



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년08월28일

(11) 등록번호 10-1772240

(24) 등록일자 2017년08월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01S 5/10 (2006.01) H01S 5/042 (2006.01)

H01S 5/065 (2006.01) H01S 5/20 (2006.01)

H01S 5/32 (2006.01) H01S 5/40 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-7013742

(22) 출원일자(국제) 2010년08월25일

심사청구일자 2015년07월30일

(85) 번역문제출일자 2012년05월25일

(65) 공개번호 10-2012-0092643

(43) 공개일자 2012년08월21일

(86) 국제출원번호 PCT/EP2010/062416

(87) 국제공개번호 WO 2011/051013

국제공개일자 2011년05월05일

(30) 우선권주장

10 2009 051 348.5 2009년10월30일 독일(DE)

10 2009 056 387.3 2009년11월30일 독일(DE)

(56) 선행기술조사문헌

JP2007150170 A\*

JP2003332690 A\*

US20050041709 A1\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

전체 청구항 수 : 총 14 항

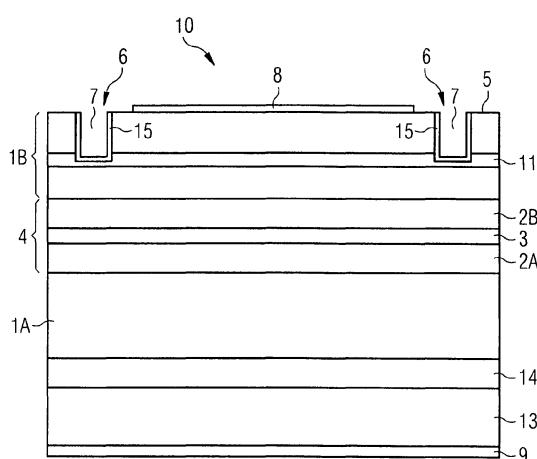
심사관 : 조성찬

(54) 발명의 명칭 모서리 방출 반도체 레이저

**(57) 요약**

반도체 몸체(10)를 포함한 모서리 방출 반도체 레이저가 제공되며, 상기 반도체 몸체는 도파로 영역(4)을 포함하고, 이 때 상기 도파로 영역(4)은 제1도파로층(2A), 제2도파로층(2B) 및 레이저빔(17)의 생성을 위해 제1도파로층(1A)과 제2도파로층(2B) 사이에 배치된 활성층(3)을 포함하고, 상기 도파로 영역(4)은 제1클래딩층(1A), 과 반

(뒷면에 계속)

**대 표 도** - 도1a

도체 몸체(10)의 성장 방향에서 도파로 영역(4) 이후에 위치한 제2클래딩층(1B) 사이에 배치되며, 반도체 몸체(10) 내에는 활성층(3)으로부터 방출된 레이저빔의 래터럴 모드를 선택하기 위한 위상 구조물(6)이 형성되고, 이 때 위상 구조물(6)은 적어도 하나의 홈(7)을 포함하고, 홈은 반도체 몸체(10)의 표면으로부터 제2클래딩층(1B) 안으로 연장되며, 제2클래딩층(1B) 안에는 제2클래딩층(1B)의 반도체 물질과 다른 반도체 물질로 구성된 적어도 하나의 제1중간층(11)이 매립되며, 홈(7)은 반도체 몸체(10)의 표면(5)으로부터 적어도 부분적으로 제1중간층(11) 안에까지 연장된다.

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

도파로 영역(4)을 가진 반도체 몸체(10)를 포함하는 모서리 방출 반도체 레이저에 있어서,

상기 도파로 영역(4)은 제1도파로층(2A), 제2도파로층(2B), 및 레이저빔의 생성을 위해 상기 제1도파로층(2A)과 상기 제2도파로층(2B) 사이에 배치된 활성층(3)을 포함하고,

상기 도파로 영역(4)은 제1클래딩층(1A)과, 상기 반도체 몸체(10)의 성장 방향에 있어 도파로 영역(4) 다음에 있는 제2클래딩층(1B) 사이에 배치되고,

상기 반도체 몸체(10) 내에는 상기 활성층(3)으로부터 방출된 레이저빔의 래터럴 모드를 선택하기 위한 위상 구조물(6)이 형성되고, 상기 위상 구조물(6)은 적어도 하나의 홈(7)을 포함하며, 상기 홈은 상기 반도체 몸체(10)의 상측(5)으로부터 제2클래딩층(1B) 안으로 연장되고,

상기 반도체 레이저는 측부 각면들(side facets;16)에 의해 형성된 레이저 공진기를 포함하고, 상기 레이저빔은 상기 레이저 공진기 내에서 순환 시 주 영역으로부터 상기 반도체 몸체(10)의 위상 구조물 영역으로 전달되고,

상기 제2클래딩층(1B) 안에는 상기 제2클래딩층(1B)의 반도체 물질과는 상이한 반도체 물질로 이루어진 적어도 하나의 제1중간층(11)이 매립되고,

상기 홈(7)은 상기 반도체 몸체(10)의 상측(5)으로부터 적어도 부분적으로 제1중간층(11) 안까지 연장되고,

상기 제2클래딩층(1B) 안에는 제2중간층(12)이 매립되고,

상기 홈(7)은, 적어도 하나의 제1지점에서 상기 제1중간층(11) 안까지 연장되고, 적어도 하나의 제2지점에서 상기 제2중간층(12) 안까지 연장되며, 상기 홈(7)은 상기 제1지점과 상기 제2지점 사이에서, 상기 측부 각면들(16) 사이에서 확산(propagate)되는 상기 레이저빔에 대해 평행한 방향으로, 공간에 따라 변화되는 깊이를 가짐으로써, 상기 레이저빔이 상기 주 영역으로부터 상기 위상 구조물 영역으로 전달될 때 결합 손실을 감소시키는 것을 특징으로 하는 모서리 방출 반도체 레이저.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 제1중간층(11)의 반도체 물질은 상기 제2클래딩층(1B)에 미포함된 제3주족 또는 제5주족 중 적어도 하나의 원소를 포함하는 것을 특징으로 하는 모서리 방출 반도체 레이저.

#### 청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 제2클래딩층(1B)은  $0 \leq x \leq 1$ 일 때의  $Al_xGa_{1-x}As$ 를 포함하고, 상기 제1중간층(11)은 In 및/또는 P를 포함하는 것을 특징으로 하는 모서리 방출 반도체 레이저.

#### 청구항 4

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 제1중간층(11)의 두께는 10 nm 내지 100 nm인 것을 특징으로 하는 모서리 방출 반도체 레이저.

#### 청구항 5

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 제2클래딩층(1B)은 상기 도파로 영역(4)에 인접한 제1부분층(1C), 및 제1부분층(1C)에 인접한 제2부분층(1D)을 포함하고, 상기 제1부분층(1C)은 상기 제2부분층(1D)보다 큰 굴절률을 가지는 것을 특징으로 하는 모서

리 방출 반도체 레이저.

### 청구항 6

청구항 5에 있어서,

적어도 하나의 중간층(11, 12)은 상기 제2클래딩층(1B)의 제1부분층(1C) 내에 매립되는 것을 특징으로 하는 모서리 방출 반도체 레이저.

### 청구항 7

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 위상 구조물(6)은 적어도 부분적으로 덮개층(15)을 구비하는 것을 특징으로 하는 모서리 방출 반도체 레이저.

### 청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 덮개층(15)은 규소산화물, 규소질화물, 규소질산화물, 알루미늄산화물, 셀렌화 아연, 게르마늄 또는 벤조사이클로부텐을 포함하는 것을 특징으로 하는 모서리 방출 반도체 레이저.

### 청구항 9

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 반도체 몸체(10) 상에 적어도 하나의 접촉 스트립(8)이 적층되는 것을 특징으로 하는 모서리 방출 반도체 레이저.

### 청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 접촉 스트립(8)은 10  $\mu\text{m}$  내지 500  $\mu\text{m}$ 의 폭(b)을 가지는 것을 특징으로 하는 모서리 방출 반도체 레이저.

### 청구항 11

청구항 9에 있어서,

상기 모서리 방출 반도체 레이저는 복수 개의 접촉 스트립(8)을 포함하는 것을 특징으로 하는 모서리 방출 반도체 레이저.

### 청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 접촉 스트립(8)은 간격(d) 및 폭(b)을 가지고,  $0.01 \leq b/d \leq 0.5$ 가 적용되는 것을 특징으로 하는 모서리 방출 반도체 레이저.

