



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년04월29일  
(11) 등록번호 10-1385166  
(24) 등록일자 2014년04월08일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*HO1S 1/00* (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2011-0018327  
(22) 출원일자 2011년03월02일  
심사청구일자 2012년03월02일
- (65) 공개번호 10-2011-0099649  
(43) 공개일자 2011년09월08일
- (30) 우선권주장  
JP-P-2010-044838 2010년03월02일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌  
JP2010045157 A\*  
US20080135856 A1\*  
US20080315098 A1\*  
US20100013038 A1\*
- \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
개논 가부시끼가이사  
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루꼬 3조메 30방 2고  
(72) 발명자  
오우치 토시히코  
일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루꼬 3조메 30방  
2고 개논 가부시끼가이사 나이  
(74) 대리인  
권태복

전체 청구항 수 : 총 12 항

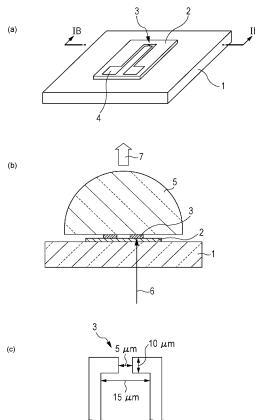
심사관 : 조성찬

(54) 발명의 명칭 광소자, 및 이것을 갖는 광장치 및 테라헤르츠 시간영역 분광장치

### (57) 요약

광소자는, 광의 포톤 에너지보다 큰 에너지 밴드갭을 갖는 반도체층과, 그 반도체층과 전기적으로 접촉한 복수의 전극을 구비한다. 전극들 중 적어도 1개는, 상기 전극들과 상기 반도체층과의 사이에 광의 포톤 에너지이하의 장벽높이를 갖는 쇼트키 접합을 형성한다. 쇼트키 접합을 형성하는 상기 전극들과 상기 반도체층과의 접합면의 적어도 일부는, 전극들이 없는 상기 반도체층의 면으로부터 상기 광이 조사되는 광조사면과, 또한 상기 광의 조사에 의해 발생 또는 검출하는 테라헤르츠파에 결합되는 결합 구조체의 부분을 구비한다.

### 대표도 - 도1



## 특허청구의 범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

테라헤르츠파를 발생 또는 검출하는 광 장치로서,

광을 출력하는 광원과,

광소자에 광이 조사될 때, 테라헤르츠파를 발생 또는 검출하는 상기 광소자와,

상기 광원으로부터의 광이 상기 광소자로 향하게 하는 광학부를 구비하고,

상기 광소자는,

반도체층과,

상기 반도체층과 전기적으로 접촉해서 형성되고, 테라헤르츠파에 결합된 안테나 및 공간을 포함하는 복수의 전극을 구비하고,

상기 전극 중 적어도 하나는, 상기 하나의 전극과 상기 반도체층의 사이에 쇼트키 접합을 형성하고,

상기 광원은 포톤 에너지가 쇼트키 접합의 장벽 높이보다 크고, 상기 반도체층의 에너지 밴드 갭 보다 작은 광을 출력하고,

상기 광학부는 상기 전극이 없는 상기 반도체층의 면으로부터 상기 광을 쇼트키 접합에 조사하는, 광 장치.

청구항 8

테라헤르츠파를 발생하는 발생부;

상기 발생부로부터 방사되고, 샘플에 조사되어, 검출부에 도달하는 테라헤르츠파를 검출하는 상기 검출부; 및

상기 발생부에 있어서의 테라헤르츠파 발생과 상기 검출부에 있어서의 테라헤르츠파 검출과의 사이의 지연시간을 조정하는 지연부를 구비한 테라헤르츠 시간영역 분광장치로서,

상기 발생부와 상기 검출부 중 적어도 한쪽이, 청구항 7에 따른 광 장치인, 테라헤르츠 시간영역 분광장치.

### 청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 쇼트키 접합을 형성하는 전극과 상기 반도체층과의 접합면의 적어도 일부는, 상기 광의 조사에 의해 발생 또는 검출되는 테라헤르츠파와 결합하도록 배치된 결합 구조체의 부분을 더 포함하는, 광 장치

### 청구항 10

제 7 항에 있어서,

상기 전극을 갖지 않은 상기 반도체층의 면의 일부에 유지 기판이 접촉되고, 상기 쇼트키 접합을 형성하는 전극과 접촉하고 있는 상기 반도체층의 이면의 일부를 노출시키는 구멍이 상기 유지 기판에 형성되어 있는, 광 장치.

### 청구항 11

제 7 항에 있어서,

상기 광은, 상기 광의 포톤 에너지보다 큰 에너지 밴드 갭을 갖는 상기 반도체층을 투과한 후에, 상기 쇼트키 접합에 도달하는, 광 장치.

### 청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 광은, 상기 반도체층을 투과한 후에만 상기 쇼트키 접합에 도달하는, 광 장치.

### 청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 광소자는 상기 반도체층과 접촉하는 기판을 더 포함하고,

상기 기판은 상기 광이 통과하는 구멍을 포함하는, 광 장치.

### 청구항 14

제 7 항에 있어서,

상기 광소자는 상기 반도체층과 접촉하는 기판을 더 포함하고,

상기 광은, 상기 광의 포톤 에너지보다 큰 에너지 밴드 갭을 갖는 상기 반도체층과 상기 광의 파장 대역에서 상기 반도체층의 파장 분산보다 작은 파장 분산을 갖는 기판을 투과한 후에, 상기 쇼트키 접합에 도달하는, 광 장치.

### 청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 광은, 상기 반도체층과 상기 기판을 투과한 후에만 상기 쇼트키 접합에 도달하는, 광 장치.

### 청구항 16

제 7 항에 있어서,

상기 광소자는 상기 반도체층과 접촉하는 기판을 더 포함하고,

상기 기판은 상기 광이 통과하는 구멍을 포함하는, 광 장치.

## 청구항 17

제 7 항에 있어서,

광 조사면은, 상기 반도체층의 단부에 있고, 쇼트키 접합면을 따라 연장되는 상기 광의 도파관의 일부를 규정하는, 광 장치.

## 청구항 18

제 7 항에 있어서,

상기 반도체층은, 에피택셜층의 성장 기판을 제거하고 그 제거된 부분을 다른 기판에 전사하여서 얻어진 에피택셜층인, 광 장치.

