(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2009-33009
(P2009-33009A)
(43)公開日　平成21年2月12日(2009.2.12)

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード（参考）
H01S 5/22 (2006.01)	H01S 5/22	5F173

審査請求 未請求　請求項の数 12　ＯＬ　（全 20 頁）

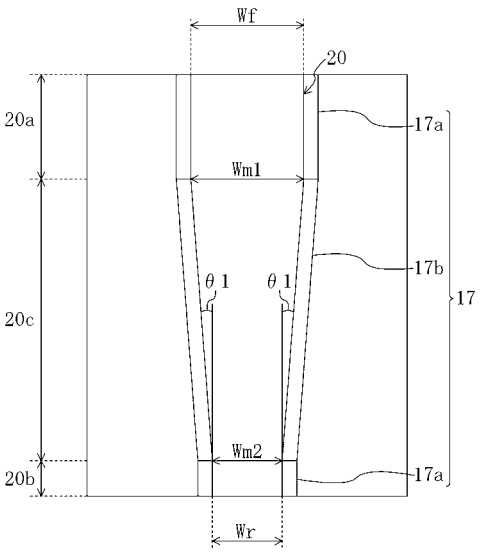
(21)出願番号　特願2007-197119 (P2007-197119)
(22)出願日　平成19年7月30日 (2007.7.30)

(71)出願人　000005821
パナソニック株式会社
大阪府門真市大字門真１００６番地
(74)代理人　100077931
弁理士　前田　弘
(74)代理人　100110939
弁理士　竹内　宏
(74)代理人　100110940
弁理士　嶋田　高久
(74)代理人　100113262
弁理士　竹内　祐二
(74)代理人　100115059
弁理士　今江　克実
(74)代理人　100115691
弁理士　藤田　篤史

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)【要約】
【課題】外部微分量子効率の低下が小さく、高出力動作状態における発光効率の飽和が生じにくく、安定して基本横モード発振を行う半導体レーザ装置を実現できるようにする。
【解決手段】半導体レーザ装置は、基板の上に形成された第１のクラッド層と、活性層と、第２のクラッド層とを含む共振器構造を備え、第２のクラッド層は、レーザー光を取り出す前端面と該前端面と反対側の端面である後端面との間に延びるストライプ部２０を有している。ストライプ部２０は、前端面側に設けられた第１の領域２０ａと、後端面側に設けられた第２の領域２０ｂと、第１の領域２０ａと第２の領域２０ｂとの間に設けられ幅が変化する変化領域２０ｃとを有し、変化領域２０ｃにおけるストライプ部の内部と外部との実効屈折率差は、第１の領域２０ａにおけるストライプ部の内部と外部との実効屈折率差よりも小さい。
【選択図】図２



【特許請求の範囲】
【請求項１】
基板の上に順次形成された第１のクラッド層と、活性層と、第２のクラッド層とを含む共振器構造を備え、
前記第２のクラッド層は、レーザ光を取り出す前端面と該前端面と反対側の端面である後端面との間に延びるストライプ部を有し、
前記ストライプ部は、前記前端面側に設けられた第１の領域と、前記後端面側に設けられた第２の領域と、前記第１の領域と前記第２の領域との間に設けられストライプ幅が変化する変化領域とを有し、
前記変化領域における前記ストライプ部の内部と外部との実効屈折率差は、前記第１の領域における前記ストライプ部の内部と外部との実効屈折率差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の領域は、幅が一定である定幅部分を含み、
前記定幅部分は、長さが１０μｍ以上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。
【請求項３】
前記前端面における反射率は、前記後端面の反射率以下であり、
前記前端面におけるストライプ幅は、前記後端面におけるストライプ幅よりも広いことを特徴とする請求項１又は２に記載の半導体レーザ装置。
【請求項４】
前記活性層は、一般式が$(Al_aGa_b)_cIn_{1-c}P$（但し、０≦ａ＜１、０＜ｂ≦１、ａ＋ｂ＝１、０＜ｃ＜１）で表される材料からなり、
前記第１のクラッド層及び第２のクラッド層は、一般式が$(Al_dGa_e)_fIn_{1-f}P$（但し、０＜ｄ＜１、０＜ｅ＜１、ｄ＋ｅ＝１、０＜ｆ＜１）で表される材料からなることを特徴とする請求項１～３のいずれか１項に記載の半導体レーザ装置。
【請求項５】
前記活性層は、一般式が$Al_aGa_{1-a}As$（但し、０≦ａ＜１）で表される材料からなり、
前記第１のクラッド層及び第２のクラッド層は、一般式が$(Al_dGa_e)_fIn_{1-f}P$（但し、０＜ｄ＜１、０＜ｅ＜１、ｄ＋ｅ＝１、０＜ｆ＜１）で表される材料からなることを特徴とする請求項１～３のいずれか１項に記載の半導体レーザ装置。
【請求項６】
前記活性層は、量子井戸活性層であることを特徴とする請求項１～５のいずれか１項に記載の半導体レーザ装置。
【請求項７】
前記活性層における、前記前端面近傍の領域及び前記後端面近傍の領域のうちの少なくとも一方は、不純物拡散により無秩序化されていることを特徴とする請求項６に記載の半導体レーザ装置。
【請求項８】
前記ストライプ部は、リッジストライプ部であり、
前記第１の領域における前記リッジストライプ部の側壁を覆う第１の電流ブロック層及び前記第２の領域における前記リッジストライプ部の側壁を覆う第２の電流ブロック層をさらに備え、
前記第１の電流ブロック層の屈折率は、前記第２の電流ブロック層の屈折率よりも大きいことを特徴とする請求項１～３のいずれか１項に記載の半導体レーザ装置。
【請求項９】
前記第１の電流ブロック層と前記第２の電流ブロック層とは互いに異なる誘電体材料からなることを特徴とする請求項８に記載の半導体レーザ装置。
【請求項１０】

前記第１の電流ブロック層と前記第２の電流ブロック層とは同一の誘電体材料からなることを特徴とする請求項８に記載の半導体レーザ装置。

【請求項１１】

前記第１の電流ブロック層及び第２の電流ブロック層は、それぞれSiO_2、SiN_x、Al_2O_3、TiO_2、ZrO_2、Ta_2O_5、CeO_2若しくはNb_2O_5又はこれらのうちの少なくとも２つを含む化合物からなることを特徴とする請求項８～１０のいずれか１項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項１２】

基板の上に第１のクラッド層、活性層及び第２のクラッド層を順次形成する工程（ａ）と、

前記第２のクラッド層をエッチングすることにより、ストライプ幅が変化する変化領域を有するストライプ部を形成する工程（ｂ）と、

前記変化領域を除く領域を覆うように第１の電流ブロック層を形成すると共に、前記変化領域を覆うように第２の電流ブロック層を形成する工程（ｃ）とを備え、

前記工程（ｃ）において、前記変化領域における前記ストライプ部の内部と外部との実効屈折率差が、前記変化領域を除く領域における前記ストライプ部の内部と外部との実効屈折率差よりも大きくなるように前記第１の電流ブロック層と前記第２の電流ブロック層とを形成することを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、半導体レーザ装置及びその製造方法に関し、特に赤色及び赤外域の半導体レーザ装置及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

今日、再生のみならず記録機能を有する記録１６倍速対応ＤＶＤといった高速書き込み可能な光ディスクシステム用の光源の需要が益々高まっている。このような光源には少なくとも３００ｍＷ以上の高出力動作が可能な半導体レーザ装置が必要となる。

【０００３】

一般に、半導体レーザ装置を高出力動作させる場合、レーザ光を取り出す側の共振器端面（前端面）には反射率１０％以下の低反射率を有する誘電体膜をコーティングし、前端面と反対側の共振器端面（後端面）には反射率８５％以上の高反射率を有する誘電体膜をコーティングする。低反射率（ＡＲ；Anti Reflection）コーティングと高反射率（ＨＲ；High Reflection）コーティングとを行うことにより、電流－光出力特性における外部微分量子効率（スロープ効率）の向上を図ることができる。これにより、少ない注入電流量で高い光出力を実現できる。また、前端面におけるレーザ光のパワー密度を低減し、レーザ光自身の光出力によりレーザ端面が溶融破壊される壊滅的光学損害（ＣＯＤ）が発生することを防止できる。

