



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년01월08일
(11) 등록번호 10-1816025
(24) 등록일자 2018년01월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 33/02 (2010.01) H01L 31/18 (2006.01)
H01L 33/00 (2010.01) H01L 33/36 (2010.01)
(52) CPC특허분류
H01L 33/02 (2013.01)
H01L 31/18 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0117130
(22) 출원일자 2016년09월12일
심사청구일자 2016년09월12일
(56) 선행기술조사문헌
JP2003303983 A*
W02010055750 A1*
KR1020140106349 A
JP2000277448 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
김민구
인천광역시 연수구 먼우금로141번길 62, 101동 306호 (동춘동, 조흥아파트)
이천
서울특별시 마포구 독막로28길 10, 102동303호 (신수동, 밤섬경남아너스빌)
(74) 대리인
특허법인네이트

전체 청구항 수 : 총 7 항

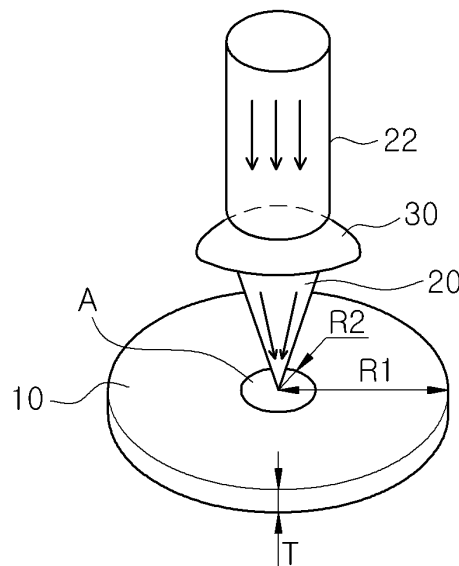
심사관 : 윤난영

(54) 발명의 명칭 직접 천이형 게르마늄 기관, 이를 포함하는 광전소자 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명은, 레이저빔 조사에 의하여 에너지 밴드가 간접 천이형으로부터 직접 천이형으로 변환된 게르마늄 기관을 제공한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H01L 33/0008 (2013.01)

H01L 33/005 (2013.01)

H01L 33/36 (2013.01)

H01L 2924/12041 (2013.01)

H01L 2933/0033 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

레이저빔 조사에 의하여 부피가 팽창하여 응력이 발생하고, 상기 응력에 의하여 변형이 발생하여 에너지 밴드가 간접 천이형으로부터 직접 천이형으로 변환된 게르마늄 기관에 있어서,

상기 레이저빔은 상기 게르마늄 기관의 용융점 미만에 대응되는 출력밀도를 갖는 게르마늄 기관.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 레이저빔은, 상기 게르마늄 기관이 흡수할 수 있는 파장을 갖는 게르마늄 기관.

청구항 3

레이저빔 조사에 의하여 부피가 팽창하여 응력이 발생하고, 상기 응력에 의하여 변형이 발생하여 에너지 밴드가 간접 천이형으로부터 직접 천이형으로 변환된 게르마늄 기관과;

상기 게르마늄 기관 상부에 형성되는 p형 반도체층과;

상기 p형 반도체층 상부에 형성되는 n형 반도체층과;

상기 p형 반도체층 및 상기 n형 반도체층에 각각 연결되는 제1 및 제2전극

을 포함하고,

상기 레이저빔은 상기 게르마늄 기관의 용융점 미만에 대응되는 출력밀도를 갖는 광전소자.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 p형 반도체층은 상기 게르마늄 기관의 일부를 p형 불순물로 도핑하여 형성되는 광전소자.

