

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5214844号
(P5214844)

(45) 発行日 平成25年6月19日(2013.6.19)

(24) 登録日 平成25年3月8日(2013.3.8)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 S 5/022 (2006.01)

H O 1 S 5/022

H O 1 S 5/223 (2006.01)

H O 1 S 5/223

請求項の数 10 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2005-95375 (P2005-95375)
 (22) 出願日 平成17年3月29日(2005.3.29)
 (65) 公開番号 特開2006-278694 (P2006-278694A)
 (43) 公開日 平成18年10月12日(2006.10.12)
 審査請求日 平成19年9月14日(2007.9.14)
 審判番号 不服2012-5313 (P2012-5313/J1)
 審判請求日 平成24年3月21日(2012.3.21)

(73) 特許権者 301005371
 日本オクラロ株式会社
 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町2 1 6 番地
 (74) 代理人 110000154
 特許業務法人はるか国際特許事務所
 (72) 発明者 井上 裕隆
 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町2 1 6 番地
 日本オブネクスト株式会社内
 (72) 発明者 斉藤 和徳
 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町2 1 6 番地
 日本オブネクスト株式会社内
 (72) 発明者 濱田 博
 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町2 1 6 番地
 日本オブネクスト株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光半導体装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光半導体素子と支持基板とが接合して構成される光半導体装置であって、

前記光半導体素子は、半導体基板と、前記半導体基板の第1の面に形成され、レーザ発振する共振器が形成される多層の半導体層と、第1の電極と、前記第1の面とは反対面に形成された第2の電極と、を有し、

前記支持基板は、前記光半導体素子の前記第1の電極を固定するための、導体層からなる素子固定部と、接合材と、を有し、

前記第1の電極は、導体層を多層に積層したものであり、前記素子固定部に固定される側から順に、第3の導体層、第2のバリアメタル層、第2の導体層、第1のバリアメタル層、第1の導体層で形成されており、

前記第1のバリアメタル層は、前記第2の導体層の材料が、前記第1の導体層および前記多層の半導体層へと拡散することを防止するものであり、

前記第2の導体層は、Auメッキにより形成された厚膜のAu層であり、

前記第3の導体層は、蒸着によって形成され、前記第2の導体層よりも薄い均一な膜厚のAu層であり、

前記第2のバリアメタル層は、前記接合材とは反応せず、

前記接合材と前記第1の電極の前記第3の導体層とが相互に反応して反応層を形成し、前記光半導体素子と前記支持基板とが接合していることを特徴とする光半導体装置。

【請求項 2】

10

20

前記光半導体素子の前記多層の半導体層中に活性層が設けられ、
前記活性層と前記半導体基板との間の各半導体層は、第 1 導電型の半導体層であり、
前記活性層と前記第 1 の電極との間の各半導体層は、第 2 導電型の半導体層であること
を特徴とする請求項 1 に記載の光半導体装置。

【請求項 3】

前記半導体基板は G a A s 基板であり、
前記第 1 の電極に接触する前記多層の半導体層の最上層は G a A s 層であり、前記支持
基板は A l N 基板であり、
前記第 1 の電極の前記第 3 の導体層は A u 層であり、
前記第 1 の電極の前記第 2 のバリアメタル層は N i 層，P t 層，P d 層，M o 層のうち
のいずれかの導体層であることを特徴とする請求項 1 に記載の光半導体装置。

10

【請求項 4】

前記第 1 の導体層は T i 層であり、
前記第 1 のバリアメタル層は P t 層であり、
前記第 2 のバリアメタル層は N i 層または P t 層であることを特徴とする請求項 3 に記
載の光半導体装置。

【請求項 5】

前記光半導体素子は、さらに、絶縁膜を有し、
前記光半導体素子の前記多層の半導体層は、前記半導体基板上に順次積層されるバッ
ファ層，第 1 クラッド層，活性層，第 2 クラッド層及びコンタクト層で形成され、
前記コンタクト層から前記第 2 クラッド層まで到達する 2 本の分離溝によって、前記 2
本の分離溝の間にリッジが形成され、
前記リッジの最上層に形成される前記コンタクト層が前記第 1 の電極に接続され、
前記コンタクト層の前記分離溝に臨む側部には、前記分離溝に向かって徐々に側部の厚
さが薄くなるように上面に斜面が設けられ、
前記半導体基板の第 1 の面側において、
前記リッジの前記分離溝に臨む各側面から、前記分離溝を含みかつ前記分離溝を越えて
前記半導体基板側縁に至る部分までが、前記絶縁膜に覆われ、
前記リッジを構成する前記コンタクト層及び前記絶縁膜が、前記第 1 の導体層に覆われ
ていることを特徴とする請求項 1 に記載の光半導体装置。

20

30

【請求項 6】

前記リッジを構成する前記コンタクト層を覆う前記第 1 の導体層と、前記リッジの側面
を覆う前記絶縁膜とは連続して繋がり、
前記リッジを構成する前記コンタクト層の表面は、前記第 1 の導体層及び前記絶縁膜か
ら露出していないことを特徴とする請求項 5 に記載の光半導体装置。

【請求項 7】

前記半導体基板は G a A s 基板からなり、
前記バッファ層は G a A s 層からなり、
前記第 1 クラッド層は A l G a I n P 層からなり、
前記活性層は A l G a I n P 層を障壁層とし、G a I n P 層を井戸層とする多重量子井
戸構造からなり、
前記第 2 クラッド層は A l G a I n P 層からなり、
前記コンタクト層は G a A s 層からなり、
前記半導体基板の第 1 の面は G a A s 結晶の結晶面 (0 0 1) に対して傾斜する結晶面
となり、
前記コンタクト層の上面側部の前記斜面は G a A s 結晶の結晶面 (1 1 1) であることを
特徴とする請求項 5 に記載の光半導体装置。

40

【請求項 8】

前記光半導体素子は、さらに、絶縁膜を有し、
前記光半導体素子の前記多層の半導体層は、前記半導体基板上に順次積層されるバッ

50

ァ層，第１クラッド層，活性層，第１の第２クラッド層，エッチストップ層，第２の第２クラッド層及びコンタクト層で形成され、

前記コンタクト層から前記エッチストップ層まで到達する２本の分離溝によって、前記２本の分離溝の間にリッジが形成され、

前記リッジの最上層に形成される前記コンタクト層が前記第１の電極に接続され、

前記コンタクト層の前記分離溝に臨む側部には、前記分離溝に向かって徐々に側部の厚さが薄くなるように上面に斜面が設けられ、

前記半導体基板の第１の面側において、

前記リッジの前記分離溝に臨む各側面から、前記分離溝を含みかつ前記分離溝を越えて前記半導体基板側縁に至る部分までが、前記絶縁膜に覆われ、

前記リッジを構成する前記コンタクト層及び前記絶縁膜が、前記第１の導体層に覆われていることを特徴とする請求項１に記載の光半導体装置。

【請求項９】

前記半導体基板はＧａＡｓ基板からなり、

前記バッファ層はＧａＡｓ層からなり、

前記第１クラッド層はＡｌＧａＩｎＰ層からなり、

前記活性層はＡｌＧａＩｎＰ層を障壁層とし、ＧａＩｎＰ層を井戸層とする多重量子井戸構造からなり、

前記第１の第２クラッド層はＡｌＧａＩｎＰ層からなり、

前記エッチストップ層はＧａＩｎＰ層からなり、

前記第２の第２クラッド層はＡｌＧａＩｎＰ層からなり、

前記コンタクト層はＧａＡｓ層からなり、

前記半導体基板の第１の面はＧａＡｓ結晶の結晶面（００１）に対して傾斜する結晶面となり、

前記コンタクト層の上面側部の前記斜面はＧａＡｓ結晶の結晶面（１１１）であることを特徴とする請求項８に記載の光半導体装置。

【請求項１０】

前記第２の導体層の厚さは３μｍであり、前記第３の導体層の厚さは０．２５μｍであることを特徴とする請求項１に記載の光半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は光半導体装置に係わり、例えば、リッジ構造のレーザダイオード（ＬＤ）の製造技術に適用して有効な技術に関する。

【背景技術】

【０００２】

光半導体素子としての半導体レーザ（ＬＤ）は、光通信システムの光源や情報処理機器の光源として多用されている。ＣＤ、ＤＶＤ機器、レーザプリンタ、ＰＯＳ、バーコードリーダをはじめ、文書ファイルシステムなどの情報処理機器の光源として可視光半導体レーザが使用されている。

【０００３】

半導体レーザ素子（光半導体素子）は、半導体基板の第１の面にエピタキシャル成長によって多層の半導体層（多層成長層）を形成した構造になっている。多層成長層の中層には活性層が設けられている。そして、活性層を挟む層の一方を第１導電型の半導体層とし、他方を第２導電型の半導体層とすることによってｐｎ接合（ｐｎジャンクション）を形成している。また、レーザ発振をさせるための共振器（光導波路）を形成するために、電極を細く形成したり、あるいはリッジ構造を採用する等種々の構造が採用されている。半導体レーザ素子は、アノード電極（ｐ電極）と、カソード電極（ｎ電極）を有することから、半導体レーザ素子の同一面側に配置される構造、または半導体レーザ素子の表裏面のそれぞれに分けて配置する構造が採用されている。

【 0 0 0 4 】

半導体レーザ素子（半導体レーザチップ）を、パッケージ内に配置されるサブマウントに固定する場合、AuSn等の半田によって固定している（例えば、非特許文献１）。

【 0 0 0 5 】

【非特許文献１】培風館発行、「半導体レーザ（基礎と応用）」、伊藤良一・中村道治著、２３１頁。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

