

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6823091号
(P6823091)

(45) 発行日 令和3年1月27日(2021.1.27)

(24) 登録日 令和3年1月12日(2021.1.12)

| | |
|--------------|--------------------------|
| (51) Int.Cl. | F 1 |
| G02B 17/08 | (2006.01) GO2B 17/08 |
| G02B 13/18 | (2006.01) GO2B 13/18 |
| G02B 23/26 | (2006.01) GO2B 23/26 |
| G02B 23/24 | (2006.01) GO2B 23/24 |

請求項の数 26 外国語出願 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2019-10042 (P2019-10042)
 (22) 出願日 平成31年1月24日 (2019.1.24)
 (65) 公開番号 特開2019-164331 (P2019-164331A)
 (43) 公開日 令和1年9月26日 (2019.9.26)
 審査請求日 令和2年1月9日 (2020.1.9)
 (31) 優先権主張番号 15/879,306
 (32) 優先日 平成30年1月24日 (2018.1.24)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

早期審査対象出願

前置審査

(73) 特許権者 596130705
キヤノン ユーエスエイ, インコーポレイテッド
CANON U. S. A., INC
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 117
47, メルビル, ワン キヤノン パーク
(74) 代理人 100090273
弁理士 國分 孝悦
(72) 発明者 エルマアナオウイ バドル
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92
618-3731, アーバイン, アルトン パークウェイ 15975 キヤノン ユーエスエイ, インコーポレイテッド内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】非点収差補正のための反射構成要素を有する光学プローブ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1の導光構成要素と、
 第2の導光構成要素と、
 レンズと、
 前記レンズに面した反射表面を有する光学補正構成要素と、
 前記レンズの少なくとも一部分、および前記光学補正構成要素の少なくとも一部分を囲むプロテクタと、
 前記レンズの少なくとも一部、前記プロテクタの少なくとも一部、および前記光学補正構成要素の少なくとも一部が配置されるシースと、
 を備えており、

前記シースは、非点収差を引き起こし、

前記反射表面は、2つの直交軸のうちの第1の軸上に屈折力を有しており、前記第1の軸上の前記屈折力は、前記非点収差を補償し、

前記反射表面は、前記2つの直交軸のうちの第2の軸上に無視できるほど小さい屈折力を有しており、

前記反射表面は、前記レンズからの光を反射し、前記反射された光を、前記シースを通りように方向変更するように構成されており、

前記光学補正構成要素は、前記レンズに直接接触しておらず、

前記光学補正構成要素は、前記プロテクタのためのプラグとして作用し、または、前記

プロテクタの端面における開口のためのプラグとして作用する、デバイス。

【請求項 2】

前記レンズは、屈折率分布型レンズ、G I ファイバレンズ、ボールレンズ、およびハーフボールレンズのうちの 1 つである、請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 3】

前記シースは、前記第 1 の導光構成要素の少なくとも一部、および前記第 2 の導光構成要素の少なくとも一部をさらに含む、請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 4】

前記光学補正構成要素の外径は、前記プロテクタの内径に等しい、またはほぼ等しい、
および、
10

前記光学補正構成要素の外径は、前記プロテクタの内径に等しい、またはほぼ等しいため、前記光学補正構成要素は、前記プロテクタまたは前記プロテクタの前記開口のための
プラグとして作用し、または、前記プロテクタの一部のためのキャップとして作用する、
ことのうちの 1 つまたは複数である、請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 5】

前記レンズの外径は、前記プロテクタの内径に等しい、またはほぼ等しい、請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 6】

前記プロテクタは、窓を有しており、

前記光学補正構成要素および前記窓は、前記反射された光が前記窓を通って進むように配置されている、請求項 1 に記載のデバイス。
20

【請求項 7】

前記シースは、前記第 1 の軸において負の屈折力を有している、請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 8】

前記第 1 の軸上の前記光学補正構成要素の前記屈折力は、正の屈折力である、請求項 7 に記載のデバイス。

【請求項 9】

前記シースは、前記第 2 の軸において負の屈折力を有している、請求項 1 に記載のデバイス。
30

【請求項 10】

前記第 1 の軸上の前記光学補正構成要素の前記屈折力は、負の屈折力である、請求項 9 に記載のデバイス。

【請求項 11】

前記シースは、前記レンズの少なくとも一部、前記プロテクタの少なくとも一部、および前記光学補正構成要素の少なくとも一部を生体内で覆って保護するように動作する、請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 12】

前記光学補正構成要素は、前記第 1 の軸上の前記屈折力を正の屈折力にする円筒状の湾曲部を含む、
40

前記シースの内側面および外側面は、前記デバイスの矢状方向において湾曲している、

前記シースの内側面および外側面は、前記デバイスの接線方向においてほぼ平坦である、

前記外側面の曲率半径が前記内側面の曲率半径よりも大きいため、前記外側面の屈折力は、前記内側面の屈折力ほど強くない、

および、

前記反射表面は、(i) 前記第 1 の軸上の負の屈折力および前記第 2 の軸上の正の屈折力、または、(ii) 前記第 1 の軸上の正の屈折力および前記第 2 の軸上の負の屈折力、を有する、

ことのうちの 1 つまたは複数である、請求項 1 に記載のデバイス。
50

【請求項 1 3】

導光構成要素と、

光学集束構成要素と、

前記光学集束構成要素に面した反射表面を有する光学補正構成要素であって、前記反射表面が、第1の軸上の屈折力を有しており、前記光学集束構成要素からの光を反射し、前記反射された光を方向変更するように構成されている、光学補正構成要素と、

前記光学集束構成要素の少なくとも一部分、および前記光学補正構成要素の少なくとも一部分を囲むプロテクタと、

前記光学集束構成要素の少なくとも一部、前記プロテクタの少なくとも一部、および前記光学補正構成要素の少なくとも一部が配置されるシースと、

を備え、

前記光学補正構成要素は、前記プロテクタのためのプラグとして作用し、または、前記プロテクタの端面における開口のためのプラグとして作用する、デバイス。

【請求項 1 4】

前記屈折力は、正の屈折力である、請求項 1 3 に記載のデバイス。

【請求項 1 5】

前記屈折力は、負の屈折力である、請求項 1 3 に記載のデバイス。

【請求項 1 6】

前記反射表面は、前記第1の軸に直交する第2の軸上で、無視できるほど小さい屈折力を有する、請求項 1 3 に記載のデバイス。

【請求項 1 7】

前記光学補正構成要素は、前記光学集束構成要素に接触していない、請求項 1 3 に記載のデバイス。

【請求項 1 8】

第1の導光構成要素と、

第2の導光構成要素と、

レンズと、

前記レンズの少なくとも一部分を囲み、窓を含んでいるプロテクタと、

前記レンズに面した反射表面を有する光学補正構成要素と、
を備え、

前記反射表面は、屈折力を有しており、前記レンズからの光を反射し、前記反射された光を、前記プロテクタの前記窓を通るように方向変更するように構成されており、

前記光学補正構成要素は、前記プロテクタのためのプラグとして作用し、または、前記プロテクタの端面における開口のためのプラグとして作用する、

デバイス。

【請求項 1 9】

前記光学補正構成要素は、半球形状を有する遠位端部を含んでいる、請求項 1 8 に記載のデバイス。

【請求項 2 0】

前記半球形状の直径は、前記プロテクタの外径に整合している、請求項 1 9 に記載のデバイス。

【請求項 2 1】

前記屈折力は、正の屈折力である、請求項 1 8 に記載のデバイス。

【請求項 2 2】

前記屈折力は、負の屈折力である、請求項 1 8 に記載のデバイス。

【請求項 2 3】

前記第1の導光構成要素、前記第2の導光構成要素、前記レンズ、および前記光学補正構成要素は、第1の光ビームを光コヒーレンストモグラフィのために伝送するように構成され、第2の光ビームを蛍光撮像のために伝送するように構成されている、請求項 1 8 に記載のデバイス。

