(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3752705号
(P3752705)
(45)発行日　平成18年3月8日(2006.3.8)　(24)登録日　平成17年12月22日(2005.12.22)

(51)Int.Cl.　F I
H01S 5/227 (2006.01)　H01S 5/227

請求項の数 1　(全 7 頁)

(21)出願番号　特願平7-178402
(22)出願日　平成7年7月14日(1995.7.14)
(65)公開番号　特開平9-36473
(43)公開日　平成9年2月7日(1997.2.7)
審査請求日　平成13年10月3日(2001.10.3)

(73)特許権者　000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号
(74)代理人　100075096
弁理士　作田　康夫
(72)発明者　田中　俊明
東京都国分寺市東恋ケ窪１丁目２８０番地
株式会社日立製作所中央研究所内
(72)発明者　内田　憲治
東京都国分寺市東恋ケ窪１丁目２８０番地
株式会社日立製作所中央研究所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】半導体レーザ素子の製造方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
単結晶基板上に光導波路構造が設けられ、
前記光導波路構造は光導波層および発光活性層とを有し、かつ、前記光導波路構造は矩形状の断面形状であるストライプ構造を有し、
前記光導波層上面は前記基板表面と平行で平坦な面からなり、前記光導波層側面は前記基板表面に対して垂直であり、かつ、平滑な面となっており、前記光導波路構造内部では前記発光活性層が前記光導波層に埋め込まれるように構成されることにより、前記発光活性層横方向に実屈折率差を設けて、基本横モードを安定に導波する埋め込み型ストライプ構造を有する半導体レーザ素子の製造方法であって、
前記ストライプ構造の選択成長用の所定のマスク幅とマスク間隔を有する絶縁膜マスクパターン、及び、絶縁膜マスクパターンのさらに外側に相当する２つの領域に位置するダミーパターンを形成し、
前記ダミーパターンと前記絶縁膜マスクパターンとが形成された状態で前記光導波層および前記発光活性層を結晶成長させて前記光導波路構造を形成することを特徴とする半導体レーザ素子の製造方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【産業上の利用分野】
本発明は、光情報端末或は光応用計測光源に適する半導体レーザ素子に関する。

【０００２】
【従来の技術】
青色波長領域で発光する光デバイスに関しては、従来技術では例えばGaInN/AlGaN材料を用いた例が示されており、青色発光ダイオードを構成する素子構造について、例えばアプライド・フィジックス・レター1994年,64巻,1687-1689頁(Appl. Phys. Lett., 64, 1687-1689(1994).)において述べられている。
【０００３】
【発明が解決しようとする課題】
上記従来技術では、Nitiride系材料を用いた青色発光ダイオードに関して、発光活性層や光導波層の構成について述べているが、半導体レーザに要求される導波路共振構造に関する内容の詳細については述べられていない。また、半導体レーザの横モードを厳密に制御する構造に関する内容を説明していない。
【０００４】
本発明の目的は、特にこれまで導波路や共振器の形成が困難であったNitride材料において、材料の特徴に適した導波路共振構造の詳細と結晶成長技術を活かした構造作製の手法を規定するものであり、室温において青紫色波長領域のレーザ動作を達成することにある。さらに、基本横モードを制御しながら、低閾値動作や高出力動作を実現し得る導波路構造を有したレーザ素子を提供する。
【０００５】
【課題を解決するための手段】
上記目的を達成するための手段を以下に説明する。
【０００６】
本発明では、従来導波路や共振器を形成することが困難であったNitride材料に対して、選択成長技術を利用することにより、導波路共振構造を作製する。選択成長条件と絶縁膜マスクパターンを規定することにより、断面が矩形状である導波路構造と基板面に垂直な端面を有した共振器構造を同時に作製できる。導波路構造においては、発光活性層を光導波層の中に埋め込んだ形の実屈折率導波による横モード制御型埋め込み(BH: Buried Heterostructure)構造を容易に達成できる。さらに低閾値動作の素子を実現するために、共振器端面にＤＢＲ構造高反射膜を形成する。また高出力特性を有した素子は、アレイ状の導波路構造を設けることにより実現する。
【０００７】
【作用】
目的を達成するため、上記手段の作用について説明する。
【０００８】
単結晶基板として半導体基板或いはセラミックス基板を用い、基板面方位が(0001)C面を有するWurtzite構造である基板とする。基板表面に絶縁膜マスクを形成して、選択成長技術を用いて結晶成長する。このとき、導波路ストライプを形成する方向は、該基板の(11-20)A面に平行であるか、或いは(11-20)A面に垂直となる(1-100)M面に平行な方向に設定しておく。このような条件のもとに選択成長技術を用いて、導波路構造や共振器構造を作製すると、結晶層が基板面に垂直である導波路側面や共振器端面を作製できることを見出した。導波路側面や共振器面を上記のように形状制御するためには、基板表面の窒化処理や成長温度及びマスク幅や間隔を最適範囲に設定することが必要であり、これらのパラメータを規定することが重要であった。
【０００９】
上記の選択成長条件を適切な範囲に設定することにより、実屈折率差で基本横モードが安定に導波されるＢＨストライプ構造が一回の結晶成長によって実現できる。また、ＢＨストライプ構造の両側面近傍において、異常成長したり矩形状に制御できなかったりすることを避けるために、ダミーパターンを設ける。ストライプ構造の両端に同様な絶縁膜マスク形状からなるダミーパターンを設けておくことにより、内側の導波路構造を高品質な結晶層から構成できる。このダミーパターン上のストライプ構造には電流を注入しないよう

