

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6502962号
(P6502962)

(45) 発行日 平成31年4月17日(2019.4.17)

(24) 登録日 平成31年3月29日(2019.3.29)

(51) Int. Cl.		F I			
A 6 1 B	3/10	(2006.01)	A 6 1 B	3/10	R
A 6 1 B	3/12	(2006.01)	A 6 1 B	3/12	E
A 6 1 F	9/007	(2006.01)	A 6 1 F	9/007	2 0 0 C

請求項の数 14 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2016-560716 (P2016-560716)	(73) 特許権者	504389991
(86) (22) 出願日	平成27年4月22日 (2015.4.22)		ノバルティス アーゲー
(65) 公表番号	特表2017-512594 (P2017-512594A)		スイス国 バーゼル リヒトシュトラーセ
(43) 公表日	平成29年5月25日 (2017.5.25)		35
(86) 国際出願番号	PCT/US2015/027115	(74) 代理人	100099759
(87) 国際公開番号	W02015/171317		弁理士 青木 篤
(87) 国際公開日	平成27年11月12日 (2015.11.12)	(74) 代理人	100102819
審査請求日	平成28年10月3日 (2016.10.3)		弁理士 島田 哲郎
(31) 優先権主張番号	14/274,074	(74) 代理人	100123582
(32) 優先日	平成26年5月9日 (2014.5.9)		弁理士 三橋 真二
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100147555
			弁理士 伊藤 公一
		(74) 代理人	100130133
			弁理士 曾根 太樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 静電アクチュエータを利用する撮像プローブ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

眼科撮像プローブであって、

ハンドルと、

前記ハンドルに結合したカニューレと、

前記ハンドル及び前記カニューレ内に少なくとも部分的に位置決めされた光ファイバであって、いずれの光学要素からも離間された遠位端を有し、撮像光源から撮像光を受取り、前記撮像光を、前記カニューレの遠位部分内に位置決めされた光学要素に誘導するように構成され、誘電体材料を含む絶縁層と、該絶縁層と該光ファイバとの間に配設された導電層とを含む、光ファイバと、

前記光ファイバに動きを与えるように構成されるアクチュエータシステムとを備え、前記アクチュエータシステムは、前記カニューレ内に位置決めされた複数の電極を含み、各電極は、前記電極及び前記光ファイバの導電層の少なくとも一方に電荷を選択的に与えることによって前記光ファイバに動きを与えるように構成され、各電極の内向き表面と外向き表面とは、絶縁層を含む、

プローブ。

【請求項 2】

前記電極は、前記カニューレの長手方向範囲の少なくとも3分の1(1/3)に沿って延在する、請求項1に記載のプローブ。

【請求項 3】

前記アクチュエータシステムは、前記カニューレ内に位置決めされた第2の電極を更に含む、請求項1に記載のプロープ。

【請求項4】

前記電極及び前記第2の電極は、前記光ファイバの周りに対称に配設される、請求項3に記載のプロープ。

【請求項5】

前記アクチュエータシステムは、前記光ファイバに動きを与えて、2次元走査パターンにわたって前記撮像光を走査するように構成される、請求項3に記載のプロープ。

【請求項6】

前記2次元走査パターンは、螺旋、ラスタ、一定半径アスタリスクパターン、複数半径アスタリスクパターン、及び多数折畳み経路のうちの少なくとも1つを含む、請求項5に記載のプロープ。

10

【請求項7】

前記光ファイバの近位部分は、前記ハンドルの近位部分にしっかり留められる、請求項1に記載のプロープ。

【請求項8】

前記電極は前記カニューレにしっかり留められる、請求項1に記載のプロープ。

【請求項9】

前記光学要素は、屈折率分布(GRIN)レンズを備える、請求項1に記載のプロープ。

20

【請求項10】

前記アクチュエータシステムは、前記光ファイバに動きを与えて、前記カニューレの遠位端から5mmと10mmとの間の距離で1mmと5mmとの間のターゲット生物学的組織の直線範囲を有する走査パターンに沿って前記撮像光を走査するように構成される、請求項1に記載のプロープ。

【請求項11】

眼科撮像システムであって、
撮像光を生成するように構成される撮像光源と、
前記撮像光源と光学的連通状態にある光ガイドであって、前記撮像光源から前記生成された撮像光を受取るように構成される、光ガイドと、

30

前記光ガイドと光学的連通状態にあるプロープとを備え、前記プロープは、
ハンドル、
前記ハンドルに結合したカニューレ、
前記ハンドル及び前記カニューレ内に少なくとも部分的に位置決めされた光ファイバであって、いずれの光学要素からも離間された遠位端を有し、前記光ガイドから撮像光を受取り、前記撮像光を、前記カニューレの遠位部分内に位置決めされた光学要素に誘導するように構成され、誘電体材料を含む絶縁層と、該絶縁層と該光ファイバとの間に配設された導電層とを含む、光ファイバ、及び、

前記光ファイバに動きを与えるように構成されるアクチュエータシステムを含み、前記アクチュエータシステムは、前記カニューレ内に位置決めされた複数の電極を含み、各電極は、前記電極及び前記光ファイバの導電層の少なくとも一方に電荷を選択的に与えることによって前記光ファイバに動きを与えるように構成され、各電極の内向き表面と外向き表面とは、絶縁層を含む、

40

眼科撮像システム。

【請求項12】

前記光源と連通状態にあるコントローラを更に備え、前記コントローラは、光干渉断層法(OCT)撮像プロシージャのために前記撮像光源の作動を制御するように構成される、請求項11に記載の眼科撮像システム。

【請求項13】

前記コントローラは、前記プロープによって取得されるデータを処理し、撮像データを

50

、前記コントローラと連通状態にあるディスプレイに出力するように更に構成される、請求項 1 2 に記載の眼科撮像システム。

【請求項 1 4】

前記コントローラは、前記光ファイバの導電層及び前記電極の少なくとも一方に選択的に電圧を印加させ、それにより、前記光ファイバの導電層及び前記電極の少なくとも一方が電荷を獲得するように更に構成される、請求項 1 2 に記載の眼科撮像システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書に開示する実施形態は、光干渉断層法（OCT：optical coherence tomography）プローブによって組織を走査するためのデバイス、システム、及び方法に関し、より詳細には、眼科撮像用の変位可能ファイバを有する OCT プローブを利用するデバイス、システム、及び方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

光干渉断層法（OCT）システムが使用されて、患者組織層の画像を捕捉し生成する。これらのシステムは、しばしば、OCT プローブであって、侵襲的に組織に貫入して、患者内の組織の可視化を取得し得る、OCT プローブを含む。眼科において、OCT プローブが使用されて、眼の周りのまたは更に、網膜等の眼の一部を形成する組織の詳細画像を取得する。

20

【0003】

使用時、光学的光ビームがプローブを通して組織に方向付けられる。この光のわずかな部分が、組織の表面下機構から反射し、同じプローブを通して収集される。光のほとんどは、反射されるのではなく、むしろ、大きな角度で拡散的に散乱する。従来の撮像において、この拡散的に散乱する光は、画像を曖昧にする背景ノイズに寄与する。しかし、OCT において、干渉法と呼ぶ技法は、受取られる光子の光学経路長を記録し、検出される前に複数回散乱する光子のほとんどを排除するデータを提供する。これは、より明瞭であり、かつ、組織深度に延在する画像をもたらす。

【0004】

OCT プローブは、しばしば、侵襲的に患者組織に貫入し得る突出カニューレを含む。プローブは、カニューレの端に配設されたレンズを通して光学的光ビームを屈折させることによって組織を走査する。走査は、カニューレ内で光ファイバを前後に動かすことであって、それにより、光ビームを、レンズを通してかつ異なる角度で組織に方向付けることを含み得る。カニューレの長さ及び小さな直径は、カニューレ内でファイバを前後に動かすことを難しくする。更に、プローブ内の少量の利用可能空間は、利用され得るアクチュエータの型を制限する。なお更に、幾つかの実施態様において、OCT プローブ及び関連するシステムは、プローブを使い捨てで 1 回使用のデバイスとして作ることができることを含む、費用効果的な方法で製造されることが可能でなければならない。

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0005】

本明細書に開示する実施形態は、少なくとも 1 つの帯電電極を利用して、静電力によって、撮像プローブ内に位置決めされた光ファイバに動きを与えるデバイス、システム、及び方法に関する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

幾つかの実施形態に矛盾せず、眼科撮像プローブが提供される。プローブは、ハンドルと、ハンドルに結合したカニューレと、ハンドル及びカニューレ内に少なくとも部分的に位置決めされた光ファイバであって、撮像光源から撮像光を受取り、撮像光を、カニューレの遠位部分内に位置決めされた光学要素に誘導するように構成される、光ファイバと、

50

光ファイバに動きを与えるように構成されるアクチュエータシステムとを含む可能性があり、アクチュエータシステムは、カニューレ内に位置決めされた電極を含み、また、電極及び光ファイバの導電層の少なくとも一方に電荷を選択的に与えることによって光ファイバに動きを与えるように構成される。

【0007】

電極は、カニューレの長手方向範囲の少なくとも3分の1(1/3)に沿って延在する可能性がある。アクチュエータシステムは、カニューレ内に位置決めされた第2の電極を更に含み得る。アクチュエータシステムは、カニューレ内に位置決めされた第3の電極または複数の電極を更に含み得る。電極及び第2の電極は、光ファイバの周りに対称に配設され得る。光ファイバは導電層及び/または絶縁層を含み得る。導電層は光ファイバと絶縁層との間に配設され得る。絶縁層は誘電体材料を含み得る。電極の内向き表面は絶縁層を含み得る。電極の外向き表面は絶縁層を含み得る。アクチュエータシステムは、光ファイバに動きを与えて、1次元または2次元走査パターンにわたって撮像光を走査するように構成され得る。少なくとも1つの電極を含むアクチュエータシステムは1次元走査パターンを実装し得る。2つ、3つ、4つ、またはそれより多い数の電極を含むアクチュエータシステムは、2次元走査パターンを実装し得る。1次元走査パターンは、ラインまたは弧のうちの少なくとも一方を含み得る。2次元走査パターンは、螺旋、ラスタ、一定半径アスタリスクパターン、複数半径アスタリスクパターン、及び多数折畳み経路のうちの少なくとも1つを含み得る。光学要素は、屈折率分布(GRIN: gradient index)レンズを含み得る。光学要素は、光ファイバの遠位端と共に動くように光ファイバの遠位端に機械的に結合され得る。アクチュエータシステムは、光ファイバに動きを与えて、ハンドルの遠位端から5mmと10mmとの間の距離で1mmと5mmとの間のターゲット生物学的組織の直線範囲を有する走査パターンに沿って撮像光を走査するように構成され得る。

【0008】

幾つかの実施形態に矛盾せず、眼科撮像システムが提供される。システムは、撮像光を生成するように構成される撮像光源と、光ガイドと光学的連通状態にある撮像光源と、撮像光源からの生成された撮像光を受取るように構成される光ガイドと、光ガイドと光学的連通状態にあるプローブとを含む可能性があり、プローブは、ハンドル、ハンドルに結合したカニューレ、ハンドル及びカニューレ内に少なくとも部分的に位置決めされた光ファイバであって、導電層を含み、光ガイドから撮像光を受取り、撮像光を、カニューレの遠位部分内に位置決めされた光学要素に誘導するように構成される、光ファイバ、及び、光ファイバに動きを与えるように構成されるアクチュエータシステムを含み、アクチュエータシステムは、カニューレ内に位置決めされた電極を含み、また、電極及び光ファイバの導電層の少なくとも一方に電荷を選択的に与えることによって光ファイバに動きを与えるように構成される。

