

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4564755号
(P4564755)

(45) 発行日 平成22年10月20日(2010.10.20)

(24) 登録日 平成22年8月6日(2010.8.6)

(51) Int.Cl.

HO1S 5/026 (2006.01)
HO1L 31/12 (2006.01)

F 1

HO1S 5/026 612
HO1L 31/12 H

請求項の数 17 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2003-585190 (P2003-585190)
 (86) (22) 出願日 平成15年4月3日 (2003.4.3)
 (65) 公表番号 特表2005-522885 (P2005-522885A)
 (43) 公表日 平成17年7月28日 (2005.7.28)
 (86) 國際出願番号 PCT/GB2003/001461
 (87) 國際公開番号 WO2003/088367
 (87) 國際公開日 平成15年10月23日 (2003.10.23)
 審査請求日 平成18年3月28日 (2006.3.28)
 (31) 優先権主張番号 0208211.3
 (32) 優先日 平成14年4月10日 (2002.4.10)
 (33) 優先権主張国 英国(GB)

(73) 特許権者 505163877
 インテンス リミテッド
 In t e n s e L i m i t e d
 イギリス, G72 OBN グラスゴー,
 ハイ ブランタイル, ハミルトン インタ
 ーナショナル テクノロジー パーク, ス
 タンリー ブルバード 4
 4 Stanley Boulevard
 , Hamilton Internati
 onal Technology Par
 k, High Blantyre, Gla
 sgow G72 OBN United
 Kingdom
 (74) 代理人 100081606
 弁理士 阿部 美次郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】集積化された能動的光デバイス及び光検出器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

能動的光デバイスと、光検出器とが単一の基板に集積化され、光検出器が能動的光デバイスの出力をモニタリングするよう適合されている、デバイスであって、

前記デバイスは、半導体基板と、光学的能動領域と、光閉じ込め構造と、光検出器構造とを含んでおり、

前記光学的能動領域は、前記半導体基板に形成され、該光学的能動領域上に第1の電気的端子を備えており、これにより、該光学的能動領域内で光子の放出及び／または光子の変調を生じさせ、

前記光閉じ込め構造は、該デバイスを通り、かつ、前記光学的能動領域を通る主要光路を画定し、

前記光検出器構造は、前記半導体基板に形成され、第2の電気的端子を備えており、

前記第2の電気的端子は、前記第1の電気的端子から偏位して配置され、前記第1の電気的端子から電気的に分離され、かつ、前記主要光路の一部分上にあり、これにより、前記放出光子により生じたキャリアを受け、

更に、前記光路内に少なくとも1つのバンドギャップ偏移領域を備えており、

前記バンドギャップ偏移領域は、前記光学的能動領域よりも大きなバンドギャップを有し、

前記第2の電気的端子は、前記バンドギャップ偏移領域と前記光学的能動領域の両方に跨り、前記半導体基板上において、前記主要光路の軸から横方向に偏位して配置されてい

10

20

る、
デバイス。

【請求項 2】

請求項 1 に記載されたデバイスであって、
前記光閉じ込め構造は、直線状である、
デバイス。

【請求項 3】

請求項 1 に記載されたデバイスであって、
前記光閉じ込め構造は、非分岐である、
デバイス。

【請求項 4】

請求項 1 に記載されたデバイスであって、
前記光閉じ込め構造は、単一の光学モードを有する、
デバイス。

【請求項 5】

請求項 1 に記載されたデバイスであって、前記光路の各端部にバンドギャップ偏移領域
を備えているデバイス。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 の何れかに記載されたデバイスであって、
前記光閉じ込め構造は、リッジ導波路を含む、
デバイス。

【請求項 7】

請求項 1 または 5 に記載されたデバイスであって、
前記バンドギャップ偏移領域は、相互拡散法を用いて形成される、
デバイス。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 の何れかに記載されたデバイスであって、
前記能動的光デバイスは、レーザー装置であり、
前記光閉じ込め構造は、該光閉じ込め構造の一端にミラーを備えており、前記ミラーは
、95 % より高い反射係数を有する、
デバイス。

【請求項 9】

請求項 8 に記載されたデバイスであって、
前記ミラーは、99.9 % 以上の反射係数を有する、
デバイス。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 9 の何れかに記載されたデバイスであって、更に、電気的分離構造を備え
ており、
前記電気的分離構造は、前記第 1 の電気的端子と前記第 2 の電気的端子との間に配置さ
れている、
デバイス。

【請求項 11】

能動的光デバイスと、光検出器とが单一の基板に集積化され、光検出器が能動的光デバ
イスの出力をモニタリングするよう適合されている、デバイスであって、
前記デバイスは、半導体基板と、光学的能動領域と、非分岐の光閉じ込め構造と、光検
出器構造とを含んでおり、

前記光学的能動領域は、前記半導体基板に形成され、該光学的能動領域上に第 1 の電氣
的端子を備えており、

前記非分岐の光閉じ込め構造は、該デバイスを通り、かつ、前記光学的能動領域を通る
主要光路を画定し、

10

20

30

40

50

前記光検出器構造は、前記半導体基板に形成され、第2の電気的端子を備えており、前記第2の電気的端子は、前記第1の電気的端子から偏位して配置され、前記第1の電気的端子から電気的に分離されており、これにより、前記光学的能動領域内の光子により生じたキャリアを受け、

