

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4618854号
(P4618854)

(45) 発行日 平成23年1月26日(2011.1.26)

(24) 登録日 平成22年11月5日(2010.11.5)

(51) Int.Cl. F I
HO1S 5/026 (2006.01) HO1S 5/026
GO2F 1/017 (2006.01) GO2F 1/017 503

請求項の数 7 (全 21 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2000-244415 (P2000-244415) (22) 出願日 平成12年8月11日(2000.8.11) (65) 公開番号 特開2002-57400 (P2002-57400A) (43) 公開日 平成14年2月22日(2002.2.22) 審査請求日 平成19年6月5日(2007.6.5)</p>	<p>(73) 特許権者 308033711 OKIセミコンダクタ株式会社 東京都八王子市東浅川町550番地1 (74) 代理人 100095957 弁理士 亀谷 美明 (74) 代理人 100096389 弁理士 金本 哲男 (74) 代理人 100101557 弁理士 萩原 康司 (72) 発明者 中村 幸治 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電 気工業株式会社内 審査官 瀬川 勝久</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置およびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光導波路層を有する第1領域と、前記第1領域から光を受ける受光層を有する第2領域と、を備える半導体装置であって、

前記光導波路層および前記受光層を形成する工程と、

前記光導波路層と前記受光層の上に、光軸方向に延びる形状の光閉じ込め層を形成する工程と、

前記第1領域の中から選択された選択領域における前記光閉じ込め層が、他の領域における前記光閉じ込め層よりも厚くなるように、前記光導波路層および前記受光層の上に前記光閉じ込め層を成長させる工程と、

前記光閉じ込め層を、光軸方向に延びるリッジ形状であって、深さ方向に幅が狭まる逆メサ形状を有するようにエッチングする工程と、

を含む製造方法により製造され、

前記光閉じ込め層と前記受光層との接触面の幅が、前記光閉じ込め層と前記光導波路層との接触面の幅よりも広いことを特徴とする、半導体装置。

【請求項2】

前記第1領域と前記第2領域の間に、前記光導波路によって伝搬された光の密度を低下させる結合部を備えたことを特徴とする、請求項1に記載の半導体装置。

【請求項3】

前記結合部は、前記光導波路層と前記受光層の光軸方向以外に、前記光導波路層によ

て伝搬された光を伝搬する方向を有することを特徴とする，請求項2に記載の半導体装置。

【請求項4】

前記第1領域は，レーザ装置が形成される領域であり，

前記第2領域は，前記レーザ装置が出力するレーザ光を変調する変調器が形成される領域であり，

前記光導波路層は，活性層であり，

前記受光層は，吸収層であり，

前記光閉じ込め層は，クラッド層である，

ことを特徴とする，請求項1，2または3に記載の半導体装置。

10

【請求項5】

光導波路層を有する第1領域と，前記第1領域から光を受ける受光層を有する第2領域と，を備える半導体装置の製造方法であって，

前記光導波路層および前記受光層を形成する工程と，

前記光導波路層と前記受光層の上に，光軸方向に延びる形状の光閉じ込め層を形成する工程と，

前記第1領域の中から選択された選択領域における前記光閉じ込め層が，他の領域における前記光閉じ込め層よりも厚くなるように，前記光導波路層および前記受光層の上に前記光閉じ込め層を成長させる工程と，

前記光閉じ込め層を，光軸方向に延びるリッジ形状であって，深さ方向に幅が狭まる逆メサ形状を有するようにエッチングする工程と，

を含み、前記光閉じ込め層と前記受光層との接触面の幅が，前記光閉じ込め層と前記光導波路層との接触面の幅よりも広い半導体装置を製造することを特徴とする，半導体装置の製造方法。

20

【請求項6】

前記選択領域は，前記第1領域に形成されたマスク対の間の領域であり，

前記光閉じ込め層は，前記マスク対の間の領域において，その他の領域に対して選択的に成長することを特徴とする，請求項5に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項7】

前記第1領域は，レーザ装置が形成される領域であり，

前記第2領域は，前記レーザ装置が出力するレーザ光を変調する変調器が形成される領域であり，

前記光導波路層は，活性層であり，

前記受光層は，吸収層であり，

前記光閉じ込め層は，クラッド層である，

ことを特徴とする，請求項5または6に記載の半導体装置の製造方法。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は，半導体装置およびその製造方法に関するものである。

40

【0002】

【従来の技術】

下記文献には，従来の電界吸収型変調器付き半導体レーザに関する技術が開示されている。

【0003】

文献：山崎裕幸，山口昌幸，阪田康隆，井元康雅，小松啓郎 "DFB-LD/変調器集積化光源における低電圧・高出力化の検討" 信学技報LQE95-18(1995-06)

【0004】

この文献に記載されている半導体レーザは，端面反射率を低減させるために窓領域を有することを特徴としている。図28～図31を用いて，従来の半導体レーザの製造工程を説

50

明する。

【0005】

基板 (InP) 1 のレーザ形成領域 LR にグレーティング 3 を形成した後、基板 1 に対してマスク対 5 を形成する。マスク対 5 を構成する各マスクのマスク幅は、レーザ形成領域 LR と変調器形成領域 MR において異なる。レーザ形成領域 LR におけるマスク幅は、変調器形成領域 MR におけるマスク幅に比べて広く、例えば、狭い方のマスク幅は 5 μm、広い方のマスク幅は 50 μm に調整されている。また、マスク対 5 を構成する各マスクの間隔は 1 ~ 3 μm に調整されている。

【0006】

有機金属気相成長法 (MOVPE) を用いて InGaAsP を選択成長させる。この結果、レーザ形成領域 LR には活性層 (多重量子井戸 (MQW) 構造) 7 が形成され、変調器形成領域 MR には吸収層 9 が形成される。これら活性層 7 と吸収層 9 に対して InP を成長させ、クラッド層 11 を形成する (図 28)。

10

【0007】

マスク対 5 を除去し、マスク (SiO₂) 13 を形成する。このマスク 13 を用いてクラッド層 11 と吸収層 9 の一部をエッチングし、窓領域 WR を形成する (図 29)。

【0008】

マスク対 15 を形成し、クラッド層 11 の上に更に InP を成長させ、このクラッド層 11 を含むクラッド層 17 を形成する。クラッド層 17 の上にコンタクト層 19 を形成する (図 30)。

20

【0009】

マスク対 15 を除去した後、コンタクト層 19 の表面に所定のパターンで金属材料を蒸着する。また、基板 1 の裏面にも金属材料を蒸着する。蒸着後、アニール処理を施し、蒸着された金属を合金化する。これによって、レーザ形成領域 LR にレーザ p 側電極 21 が形成され、変調器形成領域 MR に変調器 p 側電極 23 が形成され、基板 1 の裏面に n 側電極 25 が形成される。なお、レーザ p 側電極 21 と変調器 p 側電極 23 との間のコンタクト層 19 は、金属材料を蒸着する前に取り除かれる。

【0010】

端部を劈開しチップ化した後、変調器形成領域 MR の端面に低反射膜 27 をコーティングする。チップ化された変調器付き半導体レーザにおいて、レーザ形成領域 LR の光軸方向の長さは 300 ~ 700 μm、変調器形成領域 MR の光軸方向の長さは 50 ~ 250 μm、窓領域 WR の光軸方向の長さは 10 ~ 50 μm である (図 31)。

30

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

変調器付き半導体レーザにおいて、レーザ発振しているとき変調器に対して変調電圧が印加されると、変調器はレーザ光を吸収するように動作する。この際、光の吸収量がある値を超えると変調器とレーザとの界面において素子破壊が起こる。従来の変調器付き半導体レーザは、この素子破壊現象を防止するための有効な構成を備えていない。このため、従来の変調器付き半導体レーザによれば、例えばレーザ出力を僅かながらも高めた場合、変調器の光吸収量が限界値を超えてしまい、結果として素子破壊が生じるおそれがあった。

40

【0012】

本発明は、上記のような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、光導波路を有する第 1 領域と、この第 1 領域から光を受ける受光層を有する第 2 領域とを備える半導体装置であって、受光層の光に対する強度向上が図られた半導体装置およびその製造方法を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明の第 1 の観点によれば、光導波路層を有する第 1 領域と、第 1 領域から光を受ける受光層を有する第 2 領域とを備える半導体装置が提供される。この半導体装置は、前記光導波路層および前記受光層を形成する工程と、前記光導波

