

(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2010-40600

(P2010-40600A)

(43) 公開日 平成22年2月18日(2010.2.18)

(51) Int.Cl.

H01S 5/183 (2006.01)

F1

H01S 5/183

テーマコード (参考)

5F173

審査請求 未請求 請求項の数 25 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2008-198951 (P2008-198951)
 (22) 出願日 平成20年7月31日 (2008.7.31)

(71) 出願人 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100105289
 弁理士 長尾 達也
 (72) 発明者 井久田 光弘
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ヤノン株式会社内
 (72) 発明者 稲生 耕久
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ヤノン株式会社内
 (72) 発明者 山口 貴子
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ヤノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 面発光レーザの製造方法及び面発光レーザアレイの製造方法、面発光レーザ及び面発光レーザアレイ、面発光レーザアレイを備えている光学機器

(57) 【要約】

【課題】 表面レリーフ構造の受けるプロセスダメージを軽減し、単一横モード特性を安定して得ることが可能となる面発光レーザの製造方法等を提供する。

【解決手段】 上部ミラーの光出射部に反射率を制御するための段差構造による表面レリーフ構造を備えた面発光レーザの製造方法であって、

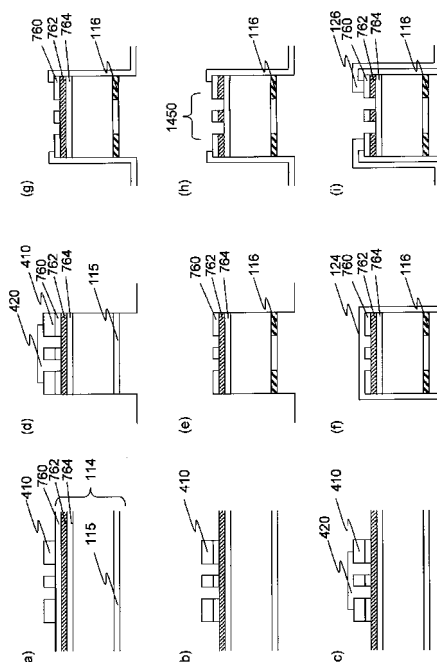
上部ミラーの上または上方に、メサ構造を形成するためのパターンと段差構造を形成するためのパターンを有するレジストパターンを形成し、上部ミラーの表面層をエッチングし、段差構造の水平位置を決める第一段目のエッチングを行う工程と、

第一段目のエッチングを行う工程の後に、電流狭窄構造を形成する工程と、

電流狭窄構造を形成する工程の後に、前記第一段目のエッチングが行われた箇所を更にエッチングし、段差構造の深さ位置を決める第二段目のエッチングを行う工程と、を有する構成とする。

【選択図】

図7



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板の上に、下部ミラー、活性層、上部ミラー、を積層し、前記上部ミラーの光出射部に反射率を制御するために施された段差構造による表面レリーフ構造を備えた面発光レーザを製造する面発光レーザの製造方法であって、

前記上部ミラーの上または上方に、メサ構造を形成するための第 1 のパターンと前記表面レリーフ構造を形成するための第 2 のパターンを有するレジストパターンを形成し、

該レジストパターンを用いて前記上部ミラーの表面層をエッチングし、前記表面レリーフ構造の水平位置を決めるための第一段目のエッチングを行う工程と、

前記第一段目のエッチングを行う工程の後に、前記活性層へ注入される電流を制限する電流狭窄構造を形成する工程と、

前記電流狭窄構造を形成する工程の後に、前記第一段目のエッチングが行われた箇所を更にエッチングし、前記表面レリーフ構造の深さ位置を決めるための第二段目のエッチングを行う工程と、

を有することを特徴とする面発光レーザの製造方法。

【請求項 2】

前記第 1 のパターンと前記第 2 のパターンを同一マスクのパターニングで形成することを特徴とする請求項 1 に記載の面発光レーザの製造方法。

【請求項 3】

前記基板、前記下部ミラー、前記活性層及び前記上部ミラーが、半導体によって構成されていることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の面発光レーザの製造方法。

【請求項 4】

前記電流狭窄構造は、前記半導体によって構成されている下部ミラー、前記活性層及び上部ミラーのいずれかのものにおいて、前記半導体の一部をイオン打ち込みにより形成され、

あるいは、前記下部ミラー、前記活性層及び上部ミラーの間に少なくとも 1 層設けられている電流狭窄層を選択酸化して形成されていることを特徴とする請求項 3 に記載の面発光レーザの製造方法。

【請求項 5】

前記第一段目のエッチングを行う工程と前記第二段目のエッチングを行う工程の間に、前記レジストパターンの第 1 のパターンを用いて、少なくとも前記電流狭窄層の側面が露出するまでメサ構造をエッチングする工程を有することを特徴とする請求項 4 に記載の面発光レーザの製造方法。

【請求項 6】

前記電流狭窄層を選択酸化して前記電流狭窄構造を形成する前に、前記表面レリーフ構造を保護する保護膜を形成する工程を有することを特徴とする請求項 5 に記載の面発光レーザの製造方法。

【請求項 7】

前記電流狭窄層を選択酸化して前記電流狭窄構造を形成した後で、且つ、前記第二段目のエッチングを行う工程の前に、前記保護膜を除去する工程を有することを特徴とする請求項 6 に記載の面発光レーザの製造方法。

【請求項 8】

前記保護膜を除去するに際し、バッファードフッ酸が用いられることを特徴とする請求項 7 に記載の面発光レーザの製造方法。

【請求項 9】

前記第二段目のエッチングを行う工程の前に、前記活性層へ電流を注入するための電極の一部を形成する工程を有することを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の面発光レーザの製造方法。

【請求項 10】

前記第二段目のエッチングを行う工程の後に、前記上部ミラーの光出射部を保護膜にて

10

20

30

40

50

封止する工程を有することを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の面発光レーザの製造方法。

【請求項 1 1】

前記表面レリーフ構造が、第 3 のレリーフ層、第 2 のレリーフ層、第 1 のレリーフ層の順に積層された構造を備え、

前記第一段目のエッチングを行う工程が、

前記第 1 のレリーフ層の上または上方に、メサ構造を形成するための第 1 のパターンと、前記表面レリーフ構造を形成するための第 2 のパターンと、を有するレジストパターンを形成し、

前記レジストパターンを用いて前記第 1 のレリーフ層をエッチングし、前記表面レリーフ構造の水平位置を決めるためのエッチング工程であり、

前記電流狭窄構造を形成する工程が、

前記第一段目のエッチングを行う工程の後に、前記活性層へ注入される電流を制限する電流狭窄構造の形成工程であり、

前記第二段目のエッチングを行う工程が、

前記電流狭窄構造を形成する工程の後に、前記第一段目のエッチングが行われた箇所における前記第 1 のレリーフ層の下にある前記第 2 のレリーフ層を更にエッチングし、

前記表面レリーフ構造の深さ位置を決めるためのエッチング工程である、

ことを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載の面発光レーザの製造方法。

【請求項 1 2】

前記第一段目のエッチングに際し、クエン酸を含むエッチャントを用いることを特徴とする請求項 1 1 に記載の面発光レーザの製造方法。

【請求項 1 3】

前記第二段目のエッチングに際し、前記第 2 のレリーフ層のエッチング選択比は、前記第 1 のレリーフ層に対し 3 倍以上であるエッチャントを用いることを特徴とする請求項 1 1 に記載の面発光レーザの製造方法。

【請求項 1 4】

前記第二段目のエッチングに際し、前記第 2 のレリーフ層のエッチング選択比は、前記第 3 のレリーフ層に対し 10 倍以上であるエッチャントを用いることを特徴とする請求項 1 1 に記載の面発光レーザの製造方法。

【請求項 1 5】

前記第二段目のエッチングに際し、アンモニア水を含むエッチャントを用いることを特徴とする請求項 1 1 に記載の面発光レーザの製造方法。

【請求項 1 6】

請求項 1 から 1 5 のいずれか 1 項に記載の面発光レーザの製造方法による面発光レーザを複数個配置して製造することを特徴とする面発光レーザアレイの製造方法。

【請求項 1 7】

基板の上に、下部ミラー、活性層、上部ミラー、が積層されてなり、

前記上部ミラーの光出射部に反射率を制御するために施された段差構造による表面レリーフ構造を備え、

前記表面レリーフ構造が第 3 のレリーフ層、第 2 のレリーフ層、第 1 のレリーフ層の順に積層され、

前記第 3 のレリーフ層の上に積層された前記第 1 のレリーフ層から前記第 2 のレリーフ層までを貫いてエッチングされたエッチング領域により前記段差構造が形成されている面発光レーザであって、

前記第 1 のレリーフ層が $GaAs$ を含んで形成されていると共に、前記第 2 のレリーフ層が $Al_xGa_{1-x}As$ ($x > 0$) を含んで形成されており、

前記第 3 のレリーフ層の最上層が、 $Al_yGa_{1-y}As$ ($y < x$) または $AlGaInP$ で形成されていることを特徴とする面発光レーザ。

【請求項 1 8】

前記第2のレリーフ層は、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($x > 0.4$) を含んで形成されていることを特徴とする請求項17に記載の面発光レーザ。

【請求項19】

前記第3のレリーフ層の最上層は、 GaAs で形成されていることを特徴とする請求項17に記載の面発光レーザ。

【請求項20】

前記第3のレリーフ層の最上層は、 $\text{Al}_w\text{Ga}_z\text{In}_{(1-w-z)}\text{P}$ ($w > 0.3$) で形成されていることを特徴とする請求項17に記載の面発光レーザ。

【請求項21】

前記活性層が、 AlGaInP により形成されていることを特徴とする請求項17から20のいずれか1項に記載の面発光レーザ。

10

【請求項22】

前記面発光レーザの発振波長を λ とすると、前記第1のレリーフ層と前記第2のレリーフ層との合計の光学厚さが、 $\lambda/4$ の奇数倍であることを特徴とする請求項17から21のいずれか1項に記載の面発光レーザ。

【請求項23】

前記面発光レーザの発振波長を λ とし、 M を奇数とすると、前記第1のレリーフ層と前記第2のレリーフ層との合計の光学厚さが、 $\lambda/4$ の M 倍 $\sim \lambda/4$ の M 倍 $+20\text{nm}$ の間にあることを特徴とする請求項17から22のいずれか1項に記載の面発光レーザ。

【請求項24】

請求項17から23のいずれか1項に記載の面発光レーザを複数個配置して構成されていることを特徴とする面発光レーザアレイ。

20

【請求項25】

請求項24に記載の面発光レーザアレイを光源として備えていることを特徴とする光学機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、面発光レーザの製造方法及び面発光レーザアレイの製造方法、面発光レーザ及び面発光レーザアレイ、面発光レーザアレイを備えている光学機器に関する。

30

【背景技術】

【0002】

面発光レーザのひとつである垂直共振器型面発光レーザ (Vertical Cavity Surface Emitting Laser、以下これをVCSELと記す。) は、基板表面に対して垂直方向に光を取り出すことができるため、二次元アレイの形成が素子形成時のマスクパターンの変更のみで容易に可能になる。

この二次元アレイから出射される複数のビームを用いた並列処理により、高密度化および高速化が可能になり、光通信など様々な産業上の応用が期待される。

例えば、電子写真プリンタの露光光源として面発光レーザアレイを用いると、複数のビームによる印字工程の高密度・高速化が可能となる。

40

このような電子写真における印刷工程では、感光ドラム上に安定かつ微小なレーザスポットの形成が必要なため、レーザ特性として、単一横モードや単一縦モードでの安定動作が要求される。

【0003】

近年、面発光レーザにおいては、選択酸化技術を用いて電流狭窄構造を形成し、必要な領域のみに電流を注入する方法が開発されている。

この方法では、高性能化のために Al 組成比の高い、例えば Al 組成比が98%の AlGaAs 層を多層膜反射鏡内に設け、それを高温水蒸気雰囲気中で選択酸化することで、電流狭窄構造を形成し、必要な領域のみに電流を注入するようにされる。

