

(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2009-80132

(P2009-80132A)

(43) 公開日 平成21年4月16日(2009.4.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 N 21/17 (2006.01)	GO 1 N 21/17 6 2 0	2 G O 5 9
A 6 1 B 1/00 (2006.01)	A 6 1 B 1/00 3 0 0 D	4 C O 6 1

審査請求 有 請求項の数 2 O L (全 48 頁)

(21) 出願番号	特願2008-306775 (P2008-306775)	(71) 出願人	000000376 オリンパス株式会社 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
(22) 出願日	平成20年12月1日(2008.12.1)	(74) 代理人	100076233 弁理士 伊藤 進
(62) 分割の表示	特願2002-137677 (P2002-137677) の分割	(72) 発明者	内山 昭夫 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内
原出願日	平成14年5月13日(2002.5.13)	(72) 発明者	堀井 章弘 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2001-335035 (P2001-335035)	(72) 発明者	飯塚 修平 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内
(32) 優先日	平成13年10月31日(2001.10.31)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

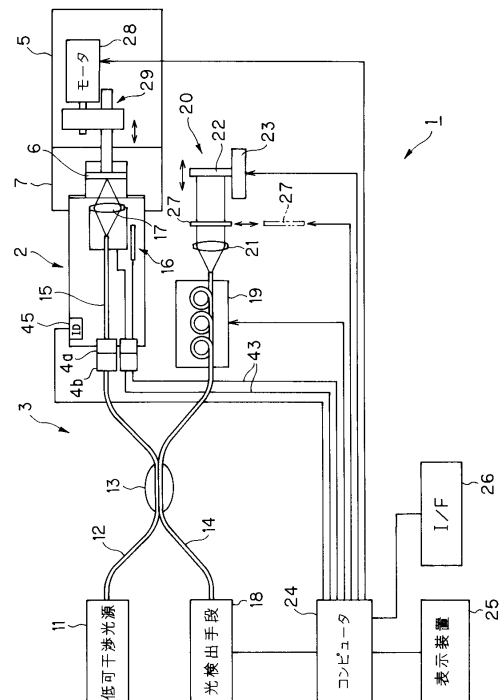
(54) 【発明の名称】 光走査型観察装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 光学性能が良好な状態に容易に設定できる光走査型観察装置を提供する。

【解決手段】 低干渉光源 11 の光を用いて光走査プローブ 2 により観察を行う前に、参照光側の光路にシャッタ 27 を挿入して干渉光が起こらない状態で光走査プローブ 2 による観察光路側で駆動装置 5 により基準部材 6 を移動して、光検出手段 18 の出力が極大となるように基準部材 6 を集光光学系 17 の焦点位置に設定し、その後シャッタ 27 を開にして、光検出手段 18 の出力が極大となるように参照光側のミラー 22 の位置を移動設定することにより、光走査型観察装置 1 を良好な光学特性の状態に簡単かつスムーズに設定できるようにした。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

生体組織に照射するための光を生成する光源と、
 前記光源から出射した光を、生体組織に照射すると共に当該反射光を受光する光走査プローブと、
 前記光走査プローブを着脱自在に接続可能とし、当該光走査プローブに対して光を供給すると共に、当該光走査プローブからの戻り光を受光して画像化する光走査型観察装置本体と、
 を備えた光走査型観察装置において、
 前記光源から出射した光を、前記光走査プローブを含む観察光光路と、参照光光路とに分離する光分離手段と、
 前記観察光光路と前記参照光光路の少なくとも一方に設けられた光路長可変手段と、
 前記観察光光路の前記光分離手段とは他端側であって前記光走査プローブに設けられた集光手段と、
 前記光走査プローブに設けられ、前記集光手段より出射した光が測定対象物に照射され、反射もしくは散乱した光を受光する受光光学系と、
 前記受光光学系で受けた光を伝送する観察光戻り光路と、
 前記観察光戻り光路と、前記参照光光路を結合する光結合手段と、
 前記光結合手段よりの光を電気信号に変換する光検出手段と、
 前記光走査型観察装置本体に設けられ、前記光検出手段で検出した信号より、観察対象物の画像を生成する画像化手段と、
 前記測定対象物に対し光を走査する光走査手段を有し、前記参照光光路に設けられ、前記光結合手段での干渉状態を変化させる光伝達状態変化手段と、
 前記集光手段から光の照射を受ける位置で、前記集光手段に対する距離を可変できる基準部材と、
 前記光伝達状態変化手段を操作し前記参照光光路の伝達効率を落とした状態で、前記光検出手段で検出した信号を元に、前記基準部材と前記集光手段に対する位置を特定する焦点位置検出手段と、
 前記光伝達状態変化手段を操作し前記光結合手段で干渉がおこる状態で前記光分離手段から前記観察光光路、前記集光手段、前記焦点位置検出手段で特定された前記基準部材の位置、前記受光光学系、前記観察光戻り光路、前記光結合手段と経由される光路と、前記参照光光路との光学的長さが略一致する様、前記光検出手段で検出した信号を元に、前記光路長可変手段を操作する光路長調整手段と、
 を有することを特徴とする光走査型観察装置。

【請求項 2】

前記光走査プローブは、当該光走査プローブ固有の識別情報を有する ID 部を備え、
 前記光走査型観察装置本体は、接続された前記光走査プローブにおける前記 ID 部に格納された識別情報に基づいて、前記光路長調整手段を制御することを特徴とする請求項 1 に記載の光走査型観察装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光走査型観察装置に関し、特に、被検体に低干渉性の光を照射し、被検体において散乱した光の情報から被検体の断層像を構築する光走査型観察装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、生体組織を診断するために、低干渉性光を用いて被検体に対する断層像を得る干渉型の光走査型観察装置が例えば特開平 11 - 148897 号公報に開示されている。

この従来例では、着脱自在の光走査プローブを使用して、生体組織の断層像を得るようにしている。

【 0 0 0 3 】

着脱自在の光走査プローブを低可干渉光源側の装置に装着した場合には、干渉系の調整を行わないと、焦点がずれた状態の画像を得るようになってしまうので、焦点位置の状態ですべての干渉光の検出をできるようにする等、光学性能を良好な状態に設定することが必要となる。

【 0 0 0 4 】

また、近年、生体組織を診断する場合、その組織の表面状態の光学的情報を得るイメージング装置の他に、組織内部の光学的情報を得ることのできる光断層イメージング装置が提案されている。

【 0 0 0 5 】

特開 2 0 0 0 - 1 2 6 1 1 5 号公報には、光走査プローブ装置が開示されている。特開 2 0 0 0 - 1 2 6 1 1 5 号公報には、プローブの先端部に光走査手段を有し、深さ方向において焦点の位置を可変とすることによって、深さ方向に沿った観察画像を得ることができるプローブが開示されている。

【 0 0 0 6 】

また、特表平 6 - 5 1 1 3 1 2 号 (U S P 5 3 2 1 5 0 1 号に対応する) 公報には、低コヒーレンス干渉法を用いて、生体の深さ方向の断層像を得られる Optical Coherence Tomography (OCT) の技術が開示されている。

【 0 0 0 7 】

さらに、特開平 1 1 - 7 2 4 3 1 号 (U S P 6 0 6 9 6 9 8 号に対応する) 公報には、特開 2 0 0 0 - 1 2 6 1 1 5 号公報に開示の光プローブと、低コヒーレンス干渉法を組み合わせ、高分解能の光断層像を得ることができる光断層イメージング装置が開示されている。

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 8 】

しかしながら、従来例では、光学性能を良好な状態に設定する技術が開示されていなかった。

【 0 0 0 9 】

なお、光走査プローブが着脱自在でない場合にも、温度変化で光伝送系の光路長等が変化したような場合にも光学性能を良好な状態に設定することが望まれる。

【 0 0 1 0 】

また、光走査プローブの先端側の集光する光学系の焦点深度が浅いような場合にも良好な光学特性の状態に設定することが望まれる。

【 0 0 1 1 】

しかし、特開 2 0 0 0 - 1 2 6 1 1 5 号公報に示されたプローブは、深さ方向における焦点の位置を可変するために、圧電素子による焦点可変機構を設けたものが開示されているが、その焦点可変機構のサイズが大きいものである。そのため、プローブ先端の硬質部の長さが長くなってしまい、生体内部での走査や位置決めが難しいという問題がある。

【 0 0 1 2 】

また、特開 2 0 0 0 - 1 2 6 1 1 5 号公報の図 1 5 には、プッシュプルロッドにより焦点を可変する方法が開示されている。しかし、この方法では内視鏡に挿通または組み込み可能なフレキシブルでかつ長いプローブにおいては、実現することができない。

【 0 0 1 3 】

さらに、特開 2 0 0 0 - 1 2 6 1 1 5 号公報には、焦点位置可変機構として、被検体との接触部材を進退させる実施例が開示されている。しかし、この実施例では被検体またはプローブ自身を移動させる力の量が必要なため、アクチュエータが大きくなり小型化しにくいという問題点がある。また、柔らかい対象である被検体そのものに力を加えるため、微小な変位の制御が難しいという問題点がある。

【 0 0 1 4 】

10

20

30

40

50

さらにまた、集光手段のみを進退させる実施例も開示されているが、低コヒーレンス干渉と組み合わせて用いる場合、低コヒーレンス干渉による検出位置と集光位置がずれて検出効率が著しく低下するという問題点がある。

【0015】

また、特開2000-126115号公報には、焦点移動可変機構として被検体との接触部材を進退させるものや、集光手段を進退させる構成が開示されているが、負荷や質量の大きな対象を移動させる必要があるので、高速な焦点位置の可変を行うことが難しかった

特開平11-72431号公報には、低コヒーレンス光の干渉とマイクロ光スキャナを用いた高分解能光学系を組み合わせた装置が開示されている。また、マイクロ光スキャナを有するスキャンヘッドを揺動させ、深さ方向に集光位置を走査する構成が開示されている。しかし、低コヒーレンス干渉と組み合わせて用いる場合、低コヒーレンス干渉による検出位置と集光位置がずれて検出効率が著しく低下するという問題点がある。

【0016】

本発明は、上述した点に鑑みてなされたもので、光学性能が良好な状態に容易に設定できる光走査型観察装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0017】

本発明の光走査型観察装置は、生体組織に照射するための光を生成する光源と、前記光源から出射した光を、生体組織に照射すると共に当該反射光を受光する光走査プローブと、前記光走査プローブを着脱自在に接続可能とし、当該光走査プローブに対して光を供給すると共に、当該光走査プローブからの戻り光を受光して画像化する光走査型観察装置本体と、を備えた光走査型観察装置において、前記光源から出射した光を、前記光走査プローブを含む観察光光路と、参照光光路とに分離する光分離手段と、前記観察光光路と前記参照光光路の少なくとも一方に設けられた光路長可変手段と、前記観察光光路の前記光分離手段とは他端側であって前記光走査プローブに設けられた集光手段と、前記光走査プローブに設けられ、前記集光手段より出射した光が測定対象物に照射され、反射もしくは散乱した光を受光する受光光学系と、前記受光光学系で受けた光を伝送する観察光戻り光路と、前記観察光戻り光路と、前記参照光光路を結合する光結合手段と、前記光結合手段よりの光を電気信号に変換する光検出手段と、前記光走査型観察装置本体に設けられ、前記光検出手段で検出した信号より、観察対象物の画像を生成する画像化手段と、前記測定対象物に対し光を走査する光走査手段を有し、前記参照光光路に設けられ、前記光結合手段での干渉状態を変化させる光伝達状態変化手段と、前記集光手段から光の照射を受ける位置で、前記集光手段に対する距離を可変できる基準部材と、前記光伝達状態変化手段を操作し前記参照光光路の伝達効率を落とした状態で、前記光検出手段で検出した信号を元に、前記基準部材と前記集光手段に対する位置を特定する焦点位置検出手段と、前記光伝達状態変化手段を操作し前記光結合手段で干渉がおこる状態で前記光分離手段から前記観察光光路、前記集光手段、前記焦点位置検出手段で特定された前記基準部材の位置、前記受光光学系、前記観察光戻り光路、前記光結合手段と経由される光路と、前記参照光光路との光学的長さが略一致する様、前記光検出手段で検出した信号を元に、前記光路長可変手段を操作する光路長調整手段と、を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、光学特性を良好な状態に容易かつ円滑に設定でき、その後の観察モードで画質の良い光走査観察画像を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

【0020】

(第1の実施の形態)

10

20

30

40

50

図 1 ないし図 7 は本発明の第 1 の実施の形態に係り、図 1 は本発明の第 1 の実施の形態の光走査型観察装置の全体構成を示し、図 2 は光走査プローブが挿通される内視鏡を示し、図 3 は光走査プローブの先端側の構成を示し、図 4 は光検出手段の構成を示し、図 5 は第 1 の実施の形態を光学特性が良好な状態に設定する処理手順を示し、図 6 は図 5 のステップ S 4 のシャッタ閉の状態での光路長調整治具を移動した場合における DC 成分検出回路の出力特性を示し、図 7 は低可干渉光のコヒーレンス長と集光光学系の被写界深度が異なる場合における許容される調整精度の説明図を示す。

【0021】

図 1 に示すように本発明の第 1 の実施の形態の光走査型観察装置 1 は、光走査手段を内蔵し、生体組織に低可干渉性の光を集光照射すると共に、その反射光を受光する光走査プローブ 2 と、この光走査プローブ 2 の後端の光コネクタ 4 a が着脱自在に接続され、光走査プローブ 2 に低可干渉性の光を供給すると共に、光走査プローブ 2 からの戻り光を受光して画像化する光走査型観察装置本体（観察装置本体と略記）3 とを有する。

10

【0022】

また、本実施の形態では光走査プローブ 2 の前端には駆動装置 5 により基準部材 6 が駆動（移動）自在となる光路長調整治具 7 が着脱自在に装着されるようになっている。

【0023】

観察装置本体 3 内部には超高輝度発光ダイオード（以下、SLD と略記）等の低可干渉光源 1 1 が設けてある。この低可干渉光源 1 1 はその波長が例えば 1300 nm で、その可干渉距離が例えば 17 μm 程度であるような短い距離範囲のみで干渉が起こる低可干渉光の特徴を備えている。つまり、この光を例えば 2 つに分岐した後、再び混合した場合には分岐した点から混合した点までの 2 つの光路長の差が 17 μm 程度の短い距離範囲内の場合には干渉した光として検出され、それより光路長差が大きい場合には干渉しない特性を示す。

20

【0024】

この低可干渉光源 1 1 の光は（第 1 の）シングルモードファイバ 1 2 の一端に入射され、他方の端面（先端面）側に伝送される。

このシングルモードファイバ 1 2 は途中の光カプラ部 1 3 で（第 2 の）シングルモードファイバ 1 4 と光学的に結合されている。従って、この光カプラ 1 3 部分で 2 つに分岐（分離）されて伝送されると共に、分離されていた光をこのカプラ部 1 3 で結合させる機能も持つ。

30

【0025】

シングルモードファイバ 1 2 の（光カプラ部 1 3 より）先端側には、光コネクタ受け 4 b が設けてあり、光走査プローブ 2 の光コネクタ部 4 a が着脱自在で接続され、この光走査プローブ 2 内に挿通されたシングルモードファイバ 1 5 に低可干渉性光源 1 1 の光が伝送（導光）される。

【0026】

そして、伝送された光は光走査プローブ 2 の先端部のスキャナ部 1 6 に設けた（集光手段を構成する）集光光学系 1 7 を経て被検体（生体組織）側に 2 次元走査されながら集光照射される。

40

【0027】

また、生体組織側の表面或いは内部で散乱などした反射光の一部が取り込まれ、逆の光路を経てシングルモードファイバ 1 2 側に戻り、光カプラ部 1 3 によりその一部がシングルモードファイバ 1 4 側に移り、そのシングルモードファイバ 1 4 の一端から光検出手段 1 8 で受光され、光電変換される。

【0028】

また、シングルモードファイバ 1 4 の光カプラ部 1 3 より先端側には偏光調整機 1 9 を介して基準光（参照光）の光路長を変える光路長可変機構 2 0 が設けてある。この光路長可変機構 2 0 は光走査プローブ 2 により集光光学系 1 7 の焦点位置で反射された光と光路長が一致するように調整設定して、その部分の光とのみ干渉して検出できるように基準光

50

の光路長を可変設定できるようにするためのものである。

【0029】

この光路長可変機構20はシングルモードファイバ14の先端にその焦点距離だけ離して対向するコリメータレンズ21と、このコリメータレンズ21により平行光束にされた光に対向して配置された(コヒーレンスゲートとしての)ミラー22と、このミラー22を光軸方向に移動設定する移動ステージ等の移動装置23とからなる。

【0030】

上記光検出手段18は画像化する機能を備えたコンピュータ24と接続され、このコンピュータ24で画像化された画像信号は表示装置25に送られ、画像表示される。

【0031】

また、このコンピュータ24にはインタフェース26が接続され、キーボード等からコンピュータ24に指示入力等を行うことができる。

このコンピュータ24は光プローブ2のスキャナ16の駆動を制御、偏光調整機19の偏光方向を調整制御、光路長可変機構20(の移動装置23)の制御を行う。

【0032】

また、本実施の形態では光走査プローブ2を観察装置本体3に接続して光走査画像を得る観察モードにする場合、その前の設定モードにおいて後述する調整機構により予め良好な光学特性の状態に設定する、つまり調整機構により光走査プローブ2の集光光学系17の焦点位置の部分での反射光を干渉光として検出できるように調整設定する。

【0033】

このため、光路長可変機構20には挿脱自在にシャッタ27が設けてある。このシャッタ27は使用開始時に実線で示すように光路内に挿入され、調整が終了後には2点鎖線で示すように光路外に(コンピュータ24の制御で)退避される。

【0034】

シャッタ27が光路内に挿入された状態では、シングルモードファイバ14の先端から出射された光はシャッタ27で遮光され、シングルモードファイバ14の先端には入射されない状態となる。なお、図1(図8等でも同様)ではシャッタ27を光路内に入れた状態と外した状態とを分かり易く示しているが、実際にはシャッタ27を開閉することにより光路から挿脱したのと同様の機能を持たせることができる。

【0035】

また、光走査プローブ2の先端にはその先端に嵌合する光路長調整治具7が取り付けられ、この光路長調整治具7の内側には集光光学系17に対向して、光軸方向に移動自在の基準部材6が配置されている。

この基準部材6はモータ28を用いた送りネジ機構29により集光光学系17の光軸方向に移動される。このモータ28はコンピュータ24により回転駆動が制御される。

【0036】

そして、後述するように(図1に示すように)シャッタ27を光路内に配置し、光走査プローブ2に光路長調整治具7を装着して、モータ28を回転させ、その場合に光検出手段18で検出される光の強度が最大となる状態に基準部材6を設定する。また、その状態でシャッタ27を光路から退避させ、干渉光が最大(極大)となる状態となるように移動装置23によりコヒーレンスゲートとして機能するミラー22の位置の調整(設定)を行う。

【0037】

図2に示すように光走査プローブ2は細長で可撓性を有するシース31で覆われており、内視鏡32のチャンネル内に挿入可能である。内視鏡32は細長の挿入部33と、この挿入部33の後端に設けられた操作部34とを有し、操作部34の前端付近には挿入部33に設けられたチャンネルに連通する処置具挿入口35が設けてあり、光走査プローブ2を挿入することができる。

【0038】

そして、内視鏡32による観察下で、病変組織か否かを調べたいような場合には、チャ

10

20

30

40

50

ンネル先端から光走査プローブ 2 の先端側を突出し、調べたい対象組織の表面近くに先端面を設定して光走査プローブ 2 による画像を得ることができるようにしている。

【 0 0 3 9 】

シース 3 1 の内側にはシングルモードファイバ 1 5 が挿通されており、その先端側の構成を図 3 に示す。なお、図 3 では光路長調整器具 7 を取り付けられた状態で示している。