청구항 5

게르마늄 기관에 레이저빔을 조사하는 단계와;

상기 게르마늄 기관 상부에 p형 반도체층을 형성하는 단계와;

상기 p형 반도체층 상부에 n형 반도체층을 형성하는 단계와;

상기 p형 반도체층 및 상기 n형 반도체층에 각각 연결되는 제1 및 제2전극을 형성하는 단계

를 포함하고,

상기 게르마늄 기관은, 상기 레이저빔의 조사에 의하여 부피가 팽창하여 응력이 발생하고, 상기 응력에 의하여 변형이 발생하여 에너지 밴드가 간접 천이형으로부터 직접 천이형으로 변환되고,

상기 레이저빔은 상기 게르마늄 기관의 용융점 미만에 대응되는 출력밀도를 갖는 광전소자의 제조방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 레이저빔은, 상기 게르마늄 기관이 흡수할 수 있는 파장을 갖는 광전소자의 제조방법.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 p형 반도체층을 형성하는 단계는, 상기 게르마늄 기관의 일부를 p형 불순물로 도핑하는 단계를 포함하는 광전소자의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 직접 천이형 게르마늄 기관에 관한 것으로, 보다 상세하게는 레이저 조사에 의하여 간접 천이형으로부터 직접 천이형으로 변환되는 게르마늄 기관, 직접 천이형 게르마늄 기관을 포함하는 광전소자 및 광전소자의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 광전소자는 빛과 전자에 의한 여러 가지 기능을 갖는 반도체소자를 의미하는데, 발광다이오드(light emitting diode: LED), 레이저다이오드(laser diode: LD), 태양전지(solar cell) 등을 예로 들 수 있다.

[0003] 이러한 광전소자의 반도체 재료로는 주로 화합물 반도체(GaAs, GaN) 또는 실리콘(silicon: Si)을 이용해 왔으나, 게르마늄(germanium: Ge)은 공정의 어려움 때문에 실용적으로 널리 사용되지 못하는 실정이다.

[0004] 한편, 반도체는 에너지 밴드(energy band)의 구조에 따라 직접 천이형(direct transition type)과 간접 천이형(indirect transition type)으로 구분할 수 있는데, 이를 도면을 참조하여 설명한다.

[0005] 도 1a 및 도 1b는 각각 직접 천이형 및 간접 천이형 반도체의 에너지 밴드를 도시한 그래프이다.

[0006] 도 1a에 도시한 바와 같이, 직접 천이형 반도체에서는 전도대역(conduction band)의 최저에너지 지점과 가전자대역(valence band)의 최고에너지 지점의 파수(wavenumber)가 일치하므로, 전자가 전도대역으로부터 가전자대역으로 수직으로 천이하며, 천이 전후에 운동량이 보존된다.

[0007] 이러한 직접 천이형 반도체로는 갈륨아세나이드(GaAs), 갈륨나이트라이드(GaN) 등을 예로 들 수 있다.

[0008] 도 1b에 도시한 바와 같이, 간접 천이형 반도체에서는 전도대역의 최저에너지 지점과 가전자대역의 최고에너지 지점의 파수가 일치하지 않으므로, 전자가 전도대역으로부터 가전자대역으로 재결합 센터를 통하여 비수직형으로 천이하며, 천이 전후로 운동량이 변화한다.

[0009] 이러한 간접 천이형 반도체로는 실리콘(Si), 게르마늄(Ge) 등을 예로 들 수 있다.

[0010] 광전소자의 반도체에서 전도대로부터 가전자대로의 전자의 천이가 발생하기 위해서는 천이 전후에 운동량이 보존되어야 하므로, 주로 직접 천이형 반도체가 광전소자에 사용되어 왔다.

[0011] 그런데, 직접 천이형 반도체를 이용한 광전소자는, 고가의 화합물 반도체 기관에 화합물 반도체 물질을 발광층으로 성장시켜 제조되므로, 제조비용이 증가하는 문제가 있다.

[0012] 그리고, 직접 천이형 반도체를 이용한 광전소자는, 주로 실리콘 기관에 형성되는 일반 전기소자와 함께 집적할 수 없는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 발명은, 이러한 문제점을 해결하기 위하여 제시된 것으로, 레이저 조사에 의하여 게르마늄 기관을 간접 천이형으로부터 직접 천이형으로 변환함으로써, 발광효율이 개선되는 직접 천이형 게르마늄 기관, 직접 천이형 게르마늄 기관을 포함하는 광전소자 및 광전소자의 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0014] 위와 같은 과제의 해결을 위해, 본 발명은, 레이저빔 조사에 의하여 에너지 밴드가 간접 천이형으로부터 직접 천이형으로 변환된 게르마늄 기관을 제공한다.

