

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>  
H01S 5/183

(45) 공고일자 2005년03월17일  
(11) 등록번호 10-0475846  
(24) 등록일자 2005년03월02일

(21) 출원번호 10-2001-0086931  
(22) 출원일자 2001년12월28일

(65) 공개번호 10-2003-0056657  
(43) 공개일자 2003년07월04일

(73) 특허권자 주식회사 테라스테이트  
일본 도쿄 시나가와구 히가시고탄다 1-10-7 AIOS 고탄다빌딩

(72) 발명자 손정환  
대전광역시서구월평1동월평타운아파트102동602호  
김상배  
경기도수원시팔달구인계동159선경아파트301동601호  
정명지  
대전광역시중구대사동247-74번지

(74) 대리인 양순석

심사관 : 박준영

(54) 수직공진형 표면발광 레이저

요약

본 발명은 수직 공진형 표면 발광레이저에 관한 것으로 수직공진형 표면 발광레이저의 개구부만을 위상보상을 형성하고 그 주변부는 위상 부정합이 되도록 함으로써 개구부 주변의 광손실을 최소화하여 레이저 광의 횡 모드를 억제하고 단일모드 조절이 가능하도록 하였다.

따라서 이러한 효과를 얻기 위한 수직 공진형 표면 발광레이저는 반도체 기판상에 형성되고 제1도전형 불순물이 도핑된 서로 다른 굴절률을 갖는 두 반도체 물질층이 교번되게 적층되어 형성된 제1반사기층과, 광을 생성하는 활성층과, 제2도전형 불순물이 도핑된 서로 다른 굴절률을 갖는 두 반도체 물질층이 교번되게 적층되어 형성된 제2반사기층과, 전류의 주입경로를 제한하기 위한 전류차단영역을 포함하여 구성되는 수직공진형 표면 발광레이저에 있어서, 상기 제2반사기층에 형성되어 상부 전극에서 반사된 광의 위상이 이동하는 것을 보상하기 위해 형성된 위상보상층과; 상기 제2반사기층에서 반사되는 광의 위상을 상쇄간섭 시키기 위해, 상기 제2반사기층에서 반사되는 광의 위상을 상쇄간섭 시키기 위해, 상기 위상보상층의 소정영역이 노출되어 광이 방출되는 개구부가 형성되도록 상기 위상보상층상의 소정영역에 형성된 위상부정합층과, 상기 반도체 기판의 하부면에 형성된 하부전극과; 상기 위상부정합층상에 형성된 상부 전극을 포함하여 구성된다.

대표도

도 2

색인어

수직 공진형 표면 발광레이저

명세서

도면의 간단한 설명

도1은 종래기술에 따른 수직 공진형 표면 발광레이저의 수직 단면도.

도2내지 도6은 본 발명에 따른 수직 공진형 표면 발광레이저의 수직 단면도.

도7은 종래방법 및 본 발명에 따른 수직 공진형 표면 발광레이저의 주입전류에 따른 광출력을 비교 도시한 그래프.

도8은 종래방법 및 본 발명에 따른 수직공진형 표면 발광레이저의 발진모드 특성을 비교 도시한 그래프.

\*도면의 주요부분에 대한 부호의 설명\*

100 : 반도체 기판

102 : 굴절률이 높은 n형  $Al_xGa_{(1-x)}As$ 층

104 : 굴절률이 낮은 n형  $Al_xGa_{(1-x)}As$ 층 106 : n형 주기

108 : 제1반사기층 110 : n형 클레이드층

112 : AlGaAs 장벽층 114 : GaAs양자 우물층

116 : p형 클레이드층 118 : 활성층

120 : 굴절률이 높은 p형  $Al_xGa_{(1-x)}As$ 층

122 : 굴절률이 낮은 p형  $Al_xGa_{(1-x)}As$ 층

124 : p형 주기 126 : 제2반사기층

128 : 위상보상층의 구성층인  $Al_xGa_{(1-x)}As$ 층

130 : 위상보상층의 구성층인 GaAs층

132 : 위상보상층

134 : 위상부정합층의 구성층인  $Al_xGa_{(1-x)}As$ 층

136 : 위상부정합층의 구성층인 GaAs층 138 : 위상부정합층

140 : 상부 전극 142 : 전류차단영역

146 : 하부 전극 148 : 상부 위상부정합층

150 : 금속층 152 : 전극접촉층

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 수직 공진형 표면 발광레이저에 관한 것으로 특히 광 출력이 일어나는 부분과 나머지 부분의 위상 정합과 광 손실이 차를 크게 하여 모드 특성을 개선시킨 수직 공진형 표면 발광 레이저에 관한 것이다.

수직공진표면 발광레이저(Vertical Cavity Surface Emitting Lasers : VCSEL)는 발광 특성이 우수하며 2D 어레이가 가능하고 소자를 작은 크기로 만들 수 있다는 장점이 있어 광통신용 인터넥터, 광섬유를 이용한 통신용 소자, 레이저 프린터, 스캐너등 다양한 분야에 응용이 가능하여 현재 널리 쓰리고 있다. 그러나 이러한 응용을 위해서는 안정된 수직 공진형 표면 발광레이저의 모드 특성과 고효율이 요구된다.

도 1은 종래의 수직 공진형 표면 발광레이저의 수직 단면도이다.

