

(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2004-342719
(P2004-342719A)

(43) 公開日 平成16年12月2日(2004.12.2)

(51) Int.Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
HO 1 S 5/227	HO 1 S 5/227	5 D 7 8 9
G 1 1 B 7/125	G 1 1 B 7/125 A	5 F O 7 3
HO 1 S 5/085	HO 1 S 5/065 6 1 O	
HO 1 S 5/22	HO 1 S 5/22 6 1 O	
HO 1 S 5/343	HO 1 S 5/343	
審査請求 未請求 請求項の数 24 O L (全 26 頁)		

(21) 出願番号 特願2003-135408 (P2003-135408)	(71) 出願人 000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
(22) 出願日 平成15年5月14日 (2003.5.14)	(71) 出願人 000221339 東芝電子エンジニアリング株式会社 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地
	(74) 代理人 100108062 弁理士 日向寺 雅彦
	(72) 発明者 田中 明 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝マイクロエレクトロニクスセンター内
最終頁に続く	

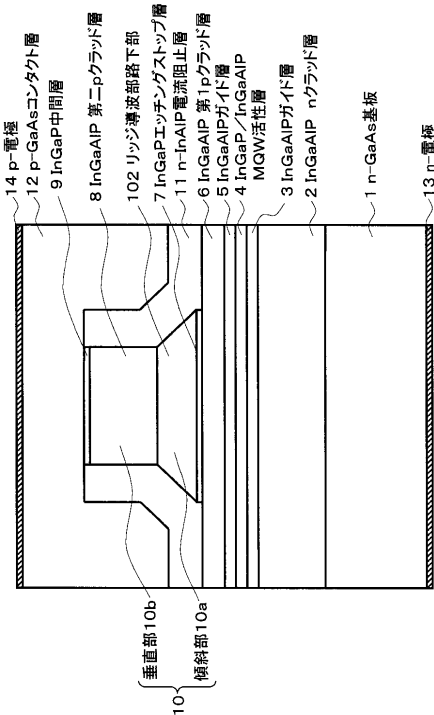
(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 垂直なリッジストライプにより生ずる問題を解決し、発光特性がさらに優れた半導体レーザ装置及びその製造方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 第1導電型のクラッド層(2)と、前記第1導電型のクラッド層の上に設けられた活性層(4)と、前記活性層の上に設けられた第2導電型のクラッド層(6、8)と、を備え、前記第2導電型のクラッド層の少なくとも一部は、リッジストライプ状(10)に形成され、前記リッジストライプは、その上側に設けられ側面が略垂直な垂直部(10b)と、その下側に設けられ前記ストライプの幅が前記活性層に向けて広がるように側面が傾斜した傾斜部(10a)と、を有することを特徴とする半導体レーザ装置を提供する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 導電型の第 1 のクラッド層と、
 前記第 1 のクラッド層の上に設けられた活性層と、
 前記活性層の上に設けられた第 2 導電型の第 2 のクラッド層と、
 を備え、
 前記第 2 のクラッド層の少なくとも一部は、リッジストライプ状に形成され、
 前記リッジストライプは、
 その上側に設けられ側面が略垂直な垂直部と、
 その下側に設けられ前記ストライプの幅が前記活性層に向けて広がるように側面が傾斜した傾斜部と、
 を有することを特徴とする半導体レーザ装置。 10

【請求項 2】

基板と、
 前記基板の上に設けられた第 1 導電型のクラッド層と、
 前記第 1 導電型のクラッド層の上に設けられた活性層と、
 前記活性層の上に設けられた第 2 導電型の第 1 のクラッド層と、
 前記第 1 のクラッド層の上に設けられた第 2 導電型の第 2 のクラッド層と、
 を備え、
 前記第 2 のクラッド層の少なくとも一部は、リッジストライプ状に形成され、
 前記リッジストライプは、
 その上側に設けられ側面が前記基板の主面に対して略垂直な垂直部と、
 その下側に設けられ前記ストライプの幅が前記活性層に向けて広がるように側面が傾斜した傾斜部と、
 を有することを特徴とする半導体レーザ装置。 20

【請求項 3】

前記第 2 のクラッド層の全体が前記リッジストライプ状に形成され、
 前記第 1 のクラッド層と前記第 2 のクラッド層との間に、これらと異なる材料からなるエッチストップ層が設けられたことを特徴とする請求項 2 記載の半導体レーザ装置。

【請求項 4】

前記基板は、その主面が (1 0 0) 面から 5 度乃至 3 5 度傾斜してなることを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の半導体レーザ装置。 30

【請求項 5】

前記リッジストライプの両脇に設けられ前記クラッド層よりも屈折率の低い電流阻止層をさらに備えたことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載の半導体レーザ装置。

【請求項 6】

前記電流阻止層の厚みは、前記傾斜部の厚みよりも小さく、かつ、前記傾斜部の厚みが $0.2 \sim 0.5 \mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項 4 記載の半導体レーザ装置。

【請求項 7】

前記傾斜部の側面と前記活性層の主面との角度は、30 度乃至 60 度であることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 つに記載の半導体レーザ装置。 40

【請求項 8】

一定値以上の出力において自励発振することを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 つに記載の半導体レーザ装置。

【請求項 9】

前記傾斜部の下端における前記リッジストライプのが $1.5 \mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項 8 記載の半導体レーザ装置。

【請求項 10】

前記活性層は、厚さ 20 nm 以上 60 nm 以下の $\text{Al}_y \text{Ga}_{1-y} \text{As}$ ($0 < y < 0.2$) からなることを特徴とする請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 つに記載の半導体レーザ装置。 50

【請求項 1 1】

前記帯状の第 2 のクラッド層は、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_{0.5}\text{P}$ ($0.6 < x < 1$) からなることを特徴とする請求項 1 0 記載の半導体レーザ装置。

【請求項 1 2】

前記活性層は、厚さ 4 nm 以上 8 nm 以下の $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-u}\text{Al}_u)_{0.5}\text{P}$ ($0 < u < 0.2$) からなる井戸層と、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-v}\text{Al}_v)_{0.5}\text{P}$ ($0.2 < v < 0.6$) からなる障壁層と、を交互に 5 回以上 9 回以下積層した多重量子井戸構造を有することを特徴とする請求項 1 ~ 1 1 のいずれか 1 つに記載の半導体レーザ装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 ~ 1 2 のいずれか 1 つに記載の第 1 の半導体レーザ素子と、
前記第 1 のレーザ素子と同一の基板上に形成された、請求項 1 ~ 1 2 のいずれか 1 つに記載の第 2 の半導体レーザ素子と、
を備え、
前記第 1 のレーザ素子と前記第 2 のレーザ素子とは、異なる波長のレーザ光を放出することを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 1 4】

同一の基板を用いて形成された、 AlGaAs 系の半導体レーザ素子と、 InGaAlP 系の半導体レーザ素子と、を備えた半導体レーザ装置であって、
前記 AlGaAs 系の半導体レーザ素子は、
第 1 導電型のクラッド層と、
前記第 1 導電型のクラッド層の上に設けられ、 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ ($0 < y < 0.2$) を含み電流注入により光を放射する活性層と、
前記活性層の上に設けられた第 2 導電型の第 1 のクラッド層と、
前記第 2 導電型の第 1 のクラッド層の上に設けられ、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_{0.5}\text{P}$ ($0.6 < x < 1$) からなる第 2 導電型の第 2 のクラッド層であって、少なくともその一部は、リッジストライプ状に形成され、
前記リッジストライプは、
その上側に設けられ側面が前記基板の主面に対して略垂直な垂直部と、
その下側に設けられ前記ストライプの幅が前記活性層に向けて広がるように側面が傾斜した傾斜部と、を有する第 2 導電型の第 2 のクラッド層と、
を有する半導体レーザ素子であり、
前記 InGaAlP 系の半導体レーザ素子は、
第 1 導電型のクラッド層と、
前記第 1 導電型のクラッド層の上に設けられ、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-u}\text{Al}_u)_{0.5}\text{P}$ ($0 < u < 0.2$) を含む活性層と、
前記活性層の上に設けられた第 2 導電型の第 1 のクラッド層と、
前記第 2 導電型の第 1 のクラッド層の上に設けられ、前記 AlGaAs 系の半導体レーザ素子の前記第 2 導電型の第 2 のクラッド層と該等しい組成の InGaAlP 系材料からなる第 2 導電型の第 2 のクラッド層であって、少なくともその一部は、リッジストライプ状に形成され、前記リッジストライプは、
その上側に設けられ側面が前記基板の主面に対して略垂直な垂直部と、
その下側に設けられ前記ストライプの幅が前記活性層に向けて広がるように側面が傾斜した傾斜部と、を有する第 2 のクラッド層と、を有し、前記 AlGaAs 系の半導体レーザ素子とは異なる波長の光を放射する半導体レーザ素子である、
ことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 1 5】

前記 AlGaAs 系の半導体レーザ素子の前記第 2 導電型の第 2 のクラッド層の前記傾斜部の下端における前記ストライプの幅が $1.5 \mu\text{m}$ 以上であり、
前記 InGaAlP 系の半導体レーザ素子の前記第 2 導電型の第 2 のクラッド層の前記傾斜部の下端における前記ストライプの幅が $1.5 \mu\text{m}$ 以上であり、

前記 AlGaAs 系の半導体レーザ素子および前記 InGaAlP 系の半導体レーザ素子が、一定値以上の出力において自励発振することを特徴とする請求項 14 記載の半導体レーザ装置。

【請求項 16】

前記 AlGaAs 系の半導体レーザ素子の前記活性層は、厚さ 20 nm 以上 60 nm 以下の $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ ($0 < y < 0.2$) からなることを特徴とする請求項 14 または 15 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 17】

前記 InGaAlP 系の半導体レーザ素子の前記活性層は、厚さ 4 nm 以上 8 nm 以下の $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-u}\text{Al}_u)_{0.5}\text{P}$ ($0 < u < 0.2$) からなる井戸層と、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-v}\text{Al}_v)_{0.5}\text{P}$ ($0.2 < v < 0.6$) からなる障壁層と、を交互に 5 回以上 9 回以下積層した多重量子井戸構造の活性層であることを特徴とする請求項 14 ~ 16 のいずれか 1 つに記載の半導体レーザ装置。

【請求項 18】

前記 InGaAlP 系の半導体レーザ素子の前記第 2 導電型の第 1 のクラッド層は、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-t}\text{Al}_t)_{0.5}\text{P}$ ($0.6 < t < 1$) からなり、厚さが 0.15 μm 以上 0.45 μm 以下であり、

前記 AlGaAs 系の半導体レーザ素子の前記第 2 導電型の第 1 のクラッド層は、前記 InGaAlP 系の半導体レーザ素子の前記第 2 導電型の第 1 のクラッド層と該等しい組成の InGaAlP 系材料からなり、厚さが 0.15 μm 以上 0.45 μm 以下であることを特徴とする請求項 14 ~ 17 のいずれか 1 つに記載の半導体レーザ装置。

【請求項 19】

前記 InGaAlP 系の半導体レーザ素子は、前記第 2 導電型の半導体層を挟んでその両側に $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-w}\text{Al}_w)_{0.5}\text{P}$ ($0.7 < w < 1.0$) からなる電流阻止層をさらに備え、