【０００４】

前面の反射率を低くし後面の反射率を高くすることは、ＣＯＤレベルの向上及び光の取り出し効率の向上に有効である。しかし、前端面の反射率を低くしすぎると、共振器内部においてフェードバックされるレーザ光が低減されるために発振しきい値電流の増大を生じる。また、前端面の反射率を低くすると、半導体レーザ装置を光ディスクへ応用した場合に、光ディスクからの反射戻り光による雑音（戻り光誘起雑音）が発生しやすくなる。このため、高出力レーザにおいては、高い光の取り出し効率を得るとともに、戻り光誘起雑音を低減するために、前端面は反射率が５～１０％程度となるようにコーティングする。また、後端面はできるだけ高反射率となるようにし、反射率が９５％～１００％程度となるようにコーティングすることが一般的である。

【０００５】

前端面と後端面の反射率の大きさが大きく異なるため、高出力半導体レーザ装置におい

ては、活性層を伝播する共振器方向の光分布強度が、前端面側において後端面側よりも高い前後非対称な光分布強度となる。この場合、光分布強度が高い前端面側では後端面側と比べてより強い誘導放出が生じる。従って、後端面側に比べてより多くの電子－正孔対を活性層に注入する必要が生じ、特に高出力動作の際に前端面側において活性層中の電子－正孔対が不足しやすくなる。電子－正孔対の不足は発光効率の飽和の一因となり、出力が２００ｍＷ～３００ｍＷ以上の高出力レーザを得る場合、温度特性の劣化をもたらし重大な支障をきたすことになる。

【０００６】

一方、通常のＡｌＧａＩｎＰ系の半導体レーザは良好な温度特性を得るために、（１００）面から［０１１］方向に７°から１５°の範囲で傾けた面を主面とするＧａＡｓ基板が広く用いられている。このような基板に共振器を形成する場合に、化学的なウエットエッチングのみを用いてリッジ状のストライプ部を形成すると、結晶面とストライプ部の側壁とがなす角のうち鋭角の方の値はθ１＝５４．７°－θ°、θ２＝５４．７°＋θ°となる。一方、イオンビームエッチング等の物理的な方法によってストライプ部を形成すると、ストライプ部の断面形状を結晶の断面内で積層方向の軸に対し軸対称な形状とすることができる。しかし、この場合にはリッジ側壁に物理的な損傷が残り、リッジ側壁と電流狭窄層との界面でリークが発生し、電流狭窄効果が悪くなってしまう。このため、物理的な方法でストライプ部を形成する場合にも、電流狭窄層の成長前にリッジの側壁を僅かにウエットエッチングすることが望ましい。従って、ストライプ部の形状はやはり軸非対称となる。

【０００７】

軸非対称なストライプ部の場合、導波路を伝播する光分布はストライプに対し非対称な形状となる。光密度の高い部分のキャリアは誘導放出によるキャリアの発光再結合が多く生じることから、キャリアの空間的ホールバーニングの形状も非対称な分布となる。これは、活性層に平行な水平方向の実効屈折率分布が左右非対称となることを意味する。これにより、光分布は、相対的に利得が高くなる方向に移動しやすくなり、光出力－電流特性に折れ曲がりが生じるキンクが発生しやすくなる。

【０００８】

キンクの発生を抑制するためにはストライプ幅を狭くし、電流を狭いストライプ領域に集中して流すようにしてやればよい。これにより、活性層の動作キャリアの空間的ホールバーニングで生じるキャリア分布のくぼみの大きさを低減することができ、光出力－電流特性におけるキンクの発生をより高出力まで抑制することができる。しかし、ストライプ幅を狭くすると、素子の直列抵抗の増大による動作電圧の増大と、消費電力の増大による温度特性の劣化が生じている。

【０００９】

この課題を解決するために、基板面方位が（００１）から［１１０］方向に傾斜した化合物半導体基板上に形成され、図１３に示すようなストライプ部を有する半導体レーザ装置が提案されている（例えば、特許文献２を参照。）

図１３に示すように、ストライプ部２００は、共振器の中央部に設けられ幅が一定である第１の領域２００ａと、第１の領域の両側にそれぞれ設けられ幅が徐々に広くなる第２の領域２００ｂを有している。なお、ストライプ部２００の側壁には、電流ブロック層（図示せず）が設けられており、電流ブロック層の屈折率は、ストライプ部２００の屈折率よりも小さい。

【００１０】

この構成により、ストライプ部２００内の実効屈折率が、ストライプ部２００外の実効屈折率よりも高くなる。このため、光分布はストライプ部２００内に閉じ込められ、基本横モード発振を得ることができる。また、電流ブロック層がレーザ光に対して透明であるために、導波損失を低減でき、動作電流値を低減することが可能になる。さらに、ストライプ部２００の幅が一定である第１の領域２００ａでは、光分布のストライプ部の形状に対する相対的な発光位置が一定となり、レーザの遠視野像（以下、ＦＦＰという）の光軸

が安定化される。一方、ストライプ部の幅が変化する第２の領域２００ｂでは、ストライプ部上面の幅が広くなるために直列抵抗（Ｒｓ）を低減することが可能となる。この結果、半導体レーザ装置において、ＦＦＰの光軸が安定な基本横モード発振を得つつ、動作電流値の低減と、Ｒｓの低減を行うことが可能になる。

【特許文献１】特開２００４－２００５０７号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【００１１】

しかしながら、前記従来の半導体レーザ装置には以下のような問題がある。今後、高温動作時において３００ｍＷ以上の出力が可能な高出力レーザを実現するためには、温度特性を向上させる必要がある。このため、共振器長を１５００μｍ程度以上に長くする必要がある。光出力－電流特性における外部微分量子効率は、ミラー損失／（ミラー損失＋導波路損失）に比例する。また、ミラー損失の大きさは共振器長に反比例する。従って、共振器が長くなるとミラー損失が小さくなるため、外部微分量子効率は導波路損失の影響を受けやすくなる。前端面に反射率７％のコーティングをし、後端面に反射率９５％のコーティングをした半導体レーザ装置のミラー損失は、共振器長が９００μｍの場合には１５．１ｃｍ$^{-1}$であり、共振器長が１５００μｍの場合には９ｃｍ$^{-1}$となる。通常の高出力レーザの導波路損失は１０ｃｍ$^{-1}$以下であり、導波路損失の外部微分量子効率に対する影響は共振器長が長くなるほど大きくなることが明らかである。導波路損失で失われた光は、熱に変わる。これにより、高温、高出力動作時において素子の発熱が加速され、熱飽和レベルの低下をもたらす。

【００１２】

このことから、共振器長が１５００μｍを越す長共振器の半導体レーザにおいては、導波路損失の低減は、高温で熱飽和する光出力レベルを向上させる上で非常に重要である。このことから、長共振器レーザにおいて、熱飽和する光出力を向上させるためには可能な限り、導波路損失を低減する必要がある。

【００１３】

一方、前記従来の半導体レーザ装置は、キンクレベルを向上させるために、ストライプ幅の狭い第１領域と、徐々にストライプ幅が変化する第２領域とを有している。ストライプ幅が変化する第２領域のリッジ側壁から伝播光が散乱するため、放射損失が発生する。放射損失の発生により、導波路損失は数ｃｍ$^{-1}$程度増大し、外部微分量子効率が１０％程度低下するという問題が生じる。

【００１４】

本発明は、外部微分量子効率の低下が小さく、高出力動作状態における発光効率の飽和が生じにくく、安定して基本横モード発振を行う半導体レーザ装置を実現できるようにすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【００１５】

前記の目的を達成するため、本発明は半導体レーザ装置を、ストライプ幅が変化する領域をするストライプ部を備え且つストライプ幅が変化する領域においてストライプ部の内部と外部との実効屈折率差が端面近傍の領域と比べて大きい構成とする。

【００１６】

具体的に、本発明に係る半導体レーザ装置は、基板の上に順次形成された第１のクラッド層と、活性層と、第２のクラッド層とを含む共振器構造を備え、第２のクラッド層は、レーザ光を取り出す前端面と該前端面と反対側の端面である後端面との間に延びるストライプ部を有し、ストライプ部は、前端面側に設けられた第１の領域と、後端面側に設けられた第２の領域と、第１の領域と第２の領域との間に設けられストライプ幅が変化する変化領域とを有し、変化領域におけるストライプ部の内部と外部との実効屈折率差は、第１の領域におけるストライプ部の内部と外部との実効屈折率差よりも大きいことを特徴とする。

