

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4545696号
(P4545696)

(45) 発行日 平成22年9月15日(2010.9.15)

(24) 登録日 平成22年7月9日(2010.7.9)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 N 21/17 (2006.01) GO 1 N 21/17 6 3 0
A 6 1 B 10/00 (2006.01) A 6 1 B 10/00 E

請求項の数 6 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2006-40621 (P2006-40621)	(73) 特許権者	306037311 富士フイルム株式会社
(22) 出願日	平成18年2月17日(2006.2.17)		東京都港区西麻布2丁目26番30号
(65) 公開番号	特開2007-121257 (P2007-121257A)	(74) 代理人	100073184 弁理士 柳田 征史
(43) 公開日	平成19年5月17日(2007.5.17)		
審査請求日	平成20年7月14日(2008.7.14)	(74) 代理人	100090468 弁理士 佐久間 剛
(31) 優先権主張番号	特願2005-288659 (P2005-288659)	(72) 発明者	大久保 和展 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フイルム株式会社内
(32) 優先日	平成17年9月30日(2005.9.30)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	審査官	田中 洋介

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光プローブ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

筒状のプローブ外筒と、
このプローブ外筒の内部で、該外筒の長手方向に延びる回転軸回りに回転可能とされたシャフトと、

このシャフトに沿って延びる状態にして前記プローブ外筒内部に配設され、少なくとも先端部が前記シャフトに連結された導光手段と、

この導光手段の先端部に接続され、該先端部から出射した光の光路を偏向させる光偏向手段と、

この光偏向手段から出射した光を収束させる集光レンズとを備えてなり、

前記シャフトが回転することにより、前記光偏向手段から出射した光を前記プローブ外筒の周方向に回転走査させるようにした光プローブにおいて、

前記光偏向手段が前記シャフトに対して、シャフトの回転軸から偏心した位置に連結され、かつこの位置において光偏向の向きを変え得るようにシャフトに対して相対移動可能とされていることを特徴とする光プローブ。

【請求項2】

筒状のプローブ外筒と、
このプローブ外筒の内部で、該外筒の長手方向に延びる回転軸回りに回転可能とされたシャフトと、

このシャフトに沿って延びる状態にして前記プローブ外筒内部に配設され、少なくとも

先端部が前記シャフトに連結された導光手段と、

この導光手段の先端部に接続され、該先端部から出射した光の光路を偏向させる光偏向手段と、

この光偏向手段から出射した光を収束させる集光レンズとを備えてなり、

前記シャフトが回転することにより、前記光偏向手段から出射した光を前記プローブ外筒の周方向に回転走査させるようにした光プローブにおいて、

前記シャフトに少なくとも1つのNA変更レンズが取り付けられ、

前記光偏向手段が、そこから出射した光が前記NA変更レンズを通過する状態と通過しない状態とを設定できるように、シャフトに対して相対移動可能とされていることを特徴とする光プローブ。

10

【請求項3】

筒状のプローブ外筒と、

このプローブ外筒の内部で、該外筒の長手方向に移動可能とされたシャフトと、

このシャフトに沿って延びる状態にして前記プローブ外筒内部に配設され、少なくとも先端部が前記シャフトに連結された導光手段と、

この導光手段の先端部に接続され、該先端部から出射した光の光路を偏向させる光偏向手段と、

この光偏向手段から出射した光を収束させる集光レンズとを備えてなり、

前記シャフトが前記プローブ外筒の長手方向に移動することにより、前記光偏向手段から出射した光をこの移動方向に直線走査させるようにした光プローブにおいて、

20

前記光偏向手段が前記シャフトに対して、前記外筒の長手方向に延びるシャフトの中心軸から偏心した位置に連結され、かつこの位置において光偏向の向きを変え得るようにシャフトに対して相対移動可能とされるとともに、

前記シャフトが前記プローブ外筒の内部で、該外筒の長手方向に平行な軸回りに回転可能とされていることを特徴とする光プローブ。

【請求項4】

筒状のプローブ外筒と、

このプローブ外筒の内部で、該外筒の長手方向に移動可能とされたシャフトと、

このシャフトに沿って延びる状態にして前記プローブ外筒内部に配設され、少なくとも先端部が前記シャフトに連結された導光手段と、

30

この導光手段の先端部に接続され、該先端部から出射した光の光路を偏向させる光偏向手段と、

この光偏向手段から出射した光を収束させる集光レンズとを備えてなり、

前記シャフトが前記プローブ外筒の長手方向に移動することにより、前記光偏向手段から出射した光をこの移動方向に直線走査させるようにした光プローブにおいて、

前記シャフトに少なくとも1つのNA変更レンズが取り付けられ、

前記光偏向手段が、そこから出射した光が前記NA変更レンズを通過する状態と通過しない状態とを設定できるように、シャフトに対して相対移動可能とされていることを特徴とする光プローブ。

