

(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2010-267871

(P2010-267871A)

(43) 公開日 平成22年11月25日(2010.11.25)

(51) Int.Cl.  
H01S 5/22 (2006.01)F1  
H01S 5/22テーマコード (参考)  
5F173

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2009-118900 (P2009-118900)  
(22) 出願日 平成21年5月15日 (2009. 5. 15)(71) 出願人 000002185  
ソニー株式会社  
東京都港区港南1丁目7番1号  
(74) 代理人 100098785  
弁理士 藤島 洋一郎  
(74) 代理人 100109656  
弁理士 三反崎 泰司  
(74) 代理人 100130915  
弁理士 長谷部 政男  
(74) 代理人 100155376  
弁理士 田名網 孝昭  
(72) 発明者 川西 秀和  
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株  
式会社内

最終頁に続く

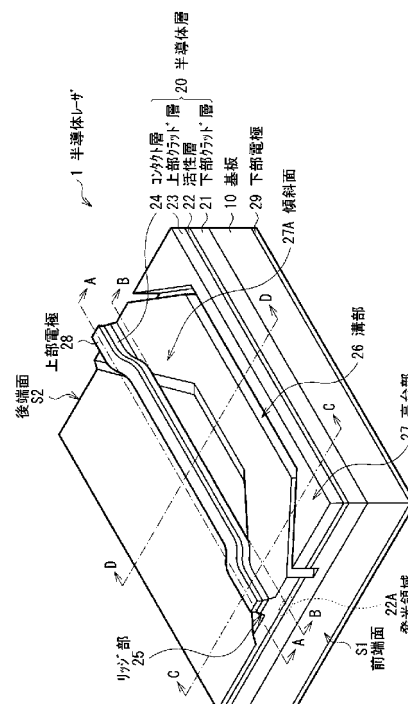
(54) 【発明の名称】 半導体レーザおよびその製造方法

## (57) 【要約】

【課題】光モード形状の急激な変化による光の散乱ロスを低減することの可能な半導体レーザおよびその製造方法を提供する。

【解決手段】高台部27がリッジ部25の両端部の両側面に接しており、その部分において、活性層22からリッジ部25の両側面に接する表面までの厚さが共振器端面側で厚く、リッジ部25の中央側で薄くなっている。これにより、共振器端面側の横方向屈折率分布の方が、リッジ部25の中央側の横方向屈折率分布よりも緩やかとなっている。高台部27の両端部において、共振器端面寄りの厚い部分からリッジ部25の中央寄りの薄い部分にかけて緩やかな傾斜面27Aが形成されており、厚さが連続的に変化している。これにより、横方向屈折率分布が、厚い部分から薄い部分にかけて、傾斜面27Aの緩やかさに応じた緩やかさで連続して変化しているので、横方向屈折率分布の、共振器方向の変化が緩やかとなる。

【選択図】図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

活性層と、

前記活性層の上方に設けられた帯状のリッジ部と、

前記活性層および前記リッジ部を当該リッジ部の延在方向から挟み込む一対の共振器端面と、

前記リッジ部の両脇のうち少なくとも一方に前記リッジ部から離れて設けられ、かつ少なくとも一の共振器端面の近傍に設けられた溝部と、

前記溝部に沿って設けられると共に、少なくとも前記溝部に近接する共振器端面およびその近傍において前記リッジ部の両側面に接して設けられ、さらに、前記溝部に近接する共振器端面およびその近傍において、前記活性層から前記リッジ部の両側面に接する表面までの厚さが前記共振器端面側で厚く、前記リッジ部の中央側で薄くなっており、前記共振器端面側の厚い部分から前記リッジ部の中央側の薄い部分にかけて厚さが連続的に変化している高台部と

を備えた半導体レーザ。

**【請求項 2】**

前記溝部は、前記溝部に近接する共振器端面およびその近傍において、前記リッジ部の延在方向と平行な方向に延在しているか、または前記共振器端面に近づくにつれて前記リッジ部との間隙が小さくなるように延在している

請求項 1 に記載の半導体レーザ。

**【請求項 3】**

前記溝部は、前記一対の共振器端面のうち少なくとも一方の端面近傍にだけ設けられ、

前記高台部は、前記一対の共振器端面のうち前記溝部に近接する端面およびその近傍にだけ設けられ、かつ前記リッジ部の両側面に接して設けられている

請求項 1 または請求項 2 に記載の半導体レーザ。

**【請求項 4】**

前記溝部は、一方の共振器端面の近傍から他方の共振器端面の近傍にかけて延在すると共に、前記共振器端面に近づくにつれて前記リッジ部との間隙が小さくなるように延在しており、

前記高台部は、双方の共振器端面およびその近傍において前記リッジ部の両側面に接して設けられ、かつ、それ以外の領域において前記リッジ部から離れて設けられている

請求項 1 または請求項 2 に記載の半導体レーザ。

**【請求項 5】**

基板上に、下部クラッド層および活性層を前記基板側から順に含む第 1 半導体層を形成したのち、前記第 1 半導体層の上面のうち、後に前記基板の切断箇所となる、格子状のレイアウトを有する切断領域で囲まれた一の素子領域内において、後にリッジ部の形成箇所となる帯状のリッジ領域の両脇のうち少なくとも一方の領域であって、前記リッジ領域から離れた領域であり、かつ少なくとも前記素子領域の外縁に溝部を設ける第 1 工程と、

前記溝部を含む、前記第 1 半導体層の上面に、少なくとも上部クラッド層によって構成された第 2 半導体層を形成したのち、前記第 2 半導体層の上面のうち前記リッジ領域に対応する領域に絶縁層を形成し、前記絶縁層をマスクとして前記第 2 半導体層を選択的にエッチングすることにより、前記第 2 半導体層に前記リッジ部を形成すると共に、前記溝部に沿った領域のうち少なくとも前記素子領域の外縁において、前記リッジ部の両側面に接し、さらに、前記活性層から前記リッジ部の両側面に接する表面までの厚さが前記切断領域寄りで厚く、前記素子領域の中央寄りで薄くなっており、前記切断領域寄りの厚い部分から前記素子領域の中央寄りの薄い部分にかけて厚さが連続的に変化している高台部を形成する第 2 工程と

を含む半導体レーザの製造方法。

**【請求項 6】**

前記第 1 工程において、前記素子領域の外縁において、前記リッジ領域の延在方向と平

行な方向に延在しているか、または前記切断領域に近づくにつれて前記リッジ領域との間隙が小さくなる方向に延在するように、前記溝部を形成する

請求項 5 に記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項 7】

前記第 1 工程において、前記素子領域の外縁にだけ前記溝部を形成し、

前記第 2 工程において、前記素子領域の外縁のうち前記溝部の形成されている領域の近傍において前記リッジ部の両側面に接するように、前記高台部を形成する

請求項 5 または請求項 6 に記載の半導体レーザ。

【請求項 8】

前記切断領域のうち前記素子領域を間にして互いに対向する一対の領域を一対の辺領域としたときに、

前記第 1 工程において、一方の辺領域の近傍から他方の辺領域の近傍にかけて延在すると共に、前記辺領域の近傍において、前記切断領域に近づくにつれて前記リッジ領域との間隙が小さくなる方向に延在するように、前記溝部を形成し、

前記第 2 工程において、前記辺領域の近傍において前記リッジ部の両側面に接し、かつ、それ以外の領域において前記リッジ部から離れるように、前記高台部を形成する

請求項 5 または請求項 6 に記載の半導体レーザ。

【請求項 9】

基板上に、下部クラッド層および活性層を前記基板側から順に含む第 1 半導体層を形成したのち、前記第 1 半導体層の上面のうち、後に前記基板の切断箇所となる、格子状のレイアウトを有する切断領域で囲まれた一の素子領域内において、後にリッジ部の形成箇所となる帯状のリッジ領域の両脇のうち少なくとも一方の領域であって、前記リッジ領域から離れた領域であり、かつ少なくとも前記素子領域の外縁に第 1 絶縁層を設ける第 1 工程と、

前記第 1 半導体層の上面のうち前記第 1 絶縁層以外の領域に、少なくとも上部クラッド層によって構成された第 2 半導体層を形成したのち、前記第 2 半導体層の上面のうち前記リッジ領域に対応する領域に第 2 絶縁層を形成し、前記第 2 絶縁層をマスクとして前記第 2 半導体層を選択的にエッチングすることにより、前記第 2 半導体層に前記リッジ部を形成すると共に、前記第 1 絶縁層に沿った領域のうち少なくとも前記素子領域の外縁において、前記リッジ部の両側面に接し、さらに、前記活性層から前記リッジ部の両側面に接する表面までの厚さが前記切断領域寄りで厚く、前記素子領域の中央寄りで薄くなっており、前記切断領域寄りの厚い部分から前記素子領域の中央寄りの薄い部分にかけて厚さが連続的に変化している高台部を形成する第 2 工程と

を含む半導体レーザの製造方法。

【請求項 10】

前記第 1 工程において、前記素子領域の外縁において、前記リッジ領域の延在方向と平行な方向に延在するか、または前記切断領域に近づくにつれて前記リッジ領域との間隙が小さくなる方向に延在するように、前記第 1 絶縁層を形成する

請求項 9 に記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項 11】

前記第 1 工程において、前記素子領域の外縁にだけ前記第 1 絶縁層を形成し、

前記第 2 工程において、前記素子領域の外縁のうち前記第 1 絶縁層の形成されている領域の近傍において前記リッジ部の両側面に接するように、前記高台部を形成する

請求項 9 または請求項 10 に記載の半導体レーザ。

【請求項 12】

前記切断領域のうち前記素子領域を間にして互いに対向する一対の領域を一対の辺領域としたときに、

前記第 1 工程において、一方の辺領域の近傍から他方の辺領域の近傍にかけて延在すると共に、前記辺領域の近傍において、前記切断領域に近づくにつれて前記リッジ領域との間隙が小さくなる方向に延在するように、前記第 1 絶縁層を形成し、