50

路層と前記受光層の上に、光軸方向に延びる形状の光閉じ込め層を形成する工程と、前記第1領域の中から選択された選択領域における前記光閉じ込め層が、他の領域における前記光閉じ込め層よりも厚くなるように、前記光導波路層および前記受光層の上に前記光閉じ込め層を成長させる工程と、前記光閉じ込め層を、光軸方向に延びるリッジ形状であって、深さ方向に幅が狭まる逆メサ形状を有するようにエッチングする工程と、を含む製造方法により製造され、前記光閉じ込め層と前記受光層との接触面の幅が、前記光閉じ込め層と前記光導波路層との接触面の幅よりも広いことを特徴としている。かかる構成によれば、光導波路層によって伝搬された光を受光層が受ける際に光導波路層と受光層との接合界面において発生するおそれのある素子破壊を防止することが可能となる。

【0014】

本発明の第2の観点によれば、請求項2, 3に記載のように、第1領域と第2領域の間に、光導波路によって伝搬された光の密度を低下させる結合部を備えたことを特徴とする半導体装置が提供される。そして、請求項4に記載のように、結合部は、光導波路層と受光層の光軸方向以外に、光導波路層によって伝搬された光を伝搬する方向を有することが好ましい。かかる構成によれば、光導波路層によって伝搬される光の強度が高い場合であっても、光を受光する際に受光層が受けるダメージを緩和することが可能となる。

【0015】

本発明の第3の観点によれば、光導波路層を有する第1領域と、第1領域から光を受ける受光層を有する第2領域とを備える半導体装置の製造方法が提供される。そして、この製造方法は、請求項6に記載のように、光導波路層および受光層を形成する工程と、第1領域の中から選択された選択領域における光閉じ込め層が、他の領域における光閉じ込め層よりも厚くなるように、光導波路層および受光層の上に光閉じ込め層を成長させる工程と、光閉じ込め層を、光軸方向に延びるリッジ形状であって、深さ方向に幅が狭まる逆メサ形状を有するようにエッチングする工程とを含むことを特徴としている。かかる製造方法によれば、逆メサリッジ形状にエッチングされた光閉じ込め層と光導波路層および受光層との接触面において、次の関係が成り立つことになる。すなわち、光閉じ込め層と受光層との接触面の幅が、光閉じ込め層と光導波路層との接触面の幅よりも広くなる。したがって、この製造方法によって製造された半導体装置によれば、光導波路層から伝搬された光を受光層が受ける際に光導波路層と受光層との接合界面において発生するおそれのある素子破壊を防止することが可能となる。

【0016】

請求項7に記載のように、選択領域は、第1領域に形成されたマスク対の間の領域であることが好ましい。そして、光閉じ込め層を、マスク対の間の領域において、その他の領域に対して選択的に成長させる。この方法によれば、選択領域における光閉じ込め層は、他の領域における光閉じ込め層に比べて厚く形成されることになる。

【0017】

本発明の第4の観点によれば、光導波路層を有する第1領域と、第1領域から光を受ける受光層を有する第2領域とを備える半導体装置の製造方法が提供される。そして、この製造方法は、請求項8に記載のように、光導波路層および受光層を形成する工程と、光導波路層および受光層の上に光閉じ込め層を形成する工程と、光閉じ込め層を、第1領域から第2領域に延びるマスクであって、第2領域におけるマスク幅が第1領域におけるマスク幅よりも広いマスクを用いてエッチングする工程とを含むことを特徴としている。かかる方法によれば、エッチングされた光閉じ込め層と受光層との接触面の幅が、光閉じ込め層と光導波路層との接触面の幅よりも広くなる。したがって、この製造方法によって製造された半導体装置によれば、光導波路層から伝搬された光を受光層が受ける際に光導波路層と受光層との接合界面において発生するおそれのある素子破壊を防止することが可能となる。

【0018】

本発明は、例えば、半導体装置としての変調器付き半導体レーザに適用可能である。この場合、請求項5, 請求項9に記載のように、第1領域はレーザ装置が形成される領域であ

10

20

30

40

50

り、第2領域はレーザ装置が出力するレーザ光を変調する変調器が形成される領域であり、光導波路層は活性層であり、受光層は吸収層であり、光閉じ込め層はクラッド層である。

【0019】

【発明の実施の形態】

以下に添付図面を参照しながら、本発明にかかる半導体装置およびその製造方法の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、以下の説明および添付された図面において、略同一の機能および構成を有する構成要素については、同一符号を付することによって重複説明を省略する。

【0020】

[第1の実施の形態]

本発明の第1の実施の形態にかかる半導体装置としての変調器付き半導体レーザの構成およびその製造方法を図1～図5を用いて説明する。

【0021】

基板(InP)101のレーザ形成領域LRにグレーティング103を形成した後、基板101のレーザ形成領域LRに対して選択成長用マスク対105を形成する。選択成長用マスク対105を構成する各マスクのマスク幅は5～100 μ m、各マスクの間隔は1～40 μ mに設定される。

【0022】

有機金属気相成長法(MOVPE)を用いてInGaAsPを選択成長させる。この結果、レーザ形成領域LRには活性層(多重量子井戸(MQW)構造)107が形成され、変調器形成領域MRには吸収層109が形成される。このとき、選択成長用マスク対105を構成する各マスクに挟まれた領域、すなわち選択成長領域SRでは、他の領域と比べてInGaAsPが厚く成長する(図1)。そして、選択成長領域SRに形成された活性層107のバンドギャップは、吸収層109のバンドギャップに比べて広がる。また、活性層107において生じるレーザ光の波長は、選択成長用マスク対105を用いない場合に比べて長波長側にシフトすることになる。

【0023】

活性層107と吸収層109に対してInPを成長させクラッド層111を形成する。さらに、クラッド層111の表面にコンタクト層119を形成する。このときも活性層107と同様に、選択成長領域SRでは、クラッド層111およびコンタクト層119が他の領域と比べて厚く形成される(図2)。

【0024】

選択成長用マスク対105を除去した後、コンタクト層119の表面にリッジ部形成用マスク121-aとサイドマスク121-b、121-cを形成する。リッジ部形成用マスク121-aは、レーザ形成領域LR内の選択成長領域SRから変調器形成領域MRにかけて形成されており、その幅は3～6 μ mとされている。

【0025】

リッジ部形成用マスク121-aとサイドマスク121-b、121-cに覆われていない範囲のコンタクト層119とクラッド層111を順次エッチングして除去し、活性層107と吸収層109の表面の一部を露出させる。この結果、逆メサ形状のリッジ部123が形成される(図3)。

【0026】

リッジ部123の形状について、図3を用いて説明する。上述の通り、レーザ形成領域LR内の選択成長領域SRにおける活性層107、クラッド層111、コンタクト層119はそれぞれ、変調器形成領域MRにおける吸収層109、クラッド層111、コンタクト層119に対して厚く形成されている。したがって、A-A'断面に示すように、レーザ形成領域LRにおけるリッジ部123の高さは、変調器形成領域MRよりも高くなる。

【0027】

ここで、リッジ部123におけるクラッド層111の底面の幅 W_c に注目する。リッジ部

10

20

30

40

50

123を形成する際に用いられるリッジ部形成用マスク121-aは、レーザ形成領域LRから変調器形成領域MRにわたり、一定のマスク幅 W_M を有している。リッジ部123を形成する際のエッチング工程において、クラッド層111の(111)面が現れるならば、その面(クラッド層111の側壁)は、活性層107および吸収層109の表面に対して 54° の角度を有することになる。したがって、クラッド層111の厚さを d とすると、リッジ部123におけるクラッド層111の底面の幅 W_C は、

【0028】

$$W_C = W_M - 2d / \tan 54^\circ \cdots (1-1)$$

【0029】

から求めることができる。式(1-1)から明らかなように、リッジ部123におけるクラッド層111の底面の幅 W_C は、クラッド層111の高さ d に応じて異なる値をとる。上述の通り、クラッド層111の高さ d は、レーザ形成領域LRと変調器形成領域MRで異なる。それぞれの高さを d_L 、 d_M で表すと、

