

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-505667

(P2017-505667A)

(43) 公表日 平成29年2月23日(2017.2.23)

(51) Int.Cl.	F 1		テーマコード (参考)
<b>A61B 1/00</b> (2006.01)	A 61 B	1/00	300 T 2 G 05 9
<b>G01N 21/27</b> (2006.01)	G 01 N	21/27	A 2 H 04 0
<b>G02B 3/00</b> (2006.01)	G 02 B	3/00	B 2 H 24 9
<b>G02B 23/24</b> (2006.01)	G 02 B	23/24	Z 4 C 16 1
<b>G02B 5/18</b> (2006.01)	G 02 B	5/18	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2016-549308 (P2016-549308)
(86) (22) 出願日	平成27年1月30日 (2015.1.30)
(85) 翻訳文提出日	平成28年9月29日 (2016.9.29)
(86) 國際出願番号	PCT/US2015/013816
(87) 國際公開番号	W02015/116951
(87) 國際公開日	平成27年8月6日 (2015.8.6)
(31) 優先権主張番号	61/934,486
(32) 優先日	平成26年1月31日 (2014.1.31)
(33) 優先権主張國	米国(US)

(71) 出願人	506286973 ザ ジェネラル ホスピタル コーポレイ ション アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 ボ ストン フルーツ ストリート 55
(71) 出願人	596130705 キヤノン ユースエイ, 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	100076428 弁理士 大塚 康徳

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光プローブ、光強度検出、撮像方法及びシステム

## (57) 【要約】

前方視スペクトル符号化内視鏡(S E E)プローブに対する光学配置において構成を作成する例示的な装置、システム及び方法、並びにその構成を使用する方法が提供される。例えばプローブは、光集束要素、導光要素、光反射要素及び格子要素を含むことができる。

## 【選択図】図 1

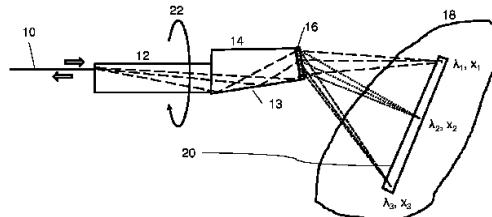


FIG. 1

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

プローブであって、  
導光要素と、  
光集束要素と、  
光反射要素と、  
格子要素と、  
を備え、

前記プローブは前記光集束要素を介して前記導光要素から提供される光の伝播の方向に沿って延在するように規定されるプローブ光軸を有し、

前記プローブの基端から前記プローブ光軸の方向に、前記光集束要素が前記導光要素の後に提供され、前記光反射要素が前記光集束要素の後に提供され、前記格子要素が前記光反射要素の後に提供され、

前記光反射要素及び前記格子要素は、前記光が前記格子要素に対して透過する時に少なくとも1つの回折光がほぼ前記プローブ光軸に沿って前記格子要素から伝播するように位置付けられるプローブ。

**【請求項 2】**

前記光反射要素及び前記光偏向要素は、前記光が前記導光要素を透過した時に少なくとも2つの回折光が第1の波長及び第2の波長を有する前記格子要素から伝播するように前記プローブ光軸に対して角度を付けられ、前記第1の波長は前記第2の波長より短く、前記第2の波長を有する前記回折光は前記第1の波長を有する前記回折光より前記プローブ光軸に平行に伝播する請求項1記載のプローブ。

**【請求項 3】**

前記光反射要素及び前記光偏向要素は、前記光が前記導光要素を透過する時に少なくとも2つの回折光が第1の波長及び第2の波長を有する前記格子要素から伝播するように前記プローブ光軸に対して角度を付けられ、前記第1の波長は前記第2の波長より短く、前記第1の波長を有する前記回折光は前記第2の波長を有する前記回折光より前記プローブ光軸に平行に伝播する請求項1記載のプローブ。

**【請求項 4】**

前記光反射要素は、所定の角度を超える入射角で前記導光要素から前記光を受け入れるように構成され且つ位置付けられる請求項1記載のプローブ。

**【請求項 5】**

前記少なくとも1つの回折光は、前記プローブ光軸から1°未満の角度を有する請求項1記載のプローブ。

**【請求項 6】**

前記光反射要素はミラーを備える請求項1記載のプローブ。

**【請求項 7】**

導光要素は、複数のクラッドを有する光ファイバを備える請求項1記載のプローブ。

**【請求項 8】**

前記光集束要素は、屈折率分布(GRIN)レンズを備える請求項1記載のプローブ。

**【請求項 9】**

屈折率分布レンズの長手方向部分は除去された区間を有する請求項8記載のプローブ。

**【請求項 10】**

前記光集束要素はスペーサを更に備える請求項8記載のプローブ。

**【請求項 11】**

前記光反射要素及び前記格子要素は、単一要素として一体的に組み合わされる請求項1記載のプローブ。

**【請求項 12】**

前記プローブ光軸に沿う方向に前記光集束要素と前記光反射要素との間に位置付けられる遮光要素であり、前記光集束要素から射出する前記光を少なくとも部分的に遮断するよ

うに構成される遮光要素を更に備える請求項 1 記載のプローブ。

【請求項 1 3】

前記導光要素は、中心から外れた位置で前記光集束要素に光接続される請求項 1 記載のプローブ。

【請求項 1 4】

前記プローブは、回転接合部に取り付けられる内視鏡プローブである請求項 1 記載のプローブ。

【請求項 1 5】

前記導光要素、前記光集束要素、前記光反射要素又は前記格子要素の少なくとも 1 つの少なくとも一部分を囲むシースを更に備える請求項 1 記載のプローブ。

10

【請求項 1 6】

前記光が前記導光要素を透過する時に少なくとも 2 つの追加の回折光が前記格子要素から伝播し、前記少なくとも 2 つの追加の回折光は、前記プローブ光軸の両側で前記プローブ光軸に対してほぼ同一の角度で伝播する請求項 1 記載のプローブ。

【請求項 1 7】

前記光が前記導光要素を透過する時、1 次の前記回折光は前記プローブ光軸に関してほぼ対称的に配置される請求項 1 6 記載のプローブ。

【請求項 1 8】

第 1 の波長から第 2 の波長の範囲の波長を含む前記光が前記導光要素を透過する時、前記プローブ光軸に対して 1 次回折した前記第 2 の波長で提供される前記光の伝播角度は、1 次回折した前記第 1 の波長で提供される前記光の伝播角度と比較して前記プローブ光軸の反対側においてほぼ同様である請求項 1 記載のプローブ。

20

【請求項 1 9】

前記 1 次回折した第 1 の波長で提供される前記光の前記伝播角度は、異なる次数で回折した第 2 の波長で提供される前記光の伝播角度とほぼ同様である請求項 1 8 記載のプローブ。

【請求項 2 0】

請求項 1 記載のプローブと、  
前記プローブから少なくとも 1 つの電磁放射を受ける光強度検出器と、  
前記プローブに前記光を提供する広帯域光源と、  
を備える撮像装置。

30

【請求項 2 1】

少なくとも 1 つのサンプルの色画像を生成する方法であって、  
導光要素と、  
光集束要素と、  
光反射要素と、  
格子要素と、  
を備えるプローブであり、

前記プローブが前記光集束要素を介して前記導光要素から提供される光の伝播の方向に沿って延在するように規定されるプローブ光軸を有し、

40

前記プローブの基端から前記プローブ光軸の方向に沿って、前記光集束要素が前記導光要素の後に提供され、前記光反射要素が前記光集束要素の後に提供され、前記格子要素が前記光反射要素の後に提供され、

前記光が前記格子要素に対して透過される時に少なくとも 1 つの回折光がほぼ前記プローブ光軸に沿って前記格子要素から伝播するように、前記光反射要素及び前記格子要素が位置付けられるプローブを提供することと、

前記プローブ光軸を中心に前記プローブを回転させることと、  
1 回転毎に前記少なくとも 1 つのサンプルの少なくとも 2 つの画像を得ることと、  
前記色画像を生成するために前記少なくとも 2 つの画像をコンピュータにより合成することと、

50

を備える方法。

#### 【請求項 2 2】

前記合成することは、前記プローブ光軸に関してほぼ対称的な円錐形である前記少なくとも 1 つのサンプルの領域からのデータを合成することを備える請求項 2 1 記載の方法。

#### 【請求項 2 3】

前記少なくとも 2 つの画像は、前記プローブの前記回転毎に得られる少なくとも 3 つの画像を含む請求項 2 1 記載の方法。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0 0 0 1】

本開示は、一般に、例示的な内視鏡検査のための装置及び方法に関し、特に前方方向の情報を得るために例示的なスペクトル符号化内視鏡プローブ、画像を取得するための例示的な方法及び内視鏡を製造する例示的な方法に関する。

#### 【背景技術】

#### 【0 0 0 2】

医療用プローブは、患者の体内から画像を提供する機能を有する。異物の挿入による人体への潜在的な被害を考慮すると、プローブは可能な限り小さいのが好ましい。更に、小血管、小さな管、小さな針、亀裂等の小さな経路内で撮像する機能は、プローブのサイズが小さいことを必要とする。

#### 【0 0 0 3】

1 つの有用な医療用プローブは、1 mm 未満の直径のプローブを介して高解像度撮像を行える小型内視鏡技術であるスペクトル符号化内視鏡検査（「S E E」）を採用している。S E E により、広帯域光はファイバの先端の格子により回折され、サンプル上に分光スペクトルを生成する。サンプルから戻ってくる光は、分光計を使用して検出される。分解可能な各波長は、サンプル上の異なる点からの反射率に対応する。S E E 技術の原理及び 0.5 mm すなわち 500 μm の直径の S E E プローブについては、D . Y e l i n 他の Nature 第 443 卷、765 ページ（2006 年）で説明されている。S E E は 2 次元及び 3 次元で高画質の画像を生成できる。

#### 【0 0 0 4】

S E E プローブの製造に対する技術的な課題の 1 つは、前方視 S E E 撮像（正面視 S E E 撮像とも呼ばれる）を行うことであった。以前は、前方視撮像に対して、D P G R I S M (d o u b l e - p r i s m g r a t i n g p r i s m) を利用する S E E プローブ設計が提案されていた（D o c k e t N o . 2 9 0 1 - 1 6 3 1 2）。以前の論文（O p t i c s E x p r e s s、11(2)、120 ~ 124 ページ、2003 年）では、D P - G R I S M を使用するスペクトル符号化共焦点顕微鏡法（S E C M）が証明された。しかし、プローブの直径は 10 mm であり、D P G R I S M を S E E プローブで使用できるサイズに小型化するには多くの課題がある。

#### 【0 0 0 5】

よって、上記で示した問題の少なくとも一部に対応し且つ / 又はそれらを克服し、それにより前方方向を見ることができる新しい S E E プローブ及び例えば小型の光学系における撮像のためにそのようなプローブを使用する装置を提供することが有益となりうる。