## 명세서

### 기술 분야

[0001] 본 발명은, 밀리미터의 파장대로부터 테라헤르츠 파장대(30GHz~30THz)까지의 주파수영역의 성분을 포함하는 테라헤르츠파를 발생 또는 검출하는 광소자, 그 광소자를 사용하는 광장치 및 그 광소자를 사용하는 장치에 관한 것이다. 특히, 본 발명은, 광펄스 조사에 의해 상기 테라헤르츠 주파수대의 푸리에(Fourier) 성분을 포함하는 전자파 펄스의 발생 또는 검출을 행하는 광소자, 그 광소자를 사용한 광장치 및 그 광소자를 사용한 테라헤르츠 시간영역 분광장치(THz-TDS)에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 최근, 테라헤르츠파를 사용한 비파괴 이미징 기술이 개발되고 있다. 상기 테라헤르츠 주파수대의 전자파의 응용은, X선에 대해 테라헤르츠파가 일부 이점이 있기 때문에 이미징을 행하는 X선장치보다 훨씬 안전한 투시 영상검사장치를 제공하는 강력한 기술이 될 것이라고 판명되고 있다. 예를 들면, 테라헤르츠파는, 일반적인 X선 포톤 에너지(예를 들면, keV의 범위에서)보다 백만배정도 낮은 매우 낮은 포톤 에너지(예를 들면, 1 THz에서 4meV)를 갖는다. 따라서, 테라헤르츠파는, 생체 조직에 해로운 방사를 하지 않는다. 또한, 예를 들면, 물질내부의 흡수 스펙트럼과 복소유전율을 구해서 문자의 결합 상태등의 물질의 물성을 결정하는 분광 기술; 및 생체분자의 해석 기술이 테라헤르츠 시간영역 분광분석의 이상 잡음 거부 및 아주 높은 신호대 잡음비에 의거하여 개발되고 있다.

[0003] 널리 알려진 테라헤르츠파의 발생 방법은, 광전도 소자를 사용하는 방법이 있다. 이 광전도 소자는, 전형적으로는, 특수한 반도체와, 이 반도체 보다 위에 배치된 2개의 전극으로 구성된다. 이 특수한 반도체는, 이동도가 비교적 크고 캐리어 수명 지속기간이 비교적 수 피코초 이하인 것을 특징으로 한다. 전극간에 전압을 인가한 상태에서 전극간의 갭(gap)에 초단 펄스 광을 조사하면, 여기된 광 캐리어에 의해 전류가 순간적으로 전극간을 흘러, 테라헤르츠파가 방사된다. 이러한 광전도 소자를 테라헤르츠파의 검출기로서도 사용해서 THz-TDS를 제공함으로써 상기의 계측 및 이미징 기술이 연구되고 있다. 이러한 기술 상황에 있어서, 800nm의 중심 파장에서 초단 광 펄스를 발생하는 여기용 소스로서 일반적으로 티타늄 사파이어 레이저를 사용한다. 그렇지만, 소형화 및 저비용화를 위해, 통신 파대의 중심파장을 갖는 파이버(fiber) 레이저를 사용하는 것이 바람직하다. 이 경우, 여기광의 파장이  $1\mu\text{m}$ 이상이다. 광전도 소자에서 사용하고 있었던 저온성장(LT-)GaAs는, 이 파장에 대하여 투명체로서 작용한다. 따라서, GaAs를 사용할 수 없다. 이 때문에, LT-InGaAs가 GaAs 대신에 광전도 재료로서 연구중에 있다(일本国 공개특허공보 특개2006-086227호 참조).

[0004] 그러나, InGaAs계의 밴드갭은 GaAs보다 작고, 이것이 의미하는 것은 이 계의 진성반도체의 캐리어 농도가 증가한다는 것이다. 또한, 결정 결함이 증가함에 따라 전류 캐리어 농도가 증대한다. 이에 따라서, 고저항화하는 것이 어렵다. 그러므로, GaAs와 비교하여, 인가전압을 높게 할 수 없고, 광 캐리어 수의 시간미분 변화량을 크게 하는 것이 어렵다. 이 때문에, 테라헤르츠파의 발생 효율을 제한하고 있었다. 상기 테라헤르츠파의 발생 효율 제한은, 통신 파대의 광전도 소자의 개발에 있어서 큰 문제이다. 따라서, 새로운 광스위치 방식이 제안되어 있다. 이 제안된 새로운 방식은, 광전도성을 사용하지 않고 쇼트키(Schottky) 접합을 사용한다. 2008

Conference on Quantum Electronics and Laser Science, Conference on Lasers and Electro-Optics, CLEO/QELS 2008, Article number 4551244를 참조한다. 이 방식에서는, 도 6에 기본 개념을 나타내었고, 반절연성 InP기판(70)과 Ti/Au전극(71) 사이에 배치된 셀트키 접합부(72)에 여기광(73)을 조사한다. 이에 따라, 셀트키 장벽을 넘는 에너지를 얻은 전자가 그 전극(71)으로부터 InP기판(70)으로 순간적으로 이동해서, 테라헤르츠파를 발생시킨다. 이 경우, 상기 여기광(73)은, 파장이  $1.5\mu\text{m}$ 대이다. InP기판(70)에서는 광을 흡수하지 않지만, 셀트키 장벽의 높이보다는 큰 광 에너지를 가진다. 반절연성 InP을 사용하므로, 그 소자는, InGaAs계보다 높은 저항을 가져서, 고전계를 인가할 수 있다. 이에 따라서, 고효율 방식으로 테라헤르츠파를 발생할 수 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0005] 그러나, 2008 Conference on Quantum Electronics and Laser Science, Conference on Lasers and Electro-Optics, CLEO/QELS 2008, Article number 4551244에 기술된 셀트키형 소자에서는, 전극과 반도체 계면에 여기광을 효율적으로 조사하는 것이 어렵다. 그 이유는, 기본적으로는, 도 6을 참조하면, 전극(71)과 반도체(70)의 단부(72)에 광(73)을 조사하고, 그 단부 근방에 형성된 셀트키 접합만을 테라헤르츠파 발생 영역으로서 사용하기 때문이다. 즉, 전극상부로부터 여기광(73)을 방사하므로, 광을 조사하는 셀트키 접합 영역의 면적이 작아져, 테라헤르츠파 발생 효율을 제한하고 있었다.

### 과제의 해결 수단

[0006] 상기 과제를 감안하여, 본 발명은, 광을 조사하고 그 응답에 있어서 테라헤르츠파를 발생 또는 검출하도록 구성된 광소자를 제공하고, 이하의 구성을 가진다. 본 발명의 일 국면에 따른 광소자는, 상기 광의 포톤(photon) 에너지보다도 큰 에너지 밴드갭을 갖는 반도체층; 및 상기 반도체층과 전기적으로 접촉해서 형성된 복수의 전극을 구비한다. 이 전극 중 적어도 하나는, 상기 전극과 상기 반도체층과의 사이에 상기 광의 포톤 에너지이하의 장벽 높이를 갖는 셀트키 접합을 형성한다. 셀트키 접합을 형성하는 전극과 상기 반도체층과의 접합면의 적어도 일부는, 상기 전극이 없는 상기 반도체층의 면으로부터 광이 조사되도록 배치된 광 조사면과, 광의 조사에 의해 발생 또는 검출되는 테라헤르츠파와 결합하도록 배치된 결합 구조체의 부분으로 구성된다.

