

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7129359号
(P7129359)

(45)発行日 令和4年9月1日(2022.9.1)

(24)登録日 令和4年8月24日(2022.8.24)

(51)国際特許分類	F I
H 0 1 S 5/34 (2006.01)	H 0 1 S 5/34
H 0 1 L 21/66 (2006.01)	H 0 1 L 21/66 N
G 0 1 N 23/20 (2018.01)	G 0 1 N 23/20

請求項の数 6 (全11頁)

(21)出願番号 特願2019-34322(P2019-34322)	(73)特許権者 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31年2月27日(2019.2.27)	(74)代理人 100108062 弁理士 日向寺 雅彦
(65)公開番号 特開2020-141014(P2020-141014 A)	(74)代理人 100168332 弁理士 小崎 純一
(43)公開日 令和2年9月3日(2020.9.3)	(74)代理人 100146592 弁理士 市川 浩
審査請求日 令和3年3月25日(2021.3.25) (出願人による申告)平成29年度、防衛装備庁 安全保障技術研究推進制度、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願	(74)代理人 100157901 弁理士 白井 達哲
	(74)代理人 100172188 弁理士 内田 敬人
	(74)代理人 100197538 弁理士 竹内 功

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体レーザ用ウェーハおよび半導体レーザ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板と、

前記基板上に設けられた第1半導体層と、

前記第1半導体層の上に設けられ、組成式 $In_xAl_{1-x}As$ ($0 < x < 1$) で表される化合物半導体 $InAlAs$ を含む障壁層および組成式 $In_yGa_{1-y}As$ ($0 < y < 1$) で表される化合物半導体 $InGaAs$ を含む量子井戸層からなる発光多重量子井戸領域と、前記 $InAlAs$ を含む別の障壁層および前記 $InGaAs$ を含む別の量子井戸層からなる注入多重量子井戸領域と、のペアが複数段積層された活性層と、前記活性層の直上に設けられ、前記障壁層の $InAlAs$ と同じ組成 x を有する $InAlAs$ を含み、第1の厚さを有する第1膜と、

10

前記第1膜上に設けられ、前記量子井戸層の $InGaAs$ と同じ組成 y を有する $InGaAs$ を含み、第2の厚さを有する第2膜と、

前記第2膜の上に設けられた第2半導体層と、

を備え、

前記第1の厚さおよび前記第2の厚さは、前記障壁層の厚さおよび前記量子井戸層の厚さよりも厚い半導体レーザ用ウェーハ。

【請求項2】

基板と、

前記基板上に設けられた第1半導体層と、

20

前記第1半導体層の上に設けられ、組成式 $In_xAl_{1-x}As$ ($0 < x < 1$) で表される化合物半導体 $InAlAs$ を含む障壁層および組成式 $In_yGa_{1-y}As$ ($0 < y < 1$) で表される化合物半導体 $InGaAs$ を含む量子井戸層からなる発光多重量子井戸領域と、前記 $InAlAs$ を含む別の障壁層および前記 $InGaAs$ を含む別の量子井戸層からなる注入多重量子井戸領域と、のペアが複数段積層された活性層と、
 前記活性層上に設けられ、複数の層を含む積層構造を有し、前記積層構造の最上層として $InGaAs$ 層を含む第2半導体層と、
 前記第2半導体層の前記 $InGaAs$ 層の直上に設けられ、前記障壁層の $InAlAs$ と同じ組成 x を有する $InAlAs$ を含み、第1の厚さを有する第1膜と、
 前記第1膜上に設けられる第2膜であって、前記第1半導体層と、前記活性層と、前記第2半導体層と、前記第1膜と、を含む積層体の最上層であり、前記量子井戸層の $InGaAs$ と同じ組成 y を有する $InGaAs$ を含み、第2の厚さを有する第2膜と、
 を備える半導体レーザー用ウェーハ。