【００１７】
本発明の半導体レーザ装置は、変化領域におけるストライプ部の内部と外部との実効屈折率差は、第１の領域におけるストライプ部の内部と外部との実効屈折率差よりも大きい。このため、ストライプ幅が変化する変化領域における水平方向の光の閉じ込めを強くすることが可能となる。従って、変化領域における伝播光の放射損失を低減でき、導波路損失の増大を抑制することが可能となる。また、前端面近傍の光の閉じ込めが弱く、前端面近傍領域での光密度が小さくなるため、前端面において溶融破壊が生じにくくなる。また、ストライプ幅の狭い部分で、活性層のキャリアの空間的ホールバーニングを抑制することが可能となり、キンクが発生する光出力を高めることが可能となる。この結果、キンクレベルが高く且つ溶融破壊が生じる光出力が高い、基本横モードが安定な半導体レーザを実現することが可能となる。

【００１８】
本発明の半導体レーザ装置において、第１の領域は、幅が一定である定幅部分を含み、定幅部分は、長さが１０μｍ以上であってもよい。このようにすることにより、レーザをへき開により素子分離する場合にへき開位置の誤差によるストライプ幅の変動を小さくできる。これにより、レーザの遠視野像（ＦＦＰ）の大きさが変化することをさらに低減することが可能となる。

【００１９】
本発明の半導体レーザ装置において、前端面における反射率は、後端面の反射率以下であり、前端面におけるストライプ幅は、後端面におけるストライプ幅よりも広くてもよい。

【００２０】
このような構成とすることにより、光密度の高い前端面側に注入される電流値を後端面側よりも大きくすることが可能となる。従って、注入電流が光に変換される効率を高めることが可能となり、外部微分量子効率が向上する。

【００２１】
本発明の半導体レーザ装置において活性層は、一般式が$(Al_aGa_b)_cIn_{1-c}P$（但し、０≦ａ＜１、０＜ｂ≦１、ａ＋ｂ＝１、０＜ｃ＜１）で表される材料からなり、第１のクラッド層及び第２のクラッド層は、一般式が$(Al_dGa_e)_fIn_{1-f}P$（但し、０＜ｄ＜１、０＜ｅ＜１、ｄ＋ｅ＝１、０＜ｆ＜１）で表される材料であってもよい。

【００２２】
また、活性層は、一般式が$Al_xGa_{1-x}As$（但し、０≦ｘ＜１）で表される材料からなり、第１のクラッド層及び第２のクラッド層は、一般式が$(Al_dGa_e)_fIn_{1-f}P$（但し、０＜ｄ＜１、０＜ｅ＜１、ｄ＋ｅ＝１、０＜ｆ＜１）で表される材料であってもよい。

【００２３】
本発明の半導体レーザ装置において活性層は、量子井戸活性層であってもよい。このような構成とすることによい、さらに発振しきい電流値が小さく、発光効率の高い半導体レーザを得ることが可能となる。

【００２４】
本発明の半導体レーザ装置において、活性層における、前端面近傍の領域及び後端面近傍の領域のうちの少なくとも一方は、不純物拡散により無秩序化されていてもよい。このような構成とすることにより、不純物拡散領域の活性層の禁制帯幅相当するエネルギーが共振器内部の活性層の制帯幅相当するエネルギーよりも大きくなる。これにより、不純物拡散領域の活性層がレーザ発振光に対して透明となり、溶融破壊が生じにくくなる。

【００２５】
本発明の半導体レーザ装置においてストライプ部は、リッジストライプ部であり、第１の領域におけるリッジストライプ部の側壁を覆う第１の電流ブロック層及び第２の領域におけるリッジストライプ部の側壁を覆う第２の電流ブロック層をさらに備え、第１の電流ブロック層の屈折率は、第２の電流ブロック層の屈折率よりも大きくてもよい。このよう

な構成とすることにより、変化領域におけるリッジ側壁からの放射損失光の発生を低減でき、共振器方向に対してストライプ幅が異なる構造においても、導波路損失の増大を抑制することが可能となる。

【００２６】

本発明の半導体レーザ装置において、第１の電流ブロック層と第２の電流ブロック層とは互いに異なる誘電体材料であっても、同一の誘電体材料であってもよい。

【００２７】

本発明の半導体レーザ装置において、第１の電流ブロック層及び第２の電流ブロック層は、それぞれSiO_2、SiN_x、Al_2O_3、TiO_2、ZrO_2、Ta_2O_5、CeO_2若しくはNb_2O_5又はこれらのうちの少なくとも２つを含む化合物であってもよい。

【００２８】

本発明に係る半導体レーザ装置の製造方法は、基板の上に第１のクラッド層、活性層及び第２のクラッド層を順次形成する工程（ａ）と、第２のクラッド層をエッチングすることにより、ストライプ幅が変化する変化領域を有するストライプ部を形成する工程（ｂ）と、変化領域を除く領域を覆うように第１の電流ブロック層を形成すると共に、変化領域を覆うように第２の電流ブロック層を形成する工程（ｃ）とを備え、工程（ｃ）において、変化領域におけるストライプ部の内部と外部との実効屈折率差が、変化領域を除く領域におけるストライプ部の内部と外部との実効屈折率差よりも大きくなるように第１の電流ブロック層と第２の電流ブロック層とを形成することを特徴とする。

【００２９】

本発明の半導体レーザ装置の製造方法は、変化領域におけるストライプ部の内部と外部との実効屈折率差が、変化領域を除く領域におけるストライプ部の内部と外部との実効屈折率差よりも大きくなるように第１の電流ブロック層と第２の電流ブロック層とを形成する。このため、変化領域における伝播光の放射損失が小さく、導波路損失の増大が抑制された半導体レーザ装置を容易に実現できる。

【発明の効果】

【００３０】

本発明に係る半導体レーザ装置及びその製造方法は、外部微分量子効率の低下が小さく、高出力動作状態における発光効率の飽和が生じにくく、安定して基本横モード発振を行う半導体レーザ装置を実現できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００３１】

本発明の一実施形態について図面を参照して説明する。図１は本実施形態に係る半導体レーザ装置のレーザ光を取り出す前端面側の断面構成を示している。図１に示すように、本実施形態の半導体レーザ装置は、（１００）面から［０１１］方向に１０°傾けた面を主面とするｎ型ＧａＡｓからなる基板１０の上に共振器構造４０が形成された赤色レーザ装置である。なお、Ｐ電極及びＮ電極については図示を省略している。

【００３２】

基板１０の上には、厚さが０．５μｍのｎ型ＧａＡｓからなるバッファ層１１と、厚さが２μｍのｎ型$(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.51}In_{0.49}P$からなる第１のクラッド層１２と、活性層１３と、ｐ型$(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.51}In_{0.49}P$からなる第２のクラッド層１４と、厚さが５０ｎｍのｐ型$Ga_{0.51}In_{0.49}P$からなる保護層１５と、厚さが０．４μｍのｐ型ＧａＡｓからなるコンタクト層１６とが順次形成されている。

【００３３】

活性層１３は、歪み量子井戸活性層であり、下側から順次積層された$(Al_{0.5}Ga_{0.5})_{0.51}In_{0.49}P$からなる第１ガイド層と、３層のＧａＩｎＰからなるウェル層と、２層のＡｌＧａＩｎＰからなるバリア層と、ＡｌＧａＩｎＰからなる第２ガイド層とからなる。

【００３４】

第２のクラッド層１４には、リッジ状のストライプ部２０が形成されている。ストライ

プ部２０の下端から活性層１３の上端までの距離ｄｐは０．２μｍである。また、ストライプ部２０の上端から活性層１３の上端までの距離は１．４μｍである。ストライプ部２０の側壁上には、厚さが０．３μｍの電流ブロック層１７が形成されている。

【００３５】

電流ブロック層１７は、後で説明するように、端面付近に設けられた第１の電流ブロック層と中央部に設けられた第２の電流ブロック層とを含んでいる。

【００３６】

コンタクト層１６から注入された電流は電流ブロック層１７によりストライプ部２０のみに狭窄され、活性層１３におけるストライプ部２０の下方に位置する部分に集中して注入される。従って、レーザ発振に必要なキャリアの反転分布状態が数十ｍＡという僅かな注入電流により実現される。