【0009】

システムは、光源と連通状態にあるコントローラを更に含み、コントローラは、光干渉断層法(OCCT)撮像プロシージャのために撮像光源の作動を制御するように構成される。コントローラは、プローブによって取得されるデータを処理し、撮像データを、コントローラと連通状態にあるディスプレイに出力するように更に構成され得る。コントローラは、光ファイバの導電層及び電極の少なくとも一方に選択的に電圧を印加させ、それにより、光ファイバの導電層及び電極の少なくとも一方が電荷を獲得するように更に構成され得る。光ファイバは、導電層が絶縁層と光ファイバとの間に配設されるように絶縁層を含み得る。絶縁層は誘電体材料を含み得る。

【0010】

幾つかの実施形態に矛盾せず、眼科撮像方法が提供される。方法は、第1の電圧を、眼科プローブのハウジング内に位置決めされた電極に印加することであって、それにより、電極が第1の極性を有する電荷を獲得し、及び、眼科プローブのハウジング内に位置決めされた光ファイバの導電層に第2の電圧を印加することであって、それにより、導電層が

10

20

30

40

50

第2の極性を有する電荷を獲得することを含み、光ファイバは、電極と光ファイバの導電層との間の電氣的連通を阻止するように構成される絶縁層を更に含み、電極が第1の極性を有する電荷を獲得し、光ファイバの導電層が第2の極性を有する電荷を獲得することに起因する静電力は、光ファイバが、光ファイバを通過する撮像光が、ハウジングの遠位部分内に位置決めされた光学要素を横切って走査するようにさせる。

【0011】

本開示の更なる態様、特徴、及び利点は、以下の詳細な説明から明らかになる。

【0012】

図面において、同じ符号を有する要素は同じかまたは同様の機能を有する。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】治療下の眼及び本開示の一態様による例示的なOCT撮像システムの略図である

。

【図2】本開示の一態様による撮像プローブの側断面図の定型化された図である。

【図3】図2の撮像プローブの遠位部分の断面図の定型化された図であり、本開示の一態様による第1の位置にある撮像プローブの光ファイバを示す。

【図4】図3の撮像プローブと同様の図2の撮像プローブの遠位部分の断面図の定型化された図であるが、本開示の一態様による第2の位置にある光ファイバを示す。

【図5】本開示の一態様による図2の撮像プローブのカニューレの側断面図の定型化された図である。

【図6】本開示の別の態様による図2の撮像プローブのカニューレの側断面図の定型化された図である。

【図7】本開示の一態様による図5の断面ライン8-8に沿う撮像プローブの後方断面図の定型化された図である。

【図8】図7の撮像プローブと同様の撮像プローブの後方断面図の定型化された図であるが、本開示の一態様による複数の電極を示す。

【図9】図7の撮像プローブと同様の撮像プローブの後方断面図の定型化された図であるが、本開示の別の態様による複数の電極を示す。

【図10】本開示の一態様による図7の光ファイバの後方断面図の定型化された図である

。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下の説明において、或る実施形態を述べる特定の詳細が述べられる。しかし、開示される実施形態がこれらの特定の詳細の一部または全てがない状態で実施され得ることが当業者に明らかになるであろう。提示される特定の実施形態は、制限的ではなく、例証的であることを意味される。当業者は、他の材料であって、本明細書において特に述べられないが、本開示の範囲及び精神内にある、他の材料を認識し得る。述べるデバイス、システム、及び方法に対する任意の変更及び更なる修正、並びに、本開示の原理の任意の更なる適用は、本開示が関連する当業者が普通に思い付くため、本開示内で完全に企図され、本開示内に含まれる。特に、一実施形態に関して述べられる特徴、コンポーネント、及び/またはステップが、他の実施形態に関して述べられる特徴、コンポーネント、及び/またはステップと組合せ得ることが完全に企図される。しかし、簡潔にするため、これらの組合せの多数の反復は別々に述べられないことになる。

【0015】

本開示は、一般に、OCTプローブ、OCTシステム、及びOCT画像を取得するため組織を走査する方法に関する。プローブは、眼球等の患者組織を侵襲的に貫入するように構成されるカニューレを含み得る。カニューレはレンズ及び光ファイバを収容し得る。ファイバは、レンズを通して光を方向付け、レンズを通して後方に通過する反射光を捕捉する。単にポイントではなく、組織のエリアまたはラインの走査を取得するため、ファイバは、カニューレ内でレンズに対して動いて、レンズから出る光を所望のパターンにわたっ

10

20

30

40

50

て走査させる。患者組織に貫入するカニューレが、望ましくは断面が小さいため、カニューレ内でファイバを動かすことは難しい。プローブ内の少量の利用可能空間は、ファイバに動きを与えるために利用され得るアクチュエータの型を制限する。幾つかの事例において、費用効果的な製造技法を有する製品設計を必要とする、使い捨てコンポーネントとして、プローブまたはプローブの少なくとも一部分を製造することが望ましい。

【 0 0 1 6 】

本明細書で述べる例示的な態様は、プローブ内に位置決めされたアクチュエータシステムを使用してプローブ内でファイバの全てまたは或る部分を動かす技法を利用し、その技法は、過去のアプローチの問題または制限の1つまたは複数克服する。本明細書で述べる幾つかの態様において、アクチュエータシステムは帯電電極を含み得る。光ファイバの作動は、光ファイバと帯電電極との間で静電力またはクーロン力を生成することによって達成され得る。光ファイバは、光ファイバ及び電極の一方又は両方のそれぞれの電荷に応じて、電極に誘引され（例えば、引寄せられ）得るかまたは電極から跳ね返され（例えば、離れるように押され）得る。幾つかの態様において、アクチュエータシステムは、光ファイバの遠位セクションに増幅した動きを与えるように構成され得る。例えば、光ファイバは、光ファイバの遠位端が電極の遠位端を通過して延在するようにプローブ内に位置決めされる可能性があり、それにより、光ファイバの遠位セクションに与えられる動きは、電極に近接する及び/または電極と長手方向に同一の広がりを持つ光ファイバの部分の動きに対して増幅される。

10

【 0 0 1 7 】

幾つかの態様において、光ファイバの少なくとも一部分（例えば、遠位部分）は、導電コーティングを含む。電圧が、導電コーティングが正または負に帯電するように光ファイバの導電コーティングに印加され得る。光ファイバは絶縁層を含み得る。絶縁層は、誘電体材料を含み得る。

20

【 0 0 1 8 】

幾つかの態様において、帯電電極は、光ファイバのカニューレの内部に位置決めされ得る。幾つかの態様において、複数の別個の電極が設けられ得る。複数の電極は、カニューレの内部で光ファイバの周りに環状に位置決めされ得る。例えば、アクチュエータシステムは、カニューレに沿って長手方向に延在し、互いから180°離間した第1及び第2の電極を有し得る。幾つかの態様において、第1の電極及び光ファイバの導電コーティングは、逆極性で帯電して、誘引静電力を生成し得る。光ファイバは、誘引静電力によって第1の電極に引寄せられ得る。幾つかの態様において、更に、第2の電極は、光ファイバの導電コーティングと同じ極性で帯電して、反発静電力を生成し得る。光ファイバは、反発静電力によって第2の電極から離れるように（また、第1の電極に向かって）押され得る。光ファイバ及び2つの電極は、コントローラに電気接続される可能性があり、コントローラは、3つの回路（例えば、光ファイバ及び2つの電極）に電圧及び電荷を提供する。

30

【 0 0 1 9 】

幾つかの態様において、電極は、電極とカニューレ及び/または光ファイバとの間の絶縁及び/または誘電体層またはコーティングによってカニューレ及び/または光ファイバから電気絶縁され得る。幾つかの態様において、電極は、絶縁層によって電気絶縁され得る。絶縁層は、誘電体材料を含み得る。

40

【 0 0 2 0 】

幾つかの態様において、光ファイバを振動させるため、コントローラは、或る周波数サイクルの半分の間、ファイバに正電圧を提供し、ファイバを正電荷で帯電させ得る。カニューレ内の1つの電極は、負電圧を印加される可能性があり、負電圧は、その電極を負電荷で帯電させる。他の電極は、正電圧を印加される可能性があり、正電圧は、その電極を正電荷で帯電させる。逆に帯電した光ファイバ及び電極のうち一方の電極は、電界が逆の極性であるため、互いに誘引される。電極と同じ極性に帯電される光ファイバ、電界が同じ極性であるため、互いによって反発される。サイクルの第2の半分は、光ファイバの極性が切換えられた状態または電極の極性が切換えられた状態の第1の半分の反復であり

50

得る。幾つかの実施形態において、ファイバの極性は、全サイクルを通して同じままである可能性があり、一方、電極の極性は、それぞれの半サイクル中に交互に変わる。

【 0 0 2 1 】

幾つかの態様において、OCTプローブ用の物理的にコンパクトでかつ費用がかからないアクチュエータシステムが提供される。幾つかの態様において、アクチュエータシステムは、光ファイバの遠位先端を走査プロセス中に2次元で動かす能力を提供する。

【 0 0 2 2 】

図1は、本開示の態様を示す配置構成の略図である。特に、治療下の眼100が示される。眼100は、強膜102、角膜104、前眼房106、及び後眼房108を含む。水晶体嚢110は、後眼房108内に示される。眼100は網膜112を更に含む。

10

【 0 0 2 3 】

例示的な撮像システム120が同様に図1に示される。以下でより詳細に論じるように、撮像システム120は、網膜112等の眼100の所定の部分を撮像するように構成される。撮像システム120は、光源122、光干渉断層法(OCT)システム124、コントローラ126、ユーザインタフェース128、及びプローブ130を含み得る。光源122は、撮像光を提供するように構成され、撮像光は、プローブ130によってターゲット生物学的組織上に方向付けられることになる。光源122は、700nmと1400nmとの間、700nmと900nmとの間、900nmと1200nmとの間、1000nmと1100nmとの間、1250nmと1450nmとの間、または1400nmと1600nmとの間等、比較的長い波長の光を提供する、スーパーミネセントダイオード、超短パルスレーザ、またはスーパーコンティニウムレーザで作られ得る。ターゲット生物学的組織から反射され、プローブ130によって捕捉される撮像光は、ターゲット生物学的組織の画像を生成するために利用される。

20

【 0 0 2 4 】

OCTシステム124は、光源122から受取られる撮像光を、プローブ130によってターゲット生物学的組織上に方向付けられる撮像ビーム及び参照ミラー上に方向付けられ得る参照ビームに分割するように構成される。OCTシステム124は、スペクトル領域または時間領域システムであり得る。OCTシステム124は、ターゲット生物学的組織から反射され、プローブ130によって捕捉される撮像光を受取るように更に構成される。反射した撮像光と参照ビームとの間の干渉パターンは、ターゲット生物学的組織の画像を生成するために利用される。したがって、OCTシステム124は、干渉パターンを検出するように構成される検出器を含み得る。検出器は、検出光に基づいて電気信号を生成する、電荷結合検出器(CCD)、ピクセル、又は任意の他の型のセンサ(複数可)のアレイを含み得る。更に、検出器は、2次元センサアレイ及び検出器カメラを含み得る。

30

【 0 0 2 5 】

コントローラ126は、プロセッサ及びメモリを含む可能性があり、メモリは、光源122、ユーザインタフェース128、及び/又はプローブ130の態様を制御し、また、OCT撮像プロシージャを実行する機能及びプロセスを実行し実施するための1つ又は複数の実行可能プログラムを含んでもよい。例えば、コントローラ126は、幾つかの実施態様において、ターゲット生物学的組織を横切って撮像ビームを走査するように構成されるプローブ130の作動システムを制御するように構成される。

