

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

利得部材と、該利得部材に接続された部分反射部と、該部分反射部に接続された光デバイス部と、が一体に形成され、

該部分反射部が、

該利得部材に接続される第 1 光導波路と、該第 1 光導波路とは異なる光軸を有しながら該第 1 光導波路に光学的に結合され且つ該光デバイス部を光学的に接続する第 2 光導波路と、をそなえる光学的結合導波路部とともに、

該第 1 光導波路における該光デバイス部側の端部に形成された第 1 全反射ミラーをそなえたことを特徴とする、光モジュール。

10

【請求項 2】

該光学的結合導波路部が、該第 1 光導波路および該第 2 光導波路が方向性結合する方向性結合導波路部として構成されたことを特徴とする、請求項 1 記載の光モジュール。

【請求項 3】

該第 1 全反射ミラーに該光学的結合導波路部および該利得部材を介して対向配置され、且つ該第 1 全反射ミラーおよび該利得部材によりレーザ発振を行なうレーザ発振部を構成する第 2 全反射ミラーと、

該レーザ発振の発振条件を可変設定する発振条件設定部と、

をそなえたことを特徴とする、請求項 1 または 2 項記載の光モジュール。

【請求項 4】

該発振条件設定部が、該第 2 全反射ミラーと該利得部材との距離を可変に設定する距離設定機構により構成されたことを特徴とする、請求項 3 記載の光モジュール。

20

【請求項 5】

該発振条件設定部が、該利得部材に一体に形成されたことを特徴とする、請求項 3 記載の光モジュール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光モジュールに関し、特に光通信システムにおける光送信機において用いて好適の、光モジュールに関する。

30

【背景技術】

【0002】

近年大容量伝送用ネットワークとして光ネットワークが用いられている。この光ネットワークにおいては、伝送距離拡大の観点から、CW (Continuous Wave) 光源を外部変調器で強度変調または位相変調を行なう外部変調方式が広く知られているが、光送信機の小型化の観点からこれら光源および外部変調器としての機能を一体化した送信機モジュールが求められている。

【0003】

また、この光ネットワークの通信容量増大技術として、互いに異なる波長を有する複数の光を一本のファイバで多重化して送信する波長多重技術があるが、レーザの発振波長に製造ばらつきなどがあると所望の波長の光源を得ることが困難となり、またその波長多重技術のためには、波長多重光通信における各波長に応じた光源を用意する必要がある。

40

ここで、発光波長が固定された光源では仕様が多様化して在庫問題を発生したりする場合があるため、レーザ発振される波長を可変に調整可能な光源が求められていた。この波長調整可能な光源としては、共振条件を可変することによりレーザ発振の発振波長を可変することができる外部共振器型のレーザ光源などが提案されている。外部共振器型レーザ光源としては、例えば図 10 に示すものがある。

【0004】

この図 10 に示す外部共振器型レーザ光源 100 は、一端に反射防止膜 101 a が形成 (AR コート) されるとともに他端に部分反射ミラー 101 b が形成された利得部材 10

50

1をそなえるとともに、反射防止膜101aに対向して空間を空けて配置される全反射ミラー102をそなえて構成される。これにより、利得部材101で発生する自然放出光が部分反射ミラー101bおよび全反射ミラー102間の往復光路を伝搬することで、レーザ光が発振する。

【0005】

このとき、部分反射ミラー101bと全反射ミラー102との間の距離により、往復光路での共振条件が与えられる。このように全反射ミラー102と部分反射ミラー101bとの間の光路区間は、共振条件を可変に与えることが可能な可変外部共振器102Aとして機能する。即ち、全反射ミラー102を移動させて部分反射ミラー101bとの距離を設定することにより、発振される光の波長を設定することができるようになっている。

10

【0006】

また、上述の外部変調方式を採用する光送信機モジュールを作製する際には、CW光源としての波長可変の外部共振器型レーザ光源と、外部変調器と、を一体で作製することは行なわれておらず、これらを別々に作製しバットジョイントなどで接続するという方法で作製していた。しかしながらこの作製技術では、光源と外部変調器の調心が困難であり、多くの作業手番がかかり、更に調心ずれによりロスが発生し出力が低下すると出力強度に個体差を生ずるなどの課題を有していた。

【0007】

そこで、このようなバットジョイント接続における調心作業を必要としない、波長可変光源と外部変調器との一体化構成として、以下に示す特許文献1に記載されたものがある。

20

この特許文献1に記載された一体型外部共振器レーザ光源は、例えば図11に示すように、波長調整可能な外部共振器レーザ100が、外部変調器104と一体に構成されたものである。

【0008】

すなわち、この一体型外部共振器レーザ光源110においては、前述の図10に示すものと同様の外部共振器型レーザ光源100をなす利得部材101と一体に、部分反射器103および外部変調器104が光路上に並んで配置されて構成されている。そして、この利得部材101および外部変調器104と一体に形成される部分反射器103としては、エッチングによるファセット型のものや導波路ループ鏡が適用されている。尚、105は一体に形成される利得部材101、部分反射器103および外部変調器104の領域を貫通する光伝搬方路となる光導波路である。

30

【0009】

その他、本願発明に関連する公知技術として、特許文献2～5に記載された技術もある。特許文献2には、半導体基板上に、利得領域と一端面がミラーの導波路領域とともにこの導波路領域と光結合する方向性導波路4が集積された集積型半導体レーザについて記載されている。又、特許文献3に記載された、半導体レーザの外部共振器は、一方の導波路端面に全反射ミラーをそなえた方向性結合導波路を有している。更に、特許文献4には、導体光増幅領域と可変光減衰領域とを一体的に構成した技術について記載されている。又、特許文献5には、方向性結合導波路の両端に光反射部をそなえた波長選択素子について記載されている。

