

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5303236号
(P5303236)

(45) 発行日 平成25年10月2日(2013.10.2)

(24) 登録日 平成25年6月28日(2013.6.28)

(51) Int.Cl.

H01S 5/343 (2006.01)

F I

H01S 5/343

請求項の数 6 (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2008-256013 (P2008-256013)
(22) 出願日 平成20年10月1日(2008.10.1)
(65) 公開番号 特開2010-87325 (P2010-87325A)
(43) 公開日 平成22年4月15日(2010.4.15)
審査請求日 平成23年3月7日(2011.3.7)

(73) 特許権者 506423051
株式会社Q Dレーザ
神奈川県川崎市川崎区南渡田町1番1号
(74) 代理人 100087480
弁理士 片山 修平
(74) 代理人 100137615
弁理士 横山 照夫
(72) 発明者 西 研一
東京都千代田区大手町1-8-1 KDD
1 大手町ビル16階 株式会社Q Dレーザ
内
審査官 松崎 義邦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光半導体装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1導電型を有する下部クラッド層と、
前記下部クラッド層上に設けられ、複数の量子ドットを有する量子ドット層が複数積層された活性層と、
該活性層上に設けられ、前記第1導電型とは反対の導電型である第2導電型を有する上部クラッド層と、を具備し、
前記複数の量子ドット層は、前記活性層を伝搬する光の導波モードが最も大きい量子ドット層の量子ドット密度が最も高く、
各量子ドット層内の量子ドット密度は同じであることを特徴とする光半導体装置。

10

【請求項2】

前記複数の量子ドット層は、前記活性層を伝搬する光の導波モードが最も小さい量子ドット層の量子ドット密度が最も低いことを特徴とする請求項1記載の光半導体装置。

【請求項3】

複数の量子ドット層は、最も量子ドット密度の高い量子ドット層から前記活性層の端の量子ドット層に向かい量子ドット密度が単調に減少することを特徴とする請求項1または2記載の光半導体装置。

【請求項4】

前記複数の量子ドット層のうち前記活性層の中央の量子ドット層の量子ドット密度は、前記活性層の前記下部クラッド層側および前記上部クラッド層側の量子ドット層より高い

20

ことを特徴とする請求項 1 記載の光半導体装置。

【請求項 5】

前記複数の量子ドット層のうち最上層の量子ドットの密度が最も高く、最下層の量子ドット密度が最も低いことを特徴とする請求項 1 記載の光半導体装置。

【請求項 6】

前記活性層上に前記下部クラッド層および前記上部クラッド層より屈折率が大きく光が伝搬する光ガイド層を具備することを特徴とする請求項 5 記載の光半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は、光半導体装置に関し、特に活性層が複数の量子ドットを有する光半導体装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、複数の量子ドットを有する活性層を備えた半導体レーザや半導体光増幅器等の光半導体装置が開発されている。特許文献 1 には、量子ドットの形成方法が開示されている。

【0003】

図 1 (a) は、従来の半導体レーザの断面模式図であり、図 1 (b) は、半導体レーザ内の光の導波モードを示している。図 1 (a) を参照に、第 1 導電型を有する下部クラッド層 12 上に活性層 14 が設けられている。活性層 14 は、量子ドット層 51 ~ 55 を複数積層し備えている。量子ドット層 51 ~ 55 は、複数の量子ドット 41 と、量子ドット 41 を覆うベース層 40 から構成される。各量子ドット層 51 ~ 55 内の量子ドット密度 (量子ドットの面密度) は同じである。活性層 14 上に第 2 導電型 (第 1 導電型の反対の導電型) を有する上部クラッド層 18 が設けられている。

20

【0004】

下部クラッド層 12 と上部クラッド層 18 との間に電流を流すことにより、活性層 14 内の量子ドット 41 において発光し、発光した光が活性層 14 内を伝搬する。下部クラッド層 12 および上部クラッド層 18 の屈折率は、活性層 14 を主に構成するベース層 40 の屈折率より低い。このため、活性層 14 付近を伝搬する光の導波モードは図 1 (b) のように、活性層 14 の中心付近が最も大きくなる。

