

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-54620

(P2010-54620A)

(43) 公開日 平成22年3月11日(2010.3.11)

(51) Int.Cl.
G02B 6/12 (2006.01)F I
G O 2 B 6/12テーマコード (参考)
2 H 1 4 7

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2008-217268 (P2008-217268)
(22) 出願日 平成20年8月26日 (2008.8.26)(71) 出願人 000004226
日本電信電話株式会社
東京都千代田区大手町二丁目3番1号
(74) 代理人 100077481
弁理士 谷 義一
(74) 代理人 100088915
弁理士 阿部 和夫
(72) 発明者 大山 貴晴
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内
(72) 発明者 郷 隆司
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

最終頁に続く

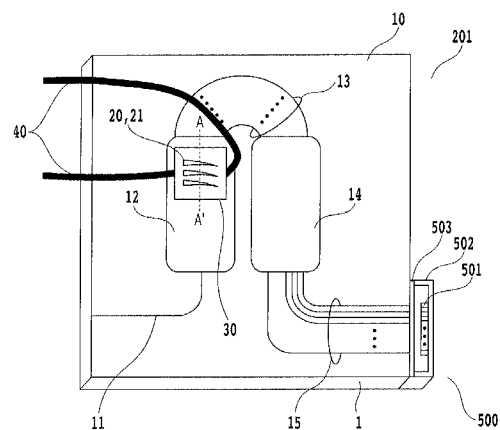
(54) 【発明の名称】 光信号モニタ

(57) 【要約】

【課題】光パワーに加え、波長およびOSNRを検出可能な光信号モニタを提供すること。

【解決手段】第1のスラブ導波路12に楔形の溝20を形成し、その溝に光学樹脂を充填し、さらにヒータ30を実装する。ヒータ30に電力を印加すると、光学樹脂21が局所的に加熱されて屈折率が変化する。光学樹脂21の屈折率温度係数の絶対値を石英のそれよりも大きく選択することで、光学樹脂20部分での光路長が加熱により変化し、第2のスラブ導波路14の集光面において波長毎の集光位置が変化する。つまり、AWGの透過波長特性が可変である。したがって、ヒータ30を掃引駆動しつつ光信号光を入射し、出力光パワーが最大となる印加電力を求めることによって、波長検出が可能となる。また、光信号の波長成分よりも広範囲でヒータ30を掃引駆動しつつ光信号光を入射し、出力光パワーの最小と最大の比を取ることで、OSNRを検出することが可能となる。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入力した波長多重光を分波して異なる波長の複数の光を出力する光信号モニタにおいて、
長さの異なる複数のチャネル導波路であって、前記複数のチャネル導波路間で生じる位相差の波長による変化により前記波長多重光を分波する複数のチャネル導波路と、
光の進行方向と交差するように配置され、各波長の光に対する前記位相差を温度により変化させる材料と、
前記材料を加熱または冷却する機構と、
出力部に配置された、1つ又は複数のフォトダイオードと
を備えることを特徴とする光信号モニタ。

10

【請求項 2】

所定の長さずつ異なる長さを有した前記複数のチャネル導波路で構成されるアレイ導波路回折格子と、
前記アレイ導波路回折格子と入力用のチャネル導波路との間に配置された入力側のスラブ導波路と、
前記アレイ導波路回折格子と複数の出力用のチャネル導波路との間に配置された出力側のスラブ導波路と
を備え、

20

前記いずれの導波路も、上部クラッド、コア、及び下部クラッドで構成されており、
前記入力側または出力側のスラブ導波路は、入力した各波長の光に対して、前記入力側のスラブ導波路からの複数のチャネル導波路を経て前期出力側のスラブ導波路に至る経路間で生じる位相差を変化させる前記材料を、光の進行方向と交差するように湾曲状に形成した溝に充填して含み、

前記溝は、前記入力側または出力側のスラブ導波路から前記上部クラッドおよび前記コアを除去することにより形成されるか、または前記入力側あるいは出力側のスラブ導波路から前記上部クラッド、前記コアおよび前記下部クラッドを除去することにより形成され、

前記材料は、前記材料が含まれるスラブ導波路の実効屈折率の温度係数と異なる屈折率温度係数を有する材料であることを特徴とする請求項 1 に記載の光信号モニタ。

30

【請求項 3】

前記溝は、前記入力側または出力側のスラブ導波路に形成された、前記材料を充填するための複数の溝であり、

前記複数の溝はグループ化され、

前記材料を独立に加熱または冷却する機構をグループ毎に備えることを特徴とする請求項 2 に記載の光信号モニタ。

【請求項 4】

所定の長さずつ異なる長さを有した前記複数のチャネル導波路で構成されるアレイ導波路回折格子と、

前記アレイ導波路回折格子と入力用のチャネル導波路との間に配置された入力側のスラブ導波路と、

前記アレイ導波路回折格子と出力用のチャネル導波路との間に配置された出力側のスラブ導波路と
を備え、

40

前記いずれの導波路も、上部クラッド、コア、及び下部クラッドで構成されており、

前記アレイ導波路回折格子に跨って溝が形成され、

前記溝は、前記チャネル導波路から前記上部クラッド及び前記コアを除去することにより形成されるか、または前記チャネル導波路から前記上部クラッド、前記コア、及び前記下部クラッドを除去することにより形成され、

前記溝には、前記チャネル導波路の実効屈折率の温度係数と異なる屈折率温度係数を有

50

する前記材料が充填されることを特徴とする請求項 1 に記載の光信号モニタ。

【請求項 5】

前記溝は、前記アレイ導波路回折格子を構成する前記複数のチャネル導波路に跨って形成された、前記材料を充填するための複数の溝であり、

前記複数の溝はグループ化され、

前記第 2 の材料を独立に加熱または冷却する機構をグループ毎に備えることを特徴とする請求項 4 に記載の光信号モニタ。

【請求項 6】

前記複数のチャネル導波路は、

上部クラッド、コア、及び下部クラッドで構成されており、

$N + 1$ (N は、1 以上の整数) 個の光カプラと隣接する光カプラとに挟まれた N 組のアーム導波路であり、

前記 N 組のアーム導波路のそれぞれは、光路長が異なる第 1 のアーム導波路と第 2 のアーム導波路で構成され、

前記第 1 のアーム導波路または前記第 2 のアーム導波路の少なくとも一方に溝が形成され、

前記溝は、前記溝が形成されるアーム導波路から前記上部クラッド及び前記コアを除去することにより形成されるか、または前記溝が形成されるアーム導波路から前記上部クラッド、前記コア、及び前記下部クラッドを除去することにより形成され、

前記溝には、前記溝が形成されるアーム導波路の実効屈折率の温度係数と異なる屈折率温度係数を有する前記材料が充填されることを特徴とする請求項 1 に記載の光信号モニタ。

【請求項 7】

前記複数のチャネル導波路は、

上部クラッド、コア、下部クラッドで構成されており、

1 つ又は複数の光分岐カプラを接続して構成された、 M (M は、2 以上の整数) ポートの出力を有する第 1 の光分岐カプラのそれぞれの出力と、1 つ又は複数の光分岐カプラを接続して構成された、前記第 1 の光分岐カプラの出力のポート数と同数の入力ポート数を有する第 2 の光分岐カプラのそれぞれの入力との間に設けられた、各々が異なる遅延量を有する M 本の遅延導波路であり、

前記 M 本の遅延導波路のうちの少なくとも 1 つの一部に溝が形成され、

前記溝は、前記溝が形成される遅延導波路から前記上部クラッド及び前記コアを除去することにより形成されるか、または前記溝が形成される遅延導波路から前記上部クラッド、前記コア、及び前記下部クラッドを除去することにより形成され、

前記溝には、前記溝が形成される遅延導波路の実効屈折率の温度係数と異なる屈折率温度係数を有する前記材料が充填されていることを特徴とする請求項 1 に記載の光信号モニタ。

【請求項 8】

前記複数のチャネル導波路は、円状のリング導波路、及び 1 つ又は 2 つの入出力導波路であり、

前記リング導波路は、上部クラッド、コア、及び下部クラッドで構成されており、

前記リング導波路は、前記リング導波路から前記上部クラッド及び前記コアを除去することにより、または前記リング導波路から前記上部クラッド、前記コア、及び前記下部クラッドを除去することにより形成される溝を備え、

前記溝には、前記リング導波路の実効屈折率の温度係数と異なる屈折率温度係数を有する前記材料が充填されていることを特徴とする請求項 1 に記載の光信号モニタ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、主に光ファイバ通信に用いられる光信号モニタである。詳しくは複数の光波

10

20

30

40

50

長信号を取り扱うWDMシステムで使用される光信号モニタに関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年の通信容量の増大に伴い、波長多重分割(WDM)技術を用いた光伝送システム(WDMシステム)がバックボーンからメトロエリアの領域において広く導入されている。WDMシステムの各ノードにおいては、波長チャネル毎に光信号の光パワーをモニタすることにより、伝送信号の品質管理やシステム制御等をおこなっている。図1に、アレイ導波路回折格子型光合分波器(AWG)を用いた従来の光信号モニタについて説明する。第1のスラブ導波路12と、所定の長さずつ異なる長さを有した複数のチャネル導波路で構成されるアレイ導波路13と、第2のスラブ導波路14とで構成されているAWGに、入力導波路11と、出力導波路15が接続されており、これら導波路は、通常シリコンの基板1上において石英からなるコア2とクラッド3から構成される平面光波回路(PLC)技術によって作製することができる。AWG10は、入力導波路11から、複数の波長が合波されたWDM信号を入射すると、出力導波路15から各々の波長毎の光信号を分波して取り出すことができる(非特許文献1参照)。さらに、AWG10の各々の出力導波路15の端面に直接フォトダイオード(PD)501を実装することで、波長毎の光信号の光パワーをモニタできるコンパクトな光チャネルモニタ(OCM)が開発されている(非特許文献2参照)。ここで用いたPD501は、筐体502とガラス窓503の中で気密封止されたチップスケールパッケージ型PDアレイ(CSP型PDアレイ)500を用いた例を示している(非特許文献3参照)。CSP型PDアレイ500内に内蔵された各々PD501の受光面は、AWG10の出力導波路15の各々と光学的に結合して実装されている。