도시된 바와같이, 종래의 수직 공진형 표면발광레이저는 반도체 기판(10)상에 제1반사기층(18), 활성층(28), 제2반사기층(36)이 형성되어 있고, 활성층(28) 내로의 캐리어 주입이 상부 전극(40)과 하부전극(44)으로부터 제1반사기

층(18) 및 제2반사기층(36)을 통과하도록 형성된다. 그리고 활성층 내로의 전류주입을 일정영역으로 제한하기 위해 제2반사기층(18)의 양측의 소정깊이에 이온을 주입시켜 주입된 영역에 의해 캐리어 통로가 중앙부분으로 제한되도록 하는 전류차단영역(42)이 형성된다.

여기에 사용된 반도체 기판으로는 GaAs, GaP, InP, InGaAs, 사파이어, GaN 등이 사용된다. 앞서 기술된 반도체 기판(10)의 재료와 동일한 재료로 반도체 기판(10)상에 버퍼층(도시되지 않음)이 형성될 수 있다.

제1 및 제2 반사기층들(18, 36)은  $Al_xGa_{(1-x)}As$ 로 형성되는데 여기에 n형 또는 p형 도펀트를 도핑하여 형성한다. n형 도펀트로는 실리콘(Si)을 사용하고, p형 도펀트로 탄소(C), 아연(Zn)등을 사용한다.

그리고 각각의 반사기층들(18, 36)은 굴절률이 높은 층과 굴절률이 낮은 층을 교대로 다수번 반복 적층된 구조로 굴절률이 높은 층(12, 30)과 굴절률이 낮은 층(14, 32)을 하나의 주기(16, 34)라고 하였을 때 이런 주기가 20내지 40번 정도 적층되어 형성된다.

이러한 제1 및 제2반사기층들(18, 36)을 구성하는 각층의 굴절률 차이는 알루미늄의 조성을 달리하여 얻어질수 있으며 이렇게 하여 형성된 반사기층들(18, 36)의 반사도는 99%이상이다.

또한, 각각의 굴절률이 높은 층(12,30)과 굴절률이 낮은 층(14, 32) 사이에는 각각 조성이 연속적으로 변화되도록 형성된 그래딩(grading)층(도시되지 않음)을 넣어 알루미늄 조성이 높은 층과 낮은층의 계면에서의 스트레스를 감소시키며 밴드갭 에너지의 변화를 완만하게 하여 브래그 미러층(18, 36)내에서의 직렬저항을 줄이는 역할을 하도록 한다.

상기와 같은 구조를 갖는 제1반사기층(18)은 굴절률이 높은층(12), 굴절률이 낮은층(14), 그래딩층(도시되지 않음)을 포함한 광학적 두께가 수직공진형 표면 발광레이저가 동작하도록 설계된 파장( $\lambda$ )의 1/4이 되도록 형성된다. 또한 제2반사기층(36)도 동일한 광학적 두께를 가지도록 형성된다.

활성층은 전자와 정공이 결합(pn접합)하여 빛이 발생하는 부분으로 n형 클래드층(20)과 양자우물층(24), p형 클래드층(26)이 기본구조로 각각의 층사이에는 장벽층(22)이 형성될 수도 있고, 각각의 층은 단일층이 아닌 복수층으로 구성될 수 있다.

활성층상에 형성된 제2반사기층(36)의 일정깊이에 이온을 주입하거나 산화층을 형성하여 전류를 구속할 수 있는 전류 차단영역(42)이 형성된다.

이때, 제2반사기층(36)상에 형성된 위상보상층(38)은  $Al_xGa_{(1-x)}As$ 층과 GaAs층을 순차적으로 적층하여 형성된다.  $Al_xGa_{(1-x)}As$ 층의 x값은 0.2이하로 하고, GaAs층은 전극접촉저항을 줄여 전류 주입 효율을 높이기 위해  $1 \times 10^{19}/cm^3$ 이상의 고농도로 도핑된다.

이러한 구조의 위상 보상층(38)은 상부 전극(40)에 의해 광의 반사가 일어나 위상이 이동하는 것을 보상하기 위하여 제2반사기층(36)을 합하여  $\lambda/2$ 의 정수배의 광학적 두께를 갖도록 설계된다.

위상 보상층(38)상에 Au, Zn, Cr등을 증착하여 상부 전극(40)이 형성되고, 반도체 기판(10)의 하부면에 Ni, AuGe, Au등의 금속을 증착하여 하부 전극(44)이 형성된다.

이렇게 형성된 종래의 수직 공진형 발진 레이저에 두 개의 전극들(40, 44)을 통하여 전류가 주입되면 제1 및 제2반사기층을 통과한 전자와 정공이 활성층에서 결합하면서 광이 발생된다. 이때 발생한 광은 초기에 모든 입체각으로 발산하나 각 반사기층들의 브래그 파장을 만족하는 광만이 보강 간섭을 거쳐 살아 남고, 이 광이 활성층에서 상태 밀도 반전에 의한 레이저 유도 여기 방출광을 만들어 내면서 반도체 기판에서 수직방향 표면 개구부를 통해 레이저 광을 외부로 방출하게 된다.

따라서 종래의 수직 공진형 표면 발광 레이저의 경우 발진 영역 이외의 영역에서의 발진, 즉 레이저 광의 횡 모드로 인하여 광출력 효율이 떨어지고 전류와 광출력간의 선형성이 좋지 않은 문제점이 있었다.

또한 접촉저항을 줄이기 위한 전극 접촉층의 높은 도핑농도 때문에 레이저 광이 방사되는 개구부에서 광흡수가 생겨 문턱 전류값이 커지고 주입전류와 광출력간의 효율이 낮아지는 문제점이 있었다.