40

【特許文献1】特表2003-508927号公報

【特許文献2】特開昭64-25587号公報

【特許文献3】特開平2-114691号公報

【特許文献4】特開2000-77771号公報

【特許文献5】特開平5-45681号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、この特許文献1に記載されているように、利得部材と外部変調器との間にエッチングによるファセット型の部分反射器を形成する場合には、構造が複雑であり、

50

現状のデバイス製造技術では、十分な反射率を得ることができるような部分反射器を作製することが困難であるほか、部分反射が得られる波長域が制限されたり、複数の反射面があることで多重反射が発生したりする場合があります、これが共振器動作の安定性を向上させる支障となる場合があるという課題がある。

【0011】

また、特許文献1に記載されているように、導波路ループ鏡による部分反射器をそなえる場合においては、発振効率を向上させるためにループ部分の導波路を低損失に形成するには湾曲が緩やかな導波路を形成しなければならないので、モジュールとしての規模が大きくなってしまうという課題もある。

なお、特許文献2～5に記載されている技術においても、上述のごとき課題を解決する外部変調器一体型のレーザ光源について開示するものではない。 10

【0012】

本発明は、このような課題に鑑み創案されたもので、外部共振器および外部変調器が一体化されたモジュールとしての規模を増大させることなく、簡素な構成によりレーザの共振特性を安定化させることを目的とする。

また、発振波長の帯域を広帯域化させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

このため、本発明の光モジュールは、利得部材と、該利得部材に接続された部分反射部と、該部分反射部に接続された光デバイス部と、が一体に形成され、該部分反射部が、該利得部材に接続される第1光導波路と、該第1光導波路とは異なる光軸を有しながら該第1光導波路に光学的に結合され且つ該光デバイス部を光学的に接続する第2光導波路と、をそなえる光学的結合導波路部とともに、該第1光導波路における該光デバイス部側の端部に形成された第1全反射ミラーをそなえたことを特徴としている。 20

【0014】

この場合においては、該光学的結合導波路部が、該第1光導波路および該第2光導波路が方向性結合する方向性結合導波路部として構成することができる。

さらに、好ましくは、該第1全反射ミラーに該光学的結合導波路部および該利得部材を介して対向配置され、且つ該第1全反射ミラーおよび該利得部材によりレーザ発振を行なうレーザ発振部を構成する第2全反射ミラーと、該レーザ発振の発振条件を可変設定する発振条件設定部と、をそなえることとしてもよい。 30

【0015】

この場合においては、該発振条件設定部を、該第2全反射ミラーと該利得部材との距離を可変に設定する距離設定機構により構成したり、該利得部材に一体に形成したりすることができる。

【発明の効果】

【0016】

部分反射部が、利得部材に接続される第1光導波路と、第1光導波路とは異なる光軸を有しながら第1光導波路に光学的に結合され且つ光デバイス部を光学的に接続する第2光導波路と、をそなえる光学的結合導波路部とともに、第1光導波路における光デバイス部側の端部に形成された第1全反射ミラーをそなえているので、モジュール規模の縮小化を図りながら、発振波長を広帯域化させ、かつ、出力されるレーザ光の安定性の向上を図ることができる利点がある。 40

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、図面を参照することにより、本発明の実施の形態について説明する。

なお、上述の本願発明の目的のほか、他の技術的課題、その技術的課題を解決する手段及び作用効果についても、以下の実施の形態による開示によって明らかとなる。

〔A1〕第1実施形態の説明

図1は本発明の第1実施形態にかかる光モジュールを示す模式図である。この図1に示 50

す光モジュール 10 は、特に光通信システムにおける光送信機モジュールとして適用することができるものであって、利得部材 1、部分反射部 2 および外部変調器（光デバイス部）3 が基板上に一体に形成された光モジュールとしての光サブアセンブリ 5 をそなえるとともに、全反射ミラー 4 をそなえている。尚、図 1 中、1b は利得部材 1 をなす活性層であり、1c は電流注入電極である。

【0018】

ここで、利得部材 1、部分反射部 2 および全反射ミラー 4 により、部分反射部 2 と全反射ミラー 4 との間の距離によって定まる発振波長でレーザ光を発振するレーザ発振部 11 を構成する。換言すれば、上述の全反射ミラー 4 は、後述の部分反射部 2 をなす第 1 全反射ミラー 2B に光学的結合導波路部 2A および利得部材 1 を介して対向配置され、且つ第 1 全反射ミラー 2B および利得部材 1 によりレーザ発振を行なうレーザ発振部 11 を構成する第 2 全反射ミラーである。

10

【0019】

また、このレーザ発振部 11 で発振されたレーザ光は、部分反射部 2 を透過した成分が外部変調器 3 に導かれ、この外部変調器 3 において必要なデータ変調が施されるようになっている。尚、3a は、外部変調器 3 におけるデータ変調を行なうための電極である。

すなわち、利得部材 1 の全反射ミラー 4 側端面には、反射防止膜（AR コート）1a が形成されるとともに、全反射ミラー 4 は、反射防止膜 1a に対向して必要な空間を空けて配置される。これにより、利得部材 1 で発生する自然放出光が部分反射部 2 および全反射ミラー 4 間の往復光路を伝搬することで、レーザ光が発振される。

20

【0020】

このとき、反射防止膜 1a と全反射ミラー 4 との間の距離をミラーマウント 4a で可変設定することにより、往復光路での共振条件が与えられる。このように、全反射ミラー 4 と反射防止膜 1a との間の光路区間は、共振条件を可変に与えることが可能な可変外部共振器 11A として機能する。即ち、全反射ミラー 4 を移動させて反射防止膜 1a との距離を設定することにより、発振される光の波長を設定することができるようになっている。

【0021】

換言すれば、全反射ミラー 4 を移動させて反射防止膜 1a との距離を設定する距離設定機構であるミラーマウント 4a は、レーザ発振の発振条件を可変に設定する発振条件設定部を構成する。