40

【 0 0 2 6 】

光源122、OCTシステム124、コントローラ126、及びユーザインタフェース128の1つまたは複数は、互いに通信可能に結合されるかまたは共通のコンソールまたはハウジング内の別個のハウジング内に実装され得る。例えば、幾つかの実施態様において、光源122、OCTシステム124、及びコントローラは、ユーザインタフェース128に通信可能に結合されるコンソール内に位置決めされる。ユーザインタフェース128は、コンソール上に担持され得る、または、コンソールの一部を形成し得る。更に、ユーザインタフェース128またはユーザインタフェース128の少なくとも一部(複数可)は、コンソールから離れ得る。ユーザインタフェース128は、ユーザまたは患者に画

50

像を提示し、OCT撮像プロシージャ中にプローブ130によって走査される組織を表示するように構成されるディスプレイを含み得る。ユーザインタフェース128は、同様に、他の入力デバイスの中でもとりわけ、非制限的な例として、キーボード、マウス、ジョイスティック、タッチスクリーン、ダイヤル、及びボタンを含む入力デバイスまたはシステムを含み得る。

【0027】

プローブ130は、OCTシステム124と光学的連通状態にある。それに関して、プローブ130は、OCTシステム124を通過する光源122からの光を、組織を撮像するためターゲット生物学的組織上に提示するように構成される。更に、プローブは、コントローラ126と電氣的連通状態にあり得る。その点に関して、コントローラ126は、プローブ130に送出される電気信号によってプローブ130の作動システムを制御して、作動システムにターゲット生物学的組織を横切って撮像ビームを走査させ得る。ケーブル132は、プローブ130をOCTシステム124及び/またはコントローラ126に接続し得る。その点に関して、ケーブル132は、光ファイバ(複数可)、電気導体(複数可)、絶縁体(複数可)、シールド(複数可)、及び/または、プローブ130とOCTシステム124及び/またはコントローラ126との間の光学的及び/または電氣的連通を容易にするように構成される他の特徴(複数可)を含み得る。更に、ケーブル132は複数の別個のケーブルを含み得ることが理解される。例えば、幾つかの事例において、光学ケーブルはプローブ130をOCTシステム124に接続し、別個の電気ケーブルはプローブ130をコントローラ126に接続する。

【0028】

コントローラ126は、1つまたは複数の電極(例えば、図3の電極194及び196、図8の電極232及び242、図9の電極262、272、及び282、図10の電極302、312、322、及び332等)及び/または光ファイバ138の導電層と電氣的連通状態にあり得る。コントローラ126は、1つまたは複数の電極及び/または光ファイバ138の導電層に(例えば、電池等の撮像システム120の電圧源から)電圧を印加し得る、かつ/または、正または負電圧を印加させ得る。その点に関して、撮像システム120は、1つまたは複数の電圧源(例えば、電極及び/または光ファイバ138の導電層のそれぞれについて1つの電圧源)を含み得る。

【0029】

撮像システム120は、OCTシステム124及び/またはコントローラ126とのプローブ130及び/またはケーブル132の取外し可能な結合を容易にするように構成されるコネクタを含み得る。コネクタは、OCTシステム124及び/またはコントローラ126とのプローブ130及び/またはケーブル132の機械的、光学的、及び/または電氣的結合を容易にするように構成される。例えば、プローブ130の長さに沿って延在する光ファイバ138は、OCTシステム124とのコネクタの結合によってOCTシステム124と光学的に結合される。光ファイバ138は単一ファイバまたはファイバ束であり得る。幾つかの実施形態において、コネクタは、OCTシステム124及び/またはコントローラ126とねじ込み式に係合するように構成される。しかし、接続型の中でもとりわけ、限定はしないが、プレスばめ、ルアーロック、ねじ山、及びその組合せを含む任意の型の選択的係合特徴部(複数可)が利用され得ることが理解される。幾つかの態様において、コネクタは、OCTシステム124及び/またはコントローラ126に近接して位置付けられる。OCTシステム124及び/またはコントローラ126におけるコネクタの選択的係合は、プローブ130全体が、1回のプロシージャで使用するために構成される使い捨てコンポーネントであることを可能にする。

【0030】

プローブ130は、外科医によってハンドリングされ、患者の身体内にめり込むようにサイズ決定され形作られる。プローブ130は、近位部分142及び遠位部分144を有するハウジング140を含む。ハウジング140の近位部分142は、ユーザによる手持ち式把持のためにサイズ決定され形作られる。例えば、ハウジング140の近位部分14

10

20

30

40

50

2は、ハンドル146を画定し得る。ハンドル146は、ユーザの一方の手で把持するためにサイズ決定され形作られ得る。更に、ハンドル146は、ハンドル146上でのユーザの把持を強化するためテクスチャー化表面148（例えば、粗面付き、ギザギザ付き、突出部/凹所、テーパ、他の表面特徴、及び/またはその組合せ）を含み得る。使用時、ユーザは、撮像光ビームがターゲット生物学的組織に向かって方向付けられるようにハンドル146を操縦することによってハウジング140の遠位部分144の位置を制御する。

【0031】

プローブ130の遠位部分144は、治療される眼100に挿入されるためにサイズ決定され形作られ得る。図1の示す実施形態において、プローブ130の遠位部分144は、カニューレ150を含む。カニューレ150は、網膜112の撮像を容易にするため、眼100の強膜102を通過して挿入するためにサイズ決定され形作られ得る。カニューレ150は、ハウジング140の一部としてハンドル146と一体に形成され得る。代替的に、カニューレ150及びハンドル146は、ハウジング140を形成するため互いにしっかり留められた別個のコンポーネントであり得る。レンズ等の光学要素152は、カニューレ150の遠位端内で留められ得る。レンズ等の光学要素152は、網膜112のようなターゲット生物学的組織上に撮像光を集束させるように構成される。光学要素152は、例えば、屈折率分布（GRIN: gradient index）レンズ、任意の他の適したレンズ、任意の適した光学コンポーネント（複数可）、またはその組合せであり得る。実施形態に応じて、屈折率分布は、球状、軸方向、または半径方向であり得る。光学要素152は、同様に、球レンズであり得る。他のレンズ形状が使用され得る。

【0032】

以下でより詳細に論じるように、光ファイバ138は、プローブ130内に配設されたアクチュエータシステムによって光学要素152に対して動かされて、撮像ビーム 光学要素152によって集束される を、ターゲット生物学的組織を横切って走査させる。以下で述べる図2及び図5～10は、本開示によるアクチュエータシステムの種々の例示の実施形態を示す。その点に関して、本開示のアクチュエータシステムが、ハンドル146内、カニューレ150内、及び/またはその組合せの中に位置決めされて、所望の走査パターンにわたって光ファイバ138を動かすことが理解される。

【0033】

プローブ130の遠位端からの撮像ビームの焦点の距離は、光学要素152、光ファイバ138の遠位先端と光学要素152の近位面との間のギャップ距離、光ファイバ138の開口数、及び/または撮像ビームの光の波長によって決定され得る。例えば、幾つかの事例において、光学要素152の焦点力及び/またはギャップ距離は、使用中にターゲット生物学的組織からのプローブ130の遠位端の距離におそらくは対応する焦点深度を持つように選択される。網膜撮像用のプローブ130の幾つかの実施態様において、撮像ビームの焦点は、プローブ130の遠位端を超えて1mmと20mmとの間、5mmと10mmとの間、7mmと8mmとの間、または約7.5mmであり得る。

【0034】

以下の議論は、全体的に図2及び5を参照する。図2は、本開示の一態様による撮像プローブ190の側断面図の定型化された図である。図5は、本開示の一態様による図2の撮像プローブのカニューレの側断面図の定型化された図である。

【0035】

図示するように、光ファイバ138は、ハンドル146及びカニューレ150を通過してプローブ190の長さに沿って延在する。光ファイバ138は片持ち式であり得る。すなわち、光ファイバ138の近位部分はプローブ190の近位部分に固定される可能性があり、光ファイバ138の遠位部分218は、ハンドル146及びカニューレ150に対して可動である。示す実施形態において、アクチュエータシステム192の少なくとも一部分はカニューレ150内に位置決めされる。アクチュエータシステム192は、光ファイバ138の遠位端180が、カニューレ150及びカニューレ150にしっかり留められ

10

20

30

40

50

る光学要素 152 に対して動くような動きを光ファイバ 138 に与えるように構成される。より具体的には、光ファイバ 138 の遠位端 180 は、光学要素 152 に対して動いて、ターゲット生物学的組織に関して所望のパターンにわたって撮像ビームを走査し得る。

【0036】

光学要素 152 は、光ファイバ 138 から受取られる撮像ビームをターゲット生物学的組織上に集束させるように構成される。その点に関して、光学要素 152 は近位面 182 及び遠位面 184 を含む。撮像ビームは、近位面 182 を通って光学要素 152 に入り、遠位面 184 を通って光学要素 152 を去る。図示するように、光学要素 152 の近位面 182 は、カニューレ 150 の長手方向軸に関して斜角で延在する。近位面 182 を斜角で配向させることによって、撮像ビームが光学要素 152 に入ることに起因する反射の量が低減され得る。他の実施形態において、近位面 182 は、カニューレ 150 の長手方向軸に垂直に延在する。

10

【0037】

光ファイバ 138 の遠位端 180 は、光学要素 152 の近位面 182 から離間し得る。その点に関して、光ファイバ 138 の遠位端 180 と光学要素 152 の近位面 182 との間の間隔は、所望の光学性能（例えば、焦点距離、焦点サイズ等）を達成するように選択され得る。光ファイバ 138 の遠位端 180 と光学要素 152 の近位面 182 との間の間隔は、同様に、光学要素 152 に物理的に接触することなく、カニューレ 150 内で光ファイバ 138 の所望の範囲の動きを可能にするように選択され得る。光学要素 152 は、光ファイバ 138 の遠位端 180 に機械的に結合され得るため、光学要素 152 は、光ファイバ 138 の遠位端 180 と共に動く。

20

【0038】

アクチュエータシステム 192 は、光ファイバ 138 の遠位端 180 が、光学要素 152 に対して動いて、ターゲット生物学的組織に関して所望のパターンにわたって撮像ビームを走査し得るような動きを光ファイバ 138 に与えるように構成される。アクチュエータシステム 192 は、少なくとも一つの電極（例えば、一つ、二つ、三つ、四つ、またはそれより多い数の電極）を含み得る。より具体的には、アクチュエータシステム 192 は、電極に電圧を印加し電極を帯電させることによって光ファイバ 138 と電極との間の静電力を生成するように構成される。電極を選択的に帯電させることによって、光ファイバ 138 は、走査プロセス中に光学要素 152 に対して振動し得る。

30

【0039】

幾つかの実施形態において、プローブ 190（例えば、遠位端 180）内の光ファイバ 138 の全てまたは或る部分は、光学要素 152 の近位面 182 を横切って、例えば、100 μm と 500 μm との間、50 μm と 500 μm との間、100 μm と 400 μm との間、または 100 μm と 300 μm との間の距離だけ動く。結果得られる光学走査は、カニューレ 150 の遠位端から例えば 1 mm と 20 mm との間の距離（例えば、上述した撮像ビームの焦点）のターゲット生物学的組織に投影される。ターゲット生物学的組織における撮像ビームの直線範囲は、1 mm と 10 mm との間、1 mm と 8 mm との間、または 1 mm と 5 mm との間であり得る。例えば、ターゲット生物学的組織における撮像ビームの直線範囲と比較して、光学要素 152 の近位面 182 を横切ってファイバが動く距離の約 50 倍と約 1000 倍との間の倍率が存在し得る。

40

【0040】

アクチュエータシステム 192 の一つまたは複数の電極は、一つまたは複数の金属等の導電材料で作られ得るまたはそれを含み得る。電極は、導電性でないが、導電層で覆われる材料で作られ得る。導電層は、電気めっき、無電解めっき、溶射、ホットディッピング、化学気相堆積、イオン気相堆積等のような化学的プロセス；適した接着剤（例えば、粘着剤、エポキシ等）；機械的接続、及び/またはその組合せを使用して、導電性でない材料に結合され得る。電極の形状は、平面、湾曲、またはその或る組合せであり得る。