【請求項3】

前記第1の厚さが5nm以上かつ30nm以下、前記第2の厚さが5nm以上かつ30nm以下である請求項1または2に記載の半導体レーザー用ウェーハ。

【請求項4】

基板と、

前記基板上に設けられた第1半導体層と、

前記第1半導体層の上に設けられ、組成式 $In_xAl_{1-x}As$ ($0 < x < 1$) で表される化合物半導体 $InAlAs$ を含む障壁層および組成式 $In_yGa_{1-y}As$ ($0 < y < 1$) で表される化合物半導体 $InGaAs$ を含む量子井戸層からなる発光多重量子井戸領域と、前記 $InAlAs$ を含む別の障壁層および前記 $InGaAs$ を含む別の量子井戸層からなる注入多重量子井戸領域と、のペアが複数段積層された活性層と、
 前記活性層の直上に設けられ、前記障壁層の $InAlAs$ と同じ組成 x を有する $InAlAs$ を含み、第1の厚さを有する第1膜と、

前記第1膜上に設けられ、前記量子井戸層の $InGaAs$ と同じ組成 y を有する $InGaAs$ を含み、第2の厚さを有する第2膜と、

前記第2膜の上に設けられた第2半導体層と、

を備え、

前記第1の厚さおよび前記第2の厚さは、前記障壁層の厚さおよび前記量子井戸層の厚さよりも厚い半導体レーザー。

【請求項5】

基板と、

前記基板上に設けられた第1半導体層と、

前記第1半導体層の上に設けられ、組成式 $In_xAl_{1-x}As$ ($0 < x < 1$) で表される化合物半導体 $InAlAs$ を含む障壁層および組成式 $In_yGa_{1-y}As$ ($0 < y < 1$) で表される化合物半導体 $InGaAs$ を含む量子井戸層からなる発光多重量子井戸領域と、前記 $InAlAs$ を含む別の障壁層および前記 $InGaAs$ を含む別の量子井戸層からなる注入多重量子井戸領域と、のペアが複数段積層された活性層と、

前記活性層上に設けられ、複数の層を含む積層構造を有し、前記積層構造の最上層として $InGaAs$ 層を含む第2半導体層と、

前記第2半導体層の前記 $InGaAs$ 層の直上に設けられ、前記障壁層の $InAlAs$ と同じ組成 x を有する $InAlAs$ を含み、第1の厚さを有する第1膜と、

前記第1膜上に設けられる第2膜であって、前記第1半導体層と、前記活性層と、前記第2半導体層と、前記第1膜と、を含む積層体の最上層であり、前記量子井戸層の $InGaAs$ と同じ組成 y を有する $InGaAs$ を含み、第2の厚さを有する第2膜と、

前記第2膜上に設けられ、前記第2膜に接する電極と、

を備える半導体レーザー。

【請求項6】

10

20

30

40

50

前記第1の厚さが5 nm以上かつ30 nm以下、前記第2の厚さが5 nm以上かつ30 nm以下である請求項4または5に記載の半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、半導体レーザ用ウェーハおよび半導体レーザに関する。

【背景技術】

【0002】

赤外線を放出する半導体レーザは、複数の多重量子井戸構造が積層された活性層を有する。

【0003】

井戸層と障壁層を構成する化合物半導体の組成比および厚さは、エピタキシャル結晶成長プロセスにおける外乱（原料フラックスや真空度などの変動）の影響を受ける。また、単位多重量子井戸構造のカスケード接続段数が多くなると、活性層の結晶成長時間が長くなり、外乱の影響がますます大きくなる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2003-121391号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

半導体レーザチップの生産性が高められ、赤外線を放出可能な半導体レーザを提供する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

半導体レーザ用ウェーハは、基板と、第1半導体層と、活性層と、第2半導体層と、第1膜と、第2膜と、を有する。前記第1半導体層は、前記基板上に設けられる。前記活性層は、前記第1半導体層の上に設けられ、組成式 $In_xAl_{1-x}As$ ($0 < x < 1$) で表される化合物半導体 $InAlAs$ を含む障壁層および組成式 $In_yGa_{1-y}As$ ($0 < y < 1$) で表される化合物半導体 $InGaAs$ を含む量子井戸層からなる発光多重量子井戸領域と、前記 $InAlAs$ を含む別の障壁層および前記 $InGaAs$ を含む別の量子井戸層からなる注入多重量子井戸領域と、のペアが複数段積層される。前記第1膜は、前記活性層の直上に設けられ、前記障壁層の $InAlAs$ と同じ組成 x を有する $InAlAs$ を含み、第1の厚さを有する。前記第2膜は、前記第1膜上に設けられ、前記量子井戸層の $InGaAs$ と同じ組成 y を有する $InGaAs$ を含み、第2の厚さを有する。前記第2半導体層は、前記第2膜上に設けられる。前記第1の厚さおよび前記第2の厚さは、前記障壁層の厚さおよび前記量子井戸層の厚さよりも厚い。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】第1の実施形態にかかる半導体レーザ用ウェーハの模式断面図である。