미국특허 5,903,590에서는 공진 길이를 달리함으로써 발진 모드를 조절하는 기술을 소개하고 있다. 원하는 발진 영역과 양 옆의 공진 길이를 달리하여 단일 발진 모드를 유도하여 출력을 향상시키고 선형성을 개선하는 구조이다. 그러나 공진길이 조절에 있어서 에피택셜층 성장 단계에서 재성장 등 공정이 복잡한 문제점이 있었다.

미국특허 5,818,861에서는 제2반사기층상에 전류확산층이 형성되고 그 위에 에너지 밴드갭이 작고 도핑농도가 높은층(약  $5 \times 10^{19}$ )을 올려 접촉저항을 줄이는 에피택셜구조를 제시하였다. 그러나 이러한 구조는 저항을 줄이는데는 크게 기여하지만 광흡수를 증가시키고 양자 효율을 감소시켜 광출력을 떨어뜨리는 문제점이 있었다.

**발명이 이루고자 하는 기술적 과제**

따라서 상기한 문제점을 해결하기 위해서 제안된 것으로 개구부 주변의 광손실을 최소화하여 레이저 광의 횡 모드를 억제하여 단일모드 조절이 가능하도록 하여 주입 전류와 광출력 간의 선형성이 우수하고 출력 효율이 증대된 수직 공진형 표면 발광레이저를 제공하는 것을 목적으로 한다.

상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 수직 공진형 표면 발광레이저는 반도체 기판상에 형성되고 제1도전형 불순물이 도핑된 서로 다른 굴절률을 갖는 두 반도체 물질층이 교번되게 적층되어 형성된 제1반사기층과, 광을 생성하는 활성층과, 제2도전형 불순물이 도핑된 서로 다른 굴절률을 갖는 두 반도체 물질층이 교번되게 적층되어 형성된 제2반사기층과, 전류의 주입경로를 제한하기 위한 전류차단영역을 포함하여 구성되는 수직공진형 표면 발광레이저에 있어서, 상기 제2반사기층에 형성되어 상부 전극에서 반사된 광의 위상이 이동하는 것을 보상하기 위해 형성된 위상보상층과; 상기 제2반사기층에서 반사되는 광의 위상을 상쇄간섭 시키기 위해, 상기 위상보상층상에 광이 방출되는 개구부가 형성되도록 상기 위상보상층상의 소정영역에 형성된 위상부정합층과; 상기 반도체 기판의 하부면에 형성된 하부전극과; 상기 위상부정합층상에 형성된 상부 전극을 포함하여 구성된다.

**발명의 구성 및 작용**

이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 수직 공진형 표면 발광레이저에 대한 바람직한 실시예들을 상세히 설명한다.

도2 내지 도6는 본 발명에 따른 실시예들에 따른 수직공진형 표면 발광 레이저의 수직 단면도이다. 동일한 구조는 동일한 참조부호를 사용하였다.

[실시예1]

도2에 도시된 바와같이, 반도체 기판(100)상에 형성되고 제1도전형 불순물이 도핑된 서로 다른 굴절률을 갖는 두 반도체 물질층이 교번되게 적층되어 형성된 제1반사기층(108)과, 광을 생성하는 활성층(118)과, 제2도전형 불순물이 도핑된 서로 다른 굴절률을 갖는 두 반도체 물질층이 교번되게 적층되어 형성된 제2반사기층(126)과, 전류의 주입경로를 제한하기 위한 전류차단영역(142)을 포함하여 구성되는 수직공진형 표면 발광레이저에 있어서, 상기 제2반사기층(126)에 형성되어 상부 전극에서 반사된 광의 위상이 이동하는 것을 보상하기 위해 형성된 위상보상층(132)과, 상기 제2반사기층에서 반사되는 광의 위상을 상쇄간섭 시키기 위해, 상기 위상보상층의 소정영역이 노출되어 광이 방출되는 개구부가 형성되도록 상기 위상보상층상의 소정영역에 형성된 위상부정합층과, 상기 반도체 기판(100)의 하부면에 형성된 하부전극(146)과, 상기 위상부정합층(138)상에 형성된 상부 전극(140)을 포함하여 구성된다.

좀더 구체적으로 설명하면, 상기 하부 전극(146)은 제1도전형 금속으로 Ni, AuGe, Au중 선택된 하나의 금속 또는 다수개의 금속을 증착하여 형성되고, 반도체 기판(100)은 제1도전형 불순물이 도핑된 반도체 물질층으로 예를 들면, n형 불순물로 도핑된 GaAs, GaP, AlGaAs, GaN, InP, Sapphire, GaN중 선택된 하나의 반도체 물질층으로 되어있다.

그리고 제1반사기층(108)은 제1도전형 불순물이 도핑되며, 예를 들면 n형 불순물인 Si등이 도핑되며 굴절률이 높은  $Al_xGa_{(1-x)}As$ 층(102)과 굴절률이 낮은  $Al_xGa_{(1-x)}As$ 층(104)을 에피택시 방법으로 순차적으로 적층한 것을 한 주기(106)로 하고, 이런 주기(106)를 20~40회 적층되어 형성되며, 제1반사기층의 한 주기(106)의 광학적 두께는  $\lambda/4$ 의 광학적 두께가 되도록 형성된다. 여기서  $\lambda$ 는 수직 공진형 표면 발광 레이저가 동작하도록 설계되는 파장을 나타낸다.

