

(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2010-27697

(P2010-27697A)

(43) 公開日 平成22年2月4日(2010.2.4)

(51) Int.Cl.

H01S 5/183 (2006.01)

F I

H01S 5/183

テーマコード (参考)

5 F 1 7 3

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2008-184254 (P2008-184254)
 (22) 出願日 平成20年7月15日 (2008.7.15)

(71) 出願人 000002130
 住友電気工業株式会社
 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
 (74) 代理人 100088155
 弁理士 長谷川 芳樹
 (74) 代理人 100092657
 弁理士 寺崎 史朗
 (74) 代理人 100113435
 弁理士 黒木 義樹
 (74) 代理人 100108257
 弁理士 近藤 伊知良
 (72) 発明者 大西 裕
 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電
 気工業株式会社横浜製作所内

最終頁に続く

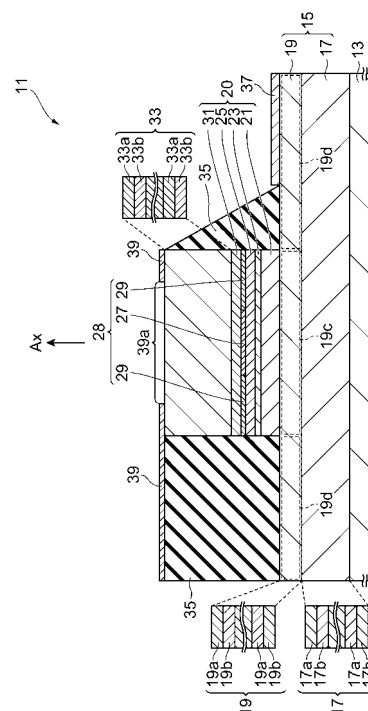
(54) 【発明の名称】 面発光半導体レーザ

(57) 【要約】

【課題】 分布ブラッグリフレクタの反射率の変動に起因する光出力の低下を抑制可能な面発光半導体レーザを提供する。

【解決手段】 面発光半導体レーザ11は、第1の部分17と該第1の部分上に設けられた第2の部分19とを含む第1のDBR15と、第1のDBR15上に設けられ、活性層23を含む半導体メサ20と、第2のDBR33とを備える。第1の部分17はアンドープの半導体材料からなり、第2の部分19は、III族構成元素としてIn元素及びGa元素並びにV族構成元素としてP元素を含む材料からなる第3のIII-V族化合物半導体層19aと、III族構成元素としてGa元素及びV族構成元素としてAs元素を含む材料からなる第4のIII-V族化合物半導体層19bとを有する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の部分と該第 1 の部分上に設けられた第 2 の部分とを含む第 1 の半導体分布ブラッグリフレクタと、

前記第 1 の半導体分布ブラッグリフレクタ上に設けられ、活性層を含む半導体メサと、
前記半導体メサ上に設けられた第 2 の分布ブラッグリフレクタとを備え、

前記第 1 の半導体分布ブラッグリフレクタの前記第 2 の部分は、第 1 の領域と該第 1 の領域を囲む第 2 の領域とを有し、

前記半導体メサは、前記第 1 の領域上に設けられており、

前記第 1 の半導体分布ブラッグリフレクタの前記第 1 の部分は、交互に配置された第 1 の III-V 族化合物半導体層及び第 2 の III-V 族化合物半導体層を含み、 10

前記第 1 の半導体分布ブラッグリフレクタの前記第 2 の部分は、交互に配置された第 3 の III-V 族化合物半導体層及び第 4 の III-V 族化合物半導体層を含み、

前記第 1 の III-V 族化合物半導体層は、III 族構成元素として Al 元素及び Ga 元素並びに V 族構成元素として As 元素を含むアンドープの半導体材料からなり、

前記第 2 の III-V 族化合物半導体層は、III 族構成元素として Ga 元素及び V 族構成元素として As 元素を含むアンドープの半導体材料からなり、

前記第 3 の III-V 族化合物半導体層は、III 族構成元素として In 元素及び Ga 元素並びに V 族構成元素として P 元素を含む半導体材料からなり、

前記第 3 の III-V 族化合物半導体層の半導体材料は、n 型不純物がドーピングされた半導体材料またはアンドープの半導体材料であり、 20

前記第 4 の III-V 族化合物半導体層は、III 族構成元素として Ga 元素及び V 族構成元素として As 元素を含む半導体材料からなり、

前記第 4 の III-V 族化合物半導体層の半導体材料は、n 型不純物がドーピングされた半導体材料である

ことを特徴とする面発光半導体レーザ。

【請求項 2】

前記第 1 の III-V 族化合物半導体層は、AlGaAs 半導体からなり、

前記第 2 の III-V 族化合物半導体層は、GaAs 半導体または AlGaAs 半導体からなることを特徴とする請求項 1 に記載の面発光半導体レーザ。 30

【請求項 3】

前記第 3 の III-V 族化合物半導体層は、InGaP 半導体、AlGaInP 半導体または GaInAsP 半導体からなることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の面発光半導体レーザ。

【請求項 4】

前記第 3 の III-V 族化合物半導体層は、n 型不純物がドーピングされた半導体材料からなることを特徴とする請求項 1～請求項 3 のいずれか 1 項に記載の面発光半導体レーザ。