【0003】

【特許文献1】特許第3436937号公報

【特許文献2】特許第3498650号公報

【非特許文献1】高橋 他、「WDM用アレイ導波路回折格子」、NTT R&D、Vol. 46、No. 7、pp. 685 - 692、1997

【非特許文献2】大山 他、「AWGとCSP型PDアレイを用いた40 - ch光パワーチャンネルモニタモジュール」、2006年電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会講演論文集1、C-3-78、pp. 200

【非特許文献3】土居 他、「チップスケールパッケージ型PDアレイ(CSP-PD)の開発」、信学技報 EMD2007-36、CPM2007-57、OPE2007-74、LQE2007-3、(2007-08)、pp. 39 - 44

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

WDMシステムの大容量化のひとつの方法として、チャンネルの周波数間隔を狭くしていく方法がある。周波数間隔が狭くなるほど、システム上要求される波長精度が厳しくなる。そのため、WDMシステムで用いられる光信号モニタには、光パワーのみならず波長さらには光信号強度比(OSNR)を検出する機能の実装が求められている。

【0005】

しかし、先に述べた従来の技術によるAWGを用いた光信号モニタでは、分波された光信号の光パワーしか検出できないという課題があった。

【0006】

本発明は、従来の技術で生じていた課題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、光パワーの検出に加え、波長、光信号強度比(OSNR)を検出する機能を実装した光信号モニタを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

このような課題を解決するために、請求項1に記載の発明は、入力した波長多重光を分

10

20

30

40

50

波して異なる波長の複数の光を出力する光信号モニタにおいて、長さの異なる複数のチャネル導波路であって、前記複数のチャネル導波路間で生じる位相差の波長による変化により前記波長多重光を分波する複数のチャネル導波路と、光の進行方向と交差するように配置され、各波長の光に対する前記位相差を温度により変化させる材料と、前記材料を加熱または冷却する機構と、出力部に配置された、１つ又は複数のフォトダイオードとを備えることを特徴とする。

【０００８】

また、請求項２に記載の発明は、請求項１において、所定の長さずつ異なる長さを有した前記複数のチャネル導波路で構成されるアレイ導波路回折格子と、前記アレイ導波路回折格子と入力用のチャネル導波路との間に配置された入力側のスラブ導波路と、前記アレイ導波路回折格子と複数の出力用のチャネル導波路との間に配置された出力側のスラブ導波路とを備え、前記いずれの導波路も、上部クラッド、コア、及び下部クラッドで構成されており、前記入力側または出力側のスラブ導波路は、入力した各波長の光に対して、前記入力側のスラブ導波路からの複数のチャネル導波路を経て前期出力側のスラブ導波路に至る経路間で生じる位相差を変化させる前記材料を、光の進行方向と交差するように湾曲状に形成した溝に充填して含み、前記溝は、前記入力側または出力側のスラブ導波路から前記上部クラッドおよび前記コアを除去することにより形成されるか、または前記入力側あるいは出力側のスラブ導波路から前記上部クラッド、前記コアおよび前記下部クラッドを除去することにより形成され、前記材料は、前記材料が含まれるスラブ導波路の実効屈折率の温度係数と異なる屈折率温度係数を有する材料であることを特徴とする。

【０００９】

また、請求項３に記載の発明は、請求項２において、前記溝は、前記入力側または出力側のスラブ導波路に形成された、前記材料を充填するための複数の溝であり、前記複数の溝はグループ化され、前記材料を独立に加熱または冷却する機構をグループ毎に備えることを特徴とする。

【００１０】

また、請求項４に記載の発明は、請求項１において、所定の長さずつ異なる長さを有した前記複数のチャネル導波路で構成されるアレイ導波路回折格子と、前記アレイ導波路回折格子と入力用のチャネル導波路との間に配置された入力側のスラブ導波路と、前記アレイ導波路回折格子と出力用のチャネル導波路との間に配置された出力側のスラブ導波路とを備え、前記いずれの導波路も、上部クラッド、コア、及び下部クラッドで構成されており、前記アレイ導波路回折格子に跨って溝が形成され、前記溝は、前記チャネル導波路から前記上部クラッド及び前記コアを除去することにより形成されるか、または前記チャネル導波路から前記上部クラッド、前記コア、及び前記下部クラッドを除去することにより形成され、前記溝には、前記チャネル導波路の実効屈折率の温度係数と異なる屈折率温度係数を有する前記材料が充填されることを特徴とする。

【００１１】

また、請求項５に記載の発明は、請求項４において、前記溝は、前記アレイ導波路回折格子を構成する前記複数のチャネル導波路に跨って形成された、前記材料を充填するための複数の溝であり、前記複数の溝はグループ化され、前記第２の材料を独立に加熱または冷却する機構をグループ毎に備えることを特徴とする。

【００１２】

また、請求項６に記載の発明は、請求項１において、前記複数のチャネル導波路は、上部クラッド、コア、及び下部クラッドで構成されており、 $N + 1$ （ N は、１以上の整数）個の光カプラと隣接する光カプラとに挟まれた N 組のアーム導波路であり、前記 N 組のアーム導波路のそれぞれは、光路長が異なる第１のアーム導波路と第２のアーム導波路で構成され、前記第１のアーム導波路または前記第２のアーム導波路の少なくとも一方に溝が形成され、前記溝は、前記溝が形成されるアーム導波路から前記上部クラッド及び前記コアを除去することにより形成されるか、または前記溝が形成されるアーム導波路から前記上部クラッド、前記コア、及び前記下部クラッドを除去することにより形成され、前記溝

には、前記溝が形成されるアーム導波路の実効屈折率の温度係数と異なる屈折率温度係数を有する前記材料が充填されることを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

また、請求項 7 に記載の発明は、請求項 1 において、前記複数のチャネル導波路は、上部クラッド、コア、下部クラッドで構成されており、1 つ又は複数の光分岐カブラを接続して構成された、M (M は、2 以上の整数) ポートの出力を有する第 1 の光分岐カブラのそれぞれの出力と、1 つ又は複数の光分岐カブラを接続して構成された、前記第 1 の光分岐カブラの出力のポート数と同数の入力ポート数を有する第 2 の光分岐カブラのそれぞれの入力との間に設けられた、各々が異なる遅延量を有する M 本の遅延導波路であり、前記 M 本の遅延導波路のうちの少なくとも 1 つの一部に溝が形成され、前記溝は、前記溝が形成される遅延導波路から前記上部クラッド及び前記コアを除去することにより形成されるか、または前記溝が形成される遅延導波路から前記上部クラッド、前記コア、及び前記下部クラッドを除去することにより形成され、前記溝には、前記溝が形成される遅延導波路の実効屈折率の温度係数と異なる屈折率温度係数を有する前記材料が充填されていることを特徴とする。

10

【 0 0 1 4 】

また、請求項 8 に記載の発明は、請求項 1 において、前記複数のチャネル導波路は、円状のリング導波路、及び 1 つ又は 2 つの入出力導波路であり、前記リング導波路は、上部クラッド、コア、及び下部クラッドで構成されており、前記リング導波路は、前記リング導波路から前記上部クラッド及び前記コアを除去することにより、または前記リング導波路から前記上部クラッド、前記コア、及び前記下部クラッドを除去することにより形成される溝を備え、前記溝には、前記リング導波路の実効屈折率の温度係数と異なる屈折率温度係数を有する前記材料が充填されていることを特徴とする。

20

【 発明の効果 】

【 0 0 1 5 】

本発明によれば、光干渉回路を局所的に加熱して位相を変化させた波長可変フィルタの出力部に複数の PD を具備して、OSNR やピーク波長を測定する光信号モニタを実現することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 6 】

30

(第 1 の実施例)

図 2 に、第 1 の実施の形態を示す。また、図 3 は、図 2 の A - A ' における断面図を示す。従来と同様に石英からなる導波路で構成される AWG において、従来の実施例と異なって、第 1 のスラブ導波路 12 に楔形の溝 20 を形成し、その溝に光学樹脂を充填して、さらに光学樹脂 21 を局所的に加熱するためのヒータ 30 が実装されている点に特徴がある。ここで使用される光学樹脂の屈折率温度係数は、石英のそれと異なるものを用いている。具体的には、石英の屈折率温度係数 $+1.1 \times 10^{-5} [1/^\circ\text{C}]$ に対して、屈折率温度係数が、 $-3.7 \times 10^{-5} [1/^\circ\text{C}]$ のシリコン樹脂を、光学樹脂として用いた (特許文献 1 参照) 。

【 0 0 1 7 】

40

また、溝 20 による放射損失を低減するために、溝 20 は通常複数の分割されて形成される。さらには、環境温度変化に伴って生じる各波長の光の等位相面の変化をキャンセルするために、スラブ導波路に形成した溝の形状は、スラブ導波路を伝搬する光の進行方向が、溝において常に光の屈折角が均一となるように溝の形状を湾曲状に配置している。

【 0 0 1 8 】

実際には、以下のとおり AWG を作製した。シリコン基板上にコアとクラッドからなる比屈折率差 1.5 % の石英系光導波路を PLC 技術により形成した。コアのサイズは、 $4.5 \mu\text{m} \times 4.5 \mu\text{m}$ である。その後、RIE により光学樹脂を充填する溝を加工した。溝の幅は $7 \mu\text{m}$ から $60 \mu\text{m}$ へ変化させつつ湾曲状になるように形成した。溝の数は、6 分割しており、その溝の間隔は $40 \mu\text{m}$ 一定とした。溝の深さは、ここではコアよりも深

