

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5344915号
(P5344915)

(45) 発行日 平成25年11月20日 (2013.11.20)

(24) 登録日 平成25年8月23日 (2013.8.23)

(51) Int. Cl. F I
 HO 1 S 5/042 (2006.01) HO 1 S 5/042 G 1 O
 HO 1 S 5/223 (2006.01) HO 1 S 5/223

請求項の数 23 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2008-518984 (P2008-518984)	(73) 特許権者	505318606
(86) (22) 出願日	平成18年6月28日 (2006.6.28)		オクラロ テクノロジー リミテッド
(65) 公表番号	特表2008-544560 (P2008-544560A)		イギリス国 エヌエヌ12 8イーキュー
(43) 公表日	平成20年12月4日 (2008.12.4)		ノーザンプトンシャー, トウセスター,
(86) 国際出願番号	PCT/GB2006/050172		キャスウェル
(87) 国際公開番号	W02007/000614	(74) 代理人	100091096
(87) 国際公開日	平成19年1月4日 (2007.1.4)		弁理士 平木 祐輔
審査請求日	平成21年6月25日 (2009.6.25)	(74) 代理人	100105463
(31) 優先権主張番号	0513038.0		弁理士 関谷 三男
(32) 優先日	平成17年6月28日 (2005.6.28)	(74) 代理人	100102576
(33) 優先権主張国	英国 (GB)		弁理士 渡辺 敏章
前置審査		(74) 代理人	100101063
			弁理士 松丸 秀和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高パワー半導体光電子光学デバイス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

対向する端部区間を有する活性領域と、前記対向する端部区間の末端をそれぞれなす前面ファセットおよび後面ファセットと、を有する半導体本体と、

前記活性領域にキャリアを注入するための前記半導体本体の少なくとも一部に亘って延びる電極メタライゼーションを構成する電気接触アセンブリと、

前記対向する端部区間の少なくとも一方で前記電極メタライゼーションから前記活性領域への前記キャリア注入を制限するように前記電気接触アセンブリの完全絶縁領域および非絶縁領域を定義するために前記半導体本体の一部に亘って延びる分離層と、

前記完全絶縁領域および非絶縁領域の間の電流移行領域を定義するために、前記電気接触アセンブリの完全絶縁領域および非絶縁領域の間に形成される前記分離層のエッジ領域と、

を備え、

前記分離層の前記エッジ領域は、前記半導体本体の材料のキャリア拡散長と同程度かそれ未満の距離だけ離れている繰返し要素を有するパターンを含み、

前記電流移行領域において、前記半導体本体は前記分離層によって一部だけ覆われ、さらに前記活性領域へキャリアの注入が起こる場所における前記分離層の1箇所以上のエッジの全長は前記形成されたエッジ領域で単一ステップエッジ領域によって提供される注入電流勾配よりも急峻ではない注入電流勾配を前記電流移行領域内に提供するパターン形成によって増加される、半導体光電子デバイス。

10

20

【請求項 2】

前記パターン形成が、前記完全絶縁領域と前記非絶縁領域との間に段階的電流移行部を設けるために、少なくとも一部が次第に変化する、前記分離層の端部における非線形中間区間を含む、請求項1に記載の半導体光電子工学デバイス。

【請求項 3】

前記パターン形成が、前記分離層の前記エッジ領域において前記完全絶縁領域と前記非絶縁領域との間に実質的にステップのない、すなわち実際には連続的な電流移行部を備える中間区間を含む、請求項 1 または 2 に記載の半導体光電子工学デバイス。

【請求項 4】

前記パターン形成が、前記完全絶縁領域と前記非絶縁領域との間に前記中間区間を含み、前記中間区間は前記分離層の前記一箇所以上のエッジは実質的にジグザグ状または同様の歯のパターンを含む、請求項 1 ~ 3 のいずれか1項に記載の半導体光電子工学デバイス。

10

【請求項 5】

前記歯のパターンの隣接するコーナーの間の繰返し距離が前記半導体本体の材料のキャリア拡散距離以下である、請求項4に記載の半導体光電子工学デバイス。

【請求項 6】

前記歯のパターンの隣接するコーナーの間の繰返し距離が $0.5 \sim 1.0 \mu\text{m}$ の間か、好ましくは $1 \sim 5 \mu\text{m}$ の間である、請求項4または5に記載の半導体光電子工学デバイス。

【請求項 7】

前記歯のパターンの全体の長さが、前記半導体本体の材料の前記キャリア拡散距離よりも大きいか、好ましくは前記拡散距離の3倍よりも大きい距離にわたって前記非絶縁領域内に延びる、請求項4、5または6に記載の半導体光電子工学デバイス。

20

【請求項 8】

前記歯のパターンの全体の長さが、 $2 \sim 50 \mu\text{m}$ の間か、好ましくは $4 \sim 25 \mu\text{m}$ の間の距離にわたって前記非絶縁領域内に延びる、請求項 4 または 5 に記載の半導体光電子工学デバイス。

【請求項 9】

前記歯の長さと同記歯の端部間の離間との比によって定義されるアスペクト比が、1よりも大きいか、好ましくは3よりも大きい、請求項 4 ~ 8 のいずれか1項に記載の半導体光電子工学デバイス。

30

【請求項 10】

前記パターン形成が、孔のパターンを含む前記完全絶縁領域と前記非絶縁領域との間の前記中間区間を有する、請求項 1 ~ 9 のいずれか1項に記載の半導体光電子工学デバイス。

【請求項 11】

前記孔のパターンが、前記活性領域へキャリアの注入が起こる場所において前記分離層のさらなるエッジを提供するために、および前記中間区間の電氣的性質に漸変を生成するために、異なったサイズの孔を含む、請求項 10 に記載の半導体光電子工学デバイス。

【請求項 12】

前記孔の直径が前記半導体本体の材料のキャリア拡散距離以下である、請求項 10 または 11 に記載の半導体光電子工学デバイス。

40

【請求項 13】

前記孔の直径が $0.5 \sim 1.0 \mu\text{m}$ の間である、請求項 10、11 または 12 に記載の半導体光電子工学デバイス。

【請求項 14】

前記孔の間の距離が前記半導体本体の材料のキャリア拡散距離以下である、請求項 10 ~ 13 のいずれか1項に記載の半導体光電子工学デバイス。

【請求項 15】

前記孔の間の距離が $0.5 \sim 1.0 \mu\text{m}$ の間である、請求項 10 ~ 14 のいずれか1項に記載の半導体光電子工学デバイス。

【請求項 16】

50

前記パターン形成が、矩形歯の櫛状パターンを含む前記分離層の前記エッジ領域における中間区間を含む、請求項 1 ~ 15 のいずれか1項に記載の半導体光電子デバイス。

