

(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2009-246252

(P2009-246252A)

(43) 公開日 平成21年10月22日(2009.10.22)

(51) Int.Cl.
H01S 5/183 (2006.01)

F I
H01S 5/183

テーマコード(参考)
5F173

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2008-93296(P2008-93296)
(22) 出願日 平成20年3月31日(2008.3.31)

(71) 出願人 000005290
古河電気工業株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
(74) 代理人 100096231
弁理士 稲垣 清
(72) 発明者 高木 啓史
東京都千代田区丸の内2丁目2番3号 古河電気工業株式会社内
(72) 発明者 岩井 則広
東京都千代田区丸の内2丁目2番3号 古河電気工業株式会社内
(72) 発明者 平岩 浩二
東京都千代田区丸の内2丁目2番3号 古河電気工業株式会社内

最終頁に続く

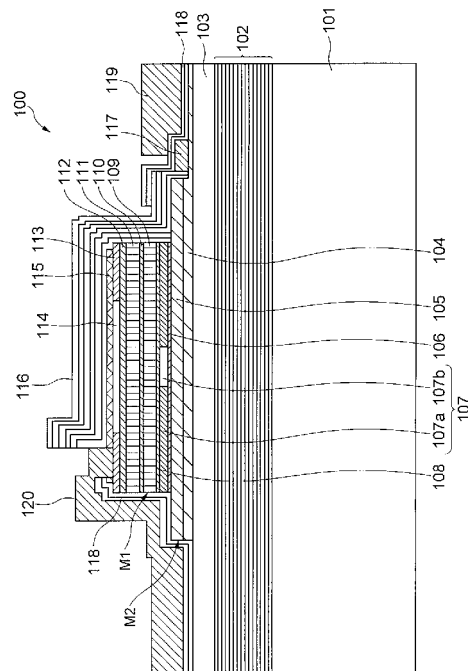
(54) 【発明の名称】 面発光レーザー素子及び面発光レーザーアレイ

(57) 【要約】

【課題】酸化狭窄型の面発光レーザー素子の長期信頼性を図る。

【解決手段】面発光レーザー素子100は、GaAs基板101上に形成された積層構造を有する。積層構造は、活性層105の上側の酸化狭窄層107を含む積層部分が第1のメサポストM1に形成され、活性層105及びn型コンタクト層104の一部を含む積層部分が第2のメサポストM2に形成される。第2のメサポストM2は、第1のメサポストM1よりも大きな直径を有する。酸化狭窄層107を形成する選択酸化処理に際して発生する活性層105の外縁部の結晶転位が、活性層の中央部に伝搬する距離を長くすることで、面発光レーザー素子の長期信頼性を向上する

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

活性層と、活性層を相互の間に挟む下部 D B R ミラー及び上部 D B R ミラーと、活性層と上部 D B R との間に又は上部 D B R ミラーの内部に形成される酸化狭窄層とを含む積層構造を基板上に備える面発光レーザ素子において、

前記酸化狭窄層と該酸化狭窄層の上部の積層部分とが第 1 のメサポストを形成し、

前記活性層と該活性層の下層側の積層部分とが、前記第 1 のメサポストよりも直径が大きな第 2 のメサポストを形成していることを特徴とする面発光レーザ素子。

【請求項 2】

前記上部 D B R ミラーが誘電体 D B R ミラーである、請求項 1 に記載の面発光レーザ素子。 10

【請求項 3】

前記下部 D B R ミラーが半導体 D B R ミラーである、請求項 1 又は 2 に記載の面発光レーザ素子。

【請求項 4】

発振波長が 8 5 0 n m である、請求項 1 ~ 3 の何れかーに記載の面発光レーザ素子。

【請求項 5】

前記積層構造が、前記活性層と前記酸化狭窄層との間にエッチストップ層を更に含む、請求項 1 ~ 4 の何れかーに記載の面発光レーザ素子。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 の何れかーに記載の面発光レーザ素子を複数備えることを特徴とする面発光レーザアレイ。 20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、面発光レーザ素子及び面発光レーザアレイに関し、更に詳細には、素子寿命が長く、信頼性に優れた酸化狭窄型の面発光レーザ素子及び面発光レーザアレイに関する。