シース 3 1 の先端は硬質のベース部材 3 6 により円筒状で硬質の先端カバー 3 7 と連結されている。

【 0 0 4 0 】

また、このベース部材 3 6 には、スキャナ 1 6 を構成する変形可能な第 1 の薄板 3 8 a が取り付けられ、この第 1 の薄板 3 8 a の途中には中継部材 3 9 を介して変形自在の第 2 の薄板 3 8 b の後端が第 1 の薄板 3 8 a と直交するようにして取り付けられている。

10

【 0 0 4 1 】

この第 2 の薄板 3 8 b の先端には集光光学系 1 7 を取り付けられたホルダ 4 0 が連結部材 4 1 を介して保持されている。

【 0 0 4 2 】

また、第 1 の薄板 3 8 a の板面には板状の第 1 の圧電素子（図 2 では紙面の裏側）が取り付けられ、また第 2 の薄板 3 8 b の板面には板状の第 2 の圧電素子 4 2 b が取り付けられている。そして、第 1 の圧電素子及び第 2 の圧電素子 4 2 b（の板面にそれぞれ取り付けられた電極）は駆動ケーブル 4 3 を介してコンピュータ 2 4 と接続され、交流の駆動信号を印加することにより第 1 の圧電素子及び第 2 の圧電素子 4 2 b を駆動して集光光学系 1 7 を直交する方向に駆動できるようにしている。

20

【 0 0 4 3 】

図 3 において、例えば第 2 の圧電素子 4 2 b を駆動した場合には、ホルダ 4 0 と共に、集光光学系 1 7 を上下方向（図 3 で示す座標系の場合には X 方向）に駆動する。また、第 1 の圧電素子を駆動した場合には、中継部材 3 9 を図 3 の紙面に垂直な方向に駆動し、この駆動により集光光学系 1 7 も紙面に垂直な方向（図 3 で示す座標系の場合には Y 方向）に駆動する。

つまり、集光光学系 1 7 により出射される光を X Y 平面で 2 次元的に走査できるようにしている。なお、このスキャナ 1 6 の構成は図 3 に示すものに限らず、例えば特願 2 0 0 0 - 2 9 2 5 4 6 で図示された各種の構成のものを使用できる。

30

【 0 0 4 4 】

また、カバー 3 7 の先端面における集光光学系 1 7 に対向して設けた開口部分には保護用のカバーガラス 4 4 で覆われている。

また、本実施の形態では、光走査プローブ 2 にはその光走査プローブ 2 に固有の識別情報（ID と略記）を発生する ID 部 4 5（図 1 参照）が設けてあり、この ID 部 4 5 の ID はコンピュータ 2 4 により読み取られる。

【 0 0 4 5 】

そして、コンピュータ 2 4 は ID により、その光走査プローブ 2 の光学特性を参照することにより、最適な光学特性の状態に設定するのに必要な調整範囲等を予め決め、ID を参照しない場合よりも最適な光学特性の状態に速やかに設定することができるようにしている。

40

【 0 0 4 6 】

図 4（A）は光検出手段 1 8 の構成を示す。

光検出手段 1 8 は、シングルモードファイバ 1 4 の端面から出射される光を受ける光検出素子 1 8 - 1 と、この光検出素子 1 8 - 1 で光電変換された信号を増幅するプリアンプ 1 8 - 2 と、このプリアンプ 1 8 - 2 で増幅された信号の DC 成分を検出する DC 成分検出回路 1 8 - 3 と、AC 成分を検出する AC 成分検出回路 1 8 - 4 と、DC 成分検出回路 1 8 - 3 及び AC 成分検出回路 1 8 - 4 からの出力信号を選択するスイッチ 1 8 - 5 と、スイッチ 1 8 - 5 で選択された信号を A / D 変換する A / D 変換器 1 8 - 6 とを有し、A / D 変換器 1 8 - 6 から出力されるデジタル信号はコンピュータ 2 4 に入力される。

50

【 0 0 4 7 】

なお、スイッチ 18 - 5 はコンピュータ 24 により切り換えられる。設定モードでは最初は DC 成分検出回路 18 - 3 側に、その後観察モードの場合と同様に AC 成分検出回路 18 - 4 側に切り換えられる。

図 4 (A) の構成の代わりに、図 4 (B) に示す第 1 変形例の構成のようにしても良い。

【 0 0 4 8 】

図 4 (B) では、図 4 (A) の構成において、スイッチ 18 - 5 を設けなくて、DC 成分検出回路 18 - 3 の出力を A / D 変換器 18 - 6 a で A / D 変換して信号処理回路 18 - 7 に入力すると共に、AC 成分検出回路 18 - 4 の出力を A / D 変換器 18 - 6 b で A / D 変換して信号処理回路 18 - 9 に入力するようにしている。さらに、信号処理回路 18 - 9 は入力された信号レベルに応じてゲインコントロール回路 18 - 7 を介してプリアンプ 18 - 2 のゲインを調整するようにしている。

10

【 0 0 4 9 】

また、図 4 (B) の構成の代わりに、図 4 (C) に示す第 2 変形例の構成のようにしても良い。

図 4 (C) では、図 4 (B) の構成において、信号処理回路 18 - 9 は入力された信号レベルに応じてゲインコントロール回路 18 - 7 の代わりにゲイン・周波数調整回路 18 - 8 を介して DC 成分検出回路 18 - 3 と AC 成分検出回路 18 - 4 のゲインと AC 成分を検出する際の周波数を調整するようにしている。

20

【 0 0 5 0 】

次に本実施の形態の作用を図 5 のフローチャートを参照して説明する。

まず、図 1 に示すように光走査プローブ 2 を観察装置本体 3 に接続する。そして電源を投入すると、ステップ S 1 に示すようにコンピュータ 24 は光走査プローブ 2 に設けた ID 部 45 の ID を読み込む。

【 0 0 5 1 】

次にステップ S 2 に示すように光走査プローブ 2 に光路長調整治具 7 を取り付ける。その後、ステップ S 3 に示すようにキーボード等からコンピュータ 24 に光路調整開始の指示入力を行う。

【 0 0 5 2 】

すると、コンピュータ 24 はステップ S 4 に示すようにシャッタ 27 を光路長可変機構 20 の光路内に挿入する。つまり、シャッタ 27 を閉じる。これにより、シングルモードファイバ 14 の先端から出射された光はシャッタ 27 により遮光され、シングルモードファイバ 14 の先端から出た光は、再びその先端には戻らない状態になる。つまり、干渉が起らない状態に設定される。

30

【 0 0 5 3 】

その後、コンピュータ 24 はモータ 28 に駆動信号を送り、モータ 28 を回転させることにより基準部材 6 を集光光学系 17 の光軸方向に移動すると共に、その状態での光検出手段 18 の DC 成分検出回路 18 - 3 により検出される信号強度の最大 (極大) となる状態に基準部材 6 を設定する処理を行う。

40

【 0 0 5 4 】

DC 成分検出回路 18 - 3 により検出される信号強度は図 6 に示すように光路長調整治具 7 の基準部材 6 が集光光学系 17 の焦点位置 P f に設定された時、最大となる。図 6 において、横軸は集光光学系 17 からの調整治具 7 の基準部材 6 表面までの距離 L を示し縦軸は DC 成分検出回路 18 - 3 の出力を示す。

つまり、ステップ S 5 に示すように集光光学系 17 の焦点位置 P f に光路長調整治具 7 の基準部材 6 の表面の位置を一致させるようにする。

【 0 0 5 5 】

このように、光路長調整治具 7 の基準部材 6 の表面の位置を集光光学系 17 の焦点位置 P f に設定した後、ステップ S 6 に示すようにシャッタ 27 を開、つまりシャッタ 27 を

50

光路外に設定する。これにより、シングルモードファイバ 14 の先端から出た光は、再びその先端に戻る状態になる。つまり、干渉が起こる状態に設定される。

【0056】

次にコンピュータ 24 は光路長可変機構 20 の移動装置 23 に制御信号を送り、ミラー 20 を光軸方向に移動させ、その状態における光検出手段 18 の AC 成分検出回路 18 - 4 の検出出力が最大（極大）となる位置にミラー 20 を設定する。

【0057】

光路長可変機構 20 側の光路長を変化させると、光走査プローブ 2 側でその集光光学系 17 の焦点位置に基準部材 6 の表面を設定した状態における光走査プローブ 2 側による往路及び復路の光路長と、参照光が光路長可変機構 20 側でミラー 22 で反射されて戻る往路及び復路の光路長とが低可干渉性の光で干渉する距離（コヒーレンス長）の範囲内になると干渉光となり、干渉光を検出する AC 成分検出回路 18 - 4 により検出されるようになる。AC 成分検出回路 18 - 4 ではフィルタ等を通した AC 成分を検波するなどしてその AC 成分を検出する。

10

【0058】

つまり、ステップ S7 に示すように光路長可変機構 20 側による参照光の光路長を、光走査プローブ 2 の集光光学系 17 が焦点位置 P f の状態での光路長と一致して干渉光として検出できるように参照光の光路長を決定するミラー位置の設定を行う（光走査プローブ 2 側の光路長と一致させる）。

【0059】

カバーガラス 44 と生体組織を接触させて観察する場合には基準部材 6、カバーガラス 44 の間の空間に、生体の屈折率に近い物体を満たして調整を行うと、よりよい調整が行える。屈折率の近い物体とは、水やオイルやゲルなどが考えられ、屈折率 1.3 ~ 1.5 程度のものが望ましい。

20

この様に、測定対象物に対して基準部材 6、カバーガラス 44 の間の空間の屈折率を合わせた上で調整することにより、正確に調整が行える。

【0060】

その後、この設定モードを終了し、観察モードに移る。つまり、光路長調整治具 7 を外し、光走査プローブ 2 を内視鏡 32 のチャンネル内に挿通して使用する。

【0061】

この場合には、スキャナ 16 により集光光学系 17 は 2 次元的に走査され、集光光学系 17 の焦点位置で反射された光のみがその焦点位置と共焦点関係の位置に設定されたシングルモードファイバ 15 の小さなサイズの先端面に入射され、その光は光検出手段 18 の AC 成分検出回路 18 - 4 により光路長可変機構 20 側の参照光と干渉した干渉光の信号として検出される。

30

【0062】

この信号はコンピュータ 24 のメモリ等に走査の情報と関連付けられて格納される。そして、走査された各部に対応した干渉光の信号が、コンピュータ 24 で画像化され、表示装置 25 に画像として表示される。

【0063】

本実施の形態によれば、実際に観察を行う観察モードに移る前に、上述して設定モードにより良好な光学特性の状態に簡単かつ円滑に設定することができる。つまり、設定モードにより光走査プローブ 2 がその集光光学系 17 の焦点位置 P f の状態での往復の光路長（観察光側の光路長）と、参照光側の往復の光路長とをその光のコヒーレンス長の範囲内で一致させるように簡単かつ円滑に設定することができる。

40

従って、観察モードでは、良好な光学性能の状態、つまり焦点位置 P f で高い分解能の状態を観察像を得ることができる。

【0064】

上述の説明では、光路長調整治具 7 の基準部材 6 の表面位置を集光光学系 17 の焦点位置 P f に設定すると共に、光路長可変機構 20 側の光路長を集光光学系 17 の焦点位置 P

50

f の状態での光路長と一致させるように説明したが、実際には図 7 に示す場合が考えられる。

【 0 0 6 5 】

図 7 (A) では、コヒーレンス長は短く、これに対して集光光学系 1 7 の被写界深度が長い場合には、集光光学系 1 7 の被写界深度の距離範囲内の程度でコヒーレンス長 (光路長可変機構 2 0 側でのミラー 2 2 の位置設定による光路長) が設定されれば良い。

【 0 0 6 6 】

また、図 7 (B) では、図 7 (A) と反対のケースであり、コヒーレンス長は長く、これに対して集光光学系 1 7 の被写界深度が短い場合には、コヒーレンス長の距離範囲内の程度で光路長調整治具 7 側の基準部材 6 の位置設定が行われれば良い。勿論、上述のようにそれぞれがピークとなる位置に精度良く設定するに越したことがない。

【 0 0 6 7 】

なお、上述では設定モードにおいて、シャッタ 2 7 により干渉光が発生しないように遮光して基準部材 6 の設定を行うように説明したが、減光する手段にして行うようにすることもできる。

【 0 0 6 8 】

なお、上述では例えば図 2 において、シングルモードファイバ 1 4 の小さな先端面から出た光は集光光学系 1 7 によりこの先端面と共焦点関係となる焦点位置 (P f) の部分で反射された光のみが先端面に戻ることができるように説明したが、この共焦点関係に近い状態に設定して観察像を得るようにしても良い。

【 0 0 6 9 】

つまり、厳密に共焦点関係を満たす条件に設定すると、得られる光強度が弱くなり、S / N が低下する可能性もあり、この共焦点関係に近い条件 (例えばシングルモードファイバ 1 4 の先端面のサイズを少し広くし、共焦点関係の条件を僅かに外れた場合の光も検出できるようにする) に設定することにより、実質的に S / N の良い観察像を得ることができる場合がある。

【 0 0 7 0 】

また、光走査プローブ 2 に採用したファイバとしてはシングルモードファイバ 1 4 で説明したが、これに限らず、マルチモードファイバでも良い。

また、光走査プローブ 2 を内視鏡 3 2 のチャンネル内に挿通可能として説明したが、内視鏡 3 2 に光走査プローブ 2 を設けるようにしても良い。

【 0 0 7 1 】

また、上述の説明では設定モードにおいて、集光光学系 1 7 の焦点位置 P f に基準部材 6 の表面を一致させるように設定する場合、基準部材 6 の表面は光を反射するミラー面としてその反射光の強度が最大 (極大) となるように基準部材 6 の表面位置を設定するように説明したが、この表面に反射部と無反射部を繰り返し設けた縞模様等にして、スキャナ 1 6 で光を走査して、その反射光を検出する状態にして、光検出手段 1 8 による検出出力が反射部と無反射部によるコントラスト信号の振幅が最大 (極大) となる状態に基準部材 6 の表面位置を設定するようにしても良い。

【 0 0 7 2 】

また、同様に光路長可変機構 2 0 側のミラー 2 2 の位置を設定する場合にもスキャナ 1 6 で光を走査し、その状態でコントラスト信号の振幅が最大 (極大) となる状態の位置にミラー 2 2 を設定するようにしても良い。

【 0 0 7 3 】

(第 2 の実施の形態)

次に本発明の第 2 の実施の形態を図 8 ないし図 1 1 を参照して説明する。図 8 は第 2 の実施の形態の光走査観察装置 1 B の構成を示す。

この光走査観察装置 1 B は、図 1 の光走査観察装置 1 において、光路長調整治具 7 及び駆動装置 5 を必要としない構造にしたものである。この光走査観察装置 1 B は光走査プローブ 2 B と観察装置本体 3 B とからなり、観察装置本体 3 B には光路長調整治具 7 及び

10

20

30

40

50

駆動装置 5 を設けていない。

【 0 0 7 4 】

その代わりに光走査プローブ 2 B にはその先端側を集光光学系 1 7 の光軸方向に移動自在とする機能を持つ圧電素子 5 1 を設け、この圧電素子 5 1 はケーブル 5 2 によりコンピュータ 2 4 に接続され、設定モードにおいてこの圧電素子 5 1 をコンピュータ 2 4 により駆動できるようにしている。

【 0 0 7 5 】

図 9 (A) 及び図 9 (B) は光走査プローブ 2 B の先端側の構成を示し、図 9 (A) は例えば圧電素子 5 1 を駆動しない状態、図 9 (B) は圧電素子 5 1 を駆動して、この圧電素子 5 1 部分を収縮させた状態を示す。

10

【 0 0 7 6 】

この光走査プローブ 2 B は基本的に図 3 に示す光走査プローブ 2 の先端側を 2 重にして、その内側の部分を圧電素子 5 1 で集光光学系 1 7 の光軸方向に移動可能にしている。

【 0 0 7 7 】

つまり、図 3 に示す光走査プローブ 2 では、シース 3 1 とカバー 3 7 を固定しているベース部材 3 6 にスキャナ 1 6 の後端を取り付けていたが、図 9 に示す光走査プローブ 2 B では、シース 3 1 とカバー 3 7 を固定しているベース部材 3 6 に中空にしてシングルモードファイバ 1 5 や駆動ケーブル 4 3 を通した圧電素子 5 1 を取り付け、この圧電素子 5 1 に第 2 のベース部材 3 6 b を介してホルダ 4 0 をスキャンするスキャナ 1 6 の後端を取り付けている。

20

【 0 0 7 8 】

この圧電素子 5 1 の (集光光学系 1 7 の光軸方向で対向する) 両面の電極にはケーブル 5 2 の端部が接続され、例えばコンピュータ 2 4 から駆動信号が印加され、そのレベルに応じて圧電素子 5 1 は集光光学系 1 7 の光軸方向に収縮し、その収縮により集光光学系 1 7 の焦点位置が後方に移動する。

【 0 0 7 9 】

また、この第 2 のベース部材 3 6 b には第 2 のカバー 3 7 b を取り付け、そのカバー 3 7 b の前端の開口には第 2 のカバーガラス 4 4 b を取り付けている。このカバー 3 7 b で覆われた部分が可動部 5 3 となっている。なお、第 2 のカバー 3 7 b は必ず必要なものではない。

30

【 0 0 8 0 】

次に本実施の形態の作用を図 1 0 のフローチャートを参照して説明する。

図 1 0 のフローチャートにおける処理は図 5 の処理においてステップ S 2 の処理を省略し、ステップ S 5 の代わりに圧電素子 5 1 を駆動して集光光学系 1 7 の焦点位置を光走査プローブ 2 B 先端のカバーガラス 4 4 表面の位置に設定する処理 (ステップ S 1 4) を行うものとなっている。

【 0 0 8 1 】

このため、簡単にその作用を説明する。光走査プローブ 2 B を観察装置本体 3 B に接続して電源を投入すると、図 5 で説明したのと同様にステップ S 1 1 のプローブの ID 読込を行い、次にステップ S 1 2 の光路調整開始の指示を行う。すると、ステップ S 1 3 に示すようにコンピュータ 2 4 はシャッタ 2 7 を閉じ、干渉光が検出されない状態にする。

40

【 0 0 8 2 】

そして、コンピュータ 2 4 は圧電素子 5 1 に駆動信号を送り、この圧電素子 5 1 を徐々に収縮させ、集光光学系 1 7 の焦点位置をその光軸上で集光光学系 1 7 側に移動させ、その際に光検出手段 1 8 の DC 成分検出回路 1 8 - 3 の出力が最大となる状態にする。

【 0 0 8 3 】

集光光学系 1 7 が移動されてその焦点位置が (光走査プローブ 2 B の) 先端のカバーガラス 4 4 の表面の位置に設定されると、その表面での反射光が検出される状態となり、この状態で光検出手段 1 8 の DC 成分検出回路 1 8 - 3 の出力が最大となる。

【 0 0 8 4 】

50

つまり、この処理はステップ S 1 4 に示すように集光光学系 1 7 の焦点位置を光走査プローブ 2 B 先端のカバーガラス 4 4 表面の位置に設定する処理となる。この処理が行われた後、ステップ S 1 5 に示すようにシャッタ 2 7 を開にして、干渉光が検出される状態にする。

【 0 0 8 5 】

そして、ステップ S 1 6 に示すようにカバーガラス 4 4 の表面位置に集光光学系 1 7 の焦点位置を設定して、この焦点位置からの反射光が戻る光路長の状態で、光路長可変機構側の光路長が一致するようにミラー 2 2 の位置を設定する。