30

ここで、この図 1 に示す光モジュール 1 においては、前述の図 11 に示すものと同様に、レーザ発振部 11 を構成する利得部材 1 および部分反射部 2 が、外部変調器 3 と一体に形成されているが、部分反射部 2 における構成が前述の図 11 に示すものとは異なり、光学的結合導波路部 2A および全反射ミラー 2B により構成されており、これにより、特許文献 1 に記載された技術の場合よりもレーザ発振部 11 としてのレーザ発振作用の安定化を図っている。

【0022】

すなわち、部分反射部 2 をなす光学的結合導波路部 2A は、伝搬する光の光軸が互いに異なって方向性結合される 2 本の導波路（第 1 導波路、第 2 光導波路）2a、2b をそなえて構成されている。第 1 光導波路 2a は、利得部材 1 における活性層 1b に光学的に結合されるとともに、利得部材 1 とは反対側の導波路端部については、基板端面に沿って全反射ミラー（第 1 全反射ミラー）2B が形成されている。

40

【0023】

さらに、第 2 光導波路 2b は、外部変調器 3 をなす光導波路 3b へ光学的に結合されるものであって、この外部変調器 3 をなす光導波路 3b と一体に構成することもできる。換言すれば、基板上に一体化された利得部材 1、部分反射部 2 および外部変調器 3 を形成する製造工程において、第 1 光導波路 2a は前述の利得部材 1 の活性層 1b と同一の製造工程で形成することができるほか、第 2 光導波路 2b は外部変調器 3 をなす光導波路 3b と同一の製造工程で形成することができる。従って、利得部材 1、部分反射部 2 および外部変調器 3 を製造する段階でのプロセスを共用させることができるようになる。

50

【0024】

また、このサブアセンブリ5は、光の伝搬方向について2段のステップ段となるように、上段部分および下段部分が積み上げられたような構成を有している。この場合においては、利得部材1の活性層1bおよび光学的結合導波路部2Aの第1光導波路2aを、上段部に積層させて構成し、光学的結合導波路部2Aの第2光導波路2bおよび外部変調器3をなす光導波路3bを下段部に積層させて構成する。光導波路2a, 2b, 3bはそれぞれ周囲を比較的屈折率の低いクラッド層により囲まれているが、図1中においては、特にこれらの活性層1b, 光導波路2a, 2b, 3bの相対的な配置関係に着目して図示している。

【0025】

さらに、光学的結合導波路部2Aにおいては、利得部材1から第1光導波路2aを伝搬してくる光のうちで、第2光導波路2bに方向性結合される光については、レーザ発振部11からの出力光として外部変調器3へ出力されるようになっている。一方、第2光導波路2bに方向性結合されない光成分については、この全反射ミラー2Bにおいて反対方向へ（利得部材1に向けて）全反射されるようになっている。

【0026】

これにより、光学的結合導波路部2Aにおいては、利得部材1からの光について予め定められた成分比率で光導波路2bに方向性結合された光をレーザ発振部11からの出力光として外部変調器3に出力する一方、光導波路2aに方向性結合される残りの成分の光についてはレーザ発振のために全反射ミラー2Bにおいて全反射させることができる。即ち、上述の光学的結合導波路部2Aと第1全反射ミラー2Bとにより、利得部材1からの光について部分反射させる部分反射部2が構成される。

【0027】

また、上述の第2光導波路2b, 光導波路3bの積層段よりも上段に形成される第1光導波路2aは、外部変調器3が一体形成される領域の手前で終端されるとともに、第1光導波路2a周囲のクラッドを含む基板本体は、外部変調器3が形成される領域の手前で側面が形成されている。これにより、第1光導波路2aからの光を全反射させる全反射ミラー2Bの形成を容易にするとともに、光導波路3bの上部の領域が露出するので電極3aの形成プロセスを容易にしている。

【0028】

さらに、光学的結合導波路部2Aのごとき導波路の方向性結合特性は、他の合波デバイスに比べて波長依存性が比較的低いものである。従って、部分反射部2においては、レーザ発振部11で発振する光波長によらずに、安定的な部分反射特性を得ることができるようになるので、共振特性を安定化させることができるようになる。

図2および図3は、図1に示す光モジュール10についての製造工程を説明するための図である。光モジュール10を作製する際には、第1に光サブアセンブリ5を作製し（図2のステップS1～ステップ6, 図3のステップS7～ステップS10）、そして、作製された光サブアセンブリ5に対して前後移動可能な全反射ミラー4をそなえることで、光モジュール10を完成させる。

【0029】

光サブアセンブリ5を製造するにあたっては、まず、半導体基板20を準備するとともに（ステップS1）、この半導体基板20に、クラッド層21, 23および第2光導波路2bおよび光導波路3aのための導波路層22を、導波路層22が2つのクラッド層21, 23でサンドイッチされるように、結晶成長により積層する（ステップS2）。尚、半導体基板20を、クラッド層21又はクラッド層21の一部として構成することが可能である。

【0030】

そして、エッチングにより、光学的結合導波路部2Aをなす第2光導波路2bおよび外部変調器3をなす光導波路3bのパターンのみを残す処理を行ってから（ステップS3）、更に埋め込みクラッド層24を結晶成長により形成する（ステップS4）。これによ

10

20

30

40

50

り、第2光導波路2bおよび光導波路3bのパターンは、クラッド層21, 23, 24により囲まれることになる。

【0031】

なお、クラッド層23又は埋め込みクラッド層24は、ステップS4でパターンが形成されている第2光導波路2bと方向性結合されることとなる第1光導波路2aとの間隔を定義するものとなる。従って、導波路2a, 2bの間隔が所期の方向性結合特性が得られるものとなるように、その厚みを適宜調整する。