10

20

30

40

50

【請求項 2 4】

前記光学補正構成要素は、光コヒーレンストモグラフィ撮像用の光の波長の非点収差を補正する、請求項 1 8 に記載のデバイス。

【請求項 2 5】

前記光学補正構成要素は、蛍光励起用の光の波長の非点収差を補正する、請求項 1 8 に記載のデバイス。

【請求項 2 6】

光コヒーレンストモグラフィ撮像用の光の波長の平均焦点距離が、蛍光励起用の光の波長の平均焦点距離の 2 mm 以内にあるように、前記光学補正構成要素は、前記光コヒーレンストモグラフィ撮像用の光の波長の非点収差を補正し、前記光学補正構成要素は、前記蛍光励起用の光の波長の非点収差を補正する、請求項 1 8 に記載のデバイス。10

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0 0 0 1】**

本出願は、全体的に光学プローブに関する。

【背景技術】**【0 0 0 2】**

光学撮像カテーテルまたは内視鏡光学系は、通常壊れやすく、したがって多くの場合シースによって保護される。シースの形状によって光学系に非点収差が生成される。非点収差によって、2つの直交方向の光ビームの焦点が、異なる距離で異なるビームサイズで収束する、または一方では発散し、別方向では収束するようになる。この非点収差によって、光学系の画像品質が低下する。20

【発明の概要】**【課題を解決するための手段】****【0 0 0 3】**

デバイスのいくつかの実施形態は、第 1 の導光構成要素 (light-guiding component) と、第 2 の導光構成要素と、レンズと、レンズに面した反射表面を有する光学補正構成要素 (optical-correction component) と、シースとを備えている。また、シースは、非点収差 (astigmatism) を引き起こし、反射表面は、2つの直交軸のうちの第 1 の軸上に屈折力 (optical power) を有しており、第 1 の軸上の屈折力は、非点収差を補償し、反射表面は、2つの直交軸のうちの第 2 の軸上に無視できるほど小さい屈折力を有しており、反射表面は、レンズからの光を反射し、反射された光を、シースを通るように方向変更するように構成されており、光学補正構成要素は、レンズに直接接触しない。30

【0 0 0 4】

デバイスのいくつかの実施形態は、第 1 の導光構成要素と、第 2 の導光構成要素と、光学集束構成要素 (optical-focusing component) と、光学集束構成要素に面した反射表面を有する光学補正構成要素とを備えている。また、反射表面は屈折力を有しており、光学集束構成要素からの光を反射し、反射された光を方向変更するように構成されている。40

【0 0 0 5】

デバイスのいくつかの実施形態は、第 1 の導光構成要素と、第 2 の導光構成要素と、レンズと、レンズの少なくとも一部分を囲み、窓を含んでいるプロテクタと、レンズに面した反射表面を有する光学補正構成要素とを備えている。また、反射表面は屈折力を有しており、レンズからの光を反射し、反射された光を、プロテクタの窓を通るように方向変更するように構成されている。

【図面の簡単な説明】**【0 0 0 6】**

【図 1】図 1 は、光コヒーレンストモグラフィ (OCT) システムの例示的な実施形態を示す図である。

10

20

30

40

50

【図2】図2は、光学プローブ、駆動ケーブル、およびシースを含む光学撮像デバイスの例示的な実施形態の部分切欠図である。

【図3】図3Aは、光学プローブ、駆動ケーブル、およびシースを含む光学撮像デバイスの例示的な実施形態の部分切欠図である。図3Bは、光学プローブの例示的な実施形態を示す図である。図3Cは、非点収差補正およびビーム操作構成要素（ACBS）の反射表面の例示的な実施形態を示す図である。

【図4】図4は、光学プローブ、駆動ケーブル、およびシースを含む光学撮像デバイスの例示的な実施形態の部分切欠図である。

【図5】図5Aおよび図5Bは、2つの直交平面における光ビームの集束を示す概念図である。

10

【図6】図6Aおよび図6Bは、2つの直交平面における光ビームの集束を示す概念図である。

【図7】図7は、光学プローブの例示的な実施形態を示す図である。

【図8】図8Aは、光学プローブの例示的な実施形態を示す図である。図8Bは、ACBSの反射表面の例示的な実施形態を示す図である。

【図9】図9は、光学プローブの例示的な実施形態を示す図である。

【図10】図10A～図10Gは、光学プローブの例示的な実施形態を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

以下のパラグラフでは、説明のための特定の実施形態を記述している。他の実施形態は、代替形態、等価形態、および修正形態を含んでもよい。加えて、説明のための実施形態は、いくつかの新規の特徴を含んでいてもよく、特定の特徴は、本明細書に記述されているデバイス、システム、および方法のうちのいくつかの実施形態には必須でなくてもよい。

20

【0008】

いくつかの光学撮像デバイス（例えば内視鏡）は、人間の患者などの被検体の内側から画像をキャプチャするように構成される。これらの光学撮像デバイスは、光学プローブを含んでいてもよく、光学プローブは、遠位端部にレンズとミラーの両方を含んでいてもよい。また、光学プローブを対象（例えば器官、組織）にナビゲートする、光を対象に送達する、および対象によって反射された光を検出するために、光学プローブ内の1つまたは複数の光ファイバを使用することができる。さらに、光学撮像デバイスは、光学プローブを囲むシースを含んでいてもよい。

30

【0009】

例えば、光コヒーレンストモグラフィ（OCT）用に構成された光学プローブは、対象（例えば器官）の表面内の血管の深度分解画像（depth-resolved image）をキャプチャすることができる。光学プローブからの光ビームが表面を横切るように回転すると、光学プローブは、表面内の血管の断面画像を得ることができる。3次元データを得るために、光学プローブを、ヘリカル走査パターンからの画像を得るための回転中に、長手方向に並進させることができる。このヘリカル走査は、光学プローブが回転している間に光学プローブの先端を近位端部に向けて後ろに引くことによって、または光学プローブが回転している間に光学プローブの先端を遠位端部に向けて押すことによって、実行することができる。