更に、前記光路内に少なくとも1つのバンドギャップ偏移領域を備えており、

前記バンドギャップ偏移領域は、前記光学的能動領域よりも大きなバンドギャップを有し、

前記第2の電気的端子は、前記バンドギャップ偏移領域と前記光学的能動領域の両方に跨り、前記半導体基板上において、前記主要光路の軸から横方向に偏位して配置されている、

デバイス。

【請求項12】

能動的光デバイスと、第2の電気的端子とが单一の基板に集積化されたデバイスであって、第2の電気的端子により、該デバイスにおける所定程度のバンドギャップ偏移を検出できるデバイスであり、

前記デバイスは、半導体基板と、光学的能動領域と、バンドギャップ偏移領域と、第2の電気的端子とを含んでおり、

前記光学的能動領域は、前記半導体基板に形成されており、第1のバンドギャップを有する半導体媒体を含んでおり、該光学的能動領域上に第1の電気的端子を備えており、これにより、該光学的能動領域内で光子の放出及び／または光子の変調を生じさせ、

前記バンドギャップ偏移領域は、前記半導体基板に形成されており、前記第1のバンドギャップから変移された第2のバンドギャップを有する半導体媒体を含んでおり、

前記第2の電気的端子は、前記半導体基板上に形成され、前記第1の電気的端子から横方向に偏位して配置され、かつ、前記第1の電気的端子から電気的に分離されており、前記第2の電気的端子は、前記バンドギャップ偏移領域と前記光学的能動領域の両方に重なっている、

デバイス。

【請求項13】

請求項12に記載されたデバイスであって、

前記第2の電気的端子は、前記能動的光デバイスの出力面に隣り合うように配置されている、

デバイス。

【請求項14】

請求項1乃至13の何れかに記載されたデバイスが形成された半導体基板を用い、半導体媒体の第1の領域と、半導体媒体の第2の領域との間に生じるバンドギャップ偏移の程度を判定する方法であって、

前記第1の領域は、第1のバンドギャップを有する前記光学的能動領域であり、

前記第2の領域は、前記第1のバンドギャップから変移された第2のバンドギャップを有する前記バンドギャップ偏移領域であり、

電気的なバイアスを前記第2の電気的端子に与え、これにより、少なくとも前記第2のバンドギャップの大きさを示すエレクトロルミネセンス信号を、半導体媒体に生じさせるステップとを含む方法。

【請求項15】

請求項14に記載された方法であって、

生じるエレクトロルミネセンス信号は、前記第1のバンドギャップの大きさと、前記第2のバンドギャップの大きさとの差を示す、方法。

【請求項16】

請求項1乃至13の何れかに記載されたデバイスが形成された半導体基板を用い、半導

10

20

30

40

50

体媒体の第1の領域と、半導体媒体の第2の領域との間に生じるバンドギャップ偏移の程度を判定する方法であって、

前記第1の領域は、第1のバンドギャップを有する前記光学的能動領域であり、

前記第2の領域は、前記第1のバンドギャップから変移された第2のバンドギャップを有する前記バンドギャップ偏移領域であり、

前記第2の領域を光学的に励起し、これにより、半導体媒体にエレクトロルミネセンスを生じさせるステップと、

電気的なバイアスを前記第2の電気的端子に与え、これにより、少なくとも前記第2のバンドギャップの大きさを示す光検出電流を得るステップとを含む方法。

10

【請求項17】

請求項16に記載された方法であって、

生じる光検出電流は、前記第1のバンドギャップの大きさと、前記第2のバンドギャップの大きさとの差を示す、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体レーザー装置や光増幅器などの光デバイスと、光検出器とを一体的(monolithic)に集積化(integration)することに関する。

20

【背景技術】

【0002】

半導体レーザー装置、光変調器や光増幅器などの光デバイスは、現代の通信システムで広範囲にわたり用いられている。このような光デバイスの光出力を、チップ上でモニタリング(monitor)することが望ましい。これは、とりわけ、複数のデバイスが1つのチップに集積化されており、かつ、1つ以上の光デバイスをモニタリングする必要がある場合、望ましい。

【0003】

しかし、光デバイス出力部の出力を制御またはモニタリングすることには、問題がある。なぜなら、レーザー装置または増幅器の利得(gain)が、次に挙げるような幾つかの要因によって影響を受けるからである。

30

(i) 温度、湿度、波長変化、偏光変化などの環境の影響

(ii) 結晶の欠陥や接触部(contacts)の劣化などによるデバイスの特性低下

(iii) 衝撃や歪み(strain)などによる光学結合部品の位置ずれ

【0004】

現在、大量の検出器及び結合器が、半導体レーザー装置または増幅器をモニタリングし、制御するために用いられているが、これらは、大規模な一體的集積化(monolithic integration)にあたって、高価であり、損失があり、非実用的であることが明らかとなっている。

40

【0005】

半導体レーザー装置の場合、光検出器は、該レーザー装置の背面(back facet)に配置され得る。通常、半導体レーザー装置の面(facets)は、背面で最大約95%の反射係数Rを有する高反射性(HR)の被覆膜、及び、前面(front facet)で約5%のRを有する非反射性(AR)の被覆膜で被覆される。光検出器は、背面(R約95%)からの光の逃散を測定し、これにより、装置をモニタリングする。

【0006】

半導体光増幅器の場合、前面及び背面の双方が光放射の出入り(ingress and egress)に利用されるため、光検出器によるモニタリングに利用できる面はない。従って、一つの解決手段は、米国特許第5,134,671号明細書に教示されているように、集積化分岐導波路、例えば、Y-接合導波路を採用し、出力パワーの一部を取り出して光検出器に供給し、こ