【請求項5】

40

前記NA変更レンズが複数設けられ、

前記光偏向手段が、そこから出射した光が通過するNA変更レンズを選択できるように、前記シャフトに対して相対移動可能とされていることを特徴とする請求項2または4記載の光プローブ。

【請求項6】

前記導光手段として光ファイバが用いられ、

該光ファイバがその軸回りに回転されることにより、その先端部に接続された前記光偏向手段が前記シャフトに対して相対移動可能とされていることを特徴とする請求項1から5いずれか1項記載の光プローブ。

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】

【0001】

本発明は光プローブに関し、特に詳細には、筒状のプローブ外筒を有し、その周面から出射する光を外筒の周方向あるいは軸方向に偏向走査させる機能を備えた光プローブに関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、生体組織等の測定対象の断層画像を取得する方法の一つとして、例えば特許文献1、2に示されるように、OCT (Optical Coherence Tomography) 計測により光断層画像を取得する方法が提案されている。このOCT計測は、測定光および反射光と参照光との光路長が一致したときに干渉光が検出されることを利用した計測方法である。すなわちこの方法において、光源から射出された低コヒーレント光は測定光と参照光とに分割され、測定光は測定対象に照射され、測定対象からの反射光が合波手段に導かれる。一方、参照光は、測定対象内の測定深さを変更するために、光路長の変更が施された後に合波手段に導かれる。そして、合波手段により反射光と参照光とが合波され、合波されたことによる干渉光がヘテロダイン検波等により測定される。

10

【0003】

上記OCT装置においては、参照光の光路長を変更することにより、測定対象に対する測定位置(測定深さ)を変更し断層画像を取得するようになっており、この手法は一般にTD-OCT (Time domain OCT) 計測と称されている。より具体的に、特許文献1の参照光の光路長調整機構は、光ファイバから射出した参照光をミラーに集光する光学系を有し、ミラーのみを参照光のビーム軸方向に移動させて光路長の調整を行っている。また特許文献2に示された参照光の光路長調整機構は、光ファイバから射出した参照光をレンズによって平行光化し、平行光になった参照光を再び光路長調整レンズにより集光して光ファイバに入射させ、そして、光路長調整レンズを参照光のビーム軸方向に進退させて光路長の調整を行っている。

20

【0004】

他方、上述した参照光の光路長の変更を行うことなく高速に断層画像を取得する装置として、SD-OCT (Spectral Domain OCT) 計測による光断層画像化装置が提案されている。このSD-OCT装置は、広帯域の低コヒーレント光をマイケルソン型干渉計を用いて測定光と参照光とに分割した上で、測定光を測定対象に照射させ、そのとき戻って来た反射光と参照光との干渉光を各周波数成分に分解したチャンネルドスペクトルをフーリエ変換することにより、深さ方向の走査を行わずに断層画像を構成するようにしたものである。

30

【0005】

さらに、参照光の光路長の変更を行うことなく高速に断層画像を取得する装置として、SS-OCT (Swept source OCT) 計測による光断層画像化装置も提案されている。このSS-OCT装置は、光源から射出されるレーザ光の周波数を掃引させて反射光と参照光とを各波長において干渉させ、一連の波長に対する干渉スペクトルをフーリエ変換することにより測定対象の深さ位置における反射光強度を検出し、これを用いて断層画像を構成するようにしたものである。

40

【0006】

以上説明したような各方式の光断層画像化装置においては、通常、測定対象のある面に沿った断層画像を取得するようにしており、そのためには、測定対象において測定光を少なくとも1次元方向に走査させる必要がある。このような光走査を行う手段の一つとして、従来、特許文献3、4に示されるように、筒状のプローブ外筒を有し、その外筒の周面から出射する光を該周面に沿った方向に偏向走査させる機能を備えた光プローブが公知となっている。より具体的にこの光プローブは、先端が閉じられた筒状のプローブ外筒(シース)と、このプローブ外筒の内部で、該外筒の長手方向に延びる回転軸回りに回転可能とされたシャフトと、このシャフトに沿って延びる状態にして前記プローブ外筒内部に配

