

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7136695号

(P7136695)

(45)発行日 令和4年9月13日(2022.9.13)

(24)登録日 令和4年9月5日(2022.9.5)

(51)国際特許分類

F I

G 0 2 B 6/36 (2006.01)

G 0 2 B 6/36

G 0 2 B 6/26 (2006.01)

G 0 2 B 6/26

G 0 2 B 6/02 (2006.01)

G 0 2 B 6/02 4 5 1

H 0 1 S 3/067(2006.01)

G 0 2 B 6/02 4 2 1

H 0 1 S 3/00 (2006.01)

G 0 2 B 6/02 4 3 1

請求項の数 33 (全36頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2018-532462(P2018-532462)

(86)(22)出願日 平成28年12月22日(2016.12.22)

(65)公表番号 特表2019-504352(P2019-504352
A)

(43)公表日 平成31年2月14日(2019.2.14)

(86)国際出願番号 PCT/DK2016/050459

(87)国際公開番号 WO2017/108060

(87)国際公開日 平成29年6月29日(2017.6.29)

審査請求日 令和1年12月20日(2019.12.20)

(31)優先権主張番号 PA201570876

(32)優先日 平成27年12月23日(2015.12.23)

(33)優先権主張国・地域又は機関
デンマーク(DK)

前置審査

(73)特許権者 506179491

エヌケイティー フォトニクス アクティ
ーゼルスカブ

NKT PHOTONICS A/S

デンマーク国 DK - 3 4 6 0 ビルケロ

ッド ブロッケン 8 4

(74)代理人 100105957

弁理士 恩田 誠

(74)代理人 100068755

弁理士 恩田 博宣

(74)代理人 100142907

弁理士 本田 淳

(72)発明者 アルケスクヨーア、トマス タンゴーア

デンマーク国 DK - 4 0 4 0 ジリン

ルバイ 1

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 フォトニック結晶ファイバアセンブリ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

フォトニック結晶ファイバ(PCF)と少なくとも1つのフェルール構造体とを備えるPCFアセンブリであって、前記PCFは中心軸を有し、コア領域およびクラッド領域と、第1ファイバ端部が設けられた第1ファイバ端部区間とを備え、前記フェルール構造体は中心軸を有し、前記第1ファイバ端部区間に取り付けられ、前記フェルール構造体は内側フェルール構成と前記第1ファイバ端部区間を取り囲む外側フェルール構成とを備え、前記内側フェルール構成は前記第1ファイバ端部の近位に内側フェルール前区間と、前記第1ファイバ端部の遠位に内側フェルール後区間とを備え、前記内側フェルール区間の各々が内径を有し、少なくともその長さで前記PCFを完全に取り囲み、前記内側フェルール後区間はアンカー長区間で前記第1ファイバ端部区間に繋止されて、前記内側フェルール前区間は前記第1ファイバ端部区間を前記第1ファイバ端部の近位に支持し、前記外側フェルール構成は前記内側フェルール前区間と前記内側フェルール後区間とを互いに対して適所に保持するように取付けられ、前記第1ファイバ端部区間の前記PCFの中心軸と前記フェルール構造体の中心軸とが実質的に平行であり、前記フェルール構造体は、前記第1ファイバ端部区間と前記内側フェルール後区間との間に環状ハーメチックシールを形成するために前記第1ファイバ端部区間を取り囲むように配置されたハーメチック半田要素を備え、前記ハーメチック半田要素は前記内側フェルール後区間の前記アンカー長区間よりも前環状区間の近くに配置されている、PCFアセンブリ。

【請求項 2】

前記アセンブリは、前記内側フェルール前区間と前記第 1 ファイバ端部区間との間に配置されるアライメントスリーブをさらに備え、前記内側フェルール前区間が前記アライメントスリーブを介して前記第 1 ファイバ端部区間を前記第 1 ファイバ端部の近位に支持し、前記アライメントスリーブは、前記第 1 ファイバ端部区間を前記第 1 ファイバ端部において取り囲んで支持するように配置される、請求項 1 に記載の P C F アセンブリ。

【請求項 3】

前記内側フェルール前区間は前記アライメントスリーブを予め選択された軸方向の位置において取り囲んで保持し、前記内側フェルール前区間の前記内径は前記アライメントスリーブの最大外径よりも僅かに大きい、直径が例えば約 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ から約 2 mm 大きい、約 $1\text{ }\mu\text{m}$ から約 1 mm 大きい、または約 0.1 mm から約 0.01 mm 大きい、請求項 2 に記載の P C F アセンブリ。

10

【請求項 4】

前記内側フェルール前区間は、前記アライメントスリーブを介して、前記アライメントスリーブを軸方向の位置に機械的に保持することによって前記第 1 ファイバ端部区間を支持し、前記アライメントスリーブの端部と前記内側フェルール前区間の端部とが前記フェルール構造体の中心軸に対して垂直な平面においてアラインされる、請求項 2 または 3 に記載の P C F アセンブリ。

【請求項 5】

前記アライメントスリーブは前記 P C F を前記第 1 ファイバ端部の近位で取り囲み、前記第 1 ファイバ端部と前記アライメントスリーブの端部とが前記 P C F の中心軸に対して垂直な平面においてアラインされ、前記アライメントスリーブは、少なくとも約 1 mm 、例えば約 2 mm から約 5 cm まで、または例えば約 5 mm から約 2 cm までの軸方向の長さを有する、請求項 2 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の P C F アセンブリ。

20

【請求項 6】

前記アライメントスリーブは、前記 P C F の前記第 1 ファイバ端部区間の外径に適合させた前記アライメントスリーブの支持区間に少なくとも沿った内径を有することによって、前記第 1 ファイバ端部区間を支持し、前記アライメントスリーブの前記支持区間の前記内径は前記内径よりも最大約 0.5 mm 、例えば最大約 0.1 mm 、または最大約 0.01 mm 大きい、請求項 2 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の P C F アセンブリ。

【請求項 7】

30

前記アライメントスリーブは、前記 P C F の前記第 1 ファイバ端部区間に対し前記アライメントスリーブの全長でまたは前記 P C F の前記第 1 ファイバ端部区間の外径に適合させた前記アライメントスリーブの支持区間において前記アライメントスリーブの内径および外径が減少するように潰されることによって、前記第 1 ファイバ端部区間を支持し、前記アライメントスリーブは、前記 P C F を取り囲むために施され、中央区間など少なくともその前記支持区間で熱により前記アライメントスリーブの内径および外径が減少するように潰されることによって前記 P C F の第 1 ファイバ端部区間を支持するように配置されている毛細管であり、前記アライメントスリーブは、中間材料なしで前記 P C F に溶解される、請求項 2 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の P C F アセンブリ。

【請求項 8】

40

前記アライメントスリーブはガラスから作られる、請求項 2 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の P C F アセンブリ。

【請求項 9】

前記アライメントスリーブは、 $1\text{ }\mu\text{m}$ の光に対して、例えば $1\text{ }\mu\text{m} \sim 2\text{ }\mu\text{m}$ の範囲の光に対して、最大 1.45 の屈折率を有する、請求項 2 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の P C F アセンブリ。

【請求項 10】

前記アライメントスリーブは、例えばフッ素およびホウ素の両方または一方でドーピングされたシリカなどのダウンドープシリカから作られる、請求項 2 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の P C F アセンブリ。

50

【請求項 1 1】

前記アライメントスリーブは、前記クラッド領域の有効屈折率よりも低い屈折率を有する、請求項 2 ～ 1 0 のいずれか 1 項に記載の P C F アセンブリ。

【請求項 1 2】

前記内側フェルール後区間のアンカー長区間は完全には環状形ではなく、前記内側フェルール後区間の前記アンカー長区間は、前記 P C F に対して約 2 0 度から約 3 5 0 度、例えば約 1 8 0 度で延びている、請求項 1 ～ 1 1 のいずれか 1 項に記載の P C F アセンブリ。

【請求項 1 3】

前記 P C F は、前記内側フェルール後区間の前記アンカー長区間から前記第 1 ファイバ端部まで、前記第 1 ファイバ端部区間にポリマーコーティングがない、請求項 1 ～ 1 2 のいずれか 1 項に記載の P C F アセンブリ。

10

【請求項 1 4】

前記内側フェルール前区間は、約 2 0 0 n m から約 4 μ m の波長で、少なくとも部分的に透明な材料から作られ、前記内側フェルール前区間は、例えば溶融石英または水晶、例えば 1 μ m の光に対して 1 . 4 5 の屈折率を有する実質的に非ドープシリカなどから作られる、請求項 1 ～ 1 3 のいずれか 1 項に記載の P C F アセンブリ。

【請求項 1 5】

前記内側フェルール後区間は、溶融石英もしくは水晶または金属もしくは合金から作られる、請求項 1 ～ 1 4 のいずれか 1 項に記載の P C F アセンブリ。

【請求項 1 6】

前記外側フェルール構成は金属、セラミックまたは例えばシリカなどのガラスから作られる、請求項 1 ～ 1 5 のいずれか 1 項に記載の P C F アセンブリ。

20

【請求項 1 7】

前記外側フェルール構成は、前記内側フェルール構成の前記内側フェルール前区間および前記内側フェルール後区間の各々に固定されて、これらを互いに対して定位置において保持し、前記 P C F の前記第 1 ファイバ端部区間が、前記フェルール構造体内に実質的にまっすぐになるように支持され、前記外側フェルール構成は、接着剤、半田および溶融またはレーザ溶接のうちの少なくとも 1 つによって前記内側フェルール構成に固定される、請求項 1 ～ 1 6 のいずれか 1 項に記載の P C F アセンブリ。

【請求項 1 8】

前記第 1 ファイバ端部区間は、前記 P C F にかかる圧力を生成する応力を実質的に加えることなく、前記フェルール構造体に取り付けられる、請求項 1 ～ 1 7 のいずれか 1 項に記載の P C F アセンブリ。

30

【請求項 1 9】

前記第 1 ファイバ端部は、前記繋止を含め、前記内側フェルール後区間への 1 以上の接合を除いて前記 P C F に直接的に接合することなく、前記フェルール構造体に取り付けられる、請求項 1 ～ 1 8 のいずれか 1 項に記載の P C F アセンブリ。

【請求項 2 0】

前記フェルール構造体は前記第 1 ファイバ端部の前に配置されるエンドキャップを備え、前記エンドキャップは前記内側フェルール前区間から離してまたは離さずに取り付けられ、前記エンドキャップは、前記内側フェルール前区間に直接的に、または前記外側フェルール構成の外側フェルール前区間に固定される、請求項 1 ～ 1 9 のいずれか 1 項に記載の P C F アセンブリ。

40

【請求項 2 1】

前記エンドキャップは前記外側フェルール構成の前記外側フェルール前区間に固定され、前記外側フェルール構成は、前記外側フェルール前区間と外側フェルール後区間とを備え、前記外側フェルール後区間は前記内側フェルール後区間および前記内側フェルール前区間の両方に固定され、前記外側フェルール前区間は前記内側フェルール前区間に固定される、請求項 2 0 に記載の P C F アセンブリ。

【請求項 2 2】

50

前記エンドキャップは、反射防止コーティングされたシリカエンドキャップであり、前記エンドキャップは、レンズであるか、またはレンズを備える、請求項 20 または請求項 21 に記載の P C F アセンブリ。

【請求項 23】

前記 P C F は中空コアファイバまたはソリッドコアファイバであり、前記第 1 ファイバ端部（端面）は金属または反射防止コーティングを有する、請求項 1 ~ 22 のいずれか 1 項に記載の P C F アセンブリ。

【請求項 24】

前記 P C F は 100 μm 未満、約 50 μm 以下、例えば約 5 μm から約 40 μm までのコア直径を有する、請求項 1 ~ 23 のいずれか 1 項に記載の P C F アセンブリ。

10

【請求項 25】

前記 P C F は中空コアファイバであり、前記エンドキャップは、前記エンドキャップと前記内側フェルール前区間との間にエンドキャップ空間を設けるように、前記外側フェルール構成の前記外側フェルール前区間に固定される、請求項 20 または 22 に記載の P C F アセンブリ。

【請求項 26】

前記内側フェルール構成は、流体を注入および注出または注入もしくは注出するための前記エンドキャップ空間に通じる通路を備え、前記通路は、前記内側フェルール前区間および前記内側フェルール後区間の各々における少なくとも 1 つの追加貫通孔によって提供され、前記追加貫通孔は、前記フェルール構造体の前記軸に対して実質的に平行であり、前記追加貫通孔は前記内側フェルール後区間からの出口にバルブ構成を備える、請求項 25 に記載の P C F アセンブリ。

20

【請求項 27】

前記第 1 ファイバ端部区間は少なくとも 1 つのモードストリッパ長さ区間を有し、前記モードストリッパ長さ区間は、前記モードストリッパ長さ区間で前記 P C F と接触して施されるモードストリッピング高屈折率材料およびスキヤッティング層の少なくとも一方を備えるとともに前記モードストリッパ長さ区間の前記 P C F は少なくとも約 0.1 μm の粗さ R a 値を有するか、前記モードストリッパ長さ区間は、前記モードストリッパ長さ区間で前記 P C F と接触して施されるモードストリッピング高屈折率材料およびスキヤッティング層の少なくとも一方を備えるか、または前記モードストリッパ長さ区間の前記 P C F は少なくとも約 0.1 μm の粗さ R a 値を有する、請求項 1 ~ 26 のいずれか 1 項に記載の P C F アセンブリ。

30

【請求項 28】

前記 P C F の前記モードストリッパ長さ区間は、前記内側フェルール前区間と前記内側フェルール後区間との間に位置付けられる、請求項 27 に記載の P C F アセンブリ。

【請求項 29】

前記内側フェルール前区間および前記内側フェルール後区間のうちの少なくとも 1 つは、前記 P C F の前記 P C F の前記モードストリッパ長さ区間を露出させる溝を有し、前記溝は、少なくとも約 20 度延びるように、前記 P C F を部分的に取り囲む、請求項 27 に記載の P C F アセンブリ。

40

【請求項 30】

前記フェルール構造体は前記内側フェルール前区間の外面に直接的に接触して配置されるモードストリッパコーティングを備え、前記モードストリッパコーティングは、前記内側フェルール前区間と前記外側フェルール構成との間に含まれる、請求項 1 ~ 29 のいずれか 1 項に記載の P C F アセンブリ。

【請求項 31】

請求項 1 ~ 30 のいずれか 1 項に記載の P C F アセンブリを備える、レーザシステム。

【請求項 32】

前記レーザシステムはレーザ光源を備え、前記 P C F アセンブリは前記レーザ光源から光を受光するために前記レーザ光源に光学的に接続されるとともに、前記光を装置の採光

50

ステーションに伝送するように構成され、前記フェルール構造体が設けられた前記第 1 ファイバ端部はユーザ装置に接続するように構成される、請求項 3 1 に記載のレーザシステム。

【請求項 3 3】

前記レーザ光源はレーザ光パルスを生成するように構成され、前記レーザ光源はフェムト秒レーザ光源である、請求項 3 2 に記載のレーザシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、PCFと少なくとも 1 つのフェルール構造体とを備えるフォトニック結晶ファイバ(PCF)アセンブリに関する。本発明は、また、レーザシステムおよびレーザシステムを備える装置も含む。さらに、本発明は 1 組の関連フェルール要素を備える。

【背景技術】

【0002】

本明細書において PCF と呼ばれるフォトニック結晶ファイバは、運動光子に影響する光ナノまたはマイクロ構造を備える 1 種のファイバに属する。PCF (ホーリーファイバ、空孔アシストファイバ、微細構造ファイバ、または微細構造化ファイバと呼ばれることもある) は、少なくとも部分的に、周囲の背景材料とは異なる屈折率を有する、例えば空気(もしくは気体)孔または中実の微細構造の形態の微細構造の構成によって導波管特性を得る。非常に多様な空孔/微細構造構成があることから、非常に異なる特性を有する PCF がもたらされる。