前記第 2 工程において、前記辺領域の近傍において前記リッジ部の両側面に接し、かつ、それ以外の領域において前記リッジ部から離れるように、前記高台部を形成する請求項 9 または請求項 10 に記載の半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、特に高出力の用途に好適な半導体レーザおよびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、高出力半導体レーザでは、端面での再結合や光吸収の増大に伴う温度上昇によって突然破壊 (Catastrophic Optical Damage: COD) が生じ易いことが知られている。この COD が高出力動作や高信頼性の妨げになっており、COD の発生を防ぐために、従来から、様々な改良がなされてきた。

【0003】

例えば、そのうちの一つの手法として、端面付近の光密度を低減するという方法がある。例えば、特許文献 1 では、リッジ導波路型の半導体レーザにおいて、活性層からリッジ脇の表面までの厚さが、端面およびその近傍で厚く、リッジストライプの中央部分で薄くなっている。これにより、端面付近において、光スポットサイズが拡大し、光密度が減少するので、COD レベルを上昇させることができる。また、リッジストライプの中央部分においては、リッジ脇へのリーク電流を小さくすることができるので、閾値電流を低く抑えることができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2002 - 158402 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、特許文献 1 では、上述したように、活性層からリッジ脇の表面までの厚さが、端面およびその近傍で厚く、リッジストライプの中央部分で薄くなっている。つまり、リッジストライプの延在方向において、リッジ脇の表面に段差が生じている。そのため、段差の前後で、横方向の屈折率差が異なっており、光モード形状に差異が生じるので、光モード形状が急激に変化する部分 (つまり、段差の生じている部分) で光の散乱ロスが生じてしまうという問題があった。

【0006】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、光モード形状の急激な変化による光の散乱ロスを低減することの可能な半導体レーザおよびその製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の半導体レーザは、活性層と、活性層の上方に設けられた帯状のリッジ部と、活性層およびリッジ部を当該リッジ部の延在方向から挟み込む一対の共振器端面とを備えたものである。この半導体レーザは、リッジ部の両脇のうち少なくとも一方に溝部を備えている。この溝部は、リッジ部から離れて設けられており、さらに、少なくとも一の共振器端面の近傍に設けられている。この半導体レーザは、さらに、溝部に沿って設けられると共に、少なくとも溝部に近接する共振器端面およびその近傍においてリッジ部の両側面に接して設けられた高台部を備えている。この高台部は、溝部に近接する共振器端面およびその近傍において、活性層からリッジ部の両側面に接する表面までの厚さが共振器端面側で厚く、リッジ部の中央側で薄くなっており、共振器端面側の厚い部分からリッジ部の中央側の薄い部分にかけて厚さが連続的に変化している。

## 【 0 0 0 8 】

本発明の半導体レーザでは、少なくとも一の共振器端面の近傍であって、かつリッジ部から離れたところに溝部が設けられており、この溝部に沿って高台部が設けられている。高台部は、少なくとも溝部に近接する共振器端面およびその近傍においてリッジ部の両側面に接して設けられている。この高台部では、溝部に近接する共振器端面およびその近傍において、活性層からリッジ部の両側面に接する表面までの厚さが共振器端面側で厚く、リッジ部の中央側で薄くなっており、共振器端面側の厚い部分からリッジ部の中央側の薄い部分にかけて厚さが連続的に変化している。これにより、リッジ部と高台部とを含む光導波路において、溝部に近接する共振器端面の近傍の横方向屈折率分布が、リッジ部の中央の横方向屈折率分布よりもなだらかとなる。さらに、光導波路の横方向屈折率分布が、共振器方向において連続して変化する。これにより、リッジ脇の表面に段差が生じている場合と比べて、横方向屈折率分布の、共振器方向の変化が緩やかとなる。

10

## 【 0 0 0 9 】

本発明の第1の半導体レーザの製造方法は、以下の2つの工程を含むものである。

(A1) 基板上に、下部クラッド層および活性層を基板側から順に含む第1半導体層を形成したのち、第1半導体層の上面のうち、後に基板の切断箇所となる、格子状のレイアウトを有する切断領域で囲まれた一の素子領域内において、後にリッジ部の形成箇所となる帯状のリッジ領域の両脇のうち少なくとも一方の領域であって、リッジ領域から離れた領域であり、かつ少なくとも素子領域の外縁に溝部を設ける第1工程

20

(A2) 溝部を含む、第1半導体層の上面に、少なくとも上部クラッド層によって構成された第2半導体層を形成したのち、第2半導体層の上面のうちリッジ領域に対応する領域に絶縁層を形成し、絶縁層をマスクとして第2半導体層を選択的にエッチングすることにより、第2半導体層にリッジ部を形成すると共に、溝部に沿った領域のうち少なくとも素子領域の外縁において、リッジ部の両側面に接し、さらに、活性層からリッジ部の両側面に接する表面までの厚さが切断領域寄りで厚く、素子領域の中央寄りで薄くなっており、切断領域寄りの厚い部分から素子領域の中央寄りの薄い部分にかけて厚さが連続的に変化している高台部を形成する第2工程

## 【 0 0 1 0 】

本発明の第1の半導体レーザの製造方法では、第1半導体層の上面のうち一の素子領域内において、後にリッジ部の形成箇所となる帯状のリッジ領域に隣接する領域であって、かつ少なくとも素子領域の外縁に溝部が設けられる。その後、この溝部を含む、第1半導体層の上面に第2半導体層が形成される。このとき、第2半導体層において、溝部の周囲だけが自然と厚く形成されると共に、溝部から離れるにつれて滑らか、かつ緩やかに下るスロープが形成される。つまり、第2半導体層の形成に際して、リッジ領域の両脇には、不連続な構造が形成されていない。従って、その後、絶縁層をマスクとして第2半導体層を選択的にエッチングすることにより、リッジ部が形成されると共に、リッジ部の両側面に接する表面において連続した緩やかなスロープを有する高台部が形成される。これにより、リッジ脇の表面に段差が生じている場合と比べて、横方向屈折率分布の、共振器方向の変化が緩やかとなる。

30

## 【 0 0 1 1 】

本発明の第2の半導体レーザの製造方法は、以下の2つの工程を含むものである。

40

(B1) 基板上に、下部クラッド層および活性層を基板側から順に含む第1半導体層を形成したのち、第1半導体層の上面のうち、後に基板の切断箇所となる、格子状のレイアウトを有する切断領域で囲まれた一の素子領域内において、後にリッジ部の形成箇所となる帯状のリッジ領域の両脇のうち少なくとも一方の領域であって、リッジ領域から離れた領域であり、かつ少なくとも素子領域の外縁に第1絶縁層を設ける第1工程

(B2) 第1半導体層の上面のうち第1絶縁層以外の領域に、少なくとも上部クラッド層によって構成された第2半導体層を形成したのち、第2半導体層の上面のうちリッジ領域に対応する領域に第2絶縁層を形成し、第2絶縁層をマスクとして第2半導体層を選択的にエッチングすることにより、第2半導体層にリッジ部を形成すると共に、第1絶縁層に

50

沿った領域のうち少なくとも素子領域の外縁において、リッジ部の両側面に接し、さらに、活性層からリッジ部の両側面に接する表面までの厚さが切断領域寄りでは厚く、素子領域の中央寄りでは薄くなっており、切断領域寄りの厚い部分から素子領域の中央寄りの薄い部分にかけて厚さが連続的に変化している高台部を形成する第2工程

【0012】

本発明の第2の半導体レーザの製造方法では、第1半導体層の上面のうち一の素子領域内において、後にリッジ部の形成箇所となる帯状のリッジ領域に隣接する領域であって、かつ少なくとも素子領域の外縁に第1絶縁層が設けられる。その後、第1半導体層の上面のうち第1絶縁層以外の領域に第2半導体層が形成される。このとき、第2半導体層において、第1絶縁層の周囲だけが自然と厚く形成されると共に、第1絶縁層から離れるにつれて滑らか、かつ緩やかに下るスロープが形成される。つまり、第2半導体層の形成に際して、リッジ領域の両脇には、不連続な構造が形成されていない。従って、その後、第2絶縁層をマスクとして第2半導体層を選択的にエッチングすることにより、リッジ部が形成されると共に、リッジ部の両側面に接する表面において連続した緩やかなスロープを有する高台部が形成される。これにより、リッジ脇の表面に段差が生じている場合と比べて、横方向屈折率分布の、共振器方向の変化が緩やかとなる。

【発明の効果】

【0013】

本発明の半導体レーザならびに第1および第2の半導体レーザの製造方法によれば、リッジ脇の表面に段差が生じている場合と比べて、横方向屈折率分布の、共振器方向の変化が緩やかとなる。これにより、光モード形状の急激な変化による光の散乱ロスを低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る半導体レーザの斜視図である。

【図2】図1の半導体レーザの断面図である。

【図3】図1の半導体レーザの製造方法について説明するための上面図および断面図である。

【図4】図3に続く工程について説明するための上面図および断面図である。

【図5】図4に続く工程について説明するための上面図および断面図である。

【図6】図5に続く工程について説明するための上面図および断面図である。

【図7】図6に続く工程について説明するための上面図および断面図である。

【図8】図6に続く工程について説明するための断面図である。

【図9】図1の半導体レーザの一変形例の断面図である。

【図10】図1の半導体レーザの他の変形例の断面図である。

【図11】図1の半導体レーザのその他の変形例の断面図である。

【図12】本発明の第2の実施の形態に係る半導体レーザの斜視図である。

【図13】図12の半導体レーザの断面図である。

【図14】図12の半導体レーザの製造方法について説明するための上面図および断面図である。

【図15】図14に続く工程について説明するための斜視図である。

【図16】図15に続く工程について説明するための斜視図である。

【図17】図16に続く工程について説明するための斜視図である。

【図18】図12の半導体レーザの一変形例の断面図である。

【図19】図18の半導体レーザの製造方法について説明するための上面図および断面図である。

【図20】図12の半導体レーザの他の変形例の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明を実施するための形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、