50

設され、先端部が前記シャフトに連結された光ファイバ等の導光手段と、この導光手段の先端部に接続され、該先端部から出射した光を、シャフトの回転軸と交わる方向に偏向させる光偏向手段と、この光偏向手段から出射した光をプローブ外筒の外において収束させる集光レンズとを備えてなり、シャフトが回転することにより、光偏向手段から出射した光をプローブ外筒の周方向に回転走査させるようにしたものである。

【0007】

また、上に述べたものと類似した光プローブとして、筒状のプローブ外筒および、このプローブ外筒の内部で該外筒の長手方向に移動可能とされたシャフトに加えて、上記と同様の導光手段、光偏向手段、および集光レンズを備えてなり、上記シャフトがプローブ外筒の長手方向に移動することにより、光偏向手段から出射した光をこの移動方向に直線走査させるようにした光プローブも従来知られている。

10

【特許文献1】特開平6-165784号公報

【特許文献2】特開2003-139688号公報

【特許文献3】特開2002-5822号公報

【特許文献4】特表2004-528111号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上述のような光プローブを用いて被検体の光断層画像を取得する際には、観察部位の深さに応じて、被検体を走査する光ビームの焦点位置（収束位置）を変更したい要求がある。また、所望する観察範囲や解像度に応じて、被検体を走査する光ビームのNAを変更したいという要求も存在する。

20

【0009】

そこで前記特許文献3に示された光プローブにおいては、プローブ外筒（シース）の肉厚を場所によって変更することにより、光ビームの焦点位置を変更可能としている。

【0010】

しかし上記の構造では、シースを配置したときのハウジングの偏心位置により焦点位置が変わるが、これをコントロールする方法が確立されていない。すなわち、たまたま配置したのが良好な位置なら良いが、意図した焦点位置に来ていない場合はそれを換えることはできない。仮にシースを外部から回転させて焦点位置を変更できたとしても、ある焦点位置から別の焦点位置に変更しようとした場合には、シースの回転とともに観察範囲もずれてしまい、同じ観察範囲の浅い部位と深い部位を見ることができない。

30

【0011】

その一方、特許文献4に示された光プローブにおいては、ワイヤーや油圧でプローブ先端にあるレンズを光軸方向に移動させ、ファイバ出射端とレンズ間の距離を変動させてレンズ倍率（NA、焦点深度）を変更したり、レンズと反射鏡間の距離を変動させて焦点位置を変更している。

【0012】

しかし上記の構造では、駆動系としてワイヤーや油圧を使用しているため、ワイヤーや油圧パイプをプローブ内に通す必要があり、その分スペースが必要となる上に、ファイバやシースとの干渉が起こらないように工夫する必要がある。また、レンズ倍率と焦点位置をそれぞれ別の駆動系（ワイヤーや油圧）で駆動するので、この2つを同時に駆動するために2系統の駆動系を用意する必要がある。2系統の駆動系をプローブに通し、独立に駆動させることは1系統の駆動系を通すよりもスペース的に難しく、2系統の駆動系同士の干渉が発生する問題も起こる。また、レンズ倍率を変更したときに生ずる焦点位置ずれを補正するために焦点位置調整系を駆動する場合、2系統の駆動系を連携して同じ焦点位置に合わせる必要がある。このためには高度な制御機構が必要となるのでコストアップの原因となる。また、ファイバの軸方向位置をずらすように駆動した場合、プローブの根元で本体側から来ているファイバとの位置関係がずれる。ダイレクトカップリング（ファイバ端を直接合わせる）の場合では、プローブ側のファイバ位置移動に合わせて本体側のファ

40

50

イバを移動させる機構を設けないとファイバ間距離が開いてしまい、良好なカップリングができなくなる。共焦点光学系を挿入すれば位置変更に対応できるが、レンズが新たに必要となりコストアップする問題が発生する。

【0013】

本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、回転走査あるいは直線走査させる光ビームの焦点位置やあるいはNAを簡単な機構で自在に変更することができる光プローブ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】

【0014】

本発明による第1の光プローブは、
筒状のプローブ外筒と、
このプローブ外筒の内部で、該外筒の長手方向に延びる回転軸回りに回転可能とされたシャフトと、

10

このシャフトに沿って延びる状態にして前記プローブ外筒内部に配設され、少なくとも先端部が前記シャフトに連結された導光手段と、

この導光手段の先端部に接続され、該先端部から出射した光の光路を偏向させる光偏向手段と

この光偏向手段から出射した光を収束させる集光レンズとを備えてなり、

前記シャフトが回転することにより、前記光偏向手段から出射した光を前記プローブ外筒の周方向に回転走査させるようにした光プローブにおいて、

20

前記光偏向手段が前記シャフトに対して、シャフトの回転軸から偏心した位置に連結され、かつこの位置において光偏向の向きを変え得るようにシャフトに対して相対移動可能とされていることを特徴とするものである。

