

(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2011-8014

(P2011-8014A)

(43) 公開日 平成23年1月13日(2011.1.13)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G02B 6/38 (2006.01)	G02B 6/38	2H036
G02B 6/42 (2006.01)	G02B 6/42	2H040
A61B 1/00 (2006.01)	A61B 1/00 300U	2H137
A61B 1/06 (2006.01)	A61B 1/06 D	4C061
G02B 23/26 (2006.01)	G02B 23/26	
審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 16 頁)		

(21) 出願番号 特願2009-151203 (P2009-151203)
 (22) 出願日 平成21年6月25日 (2009. 6. 25)

(71) 出願人 306037311
 富士フイルム株式会社
 東京都港区西麻布2丁目26番30号
 (74) 代理人 100075281
 弁理士 小林 和憲
 (72) 発明者 下津 臣一
 神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地
 富士フイルム株式会社内
 Fターム(参考) 2H036 JA00 QA22 QA29 QA44
 2H040 BA09 CA07 CA11
 2H137 AA08 AB06 BA04 BA22 BB02
 CA15A CA35 DB02 DB08 HA03
 HA11
 4C061 FF07 FF46 HH51

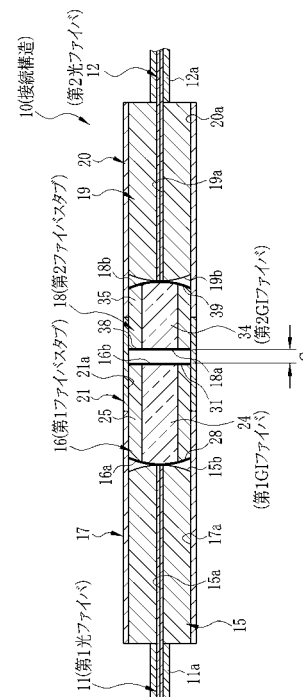
(54) 【発明の名称】 光ファイバの接続構造及び内視鏡システム

(57) 【要約】

【課題】 コリメータレンズとして用いるグレーデッドインデックスファイバの製造歩留りを向上させ、コリメータ特性を安定させる。

【解決手段】 第1GIファイバ24を内蔵した第1ファイバスタブ16と、第2GIファイバ34を内蔵した第2ファイバスタブ18とにより、第1光ファイバ11と第2光ファイバ12とを接続して光を伝送している。第1ファイバスタブ16と第2ファイバスタブ18は、長さにバラツキのあるものが組み合わせられることにより、第1ファイバスタブ16と第2ファイバスタブ18とを足し合わせた長さが第1GIファイバ24の1/2ピッチの長さにされ、かつ第1ファイバスタブ16よりも第2ファイバスタブ18の長さが短くされている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

100 μm 以上のコア径を有するマルチモードファイバを用いた第 1 光ファイバと第 2 光ファイバとを接続し、前記第 1 光ファイバから前記第 2 光ファイバに 100 mW 以上の光パワーの光を伝送させる光ファイバの接続構造において、

前記第 1 光ファイバの先端に着脱自在に取り付けられ、前記第 1 光ファイバから入射された光のビーム径を拡大してコリメートする第 1 グレーデッドインデックスファイバと、

前記第 2 光ファイバの先端に着脱自在に取り付けられ、所定の間隔を隔てて配された前記第 1 グレーデッドインデックスファイバから入射された光のビーム径を収束して前記第 2 光ファイバに入射させる第 2 グレーデッドインデックスファイバとを備え、

前記第 1 グレーデッドインデックスファイバの長さ L_1 と前記第 2 グレーデッドインデックスファイバの長さ L_2 とを足し合わせた長さが、前記第 1 グレーデッドインデックスファイバの $1/2$ ピッチであり、かつ前記第 2 グレーデッドインデックスファイバの長さ L_2 が前記第 1 グレーデッドインデックスファイバの長さ L_1 以下であることを特徴とする光ファイバの接続構造。

【請求項 2】

前記第 2 グレーデッドインデックスファイバの長さ L_2 は、前記第 1 グレーデッドインデックスファイバの長さ L_1 未満であることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバの接続構造。

【請求項 3】

前記第 2 グレーデッドインデックスファイバの長さ L_2 は、前記第 1 グレーデッドインデックスファイバの長さ $L_1 \times 0.7 \sim L_1$ であることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバの接続構造。

【請求項 4】

前記光は、405 ~ 635 nm の 1 つ以上の波長を有することを特徴とする請求項 1 ~ 3 いずれか記載の光ファイバの接続構造。

【請求項 5】

前記第 1 グレーデッドインデックスファイバ及び前記第 2 グレーデッドインデックスファイバのコア径は、前記第 1 光ファイバのコア径の 3 倍以上であることを特徴とする請求項 1 ~ 4 いずれか記載の光ファイバの接続構造。

【請求項 6】

前記第 1 グレーデッドインデックスファイバ長さ L_1 及び前記第 2 グレーデッドインデックスファイバの長さ L_2 は、3 mm 以上 10 mm 以下であることを特徴とする請求項 1 ~ 5 いずれか記載の光ファイバの接続構造。

【請求項 7】

前記第 1 グレーデッドインデックスファイバの光を出射する出射端面と、前記第 2 グレーデッドインデックスファイバの光が入射される入射端面とに、最上面にフッ化物を有する反射防止膜を設けたことを特徴とする請求項 1 ~ 6 いずれか記載の光ファイバの接続構造。

【請求項 8】

前記第 1 グレーデッドインデックスファイバの光が入射される入射端面と、前記第 2 グレーデッドインデックスファイバの光を出射する出射端面とにフッ化物膜を設けたことを特徴とする請求項 1 ~ 7 いずれか記載の光ファイバの接続構造。

【請求項 9】

前記第 1 光ファイバの端部に取り付けられ、一方の端面から前記第 1 光ファイバの先端を露呈させた第 1 接続部材と、

前記第 1 グレーデッドインデックスファイバを内蔵し、両端から前記第 1 グレーデッドインデックスファイバの入射端面及び出射端面を露呈させた第 1 光学部品と、

前記第 1 光ファイバの先端と前記第 1 グレーデッドインデックスファイバの入射端面とが当接するように前記第 1 接続部品と前記第 1 光学部品とを保持する第 1 保持部材と、

10

20

30

40

50

前記第 2 光ファイバの端部に取り付けられ、一方の端面から前記第 2 光ファイバの先端を露呈させた第 2 接続部材と、

前記第 2 グレーデッドインデックスファイバを内蔵し、両端から前記第 2 グレーデッドインデックスファイバの入射端面及び出射端面を露呈させた第 2 光学部品と、

前記第 2 光ファイバの先端と前記第 2 グレーデッドインデックスファイバの出射端面とが当接するように前記第 2 接続部品と前記第 2 光学部品とを保持する第 2 保持部材と、

前記第 1 グレーデッドインデックスファイバの出射端面と前記第 2 グレーデッドインデックスファイバの入射端面とが所定の間隔を隔てて対面するように、前記第 1 光学部品及び前記第 2 光学部品を連結する連結部材とを備えたことを特徴とする請求項 1 ~ 8 いずれか記載の光ファイバの接続構造。

