

(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2005-292843

(P2005-292843A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005. 10. 20)

(51) Int. Cl.⁷

F I

テーマコード (参考)

G O 2 B 6/28

G O 2 B 6/28

P

2 G O 8 6

G O 1 M 11/00

G O 1 M 11/00

R

2 H 1 3 7

G O 2 B 6/122

G O 2 B 6/30

2 H 1 4 7

G O 2 B 6/30

G O 2 B 6/42

G O 2 B 6/42

G O 2 B 6/12

D

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 20 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2005-115228 (P2005-115228)

(22) 出願日 平成17年4月13日 (2005. 4. 13)

(62) 分割の表示 特願平11-61158の分割

原出願日 平成11年3月9日 (1999. 3. 9)

(71) 出願人 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

(74) 代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

(72) 発明者 杉田 辰哉

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号

株式会社日立製作所

日立研究所内

Fターム(参考) 2G086 CC03

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光伝送装置及び光パルス試験機

(57) 【要約】

【課題】

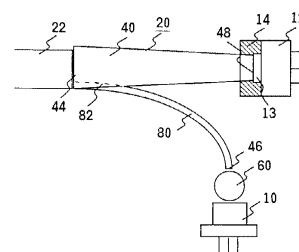
光ファイバからの受信光を効率良く光検出器に導くことのできる双方向伝送用の光分岐結合器を提供する。

【解決手段】

光ファイバ接合部44から検出器結合用光導波路部40と分岐結合用光ファイバ80の二つに分岐され、検出器結合用光導波路部40の断面積が、光ファイバ接合部44から光検出器12の方向に向けて減少するテーパ形状をなしており、分岐結合用光ファイバ80は、光ファイバ接合部44の端面に対して概ね垂直に設ける。

【選択図】 図1

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

接合部から少なくとも第一の光導波路と第二の光導波路の二つに分岐された光導波路部を有する光分岐結合器において、

前記第一の光導波路の断面積が、前記接合部から分岐方向に向けて減少するテーパ形状をなしており、

前記第二の光導波路は、前記接合部の端面に対して概ね垂直に設けられた光分岐結合器。

【請求項 2】

請求項 1 の光分岐結合器において、

前記第二の光導波路が光ファイバであり、前記第一の光導波路に有した溝部に前記第二の光導波路が接合された光分岐結合器。

【請求項 3】

請求項 1 の光分岐結合器において、

前記接合部において、前記第二の光導波路の断面積が、前記第一の光導波路の断面積よりも小さい光分岐結合器。

【請求項 4】

光源と、

光ファイバからの光線を検出する光検出器と、

前記光ファイバと前記光源及び前記光検出器をそれぞれ接合する少なくとも第一の光導波路と第二の光導波路の二つに分岐された 1 つの光導波路部を有する光分岐結合器を有し、

前記第一の光導波路は、前記光検出器と接合され、前記第一の光導波路の断面積は、前記光ファイバから前記光検出器方向に向けて減少するテーパ形状である光伝送装置。

【請求項 5】

請求項 4 の光伝送装置において、

前記第二の光導波路は、前記光源と接合され、前記第一の光導波路との接合部端面に対して概ね垂直に設けられた光伝送装置。

【請求項 6】

請求項 4, 5 の光伝送装置において、

前記光検出器は、前記第一の光導波路の端面部に接合されている光検出素子を有する光伝送装置。

【請求項 7】

伝送する入力信号を送信するための信号に変換する変調部と、

光源と、光検出器と、前記変調部にて変調された信号を送信するために前記光源を駆動する駆動部と、前記光源から光信号を外部へ導き、外部からの光信号を前記光検出器へ導く、少なくとも第一の光導波路及び第二の光導波路の 2 つの光導波路を接合させた光導波路部と、前記光検出器を駆動する検出駆動部とを有する光伝送部と、

前記光検出器で検出された信号を電気信号に復調させる復調部とを有し、

前記第一の光導波路の断面積が、外部から送信される信号の入力側から前記光検出器の方向に向けて減少するテーパ形状をなしており、前記第二の光導波路は、前記第一の光導波路との接合部端面に対して概ね垂直に設けられた光通信装置。

【請求項 8】

光源と、

光検出器と、

前記光源からの光線を被測定体に導き、前記被測定体からの光線を前記光検出器に導く光分岐結合部と、

前記光検出部で検出された検出信号を増幅する増幅部と、

前記増幅部にて増幅された信号を処理する情報処理部と、

前記情報処理部からの指示により前記光源を駆動する駆動部とを有し、

10

20

30

40

50

前記光分岐結合部は、少なくとも第一の光導波路と第二の光導波路が接合されて形成され、前記第一の光導波路の断面積が、外部から送信される信号の入力側から前記光検出器の方向に向けて減少するテーパ形状をなしており、前記第二の光導波路は、前記第一の光導波路との接合端面に対して概ね垂直に設けられた光パルス試験機。

【請求項 9】

請求項 8 の光パルス試験機において、

前記被測定体と前記光分岐結合部の接合部の径が 0.5 mm 以上 2 mm 以下である光パルス試験機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、光分岐結合器、光伝送装置及び光パルス試験機に関し、特に光ファイバを用いた双方向通信において光を合波・分離するための光分岐結合器及びこの光分岐結合器を用いた光伝送装置・光パルス試験機に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 に、光を結合する方向に従って絞られるテーパ形状及びストレート形状を有しており、且つ光を分岐する伝送路の光出射端面がレンズ形状を有する合成樹脂光分岐結合器が開示されている。

【0003】

20

また、光分岐結合器を用いて光の入出力を行い、1 本の光ファイバを用いて双方向の通信を行う双方向データリンクがある。この種の装置として関連するものには例えば、非特許文献 1 が挙げられる。

【0004】

さらには、非特許文献 2 に、光結合分離素子に偏光ビームスプリッタ、光源に波長 532 nm の Q スイッチ Y A G レーザを用い、プラスチック光ファイバ（以下 P O F）の伝送損失を測定する光パルス試験機が発表されている。

【0005】

【特許文献 1】特開平 9-159863 号公報

【非特許文献 1】「プラスチック光ファイバの応用技術」p.82～87（電気書院、1988 年） 30

【非特許文献 2】Proceeding of Plastic Optical Fibers Confernce 98, 290～295 ページ

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

従来の光分岐結合器はテーパ形状の導波部端面を発光素子との結合部とし、発光素子から光分岐結合器に入射した光が絞られるようにテーパを設けている。テーパ形状において絞られた側でストレート形状の導波部と接合している。しかし、従来の光分岐結合器のようにテーパ形状を用いて光を絞った場合、光がテーパ部で反射するごとにコアとクラッドとの界面への入射角が大きくなるため、臨界角を超えた光がコアから漏れ出して損失が生じる。また、受光側の光導波路部の断面形状が光検出器の光検出部よりも大きい場合、光検出部に入射する光量が少なくなってしまう。従来の光分岐結合器では、光出射端面がレンズ形状を有しており光を集めて光検出器に導くようになっているが、光分岐結合器の形状が複雑となり光分岐結合器の作製が難しくなるという問題点もあった。

40

【0007】

また、従来の双方向データリンクにおいては、光分岐結合器における光損失が大きいため、伝送距離が短くなるという問題点があった。例えば、光を 1:1 に分岐する光ファイバを用いると、単純には光ファイバの伝送してきた光の 50% が検出側への分岐とは異なる方向に分岐されてしまう。さらにカプラ自身による損失を含めると、検出できる光量 50

