

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6726326号
(P6726326)

(45) 発行日 令和2年7月22日(2020.7.22)

(24) 登録日 令和2年6月30日(2020.6.30)

(51) Int. Cl.		F I			
GO2B	17/08	(2006.01)	GO2B	17/08	Z
GO2B	23/26	(2006.01)	GO2B	23/26	C
GO2B	13/00	(2006.01)	GO2B	13/00	

請求項の数 30 外国語出願 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2019-7849 (P2019-7849)	(73) 特許権者	596130705
(22) 出願日	平成31年1月21日 (2019.1.21)		キヤノン ユーエスエイ, インコーポレイテッド
(65) 公開番号	特開2019-164330 (P2019-164330A)		CANON U. S. A., INC
(43) 公開日	令和1年9月26日 (2019.9.26)		アメリカ合衆国 ニューヨーク州 117
審査請求日	令和1年5月15日 (2019.5.15)		47, メルビル, ワン キヤノン パーク
(31) 優先権主張番号	15/879, 283	(74) 代理人	100090273
(32) 優先日	平成30年1月24日 (2018.1.24)		弁理士 國分 孝悦
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)	(72) 発明者	呉 紫瑜
			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】 非点収差補正を伴う光学プローブ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

導光構成要素と、
光学構成要素と、
前記光学構成要素から光を受け取るとともに前記光を経路に沿って導くように構成されている光反射構成要素と、

前記光学構成要素の少なくとも一部および前記光反射構成要素の少なくとも一部を囲み、
矢状方向（サジタル方向）に屈折力を有するシースと、
を備え、

前記光学構成要素および/または前記光反射構成要素のうちの少なくとも一方は、接線方向に負の屈折力を有し、

前記接線方向の前記光学構成要素および/または前記光反射構成要素の前記少なくとも一方の前記負の屈折力は、前記矢状方向（サジタル方向）の前記シースの前記屈折力に本質的に等しいか、またはほぼ等しい、装置。

【請求項 2】

前記光反射構成要素は、前記接線方向に前記負の屈折力を有する、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記光反射構成要素の光反射面は、前記接線方向に前記負の屈折力を有する、請求項 2 に記載の装置。

【請求項 4】

前記光反射構成要素の出射面は、前記接線方向に前記負の屈折力を有する、請求項 2 に記載の装置。

【請求項 5】

前記接線方向の前記負の屈折力は、光干渉断層法イメージングについての光の波長における非点収差を補正するとともに、蛍光励起についての光の波長における非点収差を補正して、光干渉断層法イメージングについての前記光の波長の平均焦点距離が、蛍光励起についての前記光の波長の平均焦点距離の 2 mm 以内となるようにする、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 6】

前記接線方向の前記負の屈折力は、光干渉断層法イメージングについての光の波長における非点収差を補正する、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 7】

前記接線方向の前記負の屈折力は、蛍光励起についての光の波長における非点収差を補正する、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 8】

前記光学構成要素は、前記接線方向に前記負の屈折力を有する、請求項 1 に記載の装置

【請求項 9】

前記光学構成要素は、レンズ、および別の導光構成要素を含む、請求項 8 に記載の装置

【請求項 10】

前記別の導光構成要素の光入射面は、前記接線方向に前記負の屈折力を有する、請求項 9 に記載の装置。

【請求項 11】

前記別の導光構成要素は、ガラスロッドまたはコアレスファイバである、請求項 9 に記載の装置。

【請求項 12】

前記光学構成要素は、GRIN レンズまたはボールレンズを含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 13】

シースと、
光学プローブと
を備え、

前記光学プローブは、
第 1 の導光構成要素、
光学構成要素、および
光反射構成要素を

含み、

前記光学プローブは、接線方向に負の屈折力を有し、

前記シースは、前記光学構成要素の少なくとも一部および前記光反射構成要素の少なくとも一部を囲み、前記シースは、矢状方向（サジタル方向）に屈折力を有し、

前記光学構成要素および / または前記光反射構成要素の少なくとも一方は、前記接線方向に前記負の屈折力を有し、前記負の屈折力は、前記矢状方向（サジタル方向）の前記シースの前記屈折力に本質的に等しいか、またはほぼ等しい、装置。

【請求項 14】

前記光学構成要素は、入射面を備えており、

光は、前記入射面を通じて前記光学構成要素に入り、

前記入射面は、前記接線方向に前記負の屈折力を有する、請求項 13 に記載の装置。

【請求項 15】

10

20

30

40

50

前記光学構成要素は、ガラスロッドを含む、請求項 1 4 に記載の装置。

【請求項 1 6】

前記光反射構成要素は、前記接線方向に前記負の屈折力を有する、請求項 1 3 に記載の装置。

【請求項 1 7】

前記光反射構成要素は、前記接線方向に前記負の屈折力を有する光射出面を有する、請求項 1 6 に記載の装置。

【請求項 1 8】

前記光反射構成要素は、前記接線方向に前記負の屈折力を有する光反射面を有する、請求項 1 6 に記載の装置。

10

【請求項 1 9】

光学構成要素と、
光反射構成要素と、
前記光学構成要素の少なくとも一部および前記光反射構成要素の少なくとも一部を囲み、
矢状方向（サジタル方向）に屈折力を有するシースと、
を備え、

前記光学構成要素および／または前記光反射構成要素の少なくとも一方は、接線方向または前記矢状方向（サジタル方向）に屈折力を有し、

前記光学構成要素および／または前記光反射構成要素の前記少なくとも一方の前記屈折力は、

20

（ i ）前記接線方向において、前記矢状方向（サジタル方向）の前記シースの前記屈折力に本質的に等しいか、またはほぼ等しく、かつ／または、

（ i i ）前記接線方向の前記シースの前記屈折力を補償して収差を補正する、装置。

【請求項 2 0】

前記光反射構成要素は、プリズムである、請求項 1 9 に記載の装置。

【請求項 2 1】

前記光学構成要素は、GRINレンズを含む、請求項 2 0 に記載の装置。

【請求項 2 2】

導光構成要素と、
光学構成要素と、
前記光学構成要素から光を受け取るとともに前記光を経路に沿って導くように構成されている光反射構成要素と、

30

矢状方向（サジタル方向）に負の屈折力を有するシースと、
を備え、

少なくとも前記光学構成要素は、非対称の屈折力を有し、前記矢状方向（サジタル方向）の前記屈折力は、正であり、

前記光学構成要素の前記矢状方向（サジタル方向）の前記正の屈折力と、前記シースの前記矢状方向（サジタル方向）の前記負の屈折力との正味の屈折力は、実質的にゼロである、装置。

【請求項 2 3】

前記光反射構成要素も、非対称の屈折力を有し、前記矢状方向（サジタル方向）の前記屈折力は、正である、請求項 2 2 に記載の装置。

40

【請求項 2 4】

前記光学構成要素の光入射面は、前記非対称の屈折力を有し、前記矢状方向（サジタル方向）の前記屈折力は、正である、請求項 2 2 に記載の装置。

【請求項 2 5】

導光構成要素と、
光学構成要素と、
レンズから光を受け取るとともに前記光を経路に沿って導くように構成されている光反射構成要素と、

50

前記光学構成要素の少なくとも一部および前記光反射構成要素の少なくとも一部を囲み、矢状方向（サジタル方向）に屈折力を有するシースと、
接線方向に負の屈折力を生む手段と
を備え、
前記接線方向の前記負の屈折力は、前記矢状方向（サジタル方向）の前記シースの前記屈折力に本質的に等しいか、またはほぼ等しい、装置。

【請求項 26】

前記光学構成要素は、レンズを含む、請求項 25 に記載の装置。

【請求項 27】

（i）前記接線方向は、前記光反射構成要素からまたは前記光反射構成要素によって反射された主光線と、前記導光構成要素の光軸とを含む第 1 の平面に沿う方向であることと

