

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第7部門第2区分
 【発行日】令和6年1月4日(2024.1.4)

【国際公開番号】WO2023/100214
 【出願番号】特願2023-564276(P2023-564276)

【国際特許分類】

H 0 1 S 5/227(2006.01)

H 0 1 S 5/12(2021.01)

【F I】

H 0 1 S 5/227

H 0 1 S 5/12

10

【手続補正書】

【提出日】令和5年9月28日(2023.9.28)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

20

【特許請求の範囲】

【請求項1】

n型半導体基板に形成されたリッジ構造、前記リッジ構造の延伸方向に垂直な方向において互いに対向する両側を覆うように埋め込まれた埋込層を備えた半導体レーザであって、

前記リッジ構造は、前記n型半導体基板側から順次形成されたn型クラッド層、活性層、p型クラッド層を有し、

前記埋込層は、

前記リッジ構造の前記p型クラッド層及び前記活性層の両側面に接するp型半導体層と、半絶縁層とを有し、かつ前記リッジ構造の前記n型クラッド層の両側面における前記n型半導体基板側に他のp型半導体層を有しており、

30

前記p型半導体層は、前記リッジ構造の前記n型クラッド層に接しておらず、

前記リッジ構造の前記n型クラッド層の両側面における前記活性層側に、前記p型半導体層と前記他のp型半導体層とが分離された分離部が形成されており、

前記分離部に前記半絶縁層が埋め込まれている、

半導体レーザ。

【請求項2】

前記リッジ構造の前記n型クラッド層の両側面に前記半絶縁層が接している、請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項3】

40

前記リッジ構造の各層の積層方向をz方向とし、前記リッジ構造が延伸している延伸方向をy方向とし、前記z方向及びy方向に垂直な方向をx方向とし、

前記リッジ構造は、リッジ本体部と、リッジ本体部の両側面から前記x方向に延伸したリッジ延伸部とを有し、

前記リッジ延伸部は、前記活性層が前記x方向に延伸した活性層延伸部であり、

前記p型半導体層は、前記p型クラッド層及び前記活性層の前記x方向の両側面と前記活性層延伸部の前記n型半導体基板と反対側の表面とに接しており、

前記分離部は、前記活性層延伸部の前記n型半導体基板側に形成されている、

請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項4】

50

前記リッジ構造の各層の積層方向を z 方向とし、前記リッジ構造が延伸している延伸方向を y 方向とし、前記 z 方向及び y 方向に垂直な方向を x 方向とし、
 前記リッジ構造は、
 前記 n 型クラッド層と前記活性層との間に前記 n 型半導体基板側から順次形成された延伸部土台層、他の n 型クラッド層を有し、
 かつ、リッジ本体部と、リッジ本体部の両側面から前記 x 方向に延伸したリッジ延伸部とを有し、
 前記リッジ延伸部は、前記延伸部土台層、前記他の n 型クラッド層、及び前記活性層が前記 x 方向に延伸しており、
 前記 p 型半導体層は、前記 p 型クラッド層、前記延伸部土台層、前記他の n 型クラッド層、及び前記活性層の前記 x 方向の両側面と、前記リッジ延伸部の前記 n 型半導体基板と反対側の表面とに接しており、
 前記分離部は、前記リッジ延伸部の前記 n 型半導体基板側に形成されている、
 請求項 1 記載の半導体レーザ。

10

【請求項 5】

前記リッジ構造の各層の積層方向を z 方向とし、前記リッジ構造が延伸している延伸方向を y 方向とし、前記 z 方向及び y 方向に垂直な方向を x 方向とし、
 前記リッジ構造は、
 前記 n 型クラッド層と前記活性層との間に形成された延伸部土台層を有し、
 かつ、リッジ本体部と、リッジ本体部の両側面から前記 x 方向に延伸したリッジ延伸部とを有し、
 前記リッジ延伸部は、前記延伸部土台層及び前記活性層が前記 x 方向に延伸しており、
 前記 p 型半導体層は、前記 p 型クラッド層、前記延伸部土台層、及び前記活性層の前記 x 方向の両側面と、前記リッジ延伸部の前記 n 型半導体基板と反対側の表面とに接しており、
 前記分離部は、前記リッジ延伸部の前記 n 型半導体基板側に形成されている、
 請求項 1 記載の半導体レーザ。