【0015】

また、本発明による第2の光プローブは、

筒状のプローブ外筒と、

このプローブ外筒の内部で、該外筒の長手方向に延びる回転軸回りに回転可能とされたシャフトと、

このシャフトに沿って延びる状態にして前記プローブ外筒内部に配設され、少なくとも先端部が前記シャフトに連結された導光手段と、

30

この導光手段の先端部に接続され、該先端部から出射した光の光路を偏向させる光偏向手段と、

この光偏向手段から出射した光を収束させる集光レンズとを備えてなり、

前記シャフトが回転することにより、前記光偏向手段から出射した光を前記プローブ外筒の周方向に回転走査させるようにした光プローブにおいて、

前記シャフトに少なくとも1つのNA変更レンズが取り付けられ、

前記光偏向手段が、そこから出射した光が前記NA変更レンズを通過する状態と通過しない状態とを設定できるように、シャフトに対して相対移動可能とされていることを特徴とするものである。

【0016】

40

また、本発明による第3の光プローブは、

筒状のプローブ外筒と、

このプローブ外筒の内部で、該外筒の長手方向に移動可能とされたシャフトと、

このシャフトに沿って延びる状態にして前記プローブ外筒内部に配設され、少なくとも先端部が前記シャフトに連結された導光手段と、

この導光手段の先端部に接続され、該先端部から出射した光の光路を偏向させる光偏向手段と、

この光偏向手段から出射した光を収束させる集光レンズとを備えてなり、

前記シャフトが前記プローブ外筒の長手方向に移動することにより、前記光偏向手段から出射した光をこの移動方向に直線走査させるようにした光プローブにおいて、

50

前記光偏向手段が前記シャフトに対して、前記外筒の長手方向に延びるシャフトの中心軸から偏心した位置に連結され、かつこの位置において光偏向の向きを変え得るようにシャフトに対して相対移動可能とされるとともに、

前記シャフトが前記プローブ外筒の内部で、該外筒の長手方向に平行な軸回りに回転可能とされていることを特徴とするものである。

【0017】

また、本発明による第4の光プローブは、筒状のプローブ外筒と、

このプローブ外筒の内部で、該外筒の長手方向に移動可能とされたシャフトと、

このシャフトに沿って延びる状態にして前記プローブ外筒内部に配設され、少なくとも先端部が前記シャフトに連結された導光手段と、

この導光手段の先端部に接続され、該先端部から出射した光の光路を偏向させる光偏向手段と、

この光偏向手段から出射した光を収束させる集光レンズとを備えてなり、

前記シャフトが前記プローブ外筒の長手方向に移動することにより、前記光偏向手段から出射した光をこの移動方向に直線走査させるようにした光プローブにおいて、

前記シャフトに少なくとも1つのNA変更レンズが取り付けられ、

前記光偏向手段が、そこから出射した光が前記NA変更レンズを通過する状態と通過しない状態とを設定できるように、シャフトに対して相対移動可能とされていることを特徴とするものである。

【0018】

なお、上記第2および第4の光プローブにおいては、前記NA変更レンズが複数設けられ、光偏向手段が、そこから出射した光が通過するNA変更レンズを選択できるように、前記シャフトに対して相対移動可能とされていることが望ましい。

【0019】

また上記第2の光プローブにおいては、上述した第1の光プローブにおける構成も組み合わせ、光偏向の向きを変え得るように構成してもよい。

【0020】

同様に第4の光プローブにおいても、上述した第3の光プローブにおける構成を組み合わせ、光偏向の向きを変え得るように構成してもよい。

【0021】

また本発明の光プローブにおいては、前記導光手段として光ファイバが用いられ、該光ファイバがその軸回りに回転されることにより、その先端部に接続された光偏向手段がシャフトに対して相対移動可能とされていることが望ましい。

【発明の効果】

【0022】

本発明による第1の光プローブは、光偏向手段がシャフトに対して、シャフトの回転軸から偏心した位置に連結され、かつこの位置において光偏向の向きを変え得るようにシャフトに対して相対移動可能とされているので、光偏向手段のこの相対移動に応じて、集光レンズによる光の焦点位置とシャフトの回転軸との距離、つまりは被検体に対する深さ方向の焦点位置が自在に変化するようになる。