DVDの光源に使用する高出力半導体レーザにおいては、レーザ光の偏光特性の向上が重要になってきている。解析を進める中で、偏光特性については、半導体レーザ素子（半導体レーザチップ）をサブマウントと呼称される支持基板に接合材を介して固定する際の半導体レーザチップの電極材料と接合材との反応層の均一性が重要であることを本発明者は知見した。半導体レーザチップの接合（固定）においては、熱が加えられるため、接合時の熱によって電極材料と接合材が相互に反応して接合層が形成される。この層を、本明細書では反応層と呼称している。

10

【 0 0 0 7 】

一般の半導体装置の製造では、シリコンからなる半導体チップを支持板等に固定する際、半導体チップを擦りつけて（スクラブ）支持板等に固定する。このスクラブ法は半導体チップをコレットと呼称するツールで保持して固定することから接着部分は良好な状態になる。しかし、スクラブ法では、半導体チップを支持板等に擦りつけることから、半導体チップの下の接合材が半導体チップの周りにはみ出してチップ周囲に盛り上がり易い。

20

【 0 0 0 8 】

半導体レーザ素子（半導体レーザチップ）は、パッケージ内に配置されるサブマウントと呼称される熱伝導性の良好な支持基板（例えば、AlN）にAuSn等の接合材で固定されて使用される。また、レーザ発振時に発生する熱を効率的に外部に放散するため、熱発生源となるpn接合（ジャンクション）が支持基板に近接した状態（ジャンクションダウン）で固定することが多い。

【 0 0 0 9 】

半導体レーザチップを支持基板にスクラブ法で固定すると、ジャンクション位置が半導体レーザチップの接続側の面から5μm前後と距離が短いことから、半導体レーザチップの出射面（端面）から出射したレーザ光が接合材のはみ出し部分に当たり、レーザ光の放出ができなくなる。このため、ジャンクションダウンによる半導体レーザチップの固定では、このスクラブ法は採用でき難いことになる。

30

【 0 0 1 0 】

そこで、図１８に示すように、半導体レーザ素子（半導体レーザチップ）８０を支持基板（サブマウント）８７に固定する場合、支持基板８７の第１の面に形成された素子固定部（チップ固定部）８８上に接合材８９を介して半導体レーザチップ８０を載置し、かつ加熱して接合材８９で半導体レーザチップ８０を固定（接合）している。半導体レーザチップ８０は、半導体基板８１とこの半導体基板８１の第１の面に設けられた多層の半導体層８２を有し、この多層の半導体層８２の中層にレーザ発振をする共振器（光導波路）８３が形成されている。また、多層の半導体層８２上には第１の電極８４が形成され、半導体基板８１の第２の面には第２の電極８５が形成されている。従って、ジャンクションダウンの接合では、前記チップ固定部８８上に半導体レーザチップ８０の第１の電極８４が重なって接合が行われる。

40

【 0 0 1 1 】

この接合方法では、半導体レーザチップ８０を支持基板８７に擦りつけることはないのので、擦りつけによるチップ周囲の接合材８９のはみ出しによる盛り上がりは発生しなくなる。

【 0 0 1 2 】

50

しかし、この接合方法では、半導体レーザチップ 80 を支持基板 87 上に単に載せて加熱処理する方法であることから、第 1 の電極 84 の電極材料と接合材 89 とが相互に反応して形成される接合を行う反応層 90 の厚さが、図 18 に示すように、不均一になり易いことが分かった。この反応層 90 の厚さの不均一によって多層の半導体層 82 (共振器 83) の応力分布が不均一になり、レーザ光の偏光方向に影響を与えることが分かった。この偏光は、例えば、DVD 等においてはレーザ光を偏光板を通過させて使用するため、DVD の特性が変化し、製品として好ましくない。

【0013】

半導体結晶に応力が加わると、そこを導波する光の偏光方向に影響を与え、偏光角のバラツキが発生する。図 19 はレーザ光 91 の電界の振動方向を示す模式図である。光導波路 (共振器) 83 の横方向を X 方向、共振器 83 に垂直な方向を Y 方向とすると、共振器 83 が形成される多層の半導体層 82 に不均一な応力が加わらない場合には、レーザ光 91 は共振器 83 内において共振器 83 の幅方向 (X 方向) に振動しながら半導体レーザチップ 80 の両端面 (出射面) に向かって進む。この際 Y 方向の振動成分は発生しない。

【0014】

しかし、図 20 に示すように、応力 92 が多層の半導体層 82 に発生すると、共振器 83 でのレーザ光 91 の振動は Y 方向の振動成分も発生することから、出射面から出射されるレーザ光 91 は X 平面に対して なる偏光角を有するレーザ光となってしまう。

【0015】

従って、偏光角の変化を小さくするためには、応力の面内均一化が必要である。半導体レーザチップの接合における電極材料と接合材 (半田) の反応深さが不均一であると、光導波路 (共振器) 内に加わる応力分布が不均一になり、そこを導波する光 (レーザ光) の偏光方向が不規則になり、偏光角のバラツキが発生する。

【0016】

また、このような偏光方向のバラツキは、熱膨張係数が $4.6 \sim 4.7 \times 10^{-6} / K$ となる AlN サブマウント (支持基板) に、熱膨張係数が $6.5 \times 10^{-6} / K$ となる GaAs 基板を半導体基板として形成される半導体レーザチップを AuSn を用いて接合する場合発生し易いことも判明した。発振波長が 0.6 mm 帯の半導体レーザ素子では、半導体基板として GaAs を用い、半導体基板の一面に設ける多層の半導体層は InP が多く用いられるが、この InP の熱膨張係数も GaAs に近似した $4.6 \times 10^{-6} / K$ となる。熱膨張係数が $1.0 \times 10^{-6} / K$ となるダイヤモンド (C) の場合は半導体基板 (GaAs) との間の熱膨張係数差が大きく、このような現象がさらに発生し易い。

【0017】

本発明の目的は、支持基板と半導体基板の熱膨張係数差が小さい材料の組み合わせの実装において、偏光方向のバラツキが小さい偏光特性が優れた光半導体装置を提供することにある。

本発明の前記ならびにそのほかの目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面からあきらかになるであろう。

【課題を解決するための手段】

【0018】

本願において開示される発明のうち代表的なものの概要を簡単に説明すれば、下記のとおりである。

【0019】

(1) 光半導体装置は、
半導体基板と、

前記半導体基板の第 1 の面に形成され、かつレーザ発振する共振器が形成される多層の半導体層と、

前記多層の半導体層上に形成される導体層を多層に積層した第 1 の電極と、

前記半導体基板の第 1 の面の反対面となる第 2 の面に形成される第 2 の電極とを有する光半導体素子と、

10

20

30

40

50

第1の面に前記光半導体素子の前記第1の電極を固定するための導体層からなる素子固定部を有する支持基板とを有し、

前記支持基板の前記素子固定部に接合材を介して前記光半導体素子の前記第1の電極が接続され、前記接合材と前記第1の電極を構成する前記導体層は相互に反応して反応層を形成してなる光半導体装置であって、

前記半導体基板と前記支持基板との接合は、

前記半導体基板に対して熱膨張係数差が $\pm 50\%$ 以内での前記支持基板の接合であり、

前記第1の電極の最上層の前記導体層の内側には前記接合材と反応しない第2のバリアメタル層が形成され、前記最上層の前記導体層は前記接合材と反応して前記反応層を形成していることを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0020】

本願において開示される発明のうち代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば、下記のとおりである。

前記(1)の手段によれば、前記第1の電極の最上層の前記導体層の内側には前記接合材と反応しない第2のバリアメタル層が形成され、前記最上層の前記導体層と前記接合材は反応して前記反応層を形成する。接合材は前記第2のバリアメタル層と反応しないことから、前記反応層は前記最上層の導体層だけとなる。この結果、反応層の厚さの均一化が可能になる。また、前記最上層の導体層の厚さを均一の厚さに形成しておけば、前記反応層の厚さは均一になる。後述するが、前記最上層の導体層及び前記第2のバリアメタル層は蒸着で形成することから、厚さバラツキは極めて小さく厚さは面内で均一となる。

20

【0021】

支持基板に接合材を介して接合する光半導体素子の接合部分である反応層の厚さがばらつかず、かつ均一になることから、共振器(光導波路)に不均一な応力が加わらなくなり、レーザ光の偏光方向のバラツキが発生し難くなる。この結果、光半導体装置の偏光特性の向上が図れることになる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

以下、図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。なお、発明の実施例を説明するための全図において、同一機能を有するものは同一符号を付け、その繰り返しの説明は省略する。

30

【実施例1】

【0023】

図1乃至図12は本発明の実施例1である光半導体装置(半導体レーザ装置)に係わる図である。本実施例1では、 $0.6\mu\text{m}$ 帯の赤色半導体レーザの製造に本発明を適用した例について説明する。また、本実施例1では第1導電型としてn型(N型)、第2導電型としてp型(P型)の波長が 650nm 帯の半導体レーザ素子を組み込んだ光半導体装置(半導体レーザ装置)の例について説明する。半導体レーザ素子はGaAs基板上にAlGaInP, GaInP, GaAs等からなる多層の半導体層を形成した構造となる。

【0024】

40

本実施例1の具体的な光半導体装置を説明する前に、図1の模式図を参照しながら、本発明の特徴について説明する。図1は図18に対応する図面である。図1は光半導体装置のパッケージ内に配置される支持基板(サブマウント)22に光半導体素子(半導体レーザ素子)1を固定した部分を示すものである。

【0025】

図1に示すように、光半導体素子(半導体レーザ素子)1をAlNからなる支持基板(サブマウント)22に固定する場合、支持基板22の第1の面に形成された素子固定部(チップ固定部)23上にAuSn半田からなる接合材24を介して半導体レーザ素子(半導体レーザチップ)1を載置し、かつ加熱して接合材24で半導体レーザチップ1を固定(接合)している。