【請求項 5】

前記第 3 の III-V 族化合物半導体層は、アンドープの半導体材料からなることを特徴とする請求項 1～請求項 3 のいずれか 1 項に記載の面発光半導体レーザ。 40

【請求項 6】

前記第 3 の III-V 族化合物半導体層の III 族構成元素における In 元素の組成は 0.4 以上 0.5 以下であり、

前記第 4 の III-V 族化合物半導体層は、GaAs 半導体からなることを特徴とする請求項 1～請求項 5 のいずれか 1 項に記載の面発光半導体レーザ。

【請求項 7】

前記第 3 の III-V 族化合物半導体層の III 族構成元素における In 元素の組成は 0.4 以上 0.6 以下であり、

前記第 4 の III-V 族化合物半導体層は、GaAsP 半導体からなることを特徴とする請求項 1～請求項 5 のいずれか 1 項に記載の面発光半導体レーザ。 50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、面発光半導体レーザに関する。

【背景技術】

【0002】

非特許文献1には、面発光半導体レーザが記載されている。この面発光半導体レーザは、GaAs基板上に設けられた分布ブラッグリフレクタを含む。この分布ブラッグリフレクタは、交互に配列されたn型AlGaAs半導体層及びn型GaAs半導体層からなる。これらの半導体層には、Siがドーピングされている。この分布ブラッグリフレクタは、共振器の一部を構成すると共に、活性層に供給されるキャリアの経路となる。

10

【非特許文献1】Y. C. Chang et al., Electronics Letters, vol.42, no.22, pp.1281-1283, 2006.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

面発光半導体レーザでは、分布ブラッグリフレクタを少ない層数で得るために、屈折率差の大きい2種類の半導体層を交互に配列して、十分な反射率の分布ブラッグリフレクタを形成する。非特許文献1では、大きな屈折率差を有するn型AlGaAs半導体及びn型GaAs半導体が分布ブラッグリフレクタに用いられている。これらの半導体は、Si元素をドーパントとして含む。Al元素の組成が0.3以上のn型AlGaAsにはDXセンターが形成されるので、n型AlGaAs内のドーパントの活性化率は低い。従って、十分なキャリア濃度を得るためには、Si元素を高濃度にドーピングする必要がある。一般に、このSiドーパントなどのn型不純物が過剰にドーピングされた場合、電氣的に不活性なn型ドーパントは、活性層からの光を受けたとき、その光エネルギーによって格子のサイト間を移動する。このn型ドーパントの移動により、AlGaAs半導体層中のAl元素及びGaAs半導体層中のGa元素が相互に拡散する。この拡散により分布ブラッグリフレクタの反射率が劣化するので、面発光半導体レーザの光出力が低下する。

20

【0004】

一方、p型AlGaAsではドーパントの活性化率はほぼ100%であり過剰ドーピングすることなく所望のドーピングレベルを得ることができる。p型ドーパントは格子に安定して存在するため、DBRの元素は相互拡散せず、DBRの反射率は低下しない。

30

【0005】

本発明は、上記した問題点に鑑みてなされたものであり、分布ブラッグリフレクタの反射率の変動に起因する光出力の低下を抑制可能な面発光半導体レーザを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明に係る面発光半導体レーザは、第1の部分と該第1の部分上に設けられた第2の部分とを含む第1の半導体分布ブラッグリフレクタと、第1の半導体分布ブラッグリフレクタ上に設けられ、活性層を含む半導体メサと、半導体メサ上に設けられた第2の分布ブラッグリフレクタとを備え、第1の半導体分布ブラッグリフレクタの第2の部分は、第1の領域と該第1の領域を囲む第2の領域とを有し、半導体メサは、第1の領域上に設けられており、第1の半導体分布ブラッグリフレクタの第1の部分は、交互に配置された第1のIII-V族化合物半導体層及び第2のIII-V族化合物半導体層を含み、第1の半導体分布ブラッグリフレクタの第2の部分は、交互に配置された第3のIII-V族化合物半導体層及び第4のIII-V族化合物半導体層を含み、第1のIII-V族化合物半導体層は、III族構成元素としてAl元素及びGa元素並びにV族構成元素としてAs元素を含むアンドープの半導体材料からなり、第2のIII-V族化合物半導体層は、III族構成元素としてGa元素及びV族構成元素としてAs元素を含むアンドープの半導体材料からなり、第3の

40

50

III-V族化合物半導体層は、III族構成元素としてIn元素及びGa元素並びにV族構成元素としてP元素を含み、アンドープまたはn型不純物がドーパされた半導体材料からなり、第4のIII-V族化合物半導体層は、III族構成元素としてGa元素及びV族構成元素としてAs元素を含み、n型不純物がドーパされた半導体材料からなることを特徴とする。

【0007】

この面発光半導体レーザによれば、第1の半導体分布ブラッグリフレクタにおける第2の部分の第3のIII-V族化合物半導体層は、In元素及びGa元素並びにP元素を含む半導体からなるので、第3のIII-V族化合物半導体層には、DXセンターが形成されない。このため、第1の半導体分布ブラッグリフレクタの第2の部分におけるドーパントの活性化率はほとんど低下しない。故に、十分なキャリア濃度を実現するために必要なドーパント濃度を低くできる。ドーパント濃度が低い場合には、ドーパントは格子のサイトに安定するので、活性層からの光を受けても、ドーパントの格子間の移動は発生し難い。従って、第3のIII-V族化合物半導体層と第4のIII-V族化合物半導体層との間における構成元素の相互拡散の発生も低減される。このため、分布ブラッグリフレクタの反射率の劣化が抑制される。