は、光ファイバを伝送してきた光の50%以下となってしまう。またさらに、従来の光分岐結合器を用いた場合、発光素子から光導波部を通り光ファイバに入射した光線の一部は光ファイバの臨界角よりも大きくなりやはり損失が生じてしまう。

【0008】

以上のように、従来の光分岐結合を用いた双方向データリンクにおいては、送信、受信ともに光損失が生じるために、全体として非常に光損失が大きなものになってしまうという問題点があった。さらに、帯域が低下してしまうため高速な通信には用いることが難しかった。そのため、従来の双方向データリンクは、通信出来る距離が非常に短く、短距離で低速な通信にしか用いることが出来ないという問題点があった。

【0009】

またさらに、従来の光分岐結合及び従来の光分岐結合を用いた双方向データリンクにおいては、送信光が光ファイバに斜めに入射していた。そのため、光ファイバ内での損失が増加し、帯域が低下していた。

【0010】

また従来の光パルス試験機は、光を分岐結合するために、PBSを用いている。そのため、光ファイバからの検出光を光検出器に結合するためにレンズを用いる必要があった。PBSを用いた場合、検出光のうち半分以上がPBSにおいて損失してしまう。さらに、POFといったコア径及び開口数が大きい光ファイバからの出射光をレンズ用いて光検出器に結合するには、非常に明るい大口径のレンズを必要とするが、このようなレンズは高価であり、光ファイバから光検出器までの距離が長くなり装置が大きくなってしまう。また、このような明るいレンズを用いても十分に小さなスポットに集光できず、検出効率が低下してしまう。したがって、POFのようにコア径及び開口数が大きい光ファイバを光パルス試験機で測定する場合、検出効率が低く測定可能な距離が非常に短くなってしまいう問題点があった。従来の光パルス試験機においては、高出力なQスイッチYAGレーザを用いることにより、測定可能な距離を長くしているが、QスイッチYAGレーザは高価で装置も大きいという問題点がある。

【0011】

本発明はかかる問題点を解決するためになされたものであり、本発明の目的は、光ファイバからの受信光を効率良く光検出器に導くことのできる双方向伝送用の光分岐結合器を提供することである。

【0012】

また、この双方向伝送用光分岐結合器を用い、さらに光源からの送信光を効率良く光ファイバと結合することで、伝送距離を長くできる高速な光伝送装置を提供することである。

【0013】

さらに、光ファイバからの受信光を効率良く光検出器に導くことのできる双方向伝送用光分岐結合器を用いて測定可能範囲を向上した小型な光パルス試験機を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0014】

上記の目的を達成するために、本発明は、
接合部から少なくとも第一の光導波路と第二の光導波路の二つに分岐された光導波路部を有する光分岐結合器において、前記第一の光導波路の断面積が、前記接合部から分岐方向に向けて減少するテーパ形状をなしており、前記第二の光導波路は、前記接合部の端面に対して概ね垂直に設けられた光分岐結合器の構成とする。

【0015】

さらに本発明は、光ファイバからの光線を検出する光検出器と、前記光ファイバと前記光源及び前記光検出器をそれぞれ接合する少なくとも第一の光導波路と第二の光導波路の二つに分岐された1つの光導波路部を有する光分岐結合器を有し、前記第一の光導波路は、前記光検出器と接合され、前記第一の光導波路の断面積は、前記光ファイバから前記光

10

20

30

40

50

検出器方向に向けて減少するテーパ形状である光伝送装置の構成とする。

【0016】

また、伝送する入力信号を送信するための信号に変換する変調部と、光源と、光検出器と、前記変調部にて変調された信号を送信するために前記光源を駆動する駆動部と、前記光源から光信号を外部へ導き、外部からの光信号を前記光検出器へ導く、少なくとも第一の光導波路及び第二の光導波路の2つの光導波路を接合させた光導波路部と、前記光検出器を駆動する検出駆動部とを有する光伝送部と、前記光検出器で検出された信号を電気信号に復調させる復調部とを有し、前記第一の光導波路の断面積が、外部から送信される信号の入力側から前記光検出器の方向に向けて減少するテーパ形状をなしており、前記第二の光導波路は、前記第一の光導波路との接合部端面に対して概ね垂直に設けられた光通信装置の構成とする。 10

【0017】

また、光源と、光検出器と、前記光源からの光線を被測定体に導き、前記被測定体からの光線を前記光検出器に導く光分岐結合部と、前記光検出部で検出された検出信号を増幅する増幅部と、前記増幅部にて増幅された信号を処理する情報処理部と、前記情報処理部からの指示により前記光源を駆動する駆動部とを有し、前記光分岐結合部は、少なくとも第一の光導波路と第二光導波路が接合されて形成され、前記第一の光導波路の断面積が、外部から送信される信号の入力側から前記光検出器の方向に向けて減少するテーパ形状をなしており、前記第二の光導波路は、前記第一の光導波路との接合端面に対して概ね垂直に設けられた光パルス試験機の構成とする。 20

【発明の効果】

【0018】

以上本発明によれば、光ファイバからの受信光を効率良く光検出器に導くことのできる双方向伝送用の光分岐結合器が提供できる。

【0019】

また、この双方向伝送用光分岐結合器を用い、さらに光源からの送信光を効率良く光ファイバと結合することで、伝送距離を長くできる高速な光伝送装置が提供できる。

【0020】

さらに、光ファイバからの受信光を効率良く光検出器に導くことのできる双方向伝送用光分岐結合器を用いて測定可能範囲を向上した小型な光パルス試験機が提供できる。 30

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

以下、本発明の実施例を図を用いて説明する。

【0022】

図1は、本発明の光分岐結合器及び光伝送装置の構成図である。本実施例の光伝送装置は、光分岐結合器20、光源である半導体レーザ10、光検出器12、図には示していない駆動回路、検出回路、入力端子、出力端子より構成されている。光分岐結合器20の光源接合部46に半導体レーザ10が、光検出器接合部48に光検出器12が接続されており、光ファイバ接合部44には光ファイバ22が突き合わされている。入力端子から入力された信号をもとに駆動回路により駆動された半導体レーザ10からの光信号は、光分岐結合器20を通して光ファイバ22に出力される。相手の光伝送装置から光ファイバ22を通して送られてきた光信号は、光分岐結合器20を通して光検出器12により検出され、検出回路で処理されて出力端子より出力される。 40

【0023】

このように、1本の光ファイバを用いて双方向の通信を行うことにより、送信と受信のそれぞれに光ファイバを1本ずつ用いる場合に比べて光ファイバの本数が少なくなるので低コストで光ファイバを敷設することが出来る。また、光伝送装置及び光コネクタを小型化できる。

【0024】

本実施例の光分岐結合器20は、第一の光導波路部の検出器結合用光導波路部40と第 50

二の光導波路部の分岐結合用光ファイバ80とからなっている。分岐結合用光ファイバ80は、検出器結合用光導波路部40に形成された溝部82にはめ込まれており、この溝部82において分岐結合用光ファイバ80と検出器結合用光導波路部40とが接合されている。半導体レーザ10からの信号光は、ボールレンズ60により集光され分岐結合用光ファイバ80に入射する。分岐結合用光ファイバ80に入射した信号光は、光ファイバ接合部44を通り光ファイバ22に入射する。検出器結合用光導波路部40の光検出器接合部48には、光検出器12内の光検出器素子13に直接接合されている。また、検出器結合用光導波路部40には光検出器12に向かって径が小さくなるようにテーパが形成されており、光ファイバよりも径の小さな光検出器素子13に効率よく信号光を導くことができる。光検出器素子13は、大気に触れて劣化しないように、検出器結合用光導波路部40を含めて封入用樹脂14により封入されている。 10