50

れにより、増幅器をモニタリングすることである。

【0007】

米国特許第5,134,671号には、一体的に集積化された光増幅器及び光検出器が記載されている。光増幅器及び光検出器は、同一の基板に集積化されている。そこでは、光検出器が、分岐状導波路を介して光増幅器に光学的に結合されており、この分岐状導波路は、放射損失が小さく、かつ、戻り反射(back reflectivity)が小さくなっている。これは、次のような、難度の高い製造プロセスによって達成される。すなわち、この製造プロセスは、有効屈折率を次第に減少させてある分岐、つまり、切り取り形状くさび先端部(truncated wedge tip)の光学的境界部(optical interface)で屈折率の差を減少させ、これにより、増幅器の光学的結合を回避するような分岐を備えたY形状の導波路を形成するものである。10

【0008】

製造 / 装置上の制約のため、実際のY - 接合導波路は、切り取り形状のくさび先端部を有する(例えば、SasakiらのElectronic Letters, Vol.17, No.3, pp136-8 (1989年)を参照)。一方、丸み形状(blunted)のY - 接合先端部の場合、光増幅器への光の戻り反射(back-reflection)が大幅に抑制されるが、結合される光増幅器及びモニタリング用光検出器の一体的集積化が制限されることになる。

【0009】

次のようなレーザー装置、すなわち、方向性結合の光出力タブ(optical power tab)を利用する集積化出力モニター(integrated power monitor)を備えた1.3 μmレーザー装置が、U.KorenらのIEEE Photonics Tech. Letters, Vol.8, No.3 p364 (1996年)に記載されている。この文献には、次のようなY - 接合光タブ(Y-junction optical tab)、すなわち、キャビティのHR背面に隣接して設けられる受動二重導波路方向性結合器(dual waveguide directional coupler)を用いるY - 接合光タブが記載されている。20

【0010】

記載されているプロセスの欠点は、例えば、受動導波路領域を形成するための過成長を含む4つの成長プロセスが、当該デバイスを形成するのに必要とされることである。いろいろな成長プロセスを用いる場合、デバイス製造の難度がかなり増大することになり、この結果、製造数量が低下し、コストが増大する。

【発明の開示】

【0011】

本発明の課題は、集積化(integrated)された光検出デバイスを備えた、半導体レーザー装置もしくは増幅器などの光デバイスであって、製造が容易な光デバイスを提供することである。本発明のもう一つの課題は、このようなデバイスであって、光学的に能動的なレーザー装置もしくは増幅装置に対する光検出デバイスの干渉が、先行技術のシステムとの対比において低減されたデバイスを提供することである。30

【0012】

本発明のもう一つの課題は、光デバイスとして同一基板に集積され、かつ、デバイスのバンドギャップ偏移部分(bandgap shifted portion)との位置関係で配置された光検出デバイスであって、バンドギャップ偏移(bandgap shift)の試験に用いることができる光検出デバイスを提供することである。40

【0013】

本発明では、1つの態様として、次の構成が提供される。

能動的光デバイスと、光検出器とが单一の基板に集積化され、光検出器が能動的光デバイスの出力をモニタリングするよう適合されている、デバイスであって、

前記デバイスは、半導体基板と、光学的能動領域と、光閉じ込め構造と、光検出器構造とを含んでおり、

前記光学的能動領域は、前記半導体基板に形成され、該光学的能動領域上に第1の電気的端子(first electrical contact)を備えており、これにより、該光学的能動領域内で光子(photons)の放出及び / または光子の変調(modulation)を生じさせ、50

前記光閉じ込め構造は、該デバイスを通り、かつ、前記光学的能動領域を通る主要光路(principal optical path)を実質上画定し、

前記光検出器構造は、前記半導体基板に形成され、第2の電気的端子を備えており、前記第2の電気的端子は、前記第1の電気的端子から偏位して配置され、実質上、前記第1の電気的端子から電気的に分離(electrically isolated)され、かつ、前記主要光路の一部分上にあり(overlying a part of)、これにより、前記放出光子(said emitted photons)により生じたキャリアを受け、

更に、前記光路内に少なくとも1つのバンドギャップ偏移領域を備えており、

前記バンドギャップ偏移領域は、前記光学的能動領域よりも大きなバンドギャップを有し、

前記第2の電気的端子は、少なくとも部分的に、前記バンドギャップ偏移領域上に配置されている、

デバイス。

【0014】

本発明では、もう1つの態様として、次の構成が提供される。

能動的光デバイスと、光検出器とが单一の基板に集積化され、光検出器が能動的光デバイスの出力をモニタリングするよう適合されている、デバイスであって、

前記デバイスは、半導体基板と、光学的能動領域と、非分岐の光閉じ込め構造と、光検出器構造とを含んでおり、

前記光学的能動領域は、前記半導体基板に形成され、該光学的能動領域上に第1の電気的端子を備えており、

前記非分岐の光閉じ込め構造は、該デバイスを通り、かつ、前記光学的能動領域を通る主要光路を実質上画定し、

前記光検出器構造は、前記半導体基板に形成され、第2の電気的端子を備えており、前記第2の電気的端子は、前記第1の電気的端子から偏位して配置され、前記第1の電気的端子から電気的に分離されており、これにより、前記光学的能動領域内の光子により生じたキャリアを受け、