前記 AlGaAs 系の半導体レーザ素子は、前記帯状の第 2 の第 2 導電型半導体層を挟んでその両側に前記 InGaAlP 系の半導体レーザ素子の前記電流阻止層と該等しい組成の InGaAlP 系材料からなる電流阻止層をさらに備えたことを特徴とする請求項 11 ~ 請求項 19 のいずれか 1 つに記載の半導体レーザ装置。

【請求項 20】

前記 InGaAlP 系の半導体レーザ素子と、前記 AlGaAs 系の半導体レーザ素子と、の少なくとも一方の半導体レーザ素子が、前記リッジストライプを挟んでその両側に電流阻止層をさらに有することを特徴とする請求項 14 ~ 19 のいずれか 1 つに記載の半導体レーザ装置。

【請求項 21】

基板上に、第 1 導電型のクラッド層と活性層と第 2 導電型のクラッド層をこの順に形成する工程と、

前記第 2 導電型のクラッド層の上に、ストライプ状の第 1 のマスクを形成する工程と、
前記第 1 のマスクに覆われていない前記第 2 導電型のクラッド層を前記基板の主面に対して略垂直な方向にエッチングすることにより、側面が前記主面に対して略垂直な垂直部を形成する工程と、

前記垂直部の前記側面に第 2 のマスクを形成する工程と、

前記垂直部の周囲に露出させた前記第 2 導電型のクラッド層をエッチングして、側面が傾斜した傾斜部を前記垂直部の下に形成する工程と、

前記垂直部及び前記傾斜部からなるリッジストライプの両脇を覆うように、前記第 2 導電型のクラッド層よりも屈折率の低い電流阻止層を形成する工程と、

を備えたことを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 22】

前記第 2 のマスクを形成する工程は、

前記第 1 のマスクと、前記垂直部の前記側面と、前記垂直部の周囲の前記第 2 導電型のク

10

20

30

40

50

ラッド層と、の表面に、マスク材料層を形成する工程と、
前記主面に対して略垂直な方向にエッチングすることにより、前記垂直部の周囲の前記第2導電型のクラッド層の上に形成された前記マスク材料層を除去し前記垂直部の側面に形成された前記マスク材料層を残留させて前記第2のマスク層とする工程と、
を含むことを特徴とする請求項21記載の半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項23】

前記第1のマスクと前記第2のマスクは、異なる材料からなることを特徴とする請求項21または22に記載の半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項24】

前記傾斜部を形成する工程において、前記第2導電型のクラッド層を等方的なエッチング方法によりエッチングすることを特徴とする請求項21～23のいずれか1つに記載の半導体レーザ装置の製造方法。 10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

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、リッジストライプを有するレーザなどの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、発振波長が600nm～700nmの半導体レーザは、DVD(digital versatile disc)などへの実用化が進み、さらにDVD-R/RWなどの書き込み用に高出力化が進んでいる。このような半導体レーザの素子構造として、「リッジ導波路型」がある。 20

【0003】

図15は、リッジ導波路型の半導体レーザ装置の断面構造を表す模式図である。すなわち、この半導体レーザは、GaAs基板上にInGaAlP系材料で構成したダブルヘテロ接合を設け、上部クラッド層をリッジ形状にし、その両脇に透明な電流阻止層を形成した「実屈折率導波構造」の半導体レーザである。

【0004】

その構造を製造工程に沿って説明すると、以下の如くである。 30

【0005】

すなわちまず、n型GaAs基板1の上に、n型 $In_{0.5}(Ga_{0.3}Al_{0.7})_{0.5}P$ クラッド層2、 $In_{0.5}(Ga_{0.5}Al_{0.5})_{0.5}P$ ガイド層3、InGaP/InGaAlP MQW(Multiple Quantum Well:多重量子井戸)活性層4、 $In_{0.5}(Ga_{0.5}Al_{0.5})_{0.5}P$ ガイド層5、p型 $In_{0.5}(Ga_{0.3}Al_{0.7})_{0.5}P$ 第1クラッド層6、p型 $In_{0.5}Ga_{0.5}P$ エッチングストップ層7、p型 $In_{0.5}(Ga_{0.3}Al_{0.7})_{0.5}P$ 第2クラッド層8、p型 $In_{0.5}Ga_{0.5}P$ 中間層9を順次成長する。

【0006】

次に、RIE(Reactive Ion Etching)などにより、p型 $In_{0.5}(Ga_{0.3}Al_{0.7})_{0.5}P$ 第2クラッド層8まで略垂直にエッチングして、ストライプ状のリッジ型導波路10に形成する。さらに、リッジ導波路10の両脇を、n型 $In_{0.5}Al_{0.5}P$ 電流阻止層11により埋め込み成長する。さらに、全面にp型GaAsコンタクト層12を成長させ、最後に、基板1の裏面側にn側電極13を形成し、p型GaAsコンタクト層12の上にp側電極14を形成する。 40

【0007】

このようなリッジストライプ型レーザは、RIEなどの異方性エッチングにより垂直な側面を有するリッジストライプを形成できるので、ストライプの幅を精密に制御することができ、優れた発光特性を得やすいという特徴がある。

なお、このようなリッジストライプ型レーザは、例えば特許文献1に記載されている。 50

【 0 0 0 8 】

【 特 許 文 献 1 】

国際公開第 0 0 / 2 1 1 6 9 号パンフレット (図 1 など)

【 0 0 0 9 】

【 発 明 が 解 決 し よ う と す る 課 題 】

しかし、このようなリッジストライプ型レーザにおいては、以下に説明する問題があった。

【 0 0 1 0 】

すなわち、リッジストライプを形成した後に、その両脇を結晶で埋め込むと、埋め込み層の結晶性が十分でなく、電気的あるいは光学的な損失が生ずる場合がある。

10

図 1 6 は、リッジストライプの下端付近の断面構造を表す模式図である。

リッジストライプ 1 0 を形成した後、その両脇に、 n 型 $In_{0.5}Al_{0.5}P$ 電流阻止層 1 1 をエピタキシャル成長させる場合、結晶成長面は、図 1 6 に矢印 G_1 、 G_2 で表したように、クラッド層 6 の面およびリッジストライプ 1 0 の側面からそれぞれ垂直方向に進行する。この場合、クラッド層 6 からは、基板に対して略垂直な方向 G_1 に結晶成長が進行する。一方、リッジストライプ 1 0 の側面からは、水平な方向 G_2 に結晶成長が進行する。すると、リッジストライプ 1 0 の下端付近においては、これら成長方位が異なる成長フロントが衝突するため、成長面のモフォロジが乱れ、結晶欠陥が導入されやすくなる。その結果として、埋め込み成長させた電流阻止層 1 1 には、同図にハッチで表したような欠陥領域 D が形成されやすくなる。

20

【 0 0 1 1 】

欠陥領域 D は、多量の結晶欠陥を含むため、電流阻止効果が十分で無い。このため、漏れ電流が増加し、しきい値電流が増加してしまう。また、図 1 7 に例示した如く、欠陥領域において成長が不十分になる場合には、電流阻止層 1 1 に「隙間」が形成されてしまう。例えば MOCVD (Metal - Organic Chemical Vapor Deposition) 法などにより埋め込み成長する場合、リッジストライプ 1 0 の下端の隅部には、結晶成長の材料が供給されにくい。このため、成長が不十分となり、このような「隙間」が形成されやすい。電流阻止層 1 1 にこのような「隙間」が形成されると、電流リークが顕著になる。同時に、光吸収性の GaAs コンタクト層 1 2 がこの「隙間」に侵入して発光領域に接近するために、光損失が増加して発光効率が低下してしまうという

30

【 0 0 1 2 】

本発明は、かかる課題の認識に基づいてなされたものであり、その目的は、垂直なリッジストライプにより生ずる問題を解決し、発光特性がさらに優れた半導体レーザ装置及びその製造方法を提供することにある。

【 0 0 1 3 】

【 課題を解決するための手段 】

上記目的を達成するため、本発明の第 1 の態様によれば、第 1 導電型の第 1 のクラッド層と、前記第 1 のクラッド層の上に設けられた活性層と、前記活性層の上に設けられた第 2 導電型の第 2 のクラッド層と、を備え、前記第 2 のクラッド層の少なくとも一部は、リッジストライプ状に形成され、前記リッジストライプは、その上側に設けられ側面が略垂直な垂直部と、その下側に設けられ前記ストライプの幅が前記活性層に向けて広がるように側面が傾斜した傾斜部と、を有することを特徴とする半導体レーザ装置が提供される。

40

【 0 0 1 4 】

また、本発明の第 2 の態様によれば、基板と、前記基板の上に設けられた第 1 導電型のクラッド層と、前記第 1 導電型のクラッド層の上に設けられた活性層と、前記活性層の上に設けられた第 2 導電型の第 1 のクラッド層と、前記第 1 のクラッド層の上に設けられた第 2 導電型の第 2 のクラッド層と、を備え、前記第 2 のクラッド層の少なくとも一部は、リッジストライプ状に形成され、前記リッジストライプは、その上側に設けられ側面が前記基板の主面に対して略垂直な垂直部と、その下側に設けられ前記ストライプの幅が前記活

50

性層に向けて広がるように側面が傾斜した傾斜部と、を有することを特徴とする半導体レーザ装置が提供される。

【0015】

また、本発明の第3の態様によれば、同一の基板を用いて形成された、AlGaAs系の半導体レーザ素子と、InGaAlP系の半導体レーザ素子と、を備えた半導体レーザ装置であって、前記AlGaAs系の半導体レーザ素子は、

第1導電型のクラッド層と、前記第1導電型のクラッド層の上に設けられ、 $Al_yGa_{1-y}As$ ($0 < y < 0.2$) を含み電流注入により光を放射する活性層と、前記活性層の上に設けられた第2導電型の第1のクラッド層と、前記第2導電型の第1のクラッド層の上に設けられ、 $In_{0.5}(Ga_{1-x}Al_x)_{0.5}P$ ($0.6 < x < 1$) からなる第2導電型の第2のクラッド層であって、少なくともその一部は、リッジストライプ状に形成され、前記リッジストライプは、その上側に設けられ側面が前記基板の主面に対して略垂直な垂直部と、その下側に設けられ前記ストライプの幅が前記活性層に向けて広がるように側面が傾斜した傾斜部と、を有する第2導電型の第2のクラッド層と、を有する半導体レーザ素子であり、前記InGaAlP系の半導体レーザ素子は、第1導電型のクラッド層と、前記第1導電型のクラッド層の上に設けられ、 $In_{0.5}(Ga_{1-u}Al_u)_{0.5}P$ ($0 < u < 0.2$) を含む活性層と、前記活性層の上に設けられた第2導電型の第1のクラッド層と、前記第2導電型の第1のクラッド層の上に設けられ、前記AlGaAs系の半導体レーザ素子の前記第2導電型の第2のクラッド層と該等しい組成のInGaAlP系材料からなる第2導電型の第2のクラッド層であって、少なくともその一部は、リッジストライプ状に形成され、前記リッジストライプは、その上側に設けられ側面が前記基板の主面に対して略垂直な垂直部と、その下側に設けられ前記ストライプの幅が前記活性層に向けて広がるように側面が傾斜した傾斜部と、を有する第2のクラッド層と、を有し、前記AlGaAs系の半導体レーザ素子とは異なる波長の光を放射する半導体レーザ素子である、ことを特徴とする半導体レーザ装置が提供される。