10

【請求項 10】

挿入部内に挿通された光ファイバを用いて生体内を照明し、撮影を行う内視鏡と、

100 mW 以上の光パワーを発生する光源を有し、前記内視鏡の光ファイバに光を入射する光源装置と、

請求項 1 ~ 9 いずれか記載の光ファイバの接続構造を用い、前記内視鏡の光ファイバと前記光源装置の光源とを接続するコネクタ及びソケットを備えたことを特徴とする内視鏡システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

本発明は、光ファイバの接続に用いられる着脱自在な接続構造と、この接続構造を用いた内視鏡システムに関し、より詳しくは、短波長・高出力のレーザ光の伝送に適した光ファイバの接続構造及び内視鏡システムに関する。

【背景技術】

【0002】

光ファイバを接続する手法の 1 つとして、光ファイバの先端同士を密着させるフィジカルコンタクト接続（以下、PC 接続と言う）が用いられている。PC 接続される光ファイバは、円筒状のフェルールに挿入されて固定され、フェールの端面とともに先端が凸球面状に研磨されている。光ファイバが取り付けられたフェルールは、円筒状のスリーブの両端から挿入され、スリーブ内で端面同士が当接される。これにより、フェールの端面から露呈されている光ファイバ同士が直接に密着する。

30

【0003】

生体内の診察等に用いられる内視鏡には、照明用のライトガイドとして、複数本の光ファイバを束ねた光ファイババンドルが用いられている。ライトガイドは、生体内に挿入される内視鏡の挿入部内に挿通され、先端が挿入部の先端部に設けられた照明窓に接続されている。ライトガイドの後端は、PC 接続を利用したコネクタによって光源装置に接続されている。

【0004】

内視鏡のコネクタは、着脱頻度が高いため、光ファイバの先端にゴミ等が付着しやすい。また、着脱時の衝撃によって光ファイバの先端に傷が発生することもある。光ファイバの先端にゴミが付着し、または傷が発生すると接続損失が大きくなる。また、光ファイバの先端の光パワー密度が高い場合、付着しているゴミや傷の部分が焼けて光ファイバやフェールの先端が焼損し、あるいはファイバヒューズ現象によって光ファイバが延焼することもある。

40

【0005】

ゴミの付着等による光ファイバの焼損を防止するため、光ファイバの接続部分の光パワー密度を低くした光ファイバ伝送路が発明されている。例えば、特許文献 1、2 記載の発明では、シングルモードファイバの先端にコリメータレンズとして機能するグレーデッドインデックスファイバを融着接続し、モードフィールド径を広げている。

【0006】

50

ところで、内視鏡の照明に、レーザ照明装置を用いることが検討されている。このレーザ照明装置は、短波長・高出力のレーザ光をライトガイドによって蛍光体までガイドし、レーザ光により蛍光体を励起させて照明光を得る。レーザ照明装置に用いられるライトガイドには、光ファイババンドルではなく、例えば100 μ m以上のコア径を有する1本のマルチモードファイバが用いられる。そのため、内視鏡にレーザ照明装置を適用することにより、挿入部の細径化が期待できる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2005-077549号公報

10

【特許文献2】特開2002-350666号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

短波長・高出力のレーザ光を伝送したときに、光パワー密度の高い光透過部分で集塵効果と呼ばれる現象が発生することが知られている。集塵効果とは、気化した有機物とレーザ光とが光化学反応して発生した物質が堆積する現象である。マルチモードファイバは、コア径が一般的なシングルモードファイバよりも大きいので、PC接続によってコアの端面同士を完全に密着させることが難しい。そのため、光パワー密度が高くなっているコアの端面の一部が外気に接する状態となり、集塵効果が発生しやすくなる。光ファイバにおいて集塵効果が発生すると、ゴミの付着等と同様に接続損失が大きくなり、光ファイバの焼損、ファイバヒューズ現象の原因となる。

20

【0009】

また、光ファイバによって短波長・高出力のレーザ光を伝送したときに、光ファイバに含まれる酸化物（石英、SiO₂等）がレーザ光によって何らかの反応を起こし、PC接続部分が固着することがある。この固着現象は、光ファイバ及びフェルールの端面をUVクリーニングしてPC接続を行ったときに発生しやすいことが確認されている。例えば、内視鏡のコネクタ内で光ファイバ同士が固着した場合、コネクタを光源装置から取り外す際に光ファイバの先端が破損してしまう。光ファイバの先端が破損した場合、フェールールとともに再研磨を行わなければならないので、改修作業が大掛かりなものとなる。

30

【0010】

集塵効果、固着等の現象は、例えば、特許文献1、2記載の発明のように、グレーデッドインデックスファイバを用いてPC接続部分の光パワー密度を低下させることにより抑制可能である。しかし、特許文献1、2記載の発明は、シングルモードファイバを対象とし、かつ通信用の長波長の光を伝送することを想定しているので、レーザ照明装置とは光ファイバの種類、コア径等が異なり、簡単には転用できない。

【0011】

また、グレーデッドインデックスファイバによって伝送される光のモードフィールド径は、最小値 - 最大値 - 最小値 - 最大値を1周期（1ピッチ）として連続的に変化する。そのため、グレーデッドインデックスファイバをコリメータレンズとして用いるには、その長さを1/4ピッチ単位にする必要がある。しかし、グレーデッドインデックスファイバは、両端の研磨加工によって長さが調整されるため、正確に設定長さに調整することが難しく、製造歩留りが悪い。また、コストを重視して長さが不正確なグレーデッドインデックスファイバを使用するとコリメータ特性が不安定になる。更に、グレーデッドインデックスファイバは、長さ方向の屈折率のバラツキも生じるため、同一長さで部品を構成することは困難である。

40

【0012】

本発明の目的は、コリメータレンズとして用いるグレーデッドインデックスファイバの製造歩留りを向上させ、コリメータ特性を安定させることにある。

【課題を解決するための手段】

50

【 0 0 1 3 】

本発明の光ファイバの接続構造は、 $100\mu\text{m}$ 以上のコア径を有するマルチモードファイバを用いた第1光ファイバと第2光ファイバとを接続し、第1光ファイバから第2光ファイバに 100mW 以上の光パワーの光を伝送させる光ファイバの接続構造に関し、第1グレーデッドインデックスファイバ及び第2グレーデッドインデックスファイバを備えている。第1グレーデッドインデックスファイバは、第1光ファイバの先端に着脱自在に取り付けられ、第1光ファイバから入射された光のビーム径を拡大してコリメートする。第2グレーデッドインデックスファイバは、第2光ファイバの先端に着脱自在に取り付けられ、所定の間隔を隔てて配された第1グレーデッドインデックスファイバから入射された光のビーム径を収束して第2光ファイバに入射させる。また、第1グレーデッドインデックスファイバの長さ L_1 と第2グレーデッドインデックスファイバの長さ L_2 とを足し合わせた長さは、第1グレーデッドインデックスファイバの $1/2$ ピッチであり、かつ第2グレーデッドインデックスファイバの長さ L_2 が第1グレーデッドインデックスファイバの長さ L_1 以下となっている。

