(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2006 年5 月18 日 (18.05.2006)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2006/051981 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 6/32 (2006.01) *G02B 6/12* (2006.01)
G02B 6/293 (2006.01) *G02B 6/122* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/020940

(22) 国際出願日: 2005 年11 月15 日 (15.11.2005)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2004-330599
2004 年11 月15 日 (15.11.2004) JP
特願2005-061032 2005 年3 月4 日 (04.03.2005) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日立化成工業株式会社 (HITACHI CHEMICAL COMPANY, LTD.) [JP/JP]; 〒1630449 東京都新宿区西新宿２丁目１番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 宮寺 信生 (MIYADERA, Nobuo) [JP/JP]; 〒3004247 茨城県つくば市和台４８ 日立化成工業株式会社 先端材料研究所内 Ibaraki (JP). 山本 礼 (YAMAMOTO, Rei) [JP/JP]; 〒3004247 茨城県つくば市和台４８ 日立化成工業株式会社 先端材料研究所内 Ibaraki (JP).

(74) 代理人: 熊倉 禎男, 外(KUMAKURA, Yoshio et al.); 〒1008355 東京都千代田区丸の内３丁目３番１号 新東京ビル 中村合同特許法律事務所 Tokyo (JP).

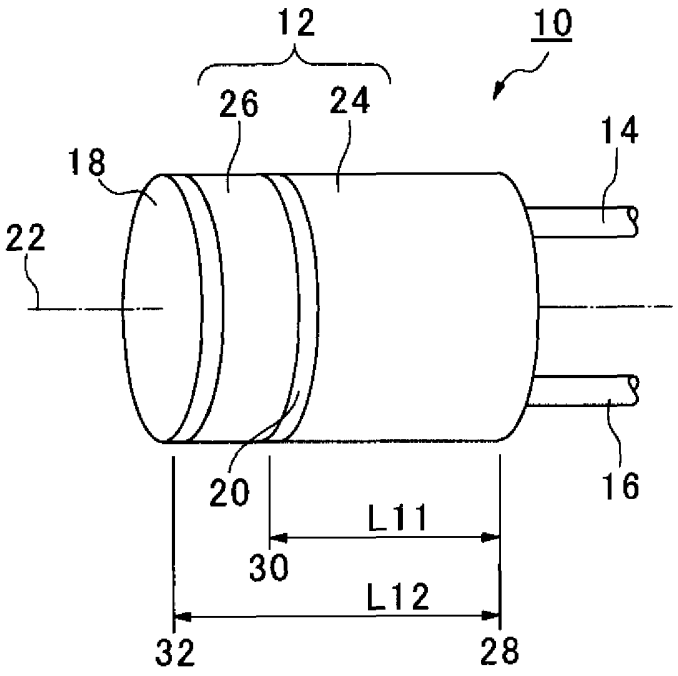
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,

[続葉有]

(54) Title: LIGHT REFLECTOR, OPTICAL COUPLER/BRANCHING FILTER, AND OPTICAL SYSTEM

(54) 発明の名称: 光反射器、光合分波器及び光システム



(57) Abstract: There are provided a light reflector, an optical coupler/branching filter, and an optical system capable of mitigating strictness of arrangement of an optical filter and improving performance of optical wavelength multiplex communication. The light reflector includes: a first optical fiber (14) and a second optical fiber (16) connected to one side of an area generating light intensity distribution according to a light wavelength such as a rod lens (12); a mirror (18) arranged at the other side; and an optical filter (20) arranged between the first and the second optical fiber (14, 16) and the mirror (18). The optical filter (20) reflects the light of a first wavelength and transmits light of a second wavelength. The mirror (18) reflects the light of the second wavelength. Thus, light of two wavelengths propagate between the first and the second optical fiber (14, 16).

(57) 要約: 光フィルタの配置の厳密さを緩和すると共に、光波長多重通信の性能を向上させることができる光反射器、光合分波器及び光システムを提供する。 本発明による光反射器は、光の波長に応じた光の強度分布を生じさせる領域、例えばロッドレンズ(12)、の一方の側に接続された第１の光ファイバー(14)及び第２の光ファイバー(16)と、他方の側に設けられたミラー(18)と、第１及び第２の光ファイバー(14,16)とミラー(18)との間に設けられた光フィルタ(20)とを有している。光フィルタ(20)は、第１の波長の光を反射し、第２の波長の光を透過し、ミラー(18)は、第２の波長の光を反射する。それにより、第１及び第２の光ファイバー(14,16)の間で、２つの波長の光が伝搬される。

WO 2006/051981 A1

KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

２文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

光反射器、光合分波器及び光システム

技術分野

[0001] 本発明は、光反射器、光システム、及び光合分波器に関し、更に詳細には、伝搬する光の波長に応じた光の強度分布を生じさせる光伝搬領域を通して光波長多重通信が行われる光反射器、光システム、及び光合分波器に関する。

背景技術

[0002] 近年、高速・大容量通信のための光波長多重(WDM:Wavelength Division Multiplexing)通信システムの研究が盛んになっている。光波長多重通信システムに使用される重要な光部品の1つに、複数の波長の光を合波又は分波する光合分波器がある。かかる光合分波器の例が、特許文献1及び非特許文献1に開示されている。

[0003] 特許文献1の図1に従来の技術として開示されている直線光導波路型光合分波器を、図16を参照して説明する。図16は、直線光導波路型光合分波器の概略図である。直線光導波路型光合分波器400は、互いに角度2θで交差している第1の直線光導波路402及び第2の直線光導波路404と、2つの直線光導波路が交差している部分に設けられた光フィルタ406と、光フィルタ406を挟んで第1の直線光導波路402の延長線上に設けられた第3の直線光導波路408とを有している。光フィルタ406は、誘電体多層膜で形成されている。また、光フィルタ406は、その等価的な反射中心面406aが上記3つの直線光導波路402、404、408のそれぞれの光軸402a、404a、408aの交点410を通り且つ第1の直線光導波路402と第2の直線光導波路404とが反射中心面406aに対して鏡像の関係になる向きに配置されている。

特許文献1には、1.3μmと1.5μmの2波長の光の伝搬に関する記載しかないが、3波長の光に応用した場合、たとえば、図16の直線光導波路型光合分波器400において、光フィルタ406を、波長1.55μm帯の光を透過し且つ波長1.49μm帯及び1.31μm帯の光を反射するLPF(Long wavelength Pass Filter)とすれば、第1の直線光導波路402に入射された波長1.55μmの光は、光フィルタ406を透過して第3の直線光導波路408に伝搬され、第1の直線光導波路402に入射された波長1

．49μm及び波長1．31μmの光は、光フィルタ406で反射して第2の直線光導波路404に伝搬される。

[0004] また、特許文献1の図9に発明として開示されている、1段の光学フィルタを用いたマルチモード光導波路型光合分波器を、図17を参照して説明する。図17はマルチモード光導波路型光合分波器の概略図である。マルチモード光導波路型光合分波器420は、光フィルタ422を挟んで両側に配置された第1のマルチモード干渉型光導波路424及び第2のマルチモード干渉型光導波路426と、第1のマルチモード干渉型光導波路424に接続された第1のシングルモード光導波路428及び第2のシングルモード光導波路430と、第2のマルチモード干渉型光導波路426に接続された第3のシングルモード光導波路432とを有している。光フィルタ422は、入射角0度の光に対して波長1．3μmの光を反射し、且つ波長1．5μmの光を透過する誘電体多層膜で形成されている。

特許文献1には2波長の光の伝搬に関する記載しかないが、3波長の光に応用した場合、たとえば、図17のマルチモード干渉型光導波路420において、光フィルタ422を、波長1．55μm帯の光を透過し且つ波長1．49μm帯及び1．31μm帯の光を反射するLPF（Long wavelength Pass Filter）とすれば、第1のシングルモード光導波路428から第1のマルチモード干渉型光導波路424に入射された波長1．55μmの光は、光フィルタ422を透過して、第2のマルチモード干渉型光導波路426を介して第3のシングルモード光導波路432に伝搬され、第1のシングルモード光導波路428から第1のマルチモード干渉型光導波路424に入射された波長1．49μm及び波長1．31μmの光は、光フィルタ422で反射して第1のマルチモード干渉型光導波路424を介して第2のシングルモード光導波路430に伝搬される。

[0005] 次に、非特許文献1に開示されているロッドレンズ型光合分波器を、図18を参照して説明する。図18はロッドレンズ型光合分波器の概略図である。ロッドレンズ型光合分波器440は、光フィルタ442を挟んで両側に配置された第1のロッドレンズ444及び第2のロッドレンズ446と、第1のロッドレンズ444に接続された第1の光ファイバー448及び第2の光ファイバー450と、第2のロッドレンズ446に接続された第3の光ファイバー452とを有している。光フィルタ442は、誘電体多層膜で形成されている。ロ

ッドレンズ444、446は、その内部に屈折率の勾配を有し、入射した光ビームを平行光にコリメートさせたり一点に集光させたりすることができるレンズである。例えば、ロッドレンズの長さが、ロッドレンズの一端に入射される光ビームの波長に応じた蛇行周期(以下、ピッチという。)の1／4であれば、その光ビームは、ロッドレンズの他端で平行光になる。

光フィルタ442を、波長1．55μm帯の光を透過し且つ波長1．49μm帯及び1．31μm帯の光を反射するLPF(Long wavelength Pass Filter)とすれば、第1の光ファイバー448に入射された波長1．55μmの光は、光フィルタ442を透過して第3の光ファイバー452に伝搬し、第1の光ファイバー448に入射された波長1．49μmの光は、光フィルタ442で反射して第2の光ファイバー450に伝搬し、第2の光ファイバー450に入射された波長1．31μmの光は、光フィルタ442で反射して第1の光ファイバー448に伝搬する。

[0006] 特許文献1:特開2002－6155号公報(図1、図9)

非特許文献1:田中弘範、外4名、「高アイソレーション特性を有する光合分波器の開発」、電子情報通信学会総合大会、電子情報通信学会、2004年3月、C－3－102、p276

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0007] 上述した特許文献1に開示されている直線導波路型光合分波器400、マルチモード光導波路型光合分波器420、及び非特許文献1に開示されているロッドレンズ型光合分波器440において、光フィルタ406、422、442で反射される波長1．49μmの光及び波長1．31μmの光に着目する。

直線導波路型光合分波器400においては、光フィルタ406が上述した位置及び向きに配置されていれば、第1の直線光導波路402に入射された波長1．49μm及び波長1．31μmの光は、光の波長の違いとは無関係に、光フィルタ406で反射され、第2の直線光導波路404に入射される。従って、波長1．49μm及び波長1．31μmの光の第2の直線光導波路404への挿入損失の差は、ほとんどない。しかしながら、光フィルタ406が上述した位置及び向きから少しでもずれると、光フィルタ406で反

射した光が第2の直線光導波路404に入射せず、両波長の光の第2の直線光導波路404への挿入損失が著しく増大する。第2の直線光導波路404への光の挿入損失を低減するためには、光フィルタ406を上述した位置及び向きに厳密に配置することが必要であり、これを実現するにはかなりの手間がかかる。

[0008] マルチモード光導波路型光合分波器420においては、マルチモード光導波路の特性上干渉長さLに波長依存性があるため、波長が短い光の方が干渉長が長く、波長が短い光が100%の分配比(透過率又は反射率)となるように干渉長Lを設定した場合、波長が長い光の分配比(透過率又は反射率)は100%未満となる。従って、マルチモード光導波路型光合分波器420を、上述の3波長の光の伝播に用いた場合、光導波路過剰損失、結合損失等の総和である挿入損失が増加したり、不要ポートへの漏洩(クロストーク)が生じたりして、3波長全てに対して良好な特性を満足させることはできなかった。

[0009] ロッドレンズ型光合分波器440においては、第1の光ファイバー448から入射された波長1.49μmの光及び波長1.31μmの光はコリメートされ、平行光に近づいていく。完全に平行な光になるのに必要なロッドレンズの長さは、光の波長に応じて異なっているので、波長1.49μmの光及び波長1.31μmの光が光フィルタ442で反射されるとき、少なくとも一方の光は完全な平行光になっていない。平行光になっていない光が光フィルタ442で反射されると、ロッドレンズ444から第2の光ファイバ450に入射する光は完全に集光しないので、光の強度が弱まり、第2の光ファイバー450への挿入損失が生じることになる。従って、ロッドレンズ型光合分波器440では、反射すべき2つの波長の光のうちの一方の波長の光に合わせてロッドレンズ444, 446の長さを自由に決定すると、他方の波長に合わせたロッドレンズ444、446の長さを自由に決定できなくなることがあり、光波長多重通信の性能を向上させる余地がある。

[0010] そこで、本願発明の目的は、光フィルタの配置の厳密さを緩和できると共に、光波長多重通信の性能を向上させることができる光反射器、光合分波器及び光システムを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0011] 上記目的を達成するために、本発明による光反射器は、伝搬する光の波長に応じ

た光の強度分布を生じさせる光伝搬領域と、光伝搬領域の一方の側に接続された第1の光入出力手段及び第2の光入出力手段と、光伝搬領域の他方の側に設けられたミラーと、第1の光入出力手段及び第2の光入出力手段とミラーとの間の光伝搬領域に設けられた光フィルタと、を有し、光フィルタは、第1の波長の光を反射し且つ第2の波長の光を透過し、ミラーは、第2の波長の光を反射し、第1の光入出力手段と第2の光入出力手段との間で、第1の波長の光及び第2の波長の光が伝搬されることを特徴としている。

このように構成された光反射器では、例えば、第1の光入出力手段から光伝搬領域に入射された第1の波長の光は、光フィルタで反射して、第2の光入出力手段に伝搬される。

また、例えば、第2の光入出力手段から光伝搬領域に入射された第2の波長の光は、光フィルタを透過し、ミラーで反射し、再び光フィルタを透過して、第1の光入出力手段に伝搬される。

[0012] 本願発明では、伝搬する光の波長に応じた光の強度分布が生じる光伝搬領域を構成要件としているので、直線光導波路で構成される場合と異なり、ミラー又は光フィルタの位置が少しずれても、光が著しく損失することはない。それにより、ミラー又は光フィルタの配置の厳密さを緩和することが可能である。

また、第1の光入出力手段から光伝搬領域に入射された光が反射して第2の光入出力手段に伝搬される場合、第2の光入出力手段に入射する時の光の強度が大きいほうが、伝搬される光の損失が少なくなるので好ましい。しかしながら、第1の光入出力手段と第2の光入出力手段との間を第1の波長の光と第2の波長の光が伝搬するとき、伝搬する光の波長に応じた光の強度分布が光伝搬領域に生じるので、従来技術のように光フィルタ等の反射要素が1つしかないと、一方の波長の光が第2の光入出力手段に入射する時の光の強度を大きくなるようにすると、他方の波長の光が第2の光入出力手段に入射するときの光の強度が下がるおそれがある。本願発明では、光フィルタとミラーの2つの反射要素を有しているので、第2の光入出力手段に入射するときの一方の波長の光の強度を光フィルタの位置合わせ等によって調整した後、一方の波長の光とは独立に、他方の波長の光の強度をミラーによって調整するこ

とができ、設計の自由度が増える。それにより、光波長多重通信の性能を向上させることが可能である。

なお、光入出力手段は、光導波路及び光ファイバー等を含む。

[0013] また、本発明による光反射器の実施形態において、好ましくは、更に、光フィルタとミラーとの間に設けられた少なくとも1段の追加の光フィルタを有し、追加の光フィルタの各々は、それよりも第1及び第2の光入出力手段の側にある光フィルタをすべて透過する所定の波長の光を反射し且つ第2の波長の光を透過し、第1の光入出力手段と第2の光入出力手段との間で、第1の波長の光、第2の波長の光、及び所定の波長の光が伝搬される。

このように構成された光反射器では、第1の波長の光及び第2の波長の光の伝搬に加えて、所定の波長の光を第1の光入出力手段及び第2の光入出力手段の間で伝搬させることができる。例えば、第1の光入出力手段から光伝搬領域に入射された、所定の波長の光は、追加の光フィルタよりも第1及び第2の光入出力手段の側にある光フィルタを透過し、追加の光フィルタで反射し、再び光フィルタを透過して、第2の光入出力手段に伝搬される。第1の波長の光及び第2の波長の光と同様、追加の光フィルタで反射する所定の波長の光の強度分布は、第1の光入出力手段及び第2の光入出力手段と追加の光フィルタとの間の距離を適当に定めることによって変化させることができる。その結果、3つ以上の波長を使用する光多重通信において性能を向上させることができる。

[0014] 本発明による光反射器の実施形態において、ミラー及び光フィルタの少なくとも一部分がユニットとして一体形成されていてもよい。その場合、ミラーと光フィルタのユニット及び光フィルタと光フィルタのユニットは、接着剤、接着剤・屈折率調整剤等の樹脂で貼り付けられた構成を有していてもよいし、ガラス、プラスチック等の板部材や、内部が空間であるプラスチック等の箱型筐体の両側にミラー及び／又は光フィルタを貼りつけた構成を有していてもよい。ユニットとして一体に形成することによってミラー及び光フィルタの実装工程が削減され、工数削減による製造コスト低減が可能である。もちろん、ミラー及びすべての光フィルタを1つのユニットとして構成すれば、実装工程が1回ですむ。

また、ユニットは、ミラー及び光フィルタを形成する工程で連続して積層して形成することもできる。この場合、ミラー及び光フィルタの間隔を特に高精度に制御することが可能である。このように、ミラーと1段又は2段以上の光フィルタとをユニットとして一体に形成することによって、それぞれを個別に実装した場合に比べて、それぞれの間隔や角度のばらつきを低減し、特性のばらつきを抑えることが可能となる。

[0015] 本発明による光反射器の実施形態において、好ましくは、光伝搬領域は、ロッドレンズ、フレネルレンズ等の集光素子、グレーティング(回折格子)、マルチモード光導波路、マッハツェンダ干渉計又は方向性光結合器で形成される。

集光素子、グレーティング、マルチモード光導波路、マッハツェンダ干渉計及び方向性光結合器はいずれも、伝搬する光の波長に応じた光の強度分布を生じさせる。

[0016] また、本発明による光反射器の実施形態において、好ましくは、光伝搬領域は、第1の光入出力手段及び第2の光入出力手段とそれに最も近い前記光フィルタとの間に、第1の光伝搬領域部を構成し、第1の光伝搬領域部は、光伝搬領域のその他の部分に対して、光の伝搬方向と垂直の方向にオフセットされている。

このように構成された光反射器では、例えば、第1の光入出力手段及び第2の光入出力手段に最も近い光フィルタを透過し且つ第3の光入出力手段の側の光フィルタを反射する第2の波長の光が、第1の光入出力手段から第2の光入出力手段に伝搬されるとき、第1の光入出力手段に漏れて入射される第2の波長の光の量(反射減衰量)を低減させることができる。

[0017] また、上記目的を達成するために、本発明による光システムは、伝搬する光の波長に応じた光の強度分布を生じさせる光伝搬領域と、光伝搬領域の一方の側に接続された第1の光入出力手段及び第2の光入出力手段と、光伝搬領域の他方の側に接続された第3の光入出力手段と、第1の光入出力手段及び第2の光入出力手段と第3の光入出力手段との間の光伝搬領域に設けられた少なくとも2段の光フィルタを設置するための光フィルタ設置手段と、を有することを特徴としている。

