

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4589539号  
(P4589539)

(45) 発行日 平成22年12月1日(2010.12.1)

(24) 登録日 平成22年9月17日(2010.9.17)

(51) Int.Cl. F I  
 HO 1 S 5/22 (2006.01) HO 1 S 5/22 6 I O  
 HO 1 S 5/323 (2006.01) HO 1 S 5/323

請求項の数 18 (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2001-13059 (P2001-13059)	(73) 特許権者	000005821 パナソニック株式会社
(22) 出願日	平成13年1月22日(2001.1.22)		大阪府門真市大字門真1006番地
(65) 公開番号	特開2001-352129 (P2001-352129A)	(74) 代理人	100077931
(43) 公開日	平成13年12月21日(2001.12.21)		弁理士 前田 弘
審査請求日	平成19年2月15日(2007.2.15)	(74) 代理人	100094134
(31) 優先権主張番号	特願2000-41558 (P2000-41558)		弁理士 小山 廣毅
(32) 優先日	平成12年2月18日(2000.2.18)	(74) 代理人	100110939
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 竹内 宏
(31) 優先権主張番号	特願2000-102234 (P2000-102234)	(74) 代理人	100110940
(32) 優先日	平成12年4月4日(2000.4.4)		弁理士 嶋田 高久
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100113262
			弁理士 竹内 祐二
		(74) 代理人	100115059
			弁理士 今江 克実

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板上の前方側の領域に設けられ、第1の波長帯を持つ第1のレーザ光を発振させる第1の活性層を有する第1の半導体積層構造と、

前記基板上の後方側の領域に設けられ、第2の波長帯を持つ第2のレーザ光を発振させる第2の活性層を有する第2の半導体積層構造とを備え、

前記第1のレーザ光の出射方向と前記第2のレーザ光の出射方向とは同方向であり、  
前記第2のレーザ光の出射方向は、前記第1のレーザ光の出射方向の上側又は下側に位置し、

前記第2の半導体積層構造における、前記第1の活性層の後端面と対向する半導体層のエネルギーギャップは、前記第1の活性層のエネルギーギャップよりも大きいことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項2】

前記第1の半導体積層構造は、前記基板と前記第1の活性層との間に位置する第1のクラッド層と、前記第1の活性層の上方に位置する第2のクラッド層とを有し、

前記第2の半導体積層構造は、前記基板と前記第2の活性層との間に位置する第3のクラッド層と、前記第2の活性層の上方に位置する第4のクラッド層とを有し、

前記第1のクラッド層の組成と前記第3のクラッド層の組成とが同じであるか、又は前記第2のクラッド層の組成と前記第4のクラッド層の組成とが同じであることを特徴とする請求項1に記載の半導体レーザ装置。

10

20

## 【請求項 3】

前記第 1 の活性層のエネルギーギャップは、前記第 2 の活性層のエネルギーギャップよりも大きいことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体レーザ装置。

## 【請求項 4】

前記第 1 の活性層はインジウム及びリンを含み、

前記第 2 の活性層はガリウム及びヒ素を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体レーザ装置。

## 【請求項 5】

前記第 1 の半導体積層構造の前端面には無反射コーティング層が設けられ、

前記第 2 の半導体積層構造の後端面には高反射コーティング層が設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体レーザ装置。

10

## 【請求項 6】

前記第 1 の半導体積層構造の後端面と前記第 2 の半導体積層構造の前端面との間に誘電体部材をさらに備え、

前記誘電体部材は、前記第 1 の活性層のストライプ領域の実効屈折率と、前記第 2 の活性層のストライプ領域の実効屈折率との間の屈折率を持つことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体レーザ装置。

## 【請求項 7】

基板上の前方側の領域に設けられ、第 1 の波長帯を持つ第 1 のレーザ光を発振させる第 1 の活性層を有する第 1 の半導体積層構造と、前記基板上的の後方側の領域に設けられ、第 2 の波長帯を持つ第 2 のレーザ光を発振させる第 2 の活性層を有する第 2 の半導体積層構造とを備えた半導体レーザ装置の製造方法であって、

20

前記基板の上に全面に亘って、前記第 2 の半導体積層構造と同じ積層構造を有する第 1 の暫定半導体積層構造を成長させる工程と、

前記第 1 の暫定半導体積層構造の前方側の部分を除去することにより、前記基板上的の後方側の領域に前記第 2 の半導体積層構造を形成する工程と、

前記基板上的の前方側の領域及び前記第 2 の半導体積層構造の上に全面に亘って、前記第 1 の半導体積層構造と同じ積層構造を有する第 2 の暫定半導体積層構造を成長させる工程と、

前記第 2 の暫定半導体積層構造における前記第 2 の半導体積層構造よりも上側の部分を除去することにより、前記基板上的の前方側の領域に前記第 1 の半導体積層構造を形成する工程とを備え、

30

前記第 2 のレーザ光の出射方向が、前記第 1 のレーザ光の出射方向の上側又は下側に位置し、且つ、前記第 2 の半導体積層構造における、前記第 1 の活性層の後端面と対向する半導体層のエネルギーギャップが、前記第 1 の活性層のエネルギーギャップよりも大きくなるように、該第 1 の半導体積層構造及び該第 2 の半導体積層構造を配置することを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

## 【請求項 8】

基板上の前方側の領域に設けられ、第 1 の波長帯を持つ第 1 のレーザ光を発振させる第 1 の活性層を有する第 1 の半導体積層構造と、前記基板上的の後方側の領域に設けられ、第 2 の波長帯を持つ第 2 のレーザ光を発振させる第 2 の活性層を有する第 2 の半導体積層構造とを備えた半導体レーザ装置の製造方法であって、

40

前記基板の上に全面に亘って、前記第 1 の半導体積層構造と同じ積層構造を有する第 1 の暫定半導体積層構造を成長させる工程と、

前記第 1 の暫定半導体積層構造の後方側の部分を除去することにより、前記基板上的の前方側の領域に前記第 1 の半導体積層構造を形成する工程と、

前記基板上的の後方側の領域及び前記第 1 の半導体積層構造の上に全面に亘って、前記第 2 の半導体積層構造と同じ積層構造を有する第 2 の暫定半導体積層構造を成長させる工程と、

前記第 2 の暫定半導体積層構造における前記第 1 の半導体積層構造よりも上側の部分を

50

除去することにより、前記基板上的の後方側の領域に前記第2の半導体積層構造を形成する工程とを備え、

前記第2のレーザ光の出射方向が、前記第1のレーザ光の出射方向の上側又は下側に位置し、且つ、前記第2の半導体積層構造における、前記第1の活性層の後端面と対向する半導体層のエネルギーギャップが、前記第1の活性層のエネルギーギャップよりも大きくなるように、該第1の半導体積層構造及び該第2の半導体積層構造を配置することを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項9】

第1の波長帯を持つ第1のレーザ光を発振させる第1の活性層を有する第1のレーザチップと、第2の波長帯を持つ第2のレーザ光を発振させる第2の活性層を有する第2のレーザチップとをそれぞれ形成する第1の工程と、

基板上的の前方側の領域に前記第1のレーザチップを固定すると共に、前記基板上的の後方側の領域に前記第2のレーザチップを固定する第2の工程とを備え、

前記第2の工程は、前記第1のレーザ光の出射方向と前記第2のレーザ光の出射方向とが同方向になるように、前記第1のレーザチップ及び前記第2のレーザチップを固定する工程を含み、

前記第2のレーザ光の出射方向が、前記第1のレーザ光の出射方向の上側又は下側に位置し、且つ、前記第2のレーザチップにおける、前記第1の活性層の後端面と対向する半導体層のエネルギーギャップが、前記第1の活性層のエネルギーギャップよりも大きくなるように、該第1のレーザチップ及び該第2のレーザチップを配置することを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項10】

前記第1の活性層のエネルギーギャップは、前記第2の活性層のエネルギーギャップよりも大きいことを特徴とする請求項7～9のいずれか1項に記載の半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項11】

前記第1の活性層はインジウム及びリンを含み、

前記第2の活性層はガリウム及びヒ素を含むことを特徴とする請求項7～9のいずれか1項に記載の半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項12】

前記第1の半導体積層構造の前端面に無反射コーティング層を形成する工程と、

前記第2の半導体積層構造の後端面に高反射コーティング層を形成する工程とをさらに備えていることを特徴とする請求項7～9のいずれか1項に記載の半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項13】

前記第2の工程よりも後に、

前記第1のレーザチップの後端面と前記第2のレーザチップの前端面との間に、前記第1の活性層のストライプ領域の実効屈折率と、前記第2の活性層のストライプ領域の実効屈折率との間の屈折率を持つ誘電体部材を充填する工程をさらに備えていることを特徴とする請求項7～9のいずれか1項に記載の半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項14】

第1の波長帯を持つ第1のレーザ光を発振させる第1の活性層を有する第1のレーザチップと、第2の波長帯を持つ第2のレーザ光を発振させる第2の活性層を有する第2のレーザチップと、第3の波長帯を持つ第3のレーザ光を発振させる第3の活性層を有する第3のレーザチップとをそれぞれ形成する第1の工程と、

基板上的の前方側の領域に前記第1のレーザチップを固定し、前記基板上的の中央の領域に前記第2のレーザチップを固定し、前記基板上的の後方側の領域に前記第3のレーザチップを固定する第2の工程とを備え、

前記第2の工程は、前記第1のレーザ光の出射方向と前記第2のレーザ光の出射方向と前記第3のレーザ光の出射方向とが同方向になるように、前記第1のレーザチップ、前記

10

20

30

40

50

第2のレーザチップ及び前記第3のレーザチップを固定する工程を含み、

前記第2のレーザ光の出射方向が、前記第1のレーザ光の出射方向の上側又は下側に位置し、且つ、前記第2のレーザチップにおける、前記第1の活性層の後端面と対向する半導体層のエネルギーギャップが、前記第1の活性層のエネルギーギャップよりも大きくなるように、該第1のレーザチップ及び該第2のレーザチップを配置することを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項15】

前記第3のレーザ光の出射方向は、前記第1のレーザ光の出射方向又は前記第2のレーザ光の出射方向と同一直線上にあることを特徴とする請求項14に記載の半導体レーザ装置の製造方法。

10

【請求項16】

前記第1の活性層のエネルギーギャップは前記第2の活性層のエネルギーギャップよりも大きく、

前記第2の活性層のエネルギーギャップは前記第3の活性層のエネルギーギャップよりも大きいことを特徴とする請求項14に記載の半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項17】

前記第1の活性層はガリウム及び窒素を含み、

前記第2の活性層はインジウム及びリンを含み、

前記第3の活性層はガリウム及びヒ素を含むことを特徴とする請求項14に記載の半導体レーザ装置の製造方法。

20

【請求項18】

前記第2の工程よりも後に、

前記第1のレーザチップの後端面と前記第2のレーザチップの前端面との間に、前記第1の活性層のストライプ領域の実効屈折率と、前記第2の活性層のストライプ領域の実効屈折率との間の屈折率を持つ第1の誘電体部材を充填する工程と、

前記第2のレーザチップの後端面と前記第3のレーザチップの前端面との間に、前記第2の活性層のストライプ領域の実効屈折率と、前記第3の活性層のストライプ領域の実効屈折率との間の屈折率を持つ第2の誘電体部材を充填する工程とをさらに備えていることを特徴とする請求項14に記載の半導体レーザ装置の製造方法。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、波長が異なる複数のレーザ光を出射することができる半導体レーザ装置及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、多くの産業分野において半導体レーザ装置の需要が高まっており、III - V族化合物半導体層、特にGaAs又はInPを含む化合物半導体層を有する半導体レーザ装置を中心として、活発な研究及び開発が進められている。

40

【0003】

光情報処理分野においては、AlGaAs層を有し、780nm帯の波長を持つ赤外レーザ光を発振する半導体レーザ装置により情報の記録又は再生を行なう方式が実用化されており、このような半導体レーザ装置はコンパクトディスク(CD)等の分野で広く普及するに至っている。

【0004】

また、光磁気ディスク等のようにCDよりも容量の大きい記録装置では、AlGaInP層を有し、780nm帯よりも波長が短い680nm帯のレーザ光を発振する半導体レーザ装置が用いられている。

【0005】

50

さらに、高精細な画像を長時間再生が可能なデジタルビデオディスク(DVD)を実現するためには、650nm帯の波長を持つ赤色レーザ光を出射する半導体レーザ装置が必要になってきた。このような発振波長の短波長化によって光ディスクの記録密度の向上が図られている。

【0006】

ところで、DVD情報を再生するためのDVD装置は、DVD情報のみならず、従来のCD情報をも活用できるように、DVD及びCDの両方のディスクを再生できる互換性を持っている。従って、DVD装置のピックアップヘッド部の光源には、AlGaAs層を有し780nm帯の赤外レーザ光を出射する第1の半導体レーザ素子と、AlGaInP層を有し650nm帯の赤色レーザ光を出射する第2の半導体レーザ素子とからなる2つの半導体レーザ素子を搭載する必要がある。

10

【0007】

この場合、各半導体レーザ素子ごとに光学処理部を設けると、780nm帯のレーザ光と650nm帯のレーザ光とを合波させる光学系が必要になるので、ピックアップヘッド装置の構造が複雑になると共にピックアップヘッド装置の小型化に限界があるという問題がある。

【0008】

そこで、2個の半導体レーザ素子を互いに接近させて配置するハイブリッド型の半導体レーザ装置、又は1つの基板上に2つの半導体積層構造が並列に設けられてなるモノリシック型の半導体レーザ装置(特開平11-186651号公報及び第60回秋季応用物理学学会学術講演会予稿集3a-ZC-10を参照)が提案されている。

20

【0009】

図21は、モノリシック型の従来の半導体レーザ装置の一例を示しており、該半導体レーザ装置は、1つの半導体基板1の上に、AlGaInP層を有する第1の半導体積層構造2とAlGaAs層を有する第2の半導体積層構造3とが設けられ、第1の半導体積層構造2の発光スポット4から650nm帯のレーザ光を出射すると共に第2の半導体積層構造3の発光スポット5から780nm帯のレーザ光を出射する。

【0010】

前述のハイブリッド型又はモノリシック型の半導体レーザ装置を用いると、波長帯が異なる2つのレーザ光を合波させる光学系が不要になるので、ピックアップヘッド装置の簡素化及び小型化を図ることができる。

30

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、ハイブリッド型の半導体レーザ装置においては、2つの半導体レーザ素子のピッチは、各半導体レーザ素子の幅寸法の影響を受けるため、発光スポットのピッチは数百 $\mu\text{m}$ 以上となる。