【0041】

光ファイバ 138 の少なくとも一部分（例えば、プローブ 190 の内部の光ファイバ 1

50

38の全体または光ファイバ138の遠位部分218)の外側は、導電層を含み得る。光ファイバが導電層を含むものとして述べられるとき、導電層が、光ファイバに塗布されるかつ/またはその他の方法で結合される、コーティング、スリーブ等のような、光ファイバ自体と別個であるコンポーネントであり得ることが理解される。導電層は、電気めっき、無電解めっき、溶射、ホットディッピング、化学気相堆積、イオン気相堆積等のような化学的プロセス; 適した粘着剤(例えば、接着剤、エポキシ等); 機械的接続、及び/またはその組合せを使用して光ファイバ138に結合され得る。導電コーティングは、金、アルミニウム等を含み得る。

【0042】

アクチュエータシステム192及び/または光ファイバ138の1つまたは複数の電極は、1つ又は複数の導体を介してコントローラ(例えば、図1のコントローラ126)と電氣的連通状態にある。コントローラは、電極及び/または光ファイバ138の導電コーティングに電圧を印加するかつ/または電圧を印加させるように構成され得る。電圧は極性(例えば、正電圧または負電圧)を有し得る。電圧が印加されると、電極及び/または光ファイバ138の導電コーティングは、或る極性を有する電荷(例えば、正電荷または負電荷)を獲得し得る。例えば、正電圧が電極に印加されると、電極は正電荷を獲得する。例えば、負電圧が電極に印加されると、電極は負電荷を獲得する。電極及び/または光ファイバ138に印加される電圧の大きさは、同じであり得るまたは異なり得る(一方に印加される電圧は他方に印加される電圧より大きいかまたは小さい可能性がある)。電圧が電極及び/または光ファイバ138に印加されると、それぞれは、静電帯電され、それ

【0043】

静電力またはクーロン力が帯電コンポーネント間に生じ得る。誘引静電力は、逆に帯電したコンポーネント(例えば、正に帯電した電極及び負に帯電した電極)間に生じる。反発静電力は、同じように帯電したコンポーネント(例えば、正に帯電した電極及び正に帯電した光ファイバ)間に生じる。ストローク距離または光ファイバ138の遠位端180が周波数サイクル中に(例えば、カニユーレ直径からファイバ直径を差し引いた内部で)動く距離が比較的小さいため、クーロンの法則は、アクチュエータシステム192及び/または光ファイバ138の1つまたは複数の電極に関連する電界が、静電力と同じように比較的強いことを可能にする。

【0044】

光ファイバ138の遠位端180の動きは、誘引及び/または反発静電力が、プローブ190のこれらの要素の1つまたは複数の間で生成されるように、異なる極性で電極及び/または光ファイバ138を選択的に帯電させることによってもたらされ得る。すなわち、電圧が印加され得る、かつ/または、電荷が電極及び/または光ファイバ138の1つまたは複数によって獲得される。結果得られる静電力に基づいて、光ファイバ138は、方向210または208に、(反発静電力によって)押され得る、(誘引静電力によって)引っ張られ得る、または両方を行われ得る。これは、矢印204または206で示す方向への光ファイバ138の遠位端180の動きをもたらす。

【0045】

幾つかの実施形態において、アクチュエータシステム192は1つの電極を含む。例えば、電極は光ファイバの上に位置決めされ得る。光ファイバは、電極及び/または光ファイバを選択的に帯電させ放電させることによって走査プロセス中に振動し得る。周波数サイクルの第1の半分の間、電極及び光ファイバが帯電される可能性があり、それにより、誘引静電力が生成され、光ファイバが電極に向かって動く。周波数サイクルの第2の半分の間、電極及び/または光ファイバが放電される可能性があり、それにより、光ファイバが、例えば、光ファイバの重量、周波数サイクルの第1の半分の間、光ファイバ内に

生成される弾性回復力、及び/または1つまたは複数の回復要素によって、電極に対向する方向に動く。周波数サイクルの第2の半分の間の動きの方向は、第1の半分の間の動きの方向と逆であり得る。こうして、光ファイバ138は、走査プロセス中に光学要素152に対して振動し得る。

【0046】

幾つかの実施形態において、アクチュエータシステム192は1つの電極を含む。周波数サイクルの第1の半分の間に、光ファイバ138及び電極が、誘引及び反発静電力が生成されるように帯電され得る。静電力は、光ファイバ138の動き、特に、光学要素152に対する遠位端180の動きをもたらし得る。周波数サイクルの第2の半分の間に、光ファイバ138及び電極が、(周波数サイクルの第1の半分と比較して)逆の静電力が生成されるように帯電され得る。静電力は、光ファイバ138の動き、特に、光学要素152に対する遠位端180の動きをもたらし得る。周波数サイクルの第2の半分の間の動きの方向は、第1の半分の間の動きの方向と逆であり得る。こうして、光ファイバ138は、走査プロセス中に光学要素152に対して振動し得る。

10

【0047】

幾つかの実施形態において、光ファイバ138は、走査プロセス中に帯電されない。むしろ、アクチュエータシステム192の少なくとも1つの電極が帯電される。そのため、幾つかの実施形態において、光ファイバ138は導電層を含まない。光ファイバ138は、帯電されることなく走査プロセス中に振動し得る。例えば、光ファイバ138はガラスファイバであり得る。ガラスは、帯電列において示すように正電荷を取得する可能性がある。例えば、周波数サイクルの第1の半分の間に、電極が負電荷を獲得するように、負電圧が電極に選択的に印加され得る。光ファイバ138における帯電誘起式電荷分離のせいで、光ファイバ138は、光ファイバ138と電極との間に誘引静電力を生成する正電荷を獲得する。例えば、周波数サイクルの第2の半分の間に、正電圧が、電極に選択的に印加されて、光ファイバ138と少なくとも1つの電極との間に反発静電力を生成し得る。周波数サイクルの第2の半分の間の動きの方向は、第1の半分の間の動きの方向と逆であり得る。こうして、光ファイバ138は、走査プロセス中に光学要素152に対して振動し得る。

20

【0048】

幾つかの実施形態において、アクチュエータシステム192は2つの電極を含むが、1つの電極だけが、走査プロセス中の所与の時間に帯電される。光ファイバ138及び電極のうちの一方の電極は、周波数サイクルの第1及び/または第2の半分の間に帯電される。周波数サイクルの第1の半分の間に、光ファイバ138及び一方の電極は、誘引または反発静電力を生成するように帯電され得る。静電力は、光ファイバ138の動き、特に、光学要素152に対する遠位端180の動きをもたらし得る。周波数サイクルの第2の半分の間に、光ファイバ138及び電極の他方の電極は、誘引または反発静電力を生成するように帯電され得る。静電力は、光ファイバ138の動き、特に、光学要素152に対する遠位端180の動きをもたらし得る。周波数サイクルの第2の半分の間の動きの方向は、第1の半分の間の動きの方向と逆であり得る。こうして、光ファイバ138は、走査プロセス中に光学要素152に対して振動し得る。

30

40

【0049】

幾つかの実施形態において、アクチュエータシステム192は2つの電極を含み、両方の電極は、走査プロセス中の所与の時間に帯電される。光ファイバ138及び両方の電極は、周波数サイクルの第1及び/または第2の半分の間に帯電される。周波数サイクルの第1の半分の間に、光ファイバ138及び一方の電極は、第1の極性の電荷を獲得する可能性があり、一方、他方の電極は第2の極性の電荷を獲得する。そのため、誘引静電力が、光ファイバ138と逆に帯電した電極との間に生成され、反発静電力が、光ファイバ138と同様に帯電した電極との間に生成される。静電力は、光ファイバ138の動きをもたらし得る。周波数サイクルの第2の半分の間に、電極の極性が切換えられる可能性があり、一方、光ファイバ138の極性が同じに維持される、かつ/または、光ファイバ138の

50

極性が切換えられる可能性があり、一方、電極の極性が同じに維持される。そのため、周波数サイクルの第1の半分と比較して逆方向である静電力が生成される。静電力は、光ファイバ138の動きをもたらす。周波数サイクルの第2の半分の間の動きの方向は、第1の半分の間の動きの方向と逆であり得る。こうして、光ファイバ138は、走査プロセス中に光学要素152に対して振動し得る。

【0050】

図2及び5の示す実施形態において、2つの電極194及び196が設けられる。すなわち、アクチュエータシステム192は、第1の電極及び第2の電極を含み得る。電極194及び196の形状はカニューレ150の形状に追従し得る。すなわち、電極194及び/または196は、カニューレ150の内部周囲の少なくとも一部分の周りに湾曲方式で延在し得る。電極194及び/または196は、光ファイバ138の周りに対称に配設され得る。例えば、電極194及び196は、180°離間して配設され得る。アクチュエータシステム192の隣接する電極を分離する角度は、0°と360°との間、30°と330°との間、45°と315°との間、60°と300°との間、90°と270°との間、120°と240°との間、135°と225°との間、150°と210°との間、及び175°と195°との間であり得る。幾つかの実施形態において、隣接する電極は、90°、120°、または180°だけ分離される。

【0051】

電極194及び196は、カニューレ150に沿って長手方向に延在し得る。カニューレ150は、長手方向範囲または長さ214を有し得る。電極194及び/または196は、長手方向範囲または長さ216を有し得る。電極194及び196は、カニューレの長さの、少なくとも、4分の1(1/4)、3分の1(1/3)、2分の1(1/2)、4分の3(3/4)、またはそれより大きな値に沿って延在し得る。すなわち、電極194及び/または196の長さ216とカニューレ150の長さ214の比は、少なくとも、4分の1(1/4)、3分の1(1/3)、2分の1(1/2)、4分の3(3/4)、またはそれより大きな値であり得る。他の実施形態において、長さ216と長さ214の比は、これらの量より大きいまたは小さい。電極194及び/または196が長い距離にわたってカニューレ150に沿って延在するとき、より大きくかつより均等に分布する静電力を生成するためのより大きなエリアが電極194及び196と光ファイバ138との間に存在する。幾つかの実施形態において、電極194及び196は、長手方向に同じ距離だけ延在し得る。他の実施形態において、電極194及び196の一方は、他方より長い可能性がある。種々の実施形態において、電極194及び196は、ハンドル146内に、カニューレ150内に、及び/またはその組合せの中に、全体的にまたは部分的に設けられ得る。電極194及び196は、適した粘着剤(例えば、接着剤、エポキシ等);機械的接続;及び/またはその組合せを使用してプローブ190(たとえな、ハンドル146、カニューレ150等)にしっかり留められ得る。

【0052】

光ファイバ138は、光ファイバ138の遠位端180が電極194及び196の遠位端を超えて遠位に延在するようにハンドル146内で留められ得る。こうして、光ファイバ138の遠位端180は、電極194及び196から片持ちされる。結果として、光ファイバ138の遠位端180の動きプロファイルは、電極194及び196に近接するかつ/または電極194及び196と長手方向に同一の広がりを持つ光ファイバ138の部分の動きプロファイルに対して増幅される。換言すれば、光ファイバ138の遠位端180の動きは、光ファイバ138及び/または電極194及び196が帯電されるときに動く光ファイバ138の近接部分/同一の広がりを持つ部分の対応する動きより大きい。例えば、光ファイバ138の近接部分/同一の広がりを持つ部分が、矢印210で示すように電極194に向かって動くとき(電極194に誘引されるかつ/または電極196によって跳ね返されるとき)、光ファイバ138の遠位端180は、同じ方向により長い距離だけ矢印204に示すように動くことになる。同様に、光ファイバ138の近接部分/同一の広がりを持つ部分が、矢印208で示すように電極196に向かって動くとき(電極