【図2】第1の実施形態にかかる半導体レーザの模式断面図である。

【図3】活性層の縦方向の伝導帯エネルギー準位図である。

【図4】第1の実施形態にかかる半導体レーザ用ウェーハの評価工程のフロー図である。

【図5】図5(a)は第1の実施形態の測定X線回折プロファイルのグラフ図、図5(b)は組成評価層をInP基板に形成したサンプル構造のX線回折プロファイルをシミュレーションにより求めたグラフ図、である。

【図6】比較例にかかる半導体レーザ用ウェーハの模式断面図である。

【図7】図7(a)は第1の実施形態の測定X線回折プロファイルのグラフ図、図7(b)は第1の実施形態の構造に対するX線回折プロファイルをシミュレーションにより求めたグラフ図、である。

10

20

30

40

50

【図 8】第 1 の実施形態の変形例にかかる半導体レーザ用ウェーハの模式断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、図面を参照しつつ、本発明の実施形態について説明する。

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態にかかる半導体レーザ用ウェーハの 1 チップ分の模式断面図である。

半導体レーザ用ウェーハ 10 は、基板 20 と、第 1 半導体層 30 と、活性層 40 と、第 2 半導体層 50 と、組成評価層 60 と、を有する。

【0009】

第 1 半導体層 30 は、たとえば、第 1 コンタクト層 31、第 1 クラッド層 32、第 1 光ガイド層 33、などを基板 20 上にこの順序に有することができる。また、第 2 半導体層 50 は、たとえば、第 2 光ガイド層 51、第 2 クラッド層 52、第 2 コンタクト層 53、などを活性層 40 上にこの順序で有することができる。

10

【0010】

活性層 40 は、第 1 半導体層の 30 上に設けられる。活性層 40 は、第 1 化合物半導体および第 2 化合物半導体からなる発光多重量子井戸領域と、第 1 化合物半導体および第 2 化合物半導体からなる注入多重量子井戸領域と、のペアが複数段積層されている。

【0011】

組成評価層 60 は、第 2 半導体層 50 の上に設けられ、第 1 化合物半導体からなり第 1 の厚さを有する第 1 膜 61 および第 2 化合物半導体の混晶からなり第 2 の厚さを有する第 2 膜 62 を有する。第 1 化合物半導体および第 2 化合物半導体は、たとえば、3 元化合物混晶とすることができる。

20

【0012】

半導体レーザが電子をキャリアとする量子カスケードレーザ (QCL: Quantum Cascade Laser) とするとき、第 1 半導体層 30 および第 2 半導体層 50 の極性は、n 形とされる。

【0013】

図 2 は、第 1 の実施形態にかかる半導体レーザの模式断面図である。

基板 20 上にエピタキシャル成長され、第 1 半導体層 30、活性層 40、第 2 半導体層 50、および組成評価層 60 を含む積層体は、メサ状にパターンニングされる。メサ状の積層体は、リッジ導波路を構成する。図 2 において、メサ掘り込みの深さは、第 1 半導体層 30 のうち活性層 40 に隣接して設けられる第 1 光ガイド層 33 の途中まで到達するものとする。但し、メサ掘り込みの深さは図 2 に限定されず、第 1 光ガイド層 33 の下方に設けられる第 1 クラッド層 32 の途中まで到達してもよいし、活性層 40 の下面まで到達してもよいし、第 1 半導体層 30 の下面まで到達してもよい。