【0030】

$$d_L > d_M \cdots (1-2)$$

【0031】

が成り立つ。リッジ部123におけるクラッド層111の底面のレーザ形成領域LRでの幅を W_{CL} で表し、変調器形成領域MRでの幅を W_{CM} で表すと、式(1-1)、(1-2)から、

【0032】

$$W_{CL} < W_{CM} \cdots (1-3)$$

【0033】

の関係が得られる。ところで、リッジ部123におけるクラッド層111の底面は、活性層107と吸収層109に接している。したがって、図3の矢視B、矢視Cに示したように、リッジ部123におけるクラッド層111と吸収層109との接触面の幅 W_M は、クラッド層111と活性層107との接触面の幅 W_L に比べて広くなる。

【0034】

次に、リッジ部形成用マスク121-aおよびサイドマスク121-b、121-cを除去し、絶縁膜(SiO_2)125を形成する。そして、リッジ部123の両脇の溝にポリイミド127を埋め込む(図4)。

【0035】

リッジ部123の上面に所定のパターンで金属材料を蒸着する。また、基板101の裏面にも金属材料を蒸着する。蒸着後、アニール処理を施し、蒸着された金属を合金化する。これによって、レーザ形成領域LRにレーザp側電極131が形成され、変調器形成領域MRに変調器p側電極133が形成され、基板101の裏面にn側電極135が形成される。なお、レーザp側電極131と変調器p側電極133との間のコンタクト層119は、金属材料を蒸着する前に取り除かれ、電極分離領域(点線部、光軸方向の長さ: $20 \sim 100 \mu m$)が確保される。

【0036】

端部を劈開しチップ化した後、変調器形成領域MRの端面に低反射膜137をコーティングする。チップ化された変調器付き半導体レーザにおいて、レーザ形成領域LRの光軸方向の長さは $300 \sim 700 \mu m$ 、変調器形成領域MRの光軸方向の長さは $50 \sim 250 \mu m$ である(図5)。

【0037】

以上のように構成された第1の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの動作について説明する。

【0038】

レーザp側電極131とn側電極135に対して順方向の電圧を印加し、活性層107に順方向電流を注入する。この順方向電流によってレーザ発振が起こる。一般的に、順方向電流が $50 \sim 100 mA$ の場合、 $2 \sim 5 mW$ のレーザ出力が得られる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 9 】

一方、変調器 p 側電極 1 3 3 と n 側電極 1 3 5 に対して逆方向の電圧 (0 . 5 ~ - 4 V) を印加することによって、レーザ光から変調信号 (信号光) が生成される。具体的には、変調電圧 (逆方向電圧) が 0 . 5 ~ - 0 . 5 V の範囲では、この変調器付き半導体レーザから光出力が得られ、変調電圧が - 2 . 5 ~ - 4 V の範囲では、光出力が遮断される。このようにして、光出力の強度変調が行われ、信号光が生成される。

【 0 0 4 0 】

以上説明したように、第 1 の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザによれば、リッジ部 1 2 3 におけるクラッド層 1 1 1 と吸収層 1 0 9 との接触面の幅が、クラッド層 1 1 1 と活性層 1 0 7 との接触面の幅に比べて広くなるため、変調器形成領域 M R におけるレーザ光の吸収効率が向上するとともに、消光特性、放熱効率の向上も実現する。したがって、素子破壊を防止しつつ、レーザ形成領域 L R におけるレーザ光の出力アップが可能となる。

10

【 0 0 4 1 】

さらに、第 1 の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造方法によれば、選択成長法による結晶成長を一回実施するだけでクラッド層 1 1 1 の厚さを制御することが可能となる。つまり、変調器形成領域 M R における素子破壊を防止するための特別な製造プロセスが追加されることはない。したがって、製品歩留まりの向上に繋がる。

【 0 0 4 2 】

[第 2 の実施の形態]

本発明の第 2 の実施の形態にかかる半導体装置としての変調器付き半導体レーザの構成およびその製造方法を図 6 ~ 図 1 3 を用いて説明する。

20

【 0 0 4 3 】

基板 (I n P) 2 0 1 の変調器形成領域 M R にマスク 2 0 2 を形成する。マスク 2 0 2 の長さ (光軸方向) は 5 0 ~ 2 5 0 μ m とする (図 6) 。

【 0 0 4 4 】

マスク 2 0 2 に覆われていない基板 2 0 1 の表面にグレーティング 2 0 3 を形成する (図 7) 。グレーティング 2 0 3 は、干渉露光法によって露光されたレジスト膜をマスクとして基板 2 0 1 の表面をエッチングすることによって形成される。なお、電子ビーム描画法を用いてグレーティング 2 0 3 を形成する場合には、マスク 2 0 2 は不要となる。グレーティング 2 0 3 が形成された領域がレーザ形成領域 L R となる。

30

【 0 0 4 5 】

マスク 2 0 2 を除去した後、基板 2 0 1 の表面に有機金属気相成長法 (M O V P E) を用いて I n G a A s P を成長させる。この結果、レーザ形成領域 L R には活性層 (多重量子井戸 (M Q W) 構造) 2 0 7 が形成される。このとき、I n G a A s P がグレーティング 2 0 3 に対して直接成長するため、グレーティング 2 0 3 の形状が崩れないようにデバイスの保存に注意する必要がある。例えば、成長温度まで昇温させている間、約 5 4 0 まではチャンバ内に原料ガスを流さず雰囲気ガスを水素のみとする。5 4 0 から微量のアルシニングガスとフォスフィンガスを流し、成長温度に達するまでデバイスを保存する。成長温度に達したところで I n G a A s P の成長を開始する。

40

【 0 0 4 6 】

活性層 2 0 7 に対して I n P を成長させクラッド層 2 1 1 を形成する (図 8) 。

【 0 0 4 7 】

クラッド層 2 1 1 の表面に島状にエッチングするためのマスク 2 1 3 を形成する。レーザ形成領域 L R においてマスク 2 1 3 に覆われていない範囲のクラッド層 2 1 1 および活性層 2 0 7 , ならびに、変調器形成領域 M R の各層を順次エッチングして除去し、基板 2 0 1 の表面を露出させる。なお、基板 2 0 1 に形成されているグレーティング 2 0 3 のうち、マスク 2 1 3 に覆われていない範囲はエッチングによって除去される (図 9) 。

【 0 0 4 8 】

マスク 2 1 3 に覆われていない範囲について、有機金属気相成長法 (M O V P E) を用い

50

てInGaAsPを成長させ、吸収層215を形成する。さらに、吸収層215の上にInPを成長させクラッド層217を形成する(図10)。

【0049】

マスク213を除去し、クラッド層211およびクラッド層217の上にP-InPを成長させ、これらクラッド層211、クラッド層217を含むクラッド層219を形成する。クラッド層219の上にP-InGaAsを成長させ、コンタクト層221を形成する。

【0050】

コンタクト層221の表面にリッジ部形成用マスク223-aとサイドマスク223-b、223-cを形成する。リッジ部形成用マスク223-aの幅は、レーザ形成領域LRと変調器形成領域MRにおいて異なる。変調器形成領域MRにおけるマスク幅は、レーザ形成領域LRにおけるマスク幅に比べて広く、例えば、狭い方のマスク幅は3~5 μm 、広い方のマスク幅は4~8 μm に調整されている。

10

【0051】

リッジ部形成用マスク223-aとサイドマスク223-b、223-cに覆われていない範囲のコンタクト層221、クラッド層219を順次エッチングして除去し、活性層207と吸収層215の表面の一部を露出させる。この結果、逆メサ形状のリッジ部235が形成される(図11)。

【0052】

リッジ部形成用マスク223-aおよびサイドマスク223-b、223-cを除去した後、絶縁膜(SiO₂)237を形成する。そして、リッジ部235の両脇の溝にポリイミド239を埋め込む(図12)。

20

【0053】

リッジ部235の上面に所定のパターンで金属材料を蒸着する。また、基板201の裏面にも金属材料を蒸着する。蒸着後、アニール処理を施し、蒸着された金属を合金化する。これによって、レーザ形成領域LRにレーザp側電極241が形成され、変調器形成領域MRに変調器p側電極243が形成され、基板201の裏面にn側電極245が形成される。なお、レーザp側電極241と変調器p側電極243との間のコンタクト層221は、金属材料を蒸着する前に取り除かれ、電極分離領域(点線部、光軸方向の長さ:20~100 μm)が確保される。

