

(19)日本国特許庁(JP)

**(12)特許公報(B2)**

(11)特許番号  
**特許第7107944号**  
**(P7107944)**

(45)発行日 令和4年7月27日(2022.7.27)

(24)登録日 令和4年7月19日(2022.7.19)

(51)国際特許分類

A 6 1 B	1/00 (2006.01)	F I	A 6 1 B	1/00	5 2 3
A 6 1 B	1/07 (2006.01)		A 6 1 B	1/07	7 3 3
G 0 1 N	21/27 (2006.01)		G 0 1 N	21/27	A
G 0 2 B	23/26 (2006.01)		G 0 2 B	23/26	C
G 0 2 B	23/24 (2006.01)		G 0 2 B	23/24	B

請求項の数 23 (全57頁)

(21)出願番号	特願2019-537373(P2019-537373)
(86)(22)出願日	平成30年1月10日(2018.1.10)
(65)公表番号	特表2020-505105(P2020-505105)
	A)
(43)公表日	令和2年2月20日(2020.2.20)
(86)国際出願番号	PCT/US2018/013192
(87)国際公開番号	WO2018/132490
(87)国際公開日	平成30年7月19日(2018.7.19)
審査請求日	令和2年1月16日(2020.1.16)
(31)優先権主張番号	62/445,465
(32)優先日	平成29年1月12日(2017.1.12)
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)

(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	ウー ズーユイ 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 井久田 光弘
(72)発明者	アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 スペクトル符号化前方ビュー内視鏡およびスペクトル符号化マルチビュー内視鏡、プローブ、および撮像装置

**(57)【特許請求の範囲】****【請求項1】**

光源からの光を第1の導波路の出力ポートへ導くための第1の導波路と、少なくとも第1の反射面および第2の反射面を含む光学系と、回折格子と、を備えるスペクトル符号化内視鏡であって、前記光学系は、前記スペクトル符号化内視鏡の先端部分に配置され、前記光学系は、照明光を発出し、または照明光を発出しつつ検出光を受光するように動作し、前記第1の反射面は、前記第1の導波路の前記出力ポートからの光を前記第2の反射面へ反射するように配置されており、前記第2の反射面は、前記第1の反射面からの光を、前記第1の反射面を通して前記回折格子へ後方反射するように配置されており、前記回折格子は、前記第2の反射面からの光を0でない回折次数で第1の方向に回折する、スペクトル符号化内視鏡。

**【請求項2】**

前記第1の反射面は、前記第1の反射面が前記第1の導波路の前記出力ポートから受光する光の少なくとも一部分のための内部全反射面である、請求項1に記載のスペクトル符号化内視鏡。

**【請求項3】**

前記第1の反射面と前記回折格子の構成要素の一部分とが同じ平面上にあり、どちらも単

ーの支持構造上にある、請求項 1 に記載のスペクトル符号化内視鏡。

**【請求項 4】**

前記第 2 の反射面は、曲面である、請求項 1 に記載のスペクトル符号化内視鏡。

**【請求項 5】**

前記光学系は、前記第 1 の導波路の前記出力ポートと前記第 1 の反射面との間に位置するスペーサをさらに含む、請求項 1 に記載のスペクトル符号化内視鏡。

**【請求項 6】**

前記スペーサは、G R I N レンズを含む、請求項 5 に記載のスペクトル符号化内視鏡。

**【請求項 7】**

前記第 1 の導波路の光軸は、前記 G R I N レンズの光軸と同一直線上にある、請求項 6 に記載のスペクトル符号化内視鏡。 10

**【請求項 8】**

前記スペクトル符号化内視鏡の端部部分は、前記第 1 の導波路の前記出力ポートと照明面との間にあり、

前記照明面は、照明光が前記スペクトル符号化内視鏡から出てくる前記スペクトル符号化内視鏡の最終表面であり、

前記スペクトル符号化内視鏡の端部部分の直径は、 $350 \mu m$ 未満である、

請求項 1 に記載のスペクトル符号化内視鏡。

**【請求項 9】**

前記スペクトル符号化内視鏡が複数の伝搬モードを有し、

前記複数の伝搬モードのうちの第 1 の伝搬モードでは、前記第 1 の導波路の前記出力ポートからの光が前記第 1 の反射面によって反射され、次に、前記第 2 の反射面によって反射され、次に、前記回折格子によって回折され、

前記複数の伝搬モードのうちの第 2 の伝搬モードでは、前記第 1 の導波路の前記出力ポートからの光が前記回折格子によって回折され、前記第 1 の反射面または前記第 2 の反射面によって反射されない、

請求項 1 に記載のスペクトル符号化内視鏡。 20

**【請求項 10】**

(i) 検出器とスイッチ、および、(ii) 前記光学系を通してまたは前記光学系によって発出される前記照明光を生じるように動作する照明源、のうち 1 つ以上をさらに備える、請求項 9 に記載のスペクトル符号化内視鏡。 30

**【請求項 11】**

前記第 1 の反射面は、前記出力ポートからの光を前記第 1 の反射面の法線に対して第 1 の角度で受光するように構成されており、

前記第 1 の角度は、内部全反射のための臨界角よりも大きい、

請求項 1 に記載のスペクトル符号化内視鏡。

**【請求項 12】**

前記第 1 の反射面および前記回折格子の構成要素は、実質的に平行な平面上にある、請求項 1 に記載のスペクトル符号化内視鏡。

**【請求項 13】**

前記第 1 の反射面は、单一の支持構造と薄膜または薄層との間の境界面であり、前記回折格子は、前記薄膜または薄層上にある、請求項 12 に記載のスペクトル符号化内視鏡。 40

**【請求項 14】**

前記第 2 の反射面は、ポールレンズの表面である、請求項 1 に記載のスペクトル符号化内視鏡。

**【請求項 15】**

前記スペクトル符号化内視鏡は、カラースペクトル符号化内視鏡であり、

前記回折格子は、前記第 2 の反射面からの光を、0 でない回折次数の、前記回折次数が相互に異なる青色、緑色および赤色の波長光で前記第 1 の方向に回折する、

請求項 1 に記載のスペクトル符号化内視鏡。 50

**【請求項 16】**

前記光学系は、G R I Nレンズを含むスペーサをさらに含み、前記スペーサは、前記第1の導波路の前記出力ポートと前記第1の反射面との間に位置し、前記G R I Nレンズの光出射端部は、前記第1の反射面が内部全反射面になるよう、所定の方向に傾斜している、請求項15に記載のスペクトル符号化内視鏡。

**【請求項 17】**

前記スペクトル符号化内視鏡の端部部分の回転中心と、前記回折格子から出てくる光ビームの中心との間のギャップは、前記スペクトル符号化内視鏡の前記端部部分に外接する円の直径の1/10未満である、請求項15に記載のスペクトル符号化内視鏡。

**【請求項 18】**

前記第1の反射面は、単一の支持構造と薄層との間の境界面であり、前記回折格子は、前記薄層上にあり、前記支持構造の屈折率N1および前記薄層の屈折率N2は、N2/N1 < 0.8を満足する、請求項15に記載のスペクトル符号化内視鏡。

**【請求項 19】**

前記薄層は、空隙であり、前記薄層の前記屈折率N2は、N2 = 1を満足する、請求項18に記載のスペクトル符号化内視鏡。

**【請求項 20】**

前記回折格子は、カバーガラスによって支持されている、請求項19に記載のスペクトル符号化内視鏡。

10

**【請求項 21】**

前記回折格子を形成する部材は、前記薄層を兼ねている、請求項18に記載のスペクトル符号化内視鏡。

20

**【請求項 22】**

光源と、

検出器と、

前記光源からの光を第1の導波路の出力ポートへ導くための第1の導波路と、

少なくとも第1の反射面および第2の反射面を含む光学系と、

回折格子と、

を備えるスペクトル符号化内視鏡であって、

前記光学系は、前記スペクトル符号化内視鏡の先端部分に配置され、前記光学系は、照明光を発出し、または照明光を発出しきつて検出光を受光するように動作し、

30

前記第1の反射面は、前記第1の導波路の前記出力ポートからの光を前記第2の反射面へ反射するように配置されており、

前記第2の反射面は、前記第1の反射面からの光を、前記第1の反射面を通して前記回折格子へ後方反射するように配置されており、

前記回折格子は、前記第2の反射面からの光を0でない回折次数で第1の方向に回折し、さらに、光を集光し、前記集光された光を前記検出器へ送るための第2の導波路を備える、スペクトル符号化内視鏡。

**【請求項 23】**

前記回折格子が第1の回折格子を画成し、かつ前記スペクトル符号化内視鏡が第2の回折格子を更に備え、または、前記回折格子が前記第1の回折格子および前記第2の回折格子を含み、

40

前記第2の反射面は、前記第1の反射面からの光の第1の部分を前記第1の回折格子に向けて反射するように配置されており、

前記第2の反射面は、前記第1の反射面からの前記光の第2の部分を、前記第2の回折格子を通して透過させるように配置されており、

前記第1の回折格子は、前記第2の反射面から反射された光を0でない回折次数で第1の方向に回折し、

前記第2の回折格子は、前記第2の反射面を通して透過された光を0でない回折次数で前記第1の方向と異なる第2の方向に回折する、

50

請求項 1 に記載のスペクトル符号化内視鏡。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本出願は、2017年1月12日に出願された、米国特許出願第62/445,465号に関連し、それに対する優先権を主張する。同出願の全開示はその全体が本明細書において参照により組み込まれる。

【0002】

本開示は、スペクトル符号化内視鏡検査 (spectrally encoded endoscopy : SEE) 内視鏡、装置およびシステム、および方法、ならびにそれらと共に用いるための記憶媒体のうちの1つまたは複数の実施形態に関する。SEEの適用の例としては、限定するものではないが、胃腸、心臓および/または眼科用の適用などのための、生物体または組織の撮像、評価、および特徴付け/識別が挙げられる。

10

【背景技術】

【0003】

被検体の内部からの画像を得ることが医療または研究上の理由のために有用であり、必要であることがしばしばある。内視鏡または何らかの他の医療用プローブは、被検体の内部からの画像を提供する能力を有する。被検体は人間の患者であってもよい。異物の挿入によって生じる被検体へのリスクを考慮すると、プローブはできるだけ小さいことが望ましい。加えて、血管、導管、針、切り口、裂け目等などの小さな経路の内部を撮像する能力は、より小さなプローブサイズにさらなる利点をもたらす。理想的な医療用プローブは、外乱を最小限に抑えて同じ量の情報を提供する。

20

【0004】

情報の収集を高速化する1つの方法は、空間情報の構成要素をスペクトル情報によって符号化することである。内視法との関連で、これは、照明光の波長を用いてサンプルからの空間情報を符号化する、スペクトル符号化内視鏡検査 (SEE) と呼ばれる。これにより、より小さい直径の内視鏡プローブを通じて画像を得ることができる速度が増大する。

【0005】

SEEは、小直径の軟性内視鏡プローブを通じた高速撮像のために、光ファイバ、小型光学部品、および回折格子（もしくはプリズム）を利用することができる技術である。SEEプローブから発出した多色光はスペクトル分散され、各色（波長）が1本のライン（分散ライン、スペクトルライン、または照明ライン）内のサンプル上の異なる部位を照明するように投影される。サンプルからの反射（または散乱）光は分光計および/または検出器によって収集されて復号され、画像ラインを形成することができる。ラインの各位置は照明光の特定の波長に対応する。プローブを運動させることによって、分散ラインと実質的に垂直な別の次元における空間情報を得ることができる。SEEは、2次元および3次元ならびにカラーの高品質画像を生成するために用いられている。SEEは、単一の光ファイバ内に入力される広帯域幅光を用いることによって達成することができる。回折格子を回転させるか、あるいは後方および前方へ振り、光がスペクトル分散した照明ラインを走査することによって、サンプルの2次元画像が得られる。

30

【0006】

内視鏡の幾何学的構成は、分散ラインが内視鏡内の導波路の軸に対する特定の方向に投影されることを必要とする。このような方向の例としては、前方、側方、および後方が挙げられる。異なる方向は異なる利点および不利点を有する。診断医はこれらのビューのうちの1つまたは複数を用いて診断情報を収集することができる。しかし、構成要素の小型化、製作の複雑さ、およびSEEプローブの堅牢性を含む、前方ビューのSEE撮像に関係する多くの課題が存在する。

40

【0007】

前方ビューSEEを実施するための1つの方法が、Costas PITRIS, Bre

50

tt E. BOUMA, Milen SHISKOV, Guillermo J. TEARNEY, A GRISM-Based Probe for Spectrally Encoded Confocal Microscopy, Optics Express, 2003年1月27日, 11(2):120-124、The Optical Society, Washington DC, 2003年において説明された。Pitriisの設計における少なくとも1つの問題は、SEEプローブが直径10mmのオーダーのものになることである。

#### 【0008】

Pitriisの設計に対する変更が、Adel ZEIDAN, Dvir YELIN, Miniature Forward-Viewing Spectrally Encoded Endoscopic Probe, Optics Letters, 2014年8月13日、39(16):4871-4874、The Optical Society, Washington DC, 2014年(以下、Zeidan)において開示された。光学部品が直径1mmに低減されたことを除いて、ZeidanはPitriisと同様である。ZeidanはPitriisを改善したものであるが、直径は依然として少なくとも1mmであり、依然として、2つのプリズム、および2つのプリズムの間に挟み込まれた回折格子の使用を必要とする。Pitriisの設計に基づく少なくとも1つの内視鏡の製作および組み立てプロセスは複雑である。

#### 【0009】

典型的なSEEは、入射多色光を、光の波長に応じて異なる回折角に偏向させる回折格子を利用する。回折格子が光を回折すると、入射光は通常、光軸に対して曲げられる。したがって、光は通常、光軸に沿って伝搬せず、これを次に前方ビュー撮像のために用いることができる。光を前方ビューの方へ向けるには、光路を、回折格子によって回折される前または後に曲げるために、光学系内の追加の反射および/または屈折面が通常必要とされる。追加の光学部品の要求は、プローブの複雑さおよびコストを増大させ、その一方で、信頼性を低下させる。プローブの設計における数種のアプローチは、プリズムおよび回折格子の組み合わせ、合焦光学部品に面した回折格子面およびその後の傾斜屈折面の使用を含む前方ビューを示してみせた。これらのアプローチの各々は、光学部品における複雑さおよび関連コスト、組立体における堅牢性、小型化、ならびに製作の難しさを含む多くの課題を伴う。

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0010】

必要とされているものは、サイズが小さく、より単純であり、より少数の構成要素を有し、それゆえ、より信頼性の高い前方ビューSEEである。同様に必要とされているものは、前方ビューのみに限定されず、前方ビュー、側方ビューおよび後方ビューのうちの2つ以上を含む複数のビューのために用いることができるSEEである。複数のビューを可能にする内視鏡は総視野を拡大し、また、異なる臨床用途における使用の可能性を高めることができる。

#### 【0011】

例えば、医療検査用途および医療用途において、様々な被検体および治療区域のために使用可能となるために、内視鏡プローブのサイズを低減する必要がある。さらに、カラー画像を用いることによって被検体の構造および治療区域の構造を確認するために、被検体についての3色情報を取得する必要がある。3色とは青色、緑色、および赤色である。SEEを用いることによってカラー画像を取得するために、異なる回折次数の回折光を観察対象の物体上に重ね合わせることによって、観察対象の物体上の部位を3色の青色、緑色および赤色の光で照明する方法が利用可能である。1つまたは複数の実施形態では、分散要素に入射する光の角度および出射回折光の角度は互いに著しく異なり得るものであり、その結果、プローブの端部における光学装置および/または光学系のサイズが増大する。

#### 【課題を解決するための手段】

10

20

30

40

50

**【 0 0 1 2 】**

本開示の少なくとも 1 つの広い特徴は、小型プローブを用いてカラー画像を取得するための S E E における内視鏡、プローブ、および画像取得装置を提供することである。本開示の少なくともさらなる広い特徴は、S E E 装置、システム、方法、およびそれらと共に使用するための記憶媒体を提供することである。少なくとも 1 つの例は内視鏡であり得る。内視鏡は、光源からの光を第 1 の導波路の出力ポート ( o u t p u t p o r t ) へ導くための第 1 の導波路を含み得る。内視鏡は、光学装置および / または光学系を含み得る。光学装置および / または光学系は、少なくとも、第 1 の反射面および第 2 の反射面を含み得る。内視鏡は回折格子を含み得る。第 1 の反射面は、第 1 の導波路の出力ポートからの光を第 2 の反射面へ反射するように配置され得る。第 2 の反射面は、第 1 の反射面からの光を、第 1 の反射面を通して回折格子へ後方反射するように配置され得る。回折格子は、第 2 の反射面からの光を 0 でない回折次数 ( d i f f r a c t i o n o r d e r ) で第 1 の方向に回折し得る。1 つまたは複数の実施形態では、回折格子は、第 2 の反射面からの光を、0 でない回折次数の、回折次数が相互に異なる青色、緑色および赤色の波長光で第 1 の方向に回折し得る。装置および / または系は、2 次元または 3 次元画像を白黒またはカラーで得るために用いられ得る。

10

**【 0 0 1 3 】**

本開示の少なくとも一実施形態では、第 1 の反射面は、第 1 の反射面が第 1 の導波路の出力ポートから受光する光の少なくとも一部分のための内部全反射面 ( t o t a l i n t e r n a l r e f l e c t i n g s u r f a c e ) であり得る。

20

**【 0 0 1 4 】**

本開示の少なくとも一実施形態では、第 1 の反射面、および回折格子の構成要素の一部は同じ平面上にあり得るものであり、どちらも単一の支持構造 ( s i n g l e s u p p o r t s t r u c t u r e ) 上にあり得る。

**【 0 0 1 5 】**

本開示の少なくとも一実施形態では、第 2 の反射面は、曲面であり得る。

**【 0 0 1 6 】**

本開示の少なくとも一実施形態では、光学装置および / または光学系は、第 1 の導波路の出力ポートと第 1 の反射面との間に位置するスペーサをさらに含み得る。

30

**【 0 0 1 7 】**

本開示の少なくとも一実施形態では、スペーサは、G R I N レンズであり得る。

**【 0 0 1 8 】**

本開示の少なくとも一実施形態では、第 1 の導波路の光軸は、G R I N レンズの光軸と同一直線上にあり得る。

**【 0 0 1 9 】**

本開示の少なくとも一実施形態では、内視鏡の端部部分は、第 1 の導波路の出力ポートと照明面との間にあり得るものであり、照明面は、照明光が内視鏡から出てくる内視鏡の最終表面であり得るものであり、内視鏡の端部部分の直径は、3 5 0  $\mu\text{m}$  未満であり得る。

**【 0 0 2 0 】**

本開示の少なくとも一実施形態では、内視鏡は、複数の伝搬モードを有し得る。複数の伝搬モードのうちの第 1 の伝搬モードでは、第 1 の導波路の出力ポートからの光は、第 1 の反射面によって反射され、次に、第 2 の反射面によって反射され得るものであり、次に、回折格子によって回折され得る。複数の伝搬モードのうちの第 2 の伝搬モードでは、第 1 の導波路の出力ポートからの光は、回折格子によって回折され得るものであり、第 1 の反射面または第 2 の反射面によって反射されなくてもよい。

40

**【 0 0 2 1 】**

本開示の少なくとも一実施形態は、検出器とスイッチとをさらに備え得る。

**【 0 0 2 2 】**

本開示の少なくとも一実施形態では、第 1 の反射面は、出力ポートからの光を第 1 の反射面の法線に対して第 1 の角度で受光するように構成され得る。第 1 の角度は、内部全反射

50

のための臨界角よりも大きいものであり得る。

**【 0 0 2 3 】**

本開示の少なくとも一実施形態では、第1の反射面と回折格子の構成要素とは、実質的に平行な平面上にあり得る。

**【 0 0 2 4 】**

本開示の少なくとも一実施形態では、第1の反射面は単一の支持構造と薄膜または薄層との間の境界面であり得るものであり、回折格子は薄膜または薄層上にあり得る。

**【 0 0 2 5 】**

本開示の少なくとも一実施形態では、第2の反射面は、ポールレンズの表面であり得る。

**【 0 0 2 6 】**

少なくとも第2の例は、撮像装置であり得る。撮像装置は、光源と、検出器と、光源からの光を第1の導波路の出力ポートへ導くための第1の導波路と、光学装置および/または光学系と、回折格子と、光を集光し、集光された光を検出器へ送るための第2の導波路と、を備え得る。光学装置および/または光学系は、少なくとも、第1の反射面および第2の反射面を含み得る。第1の反射面は、第1の導波路の出力ポートからの光を第2の反射面へ反射するように配置され得る。第2の反射面は、第1の反射面からの光を、第1の反射面を通して回折格子へ後方反射するように配置され得る。回折格子は、第2の反射面からの光を0でない回折次数で第1の方向に回折し得る。

**【 0 0 2 7 】**

本開示の少なくとも第2の実施形態では、第1の反射面は、第1の反射面が第1の導波路の出力ポートから受光する光の少なくとも一部分のための内部全反射面であり得る。

**【 0 0 2 8 】**

本開示の少なくとも第2の実施形態では、第1の反射面と回折格子の構成要素の一部分とは、同じ平面上にあり得るものであり、どちらも単一の支持構造上にあり得る。

**【 0 0 2 9 】**

本開示の少なくとも第2の実施形態では、第2の反射面は、曲面であり得る。

**【 0 0 3 0 】**

本開示の少なくとも第2の実施形態では、撮像装置および/またはシステムは、複数の伝搬モードを有し得る。複数の伝搬モードのうちの第1の伝搬モードでは、第1の導波路の出力ポートからの光は、第1の反射面によって反射され得るものであり、次に、第2の反射面によって反射され得るものであり、次に、回折格子によって回折され得る。複数の伝搬モードのうちの第2の伝搬モードでは、第1の導波路の出力ポートからの光は、回折格子によって回折され得るものであり、第1の反射面または第2の反射面によって反射されなくてよい。