30

【0014】

また、リッジ導波路の側面およびリッジ導波路の両側に露出した底面にはシリコン酸化膜やシリコン窒化膜を含む絶縁膜 70 が設けられる。また、リッジ導波路の上面 (第 2 膜 62 の表面) には、上部電極 72 が設けられ、基板 20 の裏面には下部電極 73 が設けられる。リッジ導波路は、紙面に直交する方向に延在し、その 2 つの端面間が光共振器となる。なお、リッジ導波路を設けず、第 1 半導体層または第 2 半導体層内に 2 次元フォトリソニック結晶を設けた面発光構造にしてもよい。

40

【0015】

図 3 は、活性層の縦方向の伝導帯エネルギー準位図である。

縦軸は相対伝導帯エネルギー (eV)、横軸は縦方向位置 (μm)、である。活性層 40 を構成する多重量子井戸構造 80 の一段は、発光多重量子井戸領域 86 と、注入多重量子井戸領域 88 と、のペアからなる。発光多重量子井戸領域 86 は、複数の井戸層と複数の障壁層とを有する。井戸層は第 2 の化合物半導体を含む。障壁層は第 1 の化合物半導体を含む。

【0016】

50

活性層 40 の上下間に電位差が与えられると、発光多重量子井戸領域 86 において電子がサブバンド間遷移を生じて、遷移準位に対応した波長でレーザ発振をする。他方、サブバンド間遷移後の電子は、注入多重量子井戸領域 88 内を輸送されつつエネルギーが緩和されて、下流の発光量子井戸領域 86 に注入され、再びサブバンド間遷移に寄与する。

【0017】

第 1 の実施形態では、半導体レーザ用ウェーハの表面に組成評価層 60 が設けられる。第 1 膜 61 は、たとえば、障壁層を構成する第 1 化合物半導体からなるものとする。また、第 2 膜 62 は、井戸層を構成する第 2 化合物半導体からなるものとする。

【0018】

たとえば、第 1 化合物半導体は $In_xAl_{1-x}As$ ($0 < x < 1$)、第 2 化合物半導体は $In_yGa_{1-y}As$ ($0 < y < 1$) とすることができる。なお、第 1 膜 61 が井戸層を構成する材料で、第 2 膜 62 が障壁層を構成する材料でもよい。

【0019】

(表 1) は、活性層 40 を構成する設定活性層構造の 1 段の構成例を表す。

【0020】

【表 1】

層	材料	組成比(xまたはy)	膜厚(nm)
注入障壁層	$In_xAl_{1-x}As$	$x=0.362$	3.8
井戸層	$In_yGa_{1-y}As$	$y=0.669$	1.2
障壁層	$In_xAl_{1-x}As$	$x=0.362$	1.3
井戸道	$In_yGa_{1-y}As$	$y=0.669$	4.3
障壁層	$In_xAl_{1-x}As$	$x=0.362$	1.3
井戸層	$In_yGa_{1-y}As$	$y=0.669$	3.8
障壁層	$In_xAl_{1-x}As$	$x=0.362$	1.4
井戸層	$In_yGa_{1-y}As$	$y=0.669$	3.6
抽出障壁層	$In_xAl_{1-x}As$	$x=0.362$	2.2
井戸層	$In_yGa_{1-y}As$	$y=0.669$	2.8
障壁層	$In_xAl_{1-x}As$	$x=0.362$	1.7
井戸層	$In_yGa_{1-y}As$	$y=0.669$	2.5
障壁層	$In_xAl_{1-x}As$	$x=0.362$	1.8
井戸層	$In_yGa_{1-y}As$	$y=0.669$	2.2
障壁層	$In_xAl_{1-x}As$	$x=0.362$	1.9
井戸層	$In_yGa_{1-y}As$	$y=0.669$	2.1
障壁層	$In_xAl_{1-x}As$	$x=0.362$	2.1
井戸層	$In_yGa_{1-y}As$	$y=0.669$	2
障壁層	$In_xAl_{1-x}As$	$x=0.362$	2.1
井戸層	$In_yGa_{1-y}As$	$y=0.669$	1.8
障壁層	$In_xAl_{1-x}As$	$x=0.362$	2.7
井戸層	$In_yGa_{1-y}As$	$y=0.669$	1.8