【0004】

50

図 2 に、従来例における上記選択酸化技術を用いて電流狭窄構造を形成するようにした面発光レーザを説明する断面図を示す。

図 2 の面発光レーザ 2 0 0 においては、垂直共振器構造が基板 2 1 0 4 上に形成されている。

垂直共振器構造は、電流注入により発光する活性層 2 1 1 0、および共振器長を調整する下部スペーサ層 2 1 0 8 と上部スペーサ層 2 1 1 2 が、下部ミラー 2 1 0 6 と上部ミラー 2 1 1 4 に挟まれたものである。

ここでは両ミラーは多層膜反射鏡として構成されている。

垂直共振器構造は、少なくとも上部ミラー 2 1 1 4 の一部がエッチングされメサ構造を形成している。

上部ミラー 2 1 1 4 内の高 A 1 組成層 2 1 1 5 に、メサ構造の側壁からの選択酸化により、電流狭窄構造 2 1 1 6 が形成されている。

また前記メサ構造の表面の一部は絶縁膜 2 1 2 4 によって電氣的にパッシベーションされている。

基板 2 1 0 4 の裏面に接する下部電極 2 1 0 2 とメサ構造上部に接する上部電極 2 1 2 6 に所定の電位差を与える。

これにより、電流が注入された活性層 2 1 1 0 が発光し、共振器によってレーザ発振に至り、上部電極 2 1 2 6 の開口内の光出射領域 2 1 4 0 からレーザ光が出射される。

【0 0 0 5】

ところで、この選択酸化は、単一横モードという観点からは、望ましくないものである。

すなわち、酸化層の存在により必要以上に大きな屈折率差が生じることにより、高次横モードを発生させてしまうこととなる。

そこで、その対策として、上記電流狭窄構造により発光領域を $3\ \mu\text{m}$ 径程度まで小さくすることで、高次横モードが閉じ込められないようにし、単一横モード発振を達成する等の方法が用いられる。

しかしながら、このような発光領域を制限する方法では、発光領域が小さくなるために素子一個当たりの出力が大幅に低下する。

【0 0 0 6】

このようなことから、従来において、上記したように発光領域を小さくして電流狭窄構造だけで単一横モード化を図る場合よりも、ある程度広い発光領域を保ちながら、単一横モード発振を可能にする方法が検討されている。

すなわち、基本横モードと高次横モード間に損失差を意図的に導入することで、ある程度広い発光領域を保ちながらも、単一横モード発振を可能にする方法が検討されている。

【0 0 0 7】

その方法の一つとして、特許文献 1、非特許文献 1、非特許文献 2 では、いわゆる表面レリーフという方法が開示されている。

これは、面発光レーザ素子の光出射面（図 2 における光出射領域 2 1 4 0）に反射率を制御するための段差加工を施すことで、高次横モードへの損失を基本横モードの損失よりも増大させる方法である。

なお、本明細書では、上記したように反射鏡の光出射面の光出射領域に、反射率を制御のために施された段差構造を、以下において表面レリーフ構造と称することとする。

【0 0 0 8】

つぎに、図 3 を用いて上記した従来例における表面レリーフ構造について説明する。
VCSEL 用のミラーとしては、一般に、屈折率の異なる二つの層を各々レーザ発振波長の $1/4$ （以後、断りがなければこれを $1/4$ 波長と略記することもある）の光学的厚さで、交互に複数ペア積層する多層膜反射鏡が用いられている。通常、この多層膜反射鏡は、高屈折率層で終端し、低屈折率である空気との最終界面の反射も利用して 99% 以上の高反射率を得ている。

【0 0 0 9】

10

20

30

40

50

ここで、まず図3(a)に示される凸型の表面レリーフ構造について説明する。このような凸型の表面レリーフ構造については、非特許文献1にも開示されている。

図3(a)に示される低反射領域2204のように、高屈折率層2206の最終層(1/4波長の光学的厚さ)を取り除けば、多層膜反射鏡は低屈折率層2208で終端することとなる。これにより、凸型の表面レリーフ構造が得られる。

このような凸型の表面レリーフ構造によれば、低屈折率層2208と、該低屈折率層2208よりも屈折率の低い空気との界面での反射による光の位相は、その下に存在する多層膜反射鏡の全反射光の位相と π ずれることになる。

このため、低反射率領域2204では、反射率が例えば99%以下にまで下がり、その反射損失を5~10倍程度まで大きくすることができる。

この原理を用いて、基本横モードと高次横モード間に損失差を導入するために、低反射領域2204と高次横モード光分布2212とのオーバーラップが大きくなるように、低反射領域2204を光出射周辺部にのみ形成する。

一方、基本横モード光分布2210と、高屈折率層2206の最終層が残っている高反射領域2202とのオーバーラップが大きくなるように、高反射領域2202を光出射中央部に残す。

これにより、高次横モードへの反射損を大きくして、高次横モードでの発振を抑え、基本横モードのみの発振が得られる。

【0010】

また、図3(b)に示される低反射領域2204のように、高屈折率層2206の最終層の上に、

さらに、低屈折率層(あるいは高屈折率層であってもよい)を1/4波長の光学的厚さだけ付加する(または低反射領域2204は残して高反射領域2202だけエッチングを行う)ことにより、凹型の表面レリーフ構造を構成することも可能である。

このような凹型の表面レリーフ構造は、特許文献1にも開示されているが、この構造によっても、凸型の表面レリーフと同じ原理により反射率を低下させることが可能であり、基本横モードのみによる単一モード発振を得ることが可能となる。

【0011】

ところで、表面レリーフ構造によりVCSELの各光モードに損失差を与えて制御する際に、表面レリーフ構造と電流狭窄構造の水平方向の位置合わせは重要である。

すなわち、基本横モードのみの発振を得たい場合、電流狭窄アパーチャ中心と表面レリーフ中心とがずれていれば、発振させたいモード(例えば、基本横モード)に余計な損失を与えることになってしまうからである。

表面レリーフ構造の作製方法として、例えば素子完成後にFIB(Focused Ion Beam)などにより表面を加工する方法が非特許文献3に示されている。

しかしこの方法では、レリーフ位置と発光領域(電流注入領域)位置とを上記のレベルで位置合わせすることは難しい。

特に、VCSELアレイデバイスの作製の場合、素子ごとに前記ずれ量が変わってしまう可能性がある上記のようなプロセスは、アレイデバイスの歩留まりを下げる原因になる。

それを解決するレリーフの位置合わせ手法として、セルフアライメントプロセスとよばれる方法が非特許文献1に開示されている。

【0012】

以下に、図4を用いて上記した非特許文献1におけるセルフアライメントプロセスについて、更に説明する。

図4(a)に示すように、VCSEL用半導体ウェハの上部ミラー2114上に第1のレジスト2410を塗布し、表面レリーフ構造のパターンおよびメサ構造のパターンを同時にレジストにパターンニングする。

ここでは表面レリーフとして凸型のものを図示している。

次に、図4(b)に示すように、パターンニングされたレジスト2410をマスクに半導体をドライエッチングする。

10

20

30

40

50

このエッチングによって表面レリーフ構造 2 1 5 0 が形成される。

【0013】

次に、図 4 (c) に示すように、第 2 のレジスト 2 4 2 0 を塗布し表面レリーフ構造 2 1 5 0 を保護するようにパターンニングする。

次に、図 4 (d) に示すように、メサ構造を形成するようにウエットエッチングし、高 A 1 組成層 2 1 1 5 をメサ側壁に露出させる。

次に、図 4 (e) に示すように、高 A 1 組成層 2 1 1 5 を選択酸化し電流狭窄構造 2 1 1 6 を形成する。

なお、選択酸化を行う前にレジスト 2 4 1 0 および 2 4 2 0 を除去するかどうかは非特許文献 1 に開示されていないが、ここでは除去するものとして図示されている。

これ以降は、非特許文献 1 によれば標準的なプロセスにより、デバイスのコンタクト、パッシベーション、パッドのボンディングが形成されるとしている。

このプロセスではメサ構造と表面レリーフ構造の位置決めパターンニングを同一マスクで行うものである。

電流狭窄構造はメサ構造形状を反映するため、このプロセスでは電流狭窄構造と表面レリーフ構造の水平方向の位置合わせを、高精度に行うことが可能となる。

【特許文献 1】特開 2 0 0 1 - 2 8 4 7 2 2 号公報

【非特許文献 1】H. J. Unold et al., Electronics Letters, Vol. 35, No. 16 (1999)

【非特許文献 2】J. A. Vukusic et al., IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, Vol. 37, No. 1, (2001) 108

【非特許文献 3】L. M. A Plouzennec et al., Proceedings of SPIE Vol. 3946 (2000) 219

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

上記した従来例における非特許文献 1 の製造方法によれば、電流狭窄構造と表面レリーフ構造の水平方向の位置合わせを、高精度に行うことが可能となるが、表面レリーフ構造は、水平位置制御と共に、レリーフのエッチングの深さの制御も重要である。

しかしながら、非特許文献 1 の製造方法では、電流狭窄構造を作製する過程で、つぎのように表面レリーフ構造がダメージを受け、そのためエッチングの深さに影響を受け、所望の単一横モード特性が得られない場合が生じる。

すなわち、表面レリーフ構造形成後のプロセス工程により、表面レリーフ構造の空気との界面、特にレリーフの底面がダメージを受け、所望の特性が得られなくなる場合がある。ここで、プロセス工程とは、メサ構造のエッチング工程、レジストのアッシング工程、電流狭窄構造の形成工程、選択酸化工程、電極のリフトオフ工程などが該当する。

例えば、上記第 2 のレジストパターン 2 4 2 0 が除去され、半導体層がむき出しとされている場合、選択酸化を行うことにより、砒素原子が抜けることによってレリーフ表面はダメージを受けることとなる。

また、選択酸化時に、上記第 2 のレジストパターン 2 4 2 0 が除去されず、この保護層により表面レリーフ構造が保護されていても、高温に加熱されるためこのような非特許文献 1 のレジストによる保護層では十分ではなく、レリーフ界面が荒れる可能性がある。

また、その保護膜の除去工程などにおいて、バッファードフッ酸などの保護膜の除去液に表面レリーフ構造が接触し、ダメージを受ける可能性がある。

したがって、非特許文献 1 の製造方法では、以上のような表面レリーフ構造のダメージにより、エッチングの深さに影響を受け、所望の単一横モード特性が得られない場合が生じる。

【0015】

このように、レリーフのエッチングの深さによって、光モードに与える影響が変化する

10

20

30

40

50

ことについては非特許文献 2 に開示されている。

その様子を、図 16 (非特許文献 2 の Fig. 10 に相当) に示す。

具体的には、レリーフの深さ (エッチング深さ) が設計とずれた場合、凸型の表面レリーフでは、例えば高次モードに与える損失が不十分となり、マルチモード発振となる可能性がある。

また、凹型の表面レリーフでは例えば基本モードに対する反射率が低くなって基本モードすら発振しないという可能性がある。

【0016】

以上のように、従来例における製造方法では、レリーフの深さ (エッチング深さ) を設計値どおりに形成することが困難であり、単一横モード特性を安定して得ることのできる面発光レーザを作製する上で、課題を有していた。

10

【0017】

本発明は、上記課題に鑑み、表面レリーフ構造の受けるプロセスダメージを軽減し、単一横モード特性を安定して得ることが可能となる面発光レーザの製造方法および面発光レーザの提供を目的とする。

また、本発明は、上記面発光レーザの製造方法による面発光レーザで構成される面発光レーザアレイの製造方法、上記面発光レーザによる面発光レーザアレイ、及び面発光レーザアレイを備えている光学機器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】

【0018】

20

本発明は、つぎのように構成した面発光レーザの製造方法及び面発光レーザアレイの製造方法、面発光レーザ及び面発光レーザアレイ、面発光レーザアレイを備えている光学機器を提供するものである。

本発明の面発光レーザの製造方法は、基板の上に、下部ミラー、活性層、上部ミラー、を積層し、前記上部ミラーの光出射部に反射率を制御するために施された段差構造による表面レリーフ構造を備えた面発光レーザを製造する面発光レーザの製造方法であって、

前記上部ミラーの上または上方に、メサ構造を形成するための第 1 のパターンと前記表面レリーフ構造を形成するための第 2 のパターンを有するレジストパターンを形成し、