【請求項 17】

前記櫛状パターンの前記歯が1よりも大きいか、好ましくは3よりも大きいアスペクト比、すなわち長さ対幅の比を有する、請求項 16 に記載の半導体光電子デバイス。

【請求項 18】

前記櫛状パターンの前記隣接する歯の間の前記繰返し距離が前記半導体本体の材料の前記キャリア拡散距離以下である、請求項 16 または 17 に記載の半導体光電子デバイス。

【請求項 19】

前記櫛状パターンの前記隣接する歯の間の前記繰返し距離が $0.5 \sim 10 \mu\text{m}$ の間である、請求項 16、17 または 18 に記載の半導体光電子デバイス。

10

【請求項 20】

前記櫛状パターンの全体の長さが前記半導体本体の前記材料の前記キャリア拡散距離よりも大きいか、好ましくは前記拡散距離の3倍よりも大きい距離にわたって前記非絶縁領域内に延びる、請求項 16 ~ 19 のいずれか 1 項に記載の半導体光電子デバイス。

【請求項 21】

前記櫛状パターンの全体の長さが $2 \sim 50 \mu\text{m}$ の間の距離にわたって前記非絶縁領域内に延びる、請求項 16 ~ 20 のいずれか 1 項に記載の半導体光電子デバイス。

【請求項 22】

2つの分離層が設けられ、各々の分離層が前記半導体光電子デバイスの前記前面ファセットに対応する端部区間および前記後面ファセットに対応する端部区間にある、請求項 1 ~ 21 のいずれか 1 項に記載の半導体光電子デバイス。

20

【請求項 23】

前記繰返し要素間の距離は、 $0.5 \mu\text{m}$ 以上 $10 \mu\text{m}$ 以下である、請求項 1 乃至 22 の何れか 1 項に記載の半導体光電子デバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電極接触区域を覆う分離部をもつ大電流光電子光学デバイスに関し、特に、半導体レーザダイオードに関する。特定の例は、キャリアまたはサブマウント上に接合側下向きで取り付けられる高光出力パワーの広面積単一エミッタ(broad area single emitter)(BASE)レーザダイオードである。この状況での高出力パワーは100mWよりも大きい出力をもつレーザダイオードを意味する。そのようなレーザダイオードは、一般に、オプトエレクトロニクス用途および産業用途で使用される。そのようなレーザダイオードの光出力パワーおよび安定性は大きな関心事項であり、通常の使用中のあらゆる劣化は重大な欠点となる。本発明は、そのようなレーザダイオードの設計を改善し、特にこの改善は定められた方法でレーザダイオード中の電流の流れを制御することによって非常に高い光出力パワーでのそのようなレーザダイオードの劣化を著しく最小化するかまたは防止する。

30

【背景技術】

【0002】

40

前述のタイプの半導体レーザダイオードは光通信技術の重要な構成要素になっており、その理由として特に、そのようなレーザダイオードがファイバポンピング用途および他の高パワーレーザダイオード用途で使用することができるからである。それらは、送信されるべき信号のいかなる複雑な変換も避けて全光ファイバ通信システムの設計および開発を可能にし、それによりそのようなシステムの速度ならびに信頼性が改善される。そのような高パワーレーザダイオードの他の用途はケーブルTV(CATV)増幅器、印刷用途、およびさらに医療用途を含む。しかし、本発明は決してBASEレーザダイオードに制限されるものではなく、同等の設計のどんな半導体レーザダイオードにも適用可能である。

【0003】

一般的な半導体レーザダイオード、例えば、AlGaAsリッジ導波路レーザダイオードは、

50

2つのAlGaAsクラッド層によって挟まれた(歪)量子井戸活性領域からなる。基板上に最初に成長される第1のクラッド層は一般に下部クラッド層と呼ばれ、一般にnタイプにドーピングされる。活性領域の成長の後で基板上に2番目に成長される第2のクラッド層は一般に上部クラッド層と呼ばれ、一般にpタイプにドーピングされる。半導体エピタキシャル構造全体はGaAs基板上に成長される。第1の電極メタライゼーションは第1のクラッド層に電気的接触を与え、第2の電極メタライゼーションは第2のクラッド層に電気的接触を与える。一般に、第1の電極は、エピタキシャル層が成長されるウェハの面と反対の面を覆い、第2の電極は少なくともリッジ導波路の一部を覆う。しかし、他のドーピング構成および電極の場所も可能である。

【0004】

一般に、そのような半導体レーザダイオードは2つの異なるモードで作動することができる。第1に、デバイスはキャリアまたはサブマウント上に第1の電極で接合することができ、それは接合側アップマウント型(junction-side-up mounted)レーザダイオードと呼ばれる。一般に、2~3ミクロンのリッジ幅をもつ狭ストライプ(単一モード)レーザはこのように接合される。第2に、デバイスは裏返しにして、キャリアまたはサブマウント上に第2の電極で接合することができ、それは接合側ダウンマウント型(junction-side-down mounted)レーザダイオードと呼ばれる。一般に、100~200 μ m程度のリッジ幅をもつ広面積(多モード)レーザ、すなわちBASEはそのように接合される。本発明は、好ましくは、接合側ダウンマウント型BASEレーザダイオードに適用することができることに留意されたい。しかし、本発明がそのようなデバイスにまったく限定されないということは明らかである。特に、本発明は前述のリッジ導波路レーザに限定されず、例えば埋込み型ヘテロ構造レーザダイオードなどの半導体レーザダイオードの他の設計に適用可能である。

【0005】

すべての半導体レーザダイオードの主要な問題の1つは、端部区間区域、特にレーザダイオードの前面ファセットの近傍の劣化である。この劣化は、特に高パワー出力時で、リッジ導波路のファセット領域(または端部区間)の制御されていない温度上昇によって引き起こされると考えられる。温度上昇は、これらの領域の不要なキャリア再結合、および自由キャリア注入による加熱によって引き起こされることがある。