【0021】

1 段は、発光多重量子井戸領域 86 と、注入多重量子井戸領域 88 と、のペアで構成される。たとえば、井戸層は第 2 化合物半導体である $In_{0.669}Ga_{0.331}As$ を含み、障壁層は第 1 化合物半導体である $In_{0.362}Al_{0.638}As$ を含むものとする。発光多重量子井戸領域 86 は 4 つの井戸層を含み、注入多重量子井戸層 88 は、7 つの

井戸層を含むものとする。また、活性層 40 は、量子井戸構造が、たとえば、30 - 300 段などと積層される。

【0022】

実際の結晶成長プロセスにおいては、外乱（原料フラックス、真空度、成長温度など）により組成比や膜厚（成長速度）が変動しやすい。このため、結晶成長後のウェーハに対して評価選別なしに、リッジ導波路形成、電極形成、端面反射膜などの形成プロセスを行うと、特性不良ウェーハが増加する。このため、半導体レーザーチップの全体の歩留まりが低下する。すなわち、エピタキシャル結晶成長プロセスの変動により、チップ歩留まりが低下する。

【0023】

図4は、第1の実施形態にかかる半導体レーザー用ウェーハの評価工程のフロー図である。

まず、半導体レーザー用ウェーハ10に設けられた組成評価層60の表面にX線（波長は既知）を照射し、回折角に対する回折光強度を測定することによりX線回折プロファイルを求める（S100）。

【0024】

なお、回折光強度は、回折角が 2θ （ θ ：ブラッグ角）となる位置でピークとなる。このため、式（1）から、混晶の格子定数 d が求められる。

【0025】

$$d = n / 2 \sin \theta \quad (1)$$

但し、 n ：自然数

【0026】

この結果、三元化合物混晶の格子定数 d と、組成比 x （または y ）との相関を利用して組成比 x 、 y が求められる。

【0027】

図5(a)は第1の実施形態の測定X線回折プロファイルのグラフ図、図5(b)は組成評価層をInP基板に形成したサンプル構造のX線回折プロファイルをシミュレーションにより求めたグラフ図、である。

縦軸は相対回折光強度、横軸は回折角 2θ （ θ ：ブラッグ角）、である。図5(a)において、約 63.3° の回折角にあらわれるピークは基板20であるInPをあらわす。基板20のピークの左側において、 61.8° 近傍には、 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ （ $0 < y < 1$ ）のサブピークがあらわれる。また、基板のピークの右側において、 64.8° 近傍には、 $\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{As}$ （ $0 < x < 1$ ）のサブピークがあらわれる。

【0028】

図5(b)のサンプル構造は、InP基板上に、 $\text{In}_{0.362}\text{Al}_{0.638}\text{As}$ 膜（設定厚さ：20nm厚）と $\text{In}_{0.669}\text{Ga}_{0.331}\text{As}$ 膜（設定厚さ：20nm）とが、この順序に設けられた構造とする。シミュレーションによるX線回折プロファイルでは、約 61.8° の回折角に $\text{In}_{0.669}\text{Ga}_{0.331}\text{As}$ のサブピークがあらわれ、約 64.8° の回折角に $\text{In}_{0.362}\text{Al}_{0.638}\text{As}$ のサブピークがあらわれる。

【0029】

さらに、組成比 x 、 y を変数としたサンプル構造に対してシミュレーションを行う。このようにして得られたシミュレーションによるX線回折プロファイルが、図5(a)の測定X線回折プロファイルに合うように組成比 x 、 y を求めることができる（S102）。

【0030】

図6は、比較例にかかる半導体レーザー用ウェーハの模式断面図である。

活性層140は、（表1）と同じ構造とするが、組成評価層は設けられていない。比較例のX線回折プロファイルには、組成評価層の $\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{As}$ の回折光強度に対するピークおよび $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ の回折光強度に対する回折光強度のピークは弱い。このため、組成比 x 、 y を測定X線回折プロファイルの測定から求めると組成比の精度が不十分となる。