【0012】

また、モノリシック型の半導体レーザ装置においては、1つの半導体基板上に2つの半導体積層構造を形成する必要があるため、2つの半導体積層構造を分離するプロセスの限界により、発光スポットのピッチは数十nm以上となる。

40

【0013】

ところで、光ピックアップヘッド装置には、レーザ光の出射方向を光ディスクの方に変えるハーフミラー、及びハーフミラーを通過したレーザ光を光ディスクのスポットに集光する対物レンズ、光ディスクから反射してきたレーザ光を検出するフォトディテクタ等が必要になる。

【0014】

ところが、光ピックアップヘッド装置の小型化に伴って、対物レンズも小型化されているため、対物レンズにおけるレーザ光の入射点の差異(発光スポットが異なるために対物レンズにおける入射点の位置が異なる)に起因して対物レンズの集光特性が異なる。このため、対物レンズを通過したレーザ光を光ディスクの微少なスポットに集光することが困難

50

になるという問題がある。

【0015】

また、対物レンズを通過したレーザ光が光ディスクに入射する角度が互いに異なると、光ディスクから反射されてくるレーザ光の方向も異なるため、フォトディテクタが2つ必要になるという問題もある。

【0016】

前記に鑑み、本発明は、波長が異なる複数のレーザ光を、1つの発光スポット又は極めて接近した2つの発光スポットから出射させるようにすることにより、波長が異なる複数のレーザ光を光ディスクの微少なスポットに確実に集光できるようにすると共に、波長が異なる複数のレーザ光を1つのフォトディテクタで検出できるようにすることを目的とする

10

【0017】

【課題を解決するための手段】

前記の目的を達成するため、本発明に係る半導体レーザ装置は、基板上の前方側の領域に設けられ、第1の波長帯を持つ第1のレーザ光を発振させる第1の活性層を有する第1の半導体積層構造と、基板上の後方側の領域に設けられ、第2の波長帯を持つ第2のレーザ光を発振させる第2の活性層を有する第2の半導体積層構造とを備え、第1のレーザ光の出射方向と第2のレーザ光の出射方向とは同方向である。

【0018】

本発明に係る半導体レーザ装置によると、基板上の前方側の領域に第1のレーザ光を発振させる第1の半導体積層構造が設けられ且つ基板上の後方側の領域に第2のレーザ光を発振させる第2の半導体積層構造が設けられていると共に、第1のレーザ光の出射方向と第2のレーザ光の出射方向とは同方向であるから、波長が異なる第1及び第2のレーザ光を、前方側の領域に設けられている第1の半導体積層構造の前端面における、1つの発光スポット又は極めて接近した2つの発光スポットから出射させることができる。このため、波長が異なる複数のレーザ光を、光ディスクの微少なスポットに確実に集光できると共に1つのフォトディテクタにより検出することができる。

20

【0019】

本発明に係る半導体レーザ装置において、第1のレーザ光の出射方向と第2のレーザ光の出射方向とは同一直線上にあることが好ましい。

30

【0020】

このようにすると、波長が異なる第1及び第2のレーザ光を、第1の半導体積層構造の前端面における1つの発光スポットから出射させることができる。

【0021】

本発明に係る半導体レーザ装置において、第2のレーザ光の出射方向は、第1のレーザ光の出射方向の上側又は下側に位置していることが好ましい。

【0022】

このようにすると、波長が異なる第1及び第2のレーザ光を、第1の半導体積層構造の前端面における極めて接近した2つの発光スポットから出射させることができる。すなわち、第1のレーザ光の発光スポットと第2のレーザ光の発光スポットとのピッチは、半導体集積構造体の幅寸法の影響を受けなくなるので、発光スポットのピッチを1 μm以下にすることができる。

40

【0023】

また、第1の活性層の後端面を透過面又は吸収面とすることができるので、光学的な設計条件の選択肢が増える。すなわち、第1の活性層のエネルギーギャップが第2の活性層のエネルギーギャップよりも大きく且つ第1のレーザ光の光軸と第2のレーザ光の光軸とが一致している場合には、第2の活性層の前端面つまり第1の活性層の後端面は第1のレーザ光の吸収面になってしまう。通常、第2の活性層の上方又は下方の半導体層のエネルギーギャップは第2の活性層のエネルギーギャップよりも大きいので、第2のレーザ光の光軸が第1のレーザ光の光軸の上側又は下側に位置すると、第2の活性層の上方又は下方の

50

半導体層の前端面つまり第1の活性層の後端面を第1のレーザ光の透過面又は吸収面にすることができる。

【0024】

第2のレーザ光の出射方向が第1のレーザ光の出射方向の上側又は下側に位置している場合、第2の半導体積層構造における、第1の活性層の後端面と対向する半導体層のエネルギーギャップは、第1の活性層のエネルギーギャップよりも大きいことが好ましい。

【0025】

このようにすると、第2の半導体積層構造における、第1の活性層の後端面と対向する半導体層は第1のレーザ光を透過させるため、第1のレーザ光の損失が低減する。

【0026】

また、第2のレーザ光の出射方向が第1のレーザ光の出射方向の上側又は下側に位置している場合、第1の半導体積層構造は、基板と第1の活性層との間に位置する第1のクラッド層と、第1の活性層の上方に位置する第2のクラッド層とを有し、第2の半導体積層構造は、基板と第2の活性層との間に位置する第3のクラッド層と、第2の活性層の上方に位置する第4のクラッド層とを有し、第1のクラッド層の組成と第3のクラッド層の組成とが同じであるか、又は第2のクラッド層の組成と第4のクラッド層の組成とが同じであることが好ましい。

【0027】

本発明に係る半導体レーザ装置において、第1の活性層のエネルギーギャップは、第2の活性層のエネルギーギャップよりも大きいことが好ましい。

【0028】

このようにすると、第2のレーザ光は、第1の半導体積層構造の内部を伝播する際に吸収されないので、第1の半導体積層構造の前端面から確実に射出する。

【0029】

特に、第1のレーザ光の光軸と第2のレーザ光の光軸とが一致している場合には、第2の活性層は第1の活性層で発振した第1のレーザに対する吸収係数が大きいため、第1のレーザ光は第1の半導体積層構造の前端面と第2の半導体積層構造の前端面とを共振器として発振し、また、第2の活性層で発振した第2のレーザ光は、第1の活性層に対して透明であるから、第1の半導体積層構造の前端面と第2の半導体積層構造の後端面とを共振器として発振する。従って、波長帯が異なる2つのレーザ光を1つの発光スポットから確実に射出させることができる。

【0030】

本発明に係る半導体レーザ装置において、第1の活性層はインジウム及びリンを含み、第2の活性層はガリウム及びヒ素を含むことが好ましい。

【0031】

このようにすると、第1のレーザ光の発振波長は650nm程度になるので第1のレーザ光は赤色レーザ光になると共に、第2のレーザ光の発振波長は780nm程度になるので第2のレーザ光は赤外レーザ光になるので、DVD装置のピックアップヘッド装置に最適な半導体レーザ装置が得られる。

【0032】

本発明に係る半導体レーザ装置において、第1の半導体積層構造の前端面には無反射コーティング層が設けられ、第2の半導体積層構造の後端面には高反射コーティング層が設けられていることが好ましい。

【0033】

このようにすると、波長帯が異なる2つのレーザ光を第1の半導体積層構造の前端面から確実に射出させることができる。

【0034】

本発明に係る半導体レーザ装置は、第1の半導体積層構造の後端面と第2の半導体積層構造の前端面との間に誘電体部材をさらに備え、誘電体部材は、第1の活性層のストライプ領域の実効屈折率と、第2の活性層のストライプ領域の実効屈折率との間の屈折率を持つ

10

20

30

40

50

ことが好ましい。

【0035】

このようにすると、誘電体部材によって、第1の半導体積層構造と第2の半導体積層構造との絶縁性が確実となる。また、第1のレーザ光と第2の半導体積層構造との光の結合効率が向上すると共に第2のレーザ光と第1の半導体積層構造との光の結合効率が向上するため、半導体レーザ装置の光学的特性が向上する。

【0036】

本発明に係る第1の半導体レーザ装置の製造方法は、基板上の前方側の領域に設けられ、第1の波長帯を持つ第1のレーザ光を発振させる第1の活性層を有する第1の半導体積層構造と、基板上の後方側の領域に設けられ、第2の波長帯を持つ第2のレーザ光を発振させる第2の活性層を有する第2の半導体積層構造とを備えた半導体レーザ装置の製造方法を対象とし、基板上に全面に亘って、第2の半導体積層構造と同じ積層構造を有する第1の暫定半導体積層構造を成長させる工程と、第1の暫定半導体積層構造の前方側の部分を除去することにより、基板上の後方側の領域に第2の半導体積層構造を形成する工程と、基板上の前方側の領域及び第2の半導体積層構造の上に全面に亘って、第1の半導体積層構造と同じ積層構造を有する第2の暫定半導体積層構造を成長させる工程と、第2の暫定半導体積層構造における第2の半導体積層構造よりも上側の部分を除去することにより、基板上の前方側の領域に第1の半導体積層構造を形成する工程とを備えている。

10

【0037】

本発明に係る第1の半導体レーザ装置の製造方法によると、基板上の前方側の領域に第1のレーザ光を発振させる第1の半導体積層構造が設けられ且つ基板上の後方側の領域に第2のレーザ光を発振させる第2の半導体積層構造が設けられていると共に、第1のレーザ光の出射方向と第2のレーザ光の出射方向とが同方向であるモノリシック型の半導体レーザ装置を確実に製造することができる。

20

【0038】

本発明に係る第2の半導体レーザ装置の製造方法は、基板上の前方側の領域に設けられ、第1の波長帯を持つ第1のレーザ光を発振させる第1の活性層を有する第1の半導体積層構造と、基板上の後方側の領域に設けられ、第2の波長帯を持つ第2のレーザ光を発振させる第2の活性層を有する第2の半導体積層構造とを備えた半導体レーザ装置の製造方法を対象とし、基板上に全面に亘って、第1の半導体積層構造と同じ積層構造を有する第1の暫定半導体積層構造を成長させる工程と、第1の暫定半導体積層構造の後方側の部分を除去することにより、基板上の前方側の領域に第1の半導体積層構造を形成する工程と、基板上の後方側の領域及び第1の半導体積層構造の上に全面に亘って、第2の半導体積層構造と同じ積層構造を有する第2の暫定半導体積層構造を成長させる工程と、第2の暫定半導体積層構造における第1の半導体積層構造よりも上側の部分を除去することにより、基板上の後方側の領域に第2の半導体積層構造を形成する工程とを備えている。

30

【0039】

本発明に係る第2の半導体レーザ装置の製造方法によると、基板上の前方側の領域に第1のレーザ光を発振させる第1の半導体積層構造が設けられ且つ基板上の後方側の領域に第2のレーザ光を発振させる第2の半導体積層構造が設けられていると共に、第1のレーザ光の出射方向と第2のレーザ光の出射方向とが同方向であるモノリシック型の半導体レーザ装置を確実に製造することができる。

40

【0040】

本発明に係る第3の半導体レーザ装置の製造方法は、第1の波長帯を持つ第1のレーザ光を発振させる第1の活性層を有する第1のレーザチップと、第2の波長帯を持つ第2のレーザ光を発振させる第2の活性層を有する第2のレーザチップとをそれぞれ形成する第1の工程と、基板上の前方側の領域に第1のレーザチップを固定すると共に、基板上の後方側の領域に第2のレーザチップを固定する第2の工程とを備え、第2の工程は、第1のレーザ光の出射方向と第2のレーザ光の出射方向とが同方向になるように、第1のレーザチップ及び第2のレーザチップを固定する工程を含む。

50

## 【0041】

本発明に係る第3の半導体レーザ装置の製造方法によると、基板上の前方側の領域に第1のレーザ光を発振させる第1のレーザチップが設けられ且つ基板上の後方側の領域に第2のレーザ光を発振させる第2のレーザチップが設けられていると共に、第1のレーザ光の出射方向と第2のレーザ光の出射方向とが同方向であるハイブリッド型の半導体レーザ装置を確実に製造することができる。

## 【0042】

第1～第3の半導体レーザ装置の製造方法において、第1のレーザ光の出射方向と第2のレーザ光の出射方向とは同一直線上にあることが好ましい。

## 【0043】

このようにすると、波長が異なる第1及び第2のレーザ光を、第1の半導体積層構造又は第1のレーザチップの前端面における1つの発光スポットから出射させることができる。

## 【0044】

第1～第3の半導体レーザ装置の製造方法において、第2のレーザ光の出射方向は、第1のレーザ光の出射方向の上側又は下側に位置していることが好ましい。

## 【0045】

このようにすると、波長が異なる第1及び第2のレーザ光を、第1の半導体積層構造の前端面における極めて接近した2つの発光スポットから出射させることができる。すなわち、第1のレーザ光の発光スポットと第2のレーザ光の発光スポットとのピッチは、半導体集積構造体又はレーザチップの幅寸法の影響を受けなくなるので、発光スポットのピッチを1 $\mu$ m以下にすることができる。

## 【0046】

第1～第3の半導体レーザ装置の製造方法において、第1の活性層のエネルギーギャップは、第2の活性層のエネルギーギャップよりも大きいことが好ましい。

## 【0047】

このようにすると、第2のレーザ光は第1の半導体積層構造又は第1のレーザチップの内部を伝播する際に吸収されないため、第2のレーザ光は第1の半導体積層構造又は第1のレーザチップの前端面から確実に射出する。

## 【0048】

特に、第1のレーザ光の光軸と第2のレーザ光の光軸とが一致している場合には、第2の活性層は第1の活性層で発振した第1のレーザに対する吸収係数が大きいため、第1のレーザ光は第1の半導体積層構造又は第1のレーザチップの前端面と第2の半導体積層構造又は第2のレーザチップの前端面とを共振器として発振し、また、第2の活性層で発振した第2のレーザ光は、第1の活性層に対して透明であるから、第1の半導体積層構造又は第1のレーザチップの前端面と第2の半導体積層構造又は第2のレーザチップの後端面とを共振器として発振する。従って、波長帯が異なる2つのレーザ光を1つの発光スポットから確実に射出させることができる。

## 【0049】

第1～第3の半導体レーザ装置の製造方法において、第1の活性層はインジウム及びリンを含み、第2の活性層はガリウム及びヒ素を含むことが好ましい。

## 【0050】

このようにすると、第1のレーザ光の発振波長は650nm程度になるので第1のレーザ光は赤色レーザ光になると共に、第2のレーザ光の発振波長は780nm程度になるので第2のレーザ光は赤外レーザ光になるので、DVD装置のピックアップヘッド装置に最適な半導体レーザ装置が得られる。