40

【0010】

シースは、光ビームがシースを通って進むことができるよう、透明、またはほぼ透明であってもよい。シースは屈折力を有するが、シースの屈折力は、シースの内側の媒体と外側の媒体が同じである（例えば、シースの内側の媒体と外側の媒体が両方とも空気である、シースの内側の媒体と外側の媒体が両方とも同じ造影剤である）場合には、それほど強くない。しかし、媒体が異なる場合には、シースはより強い屈折力を有する。例えば、シースの内側の媒体が空気であり、シースの外側の媒体が造影剤である場合、シースは矢状方向において負の屈折力を有するであろう。加えて、シースの直径が小さいほど、シ-

50

スの屈折力は強くなり、シースにより引き起こされる非点収差が大きくなる。

【0011】

図1は、OCTシステムの例示的な実施形態を示している。OCTシステム10は、光源11、参照アーム(reference arm)12、試料アーム13、ビームスプリッタ14、および1つまたは複数の検出器17を含んでいる。光源11は光を放射し、光源11は、例えば短いコヒーレンス長を有する広帯域光源、スーパールミネッセント発光ダイオード(LED)、調節可能光源、または白色光源とすることができます。ビームスプリッタ14は、光をスプリットし、一部の光を参照アーム12に導き、一部の光を試料アーム13に導く。また、OCTシステム10のいくつかの実施形態は、1つまたは複数のサーチュレータを使用して光をスプリットし、1つまたは複数のビームカプラを使用して光を再結合する。
10

【0012】

試料アーム13は、患者インターフェイスユニット15と、光学撮像デバイス19とを含んでいる。光学撮像デバイス19は、光学プローブ100を含んでおり、光学プローブ100は、光ビームを試料16に導き、試料16から反射した、または試料16によって散乱された光を検出する。次いで、光学プローブ100は、この検出された光を、ビームスプリッタ14に送信して戻す。

【0013】

参照アーム12は、光学遅延ライン(optical delay line)18を含んでいる。光学遅延ライン18は、ミラーを含んでおり、光学遅延ライン18を通って進む光は、ミラーに反射し、次いでビームスプリッタ14に進んで戻る。
20

【0014】

試料アーム13および参照アーム12からのビームは、ビームスプリッタ14によって再結合され、それにより干渉パターンを有する再結合されたビームが生成される。再結合されたビームは、1つまたは複数の検出器17(例えばフォトダイオード、光電子増倍管、線形CCDアレイ、画像センサ、CCDアレイ、CMOSアレイ)によって検出される。
。

【0015】

図2は、光学プローブ200、駆動ケーブル220、プロテクタ204、およびシース230を含む光学撮像デバイス29(例えば光学撮像カテーテル、内視鏡)の例示的な実施形態の部分切欠図を示している。光学プローブ200は、導波路である第1の導光構成要素201(例えばシングルモード光ファイバ、マルチモード光ファイバ、ダブルクラッド光ファイバ)と、同じく導波路である第2の導光構成要素202(例えばガラスロッド、ガラススペーサ、ラージコアマルチモードファイバ)と、光学集束構成要素203(例えば、屈折率分布型(GRIN)レンズ、ポールレンズ、ハーフポールレンズ、グレーデッドインデックス(GI)ファイバ)と、光反射構成要素204(例えばプリズム)とを含んでいる。また、シース230は、プロテクタ204を含んでおり、プロテクタ204は、光学プローブ200の一部分を囲み、シース230の内側の媒体である内側媒体212(例えば、空気、造影剤)を含んでいる。シース230は、シース230の外側の媒体である外側媒体211(例えば、空気、造影剤)によって囲まれている。シース230は、ほぼ透明であってもよく、または、透明もしくはほぼ透明な窓を含んでいてもよい。さらに、シース230は、第1の軸(図2のx軸)に沿って負の屈折力を導入し、第2の軸(図2のy軸)に沿ってほとんど屈折力を導入しなくてもよい。
30
40

【0016】

駆動ケーブル220、プロテクタ204、および光学プローブ200は、互いに固定されており、光学プローブ200は、シース230の内側で自由にスピンすることができます。光学プローブ200に取り付けられた遠位端部をスピンさせるために、駆動ケーブル220は、その近位端部からその遠位端部にトルクを伝達する。光学プローブ200をスピンさせることによって、光学プローブは、360°の視像をキャプチャすることが可能になる。
50

【0017】

補正がなければ、光学撮像デバイス29は、シース230によって引き起こされる非点収差を受ける恐れがある。シースの内側面および外側面は、接線方向においてほぼ平坦であり、したがって、光学撮像デバイス29の屈折力にほとんど影響を及ぼさない。シースの内側表面および外側表面は、矢状方向において湾曲している。空気が内側媒体212である場合、内側表面は負の屈折力を有するが、これは、光が空気から、シース230の凹状内側表面に向かって進むからである。空気が外側媒体211である場合、外側表面は正の屈折力を有するが、これは、光が、シース230の凹状外側表面から、空気に向かって進むからである。しかし、外側表面の曲率半径は内側表面の曲率半径よりも大きいことから、外側表面の屈折力は、内側表面の屈折力ほど強くない。またシースの材料は、典型的には1.3～1.6の範囲の屈折率(IOR)を有しており、それにより、外側媒体211が造影剤であって空気ではない場合に、外側シースの屈折力が弱くなる、またはわずかに負になる。一部の造影剤は、1.43～1.47の範囲のIORを有する。

【0018】

図3Aは、光学プローブ300、駆動ケーブル320、およびシース330を含む光学撮像デバイス39の例示的な実施形態の部分切欠図を示している。光学プローブ300は、第1の導光構成要素301(例えば光ファイバ)と、第2の導光構成要素302(例えばガラスロッドスペーサ)と、光学集束構成要素303(例えばレンズ)と、プロテクタ304と、非点収差補正およびビーム操作構成要素(astigmatism-correction and beam-steering component)(ACBS)306とを含んでいる。

【0019】

第1の導光構成要素301および第2の導光構成要素302は、1つまたは複数の光ビームを光学プローブ300の遠位先端に送達するように構成される。第1の導光構成要素301は、例えばダブルクラッドファイバ、マルチモードファイバ、偏光保持ファイバ、またはシングルモードファイバとすることができます。第2の導光構成要素302は、例えばガラスロッド、ラージコアファイバ、または、光ビームの開口数(NA)を光学集束構成要素303のエントランスに合わせて調整するために使用することができる別のスペーサとすることができます。異なる長さのガラスロッドスペーサを使用することによって、開口数(NA)を調整することができます。また、いくつかの実施形態では、ガラスロッドスペーサの光学特性は調整可能であり、それによりNAを調整することもできる。またいくつかの実施形態では、第2の導光構成要素302の端面は、第1の導光構成要素301の端面に融着接続される。また、図3Aのy軸は、第1の導光構成要素301または第2の導光構成要素302の長手方向軸と位置合わせされている。しかし一部の記述では、x、y、およびz軸の配向は、右手の法則によって決定され、その場合には、z軸が光伝播の軸である。したがって、z軸が光伝播の軸であった場合、図3Aのz軸が、第1の導光構成要素301または第2の導光構成要素302の長手方向軸と位置合わせされることになる。