【背景技術】

【0002】

面発光レーザ素子は、基板面に対して直交方向に光を出射させる半導体レーザ素子である。面発光レーザ素子は、従来のファブリペロー共振器型の半導体レーザ素子とは異なり、同じ基板上に 2 次元アレイ状に多数の面発光レーザ素子を配列できる。このため、近年、データ通信分野で特に注目されている。

【0003】

面発光レーザ素子 (V C S E L : Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser) は、G a A s や I n P といった半導体基板上に 1 対の多層膜反射鏡 (D B R ミラー) を形成し、その 1 対の D B R ミラーの間に発光領域となる活性層を含むレーザ共振部を備えている。各 D B R ミラーは、高屈折率層 / 低屈折率層からなる対の半導体層や誘電体層を多数対 (ペア) 積層することによって形成されている。面発光レーザ素子では、この D B R ミラー内に、或いは、活性層に近接した位置に、電流を閉じ込めるための酸化狭窄層が形成される酸化狭窄型の素子構造が従来から知られている。酸化狭窄型の面発光レーザ素子は、例えば先願 (特願 2 0 0 8 - 0 5 8 2 0 5 号) に記載されている。酸化狭窄層は、一般に電流狭窄機能の他に光狭窄機能を有し、これら機能によって活性層内部の電流通路と発光領域とを規定する。 40

【0004】

図 5 を参照して、先願に記載の酸化狭窄型の面発光レーザ素子の構成を説明する。面発光レーザ素子 2 0 0 は、基板 1 0 1 と、基板 1 0 1 上に順次に形成される、多層膜反射鏡である下部 D B R ミラー 1 0 2、パuffa 層 1 0 3、n 型コンタクト層 1 0 4、多重量子井戸構造を有する活性層 1 0 5、下部傾斜組成層 1 0 6、電流狭窄層 1 0 7、上部傾斜組 50

成層 108、p 型スペーサ層 109、p⁺ 型電流経路層 110、p 型スペーサ層 111、及び、p⁺ 型コンタクト層 112 を含む積層構造とを有する。積層構造のうち、活性層 105 から、あるいは、その下層のコンタクト層の一部から p⁺ 型コンタクト層 112 までの積層部分が円柱状のメサポスト M1 を構成している。

【0005】

p⁺ 型コンタクト層 112 上には、Pt/Ti からなり、中心に開口部を有する環状の p 側電極 113 が形成されている。p 側電極 113 の外径は、第 1 のメサポスト M1 と同じ外径の 30 μm であり、開口部の内径は、たとえば 11 ~ 14 μm である。p 側電極 113 の開口部内には、窒化珪素 (SiNx) からなる円板状の位相調整層 114 が形成されており、その上に SiNx からなる誘電体層 115 が形成されている。誘電体膜 115 の頂部を含むメサポストの頂部から、メサポストの外周の一部部分を含み、且つ、環状の n 側電極の全体を覆って、上部 DBR ミラー 116 を構成する誘電体膜が形成されている。p 側電極 113 は、p 側引出し電極 120 を経由して外部配線に接続される。また、コンタクト層 104 の上面には、メサポスト M1 の周囲を取り囲んで、n 側電極 117 が形成されている。n 側電極 117 は、n 側引出し電極 119 を介して外部配線に接続される。

10

【0006】

電流狭窄層 107 は、酸化狭窄層とも呼ばれる。電流狭窄層 107 の外周側の電流狭窄部 107a は Al₂O₃ からなり、その内周側の電流開口 107b は、直径が 10 μm 程度であり、AlAs からなる。下部傾斜組成層 106 および上部傾斜組成層 108 は、AlGaAs からなり、厚さ方向において電流狭窄層 107 に近づくにつれて、その As 組成が段階的に増加する。