【0025】

本実施例では、光ファイバ22にコア径1mmのPOF、分岐結合用光ファイバ80にコア径200 μ m、ファイバ外径230 μ mのハードポリマクラッドファイバ(HPCF)を用いた。したがって、光ファイバ22を通して送られてきた光信号のうち、分岐結合用光ファイバ80側に分岐して損失する光量は、約5%であり、残りの95%は検出器結合用光導波路部40側に分岐される。そのため、光分岐結合器20による分岐損失は少なく、受光光量を大きくとることが出来る。また、分岐結合用光ファイバ80の中心線は、光ファイバ接合部において光ファイバ22の中心線とほぼ平行になるように設置されている。つまり、分岐結合用光ファイバ80からの送信光は、光ファイバ接合部44の面に対してほぼ垂直に出射される。そのため、中心線が傾いている場合に比べて、光ファイバ接合部44及び光ファイバ22の端面で反射した信号光のうち検出器結合用光導波路部40に入射する光量が少なくなり、送信時のクロストークが少なくなる。さらに、光ファイバを用いているため、取り回しが容易であり、半導体レーザ10の取り付け位置を自由に定めることが出来る。 20

【0026】

図2に本実施例の光分岐結合器20の作製手順を示す。まず、図2(a)のように、分岐結合用光ファイバ80の外形形状に合わせた溝部82を有する検出器結合用光導波路部40を透明樹脂であるポリメタクリルメタクリレート(PMMA)を用いて射出成形により形成し、コア部とした。この検出器結合用光導波路部40上に、フッ化バリウムを用い 30
低屈折率の薄膜を蒸着し、さらにその上に金を用いて金属膜を形成した。次に、図2(b)のように、溝部82に分岐結合用光ファイバ80をはめ、端面を光ファイバ接合部44の面に合わせて接着した。

【0027】

分岐結合用光ファイバ80を用いているために、途中で検出器結合用光導波路部40側に光が漏れることがなく、クロストークが発生しない。検出器結合用光導波路部40では、低屈折率膜がクラッド層となり、検出器結合用光導波路部40に入射した信号光はコア部とクラッド層の界面で全反射し光検出器12の方に導かれる。コア部とクラッド層の界面に凹凸があり、信号光が漏れ出しても、その外側の金属層で反射し、再び検出器結合用光導波路部40に戻るため、光ファイバ22から検出器結合用光導波路部40に入射した 40
信号光のほとんどが光検出器12で検出される。

【0028】

本実施例の分岐結合用光ファイバ80の代わりに、光導波路部を検出器結合用光導波路部40と一体で成形してもよい。

【0029】

本発明の光通信装置の実施例を図3を用いて説明する。図3は光通信装置の構成図である。光伝送装置100と光伝送装置101間で双方向に通信を行う。光伝送装置100、入力信号を変調する変調回路120、光伝送装置100で検出した信号を復調し出力する復調回路122を含めて光通信装置102とする。本実施例では、光ファイバ22としてプラスチック光ファイバを用いており、光ファイバ22と光伝送装置100とは光コネク 50

タ 2 4 により結合されている。光伝送装置 1 0 1 から光ファイバ 2 2 を通して光伝送装置 1 0 0 に送られてきた光信号は、光分岐結合器 2 0 を通して光検出器 1 2 で検出され、検出回路 1 1 2 に波形整形されたデジタル信号として出力される。検出回路 1 1 2 からの信号は、復調回路 1 2 2 により電気信号の形式に合わせて復調されて出力される。光通信装置 1 0 2 に入力された電気信号は、変調回路 1 2 0 により光信号として送信するのに適した符号に変換され、駆動回路 1 1 0 に送られる。駆動回路 1 1 0 により半導体レーザ 1 0 を駆動し、光分岐結合器 2 0 を通して光ファイバ 2 2 に光信号を送信する。変調回路 1 2 0 と復調回路 1 2 2 間でやり取りすることで光ファイバ 2 2 中での光信号の衝突を検出することができる。つまり、送信時は光ファイバ 2 2 の端面で反射し光検出器 1 2 で検出された信号を自分の送信信号と比較し、違いがある場合には、光伝送装置 1 0 1 から信号が送られていることが分かり、衝突を検出できる。あるいは、通常の送信時に光検出器 1 2 で検出される光量よりも大きな光量が検出された場合には、衝突が起きていると判断することができる。衝突を検出した場合には、ある時間待った後再送するなど、所定の手続きで送信をやり直せばよい。

【0030】

このように衝突を検出するためには、光分岐結合器 2 0 のクロストークにより光検出器 1 2 で検出される光量が、システムのパワーバジェット、マージンを考慮した上で光伝送装置 1 0 1 から送られてくる最小光量以下となるようにすればよい。クロストークが大きく衝突を検出できない場合には、時分割通信を行うことで双方向通信を行うことができる。逆に、クロストークが少なく送信していても相手から送られてくる光データを再生できる場合には、全二重通信を行うことができる。

【0031】

図 4 は、本発明の光分岐結合器の別の実施例の構成図である。光分岐結合器コア 3 0 は、光源結合用光導波路部 3 8 及び検出器結合用光導波路部 4 0 からなり、光分岐結合器クラッド 3 2 中に埋め込まれている。光源結合用光導波路部 3 8 の光源接合部 4 6 には半導体レーザ 1 0、検出器結合用光導波路部 4 0 の光検出器接合部 4 8 には光検出器 1 2 が結合され、光分岐結合器クラッド 3 2 中に封入されている。本実施例においては、光源結合用光導波路部 3 8 と検出器結合用光導波路部 4 0 とを一体で射出成形した。検出器結合用光導波路部 4 0 は円錐の一部を切り出した形をしており、光検出器接合部 4 8 側から光ファイバ結合部 4 4 にかけて径が大きくなっている。光源結合用光導波路部 3 8 は円筒形をしており太さはほぼ一定である。この光結合分離素子コア 3 0 の端面を研磨し、半導体レーザ素子 1 1 及び光検出器素子 1 3 を接合し、光結合分離素子コア 3 0、半導体レーザ素子 1 1 及び光検出器素子 1 3 を覆うように光結合分離素子クラッド 3 2 を形成した。半導体レーザ素子 1 1 及び光検出器素子 1 3 には、図示していない端子を通して電気信号の入出力を行う。

【0032】

本実施例では、光源結合用光導波路部 3 8 が真っ直ぐで中心軸が光ファイバ 2 2 の中心軸とほぼ平行であることと、検出器結合用光導波路部 4 0 の一端が光ファイバ 2 2 の中心軸とほぼ平行であることに特徴がある。そのため、半導体レーザ素子 1 1 からの出射光は、光源結合用光導波路部 3 8 の中で広がらず光ファイバ 2 2 に入射する。光ファイバ 2 2 に斜めに入射した光線は、損失が大きくなり、また光信号の帯域を減少させるが、本実施例のように真っ直ぐ信号光を入射することにより、この損失の増加、帯域の低下を抑えることができる。本実施例の光分岐結合器を用いて長さ 5 0 m、開口数 0.3 のステップインデックス型プラスチック光ファイバに光を送信した場合、光ファイバの帯域は、275 MHz であったが、角度 7° で入射する光分岐結合器を用いた場合には、200 MHz に低下した。真っ直ぐ信号光を入射することにより、端面での反射によるクロストークの発生も低減できる。また、検出器結合用光導波路部 4 0 の一端を光ファイバ 2 2 の中心軸とほぼ平行とすることにより、検出器結合用光導波路部 4 0 で全反射条件を外れたことによって生じる損失を抑えることができる。またさらに、光分離結合器と半導体レーザ素子 1 1、光検出器素子 1 3 を一体化することにより、光伝送装置を小型化することができる

