

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-147740

(P2007-147740A)

(43) 公開日 平成19年6月14日(2007.6.14)

(51) Int. Cl.

G02B 6/42 (2006.01)

F I

G02B 6/42

テーマコード(参考)

2H137

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2005-338877 (P2005-338877)
(22) 出願日 平成17年11月24日(2005.11.24)(71) 出願人 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 100068021
弁理士 絹谷 信雄
(72) 発明者 安田 裕紀
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
(72) 発明者 平野 光樹
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
(72) 発明者 牛渡 剛真
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

最終頁に続く

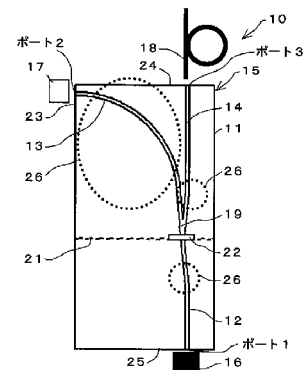
(54) 【発明の名称】 マルチモード一芯双方向デバイス

(57) 【要約】

【課題】 コア径が100～150 μmのマルチモードファイバに対応し、低損失でマルチモードファイバの接続が容易な一芯双方向デバイスを提供する。

【解決手段】 基板11上に設けられ1本の結合導波路12と2本の分岐導波路13, 14とが接続されたマルチモード導波路15と、結合導波路12に接続されたレーザダイオード16と、一方の分岐導波路13に接続されたフォトダイオード17と、他方の分岐導波路14に接続されたマルチモードファイバ18と、結合導波路12と分岐導波路13, 14との接続部19に形成された多層膜フィルタ挿入用溝21に挿入される多層膜フィルタ22とを備え、2本の分岐導波路13, 14を、基板11の互いに異なる端面23, 24に臨んでそれぞれ形成し、一方の端面23にはフォトダイオード17を接続し、他方の端面24にはコア径100～150 μmのマルチモードファイバ18を接続した。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基板上に設けられ 1 本の結合導波路と 2 本の分岐導波路とが接続されたマルチモード導波路と、上記結合導波路に接続されたレーザダイオード或いはフォトダイオードと、一方の分岐導波路に接続されたフォトダイオード或いはレーザダイオードと、他方の分岐導波路に接続されたマルチモードファイバと、上記結合導波路と上記分岐導波路との接続部に形成された多層膜フィルタ挿入溝に挿入される多層膜フィルタとを備えたマルチモード一芯双方向デバイスにおいて、

上記 2 本の分岐導波路を、基板の互いに異なる端面に臨んでそれぞれ形成し、一方の端面にはフォトダイオード或いはレーザダイオードを接続し、他方の端面にはコア径 100 ~ 150 μm のマルチモードファイバを接続したことを特徴とするマルチモード一芯双方向デバイス。

10

【請求項 2】

基板上に設けられ 1 本の結合導波路と 2 本の分岐導波路とが接続されたマルチモード導波路と、上記結合導波路に接続されたレーザダイオードと、一方の分岐導波路に接続されたレーザダイオードと、他方の分岐導波路に接続されたマルチモードファイバと、上記結合導波路と上記分岐導波路との接続部に形成された多層膜フィルタ挿入溝に挿入される多層膜フィルタとを備えたマルチモード一芯双方向デバイスにおいて、

上記結合導波路には所定波長の光を出力する第 1 のレーザダイオードが接続されると共に、上記一方の分岐導波路に、上記所定波長とは異なる波長の光を出力する第 2 のレーザダイオードが接続される請求項 1 記載のマルチモード一芯双方向デバイス。

20

【請求項 3】

基板上に設けられ 1 本の結合導波路と 2 本の分岐導波路とが接続されたマルチモード導波路と、上記結合導波路に接続されたフォトダイオードと、一方の分岐導波路に接続されたフォトダイオードと、他方の分岐導波路に接続されたマルチモードファイバと、上記結合導波路と上記分岐導波路との接続部に形成された多層膜フィルタ挿入溝に挿入される多層膜フィルタとを備えたマルチモード一芯双方向デバイスにおいて、

上記結合導波路には第 1 のフォトダイオードが接続されると共に、上記一方の分岐導波路には第 2 のフォトダイオードが接続される請求項 1 記載のマルチモード一芯双方向デバイス。

30

【請求項 4】

上記多層膜フィルタは、2 本の分岐導波路が完全に交わる部分を 0 の位置とし、2 本の分岐導波路が交わり始める部分を 1 の位置としたとき、0 ~ 1 / 5 の位置に挿入される請求項 1 ~ 3 いずれかに記載のマルチモード一芯双方向デバイス。

【請求項 5】

上記多層膜フィルタ挿入溝が上記マルチモードファイバを接続する端面と平行に形成された請求項 1 ~ 4 いずれかに記載のマルチモード一芯双方向デバイス。

【請求項 6】

上記接続部の分岐角が 10 ° 以下である請求項 1 ~ 5 いずれかに記載のマルチモード一芯双方向デバイス。

40

【請求項 7】

上記結合導波路及び上記分岐導波路の NA が 0 . 3 ~ 0 . 6 である請求項 1 ~ 6 いずれかに記載のマルチモード一芯双方向デバイス。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、送信光と受信光を、単一の光伝送路を用いて多重して双方向通信を行う一芯双方向デバイスに係り、特に、光伝送路をマルチモード光導波路で形成したマルチモード一芯双方向デバイスに関するものである。