**【 0 0 3 1 】**

本開示の少なくとも第2の実施形態は、スイッチをさらに備え得る。

**【 0 0 3 2 】**

本開示の少なくとも第2の実施形態では、第1の反射面は、出力ポートからの光を第1の反射面の法線に対して第1の角度で受光するように構成され得る。第1の角度は、内部全反射のための臨界角よりも大きいものであり得る。

**【 0 0 3 3 】**

本開示の少なくとも第2の実施形態では、第1の反射面と回折格子の構成要素とは、実質的に平行な平面上にあり得る。

**【 0 0 3 4 】**

本開示の少なくとも第2の実施形態では、第1の反射面は単一の支持構造と薄膜との間の境界面であり得るものであり、回折格子は、薄膜上にあり得る。

**【 0 0 3 5 】**

本開示の少なくとも第2の実施形態では、第2の反射面は、ポールレンズの表面であり得る。

**【 0 0 3 6 】**

10

20

30

40

50

少なくとも第3の実施形態の例は、プローブであり得る。プローブの1つまたは複数の実施形態は、光源からの光を第1の導波路の出力ポートへ導くための第1の導波路と、光学装置および/または光学系と、回折格子と、を備え得る。光学装置および/または光学系は、少なくとも、第1の反射面および第2の反射面を含み得る。第1の反射面は、第1の導波路の出力ポートからの光を第2の反射面へ反射するように配置され得る。第2の反射面は、第1の反射面からの光を、第1の反射面を通して回折格子へ後方反射するように配置され得る。回折格子は、第2の反射面からの光を0でない回折次数で第1の方向に回折し得る。1つまたは複数の実施形態では、上述されたように、回折格子は、第2の反射面からの光を、0でない回折次数の、回折次数が相互に異なる青色、緑色および赤色の波長光で第1の方向に回折し得る。

10

## 【0037】

本開示の少なくとも第3の実施形態では、第1の反射面は、第1の反射面が第1の導波路の出力ポートから受光する光の少なくとも一部分のための内部全反射面であり得る。

## 【0038】

本開示の少なくとも第3の実施形態では、第1の反射面と回折格子の構成要素の一部分とは、同じ平面上にあり得るものであり、どちらも単一の支持構造上にあり得る。

## 【0039】

本開示の少なくとも第3の実施形態では、第2の反射面は、曲面であり得る。

## 【0040】

本開示の少なくとも第3の実施形態では、プローブは、複数の伝搬モードを有し得る。複数の伝搬モードのうちの第1の伝搬モードでは、第1の導波路の出力ポートからの光は、第1の反射面によって反射され、次に、第2の反射面によって反射され、次に、回折格子によって回折され得る。複数の伝搬モードのうちの第2の伝搬モードでは、1つまたは複数の実施形態では、第1の導波路の出力ポートからの光は、回折格子によって回折され得るものであり、第1の反射面または第2の反射面によって反射されなくてもよい。

20

## 【0041】

少なくとも第3の実施形態は、検出器とスイッチとをさらに備え得る。

## 【0042】

本開示の少なくとも第3の実施形態では、第1の反射面は、出力ポートからの光を第1の反射面の法線に対して第1の角度で受光するように構成され得る。第1の角度は、内部全反射のための臨界角よりも大きいものであり得る。

30

## 【0043】

本開示の少なくとも第3の実施形態では、第1の反射面と回折格子の構成要素とは、実質的に平行な平面上にあり得る。

## 【0044】

本開示の少なくとも第3の実施形態では、第1の反射面は、単一の支持構造と薄膜との間の境界面であり得るものであり、回折格子は、薄膜上にあり得る。

## 【0045】

本開示の少なくとも第3の実施形態では、第2の反射面は、ポールレンズの表面であり得る。

40

## 【0046】

本開示の第4の実施形態は、スペクトル符号化プローブ(spectral encoder)であり得る。少なくとも1つのスペクトル符号化プローブは、光源からの光を第1の導波路の出力ポートへ導くための第1の導波路と、光学装置および/または光学系と、回折格子と、を備え得る。光学装置および/または光学系は、少なくとも、第1の反射面および第2の反射面を含み得る。第1の反射面は、第1の導波路の出力ポートからの光を第2の反射面へ反射するように配置され得る。第2の反射面は、第1の反射面からの光を回折格子へ反射するように配置され得る。回折格子は、第2の反射面からの光を0でない回折次数で第1の方向に回折し得る。1つまたは複数の実施形態では、上述されたように、回折格子は、第2の反射面からの光を、0でない回折次数の、回折次数

50

が相互に異なる青色、緑色および赤色の波長光で第1の方向に回折し得る。

**【0047】**

本開示の少なくとも第4の実施形態では、第1の反射面は、第1の反射面が第1の導波路の出力ポートから受光する光の少なくとも一部分のための内部全反射面であり得る。

**【0048】**

本開示の少なくとも第4の実施形態では、第2の反射面は、第1の反射面から受光する光の少なくとも一部分のための内部全反射面であり得る。

**【0049】**

本開示の少なくとも第4の実施形態では、第1の反射面は、曲面であり得る。

**【0050】**

本開示の少なくとも第4の実施形態では、第2の反射面は、曲面であり得る。

10

**【0051】**

少なくとも第4の実施形態は、第1の導波路の出力ポートと第1の反射面との間に位置するスペーサをさらに含み得る。

**【0052】**

本開示の少なくとも第4の実施形態では、スペーサは、G R I Nレンズであり得る。

**【0053】**

本開示の少なくとも第4の実施形態では、第1の導波路の光軸は、G R I Nレンズの光軸と同一直線上になくてもよい。

**【0054】**

本開示の少なくとも第4の実施形態では、スペクトル符号化プローブの端部部分は、第1の導波路の出力ポートと照明面との間にあり得る。照明面は、照明光がスペクトル符号化プローブから出てくるスペクトル符号化プローブの最終表面であり得る。スペクトル符号化プローブの端部部分の直径は、350 μm未満であり得る。

20

**【0055】**

本開示の少なくとも第4の実施形態では、第1の反射面は、ポールレンズの表面であり得る。

**【0056】**

本開示の少なくとも第4の実施形態では、第2の反射面は、ポールレンズの表面であり得る。

30

**【0057】**

本開示の第5の実施形態の例は、プローブであり得る。少なくとも1つのプローブは、第1の導波路と、光学装置および/または光学系とを備え得る。光学装置および/または光学系は、少なくとも、第1の反射面、第2の反射面および回折格子を含み得る。回折格子は、光を受光し得るものであり、受光された光を、第1の反射面を通して回折するように配置され得る。第2の反射面は、回折格子によって回折された第1の反射面を通過した回折光を受光するように配置され得るものであり、回折光を第1の反射面に向けて後方反射し得る。第1の反射面は、第2の反射面からの回折光を第1の導波路に向けて反射するように配置され得る。第1の導波路は、第1の反射面が第2の反射面から反射する回折光を受光するように配置され得る。

40

**【0058】**

本開示の少なくとも第5の実施形態では、第2の反射面は、曲面であり得る。

**【0059】**

少なくとも第5の実施形態は、第1の導波路の出力ポートと第1の反射面との間に位置するスペーサをさらに含み得る。

**【0060】**

本開示の少なくとも第5の実施形態では、スペーサは、G R I Nレンズであり得る。

**【0061】**

本開示の少なくとも第5の実施形態では、第1の導波路の光軸は、G R I Nレンズの光軸と同一直線上にあり得る。

50

**【 0 0 6 2 】**

本開示の少なくとも第5の実施形態では、第1の反射面は、第2の反射面からの光を第1の反射面の法線に対して第1の角度で受光するように構成され得る。第1の角度は、内部全反射のための臨界角よりも大きいものであり得る。

**【 0 0 6 3 】**

本開示の少なくとも第5の実施形態では、第1の反射面と回折格子の構成要素とは、実質的に平行な平面上にあり得る。

**【 0 0 6 4 】**

本開示の少なくとも第5の実施形態では、第1の反射面は単一の支持構造と薄膜との間の境界面であり得るものであり、回折格子は、薄膜上にあり得る。

10

**【 0 0 6 5 】**

本開示の少なくとも第5の実施形態では、第2の反射面は、ポールレンズの表面であり得る。

**【 0 0 6 6 】**

少なくとも第6の実施形態の例は、プローブであり得る。少なくとも1つのプローブは、光源からの光を第1の導波路の出力ポートへ導くための第1の導波路と、光学装置および/または光学系とを備え得る。光学装置および/または光学系は、少なくとも、第1の反射面、第2の反射面、第1の回折格子および第2の回折格子を含み得る。第1の反射面は、第1の導波路の出力ポートからの光を第2の反射面へ反射するように配置され得る。第2の反射面は、第1の反射面からの光の第1の部分を第1の回折格子に向けて反射するように配置され得る。第2の反射面は、第1の反射面からの光の第2の部分を、第2の回折格子を通して透過させるように配置され得る。第1の回折格子は、第2の反射面から反射された光を0でない回折次数で第1の方向に回折し得る。第2の回折格子は、第2の反射面を通して透過された光を0でない回折次数で第1の方向と異なる第2の方向に回折し得る。1つまたは複数の実施形態では、第1の回折格子および/または第2の回折格子は、それぞれ、第2の反射面からの、および/または第2の反射面を通った光を、0でない回折次数の、回折次数が相互に異なる青色、緑色および赤色の波長光で、それぞれ、第1の方向、および第1の方向と異なる第2の方向に回折し得る。

20

**【 0 0 6 7 】**

本開示の少なくとも第6の実施形態では、第1の反射面は、第1の反射面が第1の導波路の出力ポートから受光する光の少なくとも一部分のための内部全反射面であり得る。

30

**【 0 0 6 8 】**

本開示の少なくとも第6の実施形態では、第1の反射面は、曲面であり得る。

**【 0 0 6 9 】**

少なくとも第6の実施形態は、第1の導波路の出力ポートと第1の反射面との間に位置するスペーサをさらに含み得る。

**【 0 0 7 0 】**

本開示の少なくとも第6の実施形態では、スペーサは、G R I Nレンズであり得る。

**【 0 0 7 1 】**

本開示の少なくとも第6の実施形態では、第1の導波路の光軸は、G R I Nレンズの光軸と同一直線上になくてもよい。

40

**【 0 0 7 2 】**

本開示の少なくとも第6の実施形態では、第2の反射面と第2の回折格子の構成要素とは、実質的に平行な平面上にあり得る。

**【 0 0 7 3 】**

本開示の少なくとも第6の実施形態では、第2の反射面は、単一の支持構造と薄膜との間の境界面であり得るものであり、第2の回折格子は、薄膜上にあり得る。

**【 0 0 7 4 】**

本開示の少なくとも第6の実施形態では、第1の反射面は、ポールレンズの表面であり得る。

50

**【 0 0 7 5 】**

本開示の1つまたは複数の実施形態では、スペクトル符号化内視鏡検査（S E E）において、プローブの端部における光学装置および／または光学系のサイズを低減し、白黒および／またはカラー画像を取得することが可能である。

**【 0 0 7 6 】**

本開示の他の諸態様によれば、S E E技法を用いる1つまたは複数の追加の装置、1つまたは複数のシステム、1つまたは複数の方法、ならびに1つまたは複数の記憶媒体が本明細書において説明される。本開示のさらなる特徴は、添付の図面を参照した、例示的な実施形態の以下の説明から明らかになるであろう。

**【 0 0 7 7 】**

同様の符号が同様の要素を指示するものとし、本開示の様々な態様を示す目的のために、採用し得る単純化した形態が図面に示されている。しかし、本開示は、図示されている寸分違わぬ配置および手段によって限定されるわけでもなく、それらに限定されるわけでもないことが理解される。当業者が本明細書の主題を作製し、使用するのを助けるために、添付の図面および図を参考する。

**【図面の簡単な説明】****【 0 0 7 8 】**

【図1 A】図1 Aは、S E Eシステムの少なくとも一実施形態の図である。

【図1 B】図1 Bは、S E Eシステムの少なくとも1つの別の実施形態の概略図である。

【図1 C】図1 Cは、S E Eシステムの少なくともさらなる実施形態の概略図である。

【図2】図2は、一実施形態の一部分の図である。

【図3】図3は、一実施形態の一部分の図である。

【図4】図4は、本開示の少なくとも第2の実施形態の一部分の図である。

【図5】図5は、本開示の少なくとも第3の実施形態の一部分の図である。

【図6】図6は、一実施形態の一部分の図である。

【図7】図7は、本開示の少なくとも第5の実施形態の一部分の図である。

【図8】図8は、本開示の少なくとも第6の実施形態の一部分の図である。

【図9】図9は、本開示の少なくとも第7の実施形態の一部分の図である。

【図10 A】図10 Aは、本開示の少なくとも第8の実施形態の一部分の図である。

【図10 B】図10 Bは、本開示の少なくとも第8の実施形態の一部分の図である。

【図11】図11は、本開示の少なくとも第9の実施形態の一部分の図である。

【図12】図12は、本開示の少なくとも第10の実施形態の図である。

【図13】図13は、一実施形態の一部分の図である。

【図14】図14は、少なくとも第11の実施形態を説明するための概略図である。

【図15】図15(a)は、第11の実施形態における光学系を示す図である。図15(b)は、第11の実施形態の光学系における光の内部全反射を示す図である。図15(c)は、第11の実施形態の光学系における光の屈折および回折を示す図である。

【図16】図16は、少なくとも第11の実施形態における回折格子の回折効率を示す図である。

【図17】図17は、第11の実施形態における支持構造を示す図である。

【図18】図18は、第11の実施形態の光学系を示す図である。

【図19】図19は、少なくとも第11の実施形態における支持構造のサイズおよび出射光ビームのサイズを示す図である。

【図20】図20は、少なくとも第12の実施形態の光学系を示す図である。

【図21】図21は、少なくとも第13の実施形態の光学系を示す図である。

【図22】図22は、少なくとも第14の実施形態の光学系を示す図である。

【図23】図23は、少なくとも第15の実施形態の光学系を示す図である。

【図24】図24は、少なくとも第15の実施形態における支持構造のサイズおよび出射光ビームのサイズを示す図である。

【図25】図25は、少なくとも第16の実施形態の光学系を示す図である。

10

20

30

40

50

【図26】図26(a)は、少なくとも第16の実施形態の光学系における光の内部全反射を示す図である。図26(b)は、少なくとも第16の実施形態の光学系における光の屈折および回折を示す図である。

【図27】図27は、少なくとも第17の実施形態の光学系を示す図である。

【図28】図28は、少なくとも第17の実施形態における支持構造を示す図である。

【図29】図29は、少なくとも第17の実施形態における回折格子の回折効率を示す図である。

【図30】図30は、本開示の1つまたは複数の態様に係る撮像技法を遂行する方法を示すフロー図である。

【図31】図31は、本開示の1つまたは複数の態様に係る、本明細書において説明される、SEE装置もしくはシステムまたは撮像システムあるいは1つまたは複数の方法の1つまたは複数の実施形態と共に用いられ得るコンピュータの一実施形態の概略図である。

10

【図32】図32は、本開示の1つまたは複数の態様に係る、本明細書において説明される、SEE装置もしくはシステムまたは撮像システムあるいは方法の1つまたは複数の実施形態と共に用いられ得るコンピュータの別の実施形態の概略図である。

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【0079】

諸実施形態が以下において添付の図面を参照して説明される。全体を通じて同様の番号は同様の要素を指す。以下の説明は、本質的に単なる例証および例示にすぎず、本開示およびその適用および使用を限定することを全く意図されていないことに留意されたい。諸実施形態において示される構成要素およびステップの相対配置、数式ならびに数値は、特に断りのない限り、本開示の範囲を限定しない。当業者らによってよく知られている技法、方法、およびデバイスは、後述される実施形態を可能にするために当業者がこれらの詳細を知る必要はないと思われるため、詳細に説明されなかつた可能性がある。さらに、内部人体を検査するために用いられる以下において開示される内視鏡は、他の物体を検査するためにも用いられ得る。一実施形態が実装され得る内視鏡の例である特殊内視鏡の例としては、血管鏡、肛門鏡、関節鏡、動脈鏡(arterioscope)、関節鏡、気管支鏡、カプセル内視鏡、胆道鏡、結腸鏡、腔鏡、膀胱鏡、脳鏡、食道胃十二指腸鏡(esophagogastroduodenoscope)、食道鏡、胃鏡、子宮鏡、腹腔鏡、喉頭鏡、縦隔鏡、腎孟尿管鏡、神経内視鏡、直腸鏡、切除鏡、鼻鏡、S状結腸鏡、洞鏡(sinusscope)、胸腔鏡、尿管鏡、子宮鏡、ポアスコープ、ファイバースコープ、検査カメラ、および一実施形態を含むように適合され得る任意の特殊内視鏡が挙げられる。内視鏡は、軟性または硬性であり得る。一実施形態は、また、プローブまたは撮像装置であり得る。

20

##### 【0080】

SEE技法を用いて組織などの被検体の画像の解像度を改善し、ならびに/あるいはSEE技法を用いて白黒画像および/またはカラー画像を得るために1つまたは複数のデバイス、光学系、方法、および記憶媒体は、本明細書において開示される。本開示の少なくとも1つの態様によれば、本明細書において説明される1つまたは複数のデバイス、光学系、方法、および記憶媒体は、SEE技法を用いて、画像解像度を改善し、ならびに/あるいは解像度を改善しつつ画像を白黒および/またはカラーで得る。

30

##### 【0081】

図1Aは、主題の実施形態の特徴のうちの1つまたは複数が実装され得る、内視鏡100などの、少なくとも第1の実施形態の図である(後述されるように、図1Bには、さらなる、または代替的実施形態が示されており、図1Cには、さらなる、または他の代替的実施形態が示されている)。内視鏡100は、広帯域光源102を含むか、またはそれに接続され得る。広帯域光源102は、複数の光源を含み得るか、または単一の光源であり得る。広帯域光源102は、レーザ、有機発光ダイオード(organic light emitting diode、OLED)、発光ダイオード(light emitting diode、LED)、ハロゲンランプ、白熱灯、レーザによってポンピングされる

40

50

スーパー・コンティニウム光源、および／または蛍光ランプのうちの1つまたは複数を含み得る。広帯域光源102は、空間情報のスペクトル符号化のために次に用いられる光を提供するために次に分散され得る光を提供する任意の光源であり得る。広帯域光源102は、内視鏡100の他の構成要素、または本明細書において説明される任意の他の実施形態（限定するものではないが、システム100'（図1B参照）、100'（図1C参照）などを含む）にファイバで結合され得るか、または自由空間で結合され得る。

#### 【0082】

内視鏡100は、回転接合部（rotary junction）106を含み得る。光源102と回転接合部106との間の接続は、自由空間結合、またはファイバ104を介したファイバ結合であり得る。回転接合部106は、回転結合を介して照明光のみを供給し得るか、あるいは照明光、電力、および／またはセンサ信号線（sensory signal line）のうちの1つまたは複数を供給し得る。

10

#### 【0083】

回転接合部106は、光を第1の導波路108に結合する。一実施形態では、第1の導波路108は、単一モードファイバ、多モードファイバ、または偏光保持ファイバである。

#### 【0084】

第1の導波路108は、光学装置および／または光学系112に結合されている。光学装置および／または光学系112は、第1の導波路108からの光を屈折させ、反射し、分散させ、照明光のライン114をサンプル116上に形成する、1つまたは複数の光学構成要素を含み得る。一実施形態では、照明光のライン114は、照明光が光学装置および／または光学系112を出たときの波長範囲のための焦点をつないだラインであり、波長範囲は光源102によって決定される。別の実施形態では、分光計120は、対象の指定された波長からの情報を用いることによって、波長範囲をさらに限定し得る。別の実施形態では、照明光のライン114は、分光計120によって検出される波長の範囲にわたって照明光がサンプル116の表面と交差した際に照明光によって形成されるラインである。別の実施形態では、照明光のライン114は、検出光学部品によって決定される特定の画像平面上に形成される波長範囲内の照明光のラインである。1つまたは複数の実施形態では、画像ライン上の点の一部のみが合焦していてもよく、その一方で、画像ライン上の他の点は合焦していないなくてもよい。照明光のライン114は直線状または曲線状であり得る。

20

#### 【0085】

代替的な一実施形態では、光学装置および／または光学系112は、光がサンプル116上に合焦されるが、回折格子などの分散光学要素においては光が実質的にコリメートされているよう、導波路108からの光を部分的にコリメートし得る。

30

#### 【0086】

装置100は検出導波路118を含み得る。検出導波路118は、多モードファイバ、複数の多モードファイバ、ファイババンドル、ファイバテーパ（fiber taper）、または何らかの他の導波路であり得る。検出導波路118は、光学装置および／または光学系112からの光によって照明されたサンプル116からの光を集光する。検出導波路118によって集光される光は、反射光、散乱光、および／または蛍光であり得る。一実施形態では、検出導波路118は光学装置および／または光学系112の分散要素の前または後に配置され得る。一実施形態では、検出導波路118は、光学装置および／または光学系112の分散要素によって覆われていてもよく、この場合には、分散要素は波長-角度フィルタ（wavelength-angular filter）の役割を果たし得る。別の実施形態では、検出導波路118は、光学装置および／または光学系112の分散要素によって覆われていない。検出導波路118は、サンプル116からの検出光を分光計120へ導く。