10

（ii）前記矢状方向（サジタル方向）は、前記第 1 の平面に垂直であり前記主光線を含む第 2 の平面に沿う方向であることと、

（iii）前記光学構成要素と前記光反射構成要素は、互いに分離しており、または互いに別個であることと、

のうちの 1 つまたは複数である、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 28】

（i）前記接線方向は、前記光反射構成要素からまたは前記光反射構成要素によって反射された主光線と、前記導光構成要素の光軸とを含む第 1 の平面に沿う方向であることと

20

（ii）前記矢状方向（サジタル方向）は、前記第 1 の平面に垂直であり前記主光線を含む第 2 の平面に沿う方向であることと、

（iii）前記光学構成要素と前記光反射構成要素は、互いに分離しており、または互いに別個であることと、

のうちの 1 つまたは複数である、請求項 13 に記載の装置。

【請求項 29】

（i）前記接線方向は、前記光反射構成要素からまたは前記光反射構成要素によって反射された主光線と、前記装置、前記光学構成要素および / または前記光反射構成要素のうち 1 つまたは複数の光軸とを含む第 1 の平面に沿う方向であることと、

30

（ii）前記矢状方向（サジタル方向）は、前記第 1 の平面に垂直であり前記主光線を含む第 2 の平面に沿う方向であることと、

（iii）前記光学構成要素と前記光反射構成要素は、互いに分離しており、または互いに別個であることと、

のうちの 1 つまたは複数である、請求項 19 に記載の装置。

【請求項 30】

（i）前記接線方向は、前記光反射構成要素からまたは前記光反射構成要素によって反射された主光線と、前記導光構成要素の光軸とを含む第 1 の平面に沿う方向であることと

（ii）前記矢状方向（サジタル方向）は、前記第 1 の平面に垂直であり前記主光線を含む第 2 の平面に沿う方向であることと、

40

（iii）前記光学構成要素と前記光反射構成要素は、互いに分離しており、または互いに別個であることと、

のうちの 1 つまたは複数である、請求項 25 に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、一般に、光学プローブに関する。

【背景技術】

【0002】

50

カテーテルの光学系は、大抵壊れやすく、したがってシースによって保護されている。非点収差は、シースの円筒形状によって光学系に作り出される。非点収差により、2つの直交方向の光のビーム焦点は、異なるビームサイズで異なる距離に集束し、またはある方向には発散する一方で別の方向には集束する。したがって、光学系の画質は、劣化する。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0003】

光学プローブ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、レンズから光を受け取るとともに光を経路に沿って導くように構成されている光反射構成要素(light-reflecting component)とを備える。導光構成要素および光反射構成要素のうちの少なくとも一方は、接線方向または矢状方向(サジタル方向)のうちの一方の屈折力(optical power)を有する。

10

【0004】

装置のいくつかの実施形態は、シースと、光学プローブとを備え、光学プローブは、第1の導光構成要素、第2の導光構成要素、レンズ、および光反射構成要素を含む。また、光学プローブは、接線方向に屈折力を有する。

【0005】

装置のいくつかの実施形態は、レンズと、光反射構成要素とを備え、光反射構成要素は、接線方向または矢状方向(サジタル方向)のうちの一方に屈折力を有する。

20

【0006】

光学プローブのいくつかの実施形態は、光ファイバと、スペーサと、レンズと、レンズから光を受け取るとともに光を経路に沿って導くように構成されている光反射構成要素と、補正要素(correction element)とを備える。この補正要素は、少なくとも一部に透明である材料を含む。また、補正要素は、非対称の屈折力を有し、補正要素は、光反射構成要素からの光が少なくとも一部透明である材料を通じて移動するように経路に沿って位置する。

【0007】

光学プローブ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、このレンズから光を受け取るとともに光を経路に沿って導くように構成されている光反射構成要素と、補正要素とを備える。この補正要素は、接線方向に屈折力を有し、補正要素は、光反射構成要素からの光を透過するように経路に沿って位置する。

30

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】図1は、光線の定義および座標系を示す図である。

【図2】図2は、光学プローブ、駆動ケーブル、およびシースの例示実施形態の部分破断図である。

【図3】図3は、光学プローブおよびシースの例示実施形態の斜視図である。

【図4】図4A~図4Dは、光学プローブおよびシースの例示実施形態の矢状方向(サジタル)ビューおよび接線方向ビューを示す図である。

40

【図5】図5は、レンズおよび光反射構成要素の例示実施形態のいくつかの測定値を示す図である。

【図6】図6は、レンズおよび光反射構成要素の例示実施形態のいくつかの測定値を示す図である。

【図7】図7A~図7Eは、光学プローブおよびシースの例示実施形態を示す図である。

【図8】図8は、図7A~図7Eに示されている光学プローブおよびシースの例示実施形態についての光学的ビーム幅半径のガウシアンビーム幅対光学プローブの光軸からの作動距離(working distance)を示す図である。

【図9】図9A~図9Dは、光学プローブおよびシースの例示実施形態の矢状方向(サジ

50

タル) ビューおよび接線方向ビューを示す図である。

【図10】図10は、図9A～図9Dに示されている光学プローブおよびシースの例示実施形態についての光学的ビーム幅半径のガウシアンビーム幅対光学プローブの光軸からの作動距離を示す図である。

【図11】図11は、光学プローブの例示実施形態についての光学的ビーム幅半径のガウシアンビーム幅対光学プローブの光軸からの作動距離を示す図である。

【図12】図12は、光学プローブの例示実施形態についての光学的ビーム幅半径のガウシアンビーム幅対光学プローブの光軸からの作動距離を示す図である。

【図13】図13は、光学プローブ、駆動ケーブル、およびシースの例示実施形態の部分破断図である。

10

【図14】図14は、光学プローブの例示実施形態についての光学的ビーム幅半径のガウシアンビーム幅対光学プローブの光軸からの作動距離を示す図である。

【図15】図15は、光学プローブ、駆動ケーブル、およびシースの例示実施形態の部分破断図である。

【図16】図16Aは、光学プローブの例示実施形態を示す図である。図16Bは、光学プローブの例示実施形態を示す図である。図16Cは、光学プローブの例示実施形態を示す図である。

【図17】図17は、光学プローブ、駆動ケーブル、およびシースの例示実施形態の部分破断図である。

【図18】図18は、光学プローブ、駆動ケーブル、およびシースの例示実施形態の部分破断図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下のパラグラフにより、いくつかの例示的な実施形態を説明する。他の実施形態は、代替例、均等例、および修正例を含み得る。さらに、例示的な実施形態は、いくつかの新規な特徴を含んでいてもよく、特定の特徴は、本明細書に記載されている装置、システム、および方法のいくつかの実施形態に必須でなくてもよい。

【0010】

一部の光学プローブ(例えば、内視鏡)は、人間の患者などの被検体の内部からイメージを取り込むように構成されている。これらの光学プローブは、ファイバプローブを含むとともに、ファイバプローブの遠位先端にレンズとミラーの両方を備えることができる。レンズおよびミラーは、光のビームの焦点を合わせ、光のビームを集め、光のビームを導く。また、ファイバプローブ内の1つまたは複数の光ファイバは、光学プローブを試料(sample)(例えば、器官、組織)へ誘導し、光を試料へ送り届け、試料から光を受け取るために使用することができる。

30

【0011】

例えば、光干渉断層法(optical coherence tomography: OCT)を実行するように構成されている一部の光学プローブは、血管の深さ分解画像を取り込むことができる。これらの光学プローブは、シースおよびコイルを備えるカテーテルの内部にあり得る。光学プローブからの光のビームが血管の表面を横切って回転させられるので、表面における血管の断面画像が得られる。3次元データを取得するために、光学プローブは、回転中に長手方向に平行移動することでき、ヘリカルスキャンパターンから画像を得るようになっている。このヘリカルスキャンは、光学プローブが回転させられている間に、光学プローブの先端を近位端に向けて引っ張り戻すことにより実行することができる。