【背景技術】

50

【0002】

近年、情報容量の大規模化に伴い、通信の媒体は電気によって光が用いられるようになってきている。大陸間や大都市間を結ぶ光ネットワークでは、情報量が膨大なため、1波長あたり10Gbpsで長距離伝送が可能なシングルモード(SM: Single Mode)光ファイバに波長の異なる多数の信号で情報量を増やすことが可能な波長多重方式(WDM: Wavelength Division Multiplexing)が用いられている。SMの伝送システムでWDMを用いる場合、波長間隔の短い高密度波長多重方式(DWDM: Dense WDM)では、波長数が8~40と多いために1つの素子で多波長の分波が可能なアレイ回折格子(AWG: Arrayed Waveguide grating)が用いられている。また、近年、DWDMより波長間隔が長く低コストな低密度波長多重方式(CWDM: Coarse WDM)では、分波数が2~8と少ないために複数枚の多層膜フィルタにより1波長ずつ分波するシステムが用いられている。

10

【0003】

幹線系では光通信への移行は大方進み、今後はアクセス系やLANなどの川下での光通信への移行が進むものと考えられている。川下ではコストの低減が重要になると考えられる。

【0004】

比較的短距離なLAN系においては、接続トレランスの尤度の大きい、コア径50~62.5μmの石英系のマルチモード光ファイバが用いられており、一部、低密度波長多重方式(IEEE 802.3ea LX4)が用いられている。この場合に用いるマルチモード用分波器は、光ファイバから伝搬光をレンズまたは凹面鏡によりコリメートし、コリメート光を多層膜フィルタにより分波し、受光器等にレンズで集光している(例えば、特許文献1参照)。

20

【0005】

また、短距離のホームネットワークやマンション内ネットワークでは、現状の電気配線によるネットワークと同様に、居住者によるDIY化(Do It Yourself)が求められ、切断時の安全性の点からプラスチック光ファイバ(POF: Plastic Optical Fiber)が用いられている。

【0006】

光通信により信号を伝送する方式は、通常光ファイバを1本用いた一芯双方向方式や2本の光ファイバを用いた二芯双方向方式がある。二芯双方向方式では、対向する送信光と受信光を、異なる線路で光伝送するために光伝送線路を2本使用する。光伝送線路を2本使用することで、光伝送線路のコストが倍増し、加えて、光伝送線路のコネクタや光送受信装置全体の小型化が困難になる。

30

【0007】

これに対し、一芯双方向方式、つまり送信光と受信光を、単一の光伝送線路に多重して送信する技術は、1本の光伝送線路に、互いに光伝送波長の異なる送信光と受信光を乗せるものである。この方式では、光伝送路は一本で可能であり低コストにすることができる。また、一芯双方向方式は、二芯双方向方式に比べてファイバ本数が少ないために、光ファイバの占有スペースも減らすことができるメリットがある。

40

【0008】

しかし、一芯双方向方式では、1本に多重化された送信光と受信光の分離、合波するデバイスが必要であり、このデバイスの低コスト化が重要である。一芯双方向方式用のデバイスとしては多層膜フィルタを用いたものが一般的である(例えば、特許文献2参照)。

【0009】

例えば、図8に示すように、一芯双方向デバイス80は、基板81上に1本の結合導波路82と2本の分岐導波路83, 84とが接続されてなる光導波路85が設けられ、結合導波路82にはレーザダイオード(LD)86が接続され、一方の分岐導波路83にはフォトダイオード(PD)87が接続され、他方の分岐導波路84にはシングルモードの光ファイバ88が接続されている。結合導波路82と分岐導波路83, 84との接続部89

50

には、多層膜フィルタ挿入溝 91 が形成され、その多層膜フィルタ挿入溝 91 に多層膜フィルタ 92 が挿入されている。多層膜フィルタ 92 は、所定波長帯の光を透過すると共に、それ以外の波長帯の光を反射する波長フィルタである。尚、図中の点線で囲まれた箇所は光導波路 85 の曲げ部位 93 である。

【0010】

一芯双方向デバイス 80 では、LD 86 を出射し、結合導波路 82 を伝搬した光は、多層膜フィルタ 92 を透過し、分岐導波路 84 を通って光ファイバ 88 へ送信される。また、光ファイバ 88 から分岐導波路 84 に入射した光は多層膜フィルタ 92 で反射し、分岐導波路 83 を通って PD 87 で受信される。ただし、光ファイバ 88 から入射する光と LD 86 から出射する光とは互いに波長の異なる光である。

10

【0011】

このような多層膜フィルタ 92 を用いた一芯双方向デバイス 80 は主にシングルモード用であり、LD 86 と光導波路 85、PD 87 と光導波路 85、光導波路 85 と光ファイバ 88 を接続するのに手間がかかり高コストであった。今後、家庭内等で用いるためには接続が容易で低コスト化が可能なマルチモードファイバを用いた一芯双方向デバイスが必要になると考えられ、マルチモード型の一芯双方向デバイスが検討されている（例えば、非特許文献 1 参照）。