이때, 굴절률이 높은  $Al_xGa_{(1-x)}As$ 층(102)과 굴절률이 낮은  $Al_xGa_{(1-x)}As$ 층(104)은 알루미늄의 조성을 달리하여 굴절률이 차이나도록 형성한다.

상기의 활성층(118)은 광이 발생하는 층으로 n형 클래드층(110), AlGaAs 장벽층(112), GaAs 양자 우물층(114), p형 클래드층(116)을 에피택시 방법을 이용하여 순차적으로 적층하여 이루어진다. n형 또는 p형 클래드층은 AlGaAs 계열의 물질을 사용하여 형성된다. 또한, 활성층(118)을 구성하는 각각의 층들(110, 112, 114, 116)은 단일층 또는 헤테로 구조의 복수층(도시되지 않음)으로 구성될 수 있다.

상기의 제2반사기층(126)은 제2도전형 불순물이 도핑되며, 예를 들면 p형 불순물인 탄소(C), 아연(Zn)이 도핑된 굴절률이 높은  $Al_xGa_{(1-x)}As$ 층(120)과 굴절률이 낮은  $Al_xGa_{(1-x)}As$ 층(122)을 에피택시 방법으로 순차적으로 적층된 것을 한 주기(124)로 하고, 이런 주기(124)가 20~40회 적층되어 형성된다. 이때 제2반사기층(126)의 한 주기(124)의 광학적 두께는  $\lambda/4$ 가 되도록 한다.

상기 위상보상층(132)은  $Al_xGa_{(1-x)}As$ 층(128), GaAs층(130)이 순차적으로 적층된 구조로 이루어진다.

여기서 위상보상층(132)은 제2반사기층(126)과 동일한 불순물이 도핑되며 불순물의 도핑농도는  $1 \times 10^{19}$  개/cm<sup>3</sup> 이하로 한다. 바람직하게는  $1 \sim 5 \times 10^{18}$  개/cm<sup>3</sup> 정도로 도핑한다.

그리고 위상보상층(132)의 두께는 제2반사기층(126)의 두께를 합하여  $\lambda/2$ 의 정수배가 되는 광학적 두께가 되도록 형성하여 문턱이득이 최소가 되도록 한다.

이러한 위상보상층(132)은 상부 전극(140)에 의해 광의 반사가 일어나 위상이 이동하는 것을 보상하기 위한 광학적 두께를 갖는다는 개념적인 면에서는 종래의 수직 공진형 표면 발광레이저에서와 같은 개념의 위상보상층이다. 그러

나 종래에는 위상보상층(132)에 제2도전형 불순물이  $1 \times 10^{19}$ 이상의 고농도로 도핑되어 전극접촉층의 역할을 하였으나 본 발명에서는 위상보상층(132)의 구성층인 GaAs층(130)은 전극접촉층의 역할을 할 필요가 없으므로 종래보다 저농도로 도핑하여 개구부에서의 광손실을 최소화시킨다. 단지 본 발명의 위상보상층(132)은 공기와 접촉시 제2반사기층(126)상에 산화막이 형성되는 것을 방지하는 역할만을 한다.

상기 위상 부정합층(138)은  $Al_xGa_{(1-x)}As$ 층(134), GaAs층(134)이 순차적으로 적층된 구조로 이루어진다.

위상부정합층(138)내의  $Al_xGa_{(1-x)}As$ 층(134)은  $x$ 가  $x > 0.15$ 이고, 위상보상층(132)과 동일한 불순물이 동일 농도로 도핑된다. 그리고, 위상부정합층(138)내의 GaAs층(134)은 개구부(I)에 산화막이 형성되는 것을 방지하며, 전극접촉저항을 줄여서 전류 주입효율을 높이기 위하여 제2도전형 불순물이  $1 \times 10^{19}$ 개/cm<sup>3</sup>이상으로 도핑된다.

이러한 구조로 형성된 위상 부정합층(138)의 두께는 1000Å 이하로 형성하되, 제1반사기층(108) 및 제2반사기층(126)에서 반사되는 광의 위상이 상쇄간섭을 일으키는  $(2n-1)\lambda/4$ 배의 광학적 두께를 가지도록 형성한다. 따라서, 문턱이득이 최대가 되어 광의 손실이 극대화 된다. 바람직하게는 600Å 이하로 형성하되  $(2n-1)\lambda/4$ 배의 광학적 두께를 가지도록 한다.

상기 상부 전극(140)은 AuZn, Au, AuBe, Cr, Ti중 선택된 하나의 금속 또는 다수개의 금속층을 적층하여 형성된다.

그리고, 상기 전류차단영역(142)은 통상의 이온 주입 또는 산화가능층을 이용한 산화방법을 이용하여 제2반사기층(116)에 형성된다.

상기 개구부(I)는 원형, 마름모, 사각형등으로 형성될 수 있는데 이는 상기에 기술된 상부전극(140)을 형성할 때 결정되며, 개구부(I)의 직경 및 대각선의 길이는 30 $\mu$ m이하로 한다.

[실시예2]

상기 실시예 1에서 위상 보상층(132)을 구성하는  $Al_xGa_{(1-x)}As$ 층(128)의  $x$ 가  $x < 0.3$ 일 경우, 도3에 도시된 바와같이 위상보상층(132)은  $Al_xGa_{(1-x)}As$ 층의 단일층으로 구성되고, 위상 부정합층(138)은 GaAs층의 단일층으로 구성될 수 있다.