### 청구항 13

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

반도체 레이저는 구동 시 780 nm 내지 1500 nm의 파장을 가진 적외 스펙트럼 영역에서 레이저빔(17)을 방출하는 것을 특징으로 하는 모서리 방출 반도체 레이저.

### 청구항 14

레이저 시스템에 있어서,

청구항 1 또는 청구항 2에 따른 모서리 방출 반도체 레이저 및 적어도 하나의 광도파로 섬유(18)를 포함하고,

상기 반도체 레이저는 하나 이상의 레이저빔을 방출하고, 상기 레이저빔은 반도체 레이저와 상기 광도파로 섬유

(18) 사이에 배치된 하나 이상의 광학 부재(19)를 이용하여 광도파로 섬유안에 결합되는 것인 레이저 시스템.

## 청구항 15

삭제

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 래터럴 레이저 모드(lateral laser mode)의 선택을 위한 위상 구조 영역을 가지는 모서리 방출 반도체 레이저에 관한 것이다.

[0002] 본 특허 출원은 독일 특허 출원 10 2009 051 348.5, 10 2009 056 387.3의 우선권을 청구하고, 그 공개 내용은 참조로 포함된다.

### 배경 기술

[0003] 고출력용 모서리 방출 반도체 레이저는 대부분 광역 레이저(broad area laser)로 형성되며, 상기 광역 레이저에서 활성 영역의 폭은 예를 들면 100  $\mu\text{m}$  이상일 수 있다. 활성 영역의 래터럴 치수가 비교적 크기 때문에, 일반적으로, 이와 같은 반도체 레이저에서는 많은 래터럴 레이저 모드가 진동할 수 있다. 모서리 방출 반도체 레이저의 다중 모드 구동은 특히 방출된 레이저광을 이후의 광학 부재, 예를 들면 광도파로에 결합시키는 것을 어렵게 만든다.

[0004] 더 높은 래터럴 레이저 모드를 억제하기 위해, 특히 래터럴 기본 모드에서의 구동을 달성하기 위해, 문헌 WO 01/97349 A1에는 모서리 방출 반도체 레이저의 도파로 내에 위상 구조물을 형성하는 것이 공지되어 있다. 위상 구조물은, 래터럴 방향에서 인접하는 반도체 몸체의 영역들의 유효 굴절률과 상이한 유효 굴절률을 가지는 상기 반도체 몸체의 영역을 가리키며, 이러한 영역은 레이저 모드가 더 크면 반도체 레이저의 래터럴 기본 모드에 비해 레이저 공진기 내에서 더 큰 순환 손실을 입도록 형성되어 있다. 위상 구조물은 모서리 방출 반도체 레이저에서 예를 들면, 반도체 몸체의 표면으로부터 구조물이 반도체 몸체 안으로 식각되고, 상기 구조물이 제2클래딩 층 안까지 또는 심지어 도파로 영역 안으로까지 연장되면서 생성될 수 있다. 구조물은 예를 들면 모의 실험을 통하여, 래터럴 기본 모드를 위한 상기 구조물이 더 높은 레이저 모드를 위한 경우보다 더 낮은 손실을 발생시켜서, 래터럴 기본 모드에서의 레이저의 진동에 도움이 되는 방식으로 최적화될 수 있다.

[0005] 가시적 스펙트럼 영역에서 방출하는 반도체 레이저를 위한 것으로 공지된 위상 구조물은 즉각적으로, 적외 스펙트럼 영역에서 방출하는 반도체 레이저에 전용될 수 없다. 이는, 레이저빔은 적외 스펙트럼 영역에서의 반도체 레이저에서, 가시적 스펙트럼 영역에서의 반도체 레이저에 비해, 도파로 영역에 더 강하게 집중되고, 클래딩층 안으로 덜 심하게 진입한다는 점에 근거한다. 또한, 클래딩층은 적외 스펙트럼 영역에서의 반도체 레이저일 때 비교적 큰 파장으로 인하여 비교적 두껍다. 이러한 이유로 인하여, 제2클래딩층 내에서 작은 식각 깊이를 가진 위상 구조물의 효과는 매우 낮을 뿐이다. 바꾸어 말하면, 도파로 영역의 근방까지 식각될 때, 식각 깊이에 대한 위상 구조물의 효과 종속성이 상당한 것으로 나타난다. 즉, 적외 스펙트럼 영역에서의 반도체 레이저를 위한 위상 구조물을 구현하기 위해, 반도체 몸체 내에 비교적 깊은 식각 구조물을 생성하는 것이 필요하며, 상기 식각 구조물의 깊이는 매우 정확하게 정해져 있다. 그러나, 두 요건은 동시에 충족하기가 매우 어렵다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 과제는, 반도체 층시퀀스를 포함하는 모서리 방출 반도체 레이저를 제공하는 것으로, 상기 반도체 층시퀀스는 위상 구조물의 제조를 간단히 하여, 위상 구조물이 특히 적외 스펙트럼 영역에서의 반도체 레이저를 위해서도 구현될 수 있다.

#### 과제의 해결 수단

[0007] 상기 과제는 독립항 제1항의 특징들을 포함한 모서리 방출 반도체 레이저에 의하여 해결된다. 본 발명의 유리한 형성 방식 및 발전방식은 종속 청구항의 주제이다.

[0008] 본 발명의 적어도 일 실시예에 따르면, 모서리 방출 반도체 레이저는 도파로 영역을 가진 반도체 몸체를 포함하

고, 이 때 상기 도파로 영역은 제1도파로층, 제2도파로층 및 레이저빔의 생성을 위해 제1도파로층과 제2도파로층 사이에 배치된 활성층을 포함한다. 반도체 몸체의 활성층 내에서 반도체 레이저의 구동 시 전자기 복사가 생성되고 보강된다. 예를 들면, 활성층은 하나 이상의 양자우물, 양자선 또는 양자점을 포함한다.

[0009] 도파로 영역은 제1클래딩층과, 반도체 몸체의 성장 방향을 향하고 도파로 영역 이후에 연결된 제2클래딩층 사이에 배치되어 있다. 제1 및 제2클래딩층은 유리하게는 도파로층들보다 더 낮은 굴절률을 가진다. 도파로 영역과 클래딩층들 사이의 굴절률차로 인하여, 모드 프로파일은 도파로 영역에 상당히 집중되어 있다. 그럼에도 불구하고 레이저 모드는 적어도 근소한 정도로 클래딩층 안으로 진입한다.

[0010] 반도체 몸체 내에, 유리하게는, 활성층으로부터 방출된 레이저빔의 래터럴 모드를 선택하기 위한 위상 구조물이 형성되어 있고, 이 때 위상 구조물은 적어도 하나의 홈을 포함하며, 상기 홈은 반도체 몸체의 표면으로부터 제2클래딩층 안으로 연장된다. 바람직하게는, 위상 구조물은, 상기 레이저빔의 래터럴 기본 모드가 더 높은 레이저 모드의 빔에 비해 더 낮은 손실을 경험하도록 형성되어 있다. 위상 구조물에 의해, 도파로 영역 내에 확산되는 레이저빔은 순환 손실을 경험하고, 이 때 구조화된 영역은 래터럴 기본 모드에 비해 더 큰 레이저 모드가 더 심하게 약화되도록 형성되어 있다. 이러한 방식으로, 특히, 반도체 레이저의 구동 시 단일의 또는 소수의 바람직한 레이저 모드만이, 바람직하게는 래터럴 기본 모드만이 진동하게 될 수 있다.

[0011] 레이저빔의 더 높은 모드가 억제되고 바람직하게는 래터럴 기본 모드만이 진동함에 따라, 모서리 방출 반도체 레이저의 높은 빔 품질이 달성된다. 특히, 래터럴 기본 모드의 빔 프로파일은 광학 부재를 이용한 빔 형성을 위해 잘 맞으며, 특히 광도파로 섬유 안으로 고효율적으로 결합되기 위해 적합하다. 적어도 일 실시예에 따르면, 제2클래딩층 안에는, 제2클래딩층의 반도체 물질과는 다른 반도체 물질로 이루어진 적어도 하나의 중간층이 매립되어 있다. 위상 구조물을 형성하는 적어도 하나의 홈은 반도체 몸체의 상측으로부터 적어도 부분적으로 중간층 안으로까지 연장된다.

