

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第4945907号
(P4945907)

(45) 発行日 平成24年6月6日(2012.6.6)

(24) 登録日 平成24年3月16日(2012.3.16)

(51) Int.Cl.
H01S 5/14 (2006.01)

F I
H01S 5/14

請求項の数 5 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2005-59639 (P2005-59639)	(73) 特許権者	000004237
(22) 出願日	平成17年3月3日 (2005.3.3)		日本電気株式会社
(65) 公開番号	特開2006-245344 (P2006-245344A)		東京都港区芝五丁目7番1号
(43) 公開日	平成18年9月14日 (2006.9.14)	(74) 代理人	100079164
審査請求日	平成20年2月13日 (2008.2.13)		弁理士 高橋 勇
		(72) 発明者	山崎 裕幸
			東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
		審査官	道祖土 新吾
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 波長可変レーザ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

互いに異なる光路長を有する波長可変用リング状導波路及び波長固定用リング状導波路から成る複数のリング共振器が光学的結合手段を介して連結されて成る多重リング共振器と、

前記複数のリング共振器の一つに光学的結合手段を介して一端が接続された入出力側導波路と、

前記複数のリング共振器の他の一つに光学的結合手段を介して一端が接続された反射側導波路と、

前記多重リング共振器、前記入出力側導波路及び前記反射側導波路が形成された基板と

10

、
前記反射側導波路の他端に設けられた光反射手段と、

前記入出力側導波路の他端に光入出力端が接続された光入出力手段と、

前記波長可変用リング状導波路上の前記基板の表面に設けられるとともに当該波長可変用リング状導波路へ熱を供給する熱供給手段と、

この熱供給手段から供給された熱が前記波長可変用リング状導波路を除く前記基板へ伝わることを抑制する熱伝導抑制手段とを備え、

前記多重リング共振器は、二つの前記波長可変用リング状導波路から成る二つのリング共振器と一つの固定用リング状導波路から成るリング共振器とがそれぞれ光学的結合手段を介して連結されて成る、

20

ことを特徴とする波長可変レーザ。

【請求項 2】

前記熱伝導抑制手段は、前記波長可変用リング状導波路の周囲の前記基板に形成された断熱溝である、

請求項 1 記載の波長可変レーザ。

【請求項 3】

前記断熱溝は、前記基板の表面から前記波長可変用リング状導波路の下を通して前記基板の表面に至るものである、

請求項 2 記載の波長可変レーザ。

【請求項 4】

前記光入出力手段が半導体光増幅器である、

請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の波長可変レーザ。

【請求項 5】

前記熱供給手段が膜状ヒータである、

請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の波長可変レーザ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば WDM (Wavelength Division Multiplexing) 伝送システム等に用いられ、波長を検出する波長モニタを有する波長モニタ付き波長可変レーザ（以下、単に「波長可変レーザ」という。）等に関する。

【背景技術】

【0002】

ブロードバンド時代を迎え、光ファイバの効率的な活用に向け、一台で複数の光波長の通信が可能な WDM 伝送システムの導入が進んでいる。最近では、数十の光波長を多重化し、より高速な伝送を可能にする DWDM 装置（高密度波長分割多重装置）の活用も広がっている。これに伴い、各 WDM 伝送システムには光波長毎に対応した光源が必要となり、高多重化に伴いその必要数は飛躍的に増加している。更に最近では、任意波長を各ノードで Add/Drop する ROADM (Reconfigurable optical add/drop multiplexers) が、商用化を目指して検討されつつある。この ROADM システムを導入すれば、波長多重による伝送容量の拡大に加え、波長を変えることによる光路切り換えが可能となるので、光ネットワークの自由度が飛躍的に高まる。

