

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2022年11月24日(24.11.2022)



(10) 国際公開番号

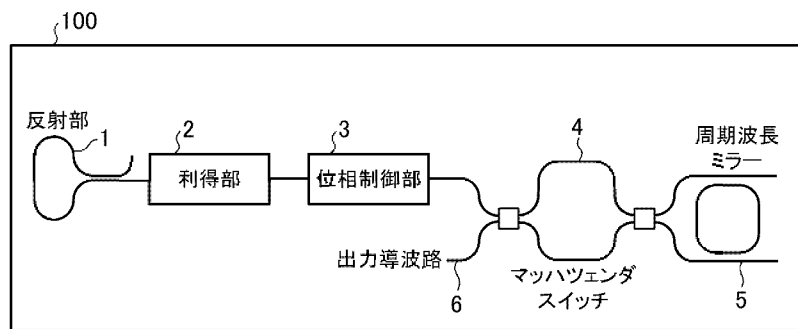
WO 2022/244229 A1

- (51) 国際特許分類:
H01S 5/0687 (2006.01) *H01S 5/10* (2021.01)
G02B 6/125 (2006.01) *H01S 5/50* (2006.01)
G02F 1/225 (2006.01) *H04B 10/50* (2013.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/019344
- (22) 国際出願日: 2021年5月21日(21.05.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 増山 圭(MASUYAMA, Kei); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人山王内外特許事務所 (SANNO PATENT ATTORNEYS OFFICE); 〒1000014 東京都千代田区永田町二丁目12番4号 赤坂山王センタービル5階 Tokyo (JP).

- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(54) Title: MULTIWAVELENGTH LASER DEVICE

(54) 発明の名称: 多波長レーザ装置



- 1 Reflection unit
2 Gain unit
3 Phase control unit
4 Mach-Zehnder switch
5 Periodic wavelength mirror
6 Output waveguide

(57) Abstract: A Mach-Zehnder switch (4) in this multiwavelength laser device (100) can change a phase difference between multiwavelength light that passes through a first waveguide and multiwavelength light that passes through a second waveguide, to adjust an output branching ratio between multiwavelength light outputted from a first input port to a gain unit (2) and multiwavelength light outputted from a second input port to an output waveguide (6).

(57) 要約: 多波長レーザ装置 (100) におけるマッハツェンダスイッチ (4) は、第1の導波路を通過する多波長光と第2の導波路を通過する多波長光との位相差を変化させることにより、第1の入力ポートから利得部 (2) に出力される多波長光と第2の入力ポートから出力導波路 (6) に出力される多波長光との出力分岐比を調整可能である

[続葉有]

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

明 細 書

発明の名称：多波長レーザ装置

技術分野

[0001] 本開示は、多波長レーザ装置に関する。

背景技術

[0002] 光通信システムにおける大容量光伝送を実現するために、波長多重通信（WDM：Wavelength Division Multiplexing）技術は、1本の光ファイバ中に、波長の異なる複数の光信号を束ねることにより、複数の光信号を1本の光ファイバで送信する。

[0003] WDM技術の例として、特許文献1には、外部共振器型の多波長レーザ装置が記載されている。当該多波長レーザ装置は、半導体利得チップ、及び当該半導体利得チップを挟むように配置された2つのミラーから構成され、当該2つのミラー間に光を閉じ込めることにより光を増幅させる外部共振器を備えている。外部共振器には、閉じ込められた光から周期的なピーク波長を有する多波長光を抽出する周期波長フィルタと、多波長光を波長毎に分けることにより複数の光信号を出力する波長分光フィルタとが設置されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2018-85475号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上述のような外部共振器において、増幅された多波長光を外部共振器から取り出すために、外部共振器内の導波路から多波長光を取り出す方向性結合器を用いる場合がある。しかし、方向性結合器は、波長依存性を有するため、方向性結合器によって取り出された多波長光における各ピーク波長の出力は、波長に応じて異なってしまうという問題がある。

本開示は、上記のような問題点を解決するためになされたものであり、外

部共振器から、各ピーク波長の出力が一定である多波長光を取り出すことができる技術を提供する。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示に係る多波長レーザ装置は、光を増幅させる外部共振器、及び外部共振器が増幅させた光を出力する第1の出力導波路を有する多波長レーザ装置であって、半導体利得チップと、第1の入力ポート、第2の入力ポート、第1の出力ポート、第2の出力ポート、並びに、それぞれが第1の入力ポート及び第2の入力ポートと第1の出力ポート及び第2の出力ポートとの間を光学的に接続する第1の導波路及び第2の導波路、を有し、第1の入力ポートが半導体利得チップに光学的に接続し、第2の入力ポートが第1の出力導波路に光学的に接続している第1のマッハツェンダスイッチと、第1のマッハツェンダスイッチの第1の出力ポート及び第2の出力ポートと光学的に接続し、第1のマッハツェンダスイッチから入力された光を部分的に反射することにより、周期的なピーク波長を有する多波長光を第1のマッハツェンダスイッチに出力する周期波長ミラーと、半導体利得チップを基準として第1のマッハツェンダスイッチ側とは反対側に設置されることにより、半導体利得チップ及び周期波長ミラーとともに外部共振器を構成し、半導体利得チップを通過した光を半導体利得チップに向かって反射する反射部と、を備え、第1のマッハツェンダスイッチは、第1の導波路を通過する多波長光と第2の導波路を通過する多波長光との位相差を変化させることにより、第1の入力ポートから半導体利得チップに出力される多波長光と第2の入力ポートから第1の出力導波路に出力される多波長光との出力分岐比を調整可能である。

発明の効果

[0007] 本開示によれば、外部共振器から、各ピーク波長の出力が一定である多波長光を取り出すことができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]実施の形態1に係る多波長レーザ装置100の構成を示すブロック図で

ある。

[図2]実施の形態1に係る多波長レーザ装置100の構成を示す概略図である。

[図3]実施の形態1に係る多波長レーザ装置100と異なる構成を有する別の多波長レーザ装置を示す図である。

[図4]図3が示す別の多波長レーザ装置におけるSi細線導波路のリング共振器とループミラーの直列透過特性を示す。

[図5]実施の形態1に係る多波長レーザ装置のマッハツェンダスイッチ及びリング共振器型の周期波長ミラーにおける、マッハツェンダスイッチの第1の入力ポートから第2の入力ポートへの多波長光の透過特性を示す。

[図6]実施の形態2に係る多波長レーザ装置の構成を示すブロック図である。

[図7]実施の形態2に係る多波長レーザ装置の構成を示す概略図である。

[図8]実施の形態3に係る多波長レーザ装置の構成を示す概略図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本開示をより詳細に説明するため、本開示を実施するための形態について、添付の図面に従って説明する。

実施の形態1.

図1は、実施の形態1に係る多波長レーザ装置100の構成を示すブロック図である。図2は、実施の形態1に係る多波長レーザ装置100の構成を示す概略図である。図1及び図2が示すように、多波長レーザ装置100は、反射部1、利得部2、位相制御部3、マッハツェンダスイッチ4（第1のマッハツェンダスイッチ）、周期波長ミラー5、及び出力導波路6を備えている。

[0010] 多波長レーザ装置100は、光を増幅させる外部共振器、及び当該外部共振器が増幅させた光を出力する出力導波路6（第1の出力導波路）を有する。当該外部共振器は、反射部1、利得部2及び周期波長ミラー5から構成される。

[0011] より具体的には、多波長レーザ装置100は、外部共振器内に周期波長ミ

ラー5を備え、多波長で同時発振しうる外部共振器型多波長レーザ装置である。なお、図1及び図2の例では、N波長の信号光($\lambda_1 \sim \lambda_N$)を同時発振する多波長レーザを例に挙げて示している(Nは2以上の正の整数)。多波長レーザ装置100における、反射部1と周期波長ミラー5との間には、利得部2が配置されている。また、多波長レーザ装置100における、利得部2と周期波長ミラー5との間には、位相制御部3及びマッハツェンダスイッチ4が直列に配置されている。