50

【0026】

半導体レーザチップ1は、第1導電型(n型)のGaAsからなる半導体基板2と、この半導体基板2の第1の面に設けられた多層の半導体層13を有し、この多層の半導体層13の中層にレーザ発振をする共振器14が形成されている。また、多層の半導体層13上には第1の電極15が形成され、半導体基板2の第2の面には第2の電極16が形成されている。従って、ジャンクションダウンの接合では、前記チップ固定部23上に半導体レーザチップ1の第1の電極15が重なって接合が行われる。

【0027】

本実施例1では、第1の電極15を複数の導体層を積層した構造とするが、この第1の電極15の最上層の導体層の内側にNi層からなる第2のバリアメタル層33を形成する。最上層の導体層はAu層となり、接合材24であるAuSn半田と反応し反応層25を形成する。本実施例1では、後述するが、第2のバリアメタル層33及びこの第2のバリアメタル層33上の最上層の導体層であるAu層は、共に蒸着によって形成されるため、その厚さは均一となる。

10

【0028】

半導体レーザ素子1を支持基板22に固定する際の熱によって、前述のように、最上層の導体層であるAu層と接合材24であるAuSn半田が反応して反応層25を形成するが、AuSn半田は第2のバリアメタル層33とは反応しないことから、反応層25は均一な厚さになる。反応層25の厚さが均一になることから、多層の半導体層13内に形成される共振器(光導波路)14に応力が加わり難くなり、共振器14の端面(出射面)から出射されるレーザ光の偏光方向のバラツキが小さくなる。

20

【0029】

つぎに、半導体レーザ素子(半導体レーザチップ)1について説明する。図2は半導体レーザ素子1の特徴が分かりやすいように模式的に示した図である。

【0030】

光半導体素子(半導体レーザ素子)1は、図2の概要図に示すように、半導体基板2の第1の面(図1では上面)上に化合物半導体からなる多層の半導体層(多層成長層)13を有している。この多層成長層は、半導体基板2の第1の面上に順次形成されるn型バッファ層3、n型クラッド層(第1クラッド層)4、活性層5、p型クラッド層(第1の第2クラッド層)6、p型エッチストップ層7、p型クラッド層(第2の第2クラッド層)8、p型コンタクト層9を有している。半導体基板1は厚さ100 μ m弱のGaAs基板からなっている。n型バッファ層3は厚さ0.5 μ mのGaAs層で形成され、n型クラッド層(第1クラッド層)4は厚さ2.0 μ mのAlGaInPで形成されている。活性層5は、障壁層が厚さ5nmのAlGaInP層からなり、井戸層が厚さ6nmのGaInP層からなり、井戸層が3層となる多重量子井戸構造となっている。p型クラッド層は下層となるp型クラッド層(第1の第2クラッド層)6と、上層となるp型クラッド層(第2の第2クラッド層)8により形成され、p型クラッド層6とp型クラッド層8の間にはp型エッチストップ層7が形成されている。p型クラッド層(第1の第2クラッド層)6は厚さ0.3 μ mのAlGaInP層からなり、p型エッチストップ層7は厚さ5nmのGaInP層からなり、p型クラッド層(第2の第2クラッド層)8は厚さ1.2 μ mからなるAlGaInP層からなっている。また、p型コンタクト層9は厚さ0.4 μ mのGaAs層で形成されている。

30

40

【0031】

半導体基板2の、多層の半導体層13を形成する第1の面は前述のように、GaAs結晶の結晶面(001)に対して ほど傾斜する結晶面となっている。前記 は10°であり、半導体基板2の第1の面は<001>方向となっている。

【0032】

半導体基板2の第1の面側には、2本の分離溝11a, 11bがp型コンタクト層9の上面からp型クラッド層(第2の第2クラッド層)8の下面に至るまで形成され、分離溝11a, 11bの底はエッチストップ層7で形成される構造になっている。2本の分離溝

50

11a, 11bで挟まれる部分はストライプ状のリッジ(突条)12となる。このリッジ12の幅は2 μ m程度である。リッジ12は断面が四角形となる帯状(ストライプ状)のp型クラッド層(第2の第2クラッド層)8で形成される部分と、この上に重なるp型コンタクト層9で形成される四角形のリッジ部コンタクト層9aとからなっている。また説明の便宜上分離溝11a, 11bの外側に広がる部分をフィールドと呼称する。

【0033】

リッジ12は、2本の分離溝11a, 11bをエッチングによって形成するが、本実施例1ではp型クラッド層(第2の第2クラッド層)8をエッチングして分離溝11a, 11bを形成する際、2回のエッチングを行う。1回目のエッチングはリッジ部コンタクト層9aをマスクとするドライエッチングであり、分離溝11a, 11bの大方の形状を形成する。ドライエッチングはエッチング底の隅部が良好にエッチングされず除去予定部分が残留することから、この残留部分のエッチングと分離溝11a, 11bの断面形状を整えるために、2回目のエッチングをウエットエッチングで行う。

【0034】

p型クラッド層(第2の第2クラッド層)8はリッジ部コンタクト層9aをマスクとするエッチングで形成するため、p型クラッド層(第2の第2クラッド層)8で形成されるリッジ部分の幅はリッジ部コンタクト層9aの幅よりも狭くなり、側面はリッジ部コンタクト層9aの両側先端から内側に位置することになる。換言するならば、リッジ部コンタクト層9aの両側の先端は分離溝11a, 11b側にp型クラッド層(第2の第2クラッド層)8で形成されるリッジ部分よりも突出することになる。

【0035】

また、リッジ部コンタクト層9aは、p型コンタクト層9の上面に形成したエッチング用マスクをマスクとするウエットエッチングによって形成する。この際、異方性エッチングを行うため、リッジ部コンタクト層9aの両側の上面部分は斜面17a, 17bとなる。この斜面17a, 17bはGaAs結晶面(111)となる。図1の左側端の斜面17aは右上がりの斜面となり、右側端の斜面17bは右下がりの斜面となる。この結果、リッジ部コンタクト層9aの両斜面17a, 17bと上面とのなす角度は90°よりも大きい鈍角となる。リッジ部コンタクト層9aの上面とのなす角度は図1における左側で130°程度であり、右側で110°程度である。

【0036】

一方、半導体基板の第1の面側において、リッジ12の分離溝11a, 11bに臨む各側面18, 19から分離溝11a, 11bを含みかつ分離溝11a, 11bを越えて半導体基板側縁に至る部分を覆う絶縁膜20が設けられている。また、半導体基板の第1の面側には金属からなる第1のバリアメタル層27が形成されている。この第1のバリアメタル層27はリッジ12及び分離溝11a, 11bを覆っている。

【0037】

図1及び図4に示すように、リッジ部コンタクト層9aの上面側は、上面17cと、上面17cの左側に連続して連なる斜面17aと、上面17cの右側に連続して連なる斜面17bとからなり、上面17cと斜面17a, 17bとのなす角度も鈍角となることから、リッジ部コンタクト層9aの上面側を覆う第1のバリアメタル層27は上面17cと斜面17a, 17bとの連続部分である角部上で途切れることがない。

【0038】

また、後述する製造方法から分かるが、リッジ部コンタクト層9aの両側先端部分は、リッジ12を形成するp型クラッド層(第2の第2クラッド層)8の側面を覆う絶縁膜20上に載る構造となる。このリッジ部コンタクト層9aを支えるような構造となる絶縁膜20上にはリッジ部コンタクト層9aを覆う第1のバリアメタル層27が密着し、第1のバリアメタル層27と絶縁膜20は連続して繋がる。従って、第1のバリアメタル層27と絶縁膜20は、リッジ部コンタクト層9aを含むリッジ12部分を包むように覆う構造となり、この部分での第1のバリアメタル層27の断線不良は発生しなくなる。

【0039】

他方、第1のバリアメタル層27に重なるようにAuめっき層28が設けられている。また、このAuめっき層28の上には第2のバリアメタル層33が形成されるとともに、この第2のバリアメタル層33上にAu層34が形成されている。第1の電極(p電極)15は、第1のバリアメタル層27、Auめっき層28、第2のバリアメタル層33、Au層34によって形成されている。第2のバリアメタル層33としては、Ni層、Pt層、Pd層、Mo層のうちのいずれかの導体層が選択される。本実施例1では第2のバリアメタル層33はNi層で形成されている。また、第1の電極15はさらに多層となってもよい。また、図2では省略してあるが、半導体基板2の第1の面の反対面となる第2の面には第2の電極(n電極)16が設けられている。

【0040】

10

このような半導体レーザ素子1においては、第1の電極15と第2の電極16に所定の電圧を印加することによって、リッジ12の延在方向に直交する半導体レーザ素子1の両端面からレーザ光を出射する。電流を流すことによって、リッジ12に対面するストライプ状の活性層部分が光導波路(共振器)となり、この光導波路の両端がレーザ光を出射する出射面を形成する。

【0041】

図4は実際に製造される半導体レーザ素子1を示す斜視図である。また、図5は図4のA-A線に沿う断面図を示すものである。そして、図6は図5のリッジ12部分をより明瞭に示す拡大断面図である。また、図3は支持基板22にジャンクションダウンで固定した半導体レーザチップ1の拡大断面図である。

20

【0042】

図4及び図5に示すように、実際の半導体レーザ素子1は、半導体基板2の第1の面側の両側に溝37を分離溝11a、11bと同様に形成してある。また、図3乃至図6では、半導体基板2の第1の面側に設けられる第1の電極15及び第2の面側に設けられる第2の電極16をより具体的に示してある。即ち、第1の電極15は、厚さ0.05 μ mのTi層26、第1のバリアメタル層27となる厚さ0.1 μ mのPt層、厚さ3 μ mとなるAuめっき層28、第2のバリアメタル層33となる厚さ0.2 μ mのNi層、厚さ0.25 μ mとなるAu層34と順次積層される多層構造になっている。図3に示すように、熱膨張係数が4.6~4.7 $\times 10^{-6}$ /°KとなるAlNの支持基板22に、AuSnからなる接合材24によってジャンクションダウンで半導体レーザチップ1を固定すると、第2のバリアメタル層33の反応阻止層作用により、第1の電極15を形成する最上層のAu層34のみが反応層25に変わる。このため、反応層25の厚さが均一になり、レーザ光の偏光方向のバラツキを小さくするようになる。