【0020】

この実施形態では、光学集束構成要素303は、直交軸に沿って等しく、またはほぼ等しく光ビームを集束させるボールレンズである。したがって、ボールレンズの屈折力は、第1の軸と第2の軸について等しくてもよく、またはほぼ等しくてもよい。また、光学集束構成要素303は、第2の導光構成要素302に取り付けられてもよく、または例えば加熱プロセスによって、第2の導光構成要素302の端面から形成されてもよい。

【0021】

クリアな、またはほぼクリアなシース330(もしくはシース330の窓)は、第1の軸(例えば図3Aのx軸)に沿って、負の屈折力を導入してもよく、第2の軸(例えば図3Aのy軸)に沿って、ほとんど屈折力を導入しなくてもよい。

【0022】

ACBS306は、ミラー仕上げの表面である反射表面306aを有している。反射表

10

20

30

40

50

面 3 0 6 a は、シース 3 3 0 の屈折力を補償するための屈折力（例えば、第 1 の軸上の負の屈折力、第 2 の軸上の正の屈折力）も導入する。例えば、いくつかの実施形態では、A C B S 3 0 6 の反射表面 3 0 6 a は、第 1 の軸（例えば図 3 A の x 軸）上で正の屈折力を有し、その正の屈折力は、第 1 の軸上のシースの負の屈折力の効果に反作用し、A C B S 3 0 6 は、第 1 の軸上に正の屈折力を導入する円筒状の湾曲部を有していてもよい。また、光学集束構成要素 3 0 3 は、第 1 の軸上と第 2 の軸上とで等しい屈折力を有するように設計されてもよく、その等しい屈折力は、所望の合計屈折力と同じ、またはほぼ同じであつてもよい。

【 0 0 2 3 】

例えれば、いくつかの実施形態では、光学集束構成要素 3 0 3 は、 $P_x = P_y = P_{Desired}$ （ここで P_x は x 軸上の屈折力、 P_y は y 軸上の屈折力、および $P_{Desired}$ は所望の屈折力である）によって記述することができ、A C B S 3 0 6 は、 $P_x =$ 正の P （ここで P は屈折力）、および $P_y = 0$ によって記述することができ、シース 3 3 0 は、 $P_x =$ 負の P 、および $P_y = 0$ によって記述することができる。この表記は、（例えれば図 5 A ~ 図 5 B、および図 6 A ~ 図 6 B に示されているように）A C B S 3 0 6 からの反射の前と後の両方で光伝播の軸が z 軸であることを仮定しており、それにより、A C B S 3 0 6 の反射によって引き起こされる図 3 A の軸の変化を記述する必要がなくなることに留意すべきである。

【 0 0 2 4 】

加えて、いくつかの実施形態では、A C B S 3 0 6 は、第 2 の軸（例えば図 3 A の y 軸）上で負の屈折力を導入する円筒状の湾曲部を有し、その負の屈折力は、第 1 の軸（例えば図 3 A の x 軸）上のシースの負の屈折力の効果に整合する。光学集束構成要素 3 0 3 は、第 1 の軸上と第 2 の軸上とで等しい屈折力であって、A C B S 3 0 6 およびシース 3 3 0 から導入された負の屈折力を有する合計屈折力が、所望の屈折力になるように、所望の屈折力よりも大きい屈折力を有してもよい。

【 0 0 2 5 】

例えれば、いくつかの実施形態では、光学集束構成要素 3 0 3 は、 $P_x = P_y > P_{Desired}$ によって記述することができ、A C B S 3 0 6 は、 $P_x = 0$ 、および $P_y =$ 負の P によって記述することができ、シース 3 3 0 は、 $P_x =$ 負の P 、および $P_y = 0$ によって記述することができる。この場合も、この表記は、（例えれば図 5 A ~ 図 5 B、および図 6 A ~ 図 6 B に示されているように）A C B S 3 0 6 からの反射の前と後の両方で光伝播の軸が z 軸であることを仮定しており、それにより、A C B S 3 0 6 の反射によって引き起こされる図 3 A の軸の変化を記述する必要がなくなることに留意すべきである。

【 0 0 2 6 】

また、光学撮像デバイス 3 9 の構成要素は、特定の環境に適合するように選択することができる。光学撮像デバイス 3 9 のいくつかの実施形態は、特に空気環境で使用されるように構成され、光学撮像デバイス 3 9 のいくつかの実施形態は、特に液体環境用に構成される。液体環境を構成する液体は、例えば生理食塩水、デキストラン、水、または液体の組合せとすることができます。光学集束構成要素 3 0 3、A C B S 3 0 6、およびシース 3 3 0 は、光学撮像デバイス 3 9 が使用されることになる環境の屈折率に応じて、選択されてもよい。

【 0 0 2 7 】

さらに、光学プローブ 3 0 0 のいくつかの実施形態は、2 つ以上の波長の光ビームを伝送および放射するように構成される。例えば、マルチモードの光コヒーレンストモグラフィ用に構成されたいいくつかの実施形態は、O C T に適した波長を有する 1 つのビームを放射し、蛍光撮像に適した波長を有する別のビームを放射する。光学プローブ 3 0 0 の部材のサイズ、および光学プローブ 3 0 0 の部材の配置は、所望のビーム幅および所望の作動距離を作り出すように構成されてもよい。

【 0 0 2 8 】

光学プローブ 3 0 0 のいくつかの実施形態は、 $1.31 \mu m$ の波長を有する光を用いた O C T 撮像と、 $0.633 \mu m$ の波長を有する光を用いた蛍光マッピングとを同時に行う

10

20

30

40

50

マルチモダリティシステム用に構成される。撮像の仕様によっては、構造的情報を提供することができるOCT波長を、設計された最適作動距離に集束させて横方向分解能を提供し、その一方で、OCT撮像の最適作動距離からわずかにずらして蛍光波長を集束させ、それにより、蛍光波長が、OCT撮像の最適作動距離において低い横方向分解能を有する大きいビームサイズを持つことができるようになることが、不可欠であり得る。

【0029】

例えば冠状動脈において、対象である動脈の直径は、約2mm～4mmであることが多い。光学プローブ300が動脈の中心に位置付けられたと仮定すると、動脈の半径が作動距離に相当し、それは光学プローブ300の光学軸から1mm～2mmである。

【0030】

OCT波長と蛍光波長の両方は、血管を貫通し、したがっていくつかの実施形態では、焦点位置または作動距離は、1mm～3mmにおいて最適である。これらの作動距離の範囲内で、焦点は2つのモダリティ間で異なってもよい。光学プローブ300のいくつかの実施形態（例えば冠状動脈測定用）は、互いに2mm以内である焦点距離または作動距離を有する。例えばより大きい血管（例えば末梢動脈）に使用される実施形態など、いくつかの実施形態は、血管の直径および所望の作動距離に対応して、焦点距離または作動距離においてより大きい差を有している。

【0031】

焦点の最適化は、2つの波長の屈折率を使用し、最適化の問題を解決することによって、実現することができる。最適化の際、1つまたは複数の光学構成要素をスプリットする、またはスペーサを加えることによって、2つの波長の屈折率の異なる組合せとともに、別の材料を加えることが効率的であり得る。