40

【0012】

カテーテルは、透明シースを備えることができ、これを光学プローブからの光のビームが通過する。透明シースの直径が小さくなるほど、透明シースが光学系の一軸に沿って加える光屈折力(dioptric power)が強くなり、光学系の非点収差が大きくなる。

50

【0013】

図1は、光線の定義および座標系を示す図である。接線方向光線は、 $x_{p=0}$ で瞳に交差し、一方、矢状方向（サジタル）光線は、 $y_{p=0}$ で瞳に交差する。以下の説明は、これらの光線の定義を用いる。

【0014】

図2は、光学プローブ200、駆動ケーブル220、およびシース230の例示実施形態の部分破断図である。光学プローブ200は、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、第2の導光構成要素202（例えば、ガラスロッド）と、レンズ203（例えば、屈折率分布型（GRIN）レンズ）と、光反射構成要素204（例えば、プリズム）と、プロテクタ205（例えば、CAN、エポキシ樹脂チューブ）とを備える。

10

【0015】

第2の導光構成要素202は、レンズ203の入射においてビームの開口数を変化させるように調整可能であるガラスロッドまたは別のスペーサとすることができる。光学構成要素間の界面は、界面からの後方反射を減少させるように $4^\circ \sim 8^\circ$ の角度で傾けることができる。例えば、第2の導光構成要素202とレンズ203との間の界面は、 8° の角度で傾けることができ、レンズ203とプリズム204との間の界面は、画像（例えば、OCT画像）にアーチファクトを引き起こし得る後方反射を減少させるように $4^\circ \sim 8^\circ$ の角度で傾けることができる。レンズ203は、光反射構成要素204の近位端に取り付けられるGRINレンズとすることができる。光学プローブ200のいくつかの実施形態は、第2の導光構成要素202（例えば、ガラスロッド、スペーサ）、レンズ203、または第2の導光構成要素202とレンズ203との組み合わせを含む光学構成要素を含む。

20

【0016】

光反射構成要素204は、全反射（total internal reflection：TIR）面またはミラーコーティング面を有することができる。光は、光反射構成要素204を出射面204aから出る。プロテクタ205は、少なくとも1つの開口部を有し、光反射構成要素204と試料との間を移動する光は、少なくとも1つの開口部を通過する。また、シース230は、内側媒体211（例えば、空気、造影剤）を収容し、この内側媒体211は、シース230内部の媒体であり、シース230は、外側媒体212（例えば、空気、造影剤）によって囲まれ、この外側媒体212は、シース230の外側の媒体である。いくつかの実施形態では、内側媒体211は、屈折率1（ $n=1$ ）の空気であり、外側媒体212は、屈折率1.45（ $n=1.45$ ）の造影剤である。

30

【0017】

駆動ケーブル220および光学プローブ200は、互いに対して固定されている。駆動ケーブル220は、光学プローブ200に取り付けられている遠位端をスピンさせるために近位端のモータから遠位端へトルクを送り届ける。光学プローブ200をスピンさせることは、光学プローブが 360° ビューを取り込むことを可能にする。シース230内で、光学プローブ200は、シース230をスピンまたは回転させることなくその長手方向軸上で自由にスピンまたは回転することができる。したがって、シース230は、光学プローブ200がスピンする間、静止したままであり得る。

40

【0018】

第1の導光構成要素201および第2の導光構成要素202は、1つまたは複数の異なる波長の光のビームを光学プローブ200の遠位先端へ送り届けることができる。いくつかの実施形態では、光学プローブ200は、2本のビームを放出する。1本のビームはOCTに使用され、いくつかの実施形態では、このビームは、 1310 nm の中心波長を有する。ビームの波長は、広帯域であることができ、またはビームは、約 100 nm から 150 nm の幅である帯域内で走査することができる。他のビームは、蛍光に関する励起の波長（例えば、 633 nm ）を有する。シース230へのビームの入射角は、空気中で 10° よりも大きくかつ 30° 未満であり得る。また、OCTの1つまたは複数の波長につ

50

いては、合焦されたビーム位置は、光学プローブ200の光軸から垂直に測定されるとき1mmから3.5mm離れている可能性がある。そして、蛍光ビームは、OCT波長の焦点ビーム位置の近くのシース230の外側で合焦し得る。レンズ203の長さ、レンズ203の屈折率プロファイル、および第2の導光構成要素202の長さは、ビーム幅および作動距離 (working distance) を所望の値に構成するために使用される。

【0019】

光反射構成要素204は、接線方向または矢状方向 (サジタル方向) に屈折力を有している出射面204a (例えば、凹面) を有する。出射面204aの屈折力は、シース230によって引き起こされる非点収差を補償するまたは補正する。

10

【0020】

図3は、光学プローブ300およびシース330の例示実施形態の斜視図である。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、レンズ303と、光反射構成要素304とを備える。光学プローブ300のいくつかの実施形態は、プロテクタを含むが、図3は、プロテクタを省略する。

【0021】

シース330は屈折力を有するので、シース330は、非点収差を引き起こし得る。例えば、シースの矢状方向 (サジタル) の屈折力は、

【数1】

$$(n_{sheath} - n_i) > \frac{R_{Si}}{R_{So}} (n_{sheath} - n_{ca}),$$

20

である場合、負である。ただし、 n_{sheath} はシース330の屈折率であり、 n_i は内側媒体311 (例えば、空気、造影剤) の屈折率であり、 n_{ca} は外側媒体312 (例えば、空気、造影剤) の屈折率である。また、 R_{Si} はシース330の内径であり、 R_{So} はシース330の外径である。したがって、各実施形態では、 $n_{sheath} = 1.5$ の場合、 $R_{Si} / R_{So} < 1$ の場合、空気について $n_i = 1$ 、またはエポキシについて $n_i = 1.3 \sim 1.45$ のいずれかの場合、および $n_{ca} = 1.45$ の場合、上記式は、満足する (すなわち、シースは、負の屈折力を有する)。

【0022】

30

いくつかの実施形態では、非点収差補正は、第2の導光構成要素302の寸法、レンズ303の寸法、および光反射構成要素304の出射面304aの寸法を適切に構成することによって達成される。

【0023】

光学プローブ300のいくつかの実施形態は、1.31 μm の波長を有する光を用いたOCTイメージング、および0.633 μm の波長を有する光を用いた蛍光マッピングを同時に実行するマルチモダリティシステムのために構成される。構造的な情報を提供できるOCT波長を、設計された最適な作動距離で合焦させて横分解能を提供することは、イメージングの仕様によっては重要であることがあるが、一方で蛍光波長は、OCTイメージングの最適な作動距離からわずかにずれて合焦され、それにより蛍光波長は、OCTイメージングの最適な作動距離においてより低い横方向分解能となるより大きいビームサイズを有することとなる。

40

【0024】

例えば、冠状動脈では、関心の動脈の直径は、しばしば約2mmから4mmである。光学プローブ300が動脈の中心に設置されると仮定すると、動脈の半径は作動距離に対応し、光学プローブ300の光軸から1mmから2mmである。

【0025】

OCTおよび蛍光の波長はともに、血管を貫き、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が1mmから3mmで最適である。これらの作動距離内で、焦点は、2つのモダリティ間で異なり得る。(例えば、冠状動脈測定の場合) 光学プローブ

50

300のいくつかの実施形態は、互いの2mm以内である焦点距離または作動距離を有する。いくつかの実施形態は、より大きい血管（例えば、末梢動脈）に使用される例示実施形態の場合、血管の直径および所望の作動距離に対応する焦点距離または作動距離により大きい差を有する。