이때 위상보상층의  $Al_xGa_{(1-x)}As$ 층(128)의 알루미늄의 조성비는 15%이상 되도록 한다.

[실시예3]

도4에 도시된 바와같이, 본 발명에 따른 다른 실시예에 따른 수직 공진형 표면 발광레이저는 다음과 같다.

실시예1의 구조로 이루어지는 수직 공진형 표면 발광레이저의 개구부(I)에 개구부를 보호하기 위한 상부 위상보상층(148)이 부가 형성된다.

상기 상부 위상보상층(148)은 투명한 유전물질인 SiO<sub>2</sub>, SiN<sub>x</sub> 등으로 형성되며, 개구부의 전면(I) 또는 개구부(I)와 상부전극(140)의 일부분이 연결되도록 형성된다. 그리고, 개구부(I)상에 형성된 상부 위상보상층(148)은  $\lambda/2$ 의 정수배의 광학적 두께로 형성된다.

[실시예4]

도5에 도시된 바와같이, 본 발명에 따른 다른 실시예에 따른 수직 공진형 표면 발광레이저는 다음과 같다.

실시예2의 구조로 이루어지는 수직 공진형 표면 발광레이저의 개구부(I)에 개구부를 보호하기 위한 상부 위상보상층(148)이 부가 형성된다.

상기 상부 위상보상층(148)은 투명한 유전물질인 SiO<sub>2</sub>, SiN<sub>x</sub>로 형성되며, 개구부(I)의 전면 또는 개구부와 상부전극(140)의 일부분이 연결되도록 형성된다. 그리고, 개구부(I)상에 형성된 상부 위상보상층(148)은  $\lambda/2$ 의 정수배의 광학적 두께로 형성된다.

[실시예5]

본 발명에 따른 또 다른 실시예에 따른 수직 공진형 표면 발광레이저는 다음과 같다.

도6에 도시된 바와같이, 반도체 기판(100)과, 상기 반도체 기판(100)상에 형성되며 제1도전형 불순물이 도핑된 서로 다른 굴절률을 갖는 두 반도체 물질층이 교번되게 적층되어 형성된 제1반사기층(108)과, 상기 제1반사기층(108)상에 형성되며 광을 생성하는 활성층(118)과, 상기 활성층(118)상에 반도체 물질로 형성된 전극접촉층(152)과, 상기 전극접촉층(152)상의 중앙부에 형성되며 절연물질로 형성된 제2반사기층과, 제2반사기층(126)과 일정거리 이격되고, 상기 전극접촉층(152)상의 소정영역에 제2도전형 금속으로 형성된 상부전극(140)과, 상기 제2반사기

층(126)에 형성되어 상부 전극(140)에서 반사된 광의 위상이 이동하는 것을 보상하기 위해 형성된 위상보상층(132)과, 상기 제2반사기층에서 반사되는 광의 위상을 상쇄간섭 시키기 위해, 상기 위상보상층의 소정영역이 노출되어 광이 방출되는 개구부가 형성되도록 상기 위상보상층상의 소정영역에 형성된 위상부정합층(148)과, 상기 위상부정합층(148)상에 형성된 금속층(150)과, 상기 반도체 기판(100)의 하부면에 형성된 하부전극(146)을 포함하여 구성된다.

상기 금속층(150)은 상부전극(140)과 동일한 금속으로 형성되고, 상기 전극접촉층(152)은 상부전극(140)과 활성층(118) 사이의 접촉저항을 줄이기 위한 것으로 제2도전형 불순물이 도핑된 반도체 물질로 형성하며, 예를 들면, p형 불순물이  $1 \times 10^{19}$ 개/cm<sup>3</sup> 이상 도핑되고, 알루미늄의 조성비가 30%이하인 AlGaAs로 형성한다.

상기 제2반사기층은 SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, HFO<sub>2</sub>, MgF<sub>2</sub> 등의 절연물질 중 선택된 제1 및 제2물질을 교번되게 적층하여 형성된다. 실시예 1에 형성된 전류차단영역은 실시예 5의 구성에서는 형성되지 않는다.

그리고 상기 실시예 5에서 미 설명된 부분은 상기 실시예 1과 동일한 구성으로 중복되는 부분의 상세한 설명은 생략한다.

[실시예 6]

실시예 6은 실시예 5와 동일한 구조로 형성되나, 상기 실시예 5에서 위상보상층(132)과 위상부정합층(138)은 실시예 1의 구조를 가지고 있으나 실시예 6은 위상보상층(132)과 위상부정합층(138)의 구조가 실시예 2의 구조와 동일하게 형성된다.

본 발명의 실시예들에 따른 수직 공진형 표면 발광 레이저는 개구부(D)의 광 흡수를 줄임과 동시에 발진 영역 외의 영역에서 광손실을 극대화함으로써 발생하는 모드를 억제하여 광출력 효율을 증대시킬 수 있다.

도 7은 본 발명의 실시예 1에 따른 수직 공진형 표면 발광레이저의 주입전류에 따른 광출력을 나타낸 그래프이고, 도 8은 본 발명의 실시예 1에 따른 수직공진형 표면 발광레이저의 발진모드 특성을 나타내는 그래프이다.

도 7에 도시된 바와 같이 종래에 비해 본 발명에 따른 광출력이 향상된 것을 확인할 수 있고, 도 8에 도시된 바와 같이 종래에 비해 본 발명에 따른 발진 모드가 개선된 것을 확인할 수 있다.