50

い位置までクラッドをエッチングした。

【0019】

AWG10の各々の出力導波路15の端面に直接フォトダイオード(PD)501を実装している。ここでは、CSP型PDアレイ500を用いた例を示しており、内蔵された各々PD501の受光面は、AWG10の出力導波路15の各々と光学的に結合して実装されている。

【0020】

さて、ヒータ30に電力を印加すると、光学樹脂21が局所的に加熱されてその屈折率が変化する。光学樹脂21の屈折率温度係数の絶対値は、石英による導波路のそれよりも大きいため、加熱により光学樹脂20部分での光路長が変化し、その結果AWG10の第2のスラブ導波路14の集光面において波長毎の集光位置が変化する。このことは、AWGの透過波長特性を可変にすることが可能であることを意味している。

10

【0021】

尚、図中示すヒータ30は、そのおおよその外形を示したものであり、実際は光学樹脂を局所的に加熱できる外付けしたヒータであればよい。さらに、ヒータ30からは電力を印加するための電気配線40が取り出されている。

【0022】

図4に、周波数間隔100GHzのAWG10に、ヒータ30としてセラミックヒータを、光学樹脂21の充填された溝20上に実装して作製したAWG201の、印加電力に対する透過波長特性を示す。印加電力に比例して、AWG201の透過波長特性がその形状に変形を伴うことなく可変であることがわかる。横軸の印加電力はすなわちピーク波長に対応付けることができるので、光学樹脂21を局所的に加熱する手段をAWG10に備えるだけで、容易にAWGの透過波長を可変にすることができる。本実施例における、印加電力に対する透過波長可変効率、約5[GHz/W]であった。これは、ヒータ30の形状やその実装形態の最適化を行うことで、一層の改善が可能である。

20

【0023】

このように、ヒータ30への印加電力に対し透過波長特性が対応するので、本AWG201のヒータ30を掃引駆動しつつ光信号光を入射し、その時出力される光パワーが最大となる印加電力を知ることによって、波長を検出することが可能となる。また、光信号が有する波長成分よりも広い範囲で、本AWG201のヒータを掃引駆動にしつつ光信号光を入射し、その時出力される光パワーの最小と最大の比を取ることで、OSNRを検出することが可能となる。

30

【0024】

より詳細に、本構成による光信号モニタ200の動作を以下に説明する。複数の波長信号が合波されたWDM信号を、AWG10の入力導波路11より入力すると、AWGの動作原理に従い、各々の波長信号が出力導波路15毎に出力され、さらにそれぞれ波長信号毎に各PD501で受光されて電気信号に変換されて出力される。この時、ヒータ30に電力を印加すると溝20に充填された光学樹脂21が加熱されて、これまでも述べてきたようにAWG10の透過波長特性が可動する。この時ヒータ30への印加電力は、AWG10の透過特性の可動範囲を、各隣接チャンネルの透過帯域よりも狭い範囲で掃引できる程度でよい。図5(a)に、ヒータ30を駆動しながら各チャンネルを透過してくる光信号700をモニタする様子を示す。ヒータ30に電力を印加するとそれに比例してAWG10の透過特性701が可動(図中矢印)して、それに対応するPD501からの光電流すなわちモニタ信号702が出力される(図5(b))。ヒータ30に印加する電力は、波長(λ)情報に対応付けることができるので、モニタ信号702がピークとなる印加電力すなわち波長位置(λ_1)が、そのチャンネルを透過してくる光信号の波長として検出可能である。また、縦軸パワー(P)のピーク値(P_1)は、光信号700の光パワーとして検出することができる。さらには、モニタ信号702のピーク値(P_1)とモニタ信号のノイズレベル(P_N)の値の比は、OSNRとして検出することが可能である。このように、従来の技術では光パワーしか検出できなかった光信号モニタを、本実施の形態

40

50

で A W G の透過波長特性を可変化して光信号モニタを構成することにより、光パワーに加えて、波長と O S N R をモニタすることができるようになる。

【 0 0 2 5 】

ここで A W G を用いることの特徴として、透過波長特性の掃引可変域は A W G の隣接チャネル周波数間隔以下の可変域を有する程度の印加電力で駆動できる範囲であればよい。これは、A W G は出力導波路毎に、各々のチャネル周波数（すなわち波長）の光信号を同時に出力することができるためである。よって、本実施例による光信号モニタは、各チャネルの透過帯域よりも狭い範囲の掃引波長可変域の駆動で、波長チャネルの全光信号を一括してモニタできるといった特徴がある。このことは、システム上の全波長域にわたって可変フィルタを掃引する方式の光信号モニタよりも、読み取り速度が高速になるといった特徴がある。

10

【 0 0 2 6 】

なお、作製する A W G 1 0 の透過帯域幅をより狭く設計することによって、光信号の波形をより一層高精度にモニタすることが可能になる。すなわち、変調された光信号のビットレートの違いや、変調フォーマットの違いによる波形をモニタすることも可能になる。

【 0 0 2 7 】

以上、本発明においては、特に C S P 型 P D アレイ 5 0 0 を実装することによって、これまでにないコンパクトで環境温度に対してモニタ特性の変動がない温度無依存の O P M を構成できるという点に特徴がある。

【 0 0 2 8 】

20

本実施例では、ヒータ 3 0 にセラミックヒータを用いた例を示したが、局所的に加熱できる機構で実装が可能であればその種類を選ばないことは言うまでもない。例えば、ペルチェ素子、シートヒータ、抵抗発熱体等でもよい。また逆に、局所的に冷却できる機構が実装されてもよい。できれば、印加電力に対するフィルタ可変特性が最大となるような小型な加熱機構もしくは冷却機構であることが望ましい。

【 0 0 2 9 】

印加電力に対する透過波長の可変特性の効率を一層高めるためには、第 1 の導波路材料（本実施例では石英）中で置換され局所的に加熱もしくは冷却される第 2 の導波路材料（本実施例ではシリコン樹脂）の屈折率温度係数の絶対値は、第 1 の導波路材料のそれよりも大きい程よい。また、第 2 の導波路材料を加熱もしくは冷却する場所は、第 2 の導波路材料の一部であってもよいし、第 2 の導波路材料の全体であってもよい。このことは、以下に述べる各実施例においても同様に言えることである。

30

【 0 0 3 0 】

また、本実施例においては、第 1 のスラブ導波路 1 2 に形成された溝 2 0 に充填してある光学樹脂 2 1 を局所的に加熱するためのヒータ 3 0 が実装されている例について説明したが、例えば図 6 に示すように、第 2 のスラブ導波路 1 4 に溝 2 0 を形成し、充填してある光学樹脂 2 1 を局所的に加熱するためのヒータ 3 1 を実装してもよいし、あるいは図 7 に示すように、アレイ導波路 1 3 の部分に溝 2 0 を形成し、充填してある光学樹脂 2 1 を局所的に加熱するためのヒータ 3 0 を実装してもよく、あるいは図 8 に示すように、第 1 のスラブ導波路 1 4 と第 2 のスラブ導波路の両方に溝 2 0 を形成し、充填してある光学樹脂 2 1 を局所的に加熱するためのヒータ 3 0 を実装してもよく、これらの場合についても同様の発明の効果を生むことが可能であることはいうまでもない。このことは、以下に述べる各実施例においても同様にいえることである。

40

【 0 0 3 1 】

また、ここでは、第 1 の導波路材料が正の屈折率温度係数を有し、第 2 の導波路材料が負の屈折率温度係数を有するといった、お互いが異符号の屈折率温度係数を有する組み合わせで述べたが、その他にも材料的に可能であれば、第 1 の導波路材料が正の屈折率温度係数を有し、第 2 の導波路材料も正の屈折率温度係数を有する組み合わせでも良いし、第 1 の導波路材料が負の屈折率温度係数を有し、第 2 の導波路材料も負の屈折率温度係数を有する組み合わせでも良い。すなわち、第 1 の導波路材料と第 2 の導波路材料のそれぞれ

50

の屈折率温度係数が異なればよい。印加電力に対する透過波長可変効率を最大にするために、望ましくは第2の導波路材料の屈折率温度係数の絶対値が第1の導波路材料のそれよりも大きいほどよい。このことは、以下に述べる各実施例においても同様に言えることである。

【0032】

また、溝を埋める充填物の構成材としては、シリコン樹脂、エポキシ樹脂、ポリメチルメタクリレート樹脂等の各種の光学樹脂、あるいはナトリウム、カリウムおよびカルシウムを含む多成分ガラス材等が使用され、一方、入出力スラブ導波路、入出力チャンネル導波路、およびアレイ導波路回折格子を構成するチャンネル導波路の構成材としては、多くの場合、石英系材料が使用される。

10

【0033】

また、溝20による放射損失を低減するために、溝20は複数に分割して形成するとよい。しかし、放射損失を気にしない場合にはこの限りではない。

【0034】

尚、スラブ導波路に光学樹脂21を充填する溝を形成する場合には、入力導波路から射出された光において、スラブ導波路の中央付近を伝搬して光学樹脂が充填された溝を通過する際の屈折角と、スラブ導波路の中心から離れた部分を伝搬して光学樹脂が充填された溝を通過する際の屈折角とが、異なってくるために収差が生じ、その結果AWGの透過特性を劣化させる。そこで、スラブ導波路に形成した溝の形状は、スラブ導波路を伝搬する光の進行方向が、溝において常に光の屈折角が均一となるように溝の形状を湾曲状にすることで、環境温度変化に伴って生じる各波長の光の等位相面の変化をキャンセルすることができるため、最適化されたAWGの透過特性を得ることができる(特許文献2参照)。

20

【0035】

また、溝の深さは、コアの下面以上にエッチングされればよい。このことは、以下に述べる各実施例においても同様に言えることである。

【0036】

(第2の実施例)