【0031】

10

20

30

40

50

また、第1膜61および第2膜62の膜厚を5nmよりも小さくすると回折光強度が低下し検出感度が低下する。他方、膜厚を30nmよりも大きくすると臨界膜厚に近づくと、ウェーハ全体の結晶性が低下する。このため、第1膜61および第2膜62の膜厚は、5nm以上、30nm以下とすることが好ましい。なお、組成評価層60を活性層40よりもウェーハの表面側に設けると、ウェーハ内部におけるX線の減衰が低減できる。

【0032】

次に、求められた組成比 x 、 y と、(表1)に表した組成比の設定値との差がそれぞれ所定値以下であると組成比 x 、 y は許容範囲とされ(S104)、次の評価工程に進む。他方、測定された組成比 x 、 y と、(表1)に表した組成比の設定値との差が所定値よりも大きいと組成比 x 、 y は許容範囲を満たさないので不良ウェーハと判定する(S106)。

10

【0033】

図7(a)は第1の実施形態の測定X線回折プロファイルのグラフ図、図7(b)は第1の実施形態の構造に対するX線回折プロファイルをシミュレーションにより求めたグラフ図、である。

図7(a)は第1の実施形態の測定X線回折プロファイルであり、ステップS100で得られたプロファイルである(図5(a)と同一)。

20

【0034】

他方、Inの組成比をステップS102で求めた組成比 x および y とし、井戸層の膜厚および障壁層の膜厚を変数としてX線回折プロファイルをシミュレーションする(S108)。この場合、たとえば、(表1)のMQW設定値のうち、最後の2層(厚さ2.7nmのInAlAs層および膜厚1.8nmのInGaAs層)に対応する膜厚を2つの変数とすることができる。なお、シミュレーションにおける仮定は、InGaAsおよびInAlAsの成長速度が活性層40の全体においてそれぞれ一定であり、かつ組成比 x 、 y はステップS102で求めた値とする、ことである。

【0035】

シミュレーションで得られたプロファイルが測定X線プロファイル(図7(a))に合うように膜厚2つをそれぞれフィッティングする(S110)。この場合、たとえば、サテライトピーク、サブピーク強度、回折角と膜厚との相関関係などを利用することができる。なお、変数とする2つの膜厚の位置は、(表1)の構成から選択することができる。

30

【0036】

フィッティングにより得られたX線回折プロファイルの膜厚(2つ)と、(表1)の設定値の膜厚と、の差が所定値以下であると許容範囲とされ(S112)、良品ウェーハと判定される。他方、膜厚差が所定値よりも大きいと不良ウェーハと判定される(S114)。所定値は、たとえば、膜厚差の絶対値が、設定値に対して10%などとすることができる。

【0037】

本実施形態の半導体レーザ用ウェーハ10では、ウェーハの表面または、ウェーハ表面と活性層40との間に組成評価層60が設けられる。ウェーハ状態でのX線回折測定により、活性層40を構成する井戸層のIn組成比 y および障壁層を構成する障壁層のIn組成比 x を求める。さらに、測定で求められた組成比 x 、 y を用い井戸層の膜厚および障壁層の膜厚を変数としてX線回折プロファイルをシミュレーションする。結晶成長プロセスで生じる外乱は、原料フラックスの変動の他に真空度の変動や成長温度の変動などがある。このため、4つの変数を用いてウェーハのX線回折プロファイルシミュレーションを行うことにより膜厚変動のシミュレーション精度を高めることができる。この結果、半導体レーザチップ歩留まりを高めることができる。

40

【0038】

50

また、X線回折プロファイルのシミュレーションにおいて、クラッド層（たとえばInP）32、52、光ガイド層（たとえばInGaAs）33、51、コンタクト層（たとえばInGaAs）31、53などの回折光強度がピークとなる回折角は、InPの回折角に近接する。このため、X線回折プロファイルに与える影響を小さくできる。もちろん、これらの層の組成比を個別に求めることは可能である。

【0039】

図8は、第1の実施形態の変形例にかかる半導体レーザ用ウェーハの模式断面図である。組成評価層60は、活性層40と半導体レーザ用ウェーハ10の表面との間に設けてもよい。もし、活性層40よりも下方に設けると、X線の光路が長くなり減衰などを生じ検出感度が低下する。なお、第1の実施形態の変形例では、活性層40と組成評価層60との間に、ガイド層、クラッド層、コンタクト層などが設けられる。