。

【0033】

図5は、本発明の光分岐結合器のさらに別の実施例の構成図である。光源接合部46から光源結合用光導波路部38に入射した信号光は、反射面42で反射した後、光ファイバに入射する。この光分岐結合器20は、フォトリソグラフィを用いて作製した。まず、基板上にクラッド層を形成し、その上にコア層を形成した。このコア層をフォトリソグラフィにより導波路の形状を形成した。その上にまたクラッド層を形成し、再びフォトリソグラフィにより反射面42を形成した。本実施例においては、コア断面は、四角形をしている。光源結合用光導波路部38と検出器結合用光導波路部40とは高さは同じであるが、検出器結合用光導波路部40は光源側に近づくとも幅が狭まっており、光源結合用光導波路部38はほぼ同じ幅を保っている。フォトリソグラフィを用いているために同時に大量に製造できる。

10

【0034】

本実施例では、光源と光検出器とを離して設置できるので、光源と光検出器が大きい場合、又は光分岐結合器20が小さい場合にも光源と光検出器とが互いに干渉せず設置することができる。本実施例のように、検出器結合用光導波路部40が光検出器側に向かって径が減少するようにテーパが設けられているため、光源結合用光導波路部38と検出器結合用光導波路部40の両方とも中心軸を光ファイバの中心軸と平行にすることができる。このように検出器結合用光導波路部40の中心軸を光ファイバの中心軸と平行とすることにより、検出器結合用光導波路部40内での反射による損失を最低にすることができる。

20

【0035】

上記実施例以外にも、光源、光検出器と光分岐結合器の間を光ファイバを用いて結合することで、光源または光検出器の間隔を広げることができ、実装を容易にすることもできる。あるいは、光源結合用光導波路部に曲率を持たせても良い。

【0036】

ここで、図6を用いて、光検出器接合部48のテーパ形状の寸法と光学定数との関係について説明する。上記本実施例では、テーパ形状の光導波路を用いて光を絞ることにより、コア形の大きな光ファイバを用いても面積の小さな光検出器に効率よく光を導くことのできる構造になっている。ここでは簡単のために、光ファイバ接合部44の径を光ファイバ22のコア径と同じとし、光検出器接合部48と光ファイバ22の光軸が一致している場合について説明する。光ファイバ22を伝搬してくる光線は、光ファイバ22のコア34とクラッド36の界面で全反射を起こしながら伝搬してくるため、光ファイバ22に対してある範囲の角度をなす光線のみ光ファイバ22を通ることができる。光ファイバ22の開口数を NA_f 、光ファイバのコアの屈折率を n_{cf} とすると、光ファイバ22を伝送できる光線の光ファイバ22に対する最大の角度を ψ としたとき、 ψ は、

30

【0037】

【数1】

$$\psi = \sin^{-1} \left(\frac{NA_f}{n_{cf}} \right) \quad \dots (1)$$

40

【0038】

と表わされる。ここで、光ファイバ及び光分岐結合器の開口数 NA は、コアの屈折率を n_{core} 、クラッドの屈折率を n_{clad} とすると、

【0039】

【数 2】

$$NA = \sqrt{n_{core}^2 - n_{clad}^2} \quad \dots (2)$$

【0040】

で表わされるものである。この光ファイバ 22 に対する最大の角度 ψ をなして伝搬してきた光が光検出器に到るまでテーパ形状の光検出器接合部 48 内で全反射して伝わる条件を示す。検出器結合用光導波路部 40 のテーパ部の角度を α とすると、この光線の光導波路界面への入射角度は、

$$\pi - (\psi + \alpha)$$

となる。したがって、光ファイバと光導波路の開口数が等しい時には、この光線は全反射を起こさず、大部分の光が光導波路界面を透過してしまう。本発明は、光ファイバの開口数よりも光導波路の開口数の方を大きくしたことを特徴としている。光分岐結合器界面で n 回目の反射時の光導波路界面への入射角度は、

$$\pi - \{\psi + (2n - 1)\alpha\}$$

となる。この光線が光導波路界面で全反射を起こすためには、コアの屈折率を n_{cw} 、開口数を NA_w とすると、

【0041】

【数 3】

$$\frac{NA_w}{n_{cw}} \geq \sin\{\psi + (2n - 1)\alpha\} \quad \dots (3)$$

【0042】

を満たす必要がある。光ファイバ 22 に対して角度 ψ で伝搬してきた光の反射回数が n 回以下となるためには、検出器結合用光導波路部 40 の長さ l は、

【0043】

【数 4】

$$\sum_{i=1}^{n-1} d_i < l \leq \sum_{i=1}^n d_i \quad \dots (4)$$

【0044】

を満たす必要がある。ただし、光ファイバ接合部 44 の半径を R とすると、 d_i は、

【0045】

10

20

30

40

【数 5】

$$d_i = \frac{2}{\tan \alpha + \tan \xi_i} y_i \quad \dots (5)$$

$$\xi_i = \psi + 2i\alpha$$

$$y_i = \frac{-\tan \alpha + \tan \xi_{i-1}}{\tan \alpha + \tan \xi_{i-1}} y_{i-1}$$

$$y_1 = R$$

10

【0046】

を用いて求められるものである。検出器結合用光導波路部40の長さが1のときの光検出器接合部48の半径rは、

【0047】

(数6)

$$r = R - l \tan \alpha \quad \dots (6)$$

20

となる。このrをなるべく小さくするように、 α 及びlを設定することが望ましい。式(3)及び式(4)を満たすように光導波路の形状及び光学定数を選ぶことにより、理想的には光ファイバ22から検出器結合用光導波路部40に入射した光線はすべて検出器結合用光導波路部40界面で全反射を起こして光検出器に到るので光利用効率を大きくすることができる。このテーパ形状を用いたビーム径縮小による光検出感度の向上の効果はコア径が大きいほうが大きく、通常コア径0.5mm以上、特に良く使われるもののコア径が約1mmであるプラスチック光ファイバと接合するときに用いるとその効果が大きい。

【0048】

図8に式(1)から式(6)を用いて計算した光導波路部のテーパ角度 α とテーパ光導波路の径の縮小率を示した。同じ縮小率を得るためには、反射回数nの大きい方がテーパ角度 α を小さくできることが分かる。テーパ角度 α は小さいほうが光分岐結合器を作製しやすく望ましい。図9に式(1)から式(6)を用いて計算した光分岐結合器の開口数 NA_w とテーパ形状の検出器結合用光導波路部の径の縮小率を示した。計算は、 $NA_f = 0.3$ 、 $NA_w = 0.5$ 、 $n_{cf} = n_{cw} = 1.5$ 、とし、lが最大になる値を用いた。図より、光導波路の開口数 NA_w の大きい方がビーム縮小の効果が大きいことが分かる。n=2, 3についてはほぼ同じ特性を示す。反射回数は少ない方が反射による損失が生じにくいいため望ましい。したがって、望ましい反射回数nは、1~3であり、n=2が特に望ましいと言える。 $NA_f = 0.3$ 、 $NA_w = 0.5$ 、 $n_{cw} = 1.5$ 、 $R = 0.5\text{mm}$ 、n=2のときには、 $l = 4.5\text{mm}$ 、 $r = 0.29\text{mm}$ となり、ビーム径を58%に縮小することができ、そのため光のエネルギー密度は3倍に向上する。図9より、光分岐結合器の開口数を接合する光ファイバの開口数の1.5倍以上とすると、面積比で0.4以下にすることができ望ましい。さらに、光ファイバの開口数の2倍以上とすれば、ビーム径の縮小比0.5以下、面積比で0.25以下とすることができさらに望ましい。プラスチック光ファイバにおいては、高速通信用に開口数0.3のものが用いられており、したがって、光導波路の開口数は、0.45以上、できれば0.6以上が望ましい。通常光通信に用いられている波長は570nmから1550nm程度であり、この範囲内の使用する波長においてこの開口数以上であればよい。