40

#### 【0087】

分光計120は、光を分散させ、検出導波路118からの検出光を1つまたは複数の検出器へ導く1つまたは複数の光学構成要素を含み得る。1つまたは複数の検出器は、直線ア

50

レイ、電荷結合デバイス (charge-coupled device: CCD)、複数のフォトダイオード、または光を電気信号に変換する何らかの他の方法であり得る。分光計 120 は、プリズム、回折格子、またはグリズムなどの 1 つまたは複数の分散構成要素を含み得る。分光計 120 は、分光計 120 がサンプル 116 からの検出光の強度および波長を測定することを可能にする光学部品および光電子構成要素を含み得る。分光計 120 は、アナログ - デジタル変換器 (analog to digital converter: ADC) を含み得る。

#### 【0088】

分光計 120 は、デジタルまたはアナログ信号を、限定するものではないが、画像プロセッサ 122、またはプロセッサもしくはコンピュータ 1300、1300' (例えば、図 1B ~ 図 1C 参照)、これらの組み合わせ等などの、プロセッサまたはコンピュータへ伝送し得る。画像プロセッサ 122 は、専用画像プロセッサ、または画像を処理するように構成された汎用プロセッサであり得る。少なくとも 1 つの実施形態では、コンピュータ 1300、1300' が、画像プロセッサ 122 の代わりに用いられてもよい。代替的な一実施形態では、画像プロセッサ 122 は、ADC を含み、分光計 120 からのアナログ信号を受信し得る。画像プロセッサ 122 は、CPU、DSP、FPGA、ASIC、または何らかの他の処理回路機構のうちの 1 つまたは複数を含み得る。画像プロセッサ 122 は、画像、データ、および命令を記憶するためのメモリを含み得る。画像プロセッサ 122 は、分光計 120 によって提供された情報に基づいて 1 つまたは複数の画像を生成し得る。限定するものではないが、コンピュータ 1300、コンピュータ 1300'、画像プロセッサ 122 などの、本明細書において説明されるコンピュータまたはプロセッサは、また、本明細書で以下においてさらに説明される 1 つまたは複数の構成要素を含み得る (例えば、図 31 ~ 図 32 参照)。

#### 【0089】

内視鏡 100 の 1 つまたは複数の構成要素は、照明光の 2D アレイを作り出すべく照明光のライン 114 を走査するために、回転接合部 106 を介して回転されるか、または振動されてもよい。光学装置および / または光学系 112 からのスペクトル符号化されたラインをサンプル 116 にわたって走査することによって、2D 画像が形成され得る。内視鏡 100 は、検出ファイバ 118 からの光を分光計 120 に結合する追加の回転接合部を含み得る。代替的に、分光計 120、または分光計 120 の一部分は、ファイバ 118 と共に回転し得る。代替的な一実施形態では、回転接合部 106 が存在せず、光源は、ファイバ 108 と共に回転する。代替的な一実施形態は、スペクトル符号化された照明光のラインを、2D 画像を作成するために、スペクトル符号化された照明光のライン 114 と実質的に垂直に直線状に、またはトロイダル画像を作成するために円周方向に円状に、サンプル 116 にわたって回転させるか、または走査する光学構成要素 (ミラー) を、光学系 112 内に分散要素の後に含み得る。実質的には (Substantia 111y)、本開示の 1 つまたは複数の実施形態の文脈において、内視鏡 100、システム 100'、システム 100' および / または本明細書において説明される任意の他のシステムの整列および / または検出公差以内を意味する。代替的な一実施形態では、回転接合部 106 が存在せず、光学装置および / または光学系 112 の照明端部が、照明ラインと垂直な方向に走査されるか、または振動される。

#### 【0090】

図 2 は、光源 102 からの照明光を導くための第 1 の導波路 108、検出光を集光するための第 2 の導波路 118、および光学系 112 を含む前方ビューセンスの端部部分の図である。光学系 112 は、GRIN レンズであり得るレンズ 210 を含み得る。光学系 112 は、また、第 1 の反射面 228、第 2 の反射面 230、および分散要素 226 (すなわち、回折格子) を含み得る。

#### 【0091】

1 つまたは複数の代替的実施形態では、図 1B および図 1C にそれぞれ示されるように、分散要素 107 (すなわち、回折格子) が光学装置および / または光学系 112 内で用い

10

20

30

40

50

られ得る。1つまたは複数の実施形態(図1Bおよび図1Cにおいて最もうまく見られる)では、照明光ファイバまたは第1の導波路108の端部部分のコアから放射された光は、屈折率分布レンズ(以下、「屈折率勾配(g r a d i e n t i n d e x)(G R I N)レンズ」と呼ばれる)109を介してスペーサ111に入ることができる(代替的に、1つまたは複数の実施形態では、図2のレンズ210がG R I Nレンズとして用いられてよい)。回折格子107は、図1Bおよび図1Cに示されるように、スペーサ111の先端部分に形成され、回折格子107に入る白色光の光束によってスペクトル系列114が被検体またはサンプル116上に形成される。図1Cは、図1Bに示される分光計(例えば、システム100'を参照)を含むが、偏向または被偏向セクション(deflecting or deflected section)117が図1Bのシステム100'に組み込まれており、これにより、光源102を回転接合部106および/または光学装置および/または光学系112に接続するケーブルもしくはファイバ104および/またはケーブルもしくはファイバ108、ならびに分光計120を回転接合部106および/または光学装置および/または光学系112に接続するケーブルもしくはファイバ118が、被偏向セクション117(以下においてさらに説明される)を通過し、それを介して接続されている、S E Eシステム100''の代替的な一実施形態を示す。

#### 【0092】

少なくとも1つの実施形態では、コンソールまたはコンピュータ1300、1300'が、運動制御ユニット(Motion Control Unit、MCU)140を介してRJ106の運動を制御するように動作し、分光計120内の検出器からの強度データを取得し、走査された画像を(例えば、さらに後述される図31のコンソール1300および/または図32のコンソール1300'内に示されるディスプレイ、スクリーンまたはモニタ1309などのモニタまたはスクリーン上に)表示する。1つまたは複数の実施形態では、MCU140は、RJ106のモータおよび/またはRJ106の速度を変更するように動作する。モータは、速度を制御し、位置精度を向上させるためのステッピングまたはDCサーボモータであり得る。1つまたは複数の実施形態では、偏向または被偏向セクション117は、光源からの光を干渉光学系へ偏向させ、その後、干渉光学系から受光された光を少なくとも1つの検出器に向けて送るように動作する構成要素としては、1つまたは複数の干渉計、サーフィュレータ、ビームスプリッタ、アイソレータ、カプラ、溶融ファイバカプラ(fusion fiber coupler)、内部に孔を有する部分的に切断されたミラー(partially severed mirror)、およびタップを有する部分的に切断されたミラーのうちの少なくとも1つを含む偏向または被偏向セクションなどのうちの少なくとも1つであり得る。1つまたは複数の他の実施形態では、回転接合部106は、接触回転接合部、レンズのない回転接合部、レンズベースの回転接合部、または当業者に知られた他の回転接合部のうちの少なくとも1つであり得る。

#### 【0093】

一実施形態では、第1の導波路108は、単一モードファイバであり得る。代替的な一実施形態では、第1の導波路108は、多モードファイバまたはダブルクラッドファイバであり得る。一実施形態では、第2の導波路118は、多モードファイバ、単一モードファイバ、またはファイババンドルであり得る。

#### 【0094】

代替的な一実施形態では、第1の導波路108は、ダブルクラッドファイバの内部コアであってもよく、その一方で、第2の導波路118は、内部コアとダブルクラッドファイバの外部クラッドとの間にあってもよい。ダブルクラッドファイバが用いられる場合には、代替的な一実施形態は、照明光を内部コアへ導くための光カプラを含み得るものであり、光カプラは、また、次に分光計120へ導かれる外部導波路からの検出光も受光し得る。

#### 【0095】

レンズ210は、第1の反射面228および第2の反射面230を含む光学構成要素の端部に取り付けられ得る。第1の反射面228は、内部全反射(total internal reflection: T I R)面であり得る。第1の反射面228は、第1の導

10

20

30

40

50

波路 108 の出力ポート 232 からの光を反射する表面であり得る。第 1 の導波路 108 の出力ポート 232 を出た光は、第 1 の反射面 228 によって反射される前にレンズ 210 を通過し得る。第 1 の反射面 228 および分散要素 226 は、実質的に同じ平面上にあり得るものであり、どちらも単一の支持構造 224 上にあり得る。第 1 の反射面 228 は、単一の支持構造 224 と、単一の支持構造 224 の光学特性とは異なる 1 つまたは複数の光学特性を有する第 2 の光学構造との間の境界面である。分散要素 226 は、第 2 の光学構造に結合され得る。分散要素 226 の平面は、第 1 の反射面 228 の平面と実質的に平行であり得る。分散要素 226 の平面は、狭いサブミクロンの間隙によって第 1 の反射面の平面から分離されていてもよい。第 2 の光学構造は、薄膜または薄層であり得る。

## 【0096】

10

第 1 の反射面 228 は、TIR のための境界面を作り出す、回折格子と単一の支持構造 224 との間に存在する低屈折率材料（薄膜もしくは薄層）または空隙の間の境界面であり得る。低屈折率の薄膜または薄層の厚さは、以下の公式（1）で定義される厚さ  $d$  よりも大きくなければならない。

## 【数 1】

$$d = \frac{\lambda}{4\pi n_1(\lambda) \sqrt{\sin^2 \theta_1 - \left(\frac{n_2(\lambda)}{n_1(\lambda)}\right)^2}} \quad (1)$$

20

## 【0097】

式（1）において、 $\theta_i$  は、一実施形態では 800 nm であり得る、照明光の最も長い波長であり、 $n_1$  は、第 1 の反射面 228 の法線に対する照明光の入射角であり、 $n_1(\lambda)$  は、波長  $\lambda$  における単一の支持構造 224 の屈折率であり、 $n_2(\lambda)$  は、波長  $\lambda$  における第 1 の反射面 228 の反対側の屈折率であり、 $d$  は、単一の支持構造 224 との第 1 の反射面 228 の境界面を形成する薄膜または薄層 334 のための厚さのための下限である。一実施形態では、 $n_1(\lambda) > n_2(\lambda)$  である。厚さ  $d$  のための通常の範囲は、30 nm ~ 500 nm である。例えば、少なくとも一実施形態は、以下の条件を有し得る。 $n_1(\lambda)$  は 1.65 であり、 $n_2(\lambda)$  は 1.4 であり、 $\theta_i$  は 60° である。波長  $\lambda$  が 400 nm である場合には、このとき、 $d$  は 111 nm であり、波長  $\lambda$  が 800 nm である場合には、このとき、 $d$  は 222 nm である。

## 【数 2】

30

1 つまたは複数の実施形態では、TIR が生じるためには、 $\theta_i > \sin^{-1}\left(\frac{n_2(\lambda)}{n_1(\lambda)}\right)$  であり、 $\theta_i$  は、第 1 の反射面 228 の法線に対する照明光の入射角であり、 $n_1(\lambda)$  は、波長  $\lambda$  における単一の支持構造 224 の屈折率であり、 $n_2(\lambda)$  は、波長  $\lambda$  における第 1 の反射面 228 の反対側の屈折率である。

40

薄層 334 は、単一の支持構造 224 との第 1 の反射面 228 の境界面を形成する。例えば、少なくとも一実施形態は、以下の条件を有し得る。 $n_1(d)$  は 2.0509 であり、 $n_2(d)$  は 1.5037 であり、 $\theta_i$  は 49.5° である。ここで、 $d$  は、 $d$  線の波長である。一実施形態では、 $n_1(d) > n_2(d)$  である。単一の支持構造 224 上における回折格子 226 の製作の容易さを考慮すると、薄層 334 の厚さ  $d$  のための好ましい範囲は、3 um ~ 30 um である。一実施形態では、薄膜もしくは薄層 334 および回折格子 226 は、互いに単一の構造に組み合わされる。この場合、厚さ  $d$  は、溝の下方の回折格子 226 の基部を基準とする。

## 【0098】

50

第2の反射面230は、単一の支持構造224のTIR面またはミラーコーティング面であり得る。広帯域光源102からの光は、第1の導波路108を通り、レンズ210に入ってくる。光は、それが第1の反射面228に入射するときに、ほぼコリメートされている。レンズ210は、4分の1ピッチ、0.22ピッチ、または他のピッチのGRINレンズであり得る。第1の反射面228および第2の反射面230は、照明光が分散要素226(回折格子)によって分散される(回折される)前に、照明光を2回反射する。

#### 【0099】

広帯域光源102は、異なる波長( $B_1, B_i, \dots, B_N, G_1, G_i, \dots, G_N, R_1, R_i, \dots, R_N$ )を有する光を有し、( $B_1 < B_i < B_N < G_1 < G_i < G_N < R_1 < R_i < R_N$ )は、図2に示されるように、ライン114内のサンプル116上の異なる部位( $X_1, X_i, \dots, X_N$ )上に回折される。ここで、B、G、およびRは、青色のための波長帯域、緑色のための波長帯域、および赤色のための波長帯域をそれぞれ表す。複数の回折次数の回折光を重ね合わせることによって、図2に示される照明光柱(illumination light column)114を形成することができる。例えば、青色のための波長帯域のためには、-6次光が用いられ、緑色のための波長帯域のためには、-5次光が用いられ、赤色のための波長帯域のためには、-4次光が用いられる。波長 $j$ のうちの少なくとも1つは、ライン114とレンズ210の光軸との交点である点 $X_j$ へ平行に伝搬する。一実施形態では、 $X_j = X_1$ である。

10

#### 【0100】

サンプル116から反射、散乱、または蛍光された光は、第2の導波路118によって集光され得るものであり、分光計120へ送られ得る。

20

#### 【0101】

SEEの1つまたは複数の構成要素は、サンプル116の2次元画像を取得するために運動または回転させることができる。一実施形態では、第1の導波路108、第2の導波路118、および光学系112は、回転または走査される。一実施形態では、第1の導波路108および光学系112は、回転または走査される。一実施形態では、光学系112は、回転または走査される。一実施形態では、レンズ210、第2の導波路118、および単一の支持構造224は、回転または走査される。一実施形態では、レンズ210および単一の支持構造224は、回転または走査される。一実施形態では、単一の支持構造224は、回転または走査される。一実施形態では、第2の導波路118および単一の支持構造224は、回転または走査される。

30

#### 【0102】

内視鏡100の様々な構成要素のうちの1つまたは複数はレンズ210の光軸の周りに回転させることができる。一実施形態では、単一の支持構造224は、回転または走査されると、このとき、分散要素226、第1の反射面228、および第2の反射面230が単一の支持構造224と共に回転される。光学系の一部分を光軸の周りに回転させることは、内視鏡100がサンプルの2次元画像を取得することを可能にする。同様に、光学系の一部分を走査することは、内視鏡100が2次元画像を取得することを可能にする。これは、SEEが、1つの次元( $x, r$ )が波長によって符号化され、その一方で、第2の次元( $y$ , )が時間を用いて符号化された画像を得ることを可能にする。この光学設計は、小さな直径の前方ビューセンサープローブを可能にする。

40

#### 【0103】

本開示の少なくとも第1の実施形態の一例は、0.1のNAを有する単一モードファイバを含む第1の導波路108を含み得る。第1の導波路108は、また、500μmの長さを有する溶融シリカで作製されたコアレスファイバを含み得る。コアレスファイバは、長さ3.2mmを有するGRINレンズ210に結合され得る。単一の支持構造224は、1.65の屈折率 $n_1$ を有し得、GRINレンズ210の端部に取り付けられ得る。図3は、単一の支持構造224上の薄膜または薄層334を含み、第1の反射面228を形成する、一実施形態の第1の例の一部分の図である。薄膜または薄層334は1.34の屈折率 $n_2$ を有し得る。下式(2)は、本例については54.3°であるTIRのための臨

50

界角  $\text{critical}$  を算出するための式である。

【数3】

$$\theta_{\text{critical}} = \sin^{-1} \left( \frac{n_2}{n_1} \right) \quad (2)$$

【0104】

図3に示されるように、反射構成要素334の第1の反射面228の法線と光軸との間の角度<sub>1</sub>は、一実施形態では、-58°である（この場合、角度は光軸から面法線へ反時計方向に回転し、このとき、符号は負であり、さもなければ、符号は正である）。一方で、第2の反射面230の法線とGRINレンズ210の光軸との間の角度<sub>2</sub>は、一実施形態では、92°である。一実施形態では、単一の支持構造224は、単一の支持構造224の表面のうちの1つがGRINレンズ210の光軸と垂直となるように配向された58-34-88プリズムである。別の実施形態では、GRINレンズ210は光軸に対して2°の角度で研磨されていてもよく、単一の支持構造224は、角度<sub>1</sub>によって、第1の表面が照明光のためのTIR表面になるよう、光軸に対して2°に配向された60-30-90プリズムであってもよい。一実施形態では、単一の支持構造224は、角度<sub>2</sub>が、TIRのゆえに第1の反射面228から反射された照明光の、第2の反射面230を通した後方反射を生じさせるように配向されている。別の実施形態では、単一の支持構造224の角度は、角度<sub>2</sub>が、TIRのゆえに第1の反射面228から反射された照明光の、第2の反射面230を通した後方反射を生じさせるように設計されている。

10

20

30

【0105】

別の実施形態では、単一の支持構造224の屈折率および薄膜334の屈折率は、単一の支持構造224が60-30-90プリズムであり、角度<sub>1</sub>によって、第1の表面が照明光のためのTIR表面になるように調整されてもよい。加えて、単一の支持構造224は、角度<sub>2</sub>が、TIRのゆえに第1の反射面228から反射された照明光の、第2の反射面230を通した後方反射を生じさせるように配向されている。別の実施形態では、単一の支持構造224の角度は、角度<sub>2</sub>が、TIRのゆえに第1の反射面228から反射された照明光の、第2の反射面230を通した後方反射を生じさせるように設計されている。

【0106】

一実施形態では、分散要素226は、1379線/mmの溝密度を有する回折格子である。一実施形態では、第2の反射面230はミラーコーティング面である。一実施形態の作動距離は、約20mmである。少なくとも一実施形態では、作動距離は、スペクトル符号化されたライン114が被検体またはサンプル116上に合焦されたときの、分散要素226と被検体またはサンプル116との間の距離である。

【0107】

本実施形態の1つの利点は、光学構成要素が光軸上に位置し、これにより、より容易な整列および組み立てが可能になることである。

【0108】

図4は、図2に示される第1の実施形態と実質的に同様である代替的な（第2の）実施形態の一部分の図である。第2の実施形態では、第1の導波路108は、レンズ210の光軸に対して軸外においてレンズ210に取り付けられるか、または継ぎ合わせられ得る。図4に示されるように、第1の導波路108がレンズ210の光軸から離れて位置付けられると、このとき、照明光は、レンズ210の光軸に対して斜めにレンズ210を出て单一の支持構造224に入る。残りの構成要素は、第1の実施形態と実質的に同様である。

40

【0109】

図4に示されるように、第1の導波路108の軸外位置は、導波路からの中心（主）光線が第1の反射面228に入射する角度を変化させる。これは、中心光線に対して決定される内部全反射のための角度の決定に影響を与える。内部全反射のための角度は、第1の反

50

射面 228 の法線に対する第 1 の導波路 108 からの主光線の入射角  $\theta_1$  に対して算出される。

#### 【0110】

第 2 の実施形態の利点は、光が、第 1 の反射面 228 および分散要素 226 の有効径（光学部品の中心区域）の中心のより近くに入射するように案内されることである。第 2 の実施形態の別の利点は、それが、レンズ 210 の中心軸に対する第 2 の反射面 230 の角度の選定におけるより高い自由度を可能にすることである。第 2 の実施形態の別の利点は、第 1 の導波路 108 の位置を移動させることができ、レンズ 210 の光軸に対する照明光のライン 114 の位置も移動させることである。

#### 【0111】

図 5 は、図 2 に示される第 1 の実施形態と実質的に同様である代替的な一実施形態の一部分の図である。第 3 の実施形態は、図 5 に示されるように、デュアルビューまたは拡張ビューを有し得る。本実施形態では、（单一の支持構造 224）/（分散要素 226）境界面の一部分にのみ薄膜または薄層 534（低屈折率材料）が適用される。これは、第 1 の導波路 108 からの照明光の第 1 の部分が回折格子 226 の第 1 の部分 526a によって側方ビュー方向に向けて直接回折され、側方ビュースペクトル照明ライン 514 を形成することを可能にする。その一方で、第 1 の導波路 108 からの照明光の第 2 の部分は、第 1 の反射面 528、次に、第 2 の反射面 230 によって反射され、第 1 の反射面 528 を通過し、次に、回折格子 226 の第 2 の部分 526b によって前方ビュー方向に向けて回折される（例えば、照明ライン 114 を参照）。

10

#### 【0112】

一実施形態では、薄膜または薄層 534 の厚さ（10 ~ 500 nm）は、单一の回折格子 226 が分散要素 226 の第 1 の部分 526a および回折格子 / 分散要素 226 の第 2 の部分 526b の役割を果たすことができ、厚さの変動に起因するいかなる歪みも、单一の回折格子の機械的順応性に起因する光学装置および / または光学系 112 の照明能力への影響を最小限に抑えるようなものになっている。代替的な一実施形態では、第 1 の部分 526a および第 2 の部分 526b は、異なる回折格子である。代替的な一実施形態は、薄膜または薄層 534 と同じ厚さを有し、单一の支持構造 224 の屈折率と同じであるか、または同様である屈折率を有する、分散要素 226 の第 1 の部分 526a の下の薄膜または薄層をさらに含み得る。代替的な一実施形態では、薄膜または薄層 534 の真下の单一の支持構造 224 の区域がそり落とされる（shaved down）。单一の支持構造 224 の区域は、エッティング、研磨、または光学材料を除去する他によく知られた方法を用いることによってそり落とすことができる。