【００３７】

活性層１３へ注入されたキャリアの再結合により発光した光のうち活性層１３と垂直な方向に放射された光は、活性層１３を挟む第１のクラッド層１２及び第２のクラッド層１４により垂直方向に閉じ込められる。活性層１３と平行な方向に放射された光は、電流ブロック層１７と第２のクラッド層１４との屈折率の差により水平方向に閉じ込められる。また、電流ブロック層１７はレーザ発振光に対して透明であるため光吸収がなく、低損失の導波路を実現することができる。また、導波路を伝播する光分布は電流ブロック層１７に大きくしみ出すことができるため、高出力動作に適した10^{-3}のオーダの実効屈折率差（Δｎ）を容易に実現できる。また、Δｎの大きさはｄｐを変化させることにより、10^{-3}のオーダで精密に制御することができる。このため、光分布を精密に制御しつつ、低動作電流の高出力半導体レーザを得ることができる。

【００３８】

なお、実効屈折率差（Δｎ）とは、基板法線方向を垂直方向とし、ストライプの内部領域において垂直方向に構成される多層導波路の垂直方向の伝搬定数（β１）と真空中での波数（ｋ０）との比（β１／ｋ０）をＮeq1とし、ストライプの外部領域において垂直方向に構成される多層導波路の垂直方向の伝搬定数（β２）と真空中での波数（ｋ０）との比（β２／ｋ０）をＮeq2とすると、Ｎeq1とＮeq2の差（Δｎ＝Ｎeq1－Ｎeq2）を意味する。

【００３９】

また、８０℃の高温動作時において、放熱性を向上させるために、本実施形態では共振器長を１７５０μｍとしている。

【００４０】

共振器構造４０の前端面及び後端面には、それぞれ赤色レーザ光に対する反射率が７％及び９５％となるように誘電体膜のコーティング（図示せず）を行っている。また、前端面及び後端面の近傍においては、コンタクト層１６、保護層１５、第２クラッド層１４、活性層１３及び第１クラッド層１２の一部が無秩序化されて、端面窓部４０ａが形成されている。

【００４１】

図２は、本実施系他の半導体レーザ装置の平面構成を示している。図２に示すようにストライプ部２０は、レーザ光を取り出す前端面側に設けられた第１の領域２０ａと、前端面と反対側の端面である後端面側に設けられた第２の領域２０ｂと、第１の領域２０ａと第２の領域２０ｂとの間に設けられた変化領域２０ｃとを有している。

【００４２】

第１の領域２０ａにおけるストライプ幅Ｗｆは３．５μｍであり、第２の領域２０ｂにおけるストライプ幅Ｗｒは２．１μｍである。変化領域２０ｃにおいてストライプ幅はＷｍ１からＷｍ２まで直線的に変化しており、テーパ角はθ１である。なお、ここで言うストライプ幅とは、図１に示したストライプ部２０の下端部の幅Ｗを意味する。

【００４３】

また、第１の領域２０ａ及び第２の領域２０ｂの側壁上には第１の電流ブロック層１７

ａが形成され、変化領域２０ｃの側壁上には第２の電流ブロック層１７ｂが形成されている。第１の電流ブロック層１７ａ及び第２の電流ブロック層１７ｂの詳細については後で説明する。

【００４４】

一般的に、高出力レーザでは、通常前端面側の反射率（Ｒｆ）は１０％以下の低反射率、後端面側の反射率（Ｒｒ）は７５％以上の高反射率となるように誘電体膜をコーティングする。これは、前端面からの光取り出し効率を向上させ、且つ前端面側における光密度を低減し、レーザの端面が溶融破壊（ＣＯＤ）する光出力レベルを向上させるためである。このとき、導波路の共振器方向の光密度は、前端面側の方が後端面側よりも高く、レーザ発振のために消費される活性層のキャリア数は、より多く必要となる。そのため、共振器内部の光密度が相対的に高い前端面側により多くの電流を注入した方が、電流－光出力特性でのスロープ効率を向上させ、温度特性に優れた素子を得ることができる。つまり、前端面側の反射率が後端面側の反射率よりも小さいレーザでは、前端面側のストライプ幅を後端面側のストライプ幅よりも広げた方が、注入した電流が効率よく誘導放出に寄与し、スロープ効率を高めることが可能となる。

【００４５】

ここで、ストライプ幅について説明を行う。活性層における動作キャリア密度の水平方向の分布は、図３に示すように、リッジ中央部において相対的にくぼんだ分布となる。これは、キャリアの空間的ホールバーニングと呼ばれる現象であり、ストライプ部の中央部において強い誘導放出が生じることによる。このキャリア濃度のくぼみの大きさをΔＮｃとすると、ΔＮｃが大きいほど、活性層の利得分布は、光密度が高いストライプ部の中央部で低くなり、その両側における利得が大きくなってしまう。このため、僅かな、ストライプの左右非対称性によって光分布が左右に移動しキンクが生じる。このような現象を抑制するためにはΔＮｃを小さくする必要がある。ΔＮｃを小さくするためには、ストライプ幅Ｗをできるだけ狭くし、活性層のうち狭い領域に電流を集中して流すことが効果的である。これにより、光分布強度の高いストライプ部の中央部直下の活性層で誘導放出により消費されるキャリアを高い電流注入密度により補うことができる。逆に、ストライプ幅が広くなると、光分布がストライプ部内に閉じ込められ、ΔＮｃは大きくなる。このため、ストライプ幅を広くすると、キンクレベルが低下してしまう。

【００４６】

一方、ストライプ幅は、素子の直列抵抗に影響し、ストライプ幅が広い素子の方が、素子の直列抵抗が小さくなり、動作電圧も低くすることができる。動作電圧の低減は消費電力の低減につながる。また、発熱量が低下するために温度特性の向上にもつながる。さらに、レーザ装置の駆動電圧も低減できるため、回路設計上、有利である。従って、ストライプ幅はキンクレベルが低下しない範囲で、できるだけ広くすることが望ましい。

【００４７】

以上をまとめると、（１）電流－光出力特性上、外部微分量子効率を向上させるには前端面側から後端面側に向かってストライプ幅を狭めた方がよい、（２）動作電圧を低減するためにはストライプ幅が広い方がよい、（３）キンク発生を抑制するためにはストライプ幅が狭い方がよいことになる。つまり、動作電流値と動作電圧とが低く、キンクレベルを高めるためには、前端面側におけるストライプ幅を広くし、後端面側のストライプ幅を狭くし、その間のストライプ幅を徐々に狭くすることが好ましい

ストライプ幅は、前端面側から後端面側に連続して変化させてもよい。しかし、ストライプ幅が変化すると、リッジ側壁における導波光の散乱損失が大きくなり効率の低下につながる。従って、ストライプ幅を変化させた場合の導波路損失の増大量を低減するためには、光密度の高い前端面部においてストライプ幅の変化は、小さい方がよい。このため、図２に示すように、前端面側の第１の領域２０ａにおいては、ストライプ幅を一定とすることが好ましい。また、第１の領域２０ａにおいてストライプ幅を変化させる場合にも図４に示すように、変化領域２０ｃよりも変化量を小さくすることが好ましい。つまり、第１の領域２０ａにおけるテーパ角θ０を変化領域２０ｃのテーパ角θ１よりも小さくする

方がよい。

【００４８】

つまり、前端面におけるストライプ幅をＷｆ、変化領域の前端面側の端部におけるストライプ幅をＷｍ１、変化領域２０ｃの後端面側の端部におけるストライプ幅をＷｍ２、第１の領域２０ａの長さをＬ１、変化領域２０ｃの長さをＬ２とすると、Ｗｆ≧Ｗｍ１、Ｗｍ１＞Ｗｍ２、（Ｗｆ－Ｗｍ１）／Ｌ１＞（Ｗｍ１－Ｗｍ２）／Ｌ２の関係を満たすようにすることが好ましい。

【００４９】

別の言い方をすると、共振器方向に対してストライプ幅が変化し形成し、ストライプ幅の共振器方向に対する変化率が異なる領域が複数存在する場合、その変化率は、平均光密度がより高い領域の変化率を、より小さく設定すればよい。

【００５０】

また、レーザ端面近傍では、素子をへき開により分離する場合、へき開位置ずれによるストライプ幅の変動を抑えるために端面から１０μｍ程度以上の長さの領域においてストライプ幅を一定にすることが好ましい。ストライプ幅が変動すると、導波路を伝播する光分布の幅が変化するため共振器端面から放射される遠視野像（ＦＦＰ）が変化するためである。図２においては、前端面から２００μｍ及び後端面から５０μｍの位置においてストライプ幅を一定としている。また、図４においても前端面から１０μｍの位置においてストライプ幅を一定としている。