該レジストパターンを用いて前記上部ミラーの表面層をエッチングし、前記表面レリーフ構造の水平位置を決めるための第一段目のエッチングを行う工程と、

30

前記第一段目のエッチングを行う工程の後に、前記活性層へ注入される電流を制限する電流狭窄構造を形成する工程と、

前記電流狭窄構造を形成する工程の後に、前記第一段目のエッチングが行われた箇所を更にエッチングし、前記表面レリーフ構造の深さ位置を決めるための第二段目のエッチングを行う工程と、

を有することを特徴とする。

また、本発明の面発光レーザの製造方法は、前記第 1 のパターンと前記第 2 のパターンを同一マスクのパターニングで形成することを特徴とする。

また、本発明の面発光レーザの製造方法は、前記基板、前記下部ミラー、前記活性層及び前記上部ミラーが、半導体によって構成されていることを特徴とする。

40

また、本発明の面発光レーザの製造方法は、前記電流狭窄構造が、前記半導体によって構成されている下部ミラー、前記活性層及び上部ミラーのいずれかのものにおいて、前記半導体の一部をイオン打ち込みにより形成され、

あるいは、前記下部ミラー、前記活性層及び上部ミラーの間に少なくとも 1 層設けられている電流狭窄層を選択酸化して形成されていることを特徴とする。

また、本発明の面発光レーザの製造方法は、前記第一段目のエッチングを行う工程と前記第二段目のエッチングを行う工程の間に、

前記レジストパターンの第 1 のパターンを用いて、少なくとも前記電流狭窄層の側面が露出するまでメサ構造をエッチングする工程を有することを特徴とする。

また、本発明の面発光レーザの製造方法は、前記電流狭窄層を選択酸化して前記電流狭窄

50

構造を形成する前に、前記表面レリーフ構造を保護する保護膜を形成する工程を有することを特徴とする。

また、本発明の面発光レーザの製造方法は、前記電流狭窄層を選択酸化して前記電流狭窄構造を形成した後で、且つ、前記第二段目のエッチングを行う工程の前に、前記保護膜を除去する工程を有することを特徴とする。

また、本発明の面発光レーザの製造方法は、前記保護膜を除去するに際し、バッファードフッ酸が用いられることを特徴とする。

また、本発明の面発光レーザの製造方法は、前記第二段目のエッチングを行う工程の前に、前記活性層へ電流を注入するための電極の一部を形成する工程を有することを特徴とする。

また、本発明の面発光レーザの製造方法は、前記第二段目のエッチングを行う工程の後に、前記上部ミラーの光出射部を保護膜にて封止する工程を有することを特徴とする。

また、本発明の面発光レーザの製造方法は、前記表面レリーフ構造が、第3のレリーフ層、第2のレリーフ層、第1のレリーフ層の順に積層された構造を備え、

前記第一段目のエッチングを行う工程が、

前記第1のレリーフ層の上または上方に、メサ構造を形成するための第1のパターンと、前記表面レリーフ構造を形成するための第2のパターンと、を有するレジストパターンを形成し、

前記レジストパターンを用いて前記第1のレリーフ層をエッチングし、前記表面レリーフ構造の水平位置を決めるためのエッチング工程であり、

前記電流狭窄構造を形成する工程が、

前記第一段目のエッチングを行う工程の後に、前記活性層へ注入される電流を制限する電流狭窄構造の形成工程であり、

前記第二段目のエッチングを行う工程が、

前記電流狭窄構造を形成する工程の後に、前記第一段目のエッチングが行われた箇所における前記第1のレリーフ層の下にある前記第2のレリーフ層を更にエッチングし、

前記表面レリーフ構造の深さ位置を決めるためのエッチング工程である、ことを特徴とする。

また、本発明の面発光レーザの製造方法は、前記第一段目のエッチングに際し、クエン酸を含むエッチャントを用いることを特徴とする。

また、本発明の面発光レーザの製造方法は、前記第二段目のエッチングに際し、前記第2のレリーフ層のエッチング選択比は、前記第1のレリーフ層に対し3倍以上であるエッチャントを用いることを特徴とする。

また、本発明の面発光レーザの製造方法は、前記第二段目のエッチングに際し、前記第2のレリーフ層のエッチング選択比は、前記第3のレリーフ層に対し10倍以上であるエッチャントを用いることを特徴とする。

また、本発明の面発光レーザの製造方法は、前記第二段目のエッチングに際し、アンモニア水を含むエッチャントを用いることを特徴とする。

また、本発明の面発光レーザアレイの製造方法は、上記したいずれかに記載の面発光レーザの製造方法による面発光レーザを複数個配置して製造することを特徴とする。

また、本発明の面発光レーザは、基板の上に、下部ミラー、活性層、上部ミラー、が積層されてなり、

前記上部ミラーの光出射部に反射率を制御するために施された段差構造による表面レリーフ構造を備え、

前記表面レリーフ構造が第3のレリーフ層、第2のレリーフ層、第1のレリーフ層の順に積層され、

前記第3のレリーフ層の上に積層された前記第1のレリーフ層から前記第2のレリーフ層までを貫いてエッチングされたエッチング領域により前記段差構造が形成されている面発光レーザであって、

前記第1のレリーフ層がGaAsを含んで形成されていると共に、前記第2のレリーフ

10

20

30

40

50

層が $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($x > 0$) を含んで形成されており、

前記第3のレリーフ層の最上層が、 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ ($y < x$) または AlGaInP で形成されていることを特徴とする。

また、本発明の面発光レーザは、前記第2のレリーフ層が、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($x > 0.4$) を含んで形成されていることを特徴とする。

また、本発明の面発光レーザは、前記第3のレリーフ層の最上層は、 GaAs で形成されていることを特徴とする。

また、本発明の面発光レーザは、前記第3のレリーフ層の最上層が、 $\text{Al}_w\text{Ga}_{1-w}\text{In}_z\text{P}$ ($w > 0.3$) で形成されていることを特徴とする。

また、本発明の面発光レーザは、前記活性層が、 AlGaInP により形成されていることを特徴とする。

また、本発明の面発光レーザは、前記面発光レーザの発振波長を λ とするとき、前記第1のレリーフ層と前記第2のレリーフ層との合計の光学厚さが、 $\lambda/4$ の奇数倍であることを特徴とする。

また、本発明の面発光レーザは、前記面発光レーザの発振波長を λ とし、 M を奇数とすると、前記第1のレリーフ層と前記第2のレリーフ層との合計の光学厚さが、 $\lambda/4$ の M 倍 $\sim \lambda/4$ の M 倍 $+ 20\text{nm}$ の間にあることを特徴とする。

また、本発明の面発光レーザアレイは、上記したいずれかに記載の面発光レーザを複数個配置して構成されていることを特徴とする。

また、本発明の光学機器は、上記した面発光レーザアレイを光源として備えていることを特徴とする。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、表面レリーフ構造の受けるプロセスダメージを軽減し、単一横モード特性を安定して得ることが可能となる面発光レーザの製造方法および面発光レーザを実現することができる。

また、本発明によれば、上記面発光レーザの製造方法による面発光レーザで構成される面発光レーザアレイの製造方法、上記面発光レーザによる面発光レーザアレイ、及び面発光レーザアレイを備えている光学機器を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

本発明の上記構成によれば、表面レリーフ構造の形成を二段階に分けて行い、第二段目のエッチングを行う工程を、電流狭窄構造の形成後に行うことによって、表面レリーフ構造の受けるプロセスダメージを軽減できるようにしたものである。

すなわち、電流狭窄構造の形成前における第二段目のエッチングを行う工程時に、表面レリーフ構造と電流狭窄構造を形成するために必要なメサ構造との同時パターニングを行うようにする。

これにより、表面レリーフ構造の水平位置合わせを安定して行うことを可能とする。

また、第二段目のエッチングを行う工程を、電流狭窄構造の形成後とし、その段階で最終的なレリーフの深さを決めることによって、表面レリーフ構造の受けるプロセスダメージを従来のプロセスよりも軽減することが可能となる。

【実施例】

【0021】

以下に、本発明の実施例について説明する。

〔実施例1〕

実施例1においては、凸型の表面レリーフ構造を有する垂直共振器型面発光レーザおよびその製造方法等について説明する。

図1に、本実施例における垂直共振器型面発光レーザの構成を説明する断面図を示す。

図1において、100は面発光レーザ、102は下部電極、104は基板、110は活性層、108は下部スペーサ層、112は上部スペーサ層、106は下部ミラーである。

114は上部ミラー、115は高Al組成層、116は電流狭窄構造、124は絶縁膜、126は上部電極、140は光出射領域である。

【0022】

本実施例の面発光レーザ100には、上部ミラー114の光出射領域140に相当する表面に、凸型の表面レリーフ構造が形成されている。

図5に、本実施例における表面レリーフ構造およびその付近を上から見た平面図を示す。

図6において、650は凸型の表面レリーフ構造である。

本実施例においては、図6に示されるように、表面レリーフ構造650の中心と電流狭窄構造の中心とが一致するように構成され、また表面レリーフ構造650は、中央部が高反射領域202、周辺部が低反射領域204となるように設計されている。

上部ミラー114は、低屈折率層208と高屈折率層206とがレーザ発振波長 λ に対し光学厚さ $\lambda/4$ で交互に積層されている。

その終端部（上側）では、表面レリーフ構造650が形成されており、活性層の反対側から上記表面レリーフ構造650を構成する第1のレリーフ層760、第2のレリーフ層762、第3のレリーフ層764が形成されている。

【0023】

凸型の表面レリーフ構造650では、低反射領域204では第1のレリーフ層760、第2のレリーフ層762がエッチングされており、高反射領域202では第1のレリーフ層760が残っている。

第1のレリーフ層760と第2のレリーフ層762との光学厚さの合計、また第3のレリーフ層764とその直下の低屈折率層との光学厚さの合計は、所望の表面レリーフ構造特性が得られるように設計されている。

例えば、 λ をレーザ発振波長とすると、それぞれ $\lambda/4 \times$ （奇数）の光学厚さである。

【0024】

つぎに、本実施例における垂直共振器型面発光レーザの製造方法について説明する。

本実施例における垂直共振器型面発光レーザの製造方法によれば、以下に示す製造プロセスにより、安定した表面レリーフ構造の形成が可能になる。

まず、図1に示した半導体基板104上に、下部ミラー106、下部スペーサ層108、量子井戸活性層110、上部スペーサ層112、上部ミラー114を成長させる。

成長方法は例えばMOCVD（Metal-Organic Chemical Vapor Deposition）法を用いることができる。

基板104は例えばn型のGaAs基板である。

下部ミラー106は、例えば光学厚さがそれぞれ $\lambda/4$ の高屈折率層と低屈折率層とを交互に積層したものであり、例えばn型のAlAs/Al_{0.5}Ga_{0.5}As多層膜反射鏡である。

下部スペーサ層108は例えばn型のAlGaInP層である。

量子井戸活性層110は例えばGaInP/AlGaInPの多重量子井戸層であり、波長680nmに光学利得を持つよう設計されている。

上部スペーサ層112は例えばp型のAlGaInP層である。

上部ミラー114は、例えば光学厚さが $\lambda/4$ の高屈折率層と低屈折率層とを交互に積層したものであり、例えばp型のAl_{0.9}Ga_{0.1}As/Al_{0.5}Ga_{0.5}As多層膜反射鏡である。

下部スペーサ層108と上部スペーサ層112の層厚は、下部ミラー106と上部ミラー114との間に共振波長 λ の定在波が立ち、かつ活性層110にその定在波の腹が来るように、設計されている。

上部ミラー114の活性層付近の一部の層は選択酸化可能な高Al組成層115に置き換わっている。

例えば、活性層から第1層目の低屈折率層（上記の例ではAl_{0.9}Ga_{0.1}As）がAlAsないしAl_{0.98}Ga_{0.02}Asに置き換わっている。

【0025】

10

20

30

40

50

また、上部ミラー 1 1 4 の最上部では、図 6 に示す第 3 のレリーフ層 7 6 4、第 2 のレリーフ層 7 6 2、第 1 のレリーフ層 7 6 0 の順に積層成長される。