つづいて、光学的結合導波路部2Aをなす第1光導波路2aおよび利得部材1の活性層1bのための導波路層25を、ステップS4で形成されたクラッド層23, 24の上部に積層し、更にその上部にクラッド層26を結晶成長により積層する(ステップS5)。

10

【0032】

そして、エッチングにより、光学的結合導波路部2Aをなす第1光導波路2aおよび利得部材1をなす活性層1bのパターンのみを残す処理を行なってから(ステップS6)、更に埋め込みクラッド層27を結晶成長により形成する(図3のステップS7)。これにより、利得部材1の活性層1bおよび第1光導波路2aのパターンは、クラッド層21, 23, 24により囲まれることになる。

【0033】

なお、ステップS7で形成される埋め込みクラッド層27は半導体基板20の全面に形成されるようになっているので、続く処理において、エッチングにより、全反射ミラー2Bを形成するための側面を形成するとともに、外部変調器3をなす電極3aを形成するためのデバイス面を形成する(ステップS8)。これにより、ステップS8で形成された第1光導波路2aおよびクラッド27の端面に、全反射ミラー2Bを形成する(ステップS9)。

20

【0034】

さらに、クラッド層26が積層されている面の上部における利得部材1とする領域に利得部材電極(正極)1cを形成するとともに、外部変調器3をなす電極3aを形成し、更に基板20の底面全体に電極(負極)1dを形成することにより、光サブアセンブリ5を完成させる(ステップS10)。このようにして作製された光サブアセンブリ5に、前後移動可能な全反射ミラー4の配置を追加することで、光モジュール10を完成させる(ステップS11)。

30

【0035】

なお、上述の図2、図3においては、活性層1b, 第1, 第2光導波路2a, 2bおよび光導波路3bは、高さ方向については異なる軸沿って形成されるものの、平面方向については共通の軸に沿って形成されるようになってい

る。この他、平面方向については異なる軸に沿い高さ方向については共通の軸に沿って形成することも可能である。このようにすれば、活性層1a, 第1, 第2光導波路2a, 2bおよび光導波路3bを同一の積層段に形成することができるので、これら活性層1a, 第1, 第2光導波路2a, 2bおよび光導波路3bについての形成プロセスを更に共用化させることができるようになる。

【0036】

40

上述のごとく構成された、本発明の第1実施形態にかかる光モジュール10においては、全反射ミラー4および部分反射部2をなす全反射ミラー2Bの間の利得部材1を経由した正帰還を実現することができるので、レーザ発振部11としてレーザ発振させることができる。

このとき、上述のレーザ発振によって、利得部材1から第1光導波路2aに導かれる光のうち、全反射ミラー2B側の光は反射する一方、方向性結合される第2光導波路2bに導かれる側の光は光導波路3bを通じて外部変調器3に出力されるため、一部の光のみを透過させ残りを反射させることができる。これにより、レーザ発振部11においては、全反射ミラー4の配置に応じて設定される波長の光を発振させて、外部変調器3に供給することができる。

50

【0037】

このとき、この図1に示す部分反射部2においては、反射機能には全反射ミラー2Bを用いながら、分離機能に光学的結合導波路部2Aを用いているので、全体としては安定な共振特性を実現できる部分反射機能を、利得部材1および外部変調器3とともに単一の基板20に集積させて実現することができる。

すなわち、第1実施形態の部分反射部2は、従来技術のようなエッチングファセット型部分反射器にあるような多重反射を抑制することができ、導波路ループ鏡による場合よりもデバイス規模を縮小化させることができるほか、光学的結合導波路部2Aが非常に小さい波長依存特性を有していることから広い帯域で部分反射を実現することができる、などの点で優れているため、広可変範囲、即ち外部共振器11Aの共振長などを調整することのみで発振波長を広帯域化させ、かつ、出力されるレーザ光の安定性の向上を図ることができる。

10

【0038】

また、従来技術のような導波路ループ鏡による部分反射器をそなえた場合に比べ、モジュールとしての規模を縮小化させながら、発振波長を広帯域化させ、かつ、出力されるレーザ光の安定性の向上を図ることもできる。

このように、本発明の第1実施形態にかかる光モジュール10によれば、部分反射部2が光学的結合導波路部2Aと第1全反射ミラー2Bにより構成されているので、モジュール規模の縮小化を図りながら、発振波長を広帯域化させ、かつ、出力されるレーザ光の安定性の向上を図ることができる利点がある。

20

【0039】

〔A2〕第1実施形態の第1変形例の説明

図4は、本発明の第1実施形態の第1変形例にかかる光モジュール10-1を示す模式図である。この図4に示す光モジュール10-1は、前述の第1実施形態の場合と異なる構成の光学的結合導波路部2A-1をそなえている。尚、図4中、図1の構成に対応する箇所には同一の符号を付している。

【0040】

この光学的結合導波路部2A-1は、利得部材1に接続される第1光導波路2aをそなえるとともに、第1光導波路2aとは異なる光軸を有しながら第1光導波路2aに光学的に結合され且つ光デバイス部3を光学的に接続する第2光導波路2bをそなえているが、更に、第1光導波路および該第2光導波路を接続する多モード干渉(MMI; Multi Mode Interferometer)型導波路2cをそなえている。換言すれば、第1、第2光導波路2a、2bは、多モード干渉型導波路2cを介して光学的に結合されている。

30

【0041】

このように構成された光モジュール10-1においても、多モード干渉型導波路2cをそなえた光学的結合導波路部2A-1において、利得部材1の反対側端部における2本の導波路(第1、第2光導波路)2a、2bのうちで、一方の第1光導波路2aの端部に全反射ミラー2Bを形成するとともに、他方の第2光導波路2bを外部変調器3に接続する構成とすることで、全体として部分反射機能を実現することができる。