このように構成された光システムでは、光フィルタ設置手段に少なくとも2段の適当なフィルタを設置することにより、上述した本発明による光反射器と同様の作用及び効果を奏することができる。更に、第3の波長の光を第1の光入出力手段と第3の光

入出力手段との間で伝搬させることができる。

[0018] 本発明による光システムの実施形態において、好ましくは、光伝搬領域は、ロッドレンズ、フレネルレンズ等の集光素子、グレーティング(回折格子)、マルチモード光導波路、マッハツェンダ干渉計又は方向性光結合器で形成される。

また、本発明による光システムの実施形態において、更に好ましくは、光フィルタ設置手段は、光伝搬領域に設けられた溝である。

また、本発明の光システムの実施形態において、第1、第2、及び第3の光入出力手段が、シングルモード光導波路であってもよいし、第1及び第2の光入出力手段がシングルモード光導波路で、第3の光入出力手段が光ファイバであってもよい。

[0019] 本発明による光システムの実施形態において、好ましくは、光伝搬領域は、第1の光入出力手段及び第2の光入出力手段とそれに最も近い光フィルタ設置手段との間に、第1の光伝搬領域部を構成し、第1の光伝搬領域部は、光伝搬領域のその他の部分に対して、光の伝搬方向と垂直の方向にオフセットされている。

[0020] 上記目的を達成するために、本発明による光合分波器は、伝搬する光の波長に応じた光の強度分布を生じさせる光伝搬領域と、光伝搬領域の一方の側に接続された第1の光入出力手段及び第2の光入出力手段と、光伝搬領域の他方の側に接続された第3の光入出力手段と、第1の光入出力手段及び第2の光入出力手段と第3の光入出力手段との間の光伝搬領域に設けられた2段の光フィルタと、を有し、第1の光入出力手段及び第2の光入出力手段の側の光フィルタは、第1の波長の光を反射し且つ第2の波長の光及び第3の波長の光を透過し、第3の光入出力手段の側の光フィルタは、第2の波長の光を反射し且つ第3の波長の光を透過し、第1の光入出力手段と第2の光入出力手段との間で、第1の波長の光及び第2の波長の光が伝搬され、第1の光入出力手段又は第2の光入出力手段と第3の光入出力手段との間で、第3の波長の光が伝搬されることを特徴としている。

このように構成された本発明による光合分波器では、上述した本発明による光反射器及び光システムと同様に動作すると共に、同様の効果を奏する。

[0021] このように構成された光合分波器の実施形態において、好ましくは、更に、2段の光フィルタの間に設けられた少なくとも1段の追加の光フィルタを有し、追加の光フィル

タの各々は、それよりも第1及び第2の光入出力手段の側にある光フィルタをすべて透過する所定の波長の光を反射し且つ第2の波長の光及び第3の波長の光を透過し、第1の光入出力手段と第2の光入出力手段との間で、第1の波長の光、第2の波長の光、及び所定の波長の光が伝搬される。

[0022] 本発明の光合分波器の実施形態において、好ましくは、光伝搬領域は、ロッドレンズ、フレネルレンズ等の集光素子、グレーティング(回折格子)、マルチモード光導波路、マッハツェンダ干渉計又は方向性光結合器で形成される。

[0023] また、本発明による光合分波器の実施形態において、好ましくは、光伝搬領域は、第1の光入出力手段及び前記第2の光入出力手段とそれに最も近い光フィルタとの間に、第1の光伝搬領域部を構成し、第1の光伝搬領域部は、光伝搬領域のその他の部分に対して、光の伝搬方向と垂直の方向にオフセットされている。

このように構成された光合分波器では、例えば、第1の光入出力手段及び第2の光入出力手段の側に最も近い光フィルタを透過し且つ第3の光入出力手段の側の光フィルタを反射する第2の波長の光が、第1の光入出力手段から第2の光入出力手段に伝搬されるとき、第1の光入出力手段に漏れて入射される第2の波長の光の量(反射減衰量)を低減させることができる。

[0024] また、本発明の光合分波器の実施形態において、光伝搬領域がマルチモード光導波路又は方向性光結合器で形成されている場合、第1、第2、及び第3の光入出力手段が、シングルモード光導波路であってもよいし、第1及び第2の光入出力手段がシングルモード光導波路で、第3の光入出力手段が光ファイバであってもよい。

[0025] 本発明による光合分波器の実施形態において、複数の光フィルタの少なくとも一部分がユニットとして一体形成されていてもよい。その場合、光フィルタのユニットは、接着剤、接着剤・屈折率調整剤等の樹脂で貼り付けられた構成を有していてもよいし、ガラス、プラスチック等の板部材や、内部が空間であるプラスチック等の箱型筐体の両側にミラー及び/又は光フィルタを貼りつけた構成を有していてもよい。ユニットとして一体に形成することによって、光フィルタの実装工程が削減され、工数削減による製造コスト低減が可能である。もちろん、すべての光フィルタを1つのユニットとして構成すれば、実装工程が1回ですむ。また、ユニットは、光フィルタを形成する工程で

連続して積層して形成することもできる。この場合、光フィルタ同士の感覚を特に高精度に制御することが可能である。このように、2段以上の光フィルタとをユニットとして一体に形成することによって、それぞれを個別に実装した場合に比べて、それぞれの間隔や角度のばらつきを低減し、特性のばらつきを抑えることが可能となる。

[0026] 上述した本発明による光反射器の実施形態において、好ましくは、光フィルタは、更に、第3の波長の光を透過し、ミラーは、第2の波長の光を反射し、第3の波長を透過する第2の光フィルタである。

このように構成された光反射器を、第1の光入出力手段と第2の光入出力手段との間を伝搬する光のうちの選択した波長の光の強度のみを検出する光パワーモニターとして使用することが可能である。

発明の効果

[0027] 本発明による光合分波器、光反射器及び光システムにより、光フィルタの配置の厳密さを緩和できると共に、光波長多重通信の性能を向上させることができる。

発明を実施するための最良の形態

[0028] 〔光反射器の第1の実施形態〕

以下、図面を参照して、本発明による光反射器、光合分波器の実施形態を説明する。なお図面を見やすくするために、以下に説明する図1～15において、光反射器及び光合分波器の輪郭等を点線で描いた。

先ず、本発明による光反射器の第1の実施形態を説明する。図1は、本発明による光反射器の第1の実施形態であるロッドレンズ型光反射器の概略図である。本実施形態では、例示として、波長1．49μmの光と波長1．31μmの光を伝搬させる場合を説明する。

[0029] 図1に示すように、ロッドレンズ型光反射器10は、光伝搬領域であるロッドレンズ12と、ロッドレンズ12の一方の側に接続された第1の光入出力手段である第1の光ファイバー14及び第2の光入出力手段である第2の光ファイバー16と、ロッドレンズ12の他方の側に設けられたミラー18と、第1の光ファイバー14及び第2の光ファイバー16とミラー18との間のロッドレンズ12に設けられた光フィルタ20とを有している。

ロッドレンズ12は、軸線22を有する円筒形であり、その内部に屈折率の勾配が形

成され、入射した光ビームを平行光にコリメートさせたり一点に集光させたりすることができるレンズである。例えば、ロッドレンズ12の長さがピッチ(光ビームの波長に応じた蛇行周期)の1／4であれば、ロッドレンズ12の一端に入射される光ビームは、ロッドレンズ12の他端で平行光になる。ロッドレンズ12は、第1の光ファイバー14及び第2の光ファイバー16と光フィルタ20との間に配置された第1のロッドレンズ24と、ミラー18と光フィルタ20との間に配置された第2のロッドレンズ26とを含んでいる。ロッドレンズ12は、石英等で形成されていることが好ましい。

第1の光ファイバー14及び第2の光ファイバー16は、軸線22に対して対称に且つほぼ平行に(±5度の範囲内に)配置されている。また、第1の光ファイバー14及び第2の光ファイバー16は、ロッドレンズ12に融着もしくは接着剤等によって固定されている。

[0030] 光フィルタ20は、誘電体多層膜で形成されていることが好ましい。本実施形態では、光フィルタ20は、波長1．49μm帯の光を透過し且つ波長1．31μm帯の光を反射するLPF(Long wavelength Pass Filter)である。第1の光ファイバー14及び第2の光ファイバー16とロッドレンズ12との接合位置28から光フィルタ20の等価的な反射中心面30までの距離L11は、短い方の光の波長(1．31μm)のピッチの1／4又は1／2等であることが好ましい。光フィルタ20の反射中心面30は、軸線に対して90±5度の範囲内にあることが好ましい。

ミラー18は、誘電体多層膜で形成されていることが好ましいが、長い方の波長(1．49μm)の光を反射できれば、その材料は任意であり、光フィルタを用いても良い。接合位置28からミラー18の等価的な反射中心面32までの距離L12は、長い方の光の波長(1．49μm)の1／4又は1／2等であることが好ましい。ミラー18の反射中心面32は、軸線22に対して90±5度の範囲内にあることが好ましい。

[0031] 次に、本発明による光反射器の第1の実施形態であるロッドレンズ型光反射器の動作を、距離L11がピッチの1／4である場合について説明する。

波長1．31μmの光が第1の光ファイバー14からロッドレンズ12に入射すると、光は、光フィルタ20で反射して戻り、第2の光ファイバー16に伝搬される。また、波長1．49μmの光が第1の光ファイバー14からロッドレンズ12に入射すると、光は、光フィ

ルタ20を透過し、ミラー18で反射して戻り、再び光フィルタ20を透過して、第2の光ファイバー16に伝搬される。その結果、第1の光ファイバー14と第2の光ファイバー16の間で2つの波長の光が伝搬される。

詳細には、第1の光ファイバー14から入射された波長1．31μmの光及び波長1．49μmの光はロッドレンズ12内でコリメートされ、平行光に近づいていく。波長1．31μmの光は、光フイルタ20の反射中心面30に達したところで、平行光になり反射する。波長1．49μmの光は、ミラー18の反射中心面32に達したところで、平行光になり反射する。次いで、波長1．31μmの光及び波長1．49μmの光は接合位置28のところで集光する。

このように、波長1．31μmの光に対応する距離L11及び波長1．49μmの光に対応する距離L21を独立に決定することができる。従って、両方の波長の光の第2の光ファイバー16への挿入損失を独立に決定することが可能になり、光波長多重通信の性能を向上させることができる。

[0032] なお、距離L11、L12をピッチの1／4等よりも大きくしたり小さくしたりすることにより、両方の波長の光の第1の光ファイバー14への反射減衰量を独立に決定することも可能になる。このようにすることによっても、光波長多重通信の性能を向上させることができる。

[0033] 〔光反射器の第2の実施形態〕

次に、本発明による光反射器の第2の実施形態を説明する。図2は、本発明による光反射器の第2の実施形態であるMMI(Multi Mode Interference)型光反射器の概略平面図である。本実施形態では、第1の実施形態と同様、例示として、波長1．49μmの光と波長1．31μmの光を伝搬させる場合を説明する。

[0034] 図2に示すように、MMI型光反射器40は、光伝搬領域であるマルチモード光導波路42と、マルチモード光導波路42の一方の側に接続された第1の光入出力手段である第1のシングルモード光導波路43及び第1の光ファイバー44、及び第2の光入出力手段である第2のシングルモード光導波路45及び第2の光ファイバー46と、マルチモード光導波路42の他方の側に設けられたミラー48と、第1の光ファイバー44及び第2の光ファイバー46とミラー48との間のマルチモード光導波路42に設けられ

た1つの光フィルタ50とを有している。

マルチモード光導波路42の平面形状は、ほぼ矩形である。また、マルチモード光導波路42は、矩形の一辺と平行に光の伝搬方向に延びる軸線52を有している。マルチモード光導波路42は、第1の光ファイバー44及び第2の光ファイバー46と光フィルタ50との間に配置された第1の光導波路部54と、ミラー48と光フィルタ50との間に配置された第2の光導波路部56とを含んでいる。マルチモード光導波路42は、Si基板(図示せず)の上に積層式に形成されたコア42a及びクラッド42bを有し、コア42a及びクラッド42bは、ポリマーで形成されることが好ましい。

第1のシングルモード光導波路43及び第2のシングルモード光導波路45は、マルチモード光導波路42と第1の光ファイバー44及び第2の光ファイバー46との間に配置され、第1の光ファイバー44及び第2の光ファイバー46の位置関係と、マルチモード光導波路42へ好適に接続配置された第1のシングルモード光導波路43及び第2のシングルモード光導波路45の位置関係とを満足する光学的接続を実現するように配置されている。典型的には、第1の光ファイバー44と第2の光ファイバ46との間隔は100μm以上離れているのに対し、第1のシングルモード光導波路43及び第2のシングルモード光導波路45がマルチモード光導波路へ好適に接続される間隔は10μm程度であり、これらをS字型の第1のシングルモード光導波路43及び第2のシングルモード光導波路45を介して光学的に接続することができる。第1のシングルモード光導波路43及び第2のシングルモード光導波路45はそれぞれ、マルチモード光導波路42と共にSi基板(図示せず)の上に積層式に形成されたコア43a、45aとクラッド43b、45bとを有し、コア43a、45a及びクラッド43b、45bは、ポリマーで形成されることが好ましい。

目的に応じて、第1のシングルモード光導波路43及び第2のシングルモード光導波路45と第1の光ファイバー44及び第2の光ファイバー46との間に他の機能を有する光回路が集積されていてもよい。

第1の光ファイバー44及び第2の光ファイバー46はそれぞれ、コア44a、46a及びクラッド44b、46bを有している。第1の光ファイバー44及び第2の光ファイバー46は、軸線52に対してほぼ平行に(±5度の範囲内に)配置され、マルチモード光導波路

42に接着剤等により固定されている。

[0035] 光フィルタ50は、誘電体多層膜で形成されていることが好ましい。本実施形態では、光フィルタ50は、波長1．31μm帯の光を透過し且つ波長1．49μm帯の光を反射するSPF（Short wavelength Pass Filter）又はBBF（Band Blocking Filter）である。第1のシングルモード光導波路43及び第2のシングルモード光導波路45とマルチモード光導波路42との接合位置58から光フィルタ50の等価的な反射中心面60までの距離L21は、長い方の光の波長（1．49μm）の干渉周期の1／4であることが好ましい。光フィルタ50は、軸線52を横切るように即ち横方向に延び、その反射中心面60は、軸線52に対して90±5度の範囲内にあることが好ましい。

ミラー48は、誘電体多層膜で形成されていることが好ましいが、短い方の波長（1．31μm）の光を反射できれば、その材料は任意であり、光フィルタであってもよいし、金属面であってもよい。金属ミラーを使用する場合には、金を使用することが反射率の点で好ましい。接合位置58からミラー48の等価的な反射中心面62までの距離L22は、短い方の光の波長（1．31μm）の干渉周期の1／4であることが好ましい。ミラー48の反射中心面62は、軸線52に対して90±5度の範囲内にあることが好ましい。

光フィルタ50及びミラー48はそれぞれ、マルチモード光導波路42に設けられた、光フィルタ設置手段である溝64、端部又は段部66等に取付けられることが好ましい。

[0036] 次に、本発明による光反射器の第2の実施形態であるMMI型光反射器の動作を説明する。

波長1．49μmの光が第1の光ファイバー44からマルチモード光導波路42に入射されると、光は、光フィルタ50で反射して戻り、第2の光ファイバー46に伝搬される。また、波長1．31μmの光が第1の光ファイバー44からマルチモード光導波路42に入射されると、光は、光フィルタ50を透過し、ミラー48で反射して戻り、再び光フィルタ50を透過して、第2の光ファイバー46に伝搬される。その結果、第1の光ファイバー44と第2の光ファイバー46の間で2つの波長の光が伝搬される。

詳細には、第1の光ファイバー44から入射された波長1．49μmの光及び波長1．

31μmの光は、第1のシングルモード光導波路43を介してマルチモード光導波路42に入射され、多モード光に分解されると共に、分解された光が相互に干渉し、それにより、光の強度分布に対応した干渉縞をマルチモード光導波路42内に生じさせる。光がマルチモード光導波路42内を軸線52方向に伝搬するにつれて、光の強度分布の山の位置は、軸線52方向に対して横方向に移動する。接合位置58から光フィルタの反射中心面60までの距離L21は、長い方の光の波長(1.49μm)の干渉周期の1／4であれば、長い方の波長(1.49μm)の光の強度分布の山の位置は、その光が光フィルタ50で反射して接合位置58まで戻ってきたときに、第2のシングルモード光導波路45とマルチモード光導波路42との接合箇所にくる。また、接合位置58からミラー48の反射中心面62までの距離L22は、短い方の光の波長(1.31μm)の干渉周期の1／4であれば、短い方の波長(1.31μm)の光の強度分布の山の位置は、その光が光フィルタ50を透過し、ミラー48で反射して、再び光フィルタ50を透過して接合位置58まで戻ってきたときに、第2のシングルモード光導波路45とマルチモード光導波路42との接合箇所にくる。

このように、波長1.49μmの光に対応する長さL21及び波長1.31μmの光に対応する長さL22を独立に決定することができる。従って、両方の波長の光の第2の光ファイバー46への挿入損失を独立に決定することが可能になり、光波長多重通信の性能を向上させることができる。

[0037] なお、距離L21、L22を変化させることにより、両方の波長の光の第1の光ファイバー44への反射減衰量を独立に決定することも可能になる。このようにすることによっても、光波長多重通信の性能を向上させることができる。

[0038] 〔光反射器の第3の実施形態〕

次に、本発明による光反射器の第3の実施形態を説明する。図3は、本発明による光反射器の第3の実施形態であるMMI(Multi Mode Interference)型光反射器の概略平面図である。本実施形態のMMI型光反射器70は、第2の実施形態のMMI型光反射器40の光フィルタ50、ミラー48及び第2の光導波路部56を光フィルタユニット72として一体に形成し、第2の実施形態の溝64、端部又は段部66の代わりに、光フィルタユニット72を受入れる、光フィルタ設置手段である端部又は段部74等を設け

たこと以外、第2の実施形態のMMI型光反射器40と同様の構成を有している。従って、第2の実施形態のMMI型光反射器40と共通する構成要素には、同じ符号を付し、その説明を省略する。

また、本発明による光反射器の第3の実施形態であるMMI型光反射器70の動作は、上述した第2の実施形態であるMMI型光反射器40の動作と同様であるので、その説明を省略する。

光フィルタユニット72は、光フィルタ50及びミラー48を接着剤・屈折率調整剤等で貼り付けた構成とすることができる。光フィルタユニット72として一体に形成することによって光フィルタ設置手段への実装工程が1回ですむため工数削減による製造コスト低減が可能である。また、光フィルタユニット72は、光フィルタ50及びミラー48を形成する工程で連続して積層して形成することもできる。この場合、光フィルタ50及びミラー48の間隔を特に高精度に制御することが可能である。このように、光フィルタユニット72として一体に形成することによって、上述した第2の実施形態のように光フィルタ50及びミラー48を個別に実装した場合に比べて、それらの間隔や角度のばらつきを低減し特性のばらつきを抑えることが可能である。

[0039] 〔光反射器の第4の実施形態〕

次に、本発明による光反射器の第4の実施形態を説明する。図4は、本発明による光反射器の第4の実施形態である方向結合器型光反射器の概略平面図である。本実施形態では、第1～第3の実施形態と同様、例示として、波長1．49μmの光と波長1．31μmの光を伝搬させる場合を説明する。