【0012】

【特許文献 1】特開 2000 - 162466 号公報

【特許文献 2】特開平 10 - 54917 号公報

20

【非特許文献 1】成瀬他，「高分子導波路を用いた 10 Gbps 一芯全二重光モジュールの開発」，2005 年，電子情報通信学会総合大会 C - 3 - 133

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

しかしながら、従来のマルチモード一芯双方向デバイスは、コア径が 50 μm のファイバに対応したものであり、一芯双方向デバイスに形成される光導波路のコア径はマルチモードファイバとの接続損失を小さくするために 20 ~ 40 μm と小さくなる。よって、マルチモード双方向デバイスの実装トレランスが小さく、十分にコストを下げられない問題がある。また、光導波路に接続される光ファイバには、ガラスで形成された光ファイバを用いているため、割れやすく扱いづらいので家庭内で用いるのに向かないという問題がある。

30

【0014】

これを解決する方法としてコア径が 100 ~ 150 μm のプラスチックファイバを用いる方法が考えられる。100 ~ 150 μm のマルチモードファイバを用いた一芯双方向デバイスの場合、光の広がり角が大きいため、光損失や光クロストーク特性に問題があった。

【0015】

なお、さらに大きな 1 mm のマルチモードプラスチックファイバもあるが、受光径が大きすぎるため高速応答可能な小口径（20 μm 程度）のフォトダイオードを用いることはできない。

40

【0016】

そこで本発明の目的は、上記の欠点を解消し、コア径が 100 ~ 150 μm のマルチモードファイバに対応して光ファイバの接続を容易にし、かつ低損失な一芯双方向デバイスを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0017】

上記目的を達成するために、請求項 1 の発明は、2 本の分岐導波路とが接続されたマルチモード導波路と、上記結合導波路に接続されたレーザダイオード或いはフォトダイオードと、一方の分岐導波路に接続されたフォトダイオード或いはレーザダイオードと、他方

50

の分岐導波路に接続されたマルチモードファイバと、上記結合導波路と上記分岐導波路との接続部に形成された多層膜フィルタ挿入溝に挿入される多層膜フィルタとを備えたマルチモード一芯双方向デバイスにおいて、上記2本の分岐導波路を、基板の互いに異なる端面に臨んでそれぞれ形成し、一方の端面にはフォトダイオード或いはレーザダイオードを接続し、他方の端面にはコア径100～150 μm のマルチモードファイバを接続したことを特徴とするマルチモード一芯双方向デバイスである。

【0018】

請求項2の発明は、基板上に設けられ1本の結合導波路と2本の分岐導波路とが接続されたマルチモード導波路と、上記結合導波路に接続されたレーザダイオードと、一方の分岐導波路に接続されたレーザダイオードと、他方の分岐導波路に接続されたマルチモードファイバと、上記結合導波路と上記分岐導波路との接続部に形成された多層膜フィルタ挿入溝に挿入される多層膜フィルタとを備えたマルチモード一芯双方向デバイスにおいて、上記結合導波路には所定波長の光を出力する第1のレーザダイオードが接続されると共に、上記一方の分岐導波路に、上記所定波長とは異なる波長の光を出力する第2のレーザダイオードが接続される請求項1記載のマルチモード一芯双方向デバイスである。

10

【0019】

請求項3の発明は、基板上に設けられ1本の結合導波路と2本の分岐導波路とが接続されたマルチモード導波路と、上記結合導波路に接続されたフォトダイオードと、一方の分岐導波路に接続されたフォトダイオードと、他方の分岐導波路に接続されたマルチモードファイバと、上記結合導波路と上記分岐導波路との接続部に形成された多層膜フィルタ挿入溝に挿入される多層膜フィルタとを備えたマルチモード一芯双方向デバイスにおいて、上記結合導波路には第1のフォトダイオードが接続されると共に、上記一方の分岐導波路には第2のフォトダイオードが接続される請求項1記載のマルチモード一芯双方向デバイスである。

20

【0020】

請求項4の発明は、上記多層膜フィルタは、2本の分岐導波路が完全に交わる部分を0の位置とし、2本の分岐導波路が交わり始める部分を1の位置としたとき、0～1/5の位置に挿入される請求項1～3いずれかに記載のマルチモード一芯双方向デバイスである。

【0021】

請求項5の発明は、上記多層膜フィルタ挿入溝が上記マルチモードファイバを接続する端面と平行に形成された請求項1～4いずれかに記載のマルチモード一芯双方向デバイスである。

30

【0022】

請求項6の発明は、上記接続部の分岐角が10°以下である請求項1～5いずれかに記載のマルチモード一芯双方向デバイスである。

【0023】

請求項7の発明は、上記結合導波路及び上記分岐導波路のNAが0.3～0.6である請求項1～6いずれかに記載のマルチモード一芯双方向デバイスである。

【発明の効果】

40

【0024】

本発明によれば、低損失で、かつ、コア径が100～150 μm のマルチモードファイバに対応して光ファイバの接続を容易にすることができるといった優れた効果を発揮する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

