

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3784701号
(P3784701)

(45) 発行日 平成18年6月14日(2006.6.14)

(24) 登録日 平成18年3月24日(2006.3.24)

(51) Int. Cl.

F I

G O 2 B 6/12 (2006.01)

G O 2 B 6/12

F

G O 2 B 6/30 (2006.01)

G O 2 B 6/30

G O 2 B 6/42 (2006.01)

G O 2 B 6/42

請求項の数 15 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2001-354538 (P2001-354538)
 (22) 出願日 平成13年11月20日(2001.11.20)
 (65) 公開番号 特開2003-156640 (P2003-156640A)
 (43) 公開日 平成15年5月30日(2003.5.30)
 審査請求日 平成16年7月14日(2004.7.14)

(73) 特許権者 000005108
 株式会社日立製作所
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 (73) 特許権者 000005120
 日立電線株式会社
 東京都千代田区外神田四丁目14番1号
 (74) 代理人 110000350
 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
 (72) 発明者 鷹野 秀明
 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】 光回路部材および光トランシーバ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

所望の波長域の波長の光を透過し且つ他の所望の波長域に光を反射する特性を有するフィルタと、

前記フィルタからの反射光を反射可能で且つ前記フィルタと実質的に平行に配置されたミラーと、

前記フィルタと前記ミラーとの間に延在した複数の曲がり光導波路で構成され且つ前記フィルタと前記ミラーとの間で前記曲がり光導波路を介して相互反射を可能とする第2の光通路であって、且つ前記ミラーの受光側から前記フィルタの受光側に延在する前記曲がり光導波路が光の進行方向を変化させる光導波路であるような第2の光通路と、

前記第2の光通路内の曲がり光導波路の所定の端部に光学的に接続された当該光回路部材の入出力端となす第1の光通路と、

前記フィルタに対して前記第2の光通路とは反対の位置に、前記第1の光通路と光学的に接続された前記第2の光通路内の曲がり光導波路が前記フィルタに達する位置、及び、前記フィルタと前記ミラーとの間に設けられた前記第2の光通路内の曲がり光導波路が前記フィルタに達する位置より成る群に含まれる複数の所定位置の各々に対応して設けられ、当該光回路部材の他方の入出力端となす第3の光通路と、を有し

前記フィルタが、これに対する入射角度を大きくすると透過波長が短波長側にシフトする特性を有し、各波長チャネル毎に異なる角度で前記フィルタの異なる位置に入射し、当該入射位置に対応して前記第3の光通路が設けられており、この第3の光通路を設ける位

10

20

置は、前記第 2 の光通路内での曲がり光導波路を介しての光の相互反射における前記フィルタでの反射位置に対応しており、且つ

前記第 3 の光通路が、当該第 3 の光通路から射出する前記各波長チャネルの光が等波長間隔となるようになされていることを特徴とする光回路部材。

【請求項 2】

前記第 2 の光通路内の曲がり光導波路の前記フィルタへの各入射角が、前記第 1 の光通路から複数の波長を有する光を入射した時、前記第 3 の光通路に達した光が、その各位置で異なる波長の光が選択的に分波される入射角となされたことを特徴とする請求項第 1 項に記載の光回路部材。

【請求項 3】

少なくとも、所望の波長域の波長の光を透過し且つ他の所望の波長域の光を反射する特性を有するフィルタと、ミラーと、光導波路にて構成される平面光波回路とを有し、

前記フィルタと前記ミラーとは前記平面光波回路の第 1 の入出力端と第 2 の入出力端の中間に、実質的に平行に配置され、且つ

前記平面光波回路を構成する光導波路は、当該平面光波回路の第 1 の入出力端となる光導波路の第 1 の端部から前記フィルタに対して、所定の角度で入射するように導波する第 1 の部分と、前記フィルタと前記ミラーとの間で相互反射が可能な第 2 の部分と、前記フィルタから当該平面光波回路の第 2 の入出力端となる光導波路の第 2 の端部に導波する第 3 の部分とを有し、且つ前記第 3 の部分が有する前記第 2 の入出力端となる光導波路は複数箇設けられ、且つ

前記第 2 の部分は複数の曲がり光導波路を有して構成され、且つ前記ミラーの受光側から前記フィルタの受光側に延在する前記曲がり光導波路が光の進行方向を変化される光導波路であり、

前記フィルタが、これに対する入射角を大きくすると透過波長が短波長側にシフトする特性を有し、各波長チャネル毎に異なる角度で前記フィルタの異なる位置に入射し、

前記第 3 の部分から射出する前記各波長チャネルの光が等波長間隔となるようになされたことを特徴とする光回路部材。

【請求項 4】

前記フィルタがフラットトップ型の透過特性を有することを特徴とする請求項 1 に記載の光回路部材。

【請求項 5】

当該光回路部材における光路長の最も長い波長チャネルについて、前記第 2 の光通路から前記第 3 の光通路へ、前記フィルタを介在せず光結合することを特徴とする請求項 1 に記載の光回路部材。

【請求項 6】

前記第 3 の光通路に曲がり光導波路が含まれることを特徴とする請求項 1 に記載の光回路部材。

【請求項 7】

前記フィルタがその受光面の方向に、入射角度による波長分離特性の異なる 2 つ以上の領域で構成され、

当該光回路部材に入射させる光の波長多重数が 3 以上であることを特徴とする請求項 1 に記載の光回路部材。

【請求項 8】

前記平面光波回路の材料が C - H 結合を有する有機高分子樹脂からなり、

入射光全てが 1 . 4 μ m 未満の波長多重光からなり、且つ長波側波長チャネルの光路長が最も短く、短波側波長チャネルになるに従い光路長が長くなること、又は、入射光が 1 . 4 μ m 以上の波長多重光からなり、且つ短波側波長チャネルの光路長が最も短く、長波側波長チャネルになるに従い光路長が長くなること、を特徴とする請求項 3 に記載の光回路部材。

【請求項 9】

前記第 2 の光通路は曲がり光導波路を有して構成されることを特徴とする請求項 8 に記載の光回路部材。

【請求項 1 0】

前記有機高分子樹脂がハロゲン化されたポリイミドまたはポリメチルメタクリレートであることを特徴とする請求項 8 に記載の光回路部材。

【請求項 1 1】

当該光回路部材が、前記第 1 の光通路を光の入力端とする光分波器であることを特徴とする請求項 1 に記載の光回路部材。

【請求項 1 2】

当該光回路部材が、前記複数の第 3 の光通路を光の入力端とする光合波器であることを特徴とする請求項 1 に記載の光回路部材。

10

【請求項 1 3】

当該光回路部材が、前記第 1 の入出力端を光の入力端とする光分波器であることを特徴とする請求項 8 に記載の光回路部材。

【請求項 1 4】

当該光回路部材が、前記第 2 の入出力端を光の入力端とする光合波器であることを特徴とする請求項 8 に記載の光回路部材。

【請求項 1 5】

第 1 の光回路部材と当該第 1 の光回路部材よりの光を受光する第 1 の光電変換部とを少なくとも有する第 1 の信号系、及び、電気信号を光に変換する第 2 の光電変換部と当該第 2 の光電変換部よりの光信号を受光する第 2 の光回路部材とを少なくとも有する第 2 の信号系を有し、且つ前記第 1 及び第 2 の光回路部材の内の少なくともいずれかが請求項 1 に記載の光回路部材であることを特徴とする光トランシーバ。

20

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本願発明は波長分割多重方式光通信システムに関するものである。より具体的には、本願発明は、特に特定の所望波長の光を透過し残りの所望の波長の光を反射するフィルタを利用した光回路部材、光合分波器、及び光トランシーバなどに関するものである。