#### 【発明の概要】

#### 【0 0 0 6】

従って、その目的のために、本開示の例示的な一実施形態に従って前方視撮像を行う小型内視鏡に対する装置、システム及び方法が提供される。そのような例示的な実施形態によると、前方視撮像を行う S E E プローブを製造するために、装置、方法及びシステムが提供される。

#### 【0 0 0 7】

本開示の特定の例示的な実施形態によると、基端から先端に対して、導光要素と、光集束要素と、光反射要素と、格子要素とを備えるプローブが提供される。プローブ光軸は、

光集束要素を介する導光要素からの光の伝播の方向にとして規定される。この例示的なプローブの場合、光反射要素及び格子要素は、光が格子要素に対して透過する時に少なくとも1つの回折光がほぼプローブ光軸に沿って格子要素から伝播可能であるように位置付けられる。いくつかの例示的な実施形態において、回折光は、プローブ光軸から1°未満で格子要素から伝播可能である。

#### 【0008】

本開示のいくつかの例示的な実施形態において、光反射要素は、角度を付けられた反射側面を有するスペーサーの一部であるか、あるいはそれを含みうる。角度を付けられた反射側面は、格子に対する入射角を、波長の少なくとも1つがレンズの光軸に平行に伝播するような角度にする。SEEプローブは、前方視からの組織の2次元画像を取得するために360°回転可能である。

10

#### 【0009】

別の例示的な実施形態によると、追加のファイバは、SEE照明光学系と共に使用可能である。この例示的な実施形態において、組織からの反射光は、追加のファイバにより集められ、プローブからの背景信号を著しく低減できる。

#### 【0010】

本開示の更に他の例示的な実施形態において、SEEプローブは、組織上に2つのスペクトル符号化照明を有するように構成可能であり、一方の照明はSEEプローブの回転軸に対して他方の照明の反対側にある。この例示的な実施形態は、2つ以上の波長で組織を撮像することを可能にし、これにより組織の色画像が提供される。

20

#### 【0011】

本開示の更に他の例示的な実施形態において、カラー撮像の方法が提供される。ここで、SEEプローブはプローブ光軸に関して回転可能であり、少なくとも2つの画像が回転ごとに得られる。そのような2つ以上の画像は、単一の色画像に合成される。

#### 【0012】

本開示のこれらの目的、特徴及び利点、並びに他の目的、特徴及び利点は、添付の図面及び特許請求の範囲と併せて本開示の例示的な実施形態の以下の詳細な説明を読むことにより明らかとなるだろう。

30

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0013】

本開示の更なる目的、特徴及び利点は、本開示の例となる実施形態を示す添付の図面と併せて以下の詳細な説明から明らかとなるだろう。

図中、特に指定のない限り、同一の図中符号は、図示する実施形態の同様の特徴、素子、要素又は部分を示すために使用される。更に、本開示については図面を参照して詳細に説明するが、図示する例示的な実施形態と関連して説明する。添付の特許請求の範囲により規定される本開示の真の趣旨の範囲から逸脱せずに、説明される例示的な実施形態に対して変更及び変形を行えることを意図する。

【図1】図1は、本開示の例示的な一実施形態における例示的なSEEプローブを示す図である。

40

【図2】図2は、図1に示すプローブにより得られる視野の例示的な例を示す図である。

【図3】図3は、本開示の例示的な一実施形態における光学シミュレーションソフトウェアであるZEMAXにおいて生成される例示的な照射を示す図である。

【図4A】図4Aは、本開示の例示的な一実施形態における正面視SEEプローブを示す図である。

【図4B】図4Bは、本開示の別の例示的な実施形態における正面視SEEプローブを示す図である。

【図4C】図4Cは、図4A及び/又は図4Bに示す本開示の例示的な実施形態の正面視SEEプローブによる光の回折方法の例示的な例を示す図である。

【図5】図5は、照明及び検出のためにダブルクラッドファイバを使用する本開示の例示的な更なる一実施形態における例示的なSEEプローブを示す図である。

50

【図 6】図 6 は、検出のために追加のファイバを使用する本開示の例示的な更に別の実施形態における例示的な S E E プローブを示す図である。

【図 7 A】図 7 A は、本開示の例示的な一実施形態における例示的な案内管及び／又は針を示す側面図である。

【図 7 B】図 7 B は、図 7 A に示す例示的な案内管又は針を示す正面図である。

【図 8】図 8 は、照明及び検出のために異なる回折次数を使用する本開示の更なる例示的な一実施形態における例示的な S E E プローブを示す図である。

【図 9 A】図 9 A は、本開示における正面視 S E E プローブの例示的な変形例を示す図である。

【図 9 B】図 9 B は、本開示における正面視 S E E プローブの例示的な変形例を示す図である。 10

【図 9 C】図 9 C は、本開示における正面視 S E E プローブの例示的な変形例を示す図である。

【図 10 A】図 10 A は、本開示における正面視 S E E プローブの例示的な変形例を示す図である。

【図 10 B】図 10 B は、本開示における正面視 S E E プローブの例示的な変形例を示す図である。

【図 10 C】図 10 C は、本開示における正面視 S E E プローブの例示的な変形例を示す図である。 20

【図 11】図 11 は、2 色撮像を行える本開示の別の例示的な実施形態における例示的な S E E プローブを示す図である。

【図 12】図 12 は、本開示の種々の例示的な実施形態における S E E プローブにより得られる 2 色画像の例の集合を示す図である。

【図 13】図 13 は、3 色撮像を行える本開示の更なる例示的な一実施形態における例示的な S E E プローブを示す図である。 30

【図 14】図 14 は、本開示の種々の例示的な実施形態における S E E プローブにより 3 つのモノクロ画像から得られる 3 色画像の例の集合を示す図である。

【図 15】図 15 は、本開示の例示的な一実施形態における S E E 装置を示す図である。

【図 16】図 16 は、正面視 S E E プローブの例示的な一実施形態を使用する撮像装置の例示的な一実施形態を示す図である。 30

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【0014】

図 1 は、本開示における S E E プローブの例示的な一実施形態を示す図である。この例示的な S E E プローブは、光ファイバ 10、集束レンズ 12、スペーサ 14 及び回折格子 16 を含みうる。広帯域光（又は他の電磁放射）は、ファイバ 10 に結合又は提供され、レンズ 12 により集束される。スペーサ 14 の一方側は、傾斜研磨され、光反射要素 13 を提供するように反射面として動作可能である。レンズ 12 の後の光（又は他の電磁放射）は、光反射要素 13 の傾斜研磨された面により反射され、格子 16 に入射可能になる。傾斜研磨された面は、例えば金属又は誘電体コーティングを有することができ、これによりその反射率を増加できる。光（又は他の電磁放射）は格子要素 16 により回折され、波長 1、2 及び 3 に対する X 1、X 2 及び X 3 として図 1 に示すように、各波長 は組織 18 の固有の空間位置に集束される。従って、光（又は他の電磁放射）は、一点ではなく線 20（図 1 においてスペクトル符号化ラインとして示される）に集束される。光の波長のうちの 1 つは、図 1 に 1 として示すように、レンズの光軸に平行に伝播可能である。レンズ 12 に対するファイバ 10 の場所及び角度は、照明光の波長の少なくとも 1 つが格子 16 の後にレンズの光軸と同一直線上になるように調整される。組織 18 により反射される光（又は他の電磁放射）は、ファイバ 10 に結合されるか又は戻され、その後、分光計（不図示）に射出される。分光計において、戻ってくる光（又は他の電磁放射）のスペクトルは読み出され、コンピュータ（不図示）を使用して組織の線画像を生成するために使用可能である。例示的な S E E プローブは、例えばレンズ 12 及び／又はスペー 40

サ 1 4 を回転させることにより、あるいは当業者により理解されるべきである他の方法により、矢印 2 2 で示されるようにレンズの光軸に沿って回転走査される。

#### 【 0 0 1 5 】

図 2 は、図 1 に示す例示的な S E E プローブにより得られる視野を示す。例えば、スペクトル符号化ラインの一端における回転軸に対してスペクトル符号化ライン 2 0 を回転させることにより、円形領域が撮像される。この円形領域は S E E プローブにほぼ垂直に配置されるため、図 1 に示す例示的な S E E プローブは前方視撮像を行える。

#### 【 0 0 1 6 】

図 3 は、生成される本開示の例示的な一実施形態における光学シミュレーションソフトウェアである Z E M A X を使用して生成される放射の例を示す。そのような例を生成するために、例えば屈折率分布 (( a gradient index ) G R I N ) レンズ 3 4 ( S R L , G o F o t o n ; 長さ = 3 . 4 8 m m ; 直径 = 0 . 3 5 m m ) は、本開示の別の例示的な実施形態に従って集束レンズとして使用可能である。2 0 0 0 本 / m m の溝密度を有する回折格子 1 6 も使用可能である。この例示的な構成において、3 9 0 ~ 8 2 0 n m のスペクトルバンドは 7 5 ° の画角を生成できる。3 9 0 n m の光の伝播角度は G R I N レンズ 3 4 の光軸に平行になりうる。

#### 【 0 0 1 7 】

本開示の特定の例示的な実施形態における例示的な正面視 S E E プローブは、図 4 A 及び図 4 B に示すようにプローブ内に光反射要素を有することができる。例えば図 4 A に示すように、光（又は他の電磁放射）は、光ファイバ 1 0 により案内される。光ファイバ 1 0 は、例えばシングルモードファイバ、多 ( a-few ) モードファイバ又はマルチモードファイバであるか、あるいはそれを含みうる。ファイバ 1 0 のファイバクラッドの外径は、典型的には 1 2 5 μ m でありうるが、要望に応じて変更されてもよい。光は、一般に可視スペクトル中にある種々の波長の組合せであり、紫外線又は近赤外線、あるいは他の範囲に及んでもよい。波長の例示的な範囲は、典型的には 4 0 0 n m から 8 0 0 n m でありうる。光（又は他の電磁放射）は、光集束要素を透過した後に多少集束可能である。光は、光集束要素を透過する時、入力波長に対して透明な媒質中を伝播できる。

#### 【 0 0 1 8 】

ファイバ 1 0 は、光集束要素 1 2 に直接接続可能であり、且つ／あるいはオプションの透明インサート 1 7 は光ファイバ 1 2 と光集束要素 1 2 との間に挿入されてもよい。インサート 1 7 は、ガラスロッド、すなわちいわゆるコアレスファイバであるか、あるいはガラスロッドやコアレスファイバを含みうる。小型化するために、屈折率分布 ( G R I N ) レンズは、G R I N レンズの直径が例えば 3 5 0 μ m ほどの小ささでありうるため、光集束要素 1 2 の選択肢として使用可能である。透明媒質は、光集束要素 1 2 と格子 1 6 との間に配置可能であり、スペーサ 1 4 として機能しうる。このスペーサ 1 4 は、例えば空気、ガラス又はエポシキでありうる。いくつかの例示的な実施形態において、アングルカット G R I N レンズは、光集束要素 1 2 及びスペーサ 1 4 の結合体として使用可能である。