以下、本発明の好適な一実施形態を添付図面に基づいて詳述する。

【0026】

図1は本発明に係るマルチモード一芯双方向デバイスの好適な実施の形態を示した平面図である。

50

【0027】

マルチモード芯双方向デバイス10は、基板11上に設けられ1本の結合導波路12と2本の分岐導波路13, 14とが接続されたマルチモード導波路15と、結合導波路12に接続されたレーザダイオード(LD)16と、一方の分岐導波路13に接続されたフォトダイオード(PD)17と、他方の分岐導波路14に接続されたマルチモードファイバ18と、結合導波路12と分岐導波路13, 14との接続部(分岐部)19に形成された多層膜フィルタ挿入溝21に挿入される多層膜フィルタ22とを備えたものである。

【0028】

本実施の形態のマルチモード芯双方向デバイス10は、2本の分岐導波路13, 14を、基板11の互いに異なる端面23, 24に臨んでそれぞれ形成し、一方の端面23にはPD17を接続し、他方の端面24にはコア径100~150 μ mのマルチモードファイバ18を接続したことに特徴を有する。

10

【0029】

具体的には、マルチモード導波路15は、結合用導波路12と一方の分岐導波路14とは略直線的に形成され、各導波路12, 14の入出力端(ポート1、ポート3)が基板11の互いに対向する端面25, 24(図中、上側及び下側)に位置するように形成されている。他方の分岐導波路13は、その入出力端(ポート2)が端面24, 25と異なる端面23に位置するように形成されている。各導波路12, 13, 14には、それぞれ所定の端面に臨んで光路が形成されるべく、曲げ部位26が形成されている。

【0030】

さらに、本実施の形態のマルチモード芯双方向デバイス10は、端面24に平行に多層膜フィルタ挿入溝21が形成され、その多層膜フィルタ挿入溝21には多層膜フィルタ22が挿入されている。多層膜フィルタ22は、所定波長帯の光(例えば、1)を透過すると共に、それ以外の波長帯の光(例えば、2)を反射する波長フィルタである。

20

【0031】

端面24に接続されるマルチモードファイバ18は、曲げに強く、また割れづらく扱いやすいプラスチックファイバを用いるのが望ましい。

【0032】

マルチモードファイバ18のコア径を100 μ m以上とすることで、実装トレランスを大きくすることができる。例えば、ホームネットワークやマンション内ネットワークにおいては、接続が容易となるためユーザのDIY(Do It Yourself)化を可能とする。

30

【0033】

また、コア径を150 μ m以下とすることで、受光径が約100 μ m程度に小さい2.5Gbps以上の高速応答可能なPDとの接続損失を小さくすることができる。

【0034】

マルチモード導波路15のコア径は、マルチモードファイバ18のコア径を120 μ mとすると、70 μ mに形成することが望ましい。なぜなら、LD16を出射した光が多層膜フィルタ22で一部反射して発生する戻り光や散乱光等により、結合導波路12を通過してLD16に光が戻ってくるが、コア径が50 μ m以下であると戻り光によりレーザダイオード発振の安定性が妨げられるという可能性がある。その場合、マルチモード導波路15とLD16との間にアイソレータを設けなければならず双方向デバイスの構成が複雑になるためである。一方、コア径が大きければ大きいほど戻り光の影響は小さくなるが、コア径を100 μ m以上に形成すると、マルチモードファイバ18やPD17とマルチモード導波路15との間の接続損失が大きくなるという問題があるためである。

40

【0035】

マルチモード導波路15の基板11はシリコン或いは石英などの材料で形成されている。また、マルチモード導波路15を形成する材料はアクリル系、エポキシ系などいずれの樹脂を用いてもよい。

【0036】

LD16は、低コスト化が期待できるVCSELを用いるのが望ましい。他に、LD1

50

6として、ファブリーペロー型レーザ、DFB型レーザなどを用いてもよい。

【0037】

LD16とマルチモード導波路15との接続は、端面25に臨む入出射端にLDの光軸を一致させて接続してもよい。また、マルチモード導波路15の光路を基板側或いはオーバクラッド側に変換するべく、ダイシングソー等を用いてコアの端面を斜めに切断したミラー端面を形成すると共に、基板11表面或いはオーバクラッド上にLD16およびPD17を配置して、LD16とマルチモード導波路15とを接続してもよい。このときLD16は表面実装に向いている面発光型LD(例えば、VCSEL)を用いることが望ましい。さらに、マルチモードファイバ18のマルチモード導波路15への接続には基板11にV溝などを形成して接続してもよい。

10

【0038】

さらに、図2に示すように、本実施の形態では、多層膜フィルタ22を、2本の分岐導波路13, 14が完全に交わる部分を0の位置(図中、Y座標)とし、2本の分岐導波路13, 14が交わり始める部分を1の位置としたとき、0~1/5の位置に挿入している。また、分岐部19の分岐角は、10°以下に形成されている。

【0039】

マルチモード光導波路15はポリマ導波路で形成されるのが望ましい。マルチモード導波路15は、石英系導波路で形成されてもよいが、石英系導波路は、反応性イオンエッチング(RIE)を用いて作製するため、コア径の大きな導波路を作製する場合には時間がかかる。これに対し、ポリマ導波路ではコア径の大きな導波路でも直接露光法や金型法などにより短時間で作製することができ、低コスト化が図れる。