【0003】

PCF の例には、特許文献 1、特許文献 2、または特許文献 3 が含まれる。

この PCF の成端は、特に微細構造のために、オプションで中空微細構造および/または中空コアのために、より難しいことが多い。

【0004】

従来のステップインデックスファイバ、つまり、均一な屈折率を有するコアと、それより低い屈折率を有する周囲のクラッドとを備え、コア・クラッドの境界で屈折率が急激に低下する光ファイバの終端構造はよく知られている。特許文献 4 は、ファイバの端部にポンピングされる高出力の光がコネクタ材料を焼くまたは熔融するリスクを低くするように設計された大型コアステップインデックスファイバのコネクタを開示している。このコネクタは、金属製プラグボディを有するホルダと、光ファイバの端部端面から離れて光ファイバを支持するように構成された支持部を有する半径方向内側に配置されたスリーブとを備え、支持部は、融点が 1500 以上で屈折率が光ファイバのクラッドよりも高い透明または半透明の耐熱無機物質、たとえば、セラミック材料またはサファイアを採用する。ファイバがコネクタにどのように取り付けられるかは記述されていない。

【0005】

一般に、取り扱いやすく、埃、湿気および熱に対して十分に保護されるように、光ファイバを成端することが望ましい。

PCF の小さな直径およびコア直径、ならびに典型的に高い柔軟性は、精密なビーム伝送システムで実際に有用であるために、PCF の成端を成端点で機械的に剛性構造(通常、フェルールまたはフェルール構造体と呼ばれる)に保持することを要する。

【0006】

特許文献 5 は、ファイバを損傷する可能性のある高エネルギーの光信号を送信するファイバコア、および光信号をコアに向けるためにコアの周りにあり、コアよりも小さい内径でコアの周りに配設される薄い壁によって画定される複数のチャネルを特徴とする構造化領域を有する光ファイバと、光信号がファイバの微細構造化領域の障害となるのを阻止するブロック構造と協働するファイバ末端を包むファイバの端部に、ファイバを位置付けるための開口部が設けられているフェルールと、ファイバコアと嵌まり合う開口部が設けられたファイバの端部に配設されて、光信号がファイバの微細構造化領域の障害になるのを

10

20

30

40

50

阻止するブロック構造と、を含むファイバ成端コンビネーションを開示している。

【 0 0 0 7 】

特許文献 6 は、中空ファイバコアを備えており、中空ファイバコアのファイバの両端部の前面が開いており、各ファイバ端部が保護要素により防塵式に取り囲まれている光ファイバを開示している。保護要素は、光を中空ファイバコアに結合および減結合するために、ファイバ端部の前のその前面に窓を含む。

【 0 0 0 8 】

特許文献 7 は、ファイバおよびフェルールを損傷せずに、光損失を最小限に抑え、典型的には、好ましくは約 5 0 0 W 以上の高出力のレーザ放射を送信することのできるモノリシックユニットを形成するためにファイバを溶融で接着して成端させるモノリシック光フェルールを開示している。エンドキャップ、ファイバおよび可融性粉末は、全部を合わせて溶融したときに、そのように形成される構造がモノリシックになり、光経路が透明になるように、実質的に同じ物理的特性の材料から構成される。

【 0 0 0 9 】

上記開示した先行技術のファイバ成端は、一般にファイバに取り付けるのが難しく、しばしばファイバを傷つけることになり、もしくは z 方向（ファイバの軸方向）のアライメント不良になり、および/または光ファイバの繋止不良により別の要素へのファイバの結合不良になる。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 1 0 】

【 文献 】 米国特許第 6 9 8 5 6 6 1 号明細書

米国特許第 8 9 3 8 1 4 6 号明細書

米国特許第 7 7 9 2 4 0 8 号明細書

米国特許第 4 7 3 7 0 1 1 号明細書

米国特許第 7 2 4 2 8 3 5 号明細書

米国特許第 7 3 7 3 0 6 2 号明細書

米国特許第 7 3 0 6 3 7 6 号明細書

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 1 】

本発明の目的は、前述した欠点のうちの少なくとも 1 つを軽減する、PCF の端部成端構造体を提供することである。

一実施形態において、PCF およびフェルールの z 方向の良好なアライメントを提供するとともに、比較的組立が簡単な、PCF の端部成端構造体を提供することが目的である。

【 0 0 1 2 】

一実施形態において、PCF の成端した端部で、特に埃、湿気および/または熱に対して PCF の安全な保護を提供する、PCF の端部成端構造体を提供することが目的である。

【 0 0 1 3 】

一実施形態において、クラッドモードをストリッピングするための新たなオプションを提供する、PCF の端部成端構造体を提供することが目的である。

一実施形態において、5 kW を超える出力などの比較的高出力で PCF が動作する場合でも長い寿命を有する、PCF の端部成端構造体を提供することが目的である。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 4 】

以上の目的および他の目的は、請求項に定義されるとともに本明細書中以下説明する、本発明およびその実施形態によって解決されている。

本発明またはその実施形態は、以下の説明から当業者には明らかになる多数の追加の利点を有することが分かっている。

【 0 0 1 5 】

10

20

30

40

50

「 z 方向」という用語は、軸方向を意味し、「軸方向に」という用語は、軸に沿うことを意味する。

「半径方向距離」というフレーズは、議論している構造体、例えば P C F、フェルール構造体またはその要素の中心軸から半径方向に判断される距離を意味する。「半径方向」とは、中心軸から半径方向外側の方向であり、「半径方向に」というフレーズは、軸に対して半径の向きである。

【 0 0 1 6 】

「実質的に」という用語は、本明細書において、通常の製品の差異および許容差がその用語の範囲内に含まれることを意味すると解釈するべきである。

「約」という用語は、一般に、測定の不確かさ内であるものを含むために使用される。

「約」という用語が範囲で使用されるとき、本明細書においては、測定の不確かさの範囲内であるものがその範囲に含まれることを意味すると解釈するべきである。

【 0 0 1 7 】

「備える / 備え」という用語は、本明細書で使用される場合、非限定用語として解釈されるべき、つまり、要素、ユニット、整数、ステップ、コンポーネントおよびその組み合わせなど、具体的に述べられる特徴の存在を明記すると解釈されるべきであるが、述べられる 1 以上の他の特徴の存在または追加を排除するものではない。

【 0 0 1 8 】

本明細書または請求項を通し、別の規定がされていない限り、または文脈上要求されない限り、単数は複数を包含する。

すべての径は、別の規定がされていない限り、断面の径である。

【 0 0 1 9 】

本発明によると、端部成端構造体は P C F アセンブリとして提供されている。

本発明の P C F アセンブリは、P C F と少なくとも 1 つのフェルール構造体とを備える。P C F は中心軸を有し、コア領域およびクラッド領域と、第 1 ファイバ端部が設けられた第 1 ファイバ端部区間とを備える。

【 0 0 2 0 】

フェルール構造体は中心軸を有し、第 1 ファイバ端部区間に取り付けられる。フェルール構造体は、内側フェルール構成と、第 1 ファイバ端部区間を取り囲む外側フェルール構成とを備える。本発明によると、フェルール構造体に内側フェルール構成および外側フェルール構成を設けることにより、ファイバおよびフェルール構造体の組立がはるかに簡単になる新種のフェルール構造体が提供されることが分かっている。特に、内側フェルール構成を内側フェルール前区間と内側フェルール後区間とを備えるように形作ることにより、はるかに簡単な組立が行えることが分かっている。

【 0 0 2 1 】

一実施形態において、内側フェルール構成は、第 1 ファイバ端部の近位に内側フェルール前区間と、第 1 ファイバ端部の遠位に内側フェルール後区間とを備える。内側フェルール区間の各々は、内側断面直径を有し、少なくともその長さでは P C F を完全に取り囲む。内側フェルール後区間はアンカー長区間で第 1 ファイバ端部区間に繋止され、内側フェルール前区間は第 1 ファイバ端部区間を第 1 ファイバ端部の近位に支持する。有利なことに、内側フェルール前区間は第 1 ファイバ端部区間に固定または繋止されずに、正確な半径方向アライメントを確保するために第 1 ファイバ端部区間を単に支持しているだけである。

【 0 0 2 2 】

一実施形態において、「第 1 ファイバ端部の近位に」というフレーズは、第 1 ファイバ端部の近くである、好ましくは第 1 ファイバ端部に隣接していることを意味する。

第 1 ファイバ端部区間の P C F 中心軸とフェルール構造体の中心軸とが、実質的に平行であることが好ましい。P C F は、原則として、フェルール構造体の中心軸から離れて配置されてもよいが、ほとんどのアプリケーションでは、第 1 ファイバ端部区間の P C F 中心軸とフェルール構造体の中心軸とが一致し、それによって組立が簡単になることが望ま

10

20

30

40

50

しい。

【 0 0 2 3 】

組立時、第 1 ファイバ端部区間は内側フェルール後区間に取り付けられて繋止される。その後、前、または同時に、第 1 ファイバ端部区間を内側フェルール前区間に取り付けて、第 1 ファイバ端部を z 方向の所望の位置にアラインする。その後、内側フェルール前区間および内側フェルール後区間を互いに対して適所に保持し、それによって、フェルール構造体に対する第 1 ファイバ端部アライメントを固定するように、外側フェルール構成を取り付ける。ファイバを専ら内側フェルール後区間に直接的に繋止することにより、内側フェルール前区間と内側フェルール後区間との距離がファイバ端部端面を z 方向の所望の位置に位置付けるようになされてから、内側フェルール前区間および内側フェルール後区間を外側フェルール構成に取り付けることによって内側フェルール前区間と内側フェルール後区間との距離を固定できるため、はるかに簡単なファイバ端部端面のアライメントが得られる。

10

【 0 0 2 4 】

一実施形態において、内側フェルール前区間と内側フェルール後区間とが互いに直接的に固定されるのではなく、外側フェルール構成によって単に連結され、適所に保持されるだけである。好ましくは、内側フェルール前区間および内側フェルール後区間は、軸方向に中間隙間を有するように配置される。隙間は、有利なことに、内側フェルール前区間と内側フェルール後区間との間に、軸方向の距離を提供する。この距離は、約 1 mm から約 10 cm まで、例えば約 5 mm から約 2 cm までなどの範囲であることが好ましい。

20

【 0 0 2 5 】

一実施形態において、内側フェルール前区間と内側フェルール後区間との間の中間隙間が部分的に PCF の周りに延びて、例えば半環状形の隙間を形成する。一実施形態において、隙間は PCF の全周に延びて、環状形の隙間を形成し、それによって内側フェルール前区間と内側フェルール後区間との間の距離を形成する。どちらの事例においても、第 1 ファイバ端部区間の一部は内側フェルール構成によって被覆されていない。

【 0 0 2 6 】

一実施形態において、アセンブリは、内側フェルール前区間と第 1 ファイバ端部区間との間に配置されているアライメントスリーブをさらに備える。それによって内側フェルール前区間は、アライメントスリーブを介して第 1 ファイバ端部区間を第 1 ファイバ端部の近位に支持する。アライメントスリーブは第 1 ファイバ端部で第 1 ファイバ端部区間を取り囲んで支持するように配置するのが好ましい。

30

【 0 0 2 7 】

組立時、アライメントスリーブは、第 1 ファイバ端部に対して z 方向に所望の位置において第 1 ファイバ端部区間に取り付けられ、その後、内側フェルール前区間が取り付けられる。

【 0 0 2 8 】

アライメントスリーブとその使用は、PCF が一般に外径が大幅に異なり、そのためアライメントスリーブがなければ個々のサイズの内側フェルール前区間が必要になることから、非常に有益であることが分かっている。また、以下説明するように、アライメントスリーブは、例えば、アライメントスリーブをファイバの周りに緊縮して十分な支持を与えることによって、外径の異なる PCF に適合するように設けてもよい。

40

【 0 0 2 9 】

有利なことに、アライメントスリーブは、第 1 ファイバ端部区間がその全長に、またはその支持区間上にコラプスすることによって、第 1 ファイバ端部区間を支持する。そのため、アライメントスリーブに適した材料には、第 1 ファイバ端部区間上に、例えば熱を当てることによって、緊縮またはコラプスすることのできる材料が含まれる。有利なことに、アライメントスリーブは第 1 ファイバ端部区間に固定または繋止するのではなく、好ましくは蛍光体に所望の軸方向の支持を与えるために適所に機械的に保持される。

【 0 0 3 0 】

50

一実施形態において、アライメントスリーブはPCFに溶融される。

有利なことに、アライメントスリーブはガラス、好ましくは、溶融シリカガラス、溶融石英および/もしくはドーブシリカなどのシリカガラス、ならびに/または約96%のシリカと4%の酸化ホウ素とを含むホウケイ酸ガラスなど、例えば商品名Vycor(商標)で販売されるガラスなどのホウケイ酸ガラスから作られる。

【0031】

ドーブガラスは、例えば、フッ化物ドーブシリカ、ホウ素ドーブシリカおよび/またはゲルマニウムドーブシリカを含んでもよい。ガラスをドーピングすることにより、ガラスをより展性に、よりコラプスしやすくしてもよい。

【0032】

前記アライメントスリーブを、1 μ mの光に対して、例えば1~2 μ mの範囲の光などに対して、最大1.45の屈折率をもつシリカから作ると有利であることが分かっている。

【0033】

一実施形態において、アライメントスリーブは、例えばフッ素およびホウ素の両方または一方をドーピングしたシリカなどの、ダウンドーブシリカから作られる。

一実施形態において、アライメントスリーブは、クラッド領域の有効屈折率よりも小さい屈折率を有する。

【0034】

有利なことに、アライメントスリーブは、PCFで送信されるまたは送信可能な光の波長に対して実質的に完全に透明であり、それによって吸光による過熱のリスクが低減され、さらには回避される。

【0035】

アライメントスリーブは、好ましくは、PCFを取り囲むために施されて、熱により、その中央区間など、少なくともその支持区間でコラプスされることによって、PCFの第1ファイバ端部区間を支持するように配置されている毛細管である。この構造は非常に単純かつ効果的で、そのため経済的に実現可能である。

【0036】

アライメントスリーブの、ある区間をコラプスするだけで、アライメントスリーブのコラプスされていない長さ部分を、内側フェルール前区間の断面内径に適合する断面外径を有するように形作るようにしてもよい。それにより、内側フェルール前区間の内径が、コラプスされていないアライメントスリーブの外径に相関され、アライメントスリーブの支持長区間をコラプスすることにより、外径の異なるPCFをアライメントスリーブに取り付けることができる。

【0037】

有利なことに、アライメントスリーブは、アライメントスリーブと内側フェルール前区間との間に中間材料なしで、前記内側フェルール前区間に保持される。一実施形態において、アライメントスリーブは前記内側フェルール前区間に機械的に保持されるとともに溶融されるか、または、機械的に保持されるかもしくは溶融される。

【0038】

有利なことに、内側フェルール前区間は、アライメントスリーブを予め選択された軸方向の位置に取り囲んで保持する。内側フェルール前区間の内径は、有利なことに、アライメントスリーブの最大外径よりも僅かに大きく、例えばアライメントスリーブを内側フェルール前区間の中空貫通孔の口径に挿入可能なように僅かに大きく、例えば、直径が約0.1 μ mから約2mm大きく、例えば約1 μ mから約1mm大きくなど、例えば約0.1mmから約0.01mm大きくなどすることにより、アライメントスリーブに相関される。