## 【0051】

第1～第3の半導体レーザ装置の製造方法は、第1の半導体積層構造の前端面に無反射コーティング層を形成する工程と、第2の半導体積層構造の後端面に高反射コーティング層を形成する工程とをさらに備えていることが好ましい。

## 【0052】

10

20

30

40

50

このようにすると、波長帯が異なる2つのレーザ光を第1の半導体積層構造又は第1のレーザチップの前端面から確実に射出させることができる。

【0053】

第3の半導体レーザ装置の製造方法は、第2の工程よりも後に、第1のレーザチップの後端面と第2のレーザチップの前端面との間に、第1の活性層のストライプ領域の実効屈折率と、第2の活性層のストライプ領域の実効屈折率との間の屈折率を持つ誘電体部材を充填する工程をさらに備えていることが好ましい。

【0054】

このようにすると、誘電体部材によって、第1のレーザチップと第2のレーザチップとの絶縁性が確実になる。また、第1のレーザ光と第2のレーザチップとの光の結合効率が向上すると共に第2のレーザ光と第1のレーザチップとの光の結合効率が向上するため、半導体レーザ装置の光学的特性が向上する。

10

【0055】

本発明に係る第4の半導体レーザ装置の製造方法は、第1の波長帯を持つ第1のレーザ光を発振させる第1の活性層を有する第1のレーザチップと、第2の波長帯を持つ第2のレーザ光を発振させる第2の活性層を有する第2のレーザチップと、第3の波長帯を持つ第3のレーザ光を発振させる第3の活性層を有する第3のレーザチップとをそれぞれ形成する第1の工程と、基板上の前方側の領域に第1のレーザチップを固定し、基板上の中央の領域に第2のレーザチップを固定し、基板上の後方側の領域に第3のレーザチップを固定する第2の工程とを備え、第2の工程は、第1のレーザ光の射出方向と第2のレーザ光の射出方向と第3のレーザ光の射出方向とが同方向になるように、第1のレーザチップ、第2のレーザチップ及び第3のレーザチップを固定する工程を含む。

20

【0056】

本発明に係る第4の半導体レーザ装置の製造方法によると、基板上の前方側の領域に第1のレーザ光を発振させる第1のレーザチップが設けられ、基板上の中央の領域に第2のレーザ光を発振させる第2のレーザチップが設けられ且つ基板上の後方側の領域に第3のレーザ光を発振させる第3のレーザチップが設けられていると共に、第1のレーザ光の射出方向と第2のレーザ光の射出方向と第3のレーザ光の射出方向とが同方向であるハイブリッド型の半導体レーザ装置を確実に製造することができる。

【0057】

第4の半導体レーザ装置の製造方法において、第3のレーザ光の射出方向は、第1のレーザ光の射出方向又は第2のレーザ光の射出方向と同一直線上にあることが好ましい。

30

【0058】

このようにすると、波長が異なる第3のレーザ光と第1又は第2のレーザ光とを、第1のレーザチップの前端面における1つの発光スポットから射出させることができる。

【0059】

第4の半導体レーザ装置の製造方法において、第1の活性層のエネルギーギャップは第2の活性層のエネルギーギャップよりも大きく、第2の活性層のエネルギーギャップは第3の活性層のエネルギーギャップよりも大きいことが好ましい。

【0060】

このようにすると、第2のレーザ光は第1のレーザチップの内部を伝播する際に吸収されないと共に、第3のレーザ光は第1及び第2のレーザチップの内部を伝播する際に吸収されないため、第2及び第3のレーザ光は第1のレーザチップの前端面から確実に射出する。

40

【0061】

第4の半導体レーザ装置の製造方法において、第1の活性層はガリウム及び窒素を含み、第2の活性層はインジウム及びリンを含み、第3の活性層はガリウム及びヒ素を含むことが好ましい。

【0062】

このようにすると、第1のレーザ光が青色レーザ光となり、第2のレーザ光が赤色レーザ

50

光となり、第3のレーザ光が赤外レーザ光となるため、発振波長が異なる3つのレーザ光を1つの発光スポット又は極めて接近した2つの発光スポットから出射させることができるので、規格が異なる3種類の光ディスクに対応できる3波長の半導体レーザ装置を実現できる。

#### 【0063】

第4の半導体レーザ装置の製造方法は、第2の工程よりも後に、第1のレーザチップの後端面と第2のレーザチップの前端面との間に、第1の活性層のストライプ領域の実効屈折率と、第2の活性層のストライプ領域の実効屈折率との間の屈折率を持つ第1の誘電体部材を充填する工程と、第2のレーザチップの後端面と第3のレーザチップの前端面との間に、第2の活性層のストライプ領域の実効屈折率と、第3の活性層のストライプ領域の実効屈折率との間の屈折率を持つ第2の誘電体部材を充填する工程とをさらに備えていることが好ましい。

10

#### 【0064】

このようにすると、第1のレーザチップと第2のレーザチップとの絶縁性及び第2のレーザチップと第3のレーザチップとの絶縁性が確実となる。また、各レーザ光と各レーザチップとの光の結合効率が向上するため、半導体レーザ装置の光学的特性が向上する。

#### 【0065】

##### 【発明の実施の形態】

##### (第1の実施形態)

以下、本発明の第1の実施形態に係る半導体レーザ装置及びその製造方法について、図1及び図2を参照しながら説明する。尚、図1は第1の実施形態に係る半導体レーザ装置の斜視図であって、図2は図1におけるII-II線の断面図である。

20

#### 【0066】

図1及び図2に示すように、n型GaAs基板100上の前方側の領域に、AlGaInP層を有し650nm帯の発振波長を持つ第1の半導体積層構造110が形成されていると共に、n型GaAs基板100上の後方側の領域に、AlGaAs層を有し780nm帯の発振波長を持つ第2の半導体積層構造120が形成されている。

#### 【0067】

第1の半導体積層構造110は、n型GaAs基板100上の前方側の領域に下側から順次形成された、n型AlGaInP層からなるn型クラッド層111、AlGaInP層(障壁層)とGaInP層(井戸層)とが積層されてなる活性層112、p型AlGaInP層からなるp型の第1クラッド層113、n型AlInP層からなる一対の電流ブロック層114、p型AlGaInP層からなるp型の第2クラッド層115及びp型GaAs層からなるコンタクト層116により構成されている。第1の半導体積層構造110の上面には、例えばCr/Pt/Auの積層膜からなりコンタクト層116とオーミック接触する第1のp型電極117が形成されている。尚、活性層112は、レーザ光の発振波長が650nm帯になるように混晶の組成が選択されている。

30

#### 【0068】

第2の半導体積層構造120は、n型GaAs基板100上の後方側の領域に下側から順次形成された、n型AlGaAs層からなるn型クラッド層121、AlGaAs層(障壁層)とGaAs層(井戸層)とが積層されてなる活性層122、p型AlGaAs層からなるp型の第1のクラッド層123、n型AlGaAs層からなる一対の電流ブロック層124、p型AlGaAs層からなるp型の第2のクラッド層125及びp型GaAs層からなるコンタクト層126により構成されている。第2の半導体積層構造120の上面には、例えばCr/Pt/Auの積層膜からなりコンタクト層126とオーミック接触する第2のp型電極127が形成されている。尚、活性層122は、レーザ光の発振波長が780nm帯になるように混晶の組成が選択されている。

40

#### 【0069】

第1の半導体積層構造110及び第2の半導体積層構造120の下面には、例えばAu、Ge及びNiを含みn型GaAs基板100とオーミック接触するn型電極133が形成

50

されている。

【0070】

第1の半導体積層構造110と第2の半導体積層構造120との接合部における上部には、光導波路の方向と直交する方向に延びる溝部134が形成されており、該溝部134によって、第1の半導体積層構造110のコンタクト層116及び第1のp型電極117と、第2の半導体積層構造120のコンタクト層126及び第2のp型電極127とが電氣的に絶縁されている。

【0071】

第1の半導体積層構造110における一对の電流ブロック層114同士の間領域の中心線と、第2の半導体積層構造120における一对の電流ブロック層124同士の間領域の中心線とが一致していると共に、第1の半導体積層構造110のn型クラッド層111の厚さと第2の半導体積層構造120のn型クラッド層121の厚さとは等しく設定されている。これによって、第1の半導体積層構造110の活性層112のストライプ領域112aの中心線と、第2の半導体積層構造120の活性層122のストライプ領域122aの中心線とは一致している。

10

【0072】

第1の半導体積層構造110と第2の半導体積層構造120とは境界面135において互いに接合している。第1の半導体積層構造110の前端面である前方劈開面131には、酸化シリコン、窒化シリコン又は酸化アルミニウム等の誘電体膜からなる無反射コーティング層136が形成されていると共に、第2の半導体積層構造120の後端面である後方劈開面132には、酸化シリコン、窒化シリコン又は酸化アルミニウム等の誘電体膜とアモルファスシリコン膜とが積層されてなる高反射コーティング層137が形成されている。尚、図1においては、図示の都合上、無反射コーティング層136及び高反射コーティング層137は省略している。

20

【0073】

以下、第1の実施形態に係る半導体レーザ装置の動作について説明する。

【0074】

まず、第1のp型電極117から電流を注入すると、電流はp型の第2クラッド層115における一对の電流ブロック層114同士の間領域に狭窄され、活性層112のストライプ領域112aにおいて650nm帯の発振波長を持つ第1のレーザ光が発振する。この場合、AlGaInP層のエネルギーギャップはAlGaAs層のエネルギーギャップよりも大きいため、AlGaAs層を有する活性層122は、AlGaInP層を有する活性層112から発振する第1のレーザ光に対する吸収係数が大きい。このため、第1のレーザ光は活性層112のストライプ領域112aにおいて前方劈開面131と境界面135とを共振器として発振するので、無反射コーティング層136が形成された前方劈開面131から650nm帯の波長を持つ第1のレーザ光が出射する。

30

【0075】

また、第2のp型電極127から電流を注入すると、電流はp型の第2クラッド層125における一对の電流ブロック層124同士の間領域に狭窄され、活性層122のストライプ領域122aにおいて780nm帯の発振波長を持つ第2のレーザ光が発振する。この場合、第1の半導体積層構造110の活性層112のストライプ領域112aの中心線と第2の半導体積層構造120の活性層122のストライプ領域122aの中心線とが一致していると共に、AlGaInP層を有する活性層112は、第2のレーザ光に対する吸収係数が小さくて第2のレーザ光に対して透明であるから、第2のレーザ光は前方劈開面131と後方劈開面132とを共振器として発振する。また、後方劈開面132には高反射コーティング層137が形成されているので、前方劈開面131から780nm帯の波長を持つ第2のレーザ光が出射する。

40

【0076】

従って、前方劈開面131における1つの発光スポットから、波長が互いに異なる第1のレーザ光と第2のレーザ光とからなる2つのレーザ光を出射させることができる。

50

## 【0077】

尚、第1の実施形態においては、第1の半導体積層構造110はAlGaInP層を有し、第2の半導体積層構造120はAlGaAs層を有していたが、これに代えて、前方側に位置しAlGaInP層を有する第1の半導体積層構造と、後方側に位置しAlGaAs層を有する第2の半導体積層構造とを組み合わせ、400nm帯の青紫色レーザ光及び650nm帯の赤色レーザ光を出射させてもよいし、前方側に位置しAlGaInP層を有する第1の半導体積層構造と、後方側に位置しAlGaAs層を有する第2の半導体積層構造とを組み合わせ、400nm帯の青紫色レーザ光及び780nm帯の赤外レーザ光を出射させてもよい。尚、2波長の半導体レーザ装置においては、波長が短いレーザ光を出射する半導体積層構造をレーザ光の出射側に配置することが好ましい。

10

## 【0078】

以下、第1の実施形態に係る半導体レーザ装置の製造方法について説明する。

## 【0079】

まず、第1の製造方法としては、n型クラッド層111の厚さとn型クラッド層121の厚さとが等しい第1の半導体積層構造110及び第2の半導体積層構造120を別々に形成しておき、n型GaAs基板100上の前方側の領域に第1の半導体積層構造110を半田材等により接合すると共に、n型のGaAs基板100上の後方側の領域に第2の半導体積層構造120を半田材等により接合する。この場合、第1の半導体積層構造110における一対の電流ブロック層114同士の間領域の中心線と、第2の半導体積層構造120における一対の電流ブロック層124同士の間領域の中心線とを一致させる。このようにすると、第1の半導体積層構造110の活性層112のストライプ領域112aの中心線と、第2の半導体積層構造120の活性層122のストライプ領域122aの中心線とが一致する。尚、第1の製造方法においては、第1の半導体積層構造110及び第2の半導体積層構造120は、いずれも結晶成長させる必要が無いため、n型GaAs基板100に代えて、導電性の基板例えばシリコン基板を用いてもよい。

20

## 【0080】

第2の製造方法としては、n型GaAs基板100の上に全面に亘って第1の半導体積層構造110を形成すると共に、第2の半導体積層構造120を別途に形成しておき、第1の半導体積層構造110における後方側の領域をエッチングにより除去した後に、該後方側の領域に第2の半導体積層構造120を接合するか、又は、n型GaAs基板100の上に全面に亘って第2の半導体積層構造120を形成すると共に、第1の半導体積層構造110を別途に形成しておき、第2の半導体積層構造120における前方側の領域をエッチングにより除去した後に、該前方側の領域に第1の半導体積層構造110を接合する。

30

## 【0081】

(第2の実施形態)

以下、本発明の第2の実施形態に係る半導体レーザ装置について、図3を参照しながら説明する。

## 【0082】

図3に示すように、n型GaAs基板200上の前方側の領域に、AlGaInP層を有し400nm帯の発振波長を持つ第1の半導体積層構造210が形成され、n型のGaAs基板200上の中央の領域に、AlGaAs層を有し650nm帯の発振波長を持つ第2の半導体積層構造220が形成され、n型のGaAs基板200上の後方側の領域に、AlGaAs層を有し780nm帯の発振波長を持つ第3の半導体積層構造230が形成されている。尚、図3においては、p型電極、コンタクト層及びn型電極を省略して示している。

40

## 【0083】

第1の半導体積層構造210は、レーザ光の発振波長が400nm帯になるように混晶の組成が選択された活性層211を有し、第2の半導体積層構造220は、レーザ光の発振波長が650nm帯になるように混晶の組成が選択された活性層221を有し、第3の半導体積層構造230は、レーザ光の発振波長が780nm帯になるように混晶の組成が選

50

択された活性層 2 3 1 を有している。

【 0 0 8 4 】

また、第 1 の半導体積層構造 2 1 0 における前方劈開面 2 4 1 には無反射コーティング層 2 4 3 が形成されていると共に、第 3 の半導体積層構造 2 3 0 における後方劈開面 2 4 2 には高反射コーティング層 2 4 4 が形成されている。