20

#### 【0113】

前方ビュー（1、 $X_1$ ；2、 $X_2$ ；3、 $X_3$ ）に向けて回折される光は、回折格子 226 の第 2 の部分 526b の -1 回折次数である。側方ビュー（1、 $X_4$ ；2、 $X_5$ ；3、 $X_6$ ）に向けて回折される光は、回折格子 226 の第 1 の部分 526a の +1 回折次数であり得る。一実施形態では、回折格子 526b は、波長の大部分の 0 次および +1 次が回折格子 526b を透過されないように設計されていてもよい。回折格子 526b を透過される +1 次の波長は、光が検出ファイバの受光角内に入らないように、大角度で回折されてもよい。一実施形態では、回折格子 526a は、回折格子 526a の -1 次が回折格子 526a を透過されないように設計されていてもよい。

30

#### 【0114】

透過回折格子は、光を回折するとともに、屈折もさせる。回折光は、回折次数 (+1、-1 など) に対応する。屈折光は、0 次に対応する。回折格子に入射する光が、臨界角よりも大きい入射角を有する場合には、このとき、0 次が回折格子を透過されず、その代わりに、TIR のゆえに反射されることが可能である。回折格子の設計パラメータは、それらの効率である。各次数（0 次を含む）は光の波長ごとの特定の効率を有する。この効率は、照明角度、光の波長、偏光などの関数である。この効率は、回折格子のプロファイル、入射角、および材料特性を調整することによって制御され得る。例えば、プロファイルは

40

50

、プレーズド回折格子を作り出すように調整され得る。プロファイルは、また、溝密度、アスペクト比を制御することによって調整され得る。調整され得る材料特性のうちの1つは、回折格子の屈折率である。

#### 【0115】

一実施形態では、図5に示される実施形態における、使用されない0次および他の次数に関連付けられた両方の回折格子526aおよび526bの効率は、50%未満でなければならない、あるいは40%、30%、20%、10%、5%、1%、または0.1%未満であり得る。1つまたは複数の検出ファイバの受光角を制限することで、0次光に関連付けられた光の量を低減することができる。代替的な一実施形態では、検出光の波長範囲は、回折格子526aおよび526bを出る際に0次光ビームと空間的に一致しない範囲に限定されてもよい。

10

#### 【0116】

図6は、第1の検出導波路118および第2の検出導波路518が一実施形態においてどのように構成され得るのかについての図である。側方／前方ビュー信号は、少なくとも2つの検出導波路(118および518)ならびに2つの分光計を用いて別個に検出され得る。別の実施形態では、側方／前方ビュー信号は、少なくとも2つの検出導波路(118および518)と同じ分光計120と共に用いて別個に検出され得る。分光計120は、一度に検出導波路(118および518)のうちの一方のみからの光が分光計120によって検出されるよう、スイッチおよび／またはシャッタを含み得る。別の実施形態では、分光計120は、いくつかの光学構成要素が共有される多重入力分光計であり得る。例えば、分光計120は、例えば、直線アレイの代わりに共有CCDアレイを検出システムとして用いることによって、複数のファイバからの入力を並列処理するように設計され得る。一実施形態では、複数のファイバのうちからの異なる光ファイバは、回折格子またはプリズムなどの分散要素の異なる部分上に合焦され得る。次に、分散光は、CCDアレイによって検出され得る。例えば、CCDアレイの列のセットのうちの1つは1つのファイバのために用いられてもよく、その一方で、CCDアレイの列の第2のセットは、別のファイバのために用いられてもよい。

20

#### 【0117】

側方検出導波路518は、側方ビューからの信号を収集し、その一方で、前方ビューからの光を収集しないよう、入力先端において角度研磨されており、回折格子226の第2の部分526aによって覆われていてもよい。前方検出導波路118は、前方ビューからの信号を収集するために、大きな開口数(Numerical Aperture、NA)(例えば、NA = 0.66)を有し得る。一実施形態では、前方検出導波路118は、角度研磨されておらず、導波路の前方に回折格子が存在しない。前方検出導波路118のための入力は、回折格子226の第1の部分526aに対して、入力が、回折格子226の第1の部分526aによって分散された光を受光しないように位置付けられ得る。

30

#### 【0118】

これらの実施形態の1つの利点は、実質的に同様の光学設計が、回折格子の選択、および低屈折率の薄膜もしくは薄層の被覆次第で、前方ビュープローブ(図4)、デュアルビュープローブ(図6)、または側方ビュープローブのいずれかになり得ることである。側方ビュープローブは、それが薄膜または薄層334を含まないことを除いて、前方ビュープローブと実質的に同様であり得る。本開示の1つまたは複数の実施形態の別の利点は、視野が容易に拡張されることである。

40

#### 【0119】

本開示の第3の実施形態の一例は、0.1のNAを有する単一モードファイバを含む第1の導波路108を含み得る。第1の導波路108は、また、500μmの長さを有する溶融シリカで作製されたコアレスファイバを含み得る。コアレスファイバは、3.3mmの長さを有するGRINレンズ210に結合され得る。单一の支持構造224は、1.65の屈折率n<sub>1</sub>を有し得るものであり、GRINレンズ210の端部に取り付けられ得る。

薄膜または薄層334が、第1の反射面528を形成する单一の支持構造224の一部分

50

上に含まれてもよい。薄膜は、1 . 3 4 の屈折率  $n_2$  を有し得る。上式(2)は、TIRのための臨界角  $\text{critical}$  を 54 . 3°として算出するための式である。

#### 【0120】

図5に示されるように、反射構成要素534の第1の反射面528の法線と光軸との間の角度は -60°であり得る。一方で、第2の反射面230の法線と光軸との間の角度は、一実施形態では、92°であり得る。一実施形態では、単一の支持構造224は、単一の支持構造224の表面のうちの1つが光軸と垂直となるように配向された60 - 32 - 88プリズムであり得る。別の実施形態では、単一の支持構造224は、1がTIR表面になるよう、光軸に対して2°に配向された60 - 30 - 90プリズムであり得る。光軸に対する反射構成要素の角度は、回折格子の設計、および異なる入射角における回折格子の回折効率に応じて調整され得る。

10

#### 【0121】

一実施形態では、分散要素226は、1550線/mmの溝密度を有する回折格子である。一実施形態では、第2の反射面230は、ミラーコーティング面である。一実施形態の作動距離は、約20mmである。少なくとも一実施形態では、作動距離は、スペクトル符号化されたライン114が被検体またはサンプル116上に合焦されたときの、分散要素226と被検体またはサンプル116との間の距離である。

#### 【0122】

別の(第4の)実施形態では、側方ビュー/前方ビューからの検出信号を区別するために、偏光が用いられ得る。偏光された信号は、空間的または時間的な信号の分離を可能にする、偏光子、光スイッチ、ビームスプリッタ、および/または偏光ビームスプリッタのうちの1つまたは複数を用いて、分光計120によって独立して検出されてもよい。偏光された信号は、1つの偏光のみを各々受け入れる2つの分光計によって検出されてもよい。この場合には、異なるビューからの信号が同時に検出され得る。

20

#### 【0123】

一実施形態では、前方ビュー導波路118は、第1の偏光を有する検出光のみが前方ビュー導波路118によって受光されるよう、偏光子を含み得るものであり、その一方で、側方ビュー検出導波路518は、第2の偏光を有する検出光のみが側方ビュー導波路518によって受光されるよう、偏光子を含み得る。

#### 【0124】

図7は、図2に示される第1の実施形態と実質的に同様である本開示の少なくとも第5の実施形態の一部分の図である。この第5の実施形態では、第2の表面は、傾斜した反射面230の代わりに、湾曲した反射面730である。第5の実施形態では、GRINレンズ210を合焦光学部品として用いる代わりに、凹面鏡730が代わりに用いられ得る。代替的な一実施形態では、凹面鏡730は、GRINレンズ210に加えて用いられてもよい。第1の導波路108からの光は、第1の導波路108の出力ポートからの光を第1の反射面228へ導くガラス柱を含む単一の支持構造724を通って伝搬し得る。光が単一の支持構造724を通過する際に、光は発散し、第1の反射面228の法線に対して第1の角度セットで第1の反射面に入射し得る。第1の角度セットは  $\text{critical}$  よりも大きいものであり得る。次に、照明光は、凹面鏡の役割を果たす曲面730から反射され得る。次に、凹面鏡730からの照明光は、分散要素226を通過し得る。検出導波路118が、単一の支持構造724の隣に配置されていてもよく、大きなNAを有し得る。

30

#### 【0125】

凹面鏡730は、融着接続機を用いてボールレンズを形成し、次に、ミラーコーティングをボール表面に適用することによって作製され得る。湾曲した反射面730の半径は、回折格子に入射する光が実質的にコリメートされ、それゆえ、光が第1の導波路108を出る際の光の発散を補償し、その一方で、光をスペクトルライン714上になおも合焦させるようなものであり得る。

40

#### 【0126】

図8は、図7に示される第1の実施形態と実質的に同様である代替的な(第6の)実施形

50

態の一部分の図である。この第 6 の実施形態は、より長い作動距離を有するように設計され得る。凹面鏡 830 は、橜円形状であり、2つの焦点を有し得る。第 1 の導波路 108 からの光は、第 1 の反射面 228 にも近接するか、またはそれと交差し得る橜円形状反射面 830 の第 1 の焦点に近接した中間焦点を有する G R I N レンズ 810 を通って伝搬し得る。第 1 の導波路 108 は、また、500 μm の長さを有する溶融シリカで作製されたコアレスファイバを含み得る。G R I N レンズ 810 は、照明光が単一の支持構造 824 を通って第 1 の反射面 228 上に合焦されるよう、0.42 前後のピッチを有し得る。

#### 【 0 1 2 7 】

照明光が内部全反射のゆえに第 1 の反射面 228 から反射された後に、照明光は、第 2 の反射面 830 に向けて案内される。第 2 の反射面 830 は、橜円鏡である。照明光は、第 2 の反射面 830 から反射され、第 1 の反射面 228 を通過し、分散要素 226 によって分散され得る。

10

#### 【 0 1 2 8 】

分散要素 226 は、第 2 の反射面 830 の橜円鏡の第 2 の焦点と一致するスペクトルライン 814 に沿って光を回折し得る。

#### 【 0 1 2 9 】

G R I N レンズ 810 は、照明光を第 1 の反射面 228 上に合焦させる。それゆえ、照明光は、G R I N レンズ 810 の N A の関数である或る範囲の角度で第 1 の反射面 228 に入射する。第 1 の反射面 228 は、G R I N レンズ 810 からの照明光の円錐に対して一部または全ての波長において内部全反射が生じるよう、照明光の最小入射角が *critical* よりも大きくなるように配向されている。代替的な一実施形態では、第 1 の導波路 108 は、第 1 の反射面 228 上への照明光の入射角を調整するために、G R I N レンズ 810 の光軸から離れるよう移動されてもよい。

20

#### 【 0 1 3 0 】

第 6 の実施形態の一例は、0.1 の N A を有する单一モードファイバを含む第 1 の導波路 108 を含み得る。第 1 の導波路 108 は、また、長さ 500 μm を有する溶融シリカで作製されたコアレスファイバを含み得る。コアレスファイバは、長さ 6.3 mm を有する G R I N レンズ 810 に結合され得る。

#### 【 0 1 3 1 】

G R I N レンズ 810 は、1.65 の屈折率を有する单一の支持構造 824 に結合され得る。单一の支持構造 824 の一部分は、橜円球の形状を取り得る。单一の支持構造 824 は、第 1 の反射面 228 のための境界面を作り出すように角度研磨され得る。单一の支持構造の研磨面の法線は、G R I N レンズ 810 の光軸と、または主光線が光軸と整列していない場合には、導波路 108 からの照明光の主光線と、角度  $\alpha = -58^\circ$  をなし得る。单一の支持構造の研磨面は、また、单一の支持構造 824 の橜円球の焦点のうちの 1 つとも交差し得る。1.34 の屈折率を有する薄膜または薄層 334 は、单一の支持構造 824 の研磨面に適用され、かくして、第 1 の反射面 228 のための境界面を形成してもよい。一実施形態では、T I R のための臨界角 *critical* は、54.3° である。一実施形態では、回折格子 226 の溝密度は、1379 線 / mm であり得る。

30

#### 【 0 1 3 2 】

ミラーコーティングが单一の支持構造 824 の橜円球部分に適用されてもよく、かくして、第 1 の反射面 228 から回折格子 226 を通り抜けるよう光を反射する第 2 の反射面 830 をもたらす。回折格子 226 は、回折格子 226 の -1 の回折次数に従って照明光を前方ビュー ( 1、X<sub>1</sub>； 2、X<sub>2</sub>； 3、X<sub>3</sub> ) に向けて回折する。

40

#### 【 0 1 3 3 】

第 6 の実施形態の一例では、单一の支持構造 824 の橜円球部分は、0.3 mm の曲率および -0.4 の円錐定数を有し得る。

#### 【 0 1 3 4 】

図 9 は、実施形態が前方ビューデザインとは対照的に後方ビューデザインであることを除いて、図 4 に示される第 2 の実施形態と実質的に同様である代替的な（第 7 の）実施形態の一部分

50

の図である。この第7の実施形態では、第1の導波路108は、レンズ210の光軸に対して軸外において取り付けられるか、または継ぎ合わせられ得る。

#### 【0135】

軸外の第1の導波路108からの照明光は、GRINレンズ210を通って伝搬する。GRINレンズ210を通って伝搬した後に照明光は、単一の支持構造924に入る。単一の支持構造は、3つの表面、第1の反射面928、第2の反射面930、および分散要素226が取り付けられた第3の表面を含み得る。

#### 【0136】

第1の反射面928は、GRINレンズ210および支持構造924を通って伝搬してきた照明光を反射し得る。第1の反射面928は、TIRのゆえに、または第1の反射面928上の反射フィルムもしくは層のゆえに照明光を反射し得る。第2の反射面930は、第1の反射面928からの照明光を反射し得る。第2の反射面930は、TIRのゆえに、または第2の反射面930上の反射フィルムもしくは層のゆえに照明光を反射し得る。第2の反射面930は、第1の反射面928からの照明光を、その光が分散要素226を通って伝搬するように反射し得る。

10

#### 【0137】

分散要素226は、光を-1の回折次数に沿ってスペクトルライン914上へ分散させる透過型回折格子であり得る。後方ビュー内視鏡は、撮像される表面が多数のひだを有し得る結腸鏡検査などにおいて、撮像される被検体の表面の複雑さに応じて有用になり得る。

20

#### 【0138】

図10A～図10Bは、実施形態が後方ビューおよび側方ビューを含むことを除いて、図9および図5にそれぞれ示される第7の実施形態および第3の実施形態の組み合わせと実質的に同様である代替的な(第8の)実施形態の一部分の図である。第8の実施形態は、2つの回折格子1026aおよび1026bを含み得る。一実施形態では、第1の導波路108からの光はGRINレンズ210を通って伝搬する。第1の導波路は、GRINレンズ210の中心軸から軸外に位置付けられ得る。GRINレンズ210を通って伝搬した後に照明光は、単一の支持構造1024に入る。次に、照明光は、第1の反射面928から反射され得る。一実施形態では、第1の反射面928からの反射は、TIRによるものであり、別の実施形態では、第1の反射面からの反射は、第1の反射面928上のミラーコーティングによるものである。

30

#### 【0139】

後方ビュー伝搬モードでは、第1の反射面928から反射した照明光は、第2の反射面1030から反射され、回折格子であり得る第1の分散デバイス1026aを通って伝搬し、照明ライン1014aを形成し得る。第2の反射面1030によって反射される光は、TIRのゆえに反射されてもよい。第2の反射面1030は、単一構造1024上の薄膜または薄層から形成されていてもよい。

#### 【0140】

側方ビュー伝搬モードでは、第1の反射面928から反射した照明光は、回折格子であり得る第2の分散デバイス1026bを通って伝搬する。側方ビュー伝搬モードでは、第2の反射面1030に対する照明光の入射角が臨界角よりも小さいため、内部全反射が表面1030上で生じない。図10Bに示されるように、臨界角よりも大きい角度で第2の反射面1030に入射する光は、第2の反射面1030から第1の分散デバイス1026aに向けて反射される。その一方で、臨界角よりも小さい角度で第2の反射面1030に入射する光は、第2の反射面1030を通過し、次に回折され、第2の照明ライン1014bを形成する第2の分散デバイス1026bに入射する。

40

#### 【0141】

側方/後方ビュー信号は、少なくとも2つの検出導波路および2つの分光計を用いて別個に検出され得る。別の実施形態では、側方/後方ビュー信号は、少なくとも2つの検出導波路と同じ分光計120と共に用いて別個に検出され得る。分光計120は、検出導波路のうちの一方のみからの光が分光計120によって検出されるよう、スイッチおよび/ま

50

たはシャッタを含み得る。別の実施形態では、分光計 120 は、いくつかの光学構成要素が共有される多重入力分光計であり得る。例えば、分光計 120 は、例えば、直線アレイの代わりに共有 C C D アレイを検出システムとして用いることによって、複数のファイバからの入力を並列処理するように設計され得る。

#### 【 0 1 4 2 】

検出導波路は、照明光学部品の隣に位置し得る。検出導波路は、ファイバへの信号のうちの全てが必ずしも照明光学部品によって遮断されていないようなものであり得る。後方ビューからの信号を検出するために、後方ビュー信号が、後方ビューに関連付けられた検出導波路の受光 N A ( a c c e p t a n c e N A ) 内に案内されるよう、検出ファイバの前方に反射、回折、および / または散乱光学部品が存在してもよい。

10

#### 【 0 1 4 3 】

側方ビューからの信号を検出するために、検出導波路のうちの少なくとも 1 つは入力において角度研磨されており、側方ビューからの信号を収集し、その一方で、後方ビューからの光を検出しないよう、回折格子によって覆われてもよい。反射光学部品、および検出ファイバの N A は、2 つの異なるビューからの信号間のクロストークが、低減または解消され得るように設計され得る。

#### 【 0 1 4 4 】

図 11 は、G R I N レンズを合焦光学要素として用いる代わりに、ボールまたはハーフボールレンズが用いられ得ることを除いて、図 4 に示される第 2 の実施形態と実質的に同様である代替的な（第 9 の）実施形態の一部分の図である。

20

#### 【 0 1 4 5 】

第 1 の導波路 108 からの照明光は、スペーサ 1136 を通って伝搬し得る。スペーサの屈折率は、第 1 の導波路 108 のコアの屈折率と実質的に一致し得る。スペース 1136 を通過した後に、照明光は、スペーサ 1136 の端部に取り付けられたハーフボールレンズ 1138 によって合焦され得る。ハーフボールレンズ 1138 を通過した後に、照明光はコリメートされ、光が单一の支持構造 1124 に入る際に若干合焦される。

#### 【 0 1 4 6 】

ボールレンズを通過した後の照明光は、单一の支持構造 1124 の第 1 の反射面 228 から反射される。单一の支持構造 1124 は、UV 硬化樹脂またはエポキシで作製され得る。照明光は、T I R のゆえに第 1 の反射面から反射する。次に、照明光は、单一の支持構造 1124 を逆に通過し、次に、单一の支持構造 1124 の第 2 の反射面 230 から再び反射される。第 2 の反射面 230 は、研磨された平らな表面であってもよく、ミラーコーティングを有してもよい。代替的な実施形態では、第 2 の反射面 230 は、ミラーコーティングを有しなくてもよく、T I R のゆえに照明光を反射してもよい。第 2 の反射面 230 によって反射された後に、照明光は、单一の支持構造 1124 を逆に通過し、今回は第 1 の反射面 228 を通過し、回折格子であり得る分散要素 226 によって分散される。

30

#### 【 0 1 4 7 】

一実施形態では、ボールレンズ 1138 は、融着接続機を用いてスペーサ 1136 から形成されてもよい。一実施形態では、検出導波路 118 は、スペーサ 1136 の隣に配置可能であり得るものであり、大きな N A を有し得る。

40

#### 【 0 1 4 8 】

図 12 は、図 1 に示される第 1 の実施形態と実質的に同様である第 10 の実施形態 1200 の図である。第 10 の実施形態 1200 は、広帯域光源 102 を含むか、またはそれに接続され得る。広帯域光源 102 は、第 2 の導波路 118 と実質的に同様である第 1 の導波路 1208 に接続され得る。第 10 の実施形態では、第 1 の導波路 1208 は、多モードファイバであり得る。第 1 の導波路 1208 は、100 μm、200 μm、または 400 μm の直径を有するコアを有し得る。第 1 の導波路 1208 は、サンプル 116 を照明光 1214 で照明するために用いられ得る。

#### 【 0 1 4 9 】

サンプル 116 に入射した光を集光し、スペクトル符号化するための光学装置および / ま

50

たは光学系 1212 が用いられ得る。光学系 1212（スペクトル符号化されたチャネル）は撮像チャネルとして用いられてもよく、その一方で、第1の導波路 1208 は、サンプル 116 を広帯域光で照明するための別個の照明チャネルとして用いられてもよい。広帯域光は、非干渉性であり得る。光学系 1212 は、検出導波路 1218 に結合され得る。検出導波路 1218 は、回転接合部 106 に接続され得る。回転接合部 106 は、ファイバ 104 に接続され得る。回転接合部 106 は、ファイバ 104 が静止した状態を維持しつつ、検出導波路 1218 ならびに光学装置および／または光学系 1212 が回転することを可能にし得る。ファイバ 104 は、上述された分光計 120 に接続され得る。分光計 120 は、上述された画像プロセッサ 122（および／または上述された、もしくはさらに後述されるコンピュータ 1300、1300'）に接続され得る。