30

【0054】

端部を劈開しチップ化した後、変調器形成領域MRの端面に低反射膜(図示せず)をコーティングする。チップ化された変調器付き半導体レーザにおいて、レーザ形成領域LRの光軸方向の長さは300~700 μm 、変調器形成領域MRの光軸方向の長さは50~250 μm である(図13)。

【0055】

以上のように構成された第2の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの動作について説明する。

【0056】

レーザp側電極241とn側電極245に対して順方向の電圧を印加し、活性層207に順方向電流を注入する。この順方向電流によってレーザ発振が起こる。一般的に、順方向電流が50~100mAの場合、2~5mWのレーザ出力が得られる。

40

【0057】

一方、変調器p側電極243とn側電極245に対して逆方向の電圧(0.5~-4V)を印加することによって、レーザ光から変調信号(信号光)が生成される。具体的には、変調電圧(逆方向電圧)が0.5~-0.5Vの範囲では、この変調器付き半導体レーザから光出力が得られ、変調電圧が-2.5~-4Vの範囲では、光出力が遮断される。このようにして、光出力の強度変調が行われ、信号光が生成される。

【0058】

以上説明したように、第2の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造方法によ

50

れば、リッジ部235を形成する際に2段幅を有するリッジ部形成用マスク223-aが用いられる。このため、リッジ部235におけるクラッド層219と吸収層215との接触面の幅は、クラッド層219と活性層207との接触面の幅に比べて広がる。したがって、変調器形成領域MRにおけるレーザ光の吸収効率が向上するとともに、放熱効率の向上も実現する。

【0059】

また、第2の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造方法によれば、レーザ形成領域LRと変調器形成領域MRは個別に形成され、両者が直接結合される。したがって、デバイス設計の自由度が増すことになる。

【0060】

[第3の実施の形態]

本発明の第3の実施の形態にかかる半導体装置としての変調器付き半導体レーザの構成およびその製造方法を図14～図22を用いて説明する。

【0061】

基板(InP)301の変調器形成領域MRにマスク302を形成する。マスク302の長さ(光軸方向)は50～250μmとする(図14)。

【0062】

マスク302に覆われていない基板301の表面にグレーティング303を形成する(図15)。グレーティング303は、干渉露光法によって露光されたレジスト膜をマスクとして基板301の表面をエッチングすることによって形成される。なお、電子ビーム描画法を用いてグレーティング303を形成する場合には、マスク302は不要となる。グレーティング303が形成された領域がレーザ形成領域LRとなる。

【0063】

マスク302を除去した後、基板301の表面に有機金属気相成長法(MOVPE)を用いてInGaAsPを成長させる。この結果、レーザ形成領域LRには活性層(多重量子井戸(MQW)構造)307が形成される。このとき、InGaAsPがグレーティング303に対して直接成長するため、グレーティング303の形状が崩れないようにデバイスの保存に注意する必要がある。例えば、成長温度まで昇温させている間、約540℃まではチャンバ内に原料ガスを流さず雰囲気ガスを水素のみとする。540℃から微量のアルシニングガスとフォスフィンガスを流し、成長温度に達するまでデバイスを保存する。成長温度に達したところでInGaAsPの成長を開始する。

【0064】

活性層307に対してInPを成長させクラッド層311を形成する(図16)。

【0065】

クラッド層311の表面に島状にエッチングするためのマスク313を形成する。レーザ形成領域LRにおいてマスク313に覆われていない範囲のクラッド層311および活性層307、ならびに、変調器形成領域MRの各層を順次エッチングして除去し、基板301の表面を露出させる。なお、基板301に形成されているグレーティング303のうち、マスク313に覆われていない範囲はエッチングによって除去される(図17)。

【0066】

マスク313に覆われていない範囲について、有機金属気相成長法(MOVPE)を用いてInGaAsPを成長させ、吸収層315を形成する。さらに、吸収層315の上にInPを成長させクラッド層317を形成する(図18)。

【0067】

マスク313を除去した後、レーザ形成領域LRのクラッド層317の上に、選択成長用マスク対318を形成する。選択成長用マスク対318を構成する各マスクのマスク幅は5～100μm、各マスクの間隔は1～40μmに設定される。

【0068】

選択成長用マスク対318を用いてクラッド層311およびクラッド層317の上にp-InPを選択成長させ、これらクラッド層311、317を含むクラッド層319を形成

10

20

30

40

50

する。さらに、クラッド層 319 の上に、 p -InGaAs を選択成長させ、コンタクト層 321 を形成する（図 19）。このとき、選択成長用マスク対 318 を構成する各マスクに挟まれた領域、すなわち選択成長領域 SR では、他の領域と比べて p -InP および p -InGaAsP が厚く成長する。したがって、選択成長領域 SR におけるクラッド層 319 およびコンタクト層 321 はそれぞれ、他の領域（特に変調器形成領域 MR）におけるクラッド層 319 およびコンタクト層 321 に比べて厚くなる。

【0069】

選択成長用マスク対 318 を除去した後、コンタクト層 321 の表面にリッジ部形成用マスク 323-a とサイドマスク 323-b, 323-c を形成する。リッジ部形成用マスク 323-a は、レーザ形成領域 LR 内の選択成長領域 SR から変調器形成領域 MR にか

10

【0070】

リッジ部形成用マスク 323-a とサイドマスク 323-b, 323-c に覆われていない範囲のコンタクト層 321, クラッド層 319 を順次エッチングして除去し、活性層 307 と吸収層 315 の表面の一部を露出させる。この結果、逆メサ形状のリッジ部 335 が形成される（図 20）。

【0071】

リッジ部 335 の形状について説明する。上述の通り、クラッド層 319 およびコンタクト層 321 はそれぞれ、変調器形成領域 MR よりもレーザ形成領域 LR 内の選択成長領域 SR において厚く形成されている。したがって、レーザ形成領域 LR におけるリッジ部 335 の高さは、変調器形成領域 MR よりも高くなる。

20

【0072】

ここで、リッジ部 335 におけるクラッド層 319 の底面の幅 W_c に注目する。リッジ部 335 を形成する際に用いられるリッジ部形成用マスク 323-a は、レーザ形成領域 LR から変調器形成領域 MR にわたり、一定のマスク幅 W_m を有している。リッジ部 335 を形成する際のエッチング工程において、クラッド層 319 の (111) 面が現れるならば、その面（クラッド層 319 の側壁）は、活性層 307 および吸収層 315 の表面に対して 54° の角度を有することになる。したがって、クラッド層 319 の厚さを d とすると、リッジ部 335 におけるクラッド層 319 の底面の幅 W_c は、

【0073】

$$W_c = W_m - 2d / \tan 54^\circ \cdots (3-1)$$

30

【0074】

から求めることができる。式 (3-1) から明らかなように、リッジ部 335 におけるクラッド層 319 の底面の幅 W_c は、クラッド層 319 の高さ d に応じて異なる値をとる。上述の通り、クラッド層 319 の高さ d は、レーザ形成領域 LR と変調器形成領域 MR で異なる。それぞれの高さを d_L , d_M で表すと、

【0075】

$$d_L > d_M \cdots (3-2)$$

【0076】

が成り立つ。リッジ部 335 におけるクラッド層 319 の底面のレーザ形成領域 LR での幅を W_{cL} で表し、変調器形成領域 MR での幅を W_{cM} で表すと、式 (3-1), (3-2) から、

40

【0077】

$$W_{cL} < W_{cM} \cdots (3-3)$$

【0078】

の関係が得られる。ところで、リッジ部 335 におけるクラッド層 319 の底面は、活性層 307 と吸収層 315 に接している。したがって、リッジ部 335 におけるクラッド層 319 と吸収層 315 との接触面の幅は、クラッド層 319 と活性層 307 との接触面の幅に比べて広くなる。

【0079】

50

次に、リッジ部形成用マスク 323 - a およびサイドマスク 323 - b, 323 - c を除去し、絶縁膜 (SiO_2) 337 を形成する。そして、リッジ部 335 の両脇の溝にポリイミド 339 を埋め込む (図 21)。