30

40

【0049】

以上のように、開口数、つまりコア部とクラッド部の屈折率差が大きい方が光閉じ込めの効果が大きくなり望ましい。開口数を大きくするために、コア部とクラッド部の界面に低屈折率の誘電体膜を形成してもよい。さらに誘電体膜とクラッド部の界面にさらに金属

50

膜を形成すると、開口数を超え、誘電体膜を透過したビームも金属膜で反射し戻るので、上記条件以上にビーム径を縮小することが可能となる。

【0050】

光分岐結合器の実施例として、コア材としてポリスチレン(屈折率1.59)、クラッド材としてポリメチルペンテン系(屈折率1.46)を用いた。このとき、波長650nmにおいて開口数0.63となる。したがって、図9より求められるように $n=2$ を用いて、径縮小比0.4、面積比で0.16となった。

【0051】

以上、光検出器接合部48と光ファイバ22の光軸が一致している場合について説明したが、光検出器接合部48が光ファイバ22に対して傾けて設けることも出来る。光検出器接合部48を傾けることにより損失が発生するが、光検出器接合部48の1辺が光ファイバ22の光軸と平行になる角度以下では、光検出器接合部48と光ファイバ22の光軸が一致している場合から顕著な損失の増加は起こらないため、望ましい。また、テーパ角度を緩くすることにより損失が発生しないようにすることもできる。

【0052】

次に、図7を用いて光源結合用光導波路部38の傾きについて、光源結合用光導波路部38から光ファイバに入射した光線がすべて光ファイバの界面で全反射する条件を示す。光源からの広がり角 Θ の光線が光ファイバに入射したときの光線の広がり角 θ は、

【0053】

【数7】

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{\sin \Theta}{n_{cf}} \right) \quad \dots (7)$$

【0054】

となる。光源結合用光導波路部38の傾きを β とすると、この光線が光ファイバの界面で全反射するためには、

【0055】

【数8】

$$\frac{NA_f}{n_{cf}} \geq \sin(\theta + \beta) \quad \dots (8)$$

【0056】

を満たす必要がある。 β を大きくすると光源と光検出器の間隔を広く取ることができるので光源と光検出器の実装が容易になる。その際には、式(8)より θ を小さくする必要がある。半導体レーザは、発光ダイオードに比べて広がり角 θ が小さい。特に本発明の光伝送装置に用いる光源として好適な光源の一例は、面発光型半導体レーザである。通常、面発光半導体レーザの広がり角は、 $1/e^2$ 半角で 5° 程度であり、 NA_s としては0.09程度である。 $NA_f=0.3$ 、 $NA_s=0.1$ 、 $n_{cf}=1.5$ とすると、 β を 7.7° 以下とすればよく、光源結合用光導波路部38の半径を s とすると、 $NA_w=0.5$ 、 $n_{cw}=1.5$ 、 $R=0.5\text{mm}$ 、 $r=0.29\text{mm}$ 、 $s=0.125\text{mm}$ 、 $l=4.3\text{mm}$ 、 $n=2$ のとき、光源接合部46と光検出器接合部48との間隔は 0.5mm となる。高速通信用の開口数0.3のプラスチック光ファイバに対しては、 $\sin \Theta$ を0.1以下とすれば、光源結合用光導波路部38と検出器結合用光導波路部40との間隔を広くでき望ましい。端面発光型の半導体レ

10

20

30

40

50

ーザや発光ダイオードを光源に用いた場合のように、光源の広がり角が大きい場合には、光源と光源結合用光導波路部 38 のあいだに広がり角を制限するためのピンホールを設けてもよい。またあるいは、光源結合用光導波路部 38 を光源接合部 46 から光ファイバ接合部 44 にかけて断面積が増加するようにテーパ形状としてもよい。光源からの光線に強度分布がある場合には、強度分布の $1/e^2$ 半角を式 (10) の θ として用いればよい。

【0057】

このように、光源結合用光導波路 38 を光ファイバに対して斜めに配しても、効率よく光ファイバに信号光を入射することができる。しかし、光ファイバに斜めに光を入射する場合、光ファイバ内での伝送損失が増加し、伝送帯域も減少するため、光源結合用光導波路部 38 と光ファイバとの傾きは小さいことが望ましく、ほぼ平行となる配置がもっとも望ましい。

【0058】

光源結合用光導波路部 38 の径を光ファイバ接合部 44 の径よりも小さくすることで、光ファイバ 22 から光分岐結合器 20 に入射する光量のうち、検出器結合用光導波路部 40 に分岐される光量の割合を大きくすることができる。分岐比は各光導波路部の面積にほぼ比例するため、例えば、光源結合用光導波路部 38 の径を光ファイバ接合部 44 の径の $1/4$ とすると、光源結合用光導波路部 38 と検出器結合用光導波路部 40 に分岐される光量の割合の割合は、ほぼ $1:9$ となる。このように、光源結合用光導波路部 38 の径を光ファイバ接合部 44 の径の $1/4$ 以下とすることで光損失は、 10% 以下となり望ましい。光源結合用光導波路部 38 の径を光ファイバ接合部 44 の径の $1/10$ 以下とすることで光損失は、 1% 以下となりさらに望ましい。したがって、コア半径 0.5 mm のプラスチック光ファイバを用いた場合には、光ファイバ接合部 44 の半径 0.5 mm に対し、光源結合用光導波路部 38 の半径を 0.125 mm 以下、出来れば 0.05 mm 以下とすることが望ましい。

【0059】

本発明の光分岐結合器のコア及びクラッドの材料には、所望の開口数となるように、アクリル系、メタクリル系、カルボネート系、非晶質オレフィン系、スルホン系、シリコン系、ビニル系、フッ素系化合物等を適宜組み合わせる用いることができる。本発明の光分岐結合器はその形状に特徴があるので、材料は有機材料に限るものではなく、ガラス、酸化シリコン、窒化シリコン等の透明無機材料、薄膜材料を用いてもよい。また、作製方法も、射出整形法、紫外線硬化法、ウェットエッチング法、反応性イオンエッチング法、光重合法等の光導波路を作製する方法、あるいは、光ファイバを接合する方法等適宜選択して光分岐結合器を作製すればよい。

【0060】

本発明の光分岐結合器の断面形状は、接合する光ファイバと同じくする必要はなく、例えば四角形の断面形状を用いてもよい。四角形の断面形状の場合には、光ファイバ接合部の一辺の長さを光ファイバ直径よりも大きくし、光源結合用光導波路部 38 を光源結合用光導波路部 38 から出射される光線がすべて円形の光ファイバに入射するように光源接合部からずらして接合するればよい。このようにずらすことにより四角形の断面形状を用いても円形の断面形状をした光ファイバに効率よく光を結合することができる。