利得部2は、半導体利得チップである。より具体的には、利得部2は、例えば、量子ドット利得媒質を備える量子ドット利得チップである。

[0012] 反射部1は、利得部2を基準としてマッハツェンダスイッチ4側とは反対側に設置されることにより、利得部2及び周期波長ミラー5とともに外部共振器を構成する。反射部1は、利得部2を通過した光を利得部2に向かって反射する。

[0013] 例えば、利得部2が量子ドット利得チップである場合、反射部1は、当該量子ドット利得チップの劈開端面でもよい。しかし、利得部2としては、そのような劈開端面よりも、例えば、高反射膜コーティングされた端面のほうが好ましい。利得部2は、ループミラー、又はDBRミラー等の導波路素子であってもよい。

[0014] 位相制御部3は、利得部2とマッハツェンダスイッチ4との間に設置されている。位相制御部3は、通過する多波長光の位相を制御する。より具体的には、位相制御部3は、光導波路に熱光学効果等によって位相変化を与える素子である。なお、多波長レーザ装置100は、位相制御部3を備えていなくてもよいが、外部共振器型レーザの発振波長の安定性向上を見込めるため、多波長レーザ装置100は、位相制御部3を備えることが好ましい。

[0015] マッハツェンダスイッチ4は、第1の入力ポート、第2の入力ポート、第1の出力ポート、第2の出力ポート、並びに、それぞれが第1の入力ポート及び第2の入力ポートと第1の出力ポート及び第2の出力ポートとの間を光学的に接続する第1の導波路及び第2の導波路、を有している。つまり、マ

マッハツェンダスイッチ4は、 2×2 の入出力ポートを備えるマッハツェンダ型スイッチである。

[0016] マッハツェンダスイッチ4が有する第1の入力ポートは、利得部2に光学的に接続している。より詳細には、実施の形態1では、マッハツェンダスイッチ4が有する第1の入力ポートは、位相制御部3を介して利得部2に光学的に接続している。マッハツェンダスイッチ4が有する第2の入力ポートは、出力導波路6に光学的に接続している。

[0017] 周期波長ミラー5は、マッハツェンダスイッチ4の第1の出力ポート及び第2の出力ポートと光学的に接続している。周期波長ミラー5は、マッハツェンダスイッチ4から入力された光を部分的に反射することにより、周期的なピーク波長を有する多波長光をマッハツェンダスイッチ4に出力する。

[0018] より具体的には、実施の形態1では、周期波長ミラー5は、周期的なピーク波長の光のみを反射する素子である。周期波長ミラー5は、 1×2 光カプラ及びリング共振器によって構成される。なお、周期波長ミラー5は、 2×2 光カプラとリング共振器によって構成されてもよい。 1×2 光カプラによって分岐した2つの導波路は、それぞれ、リング共振器に近接するように設置されている。周期波長ミラー5のリング共振器のFSR (free spectral range) は、所望のWDM通信規格の波長間隔に一致するように設計されている。また、周期波長ミラー5内のリング共振器の導波路上には、ヒータ等が設置されている。これにより、熱光学効果によって当該導波路の屈折率を変化させることで、周期波長ミラー5は、反射する多波長光が有する周期的なピーク波長の波長間隔を調整することができるように構成されている。

[0019] 以下で、マッハツェンダスイッチ4の機能についてより詳細に説明する。マッハツェンダスイッチ4は、上述の第1の導波路を通過する多波長光と上述の第2の導波路を通過する多波長光との位相差を変化させることにより、上述の第1の入力ポートから利得部2に出力される多波長光と上述の第2の入力ポートから出力導波路6に出力される多波長光との出力分岐比を調整可

能である。

[0020] より具体的には、実施の形態 1 では、マッハツェンダスイッチ 4 は、熱光学効果等によって第 1 の導波路と第 2 の導波路との間に位相差を与えることで任意の分岐比で出力導波路 6 への出力分岐比を制御することが可能である。

[0021] 例えば、S i 細線導波路では、単純な方向性結合器を適用することによって所望の分岐比率で光結合することができるが、方向性結合器は、原理的に波長依存性を有し、方向性結合器によって取り出された多波長光における各ピーク波長の出力は、波長に応じて異なってしまう。一方で、マッハツェンダスイッチ 4 では、入出力部に波長依存性のある方向性結合器を適用しても、第 2 の入力ポートから出力導波路 6 に出力される多波長光に関しては、波長依存性が低減される。マッハツェンダスイッチ 4 の出力分岐比を調整することによって、外部共振器の内部損失を変動させることができる。しかし、マッハツェンダスイッチ 4 の出力分岐比調整のための消費電力を低減させるためには、マッハツェンダスイッチ 4 は、電力無印加時の出力分岐比が所望の値になるように設計されていることが好ましい。

[0022] 以下で、実施の形態 1 に係る多波長レーザ装置 100 の動作について説明する。利得部 2 に電流を印加すると、周期波長ミラー 5 のリング共振器の FSR に対応する波長の光が周期波長ミラー 5 と反射部 1 との間で共振が発生し、これにより内部損失を超える利得を得られた波長の光が、マッハツェンダスイッチ 4 の第 2 の入力ポートから出力導波路 6 に出力される。ここで、周期波長ミラー 5 において一定間隔 $\Delta\lambda$ の波長の光以外の光は透過していつてしまうため、一定間隔 $\Delta\lambda$ の周期的なピーク波長を有する多波長光が共振し同時発振しうる。

[0023] そして、出力導波路 6 からの多波長光をモニタしながら、上述の方法によりマッハツェンダスイッチ 4 の出力分岐比を調整することによって、所望の印加電流における外部共振器の内部損失を最小化させ、出力パワーを最大化させることができる。

[0024] また、周期波長ミラー 5 及びマッハツェンダスイッチ 4 を利用することによって、上述の波長依存性を低減させることができるため、多波長レーザ出力の波長毎の出力パワーのばらつきを抑制することができる。

[0025] 以下で、実施の形態 1 に係る多波長レーザ装置 100 による波長依存性低減効果について説明するために、多波長レーザ装置 100 と異なる構成を有する別の多波長レーザ装置と比較する。図 3 は、実施の形態 1 に係る多波長レーザ装置 100 と異なる構成を有する別の多波長レーザ装置を示す図である。

[0026] 図 3 が示す別の多波長レーザ装置では、2つの反射部の間に、利得部及び周期波長フィルタが設置された構成である。図 3 における 2つの反射部のうちの右側の反射部は、周期波長フィルタを通過した光の一部のパワーを反射する一方で、残りのパワーを透過する。そのため、当該反射部における周期波長フィルタに接続する導波路とは反対側の導波路が出力導波路として機能する。

[0027] 例えば、S i 細線導波路を用いたループミラーによって、図 3 における右側の反射部を構成した場合、ループミラーの方向性結合器は、波長依存性を有するため、方向性結合器によって取り出された多波長光における各ピーク波長の出力は、波長毎にばらついてしまう。

[0028] 以下で、図 3 が示す別の多波長レーザ装置の透過特性と、実施の形態 1 に係る多波長レーザ装置 100 の透過特性とを比較する。なお、以下では、図 3 が示す別の多波長レーザ装置の周期波長フィルタとして S i 細線導波路のリング共振器を用い、図 3 における右側の反射部としてループミラーを用いたものとする。図 4 は、図 3 が示す別の多波長レーザ装置における S i 細線導波路のリング共振器とループミラーの直列透過特性を示す。一方で、図 5 は、実施の形態 1 に係る多波長レーザ装置 100 のマッハツェンダスイッチ 4 及びリング共振器型の周期波長ミラー 5 における、マッハツェンダスイッチ 4 の第 1 の入力ポートから第 2 の入力ポートへの多波長光の透過特性を示す。ただし、図 4 と図 5 の各例では、リング共振器の構成は同一として、ル

ープミラーの透過率とマッハツェンダスイッチの分岐比率とがともに50%となる条件で透過特性をシミュレーションにより計算している。図4及び図5において、縦軸は、透過率(dB)を示し、横軸は、波長(nm)を示す。