10

20

30

40

50

196に誘引されるかつ/または電極194によって跳ね返されるとき)、光ファイバ138の遠位端180は、同じ方向により長い距離だけ矢印206に示すように動くことになる。光ファイバ138の遠位端180の動きと光ファイバ138の近接部分/同一の広がりを持つ部分の動きの比は、 $1.01:1.0$ と $1.00:1.0$ との間、 $1.1:1.0$ と $5.0:1.0$ との間、または $1.5:1.0$ と $2.0:1.0$ との間であり得る。

【0053】

電極194、電極196、及び/または光ファイバ138は、導体198、200および202を介してそれぞれコントローラ(例えば、図1のコントローラ126)と電氣的連通状態にあり得る。アクチュエータシステム192の周波数サイクル中に、1つまたは複数の電極及び/または光ファイバ138に電荷を選択的に獲得させることは、1つまたは複数の電極と光ファイバ138との間に静電力を生成し得る。

10

【0054】

アクチュエータシステム192は、光ファイバ138(例えば、遠位部分218、遠位端180等)を、中性位置から1つまたは複数の起動位置まで動かすように構成される。光ファイバ138の遠位部分218は、電極194及び/または196が光ファイバ138の遠位端180に対して始まるプローブ190のポイントから長手方向に延在する光ファイバ138のセグメントを画定し得る。種々の実施形態において、電極194及び/または196の長さ216は、光ファイバ138の遠位部分218の長さより長い、短い、またはそれに等しい。幾つかの実施形態において、遠位部分218の長さ220は、電極の長さ216より長く、それにより、遠位端180は、カニューレ150内で電極194及び/または196の遠位端より遠位に位置決めされる。

20

【0055】

作動される遠位部分218は、光ファイバ138の自由な長さとして述べられ得る。自由な長さ(例えば、遠位部分218の自由な長さ220)は、作動されるのに十分な長さが存在するかどうか、静電力の強度、光学要素152の直径等に基づいて様々に選択され得る。例えば、遠位部分218は、光ファイバ138の分子力であって、光ファイバ138の構造的完全性及び直線/平面配置を維持する、分子力を克服し得るのに十分に長くなるように選択される。すなわち、静電力は、光ファイバ138の十分な長さにわたって作用し得る、かつ/または、方向208及び/または210に光ファイバ138を屈曲させるのに十分な曲げモーメントをもたらし得る。幾つかの実施形態において、作動される遠位部分218の長さ220は、光ファイバ138の遠位端180から、1mmと15mmとの間、3mmと12mmとの間、5mmと10mmとの間等の値を含み得る。

30

【0056】

中性位置において、光ファイバ138は、カニューレ140の管腔内の任意の場所に位置決めされ得る。例えば、プローブ190内の光ファイバ138の全てまたは或る部分は、(例えば図2に示すように)カニューレ150の長手方向軸と同軸であり得る、(例えば図3及び4に示すように)カニューレ150の一方の壁に近接する及び/またはそれに接触し得る、電極に近接する及び/またはそれに接触し得る等である。1つまたは複数の起動位置において、光ファイバ138は、光ファイバ138と電極との間の静電力の結果として、電極の近くにあるかまたは電極から更に離れている可能性がある。例えば、誘引静電力が電極194と光ファイバ138との間に存在するとき、光ファイバ138の遠位部分218は方向210に動き得る。光ファイバ138の遠位端180は、相応して方向204に動き得る。(幾つかの実施形態において、遠位端180は、以下で述べるように、方向206に動き得る。)

40

【0057】

光ファイバ138の動きが、プローブ190、ハンドル146、カニューレ150、及び/または光学要素152に対する光ファイバ138の遠位部分218の一部の変位を含むことが理解される。例えば、図6に示すように、光ファイバ138と電極194との間の誘引静電力は、遠位部分218の一部を電極194に向かって屈曲させ得る。遠位部分

50

218の一部が電極194に向かって屈曲するため、遠位部分218は、カニューレ150及び/または光学要素152に対して変位し、それにより、遠位部分218は電極194に向かう方向210に動き、遠位端180は方向204に動いた。種々の実施形態において、電極194及び/または196に向かって屈曲する遠位部分218の一部は、遠位部分218の長さ220の、0%と50%との間、10%と40%との間、及び20%と30%との間であり得る。種々の実施形態において、動く遠位部分218の一部は、遠位部分218の長さ220の、50%と100%との間、60%と90%との間、及び70%と80%との間であり得る。屈曲する遠位部分218の一部は、動く遠位部分218の一部より近位にあり得る。

【0058】

10

光ファイバ138が、その間に光学要素152に対して振動する走査プロセスは、複数の周波数サイクルを含み得る。例えば、周波数サイクルの第1の半分の間、例えば、正電圧が、光ファイバ138が(図6に示すように)正電荷を獲得するように光ファイバ138に印加され得る。負電圧が、電極194が負電荷を獲得するように電極194に印加され得る。電極194と光ファイバ138との間の誘引静電力は、光ファイバ138が方向210に(例えば、電極194に向かって)動くようにさせ得る。相応して、幾つかの実施形態において、遠位端180は、(例えば、図3に示すように)方向204に動き得る。

【0059】

複数の電極が同時に帯電される実施形態において、周波数サイクルの第1の半分の間、正電圧が、電極196が(図6に示すように)正電荷を獲得するように電極196に印加され得る。電極196と光ファイバ138(正に帯電され得る)との間の反発静電力は、光ファイバ138が方向210に(例えば、電極194に向かって)動くようにさせ得る。相応して、幾つかの実施形態において、遠位端180は、(例えば、図3に示すように)方向204に動き得る。

20

【0060】

例えば、周波数サイクルの第2の半分の間、負電圧が、電極196が負電荷を獲得するように電極196に印加され得る。電極196と光ファイバ138(正に帯電され得る)との間の誘引静電力は、光ファイバ138が方向208に(例えば、電極196に向かって)動くようにさせ得る。相応して、幾つかの実施形態において、遠位端180は、(例えば、図4に示すように)方向206に動き得る。

30

【0061】

複数の電極が同時に帯電される実施形態において、周波数サイクルの第2の半分の間、正電圧が、電極194が正電荷を獲得するように電極194に印加され得る。電極194と光ファイバ138(正に帯電され得る)との間の反発静電力は、光ファイバ138が方向208に(例えば、電極196に向かって)動くようにさせ得る。相応して、幾つかの実施形態において、遠位端180は、(例えば、図4に示すように)方向206に動き得る。

【0062】

上記議論は、光ファイバ138の電荷を維持し、電極194及び196の電荷を切り替えることによる光ファイバ138の振動を述べた。他の実施形態において、電極194及び196の電荷が維持され、光ファイバ138の電荷が切り換えられ得る。幾つかの実施形態において、電極194及び196の電荷は、走査プロセス中、常に逆である。

40

【0063】

本明細書の議論における、光ファイバ138、電極194、及び/または電極196に印加される電圧及び/または光ファイバ138、電極194、及び/または電極196によって獲得される電荷は例示に過ぎない。負電圧が光ファイバ138、電極194、及び/または電極196に選択的に印加され、負電荷が光ファイバ138、電極194、及び/または電極196によって獲得されることが理解される。同様に、正電圧が光ファイバ138、電極194、及び/または電極196に選択的に印加され、正電荷が光ファイ

50

バ138、電極194、及び/または電極196によって獲得され得る。光ファイバ138、電極194、及び/または電極196によって獲得される正電荷及び負電荷の種々の組合せ(及び誘引及び/または反発静電力の後続の生成)は、例えば、撮像システム120(図1)のコントローラ126によって制御され得る。

【0064】

幾つかの実施形態において、光ファイバ138の遠位部分218は、振動中、直線プロファイルを維持する。例えば、光ファイバ138の遠位部分218は方向210に動き、遠位端180は同じ方向、例えば方向204に動き得る。他の実施形態において、本明細書で述べるように、光ファイバ138の遠位部分218は、振動中に少なくとも部分的に弧状に形作られる。例えば、光ファイバ138の遠位部分218が方向210に動くとき、遠位端180は、逆方向、例えば方向206に動き得る。こうした動きは、例えば、異なる極性で帯電される、電極194と光ファイバ138との間の誘引静電力のせいで光ファイバ138の遠位部分218が方向210に屈曲または偏向するとき起こり得る。遠位端180は、遠位部分218の屈曲または偏向に応答して、光ファイバ138が少なくとも部分的に弧状に形作られるように方向206に動き得る。反発静電力が電極194と光ファイバ138との間に生成されるとき、光ファイバ138は、その中性位置に向かって戻り得る。光ファイバ138の遠位部分218が方向208に動き、光ファイバ138の遠位端180が方向204に動き得る。電極194と光ファイバ138との間に生成される反発静電力及び/または電極196と光ファイバ138との間に生成される誘引静電力のせいで、光ファイバ138は、その中性位置を通過させられ得る。これが起こると、遠位部分218は方向208に屈曲または偏向し、遠位端180は、光ファイバ138が少なくとも部分的に弧状に形作られるように方向204に動き得る。幾つかの実施形態において、走査プロセス中、光ファイバ138が振動するとき、光ファイバ138の遠位部分218は、互いの鏡像である少なくとも部分的に弧状の形状の間で周期的に切換る。

【0065】

電極194、電極196、及び/または光ファイバ138の1つまたは複数、誘引及び/または反発静電力をもたらす電荷を選択的に獲得すると、光ファイバ138は、図3及び4に示すように振動し、撮像ビームが、網膜等のターゲット生物学的組織を横切って走査され得る。幾つかの実施形態において、アクチュエータシステム178は、約1Hzと100Hzとの間、約1Hzと50Hzとの間、約1Hzと30Hzとの間、約5Hzと20Hzとの間、約10Hzと15Hzとの間、約1Hzと15Hzとの間等の周波数範囲内で光ファイバ138の遠位端180を振動させるように構成されるが、他の周波数範囲(大きくても小さくても)が企図される。幾つかの実施形態において、電極194、電極196、及び/または光ファイバ138は、周波数サイクルの2分の1の間、電荷を全く持たず、周波数サイクルの2分の1の間、帯電され得る。他の実施形態において、電極194、電極196、及び/または光ファイバ138は、周波数サイクルの2分の1の間、一方の極性を有する電荷を、周波数サイクルの2分の1の間、逆の極性を有する電荷を有し得る。電極194、電極196、及び/または光ファイバ138が、その間、帯電されない、一方の極性で帯電される、かつ/または逆の極性で帯電される継続期間は、周波数サイクルの2分の1より大きいまたは小さい可能性がある。

【0066】

図3及び4に示す光ファイバ138の遠位端180の位置は、同様にアクチュエータシステム192用の中性位置であり得る。その点に関して、光ファイバ138の遠位端180は、図3または図4の位置で始まり、その後、電極194、電極196、及び/または光ファイバ138が帯電され、静電力が光ファイバ138を方向208または210に付勢すると、図4または図3の位置にそれぞれ動き得る。電極194、電極196、及び/または光ファイバ138が逆に帯電されると、光ファイバ138は逆の方向210または208に向かって動く。

【0067】

10

20

30

40

50

幾つかの実施形態において、アクチュエータシステム 192 は、回復要素（例えば、コイルばね、板ばね等）を含んで、静電力が方向 208 及び/または 210 への光ファイバ 138 の動きをもたらした後に、開始時の中性位置に向かって光ファイバ 138 を戻すことを容易にし得る。回復要素（複数可）は機械式及び/または電磁式であり得る。