20

【0007】

上記酸化狭窄型の面発光レーザ素子 200 の形成に際しては、メサポスト M1 に加工した積層構造を水蒸気雰囲気中にて、約 400 の温度で酸化処理を行い、AlAs 層を、そのメサポスト外周側の外縁部から酸化する。この酸化は、AlAs 層の外周部のみを酸化するので、選択酸化と呼ばれる。選択酸化によって、外周部が電流狭窄部 107a を構成し、内周部が電流開口 107b を構成する酸化狭窄層 107 が形成される。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0008】

酸化狭窄層を有する面発光レーザ素子では、酸化狭窄層を形成する選択酸化工程で、メサポスト外壁から露出する活性層の外縁部に、結晶転位が発生することがある。この結晶転位は、レーザ動作の初期に問題となることは少ないものの、長期の動作により、徐々にその結晶転位が活性層の内部に伝搬し、素子劣化を発生させることが知られている。

【0009】

図 6 は、酸化狭窄型の面発光レーザ素子のサンプルで実際に得られた、動作時間と発光強度との関係を示すグラフである。この例では、サンプルを 7 mA の注入電流で動作させた。大部分の正常なレーザ素子は、3000 時間経過後の発光強度が、当初の発光強度の 80% 以上であった。しかし、一部の面発光レーザ素子は、3000 時間未満で発光強度が一時的に大きく低下し、また、3000 時間程度で、突然に発光を停止した。この突然の発光停止は、結晶転位が動作中に徐々に活性層中央部に向かって伝搬し、発光領域に到達したことが原因と考えられる。

40

【0010】

上記のように、酸化狭窄型の面発光レーザ素子では、転位の伝搬による劣化が発生し、レーザ素子の長期信頼性を損ねている。このため、面発光レーザ素子では、この転位の伝搬を抑制し、素子寿命を延ばすことが強く求められている。

【0011】

上記に鑑み、本発明は、酸化狭窄型の面発光レーザ素子について、酸化狭窄層を形成する選択酸化工程に起因する素子の信頼性低下を防止し、長期安定性に優れた面発光レーザ

50

素子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】

【0012】

上記目的を達成するために、本発明は、基板と、活性層と、活性層を相互の間に挟む下部DBRミラー及び上部DBRミラーと、活性層と上部DBRとの間に又は上部DBRミラーの内部に形成される酸化狭窄層とを含む積層構造を基板上に備える面発光レーザ素子において、

前記酸化狭窄層と該酸化狭窄層の上部の積層部分とが第1のメサポストを形成し、

前記活性層と該活性層の下層側の積層部分とが、前記第1のメサポストよりも直径が大きな第2のメサポストを形成していることを特徴とする面発光レーザ素子を提供する。

10

【0013】

DBRミラーは、その一方、又は、双方が、半導体DBRミラーであってもよく、あるいは、誘電体DBRミラーであってもよい。誘電体DBRミラーを採用し、電極をイントラキャビティ・コンタクト構造とすることにより、積層方向にコンパクトな構造の面発光レーザ素子が得られる。

【0014】

面発光レーザ素子の材料を適宜選択することにより、その発振波長として、 $1.5\mu\text{m}$ ～ 850nm 程度までの任意の波長が得られる。例えば、GaAs系半導体材料、InP系半導体材料が用いられる。

【0015】

第1のメサポストと第2のメサポストとの間にエッチストップ層を設けてもよい。エッチストップ層としては、例えば、GaAs半導体系の材料では、InGaPが、InP系半導体の材料では、InGaAsPが好ましい。

20

【0016】

結晶転位の伝搬を防止するためには、上記構成に加えて、選択酸化工程中に活性層の外縁部に結晶転位が発生することを防止する構造や、或いは、素子駆動中に活性層の外縁部の結晶転位が活性層中央部に伝搬することを防止する構造を採用することが好ましい。