【0006】

レーザダイオードのリッジ導波路の端部区間およびレーザダイオードの他の部分の局所電流はレーザダイオードを駆動する注入電流によって生成される。したがって、局所電流密度を低減し、かつ最終的にレーザダイオードの端部区間で電流が流れること、つまり不要なキャリア再結合を防止するために、これらの端部区間に注入される電流を低減することが知られている。端部区間に注入される電流を低減する様々な設計が、接触部リフトオフ、エッチングによる接触部の除去、さもなければこれらの領域の周囲の接触部の遮断を含めて、試験され説明されてきた。試験および具現化された設計のいくつかは、材料、処理、または信頼性の問題のために失敗し、あるものは望ましくない副作用を示し、あるものはまったく実用的でないかまたは実現するのが難しすぎるものである。

【0007】

レーザダイオードのファセット領域における前述のキャリア再結合を防止するためのいくつかの既知の方法が以下で説明される。

【0008】

1つの試みがItaya等の米国特許第5,343,486号に開示されている。それは、レーザダイオード構造の1つのファセット部分に形成された電流阻止領域をもつ化合物半導体レーザダイオードを示す。つまり、Itayaは電流注入を低減するための解決策を開示している。ただし、ポンプ区間と非ポンプ区間との間の移行部は対処されていない。

【0009】

Yu等の米国特許第6,373,875号は、リッジ導波路レーザダイオード用の複数の電流阻止層を開示しており、各電流阻止層がレーザダイオードのリッジ導波路の各端部区間上にあり、2つの別個の阻止層がリッジ導波路の左右の残りの本体を完全に覆う。したがって、

10

20

30

40

50

この構造は横方向に連続しないいくつかの層を有し、導波路のちょうど端部における遮断が望ましくない影響をもたらすことがある。ポンプ区間と非ポンプ区間との間の移行部は対処されていない。さらに、この手法がBASEレーザダイオードに実行可能かどうかは疑わしく見える。

【 0 0 1 0 】

Sagawa等の米国特許第5,844,931号はリッジ導波路レーザダイオード用の「ウィンドウ型」電流阻止層を開示しており、この阻止層はリッジおよび本体全体を、リッジの中心部分上にある縦（長手）方向開口部によって覆う。Sagawaは、急激な端部を横切って絶縁層に延びる電極を教示しているが、ポンプ区間と非ポンプ区間との間の移行部は特に対処されていない。

10

【 0 0 1 1 】

Yarivの米国特許第4,791,646号は「ハーフトーン」処理によって作製された特注の利得広面積レーザを開示しており、それによってドットのパターン（黒区域および白区域だけを使用して、陰影の効果を再生するために、例えば新聞で使用される）が非一様2次元電流注入および対応する空間利得を生成するために使用される。好ましい実施形態は、狭い単一ローブの光遠視野像を生成する横方向非対称デバイスである。Yarivが克服しようとする2つの特定の問題はフィラメンテーション（導波路の不安定な選択的駆動区間）および多モード動作であり、それらは実質的に一様な横方向空間利得プロファイルを有する広い導波路デバイスで生じる広く不安定な光遠視野をもたらす。特有の実施形態で、Yarivは、モード制御の改善の目的で、高次モードに対する基本モードの選別を改善するためにレーザの左右反転対称を壊すような非一様横方向利得分布を教示している。より高いパワーでは、Yarivはデバイスをより大きい横方向非対称とすべきであることを教示している。この必要とされる非対称という負担は本発明では必要とされず、対称なBASEレーザは製造および制御がより簡単である。さらに、Yarivは、最大限の電流注入を有する領域がない、デバイスの全区域にわたる電流注入の段階的变化を教示している。これは、確実に最大光パワー出力に関する制限となり、したがって高パワーレーザには望ましくない。それと対照的に、本発明は、最大限電流注入区域とゼロ電流注入区域との間の境界でのみ電流注入の段階的变化に関するものである。

20

【 0 0 1 2 】

リッジ導波路レーザダイオード用の異なるやや成功した手法は、所望の非ポンプ端部区間を達成するための「分離層」処理である。この手法は、追加の薄い分離層がレーザダイオード端部区間で半導体接触層と金属接触との間に配置されるような初期のものと異なる。半導体接触層はさらに部分的に除去または切り詰められることがある。そのような設計は、本発明の譲受人に譲渡されたSchmidt等の米国特許第6,782,024号によって開示され、参照により本明細書に組み込まれ、レーザダイオードの半導体材料とメタライゼーションとの間の所定の位置、サイズ、および形状の電流阻止層として分離層を設けることによる非ポンプ端部区間での解決策を示している。しかし、Schmidt等によって開示された解決策は、電極がレーザダイオードと接触する区域と接触しない区域との間に急激な移行部を有する。ポンプ区間と非ポンプ区間との間のこの移行部は特にには対処されていない。

30

【 0 0 1 3 】

半導体レーザダイオード、特にBASEレーザダイオード用の別の成功した手法は、さらに本発明の譲受人に譲渡された、共同出願された英国特許出願第0513039.8号(N.Matuschek等、「High Power Semiconductor Laser Diode」)に開示されている。そこに記載された解決策は、1つのキャリア注入点（またはテープ状導体）を特徴とし、より好ましくはワイヤ型接触部によって特徴付けられる。このワイヤ型接触部は、リッジ導波路に沿って本質的に近接離間して延び、低減され好ましくは最小化されたキャリアの接合部とその結果として低減され好ましくは最小化された端部区間における電流密度とともに1つまたは2つの非ポンプ端部区間を設けるように適切に配置される。それによってポンプ区間と非ポンプ区間との間にスパイクのない移行部も与える。

40

【 発明の開示 】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

ところが、先に示し説明されたように、非ポンプ端部区間は高パワーレーザダイオードの一方または両方の端部区間に電流が流れることを阻止すると、過熱およびその結果生じる破滅的光学ミラー損傷(COMD)故障の防止をしばしば成功させるが、依然としてこれが十分でない場合がある。さらに、ほとんどの前述の解決策は接合側アップマウント型リッジ導波路レーザに関するものであり、他のレーザ設計、例えば接合側ダウンマウント型広面積単一エミッタ(BASE)レーザダイオードの構造の違いを考慮していない。言いかえれば、前述の解決策はBASEレーザダイオードのような他の設計には必ずしも適用できない。再び焦点を合せると、主要な問題の1つは、以下で説明するような望ましくない電流スパイク

10

【0015】

高パワーレーザダイオードの電流分布のシミュレーションによると、レーザダイオードのポンプ区間と非ポンプ区間との間の移行部で電流密度の強いピーク、すなわち電流スパイクを示す。この電流スパイクは、おそらく、かかわっている領域で材料の局部応力をもたらす。ある期間作動されたレーザダイオードのこの領域の材料劣化が観察されることがあり、デバイスのこの領域で材料の電子線誘起電流(EBIC)痕跡として見える。この現象は大電流密度を伴う非常に高いパワーで特に顕著である。