[0040] 図4に示すように、方向結合器型光反射器80は、光伝搬領域である方向性光結合器82と、光結合器の一方の側に接続された第1の光入出力手段である第1の光導波路84及び第2の光入出力手段である第2の光導波路86と、光結合器82の他方の側に設けられたミラー88と、第1の光導波路84及び第2の光導波路86とミラー88との間の光結合器82に設けられた1つの光フィルタ90とを有している。

光結合器82は、光の伝搬方向に延びる軸線92を有している。光結合器82は、軸線92の両側にそれと平行に配置された第1の光結合路94及び第2の光結合路96を有している。これらの光結合路94，96は、コア82aで形成され、クラッド82bで包囲さ

れている。また、これらの光結合路94、96は、一方の光結合路94を伝搬してきた光が、伝搬しながら他方の光結合路96に乗り移るように互いに近接して配置されている。光結合器94，96は、第1の光導波路84及び第2の光導波路86と光フィルタ90との間に配置された第1の光結合器部98と、ミラー88と光フィルタ90との間に配置された第2の光結合器部100とを含んでいる。

第1の光導波路84と第1の光結合路94との接続部及び第2の光導波路86と第2の光結合路96の接続部は、軸線に対してほぼ平行に（±5度の範囲内に）配置されていることが好ましい。第1の光導波路84及び第2の光導波路86は、光結合器82から離れるにつれて互いに遠ざかっている。第1の光導波路84及び第2の光導波路86の経路は、円弧、sine特殊関数等の曲線の経路を有していても良い。第1の光導波路84及び第2の光導波路86はそれぞれ、マルチモード光導波路82と一体にSi基板（図示せず）の上に積層式に形成されたコア82aとクラッド82bとを有している。また、コア82a及びクラッド82bは、ポリマーで形成されることが好ましい。

[0041] 光フィルタ90は、誘電体多層膜で形成されていることが好ましい。本実施形態では、光フィルタ90は、波長1．31μm帯の光を透過し且つ波長1．49μm帯の光を反射するSPF（Short wavelength Pass Filter）又はBBF（Band Blocking Filter）である。第1の光導波路84及び第2の光導波路86と光結合器82との接合位置102から光フィルタ90の等価的な反射中心面104までの距離L41は、長い方の光の波長（1．49μm）の結合長の1／2であることが好ましい。ここで、結合長とは方向性光結合器において、第1の光導波路から入射した光パワーのすべてが第2の光導波路へ結合する長さのことであり、近接部分（通常は直線光導波路）のみの長さではなく曲線光導波路部分の結合も加味して決定されるべきものであるが、説明をわかりやすくするため図では直線部分の長さとして記載してある。光フィルタ90の反射中心面104は、軸線92に対して90±5度の範囲内にあることが好ましい。

ミラー88は、誘電体多層膜で形成されていることが好ましいが、短い方の波長（1．31μm）の光を反射できれば、その材料は任意であり、光フィルタを使用しても良い。接合位置102からミラー88の等価的な反射中心面106までの距離L42は、短い方の光の波長（1．31μm）の結合長の1／2であることが好ましい。ミラー88の反射中

心面106は、軸線に対して90±5度の範囲内にあることが好ましい。

光フィルタ90及びミラー88はそれぞれ、光結合器82に設けられた、光フィルタ設置手段である溝108、端部又は段部110等に取付けられることが好ましい。

[0042] 次に、本発明による光反射器の第4の実施形態である方向性光結合器型光反射器の動作を説明する。

波長1．49μmの光が第1の光導波路84から光結合器82に入射されると、光は、光フィルタ90で反射して戻り、第2の光導波路86に伝搬される。また、波長1．31μmの光が第1の光導波路84から光結合器82に入射されると、光は、光フィルタ90を透過し、ミラー88で反射して戻り、再び光フィルタ90を透過して、第2の光導波路86に伝搬される。その結果、第1の光導波路84と第2の光導波路86の間で2つの波長の光が伝搬される。

詳細には、第1の光導波路84から入射された波長1．49μmの光及び波長1．31μmの光は、結合器82内で干渉し、波長に応じた結合長にわたって第1の結合路94から第2の結合路96に乗り移る。接合位置102から光フィルタ90の反射中心面104までの距離L41が、長い方の波長（1．49μm）の光の結合長の1／2であれば、第1の光導波路84から第1の光結合路94に伝搬した長い方の波長（1．49μm）の光は、その光が光フィルタ90で反射して接合位置102まで戻ってきたときに、第2の光結合路96に完全に乗り移り、第2の光導波路86に入射される。また、接合位置102からミラー88の反射中心面106までの距離L42が、短い方の波長（1．31μm）の光の結合長の1／2であれば、第1の光導波路84から第1の光結合路94に伝搬した短い方の波長（1．31μm）の光は、その光がミラー88で反射して接合位置102まで戻ってきたときに、第2の光結合路96に完全に乗り移り、第2の光導波路86に入射される。

このように、波長1．49μmの光に対応する長さL41及び波長1．31μmの光に対応する長さL42を独立に決定することができる。従って、両方の波長の光の第2の光導波路86への挿入損失を独立に決定することが可能であり、光波長多重通信の性能を向上させることができる。

[0043] なお、距離L41、L42を変化させることにより、両方の波長の光の第1の光導波路8

4への反射減衰量を独立に決定することも可能になる。このようにすることによっても、光波長多重通信の性能を向上させることができる。

また、上記は光導波路型方向性光結合器について説明したが、2本の光ファイバーを融着延伸して方向性光結合器を形成する光ファイバー融着型光ファイバーの光結合部にミラー及び光フィルタを挿入することによっても同様の動作を実現することができる。

[0044] 〔光反射器の第5の実施形態〕

次に、本発明による光反射器の第5の実施形態を説明する。図5は、本発明による光反射器の第5の実施形態であるMMI(Multi Mode Interference)型光反射器の概略平面図である。本実施形態では、2つの波長の光を伝搬させた第1～第4の実施形態と異なり、3つの波長の光を伝搬させる。3つの波長をそれぞれ、例示として、波長1．55μm、波長1．49μm、波長1．31μmとして、本実施形態を説明する。

また、本実施形態の構成は、概略的には、第2の実施形態であるMMI型光反射器40の光フィルタ50とミラー48との間に追加の光フィルタ126(図5参照)を設けたこと、及び、3つの波長の光を取り扱うことに伴う変更以外、第2の実施形態であるMMI型光反射器40と同様の構成を有している。従って、以下の説明において、第2の実施形態と共通する構成要素には、同様の符号を付し、その説明を省略する。

[0045] 図5に示すように、MMI型光反射器120は、光伝搬領域であるマルチモード光導波路42と、マルチモード光導波路42の一方の側に接続された第1の光入出力手段である第1の光ファイバー44及び第2の光入出力手段である第2の光ファイバー46と、マルチモード光導波路42の他方の側に設けられたミラー122と、第1の光ファイバー44及び第2の光ファイバー46とミラー122との間のマルチモード光導波路42に設けられた1段目の光フィルタ124及び2段目の光フィルタ126とを有している。

マルチモード光導波路42の平面形状は、ほぼ矩形である。また、マルチモード光導波路42は、矩形の一辺と平行に光の伝搬方向に延びる軸線52を有している。マルチモード光導波路42は、第1の光ファイバー44及び第2の光ファイバー46と1段目の光フィルタ124との間に配置された第1の光導波路部128と、1段目の光フィルタ124と2段目の光フィルタ126の間に配置された第2の光導波路部130と、2段目

の光フィルタ126とミラー122との間に配置された第3の光導波路部132とを含んでいる。マルチモード光導波路42は、Si基板(図示せず)の上に積層式に形成されたコア42a及びクラッド42bを有し、コア42a及びクラッド42bは、ポリマーで形成されることが好ましい。

[0046] 1段目の光フィルタ124及び2段目の光フィルタ126は、誘電体多層膜で形成されることが好ましい。本実施形態では、1段目の光フィルタ124は、波長1．31μm帯及び波長1．49μm帯の光を透過し且つ波長1．55μm帯の光を反射するSPF(Short wavelength Pass Filter)又はBBF(Band Blocking Filter)である。また、2段目の光フィルタ126は、波長1．31μm帯の光を透過し且つ波長1．49μm帯の光を反射するSPF又はBBFである。すなわち、2段目の光フィルタ126は、それよりも第1の光ファイバー44及び第2の光ファイバー46の側にある光フィルタをすべて透過する波長1．49μmの光を反射する。第1の光ファイバー44及び第2の光ファイバー46とマルチモード光導波路42との接合位置58から1段目の光フィルタの等価的な反射中心面134までの距離L51は、最も長い光の波長(1．55μm)の干渉長の1／2であることが好ましい。また、接合位置58から2段目の光フィルタの等価的な反射中心面136までの距離L52は、中間の長さの光の波長(1．49μm)の干渉長の1／2であることが好ましい。1段目の光フィルタ124及び2段目の光フィルタ126の反射中心面134、136は、軸線52に対して90±5度の範囲内にあることが好ましい。

ミラー122は、誘電体多層膜で形成されていることが好ましいが、最も短い波長(1．31μm)の光を反射できれば、その材料は任意であり、光フィルタを使用しても良い。接合位置58からミラー122の等価的な反射中心面138までの距離L53は、最も短い光の波長(1．31μm)の干渉長の1／2であることが好ましい。ミラー122の反射中心面138は、軸線52に対して90±5度の範囲内にあることが好ましい。

光フィルタ124，126及びミラー122はそれぞれ、マルチモード光導波路42に設けられた、光フィルタ設置手段である溝140、142、端部又は段部144等に取付けられることが好ましい。

[0047] 次に、本発明による光反射器の第5の実施形態であるMMI型光反射器の動作を説明する。

波長1．55μmの光が第1の光ファイバー44からマルチモード光導波路42に入射されると、光は、1段目の光フィルタ124で反射して戻り、第2の光ファイバー46に伝搬される。また、波長1．49μmの光が第1の光ファイバー44からマルチモード光導波路42に入射されると、光は、1段目の光フィルタ124を透過し、2段目の光フィルタ126で反射して戻り、再び1段目の光フィルタ124を透過して、第2の光ファイバー46に伝搬される。また、波長1．31μmの光が第1の光ファイバー44からマルチモード光導波路42に入射されると、光は、1段目の光フィルタ124及び2段目の光フィルタ126を透過し、ミラー122で反射して戻り、再び2段目の光フィルタ126及び1段目の光フィルタ124を透過して、第2の光ファイバー46に伝搬される。その結果、第1の光ファイバー44と第2の光ファイバー46の間で3つの波長の光が伝搬される。動作の詳細は、第2の実施形態と同様であるので、その説明を省略する。

[0048] 上述したMMI型光反射器120では、波長1．55μmの光に対応する長さL51及び波長1．49μmの光に対応する長さL52及び波長1．31μmの光に対応する長さL53をそれぞれ独立に決定することができる。従って、各波長の光における挿入損失が最小になるように、第1～第3の光導波路部128、130，132のコアの形状（幅及び長さ）をそれぞれ決定することも可能である。それにより、光波長多重通信の性能を向上させることができる。

[0049] 上記、第1から第5の実施形態では、2つもしくは3つの波長の光の全てが、第1の光ファイバー42から入射し第2の光ファイバー46へ出射するものとしてそれらの動作を説明したが、各波長の光のいずれかが第2の光ファイバー46から入射し第1の光ファイバー42へ出射するように動作させることもできる。

また、上述した本願発明による光反射器の第1～第5の実施形態を、互いに並べておかれた2本の光ファイバーの一方によって送られてきた信号を他方の光ファイバーに伝搬させるための接続装置として使用することができる。従来、かかる2本の光ファイバーに接続するために接続用光ファイバーを使用していた。しかしながら、光ファイバーの構造上、接続用光ファイバーの曲率半径を小さくすることができないので、接続用光ファイバーのための大きなスペースを必要としていた。これに対し、本願発明による光反射器によれば、省スペースで上記の光ファイバーを接続することが可能で

ある。

また、使用する各光フィルタ及びミラーの替わりに所望の波長を主として反射させるBBF(Band Blocking Filter)とし、所望の波長のBBFのみ反射率を100%未満となるように一部の光を透過させるように構成し、ミラーの替わりに配置したBBFの後段に出力用の光ファイバーもしくは、受光素子を配置することで、第1の光入出力手段14、44、84と第2の光入出力手段16、46、86間を通る光のうち選択した波長の光の強度のみを検出する光パワーモニターを構成することもできる。

[0050] 〔光合分波器の第1の実施形態〕

次に、本発明による光合分波器の第1の実施形態を説明する。図6は、本発明による光合分波器の第1の実施形態であるロッドレンズ型光合分波器の概略図である。本実施形態では、例示として、波長1．55μmの光と、波長1．49μmの光と、波長1．31μmの光を伝搬させる場合を説明する。

本発明による光合分波器の第1の実施形態は、本発明による光反射器の第1の実施形態であるロッドレンズ型光反射器10のミラー18を2段目の光フィルタ206(図6参照)に変更し、ロッドレンズ12を2段目の光フィルタ206を越えて延長し、延長したロッドレンズ12に第3の光入出力手段202(図6参照)を追加したこと以外、本発明による光反射器の第1の実施形態であるロッドレンズ型光反射器10と同様の構成を有している。従って、同様の構成要素に同じ符号を付し、その説明を省略する。

[0051] 図6に示すように、ロッドレンズ型光合分波器200は、光伝搬領域であるロッドレンズ12と、ロッドレンズ12の一方の側に接続された第1の光入出力手段である第1の光ファイバー14及び第2の光入出力手段である第2の光ファイバー16と、ロッドレンズ12の他方の側に接続された第3の光入出力手段である第3の光ファイバー202と、第1の光ファイバー14及び第2の光ファイバー16と第3の光ファイバー202との間のロッドレンズ12に設けられた1段目の光フィルタ20及び2段目の光フィルタ206とを有している。

ロッドレンズ12は、第1の光ファイバー14及び第2の光ファイバー16と1段目の光フィルタ20との間に配置された第1のロッドレンズ24と、1段目の光フィルタ20と2段目の光フィルタ206との間に配置された第2のロッドレンズ26と、2段目の光フィルタ20

6と第3の光ファイバー202との間に配置された第3のロッドレンズ21を含んでいる。第1の光ファイバー14及び第2の光ファイバー16と第1のロッドレンズ24と接合位置28から、第3のロッドレンズ210と第3の光ファイバー202との12の接合位置33までの長さL13がピッチの1／2であれば、第1の光ファイバー14からロッドレンズ12の一端28に入射される光ビームは、ロッドレンズ12の他端34で集光され第3の光ファイバー202に好適に出射される。

[0052] 1段目の光フィルタ20及び2段目の光フィルタ206は、誘電体多層膜で形成されていることが好ましい。本実施形態では、1段目の光フィルタ20は、波長1．55μm帯の光及び波長1．49μm帯の光を透過し且つ波長1．31μm帯の光を反射するLPF（Long wavelength Pass Filter）である。2段目の光フィルタ206は、波長1．55μm帯の光を透過し且つ波長1．49μm帯の光を反射するLPFである。

[0053] 次に、本発明による光合分波器の第1の実施形態であるロッドレンズ型光合分波器の動作を説明する。

本発明による光合分波器の第1の実施形態であるロッドレンズ型光合分波器200の動作は、波長1．55μmの光が第1の光ファイバー14からロッドレンズ12に入射され、1段目の光フィルタ20及び2段目の光フィルタ206を透過して第3の光ファイバー202に伝搬されること、及び、波長1．49μmの光が、ミラー18でなく第2の光フィルタ206で反射されること以外、上述した光反射器の第1の実施形態であるロッドレンズ型光反射器10の動作と同様である。従って、その説明を省略する。結果的には、第1の光ファイバー14又は第2の光ファイバー16と第3の光ファイバー202との間で1つの波長の伝搬が追加される。

[0054] 上述したロッドレンズ型光合分波器200では、波長1．55μmの光に対応する長さL13及び波長1．49μmの光に対応する長さL12及び波長1．31μmの光に対応する長さL11をそれぞれ独立に決定することができる。従って、各波長の光における挿入損失が最小となるように、第1～第3のロッドレンズ24，26，210の形状（径及び長さ）をそれぞれ決定することも可能である。それにより、光波長多重通信の性能を向上させることができる。

[0055] 第1の光ファイバー14から波長1．55μm及び波長1．49μmの光が入射し、第2

の光ファイバー16から波長1．31μmの光が入射すると、第1の光ファイバー14から波長1．31μmの光が、第2の光ファイバー16から波長1．49μmの光が、そして、第3の光ファイバー202から波長1．55μmの光が出射する様に1．31μm及び1．49μmの光信号が双方向伝送されており、1．55μmの光信号がさらに波長多重されて伝送されているシステムにおいて分波器として用いることができる。また、これと逆の経路で各波長の光を伝搬させると上記システムの合波器として用いることができる。後者の合波器を加入者収容局に、前者の分波器を家庭側に設置することで、3波多重のFTTH(Fiber To The Home)を好適に実現することができる。これらの3波長は、ITU－T(International Telecommunication Union － Telecommunication standardization sector)の標準として、1．31μmの光を上りのデータ信号、1．49μmの光を下りのデータ信号、1．55μmの光を下りの映像信号に割り当てることとされており、この国際標準に適合するシステムを構築することができる。

[0056] 〔光合分波器の第2の実施形態〕

次に、本発明による光合分波器の第2の実施形態を説明する。図7は、本発明による光合分波器の第2の実施形態であるMMI型光合分波器の概略図である。本実施形態では、例示として、波長1．55μmの光と、波長1．49μmの光と、波長1．31μmの光を伝搬させる場合を説明する。

本発明による光合分波器の第2の実施形態は、本発明による光反射器の第2の実施形態であるMMI型光反射器40のミラー48を2段目の光フィルタに変更し、光伝搬領域を2段目の光フィルタを越えて延長し、延長した光伝搬領域に第3の光入出力手段を追加したこと以外、本発明による光反射器の第2の実施形態であるMMI型反射器と同様の構成を有している。従って、同様の構成要素に同じ符号を付し、その説明を省略する。

[0057] 図7に示すように、MMI型光合分波器220は、光伝搬領域であるマルチモード光導波路42と、マルチモード光導波路42の一方の側に接続された第1の光入出力手段である第1のシングルモード光導波路43、第1の光ファイバー44、及び第2の光入出力手段である第2のシングルモード光導波路45、第2の光ファイバー46と、マルチモード光導波路42の他方の側に接続された第3の光入出力手段である第3のシング

ルモード光導波路221、第3の光ファイバー222と、第1のシングルモード光導波路43及び第2のシングルモード光導波路45と第3のシングルモード光導波路221との間のマルチモード光導波路42に設けられた1段目の光フィルタ224及び2段目の光フィルタ226とを有している。

マルチモード光導波路42は、第1のシングルモード光導波路43及び第2のシングルモード光導波路45と1段目の光フィルタ224との間に配置された第1のマルチモード光導波路部54と、1段目の光フィルタ224と2段目の光フィルタ226との間に配置された第2のマルチモード光導波路部56と、2段目の光フィルタ226と第3のシングルモード光導波路221との間に配置された第3のマルチモード光導波路部230を含んでいる。