【0039】

有利なことに、アライメントスリーブは第1ファイバ端部の近位でPCFを取り囲む。好ましくは、第1ファイバ端部およびアライメントスリーブの端部を、PCF中心軸に垂直な面でアラインする。

【0040】

10

20

30

40

50

アライメントスリーブは、原則として、最大で内側フェルール前区間の長さなどの、任意の長さ（軸方向で決まる）を有してもよい。実際には、アライメントスリーブは比較的短い、電磁力の支持を確保できるだけの十分な長さであることが望ましい。有利なことに、アライメントスリーブは少なくとも約 1 mm まで、例えば約 2 mm から約 5 mm までなど、例えば約 5 mm から約 2 mm までなどの軸方向の長さを有する。ほとんどの PCF アセンブリの場合、アライメントスリーブの最適な長さは約 10 mm であることが分かっている。

【0041】

一実施形態において、アライメントスリーブは、少なくともその支持区間に沿って、第 1 ファイバ端部区間の外径に適合する内径を有することによって、第 1 ファイバ端部区間を支持する。この実施形態では、アライメントスリーブの支持区間の内径は、内径よりも最大約 0.5 mm 大きい、例えば最大約 0.1 mm など、例えば最大約 0.01 mm など大きいことが望ましい。アライメントスリーブが第 1 ファイバ端部区間上に緊縮またはコラプスされるときに、コラプスされていないまたは緊縮されていない状態のアライメントスリーブの内径は大きくてもよく、例えば PCF 直径よりも最大約 5 mm 大きいなど、例えば最大約 3 mm 大きいなど、例えば PCF よりも最大約 1 mm 大きいなどでもよい。

10

【0042】

一実施形態では、内側フェルール前区間は、アライメントスリーブを介して、アライメントスリーブを軸方向の位置に機械的に保持することによって第 1 ファイバ端部区間を支持し、アライメントスリーブの端部と内側フェルール前区間の端部とがフェルール構造体の中心軸に対して垂直な平面でアラインする。好ましくは、第 1 ファイバ端部、アライメントスリーブの端部および内側フェルール前区間の端部は、PCF の中心軸に垂直な平面でアラインする。

20

【0043】

フェルールの組立時、アライメントスリーブは z 方向に移動させて、例えば、外側フェルール基準点に対して、ファイバ端面の z 方向の所望の位置を達成する。これにより、フェルールの所望の光学的な焦点が達成されることを確保する。その後、前、または同時に、ファイバを内側フェルール後区間に繋止する。

【0044】

一実施形態において、内側フェルール前区間は第 1 ファイバ端部区間をアライメントスリーブで直接的に第 1 ファイバ端部の近位に、好ましくは、第 1 ファイバ端部区間を第 1 ファイバ端部に軸方向の位置に機械的に保持することによって支持する。好ましくは、内側フェルール前区間の端部と第 1 ファイバ端部とが、PCF 中心軸に対して垂直な平面でアラインされる。有利なことに、内側フェルール前区間の内径は、内径よりも最大約 0.5 mm、例えば最大約 0.1 mm など、例えば最大約 0.01 mm など大きいことが望ましい。

30

【0045】

実際の使用時には、PCF の光出口端部で光の一部が例えば反射および/または入射放射のためにクラッドモードとしてクラッドに案内されることがあり、さらに PCF の入力端部では、PCF ファイバに集光されて送信される光の一部はコアによって案内されずに、例えば、ファイバに入るビームパラメータのミスマッチ、集光レンズの不完全さ、および光学面の埃/不完全さならびに同様なもののために、クラッドモードとして案内されることがある。これらのクラッドモードは、高出力送信用に使用される場合、非常に高温になることがある。また、特に、フェルール構造体内に密閉されている PCF の成端端部の温度が過度に高くなるることがあり、PCF のポリマーコーティングを損傷し、それにより成端全体およびフェルール構造体と PCF との間の定着状態を損傷させることがある。

40

【0046】

コアに結合されない入射放射の成分は、それが保護ポリマーコーティングに逸れるまでクラッド内に伝播し、保護ポリマーコーティングで除去される（「ストリッピングされる」）。ファイバに入力されるレーザ放射源が高出力レーザの場合、これらクラッドモード

50

内の放射の強度は、容易に保護ポリマーコーティングを焼き、ファイバを破壊することが可能である。一例が、放射がファイバのコアではなくクラッドの外周に結合するように、ファイバに戻る実質的な出力が反射される、工業用工作物の対象物（特に金属製対象物）へのレーザ放射である。このため、保護ポリマーコーティングに逸れて破壊する可能性が出る前に、すべてのファイバ成端でクラッドモード放射を除去する必要がある。「モードストリッピング」とは、このようなクラッドモードを除去するために使用される多数の手法に与えられた名前である。

【0047】

この問題は、アンカー長区間から内側フェルール後区間およびその第1ファイバ端部までPCFからポリマーをなくした、本発明の一実施形態によって解決されている。一実施形態において、フェルール構造体は、第1ファイバ端部区間と内側フェルール後区間の間に環状ハーメチックシールを形成するために第1ファイバ端部区間を取り囲むように配置されたハーメチック半田要素を備える。ハーメチック半田要素は、内側フェルール後区間のアンカー長区間よりも前環状区間の近くに配置される。さらに、内側フェルール後区間のアンカー長区間は完全には環状形ではないことが好ましく、それによりPCFのアンカー長区間から、好ましくはハーメチック半田要素に熱が散逸できるようにする。内側フェルール後区間のアンカー長区間は、PCFの周りを約20度から約350度まで、例えば約180度（半環状形）などに延びていることが好ましい。

10

【0048】

ハーメチック半田要素は、追加で、埃および他の望ましくない汚染から、第1ファイバ端部を保護するのに役立つ。PCFアセンブリがエンドキャップを備える場合、ハーメチック半田要素は、第1ファイバ端部からハーメチック半田要素のz方向の位置まで、第1ファイバ端部区間のハーメチックシールを確保する。有利なことに、PCFのポリマーコーティングは、第1ファイバ端部からハーメチック半田要素のz方向の位置まで、第1ファイバ端部区間からストリッピングされる。

20

【0049】

一実施形態において、第1ファイバ端部区間は、実質的にPCFに圧力を加えなくても、前記フェルール構造体に取り付けられる。PCFに圧力を加えるとファイバに応力を生じることがあり、多くのアプリケーションでは、ビーム品質が低品質になることがあり、さらには応力がPCFを損傷させるか、またはPCFの寿命を縮めることがあるため、非常に望ましくない。

30

【0050】

一実施形態において、第1ファイバ端部区間は、繋止を含め、内側フェルール後区間への1以上の接合を除いてファイバに直接的に接合することなく、前記フェルール構造体に取り付けられる。

【0051】

一実施形態において、PCFは、内側フェルール後区間のアンカー区間から第1ファイバ端部まで、第1ファイバ端部区間にポリマーコーティングがない。

有利なことに、内側フェルール前区間は、約200nmと約4μmの間の波長で、少なくとも部分的に透明な材料、例えば、熔融石英または水晶から作られ、内側フェルール後区間は熔融石英もしくは水晶、または金属もしくは合金から作られる。一実施形態において、内側フェルール前区間は、1μmの光に対し最大1.45の屈折率を有する、実質的に非ドーブシリカから作られる。

40

【0052】

一般に、内側フェルール後区間は、高い熱散逸を確保するため、高伝導性で低熱膨張性の材料から作られる。そのため、内側フェルール後区間を、材料の強度、硬度および耐摩耗性を高めるのに役立つ、ニッケルとシリコンを少量添加した高銅合金のC o l s i b r o（登録商標）などの金属または金属合金から作ることが特に望ましい。

【0053】

外側フェルール構成は主に内側フェルール構成区間を互いに対して適所に保持する機能

50

を有するが、有利なことに、外側フェルール構成はフェルール構造体からの熱散逸も助ける。

【 0 0 5 4 】

有利なことに、外側フェルール構成は金属、セラミックまたはガラス、例えばシリカから作られる。

一実施形態において、外側フェルール構成は、光を吸収するオプションの外側アライメントジャケットに光を逃がせるように、少なくとも部分的に透明である。特に、クラッドモードからの光は外側フェルール構成を介して逃がされ、オプションで、以下詳細に説明するように、ストリップングされたクラッドモード光を、外側フェルール構成を介して逃がせる。

10

【 0 0 5 5 】

一実施形態において、外側フェルール構成は内側フェルール構成の内側フェルール前区間および内側フェルール後区間の各々に固定されて、これらを互いに対して定位置において保持して、PCFの第1ファイバ端部区間がフェルール構造体内で実質的にまっすぐに支持されることが好ましい。外側フェルール構成は、好ましくは、内側フェルール構成に、接着剤、半田、および溶融またはレーザ溶接のうちの少なくとも1つによって固定される。

【 0 0 5 6 】

PCFアセンブリは、有利なことに、例えば、第1ファイバ端部を埃、湿気および同様な汚染に対して保護するために、エンドキャップ構成を備えてもよい。一実施形態において、フェルール構造体は、第1ファイバ端部の前に配置されるエンドキャップを備える。エンドキャップは、PCFの構造および意図される用途に応じて、内側フェルール前区間から離してまたは離さずに取り付けてもよい。エンドキャップは、以下詳細に説明するように、内側フェルール前区間に直接的に、または外側フェルール構成の外側フェルール前区間に固定される。

20

【 0 0 5 7 】

一実施形態において、エンドキャップは外側フェルール構成の外側フェルール前区間に固定される。この実施形態において、外側フェルール構成は、好ましくは、外側フェルール前区間と外側フェルール後区間とを備え、外側フェルール後区間は内側フェルール後区間および内側フェルール前区間の両方に固定され、これらの内側フェルール構成区間を相対位置に保持し、外側フェルール前区間は内側フェルール前区間およびエンドキャップに固定されて、それによりエンドキャップを第1ファイバ端部に対して適所に保持する。

30

【 0 0 5 8 】

エンドキャップは、例えば集光要素付き、またはなしで、先行技術のようにエンドキャップとしてもよい。有利なことに、エンドキャップは、反射防止コーティングされたシリカのエンドキャップである。エンドキャップを第1ファイバ端部から離して取り付ける場合、エンドキャップが両側に反射防止コーティングを備えることが望ましい。これは、PCFが中空コアPCFの場合、特に望ましい。

【 0 0 5 9 】

一実施形態において、エンドキャップはレンズである。好ましくは、レンズはその両側に、つまり第1ファイバ端部に面する側およびその反対側に、反射防止コーティングを備える。

40

【 0 0 6 0 】

PCFは、原則として、上記冒頭で述べたPCFなどの、任意の種類のPCFであってもよい。一実施形態において、PCFは、バンドギャップファイバ、カゴメファイバ、反共振反射(ARS: anti-resonant-reflection)ファイバ、またはソリッドコアファイバなどの、中空コアファイバから選択される。

【 0 0 6 1 】

一実施形態において、PCFは、10 μm 未満、好ましくは約50 μm 以下、例えば約5 μm から約40 μm までなどのコア直径を有する。

50

一実施形態において、PCFはその第1ファイバ端部区間に、後方反射からPCFの端部を保護するための中空毛細管ファイバの終端区間を備える。これは、1つの中空毛細管ファイバをPCFの前、例えば、アライメントスリーブ内または内側フェルール前区間に位置付けることによって実現される。

【0062】

一実施形態において、第1ファイバ端部（端面）は金属または反射防止コーティングを有する。

一実施形態において、PCFは中空コアファイバであり、エンドキャップが外側フェルール構成の外側フェルール前区間に固定されて、エンドキャップと内側フェルール前区間との間にエンドキャップ空間が設けられる。キャップ空間は、1mmから、最大で例えば5cmなど、原則として、z方向に非常に小さく決定されてもよい。實際上、キャップ空間は実務的な理由で約1cm未満に保たれる。

【0063】

一実施形態において、中空コアは、コラプスした端部部分（長さが最大2mm、好ましくは長さが最大1mmなど）と、ファイバ端面に金属または反射防止コーティングを有する。一実施形態において、内側フェルール構成は、流体、特に気体を注入および注出または注入もしくは注出するためのエンドキャップ空間に通じる通路を備える。通路は、好ましくは、内側フェルール前区間と内側フェルール後区間の各々に少なくとも1つの追加貫通孔によって提供される。追加貫通孔は、好ましくは、フェルール構造体の軸に対して実質的に平行である。好ましくは、追加貫通孔は内側フェルール後区間からの出口にバルブ構成を備える。

【0064】

流体を注入および注出または注入もしくは注出するためのエンドキャップ空間に通じる通路は、有利なことに、例えば、水分のない中空コアを確保するために、適切な気体を注入またはフラッシングするために使用されてもよい。適切な気体には、空気、アルゴン、窒素または前述の気体のいずれかを含む混合気を含む。オプションで、流体を注入および注出または注入もしくは注出するためのキャップ空間は、標準温度で、約100hPa（1mbar）以下の中空コア圧力、例えば約10hPa（0.1mbar）以下など、例えば約1hPa（0.01mbar）以下などを生成するために配置される。

【0065】

オプションで、流体を注入および注出または注入もしくは注出するためのキャップ空間は、標準温度で、最大200kPa（2bar）の中空コア圧力、例えば最大約150kPa（1.5bar）などを生成するために配置される。

【0066】

一実施形態において、内側フェルール構成は、内側フェルール前区間と内側フェルール後区間との間の隙間に通じる少なくとも1つの通路を備える。通路は、有利なことに、内側フェルール後区間を貫通し、好ましくは、例えばフェルール構造体の中心軸に平行な貫通孔の形の通路である。前述した気体の注入および/または注出などの、流体の注入および/または注出。一実施形態において、内側フェルール構成は、例えば隙間を乾かすため、および/または熱散逸のために、隙間をフラッシングするため、内側フェルール前区間と内側フェルール後区間との間の隙間に通じる少なくとも2つの通路を備える。

【0067】

一実施形態において、内側フェルール前区間は後端部を有し、そこで後端部の少なくとも半径方向外側部分は、内側フェルール構成内で伝播する光などの光を出力結合するために、フェルール構造体の中心軸に対して傾斜している。一実施形態において、内側フェルール前区間は後端部を有し、そこで後端部の少なくとも半径方向外側半環状形部分または環状形半径方向外側部分は、光を出力結合するためにフェルール構造体の中心軸に対して傾斜している。有利なことに、外側フェルール構成を通り抜けるように光を出力結合してもよい。

【0068】

10

20

30

40

50

一実施形態において、内側フェルール前区間は後端部を有し、そこで後端部の少なくとも半径方向内側部分は中心軸に対して傾斜して漏斗形状を形成する。それにより、PCFは内側フェルール前区間で、より取り付けやすくなるであろう。内側フェルール前区間の後端部は、ファイバの周りのその延長部の一部で、またはPCFの周りのその環状形延長部全体で傾斜してもよい。

【0069】

内側フェルール前区間の後端部は、有利なことに、第1ファイバ端部から副次的に放射される光、および/または内側フェルール構成内で伝播する光などの光を後方反射するために、反射コーティングで被覆してもよい。

【0070】

一実施形態において、内側フェルール前区間は前端部を有し、前端部は入射光および後方反射光の少なくとも一方に対してフェルール構造体を保護するために、反射コーティングで被覆される。

【0071】

一実施形態において、内側フェルール後区間は前端部を有し、前端部はフェルール構造体の中心軸に対して傾斜しているとともに前端部は入射光および後方反射光の少なくとも一方に対して保護するために反射コーティングで被覆されるか、前端部はフェルール構造体の中心軸に対して傾斜しているか、または前端部は入射光および後方反射光の少なくとも一方に対して保護するために反射コーティングで被覆される。内側フェルール後区間の前端部は、ファイバの周りのその延長部の一部で、またはPCFの周りのその環状形延長部全体で傾斜してもよい。