10

【0008】

また、第1の半導体分布ブラッグリフレクタの第2の部分では、n型の半導体からなる第4のIII-V族化合物半導体層を介して、第1の半導体分布ブラッグリフレクタの第2の部分における第1の領域と第2の領域とに電流が流れる。故に、第2の部分から活性層へのキャリアの供給経路は提供される。さらに、第1の半導体分布ブラッグリフレクタの第1の部分は、アンドープの半導体材料からなるので、第1の部分は、レーザ光を受けて格子のサイト間を移動するドーパントは含まない。故に、第1のIII-V族化合物半導体層と第2のIII-V族化合物半導体層との間における構成元素の相互拡散も発生しない。従って、分布ブラッグリフレクタの反射率の劣化が抑制される。

20

【0009】

一方、第1のIII-V族化合物半導体層と第2のIII-V族化合物半導体層との屈折率差は、第3のIII-V族化合物半導体層と第4のIII-V族化合物半導体層との屈折率差より大きいので、第1の半導体分布ブラッグリフレクタの第1の部分の反射率は、第2の部分に比べて大きい。従って、第1の半導体分布ブラッグリフレクタは、全体として十分な反射率を有する。

30

【0010】

本発明に係る面発光半導体レーザでは、第1のIII-V族化合物半導体層は、AlGaAs半導体からなり、第2のIII-V族化合物半導体層は、GaAs半導体またはAlGaAs半導体からなることができる。

【0011】

本発明に係る面発光レーザでは、第3のIII-V族化合物半導体層は、InGaP半導体、AlGaInP半導体またはGaInAsP半導体からなることができる。

【0012】

本発明に係る面発光半導体レーザでは、第3のIII-V族化合物半導体層は、n型不純物がドーパされた半導体材料からなることが好適である。

40

【0013】

また、本発明に係る面発光半導体レーザでは、第3のIII-V族化合物半導体層は、アンドープの半導体材料からなることが好適である。

【0014】

本発明に係る面発光半導体レーザでは、第3のIII-V族化合物半導体層のIII族構成元素におけるIn元素の組成は0.4~0.5であり、第4のIII-V族化合物半導体層は、GaAs半導体からなることが好適である。

【0015】

In元素の組成が上記数値範囲であるとき、第3のIII-V族化合物半導体層は、Ga

50

A s 半導体に対して格子整合するかまたは伸張歪を有するので、第 1 の半導体分布ブラッグリフレクタの第 2 の部分は、第 1 の部分の圧縮歪を補償できる。この補償により、活性層への応力が低減されるので、レーザ素子の信頼性が向上される。また、I n 元素の組成が上記数値範囲であるので、第 1 の半導体分布ブラッグリフレクタの第 2 の部分は、良好な表面モフォロジを有する。

【0016】

本発明に係る面発光半導体レーザでは、第 3 の III-V 族化合物半導体層の III 族構成元素における I n 元素の組成は 0.4 ~ 0.6 であり、第 4 の III-V 族化合物半導体層は、GaAsP 半導体からなることが好適である。

【0017】

GaAsP 半導体は伸張歪を有するので、第 1 の半導体分布ブラッグリフレクタの第 2 の部分は、第 1 の部分の圧縮歪を補償できる。この補償により、活性層への応力が低減され、これによるレーザ素子の信頼性の低下が抑制される。また、I n 元素の組成が上記数値範囲であるので、第 1 の半導体分布ブラッグリフレクタの第 2 の部分は、良好な表面モフォロジを有する。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、分布ブラッグリフレクタの反射率の低下に起因する光出力の低下を抑制可能な面発行半導体レーザが提供される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

本発明の知見は、例示として示された添付図面を参照して以下の詳細な記述を考慮することによって容易に理解できる。引き続き、添付図面を参照しながら、本発明の面発光半導体レーザに係る実施の形態を説明する。可能な場合には、同一の部分には同一の符号を付する。

【0020】

図 1 は、本実施の形態に係る面発光半導体レーザの断面構造を概略的に示す図面である。図 1 を参照しながら、面発光半導体レーザ 11 の構造を説明する。面発光半導体レーザ 11 は、第 1 の分布ブラッグリフレクタ（以下、「第 1 の DBR」と記す）15 と、半導体メサ 20 と、第 2 の分布ブラッグリフレクタ（以下、「第 2 の DBR」と記す）33 とを備える。半導体メサ 20 は、活性層 23 を含む。

【0021】

第 1 の DBR 15 は、基板 13 上に設けられている。基板 13 は、例えば半絶縁 GaAs 基板である。第 1 の DBR 15 は、第 1 の部分 17 及び第 2 の部分 19 を含む。第 2 の部分 19 は、第 1 の部分 17 上に設けられている。