【0003】

WDM 伝送システム用の光源としては、これまで単一軸モード発振する DFB-LD (Distributed feedback laser diode: 分布帰還型半導体レーザ) がその使いやすさ及び信頼性の高さから広く使われてきた。DFB-LD は、共振器全域に深さ 30 nm 程度の回折格子が形成されており、回折格子周期と等価屈折率の二倍との積に対応した波長で安定した単一軸モード発振が得られる。しかし、DFB-LD では、発振波長の広範囲に渡るチューニングが不可能であるので、ITU (international telecommunication union) グリッド毎に波長のみが異なった製品を用いて、WDM 伝送システムを構成している。このため、波長毎に異なった製品を用いる必要があるため、棚管理コストが上昇したり、故障対応のための余剰在庫が必要になったりしていた。更に、波長により光路を切り換える ROADM では、通常の DFB-LD を使用してしまうと、温度変化で変えられる 3 nm 程度に波長範囲の可変幅が制限されてしまう。したがって、波長資源を積極的に使用する ROADM の特長を活かした光ネットワークの構成が困難となってしまう。

【0004】

これら現状の DFB-LD のもつ課題を克服し、広い波長範囲で単一軸モード発振を実現すべく、波長可変レーザの研究が精力的に行われている。以下、下記非特許文献 1 に詳述されている中から幾つかを例示することにより、従来の波長可変レーザについて説明す

10

20

30

40

50

る。

【0005】

波長可変レーザは、レーザ素子内に波長可変機構を設けたタイプと、レーザ素子外に波長可変機構を設けたタイプとの、二種類に大別される。

【0006】

前者の種類では、利得を生み出す活性領域と、回折格子による反射を生み出すDBR領域とが、同一レーザ素子内に形成されたDBR-LD (Distributed Bragg reflector laser diode) が提案されている。このDBR-LDの波長可変範囲は、最高でも10nm程度である。また、利得を生み出す活性領域とこれを前方と後方で挟むDBR領域とが同一レーザ素子内に形成された、不均一回折格子を用いたDBR-LDが提案されている。前方と後方のDBR領域は、不均一回折格子によって多数の反射ピークが発生し、かつ反射ピークの間隔が前方と後方で僅かにずれている。この構造によっていわゆる「バーニア効果」が得られるので、極めて広い波長可変が可能となる。この不均一回折格子を用いたDBR-LDでは、100nmを越える波長可変動作及び40nmの準連続波長可変動作が実現されている。

10

【0007】

一方、後者の種類では、レーザ素子外に設けた回折格子を回転させて特定の波長の光をレーザ素子に戻す波長可変レーザが提案されている。また、この種の波長可変レーザには、発振波長を逐次モニタする機構が必要である。従来は、モジュール内にエタロン等の波長選択性のある部品を導入し、これを用いて発振波長の監視を行ってきた。

20

【0008】

【非特許文献1】小林功郎著、「光集積デバイス」、初版2刷、共立出版株式会社、2000年12月、p. 104-122

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、従来の波長可変レーザにおいては、これまで多くの構造が提案されているものの、モードホッピングの発生、複雑な波長制御方法、弱い振動耐性、素子増大による高価格化等の欠点があるため、実用化が困難な状況が続いている。

【0010】

30

DBR-LDでは、DBR領域にキャリア注入を行うことにより、この部分での屈折率を変化させて、波長可変動作を実現している。このため、電流注入により結晶欠陥が増殖すると、電流注入に対する屈折率変化の割合が著しく変動するので、長期に渡り一定波長でのレーザ発振を維持することが難しい。更に、現状の化合物半導体のプロセス技術では、2インチ以上のインチアップは不可能である。そのため、複雑化してサイズの大きくなったレーザ素子では、現状以上の価格低減が難しい。

【0011】

一方、レーザ素子外に波長可変機構を設けた構成では、振動によってモードジャンプが容易に発生することから、これを避けるための大がかりな耐震機構が必要となる。そのため、モジュールサイズ的大型化及び価格の上昇を招いてしまう。また、発振波長のモニタのためには、例えばエタロンに加え受光素子など多くの光学部品が必要となるので、組み立てコストの上昇を招いてしまう。更に、従来から行われているレンズを用いて空間的にレーザ出射面とエタロンとを結合する方法では、エタロンの僅かな位置ずれにより波長精度が変動する。このため、エタロンには高精度の実装技術が必要となり、これが組み立てコスト上昇の原因となっている。