【0072】

上記説明したように、本発明のPCFアセンブリのフェルール構造体は、クラッドモードを反射し、直接ストリッピングすることによって、望ましくないクラッドモードをストリッピングするいくつかの機能を可能にする。以下説明するように、本発明は、望ましくない光をストリッピングするさらに別の機能を可能にする。

【0073】

一実施形態において、第1ファイバ端部区間は少なくとも1つのモードストリッパ長さ区間を有する。モードストリッパ長さ区間は、モードストリッパ長さ区間で光ファイバと接触して施されるモードストリッピング高屈折率材料およびスキヤッティング層の少なくとも一方を備えるとともにモードストリッパ長さ区間のファイバは少なくとも約0.1 μ の粗さRa値を有するか、モードストリッパ長さ区間は、モードストリッパ長さ区間で光ファイバと接触して施されるモードストリッピング高屈折率材料およびスキヤッティング層の少なくとも一方を備えるか、またはモードストリッパ長さ区間のファイバは少なくとも約0.1 μ の粗さRa値を有する。

【0074】

高い粗さRa値は、例えば、エッチング（例、レーザエッチングもしくは化学エッチング）または機械的研磨によって提供されてもよい。Ra値は規格ISO 4287、DIN 4762および/またはDIN 4768に従って測定されてもよい。

【0075】

モードストリッパ長さ区間は、順方向伝播するクラッド光を減少させ、または完全に防ぐ。モードストリッピング高屈折率材料は、例えば、（例えば屈折率を高めるためにドーピングされた）シリカ粒子を含む接着剤および/またはケミカルガラスであってもよい。

【0076】

一実施形態において、PCFのモードストリッパ長さ区間は、内側フェルール前区間と内側フェルール後区間との間に位置付けられる。

一実施形態において、内側フェルール前区間および内側フェルール後区間のうちの少なくとも1つは、PCFのPCFのモードストリッパ長さ区間を露出させる溝を有する。

【0077】

有利なことに、溝は、好ましくはファイバを部分的に取り囲んで、好ましくはPCFの

10

20

30

40

50

周りの方向に、少なくとも約 20 度、および例えば最大約 350 度、好ましくは約 20 度から約 90 度延びるようにする。

【0078】

一実施形態において、フェルール構造体は、内側フェルール前区間の外面に直接的に接触して配置されるモードストリップコーティングを備え、モードストリップコーティングは、好ましくは、内側フェルール前区間と外側フェルール構成との間に含まれる。

【0079】

一実施形態において、フェルール構造体は、外側フェルール構成を取り囲む外側アライメントジャケットを備え、外側アライメントジャケットは、好ましくはアライメント手段、好ましくは軸方向（z 方向）のアライメント手段および回転方向のアライメント手段のうちの少なくとも 1 つを備える。

10

【0080】

外側アライメントジャケットの主な目的は、フェルール構造体の剛性かつ機械的な強度を確保するとともに、光の出射ビームまたは入力結合ビームに対して PCF のより簡単なアライメントを確保することである。さらに、軸方向および回転方向のアライメントについては、外側アライメントジャケットは非常に有益である。

【0081】

一実施形態において、アライメント手段は、軸方向（z 方向）のアライメント手段、半径方向（x, y 方向）のアライメント手段、および回転方向のアライメント手段のうちの少なくとも 1 つを備える。

20

【0082】

有利なことに、アライメント手段は 1 以上のフランジ、1 以上の突起、1 以上の窪みおよび/または 1 以上のマーキングを備える。

好ましくは、アライメント手段は、位置決め制御付きの取付用フランジを備える。

【0083】

一実施形態において、アライメント手段は、回転方向のファイバ配向、例えば PM 配向のマーカを備える。

一般に、PM 軸がフェルールの外側でのアライメント手段に対してアラインされるように、フェルールのファイバを回転できることが望ましい。これは、例えば、アンカー長区間のすぐ隣の内側フェルール後区間に対応するマーキングを有することによって提供されてもよい。

30

【0084】

一実施形態において、フェルール構造体は外側フェルール構成を冷却流体によって冷却するように構成されているとともに外側アライメントジャケットは水などの冷却流体の少なくとも 1 つの入口および少なくとも 1 つの出口をもつ通路を備えるか、フェルール構造体は外側フェルール構成を冷却流体によって冷却するように構成されているか、または外側アライメントジャケットは水などの冷却流体の少なくとも 1 つの入口および少なくとも 1 つの出口をもつ通路を備える。外側フェルール構成の通路および外側アライメントジャケットの両方または一方は、有利なことに、良好な熱散逸を提供するため、下地要素をらせん状に取り囲むように配置される。ストリップングおよび/または出力結合される光を、内側フェルール構成を介して外側フェルール構成が通すことを確保することにより、この光は外側フェルール構成を介して逃げ、外側アライメントジャケットに吸収されてもよい。それにより、外側アライメントジャケットが加熱されるが、冷却流体による外側アライメントジャケットの冷却により、PCF が高出力で光を伝送しているときでも、温度を許容レベルに保てる。

40

【0085】

一実施形態において、アセンブリは、温度のモニタリング、コネクタのパフォーマンスのモニタリング、およびファイバの損傷のモニタリングのうちの少なくとも 1 つのために、1 以上のセンサ、例えば 1 以上の光学センサおよび/または電気センサおよび/または化学センサなどをさらに備える。センサは、有利なことに、外側フェルール構成および/

50

または外側アライメントジャケットなど、フェルール構造体内に配置される。有利なことに、センサはファイバセンサであるが、原則として、非ファイバセンサも適用可能である。

【0086】

一実施形態において、アセンブリは、第2ファイバ端部を備えるPCFの第2端部区間に接続される第2フェルール構造体を備える。第2フェルール構造体は、好ましくは、前述したフェルール構造体であり、PCFの第2端部区間に、前述したように対応する方法で取り付けられる。一実施形態において、PCFの第2端部はファイバ接合端部であり、および/または自由空間結合を備えて結合される。

【0087】

本発明は、前述したPCFアセンブリを備えるレーザシステムも備える。

10

レーザシステムは、有利なことに、レーザ光源を備え、PCFアセンブリはレーザ光源から光を受光するためにレーザ光源に光学的に接続される。レーザ光源は、一実施形態では、例えばPCFに溶解することにより、PCFに光を直接的に送るために配置されてもよい。一実施形態において、レーザ光源は1以上の光学要素介しておよび/または自由空間を介してPCFに光を送るために配置される。

【0088】

好ましくは、PCFアセンブリは装置の採光ステーションに光を伝送するように構成される。好ましくは、フェルール構造体をもつ第1ファイバ端部はユーザ装置に接続するように構成される。

【0089】

20

装置は、例えば、顕微鏡、手術装置、測定装置(計測)、材料加工装置、照明装置、その任意の組み合わせ、および/または以下詳細に説明する装置である。

レーザ光源は、原則として、CWレーザ光源またはパルスレーザ光源などの、任意の種類のレーザ光源であってもよい。レーザ光源は当業界で周知であり、本明細書ではこれ以上詳細に説明しない。

【0090】

一実施形態において、レーザ光源はレーザ光パルスを生成するように構成され、好ましくは、レーザ光源はフェムト秒レーザ光源またはピコ秒レーザ光源またはナノ秒レーザ光源である。

【0091】

30

一実施形態において、レーザ光源は約30fsから約30psまで、例えば約100fsから約10psまでのポンプ持続時間を有する。

一実施形態において、レーザ光源は、少なくとも約5kW、例えば少なくとも約10kWなど、例えば少なくとも約30kWなど、例えば少なくとも約50kWなどのレーザ光源の出口において決定されるピーク出力を有する。

【0092】

レーザ光源は、有利なことに、モード同期レーザ光源である。一実施形態において、レーザ光源は能動的モード同期レーザである。一実施形態において、レーザ光源は受動的モード同期レーザである。モード同期レーザは、好ましくは、1以上の増幅器を備える。

【0093】

40

一実施形態において、レーザシステムはスーパーコンティニウム生成のために構成され、レーザ光源は、スーパーコンティニウム生成のためにPCFを供給するように配置されるモード同期ポンプパルス光源である。PCFは、好ましくは、国際公開第15144181号、国際公開第15003715号、国際公開第15003714号、米国特許出願公開第2015192732号明細書、および/または米国特許出願公開第2011013652号明細書に記述されるPCFなどの、スーパーコンティニウム生成に適したソリッドコアPCFである。

【0094】

PCFがソリッドコアPCFである一実施形態において、PCFは、複数の非中実のクラッド介在物および中実のクラッド介在物の両方または一方を備える微細構造化ソリッド

50

コア P C F であることが望ましい。ソリッドコア P C F は、好ましくは、約 2 0 0 n m から約 4 . 5 μ m までの範囲の少なくとも 1 つの波長、好ましくは 1 0 0 0 n m から約 1 1 0 0 n m までの範囲の少なくとも 1 つの波長を備える光、好ましくはシングルモード光を案内するように構成される。

【 0 0 9 5 】

一実施形態において、P C F は中空コア P C F であり、好ましくは、中空コア P C F は、約 2 0 0 n m から約 4 . 5 μ m までの範囲の少なくとも 1 つの波長、好ましくは 1 0 0 0 n m から約 1 1 0 0 n m までの範囲の少なくとも 1 つの波長を備える光、好ましくはシングルモード光を案内するように構成される。

【 0 0 9 6 】

一実施形態において、P C F は、好ましくは少なくとも約 0 . 1 μ m、例えば少なくとも約 0 . 3 μ m など、例えば少なくとも約 0 . 5 μ m などにもたがる光の波長の連続波を案内するように構成される。

【 0 0 9 7 】

一実施形態において、中空コア P C F は、外側クラッド領域と、外側クラッド領域に取り囲まれている N 本の中空管とを備え、中空管の各々が外側クラッドに溶解されて、内側クラッド領域および内側クラッド領域に取り囲まれる中空コア領域を画定するリングを形成し、好ましくは、N は 6 から 1 2 であり、より好ましくは、N は 7 である。有利なことに、中空管は互いに接触しておらず、好ましくは、中空管は隣接する中空管に対して実質的に等距離を空けて配置される。

【 0 0 9 8 】

中空コア P C F は、有利なことに、本件出願人による「中空コア光ファイバおよびレーザシステム (H O L L O W C O R E O P T I C A L F I B E R A N D A L A S E R S Y S T E M) 」の名称の同時継続出願であるデンマーク特許出願第 2 0 1 5 7 0 8 7 7 号明細書に記述される通りである。

【 0 0 9 9 】

このレーザシステムの P C F は、有利なことに、約 3 μ m から約 1 0 0 μ m まで、例えば約 1 0 μ m から約 5 0 μ m までなど、例えば約 1 0 μ m から約 3 0 μ m までなどのコア領域直径を有する。

【 0 1 0 0 】

本発明は、前述した P C F アセンブリに適した 1 組の相関フェルール要素も備える。

1 組の相関フェルール要素は、前述した P C F アセンブリを生成するために、P C F にフェルール構造体を提供するために必要な要素を備える。

【 0 1 0 1 】

1 組の相関フェルール要素は、

- ・内側フェルール構成を形成するための内側フェルール前区間および内側フェルール後区間と、

- ・外側フェルール構成と、を備え、

内側フェルール前区間、内側フェルール後区間および外側フェルール構成の各々が長さおよび中心軸を有し、それぞれの中心軸に平行な、またはそれらと一致する主中空貫通孔を備え、1 組の相関フェルール要素は、好ましくは、長さおよび中心軸を有するアライメントスリーブをさらに備え、中心軸に平行な、またはそれと一致する主中空貫通孔を備える。

【 0 1 0 2 】

有利なことに、要素は、アライメントスリーブを内側フェルール前区間の主中空貫通孔内に位置付けることができ、内側フェルール前区間および内側フェルール後区間を、内側フェルール構成を形成するために外側フェルール構成の主中空貫通孔内に取り付けることができるように相関される。それにより、1 組の相関フェルール要素は P C F とともに P C F アセンブリに組み立てられてもよい。

【 0 1 0 3 】

アライメントスリーブは、有利なことに、毛細管であり、アライメントスリーブの主中

10

20

30

40

50

空貫通孔は約 2 mm 以下、例えば約 1 mm 以下など、例えば 0.5 mm 以下などの内径を有し、アライメントスリーブは、好ましくは、前述した通りその長さの少なくとも一部でコラプス可能である。

【0104】

アライメントスリーブは、有利なことに、前述した通りにし、前述した材料から作られてもよい。

一実施形態において、アライメントスリーブは、好ましくは少なくとも約 1 mm、例えば約 2 mm から約 5 cm までなどの軸方向の長さを有する。

【0105】

内側フェルール前区間および内側フェルール後区間ならびに外側フェルール構成は、有利なことに、前述した通りにし、前述した材料から作られる。

10

一実施形態において、1組は、内側フェルール前区間に取り付けることにより、または外側フェルール構成の外側フェルール前区間に取り付けることにより、内側フェルール前区間の前に配置されるように構成されるエンドキャップをさらに備える。エンドキャップは、好ましくは、例えば前述したように、反射防止コーティングされたシリカエンドキャップである。

【0106】

一実施形態において、内側フェルール前区間および内側フェルール後区間のそれぞれは、流体通路を提供するための 1 以上の追加貫通孔を備え、追加貫通孔は、好ましくは、それぞれの内側フェルール区間の軸に実質的に平行であり、オプションで、追加貫通孔は内側フェルール後区間からの出口に、例えば前述したようなバルブ構成を備える。

20

【0107】

一実施形態において、内側フェルール前区間は後端部を有し、後端部の少なくとも半径方向外側部分は内側フェルール前区間の中心軸に対して傾斜しているとともに後端部は好ましくは前述したように光を出力結合するために反射コーティングで被覆されるか、後端部の少なくとも半径方向外側部分は内側フェルール前区間の中心軸に対して傾斜しているか、または後端部は好ましくは前述したように光を出力結合するために反射コーティングで被覆される。

【0108】

一実施形態において、内側フェルール前区間は後端部を有し、後端部の少なくとも半径方向内側部分は、中心軸に対して傾斜して漏斗形状を形成することによって、例えば前述したように PCF を内側フェルール前区間に挿入しやすくなる。

30

【0109】

有利なことに、内側フェルール前区間は前端部を有し、前端部は反射コーティングで被覆される。

一実施形態において、内側フェルール後区間は前端部を有し、前端部は内側フェルール後区間の中心軸に対して傾斜しているとともに前端部は好ましくは前述したように反射コーティングで被覆されるか、前端部は内側フェルール後区間の中心軸に対して傾斜しているか、または前端部は好ましくは前述したように反射コーティングで被覆される。

【0110】

40

一実施形態において、内側フェルール前区間および内側フェルール後区間のうちの少なくとも 1 つはその主中空貫通孔に通じる溝を有し、溝は、好ましくは、少なくとも約 20 度、例えば最大約 350 度など、例えば最大約 90 度などで延びている環状方向の延長部を有する。

【0111】

一実施形態において、1組は、例えば前述したように、外側フェルール構成を取り囲むように配置することができるよう外側フェルール構成に相関される外側アライメントジャケットをさらに備える。外側アライメントジャケットは、好ましくは、例えば前述したアライメント手段を備える。

【0112】

50

有利なことに、外側フェルール構成および／または外側アライメントジャケットは、例えば前述したように、冷却流体用の少なくとも１つの入口および少なくとも１つの出口をもつ通路を備える。