【００５１】

後端面側においてはストライプ幅がへき開位置のばらつきより変化しても、前端面から放射されるＦＦＰのパターンにほとんど影響を与えない。また、後端面側は光密度が小さいため、Δｎが小さくなってもリッジ側壁で発生する散乱損失の大きさが小さい。従って、第２の領域におけるストライプ幅は必ずしも一定である必要はない。

【００５２】

ストライプ幅が変化する変化領域を設けた場合、リッジ側壁から伝播光が散乱し、導波路損失の増大につながる。そこで、このようなリッジ側壁からの散乱による導波路損失の発生を抑制してやれば、さらに外部微分量子効率を増大させ、高効率で発光する半導体レーザを得ることが可能となる。半導体レーザにおいて高温高出力動作を可能とするためには、共振器長を長くし、放熱性を高めるとともに動作キャリア密度を低減し、高温動作時における活性層からの熱的に励起されたキャリアのオーバーフローを抑制する必要がある。

【００５３】

記録１６倍速対応の高速書き込み可能な光ディスクシステム用の赤色レーザには８０℃以上の高温で、３００ｍＷ以上の高出力動作を実現する必要がある。このため、赤色レーザの共振器長は１５００μｍ以上の長共振器とする必要がある。この場合、光出力－電流特性における外部微分量子効率は、ミラー損失（α_m）／（ミラー損失（α_m）＋導波路損失（α_w））に比例する。外部微分量子効率は、注入されたキャリアが発光再結合する割合を示す内部量子効率（η_i）と、レーザ発振光を前端面から取り出す効率（η_e）とすると、式１のように表される。

【００５４】

【数１】

$$\eta_d = \eta_i \eta_e \frac{\alpha_m}{\alpha_m + \alpha_w}$$

【００５５】
ここで、Ｌを共振器長とすると、ミラー損失は次式で表される。
【００５６】
【数２】

$$\alpha_m = \frac{1}{2L} Log_e \left(\frac{1}{R_f R_r} \right)$$

【００５７】
式２より、共振器長が長くなればなるほど、ミラー損失が小さくなることが分かる。従って、外部微分量子効率に対する導波路損失の大きさの影響は、共振器長が長くなればなるほど大きくなっていくことが分かる。
【００５８】
図５は、ミラー損失（α_m）／（ミラー損失（α_m）＋導波路損失（α_w））をη_rとし、η_rと導波路損失との関係の共振器長依存性を検討した結果を示す。本実施形態においては導波路損失を低減し外部微分量子効率を高めるために、電流ブロック層には、レーザ光に対してほぼ透明であり、クラッド層よりも屈折率の低い誘電体材料を用いた実屈折率導波路構造としている。この場合、導波路損失は通常１０ｃｍ$^{-1}$以下の導波路損失となる。このため、図５に示す結果では、導波路損失が１０ｃｍ$^{-1}$以下の導波路損失の範囲を示している。
【００５９】
図５に示すように、共振器長が長くなればなるほど、外部微分量子効率が小さくなり、路損失の増大がη_rに与える影響が大きくなる。共振器長が１５００μｍ以上の場合、導波路損失が１ｃｍ$^{-1}$～２ｃｍ$^{-1}$増大すると、η_rが１０％程度低下することになる。これは、外部微分量子効率が１０％程度低下することを意味し、高温高出力動作に重大な支障をきたすことになる。
【００６０】
このことから、放熱性を高めるために共振器長を１５００μｍ以上としても、η_rが小さくなるため外部微分量子効率が低下するのみならず、外部微分量子効率の低下に対する導波路損失の影響も増大することが分かる。
【００６１】
従って、１５００μｍ以上の長共振器長のレーザでは、導波路損失を可能な限り低減しなければ、低動作電流での高出力動作を得ることができないことになる。動作電流値の増大はレーザ駆動回路の駆動電流容量の制限と、消費電力増加による発熱量の増大の観点から動作電流値は可能な限り小さい方がよい。

【００６２】
低動作電流の高出力レーザを得るためには、導波路損失の増大を抑制する必要がある。しかし、本実施形態の半導体レーザ装置には、共振器長の前面から後面に向かってストライプ幅が狭くなる変化領域があため、リッジ側壁からの散乱損失により導波路損失が大きくなるおそれがある。

【００６３】
図６は、ストライプ部の内部と外部との実効屈折率差（Δｎ）がテーパ角度と導波路損失の増大量との関係に及ぼす影響を示している。なお、テーパ角度とは、図２に示すストライプ幅の変化の角度θ１である。

【００６４】
図６に示すように、テーパ角度が大きくなると導波路損失が増大する。また、Δｎが大きいほど導波路損失の増大量が小さくなる。Δｎが小さいと、導波路を伝播するレーザ光がストライプ部の外へ広がるため、ストライプ部外の活性層にもレーザ発振に必要な電流注入を行う必要が生じ、発振しきい電流値の増大と動作電流値の増大をもたらす。逆に、Δｎが大きいと、光分布はストライプ部内に強く閉じ込められるためストライプ部内の光密度が高くなり、キャリアの空間的ホールバーニングの大きさが増大しキンクが生じやすくなる。また、光密度が高くなると、端面がレーザ光により溶融破壊されるＣＯＤが生じやすくなる。このため、通常、高出力レーザでは光分布の横モードを安定化するためにΔｎを５×１０$^{-3}$から７×１０$^{-3}$程度とする。このΔｎの範囲において、導波路損失の増大を２ｃｍ$^{-1}$以下に抑え、外部微分量子効率が１０％以上低下することを防ぐためには、Δｎが７×１０$^{-3}$の場合には、テーパ角度を０．２３°以下とする必要がある。また、Δｎが５×１０$^{-3}$の場合には、テーパ角度を０．１２°以下とする必要がある。従って、テーパ角度を０．１２°以下とすれば、Δｎが５×１０$^{-3}$以上の導波路の場合、導波路損失の発生を２$^{-1}$ｃｍ以下とすることができる。さらに、テーパの角度を０．０５°以下とすれば、Δｎが５×１０$^{-3}$以上の導波路の場合、導波路損失の発生を１ｃｍ$^{-1}$以下にすることができる。

【００６５】
つまり、光を取り出す共振器の前端面近傍では、所望の光分布を得るためにΔｎを比較的小さく設定し、ストライプ幅が変化する領域ではΔｎを高くしてやれば、ストライプ幅の変化に伴う導波路損失増大の増大を抑えることが可能となる。

【００６６】
本実施形態の半導体レーザ装置は、図２に示す第１の領域２０ａ及び第２の領域２０ｂにおいては、電流ブロック層１７をＳｉＮからなる第１の電流ブロック層１７ａとし、変化領域２０ｃにおいては電流ブロック層１７をSiO_2からなる第２の電流ブロック層１７ｂとしている。このため、第２の電流ブロック層１７ｂの屈折率は、第１の電流ブロック層１７ａと比べて小さくなる。このように、変化領域２０ｃにおける第２の電流ブロック層１７ｂの屈折率を小さくすることにより、ｄｐが同一であってもΔｎを変化させることが可能となる。具体的には、変化領域２０ｃにおけるΔｎの値は７×１０$^{-3}$であり、第１の領域２０ａ及び第２の領域２０ｂにおけるΔｎの値は５．５×１０$^{-3}$である。

【００６７】
図２に示した例においては、前端面におけるストライプ幅が３．５μｍ、後端面におけるストライプ幅が２．１μｍ、共振器長が１７５０μｍであり、前端面から２００μｍの第１の領域２０ａ及び後端面から５０μｍの第２の領域２０ｂにおいてはストライプ幅が一定である。従って、テーパ角度θ１は０．０３°となる。このため、ストライプ幅を変化させたことによる導波路損失の増大は０．３ｃｍ$^{-1}$程度の非常に小さな値となる。この結果、図５に示すように、ストライプ幅を変化させたことによる散乱損失の発生がη_rの低下に及ぼす影響を数％以下の非常に小さいレベルに抑制できる。

【００６８】
図７は、本実施形態の半導体レーザ装置の電流－光出力特性を示している。動作条件は８０℃、５０ｎｓ、パルスデューティ比４０％である。本実施形態の半導体レーザ装置は