【 0 0 8 6 】

つまり、ミラー 2 2 を移動させながら光検出手段 1 8 の A C 成分検出回路 1 8 - 4 の出力が最大となる状態にミラー 2 2 の位置を設定する。

10

この処理が終了したら、設定モードの処理が終了し、観察モードに移ることができる。

【 0 0 8 7 】

なお、この場合には、カバーガラス 4 4 の表面が焦点位置となっているので、観察モードではカバーガラス 4 4 の表面から所望とする距離に焦点位置を設定するには、圧電素子 5 1 に対応するレベルの信号を印加し、またその距離に等しい距離だけミラー 2 2 を離す方向に移動設定すれば良い。

【 0 0 8 8 】

この説明から分かるように、本実施の形態では光路長調整具 7 を不必要にできると共に、集光光学系 1 7 の深さ方向に対して焦点位置を可変設定すると共に、光路長可変機構 2 0 側の光路長もそれに同期して可変設定することにより深さ方向の光走査画像を得ることもできる。

20

【 0 0 8 9 】

つまり、本実施の形態によれば、集光光学系 1 7 をスキャナ 1 6 でスキャンすることにより 2 次元画像を得ることもできるし、圧電素子 5 1 を駆動して深さ方向にも走査させると 3 次元画像を得ることも可能となる。

【 0 0 9 0 】

上述の説明では、圧電素子 5 1 を収縮させることにより、集光光学系 1 7 の焦点位置をカバーガラス 4 4 の表面位置に設定できるとして説明したが、圧電素子 5 1 による可変範囲が狭いような場合には、図 1 1 に示すように光走査プローブ 2 B の先端面にキャップ状の調整具 5 5 を取り付け、この調整具 5 5 の凹部の基準面 5 5 a に集光光学系 1 7 の焦点位置を設定するようにしても良い。

30

この場合には光走査プローブ 2 B の先端面から離間した基準面 5 5 a の位置が焦点位置となった状態での光走査画像を得ることになる。

【 0 0 9 1 】

(第 3 の実施の形態)

次に図 1 2 ないし図 1 5 を参照して本発明の第 3 の実施の形態を説明する。図 1 2 は本発明の第 3 の実施の形態の光走査観察装置 1 C を示す。この光走査観察装置 1 C は光走査プローブ 2 C と観察装置本体 3 C とからなる。

【 0 0 9 2 】

40

この光走査プローブ 2 C は図 8 の光走査プローブ 2 B における圧電素子 5 1 の代わりに Z 駆動カム 6 1 を設けて集光光学系 1 7 を含む先端側を移動自在とし、その手元側に設けたモータ 6 2 でこの Z 駆動カム 6 1 を駆動するようにしている。また、このモータ 6 2 の回転軸にはエンコーダ 6 3 に接続されている。モータ 6 2 及びエンコーダ 6 3 はモータドライバ 6 4 を介してコンピュータ 2 4 に接続されている。

【 0 0 9 3 】

モータ 6 2 はコンピュータ 2 4 の制御によりモータドライバ 6 4 を介して駆動され、かつその回転位置を検出するエンコーダ 6 3 の出力信号はモータドライバ 6 4 を介してコンピュータ 2 4 に入力される。

【 0 0 9 4 】

50

図 1 3 は光走査プローブ 2 C の先端側の構成を示す。図 9 で説明した可動部 5 3 がこの光走査プローブ 2 C の先端側に設けられ、その可動部 5 3 の先端面がバネ 6 5 により後方側に付勢されており、この可動部 5 3 の後端面から後方側にピン 6 6 が突出するように設けてある。

【 0 0 9 5 】

また、シース 3 1 内にはモータ 6 2 の回転軸に連結され、回転駆動されるフレキシブルシャフト 6 7 が挿通され、このフレキシブルシャフト 6 7 の先端には先端面を斜めに切り欠いた斜面部 6 8 a を設けた回転部材 6 8 が取り付けられ、この回転部材 6 8 はベース部材 3 6 で回転自在に支持されている。

【 0 0 9 6 】

可動部 5 3 はバネ 6 5 により後方側に付勢されているので、ピン 6 6 は回転部材 6 8 の斜面部 6 8 a を押圧する状態を維持する。そして、モータ 6 2 によりフレキシブルシャフト 6 7 を介して回転部材 6 8 が回転されることにより、ピン 6 6 が回転部材 6 8 の斜面部 6 8 a で押圧されて可動部 5 3 は集光光学系 1 7 の光軸方向、つまり（図 3 の座標系で Z 軸方向、つまり被検体に対する深さ方向）に進退移動を行う。

【 0 0 9 7 】

可動部 5 3 が集光光学系 1 7 の光軸方向に進退移動を繰り返すことにより、集光光学系 1 7 の焦点位置もその可動部 5 3 の進退移動量だけ光軸方向に移動する。その移動の際に集光光学系 1 7 の焦点位置はカバーガラス 4 4 の先端表面より後方側にまで移動できるように設定してある。

【 0 0 9 8 】

その移動範囲が狭い場合には、図 1 3 の 2 点鎖線で示すように治具 5 5 を取り付けることで、焦点位置が治具 5 5 の表面、つまり基準面 5 5 a 位置を含む範囲移動できるようにすれば良い。

【 0 0 9 9 】

図 1 4 は本実施の形態の作用のフローチャートを示す。光走査プローブ 2 C を観察装置本体 3 C に接続し、電源を投入することによりステップ S 2 1 に示すように光走査プローブ 2 C の ID 読込が行われる。次にステップ S 2 2 の光路調整開始の指示を行う。

【 0 1 0 0 】

この指示により、モータ 6 2 が回転し、ステップ S 2 3 に示すように可動部 5 3 と共に、集光光学系 1 7 はその光軸方向（深さ方向ともいう）にスキャンを開始する。また、ステップ S 2 4 に示すようにコンピュータ 2 4 の制御によりシャッタ 2 7 は閉となり、干渉光が検出されない状態になる。

【 0 1 0 1 】

この状態で光検出手段 1 8 の DC 成分検出回路 1 8 - 3 の出力が最大となる状態の深さ或いはその深さのタイミングをエンコーダ 6 3 の出力で検出する。つまり、集光光学系 1 7 の焦点位置がカバーガラス 4 4 の表面位置に一致した時に、DC 成分検出回路 1 8 - 3 の出力が最大となり、その時のタイミングはエンコーダ 6 3 の出力から検出できる。

【 0 1 0 2 】

つまりステップ S 2 5 に示すように、集光光学系 1 7 の焦点位置が光走査プローブ 2 C の先端のカバーガラス 4 4 の表面位置に一致する深さ（又はその深さ情報のデータの取込タイミング）を観測したデータの取込タイミングに設定する処理を行う。

【 0 1 0 3 】

その後、ステップ S 2 6 に示すようにシャッタ 2 7 を開にし、その後ステップ S 2 7 に示すように集光光学系 1 7 の焦点位置がカバーガラス表面位置に一致したデータ取込タイミングの時に光検出手段 1 8 の AC 成分検出回路 1 8 - 4 の出力（つまり干渉光の検出出力）が最大となるようにミラー 2 2 の位置を設定する。

その後、観察モードに移る。

【 0 1 0 4 】

一方、移動範囲が狭くて調整治具 5 5 を用いる場合には、図 1 5 に示す処理を行うこと

10

20

30

40

50

になる。図 1 5 に示す処理は図 1 4 におけるステップ S 2 1 と S 2 2 との間に調整治具 5 5 を取り付ける処理を行う（ステップ S 2 8 ）。

【 0 1 0 5 】

また、図 1 4 のステップ S 2 5 の代わりにステップ S 2 5 を行う。このステップ S 2 5 は、ステップ S 2 5 におけるプローブ先端のカバーガラス 4 4 の表面位置の代わりに調整治具 5 5 の基準面 5 5 a 位置と置き換えたものに相当する。また、同様に図 1 4 のステップ S 2 7 を図 1 5 のステップ S 2 7 に示すように変更する。ここでも、カバーガラス 4 4 の表面位置を調整治具 5 5 の基準面 5 5 a 位置に置き換えたものとなる。

【 0 1 0 6 】

本実施の形態によれば、エンコーダ 6 3 の出力により、最適な光学特性になった状態のタイミングで光検出手段 1 8 の出力を取り込むことにより、第 2 の実施の形態と同様に焦点状態で被検体に対する 2 次元画像を得ることができるし、光路長可変機構 2 0 によるミラー 2 2 の位置を変えることにより、第 2 の実施の形態で説明したのと同様に 3 次元画像を得ることも可能となる。

【 0 1 0 7 】

（第 4 の実施の形態）

次に図 1 6 及び図 1 7 を参照して本発明の第 4 の実施の形態を説明する。図 1 6 は本発明の第 4 の実施の形態の光走査観察装置 1 D を示す。この光走査観察装置 1 D は光走査プローブ 2 と観察装置本体 3 D とからなる。

【 0 1 0 8 】

本実施の形態における観察装置本体 3 D は、図 1 においてシングルモードファイバ 1 4 の先端と光路長可変機構 2 0 との間に変調を行う変調手段 7 1 を設け、観察モード或いは光路可変機構 2 0 側の参照光を用いる場合にはコンピュータ 2 4 により変調動作を行うように制御する構成にしている。

そして、この場合における光検出手段 7 2 は、図 1 7 に示す構成となっている。

【 0 1 0 9 】

図 1 7 に示すように光検出手段 7 2 は、シングルモードファイバ 1 4 の端面から出射される光を受ける光検出素子 7 2 - 1 と、この光検出素子 7 2 - 1 で光電変換された信号を増幅するプリアンプ 7 2 - 2 と、このプリアンプ 7 2 - 2 で増幅された信号における変調手段 7 1 の変調周波数以下の周波数成分を通すバンドパスフィルタ（BPF と略記）7 2 - 3 と、このバンドパスフィルタ 7 2 - 3 を通過した成分における包絡線信号成分、つまり低域周波数成分を検出するローパスフィルタ 7 2 - 4 と、プリアンプ 7 2 - 2 の出力、バンドパスフィルタ 7 2 - 3 を通過した出力、ローパスフィルタ 7 2 - 4 を通過した出力とがそれぞれ接続された接点 a、b、c を選択するスイッチ 7 2 - 5 と、このスイッチ 7 2 - 5 で選択された信号を A / D 変換する A / D 変換器 7 2 - 6 と、この A / D 変換器 7 2 - 6 の出力が入力される信号処理回路 7 2 - 8 と、この信号処理回路 7 2 - 8 の出力によりプリアンプ 7 2 - 2、バンドパスフィルタ 7 2 - 3、ローパスフィルタ 7 2 - 4 のゲインを制御するゲイン・周波数調整回路 7 2 - 7 とから構成される。

【 0 1 1 0 】

上記バンドパスフィルタ 7 2 - 3 とローパスフィルタ 7 2 - 4 とは変調手段 7 1 を復調する手段を形成している。そして、変調手段 7 1 を用いた場合には、スイッチ 7 2 - 5 の a、b を適宜に切り換える。

シャッタ 2 7 を閉にして光路調整を行う場合には接点 c に設定してその出力が最大となるように調整する。なお、スイッチ 7 2 - 5 はコンピュータ 2 4 によりその切り換えの制御が行われる。その他は図 1 と同様の構成である。

【 0 1 1 1 】

本実施の形態では、変調手段 7 1 により参照光側を変調するようにしているので、その変調された参照光と干渉する光成分をより S / N の良い状態で参照光の光路長の設定や、観察モードにおける干渉光の検出ができる。

【 0 1 1 2 】

図18は変形例の光走査観察装置1Eを示す。この光走査観察装置1Eは例えば図8において、光路長可変機構20のシャッタ27を開閉自在にしていたが、光路長可変機構20自体をシングルモードファイバ14の先端の光路から挿脱自在にしてシャッタ27を不要とした装置本体3Eにしたものである。

【0113】

つまり図8では設定モードにおいてはコンピュータ24によりシャッタ27は光路から退避（及び介挿）されるが、図18では光路長可変機構20が光路から退避（及び介挿）される。図18では光路長可変機構20が光路中に介挿されている状態を実線で、退避された状態を2点鎖線で示している。

【0114】

なお、図18の変形例では図8の装置の場合に適用したが、他の装置の場合に適用しても良い。

また、シャッタ27の代わりに反射光が戻る強度を小さくした減光フィルタ等を採用しても良い。

【0115】

以下、図面を参照して本発明に係る光断層イメージング装置の複数の実施の形態を説明する。

【0116】

（第5の実施の形態）

まず、図19及び図20に基づき、第5の実施の形態に係わる光断層イメージング装置の構成を説明する。図19は、第5の実施の形態に係わる光断層イメージング装置の構成を示す構成図である。図20は、光走査プローブ105の先端の構成を説明するための図である。

【0117】

図19において、低コヒーレンス光源101から出射した近赤外の低コヒーレンス光は、第1の光ファイバ106に導光され、4つの入出力を有する光カプラ108によって第3の光ファイバ109と第4の光ファイバ110に分岐される。第3の光ファイバ109にはエイミングビームレーザ103からの出射した可視レーザ光が光カプラ112により合波される。第3の光ファイバ109は、光コネクタ104により第5の光ファイバ113に接続され、光走査プローブ105に低コヒーレンス光を伝送する。

【0118】

光走査プローブ105の先端部の構成は、図20に示される。第5の光ファイバ113端部から出射された低コヒーレンス光は、集光レンズ127によって観察光（観察ビーム）124として観察対象125内部の観察点126に集光される。第5の光ファイバ113の端部と集光レンズ127からなる対物ユニット130は、光走査手段128を有し、観察光124および観察点126を2次元方向に動かしながら、被検体である観察対象125を走査する。また、対物ユニット130は、焦点移動手段としての深さ方向走査手段129に接続され、観察点126を観察対象の深さ方向に走査することができる。光走査手段128および深さ方向走査手段129は、図19の走査駆動手段122により駆動される。すなわち、焦点移動手段は、集光レンズ127と光走査手段129を一体として光軸方向に移動する。

【0119】

光走査プローブ105は、細い柔軟な管状であるので、直接または径内視鏡的に、さらには径脈管的に体腔内に容易に挿入可能である。また、観察光学系を有する内視鏡そのものとして構成することも可能である。

【0120】

第4の光ファイバ110は周波数シフタ111に接続され、周波数シフタ111の出力は、第6の光ファイバ114に導光される。周波数シフタ111としては、音響光学素子（AOM）や、電気光学素子（EO）、 piezo素子にファイバループを設けたもの等の位相変調手段を用いることができる。

10

20

30

40

50

【0121】

第6の光ファイバ114端部から出射した光は、コリメータレンズ115を介して可動ミラー116に導光される。可動ミラー116は、ミラー駆動手段117によって出射光の光軸方向に移動することができる。第6の光ファイバ114の端部、コリメータレンズ115、可動ミラー116及びミラー駆動手段117により、光路長調節手段118が構成されている。

【0122】

光ケーブル108の残りの端子である第2の光ファイバ107は光ディテクタ102に接続されている。第1の光ファイバ106、第2の光ファイバ107、第3の光ファイバ109、第4の光ファイバ110、第5の光ファイバ113及び第6の光ファイバ114としては、好ましくはシングルモードファイバまたは、コヒーレンス性を十分に維持することの可能な低次マルチモードファイバ、偏波保持ファイバなどを用いることができる。

10

【0123】

低コヒーレンス光源101から出射した近赤外の低コヒーレンス光は、第1の光ファイバ106に導光され、光ケーブル108より第3の光ファイバ109と第4の光ファイバ110に分岐される。第3の光ファイバ109に導光された光は、光コネクタ104、第5の光ファイバ113を介して光走査プローブ105に導光され、観察対象125に観察光124として出射される。

【0124】

観察光124および観察点126による走査は、光走査手段128及び深さ方向走査手段129によって観察対象125に対して行われる。観察点126における観察対象125からの反射光あるいは散乱光は、集光レンズ127を介して第5の光ファイバ113に戻り、経路を逆に辿るように第3の光ファイバ109に戻る。この光の経路を物体側132とする。

20

【0125】

同様に、第4の光ファイバ110に分岐した低コヒーレンス光は、周波数シフタ111で周波数遷移が行われ、第6の光ファイバ114を介してコリメータレンズ115に出射される、コリメータレンズ115に入射した光は、略平行光に変換され、可動ミラー116へ導かれる。可動ミラー116で反射した光は、再びコリメータレンズ115によって第6の光ファイバ114に導かれ、第4の光ファイバ110に戻る。この光の経路を参照側133とする。

30

【0126】

物体側132と参照側133の2つの光が、光ケーブル108により混合される。光物体側132の光路長と参照側133の光路長が低コヒーレンス光源101のコヒーレンス長の範囲で一致した場合には、第2の光ファイバ107を通った、周波数シフタ111の周波数遷移量の等倍または2倍の周波数の変動を有する干渉光が、光ディテクタ102によって検出される。ここで、参照側133の光路長を物体側の観察点126までの光路長に一致するように、光路長調節手段118のミラー駆動手段117により可動ミラー116の光軸方向の位置を予め調整しておくことによって、観察点126からの情報が干渉光として常に得られることになる。

40

【0127】

この検出された干渉光は、光ディテクタ102により電気信号に変換される。その電気信号は、復調器119へ供給される。周波数シフタ111の周波数遷移量の等倍、2倍又は高次倍の周波数近傍の信号だけを復調器119によって取り出すことによって、観察点126からの信号を光ヘテロダイン検出により高S/N比で検出できる。走査駆動手段122により観察光124の観察点126を略垂直および深さ方向に2次元に動かすことによって走査が行われる。その走査の制御信号と同期して、アナログデジタル(A/D)コンバータ120を介して復調器119の信号は、走査駆動手段122からの観察点126の走査位置信号に対応してパーソナルコンピュータ(以下、PCと略す)121に取り込まれる。観察点126の走査位置信号に対応して復調信号を輝度によってPC121の

50

ディスプレイ 123 に表示することにより、観察対象 125 の深さ方向の 2 次元の断層像を得ることができる。

【0128】

次に、図 21 から図 27 を用いて光走査プローブ 105 の詳細を説明する。

【0129】

図 21 は、光走査プローブ 105 の先端部の構成を示す断面図である。図 20 で説明された対物ユニット 130 は、集光レンズ 127、第 5 の光ファイバ 113 およびその端部を固定するフェルール 139、走査ミラー 140、マグネット 141、レンズ枠 138 により構成される。フェルール 139 によって固定された第 5 の光ファイバ 113 の端部から出射された光は、走査ミラー 140 によって方向が変えられ、集光レンズ 127 により集光されて観察光 24 となり、観察点 126 に集光される。走査ミラー 140、マグネット 141 および集光レンズ 127 は、図 20 で示された光走査手段 128 を構成している。走査ミラー 140 は、駆動ケーブル 153 を介して駆動電流によって揺動され、観察光 124 を偏向し、観察点 126 が移動して、図示される光軸に対し略垂直な方向に観察対象 125 を走査することができる。

10

【0130】

図 23 は、走査ミラー 140 の詳細構成を説明するための図である。走査ミラー 140 は好ましくはシリコン製であり、半導体製造プロセスと同様のプロセスで製造することができる。走査ミラー 140 において、実際に光を反射させる X 軸揺動ミラー 169 が挟れ部 171 a、171 b により Y 軸揺動板 168 に弾性的に保持されている。X 軸揺動ミラー 169 は、Y 軸揺動板 168 に対して X 軸方向の走査ができるように入射光を揺動する。X 軸揺動ミラー 169 は表面が反射面となっており、裏面には、点線で示すように X 軸駆動コイル 174 および X 軸検出コイル 175 が設けられている。X 軸駆動コイル 174 を通電することにより、マグネット 141 により発生する静磁界に対して回転力が生じ、X 軸揺動ミラー 169 が揺動する。またマグネット 141 により発生する静磁界に対して X 軸検出コイル 175 が揺動することにより起電力が発生し、この起電力を検出することによって揺動の速度をモニタすることができる。

