

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4592873号  
(P4592873)

(45) 発行日 平成22年12月8日(2010.12.8)

(24) 登録日 平成22年9月24日(2010.9.24)

(51) Int.Cl. F I  
H O I S 5/183 (2006.01) H O I S 5/183

請求項の数 1 (全 10 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2000-153125 (P2000-153125)                  (22) 出願日 平成12年5月24日(2000.5.24)                  (65) 公開番号 特開2001-332812 (P2001-332812A)                  (43) 公開日 平成13年11月30日(2001.11.30)                  審査請求日 平成19年2月1日(2007.2.1)                  審判番号 不服2009-7636 (P2009-7636/J1)                  審判請求日 平成21年4月9日(2009.4.9)</p>	<p>(73) 特許権者 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 100123674                  弁理士 松下 亮                  (74) 代理人 100096035                  弁理士 中澤 昭彦                  (72) 発明者 横内 則之                  東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古                  河電気工業株式会社内</p> <p>合議体                  審判長 吉野 公夫                  審判官 右田 昌士                  審判官 田部 元史</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 面発光半導体レーザ素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の半導体材料をヘテロ接合して成る一対の反射鏡層構造の間に発光層を配置した層構造が基板の上に形成され、かつ、前記反射鏡層構造に不純物がドーピングされている面発光半導体レーザ素子において、

前記反射鏡層構造を構成する半導体材料が  $AlGaAs$  であり、該反射鏡構造のうち前記発光層の近傍に位置する領域における不純物のドーピング濃度が  $1 \sim 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、他の領域における不純物のドーピング濃度が  $0.5 \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  であり、かつ、前記発光層の近傍に位置する領域を構成する半導体材料の相互間における第1のエネルギーギャップ差は、前記他の領域を構成する半導体材料の相互間における第2のエネルギーギャップ差よりも相対的に小さく、前記第1のエネルギーギャップ差と前記第2のエネルギーギャップ差との差が  $0.2 \text{ eV}$  以上である、

ことを特徴とする面発光半導体レーザ素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は面発光半導体レーザ素子に関し、更に詳しくは、光出力特性を劣化させることなく、動作電圧の低減を可能にする面発光半導体レーザ素子に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、大容量光通信網の構築、または光インターコネクションや光コンピューティングなどの光データ通信システムの構築の実現を目指す研究が進められているが、これらの光源として面発光半導体レーザ素子が注目を集めている。

このような面発光半導体レーザ素子の1例を図6に示す。

【0003】

この素子では、まず、例えばn型GaAsから成る基板1の上に下部反射鏡層構造2が形成されている。

この下部反射鏡層構造2は、いわゆるDBR(Distributed Bragg's Reflector)多層膜であって、互いに組成が異なり、屈折率が異なる半導体材料をヘテロ接合して1ペアとした層を、交互に複数ペア積層して構成したものである。

10

【0004】

そして、この下部反射鏡層構造2の上には、例えばノンドープのAlGaAsから成る下部クラッド層3a、GaAs/AlGaAsで形成した量子井戸構造から成る発光層4、ノンドープのAlGaAsから成る上部クラッド層3bが順次積層され、更にこの上部クラッド層3bの上に、組成が、すなわち屈折率が異なる例えばp型のAlGaAsを交互にヘテロ接合して成るDBR多層膜構造が上部反射鏡層構造5として形成されたのち、この上部反射鏡層構造5の最上層の表面には、p型のGaAs層(キャップ層)6が形成されて全体の層構造を構成している。そして、上記層構造の少なくとも下部反射鏡層構造2の上面に至るまでの部分がエッチング除去されて、中央部には、柱状の層構造が形成されている。

20

【0005】

中央に位置する柱状の層構造におけるキャップ層6の上面の周縁部近傍には例えばAuZnから成る円環形状をした上部電極7aが形成され、また基板1の裏面には例えばAuGeNi/Auから成る下部電極7bが形成されている。

そして、全体の表面のうち、柱状部の側面5a、および、キャップ層6の表面のうち上部電極7aの外側に位置する周縁部6bとが例えば窒化けい素(例えばSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)から成る誘電体膜8で被覆されることにより、キャップ層6における中央部の表面、すなわち上部電極7aの内側の部分6aがレーザ光の出射窓として形成され、更に上部電極7aと誘電体膜8の表面を被覆して例えばTi/Pt/Auから成る電極引き出し用の金属膜パッド9が形成されている。