第1のシングルモード光導波路43及び第2のシングルモード光導波路45とマルチモード光導波路42との接合位置58から第3のシングルモード光導波路221とマルチモード光導波路42との接合位置63までの距離L23は、透過する光の波長(1．55μm)の干渉周期の1／2であることが好ましい。

[0058] 第3のシングルモード光導波路221は、マルチモード光導波路42と共にSi基板(図示せず)の上に積層式に形成されたコア221aとクラッド221bとを有し、コア221a及びクラッド221bは、ポリマーで形成されることが好ましい。

また、第3の光ファイバー222は、コア222a及びクラッド222bを有している。第3の光ファイバー222は、軸線52に対してほぼ平行に(±5度の範囲内に)配置され、第3のシングルモード光導波路221に接着剤等により固定されている。

第3のシングルモード光導波路221を省略して、マルチモード光導波路230と第3の光ファイバ222を直接接続した構成とすることもできる。ここで言う接続とは、光学的に好適な結合が確保されておればよく、間に接着剤、屈折率調整剤、充填剤、反射防止膜等の他の物質が介在していてもよい。また、空間結合も可能である。

[0059] 1段目の光フィルタ224及び2段目の光フィルタ226は、誘電体多層膜で形成されていることが好ましい。本実施形態では、1段目の光フィルタ224は、波長1．55μm帯の光及び波長1．31μm帯の光を透過し且つ波長1．49μm帯の光を反射するBBF(Band Blocking Filter)である。2段目の光フィルタ226は、波長1．55μm帯の光

を透過し且つ波長1．31μm帯の光を反射するLPFである。2段目のフィルタ226は、1段目のフィルタ224と同様、溝部66に取付けられることが好ましい。

[0060] 次に、本発明による光合分波器の第2の実施形態であるMMI型光合分波器の動作を説明する。

本発明によるMMI型光合分波器の第2の実施形態であるMMI光合分波器の動作は、概略的には、波長1．55μmの光が第1の光ファイバー44から第1のシングルモード光導波路43を介してマルチモード光導波路42に入射され、1段目のフィルタ224及び2段目のフィルタ226を透過して第3のシングルモード光導波路221を介して第3の光ファイバー222に伝搬されること、ミラー48及び光フィルタ50（図2参照）がそれぞれ、2段目の光フィルタ226及び1段目の光フィルタ224に変更されていること以外、本発明による光反射器の第2の実施形態であるMMI型光反射器40の動作と同様である。従って、その説明を省略する。結果的には、第1の光ファイバー44又は第2の光ファイバー46と第3の光ファイバー222との間で1つの波長の光の伝搬が追加される。

従って、MMI光合分波器220を、第1の実施形態の光合分波器200と同様に動作させ、同様の用途に適用することができる。

[0061] 上述したMMI光合分波器220では、波長1．55μmの光に対応する長さL23及び波長1．49μmの光に対応する長さL21及び波長1．31μmの光に対応する長さL22をそれぞれ独立に決定することができる。従って、各々の波長の光において挿入損失が最小となるように、第1～第3のマルチモード光導波路部54，56，230のコアの形状（幅及び長さ）をそれぞれ決定することも可能である。それにより、光波長多重通信の性能を向上させることができる。

[0062] 〔光合分波器の第3の実施形態〕

次に、本発明による光合分波器の第3の実施形態を説明する。図8は、本発明による光合分波器の第3の実施形態であるMMI（Multi Mode Interference）型光反射器の概略平面図である。本実施形態のMMI型光合分波器240は、上述した第2の実施形態のMMI型光合分波器220の1段目の光フィルタ224、2段目の光フィルタ226及び第2の光導波路部56を光フィルタユニット242として一体に形成し、上述した

第2の実施形態の溝64、及び端部又は段部66等の代わりに、光フィルタユニット242を受入れる、光フィルタ設置手段である溝244等を設けたこと以外、第2の実施形態のMMI型光合分波器220と同様の構成を有している。従って、第2の実施形態のMMI型光合分波器220と共通する構成要素には、同じ符号を付し、その説明を省略する。

また、本発明による光合分波器の第3の実施形態であるMMI型光合分波器240の動作は、上述した第2の実施形態であるMMI型光合分波器220の動作と同様であるので、その説明を省略する。

従って、MMI光合分波器240を、第1の実施形態の光合分波器200と同様に動作させ、同様の用途に適用することができる。

[0063] 上述したMMI光合分波器220では、波長1．55μmの光に対応する長さL23及び波長1．49μmの光に対応する長さL21及び波長1．31μmの光に対応する長さL22をそれぞれ独立に決定することができる。従って、各々の波長の光において挿入損失が最小となるように、第1～第3のマルチモード光導波路部54，56，230のコアの形状（幅及び長さ）をそれぞれ決定することも可能である。それにより、光波長多重通信の性能を向上させることができる。

[0064] 〔光合分波器の第4の実施形態〕

次に、本発明による光合分波器の第4の実施形態を説明する。図9は、本発明による光合分波器の第4の実施形態である方向性光結合器型光合分波器の概略図である。本実施形態では、例示として、波長1．55μmの光と、波長1．49μmの光と、波長1．31μmの光を伝搬させる場合を説明する。

本発明による光合分波器の第4の実施形態は、本発明による光反射器の第4の実施形態である方向性光結合器型光反射器80のミラー88（図4参照）を2段目の光フィルタ268（図9参照）に変更し、光結合器82を2段目の光フィルタ268を越えて延長し、延長した光結合器82に第3の光導波路262及び第4の光導波路264を追加したこと以外、上記方向性光結合器型反射器80と同様の構成を有している。従って、同様の構成要素に同じ符号を付し、その説明を省略する。

[0065] 図9に示すように、方向性光結合器型光合分波器260は、光伝搬領域である方向

性光結合器82と、光結合器82の一方の側に接続された第1の光入出力手段である第1の光導波路84及び第2の光入出力手段である第2の光導波路86と、光結合器82の他方の側に接続された第3の光入出力手段である第3の光導波路262及び第4の光導波路264と、第1の光導波路84及び第2の光導波路86と第3の光導波路262及び第4の光導波路264との間の光結合器82に設けられた1段目の光フィルタ266及び2段目の光フィルタ268とを有している。第1の光結合路94は、第1の光導波路84と第4の光導波路264と接続され、第2の光結合路96は、第2の光導波路86と第3の光導波路262に接続されている。

光結合器82は、第1の光導波路84及び第2の光導波路86と1段目の光フィルタ266との間に配置された第1の光結合器部98と、1段目の光フィルタ266と2段目の光フィルタ268との間に配置された第2の光結合器部100と、2段目の光フィルタ268と第3の光導波路262との間に配置された第3の光結合器部270を含んでいる。

第1の光導波路84及び第2の光導波路86と光結合器82との接合位置102から第3の光導波路262及び第4の光導波路264と光結合器82との接合位置107までの距離L43は、2段の光フィルタを透過する光の波長(1．55μm)の結合長であることが好ましい。

第3の光導波路262及び第4の光導波路264はそれぞれ、マルチモード光導波路82と一体にSi基板(図示せず)の上に積層式に形成されたコア82aとクラッド82bとを有している。

[0066] 1段目の光フィルタ266及び2段目の光フィルタ268は、誘電体多層膜で形成されていることが好ましい。本実施形態では、1段目の光フィルタ266は、波長1．55μm帯の光及び波長1．31μm帯の光を透過し且つ波長1．49μm帯の光を反射するBBF(Band Blocking Filter)である。2段目の光フィルタ268は、波長1．55μm帯の光を透過し且つ波長1．31μm帯の光を反射するLPFである。

[0067] 次に、本発明による光合分波器の第4の実施形態である方向性光結合器型光合分波器の動作を説明する。

本発明による方向性光結合器型光合分波器260の動作は、波長1．55μmの光が第1の光導波路84から光結合器82に入射され、1段目の光フィルタ266及び2段目

の光フィルタ268を透過して第3の光導波路262に伝搬されること、ミラー88及び光フィルタ90の代わりにそれぞれ2段目の光フィルタ268及び1段目の光フィルタ266を使用すること以外、本発明による光反射器の第4の実施形態80の動作と同様である。従って、その説明を省略する。結果的には、第1の光導波路84又は第2の光導波路86と第3の光導波路262との間で1つ波長の伝搬が追加される。

従って、方向性光結合器型光合分波器260を、第1の実施形態の光合分波器200と同様に動作させ、同様の用途に適用することができる。

[0068] 上述した方向性光結合器型光合分波器260では、波長1．55μmの光に対応する長さL43及び波長1．49μmの光に対応する長さL41及び波長1．31μmの光に対応する長さL42をそれぞれ独立に決定することができる。従って、各々の波長の光において挿入損失が最小となるように、第1～第3の光結合器部98，100，270の形状（幅及び長さ等）をそれぞれ決定することも可能である。それにより、光波長多重通信の性能を向上させることができる。

また、上記は光導波路型方向性光結合器について説明したが、2本の光ファイバを融着延伸して方向性光結合器を形成する光ファイバ融着型光ファイバーの光結合部に2段の光フィルタを挿入することによっても同様の動作を実現することができる。

[0069] 〔光合分波器の第5の実施形態〕

次に、本発明による光合分波器の第5の実施形態を説明する。図10は、本発明による光合分波器の第5の実施形態であるMMI型光合分波器の概略図である。本実施形態では、例示として、波長1．65μmの光と、波長1．55μmの光と、波長1．49μmの光と、波長1．31μmの光を伝搬させる場合を説明する。

本発明による光合分波器の第5の実施形態は、本発明による光反射器の第5の実施形態であるMMI型光反射器120のミラー122を3段目の光フィルタ288（図10参照）に変更し、光伝搬領域を3段目の光フィルタ288を越えて延長し、延長した光伝搬領域に第3の光入出力手段を追加したこと以外、本発明による光反射器の第5の実施形態であるMMI型反射器と同様の構成を有している。従って、同様の構成要素に同じ符号を付し、その説明を省略する。

[0070] 図10に示すように、MMI型光合分波器280は、光伝搬領域であるマルチモード光

導波路42と、マルチモード光導波路42の一方の側に接続された第1のシングルモード光導波路43、第1の光入出力手段である第1の光ファイバー44、及び第2の光入出力手段である第2のシングルモード光導波路45、第2の光ファイバー46と、マルチモード光導波路42の他方の側に接続された第3の光入出力手段である第3のシングルモード光導波路281、第3の光ファイバー282と、第1のシングルモード光導波路43及び第2のシングルモード光導波路45と第3のシングルモード光導波路281との間のマルチモード光導波路42に設けられた1段目の光フィルタ284、2段目の光フィルタ286、及び3段目の光フィルタ288とを有している。

マルチモード光導波路42は、第1のシングルモード光導波路43及び第2のシングルモード光導波路45と1段目の光フィルタ284との間に配置された第1のマルチモード光導波路部128と、1段目の光フィルタ284と2段目の光フィルタ286との間に配置された第2のマルチモード光導波路部130と、2段目の光フィルタ130と3段目の光フィルタ132との間に配置された第3のマルチモード光導波路部132と、3段目の光フィルタ288と第3のシングルモード光導波路281との間に配置された第4のマルチモード光導波路部290を含んでいる。

第1のシングルモード光導波路43及び第2のシングルモード光導波路45とマルチモード光導波路42との接合位置58から第3のシングルモード光導波路281とマルチモード光導波路42との接合位置139までの距離L54は、透過する光の波長(1．65μm)の干渉周期の1／2であることが好ましい。

[0071] 第3のシングルモード光導波路281は、マルチモード光導波路42と共にSi基板(図示せず)の上に積層式に形成されたコア281aとクラッド281bとを有し、コア281a及びクラッド281bは、ポリマーで形成されることが好ましい。

また、第3の光ファイバー282は、コア282a及びクラッド282bを有している。第3の光ファイバー282は、軸線52に対してほぼ平行に(±5度の範囲内に)配置され、第3のシングルモード光導波路281に接着剤等により固定されている。

第3のシングルモード光導波路281を省略して、第4の光導波路部290と第3の光ファイバ282を直接接続した構成とすることもできる。ここで言う接続とは、光学的に好適な結合が確保されておればよく、間に接着剤、屈折率調整剤、充填剤、反射防

止膜等の他の物質が介在していてもよい。また、空間結合も可能である。

[0072] 1段目の光フィルタ284、2段目の光フィルタ286及び3段目の光フィルタ288は、誘電体多層膜で形成されていることが好ましい。本実施形態では、1段目の光フィルタ284は、波長1．65μm帯の光、波長1．49μm帯の光及び波長1．31μm帯の光を透過し且つ波長1．55μm帯の光を反射するBBF（Band Block Filter）である。2段目の光フィルタ286は、波長1．65μm帯の光、波長1．31μm帯の光を透過し且つ波長1．49μm帯の光を反射するBBFである。3段目の光フィルタ288は、波長1．65μm帯の光を透過し且つ波長1．31μm帯の光を反射するLPFである。第3の光フィルタ288は、溝144等に設置されていることが好ましい。

[0073] 次に、本発明による光合分波器の第5の実施形態であるMMI型光合分波器の動作を説明する。

本発明によるMMI型光合分波器280の動作は、概略的には、波長1．65μmの光が第1の光ファイバー44から第1のシングルモード光導波路43を介してマルチモード光導波路42に入射され、1段目の光フィルタ284、2段目の光フィルタ286及び3段目の光フィルタ288を透過して第3のシングルモード光導波路281を介して第3の光ファイバー282に伝搬されること、ミラー122及び光フィルタ124，126（図5参照）の代わりに光フィルタ284、286，288が使用されること以外、本発明による光反射器の第5の実施形態120の動作と同様である。従って、その説明を省略する。結果的には、第1の光ファイバー44又は第2の光ファイバー46と第3の光ファイバー282との間で1つの波長の伝搬が追加される。

[0074] 上述したMMI型光合分波器280では、波長1．65μmの光に対応する長さL54及び波長1．55μmの光に対応する長さL51及び波長1．49μmの光に対応する長さL52及び波長1．31μmの光に対応する長さL53をそれぞれ独立に決定することができる。従って、各々の波長の光において挿入損失が最小となるように、第1～第4のマルチモード光導波路部128，130，132，290のコアの形状（幅及び長さ）をそれぞれ決定することも可能である。それにより、光波長多重通信の性能を向上させることができる。

[0075] 〔光合分波器の第6の実施形態〕

次に、本発明による光合分波器の第6の実施形態を説明する。図11は、本発明による光合分波器の第6の実施形態であるMMI型光合分波器の概略図である。第6の実施形態であるMMI型光合分波器300は、上述した第2の実施形態であるMMI型光合分波器220とほぼ同じ構成をしており、両者の相違点は、第1の光結合器部98がその他の光結合器部に対して光の伝搬方向と垂直の方向にオフセットされていることだけである。具体的には、第1のマルチモード光導波路部54の軸線54aがその他のマルチモード光導波路部即ち第2及び第3のマルチモード光導波路部56、230の軸線52に対して第1のシングルモード光導波路43側に距離D0だけ横方向にオフセットされている。従って、同様の構成要素に同じ符号を付し、その説明を省略する。

図11において、第1～第3のマルチモード光導波路部54、56、230の幅をそれぞれW1、W2、W3で指示し、マルチモード光導波路部42との接合位置における第1～第3のシングルモード光導波路43、45、221それぞれの軸線と第2及び第3のマルチモード光導波路部56、230の軸線52との間の幅方向距離をそれぞれD1、D2、D3で指示し、マルチモード光導波路部42との接合位置における第1～第3のシングルモード光導波路43、45、221の幅をそれぞれWS1、WS2、WS3で指示した。

また、第6の実施形態であるMMI型光合分波器300の動作は、第2の実施形態であるMMI型光合分波器220と同様であるので、その説明を省略する。

[0076] 〔光合分波器の第7の実施形態〕

次に、本発明による光合分波器の第7の実施形態を説明する。図12は、本発明による光合分波器の第7の実施形態である方向性光結合器型光合分波器の概略図である。第7の実施形態である方向性光結合器型光合分波器310は、上述した第4の実施形態である方向性光結合器型光合分波器260とほぼ同じ構成をしており、両者の相違点は、第1の光結合器部98がその他の光結合器部に対して光の伝搬方向と垂直の方向にオフセットされていることだけである。具体的には、第1の光結合器部98の軸線98aがその他の光結合器部即ち第2及び第3の光結合器部100、270の軸線92に対して第1の光導波路84側に横方向にオフセットされている。従って、同様の構成要素に同じ符号を付し、その説明を省略する。

また、第7の実施形態である光結合器型光合分波器310の動作は、第4の実施形

態である光結合器型光合分波器260と同様であるので、その説明を省略する。

[0077] 〔光合分波器の第8の実施形態〕

次に、本発明による光合分波器の第8の実施形態を説明する。図13は、本発明による光合分波器の第8の実施形態であるロッドレンズ型光合分波器の概略図である。第8の実施形態であるロッドレンズ型光合分波器320は、上述した第1の実施形態であるロッドレンズ型光合分波器200とほぼ同じ構成をしており、両者の相違点は、第1のロッドレンズ24がその他のロッドレンズに対して光の伝搬方向と垂直の方向にオフセットされていることだけである。具体的には、第1のロッドレンズ24の軸線24aがその他のロッドレンズ即ち第2及び第3のロッドレンズ26、210の軸線22に対して第1の光ファイバー14側に横方向にオフセットされている。従って、同様の構成要素に同じ符号を付し、その説明を省略する。

また、第8の実施形態であるロッドレンズ型光合分波器320の動作は、第4の実施形態である光結合器型光合分波器200と同様であるので、その説明を省略する。

[0078] 〔光合分波器の第9の実施形態〕

次に、本発明による光合分波器の第9の実施形態を説明する。図14は、本発明による光合分波器の第9の実施形態であるMMI型光合分波器の概略図である。第9の実施形態であるMMI型光合分波器330は、上述した第6の実施形態であるMMI型光合分波器300とほぼ同じ構成をしており、両者の相違点は、マルチモード光導波路部42との接合位置58における第1及び第3のシングルモード光導波路43、45の幅が異なることである。従って、同様の構成要素に同じ符号を付し、その説明を省略する。また、第9の実施形態であるMMI型光合分波器330の動作は、第6の実施形態であるMMI型光合分波器300と同様であるので、その説明を省略する。

MMI型光合分波器330の第1のシングルモード光導波路43の光の進行方向と直交する幅は、光ファイバー44との接合箇所においてWS1aであり、マルチモード光導波路部42に向かって大きくなり、マルチモード光導波路部42との接合位置58においてWS1bである。なお、光導波路43は、幅WS1bの幅の大きさに応じて、必ずしも基本モードのみ励起するシングルモードではなくてもよく、複数のモードが励起するマルチモード光導波路であってもよい。

[0079] 上述したMMI型光合分波器330では、マルチモード光導波路42に光学的に接続される各シングルモード光導波路又はマルチモード光導波路43、45、221のコアの位置及び幅を変化させることによって、各シングルモード光導波路43、45、221とマルチモード光導波路42との間の光の伝搬又は結合効率を向上させることが可能である。

[0080] 〔実験例〕

次に、光導波路過剰損失を測定した実験例を説明する。以下の実験結果において、デシベル値が小さいほど、即ち、デシベル値の絶対値が大きいほど、光導波路過剰損失が大きくなることを意味している。