【0061】

これまで、2 つに分岐した光分岐結合器について説明してきたが、本発明は分岐を 2 つに限るものではなく、2 つ以上に分岐する場合にも適用できる。

【0062】

図 10 は、本発明の光パルス試験機の実施例の構成図である。本実施例の光パルス試験機 150 は、光時間領域反射測定法 (Optical Time Domain Reflectivity: OTDR) を用いたものである。半導体レーザ 10 は、駆動回路 130 によりパルス駆動され、パルス光を出射する。このパルス光は、ボールレンズ 60 で集光されて光ファイバ 84 を通り、光減衰器 66 で光量を調整して光分岐結合器 20 に入射する。光分岐結合器 20 から被測定用の光ファイバ 22 に入射する。光ファイバ 22 内で散乱、反射されて戻ってきた検出

10

20

30

40

50

光は、光分岐結合器 20 から光ファイバ 86 に導かれ、光検出器 12 で検出される。光検出器 12 で検出された信号は、増幅器 132 で増幅され、プロセッサ 136 に取り込まれる。プロセッサ 136 で処理された信号はディスプレイに表示される。プロセッサでは、図示していないパネルからの入力をもとに、信号の積算、スムージング、ピーク検出、損失測定、時間の距離変換、レイリー散乱・フレネル反射測定の切り替え、等の処理を行う。駆動回路 130 の光パルスの発生開始・終了、光パルス幅は、プロセッサ 136 により制御されている。光パルスの発生に同期して駆動回路 130 から出力されるトリガー信号は、遅延回路 134 により一定時間遅延されて、プロセッサ 136 に入力される。プロセッサ 136 は、遅延回路 134 からトリガー信号をもとに増幅器 132 からの信号の取り込みを開始する。また、増幅器 132 からの信号が所定の水準となるように、光減衰器 66 の透過率と増幅器 132 のゲインを制御する。 10

【0063】

本実施例では、半導体レーザ 10 に波長 650 nm のものを用い、光検出器 12 にシリコンアバランシェホトダイオードを用いた。アバランシェホトダイオードへの印加電圧を制御することにより信号のゲインを調整することもできる。

【0064】

図 11 に、本実施例に用いた光分岐結合器及び光学系の実施例を示す。光分岐結合器 20 には、既に図 4 で説明したものを用いた。半導体レーザ 10 からのパルス光は、ボールレンズ 60 で集光されてコア径 100 μm のハードポリマクラッドファイバ (HPCF) を用いて光ファイバ 84 に入射する。光パルスは、光ファイバ 84 の途中に設けられた光減衰器 66 で光量を調整され、光分岐結合器 20 の光源接合部 46 より光源結合用光導波路部 38 に入射し、光ファイバ 22 に結合される。光ファイバ 22 は、所定の位置にくるように、光コネクタ 24 を用いて光パルス試験機 150 に繋がれている。光ファイバ 22 内で散乱、反射されて戻ってきた検出光は、光分岐結合器 20 の検出器結合用光導波路部 40 で集光され、光ファイバ 86 に導かれる。光ファイバ 86 のもう一端には、光検出器素子 13 が結合されており、光検出器素子 13 は、大気に触れて劣化しないように、光ファイバ 86 を含めて封入用樹脂により封入されている。光ファイバ 84, 86 は、光分岐結合器 20 に結合され固定されている。本実施例では、光ファイバ 84 にコア径 0.5 mm, 開口数 0.6 の POF を用いた。また、光ファイバ接合端は、直径 1.1 mm とした。そのため、コア径 1.1 mm 以下の光ファイバについて効率良く OTDR 測定ができる。本実施 30
例においては、径の小さな光ファイバにも効率よくパルス光を入射できるように、光分岐結合器 20 の位置を移動できるようにした。検出光量が最大となるように光ファイバ 22 に対して光分岐結合器 20 を移動する。つまり、径の細い光ファイバについては、光分岐結合器 20 を図の上方に移動すればよい。このように移動することにより、本実施例では、コア径 150 μm の光ファイバにおいても、光ファイバからの検出光のうち半分以上を光検出器に結合することができる。つまり、光源結合用光導波路部 38 の径に対し、コア径が 1.5 倍以上の光ファイバについて、効率良く測定できるようになる。

【0065】

本実施例では、光分岐結合器 20 と半導体レーザ 10, 光検出器 12 とを光ファイバ用いて繋いでるため、取り回しが容易であり、取り付け位置を自由に定めることができる。 40
そのため、光源、光検出器を自由に選ぶことができ、高出力な光源や感度の高い光検出器 12 を用いることも出来る。また本実施例のように、光分岐結合器 20 を移動することができる。本発明の光パルス試験機に用いる光分岐結合器 20 は、本実施例に限るものではなく、本発明のすべての光分岐結合器を用いることができる。

【0066】

光源結合用光導波路部 38 に傾きを持たせ、光源結合用光導波路部 38 からの出射光が光ファイバ接合部 44 の中心を通るように光源結合用光導波路部 38 の取り付け位置をずらした光分岐結合器 20 を用いる場合には、光分岐結合器 20 を固定しておいても、径の細い光ファイバの OTDR 測定が可能である。

【0067】

以上、光分岐結合器の光ファイバ接合部と光ファイバとを直接突き合わせている実施例を用いて本発明の光分岐結合器を説明してきたが、光ファイバ接合部に光ファイバを接合し、この光ファイバと通信用または被測定用のファイバを光コネクタを用いて接続してもよい。

【0068】

本発明の光パルス試験機は、検出光の分離の難しいコア径の大きな光ファイバに適したものであり、したがって、コア径の大きなプラスチック光ファイバに用いると効果がある。通常用いられるプラスチック光ファイバのコア径は、0.5 mm 以上、2 mm 以下程度であるので、光パルス試験機の光コネクタにおいて光パルス試験機側の接続部の径を特に0.5 mm 以上、2 mm 以下とすることが望ましい。

10

【0069】

ここで、OTDRの位置分解能と、被測定用光ファイバの帯域と長さの関係について示す。光ファイバコアの屈折率 n が既知であれば入射光が散乱して戻ってくるまでの時間 t からその散乱位置 z を

【0070】

(数9)

$$z = c t / 2 n \quad \dots (9)$$

より求めることができる。このとき、位置分解能 Δz は、光ファイバ伝送前のパルス幅を W 、単位長さにおける伝送帯域を F 、伝送距離を L とすると、

【0071】

【数10】

$$\Delta z = \frac{c}{2 n} \sqrt{W^2 + \left(\frac{0.35 L}{F} \right)^2} \quad \dots (10)$$

20

【0072】

と表される。POFといった伝送損失が大きく短距離で用いられる光ファイバのOTDR測定は、高分解能であることが望まれる。図12にファイバ長と分解能の関係を示す。ファイバの帯域については10, 20, 100 MHz・km、パルス幅について0, 0.1, 0.5, 1.0 ns の場合を示している。帯域の狭い場合には、短パルスを用いても光ファイバの帯域により分解能が劣化し、10 MHz・kmにおいては、50 m以上伝送するとパルス幅0.1 ns と0.5 ns でほとんど差がなくなることが分かる。逆に100 MHz・kmで分解能を劣化させないためには、0.1 ns 程度のパルス幅が必要であることが分かる。図13にファイバの帯域と分解能の関係について、パルス幅0.1から3.0 ns の場合について示した。たとえば、開口数0.3のステップインデックスプラスチック光ファイバに当たる10 MHz・kmの帯域において、長さ50 mに相当するのは200 MHz であり、この帯域においては、入射パルス幅0であっても分解能175 mmとなる。図よりパルス幅1 ns であれば、分解能は余り劣化せず、202 mmを得られることが分かる。分解能を光ファイバによって必然的に決まる分解能に対して α 倍以下の劣化に抑えるためには、入射するパルス幅 W は、