30

【0006】

また、このレーザ素子においては、上部反射鏡層構造5の最下層、すなわち発光層4に最も近い場所に位置する層5aは例えばp型のAlAsで形成されている。

そして、上記した層5aの外側部分は、層5aを構成しているAlAsのみを選択的に酸化することによって形成された、平面視形状が円環形状をしているAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を主体とした絶縁領域5bになっており、層5aの中央部は未酸化状態のAlAsから成る電流注入経路5cになっていて、全体として、発光層4に対する電流狭窄構造が形成されている。

【0007】

このレーザ素子においては、上部電極7aと下部電極7bを動作させることにより、発光層4における発光は上記した一対の反射鏡層構造2,5の間で励起してレーザ発振が起こり、そのレーザ光はキャップ層6を通過してその表面部分6a(レーザ光の出射窓)から矢印のように、すなわち基板1の垂直上方に発振していく。

40

【0008】

ところで、上記した反射鏡層構造は、互いに屈折率が異なる(組成が異なる)複数の半導体材料を交互にヘテロ接合して構成した層構造であるため、一般に、その層厚方向における電気抵抗が高い。そのため、高光出力の発振を目的として動作電流を大きくすると、抵抗発熱も大きくなって、素子の光出力が著しく低下してしまう。このようなことから、反射鏡層構造を低抵抗化することが好ましい。

【0009】

この反射鏡層構造の低抵抗化を実現する方法に関しては次のような方法が知られている。

50

すなわち、互いに隣接してヘテロ接合している半導体材料の層のうち、エネルギーギャップが広い方の半導体層における当該ヘテロ接合界面の近傍に炭素（C）のような不純物を高い濃度でドーピングする方法である。そしてこの方法は既に実施されている。

【0010】

しかしながら、反射鏡層構造のうち、発光層の近傍に位置している領域における不純物のドーピング濃度を高めると、その領域での光吸収が顕著となり、その結果、素子の光出力特性が劣化するという問題が発生してくる。

このように、反射鏡層構造のうち、発光層の近傍に位置する領域に不純物を高濃度でドーピングすれば反射鏡層構造の低抵抗化を実現することはできないとはいえ、そのときには素子の光出力特性が劣化し、逆に光出力特性の劣化を抑制するために不純物のドーピング濃度を低くすれば、反射鏡層構造は高抵抗になって動作電流を低減することができなくなるという問題がある。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、反射鏡層構造への不純物ドーピング時に従来生じていた上記した問題を解決し、不純物のドーピングによっても素子の光出力特性の劣化を招くことなく反射鏡層構造を低抵抗化せしめた新規な面発光半導体レーザ素子の提供を目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

上記した目的を達成するために、本発明においては、複数の半導体材料をヘテロ接合して成る一対の反射鏡層構造の間に発光層を配置した層構造が基板の上に形成され、かつ、前記反射鏡層構造に不純物がドーピングされている面発光半導体レーザ素子において、

前記反射鏡層構造のうち前記発光層の近傍に位置する領域における不純物のドーピング濃度は、他の領域における不純物のドーピング濃度よりも相対的に低濃度であり、かつ、前記発光層の近傍に位置する領域を構成する半導体材料の相互間におけるエネルギーギャップ差は、前記他の領域を構成する半導体材料の相互間におけるエネルギーギャップ差よりも相対的に小さいことを特徴とする面発光半導体レーザ素子が提供される。

【0013】

【発明の実施の形態】

本発明のレーザ素子における全体の層構造は図6で示した層構造と基本的に同じであるが、ここで、基板としてn型GaAs基板を用い、半導体材料として $Al_xGa_{1-x}As$  ( $0 < x < 1$ )を用いた場合の詳細な1例を図1に示す。

図1において、その横軸はn型GaAs基板1からp型GaAsキャップ層6の間に形成されている層構造の種類を示し、縦軸は各半導体層を構成する半導体材料の組成とエネルギーギャップの大小を示している。

【0014】

このレーザ素子においては、n型GaAs基板1の上に、n型の下部反射鏡層構造2、n型の下部クラッド層3a、井戸層4Aと障壁層4Bから成り、3個の量子井戸構造を有するノンドープの発光層4、p型の上部クラッド層3b、p型の上部反射鏡層構造5が順次積層されて前記発光層が一対の反射鏡層構造2, 5の間に配置され、そして反射鏡層構造5の上にはp型GaAsから成るキャップ層6が形成されている。