つまり上部ミラーの光出射面側から見れば第 1 のレリーフ層 7 6 0、第 2 のレリーフ層 7 6 2、第 3 のレリーフ層 7 6 4 の順で配されている。

第 1 のレリーフ層 7 6 0 は、例えば p 型の GaAs 層である。

第 2 のレリーフ層 7 6 2 は例えば p 型の $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 層であるが、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($x > 0$) を含んで形成してもよい。また、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($x > 0.4$) を含んで形成してもよい。

第 3 のレリーフ層 7 6 4 は例えば p 型の $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{In}_{0.495}\text{P}$ 層であるが、該第 3 のレリーフ層 7 6 4 の最上層を $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ ($y < x$) または AlGaInP で形成してもよい。また、最上層を GaAs や $\text{Al}_w\text{Ga}_z\text{In}_{1-w-z}\text{P}$ ($w > 0.3$) で形成してもよい。なお、面発光レーザの発振波長を λ とするとき、第 1 のレリーフ層と第 2 のレリーフ層との合計の光学厚さが、 $\lambda/4$ の奇数倍にしてもよい。また、M を奇数とするとき、前記第 1 のレリーフ層と前記第 2 のレリーフ層との合計の光学厚さが、 $\lambda/4$ の M 倍 $\sim \lambda/4$ の M 倍 + 20 nm の間に設定してもよい。

10

【0026】

つぎに、以上のようにして成長したウエハに対し、表面レリーフ構造を製造するプロセスについて説明する。

図 7 に、本実施例における垂直共振器型面発光レーザの製造方法を説明する図を示す。

20

図 7 (a) から図 7 (i) は本実施例における面発光レーザの製造工程を示す図である。まず、図 7 (a) に示す工程において、ウエハの積層成長した側に第 1 のレジスト膜 4 1 0 を塗布し、前記第 1 のレジスト 4 1 0 に、表面レリーフ構造用マスクのパターニングとメサ構造用マスクのパターニングを同時に同一マスクにて行う。なお、メサ構造を形成するためのパターンを第 1 のパターンといい、表面レリーフ構造を形成するためのパターンを第 2 のパターンということもある。

ここでは表面レリーフ構造として凸型のものを図示している。例えば、表面レリーフ構造の高反射率領域径は例えば $3\ \mu\text{m}\phi$ 、低反射領域外径は $9\ \mu\text{m}\phi$ 、メサ構造の径は $26\ \mu\text{m}\phi$ とする。

【0027】

30

次に、図 7 (b) に示す工程において、パターニングした前記第 1 のレジスト 4 1 0 をマスクとして、上部ミラーの表面層となっている第 1 のレリーフ層 7 6 0 をエッチングする（第一段目のエッチング）。

第 1 レリーフ層のエッチングは、例えばクエン酸系エッチャント、例えばクエン酸一水和物と水を重量比で 1 : 1 で混合したものを A として、 $A : \text{過酸化水素水} : \text{水} = 2 : 60 : 250$ （体積比）で混合した溶液を用いたウェットエッチングにより行う。

本発明者らの実験の結果、このエッチャントは 20°C 室温下において、GaAs 層のエッチングレートがおよそ $2\ \text{nm}/\text{秒}$ 、 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 層のエッチングレートが $0.1\ \text{nm}/\text{秒}$ 未満であり選択比は 20 以上であった。

したがって、第 1 のレリーフ層 7 6 0 に GaAs 層、第 2 のレリーフ層 7 6 2 に $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 層を用いた場合では、前記エッチャントを使うことで、事実上第 1 のレリーフ層のみをエッチングすることが可能である。

40

【0028】

次に、図 7 (c) に示す工程において、第 2 のレジスト 4 2 0 を塗布し、表面レリーフ構造に相当する領域を保護するようにパターニングする。

このパターニングでは、パターニングされた第 2 のレジスト 4 2 0 が光出射領域を覆っていて、かつメサのエッチング領域には残っていなければよく、必ずしもパターニングされた第 2 のレジスト中心がメサおよび表面レリーフ構造の中心と一致していなくても良い。

次に、図 7 (d) に示す工程において、エッチングによりメサ構造を形成し、高 Al 組成層 1 1 5 を露出させる。エッチングは例えばドライエッチングにより行い、例えば SiC

50

1₄/Arガスの反応性イオンエッチングにより行う。このエッチングにより、選択酸化可能な高Al組成層115の側面を露出させる。

【0029】

次に、図7(e)に示す工程において、第1および第2のレジストの除去を行い、選択酸化によって選択酸化可能な高Al組成層115に電流狭窄構造116を形成する。

第1のレジスト410および第2のレジスト420の除去は、例えば酸素プラズマによるアッシングにより行う。レジストの残渣がある場合はさらにオゾンアッシングを行っても良い。

電流狭窄構造116のアパーチャ直径は、例えば6μmとする。選択酸化は例えば水蒸気雰囲気の中で400℃で30分程度加熱することにより行う。

選択酸化の前には選択酸化安定化のために例えばアンモニア水などで1分程度メサ側面を洗浄してもよい。

この工程では、表面レリーフ構造を形成する第2のレリーフ層762がダメージを受けている可能性がある。

具体的には、酸素プラズマによるアッシング工程で表面が荒れる可能性がある。また、選択酸化工程では、GaAsに比べAlGaAsは酸化されやすいので、むき出しになっている第2のレリーフ層762がAl_{0.5}Ga_{0.5}Asである場合、数nm程度酸化される可能性がある。なお、電流狭窄構造は、半導体によって構成されている下部ミラー、活性層及び上部ミラーのいずれかのものにおいて、半導体の一部をイオン打ち込みにより形成してもよい。

また、電流狭窄層を選択酸化して形成される電流狭窄構造は、下部ミラー、活性層及び上部ミラーの間に1層設けられていても、多数層設けられていてもよい。

【0030】

次に、図7(f)に示す工程において、絶縁膜124を成膜する。

絶縁膜124は例えばSiO₂であり、その層厚は例えば200nmである。絶縁膜の成膜は例えばプラズマCVDにより行う。

【0031】

次に、絶縁膜124の上に第3のレジストを塗布、表面レリーフ構造上には残らずメサトップ外には残るように第3のレジストをパターニングする（不図示）。

その第3のレジストをマスクとして、図7(g)に示す工程において、表面レリーフ構造の部分の絶縁膜124を除去し、第3のレジストを除去する。

絶縁膜のエッチングには例えばバッファードフッ酸を用いる。第3のレジストの除去には例えばアセトンを用い、その残渣の除去には例えばオゾンアッシングにより行う。

【0032】

次に、図7(h)に示す工程において、図7(b)でエッチングが行われた箇所について第2のレリーフ層762のエッチングを行う（第二段目のエッチング）。

この工程により表面レリーフ構造を完成させる。

なお、第2のレリーフ層762のエッチングの前に、エッチングレートの安定化のために塩酸などで表面洗浄を行っても良い。

この工程において、図7(e)の工程でダメージを受けた（すなわち表面が荒れたり酸化されたりした）第2のレリーフ層762はエッチングされることになる。

この結果、表面レリーフ構造において、先行技術と比べてより安定した形状が実現できるのである。

【0033】

ここで、第2のレリーフ層762のエッチングの際には、第2のレリーフ層762と第1のレリーフ層760との間で選択比が取れるエッチャントを使用してエッチングすることが望ましい。

すなわち、第1のレリーフ層760をマスクとして第2のレリーフ層762のエッチングができることが望ましい。

第2のレリーフ層のエッチング選択比は、第1のレリーフ層に対し3倍以上あることが望

10

20

30

40

50

ましい。

例えば、第1のレリーフ層がGaAs層で、第2のレリーフ層がAl_{0.5}Ga_{0.5}As層である場合、エッチャントとしてアンモニア水を用いることができる。

【0034】

本発明者らの実験の結果、例えば、第2のエッチングのエッチャントとしてアンモニア水（28%）を使用した場合の室温20℃におけるエッチングレートは、GaAs：0.16nm/分、Al_{0.5}Ga_{0.5}As：0.68nm/分であった。

本実施例で使用したエッチャントであるアンモニア水（28%）のAl_{0.5}Ga_{0.5}Asに対するエッチングレートは10nm/分以下（1nm/分以下の場合もある）である。これは、一般に世間で使用されるウェットエッチングと比較すると大変遅く通常のウェットエッチングでは使用されないものである。

しかしながら、本発明の目的である表面レリーフ構造の作製は数十nmの深さで形成されるものであるから、上述のエッチングレートは、レリーフのエッチングで微細制御が容易となるため、製造上非常に有用である。

【0035】

非特許文献2によれば、凸型表面レリーフ構造においては、高反射率領域である凸部の界面が少し削れても反射率はさほど下らない。

一方、低反射率領域となる凹部では、エッチング深さの微小な差異が反射率に大きく影響を与える。

そのため、本実施例に係る面発光レーザの製造方法は、凸型表面レリーフ構造を作製する上で好適な方法であるといえる。

第2のレリーフ層762のエッチングの深さ制御は、非特許文献1のように時間制御で止めても良いし、エッチングストップ層（第3のレリーフ層764）を用いて止めても良い。

時間制御で深さ制御を行うよりも、エッチングストップ層を使ったほうが、より精度高く深さを制御することができる。

第3のレリーフ層764としては例えばGaAs層を用いることもできるが、例えば、AlGaInP層、具体的な組成としては例えば（Al_{0.5}Ga_{0.5}）_{0.5}0.5In_{0.495}P層を用いることもできる。

【0036】

本発明者らの実験の結果、第2のエッチングのエッチャントとしてアンモニア水（28%）を使用した場合の室温20℃下における（Al_{0.5}Ga_{0.5}）_{0.5}0.5In_{0.495}P層のエッチングレートは、0.03nm/分である。

例えば、第2のレリーフ層にAl_{0.5}Ga_{0.5}As層を用いたとすると、10倍以上の選択比があることになる。

したがって、この場合には、第3のレリーフ層764は非常に実用的なエッチングストップ層として機能することができる。

【0037】

次に、図7（i）に示す工程において、メサ上部に上部電極126を、基板104の裏側に下部電極（不図示）を形成する。上部電極126は光出射部に開口が明けられている。

この上部電極126は、リフトオフ用レジストを光出射領域140に残るようにパターニングし、例えばTi/Auを電子ビーム蒸着により上部多層膜反射鏡側に成膜し、例えばアセトンでリフトオフ用レジストをリフトオフすることにより形成する。

下部電極は、基板裏側全体に、例えばAuGe/Auを抵抗加熱により蒸着することにより形成する。

以上の工程により、面発光レーザ100はウエハレベルで素子として完成する。なお、この後に光出射面保護のため、光出射面を樹脂などで封止しても良い。

【0038】

[実施例2]

10

20

30

40

50

実施例 2 の垂直共振器型面発光レーザは、実施例 1 の垂直共振器型面発光レーザと同様の構成を有するが、その表面レリーフ構造を製造するプロセスが実施例 1 とは異なっている。

図 8 及び図 9 に、本実施例における垂直共振器型面発光レーザの製造方法を説明する図を示す。

図 8 (a) から図 8 (i) は上記面発光レーザの製造工程を示す図であり、図 9 (j) から図 9 (m) は図 8 に示す面発光レーザの製造工程に続く製造工程を示す図である。

【0039】

まず、図 8 (a) に示す工程において、ウェハの積層成長した側に第 1 の誘電体膜 8 1 0 を成膜する。

第 1 の誘電体膜 8 1 0 は例えば SiO_2 である。成膜方法は例えばプラズマ CVD により行う。第 1 の誘電体膜 8 1 0 の膜厚は例えば $1 \mu\text{m}$ とする。

次に、図 8 (b) に示す工程において、前記第 1 の誘電体膜 8 1 0 上、すなわち上部ミラー 1 1 4 の上方に第 1 のレジスト 8 3 0 を塗布し、表面レリーフ構造用マスクのパターニングとメサ構造用マスクのパターニングを同時に同一マスクにて行う。

