

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3749652号

(P3749652)

(45) 発行日 平成18年3月1日(2006.3.1)

(24) 登録日 平成17年12月9日(2005.12.9)

(51) Int. Cl.

F I

G O 2 B 6/12 (2006.01)

G O 2 B 6/12

F

G O 2 B 6/293 (2006.01)

G O 2 B 6/28

C

請求項の数 8 (全 21 頁)

| | | | |
|-----------|------------------------------|-----------|---------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2000-187539 (P2000-187539) | (73) 特許権者 | 000005108 |
| (22) 出願日 | 平成12年6月19日(2000.6.19) | | 株式会社日立製作所 |
| (65) 公開番号 | 特開2002-6155 (P2002-6155A) | | 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 |
| (43) 公開日 | 平成14年1月9日(2002.1.9) | (74) 代理人 | 110000350 |
| 審査請求日 | 平成16年3月8日(2004.3.8) | | 特許業務法人 日東国際特許事務所 |
| | | (74) 代理人 | 100068504 |
| | | | 弁理士 小川 勝男 |
| | | (74) 代理人 | 100086656 |
| | | | 弁理士 田中 恭助 |
| | | (74) 代理人 | 100094352 |
| | | | 弁理士 佐々木 孝 |
| | | (72) 発明者 | 木下 平 |
| | | | 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 |
| | | | 株式会社日立製作所 中央研究所内 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光合分波器、光導波路モジュールおよび光通信装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1、第2、及び第3の光導波路と、マルチモードでの光の伝搬が可能な第4の光導波路と、前記第4の光導波路内の光の進行方向に交差して設けられた光学フィルタとを少なくとも有し、

前記第1の光導波路が前記第4の光導波路の第1の端面に接続され、前記第2及び第3の各光導波路が前記第4の光導波路の前記第1の端面に対向する第2の端面の所定の個別位置に接続され、

前記第4の光導波路の第1の端面および第2の端面は各々当該第4の光導波路内の光の進行方向と交差する端面であり、

前記第4の光導波路は、前記第2および第3の光導波路のいずれかの光導波路からの第1の波長の光入力が入力される前記第4の光導波路内の光の伝搬によって、前記光学フィルタを透過した上で前記第1の光導波路内に前記第1の波長の光入力に対応する光の伝搬を可能となし、且つ前記第2および第3の光導波路のいずれかの光導波路からの第2の波長の光入力が入力される前記光学フィルタでの反射を介して、前記第2および第3の光導波路の内の光入力のない光導波路内に前記第2の波長の光入力に対応する光の伝搬を可能となす、マルチモード干渉型光導波路であり、

前記光学フィルタは、前記第4の光導波路に設けられた溝に設置された板状光学フィルタであることを特徴とする光合分波器。

【請求項2】

10

20

前記光学フィルタが、前記第4の光導波路内の光の進行方向に対して垂直あるいは略垂直に設置されることを特徴とする請求項1に記載の光合分波器。

【請求項3】

前記光学フィルタの入射面は、前記第1、第2、および第3の各光導波路の前記第4の光導波路への接続位置における当該第1、第2、および第3の各光導波路での光の波面と平行ないしは略平行であることを特徴とする請求項1又は2に記載の光合分波器。

【請求項4】

前記光学フィルタが誘電体多層膜フィルタであることを特徴とする請求項1より請求項3のいずれかに記載の光合分波器。

【請求項5】

前記第4の光導波路の光の進行方向の長さが1mmより5mmの範囲、幅が25μmより70μmの範囲にあることを特徴とする請求項1より請求項4のいずれかに記載の光合分波器。

【請求項6】

第1、第2、及び第3の光導波路と、マルチモードでの光の伝搬が可能な第4の光導波路と、前記第4の光導波路内の光の進行方向に交差して設けられた光学フィルタとを少なくとも有し、

前記第1の光導波路が前記第4の光導波路の第1の端面に接続され、前記第2及び第3の各光導波路が前記第4の光導波路の前記第1の端面に対向する第2の端面の所定の個別位置に接続され、

前記第4の光導波路の第1の端面および第2の端面は各々当該第4の光導波路内の光の進行方向と交差する端面であり、

前記第4の光導波路は、前記第2および第3の光導波路のいずれかの光導波路からの第1の波長の光入力の前記第4の光導波路内の光の伝搬によって、前記光学フィルタを透過した上で前記第1の光導波路内に前記第1の波長の光入力に対応する光の伝搬を可能となし、且つ前記第2および第3の光導波路のいずれかの光導波路からの第2の波長の光入力の前記光学フィルタでの反射を介して、前記第2および第3の光導波路の内の光入力のない光導波路内に前記第2の波長の光入力に対応する光の伝搬を可能となす、マルチモード干渉型光導波路であり、

前記光学フィルタは、前記第4の光導波路に設けられた溝に設置された板状光学フィルタであり、

且つ前記第2の波長の光入力に対応する光の伝搬を可能となす第2および第3の光導波路のいずれかに接続される光受光器が、前記光入力を行う光素子よりの漏れ光の分布の中心位置からずれて設置されたことを特徴とする光導波路モジュール。

【請求項7】

第1、第2、及び第3の光導波路と、マルチモードでの光の伝搬が可能な第4の光導波路と、前記第4の光導波路内の光の進行方向に交差して設けられた光学フィルタとを少なくとも有し、

前記第1の光導波路が前記第4の光導波路の第1の端面に接続され、前記第2及び第3の各光導波路が前記第4の光導波路の前記第1の端面に対向する第2の端面の所定の個別位置に接続され、

前記第4の光導波路の第1の端面および第2の端面は各々当該第4の光導波路内の光の進行方向と交差する端面であり、

前記第4の光導波路は、前記第2および第3の光導波路のいずれかの光導波路からの第1の波長の光入力の前記第4の光導波路内の光の伝搬によって、前記光学フィルタを透過した上で前記第1の光導波路内に前記第1の波長の光入力に対応する光の伝搬を可能となし、且つ前記第2および第3の光導波路のいずれかの光導波路からの第2の波長の光入力の前記光学フィルタでの反射を介して、前記第2および第3の光導波路の内の光入力のない光導波路内に前記第2の波長の光入力に対応する光の伝搬を可能となす、マルチモード干渉型光導波路であり、

10

20

30

40

50

前記光学フィルタは、前記第4の光導波路に設けられた溝に設置された板状光学フィルタであり、

且つ前記第1より第3の光導波路の少なくとも一つに接続する発光部あるいは受光部の設置した、あるいは前記第1より第3の光導波路の少なくとも一つに代えて発光部あるいは受光部を設置した、あるいは光スイッチもしくは光学フィルタもしくは光増幅器もしくは光変調器等の光素子を組み合わせたことを特徴とする光導波路モジュール。

【請求項8】

請求項6又は7に記載の光導波路モジュールに、集積回路もしくはプリアンプ等の電気信号処理手段を組み合わせた光通信装置。

【発明の詳細な説明】

10

【0001】

【発明の属する技術分野】

本願発明は、光導波路を有する光システム、わけても、いわゆるマルチモード干渉(MMI: Multi-Mode Interference)型光導波路を有する光システムに関するものである。本願発明によれば、極めて良好な光合分波器を提供することが出来る。

【0002】

【従来の技術】

最近のインターネットを始めとするマルチメディア通信の発展に伴い、高速・大容量通信に向けた光波長多重(WDM: Wavelength Division Multiplexing)技術の研究が盛んになっている。WDM通信システムを構築する上で重要となる光部品の1つに、複数の波長を有する光を合波もしくは分波する光合分波器がある。その中でも低コスト化・小型化かつ高機能化の観点から、基板上に石英(ガラス)やポリマ等から成る光導波路及び光合分波器を形成し光送受信器等を実装することで集積化を図る方法が注目されている。

20

【0003】

光合分波器としてはフィルタ型、方向性結合器型あるいはマッハツェンダー干渉器型等が知られている。更に、モジュールの小型化に有利なフィルタの型については、例えば、日本国公開特許公報、特開平8-190026号(記事1)に記載された技術が知られている。

【0004】

30

図1は上記記事1に示されたフィルタ型光合分波器である。この光合分波器は直線光導波路、1及び2を交差させ、その交差部に光学フィルタ4を設けている。この例では、光学フィルタ4の波長に対する透過および反射特性を利用してWDM信号を反射光と透過光に合分波する。即ち、本構造は、2の角度で交差する2つの光導波路1と2の光軸の交点3が光学フィルタ4の等価的な反射中心面5上に合うように設計する必要がある。尚、図1において、光導波路1、2、および3の中心軸が各々符号6、7、及び8として示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

本願発明が解決すべき課題の第1は、マルチモード干渉型光導波路内に反射手段、例えば代表的には光学フィルタを設置し、その反射光を利用する光システムにおける、前記反射手段の設置位置のずれに対するトレランスを小さくすることである。即ち、反射手段の設置位置のずれに基づく、当該マルチモード干渉型光導波路の光の伝達特性の変化を極力小さなものとする事である。反射手段による反射光を用いる場合、反射手段の位置のずれは、少なくとも入射光の当該反射手段までの距離の2倍の光路となる。この為、十分な伝搬特性を確保するに、この反射手段の設置位置のずれに対するトレランスを小さくすることが重要である。