30

【特許文献 1】特許 3468866 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

図 1 (a) に図示した光半導体レーザにおいて、素子電流を増し光出力強度を大きくするためには、量子ドット密度を高くすることが好ましい。また、半導体光増幅器において、光と電流の相互作用を増大させ光の変調効率を向上させるためには、量子ドット密度を高くすることが好ましい。しかしながら、量子ドット密度を高くすると、結晶歪が増加し非発光中心となる転位が増加してしまう。よって、発光効率や変調効率が減少してしまう。

40

【0006】

本発明は、上記課題に鑑みなされたものであり、量子ドットを有する光半導体装置の効率を向上させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、第 1 導電型を有する下部クラッド層と、前記下部クラッド層上に設けられ、複数の量子ドットを有する量子ドット層が複数積層された活性層と、該活性層上に設けられ、前記第 1 導電型とは反対の導電型である第 2 導電型を有する上部クラッド層と、を具備し、前記複数の量子ドット層は、前記活性層を伝搬する光の導波モードが最も大きい量

50

量子ドット層の量子ドット密度が最も高く、各量子ドット層内の量子ドット密度は同じであることを特徴とする光半導体装置である。本発明によれば、光半導体装置の効率を向上させることができる。

【0008】

上記構成において、前記複数の量子ドット層は、前記活性層を伝搬する光の導波モードが最も小さい量子ドット層の量子ドット密度が最も低い構成とすることができる。この構成によれば、光の導波モードが大きさに応じ量子ドット密度を異ならせることにより、光半導体装置の効率を向上させることができる。

【0009】

上記構成において、複数の量子ドット層は、最も量子ドット密度の高い量子ドット層から前記活性層の端の量子ドット層に向かい量子ドット密度が単調に減少する構成とすることができる。

【0010】

上記構成において、前記複数の量子ドット層のうち前記活性層の中央の量子ドット層の量子ドット密度は、前記活性層の前記下部クラッド層側および前記上部クラッド層側の量子ドット層より高い構成とすることができる。

【0011】

上記構成において、前記複数の量子ドット層のうち最上層の量子ドットの密度が最も高く、最下層の量子ドット密度が最も低い構成とすることができる。

【0012】

上記構成において、前記活性層上に前記下部クラッド層および前記上部クラッド層より屈折率が大きく光が伝搬する光ガイド層を具備する構成とすることができる。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、光半導体装置の効率を向上させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

以下、図面を参照に本発明の実施例について説明する。

【実施例1】

【0015】

図2(a)は、実施例1に係る半導体レーザの断面模式図、図2(b)は、半導体レーザ内の光の導波モードを示している。図2(a)を参照に、光の導波モードが最も大きい中央部の量子ドット層53の量子ドット密度(量子ドットの面密度)が最も高い。一方、光の導波モードが最も小さい最上および最下の量子ドット層51、55の量子ドット密度が最も低い。量子ドット層53から量子ドット層51、55にかけて単調に量子ドット密度が減少している。

【0016】

このように、複数の量子ドット層51~55のうち活性層14の中央の量子ドット層53の量子ドット密度を活性層14の上下の量子ドット層51、55より高くする。これにより、光の導波モードが大きい活性層14の中央領域で活性層14が効率的に発光する。よって、半導体レーザの発光効率を向上させることができる。さらに、図1(a)の従来の半導体レーザと比較し、活性層14内の量子ドット41の総数をほぼ同じとすることにより、活性層14全体の結晶歪は従来と同程度とすることができる。よって、非発光中心の原因となる転位密度は従来と同程度にすることができる。

【0017】

下部クラッド層12と上部クラッド層18の組成がほぼ同じであれば、光の導波モードは上下でほぼ対称になる。よって、量子ドット密度は上下でほぼ対称であることが好ましい。

【実施例2】

【0018】

10

20

30

40

50

実施例 2 は、最上の量子ドット層の量子ドット密度が最も高い例である。図 3 (a) は、実施例 2 に係る半導体レーザの断面模式図、図 3 (b) は、半導体レーザ内の光の導波モードを示している。図 3 (a) を参照に、実施例 2 においては、実施例 1 の図 2 (a) と比較し、活性層 1 4 上に光ガイド層 5 8 が設けられている。光ガイド層 5 8 は上部クラッド層 1 8 および下部クラッド層 1 2 より屈折率の大きな層である。

