

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-96834

(P2020-96834A)

(43) 公開日 令和2年6月25日(2020.6.25)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
A61B 1/00 (2006.01)	A 61 B 1/00	732 2 H 04 O
A61B 1/07 (2006.01)	A 61 B 1/00	521 4 C 16 1
G02B 23/26 (2006.01)	A 61 B 1/07	733
	A 61 B 1/07	732
	A 61 B 1/07	736

審査請求 未請求 請求項の数 29 O L 外国語出願 (全 27 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2019-224599 (P2019-224599)	(71) 出願人	517026003 ゼット スクエア リミテッド イスラエル テル アヴィヴ 69710 39 ハ バーゼル ストリート 27
(22) 出願日	令和1年12月12日 (2019.12.12)	(74) 代理人	110002952 特許業務法人鷺田国際特許事務所
(31) 優先権主張番号	16/221,593	(72) 発明者	ザレヴスキー ジーブ イスラエル ロッシュ ハ アイン ヘル モン ストリート 1
(32) 優先日	平成30年12月17日 (2018.12.17)	(72) 発明者	シャムーン アサフ イスラエル ペタクーチクヴァ ヨセフ ナカーストリート 7/7
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)	(72) 発明者	メイリ アミハイ イスラエル ラマト ハシヤロン ヴェイ ト グーヴリン ストリート 43
			最終頁に続く

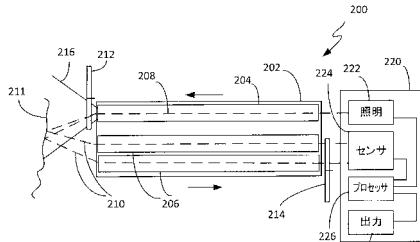
(54) 【発明の名称】強化されたマルチコアファイバ内視鏡

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 照明源によって引き起こされる照明スポットに
関連する鏡像を除去、または少なくとも大幅に低減させ
る内視鏡を提供する。

【解決手段】 内視鏡 200 は、コヒーレントレーザ照明
ビームを生成する照明源 222 と、光センサ 224 と、
検査すべき表面の照明のための少なくとも 1 つのコアで
あって、前記少なくとも 1 つのコアを通って照明源から
ファイバの遠位端へ照明ビームを伝達する少なくとも 1
つのコア 204、および表面から反射された光を光セン
サへ伝達する複数のコア 206 を備えるマルチコアファ
イバと、照明ビームの鏡像を表面の画像から分離する時
間変調シーケンサと、光センサからの感知されたデータ
を処理して表面の画像を生成するプロセッサ 226 とを
含む。

【選択図】 図 2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

コヒーレントレーザ照明ビームを生成する照明源と、
光センサと、
マルチコアファイバであって、

検査すべき表面の照明のための少なくとも1つのコアであって、前記少なくとも1つのコアを通じて前記照明源から前記ファイバの遠位端へ前記照明ビームを伝達する少なくとも1つのコア、および

前記表面から反射された光を前記光センサへ伝達する複数のコア
を備えるマルチコアファイバと、

10

前記照明ビームの鏡像を前記表面の画像から分離する時間変調シーケンサと、

前記光センサからの感知されたデータを処理して前記表面の前記画像を生成するプロセッサと

を備える内視鏡。

【請求項 2】

前記時間変調シーケンサが、2つのファラデー回転子を備え、前記ファラデー回転子がそれぞれ回転軸を有し、前記回転軸が実質上平行であるがずれている、請求項1に記載の内視鏡。

20

【請求項 3】

前記2つのファラデー回転子が、ロックイン增幅効果をもたらすように構成される、請求項1に記載の内視鏡。

【請求項 4】

複数のコアを有するマルチコアファイバを備える内視鏡であって、前記コアが、少なくとも2つの異なる断面形状または向きを有し、前記少なくとも2つの異なる断面形状または向きが、混合配置で配置される、内視鏡。

【請求項 5】

前記少なくとも2つの異なる断面形状または向きが、織り合わせたアレイで配置される、請求項4に記載の内視鏡。

【請求項 6】

前記少なくとも2つの異なる断面形状または向きのうちの一方のコアの断面の長軸が、前記少なくとも2つの異なる断面形状または向きのうちの他方の長軸に直交している、請求項4に記載の内視鏡。

30

【請求項 7】

マルチコアファイバを備える内視鏡であって、

前記マルチコアファイバが、

検査すべき表面の照明のための少なくとも1つの中空コアであって、前記少なくとも1つのコアを通じて照明源から前記ファイバの遠位端へ照明ビームを伝達する少なくとも1つの中空コア、および前記少なくとも1つの中空コア内に前記照明ビームを閉じ込めるように前記少なくとも1つの中空コアのそれぞれを取り囲む複数のコアを含む照明領域と、

前記表面から反射された光を光センサへ伝達する複数のコアを含む撮像領域とを備える、内視鏡。

40

【請求項 8】

前記少なくとも1つの中空コアのそれぞれを取り囲む前記複数のコアが、前記中空コアの周りに複数のリングで配置される、請求項7に記載の内視鏡。

【請求項 9】

前記複数のリングが、少なくとも3つのリングを含む、請求項8に記載の内視鏡。

【請求項 10】

前記少なくとも1つの中空コアのそれぞれを取り囲む前記複数のコアが、フォトニック結晶ファイバ(P C F)を含む、請求項7に記載の内視鏡。

【請求項 11】

50

光センサと、

マルチコアファイバであって、

検査表面から反射された光を前記光センサへ伝達する複数のコア、

前記マルチコアファイバの遠位先端から所定の距離をあけて配置された、前記表面から反射された前記光でフーリエ変換を実行するレンズ、および

前記マルチコアファイバの近位先端から所定の距離をあけて配置された、前記マルチコアファイバの近位先端から出た後に前記表面から反射された前記光で逆フーリエ変換を実行するレンズ

を備えるマルチコアファイバと、

前記光センサからの感知されたデータを処理して前記表面の画像を生成するプロセッサと

を備える内視鏡。

【請求項 1 2】

デジタル復号によって前記検査表面の画像の位相を構築するようにデジタルフーリエホログラフィック記録を実現するための参照照明ビームを生成するレーザ源をさらに備える、請求項 1 1 に記載の内視鏡。

【請求項 1 3】

前記検査表面から前記マルチコアファイバ内へ反射された前記光の光路上に配置された複数の P C F コアを含む光学素子をさらに備える、請求項 1 1 に記載の内視鏡。

【請求項 1 4】

マルチコアファイバを備える内視鏡であって、

前記マルチコアファイバが、

検査すべき表面の照明のための少なくとも 1 つの撮像コアであって、前記少なくとも 1 つのコアを通じて照明源から前記ファイバの遠位端へ照明ビームを伝達する少なくとも 1 つの撮像コアを含む照明領域と、

前記表面から反射された光を光センサへ伝達する複数のコアを含む撮像領域と、

蛍光染料を収容する染料容器であって、前記染料に照射して連続白色光照明スペクトルを生成することを可能にするように、前記 1 つの撮像コア内へ前記染料を供給するように構成された染料容器とを備える、内視鏡。

【請求項 1 5】

前記染料が溶液混合物である、請求項 1 4 に記載の内視鏡。

【請求項 1 6】

マルチコアファイバを備える内視鏡であって、

前記マルチコアファイバが、

表面から反射された光を光センサへ伝達する複数の撮像コアを含む撮像領域と、

前記複数の撮像コアのそれぞれの周りに位置する複数の周辺コアとを備え、前記周辺コアのそれぞれの直径が、前記撮像コアを通過することが予想される反射光の波長より小さい、内視鏡。

【請求項 1 7】

前記周辺コアが、空気で充填された中空コアである、請求項 1 6 に記載の内視鏡。

【請求項 1 8】

レーザ光を使用する内視鏡検査における向上された放射安全性のための方法であって、内視鏡のマルチコアファイバの撮像コア内へ増幅材料を埋め込むこと、

検査表面から反射され前記撮像コアを通過する光を増幅するように構成された所定の波長のレーザ光によって前記撮像コアを励起することとを含む方法。

【請求項 1 9】

内視鏡検査における光学ズームのための方法であって、

レーザ源を使用して、内視鏡マルチコアファイバの遠位先端に位置するレンズの設計に関して事前定義された曲率の球形波面を有する、検査表面を照明するための照明ビームを生成することと、

10

20

30

40

50

前記検査表面の画像を光学的に拡大または縮小するように、前記レンズの前記設計に対する前記球形波長の前記曲率を変化させることとを含む方法。

【請求項 2 0】

検査表面を検査するために内視鏡を使用するときの光学ズームのための方法であって、前記内視鏡が、マルチコアファイバの遠位先端に焦点距離を有する第1のフーリエレンズを有し、前記方法が、

前記マルチコアファイバの近位先端と光検出器との間に配置された前記近位先端に調整可能な焦点距離を有する第2のフーリエレンズを提供することと、

前記検査表面の画像を光学的に拡大または縮小するように、前記第2のフーリエレンズの前記調整可能な焦点距離を調整することとを含む方法。 10

【請求項 2 1】

マルチコアファイバを有する内視鏡を使用して得られる画像の解像度を改善する方法であって、

複数の異なる波長の赤色、複数の異なる波長の緑色、および複数の異なる波長の青色によって検査表面を照明することと、

光検出器によって、前記複数の異なる波長の赤色、前記複数の異なる波長の緑色、および前記複数の異なる波長の青色によって前記検査表面から反射された光の画像データを収集することと、