## 발명의 효과

[0007] 본 구성에 의해, 셀트키 접합을 형성하는 접합면에 반도체층으로부터 광을 조사한 결과, 접합면에 있어서의 광조사 영역을 확대한다. 이에 따라서, 테라헤르츠파 발생 효율 및 검출효율을 증가시킬 수 있다.

[0008] 본 발명의 또 다른 특징들은, 당업자에게 첨부된 도면들을 참조하여 아래의 예시적 실시예들의 설명으로부터 명백해질 것이다.

## 도면의 간단한 설명

[0009] 도 1a 내지 1c는 본 발명의 제1 실시예에 따른 광소자를 나타낸 구조도다.

도 2a 및 2b는 셀트키 접합을 설명하는 도면이다.

도 3a 및 3b는 본 발명의 제2 실시예 및 제3 실시예에 따른 광소자를 나타낸 구조도다.

도 4a 및 4b는 본 발명의 제4 실시예에 따른 광소자를 나타낸 구조도다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 광장치를 사용한 본 발명의 제5 실시예에 따른 분광장치를 나타내는 구조도다.

도 6은 종래의 광소자를 나타내는 구조도다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 일 실시예에 따른 광소자는 셀트키형의 소자다. 일반적인 광전도 소자에서는, 여기광을 전극간 영역에

조사하고, 밴드간 천이에 의해 캐리어를 발생시킨다. 이에 대해서, 본 발명의 그 실시예에 따른 광소자일 경우에, 여기광을 전극과 광전도막인 반도체층과의 접합면에 조사하고, 전극의 캐리어에 배리어를 넘게 한다. 또한, 종래의 상기 쇼트키형 소자일 경우에, 상부측(전극측)으로부터 전극과 광전도막 사이의 접합면 부근 영역에 여기광을 조사한다. 이에 대해서, 본 발명의 상기 실시예에 따른 광소자일 경우에, 전극이 없는 반도체층의 면(전극이 없는 반도체층의 평면 또는 측면)으로부터 여기광을 조사한다. 이에 따라서, 접합면에 있어서의 광조사 영역을 확대한다. 또한, 결합 구조체의 구성 부분을 광조사면 근처에 형성한다. 이에 따라서, 테라헤르츠파를 결합 구조체에 결합시켜, 효율적으로 테라헤르츠파를 방사 또는 검출한다. 이러한 전제에 의거하여, 본 발명의 실시예에 따른 광소자의 기본적인 구조는, 상기 구성을 갖는다.

[0011] 이하, 첨부도면을 참조하여 본 발명의 실시예들 및 예시들을 설명한다.

[0012] (제1 실시예)

본 발명의 제1 실시예에 따른 광소자를, 도 1a의 사시도와, 도 1a에 있어서의 IB-IB를 따라 자른 도 1b의 단면도를 사용하여 설명한다. 본 실시예에서는, 기판(1)으로부터, 원하는 주파수 특성을 갖는 전자과 결합 구조체를 포함하는 복수의 전극을 포함하는 전극겸 안테나(3)와, 반도체층(2) 사이의 접합면에 여기광(6)을 조사할 수 있는 구조를 제공한다. 이 때문에, 기판(1)은, 반도체층(2)을 에피택셜 성장했을 때 얻어진 기판이 아니고, 상기 조사된 여기광(6)에 대하여 투명해서 광장분산이 작은 재료로 이루어진 기판이다. 그 기판(1)에 반도체층(2)이 전사된다. 즉, 반도체층(2)은, 에피택셜층의 성장 기판을 제거해서 그 제거된 부분을 별도의 기판(1)에 전사하여 얻어진 에피택셜층이다. 쇼트키 접합을 구성하는 금속과 반도체와의 사이에 배치된 접점부는, 여기광(6)의 포톤 에너지보다도 밴드갭이 넓은 반도체층(2) 위에 전극겸 안테나(3)를 형성하여서 설치된다. 쇼트키 접합을 형성하는 전극은, 여기광(6)이 조사되는 광조사면 및 내부에서 발생되는 테라헤르츠파와 결합하는 결합 구조체를 포함하는 전극겸 안테나(3)로서의 역할을 한다. 이 구성에서는, 광조사면에 광이 도달하기 전의 여기광(6)의 투과 영역은, 반도체층(2)의 영역 및 여기광(6)의 광장대에 있어서 반도체층(2)의 광장분산보다 작은 광장분산을 갖는 상기 기판(1)의 영역을 포함한다. 달리 말하면, 여기광(6)은 반도체층(2)의 영역과 상기 전극겸 안테나(3)의 광조사면 바로 아래의 기판(1)의 영역을 투과한 후 상기 광조사면에 도달한다. 상기 기판(1)의 영역은, 여기광(6)의 광장대에서의 반도체층(2)의 광장 분산보다 작은 광장 분산을 갖는다. 본 실시예에서는, 전자과 결합 구조체는, 발생한 테라헤르츠파와 결합해서 재방사하기 위한 캡부를 포함하고 원하는 주파수 특성을 갖는 전극겸 안테나(3)다. 이와는 달리, 전자과 결합 구조체는, 일반적인 결합 구조체이어도 된다. 도 1a에 있어서, 참조부호 4는, 전극겸 안테나(3)에 바이어스 공급하기 위한 전도선 및 패드다.

[0014] 테라헤르츠파 발생의 원리에 대해서 도 2a 및 2b를 참조하여 설명한다. 도 2a는 금속과 반도체 사이의 접촉부 근방의 에너지 밴드 구조를 나타낸다. 참조부호 54는 접합부이다. 좌측이 금속(상기 구조에서는 전극겸 안테나(3)), 우측이 반도체(상기 구조에서는 반도체층(2))를 나타낸다. 참조부호 50은 금속의 페르미(Fermi) 준위다. 접합에 의해, 금속의 페르미 준위(50)는, 반도체의 페르미 준위(52)와 일치한다. 본 설명도에서는, 참조부호 51, 53은 각각 반도체의 전도대, 원자가 전자대를 나타낸다. 예를 들면, 본 도면은, 반절연성의 반도체를 사용하기 때문에 페르미 준위가 거의 중앙에 있는 경우를 나타낸다. 또한, 본 도면은, 금속의 일함수 $\Phi_m$ 과 반도체의 일함수 $\Phi_s$ 가 일치해서 형성되는 밴드가 평탄하게 되는 경우를 나타낸다. 이 때, 반도체의 전도대(51)는 금속의 페르미 준위(50)보다도  $q(\Phi_m - \Phi_s)$ 만큼 높은 에너지 위치( $q$ 는 기본전하)에 있다. 이 차이가 쇼트키 장벽 $q\Phi_b$ 이 된다. 여기에서,  $x$ 는 반도체의 전자 친화력이며, 진공준위와 전도대(51)간의 에너지 차이의 양을 의미한다.