#### 【 0 0 1 9 】

本開示の特定の例示的な実施形態によると、インサート 1 7 及びスペーサ 1 4 は、単一の要素として提供可能であり、且つ／あるいは一体的に組み合わされてもよい。スペーサ 1 4 の一端は角度を付けられ、例えば金属又は誘電体コーティングを含むことにより反射面 1 3 が提供される。格子 1 6 は、例えばホログラフィック格子等を含む一般的な溝格子、ブレーズド回折格子又は体積格子等の種々の形態を有することができる。光（又は他の電磁放射）は、格子 1 6 により回折され、物体（例えば、組織）に到達する。別の光ファイバは、物体からの散乱光を検出するための図 4 A 又は図 4 B の例示的な S E E プローブに束ねられ、且つ／あるいは S E E プローブ内に束ねられる。

#### 【 0 0 2 0 】

図 4 A は、光反射要素 1 3 及び遮光要素 1 1 を更に有する本開示の別の例示的な実施形態における例示的なプローブを示す図である。遮光要素 1 1 は、光集束要素 1 2 のほぼ下半分を遮光できる。光反射要素 1 3 は、例えばミラーであるか、あるいはミラーを含みうる。

10

20

30

40

50

る。スペーサ 14 が十分に高い屈折率（例えば、1.35 より高い）を有する場合、光反射要素 13 の研磨された面は、全反射の特性によりミラーとして機能しうる。動作を明確にするために、図 4 A はインサート 17 の後の概略的な光線追跡結果を更に示す。例えば遮光要素 11 の上方の光束は、光反射要素 14 に影響を及ぼし、反射され且つ格子 16 を照明する。格子 16 は、前方方向に、すなわち基準軸に沿って光を回折する。本明細書で説明する基準軸は、光が光集束要素 12 の第 1 の面でその軸に沿って曲がらないような軸として規定される（これに限定されない）。

#### 【0021】

従って、この例示的な実施形態において説明される例示的なプローブは、光反射要素から反射する光が全反射されるように構成可能である。全反射は、内部反射の場合に発生する。光は、屈折率  $n_i$  の媒質から屈折率  $n_t$  の媒質に伝播すると仮定される。ここで、 $n_i > n_t$  である。角度  $c$  は  $\sin c = n_t / n_i$  と定義される。入射角が角度  $c$  以上である場合、入射光は全反射され、境界はミラーのように挙動しうる。

10

#### 【0022】

図 4 B は、別の例示的な実施形態におけるプローブの別の例示的な構成を示す。図 4 B の例示的な構成において、ファイバ 10 は、光集束要素 12 の中心から下方向にオフセットされる。この例示的な構成により、光は上方向に向けられ、光反射要素 13 に影響を及ぼす。オプションのインサート 17 は、光集束要素 12 とスペーサ 14 との間に挿入され、全ての光がミラー 13 に影響を及ぼすようにしてもよい。この例示的な実施形態によると、遮光要素 11 は、図 5 B に示す例示的な実施形態にオプションとして追加可能である。

20

#### 【0023】

そのような例示的なプローブの例示的な特徴の 1 つは、長い波長ほど基準軸の方向の近くで回折されることである。例えば 3 つの波長 1、2 及び 3 ( 3 > 2 > 1 ) は、図 4 A に示す例示的なプローブに案内される。格子 16 の後、回折光は図 4 C に示すような外観を有しうる。

#### 【0024】

本開示の更なる例示的な実施形態によると、光集束要素 12 は G R I N レンズであるか、あるいはそれを含みうる。例示的な G R I N レンズにより、光束はほぼ正弦パスに従う。G R I N レンズのピッチは、1 ピッチを伝播した光線が正弦パスの軌道の 1 サイクルを伝播するように判定される。従って、1 ピッチの長さの G R I N レンズ及び 2 ピッチの長さの G R I N レンズは同一の光学特性を有する。例えば、G p は G R I N レンズの 1 ピッチを表す。いくつかの実施形態において、G R I N レンズを含む正面視 S E E プローブは、長さが ( 0 . 5 k + 0 . 25 ) G p + 0 . 1 G p より長く且つ ( 0 . 5 k + 0 . 25 ) G p + 0 . 3 G p より短い G R I N レンズを有する。ここで、k はゼロ又は正の整数である。いくつかの例示的な実施形態において、G R I N レンズの長さは、0 . 35 G p より長く且つ 0 . 55 G p より短い。この例示的な結果は、正面視 S E E プローブ設計に対する構成の判定を容易にし、その製造を簡易化するのを支援する。

30

#### 【0025】

あるいは、マイクロレンズ等の他の集束要素が G R I N レンズの代わりに使用可能である。

40

#### 【0026】

図 5 は、本開示の更に別の例示的な実施形態におけるプローブを示す図である。この例示的な実施形態において、光ファイバは、ダブルクラッドファイバ ( D C F ) 40 であるか、あるいはそれを含みうる。D C F 42 のコアは、照明 44 のために使用可能であり、D C F 46 の内側クラッドは検出 48 のために使用可能である。この例示的なプローブは、大径内側クラッド 46 を検出開口として使用してスペックル雑音を低減するために使用可能である。

#### 【0027】

図 6 は、本開示の更に別の例示的な実施形態におけるプローブを示す図である。この例

50

示的な実施形態において、更なる光ファイバ（例えば、検出ファイバ）50は、組織から反射される光を集めるために使用可能である。そのような例示的なプローブを使用して、照明及び／又は検出に対して2つの別個の光路を有することによりプローブ自体から生成される背景信号を阻止できる。例えば照明ファイバ10、レンズ12、スペーサ14及び格子16から構成される照明光学系52は回転可能であるが、検出ファイバ50は静止している。検出ファイバ56の受け入れ角度は、スペクトル符号化ライン20により形成される画角以上でありうる。検出ファイバ50は、高いNAを有するマルチモードファイバである可能性があり、これは効果的な集光のために比較的大きな導波領域を有することができる。検出ファイバ50は、例えばファイバ自体のNAが十分に高くない場合には、サンプル空間上の受け入れ角度を増加するために先端に屈折素子を有することができる。

10

#### 【0028】

図7A及び図7Bは、それぞれ本開示の別の例示的な実施形態における例示的な案内管（a guiding tube）及び／又は針を示す側面図及び正面図である。この例示的な実施形態において、案内管又は針60は、照明光学系52及び検出ファイバ50を入れるために使用可能である。案内管又は針60は複数の管腔を有することができ、且つ／あるいは管腔のうちの1つが照明光学系52を収納するために使用可能である。別の管腔は、検出ファイバ50を収納するために使用可能である。案内管又は針60内では、照明光学系52は回転走査されて2次元画像を提供する。ここで、照明光学系62の画角は、例えば回転するために2倍になる。案内管又は針60は、例えば金属管及び／又は半可撓性高分子管から成るか、あるいはそれを含みうる。

20

#### 【0029】

図8は、本開示の更に別の例示的な実施形態におけるプローブを示す図である。この例示的な実施形態において、検出ファイバ50は、格子16の背後に配置される。検出ファイバ50は、例えば、高いNAを有するマルチモードファイバであって、効果的な集光のために比較的大きな導波領域を有するマルチモードファイバでありうるか、あるいはかかるマルチモードファイバを含みうる。プローブは、2つ（又はそれ以上）のスペーサを有することができる。例えば、レンズ12の隣にスペーサ（スペーサ14）を有し、格子16と検出ファイバ50との間に別のスペーサ（スペーサ15）を有する。レンズ12からの照明光44は、スペーサ14の表面により反射され、スペーサ15に入射し、スペーサ15上にある格子16により組織18に向けて1次回折方向に回折される。組織18からの反射光は、格子16により0次回折方向に回折され、スペーサ15を介して検出ファイバ50により集められる。例えば照明ファイバ10、レンズ12、スペーサ14、スペーサ15、格子16及び検出ファイバ50から成る光学系は、図8の回転方向22により示されるように共に回転される。この例示的な実施形態によると、プローブの直径は、検出ファイバが照明光学系の外側に配置される例示的な実施形態のプローブの直径より小さく規定される。

30

#### 【0030】

いくつかの例示的な実施形態において、遮光要素を挿入する代わりに又はそれに加えて、GRINレンズ及び／又は他の集束要素が半分に切断されるか、あるいは光軸に沿って切り取られる。例えば光集束要素は、切断されるか、研削されるか、あるいは約半分に分割される。

40

#### 【0031】

切り取られた光集束要素を使用する1つの利点は、そのような例示的な構成がプローブにおいて更なる空間を提供できることでありうる。例えば $350\text{ }\mu\text{m}$ の直径のGRINレンズが使用され、レンズの下半分が除去され、最大 $175\text{ }\mu\text{m}$ の高さの更なる空間が得られる（図9Aを参照）。この更なる空間は、例えば検出ファイバの配置のために使用可能であり、そのため例示的な正面視SEEプローブを小型化するのを支援できる。図9A～図9Cは、本開示の特定の例示的な実施形態における種々の正面視SEEプローブの例を示す。追加の空間が必要とされない場合、GRINレンズの一部分が図9Bに示すように遮断される。図9Cにおいて、検出ファイバ50は、底部がカットオフされるGRINレ

50

ンズの底部で束ねられ、より小さい直径のプローブの形成を潜在的に可能にする。

#### 【0032】

光軸からの2つの角度（例えば、光集束要素及び分光要素の位置付け）は、一般に僅かに異なってもよい。これを図10A～図10Cに示す。図10Aにおいて、例えばミラーは38°であり、格子は40°である。従って、集束素子の分割のために、光吸収体を添加するか又は集束素子を半分に切断し、50%より僅かに小さくなるのが有益だろう。

#### 【0033】

図11は、本開示の更に別の例示的な実施形態におけるプローブを示す図である。この例示的な実施形態において、スペクトル符号化ラインが視野の中心の上下に延びる。動作スペクトルのほぼ中心における波長は、レンズの光軸に平行に伝播するように構成される。組織18の上半分は、動作スペクトルの短い方の半分により照明され、組織18の下半分は、動作スペクトルの長い方の半分により照明される。例示的なSEEプローブを回転させることにより、動作スペクトルの短い方の半分及び長い方の半分により視野全体が撮像される。例えば、格子16は2500本/mmの溝密度を有することができ、スペクトルの短い方の半分が448～560nmであり、スペクトルの長い方の半分が560～800nmでありうる。これらの例示的なパラメータにより、例示的なSEEプローブは±21°の画角を撮像でき、組織18は、それぞれが赤色及び緑色の一方をほぼ表せる2つの波長によりサンプリングされる。この2色撮像機能は、組織18の血管系を可視化するのに有用でありうる。他の例示的な実施形態において、スペクトルの2つの部分への異なる分離がスペクトルの異なる点において実現される。