【0026】

焦点の最適化は、2つの波長について複数の屈折率を用いるとともに、最適化問題を解決することによって達成され得る。最適化するとき、1つまたは複数の光学構成要素を分割することにより、またはスペーサを加えることにより、2つの波長について複数の屈折率の異なる組み合わせを用いて、別の材料を加えることが効率的であり得る。

【0027】

また、光学プローブ300のいくつかの実施形態は、OCTイメージングおよび蛍光イメージングに加えてまたは代替として、近赤外分光法などの他のモダリティのために構成される。

【0028】

図4A～図4Dは、光学プローブおよびシースの例示実施形態の矢状方向（サジタル）ビューおよび接線方向ビューを示す図である。この実施形態では、0.09の開口数（NA）を有するダブルクラッドファイバを通過した光は、約0.9mmの長さであるコアレスファイバ402（例えば、熔融シリカ）の長さを通して、次いで0.52mmの長さおよび350μmの直径を有するGRINレンズ403に入る。光は、レンズ403から出て、プリズム404の反射面によって反射され、このプリズム404の反射面は、傾斜角 $50 \pm 2^\circ$ を有する（すなわち、レンズ403からの主光線は、入射角 $50 \pm 2^\circ$ を有する）とともに、屈折率1.52（ $n = 1.52$ ）を有する。次いで、光は、接線方向にのみ屈折力を有するプリズム404の円柱面を通過し、次いで矢状方向（サジタル方向）にのみ屈折力を有するシース430を通過する。プリズム404の曲率および屈折率は、非点収差補正を実現するために接線方向のプリズム404の屈折力が矢状方向（サジタル方向）のシース430の屈折力と本質的に同じであるように構成されている。いくつかの実施形態では、プリズム404の曲率および屈折率は、所望の開口数および接線方向の所望の作動距離を実現するように非点収差の量を制御するように構成されている。空気中では、主光線は、シース430に対して 20° の入射角を有する。シース430から出た後、次いで、光は造影剤412を通過する。

【0029】

レンズ403の光学パラメータは、以下の表1に示される。

【表1】

	Aの平方根	中心における屈折率
波長: 0.550 um	1.71	1.643

表1

【0030】

また、1310nmの波長では、シースの外径からの作動距離が2.1mmであり、光軸からの作動距離は2.5mmである。

【0031】

図5は、レンズ503および光反射構成要素504の例示実施形態のいくつかの測定値を示す図である。レンズ503、シース530、および第2の導光構成要素502は、図4A～図4Dのレンズ403、シース430、および第2の導光構成要素402と同じパラメータを有する。光軸510に沿って、光反射構成要素は、レンズ503の長手方向軸に平行である方向に約0.130mmの長さであり、レンズ503の長手方向軸に直交する方向に約0.125mmの長さである。曲率の中心において、光反射構成要素504は、シース530から約0.170mmである。シース230は、約0.59mmの内径を有し、壁厚が約0.1mmである。

【 0 0 3 2 】

光反射構成要素 5 0 4 の出光面 5 0 4 a は、接線方向に約 - 0 . 6 mm (凹面) の半径を有する (図 5 の x - z 平面)。プリズム 5 0 4 の円柱面は、プリズムの反射面を曲率の中心に接続する線が光軸 5 1 0 に垂直である位置に曲率の中心を有する。

【 0 0 3 3 】

また、いくつかの実施形態では、プリズム 5 0 4 の円柱面は、その径の中心がプリズム 5 0 4 の光反射面によって反射された主光線の延長上にあるように構成されている。この構成は、出光面 5 0 4 a への軸外入射を減少させ、したがって収差を減少させることができる。

【 0 0 3 4 】

図 6 は、レンズ 6 0 3 および光反射構成要素 6 0 4 の例示実施形態のいくつかの測定値を示す図である。レンズ 6 0 3 は、図 4 A ~ 図 4 D のレンズ 4 0 3 または図 5 のレンズ 5 0 3 と同じパラメータを有することができる。また、図 6 は、光反射構成要素 6 0 4 の曲率に適合する曲率を有する円を示す。この円は、1 . 2 mm の直径を有する。

10

【 0 0 3 5 】

図 7 A ~ 図 7 E は、光学プローブ 7 0 0 およびシース 7 3 0 の例示実施形態を示す図である。光学プローブの本例示実施形態の測定値の一部は、図 5 または図 6 に示されているレンズおよび光反射構成要素の測定値と同じであり得る。図 7 A は、光学プローブ 7 0 0 の実施形態の斜視図である。光学プローブ 7 0 0 は、第 1 の導光構成要素 7 0 1 と、第 2 の導光構成要素 7 0 2 と、レンズ 7 0 3 と、光反射構成要素 7 0 4 とを含む。

20

【 0 0 3 6 】

図 7 B は、図 7 A の x - y 平面からの光学プローブ 7 0 0 の図である。図 7 B は、レンズ 7 0 3 および光反射構成要素 7 0 4 の測定値のいくつかを示す。

【 0 0 3 7 】

図 7 C は、図 7 A の x - z 平面からの光学プローブ 7 0 0 の図である。図 7 C は、第 2 の導光構成要素 7 0 2、レンズ 7 0 3、および光反射構成要素 7 0 4 の測定値のいくつかを示す。

【 0 0 3 8 】

図 7 D は、図 7 A の線 C D の眺めからの光学プローブ 7 0 0 の図である。図 7 D は、第 2 の導光構成要素 7 0 2、レンズ 7 0 3、および光反射構成要素 7 0 4 の測定値のいくつかを示す。

30

【 0 0 3 9 】

図 7 E は、図 7 A の線 C D の眺めからの光学プローブ 7 0 0 の図である。図 7 E は、第 2 の導光構成要素 7 0 2、レンズ 7 0 3、および光反射構成要素 7 0 4 の測定値のいくつかを示す。

【 0 0 4 0 】

図 8 は、図 7 A ~ 図 7 E に示されている光学プローブおよびシースの例示実施形態についての光学的ビーム幅半径のガウシアンビーム幅対光学プローブの光軸からの作動距離を示す図である。図 8 は、1 . 3 1 μm の波長において、接線方向と矢状方向 (サジタル方向) の両方のビームが、レンズの光軸から同様の作動距離 (~ 2 . 5 mm) に合焦することを示す。図 8 は、0 . 6 3 3 μm の波長において、接線方向と矢状方向 (サジタル方向) の両方のビームが、レンズの光軸から同様の作動距離 (~ 1 . 2 mm) に合焦することも示す。光学プローブの本例示実施形態は、1 . 3 1 μm のビームと 0 . 6 3 3 μm のビームの両方における非点収差を本質的に補正する。色収差によるものである 0 . 6 3 3 μm の波長と 1 . 3 1 μm の波長との間の焦点シフトは、約 1 . 3 mm である。

40

【 0 0 4 1 】

図 9 A ~ 図 9 D は、光学プローブおよびシースの例示実施形態の矢状方向 (サジタル) ビューおよび接線方向ビューを示す図である。本実施形態の構造的構成は、図 4 A ~ 図 4 D のものと同様である。差異は、GRIN レンズおよびスペーサの各長さは、レンズ 9 0 3 の光軸から 3 mm の作動距離を有するように最適化されていることである。本実施形態

50

では、開口数 0.09 を有するダブルクラッドファイバを通過した光は、約 1 mm の長さであるコアレスファイバ 902 (例えば、熔融シリカ) を通過し、次いで長さ 0.5 mm を有する GRIN レンズであるレンズ 903 に入る。光は、レンズ 903 から出て、屈折率 1.52 および傾斜角 $50 \pm 2^\circ$ を有するプリズム 904 の反射面によって反射される (プリズム 904 の反射面は、レンズ 903 からの主光線が入射角 $50 \pm 2^\circ$ を有するように角度を有する)。また、プリズム 904 の光出射面は、接線方向に約 -0.6 mm の半径を有する。