40

【0012】

そこで、本発明の目的は、実用化に際して問題となっていた従来の波長可変レーザの課題を克服し、高信頼性、高性能かつ低価格であり、しかも低消費電力化、動作の安定化等を実現した波長可変レーザを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

50

【0013】

本発明に係る波長可変レーザは、互いに異なる光路長を有する波長可変用リング状導波路及び波長固定用リング状導波路から成る複数のリング共振器が光学的結合手段を介して連結されて成る多重リング共振器と、複数のリング共振器の一つに光学的結合手段を介して一端が接続された入出力側導波路と、複数のリング共振器の他の一つに光学的結合手段を介して一端が接続された反射側導波路と、多重リング共振器、入出力側導波路及び反射側導波路が形成された基板と、反射側導波路の他端に設けられた光反射手段と、入出力側導波路の他端に光入出力端が接続された光入出力手段と、波長可変用リング状導波路上の基板の表面に設けられるとともに波長可変用リング状導波路へ熱を供給する熱供給手段と、熱供給手段から供給された熱が波長可変用リング状導波路を除く基板へ伝わることを抑制する熱伝導抑制手段と、を備えたものである。

10

【0014】

光入出力手段から出射された光は、光入出力端→入出力側導波路→光学的結合手段→多重リング共振器→光学的結合手段→反射側導波路→光反射手段→反射側導波路→光学的結合手段→多重リング共振器→光学的結合手段→入出力側導波路→光入出力端、という経路を通過して戻ってくる。この戻り光は、多重リング共振器の共振波長であるとき、最も強くなる。その理由は、多重リング共振器を構成する各リング共振器はFSR (free spectral range) が僅かに異なっているため、各リング共振器で発生している反射(透過)の周期的な変化が一致した波長(共振波長)において更に大きな反射が発生するからである。

20

【0015】

そして、周期の一致する波長は各リング共振器の円周長と導波路屈折率変化とにより大きく変わるため、効率の良い波長可変動作が得られる。この導波路屈折率は熱光学効果によって変えることができる。熱光学効果とは、熱によって材料の屈折率が増加する現象であり、通常どのような材料も持っている。したがって、複数のリング共振器の温度特性を利用して、すなわち熱供給手段から波長可変用リング状導波路へ熱を供給することによって、多重リング共振器の共振波長を変化させることが可能である。このように、本発明では、円周の僅かに異なるリング共振器を複数直列に接続して多重リング共振器を構成し、これにより発生するバーニア効果を巧みに利用している。

【0016】

このとき、熱伝導抑制手段は、熱供給手段から供給された熱が波長可変用リング状導波路を除く基板へ伝わることを抑制する。その結果、熱供給手段から供給された熱が無駄なく波長可変用リング状導波路に伝わるので、低消費電力化及び高速応答化が図れる。

30

【0017】

基板は、例えばPLC基板である。光入出力手段は、例えば半導体光増幅器(以下「SOA (semiconductor optical amplifier)」という。)、光ファイバ増幅器、半導体レーザなどである。熱供給手段は、正の熱を供給する加熱手段、負の熱を供給する冷却手段、正負両方の熱を供給する加熱冷却手段(例えばペルチェ素子)等である。具体的には、基板上に設けられた膜状ヒータとしてもよい。膜状ヒータは、基板上に例えば金属膜を形成することにより簡単に得られるので、製造が容易である。また、波長固定用のリング共振器のFSRがITUグリッドに一致するように、基板の温度を一定に保つ温度調節手段を更に備えてもよい。

40

【0018】

熱伝導抑制手段は、波長可変用リング状導波路の周囲の基板に形成された断熱溝としてもよい。この断熱溝は、基板の表面から波長可変用リング状導波路の下を通過して基板の表面に至るものでもよい。この場合は、波長可変用リング状導波路下から基板への熱伝導が抑制されるので、断熱効果がより向上する。なお、断熱溝は、空洞でもよいし、基板よりも熱抵抗の大きい材料で埋め込んでよい。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、多重リング共振器と光入出力手段とを組み合わせた波長可変レーザに