10

20

30

#### 【0034】

図12は、本開示の種々の例示的な実施形態におけるSEEプローブにより得られる2色画像の例の集合を示す図である。例えばモノクロ画像は、動作スペクトルの短い方の半分に対応しうる第1のスペクトル符号化ライン90を走査することにより得られる。別のモノクロ画像は、動作スペクトルの長い方の半分に対応しうる第2のスペクトル符号化ライン92を走査することにより得られる。例示的な（例えば、2つの）モノクロ画像は合成され、図12の右側に示すような2色画像を生成できる。図12において、波長1及び3で光により撮像された点94により例示されるように、各点は光の2つの波長により撮像されている。

#### 【0035】

図13は、本開示の更なる例示的な一実施形態におけるプローブを示す図である。この例示的な実施形態において、格子16は、異なる回折次数を使用して2つの波長の光を同一方向に向けることができる。短い波長1の光は2次回折により点×1に向けられる。長い波長4の光は1次回折により同一の点×1に向けられる。この例示的な構成により、組織18の各点は少なくとも3つの異なる波長により撮像できる。

40

#### 【0036】

例えば格子16は、1250本/mmの溝密度を有することができ、第1のスペクトルは439～500nmであり、第2のスペクトルは500～575nmであり、第3のスペクトルは878～1000nmでありうる。これらのパラメータにより、例示的なSEEプローブは±14°の画角を撮像でき、組織18の各点は、それぞれ青色スペクトル、緑色スペクトル及びNIRスペクトルをほぼ表せる3つの波長により撮像される。赤色領域及びNIR領域の双方における組織18の吸収係数は青色領域及び緑色領域と比較して非常に小さいため、NIRスペクトルにより得られる画像は画像の赤色チャネルを表すために使用できる。

40

#### 【0037】

図14は、本開示の更なる例示的な実施形態におけるSEEプローブにより3つのモノクロ画像から得られる3色画像の例の集合を示す。例えばモノクロ画像は、動作スペクトルの短い方の半分に対応しうる第1のスペクトル符号化ライン90を走査することにより得られる。別のモノクロ画像は、動作スペクトルの長い方の半分に対応しうる第2のスペクトル符号化ライン92を走査することにより得られる。更に別のモノクロ画像は、第3

50

のスペクトル符号化ライン 9 6 を走査することにより得られる。モノクロ画像は合成され、R G B 画像等の 3 色画像を生成できる。図 1 4 の下部にこれを示す。図 1 4 において、波長 1、3 及び 4 で光により撮像された点 9 8 により例示されるように、色画像の各点は光の 3 つの波長により撮像される。

#### 【 0 0 3 8 】

他の例示的な実施形態において、2 つ、3 つ又は4 つのモノクロ画像が形成され且つ合成され、多色画像を生成又は形成する（例えば、特にプログラムされ且つ構成されたコンピュータにより）。従って、2 階調画像が提供及び／又は生成され、例えば血液と組織とを区別するか、あるいは3 階調画像が提供されてフルカラー画像を作成できる。

#### 【 0 0 3 9 】

図 1 5 は、本開示の例示的な一実施形態における S E E プローブから画像を取得するシステムを示す図である。例えば光源 7 0 は、広帯域スペクトル（又は他の電磁放射）の光を出力する。波長の範囲は、4 0 0 n m ~ 8 0 0 n m の可視領域内となりうる。しかし、他の波長が使用されてもよい。例示的な撮像システムにおいて、光は、照明ファイバと呼ばれるファイバ 7 2 に直接案内されるか又はファイバ 7 2 内に提供される。照明ファイバ 7 2 は、接合部 7 4 に接続され、更に別の照明ファイバ 1 0 に案内される（且つ／又はそれと関係付けられる）。照明ファイバ 1 0 の端部において、例示的な S E E プローブを取り付けられる。物体（例えば、組織）から戻る散乱光は検出ファイバ 5 0 により集められる。検出ファイバ 5 0 は、接合部 7 4 により別の検出ファイバ 8 0 に接続される。検出ファイバ 8 0 は検出器 7 6 に接続され、検出器 7 6 において選択された波長の強度が検出される。この例示的な機能は、例えば分光計により実行される。例えば機械走査ユニット 7 8 を介して回折方向に垂直なプローブを機械的に走査することにより、物体の2 次元画像を得られる。機械的な走査は、例えば G a l v o スキャナ又はモータが照明ファイバ 1 0 及び検出ファイバ 5 0 と共にプローブを回転させることにより実行される。

#### 【 0 0 4 0 】

いくつかの例示的な実施形態において、広帯域光を照明ファイバ 7 2 に案内する代わりに、光はまず所定の波長 1、2、... N に分解される。例えば、波長 i ( 1 i N ) の光は照明ファイバ 7 2 に入力される。入力光は、接合部 7 4、照明ファイバ 1 0 、プローブ、検出ファイバ 5 0 、接合部 7 4 、検出ファイバ 8 0 及び検出器 7 6 を介して提供される。オプションとして、入力光が波長 i を有するため、検出器 7 6 は光検出器等の単純な光強度検出器であるか、あるいはそれを含みうる。i を 1 から N に変更することにより、1 次元の線画像を得られる。その線を機械的に走査することにより、物体の2 次元画像を取得できる。

#### 【 0 0 4 1 】

オプションの接合部 7 4 の1 つの役割は、照明ファイバ 1 0 及び検出ファイバ 5 0 を含むプローブを取り外し可能にすることでありうる。この例示的な機能により、プローブは使い捨て可能になり、従って、人体に挿入される衛生的なプローブとなる。

#### 【 0 0 4 2 】

上述し且つ図示した種々の例示的な S E E プローブは、基準軸に沿って光を偏向し、前方視を容易にできる。例示的なプローブは、静止して保持されてもよく又は回転されてもよい。ここで、プローブの回転は、2 次元正面視画像並びに色画像を取得するのに特に有用である。

#### 【 0 0 4 3 】

例えば、検出ファイバ 5 0 が正面視型 S E E プローブに取り付け可能であるため、プローブの連続した回転により、照明ファイバ及び検出が絡まる可能性がある。従って、いくつかの例示的な実施形態において、プローブは例えば前後に + / - 約 3 6 0 ° 回転可能である可能性がある。他の例示的な実施形態において、例示的なプローブは前後に + / - 約 1 8 0 ° 回転可能である。更なる例示的な実施形態において、例えば 9 0 ° 又は 2 7 0 ° 等の他の回転角度が使用可能である。

#### 【 0 0 4 4 】

10

20

30

40

50

種々の例示的な実施形態によると、マルチクラッドファイバが利用可能である。マルチクラッドファイバは、光伝播方向に依存して種々のコア直径を有するかのように機能しうる。従って、そのようなマルチクラッドファイバは、照明ファイバ及び検出ファイバとして使用可能である。マルチクラッドファイバが「回転接合部」に接続される場合、プローブの連続した回転が行われる。

#### 【0045】

図16は、本開示の別の例示的な実施形態における撮像システムを示す図である。この例示的な撮像システムは、例えば本明細書における種々の例示的な実施形態において説明されるような例示的なプローブと共に使用できる。本明細書で説明した例示的な正面視S E Eプローブは、2つの例示的な種類に分類される。一方の種類は、照明ファイバ及び検出ファイバを使用できる。他方の種類は、例えばマルチクラッドファイバであってもよい1つのファイバのみを使用できる。2種類のうちのいずれか一方が図16に示す例示的な撮像システムにおいて使用できる。

10

#### 【0046】

例えば図16の撮像システムを動作させるために、ユーザ（例えば、医者、看護師又は技術者）は、例示的な正面視S E Eプローブを接合部74に接続できる。正面視S E Eプローブが接合部74に接続される場合、コンピュータユニット／構成82は、特に2つの正面視S E Eプローブのいずれが接続されるかを検出及び／又は判定するようにプログラム及び構成され、コンピュータメモリに情報を格納できる。コンピュータユニット／構成82は、中央処理装置、メモリ、入出力インターフェース及びデータ記憶装置を含みうる。データ記憶装置において、ユーザが撮像システムを動作させるために判定及び種々の機能を実行するように中央処理装置を構成するソフトウェアがプリインストールされる。

20

#### 【0047】

例示的な動作において、ユーザは例示的な正面視S E Eプローブをシース（図17においては不図示）内に配置でき、そのような配置／構成を人体の所定の位置に挿入できる。シースのみが人体に事前に挿入されてもよく、正面視S E Eプローブをそのシース内に挿入できる。例示的なプローブは、人体内を観察するために使用可能であり、関節鏡検査及び血管内視鏡等の内視鏡として機能する。

30

#### 【0048】

コマンドは、ユーザインタフェースユニット／構成84を介してコンピュータユニット／構成82に送信される。タッチパネル画面は、ユーザインタフェースユニット／構成84の一部として含まれうるが、キーボード、マウス、ジョイスティック、ボールコントローラ及びフットペダルがユーザインタフェースユニット／構成84と共に含まれうる。ユーザは、ユーザインタフェースユニット84を使用して例示的な正面視S E Eプローブを介して人体内を観察するためにコマンドを起動させることができる。例えば、ユーザがコマンドを入力した場合、コマンドは実行するために中央処理装置に送信される。

40

#### 【0049】

線走査及び点走査の双方が使用可能である。線走査の場合、コンピュータユニット／構成82が人体内を観察するためのコマンドを受信した場合、コンピュータユニット／構成82は光源70に信号を送信するように構成され、特にそのような信号を送信させられる。光源70は、広帯域発光又はアークランプを実現できる超連続レーザであるか、あるいはそれを含みうる。例えば、光源は、400 nm～800 nmの範囲の波長の放射を連続的に提供できる。しかし、他の範囲も考慮される。光源70が中央処理装置から信号を受信すると、光源は広帯域光（又は他の放射）を生成でき、これは照明ファイバ72に結合される。

#### 【0050】

広帯域光は、照明ファイバ72に伝播し、接合部74に到達する。例示的な正面視S E Eプローブが照明ファイバ及び検出ファイバを有する場合、照明ファイバ72により案内される光は、別の照明ファイバ10に接続される。正面視S E Eプローブがマルチクラッドファイバを使用する場合、照明ファイバ72により案内される光は、マルチクラッドフ

50

アイバのコアのみが入力光を案内するようにマルチクラッドファイバ86に接続される。光は、プローブを介して提供され、物体を照明する。物体からの散乱光はプローブにより集められる。

#### 【0051】

正面視S E Eプローブが照明ファイバ10及び検出ファイバ50を有する場合、散乱光は検出ファイバ50に入射し、接合部74において検出ファイバ80に接続される。正面視S E Eプローブがマルチクラッドファイバのみを有する場合、散乱光は内側クラッドに伝播するように設計されてもよく、伝播した光は接合部74において検出ファイバ80に結合される。

#### 【0052】

検出ファイバ50は、光を検出器76に中継できる。分光計76等の検出器は、所定の波長で強度を測定できる。検出された強度は、コンピュータユニット／構成82により取得され、オプションとしてそのメモリに格納される。