【0015】

本発明では、上記層構造において、下部反射鏡層構造2と上部反射鏡層構造5は、いずれも、後述するような、発光層4を中心にして発光層の近傍に位置する領域（以下、近傍領域という）と、その近傍領域の外側に位置する領域（以下、離隔領域という）とをもって構成されている。

ここで、下部反射鏡層構造2と上部反射鏡層構造5の離隔領域2B（5B）は、いずれも、 $Al_{0.9}Ga_{0.1}As$ から成る高エネルギーバンドの層2B<sub>1</sub>（5B<sub>1</sub>）と $Al_{0.2}Ga_{0.8}As$ から成る低エネルギーバンドの層2B<sub>2</sub>（5B<sub>2</sub>）をヘテロ接合して形成した1ペアを

10

20

30

40

50

複数ペア積層した層構造になっている。そして、層 $2B_1$ ( $5B_1$ )と層 $2B_2$ ( $5B_2$ )の間には、図の2個の段差で示したように、 $Al_{0.7}Ga_{0.3}As$ と $Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ を用いた2層の擬似組成傾斜層が挿入されている。

【0016】

下部反射鏡層構造2の近傍領域2Aにおいては、 $Al_{0.2}Ga_{0.8}As$ から成る低エネルギーバンドの層 $2A_2$ と $Al_{0.7}Ga_{0.3}As$ から成る高エネルギーバンドの層 $2A_1$ をヘテロ接合して形成した1ペアを複数ペア積層した層構造になっている。

また、上部反射鏡層構造5の近傍領域5Aにおいては、 $Al_{0.7}Ga_{0.3}As$ から成る高エネルギーバンドの層 $5A_1$ と $Al_{0.2}Ga_{0.8}As$ から成る低エネルギーバンドの層 $5A_2$ をヘテロ接合して形成した1ペアを複数ペア積層した層構造になっていて、各層の間には $Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ から成る1層が組成傾斜層として挿入されている。ただし、この近傍領域5Aにおいて、上部クラッド層3bの直上に形成される層 $5A_1$ の場合、最下層は $AlAs$ 層 $5a$ になっていて、前記した電流狭窄構造を形成できるようになっている。

10

【0017】

なお、図1の層構造において、下部反射鏡層構造2と上部反射鏡層構造5の間に配置される発光層4は、ノンドープの $GaAs$ から成る井戸層4Aとノンドープの $Al_{0.2}Ga_{0.8}As$ から成る障壁層4Bで構成される量子井戸構造を有し、この発光層4の上下には、いずれもノンドープの $Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ から成る上部クラッド層3bと下部クラッド層3aが配置されている。

本発明のレーザ素子の場合、図1に基づいて説明した上記層構造が次のようになっていることを特徴とする。

20

【0018】

(1)まず、各反射鏡層構造において、近傍領域の不純物のドーピング濃度が、離隔領域の不純物のドーピング濃度よりも相対的に低濃度になっていることである。その1例を図2に示す。

例示した図2の場合、下部反射鏡層構造2の離隔領域2Bでは、各半導体層にシリコン(Si)のようなn型の不純物がドーピングされ、その濃度は $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ になっている。そして、その上に位置する近傍領域2Aでは、n型不純物のドーピング濃度が $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ になっている。

また、上部反射鏡層構造5の場合、その近傍領域5Aには炭素(C)のようなp型の不純物がドーピングされ、その濃度は $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ になっている。そしてその上に位置する離隔領域5Bではp型不純物のドーピング濃度が $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ に設定されている。なお、離隔領域5Bにおける高濃度ピークは、いずれも、スパイク低減のために設けたものである。

30

【0019】

ここで、近傍領域2A(5A)は、前記したヘテロ接合して成るペア数が2~5ペアに亘って低濃度ドーピングして形成することが好ましい。この近傍領域2A(5A)をあまり多数の前記ペアで形成すると、反射鏡層構造は高抵抗化し、更に発熱により光出力特性の劣化が起こりはじめるからである。