【0042】

次いで、光は、接線方向にのみ屈折力を有するプリズム 904 の出射面である円柱面を通過し、次いで、矢状方向 (サジタル方向) にのみ屈折力を有するシース 930 を通過する。シース 930 は、約 0.5 mm の内径、および約 0.1 mm の壁厚を有する。空気中で、主光線は、シース 930 の法線に対して 20° の入射角を有する。次いで、光は、屈折率 1.45 ($n = 1.45$) を有する造影剤 912 を通過する。

10

【0043】

図 10 は、図 9A ~ 図 9D に示されている光学プローブおよびシースの実施形態についての光学的ビーム幅半径のガウシアンビーム幅対光学プローブの光軸からの作動距離を示す図である。図 10 は、 $1.31 \mu\text{m}$ の波長において、接線方向と矢状方向 (サジタル方向) の両方のビームが、レンズの光軸から同様の作動距離 ($\sim 3 \text{ mm}$) に合焦することも示す。

【0044】

図 11 は、光学プローブの例示実施形態についての光学的ビーム幅半径のガウシアンビーム幅対光学プローブの光軸からの作動距離を示す図である。光学プローブの本実施形態の構造的構成は、図 4A ~ 図 4D のものと同様である。差異は、GRIN レンズおよびスペーサの各長さが、本実施形態の作動距離がレンズの光軸から 1.5 mm であるように最適化されていることである。本実施形態では、開口数 0.09 を有するダブルクラッドファイバを通過した光は、1.1 mm の長さであるコアレスファイバ (例えば、熔融シリカ) を通過し、次いで長さ 0.5 mm および直径 $350 \mu\text{m}$ を有する GRIN レンズであるレンズに入る。レンズの他のパラメータは、表 1 に示されている。

20

【0045】

光は、レンズから出て、屈折率 1.52 および傾斜角 $50 \pm 2^\circ$ を有するプリズムの反射面によって反射される。したがって、プリズムの反射面は、レンズからの主光線が入射角 $50 \pm 2^\circ$ を有するように角度を有する。また、プリズムの光出射面は、接線方向に -0.6 mm の半径を有する。次いで、光は、円柱面であるとともに接線方向にのみ屈折力を有するプリズムの出射面を通過し、次いで、矢状方向 (サジタル方向) にのみ屈折力を有するシースを通過する。空気中で、主光線は、シースに対して 14° の入射角を有する。シースは、約 0.5 mm の内径、約 0.1 mm の壁厚、および屈折率 1.5 ($n = 1.5$) を有する。

30

【0046】

図 11 は、 $1.31 \mu\text{m}$ 波長において、ビームが接線方向と矢状方向 (サジタル方向) の両方で光学プローブの光軸から約 1 mm に合焦することを示す。

40

【0047】

図 12 は、光学プローブの例示実施形態についての光学的ビーム幅半径のガウシアンビーム幅対レンズの光軸からの作動距離を示す図である。本実施形態の構造的構成は、図 4A ~ 図 4D のものと同様である。差異は、GRIN レンズの長さおよび屈折率プロファイル、ならびにスペーサの長さが、 $1.31 \mu\text{m}$ の波長においてレンズの光軸から 2.5 mm の所望の作動距離を得るように最適化されていることである。本実施形態では、開口数 0.09 を有するダブルクラッドファイバを通過した光は、長さ 1.2 mm のコアレスファイバ (例えば、熔融シリカ) を通過し、次いで長さ 0.3 mm および直径 $250 \mu\text{m}$ を有する GRIN レンズであるレンズに入る。レンズの他のパラメータは、表 2 に示されている。

50

【表 2】

	Aの平方根	中心における屈折率
波長: 0.550 um	2.319	1.643

表2

【0048】

光は、レンズから出て、この例では屈折率1.52および傾斜角 $50 \pm 2^\circ$ を有するプリズムの反射面によって反射される。したがって、プリズムの反射面は、レンズからの主光線が入射角 $50 \pm 2^\circ$ を有するように角度を有する。また、プリズムの光出射面は、接線方向に -0.55 mm の半径を有する。次いで、光は、円柱面であるとともに接線方向

10

【0049】

図12は、 $1.31\text{ }\mu\text{m}$ の波長において、接線方向と矢状方向（サジタル方向）の両方のビームが、光学プローブの光軸から約 2.5 mm に合焦することを示す。

【0050】

図13は、光学プローブ1300、駆動ケーブル1320、およびシース1330の例示実施形態の部分破断図である。光学プローブ1300は、第1の導光構成要素1301と、第2の導光構成要素1302（例えば、ガラスロッド）と、レンズ1303と、光反射構成要素1304と、プロテクタ1305とを備える。本実施形態では、光学プローブ1300は、光反射構成要素1304の反射面1304bに屈折力を導入することによって非点収差を補正する。いくつかの実施形態では、光反射構成要素1304の出光面1304aも、屈折力を導入する。

20

【0051】

図14は、光学プローブの例示実施形態についての光学的ビーム幅半径のガウシアンビーム幅対光学プローブの光軸からの作動距離を示す図である。図13のように、光学プローブの本実施形態は、光反射構成要素の反射面に屈折力を導入することによって非点収差

30

【0052】

本実施形態では、開口数0.1を有するダブルクラッドファイバを通過した光は、長さ 1.15 mm のコアレスファイバ（例えば、溶融シリカ）を通過し、次いで長さ 0.3 mm および直径 $250\text{ }\mu\text{m}$ を有するGRINレンズであるレンズに入る。GRINレンズの他のパラメータは、表2に記載されている。

【0053】

光は、レンズから出て、屈折率1.52および傾斜角 $50 \pm 2^\circ$ を有するプリズムの反射面によって反射される。したがって、プリズムの反射面は、レンズからの主光線が入射角 $50 \pm 2^\circ$ を有するように角度を有する。また、プリズムの光反射面は、接線方向に半径 5.5 mm （凹面）を有する。プリズムの反射面の曲率の半径は、シースによって引き起こされる非点収差を補正するように最適化されている。接線方向の湾曲した反射面の負の屈折力は、矢状方向（サジタル方向）のシースの負の屈折力とほぼ同じである。次いで、光は、プリズムの出射面の平坦面を通過し、矢状方向（サジタル方向）にのみ屈折力を有するシースを通過する。空気中で、主光線は、接線方向にシースに対して 20° の入射角を有する。シースは、約 0.5 mm の内径、 0.1 mm の壁厚、および屈折率1.5（ $n = 1.5$ ）を有する。次いで、光は、屈折率1.45（ $n = 1.45$ ）を有する造影剤を通過する。また、内側媒体は、屈折率1（ $n = 1$ ）の空気であり、外側媒体は、屈折率

40

50

1.45 (n = 1.45) の造影剤である。

【0054】

図14は、1.31 μmの波長において、接線方向と矢状方向（サジタル方向）の両方のビームが、光学プローブの光軸から約2.15 mmに合焦することを示す。

【0055】

図15は、光学プローブ1500、駆動ケーブル1520、およびス1530の例示実施形態の部分破断図である。光学プローブ1500は、第1の導光構成要素1501と、第2の導光構成要素1502と、レンズ1503と、光反射構成要素1504と、プロテクタ1505とを備える。プロテクタ1505は、窓1505aを有する。光学プローブ1500は、光反射構成要素1504から出る光の少なくとも一部が窓1505aを通じて移動するように構成されている。本実施形態では、第2の導光構成要素1502は、外径250 μmを有するガラスロッドであり、レンズ1503は外径350 μmを有するGRINレンズである。第2の導光構成要素1502とレンズ1503との間のステップ1502aは、光のビームがケラレなしで窓1505aを通過することができるように、光学プローブ1500のz軸位置を位置合わせするために使用することができる。