更に、前記光路内に少なくとも1つのバンドギャップ偏移領域を備えており、

前記バンドギャップ偏移領域は、前記光学的能動領域よりも大きなバンドギャップを有し、

前記第2の電気的端子は、少なくとも部分的に、前記バンドギャップ偏移領域上に配置されている、

デバイス。

【0015】

本発明では、もう1つの態様として、次の構成が提供される。

能動的光デバイスと、特徴的端子とが单一の基板に集積化されたデバイスであって、特徴的端子(characterisation contact)により、該デバイスにおける所定程度のバンドギャップ偏移を検出できるデバイスであり、

前記デバイスは、半導体基板と、光学的能動領域と、バンドギャップ偏移領域(bandgap shifted region)と、特徴的端子とを含んでおり、

前記光学的能動領域は、前記半導体基板に形成されており、第1のバンドギャップを有する半導体媒体(semiconductor medium)を含んでおり、該光学的能動領域上に第1の電気的端子を備えており、これにより、該光学的能動領域内で光子の放出及び／または光子の変調を生じさせ、

前記バンドギャップ偏移領域は、前記半導体基板に形成されており、前記第1のバンドギャップから変移された第2のバンドギャップを有する半導体媒体を含んでおり、

前記特徴的端子は、前記半導体基板上に形成され、前記第1の電気的端子から偏位して配置され、かつ、実質上、前記第1の電気的端子から電気的に分離されており、前記特徴的端子の少なくとも一部分が、前記バンドギャップ偏移領域上にある(overlying)、

デバイス。

10

20

30

40

50

【0016】

本発明では、もう1つの態様として、次の方法が提供される。

半導体媒体の第1の領域と、半導体媒体の第2の領域との間に生じるバンドギャップ偏移の程度を判定する方法であって、

光デバイスであって、第1の領域と、第2の領域とを含み、第1の領域では半導体媒体が第1のバンドギャップを有し、第2の領域では半導体媒体が前記第1のバンドギャップから変移された第2のバンドギャップを有する光デバイスを、基板上に形成するステップと、

前記光デバイスを動作させるための第1の端子(first contact)を、前記第1の領域に形成するステップと、

少なくとも部分的に前記第2の領域上にある(at least partially overlying)第2の端子を、形成するステップと、

電気的なバイアスを前記第2の端子に与え、これにより、少なくとも前記第2のバンドギャップの大きさを示すエレクトロルミネセンス信号を、半導体媒体に生じさせるステップとを含む

方法。

【0017】

本発明では、もう1つの態様として、次の方法が提供される。

半導体媒体の第1の領域と、半導体媒体の第2の領域との間に生じるバンドギャップ偏移の程度を判定する方法であって、

光デバイスであって、第1の領域と、第2の領域とを含み、第1の領域では半導体媒体が第1のバンドギャップを有し、第2の領域では半導体媒体が前記第1のバンドギャップから変移された第2のバンドギャップを有する光デバイスを、基板上に形成するステップと、

前記光デバイスを動作させるための第1の端子を、前記第1の領域に形成するステップと、

少なくとも部分的に前記第2の領域上にある第2の端子を、形成するステップと、

前記第2の領域を光学的に励起し、これにより、半導体媒体にエレクトロルミネセンスを生じさせるステップと、

電気的なバイアスを前記第2の端子に与え、これにより、少なくとも前記第2のバンドギャップの大きさを示す光検出電流を得るステップとを含む

方法。

【0018】

明細書全体を通し、“能動的光デバイス”とは、電荷注入法を用いることにより、半導体の光学的能動領域において光子を生じさせるかまたは光子を変調する、光学的に能動的な半導体デバイスの何れをも含むものとする。本発明は、とりわけ、通信分野において複数の光デバイスを單一チップ上で一体的に集積化することに適している。但し、本発明は、レーザー装置、増幅器及び発光ダイオード(light emitting diode)を含む任意の能動的光デバイスをモニタリングするのに利用することもできる。

【0019】

デバイスは、任意の適切な半導体媒体(semiconducting medium)、特にIII-V材料系、II-VI材料系で構成され得る。

次に、添付図面を参照し、例を挙げて本発明の実施例を説明する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

本発明によれば、半導体レーザー装置や光増幅器などの能動的光デバイスと、光検出器とが一体的に集積化される。本発明によれば、半導体レーザーダイオードの出力パワーをモニタリングし、これにより、半導体レーザーダイオードの出力パワーを制御することを可能とする簡素な一体化手法について説明が与えられる。本発明は、特に、複数のレーザー装置もしくは光増幅器を、チップ上で大規模に集積化する場合に、好都合である。

10

20

30

40

50

【0021】

特に図1及び図2aを参照すると、半導体レーザー装置10は、光学的に能動的な領域11を含んでおり、その光学的能動領域を通って延びている導波部分16を有している。光学的能動領域11においては、適切なバンドギャップを有する半導体媒体が与えられており、この半導体媒体では、順バイアスモードで動作させるときに、当該技術分野での周知技術を用い、キャリアを注入することにより、光子を生じさせ、または、光子の挙動を変調することができる。

【0022】

増大させられたバンドギャップを有する光学的に受動的な領域12、15は、導波部分16の各端部に形成されており、好ましくは、量子井戸相互拡散法(quantum well intermixing techniques)を用いて形成される。但し、バンドギャップを局所的に増大させる適切な方法の何れも採用可能である。