【0017】

上記面発光レーザ素子を二次元アレイに配設した面発光レーザアレイは、特に光通信の分野で広範囲に用いることが出来る。

30

【発明の効果】

【0018】

本発明の面発光レーザ素子では、酸化狭窄層を第1のメサポスト内に形成し、活性層を第2のメサポスト内に形成した構成により、活性層の外縁部と活性層中央部の発光領域との間の距離を大きくすることができ、酸化狭窄層を形成する選択酸化工程中に活性層の外縁部に発生した結晶転位がレーザ素子の動作中に活性層中央部に伝搬する時間を延長できる。このため、面発光レーザ素子の寿命が長くなり、その長期信頼性が向上する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下に、図面を参照して本発明の例示的な実施形態に係る面発光レーザ素子について説明する。なお、理解を容易にするために、各要素の参照符号は、全図を通して共通の符号を用いた。

40

【0020】

図1は、本発明の第1の実施形態に係る面発光レーザ素子の断面図である。面発光レーザ素子は、例えばレーザ発振波長が 850nm 帯であり、レーザ発振波長を λ とすると、合計の光学厚さが $\lambda/4$ である下部DBRミラー102及び上部誘電体DBRミラー116を備えている。

【0021】

面発光レーザ素子100は、基板101と、基板101上に形成された、下部DBRミラー102、バッファ層103、n型コンタクト層104、多重量子井戸構造を有する活

50

性層 105、下部傾斜組成層 106、電流狭窄層 107、上部傾斜組成層 108、p 型スペーサ層 109、p⁺ 型電流経路層 110、p 型スペーサ層 111、及び、p⁺ 型コンタクト層 112 を含む積層構造とを有する。電流狭窄層 107 の外周側の電流狭窄部 107a は Al₂O₃ からなり、その内周側の電流開口 107b は、直径が 10 μm 程度の AlAs からなる。積層構造のうちで、下部傾斜層 106 及びその上層側の積層部分は、直径が約 30 μm の円柱状の第 1 のメサポスト M1 を形成し、活性層 105、及び、n 型コンタクト層 104 の上側部分が、直径約 50 μm の円柱状の第 2 のメサポスト M2 を形成している。なお、下部傾斜層 106 と活性層との間に、エッチストップ層を形成してもよい。

【0022】

p⁺ 型コンタクト層 112 上には、Ti/Pt からなり、中心に開口を有する環状の p 側電極 113 が形成されている。p 側電極 113 の外径は、第 1 のメサポスト M1 と同じ外径の 30 μm であり、その内径は、たとえば 11 ~ 14 μm である。p 側電極 113 の開口部内には、窒化珪素 (SiNx) からなる円板状の位相調整層 114 が形成されている。また、位相調整層 114 及び p 側電極 113 の一部を覆う SiNx からなる誘電体層 115 が形成されている。

【0023】

誘電体層 115 の頂部を含む第 1 のメサポスト M1 の頂部から、第 1 のメサポスト M1 及び第 2 のメサポスト M2 の外周の一部部分を含む積層部分を覆って、上部 DBR ミラー 116 を構成する誘電体膜が形成されている。上部 DBR ミラー 116 は、たとえば SiNx/SiO₂ 層の 10 ~ 12 ペアからなる。なお、たとえばアモルファスシリコン (-Si) / 酸化シリコン (SiO₂) または -Si / アルミナ (Al₂O₃) のペアを、その材料の屈折率に応じて 99% 程度の適切な反射率がえられるようなペア数にしたものでもよい。n 型コンタクト層 104 の残された下側部分は、メサポスト M2 から半径方向外側に延びており、その表面上に、例えば AuGeNi / Au からなる n 側電極 117 が半円環状に形成されている。n 側電極 117 は、たとえば外径が 90 μm、内径が 55 μm である。また、上部 DBR ミラー 116 を構成する誘電体膜が除去された部分には、表面保護や絶縁の目的で形成された、SiNx などの誘電体からなるパッシベーション膜 118 が露出している。

