

【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5年10月24日(2023.10.24)

【国際公開番号】WO2022/163237

【出願番号】特願2022-578164(P2022-578164)

【国際特許分類】

H 0 1 S 5 / 2 2 ( 2 0 0 6 . 0 1 )

【 F I 】

H 0 1 S 5 / 2 2

10

【手続補正書】

【提出日】令和5年7月24日(2023.7.24)

【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】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

20

マルチ横モードのレーザ光を出射する半導体レーザ素子であって、  
基板と、

前記基板の上方に配置される半導体積層体とを備え、

前記半導体積層体は、

前記基板の上方に配置されるN側半導体層と、

前記N側半導体層の上方に配置される活性層と、

前記活性層の上方に配置されるP側半導体層と、

前記P側半導体層の上方に配置されるP型コンタクト層とを有し、

前記半導体積層体は、互いに対向する二つの端面を有し、

前記レーザ光は、前記二つの端面の間で共振し、

30

前記半導体積層体は、前記レーザ光の共振方向に延在するリッジ部と、前記半導体積層体の上面の一部であって、前記半導体積層体の上面視において、前記リッジ部の周囲を取り囲む底部とを有し、

前記リッジ部は、前記底部から上方に向かって突出し、

前記リッジ部は、前記二つの端面から離間し、

前記リッジ部は、前記P型コンタクト層の少なくとも一部を含み、

前記半導体積層体の上面のうち、前記リッジ部上のみ、電流が注入される領域である電流注入窓が形成され、

前記活性層の上面から前記底部までの距離は、一様である

半導体レーザ素子。

40

【請求項2】

前記底部には、前記P側半導体層が露出している

請求項1に記載の半導体レーザ素子。

【請求項3】

マルチ横モードのレーザ光を出射する半導体レーザ素子であって、  
基板と、

前記基板の上方に配置される半導体積層体とを備え、

前記半導体積層体は、

前記基板の上方に配置されるN側半導体層と、

前記N側半導体層の上方に配置される活性層と、

50

前記活性層の上方に配置されるP側半導体層と、  
 前記P側半導体層の上方に配置されるP型コンタクト層とを有し、  
 前記半導体積層体は、互いに対向する二つの端面を有し、  
 前記レーザ光は、前記二つの端面の間で共振し、  
 前記半導体積層体は、前記レーザ光の共振方向に延在するリッジ部と、前記半導体積層体の上面の一部であって、前記半導体積層体の上面視において、前記リッジ部の周囲を取り囲む底部と、を有し、  
 前記リッジ部は、前記底部から上方に向かって突出し、  
 前記リッジ部は、前記二つの端面から離間し、  
 前記リッジ部は、前記P型コンタクト層の少なくとも一部を含み、  
 前記半導体積層体の上面のうち、前記リッジ部上のみ、電流が注入される領域である電流注入窓が形成され、  
 前記底部には、前記P型コンタクト層が露出している半導体レーザ素子。

10

20

30

40

50

【請求項4】

マルチ横モードのレーザ光を出射する半導体レーザ素子であって、  
基板と、  
前記基板の上方に配置される半導体積層体とを備え、  
前記半導体積層体は、  
前記基板の上方に配置されるN側半導体層と、  
前記N側半導体層の上方に配置される活性層と、  
前記活性層の上方に配置されるP側半導体層と、  
前記P側半導体層の上方に配置されるP型コンタクト層とを有し、  
前記半導体積層体は、互いに対向する二つの端面を有し、  
前記レーザ光は、前記二つの端面の間で共振し、  
前記半導体積層体は、前記レーザ光の共振方向に延在するリッジ部と、前記半導体積層体の上面の一部であって、前記半導体積層体の上面視において、前記リッジ部の周囲を取り囲む底部とを有し、  
前記リッジ部は、前記底部から上方に向かって突出し、  
前記リッジ部は、前記二つの端面から離間し、  
前記リッジ部は、前記P型コンタクト層の少なくとも一部を含み、  
前記半導体積層体の上面のうち、前記リッジ部上のみ、電流が注入される領域である電流注入窓が形成され、  
前記半導体積層体は、前記二つの端面のうち前記レーザ光を出射する端面であるフロント端面に隣接する窓領域を有し、  
前記窓領域における前記活性層のバンドギャップエネルギーは、前記窓領域以外の領域における前記活性層のバンドギャップエネルギーより大きい  
半導体レーザ素子。