10

【0056】

図16Aは、光学プローブ1600の例示実施形態を示す図である。光学プローブ1600は、第1の導光構成要素1601と、第2の導光構成要素1602と、レンズ1603と、光反射構成要素1604とを備える。本実施形態では、第1の導光構成要素1601の直径は、第2の導光構成要素1602の直径よりも小さく、また、第2の導光構成要素1602の直径は、レンズ1603の直径よりも小さい。さらに、駆動ケーブル（例えば、図2の駆動ケーブル220）とともに使用されるとき、駆動ケーブルの内径は、第1の導光構成要素1601の外径と第2の導光構成要素1602の外径との両方よりも大きくてもよい。さらに、駆動ケーブルの内径は、レンズ1603の外径よりも小さくてもよく、かつプロテクタの内径よりも小さくてもよい。

20

【0057】

図16Bは、光学プローブ1600の例示実施形態を示す図である。光学プローブ1600は、第1の導光構成要素1601と、第2の導光構成要素1602と、レンズ1603と、光反射構成要素1604とを備える。本実施形態では、第2の導光構成要素1602は、第1の導光構成要素1601の取り付けの近くにテーパ1602aを有する。

30

【0058】

図16Cは、光学プローブ1600の例示実施形態を示す図である。光学プローブ1600は、第1の導光構成要素1601と、第2の導光構成要素1602と、レンズ1603と、光反射構成要素1604とを備える。本実施形態では、第2の導光構成要素1602は、第1の導光構成要素1601の接続の近くにテーパ1602aを有する。また、第2の導光構成要素1602は、取り付け箇所付近にテーパを形成する透明エポキシ樹脂1602bによってレンズ1603に取り付けられている。

【0059】

図17は、光学プローブ1700、駆動ケーブル1720、およびシース1730の例示実施形態の部分破断図である。光学プローブ1700は、第1の導光構成要素1701と、第2の導光構成要素1702と、レンズ1703と、光指向性構成要素1704と、プロテクタ1705とを備える。第2の導光構成要素1702は、光が第2の導光構成要素1702に入る凹面1702cを有する。本実施形態では、凹面1702cは、矢状方向（サジタル方向）のシース1730の負の力を補償するために、接線方向の屈折力を導入する。いくつかの実施形態では、凹面1702cの接線方向屈折力は、例えば、

40

$$s_{r, \tan} = \text{sheath}_{, \text{sag}}$$

$$s_{r, \tan} < 0、および$$

$$\text{sheath}_{, \text{sag}} < 0$$

に記載したように、矢状方向（サジタル方向）のシース1730の負の力に等しい。ただし、 $s_{r, \tan}$ は、接線方向の第2の導光構成要素1702の屈折力であり、 $\text{sheath}_{, \text{sag}}$

50

は、矢状方向（サジタル方向）のシース 1730 の屈折力である。

【0060】

図18は、光学プローブ1800、駆動ケーブル1820、およびシース1830の例示実施形態の部分破断図である。光学プローブ1800は、第1の導光構成要素1801と、第2の導光構成要素1802と、レンズ1803と、光反射構成要素1804と、プロテクタ1805とを備える。本実施形態では、レンズ1803は、半ボールレンズである。第2の導光構成要素1802は、光が第2の導光構成要素1802に入る凹面1802cを有する。凹面1802cは、矢状方向（サジタル方向）のシース1830の負のパワーを補償するために、接線方向に屈折力を導入する。いくつかの実施形態では、凹面1810の接線方向の屈折力は、矢状方向（サジタル方向）のシース1830の負の力に等しい。

10

【0061】

特許請求の範囲に係る範囲は、上記の実施形態に限定されず、様々な修正例および均等例の構成を含む。また、本明細書中に使用されるとき、接続詞「または」は、「または」が排他的な「または」でなければならないことが明示的に示されている場合または文脈上示している場合、「または」は排他的な「または」を指し得るが、一般には、包括的な「または」を指す。

【図1】

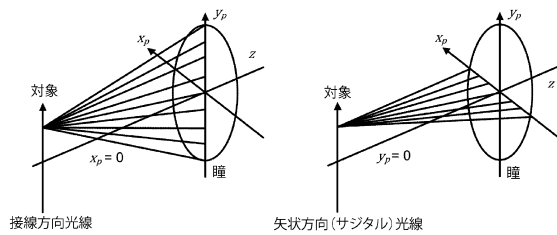


FIG. 1

【図2】

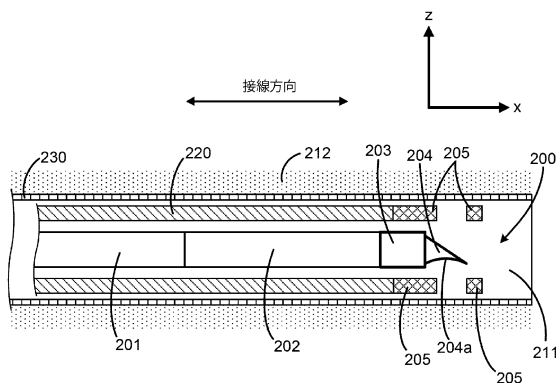


FIG. 2

【図3】

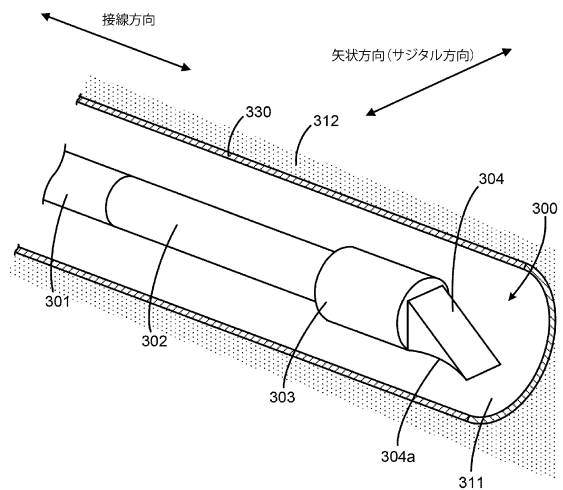
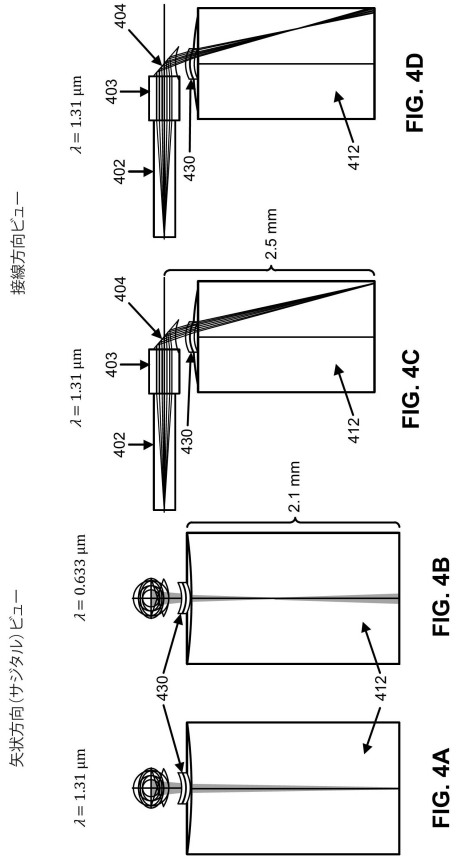
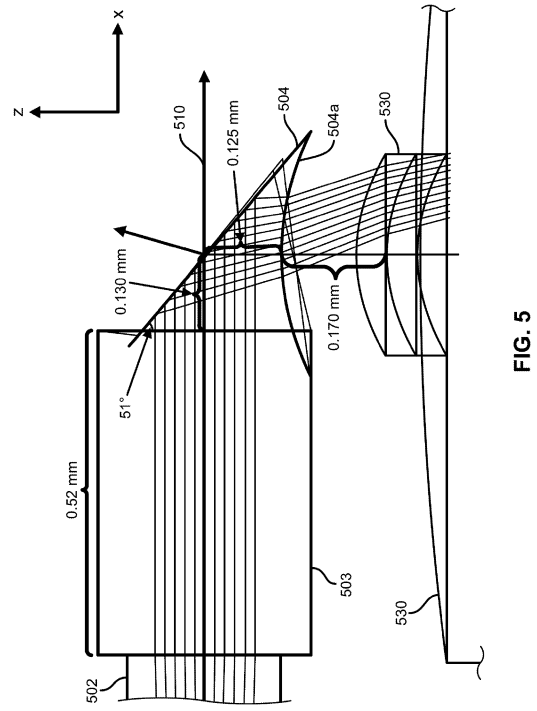