**발명의 효과**

이상에서 설명한 바와 같이 본 발명은 수직공진형 표면 발광레이저의 개구부만 위상보상을 형성하고 그 주변부는 위상 부정합이 되도록 함으로써 개구부 주변의 광손실을 최대화하여 레이저 광의 횡 모드를 억제하고 단일모드 조 절이 가능하도록 하였다.

따라서 주입 전류와 광출력 간의 선형성이 우수하고 출력 효율이 증대된 수직 공진형 표면 발광레이저 소자의 구현이 가능하게 된다. 또한 개구부를 제외하고 금속 전극이 접촉되는 부분(위상부정합층)의 도핑농도만을 높이는 구조로 접촉저항을 줄임과 동시에 개구부에서의 광흡수를 최소화하고 광양자의 효율을 높이므로 광출력이 우수하고 문턱전류가 낮은 수직 공진형 표면 발광레이저소자를 만들 수 있다.

**(57) 청구의 범위**

**청구항 1.**

반도체 기판상에 형성되고 제1도전형 불순물이 도핑된 서로 다른 굴절률을 갖는 두 반도체 물질층이 교번되게 적층되어 형성된 제1반사기층과, 광을 생성하는 활성층과, 제2도전형 불순물이 도핑된 서로 다른 굴절률을 갖는 두 반도체 물질층이 교번되게 적층되어 형성된 제2반사기층과, 전류 주입경로를 제한하기 위한 전류차단영역을 포함하여 구성되는 수직공진형 표면 발광레이저에 있어서,

상기 제2반사기층에 형성되어 상부 전극에서 반사된 광의 위상이 이동하는 것을 보상하기 위해 형성된 위상보상층과;

상기 제2반사기층에서 반사되는 광의 위상을 상쇄간섭 시키기 위해, 상기 위상보상층의 소정영역이 노출되어 광이 방출되는 개구부가 형성되도록 상기 위상보상층상의 소정영역에 형성된 위상부정합층과;

상기 반도체 기판의 하부면에 형성된 하부전극과;

상기 위상부정합층상에 형성된 상부 전극을 포함하여 구성되는 수직 공진기형 표면 발광레이저.

**청구항 2.**

제1 항에 있어서,

상기 개구부 전체를 덮도록 상부 위상보상층이 부가 형성된 것을 특징으로 하는 수직 공진형 표면 발광레이저.

**청구항 3.**

반도체 기판과;

상기 반도체 기판상에 형성되며 제1도전형 불순물이 도핑된 서로 다른 굴절률을 갖는 두 반도체 물질층이 교번되게 적층되어 형성된 제1반사기층과;

상기 제1반사기층상에 형성되며 광을 생성하는 활성층과;

상기 활성층상에 반도체 물질로 형성된 전극접촉층과;

상기 전극접촉층상의 증양부에 형성되며 절연물질로 형성된 제2반사기층과;

상기 제2반사기층과 일정거리 이격되고, 상기 전극접촉층상의 소정영역에 제2도전형 금속으로 형성된 상부전극과;

상기 제2반사기층에 형성되어 상부 전극에서 반사된 광의 위상이 이동하는 것을 보상하기 위해 형성된 위상보상층과;

상기 제2반사기층에서 반사되는 광의 위상을 상쇄간섭 시키기 위해, 상기 위상보상층의 소정영역이 노출되어 광이 방출되는 개구부가 형성되도록 상기 위상보상층상의 소정영역에 형성된 위상부정합층과;

상기 위상부정합층상에 형성된 금속층과;

상기 반도체 기판의 하부면에 형성된 하부전극을 포함하여 구성되는 수직 공진기형 표면 발광레이저.

**청구항 4.**

제1항 내지 제3항 중 어느 하나의 항에 있어서,

상기 위상보상층은 에피택시 방법으로  $Al_xGa_{(1-x)}As$ 을 증착하여 형성한  $Al_xGa_{(1-x)}As$ 층과, GaAs을 증착하여 형성한 GaAs층이 순차적으로 적층되어 구성되고,

상기 위상부정합층은 에피택시 방법으로  $x > 0.15$ 인  $Al_xGa_{(1-x)}As$ 을 증착하여 형성한  $Al_xGa_{(1-x)}As$ 층과, GaAs을 증착하여 형성한 GaAs층이 순차적으로 적층되어 구성되는 것을 특징으로 하는 수직 공진기형 표면 발광레이저.

**청구항 5.**

제1항 내지 제3항 중 어느 하나의 항에 있어서,

상기 위상보상층은 에피택시 방법으로  $x < 0.3$ 인  $Al_xGa_{(1-x)}As$ 을 증착하여 형성한  $Al_xGa_{(1-x)}As$ 층으로 구성되고,

상기 위상부정합층은 에피택시 방법으로 GaAs을 증착하여 형성한 GaAs층으로 구성되는 것을 특징으로 하는 수직 공진기형 표면 발광레이저.

**청구항 6.**

제1항 내지 제3항 중 어느 하나의 항에 있어서,

상기 위상부정합층은  $1000\text{\AA}$  이하의  $(2n-1)\lambda/4$ 배인 광학적 두께로 형성된 것을 특징으로 하는 수직공진기형 표면 발광레이저.