20

【0131】

同様に、Y 揺動板 168 は挟れ部 170 a、170 b により支持枠 182 に弾性的に保持されている。Y 軸揺動板 168 は、表面に Y 軸駆動コイル 172 および Y 軸検出コイル 173 が設けられている。Y 軸駆動コイル 172 を通電することにより、マグネット 141 により発生する静磁界に対して回転力が生じ、Y 軸揺動板 168 が揺動する。またマグネット 141 により発生する静磁界に対して Y 軸検出コイル 173 が揺動することにより起電力が発生し、この起電力を検出することによって揺動の速度をモニタすることができる。

30

【0132】

従って、X 軸駆動コイル 174 および Y 軸駆動コイル 172 を通電し、通電によって発生した起電力を X 軸検出コイル 175 および Y 軸検出コイル 173 によってモニタしながら制御し、X 軸揺動ミラー 169 を X と Y の 2 つ自由度において揺動することによって、観察光 124 および観察点 126 を偏向し、2 次元方向に観察対象 125 を走査することができる。

40

【0133】

光走査プローブ 105 の先端は硬性のハウジング 134 に覆われており、観察光 124 が透過する部分にガラスなどの透明体で構成された観察窓 135 が設けられている。ハウジング 134 は、柔軟性のチューブで構成される樹脂製のシース 136 に糸巻き接着部 137 で接続されている。シース 136 は、プローブの略全長に設けられたフレキシブルな外筒である。対物ユニット 130 が、ピボット 147 を支点として揺動可能に保持されることによって、焦点移動手段が構成されている。板バネ 148 は、レンズ枠 138 を接触面 149 において回転カム 145 に押し付けると共に、ピボット 147 においてハウジング 134 とレンズ枠 138 を接するように押圧する。

50

【 0 1 3 4 】

回転カム 1 4 5 は、回転軸 1 4 4 に固定接続され、回転軸 1 4 4 は、ハウジング 1 3 4 に設けられたベアリング 1 5 2 により回転自在に保持されている。回転カム 1 4 5 と回転軸 1 4 4 は、変位変換機構を構成する。回転軸 1 4 4 は、動力伝達手段としてのフレキシブルシャフト 1 4 3 に接続されている。フレキシブルシャフト 1 4 3 は、光走査プローブ 5 の軸方向に設けられている。従って、フレキシブルシャフト 1 4 3 の回転が、観察対象 1 2 5 の深さ方向の動きに変換され、対物ユニット 1 3 0 が移動する。

【 0 1 3 5 】

図 2 4 は、図 2 1 の V I で示す点線部において矢印の方向から見た、回転カム 1 4 5 とレンズ枠 1 3 8 が接触面 1 4 9 で接触している部分の断面図を示す。図 2 4 に示すように、回転カム 1 4 5 は、回転軸 1 4 4 に対して偏心している。レンズ枠 1 3 8 は、板バネ 1 4 8 により、回転カム 1 4 5 側に付勢されているために、回転軸 1 4 4 が回転すると、回転カム 1 4 5 によってレンズ枠 1 3 8 が上下、すなわち第 5 の光ファイバ 1 1 3 の光軸に対して略直交する方向に揺動する。この上下方向の動きは、ピボット 1 4 7 を支点とするテコの原理を利用して拡大され、対物ユニット 1 3 0 は、矢印 1 4 2 で示す上下方向に動く。これにより観察点 1 2 6 も上下方向の動きを行う。

10

【 0 1 3 6 】

上述した観察点 1 2 6 の光軸に対する 2 次元走査と、その 2 次元平面に鉛直な上下方向の動きを組み合わせることによって、観察対象を 3 次元的に走査することができる。その結果、その走査に対応して低コヒーレンス干渉により観察点からの反射光または散乱光の情報を得ることで 3 次元的な像を得ることができる。もちろん、例えば走査ミラー 1 4 0 の駆動を 1 次元に制限し、その 1 次元方向と上下方向の 2 つの方向の走査によって、2 次元断層像を得るように構成することも可能である。

20

【 0 1 3 7 】

また、ハウジング 1 3 4 の内部には生体と略同一の屈折率を有する屈折率整合液 1 5 1 が封入されている。走査ミラー 1 4 0 の液浸を防止するために、レンズ枠 1 3 8、フェルール 1 3 9、マグネット 1 4 1、駆動ケーブル 1 5 3 及び集光レンズ 1 2 7 は液密になるように接着封止されている。また、回転軸 1 4 4 には O リング 1 4 6 による液密シールが設けられ、屈折率整合液 1 5 1 をハウジング 1 3 4 内に封止している。

【 0 1 3 8 】

図 2 5 は、図 2 1 の V I I で示す点線部において矢印の方向から見た、光走査プローブ 1 0 5 の観察点 1 2 6 を含む断面図を示す。対物ユニット 1 3 0 と略平行に撮像ユニット 1 7 6 が設けられている。

30

【 0 1 3 9 】

図 2 6 は、撮像ユニット 1 7 6 の断面図である。撮像ユニット 1 7 6 は、レンズ群 1 7 9、プリズム 1 8 0、CCD 1 7 8、CCD 信号ケーブル 1 8 1、撮像ユニット枠 1 8 3 により構成されている。観察範囲 1 7 7 の内の光が、レンズ群 1 7 9 及びプリズム 1 8 0 により CCD 1 7 8 に結像され、観察範囲 1 7 7 の視野範囲が観察される。図 2 5 に示されるように撮像ユニット 1 7 6 の観察範囲 1 7 7 に観察点 1 2 6 が含まれるように、対物ユニット 1 3 0 と撮像ユニット 1 7 6 は設けられ、観察光 1 2 4 と撮像ユニット 1 7 6 の視野範囲は、共通の観察窓 1 3 5 の範囲内に含まれる。言い換えると、観察光 1 2 4 と撮像ユニット 1 7 6 の視野範囲の光のために、共通の観察窓 1 2 5 が使用される。この場合、図 1 9 に示されるように観察光 1 2 4 には可視光であるエイミングビームが導入されているので、内視鏡視野と、光断層像観察範囲の位置を対応付けて理解することが可能になる。すなわち、内視鏡の撮像手段による観察範囲内に、光走査手段による光走査範囲が含まれる。また、CCD 1 7 8 が可視領域以外の近赤外光にも感度を有するので、エイミングビームとして非可視光のエイミングビームを利用してもよい。さらにまた、CCD 1 7 8 の感度領域の波長の低コヒーレンス光源を用いることで、エイミングビームレーザ 1 0 3 を使わずに光断層像観察範囲を確認することが可能である。

40

【 0 1 4 0 】

50

図 27 は、光走査プローブ 105 のシース 136 の断面図である。シース 136 内部には、シース内腔と略同一の径のマルチルーメンチューブ 150 が設けられている。マルチルーメンチューブ 150 は、3 つの貫通穴を有する。第 1 の貫通穴 184 には第 5 の光ファイバ 113 が挿通されている。第 2 の貫通穴 185 にはフレキシブルシャフト 143 が挿通されている。第 3 の貫通穴 186 には、CCD 信号ケーブル 181 と、走査ミラー駆動ケーブル 153 を束ねた信号ケーブル 154 が挿通されている。マルチルーメンチューブ 150 を用いると組立性の向上、実装密度の向上が可能であるという利点がある。また、マルチルーメンチューブ 150 の代わりに複数の単チューブを用いてもよい。

【0141】

図 22 は、光走査プローブ 105 の基端部の断面図である。シース 136 とマルチルーメンチューブ 150 がコネクタハウジング 155 に接続されている。コネクタハウジング 155 は、取り付け用ネジ部を有する取付部材 156 により着脱自在に観測装置ハウジング 157 に接続される。ベアリング 162 によって回転自在に回転伝達受け 158 が、コネクタハウジング 155 に設けられ、回転伝達受け 158 の軸がフレキシブルシャフト 143 に接続されている。観測装置ハウジング 157 には、モータ 166 と、モータ回転角および速度を検出するエンコーダ 167 が設けられ、モータ 166 軸に回転伝達シャフト 159 が接続されている。回転伝達シャフト 159 にはピン受け部 161 が設けられ、回転伝達受け 158 にはピン 160 が設けられている。モータ 166 の回転が、回転伝達シャフト 159 へ、ピン受け部 161 へ、ピン 160 へ、回転伝達受け 158 へ、そしてフレキシブルシャフト 143 へと伝達される。その結果、前述のように、フレキシブルシャフト 143 に伝達された回転によって対物ユニット 130 が上下動し、観察点 126 が観察対象 125 の深さ方向に移動することによって、深さ方向の走査が行われる。また、コネクタハウジング 155 及び観測装置ハウジング 157 に、第 5 の光ファイバ 113 と第 3 の光ファイバ 109 を接続する光コネクタ 163 b 及び 163 a が設けられている。また、ケーブル 165 と信号ケーブル 154 を接続する電気コネクタ 164 a 及び 164 b が設けられている。

【0142】

また、この光走査プローブ 105 は内視鏡も兼ねており、通常の内視鏡と同様に図示しない処置具挿通チャンネル、観察窓 135 を清掃するための送気・送水機構、湾曲機構等を有している。

【0143】

図 28 は、深さ方向走査手段 29 の別の構成例を説明するための図である。図 10 は、図 21 との相違点を説明するために、その相違点のみを示す。図 21 のレンズ枠 138 と板バネ 148 の代わりに、板バネ 187 に上に対物ユニット 130 が設けられている。その他は、図 21 と同様にフレキシブルシャフト 143 により回転カム 145 を回転させ対物ユニット 130 を、図 28 の紙面において上下方向に、すなわちフレキシブルシャフト 143 に鉛直な方向に動かすことによって、深さ方向の走査が行われる。

【0144】

図 29 から図 34 は、低コヒーレンス干渉による干渉位置と集光位置の関係を説明するための図である。例えば、図 29 に示すように、集光レンズ 127 は、空気中 190 (屈折率 $n = 1$) 中に設けられており、生体組織 91 (屈折率 $n = n_t$) の表面付近を観察しているものとする。このとき、集光レンズ 127 による集光点である観察点 126 と、光路長 189 で規定される低コヒーレンス干渉による干渉位置 188 とは一致している。これにより観察点 126 の情報を高分解能で得ることができる。これを深さと検出能の関係を示したのが図 30 のグラフである。図 30 において、横軸は深さを、縦軸は検出能を表している。192 a は低コヒーレンス干渉による検出効率を表しており、193 a は集光レンズ 127 の集光力による検出効率を表している。この 2 つのを掛け合わせたものが全体の検出効率となるので、干渉位置 188 における観察点 126 の検出能が高いことが分かる。

【0145】

10

20

30

40

50

ところが、図 3 1 に示すように、図 2 0 に示す深さ方向走査手段 1 2 9 を用いて観察点 1 2 6 を生体組織 1 9 1 中深くに走査した場合、観察点 1 2 6 の位置は空気中での観察点の位置 1 9 4 より深い位置となる。走査量を $depth$ とした場合、 $(n_t - 1) \times depth$ 分だけ深い走査量となる。

【 0 1 4 6 】

一方、低コヒーレンス干渉位置 1 8 8 は空気中での観察点の位置 1 9 4 に対し、走査量を $depth$ とした場合、 $(1 - 1/n_t) \times depth$ 分だけ浅くなっている。

【 0 1 4 7 】

従って観察点 1 2 6 と低コヒーレンス干渉位置 1 8 8 の深さ位置には差 1 9 5 が生じている。その差は、 $(n_t - 1) \times depth + (1 - 1/n_t) \times depth$ である。

10

【 0 1 4 8 】

図 3 2 は、この差を説明するための図である。低コヒーレンス干渉の検出効率 1 9 2 a のカーブは浅い側に 1 9 2 b のように移動し、集光力による検出効率 1 9 3 a のカーブは深い側に 1 9 3 b のように移動している。ここで低コヒーレンス干渉の検出効率 1 9 2 b と集光力による検出効率 1 9 3 b を掛け合わせたものが全体の検出効率なので、系全体としては低い検出効率になり、深さ方向の情報が得られないことがわかる。

【 0 1 4 9 】

そこで図 3 3 に示すように、図 1 9 の光路長調整手段 1 1 8 によって、光路長を差 1 9 5 だけ増して、低コヒーレンス干渉の検出効率 1 9 2 b のカーブを 1 9 2 c のように深さ方向に移動し、観察点 1 2 6 の深さ位置と低コヒーレンスの干渉位置 1 8 8 を一致させる。これによって、観察点 1 2 6 の情報を高い検出効率で得ることができる。最初から生体内部の定まった範囲を観察する場合は、生体内部のある深さに対して高い検出効率を有するように、光路長調整手段 1 1 8 により光路長を調節することによって、生体内部を高効率でかつ高い水平分解能で観察することが可能になる。

20

【 0 1 5 0 】

図 3 5 及び図 3 6 は、観察点 1 2 6 の位置と低コヒーレンス干渉位置 1 8 8 を一致させる別の方法を説明するための図である。

【 0 1 5 1 】

屈折率が n_s の透明な素材で構成されたハウジング 1 9 6 の内部には、生体の屈折率 n_t と略同じの屈折率を有する屈折率整合液 1 9 7 が満たされている。屈折率整合液 1 9 7 の中に防液ハウジング 1 9 8 とその内部に集光レンズ 1 2 7 が設けられている。

30

【 0 1 5 2 】

ここで、防液ハウジング 1 9 8 先端から観察点 1 2 6 までの光路長は次の通りである。

【 0 1 5 3 】

光路長 1 = $(n_t L 1 + n_s L 2 + L 3 + n_t L 4 = n_t (L 1 + L 4) + n_s L 2 + L 3)$

ここで、図 2 0 に示されたような深さ方向走査手段 1 2 9 を用いて集光レンズ 1 2 7 と防液ハウジング 1 9 8 を深さ方向に走査量 $depth$ 分だけ走査した場合、図 3 6 に示すように、

40

$L 1' = L 1 - depth$

$L 4' = L 4 + depth$

となるので、

光路長 2 = $(n_t L 1' + n_s L 2 + L 3 + n_t L 4')$

= $n_t (L 1 - depth + L 4 + depth) + n_s L 2 + L 3$

= $n_t (L 1 + L 4) + n_s L 2 + L 3 =$ 光路長 1

と光路長の変化はない。

【 0 1 5 4 】

また、それぞれの屈折率 ($n_t, n_s, 1$) を通過する距離が走査後も同じなので観察点 1 2 6 も $depth$ だけ移動する。従って、観察点 1 2 6 の位置と、低コヒーレンス

50

干渉の干渉位置 188 は深さ方向の走査全域に渡って一致し、高い検出効率と高い水平方向の分解能を維持できる。

【0155】

また、図 21 における観察窓 135 の被検体側の部分の表面（界面）に、被検体の屈折率に対して反射防止になるような、屈折率の整合層としての反射防止膜を設けると、観察窓の材質の屈折率と被検体の屈折率差から生じるフレネル反射を防ぎ、ノイズ光を減らし、S/N比を向上させることができる。同様のことを観察窓 135 および集光レンズ 127 の屈折率整合液 151 との接触面（界面）にも設けることができる。

【0156】

以上のように、本実施の形態によれば、光プローブの軸方向に設けられたフレキシブルな動力伝達手段によって、焦点移動手段が駆動されるので、先端硬質部の寸法が短く、かつ精密な制御の可能な焦点可変機構を有する光走査プローブ装置を実現することができる。

10

【0157】

また、動力伝達手段に伝達される力量と変位が一意的な関係にある変位変換機構を用いることで、変位でなく力量により焦点位置の移動量を制御でき、変位がプローブの湾曲等で変動する場合にも制御しやすい。

【0158】

さらに、集光手段と被検体の間に、集光手段と被検体の間隔を変更可能で、透明な軟性の被検体と略同一の屈折率を有する屈折率整合物質を有する屈折率整合手段が設けられているので、界面からの反射を抑制し、S/N比を向上させることができる。

20

【0159】

（第 6 の実施の形態）

図 37 に第 6 の実施の形態を示す。第 5 の実施の形態と異なる部分のみを図面を用いて説明し、その他の部分は第 5 の実施の形態と同じ番号で示し、説明は省略する。

【0160】

第 5 の光ファイバ 113 より出射した光は集光レンズ 127 により集光される。その光線 204 a は、図 23 に示された走査ミラー 140 によって走査され光線 204 b となり、板バネ 200 に設けられた反射ミラー 199 によって反射され、観察光 124 となり、生体組織 125 に照射される。板バネ 200 は、図 28 と同様なフレキシブルシャフト 143 と回転カム 145 を用いた機構や、図示されない板バネ 200 を吸着する電磁石や板バネ 200 に設けられたピエゾ素子、または板バネを SMA（形状記憶合金）で構成し、それに電流を流すことで湾曲させるアクチュエータなどの公知のアクチュエータによって上下に走査するように動かされる。上下に走査するように動かされることによって、観察点 126 が深さ方向に走査される。図 20 の光走査手段 128 と深さ方向走査手段 129 を用いて、観察点 126 を水平方向および深さ方向に走査することにより 2 次元または 3 次元の断層像を得ることができる。

30

【0161】

また、図 38 に走査ミラー 140 を保持する走査ミラーユニット 201 を示す。走査ミラーユニット 201 には走査ミラー 140 の近傍に観察光 124 の通過するための穴 202 が設けられている。走査ミラーユニット 201 は好ましくは半導体製造プロセスにより走査ミラー 140 と同時に作成され、穴 202 を走査ミラーユニット 201 に設けることにより観察光 124 を生体組織 125 に対しより垂直に近く入射させることができ、より効率の高い観察が可能である。

40

【0162】

図 39 に第 6 の実施の形態の変形例を示す。反射ミラー 199 の代わりに、上面に反射面 206 が設けられているくさび型プリズム 203 をロッド 205 により図の水平方向に移動、すなわちチューブ状のシース 136 の軸方向に沿って動かすことにより、図 37 の反射ミラー 199 を上下に走査するのと同様に生体組織 125 に対し深さ方向に走査することができる。くさび型プリズム 203 は生体組織と略同一の屈折率を有しており、図 3

50

5と図36の屈折率整合液197と同様に、観察点126と、低コヒーレンス干渉の干渉位を深さ方向の走査全域に渡って一致させ、高い検出率と高い水平方向の分解能を維持できるという効果を有する。

【0163】

(第7の実施の形態)

図40に第7の実施の形態を示す。第5の実施の形態と異なる部分のみを図面を用いて説明し、その他の部分は第5の実施の形態と同じ番号で示し、説明は省略する。

【0164】

第5の光ファイバ113より出射した光は集光レンズ127により光線209bとなり板バネ200端に設けられた曲面ミラー208によって観察光124となり、被検体の観察点126に集光する。第5の光ファイバ113の出射端207は第5の光ファイバ113端部より数mm基端側に設けられた piezo素子113aにより紙面に垂直な方向に振動する。それにより集光レンズ127に入射する光線209aの角度が変化し光線209bが紙面に垂直な方向に走査される。曲面ミラー208は、集光レンズ127と被検体の間に設けられている。可動ミラーである曲面ミラー208が第6の実施の形態で示された図示しないアクチュエータにより上下により駆動され、観察点126は近似的に、光走査プローブ105の軸方向に垂直な方向に走査される。曲面ミラー208の移動によって、焦点位置は、略直線状に移動する。従って、piezo素子113aによる水平方向の走査と曲面ミラー208による観察深さ方向の走査によって断層像を得ることができる。

10

【0165】

図41および図42に第7の実施の形態の変形例を示す。曲面ミラー208の代わりに曲面回転ミラー210が設けられ、曲面回転ミラー210はフレキシブルシャフト143により駆動される偏心軸を有している。図42は図41の光走査手段120の断面図である。第5の光ファイバ113出射端207から出射した光は集光レンズ127によって光線209bとして出射する。集光レンズ127および第5の光ファイバ113の出射端207はバイモルフpiezo素子211a、211bによって上下に走査され、光線209bも上下(図41では紙面に垂直)に走査される。深さ方向走査手段としての曲面回転ミラー210は、フレキシブルシャフト143の駆動により回転し、可動ミラーである曲面ミラー208を上下走査したのと同様に、観察点126を上下に、すなわち光走査プローブ105の軸方向に垂直な方向に走査することができる。