50

において、次の効果を奏する。波長固定用リング共振器には、断熱構造を導入せずに熱抵抗を小さい状態を保つことにより、周囲温度の変化に対しての安定動作を実現する。一方、熱供給手段が装着された波長可変用リング共振器周辺には、断熱溝を形成して熱抵抗を増大させ消費電力の低減を図る。このように、基板内に形成されたリング共振器ごとにその目的に応じて熱抵抗を変えることにより、低消費電力化、動作の安定化等を図ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

図1は、本発明に係る波長可変レーザの第一実施形態を示す平面図である。図2は図1におけるII-II線縦断面図であり、図2[1]は第一例、図2[2]は第二例である。以下、これらの図面に基づき説明する。

10

【0021】

本実施形態の波長可変レーザ10は、波長固定用リング状導波路21aから成るリング共振器21と波長可変用リング状導波路22aから成るリング共振器22とが方向性結合器及び導波路（両者とも符号省略、以下同じ。）を介して連結されて成る多重リング共振器20と、リング共振器21に方向性結合器を介して一端が接続された入出力側導波路11と、リング共振器22に方向性結合器を介して一端が接続された反射側導波路12と、多重リング共振器20、入出力側導波路11及び反射側導波路12が形成されたPLC基板13と、反射側導波路12の他端に設けられた高反射膜14と、入出力側導波路11の他端に無反射膜15を介して光入出力端（符号省略）が接続されたSOA16と、波長可変用リング状導波路22a上のPLC基板13の表面に設けられるとともに波長可変用リング状導波路22aへ熱を供給する膜状ヒータ22hと、膜状ヒータ22hから供給された熱が波長可変用リング状導波路22aを除くPLC基板13へ伝わることを抑制する断熱溝22b、22c、22dと、を備えたものである。

20

【0022】

波長固定用リング状導波路21aと波長可変用リング状導波路22aとは、互いに異なる光路長を有する。膜状ヒータ22hは、波長可変用リング状導波路22a上に形成された円弧状の例えばアルミニウム膜であり、円弧の両端が通電用の電極になっている。SOA16は、一般的なものであるので、その構造及び動作原理についての説明を省略する。なお、PLC基板13は、温度調節手段としてのペルチェ素子の上に設けてもよい。このペルチェ素子は、リング共振器21のFSRがITUグリッドに一致するように、PLC基板13の温度を一定に保つ。

30

【0023】

SOA16から出射された光は、光入出力端→入出力側導波路11→方向性結合器→多重リング共振器20→方向性結合器→反射側導波路12→高反射膜14→反射側導波路12→方向性結合器→多重リング共振器20→方向性結合器→入出力側導波路11→光入出力端、という経路を通過して戻ってくる。この戻り光は、多重リング共振器20の共振波長であるとき、最も強くなる。その理由は、多重リング共振器20を構成する各リング共振器21、22はFSRが僅かに異なっているため、各リング共振器21、22で発生している反射（透過）の周期的な変化が一致した波長（共振波長）において更に大きな反射が発生するからである。

40

【0024】

そして、周期の一致する波長は各リング共振器21、22の円周長と導波路屈折率変化とにより大きく変わるため、効率の良い波長可変動作が得られる。この導波路屈折率は熱光学効果によって変えることができる。すなわち、膜状ヒータ22hから波長可変用リング状導波路22aへ熱を供給することによって、複数のリング共振器21、22の温度特性を利用できるので、これにより多重リング共振器20の共振波長を変化させることが可能となる。このように、本実施形態では、円周の僅かに異なるリング共振器21、22を複数直列に接続して多重リング共振器20を構成し、これにより発生するバーニア効果を巧みに利用している。

50

【0025】

このとき、断熱溝22b, 22c, 22dは、膜状ヒータ22hから供給された熱が波長可変用リング状導波路22aを除くPLC基板13へ伝わることを抑制する。その結果、膜状ヒータ22hから供給された熱が無駄なく波長可変用リング状導波路22aに伝わるので、低消費電力化及び高速応答化が図れる。