이상적으로는, 이렇게 하여, 쇼트키 장벽이 결정된다. 그렇지만, 실제로는 표면상태에 따라 피닝(pinning)이 일어나기 때문에,  $\Phi_b$ 는 작아지는 경향이 있다. 쇼트키 장벽은, 실제로 측정을 통해 얻어져야 한다.

[0015] 상기 구성이 반도체측에 양극, 금속에 음극을 접속해서 바이어스 하면, 통상은, 쇼트키 장벽으로 인해 전류는 거의 흐르지 않는다. 도 2b에 나타낸 것처럼, 쇼트키 접합 근방의 영역에 장벽높이 $q\Phi_b$ 보다도 큰 포톤 에너지를 갖는 광(55)을 조사하면, 에너지를 얻은 전자가 광의 포톤 에너지이하의 에너지를 갖는 장벽을 넘는다. 추가로, 반도체에 인가된 전계에 의해 전자가 가속된다. 이 때 순시적으로 광조사를 행하면, 순간 운송되는 전류가 흘러서 다이폴이 변동하여서, 테라헤르츠대의 전자파가 발생한다. 광조사를 펌토초(femtosecond) 오더의 광펄스로 행하면, 테라헤르츠대에 푸리에 주파수 성분을 포함하는 같은 전자과 펄스를 발생시킬 수 있다. 상기 광소자가 상기의 광전도 소자와 다른 점은, 반도체의 에너지 밴드갭이상의 포톤 에너지를 갖는 광의 조사로 포토 캐리어를 취득하는 대신에, 쇼트키 장벽을 넘는 에너지를 갖는 광전자를 사용하는 것이다. 따라서, 조사 광(55)의 포톤 에너지는, 반도체층의 밴드갭 에너지보다도 작고, 이 경우, 조사 광(55)은 반도체층을 투과 할 수 있다. 또한, 도 2b에 도시된 방향으로의 전계인가는, 고저향을 유지할 수 있다. 브레이크다운이 발생할

때까지 고전계를 인가할 수 있다. 이에 대하여, 상기의 InGaA광전도 소자에서는, 저항이 낮기 때문에, 브레이크다운이 발생하기 전에 전류가 증가한다. 그래서, 인가전압의 크기가 제한되었다.

[0016] 반도체를 통해 주행하는 전자가 반도체에서의 산란등 때문에 에너지를 잃어버리면, 전자파가 더 이상 발생하지 않는다. 전형적으로는, 광 펄스가 종방향 광학 포는 산란으로 인해 수 100펨토초 이하이면 전자가 소멸된다. 이 값은, 일반적인 반도체에 있어서 캐리어 재결합에서 소멸하는 캐리어의 수명과 비교하여 충분히 짧다. 이렇게 하여, 테라헤르츠 펄스를 발생시킬 수 있다. 상기 구성에 있어서, 광(55)의 조사는 한 쌍의 전극겸 안테나(3)중에서 전자의 에미터가 되는 전극부분에 가해진다. 즉, 본 실시예에 있어서는, 광조사면은 에미터가 되는 전극부분이다. 이 때, 캡부가 배치된 상기 전극겸 안테나(3)의 또 한쪽의 전극부분(광조사를 행하지 않음)에 같은 쇼트키 접합을 형성하는 경우, 그 또 한쪽의 전극부분의 상태가 도 2b에 도시된 상태와 반대인 바이어스 상태이기 때문에, 반도체층의 전도전자는 그 또 한쪽의 전극부분에 전도될 수 있다. 이 콜렉터가 되는 또 한쪽의 전극부분에 쇼트키 접합이나 오믹 접합을 형성해도 된다는 것을 유념해야 한다.

[0017] 상술한 것처럼, 쇼트키 접합부 근방의 영역에 펨토초 오더의 초단 펄스를 조사하면 테라헤르츠파가 발생한다. 이 때, 일반적인 광전도 소자와 같이 전자파 발생부 근방에 다이폴 안테나등을 설치하면, 발생한 테라헤르츠파(7)는 일단 안테나에 결합되고나서, 도 1b의 위쪽을 가리키는 화살표로 나타낸 것과 같은 방향으로 방사된다. 그 발생한 테라헤르츠파는, 안테나 특성에 따른 지향성과 주파수 특성을 갖는다. 방사 지향성을 향상하기 위해서, 도 1b에 나타낸 것과 같은 고저항 실리콘으로 이루어진 초반구 렌즈(5)를 사용하는 것이 바람직하다. 그렇지만, 상기 초반구 렌즈(5)는 생략되어도 된다.

[0018] 이상의 설명에서는, 플랫(flat) 밴드 타입을 설명했다. 그렇지만, 금속, 반도체 재료 및 도전형의 조합에 따라, 여러가지 경우를 생각할 수 있다. 따라서, 쇼트키 장벽이 형성되는 경우에, 이러한 여러 가지 경우도 본 실시예의 변형 예로서 이용될 수 있다. 예를 들면, 같은 반도체 재료를 사용해도, 불순물 도핑을 행하는 경우, 그 페르미 준위를 변경할 수 있고, 그 일함수를 변경가능하다. 따라서, 쇼트키 장벽의 형태를 적절하게 설계할 수 있다. 또한, 포지티브 정공이 캐리어의 역할을 하는 경우, 상기 양극과 음극을 교체하면 좋다. 이때, 정공과 전자는 유효질량이 다르기 때문에, 유효질량에 따라, 금속과 반도체 사이의 접촉부 근방의 에너지 밴드구조를 설계할 필요가 있다.