【0080】

リッジ部 335 の上面に所定のパターンで金属材料を蒸着する。また、基板 301 の裏面にも金属材料を蒸着する。蒸着後、アニール処理を施し、蒸着された金属を合金化する。これによって、レーザ形成領域 LR にレーザ p 側電極 341 が形成され、変調器形成領域 MR に変調器 p 側電極 343 が形成され、基板 301 の裏面に n 側電極 345 が形成される。なお、レーザ p 側電極 341 と変調器 p 側電極 343 との間のコンタクト層 321 は、金属材料を蒸着する前に取り除かれ、電極分離領域 (点線部、光軸方向の長さ: 20 ~ 100 μm) が確保される。

10

【0081】

端部を劈開しチップ化した後、変調器形成領域 MR の端面に低反射膜 (図示せず) をコーティングする。チップ化された変調器付き半導体レーザにおいて、レーザ形成領域 LR の光軸方向の長さは 300 ~ 700 μm 、変調器形成領域 MR の光軸方向の長さは 50 ~ 250 μm である (図 22)。

【0082】

以上のように構成された第 3 の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの動作について説明する。

【0083】

レーザ p 側電極 341 と n 側電極 345 に対して順方向の電圧を印加し、活性層 307 に順方向電流を注入する。この順方向電流によってレーザ発振が起こる。一般的に、順方向電流が 50 ~ 100 mA の場合、2 ~ 5 mW のレーザ出力が得られる。

20

【0084】

一方、変調器 p 側電極 343 と n 側電極 345 に対して逆方向の電圧 (0.5 ~ -4 V) を印加することによって、レーザ光から変調信号 (信号光) が生成される。具体的には、変調電圧 (逆方向電圧) が 0.5 ~ -0.5 V の範囲では、この変調器付き半導体レーザから光出力が得られ、変調電圧が -2.5 ~ -4 V の範囲では、光出力が遮断される。このようにして、光出力の強度変調が行われ、信号光が生成される。

【0085】

以上説明したように、第 3 の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザによれば、リッジ部 335 におけるクラッド層 319 と吸収層 315 との接触面の幅が、クラッド層 319 と活性層 307 との接触面の幅に比べて広がるため、変調器形成領域 MR におけるレーザ光の吸収効率が向上するとともに、放熱効率の向上も実現する。したがって、素子破壊を防止しつつ、レーザ形成領域 LR におけるレーザ光の出力アップが可能となる。

30

【0086】

また、第 3 の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造方法によれば、レーザ形成領域 LR と変調器形成領域 MR は個別に形成され、両者が直接結合される。したがって、デバイス設計の自由度が増すことになる。

【0087】

[第 4 の実施の形態]
本発明の第 4 の実施の形態にかかる半導体装置としての変調器付き半導体レーザの構成およびその製造方法を図 23 ~ 図 27 を用いて説明する。

40

【0088】

基板 (InP) 401 のレーザ形成領域 LR にグレーティング 403 を形成した後、基板 401 のレーザ形成領域 LR に対して選択成長用マスク対 405 を形成する。選択成長用マスク対 405 を構成する各マスクのマスク幅は 5 ~ 100 μm 、各マスクの間隔は 1 ~ 40 μm に設定される。

【0089】

有機金属気相成長法 (MOVPE) を用いて InGaAsP を選択成長させる。この結果

50

、レーザ形成領域LRには活性層(多重量子井戸(MQW)構造)407が形成され、変調器形成領域MRには吸収層409が形成される。このとき、選択成長用マスク対405を構成する各マスクに挟まれた領域、すなわち選択成長領域SRでは、他の領域と比べてInGaAsPが厚く成長する(図23)。そして、選択成長領域SRに形成された活性層407のバンドギャップは、吸収層409のバンドギャップに比べて広がる。また、活性層407において生じるレーザ光の波長は、選択成長用マスク対405を用いない場合に比べて長波長側にシフトすることになる。

【0090】

活性層407と吸収層409に対してInPを成長させクラッド層411を形成する。さらに、クラッド層411の表面にコンタクト層419を形成する。このときも活性層407と同様に選択成長領域SRでは、クラッド層411およびコンタクト層419が他の領域と比べて厚く形成される(図24)。

10

【0091】

選択成長用マスク対405を除去した後、コンタクト層419の表面にリッジ部形成用マスク421を形成する。リッジ部形成用マスク421は、レーザ形成領域LR内の選択成長領域SRから変調器形成領域MRにかけて形成されており、その幅は3~6μmとされている。また、リッジ部形成用マスク421は、光軸方向と直角を成す方向に延びるスラブ導波路形成領域421-aを備えている。このスラブ導波路形成領域421-aは、レーザ形成領域LRと変調器形成領域MRの間に位置する。

【0092】

20

リッジ部形成用マスク421に覆われていない範囲のコンタクト層419、クラッド層411を順次エッチングして除去し、活性層407と吸収層409の表面の一部を露出させる。この結果、逆メサ形状のリッジ部423が形成される。

さらに、リッジ部423と直交するスラブ導波路(結合部)424がレーザ形成領域LRと変調器形成領域MRの間に形成される(図25)。

【0093】

スラブ導波路424は、リッジ部423の光軸方向に対して直交する方向であって、基板401の平面と平行な方向(図25に示したY軸方向)に光を閉じ込めるための層を有していない。したがって、レーザ形成領域LRにおけるリッジ部423によって伝搬されたレーザ光が変調器形成領域MRに入る際、スラブ導波路424において、そのレーザ光の密度分布が低下する。

30

【0094】

リッジ部423の形状について説明する。上述の通り、レーザ形成領域LR内の選択成長領域SRにおける活性層407、クラッド層411、コンタクト層419はそれぞれ、変調器形成領域MRにおける吸収層409、クラッド層411、コンタクト層419に対して厚く形成されている。したがって、レーザ形成領域LRにおけるリッジ部423の高さは、変調器形成領域MRよりも高くなる。

【0095】

ここで、リッジ部423におけるクラッド層411の底面の幅 W_c に注目する。リッジ部423を形成する際に用いられるリッジ部形成用マスク421は、レーザ形成領域LRから変調器形成領域MRにわたり、一定のマスク幅 W_m を有している。リッジ部423を形成する際のエッチング工程において、クラッド層411の(111)面が現れるならば、その面(クラッド層411の側壁)は、活性層407および吸収層409の表面に対して54°の角度を有することになる。したがって、クラッド層411の厚さをdとすると、リッジ部423におけるクラッド層411の底面の幅 W_c は、

40

【0096】

$$W_c = W_m - 2d / \tan 54^\circ \cdots (4-1)$$

【0097】

から求めることができる。式(4-1)から明らかなように、リッジ部423におけるクラッド層411の底面の幅 W_c は、クラッド層411の高さdに応じて異なる値をとる。

50

上述の通り，クラッド層 4 1 1 の高さ d は，レーザ形成領域 $L R$ と変調器形成領域 $M R$ で異なる。それぞれの高さを d_L , d_M で表すと，

【 0 0 9 8 】

$$d_L > d_M \cdots (4 - 2)$$

【 0 0 9 9 】

が成り立つ。リッジ部 4 2 3 におけるクラッド層 4 1 1 の底面のレーザ形成領域 $L R$ での幅を W_{CL} で表し，変調器形成領域 $M R$ での幅を W_{CM} で表すと，式 (4 - 1) ， (4 - 2) から，

【 0 1 0 0 】

$$W_{CL} < W_{CM} \cdots (4 - 3)$$

【 0 1 0 1 】

の関係が得られる。ところで，リッジ部 4 2 3 におけるクラッド層 4 1 1 の底面は，活性層 4 0 7 と吸収層 4 0 9 に接している。したがって，リッジ部 4 2 3 におけるクラッド層 4 1 1 と吸収層 4 0 9 との接触面の幅は，クラッド層 4 1 1 と活性層 4 0 7 との接触面の幅に比べて広がる。

【 0 1 0 2 】

次に，リッジ部形成用マスク 4 2 1 を除去し，絶縁膜 (SiO_2) 4 2 5 を形成する。そして，リッジ部 4 2 3 およびスラブ導波路 4 2 4 の両脇の溝にポリイミド 4 2 7 を埋め込む (図 2 6) 。