[0015] 그리고, 상기 레이저빔은, 상기 게르마늄 기관이 흡수할 수 있는 파장을 갖고, 상기 게르마늄 기관의 용융점 미만에 대응되는 출력밀도를 가질 수 있다.

[0016] 한편, 본 발명은, 레이저빔 조사에 의하여 에너지 밴드가 간접 천이형으로부터 직접 천이형으로 변환된 게르마늄 기관과; 상기 게르마늄 기관 상부에 형성되는 p형 반도체층과; 상기 p형 반도체층 상부에 형성되는 n형 반도체층과; 상기 p형 반도체층 및 상기 n형 반도체층에 각각 연결되는 제1 및 제2전극을 포함하는 광전소자를 제공한다.

[0017] 그리고, 상기 p형 반도체층은 상기 게르마늄 기관의 일부를 p형 불순물로 도핑하여 형성될 수 있다.

[0018] 다른 한편, 본 발명은, 에너지 밴드를 간접 천이형으로부터 직접 천이형으로 변환하기 위하여 게르마늄 기관에 레이저빔을 조사하는 단계와; 상기 게르마늄 기관 상부에 p형 반도체층을 형성하는 단계와; 상기 p형 반도체층 상부에 n형 반도체층을 형성하는 단계와; 상기 p형 반도체층 및 상기 n형 반도체층에 각각 연결되는 제1 및 제2전극을 형성하는 단계를 포함하는 광전소자의 제조방법을 제공한다.

[0019] 그리고, 상기 레이저빔은, 상기 게르마늄 기관이 흡수할 수 있는 파장을 갖고, 상기 게르마늄 기관의 용융점 미만에 대응되는 출력밀도를 가질 수 있다.

[0020] 또한, 상기 p형 반도체층을 형성하는 단계는, 상기 게르마늄 기관의 일부를 p형 불순물로 도핑하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0021] 본 발명은, 레이저 조사에 의하여 게르마늄 기관을 간접 천이형으로부터 직접 천이형으로 변환하는 효과를 갖는다.

[0022] 그리고, 본 발명은, 레이저 조사에 의한 응력에 의하여 게르마늄 기관의 변형률이 증가하고, 광전소자의 발광효율이 개선되는 효과를 갖는다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1a 및 도 1b는 각각 직접 천이형 및 간접 천이형 반도체의 에너지 밴드를 도시한 그래프.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 직접 천이형 게르마늄 기관의 제조방법을 설명하기 위한 도면.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 직접 천이형 게르마늄 기관의 위치에 따른 응력을 도시한 그래프.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 게르마늄 기관의 응력에 따른 변형률을 도시한 그래프.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 직접 천이형 게르마늄 기관의 에너지 밴드를 도시한 그래프.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 직접 천이형 게르마늄 기관의 변형률에 따른 파장별 광도를 도시한 그래프.

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 직접 천이형 게르마늄 기관을 포함하는 광전소자로 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명에 따른 직접 천이형 게르마늄 기관, 이를 포함하는 광전소자 및 그 제조방법을 설명한다.

[0025] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 직접 천이형 게르마늄 기관의 제조방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0026] 도 2에 도시한 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 게르마늄 기관(또는 게르마늄 웨이퍼)(10)은, 제1반경(R1)

및 두께(T)를 가지는데, 다이아몬드 구조를 갖는 게르마늄(Ge) 단결정으로 이루어질 수 있다.