[0019] 본 실시예에 의하면, 쇼트키 접합부에서의 광조사 영역을 확대하는 구조를 제공할 수 있다. 광여기에 의해 효율적으로 테라헤르츠파를 발생 또는 검출할 수 있다. 특히,  $1\text{ }\mu\text{m}$ 이상의 통신 파장대의 여기광에 대하여 효과적인 광소자인 테라헤르츠파 발생 및 검출 소자, 그 소자를 사용한 계측장치, 및 그 소자를 사용한 이미징 장치를 제공할 수 있다. 이 경우, 파이버를 사용한 여기 레이저를 조사부의 역할을 할 수 있으므로, 상기 장치의 소형화 및 저비용화가 가능해진다. 또한, 전극의 두께를 얇게 해서 광 투과성을 크게 하는 경우 쇼트키 접합부에서의 광조사 영역을 확대할 필요가 없으므로, 전기 저항이 커지고 테라헤르츠파의 손실이 커지는 현상이 일어나는 것을 막을 수 있다.

[0020] (예시1)

[0021] 제1 실시예에 대응한 예시 1에 관하여 설명한다. 본 예시의 구성은, 기본적으로 제1 실시예와 같다. 본 예시에서는, 도 1a 또는 도 1b에 나타낸 구성을 제공한다. 기판(1)은, 조사 레이저광에 대하여 투명해서 파장분산이 작은 재료로 만들어져도 된다. 그 재료는, 일반적으로 석영, 사파이어 또는 수지이어도 된다. 기판(1)의 광 입사면은, 무반사 코팅등에 의해 처리되어도 된다(미도시됨). 반도체층(2)은, 반절연성의 InP를 사용하여도 된다. 전극겸 안테나(3)는 Au/Ti막의 증착등으로 형성되어도 된다. 이 재료의 조합의 경우, Au의 일함수가 약 5.1eV, Ti의 일함수가 약 4.3eV, InP의 전자친화력이 4.4eV다. InP의 에너지 밴드갭은 1.35eV이다. 그 재료가 반절연성의 재료일 경우, 그 페르미 준위는 전도대보다  $1.35/2=0.68\text{ eV}$ 만큼 낮은 위치에 있고, 그 준위는 Au의 페르미 준위와 거의 일치한다. 그 때문에, 도 2a에 나타낸 것과 같은 플랫 밴드를 형성할 수 있다. 실제로는, Au/Ti와 InP의 쇼트키 장벽 높이는 약 0.5eV라고 하는 실제 측정예가 있다. 그 쇼트키 접합부의 전도대는 만곡한다. 이 경우에도, 광이 광조사면에 도달할 때까지(도달하기 전에)의 광(6)의 투과 영역은, 반도체층(2)의 영역 및 광(6)의 파장대역에 있어서 반도체층(2)의 파장분산보다 작은 파장분산을 갖는 상기 기판(1)(예를 들면, 석영)의 영역을 포함한다.

[0022] 쇼트키 장벽 높이는 약  $2.4\text{ }\mu\text{m}$ 이고, InP의 에너지갭에 해당하는 포톤 에너지를 갖는 광의 파장은, 약  $0.91\text{ }\mu\text{m}$ 이다. 예를 들면,  $1.55\text{ }\mu\text{m}$ 대의 통신 파장대의 파이버형 펨토초 레이저를 사용하면, 쇼트키 접합부에서는 광전자가 여기되면서 반도체층(2)에서는 광전자가 여기되지 않는다. 따라서, 이러한 펨토초 레이저의 사용은, 시스템의 소형화 및 저비용화에 적합하다. 본 예시에 있어서, 전극겸 안테나(3)의 안테나 형상은, 도 1c에 나타

낸 것처럼, 캡을  $5\text{ }\mu\text{m}$ , 안테나 길이를  $15\text{ }\mu\text{m}$ , 폭을  $10\text{ }\mu\text{m}$ 로 했다. 그렇지만, 그 형상은, 이것에 한정되지 않는다. 반절연성의 InP막의 반도체층(2)은, Fe도핑으로 형성되고, 두께가  $1\text{ }\mu\text{m}$ 이다. 이 InP막은, InGaAs회생층을 개재한 InP기판상의 에피택셜막을 에피택셜 전사 기술에 의해 기판(1)에 이전한 것이다. 그 막은, 석영등의 유지 기판(1)에, 직접 접합이나 접착제를 사용한 방법으로 접착되어도 된다. 반절연성 InP 기판을 유지 기판(1)과 접합한 후, 연마등에 의해 박막을 남긴 경우, 에피택셜층을 성막하지 않고 반도체층(2)을 형성할 수도 있다.

[0023] 전극겸 안테나(3)의 또 한쪽의 전극부분에서 오직 접합으로 형성하는 경우에는, 전극영역에 불순물을 확산시키거나, 그 전극영역을 AuGe/Ni/Au전극에 의해 합금화시키거나, 또는 n-InGaAs에피택셜층을 선택적으로 그 전극하부에 설치하거나 하는 방법들(도면에 나타내지 않는다)을 생각할 수 있다. 도 1a 또는 1b에서는, 반도체층(2)의 사이즈가 기판(1)의 사이즈보다 작다. 그렇지만, 이들 구성요소는 같은 모양으로 되어도 되거나, 반도체층(2)은 그 전극겸 안테나(3)의 안테나가 있는 영역에만 형성되어도 좋다.

[0024] 기판(1)이 InP기판일 경우, 과장분산이 일어나므로, 기판에 여기광이 입사되는 경우에도 원하는 좁은 펠스폭을 얻을 수 없는 가능성이 있다. 이에 대해, 본 예시에서는 기판(1)으로부터의 광입사에 적합한 구조를 제공한다. 상기 전극이 반도체와 접촉하여서 쇼트키 접합을 형성하는 접합면에서의 넓은 영역에 광을 조사할 수 있다. 그 때문에, 고효율의 테라헤르츠 펠스의 발생 및 검출이 가능하다. 그 밖의 점은, 제1 실시예와 같다.

[0025] (제2 실시예)

[0026] 본 발명의 제2 실시예를 설명한다. 본 실시예에서는, 도 3a를 참조하면, 전극겸 안테나(22)가 유지 기판(20)에 접착된다. 반도체층(21)으로부터, 에피택셜 성장시에 사용한 반도체를 제거해서 유지 기판(20)에 전사되어 있다. 바이어스 하기 위한 전극배선을 상기 유지 기판(20)의 표면에 형성하면, 반도체층(21) 표면의 전극겸 안테나(22)는 이 전극배선에 전기적으로 접촉하도록 유지 기판(20)에 접착될 수 있다. 본 구조에서는, 유지 기판(20)으로서, 테라헤르츠파의 투과성이 좋은 고저항 실리콘, 석영, 올레핀, 또는 올레핀, 테프론(등록상표)이나 폴리에틸렌등의 수지가 적합하다. 이 경우에, 여기 레이저광(23)은, 전극이 없는(즉, 전극겸 안테나(22)가 없는) 측으로부터 반도체층(21)에 입사된다. 제1 실시예와 같은 재료를 반도체층(21)에 사용하고, 같은 원리로 테라헤르츠 펠스(24)가 발생해 방사된다. 유지 기판(20)은, 테라헤르츠파 방사의 지향성을 향상하기 위해서, 렌즈 형상으로 하거나 또는 렌즈를 추가로 구비하거나 해도 좋다. 본 실시예에서는, 광이 광조사면에 도달할 때까지의 여기 레이저광(23)의 투과 영역은, 반도체층(21)의 영역만을 포함한다. 즉, 광조사면에 도달하기 위해서, 상기 여기광 레이저(23)는, 그 여기광 레이저(23)에 투과적인 반도체층(21)의 영역만을 지나갈 필요가 있다.