前記収集された画像データから画像を構築することとを含む方法。 20

【請求項 2 2】

内視鏡検査における画像解像度を改善する光学ズームのための方法であって、

検査表面から反射され、複数の撮像コアを含むマルチコアファイバを通過した光の光路上に2焦点レンズを提供することと、

前記2焦点レンズの焦点距離のそれぞれを較正に使用することと、

前記較正に基づいて、光検出器上で内視鏡によって得られた正規画像および拡大画像という2つの重畳画像を分離することと、

前記拡大画像をデジタルで縮小することと、

縮小された後に前記拡大画像からの画像データを前記正規画像に追加して、より高解像度の正規画像を得ることとを含む方法。 30

【請求項 2 3】

マルチコアファイバを備える内視鏡であって、

前記マルチコアファイバが、

表面から反射された光を光センサへ伝達する複数の撮像コアを備え、各コアが金属被覆によって被覆される、内視鏡。 40

【請求項 2 4】

前記コアのピッチが2ミクロンより小さい、請求項23に記載の内視鏡。

【請求項 2 5】

前記ピッチが約1ミクロンである、請求項24に記載の内視鏡。

【請求項 2 6】

遠位端および近位端を有するマルチコアファイバであって、前記近位端からの光を前記遠位端から伝送し、観察すべき患者の内面を照明する1つまたは複数の照明コア、および前記内面から撮像コア内へ反射された光を前記遠位端から前記近位端へ伝達する1つまたは複数の撮像コアを有するマルチコアファイバと、

前記マルチコアファイバが挿入される遮蔽スリーブと、

前記マルチコアファイバの遠位先端を抜き出して前記表面に接触させ、分析のためのサンプルを収集し、前記遠位先端を前記遮蔽スリーブ内へ後退させることを可能にするよう前記遮蔽スリーブ内で前記マルチコアファイバを前進および後退させる機構とを備える内視鏡。

【請求項 2 7】

前記機構がプランジャを備える、請求項26に記載の内視鏡。 50

【請求項 2 8】

前記反射された光を受け取る光センサを備える、請求項 2 6 に記載の内視鏡。

【請求項 2 9】

前記サンプルの分析を実行するラマン分光計である、請求項 2 8 に記載の光センサ。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0 0 0 1】**

本発明は、内視鏡検査に関し、より詳細にはマルチコアファイバ内視鏡に関する。

【背景技術】**【0 0 0 2】**

10

内視鏡は、医療診断および他の医療処置において、患者の体内の調査される内部中空器官または空洞の明瞭な画像を医療専門家または医療チームに提供することを目的として広く使用されている。

【0 0 0 3】

20

様々な種類の内視鏡が知られている。典型的には、内視鏡は可撓管から構成され、可撓管は、体内の検査表面を照明するように患者の体内へ挿入される管の遠位端へ照明源からの光を伝送する光導波路と、反射光を処理して照明表面の画像を表示するための光学系の一部である接眼レンズまたは光センサへ照明表面からの反射光を伝送する光導波路とを含む。多くの内視鏡では、照明ならびに体内の検査表面から反射された光の伝送のための光導波路として、光ファイバが用いられる。

【0 0 0 4】

検査表面から反射された光を接眼レンズまたは表示デバイスへ伝達するために使用される光ファイバの束を含むマルチコアファイバ内視鏡が知られている。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0 0 0 5】****【特許文献 1】米国特許第 9 6 6 1 9 8 6 号明細書****【特許文献 2】米国特許出願公開第 2 0 1 7 / 0 1 0 0 0 2 4 号明細書****【発明の概要】****【0 0 0 6】**

30

したがって、本発明のいくつかの実施形態によれば、内視鏡が提供される。内視鏡は、コヒーレントレーザ照明ビームを生成する照明源を含むことができる。内視鏡はまた、光センサを含むことができる。内視鏡はまた、検査すべき表面の照明のための少なくとも 1 つのコアであって、前記少なくとも 1 つのコアを通じて照明源からファイバの遠位端へ照明ビームを伝達する少なくとも 1 つのコア、および表面から反射された光を光センサへ伝達する複数のコアを備えるマルチコアファイバを含むことができる。

【0 0 0 7】

いくつかの実施形態によれば、時間変調シーケンサは、2 つのファラデー回転子を備え、これらのファラデー回転子はそれぞれ回転軸を有し、これらの回転軸は実質上平行であるがずれている。

40

【0 0 0 8】

いくつかの実施形態によれば、2 つのファラデー回転子は、ロックイン增幅効果をもたらすように構成される。

【0 0 0 9】

いくつかの実施形態によれば、複数のコアを有するマルチコアファイバを備える内視鏡が提供され、これらのコアは、少なくとも 2 つの異なる断面形状または向きを有し、前記少なくとも 2 つの異なる断面形状または向きは、混合配置で配置される。

【0 0 1 0】

いくつかの実施形態によれば、前記少なくとも 2 つの異なる断面形状または向きは、織り合われた (interlaced) アレイで配置される。

50

【 0 0 1 1 】

いくつかの実施形態によれば、前記少なくとも2つの異なる断面形状または向きのうちの一方のコアの断面の長軸が、前記少なくとも2つの異なる断面形状または向きのうちの他方の長軸に直交している。

【 0 0 1 2 】

いくつかの実施形態によれば、マルチコアファイバを備える内視鏡が提供され、マルチコアファイバは、検査すべき表面の照明のための少なくとも1つの中空コアであって、前記少なくとも1つのコアを通って照明源からファイバの遠位端へ照明ビームを伝達する少なくとも1つの中空コア、および前記少なくとも1つの中空コア内に照明ビームを閉じ込めるように前記少なくとも1つの中空コアのそれぞれを取り囲む複数のコアを含む照明領域と、表面から反射された光を光センサへ伝達する複数のコアを含む撮像領域とを備える。
10

【 0 0 1 3 】

いくつかの実施形態によれば、前記少なくとも1つの中空コアのそれぞれを取り囲む複数のコアは、その中空コアの周りに複数のリングで配置される。

【 0 0 1 4 】

いくつかの実施形態によれば、複数のリングは、少なくとも3つのリングを含む。

【 0 0 1 5 】

いくつかの実施形態によれば、前記少なくとも1つの中空コアのそれぞれを取り囲む複数のコアは、フォトニック結晶ファイバ（P C F）を含む。
20

【 0 0 1 6 】

また、光センサと、マルチコアファイバであって、検査表面から反射された光を光センサへ伝達する複数のコア、マルチコアファイバの遠位先端から所定の距離をあけて配置された、表面から反射された光でフーリエ変換を実行するレンズ、マルチコアファイバの近位先端から所定の距離をあけて配置された、マルチコアファイバの近位先端から出た後に表面から反射された光で逆フーリエ変換を実行するレンズを備えるマルチコアファイバと、光センサからの感知されたデータを処理して表面の画像を生成するプロセッサとを含むことができる内視鏡が提供される。

【 0 0 1 7 】

いくつかの実施形態によれば、内視鏡は、デジタル復号によって検査表面の画像の位相を構築するようにデジタルフーリエホログラフィック記録を実現するための参照照明ビームを生成するレーザ源をさらに含むことができる。
30

【 0 0 1 8 】

いくつかの実施形態によれば、内視鏡はまた、検査表面からマルチコアファイバ内へ反射された光の光路上に配置された複数のP C Fコアを含む光学素子を含むことができる。

【 0 0 1 9 】

いくつかの実施形態によれば、マルチコアファイバを備える内視鏡が提供され、マルチコアファイバは、検査すべき表面の照明のための少なくとも1つの撮像コアであって、前記少なくとも1つのコアを通って照明源からファイバの遠位端へ照明ビームを伝達する少なくとも1つの撮像コアを含む照明領域と、表面から反射された光を光センサへ伝達する複数のコアを含む撮像領域と、染料に照射して連続白色光照明スペクトルを生成することを可能にするように、前記1つの撮像コア内へ染料を供給するように構成された、蛍光染料を収容する染料容器とを備える。
40

【 0 0 2 0 】

いくつかの実施形態によれば、染料は溶液混合物である。

【 0 0 2 1 】

いくつかの実施形態によれば、マルチコアファイバを含むことができる内視鏡が提供され、マルチコアファイバは、表面から反射された光を光センサへ伝達する複数の撮像コアを含む撮像領域と、前記複数の撮像コアのそれぞれの周りに位置する複数の周辺コアとを備え、周辺コアのそれぞれの直径は、撮像コアを通過することが予想される反射光の波長
50

より小さい。

【0022】

いくつかの実施形態によれば、周辺コアは、空気で充填された中空コアである。

【0023】

いくつかの実施形態によれば、レーザ光を使用する内視鏡検査における増大された放射安全性のための方法が提供され、この方法は、内視鏡のマルチコアファイバの撮像コア内へ増幅材料を埋め込むことと、検査表面から反射され撮像コアを通過する光を増幅するよう構成された所定の波長のレーザ光によって撮像コアを励起することとを含むことができる。

【0024】

いくつかの実施形態によれば、内視鏡検査における光学ズームのための方法が提供され、この方法は、レーザ源を使用して、内視鏡マルチコアファイバの遠位先端に位置するレンズの設計に関して事前定義された曲率の球形波面を有する、検査表面を照明するための照明ビームを生成することと、検査表面の画像を光学的に拡大または縮小するように、レンズの設計に対する球形波長の曲率を変化させることとを含む。

【0025】

いくつかの実施形態によればまた、検査表面を検査するために内視鏡を使用するときの光学ズームのための方法が提供され、内視鏡は、マルチコアファイバの遠位先端に焦点距離を有する第1のフーリエレンズを有する。この方法は、マルチコアファイバの近位先端と光検出器との間に配置されたマルチコアファイバの近位先端に調整可能な焦点距離を有する第2のフーリエレンズを提供することと、検査表面の画像を光学的に拡大または縮小するように、第2のフーリエレンズの調整可能な焦点距離を調整することとを含むことができる。

【0026】

いくつかの実施形態によればまた、マルチコアファイバを有する内視鏡を使用して得られる画像の解像度を改善する方法が提供され、この方法は、複数の異なる波長の赤色、複数の異なる波長の緑色、および複数の異なる波長の青色によって検査表面を照明することと、光検出器によって、複数の異なる波長の赤色、複数の異なる波長の緑色、および複数の異なる波長の青色によって検査表面から反射された光の画像データを収集することと、収集された画像データから画像を構築することとを含む。

【0027】

いくつかの実施形態によれば、内視鏡検査における画像解像度を改善する光学ズームのための方法がさらに提供され、この方法は、検査表面から反射され、複数の撮像コアを含むマルチコアファイバを通過した光の光路上に2焦点レンズを提供することと、2焦点レンズの焦点距離のそれぞれを較正に使用することと、較正に基づいて、光検出器上で内視鏡によって得られた正規画像および拡大画像という2つの重畳画像を分離することと、拡大画像をデジタルで縮小することと、縮小された後に拡大画像からの画像データを正規画像に追加して、より高解像度の正規画像を得ることとを含む。