10

【 0 0 1 4 】

第2グレーデッドインデックスファイバの長さ L_2 は、第1グレーデッドインデックスファイバの長さ L_1 未満が好ましい。また、第2グレーデッドインデックスファイバの長さ L_2 は、第1グレーデッドインデックスファイバの長さ $L_1 \times 0.7 \sim L_1$ であってもよい。

20

【 0 0 1 5 】

第1光ファイバ及び第2光ファイバによって伝送する光は、例えば、 $405 \sim 635\text{nm}$ の1つ以上の波長を有している。

【 0 0 1 6 】

第1グレーデッドインデックスファイバ及び第2グレーデッドインデックスファイバのコア径は、第1光ファイバのコア径の3倍以上であることが望ましい。

【 0 0 1 7 】

第1グレーデッドインデックスファイバ及び第2グレーデッドインデックスファイバの長さは、 3mm 以上 10mm 以下であることが望ましい。

【 0 0 1 8 】

第1グレーデッドインデックスファイバの光を出射する出射端面と第2グレーデッドインデックスファイバの光を入射する入射端面には、最上面にフッ化物を有する反射防止膜を設けてもよい。

30

【 0 0 1 9 】

第1グレーデッドインデックスファイバの光が入射される入射端面と、第2グレーデッドインデックスファイバの光を出射する出射端面には、フッ化物膜を設けてもよい。

【 0 0 2 0 】

また、本発明の接続構造には、第1接続部材、第1光学部品、第1保持部材、第2接続部材、第2光学部品、第2保持部材、連結部材を用いてもよい。第1接続部材は、第1光ファイバの端部に取り付けられ、一方の端面から第1光ファイバの先端を露呈させている。第1光学部品は、第1グレーデッドインデックスファイバを内蔵し、両端から第1グレーデッドインデックスファイバの入射端面及び出射端面を露呈させている。第1保持部材は、第1光ファイバの先端と第1グレーデッドインデックスファイバレンズの入射端面とが当接するように第1接続部品と第1光学部品とを保持している。第2接続部材は、第2光ファイバの端部に取り付けられ、一方の端面から第2光ファイバの先端を露呈させている。第2光学部品は、第2グレーデッドインデックスファイバを内蔵し、両端から第2グレーデッドインデックスファイバの入射端面及び出射端面を露呈させている。第2保持部材は、第2光ファイバの先端と第2グレーデッドインデックスファイバの出射端面とが当接するように第2接続部品と第2光学部品とを保持している。連結部材は、第1グレーデッドインデックスファイバの出射端面と第2グレーデッドインデックスファイバの入射端面とが所定の間隔を隔てて対面するように、第1光学部品及び第2光学部品を連結してい

40

50

る。

【 0 0 2 1 】

本発明の内視鏡システムは、内視鏡、光源装置、コネクタ及びソケットを備えている。内視鏡は、挿入部内に挿通された光ファイバを用いて生体内を照明し、撮影を行う。光源装置は、100mW以上の光パワーを発生する光源を有し、内視鏡の光ファイバに光を入射している。コネクタ及びソケットは、請求項1～9いずれか記載の光ファイバの接続構造を用い、内視鏡の光ファイバと光源装置の光源とを接続している。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 2 】

本発明によれば、長さの異なるグレーデッドインデックスファイバを組み合わせることで、コリメータレンズを構成することができるので、製造歩留りが向上し、コストが低下する。また、第1グレーデッドインデックスファイバからは、ビーム径がやや収束された状態で光が出射されるので、接続損失を低下させることができる。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 3 】

【 図 1 】 本発明の光ファイバの接続構造を示す断面図である。

【 図 2 】 第1ファイバスタブ及び第2ファイバスタブの長さによって変化する光の伝送状態を説明した模式図である。

【 図 3 】 接続損失の評価結果を示す表である。

【 図 4 】 光軸方向トレランスを示すグラフである。

20

【 図 5 】 光軸垂直方向トレランスを示すグラフである。

【 図 6 】 405nmのレーザ光の伝送時に、第2ファイバスタブの長さによって変化する接続損失を示したグラフである。

【 図 7 】 635nmのレーザ光の伝送時に、第2ファイバスタブの長さによって変化する接続損失を示したグラフである。

【 図 8 】 本発明の接続構造を用いた内視鏡システムの構成を示す斜視図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 4 】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。図1は、本発明の光ファイバの接続構造10を用いて、第1光ファイバ11と第2光ファイバ12とを接続している状態を示している。本実施形態では、第1光ファイバ11から第2光ファイバ12に向けて、例えば405～635nm、かつ100mW以上の短波長・高出力のレーザ光を伝送する。そのため、第1光ファイバ11及び第2光ファイバ12には、例えばコア径が100μm以上の石英製マルチモードファイバが用いられている。

30

【 0 0 2 5 】

接続構造10は、第1光ファイバ11の先端を保持する第1フェルール15と、第1光ファイバ11によって伝送されたレーザ光のビーム径を拡大してコリメートする第1ファイバスタブ16とを備えている。第1フェルール15と第1ファイバスタブ16は、第1スリーブ17によって着脱自在に接続されている。また、第1ファイバスタブ16から入射された光を収束して第2光ファイバ12に伝送する第2ファイバスタブ18と、第2光ファイバ12の先端を保持する第2フェルール19も接続構造10に含まれている。第2ファイバスタブ18と第2フェルール19は、第2スリーブ20によって着脱自在に接続されている。第1ファイバスタブ16と第2ファイバスタブ18は、連結用スリーブ21によって着脱自在に連結されている。第1光ファイバ11と第2光ファイバ12との連結は、連結用スリーブ21から第1ファイバスタブ16と第2ファイバスタブ18とのいずれか一方、又は両方が抜き取られることにより解除される。

40

【 0 0 2 6 】

本発明の第1接続部材である第1フェルール15は、中心に軸方向に沿って貫通したファイバ挿入穴15aが設けられた円筒形状をしている。ファイバ挿入穴15aには、先端の被覆11aが剥がされた第1光ファイバ11が挿入され、接着剤によって固定されてい

50

る。第1フェルール15の先端15bは、ファイバ挿入穴15aに挿入された第1光ファイバ11の先端とともに凸球面状または平面状に研磨されている。

【0027】

本発明の第1光学部品である第1ファイバスタブ16は、コリメータレンズとして機能する第1グレーデッドインデックスファイバ（以下、GIファイバと言う）24と、第1GIファイバ24を内蔵した円筒形状のフェルール25とを備えている。第1ファイバスタブ16は、第1GIファイバ24の両端が露呈されている入射端面16aと出射端面16bとが、それぞれ凸球面状及び平面状に研磨されている。なお、入射端面16a及び出射端面16bの形状は、凸-凸、平-凸、凸-平、平-平のいずれの組み合わせであってもよい。第1GIファイバ24は、入射端面16aが第1フェルール15の先端15bに当接することにより、第1光ファイバ11とPC接続される。