【0024】

基板 101 は、アンドープの GaAs からなる。下部 DBR ミラー 102 は、GaAs / Al_{0.9}Ga_{0.1}As 層の 34 ペアからなる。n 型コンタクト層 104 は、n 型 GaAs からなる。活性層 105 は、3 層の GaInNAs 井戸層と 4 層の GaAs 障壁層とが交互に積層した量子井戸構造を有しており、最下層の GaAs 障壁層は n 型クラッド層としても機能する。また、電流狭窄層 107 については、電流狭窄部 107a が Al₂O₃ からなり、電流開口 107b が、直径 10 μm 程度の AlAs からなる。下部傾斜組成層 106 および上部傾斜組成層 108 は、AlGaAs からなり、電流狭窄層 107 に向かって、その As 成分が段階的に増加する組成を有する。

【0025】

p 型スペーサ層 109、111、p⁺ 型電流経路層 110、及び、p⁺ 型コンタクト層 112 は、それぞれ炭素をドーブした p 型、p⁺ 型の GaAs からなる。各 p 型または n 型層のアクセプタまたはドナー濃度は、たとえば $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 程度であり、p⁺ 型層のアクセプタ濃度は、たとえば $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上である。なお、GaAs からなる各半導体層の屈折率は約 3.45 である。

【0026】

n 側電極 117 には、パッシベーション膜 118 に形成された開口部を介して接続される Au からなる n 側引出し電極 119 が形成されている。一方、p 側電極 113 にも、パッシベーション膜 118 に形成された開口部を介して接続される Au からなる p 側引出し電極 120 が形成されている。n 側電極 117 および p 側電極 113 は、それぞれ n 側引出し電極 119 および p 側引出し電極 120 を介して外部配線に接続している。

10

20

30

40

50

【0027】

上記構造のうちで、下部DBRミラー102と上部DBRミラー116との間が、レーザ共振器部を形成する。面発光レーザ素子100では、p側電極113及びn側電極117が、上記のようにレーザ共振器内に配置され、イントラキャビティ・コンタクト（イントラキャビティ）構造を形成している。イントラキャビティ構造のレーザ素子は、一般にDBRミラーを誘電体層で構成する際に採用される構造であり、半導体層でDBRミラーを構成する構造に比して、積層方向の寸法がコンパクトになる利点がある。

【0028】

本実施形態の面発光レーザ素子100は、電源回路からn側引出し電極119およびp側引出し電極120を介して、n側電極117およびp側電極113間に電圧を印加し、動作電流を注入する。動作電流は、主に低抵抗のp⁺型コンタクト層112とp⁺型電流経路層110とを經由して流れ、電流経路が電流狭窄層107によって電流開口107b内に狭窄されて、高い電流密度で活性層105に供給される。その結果、活性層105にキャリアが注入されて自然放出光を発光する。レーザ発振波長である波長の光は、下部DBRミラー102と上部DBRミラー116との間で定在波を形成し、活性層105において増幅される。注入電流がしきい値以上になると、定在波を形成する光がレーザ発振し、p側電極113の開口部から850nm帯のレーザ光が出力する。

10

【0029】

上記実施形態では、電流狭窄層107を含む第1のメサポストM1と、量子井戸構造の活性層105を含む第2のメサポストM2とを形成し、第2のメサポストM2の直径を50μmとし、第1のメサポストの直径30μmよりも大きくしている。この構成により、酸化狭窄層107を形成する選択酸化工程において、活性層の外縁部に結晶転位が発生しても、その結晶転位の発生位置を、活性層のレーザ発振の中央部から遠ざけている。このため、レーザ動作に伴って結晶転位が伝搬しても、その伝播時間延ばすことができ、面発光レーザ素子の寿命を延ばすことが可能になる。

20

【0030】

第1のメサポストの直径は前記の通り30μmとした。この直径は、第1のメサポストの頂部に形成するp側電極113の接触面積を十分に確保出来ること、及び、電流狭窄層107の電流開口107bの直径を精度よく形成することを考慮したものである。第1のメサポストM1の直径がこれよりも小さいと、p側電極の接触面積が十分に確保できず、また、これよりも大きすぎると、電流開口107bの所望の直径を精度よく形成することが困難になる。