10

#### 【0150】

図 13 は、光学装置および／または光学系 112 と実質的に同様である光学装置および／または光学系 1212 の図である。上述されたように、第1の導波路 1208 は、サンプル 116 を照明する。光学装置および／または光学系 1212 は光を集光する。集光された光は、分散要素 226 を介して光学装置および／または光学系 1212 に入る。分散要素 226 は、光を回折する。光は、第1の反射面 228 を通過し、単一の支持構造 224 を通過し、第2の反射面 230 から反射され、第1の反射面 228 から TIR を介して、集光された光を検出導波路 1218 上に合焦させるレンズ 210 に向けて反射される。

#### 【0151】

検出導波路 1218 は、開口の役割を果たし、特定の範囲の角度のみを受け入れる。回折格子は、特定の角度で光学系 1212 に入る特定の波長を有する光のみが、光学系 1212 を通過した後に検出導波路 1218 によって受け入れられることになることを確実にする。これにより、特定の部位 ( $X_1, X_i, \dots, X_N$ ) が特定の波長 ( $\lambda_1, \lambda_i, \dots, \lambda_N$ ) を用いて符号化される。それゆえ、分光計 120 によって復号することができるスペクトル符号化された信号が提供される。

20

#### 【0152】

図 14 および表 1 に、レンズ 210、支持構造 224、および分散要素 226 を有する光学系 112 を含む、本開示の少なくとも第 11 の実施形態の詳細が示される。本実施形態では、支持構造として、高い屈折率を有するガラス材料を用いる設計の一例が与えられる。

30

40

50

## 【表1】

表1

	屈折率(nd)	備考
$n_0$	1.48	GRIN レンズ
$n_1$	2.0509	TAFD65, HOYA
$n_2$	1.5037	UV 硬化樹脂
	反射/屈折角	備考
$\theta_1$	8.0°	
$\theta_2$	5.77°	
$\theta_3$	49.51°	臨界角 $\theta_{critical} = 47.18^\circ$
$\theta_4$	11.99°	
$\theta_5$	25.54°	
$\theta_6$	36.0°	
$\theta_7$	47.28°	
	ガラス頂角など	
$\alpha$	37.53°	
$\beta$	87.19°	
$\gamma$	5.20°	
回折格子:650 線/mm		

10

20

30

40

## 【0153】

図15(a)では、GRINレンズがレンズ210として用いられる。GRINレンズの端面は、8度の角度にカットされている。端面のこの角度は、反射によって生み出される戻り光の量を低減するのに効果的である。GRINレンズによって実質的に平行な光になった光(実際には、GRINレンズの長さは、サンプルの付近で合焦されるように調整されている)は、レンズ-支持構造ジョイント面234に角度 $\theta_1$ で入射し、角度 $\theta_2$ で屈折させられる。GRINレンズ210の光軸上の屈折率 $n_0$ は1.48と等しく、それに対して、支持構造224の屈折率はおよそ2.05である。したがって、 $\theta_1 > \theta_2$ であり、GRINレンズの光軸からの傾斜は、 $\theta_1 - \theta_2$ の角度になる。屈折光は、第1の反射面228に角度 $\theta_3$ で入射する。第1の反射面228に角度 $\theta_3$ で入射する光が内部全反射されるよう、 $\theta_3$ が臨界角 $\theta_{critical}$ よりも大きくなるために、支持構造224の屈折率および薄層324の屈折率が選択され、支持構造224の寸法が決定される。GRINレンズの端面が斜めにカットされていない場合と比べて、第1の反射面228に対する入射角 $\theta_3$ は、 $\theta_1 - \theta_2$ だけより大きく、これにより、光は内部全反射される可能性が高くなる。すなわち、これは、支持構造224のものよりも低い屈折率を有するガラス材料の使用を可能にする効果を有する。図15(b)に示されるように、本実施形態では、分散要素226は回折格子であり、薄層324は、溝を有しない回折格子を形成する部材の領域に対応する。内部全反射角(臨界角)は、上記の公式(2)を用いることによって算出される。

## 【0154】

第2の反射面230は、内部全反射された光の入射角 $\theta_4$ に対して高い反射率を有するためにコーティングされている。内部全反射された光が第2の反射面230によって反射さ

50

れた後に、光は、第1の反射面に角度 $\theta_5$ で再び入射する。角度 $\theta_5$ が臨界角criticalよりも小さくなるために、支持構造224の屈折率および薄層334の屈折率が選択され、支持構造224の寸法が決定される。図15(c)に示されるように、第1の反射面228に角度 $\theta_5$ で入射した光は、薄層を有する境界面において屈折させられ、角度 $\theta_6$ で透過される。回折格子226に角度 $\theta_6$ で入射した光は、その波長に応じて異なる角度 $\theta_7$ で回折される。

#### 【0155】

および $\theta_3$ は、支持構造224のガラスプリズムの頂角を表す。 $\theta_3$ は、GRINレンズの光軸に対する第2の反射面230の傾斜を表す。

#### 【0156】

#### 【数4】

少なくとも一実施形態では、光学系をコンパクトに保ちつつ、支持構造224と薄層334との間の境界面において内部全反射が生じるために、それらの屈折率 $n_1$ および $n_2$ は、好ましくは、 $\frac{n_2}{n_1} < 0.8$ となるように選択される。

理由は以下のとおりである。例えば、レプリカ樹脂を用いることによって、回折格子226が支持構造224の第1の反射面228上に直接形成されているときには、薄層334の屈折率は、 $n_2 = 1.3 \sim 1.6$ である。他方で、所望の回折次数(本実施形態では、青色のための波長帯域のためには、-6次光が用いられ、緑色のための波長帯域のためには、-5次光が用いられ、赤色のための波長帯域のためには、-4次光が用いられる)が、可視光のために十分な回折効率をもたらすために、薄層334内の回折格子に対する入射角 $\theta_6$ は、25度～40度である。ガラスプリズムの頂角 $\theta_3$ および $\theta_4$ が適切に選択されたときには、内部全反射の発生のために適する、 $\theta_3 = \text{約 } 40\text{ 度} \sim \text{約 } 55\text{ 度}$ となることが可能である。 $\theta_3$ が40度未満であるときには、たとえ、比較的低い屈折率 $n_2$ を有する樹脂が薄層334のために選択された場合でも、内部全反射は生じない。加えて、角度 $\theta_3$ が大きくなりすぎ、光学系は、そのコンパクト性を失う。他方で、 $\theta_3$ が55度よりも大きいときには、内部全反射は容易に生じるが、GRINレンズの光軸に対する支持構造224内の光ビームの傾斜が大きくなりすぎ、その結果、光学系は、そのコンパクト性を失う。

#### 【数5】

$\theta_3$ は、臨界角 $\theta_{\text{critical}}$ よりも1～2度大きくされなければならないため、公式(2)の条件に基づいて、 $\theta_{\text{critical}} < 53^\circ$ であるときには、 $\theta_3$ の角度範囲および薄層334の屈折率 $n_2$ を考慮すると、支持構造224および薄層334の屈折率のために $\frac{n_2}{n_1} < 0.8$ であり、より望ましくは、 $\frac{n_2}{n_1} < 0.75$ であることが好ましい。

#### 【0157】

本実施形態では、青色のための波長帯域のためには、-6次光が用いられ、緑色のための波長帯域のためには、-5次光が用いられ、赤色のための波長帯域のためには、-4次光が用いられる。回折角度が分散要素に対する入射角から算出される際に、プローブの前面に存在し、図14における部位X<sub>j</sub>を照明する光の波長は、青色には416nm、緑色には498nm、および赤色には622nmである。他方で、内視鏡100の半画角が27.5度であるときには、部位X<sub>N</sub>を照明する光の波長は、青色には475nm、緑色には569nm、および赤色には710nmである。すなわち、第2の導波路118を用いることによって検出される光は、416nm～475nmの波長帯域を有する青色、498nm～569nmの波長帯域を有する緑色、および622nm～710nmの波長帯域を有する赤色にスペクトル分散しており、これにより、サンプル116上のX<sub>1</sub>～X<sub>N</sub>についての情報が得られる。

## 【0158】

図16は、電磁場解析を用いることによって、上述された波長範囲内において高い回折効率を有するように設計された、回折格子226の回折効率を示す。表1における<sub>6</sub>に対応する、回折格子内の光ビームの伝搬角度は36°である。本開示の少なくとも本主題の実施形態において用いられる、-6次光、-5次光、および-4次光の回折効率は、上述された波長帯域内において高い値である。表2に、今回の回折格子226のパラメータが示される。例えば、回折格子226は、例えば、一方向に周期的に形成された溝を設けられた樹脂で作製されている。デューティ比は、溝の領域（回折格子を形成する材料が存在しない領域）の比率である。

【表2】

10

表2. 1つまたは複数の実施形態における回折格子226のパラメータ

ピッチ	1.54 μm
デューティ比	0.75
深さ	1.80 μm
屈折率	1.50

20

## 【0159】

図17は、3つの平面を形成するように柱をカットすることによって、第1の反射面228、第2の反射面230、およびレンズ-支持構造ジョイント面が形成された支持構造224の概略図である。

## 【0160】

図15(a)と同様に、図18は、光軸（図14における $X_j$ の方向）を含む断面内で見たときの、図17における支持構造224の概略図である。<sub>1~7</sub>、<sub>、</sub>、<sub>、</sub>および<sub>は</sub>、図15(a)および表1におけるものと同じである。スペクトル分散方向における有効光ビーム径がPであり、回折格子からの出射光ビーム径がQであるとき、光ビーム径の縮小比は、Q/Pによって表される。

30

## 【0161】

図19において、図17における支持構造224が光軸（図14における $X_j$ の方向）から見られた概略図において、y方向は、スペクトル分散が回折格子226において生じる方向であり、x方向は、図14の平面と垂直である方向である。1つまたは複数の実施形態では、支持構造224が回転されたときの外接円は、支持構造224が回転されたと仮定すると、支持構造の縁部と接する「包絡円」である。

## 【0162】

表3は、250 μmのGRINレンズが用いられるときの支持構造224の寸法および出射光ビームのサイズを示す。

40

50

## 【表 3】

表 3 支持構造 224 のサイズおよび出射光ビームのサイズ

	寸法(mm)	備考
A	0.281	要素の高さ(y 軸方向の寸法)
B	0.314	要素の幅(x 軸方向の寸法)
C	0.031	
D	0.330	要素が回転された時の外接円の直径
E	0.048	出射光ビームの中心
F	0.008	回転中心と出射光ビームの中心との間の変位
L	0.341	要素の長さ
R	0.250	GRIN レンズの直径、x 軸方向の光ビームの直径
S	0.189	y 軸方向の光ビーム径
出射光ビーム径の縮小比(Q/P):0.755		

10

20

## 【0163】

本開示の 1 つまたは複数の実施形態は、第 1 の反射面 228 を内部全反射面として用い、この場合も先と同様に、光が入射する透過面が、支持構造 224 のサイズが、GRIN レンズの 0.25 mm のサイズとあまり異なる 0.33 mm に低減されることを可能にする。加えて、要素の長さ L が 0.341 mm の小さい値であるため、プローブの端部が容易に曲げられ、内視鏡の視野が広げられるという利点がある。さらに、が、設計のために小さい 5.2° であるため、支持構造 224 の寸法は、GRIN レンズの直径と実質的に同等である、およそ 0.28 mm 以内である。

## 【0164】

本開示の 1 つまたは複数の実施形態では、スペクトル分散方向 (y 方向) における出射光ビーム径の縮小比 (Q / P) が著しく劣化しないため、スペクトル分散能力 (spectral dispersion capability) (サンプル 116 上に集められるスポットのサイズ) は著しく劣化しない。本実施形態では、第 1 の反射面 228 を広くすることができるため、レプリカ成形などの、回折格子の製作が容易になる。

30

## 【0165】

2 次元画像を得るために光学装置および / または光学系 112 が回転される際の回転中心は、図における 224 の外接円の中心である (図 19 参照)。回転中心と出射光ビームとの間の変位 F は 10 ミクロン以下であり、小さい。この偏心は、図 14 における Xj が回転角度ごとに変化し、その結果、2 次元画像内に乱れが生じるというものである。通常は、画像プロセッサにおいて、この偏心は、補正される必要がある。しかし、本開示の 1 つまたは複数の実施形態では、偏心が小さいため、偏心を補正する必要がない (本開示の 1 つまたは複数の他の実施形態では、偏心は、後述されるコンピュータ 1300、1300' などの、画像プロセッサおよび / またはコンピュータによって補正されてもよい)。偏心が補正されなくてもよいそれらの実施形態のためには、光学装置および / または光学系 112 が回転されたときに、回転中心と出射光ビームとの間の変位 F は、外接円の直径 D の 1 / 10 以下であるであることが望ましい。

40

## 【0166】

図 20 ならびに表 4 および表 5 を用いることによって、第 12 の実施形態を説明する。説明は、少なくとも第 11 の実施形態に係るものと異なる部分の説明に限定される。第 12 の実施形態は、少なくとも第 11 の実施形態におけるものよりも低い屈折率を有するガラ

50

ス材料が用いられるときの、支持構造 224 および回折格子 226 の設計の一例である。ガラス材料の屈折率は、2.0 である。回折格子 226 に対する入射角  $\theta_6$  は、 $33^\circ$  であり、第 11 の実施形態におけるものよりも若干小さく、回折格子は、627 線 / mm の回折格子である。図 20 は、第 12 の実施形態の特徴的構造である、光学系 112 を示す。表 4 に、屈折率、光ビーム角度、支持構造 224 の角度、および回折格子の回折格子定数が示される。

【表 4】

表 4 少なくとも第 12 の実施形態における設計の例

	屈折率(nd)	備考
$n_0$	1.48	GRIN レンズ
$n_1$	2.0010	TAFD55, HOYA
$n_2$	1.5037	UV 硬化樹脂
	反射/屈折角	備考
$\theta_1$	$8.0^\circ$	
$\theta_2$	$5.91^\circ$	
$\theta_3$	$50.01^\circ$	臨界角 $\theta_{\text{critical}} = 48.75^\circ$
$\theta_4$	$12.92^\circ$	
$\theta_5$	$24.17^\circ$	
$\theta_6$	$33.0^\circ$	
$\theta_7$	$47.92^\circ$	
	ガラス頂角など	
$\alpha$	$37.09^\circ$	
$\beta$	$86.99^\circ$	
$\gamma$	$4.99^\circ$	
回折格子:627 線/mm		

10

20

30

## 【0167】

表 5 は、250 ミクロンの GRIN レンズが用いられるときの支持構造 224 の寸法および出射光ビームのサイズを示す。表 5 内の項目は、図 19 および図 20 におけるものに対応する。より高い屈折率を有するガラス材料が用いられる第 11 の実施形態と比べて、回折格子に対する入射光ビーム径 (ビーム整形比 (beam shaping ratio)) は、若干より小さく、その結果、撮像性能は若干劣化する。

40

50

## 【表 5】

表 5 少なくとも第 1 2 の実施形態における支持構造 2 2 4 の  
サイズおよび出射光ビームのサイズ

	寸法(mm)	備考
A	0.280	要素の高さ(y 軸方向の寸法)
B	0.314	要素の幅(x 軸方向の寸法)
C	0.030	
D	0.330	要素が回転された時の外接円の直径
E	0.050	出射光ビームの中心
F	0.010	回転中心と出射光ビームの中心との間の変位
L	0.347	要素の長さ
R	0.250	GRIN レンズの直径、x 軸方向の光ビームの直径
S	0.185	y 軸方向の光ビーム径
出射光ビーム径の縮小比(Q/P):0.738		

## 【0168】

図 2 1 ならびに表 6 および表 7 を用いることによって、少なくとも第 1 3 の実施形態を説明する。説明は、第 1 1 の実施形態に係るものと異なる部分の説明に限定される。第 1 3 の実施形態では、G R I N レンズの端面のカット角が 5 . 5 7 ° に変更され、スペーサの角度  $\theta$  が直角であり、これにより、スペーサの処理コストが低減されることを可能にする構造がもたらされる。回折格子 2 2 6 に対する入射角  $\theta_6$  および回折格子の線 / mm は、第 1 2 の実施形態に係るものと同じである。図 2 1 は、第 1 3 の実施形態の特徴的構造である、光学系 1 1 2 を示す。表 6 は、屈折率、光ビーム角度、支持構造 2 2 4 の角度、および回折格子の回折格子定数を示す。

10

20

30

40

50

【表 6】

表 6 第 1 3 の実施形態の設計の例

	屈折率(nd)	備考
$n_0$	1.48	GRIN レンズ
$n_1$	2.0509	TAFD65, HOYA
$n_2$	1.5037	UV 硬化樹脂
	反射/屈折角	備考
$\theta_1$	5.57°	
$\theta_2$	4.02°	
$\theta_3$	49.47°	臨界角 $\theta_{critical} = 47.18^{\circ}$
$\theta_4$	12.96°	
$\theta_5$	23.55°	
$\theta_6$	33.0°	
$\theta_7$	47.92°	
	ガラス頂角など	
$\alpha$	36.51°	
$\beta$	90.0°	
$\gamma$	5.57°	
回折格子:627 線/mm		

10

20

30

【0 1 6 9】

表 7 は、250 ミクロンの GRIN レンズが用いられるときの支持構造 224 の寸法および出射光ビームのサイズを示す。表 7 内の項目は、図 19 および図 21 におけるものにに対応する。

40

50

## 【表 7】

表 7 第 13 の実施形態における支持構造 224 の  
サイズおよび出射光ビームのサイズ

	寸法(mm)	備考
A	0.283	要素の高さ(y 軸方向の寸法)
B	0.313	要素の幅(x 軸方向の寸法)
C	0.033	
D	0.330	要素が回転された時の外接円の直径
E	0.049	出射光ビームの中心
F	0.009	回転中心と出射光ビームの中心との間の変位
L	0.339	要素の長さ
R	0.250	GRIN レンズの直径、x 軸方向の光ビームの直径
S	0.183	y 軸方向の光ビーム径
出射光ビーム径の縮小比(Q/P):0.733		

10

20

30

## 【0170】

図 22 ならびに表 8 および表 9 を用いることによって、第 14 の実施形態を説明する。説明は、第 11 の実施形態に係るものと異なる部分の説明に限定される。第 14 の実施形態は、第 11 の実施形態におけるものよりも高い屈折率を有するガラス材料が用いられるときの、支持構造 224 および回折格子 226 の設計の一例である。ガラス材料の屈折率は、2.1 である。さらに、GRIN レンズの端面内にカットが存在せず(0°)、GRIN レンズの処理ステップの数が低減される。高い屈折率を有するガラス材料の影響のゆえに、短波長端におけるスペーサの透過率は、若干より低い。図 22 は、第 14 の実施形態の特徴的構造である、光学系 112 を示す。表 8 は、屈折率、光ビーム角度、支持構造 224 の角度、および回折格子の回折格子定数を示す。

40

50

【表 8】

表 8 第 1 4 の実施形態の設計の例

	屈折率(nd)	備考
$n_o$	1.48	GRIN レンズ
$n_1$	2.10195	LBBH1, OHARA
$n_2$	1.5037	UV 硬化樹脂
	反射/屈折角	備考
$\theta_1$	0.0°	
$\theta_2$	0.0°	
$\theta_3$	47.28°	臨界角 $\theta_{critical} = 45.73°$
$\theta_4$	11.2°	
$\theta_5$	24.89°	
$\theta_6$	36.0°	
$\theta_7$	47.28°	
	ガラス頂角など	
$\alpha$	36.09°	
$\beta$	96.64°	
$\gamma$	6.64°	
回折格子:650 線/mm		

10

20

30

40

【0 1 7 1】

表 9 は、250 ミクロンの G R I N レンズが用いられるときの支持構造 224 の寸法および出射光ビームのサイズを示す。表 9 内の項目は、図 18 におけるものに対応する。要素の長さ L は、以前の実施形態におけるものよりも小さく、プローブの端部部分がより容易に曲げられることを可能にする構造がもたらされる。

50

## 【表9】

表9 第14の実施形態における支持構造224の  
サイズおよび出射光ビームのサイズ

	寸法(mm)	備考
A	0.286	要素の高さ(y軸方向の寸法)
B	0.312	要素の幅(x軸方向の寸法)
C	0.036	
D	0.335	要素が回転された時の外接円の直径
E	0.041	出射光ビームの中心
F	0.002	回転中心と出射光ビームの中心との間の変位
L	0.312	要素の長さ
R	0.250	GRINレンズの直径、x軸方向の光ビームの直径
S	0.187	y軸方向の光ビーム径
出射光ビーム径の縮小比(Q/P):0.748		