20

【0040】

ここで、図4(a)~図4(h)に基づき直接露光法を用いたマルチモード導波路15の作製方法を説明する。

【0041】

図4(a)に示される基板11を用意し、図4(b)に示すように、基板11上にクラッド材41として紫外線硬化樹脂を塗布する。図4(c)に示すように、塗布されたクラッド材41に紫外線UVを照射し、クラッド材41を硬化させてアンダークラッド42を形成する。図4(d)に示すように、アンダークラッド42上にコア材43としてクラッド材41とは屈折率の異なる紫外線硬化樹脂を塗布する。図4(e)に示すように、コア材43上方にコアのパターン(導波路パターン)が描かれたフォトマスク44を設置し、そのフォトマスク44を介してコア材43に紫外線UVを照射する。図4(f)に示すように、紫外線照射されたコア材43を現像液で現像して未硬化部分を除去し、コア45が得られる。図4(g)に示すように、コア45及びアンダークラッド42上にクラッド材46を塗布する。ここで、クラッド材46は、アンダークラッド42を形成したクラッド材41と同じ材料とした。最後に図4(h)に示すように、塗布されたクラッド材46に紫外線UVを照射して、オーバクラッド47を形成し、マルチモード導波路15が得られる。

30

【0042】

本実施の形態のマルチモード一芯双方向デバイス10の動作原理について説明する。マルチモードファイバ18を伝搬してきた波長 λ_1 の光をポート3から入射させると、その光は分岐導波路14を通り、多層膜フィルタ22で反射し、分岐導波路13を通過してPD17で受光される。また、LD16で発振される波長 λ_2 の光をポート1から入射させると、結合導波路12を通り、多層膜フィルタ22を透過し、分岐導波路14を通過してマルチモードファイバ18に送光される。

40

【0043】

このとき、ポート1から入射した光は基板端面25やフィルタ挿入溝21で一部散乱し、クラッド内を伝搬して、端面24の方へ向かう。

【0044】

ここで、本実施の形態のマルチモード一芯双方向デバイス10によれば、2本の分岐導

50

波路 13, 14 を、基板 11 の互いに異なる端面 23、24 に臨んでそれぞれ形成し、一方の端面 23 には PD 17 を接続し、他方の端面 24 にはマルチモードファイバ 18 を接続した構造とすることにより、マルチモードファイバ 18 と PD 17 とのアイソレーションを確保しているため、散乱光を PD 17 で受信することがない。

【0045】

また、ポート 1 に PD を接続し、ポート 3 から波長 2 の光を入射させた場合、その光は多層膜フィルタ 22 を透過するが、一部戻り光として端面 24 側へ向かう。このような場合でも、PD とマルチモードファイバ 18 とを異なる端面に接続しているため、戻り光を PD で受信することがない。

【0046】

よって、本実施の形態のマルチモード二方向デバイス 10 によれば、多層膜フィルタ 22 での戻り光や散乱光などを PD で受光することを防止し、クロストークの悪化を防止することができる。

【0047】

ここで、図 3 に多層膜フィルタ 22 の挿入位置と損失との関係、及びフィルタ位置と戻り光の強度 (dB 比) との関係を示す。ここで、戻り光とは、ポート 3 (或いはポート 2) から入射し、多層膜フィルタ 22 においてポート 2 側に反射した光以外に、多層膜フィルタ 22 で反射してマルチモードファイバ 18 側に反射して戻る光のことを示す。図 3 において、横軸のフィルタ位置は、図 2 の Y 座標を表し、縦軸はポート 1 に出射される光の損失、及び端面 24 側に出射される戻り光の損失を表している。

【0048】

図 3 に示すように、多層膜フィルタ 22 で反射する光をポート 3 から光を入射したとき、フィルタ位置が 0 ~ 1/5 の場合に、コアを伝搬する光の損失が 3 dB 以下と小さく、かつ戻り光の強度が小さい。

【0049】

したがって、多層膜フィルタ 22 を 0 ~ 1/5 の位置に挿入することにより低損失にすることができる。

【0050】

また、本実施の形態では、多層膜フィルタ挿入溝 21 をマルチモードファイバ 18 を接続する端面 24 と平行となるように形成した。ただし、図 2 に示すように、分岐部 19 は、分岐導波路 14 と結合導波路 12 とを略直線状に形成すると共に、2 本の分岐導波路 13, 14 が多層膜フィルタ 22 に対して同じ入射角を有するように形成している。多層膜フィルタ挿入溝 21 と端面 24 とを平行に形成することにより、一枚のウェハからの二方向デバイス 10 の切り出しと多層膜フィルタ挿入溝 21 の形成を一括で行うことができ、低コスト化が図れる。