10

20

30

40

50

説明は以下の順序で行う。

1. 第1の実施の形態（溝部を利用して高台部を形成した例）
2. 第1の実施の形態の変形例（溝部・高台部の位置のバリエーション）
3. 第2の実施の形態（絶縁層を利用して高台部を形成した例）
4. 第2の実施の形態の変形例（溝部・高台部の位置のバリエーション）

#### 【0016】

< 第1の実施の形態 >

[ 半導体レーザ1の構造 ]

図1は、本発明の第1の実施の形態に係る半導体レーザ1の概略構成を斜視的に表したものである。図2（A）は図1の半導体レーザ1のA - A矢視方向の断面構成を、図2（B）は図1の半導体レーザ1のB - B矢視方向の断面構成をそれぞれ表したものである。図2（C）は図1の半導体レーザ1のC - C矢視方向の断面構成を、図2（D）は図1の半導体レーザ1のD - D矢視方向の断面構成をそれぞれ表したものである。なお、図1，図2（A）～（D）は、模式的に表したものであり、実際の寸法，形状とは異なっている。

10

#### 【0017】

本実施の形態の半導体レーザ1は、後述の半導体層20を共振器方向（リッジ部25の延在方向）から一対の共振器端面（前端面S1および後端面S2）によって挟み込んだ構造となっている。従って、この半導体レーザ1は、いわゆる端面発光型の半導体レーザの一種である。この半導体レーザ1は、基板10上に、例えば、下部クラッド層21、活性層22、上部クラッド層23およびコンタクト層24を基板10側からこの順に含む半導体層20を備えたものである。なお、半導体層20には、上記した層以外の層（例えば、バッファ層、ガイド層、電子障壁層など）がさらに設けられていてもよい。

20

#### 【0018】

基板10は、例えばGa<sub>2</sub>NなどのIII-V族窒化物半導体からなる。ここで、「III-V族窒化物半導体」とは、短周期型周期率表における3B族元素群のうちの少なくとも1種と、短周期型周期率表における5B族元素のうちの少なくともNとを含むものを指している。III-V族窒化物半導体としては、例えば、GaとNとを含んだ窒化ガリウム系化合物が挙げられる。窒化ガリウム系化合物には、例えば、Ga<sub>2</sub>N、AlGa<sub>2</sub>N、AlGaInNなどが含まれる。III-V族窒化物半導体には、必要に応じてSi、Ge、O、SeなどのIV族またはVI族元素のn型不純物、または、Mg、Zn、CなどのII族またはIV族元素のp型不純物がドーピングされている。

30

#### 【0019】

半導体層20は、例えば、III-V族窒化物半導体を主に含んで構成されている。下部クラッド層21は、例えばAlGa<sub>2</sub>Nにより構成されている。活性層22は、例えば、組成比の互いに異なるGaInNによりそれぞれ形成された井戸層およびバリア層を交互に積層してなる多重量子井戸構造となっている。上部クラッド層23は、例えばAlGa<sub>2</sub>Nにより構成されている。コンタクト層24は、例えばGa<sub>2</sub>Nにより構成されている。

40

#### 【0020】

半導体層20の上部、具体的には、上部クラッド層23の上部およびコンタクト層24には、帯状のリッジ部25が形成されている。リッジ部25は、例えば、半導体層20の積層方向から見たときに直線状となっている。このリッジ部25は、半導体層20のうち、リッジ部25の両脇の部分と共に、光導波路を構成しており、横方向（共振器方向と直交する方向）の屈折率差を利用して横方向の光閉じ込めを行うと共に、半導体層20へ注入される電流を狭窄するものである。活性層22のうち上述の光導波路の直下の部分が、電流注入領域に対応しており、この電流注入領域が発光領域22Aとなる。

#### 【0021】

半導体層20には、リッジ部25をリッジ部25の延在方向から挟み込む一対の前端面S1および後端面S2が形成されている。これら前端面S1および後端面S2は、切断に

50

よって形成されたものであり、例えばへき開によって形成されたへき開面である。前端面 S 1 および後端面 S 2 によって積層面内方向に共振器が構成されている。前端面 S 1 はレーザ光を射出する面であり、前端面 S 1 の表面には多層反射膜（図示せず）が形成されている。一方、後端面 S 2 はレーザ光を反射する面であり、後端面 S 2 の表面にも多層反射膜（図示せず）が形成されている。後端面 S 2 側の多層反射膜は、当該多層反射膜と後端面 S 2 とにより構成される射出側端面の反射率が例えば 10 % 程度となるように調整された低反射率膜である。一方、後端面 S 2 側の多層反射膜は、当該多層反射膜と後端面 S 2 とにより構成される反射側端面の反射率が例えば 95 % 程度となるように調整された高反射率膜である。

【0022】

10

なお、本実施の形態のリッジ部 25 とリッジ部 25 の両脇の部分（後述の高台部 27）が本発明の「光導波路」の一具体例に相当する。また、本実施の形態の一对の前端面 S 1 および後端面 S 2 が本発明の「一对の共振器端面」の一具体例に相当している。

【0023】

リッジ部 25 の上面（コンタクト層 24 の表面）には上部電極 28 が設けられている。この上部電極 28 は、例えば Ti、Pt、Au をこの順に積層して構成されており、コンタクト層 24 と電氣的に接続されている。一方、基板 10 の裏面には下部電極 29 が設けられている。この下部電極 29 は、例えば Au と Ge との合金、Ni および Au を基板 10 側から順に積層して構成されており、基板 10 と電氣的に接続されている。

【0024】

20

また、本実施の形態では、例えば、半導体層 20 のうち、リッジ部 25 の両脇（リッジ部 25 の裾野）の部分に、両端面（前端面 S 1 および後端面 S 2）付近の光密度を低減する構造が設けられている。具体的には、例えば、図 1 に示したように、半導体層 20 の上面に、溝部 26 と高台部 27 が設けられている。

【0025】

溝部 26 は、リッジ部 25 の両脇のうち少なくとも一方に設けられている。さらに、溝部 26 は、少なくとも、一の端面（前端面 S 1 または後端面 S 2）またはその近傍に設けられている。なお、溝部 26 は、少なくとも一の端面に接して設けられていてもよい。溝部 26 は、例えば、図 1 に示したように、リッジ部 25 の両脇のうち片側にだけ設けられている。また、溝部 26 は、例えば、図 1 に示したように、前端面 S 1（または前端面 S 1 の近傍）から後端面 S 2（または後端面 S 2 の近傍）にかけて設けられている（延在している）。さらに、溝部 26 は、例えば、図 1 に示したように、前端面 S 1 および後端面 S 2 に接して設けられている。

30

【0026】

溝部 26 は、前端面 S 1 および後端面 S 2 の近傍において、リッジ部 25 の延在方向と交差する方向に延在しており、具体的には、リッジ部 25 の端部（延在方向の端部）に近づくにつれてリッジ部 25 との間隙が小さくなる方向に延在している。言い換えると、溝部 26 が、前端面 S 1 および後端面 S 2 の近傍において、端面から遠ざかるにつれてリッジ部 25 から遠ざかっている。さらに、溝部 26 は、前端面 S 1 および後端面 S 2 から離れた部分において、リッジ部 25 から離れた部位に設けられている。つまり、本実施の形態では、溝部 26 は、半導体層 20 の上面の面内において、リッジ部 25 とは反対側に突出した弓形状となっている。溝部 26 は、図 1、図 2（C）、図 2（D）に示したように、半導体層 20 の上面側から下部クラッド層 21 に達する深さとなっており、活性層 22 を貫通している。

40

【0027】

高台部 27 は、溝部 26 に沿った領域、すなわち溝部 26 の両脇に設けられている。高台部 27 の両端部は、溝部 26 に近接する（もしくは接する）共振器端面（前端面 S 1 および後端面 S 2）およびその近傍において、リッジ部 25 の両端部の両側面に接して設けられている。一方、高台部 27 のうち両端部以外の部分は、リッジ部 25 から離れて設けられており、リッジ部 25 に接していない。つまり、本実施の形態では、高台部 27 は、

50

溝部 26 と同様、半導体層 20 の上面の面内において、リッジ部 25 とは反対側に突出した弓形状となっている。

【0028】

高台部 27 のうち前端面 S1 およびその近傍において、活性層 22 から、リッジ部 25 の両側面に接する表面までの厚さ H1 が、前端面 S1 側で厚くなっており、リッジ部 25 の中央側で薄くなっている。同様に、高台部 27 のうち後端面 S2 およびその近傍において、活性層 22 から、リッジ部 25 の両側面に接する表面までの厚さ H1 が、後端面 S2 側で厚く、リッジ部 25 の中央側で薄くなっている。つまり、高台部 27 では、溝部 26 に近接する（もしくは接する）共振器端面（前端面 S1 および後端面 S2）およびその近傍において、厚さ H1 が、共振器端面側で厚くなっており、リッジ部 25 の中央側で薄くなっている。

10

【0029】

さらに、高台部 27 のうち前端面 S1 の近傍において、前端面 S1 側の厚い部分 27-1 からリッジ部 25 の中央側の薄い部分 27-2 にかけて、厚さ H1 が連続的に変化している。つまり、高台部 27 は、前端面 S1 側の厚い部分 27-1 からリッジ部 25 の中央側の薄い部分 27-2 にかけて、緩やかに傾斜する傾斜面 27A となっており、選択エッチなどによって生じるような段差を有していない。同様に、高台部 27 のうち後端面 S2 の近傍において、後端面 S2 側の厚い部分 27-1 からリッジ部 25 の中央側の薄い部分 27-2 にかけて、厚さ H1 が連続的に変化している。つまり、高台部 27 は、後端面 S2 側の厚い部分 27-1 からリッジ部 25 の中央側の薄い部分 27-2 にかけて、緩やかに傾斜する傾斜面 27A となっており、選択エッチなどによって生じるような段差を有していない。これにより、リッジ部 25 とリッジ部 25 の両脇の部分（高台部 27）とを含む光導波路において、両端面近傍の横方向屈折率分布が、共振器方向の中央部分の横方向屈折率分布よりもなだらかとなっている。以下、リッジ部 25 とリッジ部 25 の両脇の部分とを含む光導波路のことを単に光導波路と称するものとする。