30

40

【0073】

【数 1 1】

$$W \leq \sqrt{\alpha^2 - 1} \left(\frac{0.35 L}{F} \right) \quad \dots (11)$$

【0074】

を満たす必要がある。したがって、光ファイバの帯域 F ，長さ L が予め分かっている場合 10
には、

$$W \leq \sqrt{1.25} \left(\frac{0.35 L}{F} \right)$$

【0075】

を満たす最大のパルス幅 W を選択すれば、分解能の劣化は 50 % 以下に留めたままで、測 20
定のダイナミックレンジを最大にすることができる。フレネル反射モードで、光ファイバ
の出射端から反射されて戻ってくるパルスの遅延時間及びパルス幅を測定することにより
、光ファイバの帯域 F ，長さ L を測定することができる。この光ファイバの帯域 F ，長さ
 L を用いて、光パルス試験機が自動的に最適なパルス幅を選択することができる。

【0076】

図 1 4 は、本実施例の光パルス試験機を用いて $NA 0.3$ ，コア径 1 mm，長さ 100 m 30
のステップインデックス (SI) 型 POF を測定した結果を示す。用いた半導体レーザか
らは、パルス幅 70 ps，パワー 160 mW，最大繰り返し周波数 1 MHz であり、波長
は、654 nm であった。この条件において、POF 長 25 m での分解能は、9.5 cm 以
下の分解能が得られる。積算を 10,000 回行った結果、長さ 50 m 以上の測定が可能
であった。 30

【0077】

本実施例のように、本発明の光分離結合器を用いることにより、PBS を用いた従来の
光パルス試験機よりも、光検出器に結合できる検出光量を大きくすることができ、測定
のダイナミックレンジを広くすることができる。したがって、半導体レーザを光源に用い、
ホトダイオードあるいはアバランシェホトダイオードを光検出器に用いても、実用的な長
さのプラスチック光ファイバの OTDR 測定を行うことができるようになった。

【0078】

光検出器にフォトンカウンタを用いれば、さらにダイナミックレンジを広くすることが 40
出来、さらに長い距離の測定が可能となる。また、積算回数をさらに多くとることによ
ってもダイナミックレンジを広くすることができる。 40

【0079】

図 1 5 に光ファイバに半径 15 mm のループを 5 個形成した場合の OTDR 信号を示す。
ループを作った位置に対応して、OTDR 信号のピークが観測された。図 1 6 に曲率半径
の逆数とピークの高さ及びループによる損失を示した。損失は、ループ 1 個当たりのもの
ある。ピーク強度、損失の対数とも $1/R$ に比例して変化している。ステップインデック
ス光ファイバでは、このように OTDR 信号のピークの高さを測定することにより、光フ
ァイバの曲がりの曲率に変換することができる。本実施例の光パルス試験機では、ピーク
の高さを測定し、その大きさから曲がりの曲率に換算する機能を有している。

【0080】

図 1 7 は、本発明の光パルス試験機に用いた光学系の実施例の構成図である。マウント 50

72に据え付けられた半導体レーザ素子11からのビームは、レンズ62によりその広がり角を小さくされ、偏光ビームスプリッタ(PBS)に入射する。本実施例では、薄型のPBSを用いており、PBSの接合面全体にPBS膜70を形成すればよいので、プリズムの一部にPBS膜を形成するよりも作製が容易である。PBS膜70で反射したパルス光はレンズ64の中心部で集光され光ファイバ22に入射する。PBS膜70で反射しなかったビームは吸収部材76で吸収される。光ファイバ22からの検出光は、入射パルス光の広がり角よりも広いため、レンズ64の広い面積を通り、全反射ミラ78で反射して、光検出器素子13で検出される。検出光のうちPBS膜70を通ったものは、その内約半分の光量がPBS膜70で反射し損失となる。しかし、その面積は検出光の占める面積に対して少ないため、PBS膜70での損失は、全検出光量に対して少ない。図には示していないが、光学系全体を気密封入した。

10

【0081】

レンズ62を用いることにより、検出光の中でPBS膜70で損失する面積を小さくすることができ、PBS膜70での損失を少なくすることが出来る。また、それぞれのビームは光学部品の面に対して垂直に入射するため、収差が増加することなく、光検出器に光を結合するのが容易である。本実施例は、光ファイバの開口数が大きいほうが、PBS膜70で損失する検出光量が少なくなり、望ましい。

【図面の簡単な説明】

【0082】

【図1】本発明の第一の光分岐結合器の実施例を示す構成図。

20

【図2】第一の光分岐結合器の作成手順の説明図。

【図3】本発明の光通信装置の実施例を示す構成図。

【図4】本発明の第二の光分岐結合器の実施例を示す構成図。

【図5】受光側光導波路部の形状の説明図。

【図6】送信側光導波路部の形状の説明図。

【図7】本発明の第三の光分岐結合器の実施例を示す構成図。

【図8】光導波路部のテーパ角度 α とテーパ光導波路の径の縮小率の関係。

【図9】光分岐結合器の開口数と検出器結合用光導波路部の径の縮小率の関係。

【図10】本発明の光パルス試験機の実施例を示す構成図。

【図11】光パルス試験機の第一の光学系の実施例の構成図。

30

【図12】光ファイバ長と分解能の関係図。

【図13】光ファイバの伝送帯域と分解能の関係図。

【図14】光パルス試験機を用いた測定例。

【図15】光パルス試験機を用いてループ状欠陥を有する光ファイバを測定した測定例。

【図16】光ファイバの曲率と損失、ピーク強度の測定例。

【図17】光パルス試験機の第二の光学系の実施例の構成図。

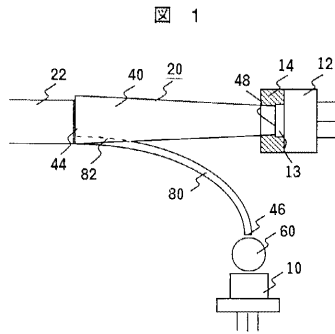
【符号の説明】

【0083】

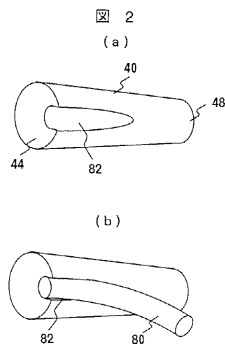
10…半導体レーザ、11…半導体レーザ素子、12…光検出器、13…光検出器素子、14…封入用樹脂、20…光分岐結合器、22…ファイバ、24…光コネクタ、30…分岐結合器コア、32…分岐結合器クラッド、34…光ファイバコア、36…光ファイバクラッド、38…光源結合用光導波路部、40…検出器結合用光導波路部、42…反射面、44…光ファイバ接合部、46…光源接合部、48…検出器接合部、60…ボールレンズ、62、64…レンズ、66…光減衰器、68…プリズム、70…PBS膜、72…マウント、74…基板、76…吸収部材、78…全反射ミラ、80…分岐結合用光ファイバ、82…溝部、84、86…光ファイバ、100…光送装置、102…光通信装置、110…駆動回路、112…検出回路、114…入力端子、116…出力端子、120…変調回路、122…復調回路、130…駆動回路、132…増幅器、134…遅延回路、136…プロセッサ、138…ディスプレイ、140…光減衰器、150…光パルス試験機。