【0016】

また、本発明の第4の態様によれば、基板上に、第1導電型のクラッド層と活性層と第2導電型のクラッド層をこの順に形成する工程と、前記第2導電型のクラッド層の上に、ストライプ状の第1のマスクを形成する工程と、前記第1のマスクに覆われていない前記第2導電型のクラッド層を前記基板の主面に対して略垂直な方向にエッチングすることにより、側面が前記主面に対して略垂直な垂直部を形成する工程と、前記垂直部の前記側面に第2のマスクを形成する工程と、前記垂直部の周囲に露出させた前記第2導電型のクラッド層をエッチングして、側面が傾斜した傾斜部を前記垂直部の下に形成する工程と、前記垂直部及び前記傾斜部からなるリッジストライプの両脇を覆うように、前記第2導電型のクラッド層よりも屈折率の低い電流阻止層を形成する工程と、を備えたことを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法が提供される。

【0017】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しつつ本発明の実施の形態について説明する。

【0018】

(第1の実施の形態)

図1は、本発明の第1の実施の形態にかかる半導体レーザ装置の断面構造を表す模式図である。すなわち、同図は、リッジストライプ型レーザを光共振方向に対して垂直に切断した断面図である。

図1に表したように、本発明においては、リッジストライプの上部は略垂直な側面を有し、一方、リッジストライプの下部においては、その側面が傾斜面とされている。リッジストライプをこのような独特の形状とすることにより、リッジ構造のメリットを維持しつつ、その両脇の埋め込み成長層を良好に成長させることが可能となる。

【0019】

以下、この半導体レーザの構造について具体的に説明する。

10

20

30

40

50

図 1 に例示した半導体レーザは、波長 650 nm 前後で発振可能な半導体レーザである。
 n 型 GaAs 基板 1 の上には、n 型 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}$ P 下部クラッド層 2、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5})_{0.5}$ P 光ガイド層 2、InGaP / InGaAlP MQW (Multiple Quantum Well: 多重量子井戸) 活性層 4、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5})_{0.5}$ P 光ガイド層 5、p 型 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}$ P 上部第 1 クラッド層 6、p 型 $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}$ P エッチングストップ層 7、p 型 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}$ P 上部第 2 クラッド層 8、p 型 $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}$ P 中間層 9、p 型 GaAs コンタクト層 12 がこの順に積層されている。

【0020】

第 2 クラッド層 8 は、ストライプ状にパターンニングされ、リッジストライプ 10 を形成している。そして、リッジストライプ 10 は、その側面が傾斜状に形成された傾斜部 10a と、その側面が略垂直に形成された垂直部 10b と、を有する。リッジストライプ 10 (10a、10b) の両側には、n 型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}$ P 電流阻止層 11 が埋め込み形成されている。そして、コンタクト層 12 により平坦化されている。基板 1 の裏面側には、n 側電極 13 が形成され、コンタクト層 12 の上には、p 側電極 14 が形成されている。

【0021】

ここで、電流阻止層 11 は、上下の電極を介して注入される電流をブロックし、リッジ部に集中させる役割を有する。さらにまた、この電流阻止層 11 は、クラッド層 6、8 よりも低い屈折率を有する材料、または、クラッド層 6、8 よりも大きなバンドギャップを有する材料からなるものとするのが望ましい。

【0022】

すなわち、活性層 4 のバンドギャップよりクラッド層 6、8 のバンドギャップは大きく、さらに大きなバンドギャップを有する化合物半導体材料を、電流阻止層 11 に用いることにより、活性層 4 からクラッド層 6、8、および電流阻止層 11 にしみだしたレーザ光が電流阻止層 11 で吸収を受けなくなり、導波するレーザ光に対する光損失が低減する。光ディスク用途として用いられる AlGaAs 系化合物半導体や InGaAlP 系半導体では、Al 組成を増加するとバンドギャップが大きくなる。電流阻止層 11 のバンドギャップをクラッド層 6、8 よりも大とすることにより、屈折率が減少して、屈折率差によってクラッド層 6、8 に光閉じ込めが行われる、いわゆる「実屈折率導波型構造」を形成することができる。電流阻止層において光吸収が発生する GaAs 電流阻止層などを用いた「複素屈折率導波型構造」においては 20 cm^{-1} 程度の導波路損失があるのに比べ、「実屈折率導波型構造」においては損失が 5 cm^{-1} 程度と非常に小さくなり、低動作電流の半導体レーザを実現できる。

【0023】

以上説明した本実施形態の半導体レーザにおいては、リッジストライプ 10 の上部に略垂直な側面を有する垂直部 10b を設けたことにより、ストライプ幅を精密に制御することができる。リッジストライプの幅がばらつくと、発光共振領域における光の閉じこめ効果の変動したり、放出されるレーザ光の拡がり角度が変動したり、素子抵抗が変動するなどの各種の問題が生ずる。

【0024】

これに対して、本実施形態の半導体レーザにおいては、リッジストライプの上側に垂直部 10b を設けることにより、RIE などの異方性エッチング手段を用いて、精密なエッチング加工が可能となる。その結果として、結晶方位や基板 1 の傾斜角度などに影響されず、所定の位置に所定の幅を有するリッジストライプを形成することができる。つまり、光の閉じこめ効率や、放出レーザ光の光学特性、素子抵抗などのばらつきを抑えて、優れた特性が得られる。

【0025】

一方、本実施形態においては、リッジストライプの下側に、側面を斜面させた傾斜部 10

10

20

30

40

50

aを設けたことにより、その両脇に埋め込み成長する電流阻止層11の結晶性を大幅に改善することが可能となる。

【0026】

図2(a)は、本実施形態の半導体レーザのリッジストラップの下端付近を拡大した模式断面図、また、図2(b)は傾斜部10aの下幅が $2.5\mu\text{m}$ である場合に、傾斜部10aの厚さに対して、しきい値電流、しきい値電圧の変化の様子を表したグラフ図である。図2(b)から分かるように傾斜部10aの厚さが $0.5\mu\text{m}$ よりも厚くなるとリッジ10の上幅が狭くなるため、しきい値電圧が上昇してしまい、 $0.2\mu\text{m}$ より薄くなるとしきい値電流が上昇するため、適正な特性を得るためには $0.2\sim 0.5\mu\text{m}$ の厚さにする必要があることが分かる。

10

【0027】

傾斜部10aの厚さが $0.2\mu\text{m}$ より薄くなるとしきい値電流が上昇することは次のように説明することができる。すなわち、リッジの下端を斜面状にすると、その斜面の上においても、矢印G3で表した方向に結晶が成長する。その結果、矢印G1、G2、G3により表されるように、それぞれ異なる方向に進行する成長フロントが連続的に形成される。このため、電流阻止層11を均一に成長させることができる。つまり、図16及び図17に関して前述したような、欠陥領域Dあるいは「隙間」の発生を抑制し、良好な品質の電流阻止層11を均一に成長させることができる。その結果として、図16及び図17に関して前述したような、電流リークや光損失などの問題を解消し、発光特性や電氣的な特性を向上させることができる。

20

例えば、電流リークが低下することにより、駆動電流を下げて低電流で駆動させることができる。また、電流のロスが少ないので、大出力化も容易となり、例えば、DVD-R/RW用の出力100mW級の半導体レーザを安定して量産することが可能となる。また、駆動電流を低減することにより、半導体レーザの寿命を伸ばして信頼性を向上させることができる。また、動作電圧を低下させることができるので、電源の設計が容易になる。

【0028】

本発明者の実験の結果によれば、傾斜部10aの厚みT1を電流阻止層11の厚みT2よりも厚くすると、埋め込み成長を安定的且つ良好に実施することができた。つまり、傾斜部10aの斜面がこの程度にまで大きくなると、電流阻止層11の成長に対して十分な緩和効果を発揮するものと考えられる。

30

【0029】

また一方、傾斜部10aの側面の角度について調べた結果、 30 度乃至 60 度の範囲において、概ね良好な結果が得られた。つまり、この範囲においては、電流阻止層11の成長フロントを連続的に形成することが可能であると考えられる。

【0030】

また、傾斜部10aと垂直部10bとは、必ずしも同一の材料により形成する必要はない。すなわち、クラッド層や導波路層として作用する範囲であれば、これらを互いに異なる材料により形成することも可能である。

【0031】

また、傾斜部10aの側面は、平面な傾斜面には限定されない。すなわち、傾斜部10aの側面は、例えば、下方に凸の曲面や、上方に凸の曲面であってもよいし、その他、小さな段差を有するものであってもよい。すなわち、活性層に向けてリッジストラップの幅が全体的に広がるような側面であればよい。

40

【0032】

次に、本実施形態の半導体レーザの製造方法について説明する。

図3及び図4は、本実施形態の半導体レーザの製造方法の要部を表す工程断面図である。すなわち、まず図3(a)に表したように、n型GaAs基板1の上に、n型 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}$ 下部クラッド層2、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5})_{0.5}$ P光ガイド層2、 $\text{InGaP}/\text{InGaAlP}$ MQW(Multiple Quantum Well:多重量子井戸)活性層4、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5})_{0.5}$

50

$\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{P}$ 光ガイド層 5、 p 型 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ 上部第 1 クラッド層 6、 p 型 $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{P}$ エッチングストップ層 7、 p 型 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ 上部第 2 クラッド層 8、及び p 型 $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{P}$ 中間層 9、 p 型 GaAs キャップ層（図示せず）をこの順に成長する。そして、その上に、例えば酸化シリコン（ SiO_2 ）からなるマスク 60 を形成する。

【0033】

次に、図 3（b）に表したように、例えば、RIE（Reactive Ion Etching）などの異方性エッチング手段により、中間層 9 から上部第 2 クラッド層の途中まで、略垂直な方向にエッチングする。この時、例えば、アルゴン（Ar）をベースガスとし、 Cl_2 、 BCl_3 、 SiCl_4 などの塩素系プロセスガスなどを用いると、 InGaAlP 系の材料を垂直にエッチングすることが容易となる。このような異方性エッチングを施すことにより、垂直な側面を有するリジストライプの垂直部 10b が形成される。

【0034】

次に、図 3（c）に表したように、ウェーハの表面に、例えば、窒化シリコン（ SiN_x ）膜 62 を堆積する。ここで堆積する膜 62 は、マスク 60 とは異なる材料からなることが望ましい。また、この時、リジストライプの垂直部 10 の側面にも堆積させる必要がある。従って、等方的な堆積が可能な堆積方法により、膜 62 を形成することが望ましい。

【0035】

次に、図 4（a）に表したように、RIE などの異方性エッチングにより膜 62 を、基板 1 の主面に対して略垂直方向にエッチングする。すると、基板 1 の主面に対して平行な面の上の膜 62 はエッチングされ、除去される。一方、リジストライプの垂直部 10b の側面に形成された膜 62 は、略垂直方向から飛来するエッチャントの作用を受けにくいのでエッチングされず残留する。また、このエッチングに際して、膜 62 とマスク 60 との選択比が高いエッチングを用いることが望ましい。例えば、マスク 60 を酸化シリコンにより形成し、膜 62 を窒化シリコンにより形成した場合には、エッチング条件を適宜選択することにより、比較的高い選択比が得られる。従って、リジストライプの垂直部 10b の上に形成されたマスク 60 をエッチングする心配がなくなる。