40

【0006】

本願発明が解決すべき課題の第2は、マルチモード干渉型光導波路の相対する端面に設けた光導波路相互での光の漏れ光を防止することである。

50

【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段】

本願発明の第 1 の課題を解決する代表的な形態は、例えば、平面基板上に形成された複数の波長を有する信号光を合波または分波する光合分波器に供することが出来る。そして、本願発明によれば、前記第 1 および第 2 の課題を合わせて解決することを可能とする。

【 0 0 0 8 】

本願発明の代表的な形態は、第 1、第 2、及び第 3 の光導波路と、マルチモードでの光の伝搬が可能な第 4 の光導波路と、前記第 4 の光導波路内の光の進行方向に交差して設けられた光学フィルタとを少なくとも有し、前記第 1 の光導波路が前記第 4 の光導波路の第 1 の端面に接続され、前記第 2 及び第 3 の各光導波路が前記第 4 の光導波路の前記第 1 の端
10 面に対向する第 2 の端面の所定の個別位置に接続され、前記第 4 の光導波路の第 1 の端面および第 2 の端面は各々当該第 4 の光導波路内の光の進行方向と交差する端面であり、前記第 4 の光導波路は、前記第 2 および第 3 の光導波路のいずれかの光導波路からの第 1 の波長の光入力の前記第 4 の光導波路内の光の伝搬によって、前記光学フィルタを透過した上で前記第 1 の光導波路内に前記第 1 の波長の光入力に対応する光の伝搬を可能となし、且つ前記第 2 および第 3 の光導波路のいずれかの光導波路からの第 2 の波長の光入力の前記光学フィルタでの反射を介して、前記第 2 および第 3 の光導波路の内の光入力のない光導波路内に前記第 2 の波長の光入力に対応する光の伝搬を可能となす、マルチモードでの光の伝搬が可能な光導波路である光導波路を有する光システムである。

【 0 0 0 9 】

以下に本願発明の原理を説明する。図 7 はマルチモード干渉型導波路における光の伝搬の状態を模式的に示したものである。マルチモード干渉型導波路 1 0 では、例えば第 2 の光導波路 1 2 から入射した信号光は前記マルチモード干渉型光導波路 1 0 において多モード光に分解される。図 7 には 0 次、1 次及び 2 次のモードのみが示されて、より高次のモードは図示が省略されている。さらに励起された高次モード光はモード間で干渉し、前記マルチモード干渉型光導波路内に強度分布（干渉縞）を生じる。本願発明は、この現象を利用し、第 2 の光導波路 1 2 よりの入射光に対して、第 1 の光導波路 1 1 の入り口近傍での光の強度分布が山となるようにする。この構成によって、第 2 の光導波路 1 2 からの入射光に対してほとんど損失を生じずに再び光導波路 1 1 を導波させることができる。

【 0 0 1 0 】

フィルタに関しての鏡像を考えれば、光学フィルタ 1 5 により反射した光についても、前述の構造と同様となり、同じ原理で信号光の伝播の様子が説明される。即ち、光導波路 1 2 からの入射光があった場合、マルチモード干渉型光導波路の設定によって、第 1 の光導波路 1 3 の入り口近傍の光の強度分布の山となるようにすれば、光導波路 1 2 からの入射光に対してほとんど損失を生じずに再び光導波路 1 1 を導波させることができる。

【 0 0 1 1 】

なお、この場合 2 つの光導波路 1 2 と 1 3 は間隔を有しており、反射戻り光は十分に小さくできる。

【 0 0 1 2 】

本例のように、本発明の光合分波器もしくは光導波路素子は、前記第 1 から第 3 のうちい
40 ずれか 1 つ以上の光導波路から入射した信号光が、それぞれ前記マルチモード干渉型光導波路でマルチモード光として伝播した後、所定の波長を有する信号光が前記第 1 から第 3 のうちいずれか 1 つ以上の光導波路と結合するように、前記マルチモード干渉型光導波路の長さ及び幅と、前記マルチモード干渉型光導波路と前記第 1 から第 3 の光導波路の接続部を調整する。

【 0 0 1 3 】

本発明の光合分波器もしくは光導波路素子は、前記マルチモード干渉型光導波路の長さ L が 1 mm ないし 5 mm、幅 W が 25 μ m ないし 70 μ m の範囲が好ましい。

【 0 0 1 4 】

また、本願発明の光合分波器もしくは光導波路素子は、第 4 の光導波路が前記マルチモー
50

ド干渉型導波路と前記第 1 の光導波路側で接続する、もしくは前記第 1 から第 4 の光導波路以外に複数の光導波路が前記マルチモード干渉型導波路と接続してもよい。

【0015】

あるいは、前記光合分波器もしくは光導波路素子において、前記第 1 から第 4 の光導波路の全てもしくは一部の端面に、それぞれ発光素子もしくは受光素子もしくは光ファイバもしくは光ファイバとの接続手段を設けることを特徴とする、光送信モジュールもしくは光受信モジュールもしくは光送受信モジュールもしくは光合分波モジュールとしてもよい。

【0016】

更に、前記第 2 の課題である光クロストークの問題を解決するため、次の方策を加味することが有用である。

10

【0017】

第 1 に、本願発明の光合分波器もしくは光導波路素子は、前記第 2 及び第 3 の光導波路の光軸の延長線が前記マルチモード干渉型光導波路の外に交点を持つ、もしくは互いに平行であることを特徴とする。このような光合分波器もしくは光導波路素子を用いた光送受信モジュールは、前記光合分波器もしくは光導波路素子と、前記第 1 もしくは第 4 の光導波路の両方もしくは片方の端面に受光手段として設けた受光素子もしくは光ファイバもしくは光ファイバの接続手段と、前記第 2 もしくは第 3 の光導波路の両方もしくは片方の端面に送信手段として設けた発光素子もしくは光ファイバもしくは光ファイバとの接続手段で構成される。本光送受信モジュールにおいて、光学フィルタは前記第 2 及び第 3 の光導波路を導波する入射角度が 0 度に近い送信信号を反射するように調整する為、前記漏れ光の入射角は遮断される。

20

【0018】

第 2 に、漏れ光は送信手段の端面と垂直な方向を中心とした分布を有するが、本発明では各光導波路を任意の方向に曲げることが出来るので、第 1 もしくは第 4 の光導波路の両方もしくは片方を前記漏れ光の分布中心方向から離れた方向へ曲げることで漏れ光の影響を小さくすることが出来る。

【0019】

さらには、前記光合分波器もしくは光導波路素子に、発光素子もしくは受光素子もしくは光スイッチもしくは光学フィルタもしくは光増幅器もしくは光変調器等の光素子を組み合わせ、光導波路モジュールとしてもよい。

30

【0020】

あるいは、本発明の光導波路モジュールは、前記光合分波器もしくは光導波路素子を複数用いて、発光素子もしくは受光素子もしくは光スイッチもしくは光フィルタもしくは光増幅器もしくは光変調器等の複数の光素子と組み合わせ、複数の信号を同時に処理するもしくは複数の波長を有する信号光を多段階で処理してもよい。

【0021】

あるいは、これらの光モジュールに、集積回路もしくはプリアンプ等の電気信号処理手段を組み合わせ、光通信モジュールとしてもよい。

【0022】

【発明の実施の形態】

40

本願発明の具体的実施例を示すに先だって、以下に本願発明と従来技術の比較を略述する。本願発明の優位が十分理解されるであろう。次いで、本願発明の主な諸形態を以下に列挙する。

【0023】

従来技術と本願発明

本願発明は、これまで述べてきような幾何学的に反射を利用する光システムの構造が有する、反射手段の作製誤差に基づく反射光の損失の発生という難点を改善するものである。

【0024】

以下、図 2 を用いて、反射光での損失増加について詳細を説明する。図 2 は従来構造の光システムを示す図である。基本構造は図 1 のものと同様である。光導波路、1 及び 2 を交

50

差させ、その交差部に光学フィルタ 4 を設けている。本構造は、2 の角度で交差する 2 つの光導波路 1 と 2 の光軸の交点 3 が光学フィルタ 4 の等価的な反射中心面 5 上に合うように設計する必要がある。尚、図 2 において、光導波路 1、2、および 3 の中心軸が各々符号 6、7、及び 8 として示されている。

【0025】

今、光導波路の入射・反射角を θ とする。光学フィルタ 4 がその法線方向に a 移動すると、反射光の光軸は反射側の光導波路の軸 7 から $2 |a| \sin \theta$ だけずれて 7 となる。位置 5 は正しく設置された場合の光学フィルタの位置、位置 5' はずれて設置された場合の光学フィルタの位置である。その結果、反射光は、光学フィルタの位置ずれに相当する光導波路 30 の一部を伝搬し、この為、反射側の位置 7' にある光導波路 31 とうまく結合 10