次に、図 8 (c) に示す工程において、パターニングした前記第 1 のレジスト 8 3 0 をマスクとして、第 1 の誘電体膜 8 1 0 をエッチングする。

例えば、第 1 の誘電体膜 8 1 0 が SiO_2 であればバッファードフッ酸を用いてエッチングすることができる。

次に、図 8 (d) に示す工程において、第 1 のレジスト 8 3 0 をすべて除去し、前記第 1 の誘電体膜 8 1 0 をマスクに第 1 のレリーフ層 7 6 0 をエッチングする。

第 1 のレジスト 8 3 0 の除去は例えばアセトンで行い、IPA で洗浄した後、第 1 のレジスト 8 3 0 の残渣があればオゾンアッシングで取ることができる。

第 1 のレリーフ層 7 6 0 のエッチングは、例えばクエン酸系エッチャント、例えばクエン酸一水和物と水を重量比で 1 : 1 で混合したものを A として、A : 過酸化水素水 : 水 = 2 : 60 : 250 (体積比) で混合した溶液を用いたウェットエッチングにより行う。

【0040】

次に、図 8 (e) に示す工程において、第 2 の誘電体膜 8 1 2 を成膜する。第 2 の誘電体膜 8 1 2 は例えば SiO_2 である。

成膜方法は例えばプラズマ CVD により行う。第 2 の誘電体膜 8 1 2 の膜厚は例えば 100 nm である。

次に、図 8 (f) に示す工程において、第 2 の誘電体膜 8 1 2 上に第 2 のレジスト 8 3 2 を塗布し、表面レリーフ構造を保護するようにパターニングを行う。

このパターニングでは、パターニングされた第 2 のレジスト 8 3 2 が光出射領域を覆っていて、かつメサのエッチング領域には残っていなければよく、必ずしもパターニングされた第 2 のレジスト中心がメサおよび表面レリーフ構造の中心と一致していなくても良い。

【0041】

次に、図 8 (g) に示す工程において、パターニングした第 2 のレジスト 8 3 2 をマスクとして、第 2 の誘電体膜 8 1 2 をエッチングする。

例えば、第 2 の誘電体膜 8 1 2 が SiO_2 であればバッファードフッ酸を用いてエッチングすることができる。

この際に第 1 の誘電体膜 8 1 0 も多少エッチングされる場合があるが、第 2 の誘電体膜 8 1 2 に比べ第 1 の誘電体膜 8 1 0 を厚くしておき、エッチングの時間を調整する。

これにより、次のエッチング工程のマスクとして必要な厚さの第 1 の誘電体膜 8 1 0 を残すことは可能である。

【0042】

次に、図 8 (h) に示す工程において、パターニングした第 2 のレジスト 8 3 2 および第 1 の誘電体膜 8 1 0 をマスクにして、メサ構造をエッチングにより形成する。エッチングは例えばドライエッチングにより行い、例えば SiCl_4/Ar ガスの反応性イオンエッチングにより行う。

10

20

30

40

50

このエッチングにより、選択酸化可能な層 1 1 5 の側面を露出させる。

次に、図 8 (i) に示す工程において、第 2 のレジスト 8 3 2 の除去を行い、選択酸化によって選択酸化可能な高 Al 組成層 1 1 5 に電流狭窄構造 1 1 6 を形成する。

第 2 のレジスト 8 3 2 の除去は、例えば酸素プラズマによるアッシングにより行う。レジストの残渣がある場合はさらにオゾンアッシングを行っても良い。

選択酸化は例えば水蒸気雰囲気の中で 4 0 0 °C で 3 0 分程度加熱することにより行う。

選択酸化の前には選択酸化安定化のために例えばアンモニア水などで 1 分程度メサ側面を洗浄してもよい。

【 0 0 4 3 】

次に、図 9 (j) に示す工程において、第 1 の誘電体膜 8 1 0 および第 2 の誘電体膜 8 1 2 をすべて除去する。

第 1 の誘電体膜 8 1 0 および第 2 の誘電体膜 8 1 2 の除去は例えばバッファードフッ酸を用いたエッチングにより行う。

次に、図 9 (k) に示す工程において、第 3 の誘電体膜 (絶縁膜) 1 2 4 を成膜し、第 3 の誘電体膜 1 2 4 の上に第 3 のレジストを塗布する。

そして、表面レリーフ構造上には残らずメサトップ外には残るように第 3 のレジストをパターンニングする。この第 3 のレジストをマスクに表面レリーフ構造の部分の第 3 の誘電体膜 1 2 4 を除去し、第 3 のレジストを除去する。

第 3 の誘電体膜 1 2 4 は例えば SiO_2 であり、その層厚は例えば 2 0 0 nm である。

第 3 の誘電体膜 1 2 4 の成膜は例えばプラズマ CVD により行う。第 3 の誘電体膜 1 2 4 のエッチングには例えばバッファードフッ酸を用いる。第 3 のレジストの除去には例えばアセトンを用い、その残渣の除去は、例えばオゾンアッシングにより行う。

次に、図 9 (l) に示す工程において、第 2 のレリーフ層 7 6 2 のエッチングを行う。

この工程により表面レリーフ構造を完成させる。第 2 のレリーフ層 7 6 2 のエッチングの前に、エッチングレートの安定化のために塩酸などで表面洗浄を行っても良い。

【 0 0 4 4 】

ここで、第 2 のレリーフ層 7 6 2 のエッチングの際には、第 2 のレリーフ層 7 6 2 と第 1 のレリーフ層 7 6 0 との間で選択比が取れるエッチャントを使用してエッチングすることが望ましい。

すなわち、第 1 のレリーフ層 7 6 0 をマスクとして第 2 のレリーフ層 7 6 2 のエッチングができることが望ましい。

また、それらのエッチング選択比としては例えば 3 以上あることが望ましい。

例えば第 1 のレリーフ層が GaAs 層で、第 2 のレリーフ層が $\text{AlO}_0.5\text{GaO}_0.5\text{As}$ 層である場合、実施例 1 と同様にエッチャントとしてアンモニア水を用いることができる。

第 2 のレリーフ構造のエッチングの深さ制御は、時間制御で止めても良いし、エッチングストップ層 (第 3 のレリーフ層 7 6 4) を用いて止めても良い。

第 3 のレリーフ層としては例えば GaAs 層を用いることもできるが、例えば AlGaInP 層、具体的な組成としては例えば $(\text{AlO}_0.5\text{GaO}_0.5)\text{O}_0.5\text{O}_5\text{InO}_0.495\text{P}$ 層を用いることもできる。

次に、図 9 (m) に示す工程において、実施例 1 と同様に、メサ上部に上部電極 1 2 6 を、基板 1 0 4 の裏側に下部電極 (不図示) を形成する。

なお、この後に光出射面保護のため、光出射面を樹脂などで封止しても良い。

【 0 0 4 5 】

なお、第 1 のレリーフ層 7 6 0 として GaAs を用い、コンタクト層として使用する場合、第 1 のレリーフ層 7 6 0 は厚い方がコンタクトに有利になるため、20 nm 以上の厚さがあることが望ましい。

しかし、例えば赤色帯のレーザの場合では GaAs 層は光吸収層となってしまうため第 1 のレリーフ層 7 6 0 はあまり厚くない方が良い。

10

20

30

40

50

また、第2のレリーフ層762が薄いと、途中のプロセスダメージによって本来第2のレリーフ層762をエッチングする工程の前にすべてエッチングされて第3のレリーフ層764が露出してしまう可能性がある。

例えば、第3のレリーフ層764としてAlGaInP層を用い、かつ誘電体膜除去にバッファードフッ酸を用いる場合を考えると、AlGaInP層は組成比によってはバッファードフッ酸に溶解する。このため、第2のレリーフ層762のエッチング工程以前に第2のレリーフ層762がエッチングされ第3のレリーフ層764が露出することは好ましくない。

【0046】

本実施例のプロセスによれば、誘電体膜除去プロセスなどで使われるエッチャント（例えばバッファードフッ酸）によりエッチングされる材料（例えばAlGaInP）であっても、エッチングストップ層として使用できるというメリットがある。

一方で、第2のレリーフ層762が薄ければ、そのエッチング時間を減らすことができる。

第2のレリーフ層762のエッチングの際に第1のレリーフ層760が多少エッチングされるエッチャントを使用する場合であっても、第1のレリーフ層760のエッチング量を低減することができる。

【0047】

[実施例3]

実施例3として、上記各実施例とは異なる形態の垂直共振器型面発光レーザの構成例について説明する。

本実施例における垂直共振器型面発光レーザは、上記実施例2の垂直共振器型面発光レーザと同様の構成を有する。

しかし、表面レリーフ構造を作製するプロセスに関し、電極を形成した後に第3のレリーフ層をエッチングする点において、実施例2とは異なっている。

図10に、本実施例における光出射領域および上部電極付近の表面レリーフ構造の断面図を示す。

本実施例の表面レリーフ構造950と、実施例2の表面レリーフ構造650との違いは、上部電極126の下に形成されている第1のレリーフ層760の厚さが、光出射部において残っている第1のレリーフ層760の厚さよりも厚くなっていることである。

【0048】

本実施例の垂直共振器型面発光レーザは、実施例2のプロセスと一部共通したプロセスにより製造される。

図11は、本実施例における垂直共振器型面発光レーザの製造方法を説明する工程図であり、図8及び図9の(a)～(k)のプロセスが完了した後のプロセスを示す図であり、図11(a)は図9の(k)に相当する。

本実施例では、図11(a)に示す工程において、第3の誘電体膜124のエッチングおよび第3のレジスト（付図示）を除去した後、図11(b)に示すように、メサ上部に上部電極126を形成する。

上部電極126には光出射部に開口が設けられている。上部電極126は、リフトオフ用レジストを光出射部に残るようにパターニングし、例えばTi/Auを電子ビーム蒸着により成膜させ、例えばアセトンでリフトオフ用レジストをリフトオフすることにより形成する。

【0049】

次に、図11(c)に示す工程において、第2のレリーフ層762のエッチングを行う。第2のレリーフ層のエッチング方法は実施例2と同じ手法を用いることができる。

この図11(c)の工程により表面レリーフ構造を完成させる。なお、第2のレリーフ層762のエッチングの前に、エッチングレートの安定化のために塩酸などで表面洗浄を行っても良い。

ここで、実施例2で述べたように、第2のレリーフ層762のエッチングの際には第1の

10

20

30

40

50

レリーフ層 760 も少しエッチングされる場合がある。

第 1 のレリーフ層 760 が、高ドーピングされたコンタクト層であれば、上部電極 126 から活性層 110 への電流注入を効率良く行うことができる。

しかし、実施例 2 のように第 2 のエッチングを行った後、すなわち第 1 のレリーフ層 760 の厚さが減った後に、上部電極 126 をつけると十分なコンタクトが取れない可能性がある。

【0050】

一方、高ドーピングされたコンタクト層は、ドーピングされた分だけより光を吸収するため、コンタクト層の層厚を厚くするとレーザ光の取り出し効率が下がってしまう。

また、コンタクト層として GaAs 層を用いることは一般的であるが、赤色帯面発光レーザにおいては、GaAs 層は光吸収層になってしまうため厚くすることはできない。

10

しかし、実施例 3 におけるプロセスによれば、第 2 のレリーフ層 762 のエッチング時に、既に付いている上部電極 126 が該上部電極 126 の下に位置するコンタクト層を保護することになるため、コンタクト層の層厚は減少しない。

なお、光出射部の第 1 のレリーフ層 760 は多少エッチングされる。

したがって、光出射領域の第 1 のレリーフ層 760 の厚さが同じであれば、実施例 3 のプロセスでは、実施例 2 のプロセスよりもより確実に良いコンタクト性を達成できる。

【0051】

また、実施例 2 と実施例 3 で同じコンタクト性を得るには、実施例 2 のプロセスよりも実施例 3 のプロセスの方が、光出射領域の第 1 のレリーフ層 760 が薄くなる分、光吸収の量を減らすことができ、レーザ光の取り出し効率が上昇する。

20

光出射領域の第 1 のレリーフ層 760 が削れることを見越して、第 1 のレリーフ層 760 および第 2 のレリーフ層 762 の厚さは設計されウエハ上に成長される。