20

【0016】

本発明は、レーザダイオードの端部区間近傍において改善された電流分布を与える改善された電流阻止層または構造を提供することを目的とする。改善された電流阻止層はすべての作動条件下で強力な安定光出力を供給し、前述の端部区間劣化を避けることができる。別の目的は、そのような高パワーレーザダイオードの信頼できる大量生産を可能にする経済的製造方法を提供することである。

【0017】

さらなる目的は、レーザダイオード構造の複雑さを低減し、レーザダイオードの付加的構造構成要素の数を最小に保つことである。

【課題を解決するための手段】

30

【0018】

本発明はいわゆる非ポンプ端部区間をもつ光電子光学デバイス、特にレーザダイオードを提供し、従来技術の非ポンプ端部区間においてポンプ区間と非ポンプ区間との間の移行部で生じる電流ピークを避けるかまたは低減する。これは、危険にさらされる領域、好ましくは端部区間の電流分布を制御することによって達成される。本発明によれば、電流分布の制御は特定の電流注入制限手段によって確立される。後者は半導体本体の少なくとも一部の上に延びる分離層を備え、それによって実質的にゼロまたは低減した電流の少なくとも1つの完全絶縁領域および最大限電流注入の少なくとも1つの非絶縁領域を備え、それによってこれらの2つの領域間の境界の少なくとも一部で分離層が「パターン化」され、半導体本体の部分的被覆を生成する。このパターンングは、完全絶縁領域と非絶縁領域との間の本質的にステップのない移行領域か、または少なくともそれほど急激でなく低減した高さステップをもつ移行部を与える。

40

【0019】

パターンはいくつかの形態を有し、半導体本体の様々な部分の上に縦(長手)方向および/または横方向の両方に延びることができ、いくつかの例が以下で詳細に説明され、添付の図面で示される。

【0020】

本発明に従って構成された半導体レーザダイオードは、後で示されるように特にその長期安定性および信頼性に関して従来技術のレーザダイオードと比較して著しい改善を示す。この著しい改善は製造が若干複雑になるだけで達成されるので、従来の製造装置を使用

50

することができ、通常の製造工程を適用することができる。

【0021】

簡潔に前述したように、レーザダイオードの1つもしくは2つの非ポンプ端部区間またはより小さいポンプ端部区間の目的は、レーザダイオードファセットの近くの高応力区域を緩和することである。結晶不均質性(例えば、レーザキャビティを劈開することによって生成される)およびこれらの領域内、特に前面ファセット/ミラー近傍の高い光パワー密度に起因して、ミラーに隣接する領域は信頼性に関して半導体本体全体の中で最も弱いポイントであると考えられる。

【0022】

特に、前面ファセット領域では、非常に高い光出力パワーで故障率の増加が認められる。同じことが、程度は少ないが、後面ミラーの近傍で見出された。これらの高応力領域の材料劣化は光パワー密度と電流密度との組合せによって加速されるので、後者を制御および/または低減することは有利に見える。これは、本発明によれば、1つまたは2つの非ポンプの端部区間を設けることによって、およびこれらの端部区間への電流注入およびそれらの近傍内の、特に完全絶縁領域と非絶縁領域との間の移行部の電流注入を制御することによって達成される。

【0023】

本発明の好ましい実施形態では、パターンは、完全絶縁領域と非絶縁領域との間に電流移行部を設けるために、少なくとも一部が次第に変化する、絶縁層の端部における非線形中間区間を含む。好ましくは、パターンは、完全絶縁領域と非絶縁領域との間に本質的にステップのない、すなわち実際には連続的な電流移行部を備える中間区間を含む。完全絶縁領域と非絶縁領域との間の領域における中間区間は、実質的に単調な電流移行部または不連続な電流移行部を備えることができる。中間区間は、絶縁層の端部に本質的にジグザグ状または同様の歯のパターンを含むことができる。さらに、歯のパターンの2つの隣接するコーナーの間の距離は半導体本体の材料のキャリア拡散距離以下とすることができる。隣接するコーナーの間の距離は、 $0.5\mu\text{m}$ と $10\mu\text{m}$ の間か、好ましくは $1\mu\text{m}$ と $5\mu\text{m}$ の間とすることができる。歯のパターンは、半導体本体の材料のキャリア拡散距離より大きいか、好ましくは拡散距離の3倍よりも大きい距離にわたって非絶縁領域内に延びることができる。非絶縁領域への歯のパターンの距離範囲は、 $2\mu\text{m}$ と $50\mu\text{m}$ の間か、好ましくは $4\mu\text{m}$ と $25\mu\text{m}$ の間とすることができる。歯の長さとの比によって定義されるアスペクト比は、1よりも大きいか、好ましくは3よりも大きくすることができる。

【0024】

さらに、中間区間は孔のパターンを呈することができる、この孔は好ましくは絶縁領域と非絶縁領域との間に中間の電気的性質の領域を設けるように配置される。さらに、孔のパターンは、中間区間の一部の電気的性質に漸変を生成するために孔サイズの漸変を含むことができる。孔のパターンは、中間の電気的性質に部分的漸変を生成するために孔の面積密度の漸変を含むことができる。孔の直径は半導体本体の材料のキャリア拡散距離以下とすることができる。孔の直径は $0.5\mu\text{m}$ と $10\mu\text{m}$ の間とすることができる。孔の間の距離は、半導体本体の材料のキャリア拡散距離以下とすることができる。孔の間の距離は $0.5\mu\text{m}$ と $10\mu\text{m}$ の間とすることができる。

【0025】

孔と非絶縁領域との間の最短距離は半導体本体の材料のキャリア拡散距離と同じくらいとすることができる、すなわち $0.5\mu\text{m}$ と $10\mu\text{m}$ の間とすることができる。パターンは分離層の境界の矩形歯の櫛状パターンとすることができる、櫛状構造の歯は1よりも大きいか、好ましくは3よりも大きいアスペクト比、すなわち長さ対幅比を有することができる。櫛状構造の隣接する歯の間の距離は半導体本体の材料のキャリア拡散距離以下とすることができる、すなわち $0.5\mu\text{m}$ と $10\mu\text{m}$ の間とすることができる。櫛状構造は半導体材料のキャリア拡散距離よりも大きいか、好ましくは拡散距離の3倍よりも大きい距離にわたって非絶縁領域内に延びることができる、 $2\mu\text{m}$ と $50\mu\text{m}$ の間の距離にわたって非絶縁領域内に延