20

【0030】

なお、高台部 27 の両端部は、図 1 に示したように、前端面 S1 および後端面 S2 の近傍において、リッジ部 25 の両端部の両脇だけでなく、リッジ部 25 の両端部の直下にも設けられている。そのため、リッジ部 25 は、図 2 に示したように、半導体層 20 の積層面内方向から見ると、リッジ部 25 の端部近傍において積層方向にうねりを有している。リッジ部 25 の「うねり」の部分は、リッジ部 25 の延在方向に緩やかに傾斜する傾斜面 25A となっており、選択エッチなどによって生じるような段差を有していない。なお、リッジ部 25 そのものの厚さはリッジ部 25 の部位に寄らず、ほぼ一定である。

30

【0031】

[半導体レーザ 1 の製造方法]

このような構成を有する半導体レーザ 1 は、例えば次のようにして製造することができる。

【0032】

図 3 (A), 図 4 (A), 図 5 (A), 図 6 (A), 図 7 (A) は、製造過程におけるウェハ 100 の上面構成を表したものである。図 3 (B) は図 3 (A) の A-A 矢視方向の断面構成を、図 4 (B) は図 4 (A) の A-A 矢視方向の断面構成を、図 5 (B) は図 5 (A) の A-A 矢視方向の断面構成をそれぞれ表したものである。図 6 (B) は図 6 (A) の A-A 矢視方向の断面構成を、図 7 (B) は図 7 (A) の A-A 矢視方向の断面構成をそれぞれ表したものである。また、図 3 (A), 図 4 (A), 図 5 (A), 図 6 (A), 図 7 (A) 中で黒く塗りつぶした帯状の領域は、後にリッジ部 25 の形成箇所となる帯状のリッジ領域 110 に対応した領域である。図 3 (A), (B) ~ 図 7 (A), (B) 中に示した破線は、後にウェハ 100 (基板 10D) の切断箇所となる、格子状のレイアウトを有する切断領域 120 に対応した領域である。

40

【0033】

まず、基板 10D の表面を例えばサーマルクリーニングにより清浄する。なお、基板 1

50

0 Dの末尾に付されたDは、チップ状の半導体レーザ1の製造過程において最終的に基板10となる前の状態であることを意味しており、さらに基板10Dが基板10と同一の材料によって構成されていることを意味している。以下、末尾にDが付されているものにおいても、Dは上記と同様のことを意味するものとする。

#### 【0034】

次に、清浄された基板10D上に、例えばMOCVD法により、例えば、下部クラッド層21D、活性層22D、上部クラッド層23Aを順次成長させて、半導体層31（第1半導体層）を形成する（図3（A）、（B））。なお、上部クラッド層23Aは、例えば、上部クラッド層23と同一材料で構成された薄い半導体層であり、後述の上部クラッド層23Bと共に上部クラッド層23Dとなり、最終的には上部クラッド層23となる半導体層である。また、半導体層31を形成するに際して、活性層22Dと上部クラッド層23Aとの間に、例えば、電子のオーバーフローを抑制する電子障壁層（図示せず）を形成してもよい。また、必要に応じて、他の層を追加したり、上部クラッド層23Aを省略したりしてもよい。

#### 【0035】

次に、半導体層31の上面のうち切断領域120で囲まれた一の素子領域130内において、リッジ領域110の両脇のうち少なくとも一方の領域であって、リッジ領域110から離れた領域であり、かつ少なくとも素子領域130の外縁に溝部140を形成する。例えば、図4（A）、（B）に示したように、切断領域120のうち素子領域130を間にして互いに対向する一对の領域を一对の辺領域120Aとしたときに、一方の辺領域120Aの近傍から他方の辺領域120Aの近傍にかけて延在するように、溝部140を形成する。

#### 【0036】

図4（A）、（B）には、溝部140が一の素子領域130だけでなく、辺領域120Aに接する他の素子領域130にも連続して形成されている場合、すなわち、溝部140が辺領域120Aをまたいで形成されている場合が例示されている。なお、溝部140が複数の素子領域130に形成されている場合に、溝部140が辺領域120Aをまたいでいなくてもよい。すなわち、溝部140が、辺領域120Aに接しないで、素子領域130内にだけ形成されていてもよい。

#### 【0037】

さらに、上記の工程において、例えば、図4（A）、（B）に示したように、辺領域120Aの近傍において、切断領域120に近づくにつれてリッジ領域110との間隙（距離）が小さくなる方向に延在するように、溝部140を形成する。なお、溝部140は、最終的には溝部26となるものである。ここで、溝部140は、後に半導体層32を積層する際に、溝部140が埋まってしまわない程度の深さとなっており、その深さは、例えば、1～3μm程度となっている。

#### 【0038】

次に、溝部140を含む、半導体層31の上面に、少なくとも上部クラッド層23Bによって構成された半導体層32（第2半導体層）を形成する。例えば、図5（A）、（B）に示したように、溝部140を含む、半導体層31の上面に、上部クラッド層23Bおよびコンタクト層24Dを順次成長させて、半導体層32を形成する。なお、上部クラッド層23Bは、例えば、上部クラッド層23と同一材料で構成された半導体層であり、上述の上部クラッド層23Aと共に最終的に上部クラッド層23となる半導体層である。このとき、半導体層32において、溝部140の周囲だけが自然と厚く形成されると共に、溝部140から離れるにつれて滑らか、かつ緩やかに下る傾斜面33が形成される。つまり、半導体層32の形成に際して、リッジ領域110の両脇には、不連続な構造が形成されていない。このように溝部140の周囲だけが自然と厚く形成されるのは、溝部140内の斜面での結晶成長レートが他の部分と比べて遅く、溝部140の近傍へIII族元素の流入が生じるためである。

#### 【0039】

次に、半導体層 32 の上面のうちリッジ領域 110 に対応する領域に帯状の絶縁層 150 を形成する（図 6（A），（B））。絶縁層 150 は、図 6（A），（B）に示したように、一の素子領域 130 だけでなく、辺領域 120A に接する他の素子領域 130 にも連続して形成されている。続いて、絶縁層 150 をマスクとして半導体層 32 を選択的にエッチングする（図 7（A），（B））。これにより、半導体層 32 のうち絶縁層 150 直下の部分に、リッジ部 25D が形成される。さらに、先の工程で自然と厚く形成された溝部 140 の周囲においては、自然と厚く形成された分だけエッチ残し量が厚くなる。その結果、辺領域 120A の近傍においてリッジ部 25D の両側面に接し、かつ、それ以外の領域においてリッジ部 25D から離れるように、高台部 27D が形成される。

#### 【0040】

10

ここで、高台部 27D は、溝部 140 に沿った領域のうち少なくとも素子領域 130 の外縁において、リッジ部 25D の両側面に接して形成されており、さらに、リッジ部 25D の両脇だけでなく、リッジ部 25D のうち素子領域 130 の外縁に対応する部分の直下にも形成されている。図 8 には、高台部 27D が、リッジ部 25D のうち素子領域 130 の外縁に対応する部分の直下だけでなく、リッジ部 25D のうち辺領域 120A の直下の部分にも形成されている場合が例示されている。なお、図 8 は、図 7（A）の C - C 矢視方向の断面構成を表したものであり、リッジ部 25D の両側面に接する表面をリッジ部 25D の延在方向で切断したときの断面構成を表したものである。

#### 【0041】

20

高台部 27D のうちリッジ部 25D の両側面に接している部分では、活性層 22D からリッジ部 25D の両側面に接する表面までの厚さ H1 が切断領域 120（辺領域 120A）寄りでは厚く、素子領域 130 の中央寄りで薄くなっている。さらに、高台部 27D では、切断領域 120（辺領域 120A）寄りの厚い部分 27-1（図 8 参照）から素子領域 130 の中央寄りの薄い部分 27-2（図 8 参照）にかけて厚さ H1 が連続的に変化している。つまり、高台部 27D には、リッジ部 25D の両側面に接する表面において連続した緩やかな傾斜面 27A が形成されている。

#### 【0042】

30

次に、図示しないが、絶縁層 150 を除去したのち、リッジ部 25 の上面に上部電極 28 を形成する。さらに、必要に応じてラッピングなどにより基板 10 の厚さを適宜調節したのち、基板 10 の裏面に下部電極 29 を形成する。続いて、辺領域 120A に対応する線上で、基板 10 をへき開して、ウェハ 100 をバー状にする。これにより、へき開した面のうち一方の面が前端面 S1 となり、へき開した面のうち他方の面が後端面 S2 となる。その後、前端面 S1 および後端面 S2 に多層反射膜を形成する。最後に、バー状のウェハ 100 をダイシングする。このようにして、本実施の形態の半導体レーザ 1 が製造される。

#### 【0043】

##### [半導体レーザ 1 の作用・効果]

次に、本実施の形態の半導体レーザ 1 の作用および効果について説明する。

#### 【0044】

40

本実施の形態の半導体レーザ 1 では、上部電極 28 および下部電極 29 に所定の電流が供給されると、リッジ部 25 により電流狭窄された電流が活性層 22 の電流注入領域（発光領域 22A）に注入され、これにより電子と正孔の再結合による発光が生じる。この光は、前端面 S1 および後端面 S2 に形成された多層反射膜により反射され、所定の波長でレーザ発振を生じ、前端面 S1 側からビームとして外部に射出される。