、第１の領域及び第２の領域におけるΔｎの値を５．５×１０$^{-3}$とし、変化領域におけるΔｎの値を７×１０$^{-3}$とした。従来の半導体レーザ装置は、Δｎが５．５×１０$^{-3}$で一定である。本実施形態の半導体レーザ装置は、従来の半導体レーザに対して動作電流が１０％程度低くなっており、導波路損失低減の効果があることが分かる。

【００６９】

図２においては、変化領域におけるストライプ幅の変化率が一定である例を示したが、端面反射率が低い前端面側におけるストライプ幅が端面反射率が相対的に高い後端面側におけるストライプ幅より広ければよい。従って、図８に示すように変化領域２０ｃにおいてストライプ幅の変化率が２段階に変化していてもよい。この場合においても、変化領２０ｃ域におけるΔｎの値を第１の領域２０ａ及び第２の領域２０ｂにおけるΔｎの値よりも大きくする。

【００７０】

ストライプ幅の変化率を２段階変化させる場合、前端面側の領域Ｒ１において後端面側の領域Ｒ２と比べてストライプ幅の変化率が小さい、つまり、領域Ｒ１におけるテーパ角θ１が領域Ｒ２におけるテーパ角θ２よりも小さいことが好ましい。これにより、光密度が高い前端面側の部分においてテーパ角が小さくなるため、リッジ側壁における散乱損失の発生をさらに抑えることが可能となる。この場合においても、θ１は０．２３°以下、好ましくは０．１２°以下、さらに好ましくは０．０５°以下とする。またθ１はθ２よりも小さければよいが、図９に示すようにθ１を０度として前端面側の領域Ｒ１を定幅領域としてもよい。

【００７１】

また、ストライプ幅の変化率は２段階以上に変化させてもよい。この場合には、ストライプ幅の変化率が前端面側の領域から後端面側の領域に向かって次第に大きくなるようにすればよい。また、図１０に示すように最も前端面側の領域Ｒ１においてθ１を０度として最も前端面側の領域Ｒ１を定幅領域としてもよい。

【００７２】

なお、ストライプ幅の変化を直線状とする例を示したが、直線である必要はなく、端面反射率の低い前端面におけるストライプ幅が端面反射率が相対的に高い後端面におけるストライプ幅よりも広く、且つ変化領域におけるストライプ幅の共振器長に対する変化率の絶対値が、角度に換算すると０．２３°以下であればどのような形状であってもよい。この場合、テーパ形状による導波路損失の発生をさらに抑制するためには、変化領域におけるストライプ幅の変化率の絶対値が、好ましくは角度に換算すると０．１２°以下であればよく、さらに好ましくは０．０５°以下であればよい。

【００７３】

前端面でのストライプ幅が大きければ電流の注入面積が増大するため素子の微分抵抗が減少すること、高温動作時における熱飽和する光出力レベルを高めることが可能となるが、一方、高次の横モードがカットオフされなくなり、電流－光出力特性においてキンクが発生しやすくなる。このため、前端面のストライプ幅は、２．５μｍ以上５μｍ以下に、好ましくは３μｍ以上４μｍ以下に、さらに好ましくは３．２μｍ以上３．７μｍ以下とすればよい。また、後端面でのストライプ幅は大きければ注入面積が増大するため素子の微分抵抗が減少するが、一方で、高次の横モードがカットオフされなくなり、電流－光出力特性においてキンクが発生しやすくなり、さらに、電流注入領域をテーパ形状とすることによる電流の利用効率も低下する。このため、後端面のストライプ幅は、１μｍ以上３μｍ以下に、好ましくは１．５μｍ以上２．５μｍ以下に、さらに好ましくは１．７μｍ以上２．３μｍ以下とすればよい。

【００７４】

以下に、本発明の一実施形態に係る半導体レーザの製造方法について図面を参照して説明する。図１１は、一実施形態に係る半導体レーザの製造方法を工程順に示している。

【００７５】

まず、図１１（ａ）に示すように、（１００）面から［０１１］方向に１０°傾けた面

を主面とするｎ型ＧａＡｓからなる基板１０の上に、有機金属気相堆積（ＭＯＣＶＤ）法を用いて、厚さが０．５μｍのｎ型ＧａＡｓからなるバッファ層１１、厚さが１．２μｍのｎ型（$Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.51}In_{0.49}P$からなる第１のクラッド層１２、活性層１３、ｐ型（$Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.51}In_{0.49}P$からなる第２のクラッド層１４、厚さが５０ｎｍのｐ型$Ga_{0.51}In_{0.49}P$からなる保護層１５、厚さが０．３μｍのｐ型ＧａＡｓからなるコンタクト層１６を順次形成する。ＭＯＣＶＤ法に代えて分子線エピタキシ（ＭＢＥ）法を用いてもよい。

【００７６】

本実施形態においては、活性層１３は、$(Al_{0.5}Ga_{0.5})_{0.51}In_{0.49}P$からなる第１ガイド層と、３層のＧａＩｎＰからなるウェル層と、２層のＡｌＧａＩｎＰからなるバリア層とＡｌＧａＩｎＰからなる第２ガイド層とを有する歪量子井戸活性層とした。歪み量子井戸活性層に代えて、無歪の量子井戸あるいはバルクを用いてもよい。また活性層の導電型はｐ型であっても、ｎ型であっても、アンドープであっても構わない。

【００７７】

基板をＭＯＣＶＤ反応炉から取り出した後、図１１（ｂ）に示すように熱ＣＶＤ法（３７０℃）を用いてコンタクト層１６の上に０．３μｍのシリコン酸化膜３０を堆積する。

【００７８】

次に、シリコン酸化膜３０をさらにフォトリソグラフィーとドライエッチング技術とによりパターニングし、端面から３０μｍ程度の領域においてコンタクト層１６を露出させる。続いて、図１１（ｃ）に示すように、コンタクト層１６の露出部にＺｎからなる拡散源３１を用いてＺｎを熱拡散させる。これにより、端面の近傍には端面窓部４０ａが形成される。

【００７９】

端面近傍に不純物を拡散し、量子井戸活性層を無秩序化しなければ、１００ｍＷ程度で端面破壊が起こるため、１００ｍＷ以上の高出力動作を得るためには、共振器端面の量子井戸活性層は無秩序化により、レーザ光に対して透明な端面窓部４０ａを形成することが好ましい。

【００８０】

次に、大気圧熱ＣＶＤ法（３７０℃）を用いてコンタクト層１６の上に厚さが０．３μｍのシリコン酸化膜３２を形成した後、フォトリソグラフィーとドライエッチング技術とによりパターニングする。パターニングの際に、レーザ光を取り出す前端面側の第１の領域においては、幅が３．５μｍのストライプとし、後端面側の第２の領域においては幅が２．１μｍのストライプとし、第１の領域と第２の領域との間の変化領域においては、幅３．５μｍから幅２．１μｍへと徐々に狭くなるようにテーパ形状のストライプとする。パターニングしたシリコン酸化膜３２をマスクとして、硫酸系又は塩酸系エッチャントを用いてコンタクト層１６、保護層１５及び第２のクラッド層１４を順次選択的にエッチングして、図１１（ｄ）に示すようなメサ状のストライプ部２０を形成する。メサ状のストライプ部２０を形成した後、マスクとして用いたシリコン酸化膜をフッ酸系の液で除去する。

【００８１】

次に、基板上の全面に第２の電流ブロック層１７ｂとなるシリコン酸化膜を形成する。続いて、フォトリソグラフィーにより、コンタクト層１６の上面と、第１の領域及び第２の領域におけるストライプ部２０の側壁を含むストライプ部２０の両側の領域とが開口するようにレジスト膜をパターニングする。続いて、パターニングしたレジスト膜をマスクとしてシリコン酸化膜を選択的に除去する。これにより、図１２（ａ）に示すように、変化領域において第２の電流ブロック層１７ｂが形成される。なお、図１２（ａ）は、変化領域における断面を示している。

【００８２】

次に、フォトリソグラフィーにより、第１の領域及び第２の領域においてストライプ部２０の側壁を含むストライプ部２０の両側領域のみ開口するようにレジスト膜をパターニ

ングする。続いて、第１の電流ブロック層１７ａとなるＳｉＮ膜を形成した後、レジスト膜上のＳｉＮ膜をリフトオフにより除去する。これにより、図１２（ｂ）に示すように第１の領域及び第２の領域において第１の電流ブロック層１７ａが形成される。