図9に、第2の実施の形態を示す。また、図10は、図9のB-B'における断面図を示す。第1の実施例と異なるところは、ヒータ30として、溝21の周辺および溝21と溝21の間のクラッド3上に微細加工プロセスにより薄膜ヒータ32を集積した点である。薄膜ヒータ32にすることにより、第1の実施例でおこなった外付けヒータ30の実装工程を無くすことができるとともに、ヒータ実装による厚さ方向の増大を無くすることができるためモジュール化したとき薄型化を図ることができる。薄膜ヒータ32の材質として、例えばクロム、チタン等が挙げられるが、これらの材質だけになんら限定されるものではない。

30

【0037】

実際に作製したAWGは、第1の実施例と同じである。さらに、溝と溝の間のクラッド上に集積したヒータの幅は20 μ mとした。

【0038】

このように本実施例によれば、従来の温度無依存化したAWGにおいて、光学樹脂が充填された領域にヒータを、微細加工技術によって集積することができるため、先の第1の実施例におけるヒータの実装工程をなくすることができるようになり、透過波長可変のAWGを容易に製造することができるようになる。

40

【0039】

図11に、周波数間隔100GHzのAWG10に、ヒータ30として薄膜ヒータ32を集積して作製したAWGの印加電力に対する中心透過周波数特性を示す。この図から、印加電力に対する透過波長特性の可変効率は、約10[GHz/W]であることがわかる。ヒータ位置を微細加工技術により、確実に光学樹脂21が充填される溝20の直近に集積することが可能となったため、第1の実施例と比較して、印加電力に対する透過波長特性の可変効率を改善できることがわかる。

50

【 0 0 4 0 】

また、第 1 の実施例でも述べたように、本実施の形態を、第 2 のスラブ導波路 1 4 において実現してもよいし、アレイ導波路 1 3 において実現してもよい。このことは、以下に述べる各実施例においても同様に言えることである。

【 0 0 4 1 】

さらに、印加電力に対する透過波長特性の可変効率を改善する方策としては、溝 2 0 の分割数を多くしていき薄膜ヒータ 3 2 を集積できる領域を増やすことで、加熱領域を密に局所化することによって一層の改善を図ることができる。このことは、以下に述べる各実施例においても同様に言えることである。

【 0 0 4 2 】

また、図 1 2 に示す薄膜ヒータ 3 2 の接続パターンについて述べる。図 1 2 に溝と薄膜ヒータのパターンを抜き出して描いている。このように、図 1 2 (a) のように、薄膜ヒータ 3 2 を並列接続したパターンであってもよく、図 1 2 (b) のように、薄膜ヒータ 3 2 を直列接続したパターンであってもよく、あるいは図 1 2 (c) のように、並列接続と直列接続を取り混ぜた接続でもよく、これらになんら限定されるものではない。また、薄膜ヒータは、溝と溝の間のクラッド上に常に配置しなければならないということはなく、必要に応じて間隔をあけて配置してもよい。可能であれば、印加電力に対する透過波長特性の可変効率が最大となるようなパターンでヒータを集積することが望ましい。このことは、以下に述べる各実施例においても同様に言えることである。

【 0 0 4 3 】

(第 3 の実施例)

図 1 3 に、第 3 の実施の形態を示す。また、図 1 4 は、図 1 3 の C - C ' における断面図を示す。第 2 の実施例と異なるところは、薄膜ヒータ 3 2 を溝 2 0 の底部に微細加工プロセスにより集積した点である。第 2 の実施例における薄膜ヒータ 3 2 からの発熱は、一旦クラッド 3 を介して溝 2 0 に充填された光学樹脂 2 1 に伝導する。一方、本実施の形態によれば、薄膜ヒータ 3 2 上に直接光学樹脂 2 1 が接して充填されるため、薄膜ヒータ 3 2 からの発熱は直接光学樹脂 2 1 に伝導する。そのため、第 2 の実施例と比較して印加電力に対する透過波長特性の可変効率を高めることが可能になる。さらに、印加電力に対する透過波長特性の可変効率を改善する方策としては、溝 2 0 の分割数を多くしていき薄膜ヒータ 3 2 を集積できる溝 2 0 の数を増やすことで、加熱領域を密に局所化することによって一層の改善を図ることができる。また、可能であれば、溝 2 0 の側壁にもヒータを集積してもよい。

【 0 0 4 4 】

(第 4 の実施例)

図 1 5 に、第 4 の実施の形態を示す。本実施の形態では、以上述べてきた実施の形態と異なっており、第 1 のスラブ導波路 1 2 において、光学樹脂 2 1 を充填する溝 2 0 の配置に特徴がある。すなわち、前述の実施例で形成した楔形の溝を、第 1 の溝部と呼ぶことにすると、その第 1 の溝部とは逆の向きに第 2 の溝部を形成し、第 1 の溝部および第 2 の溝部の周辺にも、それぞれの溝に充填した光学樹脂を加熱できるようにヒータ 3 2 が集積してある点である。第 1 の溝部 1 2 1 周辺に配置されたヒータを第 1 のヒータ 1 3 1、第 2 の溝部 1 2 2 周辺に配置されたヒータを第 2 のヒータ 1 3 2 と呼ぶことにする。但し、第 1 のヒータ 1 3 1 と第 2 のヒータ 1 3 2 はお互い独立して電力を印加できる電気配線 4 0、4 1 にしておく必要がある。第 2 のヒータ 1 3 2 を配置したことにより、第 2 の溝部 1 2 2 に充填された光学樹脂 2 1 においても、加熱により屈折率を変えるため光路長が変化し、その結果 A W G 1 0 の第 2 のスラブ導波路 1 4 の集光面において各波長の集光位置が変化する。しかし、第 2 の溝部 1 2 2 は第 1 の溝部 1 2 1 に対して逆の向きなので、第 1 の溝部 1 2 1 に充填された光学樹脂 2 1 を加熱して得られる第 2 のスラブ導波路 1 4 の集光面の集光方向とは逆の向きに作用する。この点を応用して、通常は第 1 のヒータ 1 3 1 を駆動して透過波長特性を可変にして使用するところを、さらに第 2 のヒータ 1 3 2 を別途駆動することにより、透過波長特性の可変速度を制御することが可能になる。すなわち、第

10

20

30

40

50

1のヒータ131と第2のヒータ132との間で制御回路を組んで駆動することにより、波長可変フィルタの掃引速度を可変にしたり、任意の透過波長特性ポイントに高速チューニングすることが可能になる。

【0045】

ここでは、溝20を分割した構成例を示したが、必ずしも分割する必要はないが、溝を分割することにより、放射損失を低減すること可能であり、かつヒータを局所的に密に集積することにより、透過波長特性の可変効率を高めることができる。また、第1の溝部を構成する各溝20と、第2の溝部を構成する各溝20とは、第1のヒータ131と第2のヒータ132を駆動する機構を独立して実装すれば、それぞれの溝パターンを交互にあるいは複数配置してもよい。

10

【0046】

また、第1の溝部121と第2の溝部122の配置（グループ化）は、他にも多様に配置することが可能である。すなわち、図15に示すように、第1の溝部121と第2の溝部122の両方を第1のスラブ導波路12に配置し、かつ第2の溝部122を入力導波路11側に配置した形態でもよいし、第1の溝部121と第2の溝部122の両方を第1のスラブ導波路12に配置し、かつ第1の溝部を入力導波路11側に配置してもよい。さらには、第1の溝部121と第2の溝部122の両方を第2のスラブ導波路14に配置し、かつ第2の溝部122を出力導波路15側に配置した形態でもよいし、第1の溝部121と第2の溝部122の両方を第2のスラブ導波路12に配置し、かつ第1の溝部を出力導波路15側に配置してもよい。さらには、第1の溝部121を第1のスラブ導波路12に配置し、第2の溝部122を第2のスラブ導波路14に配置してもよいし、逆に、第1の溝部121を第2のスラブ導波路14に配置し、第2の溝部122を第1のスラブ導波路12に配置してもよい。さらには、アレイ導波路13の部分に、第1の溝部121と第2の溝部122を配置してもよい。また、レイアウト上可能であれば、第1の溝部121を構成する溝20と第2の溝部122を構成する溝20を織り交ぜながら配置してもよい。但し、第1のヒータ131と第2のヒータ132は独立して駆動させるので、相互間の熱干渉を低減させるためには、第1の溝部121と第2の溝部122を別々に離して配置できる、第1のスラブ導波路12と第2のスラブ導波路14にそれぞれを配置した方が望ましい。

20

【0047】

30

（第5の実施例）

図16に、第5の実施の形態を示す。本実施例が、先の実施例と異なる点は、CSP-PDアレイが第2のスラブ14の端面に取り付けられている点である。こうすることにより、出力導波路部分を無くすることができるので、光信号モニタの小型化をいっそう進めることが可能となる。尚、ヒータは、特にこの形態に限定されるものではない。

【0048】

（第6の実施例）

図17に第6の実施の形態を示す。これは、第1の光カプラ60と第2の光カプラ61と、これらふたつの光カプラを連結する第1のアーム導波路62と第2のアーム導波路63とで構成されるマッハツェンダ光干渉回路である。尚、本実施例では、第1および第2の光カプラを、方向性結合器で構成した例を示す。また、第1のアーム導波路の長さ第2のアーム導波路の長さは異なっており、第1のアーム導波路の長さが第2のアーム導波路の長さより長いとして以下説明する。第1の導波路材料で形成した本マッハツェンダ光干渉回路において、その第1のアーム導波路の一部に溝20を形成して、第1の導波路材料とは異なる第2の導波路材料をそこに充填する。例えば、第1の導波路材料として、屈折率温度係数 α_1 が、 $+1.1 \times 10^{-5} [1/^\circ\text{C}]$ の石英を、また、第2の導波路材料として、屈折率温度係数 α_2 が、 $-37 \times 10^{-5} [1/^\circ\text{C}]$ のシリコン樹脂を用いる。