30

【0043】

また、半導体レーザチップ1は半導体基板2の第2の面に設けられる第2の電極16は多層構造になり、例えば、厚さ0.2 μ mのAuGeNi層38、厚さ0.2 μ mのCr層39、厚さ1.0 μ mのAu層40と順次積層されて構造になっている。

【0044】

図6に示すように、Ti層26が絶縁膜20と共にリッジ部コンタクト層9aを完全に覆っている。また、Pt層からなる第1のバリアメタル層27は、リッジ12の上面全体を段切れを起こすことなく被覆する良好な状態の図となっている。これにより、Auめっき層28とリッジ部コンタクト層9aは接触することがなく、Auがリッジ部コンタクト層9aに拡散されて半導体レーザ素子1の特性が劣化するようなこともない。

40

【0045】

図4及び図5に示す半導体レーザ素子1は、半導体基板2の第1の面側の側縁に分離溝11a、11bに沿う溝37を半導体基板2の一方の端(図4では右下端面)から他方の端(図4では左上端面)に亘って設ける構造であってもよい。この構造では、図5に示すように、溝37はp型エッチストップ層7が露出する深さ(第2クラッド層の中層)まで設けられている。そして、この溝37も絶縁膜20や第1のバリアメタル層27で覆われている。この構造では、第1の電極(p電極)22の幅を半導体レーザ素子1の幅よりも

50

狭くすることができる。

【0046】

本実施例1においては、n型バッファ層3を設けたが、n型バッファ層3を設けない構造にも適用できる。また、活性層5とp型コンタクト層9との間にp型クラッド層(第1の第2クラッド層)6、p型エッチストップ層7、p型クラッド層(第2の第2クラッド層)8を形成し、分離溝11a、11bをp型エッチストップ層7が溝底に現れるような構造としたが、活性層5とp型コンタクト層9との間にp型第2クラッド層を設け、分離溝11a、11bをp型第2クラッド層の中層部分まで設ける構造でも同様に適用することができる。

【0047】

つぎに、図2に示す構造の半導体レーザ素子1の製造方法について図7乃至図10を参照しながら説明する。本実施例1の半導体レーザ素子1は、図7のフローチャートで示すように、多層成長(S01)、GaAsコンタクト層エッチング(S02)、リッジ形成(S03)、絶縁膜形成(S04)、コンタクト形成(S05)、第1の電極形成(S06)、基板研磨(S07)、第2の電極形成(S08)の各工程を経て製造される。コンタクト形成の工程では、(a)レジスト塗布、(b)露光・現像処理、(c)エッチングの処理工程がある。また、第1の電極形成工程では、(a)一次導体層形成(第1のバリアメタル層形成)、(b)めっき、(c)二次導体層形成(第2のバリアメタル層形成)の処理工程がある。

【0048】

図8(a)~(e)は、多層成長、リッジ用CVD形成、GaAsコンタクト層エッチ、リッジ形成(ドライエッチ)、リッジ形成(ウエットエッチ)の各工程における半導体基板等の模式図である。図9(a)~(e)は、絶縁膜形成、コンタクト用レジスト塗布、コンタクト用露光・現像、コンタクト形成(CVD膜、ドライエッチ)、一次導体層形成の各工程における半導体基板等を示す模式図である。図10(a)~(d)は、Auめっき形成、二次導体層形成、基板研磨、第2の電極形成の各工程における半導体基板等を示す模式図である。図8及び図10の各工程は図7のフローチャートで示す工程をさらに分かり易く細分化して示す工程図である。

【0049】

最初に、第1の面及びこの第1の面の反対面となる第2の面を有する第1導電型(n型)のGaAsからなる半導体基板2を準備する。この半導体基板2は、多層成長層を形成する第1の面がGaAs結晶の結晶面(001)に対して(10°)ほど傾斜する結晶面となっている。半導体基板2の第1の面は<001>方向となる。

【0050】

図8(a)の多層成長では、n型GaAsからなる半導体基板2の第1の面上にMOCVD(有機金属気相成長法)によって、n型バッファ層3、n型クラッド層(第1クラッド層)4、活性層5、p型クラッド層(第1の第2クラッド層)6、p型エッチストップ層7、p型クラッド層(第2の第2クラッド層)8、コンタクト層9を一度の処理でそれぞれ所定厚さに形成する。一例であるが、n型バッファ層3は厚さ0.5μm、n型クラッド層4は厚さ2.0μm、活性層5は厚さ0.04μm、p型クラッド層(第1の第2クラッド層)6は厚さ0.3μm、p型エッチストップ層7は厚さ5nm、p型クラッド層(第2の第2クラッド層)8は厚さ1.2μm、p型コンタクト層9は厚さ0.4μmである。

【0051】

つぎに、図8(b)のリッジ用CVD形成では、CVD法によってp型コンタクト層9の上面に厚さが、例えば400nmのSiO₂膜を形成する。その後、SiO₂膜を常用のホトリソグラフィ技術とエッチング技術によってパターニングし、前記リッジ12を形成するためのストライプ状(帯状)のリッジ形成用エッチングマスク41と、このリッジ形成用エッチングマスク41からそれぞれ所定の距離離れた位置にフィールド用エッチングマスク42を形成する。

【 0 0 5 2 】

つぎに、図 8 (c) の G a A s コンタクト層エッチでは、リッジ形成用エッチングマスク 4 1 及びフィールド用エッチングマスク 4 2 をマスクとしてコンタクト層 9 をウエットエッチングによる異方性エッチングによって分離溝 1 1 a , 1 1 b を形成する部分を除去する。このエッチングによって、リッジ形成用エッチングマスク 4 1 の下にはリッジ部コンタクト層 9 a が形成され、フィールド用エッチングマスク 4 2 の下にはフィールド部コンタクト層 9 b が形成される。

【 0 0 5 3 】

エッチング液は G a A s 結晶に対して異方性エッチングを示す、P O G (燐酸 , 過酸化水素水 , エチレングリコールからなるエッチング液) を使用する。半導体基板 2 の第 1 面は G a A s 結晶の結晶面 (0 0 1) に対して ほど傾斜する結晶面となっている。このため、G a A s 層からなる p 型コンタクト層 9 も同じ結晶性を有する。異方性エッチングによってリッジ形成用エッチングマスク 4 1 の下面側に周り込んだエッチング液によって p 型コンタクト層 9 の両側はそれぞれ斜面 1 7 a , 1 7 b となる。この斜面 1 7 a , 1 7 b は G a A s 結晶面 (1 1 1) となる。図 7 (c) の左側端の斜面 1 7 a は右上がりの斜面となり、右側端の斜面 1 7 b は右下がりの斜面となる。この結果、リッジ部コンタクト層 9 a の両斜面 1 7 a , 1 7 b と上面とのなす角度は 9 0 ° よりも大きい鈍角となる。リッジ部コンタクト層 9 a の上面とのなす角度は図 1 における左側で 1 3 0 ° 程度であり、右側で 1 1 0 ° 程度である。この斜面はフィールド用エッチングマスク 4 2 の下のフィールド部コンタクト層 9 b のエッチング端にも現れる。同図の矢印はエッチング方向を示す。

【 0 0 5 4 】

つぎに、図 8 (d) のドライエッチングによるリッジ形成では、リッジ部コンタクト層 9 a 及びフィールド部コンタクト層 9 b をマスクとして p 型クラッド層 (第 2 の第 2 クラッド層) 8 をエッチングして分離溝 1 1 a , 1 1 b をさらに深くし、底面に p 型エッチストップ層 7 が現れるようにする。この分離溝 1 1 a , 1 1 b は p 型クラッド層 (第 2 の第 2 クラッド層) 8 及び p 型コンタクト層 9 を分断する。そして、この 2 本の分離溝 1 1 a , 1 1 b に挟まれた部分は帯状 (ストライプ状) のリッジ 1 2 となる。例えば、リッジ 1 2 の幅 a は、2 μ m である。また、分離溝 1 1 a , 1 1 b の幅 d は 1 0 μ m である。リッジ形成用エッチングマスク 4 1 の幅 (c) も 2 μ m である。

【 0 0 5 5 】

ドライエッチングでは、分離溝 1 1 a , 1 1 b の底隅のエッチングが不十分であることから、図 8 (e) に示すように、H F 系あるいは H C l 系のエッチング液を用いるウエットエッチによって断面が四角形となるリッジ 1 2 を形成する。この際、リッジ形成用エッチングマスク 4 1 及びフィールド用エッチングマスク 4 2 を除去した後、ウエットエッチングを行う。2 回のエッチングにより、p 型コンタクト層 9 のエッチング先端はリッジ 1 2 よりも突出 (オーバーハング) するようになる。

【 0 0 5 6 】

つぎに、図 9 (a) に示すように、リッジ 1 2 及び分離溝 1 1 a , 1 1 b 等を覆うように絶縁膜 2 0 を C V D 法によって形成する。絶縁膜 2 0 は、例えば、2 0 0 n m 厚さの S i O ₂ 膜とからなっている。S i O ₂ 膜は、垂直やオーバーハング部の構造部分を確実に被覆できる。

【 0 0 5 7 】

つぎに、図 9 (b) に示すように、リッジ 1 2 の上部を構成するリッジ部コンタクト層 9 a と電極との接続をとるためのコンタクト孔を形成するために、コンタクト用レジスト 4 3 をリッジ 1 2 及び分離溝 1 1 a , 1 1 b 等全体を覆うように塗布する。