【0002】

30

【従来の技術】

波長分割多重(WDM)方式は、少なくとも波長が異なる複数のレーザと、それらを一つに束ねて光ファイバへ入力する光合波器と、光ファイバから出力した波長多重光を波長分離する光分波器と、複数のフォトダイオードで構成される。WDM方式では、波長多重数を増やすことにより、容易に光ファイバの大容量化が可能である。近年、WDM方式による大容量化は、ローカルエリアネットワーク(LAN)の様なローコストシステムへも適用され始めている。この為、光合分波器は小型化、ローコスト化が要求されている。

【0003】

このような光合分波器の従来技術としては、特定の波長を透過し残りの波長を反射するフィルタを利用する方式が、比較的簡素な構成で小型、ローコストにできるので、良く知られている。

40

【0004】

最も良く知られているのは、透過波長の異なるフィルタを波長多重数分用意し、ジグザグ型の光路を使って順に分波する方法である。この方法は、例えば、米国特許第 5 8 9 4 5 3 5 号明細書、米国特許 6 1 9 8 8 6 4 号明細書、米国特許 6 2 0 1 9 0 8 号明細書、特開平 1 1 - 1 8 3 7 4 1 号公報などに見られる。

又、波長チャネル毎に異なる角度でフィルタに入射させる方法も提案されている。この例は、例えば米国特許第 5 8 0 8 7 6 3 号明細書、特開平 7 - 4 9 4 3 0 号公報、特開平 5 - 2 0 3 8 3 0 号公報、特開平 1 0 - 4 8 4 3 9 号公報に見られる。これは、フィルタへの入射角を大きくすると、透過波長が短波側にシフトする特性を利用したものである。

50

即ち、波長チャネル毎に入射角 を変えることで透過波長を変えることができる。従って、フィルタは1つだけで済み、前記方法よりも構成を簡素化できる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

本願発明の目的は、波長チャネル毎に異なる角度でフィルタに入射させる方法において、使用波長範囲を広くしても、小型化を両立できる光回路部材を提供することにある。又、本願発明の別な課題は、広範囲の使用波長域なる光回路部材の高生産性を確保せんとするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本願発明の光回路部材、その代表例たる光合分波器は、次のように構成される。尚、以下の説明は光分波器の例をもって説明するが、光の入射側を反対側とすることによって、光合波器として動作させることが出来る。即ち、本願の光回路部材は、特定の所望波長の光を透過し、残りの波長を反射するフィルタと、当該波長を反射するミラーと、平面光波回路とを有する。通例、この平面光波回路は、前記フィルタとミラーとを挿入可能な2本の溝を備える。

【0007】

そして、前記平面光波回路の有する光導波路は、平面光波回路の端面から入射した波長多重光を特定の角度で前記フィルタへ導く入射部（第1の部分）と、前記フィルタからの反射光を前記ミラーにより再び前記フィルタに導くことを繰り返す多重反射部（第2の部分）と、前記フィルタからの透過光を端面へ導く出射部（第3の部分）とからなる。前記多重反射部におけるフィルタへの入射角が少なくとも2種類ある。そして、通例、フィルタの数が波長多重数よりも少ない光合分波器として用いられる。

【0008】

前記多重反射部に、いわゆる曲がり光導波路を設け、前記フィルタと前記ミラーとを実質的に平行に配置する。このフィルタとミラーとを実質的に平行に配置することが可能なことが、本願発明の大きな利点である。尚、曲がり光導波路については後述する。

【0009】

本願発明の代表的な形態を光通路に即して次のようにも述べる事が出来る。即ち、所望の波長域の波長の光を透過し且つ他の所望の波長域の光を反射する特性を有するフィルタと、ミラーと、第1の光通路、第2の光通路、及び複数の第3の光通路とを有し、前記フィルタは、第1の光通路に対向して設けられ、前記フィルタからの反射光を受ける側に、当該フィルタと前記ミラーとが前記第2の光通路を挟んで実質的に平行に配置され、前記フィルタと前記ミラーとの間で前記第2の光通路を介して相互反射が可能であり、前記フィルタに対して前記第2の光通路とは反対側に、前記第1の光通路の前記フィルタに達する光通路の位置、及び前記フィルタと前記ミラーとの間に設けられた前記第2の光通路が前記フィルタに達する光通路の位置の各々に対応して各々第3の光通路が配置され、前記第2の光通路は曲がり光導波路で構成し且つ前記第2の光通路の前記フィルタへの入射角が少なくとも2種類あることを特徴とする光回路部材である。

【0010】

尚、本願発明はその光の入射側によって、光分波器としても、光合波器としても用いることが出来る。

【0011】

【発明の実施の形態】

<基本構成の説明>

図1は、本願発明の実施の一形態として、4波長を分離する光分波器の例の上面図である。入射光20は1～4からなる4波長多重光の例である。光分波器本体は、溝2、溝3を設けられた平面光波回路（PLC：Planer Light Circuit）1と、そこに挿入されるフィルタ10及びミラー11で構成される。PLC1には光導波路7が形成されている。平面光波回路、フィルタ、及びミラー自体は通例のもので十分であ

10

20

30

40

50

る。例えば、平面光波回路は光導波路にて構成される。この光導波路は、無機材料、例えばガラス、或いは有機高分子樹脂を用いても構成することが出来る。尚、図 2 において、符号 1 にてこの平面光波回路の全体を例示し、この内部に光導波路 7 が設けられる。この図では光導波路 7 はそのコア部分を示している。そして、このコア部分はクラッド部分で埋設されている。概略で述べれば、符号 1 で示された箱型領域のコア部分 7 以外はクラッド材料で構成されている。勿論、この平面光波回路の具体的構成はこの例に限られるものではない。

【 0 0 1 2 】

その光導波路パターンは、入射光 20 を特定の角度でフィルタ 10 へ導く入射部 4 と、フィルタ 10 からの反射光をミラー 11 により再びフィルタ 10 に導くことを繰り返す多重反射部 5 と、フィルタ 10 からの透過光を端面へ導く出射部 6 で構成されている。

【 0 0 1 3 】

図 2 は、図 1 の光分波器の斜視図である。これを参照して、上記構成の作製方法について説明する。

【 0 0 1 4 】

まず、シリコンやガラスで構成されるウエハ 8 に、ガラス材料またはポリマ材料を積層させ、通常のフォトリソグラフィ技術及びエッチング技術を利用して、入射部 4、多重反射部 5、出射部 6 の導波路パターンを形成することで、P L C 1 を作製する。この段階では、一つのウエハに複数の光分波器が形成される。続いて、ダイシングソウを用いて溝 2、溝 3 を形成する。その後、再びダイシングソウを用いて、個々の素子（即ち、図 2 の形状）に切り離す。最後に、フィルタ 10、ミラー 11 を溝 2、溝 3 に挿入し、接着剤で固定する。

ここで溝 2、溝 3 の溝幅、およびフィルタ 10、ミラー 11 の厚さは、光導波路 7 の寸断に伴う過剰損失を極力抑制する為、20 μ m 程度にすることが望ましい。即ち、ダイシングブレードは、市販品で刃厚がこの値であるものを用いれば良く、フィルタ 10 は市販の、ポリイミド上に積層した極薄タイプを用いれば良い。ミラー 11 も、フィルタ 10 と同種構造で、当該波長（1 ~ 4）を全て反射するものを用いれば良いし、ポリイミド上に金（Au）やアルミニウム（Al）等金属材料を蒸着することでも、容易に実現できる。