【0026】

光学フィルタの位置ずれに対する反射光の損失増加の計算例を図 3 に示す。横軸がフィルタの所定位置からのずれ、縦軸は損失の増加分を示している。この結果によれば、光学フィルタ位置ずれのトレランスは、例えば 0.2 dB の損失増加に抑えるには $\pm 2 \mu\text{m}$ と非常に小さいことがわかる。

【0027】

ところが、光学フィルタの設置には溝入れもしくは切断等の機械的加工を用いる為に、加工精度の向上が困難で、光導波路に比べて光学フィルタの作製誤差は無視できない程の大きさとなるのが実状である。この実際上の困難性が低損失な光合分波器の製造歩留りを 20 低下させる要因となっている。そこで、光学フィルタ付光導波路を用いた光合分波器の製造歩留りの向上には、フィルタ位置ずれのトレランスを増加させるような光合分波器の構造が求められるのである。

【0028】

次に、光のクロストークの問題について言及する。図 4 はこうした例を示す光送受信モジュールの平面配置図である。図 1 に示した光合分波器 16 にフォトダイオード 50 とレーザダイオード (LD) 51 を設置した構成を有する。光学フィルタ 15 は送信信号が有する波長の光を反射し、送信信号波長よりも長い受信信号が有する波長の光を透過するものを用いている。光送受信モジュールとする場合、LD 等送信部で発生した漏れ光 9 が受信信号に影響を及ぼす光クロストークという問題が生じる。 30

【0029】

LD 51 で発生した光は全てが導波路を伝播するわけではなく、LD - 導波路結合損失が生じて LD が出す光のうち一部は導波路と結合せずに導波路の外に散乱される。また LD - 光合分波器間の曲がり導波路においても導波光の一部が放射光 19 として導波路外を伝播する。これらが漏れ光 9 となるが、その多くは光学フィルタ 15 に達し、また光学フィルタへの入射角度は θ とは異なる。

【0030】

図 5 に光学フィルタの透過特性の例を、その入射角度 θ が 0 の場合と、0 より大きい場合を例示した。図 5 の特性において、透過損失の大きい領域が、反射に用いられる領域に対応する。一般に光学フィルタは、図 5 の例に見られるように、入射光の入射角度が異なると反射帯域が変化しまたアイソレーションも劣化する。前記図 4 の例では、本来導波路を導波する光を反射させる為に入射角 θ の光を反射するように設計した光学フィルタを用いる。従って、前記漏れ光の多くは入射角が前記のフィルタへの入射角 θ と異なる為に、これらの漏れ光の内、光学フィルタで遮断されずに透過する光も発生する。この透過した漏れ光が PD 50 に届くと、本来の受光信号にとっての雑音となって受信特性を劣化させる。 40

【0031】

この対策としてフィルタへの入射角 θ を 0 度に近づけることが考えられる。この対策は、フィルタの位置ずれによる反射光の光軸と導波路軸のずれも 0 に近いと、それに基づく損失増加は低減できる。また、逆に、漏れ光の入射角が θ 程度となりフィルタで遮断できる 50

。

【0032】

しかし、この対策を図1の光合分波器に適用すると、反射光が入射側の光導波路に戻るやすくなるという、いわゆる反射戻り光の問題が新たに生じる。図6はこの問題を示す説明図である。前記の対策の実施は、2つの光導波路1と2が重なる部分17を増加させる。この為、入射角の低減には限界がある。従って、入射角の低減の方策は、有効な実際的な解決策とはなり得なかった。

【0033】

本願発明はこうした諸問題を解決する。、前述したように、本願発明のマルチモード干渉型光導波路は、入射側の光導波路より入射光があった場合、出射側の光導波路の入り口近傍の光の強度分布の山となる為、前記入射光に対してほとんど損失を生じない。

10

【0034】

また、マルチモード干渉型光導波路に並置して設けられる入射側、及び反射光を射出側に導波する光導波路は、所定の個別位置に設置されるので、透過すべき光のフィルタでの反射戻り光が、射出側に導波する光導波路に混入し雑音となる問題は避けることが出来る。

【0035】

更に、後述するように、光学フィルタが、マルチモード干渉型光導波路に並置して設けられる光導波路を導波する入射角が0度に近い光信号を反射するようになされるので、本構造において、更に漏れ光として発生する光の入射角は、透過を許さない角度となり、漏れ光のフィルタを通しての透過は阻止される。

20

【0036】

以下に本願発明の主な発明の形態を列挙する。

【0037】

光学フィルタを有する本願発明の諸形態

本願の第1の形態は、第1、第2、及び第3の光導波路と、マルチモードでの光の伝搬が可能な第4の光導波路と、前記第4の光導波路内の光の進行方向に交差して設けられた光学フィルタとを少なくとも有し、前記第4の光導波路の第1の端面に前記第1の光導波路が接続され、前記第4の光導波路の第2の端面の所定の個別位置に前記第2及び第3の各光導波路が接続され、前記第4の光導波路は、前記第2および第3の光導波路のいずれかの光導波路からの第1の波長の光入力の前記第4の光導波路内の光の伝搬によって、前記第1の光導波路内に前記第1の波長の光入力に対応する光の伝搬を可能となし、且つ前記第2および第3の光導波路のいずれかの光導波路からの第2の波長の光入力の前記光学フィルタでの反射を介して、前記第2および第3の光導波路の内の光入力のない光導波路内に前記第2の波長の光入力に対応する光の伝搬を可能となすマルチモードでの光の伝搬が可能である光導波路であることを特徴とする光導波路を有する光システムである。

30

【0038】

前記第1、第2、及び第3の各光導波路は、シングルモード、あるいはマルチモードでの光の伝播が可能な光導波路を用いることが出来る。光多重通信においては、多くはシングルモードの光を用いており、本願発明はこの目的に供してわけても有用である。

【0039】

しかし、マルチモードの光を用いる場合においても、本願発明を用いることによって、好都合な光合分波器機能を実現することが出来る。それは、本願発明に係るマルチモード干渉型光導波路が、マルチモードあるいはシングルモードでの光に対して同様の機能を果たすからである。このマルチモード干渉型光導波路の機能は、本願発明の基本的事項であり、以下、特にことわらない場合においても、本願明細書に示される発明の諸形態に考慮されることである。

40

【0040】

従って、この形態を本願の第2の形態として例示すれば、それは、シングルモードでの光の伝搬が可能な第1、第2、及び第3の光導波路と、マルチモードでの光の伝搬が可能な第4の光導波路と、前記第4の光導波路内の光の進行方向に交差して設けられた光学フィ

50

ルタとを少なくとも有し、前記第 1 の光導波路が前記第 4 の光導波路の第 1 の端面に接続され、前記第 2 及び第 3 の各光導波路が前記第 4 の光導波路の前記第 1 の端面に対向する第 2 の端面の所定の個別位置に接続され、前記第 4 の光導波路の第 1 の端面および第 2 の端面は各々当該第 4 の光導波路内の光の進行方向と交差する端面であり、前記第 4 の光導波路は、前記第 2 および第 3 の光導波路のいずれかの光導波路からの第 1 の波長の光入力が入力され、前記第 4 の光導波路内の光の伝搬によって、前記光学フィルタを透過した上で前記第 1 の光導波路内に前記第 1 の波長の光入力に対応するシングルモードでの光の伝搬を可能となし、且つ前記第 2 および第 3 の光導波路のいずれかの光導波路からの第 2 の波長の光入力が入力され、前記光学フィルタでの反射を介して、前記第 2 および第 3 の光導波路の内の光入力のない光導波路内に前記第 2 の波長の光入力に対応するシングルモードでの光の伝搬を可能となす、マルチモードでの光の伝搬が可能な光導波路である光導波路を有する光システムである。

10

【0041】

本願発明の第 4 の形態は、第 1、第 2、及び第 3 の光導波路と、マルチモードでの光の伝搬が可能な第 4 の光導波路と、前記第 4 の光導波路内の光の進行方向に交差して設けられた光学フィルタと、を少なくとも有し、前記第 1 の光導波路が前記第 4 の光導波路の第 1 の端面に接続され、前記第 2 及び第 3 の各光導波路が前記第 4 の光導波路の前記第 1 の端面に対向する第 2 の端面の所定の個別位置に接続され、前記第 4 の光導波路は、前記第 1 及び第 2 の端面から所定距離離れた 2 つの平面における光強度分布の規格化された各形状を重ねた場合、前記各形状が相互に前記第 4 の光導波路の光の進行方向に沿う中心軸に対して線対称ないしは略線対称となっている光導波路である光導波路を有する光システムである。