10

20

30

40

50

びることができる。

【0026】

少なくともいくつかの孔は導電性材料で充填することができ、2つの分離層を設けることができ、各々の分離層はレーザダイオード前部端部区間および後部端部区間にある。

【0027】

あるいは、単一の分離層はリッジ導波路上にウィンドウを設けることができ、前記ウィンドウの端部の少なくとも一部は任意の前記完全絶縁領域と前記非絶縁領域との間の電流移行領域を備える。ウィンドウはほぼ矩形とすることができ、あるいはウィンドウはレーザダイオードの中央により広い区間をもつ楕円形とすることができ、またはランペットの様な形、すなわちレーザダイオードの中央により狭い区間をもつ狭窄形状とすることができ、

10

またはトランペットの様な形、すなわちレーザダイオードの中央により狭い区間をもつ狭窄形状とすることができ、分離層はメタライゼーションの直下に配置することができ、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 TiN 、または SiN から製作することができ、メタライゼーションの区域の一部の下だけに延ばすことができる。

【0028】

以下で、本発明の実施形態が図面を参照して説明される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0029】

図1は、従来技術による、非ポンプ端部区間をもち、デバイスの第2の電極(基板と反対側のレーザダイオードの表面と電氣的に接触する)からの均一な電流注入をもつ例示的なBASE(広面積単一エミッタ)リッジ導波路レーザダイオードの活性層の縦(長手)方向の注入電流密度分布を示す。図1はシミュレーション結果であり、図示された寸法および値は単なる例であることを理解されたい。本発明は接合側ダウンマウント型BASEレーザダイオードに限定されず、同様の構造、または注入電流の制御が有利であるかまたは必要とされる設計のいかなるレーザダイオードにも適用することができることも理解されたい。

20

【0030】

図1に示された縦(長手)方向注入電流分布は、デバイスの基板面上に $1\mu\text{m}$ 厚の均質の金の接触層(すなわち第1の電極メタライゼーションによる)を仮定している。したがって、電流注入は、非ポンプ端部区間および隣接領域を除いて、活性層中をデバイスに沿ってほとんど均一に分配される。非ポンプ端部区間は、ファセットから始まり $100\mu\text{m}$ の長さにならないうちで延びるデバイス側のリッジ面上(すなわち第2のクラッド層および/または接触層上)の絶縁電流阻止層によってモデル化される。この電流分布の結果は、レーザダイオード導波路のポンプ区間と非ポンプ区間との間の移行部において、デバイス内に注入電流密度の説明された望ましくない有害なスパイクがある。縦軸は対数目盛であることに留意されたい。

30

【0031】

非ポンプ領域の直上の場所で一方の側から注入されるキャリアはこの領域を通過することができず、したがって活性層中のその位置で再結合することができない。したがって、非ポンプ区間はバリアを意味し、これらのキャリアがポンプ区間と非ポンプ区間との間の移行部に近い活性層の領域で再結合するために、それらはバリアをバイパスしなければならない。再結合の空間的広がりほぼ半導体材料のキャリア拡散距離 L_D であり、2~3ミクロンの程度である。

40

【0032】

したがって、非ポンプ端部区間をうまく使用して高パワーダイオードレーザの端部区間、すなわちミラーの近傍で電流が流れることが阻止され、したがって過熱およびその結果のCOMD(破滅的光学ミラー損傷)が防止されるが、図1に示されるようなポンプ区間と非ポンプ区間との間の移行部の電流密度の強いピークすなわちスパイクは大きな欠点である。この電流スパイク、特に活性領域のスパイクは局所的に材料に応力をかけ、この区域で潜在的な致命的材料劣化をもたらす。

【0033】

図2はその結果を示す。ある期間大電流で作動された接合側アップマウント型狭ストラ

50

イブレザダイオードのこの重ね焼きしたEBIC(電子線誘起電流)およびSEM(走査電子顕微鏡)写真から分かるように、非ポンプ端部区間の材料が特にポンプ/非ポンプ移行部でひどく劣化している。もちろん、この影響は非常に高いパワー、すなわち非常に高い注入電流密度で特に顕著である。

【0034】

図3は従来技術のレーザダイオード構造の例示的設計を示し、斜視分解図でAlGaAsリッジ導波路レーザダイオードを示す。この980nmのポンブレザダイオードは、それぞれ第1および第2のAlGaAsクラッド層2および3によって挟まれた歪量子井戸活性領域7からなる。半導体エピタキシャル構造全体はGaAs基板11上に成長される。第2の電極メタライゼーション6は半導体リッジ導波路4および埋込み横方向分離層5を覆い、レーザダイオードに駆動電流を供給する。本体1の底部に、第1の電極メタライゼーション10がある。ここでSiNで製作された付加的な分離層8および9が第2の電極メタライゼーション6とAlGaAs活性領域層2との間に配置され、これらの分離層はリッジ4上を延び、非ポンプ端部区間を与える。

【0035】

各非ポンプの端部区間は、リッジ導波路4の両端およびその周りで付加的な分離層8および9をそれぞれ注意深く位置合せすることによって設けられる。図示のように、分離層8および9は半導体本体1の全幅にわたって横方向に延びるが、代わりに全幅よりも狭くすることもできる(図2に示された1つの分離層のように)。それらは好ましくは別個の処理で形成され、半導体本体1の上のリッジ導波路の周りに自己整列層としてさらなる横方向分離層5を画定した後、適用する分離層がリソグラフィマスク処理およびドライエッチングステップを使用して構造化される。したがって、分離層8および9のいずれでも横方向分離層5と比べて異なる厚さおよび/または材料とすることができる。分離層8および9は約30nm厚とすることができる。半導体本体の全幅にわたって分離層8および9のいずれでも延ばすと分離層構造化の位置合せ処理が簡単になる。それは、棒状物分離処理中のファセット劈開品質も改善する。

【0036】

当業者は、機能するレーザダイオードのいくつかの部分、例えば、前面ミラー、後面ミラー、電極メタライゼーション6および10に電流を供給するリード線、複合エピタキシャル領域の詳細などが図3に示されていないことが分かる。しかし、これらの部分はむしろ標準的なものであり、理解しやすいようにここで示されない。