[0012] 반도체 몸체 내에서 하나 이상의 홈을 형성하여 위상 구조물을 생성하는 것은, 특히, 식각 공정을 이용하여 실시할 수 있으며, 상기 식각 공정에서 제2클래딩층은 부분적으로 제거된다. 식각 공정은 습식 화학적 식각 공정 또는 건식 식각 공정을 가리킬 수 있다. 제2클래딩층 안에 매립된 중간층은, 유리하게는, 원하는 식각 깊이의 달성을 위한 지표층(indicator layer)으로서 역할하며, 이러한 방식으로, 소정의 깊이를 가진 홈을 목적에 맞고 반복 구현 가능하게 제조하는 것이 용이해진다. 제2클래딩층 안에 매립된 중간층은, 반도체 몸체의 습식 화학적 식각 시, 특히 제2클래딩층의 습식 화학적 식각 시, 식각 중지층으로서 사용될 수 있다. 이 경우, 중간층을 위해, 사용된 식각 용액을 위해 제2클래딩층보다 더 낮은 식각율을 가지는 반도체 물질이 사용된다.

[0013] 예를 들면 플라즈마 식각과 같은 건식 식각 공정이 반도체 몸체 내에 하나 이상의 홈을 제조하기 위해 사용되면, 식각 공정 동안 공정 챔버 내에서 플라즈마의 광학적 방출을 감시하여 중간층의 도달이 추론되며, 이 부분에서 식각 공정이 중지될 수 있다. 특히 균일한 소정의 식각 깊이를 달성하기 위해, 이 경우, 중간층이 플라즈마 식각 공정 시 제2클래딩층보다 더 낮은 식각율을 가지는 것이 유리하다.

[0014] 바람직한 실시예에서, 중간층의 반도체 물질은 III-V 반도체 물질이고, 상기 반도체 물질은 주기율표의 제3주족 또는 제5주족 중 적어도 하나의 원소를 포함하고, 상기 원소는 제2클래딩층 안에 포함되어 있지 않다. 바람직하게는, 제2클래딩층은 III-V 반도체 물질, 특히  $0 \leq x \leq 1$  일 때, 바람직하게는  $0 < x < 1$  일 때의  $Al_xGa_{1-x}As$ 를 포함한다. 바람직하게는, 제2클래딩층의 반도체 물질은 하나 이상의 도편트 또는 경우에 따른 불순물을 제외하고, Al, Ga, As 외에 부가적 주성분을 포함하지 않는다. 바람직하게는, 중간층은 In 및/또는 P를 함유한 반도체 물질을 포함한다.

[0015] 바람직하게는, 적어도 하나의 중간층의 반도체 물질은 상기 반도체 물질이 주변의 반도체층들에 격자 정합되도록 선택된다. 또한, 중간층의 도전형을 위해 중요한 대역 모서리, 즉 활성 영역의 p형측에서 가전자대 및 n형측에서 전도대가 실질적으로 주변의 제2클래딩층과 일치하는 것이 유리하다.

[0016] 바람직한 실시예에 따르면, 중간층의 두께는 10 nm이상 내지 100 nm이하이다. 더욱 바람직하게는, 중간층의 두께는 20 nm이상 내지 50 nm이하이다. 이와 같이 얇은 두께일 때, 중간층은 반도체 몸체 내에 확산되는 레이저 모드에 근소한 영향만을 끼친다. 따라서 유리하게는, 중간층을 위해, 주변의 제2클래딩층의 굴절률에 반드시 정합되지 않아도 되는 굴절률을 가지는 반도체 물질이 사용될 수 있다.

[0017] 다른 바람직한 실시예에 따르면, 제2클래딩층 안에는 적어도 하나의 부가적 중간층이 매립되어 있고, 이 때 홈은 적어도 부분적으로 제2중간층 안까지 연장된다. 제2중간층은 반도체 몸체의 표면으로부터 볼 때 제1중간층과 다른 깊이로 배치되어 있다. 유리하게는, 제2중간층은 제2식각 깊이의 달성을 위한 지표층으로서 역할하고,

상기 제2식각 깊이는 제1식각 깊이와 상이하다. 제1식각 깊이를 위해 제1중간층이 지표층으로서 역할한다. 바람직하게는, 제2클래딩층은 적어도 하나의 지점에서 제1중간층 안까지 제거되어 있으며, 적어도 하나의 부가적 지점에서 제2중간층 안까지 제거되어 있다.

[0018] 바람직한 형성예에서, 흄은 적어도 제1지점에서 제1중간층 안까지 연장되며, 적어도 하나의 제2지점에서 제2중간층 안까지 연장된다. 흄은 제1지점과 제2지점 사이에 공간에 따라 달라지는 깊이를 가진다. 적어도 하나의 흄의 깊이 및 제2클래딩층의 두께는 예를 들면 제1지점과 제2지점 사이에 연속적으로, 바람직하게는 선형으로 증가하거나 감소할 수 있다. 또는, 흄의 깊이는 단계적으로 복수 개의 단계를 거쳐 증가하거나 감소할 수 있다. 공간에 따라 달라지는 흄의 깊이에 의해, 위상 구조물과 반도체 몸체의 주 영역 사이의 굴절률의 급격한 변화가 줄어든다. 이러한 방식으로, 레이저빔이 주 영역으로부터 반도체 몸체의 위상 구조물 영역으로 전달될 때 발생할 수 있는 결합 손실이 줄어들어, 유리하게는 반도체 레이저의 효율이 개선된다.

[0019] 부가적인 유리한 형성예에서, 제2클래딩층은 도파로 영역에 인접한 제1부분층 및 제1부분층에 인접한 제2부분층을 포함하고, 이 때 제1부분층은 제2부분층보다 더 큰 굴절률을 가진다. 이 때, 제2클래딩층안에 매립된 적어도 하나의 중간층은 클래딩층의 제1 또는 제2부분층으로 간주되지 않는다. 2개의 부분층들로 구성된 제2클래딩층의 경우, 적어도 하나의 중간층은 제1 또는 제2부분층 안에 매립되어 있다.

[0020] 바람직하게는, 적어도 하나의 중간층은 제2클래딩층의 제1부분층 안에 매립되어 있다. 제2클래딩층의 제1부분층이 가지는 굴절률은 제2도파로층의 굴절률과 제2클래딩층의 제2부분층의 굴절률 사이이다. 즉 굴절률은 적어도 하나의 매립된 중간층을 제외하고 제2도파로층으로부터 이후의 제2클래딩층의 제1부분층으로, 그리고 제2클래딩층의 제2부분층으로 가면서 단계적으로 감소한다. 이러한 방식으로, 제2클래딩층이 제2부분층의 굴절률로 직접적으로 제2도파로층에 인접한다고 하더라도, 제2도파로층으로부터 제2클래딩층으로의 굴절률의 비약적 변화는 덜 급격하도록 할 수 있다.

[0021] 제2클래딩층의 제1부분층이 가지는 굴절률이 제2도파로층의 굴절률과 제2클래딩층의 제2부분층의 굴절률 사이임으로써, 제2도파로층의 굴절률으로부터 제2클래딩층의 제2부분층의 굴절률으로의 급격한 굴절률 변화가 있는 경우에 비해, 더 많은 비율의 레이저빔이 적어도 제2클래딩층의 제1부분층 안으로 진입한다. 제2클래딩층과 비교적 크게 중첩된 래터럴 레이저 모드에 미치는 위상 구조물의 효과는 이러한 방식으로 유리하게도 증가한다. 이는 특히, 비교적 두꺼운 제2클래딩층을 포함한 반도체 레이저, 특히 적외 스펙트럼 영역에서 방출하는 반도체 레이저에 위상 구조물을 투입하는 것을 용이하게 한다.

[0022] 또한, 제2클래딩층은 2개보다 더 많은 부분층들을 포함할 수 있다. 특히, 제2클래딩층은 복수 개의 부분층들을 포함할 수 있고, 상기 부분층들의 굴절률은 반도체 몸체의 성장 방향에서 제2도파로층으로부터 단계적으로 감소한다. 또는, 제2클래딩층은 굴절률 구배를 포함할 수 있고, 이 때 굴절률은 성장 방향에서 연속적으로 감소한다.

[0023] 또한, 반도체 몸체의 성장 방향에서 도파로 영역의 하부에 배치된 제1클래딩층은 2개 이상의 부분층들로 구성될 수 있다. 예를 들면, 제1클래딩층은, 제1도파로층에 인접하며 제1도파로층보다 더 낮은 굴절률을 가지는 제1부분층 및 제1부분층보다 더 낮은 굴절률을 가진 제2부분층을 포함할 수 있다. 굴절률은 제1도파로층으로부터 제1클래딩층의 제2부분층으로 가면서 단계적으로 감소한다.