30

【0031】

第2のメサポストの直径は前記の通り50μmとした。この直径は、活性層105の有効な発光領域との間で十分な距離を得ることを考慮したものである。なお、50μm以上の直径は、面発光レーザ素子全体のサイズを考慮して採用する。

【0032】

つぎに、上記面発光レーザ素子100の製造方法について説明する。図2～4は、面発光レーザ素子100の製造段階を順次に示す断面図である。まず、エピタキシャル成長法によって、基板101上に下部DBRミラー102、バッファ層103、n型コンタクト層104、活性層105、下部傾斜組成層106、AlAs層122、上部傾斜組成層108、p型スペーサ層109、p⁺型電流経路層110、p型スペーサ層111、p⁺型コンタクト層112を順次に堆積し、積層構造を形成する。次いで、CVD法及びフォトリソグラフィによって、積層構造の頂部の中央部分に、SiNxからなり、直径が50μmの円板状の誘電体膜123を形成する。

40

【0033】

誘電体膜123をマスクとして、図2に示すように、積層構造のうちで、n型コンタクト層104の一部に達するドライエッチングを行い、積層構造の上部からn型コンタクト層104の途中までを除去して、直径が50μmのメサポストを形成する。次いで、誘電体膜123を除去し、CVD法により、50μm直径のメサポストの中央部分に、SiN

50

xからなり、直径が30 μ mの円板状の誘電体膜124を形成する。誘電体膜124をマスクとするドライエッチングを行い、下部傾斜組成層106の一部までを除去するエッチングを行う。エッチングの後には、積層構造の頂部から下部傾斜組成層106の一部に達する、直径が30 μ mの第1のメサポストM1が残され、また、その下方には、直径が50 μ mで、下部傾斜組成層106の一部、活性層105、及び、n型コンタクト層104の一部を含む第2のメサポストM2が残される。(図3)。

【0034】

つぎに、図3に示すように、水蒸気雰囲気中において熱酸化処理を行って、AlAs層122をメサポストM1の外周側から選択酸化する。このとき、AlAs層122においてAlAs + H₂O → Al₂O₃ + AsH₃なる化学反応が起こり、AlAs層122の外周側からAlAsがAl₂O₃となり、電流狭窄部107aが形成される。その中央部には、AlAsからなる電流開口107bが残される。熱酸化処理の時間を調整して、電流開口107bの直径が10 μ m程度になるようにする。

10

【0035】

つぎに、図4に示すように、第1のメサポストM1の頂部に環状のp側電極113を形成し、また、第2のメサポストM2の外周側に残されたコンタクト層103上に、メサポストを半周程度囲む環状のn側電極117を形成する。つぎに、環状のp側電極の内側に誘電体(SiNx)からなる位相調整層114を形成し、位相調整層114及びp側電極113を覆う誘電体膜115を形成する。次いで、第1のメサポストM1を除いてパッシベーション膜118を形成した後、n側電極117およびp側電極113上のパッシベーション膜118および誘電体膜115に開口部を形成し、これらの開口部を介してn側電極117に接触するn側引出し電極119と、p側電極113に接触するp側引出し電極120とを形成する。

20

【0036】

つぎに、CVD法を用いて上部誘電体DBRミラー116を全面に堆積する。フォトリソグラフィにより、DBRミラー116の誘電体膜を選択的にエッチングしてp側電極113及びn側電極117の表面、及び、メサポストの外周部分を除去し、その除去した位置の一部にp側引出し電極120及びn側引出し電極119を形成する。第1のメサポストM1以外部分で、且つ、引出し電極の所望部分を除いて、更に、パッシベーション膜118を形成する。その後、素子分離を行って、図1に示す面発光レーザ素子100を得る。素子分離に際しては、所定個数の面発光レーザ素子をまとめて1つの2次元アレイ構造を得てもよい。

30

【0037】

上記実施形態の面発光レーザ素子では、一对のDBRミラーのうち上部DBRミラーが誘電体DBRミラーであるイントラキャビティ構造のレーザを例示した。しかし、双方のDBRミラーを誘電体DBRミラーまたは半導体DBRミラーとして構成することも出来る。

