

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

第2990009号

(45)発行日 平成11年(1999)12月13日

(24)登録日 平成11年(1999)10月 8 日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	F I
H 0 1 S 3/18	6 4 8	H 0 1 S 3/18 6 4 8
C 2 3 C 16/18		C 2 3 C 16/18
H 0 1 L 33/00		H 0 1 L 33/00 B
H 0 1 S 3/18	6 7 7	H 0 1 S 3/18 6 7 7

請求項の数5(全 6 頁)

(21)出願番号	特願平6-32102	(73)特許権者	000004237 日本電気株式会社 東京都港区芝五丁目7番1号
(22)出願日	平成6年(1994)3月2日	(72)発明者	沢野 博之 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
(65)公開番号	特開平7-249827	(72)発明者	小林 健一 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
(43)公開日	平成7年(1995)9月26日	(74)代理人	弁理士 京本 直樹
審査請求日	平成7年(1995)11月15日		
審判番号	平10-5604		
審判請求日	平成10年(1998)4月9日		
(31)優先権主張番号	特願平6-5711		
(32)優先日	平6(1994)1月24日		
(33)優先権主張国	日本 (J P)		
		合議体	
		審判長	豊岡 静男
		審判官	青山 待子
		審判官	東森 秀朋

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体レーザ及び半導体レーザの製造方法

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体基板上に自然超格子構造を有するIII - V族化合物半導体の活性層を含む半導体層を形成する工程と、前記活性層の一部にIII族またはV族イオンを注入する工程と、アニールによりイオン注入された部分の前記活性層の自然超格子構造を無秩序化する工程と、前記イオン注入された部分にレーザ共振器端面を製作する工程とを有することを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項2】自然超格子構造を有するIII - V族化合物半導体として、AlGaInPまたはGaInPを形成することを特徴とする請求項1記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項3】イオン注入をするイオンがNイオンまたはBイオンであることを特徴とする請求項1記載の半導体

2

レーザの製造方法。

【請求項4】自然超格子構造を有するIII - V族結晶である活性層を備え、光の反射あるいは出射面となるレーザ共振器端面領域にのみIII族またはV族イオンが注入され、注入部の自然超格子構造が無秩序化されていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項5】自然超格子構造がAlGaInPまたはGaInPの自然超格子であることを特徴とする請求項4記載の半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は半導体レーザの製造方法に関し、特に高出力動作が可能な半導体レーザの製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体レーザは情報機器、光通信など幅広く使われている。特に光磁気ディスクなどの情報記憶装置に用いられる半導体レーザには高出力動作が要求される。半導体レーザの高出力動作は端面で光吸収による劣化を伴い、これを抑制することが必要である。高出力動作が可能な半導体レーザを実現するため、例えば本ら(アイイーイーイージャーナルオブクワンタムエレクトロニクス(IEEE Journal of Quantum Electronics)誌第29巻第6号1874頁-1879頁)により、不純物拡散によるウインドウレーザの製造が提案されている。

【0003】図3は端面の自然超格子の無秩序化によるウインドウ構造半導体レーザの構造図である。この図において1はn-GaAs基板、2はn-AlGaInPクラッド層、3はGaInP活性層、4はp-AlGaInPクラッド層、5はGaInPエッチングストップ層、6はp-AlGaInPクラッド層、7はn-GaAs電流ブロック層、8はp-GaAsキャップ層、9はp電極、10はn電極、15はウインドウ領域、20は共振器端面である。

【0004】まず、動作について説明する。p電極9、n電極10に順バイアス方向に電圧を印加すると、活性層3において注入キャリアの発光再結合が生じる。平行に向かい合っている共振器端面20は光共振器を形成し、この共振器端面20から、発振したレーザ光が出射される。ところで、活性層3は自然超格子の秩序状態が保たれたGaInPであるのに対し、端面近傍のウインドウ領域15は自然超格子が無秩序化されたGaInPである。したがって、ウインドウ領域15では活性層のバンドギャップエネルギーが出射レーザ光に比べ増大しており、共振器端面20における出射レーザ光の光吸収が減少している。これにより共振器端面20における劣化を防止でき、高出力動作が可能である。

【0005】図6はこの従来のウインドウ構造半導体レーザの製造方法を示す横方向からみた断面図である。この図において、図3と同一符号のものは同一のものを示し、16はSiNマスク、17はZn拡散源ZnO:SiO<sub>2</sub>、18はSiO<sub>2</sub>キャップ、19は開口部である。