【0023】

相互拡散領域(intermixed regions)12、15(より一般的に言えばバンドギャップ偏移領域)は、非吸収ミラー(non-absorbing mirrors)(NAMs)を画定する。レーザー装置10の光出力端では、NAM12に、非反射性(AR)の被覆膜13が設けられており、レーザー装置の他端では、NAM15に、高反射性(HR)の被覆膜14が設けられている。相互拡散端面を用いてこれらのNAMを構成することにより、面に対する破局的な光学的ダメージ(COD)が回避され、この結果、高出力長寿命レーザーダイオードを製造することが可能となる。

【0024】

典型的な半導体レーザーダイオードは、通常のプロセス技術を用い、導波部分16をエッチングしてリッジ(ridge)18を形成することにより、製造される。リッジは、典型的には、高さ及び幅が1μmから2μmまでの範囲にあり、長さが1000μmのオーダー(order)にある。このリッジには、光学的場分布1の主要部分が含まれており、注入電流2、3が実質上閉じ込められる。但し、本発明の基本概念は、半導体媒体における適切な光閉じ込め構造(埋め込みヘテロ構造(buried heterostructures)を含む)の何れにも適用し得ることが理解されよう。

【0025】

p型の端子21がリッジ18の上面に形成されており、これにより、デバイス10に電流を注入することが容易となる。n型の端子5が、基板面上または基板内部に設けられたデバイスの底部に形成されている。デバイスの基体部は、p型、n型それぞれの光伝導層4、6に挟まれた固有の光学的能動層(intrinsic optically active layer)7を備えるように、通常の方法によって形成される。p型の光伝導層4は、典型的には、厚みが200nmのオーダーにある。電流は、端子21、5を通して注入され、電子及びホール(hole)が光学的能動層7で再結合して光子を生じる。リッジ18は、デバイスの光学モードを限定する。p型端子21及びリッジの幾何学的形状/配置(geometry)は、被覆膜13、14が設けられた面の間で当該デバイス10を貫通して延びている主要光路(principal optical pathway)23について、その横方向範囲を実質上、規定する。

【0026】

“主要光路”という表現は、半導体媒体を通って延びている次のような通路、すなわち、光学的場分布1の主要部分が存在する通路を意味して用いられている。“主要光路”は、光閉じ込め構造によって画定されよう。但し、“主要光路”は、必ずしも、光閉じ込め構造と同一の広がりを持たなくてもよい。これは、図1に示されたようなリッジ導波路(ridge waveguide)18の外側に、光学的場1のかなりの漏洩が生じるという現実によるものである。

【0027】

好ましくは、光閉じ込め構造、よって主要光路23は、図示のように実質上、直線状(linear)である。より好ましくは、光閉じ込め構造、よって主要光路23は、非分岐(non-branched)である。光閉じ込め構造は、単一の光学モード(single optical mode)で動作す

10

20

30

40

50

るものであり得る。

【0028】

更なるp型端子22は、リッジ端子から横方向に間隔を隔てて設けられており、光検出器端子(photodetector contact)を構成する。好ましくは、製造プロセスを簡単化するため、更なるp型端子22はレーザー用のp型リッジ端子21と同時に形成される。

【0029】

好ましい実施例では、光検出器は、フォトダイオードを含んでおり、このフォトダイオードの端子22は、レーザー装置の能動領域によって生じる光場と部分的に重なるよう十分な程度、リッジ端子21に近接して配置される。但し、フォトダイオード端子は、注入電流2の電流拡散が制限されるよう十分な程度、リッジ端子から離間して配置される(図1を参照)。従って、フォトダイオード端子は、デバイスを通って延びる主要光路の小部分に、少なくとも部分的に重なり合うが、光閉じ込め構造、例えばリッジ18から横方向に間隔を隔てるよう、配置されることになる。

【0030】

端子21、22の相対的位置関係は、光学的能動デバイス及び光検出器が次の条件を確保するようなものである。

(a) 光学的能動デバイスと、光検出器とは、その間で重大な電気的クロストーク(cross-talk)が生じないよう十分な程度、離間している。

(b) 光学的能動デバイスと、光検出器とは、フォトダイオードに光電流、よって信号が生じるよう十分な程度、近接している。

(c) 光学的能動デバイスと、光検出器との間では、重大な干渉、すなわち、レーザー装置への光フィードバックなどで光学的能動デバイスの特性を低下させるような干渉は生じない。

図2aに示された好ましい構成では、端子21、22の横方向離間距離が10μmのオーダーにある。

【0031】

更にフォトダイオードは、図2aに最も良好に示されているように、少なくとも部分的に受動領域(バンドギャップ偏移領域)12上及び能動領域11上にあり、かつ、レーザー出力面13に近接するように配置されるのが好ましい。図2aの図示では、フォトダイオード端子20が、レーザー装置の光出力端に(すなわち、NAM12のAR被覆膜13に隣り合うように)配置されているが、図2dに示すように、光検出器20が、NAM15のHR被覆膜14に隣り合うように配置されていてもよい。

【0032】

図2bを参照すると、もう一つの構成の光検出器30が示されている。この実施例では、フォトダイオード30のための端子31が、リッジ18の上面において、リッジ端子21と長手方向に位置を合わせ、かつ、リッジ端子21から間隔を隔てて配置されている。図2bの図示では、フォトダイオード端子31が、レーザー装置の光出力端に(すなわち、NAM12のAR被覆膜13に隣り合うように)配置されているが、図2cに示すように、光検出器端子35が、NAM15のHR被覆膜14に隣り合うように配置されていてもよい。