【 0 0 1 9 】

光ガイド層 5 8 は光を伝搬させる機能を有している。よって、図 3 (b) のように、光の導波モードは、活性層 1 4 と光ガイド層 5 8 の中央付近で大きくなる。活性層 1 4 に着目すれば、活性層 1 4 の上部で光の導波モードが大きくなる。そこで、複数の量子ドット層のうち最上の量子ドット層 5 5 の量子ドット密度を最も高くする。最下の量子ドット層 5 1 の量子ドット密度を最も低くする。量子ドット層 5 5 から量子ドット層 5 1 にかけて単調に量子ドット密度を減少させる。これにより、光の導波モードが大きい活性層 1 4 の上部領域で活性層 1 4 は効率的に発光する。よって、半導体レーザの発光効率を向上させることができる。

【 0 0 2 0 】

実施例 1 および実施例 2 のように、前記活性層を伝搬する光の導波モードが大きい量子ドット層の量子ドット密度が高く、前記光の導波モードが小さい量子ドット層の量子ドット密度が低くなるように、複数の量子ドット層 5 1 ~ 5 5 の量子ドット密度を異ならせる。これにより、半導体レーザの発光効率を向上させることができる。

【 0 0 2 1 】

例えば、活性層 1 4 と下部クラッド層 1 2 との間に光ガイド層が設けられ、活性層 1 4 の下部付近で光の導波モードが大きくなる場合、最下の量子ドット層 5 1 の量子ドット密度を最も高くし、最上の量子ドット層 5 5 の量子ドット密度を最も低くすることができる。

【 0 0 2 2 】

光の導波モードは一般に 1 つのピークを有し、上下に単調に減少する。よって、複数の量子ドット層 5 1 ~ 5 5 は、最も量子ドット密度の高い量子ドット層から活性層 1 4 の端の量子ドット層 5 1 または 5 5 に向かい量子ドット密度が単調に減少することが好ましい。

【 0 0 2 3 】

実施例 1 および実施例 2 では、5 層の量子ドット層 5 1 ~ 5 5 を例に説明したが、量子ドット層は 6 層以上でもよく、例えば 1 0 層以上としてもよい。量子ドットの大きさは、例えば直径が 2 0 n m 程度である。量子ドット密度の大きい量子ドット層の量子ドット密度は、例えば 6×10^{10} 個 / cm^2 、量子ドット密度の小さい量子ドット層の量子ドット密度は、例えば 1×10^{10} 個 / cm^2 である。実施例 1 および実施例 2 の効果を奏するためには、量子ドット層 5 1 ~ 5 5 内の最小の量子ドット密度に対し最大の量子ドット密度は、1 . 2 倍以上であることが好ましく、1 . 5 倍以上がより好ましい。さらに、3 . 0 倍以上が一層好ましい。

【 0 0 2 4 】

実施例 1 および実施例 2 は、半導体レーザの例であったが、半導体光増幅器に実施例 1 および実施例 2 を用いてもよい。これにより、半導体光増幅器内の光と電流の相互作用を増大させ光の変調効率を向上させることができる。

【 実施例 3 】

【 0 0 2 5 】

実施例 3 は、実施例 1 および実施例 2 を用いた半導体レーザの例である。図 4 は実施例 3 の断面斜視図である。p 型 G a A s 基板 1 0 上に、p 型 G a A s からなるバッファ層 1 1、p 型 A l G a A s からなる下部クラッド層 1 2、アンドープ G a A s からなるスペーサ層 1 5、量子ドット層が複数積層した量子ドット活性層 1 4、アンドープ G a A s からなるスペーサ層 1 6、n 型 A l G a A s からなる上部クラッド層 1 8 及び n 型 G a A s からなるコンタクト層 1 9 が順次積層されている。活性層 1 4 は、量子ドット 4 1 とベース層

10

20

30

40

50

40とからなる。上部クラッド層18は第1層81、第2層82からなる。なお、図4では、量子ドット41の密度が量子ドット層間で同じように図示されているが、実施例1および実施例2のように、量子ドット層間で量子ドット密度が異なっている。各層の材料、膜厚及びドーピング濃度を表1に示す。