【0068】

光ファイバ 138 の少なくとも一部分は、同じ光ファイバの他の部分及び/または従来の光ファイバと比較して減少した直径を有し得る。例えば、光ファイバ 138 の遠位部分 218 は減少した直径を有し得る。遠位部分 218 は、静電的に作動される光ファイバ 138 の範囲を含み得る。減少した直径は、同じ光ファイバの他の部分及び/または従来の光ファイバの直径の、1%と99%との間、5%と95%との間、10%と90%との間、20%と80%との間、30%と70%との間、40%と60%との間等の値であり得る。例えば、減少した直径は、2 μm ~ 125 μm 、5 μm ~ 120 μm 等の範囲にあり得る。より小さな直径はより小さな断面積をもたらす。より小さな断面積を有する光ファイバは、（例えば、光ファイバ 138 の遠位部分が静電力によって作用されるとき）光ファイバを屈曲させるためにより小さな曲げモーメントを必要とし得る。幾つかの実施形態において、光ファイバ 138 の少なくとも一部分は、（例えば、押し出しプロセス、エッチング等によって）テーパが付けられ得る。例えば、減少した直径を有する光ファイバ 138 の部分は、テーパが付けられていてもよい。ファイバのテーパ付け中に、光ファイバの幾何形状は比例的にスケールし得る。例えば、5 μm 直径のコアを有する 125 μm 直径のファイバは、半分だけテーパ付けされ、その結果、2.5 μm 直径のコアを有する 62.5 μm 直径のファイバになる。幾つかの実施形態において、光ファイバ 138 の直径は、全直径が減少するが、コア直径が同じままであるように遠位部分 218 をエッチングすることによって減少される。例えば、5 μm 直径のコアを有する 125 μm 直径のファイバは、全直径が 62.5 μm まで減少するが、コア直径が 5 μm のままであるようにエッチングされ得る。

【0069】

プローブ 190 は、光ファイバ 138 に隣接して位置決めされる補剛部材 212 を含む得る。補剛部材 212 は、光ファイバ 138 より剛性がある材料で形成される可能性があり、それにより、光ファイバ 138 は、補剛部材 212 の遠位端の遠位の一部分においてだけ（例えば、自分自身の重量の結果として）曲げモーメントを受ける。補剛部材 212 は、光ファイバ 138 の内部において（プローブ 190 内に補剛部材 212 が全く設けられないときと対照的に）光ファイバ 138 のより大きな部分に剛性を付加するように構成される可能性があり、それにより、光ファイバ 138 は、カニューレ 150 の長手方向軸と同軸の中性位置に維持される。

【0070】

補剛部材 212 がプローブ 190 内に含まれるとき、補剛部材 212 は、プローブ 190 及び光ファイバ 138 の少なくとも一部分に沿って長手方向に延在し得る。補剛部材 212 は、カニューレ 150 またはハウジング 146 内に完全に配設され得る、または、補剛部材 212 の所定の部分が、カニューレ 150 とハウジング 146 の両方の中に部分的に配設され得る。幾つかの実施形態において、補剛部材 212 は、光ファイバ 138 の周りに環状に配設される補剛管として述べられ得る。例えば、補剛部材 212 は、光ファイバ 138 の円周の全体の周りに延在し得る。他の実施形態において、補剛部材 212 は、光ファイバ 138 の一部分に隣接して配設される補剛板として述べられ得る。こうした補剛部材は、直線的、湾曲的、またはその或る組合せであり得る。補剛部材 212 は、適した接着剤（例えば、粘着剤、エポキシ等）、機械的接続、及び/またはその組合せを使用して、光ファイバ 138 に留められ得る。同様に、補剛部材 212 は、適した接着剤（例えば、粘着剤、エポキシ等）、機械的接続、及び/またはその組合せを使用して、ハンドル 146 に留められ得る。

【0071】

補剛部材 212 がハンドル 146 内に設けられるとき、補剛部材 212 は、偏倚方向に

10

20

30

40

50

屈曲されて、(例えば、光ファイバ138がカニューレ150の長手方向軸と同軸であるときに中性位置に向かう)光ファイバ138についてのコンプライアント回復力を提供し得る。例えば、補剛部材212は、光ファイバ138が中性位置に向かって(例えば、光ファイバ138と電極194との間の誘引静電力によって光ファイバ138が付勢される方向210と逆の方向に)偏倚されるように、矢印208で示す方向に屈曲する可能性がある。補剛部材212は、光ファイバ138を中性位置に戻すように構成される1つまたは複数の回復要素に加えてまたはその代わりに屈曲し得る。

【0072】

以下の議論は、全体的に図7、8、及び9を参照する。図7は、本開示の一態様による図5の断面ライン8-8に沿う撮像プローブの後方断面図の定型化された図である。図8及び9は、図7の撮像プローブと同様の撮像プローブの後方断面図の定型化された図であるが、本開示の一態様による複数の電極を示す。

10

【0073】

図7の示す実施形態は、カニューレ150内に2つの電極232及び242を含む。電極232及び242は、カニューレ150の等分割された2つの半分内で及び/または180°離れて、互いに対向して、光ファイバ222の周りに対称に配設されて、光ファイバ222の周りに環状に位置決めされるか配設され得る。図8の示す実施形態は、カニューレ150内に3つの電極264、274、及び284を含む。電極264、274、及び284は、カニューレ150の等分割された3分の1の部分内で及び/または120°離れて、光ファイバ252の周りに環状に位置決めされるか配設され得る。図9の示す実施形態は、4つの電極302、312、322、及び332を含む。電極302、312、322、及び332は、カニューレ150の等分割された4分の1の部分内で及び/または90°離れて、少なくとも1つの他の電極に対向して、光ファイバ292の周りに対称に配設されて、光ファイバ292の周りに環状に位置決めされるか配設され得る。

20

【0074】

図7、8、及び9の電極の配向及び/または位置決めが、異なる実施形態において変わり得ることが理解される。例えば、電極232及び242は、光ファイバ222の周りに90°回転する可能性があり、それにより、電極232及び242は、(カニューレ150が図7に示す斜視図から観察されるときにカニューレ150の上部及び下部に位置決めされるのと対照的に)カニューレ150の左及び右に位置決めされる。例えば、電極262、272、及び282のうち2つの電極は、互いに接近して、また、(図8に示すように等分割された3分の1の部分内に位置決めされるのと対照的に)第3の電極から遠く離れて位置決めされ得る。

30

【0075】

例えば、図7に示す2つの電極を有するアクチュエータシステムの文脈で論じる動きプロファイルは、全体的に、カニューレ内での光ファイバ138の直線変位に的を絞っており、その直線変位が利用されて、ターゲット生物学的組織を横切る撮像ビームの対応する直線走査を生成し得る。他の実施形態(例えば、図8及び9に示す)において、アクチュエータシステムは、3つ、4つ、またはそれより多い数の電極を含み、それらの電極は、光ファイバと共に選択的に起動されて、2次元走査パターンにわたって光ファイバ及び撮像ビームを走査し得る。2次元走査パターンは、螺旋、ラスタ、一定半径アスタリスクパターン、複数半径アスタリスクパターン、及び多数折畳み経路、他の2次元走査パターン、他のパターン、及び/またはその組合せを含み得る。

40

【0076】

例えば、一定半径アスタリスク走査パターンは、図9の示す実施形態を使用して達成され得る。コントローラ、例えば、撮像システム120(図1)のコントローラ126は、以下のステップを実行し得る、または、以下のステップを実行させ得る。電極262及び光ファイバ252は、逆極性で帯電される可能性があり、それにより、誘引静電力が生成され、光ファイバ252が電極262に向かって動かされる。同じ大きさでかつ同じ極性の電圧が電極272及び282に印加される可能性があり、それにより、それらの電極は

50

電極 2 6 2 と同じに帯電され、一方、電極 2 6 2 は帯電したままである。光ファイバ 2 5 2 は、電極 2 6 2、2 7 2、及び 2 8 2 の方向に等しい誘引静電力を受け、光ファイバ 2 5 2 が（例えば、カニューレ 1 5 0 の長手方向軸と同軸の）中性位置に動かされる。こうして、アスタリスクの第 1 のアームが（例えば、電極 2 5 2 の方向に）走査される。

【 0 0 7 7 】

アスタリスクの次のアームを（例えば、電極 2 7 2 の方向に）走査するため、光ファイバ 2 5 2 に印加される電圧と同じ極性を有する電圧が電極 2 6 2 及び 2 8 2 に印加される可能性があり、それにより、電極 2 6 2 及び 2 8 2 は、光ファイバ 2 5 2 と同じ極性の電荷を獲得し、反発静電力が、光ファイバ 2 5 2 と電極 2 6 2 及び 2 8 2 との間に生成される。光ファイバ 2 5 2 の電荷は（アスタリスクの第 1 のアームの走査中の光ファイバ 2 5 2 の電荷と対照的に）維持される。電極 2 7 2 の電荷は、同様に、誘引静電力が光ファイバ 2 5 2 と電極 2 7 2 との間に存在し続けるように（3 つ全ての電極が等しく帯電されたときの電極 2 7 2 の電荷と対照的に）維持される。光ファイバ 2 5 2 と電極 2 7 2 との間の誘引静電力、及び、光ファイバ 2 5 2 と電極 2 6 2 及び 2 8 2 との間の反発静電力のせいで、光ファイバ 2 5 2 は電極 2 7 2 に向かって動き得る。同じ大きさでかつ同じ極性の電圧が（3 つ全ての電極が等しく帯電されたときの電極 2 7 2 に印加される電圧と対照的に）電極 2 6 2 及び 2 8 2 に印加される可能性があり、それにより、それらの電極は電極 2 7 2 と同じに帯電され、一方、電極 2 7 2 の電荷は維持される。光ファイバ 2 5 2 は、電極 2 6 2、2 7 2、及び 2 8 2 の方向に等しい誘引静電力を受け、光ファイバ 2 5 2 が（例えば、カニューレ 1 5 0 の長手方向軸と同軸の）中性位置に動かされる。こうして、アスタリスクの第 2 のアームが（例えば、電極 2 6 2 の方向に）走査される。

【 0 0 7 8 】

アスタリスクの最後のアームを（例えば、電極 2 8 2 の方向に）走査するため、アスタリスクの第 2 のアームを走査することに関して述べたのと同様のプロシージャが繰返され得る。光ファイバ 2 5 2 に印加される電圧と同じ極性を有する電圧が電極 2 6 2 及び 2 7 2 に印加される可能性があり、それにより、電極 2 6 2 及び 2 7 2 は、光ファイバ 2 5 2 と同じ極性の電荷を獲得し、反発静電力が、光ファイバ 2 5 2 と電極 2 6 2 及び 2 7 2 との間に生成される。光ファイバ 2 5 2 の電荷は（アスタリスクの第 1 のアームの走査中の光ファイバ 2 5 2 の電荷と対照的に）維持される。電極 2 8 2 の電荷は、同様に、誘引静電力が光ファイバ 2 5 2 と電極 2 8 2 との間に存在し続けるように（3 つ全ての電極が等しく帯電されたときの電極 2 8 2 の電荷と対照的に）維持される。光ファイバ 2 5 2 と電極 2 8 2 との間の誘引静電力、及び、光ファイバ 2 5 2 と電極 2 6 2 及び 2 7 2 との間の反発静電力のせいで、光ファイバ 2 5 2 は電極 2 8 2 に向かって動き得る。同じ大きさでかつ同じ極性の電圧が（3 つ全ての電極が等しく帯電されたときの電極 2 8 2 に印加される電圧と対照的に）電極 2 6 2 及び 2 7 2 に印加される可能性があり、それにより、それらの電極は電極 2 8 2 と同じに帯電され、一方、電極 2 8 2 の電荷は維持される。光ファイバ 2 5 2 は、電極 2 6 2、2 7 2、及び 2 8 2 の方向に等しい誘引静電力を受け、光ファイバ 2 5 2 が（例えば、カニューレ 1 5 0 の長手方向軸と同軸の）中性位置に動かされる。こうして、アスタリスクの第 3 のアームが（例えば、電極 2 6 2 の方向に）走査される。