[0027] 본 실시예에 의하면, 여기광(23)이 얇은 반도체층(21)만을 투과해서 분산손실없이 쇼트키 접합부에 조사된다. 분산의 영향을 받지 않아서 대역폭이 넓은 광을 조사할 수 있고, 테라헤르츠파의 대역을 확대할 수 있다. 그 밖의 점은, 상기 제1 실시예와 같다.

[0028] (제3 실시예)

[0029] 본 발명의 제3 실시예를 설명한다. 본 실시예에서는 도 3b를 참조하여, 유지 기판(30)의 일부에 구멍(33)을 만들어, 여기 레이저광(34)이 반도체층(31)을 통해 전극겸 안테나(32)와 반도체층(31) 사이의 쇼트키 접합부에 직접 입사할 수 있다. 이에 따라, 테라헤르츠 펠스(35)를 발생하여 방사한다. 본 소자에서는, 기판은, 구멍을 갖는 유지 기판(30)이면 좋다. 그 기판은, 절연성 기판이거나, 또는 절연층을 거쳐서 반도체층(31)에 부착된 기판이어야 된다. 그 기판(30)의 재료는 특별히 한정되지 않는다. 따라서, 반도체층(31)을 에피택셜 성장했을 때 얻어진 기판을 직접 사용할 수 있다. 본 실시예에서는, 광이 광조사면에 도달할 때까지의 여기 레이저광(34)의 투과 영역은, 반도체층(31)의 영역만을 포함한다.

[0030] 구멍을 만든 경우에, 반도체 기판과 반도체층(31)과의 사이에 에칭 스텁층을 설치하면 향상할 수 있다. 예를 들면, InP계일 경우에는, InGaAs등의 에칭 스텁층을 사용한다. 본 실시예는, 여기 레이저광(34)과 테라헤르츠파가 진공중 또는 공기중을 전파하지만, 물질중을 거의 통과하지 않는 구조를 제공한다. 광과 테라헤르츠파는, 재료의 과장분산의 영향을 거의 받지 않는다. 그 밖의 점은, 제1 실시예와 같다.

[0031] (제4 실시예)

[0032] 본 발명의 제4 실시예를 설명한다. 본 실시예에서는, 도 4a 또는 도 4b를 참조하여, 전극인 전극겸 안테나(42, 43)가 반도체층(41)의 윗면과 밑면에 형성된다. 그 전극은 전극 사이에 캡을 갖고, 그 캡은 반도체층(41)의 막두께로 규정되어 있다. 유지 기판(40)의 표면에 한쪽의 전극 라인(43)이 설치되고, 여기에 반도체층(41)이 제1 실시예와 마찬가지로 전사되고, 그 표면에, 안테나를 겸하는 다른 쪽의 전극 라인(42)이 형성되어 있다. 이 경우, 예를 들면, 전극 라인 43과 평행하게 연장되는 전극 라인 42는, 안테나로서 기능하도록 설계된

다.

[0033] 본 실시예에서는, 여기 레이저광(44)은, 도 4a를 참조하면, 전극겸 안테나 42와 43 사이에 배치된 반도체층(41)의 단부의 측단면에 입사된다. 즉, 여기 레이저광(44)이 조사되는 광조사면이, 반도체층(41)의 단부에 있는 전극들에 대한 접합면에 위치하고 있다. 기판(40)이 올레핀등의 수지를 사용하면, 반도체층(41)이 광의 흡수성이 작고 또한 그 굴절율이 수지기판(40)보다 높기 때문에, 공기와 수지 사이에 배치된 반도체층(41)이, 전극겸 안테나(42, 43)에 대한 접합면을 따라 연장되는 슬래브 도파관으로서 기능한다. 따라서, 반도체층(41)의 측단면에 입사한 여기 레이저광(44)은, 이 슬래브 도파관을 전파하면서, 쇼트키 접합에 있어서의 광전자를 고효율로 생성할 수 있다. 제1 실시예와 마찬가지로, 테라헤르츠파(46)의 지향성을 향상하기 위해서 고저항 실리콘으로 이루어진 초반구 렌즈(45)를 구비해도 좋다. 그 밖의 점은, 제1 실시예와 같다.

[0034] (제5 실시예)

[0035] 테라헤르츠 시간영역 분광 시스템(THz-TDS)의 제5 실시예를 도 5를 참조하여 설명한다. 이 경우에는, 본 발명의 실시예들 중 어느 하나에 따른 광소자와, 광원과, 광학부를 포함하는 광장치를 테라헤르츠 펄스 발생부로서 사용해서 시간영역 분광장치를 구축했다. 이러한 분광 시스템은, 공지의 시스템과 기본적으로 동일하다. 이 분광 시스템은, 광원인 단펄스 레이저(830)와, 반투명경(910)과, 지연부인 광지연계(920)와, 전자파 발생 소자(800)와, 전자파 검출 소자(940)를 주요한 요소로서 구비하고 있다. 반투명경(910)으로 분할된 펌프 광(931)과 프로브 광(932)은, 각각, 광학부인 렌즈(990, 980)를 통해 전자파 발생 소자(800)과 전자파 검출 소자(940)를 조사한다. 참조번호 800은 본 발명의 실시예들 중 어느 하나에 따른 광소자이며, 렌즈(990)를 통과하는 펌프 광(931)이 쇼트키 접합을 갖는 전극의 광조사면에 조사되도록 전자파 발생 소자를 구성하고 있다. 지연부는, 전자파 발생 소자(800)에 있어서의 테라헤르츠파 발생시와 전자파 검출 소자(940)에 있어서의 테라헤르츠파 검출시와의 사이의 지연시간을 조정할 수 있으며, 어떠한 형태의 부이어도 된다.