【０１１３】

本発明は、前述したレーザシステムを備える装置も備え、ＰＣＦアセンブリは装置の受光ステーションに光を伝送するように構成される。

装置は、原則として、その操作にレーザ光を使用する任意の種類の装置であってもよい。一実施形態において、装置は対象物を照らすように構成されている照明装置であり、照明装置は、好ましくは、顕微鏡、分光器または内視鏡から選択される。

【０１１４】

一実施形態において、照明源は、蛍光イメージング、蛍光寿命イメージング（FLIM：Fluorescence Lifetime Imaging）、全反射照明蛍光（TIRF：Total Internal Reflection Fluorescence）顕微鏡法、蛍光共鳴エネルギー移動（FRET：fluorescence resonance energy transfer）、パルス交替励起フォスター共鳴エネルギー移動（PIE-FRET：pulse interleave excitation foster resonance energy transfer）、ブロードバンド分光法、ナノフォトニクス、フローサイトメトリ、計測などの工業用検査、ガス検知などのリングダウンス分光法、ハイパースペクトル分光法（例えば果実の作物分析、飛行時間分光法（TCSPC：time of flight spectroscopy））などの分光分析法、１分子イメージング、およびそれらの組み合わせのうちの少なくとも１つに適合される。

【０１１５】

一実施形態において、装置は、好ましくは穴明け、マーキング、切削、およびスクライピングのうちの少なくとも１つなどの材料加工用のマイクロ加工装置である。

一実施形態において、装置は、目の手術（眼科）用の装置などの手術装置である。

【０１１６】

上記説明した本発明および本発明の実施形態のすべての特徴は、範囲および好適な範囲を含め、かかる特徴を組み合わせるべきではない特別の理由がない限り、本発明の範囲内で様々な形で組み合わせることができる。

【０１１７】

本発明の上記および／または追加の目的、特徴および利点は、添付の図面を参照して、以下の例示的かつ非限定的な本発明の実施形態の詳細な説明からさらに明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【０１１８】

【図１】本発明によるＰＣＦアセンブリの第１実施形態の断面図であり、後端部の半径方向内側部分は中心軸に対して傾斜して漏斗形状を形成している。

【図２】本発明によるＰＣＦアセンブリの第２実施形態の断面図であり、内側フェルール後区間は、内側フェルール前区間と内側フェルール後区間との間の隙間に通じる通路を有する。

【図３】本発明によるＰＣＦアセンブリの第３実施形態の断面図であり、ＰＣＦはその第１ファイバ端部区間にモードストリップ区間を有し、内側フェルール前区間は、ＰＣＦの前記モードストリップ長さ区間を露出させる溝を有する。

【図４】本発明によるＰＣＦアセンブリの第４実施形態の断面図であり、ＰＣＦはその第１ファイバ端部区間にモードストリップ区間を有し、内側フェルール後区間は、ＰＣＦの前記モードストリップ長さ区間を露出させる溝を有する。

【図５】本発明によるＰＣＦアセンブリの第５実施形態の断面図であり、内側フェルール前区間の後端部の一部がフェルール構造体の中心軸に対して傾斜して、内側フェルール構成内で伝播する光を出力結合する。

10

20

30

40

50

【図 6】本発明による P C F アセンブリの第 6 実施形態の断面図であり、内側フェルール後区間の後端部は、その環状延長部全体が、フェルール構造体の中心軸に対して傾斜して、内側フェルール構成内で伝播する光を出力結合する。

【図 7】本発明による P C F アセンブリの第 7 実施形態の断面図であり、P C F はその第 1 ファイバ端部区間に、内側フェルール前区間と内側フェルール後区間との間の隙間にモードストリップ区間を有する。

【図 8】本発明による P C F アセンブリの第 8 実施形態の断面図であり、P C F アセンブリは、内側フェルール前区間に取り付けられるエンドキャップを備える。

【図 9】本発明による P C F アセンブリの第 9 実施形態の断面図であり、P C F アセンブリは、外側フェルール前区間に取り付けられるエンドキャップを備える。

10

【図 9 a】図 9 に図示する第 9 実施形態の変型例である P C F アセンブリの断面図である。

【図 10】本発明による P C F アセンブリの第 10 実施形態の断面図であり、P C F アセンブリは外側アライメントジャケットを備える。

【図 11】本発明による P C F アセンブリの第 11 実施形態の断面図であり、P C F アセンブリはアライメントスリーブを備える。

【図 12】本発明による P C F アセンブリの第 12 実施形態の断面図であり、P C F アセンブリはアライメントスリーブを備え、P C F は中空コア毛細管の区画を備える。

【図 12 b】図 12 の P C F アセンブリのアライメントスリーブおよび支持される第 1 ファイバ端部区間の拡大断面図である。

【図 13】本発明による P C F アセンブリの第 13 実施形態の断面図であり、P C F アセンブリは、コラプスされた支持区間をもつアライメントスリーブを備える。

20

【図 13 b】図 13 の P C F アセンブリのアライメントスリーブおよび支持される第 1 ファイバ端部区間の拡大断面図。

【図 14 a】P C F ファイバ端部区間の略断面図。

【図 14 b】P C F ファイバ端部区間の略断面図。

【図 14 c】P C F ファイバ端部区間の略断面図。

【図 14 d】P C F ファイバ端部区間の略断面図。

【図 15】本発明の一実施形態のレーザシステムおよびユーザ装置の略図。

【図 16】本発明の一実施形態の装置およびユーザ装置の略図。

【図 17 a】レーザシステムがスーパーコンティニュームレーザシステムである本発明の一実施形態の装置およびユーザ装置の略図。

30

【図 17 b】レーザシステムがスーパーコンティニュームレーザシステムである本発明の一実施形態の装置およびユーザ装置の略図。

【発明を実施するための形態】

【0119】

図面は簡略図であり、明確にするために単純化していることがある。全体を通し、同一の部品または対応する部品には同じ参照符号を使用している。

図 1 の P C F アセンブリは、第 1 ファイバ端部 1 a が設けられた第 1 ファイバ端部区間 1 を有するフォトニック結晶ファイバ (P C F) アセンブリ用 P C F と、フェルール構造体とを備える。フェルール構造体は、第 1 ファイバ端部 1 a の近位に内側フェルール前区間 2 と、第 1 ファイバ端部 1 a の遠位に内側フェルール後区間 3 とを備える内側フェルール構成を備える。内側フェルール前区間 2 および内側フェルール後区間 3 は、それぞれ、内側フェルール前区間 2 および内側フェルール後区間の中心軸に一致する中空貫通孔 2 a 、 3 a を備える。P C F 第 1 ファイバ端部区間は前記中空貫通孔 2 a 、 3 a に取り付けられて、内側フェルール構成が第 1 ファイバ端部区間を取り囲むようにする。

40

【0120】

内側フェルール後区間 3 はアンカー長区間 3 b で前記第 1 ファイバ端部区間 1 に繋止され、P C F の 1 c の地点から第 1 ファイバ端部まで、P C F にはポリマーコーティングがない。内側フェルール前区間 2 は第 1 ファイバ端部区間 1 を、その第 1 ファイバ端部区間を軸方向の位置に第 1 ファイバ端部の近位に機械的に保持することによって、第 1 ファイ

50

バ端部 1 a の近位に支持する。見て分かるように、内側フェルール前区間と第 1 ファイバ端部とが P C F の中心軸に垂直な平面においてアラインされている。

【 0 1 2 1 】

フェルール構造体は、内側フェルール構成を取り囲むように配置される外側フェルール構成 5 をさらに備える。外側フェルール構成 5 は内側フェルール前区間 2 および内側フェルール後区間 3 の各々に固定されて、これらを互いに対して定位置に保持するとともに、その間に隙間 4 を形成する。外側フェルール構成 5 はその両端のそれぞれで、内側フェルール構成の各区間 2、3 に半田 6 によって固定される。

【 0 1 2 2 】

P C F 第 1 ファイバ端部区間は、有利なことに、内側フェルール前区間 2 と内側フェルール後区間 3 との間の隙間 4 に比較的まっすぐに保持される。図示していない代替実施形態では、P C P は内側フェルール前区間 2 と内側フェルール後区間 3 との間に余剰長さを有する。

10

【 0 1 2 3 】

内側フェルール前区間 2 の後端部の半径方向内側部分 2 c は中心軸に対して傾斜して漏斗形状を形成するので、組立中 P C F 1 を内側フェルール前区間に送り込みやすくなる。内側フェルール前区間 2 の後端部の半径方向外側部分 2 d は、有利なことに、傾斜した反射コーティングで被覆されて、内側フェルール構成内で伝播する光を後方反射する。

【 0 1 2 4 】

さらに、内側フェルール前区間 2 の前端部 2 e は、好ましくは、反射コーティングで被覆されて、フェルール構造体を入射光および / または後方反射光に対して保護し、内側フェルール後区間の前端部 3 e は、好ましくは、反射コーティングで被覆されて、入射光および / または後方反射光に対して保護される。

20

【 0 1 2 5 】

図 2 の P C F アセンブリは、第 1 ファイバ端部 1 1 a が設けられた第 1 ファイバ端部区間 1 1 を有するフォトニック結晶ファイバ (P C F) アセンブリ用 P C F と、フェルール構造体とを備える。フェルール構造体は、第 1 ファイバ端部 1 1 a の近位に内側フェルール前区間 1 2 と、第 1 ファイバ端部 1 1 a の遠位に内側後区間 1 3 とを備える内側フェルール構成を備える。内側フェルール後区間 1 3 はアンカー長区間 1 3 b で第 1 ファイバ端部区間 1 1 に繋止されて、P C F の 1 1 c の地点から第 1 ファイバ端部まで、P C F にはポリマーコーティングがない。フェルール構造体は、内側フェルール前区間 1 2 および内側フェルール後区間 1 3 の各々に固定されて配置される外側フェルール構成 1 5 を備え、これらを互いに対して定位置に保持する。内側フェルール後区間の前端部 3 e は、好ましくは、反射コーティングで被覆されて、入射光および / または後方反射光に対して保護する。

30

【 0 1 2 6 】

内側フェルール後区間 1 3 の前端部 1 3 e はフェルール構造体の中心軸に対して傾斜して、フェルール光を出力結合するための外向き端面を形成する。外側フェルール構成 1 5 は、好ましくは、出力結合光に実質的に透明である。内側フェルール後区間 1 3 は、内側フェルール前区間 1 2 と内側フェルール後区間 1 5 との間の隙間 1 4 に通じる通路 1 3 f を備える。通路は前述したように隙間 1 4 に流体を充填し、または隙間 1 4 から流体を注出するために使用してもよい。

40

【 0 1 2 7 】

図 3 の P C F アセンブリは、第 1 ファイバ端部 2 1 a が設けられた第 1 ファイバ端部区間 2 1 を有するフォトニック結晶ファイバ (P C F) アセンブリ用 P C F と、フェルール構造体とを備える。フェルール構造体は、第 1 ファイバ端部 2 1 a の近位に内側フェルール前区間 2 2 と、第 1 ファイバ端部 2 1 a の遠位に内側フェルール後区間 2 3 とを備え、第 1 ファイバ端部区間 2 1 を取り囲む内側フェルール構成を備える。

【 0 1 2 8 】

内側フェルール後区間 2 3 はアンカー長区間 2 3 b で前記第 1 ファイバ端部区間 2 1 に

50

繋止され、PCFの21cの地点から第1ファイバ端部まで、PCFにはポリマーコーティングがない。内側フェルール前区間22は、前記第1ファイバ端部区間を軸方向の位置において第1ファイバ端部の近位に機械的に保持することによって、第1ファイバ端部区間21を第1ファイバ端部21aの近位に支持する。

【0129】

フェルール構造体は、内側フェルール前区間22および内側フェルール後区間23の各々に固定される外側フェルール構成25をさらに備え、これらを互いに対して定位置に保持するとともに、その間に隙間24を形成する。外側フェルール構成25はその端部のそれぞれで、内側フェルール構成のそれぞれの区間22、23に半田26によって固定される。

10

【0130】

内側フェルール後区間23の前端部23eはフェルール構造体の中心軸に対して傾斜して、内側フェルール構成内で伝播する光を出力結合するために外向き端面を形成するとともに、後方反射を低減する。内側フェルール後区間23は、内側フェルール前区間22と内側フェルール後区間25との間の隙間24に通じる通路23fをさらに備える。通路は前述したように隙間24に流体を充填し、または隙間24から流体を注出するために使用してもよい。PCFはその第1ファイバ端部区間21にモードストリッパ区間27を有し、内側フェルール前区間22はPCFモードストリッパ長さ区間27を露出させる溝27aを有する。

【0131】

モードストリッパ27の出力結合効率をモニタリングするために、PCFモードストリッパ長さ区間を露出させる溝27aの上の外側フェルール構成25にセンサ28が取り付けられる。

20

【0132】

図3のPCFアセンブリは、内側フェルール構成を備えるフェルール構造体とともに組み立てられる第1ファイバ端部区間31を有するフォトニック結晶ファイバ(PCF)アセンブリ用PCFを備え、内側フェルール構成は、第1ファイバ端部の近位に内側フェルール前区間32と、第1ファイバ端部の遠位に内側フェルール後区間33とを備え、第1ファイバ端部区間31を取り囲む。

【0133】

内側フェルール後区間33は第1ファイバ端部区間31に繋止され、PCFの31cの地点からPCFの第1ファイバ端部まで、PCFにはポリマーコーティングがない。内側フェルール前区間32は、前記第1ファイバ端部区間を軸方向の位置において第1ファイバ端部の近位に機械的に保持することによって、第1ファイバ端部区間31を第1ファイバ端部31aの近位に支持する。

30

【0134】

フェルール構造体は、内側フェルール前区間32および内側フェルール後区間33の各々に固定される外側フェルール構成35をさらに備え、これらを互いに対して定位置に保持するとともに、その間に隙間34を形成する。外側フェルール構成35はその端部のそれぞれで、内側フェルール構成のそれぞれの区間32、33に半田36で固定される。

40

【0135】

PCFはその第1ファイバ端部区間31にモードストリッパ区間37を有し、内側フェルール後区間33はPCFモードストリッパ長さ区間37を露出させる溝37aを有する。

【0136】

モードストリッパ37の出力結合効率をモニタリングするため、PCFモードストリッパ長さ区間を露出させる溝37aの上の外側フェルール構成35にセンサ38が取り付けられる。

【0137】

図5のPCFアセンブリは、内側フェルール構成を備えるフェルール構造体とともに組み立てられる第1ファイバ端部区間41を有するフォトニック結晶ファイバ(PCF)ア

50

センブリ用 P C F を備え、内側フェルール構成は、第 1 ファイバ端部の近位に内側フェルール前区間 4 2 と、第 1 ファイバ端部の遠位に内側フェルール後区間 4 3 とを備え、第 1 ファイバ端部区間 4 1 を取り囲む。

【 0 1 3 8 】

内側フェルール後区間 4 3 は第 1 ファイバ端部区間 4 1 に繋止されて、P C F の 4 1 c の地点から第 1 ファイバ端部まで、P C F にはポリマーコーティングがない。内側フェルール前区間 4 2 は、前記第 1 ファイバ端部区間を軸方向の位置において第 1 ファイバ端部の近位に機械的に保持することによって、第 1 ファイバ端部区間 4 1 を第 1 ファイバ端部 4 1 a の近位に支持する。

【 0 1 3 9 】

フェルール構造体は、内側フェルール前区間 4 2 および内側フェルール後区間 4 3 の各々に固定される外側フェルール構成 4 5 をさらに備え、これらを互いに定位置に保持するとともに、その間に隙間 4 4 を形成する。外側フェルール構成 4 5 は、その端部のそれぞれに、内側フェルール構成のそれぞれの区間 4 2、4 3 に半田 4 6 で固定される。