また、離隔領域と近傍領域のいずれにおいても、ドーピング濃度を高くしすぎると、反射鏡層構造は低抵抗化するとはいえ、DBR多層膜である反射鏡層構造としての機能喪失を招くようになるので、離隔領域では $0.5 \sim 5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 程度、近傍領域では $1 \sim 5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 程度にそれぞれのドーピング濃度を規制することが好ましい。

40

【0020】

(2)他の特徴は、図1で示したように、近傍領域2A(5A)を構成する層 $2A_1$ ( $5A_1$ )と層 $2A_2$ ( $5A_2$ )とのエネルギーギャップ差 $E_g(2A, 5A)$ が、離隔領域2B(5B)を構成する層 $2B_1$ ( $5B_1$ )と層 $2B_2$ ( $5B_2$ )とのエネルギーギャップ差 $E_g(2B, 5B)$ よりも相対的に小さいことである。

【0021】

電気伝導特性を支配する点のエネルギーに着目すると、上記した $E_g(2B, 5B)$

50

と  $E_g(2A, 5A)$  はそれぞれ  $1\text{ eV}$  と  $0.7\text{ eV}$  程度に設定され、また両者の差は少なくとも  $0.2\text{ eV}$  以上となるように設定されることが好ましい。

その理由は、ドーピング低減により、 $0.2\text{ eV}$  程度の動作電圧上昇が発生するため、 $0.2\text{ eV}$  以上のエネルギーギャップ差が必要になるからである。

なお、これらエネルギーギャップ差の制御は、層構造の形成時に用いる半導体材料の組成を適宜設計することにより可能である。

#### 【0022】

##### 【実施例】

##### 1. レーザ素子の製造

次のようにして図1、図2で示した層構造のレーザ素子を製造した。

まず、MOCVD法により、n型GaAs基板1の上に、 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$  (厚み48nm) と  $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$  (厚み43nm) をヘテロ接合して成る1ペアの層 (厚み111nm) を30.5ペア積層し、同時にSiをn型不純物にしてドーピング濃度が  $1 \times 10^{18}\text{ cm}^{-3}$  である離隔領域2Bを成膜し、更にその上に、 $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$  (厚み46nm) と  $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$  (厚み43nm) をヘテロ接合して成る1ペアの層 (厚み109nm) を5.5ペア積層し、同時にSiをn型不純物にしてドーピング濃度が  $5 \times 10^{17}\text{ cm}^{-3}$  である離隔領域2Aを成膜して下部反射鏡層構造2を形成した。

#### 【0023】

なお、この層構造の場合、離隔領域2Bにおける上記エネルギーギャップ差  $E_g(2B)$  は  $1.06\text{ eV}$  であり、近傍領域2Aにおける、上記エネルギーギャップ差  $E_g(2A)$  は  $0.65\text{ eV}$  になっている。

ついで、上記下部反射鏡層構造2の上に、ノンドープの  $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$  から成る下部クラッド層3a (厚み93nm)、3層のノンドープGaAs井戸層4A (各層の厚み7nm) と4層のノンドープ  $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$  障壁層4B (各層の厚み10nm) との量子井戸構造から成る発光層4、およびノンドープの  $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$  から成る下部クラッド層3b (厚み93nm) を順次形成した。

#### 【0024】

ついで、上記上部クラッド層3bの上に、 $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$  (厚み46nm) と  $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$  (厚み43nm) をヘテロ接合して成る1ペアの層 (厚み109nm) を5ペア積層し、同時にCをp型不純物にしてそのドーピング濃度が  $5 \times 10^{17}\text{ cm}^{-3}$  である近傍領域5Aを成膜し、更にその上に、 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$  (厚み48nm) と  $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$  (厚み43nm) をヘテロ接合して成る1ペアの層 (厚み111nm) を20ペア積層し、同時にCをp型不純物にしてドーピング濃度が  $1 \times 10^{18}\text{ cm}^{-3}$  である離隔領域5Bを成膜して上部反射鏡層構造5を形成した。

#### 【0025】

なお、上記した近傍領域5Aの最下層は、厚み20nm AlAs層5aで形成した。また、この層構造の場合、離隔領域5Bにおけるヘテロ接合の層間のエネルギーギャップ差  $E_g(5B)$  は  $1.06\text{ eV}$  であり、近傍領域5Aにおけるヘテロ接合する層間のエネルギーギャップ差  $E_g(5A)$  は  $0.65\text{ eV}$  になっている。