[0036] 전압원(820)으로부터 전압이 인가되어 있는 전자파 발생 소자(800)로부터 발생한 테라헤르츠파는, 테라헤르츠파 가이드(933, 935)에 의해 샘플(950)에 인도된다. 샘플(950)의 흡수스펙트럼등의 정보를 포함하는 테라헤르츠파는, 테라헤르츠파 가이드(934, 936)에 의해 인도되어서 전자파 검출 소자(940)에 의해 검출된다. 이 경우에, 전자파 검출 소자(940)는 종래기술의 LT-GaAs의 광전도 소자이다. 전자파 검출 소자(940)에 접속된 전류계(960)의 검출 전류의 값은, 검출된 테라헤르츠파의 진폭에 비례한다. 시간분해를 행하기 위해서(요컨대, 전자파의 시간파형을 취득하기 위해서), 예를 들면, 프로브 광(932)의 광로 길이를 변화시키는 광지연계(920)를 움직여서 상기 펌프 광(931)과 프로브 광(932)의 조사 타이밍을 제어하여도 된다.

[0037] 본 실시예에서는, 단펄스 레이저(830)(여기 레이저 광원)는,  $1.5\text{ }\mu\text{m}$ 대 파이버형 웨토초 레이저를 사용하여도 되고, 본 발명의 본 실시예에 따른 발생 소자(800)는 반절연성 InP과 Au/Ti로 규정된 쇼트키 접합을 사용하는 예시 1의 소자를 사용하여도 된다. 검출부에서의 부품수는 증가하지만, 프로브 광(932)측에 제2 고조파 발생기(SHG 결정)(970)를 삽입하고, 전자파 검출 소자(940)로서 저온성장 GaAs의 광전도 소자를 사용하면, 신호 대 잡음비가 향상할 수 있다. 상술한 것처럼, 본 발명의 실시예에 따른 광장치인 테라헤르츠 펄스 발생부를 사용해서 테라헤르츠 시간영역 분광 시스템을 구성하는 것이 가능하다. 이와는 달리, 본 발명의 실시예 중 어느 하나에 따른 광소자와, 광원과, 광학부를 포함하는 광장치를 테라헤르츠 펄스 검출부로서 사용해서 시간영역 분광장치를 형성할 수 있다.

[0038] (예시2)

[0039] 제5 실시예에 대응한 예시 2에 관하여 설명한다. 본 예시에서는, 본 발명의 실시예에 따른 전자파 발생 소자(800)에는 20V의 전압을 인가하고, 펌프 광(931)으로서, 파장  $1.56\text{ }\mu\text{m}$ 의 단펄스 레이저(830)(파이버레이저)로부터 펄스폭 30fsec, 평균 파워  $20\text{mW}$ 의 초단 펄스 광을 조사한다. 상기 검출부에서는, 파워  $5\text{mW}$ 의 프로브 광(932)을 조사해서 검출한 전류를,  $10^7$ 정도의 증폭률과 대역  $10\text{kHz}$ 를 갖는 트랜스 임피던스 앰프에 의해 전압신호로 변환하고, 필요한 경우 필터를 삽입한다. 이에 따라, 전형적으로는,  $100\text{mV}$ 전후의 피크를 갖는 테라헤르츠 펄스가 관측된다. 프로브 광(932)의 광로길이를 광지연계(920)로 변조함으로써, 상기 발생한 테라헤르츠파 펄스의 시간파형을 샘플링의 원리에 의거해 측정할 수 있다. 취득된 시간파형을 푸리에 변환함으로써,  $5\text{THz}$ 를 초과하는 대역의 스펙트럼을 취득할 수 있다. 구동조건은 일례일 뿐이며, 전자파 발생 소자(800)에의 인가전압, 조사 광 파워는 상기의 값에 한정하는 것이 아니다. 또한, 전자파 발생 소자(800)의 인가전압을  $10\text{kHz}$ 로 변조하거나, 또는 광 초퍼(chopper)를 사용해서 광강도를 변조시켜도 되고, 록인(lock-in) 앰프에 의한 겹파로 신호를 검출해도 좋다.

[0040] (제6 실시예)

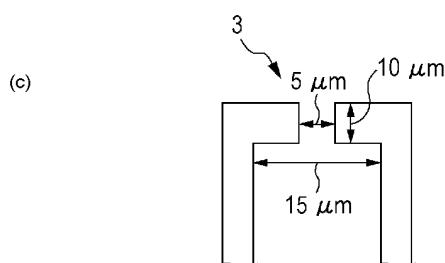
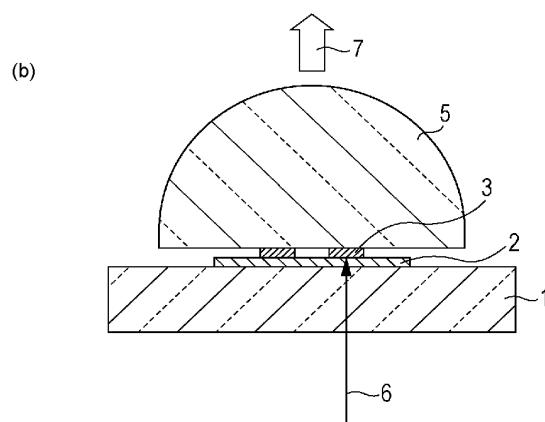
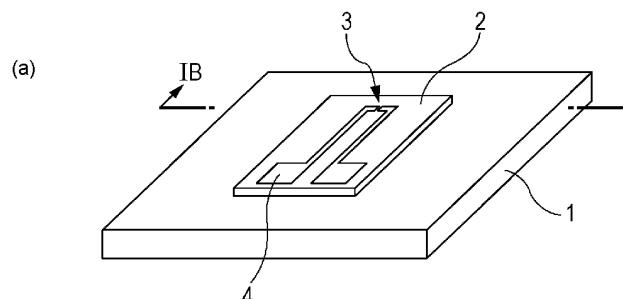
[0041] 본 발명의 실시예 중 어느 하나에 따른 광소자를, 테라헤르츠파 발생 소자로서 설명하였다. 그렇지만, 검출 소자로서 광학소자를 사용하여도 된다. 검출 소자는, 제1 실시예를 설명할 때 참조한 도 1a 또는 1b에 나타내는 구성과 같은 구성을 갖는다. 테라헤르츠파(7)의 전파 방향이 소자를 향하고 있다. 테라헤르츠파 검출의 원리는 다음과 같다. 여기 광(6)의 조사에 의해 에너지를 얻은 전자가, 입력 테라헤르츠파(7)의 전계에 의해 생긴 장벽을 넘고, 반도체층(2) 가운데를 주행한다. 이에 따라, 전극간에 전류가 흐르고, 이 전류를 검출 함에 의해 테라헤르츠파의 전기장 강도를 검출할 수 있다. 이 경우에, 테라헤르츠파(7)는 전극겸 안테나(3)에 결합해서 효율적으로 취득된다. 여기 광(6)은, 효율적으로 에너지를 전자에 인가한다.