【 0 0 8 5 】

第 2 の実施形態においては、第 1 の半導体積層構造 2 1 0、第 2 の半導体積層構造 2 2 0 及び第 3 の半導体積層構造 2 3 0 の順につまり前方側から順に、活性層のエネルギーギャップが大きくなっているため、第 1 の半導体積層構造 2 1 0 の活性層 2 1 1 においては、4 0 0 n m 帯の波長を持つ青紫色レーザー光が前方劈開面 2 4 1 と第 1 の境界面 2 4 5 とを共振器として発振し、第 2 の半導体積層構造 2 2 0 の活性層 2 2 1 においては、6 5 0 n m 帯の波長を持つ赤色レーザー光が前方劈開面 2 4 1 と第 2 の境界面 2 4 6 とを共振器として発振し、第 3 の半導体積層構造 2 3 0 の活性層 2 3 1 においては、7 8 0 n m 帯の波長を持つ赤外レーザー光が前方劈開面 2 4 1 と後方劈開面 2 4 2 とを共振器として発振する。また、前方劈開面 2 4 1 に無反射コーティング層 2 4 3 が形成されていると共に、後方劈開面 2 4 2 に高反射コーティング層 2 4 4 が形成されているため、前方劈開面 2 4 1 から、4 0 0 n m 帯の波長を持つ青紫色レーザー光、6 5 0 n m 帯の波長を持つ赤色レーザー光及び 7 8 0 n m 帯の波長を持つ赤外レーザー光がそれぞれ出射する。

【 0 0 8 6 】

( 第 3 の実施形態 )

以下、本発明の第 3 の実施形態に係る半導体レーザー装置について、図 4 及び図 5 を参照しながら説明する。尚、図 4 は第 3 の実施形態に係る半導体レーザー装置斜視図であって、図 5 は図 4 における V - V 線の断面図である。

【 0 0 8 7 】

図 4 及び図 5 に示すように、n 型 GaAs 基板 3 0 0 上の前方側の領域に、AlGaInP 層を有し 6 5 0 n m 帯の発振波長を持つ第 1 の半導体積層構造 3 1 0 が形成されていると共に、n 型 GaAs 基板 1 0 0 上の後方側の領域に、AlGaAs 層を有し 7 8 0 n m 帯の発振波長を持つ第 2 の半導体積層構造 3 2 0 が形成されている。尚、第 1 の半導体積層構造 3 1 0 の後端部には、AlGaInP 層を有する積層体からなる側壁成長部 3 3 8 が形成されている。

【 0 0 8 8 】

第 1 の半導体積層構造 3 1 0 は、n 型 GaAs 基板 3 0 0 上の前方側の領域に下側から順次形成された、n 型 AlGaInP 層からなる n 型クラッド層 3 1 1、AlGaInP 層 ( 障壁層 ) と GaInP 層 ( 井戸層 ) とが積層されてなる活性層 3 1 2、p 型 AlGaInP 層からなる p 型の第 1 クラッド層 3 1 3、n 型 AlInP 層からなる一対の電流ブロック層 3 1 4、p 型 AlGaInP 層からなる p 型の第 2 クラッド層 3 1 5 及び p 型 GaAs 層からなるコンタクト層 3 1 6 により構成されている。第 1 の半導体積層構造 3 1 0 の上面には、コンタクト層 3 1 6 とオーミック接触する第 1 の p 型電極 3 1 7 が形成されている。尚、活性層 3 1 2 は、レーザー光の発振波長が 6 5 0 n m 帯になるように混晶の組成が選択されている。

【 0 0 8 9 】

第 2 の半導体積層構造 3 2 0 は、n 型 GaAs 基板 3 0 0 上の後方側の領域に下側から順次形成された、n 型 AlGaAs 層からなる n 型クラッド層 3 2 1、AlGaAs 層 ( 障壁層 ) と GaAs 層 ( 井戸層 ) とが積層されてなる活性層 3 2 2、p 型 AlGaAs 層からなる p 型の第 1 クラッド層 3 2 3、n 型 AlGaAs 層からなる一対の電流ブロック層 3 2 4、p 型 AlGaAs 層からなる p 型の第 2 クラッド層 3 2 5 及び p 型 GaAs 層からなるコンタクト層 3 2 6 により構成されている。第 2 の半導体積層構造 3 2 0 の上面には、コンタクト層 3 2 6 とオーミック接触する第 2 の p 型電極 3 2 7 が形成されている。尚、活性層 3 2 2 は、レーザー光の発振波長が 7 8 0 n m 帯になるように混晶の組成が選択されている。

## 【0090】

第1の半導体積層構造310及び第2の半導体積層構造320の下面には、n型GaAs基板300とオーミック接触するn型電極333が形成されている。

## 【0091】

第1の半導体積層構造310と第2の半導体積層構造320とは境界面335において互いに接合している。第1の半導体積層構造310と第2の半導体積層構造320との接合部の上部には、光導波路が延びる方向と直交する方向に延びる溝部334が形成されており、該溝部334によって、第1の半導体積層構造310のコンタクト層316及び第1のp型電極317と、第2の半導体積層構造320のコンタクト層326及び第2のp型電極327とが電氣的に絶縁されている。尚、側壁成長部338は溝部334の底面から突出している。

10

## 【0092】

第1の半導体積層構造310の前方劈開面331には無反射コーティング層336が形成されていると共に、第2の半導体積層構造320の後方劈開面332には高反射コーティング層337が形成されている。

## 【0093】

第1の半導体積層構造310における一对の電流ブロック層314同士の間領域の中心線と、第2の半導体積層構造320における一对の電流ブロック層324同士の間領域の中心線とが一致していると共に、第1の半導体積層構造310のn型クラッド層311の厚さと第2の半導体積層構造320のn型クラッド層321の厚さとは等しく設定されている。これによって、第1の半導体積層構造310の活性層312のストライプ領域312aの中心線と、第2の半導体積層構造320の活性層322のストライプ領域322aの中心線とは一致している。

20

## 【0094】

以下、第3の実施形態に係る半導体レーザ装置の動作について説明する。

## 【0095】

まず、第1のp型電極317から電流を注入すると、電流はp型の第2クラッド層315における一对の電流ブロック層314同士の間領域に狭窄され、活性層の312のストライプ領域312aにおいて650nm帯の発振波長を持つ第1のレーザ光が発振する。この場合、第1のレーザ光は、活性層312のストライプ領域312aにおいて前方劈開面331と境界面335とを共振器として発振するが、側壁成長部338の幅寸法は共振器長に比べて非常に小さいため、側壁成長部338の影響は無視することができる。従って、無反射コーティング層336が形成されている前方劈開面331から650nm帯の波長を持つ第1のレーザ光が出射する。

30

## 【0096】

また、第2のp型電極327から電流を注入すると、電流はp型の第2クラッド層325における一对の電流ブロック層324同士の間領域に狭窄され、活性層322のストライプ領域322aにおいて780nm帯の発振波長を持つ第1のレーザ光が発振する。第1の半導体積層構造310の活性層312のストライプ領域312aの中心線と、第2の半導体積層構造320の活性層322のストライプ領域322aの中心線とが一致していると共に、AlGaInP層を有する活性層312は、第2のレーザ光に対する吸収係数が小さくて第2のレーザ光に対して透明であるため、第2のレーザ光は前方劈開面331と後方劈開面332とを共振器として発振する。また、後方劈開面332には高反射コーティング層337が形成されているので、前方劈開面331から780nm帯の波長を持つ第2のレーザ光が出射する。

40

## 【0097】

従って、前方劈開面331における1つの発光スポットから、異なる波長を持つ第1のレーザ光及び第2のレーザ光よりなる2つのレーザ光を出射させることができる。

## 【0098】

尚、第3の実施形態においては、第1の半導体積層構造310はAlGaInP層を有し

50

、第2の半導体積層構造320はAlGaAs層を有していたが、これに代えて、前方側に位置しAlGaInP層を有する第1の半導体積層構造と、後方側に位置しAlGaInP層を有する第2の半導体積層構造とを組み合わせ、400nm帯の青紫色レーザ光及び650nm帯の赤色レーザ光を出射させてもよいし、前方側に位置しAlGaInP層を有する第1の半導体積層構造と、後方側に位置しAlGaAs層を有する第2の半導体積層構造とを組み合わせ、400nm帯の青紫色レーザ光及び780nm帯の赤外レーザ光を出射させてもよい。尚、2波長の半導体レーザ装置においては、波長が短いレーザ光を出射する半導体積層構造をレーザ光の出射側に配置することが好ましい。

【0099】

以下、第3の実施形態に係る半導体レーザ装置の製造方法について、図6(a)、(b)、図7(a)、(b)、図8(a)、(b)及び図9(a)、(b)、図10(a)、(b)及び図11(a)、(b)を参照しながら説明する。

10

【0100】

まず、図6(a)及び(b)に示すように、n型GaAs基板300の上に、MOCVD法又はMBE法により、n型AlGaAs層からなるn型クラッド層321、AlGaAs層とGaAs層とが積層されてなる活性層322、p型AlGaAs層からなるp型の第1クラッド層323及びn型AlGaAs層からなる電流ブロック層324を順次成長させる。

【0101】

次に、図7(a)及び(b)に示すように、フォトリソグラフィ及びエッチングにより、電流ブロック層324に光導波路方向に延びる溝部をp型の第1クラッド層323が露出するように形成した後、MOCVD法又はMBE法により、p型の第1クラッド層323及び一対の電流ブロック層324の上に、p型AlGaAs層からなるp型の第2クラッド層325及びp型GaAs層からなるコンタクト層326を順次成長させて、第1の暫定半導体積層構造340を形成する。

20

【0102】

次に、図8(a)及び(b)に示すように、第1の暫定半導体積層構造340における前方側の部分をn型GaAs基板300が露出するまでエッチングにより除去して、第1の暫定半導体積層構造340の後方側の部分からなる第2の半導体積層構造320を形成する。

30

【0103】

次に、図9(a)及び(b)に示すように、MOCVD法又はMBE法により、n型GaAs基板300における前方側の領域及び第2の半導体積層構造320の上に、n型クラッド層321と同じ厚さを持つn型のAlGaInP層からなるn型クラッド層311、AlGaInP層とGaInP層とが積層されてなる活性層312、p型AlGaInP層からなるp型の第1クラッド層313及びn型AlInP層からなる電流ブロック層314を順次成長させた後、電流ブロック層314に光導波路方向に延びる溝部をp型の第1クラッド層313が露出するように形成し、その後、再びMOCVD法又はMBE法を行なって、p型AlGaInP層からなるp型の第2クラッド層315及びp型GaAs層からなるコンタクト層316を成長させて、第2の暫定半導体積層構造350を形成する。

40

【0104】

次に、図10(a)及び(b)に示すように、第2の暫定半導体積層構造350における第2の半導体積層構造320よりも上側部分をエッチングにより除去して、第2の暫定半導体積層構造350の前方側の部分からなる第1の半導体積層構造310を形成する。このようにすると、第1の半導体積層構造310における第2の半導体積層構造320側の後端部に、AlGaInPを有する積層体からなる側壁成長部338が残存する。尚、側壁成長部338は、第2の半導体積層構造320の前端面との間における、結晶成長面の面方位の相違から極めて薄くにしか形成されない。

【0105】

50

次に、図 11 ( a ) 及び ( b ) に示すように、第 1 の半導体積層構造 310 のコンタクト層 316 と第 2 の半導体積層構造 320 のコンタクト層 326 との接合部に、光導波路が延びる方向と直交する方向に延びる溝部 334 を形成した後、コンタクト層 316 の上に第 1 の p 型電極 317 を形成し且つコンタクト層 326 の上に第 2 の p 型電極 327 を形成する。また、n 型 GaAs 基板 300 の下面に n 型電極 333 を形成する。その後、第 1 の半導体積層構造 310 の前方劈開面 331 に無反射コーティング層 336 を形成すると共に、第 2 の半導体積層構造 320 の後方劈開面 332 に高反射コーティング層 337 を形成する。

#### 【 0106 】

尚、第 3 の実施形態に係る半導体レーザ装置の製造方法においては、n 型 GaAs 基板 300 上に全面に亘って、第 2 の半導体積層構造 320 と同じ積層構造を有する第 1 の暫定半導体積層構造 340 を成長させた後、該第 1 の暫定半導体積層構造 340 の前方側の部分を除去して、n 型 GaAs 基板 300 上の後方側の領域に第 2 の半導体積層構造 320 を形成し、次に、n 型 GaAs 基板 300 上の前方側の領域及び第 2 の半導体積層構造 320 の上に全面に亘って、第 1 の半導体積層構造 310 と同じ積層構造を有する第 2 の暫定半導体積層構造 350 を成長させた後、該第 2 の暫定半導体積層構造 350 における第 2 の半導体積層構造 320 よりも上側の部分を除去して、n 型 GaAs 基板 300 上の前方側の領域に第 1 の半導体積層構造 310 を形成したが、これに代えて、n 型 GaAs 基板 300 上に全面に亘って、第 1 の半導体積層構造 310 と同じ積層構造を有する第 1 の暫定半導体積層構造を成長させた後、該第 1 の暫定半導体積層構造の後方側の部分を除去して、n 型 GaAs 基板 300 上の前方側の領域に第 1 の半導体積層構造 310 を形成し、次に、n 型 GaAs 基板 300 上の後方側の領域及び第 1 の半導体積層構造 310 の上に全面に亘って、第 2 の半導体積層構造 320 と同じ積層構造を有する第 2 の暫定半導体積層構造を成長させた後、該第 2 の暫定半導体積層構造における第 1 の半導体積層構造 310 よりも上側の部分を除去して、n 型 GaAs 基板 300 上の後方側の領域に第 2 の半導体積層構造 320 を形成してもよい。

#### 【 0107 】

( 第 3 の実施形態の第 1 変形例 )

以下、本発明の第 3 の実施形態の第 1 変形例に係る半導体レーザ装置について、図 12 及び図 13 を参照しながら説明する。尚、図 12 は第 3 の実施形態の第 1 変形例に係る半導体レーザ装置の斜視図であって、図 13 は図 12 における XIII - XIII 線の断面図である。

#### 【 0108 】

尚、第 3 の実施形態の第 1 変形例においては、図 4 及び図 5 を参照しながら説明した第 3 の実施形態と同一の部材については同一の符号を付すことにより、説明を省略する。

#### 【 0109 】

第 3 の実施形態の第 1 変形例の特徴として、図 12 及び図 13 に示すように、側壁成長部 338 は溝部 334 の底面から突出しておらず、側壁成長部 338 の上面と溝部 334 の底面とが面一である。