【請求項5】

前記半導体積層体は、前記P型コンタクト層の一部を含み、かつ、前記共振方向に延在する二つのウイング部を有し、  
 前記リッジ部の少なくとも一部は、前記半導体積層体の上面視において、前記二つのウイング部の間に配置され、  
 前記二つのウイング部の各々は、前記底部を介して前記リッジ部と隣り合い、  
 前記二つのウイング部は、前記底部から上方に向かって突出し、  
 前記二つのウイング部の前記底部からの高さは、前記リッジ部の前記底部からの高さと同じ  
 請求項1～4のいずれか1項に記載の半導体レーザ素子。

【請求項6】

前記二つのウイング部の各々は、前記二つの端面まで延在する

請求項 5 に記載の半導体レーザ素子。

【請求項 7】

前記半導体積層体は、前記二つの端面のうち前記レーザ光を出射する端面であるフロント端面に隣接する窓領域を有し、

前記窓領域における前記活性層のバンドギャップエネルギーは、前記窓領域以外の領域における前記活性層のバンドギャップエネルギーより大きい

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ素子。

【請求項 8】

前記窓領域以外の領域における前記活性層は、量子井戸構造を有する

請求項 7 に記載の半導体レーザ素子。

10

【請求項 9】

前記窓領域は、前記フロント端面に接し、

前記窓領域の前記共振方向の長さは、前記フロント端面と前記リッジ部との間に位置する前記底部の前記共振方向の長さより小さい

請求項 7 に記載の半導体レーザ素子。

【請求項 10】

前記半導体積層体の上方に配置される絶縁膜をさらに備え、

前記絶縁膜は、前記電流注入窓に対応する領域に開口部を有する

請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ素子。

【請求項 11】

20

前記底部における酸素濃度は、前記半導体積層体の内部の酸素濃度より高い

請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ素子。

【請求項 12】

前記 P 型コンタクト層に接する P 側電極と、前記 P 側電極の上方に配置されるパッド電極とをさらに備え、

前記パッド電極の前記共振方向の両端は、それぞれ前記二つの端面と前記リッジ部との間に位置する

請求項 1 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ素子。

【請求項 13】

前記半導体レーザ素子の導波特性は、利得導波型である

30

請求項 1 ~ 12 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ素子。

【請求項 14】

前記窓領域以外の領域における前記活性層は、量子井戸構造を有する

請求項 4 に記載の半導体レーザ素子。

【請求項 15】

前記窓領域は、前記フロント端面に接し、

前記窓領域の前記共振方向の長さは、前記フロント端面と前記リッジ部との間に位置する前記底部の前記共振方向の長さより小さい

請求項 4 に記載の半導体レーザ素子。

40

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0029

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0029】

N 型バッファ層 22a は、例えば、膜厚 1.0  $\mu\text{m}$  以下の N 型半導体層である。このように膜厚を小さくすることで、熱拡散による窓領域 10w の形成時に、窓領域 10w におけるエネルギーシフト量が N 型バッファ層 22a に含まれる不純物の影響によって減少することを、抑制できる。窓領域 10w におけるエネルギーシフト量を増大するために、N 型バッファ層 22a の膜厚を 0.5  $\mu\text{m}$  以下としてもよい。本実施の形態では、N 型バッ

50

ファ層 2 2 a は、膜厚 0 . 5 0  $\mu\text{m}$  の N 型 G a A s 層である。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 8