20

【請求項 6】

前記延伸部土台層は、価電子帯のエネルギーレベルが前記 p 型半導体層の価電子帯のエネルギーレベルよりも高い、請求項 4 または 5 に記載の半導体レーザ。

30

【請求項 7】

前記延伸部土台層は、n 型半導体層である、請求項 6 記載の半導体レーザ。

【請求項 8】

前記延伸部土台層は、n 型 AlGaInAs 層又は n 型 AlInAs 層である、請求項 7 記載の半導体レーザ。

【請求項 9】

前記埋込層は、前記 n 型半導体基板側に形成された前記半絶縁層と共に、他の半絶縁層を有し、
 前記半絶縁層の前記 n 型半導体基板と反対側の表面において前記 p 型半導体層が前記リッジ構造から離れる方向に広がって形成されており、
 前記 p 型半導体層における前記 n 型半導体基板と反対側の表面及びリッジ構造側の面を前記他の半絶縁層が覆っている、
 請求項 2 記載の半導体レーザ。

40

【請求項 10】

前記埋込層は、アンドープ半導体層を有し、
 前記アンドープ半導体層は前記リッジ構造の前記 n 型クラッド層の両側面に接しており、
 前記 p 型半導体層は、亜鉛を含んでいる、
 請求項 1 記載の半導体レーザ。

【請求項 11】

前記リッジ構造は、前記 n 型クラッド層の前記 n 型半導体基板側に回折格子層を介して

50

形成された他の n 型クラッド層を有している、
請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ。

【請求項 1 2】

n 型半導体基板に形成されたリッジ構造、前記リッジ構造の延伸方向に垂直な方向において互いに対向する両側を覆うように埋め込まれた埋込層を備えた半導体レーザを製造する半導体レーザ製造方法であって、

前記埋込層は、p 型半導体層、半絶縁層を有し、

前記リッジ構造の各層の積層方向を z 方向とし、前記リッジ構造が延伸している延伸方向を y 方向とし、前記 z 方向及び y 方向に垂直な方向を x 方向とし、

前記 n 型半導体基板に、n 型クラッド層、活性層を含むリッジ中間層、p 型クラッド層を順次形成し、エッチングにより両側面が露出された、前記 n 型クラッド層、前記リッジ中間層、前記 p 型クラッド層を有する前記リッジ構造を形成するリッジ構造形成工程と、前記リッジ構造の両側面における前記リッジ中間層以外の層をエッチングし、前記リッジ中間層において前記リッジ構造の両側面から前記 x 方向に延伸したリッジ延伸部を形成する延伸部形成工程と、

前記リッジ構造の両側面、前記リッジ延伸部の前記 n 型半導体基板と反対側の表面を覆うように前記 p 型半導体層を形成する p 型半導体層形成工程と、

前記 p 型半導体層の表面及び前記リッジ延伸部の前記 n 型半導体基板側の露出面を覆うように、前記半絶縁層を形成する半絶縁層形成工程と、

を含む、半導体レーザ製造方法。

【請求項 1 3】

前記リッジ中間層は、前記活性層のみからなっている、請求項 1 2 記載の半導体レーザ製造方法。

【請求項 1 4】

前記リッジ中間層は、前記活性層の前記 n 型クラッド層側に延伸部土台層を含んでいる、請求項 1 2 記載の半導体レーザ製造方法。

【請求項 1 5】

前記延伸部土台層と前記活性層との間に n 型クラッド層を含んでいる、請求項 1 4 記載の半導体レーザ製造方法。

【請求項 1 6】

n 型半導体基板に形成された活性層を含むリッジ構造、前記リッジ構造の延伸方向に垂直な方向において互いに対向する両側を覆うように埋め込まれた埋込層を備えた半導体レーザを製造する半導体レーザ製造方法であって、

前記埋込層は、第一の半絶縁層、p 型半導体層、第二の半絶縁層を有し、

前記活性層の特定位置を、

前記活性層の前記 n 型半導体基板側である近方端の位置又は、

前記活性層の近方端よりも前記 n 型半導体基板側から遠方で前記活性層の量子井戸構造における前記 n 型半導体基板側である近方端に至らない位置とし、

前記 n 型半導体基板に、n 型クラッド層、前記活性層、p 型クラッド層を順次形成し、エッチングにより両側面が露出された、前記 n 型クラッド層、前記活性層、前記 p 型クラッド層を有する前記リッジ構造を形成するリッジ構造形成工程と、

前記リッジ構造における前記 n 型半導体基板側から前記活性層の前記特定位置までの両側面を覆うように、前記第一の半絶縁層を形成する第一半絶縁層形成工程と、

前記第一の半絶縁層の表面及び前記リッジ構造の露出した前記活性層の前記特定位置から前記 n 型半導体基板と反対側である遠方端までの両側面を覆うように、前記 p 型半導体層を形成する p 型半導体層形成工程と、