[0024] 부가적인 유리한 형성예에서, 위상 구조물은 덮개층을 구비하고 있다. 위상 구조물을 형성하는 흄은 예를 들면 전체가 또는 부분적으로 덮개층의 물질로 채워져 있다. 특히, 위상 구조물의 흄은 덮개층에 의해 완전히 평탄화될 수 있다.

[0025] 덮개층은 특히 패시베이션층을 가리킬 수 있고, 패시베이션층은 예를 들면 규소산화물, 규소질화물, 규소질산화물, 알루미늄산화물, 셀렌화 아연(zinc selenide), 게르마늄 또는 벤조사이클로부텐(BCB)을 포함할 수 있다. 바람직하게는, 덮개층은 제2클래딩층의 굴절률보다 더 작은 굴절률을 가진다. 덮개층의 굴절률이 공기의 굴절률과 제2클래딩층의 반도체 물질의 굴절률 사이임으로써, 공기로만 채워진 흄에 의해, 상기 흄의 경계면에서 굴절률의 비약적 변화가 줄어든다. 이러한 방식으로, 흄의 경계면에서 결합 손실이 줄어든다.

[0026] 또는, 위상 구조물은 반도체 물질보다 더 큰 굴절률을 가진 덮개층을 구비할 수 있다. 이 경우, 덮개층은 예를 들면 게르마늄을 포함할 수 있다.

[0027] 유리한 형성예에서, 반도체 레이저의 표면에 적어도 하나의 접촉 스트립이 적층되어 있다. 바람직하게는, 접촉 스트립은 반도체 몸체의 상측에 배치되어 있다. 접촉 스트립은 전극을 가리킬 수 있으며, 전기 전류는 상기 전극을 거쳐 반도체 몸체 안으로 주입될 수 있다. 접촉 스트립은 예를 들면 스트립형 금속배선으로서 반도체 몸

체의 상측에 적층되어 있을 수 있다. 또한, 접촉 스트립은 반도체 몸체의 상측에서 패시베이션층 내의 스트립형 관통부를 이용하여 정의될 수 있다. 상기 패시베이션상에 금속층이 대면적으로 적층되어 있을 수 있다. 금속층은 관통홀의 영역에서만 반도체 몸체와 접촉하고 있다.

[0028] 주입된 전기 전류를 이용하여, 반도체 몸체의 활성층 내에서 전자기 복사가 생성된다. 모서리 방출 반도체 레이저는 전기적으로 펌핑된 반도체 레이저를 가리킨다.

[0029] 전자기 복사는 활성 영역 내에서 접촉 스트립의 하부에 생성된다. 이 부분에 반도체 레이저의 방출 영역이 위치한다. 반도체 레이저가 반도체 몸체의 상측에서 복수 개의 접촉 스트립을 포함하면, 각각의 접촉 스트립의 하부에서 레이저빔이 생성된다. 반도체 레이저는 복수 개의 방출 영역을 포함하며, 방출 영역의 수는 상측에 위치한 접촉 스트립의 수에 상응한다. 바람직하게는, 적어도 하나의 접촉 스트립은 활성 영역에서 생성된 전자기 복사의 주 방출 방향을 따라 연장된다. 접촉 스트립의 주 연장 방향은 접촉 스트립에 편입된 방사체(emitter)의 주 방출 방향에 대해 평행하다. 예를 들면, 접촉 스트립은 균일한 폭의 스트립으로서 반도체 몸체 내에서 생성된 전자기 복사의 주 방출 방향을 따라 연장된다.

[0030] 모서리 방출 반도체 레이저의 적어도 하나의 접촉 스트립은 유리하게는  $10 \mu\text{m}$  이상 내지  $500 \mu\text{m}$  이하의 폭을 가진다. 특히, 모서리 방출 반도체칩은 소위 광역 레이저를 가리킨다.

[0031] 바람직한 실시예에서, 모서리 방출 반도체 레이저는 표면에서 복수 개의 접촉 스트립을 포함한다. 복수 개의 접촉 스트립은 바람직하게는 상호 평행하게 반도체 몸체의 표면에 배치되어 있고, 유리하게는 상호간에 각각 동일한 간격을 두어 배치되어 있다. 모서리 방출 반도체칩은 이 경우 소위 레이저바(laser bar)를 가리킨다.

[0032] 바람직하게는, 반도체 레이저의 접촉 스트립은 간격(d) 및 폭(b)을 가지고, 이 때:  $0.01 \leq b/d \leq 0.5$ 가 적용된다. 접촉 스트립들 간의 간격은 이 경우 접촉 스트립의 폭에 비해 적어도 2배이다. 이와 같은 반도체 레이저에서, 상호 이격되어 방출된 레이저빔을 하나 이상의 광도파로 섬유에 결합시킬 수 있기 위해, 위상 구조물을 이용하여 레터럴 기본 모드의 구동 및 낮은 빔 발산을 달성하는 것이 특히 유리하다. 예를 들면, 레이저 시스템은 여기서 설명한 모서리 방출 반도체 레이저 및 적어도 하나의 광도파로 섬유를 포함할 수 있고, 이 때 반도체 레이저는 하나 이상의 레이저빔을 방출하고, 상기 레이저빔은 반도체 레이저와 광도파로 섬유 사이에 배치된 하나 이상의 광학 부재를 이용하여 광도파로 섬유안에 결합된다.

[0033] 반도체 레이저는 특히 적외 스펙트럼 영역에서 방출하는 반도체 레이저를 가리킬 수 있다. 바람직하게는, 반도체 레이저는  $780 \text{ nm}$  내지  $1500 \text{ nm}$ 의 방출 파장을 포함한다.

[0034] 이하, 본 발명은 실시예에 의거하여 도 1 내지 도 5와 관련하여 더 상세히 설명된다.

### 도면의 간단한 설명

[0035] 도 1a는 모서리 방출 반도체 레이저의 실시예를 개략적 획단면도로 도시하다.

도 1b는 도 1a에 도시된 실시예를 개략적 평면도로 도시한다.

도 2a는 모서리 방출 반도체 레이저의 부가적 실시예를 개략적 획단면도로 도시한다.

도 2b는 도 2a에 도시된 실시예를 개략적 평면도로 도시한다.

도 3a는 모서리 방출 반도체 레이저의 부가적 실시예를 개략적 획단면도로 도시한다.

도 3b는 도 3a에 도시된 실시예를 개략적 평면도로 도시한다.

도 4는 모서리 방출 반도체 레이저의 부가적 실시예를 개략적 평면도로 도시한다.

도 5는 모서리 방출 반도체 레이저의 부가적 실시예에서 반도체 몸체내에서 수직 방향(z)에서 굴절률(n)의 흐름을 나타낸 그래프이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0036] 동일하거나 동일한 효과를 가진 구성요소는 도면에서 동일한 참조번호를 가진다. 도시된 구성요소들 및 구성요소들 상호간의 크기비는 척도에 맞는 것으로 볼 수 없다.

[0037] 도 1a, 1b에는 모서리 방출 반도체 레이저의 제1실시예가 도시되어 있다. 도 1a는 도 1b에 도시된 평면도의 선분 A-B을 따른 획단면도를 도시한다.