図7に示す本発明の光合分波器の第2の実施形態であるMMI型光合分波器220について、光導波路過剰損失を測定した。波長1．49μmの光を第1の光ファイバー44から1段目の光フィルタ224で反射させて第2の光ファイバー46に伝搬させたときの光導波路過剰損失は、－0．2dBであった。また、波長1．31μmの光を第2の光ファイバー46から1段目の光フィルタ224を透過させ、2段目の光フィルタ226で反射させて第1の光ファイバー44に伝搬させたときの光導波路過剰損失は、－0．7dBであった。また、波長1．55μmの光を第1の光ファイバー44から1段目の光フィルタ224及び2段目の光フィルタ226を透過させ、第3の光ファイバー222に伝搬させたときの光導波路過剰損失は、－0．5dBであった。

これに対し、2段目の光フィルタ226を省略し1段目の光フィルタ224だけを残した比較例において、光導波路過剰損失を測定した。比較例において、波長1．49μmの光及び波長1．31μmの光の両方を1段目の光フィルタで反射させ、波長1．55μmの光を1段目の光フィルタに透過させた場合、波長1．49μmの光を第1の光ファイバー44から1段目の光フィルタ224で反射させて第2の光ファイバー46に伝搬させたときの光導波路過剰損失は、－0．5dBであった。また、波長1．31μmの光を第2の光ファイバー46から1段目の光フィルタ224で反射させて第1の光ファイバー44に伝搬させたときの光導波路過剰損失は、－0．8dBであった。また、波長1．55μmの光を第1の光ファイバー44から1段目の光フィルタ224を透過させ、第3の光ファイバー222に伝搬させたときの光導波路過剰損失は、－0．9dBであった。

上記実験例の結果から分かるように、2段の光フィルタを用いて2つの波長の光を反射させる本願発明による光合分波器では、1段のみの光フィルタを用いて2つの波長の光を反射させる比較例として示した従来の光合分波器よりも、光導波路過剰損失を改善することができた。

[0081] 次に、図11に示す光合分波器の第6の実施形態であるMMI型光合分波器300の実験例を説明する。使用したMMI型光合分波器300における具体的な寸法は、W1＝17．2μm、W2＝17．4μm、W3＝17．2μm、L21＝257μm、L22＝309μm、L23＝576μm(L23－L22＝267μm)、D0＝0．8μm、D1＝5．9μm、D2＝4．2μm、D3＝4．2μm、WS1＝WS2＝WS3＝6．6μmであった。また、1段目の光フィルタ224は、1．48μmから1．50μmの波長の光を反射し、1．26μmから1．36μm及び1．55μmから1．56μmの波長の光を透過するBBFであり、2段目の光フィルタ226は、1．26μmから1．36μmの波長の光を反射し1．55μmから1．56μmの波長の光を透過するLPFを使用した。また、波長1．36μmの光は、上述した説明とは逆に、第2の光入出力手段45、46から入射して第1の光入出力手段43、44に伝搬させた。

[0082] このMMI型光合分波器300は、次に説明するように作製したものである。

まず、Si基板に、光ファイバーを実装するためのV字形断面の溝を加工し、基板上面にSiO_2の膜を形成した。次に、クラッド材料としてフッ素化ポリイミドをスピンコーティングすることによって、下部クラッド層を形成した。引き続いて、下部クラッド層の上にコア材料としてクラッド材料に使用したフッ素の重合具合が異なるフッ素化ポリイミドをスピンコーティングすることによって、コア層を形成した。次いで、フォトリソグラフィ、反応性イオンエッチングにより光導波路42、43、45、221をパターンニングした。第1及び第2のシングルモード光導波路43、45がS字型の曲線形状をなし、第3のシングルモード光導波路221が直線形状をなすようにパターニングした。次いで、クラッド用のフッ素化ポリイミドをスピンコーティングすることによって、コア層を覆うように上部クラッド層を形成した。コア層とクラッド層との比屈折率差は0．4%であり、コア層の厚さは、6．5μmであった。次いで、ダイシング加工により1段目及び2段目の光フィルタ224、226を設置するための2つの溝64、66を加工した。2つの溝64、66は、互

いに平行に且つ軸52を垂直に横切るように形成した。以上の加工を、1つのSi基板上で複数個の光合分波器300について同時に行った。

次いで、光合分波器300を個片形状に切り出した。この段階で、Si基板は、光合分波器300の軸52方向両側に延長しており、一方の延長部には、第1及び第2の光ファイバ44、46を実装するためのV字形断面の溝が配置され、他方の延長部には、第3の光ファイバ222を実装するためのV字形断面の溝が配置されている。これらの溝は、その上に光ファイバーを載せたときに、光ファイバー44，46、222のコア44a、46a、222aがそれぞれシングルモード光導波路43、45、221のコア43a、45a、221aと整列するように構成し、パッシブ実装を可能にした。1段目及び2段目の光フィルタ224、226をそれぞれ2つの溝64、66に挿入し、接着剤で固定すると共に、光ファイバー43、45、221をV字形断面の溝にパッシブ実装し、それらを接着剤で固定した。

[0083] 表1は、上記光合分波器300の光特性評価を行った結果である。表1において、第1の光入出力手段43、44をCポートで表し、第2の光入出力手段45、46をOポートで表し、第3の光入出力手段をVポートで表している。上述したように、波長1．31μmの光は、OポートからCポートに伝搬され、波長1．49μmの光は、CポートからOポートに伝搬され、波長1．55μmの光は、CポートからVポートに伝搬される。しかしながら、入射された光が100％そのように伝搬されることはなく（挿入損失）、他のポートに漏洩したり（クロストーク）、入射されたポートに戻ったりする（反射減衰量）。表1において、ポート欄に記載された左のポートから入射された光の強度に対する右のポートに出射された光の強度の設計値及び実測値を、挿入損失、クロストーク及び反射減衰量に区分して、デシベル単位で示した。設計値は、3次元BPM（ビーム伝搬法）の計算実験結果と光フィルタのコリメート光での測定値と別途測定した材料起因の伝搬損失0．3～0．5dB／cmに光ファイバとシングルモード光導波路との典型的な結合損失とを加味して求めた値である。

[0084] [表1]

項目	波長	ポート	設計値	実測値
単位	μm	入射－－出射	dB	dB
挿入損失	1．31	O －－ C	－1．1	－1．5
	1．49	C －－ O	－1．0	－1．3
	1．55	C －－ V	－0．9	－1．2
クロストーク	1．31	O －－ V	－59	－67
	1．49	C －－ V	－46	－45
	1．55	C －－ O	－34	－29
反射減衰量	1．31	O －－ O	－38	－47
	1．49	C －－ C	－37	－－－－－
	1．55	C －－ C	－42	－46

[0085] 挿入損失は、デシベル値が大きいほど、即ち、デシベル値の絶対値が小さいほど好ましく、クロストーク及び反射減衰量は、デシベル値が小さいほど、即ち、デシベル値の絶対値が大きいほど好ましい。表1から分かるように、測定値において、挿入損失の絶対値は1．5dB以下、クロストークの絶対値は29dB以上、反射減衰量の絶対値は35dB以上となり、良好な結果が得られた。

上記の結果から、作製したMMI型光合分波器をアクセス系システムに好適に用いることができることを確認することができた。具体的には、家庭側では、Cポートを局側へ、OポートをONU（Optical Network Unit）側へ、VポートをV(Video)－ONU側へ接続することによって、また、局側では、Cポートを家庭側へ、OポートをOLT（Optical Line Terminator）側へ、VポートをV(Video)－OLT側へ接続することによって、作製したMMI型光合分波器を3波長多重WDMシステム用の光合分波器として好適に用いることができる。

[0086] また、Oポートから入射されてCポートに出射される1．31μmの波長の光の反射減衰量について、オフセット量D0を0μmとした場合と0．85μmとした場合とを比較するシミュレーションを行った。このときのMMI型光合分波器300の具体的な寸法は、W1＝17．2μm、W2＝17．0μm、L21＝258μm、L22＝316μm、D1＝5．1μm、D2＝4．9μm、WS1＝WS2＝WS3＝6．2μmであった。オフセット量D0を0μmとした場合、反射減衰量は－26dBであったが、オフセット量D0を0．85μmとした場合、反射減衰量は－36dBとなり、オフセット量D0を0μmとした場合と比べて、反射減衰量の絶対値を大きくすることができた。

[0087] 図14に示す光合分波器の第9の実施形態であるMMI型光合分波器330の実施例を説明する。使用したMMI型光合分波器320における具体的な寸法は、W1＝W2＝W3＝30μm、L21＝2425μm、L22＝2642．5μm、L23＝4752．5μm、D1＝10．6μm、D2＝10．3μm、D3＝10．3μm、WS1a＝6．2μm、WS1b＝10．6μm、WS2＝6．2μm、WS3＝6．2μm、D0＝0μmであった。また、1段目の光フィルタ224は、1．48μmから1．50μmの波長の光を反射し、1．26μmから1．36μm及び1．55μmから1．56μmの波長の光を透過するBBFであり、2段目の光フィルタ226は、1．26μmから1．36μmの波長の光を反射し1．55μmから1．56μmの波長の光を透過するLPFを使用した。1．26μmから1．36μmの波長の光は、第2の光入出力手段45、46から入射して第1の光入出力手段43、44に伝搬させ、1．48μmから1．50μmの波長の光は、第1の光入出力手段43、44から入射して第2の光入出力手段45、46に伝搬させた。1．55μmから1．56μmの波長の光は、第1の光入出力手段43、44から入射して第3の光入出力手段221、222に伝搬させた。

[0088] 図15は、上記寸法のMMI型光合分波器330のリターンロスの波長依存性を示すグラフである。図15に示すリターンロスは、波長1．26μm～1．36μmの光を第2の光入出力手段45、46から入射させて第1の光入出力手段に伝搬させたときに第2の光入出力手段45、46へ戻ってくる光の光量の入射光量に対する比である。第1～第3のマルチモード光導波路54、56、230の幅W1、W2、W3が30μmである上記実施例と、幅W1、W2、W3が17μmであり且つそれに応じて長さL21、L22、L23を調整した別の実施例とを比較した。図15から分かるように、幅W1、W2、W3を大きくすることによって、波長1．26μm～1．36μmの光のリターンロスを少なくすることができた。またリターンロスの波長依存性も小さくすることができた。

また、幅W1、W2、W3を大きくすることによって、1段目の光フィルタ224と2段目の光フィルタ226との間隔を長くとることができるため、光フィルタ224、226の実装が容易であった。

[0089] また、マルチモード光導波路42へ光学的に接続する部分における第1のシングルモード光導波路43の幅WS1bを10．6μmとし第2のシングルモード光導波路45の

幅WS2を6．2μmにした上記実施例と、幅WS1b、WS2が両方とも6．2μmである別の実施例とを比較した。上記実施例のように幅WS1bを大きくすることによって、第2の光入出力手段45、46から入射して第1の光入出力手段43、44に伝搬する1．26から1．36μmの波長の光の過剰損失を少なくすることができた。

[0090] 以上、本発明の実施形態を説明したが、本発明は、以上の実施の形態に限定されることなく、特許請求の範囲に記載された発明の範囲内で種々の変更が可能であり、それらも本発明の範囲内に包含されるものであることはいうまでもない。

上記実施形態では、波長1．49μmの光及び波長1．31μmの光が両方とも第1の光入出力手段から第2の光入出力手段に伝搬される場合について説明したが、両波長の光が両方とも、逆方向に、第2の光入出力手段から第1の光に入手力手段に伝搬されても良いし、両波長の光が第1の光入出力手段と第2の光入出力手段との間を互いに逆方向に伝搬されても良いし、両波長の光の伝搬方向が、時間の経過とともに変化してもよい。

[0091] また、上述した本願発明の光合分波器の実施形態では、溝等の光フィルタ設置手段に光フィルタを取付けた状態で説明したが、それに限らず、実際に商品として流通している、光合分波器から光フィルタを取外した光システムであっても、光フィルタを取付ければ本願発明の光合分波器となるものも本発明の範囲内にある。

また、上記実施形態では、光フィルタとしてLPF（Long wavelength Pass Filter）、BBF（Band Blocking Filter）を使用したが、用途に応じて、SPF（Short wavelength Pass Filter）及びBPF（Band Pass Filter）を使用してもよい。

また、本発明の光反射器及び光合分波器の第5の実施形態では、3段の光フィルターを用いて3つの波長の光波長多重通信の例を示したが、4段以上の光フィルターを用いて4つ以上の波長の光波長多重通信を行ってもよい。

また、ミラー及び光フィルタは、溝、端部、段部に設置されてもよいし、光反射器又は光合分波器として作用させるように、分離して形成された光伝搬領域の間に挟んで接合することによって設置されてもよい。

[0092] また、上記実施形態では、光伝搬領域がロッドレンズ、マルチモード光導波路、方向性光結合器である場合を説明したが、光伝搬領域が、フレネルレンズ等の集光素

子、グレーティング（回折格子）、マッハツェンダ干渉計であってもよい。

また、上述した実施形態では、光フィルタ又はミラーによって区分された光伝搬領域の各部分が同一材料で形成されている場合を説明したが、少なくとも第1のロッドレンズ24又は第1の光導波路部54，128が、伝搬する光の波長に応じた光の強度分布を生じさせればよく、光伝搬領域の他の各部分が別の材料で形成されていてもよい。例えば、本願発明による光反射器及び光合分波器の第1の実施形態において、第2のロッドレンズ26を、ロッドレンズではなく空気等としてもよいし、本願発明による光反射器及び光合分波器の第2の実施形態において、第2の光導波路部56を、マルチモード光導波路ではなく空気等としてもよい。また、本願発明による光反射器及び光合分波器の第5の実施形態においても、第2の光導波路部130及び／又は第3の光導波路部132を、マルチモード光導波路ではなく空気等としてもよい。

[0093] また、上述した光ファイバーの一部又は全部を光導波路に置き換えてもよいし、光導波路の一部又は全部を光ファイバーに置き換えてもよい。また、光導波路と光ファイバーが接続されている場合、そのいずれかを省略してもよい。

また、これらの実施形態において、入射側の光ファイバーを該当する波長の発光素子に置き換えてもよいし、出射側の光ファイバーを該当する波長の受光素子等に置き換えてもよい。

[0094] また、光伝搬領域12、42、82に対して第1～第3の光入出力手段14、43、84等が配置される位置は、波長、光伝搬領域の寸法等に応じて定められることが好ましい。また、光伝搬領域の各領域（例えば、第1～第3のマルチモード光導波路部54、56、230）及び各光入出力手段の形状、寸法、相対位置等は、挿入損失、クロストーク及び反射減衰量の設計に応じて定められることが好ましい。例えば、光合分波器の第6～第9の実施形態のように、第1の光伝搬領域部（マルチモード光導波路部54、光結合器部98、ロッドレンズ24）をその他の光伝搬領域の部分に対して横方向にオフセットさせてもよいし、全ての光伝搬領域の部分を互いにオフセットさせても良い。また、例えば、シングルモード光導波路43、45、221の幅WS1、WS2、WS3、WS1a、WS1bが互いに異なっていてもよい。また、上記第9の実施形態において、WS1bをWS1aよりも大きくしたけれども、第1のシングルモード光導波路43とマルチモード

光導波路部42との間の光の結合が向上すれば、WS1bがWS1aよりも小さくなってもよい。

図面の簡単な説明

[0095] [図1]本発明による光反射器の第1の実施形態であるロッドレンズ型光反射器の概略図である。

[図2]本発明による光反射器の第2の実施形態であるMMI型光反射器の概略平面図である。

[図3]本発明による光反射器の第3の実施形態であるMMI型光反射器の概略平面図である。

[図4]本発明による光反射器の第4の実施形態である方向性光結合器型光反射器の概略平面図である。

[図5]本発明による光反射器の第5の実施形態であるMMI型光反射器の概略平面図である。

[図6]本発明による光合分波器の第1の実施形態であるロッドレンズ型光合分波器の概略図である。

[図7]本発明による光合分波器の第2の実施形態であるMMI型光合分波器の概略平面図である。

[図8]本発明による光合分波器の第3の実施形態であるMMI型光合分波器の概略平面図である。

[図9]本発明による光合分波器の第4の実施形態である方向性光結合器型光合分波器の概略平面図である。

[図10]本発明による光合分波器の第5の実施形態であるMMI型光合分波器の概略平面図である。

[図11]本発明による光合分波器の第6の実施形態であるMMI型光合分波器の概略平面図である。

[図12]本発明による光合分波器の第7の実施形態である方向性光結合器型光合分波器の概略平面図である。

[図13]本発明による光合分波器の第8の実施形態であるロッドレンズ型光合分波器

の概略図である。

[図14]本発明による光合分波器の第9の実施形態であるMMI型光合分波器の概略図である。

[図15]第9の実施形態であるMMI型光合分波器のリターンロスを示すグラフである。

[図16]従来技術の直線光導波路型光合分波器の概略平面図である。

[図17]従来技術のマルチモード光導波路型光合分波器の概略平面図である。

[図18]従来技術のロッドレンズ型光合分波器の概略図である。

符号の説明

[0096] 10、40、70, 80、120 光反射器

200、220、240, 260, 280、300、310、320 光合分波器

12 ロッドレンズ

14、44 第1の光ファイバー

43 第1のシングルモード光導波路

16、46 第2の光ファイバー

45 第2のシングルモード光導波路

18、48, 88. 122 ミラー

20、50、90、124、224、266、284 1段目の光フィルタ

42 マルチモード光導波路

82 光結合器

84 第1の光導波路

86 第2の光導波路

126、206、226、268, 286 2段目の光フィルタ

200、220、240, 260, 280 光合分波器

202、222、262、282 第3の光ファイバー

221、281 第3のシングルモード光導波路

288 3段目の光フィルタ

300、310、320、330 光合分波器

請求の範囲

[1] 伝搬する光の波長に応じた光の強度分布を生じさせる光伝搬領域と、

前記光伝搬領域の一方の側に接続された第1の光入出力手段及び第2の光入出力手段と、

前記光伝搬領域の他方の側に設けられたミラーと、

前記第1の光入出力手段及び前記第2の光入出力手段と前記ミラーとの間の前記光伝搬領域に設けられた光フィルタと、を有し、

前記光フィルタは、第1の波長の光を反射し且つ第2の波長の光を透過し、

前記ミラーは、前記第2の波長の光を反射し、

前記第1の光入出力手段と前記第2の光入出力手段との間で、前記第1の波長の光及び前記第2の波長の光が伝搬されることを特徴とする光反射器。

[2] 更に、前記光フィルタと前記ミラーとの間に設けられた少なくとも1段の追加の光フィルタを有し、前記追加の光フィルタの各々は、それよりも前記第1及び第2の光入出力手段の側にある光フィルタをすべて透過する所定の波長の光を反射し且つ前記第2の波長の光を透過し、

前記第1の光入出力手段と前記第2の光入出力手段との間で、前記第1の波長の光、前記第2の波長の光、及び前記所定の波長の光が伝搬されることを特徴とする請求項1又は2に記載の光反射器。

[3] 前記光伝搬領域は、集光素子、グレーティング、マルチモード光導波路、マッハツェンダ干渉計、又は方向性光結合器で形成されることを特徴とする請求項1又は2のいずれか1項に記載の光反射器。