**청구항 7.**

제1항 내지 제3항 중 어느 하나의 항에 있어서,

상기 위상보상층은 상기 위상보상층과 상기 제2반사기층을 합하여  $\lambda/2$ 의 정수배인 광학적 두께를 가지도록 형성된 것을 특징으로 하는 수직공진기형 표면 발광레이저.

**청구항 8.**

제1항 내지 제3항 중 어느 하나의 항에 있어서,

상기 위상 보상층은 제2도전형 불순물이  $1 \times 10^{19}$ 개/cm<sup>3</sup>이하로 도핑되는 것을 특징으로 하는 수직 공진기형 표면 발광레이저.

**청구항 9.**

제2항에 있어서,

상기 개구부상에 형성된 상부 위상보상층의 두께는  $\lambda/2$ 의 정수배인 광학적 두께를 가지도록 구성되는 것을 특징으로 하는 수직공진기형 표면 발광레이저.

**청구항 10.**

제2항에 있어서,

상기 상부 위상보상층은 유전물질로 형성하는 것을 특징으로 하는 수직 공진기형 표면 발광레이저.

**청구항 11.**

제3항에 있어서,

상기 전극접촉층은 제2도전형 불순물이  $1 \times 10^{19}$ 개/cm<sup>3</sup>이상 도핑된 것을 특징으로 하는 수직 공진기형 표면 발광 레이저.

**청구항 12.**

제3항에 있어서,

상기 제2반사기층은 SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, HFO<sub>2</sub>, MgF<sub>2</sub> 중 선택된 제1 및 제2물질을 교번되게 적층하여 형성된 것을 특징으로 하는 수직 공진기형 표면 발광레이저.

**청구항 13.**

제4항에 있어서,

상기 위상 부정합층의 GaAs층은 제2도전형 불순물이  $1 \times 10^{19}$ 개/cm<sup>3</sup>이상 도핑된 것을 특징으로 하는 수직 공진기형 표면 발광 레이저

**청구항 14.**

제5항있어서,

상기 위상 부정합층의 GaAs층은 제2도전형 불순물이  $1 \times 10^{19}$ 개/cm<sup>3</sup>이상 도핑된 것을 특징으로 하는 수직 공진기형 표면 발광 레이저.

**청구항 15.**

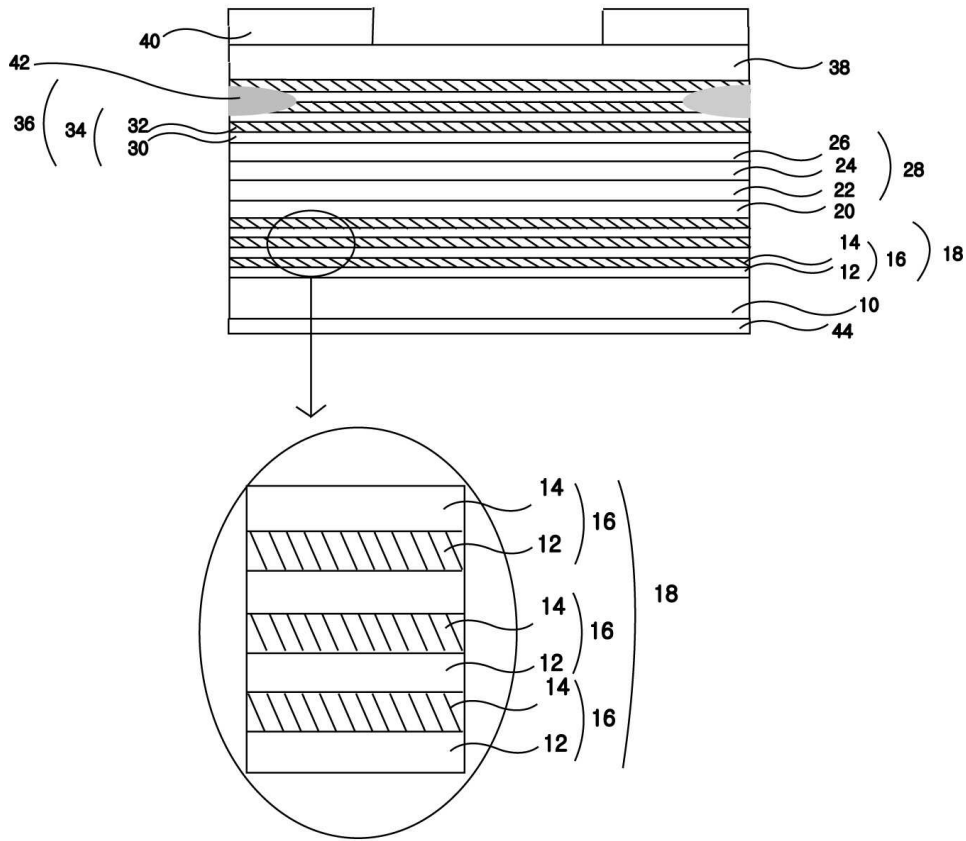
제5항에 있어서,

상기 위상 보상층은 알루미늄의 조성비가 15%이상 포함되는 것을 특징으로 하는 수직 공진기형 표면 발광 레이저.