[0029] 図4が示すグラフと図5が示すグラフとを比較すると理解できるように、図4が示すグラフでは、ループミラーの波長依存性によって長波長側になるほど透過率が上昇してしまっている一方で、図5が示すグラフでは、比較的フラットな透過特性が得られていることがわかる。つまり、実施の形態1に係る多波長レーザ装置100では、外部共振器から、各ピーク波長の出力が一定である多波長光を取り出すことができる。

[0030] 以上のように、実施の形態1に係る多波長レーザ装置100は、光を増幅させる外部共振器、及び当該外部共振器が増幅させた光を出力する出力導波路6を有する多波長レーザ装置100であって、半導体利得チップである利得部2と、第1の入力ポート、第2の入力ポート、第1の出力ポート、第2の出力ポート、並びに、それぞれが第1の入力ポート及び第2の入力ポートと第1の出力ポート及び第2の出力ポートとの間を光学的に接続する第1の導波路及び第2の導波路、を有し、当該第1の入力ポートが利得部2に光学的に接続し、当該第2の入力ポートが出力導波路6に光学的に接続しているマッハツェンダスイッチ4と、マッハツェンダスイッチ4の第1の出力ポート及び第2の出力ポートと光学的に接続し、マッハツェンダスイッチ4から入力された光を部分的に反射することにより、周期的なピーク波長を有する多波長光をマッハツェンダスイッチ4に出力する周期波長ミラー5と、利得部2を基準としてマッハツェンダスイッチ4側とは反対側に設置されることにより、利得部2及び周期波長ミラー5とともに外部共振器を構成し、利得部2を通過した光を利得部2に向かって反射する反射部1と、を備え、マッハツェンダスイッチ4は、第1の導波路を通過する多波長光と第2の導波路を通過する多波長光との位相差を変化させることにより、第1の入力ポートから利得部2に出力される多波長光と第2の入力ポートから出力導波路6に

出力される多波長光との出力分岐比を調整可能である。

上記の構成によれば、マッハツェンダスイッチ4の出力分岐比を調整することにより、外部共振器から、各ピーク波長の出力が一定である多波長光を取り出すことができる。

[0031] 例えば、特許文献1に記載の多波長レーザ装置をWDM伝送に用いる場合、発振特性が規格で定められた波長グリッド内に収まっている必要がある。外部共振器型量子ドットレーザの外部共振器内に周期波長フィルタを設置して多波長光を同時発振しうる従来の多波長レーザ装置においては、周期波長フィルタが製造誤差により中心波長が変動するため、温度制御する方法、又は周期波長フィルタ上に形成した抵抗成分に電力を印加する方法などの対策を行うことによって中心波長を制御する必要がある。従って、発振波長を調整するための波長モニタ機構が必須となる。特許文献1では、外部共振器内に波長分光フィルタを周期波長フィルタに対して直列に設置し、波長分光フィルタに設けたモニタ用のポートを通過した光と周期波長フィルタの透過ポートを通過した光を用いて波長調整している。しかし、外部共振器中に波長分光フィルタを挿入しているため外部共振器の内部損失が増大し、結果、出力パワーの低下が発生してしまうという問題がある。

[0032] しかし、実施の形態1に係る多波長レーザ装置100の構成によれば、外部共振器の内部損失を増加させることなしに、外部共振器から、各ピーク波長の出力が一定である多波長光を取り出すことができる。そして、取り出した多波長光の各ピーク波長をモニタし、調整することも可能である。

[0033] 実施の形態2.

実施の形態2では、多波長光の各ピーク波長の出力をモニタする構成について説明する。

以下で、実施の形態2について図面を参照して説明する。なお、実施の形態1で説明した構成と同様の機能を有する構成については同一の符号を付し、その説明を省略する。図6は、実施の形態2に係る多波長レーザ装置101の構成を示すブロック図である。図7は、実施の形態2に係る多波長レー

ザ装置 101 の構成を示す概略図である。図 6 及び図 7 が示すように、多波長レーザ装置 101 は、実施の形態 1 に係る多波長レーザ装置 100 の構成に加えて、第 2 のマッハツェンダスイッチ 11、光カップラ 14、光検出器 15（第 1 の光検出器）、複数のリングフィルタ 16、及び複数の光検出器 17（複数の第 2 の光検出器）をさらに備えている。なお、図 6 及び図 7 が示す第 1 のマッハツェンダスイッチ 10 は、実施の形態 1 で説明したマッハツェンダスイッチ 4 と同じ機能を有する。

[0034] 実施の形態 2 に係る多波長レーザ装置 101 は、実施の形態 1 に係る多波長レーザ装置 100 の構成に、波長モニタ機構を追加した、多波長で同時発振しうる外部共振器型多波長レーザ装置である。多波長レーザ装置 101 は、導波路として、出力導波路 12（第 2 の出力導波路）、モニタ導波路 13、出力モニタ導波路 18、及び波長モニタ導波路 19 をさらに有する。なお、図 6 及び図 7 では、N 波長の信号光（ $\lambda_1 \sim \lambda_N$ ）を同時発振する多波長レーザを例に挙げて示している（N は 2 以上の正の整数）。

[0035] 第 2 のマッハツェンダスイッチ 11 は、第 1 の入力ポート、第 2 の入力ポート、第 1 の出力ポート、第 2 の出力ポート、並びに、それぞれが第 1 の入力ポート及び第 2 の入力ポートと第 1 の出力ポート及び第 2 の出力ポートとの間を光学的に接続する第 1 の導波路及び第 2 の導波路、を有する。つまり、第 2 のマッハツェンダスイッチ 11 は、第 1 のマッハツェンダスイッチ 10 と同様に 2×2 の入出力ポートを備えるマッハツェンダ型スイッチである。

[0036] 第 2 のマッハツェンダスイッチ 11 が有する第 1 の入力ポートは、出力導波路 6 を介して第 1 のマッハツェンダスイッチ 10 と光学的に接続している。第 2 のマッハツェンダスイッチ 11 が有する第 1 の出力ポートは、出力導波路 12 に光学的に接続している。第 2 のマッハツェンダスイッチ 11 が有する第 2 の出力ポートは、モニタ導波路 13 と光学的に接続している。

[0037] 第 2 のマッハツェンダスイッチ 11 は、第 2 のマッハツェンダスイッチ 11 の第 1 の導波路を通過する多波長光と第 2 のマッハツェンダスイッチ 11

の第2の導波路を通過する多波長光との位相差を変化させることにより、第2のマッハツェンダスイッチ11の第1の出力ポートから出力導波路12に出力される多波長光と第2の出力ポートからモニタ導波路13に出力される多波長光との出力分岐比を調整可能である。つまり、第2のマッハツェンダスイッチ11は、第1のマッハツェンダスイッチ10と同様に、熱光学効果等によって第1の導波路と第2の導波路との間に位相差を与えることによって、任意の出力分岐比で出力ポートから出力される多波長光のパワーを制御することが可能である。

[0038] 光カプラ14は、モニタ導波路13を介して第2のマッハツェンダスイッチ11と光学的に接続する入力ポート、出力モニタ導波路18と光学的に接続する第1の出力ポート、及び波長モニタ導波路19と光学的に接続する第2の出力ポートを有する。つまり、光カプラ14は、1×2光カプラである。光カプラ14は、第2のマッハツェンダスイッチ11から入力された多波長光を分岐させ、出力モニタ導波路18及び波長モニタ導波路19にそれぞれ出力する。

光検出器15は、出力モニタ導波路18を介して光カプラ14と光学的に接続している。光検出器15は、出力モニタ導波路18から入力された多波長光を検出する。

[0039] 複数のリングフィルタ16は、それぞれが、波長モニタ導波路19と光学的に接続されている。より具体的には、実施の形態2では、複数のリングフィルタ16は、N個のリング共振器であり、波長モニタ導波路19は、N個のリング共振器に直列で光学的に接続している。