【 0 1 4 0 】

P C F はその第 1 ファイバ端部区間 4 1 にモードストリッパ区間 4 7 を有し、内側フェルール後区間 4 3 は P C F モードストリッパ長さ区間 4 7 を露出させる溝 4 7 a を有する。

【 0 1 4 1 】

内側フェルール後区間 4 3 の前端部 4 3 e はフェルール構造体の中心軸に対して傾斜して、内側フェルール構成内で伝播する光を出力結合するための外向き端面を形成するとともに、光の後方反射を低減する。部分 4 2 b (例えば、内側フェルール前区間の後端部の半環状形部分) はフェルール構造体の中心軸に対して傾斜して、内側フェルール構成内で伝播する光を出力結合するとともに、光の後方反射を低減する。残りの部分 4 2 c は傾斜せずに、中心軸に対して実質的に垂直な端面を有する。内側フェルール前区間の後端部の傾斜しない部分 4 2 c は、有利なことに、光の後方反射を低減するために反射コーティングで被覆される。

【 0 1 4 2 】

内側フェルール前区間の傾斜部分 4 2 b およびモードストリッパ 4 7 のそれぞれの出力結合効率をモニタリングするために、内側フェルール前区間の後端部および P C F モードストリッパ長さ区間を露出させる溝 4 7 a のそれぞれの上の外側フェルール構成 4 5 にセンサ 4 8 a、4 8 b が取り付けられる。

【 0 1 4 3 】

図 6 の P C F アセンブリは図 5 の P C F アセンブリの変型例であり、内側フェルール前区間の後端部の後端部 4 2 b 全体がフェルール構造体の中心軸に対して傾斜して、内側フェルール構成内で伝播する光を出力結合するとともに、光の後方反射を低減する変更がなされている。

【 0 1 4 4 】

図 7 の P C F アセンブリは、内側フェルール構成を備えるフェルール構造体とともに組み立てられる第 1 ファイバ端部区間 5 1 を有するフォトニック結晶ファイバ (P C F) アセンブリ用 P C F を備え、内側フェルール構成は、第 1 ファイバ端部の近位に内側フェルール前区間 5 2 と、第 1 ファイバ端部の遠位に内側フェルール後区間 5 3 とを備え、第 1 ファイバ端部区間 5 1 を取り囲む。

【 0 1 4 5 】

内側フェルール後区間 5 3 は第 1 ファイバ端部区間 5 1 に繋止されて、P C F の 5 1 c の地点から第 1 ファイバ端部 5 1 a まで、P C F にはポリマーコーティングがない。内側フェルール前区間 5 2 は、前記第 1 ファイバ端部区間を軸方向の位置において第 1 ファイバ端部の近位に機械的に保持することによって、第 1 ファイバ端部区間 5 1 を第 1 ファイバ端部 5 1 a の近位に支持する。

【 0 1 4 6 】

フェルール構造体は、内側フェルール前区間 5 2 および内側フェルール後区間 5 3 の各

10

20

30

40

50

々に固定される外側フェルール構成 5 5 をさらに備え、これらを互いに対して定位置に保持するとともに、その間に隙間 5 4 を形成する。外側フェルール構成 5 5 はその端部のそれぞれで、内側フェルール構成のそれぞれの区間 5 2、5 3 に半田 5 6 で固定される。

【0147】

PCF はその第 1 ファイバ端部区間 5 1 に、内側フェルール前区間 5 2 と内側フェルール後区間 5 3 との間に位置付けられるモードストリップ区間 5 7 を有する。

図 8 の PCF アセンブリは、内側フェルール構成を備えるフェルール構造体とともに組み立てられる第 1 ファイバ端部区間 6 1 を有するフォトニック結晶ファイバ (PCF) アセンブリ用 PCF を備え、内側フェルール構成は、第 1 ファイバ端部の近位に内側フェルール前区間 6 2 と、第 1 ファイバ端部の遠位に内側フェルール後区間 6 3 とを備え、第 1

10

【0148】

内側フェルール後区間 6 3 はアンカー長区間 6 3 b で第 1 ファイバ端部区間 6 1 に繋止され、PCF の 6 1 c の地点から第 1 ファイバ端部 6 1 a まで、PCF にはポリマーコーティングがない。

【0149】

フェルール構造体は、第 1 ファイバ端部区間 6 1 と内側フェルール後区間 6 3 との間に環状ハーメチックシール 6 6 a を形成するために第 1 ファイバ端部区間 6 1 を取り囲むように配置されたハーメチック半田要素 6 6 a を備え、ハーメチック半田要素 6 6 a は内側フェルール後区間のアンカー長区間 6 3 b よりも前環状区間 6 2 の近くに配置される。図面で分かるように、内側フェルール後区間 6 3 のアンカー長区間 6 3 b は完全には環状形ではなく、内側フェルール後区間のアンカー長区間 6 3 は、好ましくは、PCF の周りを約 20 度から約 350 度まで、例えば約 180 度などで延びている。

20

【0150】

フェルール構造体は、内側フェルール前区間 6 2 および内側フェルール後区間 6 3 の各々に固定される外側フェルール構成 6 5 をさらに備え、これらを互いに対して定位置に保持するとともに、その間に隙間 6 4 を形成する。外側フェルール構成 6 5 はその端部のそれぞれで、内側フェルール構成のそれぞれの区間 6 2、6 3 に半田 6 6 で固定される。

【0151】

フェルール構造体は第 1 ファイバ端部 6 1 c の前に、好ましくは第 1 ファイバ端部 6 1 c に直接的に接触して配置されるエンドキャップ 6 7 をさらに備える。エンドキャップ 6 7 は内側フェルール前区間に直接的に固定される。上記説明したように、この実施形態は PCF がソリッドコア PCF の場合に特に有益である。

30

【0152】

図 9 の PCF アセンブリは、内側フェルール構成を備えるフェルール構造体とともに組み立てられる第 1 ファイバ端部区間 7 1 を有するフォトニック結晶ファイバ (PCF) アセンブリ用 PCF を備え、内側フェルール構成は、第 1 ファイバ端部の近位に内側フェルール前区間 7 2 と、第 1 ファイバ端部の遠位に内側フェルール後区間 7 3 とを備え、第 1 ファイバ端部区間 7 1 を取り囲む。

【0153】

内側フェルール後区間 7 3 はアンカー長区間 7 3 b で第 1 ファイバ端部区間 7 1 に繋止され、PCF の 7 1 c の地点から第 1 ファイバ端部 7 1 a まで、PCF にはポリマーコーティングがない。

40

【0154】

フェルール構造体は、第 1 ファイバ端部区間 7 1 と内側フェルール後区間 7 3 との間に環状ハーメチックシール 7 6 a を形成するために第 1 ファイバ端部区間 7 1 を取り囲むように配置されたハーメチック半田要素 7 6 a を備え、ハーメチック半田要素 7 6 a は内側フェルール後区間のアンカー長区間 7 3 b よりも前環状区間 7 2 の近くに配置される。

【0155】

ハーメチック半田要素は、第 1 ファイバ端部 7 1 c からハーメチック半田要素 7 6 a の

50

z 方向の位置まで、第 1 ファイバ端部区間 7 1 のハーメチックシールを確保する。

フェルール構造体は、外側フェルール前区間 7 5 a および外側フェルール後区間 7 5 を備える外側フェルール構成 7 5、7 5 a をさらに備える。外側フェルール後区間 7 5 は内側フェルール前区間 7 2 および内側フェルール後区間 7 3 の各々に固定されて、これらを互いに対して定位置に保持するとともに、その間に隙間 7 4 を形成する。外側フェルール後区間 7 5 は、その端部のそれぞれで、内側フェルール構成のそれぞれの区間 7 2、7 3 に半田 7 6 で固定され、外側フェルール前区間 7 5 a は内側フェルール前区間 7 2 に半田 7 6 で固定される。

【0156】

フェルール構造体は、第 1 ファイバ端部 7 1 c の前に配置されるエンドキャップ 7 7 をさらに備える。エンドキャップ 7 7 は内側フェルール前区間 7 2 から離して取り付けられることによって、エンドキャップ 7 7 と内側フェルール前区間 7 2 との間にエンドキャップ空間 7 8 を形成する。エンドキャップは外側フェルール構成の外側フェルール前区間 7 5 a に固定される。それによって、外側フェルール構成の外側フェルール前区間 7 5 a は、内側フェルール前区間 7 2 および第 1 ファイバ端部区間 7 1 c に対して所望の位置においてエンドキャップ 7 7 を保持する。上記説明したように、この実施形態は P C F が中空コア P C F である場合に特に有益である。

【0157】

内側フェルール構成 7 2、7 3 は、流体を注入および/または注出するためのエンドキャップ空間 7 8 に通じる通路を備える。通路は、内側フェルール前区間 7 2 および内側フェルール後区間 7 3 のそれぞれの追加貫通孔 7 2 f、7 3 f によって提供される。有利なことに、貫通孔 7 2 f、7 3 f およびエンドキャップ空間 7 8 に通じる所望の開閉機能を確保するために、図示されていないバルブ構成が配置される。

【0158】

図 9 a に図示する P C F アセンブリは、図 9 の P C F アセンブリとは、エンドキャップがレンズ 7 7 a であること、好ましくはレンズ 7 7 a がその両面に反射防止コーティングを備える点が異なる。

【0159】

図 10 の P C F アセンブリは、内側フェルール構成を備えるフェルール構造体とともに組み立てられる第 1 ファイバ端部区間 8 1 を有するフォトニック結晶ファイバ (P C F) アセンブリ用 P C F を備え、内側フェルール構成は、第 1 ファイバ端部の近位に内側フェルール前区間 8 2 と、第 1 ファイバ端部の遠位に内側フェルール後区間 8 3 とを備え、第 1 ファイバ端部区間 8 1 を取り囲む。

【0160】

内側フェルール後区間 8 3 はアンカー長区間 8 3 b で第 1 ファイバ端部区間 8 1 に繋止され、P C F の 8 1 c の地点から第 1 ファイバ端部 8 1 a まで、P C F にはポリマーコーティングがない。

【0161】

フェルール構造体は、第 1 ファイバ端部区間 8 1 と内側フェルール後区間 8 3 との間に環状ハーメチックシール 8 6 a を形成するために第 1 ファイバ端部区間 8 1 を取り囲むように配置されたハーメチック半田要素 8 6 a を備える。

【0162】

ハーメチック半田要素 8 6 a は、第 1 ファイバ端部 8 1 c からハーメチック半田要素 8 6 a の z 方向の位置まで、第 1 ファイバ端部区間 8 1 のハーメチックシールを確保する。

外側フェルール後区間 8 5 は内側フェルール前区間 8 2 および内側フェルール後区間 8 3 の各々に固定されて、これらを互いに対して定位置に保持するとともに、その間に隙間を形成する。外側フェルール後区間 8 5 はその端部のそれぞれで、内側フェルール構成のそれぞれの区間 8 2、8 3 に半田 8 6 で固定され、外側フェルール前区間 8 5 a は内側フェルール前区間 8 2 に半田 8 6 で固定される。

【0163】

10

20

30

40

50

フェルール構造体は、第 1 ファイバ端部 8 1 c の前に配置されるエンドキャップ 8 7 をさらに備える。エンドキャップ 8 7 は内側フェルール前区間 8 2 から離して取り付けられ、それによってエンドキャップ 8 7 と内側フェルール前区間 8 2 との間にエンドキャップ空間 8 8 を形成する。エンドキャップは外側フェルール構成の外側フェルール前区間 8 5 a に固定される。

【 0 1 6 4 】

フェルール構造体は外側フェルール構成 8 5、8 5 a を取り囲む外側アライメントジャケット 8 9 を備え、外側アライメントジャケットは、好ましくは、図示される実施形態におけるアライメント用フランジ 8 9 a と回転方向アライメント用、例えばファイバ回転配向用の突起 8 9 b とを含む、アライメント用手段 8 9 a、8 9 b を備える。

10

【 0 1 6 5 】

図 1 1 の P C F アセンブリは、内側フェルール構成を備えるフェルール構造体とともに組み立てられる第 1 ファイバ端部区間 9 1 を有するフォトニック結晶ファイバ (P C F) アセンブリ用 P C F を備え、内側フェルール構成は、第 1 ファイバ端部の近位に内側フェルール前区間 9 2 と、第 1 ファイバ端部の遠位に内側フェルール後区間 9 3 とを備え、第 1 ファイバ端部区間 9 1 を取り囲む。

【 0 1 6 6 】

アセンブリは、内側フェルール前区間 9 2 と第 1 ファイバ 9 1 の端部区間との間に配置されて第 1 ファイバ端部区間 9 1 を完全に取り囲むアライメントスリーブ 9 0 をさらに備え、内側フェルール前区間 9 2 はアライメントスリーブ 9 0 を介して第 1 ファイバ端部区間 9 1 を第 1 ファイバ端部 9 1 a の近位に支持するようになる。図 1 1 に図示する実施形態では、アライメントスリーブ 9 0 は毛細管の短い区間である。

20

【 0 1 6 7 】

アライメントスリーブ 9 0 の前端部、内側フェルール前区間 9 2 の前端部、および第 1 ファイバ端部 9 1 a は、フェルール構造体の中心軸に対して垂直な平面においてアラインしている。

【 0 1 6 8 】

内側フェルール後区間 9 3 はアンカー長区間 9 3 b で第 1 ファイバ端部区間 9 1 に繫止され、P C F の 9 1 c の地点から第 1 ファイバ端部 9 1 a まで、P C F にはポリマーコーティングがない。

30

【 0 1 6 9 】

フェルール構造体は、第 1 ファイバ端部区間 9 1 と内側フェルール後区間 9 3 との間に環状ハーメチックシール 9 6 a を形成するために第 1 ファイバ端部区間 9 1 を取り囲むように配置されたハーメチック半田要素 9 6 a を備える。

【 0 1 7 0 】

外側フェルール後区間 9 5 は内側フェルール前区間 9 2 および内側フェルール後区間 9 3 の各々に固定されて、これらを互いに対して定位置に保持するとともに、その間に隙間を形成する。外側フェルール後区間 9 5 はその端部のそれぞれで、内側フェルール構成のそれぞれの区間 9 2、9 3 に半田 9 6 で固定され、外側フェルール前区間 9 5 a は内側フェルール前区間 9 2 に半田 9 6 で固定される。

40

【 0 1 7 1 】

フェルール構造体は、第 1 ファイバ端部 9 1 c の前に配置されるエンドキャップ 9 7 をさらに備える。エンドキャップ 9 7 は内側フェルール前区間 9 2 から離して取り付けられる。エンドキャップは外側フェルール構成の外側フェルール前区間 8 5 a に固定される。

【 0 1 7 2 】

フェルール構造体は外側フェルール構成 9 5、9 5 a を取り囲む外側アライメントジャケット 9 9 を備え、外側アライメントジャケットは、好ましくは、アライメント用手段 9 9 a、9 9 b を備える。

【 0 1 7 3 】

コネクタのパフォーマンスをモニタリングし、および / またはファイバの損傷をモニタ

50

リングするために、外側アライメントジャケット 99 にセンサ 98 が取り付けられる。

図 12 および図 12 a の P C F アセンブリは、内側フェルール構成を備えるフェルール構造体とともに組み立てられる第 1 ファイバ端部区間 101 を有するフォトニック結晶ファイバ (P C F) アセンブリ用 P C F を備え、内側フェルール構成は、第 1 ファイバ端部の近位に内側フェルール前区間 102 と、第 1 ファイバ端部の遠位に内側フェルール後区間 103 とを備え、第 1 ファイバ端部区間 101 を取り囲む。