- [0027] 게르마늄은 간접 천이형 반도체 물질인데, 레이저장치(미도시)로부터 방출되는 비가공레이저빔(22)을 집속렌즈(30)를 통과시켜 제2반경(R2)을 갖는 레이저빔(20)으로 가공한 후, 레이저빔(20)을 조사하여 게르마늄 기관(10)을 간접 천이형으로부터 직접 천이형으로 변형시킬 수 있다.
- [0028] 이때, 레이저빔(20)을 제공하는 레이저장치(미도시)는 연속파(continuous wave: CW) 레이저장치 또는 펄스(pulsed) 레이저장치일 수 있으며, 레이저빔(20)의 파장은 약 240nm 내지 약 1400nm일 수 있는데, 게르마늄이 흡수할 수 있는 파장이라면 그 외의 파장을 가질 수도 있다.
- [0029] 예를 들어, 약 514nm의 파장을 갖는 아르곤(Ar) 레이저장치를 이용하여 반경이 약 0.25mm인 레이저빔(20)을 게르마늄 기관(10)에 조사할 수 있으며, 아르곤 레이저장치의 출력(power)이 약 1W, 약 2W, 약 3W일 때, 레이저빔(20)은 각각 약 $509.30\text{W}/\text{cm}^2$, 약 $1018.59\text{W}/\text{cm}^2$, 약 $1527.89\text{W}/\text{cm}^2$ 의 출력밀도(강도)(power density)를 가질 수 있다.
- [0030] 게르마늄 기관(10)의 중앙부(A)는 레이저빔(20)의 빛에너지를 흡수하고, 레이저빔(20)의 빛에너지에 의하여 게르마늄 기관(10)의 중앙부(A)의 온도가 증가하고, 온도 증가에 의하여 게르마늄 기관(10)의 중앙부(A)의 부피가 팽창하여 응력(stress)이 발생하고, 응력에 의하여 게르마늄 기관(10)의 중앙부(A)에 변형이 발생한다.
- [0031] 이러한 레이저빔(20) 조사에 의한 게르마늄 기관(10)의 응력 변화를 유한요소해석 프로그램을 이용하여 3차원 대칭모델로 해석할 수 있으며, 이로부터 변형률 증가 및 발광효율 증가를 예측할 수 있다.
- [0032] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 직접 천이형 게르마늄 기관의 위치에 따른 응력을 도시한 그래프로서, 도 2를 함께 참조하여 설명한다.
- [0033] 유한요소해석 프로그램을 이용한 3차원 대칭모델의 해석에서는, 게르마늄 기관(10)의 제1반경(R1) 및 두께(T)와 레이저빔(20)의 제2반경(R2) 등을 경계조건으로 설정할 수 있으며, 대류와 복사 효과를 고려할 수 있다.
- [0034] 도 3에서는, 예를 들어, 약 10mm의 제1반경(R1)을 갖고, 약 $200\mu\text{m}$ 의 두께(T)를 갖는 게르마늄 기관(10)의 중앙부(A)에 약 1.0mm의 제2반경(R2)을 갖는 레이저빔(20)을 조사한 경우의 응력을 산출할 수 있다.
- [0035] 도 3에 도시한 바와 같이, 레이저빔(20) 조사에 의한 응력은 이 조사된 게르마늄 기관(10)의 중심으로부터 가장자리로 갈수록 낮아지는 형태로 발생한다.
- [0036] 예를 들어, 게르마늄 기관(10)에 약 $318.31\text{W}/\text{cm}^2$ 의 출력밀도를 갖는 레이저빔(20)을 조사할 경우, 게르마늄 기관(10)의 중심 및 레이저빔(20) 가장자리에서는 각각 약 125MPa 및 약 100MPa의 응력이 발생할 수 있다.
- [0037] 그리고, 게르마늄 기관(10)에 약 $954.93\text{W}/\text{cm}^2$ 의 출력밀도를 갖는 레이저빔(20)을 조사할 경우, 게르마늄 기관(10)의 중심 및 레이저빔(20) 가장자리에서는 각각 약 260MPa 및 약 200MPa의 응력이 발생할 수 있다.
- [0038] 또한, 게르마늄 기관(10)에 약 $1591.55\text{W}/\text{cm}^2$ 의 출력밀도를 갖는 레이저빔(20)을 조사할 경우, 게르마늄 기관(10)의 중심 및 레이저빔(20) 가장자리에서는 각각 약 420MPa 및 약 360MPa의 응력이 발생할 수 있다.
- [0039] 레이저빔(20) 조사에 의하여 발생하는 응력이 클수록 변형률도 증가하고, 변형률이 증가할수록 발광효율도 증가하는데, 게르마늄 기관(10)의 용융점(약 1211.35K)를 고려하면, 약 $1591.55\text{W}/\text{cm}^2$ 의 출력밀도를 갖는 레이저빔(20)은 게르마늄 기관(10)의 중심에서 약 420MPa의 높은 응력을 발생시키지만, 게르마늄 기관(10)의 중앙부(A) 일부를 용융시킬 수 있다.
- [0040] 따라서, 게르마늄 기관(10)의 용융점 미만에 대응되는 약 $954.93\text{W}/\text{cm}^2$ 의 출력밀도를 갖는 레이저빔(20)이 게르마늄 기관(10)을 용융시키지 않으면서 응력 및 변형률을 최대화 하여 발광효율을 향상시킬 수 있다.
- [0041] 한편, 레이저빔(20) 조사에 의하여 발생하는 게르마늄 기관(10)의 응력의 크기는 변형률(strain)($=\Delta L/L$)로 표현할 수 있다.
- [0042] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 게르마늄 기관의 응력에 따른 변형률을 도시한 그래프로서, 도 2 및 도 3을 함께 참조하여 설명한다.
- [0043] 도 4에 도시한 바와 같이, 레이저빔(20) 조사에 의하여 게르마늄 기관(10)에 발생하는 변형률은 응력에 비례하