10

【0040】

クラッド層の厚さは、2~10 μ mなどと大きい。また、コンタクト層の不純物濃度は、クラッド層の不純物濃度よりも高い。このため、活性層40の結晶成長プロセスと、組成評価層60の結晶成長プロセスと、の間で成長条件が変化する可能性がある。これに対して、変形例では、活性層40の結晶成長プロセスと、組成評価層60の結晶成長プロセスと、の間で、成長条件の変化を小さくできる。このため、シミュレーション精度を高くできる。

【0041】

また、半導体レーザは、インターバンドカスケードレーザ（ICL：Interband Cascade Laser）であってもよい。この場合、活性層は、第1半導体層の上に設けられ、第1化合物半導体および第2化合物半導体からなる発光多重量子井戸領域と、第1化合物半導体および第2化合物半導体からなる注入多重量子井戸領域と、のペアを複数段含む。発光多重量子井戸領域には、上流側の注入多重量子井戸領域の電子注入層から電子が注入され、かつ下流側の注入多重量子井戸領域からホールが注入される。この結果発光多重量子井戸領域で電子とホールが再結合し、発光多重量子井戸領域で形成されたインターバンド間遷移準位に対応して赤外線レーザ光が放出される。

20

【0042】

本実施形態によれば、半導体レーザチップの生産性が高められ、かつ赤外線を放出可能な半導体レーザが提供される。半導体レーザは、環境測定、赤外線検出、特定物質の検出などに利用される。

30

【0043】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【符号の説明】

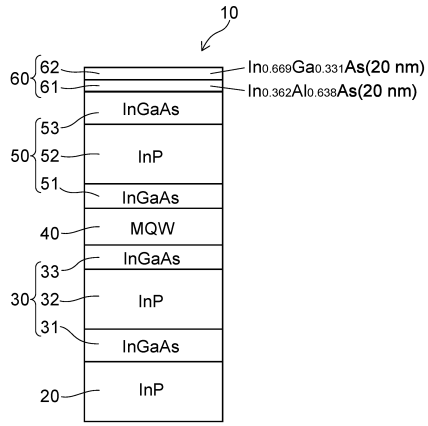
【0044】

10 半導体レーザ用ウェーハ、20 基板、30 第1半導体層、40 活性層、50 第2半導体層、60 組成評価層、61 第1膜、62 第2膜、80 多重量子井戸構造、86 発光多重量子井戸領域、88 注入多重量子井戸領域