【 0 0 1 5 】

本願発明では、多重反射部 5 に曲がり導波路を設けることにより、フィルタ 10 への入射角 θ を順に a、b、c、d に変える。尚、図 1 を参酌すれば、この角度の取り方が十分理解されるであろう。具体的には、 $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ 、 $c = 18.7^\circ$ 、 $d = 22.3^\circ$ に設定することで、 1350 nm (1)、 1325 nm (2)、 1300 nm (3)、 1275 nm (4) の 4 波長多重光を分離することが出来る。

【 0 0 1 6 】

図3は、フィルタへの入射角 θ を変えた際の、フィルタの透過特性の変化について計算例である。高屈折率層(H)として TiO_2 ($n = 2.3$ 、膜厚 = 147.8 nm)を、高屈折率層(L)として SiO_2 ($n = 1.46$ 、膜厚 = 232.9 nm)を用いた誘電体多層膜フィルタとした。その層構造はガラス(BK7)/HLHLHLHLHLHLHLHLHLHLH/ガラス(BK7)とした。HとLは、各々高屈折率層、高屈折率層の各層を示す。前述の図3では、横軸は波長、縦軸は透過率である。図の上部に示した角度は前記フィルタへの入射角 θ を示し、その下部の曲線が、これに対応した透過率の特性曲線である。図3中、実線と点線は、入射光の2つの偏波(入射面に対して平行なP波、及び垂直なS波)に対する各透過特性を表している。尚、偏波に関する問題は次の例で詳細に説明する。

【 0 0 1 7 】

図 3 によれば、入射角 $\theta = 7.5^\circ$ の時は透過波長が 1350 nm であるが、入射角 $\theta = 14.3^\circ$ にすると透過波長を 1325 nm にすることができ、短波側にシフトできる。

以下同様に入射角 $\theta = 18.7^\circ$ で 1300 nm に、更に入射角 $\theta = 22.3^\circ$ で 1275 nm に、透過波長を短波側にシフトできる。

【0018】

本願発明では、まず $a = 7.5^\circ$ とすることで、入射光 20 の中で 1350 nm (1) の波長チャネルのみを透過させ、残りの波長チャネル (2 ~ 4) を反射させる。続いて $b = 14.3^\circ$ とすることで 1325 nm (2) の波長チャネルのみを透過させ、残りの波長チャネル (3、 4) を反射させる。以下同様に、 $c = 18.7^\circ$ にすることで 1300 nm (3) の波長チャネルのみを透過させ、残りの波長チャネル (4) を反射させ、 $d = 22.3^\circ$ にすることで 1275 nm (4) の波長チャネルのみを透過させる。この様にして分離された各波長チャネルは、出射部 6 を通り端面へと出射される。

10

【0019】

本願発明の第一の特徴は、曲がり導波路により入射角 θ を変えるので、フィルタ 10 とミラー 11 とは実質的に平行に配置できる点にある。この点により、溝 2、溝 3 をウエハ状態で形成できるので、生産性を高める効果がある。

【0020】

この効果について、従来技術と比較してより具体的に説明する。図 4 は、溝 2、溝 3 形成時のウエハ状態を示している。3 インチウエハに本願発明が 100 個以上形成されている。

【0021】

本願発明の構成に類似する従来技術に、特開平 7 - 49430 号公報に記載された技術がある。これは、フィルタ 10 とミラー 11 に角度 θ をもたせた構成である。 75 nm の波長シフトをさせる場合、 $\theta \sim 2^\circ$ にする必要がある。この場合、溝 2、溝 3 をウエハ状態で形成することはできない。なぜなら、ウエハ上部から得られる素子 (図 4 中の U 点) と、ウエハ下部から得られる素子 (図 4 中の L 点) とでは、溝 2 と溝 3 の物理的間隔 X が変わるからである。この為、従来技術ではまず個々の素子に切り離した後に、個別に溝を形成する必要がある。溝形成に要する時間は、1 枚のウエハ当たり通常数日以上を要する難点があった。

20

【0022】

これに対して本願発明では、溝 2 と溝 3 は実質的に平行であるので、ウエハ上部から得られる素子 (図 4 中の U 点) と、ウエハ下部から得られる素子 (図 4 中の L 点) とでは、溝 2 と溝 3 の物理的間隔 X が変わらずに済む。即ち、溝 2、溝 3 をウエハ状態で形成できる。溝形成に要する時間は、1 枚のウエハ当たり 1 時間程度であり、生産性を高める効果がある。

30

【0023】

ここで「実質的に平行」と表記したのは、現実の工程では、数学的意味での完全平行ではないとの意味合いである。材料、製造工程などによって現実的な形状が現出することは言うまでもない。本願発明の実施における、平行度の目安は概ね 0.01° 以下である。この値によれば、U 点と L 点の距離を 2 インチとした時に、U 点の素子における溝 2、溝 3 の距離 X_u と、L 点の素子における距離 X_L との差 $X = X_u - X_L$ を、形成許容誤差 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下にできる。勿論、上記値は、光導波路のパラメータやウエハの大きさによって変わり得るが、同様の計算手法により算定することが出来る。

40

【0024】

本願発明の第二の特徴は、曲がり導波路を多重反射構成で用いる点にある。この点により、入射角 θ を大きく変える場合であっても、曲がり導波路は隣接波長チャネルとの入射角度差分 (例えば、 $d - c$) で済むので、曲がり導波路を用いているにも関わらず、素子を小型にできる効果がある。この効果について、従来技術と比較してより具体的に説明する。

【0025】

図 14 は、理解を容易にする為、曲がり導波路を用いるこれまでの技術を参酌して、75

50

n mの波長シフトをさせる場合を考察し図示したものである。分岐光導波路30に続いて、曲がり導波路31により、フィルタ32への入射角を $a \sim d$ にしている。一般に「曲がり導波路」は、光導波路の伝播方向を緩やかに連続的に変える光導波路を指す。光導波路の比屈折率が0.3%の場合、放射損失を0.1 dB以下にする為には、曲げ半径を25 mm以上にする必要がある。この時、例えば $d = 22.3^\circ$ にするまでに、曲がり導波路31の距離は10 mm以上必要である。換言すれば、曲がり導波路31の距離は入射角の最大値に依存し、波長範囲が広い程、長い距離が必要になる構成となっている。分岐光導波路30の長さは通常10 mm ~ 20 mm程度が必要になるので(図は正確に描かれていない)、素子は30 mmと大型になる問題があった。尚、本願発明では、光導波路に沿って複数の曲率を有する曲がり光導波路を用いることも当然可能である。即ち、本願の第2の光通路のフィルタへの入射角を少なくとも2種類になすことが肝要である。曲がり光導波路はこの為に極めて有用である。

10

【0026】

これに対して、本願発明では、曲がり導波路を多重反射構成で用いるので、入射角度差分(例えば $d - c$)だけを曲げれば良く、曲がり導波路を短くできる。例えば $d = 22.3^\circ$ の場合でも、 $d - c = 3.6^\circ$ であり、曲がり導波路の距離は1.5 mmにすることができる。即ち、本願発明によれば素子を小型にできるのである。

【0027】

実際に図1を、光導波路の比屈折率0.3%のガラス系PLCで作製した結果、曲がり半径25 mmであるにも関わらず、素子の大きさが5 mmであり、小型にできた。素子としての挿入損失は1(光路長が最も短い波長チャネル)が約1 dB、4(光路長が最も長い波長チャネル)が約3 dBであった。損失内訳は、光ファイバとの結合損失が0.1 dB/端面、溝3の透過損失0.1 dB、フィルタの透過損失が0.5 dB、フィルタ、ミラーによる反射損失が0.3 dB/点、導波損失0.1 dB/cmであった。

20

【0028】

また、この第二の特徴による小型化の効果は、1枚のウエハからとれる素子の個数を多くすることも意味しており、前記第一の特徴による効果に加え、更に生産性を高める効果もある。