【0032】

また、光学プローブ300のいくつかの実施形態は、OCTおよび蛍光撮像に加えて、またはその代わりに、近赤外分光法などの他のモダリティ用に構成される。

【0033】

図3Bは、光学プローブ300の例示的な実施形態を示している。光学プローブ300は、第1の導光構成要素301と、第2の導光構成要素302と、光学集束構成要素303と、ACBS306とを含んでいる。ACBS306は、反射表面306aを含んでいる。この実施形態では、反射表面306aは、第1の軸（図3Bのx軸）に沿って正の屈折力を導入する凹状、またはほぼ凹状の表面である。図3Cは、A-A線から見た反射表面306aを示している。図3Cに示されているように、反射表面306aは凹状、またはほぼ凹状である。

【0034】

図4は、光学プローブ400、駆動ケーブル420、およびシース430を含む光学撮像デバイス49の例示的な実施形態の部分切欠図を示している。光学プローブ400は、第1の導光構成要素401と、第2の導光構成要素402と、光学集束構成要素403と、プロテクタ404と、ACBS406とを含んでいる。駆動ケーブル420とプロテクタ404は、互いに取り付けられてもよい（例えば共に溶接されてもよい）。また、光学プローブ400は、例えば接着剤によって、駆動ケーブル420に取り付けられてもよい。また光学プローブ400の1つまたは複数の他の部材は、例えば接着剤によって、プロテクタ404に取り付けられてもよい。光学プローブ400は、シース430の内側で自由に回転することができる。

【0035】

この実施形態では、中心波長1.3μmを有する光ビームは、光源（例えば図1の光源101）から、光ファイバ（例えば、コーニングSMF28ULTRAファイバ）である第1の導光構成要素401を通って送達される。第1の導光構成要素401を出た後、光ビームは、溶融石英から作ることができるガラスロッドスペーサである第2の導光構成要素402を通って発散する。また第2の導光構成要素402は、第1の導光構成要素401の外径に整合した直径（例えば直径125μm）を有してもよい。加えて、いくつかの

10

20

30

40

50

実施形態では、第2の導光構成要素402のy軸に沿った長さは、約300μmである。

【0036】

光ビームが第2の導光構成要素402内で発散した後に、光ビームは、この実施形態ではボールレンズ(ボールレンズ403)である光学集束構成要素403によって、第1の軸と第2の軸の両方に沿って等しく、またはほぼ等しく収束される。いくつかの実施形態では、ボールレンズ403の直径は、約320μmである。また、いくつかの実施形態では、ボールレンズ403の出射アーチャは、後方反射を低減するために反射防止コーティングされている。

【0037】

次いで、収束光ビームは、この例では空気である内側媒体412を通って伝播し、ACBS406の反射表面406によって反射される。ACBS406は、異なる軸に沿つて異なる屈折力(P_x, P_y)を有してもよい。例えば、zが光伝播の軸であると仮定すると、反射表面406aが凹状円筒形状である実施形態(例えば図3C)などにおいて、 P_y はほぼゼロであってもよく、 P_x は正であってもよい。

10

【0038】

ボールレンズ403とACBS406との間の間隔は、シース430によって引き起こされる非点収差を十分に補償するように、1つの軸上で屈折力を調整および微調節するよう機能することができる。いくつかの実施形態では、間隔は50μm~350μmである。また、ACBS406の先端は、ACBS406とボールレンズ403との間の間隔を最小にするために削り取られていてもよい。

20

【0039】

光学プローブ400の長手方向軸に沿ったACBS構成要素406の長さは、製造および組立てを容易にするように選択されてもよい。いくつかの実施形態では、ACBS406の直径は、プロテクタ404の内径に整合する、または(公差範囲内で)ほぼ整合する。光学プローブ400の長手方向軸に対する反射表面406aの角度は、30°~60°の間であってもよい。いくつかの実施形態では、角度は53°~58°であり、それによりシース430からの後方反射を低減することができ、ビームをわずかに前方に向けることができる。

【0040】

光ビームが反射表面406aから反射した後、光ビームは、プロテクタ404の開口部(例えば、放射線不透過性の金属製プロテクタ404の穴405)を通過し、次いでシース430を通る。いくつかの実施形態では、シース430は、内径600μm、外径800μm、および屈折率1.50を有する。光学的には、シース430は、第1の軸(例えば図4のx軸)に沿って負の屈折力を有し、第1の軸に直交する第2の軸(例えば図4のy軸)に沿って、ゼロの屈折力を有する。

30

【0041】

シース430を通って進んだ後、光ビームは、この実施形態では造影剤である外側媒体411を通って進む。いくつかの実施形態では、造影剤は、屈折率1.45を有し、シース430の外側を囲んでいる。

【0042】

40

ボールレンズ403、ACBS406、およびシース430の組合せによって、光ビームを、x軸とy軸の両方にいて、所望の作動距離、例えばシースの外側表面から2.1mmに集束させることができ、その作動距離は、シース430の外径が800μmである場合には、光学プローブ400の中心に沿った長手方向軸から2.5mmにあるものもある。

【0043】

さらに、いくつかの実施形態では、ACBS406は、光ビームと同じ作動距離に収束させる無視できない屈折力を有する2つの軸を有する。したがって、ACBS406のいくつかの実施形態は、屈折力を無視することができない2つ以上の軸を有する。

【0044】

50

いくつかの実施形態では、対称な屈折力を有するボールレンズ 403 と、いかなる屈折力も有していない A C B S 406 とによって、第 2 の軸 (y 軸) に沿った方向のビームが、シース 430 の外側表面から約 2.1 mm の作動距離に集束される。しかし、A C B S 406 がシース 430 の非点収差を補償しないことから、第 1 の軸 (x 軸) に沿った方向のビームは、第 1 の軸に沿ったシース 430 の負の屈折力によって、シース 430 の外側表面から約 4.2 mm の作動距離に集束することがある。したがってシース 430 からの非点収差によって、ビームは、y 軸上の作動距離 (2.1 mm) ではない作動距離 (4.2 mm) において、x 軸方向に集束される。

【0045】

図 5 A および図 5 B は、2 つの直交平面における光ビームの集束を示す概念図である。
図 5 A および図 5 B は、光学系のうちの 3 つの部材、すなわち光学集束構成要素 503、
A C B S 506、およびシース 530 だけを示している簡略図である。図 5 A は、x - z
平面における 3 つの部材を示しており、図 5 B は、y - z 平面における 3 つの部材を示し
ている。図 5 A ~ 図 5 B に示されているように、x 軸上のシース 530 の屈折力は、y 軸
上のシース 530 の屈折力とは異なっている。また、x 軸上の A C B S 506 の屈折力は
、y 軸上の A C B S 506 の屈折力とは異なっている。この例では、x 軸上の A C B S の
屈折力はゼロ、またはほぼゼロであり、y 軸上の A C B S の屈折力は負である。A C B S
506 の屈折力は、x - z 平面の作動距離が、y - z 平面の作動距離と同じ、またはほぼ
同じ（すなわち公差範囲内）になるように、シース 530 の屈折力を補償する。