#### 【0026】

また、離隔領域2B (5B) における層  $2B_1$  ( $5B_1$ ) と層  $2B_2$  ( $5B_2$ ) の間には、いずれも、厚み10nmの  $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$  層と厚み10nmの  $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$  層で2層の擬似組成傾斜層が挿入され、近傍領域2A (5A) における層  $2A_1$  ( $5A_1$ ) と層  $2A_2$  ( $5A_2$ ) の間には、いずれも、厚み20nmの1層の  $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$  層が組成傾斜層として挿入されている。

#### 【0027】

そして、この上部反射層構造5の上に、Cをp型不純物にして厚み20nmのp型GaAs層をキャップ層6として成膜した。

上記した層構造のキャップ層6の上にプラズマCVD方で  $\text{Si}_3\text{N}_4$  薄膜を成膜したのち、そこに通常の写真レジストを用いたフォトリソグラフィにより直径約  $45\text{ }\mu\text{m}$  の円形

10

20

30

40

50

ジレストパターンを形成した。

【0028】

ついで、 $CF_4$ を用いたRIEで上記レジストパターン直下の $Si_3N_4$ 薄膜以外の全ての $Si_3N_4$ 膜をエッチング除去したのち、残置させた $Si_3N_4$ 薄膜をマスクにし、リン酸と過酸化水素水と水の混合液を用いて湿式エッチングを行い、基部が下部反射鏡層構造2にまで至る柱状構造を形成した。

そして、全体を水蒸気雰囲気中において温度400で約25分間加熱した。p型AlAs層5aの外側のみが円環状に選択的に酸化され、その中心部には直径が約15 $\mu m$ の電流注入経路5cが形成された(図6)。

【0029】

ついで、RIEによって $Si_3N_4$ 薄膜を完全に除去したのち、新たに全体の表面をプラズマCVD法により $Si_3N_4$ 薄膜8で被覆し、続いて、直径約45 $\mu m$ のキャップ層6の上面に形成されている $Si_3N_4$ 薄膜8の中央部分を、直径25 $\mu m$ の円形状に除去してキャップ層6の表面を表出させた。

ついで、その表面に外径25 $\mu m$ 、内径15 $\mu m$ の円環状の上部電極7aをAuZnで形成し、更に全体の表面に電極引き出し用のパッドとして機能するTi/Pt/Au膜9を形成した。

【0030】

そして、基板1の裏面を研磨して全体の厚みを約100 $\mu m$ としたのち、その研磨面にAuGeNi/Auを蒸着して下部電極7bを形成して全体が図6で示した層構造の素子を製造した。

この素子を実施例素子とする。

比較のために、下部反射鏡層構造が $Al_{0.9}Ga_{0.1}As$ と $Al_{0.2}Ga_{0.8}As$ をヘテロ接合して成る1ペアの層を35.5ペア積層し、全体にSiをドーピングして、そのドーピング濃度が均一に $1 \times 10^{18} cm^{-3}$ になっており、また上部反射鏡層構造が $Al_{0.9}Ga_{0.1}As$ と $Al_{0.2}Ga_{0.8}As$ をヘテロ接合して成る1ペアの層を25ペア積層し、全体にCをドーピングして、そのドーピング濃度が均一に $1 \times 10^{18} cm^{-3}$ になっていることを除いては、実施例素子と同じ層構造のレーザ素子を製造した。これを比較例素子1とする。

【0031】

実施例素子とこの比較例素子1を対比すると、比較例素子1には、本発明でいう近傍領域も離隔領域も形成されていない。

また、他の比較例として、上・下反射鏡層構造を構成する半導体材料における組成面では比較例素子1の場合と同じであるが、発光層の近傍の5.5ペアにおけるCのドーピング濃度は $5 \times 10^{17} cm^{-3}$ とし、他の領域のドーピング濃度は $1 \times 10^{18} cm^{-3}$ としたことを除いては比較例素子1と同じ層構造のレーザ素子を製造した。これを比較例素子2とする。

【0032】

この比較例素子2は、発光層の近傍に位置する領域とそこから離隔する領域との間にはドーピング濃度の高低差は形成されているが、各領域を対比したときヘテロ接合の層間のエネルギーギャップ差は両領域で同じになっている。