[0040] 複数のリングフィルタ16は、それぞれ、波長モニタ導波路19から入力された多波長光から所定の波長の光を抽出する。より具体的には、実施の形態2では、複数のリングフィルタ16は、複数のリング共振器であり、各リング共振器は、抽出する光の波長がWDM通信の規格に従った波長となるように構成され、当該波長は、リング共振器毎に異なるドロップ波長($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$)である。

- [0041] 複数の光検出器 17 は、それぞれ、複数のリングフィルタ 16 のうちの対応するリングフィルタに接続している。複数の光検出器 17 は、それぞれ、複数のリングフィルタ 16 のうちの対応するリングフィルタが抽出した光を検出する。
- [0042] 実施の形態 2 に係る周期波長ミラー 5 は、実施の形態 1 と同様に、第 1 のマッハツェンダスイッチ 10 に出力する多波長光が有する周期的なピーク波長の波長間隔を調整可能である。より具体的には、実施の形態 2 では、周期波長ミラー 5 内のリング共振器の導波路上には、ヒータ等が設置されている。これにより、熱光学効果によって当該導波路の屈折率を変化させることで、周期波長ミラー 5 は、反射する多波長光が有する周期的なピーク波長の波長間隔を調整することができるよう構成されている。
- [0043] 以下で、実施の形態 2 に係る多波長レーザ装置 101 の動作について説明する。利得部 2 に電流を印加すると、周期波長ミラー 5 のリング共振器の FSR に対応する波長の光が周期波長ミラー 5 と反射部 1 との間で共振することにより発生し、これにより内部損失を超える利得を得られた波長の光が、第 1 のマッハツェンダスイッチ 10 の第 2 の入力ポートから出力導波路 6 に出力される。ここで、周期波長ミラー 5 において一定間隔 $\Delta\lambda$ の波長の光以外の光は透過していつってしまうため、一定間隔 $\Delta\lambda$ の周期的なピーク波長を有する多波長光が共振し同時発振しうる。
- [0044] 上述の方法により第 2 のマッハツェンダスイッチ 11 の出力分岐比を調整し、多波長光がモニタ導波路 13（バス導波路）を通過するように調整する。次に、光検出器 15 をモニタし、光検出器 15 の電流が最大となるように第 1 のマッハツェンダスイッチ 10 の分岐比を調整することにより、外部共振器の内部損失を、所望の印加電流において最大出力パワーを実現する内部損失に調整する。これにより、多波長レーザ装置 101 の出力パワーを最大化することができる。
- [0045] 次に、多波長レーザ装置 101 の発振波長が WDM 規格に従った波長になるように、周期波長ミラー 5 における上述の波長間隔を調整する。実施の形

態 2 に係る波長モニタ導波路 19 にそれぞれ光学的に接続した複数のリングフィルタ 16 は、それぞれ、WDM 規格に従った波長の光をドロップするように設計されている。そのため、外部共振器型レーザである多波長レーザ装置 101 が出力する多波長光が有する周期的なピーク波長が WDM 規格に従った波長である場合、複数の光検出器 17（図 7 では N 個の光検出器 17）の各モニタ電流が最大化される。

[0046] しかし、通常、外部共振器型多波長レーザの発振波長を規定する周期的な波長間隔は、製造誤差によってオフセットを持つ。ここで、複数の光検出器 17 をそれぞれモニタしながら各モニタ電流が最大となるように、周期波長ミラー 5 のリング共振器の屈折率をヒータにより調整させることによって、周期波長ミラー 5 が反射する多波長光が有する周期的なピーク波長の波長間隔が WDM 規格に従った波長間隔になるようにオフセットを調整する。

[0047] ピーク波長の調整が完了後は、モニタ導波路 13 への光出力は不要になるため、第 2 のマッハツェンダスイッチ 11 の上述の出力分岐比を調整することによって出力導波路 12 に全パワーが分岐するように調整する。以上の動作によって、外部共振器型レーザの多波長レーザ装置 101 が WDM 規格に従った発振波長をもち、多波長レーザ装置 101 が出力する多波長光の出力パワーを最大化することができる。

[0048] 実施の形態 3.

実施の形態 3 では、実施の形態 2 で説明した複数のリングフィルタ 16 を調整する構成について説明する。

以下で、実施の形態 3 について図面を参照して説明する。なお、実施の形態 1 又は実施の形態 2 で説明した構成と同様の機能を有する構成については同一の符号を付し、その説明を省略する。図 8 は、実施の形態 3 に係る多波長レーザ装置 102 の構成を示す概略図である。図 8 が示すように、多波長レーザ装置 102 は、実施の形態 2 に係る多波長レーザ装置 101 の構成に加えて、光検出器 20（第 3 の光検出器）、及び複数の光源 21 を備えている。

- [0049] 実施の形態3に係る多波長レーザ装置102は、実施の形態2に係る多波長レーザ装置101の波長モニタ機構において、波長モニタ用のリング共振器であるリングフィルタ16の調整機構を備えた構成を有する。実施の形態2では、波長モニタ用のリングフィルタ16が設計通り製作されていた場合の実施形態を説明したが、実施の形態3では、製造誤差などによりリングフィルタ16のドロップ波長が変動してしまった場合に調整するための構成を説明する。なお、図8では、N波長の信号光($\lambda_1 \sim \lambda_N$)を同時発振する多波長レーザ装置を例に挙げて示している。
- [0050] 複数の光源21は、それぞれ、複数のリングフィルタ16のうちの対応するリングフィルタに光学的に接続されている。複数の光源21は、当該対応するリングフィルタに所定の波長の光を出力する。
- [0051] より具体的には、実施の形態3では、複数の光源21は、それぞれ、波長可変光源(TLD: Tunable Laser Diode)である。複数の光源21は、それぞれ、対応する波長モニタ用のリングフィルタ16の光検出器17に接続している導波路の端部とは反対側の端部に光学的に接続している。ここで、当該導波路と光源21との接続は、ファイバを介した端面結合でもよいし、グレーティングカップラによる結合でもよい。当該接続が区レーティングカップラによる結合である場合、特に、N個のグレーティングカップラをアレイ状に配置することが好ましい。
- [0052] 光検出器20は、複数の光源21がそれぞれ出力し、複数のリングフィルタ16のうちの対応するリングフィルタが抽出した光を検出する。より具体的には、実施の形態3では、光検出器20は、複数のリングフィルタ16が直列配置される波長モニタ導波路19の終端部に光学的に接続されている。
- [0053] 実施の形態3に係る複数のリングフィルタ16は、それぞれ、抽出する光の波長を調整可能である。より具体的には、実施の形態3では、複数のリングフィルタ16の導波路上には、ヒータ等が設置されている。これにより、熱光学効果によって当該導波路の屈折率を変化させることで、複数のリングフィルタ16は、それぞれ、抽出する光の波長を調整することができるよう

に構成されている。

[0054] 以下で、実施の形態3に係る多波長レーザ装置102の動作について説明する。まず、多波長レーザ装置102で利用したい波長、すなわちWDM規格に従った波長のうちで最も短波側の波長（又は最も長波側の波長） λ_1 の光を図8におけるPD1の光源21に出力させ、当該光を図8におけるRR1のリングフィルタ16に印加する。図8におけるRR1のリングフィルタ16に印加された光は、波長モニタ導波路19を介して光検出器20に到達する。そして、図8におけるRR1のリングフィルタ16のヒータを利用して加熱しながら、光検出器20のモニタ電流が最大となるようにヒータ値を調整する。

[0055] 次に、多波長レーザ装置102で利用したい波長、すなわちWDM規格に従った波長のうちで最も短波側の波長（又は最も長波側の波長） λ_1 に隣接する波長 λ_2 の光を図8におけるPD2の光源21に出力させ、当該光を図8におけるRR2のリングフィルタ16に印加する。図8におけるRR2のリングフィルタ16に印加された光は、波長モニタ導波路19を介して光検出器20に到達する。そして、図8におけるRR2のリングフィルタ16のヒータを利用して加熱しながら、光検出器20のモニタ電流が最大となるようにヒータ値を調整する。