例えば、第 1 のレリーフ層 760 が 20 nm 厚の GaAs 層であり、第 2 のレリーフ層 762 が 25 nm の Al_{0.5}Ga_{0.5}As 層であり、第 3 のレリーフ層 764 が AlGaInP 層であるとする。

【0052】

この場合、図 11 (c) に示されている第 2 のレリーフ層 762 のエッチング工程において、20℃にてアンモニア水 (28%) をエッチャントとして使うことを考える。

20℃にてアンモニア水 (28%) での Al_{0.5}Ga_{0.5}As 層のエッチングレートは 0.68 nm/分である。

30

したがって、例えば 40 分エッチングすれば Al_{0.5}Ga_{0.5}As 層は完全にエッチングでき第 3 のレリーフ層 764 である AlGaInP 層が露出する。しかし、このときに第 1 のレリーフ層 760 である GaAs 層はそのエッチングレートが 0.16 nm/分であるから 6 nm ほどエッチングされていることになる。

この結果、実施例 2 のプロセスのように上部電極をこの後に付けるとすれば、GaAs コンタクト層が 14 nm というようになっており、コンタクト性を考えると良好とはいえない。

しかし、実施例 3 のプロセスでは上部電極は既に付いているために、上部電極下の GaAs コンタクト層は 20 nm あるため良好なコンタクトを得ることができる。

40

【0053】

逆に、第 2 のレリーフ層 762 のエッチングの際に、第 1 のレリーフ層 760 がエッチングされることを見越して、あらかじめ第 1 のレリーフ層 760 を 6 nm 厚く成膜しておくことも考えられる。

この場合、上部電極下には 26 nm の GaAs コンタクト層があることになるから、更に良好なコンタクト性を得ることができる。

また実施例 3 には他のメリットがある。すなわち、図 11 (a) における、リフトオフ用レジストのパターニング工程や、上部電極リフトオフの工程などにおいて、表面レリーフ構造の半導体表面にダメージを与える可能性がある。

例えば、リフトオフ時にレジストの残渣が生じた場合、オゾンアッシングなどで除去を試

50

みることになるが、この際にアッシングのエネルギーが激しければ表面レリーフ構造の半導体表面にダメージを与える可能性がある。

しかし、実施例 3 の方法では、その後に第 2 のレリーフ層をエッチングして表面レリーフ構造を形成するために、アッシングによるダメージ面がエッチングされ、その影響が緩和されることになる。

【0054】

[実施例 4]

実施例 4 として、上記各実施例とは異なる形態の垂直共振器型面発光レーザの構成例について説明する。

図 12 に、本実施例における垂直共振器型面発光レーザ 1200 の断面を表す模式図を示す。

図 13 は実施例 4 の垂直共振器型面発光レーザ 1200 の光出射部の表面レリーフ構造の断面を表示した模式図である。

本実施例の垂直共振器型面発光レーザは、実施例 1 から実施例 3 の面発光レーザと大部分が共通する。

しかし、実施例 4 の垂直共振器型面発光レーザは、図 12 に示すように、上部ミラー 114 の上部の光出射領域 140 に設けられている表面レリーフ構造が凹型となっている点異なる。

【0055】

図 13 を用いて本実施例における表面レリーフ構造 1250 を詳しく説明する。

上部ミラー 114 は、低屈折率層 208 と高屈折率層 206 とがレーザ発振波長 λ に対し光学厚さ $\lambda/4$ で交互に積層されている。

その終端部（上側）では、表面レリーフ構造 1250 が、図 13 に示すように形成されており、活性層反対側から第 1 のレリーフ層 1360、第 2 のレリーフ層 1362、第 3 のレリーフ層 1364 となっている。

すなわち、上部ミラーの最上部の高屈折率層の上側一部が第 3 のレリーフ層 1364 に置き換わっている。

凹型の表面レリーフ構造 1250 では、中心部の高反射領域 202 では第 1 のレリーフ層 1360、第 2 のレリーフ層 1362 がエッチングされており、周辺部の低反射率領域 204 では第 1 のレリーフ層 1360 が残っている。

【0056】

低反射領域における第 1 のレリーフ層 1360 と第 2 のレリーフ層 1362 との光学厚さの合計、第 3 のレリーフ層 1364 とその直下の高屈折率層との光学厚さの合計は、それぞれ所望の表面レリーフ構造特性が得られるように設計されている。

例えば、それぞれ $\lambda/4$ または $\lambda/4 + \lambda/2 \times (\text{整数})$ である。

第 1 のレリーフ層は例えば p 型の GaAs 層である。

第 2 のレリーフ層は例えば p 型の Al_{0.5}Ga_{0.5}As 層である。

第 3 のレリーフ層は例えば p 型の AlGaInP 層である。

【0057】

本実施例の垂直共振器型面発光レーザ 1200 の作製方法は、実施例 1 から実施例 3 に開示された方法と同様の方法で作製することができる。

すなわち、電流狭窄構造形成の前に第 1 のレリーフ層 1360 をエッチングし、電流狭窄構造形成の後に第 2 のレリーフ層 1362 をエッチングし、表面レリーフ構造を形成する方法で作製できる。

凹型表面レリーフの場合は、第 1 のレリーフ層 1360 および第 2 のレリーフ層 1362 が残っている領域で反射率が低い。

そして、反射率が低い面というのは反射率が高い面に比べより空気との界面位置の精度が必要である場合がある。

したがって、第 2 のレリーフ層 1362 のエッチングの際に第 1 のレリーフ層 1360 が少し削れる場合には、その削れる量を考慮して、第 1 のレリーフ層 1360 を予め厚くし

10

20

30

40

50

ておくことが好ましい。

例えば、最終的に第1のレリーフ層1360が20nm、第2のレリーフ層1362が25nmの凹型表面レリーフ構造を持つ面発光レーザを作製する。

その際、プロセス途中（例えば第2のレリーフ層のエッチング工程）において第1のレリーフ層が、例えば6nm削れるならば、最初のウエハの段階で第1のレリーフ層は26nmとしておくことが好ましい。

【0058】

〔実施例5〕

実施例5においては、本発明の垂直共振器型面発光レーザを適用して構成した光学機器の構成例について説明する。

実施例1から実施例4に開示された面発光レーザおよびその作製方法は、いずれも面発光レーザアレイおよびその作製方法に適用できる。

さらに、前記面発光レーザアレイの応用の一例として、前記面発光レーザによるレーザアレイを用いた光学機器を構成することができる。

面発光レーザアレイは、面発光レーザがウエハ上に1次元または2次元的に複数個配置されモノリシックに形成されたものである。

面発光レーザの素子間隔は例えば50μmである。

一般に面発光レーザアレイデバイスでは、アレイ内で個々のレーザの特性がばらついていないことが求められる場合が多い。

同時に生産の観点からは高い歩留まり（1枚のウエハから所望のアレイデバイスが多くできること、およびどのウエハからも安定して所望のデバイスができること）が要求される。

すなわち、ウエハ内、またウエハ間で均一の特性のアレイデバイスが得られることが望ましい。

【0059】

本発明によれば、表面レリーフ構造と電流狭窄構造との位置が同時に決められるため、位置合わせにおけるいわゆるθずれの問題がないから、アレイ内およびウエハ内での素子特性のばらつきが抑えられる。

また、表面レリーフ構造を2段階に分けて形成することで、表面レリーフ構造へのプロセス中のダメージによる特性変化を軽減できるから、ウエハ間でのばらつきの少ないアレイデバイスを実現できる。

【0060】

ここでは、光学機器として、本発明の垂直共振器型面発光レーザによる赤色面発光レーザアレイを用いて構成した画像形成装置の構成例について説明する。

図14に、本発明による面発光レーザアレイを実装した電子写真記録方式の画像形成装置の構造図を示す。

図14(a)は画像形成装置の平面図であり、図14(b)は同装置の側面図である。

図14において、1700は感光ドラム、1702は帯電器、1704は現像器、1706は転写帯電器、1708は定着器、1710は回転多面鏡、1712はモータである。

また、1714は垂直共振器型面発光レーザアレイ、1716は反射鏡、1720はコーリメータレンズ及び1722はf-θレンズである。

図14において、モータ1712は回転多面鏡1710を回転駆動するものである。

【0061】

本実施例における回転多面鏡1710は、6つの反射面を備えている。

垂直共振器型面発光レーザアレイ1714は、記録用光源となるものであり、レーザドライバ（図示せず）により画像信号に応じて点灯または消灯するように構成されている。

こうして光変調されたレーザ光は、垂直共振器型面発光レーザアレイ1714からコーリメータレンズ1720を介し回転多面鏡1710に向けて照射される。

回転多面鏡1710は矢印方向に回転していて、垂直共振器型面発光レーザアレイ1714から出力されたレーザ光は、回転多面鏡1710の回転に伴い、その反射面で連続的に

出射角度を変える偏向ビームとして反射される。

この反射光は、 $f-\theta$ レンズ 1722 により歪曲収差の補正等を受け、反射鏡 1716 を経て感光ドラム 1700 に照射され、感光ドラム 1700 上で主走査方向に走査される。このとき、回転多面鏡 1710 の 1 面を介したビーム光の反射により、感光ドラム 1700 の主走査方向に垂直共振器型面発光レーザアレイ 1714 に対応した複数のライン分の画像が形成される。

【0062】

本実施例においては、 4×8 の垂直共振器型面発光レーザアレイ 1714 を用いており、32 ライン分の画像が形成される。

感光ドラム 1700 は、予め帯電器 1702 により帯電されており、レーザ光の走査により順次露光され、静電潜像が形成される。

また、感光ドラム 1700 は矢印方向に回転していて、形成された静電潜像は、現像器 1704 により現像され、現像された可視像は転写帯電器 1706 により、転写紙（図示せず）に転写される。

可視像が転写された転写紙は、定着器 1708 に搬送され、定着を行った後に機外に排出される。

【0063】

回転多面鏡 1710 の各反射面で反射されたレーザ光は、ライン走査に先立って BD センサにより検出される。

この検出信号は、主走査方向の走査開始基準信号としてタイミングコントローラ（図示せず）に入力され、この信号を規準として各ラインにおける走査方向の書き出し開始位置の同期が取られる。

なお、本実施例では、 4×8 垂直共振器型面発光レーザアレイを用いたが、これに限定されるものではなく、 $m \times n$ 垂直共振器型面発光レーザアレイ（ m, n ：自然数（0 は含まず））であっても良い。

なお、半導体材料や電極材料、誘電体材料などは実施例で開示された材料に限るものではなく、本発明の主旨を外れないものであれば他の材料の利用ももちろん可能である。

また、面発光レーザの作製方法も、本発明の範囲内であれば他の工程の追加・置き換え（例えば洗浄工程を途中に入れる等）が可能である。

また、実施例にて開示された半導体や誘電体のエッチングに用いるエッチャントも本発明の範囲内ならば何でも良い。

例えば、第 2 のレリーフ層のエッチングにはアンモニア水（28%）だけでなく、NaOH 水溶液、KOH 水溶液などのアルカリ溶液、アンモニウム塩溶液、フッ酸系などの酸系エッチャントなども利用できる。

【0064】

また、本実施例では、表面レリーフ構造によるモード制御について、0 次の横モードを単一モード化させることを目的としたため、光出射領域の中心部と周辺部という 2 領域を分けるレリーフ構造であった。

しかし、表面レリーフ構造を利用して 0 次モードの発振を抑え、他の特定の高次モードを発振させることも可能である。

また、表面レリーフ構造の形状、大きさは、所望の光学特性の面発光レーザを得るためにさまざまなものを取りることができる。

【0065】

なお、上記説明では、光学機器として画像形成装置を構成した例について説明したが、本発明はこのような構成に限定されるものではない。

例えば、本発明の垂直共振器型面発光レーザを適用して構成した光源を用い、該光源からの光を画像表示体上に入射させ、画像の表示をするようにしてプロジェクションディスプレイ等の光学機器を構成するようにしてもよい。

【0066】

[実施例 6]