40

【0049】

以上の構成において、溝20に充填した光学樹脂21を局所的に加熱するために薄膜ヒータ32を溝周辺に集積する。このヒータに電力を印加すると、透過波長特性が可変のマ

50

マッハツェンダ光干渉回路を実現することができる。その透過特性を計算した一例を、図 18 に示す。すなわち、本実施例によれば、透過波長特性が可変のマッハツェンダ光干渉回路を提供することができるようになる。

【0050】

さらに、マッハツェンダ光干渉回路の出力導波路端面に PD501 を取り付ける。ここで、透過波長特性をヒータ加熱により掃引すると、それに応じて PD501 からの光電流すなわちモニタ信号が出力される。この動作は、第 1 の実施例で述べたとおりである。このように、透過波長特性の掃引により、光パワーのみならず波長および OSNR も検出する光信号モニタを構成することが可能である。

【0051】

また、ヒータの集積方法としては、第 1 の実施例で述べたようにヒータ 31 を外付けで取り付けてもよいし、第 2 の実施例で述べたように、溝周辺のクラッド 3 上に薄膜ヒータ 32 を集積してもよいし、第 3 の実施例で述べたように、溝 20 の底部に薄膜ヒータ 32 を集積してもよく、その実現形態になんら制約はない。また、ヒータ等による加熱機構ではなく、冷却機構でもよいことはいうまでもない。

【0052】

またここでも、溝を分割した構成例を示したが、必ずしも分割する必要はないが、溝を分割することにより、放射損失を低減することが可能である。さらに、図 19 に示すように、第 2 のアーム導波路側にも、光学樹脂を充填する第 1 のアーム導波路と同じ光路長分の溝を形成し、光学樹脂を充填することにより、溝を形成したことによる両アーム導波路間の損失を均一化してもよい。

【0053】

(第 7 の実施例)

図 20 に第 7 の実施の形態を示す。これは、マッハツェンダ光干渉回路のアーム導波路を M 段縦列に接続した M 段ラティス光干渉回路である。さらに、M 段ラティス光干渉回路は、M + 1 個の光カプラと、当該光カプラの隣接相互間に配置された M 個の遅延部とからなり、当該遅延部は、第 1 のアーム導波路と第 2 のアーム導波路より構成されており、第 1 のアーム導波路と第 2 のアーム導波路の長さの差は ΔL に設定されている。

【0054】

第 1 の導波路材料で形成した本ラティス光干渉回路において、その第 1 のアーム導波路の一部に溝を形成し、第 1 の導波路材料とは異なる第 2 の導波路材料をそこに充填した。ここでは、第 1 の導波路材料として、屈折率温度係数 α_1 が、 $+1.1 \times 10^{-5} [1/^\circ\text{C}]$ の石英を、また、第 2 の導波路材料として、屈折率温度係数 α_2 が、 $-37 \times 10^{-5} [1/^\circ\text{C}]$ のシリコン樹脂を用いる。

【0055】

M 段ラティス光干渉回路の透過スペクトルは、下記式で表される。

【0056】

【数 1】

$$X(f) = \sum_{q=0}^M x_q \exp[-j \cdot 2\pi f \cdot (q \cdot n \Delta L) / c]$$

【0057】

ここで、M は段数、 x_q は振幅係数、 ΔL はアーム導波路間の光路長差、 f は光周波数、 c は光速である。(尚、 $M = 1$ の時は、実施例 6 で述べた 1 段のマッハツェンダ光干渉回路に相当する。)

【0058】

以上の構成において、溝に充填した光学樹脂を局所的に加熱するために薄膜ヒータを第 1 のアーム導波路に形成した溝周辺に集積する。このヒータに電力を印加することにより、透過波長特性が可変のラティス型光回路を実現した。その透過波長特性を図 21 に示す。すなわち、本実施例によれば、透過波長特性が可変のラティス光干渉回路を提供するこ

10

20

30

40

50

とができる。

【 0 0 5 9 】

さらに、M 段ラティス光干渉回路の出力導波路端面に P D 5 0 1 を取り付ける。ここで、透過波長特性をヒータ加熱により掃引すると、それに応じて P D 5 0 1 からの光電流すなわちモニタ信号が出力される。この動作は、第 1 の実施例で述べたとおりである。このように、透過波長特性の掃引により、光パワーのみならず波長および O S N R も検出する光信号モニタを構成することが可能である。

【 0 0 6 0 】

なお、本実施形態では、第 1 から第 M 遅延部の光路長差を全て ΔL に設定したが、遅延部ごとに光路長差を変えても良い。

10

【 0 0 6 1 】

またここでも、溝を分割した構成例を示したが、必ずしも分割する必要はないが、溝を分割することにより、放射損失を低減することが可能である。さらに、図 2 2 に示すように、第 2 のアーム導波路側にも、光学樹脂を充填する第 1 のアーム導波路と同じ光路長分の溝を形成し、光学樹脂を充填することにより、溝を形成したことによる両アーム導波路間の損失を均一化してもよい。

【 0 0 6 2 】

(第 8 の実施例)

図 2 3 に第 8 の実施の形態を示す。これは、マッハツェンダ光干渉回路のアーム導波路を M 段並列に接続した M 段トランスバーサル光干渉回路である。M 段トランスバーサル光干渉回路は、入力を M 本の導波路に分波する光カプラ (第 1 の光分岐カプラに対応) と、当該光カプラに接続された M 本のアーム導波路 (遅延導波路に対応) と、当該 M 本のアーム導波路を合波する光カプラ (第 2 の光分岐カプラに対応) より構成されている。第 1 のアーム導波路に対する第 2 から第 M のアーム導波路の光路長差は、それぞれ、 $\Delta L + \varphi_2$ 、 $2 \Delta L + \varphi_3$ 、 $\dots$ 、 $(M - 1) \Delta L + \varphi_M$ に設定されている。ただし、 φ_M は、第 M のアーム導波路の位相である。

20

【 0 0 6 3 】

第 1 の導波路材料で形成した本トランスバーサル光干渉回路において、その第 1 から第 M - 1 のアーム導波路の一部に溝を形成し、第 1 の導波路材料とは異なる第 2 の導波路材料をそこに充填した。ここでは、第 1 の導波路材料として、屈折率温度係数 α_1 が、 $+ 1 \cdot 1 \times 10^{-5} [1 /]$ の石英を、また、第 2 の導波路材料として、屈折率温度係数 α_2 が、 $- 3.7 \times 10^{-5} [1 /]$ のシリコン樹脂を用いた。

30

【 0 0 6 4 】

M 段トランスバーサル光干渉回路の透過スペクトルは、下記式で表される。

【 0 0 6 5 】

【 数 2 】

$$X(f) = \sum_{q=0}^{M-1} x_q \exp \left[-j \cdot 2\pi f \cdot (q \cdot n \Delta L) / c \right]$$

【 0 0 6 6 】

ここで、M は段数、 x_q は振幅係数、 ΔL はアーム導波路間の光路長差、 f は光周波数、 c は光速である。

40

【 0 0 6 7 】

以上の構成において、溝に充填した光学樹脂を局所的に加熱するために薄膜ヒータを第 1 から第 M - 1 のアーム導波路に形成した溝周辺に集積する。このヒータに電力を印加することにより、透過波長特性が可変のトランスバーサル光干渉回路を実現した。

【 0 0 6 8 】

さらに、M 段トランスバーサル光干渉回路の出力導波路端面に P D 5 0 1 を取り付ける。P D 5 0 1 は単チャンネルの C S P 型 P D アレイ 5 0 0 を実装してもよいが、その形態は特には問わない。すなわち、前述した G S P - P D アレイでもよい。

【 0 0 6 9 】

50

ここで、透過波長特性をヒータ加熱により掃引すると、それに応じてPD501からの光電流すなわちモニタ信号が出力される。この動作は、第1の実施例で述べたとおりである。このように、透過波長特性の掃引により、光パワーのみならず波長およびOSNRも検出する光信号モニタを構成することが可能である。

【0070】

またここでも、溝を分割した構成例を示したが、必ずしも分割する必要はないが、溝を分割することにより、放射損失を低減することが可能である。さらに、図24に示すように、全てのアーム導波路に、同じ光路長分の溝を形成し、光学樹脂を充填することによりアーム導波路間の損失を均一化してもよい。望ましくは、損失均一化のための溝は、ヒータ集積部分から離れたところに形成するほうがよい。

10

【0071】

(第9の実施例)

図25に第9の実施の形態を示す。これは、1入力2出力のマッハツェンダ光干渉回路をM段、多段に接続した 1×2^M フィルタである。第m段目のマッハツェンダ光干渉回路の光路長差は、 $2^{M-m} \cdot \Delta L + \phi_{m,k}$ に設定されている。ただし、 $\phi_{m,k}$ は、m段目の素子のうち、k個目の素子の位相である。例えば、図24の構成では、

1段目、1個目の素子の光路長差は、 $4 \Delta L + \phi_{1,1}$

2段目、1個目の素子の光路長差は、 $2 \Delta L + \phi_{2,1}$

2段目、2個目の素子の光路長差は、 $2 \Delta L + \phi_{2,2}$

3段目、1個目の素子の光路長差は、 $\Delta L + \phi_{3,1}$

3段目、2個目の素子の光路長差は、 $\Delta L + \phi_{3,2}$

3段目、3個目の素子の光路長差は、 $\Delta L + \phi_{3,3}$

3段目、4個目の素子の光路長差は、 $\Delta L + \phi_{3,4}$

20

ここで、 $\phi_{1,1} = 0$ 、 $\phi_{2,1} = \pi/2$ 、 $\phi_{2,2} = 0$ 、 $\phi_{3,1} = \pi/4$ 、 $\phi_{3,2} = 3\pi/4$ 、 $\phi_{3,3} = \pi/2$ 、 $\phi_{3,4} = 0$ に設定した時の、その透過波長特性を図26(a)に示す。