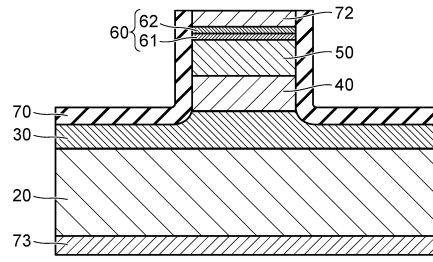
40

【図面】

【図 1】

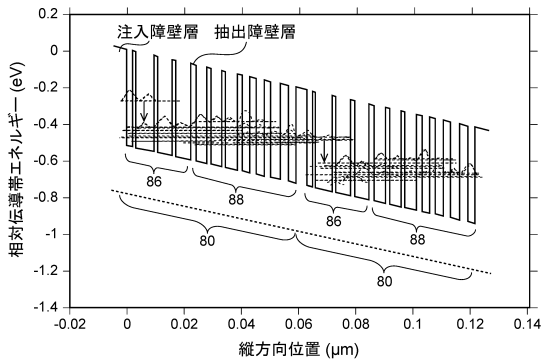


【図 2】

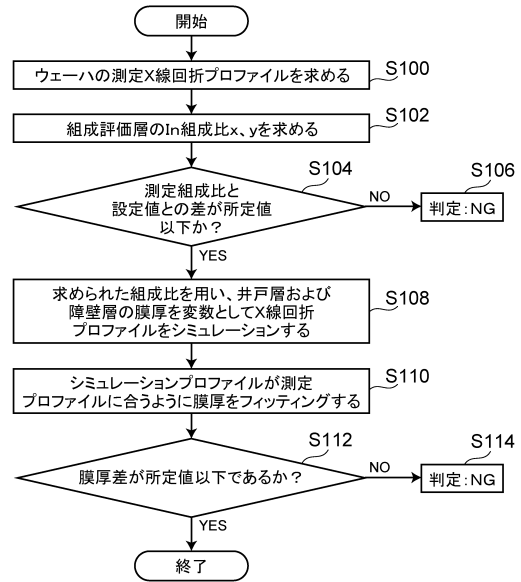


10

【図 3】



【図 4】



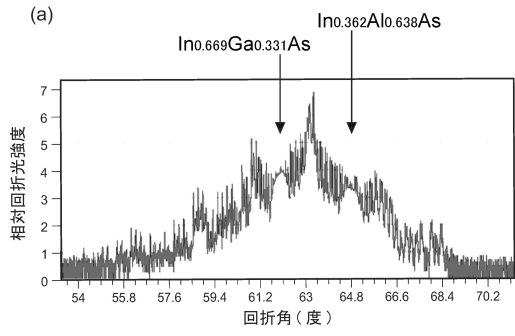
20

30

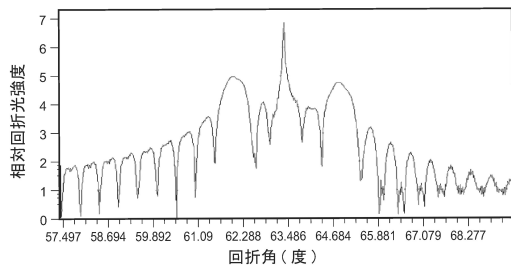
40

50

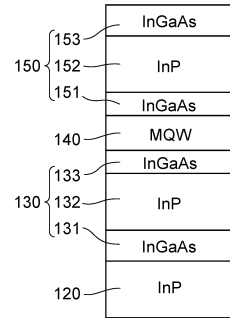
【 図 5 】



(b)



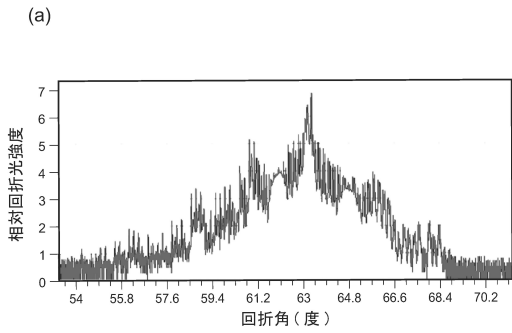
【 図 6 】



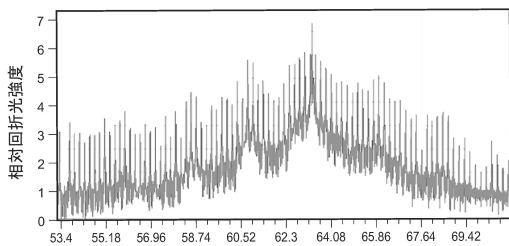
10

20

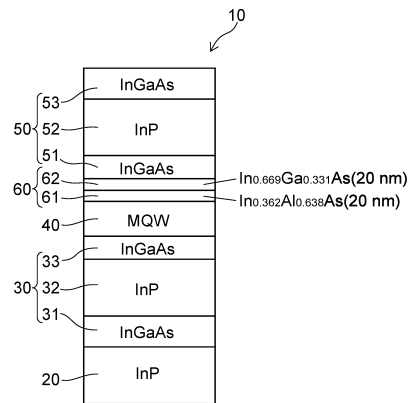
【 図 7 】



(b)



【 図 8 】



30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 金子 桂
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 斎藤 真司
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 橋本 玲
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 角野 努
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 山本 雄一郎
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 高瀬 智裕
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- 審査官 村井 友和
- (56)参考文献 特開2015-173195(JP,A)
特開平09-148667(JP,A)
特開2008-177366(JP,A)
特開昭64-084684(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01S 5/00-5/50