#### 【0053】

コンピュータユニット／構成82は、雑音低減、座標歪補正及びコントラスト強調等の例示的な画像処理を適用するようにプログラムされる。画像処理が実行された後又はその実行中、データはコンピュータユニット／構成82からディスプレイ88に送信される。いくつかの例示的な実施形態において、液晶ディスプレイがディスプレイ88になりうる。ディスプレイ88は、例えば本開示の種々の例示的な実施形態に従って線走査により得られた画像を表示できる。ディスプレイ88は、観察日、観察される人体の部分、患者名及びオペレータ名等の画像以外の情報も表示できる。

#### 【0054】

本明細書で説明するS E Eプローブの使用の特定の例示的な実施形態によると、コンピュータユニット／構成82は、機械走査ユニット／構成78に別のコマンドを送信できる。このコマンドにより、機械走査ユニット78は、コンピュータユニット／構成82により基準軸を中心に所定量だけ例示的な正面視S E Eプローブを回転させられる。回転後、線走査が完了したと考えられ、画像データがディスプレイ88に送出されて表示される（すなわち、の回転に関する情報と共に）。このステップを繰り返すことにより、2次元正面視画像を提供できる。

#### 【0055】

正面視S E Eプローブが照明ファイバ10及び検出ファイバ50を有するいくつかの例示的な実施形態において、コンピュータユニット／構成82は、累積角度の絶対値の合計が $360^{\circ}$ （又は $180^{\circ}$ 等）より大きくなつた後に回転方向が反転するようなコマンドを送出するように構成及びプログラムされてもよい。例示的な正面視S E Eプローブがマルチクラッドファイバのみを有する場合、コンピュータユニット／構成82はプローブを回転し続けるコマンドを送出できる。正面視S E Eプローブの回転を維持することは、例えば回転の遅延の低減を減少することを含むいくつかの利点を有しうる。例えば、プローブが完全な硬質でない可能性があるため、機械走査ユニット／構成78及び正面視S E Eプローブの回転角度は異なる可能性がある。例示的なプローブが前後に回転される場合、その差は時間の経過に伴つて一定ではない可能性がある。しかし、プローブが一貫して回転される場合、回転の遅延はほぼ一定である。従つて、2次元画像の歪は少なくなる。

#### 【0056】

例示的な正面視S E Eプローブが $360 \cdot n^{\circ}$ ／秒で回転される場合、フレームレートはnフレーム／秒となりうる。いくつかの例示的な実施形態において、nは30、45、又は60より大きい。従つて、そのような例示的な方法で、本開示におけるプローブの例示的な実施形態を使用してリアルタイムの2次元正面視を得られる。

#### 【0057】

本開示の他の例示的な実施形態において、点走査が使用できる。コンピュータユニット／構成82が観察のためのコマンドを受信した場合、コンピュータユニット／構成82は、光源70に信号を送信するようにプログラム及び構成される。広帯域光（又は他の放射

)が分散され、選択された波長が照明ファイバ72に結合される。光の選択された波長は、コンピュータユニット／構成82により判定される。

#### 【0058】

例示的な線走査処理と同様に、物体からの散乱光は検出器76に到達する。この例示的な実施形態において、検出器76は分光計である必要はない。その代わり、検出器76は、光検出器等の点光強度検出器であるか、あるいはそれを含みうる。検出された強度は、線走査の1つの点における強度であり、メモリに格納される。

#### 【0059】

コンピュータユニット／構成82は、光源79の選択された波長を変更でき、線走査の別の点における光の強度を判定するために使用される。所定の範囲(例えば、400nm～800nm)で波長を変更することにより、線画像を得られる。コンピュータユニット／構成82は、得られたデータに画像処理手順を適用でき、ディスプレイ88に表示されるそのようなデータを送出する。

10

#### 【0060】

コンピュータユニット／構成82は、2次元正面視画像を得るために、光の波長の選択、機械走査ユニット78の回転及び散乱光強度の検出を同期するようにプログラム及び構成される。上述した例示的なデータ取得処理は、本明細書で説明するように点走査と呼ばれる。そのような例示的な点走査により、分光計が利用される必要はないため、コスト削減が実現できる。

20

#### 【0061】

本開示の特定の例示的な実施形態によると、例示的なS E Eプローブは前方方向の観察を容易にでき、これにより種々の内視鏡システムに付加価値を与えられる。例えば、本開示の種々の例示的な実施形態におけるS E Eプローブは、in vivoアプリケーションにおいて有用でありうる。例示的なプローブは、in vivoを使用するために小さいサイズで構成され、画像データを取得するより複雑で侵襲的な手順を必要としうる他の大きな従来のプローブより有利である。更に、本明細書で説明される例示的なS E Eプローブは、従来のプローブが大きすぎて適合しない手、指、足及び他の体の部分等、従来の内視鏡ではアクセスできない場所での撮像に有用でありうる。

20

#### 【0062】

例示的な実施形態は可視光を使用して説明されるが、本開示の例示的な実施形態は可視光の使用に限定されない。例えば、IR光又はUV光、並びに他の電磁放射が使用されてもよい。

30

#### 【0063】

説明を参照すると、開示される例を完全に理解するために特定の詳細を説明する。他の例において、本開示を必要に長くしないように、周知の方法、手順、要素及び回路については詳細に説明していない。

30

#### 【0064】

素子又は部分が別の素子又は部分「の上にある」、「に対向する」、「に接続される」又は「に結合される」と示される場合、それは他の素子又は部分の真上にあるか、他の素子又は部分に対向するか、他の素子又は部分に接続又は結合されるか、あるいは仲介する素子又は部分が存在してもよい。これに対して、素子が別の素子又は部分「の真上にある」、「に直接接続される」又は「に直接結合される」と示される場合、仲介する素子又は部分は存在しない。用語「及び／又は」は、使用される場合、関連する列挙された項目のうちの1つ以上のいずれか及び全ての組み合わせを含む。

40

#### 【0065】

「下」、「真下」、「下方」、「下部」、「上方」、「上部」、「近位」及び「遠位」等の空間的に相対的な用語は、種々の図面に示すように1つの素子又は特徴の別の素子又は特徴に対する関係を説明するために説明を容易にするために使用されてもよい。しかし、空間的に相対的な用語は、図面に示す向きに加えて使用中又は動作中のデバイスの異なる向きを含むことを意図する。例えば図中のデバイスが回転される場合、他の素子又は特

50

徴の「下方」又は「真下」にあると説明される素子は、その他の素子又は特徴の「上方」に向けられるだろう。従って、「下方」等の相対的な空間の用語は、上方及び下方の双方の向きを含みうる。デバイスは、別 の方法で向けられてもよく(90°だけ又は他の向きに回転させられてもよく)、本明細書で使用される空間的な相対的な記述子はそれに従って解釈される。同様に、相対的な空間的な用語「近位」及び「遠位」は、必要に応じて交換可能であってもよい。

#### 【0066】

本明細書で使用される用語「約」は、例えば10%内、5%内、あるいはそれ以下を意味する。いくつかの実施形態において、用語「約」は計測誤差内を意味してもよい。

#### 【0067】

第1、第2、第3等の用語は、種々の素子、要素、領域、部分及び/又は区間を説明するために本明細書において使用されてもよい。これらの素子、要素、領域、部分及び/又は区間はこれらの用語により限定されるべきではないことが理解されるべきである。これらの用語は、一方の素子、要素、領域、部分又は区間を他方の領域、部分又は区間から区別するためだけに使用されていてもよい。従って、以下において説明される第1の素子、要素、領域、部分又は区間は、本明細書の教示から逸脱することなく第2の素子、要素、領域、部分又は区間と呼ぶことができる。

#### 【0068】

本明細書で使用される専門用語は、特定の実施形態を説明するためだけのものであり、本開示を限定することを意図しない。本明細書で使用されるように、特に明示されない限り、単数形は複数形も含むことを意図する。「含む」という用語は、本明細書で使用される場合、記載される特徴、数字、ステップ、動作、素子及び/又は要素の存在を特定するが、明示されない1つ以上の他の特徴、数字、ステップ、動作、素子、要素及び/又はそれらの集合の存在又は追加を除外しないことが更に理解されるべきである。

#### 【0069】

図示する実施形態を説明する際、理解しやすいように特定の専門用語が採用される。しかし、本開示の明細書の開示は、そのように選択された特定の専門用語に限定されることを意図せず、特定の各素子が同様に動作する全ての技術的な等価物を含むことが理解されるだろう。

#### 【0070】

更なる特定の例について、以下の実施形態において説明する。

#### 【0071】

##### [例1]

図4Aは、光反射要素を含む本開示の例示的な一実施形態における例示的なSEEプローブを示す。理解しやすくするために、インサート17は除去される。光集束要素12に対して、GRINレンズが使用される。ファイバ10は、GRINレンズの中心に直接接続される。GRINレンズの大よその屈折率分布は以下のように書ける。

$$(式2) \quad N(r) = N_0 (1 - A / 2 * r^2)$$

式中、rはGRINレンズの中心からのラジアル距離である。市販されているGRINレンズは550nmの波長で $N_0 = 1.61$ 及び $A = 0.1781$ を有することができ、そのようなGRINレンズは以下において使用される。GRINレンズの長さは4.0mmに設定可能である。スペーサ14に対しては、550nmの波長で1.5181の屈折率を有する市販されているガラスが使用される。

#### 【0072】

光反射要素13はスペーサ14を研磨することにより形成される。研磨された面と基準軸との間の角度は約37.5°。又は厳密に37.5°に設定される。格子は、約550nm又は厳密に550nmの周期を有することができ、スペーサ14の表面に形成される。格子と基準軸との角度も約37.5°。又は厳密に37.5°に設定される。遮光要素11は、GRINレンズの下半分に入射する光を遮断できる。

#### 【0073】

10

20

30

40

50

光線追跡は、450、550、650及び750nmの波長で行われた。上記パラメータは、750nmの波長の光が基準軸に沿って偏向されるように選択された。基準軸に向けて偏向される対象の波長の光に対して、以下の式が満足されるべきである。

$$(式3) \quad n_1 \sin(\pi/2 - 1 - g - 2m) - n_2 \sin(\pi/2 - g) = s /$$

式中、

$n_1$  : 格子の屈折率

$n_2$  : 格子の後の物質（例えば、空気）の屈折率

$1$  : 光反射要素に入射する前の基準軸からの光線の角度（下向きに進む場合、 $1 < 0$ ）

10

$m$  : 光反射要素の表面と基準軸との間の角度

$g$  : 光反射要素の表面と基準軸との間の角度

$s$  : 対象となる波長

：格子のピッチ

#### 【0074】

約750nm又は厳密に750nmの波長が式3をほぼ満足するようにパラメータが選択されるため、約750nm又は厳密に750nmの波長の光は基準軸に沿って偏向されてもよい。