【0033】

デバイス10の両端にAR被覆膜が設けられる光増幅器の場合でも、光検出器が同様な態様で配置され得ることが理解されよう。

【0034】

図2a、図2dに示された実施例では、光検出器端子22、40はリッジ18から横方向に偏位して示されている。図1に最も良好に見られるように、端子は、光場分布の“尾部分(tail)”に部分的に重なるが、能動領域への注入電流2から十分な程度、すなわち、上述のように能動領域への注入電流との間で著しい干渉を回避するよう十分な程度、離間するように配置されている。

【0035】

10

20

30

40

50

光検出器 20、30、35、40 は、レーザー能動領域からの光放射のうち極めて僅かの部分を、レーザー装置の特性に悪影響を及ぼすことなくモニタリングできるよう、レーザー装置の能動領域 16 に、弱い度合いで結合される。典型的な例においては、リッジ端子 21 が、数百ものマイクロ・アンプ(microamps)の領域に注入電流を供給する一方、光検出器端子 22 は、ピコ乃至ナノ・アンプの領域で次のような検出電流を、すなわち、概ね 10^4 倍から 10^8 倍小さいオーダーの電流を流すだけでよいであろう。

【0036】

フォトダイオードのモード(mode)について述べると、フォトダイオード端子 20 は、光場 1 の“尾部分”からの光子がバンドでキャリアを生じて、測定可能な光電流を発生するよう、逆バイアスモードで駆動される。検出器の感度を規定することになる、“引き出される”相対的出力(relative power)は、フォトダイオードとリッジとの間の距離によって容易に制御することができる。10

【0037】

この方法で光電流を測定することの利点は、光出力を“取り出す”損失が実質上ないこと、並びに、レーザー 10 と検出器 20 との間に、次のような光学的結合構造、すなわち、レーザー装置の光学的特性に悪影響を及ぼし得る余分なキャビティ効果を生じるような光学的結合構造がないことである。

【0038】

もはや、デバイスの H R 被覆面 14 の背後に光検出装置を配置する必要がないので、この面の反射率を、R ~ 95 % という今までの値から R > 99.9 % という最大値に増大させることができる。従って、デバイスの出力パワーを約 5 % 増大させることが可能となる。20

【0039】

図 2 a、図 2 d に示された実施例では、フォトダイオード端子 22、40 は、リッジの側端から、デバイスの A R 被覆膜に向かってまたはデバイスの H R 被覆膜 14 に向かって偏位して配置されている。図 2 b、図 2 c、図 2 e、図 2 f では、光検出器端子 31、35、50、51、60、61 は、光閉じ込め構造(例えばリッジ 18)上に配置されているが、但し、リッジ端子から長手方向に十分な距離、すなわち、当該リッジ端子との間で適度な電気的分離(electrical isolation)を確保するよう十分な距離を隔てて配置されている。確かに光検出器は主要光路内における光場分布 1 のピーク部またはピーク部付近に配置されているが、逆バイアスモードにおける光検出器の動作については、先に図 2 a、図 2 d を参照して説明された動作と同様である。30

【0040】

図 2 a 乃至図 2 d に示された例では、光検出器端子は、バンドギャップ偏移領域 12 及び非偏移領域 11 の双方に跨って配置されている。従って、光検出器端子 22、31、35 を利用し、(順バイアスモードで動作させて) デバイスのバンドギャップ偏移 / 非偏移領域にキャリアを注入することが可能となり、バンドギャップ偏移を生じさせるために行われる相互拡散プロセスについてその効果をモニタリング(monitor)することができる。

【0041】

光検出器端子を順バイアスモードで駆動することにより、光子が、バンドギャップ偏移領域 12、非偏移領域 11 にそれぞれ対応する第 1、第 2 の波長で生じるであろう。もし、レーザー装置 10 を動作させることができない(not operational)なら、外部光検出器を利用することにより、エレクトロルミネセンス(E L)信号が生じるのを観測することができる。観測にあたっては、E L 信号を、A R 被覆膜 13 が設けられた面を介して受けることができる。E L 信号における 2 波長間の分離間隔(relative separation)は、2 つの領域 11、12 間でのバンドギャップ偏移の度合いについての尺度となる。端子 40(図 2 d)の場合、生じた E L 信号は、H R 被覆膜 14 が設けられた面を介して受けることができる(検出という目的に十分な程度、光を透過させることができるならば)。もちろん光增幅器の場合は、この面に A R 被覆膜が設けられることになるであろう。40

【0042】

10

20

30

40

50

このような E L の特徴によって、製造プロセス中に相互拡散領域の寸法を測定するという、その場(*in-situ*)での測定技術が提供される。

【 0 0 4 3 】

図 3 a は、図 2 a 乃至図 2 f に示されたデバイスにおける端面(facet ends)のバンドギャップを示す模式図である。フォトダイオード端子 2 2、3 1、3 6 または 4 0 は、デバイスの、能動領域端子 2 1 から間隔を隔てた受動区域内において、該デバイス 1 0 のバンドギャップ偏移領域(相互拡散領域)1 2 または 1 5 と非偏移領域 1 1 とに部分的に重なるように配置されている。デバイスの光学的能動領域 1 1 で生じた光子は、互いに対応する電子及びホール電流 3 2、3 3 を生じる。これらの電子及びホール電流 3 2、3 3 は光検出器 2 0、3 0 で測定することができる。