는데, 응력이 약 75MPa, 약 150MPa, 약 220MPa, 약 290MPa, 약 370MPa인 경우, 변형률은 각각 약 0.07%, 약 0.14%, 약 0.21%, 약 0.27%, 약 0.35%일 수 있다.

- [0044] 레이저빔(20) 조사에 의하여 게르마늄 기관(10)에 응력이 발생하고, 응력에 의하여 변형률이 변화하는데, 이는 게르마늄 기관(10)의 에너지 밴드의 구조가 간접 천이형으로부터 직접 천이형으로 변환된 것으로 해석할 수 있다.
- [0045] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 직접 천이형 게르마늄 기관의 에너지 밴드를 도시한 그래프로서, 도 1b 및 도 2 내지 도 4를 함께 참조하여 설명한다.
- [0046] 레이저빔(20)을 조사하기 전에 게르마늄 기관(10)은, 도 1b와 같이 전도대역의 파수(k)가 0인 감마밸리(Γ -valley)에서의 최저에너지가 파수(k)가 0이 아닌 엑스밸리(X-valley)에서의 최저에너지보다 높은 간접 천이형 에너지 밴드를 가지지만, 레이저빔(20)을 조사한 후에 게르마늄 기관(10)은, 도 5에 도시한 바와 같이, 전도대역의 파수(k)가 0인 감마밸리(Γ -valley)에서의 최저에너지가 파수(k)가 0이 아닌 엑스밸리(X-valley)에서의 최저에너지보다 낮은 직접 천이형 에너지 밴드를 갖게 된다.
- [0047] 그리고, 이러한 에너지 밴드의 간접 천이형으로부터 직접 천이형으로의 변환에 의하여 게르마늄 기관(10)의 발광효율이 개선된다.
- [0048] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 직접 천이형 게르마늄 기관의 변형률에 따른 파장별 광도를 도시한 그래프로서, 곡선들의 차이가 명확해지도록 세로축으로 분리하여 도시하였으며, 도 2 내지 도 5를 함께 참조하여 설명한다.
- [0049] 도 6에 도시한 바와 같이, 레이저빔(20) 조사에 의한 게르마늄 기관(10)의 변형률이 증가할수록 게르마늄 기관(10)의 광도는 증가한다.
- [0050] 구체적으로, 변형률이 약 -0.3%에서 약 1.78%로 증가할수록 피크파장(peak wavelength)이 장파장으로 이동하면서 피크값이 증가한다.
- [0051] 따라서, 레이저빔(20) 조사에 의하여 에너지 밴드가 간접 천이형으로부터 직접 천이형으로 변환된 게르마늄 기관(10)을 이용하여 광전소자를 제조할 경우, 광전소자의 발광효율이 향상된다.
- [0052] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 직접 천이형 게르마늄 기관을 포함하는 광전소자로 도시한 도면으로, 도 2 내지 도 6을 함께 참조하여 설명한다.
- [0053] 도 7에 도시한 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 직접 천이형 게르마늄 기관을 포함하는 광전소자(110)는, 기관(120), p형 반도체층(122), 진성(intrinsic) 반도체층(130), n형 반도체층(140), 제1전극(150) 및 제2전극(152)을 포함하는데, 광전소자(110)는 적외선 발광 다이오드(light emitting diode: LED)일 수 있다.
- [0054] 기관(120)은 레이저빔(20) 조사에 의하여 에너지 밴드가 간접 천이형으로부터 직접 천이형으로 변환된 게르마늄 기관(10)일 수 있으며, p형 반도체층(122)은 게르마늄 기관(10)의 일부를 p형 불순물로 도핑하여 형성되는 층일 수 있다.
- [0055] 다른 실시예에서는, 게르마늄은 실리콘(Si)과 결정구조 및 격자상수 등이 유사하므로, 실리콘 기관에 실리콘게르마늄(SiGe)층 및 게르마늄(Ge)층을 성장시킨 후 게르마늄층에 레이저빔(20)을 조사하고 게르마늄층의 일부를 p형 불순물로 도핑하여 기관(120) 및 p형 반도체층(122)을 형성할 수도 있다.
- [0056] 이 경우, 실리콘 기관 상에 광전소자 이외에 광전소자 구동을 위한 다양한 전기소자를 함께 집적할 수 있다.
- [0057] 진성 반도체층(130) 및 n형 반도체층(140)은 p형 반도체층(122) 상부에 순차적으로 형성되는데, 진성 반도체층(130) 및 n형 반도체층(140)은 게르마늄으로 동일한 조성을 갖는 물질로 이루어질 수 있다.
- [0058] 예를 들어, 진성 반도체층(130)은 불순물이 도핑되지 않은 게르마늄층일 수 있고, n형 반도체층(140)은 n형 불순물이 도핑된 게르마늄층일 수 있다.
- [0059] 다른 실시예에서는, 진성 반도체층(130) 및 n형 반도체층(140)이 생략되거나, p형 반도체층(122), 진성 반도체층(130) 및 n형 반도체층(140) 사이에 홀(hole) 및 전자(electron)의 공급을 돕기 위한 다양한 층이 추가될 수도 있다.
- [0060] 제1전극(150)은 p형 반도체층(122) 외부에 부분적으로 노출되는 기관(120) 상부에 형성되어 p형 반도체층(122)에 전기적으로 연결되고, 제2전극(152)은 n형 반도체층(140) 상부에 형성되어 n형 반도체층(140)에 전기적으로