#### 【 0110 】

側壁成長部 338 における溝部 334 の底面から突出する部分は、第 1 の半導体積層構造 310 のコンタクト層 316 と第 2 の半導体積層構造 320 のコンタクト層 326 との接合部に溝部 334 を形成する工程 ( 図 11 ( a ) 、 ( b ) を参照 ) においてエッチングにより除去されている。

#### 【 0111 】

( 第 3 の実施形態の第 2 変形例 )

以下、第 3 の実施形態の第 2 変形例に係る半導体レーザ装置及びその製造方法について、図 14 ( a ) 及び ( b ) を参照しながら説明する。尚、図 14 ( a ) は第 3 の実施形態の第 2 変形例に係る半導体レーザ装置の斜視図であり、図 14 ( b ) は図 14 ( a ) における XIV b - XIV b 線の断面図である。

## 【0112】

尚、第3の実施形態の第2変形例においては、図4及び図5を参照しながら説明した第3の実施形態と同一の部材については同一の符号を付すことにより、説明を省略する。

## 【0113】

第3の実施形態の第2変形例の特徴として、図14(a)及び(b)に示すように、第1の半導体積層構造310と第2の半導体積層構造320との接合部には、光導波路の方向と直交する方向に延び且つT字状の断面を有する溝部334Aが形成されており、該溝部334Aには、屈折率整合樹脂、酸化シリコン又は窒化シリコン等からなる誘電体部材339が充填されている。これにより、第1の半導体積層構造310と第2の半導体積層構造320とが電氣的に絶縁されている。

10

## 【0114】

ところで、赤色レーザー光を発振する第1の半導体積層構造310は、赤外レーザー光を発振する第2の半導体積層構造320よりも発振のしきい値電流が大きいいため、第1の半導体積層構造310の動作時には、第1の半導体積層構造310から第2の半導体積層構造320に、僅かではあるが無効電流が流れる恐れがある。しかしながら、第2変形例においては、第1の半導体積層構造310と第2の半導体積層構造320との接合部に絶縁性の誘電体部材339が介在しているため、無効電流が流れなくなる。

## 【0115】

誘電体部材339の屈折率としては、第1の半導体積層構造310における活性層312のストライプ領域312aの実効屈折率と、第2の半導体積層構造320における活性層322のストライプ領域322aの実効屈折率との間の値であることが好ましい。

20

## 【0116】

このようにすると、第1の半導体積層構造310の活性層312から出射される第1のレーザー光と第2の半導体積層構造320の活性層322との光の結合効率が向上すると共に、第2の半導体積層構造320の活性層322から出射される第2のレーザー光と第1の半導体積層構造310の活性層312との光の結合効率が向上するため、半導体レーザー装置の光学的特性が向上する。

## 【0117】

尚、第3の実施形態の第2変形例に係る半導体レーザー装置を製造するには、第1の半導体積層構造310のコンタクト層316と第2の半導体積層構造320のコンタクト層326との接合部に溝部334を形成した後(図13を参照)、側壁成長部338をエッチングにより除去してT字状の溝部334Aを形成し、その後、T字状の溝部334Aに誘電体部材339を充填する。

30

## 【0118】

(第4の実施形態)

本発明の第4の実施形態に係る半導体レーザー装置について、図15(a)及び(b)を参照しながら説明する。尚、図15(a)は第4の実施形態に係る半導体レーザー装置の斜視図であり、図15(b)は図15(a)におけるXVb-XVb線の断面図である。

## 【0119】

図15(a)及び(b)に示すように、n型GaAs基板400上の前方側の領域には、AlGaInP層を有し650nm帯の発振波長を持つ第1の半導体積層構造410が形成されており、n型GaAs基板400上の後方側の領域には、AlGaAs層を有し780nm帯の発振波長を持つ第2の半導体積層構造420が形成されている。

40

## 【0120】

第1の半導体積層構造410は、n型GaAs基板400上におけるレーザー光の出射方向の前方側の領域に順次形成された、n型AlGaInP層からなるn型クラッド層411、AlGaInP層(障壁層)とGaInP層(井戸層)とが積層されてなる活性層412、p型AlGaInP層からなる第1のp型クラッド層413、一对のn型AlInP層からなる電流ブロック層414、p型AlGaInP層からなる第2のp型クラッド層415及びp型GaAs層からなるコンタクト層416により構成されている。コンタク

50

ト層 416 の上面には、該コンタクト層 416 とオーミック接触する第 1 の p 側電極 417 が形成されている。活性層 412 はレーザ光の発振波長がほぼ 650 nm 帯となるように混晶の組成が設定されている。

【0121】

第 2 の半導体積層構造 420 は、n 型 GaAs 基板 400 上におけるレーザ光の出射方向の後方側の領域に順次形成された、n 型 AlGaAs 層からなる n 型クラッド層 421、AlGaAs 層（障壁層）と GaAs 層（井戸層）とが積層されてなる活性層 422、p 型 AlGaAs 層からなる第 1 の p 型クラッド層 423、一对の n 型 AlGaAs 層からなる電流ブロック層 424、p 型 AlGaInP 層からなる第 2 の p 型クラッド層 425 及び p 型 GaAs 層からなるコンタクト層 426 により構成されている。コンタクト層 426 の上面には、該コンタクト層 426 とオーミック接触する第 2 の p 側電極 427 が第 1 の p 側電極 417 と間隔をおいて形成されている。活性層 422 はレーザ光の発振波長がほぼ 780 nm 帯となるように混晶の組成が設定されている。

10

【0122】

n 型 GaAs 基板 400 の下面には、該基板 400 とオーミック接触する n 側電極 433 が形成されている。

【0123】

第 1 の半導体積層構造 410 における活性層 412 の前方劈開面 431 には、酸化シリコン、窒化シリコン又は酸化アルミニウム等の誘電体膜からなる無反射コート膜 436 が形成されている。第 2 の半導体積層構造 420 における活性層 422 の後方劈開面 432 には、酸化シリコン、窒化シリコン又は酸化アルミニウム等の誘電体膜とアモルファスシリコン等とが積層されてなる高反射コート膜 437 が形成されている。

20

【0124】

第 4 の実施形態の第 1 の特徴として、第 1 の半導体積層構造 410 の n 型クラッド層 411 の厚さは、第 2 の半導体積層構造 420 の n 型クラッド層 421 の厚さよりも大きい。これにより、第 1 の半導体積層構造 410 の活性層 412 のストライプ領域 412a は、第 2 の半導体積層構造 420 の活性層 422 のストライプ領域 422a よりも上側に位置している。

【0125】

より具体的には、第 1 の半導体積層構造 410 の n 型クラッド層 411 の膜厚は、第 2 の半導体積層構造 420 の n 型クラッド層 421、活性層 422 及び第 1 の p 型クラッド層 423 の合計厚さよりも大きく、且つ、第 1 の半導体積層構造 410 の n 型クラッド層 411、活性層 412 及び第 1 の p 型クラッド層 413 の合計厚さは、第 2 の半導体積層構造 420 の n 型クラッド層 421、活性層 422、第 1 の p 型クラッド層 423 及び第 2 の p 型クラッド層 425 の合計厚さよりも小さい。その結果、第 1 の半導体積層構造 410 の活性層 412 のストライプ領域 412a の後端面は、第 2 の半導体積層構造 420 の第 2 の p 型クラッド層 425 の前端面と接合する。

30

【0126】

第 4 の実施形態の第 2 の特徴として、第 1 の半導体積層構造 410 の第 2 の p 型クラッド層 415 と、第 2 の半導体積層構造 420 の第 2 の p 型クラッド層 425 との組成は同一である。

40

【0127】

以下、第 4 の実施形態に係る半導体レーザ装置の動作を説明する。

【0128】

まず、第 1 の p 側電極 417 から電流を注入すると、注入された電流は第 2 の p 型クラッド層 415 における一对の電流ブロック層 414 同士の間領域に狭窄され、ストライプ領域 412a において 650 nm 帯の発振波長を持つ第 1 のレーザ光が発振する。

【0129】

第 1 の半導体積層構造 410 の第 2 の p 型クラッド層 415 の組成と第 2 の半導体積層構造 420 の第 2 の p 型クラッド層 425 の組成とが同一であるため、境界面 435 におい

50

ては、屈折率及び吸収係数の差に起因するレーザ光の反射は生じない。このため、第1のレーザ光は、前方劈開面431と後方劈開面432とを実質的な共振器として発振し、無反射コート膜436が形成されている前方劈開面431から650nm帯の波長を持つレーザ光として出射する。

【0130】

このように、第2の半導体積層構造420の第2のp型クラッド層425のエネルギーギャップは、第1の半導体積層構造410の活性層412のエネルギーギャップよりも大きいため、第2のp型クラッド層425は第1のレーザ光に対して透明になるので、第2の半導体積層構造420において光吸収損失は生じない。

【0131】

尚、第4の実施形態においては、第1の半導体積層構造410の第2のp型クラッド層415の組成と、第2の半導体積層構造420の第2のp型クラッド層425の組成とを同一にしたが、これに限らず、第2のp型クラッド層425のエネルギーギャップを、第1の半導体積層構造410の活性層412のエネルギーギャップよりも大きくなるようにすればよい。

【0132】

また、第2のp側電極427から電流を注入すると、注入された電流は第2のp型クラッド層425における一对の電流ブロック層424同士の間領域に狭窄され、ストライプ領域422aにおいて780nm帯の発振波長を持つ第2のレーザ光が発振する。

【0133】

第2の半導体積層構造420の活性層422のストライプ領域422aの前端面は、第1の半導体積層構造410のn型クラッド層411の後方面と接合している。また、n型AlGaInP層からなるn型クラッド層411は第2のレーザ光に対して透明であるため、第2のレーザ光は、前方劈開面431と後方劈開面432とを共振器として発振する。また、後方劈開面432には高反射コート膜437が形成されているので、前方劈開面431から780nm帯の波長を持つ第2のレーザ光が出射する。

【0134】

従って、第4の実施形態によると、前方劈開面431における活性層412のストライプ領域412aが第1のレーザ光の発光スポットとなり、前方劈開面431における活性層412のストライプ領域412aの下側に第2の発光スポットが形成されるため、上下に近接する2つの発光スポットを有する2波長の半導体レーザ装置が実現できる。この場合、第1の発光スポットと第2の発光スポットとのピッチは、第1の半導体積層構造と第2の半導体積層構造とが横方向に並列される2波長の半導体レーザ装置における発光スポットのピッチに比べると、極めて小さい。

【0135】

尚、第4の実施形態においては、第1の半導体積層構造410の活性層412の基板面からの位置は、第2の半導体積層構造420の活性層422の基板面からの位置よりも上であったが、これに代えて、第2の半導体積層構造420の活性層422の位置を、第1の半導体積層構造410の活性層412の位置よりも上にしてもよい。この場合には、第2の半導体積層構造420における第1の半導体積層構造410の活性層412と対向する半導体層の組成を、第1の半導体積層構造410のn型クラッド層411とほぼ同一にすればよい。

【0136】

また、第4の実施形態においては、第1の半導体積層構造410はAlGaInP層を有し、第2の半導体積層構造420はAlGaAs層を有していたが、これに代えて、前方側に位置しAlGaN層を有する第1の半導体積層構造と、後方側に位置しAlGaInP層を有する第2の半導体積層構造とを組み合わせ、400nm帯の青紫色レーザ光及び650nm帯の赤色レーザ光を出射させてもよいし、前方側に位置しAlGaN層を有する第1の半導体積層構造と、後方側に位置しAlGaAs層を有する第2の半導体積層構造とを組み合わせ、400nm帯の青紫色レーザ光及び780nm帯の赤外レーザ光

10

20

30

40

50

を出射させてもよい。尚、2波長の半導体レーザ装置においては、波長が短いレーザ光を出射する半導体積層構造をレーザ光の出射側に配置することが好ましい。

【0137】

以下、第4の実施形態に係る半導体レーザ装置の製造方法について説明する。

【0138】

第1の製造方法は、n型クラッド層411の厚さがn型クラッド層421の厚さよりも大きくなるように、第1の半導体積層構造410及び第2の半導体積層構造420を別々に作製しておく。その後、n型GaAs基板400上の前方側の領域に第1の半導体積層構造410を半田材等により固着すると共に、n型GaAs基板400上の後方側の領域に第2の半導体積層構造420を半田材等により固着すると共に、第1の半導体積層構造410と第2の半導体積層構造420とを境界面435で接合する。この場合、第1の半導体積層構造410の活性層412のストライプ領域412aの中心線と、第2の半導体積層構造420の活性層422のストライプ領域422aの中心線とを一致させる。尚、第1の製造方法においては、第1及び第2の半導体積層構造410、420はn型GaAs基板400の上に結晶成長させる必要がないので、n型GaAs基板400に代えて、導電性の基板を用いてもよい。

10

【0139】

第2の製造方法は、n型GaAs基板400の上に全面に亘って第1の半導体積層構造410を形成すると共に、第2の半導体積層構造420を別途に形成しておき、第1の半導体積層構造410における後方側の領域をエッチングにより除去した後に、該後方側の領域に第2の半導体積層構造420を接合するか、又は、n型GaAs基板400の上に全面に亘って第2の半導体積層構造420を形成すると共に、第1の半導体積層構造410を別途に形成しておき、第2の半導体積層構造420における前方側の領域をエッチングにより除去した後に、該前方側の領域に第1の半導体積層構造410を接合する。この場合、第1の半導体積層構造410の活性層412のストライプ領域412aの中心線と、第2の半導体積層構造420の活性層422のストライプ領域422aの中心線とを一致させる。

20

【0140】

(第5の実施形態)

以下、本発明の第5の実施形態に係る半導体レーザ装置について、図16(a)及び(b)を参照しながら説明する。尚、図16(a)は第5の実施形態に係る半導体レーザ装置の斜視図であり、図16(b)は図16(a)におけるXVIb-XVIb線の断面図である。

30

【0141】

図16(a)及び(b)に示すように、例えば、導電性を持つシリコンからなる基板500上におけるレーザ光の出射方向の前方側の領域に、AlGaInP層を有し650nm帯の発振波長を持つ第1の半導体積層構造510が設けられ、基板500上におけるレーザ光の出射方向の後方側の領域に、AlGaAs層を有し780nm帯の発振波長を持つ第2の半導体積層構造520が第1の半導体積層構造510との間に空隙部534を介して設けられている。