FIG. 3

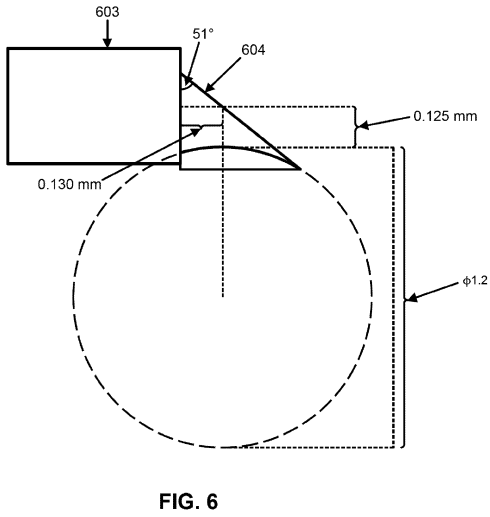
【 図 4 】



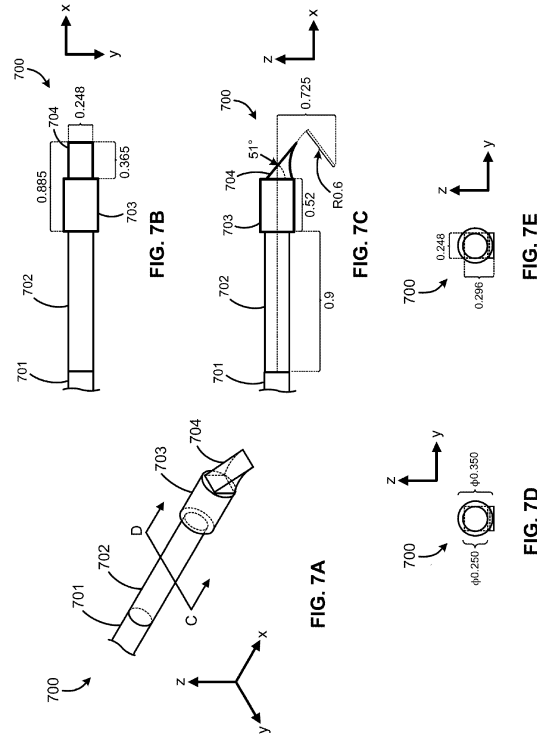
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】

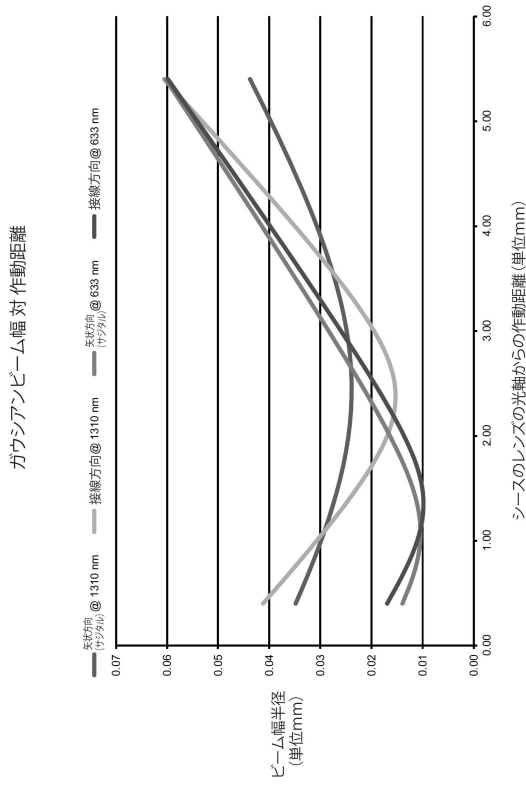
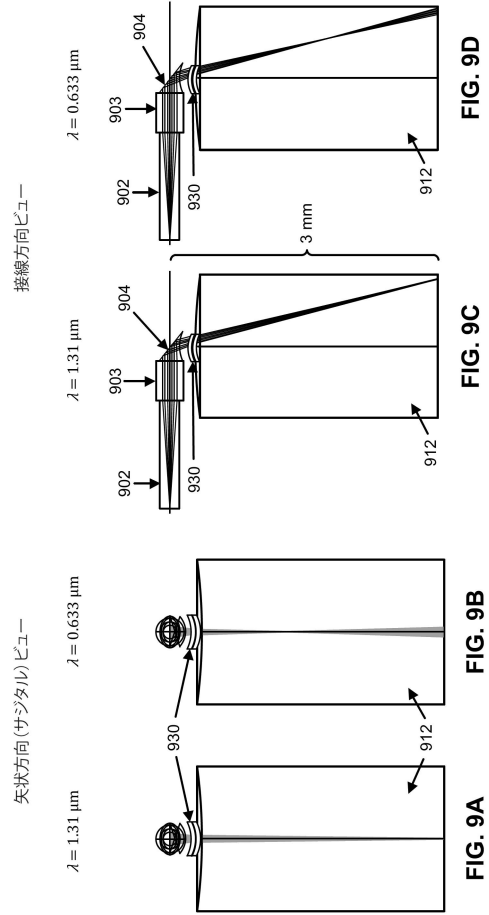


FIG. 8

シースのレンズの光軸からの作用距離 (単位mm)

【 図 9 】



【 図 10 】

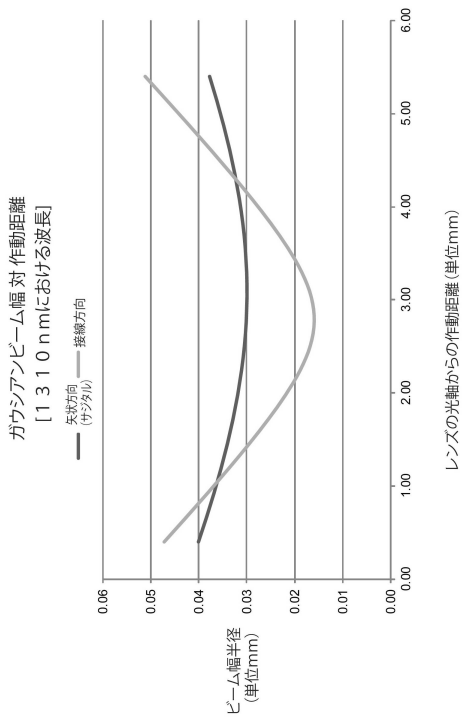


FIG. 10

【 図 11 】

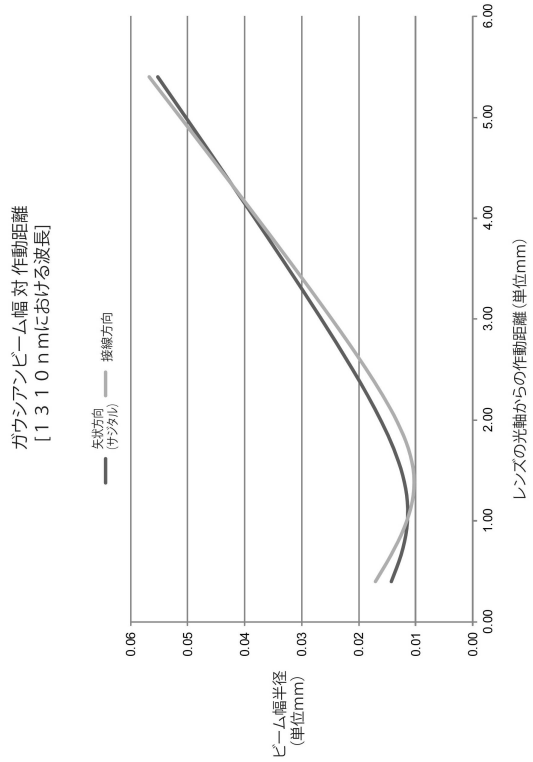


FIG. 11

【 図 1 2 】

ガウシアンビーム幅 対 作動距離
[1310nmにおける波長]