【0051】

分岐部 19 の分岐角 (図 2 参照) は、10° 以下に形成するのが望ましい。例えば、分岐角 10° では、最低次モードのフィルタへの入射角が 5° 以上となる。また、NA 0.2 に形成された通常の光ファイバの最高次のモードの入射角は、屈折率が 1.5 の媒体中で最大 12°、最低 0° となる。その場合、多層膜フィルタ 22 を、入射角 (分岐角) に対して p 偏光、s 偏光の光の反射特性を補正しなければならない。波長間隔を大きくすることにより、補正は可能であるが、大口径のマルチモードファイバ 18 を光導波路に接続する場合、損失の波長依存性が大きい。例えば、フッ素系樹脂を用いた光導波路では、850 nm での損失が 10 dB/km に対して、650 nm では 50 dB/km と大きく異なり、波長間隔を 100 nm 以上に大きくすることは適していない。そこで、波長間隔を 100 nm とし、多層膜フィルタ 22 の作製精度を ±10 nm、LD 16 の波長ずれを ±5 nm とすれば、多層膜フィルタ 22 の転移波長間隔 70 nm が要求され、p 偏光、s 偏光の両方の偏光の反射特性を考慮した場合、多層膜フィルタ 22 への入射光の角度幅は 12° が最大となるためである。

【0052】

10

20

30

40

50

また、マルチモード導波路15のNAは0.3~0.6であることが望ましい。NAが0.3以下では、曲げ損失が発生する曲げ半径の閾値が3mm程度と大きく、デバイスのサイズが大きくなり、ホームネットワーク等の限られたスペースで使用するには好ましくない。また、NAが0.6以上のマルチモード導波路を形成するためには、コアとクラッドの比屈折率差を大きくする必要がある。よって、コアとクラッドに大きく特性の異なる異種の材料を用いることになり、コアとクラッド間の密着性において問題となる。NAを0.6以上とすると、例えばコアに屈折率1.5のアクリル樹脂を用いた場合、クラッドの屈折率は1.37としなければならず、通常は他材料とは接着力の弱いフッ素系樹脂が必要となる。逆に、コアの屈折率を1.5以上とする場合には、分子屈折の大きなベンゼン環や、ハロゲン系の塩素、臭素を用いることになり環境上好ましくない。

10

【0053】

次に第2の実施の形態のマルチモード双方向デバイスについて説明する。

【0054】

図5に示すように、本実施の形態のマルチモード双方向デバイス50は、基本的な構成は図1のマルチモード一芯双方向デバイス10と同じであるが、結合導波路12に所定波長の光を出力する第1のLD17が接続されると共に、一方の分岐導波路13に、所定波長とは異なる波長の光を出力する第2のLD51を接続した点において異なる。

【0055】

マルチモード一芯双方向デバイス50の動作原理について説明する。本実施の形態のマルチモード一芯双方向デバイス50は、2つの異なる波長の光を合波させてマルチモード

20

【0056】

一方のLD51から出た光は、分岐導波路13を通り、多層膜フィルタ22で反射され、他方の分岐導波路14を伝搬して、マルチモードファイバ18まで伝搬する。他方、LD16から出た光は、結合導波路12を通り、多層膜フィルタ22を透過し、他方の分岐導波路14を通過して、マルチモードファイバ18まで伝搬する。したがって、LD51の出射光とLD16の出射光は多層膜フィルタ22で合波し、その合波した光が分岐導波路14を通過してマルチモードファイバ18へ送信される。

【0057】

本実施の形態のマルチモード一芯双方向デバイス50も、LD51とマルチモードファイバ18とが基板11の互いに異なる端面23, 24に接続されており、前実施の形態のマルチモード一芯双方向デバイス10と同様な作用効果を有する。

30

【0058】

次に、第3の実施の形態のマルチモード一芯双方向デバイスについて説明する。

【0059】

図6に示すように、本実施の形態のマルチモード一芯双方向デバイス60は、基本的な構成は図1のマルチモード一芯双方向デバイス10と同じであるが、結合導波路12には第1のPD17が接続されると共に、一方の分岐導波路13には第2のPD17を接続した点において異なる。

【0060】

マルチモード一芯双方向デバイス60の動作原理について説明する。本実施の形態のマルチモード一芯双方向デバイス60は、マルチモードファイバ18から入射される2波長多重化された光を分波させてそれぞれ各波長の光毎に検知する分波デバイスである。

40

【0061】

マルチモードファイバ18から入射した波長多重光は、分岐導波路14を通り多層膜フィルタ22に入射する。多層膜フィルタ22では、所定波長帯の光を透過すると共に、その所定波長帯以外の光を反射する。よって、一方の波長の光は多層膜フィルタ22を透過し、結合導波路12を通過して第1のPD17で受光され、他方の波長の光は多層膜フィルタ22で反射して分岐導波路13を通過して第2のPD17で受光される。

【0062】

50

本実施の形態のマルチモード一芯双方向デバイス60も、図1のマルチモード一芯双方向デバイス10と同様な作用効果を有する。

【実施例】

【0063】

次に、本発明の実施の形態について、実施例に基づいて説明するが、本発明の実施の形態はこれらの実施例に限定されるものではない。

【0064】

(実施例1)

裏面に電気配線を施した石英基板11の表面に直接露光法によりポリマ材料でマルチモード導波路15を形成した。ポリマ材料としては光硬化型のアクリル系樹脂を用い、コアの屈折率を1.567、クラッドの屈折率を1.517とした。マルチモード導波路15はアンダークラッド厚20 μ m、コア径70 μ m \times 70 μ m(幅 \times 高さ)、オーバークラッド厚をコア上から20 μ mに形成した。マルチモード導波路15のパターンは図1及び図2に示したような構造とし、分岐角は10度とした。本実施例では、ポート1から光を入射したときの分岐比はポート3:ポート2=17:1である。

