을 포함할 수 있다. 하지만, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0049] 게이트 전극(250)에 소정의 전압을 인가하면, 반도체층(120) 내의 전하가 게이트 전극 쪽으로 이동하므로 반도체층(120)에서의 광흡수를 촉진할 수 있다. 따라서, 근적외선 센서(200)의 광반응도가 향상된다. 터널링층(130)은 암전류를 감소시킨다.
- [0050] 실시예에 따른 근적외선 센서는 2차원 절연체 터널링층의 사용으로 암전류가 감소된다. 또한, 광흡수량이 증가된 전이금속 디칼코게나이드 반도체층의 이용으로 광반응도가 향상된다.

[0051] 또한, hBN 기판 또는 hBN 게이트 절연층은 근적외선 센서의 광반응도를 향상시킨다.

[0052] 또한, 게이트 전극은 반도체층에서의 광흡수를 촉진시켜서 근적외선 센서의 광반응도 및 반응시간을 개선시킨다.

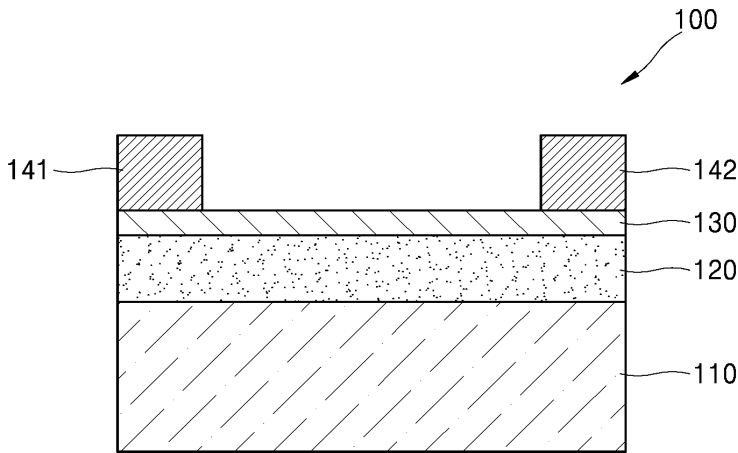
[0053] 이상에서 첨부된 도면을 참조하여 설명된 실시예들은 예시적인 것에 불과하며, 당해 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능함을 이해할 수 있을 것이다. 따라서 본 사상의 진정한 보호범위는 첨부된 특허청구범위에 의해서만 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

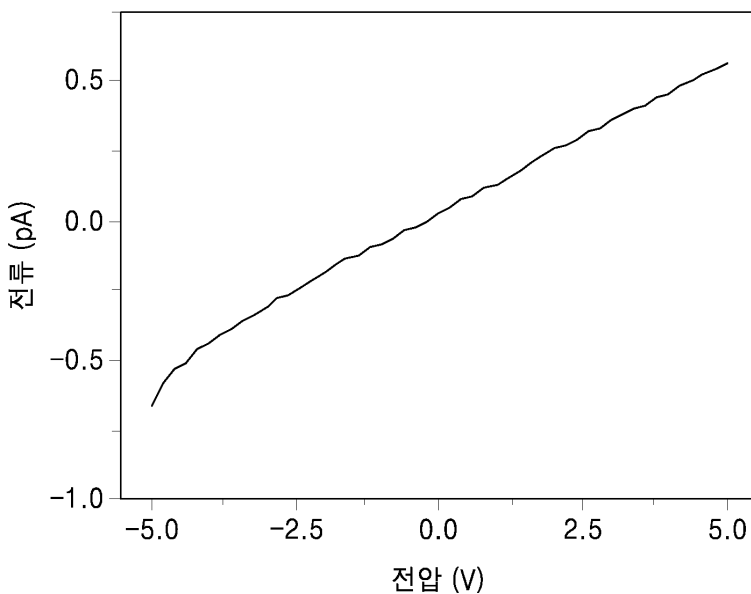
- [0054] 100: 근적외선 센서 110: 기판
 120: 2차원 물질 반도체층 130: 터널링층
 141: 제1 전극 142: 제2 전극

도면

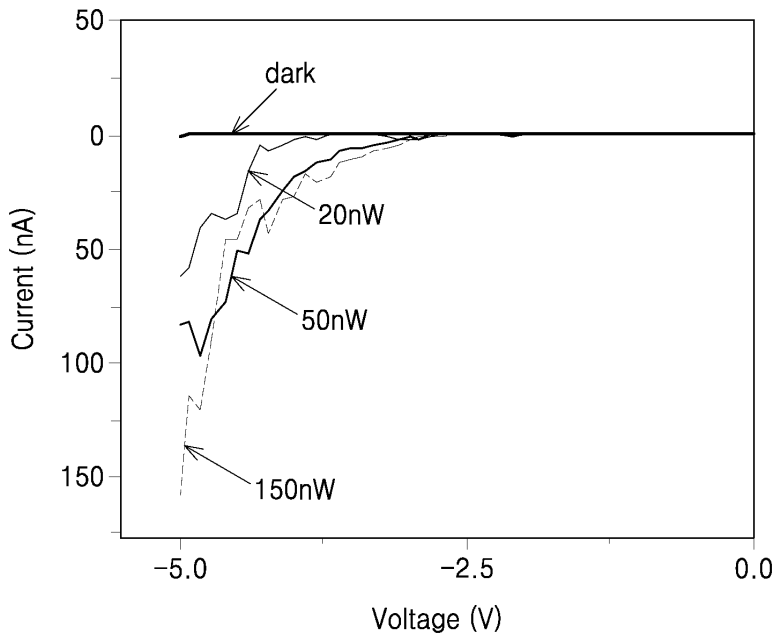
도면1



도면2



도면3



도면4