【表1】

層名	材料	膜厚 (nm)	ドーピング濃度 (/cm ³)
コンタクト層	n-GaAs	600	5×10^{18}
上部クラッド層	n-Al _{0.35} Ga _{0.65} As	860	1×10^{18}
	n-Al _{0.45} Ga _{0.55} As	200	5×10^{17}
スペーサ層	GaAs	50	アンドープ
活性層	—	—	—
スペーサ層	GaAs	33	アンドープ
下部クラッド層	n-Al _{0.35} Ga _{0.65} As	500	5×10^{17}
	n-Al _{0.35} Ga _{0.65} As	900	2×10^{18}
バッファ層	p-GaAs	500	7×10^{18}
基板	p-GaAs	—	—

10

【0026】

20

上部クラッド層18及びコンタクト層19はリッジ部30を形成している。リッジ部30の両側にはスペーサ層16に達する凹部35が形成されている。コンタクト層19上に及び凹部35表面に保護膜28として酸化シリコン膜が形成されている。リッジ部30のコンタクト層19上にn用電極22が形成されている。n用電極22と配線25を介し接続するパッド26が形成されている。基板10の下面にはp用電極24が形成されている。

【0027】

図5は、量子ドット活性層の1層分の量子ドット層を示した図である。量子ドット41はInAsより形成される。量子ドット41間に膜厚が約5nmのInGaAs層42が形成される。量子ドット41およびInGaAs層42を覆うように、膜厚が約14nmのアンドープGaAs層43が形成される。アンドープGaAs層43上に膜厚が約10nmのp型GaAs層44、膜厚が9nmのアンドープGaAs層45が形成される。アンドープGaAs層43、p型GaAs層44、アンドープGaAs層45はベース層40を構成する。量子ドット活性層14内の各層の材料、膜厚及びドーピング濃度を表2に示す。

30

【表2】

層名	材料	膜厚 (nm)	ドーピング濃度 (/cm ³)
アンドープGaAs層	GaAs	9	アンドープ
p型GaAs層	p-GaAs	10	5×10^{17}
アンドープGaAs層	GaAs	14	アンドープ
InGaAs層	In _{0.15} Ga _{0.85} As	5	アンドープ

40

【0028】

実施例3のように、量子ドット41としてInAs、ベース層40としてGaAs、下部クラッド層12および上部クラッド層18としてAlGaAsを用いることができる。実施例2のように光ガイド層を用いる場合、光ガイド層として例えばGaAsを用いることができる。

【0029】

以上、発明の好ましい実施例について詳述したが、本発明は係る特定の実施例に限定さ

50

れるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】図1(a)は、従来の半導体レーザの断面模式図であり、図1(b)は、半導体レーザ内の光の導波モードを示す図である。