【0042】

40

〔A3〕第1実施形態の第2変形例の説明

図5は、本発明の第1実施形態の第2変形例にかかる光モジュール10-2を示す模式図である。この図5に示す光モジュール10-2は、前述の第1実施形態の場合と異なる構成の光学的結合導波路部2A-2をそなえている。尚、図5中、図1の構成に対応する箇所には同一の符号を付している。

【0043】

この光学的結合導波路部2A-2は、前述の第1実施形態の場合と同様、第1光導波路2aおよび第2光導波路2bが方向性結合する方向性結合導波路部として構成されているが、第2光導波路2bに湾曲光導波路部2b-2を含んで構成されている点が異なっている。即ち、第2光導波路2bは、第1光導波路2aと方向性結合する導波路部2b-1と

50

ともに、導波路部 2 b - 1 に接続されて高さ方向に湾曲し外部変調器 3 をなす光導波路 3 b と接続する湾曲光導波路部 2 b - 2 をそなえている。このように構成した場合においても、前述の第 1 実施形態の場合と同様の作用効果を得ることができる。

【0044】

そして、この湾曲光導波路部 2 b - 2 により、外部変調器 3 をなす光導波路 3 b と電極 3 a との間に、光導波路 3 b を伝搬する光が電極 3 a 側への光吸収を十分に少なくさせることが可能な幅となるクラッドを形成することが容易になる。

〔A4〕第 1 実施形態の第 3 変形例の説明

図 6 は、本発明の第 1 実施形態の第 3 変形例にかかる光モジュール 10 - 3 を示す模式図である。この図 6 に示す光モジュール 10 - 3 は、前述の第 1 実施形態の場合と異なる構成の光学的結合導波路部 2 A - 3 をそなえている。尚、図 6 中、図 1 の構成に対応する箇所には同一の符号を付している。

10

【0045】

この光学的結合導波路部 2 A - 3 は、前述の第 1 実施形態の場合と同様、第 1 光導波路 2 a ' および第 2 光導波路 2 b ' が方向性結合する方向性結合導波路部として構成されているが、この光学的結合導波路部 2 A - 3 においては、第 1, 第 2 光導波路 2 a ', 2 b ' の導波路が非対称に構成されている。このように構成した場合においても、前述の第 1 実施形態の場合と同様の作用効果を得ることができる。

【0046】

そして、上述の第 1, 第 2 光導波路 2 a ', 2 b ' の非対称な導波路によって、外部変調器 3 側に出力される光量、および全反射ミラー 2 B で反射する光量を調整することができるようにしている。

20

〔A5〕第 1 実施形態の第 4 変形例の説明

図 7 は、本発明の第 1 実施形態の第 4 変形例にかかる光モジュール 10 - 4 を示す模式図である。この図 7 に示す光モジュール 10 - 4 は、前述の第 1 実施形態の場合と異なる構成の部分反射部 2 - 1 をそなえている。尚、図 7 中、図 1 の構成に対応する箇所には同一の符号を付している。

【0047】

この部分反射部 2 - 1 は、前述の第 1 実施形態の場合と同様、第 1 光導波路 2 a および第 2 光導波路 2 b が方向性結合する方向性結合導波路部をなす光学的結合導波路部 2 A をそなえるとともに全反射ミラー 2 B をそなえているが、更に、第 2 光導波路 2 b を利得部材 1 側に伝搬してきた光を吸収する光吸収部材 2 C が、第 2 光導波路 2 b における利得部材 1 側の端部に形成されている点が前述の第 1 実施形態の場合と異なっている。このように構成した場合においても、前述の第 1 実施形態の場合と同様の作用効果を得ることができる。

30

【0048】

そして、光吸収部材 2 C により、第 2 光導波路 2 b に結合した光が利得部材 1 側の端部から漏れることを抑制できるので、前述の第 1 実施形態の場合に比べて更に発振を安定化させることができる。尚、利得部材 1 への漏れ光を防止するためには、上述の光吸収部材 2 C のほかミラーを用いることもできる。

40

〔A6〕第 1 実施形態の第 5 変形例の説明

図 8 は、本発明の第 1 実施形態の第 5 変形例にかかる光モジュール 10 - 5 を示す模式図である。この図 8 に示す光モジュール 10 - 5 は、前述の第 1 実施形態の場合と異なる構成の可変外部共振器 11 B をそなえている。尚、図 8 中、図 1 の構成に対応する箇所には同一の符号を付している。

【0049】

図 8 に示す光モジュール 10 - 5 の外部共振器 11 B は、利得部材 1 と全反射ミラー 4 との間に、電気光学効果を用いて発振波長を設定する機能をなすグレーティング部 11 B - 1 および位相調整部 11 B - 2 が同一基板において一体に形成されて構成されている。

すなわち、光モジュール 10 - 5 においては、部分反射部 2 をなす全反射ミラー 2 B の

50

形成面とは反対側の端面に全反射ミラー４が形成されるとともに、この全反射ミラー４側から、グレーティング部１１Ｂ－１および位相調整部１１Ｂ－２が、利得部材１，部分反射部２および外部変調器３としての構成に、同一基板上で一体に構成される。

【００５０】

すなわち、グレーティング部１１Ｂ－１および位相調整部１１Ｂ－２における共用の光導波路１１ａが、利得部材１における活性層１ｂに一体に形成されるとともに、グレーティング部１１Ｂ－１において、印加する電圧により発振波長を選択するための制御電極１１ｂをそなえ、かつ、位相調整部１１Ｂ－２において、印加する電圧により発振する光の位相を調整するための制御電極１１ｃをそなえている。

【００５１】

したがって、上述のグレーティング部１１Ｂ－１および位相調整部１１Ｂ－２は、それぞれの制御電極１１ｂ，１１ｃを通じて印加される電圧により、電気光学効果によって、レーザ発振の発振条件を可変に設定しうる発振条件設定部を構成する。