【0046】

光学系は、作動距離 (W) に光を集めさせる。3 つの部材の組み合わされた屈折力は、
式 (1) および式 (2) によって記述することができる。

$$\begin{aligned} P_{y'} &= P_{BLy} + P_{ACBSy} - P_{BLy} P_{ACBSy} L_1, \text{ および} \\ P_y &= P_{y'} + P_{sheathy} - P_{y'} P_{sheathy} L_2; \quad (1) \\ P_{x'} &= P_{BLx} + P_{ACBSx} - P_{BLx} P_{ACBSx} L_1, \text{ および} \\ P_x &= P_{x'} + P_{sheathx} - P_{x'} P_{sheathx} L_2; \quad (2) \end{aligned}$$

ここで、(P_y) は、y 軸に沿った合計屈折力であり、(P_x) は、x 軸に沿った合計屈
折力であり、

【数 1】

(P_{BLy}) は、y 軸に沿った光学集束構成要素 503 の屈折力であり、
30

(P_{BLx}) は、x 軸に沿った光学集束構成要素 503 の屈折力であり、

(P_{ACBSy}) は、y 軸に沿った A C B S 506 の屈折力であり、

(P_{ACBSx}) は、x 軸に沿った A C B S 506 の屈折力であり、

(P_{sheathy}) は、y 軸に沿ったシース 530 の屈折力であり、

(P_{sheathx}) は、x 軸に沿ったシース 530 の屈折力であり、
40

(L₁) は、光学集束構成要素 503 と A C B S 506 との間の光学距離であり、

(L₂) は、A C B S 506 とシース 530 の間の光学距離である。

【0047】

また、光学集束構成要素 503 とシース 530 との間の光学距離は、以下の式で記述さ
れるように、それぞれの屈折率 (n_j) を有する複数の距離に分割することができる。

【数2】

$$L_i = \sum_{j=k}^m L_j n_j; i = 1, 2; \quad (3)$$

ここで $i = 1$ (L_1) は、光学集束構成要素 503 とシース 530 の間の距離であり、
 $i = 2$ (L_2) は、ACBS506 とシース 530との間の距離である。

【0048】

最初の 2 つの光学要素の後、第 3 の要素が導入されると、光学距離 (L_2) は、最終的な屈折力を記述するにはもはや正確ではない可能性があることから、式(1)、式(2)
 10 および式(3)は単純化したものであり得ることに留意すべきである。第 1 の軸と第 2 の軸の両方に沿ってほぼ等しい目標合計屈折力に到達するための光学構成要素の特性を十分に決定するために、光学設計最適化ツールが使用されてもよい。

【0049】

【数3】

いくつかの実施形態では、 P_{sheath_y} は、ゼロで近似されてもよく、いくつかの実施形態では、 P_{ACBS_y} は、ゼロで近似されてもよい。次いで、屈折力は、 $P_y \cong P_x$ になるように最適化されてもよく、これにより以下が導かれる。
 20

$$P_y \cong P_{x'} + P_{sheath_x} - P_{x'} P_{sheath_x} L_2. \quad (4)$$

【0050】

【数4】

いくつかの実施形態では、y 軸上のシースの屈折力 (P_{sheath_y}) は、以下の式(5)に記述されるように、薄レンズの公式を使用して近似することができ、ここで R は、シース 530 の内径であり、 ΔR は、シース 530 の厚さである。

$$P_{sheath_y} \cong \frac{-1}{R} + \frac{-1}{R + \Delta R} \cong \frac{-\Delta R}{R(R + \Delta R)}. \quad (5)$$

【0051】

いくつかの実施形態では、ACBS506 は、光ビームが x 軸と y 軸上でおおよそ同じ作動距離に集束するように、シース 530 の非対称な歪曲を補償し、それにより小さいスロットサイズが生成される。

【0052】

図 6 A および図 6 B は、2 つの直交平面における光ビームの集束を示す概念図である。図 6 A および図 6 B は、光学系のうちの 3 つの部材、すなわち光学集束構成要素 603、ACBS606、およびシース 630 だけを示している簡略図である。図 6 A は、x - z 平面における 3 つの部材を示しており、図 6 B は、y - z 平面における 3 つの部材を示している。図 6 A および図 6 B により示されているように、x 軸上のシース 630 の屈折力は、y 軸上のシース 630 の屈折力とは異なっている。また、x 軸上の ACBS606 の屈折力は、y 軸上の ACBS606 の屈折力とは異なっている。この例では、y 軸上の ACBS の屈折力はゼロ、またはほぼゼロであり、x 軸上の ACBS の屈折力は正である。ACBS606 の屈折力は、x - z 平面の作動距離が、y - z 平面の作動距離と同じ、またはほぼ同じになるように、シース 630 の屈折力を補償する。
 40

【0053】

図 7 は、光学プローブの例示的な実施形態を示している。光学プローブ 700 は、第 1 の導光構成要素 701 と、第 2 の導光構成要素 702 と、光学集束構成要素 703 と、ACBS706 を含んでいる。ACBS706 は、反射表面 706a を含んでいる。この
 50

実施形態では、反射表面 706a は凸状であり、軸に沿って負の屈折力を導入する。

【0054】

図 8A は、光学プローブの例示的な実施形態を示している。光学プローブ 800 は、第 1 の導光構成要素 801 と、第 2 の導光構成要素 802 と、光学集束構成要素 803 と、プロテクタ 804 と、ACBS806 を含んでいる。ACBS806 は、反射表面 806a を含んでいる。この実施形態では、ACBS806 は、プロテクタ 804 のためのプラグとして作用するように、形状設定されている。これは、例えばシースによじれがあり、プローブがそのよじれの中に前進するときに、穴を開ける効果を低減させることによって、光学プローブ 800 の遠位先端を、安全に配慮して非外傷性のものにすることができる。

10

【0055】

また、この実施形態では、反射表面 806a は、第 1 の軸（この実施形態では x 軸）に沿って正の屈折力を導入する凹状、またはほぼ凹状の表面である。図 8B は、A-A 線から見た反射表面 806a を示している。図 8B に示されているように、反射表面 806a は凹状、またはほぼ凹状である。

【0056】

図 9 は、光学プローブの例示的な実施形態を示している。光学プローブ 900 は、第 1 の導光構成要素 901 と、第 2 の導光構成要素 902 と、光学集束構成要素 903 と、プロテクタ 904 と、ACBS906 を含んでいる。ACBS906 は、反射表面 906a を含んでいる。この実施形態では、ACBS906 は、プロテクタ 904 のためのプラグとして作用するように、形状設定されている。また、この実施形態では、反射表面 906a は、第 1 の軸（この実施形態では y 軸）に沿って負の屈折力を導入する凸状、またはほぼ凸状の表面である。

20

【0057】

図 10A～図 10G は、光学プローブの例示的な実施形態を示している。図 10A では、光学プローブ 1000 は、第 1 の導光構成要素 1001 と、第 2 の導光構成要素 1002 と、光学集束構成要素 1003 を含んでいる。光学集束構成要素 1003 は、ハーフボールレンズである。この実施形態では、第 2 の導光構成要素 1002 の外径は、第 1 の導光構成要素 1001 の外径に整合している。