40

【0142】

第1の半導体積層構造510は、レーザ光の発振波長が650nm帯となるように混晶の組成が設定された活性層512を有しており、第1の半導体積層構造510の前端面には無反射コート膜536が形成されていると共に、第1の半導体積層構造510の後端面には、無反射コート膜536よりも反射率が大きい第1の端面コート膜538が形成されている。

【0143】

第2の半導体積層構造520は、レーザ光の発振波長が780nm帯となるように混晶の組成が設定された活性層522を有しており、第2の半導体積層構造520の後端面には高反射コート膜537が形成されていると共に、第2の半導体積層構造520の前端面に

50

は高反射コート膜537よりも反射率が小さい第2の端面コート膜539が形成されている。

【0144】

第5の実施形態においては、第1の半導体積層構造510における一对の電流ブロック層同士の間領域の中心線と、第2の半導体積層構造520における一对の電流ブロック層同士の間領域の中心線とが一致していると共に、第1の半導体積層構造510のn型クラッド層の厚さと第2の半導体積層構造520のn型クラッド層の厚さとは等しく設定されている。これにより、第1の半導体積層構造510の活性層512のストライプ領域の中心線と、第2の半導体積層構造520の活性層522のストライプ領域の中心線とは一致している。

10

【0145】

以下、第5の実施形態に係る半導体レーザ装置の動作について説明する。

【0146】

まず、第1の半導体積層構造510に電流を注入した場合には、第1の半導体積層構造510の活性層512において650nm帯の発振波長を持つ第1のレーザ光が、活性層512における無反射コート膜536と第1の端面コート膜538とを共振器端面として発振して、無反射コート膜536から出射する。

【0147】

また、第2の半導体積層構造520に電流を注入した場合は、第2の半導体積層構造520の活性層522において780nm帯の発振波長を持つ第2のレーザ光が、活性層522における第2の端面コート膜539と高反射コート膜537とを共振器端面として発振して、第2の端面コート膜539から出射する。

20

【0148】

従って、第5の実施形態によると、第2のレーザ光は第1の半導体積層構造510の活性層512からなるストライプ状の光導波路を伝播し、無反射コート膜536における、第1の半導体積層構造510の光導波路により決定される発光スポットから出射する。その結果、1つの発光スポットから、第1のレーザ光及び第2のレーザ光が出射する2波長の半導体レーザ装置を実現できる。

【0149】

尚、第5の実施形態においては、第1の半導体積層構造510の活性層512のストライプ領域の中心線と、第2の半導体積層構造520の活性層522のストライプ領域の中心線とが一致している場合について説明したが、第4の実施形態のように、第1の半導体積層構造510の活性層512のストライプ領域の中心線が、第2の半導体積層構造520の活性層522のストライプ領域の中心線に対して上側又は下側に位置していてもよい。この場合でも、前方側に位置する第1の半導体積層構造510が、第2のレーザ光に対して透明であれば、上下に位置し且つ互いに近接する2つの発光スポットから、互いに波長が異なる2つのレーザ光を発振させることができる。

30

【0150】

尚、第5の実施形態においては、第1の半導体積層構造510はAlGaInP層を有し、第2の半導体積層構造520はAlGaAs層を有していたが、これに代えて、前方側に位置しAlGaN層を有する第1の半導体積層構造と、後方側に位置しAlGaInP層を有する第2の半導体積層構造とを組み合わせ、400nm帯の青紫色レーザ光及び650nm帯の赤色レーザ光を出射させてもよいし、前方側に位置しAlGaN層を有する第1の半導体積層構造と、後方側に位置しAlGaAs層を有する第2の半導体積層構造とを組み合わせ、400nm帯の青紫色レーザ光及び780nm帯の赤外レーザ光を出射させてもよい。尚、2波長の半導体レーザ装置においては、波長が短いレーザ光を出射する半導体積層構造をレーザ光の出射側に配置することが好ましい。

40

【0151】

以下、第5の実施形態に係る半導体レーザ装置の製造方法について説明する。

【0152】

50

まず、前端面に無反射コート膜536を有し且つ後端面に無反射コート膜536よりも反射率が高い第1の端面コート膜538を有するチップ状の第1の半導体積層構造(第1のレーザチップ)510と、後端面に高反射コート膜537を有し且つ前端面に高反射コート膜537よりも反射率が小さい第2の端面コート膜539を有するチップ状の第2の半導体積層構造(第2のレーザチップ)520とをそれぞれ作製しておく。

**【0153】**

次に、基板500上の前方側の領域に第1の半導体積層構造510を半田材等により固着すると共に、基板500上の後方側の領域に第2の半導体積層構造520を第1の半導体積層構造510との間に空隙部534ができるように半田材等により固着する。この場合に、第1の半導体積層構造510の活性層512のストライプ領域の中心線と、第2の半導体積層構造520の活性層522のストライプ領域の中心線とを一致させる。

10

**【0154】**

(第5の実施形態の変形例)

以下、第5の実施形態の一変形例に係る半導体レーザ装置について図17を参照しながら説明する。図17は第5の実施形態の一変形例に係る半導体レーザ装置の斜視図である。

**【0155】**

尚、第5の実施形態の変形例においては、図16(a)及び(b)を参照しながら説明した第5の実施形態と同一の部材については同一の符号を付すことにより、説明を省略する。

**【0156】**

第5の実施形態の変形例の特徴として、図17に示すように、基板500の上における第1の半導体積層構造510と第2の半導体積層構造520との間の空隙部534には、屈折率整合樹脂、酸化シリコン又は窒化シリコン等からなる誘電体部材540が充填されており、該誘電体部材540の屈折率は、第1の半導体積層構造510における活性層512のストライプ領域の実効屈折率と、第2の半導体積層構造520における活性層522のストライプ領域の実効屈折率との間の値を有している。

20

**【0157】**

従って、第1の半導体積層構造510と第2の半導体積層構造520とが誘電体部材540により電氣的に絶縁されている。また、第1の半導体積層構造510の活性層512から出射される第1のレーザ光と第2の半導体積層構造520の活性層522との光の結合効率が向上するため、半導体レーザ装置の光学的特性が向上する。

30

**【0158】**

(第6の実施形態)

以下、本発明の第6の実施形態に係る半導体レーザ装置について、図18を参照しながら説明する。図18は第6の実施形態に係る半導体レーザ装置の断面図である。

**【0159】**

図18に示すように、第6の実施形態に係る半導体レーザ装置は、導電性を持つシリコンからなる基板600上におけるレーザ光の出射方向の前方側の領域から後方側の領域に順次設けられ、AlGaInN層を有し発振波長が400nm帯である第1の半導体積層構造610と、AlGaInP層を有し発振波長が650nm帯である第2の半導体積層構造620と、AlGaAs層を有し発振波長が780nm帯である第3の半導体積層構造630とを有している。

40

**【0160】**

第1の半導体積層構造610は、レーザ光の発振波長が400nm帯となるように混晶の組成が設定された活性層612を有しており、第1の半導体積層構造610の前端面には無反射コート膜636が形成されている。第2の半導体積層構造620は、レーザ光の発振波長が650nm帯となるように混晶の組成が設定された活性層622を有している。第3の半導体積層構造630は、レーザ光の発振波長が780nm帯となるように混晶の組成が設定された活性層632を有しており、第3の半導体積層構造630の後端面には高反射コート膜637が形成されている。

50

## 【0161】

基板600上における第1の半導体積層構造610と第2の半導体積層構造620との間には、屈折率整合樹脂、酸化シリコン又は窒化シリコン等からなる第1の誘電体部材638が充填されている。第1の誘電体部材638の屈折率は、第1の半導体積層構造610における活性層612のストライプ領域の実効屈折率と、第2の半導体積層構造620における活性層622のストライプ領域の実効屈折率との間の値である。

## 【0162】

基板600上における第2の半導体積層構造620と第3の半導体積層構造630との間には、屈折率整合樹脂、酸化シリコン又は窒化シリコン等からなる第2の誘電体部材639が充填されている。第2の誘電体部材639の屈折率は、第2の半導体積層構造620 10  
における活性層622のストライプ領域の実効屈折率と、第3の半導体積層構造630における活性層632のストライプ領域の実効屈折率との間の値である。

## 【0163】

第1の半導体積層構造610における一对の電流ブロック層同士の間領域の中心線と、第2の半導体積層構造620における一对の電流ブロック層同士の間領域の中心線とが一致していると共に、第1の半導体積層構造610のn型クラッド層の厚さと第2の半導体積層構造620のn型クラッド層の厚さとは等しく設定されている。また、第2の半導体積層構造620における一对の電流ブロック層同士の間領域の中心線と、第3の半導体積層構造630における一对の電流ブロック層同士の間領域の中心線とが一致していると共に、第2の半導体積層構造620のn型クラッド層の厚さと第3の半導体積層構造 20  
630のn型クラッド層の厚さとは等しく設定されている。

## 【0164】

これらにより、第1の半導体積層構造610の活性層612のストライプ領域の中心線、第2の半導体積層構造620の活性層622のストライプ領域の中心線、及び第3の半導体積層構造630の活性層632のストライプ領域の中心線は互いに一致している。

## 【0165】

以下、第6の実施形態に係る半導体レーザ装置の動作について説明する。

## 【0166】

まず、第1の半導体積層構造610に電流を注入した場合には、第2の半導体積層構造620は、第1の半導体積層構造610の活性層612のストライプ領域から発振し400 30  
nm帯の発振波長を持つ第1のレーザ光に対する吸収係数が大きいため、第1のレーザ光は第2の半導体積層構造620の内部に伝播し難い。このため、第1のレーザ光は、無反射コート膜636と第1の誘電体部材638とを共振器端面として発振して、無反射コート膜636から出射する。

## 【0167】

次に、第2の半導体積層構造620に電流を注入した場合には、第1の半導体積層構造610は、第2の半導体積層構造620の活性層622のストライプ領域から発振し650 40  
nm帯の発振波長を持つ第2のレーザ光に対する吸収係数が小さくて第2のレーザ光に対して透明であり、また、第3の半導体積層構造630は第2のレーザ光に対する吸収係数が大きいから、第2のレーザ光は第3の半導体積層構造630の内部に伝播し難い。このため、第2のレーザ光は、第1の半導体積層構造610の前端面と第2の半導体積層構造620とを共振器として発振し、無反射コート膜636側から出射する。

## 【0168】

また、第3の半導体積層構造630に電流を注入した場合は、第3の半導体積層構造630の活性層632における780nm帯の発振波長を持つ第3のレーザ光に対して、第1の半導体積層構造610及び第2の半導体積層構造620は共に吸収係数が小さくて第3のレーザ光に対して透明であるから、第3のレーザ光は、無反射コート膜636と第2の誘電体部材639とを共振器として発振し、無反射コート膜636から出射する。

## 【0169】

従って、第6の実施形態によると、第2のレーザ光は第1の半導体積層構造610の活性 50

層 6 1 2 からなるストライプ状の光導波路を伝播して、無反射コート膜 6 3 6 における発光スポットから出射する。また、第 3 のレーザ光は、第 1 の半導体積層構造 6 1 0 の活性層 6 1 2 からなるストライプ状の光導波路及び第 2 の半導体積層構造 6 2 0 の活性層 6 2 2 からなるストライプ状の光導波路を伝播して、無反射コート膜 6 3 6 における発光スポットから出射する。その結果、第 2 のレーザ光及び第 3 のレーザ光は、第 1 のレーザ光と同じ発光スポットから出射するので、波長が異なる 3 つのレーザ光が 1 つの発光スポットから出射する 3 波長の半導体レーザ装置を実現できる。

【 0 1 7 0 】

尚、第 6 の実施形態においては、第 1 の半導体積層構造 6 1 0 の活性層 6 1 2 のストライプ領域の中心線、第 2 の半導体積層構造 6 2 0 の活性層 6 2 2 のストライプ領域の中心線及び第 3 の半導体積層構造 6 3 0 の活性層 6 3 2 のストライプ領域の中心線は互いに一致していたが、これに代えて、第 1 の半導体積層構造 6 1 0 の活性層 6 1 2 のストライプ領域の中心線と、第 2 の半導体積層構造 6 2 0 の活性層 6 2 2 のストライプ領域の中心線とを上下方向にオフセットさせる一方、第 3 の半導体積層構造 6 3 0 の活性層 6 3 2 のストライプ領域の中心線を、第 1 の半導体積層構造 6 1 0 の活性層 6 1 2 のストライプ領域の中心線又は第 2 の半導体積層構造 6 2 0 の活性層 6 2 2 のストライプ領域の中心線と一致させてもよい。このようにすると、上下方向に位置する 2 つの発光スポットから、波長が異なる 3 つのレーザ光が出射する 3 波長の半導体レーザ装置を実現できる。

10

【 0 1 7 1 】

以下、第 6 の実施形態に係る半導体レーザ装置の製造方法について、図 1 8、図 1 9 ( a ) ~ ( c ) 及び図 2 0 を参照しながら説明する。

20

【 0 1 7 2 】

まず、図 1 8 に示すような、前端面に無反射コート膜 6 3 6 が形成されたチップ状の第 1 の半導体積層構造 6 1 0 ( 第 1 のレーザチップ ) と、チップ状の第 2 の半導体積層構造 6 2 0 ( 第 2 のレーザチップ ) と、後端面に高反射コート膜 6 3 7 が形成されたチップ状の第 3 の半導体積層構造 6 3 0 ( 第 3 のレーザチップ ) とを、MOVPE 法等のエピタキシャル成長法、リソグラフィ法及びエッチング法等の微細加工法を用いて作製しておく。

【 0 1 7 3 】

次に、図 1 9 ( a ) に示すように、基板 6 0 0 上の前方側の領域に第 1 の半導体積層構造 6 1 0 を半田材等によって固着する。

30

【 0 1 7 4 】

次に、図 1 9 ( b ) に示すように、基板 6 0 0 上における第 1 の半導体積層構造 6 1 0 の後方側の領域 ( 中央の領域 ) に第 2 の半導体積層構造 6 2 0 を第 1 の半導体積層構造 6 1 0 との間隔をおいて半田材等によって固着する。この場合、第 1 の半導体積層構造 6 1 0 の活性層 6 1 2 のストライプ領域の中心線と、第 2 の半導体積層構造 6 2 0 の活性層 6 2 2 のストライプ領域の中心線とを一致させる。

【 0 1 7 5 】

次に、図 1 9 ( c ) に示すように、基板 6 0 0 上における第 2 の半導体積層構造 6 2 0 の後方側の領域に第 3 の半導体積層構造 6 3 0 を第 2 の半導体積層構造 6 2 0 との間隔をおいて半田材等によって固着する。この場合、第 2 の半導体積層構造 6 2 0 の活性層 6 2 2 のストライプ領域の中心線と、第 3 の半導体積層構造 6 3 0 の活性層 6 3 2 のストライプ領域の中心線とを一致させる。