【0038】

また、上記実施形態では、第1及び第2のメサポストを形成するエッチングをドライエッチングで行う例を示した。しかし、双方のエッチングの少なくとも一方を、ウェットエッチングによって行うことも可能である。

40

【0039】

上記実施形態の面発光レーザ素子では、従来の3000時間程度の寿命、あるいは、それ以下の寿命に対して、約2倍以上の寿命が期待できる。この理由は、酸化領域に発生した結晶転位が、活性層の中央部に達するまでの伝播時間が延長できること、及び、活性層内の光強度は発光中心から遠くなるほど弱くなり、その結果として結晶転位の伝播速度を低くすることが挙げられる。

【0040】

以上、本発明をその好適な実施態様に基づいて説明したが、本発明の面発光レーザ素子及び面発光レーザアレイは、上記実施態様の構成にのみ限定されるものではなく、上記実

50

施態様の構成から種々の修正及び変更を施したのも、本発明の範囲に含まれる。

【図面の簡単な説明】

【0041】

【図1】本発明の一実施形態に係る面発光レーザ素子の断面図。

【図2】図1の面発光レーザ素子の一工程段階を示す断面図。

【図3】図2に後続する一工程段階を示す断面図。

【図4】図3に後続する一工程段階を示す断面図。

【図5】従来の面発光レーザ素子の断面図。

【図6】従来の面発光レーザ素子の動作時間と発光強度の関係を示すグラフ。

【符号の説明】

10

【0042】

100：面発光レーザ素子

101：GaAs基板

102：下部DBRミラー

103：バッファ層

104：n型コンタクト層

105：活性層

106：下部傾斜組成層

107：電流狭窄層

107a：電流狭窄部

107b：電流開口

108：上部傾斜組成層

109：p型スペーサ層

110：p⁺型電流経路層

111：p型スペーサ層

112：p⁺型コンタクト層

113：p側電極

114：位相調整層

115：誘電体膜

116：上部DBRミラー

117：n側電極

118：パッシベーション膜

119：n側引出し電極

120：p側引出し電極

122：AlAs層

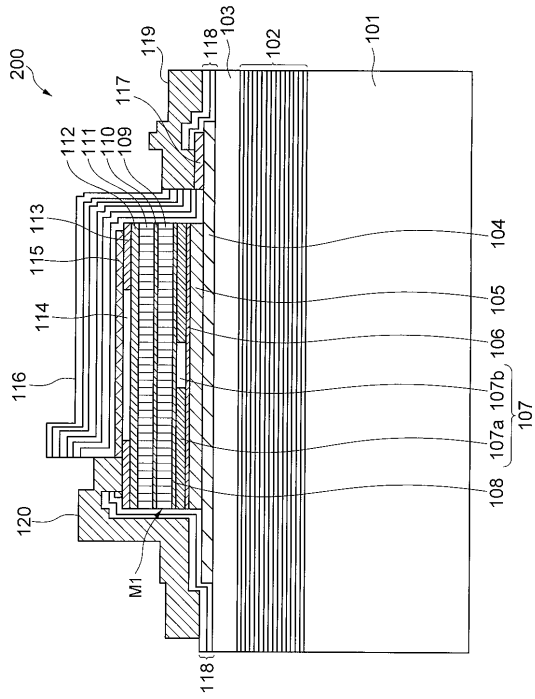
123：誘電体膜(SiNx)膜

124：誘電体膜(SiNx)膜

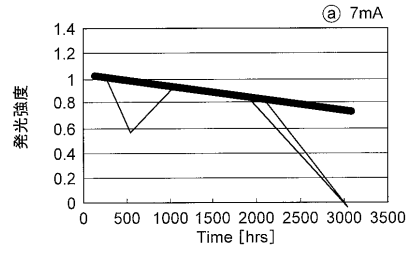
20

30

【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F173 AC03 AC14 AC35 AC42 AG05 AG12 AH04 AP33 AP67 AP73
AR96