20

30

【0166】

焦点移動手段に、集光手段と被検体の間に設けられた可動ミラーを用いたので、高速な焦点位置の変更をすることができる。

【0167】

(第8の実施の形態)

図43に第8の実施の形態を示す。第5の実施の形態と異なる部分のみを図面を用いて説明し、その他の部分は第5実施例と同じ番号で示し、説明は省略する。

【0168】

光走査ユニット221は、レンズ枠218、集光レンズ213、光導波路基材220、走査ミラー140より構成される。第5の光ファイバ113を伝送された光は光導波路219を経由して、出射端217より出射し、走査ミラー140中央に設けられた穴234を通して集光レンズ213上に設けられた反射ミラー214を介して走査ミラー140に導光される。走査ミラー140は第5の実施の形態の図23のような電磁式のものでも、特開平11-84250号公報に示された静電式のものでも良い。

40

【0169】

走査ミラー140により方向を変えた光は集光レンズ213により観察点126に集光される。走査ミラー140の揺動により観察点は光軸に略垂直な方向に走査される。光走査ユニット221はハウジング134内において集光レンズ213の光軸方向に可動であり、回転カム212と光導波路基材220に設けられた突起217で接触している。フレキシブルシャフト143の回転が回転軸144により回転カム212に伝達される。透明

50

弾性部材 2 1 5 は、屈折率整合液を充填した樹脂の袋であり、被検体側に設けられた透明板である観察窓 1 3 5 と、集光レンズ 2 1 3 の間に設けられている。光走査ユニット 2 2 1 は透明ゴムやゲルなどの透明弾性部材 2 1 5 により付勢されており、回転カム 2 1 2 の回転によって突起 2 1 7 が右方向に押され、光走査ユニット 2 2 1 は図の左右方向に移動し、観察点 1 2 6 がフレキシブルシャフト 1 4 3 の回転に応じて左右に、すなわち観察対象の深さ方向に走査される。また、第 5 の光ファイバ 1 1 3 と駆動ケーブル 1 5 3 は一本のケーブル 2 1 6 に構成されている。透明弾性部材 2 1 5 は生体組織と略同一の屈折率を有するため、観察点 1 2 6 と低コヒーレンス干渉の干渉位置 1 8 8 は深さ方向の走査全域に渡って一致し、高い検出効率と高い水平方向の分解能を維持できる。

【 0 1 7 0 】

図 4 4 から図 4 6 は第 8 の実施の形態の深さ方向走査手段の変形例を示す。

【 0 1 7 1 】

図 4 4 では、フレキシブルシャフト 1 4 3 の回転が回転軸 1 4 4 を介しておねじ 2 2 2 に伝達される。図 4 3 の光走査ユニット 2 2 1 に固定されたためねじ 2 2 3 を左右に、すなわち深さ方向に移動させることができる。この実施の場合、フレキシブルシャフトの回転力に対して負荷が大きくとも駆動可能という特徴を有する。図 4 5 は、フレキシブルシャフト 1 4 3 により回転カム 2 2 4 を回転し、回転カム 2 2 4 に設けられたカム溝 2 3 0 上を光走査ユニット 2 2 1 上に固定されたロッド 2 2 5 の突起 2 3 1 が移動することによりロッド 2 2 5 を左右に、すなわち深さ方向に移動可能である。図 4 6 は図 4 5 の回転カム 2 2 4 の代わりにフレキシブルシャフト 1 4 3 に直結して回転するギア 2 2 6 とハウジング 1 3 4 に設けられた軸 2 2 7 に回転自在に設けられた回転カム 2 2 8 で構成するもので、フレキシブルシャフト 1 3 4 の回転ギア部 2 2 9 で減速され回転カム 2 2 8 に伝達され、図 4 5 よりも大きな駆動力を得ることができる。

【 0 1 7 2 】

(第 9 の実施の形態)

図 4 7 および図 4 8 に第 9 の実施の形態を示す。第 5 の実施の形態と異なる部分のみ図面を用いて説明し、その他の部分は第 5 の実施の形態と同じ番号で示し、説明は省略する。図 4 7 は、第 9 の実施の形態に係る光走査プローブの先端部の構成を示す断面図であり、図 4 8 は、ハウジングの断面図である。

【 0 1 7 3 】

光走査ユニット 2 2 1 は、第 5 の実施の形態および第 8 の実施の形態の構成と同様であるが、第 5 の光ファイバ 1 1 3 からの出射端 2 0 7 から出射した光が反射ミラー 2 3 3 を介して走査ミラー 1 4 0 に導かれることである。またレンズ枠 2 1 8 に液密パッキン 2 3 2 が設けられていることである。

【 0 1 7 4 】

ハウジング 1 3 4 には、送水パイプ 2 3 5 が接続され、送水ノズル 2 4 0 に接続される第 1 の送水管 2 3 7、第 1 のシリンダ 2 4 6 まで貫通する第 2 の送水管 2 3 8、第 2 のシリンダ 2 4 7 まで貫通する第 3 の送水管 2 3 9、送水パイプ 2 3 5 に送られた液体を駆動ケーブル 2 5 0 に伝達された駆動信号に基づいて第 1 の送水管 2 3 7、第 2 の送水管 2 3 8 及び第 3 の送水管 2 3 9 に供給する送水バルブ 2 3 6 が設けられている。

【 0 1 7 5 】

また、同様にハウジング 1 3 4 には、吸引パイプ 2 4 1 が接続され、吸引口 2 4 8 に接続される第 1 の吸引管 2 4 3、第 1 のシリンダ 2 4 6 まで貫通する第 2 の吸引管 2 4 4、第 2 のシリンダ 2 4 7 まで貫通する第 3 の吸引管 2 4 5、図示されない駆動ケーブル 2 5 0 と同様の駆動ケーブルに伝達された駆動信号に基づいて第 1 の吸引管 2 4 3、第 2 の吸引管 2 4 4 及び第 3 の吸引管 2 4 5 のいずれかと吸引パイプ 2 4 1 を接続する吸引バルブ 2 4 2 が設けられている。

【 0 1 7 6 】

送水パイプ 2 3 5 と吸引パイプ 2 4 1 には図示されない観測装置の有する送水手段と吸引手段と流体コネクタを介して着脱可能に接続されており、それぞれに常時加圧された水

10

20

30

40

50

および陰圧が加えられている。

【0177】

この送水バルブ236と吸引バルブ242を駆動することにより光走査ユニット221を一体として、左右に、すなわち観察対象125の深さ方向に移動し、観察点126の深さ方向の走査を実現する。

【0178】

送水バルブ236により送水パイプ235と第2の送水管238を接続し、同時に吸引バルブ242により吸引バルブ242と第3の吸引管247を接続する。すると、第1のシリンダ246に水が注入され、第2のシリンダ247の水が除去される。第1と第2のシリンダの圧力の差で光走査ユニット221が左方向へ移動し、観察点126は浅い方向に移動する。

10

【0179】

送水バルブ236により送水パイプ235と第3の送水管239を接続し、同時に吸引バルブ242により吸引パイプ241と第2の吸引管244を接続すると反対に光走査ユニット221が右方向へ移動し、観察点126は深い方向に移動する。

【0180】

また送水バルブ236により送水パイプ235と第1の送水管237を接続すると、送水ノズル240から水を噴出することができ、観察窓135を洗浄することができる。また吸引バルブ242により吸引パイプ241と第1の吸引管243を接続すると、吸引口から過剰な水を吸引することができる。

20

【0181】

また、光走査ユニット221の走査は、第2の送水管238と第2の吸引管244、または第3の送水管239と第3の吸引管245のみでも行うことができる。

【0182】

ここでは深さ方向の走査に用いられる液体を水としたが、生体と近い屈折率を有する液体($n = 1.3 \sim 1.5$)であれば他の液体(例えば生理食塩水やグリセリンなど)を用いることも当然可能である。

【0183】

第9の実施の形態の変形例を図49及び図50に示す。第9の実施の形態と異なる部分のみ説明し、その他の部分は第9の実施の形態と同じ番号で示す。

30

【0184】

光走査ユニット221の先端側に生体とおおよそ等しい屈折率を持った液体を封入した、透明な樹脂、好ましくはPET(ポリエチレンテレフタレート)やポリウレタンで構成されたダイヤフラム266が設けられている。ダイヤフラム266には一体に構成された管267が設けられている。ダイヤフラム266に管267を經由して液体を導入、あるいは吸引することで、ダイヤフラム266内の屈折率整合液の体積を増加あるいは減少させ、光走査ユニット221を左右に移動させ、上述した第9の実施の形態と同様に深さ方向の走査を行うことが可能である。光走査ユニット221は右端部はダイヤフラム266に接着されているが、接着せずに光走査ユニット221をダイヤフラム266に図示しない付勢手段により圧接させても良い。

40

【0185】

第5の光ファイバ113には、光走査ユニット221の進退によるたるみを吸収するためにループ状に形成されたファイバたるみ吸収部268が設けられている。このようなファイバたるみ機構は、上述した第8の実施の形態及び第9の実施の形態に示す構成に設けても有効である。

【0186】

図50に示されるように光走査ユニット221のレンズ枠218には、図49のハウジング134に設けられたガイド269とそれに対向して設けられたガイド溝270が設けられ、光走査ユニット221が回転せずに進退させることができる。

【0187】

50

この変形例の構成により流体駆動機構であっても水密機構を単純にでき、小型に構成することが可能となる。

【0188】

(第10の実施の形態)

図51から図53に第10の実施の形態を示す。第5の実施の形態と異なる部分のみ図面を用いて説明し、その他の部分は第5の実施の形態と同じ番号で示し、説明は省略する。

【0189】

図51は、第10の実施の形態に係る光走査プローブの先端部の構成を示す断面図である。図52は、第10の実施の形態に係る中空パネの構造の例を説明するための図である。図53は、第10の実施の形態に係る中空パネの構造の他の例を説明するための図である。

【0190】

第5の光ファイバ113と、集光レンズ127及びレンズ枠218によって、レンズユニット265が構成される。レンズユニット265に接続されたバイモルフ型 piezo 素子211a、接続部材263、及び取付台253に接続されたバイモルフ型 piezo 素子211bによって、図20の光走査手段128が構成される。レンズユニット265と光走査手段128によって、対物ユニット130が構成される。第5の光ファイバ113からの出射端207から出射した光は集光レンズ127により観察点126に導かれ、再び出射端207に戻るが、その観察光124は、バイモルフ型 piezo 素子211aにより上下方向に、バイモルフ型 piezo 素子211bにより紙面の垂直方向、すなわち上下方向に垂直な方向に走査され、両者を合わせる事により、第5の実施の形態と同様に2次元的な走査が可能である。

【0191】

取付台253、中空パネ252、駆動シャフト254、永久磁石255、電磁石256、LED260、フォトダイオード261、反射体262、ディテクタ台259、中継シース258及び中継台257によって深さ方向走査手段129が構成されている。

【0192】

電磁石256に駆動電流を与えると、駆動電流に比例した駆動力が永久磁石255に生じるので、駆動シャフト254により取付台253に伝達される。その結果、観察対象125の深さ方向に焦点の観察点が移動する。取付台253には前述のバイモルフ型 piezo 素子211bの端部が固定されている。また、取付台253は、中空パネ252のパネ部252aの途中に設けられた固定部252bに固定されている。また、中空パネ252の両端はハウジング部材134に固定されている。

【0193】

中空パネ252の構造の例を図52及び図53に示す。中空パネ252の1例として、図52には、超弾性合金(SEA)のパイプに切り込み263を設けたものが、図53には、パネ部252aを線パネで構成し、それに固定部252bを接合したものが示されている。前述の通り永久磁石255と電磁石256によって電磁力アクチュエータが構成され、電磁力アクチュエータによる駆動力により取付台253が左右に、すなわち光りプローブ105の軸方向に移動し、対物ユニット130に設けられたレンズユニット265を深さ方向に移動させ、観察点126が深さ方向に移動する。永久磁石255と電磁石256による駆動力が無くなると中空パネ252の復元力により取付台253は元の位置に復元する。

【0194】

取付台253の位置、すなわち深さ方向の走査位置は、ハウジング134に固定されたディテクタ台259に設けられた光源としてのLED260から照射した光が、反射体262で反射した光の強度または光量を、検出器であるフォトダイオード261で検出することで得ている。すなわち、焦点移動量の検出は、光走査プローブ105の先端部において、焦点移動手段の固定部と可動部間の距離を測定して行う。また、電磁石の駆動電流は

10

20

30

40

50

駆動力に比例し、その駆動力は中空バネ 2 5 2 の弾性力とおおよそ釣り合う。弾性力は移動変位の関数になるため、電磁石の駆動電流から取付台 2 5 3 の位置を推定する事も可能である。なお、LED 2 6 0 とフォトダイオード 2 6 1 の代わりに、磁気発生器と磁気検出器を設けて、磁力の変化で走査位置を検出するようにしてもよい。

【 0 1 9 5 】

また、電磁石 2 5 6 の設けられた中継台 2 5 7 は、アクチュエータ保持部材であり、シース 1 3 6 と接続される。更に、軸方向の剛性が高く、軸に垂直な方向には低剛性の材質で構成される中継シース 1 5 8 により、中継台 2 5 7 は、ハウジング 1 3 4 に接続される。また前述の駆動シャフト 2 5 4 も同様に軸方向の剛性が高く、軸に垂直な方向には低剛性の材質で構成されている。焦点移動手段を有する硬質の先端光学部と、その光学部とアクチュエータ保持部材の間にフレキシブルな外筒すなわちシース 1 3 6 が設けられている。これにより大きな駆動力を持つアクチュエータは一般的に大きくなりがちであるが、アクチュエータ部と、光学部を分離することによって、硬質長を短くし、体腔内での挿入性や取扱い性、特に内視鏡の処置具チャンネル挿通使用時の挿入性や取扱い性を向上させている。

10

【 0 1 9 6 】

また、第 5 の光ファイバ 1 1 3 のバイモルフ型ピエゾ素子 2 1 1 a およびバイモルフ型ピエゾ素子 2 1 1 b を駆動するための駆動ケーブル 1 5 3 を内蔵するケーブル 2 1 6 の剛性は高いので、ケーブル 2 1 6 と駆動シャフト 2 5 4 を兼ねる構成が可能である。これによりプローブ内部の空間使用の効率を上げる事で、プローブを更に細径化する事が可能となる。

20

【 0 1 9 7 】

また、図 5 2 に示すような構成で中空バネ 2 5 2 を形状記憶合金 (S M A) により構成し、端部の一方のみをハウジング 1 3 4 に固定する。そして、更に図示しない加熱手段、例えば S M A 自身に電流を通電すること、および好ましくは水などの冷却手段を設けることによってアクチュエータとバネ手段を兼ねる構成が可能である。

【 0 1 9 8 】

また本構成に示されるような、アクチュエータ部と光学部を分離し、駆動シャフト 2 5 4 と中継シース 2 5 8 により駆動力を伝達する構成は、他の実施の形態、例えば第 8 の実施の形態に適用することも可能である。回転カム 2 1 2 と突起 2 1 7 による直動駆動力を駆動シャフト 2 5 4 に伝達し、駆動シャフト 2 5 4 により光走査ユニット 2 2 1 を進退させることも可能である。

30

【 0 1 9 9 】

図 5 4 に、第 1 0 の実施の形態の変形例を示す。第 1 0 の実施の形態と異なる部分のみ説明し、その他の部分は第 1 0 の実施の形態と同じ番号で示す。

【 0 2 0 0 】

対物ユニット 1 3 0 はバネ座 2 7 3 に固定されている。バネ座 2 7 3 とハウジング 1 3 4 の間には、第 1 0 の実施の形態の中空バネ 2 5 2 の代わりにバネ定数 k_1 の圧縮バネ A 2 7 1 を設け、バネ座 2 7 3 と駆動シャフト 2 5 4 の間にはバネ定数 k_2 の引っ張りバネ B 2 7 2 を設ける。対物ユニット 1 3 0 の進退量 x は、駆動シャフト 2 5 4 の進退量 y とすると、 $x = (k_2 / k_1) y$ の関係にある。これらのバネ 2 7 1 と 2 7 2 によって、変位変換機構が構成される。 k_2 を k_1 に対し小さく設定することで、永久磁石 2 5 5、電磁石 2 5 6 からなるアクチュエータの変位量を縮小して伝達することができる。これにより対物ユニット 1 3 0 を位置決めするのが容易になる。

40

【 0 2 0 1 】

なお、ここでは、変位変換機構を、2 種類のバネによって構成したが、2 種類以上のバネ定数を有する複数のバネによって構成してもよい。また、ここでは、変位を縮小する機構で説明したが、変位を拡大する機構を用いてもよい。変位変換機構は、動力伝達手段に伝達される力量と変位量が一意的な関係になるように構成されている。

【 0 2 0 2 】

50

また、上述したような永久磁石 2 5 5 と電磁石 2 5 6 からなるアクチュエータを設けず、駆動シャフト 2 5 4 を充分フレキシブルなワイヤとして、光走査プローブの全長に渡って挿通し、プローブの手元でワイヤを手動または図示しないアクチュエータにより引っ張ることで、プローブ先端の対物ユニット 1 3 0 を、深さ方向に、すなわちプローブの軸方向に動かして位置決めすることが可能である。

【 0 2 0 3 】

このとき、位置を第 1 0 の実施の形態に示された LED 2 6 0、フォトダイオード 2 6 1、照射反射体 2 6 2 からなる位置検出手段によりモニタしながら位置決めすることができる。

【 0 2 0 4 】

この構成では一般にはワイヤ駆動では μm オーダーの微小な位置決めを行うことは困難であるが、パネ A 2 7 1、パネ B 2 7 2 による変位縮小機構により、ワイヤ駆動による位置決め機構を実現できる。この構成ではアクチュエータをプローブ手元部または外部に構成できるのでプローブ先端をより小型に構成できるという利点を有する。

【 0 2 0 5 】

ワイヤ駆動のためのアクチュエータとしては、第 8 の実施の形態に係る図 4 4、4 5、4 6 に示されたネジやカムによる直動機構や、プーリによるワイヤ巻取り機構を用いることもできる。また一般的な市販の大型アクチュエータを用いることが出来、さらにはプローブ外部に設けることも可能なので、プローブを安価に構成することが可能である。

【 0 2 0 6 】

(第 1 1 の実施の形態)

図 5 5 から図 5 8 に第 1 1 の実施の形態を示す。第 5 の実施の形態と異なる部分のみ図面を用いて説明し、その他の部分は第 5 の実施の形態と同じ番号で示し、説明は省略する。

【 0 2 0 7 】

光走査プローブ 1 0 5 の外装はフレキシブルな樹脂から構成されるプローブシース 2 7 5 とそれに接続された透明シース 2 7 4 よりなる。プローブシース 2 7 5 の内部には直動シャフト 2 7 6 が設けられ、その先端に対物ユニット 2 7 9 が設けられている。対物ユニット 2 7 9 には第 5 の光ファイバ 1 1 3 の端部と集光レンズ 1 2 7 が設けられている。透明シース 2 7 4 内部にはモータ 2 7 7 と DOE (回折光学素子) ミラー 2 7 8 が設けられている。