10

【0028】

第1GIファイバ24は、第1光ファイバ11よりも大きなコア径を有しているので、第1光ファイバ11は、先端が外気に触れることなく第1GIファイバ24にPC接続することができる。これにより、第1光ファイバ11の先端に集塵効果が発生することはない。なお、第1光ファイバ11と第1GIファイバ24とのPC接続を良好な状態に保つため、第1フェルール15と第1ファイバスタブ16とのいずれか一方を他方に押し付ける機構を設けることが好ましい。なお、光ファイバのコア径が100 μ m以上である場合、PC接続されるコンタクト面の形状は、凸凸よりも凸平、平平の方がコンタクト面のサイズが大きくなるため、汚染防止の観点から望ましい。

20

【0029】

また、第1GIファイバ24は、第1光ファイバ11によって伝送されたレーザ光のビーム径を拡大してコリメートするので、第1ファイバスタブ16の出射端面16bにおける光パワー密度は、第1光ファイバ11の先端よりも低くなる。これにより、出射端面16bのゴミや傷等によって接続損失が大幅に低下することはない。また、出射端面16bのゴミ等が燃えることによる第1ファイバスタブ16の焼損、ファイバヒューズ現象による第1光ファイバ11の延焼も発生しない。更には、光パワー密度の低下によりレーザ光と空気中の有機物との光化学反応も低下するので、出射端面16bにおける集塵効果の発生も少なくなる。

【0030】

30

なお、集塵効果は、光パワー密度を15W/mm²以下にすることによって十分に抑制可能であることが分かっている（例えば、特開2007-025431参照）。したがって、本実施形態においても、出射端面16bの光パワー密度を15W/mm²以下まで低下させることが好ましい。

【0031】

第1ファイバスタブ16の入射端面16aには、フッ化物膜28が設けられている。そのため、第1光ファイバ11は、フッ化物膜28を介して第1GIファイバ24にPC接続されるので、光ファイバ同士を直接にPC接続させたときにPC接続部分が固着する固着現象の発生を防止することができる。

【0032】

40

第1ファイバスタブ16の出射端面16bには、反射損失を低下させる反射防止膜31が設けられている。この反射防止膜31の最上層には、フッ化物の層が設けられている。これにより、第1ファイバスタブ16の出射端面16bに付着したゴミや、集塵効果によって堆積した汚染物を容易に除去することができる。

【0033】

本発明の第1保持部材である第1スリーブ17は、一般に割スリーブと呼ばれているものであり、中心に第1フェルール15及び第1ファイバスタブ16の外径よりも僅かに小さな内径のフェルール挿入穴17aが設けられた円筒形状をしている。第1スリーブ17の周面には、第1スリーブ17に対して径方向の弾性を付与する1本のスリット（図示せず）が、軸方向に沿って設けられている。

50

【0034】

第1フェルール15と第1ファイバスタブ16は、第1スリーブ17のフェルール挿入穴17aに両端から挿入され、第1スリーブ17の弾性力によって着脱自在に保持される。第1スリーブ17内では、第1フェルール15の先端15bと第1ファイバスタブ16入射端面16aとが当接される。

【0035】

第1スリーブ17の長さは、第1フェルール15と第1ファイバスタブ16との長さを足し合わせた長さよりも短い。そのため、第1フェルール15の後端に第1スリーブ17の端部を揃えると、第1スリーブ17の他端から第1ファイバスタブ16の半分ほどの長さが突出される。なお、第1スリーブ17は、金属製またはジルコニアセラミック製等、

10

【0036】

本発明の第2光学部品である第2ファイバスタブ18は、第1ファイバスタブ16と略同じものであり、第2GIファイバ34と、第2GIファイバ34を内蔵した円筒形状のフェルール35とを備えている。第2ファイバスタブ18は、第2GIファイバ34の両端が露呈されている入射端面18aと出射端面18bとが、それぞれ平面状及び凸球面状に研磨されている。第2ファイバスタブ18には、製造歩留りの向上、接続損失の低下を図るため、第1ファイバスタブ16よりも短いものが使用されている。

【0037】

第2ファイバスタブ18の入射端面18aは、所定の間隔Gを隔てて第1ファイバスタブ16の出射端面16bに対面される。第2ファイバスタブ18の出射端面18bは、第2フェルール19の先端に当接され、第2光ファイバ12と第2GIファイバ34とをPC接続させる。入射端面18a及び出射端面18bには、第1ファイバスタブ16と同様に反射防止膜38及びフッ化物膜39が設けられている。

20

【0038】

第1ファイバスタブ16と第2ファイバスタブ18は、出射端面16bと入射端面18aとが当接しないので、出射端面16bまたは入射端面18aに付着したゴミが押しつぶされて広がることはない。また、第1光ファイバ11と第2光ファイバ12との接続時及び接続解除時に、第1ファイバスタブ16と第2ファイバスタブ18とが不適切に当接して傷が発生することもない。

30

【0039】

本発明の第2接続部品である第2フェルール19は、第1フェルール15と同じ部品であり、第1フェルール15と同様に第2光ファイバ12の先端を保持している。第2フェルール19の先端19bは、第2光ファイバ12の先端とともに凸球面状（または平面状）に研磨されている。

【0040】

本発明の第2保持部材である第2スリーブ20は、第1スリーブ17と同じものであり、第2ファイバスタブ18と第2フェルール19とを着脱自在に接続している。第2光ファイバ12と第2GIファイバ34は、第2スリーブ20内でPC接続されている。第2スリーブ20により保持された第2ファイバスタブ18は、第2スリーブ20の一端から

40

【0041】

本発明の連結部材である連結用スリーブ21は、第1ファイバスタブ16及び第2ファイバスタブ18の外径とほぼ同じ内径のスタブ挿入穴21aが中心に設けられた円筒形状をしている。連結用スリーブ21は、スタブ挿入穴21aの両端から第1ファイバスタブ16と第2ファイバスタブ18とを嵌合させることにより両者の中心軸を合わせ、着脱自在に連結している。なお、連結用スリーブ21は、金属製またはジルコニアセラミック製等、様々な材質のものをを用いることができる。

【0042】

連結用スリーブ21は、第1ファイバスタブ16の第1スリーブ17からの突出量と、

50

第2ファイバスタブ18の第2スリーブ20からの突出量と、第1ファイバスタブ16と第2ファイバスタブ18との間隔Gとを足し合わせた長さを有している。したがって、連結用スリーブ21に第1ファイバスタブ16と第2ファイバスタブ18とが嵌合されると、連結用スリーブ21の両端が第1スリーブ17及び第2スリーブ20に当接し、第1ファイバスタブ16及び第2ファイバスタブ18の連結用スリーブ21への挿入量が規制される。これにより、連結用スリーブ21内には、第1ファイバスタブ16と第2ファイバスタブ18との間に所定の間隔Gが形成される。

【0043】

光ファイバの先端に付着するゴミの大きさは、最大で50 μ m程度であることが分かっている。したがって、第1ファイバスタブ16の出射端面16bと第2ファイバスタブ18の入射端面18aとの間の間隔Gは、付着したゴミが挟まれて潰れるのを防止するため、50 μ m以上であることが必要である。また、出射端面16bと入射端面18aとが確実に接触しないことも必要であるため、接続構造10の各構成部品の製造誤差、組立誤差等を考慮して、間隔Gは、1.0~2.0mm程度であることが好ましい。