【 0 1 0 3 】

リッジ部 4 2 3 の上面に所定のパターンで金属材料を蒸着する。また，基板 4 0 1 の裏面にも金属材料を蒸着する。蒸着後，アニール処理を施し，蒸着された金属を合金化する。これによって，レーザ形成領域 $L R$ にレーザ p 側電極 4 3 1 が形成され，変調器形成領域 $M R$ に変調器 p 側電極 4 3 3 が形成され，基板 4 0 1 の裏面に n 側電極 4 3 5 が形成される。なお，レーザ p 側電極 4 3 1 と変調器 p 側電極 4 3 3 との間のコンタクト層 4 1 9 は，金属材料を蒸着する前に取り除かれ，電極分離領域 (点線部，光軸方向の長さ：20 ~ 100 μm) が確保される。

【 0 1 0 4 】

端部を劈開しチップ化した後，変調器形成領域 $M R$ の端面に低反射膜 4 3 7 をコーティングする。チップ化された変調器付き半導体レーザにおいて，レーザ形成領域 $L R$ の光軸方向の長さは 300 ~ 700 μm ，変調器形成領域 $M R$ の光軸方向の長さは 50 ~ 250 μm である (図 2 7) 。

【 0 1 0 5 】

以上のように構成された第 4 の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの動作について説明する。

【 0 1 0 6 】

レーザ p 側電極 4 3 1 と n 側電極 4 3 5 に対して順方向の電圧を印加し，活性層 4 0 7 に順方向電流を注入する。この順方向電流によってレーザ発振が起こる。一般的に，順方向電流が 50 ~ 100 mA の場合，2 ~ 5 mW のレーザ出力が得られる。

【 0 1 0 7 】

一方，変調器 p 側電極 4 3 3 と n 側電極 4 3 5 に対して逆方向の電圧 (0 . 5 ~ - 4 V) を印加することによって，レーザ光から変調信号 (信号光) が生成される。具体的には，変調電圧 (逆方向電圧) が 0 . 5 ~ - 0 . 5 V の範囲では，この変調器付き半導体レーザから光出力が得られ，変調電圧が - 2 . 5 ~ - 4 V の範囲では，光出力が遮断される。このようにして，光出力の強度変調が行われ，信号光が生成される。

【 0 1 0 8 】

以上説明したように，第 4 の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザによれば，リッジ部 4 2 3 におけるクラッド層 4 1 1 と吸収層 4 0 9 との接触面の幅が，クラッド層 4 1 1 と活性層 4 0 7 との接触面の幅に比べて広がるため，変調器形成領域 $M R$ におけるレーザ光の吸収効率が向上するとともに，放熱効率の向上も実現する。したがって，素子破

10

20

30

40

50

壊を防止しつつ、レーザ形成領域LRにおけるレーザ光の出力アップが可能となる。

【0109】

さらに、第4の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造方法によれば、選択成長法による結晶成長を一回実施するだけでクラッド層411の厚さを制御することが可能となる。つまり、変調器形成領域MRにおける素子破壊を防止するための特別な製造プロセスが追加されることはない。したがって、製品歩留まりの向上に繋がる。

【0110】

また、第4の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザは、レーザ形成領域LRと変調器形成領域MRとの結合部にスラブ導波路424を備えている。レーザ形成領域LRにおけるリッジ部423によって伝搬されたレーザ光が変調器形成領域MRに入る際、スラブ導波路424において、そのレーザ光の密度分布が低下する。したがって、変調器形成領域MRにおける変調器は、素子破壊を起こすことなく、レーザ形成領域LRにおけるレーザが発したより高出力のレーザ光を吸収することが可能となる。

10

【0111】

添付図面を参照しながら本発明の好適な実施の形態について説明したが、本発明はかかる実施の形態に限定されない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

【0112】

例えば、InP系の材料から成る基板および層によって構成された変調器付き半導体レーザを用いて本発明の実施の形態を説明したが、他の材料から構成された半導体レーザに対して本発明を適用することは可能である。

20

【0113】

また、本発明の適用範囲は半導体レーザに限定されない。多機能素子を集積した半導体装置であって、メサ幅を制御する必要がある半導体装置に対しても適用可能である。

【0114】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、光導波路を有する第1領域と、この第1領域から光を受ける受光層を有する第2領域とを備える半導体装置において、第2領域の受光層の光に対する耐性が向上する。また、かかる特徴を有する半導体装置を複雑なプロセスを追加することなく効率よく製造することが可能となる。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その1)である。

【図2】本発明の第1の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その2)である。

【図3】本発明の第1の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その3)である。

【図4】本発明の第1の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その4)である。

40

【図5】本発明の第1の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その5)である。

【図6】本発明の第2の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その1)である。

【図7】本発明の第2の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その2)である。

【図8】本発明の第2の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その3)である。

【図9】本発明の第2の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その4)である。

50

【図10】本発明の第2の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その5)である。

【図11】本発明の第2の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その6)である。

【図12】本発明の第2の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その7)である。

【図13】本発明の第2の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その8)である。

【図14】本発明の第3の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その1)である。

10

【図15】本発明の第3の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その2)である。

【図16】本発明の第3の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その3)である。

【図17】本発明の第3の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その4)である。

【図18】本発明の第3の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その5)である。

【図19】本発明の第3の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その6)である。

20

【図20】本発明の第3の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その7)である。

【図21】本発明の第3の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その8)である。

【図22】本発明の第3の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その9)である。

【図23】本発明の第4の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その1)である。

【図24】本発明の第4の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その2)である。

30

【図25】本発明の第4の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その3)である。

【図26】本発明の第4の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その4)である。

【図27】本発明の第4の実施の形態にかかる変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その5)である。

【図28】従来の変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その1)である。

【図29】従来の変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その2)である。

【図30】従来の変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その3)である。

【図31】従来の変調器付き半導体レーザの製造工程を示す斜視図(その4)である。

40

【符号の説明】

101：基板

103：グレーティング

105：選択成長用マスク対

107：活性層

109：吸収層

111：クラッド層

119：コンタクト層

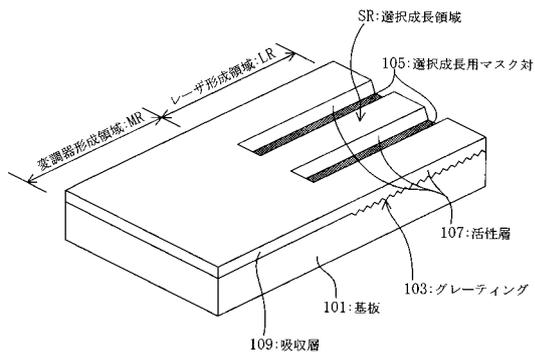
121-a：リッジ部形成用マスク

121-b, 121-c：サイドマスク

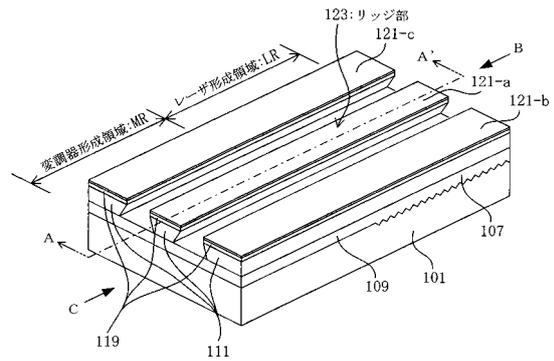
50

- 1 2 3 : リッジ部
- 1 2 5 : 絶縁膜
- 1 2 7 : ポリイミド
- 1 3 1 : レーザ p 側電極
- 1 3 3 : 変調器 p 側電極
- 1 3 5 : n 側電極
- 1 3 7 : 低反射膜
- 4 2 4 : スラブ導波路
- LR : レーザ形成領域
- MR : 変調器形成領域
- SR : 選択成長領域