【図2】図2(a)は、実施例1に係る半導体レーザの断面模式図であり、図2(b)は、半導体レーザ内の光の導波モードを示す図である。

【図3】図3(a)は、実施例1に係る半導体レーザの断面模式図であり、図3(b)は、半導体レーザ内の光の導波モードを示す図である。

10

【図4】図4は、実施例3に係る半導体レーザの断面斜視図である。

【図5】図5は、量子ドット活性層の1層分のドット層を示した図である。

【符号の説明】

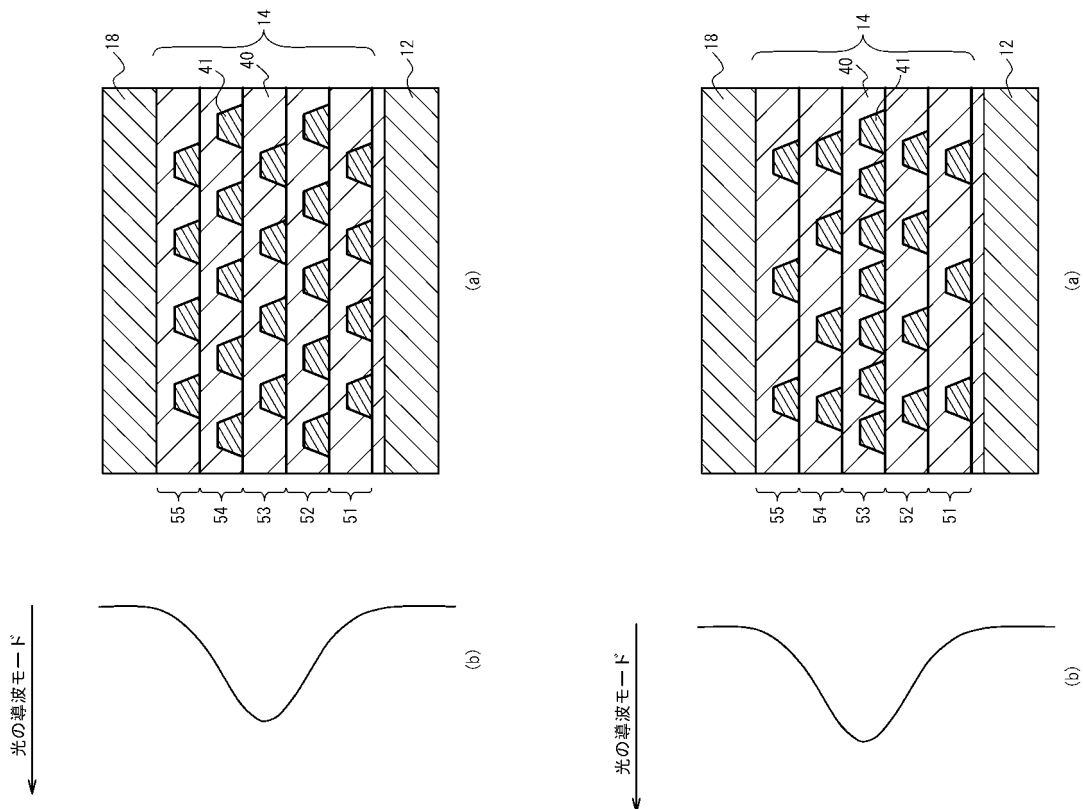
【0031】

10	基板
12	下部クラッド層
14	量子ドット活性層
18	上部クラッド層
40	ベース層
41	量子ドット
51 ~ 55	量子ドット層

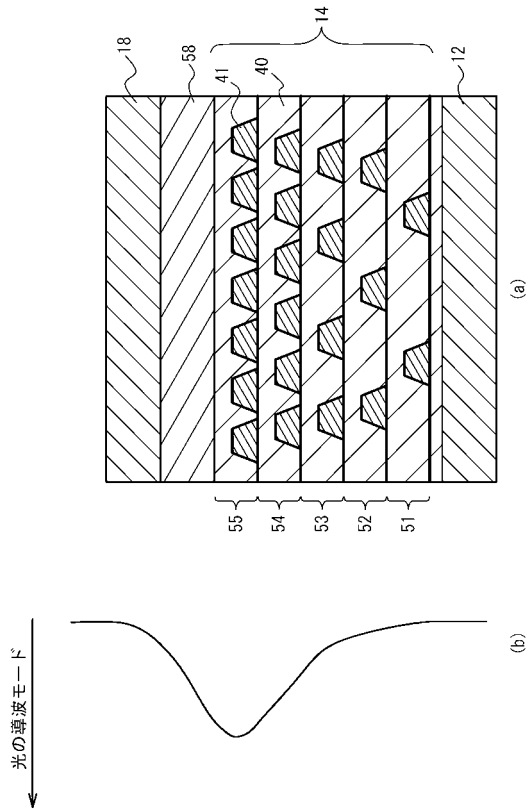
20

【図1】

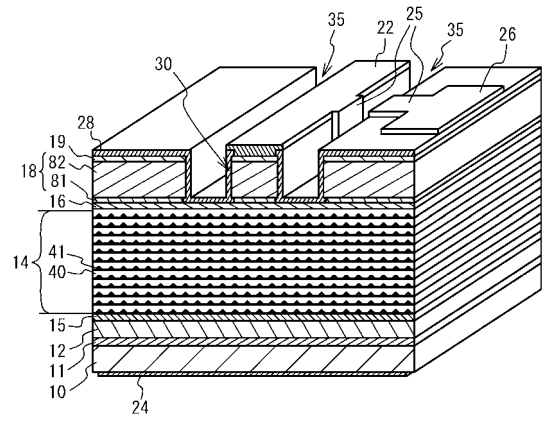
【図2】



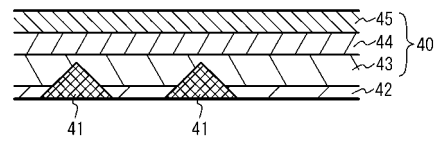
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-268573(JP,A)
特開平11-307860(JP,A)
特開2005-039107(JP,A)
特開2004-289010(JP,A)
特開2001-210910(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01S5/00-5/50