【0044】

次に、第1GIファイバ24及び第2GIファイバ34について詳細に説明する。上述したように、第1光ファイバ11及び第2光ファイバ12は、一般的な通信用のシングルモードファイバよりも太いコア径を有するマルチモードファイバである。したがって、第1光ファイバ11によって伝送されたレーザ光のビーム径を、集塵効果、焼損等が発生しないように拡大してコリメートするには、第1GIファイバ24のコア径を第1光ファイバ11のコア径の少なくとも3倍以上、望ましくは5倍以上にする必要がある。

【0045】

同様に、第1GIファイバ24が拡大したビーム径を適切に収束して第2光ファイバ12に伝送するには、第2GIファイバ34のコア径を少なくとも第1GIファイバ24と同じ、または第1GIファイバ24よりも大きくする必要がある。そこで、本実施形態では、第1GIファイバ24のコア径を、例えば300 μ m以上、望ましくは500 μ m以上とし、第2GIファイバ34のコア径を第1GIファイバ24以上としている。

【0046】

また、GIファイバは、短波長の光の伝送損失が大きいため、第1GIファイバ24及び第2GIファイバ34の長さは、できるだけ短いことが好ましい。更に、第1GIファイバ24及び第2GIファイバ34は、フェルール25及び35に挿入した後で端面を研磨するため、研磨時に保持可能な長さを有している必要がある。以上の観点から、本実施形態では、第1GIファイバ24及び第2GIファイバ34の長さを、例えば3mm以上10mm以下としている。

【0047】

また、GIファイバをコリメータレンズとして用いるには、その長さを1/4ピッチにする必要がある。したがって、第1GIファイバ24及び第2GIファイバ34の長さは、それぞれ上述した3mm以上10mm以下であり、かつ1/4ピッチであることが好ましい。なお、一般的には、 $1/4 \times (2n - 1)$ 、($n = 0, 1, 2, \dots$)で最適ピッチが現れるが、伝播損失を低減する観点から、最小の長さである1/4ピッチが望ましい。

【0048】

第1ファイバスタブ16及び第2ファイバスタブ18は、両端面の研磨加工によって長さが調整されたため、その長さには $\pm 20\%$ 程度のばらつきが生じてしまう。したがって、第1ファイバスタブ16及び第2ファイバスタブ18に正確な長さを求めると製造歩留りが悪化し、コストが高くなる。また、GIファイバは、長さ方向の屈折率のバラツキも生じるため、同一長さで部品を構成することは困難である。

【0049】

図2は、第1ファイバスタブ16と第2ファイバスタブ18とによる光の伝送状態を模式的に表している。なお、図2は、第1ファイバスタブ16と第1ファイバスタブ18と

10

20

30

40

50

の間で伝送される光の状態を明確にするため、間隔 G を広く描いている。

【 0 0 5 0 】

図 2 (A) に示すように、第 1 ファイバスタブ 1 6 の長さ L_1 と、第 2 ファイバスタブ 1 8 との長さ L_2 とがともに $1/4$ ピッチで同一である場合、第 1 ファイバスタブ 1 6 によってビーム径が拡大されてコリメートされた光は、大きな損失を発生することなく第 2 ファイバスタブ 1 8 に入射し、第 2 ファイバスタブ 1 8 によって収束されて第 2 光ファイバ 1 2 に入射される。

【 0 0 5 1 】

これに対し、図 2 (B) に示すように、第 1 ファイバスタブ 1 6 の長さ L_1 が $1/4$ ピッチよりも短く、第 2 ファイバスタブの長さ L_2 が $1/4$ ピッチよりも長い場合、第 1 ファイバスタブ 1 6 により拡大されたビーム径が第 2 ファイバスタブ 1 8 のコア径よりも大きくなる、いわゆるモードミスマッチが発生する。これにより、間隔 G 内で光の回折が生じ、接続損失が大きくなる。回折による接続損失は、第 1 ファイバスタブ 1 6 と第 2 ファイバスタブ 1 8 との間隔 G を小さくすれば低下するが、ゴミの挟み込み、傷等の問題が発生してしまう。

【 0 0 5 2 】

以上を鑑みて、本実施形態では、図 2 (C) に示すように、第 1 ファイバスタブ 1 6 と第 2 ファイバスタブ 1 8 との長さを測定して組み合わせることにより、第 1 ファイバスタブ 1 6 の長さ L_1 と第 2 ファイバスタブ 1 8 の長さ L_2 とを足し合わせた長さを $1/2$ ピッチとし、かつ第 1 ファイバスタブ 1 6 の長さ L_1 よりも第 2 ファイバスタブ 1 8 の長さ L_2 を短くしている。これによれば、長さにバラツキのある第 1 ファイバスタブ 1 6 と第 2 ファイバスタブ 1 8 とを組み合わせ使用することができるので、製造歩留りが向上し、コストダウンとなる。また、第 1 ファイバスタブ 1 6 の出射端面 1 6 b から、ビーム径が収束された状態で光が出射されるので、接続損失を低下させることができる。また、間隔 G を一定にすることができる。なお、第 2 ファイバスタブ 1 8 の長さ L_2 を L_1 以下としたが、 L_1 未満であってもよい。

【 0 0 5 3 】

次に、上記実施形態の作用について説明する。第 1 光ファイバ 1 1 の先端には、第 1 フェルルール 1 5 及び第 1 スリーブ 1 7 によって、第 1 ファイバスタブ 1 6 が着脱自在に PC 接続している。また、第 2 光ファイバ 1 2 の先端には、第 1 光ファイバ 1 1 と同様に、第 2 フェルルール 1 9 及び第 2 スリーブ 2 0 によって、第 2 ファイバスタブ 1 8 が着脱自在に PC 接続している。

【 0 0 5 4 】

第 1 光ファイバ 1 1 と第 2 光ファイバ 1 2 とを接続する際には、第 1 ファイバスタブ 1 6 と第 2 ファイバスタブ 1 8 とが連結用スリーブ 2 1 の両端にそれぞれ嵌合される。連結用スリーブ 2 1 内では、連結用スリーブ 2 1 の両端が第 1 スリーブ 1 7 及び第 2 スリーブ 2 0 に当接することにより、第 1 ファイバスタブ 1 6 と第 2 ファイバスタブ 1 8 との間に所定の間隔 G が設けられる。これにより、第 1 ファイバスタブ 1 6 または第 2 ファイバスタブ 1 8 に付着していたゴミが潰れて広がり、あるいは第 1 ファイバスタブ 1 6 と第 2 ファイバスタブ 1 8 とが不適切に当接して傷が発生することもない。