연결된다.

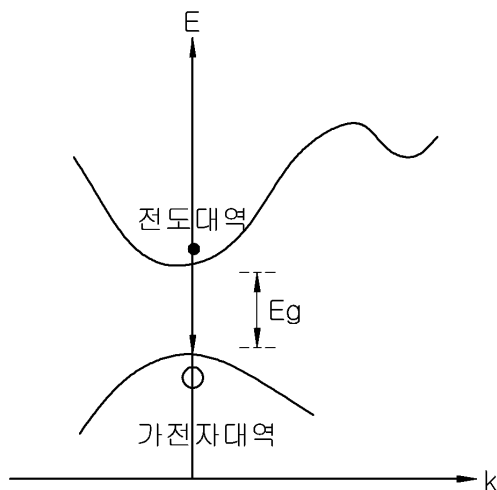
- [0061] 예를 들어, 제1 및 제2전극(150, 152)은 각각 양극 및 음극일 수 있다.
- [0062] 광전소자(110)의 제조방법을 살펴보면, 기판(120)의 일부에 p형 불순물을 도핑하여 기판(120)에 p형 영역을 형성한 후, p형 영역 상부에 진성 반도체물질층 및 n형 반도체물질층을 연속적으로 형성한다.
- [0063] 이후, n형 반도체물질층, 진성 반도체물질층 및 p형 영역을 일괄적으로 식각하여, 진성 반도체층(130) 및 n형 반도체층(140)을 형성하고, 기판(120)의 일부를 노출한다.
- [0064] 이후, 노출된 기판(120) 상부에 제1전극(150)을 형성하고, n형 반도체층(140) 상부에 제2전극(152)을 형성한다.
- [0065] 광전소자(110)의 동작을 살펴보면, 제1전극(150)으로부터 p형 반도체층(122)으로 홀이 공급되고, 제2전극(150, 152)으로부터 n형 반도체층(140) 및 진성 반도체층(130)을 통하여 p형 반도체층(122)으로 전자가 공급되고, 홀 및 전자는 p형 반도체층(122)에서 결합하여 빛이 방출된다.
- [0066] 이때, p형 반도체층(122)은 레이저빔(20) 조사에 의하여 에너지 밴드가 간접 천이형으로부터 직접 천이형으로 변환된 게르마늄 기판(10)을 이용하여 형성되므로, 광전소자(110)의 발광효율이 향상된다.
- [0067] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