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 4 8】

第一 P 型組成傾斜層 2 4 a は、活性層 2 3 の上方に配置され、積層方向位置に応じて組成が異なる層である。第一 P 型組成傾斜層 2 4 a のバンドギャップエネルギーは、活性層 2 3 の上方の端部 ( P 型ガイド層 2 3 g ) におけるバンドギャップエネルギーと、P 型クラッド層 2 4 b のバンドギャップエネルギーとの間の大きさを有する。第一 P 型組成傾斜層 2 4 a のバンドギャップエネルギーは、積層方向位置が P 型クラッド層 2 4 b に近づくにしたがって、P 型クラッド層 2 4 b のバンドギャップエネルギーに近づき、積層方向位置が活性層 2 3 に近づくにしたがって、活性層 2 3 の上端のバンドギャップエネルギーに近づく。P 側半導体層 2 4 が、第一 P 型組成傾斜層 2 4 a を有することにより、活性層 2 3 と、P 型クラッド層 2 4 b との間の急激なバンドギャップエネルギーの変化が緩和される。したがって、半導体レーザ素子 1 0 の素子抵抗を低減できる。本実施の形態では、第一 P 型組成傾斜層 2 4 a は、膜厚 0 . 0 5  $\mu\text{m}$  の P 型 A l <sub>y1</sub> G a <sub>1-y1</sub> A s 層である。第一 P 型組成傾斜層 2 4 a の A l 組成比 y 1 は、活性層 2 3 との界面付近において 0 . 2 8 であり、P 型クラッド層 2 4 b との界面付近において 0 . 7 0 であり、積層方向位置が P 型クラッド層 2 4 b に近づくにしたがって大きくなる。

10

20

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 6 9

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 6 9】

また、本実施の形態では、図 4 に示されるように、パッド電極 5 0 の共振方向の両端は、それぞれ二つの端面 1 0 F 及び 1 0 R とリッジ部 2 0 r との間に位置する。つまり、パッド電極 5 0 が端面に配置されないため、P 側半導体層 2 4 の上面を半田を介して実装基台に実装する際に、端面 1 0 F 及び 1 0 R 付近に加わる実装応力を低減できる。また、パッド電極 5 0 の一部が端面 1 0 F 及び 1 0 R 付近の底部 2 0 b に位置することで、パッド電極 5 0 がリッジ部 2 0 r の上面及び側面、並びに、リッジ部 2 0 r 近傍の底部 2 0 b を覆うことができる。これにより、電流注入に伴うリッジ部 2 0 r でのジュール熱やキャリアの非輻射再結合などにより発生した熱をパッド電極 5 0 を介して効果的に放散することができる。

30

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 7 8

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 7 8】

空孔拡散法では、半導体積層体 1 0 S に急速高温処理を施すことで窓領域 1 0 w を形成することができる。例えば、高温処理時に G a 空孔を生成する保護膜を窓領域の形成を行う半導体積層体 1 0 S 上の領域に形成した後、結晶成長温度付近の 7 5 0 以上 9 5 0 以下の非常に高温な熱にさらして G a 空孔を拡散させることで、空孔と I I I 族元素との相互拡散により活性層 2 3 の量子井戸構造を無秩序化して窓化 ( 透明化 ) することができる。この結果、活性層 2 3 のバンドギャップを大きくすることができ、量子井戸構造を無秩序化した領域を、窓領域 1 0 w として機能させることができる。また、窓領域 1 0 w 以外の領域においては、高温処理時に G a 空孔の生成を抑制する保護膜を形成することで、

40

50

量子井戸構造の無秩序化を抑えることができる。なお、本実施の形態では、窓領域 10w は、空孔拡散法によって形成したが、不純物拡散法などの他の方法で形成してもよい。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0091

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0091】

[ 4 . 変形例 ]