前記 p 型半導体層を覆うように、前記第二の半絶縁層を形成する第二半絶縁層形成工程と、

を含む、半導体レーザ製造方法。

【請求項 1 7】

10

20

30

40

50

n型半導体基板に形成された活性層を含むリッジ構造、前記リッジ構造の延伸方向に垂直な方向において互いに対向する両側を覆うように埋め込まれた埋込層を備えた半導体レーザを製造する半導体レーザ製造方法であって、
前記埋込層は、アンドープ半導体層、p型半導体層、半絶縁層を有し、
前記活性層の特定位置を、
前記活性層の前記n型半導体基板側である近方端の位置又は、
前記活性層の近方端よりも前記n型半導体基板側から遠方で前記活性層の量子井戸構造における前記n型半導体基板側である近方端に至らない位置とし、
前記n型半導体基板に、n型クラッド層、前記活性層、p型クラッド層を順次形成し、エッチングにより両側面が露出された、前記n型クラッド層、前記活性層、前記p型クラッド層を有する前記リッジ構造を形成するリッジ構造形成工程と、
前記リッジ構造の両側面を覆うように前記アンドープ半導体層を形成するアンドープ半導体層形成工程と、
前記アンドープ半導体層の表面を覆うように、前記半絶縁層を形成する半絶縁層形成工程と、
前記アンドープ半導体層における前記n型半導体基板と反対側である遠方端から前記活性層の前記特定位置までの領域に亜鉛を拡散させる亜鉛拡散工程と、
を含む、半導体レーザ製造方法。

10

【請求項18】

前記亜鉛拡散工程において、
前記リッジ構造の前記n型半導体基板と反対側の表面及び前記埋込層の前記n型半導体基板と反対側の表面における前記アンドープ半導体層を包含する領域を露出させる開口を有する拡散防止膜が前記埋込層に配置されており、
前記開口を覆うように配置された酸化亜鉛膜から前記亜鉛を前記アンドープ半導体層及び前記p型クラッド層に拡散させる、請求項17記載の半導体レーザ製造方法。

20

【請求項19】

前記亜鉛拡散工程において、
前記リッジ構造の前記n型半導体基板と反対側の表面及び前記埋込層の前記n型半導体基板と反対側の表面における前記アンドープ半導体層を包含する領域を露出させる開口を有する拡散防止膜が前記埋込層に配置されており、
前記開口から前記アンドープ半導体層及び前記p型クラッド層に前記亜鉛を気相拡散させる、請求項17記載の半導体レーザ製造方法。

30

【請求項20】

前記亜鉛拡散工程において、
前記埋込層の前記n型半導体基板と反対側の表面における前記アンドープ半導体層を包含する領域を露出させる開口を有する拡散防止膜が前記埋込層及び前記リッジ構造の前記n型半導体基板と反対側の表面に配置されており、
前記開口を覆うように配置された酸化亜鉛膜から前記亜鉛を前記アンドープ半導体層に拡散させる、請求項17記載の半導体レーザ製造方法。

40

【請求項21】

前記亜鉛拡散工程において、
前記埋込層の前記n型半導体基板と反対側の表面における前記アンドープ半導体層を包含する領域を露出させる開口を有する拡散防止膜が前記埋込層及び前記リッジ構造の前記n型半導体基板と反対側の表面に配置されており、
前記開口から前記アンドープ半導体層に前記亜鉛を気相拡散させる、請求項17記載の半導体レーザ製造方法。

【請求項22】

前記リッジ構造形成工程は、
前記n型半導体基板の表面に他のn型クラッド層、回折格子層を順次形成し、その後前記n型クラッド層、前記活性層を含む前記リッジ中間層、前記p型クラッド層を順次形成し

50

エッチングにより両側面が露出された、前記他の n 型クラッド層、前記回折格子層、前記 n 型クラッド層、前記リッジ中間層、前記 p 型クラッド層を有する前記リッジ構造を形成する、

請求項 1.2 から 1.5 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ製造方法。

【請求項 2.3】

前記リッジ構造形成工程は、

前記 n 型半導体基板の表面に他の n 型クラッド層、回折格子層を順次形成し、その後前記 n 型クラッド層、前記活性層、前記 p 型クラッド層を順次形成し、

エッチングにより両側面が露出された、前記他の n 型クラッド層、前記回折格子層、前記 n 型クラッド層、前記活性層、前記 p 型クラッド層を有する前記リッジ構造を形成する、