に、絶縁膜マスクによってカバーしておけば、基本横モードの導波が不安定になることはない。これにより、低閾値や高効率動作が期待できる。

【００１０】

さらに、基板面に垂直な共振器端面に対して、少なくとも屈折率が異なる２種類の結晶層からなるＤＢＲ構造高反射膜を形成することにより、格段の低閾値動作が可能である。Nitride材料では、他のIII-V族半導体材料に比べて屈折率が小さいために、端面反射率が２０％程度と小さくなるが、ＤＢＲ構造の周期数を増やすことにより、端面反射率は９０％以上に設定でき、最高９９％の反射率が得られた。これにより、ＤＢＲ構造高反射膜を施していない素子に比べて、閾値電流を1/10から1/20に低減できた。

【００１１】

また、ストライプ構造をアレイ状に設定して、高出力動作を図ることができる。ストライプ構造の本数に依存して、高出力化が可能である。アレイ状のストライプ構造のうち、ダミーストライプを除く内側の光導波路構造に対して、導波される横モードの位相整合条件に合ったストライプを配列させたフェーズドアレイ構造により、基本横モードを保たまま、単体のストライプ構造に比べてストライプの本数倍以上に最高光出力を増大できた。

【００１２】

以上により、Nitride材料に対して、基本横モードに制御しつつ、低閾値動作や高出力動作を達成する導波路構造を有した半導体レーザ素子構造が作製できる。

【００１３】

【実施例】

実施例１

本発明の一実施例を図１(a),(b)により説明する。図１(a)において、(0001)C面を有するα-Al_2O_3基板１を用いてまず温度９５０～１１５０℃の範囲で表面窒化処理を行った後、成長温度４５０～５５０℃においてGaNバッファ層２，成長温度９５０～１０５０℃においてｎ型GaN光導波層３を有機金属気相成長法により結晶成長する。その後、絶縁膜の形成とリソグラフィーにより、図1(b)においてマスク間隔W_1を１～２μｍとし、マスク幅W_2を１０～３０μｍの範囲に設定した絶縁膜マスク４を形成する。このとき、図1(b)において絶縁膜マスク４を形成する方向を該α-Al_2O_3基板１における(11-20)A面と平行な方向に規定しておく。その後、温度９５０～１０５０℃の範囲で選択成長して、ｎ型GaN光導波層５，AlGaN光分離閉じ込め層とGaN量子障壁層及びGaInN量子井戸層からなる圧縮歪多重量子井戸活性層６，ｐ型GaN光導波層７を順次設ける。次に、絶縁膜８を形成して、リソグラフィーにより、ｐ電極とｎ電極のパターンを蒸着形成する。さらに、導波路とは垂直な方向に基板を劈開することによって図１に示す素子断面を得、スクライブすることにより素子を切り出す。