10

【 0 0 4 4 】

もう一つの選択肢として、図 3 b の図示では、フォトダイオード端子 2 2、3 1 または 3 6 が順バイアスモードで駆動され、これにより、キャリア電流 3 7、3 8 が生じ、デバイスのバンドギャップ偏移／非偏移領域にエレクトロルミネセンスが生じる。

【 0 0 4 5 】

上述した順バイアスモードによるフォトダイオードの動作では、電流が注入されてエレクトロルミネセンスが生じる。次のモードの動作では、外部の光源(external optical source)を利用することにより、次のような刺激、すなわち、様々な波長の光子がバンドギャップ偏移／非偏移領域から放射されるような刺激を与えることができる。その後、光検出器端子を逆バイアスモードで駆動することにより、再び、バンドギャップ偏移領域及び非偏移領域のそれぞれに対応する光電流を検出し、これにより、製造プロセス中に量子井戸相互拡散の度合いを測定することができる。

20

【 0 0 4 6 】

このような光学的刺激、及び、逆バイアス光検出モードの動作は、未分割のウェハ上で実行することができ、よって、ウェハ上で各レーザー装置を形成するための Q W I 製造プロセスの特性測定を行うことができる旨、理解されよう。

【 0 0 4 7 】

更に図 2 f を参照すると、光検出器端子 6 0、6 1 は、リッジの A R 被覆端部もしくは H R 被覆端部、またはそれら端部の両方において、完全に光学的能動領域 1 1 の内側となるように配置されている。このような配置の場合、逆バイアスフォトダイオードモードで使用するには、光検出器端子は、リッジ端子から、適度な電気的分離を達成するよう十分な程度、離間して配置しなければならない。当業者によれば、電気的分離は、特に、2つの端子 2 1、6 0 もしくは 2 1、6 1 の間で半導体媒体内に電気的分離構造を介在させることによって達成してもよいことが理解されよう。これに対し、図 2 e に示された実施例では、光検出器端子 5 0 または 5 1 が在るバンドギャップ偏移領域によって、適度な電気的分離が確保されている。

30

【 0 0 4 8 】

上述した実施例の何れにおいても、リッジ端子 1 8 及びそれに隣り合う光検出端子 2 2、3 1、3 6、4 0、5 0、6 0 等の p 型メタライゼーション(p-type metallisation)を同時に形成することによって、デバイスの製造容易性を改善することができる。

40

【 0 0 4 9 】

フォトダイオードに対する能動的光デバイスの構成及び配置は、それぞれの利用分野によって定められることが理解されよう。例えば、高出力レーザーダイオードの場合、低出力レーザーの場合と同じレベルの検出性能を備えたフォトダイオードが必要とされよう。このため、高出力レーザーダイオードは、レーザー装置から更に離れるように配置され得る。検出器の感度は、0 . 1 mA / mW 以下のオーダーになり得る。検出器の感度は、光源からの距離を変化させることによって変えることができる。もし、能動的光デバイスと、光検出器との間の距離が、電気的クロストークを生じ得る程度に短い場合は、電気的分離は、浅いエッチング(shallow etch)及び／またはイオン注入(ion implantation)などの既存の分離技術を利用することにより達成してもよい。

50

【 0 0 5 0 】

本発明の態様によれば、先行技術の装置との対比において次のような利点が与えられる。

【 0 0 5 1 】

1) ダイオード端子は、 p 型リッジ端子 1 8 に隣り合うように形成されている（かつ、 p 型リッジ端子 1 8 と同時に形成されることが好ましい）。従って、レーザー装置または增幅器を製造するため行われるプロセス工程に対して追加的なプロセス工程は不要である。

【 0 0 5 2 】

2) 光検出器 2 0 は、複数のレーザー装置と、同一チップ上で完全に集積化され得る。 10

【 0 0 5 3 】

3) 複雑な Y - 接合の導波路を形成する必要がない。

【 0 0 5 4 】

4) デバイスの製造は、“チップ上(on-chip)”プロセスによって行われるから、別個のダイオード部品を取り付けなければならないデバイスとの対比において、信頼性が改善されるであろう。

【 0 0 5 5 】

5) パッケージング工程(packaging process)が簡単化され、これにより製造コストが低減される。

【 0 0 5 6 】

6) デバイスは、背面及び / または前面の光出力をモニタリングするフォトダイオードとして動作することができる。

【 0 0 5 7 】

7) デバイスは、逆バイアスで動作することにより、 N A M の効果をモニタリングすることができる。 E L 放射を測定することにより、バンドギャップ偏移を判定することができる。

【 0 0 5 8 】

8) 背面反射器に、最大で 9 9 . 9 % の反射率を与えることができる。従って、背面の後ろに光検出器を配置したデバイスとの対比において、順方向出力パワーを約 5 % 増大させることができる。 30

【 0 0 5 9 】

9) 光検出器が能動的光デバイスの特性に重大な影響を及ぼすことはない。

【 0 0 6 0 】

上述した好ましい実施態様の光検出器は、単一の光学モードで動作するための光閉じ込め構造を備えた能動デバイスと組み合わされているけれども、基本概念は、複数モードのデバイス、光増幅器及び光放射ダイオードにも適用され得る。