[4] 前記光伝搬領域は、前記第1の光入出力手段及び前記第2の光入出力手段とそれに最も近い前記光フィルタとの間に、第1の光伝搬領域部を構成し、

前記第1の光伝搬領域部は、前記光伝搬領域のその他の部分に対して、光の伝搬方向と垂直の方向にオフセットされていることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の光反射器。

[5] 伝搬する光の波長に応じた光の強度分布を生じさせる光伝搬領域と、

前記光伝搬領域の一方の側に接続された第1の光入出力手段及び第2の光入出

力手段と、

前記光伝搬領域の他方の側に接続された第3の光入出力手段と、

前記第1の光入出力手段及び前記第2の光入出力手段と前記第3の光入出力手段との間の前記光伝搬領域に設けられた少なくとも2段の光フィルタを設置するための光フィルタ設置手段と、を有することを特徴とする光システム。

[6] 前記光伝搬領域は、集光素子、グレーティング、マルチモード光導波路、マッハツェンダ干渉計、又は方向性光結合器で形成されることを特徴とする請求項5に記載の光システム。

[7] 前記光伝搬領域は、前記第1の光入出力手段及び前記第2の光入出力手段とそれに最も近い前記光フィルタ設置手段との間に、第1の光伝搬領域部を構成し、

前記第1の光伝搬領域部は、前記光伝搬領域のその他の部分に対して、光の伝搬方向と垂直の方向にオフセットされていることを特徴とする請求項5又は6のいずれか1項に記載の光システム。

[8] 前記光フィルタ設置手段は、前記光伝搬領域に設けられた溝であることを特徴とする請求項5～7のいずれか1項に記載の光システム。

[9] 前記第1、第2、及び第3の光入出力手段が、シングルモード光導波路であることを特徴とする請求項5～8のいずれか1項に記載の光システム。

[10] 前記第1及び第2の光入出力手段がシングルモード光導波路で、前記第3の光入出力手段が光ファイバであることを特徴とする請求項5～8のいずれか1項に記載の光システム。

[11] 伝搬する光の波長に応じた光の強度分布を生じさせる光伝搬領域と、

前記光伝搬領域の一方の側に接続された第1の光入出力手段及び第2の光入出力手段と、

前記光伝搬領域の他方の側に接続された第3の光入出力手段と、

前記第1の光入出力手段及び前記第2の光入出力手段と前記第3の光入出力手段との間の前記光伝搬領域に設けられた2段の光フィルタと、を有し、

前記第1の光入出力手段及び前記第2の光入出力手段の側の前記光フィルタは、第1の波長の光を反射し且つ第2の波長の光及び第3の波長の光を透過し、

前記第3の光入出力手段の側の前記光フィルタは、前記第2の波長の光を反射し且つ前記第3の波長の光を透過し、

前記第1の光入出力手段と前記第2の光入出力手段との間で、前記第1の波長の光及び前記第2の波長の光が伝搬され、

前記第1の光入出力手段又は前記第2の光入出力手段と前記第3の光入出力手段との間で、前記第3の波長の光が伝搬されることを特徴とする光合分波器。

[12] 更に、前記2段の光フィルタの間に設けられた少なくとも1段の追加の光フィルタを有し、前記追加の光フィルタの各々は、それよりも前記第1及び第2の光入出力手段の側にある光フィルタをすべて透過する所定の波長の光を反射し且つ前記第2の波長の光及び前記第3の波長の光を透過し、

前記第1の光入出力手段と前記第2の光入出力手段との間で、前記第1の波長の光、前記第2の波長の光、及び前記所定の波長の光が伝搬されることを特徴とする請求項11に記載の光合分波器。

[13] 前記光伝搬領域は、集光素子、グレーティング、マルチモード光導波路、マッハツェンダ干渉計、又は方向性光結合器で形成されることを特徴とする請求項11又は12に記載の光合分波器。

[14] 前記光伝搬領域は、前記第1の光入出力手段及び前記第2の光入出力手段とそれに最も近い前記光フィルタとの間に、第1の光伝搬領域部を構成し、

前記第1の光伝搬領域部は、前記光伝搬領域のその他の部分に対して、光の伝搬方向と垂直の方向にオフセットされていることを特徴とする請求項11～13のいずれか1項に記載の光合分波器。

[15] 前記第1、第2、及び第3の光入出力手段が、シングルモード光導波路であることを特徴とする請求項11～14のいずれか1項に記載の光合分波器。

[16] 前記第1及び第2の光入出力手段がシングルモード光導波路で、前記第3の光入出力手段が光ファイバであることを特徴とする請求項11～14のいずれか1項に記載の光合分波器。

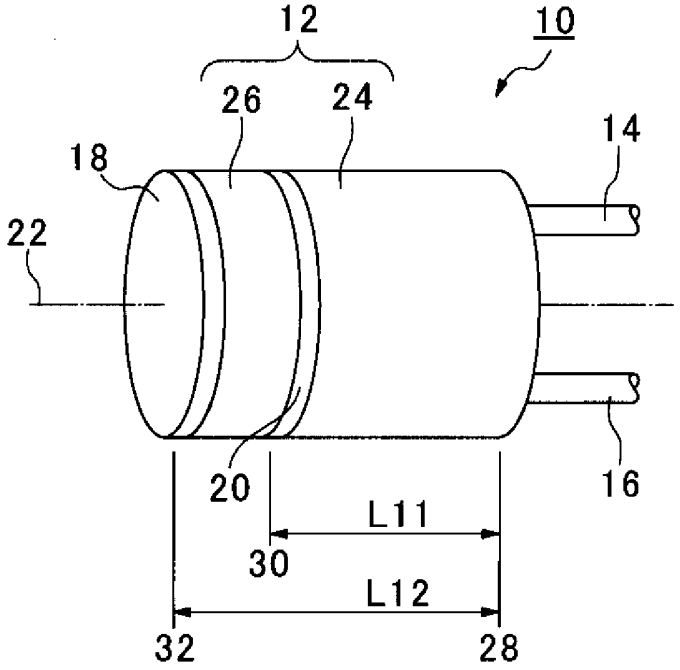
[17] 前記光フィルタは、更に、第3の波長の光を透過し、

前記ミラーは、前記第2の波長の光を反射し、第3の波長を透過する第2の光フィルタ

であることを特徴とする請求項1に記載の光反射器。

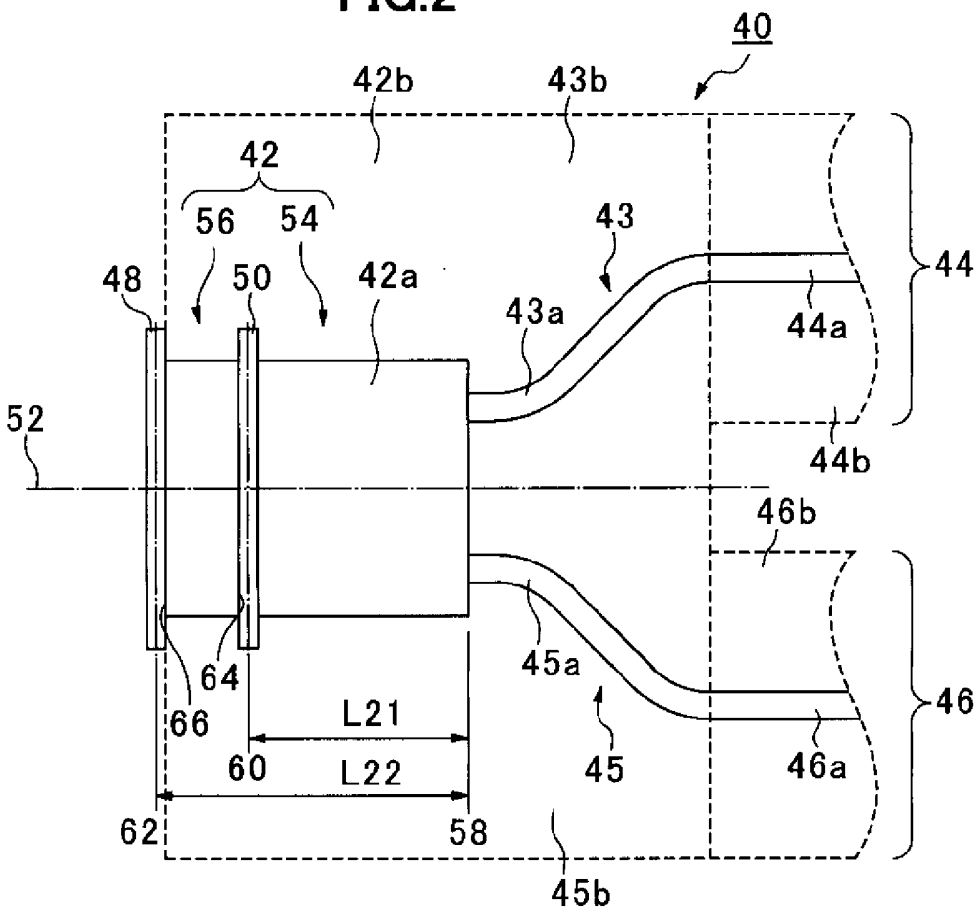
[図1]

FIG.1



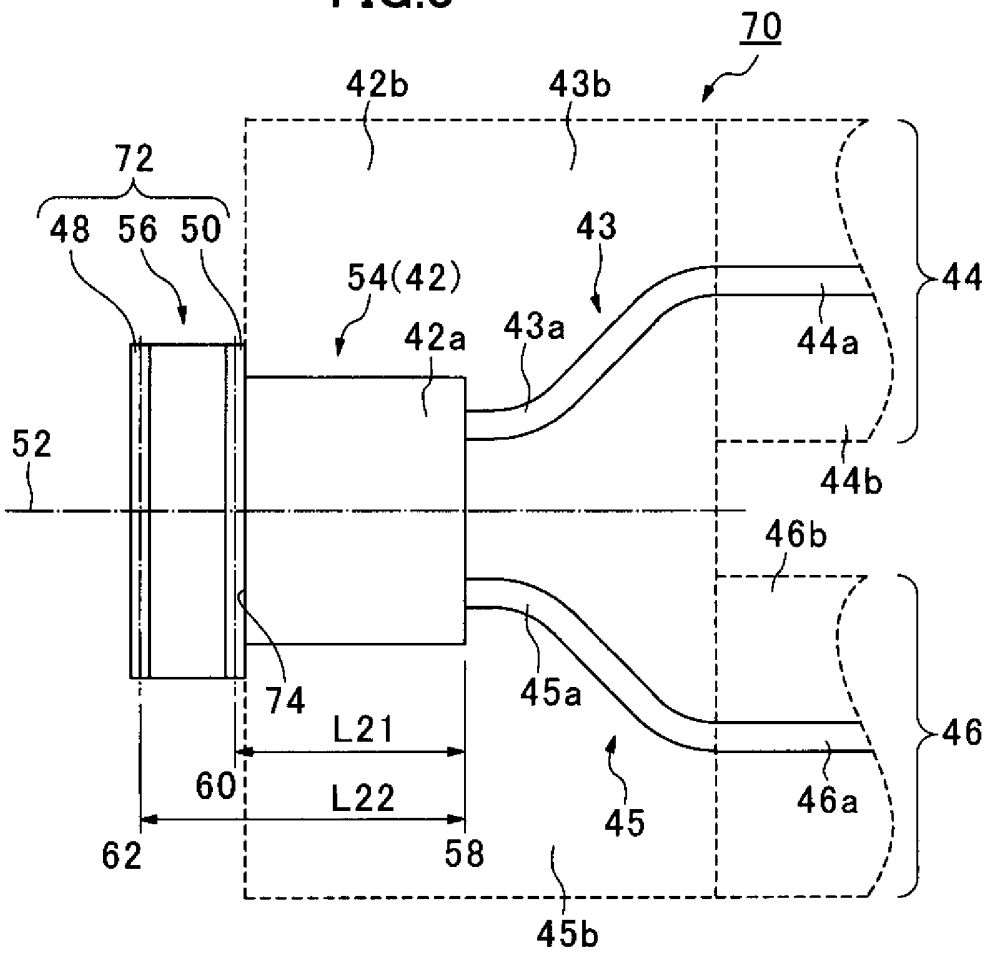
[図2]

FIG.2



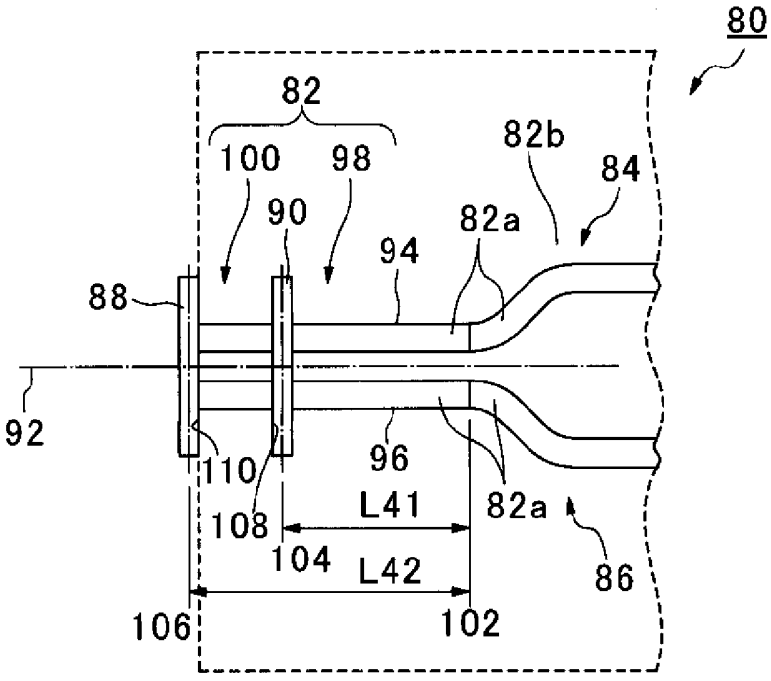
[図3]

FIG.3



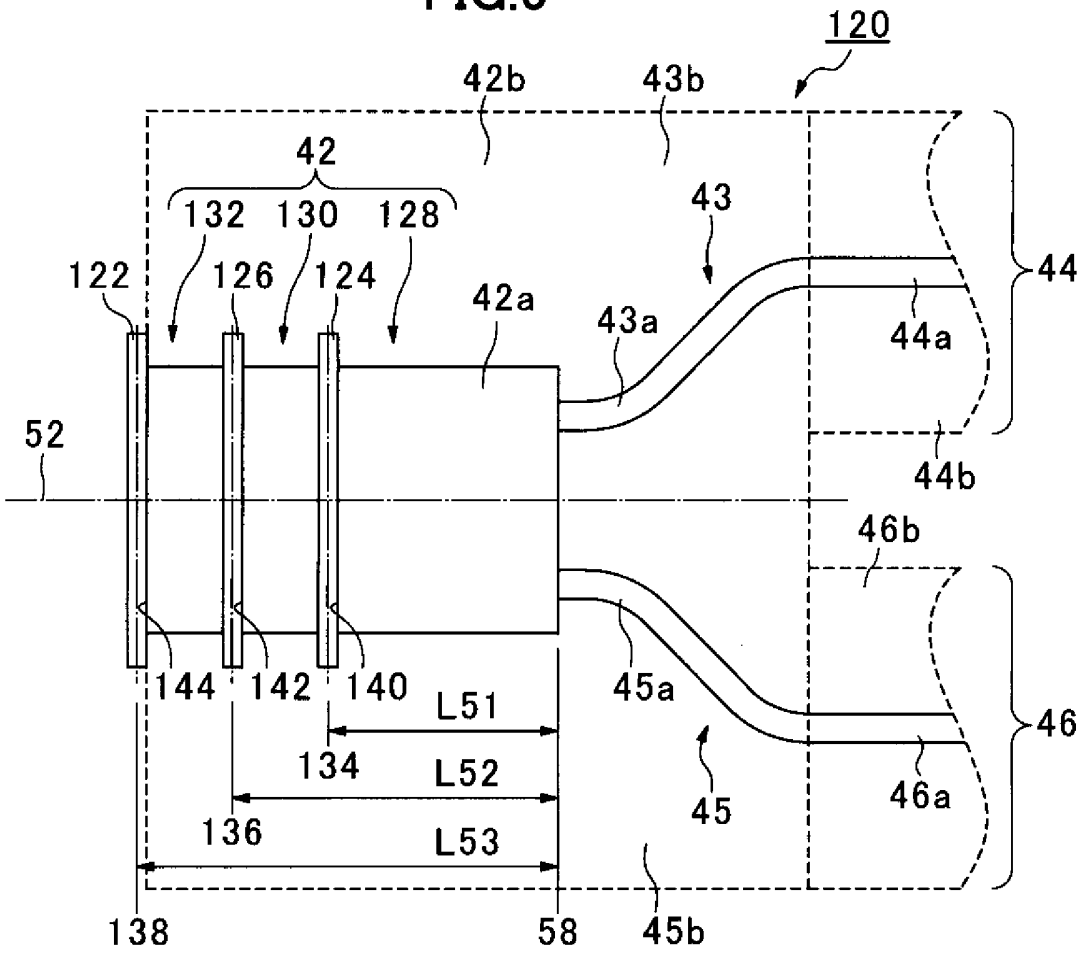
[図4]

FIG.4



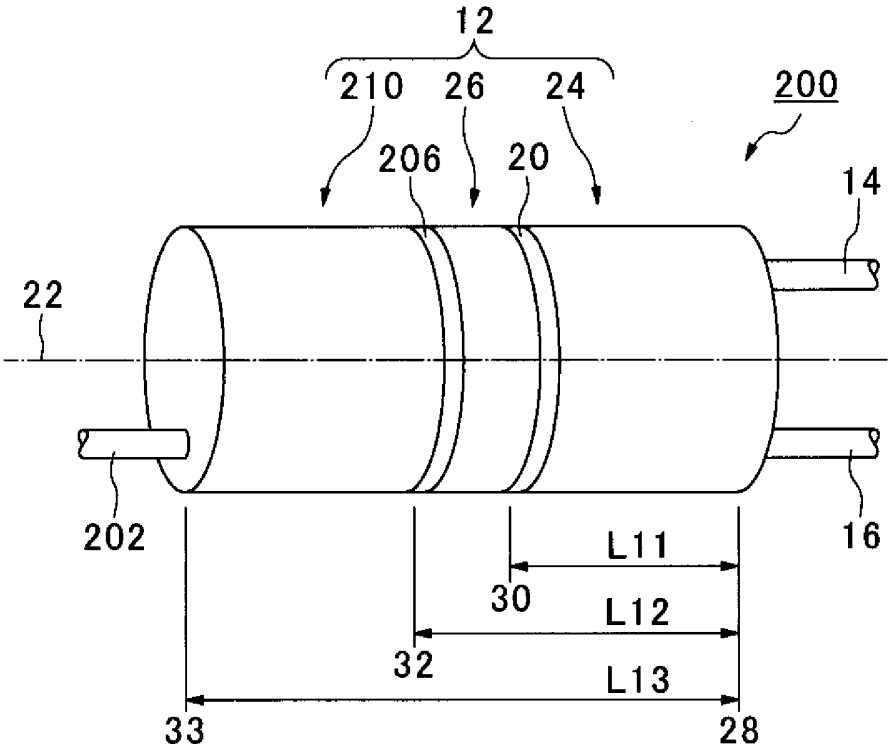
[図5]