[0056] 上記の作業と同様の作業を、波長 λ_3 から波長 λ_N まで繰り返すことによって、各モニタ波長用のリングフィルタ16（RR1からRRNまでの各リングフィルタ16）が抽出する光の波長を調整することができる。各リングフィルタ16のヒータ値を固定した後は、多波長レーザ装置102の状態は、実施の形態2に係る多波長レーザ装置101の状態と全く同様の状態になるので、以降の動作も実施の形態2と同様に実施することができる。

なお、各実施の形態の自由な組み合わせ、あるいは各実施の形態の任意の構成要素の変形、もしくは各実施の形態において任意の構成要素の省略が可能である。

産業上の利用可能性

[0057] 本開示に係る多波長レーザ装置は、外部共振器から、各ピーク波長の出力が一定である多波長光を取り出すことができるため、多波長光を用いる技術に利用可能である。

符号の説明

[0058] 1 反射部、2 利得部、3 位相制御部、4 マッハツェンダスイッチ、5 周期波長ミラー、6 出力導波路、10 第1のマッハツェンダスイッチ、11 第2のマッハツェンダスイッチ、12 出力導波路、13 モニタ導波路、14 光カプラ、15 光検出器、16 リングフィルタ、17 光検出器、18 出力モニタ導波路、19 波長モニタ導波路、20 光検出器、21 光源、100, 101, 102 多波長レーザ装置。

請求の範囲

- [請求項1] 光を増幅させる外部共振器、及び当該外部共振器が増幅させた光を出力する第1の出力導波路を有する多波長レーザ装置であって、
半導体利得チップと、
第1の入力ポート、第2の入力ポート、第1の出力ポート、第2の出力ポート、並びに、それぞれが当該第1の入力ポート及び当該第2の入力ポートと当該第1の出力ポート及び当該第2の出力ポートとの間を光学的に接続する第1の導波路及び第2の導波路、を有し、当該第1の入力ポートが前記半導体利得チップに光学的に接続し、当該第2の入力ポートが前記第1の出力導波路に光学的に接続している第1のマッハツェンダスイッチと、
前記第1のマッハツェンダスイッチの第1の出力ポート及び第2の出力ポートと光学的に接続し、前記第1のマッハツェンダスイッチから入力された光を部分的に反射することにより、周期的なピーク波長を有する多波長光を前記第1のマッハツェンダスイッチに出力する周期波長ミラーと、
前記半導体利得チップを基準として前記第1のマッハツェンダスイッチ側とは反対側に設置されることにより、前記半導体利得チップ及び前記周期波長ミラーとともに前記外部共振器を構成し、前記半導体利得チップを通過した光を前記半導体利得チップに向かって反射する反射部と、を備え、
前記第1のマッハツェンダスイッチは、前記第1の導波路を通過する多波長光と前記第2の導波路を通過する多波長光との位相差を変化させることにより、前記第1の入力ポートから前記半導体利得チップに出力される多波長光と前記第2の入力ポートから前記第1の出力導波路に出力される多波長光との出力分岐比を調整可能であることを特徴とする、多波長レーザ装置。
- [請求項2] 前記半導体利得チップと前記第1のマッハツェンダスイッチとの間

に設置され、通過する多波長光の位相を制御する位相制御部をさらに備えていることを特徴とする、請求項 1 に記載の多波長レーザ装置。

[請求項3]

第 2 の出力導波路、モニタ導波路、出力モニタ導波路、及び波長モニタ導波路をさらに有し、

第 1 の入力ポート、第 2 の入力ポート、第 1 の出力ポート、第 2 の出力ポート、並びに、それぞれが当該第 1 の入力ポート及び当該第 2 の入力ポートと当該第 1 の出力ポート及び当該第 2 の出力ポートとの間を光学的に接続する第 1 の導波路及び第 2 の導波路、を有し、当該第 1 の入力ポートが前記第 1 の出力導波路を介して前記第 1 のマッハツェンダスイッチと光学的に接続し、当該第 1 の出力ポートが前記第 2 の出力導波路に光学的に接続し、当該第 2 の出力ポートが前記モニタ導波路と光学的に接続している第 2 のマッハツェンダスイッチと、

前記モニタ導波路を介して前記第 2 のマッハツェンダスイッチと光学的に接続する入力ポート、前記出力モニタ導波路と光学的に接続する第 1 の出力ポート、及び前記波長モニタ導波路と光学的に接続する第 2 の出力ポートを有し、前記第 2 のマッハツェンダスイッチから入力された多波長光を分岐させ、前記出力モニタ導波路及び前記波長モニタ導波路にそれぞれ出力する光カプラと、

前記出力モニタ導波路を介して前記光カプラと光学的に接続し、前記出力モニタ導波路から入力された多波長光を検出する第 1 の光検出器と、

それぞれが、前記波長モニタ導波路と光学的に接続され、前記波長モニタ導波路から入力された多波長光から所定の波長の光を抽出する複数のリングフィルタと、

それぞれが、前記複数のリングフィルタのうちの対応するリングフィルタが抽出した光を検出する複数の第 2 の光検出器と、をさらに備え、

前記第 2 のマッハツェンダスイッチは、前記第 2 のマッハツェンダ

スイッチの第1の導波路を通過する多波長光と前記第2のマッハツェンダスイッチの第2の導波路を通過する多波長光との位相差を変化させることにより、前記第2のマッハツェンダスイッチの第1の出力ポートから前記第2の出力導波路に出力される多波長光と前記第2の出力ポートから前記モニタ導波路に出力される多波長光との出力分岐比を調整可能であることを特徴とする、請求項1に記載の多波長レーザ装置。

[請求項4] 前記周期波長ミラーは、前記第1のマッハツェンダスイッチに出力する多波長光が有する周期的なピーク波長の波長間隔を調整可能であることを特徴とする、請求項3に記載の多波長レーザ装置。

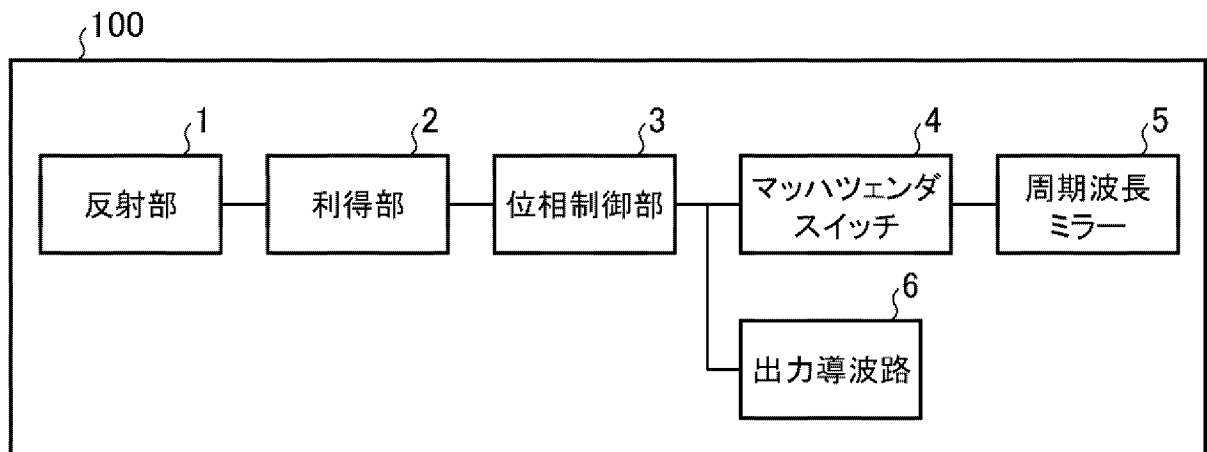
[請求項5] それぞれが、前記複数のリングフィルタのうちの対応するリングフィルタに光学的に接続され、当該対応するリングフィルタに所定の波長の光を出力する複数の光源と、

前記複数の光源がそれぞれ出力し、前記複数のリングフィルタのうちの対応するリングフィルタが抽出した光を検出する第3の光検出器と、をさらに備えていることを特徴とする、請求項3に記載の多波長レーザ装置。