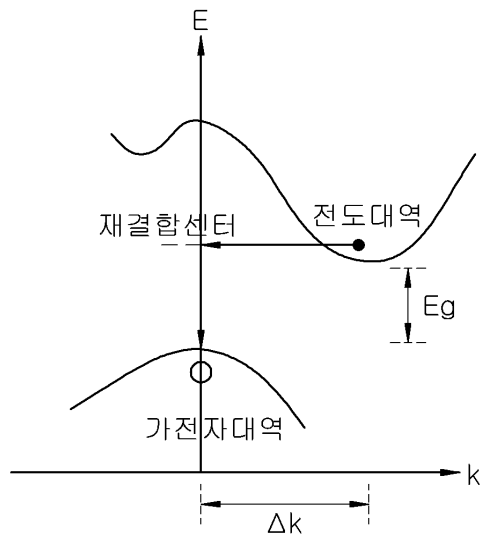
- [0068] 10, 120: 게르마늄 기판 20: 레이저빔
- 30: 집속렌즈 122: p형 반도체층
- 130: 진성 반도체층 140: n형 반도체층
- 150: 제1전극 152: 제2전극

도면

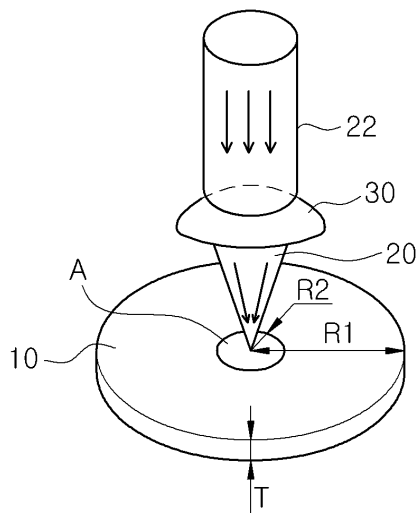
도면1a