【0036】

次に、図 4（b）に表したように、上部第 2 クラッド層 8 をエッチングして、リジストライプの傾斜部 10a を形成する。この時、エッチング方法としては、ウェットエッチングや等方的な気相エッチングなどの方法を用いることが望ましい。ウェットエッチャントを用いたいわゆる「順メサエッチング」を行ってもよい。例えば、燐酸系のエッチャントを用いると、（111）結晶面が現れる。さらに Br 等の等方性エッチャントを用いて、エッチングストップ層 7 を除去してもよい。エッチングストップ層 7 を除去することにより、駆動電流のさらなる低減が可能となる。従って、基板 1 の面方位が（100）の場合など、傾斜面を形成することが容易である。またこの時、垂直部 10b は、膜 62 により保護される。

【0037】

次に、図 4（c）に表したように、電流阻止層 11 をエピタキシャル成長させる。この時、図 2 に関して前述したように、リジストライプに傾斜部 10a が設けられているので、電流阻止層 11 を均一に成長させ、リジストライプの下端で欠陥領域や「隙間」が生ずることを防ぐことができる。なお、この時、酸化シリコンなどからなるマスク 60 の上には、電流阻止層 11 と同じ組成の多結晶層が若干成長するが、 p 型 GaAs キャップ層を除去する際に、リフトオフ効果によって同時に除去される。

【0038】

しかる後に、マスク 60 を除去し、さらに p 型 GaAs キャップ層（図示せず）を除去して、図 4（d）に表したように、全体をコンタクト層 12 により埋め込むようにエピタキシャル成長させる。その後、 n 側電極 13 及び p 側電極 14 を形成すると、図 1 に表した

10

20

30

40

50

半導体レーザが完成する。

【0039】

以上説明したように、本実施形態によれば、まず、異方性エッチングによりリッジストライプの垂直部10bを形成し、その側面にマスクとなる膜62を設け、しかる後に等方的エッチングによりリッジストライプの傾斜部10aを形成することができる。このようにして傾斜部10aを設けた後に、電流阻止層11の埋め込み成長を実施すれば、傾斜部においてエピタキシャル成長が円滑に進行し、欠陥領域や「隙間」などの形成を防ぐことができる。

【0040】

その結果として、電流効率が高く、発光特性、信頼性も良好なリッジストライプ型の半導体レーザを安定的に量産することができる。 10

【0041】

なお、図1に例示した具体例のレーザの場合、リッジストライプ10は導波路として作用する。そして、この導波路の下幅が広いと高次の横モードによるキックが発生する。リッジストライプの下幅を $3.0\mu\text{m}$ 以下にし、p型 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ 上部第1クラッド層6の層厚を、 $0.10\mu\text{m} \sim 0.30\mu\text{m}$ 、より好ましくは、 $0.20 \sim 0.25\mu\text{m}$ にすることにより、高次モードの発生を抑制することができる。

【0042】

本実施形態によれば、リッジの下幅を狭くしても、リッジの上部の幅は変わらないので、素子抵抗は上昇せず、動作電圧があまり高くなることもない。また、 InGaAlP 系のリッジ導波路構造半導体レーザでは、電流阻止層11の材料として InAlP を用いる場合が多い。 InAlP は、バンドギャップが広いので、層厚 $0.2\mu\text{m}$ 以上で電流阻止効果を有する。一方、図2に関して前述したように、リッジの傾斜部10aの厚み T_1 は、電流阻止層11の厚み T_2 よりも厚いことが望ましい。そこで、 InAlP 電流阻止層11の厚みは、 $0.3 \sim 0.4\mu\text{m}$ とすることが望ましい。このようにすることで、リーク電流が少ないため低しきい値電流が小さく、また、吸収損失も少ないため発光効率も高くなる。 20

【0043】

ところで、リッジストライプの両脇の埋め込み成長を円滑に実施するために、リッジストライプ全体をメサ状に形成することも考えられる。 30

【0044】

図5は、本発明者が本発明に至る過程で検討した半導体レーザの断面を表す模式図である。同図については、図1乃至図4に関して前述したものと同様の要素には同一の符号を付して、詳細な説明は省略する。

すなわち、図5に表した構造の場合、リッジストライプ10の全体がメサ状に形成されている。なお、これに類似したレーザ装置は、前述した特許文献1にも記載されている。

【0045】

例えば、面方位(100) GaAs 基板1の上に形成するリッジストライプ型レーザにおいて、リッジストライプをウェットエッチングにより形成することにより、図5に表したような順メサ状のリッジストライプ10を形成することができる。 40

【0046】

しかし、このようなウェットエッチングでは、いわゆる「サイドエッチング」が顕著であるため、ストライプマスク(図示せず)を形成しても、マスクの下部にエッチングが進行してストライプ幅の制御が容易でない。

【0047】

またさらに、ウェットエッチングの場合、エッチング速度を精密に制御することも困難である。つまり、リッジの上の幅も、下の幅も「ばらつき」が生じやすい。その結果として、素子抵抗が上昇したり、電気的あるいは光学的な性能のばらつきも大きく、歩留まりも悪い。

【0048】

また一方、基板 1 として、主面の面方位が (1 0 0) などの主要面から所定の方向にずれた、いわゆる「オフ基板」が用いられることが多い。これは、主面の面方位を (1 0 0) 面などからある程度ずらすことにより、表面に原子層のステップが適度な密度で形成され、結晶成長が円滑に進行するからである。オフ基板を用いることによって、最高発振温度などレーザの基本的性能や温度特性が向上する場合が多い。

【 0 0 4 9 】

しかし、このようなオフ基板を用いて図 5 と同様のリッジストライプ型のレーザを製作すると、リッジの左右の側面の傾斜は、図 6 に例示したように左右非対称となる。なお、同図において、基板のオフの方向をストライプの長手方向にしないのは、共振器の垂直端面を劈開により形成するからである。

10

【 0 0 5 0 】

すなわち、もともと幅の制御性が乏しい上に、レーザの活性領域への電流の注入や光の閉じこめ効果も非対称となってしまう。つまり、メサ状のリッジストライプを用いたレーザの場合、特性の改善を目的としてオフ基板を用いても、リッジの側面が左右非対称になるために、性能や歩留まりが低下して、傾斜基板を用いたメリットが相殺されてしまう。

【 0 0 5 1 】

これに対して、本実施形態によれば、リッジストライプの上側に垂直部 1 0 b を設けることにより、これら「幅のばらつき」や「非対称」の問題を解消できる。つまり、本実施形態によれば、リッジストライプの垂直部 1 0 b を R I E などの制御性に優れた方法により形成することにより、ストライプの上部から中程までの範囲の幅を精密に制御することができる。その結果として、光学特性や電気特性を所望の範囲に制御することができる。

20

【 0 0 5 2 】

そして、リッジストライプの下に傾斜部 1 0 a を設けることにより、その両脇の埋め込み成長を均一且つ円滑に進行させ、電流リークなどの問題を防ぐことができる。この場合、傾斜部 1 0 a は、リッジストライプの下方にのみ設ければよいので、ウェットエッチングを用いた場合のエッチング速度のばらつきや、オフ基板を用いた場合の非対称性に起因する問題は、大幅に軽減される。

【 0 0 5 3 】

(第 2 の実施の形態)

次に、本発明の第 2 の実施の形態について説明する。

30

図 7 は、本実施形態にかかる半導体レーザ装置の断面を表す模式図である。すなわち、本実施形態にかかる半導体レーザ装置は、1 0 度オフ乃至 1 5 度オフの G a A s 基板を用いて発振波長 6 5 0 n m と 7 8 0 n m でそれぞれ自励発振する 2 つのレーザ素子を単一のチップに集積させたものである。

【 0 0 5 4 】

1 0 度オフ乃至 1 5 度オフの n 型 G a A s 基板 1 の上には、向かって左右に、レーザ素子領域 A 及び B が形成されている。素子領域 A、B には、それぞれ n 型 G a A s クラッド層 2 を介して、6 5 0 n m 活性層 4 A、7 9 0 n m 活性層 4 B が形成されている。これら活性層の上には、それぞれ p 型 I n G a A l P 上部第 1 クラッド層 6、p 型 I n G a P エッチングストップ層 7、p 型 I n G a A l P 上部第 2 クラッド層 8 が形成されている。そして、第 2 クラッド層 8 は、エッチングストップ層 7 に至るまでエッチングされ、リッジストライプ 1 0 を構成している。リッジストライプ 1 0 は、図 2 に関して前述したように、上側に垂直部 1 0 b、下側に傾斜部 1 0 a を有する。そして、その両脇に n 型 G a A s 電流阻止層 1 1 が埋め込み成長され、さらに、これを覆うように、p 型 G a A s コンタクト層 1 2 がそれぞれ形成されている。

40

【 0 0 5 5 】

そして、基板 1 の裏面側には、n 側電極が設けられ、コンタクト層 1 2 の上には、p 側電極 1 4 が設けられている。

【 0 0 5 6 】

実施形態によれば、傾斜部 1 0 a と垂直部 1 0 b とが設けられたリッジストライプを形成

50

することにより、オフ基板 1 の上に、優れた性能の 2 波長集積型レーザ素子を実現できる。

【0057】

ここでまず、自励発振型のレーザについて簡単に説明する。

すなわち、戻り光によるレーザのノイズレベルの増大を改善するため、従来は高周波を重ねて可干渉性を低減するなどの対策を行っている。しかし、これらの方式では、高周波重畳回路の消費電力が大きく、また回路からの電磁輻射 (EMI) が大きく、結果として省電力化や小型化、筐体の樹脂化が困難という問題点があった。これらの問題に対し、自励発振型のレーザは、高周波重畳回路を不要とし、しかも戻り光がある場合にも低いノイズレベルを得ることができる。

10

【0058】

自励発振型の半導体レーザは、活性域と吸収域との間での相互作用により、自励発振を生ずる。自励発振の開始や、注入電流の変化に対する自励発振の持続性などの基本的な特性は、活性域や吸収域の構造や大きさに対して非常に敏感である。安定した自励発振を得るためには、リッジストライプの幅などの構造パラメータの制御が重要である。

【0059】

塩素系ガスを用いた RIE によって InGaAlP 四元混晶を垂直にエッチングすることが可能であるので、従来のようにサイドエッチを発生させず、マスクパターンを正確に半導体層に転写することが可能である。GaAs オフ基板上に成長した p 型 InGaAlP 四元混晶も垂直にエッチングすることも可能である。

20

【0060】

同一基板上に発振波長 650 nm 付近と 780 nm 付近の素子をモノリシックに形成する製造方法としては、例えば、特開 2000-11417 号公報に記載されて方法を用いることができる。オフ基板を用いる場合には、結晶成長やプロセス条件は多少変わるが、同公報に記載されている製造プロセスにおいて、一部の処理条件を変更することにより、実施可能である。

【0061】

DVD 等に用いる 650 nm 付近の発振波長を得るには、活性層 4A として、例えば InGaP 系の MQW を用いればよい。また、CD (compact disc) 等に用いる 780 nm 側の発振波長を得るには、活性層 4B として、例えば AlGaAs 系の MQW を用いればよい。活性層 4A、4B の構造は、他の構造でも可能でありここでは省略する。