【0026】

図2[1]に示すように、断熱溝22b, 22c, 22dは、波長可変用リング状導波路22aの周囲のPLC基板13の表面から、波長可変用リング状導波路22aよりも深く形成することが好ましい。断熱効果を高めるためである。断熱溝22b, 22dは、波長可変用リング状導波路22aの外側に位置し、波長可変用リング状導波路22aに沿って円弧状となっている。一方、断熱溝22cは、波長可変用リング状導波路22aの内側に位置し、波長可変用リング状導波路22aに沿って円周状となっている。

10

【0027】

PLC基板13は、コア層33を包含したクラッド層32がシリコン基板31上に形成された一般的な構造である。ここで、断熱溝22b, 22c, 22dの形成方法について説明する。まず、一般的なPLCの製造方法によって、シリコン基板31上に、コア層33を包含したクラッド層32を形成する。そして、クラッド層32をエッチングすることによって、断熱溝22b, 22c, 22dを得る。

【0028】

図2[2]では、波長可変用リング状導波路22aの下にも断熱溝22eが形成されている。つまり、断熱溝22b, 22c, 22d, 22eは、PLC基板13の表面から波長可変用リング状導波路22aの下を通してPLC基板13の表面に至る。この場合は、波長可変用リング状導波路22aの下からのPLC基板13への熱伝導が抑制されるので、断熱効果がより向上する。

20

【0029】

ここで、断熱溝22eの形成方法について説明する。まず、シリコン基板31上に他の材料から成る犠牲層を形成し、この犠牲層上にコア層33を包含したクラッド層32を形成する。続いて、クラッド層32をエッチングすることによって断熱溝22b, 22c, 22dを形成する。最後に、犠牲層のみをエッチングすることによって断熱溝22eを得る。

30

【0030】

次に、本実施形態の波長可変レーザ10について、言葉を換えて更に詳しく説明する。

【0031】

波長可変レーザ10では、リング共振器21をITUグリッドと同じ周期として作り込み、これを用いて波長を固定する。この波長固定に用いるリング共振器21は、PLC基板13全体の温度を変えることでITUグリッドに波長を合わせる。このため、波長固定用のリング共振器21には、位相調整用のヒータが必要なく、外部温度が変化しても波長変動が発生しないことが望ましい。一方、波長可変動作を実現するリング共振器22には、低消費電力の熱位相シフタすなわち膜状ヒータ22hが必要となる。このように、波長可変レーザ10には、特性の異なるリング共振器21, 22を形成する必要がある。

40

【0032】

つまり、波長可変レーザ10では、波長固定用のリング共振器21には外部温度の変化に対して屈折率変化が発生しにくい熱抵抗の小さい構造を、また波長可変動作を行うリング共振器22には消費電力低減のため熱抵抗の大きな構造を、それぞれ採用することが望まれる。PLC基板13の同一面内で熱抵抗を変えるためには、波長可変用リング状導波路22aの周辺領域に対して断熱溝22b, 22c, 22dを形成することが効果的である。加えて、波長可変用リング状導波路22aを中空に浮かせたブリッジ構造を実現する断熱溝22eの形成も効果的である。

【0033】

PLC基板13の端面には無反射膜15及び高反射膜14のコーティングが施され、無

50

反射膜 15 側には SOA 16 が結合されている。この結合は、図中で示した直接結合の他、SOA 16-PLC 基板 13 間にレンズを置く空間結合、PLC 基板 13 上にパッシブアライン等の実装方法により SOA 16 を直接実装する方式でもよい。多重リング共振器 20 は二段で構成され、波長可変用リング状導波路 22 a 周辺には膜状ヒータ 22 h で発生する熱を効率的に波長可変用リング状導波路 22 a 周辺に集める断熱溝 22 b, 22 c, 22 d が形成されている。断熱溝 22 b, 22 c, 22 d によって熱抵抗が増加するので、熱位相シフトの消費電力低減が可能となる。一方、波長固定用リング状導波路 21 a 周辺には断熱溝が形成されていないため熱抵抗が小さく、シリコン基板 30 の温度を波長固定用リング状導波路 21 a に伝えやすい。加えて、熱抵抗が小さいことで、パッケージ外部の周囲温度が変化しても波長固定用リング状導波路 21 a の温度は変化しにくい