20

【0042】

本願発明の第 5 の形態は、第 1 の光導波路が、マルチモードでの光の伝搬が可能な第 4 の光導波路の第 1 の端面に接続され、前記第 4 の光導波路の前記第 1 の端面に対向する第 2 の端面に第 2、及び第 3 の光導波路がその接続位置において所定間隔で接続され、前記第 4 の光導波路内に光学フィルタが設置され、前記光学フィルタの入射面は、前記第 1、第 2、および第 3 の各光導波路の前記第 4 の光導波路への接続位置における当該第 1、第 2、および第 3 の各光導波路での光の波面と平行ないしは略平行であることを特徴とする光導波路を有する光システムである。

30

【0043】

ここで、本願発明のマルチモード干渉型光導波路が、入射側の光導波路より入射光があった場合、出射側の光導波路の入り口近傍の光の強度分布の山となす構成について補足説明する。このことによって、合わせて、マルチモード干渉型光導波路に並置して設けられる入射側、及び反射光を射出側に導波する光導波路は、所定の個別位置に設置されること、そして、このことによって、透過すべき光のフィルタでの反射戻り光が、射出側に導波する光導波路に混入し雑音となる問題は避けることが出来る旨が十分理解できるであろう。

【0044】

マルチモード干渉型光導波路における光の伝搬の状態を示す図 7 を参照する。

【0045】

40

ここで、信号光の波長を λ 、マルチモード干渉型光導波路の屈折率を n とする。前記マルチモード干渉型光導波路の長さ L 、幅 W 、及び接合部に設けられる光導波路の中心軸とマルチモード干渉型光導波路の中心軸よりの位置 D との関係は次の式によって与えられる。尚、前記各光導波路の中心軸は光の進行方向に沿った中心軸である。

【0046】

$$L = (4 n W^2) / 3 \quad \text{式 (1)}$$

$$D = W / 6 \quad \text{式 (2)}$$

および k は補正係数である。

【0047】

これらの関係を満たすことで、第 1 の光導波路 11 の入り口近傍が光の強度分布の山とな

50

り、光導波路 1 2 からの入射光に対してほとんど損失を生じずに再び光導波路 1 1 を導波させることが出来る。光学フィルタ 1 5 よりの反射に関しても鏡像を考えれば前記の光導波路 1 1 の場合と全く同様である。

【 0 0 4 8 】

即ち、透過光 (γ_1) と反射光 (γ_2) に対する光の進行方向に沿うマルチモード干渉型光導波路の距離を、各々 L_1 及び L_2 とすれば、

$$L_1 : L_2 = 1 / \gamma_1 : 1 / \gamma_2 \quad \text{式 (3)}$$

の関係にある。

【 0 0 4 9 】

更に、

$$L_1 = (4 n W^2) / 3 \gamma_1 \quad \text{式 (4)}$$

$$L_2 = (4 n W^2) / 3 \gamma_2 \quad \text{式 (5)}$$

の関係にあることは容易に理解されるであろう。

【 0 0 5 0 】

尚、この場合、光導波路のコア、クラッドの具体的材料、具体的構造の理論よりのずれ等によって理論的な関係を補正する必要が生ずる。前記 γ および β がこの補正係数である。この補正係数 γ および β は、通例、いずれも概ね、1 . 5 倍以内である。しかし、いずれにしても前記式 (1)、式 (2) を満足する光導波路を実現することが出来る。尚、ここで、前記マルチモード光導波路の実際的な長さ L が 1 . 5 mm ないし 2 . 0 mm の範囲、実際的な幅 W が 3 0 μ m ないし 4 0 μ m の範囲が多用される。更には、マルチモード干渉型光導波路の実際的な長さ L が 1 mm ないし 5 mm の範囲、実際的な幅 W が 2 5 μ m ないし 7 0 μ m の範囲から選択されることがより実際的であり、好ましいことは前述した通りである。

【 0 0 5 1 】

尚、このマルチモード干渉自体の理論は、例えば JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY、Vol . 13、NO . 4、APRIL 1995、pp . 615 - 627 を参酌することが出来る。本願発明はこの理論を用いて光システムを構築したことにある。

【 0 0 5 2 】

本願の第 6 の形態は、平面基板上に形成された複数の波長を有する信号光を合波または分波する光合分波器において、マルチモード干渉型光導波路と、前記マルチモード干渉型光導波路の片側に接続した第 1 の光導波路と、前記マルチモード干渉型光導波路の前記第 1 の光導波路と反対側に接続した第 2 及び第 3 の光導波路と、前記マルチモード干渉型光導波路内に設置される光学フィルタで構成され、前記第 2 及び第 3 の光導波路が前記マルチモード干渉型光導波路との結合部において所定の間隔を有することを特徴とする、光合分波器である。

【 0 0 5 3 】

本願の第 7 の形態は、本願発明の光合分波器もしくは光導波路素子において、光学フィルタがマルチモード干渉型光導波路を導波するマルチモード光の進行方向 (通称、光軸) に対して垂直あるいは略垂直に設置されている形態である。

【 0 0 5 4 】

本願発明においては、マルチモード干渉型光導波路の一方の端面に複数の光導波路、例えば、図 7 の光導波路 1 2 および 1 3、が所定の個別位置に設置されている。従って、光学フィルタがマルチモード干渉型光導波路を導波するマルチモード光の進行方向に対して垂直あるいは略垂直に設置されている為、一方の光導波路、例えば、前記光導波路 1 3 から入射された光が前記光学フィルタに達しても、不必要な漏れ光として雑音を構成することはない。

【 0 0 5 5 】

本願発明は、マルチモード干渉型光導波路に接続する複数の光導波路において、少なくとも前記第 1 から第 3 のうちいずれか 1 つ以上の光導波路から入射した信号光が、それぞれ

10

20

30

40

50

前記マルチモード干渉型光導波路でマルチモード光として伝播した後、所定の波長を有する信号光が前記第1から第3のうちいずれか1つ以上の光導波路と結合するように、前記マルチモード干渉型光導波路の長さ及び幅と、前記マルチモード干渉型光導波路と前記第1から第3の光導波路の接続部が調整されているとすることが出来る。

【0056】

本願の別な形態によれば、前記第2及び第3の光導波路の光軸、例えば、図7の光導波路12および13における光軸の延長線が前記マルチモード干渉型光導波路の外に交点を持つ、もしくは互いに平行あるいは略平行であることが、実用上、極めて好都合である。こうして、一方の光導波路、例えば、前記光導波路13から入射された光が前記光学フィルタに達しても、不必要な漏れ光として雑音を構成することはない。更に、各光導波路は任意の方向に曲げて用いることが出来る。これにより、各光導波路を漏れ光の分布する領域から反して、雑音の発生を抑制することが可能である。この利点は、より大きな光システムの構築の設計を容易にする。

10

【0057】

本願発明の別な形態によれば、前記第4の光導波路が前記マルチモード干渉型導波路と前記第1の光導波路側で接続する、もしくは前記第1から第4の光導波路以外に複数の光導波路が前記マルチモード干渉型導波路と接続するなど、具体的な用途の目的に応じて種々応用形態を考えることが出来る。

【0058】

更に、本願発明の別な形態によれば、前記第1から第4の光導波路の全てもしくは一部の端面に、それぞれ発光素子もしくは受光素子もしくは光ファイバもしくは光ファイバとの接続手段を設けることが出来る。こうして、所望の光送信モジュールもしくは光受信モジュール、光送受信モジュールもしくは光合分波モジュールを得ることが出来る。こうした、光受信モジュール、光送受信モジュールもしくは光合分波モジュールの具体例は後述される。又、こうした発光素子や受光素子は、前記第1から第4の各光導波路に代えて、直接マルチモード干渉型導波路に接続することが出来る。この方法は介在する光導波路による光の吸収を避ける点で好ましい。勿論、マルチモード干渉型導波路と、別異の光導波路を介してこれらの発光、受光素子とを接続することが出来る。

20

【0059】

本例の代表的な例を示せば、それは、第1、第2、及び第3の光導波路と、マルチモードでの光の伝搬が可能な第4の光導波路と、前記第4の光導波路内の光の進行方向に交差して設けられた光学フィルタとを少なくとも有し、前記第1の光導波路が前記第4の光導波路の第1の端面に接続され、前記第2及び第3の各光導波路が前記第4の光導波路の前記第1の端面に対向する第2の端面の所定の個別位置に接続され、前記第4の光導波路の第1の端面および第2の端面は各々当該第4の光導波路内の光の進行方向と交差する端面であり、前記第4の光導波路は、前記第2および第3の光導波路のいずれかの光導波路からの第1の波長の光入力が入力される前記第4の光導波路内の光の伝搬によって、前記光学フィルタを透過した上で前記第1の光導波路内に前記第1の波長の光入力に対応する光の伝搬を可能となし、且つ前記第2および第3の光導波路のいずれかの光導波路からの第2の波長の光入力が入力される前記第4の光導波路内の光の伝搬によって、前記光学フィルタでの反射を介して、前記第2および第3の光導波路の内の光入力のない光導波路内に前記第2の波長の光入力に対応する光の伝搬を可能となす、マルチモードでの光の伝搬が可能な光導波路であり、且つ前記第1より第3の光導波路の少なくとも一つに接続する発光部あるいは受光部の設置した、あるいは前記第1より第3の光導波路の少なくとも一つに代えて発光部あるいは受光部を設置したことを特徴とする光導波路を有する光システムであると言える。