【 0 0 5 8 】

つぎに、図 9 (c) に示すように、絶縁膜 2 0 上に常用のホトリソグラフィ技術及びエッチング技術によってリッジ 1 2 部が開口部に位置するような開口 4 4 を有するホトマスク 4 5 を形成する。そして、ホトマスク 4 5 をマスクとしてコンタクト用レジスト 4 3 を露光し、かつ現像する。これにより、リッジ 1 2 上のコンタクト用レジスト 4 3 は除去さ

れてリッジ部コンタクト層 9 a 上の絶縁膜 2 0 が露出する。また、ホトマスク 4 5 の開口 4 4 の幅 m を $12\text{ }\mu\text{m}$ 程度にすることによって、リッジ部コンタクト層 9 a の両側部分を覆う絶縁膜 2 0 部分まで露出する。なお、ホトマスク 4 5 は図 9 (c) において、分かりやすいように分離溝 1 1 a , 1 1 b 部分では浮いた状態で示してあるが、実際はコンタクト用レジスト 4 3 に密着する構造になっている。

【 0 0 5 9 】

つぎに、ホトマスク 4 5 を除去した後、コンタクト孔形成のためのステップとしてリッジ 1 2 上に露出する絶縁膜 2 0 をドライエッチによって除去する。これにより、リッジ部コンタクト層 9 a が露出する (図 9 (d) 参照) 。

【 0 0 6 0 】

つぎに、図 9 (e) に示すように、第 1 のバリアメタル層 2 7 を含む一次導体層を蒸着によって形成する。リッジ 1 2 及び分離溝 1 1 a , 1 1 b 等を覆うように蒸着によって P t からなる第 1 のバリアメタル層 2 7 を形成する。これは第 1 の電極 1 5 を構成する導体層の一部が A u で形成されるため、この A u がリッジ部コンタクト層 9 a に拡散し、半導体レーザの特性が劣化するのを防止するためである。一例をあげるならば、この蒸着では、T i , P t , A u の順で順次蒸着される。リッジ部コンタクト層 9 a と A u との接触を阻止するバリアとして P t 層及び T i 層が作用する。また、後工程で金めっきを行うことから最上層に薄く A u を設ける。T i 層は $0.05\text{ }\mu\text{m}$ 、P t 層は $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 、A u 層は $0.3\text{ }\mu\text{m}$ である。最上層の A u は後工程の A u めっき工程で形成される A u と一体となる。図面では A u めっき層として表示してある。バリアとして用いる金属及びその組み合わせは実施例に限定されるものではない。

【 0 0 6 1 】

バリアメタル形成において、リッジ 1 2 の両側面は絶縁膜 2 0 によって覆われ、リッジ 1 2 の上部を形成するリッジ部コンタクト層 9 a はその両側面が斜面 1 7 a , 1 7 b となり、リッジ部コンタクト層 9 a の上面 1 7 c と斜面 1 7 a , 1 7 b とのなす角はいずれも鈍角となることから、リッジ部コンタクト層 9 a の上面側は第 1 のバリアメタル層 2 7 によって確実に被覆される。

【 0 0 6 2 】

また、リッジ形成において、p 型コンタクト層 9 をエッチングによってリッジ部コンタクト層 9 a とフィールド部コンタクト層 9 b を形成した後、リッジ部コンタクト層 9 a の両側をそれぞれ前記斜面 1 7 a , 1 7 b となるように形成する。その後、リッジ部コンタクト層 9 a 及びフィールド部コンタクト層 9 b をマスクとして、ドライエッチ及びウエットエッチの 2 回のエッチングによって分離溝 1 1 a , 1 1 b を形成する。この結果、斜面 1 7 a , 1 7 b となるリッジ部コンタクト層 9 a の両側先端部分は分離溝内に突出する構造となるが、この突出した先端の少なくとも下面は絶縁膜 2 0 によって覆われている。また、リッジ部コンタクト層 9 a の下側のリッジ形成部分である p 型クラッド層 (第 2 の第 2 クラッド層) 8 の側面を覆う前記絶縁膜 2 0 は、リッジ部コンタクト層 9 a の両側の突出部分よりも分離溝側に突出する。この結果、リッジ部コンタクト層 9 a を被覆する第 1 のバリアメタル層 2 7 はリッジ部コンタクト層 9 a の両側から突出する前記絶縁膜 2 0 に重なる。従って、リッジ部コンタクト層 9 a に対面する第 1 のバリアメタル層 2 7 と絶縁膜 2 0 は連なり、リッジ部コンタクト層 9 a を包むように被覆することになる。このため、リッジ部コンタクト層 9 a が A u めっき層と接触することがなくなり、A u がリッジ部コンタクト層 9 a に拡散することは抑止できる。

【 0 0 6 3 】

つぎに、図 1 0 (a) に示すように、金めっきを行い、第 1 のバリアメタル層 2 7 上に A u めっき層 2 8 を形成する。A u めっき層 2 8 は、例えば $2.7\text{ }\mu\text{m}$ となり、前記蒸着で形成した $0.3\text{ }\mu\text{m}$ の A u 層と一体となって $3\text{ }\mu\text{m}$ の厚さの A u 層が形成される。

【 0 0 6 4 】

つぎに、図 1 0 (b) に示すように、二次導体層形成を蒸着で行う。蒸着によって、A u めっき層 2 8 上に第 2 のバリアメタル層 3 3 として厚さ $0.2\text{ }\mu\text{m}$ の N i 層を形成する

とともに、この第2のバリアメタル層33上に厚さ0.25 μ mのAu層34を形成する。これにより第1の電極15が形成される。従って、図6では、第1の電極15は、Ti層26, Ptからなる第1のバリアメタル層27, Auめっき層28, Niからなる第2のバリアメタル層33, Au層34と積層された層によって形成される。

【0065】

つぎに、図10(c)に示すように、半導体基板2の第2の面を所定厚さ研磨して半導体基板2の厚さを所定の厚さに形成する。

【0066】

つぎに、図10(d)に示すように、第2の電極16は下地電極47を有する。例えば、蒸着によってAuGeNi層38, Cr層39, Au層40(図5参照)と順次積層して第2の電極16を形成する。Auめっき層は、例えば3.5 μ mの厚さに形成される。図5ではこの3層構造が示されている。

【0067】

これにより、半導体レーザ素子1が製造される。実際の製造ではウエハと称される広い面積の半導体基板が使用され、図10(d)の断面構造のものを並列に複数形成する。その後、ウエハをリッジ12に沿う方向に一定間隔で分断して短冊体を形成する。さらに、この短冊体を一定間隔で劈開して複数の半導体基板2を製造することになる。

【0068】

このような半導体レーザ素子(光半導体素子)1は、パッケージ(封止容器)に組み込まれて半導体レーザ装置(光半導体装置)として使用される。図11は半導体レーザ素子1を組み込んだ光半導体装置(半導体レーザ装置)50の一例を示す。

【0069】

半導体レーザ装置50は、第1の面及びこの第1の面の反対面となる第2の面を有する金属板(円板)からなる数mmの厚さのステム51と、このステム51の第1の面(図10では上面)を覆うように固定される帽子型のキャップ52とを有している。このステム51とキャップ52によってパッケージ53が形成される。

【0070】

キャップ52の下部はフランジ部54を有し、このフランジ部54の下面が図示しない接合材によってステム51に接続されている。キャップ52の天井部分55には穴56が設けられるとともに、この穴56透明なガラス板57で塞がれて窓58が形成されている。この窓58からレーザ光がパッケージ53の外部に放射される。天井部分55はステム51の第1の面に対面している。

【0071】

ステム51の第1の面の中央から外れた部分には銅製のヒートシンク59が導電性の金属材料等で固定されている。ヒートシンク59のステム51の中央に面する側面の先端側にはAlN(窒化アルミニウム)からなる熱伝導性が良好なサブマウント60が固定されている(図12参照)。サブマウント60は半導体レーザ素子1よりも大きい矩形板からなっている。半導体レーザ素子1は細長く、その両端からレーザ光を出射するため、細長いサブマウント60はステム51に対して垂直な方向でヒートシンク59に固定される。この結果、半導体レーザ素子1の出射面は窓58に対面する構造になる。また、図示はしないが、サブマウント60の表面には、チップ固定部と、このチップ固定部から延在し先端部分が幅広のワイヤ接続パッドとを構成する導体層が設けられている。

【0072】

一方、ステム51には3本のリード61a, 61b, 61cが固定されている。2本のリード61a, 61bは絶縁体62を介してステム51に貫通状態で固定されている。残りの1本のリード61cはステム51の第1の面と反対面となる第2の面に突き合わせ状態で固定され、かつステム51と電氣的に等電位状態になっている。

【0073】

半導体レーザ素子1は符号は付さないが第1の電極15がサブマウント60のチップ固定部に導電性の接合材を介して固定されている。従って、露出する半導体レーザ素子1の

第2の面側は第2の電極16（図11及び図12では符号は省略）となる。そこで、第2の電極16と、ヒートシンク59を導電性のワイヤ63aで電氣的に接続する。これにより、半導体レーザ素子1の第2の電極16はリード61cに電氣的に接続されることになる。また、サブマウント60の表面に設けられた前述の図示しないチップ固定部から延在した幅広のワイヤ接続パッドと、ステム51を貫通するリード61bのステム51の第1の面側に突出する先端とを導電性のワイヤ63bで電氣的に接続する。これにより、半導体レーザ素子1の第1の電極15はリード61cに電氣的に接続されることになる。

【0074】

以上のように、ステム51の第1の面側のヒートシンク59、リード61a、61b、サブマウント60、半導体レーザ素子1及びワイヤ63a、63bは、キャップ52によって覆われる構造になる。