#### 【0045】

ところで、本実施の形態では、光導波路の横方向の光閉じ込めは、リッジ部 25 の等価屈折率  $n_1$  と、リッジ部 25 脇の等価屈折率  $n_2$  の差  $n (= n_1 - n_2)$  によって決まる。リッジ部 25 内の屈折率  $n_1$  は、エピ層構造により決まるので、端面付近と共振器方向の中央部分とで同一である。一方、リッジ部 25 脇については、高台部 27 の存在により、等価屈折率  $n_2$  の値が共振器方向において異なる。具体的には、高台部 27 はリッジ

50

部 2 5 の両端部の両側面に接している。そして、その部分において、活性層 2 2 からリッジ部 2 5 の両側面に接する表面までの厚さ H 1 が共振器端面側（厚い部分 2 7 - 1）で厚く、リッジ部 2 5 の中央側（薄い部分 2 7 - 2）で薄くなっている。

【 0 0 4 6 】

これにより、リッジ部 2 5 の両端部において、共振器端面側の屈折率の差  $n$  の方が、リッジ部 2 5 の中央側の屈折率の差  $n$  よりも小さくなっており、共振器端面側の横方向屈折率分布の方が、リッジ部 2 5 の中央側の横方向屈折率分布よりも緩やかとなっている。その結果、端面付近において、光スポットサイズが拡大し、光密度が減少するので、COD レベルを上昇させることができる。また、リッジ部 2 5 の中央部分においては、リッジ脇へのリーク電流を小さくすることができるので、閾値電流を低く抑えることができる。さらに、端面付近においてリッジ残し量が厚くなっていることから、製造過程において、ドライエッチングによる活性層 2 2 へのダメージが低減し、信頼性が向上する。

10

【 0 0 4 7 】

また、本実施の形態では、高台部 2 7 において、共振器端面寄りの厚い部分 2 7 - 1 からリッジ部 2 5 の中央寄りの薄い部分 2 7 - 2 にかけて緩やかな傾斜面 2 7 A が形成されており、厚さ H 1 が連続的に変化している。これにより、横方向屈折率分布が、厚い部分 2 7 - 1 から薄い部分 2 7 - 2 にかけて、傾斜面 2 7 A の緩やかさに応じた緩やかさで連続して変化している。従って、リッジ脇の表面に段差が生じている従来の場合と比べて、横方向屈折率分布の、共振器方向の変化が緩やかとなり、光モード形状の、共振器方向の変化についても緩やかとなる。その結果、光モード形状の、共振器方向の変化に起因する光の散乱ロスを低減することができる。

20

【 0 0 4 8 】

また、本実施の形態では、製造過程において、溝部 1 4 0 を含む、半導体層 3 1 の上面に半導体層 3 2 を形成するに際して、半導体層 3 1 の上面に溝部 1 4 0 が設けられていない場合と同様の条件で半導体層 3 2 を形成することが可能である。従って、半導体層 3 1 の上面に設けられた溝部 1 4 0 に起因して、結晶欠陥が増えることがないので、COD レベルが低下する虞がない。

【 0 0 4 9 】

なお、特開 2 0 0 2 - 1 5 8 4 0 2 号公報では、結晶成長前の基板に絶縁膜パターンを形成し、端面相当部分の付近のみ活性層のバンドギャップを大きくすることにより、端面付近において、光吸収が減少し、COD レベルを上昇させることができるとしている。しかし、そのようにした場合には、絶縁膜付近の成長条件（例えば V / I I I 比など）が通常条件から大きくずれる。従って、上記特許文献に記載の方法では、かえって結晶欠陥が増え、COD レベルが低下してしまうという問題がある。

30

【 0 0 5 0 】

< 第 1 の実施の形態の変形例 >

上記実施の形態では、溝部 2 6 が前端面 S 1（または前端面 S 1 の近傍）から後端面 S 2（または後端面 S 2 の近傍）にかけて設けられ、高台部 2 7 が前端面 S 1 から後端面 S 2 にかけて設けられている場合が例示されていた。しかし、例えば、図 9 に示したように、溝部 2 6 が前端面 S 1 側（または前端面 S 1 近傍）にだけ設けられ、高台部 2 7 が、溝部 2 6 に近接する端面（前端面 S 1）側（または溝部 2 6 に近接する端面（前端面 S 1）およびその近傍）にだけ設けられていてもよい。このとき、高台部 2 7 は、溝部 2 6 に近接する端面（前端面 S 1）およびその近傍において、リッジ部の両側面に接して設けられている。また、例えば、図示しないが、溝部 2 6 が後端面 S 2 側（後端面 S 2 近傍）にだけ設けられ、高台部 2 7 が、溝部 2 6 に近接する端面（後端面 S 2）側（または溝部 2 6 に近接する端面（後端面 S 2）およびその近傍）にだけ設けられていてもよい。このとき、高台部 2 7 は、溝部 2 6 に近接する端面（後端面 S 2）およびその近傍において、リッジ部の両側面に接して設けられている。また、上記実施の形態では、溝部 2 6 がリッジ部 2 5 の両脇のうち片側にだけ設けられている場合が例示されていたが、例えば、図 1 0 に示したように、リッジ部 2 5 の両脇に設けられていてもよい。このようにした場合には、

40

50

高台部 27 が、リッジ部 25 の両脇において、前端面 S1 から後端面 S2 にかけて設けられる。また、例えば、図 11 に示したように、溝部 26 および高台部 27 がリッジ部 25 の両脇に設けられると共に、溝部 26 が前端面 S1 側（前端面 S1 近傍）にだけ設けられ、高台部 27 が前端面 S1 側（前端面 S1 およびその近傍）にだけ設けられていてもよい。

#### 【0051】

図 9、図 11 に示したように、溝部 26 および高台部 27 を、前端面 S1 側にだけ設ける場合には、製造過程において、まず、素子領域 130 の外縁にだけ溝部 140 を形成する。続いて、溝部 140 を含む表面に、半導体層 32 を形成したのち、リッジ領域 110 に対応して絶縁層 150 を形成し、この絶縁層 150 をマスクとして半導体層 32 を選択的にエッチングする。このようにして、素子領域 130 の外縁のうち溝部 130 の形成されている領域の近傍においてリッジ部 25D の両側面に接するように、高台部 27D を形成すればよい。

10

#### 【0052】

< 第 2 の実施の形態 >

[ 半導体レーザ 2 の構造 ]

図 12 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る半導体レーザ 2 の概略構成を斜視的に示したものである。図 13 (A) は図 12 の半導体レーザ 2 の A - A 矢視方向の断面構成を、図 13 (B) は図 12 の半導体レーザ 2 の B - B 矢視方向の断面構成をそれぞれ示したものである。図 13 (C) は図 12 の半導体レーザ 2 の C - C 矢視方向の断面構成を、図 13 (D) は図 12 の半導体レーザ 2 の D - D 矢視方向の断面構成をそれぞれ示したものである。なお、図 12、図 13 (A) ~ (D) は、模式的に示したものであり、実際の寸法、形状とは異なっている。

20

#### 【0053】

本実施の形態の半導体レーザ 2 は、上記実施の形態の溝部 26 とは異なる深さの溝部 36 を備えている点で、上記実施の形態の半導体レーザ 1 の構成と相違する。また、この半導体レーザ 2 の製造方法についても、上記実施の形態の製造方法とは異なっている。そこで、以下では、上記実施の形態との相違点について主に説明し、上記実施の形態との共通点についての説明を適宜省略するものとする。

#### 【0054】

30

溝部 36 は、リッジ部 25 の両脇のうち少なくとも一方に設けられている。さらに、溝部 36 は、少なくとも一の端面（前端面 S1 または後端面 S2）の近傍に設けられている。なお、溝部 36 は、少なくとも一の端面に接して設けられていてもよい。溝部 36 は、例えば、図 12 に示したように、リッジ部 25 の両脇に設けられている。また、溝部 26 は、例えば、図 12 に示したように、前端面 S1 近傍と、後端面 S2 近傍とにだけ設けられており、前端面 S1 および後端面 S2 に接して設けられている。つまり、溝部 36 は、前端面 S1 および後端面 S2 から遠く離れた部位に設けられていない。

#### 【0055】

溝部 36 は、前端面 S1 および後端面 S2 の近傍において、例えば、リッジ部 25 の延在方向と平行な方向に延在している。なお、溝部 36 が、前端面 S1 および後端面 S2 の近傍において、共振器端面に近づくにつれてリッジ部 25 との間隙（距離）が小さくなる方向に延在していてもよい。溝部 36 は、図 12、図 13 (C) に示したように、半導体層 20 の上面側から活性層 22 の手前まで達する深さとなっており、活性層 22 を貫通していない。

40

#### 【0056】

本実施の形態では、高台部 27 は、溝部 36 に沿った領域、すなわち溝部 36 の両脇に設けられている。高台部 27 は、溝部 36 に近接する（もしくは接する）共振器端面（前端面 S1 および後端面 S2）およびその近傍において、リッジ部 25 の両端部の両側面に接して設けられている。なお、本実施の形態では、共振器端面（前端面 S1 および後端面 S2）から遠く離れた部位に溝部 36 が存在していないことから、高台部 27 についても

50

、共振器端面（前端面 S 1 および後端面 S 2）から遠く離れた部位には存在していない。つまり、高台部 2 7 についても、溝部 3 6 と同様、前端面 S 1 近傍と、後端面 S 2 近傍とにだけ設けられている。

【 0 0 5 7 】

なお、高台部 2 7 の厚さ H 1 については、上記実施の形態と同様、共振器端面（前端面 S 1，後端面 S 2）側で厚くなっており、リッジ部 2 5 の中央側で薄くなっている。また、高台部 2 7 は、共振器端面側の厚い部分 2 7 - 1 からリッジ部 2 5 の中央側の薄い部分 2 7 - 2 にかけて、緩やかに傾斜する傾斜面 2 7 A となっており、選択エッチなどによって生じるような段差を有していない。従って、リッジ部 2 5 とリッジ部 2 5 の両脇の部分（高台部 2 7）とを含む光導波路において、両端面近傍の横方向屈折率分布が、共振器方向の中央部分の横方向屈折率分布よりもなだらかとなっている。