更に、他の比較例として、上・下反射鏡層構造を構成する半導体材料における組成面では実施例素子の場合と同じであるが、ドーピング濃度はすべての領域で $1 \times 10^{18} cm^{-3}$ と一定にしたことを除いては実施例素子と同じ層構造のレーザ素子を製造した。これを比較例素子3とする。

【0033】

実施例素子と比較例素子3を対比すると、両者の層構造は組成面では同じであり、また発光層近傍に位置する領域のエネルギーギャップ差が発光層から離隔して位置する領域のエネルギーギャップ差よりも小さくなっているが、比較例素子3の場合はドーピング濃度に高低差は形成されていない。

【0034】

2. レーザ素子の特性

10

20

30

40

50

これら 4 種類のレーザ素子の電圧 - 電流特性を図 3 に示す。また、電流 - 光出力特性を図 4 に示す

図 3 と図 4 から次のことが明らかとなる。

( 1 ) まず、実施例素子では発光層の近傍領域におけるドーピング濃度が低くなっているにもかかわらず動作電圧の上昇は認められない。これに対し、近傍領域におけるドーピング濃度のみを低減させた比較例素子 2 の場合には、動作電圧が 0.3 V 程度上昇していて実施例素子の場合に比べて高抵抗になっている。

【 0 0 3 5 】

( 2 ) 図 4 において光出力に着目すると、実施例素子と比較例素子 2 では、いずれも動作電流が 30 mA になるまで光出力の飽和は認められない。これに対し、発光層の近傍領域と離隔領域の間でドーピング濃度に差のない比較例素子 1 の場合は動作電流が 20 mA で光出力の飽和が認められる。

このことは、発光層の近傍領域におけるドーピング濃度を低減させると、その領域での光吸収が抑制されていることを示す結果である。

【 0 0 3 6 】

( 3 ) そして、比較例素子 3 の場合、発光層の近傍領域におけるドーピング濃度を低減させていないが、比較例素子 1 に比べて光出力は大きくなっている。これは比較例素子 3 の場合、発光層の近傍領域における各半導体層の間のエネルギーギャップ差が離隔領域における各半導体層の間のエネルギーギャップ差よりも小さくなっているため、両領域間の屈折率差も小さくなり、そのため光のしみ出しが多くなり、したがって、発光層の近傍領域の光強度は低減され、仮に不純物ドーピングに基づく光吸収が大きくなったとしても、比較例素子 1 の場合よりも発熱は抑制された結果であると考えられる。

【 0 0 3 7 】

つぎに、これらのレーザ素子につき、動作電流 10 mA、温度 85 の通電条件、および、測定電流 15 mA、測定温度 25 の測定条件下において、光出力の経時変化を測定した。その結果を図 5 に示す。

図 5 から明らかなように、発光層の近傍領域が低濃度ドーピング領域になっていない比較例素子 1 および比較例素子 3 は、いずれも、通電時間が 2000 時間以内で光出力は低下しているが、発光層の近傍領域のドーピング濃度が低濃度になっている実施例素子と比較例素子 2 はいずれも通電時間が 2000 時間以上になっても光出力の低下は認められない。

【 0 0 3 8 】

【 発明の効果 】

以上の説明で明らかなように、本発明のレーザ素子は、発光層の近傍領域と発光層からの離隔領域におけるドーピング濃度に濃度差をつけ、同時に、両領域間におけるエネルギーギャップ差に差を形成することにより、光出力特性の劣化を招くことなく動作電圧の低減を実現したものであって、高効率の面発光半導体レーザ素子としてその工業的価値は大である。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明の面発光半導体レーザ素子の層構造の 1 例を示す概略図である。