30

40

【0060】

こうした光合分波器もしくは光導波路素子を用いた光送受信モジュールの場合にも、次の構成によって、漏れ光の遮断を行うことが出来る。即ち、前記送信手段で作られ送信信号の一部で前記送信手段と接続した光導波路の外部を伝播する漏れ光の波面が前記光学フィルタの作る平面と平行あるいは略平行であることにより、前記漏れ光が遮断される。

50

【 0 0 6 1 】

従って、このような例の代表な形態は、光合分波器もしくは光導波路素子と、前記第 1 もしくは第 4 の光導波路の両方もしくは片方の端面に受光手段として設けた受光素子もしくは光ファイバもしくは光ファイバの接続手段と、前記第 2 もしくは第 3 の光導波路の両方もしくは片方の端面に送信手段として設けた発光素子もしくは光ファイバもしくは光ファイバとの接続手段で構成され、前記送信手段で作られ送信信号の一部で前記送信手段と接続した光導波路の外部を伝播する漏れ光の波面が前記光学フィルタの作る平面と平行あるいは略平行であることにより、前記漏れ光が遮断されることを特徴とする光送受信モジュールであると言える。

【 0 0 6 2 】

10

更に、本願発明の別な形態によれば、次のような光送受信モジュール、光受信モジュール、光送受信モジュールもしくは光合分波モジュールを実現することが出来る。即ち、これらの光送受信モジュール、光受信モジュール、光送受信モジュールもしくは光合分波モジュールに、前記漏れ光を遮断する為に、前記光学フィルタ以外に 1 個以上の光学フィルタを設ける、もしくは前記第 1 から第 4 の光導波路及び前記複数の導波路以外に 1 個以上の導波路もしくは導波路層もしくはクラッドと屈折率の異なる部材を設けることがより有用である。

【 0 0 6 3 】

更に、本願発明に係る諸光合分波器もしくは諸光導波路素子に、発光素子もしくは受光素子もしくは光スイッチもしくは光学フィルタもしくは光増幅器もしくは光変調器等の光素子 20

【 0 0 6 4 】

更には、本願発明に係る諸光合分波器もしくは諸光導波路素子を複数用いて、発光素子もしくは受光素子もしくは光スイッチもしくは光学フィルタもしくは光増幅器もしくは光変調器等の複数の光素子と組み合わせ、複数の信号を同時に処理するもしくは複数の波長を有する信号光を多段階で処理することが可能である。

【 0 0 6 5 】

更には、本願発明に係る諸光モジュールに、集積回路もしくはプリアンプ等の電気信号処理手段を組み合わせ光通信モジュール、あるいは光通信装置に供することが出来る。

【 0 0 6 6 】

30

光学フィルタを有さない本願発明の諸形態

次に、本願の別な形態として、これまで説明してきた光導波路を有する光システムにおいて、前記光学フィルタを設置する前の構成体も重要な形態である。勿論、光導波路を有する光システムを光合分波器あるいは光送受信モジュール、光受信モジュール、光送受信モジュールとして用いる為には、所定の特性の光学フィルタを設置する必要があることは言うまでもない。しかし、本願に係る光導波路を有する光システムを、実際に用いるに当たっては、頭初、光学フィルタを設けない形態でまず、準備し、それから光学フィルタを挿入設置することも实际的である。図 20 は、基板 20 に光学フィルタ 15 が設置された状態をしめす拡大断面図である。図 20 の例は、基板 20 上に第 1 及び第 2 のクラッド層 21、23 が形成され、フィルタ挿入用の溝 24 が設けられている。フィルタ 15 は接着層 95 40 で固定される。尚、この断面図はコア領域を含まない部分の断面図である。

【 0 0 6 7 】

従って、本形態の代表的な形態は、第 1、第 2、及び第 3 の光導波路と、マルチモードでの光の伝搬が可能な第 4 の光導波路と、前記第 4 の光導波路内に光学フィルタを当該第 4 の光導波路内の光の進行方向に交差して設置する為の手段とを少なくとも有し、前記第 4 の光導波路の第 1 の端面に前記第 1 の光導波路が接続され、前記第 4 の光導波路の第 2 の端面の所定の個別位置に前記第 2 及び第 3 の各光導波路が接続され、前記第 4 の光導波路は、前記第 2 および第 3 の光導波路のいずれかの光導波路からの第 1 の波長の光入力の前記第 4 の光導波路内の光の伝搬によって、前記第 1 の光導波路内に前記第 1 の波長の光入力に対応する光の伝搬を可能となし、且つ前記第 2 および第 3 の光導波路のいずれかの光 50

導波路からの第2の波長の光入力の前記光学フィルタでの反射を介して、前記第2および第3の光導波路の内の光入力のない光導波路内に前記第2の波長の光入力に対応する光の伝搬を可能となすマルチモードでの光の伝搬が可能である光導波路であることを特徴とする光導波路を有する光システムであると言える。

【0068】

本願のこの光学フィルタを設置する以前の諸形態は、光学フィルタを設置した前記した全ての諸形態に考えることが可能である。従って、更なる説明および諸形態の列挙は省略する。

【0069】

発明の実施の諸形態

10

次に、本願発明の具体的な実施の諸形態する。

【0070】

図8は本発明の第1の実施例である光合分波器の実施形態を示す斜視図である。図9はその合分波部の拡大平面図である。

【0071】

所定の基板、例えばシリコン(Si)基板20上に、屈折率の異なる2種類のフッ素化ポリイミド樹脂を用いて光導波路を形成する。この光導波路は、少なくとも、第1のクラッド層21、コア領域22、そして第2のクラッド層23を有して構成される。ここで、24はフィルタ挿入用の溝である。このとき、各層の厚さの例を示せば、下部クラッド層21の厚さは5 μ m、コア22の厚さは6.5 μ m、上部クラッド層23の厚さは15 μ mである。コアとクラッドとの屈折率比は0.3%とした。合分波部は、少なくともマルチモード干渉型導波路10と第1の光導波路11、第2の光導波路12、及び第3の光導波路13を有する。マルチモード干渉型導波路の幅Wは25 μ m、長さLは1200 μ m、光導波路の間隔Dは5 μ mである。又、3つの光導波路の幅は6.5 μ mとした。

20

【0072】

光学フィルタ15は入射角0度の光に対して波長1.3 μ mの光を反射し、且つ波長1.5 μ mの光を透過する誘電体多層膜フィルタ15が用いられた。その厚さは15 μ mである。この誘電体多層膜フィルタ自体を通例のものを用いて十分である。そして、マルチモード干渉型導波路の中央部に、幅15 μ mの溝24に挿入し、UV(Ultraviolet)硬化材95を用いて固定した。この溝24は、例えばダイシングソーによって形成することが出来る。第2及び第3の光導波路12、13はマルチモード干渉型導波路との接続部32及び33において互いに平行あるいは略平行となっている。

30

【0073】

図19に光学フィルタ15が基板20に装着された状態の断面図を示す。符号24はこの反射手段を設置する為の溝である。符号21、23は各々当該光導波路のクラッド層を示している。反射手段15の固定には接着剤95が用いられた。

【0074】

尚、図10、図14、及び図15に図8と類似の光導波路の構成が示される。そして、この構造は図8と類似の積層構造を有する。しかし、こうした光導波路の構成自体は通例のもので十分である。従って、以下の図面は、個別の積層を詳細な図示を省略する。

40

【0075】

第2及び第3の光導波路12、13が接続部32、33で平行となることによって、マルチモード干渉型導波路内に励起されたマルチモード光の光軸が前記光学フィルタに対して垂直となる。その結果、フィルタ15に位置ずれが生じて、このフィルタ15の反射光の光軸と導波路軸のずれは全く生じない。

【0076】

ここで、前記光学フィルタは誘電体多層膜フィルタとは限らず、例えばダイシング溝24等の光学フィルタ設置手段のみを備えた図10のような光導波路素子であってもよい。図10では他の部材は図8と同様なので、詳細説明は省略する。

【0077】

50

本願発明に係る光導波路を有する光システムは、光合分波器への入力する複数の光導波路、及び光合分波器より出力される複数の光導波路をそれぞれ有する形態も取ることが出来る。上記複数の光導波路がいずれもシングル・モードの光導波路、又、光合分波器がマルチモード干渉型光導波路を有する光合分波器であることは言うまでもない。

【0078】

図11はこうした一例を示す光合分波器部分の平面図である。この例はマルチモード干渉型導波路10の入射側に複数、具体的には2つの光導波路12、13が設けられている。一方、マルチモード干渉型導波路10の出射側に複数、具体的には2つの光導波路11、14が設けられている。図11は第4の光導波路14が符号34の位置に設けられている外は、図9と同等であるので、同じ部位、部材は同じ符号を用いている。