30

【0062】

本実施形態においては、図 2 乃至図 4 に関して前述した方法により、傾斜部 10a と垂直部 10b とを有するリッジストライプ 10 を形成できる。

【0063】

半導体レーザにおいて自励発振を発生させるためには、可飽和吸収体構造が必要とされる。これに対して、本発明によれば、リッジストライプに垂直部 10b と傾斜部 10a とを設けることにより、優れた可飽和吸収構造が得られる。すなわち、GaAs を基本材料とした波長帯では、図 7 に表した本発明のリッジ型の素子構造のように、リッジの下側に傾斜部 10a を設けることによって、活性領域 300、350 の横方向に横モードが広がるようにして可飽和吸収領域 310、360 を形成することができる。なお、図 7 において、活性領域 300、350 と吸収領域 310、360 の形状はおよその位置と大きさを示すものであって、定量的なものではない。

40

【0064】

図 7 に例示したような可飽和吸収領域 310、360 を設けた素子構造は、可飽和吸収層を導入する構造に比べて最適な自励発振を得られる構造パラメータの範囲は狭いものの、温度特性が優れるという利点がある。本発明においては、第 1 実施形態に関して前述した如く、リッジの垂直部 10b を RIE などにより形成できる。つまり、制御性と再現性に優れるリッジストライプを得ることができるため、図 7 に示したような可飽和吸収体構造

50

を選んで素子を製作し、優れた自励発振特性を得ることができる。

【0065】

本実施形態により得られる自励発振特性の一例として、図7の素子領域Bに形成した発振波長790nmのCDピックアップ用のレーザについて説明する。このレーザ素子は、アップサイドダウンにしてダイボンディングし、ワイヤー他のアセンブリを行った。

【0066】

図8は、このレーザの電流 - 光出力特性を表すグラフ図である。25 と70 で、スロープ効率がほとんど変化しない素子が得られていることが分かる。

【0067】

図9は、戻り光に対する相対雑音強度RIN (r e l a t i v e i n t e n s i t y n o i s e) を測定した結果を表すグラフ図である。なお、測定は、25 で出力4mWにおいて実施した。

戻り光が増加してもノイズレベルは上昇せず、いわゆる戻り光に強いレーザ素子が得られていることがわかる。

【0068】

図10は、同じレーザ素子の70 におけるRINの測定結果を表すグラフ図である。25 の場合と同様に、戻り光が増加してもノイズレベルが上昇しない特性が得られていることが分かる。従って、このレーザ素子を例えばCDシステムのピックアップヘッドに用いれば、広い温度範囲にわたって安定して動作し、予期しないディスク面や光学系からの戻り光に対してもレーザのノイズレベルが上昇せず、安定した高いS/N比の信号光を受光することができる。

【0069】

図11(a)は、発振スペクトルを表すグラフ図である。また、同図(b)は、可干渉性(ビジビリティ)の測定結果を表すグラフ図である。これらの測定は、25 で出力4mWにおいて実施した。

【0070】

グラフの中央のピークP1は位相差0の光を重ね合わせた干渉光強度を表わし、左右に隣接するピークP2、P3はそれぞれ、位相差がプラスマイナス2 ずれた光を重ね合わせた干渉光強度を表わす。
$$C = (P2 + P3) / 2 \times P1$$
と定義した数値 C をもちいて可干渉性の強さが表わすことができる。C = 1 の場合は完全にコヒーレントの光であり、C = 0 の場合は完全にコヒーレント性を失っていることを示す。光ディスク用途のレーザでは、C は80%以下数十%以上であることが望ましい。

【0071】

図11(a)においては、自励発振に特有の発振スペクトルが見られる。また同図(b)において、C は25%という低い値であることが分かる。

【0072】

すなわち、このレーザ素子のRINの最大値は-130dB/Hzを下回り、かつコヒーレンシーが25%である。これは、現在のCDシステムに用いるのに十分な性能であるといえる。さらに、本発明者の試作の結果によれば、本発明によるチップの歩留まりは100%に近く、リジストラップの幅の変動による歩留まりの低下は皆無に近い結果が得られた。

【0073】

また一方、GaAs基板1のオフ角度について検討した結果、結晶成長と素子性能に関して良好且つ再現性のある効果が得られたオフ角度の範囲は、概ね5度~35度であった。さらに、オフ角度が10度~15度の範囲において、より安定した結果が得られる傾向が見られた。

【0074】

また一方、発振波長650nm付近の素子でもDVDディスクシステムに必要な特性を得ることができた。

【0075】

以上説明したように、本実施形態においては、リッジストライプに傾斜部 10a と垂直部 10b とを設けることにより、リッジ幅を精密に制御し、且つ電流阻止層の埋め込みを円滑に実施できる。またさらに、下方に向けて裾拡がりの傾斜部 10a を設けることにより、活性領域の両側に可飽和吸収領域を形成することができ、自励発振を安定して生じさせることができる。

【0076】

(第3の実施の形態)

次に、本発明の第3の実施の形態として、多波長集積化半導体レーザのもう1つの具体例について説明する。

図12は、本実施形態にかかる多波長集積化半導体レーザの断面構造を表す模式図である。すなわち、同図は、レーザの共振方向に対して垂直な方向に切断した断面構造を表す。

【0077】

本実施形態においても、基板1の上に、第1のレーザAと第2のレーザBとが集積されている。そして、図12から分かるように、これらレーザのリッジ部分28A、28Bは、基板主面に対して略垂直な側面を有する垂直部と、傾斜した傾斜部と、を有する。これにより、6mW程度の高出力まで自励発振を得ることができ、3～6mW程度の広い出力領域で自励発振を得ることができる。以下、図面を参照しつつ、その構造について詳述する。

【0078】

この2波長集積化半導体レーザ装置は、活性層24AがAlGaAs系材料からなる図中左側のAlGaAs系の半導体レーザ素子Aと、活性層24BがInGaAlP系材料からなる図中右側のInGaAlP系の半導体レーザ素子Bと、を備える。図中左側のAlGaAs系の半導体レーザ素子AはCD用の素子であり、図中右側のInGaAlP系の半導体レーザ素子BはDVD用の素子である。CD用の素子Aは、780nm帯のレーザ素子であり、DVD用の素子Bは、650nm帯のレーザ素子である。なお、「780nm帯のレーザ素子」とは、波長が約770nm～790nmのレーザ光を放射する素子であり、「650nm帯のレーザ素子」とは、波長が約630nm～700nmのレーザ光を放射する素子である。

【0079】

図中左側のCD用のレーザ素子Aは、n型(第1導電型)GaAs基板1上に、In_{0.5}(Ga_{0.3}Al_{0.7})_{0.5}Pからなるn型クラッド層22A、Al_{0.12}Ga_{0.88}Asからなる厚さ50nmの単層の活性層24A、In_{0.5}(Ga_{0.3}Al_{0.7})_{0.5}Pからなる厚さ0.35μmの第1のp型(第2導電型)クラッド層25A、In_{0.5}Ga_{0.5}Pからなるエッチングストップ層26A、が順次形成された構造を有する。

【0080】

このエッチングストップ層26A上の一部には、共振方向に沿って延在するIn_{0.5}(Ga_{0.3}Al_{0.7})_{0.5}Pからなるリッジ状(帯状)の第2のp型クラッド層(リッジ部分)28Aが形成されている。このリッジ部分28Aは、図12に表したように、側壁が基板主面に対して傾斜した傾斜部28Aaと、側壁が基板主面に対して略垂直な垂直部28Abと、を有する。リッジ側面が基板主面となす傾斜角度についてみると、垂直部28Abにおいては、ほぼ90度に近いのに対して、傾斜部においては、概ね80度未満とされている。つまり、リッジ28Aは、その下側の傾斜部28Aaにおいて、下方に広がる形状を与えられている。このリッジ部分28Aは、活性層24Aに効果的に光を閉じ込めるために、その厚さが約1μmとされている。このリッジ部分28Aの両側には、n型のInAlPからなる電流阻止層31Aが形成されている。この電流阻止層31Aおよびリッジ部分28Aの上には、GaAsからなるp型コンタクト層35Aが形成されている。

【0081】

一方、図中右側のDVD用のレーザ素子Bは、同一のn型GaAs基板1上に、n型Ga

As からなるバッファ層 21、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ からなる n 型クラッド層 22B、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5})_{0.5}\text{P}$ からなる n 側ガイド層 23B、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-u}\text{Al}_u)_{0.5}\text{P}$ ($0 < u < 0.2$) を含む活性層 24B、が順次形成された構造を有する。この活性層 24B は、より詳しくは、厚さ 6 nm の InGaP からなる井戸層と、厚さ 6 nm の InGaAlP からなるバリア層と、を交互に 7 回積層した MQW (Multiple Quantum Well) 構造である。この活性層 24B の上には、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5})_{0.5}\text{P}$ からなる p 側ガイド層 25B、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ からなる厚さ 0.35 μm の第 1 の p 型クラッド層 26B、p 型 $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{P}$ からなるエッチングストップ層 27B、が順次形成されている。このエッチングストップ層 27B の上には、第 2 の p 型クラッド層 (リッジ部分) 28B が形成されている。このリッジ部分 28B は、図中左側の AlGaAs 系の半導体レーザ素子 A のリッジ部分 28A と該等しい組成の InGaAlP 系材料、つまり $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ からなる。このリッジ部分 28B の形状は、図中左側の AlGaAs 系の半導体レーザ素子 A のリッジ部分 28A と略同一である。すなわち、傾斜部 28Ba と、垂直部 28Bb と、を有する。また、電流阻止層 31B、p 型コンタクト層 35B、は図中左側の CD 用のレーザ素子 A と共通である。この図中右側の素子 B と、図中左側の素子 A と、の間には分離溝 43 が形成されている。

【0082】

図 12 のレーザ装置の図中左側の素子 A では、図中下側の n 側電極 41 と、図中上側の p 側電極 42 と、から活性層 24A に電流が注入される。このうち、p 側電極 42 からの電流は、電流阻止層 31A を流れず、リッジ部分 28A に集められる。このため、p 側電極 42 からの電流は、リッジ部分 28A 直下の活性層 24A に集中して注入される。この電流注入により、リッジ部分 28A 直下の活性層 24A から波長 780 nm の光が放射される。この光は増幅されてレーザ光となり、波長 780 nm のレーザ光が紙面と垂直方向に放射される。

【0083】

一方、図中右側の素子 B から、同様に、リッジ部分 28B 直下の活性層 24B の付近から、波長 650 nm のレーザ光が紙面と垂直方向に放射される。

【0084】

なお、素子 A における基板 1 の厚さはおよそ 100 μm 、積層体 22A ~ 35A の厚さは数 μm 、であるが、図 12 においては、説明の便宜上、縮尺を適宜変えて表した。

【0085】

図 12 の半導体レーザ装置の特徴の 1 つは、上側に垂直部、下側に傾斜部を有するリッジ部分 28A、28B において、下端のリッジ幅を 4.0 μm としたのに対し、上端の幅を 3.2 μm とした点にある。また、これらリッジ部分 28A、28B の傾斜部 (28Aa、28Ba) の側面と基板主面とがなす角度は、概ね 80 度未満とした。

【0086】

後述するように、傾斜部 28Aa、28Ba はウェットエッチングで形成されるのに対し、垂直部 28Ab、28Bb はドライエッチングにより形成される。なお、リッジ部分 28A、28B の厚さ (高さ) は、約 1 μm である。本実施形態においては、このようにリッジ部分 28A、28B に垂直部と傾斜部とを設けることにより、6 mW の高出力まで自励発振を得ることができる。また、下限も、素子によるばらつきがあるが、3 mW 程度から自励発振が得られる。従って、3 ~ 6 mW 程度の広い出力領域で、自励発振を得ることができる。