【0006】次にその製造方法について説明する。まず図6に示す断面図のように、基板1上に、例えばMOVPE法によってn-クラッド層2、活性層3、p-クラッド層4、エッチングストップ層5、p-クラッド層6を順次形成する。次にpクラッド層6上にSiNマスク16を形成し、フォトリソグラフィ技術とエッチング技術によってストライプ状の開口部19を部分的に形成し、この上にZn拡散源17、SiO<sub>2</sub>キャップ18を順次形成する。さらに、これを封管中でアニールすることによりZnを開口部19より拡散させ図3のウインド

ウ領域15を形成する。次にSiO<sub>2</sub>キャップ18、Zn拡散源17、SiNマスク16を取り去った後、メサ21を選択的にエッチングしn-電流ブロック層7、p-キャップ層8を形成する。さらにn電極10、p電極9を形成し、ウインドウ領域15にて劈開し、各チップに分離する。こうしてレーザの両端部にウインドウ領域15を持つ半導体レーザができる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記のように、従来のウインドウレーザでは不純物の拡散によって自然超格子の無秩序化を行っている。ところで、活性層の不純物濃度が不十分な場合、秩序状態のGaInPが残存し光吸収は低減しない。逆に不純物濃度の増大にともない、自由キャリア吸収やバンドテールの増大のために光吸収は増大し、閾値電流の増大、スロープ効率の低下が深刻となる。すなわち、自然超格子の無秩序化によるウインドウの形成は同時に半導体レーザの発振特性の悪化を引き起こす。

【0008】一方、例えばJ.E.Zuckerら(アプライドフィジクスレター(Applied Physics Letters)誌第60巻第24号3036頁-3038頁、1992年)によるとPイオンのイオン注入、およびその後のアニールによってInGaAs/InPの量子井戸を無秩序化しバンドギャップエネルギーが増大すること、さらに注入イオン種を量子井戸の構成元素と同じIIIまたはV族元素であるPイオンにすることによって自由キャリア吸収による光吸収を低減することが示されている。

【0009】ところが、Pイオンを一般の多重量子井戸構造(超格子構造)にイオン注入してウインドウ構造半導体レーザを製造した場合、大きなエネルギーで注入しなければならず、例えば前述の論文では250~360keVでドーズ量2.5~10×10<sup>14</sup>cm<sup>-2</sup>、ウインドウ領域に多くの結晶欠陥を引き起こし、これを起因とする半導体レーザの劣化が生じてしまう。

【0010】本発明の目的は、ウインドウ領域で光の吸収がなくなかつ高信頼なウインドウ構造半導体レーザを得ることにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、半導体基板上に自然超格子構造を有するIII-V族化合物半導体の活性層を含む半導体層を形成する工程と、前記活性層の一部にIII族またはV族イオンを注入する工程と、アニールによりイオン注入された部分の前記活性層の自然超格子構造を無秩序化する工程と、前記イオン注入された部分にレーザ共振器端面を作製する工程とを有することを特徴とする半導体レーザの製造方法である。

【0012】または、自然超格子構造を有するIII-V族化合物半導体として、AlGaInPまたはGaInPを形成することを特徴とする前述の半導体レーザの製

造方法である。

【0013】または、イオン注入をするイオンがNイオンまたはBイオンであることを特徴とする前述の半導体レーザの製造方法である。

【0014】あるいは、自然超格子構造を有するIII - V族結晶でなる活性層を備え、光の反射あるいは出射面となるレーザ共振器端面領域にのみIII族またはV族イオンが注入され、注入部の自然超格子構造が無秩序化されていることを特徴とする半導体レーザである。

【0015】または、自然超格子構造がAlGaInPまたはGaInPの自然超格子であることを特徴とする前述の半導体レーザである。

【0016】

【作用】本発明においては、自然超格子層をイオン注入により無秩序化しているため、ウインドウ領域の損傷を低減できる。特にPイオンより軽いNイオンを用いてイオン注入するとウインドウ領域の損傷を一層低減できる。例えば $(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5}In_{0.5}P$ クラッド $0.2\mu m$ を通し活性層にイオン注入を行うためにはPイオンでは $180keV$ のエネルギーが必要であるがNイオンでは $100keV$ のエネルギーで良い。これによって、半導体レーザの高信頼な動作が可能となる。無秩序化の程度はイオンの注入量によって決まる。