- [0038] 모서리 방출 반도체 레이저는 반도체 몸체(10)를 포함하고, 상기 반도체 몸체 내에 도파로 영역(4)이 포함되어 있다. 도파로 영역(4)은 제1도파로층(2A) 및 제2도파로층(2B)을 포함하고, 상기 제1도파로층과 제2도파로층 사이에는 레이저빔의 생성을 위해 제공된 활성층(3)이 배치되어 있다.
- [0039] 모서리 방출 반도체 레이저의 활성층(3)은 특히 단일- 또는 다중양자우물 구조를 가리킬 수 있다.
- [0040] 도파로층들(2A, 2B)은 그 사이에 매립된 활성층(3)과 함께, 도파로 영역(4)을 형성한다. 도파로 영역(4)은 제1클래딩층(1A)과, 반도체 몸체(10)의 성장 방향을 향하고 도파로 영역(1B) 이후에 연결된 제2클래딩층(1B) 사이에 배치되어 있다. 제1클래딩층(1A)은 반도체 몸체(10)의 기판(13)을 향해 있는 측에 배치되어 있고, 제2클래딩층(1B)은 활성층(3)으로부터 볼 때 기판(13)과 다른 방향을 향해 있는 반도체 몸체(10)의 측에 배치되어 있다.
- [0041] 반도체 몸체(10)의 기판(13)과 제1클래딩층(1A) 사이에 예를 들면 버퍼층(14)과 같은 하나 이상의 부가적 층들이 배치되어 있을 수 있다. 모서리 방출 반도체 레이저의 전기 접촉은 예를 들면 반도체 몸체(10)의 상측(5)에 위치한 제1전기 접촉층(8) 및 기판(13)의 후방측에 위치한 제2전기 접촉층(9)에 의해 이루어진다. 제2클래딩층(1B)과 제1전기 접촉층(8) 사이에 하나 이상의 부가적 반도체층들(미도시)이 배치되어 있을 수 있다.
- [0042] 클래딩층들(1A, 1B)은 유리하게는 도파로층들(2A, 2B)보다 더 낮은 굴절률을 가짐으로써, 래터럴 방향에서 확산된 레이저빔은 실질적으로 도파로 영역(4) 내에서 안내된다. 도파로층들(2A, 2B)과 클래딩층들(1A, 1B) 사이의 한정된 굴절률 차로 인하여, 레이저 모드는 적어도 부분적으로 클래딩층들(1A, 1B) 안까지 확산된다. 따라서, 도파로 영역(4) 내에 확산된 레이저 모드는 클래딩층들(1A, 1B)의 특성 변화에 의해 영향을 받을 수 있다.
- [0043] 반도체 몸체(10)는 제2클래딩층(1B) 내에 형성된 위상 구조물(6)을 포함한다. 위상 구조물(6)은 2개의 홈(7)을 포함하고, 상기 홈은 반도체 몸체(10)의 상측(5)으로부터 제1클래딩층(1B) 안으로 연장된다. 위상 구조물(6)은 제1접촉층(8)에 의해 홈이 파인 제2클래딩층(1B)의 영역 내에 위치한다. 또는, 위상 구조물(6)은 적어도 부분적으로 제1접촉층(8)의 하부에 배치될 수 있다.
- [0044] 위상 구조물(6)에 의해, 레이저 모드의 확산은 목적에 맞게 영향을 받을 수 있고, 이 때 특히, 반도체 레이저의 래터럴 기본 모드에 비해, 더 높은 래터럴 모드는 반도체 몸체의 측부 각면들(side facets) 사이에 배치된 레이저 공진기 내에서 더 강한 순환 손실을 입을 수 있다. 위상 구조물(6)의 적합한 형성에 의해, 특히, 하나 이상의 바람직한 모드, 특히 래터럴 기본 모드에서만의 반도체 레이저의 구동이 달성될 수 있다. 또한, 위상 구조물(6)에 의해, 래터럴 기본 모드의 빔 프로파일이 형성될 수 있다. 특히, 래터럴 기본 모드의 복사는 낮은 빔 발산도를 가질 수 있다. 이는 특히, 반도체 레이저로부터 방출된 복사가 광도파로 섬유안에 결합되어야 하는 응용물을 위해 유리하다.
- [0045] 위상 구조물(6)의 3차원 구조를 래터럴 모드 스펙트럼에 원하는 영향을 끼치도록 산정하는 것은 문헌 WO 01/97349 A1으로부터 공지되어 있고, 상기 문헌의 공개 내용은 이와 관련하여 참조로 포함된다. 위상 구조물(6)은 반도체 층시퀀스의 물질, 방출된 빔의 기하학적 규격 및 파장의 파라미터와 관련하여 먼저 산정되며, 측부 각면(16)에 의해 형성된 레이저 공진기 내에서 더 높은 래터럴 레이저 모드는 더 낮은 래터럴 모드, 특히 반도체 레이저의 래터럴 기본 모드보다 더 큰 순환 손실을 경험하도록 산정될 수 있다. 예를 들면, 반도체 레이저의 각각의 측부 각면(16)과 제2클래딩층(1B) 내의 홈들(7) 사이의 간격은 제2클래딩층(1B)의 평면에서 파동형 흐름을 채용할 수 있으며, 이는 도 1B의 평면도에 도시된 바와 같다. 상기 홈들은 위상 구조물(6)을 형성한다.
- [0046] 반도체 몸체(5)의 상측으로부터 제2클래딩층(1B) 안으로 연장되는 홈들(7)은 유리하게는 반도체 몸체(10) 내에서의 식각 공정에 의해 형성된다. 이 때, 래터럴 모드 프로파일에 원하는 영향을 미치기 위해, 반도체 몸체(10) 내에 비교적 깊은 홈(7)을 식각하는 것이 필요할 수 있다. 특히, 적외 스펙트럼 영역에서 방출하는 반도체 레이저는 도파로 영역(4)에서 레이저 모드의 강한 집중 및/또는 비교적 두꺼운 제2클래딩층(1B)을 특징으로 하는데, 상기 반도체 레이저에서는, 홈들(7)을 반도체 몸체(10) 안으로 깊게 식각하되, 홈들이 도파로 영역(4)의 근방 안까지 도달하도록 식각하는 것이 필요할 수 있다. 이 때, 원하는 식각 깊이는 가능한 한 정확히 달성되어야만 하고, 양호하게 반복 생산 가능해야 한다.
- [0047] 제2클래딩층(1B) 내에서 홈들(7)의 정확하고 반복 생산 가능한 제조를 용이하게 하기 위해, 제2클래딩층(1B) 안에 유리하게는 중간층(11)이 매립되어 있고, 중간층은 제2클래딩층(1B)의 반도체 물질과 다른 반도체 물질로 구성된다. 중간층(11)은 제2클래딩층(1B)과 화학적 조성이 상이하고, 특히 주기율표의 제3주족 또는 제5주족의 물질을 포함하며, 상기 물질은 제2클래딩층(1B) 내에 포함되어 있지 않다. 제2클래딩층(1B)은 특히  $0 < x < 1$  일 때의  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 로 이루어진 층일 수 있다. 이 경우, 중간층(11)은 유리하게는 III-V 반도체 물질로 구성되고, 상

기 반도체 물질은 Al, Ga 또는 As와 다른 제3주족 또는 제5주족의 물질을 포함한다. 바람직하게는, 중간층(1)은 In 또는 P를 포함한다. 예를 들면, 중간층(11)의 물질은 InGaP, InGaAs 또는 InGaAlP를 포함할 수 있다. 이 경우, 제2클래딩층(1B)은 바람직하게는 In도 P도 포함하지 않는다.

[0048] 중간층(11)은, 유리하게는, 식각 공정 시 원하는 식각 깊이의 도달을 위한 지표층으로서 역할한다. 중간층(11)은 제2클래딩층(1B)의 성장 시 제2클래딩층(1B) 안에 설치되며, 위상 구조물(6)의 홈(7)이 도달해야 하는 깊이로 설치된다. 식각은 습식 화학적 식각 공정 또는 건식 식각 공정을 이용하여 실시하거나, 또는 습식 화학적 식각 공정 및 건식 식각 공정으로부터의 조합이 투입될 수 있다. 특히 습식 화학적 식각 공정 시, 중간층(11)은 식각 중지층으로서 역할할 수 있으며, 이 때 사용되는 식각 용액은 중간층(11)의 물질을 위한 경우보다 제2클래딩층(1B)의 물질을 위해 더 큰 식각율을 가진다. 건식 식각 공정 시, 유리하게는 중간층(11) 내에서, 제2클래딩층에 포함되지 않은 원소의 검출은 원하는 식각 깊이의 달성을 위한 지표로서 역할한다. 식각 공정 동안, 측정 장치가 투입되며, 측정 장치는 중간층(11)에만 포함된 화학적 원소의 발생을 검출할 수 있다. 예를 들면 플라즈마 식각 공정의 경우 식각 동안 공정 챔버 내에서 플라즈마의 광학적 방출을 감시함으로써 상기 원소가 검출될 수 있고, 중간층(11)의 도달이 확인될 수 있다. 따라서, 이 부분에서 식각 공정이 목적에 맞게 중지될 수 있다.

[0049] 홈(7)은 적어도 중간층(11) 안까지 연장된다. 바람직하게는, 홈(7)은 중간층(11) 내에서 끝난다. 그러나, 또한, 홈이 중간층(11) 안까지보다 근소하게 더 깊게 반도체 몸체(10) 안으로 연장될 수 있다. 이러한 경우는, 특히, 중간층(11)이 비교적 얇고 상기 중간층 내에 포함된 화학적 원소의 검출과 식각 공정의 중지 사이에 적어도 근소한 시간 지연이 발생할 때 나타날 수 있다.