10

【 0 0 5 8 】

また、高台部 2 7 の両端部は、上記実施の形態と同様、前端面 S 1 および後端面 S 2 の近傍において、リッジ部 2 5 の両端部の両脇だけでなく、リッジ部 2 5 の両端部の直下にも設けられている。そのため、リッジ部 2 5 は、図 1 3 に示したように、半導体層 2 0 の積層面内方向から見ると、リッジ部 2 5 の端部近傍において積層方向にうねりを有している。リッジ部 2 5 の「うねり」の部分は、リッジ部 2 5 の延在方向に緩やかに傾斜する傾斜面 2 5 A となっており、選択エッチなどによって生じるような段差を有していない。なお、リッジ部 2 5 そのものの厚さはリッジ部 2 5 の部位に寄らず、ほぼ一定である。

【 0 0 5 9 】

20

[ 半導体レーザ 2 の製造方法 ]

このような構成を有する半導体レーザ 2 は、例えば次のようにして製造することができる。

【 0 0 6 0 】

図 1 4 ( A )，図 1 5 ( A )，図 1 6 ( A )，図 1 7 ( A )，図 1 8 ( A ) は、製造過程におけるウェハ 1 0 0 の上面構成を表したものである。図 1 4 ( B ) は図 1 4 ( A ) の A - A 矢視方向の断面構成を、図 1 5 ( B ) は図 1 5 ( A ) の A - A 矢視方向の断面構成を、図 1 6 ( B ) は図 1 6 ( A ) の A - A 矢視方向の断面構成をそれぞれ表したものである。図 1 7 ( B ) は図 1 7 ( A ) の A - A 矢視方向の断面構成を、図 1 8 ( B ) は図 1 8 ( A ) の A - A 矢視方向の断面構成をそれぞれ表したものである。また、図 1 4 ( A )，図 1 5 ( A )，図 1 6 ( A )，図 1 7 ( A )，図 1 8 ( A ) 中で黒く塗りつぶした帯状の領域は、後にリッジ部 2 5 の形成箇所となる帯状のリッジ領域 1 1 0 に対応した領域である。図 1 4 ( A )，( B ) ~ 図 1 8 ( A )，( B ) 中に示した破線は、後にウェハ 1 0 0 ( 基板 1 0 D ) の切断箇所となる、格子状のレイアウトを有する切断領域 1 2 0 に対応した領域である。

30

【 0 0 6 1 】

まず、上記実施の形態と同様にして、基板 1 0 D 上に、例えば M O C V D 法により、例えば、半導体層 3 1 ( 第 1 半導体層 ) を形成する ( 図 3 ( A )，( B ) 引用 )。次に、半導体層 3 1 の上面のうち切断領域 1 2 0 で囲まれた一の素子領域 1 3 0 内において、リッジ領域 1 1 0 の両脇のうち少なくとも一方の領域であって、リッジ領域 1 1 0 から離れた領域であり、かつ少なくとも素子領域 1 3 0 の外縁に絶縁層 2 1 0 ( 第 1 絶縁層 ) を形成する。例えば、図 1 4 ( A )，( B ) に示したように、一方の辺領域 1 2 0 A およびその近傍と、他方の辺領域 1 2 0 A およびその近傍とに絶縁層 2 1 0 を形成する。つまり、素子領域 1 3 0 の外縁にだけ絶縁層 2 1 0 を形成する。

40

【 0 0 6 2 】

図 1 4 ( A )，( B ) には、絶縁層 2 1 0 が一の素子領域 1 3 0 だけでなく、辺領域 1 2 0 A に接する他の素子領域 1 3 0 にも連続して形成されている場合、すなわち、絶縁層 2 1 0 が辺領域 1 2 0 A をまたいで形成されている場合が例示されている。なお、絶縁層 2 1 0 が複数の素子領域 1 3 0 に形成されている場合に、絶縁層 2 1 0 が辺領域 1 2 0 A をまたいでいなくてもよい。すなわち、絶縁層 2 1 0 が、辺領域 1 2 0 A に接しないで、

50

素子領域 1 3 0 内にだけ形成されていてもよい。

【0063】

さらに、上記の工程において、例えば、図 1 4 ( A ) , ( B ) に示したように、辺領域 1 2 0 A の近傍において、リッジ領域 1 1 0 との間隙 ( 距離 ) が一定となる方向 ( つまりリッジ領域 1 1 0 の延在方向と平行な方向 ) に延在するように絶縁層 2 1 0 を形成する。なお、切断領域 1 2 0 に近づくにつれてリッジ領域 1 1 0 との間隙 ( 距離 ) が小さくなる方向に延在するように、絶縁層 2 1 0 を形成してもよい。

【0064】

次に、半導体層 3 1 の上面のうち絶縁層 2 1 0 以外の領域に、少なくとも上部クラッド層 2 3 B によって構成された半導体層 3 2 ( 第 2 半導体層 ) を形成する。例えば、図 1 5 ( A ) , ( B ) に示したように、半導体層 3 1 の上面のうち絶縁層 2 1 0 以外の領域に、上部クラッド層 2 3 B およびコンタクト層 2 4 D を順次成長させて、半導体層 3 2 を形成する。このとき、半導体層 3 2 において、絶縁層 2 1 0 の周囲だけが自然と厚く形成されると共に、絶縁層 2 1 0 の直上に溝部 2 2 0 が形成される。さらに、絶縁層 2 1 0 ( 溝部 2 2 0 ) から離れるにつれて滑らか、かつ緩やかに下る傾斜面 3 3 が形成される。つまり、半導体層 3 2 の形成に際して、リッジ領域 1 1 0 の両脇には、不連続な構造が形成されていない。このように溝部 2 2 0 の周囲だけが自然と厚く形成されるのは、絶縁層 2 1 0 の表面には結晶がほとんど成長せず、絶縁層 2 1 0 の近傍へ I I I 族元素の流入が生じるためである。

【0065】

次に、半導体層 3 2 の上面のうちリッジ領域 1 1 0 に対応する領域に帯状の絶縁層 1 5 0 を形成する ( 図 1 6 ( A ) , ( B ) ) 。絶縁層 1 5 0 は、図 1 6 ( A ) , ( B ) に示したように、一の素子領域 1 3 0 だけでなく、辺領域 1 2 0 A に接する他の素子領域 1 3 0 にも連続して形成されていてもよい。続いて、絶縁層 1 5 0 をマスクとして半導体層 3 2 を選択的にエッチングする ( 図 1 7 ( A ) , ( B ) ) 。これにより、半導体層 3 2 のうち絶縁層 1 5 0 直下の部分に、リッジ部 2 5 D が形成されると共に、先の工程で自然と厚く形成された絶縁層 2 1 0 の周囲においては、自然と厚く形成された分だけエッチ残し量が厚くなる。その結果、辺領域 1 2 0 A の近傍においてリッジ部 2 5 D の両側面に接し、かつ、それ以外の領域においてリッジ部 2 5 D から離れるように、高台部 2 7 D が形成される。

【0066】

ここで、高台部 2 7 D は、絶縁層 2 1 0 ( 溝部 2 2 0 ) に沿った領域のうち少なくとも素子領域 1 3 0 の外縁において、リッジ部 2 5 D の両側面に接して形成されており、さらに、リッジ部 2 5 D の両脇だけでなく、リッジ部 2 5 D のうち素子領域 1 3 0 の外縁に対応する部分の直下にも形成されている。本実施の形態においても、例えば、図 8 に示したように、高台部 2 7 D が、リッジ部 2 5 D のうち素子領域 1 3 0 の外縁に対応する部分の直下だけでなく、リッジ部 2 5 D のうち辺領域 1 2 0 A の直下の部分にも形成される。

【0067】

高台部 2 7 D のうちリッジ部 2 5 D の両側面に接している部分では、活性層 2 2 D からリッジ部 2 5 D の両側面に接する表面までの厚さ H 1 が切断領域 1 2 0 ( 辺領域 1 2 0 A ) 寄りでは厚く、素子領域 1 3 0 の中央寄りで薄くなっている。さらに、高台部 2 7 D では、切断領域 1 2 0 ( 辺領域 1 2 0 A ) 寄りの厚い部分 2 7 - 1 ( 図 8 参照 ) から素子領域 1 3 0 の中央寄りの薄い部分 2 7 - 2 ( 図 8 参照 ) にかけて厚さ H 1 が連続的に変化している。つまり、高台部 2 7 D には、リッジ部 2 5 D の両側面に接する表面において連続した緩やかな傾斜面 2 7 A が形成されている。

【0068】

次に、絶縁層 1 5 0 を除去したのち、リッジ部 2 5 の上面に上部電極 2 8 を形成する。さらに、必要に応じてラッピングなどにより基板 1 0 の厚さを適宜調節したのち、基板 1 0 の裏面に下部電極 2 9 を形成する。続いて、辺領域 1 2 0 A に対応する線上で、基板 1 0 をへき開して、ウェハ 1 0 0 をバー状にする。これにより、へき開した面のうち一方の

10

20

30

40

50

面が前端面 S 1 となり、へき開した面のうち他方の面が後端面 S 2 となる。その後、前端面 S 1 および後端面 S 2 に多層反射膜を形成する。最後に、バー状のウェハ 100 をダイシングする。このようにして、本実施の形態の半導体レーザ 2 が製造される。

#### 【0069】

[ 半導体レーザ 2 の作用・効果 ]

次に、本実施の形態の半導体レーザ 2 の作用および効果について説明する。

#### 【0070】

上記の実施の形態と同様、上部電極 28 および下部電極 29 に所定の電流が供給されると、リッジ部 25 により電流狭窄された電流が活性層 22 の電流注入領域（発光領域 22 A）に注入され、これにより電子と正孔の再結合による発光が生じる。この光は、前端面 S 1 および後端面 S 2 に形成された多層反射膜により反射され、所定の波長でレーザ発振を生じ、前端面 S 1 側からビームとして外部に射出される。