【0017】なお、従来、例えば平山ら(ジャパニーズジャーナル オブ アプライドフィジクス(Japanese Journal of Applied Physics)誌第24巻第11号1498頁-1502頁(1985年))によると、Bイオンのイオン注入ではGaAs/AlAsの多重量子井戸の無秩序化は見られていなかった。またBイオンとほぼ同じ質量を持ち結晶の構成元素と同じくIII - V元素であるNイオンも同様に無秩序化はみられないと考えられていた。

【0018】ところが、自然超格子の無秩序化に関しNイオンのイオン注入およびアニールは有効である。これは、一般の多重量子井戸(超格子)に比べ、自然超格子は一原子層と十分薄い単位で構成されているためであると考えられる。この為にNイオンのイオン注入およびアニールによるウインドウ構造半導体レーザが実現できる。Bイオンについても同様である。

【0019】またPイオンを用いた場合でも、自然超格子を無秩序化する場合は通常の超格子に比べ少ないイオン注入量でよく、イオン注入領域の損傷を低減することができる。

【0020】

【実施例】以下、本発明の一実施例を図1, 図2を用いて説明する。図1(a)~(c)は本発明の半導体レーザの製造方法の実施例を説明するための横方向からみた断面図、図2は本発明の半導体レーザの製造方法の実施例を説明するための構造図である。

【0021】まず製造方法について説明する。まず図1

(a)に示すように、n-GaAs基板1上に、例えばMOVPE法によってn-AlGaInPクラッド層2、GaInP活性層3、p-AlGaInPクラッド層4、GaInPエッチングストップ層5、GaAsキャップ層11を順次形成する。次に図1(b)に示すように、キャップ層11上にSiO<sub>2</sub>膜12、フォトレジスト13を形成し、フォトリソグラフィ技術とエッチング技術によってストライプ状の開開口部14を部分的に形成し、さらにSiO<sub>2</sub>膜12およびフォトレジスト13をマスクとし上面よりNイオンのイオン注入を行う。

【0022】次に図1(c)に示す様にフォトレジスト13およびSiO<sub>2</sub>膜12、キャップ層11を除去し、その上にP-AlGaInPクラッド層6をMOVPE法により成長する。このクラッド層の成長がイオン注入後のアニールを兼ねる。ただし、アニールを成長とは別に行うことも可能である。

【0023】次に、図2に示すようにメサ形成プロセスによりメサ21を形成する。図3に示す構造図のように、その後n-GaAs電流ブロック層7、p-GaAsキャップ層8を形成する。さらにn電極10、p電極9を形成し、ウインドウ領域15にて劈開し、各チップに分離する。こうして両端面部にウインドウ構造をもつ半導体レーザが完成する。

【0024】図4は本発明の効果を示す図である。横軸はドーズ量、縦軸はフォトルミネッセンスピーク波長である。Nイオンのイオン注入後アニールを行うことによってPLピーク波長が60meV高エネルギー側にシフトし、バンドギャップエネルギーが増大している。

【0025】この発明によって得られる半導体レーザはウインドウ領域にIII またはV族元素以外の元素を含まないため自由キャリア吸収が無く、閾値電流の増大、スロープ効率の減少を抑制できる。さらに、質量の軽いNイオンのイオン注入でウインドウ領域を形成できるため、ウインドウ領域における損傷の少ないすなわち高信頼な半導体レーザの動作が実現できる。

【0026】なお、上記実施例ではNイオンのイオン注入およびその後のアニールによるウインドウ領域の形成について述べたが、Nイオンと同等の質量をもつIII族元素であるBイオンのイオン注入によっても同様の効果がある。

【0027】図5は本発明の効果を示す図である。III族またはV族イオンでGaInP自然超格子構造を無秩序化した場合とGaAs/AlGaAsの通常の超格子の場合を比較したものである。横軸は注入イオンの原子番号、縦軸はバンドギャップが60meV高エネルギー側にシフトするのに必要な注入イオン密度である。図においてGaAs/AlGaAs量子井戸(ウェル厚3nm)のデータはH. Leier(ジャーナル オブ アプライド フィジクス(Journal of Applied Physics)誌第67巻第4号1805頁

- 1813頁、1990年)によるもので注入イオン、Ne(原子番号10)、Mg(同12)、Ar(同18)、Zn(同30)について白丸がでた。本発明の自然超格子へのイオン注入例として、イオンをN(原子番号7)、P(同15)、Ga(同31)とした場合について図に黒丸で示した。バンドギャップが60meV高エネルギー側にシフトするのに必要な注入イオン密度は、単原子層超格子である自然超格子の場合、ウェル厚3nmの量子井戸に比べ2桁以上小さい。したがって自然超格子を用いれば少ないイオン注入量でウインドウ構造を実現できる。