10

【0075】

半導体レーザ装置50において、リード61bとリード61c間に所定の電圧を印加すると半導体レーザ素子1の端面からレーザ光が出射され、このレーザ光は窓58を透過してステム51の外部に放射されることになる。

【0076】

図13はステム51の第1の面から半導体レーザチップ1を見た状態の模式図である。黒丸で示す部分がレーザ光48であり、半導体レーザチップ1の端面（出射面）から出射される。このレーザ光48は、前述のように半導体レーザチップ1をAuSnの接合材24で支持基板22に固定した場合、第1の電極15の表面の導体層（Au層）がAuSn半田と反応する。本実施例1では、最上層のAu層34の下にAuSn半田と反応しない第2のバリアメタル層33が設けられていることから、最上層のAu層34のみがAuSn半田と反応して反応層25になる。Au層34は蒸着によって形成されるため面内でのAu層34の厚さのバラツキは極めて小さい。従って、Au層34を基にして形成される反応層25の厚さのバラツキも極めて小さなものとなる。

20

【0077】

この結果、レーザ光48の偏光角も小さなものになる。図13で示す両端に矢印を付した面が偏波面49である。

【0078】

図14(a)、(b)に示すグラフは偏光角の製造バラツキを示すものである。図14(a)はバリアメタル層が無い例であり、図14(b)はバリアメタル層が有る例である。バリアメタル層が無いものは、図14(a)に示すように偏光角は大きくバラツキ、素子毎の標準偏差は3.59°となる。これに対して、バリアメタル層を設けた本実施例によるものは、図14(b)に示すように偏光角のバラツキは小さく、素子毎の標準偏差は2.43°となる。

30

【0079】

本実施形態1によれば以下の効果を有する。

(1) 光半導体装置（半導体レーザ装置）50において、この光半導体装置50に組み込む半導体レーザ素子1は、第1の電極15の最上層のAu層34の下にはAuSn半田と反応しないNiからなる第2のバリアメタル層33が設けられている。また、Au層34は蒸着によって形成されていることからAu層34の厚さ分布は均一であり、厚さバラツキは小さい。従って、半導体レーザチップ1を第1の電極15を支持基板22にAuSn半田で接合すると、第2のバリアメタル層33はAuSn半田と反応しないことから、第1の電極15を構成する最上層のAu層34のみがAuSn半田と反応して反応層25となる。Au層34の厚さバラツキは小さいことから、Au層34をもとに形成される反応層25の厚さバラツキも小さくなる。この結果、反応層25の厚さの不均一による半導体レーザ素子1の表層部分の多層の半導体層13の応力も小さくなり、この多層の半導体層13に形成される共振器（光導波路）14にも不均一でかつ大きな応力は加わらないようになる。従って、光半導体装置50におけるレーザ光の偏光角のバラツキが小さくなり、偏光特性が向上する。

40

50

【0080】

(2) 本実施例1の光半導体装置(半導体レーザ装置)50に組み込む半導体レーザチップ1は、その製造におけるリッジ形成において、p型コンタクト層9をエッチングによってリッジ部コンタクト層9aとフィールド部コンタクト層9bを形成した後、リッジ部コンタクト層9aの両側をそれぞれ前記斜面17a, 17bとなるように形成する。その後、リッジ部コンタクト層9a及びフィールド部コンタクト層9bをマスクとして、ドライエッチ及びウエットエッチの2回のエッチングによって分離溝11a, 11bを形成する。この結果、斜面17a, 17bとなるリッジ部コンタクト層9aの両側先端部分は分離溝内に突出する構造となるが、この突出した先端の少なくとも下面は絶縁膜20によって覆われている。また、リッジ部コンタクト層9aの下側のリッジ形成部分であるp型クラッド層(第2の第2クラッド層)8の側面を覆う前記絶縁膜20は、リッジ部コンタクト層9aの両側の突出部分よりも分離溝側に突出する。この結果、リッジ部コンタクト層9aを被覆する第1のバリアメタル層27はリッジ部コンタクト層9aの両側から突出する前記絶縁膜20に重なる。従って、リッジ部コンタクト層9aに対面する第1のバリアメタル層27と絶縁膜20は連なり、リッジ部コンタクト層9aを包むように被覆することになる。このため、リッジ部コンタクト層9aがAuで形成される第1の電極(p電極)22と接触することがなくなり、Auがリッジ部コンタクト層9aに拡散することは抑止できる。これにより、このような半導体レーザ素子1を組み込んだ本実施例1の光半導体装置はより、信頼性の高いものとなる。

【実施例2】

【0081】

図15乃至図17は本発明の実施例2である光半導体装置に係わる図である。図15は光半導体装置の一部を示す模式図である。図16は光半導体装置に組み込む半導体レーザ素子の斜視図であり、図17は前記半導体レーザ素子を共振器に垂直になる面で切断した断面図である。

【0082】

本実施例の半導体レーザ素子100は、n型GaAs基板(半導体基板)101の第1の面上に、GaAsからなるn型バッファ層102、AlGaInPからなるn型クラッド層(第1クラッド層)103、障壁層がAlGaInPとなり井戸層がGaInPからなる多重量子井戸構造の活性層104、AlGaInPからなるp型クラッド層(第1の第2クラッド層)105、AlGaInPからなるp型エッチストップ層106を積層した構造になっている。また、p型エッチストップ層106の中央上にはAlGaInPからなるp型クラッド層(第3の第2クラッド層)107がストライプ状に設けられるとともに、この第3の第2クラッド層107の両脇のp型エッチストップ層106上には、AlGaInPからなるp型クラッド層(第2の第2クラッド層)108が設けられている。また、第3の第2クラッド層107及び第2の第2クラッド層108上には、GaAsからなるp型コンタクト層109が設けられている。

【0083】

これらの多層の半導体層はその両側が半導体基板101にまで到達するようにメサエッチングが施されているそして、これらメサ部分全体はSiO₂膜等からなる絶縁膜111で覆われて保護されている。また、ストライプ状の第3の第2クラッド層107上の絶縁膜111は所定の幅除去されている。この除去した開口部はストライプ状の第3の第2クラッド層107に沿って延在している。開口部は図16で示す半導体レーザ素子100の長手方向に沿って設けられている。

【0084】

また、半導体基板101の前記メサ上には第1の電極15が設けられ、第2の面には第2の電極16が設けられている。第1の電極15は、Ti層115, Pt層116, Au層117、バリアメタル層となるPt層118, Au層119と順次積層された構造になっている。また、第2の電極16は、AuGeNi層120、Cr層121、Au層122となっている。半導体レーザ素子100は、図16のように細長となっている。これら

各層は蒸着によって形成されるため、各層の厚さの均一性は高い。

【0085】

このような半導体レーザ素子100は、第1の電極15と第2の電極16に所定の電圧を印加することによって、第3の第2クラッド層108に対応する活性層104の両端からレーザ光を出射する。

【0086】

図15は半導体レーザ素子100をジャンクションダウンで支持基板22に固定した状態を示す。半導体レーザチップ100を第1の電極15が支持基板22のチップ固定部23に重なるようにして、AuSn半田からなる接合材24で接合する。この接合によって、第1の電極15の最上層を構成する導体層であるAu層119は、反応層25に変わる。Au層119の下層のPt層118はバリアメタル層として作用することから、実施例1の場合と同様にPt層118は反応層25となる。また、Pt層118はその厚さバラツキが小さいことから、反応層25の厚さバラツキも小さく、本実施例2の光半導体装置(半導体レーザ装置)130の偏光特性は良好になる。

【0087】

以上本発明者によってなされた発明を実施形態に基づき具体的に説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。実施例では0.6μm帯の半導体レーザ素子に本発明を適用した例について示したが、他の半導体レーザ素子、例えば、光通信用の長波長半導体レーザ素子(1.3μm帯、1.5μm帯)を組み込む光半導体装置にも同様に適用できる。