#### 【0075】

2次元画像は、本明細書で開示される処理を使用する等、このプローブを回転させることにより得られる。

20

#### 【0076】

##### [例2]

ミラー及び格子の組合せは、ファイバの光軸に向けられる分光された光を実現するために使用された。図10A～図10Cは、プローブの例示的な実施形態の概略図を示す。

#### 【0077】

例えばミラー正面視S E Eプローブは、プローブの先端にミラーを有することができる。GRINレンズを透過した光は、ミラーに入射する。反射光は格子に入射する。この例示的な方法において、光は光軸に平行に（z方向）偏向される。

30

#### 【0078】

図10Aに示すように、ミラーにより反射されずに格子に直接入射する光を回避するために、ファイバはオフセットされる。この例において、ミラーは約38°又は厳密に38°であり、格子は約450nm又は厳密に450nmのピッチで約40°又は厳密に40°である。ファイバは0.11nmオフセットされる。図10Bにおいて、光吸収体が追加可能であり、光吸収体は、格子に伝播するがミラーには伝播しない光を遮断する。図10Bに示す例示的なプローブは、ミラー面の傾斜角が格子の傾斜角と同一の角度になるように設計される。これにより遠位プローブの製造を簡易化できる。図10Cは、約38°又は厳密に38°のミラー、約45°又は厳密に45°の格子、並びに約450nm又は厳密に450nmのピッチを有するように設計される例示的なプローブを示す。

#### 【0079】

40

##### [例3]

光吸収体の変形例を有する例も利用可能である。例えば図9Aに示すように、GRINレンズの底部は存在しない。下半分は、例えばその半分を研磨又は切り取ることにより除去可能である。プローブが回転される時の重量又はモーメントのバランスを考慮すると、図9Cに示すように（例えばファイバ50に対して）検出ファイバ10が除去された空間に取り付け可能である。これは、合計のプローブヘッド体積を減少する利点も有しうる。図9A及び図9Cに示す固体部分は、GRINレンズ上に切れ目を入れ、黒色エポキシ等の光吸収物質又はあらゆる不透明物質を充填することにより作成される。

#### 【0080】

50

反射角を臨界屈折角より大きく設計することにより、ミラーは全反射を使用して単純に

表面を研磨することにより形成される。従って、表面のコーティングは必要ない。更に、例えばより長い波長の光はz方向の近くで回折される。

#### 【0081】

本明細書で使用されるように、ほぼ平行に伝播する光又は例えばほぼ同様の角度を有する光等の「ほぼ」という用語は、角度の差分が15°未満、より詳細には10°未満、より詳細には5°未満、より詳細には3°未満、より詳細には2°未満、又はより詳細には1°未満であることを意味する。

#### 【0082】

上記は本開示の原理を示したにすぎない。説明した例示的な実施形態に対する種々の変形及び変更は、本明細書の教示を考慮して当業者には明らかとなるだろう。実際には、本開示の例示的な実施形態における構成、システム及び方法は、あらゆるSEEシステム又は他の撮像システム、例えば本明細書に参考として全ての内容が取り入れられている米国特許第7,843,572号公報、米国特許第8,145,018号公報、米国特許第6,341,036号公報、米国特許第7,796,270号公報、米国特許出願公開第2008/0013960号明細書及び米国特許出願公開第2011/0237892号明細書に説明されるシステムと共に使用可能である。明示的に図示しないか又は本明細書で説明しないが、本開示の原理を実施し、従って本開示の趣旨の範囲内である多くのシステム、構成及び方法を当業者が考案できることは理解されるだろう。更に、従来技術の知識が本明細書に参考として明示的に取り入れられない範囲で、本明細書に全ての内容が明示的に取り入れられている。本明細書で参照された全ての発行物は、本明細書に参考として全ての内容が取り入れられる。

10

20

30

#### 【0083】

以下の非限定的な参考文献のリストが提供される。

#### 【0084】

C. Pitriss、B. E. Bouma、M. Shishkov及びG. J. TearneyのOPTICS EXPRESS 第11巻、120~124ページ(2003年)

#### 【0085】

M. Shishkov、G. J. Tearney、B. E. Bouma、D. Yelin及びN. Iftimiaの米国特許第8,145,018号公報

#### 【0086】

D. Yelin、I. Rizvi、W. M. White、J. T. Motz、T. Hasan、B. E. Bouma及びG. J. Tearneyの「Three-dimensional miniature endoscopy」Nature 第443巻、765ページ(2006年)

#### 【0087】

本開示について例示的な実施形態を参照して説明したが、本開示は開示した例示的な実施形態に限定されないことが理解されるだろう。以下の特許請求の範囲の範囲は、そのような変更、並びに等価の構造及び機能の全てを含むように広範に解釈されるべきである。