【0022】

第 1 の DBR 15 の第 1 の部分 17 は、交互に配置された第 1 の III-V 族化合物半導体層 17a 及び第 2 の III-V 族化合物半導体層 17b を含む。第 1 の DBR 15 の第 1 の部分 17 には、例えば 32 対の半導体層が交互に配列されている。第 1 の III-V 族化合物半導体層 17a は、アンドープの半導体材料からなり、この半導体材料は、III 族構成元素として Al 元素及び Ga 元素並びに V 族構成元素として As 元素を含む。この第 1 の III-V 族化合物半導体層 17a は、例えば、アンドープの AlGaAs 半導体等であることができる。第 2 の III-V 族化合物半導体層 17b は、アンドープの半導体材料からなり、この半導体材料は、III 族構成元素として Ga 元素及び V 族構成元素として As 元素を含む。この第 2 の III-V 族化合物半導体層 17b は、例えばアンドープの GaAs 半導体、AlGaAs 半導体等であることができる。第 1 の DBR 15 の第 1 の部分 17 がアンドープの半導体材料からなるので、第 1 の部分 17 には、ドーパントが添加されていない。従って、第 1 の III-V 族化合物半導体層 17a と第 2 の III-V 族化合物半導体層 17b との間では、格子のサイト間におけるドーパントの移動に起因する構成元素の相互拡散は発生しない。故に、分布ブラッグリフレクタの反射率の低下が抑制される。

10

20

30

40

50

【0023】

第1のDBR15の第2の部分19は、交互に配置された第3のIII-V族化合物半導体層19a及び第4のIII-V族化合物半導体層19bを含む。例えば3対の半導体層が交互に配列されている。

【0024】

第1のDBR15の第2の部分19の第3のIII-V族化合物半導体層19aは、III族構成元素としてIn元素及びGa元素並びにV族構成元素としてP元素を含む材料からなるので、DXセンターが形成されない。このため、第1のDBR15の第2の部分19におけるドーパントの活性化率は低下しない。故に、十分なキャリア濃度を実現するためのドーパント濃度は低い。ドーパント濃度が低い場合には、ドーパントは格子のサイトに安定するので、活性層からの光を受けても、ドーパントの格子間の移動は発生し難い。従って、第3のIII-V族化合物半導体層19aと第4のIII-V族化合物半導体層19bとの間における構成元素の相互拡散も発生しないので、第1のDBR15の第2の部分19の反射率の低下が抑制される。この第3のIII-V族化合物半導体層19aは、例えば、n型不純物がドーピングされた、またはアンドーピングのInGaP半導体、AlGaInP半導体及びGaInAsP半導体であることができる。このn型ドーパント濃度の上限は、例えば $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 程度であることができる。これ以上のドーパント濃度にした場合、ドーパントが隣接する層に拡散する現象が顕著となり、元素の相互拡散が起こって反射率が低下してしまう。

【0025】

第4のIII-V族化合物半導体層19bは、n型不純物がドーピングされた半導体材料からなり、この半導体材料は、III族構成元素としてGa元素及びV族構成元素としてAs元素を含む。この第4のIII-V族化合物半導体層19bは、例えばn型のGaAs半導体、GaAsP半導体等であることができる。

【0026】

第4のIII-V族化合物半導体層19bが、n型不純物がドーピングされたn型のGaAs半導体である場合には、第3のIII-V族化合物半導体層19aのIII族構成元素におけるIn元素の組成は0.4以上であることが好ましく、また0.5以下であることが好ましい。In元素の組成が上記数値範囲である第3のIII-V族化合物半導体層19aは、GaAs半導体に対して格子整合するかまたは伸張歪を有するので、第1のDBR15の第2の部分19は、第1の部分17の圧縮歪を補償できる。従って、第1の部分17から活性層23への応力が低減されるので、レーザ素子の信頼性が向上される。また、In元素の組成が上記数値範囲であるので、第1のDBR15の第2の部分19は、良好な表面モフォロジを有する。

【0027】

また、第4のIII-V族化合物半導体層19bが、n型不純物がドーピングされたn型のGaAsP半導体である場合には、第3のIII-V族化合物半導体層19aのIII族構成元素におけるIn元素の組成は0.4以上であることが好ましく0.6以下であることが好ましい。第4のIII-V族化合物半導体層19bのGaAsP半導体は伸張歪を有するので、第1のDBR15の第2の部分19は、第1の部分17の圧縮歪を補償できる。従って、第1の部分17から活性層23への応力が低減されるので、レーザ素子の信頼性が向上される。また、In元素の組成が上記数値範囲であるので、第1のDBR15の第2の部分19は、良好な表面モフォロジを有する。

【0028】

一方、第1のIII-V族化合物半導体層17aと第2のIII-V族化合物半導体層17bとの屈折率差は、第3のIII-V族化合物半導体層19aと第4のIII-V族化合物半導体層19bとの屈折率差より大きいので、第1のDBR15の第1の部分17の反射率は第2の部分19に比べて大きい。従って、第1のDBR15は、全体として十分な反射率を有する。

【0029】

また、第1のDBR15の第2の部分19は、第1の領域19cと当該第1の領域を囲む第2の領域19dとを有する。第1のDBR15の第2の部分19は、n型の半導体からなる半導体層を含むので、第1の領域19cと第2の領域19dとの間ではキャリアの移動が可能である。

【0030】

なお、第1のDBR15の第1の部分17と第2の部分との間に、導電性のスペーサ層を設けることが可能である。このスペーサ層の厚さは、例えば $\lambda/4n$ (λ : 発振波長、 n : 整数とする) の整数倍である。