FIG.5



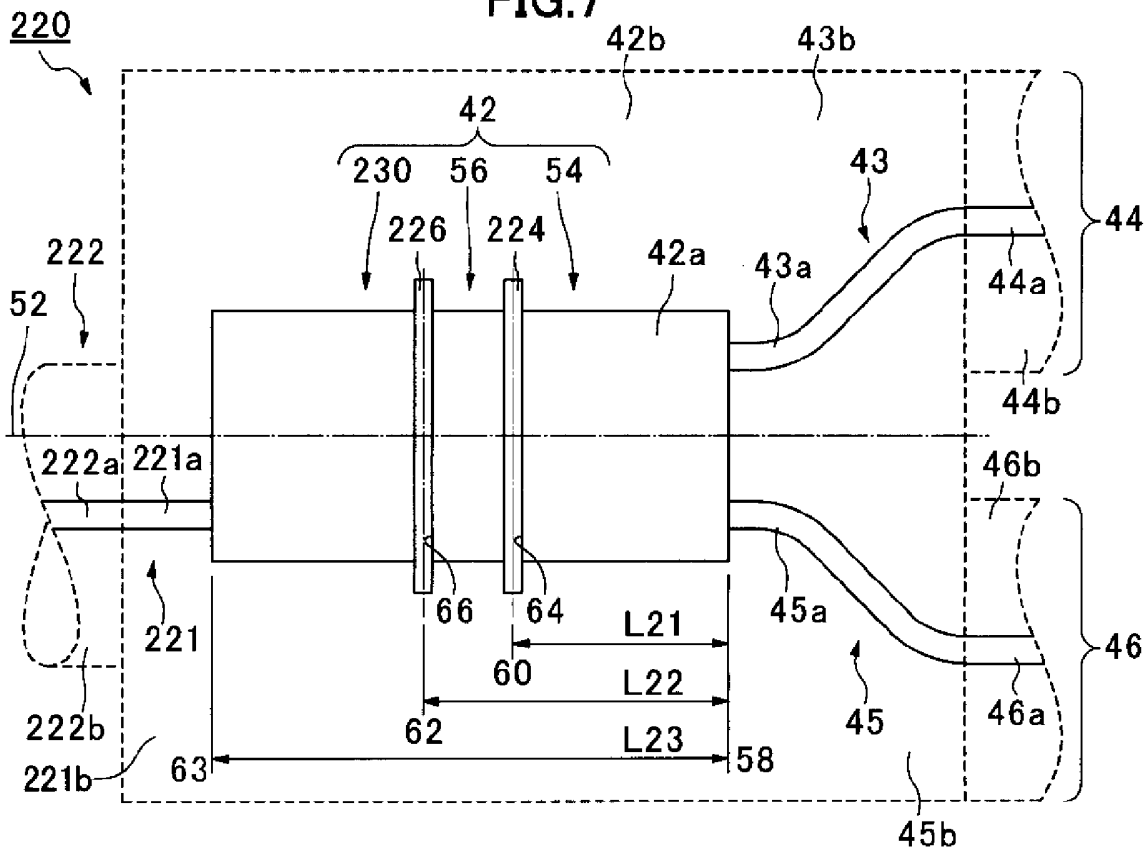
[図6]

FIG.6



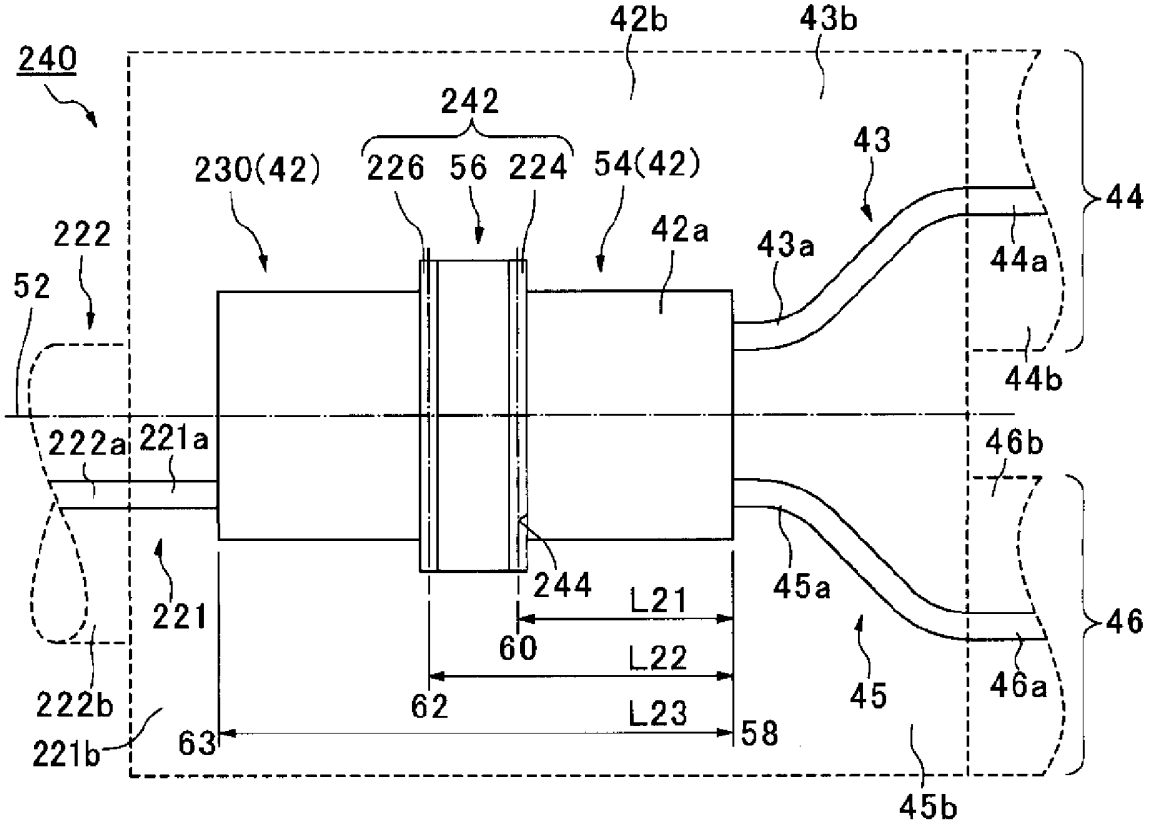
[図7]

FIG.7



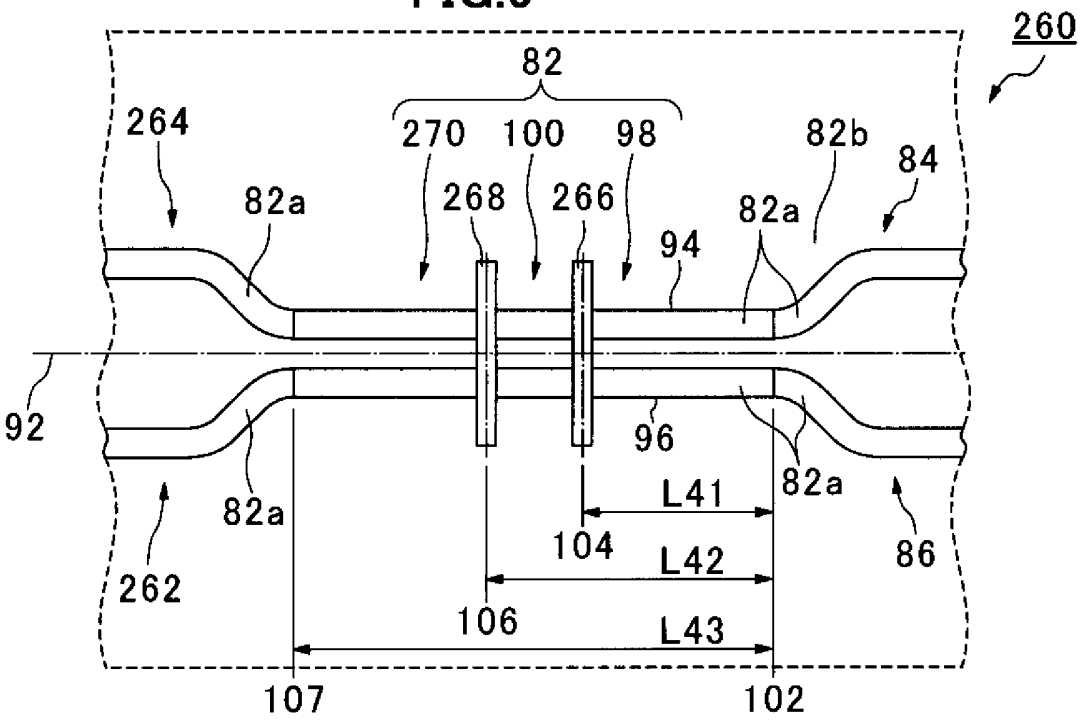
[図8]

FIG.8



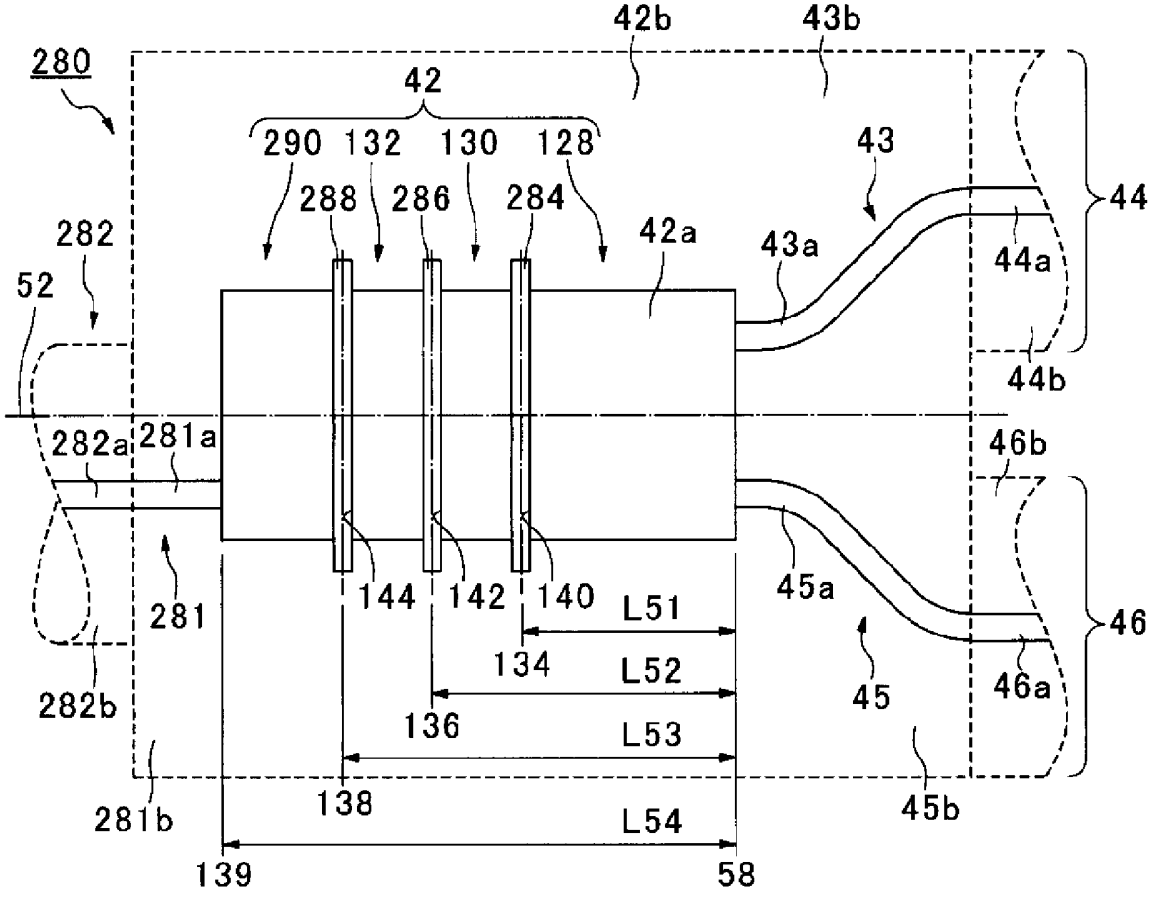
[図9]

FIG.9



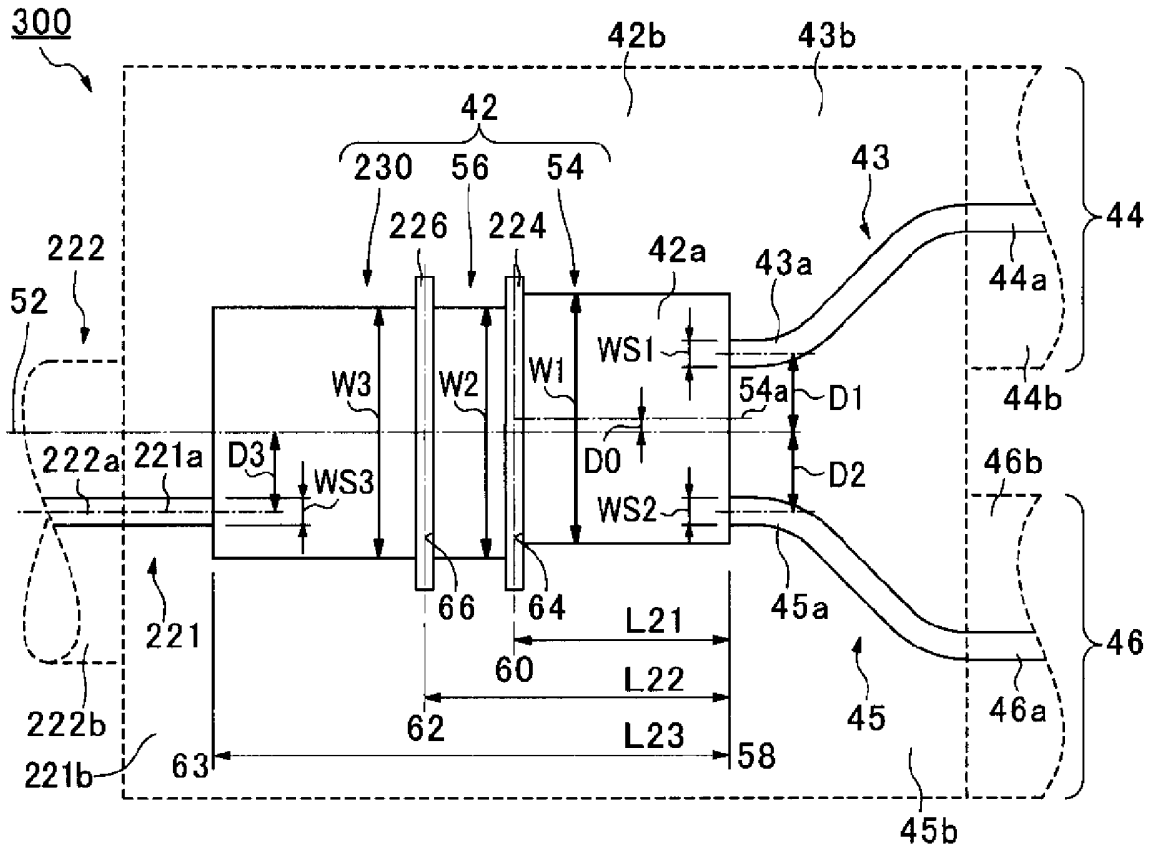
[図10]

FIG.10



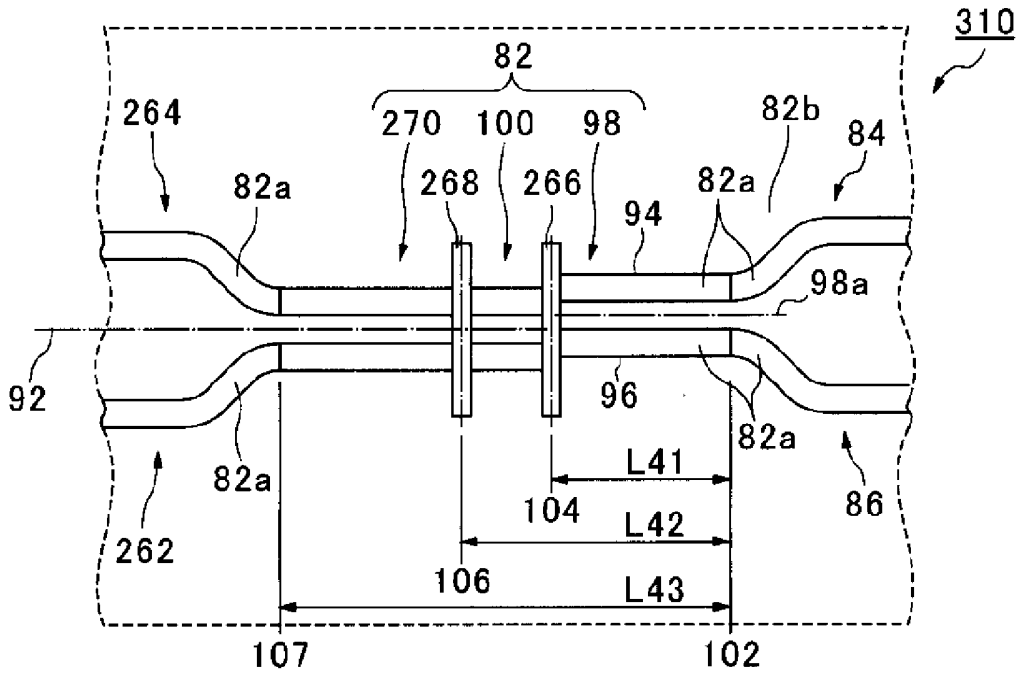
[図11]

FIG.11



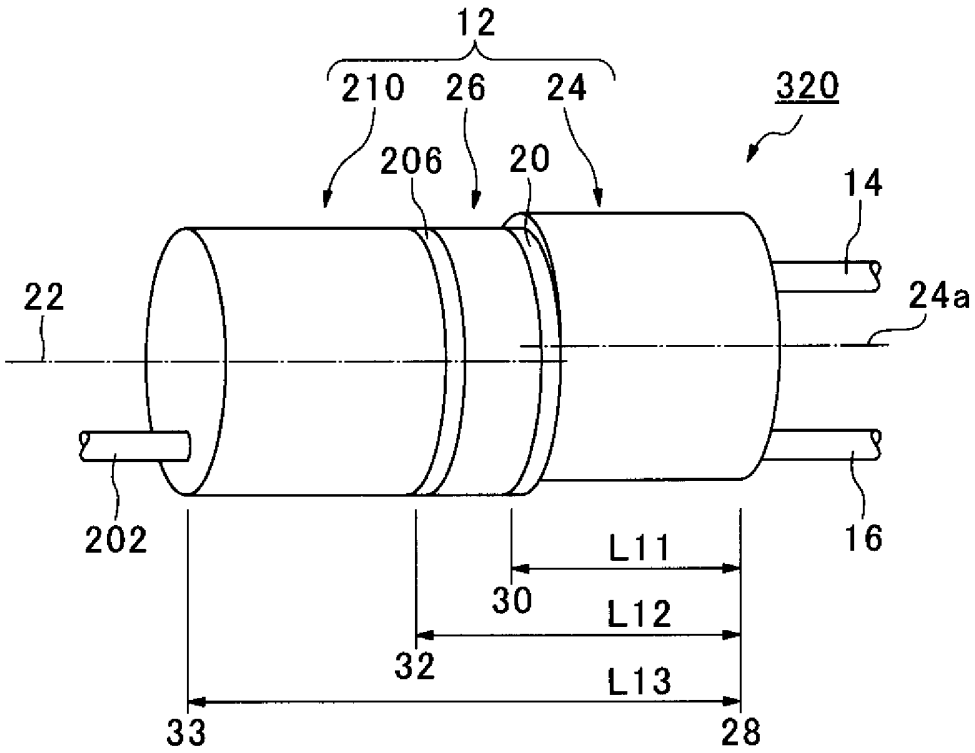
[図12]