10

20

30

40

## 【0172】

図23ならびに表10および表11を用いることによって、第15の実施形態を説明する。説明は、少なくとも第11の実施形態のものと異なる部分の説明に限定される。第15の実施形態では、1つまたは複数の実施形態では、支持構造224のガラス材料のために（高屈折率ガラスではなく）石英を用い、表面228への最初の入射時に内部全反射を依然として有するために、空隙が支持材料224の隣の薄層334として用いられる。1つまたは複数の実施形態では、空隙334は、カバーガラスの周辺部に位置付けられた支持材料上のスペーサまたは突起部、あるいは光学部品（図示せず）の周辺部における環状または長円形スペーサによって形成され、維持され得る。代替的に、遠位光学部品のためのマウントが、取り付け時に空隙334のための空間を維持するために、内部に段または隆起を有するように作製されていてもよい。加えて、本実施形態では、回折格子226を支持するために、50ミクロンの厚さを有するカバーガラス336（石英製）が用いられる。カバーガラス336と支持構造224との間に空隙の薄層334が存在する。繰り返しの干渉の効果が生じるのを防止し、要素の高さを抑制するために、空隙は、照明光の波長の数倍～数十倍であるサイズを有する。より具体的には、それは、好ましくは、およそ5μm～20μmである。さらに、GRINレンズ210の端面上に追加の角度研磨が存在せず（0°）、GRINレンズの処理ステップの数が低減される。さらに、支持構造224は直角プリズムであることができ、低コストの生産に適している。回折格子226に対する入射角θ6は37°であり、第11の実施形態におけるものよりも若干大きく、回折格子は658線/mmの回折格子である。図23は、第15の実施形態の特徴的構造である、光学系112を示す。表10は、屈折率、光ビーム角度、支持構造224の角度、および回折格子の回折格子定数を示す。1つまたは複数の実施形態では、空隙、ガラスカバー、および／または薄層に加えて、（例えば、図23、後述される図25などに示される）回折格子226は、溝の層のみであり得るか、あるいは回折格子226は、回折格子および同じ材料の下層であり得る。

## 【0173】

50

## 【数6】

たとえ、薄層334の屈折率について、 $n_2 = 1.0 \sim 1.3$ である場合でも、光学系をコンパクトに保ちつつ、支持構造224と薄層334との間の境界面において内部全反射が生じるために、それぞれの屈折率 $n_1$ および $n_2$ は、 $\frac{n_2}{n_1} < 0.8$ となり、より望ましくは、 $\frac{n_2}{n_1} < 0.75$ となるように選択される。

1つまたは複数の実施形態では、薄層334は空隙のみよりも多くの構造を含み得る。

【表10】

表10 第15の実施形態の設計の例

	屈折率(nd)	備考
$n_0$	<b>1.48</b>	GRINレンズ
$n_1$	<b>1.458</b>	石英(スペーサ、カバーG)
$n_2$	<b>1.00</b>	空気
$n_3$	<b>1.5037</b>	UV硬化樹脂
	反射/屈折角	備考
$\theta_1$	$0.0^\circ$	
$\theta_2$	$0.0^\circ$	
$\theta_3$	$47.27^\circ$	臨界角 $\theta_{critical} = 43.3^\circ$
$\theta_4$	$4.45^\circ$	
$\theta_5$	$38.37^\circ$	
$\theta_6$	$37.0^\circ$	
$\theta_7$	$47.18^\circ$	
	ガラス頂角など	
$\alpha$	$42.82^\circ$	
$\beta$	$90.0^\circ$	
$\gamma$	$0.0^\circ$	
回折格子:658 線/mm		

## 【0174】

図24において、図22における支持構造224が光軸(図14における $X_j$ の方向)から見られた概略図において、図におけるy方向は、スペクトル分散が回折格子226において生じる方向であり、図におけるx方向は、図14の平面と垂直である方向である。表は、 $250\mu m$ のGRINレンズが用いられるときの支持構造224の寸法および出射光ビームのサイズを示す。1つまたは複数の実施形態では、支持構造224が回転されたときの外接円は、支持構造224が回転されたと仮定すると、支持構造の縁部と接する「包絡円」である(図24参照)。

10

20

30

40

50

## 【0175】

表11は、250ミクロンのGRINレンズが用いられるときの支持構造224の寸法および出射光ビームのサイズを示す。表11内の項目は、図23および図24におけるものに対応する。要素の長さLが305ミクロンであり、要素がコンパクトであるが、カバーガラスが必要とされる。したがって、要素の高さDが増大し、支持構造の外径Dはおよそ $380\mu m$ になる。4つの角部を面取りすることによって、外径を若干低減することが可能である。本実施形態では、スペクトル分散方向(y方向)における出射光ビーム径の縮小比(Q/P)がおよそ0.87であり、大きいため、スペクトル分散能力(サンブル116上に集められるスポットのサイズ)の劣化を最小限にとどめることが可能である。

【表11】

10

表11 第15の実施形態における支持構造224の

## 寸法および出射光ビームのサイズ

	寸法(mm)	備考
A	0.290	要素の高さ(y軸方向の寸法)
B	0.250	要素の幅(x軸方向の寸法)
C	0.036	
D	0.380	要素が回転された時の外接円の直径
E	0.054	出射光ビームの中心
F	0.038	回転中心と出射光ビームの中心との間の変位
L	0.305	要素の長さ
R	0.250	GRINレンズの直径、x軸方向の光ビームの直径
S	0.217	y軸方向の光ビーム径
出射光ビーム径の縮小比(Q/P):0.867		

20

30

## 【0176】

図25および図26(a)～(b)ならびに表12および表13を用いることによって、第16の実施形態を説明する。説明は、第11の実施形態に係るものと異なる部分の説明に限定される。第16の実施形態では、(例えば、特許第5,686,604号に記載されている)シリカベースの中空微細粒子を含有する材料を薄層338として用いることによって、支持構造224のガラス材料は、1.72の屈折率を有するガラス材料である。この場合には、回折格子226を薄層338上に形成することができるため、第15の実施形態におけるものとしてのカバーガラスは、必要とされない。図25は、第16の実施形態の特徴的構造である、光学系112を示す。上述されたように、1つまたは複数の実施形態では、空隙、ガラスカバー、および/または薄層に加えて、(例えば、図23、図25などに示される)回折格子226は、溝の層のみであり得るか、あるいは回折格子226は、回折格子および同じ材料の下層であり得る。図26(a)～(b)は、シリカベースの中空微細粒子を含有する低屈折率層(薄層338)の拡大図である。シリカベースの中空微細粒子を含有する低屈折率層の厚さは、波長よりも十分に大きい、およそ $5\mu m$ である必要がある。図26(a)は、第1の反射面228において、レンズ210から放射された光の内部全反射を示す。図26(b)は、第2の反射面230を介して第1の反射面228に再び入射する光の屈折/透過を示す。表12は、屈折率、光ビーム角度、支

40

50

持構造 224 の角度、および回折格子の回折格子定数を示す。

【表 12】

表 12 第 16 の実施形態の設計の例

	屈折率(nd)	備考
$n_o$	1.48	GRIN レンズ
$n_1$	1.7200	S-LAM52, OHARA
$n_2$	1.25	シリカベースの中空微細粒子の薄い 層、JGC CATALYSTS AND CHEMICALS CO., LTD.
$n_3$	1.5037	UV 硬化樹脂
	反射/屈折角	備考
$\theta_1$	8.0°	
$\theta_2$	6.88°	
$\theta_3$	48.40°	臨界角 $\theta_{critical} = 46.61^\circ$
$\theta_4$	8.74°	
$\theta_5$	30.92°	
$\theta_6$	44.99°	
$\theta_7$	36.0°	
$\theta_8$	47.28°	
	ガラス頂角など	
$\alpha$	39.66°	
$\beta$	85.06°	
$\gamma$	3.06°	
回折格子:650 線/mm		

【0177】

表 13 は、250 ミクロンの GRIN レンズが用いられるときの支持構造 224 の寸法  
および出射光ビームのサイズを示す。表 13 内の項目は、図 19 および図 25 におけるものに  
対応する。本実施形態では、支持構造は、およそ 320 ミクロンの外径 D を有し、非  
常にコンパクトであり、これにより、支持構造は、小さい直径を有する内視鏡としての使  
用に適している。

10

20

30

40

50

## 【表 13】

表 13 第 16 の実施形態における支持構造 224 の

サイズおよび出射光ビームのサイズ

	寸法(mm)	備考
A	0.267	要素の高さ(y 軸方向の寸法)
B	0.313	要素の幅(x 軸方向の寸法)
C	0.017	
D	0.320	要素が回転された時の外接円の直径
E	0.035	出射光ビームの中心
F	0.001	回転中心と出射光ビームの中心との間の変位
L	0.325	要素の長さ
R	0.250	GRIN レンズの直径、x 軸方向の光ビームの直径
S	0.198	y 軸方向の光ビーム径
出射光ビーム径の縮小比(Q/P):0.793		

10

20

30

40

## 【0178】

図 27 および図 28 ならびに表 14 および表 15 を用いることによって、第 17 の実施形態を説明する。説明は、第 11 の実施形態に係るものと異なる部分の説明に限定される。第 17 の実施形態では、GRIN レンズの端面のカット角は、0°であり、スペーサの角度は直角である。さらに、図 28 に示されるように、支持構造 224 は、直方体が第 1 の反射面 228 において 2 つに切断された形態を有し、さらに、本実施形態では、支持構造ジョイント面 234 は、正方形形状を有する。このように、単純な形態を有する支持構造 224 を形成することによって、処理コストを低減するだけでなく、製作誤差を低減し、安定した品質（回折効率および使用される波長帯域）をもたらすことも可能である。

## 【0179】

図 27 は、第 17 の実施形態の特徴的構造である、光学系 112 を示す。表 14 は、屈折率、光ビーム角度、支持構造 224 の角度、および回折格子の回折格子定数を示す。本実施形態では、以前の実施形態の場合と異なり、使用される波長帯域は、-6 次光には 422.6 ~ 470.1 nm、-5 次光には 502.4 ~ 560.5 nm、および -4 次光には 623.5 ~ 697.2 nm である。図 27 に示される構造および表 2 に示されるパラメータを有する回折格子を用いることによって、上述された波長帯域の回折効率は、20% 以上になる。さらに、回折格子の側壁に数度だけ角度を付けることによって、上述された波長帯域の回折効率は、30% 以上になる。図 29 は、電磁場解析を用いることによって、回折格子の側壁に角度を付けたときの回折効率が得られた結果を示す。

50

## 【表 1 4】

表 14 第 1 7 の実施形態の設計の例

	屈折率(nd)	備考
$n_o$	1.48	GRIN レンズ
$n_1$	2.0509	TAFD65, HOYA
$n_2$	1.5037	UV 硬化樹脂
	反射/屈折角	備考
$\theta_1$	0°	
$\theta_2$	0°	
$\theta_3$	52.0°	臨界角 $\theta_{critical} = 47.15^{\circ}$
$\theta_4$	14.0°	
$\theta_5$	24.0°	
$\theta_6$	33.69°	
$\theta_7$	52.0°	
	ガラス頂角など	
$\alpha$	38.0°	
$\beta$	90.0°	
$\gamma$	0.0°	
回折格子:650 線/mm		

10

20

30

## 【0180】

表 15 は、250 ミクロンの GRIN レンズが用いられるときの支持構造 224 の寸法および出射光ビームのサイズを示す。表 15 内の項目は、図 24 および図 27 におけるものに対応する。カバーガラスの厚さに関する項目 C は、本実施形態では、回折格子の厚さに対応するため、0 である。

## 【0181】

本実施形態では、GRIN レンズのサイズおよび支持構造のサイズは同じであり、光学系 112 の回転中心は、GRIN レンズおよび支持構造の中心である。したがって、本実施形態では、光学系 102 の構造は、組み立てやすい構造を有する。回転中心と出射光ビームの中心との間の変位（項目 F）が本実施形態では他の実施形態よりも大きいが、被検体までの距離および画像の解像度次第では、それは許容可能な量である。光学系 112 の外径が大きくなるという不利点があるが、光学系 102 の回転中心が、支持構造の中心の代わりに出射光ビームの中心と一致させられると、中心間のこの変位を解消することができる。

40

50

## 【表 15】

表 15 第 17 の実施形態における支持構造 224 の  
サイズおよび出射光ビームのサイズ

	寸法(mm)	備考
A	0.250	要素の高さ(y 軸方向の寸法)
B	0.250	要素の幅(x 軸方向の寸法)
C	0	
D	0.354	要素が回転された時の外接円の直径
E	0.041	出射光ビームの中心
F	0.041	回転中心と出射光ビームの中心との間の変位
L	0.320	要素の長さ
R	0.250	GRIN レンズの直径、x 軸方向の光ビームの直径
S	0.168	y 軸方向の光ビーム径
出射光ビーム径の縮小比(Q/P):0.674		

## 【0182】

本発明の好ましい実施形態が上述されたが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、そのため、本発明の要旨の範囲内で様々な変形および変更を行うことができる。

## 【0183】

本開示の 1 つまたは複数の態様によれば、撮像を遂行するための 1 つまたは複数の方法が本明細書において提供される。図 30 は、撮像を遂行するための方法の少なくとも一実施形態のフローチャートを示す。好ましくは、本方法は、以下のこと：( i ) スペクトル帯域がサンプルまたは標的上で重なり合う、または実質的に重なり合うよう、画像を取得するべく用いるための波長範囲のスペクトルを規定すること(図 30 におけるステップ S 4 0 0 0 を参照)、( i i ) 標的領域から反射された光を検出すること(図 30 におけるステップ S 4 0 0 1 を参照)、( i i i ) 検出された光を、異なる波長を有する 2 つ以上の光束に分離すること(図 30 におけるステップ S 4 0 0 2 を参照)、ならびに検出された光から分離された光束を撮像し、白黒および / またはカラー画像を取得または生成すること(図 30 におけるステップ S 4 0 0 3 を参照)、のうちの 1 つまたは複数を含み得る。1 つまたは複数の方法は、プローブ回折格子を用いて、標的領域上で重なり合う、または実質的に重なり合うスペクトル帯域を生成すること、ならびに回折効率が波長範囲内で高くなるようプローブ回折格子を最適化すること、のうちの少なくとも 1 つをさらに含み得

10

20

30

40

50

る。1つまたは複数の実施形態では、S E E プローブは、接続部材またはインターフェースモジュールを用いて1つまたは複数のシステム（例えば、システム100、システム100'、システム100''など）に接続され得る。例えば、接続部材またはインターフェースモジュールがS E E プローブのための回転接合部であるときには、回転接合部は、接触回転接合部、レンズのない回転接合部、レンズベースの回転接合部、または当業者に知られた他の回転接合部のうちの少なくとも1つであり得る。回転接合部は、1チャネル回転接合部または2チャネル回転接合部であり得る。1つまたは複数の実施形態では、S E E プローブの照明部分は、S E E プローブの検出部分とは別個であり得る。例えば、1つまたは複数の適用では、プローブは、照明ファイバ108を含む照明組立体（例えば、単一モードファイバ、G R I Nレンズ、スペーサ、およびスペーサの研磨面上の回折格子など）を指し得る。1つまたは複数の実施形態では、検査鏡（scope）は、例えば、駆動ケーブル、シース、およびシースの周りの検出ファイバ（例えば、多モードファイバ（multimode fiber、MMF））によって囲まれ、保護され得る、照明部分を指し得る。回折格子の被覆は1つまたは複数の用途のための検出ファイバ（例えば、MMF）上において任意選択的なものである。照明部分は、回転ジョイントに接続されていてもよく、ビデオ速度で連続的に回転してもよい。1つまたは複数の実施形態では、検出部分は、検出ファイバ118、分光計120、コンピュータ1300、コンピュータ1300'、画像プロセッサ122などのうちの1つまたは複数を含み得る。検出ファイバ118などの検出ファイバは、I F 108などの照明ファイバを包囲してもよく、検出ファイバは回折格子107などの回折格子によって覆われてもよく、または覆われていなくてもよい。

#### 【0184】

本明細書において別途説明されていない限り、同様の符号は、同様の要素を指示する。例えば、限定するものではないが、システム100、システム100'、システム100''等などの、システムの間には、ばらつきまたは相違が存在するが、限定するものではないが、光源102または他のその構成要素（例えば、コンソール1300、コンソール1300'、R J 106等）などの、システムの1つまたは複数の特徴は互いに同じであるか、または同様であり得る。当業者は、光源102、R J 106、M C U 140、分光計120（その1つまたは複数の構成要素）、および/またはシステム100の1つまたは複数の他の要素は、限定するものではないが、本明細書において説明されるシステム100'、システム100''等などの、1つまたは複数の他のシステムのそれらの同様の符号を付された要素と同じまたは同様の仕方で動作し得ることを理解するであろう。当業者は、システム100、システム100'、システム100''など、および/またはこのようなシステムのうちの1つの1つまたは複数の同様の符号を付された要素の代替的な諸実施形態は、本明細書において説明される他の変形を有しながらも、本明細書において説明される他のシステム（またはそれらの構成要素）のうちの任意のものの同様の符号を付された要素と同じまたは同様の仕方で動作し得ることを理解するであろう。実際に、システム100、システム100'、システム100''、および本明細書において説明される他のシステムの間には特定の相違が存在するが、類似性がある。同様に、コンソールまたはコンピュータ1300が1つまたは複数のシステム（例えば、システム100、システム100'、システム100''など）において用いられ得るが、コンソールまたはコンピュータ1300'、画像プロセッサ122等などの、1つまたは複数の他のコンソールまたはコンピュータが追加的または代替的に用いられてもよい。

#### 【0185】

白色光源によって放射された光は、照明光透過ファイバによって透過され得るものであり、R J 106を介してプローブ部分に入射し得る。加えて、または代替的に、白色光源によって放射された光は、照明光透過ファイバによって透過され得るものであり、偏向もししくは被偏向セクション117を介して、およびR J 106を介してプローブ部分（例えば、光学装置および/または光学系112）に入射し得る。スペクトル系列からの反射光（例えば、被検体またはサンプル上に形成された、またはそれによって反射されたスペクト

ル系列からの光、被検体またはサンプルによって反射された光など)は、ケーブルまたはファイバ118などの、検出ファイバまたはケーブルによって取り込まれる。1つまたは複数の実施形態では、1つの検出ファイバが用いられ得るが、複数の検出ファイバが追加的または代替的に用いられてもよい。1つまたは複数の実施形態では、検出ファイバは、プロープセクションの端部および/または端部付近まで延び得る。例えば、検出ファイバ118は、RJ106から、またはRJ106を通り、プロープセクション(例えば、光学装置および/または光学系112)を通り、プロープセクションの端部および/または端部付近(例えば、プロープセクションの端部の近傍、ほぼプロープ部分の端部、サンプルに最も接近したプロープ部分の端部付近など)まで延びる検出ファイバ部分(例えば、プロープ部分を通って延びるファイバ)を有し得る。検出ファイバ118によって取り込まれた光は、スペクトル成分に分離され、検出ファイバ118の出口側に設けられた、限定するものではないが、分光計120(および/または本明細書において説明されるその1つまたは複数の構成要素)などの、少なくとも1つの検出器によって検出される。1つまたは複数の実施形態では、反射光を取り込む検出ファイバ118の端部は、回折格子107、スペーサ111の端部、プロープ部分112の端部などのうちの少なくとも1つの上に配置されるか、またはその付近に位置し得る。加えて、または代替的に、反射光は、プロープ部分、GRINレンズ、回転接合部などのうちの少なくとも1つを通過させられてもよく、反射光は、偏向または被偏向セクション117(後述)を介して分光計120へ通過させられてもよい。RJ106からプロープ部分112へ延びる部分が、プロープ部分112の長手方向に延びる回転軸の周りに回転されると、スペクトル系列が、スペクトル系列と直交する方向に動き、2次元方向の反射率情報を得ることができる。これらの情報の部分(例えば、2次元方向の反射率情報)を配列することで、2次元画像を得ることが可能になる。

#### 【0186】

好みしくは、偏向または被偏向セクション117を含む1つまたは複数の実施形態では、被偏向セクション117は、光源102からの光をプロープ部分(例えば、要素112)へ偏向させ、その後、プロープ部分から受光された光を少なくとも1つの検出器(例えば、分光計120、分光計120の1つまたは複数の構成要素など)に向けて送るように動作する。1つまたは複数の実施形態では、被偏向セクション117は、限定するものではないが、サーチュレータ、ビームスプリッタ、アイソレータ、カプラ(例えば、溶融ファイバカプラ)、内部に孔を有する部分的に切断されたミラー、タップを有する部分的に切断されたミラーなどを含む、本明細書において説明されるように動作する1つまたは複数の干渉計または光学干渉システムを含み得る、または備え得る。1つまたは複数の実施形態では、干渉計または光学干渉システムは、限定するものではないが、光源102、被偏向セクション117、回転接合部106、および/またはプロープ部分(例えば、要素112)(および/またはその1つまたは複数の構成要素)のうちの1つまたは複数などの、システムまたはシステムの1つまたは複数の構成要素を含み得る。

#### 【0187】

回転接合部106は、1チャネル回転接合部または2チャネル回転接合部であり得る。1つまたは複数の実施形態では、プロープの照明部分は、プロープの検出部分とは別個であり得る。例えば、1つまたは複数の適用では、プロープは、照明ファイバを含む照明組立体(例えば、単一モードファイバ、GRINレンズ、スペーザ、およびスペーザの研磨面上の回折格子など)を指し得る。1つまたは複数の実施形態では、検査鏡は、例えば、駆動ケーブル、シース、およびシースの周りの検出ファイバ(例えば、多モードファイバ(MMF))によって囲まれ、保護され得る、照明部分を指し得る。回折格子の被覆は、1つまたは複数の用途のための検出ファイバ(例えば、MMF)上において任意選択的なものである。照明部分は、回転ジョイントに接続されていてもよく、ビデオ速度で連続的に回転していてもよい。1つまたは複数の実施形態では、画像データを得るよう動作する検出部分は、検出ファイバ118、分光計120、コンピュータ1300、(以下においてさらに説明される)コンピュータ1300'などのうちの1つまたは複数を含み得る。

10

20

30

40

50

## 【0188】

強度、粘度、解像度（1つまたは複数の画像の解像度を増大させることを含む）、カラー画像の作成、または本明細書において説明される任意の他の測定をデジタルおよびアナログで計算するための多くの仕方が存在する。少なくとも一実施形態では、コンソールまたはコンピュータ1300、1300'などのコンピュータは、本明細書に記載されているS E Eデバイス、システム、方法および／または記憶媒体を制御および監視するための専用のものであってもよい。