【 0 0 5 5 】

第 1 光ファイバ 1 1 は、第 1 フェルルール 1 5 に固定されている側と反対側の端部がレーザモジュールに接続されており、例えば $405 \sim 635 \text{ nm}$ 、 100 mW 以上の短波長・高出力のレーザ光が入射される。第 1 光ファイバ 1 1 によって伝送されたレーザ光は、第 1 光ファイバ 1 1 の先端から出射され、第 1 ファイバスタブ 1 6 の第 1 GI ファイバ 2 4 に入射する。第 1 GI ファイバ 2 4 は、入射されたレーザ光のビーム径を拡大してコリメートし、出射端面 1 6 b から出射する。第 2 ファイバスタブ 1 8 は、間隔 G を隔てて第 1 ファイバスタブ 1 6 から入射されたレーザ光を収束し、第 2 光ファイバ 1 2 に入射させる。

【 0 0 5 6 】

10

20

30

40

50

第1光ファイバ11及び第2光ファイバ12は、自身のコア径よりも大きなコア径を有する第1GIファイバ24及び第2GIファイバ34にPC接続しているので、第1光ファイバ11及び第2光ファイバ12の先端が外気に触れることがなく、集塵効果は発生しない。また、第1ファイバスタブ16の入射端面16aには、フッ化物膜28が設けられているので、第1光ファイバ11と第1GIファイバ24との間に固着現象が発生することもない。同様に、第2光ファイバ12と第2GIファイバ34の間でも、フッ化物膜39の効果により固着現象は発生しない、

【0057】

第1ファイバスタブ16の出射端面16bと第2ファイバスタブ18の入射端面18aには、着脱時にゴミ等が付着することがある。出射端面16bから出射されるレーザ光は、第1GIファイバ24によって光パワー密度が低くなっているため、接続損失が大幅に低下することはない。また、付着したゴミが焼けて第1ファイバスタブ16または第2ファイバスタブ18が焼損することもない。また、集塵効果の発生も少なくなる。なお、出射端面16b及び入射端面18aには、最上層にフッ化物層を有する反射防止膜31及び38が設けられているので、付着したゴミ、または堆積した汚染物を容易に除去することができる。

【0058】

第1光ファイバ11と第2光ファイバ12との接続を解除する際には、連結用スリーブ21から第1ファイバスタブ16と第2ファイバスタブ18とのいずれか一方または両方が抜き取られる。第1ファイバスタブ16と第2ファイバスタブ18は、間隔Gを隔てて配置されているので、接続解除時に固着現象によって第1ファイバスタブ16等が破損することはない。

【0059】

第1ファイバスタブ16に傷が発生し、あるいは汚染物の堆積による劣化が激しくなったときには、第1スリーブ17から使用中の第1ファイバスタブ16を抜き取り、新しいものに交換することができる。これにより、従来はフェルールの最研磨等が必要であった接続構造の改修作業が容易になり、かつコストダウンすることができる。第2ファイバスタブ18も同様に交換することができる。

【0060】

また、第1ファイバスタブ16及び第2ファイバスタブ18の光軸中心は、第1光ファイバ11及び第2光ファイバ12の光軸と一致しているため、色収差の影響が出にくい。このため、405nm（青紫）～635nm（赤）のレーザ光まで、損失増加が非常に小さい特性を得ることができる。したがって、本発明の接続構造は、多数の波長を用いるシステムにおいても有用である。

【実施例】

【0061】

本発明の接続構造10による接続損失の評価を行った。この損失評価では、第1光ファイバ11と第2光ファイバ12とを直結させた状態をリファレンスとし、第1光ファイバ11と第2光ファイバ12との間に、評価対象となる第1ファイバスタブ16及び第2ファイバスタブ18を挿入することにより増加した損失値を接続損失として用いている。また、この損失評価では、ステージ上で405nmの波長に合わせて第1ファイバスタブ16及び第2ファイバスタブ18の位置調整を行い、405nm及び635nmともに同一位置で損失評価を行っている。405nmの波長に合わせて位置調整を行っているのは、405nmでは波長分散の影響があり、635nmの場合に比べて光軸方向に400μm近接するため、最適位置の調整が必要となるからである。以下に、損失評価にて用いた各種条件を示す。

【0062】

[第1光ファイバ及び第2光ファイバ]

マルチモードファイバ（ステップインデックス型）

コア径：105μm

クラッド径：126μm

[第 1 フェルール及び第 2 フェルール]

2 . 5 mm、長さ 1 0 mm のジルコニアフェルール

[第 1 ファイバスタブ及び第 2 ファイバスタブ]

・ 第 1 G I ファイバ及び第 2 G I ファイバ

グレーデッドインデックスファイバ (G e ドープコア)

コア径 : 5 0 0 μ m

クラッド径 : 6 2 5 μ m

N A : 0 . 2 2

1 ピッチの長さ : 約 8 . 6 mm

第 1 G I ファイバの長さ

サンプル A : 4 . 6 2 mm

サンプル B : 4 . 6 2 mm

サンプル C : 4 . 4 1 mm

サンプル D : 4 . 6 2 mm

第 2 G I ファイバの長さ

サンプル A : 3 . 9 1 mm

サンプル B : 3 . 9 3 mm

サンプル C : 3 . 6 ~ 4 . 4 1 mm

サンプル D : 3 . 6 ~ 4 . 6 2 mm

・ フェルール

2 . 5 mm のジルコニアフェルール

・ 接着剤

熱硬化エポキシ

・ 間隔 G

1 . 0 ~ 1 . 5 mm

[第 1 スリーブ及び第 2 スリーブ]

金属製割スリーブ

[連結用スリーブ]

金属製割スリーブ

[レーザ光]

波長 : 4 0 5 nm、6 3 5 nm

出力 : 1 ~ 0 . 1 mW

【 0 0 6 3 】

図 3 の表は、損失評価に用いた第 1 ファイバスタブ 1 6 及び第 2 ファイバスタブ 1 8 のサンプル A、B それぞれについての評価結果を示している。この評価結果から明らかなように、本発明の接続構造による接続損失は、0 . 9 ~ 1 . 4 dB (1 8 ~ 2 8 %) と軽微であった。なお、サンプル A、B の差は、各光ファイバと G I ファイバとの P C 接続部分でのコンタクト状態の差であると考えられる。また、第 1 スリーブ 1 7 及び第 2 スリーブ 2 0、連結用スリーブ 2 1 の連結位置で数度程度まで各フェルール 1 5、1 9 やスタブ 1 6、1 8 を傾けたが、大きな損失の増加は発生しなかった。更に、第 1 スリーブ 1 7 及び第 2 スリーブ 2 0 と連結用スリーブ 2 1 とをジルコニアスリーブに変更した場合でも同様の低損失特性が得られた。

【 0 0 6 4 】

図 4 及び図 5 のグラフは、第 1 ファイバスタブ 1 6 と第 2 ファイバスタブ 1 8 との相対位置を光軸方向 Z と光軸方向 Z に直交する光軸垂直方向 X、Y とにずらしたときに、第 2 光ファイバ 1 2 から出力されるレーザ光の出力を表したトレランスカーブを示している。なお、光軸方向 Z は、第 1 ファイバスタブ 1 6 と第 2 ファイバスタブ 1 8 とが接近する方向をプラス方向としている。また、光軸垂直方向 X、Y は、光軸方向 Z が 0 の状態である。更に、上述したトレランスカーブは、第 1 ファイバスタブ 1 6 と第 2 ファイバスタブ 1 8 の長さが 4 . 0 ~ 4 . 6 mm、光軸方向 Z の公差が $\pm 1 0 0 \mu$ m、光軸垂直方向 X、Y