FIG.12



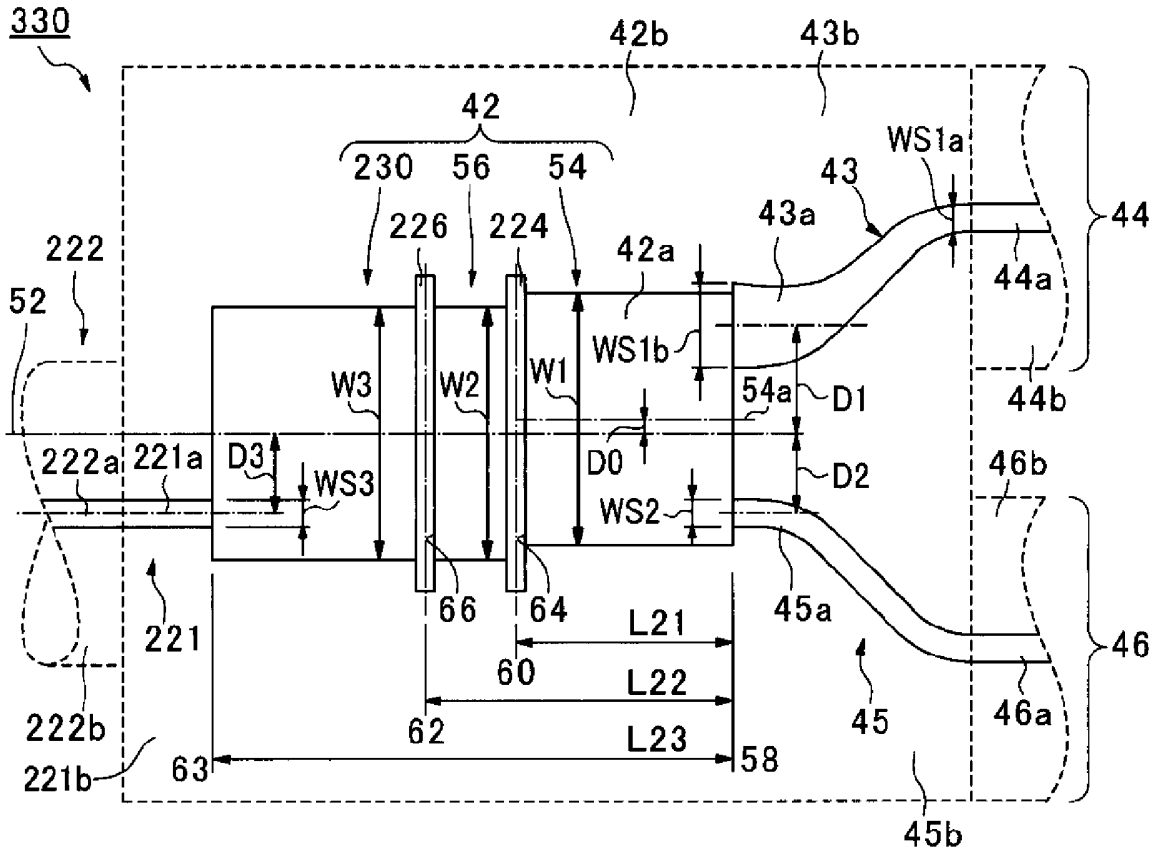
[図13]

FIG.13



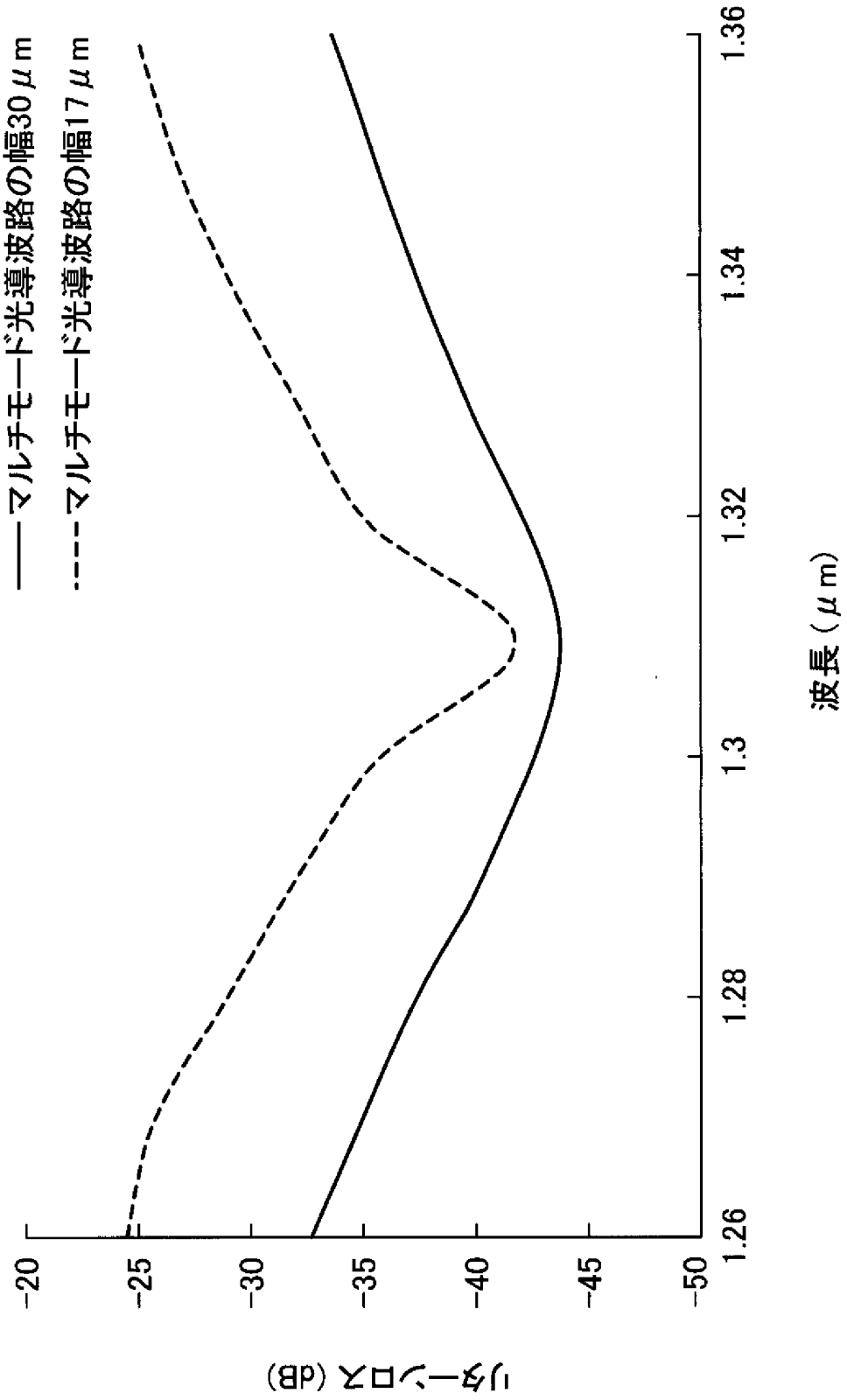
[図14]

FIG.14


330
42b
43b
42
230
56
54
226
224
WS1a
43
43a
44
222
52
42a
44a
WS1b
W3
W2
W1
54a
D1
44b
222a
221a
D3
WS3
D0
D2
46b
WS2
66
64
45a
221
L21
60
L22
46
222b
62
45
46a
L23
221b
63
58
45b

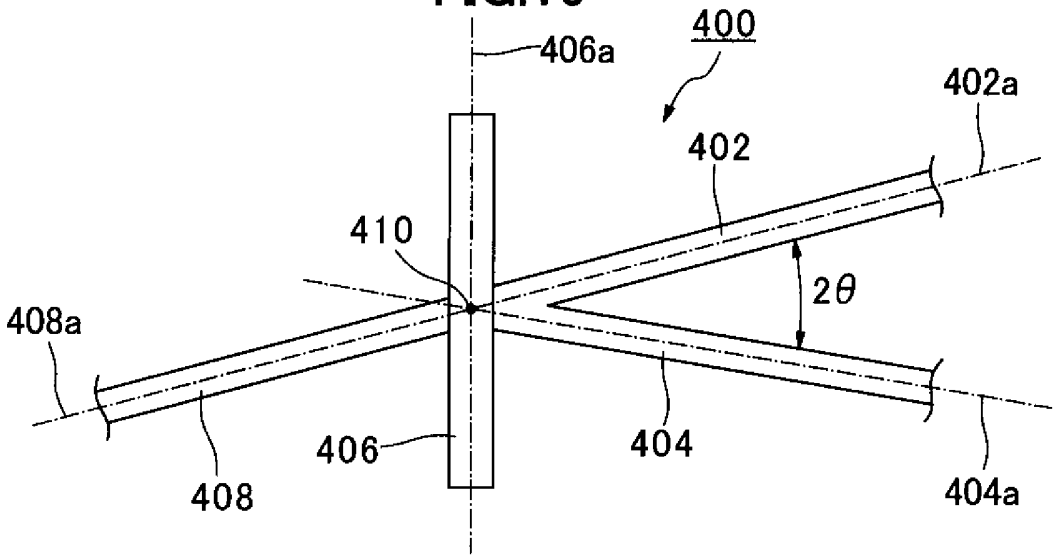
[図15]

FIG.15


マルチモード光導波路の幅30μm
マルチモード光導波路の幅17μm
パワーロス (dB)
-20
-25
-30
-35
-40
-45
-50
1.26
1.28
1.3
1.32
1.34
1.36
波長 (μm)

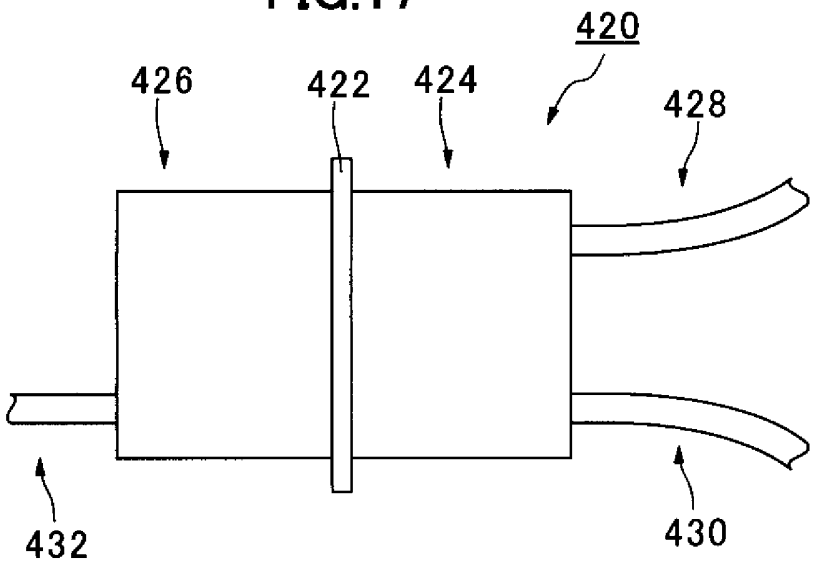
[図16]

FIG.16



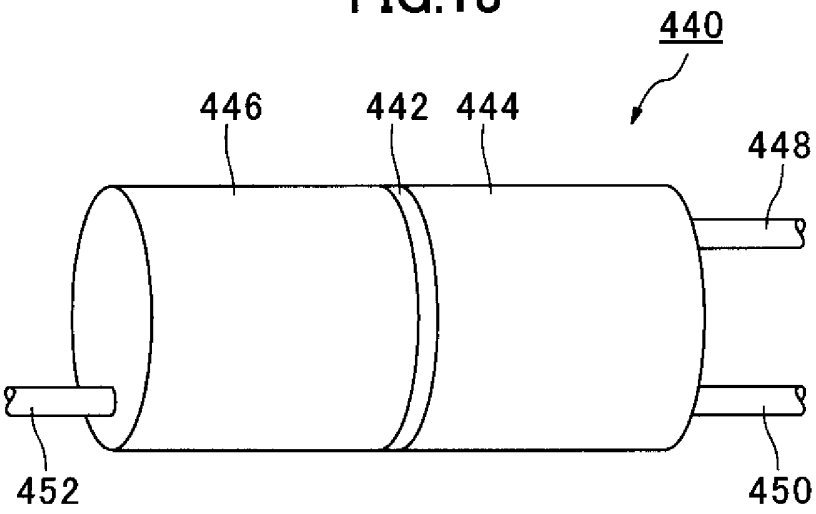
[図17]

FIG.17



[図18]

FIG.18



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2005/020940

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G02B6/32(2006.01), ***G02B6/293***(2006.01), ***G02B6/12***(2006.01), ***G02B6/122***(2006.01)

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G02B6/12-6/14, G02B6/26-6/43, G02F1/00-7/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2006 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2006

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2003-172806 A (Fujikura Ltd.), 20 June, 2003 (20.06.03), Par. Nos. [0027] to [0038]; Figs. 4, 5 (Family: none)	1-3,5,6, 8-13,15-17 4,7,14
X A	JP 1-96605 A (NEC Corp.), 14 April, 1989 (14.04.89), Full text; Figs. 1, 2 (Family: none)	1-3,5,6, 8-13,15-17 4,7,14
X A	JP 6-194613 A (Telefonaktiebolaget LM Ericsson(publ)), 15 July, 1994 (15.07.94), Par. Nos. [0020], [0030]; Fig. 5 & US 5416866 A & GB 2270174 A & DE 4328777 A & FR 2695212 A & SE 9202446 A	1-3,5,6, 8-13,15-17 4,7,14

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
07 February, 2006 (07.02.06)	14 February, 2006 (14.02.06)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2005/020940

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 9-507313 A (Alcatel N.V.), 22 July, 1997 (22.07.97), Full text; Figs. 1 to 3 & EP 707224 A1 & WO 1996/11417 A1 & FR 2725529 A & CA 2160217 A	1-3,5,6, 8-13,15-17 4,7,14
X A	JP 2004-138680 A (NTT Advanced Technology Corp.), 13 May, 2004 (13.05.04), Par. Nos. [0104] to [0107]; Fig. 7 (Family: none)	1-3,5,6, 8-13,15-17 4,7,14
X A	JP 9-121203 A (Mitsubishi Electric Corp.), 06 May, 1997 (06.05.97), Par. Nos. [0063] to [0066]; Fig. 8 & US 5793908 A & US 5850301 A & US 5861967 A & GB 2305041 A & GB 2311429 A & GB 2311430 A & FR 2738091 A	1-3,5,6, 8-13,15-17 4,7,14
X A	JP 3-33805 A (American Telephone and Telegraph Co.), 14 February, 1991 (14.02.91), Full text; Fig. 6 & EP 390416 B1 & US 4923271 A	1-3,5,6, 8-13,15-17 4,7,14
Y	JP 2004-271894 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 30 September, 2004 (30.09.04), Full text; Figs. 2, 4 (Family: none)	4,7,14
P,Y	JP 2004-354483 A (Fujikura Ltd.), 16 December, 2004 (16.12.04), Full text; Figs. 11, 12 (Family: none)	4,7,14
A	JP 2002-6155 A (Hitachi, Ltd.), 09 January, 2002 (09.01.02), Full text; Figs. 1 to 20 & US 6744945 B2 & US 2001/53262 A1	1-17
A	JP 9-159851 A (NEC Corp.), 20 June, 1997 (20.06.97), Full text; Figs. 1 to 3 & EP 778478 A3 & US 5799120 A	1-17
A	JP 11-258463 A (NEC Corp.), 24 September, 1999 (24.09.99), Full text; Figs. 1, 2 & EP 939465 A3 & US 6144785 A	1-17

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００５／０２０９４０

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　***G02B6/32*** (2006.01), ***G02B6/293*** (2006.01), ***G02B6/12*** (2006.01), ***G02B6/122*** (2006.01)

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G02B 6/12-6/14, G02B 6/26-6/43, G02F 1/00-7/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２００６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００６年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

WPI, JSTPlus(JOIS)

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
X Y	JP 2003-172806 A（株式会社フジクラ）　2003.06.20 段落【0027】-【0038】，第４,５図　（ファミリーなし）	1-3, 5, 6, 8-13, 15-17 4, 7, 14
X A	JP 1-96605 A（日本電気株式会社）　1989.04.14 全文，第１,２図　（ファミリーなし）	1-3, 5, 6, 8-13, 15-17 4, 7, 14

☑ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 ０７．０２．２００６	国際調査報告の発送日 １４．０２．２００６
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｘ　９８１３ ▲高▼　芳徳 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２９４

C（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
X A	JP 6-194613 A（テレフオンアクチーボラゲツト　エル　エム エリクソン）　1994.07.15　段落【0020】，【0030】，第5図 & US 5416866 A & GB 2270174 A & DE 4328777 A & FR 2695212 A & SE 9202446 A	1-3, 5, 6, 8-13, 15-17 4, 7, 14
X A	JP 9-507313 A（アルカテル・エヌ・ベー）　1997.07.22　全文，第1-3図　& EP 707224 A1 & WO 1996/11417 A1 & FR 2725529 A & CA 2160217 A	1-3, 5, 6, 8-13, 15-17 4, 7, 14
X A	JP 2004-138680 A（エヌ・ティ・ティ・アドバンステクノロジ株式会社）2004.05.13　段落【0104】-【0107】，第7図　（ファミリーなし）	1-3, 5, 6, 8-13, 15-17 4, 7, 14
X A	JP 9-121203 A（三菱電機株式会社）　1997.05.06　段落【0063】-【0066】，第8図　& US 5793908 A & US 5850301 A & US 5861967 A & GB 2305041 A & GB 2311429 A & GB 2311430 A & FR 2738091 A	1-3, 5, 6, 8-13, 15-17 4, 7, 14
X A	JP 3-33805 A（アメリカン　テレフオン　アンド　テレグラフ カムパニー）　1991.02.14　全文，第6図 & EP 390416 B1 & US 4923271 A	1-3, 5, 6, 8-13, 15-17 4, 7, 14
Y	JP 2004-271894 A（住友電気工業株式会社）　2004.09.30 全文，第2, 4図　（ファミリーなし）	4, 7, 14
P，Y	JP 2004-354483 A（株式会社フジクラ）　2004.12.16 全文，第11, 12図　（ファミリーなし）	4, 7, 14
A	JP 2002-6155 A（株式会社日立製作所）　2002.01.09　全文，第1-20図 & US 6744945 B2 & US 2001/53262 A1	1-17
A	JP 9-159851 A（日本電気株式会社）　1997.06.20　全文，第1-3図 & EP 778478 A3 & US 5799120 A	1-17
A	JP 11-258463 A（日本電気株式会社）　1999.09.24　全文，第1, 2図 & EP 939465 A3 & US 6144785 A	1-17