## 【0189】

撮像のために用いられる電気信号は、限定するものではないが、ケーブルまたはワイヤ113（図31参照）などの、ケーブルまたはワイヤを介して、限定するものではないが、上述された画像プロセッサ122（例えば、図1Aおよび図12参照）、コンピュータ1300（例えば、図1B～図1Cおよび図31参照）、以下においてさらに説明されるコンピュータ1300'（例えば、図32参照）等などの、1つまたは複数のプロセッサに送信され得る。

10

## 【0190】

図31に、コンピュータシステム1300（例えば、図1B～図1Cに示されるコンソールまたはコンピュータ1300を参照）の様々な構成要素が提供されている。コンピュータシステム1300は、中央処理装置（central processing unit、「CPU」）1301、ROM1302、RAM1303、通信インターフェース1305、ハードディスク（および／または他の記憶デバイス）1304、スクリーン（またはモニタインターフェース）1309、キーボード（または入力インターフェース；キーボードに加えてマウスもしくは他の入力デバイスをも含み得る）1310、ならびに（例えば、限定するものではないが、コンソール、プロープ、本明細書に記載の任意のモータ、光源などに接続されることを含む）上述された構成要素のうちの1つまたは複数の間のバスまたは他の接続線（例えば、接続線1313）を含み得る。加えて、コンピュータシステム1300は、上述された構成要素のうちの1つまたは複数を含み得る。例えば、コンピュータシステム1300は、CPU1301、RAM1303、入力／出力（input／output、I/O）インターフェース（通信インターフェース1305など）、ならびにバス（これは1つまたは複数の線1313をコンピュータシステム1300の構成要素間の通信システムとして含み得る。1つまたは複数の実施形態では、コンピュータシステム1300および少なくともそのCPU1301は、限定するものではないが、モータ、回転接合部等を用いるシステムなどの、デバイスまたはシステムの1つまたは複数の上述された構成要素と通信し得る）を含み得るものであり、1つまたは複数の他のコンピュータシステム1300は、上述された他の構成要素の1つまたは複数の組み合わせを含み得る（例えば、コンピュータ1300の1つまたは複数の線1313は線113を介して他の構成要素に接続し得る）。CPU1301は、記憶媒体内に記憶されたコンピュータ実行可能命令を読み出して遂行するように構成されている。コンピュータ実行可能命令は、本明細書に記載されている方法および／または算出の実行のためのものを含み得る。システム1300は、CPU1301に加えて1つまたは複数の追加のプロセッサを含み得るものであり、CPU1301を含む、このようなプロセッサは、組織またはサンプルの特徴付け、診断、評価および／または撮像のために用いられてもよい。システム1300は、ネットワーク接続を介して（例えば、ネットワーク1306を介して）接続された1つまたは複数のプロセッサをさらに含み得る。CPU1301、およびシステム1300によって用いられる任意の追加のプロセッサは、同じ電気通信ネットワーク内、または異なる電気通信ネットワーク内に配置され得る（例えば、本明細書に記載の技法の遂行は遠隔制御されてもよい）。

20

## 【0191】

I/Oまたは通信インターフェース1305は、光源、分光計を含み得る、入力および出力デバイスへの通信インターフェースを提供し、コンピュータ1300の通信インターフェースは、（図31に図式的に示されるように）線113を介して、本明細書に記載の他

30

40

50

の構成要素に接続し、マイクロフォン、通信ケーブルおよびネットワーク（有線式もしくは無線式のいずれか）、キーボード 1310、マウス（例えば、図 32 に示されるマウス 1311 を参照）、タッチスクリーンもしくはスクリーン 1309、ライトペンなどに接続し得る。モニタインターフェースまたはスクリーン 1309 は、それへの通信インターフェースを提供する。

### 【0192】

本明細書において説明される、組織またはサンプルの特徴付け、診断、検査および／または撮像（限定するものではないが、画像解像度を増大させることを含む）を遂行するための方法などの、本開示の任意の方法および／またはデータは、コンピュータ可読記憶媒体上に記憶され得る。限定するものではないが、ハードディスク（例えば、ハードディスク 1304、磁気ディスクなど）、フラッシュメモリ、CD、光ディスク（例えば、コンパクトディスク（compact disc、「CD」）、デジタル多用途ディスク（digital versatile disc、「DVD」）、ブルーレイ（商標）ディスクなど）、光磁気ディスク、ランダムアクセスメモリメモリ（random-access memory、「RAM」）（RAM 1303 など）、DRAM、リードオンリーメモリ（read only memory、「ROM」）、分散コンピューティングシステムの記憶装置、メモリカード、または同様のもの（例えば、限定するものではないが、不揮発性メモリカード、ソリッドステートドライブ（solid state drive、SSD）（図 32 における SSD 1307 を参照）、SRAM 等などの、他の半導体メモリ）、これらの任意選択的な組み合わせ、サーバ／データベース等のうちの 1 つまたは複数などの、一般的に用いられるコンピュータ可読および／または書き込み可能記憶媒体が、上述されたコンピュータシステム 1300 のプロセッサまたは CPU 1301 などのプロセッサに、本明細書に開示される方法のステップを遂行させるために用いられ得る。コンピュータ可読記憶媒体は、非一時的コンピュータ可読媒体であり得るものであり、および／またはコンピュータ可読媒体は、1 つまたは複数の実施形態における一時的な伝搬信号を唯一の例外として、全てのコンピュータ可読媒体を含み得る。コンピュータ可読記憶媒体は、限定するものではないが、ランダムアクセスメモリ（RAM）、レジスタメモリ、プロセッサキャッシュ等などの、所定の、もしくは限られた、もしくは短い期間にわたり、および／または電力の存在下でのみ情報を記憶する媒体を含み得る。本開示の実施形態は、また、上述の実施形態のうちの 1 つまたは複数の機能を遂行するための、記憶媒体（より詳細に「非一時的コンピュータ可読記憶媒体」とも呼ばれ得る）上に記録されたコンピュータ実行可能命令（例えば、1 つまたは複数のプログラム）を読み出して実行し、および／または上述の実施形態のうちの 1 つまたは複数の機能を遂行するための 1 つまたは複数の回路（例えば、特定用途向け集積回路（application specific integrated circuit、ASIC））を含むシステムまたは装置のコンピュータによって実現され、システムまたは装置のコンピュータによって、例えば、上述の実施形態のうちの 1 つまたは複数の機能を遂行するためのコンピュータ実行可能命令を記憶媒体から読み出して実行し、および／または上述の実施形態のうちの 1 つまたは複数の機能を遂行するための 1 つまたは複数の回路を制御することによって遂行される方法によって実現され得る。

### 【0193】

本開示の少なくとも 1 つの態様によれば、上述された、限定するものではないが、上述のコンピュータ 1300 のプロセッサ等などの、プロセッサに関連する方法、システム、およびコンピュータ可読記憶媒体は、図に示されるものなどの好適なハードウェアを利用して達成され得る。本開示の 1 つまたは複数の態様の機能性は、図 31 に示されるものなどの好適なハードウェアを利用して達成され得る。このようなハードウェアは、標準のデジタル回路機構、ソフトウェアおよび／またはファームウェアプログラムを実行するよう動作可能である既知のプロセッサのうちの任意のもの、プログラム可能リードオンリーメモリ（programmable read only memory、PROM）、プログラム可能アレイ論理デバイス（programmable array logic、P

10

20

30

40

50

A L ) 等などの、 1つまたは複数のプログラム可能デジタルデバイスまたはシステムなどの、既知の技術のうちの任意のものを利用して実装され得る。CPU 1301 (図31に示されるもの)は、また、1つまたは複数のマイクロプロセッサ、ナノプロセッサ、1つまたは複数のグラフィック処理装置 (graphics processing unit) (「GPU」。視覚処理装置 (visual processing unit、「VPU」)とも呼ばれる)、1つまたは複数のフィールドプログラマブルゲートアレイ (Field Programmable Gate Array、「FPGA」)、あるいは他の種類の処理構成要素 (例えば、特定用途向け集積回路 (ASIC)) を含み、および/またはそれらで作製され得る。なお、さらに、本開示の様々な態様は、好適な記憶媒体 (例えば、コンピュータ可読記憶媒体、ハードドライブ等)、あるいは輸送可能性および/または配布のための媒体 (フロッピーディスク、メモリチップ等など) 上に記憶され得るソフトウェアおよび/またはファームウェアプログラムを用いて実装され得る。コンピュータは、コンピュータ実行可能命令を読み出して実行するための別個のコンピュータまたは別個のプロセッサのネットワークを含み得る。コンピュータ実行可能命令は、例えば、ネットワークまたは記憶媒体から、コンピュータに提供されてもよい。

#### 【0194】

上述されたように、図32に、コンピュータまたはコンソール1300'の代替的な一実施形態のハードウェア構造が示されている。コンピュータ1300'は、中央処理装置 (CPU) 1301、グラフィック処理装置 (GPU) 1315、ランダムアクセスメモリ (RAM) 1303、ネットワークインターフェースデバイス1312、ユニバーサルシリアルバス (universal serial bus、USB) などの操作インターフェース1314、ならびにハードディスクドライブまたはソリッドステートドライブ (SSD) 1307などのメモリを含む。好ましくは、コンピュータまたはコンソール1300'は、ディスプレイ1309を含む。コンピュータ1300'は、操作インターフェース1314またはネットワークインターフェース1312を介して、(例えば、図31に同様に示されるケーブルまたはファイバ113などの、ケーブルまたはファイバを介して)モータ、コンソール、ならびに/あるいは本明細書において説明されるデバイスまたはシステムの任意の他の構成要素と接続し得る。コンピュータ1300'などのコンピュータは、1つまたは複数の実施形態では、モータまたは運動制御ユニット (MCU) を含み得る。操作インターフェース1314は、マウスデバイス1311、キーボード1310またはタッチパネルデバイスなどの操作ユニットと接続されている。コンピュータ1300'は、各構成要素のうちの2つ以上を含み得る。

#### 【0195】

少なくとも1つのコンピュータプログラムがSSD1307内に記憶されており、CPU 1301は、少なくとも1つのプログラムをRAM1303上にロードし、本明細書に記載されている1つまたは複数のプロセス、ならびに基本的な入力、出力、算出、メモリ書き込みおよびメモリ読み出しプロセスを遂行するための少なくとも1つのプログラム内の命令を実行する。

#### 【0196】

コンピュータ1300、1300'などのコンピュータはMCU、回転接合部などと通信し、撮像を遂行することができ、取得された強度データから画像を復元する。モニタまたはディスプレイ1309は、復元された画像を表示し、撮像条件についての、または撮像対象の物体についての他の情報を表示してもよい。モニタ1309は、また、ユーザが、本明細書において説明される任意のシステムを操作するためのグラフィカルユーザインターフェースを提供する。操作信号が操作ユニット (例えば、限定するものではないが、マウスデバイス1311、キーボード1310、タッチパネルデバイス等など) からコンピュータ1300'内の操作インターフェース1314内に入力され、操作信号に対応して、コンピュータ1300'は、本明細書に記載の任意のシステムに、撮像条件を設定または変更し (例えば、画像もしくは画像群の解像度を改善する)、撮像を開始または終了するよう命令する。光源またはレーザ源ならびに分光計および/または検出器は、コンピュータ1

300、1300' と通信し、ステータス情報および制御信号を送信および受信するためのインターフェースを有し得る。

#### 【0197】

本開示、ならびに / あるいは本開示の、デバイス、システムおよび記憶媒体の 1 つまたは複数の構成要素、および / または方法はまた、限定するものではないが、米国特許第 6,341,036 号、同第 7,447,408 号、同第 7,551,293 号、同第 7,796,270 号、同第 7,859,679 号、同第 8,045,177 号、同第 8,145,018 号、同第 8,838,213 号、同第 9,254,089 号、同第 9,295,391 号、同第 9415550 号、および同第 9,557,154 号などにおける、SEE プローブ技術を含む、任意の好適な光学組立体、ならびに Tearney らへの米国特許第 7,889,348 号において開示されるものなどの、フォトルミネッセンス撮像を容易にする構成および方法と併せて用いられ得る。他の例示的な SEE システムが、例えば、米国特許出願公開第 2016/0341951 号、同第 2016/0349417 号、米国特許出願公開第 2017/0035281 号、同第 2017/167861 号、同第 2017/0168232 号、同第 2017/0176736 号、同第 2017/0290492 号、同第 2017/0322079 号、同第 2012/0101374 号、および国際公開第 2015/116951 号、国際公開第 2015/116939 号、国際公開第 2017/117203 号、国際公開第 2017/024145 号、国際公開第 2017/165511 号、国際公開第 2017/139657 号、および 2017 年 1 月 27 日出願された米国特許非仮出願第 15/418,329 号に記載されている。これらの特許、特許公報、および特許出願の各々は、それらの全体が本明細書において参照により組み込まれている。10 20

#### 【0198】

本明細書における開示は、特定の実施形態を参照して説明されたが、これらの実施形態は単に本開示の原理および適用の例示にすぎず（およびこれらに限定されず）、本発明は、開示されている実施形態に限定されないことを理解されたい。したがって、数多くの変更が例示の実施形態になされ得ること、ならびに他の構成が本開示の趣旨および範囲から逸脱することなく考案され得ることを理解されたい。添付の請求項の範囲は、このような変更ならびに同等の構造および機能を全て包含するよう、最も広い解釈が与えられるべきである。30

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0199】

本発明は、限定するものではないが、スペクトル符号化内視鏡検査（SEE）における小型プローブの端部における光学系を用いることによる、限定するものではないが、白黒画像および / またはカラー画像などの、画像の取得に適用可能である。

【図面】

【図 1 A】

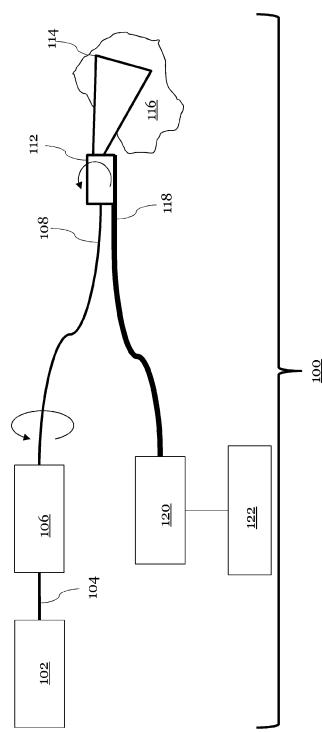


FIG. 1A

【図 1 B】

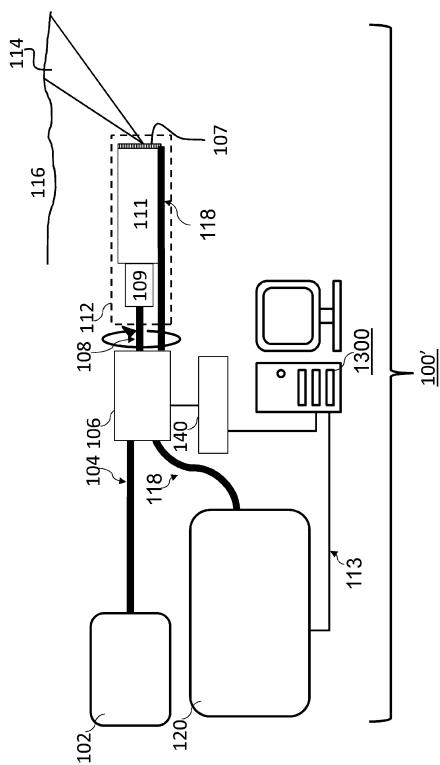


FIG. 1B

10

20

【図 1 C】

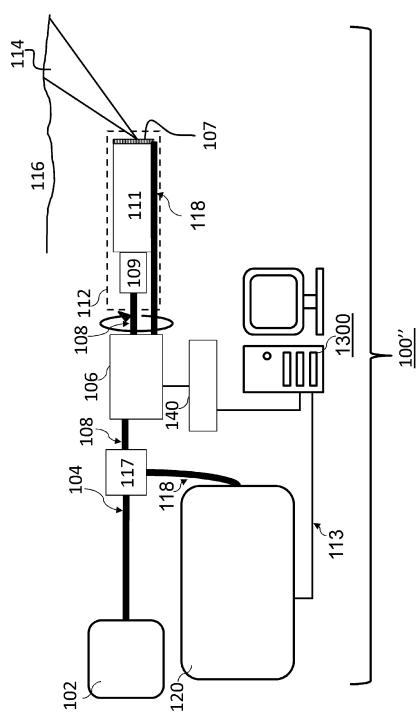


FIG. 1C

【図 2】

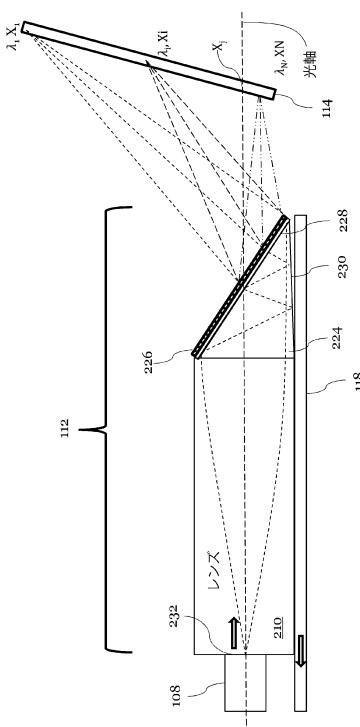


FIG. 2

30

40

50

【図3】

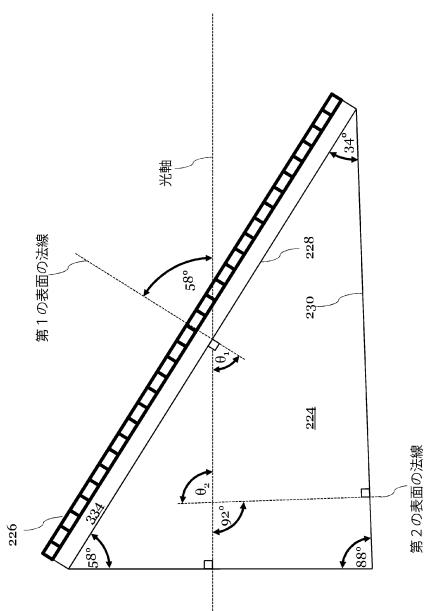


FIG. 3

10

【図4】

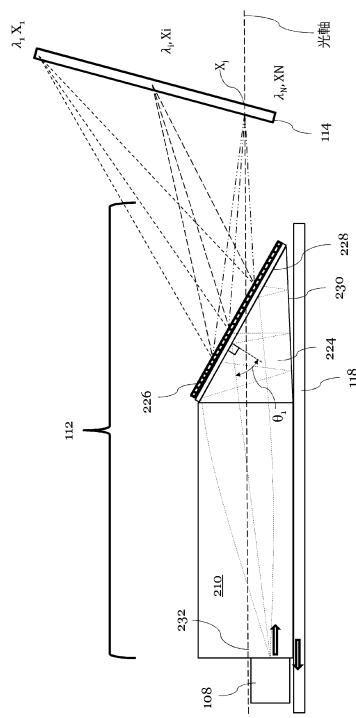


FIG. 4

20

【図5】

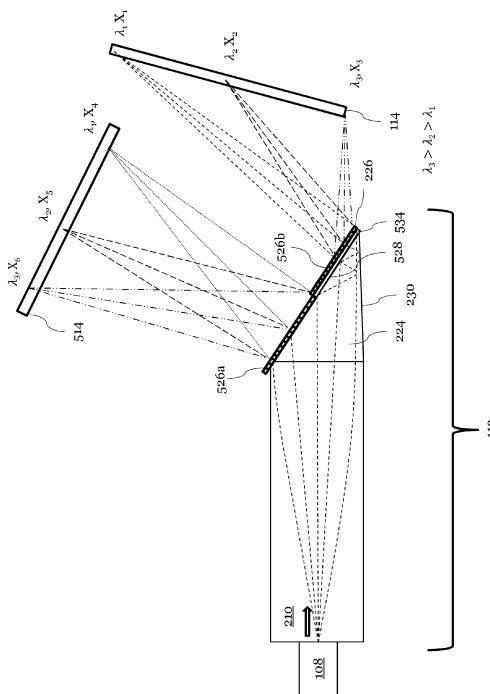
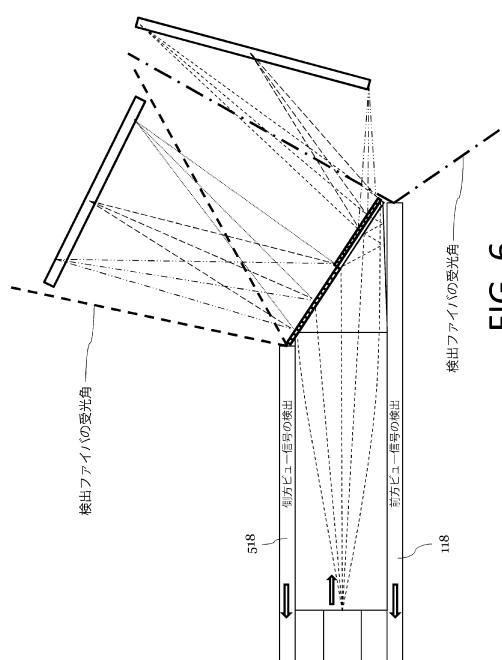