【図面の簡単な説明】

【0088】

【図1】本発明の実施例1である光半導体装置の一部の模式図である。

【図2】図1に示す光半導体装置に組み込まれる半導体レーザ素子の模式的断面図である。

。

【図3】本実施例1の光半導体装置の一部の断面図である。

【図4】図3で示される半導体レーザ素子の斜視図である。

【図5】図4のA-A線に沿う拡大断面図である。

【図6】図5の一部の拡大断面図である。

【図7】前記半導体レーザ素子の製造各工程を示すフローチャートである。

【図8】前記半導体レーザ素子の製造において、多層成長工程からリッジ形成工程(ウエットエッチ)までを示す各工程における半導体基板の模式的断面図である。

【図9】前記半導体レーザ素子の製造方法において、絶縁膜形成工程から一次導体層形成工程までを示す各工程における半導体基板の模式的断面図である。

【図10】前記半導体レーザ素子の製造方法において、Auめっき工程から第2の電極形成工程までを示す各工程における半導体基板の模式的断面図である。

【図11】本実施例1の光半導体装置において一部を切り欠いて示す斜視図である。

【図12】前記光半導体装置の構成部品であるヒートシンクとヒートシンクにサブマウントを介して固定された半導体レーザ素子を示す斜視図である。

【図13】偏光角を説明する模式図である。

【図14】バリアメタル層(第2のバリアメタル層)の有無による偏光角の製造バラツキを示すグラフである。

【図15】本発明の実施例2である光半導体装置の一部の模式図である。

【図16】本実施例2の光半導体装置に組み込む半導体レーザ素子の斜視図である。

【図17】図16に示す半導体レーザ素子の断面図である。

【図18】AlNのサブマウントにAuSnで固定した従来構造の光半導体装置の一部を示す模式図である。

【図19】半導体レーザのレーザ発振時の振動状態を示す模式図である。

【図20】共振器に応力が作用した状態における偏光角の変化を示す模式図である。

【符号の説明】

10

20

30

40

50

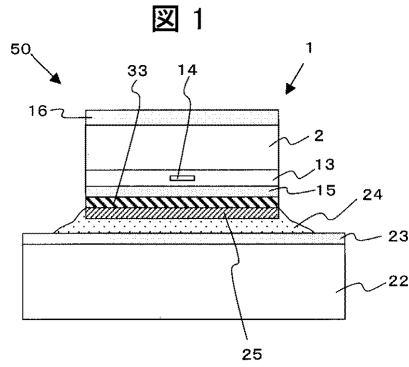
【 0 0 8 9 】

1 ... 光半導体素子 (半導体レーザ素子)、2 ... 半導体基板、3 ... n型バッファ層、4 ... n型クラッド層 (第1クラッド層)、5 ... 活性層、6 ... p型クラッド層 (第1の第2クラッド層)、7 ... p型エッチストップ層、8 ... p型クラッド層 (第2の第2クラッド層)、9 ... p型コンタクト層、9 a ... リッジ部コンタクト層、9 b ... フィールド部コンタクト層、p型コンタクト層、11 a, 11 b ... 分離溝、12 ... リッジ (突条)、13 ... 多層の半導体層、14 ... 共振器 (光導波路)、15 ... 第1の電極、16 ... 第2の電極、17 a, 17 b ... 斜面、17 c ... 上面、18, 19 ... 側面、20 ... 絶縁膜、22 ... 支持基板 (サブマウント)、23 ... 素子固定部 (チップ固定部)、24 ... 接合材、25 ... 反応層、26 ... T i 層、27 ... 第1のバリアメタル層、28 ... A u めっき層、33 ... 第2のバリアメタル層、34 ... A u 層、37 ... 溝、38 ... A u G e N i 層、39 ... C r 層、40 ... A u 層、41 ... リッジ形成用エッチングマスク、42 ... フィールド用エッチングマスク、43 ... コンタクト用レジスト、44 ... 開口、45 ... ホトマスク、47 ... 下地電極、48 ... レーザ光、49 ... 偏波面、50 ... 光半導体装置 (半導体レーザ装置)、51 ... ステム、52 ... キャップ、53 ... パッケージ、54 ... フランジ部、55 ... 天井部分、56 ... 穴、57 ... ガラス板、58 ... 窓、59 ... ヒートシンク、60 ... サブマウント、61 a, 61 b, 61 c ... リード、62 ... 絶縁体、63 a, 63 b ... ワイヤ、80 ... 半導体レーザ素子 (半導体レーザチップ)、81 ... 半導体基板、82 ... 多層の半導体層、83 ... 共振器 (光導波路)、84 ... 第1の電極、85 ... 第2の電極、87 ... 支持基板 (サブマウント)、88 ... 素子固定部 (チップ固定部)、89 ... 接合材、90 ... 反応層、91 ... レーザ光、92 ... 応力、100 ... 半導体レーザ素子、101 ... n型 G a A s 基板 (半導体基板)、102 ... n型バッファ層、103 ... n型クラッド層 (第1クラッド層)、104 ... 活性層、105 ... p型クラッド層 (第1の第2クラッド層)、106 ... p型エッチストップ層、107 ... p型クラッド層 (第3の第2クラッド層)、108 ... p型クラッド層 (第2の第2クラッド層)、109 ... p型コンタクト層、111 ... 絶縁膜、115 ... T i 層、116 ... P t 層、117 ... A u 層、118 ... P t 層、119 ... A u 層、120 ... A u G e N i 層、121 ... C r 層、122 ... A u 層、130 ... 光半導体装置 (半導体レーザ装置)。