【0072】

第1の導波路材料で形成した本 1×2^M フィルタにおいて、そのアーム導波路の一部に溝を形成し、第1の導波路材料とは異なる第2の導波路材料をそこに充填した。ここでは、第1の導波路材料として、屈折率温度係数 α_1 が、 $+1.1 \times 10^{-5} [1/^\circ\text{C}]$ の石英を、また第2の導波路材料として、屈折率温度係数 α_2 が、 $-37 \times 10^{-5} [1/^\circ\text{C}]$ のシリコン樹脂を用いた。

30

【0073】

以上の構成において、溝に充填した光学樹脂を局所的に加熱するために薄膜ヒータを溝周辺に集積する。

【0074】

前述したように、溝に充填した光学樹脂を局所的に加熱した時の入力ポート1、出力ポート1のその透過波長特性を図26(b)に示す。このヒータに電力を印加することにより、透過波長特性が可変のマッハツェンダ光干渉回路型 1×2^M フィルタを実現できる。

【0075】

さらに、マッハツェンダ光干渉回路型 1×2^M フィルタの出力導波路端面にPD501を取り付ける。PD501は単チャンネルのCSP型PDアレイ500を実装してもよいが、その形態は特には問わない。すなわち、前述した多チャンネルのCSP-PDアレイでもよい。尚、PDを取り付ける出力ポートは、マッハツェンダ光干渉回路型 1×2^M フィルタの設計に依存する。

40

【0076】

ここで、透過波長特性をヒータ加熱により掃引すると、それに応じてPD501からの光電流すなわちモニタ信号が出力される。この動作は、第1の実施例で述べたとおりである。このように、透過波長特性の掃引により、光パワーのみならず波長およびOSNRも検出する光信号モニタを構成することが可能である。

【0077】

50

またここでも、溝を分割した構成例を示したが、必ずしも分割する必要はないが、溝を分割することにより、放射損失を低減することが可能である。さらに、図 27 に示すように、対になるアーム導波路毎に、同じ光路長分の溝を形成し、光学樹脂を充填することによりアーム導波路間の損失を均一化してもよい。

【0078】

尚、ここでは以上の構成において、 1×2^M フィルタを構成する素子として、マッハツェンダ光干渉回路を用いたが、先に述べたラティス光干渉回路やトランスバーサル光干渉回路を用いてもよいし、後述するリング光干渉回路など、その他の光干渉回路を用いてもよいし、あるいは複数の異なる光干渉回路を用いても良い。

【0079】

10

(第10の実施例)

図 28 に第 10 の実施の形態を示す。これは、2 箇所において導波路 70 とリング導波路 71 との間に方向性結合器 72 を有するリング共振器 80 である。このリング共振器 80 は、入力ポート S1 からの入力に対して、そのリング導波路の長さに依存して、その出力ポート S2 からの出力特性において、急峻な透過波長特性を示す。さらに、リング共振器 80 の出力ポート S2 に PD501 を集積している。PD501 は単チャンネルの CSP 型 PD アレイ 500 を実装してもよいが、その形態は特には問わない。リング導波路 71 の一部に形成された溝 20 に充填された光学樹脂 21 を、局所的に加熱することにより、その共振周波数(波長)を可変にすることができる。透過波長特性をヒータ加熱により掃引すると、それに応じて PD501 からの光電流すなわちモニタ信号 702 が出力される。透過波長特性の掃引により、光パワーのみならず波長および OSNR も検出することが可能である。