10

20

30

40

50

の公差が $\pm 20 \mu\text{m}$ としたときの測定結果である。

【0065】

上記トレランスカーブから分るように、第1ファイバスタブ16と第2ファイバスタブ18との相対位置のずれ量に対するレーザ光の出力低下は比較的小さい。したがって、本発明の接続構造10は、トレランスが広く、第1ファイバスタブ16と第2ファイバスタブ18との相対位置にずれが生じた場合でも低損失特性を維持することができる。

【0066】

また、上述したサンプルA、Bのように、第1GIファイバ24のコア径を $500 \mu\text{m}$ にすることによって、第1光ファイバ11によって伝送されたレーザ光のビーム径($105 \mu\text{m}$)は約5倍まで拡大される。これにより、第1GIファイバ24の出射端面における光パワー密度は、第1光ファイバ11の先端における光パワー密度の $1/25$ になる。したがって、第1GIファイバ24の出射端面における光パワー密度を、集塵効果の抑制が可能な 15 W/mm^2 にした場合でも、 3 W のレーザ光まで入力が可能となる。よって、本発明の接続構造10は、高輝度なレーザ照明装置にも適用が可能である。

【0067】

第1ファイバスタブ16及び第2ファイバスタブ18に使用するGIファイバのコア径は、第1光ファイバ11のコア径の5倍以上であってもよい。例えば、コア径が $1000 \mu\text{m}$ 、クラッド径が $1250 \mu\text{m}$ のGIファイバを用いた接続構造によって第1光ファイバ11と第2光ファイバ12とを接続する場合、第1ファイバスタブ16及び第2ファイバスタブ18の長さを 9 mm 程度にすることによって、上述のサンプルA、Bと同様の結果を得ることができた。なお、接続構造10に使用するフェルールが標準サイズ(例えば、 2.5 mm もしくは 1.25 mm)のものを使用するのであれば、GIファイバの外径は $1000 \mu\text{m}$ 以下が望ましい。

【0068】

上記サンプルC、Dを作成し、第2ファイバスタブ18の長さの変化による接続損失を評価した。図6のグラフは、サンプルC、Dにより 405 nm のレーザ光を伝送したときの接続損失を示している。

【0069】

第1ファイバスタブ16と第2ファイバスタブ18とを足し合わせた長さは、第1ファイバスタブ16及び第2ファイバスタブ18がともに 4.66 mm であるときに、第1GIファイバ24の1ピッチの長さよりも 10% 程度長くなり、 1.7 dB 程度の接続損失が発生する。これに対し、第1ファイバスタブ16の長さ L_1 を 4.66 mm 、第2ファイバスタブ18の長さ L_2 を 3.91 mm にすると、これらを足し合わせた長さは第1GIファイバ24の1ピッチの長さと略等しくなり、接続損失は 1.2 dB 程度に低下する。また、第2ファイバスタブ18が第1ファイバスタブ16に対して短くなりすぎたときにも、接続損失が大きくなっている。

【0070】

上述した第2ファイバスタブ18の長さと接続損失の関係は、第1ファイバスタブ16の長さ L_1 が 4.41 mm のときでも同様であった。また、図7に示すように、 635 nm のレーザ光を伝送したときも同様であった。図示していないが、第1ファイバスタブ16の長さ L_1 を 3.91 mm 、第2ファイバスタブ18の長さ L_2 を 4.62 mm としたときには、数 dB 程度の接続損失が発生した。

【0071】

以上の評価結果から、第1ファイバスタブ16と第2ファイバスタブ18の長さは、以下の数式1、2の関係を有していることが好ましい。

$$L_1 + L_2 = 1/2 \text{ ピッチ} \cdots (1)$$

$$L_1 - L_2 = 0.7 \times L_1 \cdots (2)$$

【0072】

本発明の光ファイバの接続構造10は、着脱頻度の高い光ファイバの接続に適している

ので、例えばレーザ照明装置を用いる内視鏡システムへの適用が可能である。以下、図 8 を用いて、本発明の接続構造を用いた内視鏡システムについて説明する。なお、上記実施形態と同じ部品については、同符号を用いて詳しい説明を省略する。

【0073】

内視鏡システム 50 は、生体内に挿入部 51 を挿入して撮影を行う内視鏡 52 と、内視鏡 52 に照明用のレーザ光を供給する光源装置 53 と、内視鏡 52 で撮影した画像を処理するプロセッサ装置 54 と、プロセッサ装置 54 で処理された画像を表示するモニタ 55 から構成されている。

【0074】

内視鏡 52 には、光源装置 53 及びプロセッサ装置 54 に接続されるユニバーサルコード 58 が設けられている。ユニバーサルコード 58 内には、挿入部 51 の先端に組み込まれた撮像素子の撮像信号をプロセッサ装置 54 に送信する通信ケーブルが挿通されている。また、挿入部 51 とユニバーサルコード 58 内には、本発明の第 2 光ファイバ 12 に相当する照明用光ファイバが挿通されている。この照明用光ファイバは、挿入部 51 の先端部 51a 内で、先端が蛍光体に接続されている。

10

【0075】

ユニバーサルコード 58 の先端には、光源装置 53 の光源用ソケット 61 に着脱自在に接続される光源用コネクタ 62 が設けられている。光源用コネクタ 62 からは、通信ケーブルをプロセッサ装置 54 のプロセッサ用ソケット 63 に接続させるプロセッサ用コネクタ 64 が分岐するように設けられている。

20

【0076】

光源用ソケット 61 内には、本発明の第 1 光ファイバ 11、第 1 フェルール 15、第 1 ファイバスタブ 16、第 1 スリーブ 17、連結用スリーブ 21 に相当する部品が組み込まれている。第 1 光ファイバ 11 は、光源装置 53 に内蔵されたレーザモジュールに接続されている。光源用コネクタ 62 内には、本発明の第 2 ファイバスタブ 18、第 2 フェルール 19、第 2 スリーブ 20 に相当する部品が組み込まれている。したがって、光源用コネクタ 62 と光源用ソケット 61 により本発明の接続構造 10 が構成され、光源用コネクタ 62 が光源用ソケット 61 に接続されることにより、第 1 ファイバスタブ 16 と第 2 ファイバスタブ 18 とが接続される。

【0077】

光源装置 53 内のレーザモジュールから照射されたレーザ光は、光源用ソケット 61 及び光源用コネクタ 62 内の接続構造 10 を介してユニバーサルコード 58 内の照明用光ファイバに伝送される。挿入部 51 の先端部 51a 内で照明用光ファイバの先端から出射したレーザ光は、蛍光体を励起させて照明光を発生させる。これにより、キセノンランプ等を用いた従来の光源装置よりも高輝度な照明光を得ることができる。