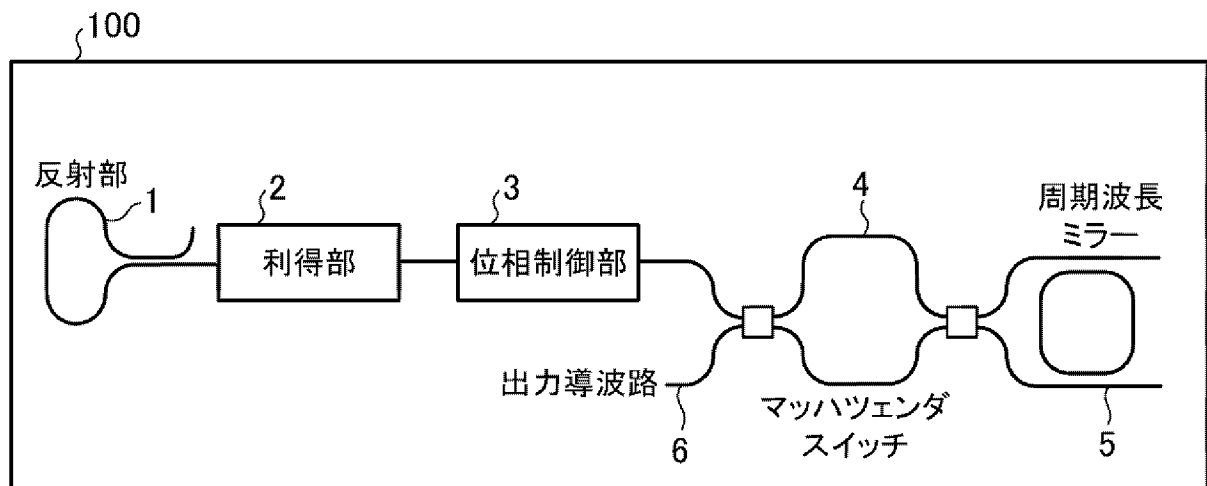
[請求項6] 前記複数のリングフィルタは、それぞれ、抽出する光の波長を調整可能であることを特徴とする、請求項5に記載の多波長レーザ装置。

[請求項7] 前記半導体利得チップは、量子ドット利得媒質を備えていることを特徴とする、請求項1から請求項6の何れか1項に記載の多波長レーザ装置。

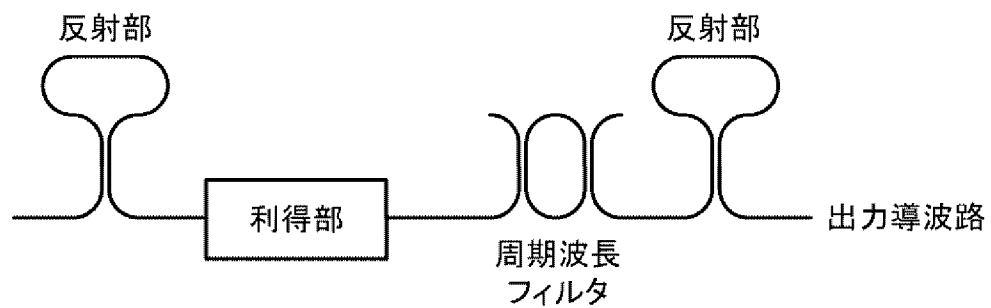
[図1]



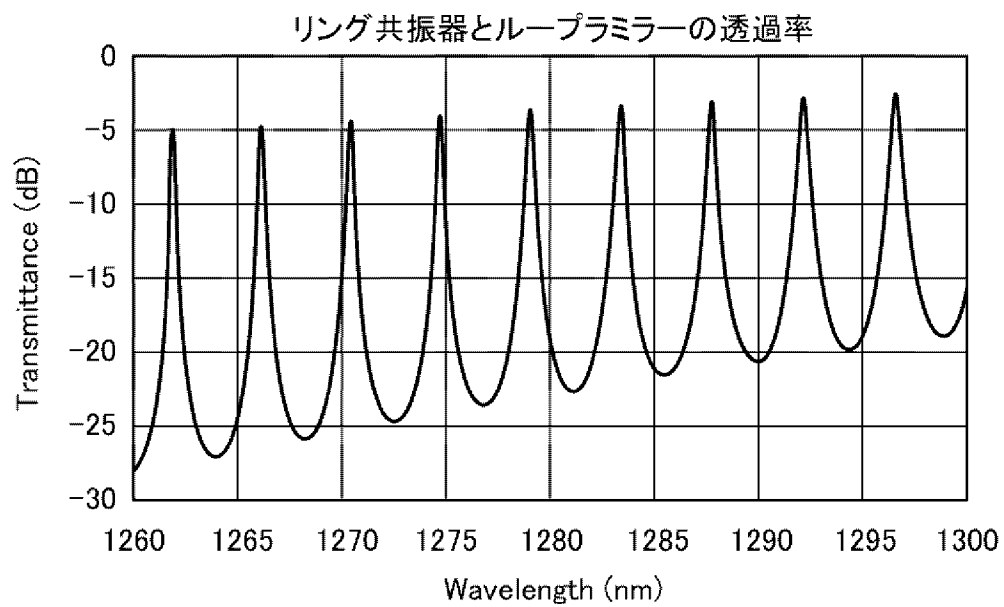
[図2]



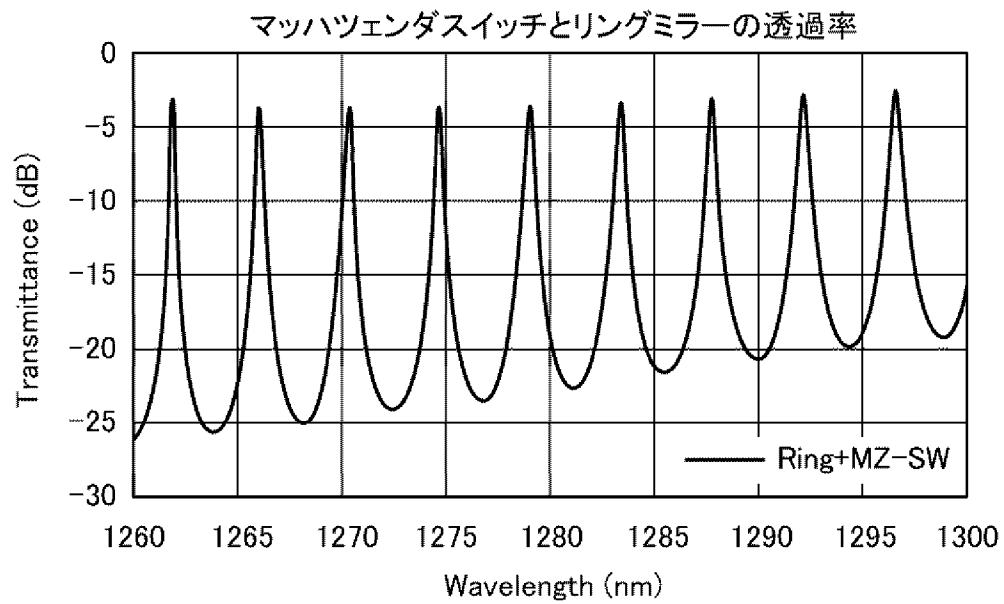
[図3]