このように構成した場合においても、前述の第１実施形態の場合と同様の作用効果を得ることができるが、第５変形例においては、更に発振条件設定部としてのグレーティング部１１Ｂ－１および位相調整部１１Ｂ－２ならびに第２全反射ミラー４についても、利得部材１，部分反射部２および外部変調器３に一体に構成することができるので、更なる集積化が進められ装置規模の縮小化が進められた光モジュール１０－５として実現することができる。

【００５２】

〔Ａ７〕その他

上述の図５～図８としての構成は、図４に示す光モジュール１０－１に適宜適用することができるほか、これらの図５～図８としての構成を適宜組み合わせ、図１又は図４に示す光モジュール１０，１０－１に適用することもできる。又、図８に示す変形例において、発振条件設定部としては、電気光学効果によって発振条件を設定して、発振波長を設定するようになっているが、本発明によれば、例えば熱光学効果等によって発振条件を設定することとしてもよい。その他、公知の外部変調器構成を適宜採用することは可能である。

【００５３】

〔Ｂ〕第２実施形態の説明

図９は、本発明の第２実施形態にかかる光モジュール３０を示す模式図である。この図９に示す光モジュール３０は、前述の第１実施形態の場合と機能は共通であるが構成が異なる光サブアセンブリ３５をそなえ、とともに、前述の第１実施形態の場合と同様の全反射ミラー（第２全反射ミラー）４が配置されている。

【００５４】

第２実施形態における光サブアセンブリ３５においては、レーザ光が発振する区間の方向に対して垂直な方向について２段の階段形状となるように、上段部分および下段部分が積み上げられたような形状を有しており、更に下段部分については外部変調器３３が形成される部分が延在するような構成を有している。即ち、光サブアセンブリ３５は、２段の階段形状を有する利得部材３１と、利得部材３１と同様の階段形状を有する光学的結合導波路部３２Ａと、外部変調器３３と、全反射ミラー３２Ｂと、が一体に形成されている。尚、全反射ミラー３２Ｂは、光学的結合導波路３２Ａとともに部分反射部３２を構成する。

【００５５】

また、利得部材３１は電流注入電極３１ｃおよび活性層３１ｂをそなえ、光学的結合導波路３２Ａは、方向性結合する第１，第２光導波路３２ａ，３２ｂをそなえ、外部変調器３３は電極３３ａおよび光導波路３３ｂをそなえる。尚、これらの活性層３１ｂ，光導波路３２ａ，３２ｂ，３３ｂは、比較的低屈折率のクラッドに包囲されているが、このクラッドにより前述の階段形状の外形を形成することが可能となる。又、３１ａは光サブアセンブリ３５における利得部材３１側側面に形成される反射防止膜である。

10

20

30

40

50

【0056】

これにより、利得部材31、部分反射部32および全反射ミラー4により、レーザ発振を行なうレーザ発振部41を構成し、全反射ミラー4と反射防止膜31aとの間の光路区間は、共振条件を可変に与えることが可能な可変外部共振器42として機能する。

そして、前述の第1実施形態の場合と同様に、利得部材31の活性層31bおよび活性層31bに連続する光学的結合導波路部32Aの第1光導波路32aを、上段部に積層させて構成する一方、第1光導波路32aに方向性結合される第2光導波路32bおよび第2光導波路32bに連続する（外部変調器33をなす）光導波路33bを、下段部に積層させて構成する。しかし、光サブアセンブリ35の第2光導波路32bは、前述の第1実施形態の場合における第2光導波路32bとは異なる構成を有している。

10

【0057】

すなわち、第2実施形態における第2光導波路32bは、第1光導波路32aと方向性結合する導波路部32b-1とともに、導波路部32b-1に接続され基板の平面方向に湾曲し外部変調器33をなす光導波路33bと接続する湾曲光導波路部32b-2をそなえている。

この湾曲光導波路部32b-2により、レーザ光が発振する第1光導波路32aおよび活性層31bの平面方向についての軸と、外部変調器33における光導波路33bの平面方向についての軸をずらすことができるようになり、全反射ミラー32Bの形成を容易にすることができるとともに、光導波路33bと電極33aとの間の間隔を確保して、外部変調器33をなす電極33aによる光吸収を抑制した光導波路33bを形成することが容易になる。

20

【0058】

上述のごとく構成された第2実施形態における光モジュール30においても、全反射ミラー4および部分反射部32をなす全反射ミラー32Bの間の利得部材31を経由した正帰還を実現することができるので、レーザ発振部41としてレーザ発振させることができる。

このとき、上述のレーザ発振によって、利得部材31から第1光導波路32aに導かれる光のうち、全反射ミラー32B側の光は反射する一方、方向性結合される第2光導波路32bに導かれる側の光は光導波路33bを通じて外部変調器33に出力されるため、一部の光のみを透過させ残りを反射させることができる。これにより、レーザ発振部41においては、全反射ミラー4の配置に応じて設定される波長の光を発振させて、外部共振器33に供給することができる。

30

【0059】

このように、本発明の第2実施形態においても、前述の第1実施形態の場合と同様の利点を得ることができるほか、湾曲光導波路部32b-2により、レーザ光が発振する第1光導波路32aおよび活性層31bの平面方向についての軸と、外部変調器33における光導波路33bの平面方向についての軸をずらすことができるので、電極33aによる光吸収を抑制させることができる光導波路33bを容易に形成することができるほか、全反射ミラー32Bの形成についても容易にすることができる利点もある。

【0060】

40

〔C〕その他

上述の各実施形態の開示にかかわらず、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々変形して実施することが可能である。

例えば、上述の第1、第2実施形態における外部変調器3、33については、他の機能を持つ光デバイスにより構成することとしてもよい。具体的には、光強度の調整機能が追加された光源として用いる場合の光アッテネータとして構成してもよいし、光のスイッチング機能が追加された光源として用いる場合の光スイッチとして構成してもよい。