10

【0079】

もちろん、さらに複数の光導波路がマルチモード干渉型導波路と接続して、複数の光合分波器であってもよいことは言うまでもない。

【0080】

本願発明に係わる構造と図1に示す従来構造の光合分波器について、フィルタ部に関する製造トレランスを比較した。

【0081】

図12はフィルタの位置ずれによる反射光の損失増加量を示す。横軸はフィルタの位置ずれの距離、縦軸は反射光の損失増加量の例を示す。曲線35は本実施例の場合また曲線36は従来構造の場合の特性を表す。設計上許容される損失として例えば0.2dB程度とすると、トレランスは従来構造が1μmであるのに対し本実施例では10μm程度となる。このように、従来構造に比較して、充分大きな製造トレランスを実現することが出来る。

20

【0082】

更に、ここで、本例におけるフィルタの位置ずれに対する損失増加は、反射光の光軸と導波路軸のずれによるのではなく、マルチモード干渉型導波路内でのマルチモード光の干渉による強度分布に起因することを指摘しておかなければならない。

【0083】

図13は、マルチモード干渉型導波路の長さLを変化させたときの強度（損失）変化を示す。横軸はマルチモード干渉型導波路の長さL、縦軸は損失を示している。ここで、曲線37と曲線38はそれぞれ図7において第2の光導波路12から入射させたシングルモード光の第1の光導波路11及び第4の光導波路14とマルチモード干渉型導波路10との接合部31及び34における損失量を表す。両者の強度のピークが2400μm程度で周期的に現れることがわかる。

30

【0084】

従って、前述の図12をもって示したフィルタの位置ずれに対する損失増加に対して、図13に例示したマルチモード干渉型導波路内でのマルチモード光の干渉による強度分布に起因する損失が含まれることとなる。その損失の周期によって、フィルタの位置ずれに対する損失増加に対する、マルチモード光の干渉による強度分布に起因する損失の割合が高くなる。わけても、本願発明の例では、反射光に基づく損失が基本的になく、フィルタの位置ずれに対する損失増加は、このマルチモード光の干渉による強度分布に起因する損失によるものである。

40

【0085】

次に、波長多重通信への、本願発明の光導波路を有する光システムの適用例を例示する。

【0086】

図14は本発明の第2の実施例である光合分波モジュールの実施形態を示す斜視図である。第1の実施例として例示した光合分波器に対して、その3つの光導波路の端面に光ファイバを設置するためのV溝41、42、43を形成した。このV溝41、42、43は、シリコン基板20に、通例の結晶面に対する異方性食刻の技術を用いて容易に形成することが出来る。そして、この溝は光ファイバの位置設定に極めて実用的である。

50

【0087】

本実施例は、例えば、次のように用いることが出来る。例えば、光学フィルタ15として、波長1.3 μm の光を透過し波長1.5 μm の光を反射する光学フィルタを用いた場合を検討する。光ファイバ46から波長1.3 μm と1.5 μm の波長多重光を入射する。この波長多重光は、光学フィルタ15で波長1.3 μm の光が透過され、一方1.5 μm の光は反射される。従って、波長1.3 μm の光は光ファイバ44に入射する。他方、1.5 μm の反射光は光ファイバ45に入射する。こうして、一つの波長多重光から、1.3 μm もしくは1.5 μm の各波長を有する信号光をそれぞれ光ファイバ44と45に分波することが出来る。

【0088】

また、出入射を逆転すれば合波器としても機能することは言うまでもない。

【0089】

尚、光ファイバ接続はV溝に限らず、導波路基板に接続用の台を設けて光ファイバと接着剤により接着する等他の手段によるものであってもよい。

【0090】

図15は本発明の第3の実施例である光送受信モジュールの実施形態を示す斜視図である。即ち、本例は、本願の光導波路を有する光システムが、光の発光素子及び受光素子の一つの基板に搭載して設けた例を示す。この例は光の送受信器の実際的な形態として用い易く有用である。

【0091】

第1の実施例として例示した光合分波器のシリコン基板20に、受光素子であるフォトダイオード51及び発光素子であるレーザーダイオード52を設置した。即ち、シリコン基板20上にこれまでの例と同様に、光導波路の為のポリマーの多層膜を形成する。そして、その所定部分のポリマを除去してSi基板20を露出させる。このポリマーの除去は通例のドライエッチングを用いて十分である。このシリコン基板上の所定位置に当該発光、受光素子の各々の第1の電極、52、及び53を形成する。そして、第1の光導波路の端面にフォトダイオード51を搭載し、第3の光導波路の端面にレーザーダイオード52を搭載した。前記電極と発光、受光の各素子の相互の間は半田によって接続した。尚、図において、発光、受光の各素子の各第2の電極は省略されている。その他の構成は前記の第1の実施例と同様である。従って、同一部分、部材は同一符号をもって示されている。

【0092】

図16は、本発明の第4の実施例である光送受信モジュールの実施形態を示す斜視図である。本例は前記第3の実施例において、フォトダイオード51及び53をマルチモード導波路10に関して光導波路12側へ移動させ、更に光導波路11の曲がり方向を変更した例を示す。本変更によりレーザーダイオード52で発生した光のうち光導波路13と結合出来なかった漏れ光の分布中心から、受信部が離れることにより漏れ光の影響を小さくすることが出来る。

【0093】

尚、フォトダイオード及びレーザーダイオードの設置の方法は本実施例の組み合わせは限定されない。勿論、発光、受光の各素子のいずれか一方だけを、前記シリコン基板に搭載した形態も、勿論目的によって用いることが出来ることは言うまでもない。更に、必要に応じて、3個以上の発光、受光の各素子を搭載した形態も取り得ることは言うまでもない。

【0094】

次に、本願の光導波路を有する光システムが、光増幅器に用いられた例を示す。

【0095】

図17は本発明の第4の実施例である光増幅器の実施形態を示す平面構成図である。2つのSi基板、80、81上に光合分波器55を1つずつ形成した。そして、片方のシリコン基板80にはポンプ用レーザーダイオード56を設置した。尚、前記光合分波器55は、例えば前記実施例1に示した構成を用いて十分である。また2つの基板間は、例えば長

10

20

30

40

50

さ1 m程度のエルビウムドープファイバ（一般にファイバ増幅器とも称する）57でつないだ。

【0096】

光ファイバ58から入射した光は、波長の異なるレーザーダイオード56からの光と合波し、エルビウムドープファイバ57で増幅される。そして、この増幅された光は、再び、異なる波長成分に分波され、所望波長の光が光ファイバ59より出射する。こうして、ファイバ58より入射した光が増幅され、増幅された所望の波長の光を、ファイバ59より得ることが出来る。

【0097】

更に、本願の光導波路を有する光システムが、光受信モジュールに用いられた例を示す。

10

【0098】

図18は本発明の第5の実施例である光受信モジュールの実施形態を示す基本的な平面構成図である。本例は、本願発明を光受信モジュールに適用した例である。この光受信モジュールは、波長多重信号光を各波長毎に分波し、これらをおのおのその波長に適した受光素子で受光するものである。

【0099】

本例の基本構成は次の通りである。光ファイバ65からの光信号を2つのフィルタ63、64によって所望の波長に光を選択する。そして、この選択された波長の光は、そのフィルタの透過側に設けられた光受光素子62-1、62-2、62-3、62-4、62-5、62-6によって検知される。

20

【0100】

図18を参照すれば、これまでの諸例と同様に、Si基板上に光合分波器60とそれらを結ぶ光導波路61を複数形成する。そして、各合分波器の透過側端面に複数のフォトダイオード62-1、62-2、62-3、62-4、62-5、62-6を配置した。光導波路61の一方の端面、即ち入射光導波路は光導波路65に接続され、この光導波路65、例えば光ファイバは当該光受信モジュールへの光入力を導波する。前記光合分波器60は、例えば前記実施例1に示した構造を用いて十分である。この例では、マルチモード干渉型光導波路90に一方の端面に直接受光素子62-1が設けられている例である。マルチモード干渉型光導波路90とこの内部に設けた光学フィルタ63、マルチモード干渉型光導波路90の一方の端面に配置された光導波路91、92によって本願発明に係わる光システムの基本形態が構成される。従って、図17に示された例は、6つの本願発明に係わる光システムが縦に接続された形態である。尚、図17では、説明の都合上、光導波路91、92のみ個別の符号を付し、その他は符号61を付したが基本的に同様の光導波路である。

30

【0101】

尚、光学フィルタ63、あるいは64は複数の光システムに共通する物理的形態をもって構成されている。しかし、光学フィルタ63、64は位置によって反射・透過の波長特性が変化するものを用いる。この光学フィルタ63、64は、その光合分波器60に対応する位置の反射・透過特性が当該光システムでの所望の波長を透過するように設計されている。反射・透過特性が変化する光学フィルタの具体的な例はフィルタの入射、透過の面を構成する2つの面の間隔を変化させたものである。あるいは、所定の位置のフィルタ材料を別異の材料を用いることも可能である。尚、本例では、透過・反射特性が場所によって変化する光学フィルタを2枚用いるが、これら所望場所に対応する各特性を有する光フィルタを複数個用いることも当然可能である。この場合、光学フィルタの特性はその厚さを変化させることによって達成することが出来る。