【0037】

一般に、図3に示される半導体レーザダイオードは2つの異なるモードで作動することができる。第1に、デバイスはキャリアまたはサブマウント上に第1の電極メタライゼーション10で接合することができ、それは接合側アップマウント型レーザダイオードと呼ばれる。一般に、2~3マイクロメートルのリッジ幅をもつ狭ストライプ(単一モード)レーザはそのように接合される。第2に、デバイスは裏返しにして、キャリアまたはサブマウント上に第2の電極メタライゼーション6で接合することができ、それは接合側ダウンマウント型レーザダイオードと呼ばれる。一般に、100~200 μ m程度のリッジ幅をもつ広面積(多モード)レーザ、すなわちBASEはそのように接合される。本発明は、好ましくは、接合側ダウンマウント型BASEレーザダイオードに適用することができることに留意されたい。しかし、本発明はそのようなデバイスに限定されず、他のデバイス構造に使用することもできるということは明らかである。

【0038】

図4aは、図3に示されたものと同様の構造を使用する第1の実施によって本発明の根本概念を例示する。分かりやすくするために、上部電極メタライゼーションはこの図および後の図から省略される。前述のように移行領域の電流スパイクを克服するために、リッジ導波路両端の分離層8および9が図3に示されたものから変更されている。デバイスの完全絶縁領域と非絶縁領域との間の移行部での分離層への鋭い直線の端部の代わりに、図4aの実施形態は、分離層8および9がリッジ導波路4を横切る端部でジグザグパターン12および13を使用する。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 9 】

ジグザグパターンの機能は、再結合が生じる端部の長さを実質上増加させるものとして理解することができる。これは、ほぼ同数のキャリアが非常に大きい区域にわたって再結合し、ポンプ/非ポンプ端部に沿った局所電流密度が低減されることを意味する。さらに、注入された電流はキャリア拡散によって広がり、局所電流密度がさらに低減され、ジグザグパターンの好ましい寸法では、再結合が分配されて電流密度のいかなる局所化ピークも防止するかまたは著しく低減することができる。隣接する三角形のコーナーの間の距離はキャリアの拡散距離の程度またはそれ未満とすることができる。

【 0 0 4 0 】

一般に、電流スパイクは、図3の従来技術のデバイスの横方向分離層5およびリッジ4によって画定される端部で横方向にも生じる。これらの端部に沿った電流スパイクを克服するために、図4bは本発明の第2の実施形態を示し、分離層14が設けられ、この場合、リッジ4および横方向分離層5のほとんどを覆う。この実施形態は、ウィンドウ15の端部にジグザグパターンをもつ「ウィンドウ（窓付き）」分離層14を使用する。ウィンドウ15はリッジ4の中央の部分と一致する。この設計では、横方向分離をウィンドウ分離層14によって設けることができるので、代案として横方向分離層5を省略することができる。この場合、分離層14はリッジ導波路4上および(導電性)半導体本体1の上に置かれる。さらに、ウィンドウ15のジグザグパターンの端部は直線である必要がなく、生成される電流分布を最適化するように形作ることができる。例えば、ウィンドウ15は、トランペットの様な形、すなわちレーザダイオードの中央により狭い区間のある狭窄形状を有するか、またはレーザダイオードの中央により広い区間をもつ楕円形とすることができる。代替の端部設計が以下でさらに示され説明される。半導体本体の縦（長手）方向延長部分および導波路リッジと平行である図4bのウィンドウのジグザグパターン端部は、図4bに示されるようなリッジの上ではなくリッジの側方にあってもよい。前述のように、横方向分離層5が除かれている場合、半導体本体1の縦（長手）方向延長部分および導波路リッジ4と平行なジグザグパターン端部はリッジ4の上または側方上ではなく半導体本体1の上に配置することもできる。

【 0 0 4 1 】

さらに、デバイスの横方向延長部分と平行なジグザグパターン端部は、導波路リッジ4の外側の領域、すなわち図5に示された例によって例示されるように、半導体本体1の上まで延びることができる。この図において、ジグザグパターン12をもつ分離層16は、単に、図4aに示された分離層8および9の1つと同様の分離層の部分図を表わす。この設計は、ジグザグ端部をリッジ4の側壁までへも延ばすことによってさらに変形することができる。

【 0 0 4 2 】

図6aは、図6bから6hまでと比較するために、図3の従来技術の分離層8および9と同様の分離層16の直線端部の一部を示す。図6aの分離層16の端部は、完全絶縁分離層16からリッジ4の非絶縁領域または半導体本体1までの急激な移行部を備える。

【 0 0 4 3 】

図6bから6hは本発明による分離層16のパターン化端部のいくつかの設計を示し、前述の設計のどれにも適用可能である。分離層16のこれらのパターン化端部は、図6aのものよりも急激でない完全絶縁領域と非絶縁領域との間の移行部を与える。

【 0 0 4 4 】

図6bは、低減された注入電流の領域と最大限注入電流の領域との間の電流阻止分離層16に貫通孔17の単純なアレイをもつ移行部設計を示す。分離層の貫通孔17のこのパターンは、絶縁体によって覆われる。すなわち絶縁された下にある半導体の割合に段階的变化を与え、その結果、分離層16によって覆われた領域で、ある程度の量の電流が導波路リッジ4に(または移行部設計が配置される場所に応じて半導体本体1に)入るのを可能にし、したがって、ゼロ注入電流から全注入電流まで所望のそれほど急激でない移行部を与える。貫通孔17の直径18、貫通孔間の距離20、および完全ポンプ領域までの距離19は、キャリア拡散距離の程度またはそれ未満とすることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

図6cは、図6bの設計と比べて、歯型またはのこぎり型パターン中のより小さい貫通孔のより精巧なアレイをもつ移行部設計である。その効果は図6bの設計のものと同様である。注入電流の所望の滑らかな移行を与えるために、貫通孔は様々なサイズを有することができる。かつ/または相互に距離を変えて配置することができる。さらに、孔の形状はどちらかと言えば重要でなく、例えば、円形、正方形、三角形、または製造に好都合な他の形状とすることができる。孔の隣接する三角形群の間の繰返し距離21はキャリアの拡散距離の程度またはそれ未満とすることができ、孔のこれらの群の移行領域の水平延長部分22は所望の平滑さの程度に依存する。一般に、この値は少なくとも拡散距離の程度であるべきであり、好ましくは拡散距離の2~3倍またはそれよりも大きくすることができる。

10

【 0 0 4 6 】

図6dから6hはいくつかの代替の移行部設計を示す。これらのすべての設計について、移行領域の水平延長部分22は図6cのように、すなわち好ましくは拡散距離の2~3倍またはそれよりも大きく選択されるべきである。これらのすべての設計について、図6fに示されるものを除いて、隣接する歯の間の繰返し距離21も図6cのように、すなわち拡散距離の程度またはそれ未満に選択されるべきである。