10

20

30

40

50

実施例 6 においては、フォトリソグラフィを構成する多数のエッチング孔にて光モードを制御する垂直共振器型面発光レーザの構成例について説明する。

図 15 に、本実施例の垂直共振器型面発光レーザの構成を説明する断面図を示す。

図 15 において、1890 はフォトリソグラフィを構成する多数のエッチング孔である。

本発明において、表面レリーフのエッチング部分の数は、1 つに限らず複数でも良い。

また、本発明は、例えば図 15 のようにいわゆるフォトリソグラフィ面発光レーザと呼ばれるような、多数のエッチング孔 1890 にて光モードを制御する垂直共振器型面発光レーザにも適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0067】

【図 1】本発明の実施例 1 及び実施例 2 における垂直共振器型面発光レーザを説明する断面図。

【図 2】従来例における選択酸化技術を用いた面発光レーザを説明する断面図。

【図 3】従来例である非特許文献 1 及び特許文献 1 における表面レリーフ構造について説明する概略図であり、図 3 (a) は凸型表面レリーフ構造、図 3 (b) は凹型表面レリーフ構造を示す図。

【図 4】従来例である非特許文献 1 におけるセルフアライメントプロセスについて説明する概略図。

【図 5】本発明の実施例 1 における光表面レリーフ構造およびその付近を上から見た平面図。

【図 6】本発明の実施例 1 及び実施例 2 における表面レリーフ構造を説明する断面図。

【図 7】本発明の実施例 1 における垂直共振器型面発光レーザの製造方法を説明する図であり、図 7 (a) から図 7 (i) は上記面発光レーザの製造工程を示す図。

【図 8】本発明の実施例 2 における垂直共振器型面発光レーザの製造方法を説明する図であり、図 8 (a) から図 8 (i) は上記面発光レーザの製造工程を示す図。

【図 9】本発明の実施例 2 における垂直共振器型面発光レーザの製造方法を説明する図であり、図 9 (j) から図 9 (m) は図 8 に示す上記面発光レーザの製造工程に続く製造工程を示す図。

【図 10】本発明の実施例 3 おける光出射領域および上部電極付近の表面レリーフ構造の断面図。

【図 11】本発明の実施例 3 おける垂直共振器型面発光レーザの製造方法を説明する工程図。

【図 12】本発明の実施例 4 における垂直共振器型面発光レーザを説明する断面図。

【図 13】本発明の実施例 4 における表面レリーフ構造の断面図。

【図 14】本発明の実施例 5 おける垂直共振器型面発光レーザによるレーザアレイを備えた画像形成装置を示す図。

【図 15】本発明の実施例 6 における垂直共振器型面発光レーザを説明する断面図。

【図 16】従来例である非特許文献 2 におけるレリーフのエッチングの深さによって、光モードに与える影響が変化する様子を示す図。

【符号の説明】

【0068】

100、200、600、1200、1800：面発光レーザ

102：下部電極

104：基板

110：活性層

108：下部スペーサ層

112：上部スペーサ層

106：下部ラー

114：上部ミラー

115：高 A1 組成層

10

20

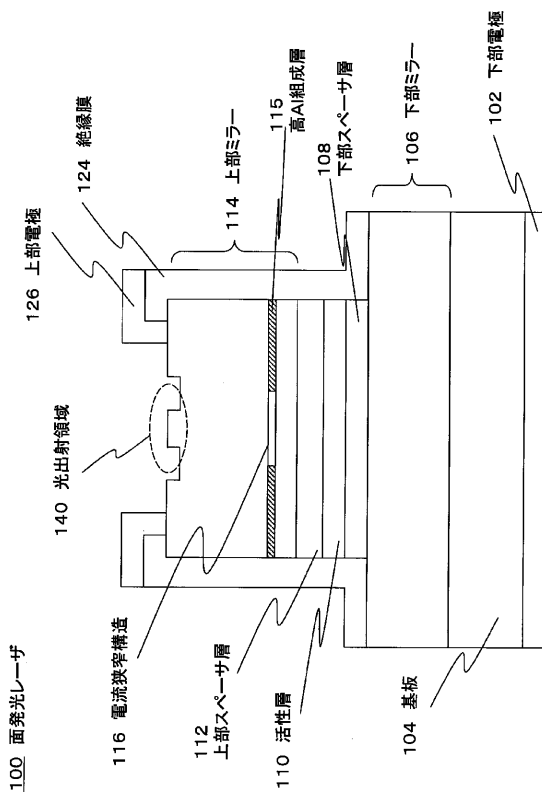
30

40

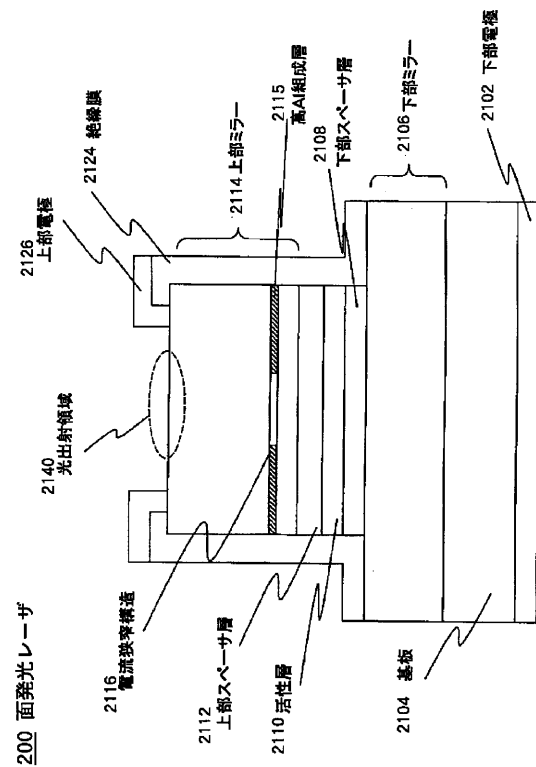
50

- 116 : 電流狭窄構造
- 124 : 絶縁膜
- 126 : 上部電極
- 140 : 光出射領域
- 202 : 高反射領域
- 204 : 低反射領域
- 206 : 高屈折率層
- 208 : 低屈折率層
- 210 : 基本横モード光分布
- 410、830 : 第1のレジスト
- 420、832 : 第2のレジスト
- 650、950 : 表面レリーフ構造
- 760、1360 : 第1のレリーフ層
- 762、1362 : 第2のレリーフ層
- 764、1364 : 第3のレリーフ層
- 600 : 面発光レーザー
- 810 : 第1の誘電体膜
- 812 : 第2の誘電体膜