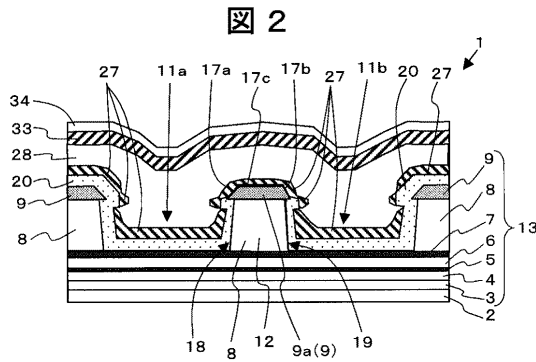
10

20

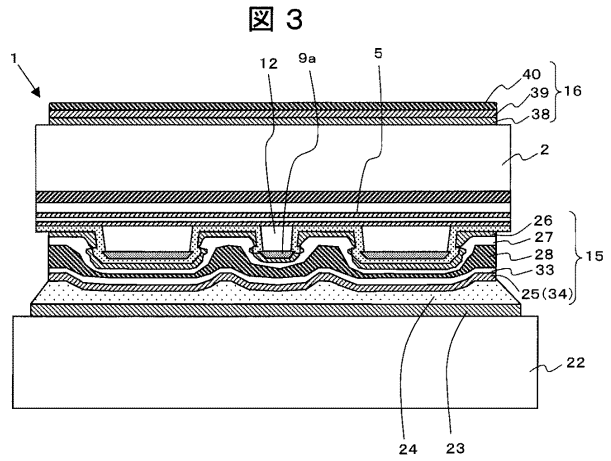
【図1】



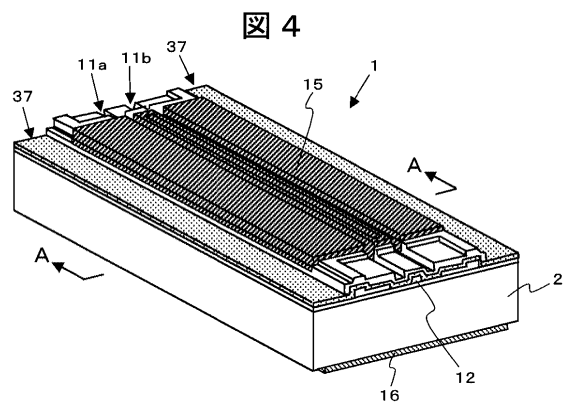
【図2】



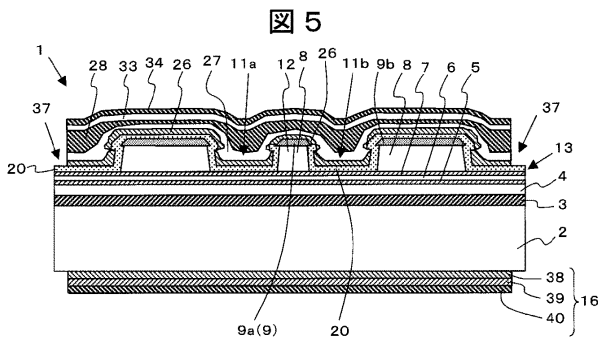
【図3】



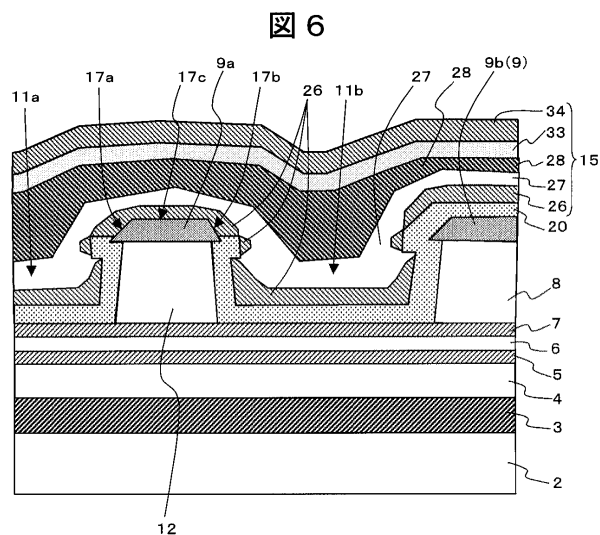
【図4】



【図5】

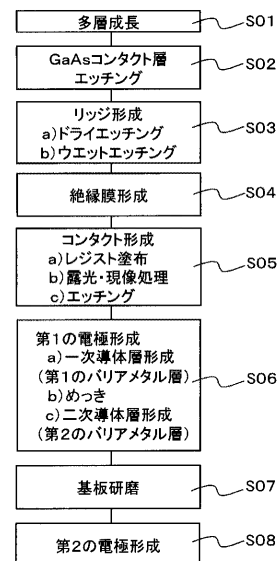


【図6】

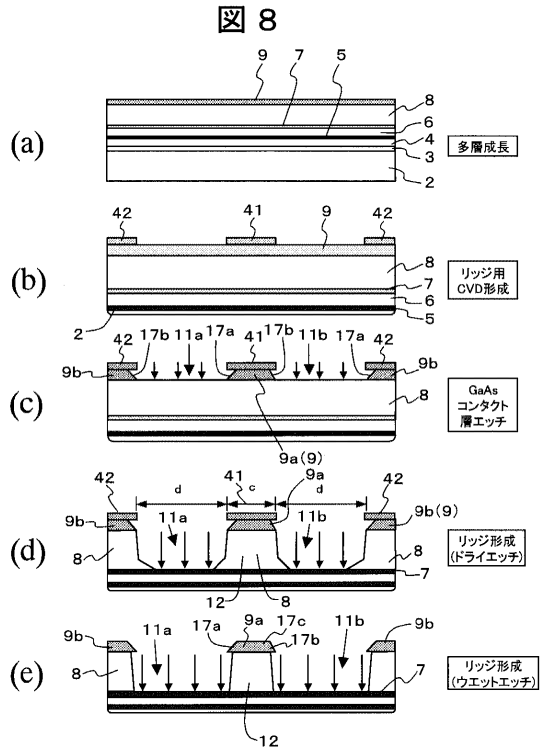


【図7】

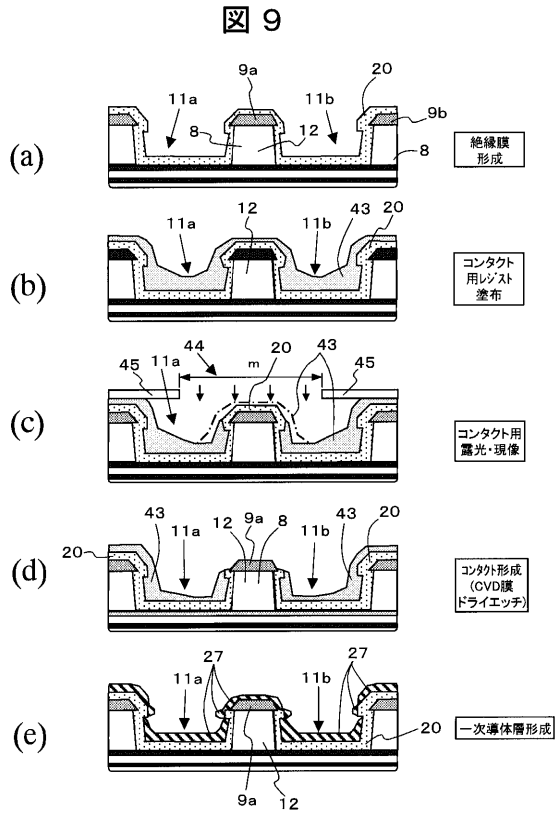
図7



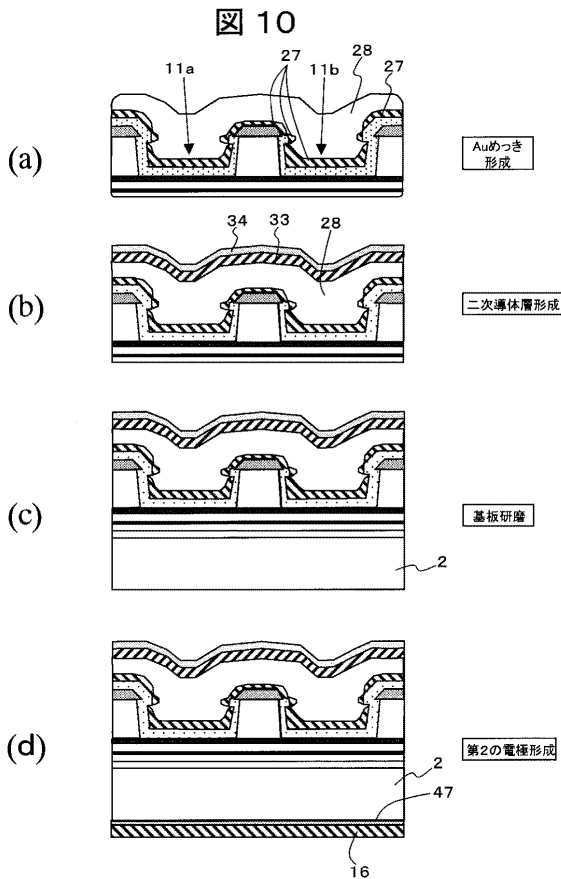
【図 8】



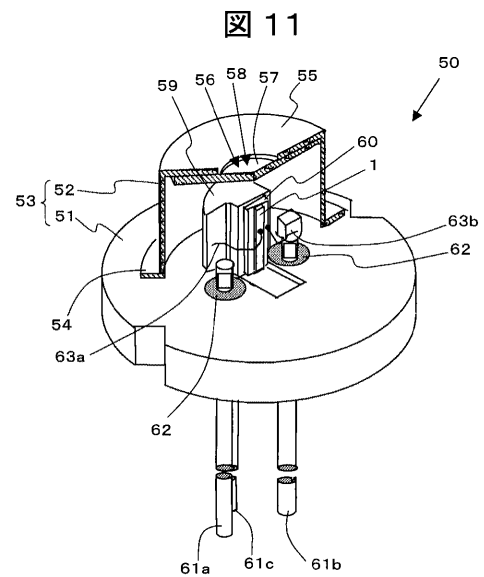
【図 9】



【図 10】

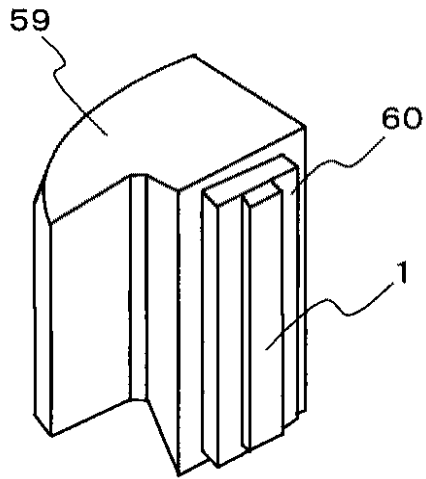


【図 11】



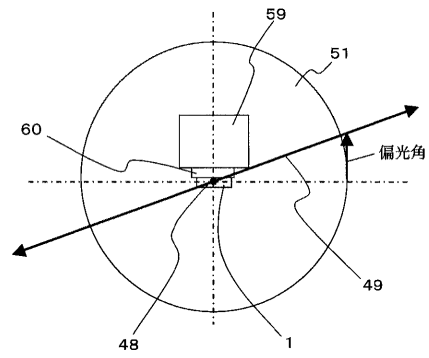
【図 12】

図 12



【図 13】

図 13

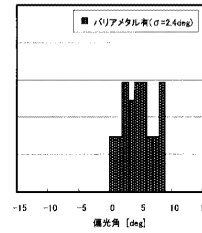
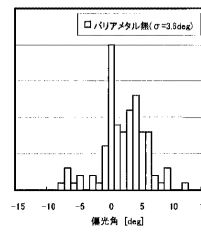


【図 14】

図 14

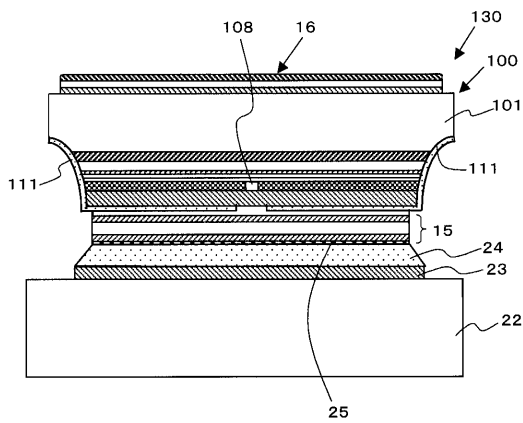
(a)

(b)



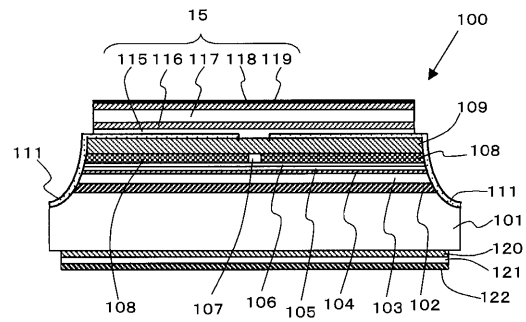
【図 15】

図 15



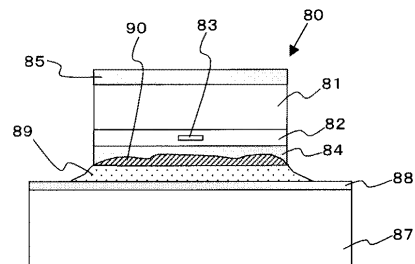
【図 17】

図 17



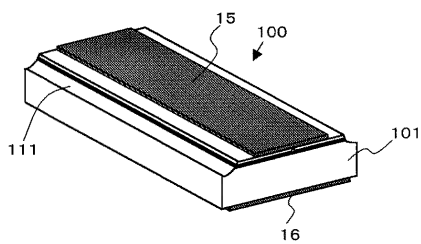
【図 18】

図 18



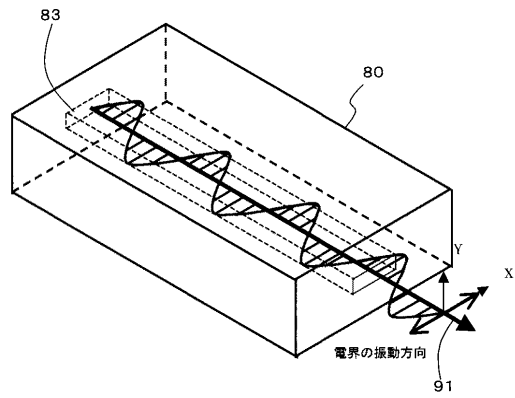
【図 16】

図 16



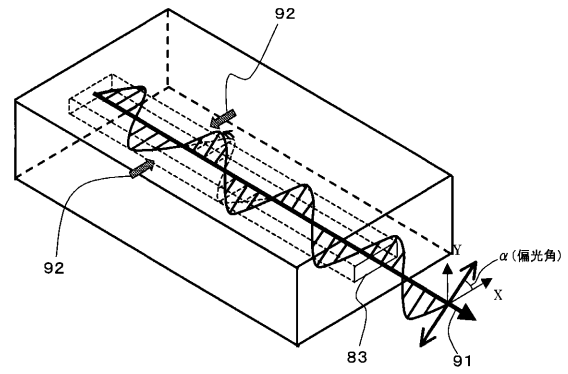
【図 19】

図 19



【図 20】

図 20



フロントページの続き

- (72)発明者 萩元 将人
神奈川県横浜市戸塚区戸塚町2 1 6 番地 日本オプネクスト株式会社内
- (72)発明者 反町 進
神奈川県横浜市戸塚区戸塚町2 1 6 番地 日本オプネクスト株式会社内

合議体

審判長 江成 克己
審判官 松川 直樹
審判官 小松 徹三

- (56)参考文献 特開2 0 0 2 - 3 0 5 3 4 9 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01S 5/022

H01S 5/223