【 0 2 0 8 】

第 5 の光ファイバ 1 1 3 の端部から出射した観察光 1 2 4 は、DOE 走査ミラー 2 7 8 に反射され、観察点 1 2 6 に集光する。DOE 走査ミラー 2 7 8 を図 5 6 に示す。DOE ミラーは 2 8 1 a ~ f まで 6 つの DOE ミラーからなっている。DOE ミラー 2 8 1 a で説明すると、DOE ミラー 2 8 1 a には図 5 6 から正面から入射する光線を、2 8 4 b で示す下方に反射するように回折格子が形成されている。DOE 回転ミラー 2 7 8 を回転させると、光線の向きが 2 8 4 a から 2 8 4 c へ移動する。DOE ミラー 2 8 1 b から f も 2 8 1 a と同様に DOE ミラーで構成されているため、モータ 2 7 7 に DOE 走査ミラー 2 7 8 を回転させると、光線は 2 8 4 a から 2 8 4 c へ繰り返し走査される。これにより観察点 1 2 6 が円弧状に走査される。これが第 5 の実施の形態の光走査手段 1 2 8 に対応している。

【 0 2 0 9 】

また、直動シャフト 2 7 6 をプローブ先端方向に移動することにより対物ユニット 2 7 9 を押し出し、位置 2 8 5 に移動することで、集光点 1 2 6 を位置 2 8 6 に移動できる。これが第 5 の実施の形態の深さ方向走査手段 1 3 0 になっており、観察対象 1 2 5 内での観察深さを変更できる。

【 0 2 1 0 】

また、DOE 走査ミラー 2 7 8 の代わりに、図 5 7 及び図 5 8 に示すような角錐ミラー 2 8 2 を用いることもできる。図 5 7 は、角錐ミラー 2 8 2 の正面図である。図 5 8 は、

10

20

30

40

50

角錐ミラー 282 とモータ 277 の側面図である。角錐ミラー 282 は反射面 283 a - d を持ち、角錐ミラー 282 を回転させることで、D O E 走査ミラー 278 と同様の作用を行うことができる。

【0211】

(第12の実施の形態)

図59に第12の実施の形態を示す。第5の実施の形態と異なる部分のみ図面を用いて説明し、その他の部分は第5の実施の形態と同じ番号で示し、説明は省略する。

【0212】

本発明は、図19と異なった構成の干渉計を用いても実施可能である。第3の光ファイバ109に導光された光は光サーキュレータ293により光ファイバ287に導かれ、光コネクタ104を介して第5の光ファイバ113に導かれる。その光は光走査プローブ105に導かれ、観察対象より戻ってきた光は再び光ファイバ287に導かれるが、光サーキュレータ293により光ファイバ288に導かれる。

10

【0213】

また第4の光ファイバ110に導かれた光はコリメータ294 aにより周波数シフタ111に導かれ、コリメータ294 bにより光ファイバ289に導かれる。光ファイバ288に導かれた光と光ファイバ289に導かれた光は光カプラ290によって混合され、光カプラ290からの光はディテクタ291 aと291 bに導かれる。ここで、第3の光ファイバ109から光サーキュレータ293を経由し、光走査プローブ105に導光され、観察対象に対し出射し、反射された光が光サーキュレータ293を経由し、光ファイバ288を通して光カプラ290に導かれる光路の光路長を物体側の光路長とする。また、第4の光ファイバ110から周波数シフタ111を経由し、光ファイバ289を通して光カプラ290に導かれる光路の光路長を参照側の光路長とする。

20

【0214】

すると、第5の実施の形態と同様に、物体側の光路長と参照光の光路長が低コヒーレンス光源のコヒーレンス長の範囲内で一致した場合に干渉光が得られる。

【0215】

ここで、ディテクタ291 aと291 bで受けられる干渉光から生じる信号は位相が反対であり、それ以外の定常光、雑音光により生じる信号は同相であるため、差分増幅器292でディテクタ291 aと291 bの信号の差分を増幅すると、干渉信号は倍になり、雑音成分は抑制するため、S/N比を大きく向上させることが出来る。

30

【0216】

また、低コヒーレンス光源1の代わりにコヒーレンス長の長いレーザ光源を用いると、干渉顕微鏡と同等の性能を得ることが可能である。また、第5の実施の形態における図19に示される参照側133の構成を用いず、第4の光ファイバ110を屈折率整合物質等で終端すると、レーザ光走査型顕微鏡が構成できる。このとき、図20に示される第5の光ファイバ113の光学径、集光レンズ127の入射NA(開口数)及び出射NAが、共焦点条件を満たせば、走査型共焦点顕微鏡になる。この場合には、光ディテクタ102として好ましくは、光電子増倍管や、アパランシェフォトダイオードなど、光電子変換時に増幅特性を有する検出素子が用いられる。この場合には周波数シフタ111による変調はなされないので、復調器119は不要である。

40

【0217】

上記第5から第12の実施の形態における各構成要素を組み合わせ、光断層イメージング装置を構成することができ、またそれぞれの効果を得られることは自明である。例えば、第10の実施の形態に係る図51の永久磁石255と電磁石256によりアクチュエータの代わりに、第5の実施の形態に係る図47に示される流体アクチュエータを用いることが出来る。この場合、流体ではなく、気体を用いることも出来る。

【0218】

さらにまた、光走査プローブ内にアクチュエータを設け、アクチュエータがフレキシブルな動力伝達手段を駆動するように構成した場合、そのアクチュエータは、電磁力アクチュ

50

エータのようなプローブの軸方向に動きを与えるもの、回転駆動を与えるものなどであってもよい。そして、アクチュエータと焦点可変機構をフレキシブルな動力伝達手段で接続し、動力伝達手段がある部分はフレキシブルに構成する。

【0219】

以上説明した第5から第12の実施の形態の夫々は、次のような効果を有する。

【0220】

(1) 先端硬質部が短く、精密な制御の可能な焦点可変機構を有する光走査プローブを提供することができる。

【0221】

(2) フレキシブルな直道の動力伝達手段であっても精密な制御を可能にする光走査プローブを提供することができる。

10

【0222】

(3) 先端硬質長を短縮しながら、精密な制御を可能にするために先端部にアクチュエータを設けた光走査プローブを提供することができる。

【0223】

(4) フレキシブルな動力伝達手段により精密な制御が行われなくても、焦点の位置を正確に検出し、画像に正しく反映できる光走査プローブを提供することができる。

【0224】

(5) プローブの小型化、焦点の位置の微小な制御を可能とする光走査プローブを提供することができる。

20

【0225】

(6) 低コヒーレンス干渉との組み合わせにおいて、焦点位置を可変しても低コヒーレンス干渉による検出位置と集光位置が一致するようにする光走査プローブを提供することができる。

【0226】

(7) 先端光学ユニットを一体として光軸方向に移動させた場合に、ファイバに移動による張力が生じて、移動を阻害しないようにする光走査プローブを提供することができる。

【0227】

(8) 高速な焦点位置の可変を実現する光走査プローブを提供することができる。

【0228】

(9) 低コヒーレンス干渉との組み合わせにおいて、焦点位置を可変しても低コヒーレンス干渉による検出位置と集光位置が一致するようにする光走査プローブを提供することができる。

30

【0229】

(10) 界面から生じる反射を抑制し、S/N比を向上させる光走査プローブを提供することができる。

【0230】

上述した第1から第4の実施の形態から付記1の構成を導き出すことができる。

【0231】

[付記1]

40

1. 前記焦点位置検出手段が用いる前記光検出手段で検出した信号が、光の強度情報であることを特徴とする請求項1の走査型観察装置。

2. 前記焦点位置検出手段が用いる前記光検出手段で検出した信号が、コントラスト情報であることを特徴とする請求項1の走査型観察装置。

3. 前記光路長調整手段が用いる前記光検出手段で検出した信号が、光の強度情報であることを特徴とする請求項1の走査型観察装置。

4. 前記光路長調整手段が用いる前記光検出手段で検出した信号が、検波信号情報であることを特徴とする請求項1の走査型観察装置。

【0232】

5. 前記焦点位置検出手段は、前記光検出手段で検出した光の強度情報の値が極大となる

50

位置に前記基準部材の集光手段に対する位置を調整する手段であることを特徴とする請求項 1 の走査型観察装置。

6 . 前記焦点位置検出手段は、前記光検出手段で検出した光のコントラストの値が極大となる位置に前記基準部材の集光手段に対する位置を調整する手段であることを特徴とする請求項 2 の走査型観察装置。

7 . 前記光路長調整手段は、前記光検出手段で検出した光の強度情報の値が極大となる様に、前記光路長可変手段を操作する手段であることを特徴とする付記 3 の走査型観察装置。

8 . 前記光路長調整手段は、前記光検出手段で検出した光の強度情報の値が極大となる様に、前記光路長可変手段を操作する手段であることを特徴とする付記 3 の走査型観察装置。

10

【 0 2 3 3 】

9 . 前記光路長調整手段は、前記光検出手段で検出した光のコントラスト情報が極大となる様に、前記光路長可変手段を操作する手段であることを特徴とする付記 4 の走査型観察装置。

10 . 前記焦点位置検出手段が前記集光手段の焦点位置の基準部材の表面位置を概一致させる手段であることを特徴とする請求項 1、付記 1、2、5、6 の走査型観察装置。

11 . 前記焦点位置検出手段が前記集光手段の焦点位置の基準部材の表面位置を前記集光手段の被写界深度内に一致させる手段であることを特徴とする付記 10 の走査型観察装置。

20

12 . 前記光伝達状態変化手段を操作し前記光結合手段で干渉がおこる状態で前記光分離手段から前記観察光光路、前記集光手段、前記焦点位置検出手段で特定された前記基準部材位置、前記受光光学系、前記観察光戻り光路、前記光結合手段と経由される A 光路とし、前記光検出手段で検出した信号を元に前記光路長可変手段を操作し、前記 A 光路と、前記参照光光路との光学的長さの差を、前記集光手段の被写界深度の幅と、前記低可干渉光源のコヒーレンス長のどちらか長い方より狭い範囲に収める光路長調整手段とを有することを特徴とする請求項 1、付記 3、4、7、8、9 の走査型観察装置。

【 0 2 3 4 】

1 - 2 . 前記光伝達状態変化手段が、可動の遮蔽手段であることを特徴とする請求項 1、付記 1 から 10 の走査型観察装置。

30

1 - 3 . 前記光伝達状態変化手段が、可動の減光手段であることを特徴とする請求項 1、付記 1 から 10 の走査型観察装置。

1 - 4 . 前記光伝達状態変化手段が、前記参照光光路の、光軸をずらす手段であることを特徴とする請求項 1、付記 1 から 10 の走査型観察装置。

1 - 5 . 前記観察光光路、前記集光手段、前記受光光学系と、前記観察光戻り光路の少なくとも一部が前記光分離手段に対し着脱自在に構成されたプローブ部を有することを特徴とする請求項 1、付記 1 ~ 9、1 - 2 ~ 1 - 4 の走査型観察装置。

【 0 2 3 5 】

1 - 6 . 前記観察光光路、集光手段、受光光学系、観察光戻り光路の少なくともいずれかの少なくとも一部がフレキシブルな光伝達手段で構成されたプローブ部を有することを特徴とする請求項 1、付記 1 から 9、1 - 2 ~ 1 - 5 の走査型観察装置。

40

1 - 7 . 前記プローブが内視鏡であることを特徴とする付記 1 - 6 の走査型観察装置。

1 - 8 . 前記プローブが内視鏡に挿通可能であることを特徴とする付記 1 - 6 の走査型観察装置。

1 - 9 . 前記観察光光路と前記観察光戻り光路が同一であることを特徴とする請求項 1、付記 1 から 9、1 - 2 から 1 - 8 の走査型観察装置。

【 0 2 3 6 】

1 - 10 . 前記光分離手段と前記光結合手段が同一であることを特徴とする請求項 1、付記 1 から 9、1 - 2 から 1 - 9 の走査型観察装置。

1 - 11 . 前記集光手段と前記受光光学系が同一であることを特徴とする請求項 1 から 4

50

、付記 1 から 9、1 - 2 から 1 - 10 の走査型観察装置。

1 - 12 . 前記観察光光路の少なくとも一部がシングルモード光ファイバであることを特徴とする請求項 1、付記 1 から 9、1 - 2 から 1 - 11 の走査型観察装置。

1 - 13 . 前記観察光光路の少なくとも一部がマルチモード光ファイバであることを特徴とする請求項 1 から 4、付記 1 から 9、1 - 2 から 1 - 11 の走査型観察装置。

【0237】

1 - 14 . 前記集光手段と前記受光光学系が同一であり、共焦点光学系をなすことを特徴とする付記 1 - 11 の走査型観察装置。

1 - 15 . 前記集光手段と前記受光光学系が同一であり、近共焦点光学系をなすことを特徴とする付記 1 - 11 の走査型観察装置。

2 - 1 . 前記基準部材が、前記集光手段、前記受光光学系の少なくとも一方に着脱自在に設けられた調整治具に設けられていることを特徴とする請求項 1、付記 1 から 9、1 - 2 から 1 - 15 の走査型観察装置。

2 - 2 . 前記調整治具は、前記集光手段、前記受光光学系と前記反射散乱体との距離を変化させる距離変更手段を有することを特徴とする付記 2 - 1 の走査型観察装置。

【0238】

2 - 3 . 前記距離変更手段は、アクチュエータが設けられ前記焦点位置検出手段で操作されることを特徴とする付記 2 - 2 の走査型観察装置。

2 - 4 . 前記基準部材が、前記プローブ部に一体に構成されており、前記基準部材と前記集光手段の距離を可変する深さ走査手段を有することを特徴とする付記 1 - 5 から 1 - 15 走査型観察装置。

2 - 5 . 前記深さ走査手段は、アクチュエータが設けられ前記焦点位置検出手段で操作されることを特徴とする付記 2 - 4 の走査型観察装置。

4 - 1 . 前記光検出手段の出力が少なくとも 2 つ以上あることを特徴とする請求項 1、付記 1 から 9、1 - 2 から 1 - 15、2 - 1 から 2 - 5 の走査型観察装置。

【0239】

4 - 2 . 前記光検出手段の出力が、直流成分を出力する直流成分出力回路と、交流成分を出力する交流成分出力回路と、検波信号出力回路の少なくともいずれか 2 つであることを特徴とする付記 4 - 1 の走査型観察装置。

4 - 3 . 前記光検出手段は増幅回路を有し、前記増幅回路の増幅率を調整する増幅率調整手段を有することを特徴とする請求項 1、付記 1 から 9、1 - 2 から 1 - 15、2 - 1 から 2 - 5、4 - 1、4 - 2 の走査型観察装置。

4 - 4 . 前記増幅率調整回路は、前記光検出手段に入射される光量情報を参照し増幅率を可変することを特徴とする付記 4 - 3 の走査型観察装置。

4 - 5 . 前記光検出手段の出力に選択手段があることを特徴とする付記 4 - 1 から 4 - 4 の走査型観察装置。

【0240】

5 - 1 . 前記焦点位置域検出手段を動作させるときには、前記光検出手段の出力を直流成分出力回路に設定する制御手段を有することを特徴とする付記 4 - 1 から 4 - 5 の走査型観察装置。

5 - 2 . 前記光路長調整手段を動作させるときは、前記光検出回路の出力を交流成分出力回路に設定する制御手段を有することを特徴とする付記 4 - 1 から 4 - 5 の走査型観察装置。

5 - 6 . 前記光路長調整手段を動作させるときは、前記光検出回路の出力を検波信号出力回路に設定する制御手段を有することを特徴とする付記 4 - 1 から 4 - 5 の走査型観察装置。

【0241】

上述した第 5 から第 12 の実施の形態から付記 2 の構成を導き出すことができる。

【0242】

[付記 2]

10

20

30

40

50

1. <フレキシブルな動力伝達手段による焦点移動手段>

体腔内に挿入される光プローブと、
 被検部に光を照射するための光を発生する光源と、
 前記光を被検部に集光照射する集光手段と、
 前記集光手段によって被検部側に集光された焦点を該集光手段の光軸方向と直交する方向に走査する光走査手段と、
 前記被検部側に集光された焦点の位置を前記集光手段の光軸方向に沿って変更可能とする焦点移動手段と、
 前記被検部からの戻り光を検出する光検出手段と、
 からなる光走査プローブ装置であって、
 光プローブの軸方向に設けられたフレキシブルな動力伝達手段によって焦点移動手段が駆動されることを特徴とする光走査プローブ装置。

【0243】

1. 1 前記フレキシブルな動力伝達手段が直動の進退を伝達するもの

1. 1. 1 前記フレキシブルな動力伝達手段と焦点移動手段の間に、変位変換機構が設けられているもの

1. 1. 1. 1 前記変位変換機構が変位縮小機構であるもの

1. 1. 1. 2 前記変位変換機構が変位拡大機構であるもの

1. 1. 1. 3 前記変位変換機構が2種類以上のバネ定数を有するバネによるもの

1. 1. 1. 4 前記変位変換機構が動力伝達手段に伝達される力量と変位が一意的な関係にあるもの

1. 2 前記フレキシブルな動力伝達手段が回転を伝達するもの

1. 2. 1 プローブ先端部に回転を直動に変換し、焦点移動手段を駆動する変換手段が設けられているもの

1. 2. 2 フレキシブルな動力伝達手段がプローブ略全長に設けられたフレキシブルな外筒とフレキシブルシャフトからなるもの

1. 3 アクチュエータがプローブの挿入部に設けられ、アクチュエータが前記フレキシブルな動力伝達手段を駆動するもの

1. 3. 1 前記アクチュエータが直動アクチュエータであるもの

1. 3. 1. 1 前記直動アクチュエータが電磁力アクチュエータであるもの

1. 3. 2 前記アクチュエータが回転駆動アクチュエータであるもの

1. 3. 3 前記アクチュエータが硬性部を有するアクチュエータ保持部材により保持され、前記焦点移動手段を有する硬質の先端光学部と、前記先端光学部とアクチュエータ保持部材の間にフレキシブルな外筒を有する

1. 4 プローブ先端部に前記焦点移動手段による焦点移動量の検出手段を有するもの

1. 4. 1 焦点移動量の検出手段が、前記焦点移動手段の固定部と可動部の距離を測定するセンサであるもの

1. 4. 1. 1 前記センサが、光源と検出器を有し、光量の変化を捉えるもの

1. 4. 1. 2 前記センサが、磁気発生器と磁気検出器を有し、磁力の変化を捉えるもの

1. 5 前記焦点移動手段に付勢手段が設けられている

1. 6 前記焦点移動手段が前記集光手段と前記走査手段を有する先端光学ユニットを一体として光軸方向に移動するもの

1. 6. 1 前記光源からの光を前記集光に導くための光ファイバを有し、前記プローブ内に前記焦点移動手段の移動による光ファイバ長のたるみを調整する光ファイバ長のたるみ吸収部を有すること

1. 7 前記プローブの少なくとも一部分がフレキシブルであること

1. 7. 1 前記プローブが、内視鏡の処置チャンネルに挿通可能であること

2. <ミラーによる深さ方向の走査>

体腔内に挿入される光プローブと、

10

20

30

40

50

被検部に光を照射するための光を発生する光源と、
 前記光を被検部に集光照射する集光手段と、
 前記集光手段によって被検部側に集光された焦点を該集光手段の光軸方向と直交する方向に走査する光走査手段と、
 前記被検部側に集光された焦点の位置を前記集光手段の光軸方向に沿って変更可能とする焦点移動手段と、
 前記被検部からの戻り光を検出する光検出手段と、
 からなる光走査プローブ装置であって、
 集光手段と被検体の間に可動ミラーが設けられ、前記焦点移動手段が前記可動ミラーを有する

10

2.1 前記可動ミラーが曲面で構成され、前記可動ミラーの移動により焦点位置が略直線状に移動することを特徴とする。

【0244】

2.2 前記可動ミラーがプローブの略軸方向に垂直な方向に揺動するように設けられており、前記走査手段の光走査方向がプローブの軸方向に略垂直である

3. <光イメージング装置>

付記項1ないし2に示される光プローブ装置と、

光走査手段により走査される集光点の位置の走査位置検出手段と、光検出手段から得られた信号を処理する信号処理手段と、走査位置検出手段からの信号と信号処理手段からの信号により2次元以上の画像を生成する画像生成手段よりなる光イメージング装置