40

【0102】

本モジュールは、光ファイバから入射した波長多重信号光を各合分波器で1波長ずつ順に分波し、各フォトダイオードで受光することができる。

【0103】

第6の実施例は、本願発明の光の送受信が可能な光通信モジュールへの適用例である。

50

【 0 1 0 4 】

図 1 9 は本発明の第 6 の実施例である光通信モジュールの概略を示す平面配置図である。尚、図は主要部材の基本配置を示す。光送受信モジュール 6 6 には前記第 3 の実施例に示した構造を用いた。本光通信モジュールは、送信用 IC 6 7 や受信用 IC 6 8、また温度を制御する為のペルチェ素子 6 9 を組み合わせて用いられた。本モジュールにより、光ファイバ 7 0 より受信した光信号をデジタル電気信号に変換し、また反対に生成した電気信号を同じ光ファイバより光信号として送信することができる。本実施例は送信用と受信用の IC を別体としたが、一体としてもよいし逆に増幅器や A P C 等を分けて設置してもよいことは言うまでもない。

【 0 1 0 5 】

本発明の実施例は特に、S i 基板上にフッ素化ポリイミドを用いて合分波器もしくは合分波器を含むモジュールを作製することについて述べたが、当然のことながら、基板は S i ではなく石英等の材料であってもよいし、光導波路はフッ素化ポリイミドではなく他のポリマーや石英等の材料であってもよいことは言うまでもない。

【 0 1 0 6 】

本発明の実施例は特に、波長 1 . 3 μ m の光を透過し波長 1 . 5 μ m の光を反射する光学フィルタを用いた合分波器もしくは合分波器を含むモジュールを作製することについて述べたが、光学フィルタは波長特性の異なるものでもよく、その場合他の波長を有する波長多重光を合分波することも可能であることは言うまでもない。

【 0 1 0 7 】

以上、本願発明を詳細に説明したが、本発明はマルチモード干渉型導波路を反射構造に用いた光合分波器もしくはそれらを用いた光送受信モジュールに関するものであり、光合分波器の入射・反射導波路はマルチモード干渉型導波路との接続部において平行であることを特徴としている。

【 0 1 0 8 】

その結果、フィルタの位置ずれによる損失増加はマルチモード干渉型導波路における干渉の周期のみに起因し、フィルタ部の製造トレランスが大きくなる。従って歩留りが向上しコストを低減できる。また、反射角 0 度のフィルタを使用できることから漏れ光が十分に遮断され、光クロストークの問題が解決される。従って受光素子の受信感度等の損失設計に余裕が生まれる。

【 0 1 0 9 】

【 発明の効果 】

本願発明によれば、安価に光導波路を有する光システムに十分安定した光伝達特性を与えることが出来る。

【 0 1 1 0 】

本願発明によれば、製造歩留の高い光導波路を有する光システムを提供することが出来る。

【 0 1 1 1 】

本願発明は、マルチモード干渉型光導波路の相対する端面に設けた光導波路相互での光の漏れ光を防止することが出来る。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 図 1 は従来の技術による光合波器部分の概略平面図である。

【 図 2 】 図 2 は光学フィルタのずれた状態を説明する光合波器部分の概略平面図である。

【 図 3 】 図 3 は従来構造における、光学フィルタの位置ずれと反射光の損失増加の関係を示す図である。

【 図 4 】 図 4 は従来構成になる別な光システムを示す概略平面図である。

【 図 5 】 図 5 は入射角の異なる光に対する光学フィルタの透過特性を示す図である。

【 図 6 】 図 6 は従来構造の光合分波器における を 0 度に近づけたときの構造を示す平面図である。

【 図 7 】 図 7 は本願発明の光合分波器部分のマルチモード干渉を模式的に示す平面図であ

10

20

30

40

50

る。

【図 8】図 8 は本願発明の第 1 の実施例である光合分波器部分を示す斜視図である。

【図 9】図 9 は本願発明の第 1 の実施例である光合分波器部分の平面拡大図である。

【図 10】図 10 は光学フィルタを設置する前の光システムの斜視図である。

【図 11】図 11 は光学フィルタを設置する前の光システムの拡大平面図である。

【図 12】図 12 は本願発明の第 1 の実施例と従来構造の光合分波器部分について、フィルタの位置ずれと反射光損失量の関係を示す図である。

【図 13】図 13 はマルチモード干渉型導波路の長さとの関係を示す図である。

【図 14】図 14 は本願発明の第 2 の実施例である光合分波モジュールを示す斜視図である。

10

【図 15】図 15 は本願発明の第 3 の実施例である光送受信モジュールを示す斜視図である。

【図 16】図 16 は本願発明の第 3 の実施例である光送受信モジュールの別な例を示す斜視図である。

【図 17】図 17 は本願発明の第 4 の実施例である光導波路モジュールを示す概略平面図である。

【図 18】図 18 は本発明の第 5 の実施例である光受信モジュールを示す概略平面図である。

【図 19】図 19 は本願発明の第 6 の実施例である光通信モジュールの各部材の配置を示す図である。

20

【図 20】図 20 は光学フィルタの設置を説明する断面図である。

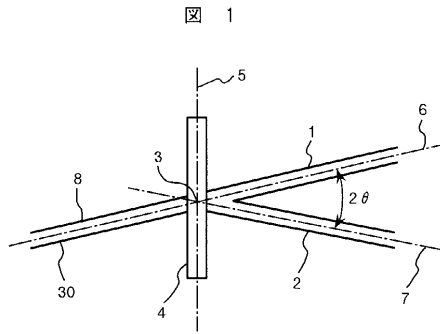
【符号の説明】

1：光導波路（入射側光導波路）、2：光導波路（反射側光導波路）、3：光導波路 1 及び 2 それぞれの光軸の交点、4：光学フィルタ、5：光学フィルタの等価的反射中心面、6：入射側光導波路の軸、7：反射側光導波路の軸、8：フィルタ位置がずれたときの反射光の光軸、9：漏れ光、10：マルチモード干渉型光導波路、11：第 1 の光導波路、12：第 2 の光導波路、13：第 3 の光導波路、14：第 4 の光導波路、15：光学フィルタ、16：従来構造の光合分波器、17：光導波路 1 及び 2 の重なり部分、18：反射戻り光、20：基板（例えば、Si 基板）、21：下部クラッド層、22：コア層、23：上部クラッド層、24：マルチモード干渉型導波路と第 1 の光導波路の結合部、25：マルチモード干渉型導波路と第 2 の光導波路の結合部、26：マルチモード干渉型導波路と第 3 の光導波路の結合部、27：マルチモード干渉型導波路と第 4 の光導波路の結合部、28：本実施例におけるフィルタの位置ずれによる反射光の損失増加量、29：従来構造の光合分波器におけるフィルタの位置ずれによる反射光の損失増加量、30：第 2 の光導波路 12 からシングルモード光を入射した光の接合部 31 における損失、31：第 2 の光導波路 12 からシングルモード光を入射した光の接合部 34 における損失、32：光ファイバ設置用の V 溝、33：光ファイバ設置用の V 溝、34：光ファイバ設置用の V 溝、35：フォトダイオード、36：レーザーダイオード、37：フォトダイオード用電極、38：レーザーダイオード用電極、39：第 1 の実施例である光合分波器、40：光合分波器間を結ぶ光導波路、41：複数のフォトダイオード、42：光学フィルタ、43：光学フィルタ、44：光ファイバ、45：光送受信モジュール、46：送信用 IC、47：受信用 IC、48：ペルチェ素子、49 光ファイバ。