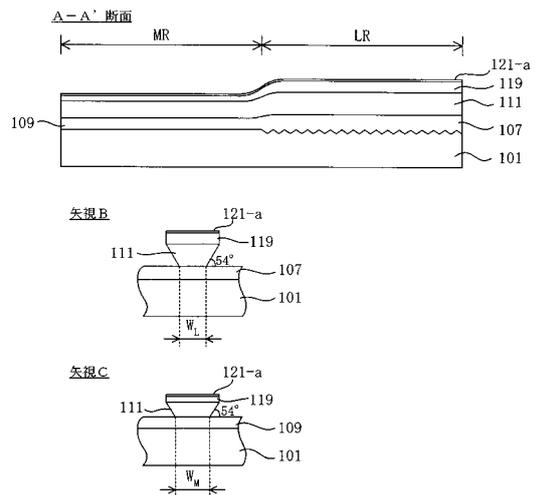
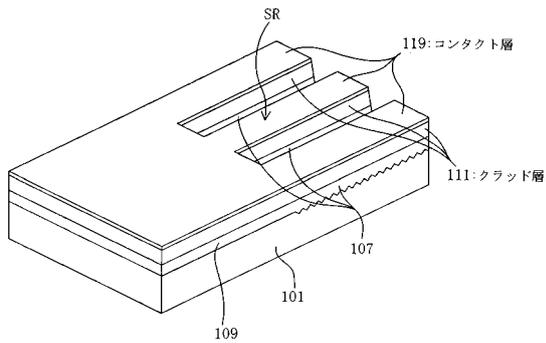
【図 1】