10

#### 【0071】

ところで、本実施の形態においても、上記の実施の形態と同様、高台部 27 はリッジ部 25 の両端部の両側面に接している。そして、その部分において、活性層 22 からリッジ部 25 の両側面に接する表面までの厚さ H 1 が共振器端面側（厚い部分 27 - 1）で厚く、リッジ部 25 の中央側（薄い部分 27 - 2）で薄くなっている。これにより、リッジ部 25 の両端部において、共振器端面側の屈折率の差  $n$  の方が、リッジ部 25 の中央側の屈折率の差  $n$  よりも小さくなっており、共振器端面側の横方向屈折率分布の方が、リッジ部 25 の中央側の横方向屈折率分布よりも緩やかとなっている。これにより、端面付近において、光スポットサイズが拡大し、光密度が減少するので、COD レベルを上昇させることができる。リッジ部 25 の中央部分においては、リッジ脇へのリーク電流を小さくすることができるので、閾値電流を低く抑えることができる。さらに、端面付近においてリッジ残し量が厚くなっていることから、製造過程において、ドライエッチングによる活性層 22 へのダメージが低減し、信頼性が向上する。

20

#### 【0072】

また、本実施の形態においても、高台部 27 において、共振器端面寄りの厚い部分 27 - 1 からリッジ部 25 の中央寄りの薄い部分 27 - 2 にかけて緩やかな傾斜面 27 A が形成されており、厚さ H 1 が連続的に変化している。これにより、横方向屈折率分布が、厚い部分 27 - 1 から薄い部分 27 - 2 にかけて、傾斜面 27 A の緩やかさに応じた緩やかさで連続して変化している。従って、リッジ脇の表面に段差が生じている従来の場合と比べて、横方向屈折率分布の、共振器方向の変化が緩やかとなり、光モード形状の、共振器方向の変化についても緩やかとなる。その結果、光モード形状の、共振器方向の変化に起因する光の散乱ロスを低減することができる。

30

#### 【0073】

また、本実施の形態では、製造過程において、半導体層 31 の上面に半導体層 32 を形成するに際して、半導体層 31 の上面に絶縁層 210 が設けられていない場合と同様の条件で半導体層 32 を形成することが可能である。従って、半導体層 31 の上面に設けられた絶縁層 210 に起因して、結晶欠陥が増えることがないので、COD レベルが低下する虞がない。

40

#### 【0074】

< 第 2 の実施の形態の変形例 >

上記第 2 の実施の形態では、溝部 26 および高台部 27 が共に、前端面 S 1 近傍と、後端面 S 2 近傍とにだけ設けられている場合が例示されていたが、例えば、図 18 に示したように、溝部 26 だけが、一方の端面（前端面 S 1）近傍にだけ設けられていてもよい。このような構成は、例えば、製造過程において、以下のようにすることにより形成可能である。例えば、図 19（A），（B）に示したように、まず、絶縁層 210 を辺領域 120 A の一方の側にだけ形成する。次に、図示しないが、半導体層 31 上に半導体層 32 を形成したのち、選択エッチによりリッジ部 25 および高台部 27 を形成する。ところで、絶縁層 210 を辺領域 120 A の一方の側にだけ形成するのは、例えば、基板 10D が傾

50

斜基板（オフ基板）となっている場合に、半導体層 3 1 上に半導体層 3 2 を形成するに際して、絶縁層 2 1 0 の周囲の厚さが不均一となることがあり、その不均一性を考慮して、絶縁層 2 1 0 の位置を調整したためである。従って、絶縁層 2 1 0 の中央を常に、辺領域 1 2 0 A 上に配置するとは限らず、必要に応じて、図 1 9（A），（B）に示したように、辺領域 1 2 0 A の一方の側にずらして配置することもある。

#### 【0075】

また、上記実施の形態では、溝部 2 6 および高台部 2 7 が共に、前端面 S 1 近傍と、後端面 S 2 近傍とにだけ設けられている場合が例示されていたが、例えば、双方が一方の端面（前端面 S 1）近傍にだけ設けられていてもよい。また、例えば、図 2 0（A），（B）に示したように、双方が前端面 S 1 から後端面 S 2 にかけて設けられていてもよい。ただし、このようにした場合には、溝部 2 6 および高台部 2 7 は、前端面 S 1 および後端面 S 2 の近傍において、リッジ部 2 5 の端部（延在方向の端部）に近づくにつれてリッジ部 2 5 との間隙が小さくなる方向に延在していることが好ましい。さらに、溝部 2 6 および高台部 2 7 は、前端面 S 1 および後端面 S 2 から離れた部分において、リッジ部 2 5 から離れた部位に設けられていることが好ましい。つまり、本変形例では、溝部 2 6 および高台部 2 7 は、半導体層 2 0 の上面の面内において、リッジ部 2 5 とは反対側に突出した弓形状となっていることが好ましい。

#### 【0076】

以上、実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記の実施の形態に限定されるものではなく、種々変形可能である。

#### 【0077】

例えば、上記実施の形態では、半導体レーザ 1，2 がリッジ部 2 5 を 1 つだけ備えている場合について説明していたが、複数備えていてもよい。

#### 【0078】

また、上記実施の形態等では、窒化ガリウム系の半導体レーザを例にして本発明を説明したが、他の化合物半導体レーザ、例えば、例えば、GaInAsP系などの赤色半導体レーザ、ZnCdMgSSeTeなどのII-VI族の半導体レーザにも適用可能である。また、AlGaAs系、InGaAs系、InP系、GaInAsNP系などの、発振波長が可視域とは限らないような半導体レーザにも適用可能である。

#### 【符号の説明】

#### 【0079】

1，2...半導体レーザ、10，10D...基板、20，31，32...半導体層、21，21D...下部クラッド層、22，22D...活性層、22A...発光領域、23，23A，23B，23D...上部クラッド層、24，24D...コンタクト層、25，25D...リッジ部、25A，27A，33...傾斜面、26，36，140，220...溝部、27，27D...高台部、27-1...高い部分、27-2...低い部分、28...上部電極、29...下部電極、100...ウェハ、110...リッジ領域、120...切断領域、120A...辺領域、130...素子領域、150，210...絶縁層、S1...前端面、S2...後端面、W1...間隙（距離）。