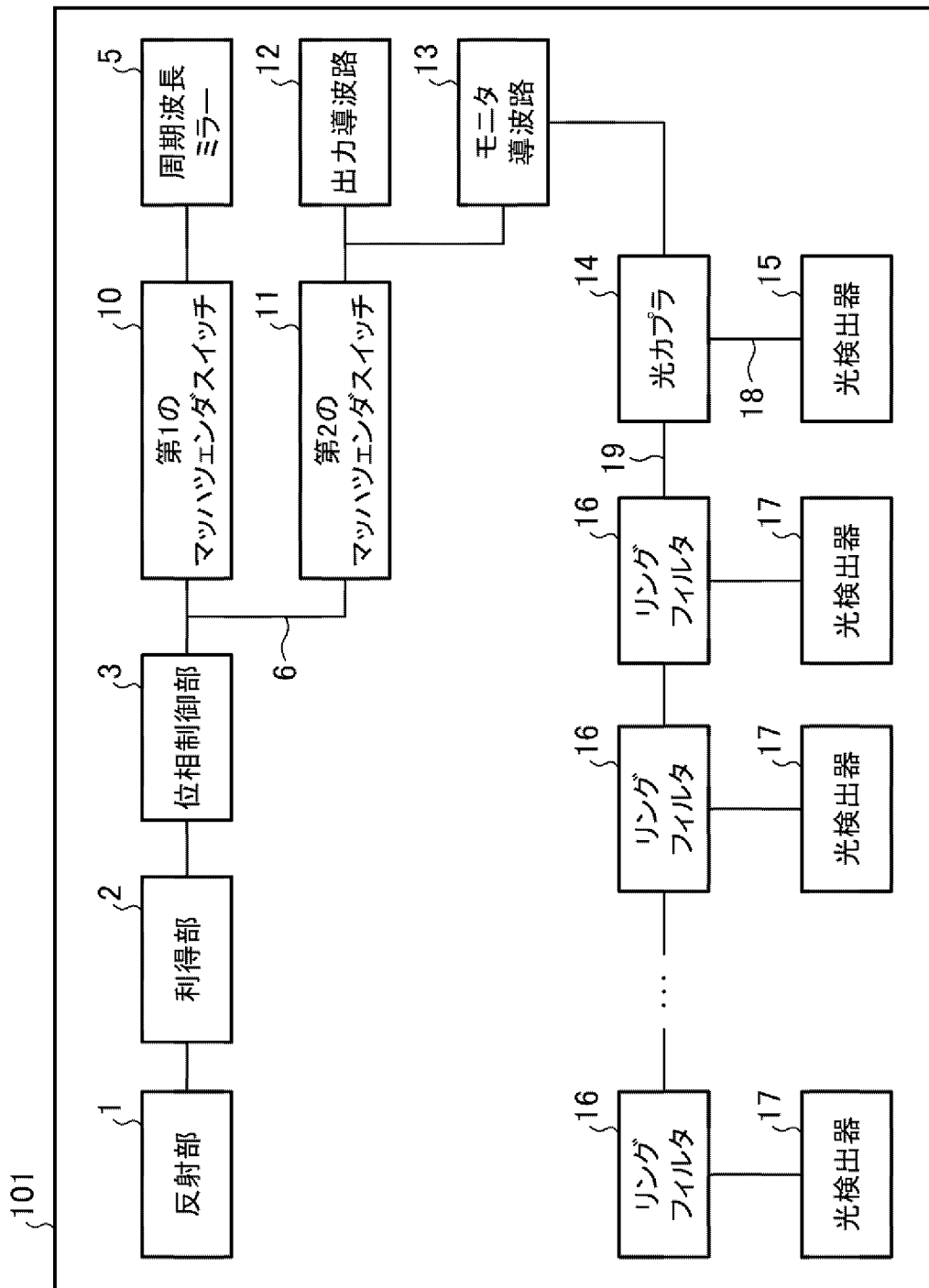
[図4]



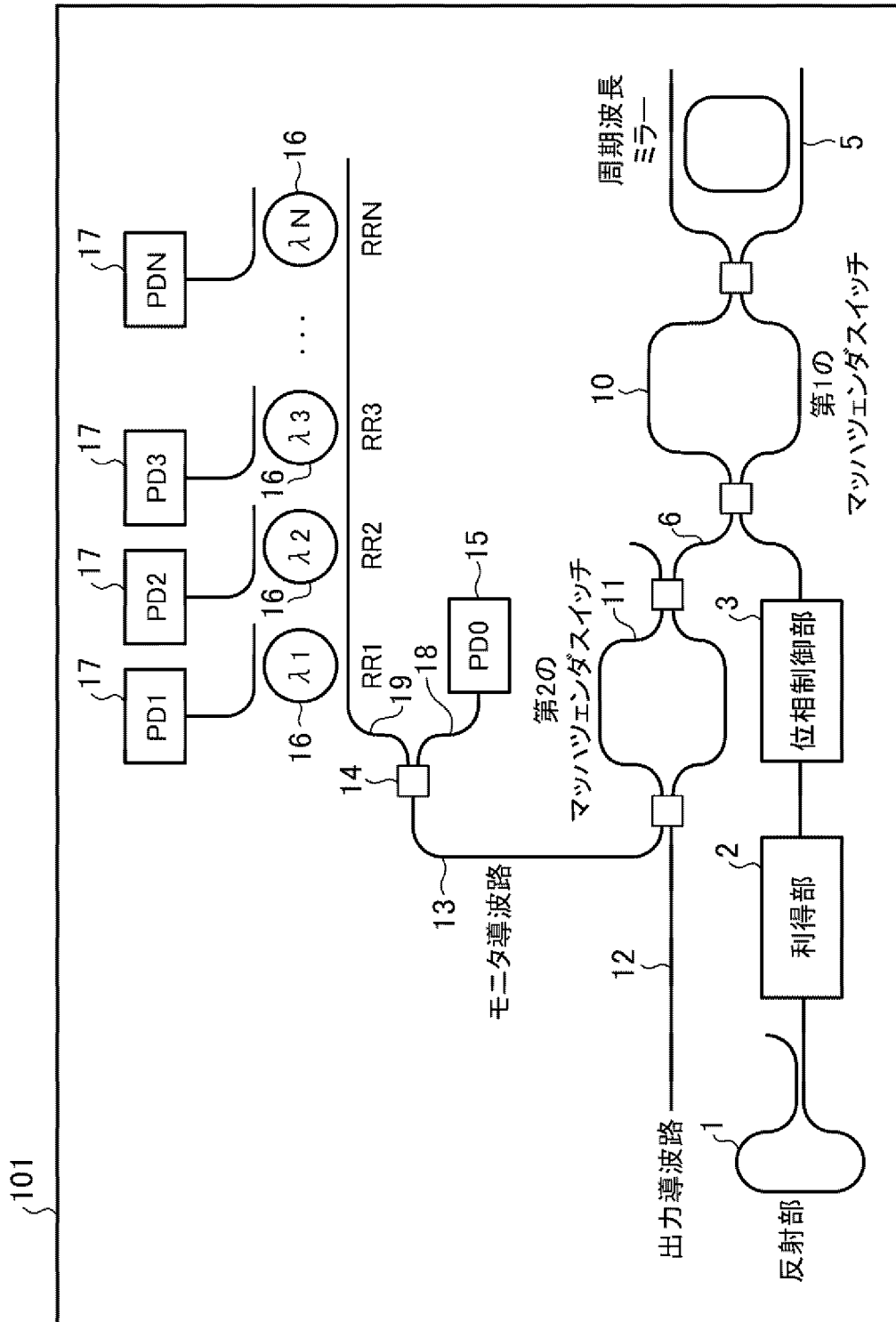
[図5]



[図6]