[0042] 즉, 상기 광조사면에 상기 광(6)이 조사된 타이밍에서는 광전자가 여기된다. 테라헤르츠파(7)에 의한 전계가 인가되면, 그 극성에 따라서는 도 2b에 도시된 것과 같은 에너지 밴드 구조를 얻는다. 이에 따라 광전자가 흐르므로, 테라헤르츠파(7)에 의한 전계를 검출할 수 있다. 그렇지만, 그 구성은, 광전도 소자와 달리 양극성이 아니다. 출력 과정을 해석할 때, 미리 얻어진 검량선등의 데이터를 사용해서 보정이 필요하게 된다.

[0043] 본 발명을 예시적 실시예들을 참조하여 기재하였지만, 본 발명은 상기 개시된 예시적 실시예들에 한정되지 않는다는 것을 알 것이다. 아래의 청구항의 범위는, 모든 변형, 동등한 구조 및 기능을 포함하도록 아주 넓게 해석해야 한다.

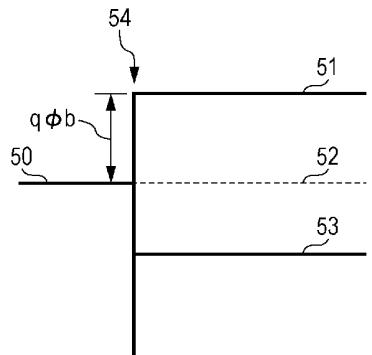
## 도면

### 도면1

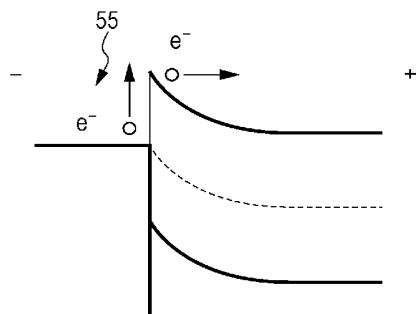


## 도면2

(a)

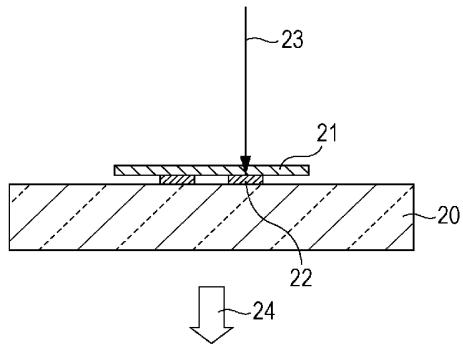


(b)

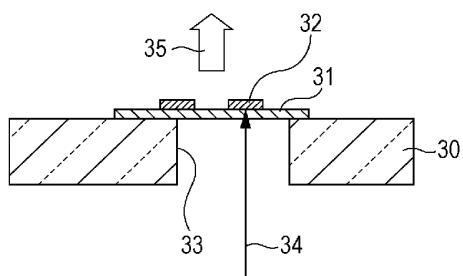


## 도면3

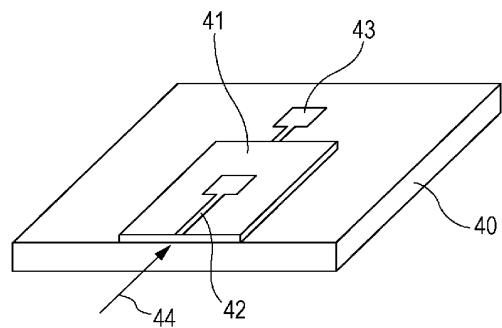
(a)



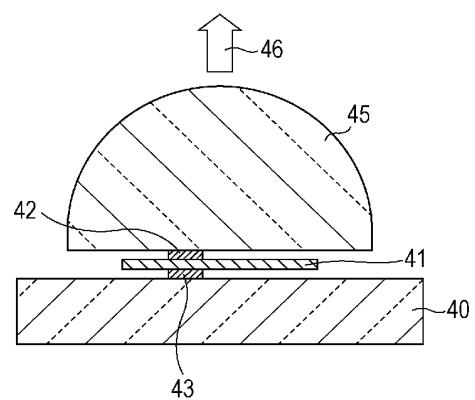
(b)



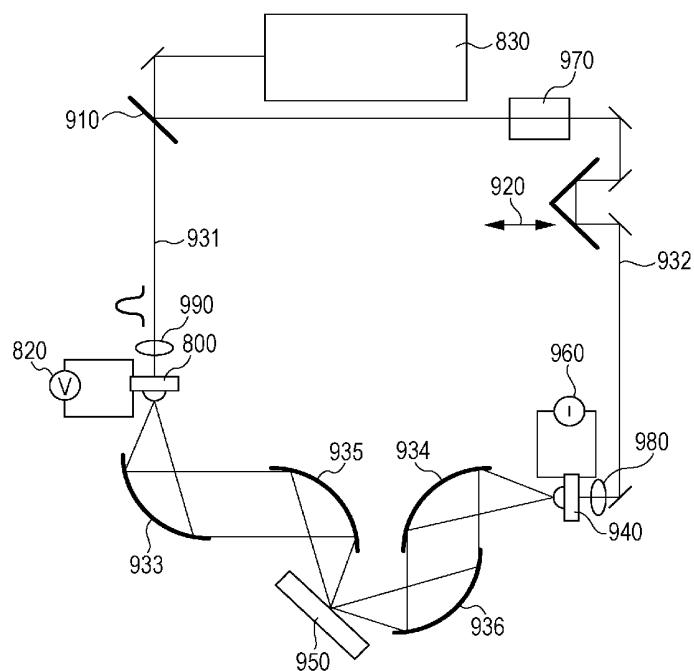
## 도면4



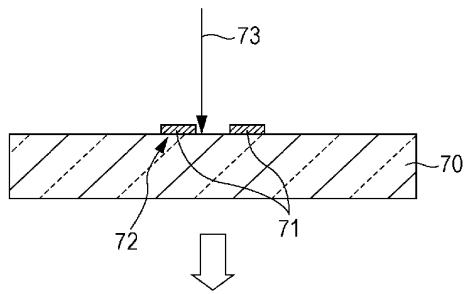
(b)



## 도면5



## 도면6



### 【심사관 직권보정사항】

#### 【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 9

#### 【변경전】

광 소자.

#### 【변경후】

광 장치

#### 【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 17

#### 【변경전】

상기 접합면

#### 【변경후】

쇼트카 접합면

#### 【직권보정 3】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 17

#### 【변경전】

'상기 광조사 면'

#### 【변경후】

광 조사면