【図 1】

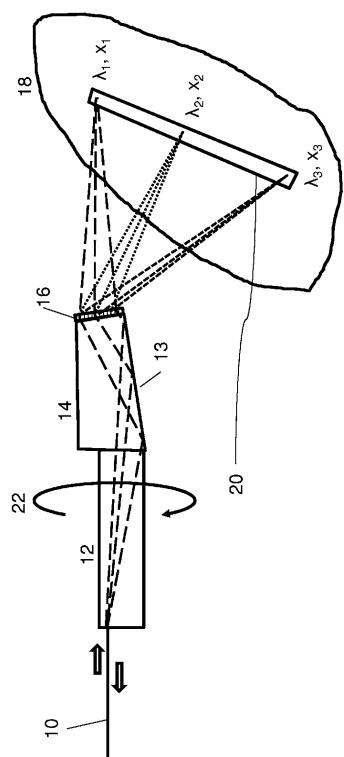


FIG. 1

【図 2】

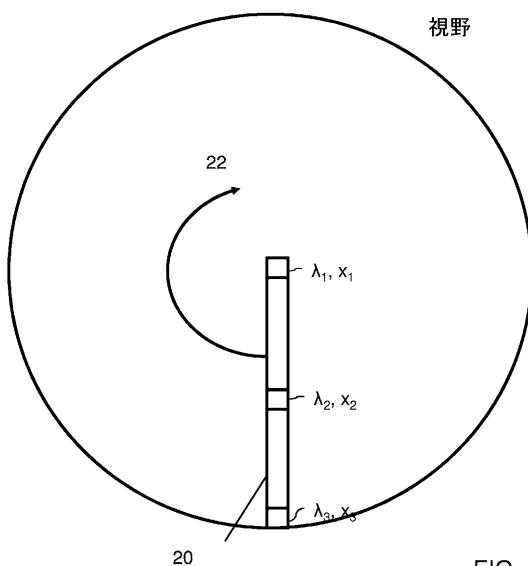


FIG. 2

【図 3】

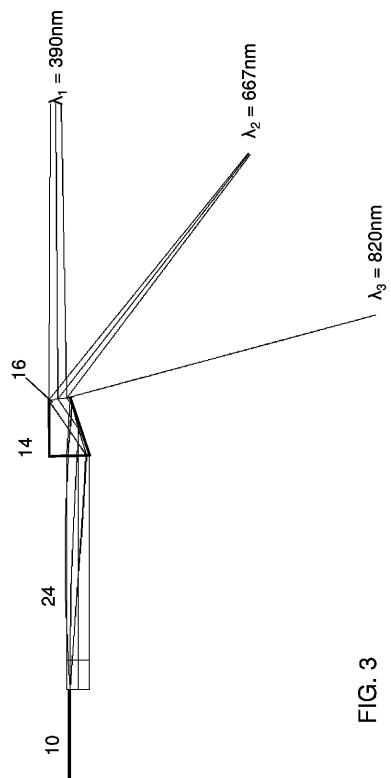


FIG. 3

【図 4 A】

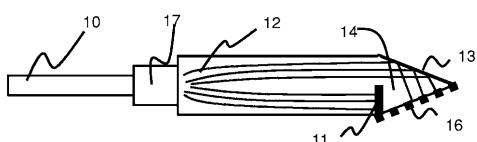


FIG. 4A

【図 4 B】

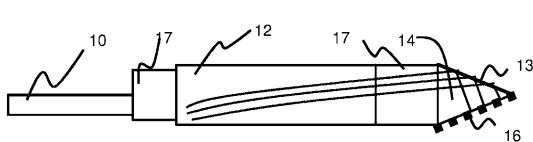


FIG. 4B

【図5】

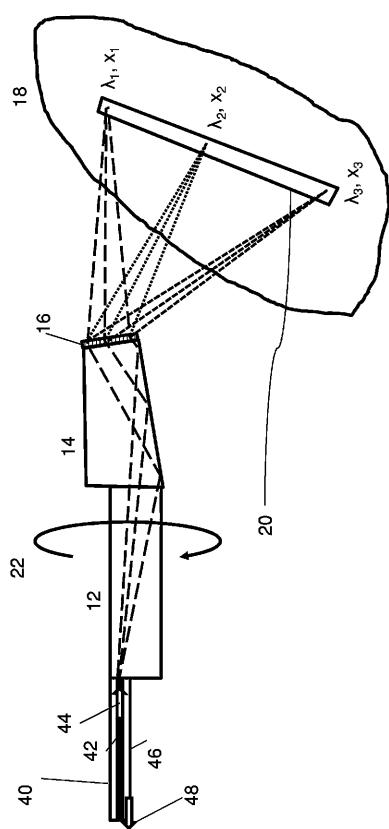


FIG. 5

【図6】

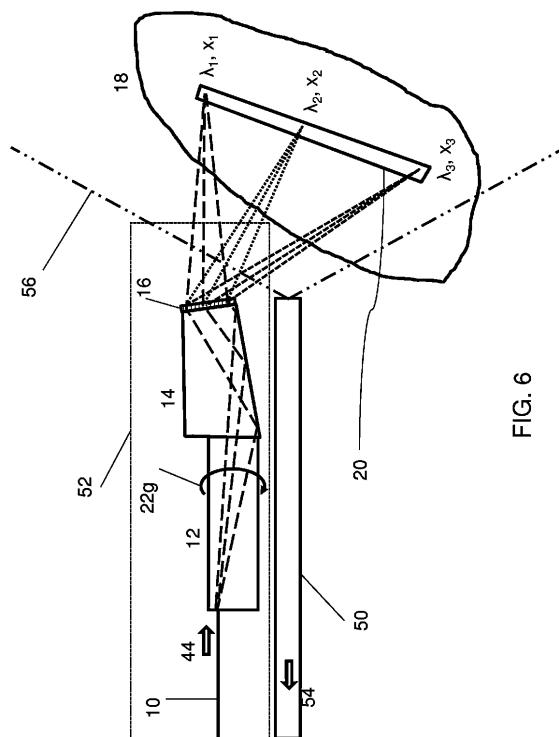


FIG. 6

【図8】

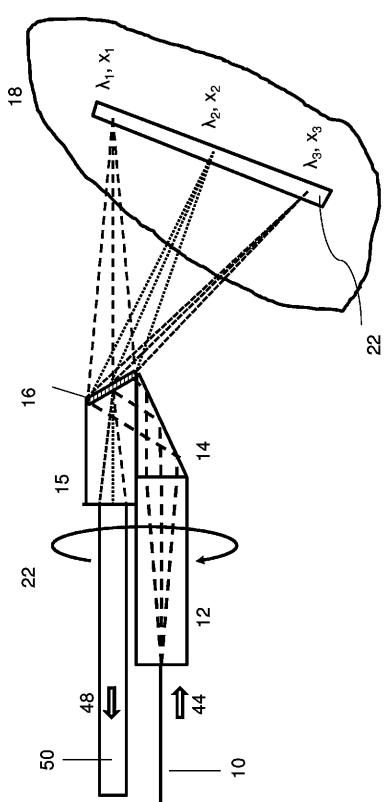


FIG. 8

【図9A】

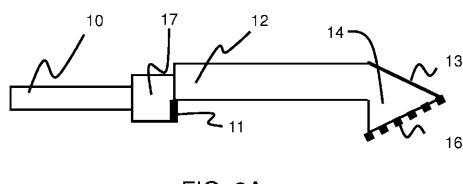


FIG. 9A

【図9B】

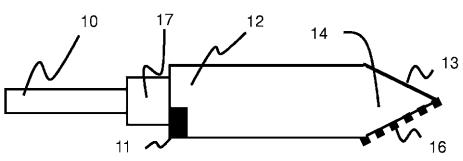


FIG. 9B

【図9C】

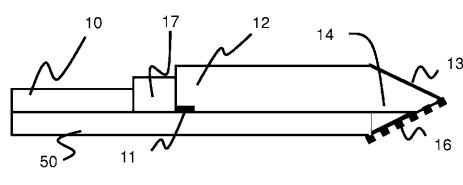


FIG. 9C

【図 1 1】

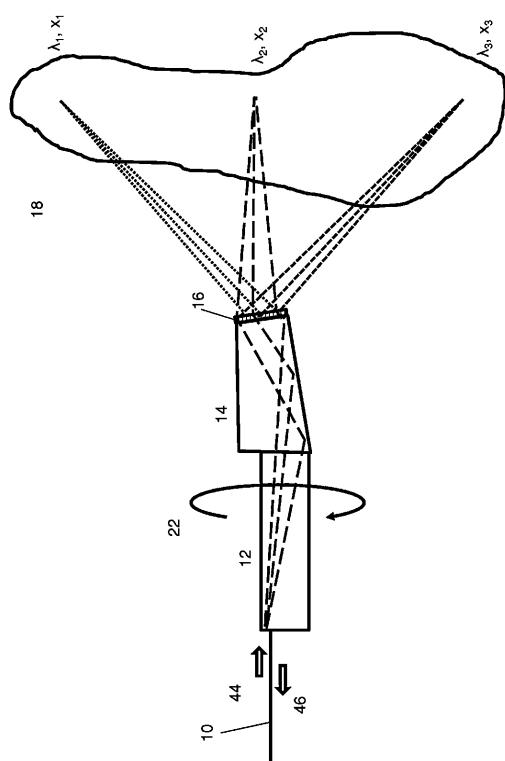


FIG. 11

【図 1 2】

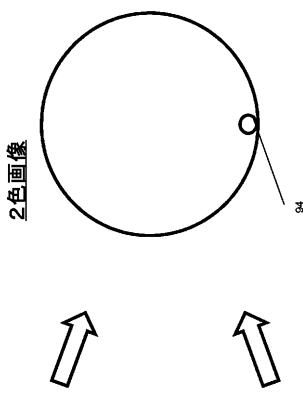


FIG. 12

【図 1 3】

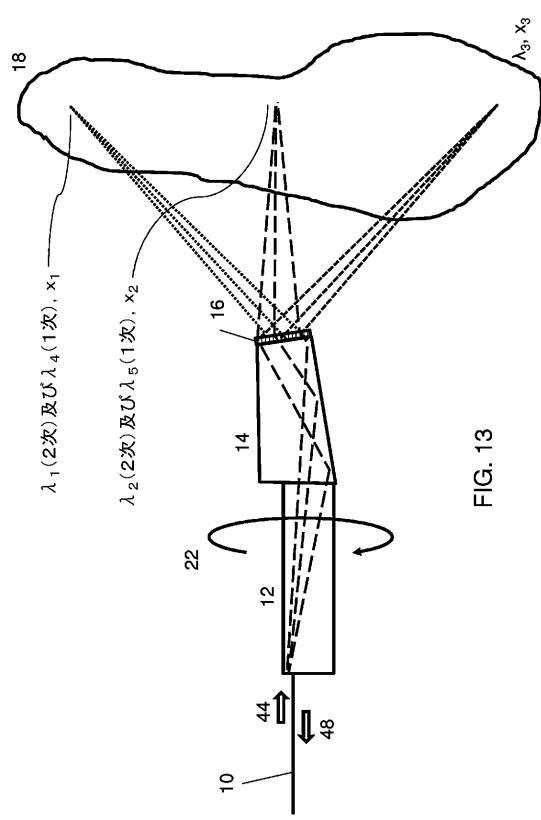


FIG. 13

【図 1 4】

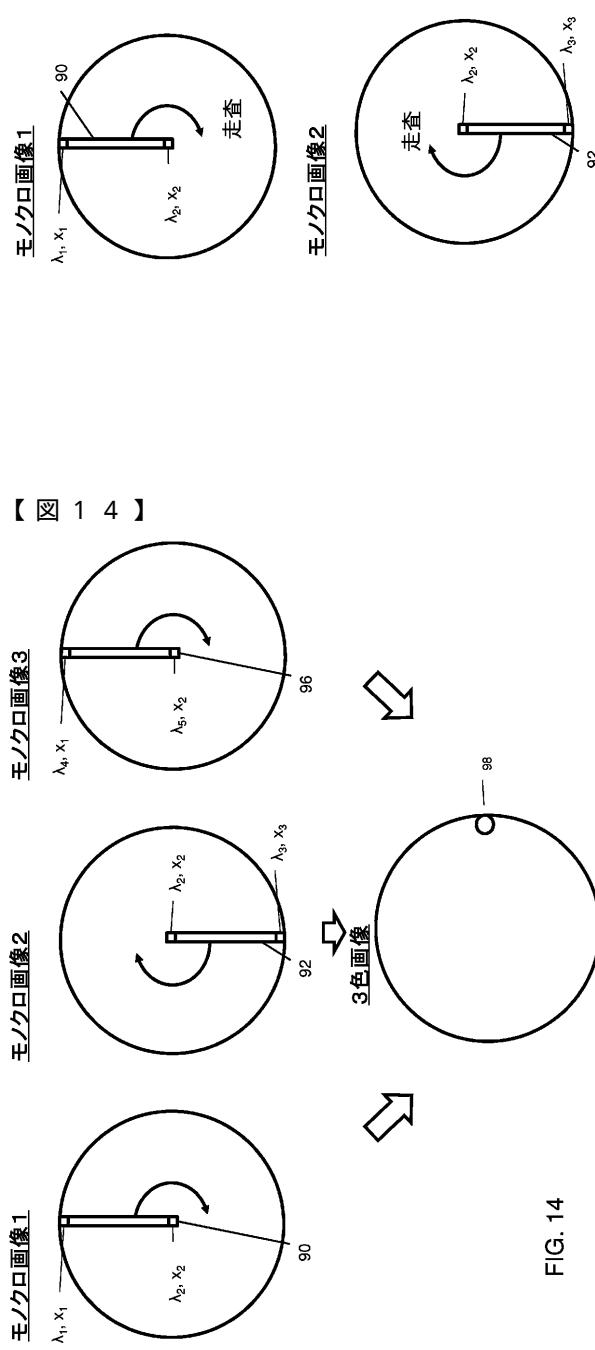
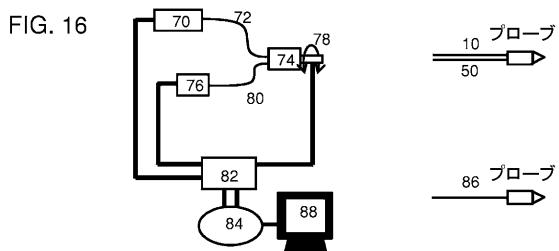


FIG. 14

【図 16】



【図 7 A】

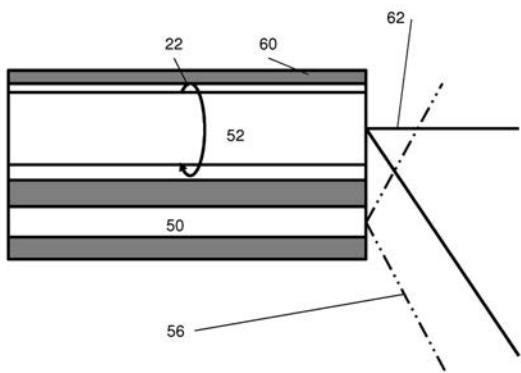


FIG. 7A

【図 4 C】

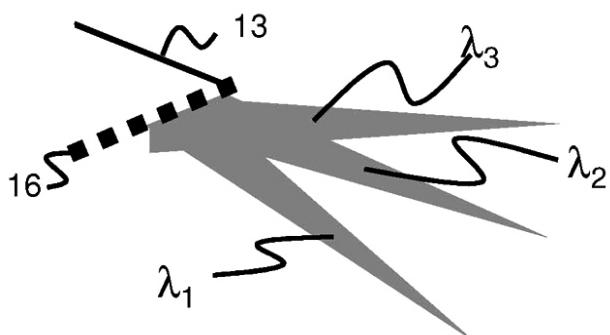
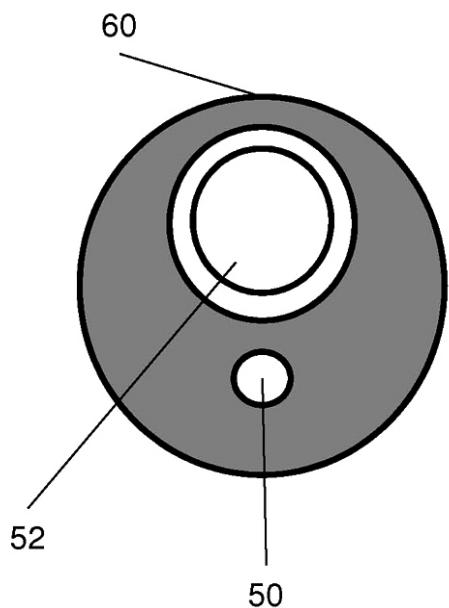