20

3.1 <光断層イメージング装置>

前記焦点移動手段による集光点の移動位置の焦点位置検出手段と、前記走査位置検出手段からの信号と前記信号処理手段からの信号により深さ方向の2次元以上の断層像画像を生成する画像生成手段を有することを特徴とする光断層イメージング装置

3.2 <共焦点顕微鏡である>

前記光源からの光を前記集光手段に導くための光ファイバを有し、

前記被検部からの戻り光を光源からの光路と分離する分離手段を有し、前記分離手段で分離された光を前記光検出手段で検出し、

前記光ファイバと前記集光手段が共焦点または近共焦点(near-confocal)であることを特徴とする付記項3に示される光イメージング装置

30

3.3 <低コヒーレンス干渉系である>

前記光源が低コヒーレンス光源であり、

光源からの光を前記集光手段への観察光と参照光に分離する分離手段と、

前記被検部からの戻り光と前記参照光を結合し干渉させる結合手段とを有し、

結合手段からの光を前記光検出手段が検出し、

前記信号処理手段が前記光検出手段より得られた信号から干渉信号を抽出することを特徴とする付記項3の光イメージング装置

3.3.1 <共焦点とコヒーレンス干渉の位置の一致>

前記集光手段による集光点の近傍に、前記観察光と前記参照光の光路長が一致する点を設けた

40

4 <集光手段先端側に屈折率整合手段>

体腔内に挿入される光プローブと、

低コヒーレンス光源と、

前記光を被検部に集光照射する集光手段と、

光源からの光を前記集光手段への観察光と参照光に分離する分離手段と、

前記集光手段によって被検部側に集光された焦点を該集光手段の光軸方向を直交する方向に走査する光走査手段と、

前記被検部側に集光された焦点の位置を前記集光手段の光軸方向に沿って変更可能とする焦点移動手段と、

前記被検部からの戻り光と前記参照光を結合し干渉させる結合手段とを有し

50

結合手段からの光を検出する光検出手段と、
を有する光プローブであって、

集光手段と被検体の間に前記集光手段と前記被検体の間隔を変更可能な透明な軟性の被検体と略同一の屈折率を有する屈折率整合物質を有する屈折率整合手段が設けられている光プローブ装置

4.1 前記屈折率整合手段が屈折率整合液を充填した樹脂の袋であるもの

4.2 前記屈折率整合手段が、被検体側に設けられた固定された透明板と集光手段の間に屈折率整合液を充填したもの

4.2.1 プローブ先端部に前記集光手段と前記被検体の間隔の変更に応じて屈折率整合液の体積を吸収する体積吸収部材を有する。

【0245】

4.2.2 前記透明板の被検体との少なくとも界面に、被検体との屈折率の整合層を有する。

【0246】

4.2.3 前記透明板と屈折率整合液の少なくとも界面に、屈折率整合液との屈折率の整合層を有する。

【0247】

4.2.4 前記屈折率整合液と集光手段の少なくとも界面に、屈折率整合液との屈折率の整合層を有する。

【0248】

4.3 前記屈折率整合手段が、屈折率整合液への加圧および減圧を行うことで、前記焦点移動手動手段を実現するもの

5 <内視鏡と一体化>

可視光の照射手段、可視光による撮像手段を有する先端硬質部とフレキシブルな挿入部を有する内視鏡に、前記光集光手段、前記光走査手段、前記焦点移動手動手段が内視鏡の先端硬質部に設けられていることを特徴とする付記項1ないし4を有する内視鏡装置

5.1 前記撮像手段による観察範囲内に、前記光走査手段による光走査範囲が含まれているもの

本発明は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を変えない範囲において、種々の変更、改変等が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0249】

【図1】本発明の第1の実施の形態の光走査型観察装置の全体構成を示す図である。

【図2】光走査プローブが挿通される内視鏡を示す図である。

【図3】光走査プローブの先端側の構成を示す断面図である。

【図4】光検出手段の構成を示すブロック図である。

【図5】第1の実施の形態を光学特性が良好な状態に設定する処理手順を示すフローチャート図である。

【図6】図5のステップS4のシャッター閉の状態での光路長調整治具を移動した場合におけるDC成分検出回路の出力特性を示す図である。

【図7】低可干渉光のコヒーレンス長と集光光学系の被写界深度が異なる場合における許容される調整精度の説明図である。

【図8】本発明の第2の実施の形態の光走査型観察装置の全体構成を示す図である。

【図9】光走査プローブの先端側の構成を示す断面図である。

【図10】第2の実施の形態を光学特性が良好な状態に設定する処理手順を示すフローチャート図である。

【図11】調整治具を取り付けた状態の光走査プローブを示す断面図である。

【図12】本発明の第3の実施の形態の光走査型観察装置の全体構成を示す図である。

【図13】光走査プローブの先端側の構成を示す断面図である。

【図14】第3の実施の形態を光学特性が良好な状態に設定する処理手順を示すフローチャート図である。

10

20

30

40

50

ャート図である。

【図 1 5】調整器具を用いて光学特性が良好な状態に設定する処理手順を示すフローチャート図である。

【図 1 6】本発明の第 4 の実施の形態の光走査型観察装置の全体構成を示す図である。

【図 1 7】光検出手段の構成を示すブロック図である。

【図 1 8】変形例の光走査型観察装置の全体構成を示す図である。

【図 1 9】第 5 の実施の形態に係わる光断層イメージング装置の構成を示す構成図である。

【図 2 0】第 5 の実施の形態に係わる光走査プローブの先端の構成を説明するための図である。

【図 2 1】第 5 の実施の形態に係わる光走査プローブの先端部の構成を示す断面図である。

【図 2 2】第 5 の実施の形態に係わる光走査プローブの基端部の断面図である。

【図 2 3】第 5 の実施の形態に係わる走査ミラーの詳細構成を説明するための図である。

【図 2 4】図 2 1 の V I で示す点線部において矢印の方向から見た、回転カムとレンズ枠が接触面で接触している部分の断面図である。

【図 2 5】図 2 1 の V I I で示す点線部において矢印の方向から見た、光走査プローブの観察点を含む断面図である。

【図 2 6】第 5 の実施の形態に係わる撮像ユニットの断面図である。

【図 2 7】第 5 の実施の形態に係わる光走査プローブのシース部の断面図である。

【図 2 8】第 5 の実施の形態に係わる深さ方向走査手段の別の構成例を説明するための図である。

【図 2 9】第 5 の実施の形態に係わる低コヒーレンス干渉による干渉位置と集光位置の関係を説明するための図である。

【図 3 0】第 5 の実施の形態に係わる低コヒーレンス干渉における、深さと検出能の関係を説明するための図である。

【図 3 1】第 5 の実施の形態に係わる低コヒーレンス干渉による干渉位置と集光位置の関係を説明するための図である。

【図 3 2】第 5 の実施の形態に係わる低コヒーレンス干渉における、深さと検出能の関係を説明するための図である。

【図 3 3】第 5 の実施の形態に係わる低コヒーレンス干渉による干渉位置と集光位置の関係を説明するための図である。

【図 3 4】第 5 の実施の形態に係わる低コヒーレンス干渉における、深さと検出能の関係を説明するための図である。

【図 3 5】第 5 の実施の形態に係わる、観察点の位置と低コヒーレンス干渉位置を一致させる別の方法を説明するための図である。

【図 3 6】本発明の実施の形態に係わる、 $\cdot\cdot$ の処理の流れの例を示すフローチャートである。

【図 3 7】第 6 の実施の形態に係わる深さ方向走査手段の構成を説明するための図である。

【図 3 8】第 6 の実施の形態に係わる走査ミラーを保持する走査ミラーユニットの構成を説明するための図である。

【図 3 9】第 6 の実施の形態の変形例に係る、上面に反射面が設けられているくさび型プリズムの構成を説明するための図である。

【図 4 0】第 7 の実施の形態に係わる深さ方向走査手段の構成を説明するための図である。

【図 4 1】図 4 1 は、第 7 の実施の形態の変形例に係る深さ方向走査手段の構成を説明するための図である。

【図 4 2】図 4 2 は図 4 1 の光走査手段 1 2 0 の断面図である。

【図 4 3】第 8 の実施の形態に係る光走査プローブの先端部の構成を示す断面図である。

10

20

30

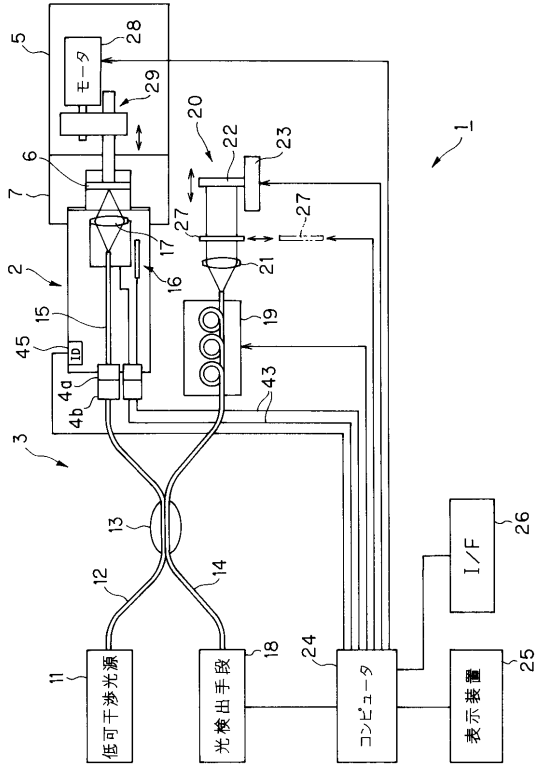
40

50

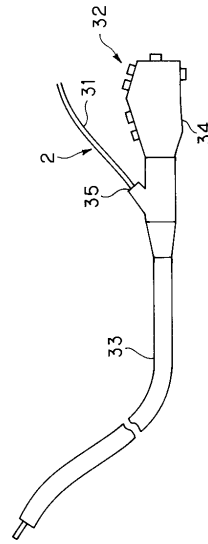
- 【図 4 4】第 8 の実施の形態に係る深さ方向走査手段の変形例を示す図である。
- 【図 4 5】第 8 の実施の形態に係る深さ方向走査手段の他の変形例を示す図である。
- 【図 4 6】第 8 の実施の形態に係る深さ方向走査手段のさらに他の変形例を示す図である。
- 【図 4 7】第 9 の実施の形態に係る光走査プローブの先端部の構成を示す断面図である。
- 【図 4 8】第 9 の実施の形態に係るハウジングの断面図である。
- 【図 4 9】第 9 の実施の形態の変形例に係る光走査プローブの先端部の構成を示す断面図である。
- 【図 5 0】第 9 の実施の形態の変形例に係る光走査ユニットのレンズ枠の断面図である。
- 【図 5 1】第 1 0 の実施の形態に係る光走査プローブの先端部の構成を示す断面図である 10
- 【図 5 2】第 1 0 の実施の形態に係る中空パネの構造の例を説明するための図である。
- 【図 5 3】第 1 0 の実施の形態に係る中空パネの構造の他の例を説明するための図である。
- 【図 5 4】第 1 0 の実施の形態の変形例に係る深さ方向走査手段を示す図である。
- 【図 5 5】第 1 1 の実施の形態に係る光走査プローブの先端部の構成を示す断面図である。
- 【図 5 6】第 1 1 の実施の形態に係る D O E 走査ミラーの正面図である。
- 【図 5 7】第 1 1 の実施の形態に係る角錐ミラーの正面図である。
- 【図 5 8】第 1 1 の実施の形態に係る D O E 走査ミラーの代わりに、角錐ミラーを用いた場合における角錐ミラーとモータの側面図である 20
- 【図 5 9】第 1 2 の実施の形態に係る光断層イメージング装置の構成を示す構成図である。
- 【符号の説明】
- 【 0 2 5 0 】
- 1 . . . 光走査型観察装置
- 2 . . . 光走査プローブ
- 3 . . . 観察装置本体
- 4 a . . . コネクタ
- 5 . . . 駆動装置 30
- 6 . . . 基準部材
- 7 . . . 光路長調整治具
- 1 1 . . . 低可干渉光源
- 1 2 、 1 4 、 1 5 . . . シングルモードファイバ
- 1 3 . . . カプラ部
- 1 6 . . . スキャナ
- 1 7 . . . 集光光学系
- 1 8 . . . 光検出手段
- 2 0 . . . 光路長可変機構
- 2 1 . . . コリメータレンズ 40
- 2 2 . . . ミラー
- 2 3 . . . 移動装置
- 2 4 . . . コンピュータ
- 2 5 表示装置
- 2 7 . . . シャッタ
- 2 8 . . . モータ
- 3 1 . . . シース
- 3 6 . . . ベース部材
- 3 7 . . . 先端カバー
- 3 8 a 、 3 8 b . . . 薄板 50

39	中継部材	
40	ホルダ	
42b	圧電素子	
43	駆動ケーブル	
44	...カバーガラス	
45	ID部	
106、107、109、110、113、114、288、289	光ファイバ	
116	可動ミラー	
117	ミラー駆動手段	
118	光路長調整手段	10
124	観察光	
125	観察対象	
126	観察点	
128	光走査手段	
129	深さ方向走査手段	
130	対物ユニット	
134	ハウジング	
140	走査ミラー	
143	フレキシブルシャフト	
145	回転カム	20
188	低コフォーレンス干渉位置	
191	生体組織	
199	反射ミラー	
200	板バネ	
205	ロッド	
208	曲面ミラー	
210	曲面回転ミラー	
221	光走査ユニット	
236	送水バルブ	
242	吸引バルブ	30
252	中空バネ	
255	永久磁石	
256	電磁石	
265	レンズユニット	
293	光サーキュレータ	