他の実施例は、添付された特許請求の範囲内に、意図的に記載されている。

【 図面の簡単な説明 】**【 0 0 6 1 】**

【 図 1 】 レーザー装置の模式的な横方向断面図(transverse cross section)であり、このレーザー装置は、該レーザー装置の光閉じ込め構造に横方向に隣り合うように配置された光検出器端子を備えている。

【 図 2 a 】 図 1 に図示されたレーザー装置の模式的な平面図であり、図示では、光検出器端子は部分的にバンドギャップ偏移領域上にある。

【 図 2 b 】 レーザー装置の模式的な平面図であり、図示では、光検出器端子は光閉じ込め構造内に、かつ、部分的にバンドギャップ偏移領域上に配置されている。

【 図 2 c 】 レーザー装置の模式的な平面図であり、光検出器端子がデバイスの、高反射性被覆を施した端部に配置されている点を除けば、図 2 b と同様である。

【 図 2 d 】 レーザー装置の模式的な平面図であり、光検出器端子がデバイスの、高反射性被覆を施した端部に配置されている点を除けば、図 2 a と同様である。 50

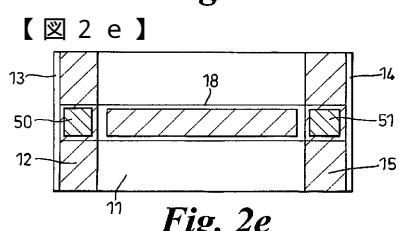
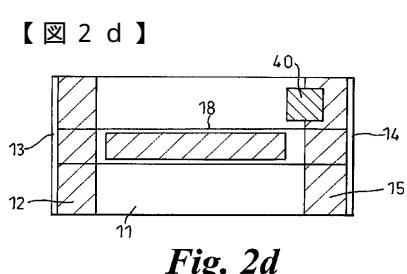
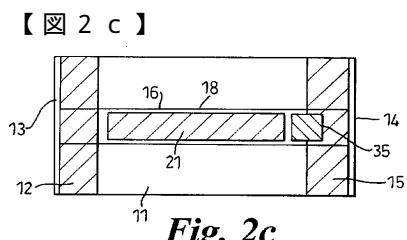
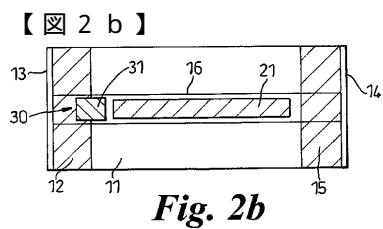
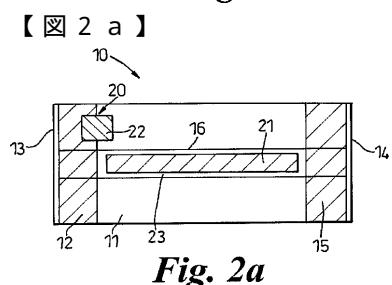
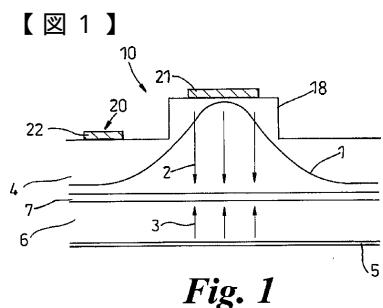
【図2e】レーザー装置の模式的な平面図であり、複数の光検出器端子が、完全にデバイスのバンドギャップ偏移領域の内側となるように配置されている点を除けば、図2bと同様である。

【図2f】レーザー装置の模式的な平面図であり、複数の光検出器端子が、完全にデバイスのバンドギャップ偏移領域の外側となるように配置されている点を除けば、図2eと同様である。

【図3a】図1に示されたデバイスにおける端面(facet end)のバンドギャップを示す模式図である。

【図3b】図1に示されたデバイスにおける端面(facet end)のバンドギャップを示す模式図であり、光検出器が順バイアスモードで動作しているときの状態が示されている。

10



【図 2 f】

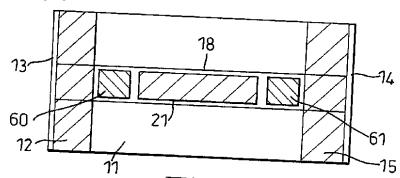


Fig. 2f

【図 3 b】



【図 3 a】

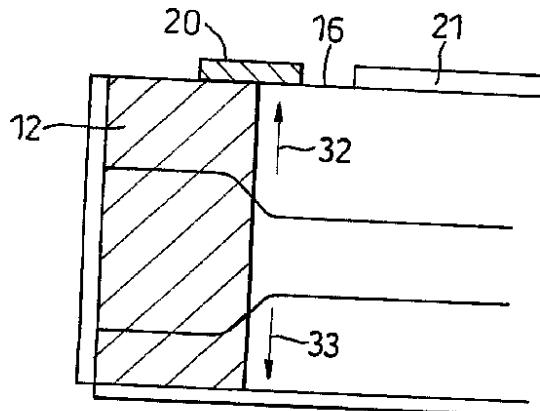
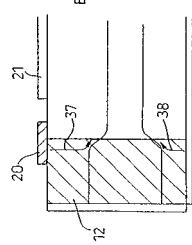


Fig. 3a



フロントページの続き

(72)発明者 ナイダ , スティーブン
イギリス , G 11 7 D Q グラスゴー , ジョーダンヒル , ランドルフ ゲート 2 / 2 17

審査官 角地 雅信

(56)参考文献 特開昭63-222485(JP,A)
特開2002-026451(JP,A)
米国特許第05252513(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01S 5/00-5/50