【0029】

以上、本願発明が小型、高生産性を両立できることが理解される。

30

【0030】

上記では光分波器の例を述べたが、光の進行方向を逆にすることで、光合波器にすることができる。

【0031】

又、上記では、光導波路がシングルモードの場合を述べたが、マルチモードでも同様の効果が得られる。

【0032】

次の例は、フラットトップな透過特性を有するフィルタを用いた例である。本願発明のフィルタとして、図5の様なフラットトップな透過特性を有するものを用いると、偏波依存性の影響を小さくすることができる効果がある。図5も図3と同じ透過特性を示している。

40

【0033】

まず、偏波依存性の影響について、図3を参照して説明する。図3中、実線と点線は、入射光の2つの偏波、即ち、各々入射面に対して平行なP波、及び垂直なS波、に対する各透過特性を表している。入射角の絶対値が大きくなる程、透過特性の偏波依存性が大きくなっている。これは各薄膜の屈折率が偏波依存性を有しており、それが入射角の絶対値に比例して大きくなる為である。従って、特に波長範囲が広い場合に偏波依存性が問題となる。

【0034】

例えば $d = 22.3^\circ$ では、入力波長が1275 nmである場合には入射光の偏波によ

50

らず、安定に波長分離を行なうことができる。しかし、LAN等のローコストシステムにおけるWDM方式では、高価なベルチエ素子を用いないのが一般的である。この為、周囲温度が0 ~ 70 変化すると、半導体レーザの温度依存性(~ 0 . 1 nm /)により、入力波長が7 nm程度変化する。例えば、入力波長が1282 nmになった場合、 d = 22 . 3 °では入射光の偏波によって、透過光パワーが10 dBも変動する為、受信に難点を生む。

【 0 0 3 5 】

図5は、フラットトップな透過特性を有するものの一例である。具体的には、高屈折率層(H)として TiO_2 ($n=2.3$ 、膜厚 $=147.8\text{ nm}$)を、低屈折率層(L)として SiO_2 ($n=1.46$ 、膜厚 $=232.9\text{ nm}$)を用いた誘電体多層膜フィルタであって、層構造はガラス(BK7)/ALALA /ガラス(BK7)、 $A=HLHLHLHLHLHLHLHLHLHL$ とした時の計算例である。ここで、HとLは、前述したように、各々高屈折率層、高屈折率層の各層を示す。この様なフィルタを用いることで、フラットトップ部分の重なる波長範囲までなら、入力波長の変化を許容することができ、前述の偏波に基づく難点を克服することが出来る。

【 0 0 3 6 】

尚、ここでフラットトップとは、上記の半導体レーザの温度依存性を参考に、1 dB 帯域幅が 7 nm 以上であることが目安である。

【 0 0 3 7 】

更に、本願発明では、クロストークが許容できるのであれば、図6に示すように、最後の波長チャネル、即ち、光路長の最も長い波長チャネル、のみフィルタを挿入せず、多重反射部光導波路5から出射部光導波路6へ直接光結合する構成にすれば、上記の偏波依存性による影響を無くし、且つ最後の波長チャネルの過剰損を減らすことができる効果がある。

【 0 0 3 8 】

又、本願発明のフィルタは、上記の様な、ある波長を中心に透過し、ある波長から離れると反射するバンドパス・フィルタである必要は無い。例えば図1においては、ある波長未満は反射し、ある波長以上は透過する様な、エッジ型のフィルタであっても、同様の効果が得られる。

【 0 0 3 9 】

本願発明における P L C 1 としては、ガラス系であっても、ポリマ系であっても良い。ガラス系であれば、前述した様に、導波損失 0.1 dB/cm 程度にできるので、導波による損失は殆ど無視できる。

【 0 0 4 0 】

一方、ポリマ系、特に近赤外領域において透明な、フッ素などのハロゲン化物で一部の水素を置換したポリイミド材料や、同様のPMMA（ポリメチルメタクリレート）材料である場合には、ガラス系に比べ、導波損失が大きい。特に、C-H結合による吸収により、1.4 μm 帯の導波損失が大きく無視できない。

【 0 0 4 1 】

そこで、PLC1が上記材料で有る場合には、用いる波長帯域によって、光導波路のパターンを下記のごときものを選択することによって、導波による損失を無視可能な程度に小さくできる効果がある。

【 0 0 4 2 】

1.3 μm 帯の光分波器としては、図7(a)の光導波路パターンが、1.5 μm 帯の光分波器としては、図8(a)に示す導波路パターンが好ましい。図7及び図8は導波路パターンの例を示す平面図及び諸特性を示す図である。各図の(a)は導波路パターンの例を示す平面図、(b)は波長と導波路損失との関係を示す図、(c)は波長と導波路長との関係を示す図、及び(d)は波長と導波による損失との関係を示す図である。

【 0 0 4 3 】

図 7 (a) は、 1 2 7 5 n m (4)、 1 3 0 0 n m (3)、 1 3 2 5 n m (2)、

1350nm (1) の4波を波長分離する光分波器を表している。この場合、それぞれの導波損失は、図7 (b) に示す様に、0.3dB/cm (4)、0.3dB/cm (3)、0.5dB/cm (2)、1dB/cm (1) である。図7 (a) の光導波路パタンの特徴は、導波損失の大きい波長チャネル、即ち1.4μmに近い波長チャネル、の光路長を最短にしている点にある。即ち、図7 (c) に示す様に、それぞれ0.5cm (1)、0.9cm (2)、1.3cm (3)、1.8cm (4) となっている。従って、図7 (d) に示す様に、波長によらず導波による損失を0.5dB程度に小さくできる効果がある。

【0044】

同様に、図8 (a) は、1475nm (4)、1500nm (3)、1525nm (2)、1550nm (1) の4波を波長分離する光分波器を表している。この場合、それぞれの導波損失は、図8 (b) に示す様に、1dB/cm (4)、0.5dB/cm (3)、0.3dB/cm (2)、0.3dB/cm (1) である。図8 (a) の光導波路パタンの特徴も、導波損失の大きい波長チャネル (即ち1.4μmに近い波長チャネル) の光路長を短くしている点にある。即ち図8 (c) に示す様に、それぞれ0.7cm (4)、1.2cm (3)、1.6cm (2)、2cm (1) となっている。従って、図8 (d) に示す様に、波長によらず導波による損失を0.6dB程度に小さくできる効果がある。

【0045】

次の例は出射側光導波路に曲がり導波路を用いた例である。本願発明では、又、出射側光導波路6に曲がり導波路を用いる構成にすることにより、出射光21a~21dの方向、及び物理的間隔を揃えることができる。

【0046】

図9は本願発明の他の実施例として、出射光21a~21dを素子端面に対して垂直かつ等間隔 (1mm) にしたものである。光導波路の比屈折率は0.3%とし、曲がり半径25mmを用いた。素子大きさは6mm×13mmである。

【0047】

この様に垂直かつ等間隔にすることで、レーザアレイやPD (フォト・ダイオード) アレイ等のアレイ素子や、リボン光ファイバとのアライメントが1回で済むので、組立時間を短縮できる効果がある。この構成は、入射角 を大きく変える場合に、出射光21a~21dがバラバラになってしまうので、特に効果がある。尚、他の符号は図1のものと同様である。

【0048】

上記構成は、V溝付PLC9やハイブリッド実装技術との併用もすることができる。例えば、図10は、V溝付PLCを用いた実施例を示す斜視図である。入力側の光ファイバ、出力側のリボン光ファイバを、V溝にパッシブアライメントすることができ、更に組立時間を短くできる効果がある。符号50が出力側のリボン光ファイバを保持するV溝、符号51が入力側の光ファイバを保持するV溝である。その他の符号は図1と同様の部分を示す。