40

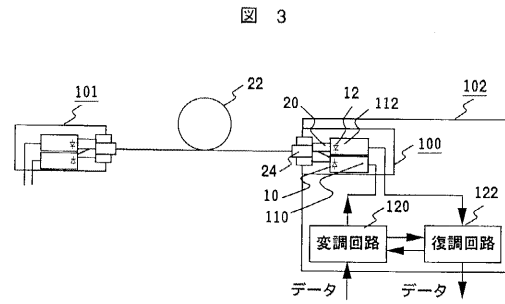
【図 1】



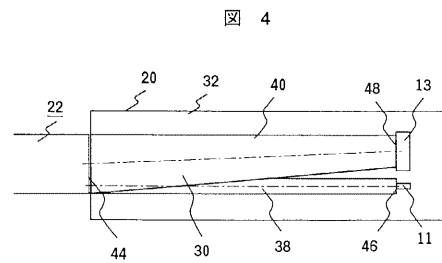
【図 2】



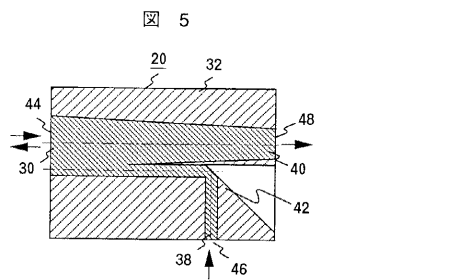
【図 3】



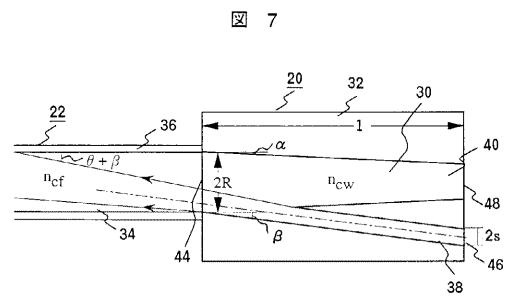
【図 4】



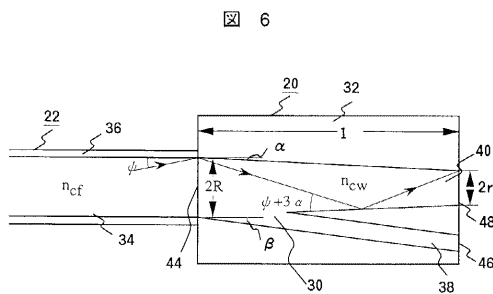
【図 5】



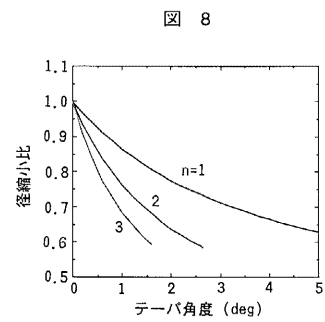
【図 7】



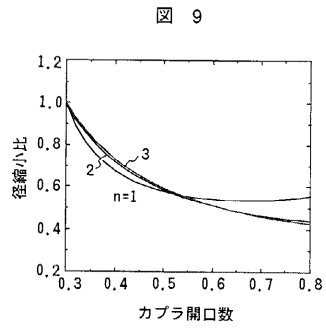
【図 6】



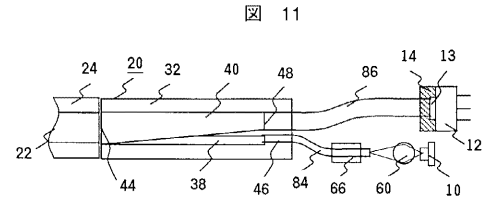
【図 8】



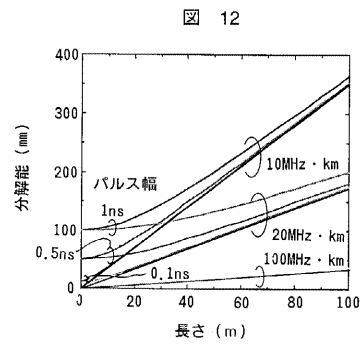
【図 9】



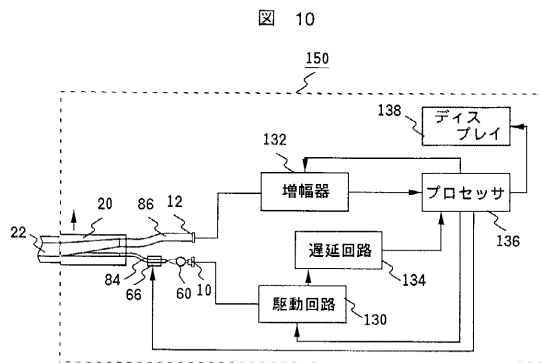
【図 11】



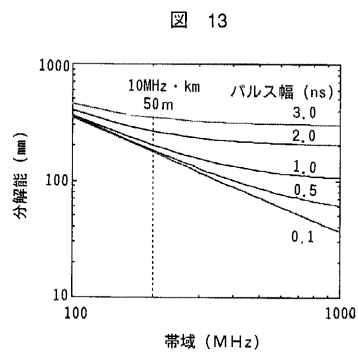
【図 12】



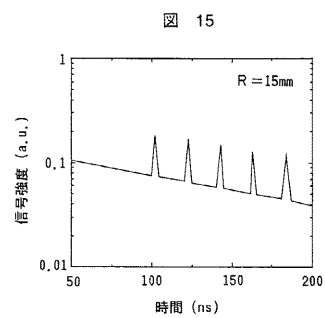
【図 10】



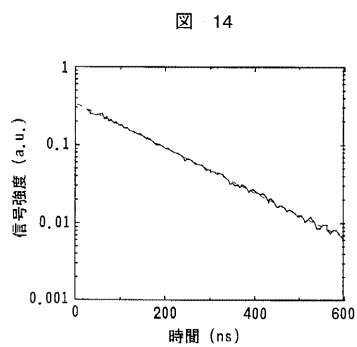
【図 13】



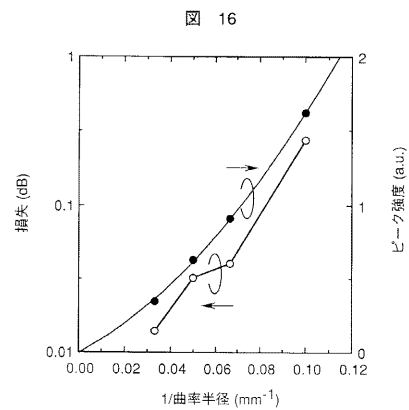
【図 15】



【図 14】

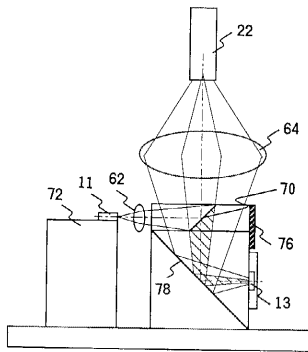


【図 16】



【図 17】

図 17



フロントページの続き(51)Int.Cl.⁷

F I

テーマコード (参考)

G O 2 B 6/12

B

F ターム(参考) 2H137 AA01 AA14 AB01 AB09 AC11 BA04 BA06 BA21 BA24 BA37
BA46 BA52 BA55 BB02 BB12 BC02 BC50 BC51 BC61 CA28E
CA51 DA02 DA21 EA05 EA06 EA11 FA00 FA05 FA06 HA01
2H147 AA01 AA02 AB04 AB05 BA02 BA12 BB02 BD10 BE13 CA02
CB03 CB09 CD01 CD02 EA14A EA14B EA16A EA16B EA18A EA18B
EA19A EA19B FC02 FC05 FD01 FD20 GA25