【００８３】

次に、図１１（ｃ）に示すようにコンタクト層１６上にＰ電極１８ａを形成し、基板の裏面にＮ電極１８ｂを形成する。

【００８４】

第１の電流ブロック層にＳｉＮを用い第２の電流ブロック層にSiO_2を用いる例を示した。しかし、第１の領域及び第２の領域におけるΔｎが所望の光分布が得られる範囲となり、変化領域において第１の領域及び第２の領域と比べてΔｎが小さくなるようにできれば、どのような材料を用いてもよい。具体的には、酸化シリコン（SiO_2）、窒化シリコン（ＳｉＮ）、酸化チタン（TiO_2）、酸化アルミニウム（Al_2O_3）、酸化ジルコン（ZrO_2）、酸化タンタル（Ta_2O_5）、酸化セシウム（CeO_2）、酸化ニオブ（Nb_2O_5）及び水素化アモルファスシリコン等から適宜組み合わせて選択すればよい。また、これらの材料の混合物を用いたり、これらの材料からなる多層膜を用いたりしてもよい。

【００８５】

本実施形態は、一般式が$(Al_aGa_b)_cIn_{1-c}P$（但し、０≦ａ＜１、０＜ｂ≦１、ａ＋ｂ＝１、０＜ｃ＜１）で表される材料からなる活性層を有する赤色の半導体レーザ装置について説明した。しかし、一般式が$(Al_aGa_b)_cIn_{1-c}P$（但し、０≦ａ＜１、０＜ｂ≦１、ａ＋ｂ＝１、０＜ｃ＜１）で表される材料からなる活性層を有する赤外の半導体レーザ装置においても同様の効果が得られる。

【００８６】

なお、本実施形態においては、電流注入のための構造をリッジストライプ部としたが、他のストライプ状の構造においても同様の効果が得られる。

【産業上の利用可能性】

【００８７】

本発明に係る半導体レーザ装置及びその製造方法は、外部微分量子効率の低下が小さく、高出力動作状態における発光効率の飽和が生じにくく、安定して基本横モード発振を行う半導体レーザ装置を実現でき、特に赤色及び赤外域の半導体レーザ装置及びその製造方法等として有用である。

【図面の簡単な説明】

【００８８】

【図１】本発明の一実施形態に係る半導体レーザ装置を示す断面図である。

【図２】本発明の一実施形態に係る半導体レーザ装置を示す平面図である。

【図３】一般的な半導体レーザ装置における活性層の動作キャリア密度の水平方向の分布の一例を示すグラフである。

【図４】本発明の一実施形態に係る半導体レーザ装置の第１変形例を示す平面図である。

【図５】ミラー損失(α_m)/（ミラー損失(α_m)＋導波路損失(α_w)）と導波路損失の関係が共振器長により受ける影響を示すグラフである。

【図６】テーパ角度と導波路損失の増大量の関係がストライプ部の内部と外部との実効屈折率差（Δｎ）により受ける影響を示すグラフである。

【図７】本発明の一実施形態に係る半導体レーザ装置の電流－光出力特性を、従来の半導体レーザ装置と比較して示すグラフである。

【図８】本発明の一実施形態に係る半導体レーザ装置の第２変形例を示す平面図である。

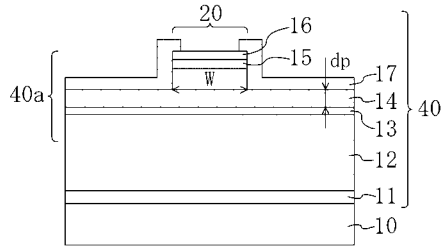
【図９】本発明の一実施形態に係る半導体レーザ装置の第３変形例を示す平面図である。

【図１０】本発明の一実施形態に係る半導体レーザ装置の第４変形例を示す平面図である。

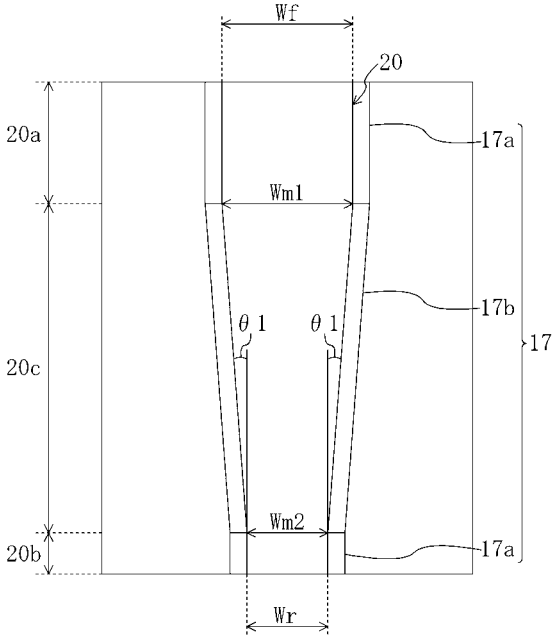
【図１１】本発明の一実施形態に係る半導体レーザ装置の製造方法を工程順に示す断面図である。

【図１２】本発明の一実施形態に係る半導体レーザ装置の製造方法を工程順に示す断面図である。
【図１３】従来例の係る半導体レーザ装置を示す平面図である。
【符号の説明】
【００８９】
１０　基板
１１　バッファ層
１２　第１のクラッド層
１３　活性層
１４　第２のクラッド層
１５　保護層
１６　コンタクト層
１６　記録
１７　電流ブロック層
１７ａ　第１の電流ブロック層
１７ｂ　第２の電流ブロック層
１８ａ　Ｐ電極
１８ｂ　Ｎ電極
２０　ストライプ部
２０ａ　第１の領域
２０ｂ　第２の領域
２０ｃ　変化領域
３０　シリコン酸化膜
３１　Ｚｎ拡散源
３２　シリコン酸化膜
４０　共振器構造
４０ａ　端面窓部

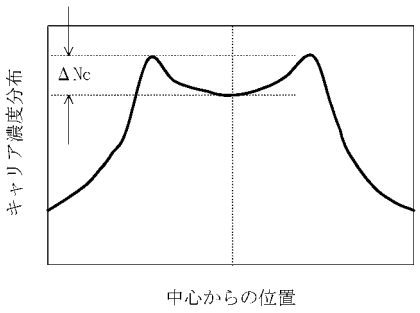
【図１】


20
16
15
dp
W
17
14
13
12
11
10
40a
40

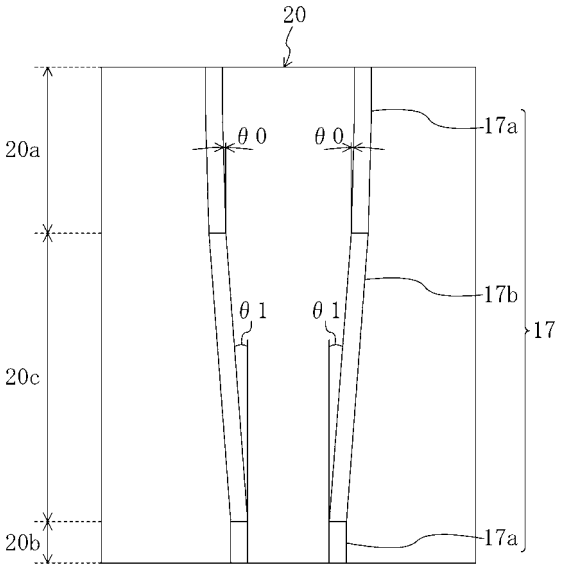
【図２】


Wf
20
20a
17a
Wm1
17b
θ1
θ1
17
20c
Wm2
20b
17a
Wr

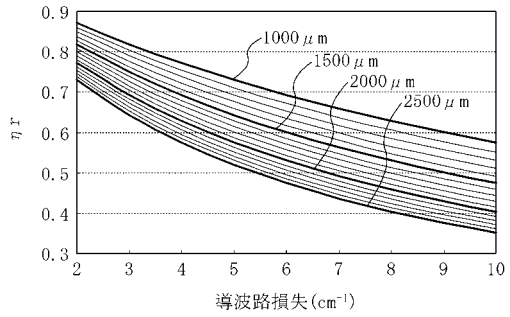
【図３】


ΔNc
キャリア濃度分布
中心からの位置

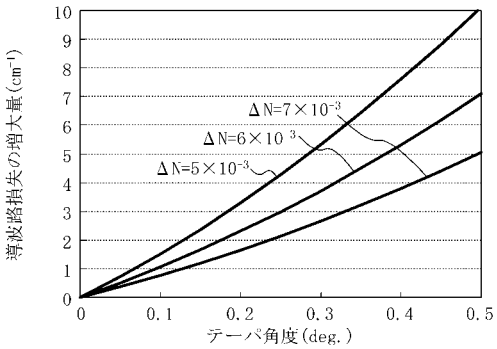
【図４】


20
20a
θ0
θ0
17a
17b
θ1
θ1
17
20c
20b
17a

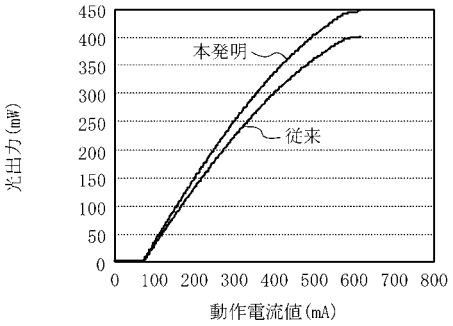
【図５】


0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
ηr
1000μm
1500μm
2000μm
2500μm
2
3
4
5
6
7
8
9
10
導波路損失(cm⁻¹)