【0061】

また、図1、図4～図9中においては図示を省略しているが、図3に示す電極1dと同様の電極についても形成することができる。

50

さらに、上述した実施形態の開示により、本発明の装置を製造することが可能となる。

〔D〕付記

(付記 1)

利得部材と、該利得部材に接続された部分反射部と、該部分反射部に接続された光デバイス部と、が一体に形成され、

該部分反射部が、

該利得部材に接続される第 1 光導波路と、該第 1 光導波路とは異なる光軸を有しながら該第 1 光導波路に光学的に結合され且つ該光デバイス部を光学的に接続する第 2 光導波路と、をそなえる光学的結合導波路部とともに、

該第 1 光導波路における該光デバイス部側の端部に形成された第 1 全反射ミラーをそなえたことを特徴とする、光モジュール。 10

【0062】

(付記 2)

該光学的結合導波路部が、該第 1 光導波路および該第 2 光導波路が方向性結合する方向性結合導波路部として構成されたことを特徴とする、付記 1 記載の光モジュール。

(付記 3)

該光学的結合導波路部が、該第 1 光導波路および該第 2 光導波路を接続する多モード干渉型導波路をそなえたことを特徴とする、付記 1 記載の光モジュール。

【0063】

(付記 4)

該第 2 光導波路が、湾曲光導波路部を含んで構成されたことを特徴とする、付記 1 記載の光モジュール。 20

(付記 5)

該第 1 光導波路および該第 2 光導波路の太さが非対称に構成されたことを特徴とする、付記 1 記載の光モジュール。

【0064】

(付記 6)

該第 2 光導波路における該利得部材側の端部には光吸収部材が形成されていることを特徴とする、付記 1 記載の光モジュール。

(付記 7)

該部分反射部は、該利得部材から該第 1 光導波路を通じて入力された光のうちの一部を該第 1 全反射ミラーで全反射するとともに、残りを該第 2 光導波路を通じて該光デバイス部に出力することを特徴とする、付記 1 記載の光モジュール。 30

【0065】

(付記 8)

該光デバイスが光変調器、光アッテネータ又は光スイッチであることを特徴とする、付記 1 記載の光モジュール。

(付記 9)

該第 1 全反射ミラーに該光学的結合導波路部および該利得部材を介して対向配置され、且つ該第 1 全反射ミラーおよび該利得部材によりレーザ発振を行なうレーザ発振部を構成する第 2 全反射ミラーと、 40

該レーザ発振の発振条件を可変設定する発振条件設定部と、

をそなえたことを特徴とする、付記 1～8 のいずれか 1 項記載の光モジュール。

【0066】

(付記 10)

該発振条件設定部が、該第 2 全反射ミラーと該利得部材との距離を可変に設定する距離設定機構により構成されたことを特徴とする、付記 9 記載の光モジュール。

(付記 11)

該発振条件設定部が、該利得部材に一体に形成されたことを特徴とする、付記 9 記載の光モジュール。 50

【図面の簡単な説明】

【0067】

【図1】本発明の第1実施形態にかかる光モジュールを示す模式図である。

【図2】本発明の第1実施形態にかかる光モジュールについての製造工程を説明するための図である。

【図3】本発明の第1実施形態にかかる光モジュールについての製造工程を説明するための図である。

【図4】本発明の第1実施形態の第1変形例にかかる光モジュールを示す模式図である。

【図5】本発明の第1実施形態の第2変形例にかかる光モジュールを示す模式図である。

【図6】本発明の第1実施形態の第3変形例にかかる光モジュールを示す模式図である。

10

【図7】本発明の第1実施形態の第4変形例にかかる光モジュールを示す模式図である。

【図8】本発明の第1実施形態の第5変形例にかかる光モジュールを示す模式図である。

【図9】本発明の第2実施形態にかかる光モジュールを示す模式図である。

【図10】従来技術を示す図である。

【図11】従来技術を示す図である。

【符号の説明】

【0068】

1 利得部材

1 a A Rコート

1 b, 31 b 活性層

20

1 c, 1 d, 31 c 電極

2, 32 部分反射部

2 A, 2 A-1 ~ 2 A-3, 32 A 光学的結合導波路部

2 B, 32 B 全反射ミラー (第1全反射ミラー)

2 C 光吸収部材

2 a, 2 a', 32 a 第1光導波路

2 b, 2 b', 32 b 第2光導波路

2 b-1, 32 b-1 導波路部

2 b-2, 32 b-2 湾曲光導波路部

2 c MMI型光導波路

30

3, 33 外部変調器

3 a, 33 a 電極

3 b, 33 b 光導波路

4 全反射ミラー (第2全反射ミラー)

4 a 距離設定機構 (発振条件設定部)

5, 35 光サブアセンブリ (光モジュール)