【 0 0 7 9 】

上述した 2 次元走査パターンは非制限的な例である。例えば、アスタリスクパターンの 1 つ、2 つ、3 つ、4 つ、5 つ、またはそれより多い数のアームが走査され得る。例えば、図 9 の導電層 2 2 4 及び / または電極 3 0 2、3 1 2、3 2 2、及び 3 3 2 の 1 つまたは複数は、光ファイバ 2 2 2 がラスタ走査を実施するよう動くように選択的に帯電され放電され得る。他の 1 次元及び / または 2 次元走査パターンは、本明細書で述べるデバイス、システム、及び方法によって実装され得る。幾つかの実施形態において、光ファイバ及び / または電極（複数可）は、離散的な極性で帯電され得る。幾つかの実施形態において、様々な程度の誘引及び反発静電力が生成されるように、アナログ範囲の電圧が光ファイバ及び / または電極（複数可）に印加され得る。アナログ電圧を使用することは、光フ

ファイバ及び/または電極（複数可）の間にアナログ範囲の部分的誘引及び/または反発があるため、高分解能方法走査を提供し得る。

【0080】

光ファイバ222は、導電層224を含むように示される。電圧が光ファイバに印加されるものとして本明細書で述べられる、または、光ファイバが電荷を獲得するものとして本明細書で述べられるとき、電圧が導電層に印加され、導電層が電荷を獲得することが理解される。幾つかの実施形態において、光ファイバは導電層を含まない。他の実施形態において、光ファイバ222は、導電層224及び絶縁層226（図10に示す）を含む。導電層224は、光ファイバ222と絶縁層226との間に配設され得るかつ/または位置決めされ得る。

10

【0081】

絶縁層226は、誘電体材料であり得る、または、誘電体材料を含み得る。誘電体材料は、本来絶縁性であり、電荷は誘電体材料を通して流れない。そのため、誘電体材料は、（図7、8、及び9を参照して本明細書で述べるような）もっぱら絶縁コーティングと同じ目的を果たし得る。例えば、誘電体材料は、同様に、1つまたは複数の有利な特徴を有し得る。例えば、誘電体材料は、印加済み電界によって分極され得る。すなわち、電荷は、その平衡位置からシフトし、印加済み電界に基づいて整列され得る。例えば、図10の示す実施形態において、導電層224は、正電荷を獲得し得る。絶縁層226がもっぱら絶縁コーティングであるとき、帯電した導電層224に関連する電界強度は、絶縁層226の厚さを通して減少する。絶縁層226が誘電体材料であるまたは誘電体材料を含むとき、正に帯電した導電層224に近い絶縁層226の部分（内向き部分または光ファイバに向く部分）は、分極し、少なくとも部分的な負電荷を獲得する。正に帯電した導電層224から遠い絶縁層の部分（外向き部分またはカニューレに向く部分）は、同様に、分極し、少なくとも部分的な正電荷を獲得する。絶縁層226の外部表面は、導電層224と同じ極性の電荷を有し得る。そのため、導電層224に関連する電界は、絶縁層226を通して担持され、外部に（例えば、1つまたは複数の電極に向かって）提示される。こうした配置構成は、静電力による光ファイバの振動を容易にし得る。

20

【0082】

同様に、図7、8、及び9の電極に関連する絶縁層の1つ又は複数は、誘電体材料であり得るまたは誘電体材料を含み得る。例えば、内向き絶縁層または光ファイバに向く絶縁層は、誘電体材料であり得るまたは誘電体材料を含み得る。絶縁層の内部表面は、電極と同じ極性の電荷を有し得る。そのため、電極に関連する電界は、絶縁層を通して担持され、内部に（例えば、光ファイバに向かって）提示される。こうした配置構成は、静電力による光ファイバの振動を容易にし得る。

30

【0083】

再び図7、8、及び9を参照すると、外向き（例えば、カニューレ150に向く）表面は、絶縁層を含むように示される。例えば、電極232は絶縁層234（図7）を含み、電極242は絶縁層244（図7）を含み、電極262は絶縁層264（図8）を含み、電極272は絶縁層274（図8）を含み、電極282は絶縁層284（図8）を含み、電極302は絶縁層304（図9）を含み、電極312は絶縁層314（図9）を含み、電極322は絶縁層324（図9）を含み、かつ/または電極332は絶縁層334（図9）を含み得る。電極の外向き表面上の絶縁層は、電極とカニューレ150との間の望ましくない接触を防止し得る。接触は、電圧がカニューレ150に印加されることをもたらし得る。カニューレ150に対する電圧の印加は、光学プローブが患者の眼の中に少なくとも部分的に配設されるときに望ましくない可能性がある。絶縁層は、絶縁コーティングであり得る、または、絶縁コーティングを含み得る。絶縁層は、化学的プロセス；適した接着剤（例えば、粘着剤、エポキシ等）；機械的接続、及び/またはその組合せを使用して、光ファイバ138に結合され得る。絶縁層は、セラミック、ポリエチレン、ポリ塩化ビニル、ポリイミド、ポリマー、パリレン、二酸化シリコン、二酸化チタン、及び/または他の適した絶縁または誘電体材料であり得る、かつ/または、それを含み得る。

40

50

【 0 0 8 4 】

図 7、8、及び 9 は、電極の内向き（例えば、光ファイバ 1 3 8 に向かう）表面及び / または光ファイバの外部表面は絶縁層を含む。例えば、電極 2 3 2 は絶縁層 2 3 6（図 7）を含み、電極 2 4 2 は絶縁層 2 4 6（図 7）を含み、電極 2 6 2 は絶縁層 2 6 6（図 8）を含み、電極 2 7 2 は絶縁層 2 7 6（図 8）を含み、電極 2 8 2 は絶縁層 2 8 6（図 8）を含み、電極 3 0 2 は絶縁層 3 0 6（図 9）を含み、電極 3 1 2 は絶縁層 3 1 6（図 9）を含み、電極 3 2 2 は絶縁層 3 2 6（図 9）を含み、かつ / または電極 3 3 2 は絶縁層 3 3 6（図 9）を含み得る。光ファイバ 2 2 2 の少なくとも一部分（例えば、プローブ 1 9 0 の内部の中の光ファイバ 1 3 8 の全体、光ファイバ 1 3 8 の遠位部分 2 1 8、導電層を含む光ファイバ 1 3 8 の部分）は絶縁層を含み得る。例えば、光ファイバ 2 2 2 は絶縁層 2 2 6 を含み得る。電極の内向き表面上の絶縁層及び / または光ファイバの外部表面は、電極と光ファイバの導電層との間の電氣的連通を防止するように構成される。絶縁層は、光ファイバが 1 つまたは複数の電極に接触するときの望ましくない電氣的放電を防止し得る。電氣的放電は、光ファイバと 1 つまたは複数の電極との間に存在する静電力が消失することをもたらし得る。電氣的放電は同様に、スパークングをもたらし得る。光ファイバと 1 つまたは複数の電極との間の接触は、光ファイバが 1 つまたは複数の電極に向かって静電的に誘引されるため、光ファイバの作動中に起こり得る。例えば、光ファイバの外部表面が、導電電極に接触する導電層を含む場合、電氣的放電が起こり得る。こうした電氣的放電は、光学プローブが患者の眼の中に少なくとも部分的に配設されるときに望ましくない可能性がある。絶縁層は、絶縁コーティングであり得る、または、絶縁コーティングを含み得る。絶縁層は、化学的プロセス；適した接着剤（例えば、粘着剤、エポキシ等）；機械的接続、及び / またはその組合せを使用して、光ファイバ 1 3 8 に結合され得る。絶縁層は、セラミック、ポリエチレン、ポリ塩化ビニル、ポリイミド、ポリマー、パレン、二酸化シリコン、二酸化チタン、及び / または他の適した絶縁または誘電体材料であり得るか / またはそれを含み得る。

【 0 0 8 5 】

電極及び / または光ファイバが絶縁層を含むものとして述べられるとき、絶縁層は、光ファイバに塗布されるか / またはその他の方法で結合される、コーティング、スリーブ等のような光ファイバ自体と別個にコンポーネントであり得ることが理解される。幾つかの実施形態において、電極及び / または光ファイバの絶縁層の 1 つまたは複数は、図 1 0 に関してより詳細に述べた誘電体材料を含み得る。幾つかの実施形態において、電極及び / または光ファイバの内向き絶縁層及び外向き絶縁層は、同じ材料であり得るか / またはそれを含み得る。他の実施形態において、外向き絶縁層及び内向き絶縁層は、異なる材料であり得るか / またはそれを含み得る。例えば、内向き絶縁層は、誘電体材料であり得るか / またはそれを含み得る。一方、外向き絶縁層は、誘電体材料でないまたはそれを含まない。

【 0 0 8 6 】

本明細書で述べる実施形態は、アクチュエータを有する撮像プローブであって、少なくとも 1 つの帯電電極を利用して、静電力によって撮像プローブ内に位置決めされた光ファイバに動きを与える、撮像プローブを提供し得る。先に提供された例は、例示に過ぎず、制限的であることを意図されない。当業者は、本開示の範囲内にあることを意図される、開示される実施形態と矛盾しない他のシステムを容易に考案し得る。したがって、本出願は、添付特許請求の範囲によってだけ制限される。

本明細書に開示される発明は以下の態様を含む。

〔 態 様 1 〕

眼科撮像プローブであって、

ハンドルと、

前記ハンドルに結合したカニューレと、

前記ハンドル及び前記カニューレ内に少なくとも部分的に位置決めされた光ファイバであって、撮像光源から撮像光を受取り、前記撮像光を、前記カニューレの遠位部分内に位

10

20

30

40

50

置決めされた光学要素に誘導するように構成される、光ファイバと、

前記光ファイバに動きを与えるように構成されるアクチュエータシステムとを備え、前記アクチュエータシステムは、前記カニューレ内に位置決めされた電極を含み、前記電極及び前記光ファイバの導電層の少なくとも一方に電荷を選択的に与えることによって前記光ファイバに動きを与えるように構成される、プローブ。

〔態様 2〕

前記電極は、前記カニューレの長手方向範囲の少なくとも 3 分の 1 (1 / 3) に沿って延在する、態様 1 に記載のプローブ。

〔態様 3〕

前記アクチュエータシステムは、前記カニューレ内に位置決めされた第 2 の電極を更に含む、態様 1 に記載のプローブ。

10

〔態様 4〕

前記電極及び前記第 2 の電極は、前記光ファイバの周りに対称に配設される、態様 3 に記載のプローブ。

〔態様 5〕

前記アクチュエータシステムは、前記光ファイバに動きを与えて、2 次元走査パターンにわたって前記撮像光を走査するように構成される、態様 3 に記載のプローブ。

〔態様 6〕

前記 2 次元走査パターンは、螺旋、ラスタ、一定半径アスタリスクパターン、複数半径アスタリスクパターン、及び多数折畳み経路のうちの少なくとも 1 つを含む、態様 5 に記載のプローブ。

20

〔態様 7〕

前記光ファイバは導電層である、態様 1 に記載のプローブ。

〔態様 8〕

前記光ファイバは絶縁層である、態様 7 に記載のプローブ。

〔態様 9〕

前記導電層は、前記光ファイバと前記絶縁層との間に配設される、態様 8 に記載のプローブ。

〔態様 10〕

前記絶縁層は誘電体材料を含む、態様 8 に記載のプローブ。

30

〔態様 11〕

前記電極の内向き表面は絶縁層を含む、態様 1 に記載のプローブ。

〔態様 12〕

前記電極の外向き表面は絶縁層を含む、態様 1 に記載のプローブ。

〔態様 13〕

前記光ファイバの近位部分は、前記ハンドルの近位部分にしっかり留められる、態様 1 に記載のプローブ。

〔態様 14〕

前記電極は前記カニューレにしっかり留められる、態様 1 に記載のプローブ。

〔態様 15〕

前記光学要素は、屈折率分布 (G R I N) レンズを備える、態様 1 に記載のプローブ。

40

〔態様 16〕

前記光学要素は、前記光ファイバの遠位端と共に動くように前記光ファイバの前記遠位端に機械的に結合される、態様 1 に記載のプローブ。

〔態様 17〕

前記アクチュエーションシステムは、前記光ファイバに動きを与えて、前記カニューレの遠位端から 5 mm と 10 mm との間の距離で 1 mm と 5 mm との間のターゲット生物学的組織の直線範囲を有する走査パターンに沿って前記撮像光を走査するように構成される、態様 1 に記載のプローブ。