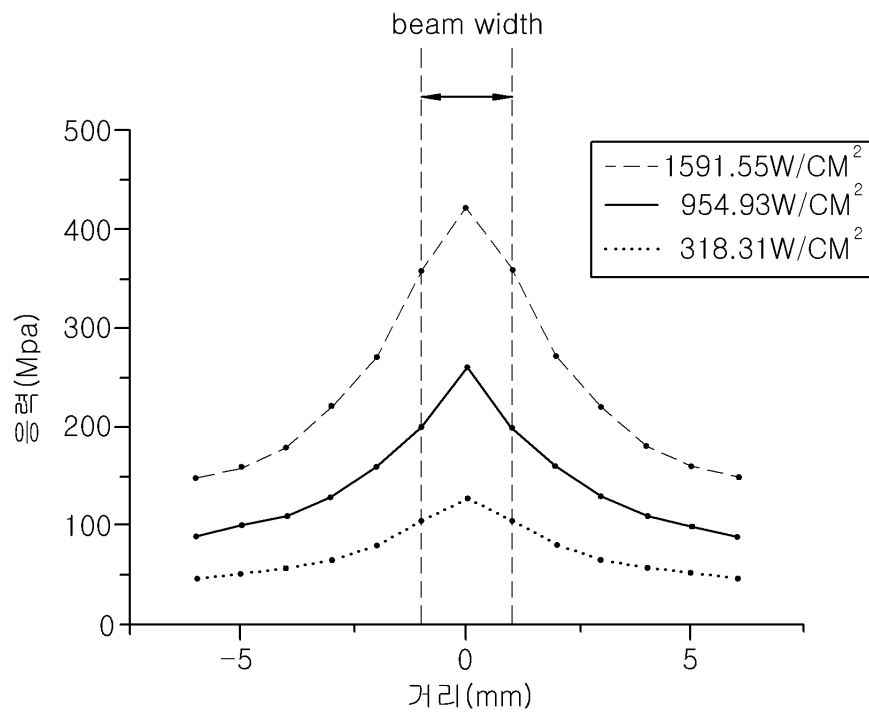
도면1b



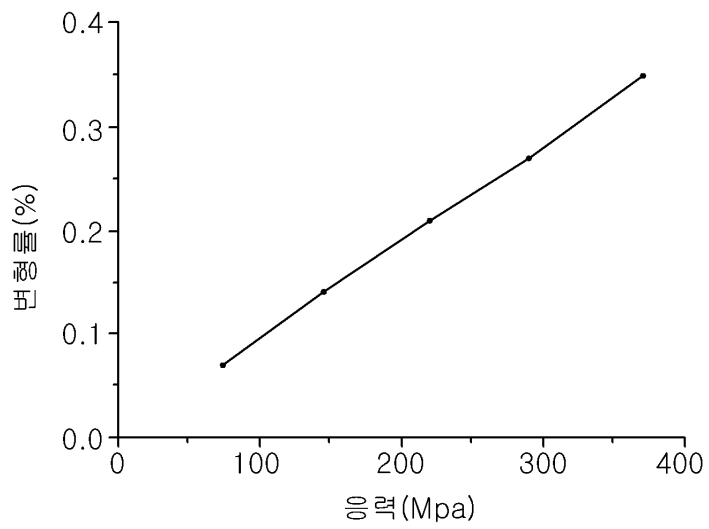
도면2



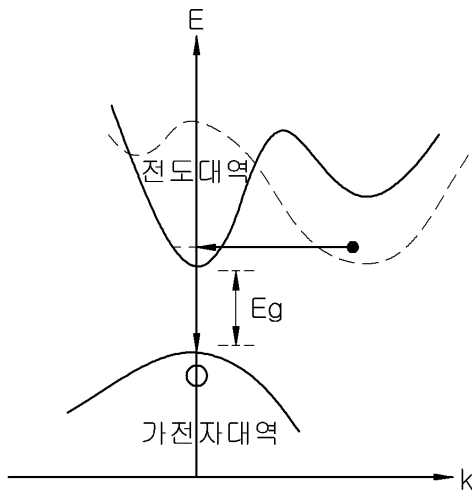
도면3



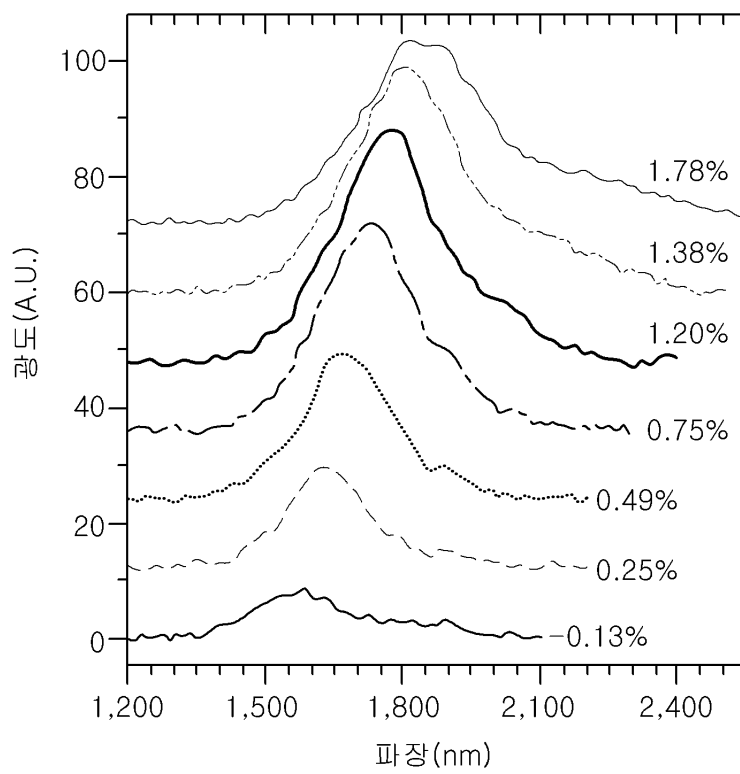
도면4



도면5



도면6



도면7