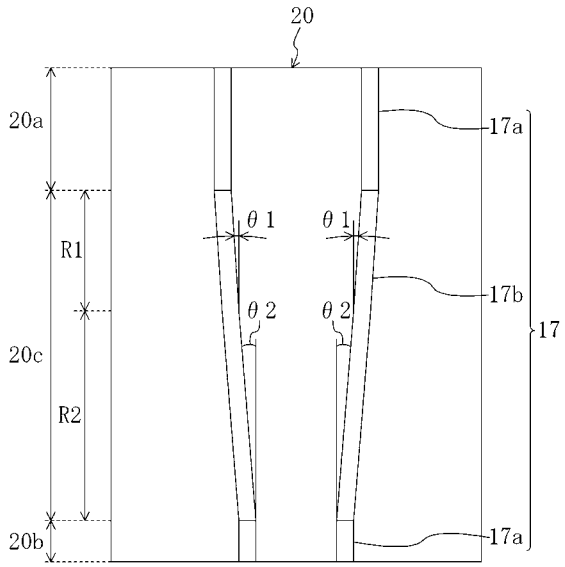
【図６】


10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
導波路損失の増大量(cm⁻¹)
ΔN=7×10⁻³
ΔN=6×10⁻³
ΔN=5×10⁻³
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
テーパ角度(deg.)

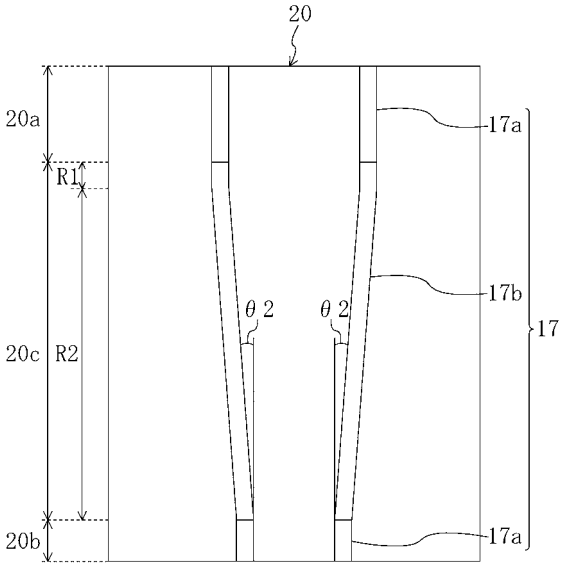
【図７】


450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
光出力(mW)
本発明
従来
0
100
200
300
400
500
600
700
800
動作電流値(mA)

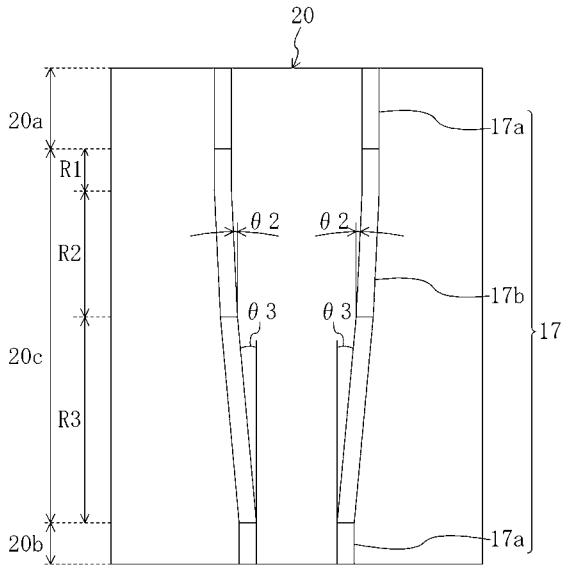
【図８】


20
20a
R1
20c
R2
20b
θ1
θ2
θ1
θ2
17a
17b
17a
17

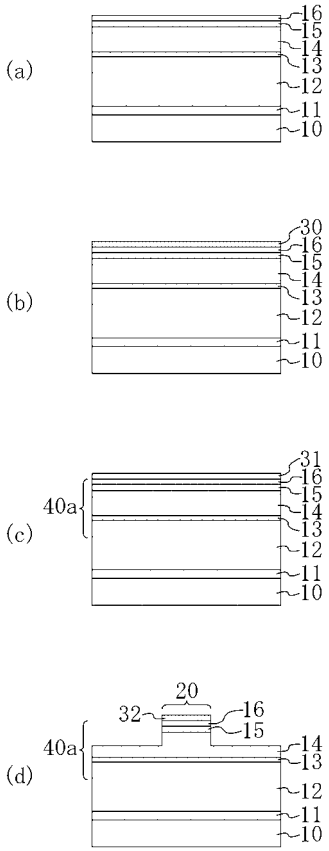
【図９】


20
20a
R1
20c
R2
20b
θ2
θ2
17a
17b
17a
17

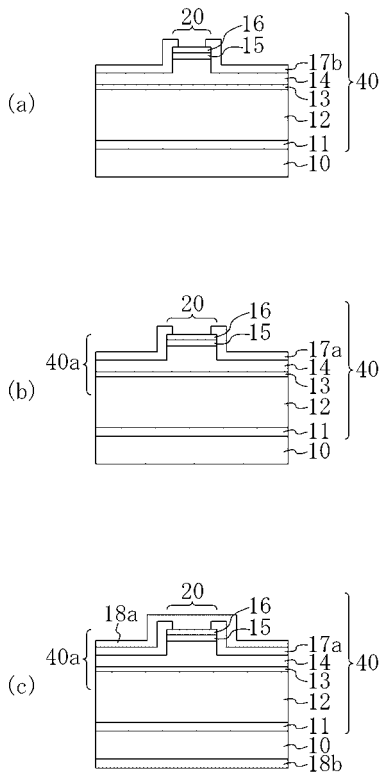
【図１０】



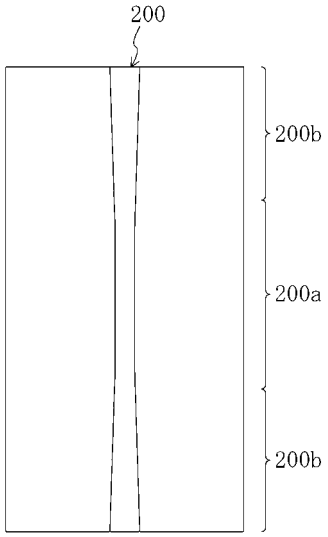
【図１１】



【図１２】



【図１３】



フロントページの続き

(74)代理人 100117581
弁理士 二宮 克也
(74)代理人 100117710
弁理士 原田 智雄
(74)代理人 100121728
弁理士 井関 勝守
(74)代理人 100124671
弁理士 関 啓
(74)代理人 100131060
弁理士 杉浦 靖也
(72)発明者 高山 徹
大阪府門真市大字門真１００６番地 松下電器産業株式会社内
(72)発明者 佐藤 智也
大阪府門真市大字門真１００６番地 松下電器産業株式会社内
(72)発明者 木戸口 勲
大阪府門真市大字門真１００６番地 松下電器産業株式会社内
Ｆターム(参考) 5F173 AA05 AA12 AA44 AF04 AF92 AF96 AH08 AR14 AR23 AR33