FIG. 4C

【図 7 B】



【図 10 A】

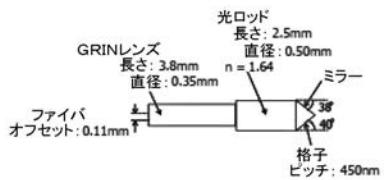


FIG. 10A

【図 10 B】

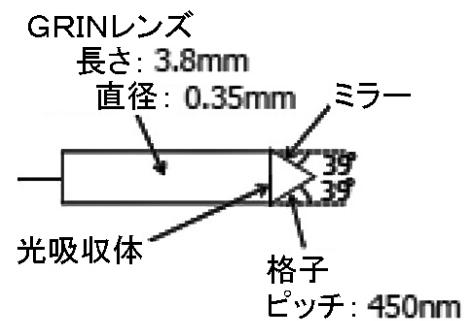


FIG. 10B

FIG. 7B

【図 10C】

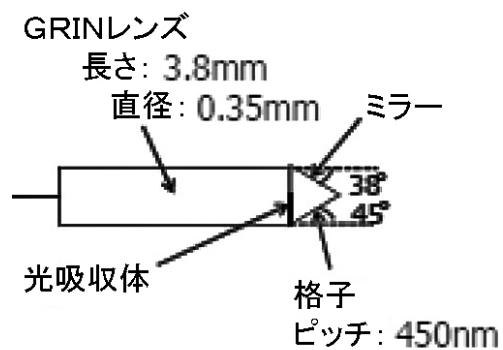
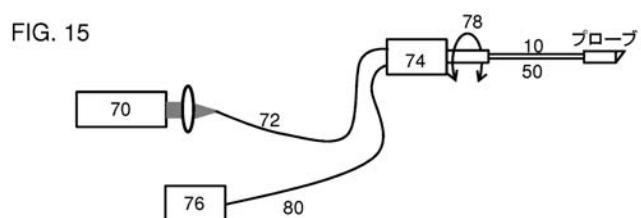


FIG. 10C

【図 15】



## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US15/13816																								
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC(8) - A61B 1/05, 1/06, 5/0215 (2015.01) CPC - A61B 1/00096, 5/0062, 5/0084 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC																										
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC(8) Classification(s): A61B 1/05, 1/06, 5/0215 (2015.01) CPC Classification(s): A61B 1/00096, 5/0062, 5/0084																										
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched																										
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PatSeer (US, EP, WO, JP, DE, GB, CN, FR, KR, ES, AU, IN, CA, INPADOC Data); Google Scholar; IP.COM; IEEE Keywords used: Spectrally encoded endoscopy probe; forward viewing; SEE; grating; color endoscopy; front-view SEE imaging; forward-imaging instruments for optical coherence tomography																										
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Category*</th> <th style="text-align: left;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="text-align: left;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>US 2012/0328241 A1 (SHISHKOV, M et al.) December 27, 2012; abstract; figures 9B, 10C; paragraphs [0016]; [0065-0067]</td> <td>1-4, 6-8, 11, 15-19 5, 9-10, 12-14, 20-23</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 3,976,360 A (SCHRODER, E) August 24, 1976; figures 1-4; column 2, lines 5-12; column 4, lines 13-37</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 5,909,529 A (BHAGAVATULA, V) June 01, 1999; figures 1-2; column 2, lines 13-26; column 3, lines 52-65; column 4, lines 11-29</td> <td>9-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 2003/0142934 A1 (PAN, Y et al.) July, 31, 2003; figures 1-2, 4, 10-11; paragraphs [0018]; [0040]; [0081]</td> <td>12-13</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 2010/0210937 A1 (TEARNEY, G et al.) August 19, 2010; figure 13; paragraphs [0016-0017]; [0023]; [0027]; [0087-0088]</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 2004/0147810 A1 (MIZUNO, R) July 29, 2004; figure 1; paragraphs [0029-0031]; [0048-0049]</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 2011/0237892 A1 (TEARNEY, G et al) September 29, 2011; abstract; figures 1, 4, 11; paragraphs [0033]; [0036]; [0041-0042]; [0049], [0051]</td> <td>21-23</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	US 2012/0328241 A1 (SHISHKOV, M et al.) December 27, 2012; abstract; figures 9B, 10C; paragraphs [0016]; [0065-0067]	1-4, 6-8, 11, 15-19 5, 9-10, 12-14, 20-23	Y	US 3,976,360 A (SCHRODER, E) August 24, 1976; figures 1-4; column 2, lines 5-12; column 4, lines 13-37	5	Y	US 5,909,529 A (BHAGAVATULA, V) June 01, 1999; figures 1-2; column 2, lines 13-26; column 3, lines 52-65; column 4, lines 11-29	9-10	Y	US 2003/0142934 A1 (PAN, Y et al.) July, 31, 2003; figures 1-2, 4, 10-11; paragraphs [0018]; [0040]; [0081]	12-13	Y	US 2010/0210937 A1 (TEARNEY, G et al.) August 19, 2010; figure 13; paragraphs [0016-0017]; [0023]; [0027]; [0087-0088]	14	Y	US 2004/0147810 A1 (MIZUNO, R) July 29, 2004; figure 1; paragraphs [0029-0031]; [0048-0049]	20	Y	US 2011/0237892 A1 (TEARNEY, G et al) September 29, 2011; abstract; figures 1, 4, 11; paragraphs [0033]; [0036]; [0041-0042]; [0049], [0051]	21-23
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																								
X	US 2012/0328241 A1 (SHISHKOV, M et al.) December 27, 2012; abstract; figures 9B, 10C; paragraphs [0016]; [0065-0067]	1-4, 6-8, 11, 15-19 5, 9-10, 12-14, 20-23																								
Y	US 3,976,360 A (SCHRODER, E) August 24, 1976; figures 1-4; column 2, lines 5-12; column 4, lines 13-37	5																								
Y	US 5,909,529 A (BHAGAVATULA, V) June 01, 1999; figures 1-2; column 2, lines 13-26; column 3, lines 52-65; column 4, lines 11-29	9-10																								
Y	US 2003/0142934 A1 (PAN, Y et al.) July, 31, 2003; figures 1-2, 4, 10-11; paragraphs [0018]; [0040]; [0081]	12-13																								
Y	US 2010/0210937 A1 (TEARNEY, G et al.) August 19, 2010; figure 13; paragraphs [0016-0017]; [0023]; [0027]; [0087-0088]	14																								
Y	US 2004/0147810 A1 (MIZUNO, R) July 29, 2004; figure 1; paragraphs [0029-0031]; [0048-0049]	20																								
Y	US 2011/0237892 A1 (TEARNEY, G et al) September 29, 2011; abstract; figures 1, 4, 11; paragraphs [0033]; [0036]; [0041-0042]; [0049], [0051]	21-23																								
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input type="checkbox"/> See patent family annex.																								
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed																										
Date of the actual completion of the international search 01 April 2015 (01.04.2015)		Date of mailing of the international search report <b>28 AUG 2015</b>																								
Name and mailing address of the ISA/ Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201		Authorized officer Shane Thomas PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-1774																								

---

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,R0,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,D0,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,IDL,IN,IR,IS,JP,KE,KG,KN,KP,KR,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US

(74)代理人 100115071

弁理士 大塚 康弘

(74)代理人 100112508

弁理士 高柳 司郎

(74)代理人 100116894

弁理士 木村 秀二

(74)代理人 100130409

弁理士 下山 治

(74)代理人 100134175

弁理士 永川 行光

(72)発明者 ティアニー ギレルモ ジェイ

アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 02114 ボストン フルート ストリート 55 ザ  
ジェネラル ホスピタル コーポレーション内

(72)発明者 カン ドンギュン

アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 02114 ボストン フルート ストリート 55 ザ  
ジェネラル ホスピタル コーポレーション内

(72)発明者 井久田 光弘

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92618-3731, 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

(72)発明者 山添 賢治

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92618-3731, 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

(72)発明者 マッハ アンダーソン ティ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92618-3731, 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

(72)発明者 プラワー ジェイコブ シーフェリン

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92618-3731, 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

F ターム(参考) 2G059 AA05 BB12 EE02 EE12 EE13 FF01 GG01 HH02 HH06 JJ05

JJ11 JJ13 JJ17 MM10 PP04

2H040 BA23 DA12

2H249 AA02 AA12 AA55 AA64

4C161 BB02 CC07 FF40 JJ06 JJ17 MM10 NN05 WW04

专利名称(译)	光学探针，光强检测，成像方法和系统		
公开(公告)号	<a href="#">JP2017505667A</a>	公开(公告)日	2017-02-23
申请号	JP2016549308	申请日	2015-01-30
[标]申请(专利权)人(译)	总医院集团 佳能美国公司		
申请(专利权)人(译)	总医院集团 佳能Yuesuei公司		
[标]发明人	ティアニーギレルモジェイ カンドンギュン 井久田光弘 山添賢治 マッハアンダーソンティ プラワージェイコブシーフェリン		
发明人	ティアニーギレルモジェイ カンドンギュン 井久田光弘 山添賢治 マッハアンダーソンティ プラワージェイコブシーフェリン		
IPC分类号	A61B1/00 G01N21/27 G02B3/00 G02B23/24 G02B5/18		
CPC分类号	G02B23/2453 A61B1/00009 A61B1/00096 A61B1/00172 A61B1/04 A61B1/0661 A61B1/07 G02B3/0087 G02B23/02 G02B23/2423 G02B23/243 G02B23/2469 G02B23/26 G02B26/103 G02B27/1086 G02B27/425 H04N5/2256 H04N9/07 H04N2005/2255		
FI分类号	A61B1/00.300.T G01N21/27.A G02B3/00.B G02B23/24.Z G02B5/18		
F-TERM分类号	2G059/AA05 2G059/BB12 2G059/EE02 2G059/EE12 2G059/EE13 2G059/FF01 2G059/GG01 2G059/HH02 2G059/HH06 2G059/JJ05 2G059/JJ11 2G059/JJ13 2G059/JJ17 2G059/MM10 2G059/PP04 2H040/BA23 2H040/DA12 2H249/AA02 2H249/AA12 2H249/AA55 2H249/AA64 4C161/BB02 4C161/CC07 4C161/FF40 4C161/JJ06 4C161/JJ17 4C161/MM10 4C161/NN05 4C161/WW04		
代理人(译)	大冢康弘 下山治 永川行光		
优先权	61/934486 2014-01-31 US		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

**摘要(译)**

提供了用于在用于前视光谱编码内窥镜(SEE)探头的光学装置中进行配置的示例性设备、系统和方法，以及使用该配置的方法。例如，探针可以包括聚光元件，导光元件，光反射元件和光栅元件。[选型图]图1

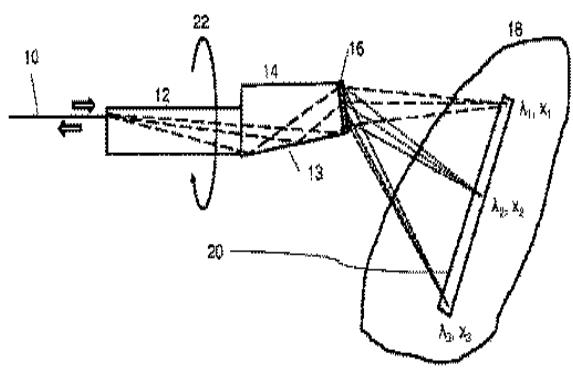


FIG. 1