【0031】

半導体メサ20は、第1のDBR15の第2の部分19における第1の領域19c上に設けられている。半導体メサ20は、第1のスペーサ層21、活性層23、第2のスペーサ層25、電流狭窄層28及び第3のスペーサ層31を含む。また、第2のDBR33は、半導体メサ20上に設けられている。

10

【0032】

第1のスペーサ層21は、第1のDBR15の第2の部分19における第1の領域19c上に設けられている。第1のスペーサ層21は、例えばn型不純物がドーピングされたn型のGaAs半導体等であることができる。第1のスペーサ層21の厚さは、例えば40nmであることができる。

【0033】

活性層23は、第1のスペーサ層21上に設けられている。活性層23は、井戸層及び障壁層を含む量子井戸構造を有することができる。活性層23は、例えば3層の $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 井戸層を含む。

20

【0034】

第2のスペーサ層25は、活性層23上に設けられている。第2のスペーサ層25は、例えばp型のGaAs半導体であることができる。第2のスペーサ層25の厚さは、例えば40nmであることができる。

【0035】

電流狭窄層28は、第2のスペーサ層25上に設けられている。電流狭窄層28は、第1の部分27と、この第1の部分27を環状に取り囲む第2の部分29とを含む。電流狭窄層28は、例えばp型のAlGaAs半導体であることができる。電流狭窄層28の第2の部分29には、Al酸化物が含まれており、この第2の部分29は、第1の部分27よりも高抵抗である。この第1の部分27は、キャリアの経路となる。電流狭窄層28の厚さは、例えば15nmであることができる。

30

【0036】

第3のスペーサ層31は、電流狭窄層28上に設けられている。第3のスペーサ層31は、例えばp型のGaAs半導体であることができる。第3のスペーサ層31の厚さは、例えば20nmであることができる。

【0037】

第2のDBR33は、第3のスペーサ層31上に設けられている。第2のDBR33は、交互に配置された第5のIII-V族化合物半導体層33a及び第6のIII-V族化合物半導体層33bを含む。第2のDBR33には、例えば22対の半導体層が交互に配列されている。この第5のIII-V族化合物半導体層33aは、例えばp型のAlGaAs半導体等であることができる。第6のIII-V族化合物半導体層33bは、例えばp型のGaAs半導体等であることができる。

40

【0038】

絶縁体層35は、半導体メサ20の側面を囲むように、第1のDBR15の第2の部分19における第2の領域19d上に設けられている。この絶縁体層35は、例えばポリイミドからなる。

【0039】

第1の電極37は、第1のDBR15の第2の部分19における第2の領域19d上に

50

設けられている。第1の電極37は、第2の部分19における第2の領域19dと電氣的に接続されている。

【0040】

第2の電極39は、半導体メサ20上及び絶縁体層35上に設けられている。第2の電極39は、開口39aを有する。開口39aは、第1のDBR15の第2の部分19における第1の領域19cから電流狭窄層28の第1の部分27へ向かう所定の軸Ax上に設けられている。開口39aには、第2のDBR33の一部が露出されている。

【0041】

以上の説明において、n型の半導体におけるドーパントは、例えばSiである。また、このドーパントには、Se、Te、S、Snを用いることが可能である。

10

【0042】

なお、本実施形態において、第2のDBR33は、交互に配置された第5のIII-V族化合物半導体層33a及び第6のIII-V族化合物半導体層33bからなる場合について説明したが、交互に配置された誘電体膜からなる多層誘電体DBR膜からなることもできる。例えばSiO₂とTiO₂を組み合わせることで多層誘電体DBR膜として用いることができる。

【0043】

次いで、図2及び図3を参照しながら、本実施の形態に係る面発光半導体レーザを作製する方法の工程の一例を説明する。

【0044】

20

図2(a)に示されるように、半絶縁GaAs基板43上に、第1のDBR45を形成する。第1のDBR45は、第1の部分47と第2の部分49とから形成される。第1の部分47には、第1のIII-V族化合物半導体層47aと第2のIII-V族化合物半導体層47bとが、交互に成長される。第1の部分47は、例えば32対の半導体層により形成される。第1のIII-V族化合物半導体層47aは、例えばアンドープのAl_{0.9}Ga_{0.1}As半導体である。第2のIII-V族化合物半導体層47bは、例えばアンドープのGaAs半導体である。第2の部分49には、第3のIII-V族化合物半導体層49aと第4のIII-V族化合物半導体層49bとが、交互に成長される。この第2の部分49は、例えば3対の半導体層により形成される。第3のIII-V族化合物半導体層49aは、例えばSiドープのIn_{0.5}Ga_{0.5}P半導体である。第4のIII-V族化合物半導体層49bは、例えばSiドープのGaAs半導体である。

30

【0045】

図2(b)に示されるように、半導体メサのための複数の半導体層が成長される。これらの半導体層は、有機金属気相成長法(MOVPE法)により成長される。第1のスペーサ層51は、第1のDBR45上に成長される。第1のスペーサ層51は、例えばSiドープのGaAs半導体からなり、第1のスペーサ層51の厚さは、例えば40nmである。

【0046】

活性層53は、第1のスペーサ層51上に成長される。活性層53は、例えば3層のIn_{0.2}Ga_{0.8}As井戸層を含む。

40

【0047】

第2のスペーサ層55は、活性層53上に成長される。第2のスペーサ層は、例えばCドープのGaAs半導体からなり、第2のスペーサ層の厚さは、例えば40nmである。

【0048】

電流狭窄層57は、第2のスペーサ層55上に成長される。電流狭窄層57は、例えばCドープのAl_{0.96}Ga_{0.04}As半導体からなり、電流狭窄層57の厚さは、例えば15nmである。