20

【図面の簡単な説明】

【0080】

【図 1】アレイ導波路回折格子型光合分波器(AWG)を用いた従来の光信号モニタを示す図である。

【図 2】第 1 の実施の形態に係る光信号モニタを示す図である。

【図 3】図 2 の A-A' 線に沿った断面図である。

【図 4】第 1 の実施の形態に係る光信号モニタの印加電力に対する透過波長特性を示す図である。

30

【図 5】第 1 の実施の形態に係る光信号モニタにおいて、ヒータを駆動しながら各チャンネルを透過してくる光信号をモニタする様子を示す図である。

【図 6】第 1 の実施の形態に係る光信号モニタの変形形態を示す図である。

【図 7】第 1 の実施の形態に係る光信号モニタの変形形態を示す図である。

【図 8】第 1 の実施の形態に係る光信号モニタの変形形態を示す図である。

【図 9】第 2 の実施の形態に係る光信号モニタを示す図である。

【図 10】図 9 の B-B' 線に沿った断面図である。

【図 11】第 2 の実施の形態に係る光信号モニタの印加電力に対する中心透過周波数特性を示す図である。

【図 12】溝と薄膜ヒータのパターンを抜き出して示す図である。

40

【図 13】第 3 の実施の形態に係る光信号モニタを示す図である。

【図 14】図 14 の C-C' 線に沿った断面図である。

【図 15】第 4 の実施の形態に係る光信号モニタを示す図である。

【図 16】第 5 の実施の形態に係る光信号モニタを示す図である。

【図 17】第 6 の実施の形態に係る光信号モニタを示す図である。

【図 18】第 6 の実施の形態に係る光干渉回路について、透過特性を計算した一例を示す図である。

【図 19】第 6 の実施の形態に係る光信号モニタの変形形態を示す図である。

【図 20】第 7 の実施の形態に係る M 段ラティス光干渉回路を示す図である。

【図 21】第 7 の実施の形態に係るラティス光干渉回路の透過波長特性を示す図である。

50

【図 2 2】第 7 の実施の形態に係る M 段ラティス光干渉回路の変形形態を示す図である。

【図 2 3】第 8 の実施の形態に係る M 段トランスバーサル光干渉回路を示す図である。

【図 2 4】第 8 の実施の形態に係る M 段トランスバーサル光干渉回路の変形形態を示す図である。

【図 2 5】第 9 の実施の形態に係る 1×2^M フィルタを示す図である。

【図 2 6】第 9 の実施の形態に係る 1×2^M フィルタの透過特性を示す図である。

【図 2 7】第 9 の実施の形態に係る 1×2^M フィルタの変形形態を示す図である。

【図 2 8】第 10 の実施の形態に係る光信号モニタを示す図である。

【符号の説明】

【0081】

10

1 基板

2 コア

3 クラッド（上部クラッド及び下部クラッドに対応）

10 A W G （波長可変フィルタに対応）

11 入力導波路（入力用のチャネル導波路に対応）

12 第 1 のスラブ導波路（入力側のスラブ導波路に対応）

13 アレイ導波路

14 第 2 のスラブ導波路（出力側のスラブ導波路に対応）

15 出力導波路（出力用のチャネル導波路に対応）

20 溝

20

21 光学樹脂（材料に対応）

30 ヒータ（材料を加熱または冷却する機構に対応）

31 （外付け）ヒータ

32 薄膜ヒータ

40 電気配線

60 第 1 の光カプラ（方向性結合器に対応）

61 第 2 の光カプラ（方向性結合器に対応）

62 第 1 のアーム導波路

63 第 2 のアーム導波路

70 入出力導波路

30

71 リング導波路

72 方向性結合器

80 リング共振器

121 第 1 の溝部

122 第 2 の溝部

131 第 1 のヒータ

132 第 2 のヒータ

200 光信号モニタ

201 A W G （波長可変フィルタに対応）

500 C S P 型 P D アレイ

40

501 P D （フォトダイオードに対応）

502 筐体

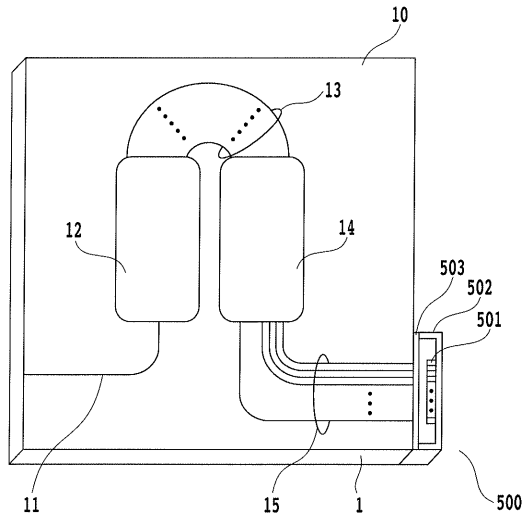