【 0174 】

アセンブリは、内側フェルール前区間 102 と第 1 ファイバ 101 の端部区間との間に配置されて第 1 ファイバ端部区間 101 を完全に取り囲むアライメントスリーブ 100 をさらに備え、内側フェルール前区間 102 はアライメントスリーブ 100 を介して第 1 ファイバ端部区間 101 を第 1 ファイバ端部 101 a の近位に支持するようになる。図 11 に図示する実施形態では、アライメントスリーブ 100 は毛細管の短い区間である。図 12 a ではアライメントスリーブ 100 および支持される第 1 ファイバ端部区間 101 を拡大しており、P C F が別のファイバ 101 b の短い区間を備えることが分かり、これは有利なことに中空コア毛細管 101 b の 1 区画である。

10

【 0175 】

アライメントスリーブ 100 の前端部、内側フェルール前区間 102 の前端部、および第 1 ファイバ端部 101 a は、フェルール構造体の中心軸に対して垂直な平面においてアラインしている。

【 0176 】

20

内側フェルール後区間 103 はアンカー長区間 103 b で第 1 ファイバ端部区間 101 に繋止され、P C F の 101 c の地点から第 1 ファイバ端部 101 a まで、P C F にはポリマーコーティングがない。

【 0177 】

フェルール構造体は、第 1 ファイバ端部区間 101 と内側フェルール後区間 103 との間に環状ハーメチックシール 106 a を形成するために第 1 ファイバ端部区間 101 を取り囲むように配置されたハーメチック半田要素 86 a を備える。

【 0178 】

外側フェルール後区間 105 は内側フェルール前区間 102 および内側フェルール後区間 103 の各々に固定されて、これらを互いに対して定位置に保持するとともに、その間に隙間を形成する。外側フェルール後区間 105 はその端部のそれぞれで、内側フェルール構成のそれぞれの区間 102、103 に半田 106 で固定され、外側フェルール前区間 105 a は内側フェルール前区間 102 に半田 106 で固定される。

30

【 0179 】

フェルール構造体は第 1 ファイバ端部 101 c の前に配置されるエンドキャップ 107 をさらに備える。エンドキャップ 107 は内側フェルール前区間 102 から離して取り付けられる。エンドキャップは外側フェルール構成の外側フェルール前区間 105 a に固定される。

【 0180 】

フェルール構造体は外側フェルール構成 105、105 a を取り囲む外側アライメントジャケット 109 を備え、外側アライメントジャケットは、好ましくは、アライメント用手段 109 a、109 b を備える。

40

【 0181 】

コネクタのパフォーマンスをモニタリングし、および / またはファイバの損傷をモニタリングするために、外側アライメントジャケット 109 にセンサ 108 が取り付けられる。

【 0182 】

図 13 および図 13 a の P C F アセンブリは、内側フェルール構成を備えるフェルール構造体とともに組み立てられる第 1 ファイバ端部区間 111 を有するフォトニック結晶ファイバ (P C F) アセンブリ用 P C F を備え、内側フェルール構成は、第 1 ファイバ端部の近位に内側フェルール前区間 112 と、第 1 ファイバ端部の遠位に内側フェルール後区

50

間 1 1 3 とを備え、第 1 ファイバ端部区間 1 1 1 を取り囲む。

【 0 1 8 3 】

アセンブリは、内側フェルール前区間 1 1 2 と第 1 ファイバ 1 1 1 の端部区間との間に配置されて第 1 ファイバ端部区間 1 1 1 を完全に取り囲むアライメントスリーブ 1 1 0 をさらに備え、内側フェルール前区間 1 1 2 はアライメントスリーブ 1 1 0 を介して第 1 ファイバ端部区間 1 1 1 を第 1 ファイバ端部 1 1 1 a の近位に支持するようになる。アライメントスリーブ 1 0 0 は、支持長区間 1 1 0 b で第 1 ファイバ端部区間 1 1 1 上にコラプスされることによって、第 1 ファイバ端部区間 1 1 1 を支持する。アライメントスリーブ 1 1 0 のコラプスされない部分 1 1 0 a では、アライメントスリーブ 1 1 0 は内側フェルール前区間 1 1 2 の内径に相関される外径を有する。

10

【 0 1 8 4 】

内側フェルール後区間 1 1 3 はアンカー長区間 1 1 3 b で第 1 ファイバ端部区間 1 1 1 に繋止され、P C F の 1 1 1 c の地点から第 1 ファイバ端部 1 1 1 a まで、P C F にはポリマーコーティングがない。

【 0 1 8 5 】

フェルール構造体は、第 1 ファイバ端部区間 1 1 1 と内側フェルール後区間 1 1 3 との間に環状ハーメチックシール 1 1 6 a を形成するために第 1 ファイバ端部区間 1 1 1 を取り囲むように配置されたハーメチック半田要素 8 6 a を備える。

【 0 1 8 6 】

外側フェルール後区間 1 1 5 は内側フェルール前区間 1 1 2 および内側フェルール後区間 1 1 3 の各々に固定されて、これらを互いに対して定位置に保持するとともに、その間に隙間を形成する。外側フェルール後区間 1 1 5 はその端部のそれぞれで、内側フェルール構成のそれぞれの区間 1 1 2、1 1 3 に半田 1 1 6 で固定され、外側フェルール前区間 1 1 5 a は内側フェルール前区間 1 1 2 に半田 1 1 6 で固定される。

20

【 0 1 8 7 】

フェルール構造体は内側フェルール前区間 1 1 2 から離して取り付けられるエンドキャップ 1 1 7 をさらに備える。エンドキャップは外側フェルール構成の外側フェルール前区間 1 1 5 a に固定される。

【 0 1 8 8 】

フェルール構造体は外側フェルール構成 1 1 5、1 1 5 a を取り囲む外側アライメントジャケット 1 1 9 を備え、外側アライメントジャケットは、好ましくは、アライメント用手段 1 1 9 a、1 1 9 b を備える。

30

【 0 1 8 9 】

図 1 4 a に図示する P C F の端部区間は中空コア P C F であり、中空コア 1 2 1 と、複数のクラッド孔 1 2 2 が設けられた周囲のクラッドとを備える。第 1 ファイバ端部 1 2 3 に、P C F は、入射光および / または後方反射に対する保護のために、ファイバ端面 (ファイバ端部) に金属または反射防止コーティングを有する。

【 0 1 9 0 】

図 1 4 b に図示する P C F の端部区間は中空コア P C F であり、中空コア 1 3 1 と、複数のクラッド孔 1 3 2 が設けられた周囲のクラッドとを備える。第 1 ファイバ端部 1 3 3 に隣接する短い端部部分では、例えば、長さが最大約 2 mm の長さ 1 をもつ端部部分では、P C F クラッド孔は他の方法でコラプスまたは封止されている。中空コア 1 3 1 は封止されない。

40

【 0 1 9 1 】

図 1 4 c は、図 1 4 b に図示する中空コア P C F の別の図を示す。封止されたクラッド孔 1 3 3 のために、P C F 内に伝送される光は長さ 1 の端部部分では完全には閉じ込められず、光は円錐形状 1 4 4 に広がるのが分かる。これを軽減するために、レンズは、例えば、第 1 ファイバ端部 1 3 3 の前に配置してもよい。

【 0 1 9 2 】

図 1 4 e では、図 1 4 c に図示する中空コア P C F に、入射光および / または後方反射

50

に対する保護のために、金属コーティング 1 3 3 a をさらに施している。

図 1 5 に図示するレーザシステムは、レーザ光源 1 4 1 と、レーザ光源 1 4 1 からユーザ装置 1 4 4 まで光を伝送するファイバ伝送ケーブル 1 4 2 とを備える。ファイバ伝送ケーブル 1 4 2 は、その導波管として、ユーザ装置に相関された 1 以上の低損失伝送帯域をもつ前述の中空コア P C F を備える。示すように、ファイバ伝送ケーブル 1 4 2 はかなり長くてもよいが、それでもなお基本モードで高効率かつ低損失で、ユーザ装置 1 4 4 にシングルモード光を伝送することができる。ファイバ伝送ケーブル 1 4 2 は第 1 端部 1 4 3 a と第 2 端部 1 4 3 b とを有する。図示する実施形態では、第 1 端部 1 4 3 a および第 2 端部 1 4 3 b のそれぞれは、ユーザ装置 1 4 4 およびレーザ光源 1 4 1 にそれぞれ接続するために、前述のフェルルール構造体に取り付けられる。

10

【 0 1 9 3 】

図 1 6 の装置は、ユーザ装置 1 1 4 に接続される図 1 5 のレーザシステムを備える。

図 1 7 a および図 1 7 b の装置は、パルス光を伝送するレーザ光源 1 5 1 と、スーパーコンティニウム光を生成してユーザ装置 1 5 4 に伝送するように配置されたスーパーコンティニウム生成 P C F のケーブル 1 5 2 とを備える。ファイバ伝送ケーブル 1 5 2 は、その導波管として、ソリッドコア 1 5 5 を取り囲む複数の微細構造 1 6 6 を備える、図 1 7 b に図示するソリッドコア P C F を備える。