請求項 1.6 から 2.1 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ製造方法。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0009】

本願明細書に開示される一例の半導体レーザは、n 型半導体基板に形成されたリッジ構造、リッジ構造の延伸方向に垂直な方向において互いに対向する両側を覆うように埋め込まれた埋込層を備えた半導体レーザである。リッジ構造は、n 型半導体基板側から順次形成された n 型クラッド層、活性層、p 型クラッド層を有している。埋込層は、リッジ構造の p 型クラッド層及び活性層の両側面に接する p 型半導体層と、半絶縁層とを有しており、かつリッジ構造の n 型クラッド層の両側面における n 型半導体基板側に他の p 型半導体層を有しており、p 型半導体層は、リッジ構造の n 型クラッド層に接しておらず、リッジ構造の n 型クラッド層の両側面における活性層側に、p 型半導体層と他の p 型半導体層とが分離された分離部が形成されており、分離部に半絶縁層が埋め込まれている。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0014】

回折格子層 3 の材料は、InGaAsP などの InP より屈折率が大きい材料である。なお、半導体レーザ 100 が DFB-LD でない場合は、回折格子層 3 は形成されていない。活性層 5 は一般に、量子井戸 (Quantum well) 構造と SCH (Separate Confinement Heterostructure) 構造で構成される。図 3 では、井戸層 3.2 と障壁層 3.3 が交互に積層された量子井戸構造 3.5 と、量子井戸構造 3.5 の第二 n 型クラッド層 4 側に形成された光閉込層 3.1 と、第一 p 型クラッド層 6 側に形成された光閉込層 3.4 を備えた活性層 5 を示した。図 3 に示した活性層 5 の量子井戸構造 3.5 は、4 つの井戸層 3.2 と井戸層 3.2 の間に形成された 3 つの障壁層 3.3 を備えている。SCH 構造は、図 3 に示したように電子及び正孔を量子井戸構造 3.5 に閉じ込める層である光閉込層 3.1、3.4 を備えた構造である。井戸層 3.2、障壁層 3.3、光閉込層 3.1、3.4 の各材料は、例えば、AlGaInAs である。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0067

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0067】

なお、図 5 に示した実施の形態 2 の半導体レーザ 100 の製造方法は、例えば、実施の形態 6 の半導体レーザ 100 の製造方法における p 型半導体層形成工程の後に、半絶縁層 8 の z 方向正側の表面の p 型半導体層 7 をエッチングする工程を追加し、その後第二半絶縁層形成工程以降の工程を実行する。p 型半導体層 7 のエッチングは、半導体フォトリソグラフィ工程を用いて加工する。半絶縁層 8 と半絶縁層 22 とは一体となるので、一体となった半絶縁層 8 ということもできる。実施の形態 2 の半導体レーザ 100 の製造方法は、実施の形態 6 の半導体レーザ 100 の製造方法よりも複雑になっている。したがって、実施の形態 6 の半導体レーザ 100 は、実施の形態 2 の半導体レーザ 100 の特徴構造、すなわちリッジ構造 16 の両側面において第一 p 型クラッド層 6 及び活性層 5 にのみ p 型半導体層 7 が接している構造を容易に実現できる。

10

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0093

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0093】

次に、図 39 に示した実施の形態 9 の半導体レーザ 100 の中間製造体を加熱処理する。開口 29 の領域で酸化亜鉛膜 26 に接する半導体層では、酸化亜鉛膜 26 中の亜鉛原子が半導体層に拡散される。リッジ構造 16 における z 方向正側の n 型半導体基板 1 から最も離れた遠方端から活性層 5 の特定位置までの両側面に接するアンドープ半導体層 23 に亜鉛原子が拡散し p 型化する。すなわち、活性層 5 の z 方向正側端から特定位置までのリッジ構造 16 の両側面に接するアンドープ半導体層 23 に亜鉛原子が拡散し p 型化する。設定する熱処理条件は、開口 29 の領域における半導体層が、z 方向負側に向かって活性層 5 の特定位置まで亜鉛原子が拡散し、かつ、第一 n 型クラッド層 2、回折格子層 3、第二 n 型クラッド層 4 に接するアンドープ半導体層 23 に亜鉛原子が拡散しない熱処理条件である。また、開口 29 の領域の半導体層すなわちリッジ構造 16 側のブロック層 9 及び半絶縁層 8 においても亜鉛原子が拡散し p 型化する。この亜鉛が拡散されたブロック層 9、半絶縁層 8 が半絶縁層 42、ブロック層 41 である。

20

30

40

50