30

【0058】

図 10B では、光学プローブ 1000 は、第 1 の導光構成要素 1001 と、第 2 の導光構成要素 1002 と、光学集束構成要素 1003 を含んでいる。光学集束構成要素 1003 は、屈折率分布型（GRIN）レンズである。この実施形態では、第 2 の導光構成要素 1002 の外径は、第 1 の導光構成要素 1001 の外径に整合している。

【0059】

図 10C では、光学プローブ 1000 は、第 1 の導光構成要素 1001 と、第 2 の導光構成要素 1002 と、光学集束構成要素 1003 を含んでいる。光学集束構成要素 1003 は、ハーフボールレンズである。この実施形態では、第 2 の導光構成要素 1002 の外径は、第 1 の導光構成要素 1001 の外径よりも大きい。また、第 2 の導光構成要素 1002 の外径、または光学集束構成要素 1003 の外径は、プロテクタの内径に整合していてもよい。

40

【0060】

図 10D では、光学プローブ 1000 は、第 1 の導光構成要素 1001 と、第 2 の導光構成要素 1002 と、光学集束構成要素 1003 を含んでいる。光学集束構成要素 1003 は、GRIN レンズである。この実施形態では、第 2 の導光構成要素 1002 の外径は、第 1 の導光構成要素 1001 の外径よりも大きく、光学集束構成要素 1003 の外径に等しい。また、第 2 の導光構成要素 1002 の外径、および光学集束構成要素 1003 の外径は、プロテクタの内径に整合していてもよい。

【0061】

図 10E では、光学プローブ 1000 は、第 1 の導光構成要素 1001 と、第 2 の導光

50

構成要素 1002 と、光学集束構成要素 1003 を含んでいる。光学集束構成要素 1003 は、ハーフボールレンズである。この実施形態では、第 2 の導光構成要素 1002 の外径は、第 1 の導光構成要素 1001 の外径よりも大きい。また、第 2 の導光構成要素 1002 の外径、または光学集束構成要素 1003 の外径は、プロテクタの内径に整合してもよい。

【0062】

図 10F では、光学プローブ 1000 は、第 1 の導光構成要素 1001 と、第 2 の導光構成要素 1002 と、光学集束構成要素 1003 を含んでいる。光学集束構成要素 1003 は、GRIN レンズである。この実施形態では、第 2 の導光構成要素 1002 の外径は、第 1 の導光構成要素 1001 の外径よりも大きく、光学集束構成要素 1003 の外径よりも小さい。また、第 2 の導光構成要素 1002 の外径、または光学集束構成要素 1003 の外径は、プロテクタの内径に整合してもよい。10

【0063】

図 10G では、光学プローブ 1000 は、第 1 の導光構成要素 1001 と、第 2 の導光構成要素 1002 と、光学集束構成要素 1003 を含んでいる。光学集束構成要素 1003 は、GRIN レンズである。この実施形態では、第 2 の導光構成要素 1002 の外径は、第 1 の導光構成要素 1001 の外径よりも大きく、光学集束構成要素 1003 の外径に等しい。この実施形態では、スリープ 1007 が、第 1 の導光構成要素 1001、第 2 の導光構成要素 1002、および光学集束構成要素 1003 の一部分を囲んでいる。スリープ 1007 は、熱収縮チューブであってもよく、(例えは第 1 の導光構成要素 1001 がダブルクラッドファイバである場合に) 第 1 の導光構成要素 1001 の光伝播にスリープ 1007 が影響を与えるのを防止することができる低屈折率材料から作られてもよい。20

【0064】

特許請求の範囲は、上述した実施形態に限定されず、様々な修正形態および等価の構成を含む。また本明細書において使用される場合、「または」という接続詞は、全体的には包括的な「または」を指すが、明確に示されている場合、または文脈上「または」が排他的な「または」でなくてはならないことが示されている場合には、「または」は排他的な「または」を指すことができる。