【００１４】

本実施例によると、屈折率導波構造によって導波光を伝搬でき、実屈折率差によって基本横モードを安定に導波するＢＨストライプ構造を作製できた。本素子では、室温においてサファイア基板上に形成したAlGaInN材料からレーザ動作を確認できた。室温における発振波長は、４１０～４３０ｎｍの範囲であり、青紫色の波長領域であった。

【００１５】

実施例２

本発明の他実施例を図２(a), (b)により説明する。実施例１と同様に素子を作製するが、実施例１のストライプ構造を作製するためのマスクパターン外側に図２(b)に示すようなダミーパターンを形成しておき、これを含む絶縁膜マスク４を形成する。このとき図２(b)において、導波路構造用にマスク間隔W_1を１～２μｍとしマスク幅W_2を５～３０μｍの範囲に設定し、またダミーパターン用としてマスク間隔W_3を１～１０μｍとしマスク幅W_4を５～３０μｍの範囲に設定しておく。この後、実施例１と全く同様にして素子を作製し、図２(a)に示す素子断面を得る。

【００１６】

本実施例によると、ダミーパターンにより、導波路ストライプ構造両側壁には異常成長が

見られず、導波路層の結晶性を改善させることができた。この結果、実施例２より閾値電流をさらに2/3から1/2に低減できた。

【００１７】

実施例３

本発明の他実施例を図３(a), (b)及び図４により説明する。本素子では、実施例２と同様に素子を作製し絶縁膜マスクにダミーパターンを設けておくが、図３(b)に示すように共振方向において絶縁膜マスクを共振器端面部近傍にまで設ける。このマスクパターンにより、個々の素子は最初から共振器端面で分離されることになる。このとき、共振器端面近傍に設ける絶縁膜マスクは、共振方向に隣接する導波路構造との間隔の半分の幅W_5として、２０～４０μｍの範囲に設定した。図３(b)において、導波路の方向は該α-Al_2O_3基板１における(11-20)A面と垂直な方向に規定しておく。この結果、選択成長により導波路構造の作製と同時に、基板面に垂直な共振器端面が形成できる。結晶成長した層７に引き続いて選択成長して、歪補償GaInN/AlGaNＤＢＲ構造高反射膜８を形成する。この後は、実施例２と同様に素子を作製し、図３(a)に示す素子縦断面と図４に示す素子横断面を得る。

【００１８】

本実施例によると、選択成長により導波路構造と同時に基板面に垂直な共振器端面が形成できるので、基板の劈開により共振器面を形成する必要がない。共振器端面であるNitride材料の(1-100)M面の結晶面に、ＤＢＲ構造高反射膜を施すことにより、実施例２よりも格段の低閾値動作を達成できた。本素子では、ＤＢＲ構造高反射膜を設けていない場合に比べて、閾値電流を1/5から1/10にまで低減できた。本実施例では、共振器端面近傍にダミーパターンを設けることにより、共振器端面やＤＢＲ構造高反射膜の結晶性や反射率を改善できるので、さらに低閾値動作が達成された。

【００１９】

実施例４

本発明の他実施例を図５(a),(b)により説明する。実施例２と同様にして素子を作製するが、実施例３の導波路ストライプ構造を横に並べてアレイ状にする。アレイ状ストライプの両外側にはダミーパターンを設けておき、絶縁膜マスク４を図５(b)のように形成しておく。このとき図５(b)において、例えば３つの導波路ストライプ構造用にマスク間隔W_1を１～２μｍとしマスク幅W_2を１～１０μｍの範囲として設定し、またダミーパターン用としてマスク間隔W_3を１～１０μｍとしマスク幅W_4を５～３０μｍの範囲に設定しておく。図５(a)に示すように、内側の３つのストライプ構造に電流を注入し、両側ダミーストライプ構造に電流を注入しないように絶縁膜マスクによりカバーしておく。その後、実施例２と全く同様にして素子を作製し、図５(a)に示す素子断面を得る。