30

【0078】

光源用コネクタ 62 は、内視鏡 52 の使用時に光源用ソケット 61 に接続され、使用後に抜き取られるため、着脱頻度が高い。従来、着脱頻度が高いコネクタでは、光ファイバの先端へのゴミの付着、傷の発生、光ファイバ同士の固着による破損等が問題となっていた。しかし、本実施形態の内視鏡システム 50 では、光源用コネクタ 62 及び光源用ソケット 61 に本発明の接続構造 10 を用いているので、これらの問題を解消することができる。

40

【0079】

上記実施形態では、第 1 光ファイバと第 2 光ファイバとが同じコア径を有している場合について説明したが、本発明の接続構造は、異なるコア径を有する光ファイバの接続にも適用することができる。この場合、例えば、第 1 GI ファイバと第 2 GI ファイバとのコア径を異ならせることによって対応が可能である。また、本発明の接続構造は、上記の実施形態に限定されず、本発明の主旨を逸脱しない範囲において、種々の改良や変更をしてもよいのはもちろんである。

【符号の説明】

50

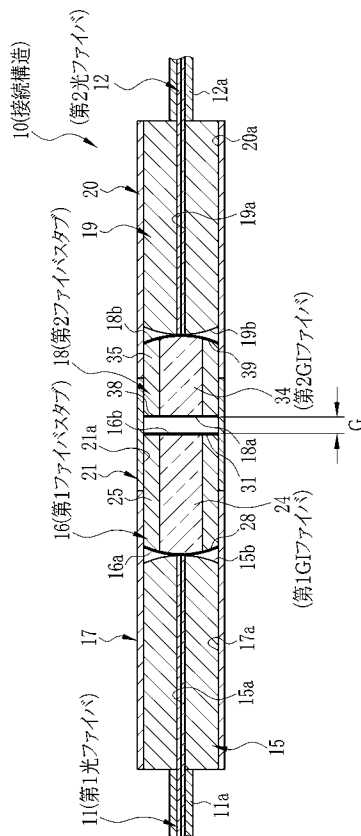
【 0 0 8 0 】

- 1 0 接続構造
- 1 1 第 1 光ファイバ
- 1 2 第 2 光ファイバ
- 1 5 第 1 フェルール
- 1 6 第 1 ファイバスタブ
- 1 7 第 1 スリーブ
- 1 8 第 2 ファイバスタブ
- 1 9 第 2 フェルール
- 2 0 第 2 スリーブ
- 2 1 連結用スリーブ
- 2 4 第 1 G I ファイバ
- 2 8 , 3 9 フッ化物膜
- 3 4 第 2 G I ファイバ
- 3 1 , 3 9 反射防止膜
- 5 0 内視鏡システム
- 5 1 内視鏡
- 5 3 光源装置
- 6 1 光源用ソケット
- 6 2 光源用コネクタ

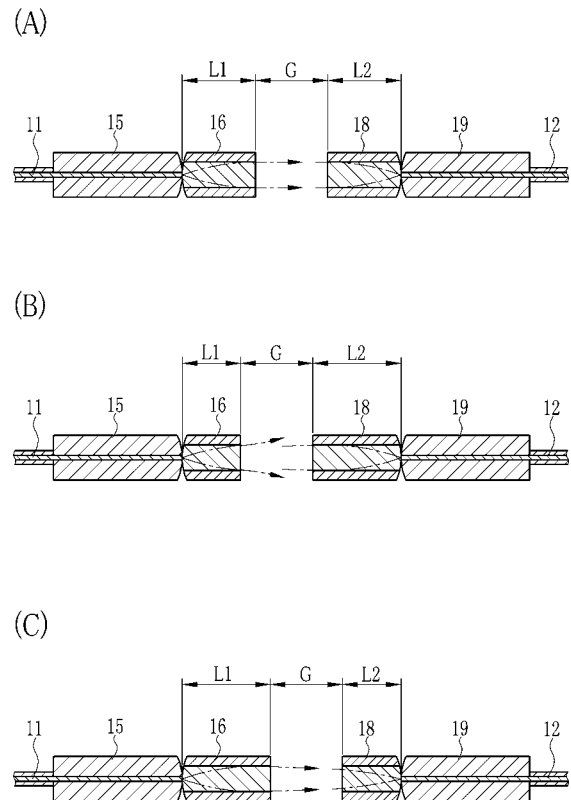
10

20

【 図 1 】



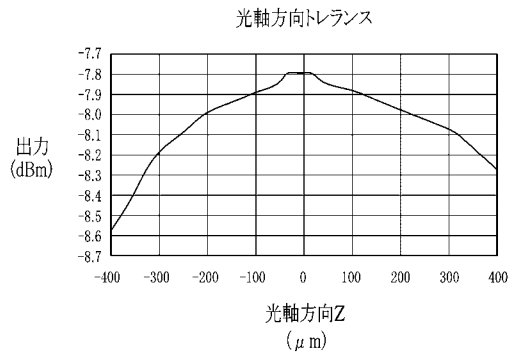
【 図 2 】



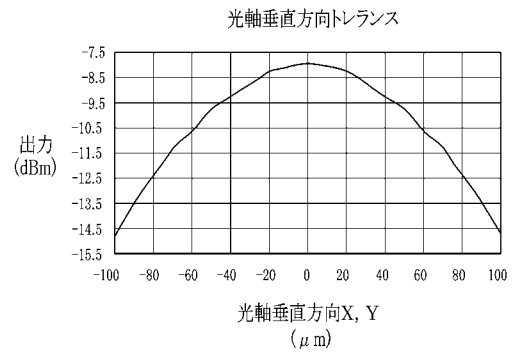
【図 3】

	接続損失(405nm)	接続損失(635nm)
サンプルA 第1GIファイバ長:4.62mm 第2GIファイバ長:3.91mm	1. 2dB (損失24%)	0. 9dB (損失18%)
サンプルB 第1GIファイバ長:4.62mm 第2GIファイバ長:3.93mm	1. 4dB (損失28%)	1. 1dB (損失22%)

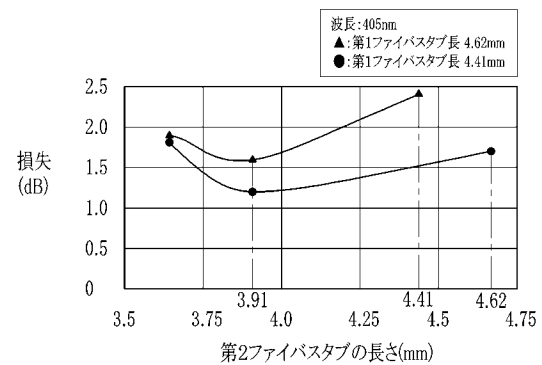
【図 4】



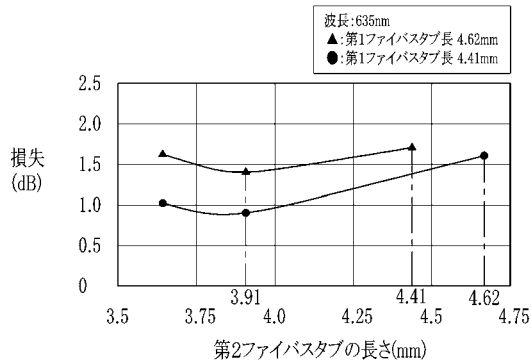
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【図 8】