[0050] 바람직하게는, 중간층(11)으로서 제2클래딩층(1B)에 비해 매우 얇은 층이 사용된다. 바람직하게는, 중간층(11)의 두께는 10 nm 내지 100 nm이고, 더욱 바람직하게는 20 nm 내지 50 nm이다. 이와 반대로, 제2클래딩층(1B)은 예를 들면 1  $\mu\text{m}$  이상의 두께를 가질 수 있다. 중간층(11)의 두께가 얇기 때문에, 레이저 모드의 확산은 근소한 정도로만 중간층(11)의 영향을 받는다. 따라서, 중간층(11)을 위해, 제2클래딩층(1B)의 물질과 상이한 굴절률을 가지는 물질이 사용될 수 있다.

[0051] 위상 구조물(6)은 적어도 부분적으로 덮개층(15)을 구비할 수 있다. 도 1A에 도시된 바와 같이, 예를 들면 홈(7)의 측면 플랭크(side flank) 및 바닥면이 덮개층(15)에 의해 덮여있을 수 있다. 또는, 홈(7)은 부분적으로 또는 전체가 덮개층(15)에 의해 채워질 수 있다. 바람직하게는, 덮개층(7)은 예를 들면 규소산화물, 규소질화물, 규소질산화물 또는 벤조사이클로부텐(BCB)과 같은 전기 절연 물질을 포함한다.

[0052] 반도체 몸체(10)의 제1접촉층(8)은 바람직하게는 접촉 스트립(contact strip)으로서 형성된다. 접촉 스트립(8)은 상기 스트립의 종 방향에서 반도체 레이저의 측부 각면(16)에 대해 수직이며, 레이저빔의 생성을 위해 반도체 몸체(10)안에 전류가 주입되는 영역을 정의한다. 도 1B에 도시된 바와 같이, 위상 구조물(6)은 예를 들면 반도체 몸체(10)의 측부 각면(16)의 근방에 위치한 가장자리 영역 내에 형성될 수 있고, 이 때 접촉 스트립(8)은 위상 구조물(6) 사이에 위치한다. 그러나, 접촉 스트립(8)은 위상 구조물(6) 상부에 이어질 수 있다. 이는 특히, 홈(7)이 덮개층(15)에 의해 채워질 때의 경우일 수 있다. 도 1a, 1b와 달리, 위상 구조물은 반도체 레이저의 측부 각면(16)까지 연장될 수 있다.

[0053] 접촉 스트립(8)은 반도체 몸체(10)의 상측(5)에서 스트립형 금속배선일 수 있다. 또는, 반도체 몸체의 상측(5)은 패시베이션층을 구비할 수 있고, 이 때 패시베이션층은 접촉 스트립(8)을 정의하는 개구부를 포함한다(미도시). 이 경우, 패시베이션층은 대면적으로, 예를 들면 금층과 같은 금속 배선으로 덮여 있을 수 있고, 이 때 반도체 몸체(10)와의 접촉은 접촉 스트립(8)을 정의하는 개구부의 영역에만 형성된다.

[0054] 바람직하게는, 접촉 스트립(8)은 10  $\mu\text{m}$  내지 500  $\mu\text{m}$ 의 폭을 가진다. 특히, 모서리 방출 반도체칩은 광역 레이저를 가리킬 수 있다.

[0055] 도 2b의 평면도 및 상기 평면도의 선분 C-D를 따르는 도 2a의 횡단면도에 도시된 모서리 방출 반도체 레이저의 제2실시예는 제1실시예에 비해, 제2클래딩층(1B)이 제1부분층(1C) 및 제2부분층(1D)으로 구성된다는 점에서 상이하다. 제1부분층(1C)은 도파로 영역(4)에 인접하고, 제2부분층(1D)은 제1부분층(1C)의 상부에 배치되어 있다. 상기 실시예에서, 제2클래딩층(1B)의 제1부분층(1C)은 제2부분층(1D)보다 더 큰 굴절률을 가진다. 제1부분층(1C)의 굴절률은 제2도파로층(2B)의 굴절률과 제2부분층(1D)의 굴절률 사이이다.

[0056] 제2클래딩층(1B)의 제1부분층(1C)이 가지는 굴절률이 제2도파로층(2A)의 굴절률과 제2클래딩층(1B)의 제2부분층(1D)의 굴절률 사이임으로써, 제2도파로층(2A)의 굴절률으로부터 제2클래딩층(1B)의 제2부분층(1D)의 굴절률으

로의 급격한 굴절률 변화가 있는 경우에 비해, 더 많은 비율의 레이저빔이 적어도 제2클래딩층(1B)의 제1부분층(1C) 안으로 들어간다. 제2클래딩층(1B)과 비교적 크게 중첩되는 래터럴 레이저 모드들에 미치는 위상 구조물의 효과는 이러한 방식으로 유리하게도 증가한다. 이는 특히, 비교적 두꺼운 제2클래딩층(1B)을 포함한 반도체 레이저, 특히 적외 스펙트럼 영역에서 방출하는 반도체 레이저에 위상 구조물을 투입하는 것을 용이하게 한다.

[0057] 제1실시예에서 위상 구조물(6)의 홈(7)의 깊이의 소정 조절을 위해 역할하는 중간층(11)은 제2클래딩층(1B)의 제1부분층(1C)안에 배치되어 있다. 이러한 방식으로, 홈(7)이 제조될 수 있고, 홈은 도파로 영역(4)에 인접한 제1부분층(1C) 안까지 연장된다. 대안적으로, 중간층(11)이 제2부분층(1D) 안에 매립되거나 제1부분층(1C)과 제2부분층(1D) 사이에 배치되는 것을 고려할 수 있다.

[0058] 그렇지 않으면, 제2실시예는 상기 실시예의 기능 방식 및 유리한 형성예와 관련하여 제1실시예에 상응한다.

[0059] 도 3b의 평면도 및 상기 평면도의 선분 E-F를 따르는 도 3a의 횡단면도에 도시된 모서리 방출 반도체 레이저의 제3실시예에서는, 제2클래딩층(1D) 내에서 제1중간층(11)에 대해 부가적으로, 제2중간층(12)이 제2클래딩층(1B) 안에 매립되어 있다. 제2중간층(12)은 상기 중간층의 기능 원리 및 유리한 형성예에 있어서 제1실시예와 연관하여 설명된 제1중간층(11)에 상응한다. 제1중간층(1)과 같이, 제2중간층(12)은 유리하게는 10 nm 내지 100 nm이고, 바람직하게는 20 nm 내지 50 nm인 두꺼운 층이고, 상기 두꺼운 층은 제1클래딩층의 반도체 물질과 상이한 반도체 물질로 구성되어, 제2클래딩층(1B)에 미포함된 제3주족 또는 제5주족 중 적어도 하나의 원소를 포함한다.

[0060] 제2클래딩층(1B) 안에 부가적인 제2중간층(12)을 매립하는 것은, 위상 구조물(6)의 제조를 용이하게 하며, 위상 구조물은 제2클래딩층(1B) 안에 공간에 따라 달라지는 깊이를 가진다. 도 3a의 횡단면도에 도시된 실시예에서, 홈(7)은 상기 홈의 측면 플랭크(71)에서는 제2중간층(12) 안까지, 상기 홈의 밑면(73)에서는 제1중간층(11) 안까지 연장된다. 측면 플랭크(71)와 밑면(73) 사이에서 홈(7)은 경사진 측면 플랭크(72)를 포함한다. 경사진 측면 플랭크(72)의 영역에서 홈(7)의 깊이는 연속적으로, 특히 선형으로 변화한다.

[0061] 이와 같은 홈(7)은 예를 들면, 우선 제2중간층(12)의 도달까지 제1식각 공정이 적용되면서 제조될 수 있는데, 상기 제2중간층은 제2클래딩층(1B) 내에서 제1중간층(11)의 상부에 배치되어 있고, 상기 제1식각 공정은 급경사를 가지며 바람직하게는 수직인 측면 클랭크(71)를 생성한다. 이후, 제2식각 공정으로 경사진 측면 플랭크(72)가 생성되고, 제2중간층(12)까지 계속 식각된다. 특히, 제1식각 공정으로서 습식 화학적 식각 공정이 사용되고, 제2식각 공정으로서 건식 식각 공정이 사용될 수 있다. 또는, 예를 들면 다양한 식각 용액을 이용한 2개의 연속한 습식 화학적 식각 공정 또는 2개의 연속한 건식 식각 공정이란 다른 변형예를 고려할 수 있다.