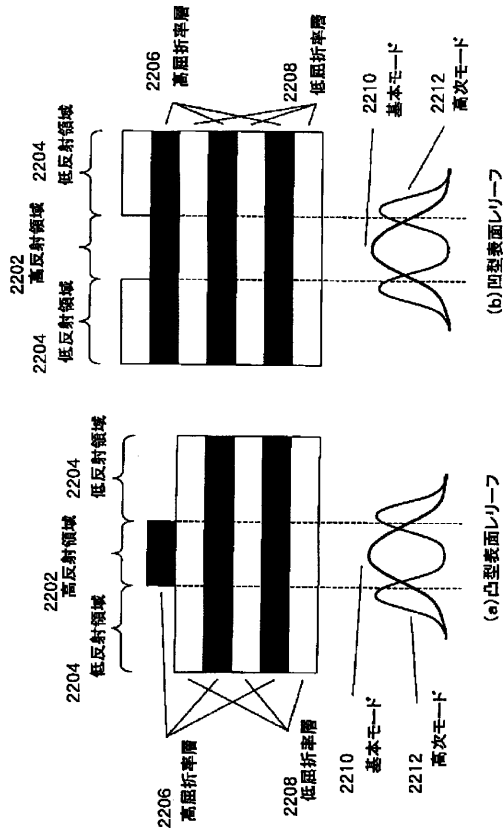
【図1】



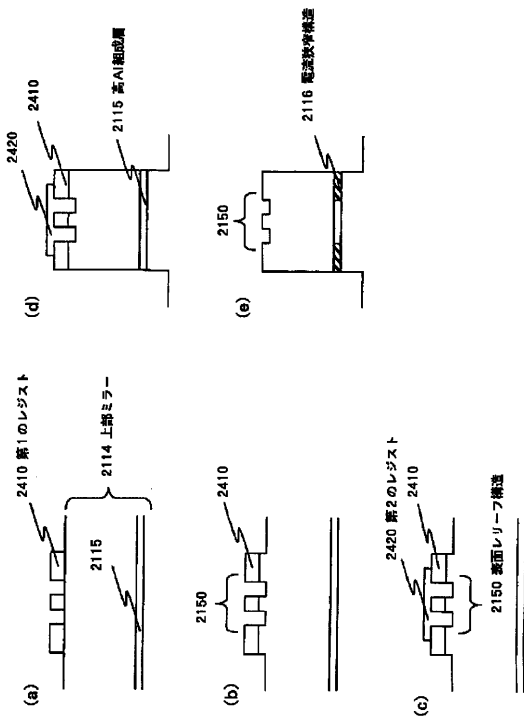
【図2】



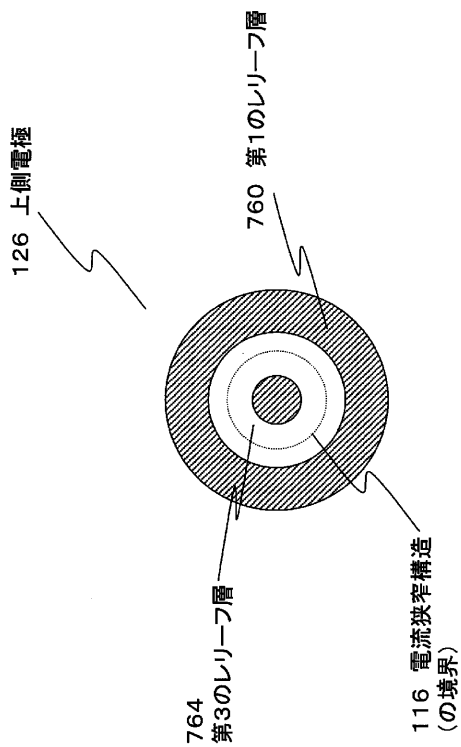
【図 3】



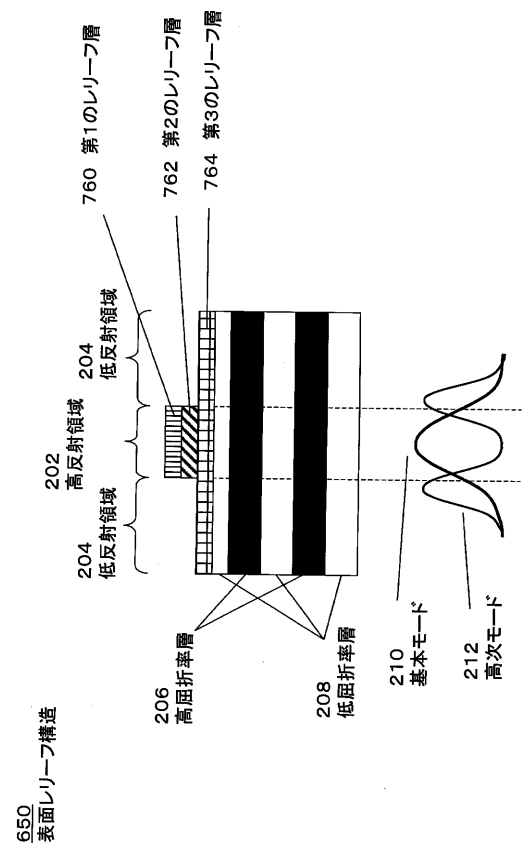
【図 4】



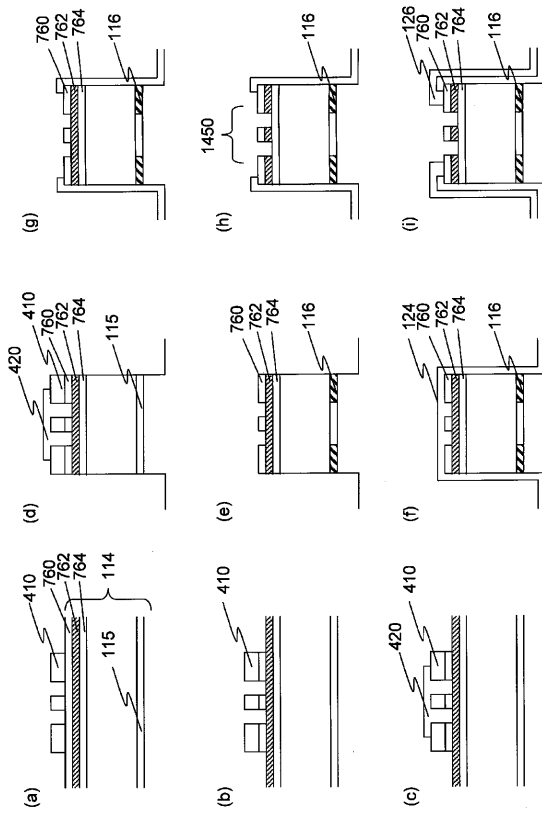
【図 5】



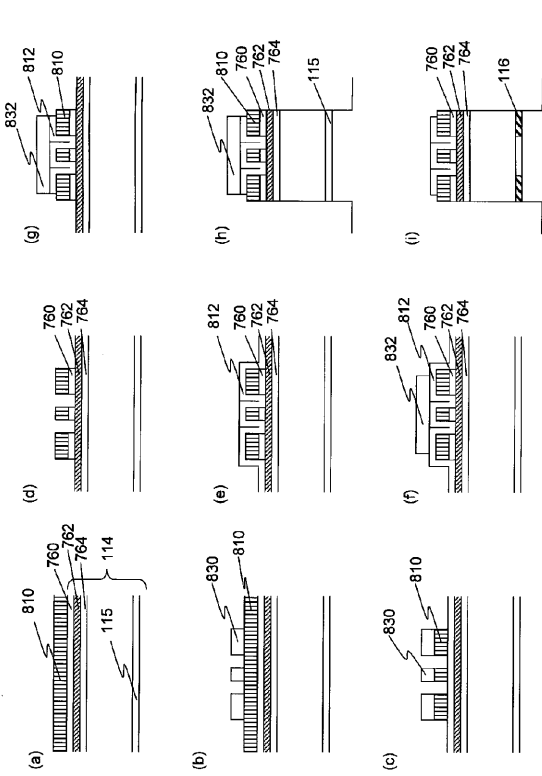
【図 6】



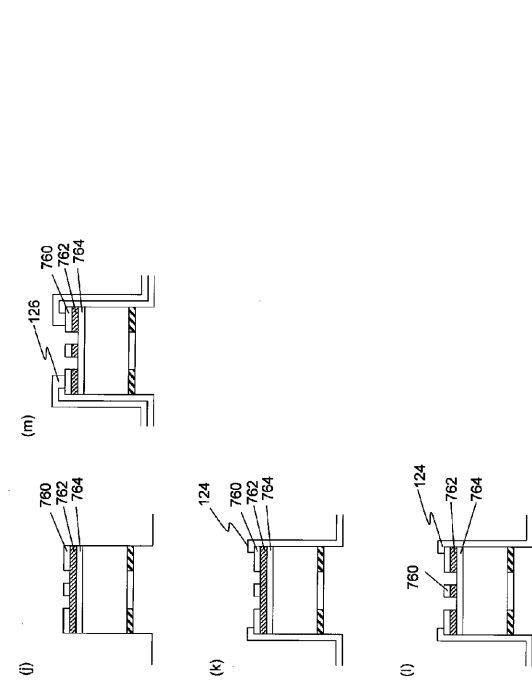
【図 7】



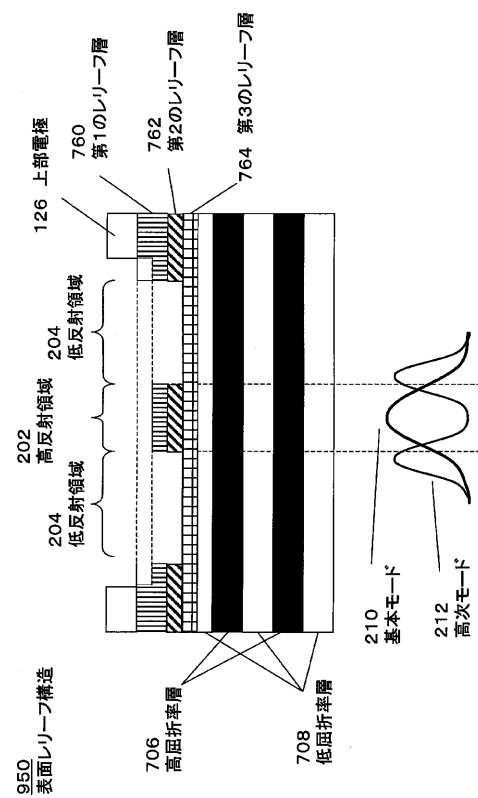
【図 8】



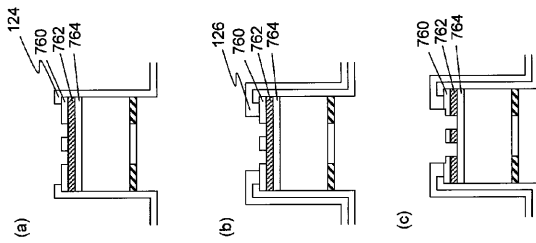
【図 9】



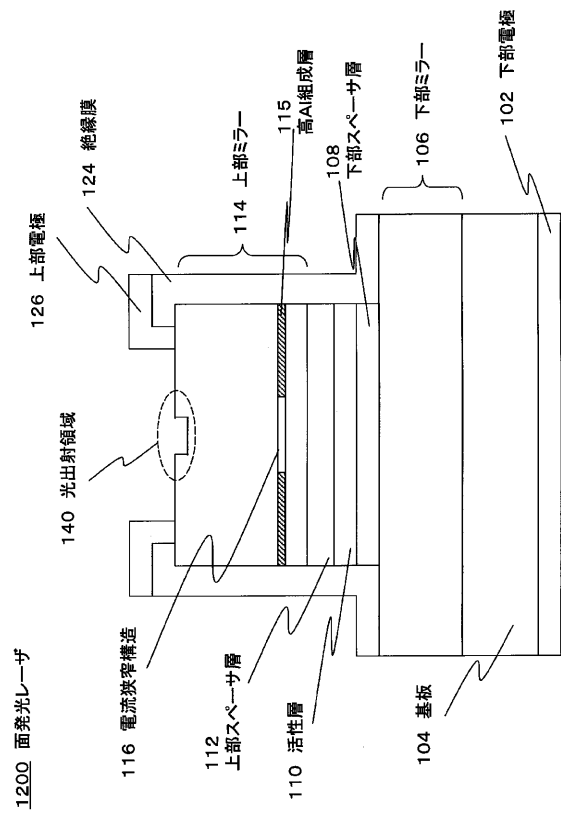
【図 10】



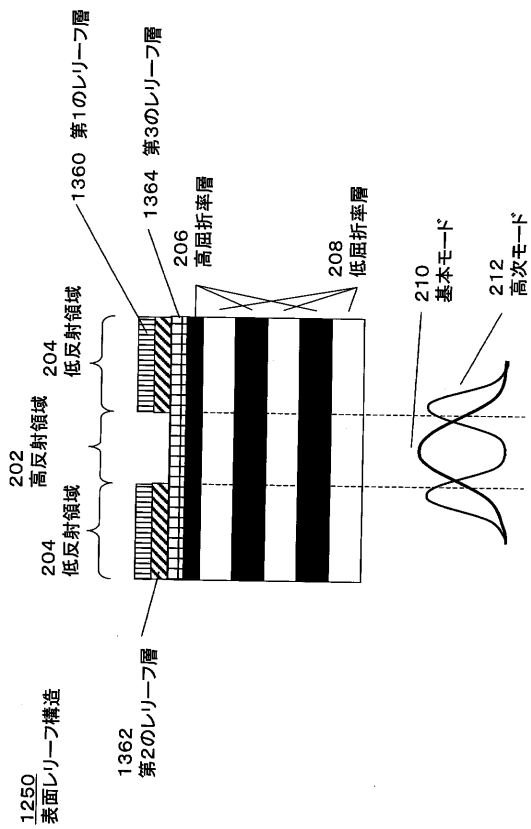
【図 1 1】



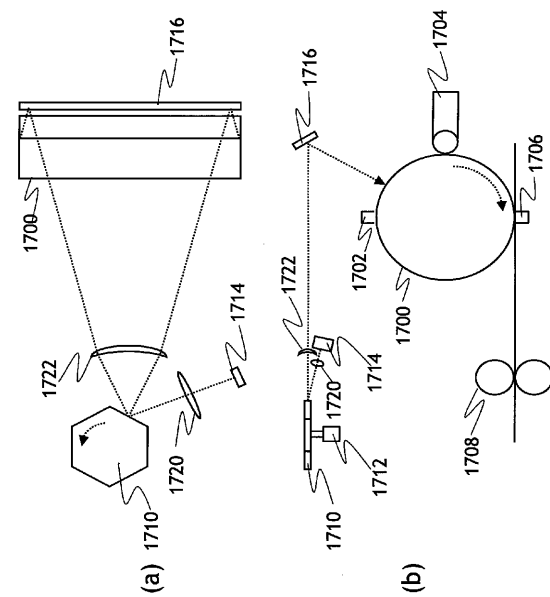
【図 1 2】



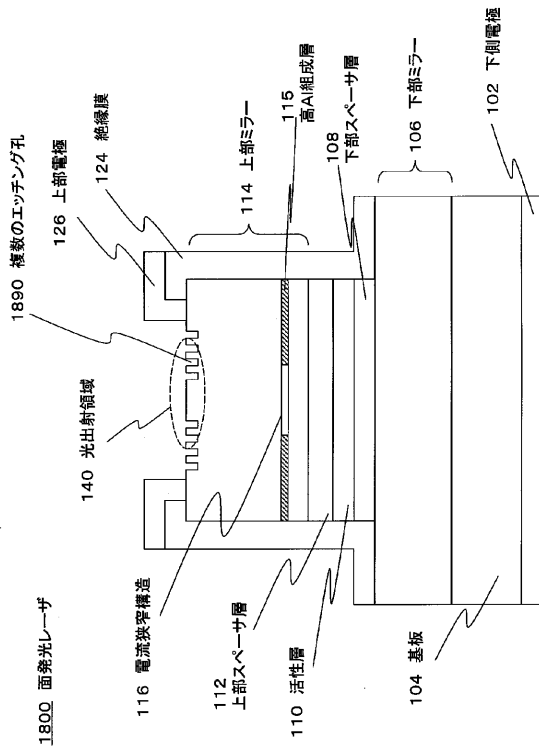
【図 1 3】



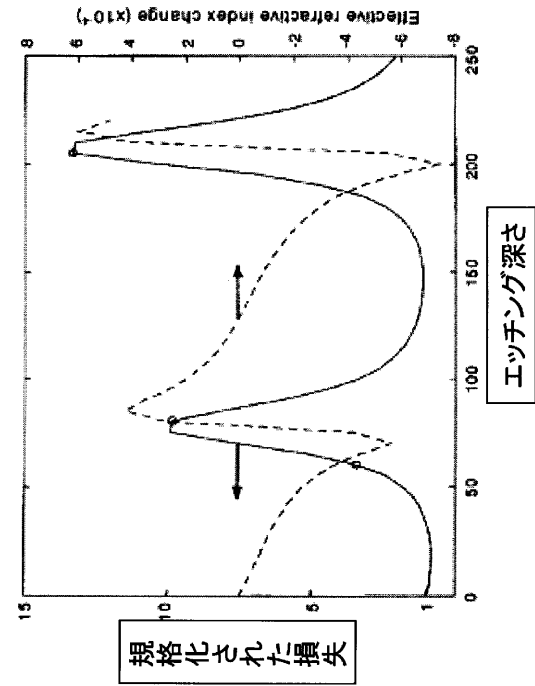
【図 1 4】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F173 AC03 AC13 AC26 AC35 AC42 AC52 AD05 AG05 AH08 AP05
AP32 AP33 AP36 AP67 AR33 AR92