【0028】この発明によって得られる半導体レーザはウインドウ領域にIII族またはV族元素以外の元素を含まないため自由キャリア吸収が無く、閾値電流の増大、スロープ効率の減少を抑制できる。さらに、多重量子井戸に比べ少ない注入量でウインドウ領域を形成できるため、ウインドウ領域における損傷を起因とする劣化の無い、すなわち高信頼な半導体レーザの動作が実現できる。

【0029】なお、上記実施例ではNイオン、Pイオン、Gaイオンのイオン注入およびその後のアニールによるウインドウ領域の形成について述べたが、他のIII族またはV族イオンでも同様の効果が得られる。

【0030】

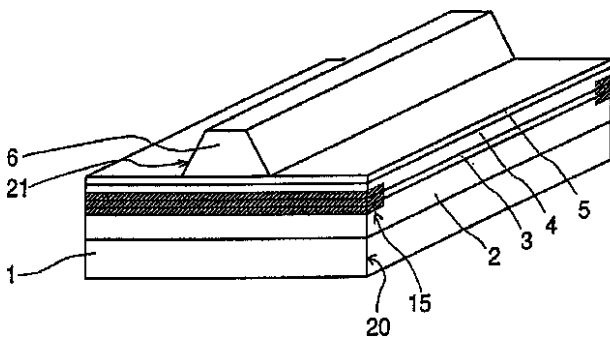
【発明の効果】以上のように、この発明によって得られる半導体レーザはウインドウ領域の活性層の自然超格子をIII-V族元素のイオン注入により無秩序化しているため、注入量が通常の超格子に比べ2桁以上小さくてすみ損傷が少なく、かつウインドウ領域にIII族またはV族元素以外の元素を含まないため自由キャリア吸収が無く、閾値電流の増大、スロープ効率の減少を抑制できた。さらに、質量の軽いNイオンやBイオンのイオン注入でウインドウ領域を形成すると、ウインドウ領域における損傷のより少ないすなわちより高信頼な半導体レーザの動作が実現できた。

- \* 【図面の簡単な説明】
- 【図1】本発明の半導体レーザの製造方法を説明するための横方向からみた断面図である。
- 【図2】本発明の半導体レーザの製造方法を説明するための図である。
- 【図3】端面の自然超格子の無秩序化によるウインドウ構造半導体レーザの構造図である。
- 【図4】本発明の効果を説明するための図である。
- 【図5】本発明の効果を説明するための図である。
- 10 【図6】従来のウインドウ構造半導体レーザの製造方法を示す横方向からみた断面図である。

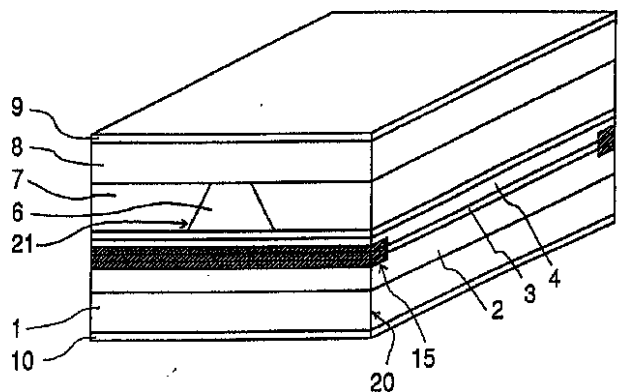
【符号の説明】

- 1 n-GaAs基板
- 2 n-AlGaInPクラッド層
- 3 GaInP活性層
- 4 p-AlGaInPクラッド層
- 5 GaInPエッチングストップ層
- 6 p-AlGaInPクラッド層
- 7 n-GaAs電流ブロック層
- 20 8 p-GaAsキャップ層
- 9 p電極
- 10 n電極
- 11 GaAsキャップ
- 12 SiO<sub>2</sub> マスク
- 13 フォトリジスト
- 14 開口部
- 15 ウインドウ領域
- 16 SiNマスク
- 17 Zn拡散源ZnO:SiO<sub>2</sub>
- 30 18 SiO<sub>2</sub> キャップ
- 19 開口部
- 20 共振器端面
- 21 メサ
- 22 イオン注入