[0062] 이러한 방식으로, 유리하게는 위상 구조물(6)이 생성될 수 있고, 이 때 위상 구조물(6)과 나머지 반도체 몸체(10) 사이의 굴절률 차는 일정한 깊이를 가진 홈의 경우에 비해 덜 급격하다. 이를 통해, 레이저빔이 주 영역으로부터 반도체 몸체의 위상 구조물(6)로 전달될 때 발생할 수 있는 결합 손실이 줄어들어, 유리하게는 반도체 레이저의 효율이 개선된다.

[0063] 그렇지 않으면, 제3실시예는 상기 실시예의 기능 방식 및 유리한 형성예와 관련하여 제1실시예에 상응한다.

[0064] 도 4에 개략적으로 평면도로 도시된 실시예에서, 모서리 방출 반도체 레이저는 반도체 몸체(10)의 상측(5)에서 복수 개의 접촉 스트립(8)을 포함하는 레이저바(laser bar)이다. 접촉 스트립들(8)은 상호 평행하고, 상기 스트립의 종 방향에서 반도체 레이저의 측부 각면(16)에 대해 수직이다. 접촉 스트립들(8)은 예를 들면 위상 구조물(6)과 반도체 몸체(10)의 측면 플랭크(16) 사이에 배치되어 있다. 반도체 몸체(10) 및 상기 반도체 몸체 내에 포함된 위상 구조물(6)은 앞서 설명한 실시예의 경우와 같이 형성될 수 있고, 따라서 한번 더 설명하지 않는다.

[0065] 복수 개의 접촉 스트립(8)에 의해, 각각 전류는 반도체 레이저의 활성층의 전기적 펌핑을 위해 반도체 몸체(10) 안으로 안내된다. 레이저바의 활성층은 복수 개의 방출 영역을 포함하고, 방출 영역은 각각 접촉 스트립(8)의 하부에 배치되어 있다. 도시된 실시예에서, 접촉 스트립(8) 및 방출 영역의 수는 5이다.

[0066] 바람직하게는, 접촉 스트립(8)은 각각 상호간 동일한 간격(d) 및 폭(b)을 가진다. 접촉 스트립(8)의 폭(b)은 예를 들면 10  $\mu\text{m}$  내지 500  $\mu\text{m}$  일 수 있다. 접촉 스트립들의 중심들의 간격(d)을 위해 바람직하게는  $0.01 \leq b/d \leq 0.05$ 가 적용된다. 접촉 스트립의 폭이 예를 들면 100  $\mu\text{m}$ 이면, 간격(d)은 적어도 200  $\mu\text{m}$ 이다. 접촉 스트립(8)의 간격(d)에 대한 폭(b)의 비율이 이와 같은 레이저바는 특히, 복수 개의 방출된 레이저빔(17)이 광 도파로 섬유(18)에 결합되기 위해 잘 맞다. 광도파로 섬유(18)에 레이저빔(17)이 결합되는 것은 하나 이상의 광학 부재(19, 20)에 의해 이루어질 수 있다. 예를 들면, 제1광학 부재(19)는 마이크로렌즈 어레이일 수 있고,

상기 어레이에서 각각의 방출 영역에는 마이크로 렌즈가 편입되고, 마이크로 렌즈는 각각의 레이저빔(17)의 빔 형성을 야기한다. 복수 개의 빔은 예를 들면 부가적 광학 부재에 의해, 예를 들면 렌즈(20)에 의해 번들화되고 (bundled), 광도파로(18) 안에 결합될 수 있다.

[0067] 반도체 레이저의 빔이 광도파로 섬유(18) 안에 결합되는 이와 같은 적용을 위해, 위상 구조물(6)을 구비한 반도체 몸체(10)는 특히 매우 잘 맞는데, 위상 구조물(6)에 의해 낮은 빔 발산이 수직 빔 방향에서뿐만 아니라 수평 빔 방향에서 달성될 수 있기 때문이다. 따라서 비용이 드는 비구면(aspheric) 광학 부재 대신 예를 들면 구면 렌즈와 같은 비교적 간단한 광학 부재(19, 20)가 투입될 수 있거나, 심지어 하나의 광학 부재 또는 더욱이 모든 광학 부재(19, 20)가 생략될 수 있다.

[0068] 도 5에는 위치 좌표(z)를 따르는 모서리 방출 반도체 레이저의 다른 실시예에서 굴절률(n)의 흐름이 개략적으로 도시되어 있는데, 상기 좌표는 반도체 몸체의 상측으로부터 기판의 방향으로 진행된다.

[0069] 모서리 방출 반도체 레이저는 제1클래딩층(1A), 제2클래딩층(1B) 및 그 사이에 배치된 도파로 영역(4)을 포함한다. 도파로 영역(4)은 활성층(3)을 포함하고, 상기 활성층은 양자우물층뿐만 아니라 제1도파로층(2A), 제2도파로층(2B)도 가리킨다.

[0070] 굴절률의 단계적 진행에서 추론되는 바와 같이, 도파로층들(2A, 2B) 및 클래딩층들(1A, 1B)은 각각 복수 개의 부분층들로 구성되어 있다. 예를 들면, 제1클래딩층(1A)은 2개의 부분층들을 포함하고, 제1도파로층(2A)은 3개의 부분층들을 포함하고, 제2도파로층(2B)은 2개의 부분층들을 포함한다. 제2클래딩층(1B)은 3개의 부분층들(1C, 1D, 1E)을 포함한다. 도파로층들 및 클래딩층들의 부분층들에서, 굴절률(n)은 반도체 몸체의 상측으로부터 활성층으로 가면서 단계적으로 증가하고, 활성층(3)으로부터 기판의 방향으로 단계적으로 감소한다.

[0071] 제2클래딩층(1B) 내에 2개의 중간층들(11, 12)이 매립되어 있고, 중간층들은 반도체 물질로 구성되며, 상기 반도체 물질은 제3주족 또는 제5주족 중 적어도 하나의 원소를 포함하고, 상기 원소는 제2클래딩층(1B)의 부분층들(1C, 1D, 1E) 내에 포함되어 있지 않다. 예를 들면, 제2클래딩층(1B)의 부분층들(1C, 1D, 1E)은  $0 < x < 1$  일 때의  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 를 포함할 수 있고, 이 때 중간층(11, 12)은 In 및/또는 P를 함유한 반도체 물질, 예를 들면 InGaAs, InGaP 또는 InGaAsP를 포함한다.

[0072] 중간층(11, 12)은 상기 중간층 내에 포함된 서로 다른 화학 원소에 의해 제2클래딩층(1B)의 부분층으로서 간주되지 않는다. 반면, 제2클래딩층의 부분층(1C, 1D, 1E)은 동일한 성분을 포함하되, 상기 성분은 서로 다른 농도로 존재할 수 있다. 따라서, 제2클래딩층(1B)의 부분층들(1C, 1D, 1E)은 예를 들면  $0 < x < 1$  일 때의  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 를 포함할 수 있고, 이 때 부분층들은 서로 다른 알루미늄 함량(x)을 포함한다. 특히, 알루미늄 함량은 제2클래딩층(1B)의 상측으로부터 활성층(3)으로 가면서 감소할 수 있어서, 상기 방향에서 굴절률은 부분층별로 증가한다.

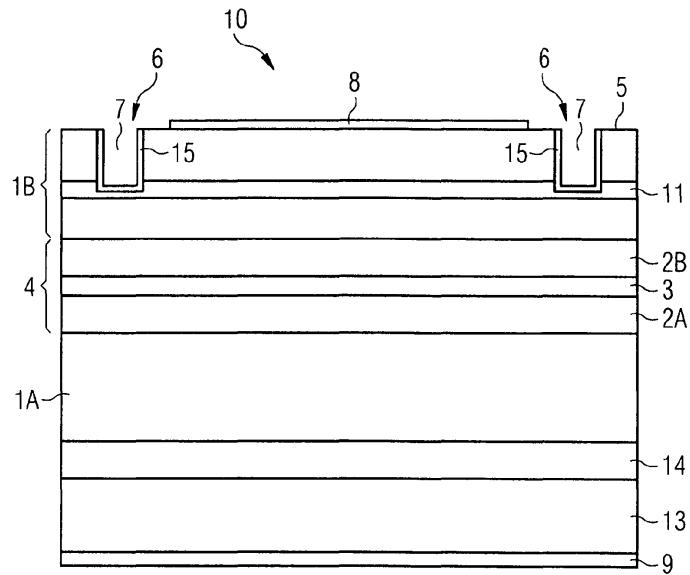
[0073] 제1중간층(11)은 제2클래딩층(1B)의 제1부분층(1C)안에 매립되어 있다. 제2중간층(12)은 제1부분층(1C)과 제2부분층(1D) 사이에 배치되어 있다. 제2클래딩층(1B)에 매립된 두 중간층(11, 12)은 위상 구조물의 제조를 간단히 하며, 상기 위상 구조물은 앞서 도 3a, 3b와 관련하여 설명한 바와 같은 가변적 깊이를 가진 홈을 포함한다.