【0028】

また本発明のいくつかの実施形態によれば、マルチコアファイバを含む内視鏡が提供され、マルチコアファイバは、表面から反射された光を光センサへ伝達する複数の撮像コアを備え、各コアは金属被覆によって被覆される。

【0029】

いくつかの実施形態によれば、コアのピッチは2ミクロンより小さい。

【0030】

いくつかの実施形態によれば、ピッチは約1ミクロンである。

【0031】

いくつかの実施形態によればまた、マルチコアファイバを含む内視鏡が提供され、マルチコアファイバは、遠位端および近位端を有し、近位端からの光を遠位端から伝送し、観察すべき患者の内面を照明する1つまたは複数の照明コア、および表面から撮像コア内へ

10

20

30

40

50

反射された光を遠位端から近位端へ伝達する 1 つまたは複数の撮像コアを有する。内視鏡はまた、マルチコアファイバが挿入される遮蔽スリーブと、マルチコアファイバの遠位先端を抜き出して表面に接触させ、分析のためのサンプルを収集し、遠位先端を遮蔽スリーブ内へ後退させることを可能にするように、遮蔽スリーブ内でマルチコアファイバを前進および後退させる機構とを含むことができる。

【0032】

いくつかの実施形態によれば、機構はプランジャを含む。

【0033】

いくつかの実施形態によれば、内視鏡は、反射光を受け取る光センサを含む。

【0034】

いくつかの実施形態によれば、光センサは、サンプルの分析を実行するラマン分光計である。

【0035】

本発明をよりよく理解し、本発明の実際的な応用例を認識するために、次の図を提供し、以下に参照する。これらの図は、例示のみを目的として与えられたものであり、本発明の範囲を決して限定しないことに留意されたい。同様の構成要素は、同じ参照番号で示されている。

【図面の簡単な説明】

【0036】

【図1】内視鏡内に組み込むことができ、検査表面上の照明源の鏡像を除去、または少なくとも大幅に低減するために本発明のいくつかの実施形態で使用することができる偏光変調の概略的な配置の図である。

【図2】本発明のいくつかの実施形態に係る鏡像を除去することを目的としたファラデー回転子を有する内視鏡を示す図である。

【図3】異なる形状および／または向きの複数のコアを含む本発明のいくつかの実施形態に係るマルチコアファイバ内視鏡の横断面図である。

【図4A】本発明のいくつかの実施形態に係る内視鏡のモノリシック撮像および照明マルチコアファイバを示す図である。

【図4B】本発明のいくつかの実施形態に係る複数の金属被覆コアを有するマルチコアファイバ内視鏡の横断面図である。

【図5A】高解像度撮像を得るために本発明のいくつかの実施形態に係る内視鏡に対するマルチコアファイバを示す図である。

【図5B】4つのフォトニック結晶ファイバを備える光学素子（万華鏡と同様）を使用して高解像度撮像を得るために本発明のいくつかの実施形態に係る内視鏡に対するマルチコアファイバを示す図である。

【図6】本発明のいくつかの実施形態に係る白色光照明コアを有する内視鏡の矩形マルチコアファイバの横断面図である。

【図7】本発明のいくつかの実施形態に係る撮像コア間のクロストークを抑制するために周辺コアを有するいくつかの撮像コアの横断面図である。

【図8】本発明のいくつかの実施形態に係るレーザ光を使用する内視鏡検査における向上された放射安全性のための方法を示す図である。

【図9】本発明のいくつかの実施形態に係る内視鏡検査における光学ズームのための方法を示す図である。

【図10】本発明のいくつかの他の実施形態に係る内視鏡検査における光学ズームのための方法を示す図である。

【図11】本発明のいくつかの他の実施形態に係る2つの光学ズームされた画像を提供する内視鏡のマルチコアファイバを示す図である。

【図12A】本発明のいくつかの実施形態に係るサンプリング能力を有するマルチコアファイバ内視鏡を観察モードで示す図である。

【図12B】本発明のいくつかの実施形態に係るサンプリング能力を有するマルチコアフ

10

20

30

40

50

アイバ内視鏡をサンプリングモードで示す図である。

【図13】本発明のいくつかの実施形態に係る内視鏡検査において得られる画像の解像度を改善する方法を示す図である。

【図14】本発明のいくつかの実施形態に係る内視鏡検査において画像解像度を改善する光学ズームのための方法を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0037】

以下の詳細な説明では、方法およびシステムの徹底的な理解を提供するために、多数の特有の詳細について述べる。しかし、これらの方法およびシステムは、これらの特有の詳細がなくても実施することができる事が、当業者には理解されよう。他の例では、これら的方法およびシステムを曖昧にしないため、よく知られている方法、手順、および構成要素については詳細に説明しない。

10

【0038】

本明細書に開示および議論する例がこれに関して限定されるものではないが、本明細書では、「複数（plurality）」および「複数（a plurality）」という用語は、たとえば「複数（multiple）」または「2つ以上（two or more）」を含むことができる。「複数（plurality）」または「複数（a plurality）」という用語は、本明細書全体にわたって、2つ以上の構成要素、デバイス、要素、ユニット、パラメータなどについて説明するために使用することができる。明示的に記載しない限り、本明細書に記載する方法の例は、特定の順序またはシーケンスに制約されない。加えて、記載する方法の例またはその要素のいくつかは、同じ時に発生または実行することができる。

20

【0039】

別途具体的に記載しない限り、以下の議論から明らかなように、本明細書全体にわたって、「追加する」、「関連付ける」、「選択する」、「評価する」、「処理する」、「演算する」、「計算する」、「判定する」、「指定する」、「割り当てる」などの用語を利用する議論は、演算システムのレジスタおよび／またはメモリ内で電子的な数量などの物理的な数量で表されたデータを、演算システムのメモリ、レジスタ、または他のそのような情報記憶、伝送、もしくは表示デバイス内で物理的な数量として同様に表された他のデータに操作、実行、および／または変換することができるコンピュータ、コンピュータ端口セッサ、または演算システム、もしくは類似の電子演算デバイスの動作および／またはプロセスを指すことが理解されよう。

30

【0040】

本発明のいくつかの実施形態は、内視鏡の改善に関する。本発明のいくつかの実施形態は、詳細には、マルチコアファイバ内視鏡の改善に関する。

【0041】

本明細書では、「遠位」と「近位」という用語は、内視鏡の端部を指すために使用される。内視鏡のインターフェース（検出器または目）から遠く、撮像される組織およびその周辺に近い内視鏡の端部および関連部分を、遠位端と呼び、内視鏡のインターフェースに近く、撮像される組織から遠く、典型的には体外にある内視鏡の端部および関連部分を、近位端と呼ぶ。本明細書では、「反射される」という用語は、1つまたは複数の撮像される物体または組織に当たる照明波面の方向の変化を指す。「反射」という用語は、物体および／または組織によって反射される照明源にかかわらず、ファイバによって集められるあらゆる放射であると広く理解される。

40

【0042】

本明細書では、「近視野撮像」という用語は、内視鏡ファイバの遠位端、典型的にはファイバの先端における画像（撮像される物体、組織、および／またはそれらの周辺）の形成を指す。次いで、撮像されたものは、典型的に、ファイバを通じて検出器へ、場合により近位光学素子を通じて伝達される。「近視野撮像」という用語は、撮像される物体または組織とファイバ先端との間にいかなる光学素子も用いない直接撮像を含む様々なタイプ

50

の光学系、ならびにレンズなどの光学素子を介した撮像に関することができる。

【0043】

本明細書では、「遠視野撮像」という用語は、内視鏡ファイバの遠位端（たとえば、内視鏡ファイバの遠位端は、光学系の開口または瞳面にある）、典型的にはファイバの先端における撮像される物体、組織、および／またはそれらの周辺のフーリエ変換の形成を指す。撮像される物体、組織、および／またはそれらの周辺の画像は、内視鏡ファイバの近位端、典型的にはファイバの近位先端に、または直接的に検出器上に、場合により近位光学素子を介して形成することができる。「遠視野撮像」という用語は、様々なタイプの光学系に関することができる。一例では、「遠視野撮像」は、撮像される物体または組織と、ファイバに入る放射をファイバに沿ってファイバの近位端にある検出器へ送達する遠位ファイバ先端との間で、光学素子が使用されないという意味で、直接的ということができる。別の例では、「遠視野撮像」は、撮像される物体または組織と遠位ファイバ先端との間に位置決めされた光学素子によって実施することができ、遠位ファイバ先端は、光学素子のフーリエ面（異なる文脈では開口面および瞳面とも呼ばれる）にほぼ位置する。

10

【0044】

次に具体的に図面を詳細に参照する上で、図示される細部は例であり、本発明の好ましい実施形態に関する例示的な議論のみを目的とし、本発明の原理および概念上の態様に関する最も有用かつ容易に理解される説明であると考えられるものを提供するために提示されていることを強調する。これに関して、本発明の構造上の詳細を本発明の基本的な理解にとって必要以上に詳細に示そうとするものではなく、図面とともに得られる本説明は、本発明のいくつかの形態を実際にはどのように実施することができるかを当業者に対して明らかにする。

20

【0045】

本発明の少なくとも1つの実施形態について詳細に説明する前に、本発明は、その応用例に関して、以下の説明に述べまたは図面に示す構成要素の構造および配置の詳細に限定されるものではないことを理解されたい。本発明は、他の実施形態にも当てはまり、または様々な形で慣行または実施される。また、本明細書に用いる用語および術語は説明的目的とし、限定的であると見なされるべきではないことを理解されたい。

【0046】

本発明のいくつかの実施形態は、たとえばすべて参照により本明細書に組み込まれている、特許文献1（Shahmoonら）および／または特許文献2（Shahmoonら）に記載されているような内視鏡を含むことができる。