【0049】

特に図示はしないが、同様にハイブリッド実装技術を用いれば、半導体素子と集積化し、小型な波長多重送信モジュール、または波長分波受信モジュールも実現できる。

【0050】

又、上記構成では、出射側の曲がり導波路の長さは、入射角 の絶対値に依存する。即ち、入射角 が大きくなれば、素子端面に垂直に出射させる為には曲がり導波路もそれだけ長くする必要がある。

【0051】

そこで図11に示す様に、波長多重数未満の複数枚のフィルタを用いる構成にしても良い。これはフィルタ12について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として1350nm (1)、1325nm (2) の2波長のみを分離し、フィルタ13について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として1325nm (3)、1300nm (4) の2波長のみを分離し、フィルタ14について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として1300nm (5)、1275nm (6) の2波長のみを分離し、フィルタ15について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として1275nm (7)、1250nm (8) の2波長のみを分離し、フィルタ16について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として1250nm (9)、1225nm (10) の2波長のみを分離し、フィルタ17について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として1225nm (11)、1200nm (12) の2波長のみを分離し、フィルタ18について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として1200nm (13)、1175nm (14) の2波長のみを分離し、フィルタ19について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として1175nm (15)、1150nm (16) の2波長のみを分離し、フィルタ20について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として1150nm (17)、1125nm (18) の2波長のみを分離し、フィルタ21について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として1125nm (19)、1100nm (20) の2波長のみを分離し、フィルタ22について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として1100nm (21)、1075nm (22) の2波長のみを分離し、フィルタ23について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として1075nm (23)、1050nm (24) の2波長のみを分離し、フィルタ24について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として1050nm (25)、1025nm (26) の2波長のみを分離し、フィルタ25について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として1025nm (27)、1000nm (28) の2波長のみを分離し、フィルタ26について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として1000nm (29)、975nm (30) の2波長のみを分離し、フィルタ27について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として975nm (31)、950nm (32) の2波長のみを分離し、フィルタ28について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として950nm (33)、925nm (34) の2波長のみを分離し、フィルタ29について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として925nm (35)、900nm (36) の2波長のみを分離し、フィルタ30について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として900nm (37)、875nm (38) の2波長のみを分離し、フィルタ31について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として875nm (39)、850nm (40) の2波長のみを分離し、フィルタ32について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として850nm (41)、825nm (42) の2波長のみを分離し、フィルタ33について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として825nm (43)、800nm (44) の2波長のみを分離し、フィルタ34について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として800nm (45)、775nm (46) の2波長のみを分離し、フィルタ35について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として775nm (47)、750nm (48) の2波長のみを分離し、フィルタ36について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として750nm (49)、725nm (50) の2波長のみを分離し、フィルタ37について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として725nm (51)、700nm (52) の2波長のみを分離し、フィルタ38について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として700nm (53)、675nm (54) の2波長のみを分離し、フィルタ39について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として675nm (55)、650nm (56) の2波長のみを分離し、フィルタ40について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として650nm (57)、625nm (58) の2波長のみを分離し、フィルタ41について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として625nm (59)、600nm (60) の2波長のみを分離し、フィルタ42について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として600nm (61)、575nm (62) の2波長のみを分離し、フィルタ43について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として575nm (63)、550nm (64) の2波長のみを分離し、フィルタ44について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として550nm (65)、525nm (66) の2波長のみを分離し、フィルタ45について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として525nm (67)、500nm (68) の2波長のみを分離し、フィルタ46について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として500nm (69)、475nm (70) の2波長のみを分離し、フィルタ47について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として475nm (71)、450nm (72) の2波長のみを分離し、フィルタ48について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として450nm (73)、425nm (74) の2波長のみを分離し、フィルタ49について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として425nm (75)、400nm (76) の2波長のみを分離し、フィルタ50について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として400nm (77)、375nm (78) の2波長のみを分離し、フィルタ51について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として375nm (79)、350nm (80) の2波長のみを分離し、フィルタ52について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として350nm (81)、325nm (82) の2波長のみを分離し、フィルタ53について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として325nm (83)、300nm (84) の2波長のみを分離し、フィルタ54について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として300nm (85)、275nm (86) の2波長のみを分離し、フィルタ55について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として275nm (87)、250nm (88) の2波長のみを分離し、フィルタ56について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として250nm (89)、225nm (90) の2波長のみを分離し、フィルタ57について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として225nm (91)、200nm (92) の2波長のみを分離し、フィルタ58について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として200nm (93)、175nm (94) の2波長のみを分離し、フィルタ59について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として175nm (95)、150nm (96) の2波長のみを分離し、フィルタ60について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として150nm (97)、125nm (98) の2波長のみを分離し、フィルタ61について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として125nm (99)、100nm (100) の2波長のみを分離し、フィルタ62について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として100nm (101)、75nm (102) の2波長のみを分離し、フィルタ63について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として75nm (103)、50nm (104) の2波長のみを分離し、フィルタ64について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として50nm (105)、25nm (106) の2波長のみを分離し、フィルタ65について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として25nm (107)、0nm (108) の2波長のみを分離し、フィルタ66について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として0nm (109)、-25nm (110) の2波長のみを分離し、フィルタ67について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-25nm (111)、-50nm (112) の2波長のみを分離し、フィルタ68について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-50nm (113)、-75nm (114) の2波長のみを分離し、フィルタ69について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-75nm (115)、-100nm (116) の2波長のみを分離し、フィルタ70について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-100nm (117)、-125nm (118) の2波長のみを分離し、フィルタ71について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-125nm (119)、-150nm (120) の2波長のみを分離し、フィルタ72について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-150nm (121)、-175nm (122) の2波長のみを分離し、フィルタ73について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-175nm (123)、-200nm (124) の2波長のみを分離し、フィルタ74について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-200nm (125)、-225nm (126) の2波長のみを分離し、フィルタ75について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-225nm (127)、-250nm (128) の2波長のみを分離し、フィルタ76について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-250nm (129)、-275nm (130) の2波長のみを分離し、フィルタ77について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-275nm (131)、-300nm (132) の2波長のみを分離し、フィルタ78について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-300nm (133)、-325nm (134) の2波長のみを分離し、フィルタ79について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-325nm (135)、-350nm (136) の2波長のみを分離し、フィルタ80について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-350nm (137)、-375nm (138) の2波長のみを分離し、フィルタ81について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-375nm (139)、-400nm (140) の2波長のみを分離し、フィルタ82について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-400nm (141)、-425nm (142) の2波長のみを分離し、フィルタ83について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-425nm (143)、-450nm (144) の2波長のみを分離し、フィルタ84について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-450nm (145)、-475nm (146) の2波長のみを分離し、フィルタ85について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-475nm (147)、-500nm (148) の2波長のみを分離し、フィルタ86について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-500nm (149)、-525nm (150) の2波長のみを分離し、フィルタ87について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-525nm (151)、-550nm (152) の2波長のみを分離し、フィルタ88について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-550nm (153)、-575nm (154) の2波長のみを分離し、フィルタ89について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-575nm (155)、-600nm (156) の2波長のみを分離し、フィルタ90について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-600nm (157)、-625nm (158) の2波長のみを分離し、フィルタ91について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-625nm (159)、-650nm (160) の2波長のみを分離し、フィルタ92について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-650nm (161)、-675nm (162) の2波長のみを分離し、フィルタ93について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-675nm (163)、-700nm (164) の2波長のみを分離し、フィルタ94について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-700nm (165)、-725nm (166) の2波長のみを分離し、フィルタ95について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-725nm (167)、-750nm (168) の2波長のみを分離し、フィルタ96について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-750nm (169)、-775nm (170) の2波長のみを分離し、フィルタ97について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-775nm (171)、-800nm (172) の2波長のみを分離し、フィルタ98について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-800nm (173)、-825nm (174) の2波長のみを分離し、フィルタ99について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-825nm (175)、-850nm (176) の2波長のみを分離し、フィルタ100について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-850nm (177)、-875nm (178) の2波長のみを分離し、フィルタ101について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-875nm (179)、-900nm (180) の2波長のみを分離し、フィルタ102について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-900nm (181)、-925nm (182) の2波長のみを分離し、フィルタ103について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-925nm (183)、-950nm (184) の2波長のみを分離し、フィルタ104について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-950nm (185)、-975nm (186) の2波長のみを分離し、フィルタ105について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-975nm (187)、-1000nm (188) の2波長のみを分離し、フィルタ106について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1000nm (189)、-1025nm (190) の2波長のみを分離し、フィルタ107について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1025nm (191)、-1050nm (192) の2波長のみを分離し、フィルタ108について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1050nm (193)、-1075nm (194) の2波長のみを分離し、フィルタ109について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1075nm (195)、-1100nm (196) の2波長のみを分離し、フィルタ110について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1100nm (197)、-1125nm (198) の2波長のみを分離し、フィルタ111について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1125nm (199)、-1150nm (200) の2波長のみを分離し、フィルタ112について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1150nm (201)、-1175nm (202) の2波長のみを分離し、フィルタ113について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1175nm (203)、-1200nm (204) の2波長のみを分離し、フィルタ114について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1200nm (205)、-1225nm (206) の2波長のみを分離し、フィルタ115について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1225nm (207)、-1250nm (208) の2波長のみを分離し、フィルタ116について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1250nm (209)、-1275nm (210) の2波長のみを分離し、フィルタ117について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1275nm (211)、-1300nm (212) の2波長のみを分離し、フィルタ118について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1300nm (213)、-1325nm (214) の2波長のみを分離し、フィルタ119について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1325nm (215)、-1350nm (216) の2波長のみを分離し、フィルタ120について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1350nm (217)、-1375nm (218) の2波長のみを分離し、フィルタ121について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1375nm (219)、-1400nm (220) の2波長のみを分離し、フィルタ122について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1400nm (221)、-1425nm (222) の2波長のみを分離し、フィルタ123について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1425nm (223)、-1450nm (224) の2波長のみを分離し、フィルタ124について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1450nm (225)、-1475nm (226) の2波長のみを分離し、フィルタ125について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1475nm (227)、-1500nm (228) の2波長のみを分離し、フィルタ126について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1500nm (229)、-1525nm (230) の2波長のみを分離し、フィルタ127について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1525nm (231)、-1550nm (232) の2波長のみを分離し、フィルタ128について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1550nm (233)、-1575nm (234) の2波長のみを分離し、フィルタ129について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1575nm (235)、-1600nm (236) の2波長のみを分離し、フィルタ130について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1600nm (237)、-1625nm (238) の2波長のみを分離し、フィルタ131について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1625nm (239)、-1650nm (240) の2波長のみを分離し、フィルタ132について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1650nm (241)、-1675nm (242) の2波長のみを分離し、フィルタ133について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1675nm (243)、-1700nm (244) の2波長のみを分離し、フィルタ134について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1700nm (245)、-1725nm (246) の2波長のみを分離し、フィルタ135について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1725nm (247)、-1750nm (248) の2波長のみを分離し、フィルタ136について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1750nm (249)、-1775nm (250) の2波長のみを分離し、フィルタ137について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1775nm (251)、-1800nm (252) の2波長のみを分離し、フィルタ138について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1800nm (253)、-1825nm (254) の2波長のみを分離し、フィルタ139について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1825nm (255)、-1850nm (256) の2波長のみを分離し、フィルタ140について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1850nm (257)、-1875nm (258) の2波長のみを分離し、フィルタ141について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1875nm (259)、-1900nm (260) の2波長のみを分離し、フィルタ142について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1900nm (261)、-1925nm (262) の2波長のみを分離し、フィルタ143について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1925nm (263)、-1950nm (264) の2波長のみを分離し、フィルタ144について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1950nm (265)、-1975nm (266) の2波長のみを分離し、フィルタ145について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-1975nm (267)、-2000nm (268) の2波長のみを分離し、フィルタ146について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-2000nm (269)、-2025nm (270) の2波長のみを分離し、フィルタ147について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-2025nm (271)、-2050nm (272) の2波長のみを分離し、フィルタ148について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-2050nm (273)、-2075nm (274) の2波長のみを分離し、フィルタ149について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-2075nm (275)、-2100nm (276) の2波長のみを分離し、フィルタ150について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-2100nm (277)、-2125nm (278) の2波長のみを分離し、フィルタ151について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-2125nm (279)、-2150nm (280) の2波長のみを分離し、フィルタ152について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-2150nm (281)、-2175nm (282) の2波長のみを分離し、フィルタ153について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-2175nm (283)、-2200nm (284) の2波長のみを分離し、フィルタ154について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-2200nm (285)、-2225nm (286) の2波長のみを分離し、フィルタ155について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-2225nm (287)、-2250nm (288) の2波長のみを分離し、フィルタ156について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-2250nm (289)、-2275nm (290) の2波長のみを分離し、フィルタ157について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-2275nm (291)、-2300nm (292) の2波長のみを分離し、フィルタ158について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-2300nm (293)、-2325nm (294) の2波長のみを分離し、フィルタ159について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-2325nm (295)、-2350nm (296) の2波長のみを分離し、フィルタ160について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-2350nm (297)、-2375nm (298) の2波長のみを分離し、フィルタ161について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-2375nm (299)、-2400nm (300) の2波長のみを分離し、フィルタ162について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-2400nm (301)、-2425nm (302) の2波長のみを分離し、フィルタ163について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-2425nm (303)、-2450nm (304) の2波長のみを分離し、フィルタ164について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-2450nm (305)、-2475nm (306) の2波長のみを分離し、フィルタ165について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-2475nm (307)、-2500nm (308) の2波長のみを分離し、フィルタ166について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-2500nm (309)、-2525nm (310) の2波長のみを分離し、フィルタ167について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-2525nm (311)、-2550nm (312) の2波長のみを分離し、フィルタ168について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-2550nm (313)、-2575nm (314) の2波長のみを分離し、フィルタ169について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として-2575nm (315)、-2600nm (316) の2波長のみを分離し、フィルタ170について $a = 7.5^\circ$ 、 $b = 14.3^\circ$ として