40

【 0 1 7 6 】

尚、基板 6 0 0 上の前方側の領域に第 1 の半導体積層構造 6 1 0 が固着され、基板 6 0 0 上における中央の領域に第 2 の半導体積層構造 6 2 0 が固着され、基板 6 0 0 上における後方側の領域に第 3 の半導体積層構造 6 3 0 が固着されるならば、第 1、第 2 及び第 3 の半導体積層構造 6 1 0、6 2 0、6 3 0 を固着する順序については問わない。

【 0 1 7 7 】

次に、図 2 0 に示すように、基板 6 0 0 上における第 1 の半導体積層構造 6 1 0 と第 2 の半導体積層構造 6 2 0 との間隔に第 1 の誘電体部材 6 3 8 を充填すると共に、基板 6 0 0 上

50

における第2の半導体積層構造620と第3の半導体積層構造630との間に第2の誘電体部材639を充填する。

【0178】

【発明の効果】

本発明に係る半導体レーザ装置によると、波長が異なる第1及び第2のレーザ光を、前方側の領域に設けられている第1の半導体積層構造の前端面における、1つの発光スポット又は極めて接近した2つの発光スポットから出射させることができるので、波長が異なる複数のレーザ光を、光ディスクの微少なスポットに確実に集光できると共に1つのフォトディテクタにより検出することができる。

【0179】

本発明に係る第1又は第2の半導体レーザ装置の製造方法によると、基板上の前方側の領域に第1のレーザ光を発振させる第1の半導体積層構造が設けられ且つ基板上の後方側の領域に第2のレーザ光を発振させる第2の半導体積層構造が設けられていると共に、第1のレーザ光の出射方向と第2のレーザ光の出射方向とが同方向であるモノリシック型の半導体レーザ装置を確実に製造することができる。

【0180】

本発明に係る第3の半導体レーザ装置の製造方法によると、基板上の前方側の領域に第1のレーザ光を発振させる第1のレーザチップが設けられ且つ基板上の後方側の領域に第2のレーザ光を発振させる第2のレーザチップが設けられていると共に、第1のレーザ光の出射方向と第2のレーザ光の出射方向とが同方向であるハイブリッド型の2波長半導体レーザ装置を確実に製造することができる。

【0181】

本発明に係る第4の半導体レーザ装置の製造方法によると、基板上の前方側の領域に第1のレーザ光を発振させる第1のレーザチップが設けられ、基板上の中央の領域に第2のレーザ光を発振させる第2のレーザチップが設けられ且つ基板上の後方側の領域に第3のレーザ光を発振させる第3のレーザチップが設けられていると共に、第1のレーザ光の出射方向と第2のレーザ光の出射方向と第3のレーザ光の出射方向とが同方向であるハイブリッド型の3波長半導体レーザ装置を確実に製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態に係る半導体レーザ装置の斜視図である。

【図2】第1の実施形態に係る半導体レーザ装置を示し、図1におけるII-II線の断面図である。

【図3】第2の実施形態に係る半導体レーザ装置の断面図である。

【図4】第3の実施形態に係る半導体レーザ装置の斜視図である。

【図5】第3の実施形態に係る半導体レーザ装置を示し、図4におけるV-V線の断面図である。

【図6】(a)及び(b)は第3の実施形態に係る半導体レーザ装置の製造方法の一工程を示し、(a)は斜視図であって、(b)は(a)におけるVIb-VIb線の断面図である。

【図7】(a)及び(b)は第3の実施形態に係る半導体レーザ装置の製造方法の一工程を示し、(a)は斜視図であって、(b)は(a)におけるVIIb-VIIb線の断面図である。

【図8】(a)及び(b)は第3の実施形態に係る半導体レーザ装置の製造方法の一工程を示し、(a)は斜視図であって、(b)は(a)におけるVIIIb-VIIIb線の断面図である。

【図9】(a)及び(b)は第3の実施形態に係る半導体レーザ装置の製造方法の一工程を示し、(a)は斜視図であって、(b)は(a)におけるIXb-IXb線の断面図である。

【図10】(a)及び(b)は第3の実施形態に係る半導体レーザ装置の製造方法の一工程を示し、(a)は斜視図であって、(b)は(a)におけるXb-Xb線の断面図であ

10

20

30

40

50

る。

【図11】(a)及び(b)は第3の実施形態に係る半導体レーザ装置の製造方法の一工程を示し、(a)は斜視図であって、(b)は(a)におけるXIb-XIb線の断面図である。

【図12】第3の実施形態の第1変形例に係る半導体レーザ装置の斜視図である。

【図13】第3の実施形態の第1変形例に係る半導体レーザ装置を示し、図12におけるXIII-XIII線の断面図である。

【図14】(a)及び(b)は第3の実施形態の第2変形例に係る半導体レーザ装置を示し、(a)は斜視図であり、(b)は(a)におけるXIVb-XIVb線の断面図である。

【図15】(a)及び(b)は第4の実施形態に係る半導体レーザ装置を示し、(a)は斜視図であり、(b)は(a)におけるXVb-XVb線の断面図である。

10

【図16】(a)及び(b)は第5の実施形態に係る半導体レーザ装置を示し、(a)は斜視図であり、(b)は(a)におけるXVIb-XVIb線の断面図である。

【図17】第5の実施形態の一変形例に係る半導体レーザ装置の斜視図である。

【図18】第6の実施形態に係る半導体レーザ装置の断面図である。

【図19】(a)~(c)は第6の実施形態に係る半導体レーザ装置の製造方法の各工程を示す斜視図である。

【図20】第6の実施形態に係る半導体レーザ装置の製造方法の一工程を示す斜視図である。

【図21】従来の半導体レーザ装置であるモノリシック型半導体レーザ装置の一例を示す斜視図である。

20

#### 【符号の説明】

100 n型GaAs基板

110 第1の半導体積層構造

111 n型クラッド層

112 活性層

112a ストライプ領域

113 p型の第1クラッド層

114 電流ブロック層

115 p型の第2クラッド層

30

116 コンタクト層

117 第1のp型電極

120 第2の半導体積層構造

121 n型クラッド層

122 活性層

122a ストライプ領域

123 p型の第1のクラッド層

124 電流ブロック層

125 p型の第2のクラッド層

40

126 コンタクト層

127 第2のp型電極

131 前方劈開面

132 後方劈開面

133 n型電極

134 溝部

135 境界面

136 無反射コーティング層

137 高反射コーティング層

200 n型GaAs基板

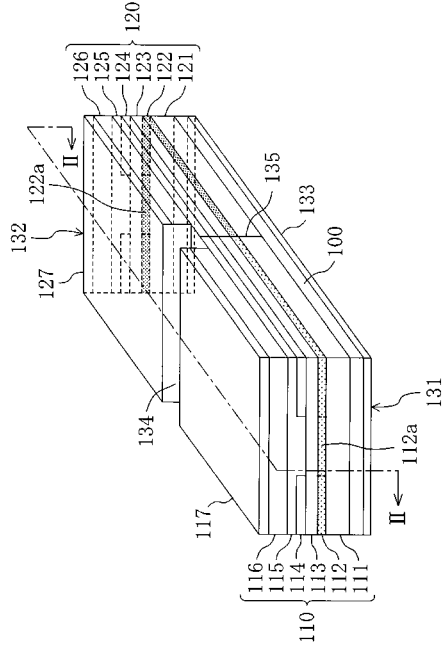
210 第1の半導体積層構造

50

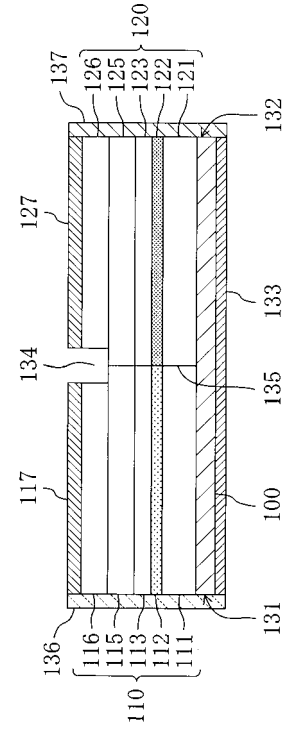
2 1 1	活性層	
2 2 0	第2の半導体積層構造	
2 2 1	活性層	
2 3 0	第3の半導体積層構造	
2 3 1	活性層	
2 4 1	前方劈開面	
2 4 2	後方劈開面	
2 4 3	無反射コーティング層	
2 4 4	高反射コーティング層	
2 4 5	第1の境界面	10
2 4 6	第2の境界面	
3 0 0	n型GaAs基板	
3 1 0	第1の半導体積層構造	
3 1 1	n型クラッド層	
3 1 2	活性層	
3 1 2 a	ストライプ領域	
3 1 3	p型の第1のクラッド層	
3 1 4	電流ブロック層	
3 1 5	p型の第2クラッド層	
3 1 6	コンタクト層	20
3 1 7	第1のp型電極	
3 2 0	第2の半導体積層構造	
3 2 1	n型クラッド層	
3 2 2	活性層	
3 2 2 a	ストライプ領域	
3 2 3	p型の第1クラッド層	
3 2 4	電流ブロック層	
3 2 5	p型の第2クラッド層	
3 2 6	コンタクト層	
3 2 7	第2のp型電極	30
3 3 1	前方劈開面	
3 3 2	後方劈開面	
3 3 3	n型電極	
3 3 4	溝部	
3 3 4 A	溝部	
3 3 5	境界面	
3 3 6	無反射コーティング層	
3 3 7	高反射コーティング層	
3 3 8	側壁成長部	
3 4 0	第1の暫定半導体積層構造	40
3 5 0	第2の暫定半導体積層構造	
4 0 0	n型GaAs基板	
4 1 0	第1の半導体積層構造	
4 1 1	n型クラッド層	
4 1 2	活性層	
4 1 2 a	ストライプ領域	
4 1 3	第1のp型クラッド層	
4 1 4	電流ブロック層	
4 1 5	第2のp型クラッド層	
4 1 6	コンタクト層	50

4 1 7	第 1 の p 型電極	
4 2 0	第 2 の半導体積層構造	
4 2 1	n 型クラッド層	
4 2 2	活性層	
4 2 2 a	ストライプ領域	
4 2 3	第 1 の p 型クラッド層	
4 2 4	電流ブロック層	
4 2 5	第 2 の p 型クラッド層	
4 2 6	コンタクト層	
4 2 7	第 2 の p 型電極	10
4 3 1	前方劈開面	
4 3 2	後方劈開面	
4 3 3	n 型電極	
4 3 6	無反射コート膜	
4 3 7	高反射コート膜	
5 0 0	基板	
5 1 0	第 1 の半導体積層構造	
5 1 2	活性層	
5 2 0	第 2 の半導体積層構造	
5 2 2	活性層	20
5 3 4	空隙部	
5 3 6	無反射コート膜	
5 3 7	高反射コート膜	
5 3 8	第 1 の端面コート膜	
5 3 9	第 2 の端面コート膜	
6 0 0	基板	
6 1 0	第 1 の半導体積層構造	
6 1 2	活性層	
6 2 0	第 2 の半導体積層構造	
6 2 2	活性層	30
6 3 0	第 3 の半導体積層構造	
6 3 2	活性層	
6 3 6	無反射コート膜	
6 3 7	後反射コート膜	
6 3 8	第 1 の誘電体部材	
6 3 9	第 2 の誘電体部材	