【0087】

このように広い出力領域で自励発振を得ることができる理由について、本発明者は、以下のように考えている。すなわち、本実施形態においては、リッジ部分 28A、28B の上側に垂直部 (28Ab、28Ba) を設け、一方、下側には傾斜部 (28Aa、28Ba) を設けている。このため、p 側電極 42 から注入された電流は、リッジ部分 28A、2

8 B の垂直部から傾斜部に広がって均一に流れ、利得がリッジ部分 2 8 A、2 8 B の下部の全体に広がる。これにより、活性層 2 4 A、2 4 B において、利得が高い部分の面積が増加し、吸収が起こる部分の面積は減少する。利得が広い領域に分散するため、利得のピーク強度は大幅に抑制される。このように利得のピーク強度が抑制されると、電流阻止層 3 1 A、3 1 B の直下の部分の活性層 2 4 A、2 4 B の吸収の効果が相対的に大きくなる。そして、前述のように、吸収の効果が起こりやすくなるほど、自励発振が起こりやすくなる。この結果、広い出力領域で自励発振を得ることができると考えている。

【0088】

自励発振レーザにおいて、リッジ部分 2 8 A、2 8 B の上側に垂直部を設け、下側に傾斜部を設けることは、通常の技術者にとって思いもよらないことである。なぜなら、従来は、リッジ部分 2 8 A、2 8 B の上辺の幅を広くすれば、利得が高くなる部分の活性層 2 4 A、2 4 B の面積が増えて、自励発振が起こりにくくなると考えられていたからである。また、リッジ部分 2 8 A、2 8 B の上側に垂直部を設けるためには、ウェットエッチングではなくドライエッチングにより形成する必要がある、リッジ部分 2 8 A、2 8 B の結晶性が低下してしまうという虞があった。

10

【0089】

しかし、本発明者は、従来の技術常識に反し、リッジ部分 2 8 A、2 8 B の上側に垂直部、下側に傾斜部を設けることにより、自励発振が起こりやすくなることを独自に知得した。これは、利得が高くなる部分の活性層 2 4 A、2 4 B の面積が増えるというデメリットよりも、利得のピーク強度が弱くなるというメリットが大きくなって、電流阻止層 3 1 A、3 1 B の直下における活性層 2 4 A、2 4 B の吸収の効果が相対的に大きくなるからであると考えられる。また、リッジ部分 2 8 A、2 8 B の結晶性が低下してしまうというデメリットよりも、上述のメリットの方が大きくなるからであると考えられる。

20

【0090】

すなわち、半導体レーザにおいて自励発振を発生させるためには、レーザ光が伝搬する活性層近傍に可飽和吸収体 S A が形成されることが必要となる。図 1 3 に比較例として例示したように、p 型クラッド層 6 の平坦部分の厚さ h が比較的厚く、比較的厚い活性層 4 を導波するレーザ光は、活性層 4 の面方向に沿ってリッジの外側方向へ拡がる。一方、p 型コンタクト層 1 2 から注入される電流 I は、n 型電流阻止層 1 1 によって狭窄され、リッジ付近の一定範囲よりも外側には流れない。この範囲は、p 型クラッド層 6 のドーピング濃度とリッジ形状によって決定される。このような構造においてリッジの幅と形状を適切に調整すると、リッジよりも外側の活性層 4 の一部で、レーザ光が導波しているが注入電流が存在しない領域が発生する。この領域では、レーザ光が吸収されることによってキャリアが励起される光吸収領域となり、一定以上のキャリアが励起されると光吸収が飽和してしまうため、可飽和吸収体 S A として作用する。

30

【0091】

以上の点から、導波されるレーザ光が活性層の面方向に沿ってリッジの外側へ拡がるほど、可飽和吸収体 S A の体積が大きくなり、自励発振が発生しやすくなることが分かる。図 1 3 において点線で表した導波レーザ光の一次モード、垂直方向光強度分布、水平方向光強度分布がこれにあたる。ただし、可飽和吸収体 S A の体積が大きくなりすぎると、動作電流の増加を招き、光ピックアップ用途に適さなくなるため、適切な体積の可飽和吸収体 S A が形成されることが必要となる。

40

【0092】

このため、自励発振半導体レーザでは、活性層 4 の厚さ、p 型クラッド層 6 の平坦部の高さ h、及びリッジ幅を調整する。活性層 4 を厚く、高さ h を大きく、リッジ幅を狭くしたほうが、可飽和吸収体 S A の体積が大きくなる。一方、活性層厚 4 や高さ h が大きくなれば、動作電流 I_{op} が増加する。また、リッジ幅を狭くすると動作電圧 V_{op} が大きくなる。これらを勘案し、適切な体積の可飽和吸収体が形成されるよう設計する。

【0093】

活性層のバンドギャップよりも大きなバンドギャップを有する化合物半導体材料を電流阻

50

止層に用いた実屈折率導波型半導体レーザでは、活性層のバンドギャップより小さな化合物半導体材料によって電流阻止層を形成した複素屈折率導波型半導体レーザに比べて、電流阻止層による光吸収がないため、導波レーザ光のリッジの外側への拡がりが大きくなる。このため、複素屈折率導波型半導体レーザに比べて活性層厚や高さ h を小さくしても、自励発振に必要な可飽和吸収体の体積が得られる。したがって、実屈折率導波型半導体レーザ構造では、図13に表したように、低電流で良好な自励発振が発生する半導体レーザが得られることが理論的に期待される。

【0094】

しかし、リッジ全体の形状が矩形に近く、リッジ側面と結晶面とのなす角度が急峻であると、電流阻止層11を構成する化合物半導体の結晶成長が良好におこなわれないため、第1実施形態に関して前述したような不具合が生じる。一方、リッジ側面と結晶面とのなす角度が全体的になだらかで、良好な結晶成長が行える場合には、自励発振を生じさせるために必要な $2\mu\text{m}$ 以上、 $5\mu\text{m}$ 以下のリッジ底部幅を得るために、リッジ上部の幅が $1\mu\text{m}$ 程度までに狭くなり、 V_{op} が高くなるなどの不都合が生じる。このように、従来技術では、実屈折率導波型構造でも良好な動作が得られなかった。

【0095】

これに対して、本発明によれば、リッジ部分28A、28Bの上側に垂直部を設け、下側に傾斜部を設けることによって、実屈折率導波型構造を用いた自励発振半導体レーザにおいて、低電流で、光ディスク用途に適する V_{op} が得られるとともに、良好な自励発振動作が得られる自励発振型半導体レーザをはじめて実現することができた。

【0096】

また、本実施形態のレーザ装置では、上述したようにリッジ部分の垂直部28Ab、28Bbの結晶性は、ドライエッチングによりやや低下する虞がある。しかし、動作電圧は、従来と同程度に維持することができる。これは、垂直部を設けることにより、結果としてリッジ部分の28A、28Bの上端の幅が広がるので、リッジ部分28A、28Bとコンタクト層35A、35Bとの接触面積が増え、リッジ部分に電流が流れやすくなるからであると考えられる。

【0097】

また、本実施形態のレーザ装置では、寿命も従来と同程度に維持することができる。これは、リッジ部分28A、28Bの上端の幅が広いので、リッジ部分28A、28Bの単位面積あたりに流れる電流量が減少し、単位面積あたりにかかる負荷が減少するからであると考えられる。

【0098】

また、本実施形態の半導体レーザ装置では、図12左側のAlGaAs系の半導体レーザ素子Aにおいて、リッジ部分28Aの材質を、図中右側のInGaAlP系の半導体レーザ素子Bのリッジ部分28Dと該等しい $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ としている。また、電流阻止層31Aおよびp型コンタクト層35Aも、図中右側のInGaAlP系の半導体レーザ素子Bと共通にしている。このためリッジ部分28A、28Bの形成以降の工程、つまり、リッジ部分28A、28B、電流阻止層31A、31B、およびp型コンタクト層35A、35Bの形成工程を、左右の素子A、Bについて同時に行うことができる。これにより、製造工程を簡略化し、生産性や歩留まりを高くすることができる。

【0099】

図14は、比較例のレーザ装置の断面構造を表す模式図である。同図については、図12に表したものと同様の要素には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

【0100】

本比較例のレーザ装置は、GaAs基板1の上に、レーザ素子Cとレーザ素子Dとが集積されている。レーザ素子Cは、AlGaAs系の半導体レーザであり、そのリッジ部分28Cは、基板1の主面に対して傾斜した側面を全体的に有する。また、このリッジ部分28Cには、 $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ 等のAlGaAs系材料が用いられている。これは

10

20

30

40

50

、リッジ部分 28C に、図 12 のような高 Al 組成の $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ を用いると、リッジ部分 28C と活性層 24A とのバンドギャップ差および屈折率差が大きくなりすぎて、モードが不安定になり、自励発振が起こりにくくなると考えられていたからである。

【0101】

しかしながら、図 12 の素子 A では、上述の如く良好な自励発振が得られた。これは、上述したリッジ部分 28A に垂直部 28Ab と傾斜部 28Aa とを設けた効果が大きいからであると考えられる。

【0102】

また、図 12 のレーザ装置では、図中左側の AlGaAs 系の半導体レーザ素子 A において、活性層 24A を 50nm と厚くしたので、導波モードを活性層 24A に閉じ込め、活性層 24A での吸収を起こりやすくして、自励発振を起こりやすくすることができる。また、図 12 のレーザ装置では、図中右側の InGaAlP 系の半導体レーザ素子 B において、活性層 24B の井戸層の合計の厚さを 36nm と厚くしたので、導波モードを活性層 24B に閉じ込め、活性層 24B での吸収を起こりやすくして、自励発振を起こりやすくすることができる。

【0103】

次に、図 12 のレーザ装置のリッジ部分 28A、28B の形状について検討する。すなわち、図 12 のレーザ装置では、リッジ部分 28A、28B を、厚さ $1.0\mu\text{m}$ 、下端の幅 $4.0\mu\text{m}$ 、上端の幅 $3.2\mu\text{m}$ としたが、これを他の形状にすることもできるので、その形状について説明する。

【0104】

本発明者の検討の結果、リッジ部分の下端の幅を $1.5\mu\text{m}$ 以上にすると、自励発振が起こりやすくなった。これは、下辺の幅を $1.5\mu\text{m}$ 未満にすると、電流が活性層 24A、24B の中央部に集中され、本発明の効果が得にくくなるからであると解析される。

【0105】

また、下端の幅が $5.0\mu\text{m}$ 以下の範囲であれば、高次モードの発生が起こりにくく、良好な結果が得られた。つまり、図 14 に表した比較例の半導体レーザ素子よりも、高次モードの発生が起こりにくかった。この理由は、リッジ部分 28A、28B の上側に垂直部、下側に傾斜部を設けると、リッジ部分 28A、28B の全体に均一に電流が拡がり、高次モードが起こりにくくなるからであると考えられる。もっとも、下端の幅を $5.0\mu\text{m}$ よりも大きくすると、高次モードが発生し易くなる傾向が見られた。以上から、下端の幅が $1.5\mu\text{m}$ 以上、好ましくは $3.0\mu\text{m}$ 以上 $5.0\mu\text{m}$ 以下であれば、良好な結果が得られることが分かった。

【0106】

また、リッジ部分 28A の厚さを変えて実験を行ったところ、厚さが $0.7\mu\text{m}$ 以上 $1.4\mu\text{m}$ 以下の範囲で良好な結果が得られた。