30

【0047】

本発明の実施形態は、内視鏡、マルチコア内視鏡ファイバ、ならびに構成および動作方法に関する。いくつかの実施形態によれば、マルチコアファイバは、多数（たとえば、数百または数千）のコアを有することができ、作業チャネルおよび／または追加のファイバを組み込むことができる。使用されるファイバは、内視鏡の遠位先端で組織および物体の画像を捕捉し、解像度、視野、被写界深度、波長範囲などの得られた画像の広範囲の光学特徴を強化するために、様々な光学構成で提供することができる。本発明のいくつかの実施形態によれば、近視野撮像ならびに遠視野撮像は、内視鏡内で実施することができ、それぞれの光学特徴を利用して、撮像を最適化することができる。遠位先端で光学素子を使用することもでき、または遠位先端にレンズがなくてもよい。診断および光治療のフィードバックループを実施することができ、フルカラー画像、深さ推定、強化された視野および／または被写界深度、ならびに追加の診断データが得られるように照明を適合させることができる。

40

【0048】

マルチコア内視鏡ファイバの様々な実施形態を使用することができる。本発明のいくつかの実施形態によれば、ある内視鏡では、遠視野撮像を実施することができ、すなわち内視鏡ファイバの近位端に形成された画像を有することができ、いくつかの実施形態によれば、別の内視鏡では、近視野撮像を実施することができ、すなわち内視鏡の遠位端に形成

50

された画像を有することができる。遠視野および近視野の両方の実装で、撮像される物体または組織と内視鏡の遠位先端との間に遠位光学素子を有することができ、またはそのような遠位光学素子なしで動作することができる。4つの組合せ（遠位光学素子のある遠視野または遠位光学素子のない遠視野、および遠位光学素子のある近視野または遠位光学素子のない近視野）はそれぞれ、異なる特徴、利点、および欠点を有し、特有の実装シナリオに応じて選択することができる。異なる構成タイプの利点を組み合わせるために、適用と適用の間または実時間で、この組合せの交代を実施することもできる。内視鏡は、いくつかの組合せを有するように設計することができ、たとえばファイバ面（または特定のファイバモジュール）の一部分は、遠い物体を撮像するために遠位光学系を有し、ファイバ面（または他のファイバモジュール）の別の部分には顕微鏡撮像のための遠位光学系がないことにさらに留意されたい。

10

【0049】

いくつかの実施形態によれば、内視鏡は遠位先端に光学素子がなくてもよい。そのようなレンズのない実施形態は、遠視野または近視野撮像を実施することができ、構造的特徴を利用して、光解像度を強化し、超解像方法を適用し、波面情報を回収しながら、コア間のクロストークを低減させることができる。

20

【0050】

本発明のいくつかの実施形態によれば、内視鏡は、異なる構成および用途、追加のファイバの統合などを特徴とする撮像ファイバ内の全先端断面または作業チャネルを有することができ、その場合、コアおよび光学素子は、作業チャネルの統合による視野の低減に打ち勝つように構成することができる。

20

【0051】

本発明のいくつかの実施形態によれば、内視鏡ファイバにおける多数のコアの様々な構成は、ファイバ間のクロストークの低減、材料損失の解消、異なる方法による強化された解像度の実現、必要とされる機械的特徴の提供、および内視鏡ファイバの撮像性能の最適化などの様々な問題に対する解決策を提供することができる。本発明のいくつかの実施形態によれば、内視鏡は、異なる目的を担うことができ、たとえば腹腔鏡または尿管鏡などとして設計することができる。

【0052】

本発明のいくつかの実施形態によれば、マイクロ内視鏡は、多数のコア（たとえば、ファイバまたはファイバモジュール1つ当たり百以上のコア、数百のコア、数千のコア、特定の実施形態では数万または数十万のコア、特定のファイバ内視鏡では百万を超えるコアに達する）から構築することができ、各コアは、単一または多数の空間自由度を伝達することを担うことができ、出力近位端（患者の体外にある端部）で各コアを出ると、高解像度の色画像を構築することができる。本発明のいくつかの実施形態によれば、マルチコアファイバは、その光学設計において高度な柔軟性を呈することができ、特有の応用例に対して、たとえば大きい作業チャネルおよび小さい外径を有する尿管鏡、または小さい外径で非常に高い解像度が得られる腹腔鏡向けに利用および適合することができる。

30

【0053】

本発明のいくつかの実施形態に係る内視鏡は、遠視野撮像、近視野撮像、または遠視野撮像および近視野撮像の組合せを実施するように構成することができる。そのような内視鏡は、撮像モードにかかわらず、ファイバの遠位先端に1つもしくは複数の光学素子を有するように構成することができ、または遠位先端と撮像される組織または物体との間に光学素子がないように構成することができる。本発明のいくつかの実施形態によれば、内視鏡は、遠位先端に位置する取外し可能もしくは再構成可能な光学素子、および／または遠位先端の表面の一部（たとえば、コアのサブグループ）のみに影響を及ぼす光学素子を含むことができる。

40

【0054】

いくつかの実施形態によれば、内視鏡は、ともにグループ化された複数のファイバを含むことができ、各ファイバは、1/4より小さい、またはさらに1/9より小さい充填率

50

で分布する少なくとも百のコアと、少なくとも1つの光子照明ファイバと、ファイバの遠位先端に位置する少なくとも1つの光学素子とを有し、少なくとも1つの光学素子は、ファイバの先端に対向して一致する領域を越えて内視鏡の視野および／または被写界深度を強化するように構成することができる。そのような内視鏡は、送達される放射に対してコアをグループごとに取り扱うことによって3次元感知を実施するようにさらに構成することができる。本発明のいくつかの実施形態に係る内視鏡は、コア間のピッチ距離におけるマイクロ走査によって超解像撮像を実行するようにさらに構成することができる。そのような内視鏡は、遠位先端に照明源として位置するLED（発光ダイオード）光源を備えるように構成することができる。

【0055】

遠視野撮像では、内視鏡遠位先端およびファイバを介して画像（組織または物体から反射された任意の種類の電磁信号を示す）を送達し、検出器上に画像を得ることができる。遠位先端は、フーリエ面（開口面または瞳面とも呼ばれる）を構成することができ、フーリエ面で画像のフーリエ変換がファイバに入る。本発明の異なる実施形態では、フーリエ面は、ファイバに沿って任意の場所に、ならびにファイバに対して遠位または近位に位置することができ、ファイバの近位端で検出器上の画像に光学的に変換することができることに留意されたい。別法または相補形として、非限定的な例として、フーリエ画像またはその派生物を検出器で測定および／または操作して、解像度、視野、および焦点深さなどの撮像パラメータを強化することができる。ファイバに対して遠位または近位に光学素子を導入し、遠位先端に入る放射および検出器に当たる放射をそれぞれ修正または操作することができる。

10

【0056】

近視野撮像では、遠位ファイバ先端で画像を捕捉することができる。次いで画像は、場合により光学素子を介して、ファイバを介して検出器へ送達することができる。画像は、ファイバ内に形成することができるが、必ずしも遠位先端である必要はないことに留意されたい。画像は、ファイバを介して送達することができ、非限定的な例として、検出器で測定および／または操作して、解像度、視野、および焦点深さなどの撮像パラメータを強化することができる。ファイバに対して遠位または近位に光学素子を導入し、遠位先端に入る放射および検出器に当たる放射をそれぞれ修正または操作することができる。

20

【0057】

光学素子は、遠位先端に取り付けることができ、または遠位先端から隔離する（たとえば、スペーサによって光学素子と遠位先端との間に距離をあけて保持する）ことができる。各光学素子は、それぞれのコアまたはそれぞれのコアグループと光通信することができる。近位では、照明がファイバを介して送達され、反射された照明（たとえば、遠視野または近視野内）は、コアを介して検出器へ、たとえばビームスプリッタを介して誘導することができる。照明および反射された照明を操作するために、近位光学素子を設定および使用することができる。照明を制御し、かつ／または検出された照明を処理し、ならびに制御可能な要素が光路内にある場合は照明を制御し、ビームを撮像するように、1つまたは複数のプロセッサを構成することができる。

30

【0058】

本発明のいくつかの実施形態では、ファイバの遠位端に光学素子がなくてもよく（本明細書では、「レンズのない」構成とも呼ぶ）、したがってファイバの遠位先端は、撮像される組織へ照明を送達し、撮像される組織から照明を受け取るために、直接使用することができる。照明は、ファイバによって近位で、たとえばレンズなどの光学素子を介して送達することができ、反射された照明は、別の光学素子、たとえばレンズを介して検出器へ誘導することができる。照明を制御し、かつ／または検出された照明を処理し、ならびに制御可能な要素が光路内にある場合は照明を制御し、ビームを撮像するように構成された1つまたは複数のプロセッサを設けることができる。いくつかの実施形態では、レンズのない構成は、「接触モード」で、すなわちファイバの遠位先端を調査される組織に密接させて画像を生成し、コアのサイズによって判定される顕微鏡的解像度を得るように構成す

40

50

ることができる。

【0059】

いくつかの実施形態では、近位光学素子は、遠視野撮像構成で、特にレンズのない構成で、捕捉される画像の焦点面および焦点深さを調整するために使用することができる。

【0060】

本発明のいくつかの実施形態によれば、内視鏡ファイバは、多数のコアを含むことができる。そのようなファイバは、中心もしくは偏心光学コアを含むことができ、かつ／または中空の中心もしくは偏心領域を有することができ、これらはエネルギー送達、吸引、照明、薬剤送達などの治療に使用することができる。照明手段は、マルチコアファイバ内に組み込むことができる。近視野または遠視野構成の選択、ならびに光学素子を先端に対して遠位に配置するかどうか、およびどの光学素子を先端に対して遠位に配置するかの選択は、異なる応用例間のトレードオフを考慮して実施することができる。たとえば、生産、使用、光学的特徴、およびアルゴリズムパラメータに関する考慮は、この内視鏡を広範囲の性能およびデバイス要件に最適化するように、異なる実施形態において異なる形で均衡させることができる。

10

【0061】

ファイバの断面は、円形、橢円形、正方形、矩形、または他の形状（たとえば、多角形）などとすることができます。本発明のいくつかの実施形態によれば、中空の内視鏡は、異なる目的（たとえば、工具の挿入または吸引の実施のため、追加のファイバを組み込むためなどの作業チャネルとして）、ファイバ内に空隙を有することができる。