7°、 $b = 14.5^\circ$ として、1300nm(3)、1275nm(4)の2波長のみを分離している。この様な構成にすることによって、フィルタ当りのカバーする波長範囲が小さくなり、入射角の最大値を図9の22.3°から14.5°に小さくでき、素子大きさも4mm×10mmと、更なる小型化が可能である。

【0052】

ここでフィルタ12としては、図6と同構造のものを用いている。フィルタ13としては、高屈折率層(H)としてTiO₂($n = 2.3$ 、膜厚 = 142.4nm)を、低屈折率層(L)としてSiO₂($n = 1.46$ 、膜厚 = 224.3nm)を用いた誘電体多層膜フィルタであって、層構造はガラス(BK7)/ALALA A /ガラス(BK7)、 $A = H L H L H L H L H L H L H L H L H$ を用いている。ここで、HとLは前述の表示

10

【0053】

図12に、この時のフィルタ12及びフィルタ13の2枚を用いた場合の透過特性の計算値を示す。フィルタ当りのカバーする波長範囲が小さくなることで、小型化の効果の他に、前述した偏波依存性の影響を低減する効果があることがわかる。

【0054】

以上の説明では、4波長多重光の場合について述べたが、それ以上の波長多重数でも同様の効果があることは明らかである。例えば、8波多重光の場合でも、PLCに導波路パターンを形成しさえすれば、組立が煩雑になることもなく、フィルタ1枚での光合分波器も実現できる。他の実施例、例えばフィルタを2枚にする構成にすれば、小型化の効果、及び

20

【0055】

本願発明は、光システム、例えば、LAN用途の小型な光トランシーバに搭載することができる。図13はこうした光トランシーバの例を示す構成図である。符号40は光トランシーバを示す。この光トランシーバ40に入力用光ファイバー41、出力用光ファイバー50が光学的に接続される。入力用光ファイバー41は光分波器42に入力され、光多重信号より波長1より4に分波される。各波長の信号はフォトダイオード43で光電変換され、変換された電気信号はアンプ44に入力される。こうして増幅された信号は出力電気信号45として出力される。他方、当該光トランシーバ40への入力電気信号46はレーザ・ドライバ47に入力される。このレーザ・ドライバ47よりの信号はレーザ・アレー48に各々入力され、各波長に応じた波長1より4のレーザ光が発光する。これらの波長の各光が光合波器49に入力され、波長多重信号が形成される。そして、この波長多重信号は出力用光ファイバー50に導入される。

30

【0056】

本願発明はこうした光分波器42、光合波器49を提供することが出来る。この様な光トランシーバに用いられている、透過波長の異なるフィルタを波長多重数分用意し、ジグザグ型の光路を使って順に分波する方法である。例えば、米国特許第5894535号明細書、米国特許6198864号明細書、米国特許6201908号明細書、特開平11-183741号公報である。しかし、本願発明はこれらの技術に比べ、部品数を低減できるので、光合分波器をローコストにでき、光トランシーバ全体をローコスト化することが出来る。

40

<本願発明と従来技術との比較検討>

これまで用いられて来た波長チャネル毎に異なる角度でフィルタに入射させる方法は、LANの様なローコストシステムでのWDM方式には適用できない難点があった。なぜならば、この様なシステムにおいては広い波長範囲(10nm~100nm)を必要とする為、格段に大きな波長シフトが必要になるからである。この為、入射角を大きく変える必要があり、素子が大型になったり、生産性が落ちてローコスト化に難点を有する。従来は、当該技術の適用が狭い波長範囲(10nm)での使用だったので、こうした難点は現実的に認識されなかった。

【0057】

50

例えば、前記の米国特許第 5 8 0 8 7 6 3 号明細書は、バルク光学系を用いて反射面 4 4 の角度を変える構成である。この構成で入射角 θ_1 を大きく変えると、光路が複雑化し、精密光学部品及びそれらの精密な組立てが必要になり、組立時間が長くなる。

【 0 0 5 8 】

上記の様な光路の複雑化を避ける為に、前記の特開平 7 - 4 9 4 3 0 号公報、特開平 5 - 2 0 3 8 3 0 号公報、特開平 1 0 - 4 8 4 3 9 号公報は、平面光波回路 (P L C) に溝を刻み、そこにフィルタやミラーを挿入する構成を提案している。特開平 7 - 4 9 4 3 0 号公報は、フィルタ 1 とミラー 2 に角度 θ_1 をもたせて多重反射させる構成とし、反射が進むにつれて入射角 θ_1 を変える様になっている。しかしながら、この構成では、入射角 θ_1 の倍数以外に設定することができない為 ($\theta_2 = \theta_1 + 2\theta_1$)、図 2 に示される様に、等波長間隔にすることができない。従って、波長間隔の等しい W D M 方式には適用することができない。

10

【 0 0 5 9 】

特開平 5 - 2 0 3 8 3 0 号公報は、フィルタ 2 6 自体を曲げる構成とし、入射角 θ_1 を変える様になっている。しかしながら、この構成では、入射角 θ_1 を大きく変えると、フィルタ 2 6 を大きく且つ正確に曲げる必要がある為、組立容易性及び特性再現性に難点がある。

【 0 0 6 0 】

特開平 1 0 - 4 8 4 3 9 号公報は、入射光をまず分岐光導波路 2 4 で分け、次に曲がり導波路をつなげる構成とし、入射角 θ_1 を変える様になっている。しかしながらこの構成では、入射角 θ_1 を大きく変えると、曲がり導波路の部分は緩やかに曲げなければならないので、素子が大型になる問題がある。更に素子が大型になると、1 枚のウエハからとれる素子の個数も少なくなり、ロー・コストには出来がたい。

20

【 0 0 6 1 】

以上述べた様に、本願発明によれば、波長チャネル毎に異なる角度でフィルタに入射させる方法において、使用波長範囲を広くしても、小型、高生産性を両立できる光合分波器を提供することができる。

【 0 0 6 2 】

【発明の効果】

本願発明は、使用波長範囲の広く、且つ小型の光の合波ないしは分波が可能な光回路部材を提供することが出来る。且つ、本願発明の光回路部材は高生産性を確保することが出来る。

30

【図面の簡単な説明】

【図 1】図 1 は本願発明の実施例を表す上面図である。

【図 2】図 2 は本願発明の実施例を表す斜視図である。

【図 3】図 3 は本願発明の実施例を表す透過特性図である。

【図 4】図 4 は本願発明の実施例の効果についての説明図である。

【図 5】図 5 は本願発明の他の実施例の透過特性図である。

【図 6】図 6 は本願発明の他の実施例を表す上面図である。

【図 7】図 7 は本願発明の他の実施例の説明図である。

【図 8】図 8 は本願発明の他の実施例の説明図である。

40

【図 9】図 9 は本願発明の他の実施例を表す上面図である。

【図 1 0】図 1 0 は本願発明の他の実施例を表す斜視図である。

【図 1 1】図 1 1 は本願発明の他の実施例を表す上面図である。

【図 1 2】図 1 2 は本願発明の他の実施例の透過特性図である。

【図 1 3】図 1 3 は本願発明の他の実施例を表す上面図である。

【図 1 4】図 1 4 は従来例を表す上面図である。

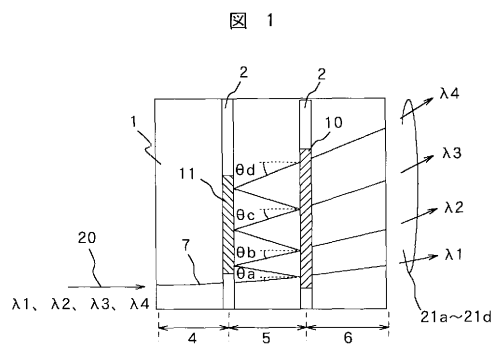
【符号の説明】

1 ... 平面光波回路、2 ... 溝、3 ... 溝、4 ... 入射部、5 ... 多重反射部、6 ... 出射部、7 ... 光導波路、8 ... ウエハ、9 ... V 溝付平面光波回路、1 0 ... フィルタ、1 1 ... ミラー、2 0 ... 入射光、2 1 a ... 出射光、2 1 b ... 出射光、2 1 c ... 出射光、2 1 d ... 出射光、3 0 ... 分

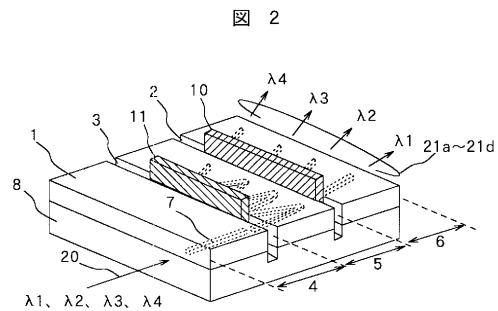
50

岐光導波路、31...曲がり導波路、32...フィルタ、40...LAN用途光トランシーバ、
41...入力光ファイバ、42...光分波器、43...フォトダイオードアレイ、44...アンプ
、45...出力電気信号、46...入力電気信号、47...レーザドライバ、48...レーザア
レイ、49...光合波器、50...出力光ファイバ。