【0107】

以上説明したように、本実施形態によれば、前述した第 2 実施形態と同様に、安定した自励発振を生じさせることができる多波長集積型レーザ装置を実現できる。本発明の第 2 実施形態及び第 3 実施形態によれば、光ドライブシステムに用いて好適な多波長集積型レーザ装置を実現できる。以下、この技術的な意義について説明する。

【0108】

CD ドライブ用（波長 780nm 帯）のレーザと DVD ドライブ用（波長 650nm 帯）のレーザを同一基板上に 7 多波長レーザ（二波長レーザ）は、CD 用と DVD 用の光学部品を兼用させて光ピックアップを構成する事が可能であり、光ピックアップのコスト低減、光軸調整作業の能率向上に多大な効果があり、CD / DVD 読み取り用レーザのトレンドとなっている。

【0109】

しかしながら、従来、このようなレーザに関しては、以下のような問題があった。同一基

板上に素子を形成した二波長レーザはおおむね 2 つのタイプに分けられる。一つは、AlGaAs のバルク活性層とする CD 用レーザ、InGaP / InGaAlP の MQW 活性層を有する DVD 用レーザに共通の InGaAlP クラッド層を用いてウェットエッチで P クラッド層のリッジストライプを形成し、n 型 GaAs を共通電流ブロック層とする波長スペクトルが単モードの二波長レーザである。このレーザは、光ディスクからの戻り光の影響による雑音発生を防止するため、駆動 DC 電流に高周波を重ねて、単モードを多モードにしてコヒーレンシーを低下させなければならない。この高周波重ねによって、不要な電波が輻射される不要輻射が発生する場合がある。この不要輻射をドライブ外に出さないため、筐体を金属にしなければならず、ドライブのコストが高くなる要因となる。

【0110】

もう一つは、イオン注入によって絶縁化した領域で電流狭窄し、多モードレーザとなった CD 用レーザ素子やウェットエッチでテーパー型のリッジを形成し、SiO₂ を電流ブロック層とした DVD 用のパルセーションレーザを組合わせたものである。このレーザは、多モードレーザ、SiO₂ ブロック層のレーザのいずれも、動作電流が大きく、レーザ駆動回路を設計するのに大きな負担となっていた。また、CD、DVD それぞれを別のフォトリソグラフィ作業で形成するため、発光点間隔は一括形成するレーザに比べ制御性が悪く、光ピックアップの歩留や作業性に悪影響を与えていた。

【0111】

これに対して、本実施形態によれば、光ピックアップ用途として用いられる二波長レーザに本発明の構造を適用することにより、適度なパルセーション動作が誘起されやすい、InAlP 電流ブロック層を有する実屈折率導波型レーザで、しかも、垂直部 10b を有するリッジストライプが形成されているため、良好なパルセーションが発生し、高周波重畳なしに良好な低雑音の光ピックアップが作製可能となる。その結果として、作業コストが低減され、安価で良質の光ピックアップが生産できる。また、InAlP 電流ブロック層による実屈折率導波型構造であることから、低電流で動作し、ドライブ回路設計が格段に容易となる。また、高周波重畳が不要であることから、光ピックアップとドライブに樹脂化した筐体を用いることが可能となり、さらなるコストの低減が図られる。

【0112】

以上、具体例を参照しつつ本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明はこれらの具体例に限定されるものではない。

例えば、本発明の半導体レーザ装置に設けられるダブルヘテロをはじめとする各要素の構造、材料、形状、厚みや配置関係については、公知の半導体発光素子を元に当業者が適宜適用したものも包含する。

より具体的には、本発明の半導体レーザ装置を構成する材料としては、InGaAlP 系化合物半導体以外にも、AlGaAs 系、InP 系、窒化ガリウム (GaN) 系化合物半導体などの各種の材料を用いることができる。

【発明の効果】

以上詳述したように、本発明によれば、リッジストライプに垂直部を設けることにより、リッジ幅を確実に制御でき、レーザの特性を向上維持させ且つ高い歩留まりを得ることが可能となり、同時に、リッジストライプに傾斜部を設けることにより、その周囲に埋め込まれる電流阻止層などの結晶性を向上させ、電氣的・光学的な特性を改善することができる。

またさらに、傾斜部を設けることにより、可飽和吸収領域を形成することができ、安定した自励発振を実現することもできる。

すなわち、本発明によれば、高性能で高い歩留まりで製造が可能な半導体レーザ装置及びその製造方法を提供することが可能となり、産業上のメリットは多大である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態にかかる半導体レーザ装置の断面構造を表す模式図である。

【図 2】本発明の実施形態の半導体レーザのリッジストライプの下端付近を拡大した模式

10

20

30

40

50

断面図である。

【図 3】本発明の実施形態の半導体レーザの製造方法の要部を表す工程断面図である。

【図 4】本発明の実施形態の半導体レーザの製造方法の要部を表す工程断面図である。

【図 5】本発明者が本発明に至る過程で検討した半導体レーザの断面を表す模式図である。

【図 6】オフ基板を用いた時に、リッジの左右の側面の傾斜が左右非対称となることを表す模式図である。

【図 7】本発明の第 2 実施形態にかかる半導体レーザ装置の断面を表す模式図である。

【図 8】第 2 実施形態のレーザの電流 - 光出力特性を表すグラフ図である。

【図 9】戻り光に対する相対雑音強度 RIN (relative intensity noise) を測定した結果を表すグラフ図である。 10

【図 10】図 10 は、同じレーザ素子の 70 における RIN の測定結果を表すグラフ図である。

【図 11】(a) は、発振スペクトルを表すグラフ図であり、同図 (b) は、可干渉性 (コヒーレンシー) の測定結果を表すグラフ図である。

【図 12】本発明の実施の形態にかかる多波長集積化半導体レーザの断面構造を表す模式図である。

【図 13】自励発振レーザの発振メカニズムを説明するための模式図である。

【図 14】比較例のレーザ装置の断面構造を表す模式図である。

【図 15】リッジ導波路型の半導体レーザ装置の断面構造を表す模式図である。 20

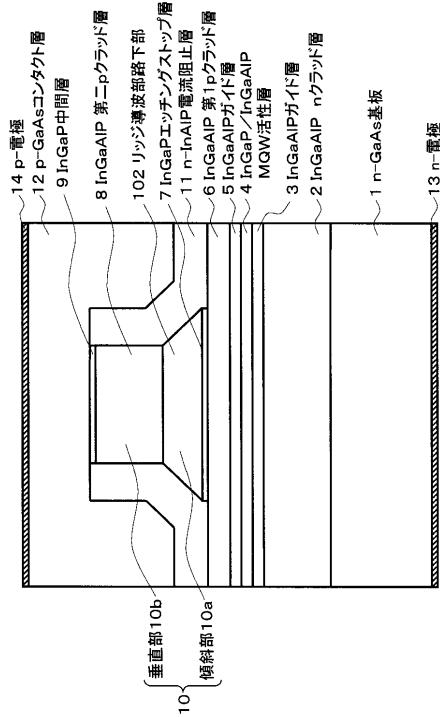
【図 16】リッジストライプの下端付近の断面構造を表す模式図である。

【図 17】欠陥領域において成長が不十分になる場合に、電流阻止層 11 に「隙間」が形成されることを表す模式図である。

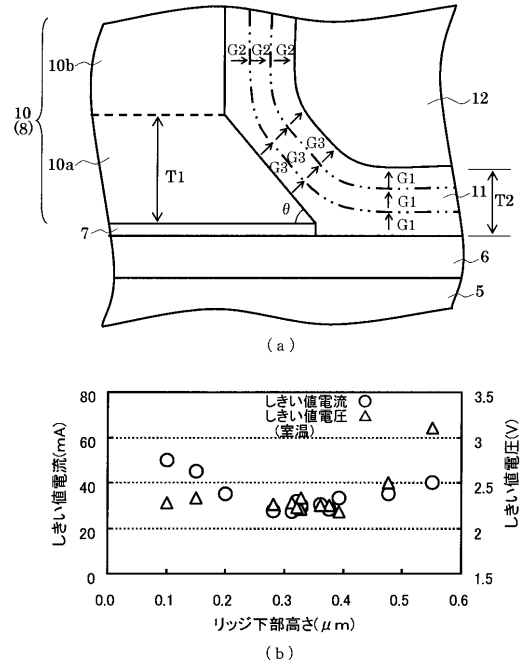
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 下部クラッド層
- 3 ガイド層
- 4、4 A、4 B 活性層
- 5 ガイド層
- 6 クラッド層 30
- 7 エッチングストップ層
- 8 クラッド層
- 9 中間層
- 10 リッジストライプ
- 10 a 傾斜部
- 10 b 垂直部
- 11 電流阻止層
- 12 コンタクト層
- 13 n 側電極
- 14 p 側電極 40
- 60 マスク
- 62 膜
- 300 活性領域
- 310 可飽和吸収領域
- 310 吸収領域
- A, B レーザ素子領域
- D 欠陥領域