20

【0062】

いくつかの実施形態によれば、内視鏡の照明は、コヒーレント光または非コヒーレント光、任意のスペクトルパターン（広いまたは狭い波長範囲、連続または離散範囲）、偏光（様々なパターンで）または非偏光、および可視または赤外範囲内の様々な範囲を含むことができる。コア、空所、および外側クラッド間の材料の違いは、以下でより詳細に説明するように、異なる材料、空気コアまたは空気空所の使用、および屈折率に影響を与えるためのファイバ領域のいずれかのドーピングを含むことができる。それらが適合している限り、以下に提示する実施形態のいずれかを、本明細書に記載する他の実施形態のいずれかでも使用することに留意されたい。特に、いずれかの実施形態の文脈で記載する演算方法、光学方法、およびファイバ設計に関する考慮を、他の実施形態にも同様に適用することができる。

30

【0063】

マルチコアファイバは、ファイバモジュールまたはユニットを使用して作製することができる。各ファイバモジュール自体がマルチコアファイバであり、場合により均一の寸法を有するように構成される。そのような実施形態をバンドルファイバと呼び、任意の数のファイバモジュールを任意の構成（たとえば、 2×2 モジュール、 3×3 モジュールなど）で束ねることができる。ファイバモジュールは、正方形、矩形、円形、長円形などの任意の形状を有することができ、広範囲の形状および構成を有するファイバ内へ包装することができる。コアまたはコアグループ間に中間寸法を有するファイバモジュール、およびファイバ全体（各モジュールが、たとえば、数十、数百、または数千のコアを有することができる）を導入することで、ファイバモジュールからのファイバの形成に関してより簡単な生産およびより高い柔軟性を可能にする。

40

【0064】

本発明のいくつかの実施形態によれば、照明源によって引き起こされる照明スポットに関連する鏡像を除去、または少なくとも大幅に低減させることを目的とした内視鏡、たとえばマルチコアファイバ内視鏡が提供される。

【0065】

図1は、内視鏡内に組み込むことができ、検査表面上の照明源の鏡像を除去、または少なくとも大幅に低減させるために本発明のいくつかの実施形態で使用することができる偏光変調の概略的な配置を示す。

50

【0066】

図1に示す例では、2つのファラデー回転子102および104が設けられている。ファラデー回転子は、ファラデー効果に基づいた偏光回転子であり、直線偏光面を回転させることが可能である。直線偏光面は、光の伝播方向に対して平行に磁界が印加されるときに回転させることができる。

【0067】

本発明のいくつかの実施形態によれば、時間変調偏光状態が生成され、ロックイン增幅プロセスに使用される。時間偏光変調を生成する1つの可能な方法は、たとえば、回転軸が実質上平行であるがずれている2つのファラデー回転子を使用することによって得ることができる。ファラデー回転子を異なる既知の角速度（たとえば、異なる周波数）で回転させることによって、直線偏光レーザビーム、たとえば内視鏡の照明源によって生成された照明光上に、時間偏光変調シーケンスを得ることができる。

10

【0068】

照明スポットの鏡像が部分的に偏光され、照明表面の非鏡像がないと考えれば、2つのファラデー回転子をロックイン增幅効果として使用して、たとえば上述したように、ファラデー回転子を操作することによって、照明表面の非鏡像から鏡像106をより良好に分離、たとえば除去、または大幅に低減することが可能である。これは、整合された符号化・復号シーケンスが非鏡像ではなく主に鏡像に適用され、したがって互いからより良好に分離されるからである。ロックイン增幅効果において、信号を後に符号化および復号することができ、符号化・復号シーケンス間に整合がないノイズとは異なる形で、信号を増幅することを可能にする。

20

【0069】

図2は、本発明のいくつかの実施形態に係る鏡像を除去することを目的としたファラデー回転子を有する内視鏡を示す。

【0070】

内視鏡200、たとえばマルチコアファイバ内視鏡が示されており、細長いマルチコアファイバ202と、コントローラ220とを有する。コントローラ220は、1つまたは複数の指定の照明コア、たとえばコア204を通じてマルチコアファイバ202に沿って伝送され、内視鏡ファイバの遠位先端の前に位置する検査表面211を照明する照明ビーム、たとえばレーザビーム208を生成する照明源222と、検査表面211から反射され、複数のコア、たとえばコア206を介して光センサ224へ伝送される光210を感知する光センサ224（たとえば、光検出器）と、照明源222を制御して動作させ、光センサ224からの感知されたデータを処理し、出力デバイス228を介して出力するための画像データを生成するプロセッサ226とを含むことができる。いくつかの実施形態では、出力デバイス228は、プロセッサによって生成される画像を表示する表示デバイス、たとえばコンピュータスクリーン、または人間の目による検査の場合は光学接眼レンズとすることができます。

30

【0071】

いくつかの実施形態では、照明源222は、1つまたは複数のレーザ源（場合により、狭帯域源）と、照明を改善するために最適化されたビームプロファイルを生成するように構成されたマルチコアファイバ204の遠位端にある少なくとも1つのビーム成形要素とを備えることができる。たとえば、ビームプロファイルは、空間内の均一の照明分布または矩形の均一のプロファイル（たとえば、シルクハット照明分布）を含むことができ、これは結果として得られる画像の様々なパラメータに対して、ガウス照明分布に比べて有利である。ビーム成形要素によって照明ビームを効率的に成形するために、レーザ源のコヒーレンスを使用することができる。いくつかの実施形態では、少なくとも1つのビーム成形要素を、マルチコアファイバ204の近位端に設定することができる。

40

【0072】

いくつかの実施形態では、照明源222は、内視鏡200による指定の治療をたとえば組織に施すように構成された1つまたは複数のレーザ治療源を備えることができる。たと

50

えば、尿管鏡として設計された内視鏡 200 を使用して、腎臓結石にレーザ治療を適用することができる。

【0073】

本発明のいくつかの実施形態に係る図 2 に示す内視鏡の設計（ファラデー回転子なし、以下「基本設計」）、および当技術分野で知られている典型的な内視鏡の設計は、本明細書に論じる改善のいずれにも当てはまる。内視鏡の基本設計は、本明細書に論じる改善のそれぞれを別個にまたは様々な組合せで組み込むことができる。したがって、内視鏡の部分（たとえば、ファイバのみ、および／または内視鏡の他の部分）について説明するとき、これらの説明される部分は、内視鏡の基本設計ならびに他の内視鏡にも適用することができることを理解されたい。

10

【0074】

本発明のいくつかの実施形態によれば、たとえば 2 つのファラデー回転子 212 および 214 の形で時間変調シーケンサが設けられており、ファラデー回転子 212 および 214 は、照明ビームの光路内に配置され、コントローラ 220 によって動作可能である。この図に示すように、ファラデー回転子は隔置することができ、たとえば一方のファラデー回転子 212 は、照明光導波路（光ファイバ 204）からの照明ビーム 208 の出口にある内視鏡 200 の遠位端に配置することができ、他方のファラデー回転子は、光 210 の反射ビームが光ファイバ 206 から光センサ 224 の前に出てくる内視鏡の近位端に配置することができる。

20

【0075】

図 3 は、この例では異なる形状および／または向きの複数のコア 302 および 304 を含むマルチコアファイバ 300 を有する本発明のいくつかの実施形態に係るマルチコアファイバ内視鏡の横断面図を示す。この図に示す配置では、コア 302 は長軸 306 を有し、コア 304 は、長軸 306 に実質上直交する長軸 308 を有する。本発明のいくつかの実施形態では、典型的なコア直径は、0.8 ~ 2 ミクロン、たとえば約 1 ミクロンなどの範囲とすることができます。コア配置は、マルチコアファイバを部分的にのみ占有するように示されているが、他の実施形態では、コア 302 および 304 は、マルチコアファイバの断面全体を充填することができ、または断面内の 1 つもしくは複数の部分区間を占有することができる。これらのコアは、混合配置で配置されており、たとえばコア 302 は、1 つのアレイで配置され、コア 304 は、第 1 のアレイに対して移動された第 2 のアレイで配置される。コア（またはフォトニック結晶ファイバ（PCF）、簡潔にするために、本明細書では「コア」とも呼ぶ）のそのような配置は、解像度の強化およびエネルギー処理量の増大を容易にすることができます。異なる形状を有する 2 つの構造（たとえば、PCF コアまたは他のコア）の混合配置（たとえば、織り合わせたアレイ配置）を提供することによって、より高解像度の伝送およびコア間のより小さいクロストークを実現することができる。提案された配置の別の利点は、青色波長が隣接コアに対して赤色より多くのクロストークを呈するため、そのような織り合わせた配置を適用することによって、分散を強化して回折を相殺し、すべての波長に対して同じクロストークを有することができ、それにより捕捉された画像に対してより良好な均一性を提供することである。追加される別の価値は、充填率がはるかに大きくなり（より多くのコアを所与の断面のファイバに閉じ込めることができる）、したがってファイバの断面積が撮像の目的でより良好に利用されることである。

30

【0076】

図 4A は、本発明のいくつかの実施形態に係る内視鏡のモノリシック撮像および照明マルチコアファイバ 400 を示す。

40

【0077】

内視鏡のモノリシックファイバ 400 は、複数の撮像コア 402 を有する少なくとも 1 つ（または複数）の撮像マルチコア領域 403 と、照明コア 404 を有する少なくとも 1 つ（または複数）の照明領域 405 とを含むことができる。モノリシックファイバは、ポリマーから作製することができる。ファイバを通る照明のエネルギー伝送の効率を強化す

50

るためには、照明領域 405 は、近位先端から遠位先端へ延びる中空の（空気で充填された）照明コア 404（たとえば、モノリシックファイバ内の孔）を含むことができる。各照明コア 404 を取り囲む P C F コア 406（たとえば、P C F 導管のいくつかのリング、たとえばいくつかの実施形態では、3つ以上のリング）を設けることができる。いくつかの実施形態によれば、いくつかの照明チャネル（図 4 に示す例では4つ）が P C F コアによって取り囲まれているとき、P C F コアは空気で充填された照明コア内に照明光を閉じ込める働きをするため、ファイバ内に大幅な照明損失は存在しない。本発明のいくつかの実施形態では、照明コアの直径は約 100 ~ 200 ミクロンであり、撮像コアの直径は約 1 ミクロンであり、P C F コアは波長（通過する光に対する）以下であり、たとえば 0.2 ミクロンである。