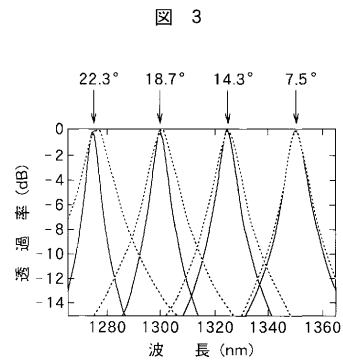
【図1】



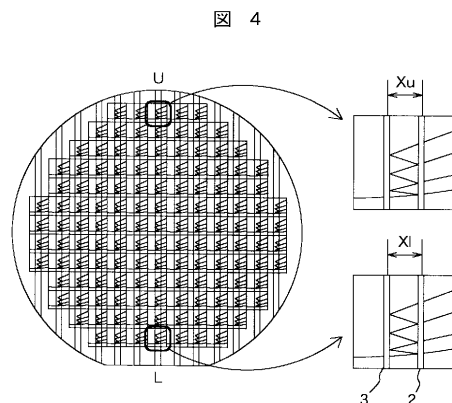
【図2】



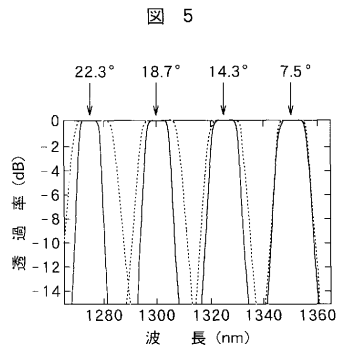
【図3】



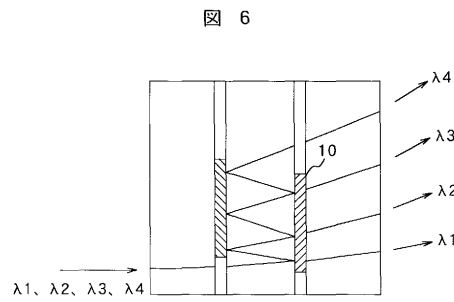
【図4】



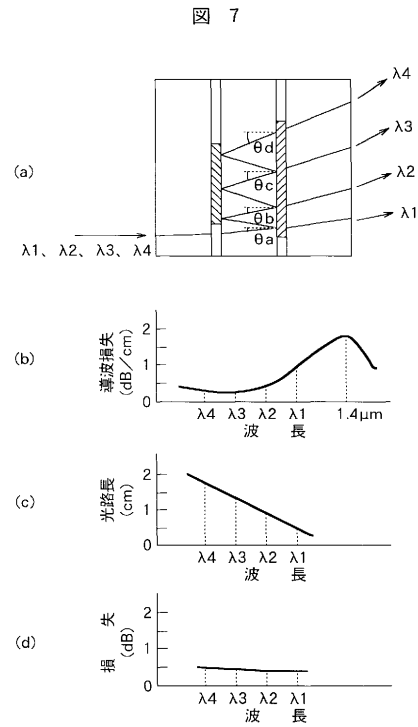
【図 5】



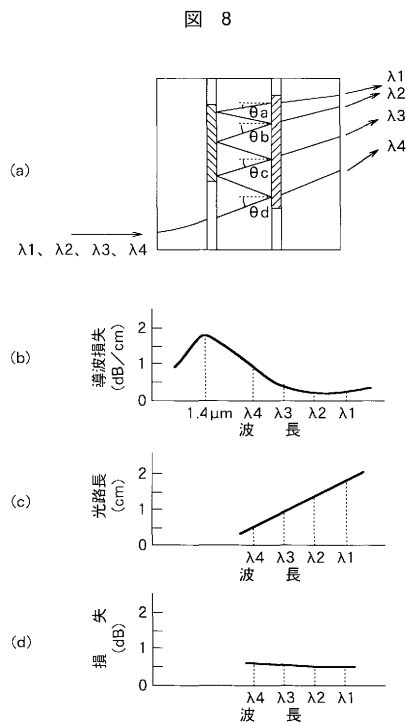
【図 6】



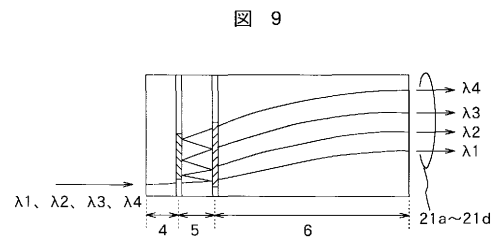
【図 7】



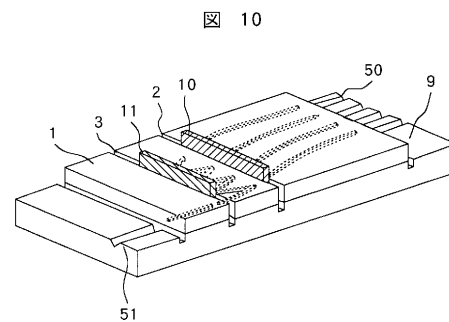
【図 8】



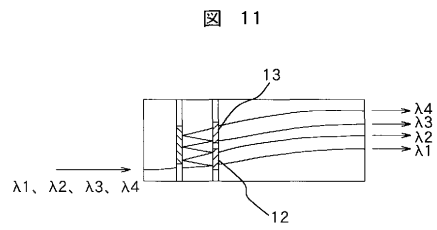
【図 9】



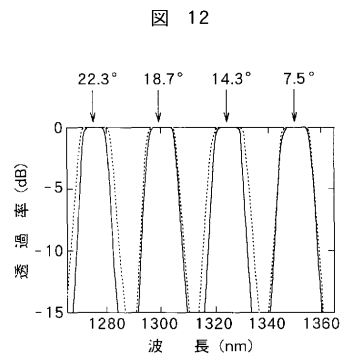
【図 10】



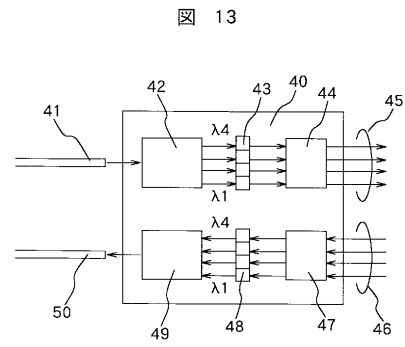
【図 1 1】



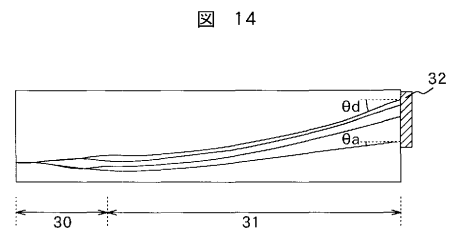
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



フロントページの続き

(72)発明者 小林 雅彦

東京都千代田区大手町一丁目6番1号 日立電線株式会社内

審査官 高 芳徳

- (56)参考文献 特開平07-049430(JP,A)
特開平10-319262(JP,A)
特開平05-203830(JP,A)
特開平09-090155(JP,A)
特開昭62-206502(JP,A)
特開平10-48439(JP,A)
特開2000-162466(JP,A)
特表2003-504661(JP,A)
米国特許第5808763(US,A)
特開平6-18733(JP,A)
特開平4-355704(JP,A)
米国特許第5088105(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 6/12 - 6/14

G02B 6/28 - 6/42

JICSTファイル(JOIS)