[0074] 위상 구조물을 모서리 방출 반도체 레이저에, 특히 적외 반도체 레이저에 투입하기 위해, 또한, 제2도파로층(2B)이 제1도파로층(2A)보다 더 얇게 형성되는 것이 유리한 것으로 확인되었다. 바람직하게는, 제2도파로층(2B)은 제1도파로층(2A)의 두께의 절반을 포함하거나, 더욱 바람직하게는 1/5만을 또는 1/10만을 포함한다.

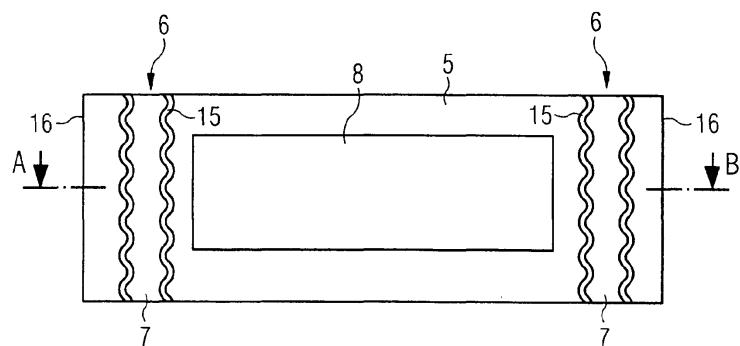
[0075] 본 발명은 실시예에 의거한 설명에 의하여 한정되지 않는다. 오히려 본 발명은 각각의 새로운 특징 및 특징들의 각 조합을 포함하고, 이러한 점은 특히, 상기 특징 또는 상기 조합이 그 자체로 명백하게 특허청구범위 또는 실시예에 제공되지 않더라도, 특히청구범위에서의 특징들의 각 조합을 포괄한다.

도면

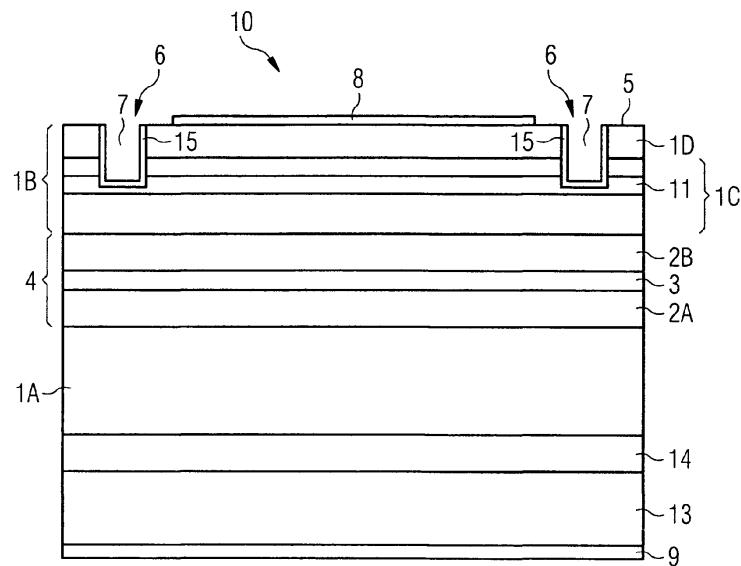
도면 1a



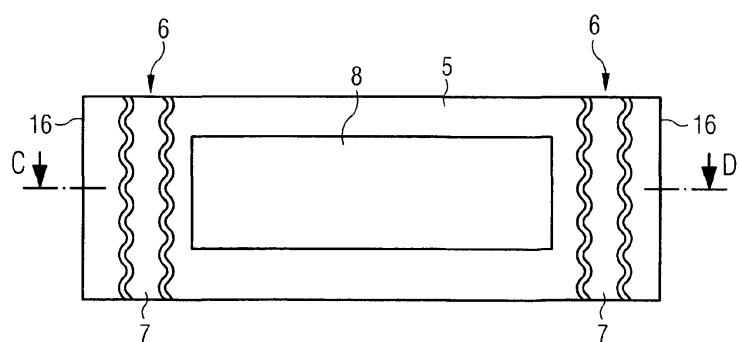
도면 1b



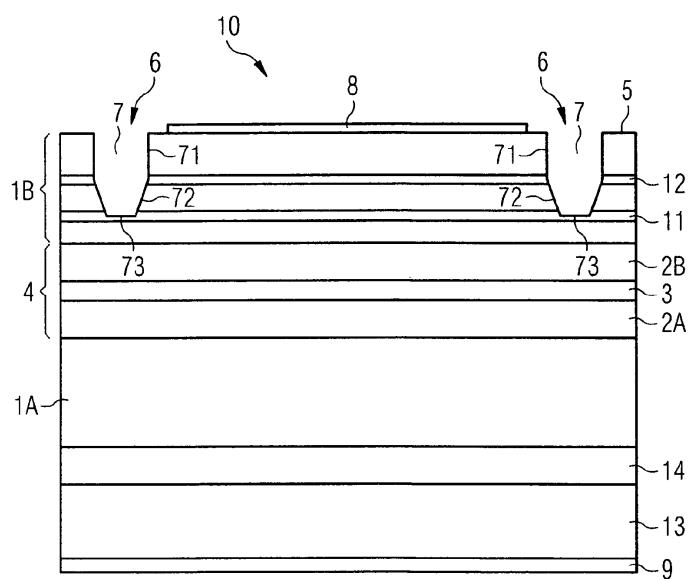
도면2a



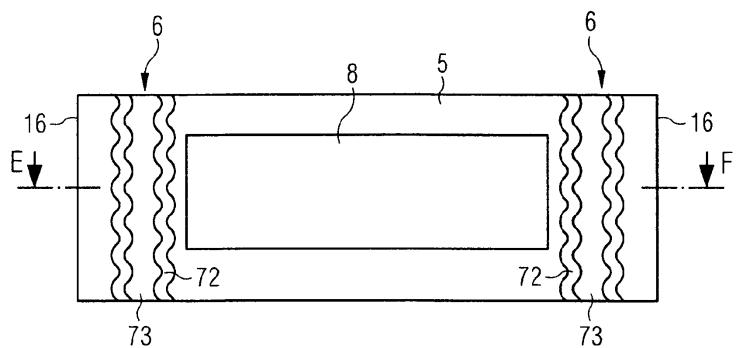
도면2b



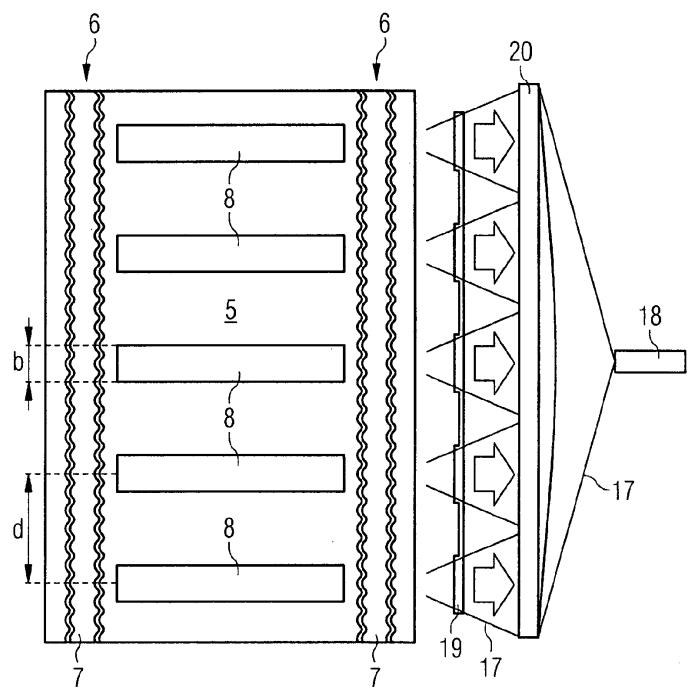
도면3a



도면3b



도면4



도면5