【0065】

また、V字型のブレードでダイシングすることによりポート1とポート2付近でコアをミラー端面に形成した。素子切り出しと幅0.02mmの多層膜フィルタ挿入溝21の形成を一括でダイシングにより行った。多層膜フィルタ挿入溝21には波長780nmでは反射、850nmでは透過する多層膜フィルタ22を挿入した。多層膜フィルタ挿入溝21には、コア材と同じ材料を滴下して紫外線を照射しマッチングオイルの役割もかねながら多層膜フィルタ22を固定した。基板裏側には、ポート1のミラー端面に位置して波長850nmのVCSELを配設し、ポート2のミラー端面に位置してPDを配設し、ポート3にマルチモードファイバ18を接続してマルチモード一芯双方向デバイスAを作製した。

【0066】

またさらに、ポート1にPD、ポート2に波長780nmのLDをそれぞれ配設し、ポート3にマルチモードファイバ18を接続し、一芯双方向デバイスBを作製した。デバイスA、Bそれぞれ、マルチモードファイバ18の他端にLDおよびPDを接続して一芯双方向デバイスの損失を確認したところ、デバイスA、Bの損失は、いずれも送受信ともに3dB以下であった。また、長さ100mのマルチモードファイバ18を用いて、一芯双方向デバイスAと一芯双方向デバイスBとを接続し、動作確認をしたところ、2.5Gbpsの動作でもアイパターンが開くことを確認できた。

【0067】

(実施例2)

シリコン基板上に、コア材料として屈折率1.502のアクリル系樹脂を用い、クラッド材料として屈折率1.452のアクリル系樹脂を用い、NA0.38のマルチモード導波路15を、直接露光法により作製した。作製したマルチモード導波路15のコア径は70 μ m \times 70 μ m(幅 \times 高さ)である。また、分岐角は10 $^{\circ}$ とした。マルチモード導波路15に、多層膜フィルタ挿入溝21を、幅20 μ mのダイシングソーにより、図2のY座標0の位置から20 μ mの位置に形成した。多層膜フィルタ22は、図7に示す透過反射特性を持ち、厚さ12 μ mのポリイミド基板の上に作製したものである。

【0068】

図7(a)及び図7(c)に示すように、多層膜フィルタ22は、波長840nm以上の光を透過し(透過損失0.5dB以下)、図7(b)及び図7(d)に示すように、波長790nm以下の光を反射させる(透過損失20dB以上)透過反射特性を有する。

【0069】

多層膜フィルタ22を、多層膜フィルタ挿入溝21に挿入し、屈折率1.502のアクリル系紫外線硬化型の接着剤で固定した。さらに、結合導波路12に(ポート1)は波長780nmのLD16を、LD16からの出射光が結合導波路12に最も効率よく結合す

10

20

30

40

50

る位置に合わせ、接着剤で固定した。また一方の分岐導波路13(ポート2)には波長850nmのLD51を波長780nmのLD16と同様に固定した。他方の分岐導波路14(ポート3)には、コア径120 μ m、NA0.19のGI型プラスチック光ファイバ18を、分岐導波路14からの出射光を最も効率よく受けることができる位置で固定した。

【0070】

本実施例のマルチモード一芯双方向デバイスの特性は、プラスチック光ファイバとの接続損失を含めて、波長850nmの光の損失が1.7dB、波長780nmの光の損失が2.9dBと良好な結果を得た。

【0071】

(実施例3)

シリコン基板11上に、コア材料として屈折率1.502のアクリル系樹脂を用い、クラッド材料として屈折率は1.452のアクリル系樹脂を用い、NA0.38のマルチモード導波路15を、直接露光法により作製した。作製したマルチモード導波路15のコア径は70 \times 70(幅 \times 高さ)である。また、分岐角は10 $^{\circ}$ とした。マルチモード導波路15に、多層膜フィルタ挿入溝21を、幅20 μ mのダイシングソーにより、図2のY座標0の位置から20 μ mの位置に形成した。多層膜フィルタ22は、図7(a)~図7(d)に示す透過反射特性を持ち、厚さ12 μ mのポリイミド基板上に作製したものである。

【0072】

図7(a)~図7(d)に示すように、多層膜フィルタ22は、波長840nm以上の光を透過し(透過損失0.5dB以下)、波長790nm以下の光を反射させる(透過損失20dB以上)透過反射特性を有する。

【0073】

多層膜フィルタ22を、多層膜フィルタ挿入溝21に挿入し、屈折率1.502のアクリル系紫外線硬化型の接着剤で固定した。さらに、結合用導波路12に(ポート1)、及び一方の分岐導波路13(ポート2)にはそれぞれPD17, 17を各ポートの最も効率よく結合する位置で合わせ、接着剤で固定した。他方の分岐導波路14(ポート3)には、コア径120 μ m、NA0.19のGI型プラスチック光ファイバを、他方の分岐導波路14へ最も光を効率よく結合させることができる位置で固定した。

【0074】

接続したプラスチック光ファイバに波長780nmと波長850nmの波長多重光を通した結果、780nmの光はポート2に配設されたPD、850nmの光はポート1に配設されたPDで受光することができ、損失はそれぞれ、3.0dB、3.0dBと良好な結果を得た。