【0049】

第3のスペーサ層61は、電流狭窄層57上に成長される。第3のスペーサ層61は、例えば、CドープのGaAs半導体からなり、第3のスペーサ層61の厚さは、例えば2

50

0 nmである。

【0050】

第2のDBR半導体層63は、第3のスペーサ層61上に成長される。第2のDBR半導体層63には、第5のIII-V族化合物半導体層63aと第6のIII-V族化合物半導体層63bとが、交互に成長される。第2のDBR半導体層63は、例えば22対の半導体層により形成される。第5のIII-V族化合物半導体層63aは、例えばCドープの $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 半導体である。第6のIII-V族化合物半導体層63bは、例えばCドープのGaAs半導体である。

【0051】

次いで、図3(a)に示されるように、半導体層上に形成されたレジストマスクを用いたドライエッチングにより、第1のDBR45の第2の部分49における第1の領域49c上に、半導体メサ50及び第2のDBR63cが形成される。レジストマスクは、例えば円形であり、レジストマスクの直径は、例えば30 μm である。

【0052】

図3(b)に示されるように、480℃の温度の水蒸気雰囲気中で電流狭窄層58の一部が酸化されることにより、電流狭窄層58の第1の部分57b及び第2の部分59が形成される。電流狭窄層58に含まれ、半導体メサ50の側面に露出されているAlが酸化される。この酸化は、半導体メサ50の側面から中心に向かって進む。電流狭窄層58における、酸化されたAlを含む部分が第2の部分59になる。第2の部分59は、第1の部分57bを環状に取り囲むように形成される。

【0053】

続いて、絶縁体層を半導体メサ50の側面を埋め込むように形成する。この絶縁体層は、例えばポリイミドからなる。次いで、この絶縁体層の一部のエッチングにより、第1のDBR45の第2の部分49における第2の領域49dの一部が露出される。この露出された第2の領域49d上に第1の電極が形成される。この第1の電極は、第2の領域49dと電氣的に接続される。さらに、第2の電極が、半導体メサ50上及び絶縁体層上に形成される。これらの電極の形成は、例えば蒸着により行われる。以上の工程により、本実施の形態に係る面発光半導体レーザが作製される。

【0054】

本実施の形態に係る面発光半導体レーザ（以下、「半導体レーザA」と記す）との比較のために、図4に示される構造の面発光半導体レーザ（以下、「比較例B」と記す）を作製した。半導体レーザAの構造は、図1に示されており、以下の構造を有する。

基板13：半絶縁GaAs半導体

第1のDBR15の第1の部分17：アンドープ、 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}/\text{GaAs}$ 、32対

第1のDBR15の第2の部分19：Siドープ、 $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{P}/\text{GaAs}$ 、3対、電子濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$

第1のスペーサ層21：Siドープ、GaAs、厚さ40 nm

活性層23： $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 井戸層、3層

第2のスペーサ層25：Cドープ、GaAs、厚さ40 nm

電流狭窄層28：Cドープ、 $\text{Al}_{0.96}\text{Ga}_{0.04}\text{As}$ 、厚さ15 nm

第3のスペーサ層31：Cドープ、GaAs、厚さ20 nm

第2のDBR33： $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}/\text{GaAs}$ 、22対

【0055】

図4に示される比較例Bでは、第1のDBR75は一樣に形成されている。この第1のDBR75の構造を除いた他の部分は、半導体レーザAと同様の構造を有する。比較例Bの構造は、以下に示される。

基板73：半絶縁GaAs半導体

第1のDBR75：Siドープ、 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}/\text{GaAs}$ 、35対、電子濃度 $6 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$

10

20

30

40

50

第1のスペーサ層81: Siドープ、GaAs、厚さ40nm

活性層83: $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 井戸層、3層

第2のスペーサ層85: Cドープ、GaAs、厚さ40nm

電流狭窄層88: Cドープ、 $\text{Al}_{0.96}\text{Ga}_{0.04}\text{As}$ 、厚さ15nm

第3のスペーサ層91: Cドープ、GaAs、厚さ20nm

第2のDBR93: $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ / GaAs、22対

【0056】

半導体レーザA及び比較例Bの発振波長、発振閾値、最大光出力及び微分抵抗を以下に示す。

半導体レーザA

発振波長: 980nm

発振閾値: 0.5mA

最大光出力: 6mW

微分抵抗: 110Ω

比較例B

発振波長: 980nm

発振閾値: 0.5mA

最大光出力: 5.1mW

微分抵抗: 240Ω

【0057】

半導体レーザAの微分抵抗は、比較例Bの微分抵抗より小さい。半導体レーザAの第1のDBR15におけるInGaPとGaAsとの間の伝導帯障壁が、比較例Bの第1のDBR75におけるAlGaAsとGaAsとの間の伝導帯障壁より小さいので、半導体レーザAは、比較例Bよりも小さい微分抵抗を有する。

【0058】

半導体レーザAの最大光出力は、比較例Bの最大光出力より大きい。半導体レーザAの微分抵抗は比較例Bの微分抵抗より小さいので、半導体レーザAの素子の発熱量は、比較例Bの素子の発熱量と比較して抑制される。この発熱量の抑制により、半導体レーザAの最大光出力は向上される。