10

【0078】

いくつかの実施形態では、ファイバの近位端で顕微鏡的拡大を得ることができ、したがって反射された照明を収集してそれを光センサ（たとえば、カメラ）へ伝送する照明領域 405 および撮像領域 403 は、照明モジュールならびにカメラがどちらも同じ先端（ファイバの遠位先端）に位置するにもかかわらず、いかなる複雑な位置合わせ問題もなく、空間的に分離することができる。Y カプラを使用して、照明源（図 2 の 222）からの光ビームをいくつか（たとえば、4つ）の空間的に分離された照明点源に分割することができる。

【0079】

図 4B は、本発明のいくつかの実施形態に係る複数の金属被覆コア 452 を有するマルチコアファイバ内視鏡 450 の横断面図を示す。隣接コアのクロストークに関連することのある解像度およびエネルギー伝送効率の問題を克服するために、各コア 458（たとえば、撮像コア、照明コア）を、薄い金属被覆 456（たとえば、約 150 ~ 300 ナノメートル、たとえば 200 nm の厚さ）で被覆することができる。典型的には、今まで、マルチコアファイバ内のコア間のピッチは約 3.6 ミクロンであり、小さいコアの直径は約 0.9 ミクロンである。金属被覆を提供することによって、コアの密度を増大させることができ、その結果、断面積当たりより多くのコアを得ることができ、したがってより高い撮像解像度を得ることができる。本発明のいくつかの実施形態によれば、隣接コアのピッチは、2 ミクロンより小さく、たとえば約 1 ミクロンとすることができます。被覆は鏡のように作用し、コア間のクロストークを防止する。光学モードは、コアのみを通って進み、クラッドの材料内に跡が残らないように閉じ込めることができる。クラッドの材料は典型的にコアの材料より多く吸収するため、この配置により伝送損失を低減させることができる。そのようなマルチコアファイバの製作は、各ロッドを金属被覆（たとえば、管）で被覆し、次いで当技術分野で知られているように母材を構築し、次いで当技術分野で知られているようにこの母材を引き抜き加工することを含むことができる。本発明の目的で、「約」と記載するとき、これは実際の測定値から 10 パーセントの逸脱を包含することを意味したものである。

20

30

【0080】

図 5A は、高解像度撮像を得るために本発明のいくつかの実施形態に係る内視鏡に対するマルチコアファイバ 500 を示す。

40

【0081】

患者の体腔内の検査表面 211 を撮像するように設計されたファイバ 500 の遠位先端には、焦点距離 F をあけてフーリエ変換レンズ 502 を配置することができ、ファイバ 500 の近位先端には、近位先端から距離 F をあけて逆フーリエ変換レンズ 504 を配置することができる。照明光ビームがコヒーレントレーザ源によって生成されるため、そのような変換（フーリエ変換）を実行することができる。この配置により、内視鏡のマルチコアファイバ 500 のコア 501 は、フーリエ領域のまばらな圧縮サンプリングを実行する。次いで、光検出器 506（たとえば、カメラ）に近い撮像レンズ 504 が逆フーリエを実行し、したがってコアはフーリエ面をサンプリングし、実際の画像を伝送しないため、画像をデジタルで強化する必要（たとえば、撮像コアによって得られるコア画像データ

50

タ間の補間)なく、高解像度画像を得ることができる。そのような配置は、まばらなサンプリングを介して実現されるすべての光学補間を容易にすることができる、まばらなサンプリング自体は、マルチコアファイバ500の構造を介して実現される。

【0082】

本発明のいくつかの実施形態では、たとえばファイバが十分に研磨されておらず、それによりランダム位相が導入された場合、ファイバの遠位先端で光撮像のためにレンズ502を使用することができる。レーザ源510を使用して、光検出器506を参照照明ビーム512で照明し、デジタルフーリエホログラフィック記録(コヒーレントレーザ照明が使用されるため)を実現することができ、それによりデジタル復号のみによって位相および高解像度物体の構造を容易にすることができる。

10

【0083】

図5Bは、検査表面からマルチコアファイバ内へ反射される光の光路上に配置された複数(たとえば、4つ)のPCFを備える光学素子520(万華鏡と同様)を使用して高解像度撮像を得るための本発明のいくつかの実施形態に係る内視鏡に対するマルチコアファイバを示す。

【0084】

4つのPCFを含む光学素子520を使用するため、フーリエ変換する必要のある検査表面211はエルミート対称になり、これはそのフーリエ変換が本物であることを意味する。そのようにフーリエ変換された検査表面211は、検出器506が強度画像のみを捕捉するため、いかなる位相歪みにもかかわらず、マルチコアファイバ500を介して伝達することができる。

20

【0085】

図6は、本発明のいくつかの実施形態に係る白色光照明コアを有する内視鏡の矩形マルチコアファイバ600の横断面図を示す。

【0086】

本発明のいくつかの実施形態によれば、矩形マルチコアファイバ600は、検査表面から反射された光を伝達するための撮像領域を含み、撮像領域には複数の撮像コア604が位置する。本発明のいくつかの実施形態によれば、照明配置は、マルチスペクトル撮像(狭帯域撮像(NBI)など)の簡単な実現を得ることを可能にする異なる波長を有する1組のレーザを含む。1組の離散波長によるこのタイプの照明に伴う問題は、良好な全域を得ることができると、スペクトル内の孔が特有のタイプの組織に対して劣悪な検出品質をもたらす可能性があることである。これを解決するために、たとえば撮像領域の周辺部内に非常に高い開口数(NA)を有する中空のPCFコア606を設けることができ、蛍光染料(液体)でそれを充填することができる。染料は容器610内に収容することができ、容器610から送達ライン612(この図にはいくつかのみを示す)を介してコア606(たとえば、所定の直径608を有する)内へ染料を送達することができる。染料は、照明モジュールの離散レーザで照射および励起されるように構成することができる溶液混合物になるように選択することができる。蛍光染料は、長い照明PCFコアに沿って、マルチスペクトル撮像/感知に使用されるレーザの離散波長に加えて、連続白色光照明スペクトルを生成することができる。

30

【0087】

図7は、本発明のいくつかの実施形態に係るマルチコアファイバを有する内視鏡内に含むことができる撮像コア間のクロストークを抑制するために周辺コアを有するいくつかの撮像コアの横断面図を示す。

【0088】

いくつかの実施形態によれば、マルチコアファイバの撮像解像度を強化する方法の1つは、撮像領域内のコア702の密度をより高くすることである。しかし、コア間のクロストークを増大させることなく、撮像コアのこの密度を増大させることが望ましい。起こりうるクロストークを抑制するために、撮像コアのそれぞれの周りに複数の周辺コア704を追加することによって、コアとその周辺との間の屈折率の差を人工的に増大させること

40

50

ができる。周辺コアは中空とすることができる、空気で充填することができる。そのようにして、クラッド材料の屈折率と空気（屈折率1）との間で平均屈折率を平均化することができる。周辺コアの直径は、好ましくは、撮像コアを通過する予想される光の光波長より小さくするべきである。周辺コアは、母材内に穿孔されるときは大きくてよいが、引き抜き加工後は、撮像コアを通過する反射光の光波長より小さくなるように寸法を減らすことができる。そのようにして、クロストークを増大させることなく、撮像コアをともにより近くに配置することができる。

【0089】

ポリマーファイバの伝送はそれほど効率的ではないため、十分な量の反射光を光検出器に到達させるためには、非常に強い照明を必要とすることがある。これは、放射安全性上の問題を生じさせることがある。

10

【0090】

図8は、本発明のいくつかの実施形態に係るレーザ光を使用する内視鏡検査における向上された放射安全性のための方法800を示す。方法800は、内視鏡のマルチコアファイバの撮像コア内へ増幅材料（たとえば、Nd:YAG、ドープされたエルビウムなど）を埋め込むことと、検査表面から反射され撮像コアを通過する光を増幅するように構成された所定の波長のレーザ光によって撮像コアを励起することとを含むことができる。収集された光が増幅されるため、CMOSセンサにとって十分な感度を提供するために撮像ファイバ内で必要とされる光子をより少なくすることができる。収集される光がより少ないということは、より少ない光で組織を照明することを意味し、これにより検査される組織に対して安全条件を与えることができる。

20

【0091】

増幅材料が埋め込まれた内視鏡を使用する利点の1つは、これにより、多種多様な医療応用例に対してより長い内視鏡の使用を可能にすることである。

【0092】

図9は、本発明のいくつかの実施形態に係る内視鏡検査における光学ズームのための方法1000を示す。

30

【0093】

方法1000は、レーザ源を使用して、内視鏡マルチコアファイバの遠位先端に位置するレンズの設計に関して事前定義された曲率の球形波面を有する、検査表面を照明するための照明ビームを生成すること1002を含むことができる。方法1000は、検査表面の画像を光学的に拡大または縮小するように、レンズの設計に対する球形波長の曲率を変化させること1004をさらに含むことができる。

【0094】

レーザ照明で投影することによる光学ズームを実現するために、内視鏡の先端におけるレンズ設計に整合された球形波面を設けることができる。照明ビームの曲率を変化させることで、光学ズーム倍率が変化する。

【0095】

図10は、本発明のいくつかの他の実施形態に係る内視鏡検査における光学ズームのための方法1100を示す。

40

【0096】

この方法は、マルチコアファイバの遠位先端に焦点距離を有する第1のフーリエレンズを有する検査表面を検査する内視鏡に好適である。方法1100は、近位先端と光検出器との間に配置されたマルチコアファイバの近位先端に調整可能な焦点距離を有する第2のフーリエレンズを提供すること1010と、検査表面の画像を光学的に拡大または縮小するように、第2のフーリエレンズの調整可能な焦点距離を調整すること1012とを含むことができる。