【 0 0 4 7 】

図6dに示された第1の代替例は、図4a、4b、および5に示されたものと同様に、ゼロ注入電流と最大限注入電流との間で連続的ではぼ直線的な移行を与える三角形歯をもつパターンである。

20

【 0 0 4 8 】

図6eは第2の代替例として矩形歯をもつパターンを示す。この設計は、実質的に一定の部分的電流注入を有する移行領域、および実質的に急激な2つの「ハーフサイズ」の移行部を設け、したがって電氣的な観点から図6dよりも望ましくないことがある。一方で、それは製造するのが簡単であり、したがってわずかな電氣的欠点を相殺することができる。

【 0 0 4 9 】

図6fは、分離層16のストライプ、および分離によって覆われないリッジ導波路4または半導体本体1の間隙をもつ設計を示す。分離のストライプおよび間隙の幅は注入される電流密度を制御するために調整することができる。電流注入領域の面積は一定とすることができるが、好ましくは間隙ごとに単調に増加させ、図6f示されるように、分離によって覆われた非ポンプストライプの面積は一定となるように選択することができる。

30

【 0 0 5 0 】

図6gはストレートエンド(straight-ended)テーパ歯をもつ図6dと6eのものとの間の「妥協」の設計を示し、この設計は連続的に変わる電流注入領域および2つの急激な移行部を提供し、それらは図6eの矩形歯の設計よりも急激でなく、図6dよりも容易に製造できる。

【 0 0 5 1 】

最後に、図6hは、ゼロ注入電流領域の隣で非常に緩やかに電流供給を開始し、最大限注入電流領域に向かって電流供給を非線形増加するために、歯の間にランペット形状開口を備える湾曲型歯を示す。歯の形状は、実質的に一定および/またはデバイスの他の部分よりも高くない、移行領域の下の活性層の電流を供給するように、すなわちいかなる電流スパイクも避けるように最適化することができる。

40

【 0 0 5 2 】

当業者は、電氣的配慮だけでなく製造の容易さにもよって決定されるさらなる形状およびパターンの設計を選択することに異存はないであろう。

【 0 0 5 3 】

寸法および尺度について理解するように、2.4mm長のBASEレーザダイオードの例が図4aおよび6dに示された設計に従って与えられる。電流阻止層8または9の「長さ」は、リッジ導波路4の長さに沿って測定して、20 μm から250 μm の範囲とすることができる。移行領域22の長さ、すなわちゼロ注入電流と最大限注入電流との間の領域は2 μm から50 μm の範囲である。

50

【0054】

そのような構成は、ファセットで実質的にゼロ(または分離層によって覆われない領域に対して大幅に低減された)から始まるレーザダイオードの電流密度の滑らかな増加を保証し、その結果、レーザダイオードのファセットからある距離における最大限注入電流への滑らかなあまり急激でない移行をもつ非ポンプ端部区間をもたらす。

【0055】

本発明がいくつかの詳細なおよびいくつかの例示的な好ましい実施形態を用いて説明された。しかし、本発明の範囲は開示された実施形態および特定の詳細によって限定されず、付加的な利点、他の用途、および/または当業者による本発明の意味のある変更は添付の特許請求の範囲によって包含されるものとするのが理解されるべきである。

10

【図面の簡単な説明】

【0056】

【図1】非ポンプ端部区間をもち、デバイスの第2の電極からの均一な電流注入をもつBASEレーザダイオードの活性層の縦(長手)方向電流密度分布のシミュレーション結果を示す図である。