【図1】

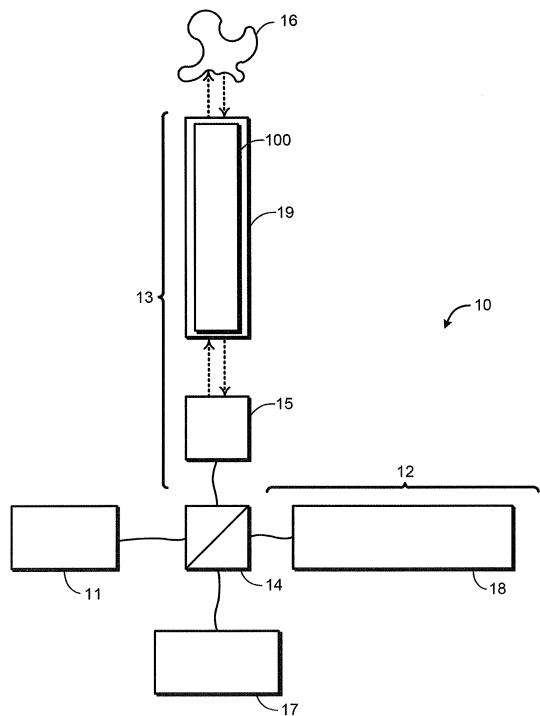


FIG. 1

【図2】

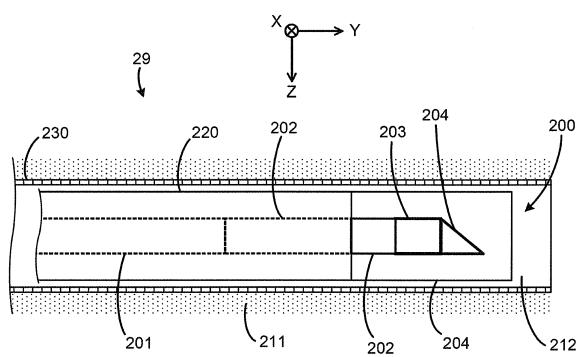


FIG. 2

【図3】

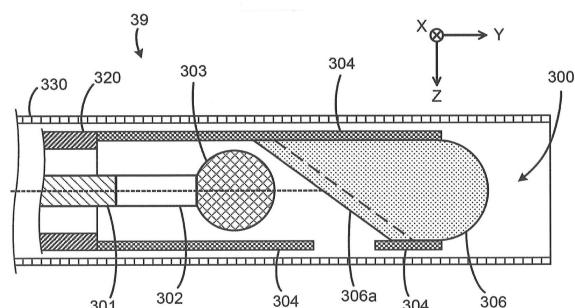


FIG. 3A

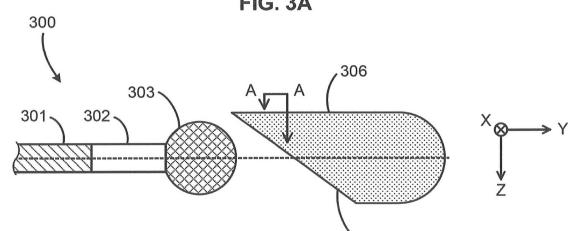


FIG. 3B

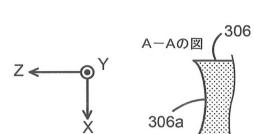


FIG. 3C

【図4】

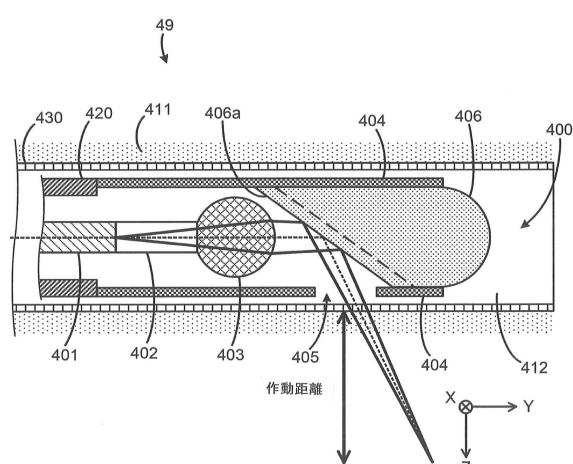
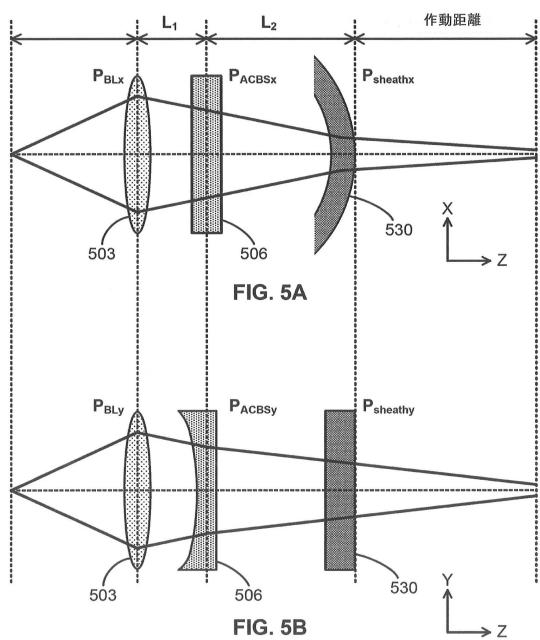
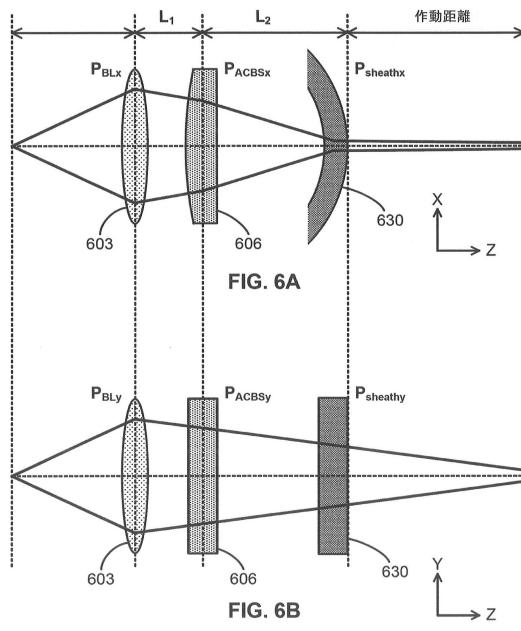


FIG. 4

【図5】



【図6】



【図7】

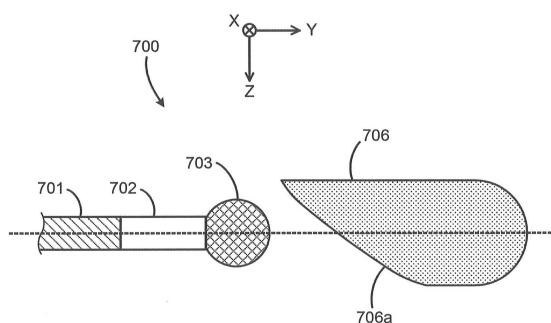
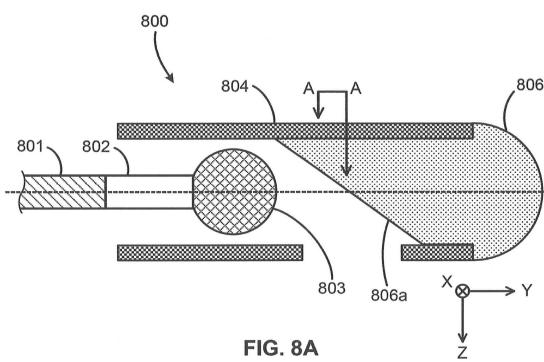
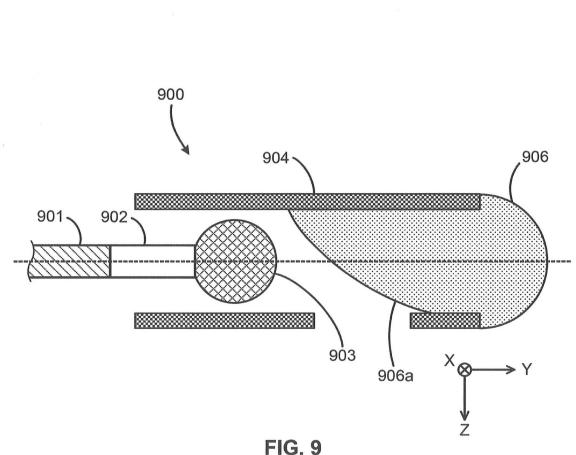


FIG. 7

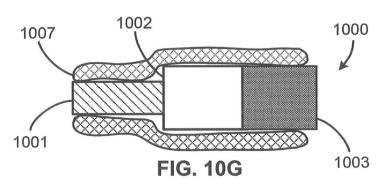
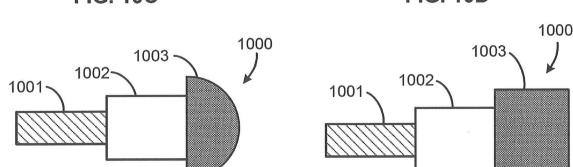
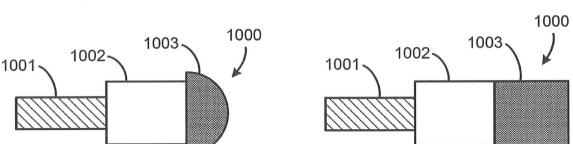
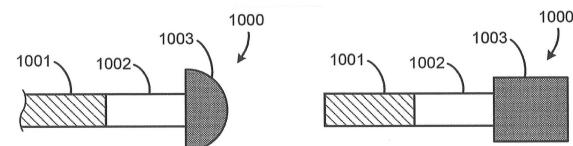
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

審査官 岡田 弘

(56)参考文献 特表2010-533049(JP,A)

特開2012-229976(JP,A)

特表2015-532179(JP,A)

特開2011-147705(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 23/24 - 23/26

A61B 1/00 - 1/32

G02B 17/08