10

【0034】

図 2 [2] の例は、波長可変用リング状導波路 22 a 周辺を中空に浮かす構造であり、図 2 [1] の例に比較して更に熱抵抗を大きくすることができるので、更なる消費電力の低減が可能となる。また、図 2 [1] の例と同様に波長固定用リング状導波路 21 a 周辺には断熱構造が導入されていないため、周囲温度に対しての波長変化が少なく、安定した動作が期待できる。

【0035】

以上述べたように、本実施形態によれば、多重リング共振器 20 と SOA 16 とを組み合わせた波長可変レーザ 10 において、波長固定用リング状導波路 21 a 周辺には断熱構造を導入せず、熱抵抗を小さい状態を保つことで、周囲温度の変化に対しての安定動作を実現する。一方、膜状ヒータ 22 h が装着された波長可変用リング状導波路 22 a 周辺には断熱溝 22 b, … を形成して熱抵抗を増大させ消費電力の低減を図る。このように、PLC 基板 13 内に形成されたリング共振器 21, 22 にその目的に応じて熱抵抗を変えることにより、低消費電力化、動作の安定化等を図ることができる。

20

【0036】

なお、第一実施形態では、波長可変用のリング共振器を一段使用した場合について述べたが、本発明はこれに限るものではなく、波長可変用のリング共振器が複数段導入された構造においても同様に適用できる。これについて、以下に第二実施形態として説明する。

【0037】

図 3 は、本発明に係る波長可変レーザの第二実施形態を示す平面図である。以下、この図面に基づき説明する。ただし、図 1 と同じ部分は同じ符号を付すことにより説明を省略する。

30

【0038】

本実施形態の波長可変レーザ 40 は、波長固定用リング状導波路 21 a から成るリング共振器 21 と波長可変用リング状導波路 22 a から成るリング共振器 22 と波長可変用リング状導波路 23 a から成るリング共振器 23 とが方向性結合器及び導波路を介して連結されて成る多重リング共振器 20 と、リング共振器 21 に方向性結合器を介して一端が接続された入出力側導波路 11 と、リング共振器 23 に方向性結合器を介して一端が接続された反射側導波路 12 と、多重リング共振器 20、入出力側導波路 11 及び反射側導波路 12 が形成された PLC 基板 13 と、反射側導波路 12 の他端に設けられた高反射膜 14 と、入出力側導波路 11 の他端に無反射膜 15 を介して光入出力端が接続された SOA 16 と、波長可変用リング状導波路 22 a 上の PLC 基板 13 の表面に設けられるとともに波長可変用リング状導波路 22 a へ熱を供給する膜状ヒータ 22 h と、波長可変用リング状導波路 23 a 上の PLC 基板 13 の表面に設けられるとともに波長可変用リング状導波路 23 a へ熱を供給する膜状ヒータ 23 h と、膜状ヒータ 22 h から供給された熱が波長可変用リング状導波路 22 a を除く PLC 基板 13 へ伝わることを抑制する断熱溝 22 b, 22 c, 22 d と、膜状ヒータ 23 h から供給された熱が波長可変用リング状導波路 23 a を除く PLC 基板 13 へ伝わることを抑制する断熱溝 23 b, 23 c, 23 d と、を備えたものである。波長固定用リング状導波路 21 a と波長可変用リング状導波路 22 a

40

50

と波長可変用リング状導波路 23 a とは、互いに異なる光路長を有する。

【0039】

波長可変レーザ 40 の構造は、リング共振器 21 ～ 23 のドロップポートの波長透過特性を活用して、共振モードを選択し単一軸モード発振を行うものになっている。多重リング共振器 20 を構成している三段のリング共振器 21 ～ 23 の円周は、僅かに異なった設計とする。これにより、三者の共振ピーク波長は数十 nm の広い波長範囲でも一箇所では一致しないため、この波長にて単一軸モード発振が生ずる。主な波長可変動作は、リング共振器 22, 23 に形成された膜状ヒータ 22 h, 23 h に通電することで行う。例えば、リング共振器 21 ～ 23 の円周長（すなわち光路長）は、それぞれ 4000 μm、4400 μm、4040 μm である。このとき、リング共振器 22 は微調整用の波長可変手段として動作し、膜状ヒータ 23 h は粗調整用の波長可変手段として動作する。また、数 10 pm 程度の波長制御は、SOA 16 の位相制御領域へ電流を流すことによって実行する。本実施形態の波長可変レーザ 40 によれば、第一実施形態と同等の作用及び効果を奏する。