【0059】

半導体レーザA及び比較例Bの長期通電試験結果は、図5(a)に示される。試験条件は、温度85℃及び5mAのACC駆動である。符号 P_{A1} に示されるように、半導体レーザAの光出力は、3000時間にわたってほとんど変化しなかった。一方、符号 P_{B1} に示されるように、比較例Bの光出力は、時間の経過に伴い低下した。

【0060】

比較例Bでは、第1のDBR75のAlGaAs半導体におけるAl組成が0.3以上であるので、DXセンターが形成される。故に、ドーパントの活性化率が低いので、十分な電子濃度を得るためのドーパント濃度は高い。ドーパされたSiは、通電中のレーザ光のエネルギーにより、拡散する。このSiの拡散は、AlGaAs半導体中のAlとGaAs半導体中のGaとの間の相互拡散を起こさせる。この相互拡散により、第1のDBR75の反射率が劣化され、光出力が低下する。

【0061】

一方、半導体レーザAでは、第1のDBR15の第2の部分19はInGaPを含むので、DXセンターが形成されない。このため、第1のDBR15の第2の部分19におけるドーパントの活性化率は高い。故に、十分なキャリア濃度を実現するためのドーパント濃度は低い。従って、ドーパントの格子のサイト間の移動は発生し難い。また、第1のDBR15の第1の部分17はアンドープであるので、ドーパントの格子間の移動は発生しない。従って、半導体レーザAの第1のDBR15では、半導体層間における構成元素の相互拡散が発生し難いので、反射率の劣化は抑制される。

【0062】

10

20

30

40

50

さらに、半導体レーザAの第1のDBR15の第2の部分19の半導体の組成を変えて半導体レーザCを作製した。半導体レーザCでは、第1のDBR15の第2の部分19は、Siドープの $\text{In}_{0.45}\text{Ga}_{0.55}\text{P}/\text{GaAs}$ からなる。

【0063】

半導体レーザA及び半導体レーザCの長期通電試験結果は、図5(b)に示される。試験条件は、温度95℃及び8mAのACC駆動である。符号 P_{C2} に示されるように、半導体レーザCの光出力は、3000時間にわたってほとんど変化しなかった。一方、符号 P_{A2} に示されるように、半導体レーザAの光出力は、時間の経過に伴い低下した。

【0064】

半導体レーザAの第1のDBR15の第1の部分17は圧縮歪を有するので、第1の部分17から活性層23への応力が発生する。この応力により、活性層23における非発光再結合が増加される。故に、時間の経過と共に光出力が低下する。一方、半導体レーザCでは、第1のDBR15の第2の部分19がSiドープの $\text{In}_{0.45}\text{Ga}_{0.55}\text{P}/\text{GaAs}$ からなるので、第1の部分17の圧縮歪は、第2の部分19の伸張歪により補償される。故に、活性層23への応力の集中は発生しない。

【図面の簡単な説明】

【0065】

【図1】図1は、本実施の形態に係る面発光半導体レーザの断面構造を概略的に示す図面である。

【図2】図2(a)及び図2(b)は、面発光半導体レーザの作製工程を示す図である。

【図3】図3(a)及び図3(b)は、面発光半導体レーザの作製工程を示す図である。

【図4】図4は、比較例に係る面発光半導体レーザの断面構造を概略的に示す図面である。

【図5】図5(a)及び図5(b)は、本実施の形態及び比較例に係る面発光半導体レーザの長期通電試験の結果を示す図である。

【符号の説明】

【0066】

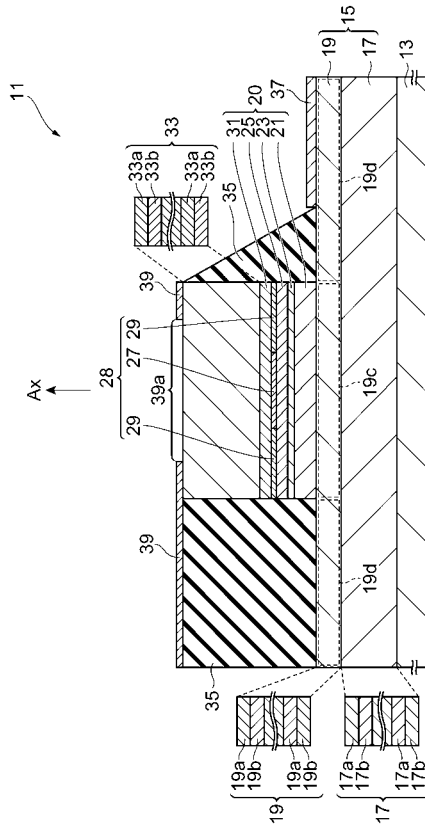
11…面発光半導体レーザ、13…基板、15…第1のDBR、17…第1のDBRの第1の部分、17a…第1のIII-V族化合物半導体層、17b…第2のIII-V族化合物半導体層、19…第1のDBRの第2の部分、19a…第3のIII-V族化合物半導体層、19b…第4のIII-V族化合物半導体層、19c…第1のDBRの第2の部分の第1の領域、19d…第1のDBRの第2の部分の第2の領域、20…半導体メサ、21…第1のスペーサ層、23…活性層、25…第2のスペーサ層、28…電流狭窄層、31…第3のスペーサ層、37…第1の電極、39…第2の電極。