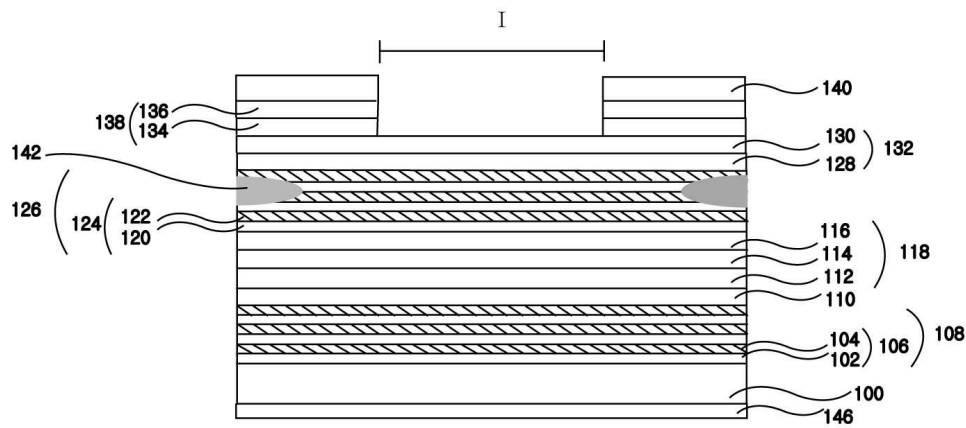
도면



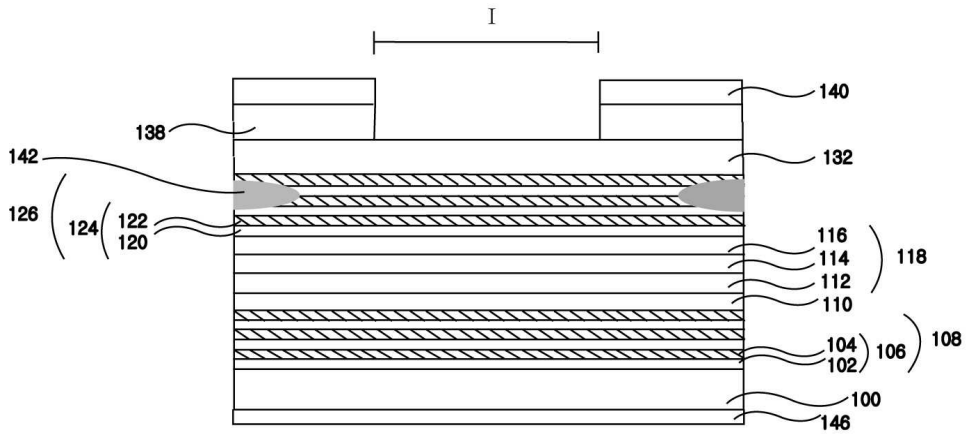
도면1



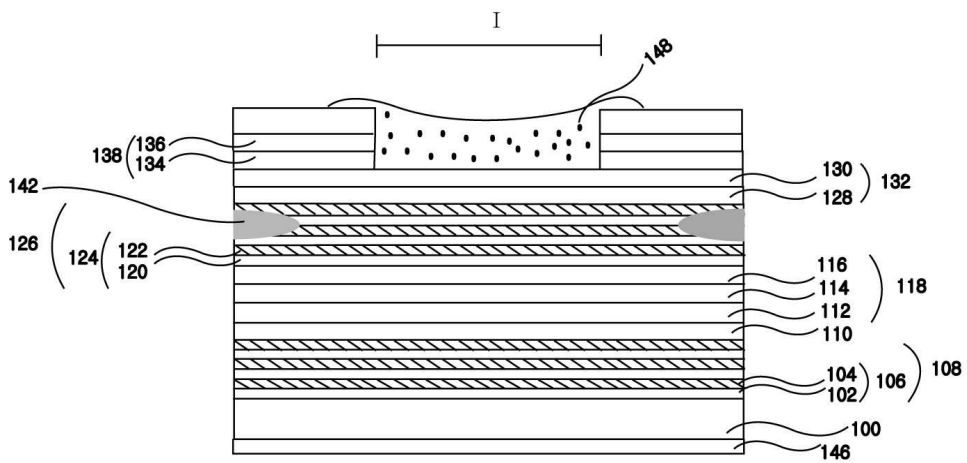
도면2



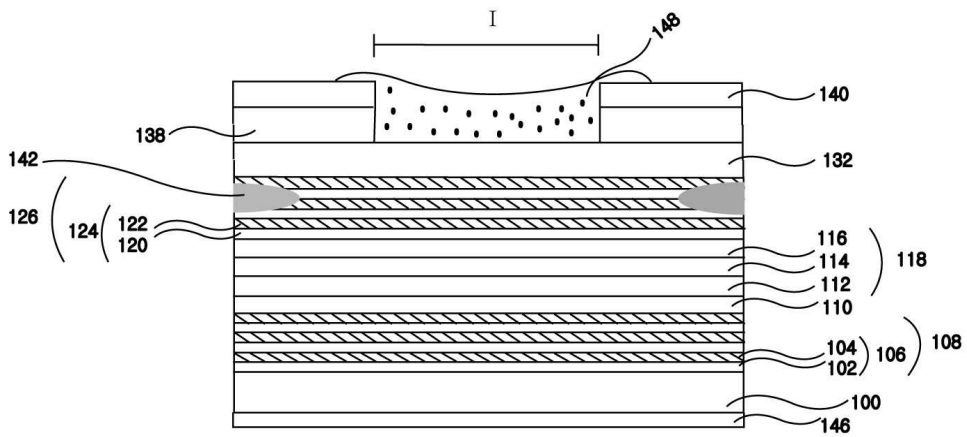
도면3



도면4



도면5



도면6