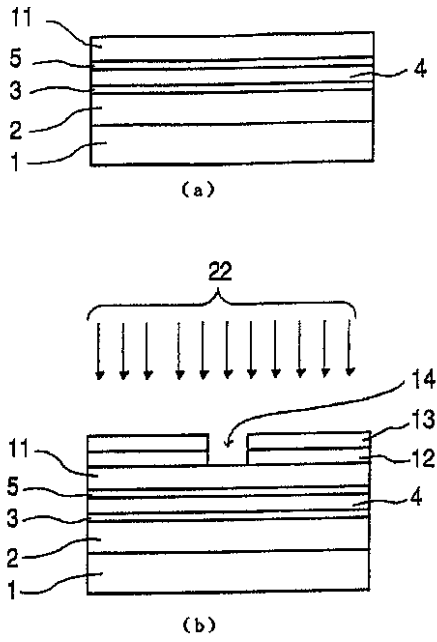
【図2】



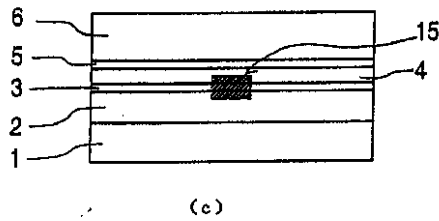
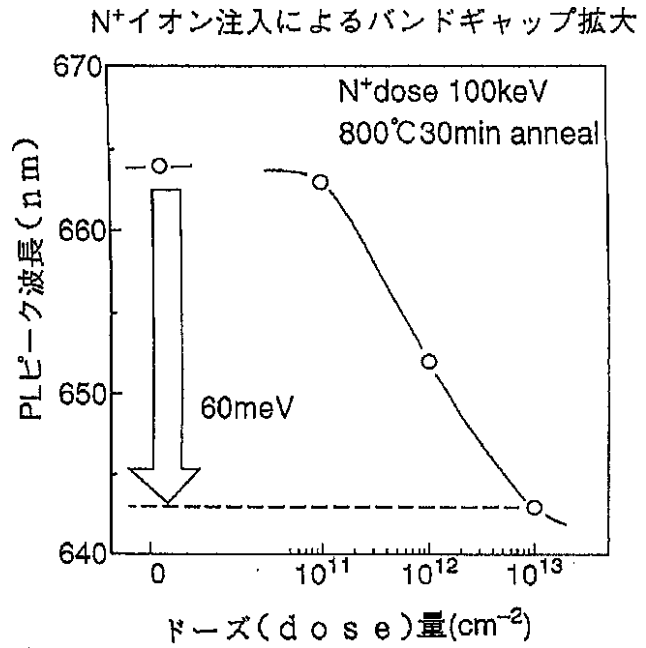
【図3】



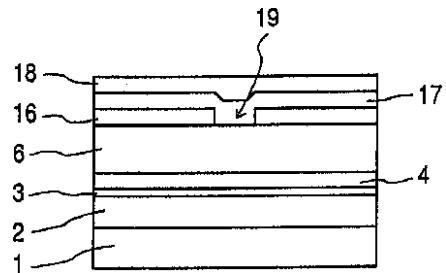
【図1】



【図4】

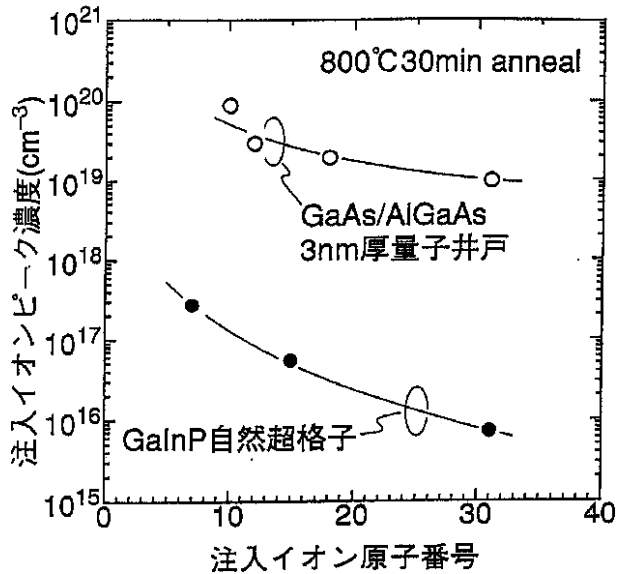


【図6】



【図5】

バンドギャップ拡大に必要なイオン注入量  
(拡大量60meV)



フロントページの続き

(72)発明者 上野 芳康

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気  
株式会社内

(56)参考文献

特開 平5 - 152675 ( J P , A )

特開 昭60 - 62179 ( J P , A )

特開 平5 - 129721 ( J P , A )

特開 平1 - 319981 ( J P , A )