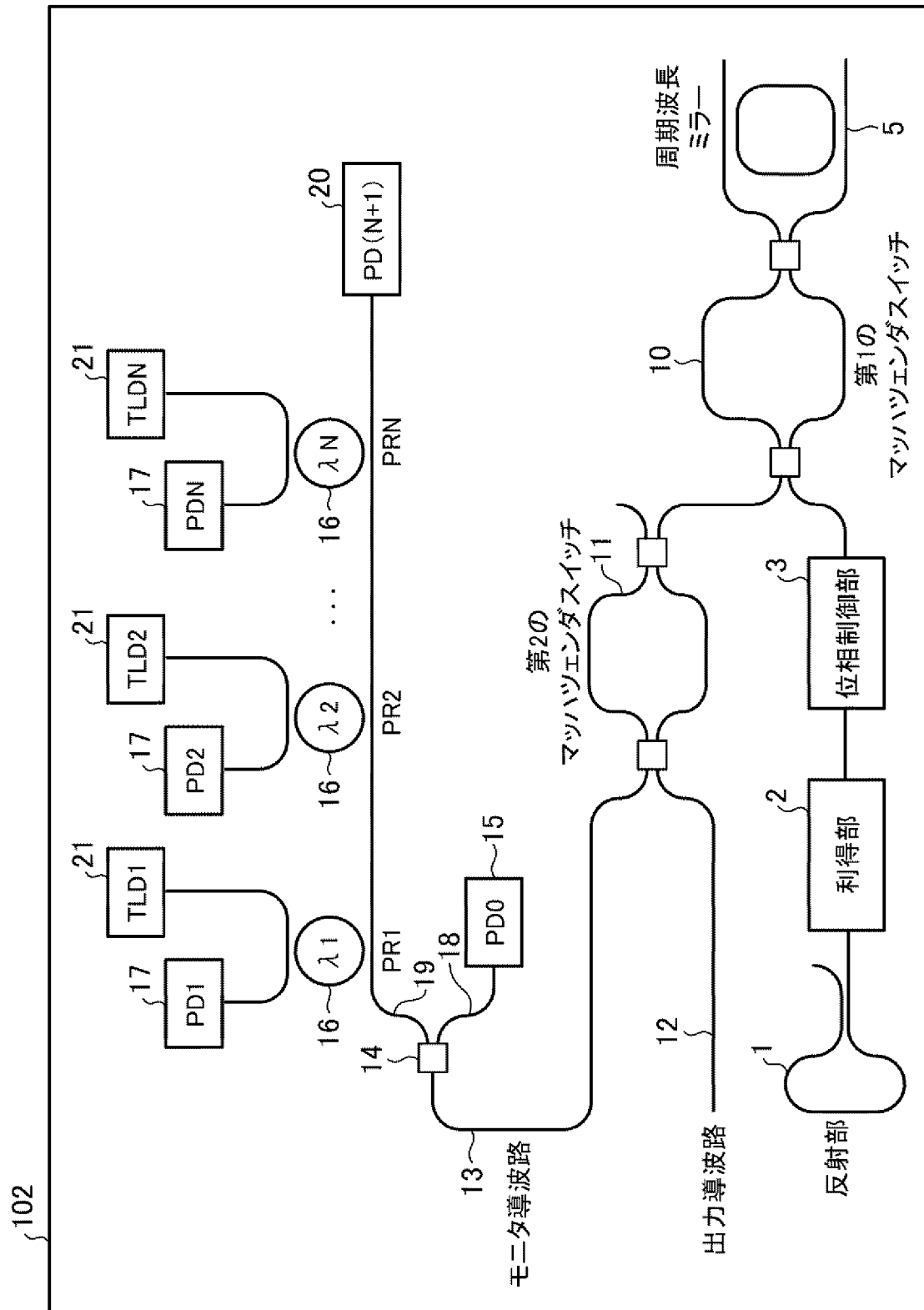


[図7]



※RR : リング共振器
PD : 光検出器

[図8]



※RR: リング共振器

PD: 光検出器

TLD: 波長可変光源

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/019344

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01S 5/0687(2006.01)i; G02B 6/125(2006.01)i; G02F 1/225(2006.01)i; H01S 5/10(2021.01)i; H01S 5/50(2006.01)i; H04B 10/50(2013.01)i
FI: H01S5/0687; H01S5/10; H01S5/50 630; G02F1/225; H04B10/50; G02B6/125

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01S5/00 - 5/50; G02B6/12 - 6/14; G02F1/00 - 1/125; G02F1/21 - 7/00;
H04B10/00 - 10/90

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2013/145195 A1 (FUJITSU LIMITED) 03 October 2013 (2013-10-03) entire text, all drawings	1-7
A	JP 2019-87572 A (FUJITSU LTD) 06 June 2019 (2019-06-06) entire text, all drawings	1-7
A	JP 2018-85475 A (FUJITSU LTD) 31 May 2018 (2018-05-31) entire text, all drawings	1-7
A	WO 2005/096462 A1 (NEC CORPORATION) 13 October 2005 (2005-10-13) entire text, all drawings	1-7
A	JP 2000-221548 A (NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>) 11 August 2000 (2000-08-11) entire text, all drawings	1-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
14 July 2021 (14.07.2021)

Date of mailing of the international search report
03 August 2021 (03.08.2021)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/019344

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2019-504357 A (ALCATEL-LUCENT USA INC) 14 February 2019 (2019-02-14) entire text, all drawings	1-7
A	US 2015/0180201 A1 (CORIANT ADVANCED TECHNOLOGY, LLC) 25 June 2015 (2015-06-25) entire text, all drawings	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/019344

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2013/145195 A1	03 Oct. 2013	US 2015/0016767 A1 entire text, all drawings CN 104170189 A (Family: none)	
JP 2019-87572 A	06 Jun. 2019	(Family: none)	
JP 2018-85475 A	31 May 2018	(Family: none)	
WO 2005/096462 A1	13 Oct. 2005	US 2008/0232409 A1 entire text, all drawings CA 2559990 A1 CN 1938917 A TW 200537773 A KR 10-2006-0132745 A (Family: none)	
JP 2000-221548 A	11 Aug. 2000	US 2017/0195064 A1 entire text, all drawings WO 2017/116735 A1 CN 108369314 A	
JP 2019-504357 A	14 Feb. 2019	WO 2015/077472 A1 CA 2931399 A1 CN 105917533 A	
US 2015/0180201 A1	25 Jun. 2015		

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01S 5/0687(2006.01)i; G02B 6/125(2006.01)i; G02F 1/225(2006.01)i; H01S 5/10(2021.01)i; H01S 5/50(2006.01)i; H04B 10/50(2013.01)i FI: H01S5/0687; H01S5/10; H01S5/50 630; G02F1/225; H04B10/50; G02B6/125		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H01S5/00 - 5/50; G02B6/12 - 6/14; G02F1/00 - 1/125; G02F1/21 - 7/00; H04B10/00 - 10/90 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922 - 1996年 日本国公開実用新案公報 1971 - 2021年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2021年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2021年 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2013/145195 A1（富士通株式会社）03.10.2013（2013 - 10 - 03） 全文, 全図	1-7
A	JP 2019-87572 A（富士通株式会社）06.06.2019（2019 - 06 - 06） 全文, 全図	1-7
A	JP 2018-85475 A（富士通株式会社）31.05.2018（2018 - 05 - 31） 全文, 全図	1-7
A	WO 2005/096462 A1（日本電気株式会社）13.10.2005（2005 - 10 - 13） 全文, 全図	1-7
A	JP 2000-221548 A（日本電信電話株式会社）11.08.2000（2000 - 08 - 11） 全文, 全図	1-7
A	JP 2019-504357 A（アルカテル・ルーセント ユーエスエー インコーポレーテッド） 14.02.2019（2019 - 02 - 14） 全文, 全図	1-7
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 14.07.2021		国際調査報告の発送日 03.08.2021
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 右田 昌士 2K 9513 電話番号 03-3581-1101 内線 3255

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	US 2015/0180201 A1 (CORIANT ADVANCED TECHNOLOGY, LLC) 25.06.2015 (2015 - 06 - 25) 全文, 全図	1-7

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/019344

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2013/145195	A1	03.10.2013	US 2015/0016767 A1 全文, 全図 CN 104170189 A	
JP	2019-87572	A	06.06.2019	(ファミリーなし)	
JP	2018-85475	A	31.05.2018	(ファミリーなし)	
WO	2005/096462	A1	13.10.2005	US 2008/0232409 A1 全文, 全図 CA 2559990 A1 CN 1938917 A TW 200537773 A KR 10-2006-0132745 A	
JP	2000-221548	A	11.08.2000	(ファミリーなし)	
JP	2019-504357	A	14.02.2019	US 2017/0195064 A1 全文, 全図 WO 2017/116735 A1 CN 108369314 A	
US	2015/0180201	A1	25.06.2015	WO 2015/077472 A1 CA 2931399 A1 CN 105917533 A	