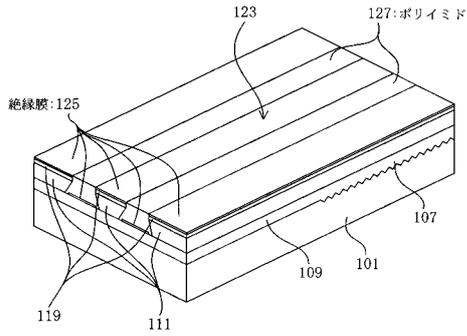
【図 3】



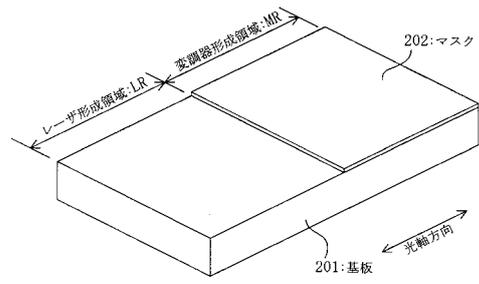
【図 2】



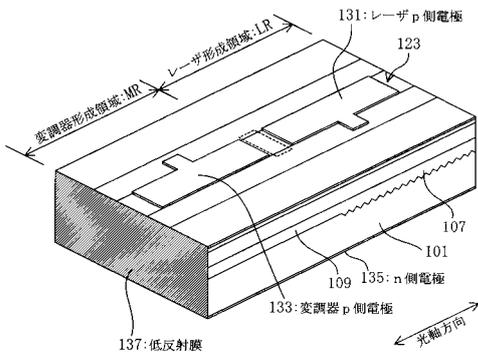
【図4】



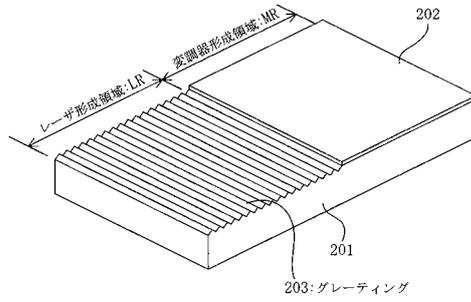
【図6】



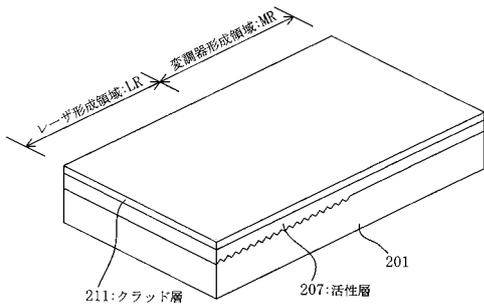
【図5】



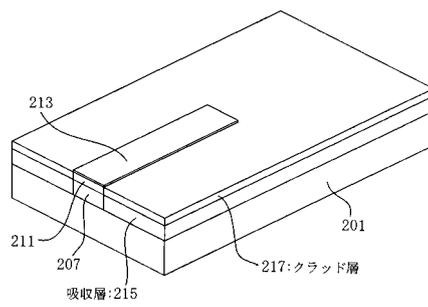
【図7】



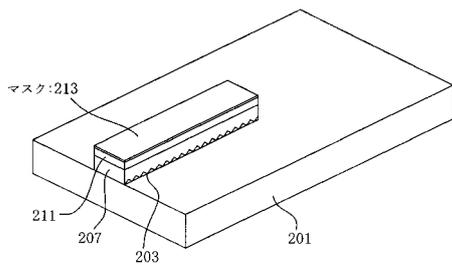
【図8】



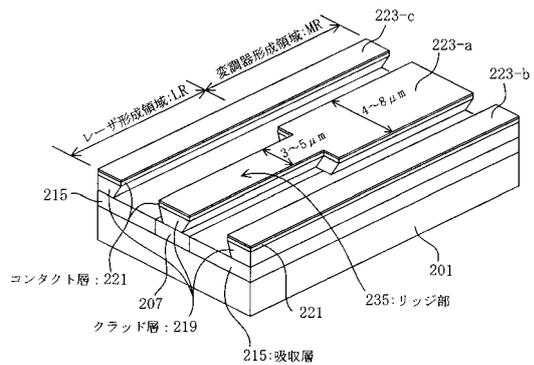
【図10】



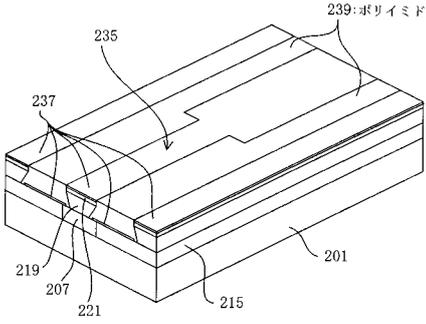
【図9】



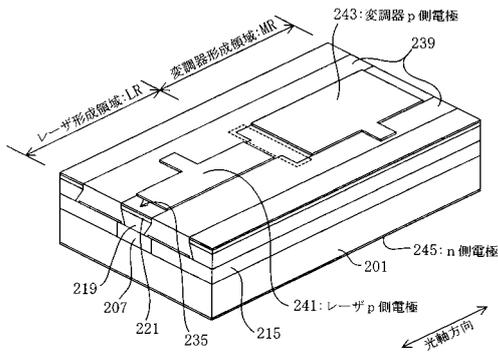
【図11】



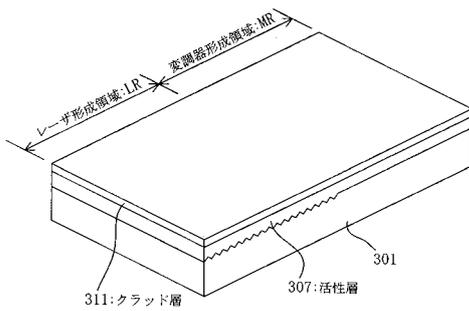
【図12】



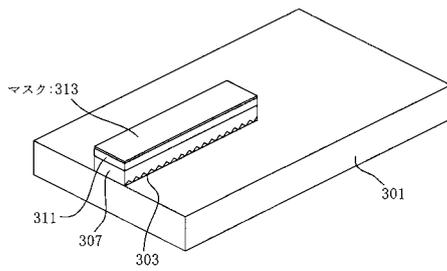
【図13】



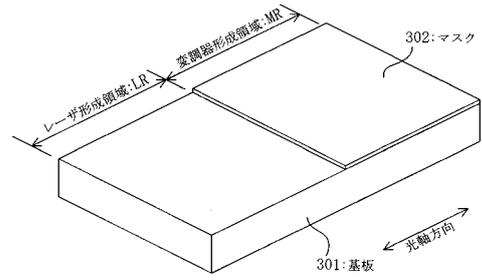
【図16】



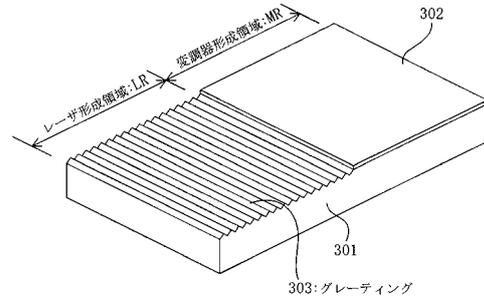
【図17】



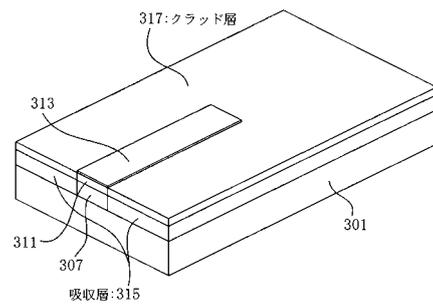
【図14】



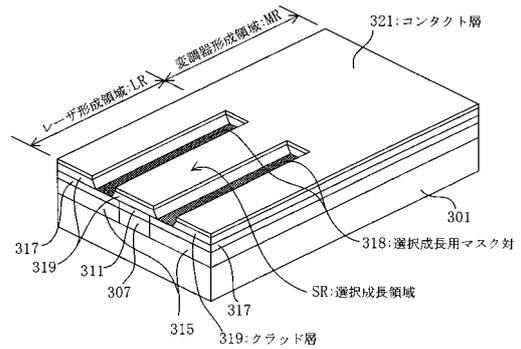
【図15】



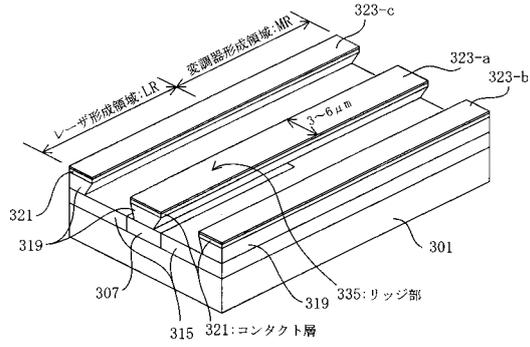
【図18】



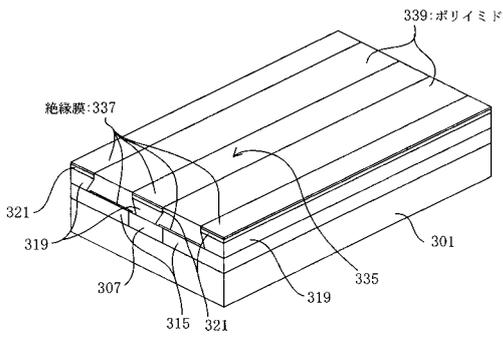
【図19】



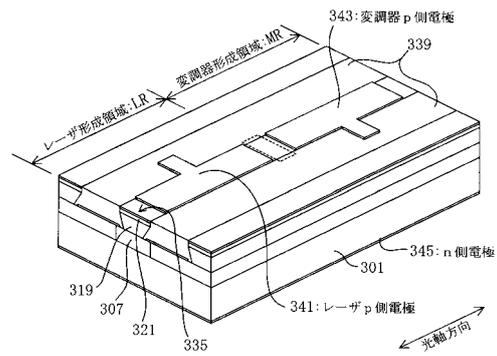
【図20】



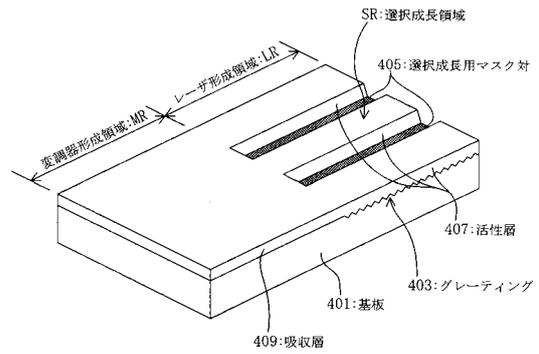
【図21】



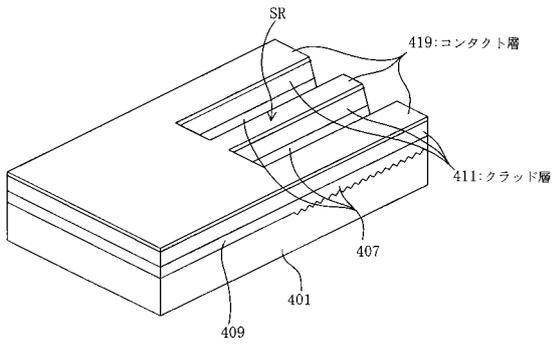
【図22】



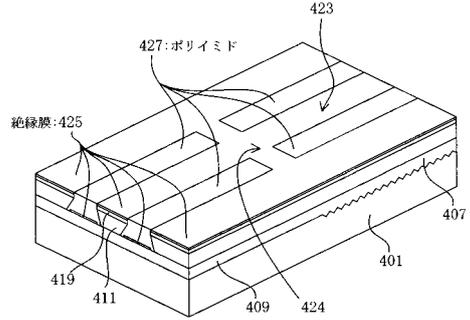
【図23】



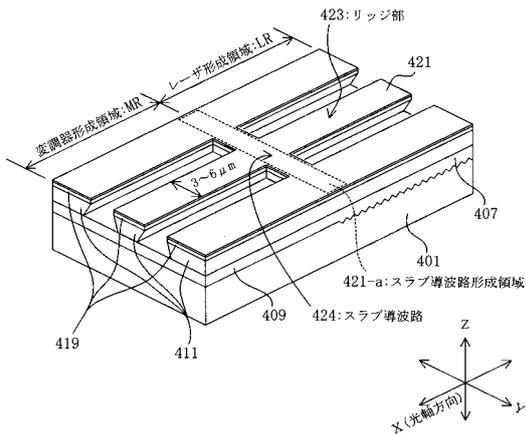
【図24】



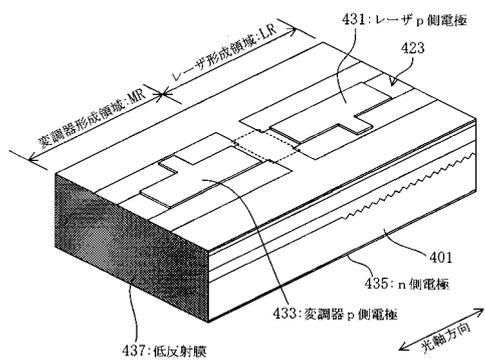
【図26】



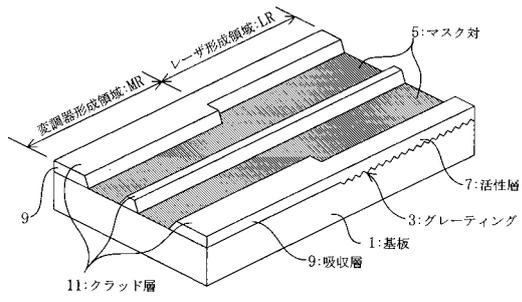
【図25】



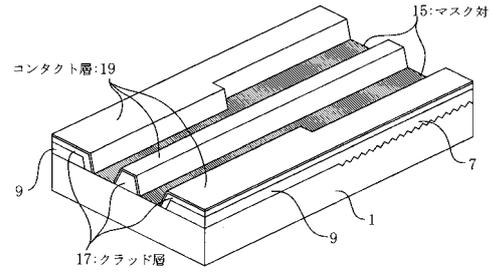
【図27】



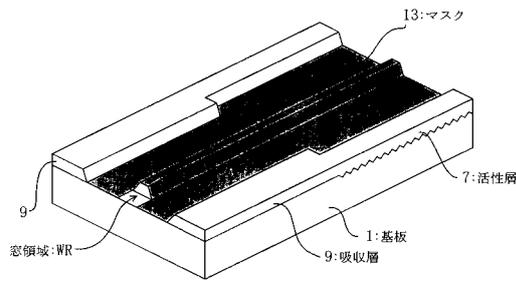
【図28】



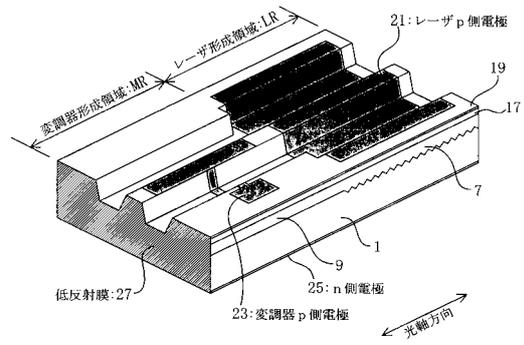
【図30】



【図29】



【図31】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平07-302952(JP,A)
特開平08-078792(JP,A)
特開平09-027653(JP,A)
特開2001-221985(JP,A)
特開2000-091691(JP,A)

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