変形例 1 ~ 変形例 8 に係る半導体レーザ素子について説明する。変形例 1 ~ 変形例 3 に係る半導体レーザ素子は、実施の形態に係る半導体レーザ素子 10 と同様の半導体積層体 10S を有するが、半導体積層体 10S の一部の層構成が異なる。変形例 4 ~ 変形例 8 に係る半導体レーザ素子は、半導体積層体 10S のリッジ部 20r、ウイング部 20w、及び底部 20b の構成において、実施の形態に係る半導体レーザ素子 10 と異なる。以下、変形例 1 ~ 変形例 8 に係る半導体レーザ素子の構成のうち、実施の形態に係る半導体レーザ素子 10 と異なる構成を中心に説明する。

10

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0112

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0112】

変形例 2 に係る半導体レーザ素子の P 型ガイド層 23g は、膜厚 0.29  $\mu\text{m}$  の P 型  $\text{Al}_{z1}\text{Ga}_{1-z1}\text{As}$  層である。P 型ガイド層 23g の Al 組成比  $z_1$  は、第二 P 側バリア層 23f との界面付近において 0.19 であり、P 側半導体層 24 との界面付近において 0.21 であり、積層方向位置が P 側半導体層 24 に近づくにしたがって大きくなる。

20

【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0121

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0121】

変形例 3 に係る半導体レーザ素子の N 型ガイド層 23a は、第二 N 型ガイド層、及び、第二 N 型ガイド層の上方に配置される第一 N 型ガイド層を有する。第二 N 型ガイド層は、膜厚 0.40  $\mu\text{m}$  の N 型  $\text{Al}_{z2}\text{Ga}_{1-z2}\text{As}$  層である。第二 N 型ガイド層の Al 組成比  $z_2$  は、N 側半導体層 22 との界面付近において 0.22 であり、第一 N 型ガイド層との界面付近において 0.19 であり、積層方向位置が第一 N 型ガイド層に近づくにしたがって小さくなる。第一 N 型ガイド層は、膜厚 0.09  $\mu\text{m}$  の N 型  $\text{Al}_{0.19}\text{Ga}_{0.81}\text{As}$  層である。

30

40

【手続補正 9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0128

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0128】

[ 4 - 4 . 変形例 4 ]

変形例 4 に係る半導体レーザ素子について図 24 を用いて説明する。図 24 は、変形例 4 に係る半導体レーザ素子 110 の全体構成を示す模式的な平面図である。図 24 に示されるように、変形例 4 に係る半導体レーザ素子 110 は、ウイング部 20w を有さない点

50

において、実施の形態に係る半導体レーザ素子 10 と相違する。実施の形態に係る半導体レーザ素子 10 においてウイング部 20w が配置されている領域は、変形例 4 に係る半導体レーザ素子 110 では、底部 20b に代えられている。

【手続補正 10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0135

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0135】

以上のような構成を有する変形例 7 に係る半導体レーザ素子 410 においても、実施の形態に係る半導体レーザ素子 10 と同様の効果が奏される。さらに、変形例 7 に係る半導体レーザ素子 410 によれば、ダミーリッジ部 420r を備えることで、例えば、半導体レーザ素子 410 を実装する際に、半導体レーザ素子 410 に加わる応力がダミーリッジ部 420r に分散されるため、応力がリッジ部 20r だけに集中することを抑制できる。したがって、リッジ部 20r がダメージを受けることを抑制できる。また、底部 20b に AlGaAs 層が露出している場合には、絶縁膜 30 と底部 20b との密着性がよくないため、絶縁膜 30 が底部 20b と接する領域において絶縁膜 30 の剥がれが発生しやすい。変形例 7 に係る半導体レーザ素子 410 によれば、端面 10F 及び 10R とリッジ部 20r との間の AlGaAs 層が露出した領域の一部を GaAs からなるダミーリッジ部 420r に置き換えることができるため、絶縁膜 30 と半導体積層体 10S との密着性を高めることができる。