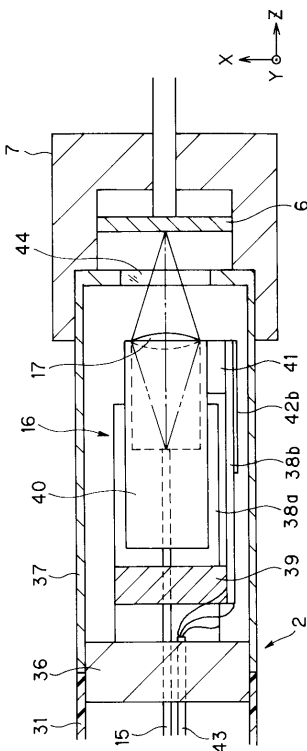
【図1】



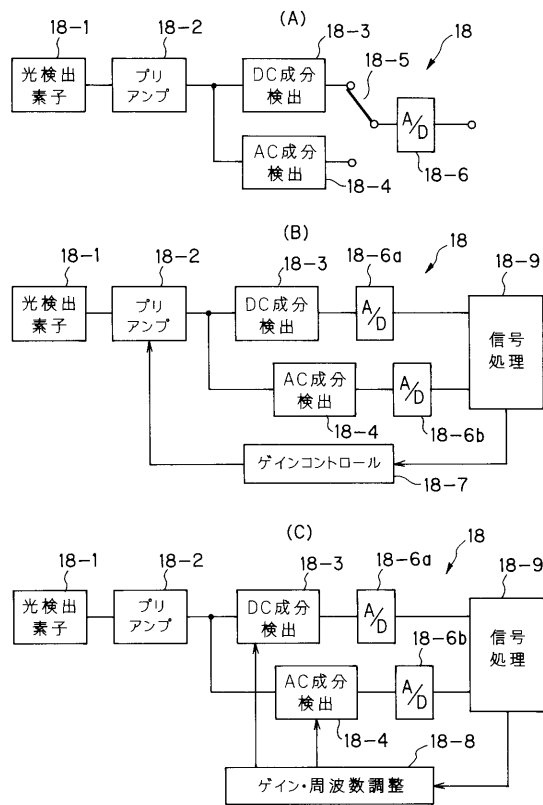
【図2】



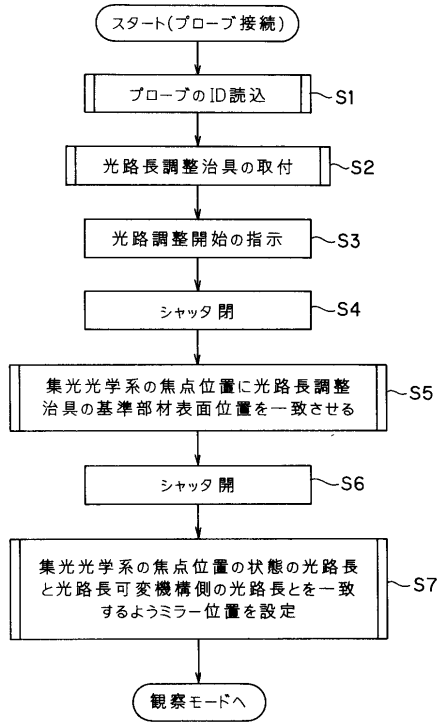
【図3】



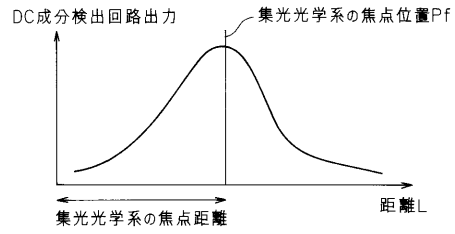
【図4】



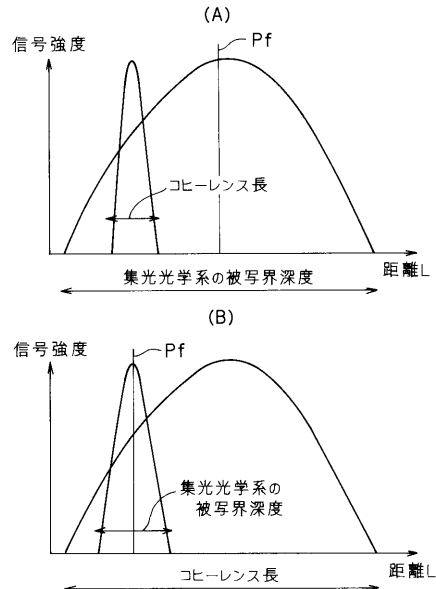
【図5】



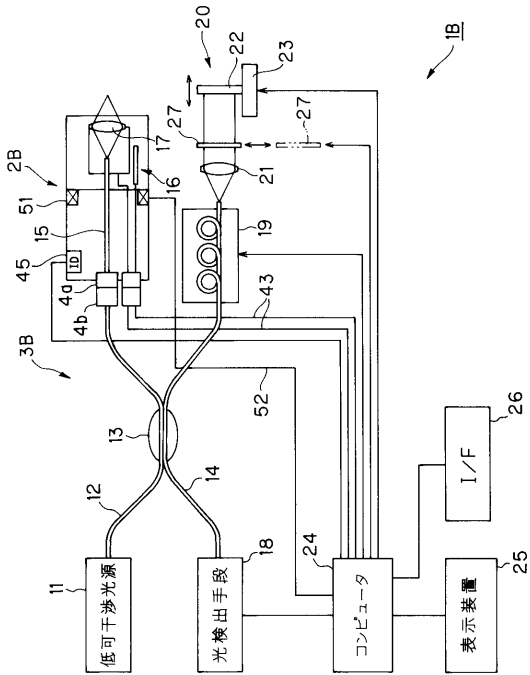
【図6】



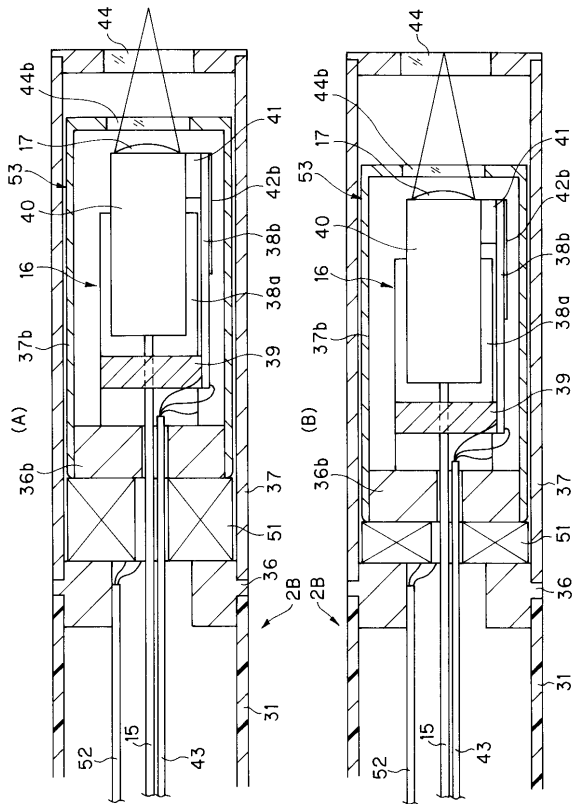
【図7】



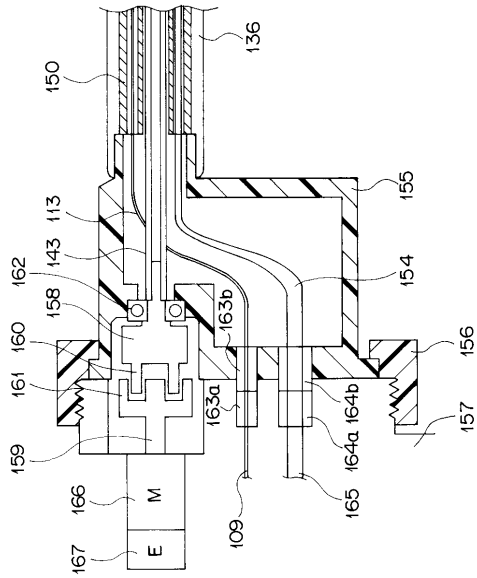
【図8】



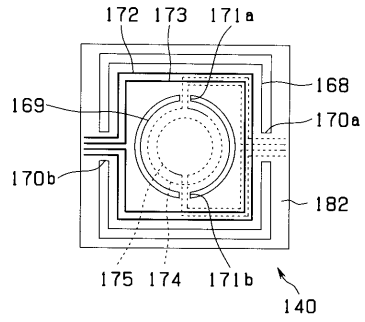
【図9】



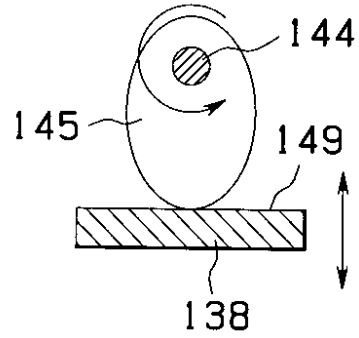
【 図 2 2 】



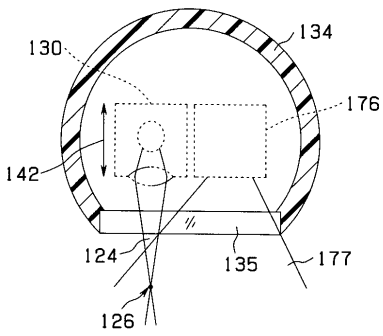
【 図 2 3 】



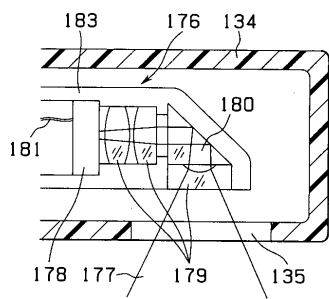
【 図 2 4 】



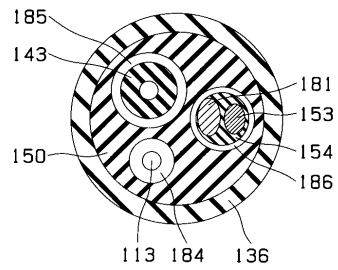
【 図 2 5 】



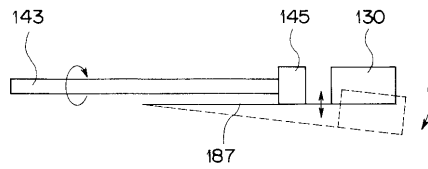
【 図 2 6 】



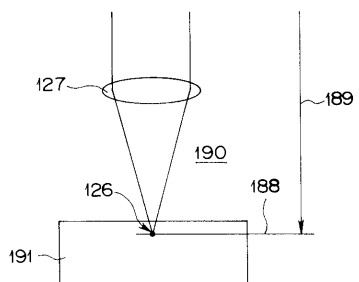
【 図 2 7 】



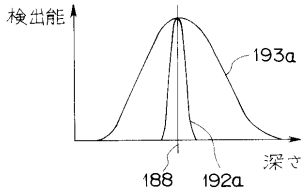
【 図 2 8 】



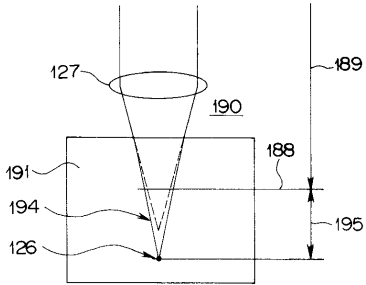
【 図 2 9 】



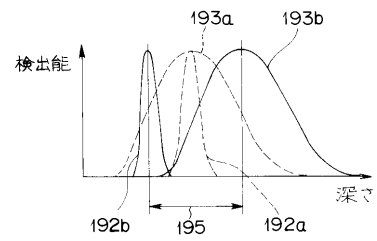
【図 3 0】



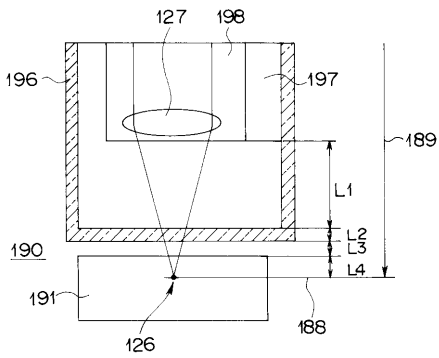
【図 3 1】



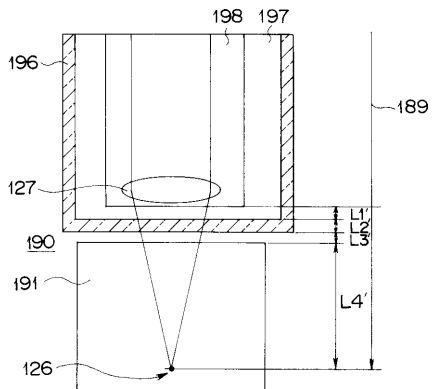
【図 3 2】



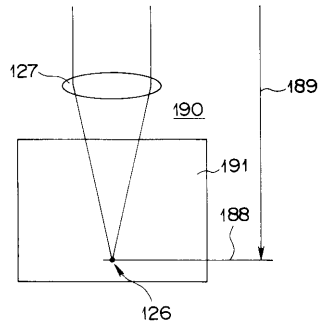
【図 3 5】



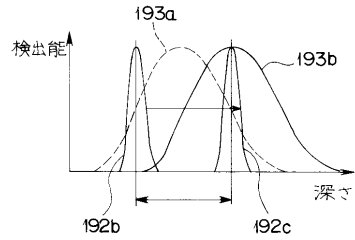
【図 3 6】



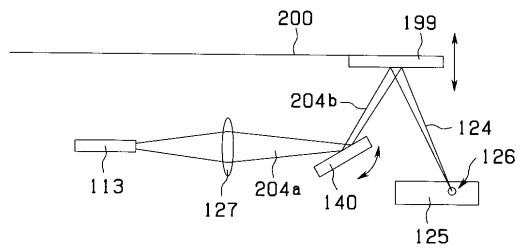
【図 3 3】



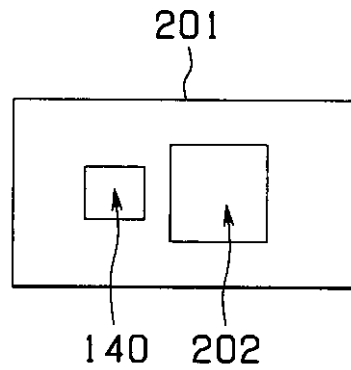
【図 3 4】



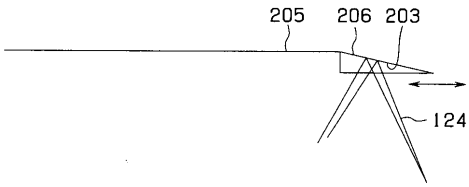
【図 3 7】



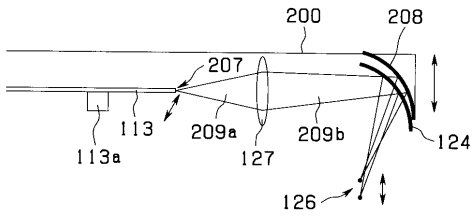
【図 3 8】



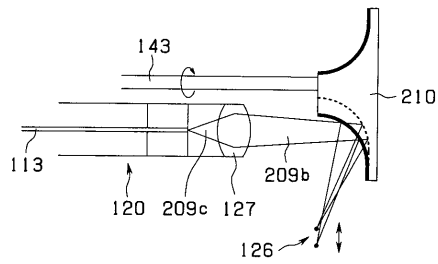
【 図 3 9 】



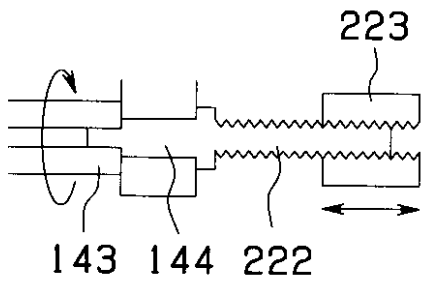
【 図 4 0 】



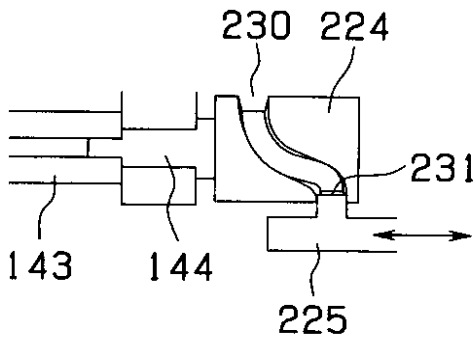
【 図 4 1 】



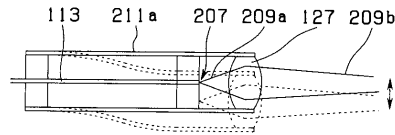
【 図 4 4 】



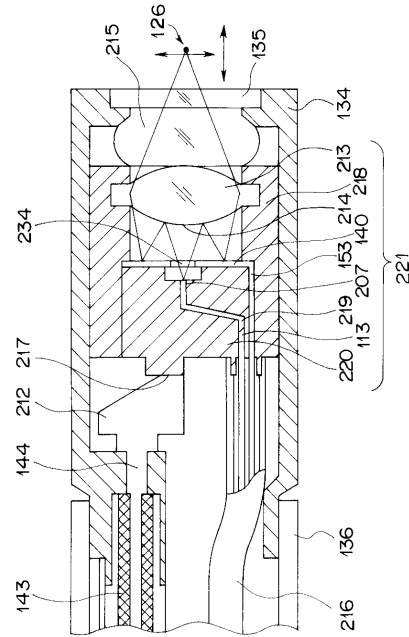
【 図 4 5 】



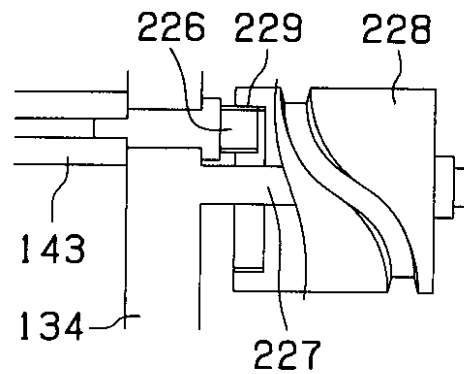
【 図 4 2 】



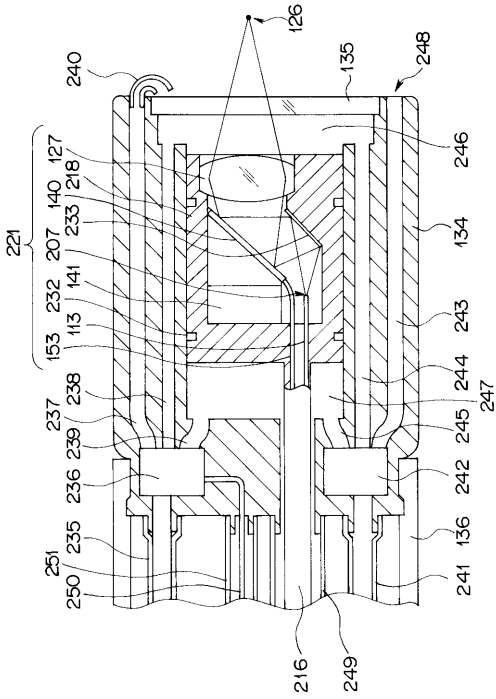
【 図 4 3 】



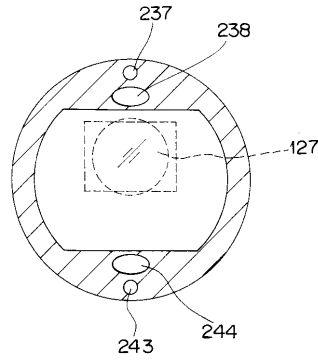
【 図 4 6 】



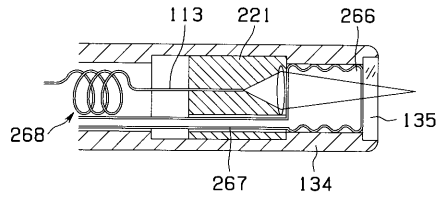
【 図 4 7 】



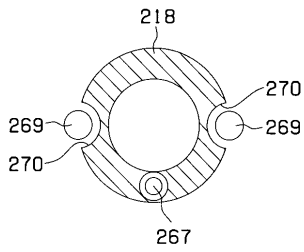
【 図 4 8 】



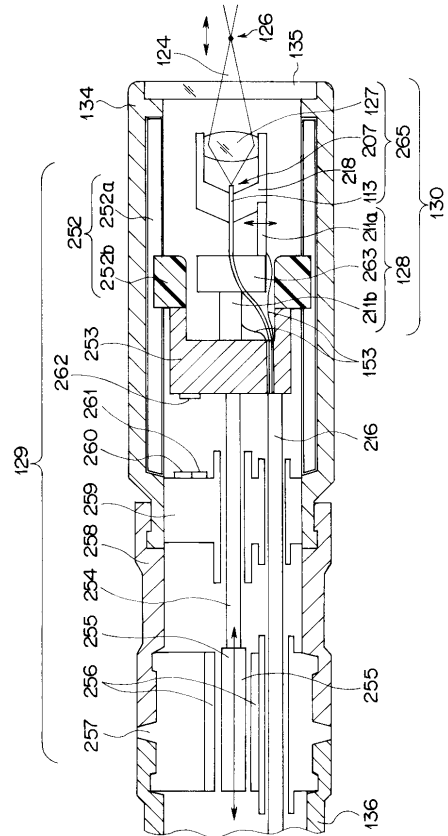
【 図 4 9 】



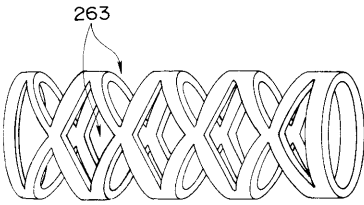
【 図 5 0 】



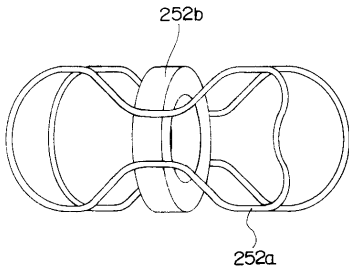
【 図 5 1 】



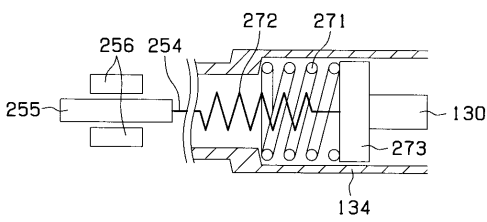
【図52】



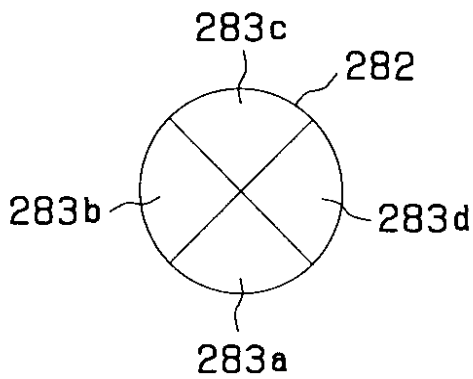
【図53】



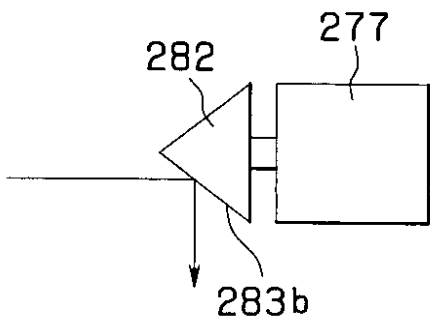
【図54】



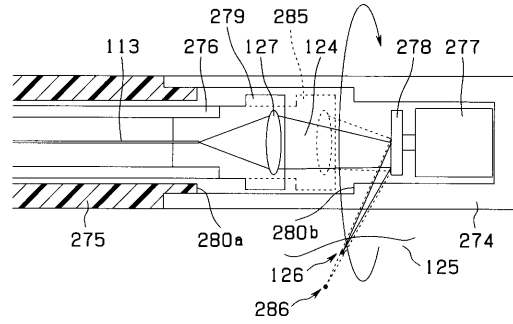
【図57】



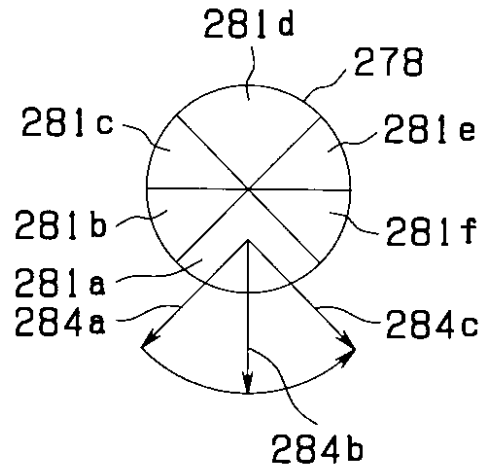
【図58】



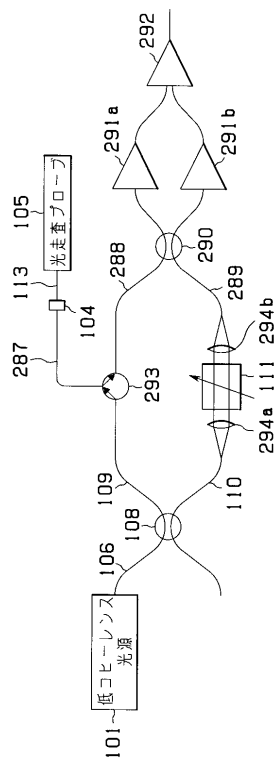
【図55】



【図56】



【図59】



フロントページの続き

(72)発明者 平田 唯史

東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス株式会社内

Fターム(参考) 2G059 AA05 BB12 CC16 EE02 EE09 FF02 GG01 GG02 JJ15 JJ17

KK01

4C061 BB08 CC04 PP12