20

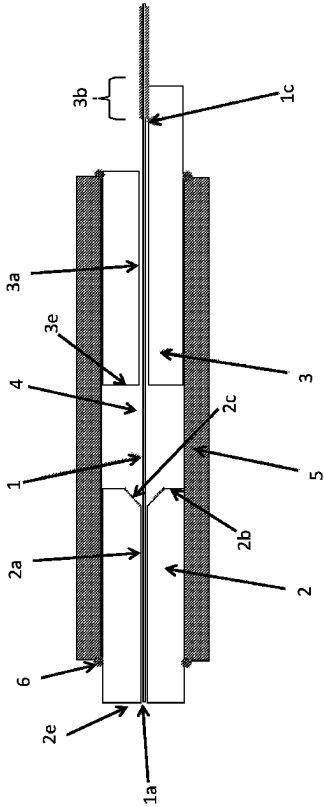
30

40

50

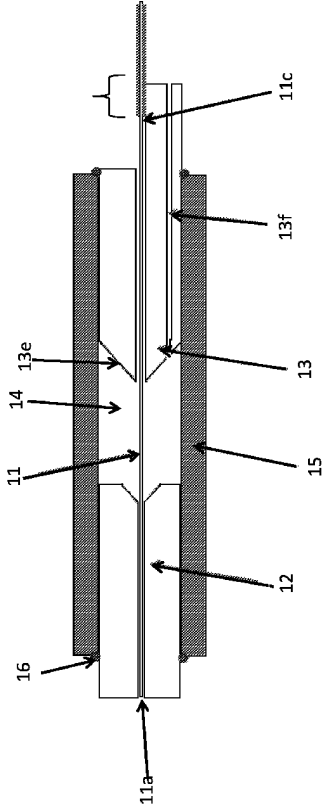
【図面】
【図 1】

Fig. 1



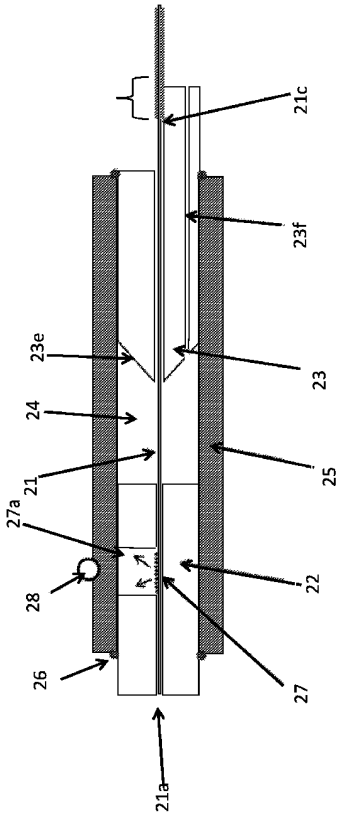
【図 2】

Fig. 2



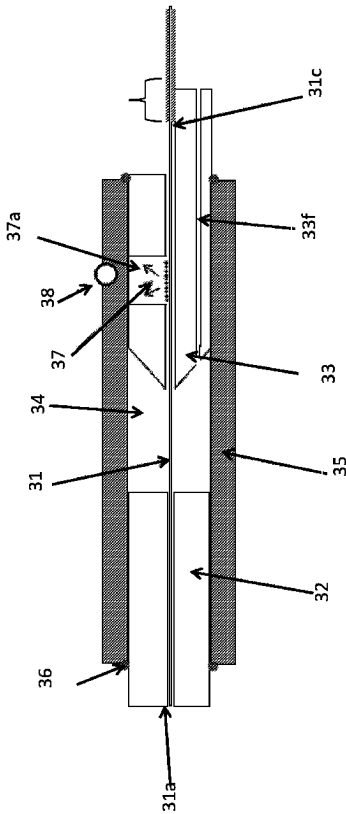
【図 3】

Fig. 3



【図 4】

Fig. 4



10

20

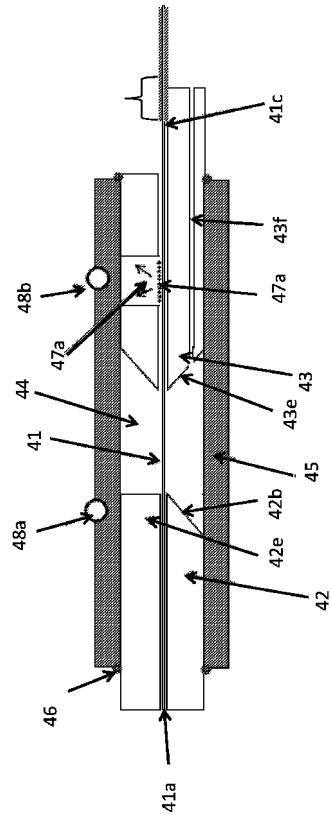
30

40

50

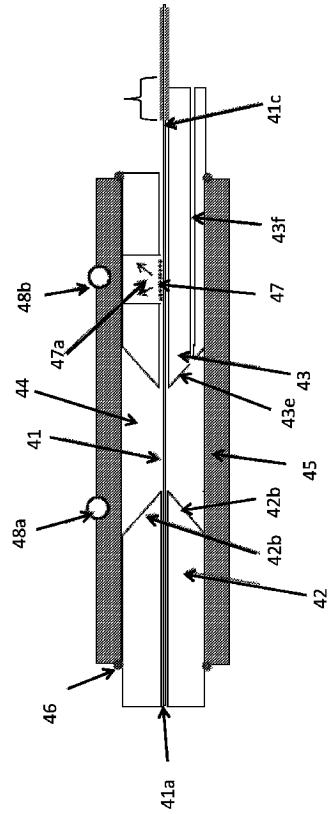
【 図 5 】

Fig. 5



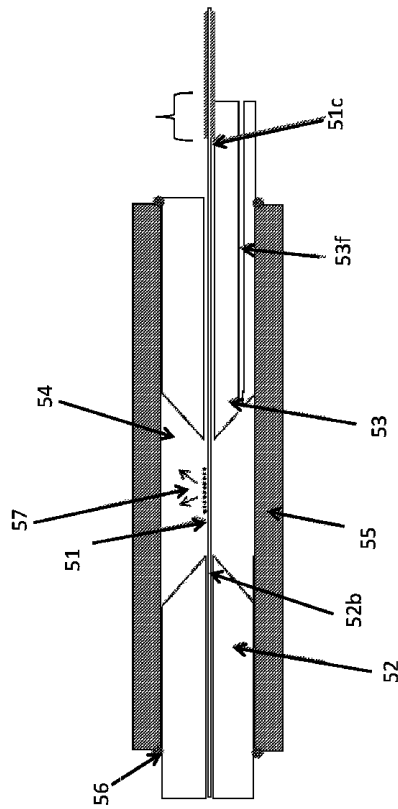
【 図 6 】

Fig. 6



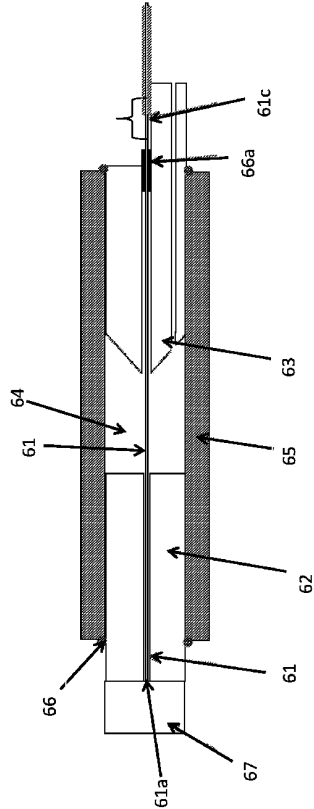
【 図 7 】

Fig. 7



【 図 8 】

Fig. 8



10

20

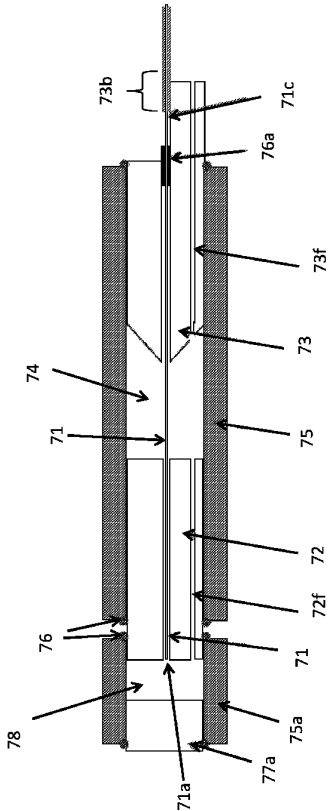
30

40

50

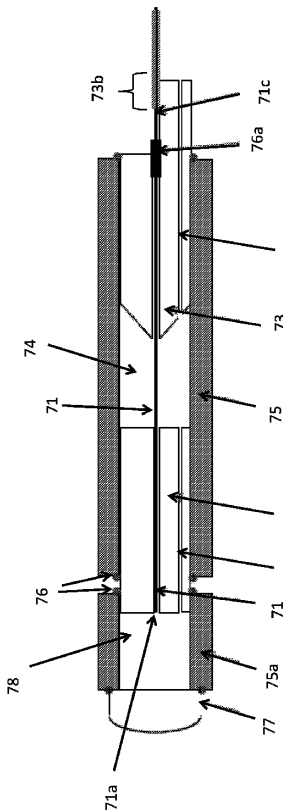
【図 9】

Fig. 9



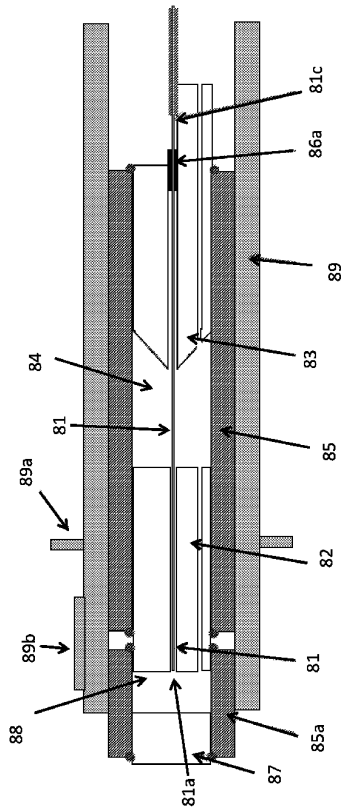
【図 9 a】

Fig. 9a



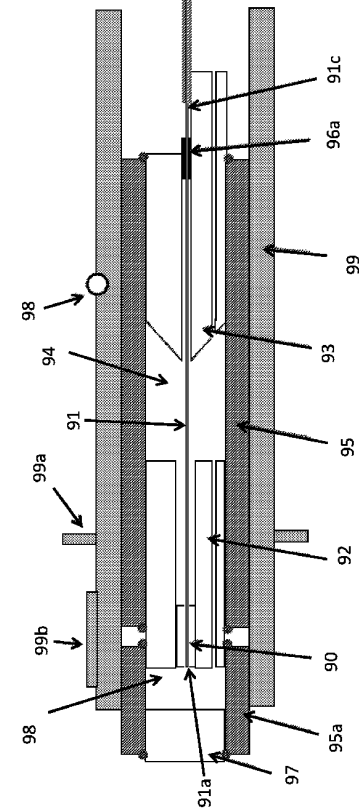
【図 10】

Fig. 10



【図 11】

Fig. 11



10

20

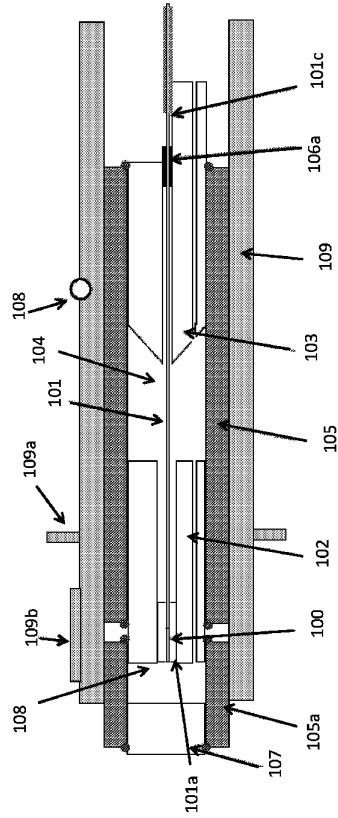
30

40

50

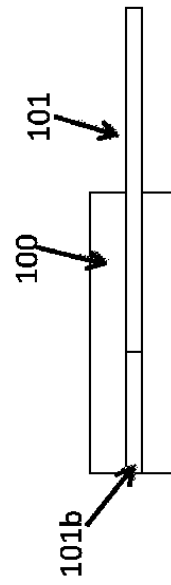
【 図 1 2 】

Fig. 12



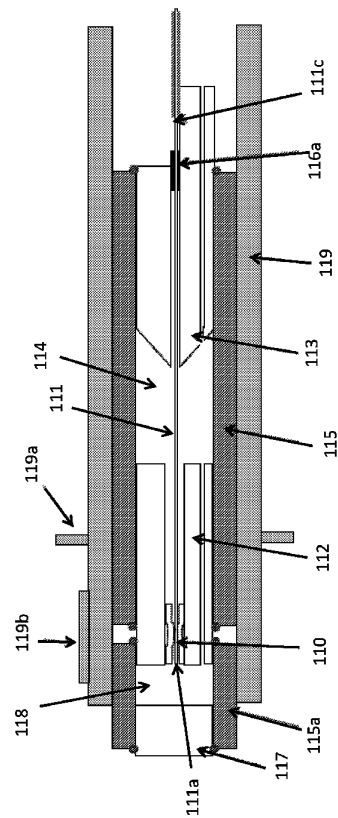
【 図 1 2 b 】

Fig. 12b



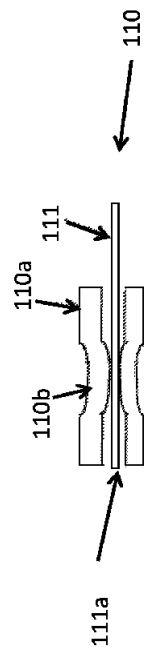
【 図 1 3 】

Fig. 13



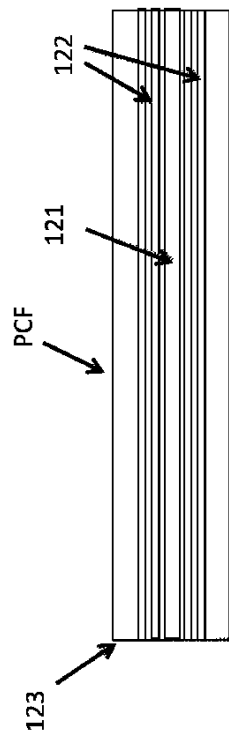
【 図 1 3 b 】

Fig. 13b



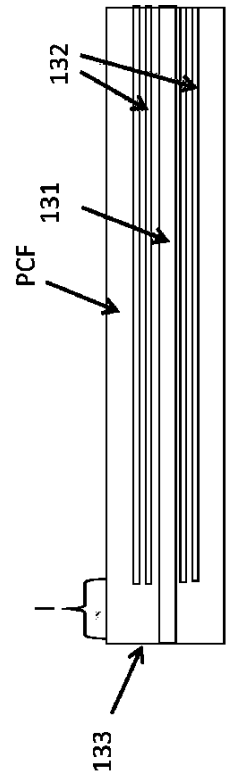
【図 1 4 a】

Fig. 14a



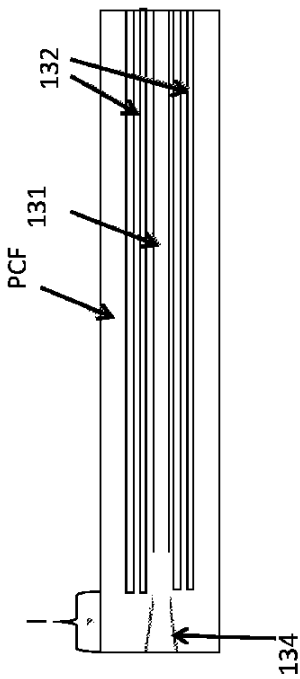
【図 1 4 b】

Fig. 14b



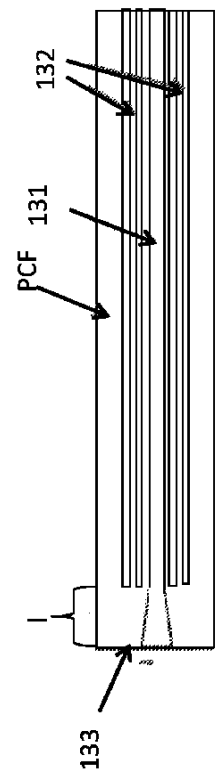
【図 1 4 c】

Fig. 14c



【図 1 4 d】

Fig. 14d



10

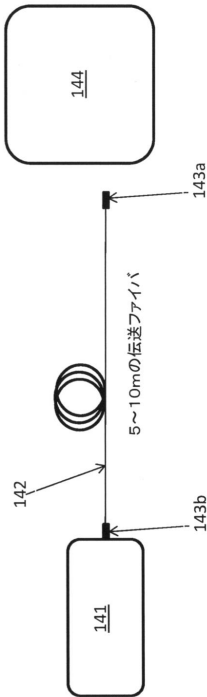
20

30

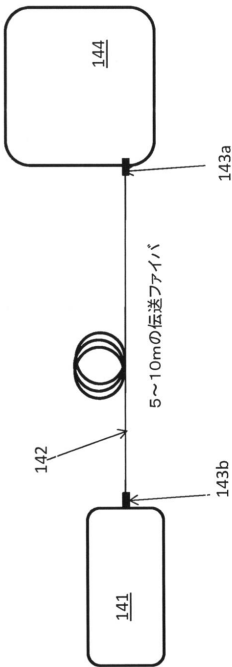
40

50

【図 15】



【図 16】



【図 17 a】

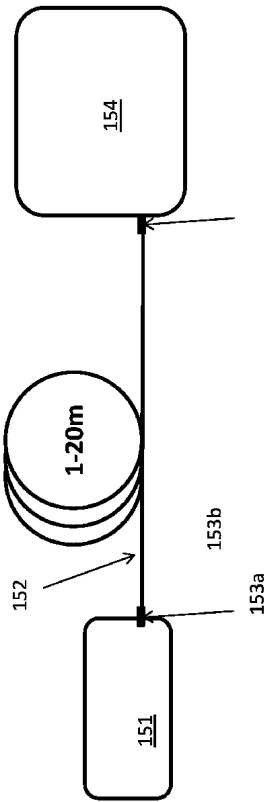


Fig. 17a

【図 17 b】

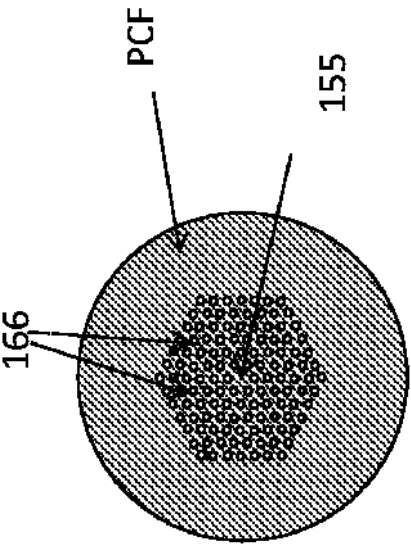


Fig. 17b

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 S 3/10 (2006.01)

G 0 2 B

6/02

4 1 1

G 0 2 F 1/365(2006.01)

H 0 1 S

3/067

H 0 1 S

3/00

A

H 0 1 S

3/00

B

H 0 1 S

3/10

Z

G 0 2 F

1/365

(72)発明者 リンサー、イェンス クリスチャン

デンマーク国 DK - 3 1 0 0 ホアンベク ペー ビョルンス バイ 5

(72)発明者 ヤコブセン、クリスチャン

デンマーク国 DK - 2 8 3 0 ビールム ビールムゲーズ 3 7 アー

(72)発明者 マク、マーティン ディベンダール

デンマーク国 DK - 2 8 0 0 リュンビュー エス・ウィルムセンスバイ 9

(72)発明者 ミキエレット、マッティア

デンマーク国 DK - 2 4 0 0 コペンハーゲン エンベ グロスブアベバイ 5 7 エステ .

(72)発明者 パピオア、シゼル ルブナー

デンマーク国 DK - 2 8 0 0 リュンビュー モーセバイ 6 エステ .

審査官 林 祥恵

(56)参考文献

特開 2 0 0 1 - 1 6 6 1 7 6 (J P , A)

特開 2 0 0 6 - 0 3 9 1 4 7 (J P , A)

中国実用新案第 2 0 1 8 4 5 1 1 0 (C N , U)

特開平 0 7 - 0 9 2 3 5 5 (J P , A)

米国特許第 0 8 8 5 4 7 2 8 (U S , B 1)

特開 2 0 0 3 - 1 0 7 2 9 4 (J P , A)

特開 2 0 0 3 - 2 7 9 7 5 8 (J P , A)

特開 2 0 0 0 - 1 8 0 6 6 0 (J P , A)

特開 2 0 0 1 - 3 1 8 2 4 4 (J P , A)

特開 2 0 0 3 - 1 0 7 2 8 1 (J P , A)

中国特許出願公開第 1 0 3 8 2 3 2 7 7 (C N , A)

米国特許第 0 5 9 6 0 1 3 9 (U S , A)

特開 2 0 0 6 - 2 7 6 8 8 2 (J P , A)

米国特許第 0 8 3 9 3 8 0 4 (U S , B 2)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

G 0 2 B 6 / 3 6 - 6 / 4 0

G 0 2 B 6 / 2 6 - 6 / 2 7

G 0 2 B 6 / 3 0 - 6 / 3 4

G 0 2 B 6 / 4 2 - 6 / 4 3

G 0 2 B 6 / 0 2 - 6 / 0 3 6

G 0 2 B 6 / 2 6 - 6 / 2 7

G 0 2 B 6 / 1 0

G 0 2 B 6 / 4 4

H 0 1 S 3 / 0 0

H 0 2 S 3 / 0 6 7

H 0 1 S 3 / 1 0

G 0 2 F 1 / 3 6 5