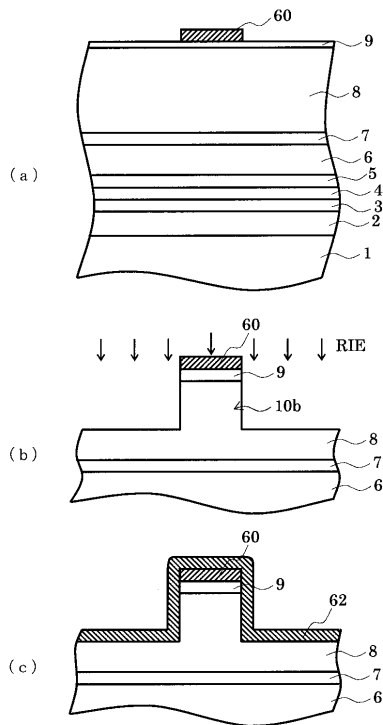
【図 1】



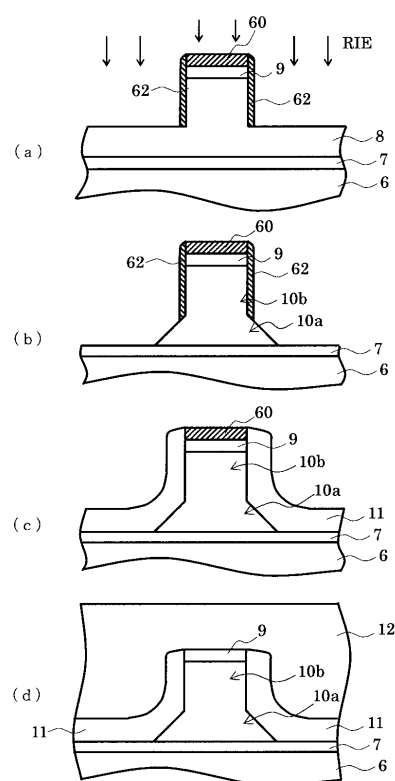
【図 2】



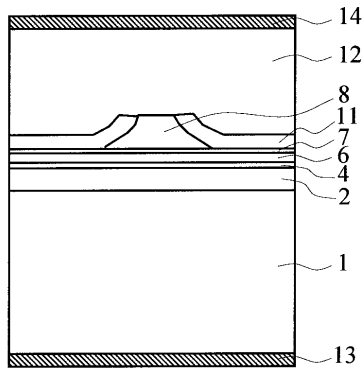
【図 3】



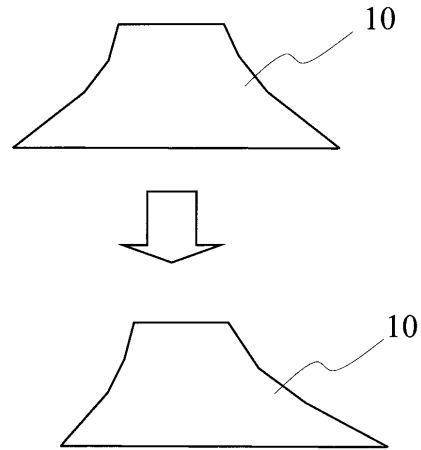
【図 4】



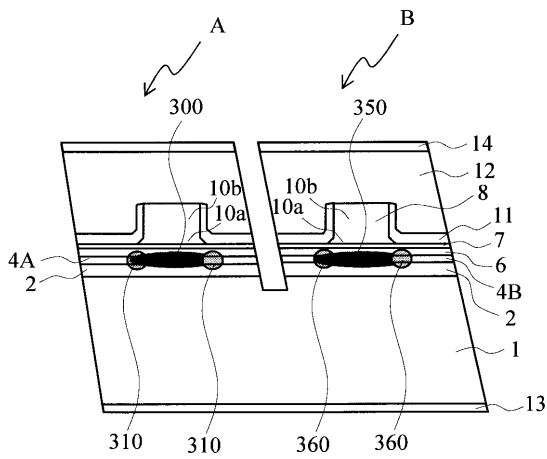
【図 5】



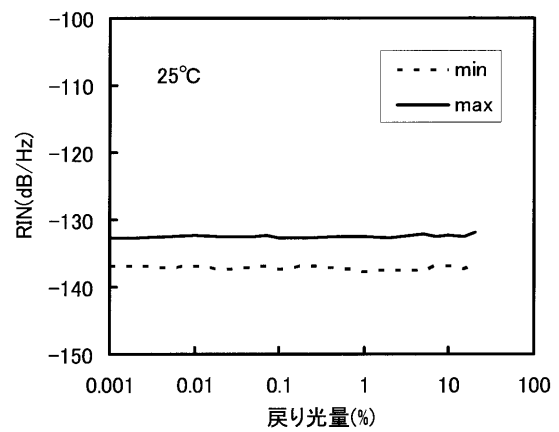
【図 6】



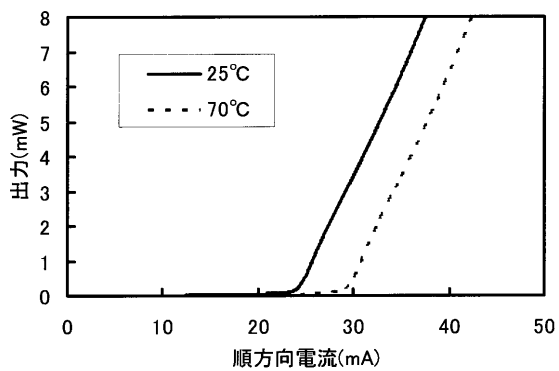
【図 7】



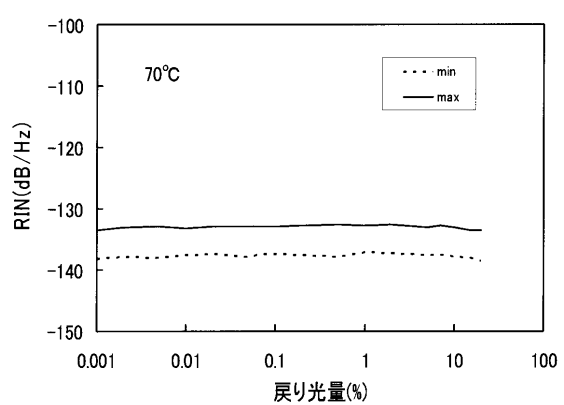
【図 9】



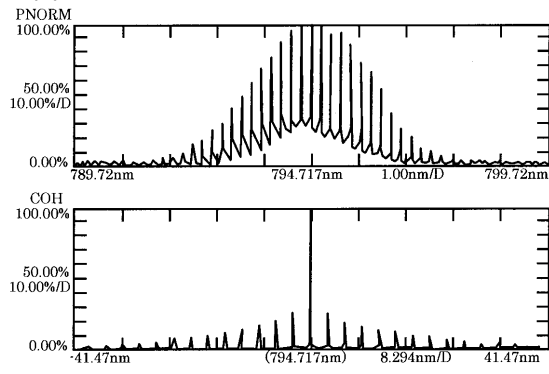
【図 8】



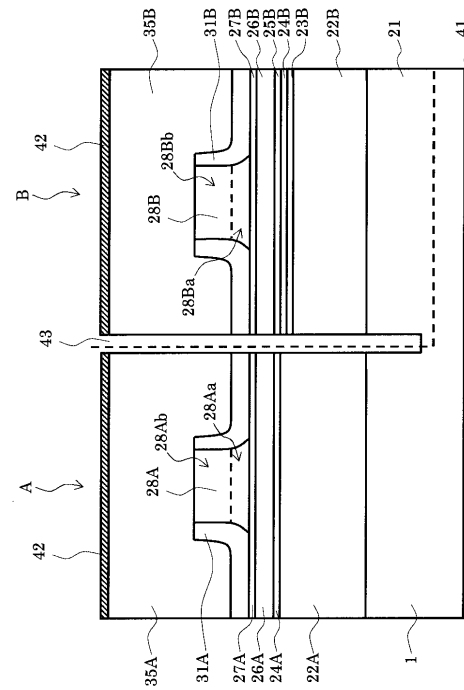
【図 10】



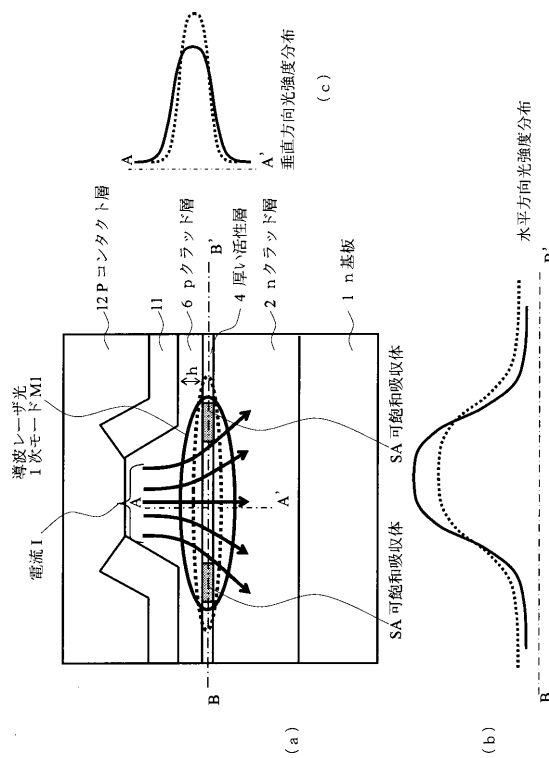
【図 1 1】



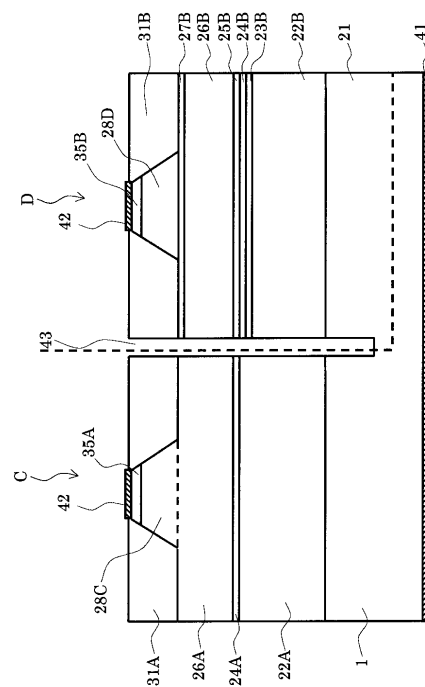
【図 1 2】



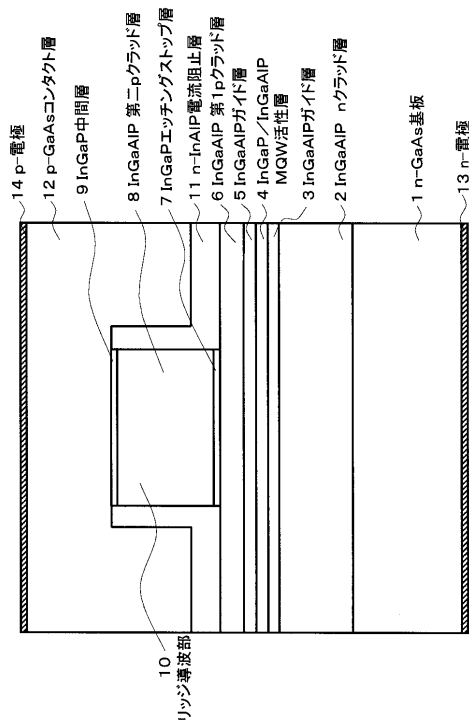
【図 1 3】



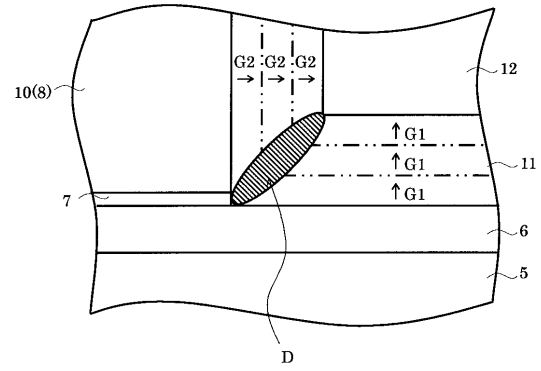
【図 1 4】



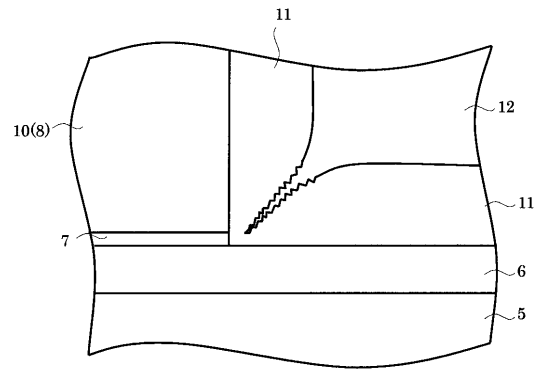
【図 15】



【図 16】



【図 17】



フロントページの続き

- (72)発明者 伊藤 義行
神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝マイクロエレクトロニクスセンター内
- (72)発明者 堀内 理
神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 東芝電子エンジニアリング株式会社内
- (72)発明者 幕田 章雄
神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝横浜事業所内
- (72)発明者 玄永 康一
神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝マイクロエレクトロニクスセンター内
- (72)発明者 塩澤 秀夫
神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝マイクロエレクトロニクスセンター内

F ターム(参考) 5D789 AA38 AA42 BA01 FA05 FA20

5F073 AA26 AA45 AA53 AA74 AB06 BA05 CA07 CB02 DA23 DA25

EA29