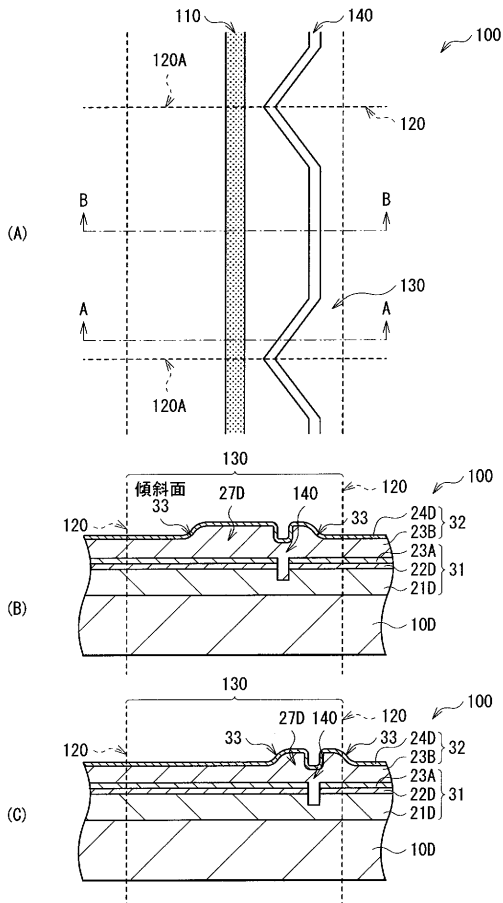
10

20

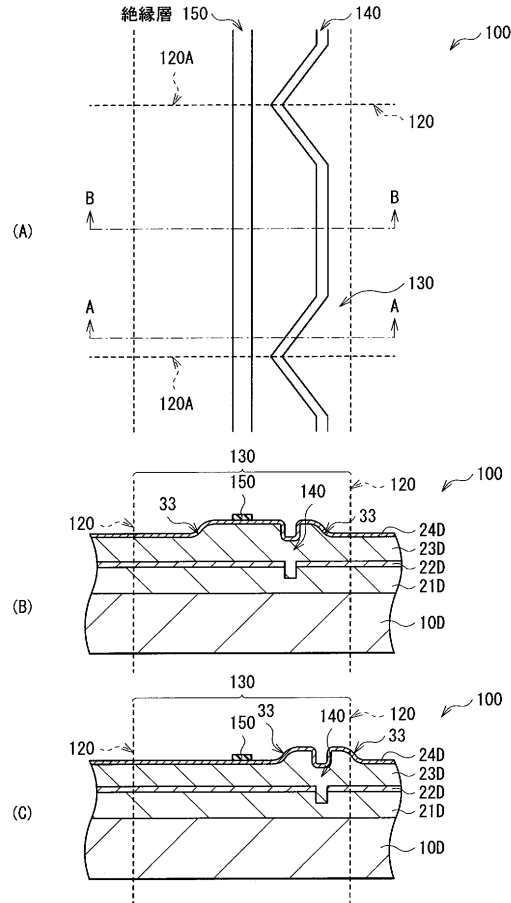
30



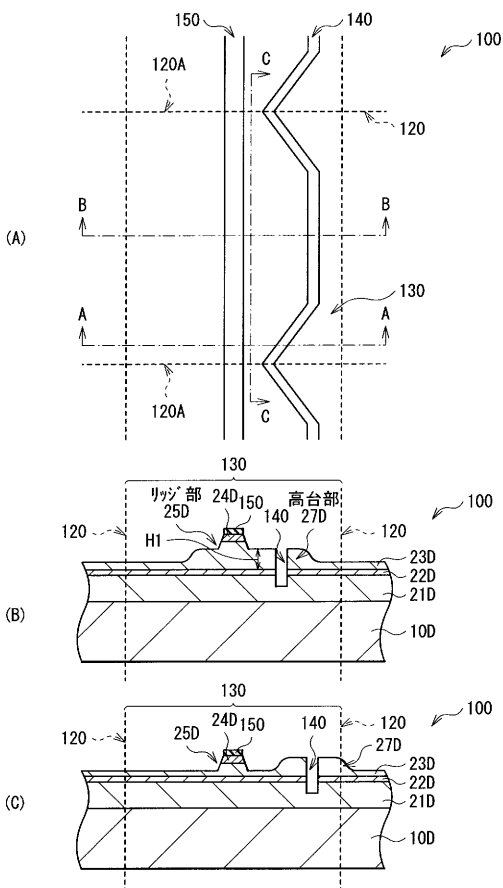
【図 5】



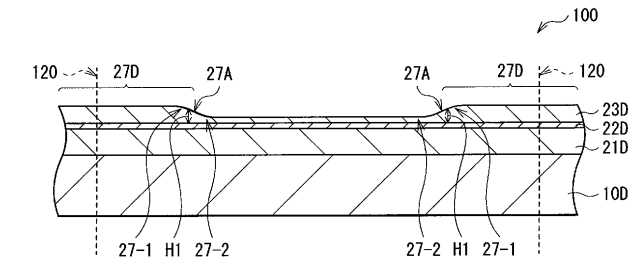
【図 6】



【図 7】

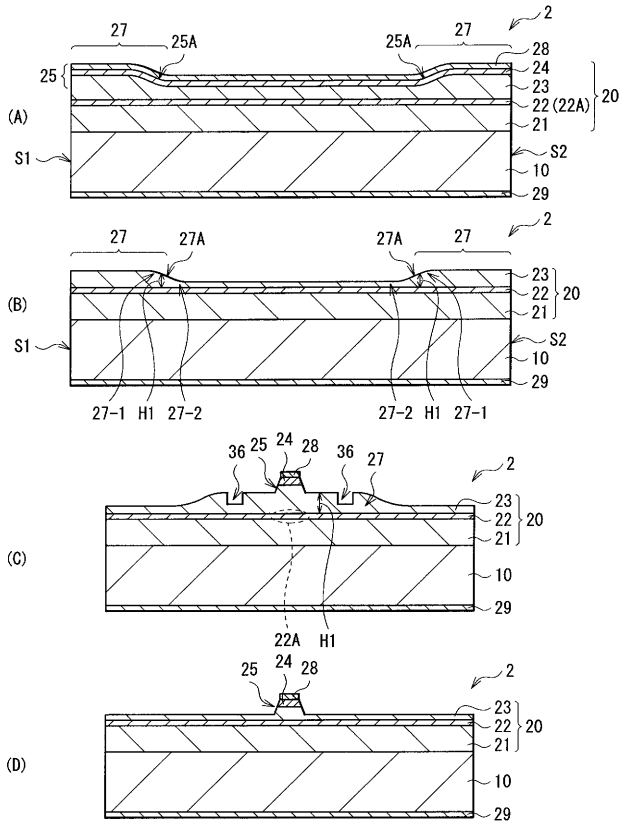


【図 8】

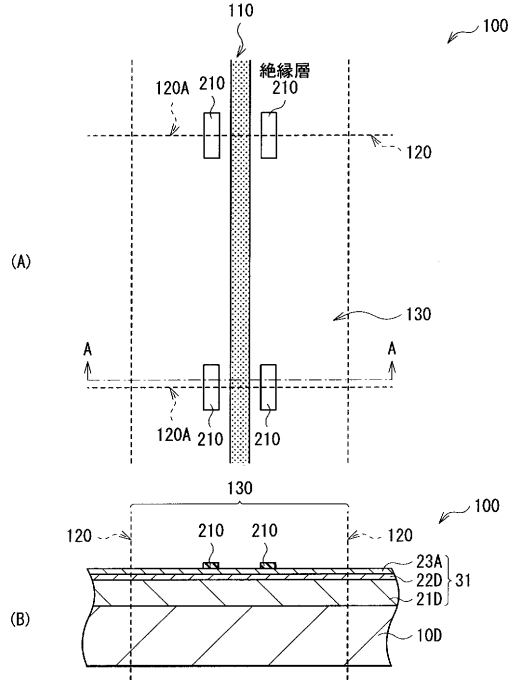




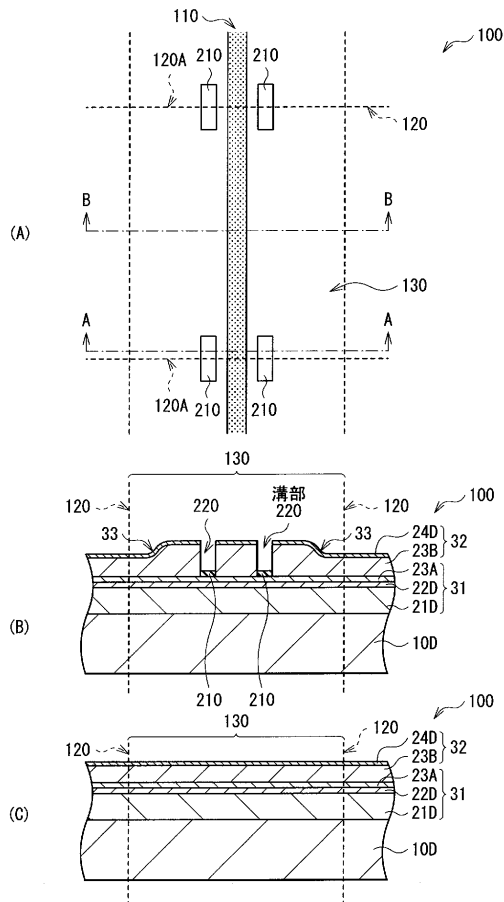
【図 13】



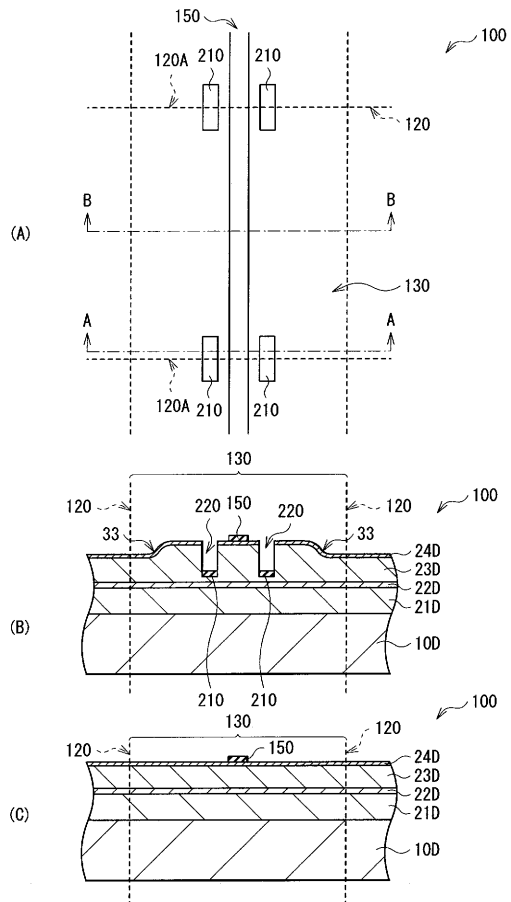
【図 14】



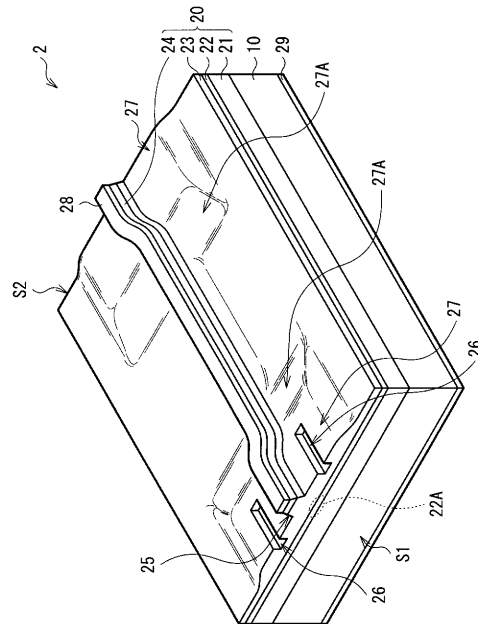
【図 15】



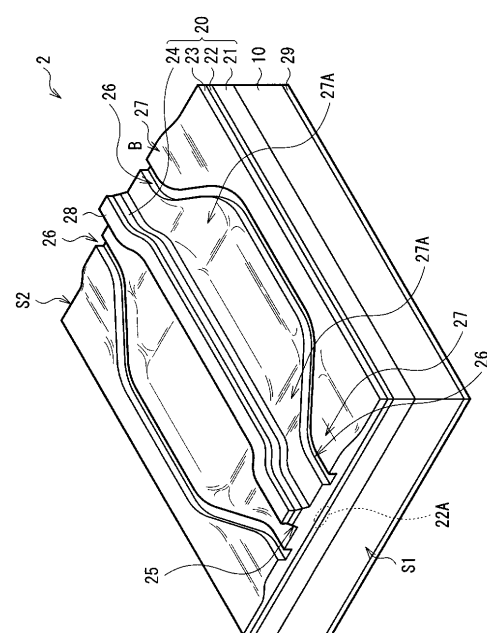
【図 16】



【 図 1 8 】



【 ㄨ 2 0 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 澤畠 淳二

宮城県白石市白鳥三丁目5番地の2 ソニー白石セミコンダクタ株式会社内

Fターム(参考) 5F173 AA08 AB63 AB64 AF40 AH22 AP05 AP33 AP82 AR12 AR68