FIG. 5

30

【図6】



40

50

【図7】

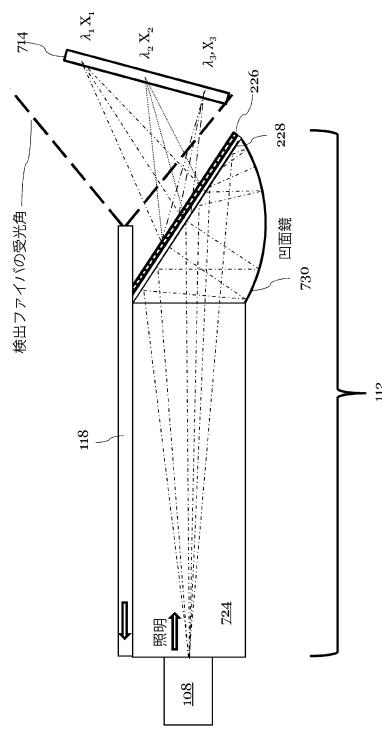
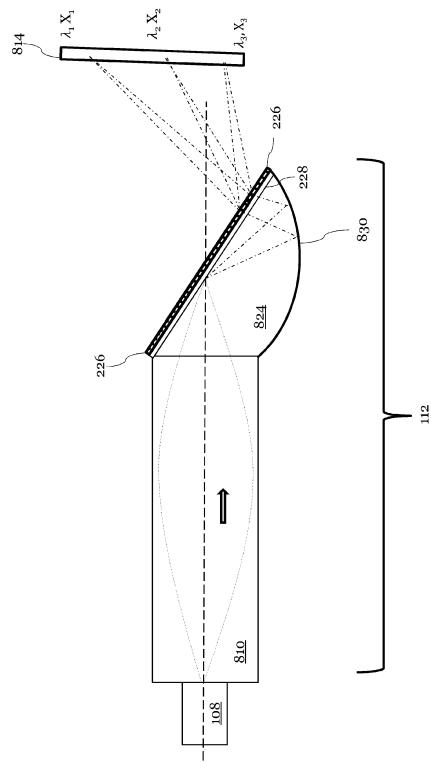


FIG. 7

【 四 8 】



8  
G  
E

【 9 】

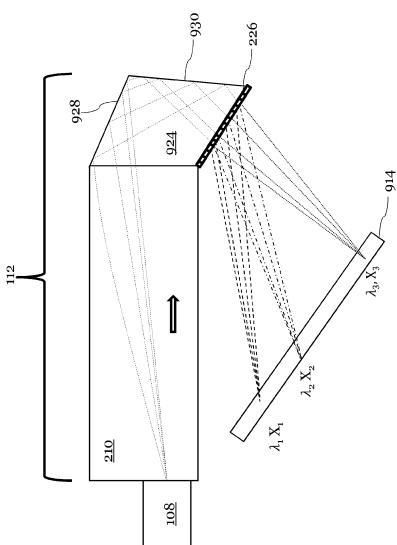


FIG. 9

【図 10A】

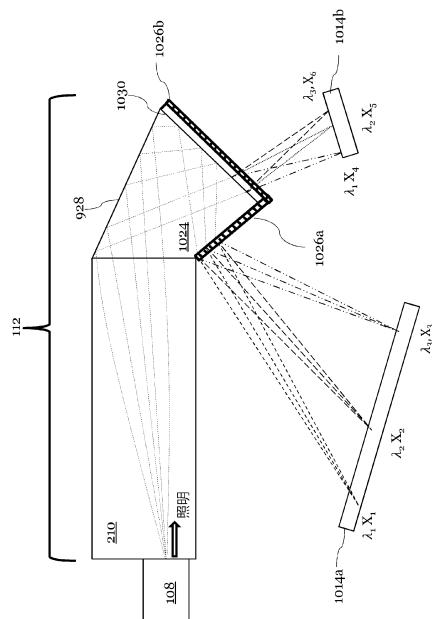


FIG. 10A

【図 10B】

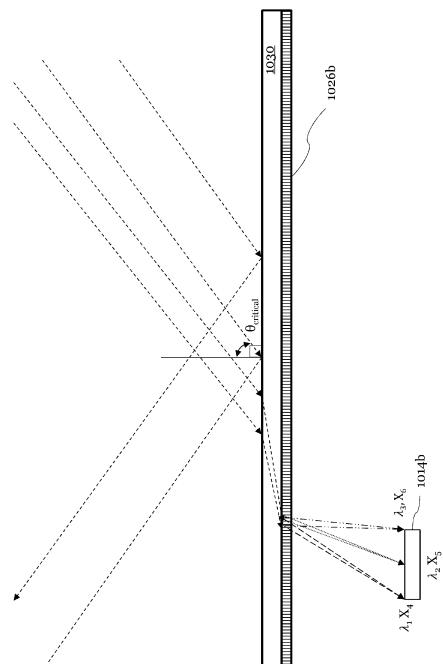


FIG. 10B

【図 11】

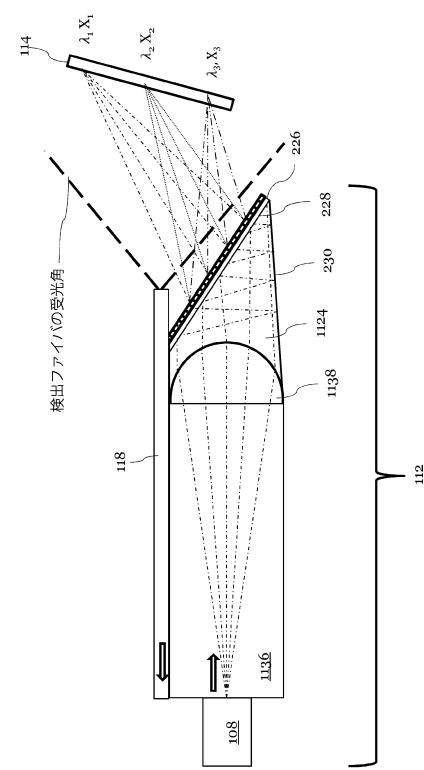


FIG. 11

10

20

【図 12】

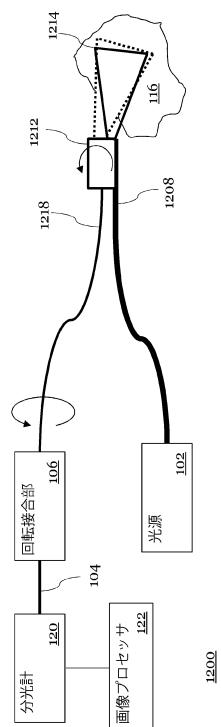


FIG. 12

【図 13】

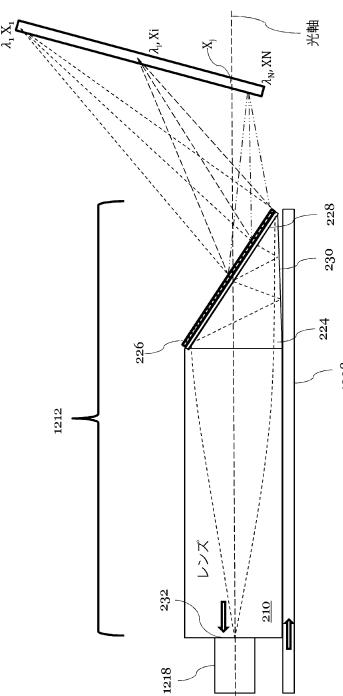


FIG. 13

30

40

50

【図 1 4】

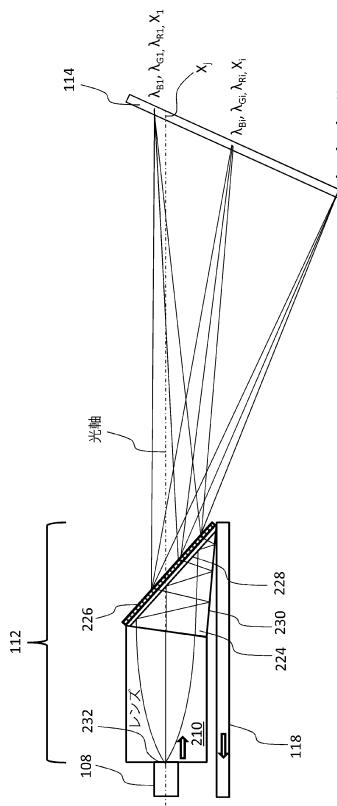


FIG. 14

【図 1 5】

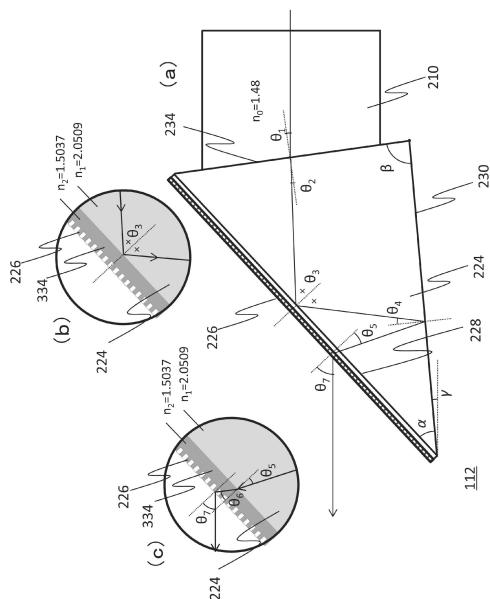


FIG. 15

【図 1 6】

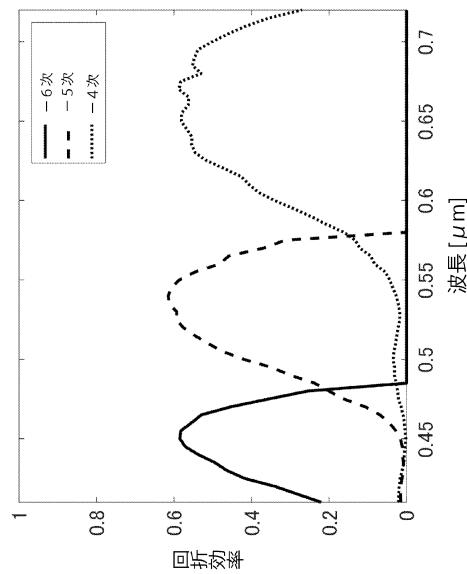


FIG. 16

【図 1 7】

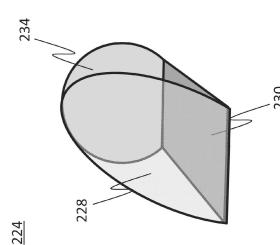


FIG. 17

10

20

30

40

50

【図 18】

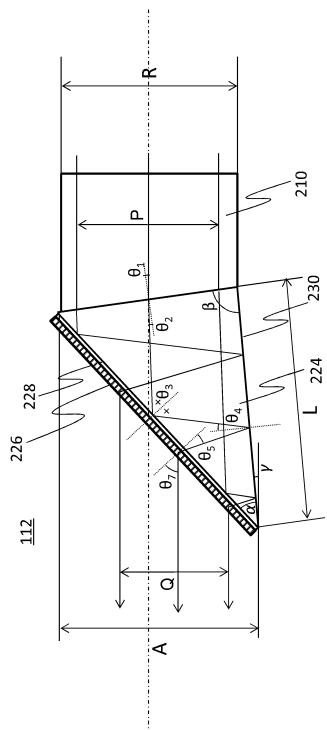


FIG. 18

【図 19】

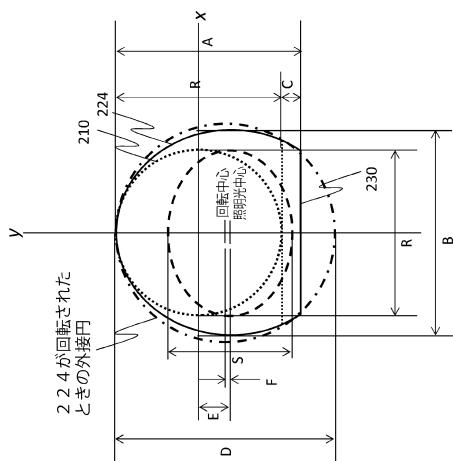


FIG. 19

【図 20】

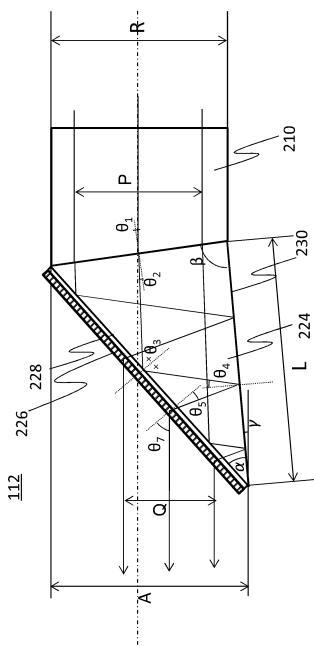


FIG. 20

【図 21】

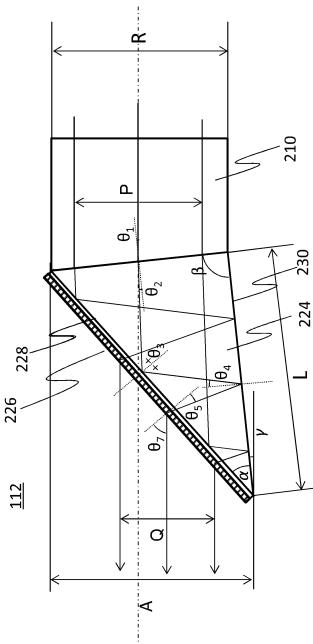


FIG. 21

10

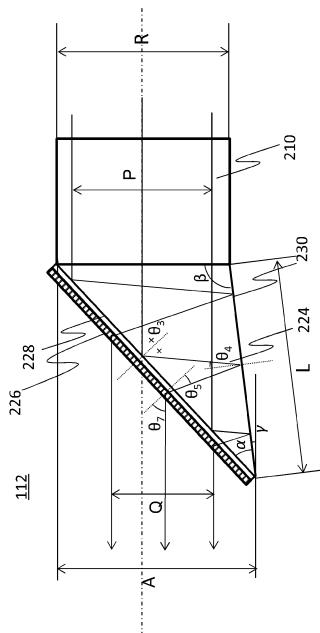
20

30

40

50

【図 2 2】



【図 2 3】

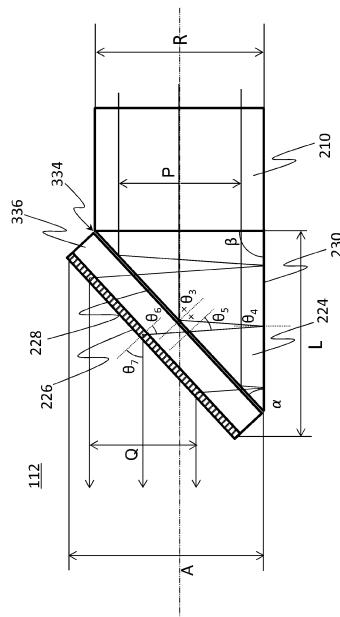


FIG. 22

FIG. 23

10

20

【図 2 4】

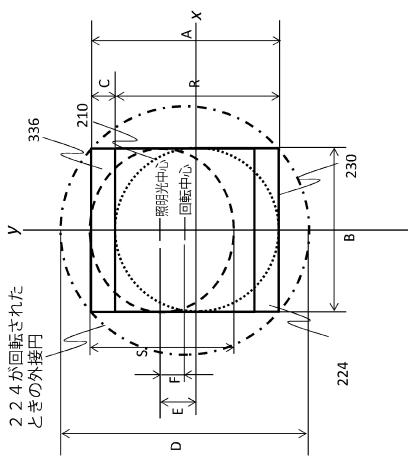


FIG. 24

【図 2 5】

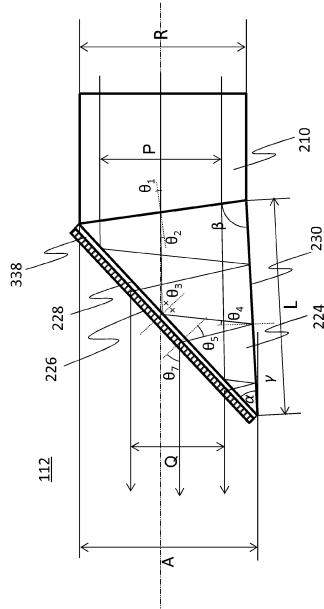


FIG. 25

30

40

50

【図 2 6】

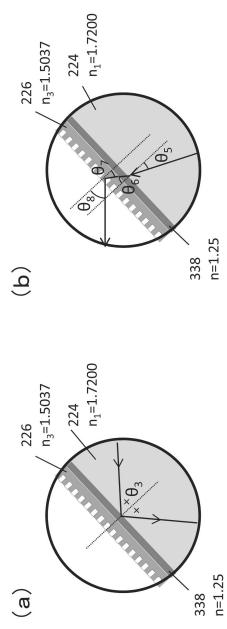


FIG. 26

【図 2 8】

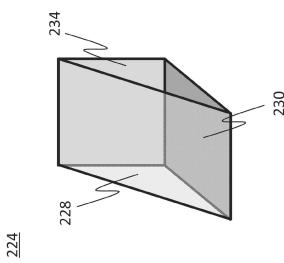


FIG. 28

【図 2 7】

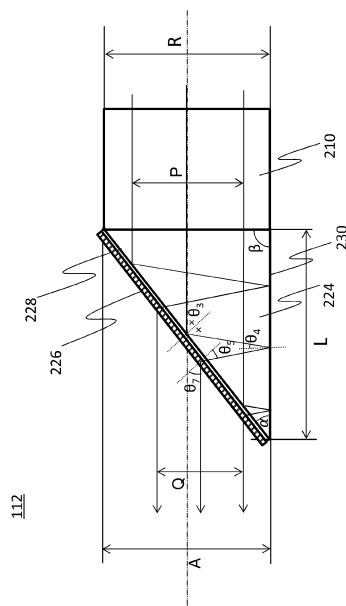


FIG. 27

10

20

【図 2 9】

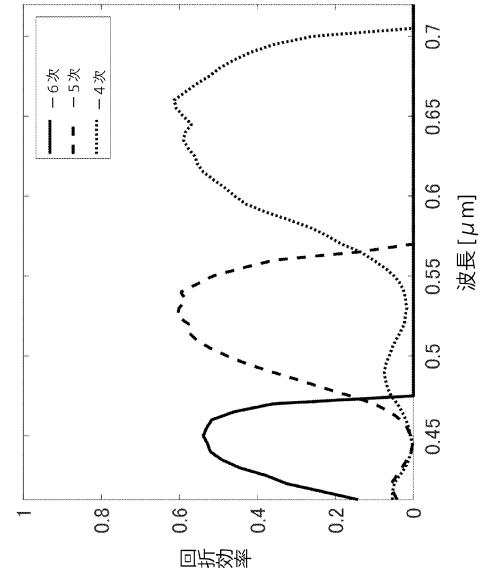


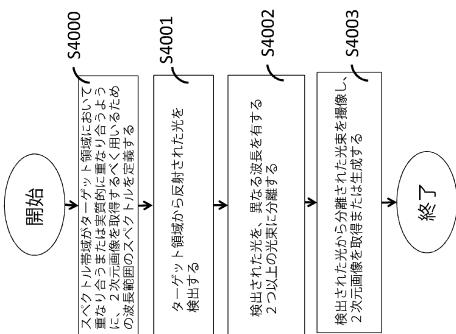
FIG. 29

30

40

50

【図 3 0】



【図 3 1】

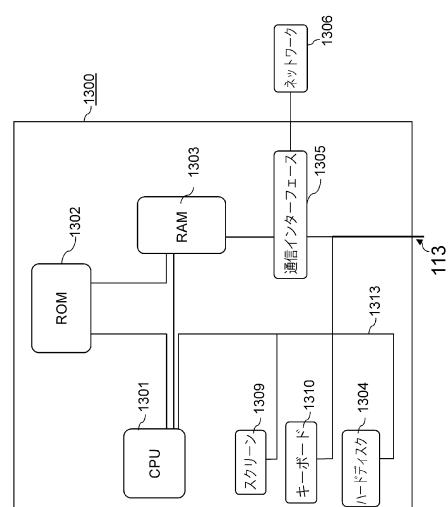


FIG. 30

FIG. 31

【図 3 2】

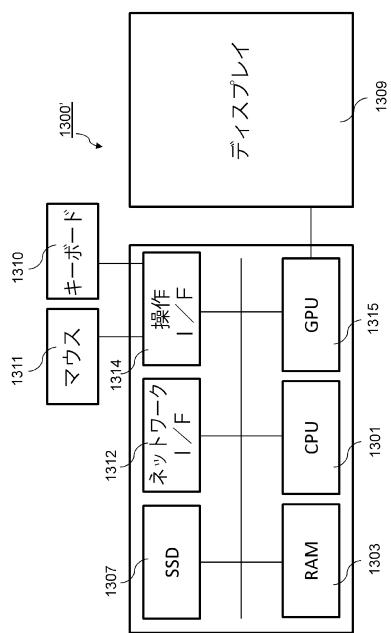


FIG. 32

---

フロントページの続き

6 1 8 - 3 7 3 1 , アーバイン , アルトン パークウェイ 1 5 9 7 5 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 竹内 誠二

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 2 6 1 8 - 3 7 3 1 , アーバイン , アルトン パークウェイ 1 5 9 7 5 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 小原 直樹

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 2 6 1 8 - 3 7 3 1 , アーバイン , アルトン パークウェイ 1 5 9 7 5 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 小山 理

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 2 6 1 8 - 3 7 3 1 , アーバイン , アルトン パークウェイ 1 5 9 7 5 キヤノン ユーエスエイ , インコーポレイテッド内

審査官 佐藤 秀樹

(56)参考文献 特開2002-162598 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

A 6 1 B 1 / 0 0 - 1 / 3 2

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

G 0 1 N 2 1 / 0 0 - 2 1 / 0 1

2 1 / 1 7 - 2 1 / 6 1

G 0 2 B 5 / 1 8、5 / 3 2