10, 10-1 ~ 10-5, 30 光モジュール

11, 41 レーザ発振部

11 A, 11 B, 42 可変外部共振器

11 B-1 グレーティング部

40

11 B-2 位相調整部

11 a 光導波路

11 b, 11 c 制御電極

20 半導体基板

21, 23, 24, 26 クラッド層

22, 25 導波路層

100 外部共振器型レーザ光源

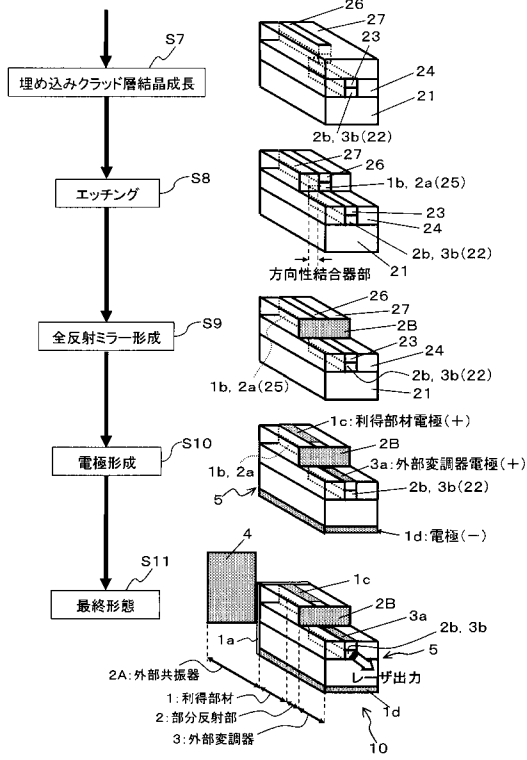
101 利得部材

101 a A Rコート

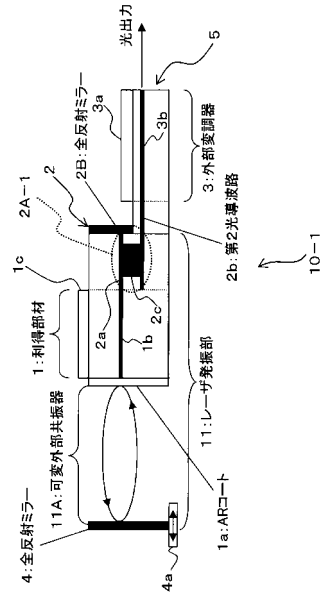
101 b 部分反射ミラー

50

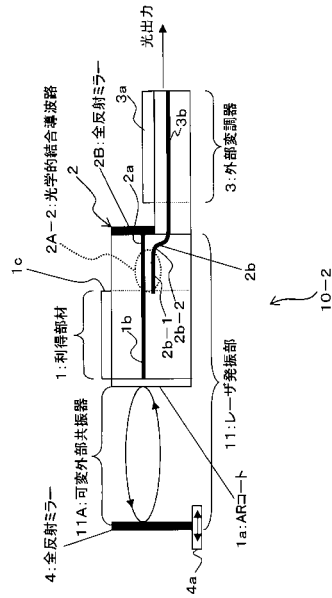
【図 3】



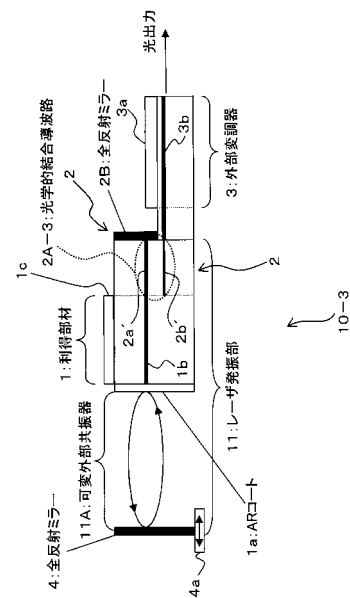
【図 4】



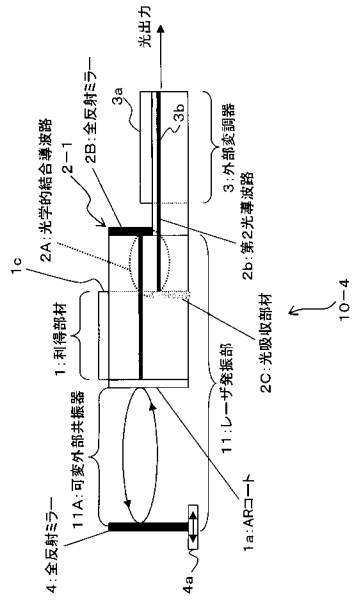
【図 5】



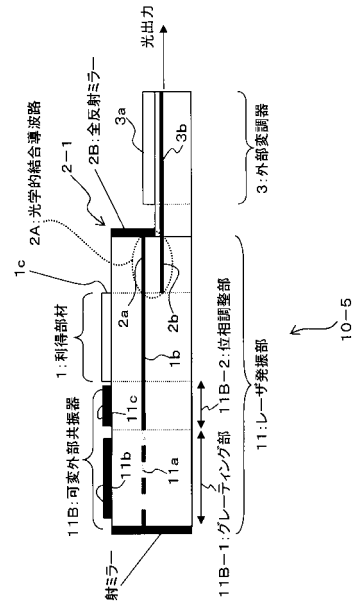
【図 6】



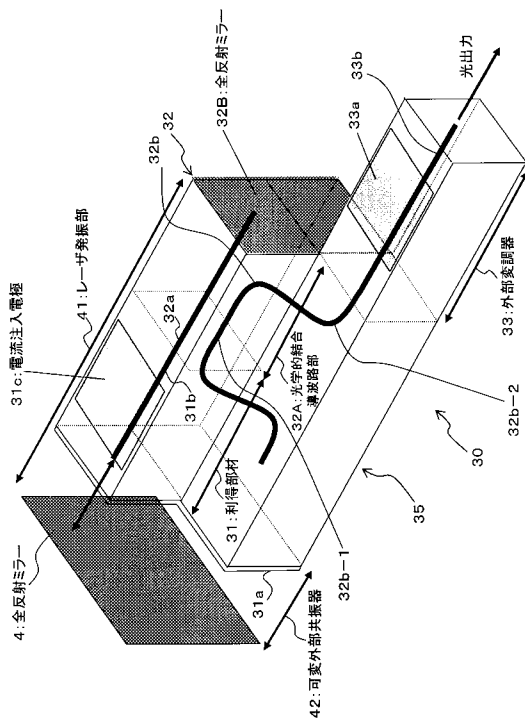
【図 7】



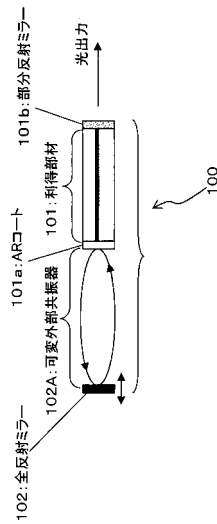
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【図 11】