【手続補正 11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0137

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0137】

以上のような構成を有する変形例 8 に係る半導体レーザ素子 510 においても、実施の形態に係る半導体レーザ素子 10 と同様の効果が奏される。さらに、変形例 8 に係る半導体レーザ素子 510 によれば、ダミーリッジ部 520r を備えることで、例えば、半導体レーザ素子 510 を実装する際に、半導体レーザ素子 510 に加わる応力がダミーリッジ部 520r に分散されるため、応力がリッジ部 20r だけに集中することを抑制できる。したがって、リッジ部 20r がダメージを受けることを抑制できる。また、底部 20b に AlGaAs 層が露出している場合には、絶縁膜 30 と底部 20b との密着性がよくないため、絶縁膜 30 が底部 20b と接する領域において絶縁膜 30 の剥がれが発生しやすい。変形例 8 に係る半導体レーザ素子 510 によれば、端面 10F 及び 10R とリッジ部 20r との間の AlGaAs 層が露出した領域の一部を GaAs からなるダミーリッジ部 520r に置き換えることができるため、絶縁膜 30 と半導体積層体 10S との密着性を高めることができる。さらに、変形例 8 に係る半導体レーザ素子 510 では、底部 20b が端面 10F 及び 10R と接しないため、密着性のよくない絶縁膜 30 と底部 20b との密着面が端面 10F 及び 10R から露出されない。したがって、絶縁膜 30 の剥がれをより一層抑制できる。

【手続補正 12】

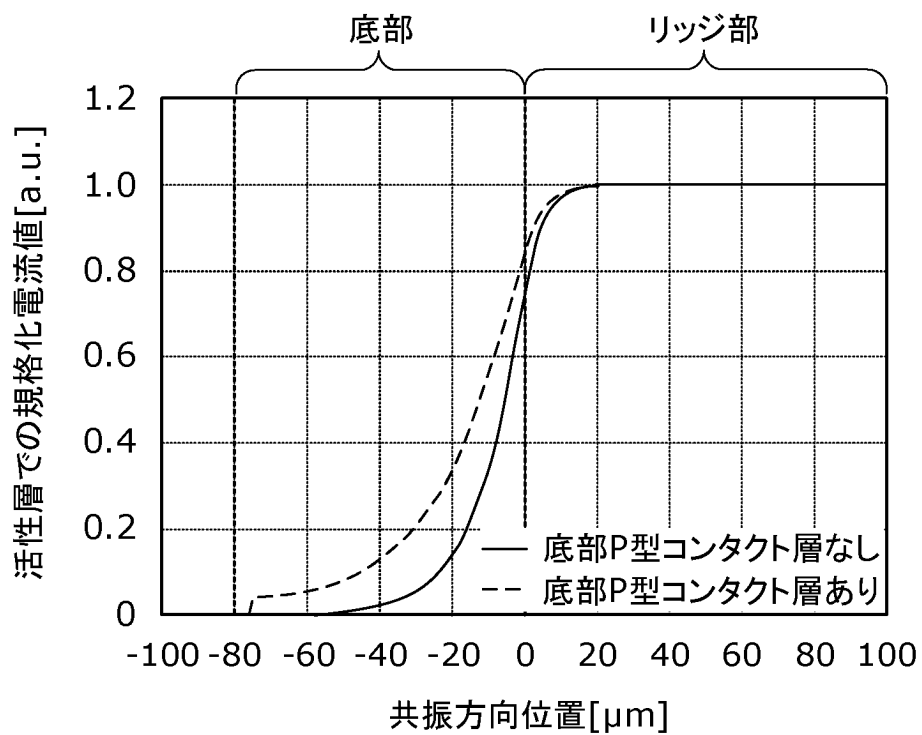
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 12

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 図 1 2 】



10

20

30

40

50