10

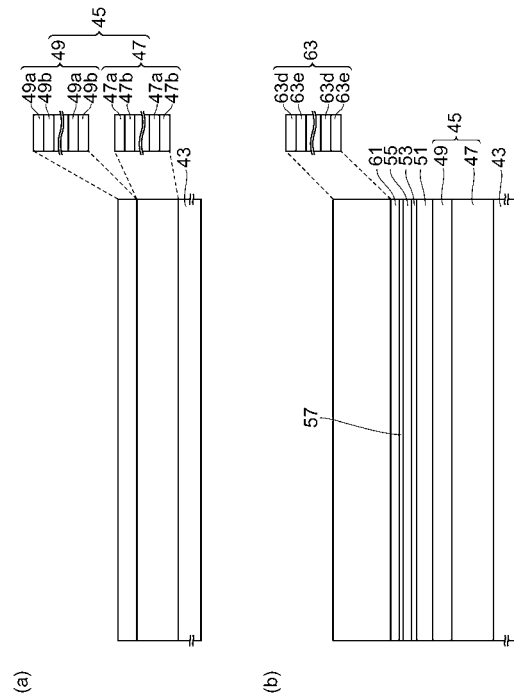
20

30

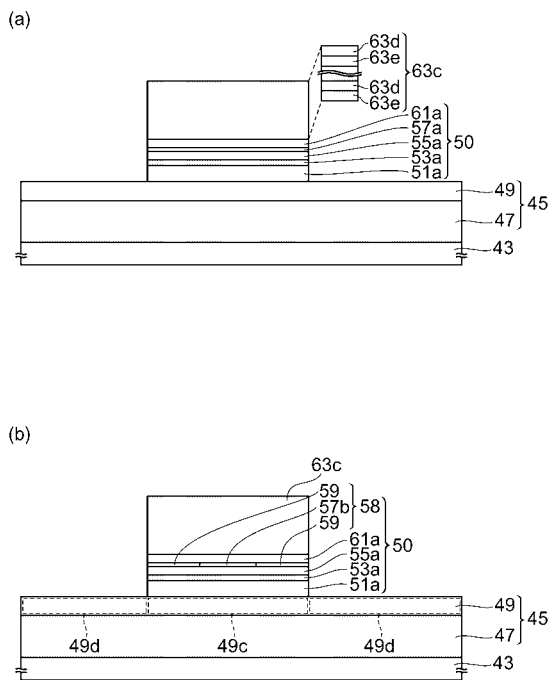
【 図 1 】



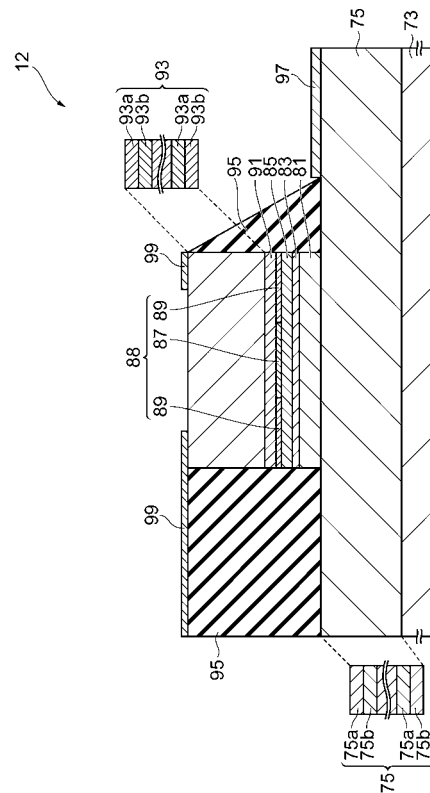
【 図 2 】



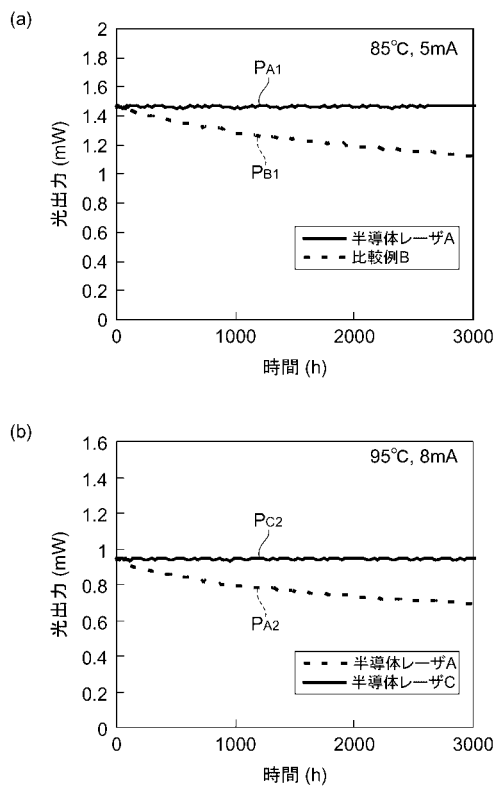
【 図 3 】



【圖 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 土井 秀之

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内

Fターム(参考) 5F173 AC03 AC13 AC14 AC26 AC35 AC42 AH03 AJ13 AP05 AP33
AR13 AR96