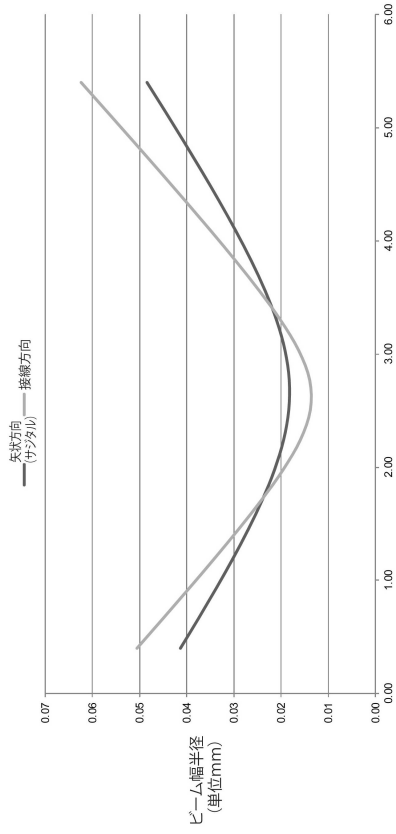


FIG. 12

【 図 1 3 】

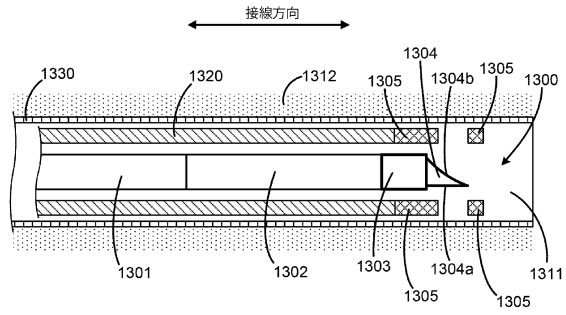


FIG. 13

【 図 1 4 】

ガウシアンビーム幅 対 作動距離
[1310nmにおける波長]

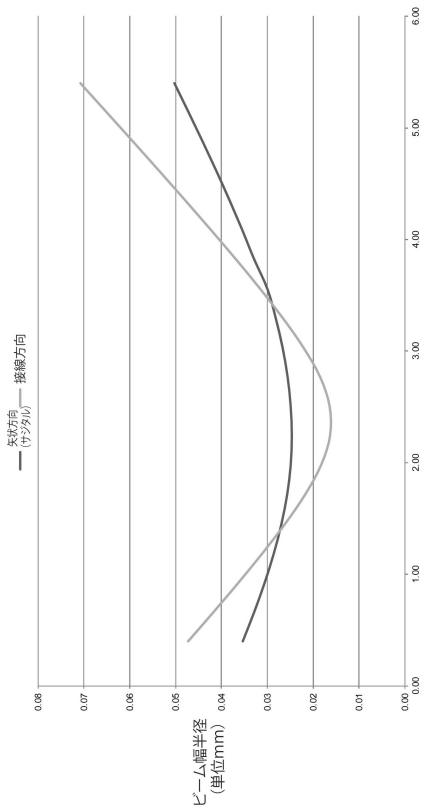


FIG. 14

【 図 1 5 】

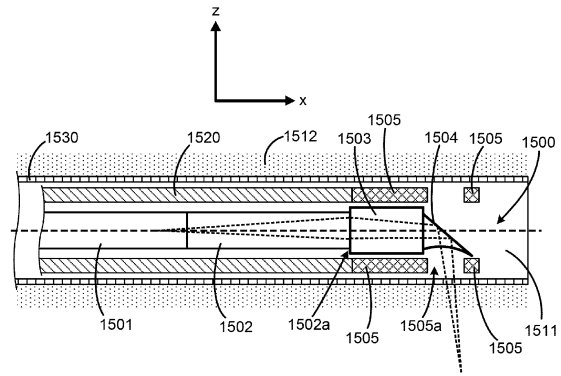


FIG. 15

【 図 16 】

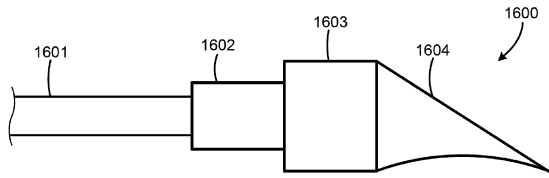


FIG. 16A

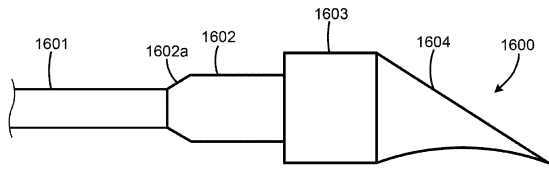


FIG. 16B

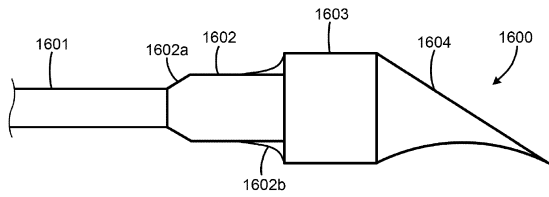


FIG. 16C

【 図 17 】

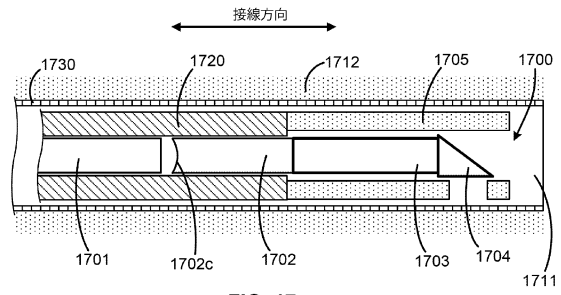


FIG. 17

【 図 18 】

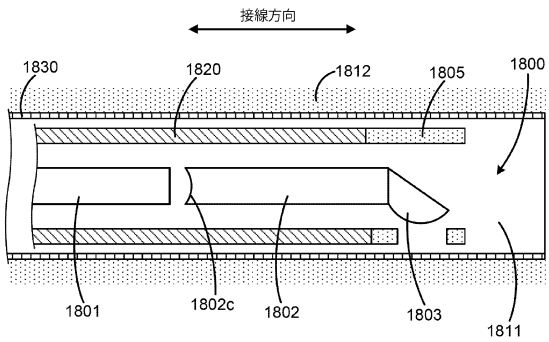


FIG. 18

フロントページの続き

審査官 岡田 弘

- (56)参考文献 特開平07 - 171162 (JP, A)
特表2010 - 533049 (JP, A)
特開2012 - 229976 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00 - 17/08
G02B 21/02 - 21/04
G02B 25/00 - 25/04
G02B 19/00 - 21/00
G02B 21/06 - 21/36
A61B 1/00 - 1/32