〔態様 18〕

50

眼科撮像システムであって、
撮像光を生成するように構成される撮像光源と、
前記撮像光源と光学的連通状態にある光ガイドであって、前記撮像光源から前記生成された撮像光を受取るように構成される、光ガイドと、
前記光ガイドと光学的連通状態にあるプローブとを備え、前記プローブは、
ハンドル、
前記ハンドルに結合したカニューレ、
前記ハンドル及び前記カニューレ内に少なくとも部分的に位置決めされた光ファイバであって、導電層を含み、前記光ガイドから撮像光を受取り、前記撮像光を、前記カニューレの遠位部分内に位置決めされた光学要素に誘導するように構成される、光ファイバ、
及び、

10

前記光ファイバに動きを与えるように構成されるアクチュエータシステムを含み、前記アクチュエータシステムは、前記カニューレ内に位置決めされた電極を含み、前記電極及び前記光ファイバの導電層の少なくとも一方に電荷を選択的に与えることによって前記光ファイバに動きを与えるように構成される、眼科撮像システム。

〔態様 19〕

前記光源と連通状態にあるコントローラを更に備え、前記コントローラは、光干渉断層法（OCT）撮像プロシージャのために前記撮像光源の作動を制御するように構成される、態様 18 に記載の眼科撮像システム。

〔態様 20〕

20

前記コントローラは、前記プローブによって取得されるデータを処理し、撮像データを、前記コントローラと連通状態にあるディスプレイに出力するように更に構成される、態様 19 に記載の眼科撮像システム。

〔態様 21〕

前記コントローラは、前記光ファイバの導電層及び前記電極の少なくとも一方に選択的に電圧を印加させ、それにより、前記光ファイバの導電層及び前記電極の少なくとも一方が電荷を獲得するように更に構成される、態様 19 に記載の眼科撮像システム。

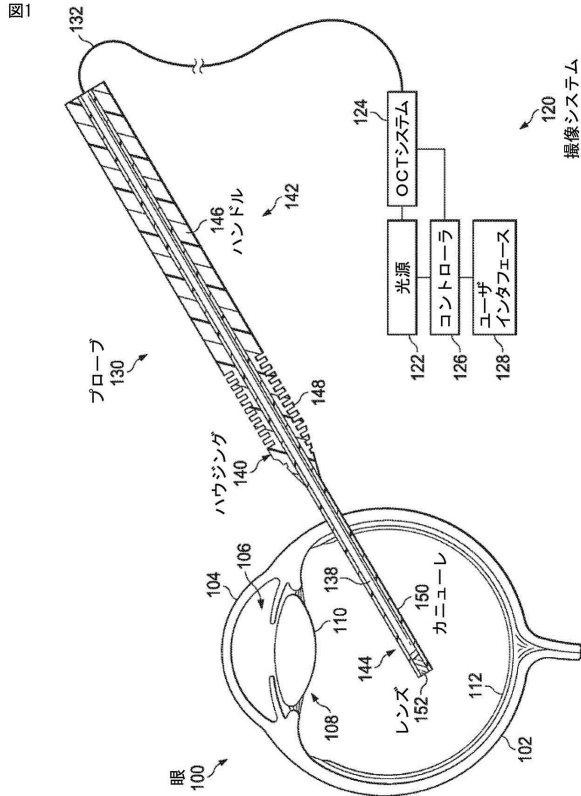
〔態様 22〕

眼科撮像方法であって、
第 1 の電圧を、眼科プローブのハウジング内に位置決めされた電極に印加することであって、それにより、前記電極が第 1 の極性を有する電荷を獲得し、及び、
前記眼科プローブの前記ハウジング内に位置決めされた光ファイバの導電層に第 2 の電圧を印加することであって、それにより、前記導電層が第 2 の極性を有する電荷を獲得することを含み、前記光ファイバは、前記電極と前記光ファイバの前記導電層との間の電氣的連通を阻止するように構成される絶縁層を更に含み、

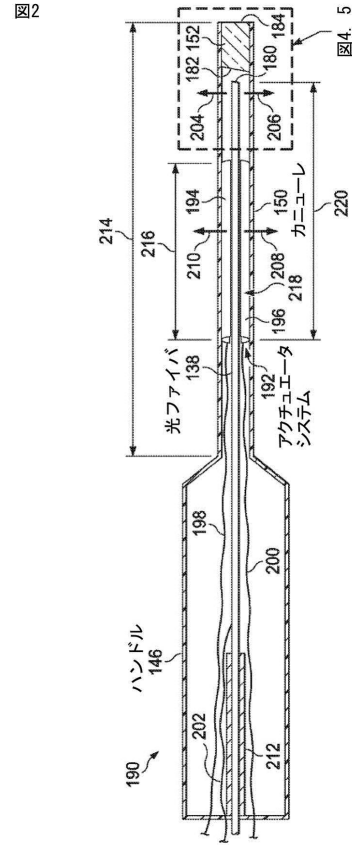
30

前記電極が前記第 1 の極性を有する電荷を獲得し、前記光ファイバの前記導電層が前記第 2 の極性を有する電荷を獲得することに起因する静電力は、前記光ファイバが、前記光ファイバを通過する撮像光を前記ハウジングの遠位部分内に位置決めされた光学要素を横切って走査するようにさせる、方法。

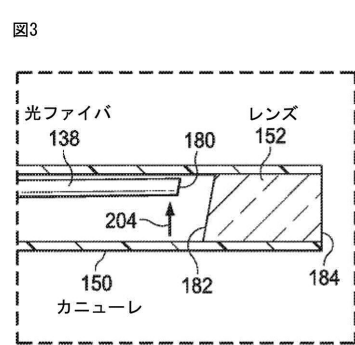
【図1】



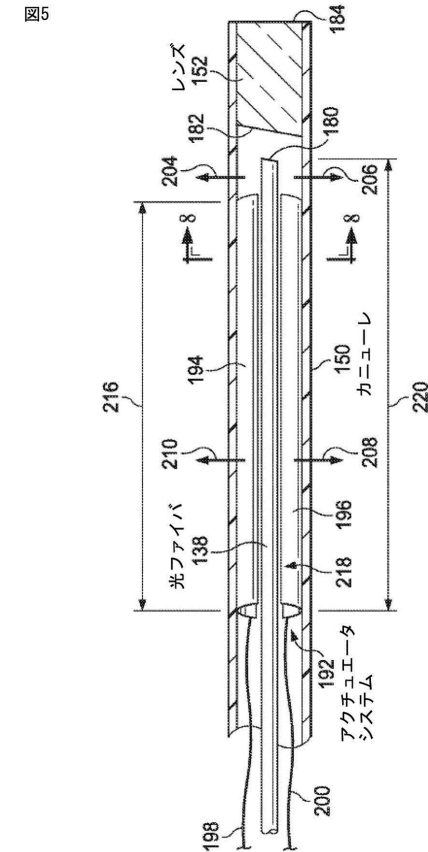
【図2】



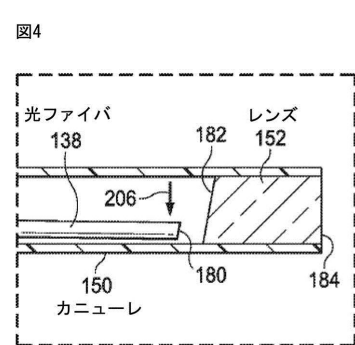
【図3】



【図5】

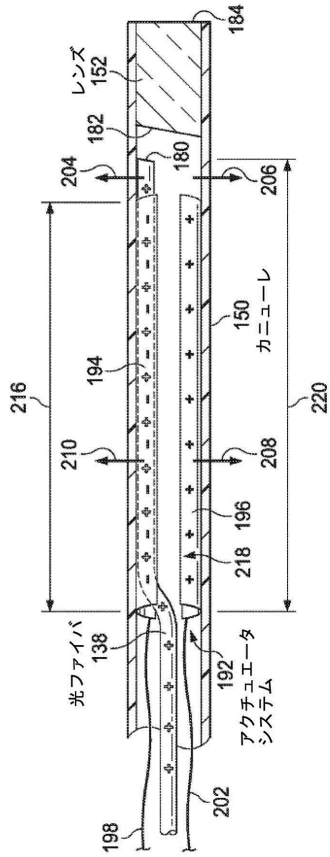


【図4】



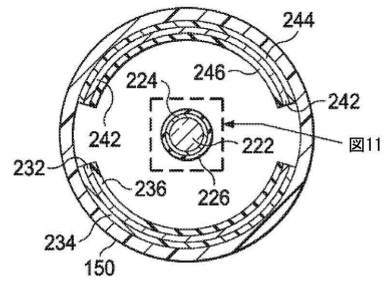
【図6】

図6

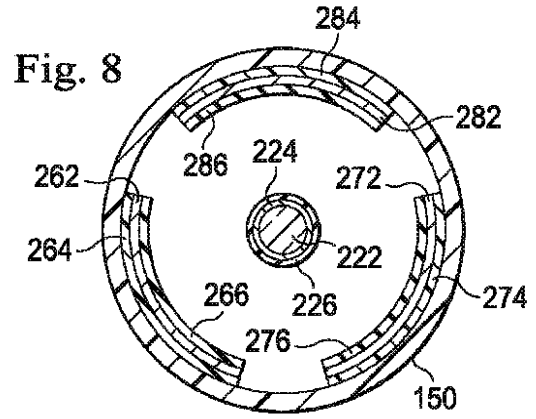


【図7】

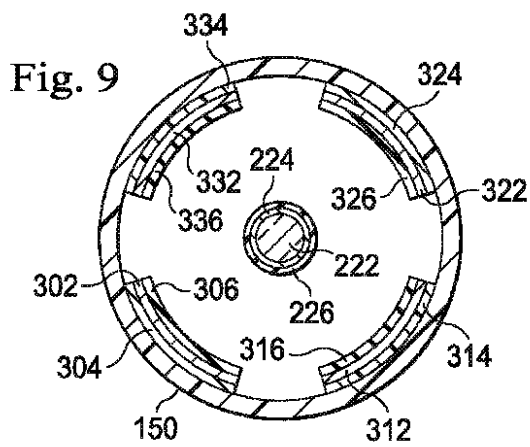
図7



【図8】



【図9】



【図10】

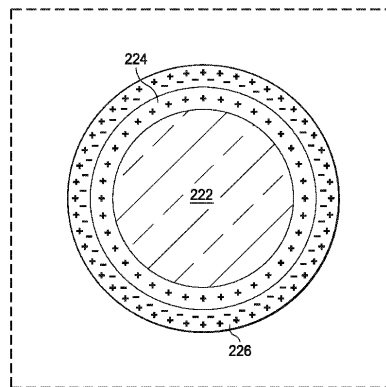


Fig. 10

フロントページの続き

(74)代理人 100180194

弁理士 利根 勇基

(72)発明者 バリー ウィートリー

アメリカ合衆国, カリフォルニア 92057, オーシャンサイド, コルテ サン ルイス 78
2

審査官 島田 保

(56)参考文献 米国特許出願公開第2012/0330101(US, A1)

特開2008-100057(JP, A)

特表2001-515382(JP, A)

特開平09-168538(JP, A)

特表2003-535659(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 3/00 - 3/18

A61B 1/00 - 1/32

G02B 23/24 - 23/26

G01N 21/00 - 21/01

G01N 21/17 - 21/61