【００２０】

本実施例によると、一定の狭い周期に規定したストライプ構造を並べることにより、各ストライプ構造を導波するモードの位相を整合させたフェーズドアレイ構造を形成できた。これにより、多数のストライプ構造を設けても、全体で基本横モードで動作させることが可能となり、単体のストライプ構造である実施例２や３の場合よりも高出力動作が達成できた。本素子の最高光出力は、実施例２や３に比べて３倍から５倍に向上した。さらに、ストライプ構造の本数を増やすことにより、より高出力動作が可能であった。

【００２１】

【発明の効果】

本発明により、導波路や共振器の形成が困難であったNitride材料に対して、選択成長技術を用いて半導体レーザに必須となる導波路共振構造を作製することができた。導波路構造は、実屈折率差によって基本横モードを安定に導波するＢＨストライプ構造を容易に形成できた。この結果、サファイア基板上に形成したAlGaInN材料からなるレーザの室温における動作を確認できた。室温における発振波長は、４１０～４３０ｎｍの範囲であり、青紫色の波長領域であった。ストライプ構造の両外側にダミーパターンを導入することにより、閾値電流を2/3から1/2に低減できた。さらに、基板面に垂直な共振器端面を形成し

た後、ＤＢＲ構造高反射膜を設けることにより、格段の低閾値動作を達成し閾値電流を1/5から1/10に低減できた。また、３本の導波路ストライプ構造を位相整合させたフェーズドアレイ構造にすることにより、基本横モードのまま単体のストライプ構造に比べて最高光出力を３～５倍にまで増大させることが可能であった。

【００２２】

本発明の実施例では、六方晶系のWurtzite構造であり(0001)C面を有したサファイア基板上に作製したAlGaInN半導体レーザについて説明したが、他の六方晶系の基板であるSiC等の基板や、Zinc Blende構造であり(111)面を有した基板であるGaAs,InP,InAs,GaSb,GaAsP,GaInAs,SiC,ZnSe,ZnS等の基板上に作製した半導体レーザに対しても本発明の内容を適用できることは言うまでもない。

【００２３】

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の一実施例を示す素子構造縦断面図(a)と上面図(b)。

【図２】本発明の他実施例を示す素子構造縦断面図(a)と上面図(b)。

【図３】本発明の他実施例を示す素子構造縦断面図(a)と上面図(b)。

【図４】本発明の他実施例における素子構造横断面図。

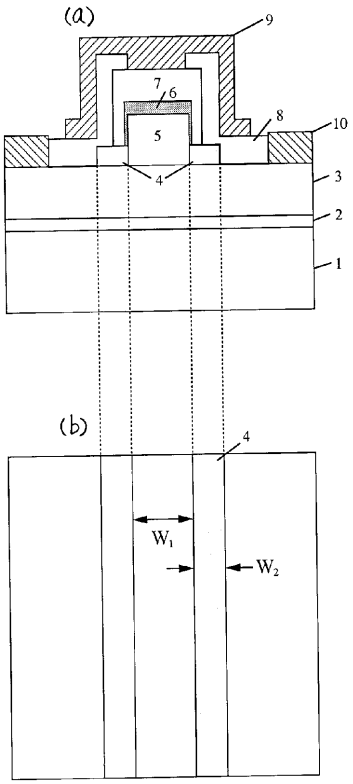
【図５】本発明の他実施例を示す素子構造縦断面図(a)と上面図(b)。

【符号の説明】

１．(0001)C面サファイア単結晶基板、２．GaNバッファ層、
３．ｎ型GaN光導波層、４．絶縁膜マスク、５．ｎ型GaN光導波層、
６．GaInN/GaN/AlGaN多重量子井戸構造活性層、７．ｐ型GaN光導波層、
８．絶縁膜、９．ｐ電極、１０．ｎ電極、１１．歪補償GaInN/AlGaNＤＢＲ構造高反射膜。