503 ガラス窓

700 光信号

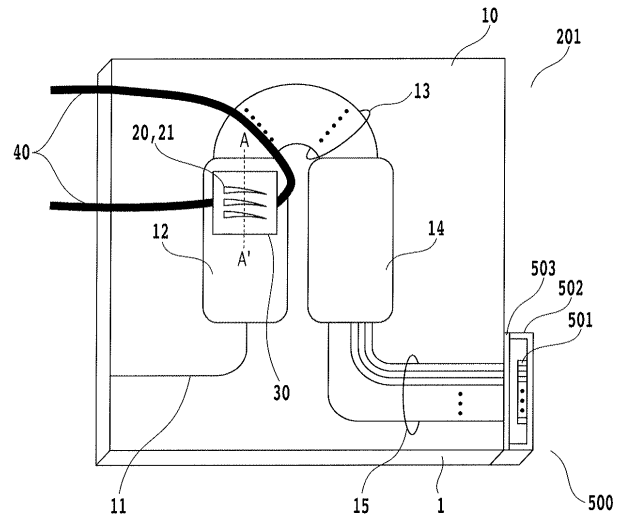
701 A W G の透過特性

702 モニタ信号

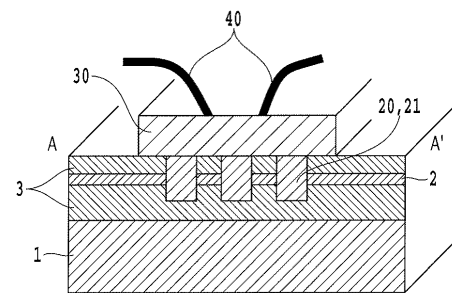
【 図 1 】



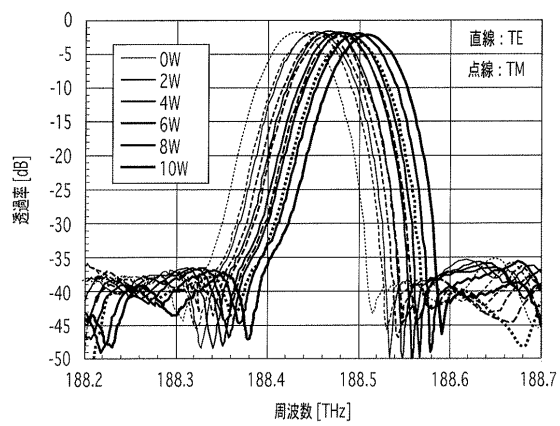
【 図 2 】



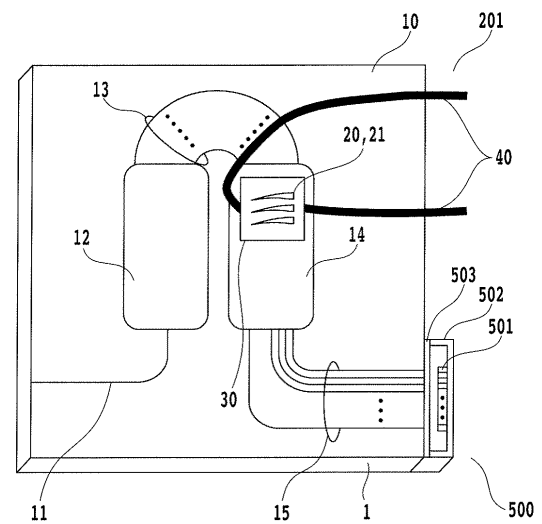
【 図 3 】



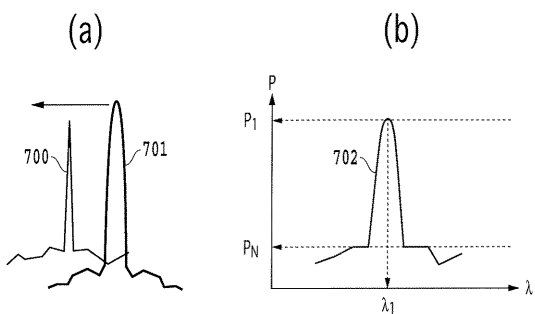
【 図 4 】



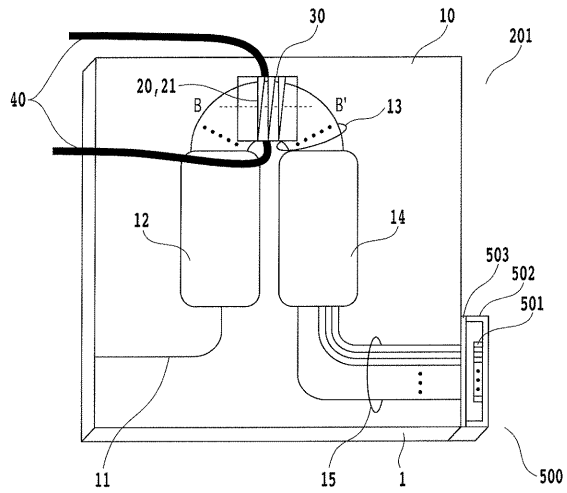
【 図 6 】



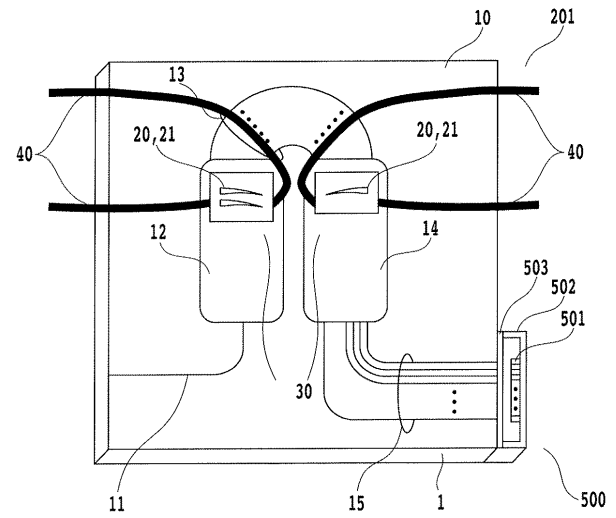
【 図 5 】



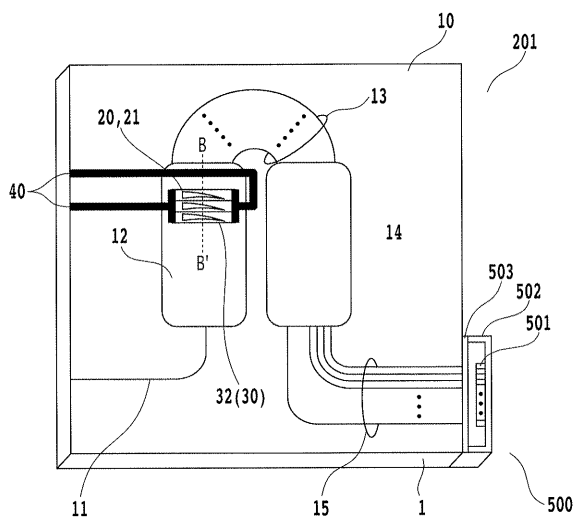
【図 7】



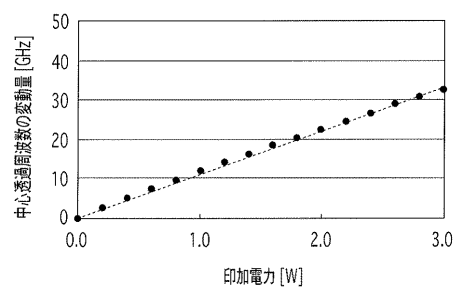
【図 8】



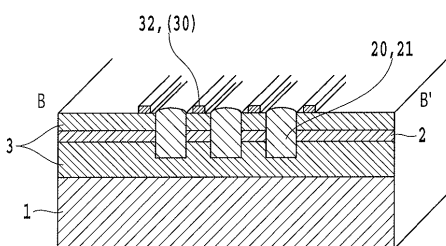
【図 9】



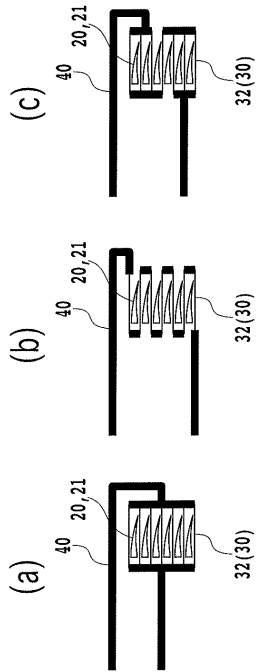
【図 11】



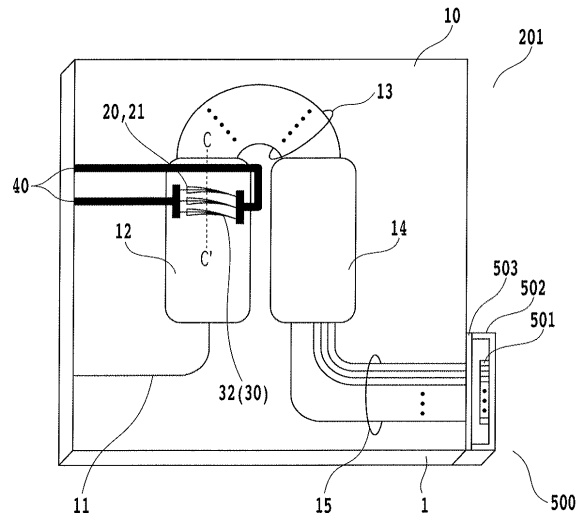
【図 10】



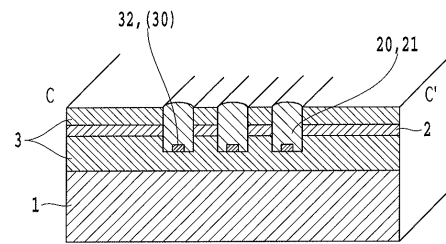
【図 1 2】



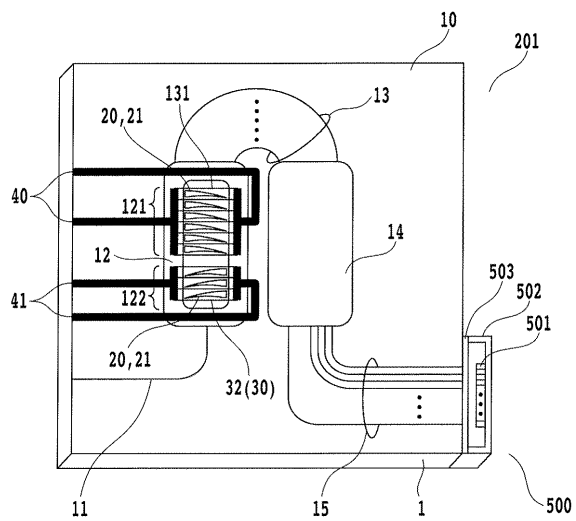
【図 1 3】



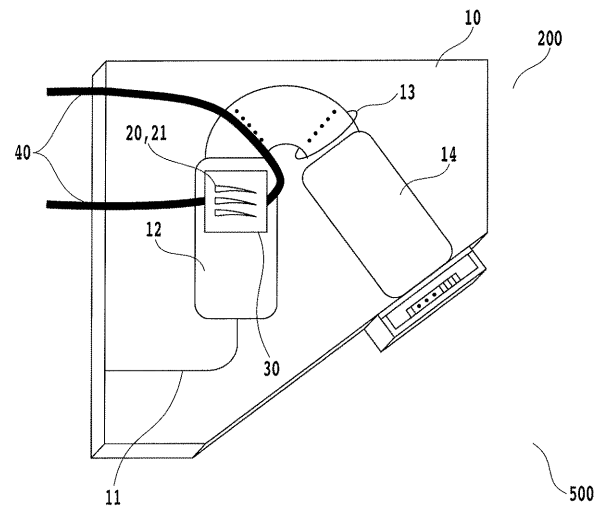
【図 1 4】



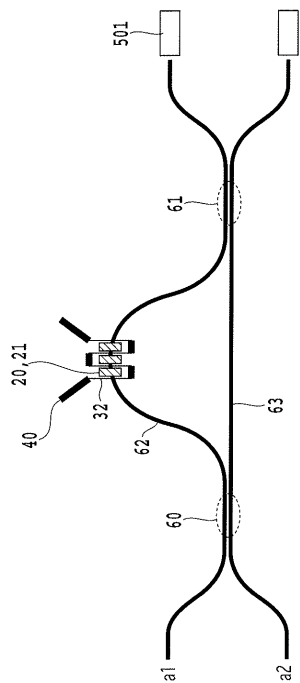
【図 1 5】



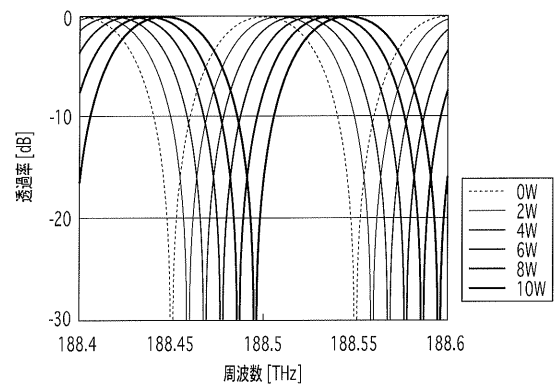
【図 1 6】



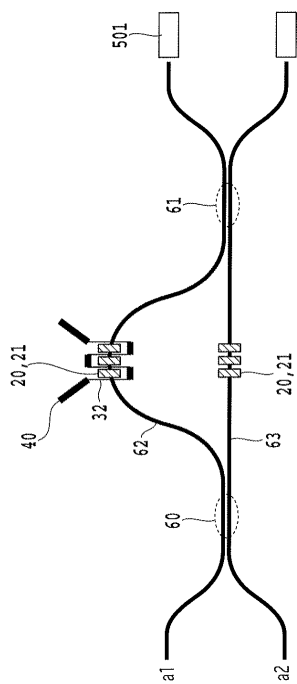
【図 17】



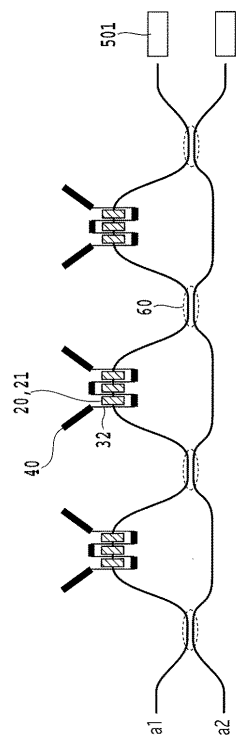
【図 18】



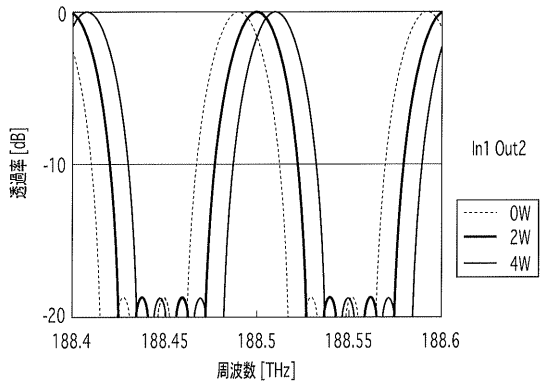
【図 19】



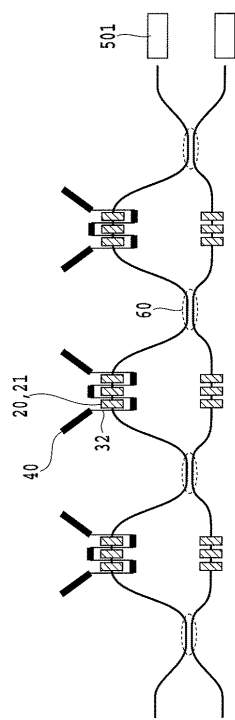
【図 20】



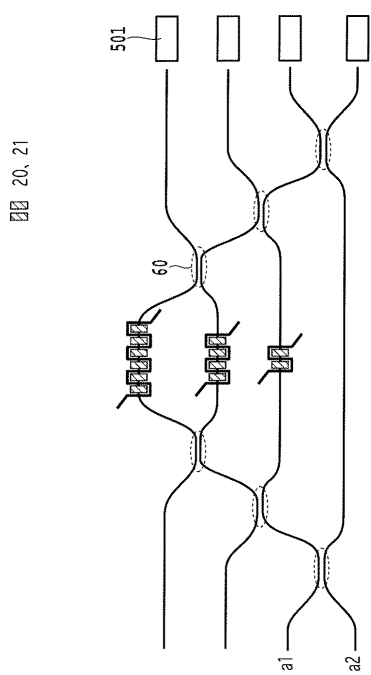
【図 2 1】



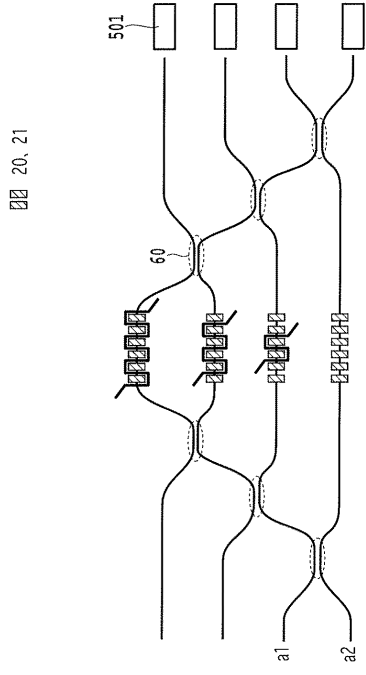
【図 2 2】



【図 2 3】

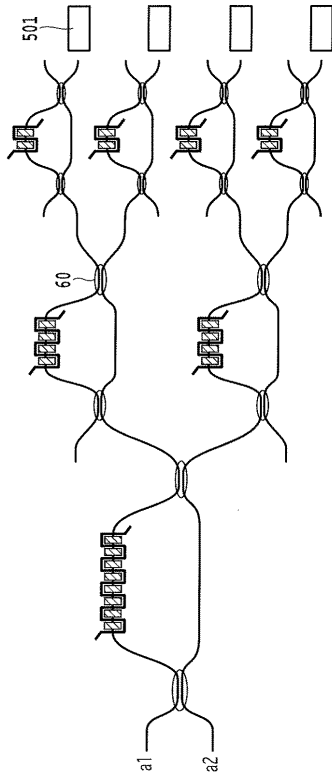


【図 2 4】



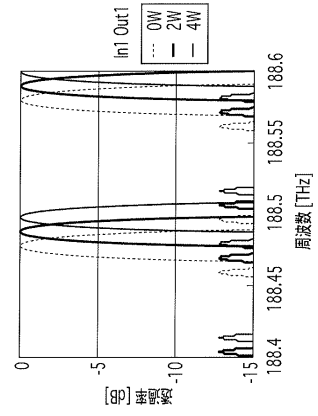
【図 25】

図 20, 21

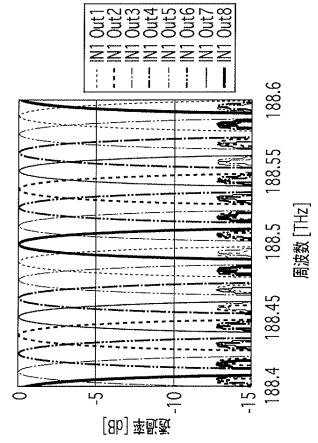


【図 26】

(b)

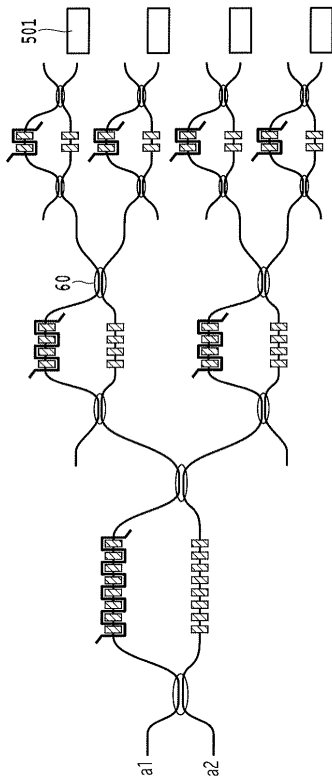


(a)

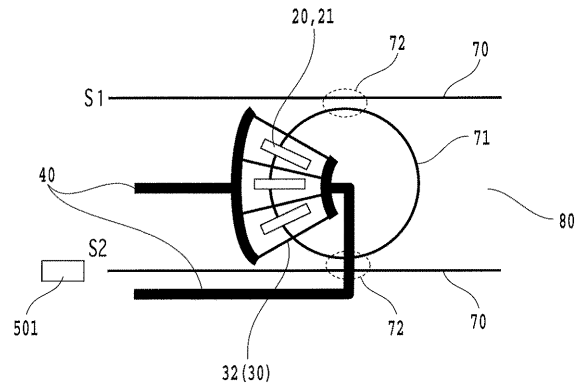


【図 27】

図 20, 21



【図 28】



フロントページの続き

(72)発明者 亀井 新

東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内

(72)発明者 水野 隆之

東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内

F ターム(参考) 2H147 AB05 AC04 AC05 BE03 BE06 BE07 BG14 CD01 CD04 DA12
DA15 EA13C EA14A EA14B EA14D EA18D EA19D EA20D FC05 GA02
GA10