【0097】

変倍（光学ズーム）は、内視鏡の遠位先端にある固定されたレンズの焦点距離と近位端にある調整可能な焦点距離との間の比に等しくすることができる。

50

【0098】

図11は、本発明のいくつかの他の実施形態に係る2つの光学ズームされた画像を提供する内視鏡のマルチコアファイバを示す。

【0099】

この実施形態では、ファイバの近位端にあるレンズ1200は、1(第1の波長)に対する焦点距離および2(第2の波長)に対する焦点距離という2つの焦点距離を有することができ、したがってこれらの焦点距離のうちの一方がフーリエ変換を実行し、他方の焦点距離が光撮像を実行する。2つの波長は、検出器506の前に位置する格子1202によって分離することができる。そのようにして、検出器の半分1204に、たとえば低解像度および良好な視野で、光学画像が投影され、検出器の別の部分1206に、たとえば高解像度および制限された視野で、フーリエ変換画像が投影される。そのようにして、多重化による光学ズームを得ることができる。

10

【0100】

図12Aは、本発明のいくつかの実施形態に係るサンプリング能力を有するマルチコアファイバ内視鏡1200を観察モードで示す。マルチコアファイバ内視鏡1200は、複数の撮像コアおよび複数の照明コアを有するマルチコアファイバ1202を含む。観察モードで、複数の照明コア(簡潔にするために、2つの照明コア1205、1207のみを示す)を使用して、光1206を撮像面211へ誘導する。複数の撮像コア(簡潔にするために、1つの撮像コア1203のみを示す)を使用して、撮像面211から反射された光1208を撮像センサ1212へ誘導する。ビーム偏向器1210(たとえば、ビームスプリッタ)を使用して、反射光ビーム1208を撮像センサ1212(たとえば、CMOS検出器)へそらすことができる。マルチコアファイバ1204は、遮蔽スリーブ1202内に挿入される。マルチコアファイバ1204の近位端でビーム偏向器1210に結合された内視鏡の近位端に、プランジャー1214などの遮蔽スリーブ内でマルチコアファイバを前進および後退させる機構を設けることができる。

20

【0101】

図12Bは、本発明のいくつかの実施形態に係るサンプリング能力を有するマルチコアファイバ内視鏡をサンプリングモードで示す。簡潔にするために、照明コアおよび撮像コアは示されていない。サンプリングモードで、マルチコアファイバ1204の遠位先端1216は、サンプリングされる組織面211に対向したとき、たとえばプランジャー1214を押すことによって、遮蔽スリーブ1202から外へたとえば数ミリメートル前進され、したがって先端1216を組織面211に接触させることができる。したがって、たとえば組織細胞、ならびに表面上に見られることのある液体または他の材料などの分析のためのサンプルが、マルチコアファイバ1204の先端1216に付着することができる。マルチコアファイバ1204は、表面に係合した後、たとえばプランジャー1214を引っ張ることによって、遮蔽スリーブ1202内へ後退させることができ、したがって内視鏡が患者の体外へ抜き出されたとき、得られたサンプルは先端1216上にそのまま残る。

30

【0102】

撮像ファイバ先端がその機械的ナビゲーションシールドから数ミリメートル出て、次いで再び入ることを可能にすることで、撮像ファイバ先端を体内の液体/組織へ挿入し、それらの液体/組織のサンプルを取り出すことが可能になり、後にこの組織に対する生体検査を行うことが可能になる。

40

【0103】

この生体検査に関連する能力はまた、撮像センサの代わりに分光計(たとえば、ラマン分光計)を使用することによって、異なる手法で実現することができ、分光計は、照明ファイバレーザと協働するとき、サンプルの「非接触生体検査」分析を実行するのに好適なラマン分光法の実現を可能にすることができます。

【0104】

図13は、本発明のいくつかの実施形態に係る内視鏡検査において得られる画像の解像度を改善する方法を示す。

50

【 0 1 0 5 】

方法 1300 は、複数の異なる波長の赤色、複数の異なる波長の緑色、および複数の異なる波長の青色によって検査表面を照明すること 1302 を含むことができる。方法 1300 はまた、光検出器によって、複数の異なる波長の赤色、複数の異なる波長の緑色、および複数の異なる波長の青色によって検査表面から反射された光の画像データを収集すること 1304 を含むことができる。方法 1300 はまた、収集された画像データから画像を構築すること 1306 を含むことができる。

【 0 1 0 6 】

本発明のいくつかの実施形態は、波長多重化を使用して、たとえばいくつかの波長の赤色、緑色、および青色を送り、コアごとに各色に対するいくつかの波長を収集することによって撮像の解像度を改善することを含むことができ、次いで色ごとに放たれる波長の数に応じて解像度が強化される。解像度の強化は、1組の色のうちの各色（赤色、緑色、または青色）が検査される物体の異なる空間位置へ進み、したがって色と空間位置との間の参照表が生成される場合に得られる。そのようにして、分光情報を検査することで、マッピングの使用に続いて空間情報を与えることができる。

10

【 0 1 0 7 】

図 14 は、本発明のいくつかの実施形態に係る内視鏡検査における画像解像度を改善する光学ズームのための方法を示す。

【 0 1 0 8 】

方法 1400 は、検査表面から反射され、複数の撮像コアを含むマルチコアファイバを通過した光の光路上に 2 焦点レンズを提供すること 1402 を含むことができる。

20

【 0 1 0 9 】

方法 1400 はまた、2 焦点レンズの焦点距離のそれぞれを較正に使用すること 1404 と、較正に基づいて、光検出器上で内視鏡によって得られた正規画像および拡大画像という 2 つの重畠画像を分離すること 1406 とを含むことができる。

【 0 1 1 0 】

方法 1400 はまた、拡大画像をデジタルで縮小すること 1408 と、縮小された後に拡大画像からの画像データを正規画像に追加して、より高解像度の正規画像を得ること 1410 とを含むことができる。

30

【 0 1 1 1 】

各焦点距離は、正規画像および拡大画像という 2 つの重畠画像を分離するために較正として使用されるいくつかのゼロ点を空間内に有する。分離（ブラインド源分離と同様）後、拡大画像をデジタルで縮小し、正規画像に追加して、視野の中心部分でより高い解像度を得ることができる。

【 0 1 1 2 】

本発明のいくつかの実施形態は、システム、方法、またはコンピュータプログラム製品の形態で実施することができる。同様に、いくつかの実施形態は、ハードウェア、ソフトウェア、またはこれら両方の組合せとして実施することができる。いくつかの実施形態は、1つまたは複数の非一時的コンピュータ可読媒体上に保存されたコンピュータプログラム製品として、非一時的コンピュータ可読媒体上で実施されるコンピュータ可読プログラムコードの形態で実施することができる。そのような非一時的コンピュータ可読媒体は、実行されると例に係る方法ステップをプロセッサに実行させる命令を含むことができる。いくつかの例では、コンピュータ可読媒体上に記憶される命令は、インストールされたアプリケーションおよびインストールパッケージの形態とすることができます。

40

【 0 1 1 3 】

そのような命令は、たとえば、1つまたは複数のプロセッサによってロードし、実行することができる。

【 0 1 1 4 】

たとえば、コンピュータ可読媒体は、非一時的コンピュータ可読記憶媒体とすることができる。非一時的コンピュータ可読記憶媒体は、たとえば、電子、光学、磁気、電磁、赤

50

外、もしくは半導体のシステム、装置、もしくはデバイス、またはこれらの任意の組合せとすることができる。

【0115】

コンピュータプログラムコードは、任意の好適なプログラミング言語で書くことができる。プログラムコードは、単一のコンピュータシステム上または複数のコンピュータシステム上で実行することができる。

【0116】

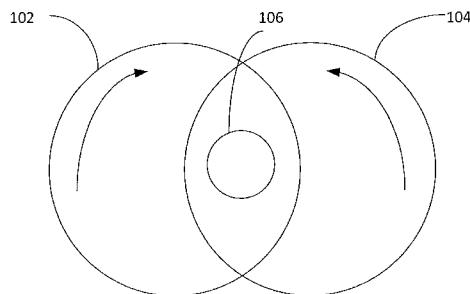
いくつかの実施形態について、様々な実施形態に係る方法、システム、およびコンピュータプログラム製品を示す流れ図および／またはブロック図を参照して上記に説明した。

【0117】

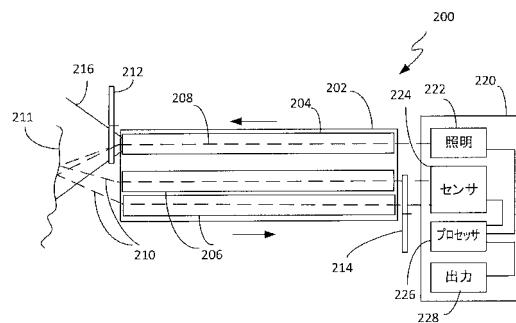
本明細書に論じた様々な実施形態の特徴は、本明細書に論じた他の実施形態とともに使用することもできる。実施形態の上記の説明は、例示および説明の目的で提示されている。上記の説明は、開示した厳密な形態に対して網羅的または限定的であることを意図したものではない。上記の教示に照らして、多くの修正形態、変形形態、置換え、変更形態、および均等物が可能であることを、当業者には理解されたい。したがって、添付の特許請求の範囲は、本発明の本当の趣旨の範囲内に入るそのようなすべての修正形態および変形形態を包含することを意図したものであることを理解されたい。