【図2】非ポンプ端部区間の端部の下の接合側アップマウント型狭ストライプレーザダイオードの劣化の重ね焼きしたEBICおよびSEM写真である。

【図3】リッジ導波路半導体レーザダイオードのレイアウトを示す図である。

【図4a】図4aは本発明の第1および第2の実施形態を示す図である。

【図4b】図4bは本発明の第1および第2の実施形態を示す図である。

20

【図5】本発明の第3実施形態を示す図である。

【図6-1】図6a~6hは本発明を実施する移行部構造の様々な形態を示す図である。

【図6-2】図6a~6hは本発明を実施する移行部構造の様々な形態を示す図である。

【図6-3】図6a~6hは本発明を実施する移行部構造の様々な形態を示す図である。

【図1】

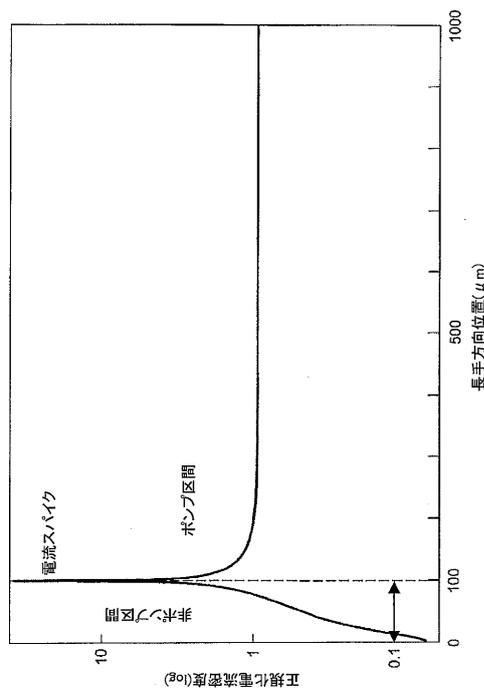


Fig. 1

【図2】

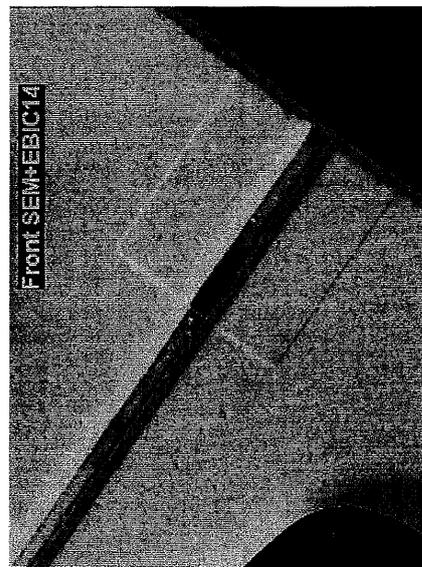


Fig. 2

【 図 3 】

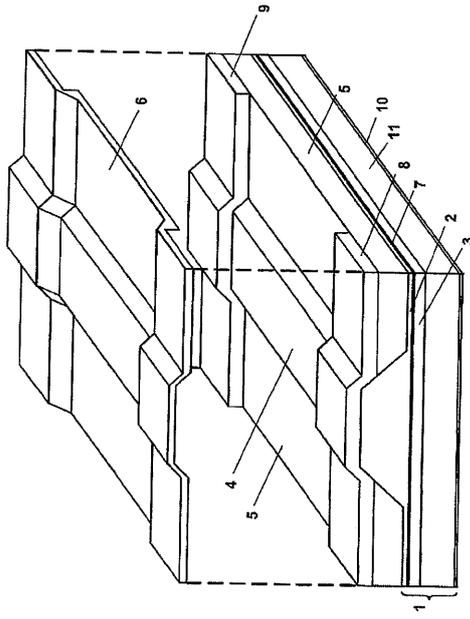


Fig. 3

【 図 4 a 】

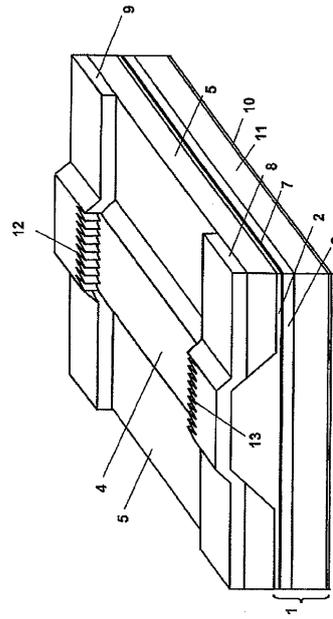


Fig. 4a

【 図 4 b 】

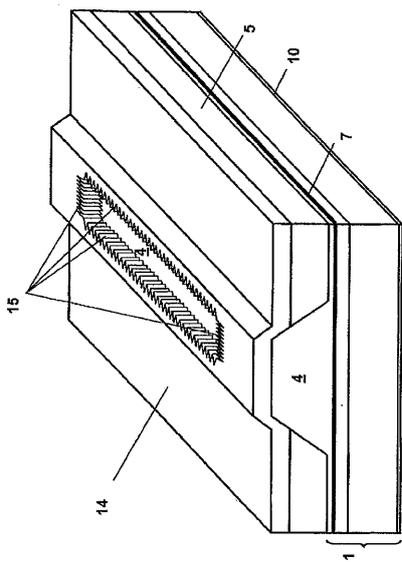


Fig. 4b

【 図 5 】

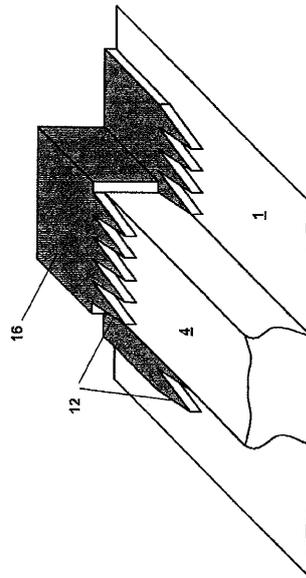


Fig. 5

【 図 6 - 1 】

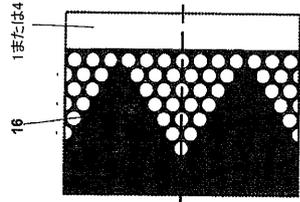


Fig. 6a

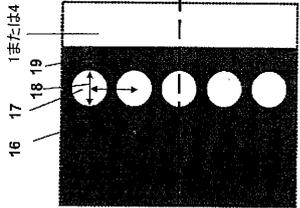


Fig. 6b

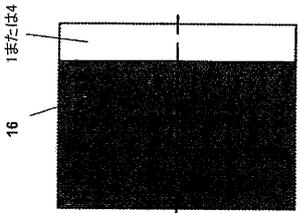


Fig. 6c

【 図 6 - 2 】

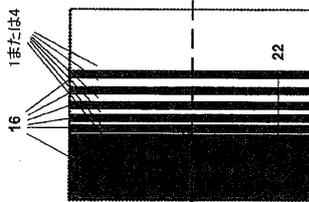


Fig. 6d

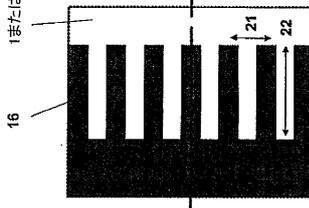


Fig. 6e

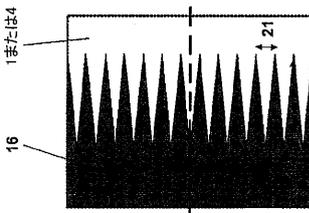


Fig. 6f

【 図 6 - 3 】

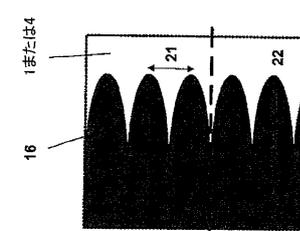


Fig. 6g

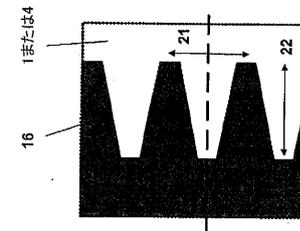


Fig. 6h

フロントページの続き

- (72)発明者 ハーダー, クリストフ
スイス国 シーエイチ - 8 8 3 4 シンデレギ, エツェルシュトラーセ 5 8
- (72)発明者 ヤコボビッツ, エイブラム
スイス国 シーエイチ - 8 8 0 3 リュシリコン, ローシュトラーセ 2 3
- (72)発明者 マツシェク, ニコライ
スイス国 シーエイチ - 8 0 5 5 チューリッヒ, ブルストヴァイセンシュトラーセ 7 2
- (72)発明者 トロガー, イエルク
スイス国 シーエイチ - 3 9 4 2 ラロン, ブラゲルンシュトラーセ
- (72)発明者 シュワルツ, ミヒャエル
スイス国 シーエイチ - 8 8 5 2 アルテンドルフ, エツェルシュトラーセ 8 アー

審査官 日夏 貴史

- (56)参考文献 特開平09 - 3 2 1 3 7 9 (J P , A)
特開平05 - 0 6 3 2 8 9 (J P , A)
特開2002 - 2 6 1 3 7 9 (J P , A)
特開平5 - 3 2 7 1 1 4 (J P , A)
特開2003 - 1 7 8 0 5 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 1 S 5 / 0 0 - 5 / 5 0