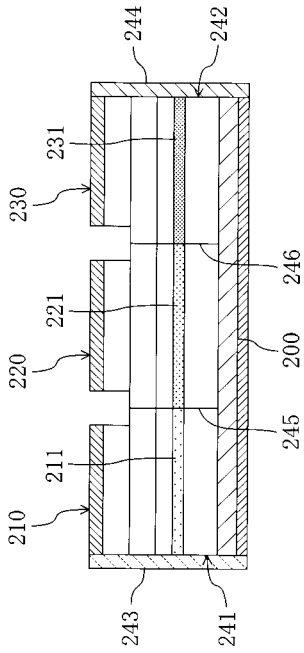
【 図 1 】



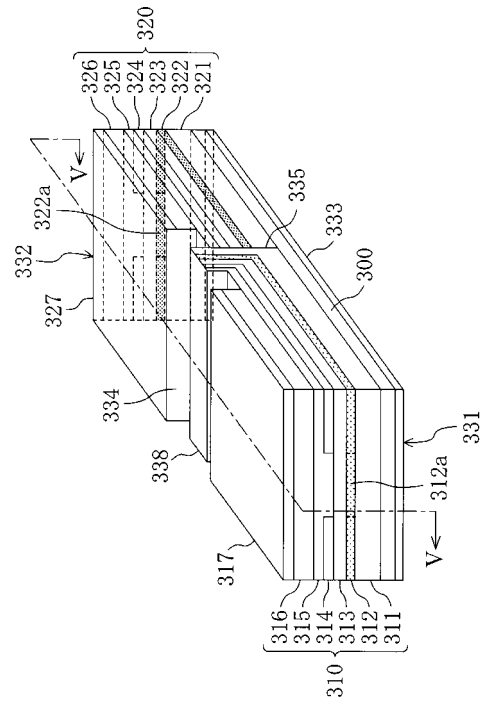
【 図 2 】



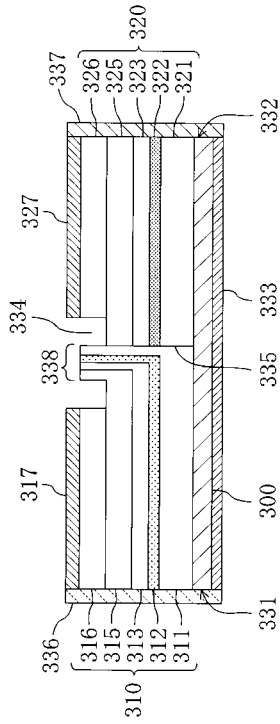
【 図 3 】



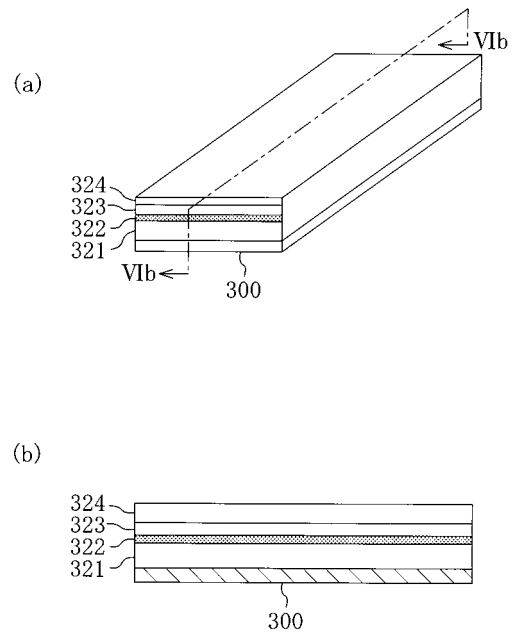
【 図 4 】



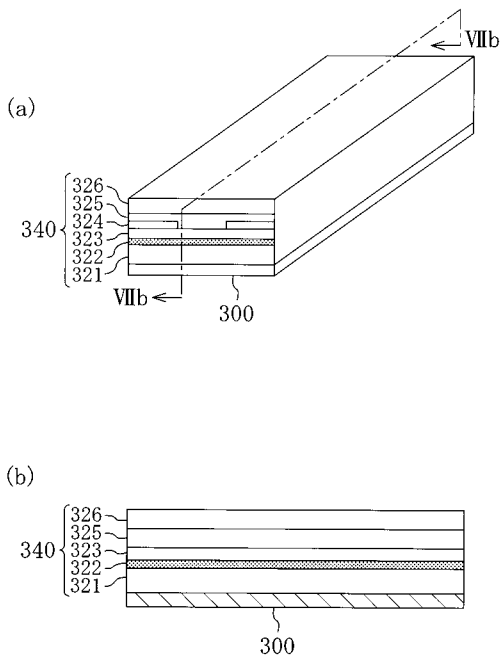
【 図 5 】



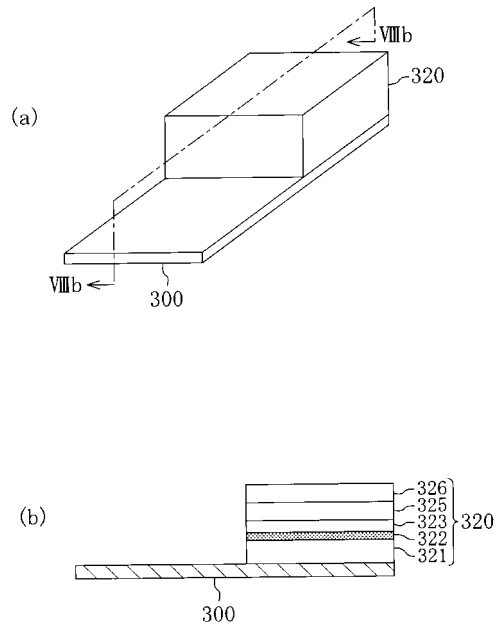
【 図 6 】



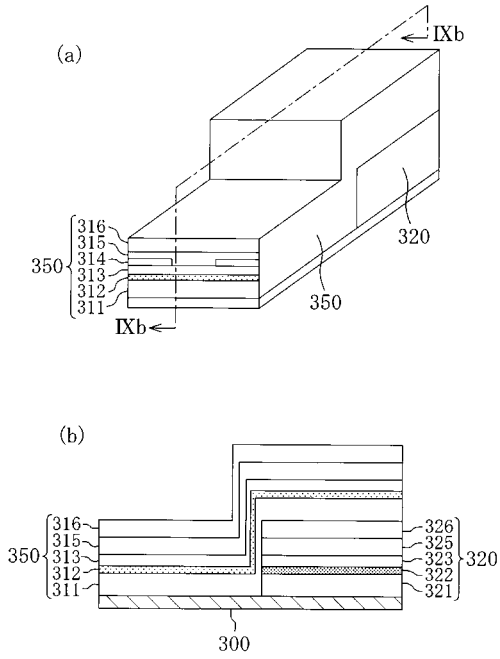
【 図 7 】



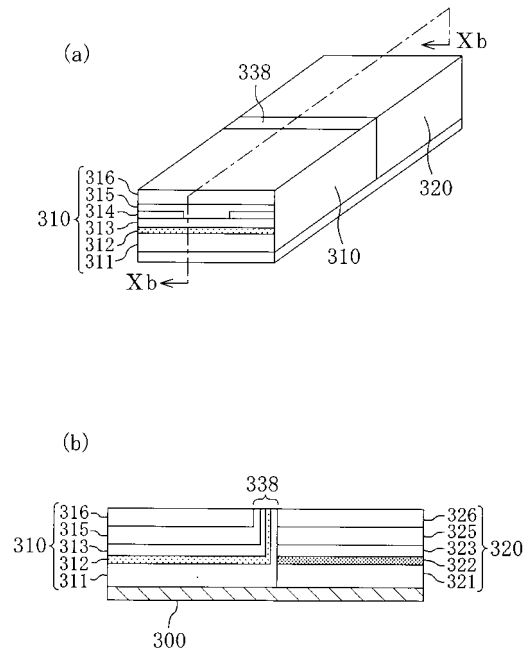
【 図 8 】



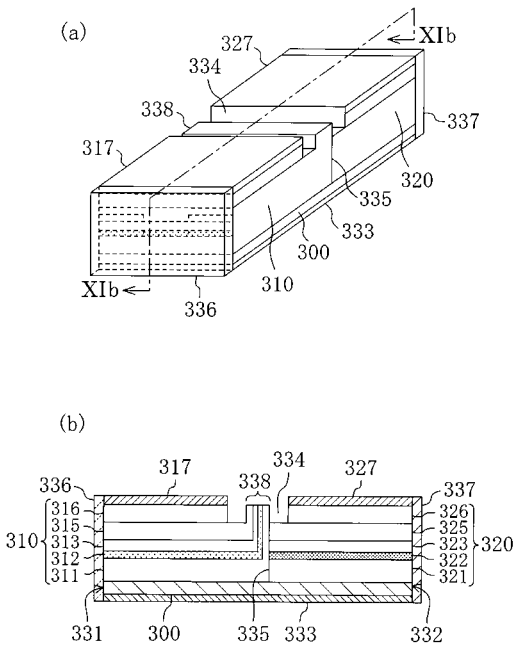
【 図 9 】



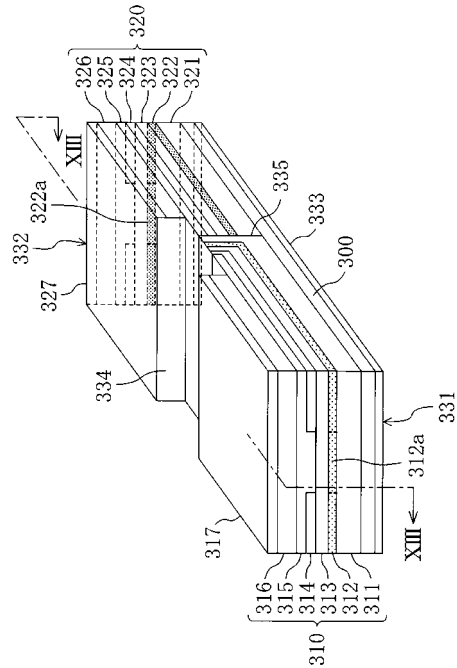
【 図 10 】



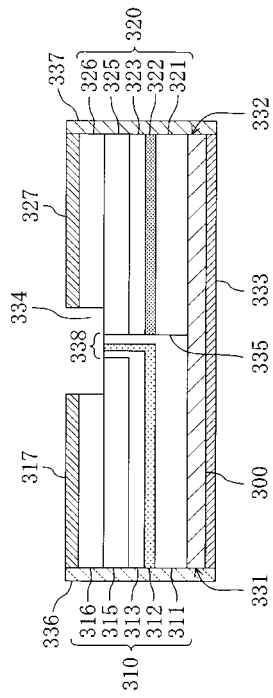
【 図 11 】



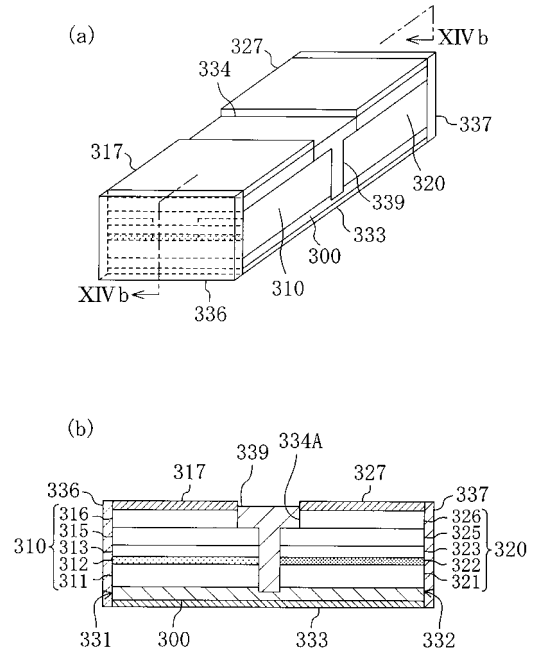
【 図 12 】



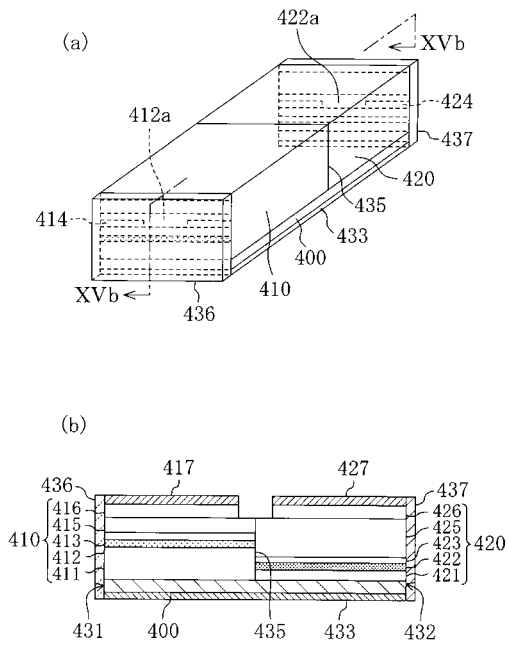
【 図 13 】



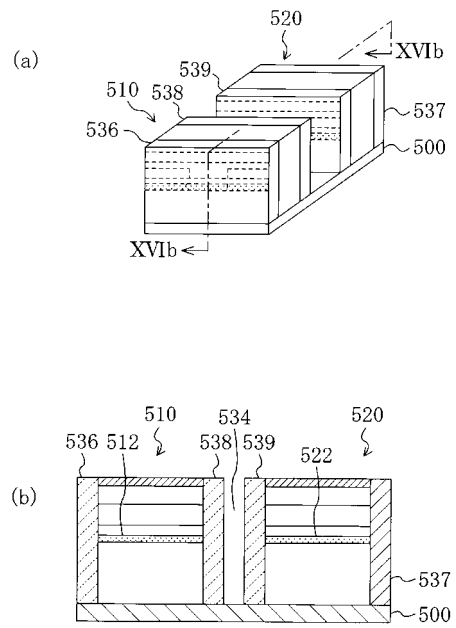
【 図 14 】



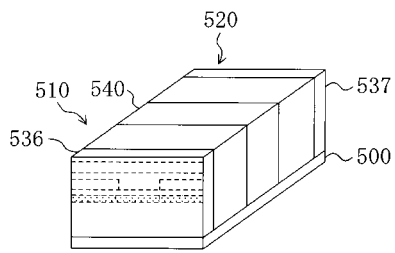
【 図 15 】



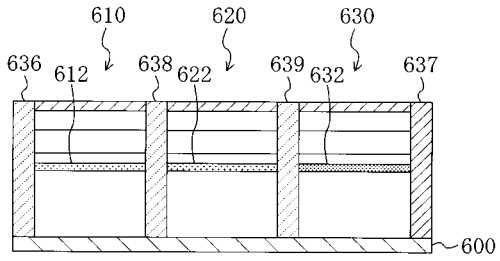
【 図 16 】



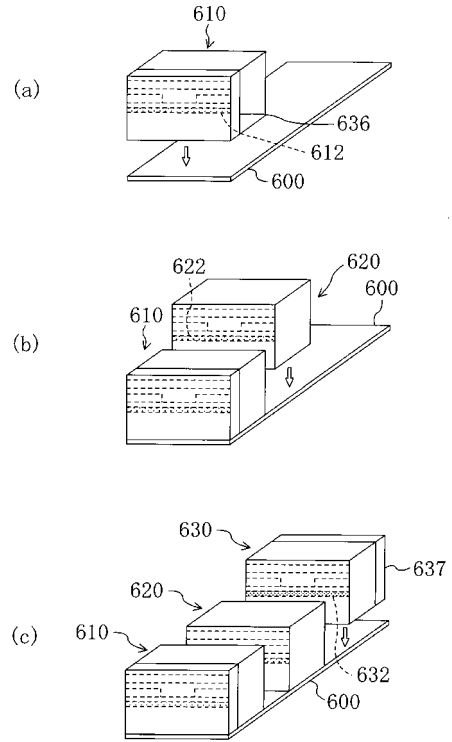
【図17】



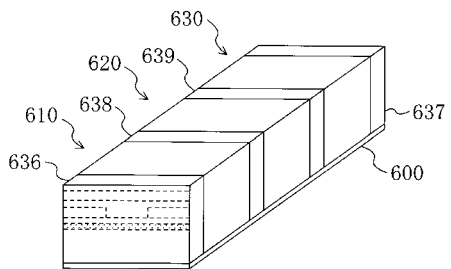
【図18】



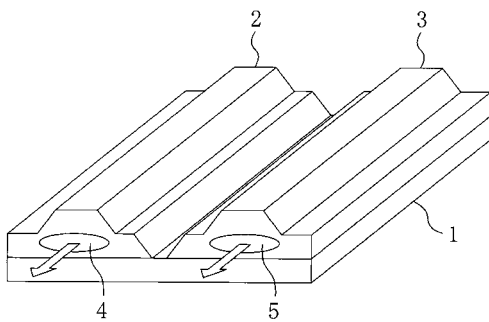
【図19】



【図20】



【図21】



## フロントページの続き

(74)代理人 100115510

弁理士 手島 勝

(74)代理人 100115691

弁理士 藤田 篤史

(72)発明者 大西 俊一

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業株式会社内

審査官 松崎 義邦

- (56)参考文献 特開平03-066188(JP,A)  
特開平11-097804(JP,A)  
特開2000-011417(JP,A)  
特開2000-040854(JP,A)  
特開平01-204487(JP,A)  
特開平11-186651(JP,A)  
特開平04-245493(JP,A)  
特開昭58-071677(JP,A)  
特開平10-070337(JP,A)  
特開平01-280389(JP,A)  
特開平10-070341(JP,A)  
特開昭63-227089(JP,A)  
特開2000-138421(JP,A)  
特開2000-012957(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01S5/00-5-50