【図面の簡単な説明】

【0075】

【図1】好適な第1の実施の形態のマルチモード一芯双方向デバイスを示す上面図である。

【図2】Y分岐部の拡大平面図である。

【図3】図1のマルチモード一芯双方向デバイスにおける多層膜フィルタ位置と損失の関係を示す図である。

【図4】(a)~(h)は図1のマルチモード一芯双方向デバイスの作製方法の各工程を示す断面図である。

【図5】第2の実施の形態のマルチモード一芯双方向デバイスを示す上面図である。

【図6】第3の実施の形態のマルチモード一芯双方向デバイスを示す上面図である。

【図7】(a)、(c)は多層膜フィルタの透過特性を示す図であり、(b)、(d)は多層膜フィルタの反射特性を示す図である。

【図8】従来のマルチモード一芯双方向デバイスを示す上面図である。

【符号の説明】

10

20

30

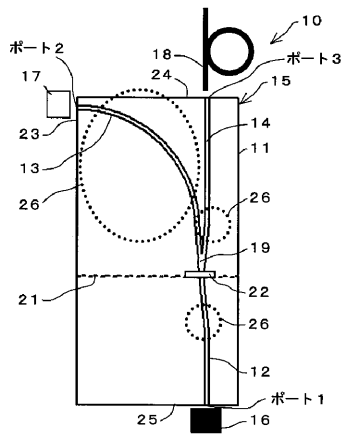
40

50

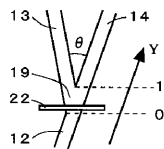
【 0 0 7 6 】

- 1 0 マルチモードー芯双方向デバイス
- 1 1 基板
- 1 2 結合導波路
- 1 3 , 1 4 分岐導波路
- 1 5 マルチモード導波路
- 1 6 レーザダイオード
- 1 7 フォトダイオード
- 1 8 マルチモードファイバ
- 2 1 多層膜フィルタ挿入溝
- 2 2 多層膜フィルタ

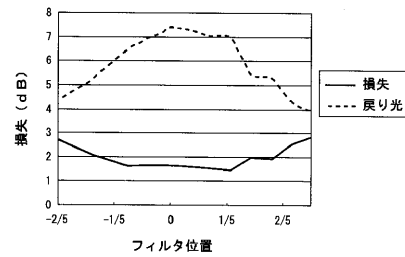
【 図 1 】



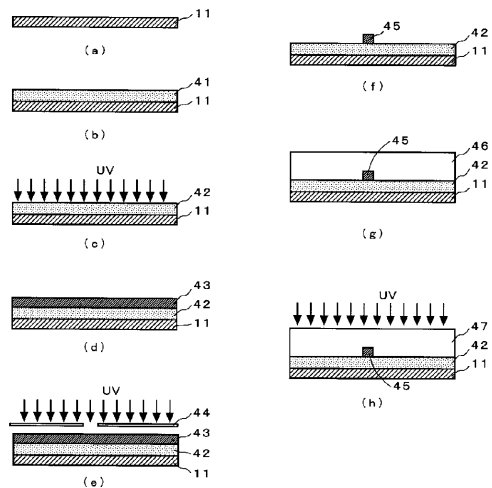
【 図 2 】



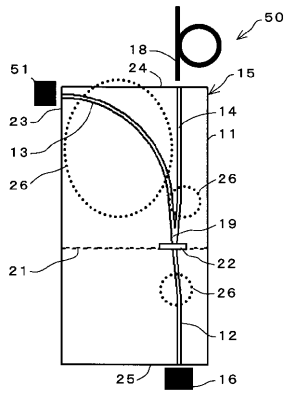
【 図 3 】



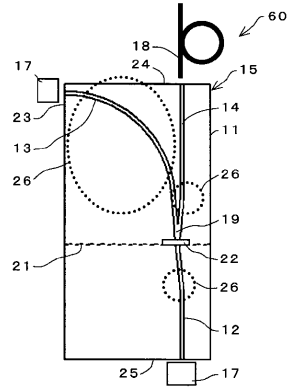
【 図 4 】



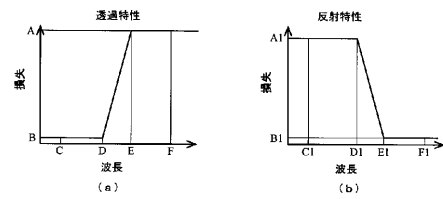
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



透過

A	B	C	D	E	F
<0.5dB	>20dB	<630nm	>790nm	<840nm	>860nm

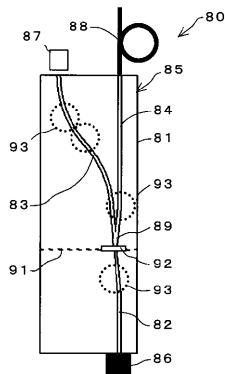
(c)

反射

A1	B1	C1	D1	E1	F1
<0.1dB	>20dB	<630nm	>790nm	<840nm	>860nm

(d)

【 図 8 】



フロントページの続き

(72)発明者 阿部 富也

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

(72)発明者 伊藤 雄三

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

Fターム(参考) 2H137 AA01 AB08 AB11 BA06 BA55 BB03 BB12 BC32 BC51 EA05
HA01