【 図 2 】 図 1 の層構造における不純物のドーピング濃度の状態を示す概略図である。

【 図 3 】 電流 - 電圧特性を示すグラフである。

【 図 4 】 電流 - 光出力特性を示すグラフである。

【 図 5 】 素子の通電試験の結果を示すグラフである。

【 図 6 】 面発光半導体レーザ素子の層構造を示す断面図である。

【 符号の説明 】

- 1 基板
- 2 下部反射鏡層構造
- 3 a 下部クラッド層
- 3 b 上部クラッド層

10

20

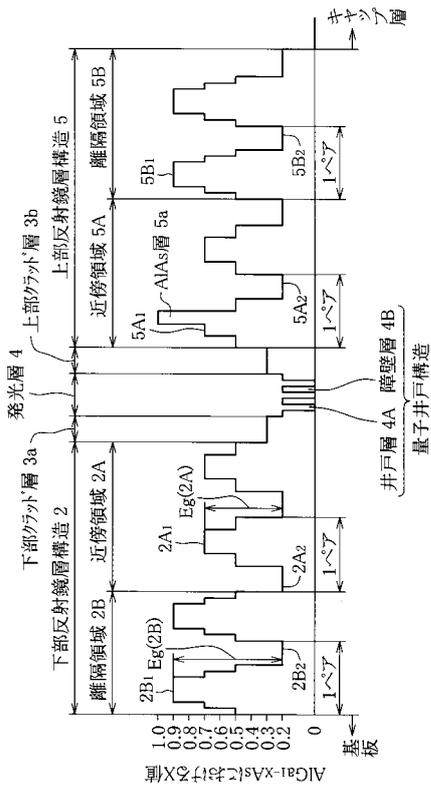
30

40

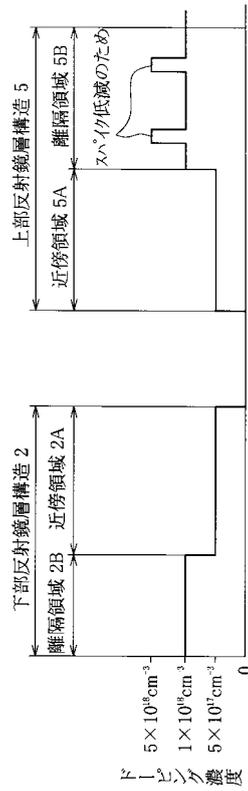
50

- 4 発光層
- 5 上部反射鏡層構造
- 5 a AlAs層
- 5 b 絶縁領域
- 5 c 電流注入経路
- 6 キャップ層
- 6 a レーザ光の出射窓
- 7 a 上部電極
- 7 b 下部電極
- 8 誘電体膜
- 9 金属膜（電極引き出し用パッド）

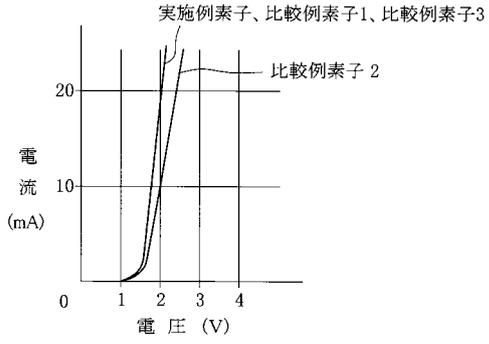
【図1】



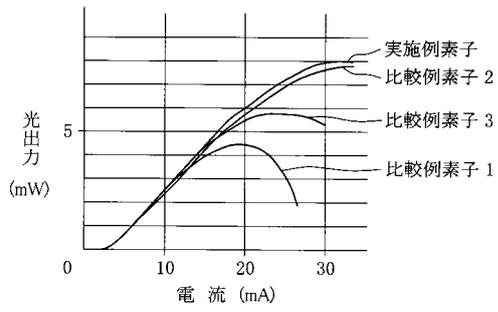
【図2】



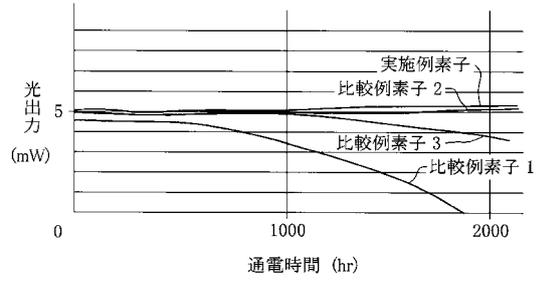
【 図 3 】



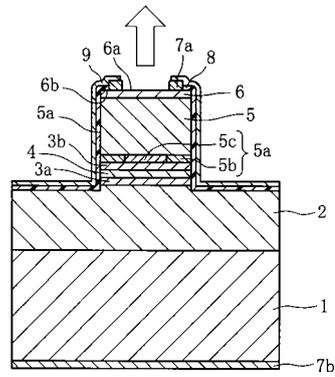
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2001-94208(JP,A)  
特開平7-288362(JP,A)  
特開平4-280693(JP,A)  
特開平2-302085(JP,A)

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