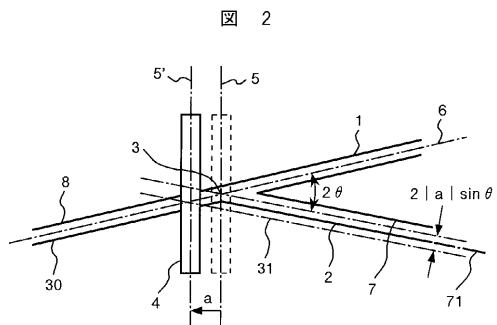
30

40

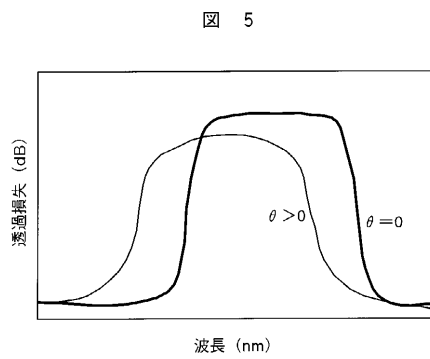
【図 1】



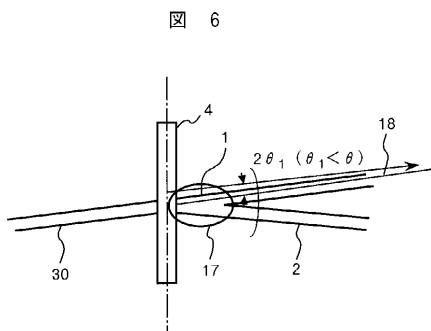
【図 2】



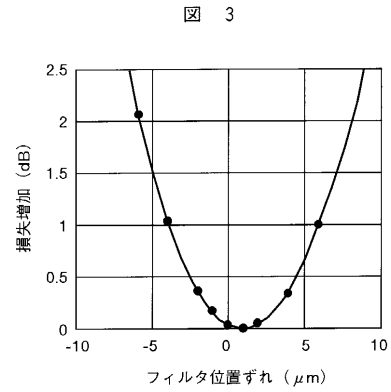
【図 5】



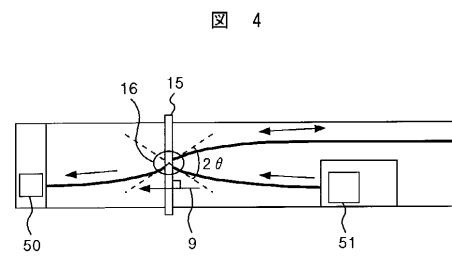
【図 6】



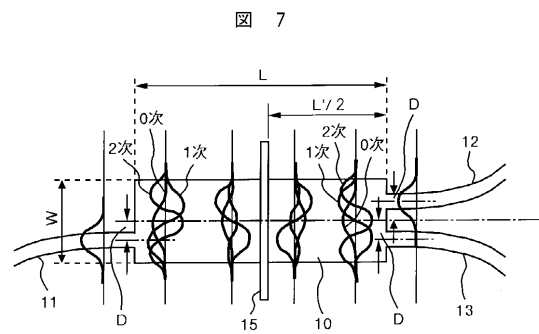
【図 3】



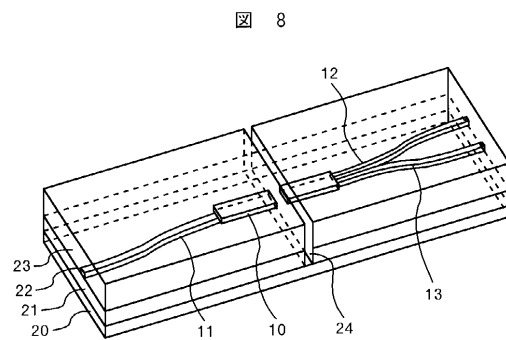
【図 4】



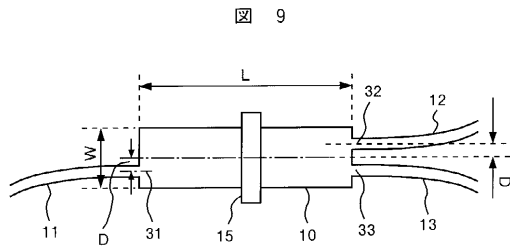
【図 7】



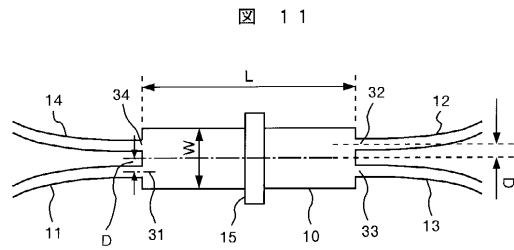
【図 8】



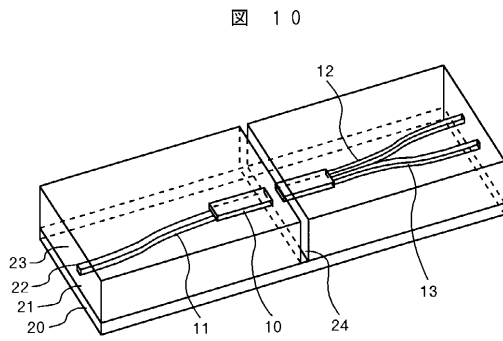
【 図 9 】



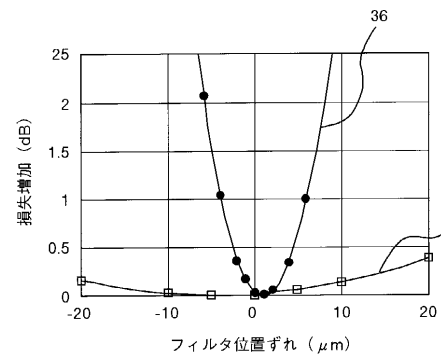
【 図 1 1 】



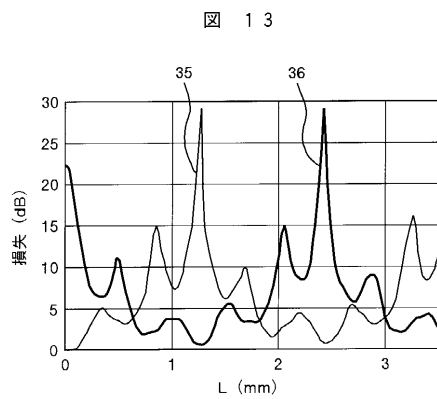
【 図 1 0 】



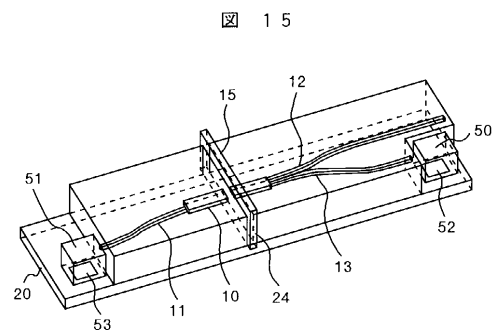
☒ 1 2



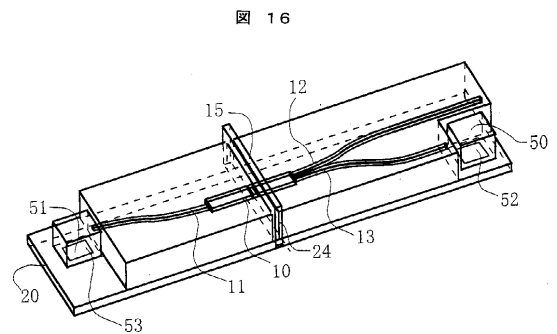
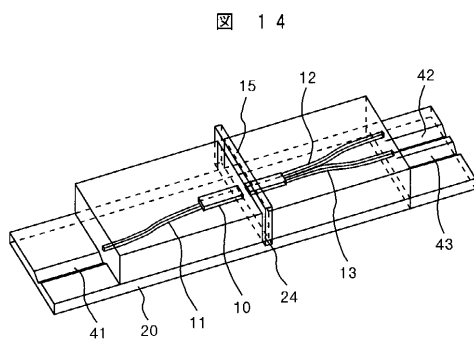
【 図 1 3 】



【 図 1 5 】

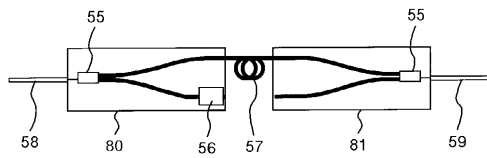


【 ㄨ 1 6 】



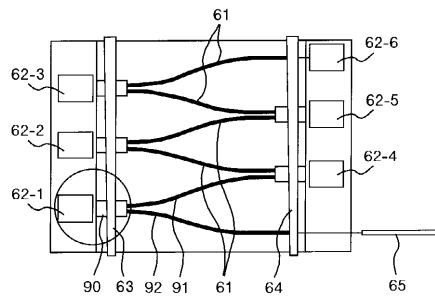
【図 17】

図 17



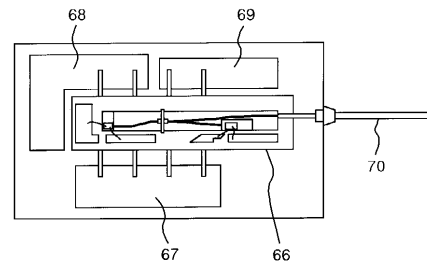
【図 18】

図 18



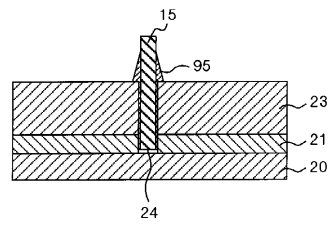
【図 19】

図 19



【図 20】

図 20



フロントページの続き

(72)発明者 井戸 立身

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

審査官 日夏 貴史

(56)参考文献 特開平08-190026(JP,A)

国際公開第98/039679(WO,A1)

特開平11-068705(JP,A)

特表平11-507738(JP,A)

特開昭51-57457(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

G02B 6/12 - 6/14

G02B 6/28 - 6/293