10

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図 1】本発明に係る波長可変レーザの第一実施形態を示す平面図である。

【図 2】図 1 における II-II 線縦断面図であり、図 2 [1] は第一例、図 2 [2] は第二例である。

【図 3】本発明に係る波長可変レーザの第二実施形態を示す平面図である。

20

【符号の説明】

【0041】

10, 40 波長可変レーザ

11 入出力側導波路

12 反射側導波路

13 PLC 基板（基板）

14 高反射膜（光反射手段）

16 SOA（光入出力手段）

20, 41 多重リング共振器

21, 22, 23 リング共振器

30

21 a 波長固定用リング状導波路

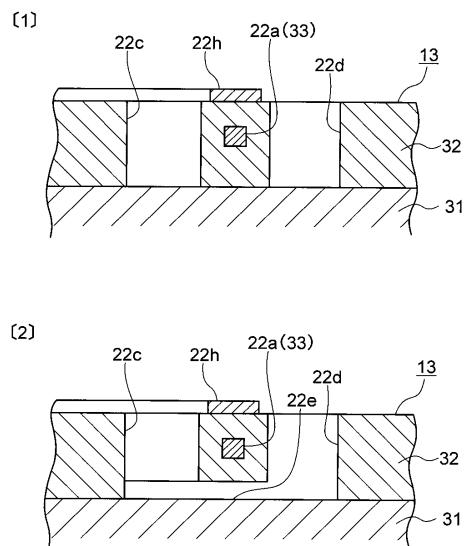
22 a, 23 a 波長可変用リング状導波路

22 h, 23 h 膜状ヒータ（熱供給手段）

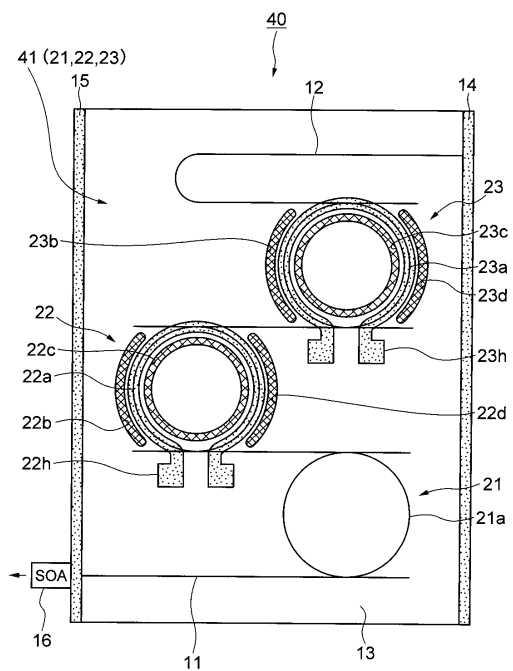
22 b, 22 c, 22 d, 22 e, 23 b, 23 c, 23 d 断熱溝（熱伝導抑制手段

）

【図 2】



【図 3】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭63-281104 (JP, A)

特開平05-075202 (JP, A)

特開平05-347452 (JP, A)

特開2003-215515 (JP, A)

特表昭62-500339 (JP, A)

H Yamazaki et al., Widely tunable laser consisting of a silica waveguide double ring resonator connected directly to a semiconductor optical amplifier, ECOC 2004 Proceedings - Post Deadline Paper, 2004年, Th.4.2.4, pp.22-23

Japanese Journal of Applied Physics, 2004年, Vol.43, No.8B, pp.5766-5770

NTT REVIEW, 1995年, Vol.7, No.5, pp.57-63

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01S 5/00-5/50