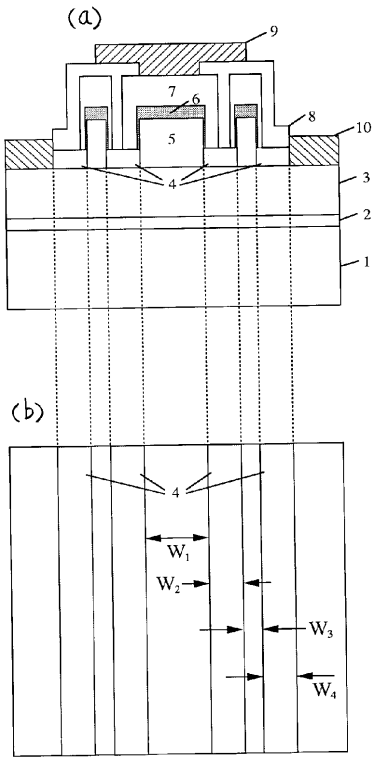
【図１】

図1



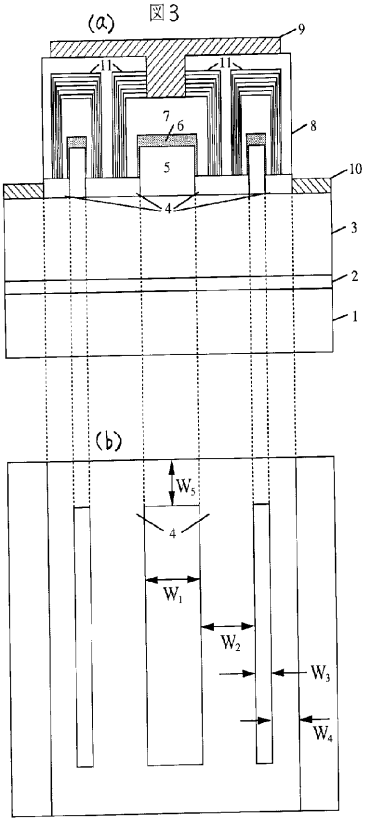
【図２】

図2



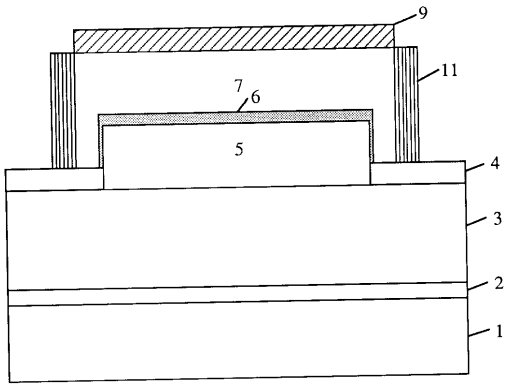
【図３】

図3



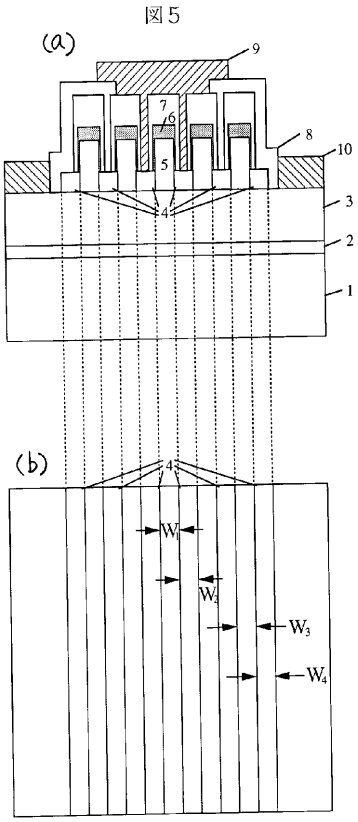
【図４】

図4



【図５】

図5



フロントページの続き

(72)発明者　渡辺　明禎
東京都国分寺市東恋ケ窪１丁目２８０番地　株式会社日立製作所中央研究所内
(72)発明者　赤松　正一
東京都国分寺市東恋ケ窪１丁目２８０番地　株式会社日立製作所中央研究所内
(72)発明者　皆川　重量
東京都国分寺市東恋ケ窪１丁目２８０番地　株式会社日立製作所中央研究所内

審査官　岡田　吉美

(56)参考文献　特開平０４－１１１４８７（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－２２６７８１（ＪＰ，Ａ）
特開昭６１－２６７３８８（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－１６４０５５（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－０９７５１０（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－０７８７６８（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H01S 5/00 - 5/50
H01L 33/00