10

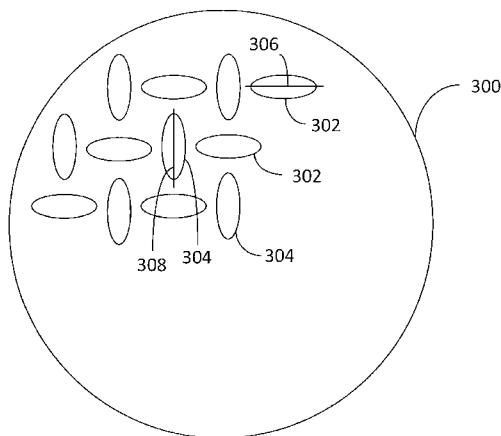
【図1】



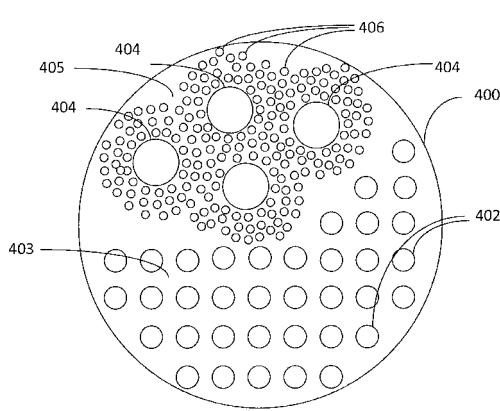
【図2】



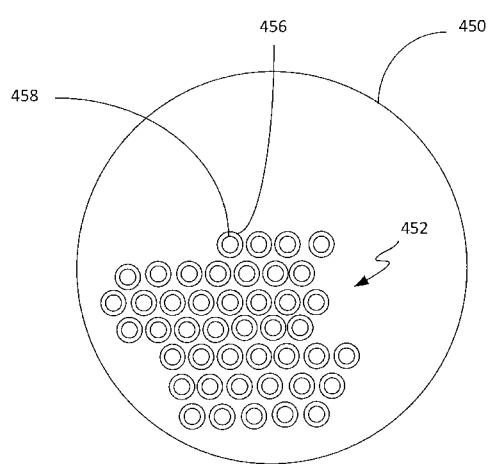
【図3】



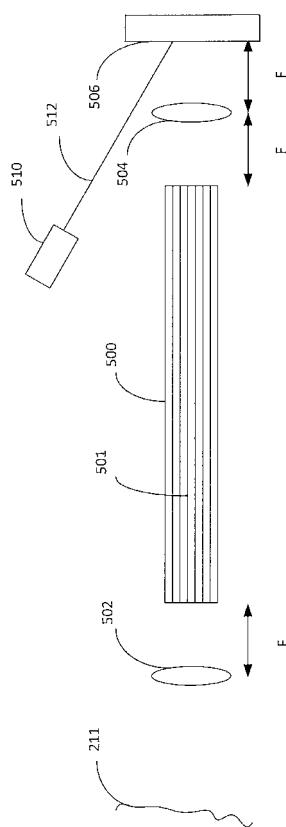
【図4A】



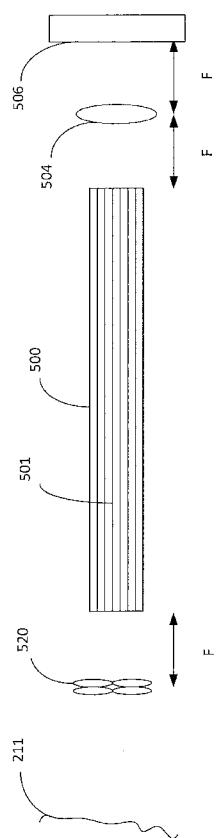
【図4B】



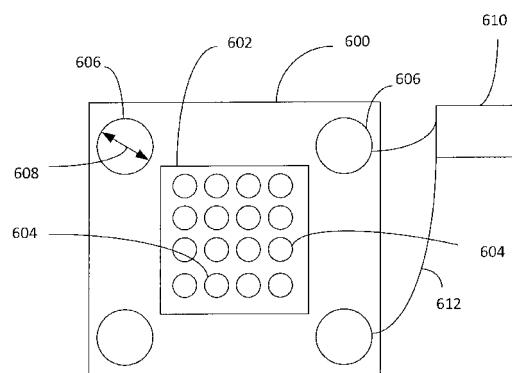
【図5A】



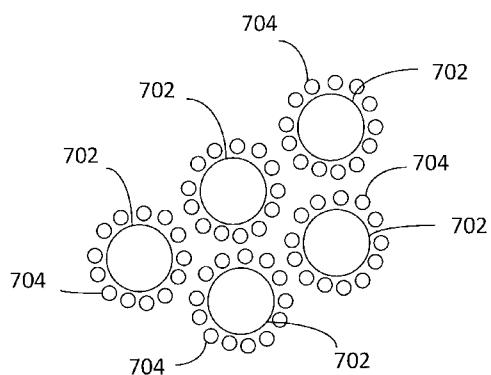
【図 5 B】



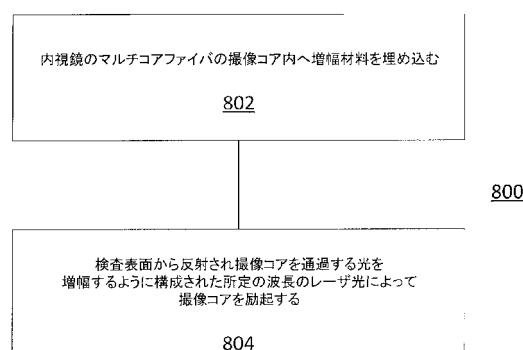
【図 6】



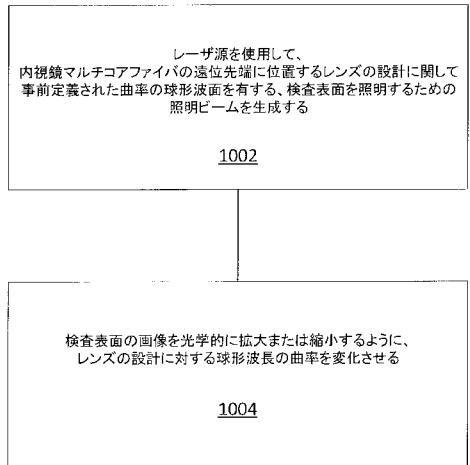
【図 7】



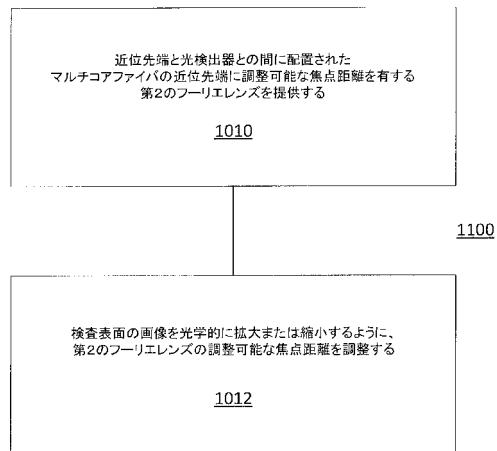
【図 8】



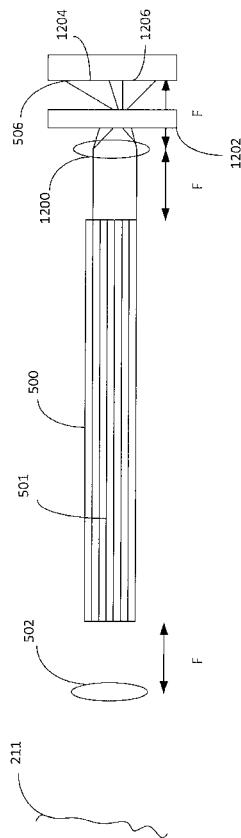
【図9】



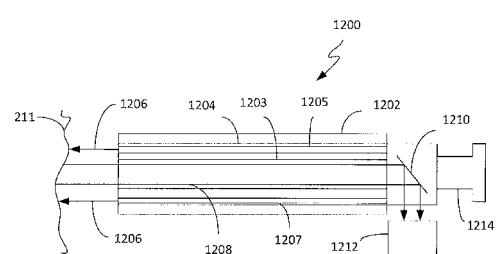
【図10】



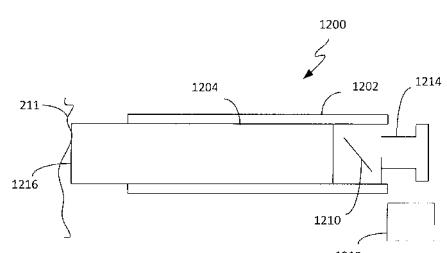
【図11】



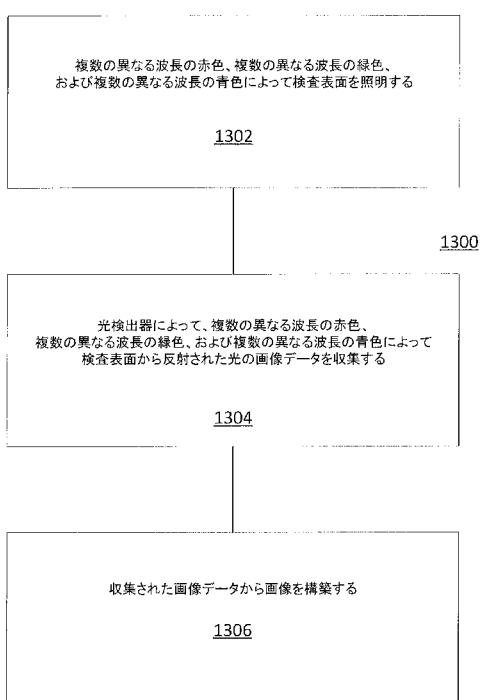
【図12A】



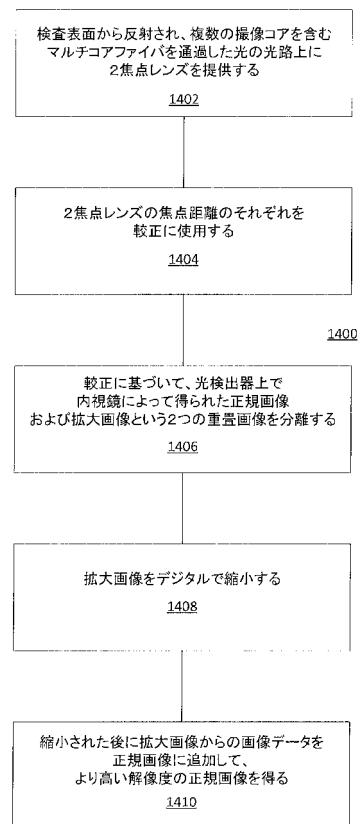
【図12B】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
	A 6 1 B	1/00 7 3 1
	A 6 1 B	1/00 5 0 0
	G 0 2 B	23/26 B

F ターム(参考) 2H040 CA02 CA07 CA11 CA22
4C161 CC04 CC07 FF11 FF40 FF46 QQ04

【外國語明細書】

2020096834000001.pdf