【0023】

このようにして焦点位置を変更できれば、例えば被検体の断層画像を取得する際に、撮像深度を自由に変えることが可能となる。そしてこの光プローブは、光偏向手段をシャフトに対して相対移動させるだけで焦点位置を変更できるので、構造が簡単で、低コストで作製可能となる。

【0024】

一方本発明による第2の光プローブは、シャフトに少なくとも1つのNA変更レンズが取り付けられ、光偏向手段が、そこから出射した光がNA変更レンズを通過する状態と通過しない状態とを設定できるように、シャフトに対して相対移動可能とされているので、

被検体に照射される光のNAを少なくとも2通りに変更することができる。また、この第2の光プローブにおいては、NA変更レンズを通過する状態と通過しない状態とを設定することにより、併せて焦点位置を変えることも可能である。なお、第2の光プローブに第1の光プローブの構成を組み合わせることにより、NAを変更しても焦点位置は変化しないようにすることも可能である。

【0025】

以上のようにして光のNAを変更できれば、例えば被検体の断層画像を取得する際に、横方向分解能(ダイナミックレンジ)を切り替え可能となる。また、その際に焦点位置も併せて変更できるようにすれば、撮像深度と横方向分解能を同時切り替え可能となる。他方、NAを変更しても焦点位置は変わらないようにすれば、撮像深度を変えずに横方向分解能だけを切り替えることができる。

10

【0026】

そしてこの第2の光プローブは、光偏向手段をシャフトに対して相対移動させるだけで光のNAを変更できるので、構造が簡単で、低コストで作製可能となる。

【0027】

また、本発明による第3の光プローブは、光偏向手段がシャフトに対して、シャフトの中心軸から偏心した位置に連結され、かつこの位置において光偏向の向きを変え得るようにシャフトに対して相対移動可能とされているので、光偏向手段のこの相対移動に応じて、集光レンズによる光の焦点位置とシャフトの中心軸との距離が変化ようになる。

【0028】

20

ただし、このように光偏向手段をシャフトに対して相対移動させて光偏向の向きを変えると、シャフトからの光の出射方向も変わることになる。この第3の光プローブは前記第1の光プローブと異なり、シャフトを回転させて光を回転走査させるものではなく、光をプローブ外筒の長手方向に直線走査させるものである。この方向に直角な断面内において、シャフトからの光の出射方向を一定(通常は焦点深さ方向)にしたり、あるいは斜め照射(焦点深さ方向に対して角度をなす方向への照射)のときに焦点位置とシャフト軸とを結ぶ方向を一定にする必要がある。そこで、プローブ外筒の内部で該外筒の長手方向に平行な軸回りに回転可能とされているシャフトをこの方向に回転させれば、これらの要求を満足することができる。

【0029】

30

以上の通りにして、シャフトからの光の出射方向を一定に保って、光の焦点位置とシャフトの中心軸との距離を変化させることにより、被検体に対する深さ方向の焦点位置を自在に変えることが可能になる。

【0030】

また、本発明による第4の光プローブは、第3の光プローブと同様に、シャフトに少なくとも1つのNA変更レンズが取り付けられ、光偏向手段が、そこから出射した光がNA変更レンズを通過する状態と通過しない状態とを設定できるように、シャフトに対して相対移動可能とされているので、被検体に照射される光のNAを少なくとも2通りに変更することができる。また、この第4の光プローブにおいては、NA変更レンズを通過する状態と通過しない状態とを設定することにより、併せて焦点位置を変えることも可能である。さらに、第4の光プローブに第3の光プローブの構成を組み合わせることにより、NAを変更しても焦点位置は変化しないようにすることも可能である。

40

【0031】

以上のようにして光のNAを変更できれば、例えば被検体の断層画像を取得する際に、横方向分解能(ダイナミックレンジ)を切り替え可能となる。また、その際に焦点位置も併せて変更できるようにすれば、撮像深度と横方向分解能を同時切り替え可能となる。他方、NAを変更しても焦点位置は変わらないようにすれば、撮像深度を変えずに横方向分解能だけを切り替えることができる。

【0032】

そしてこの第4の光プローブは、光偏向手段をシャフトに対して相対移動させるだけで

50

光のNAを変更できるので、構造が簡単で、低コストで作製可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0033】

以下、図面を参照して本発明の実施形態を詳細に説明する。図1の(b)は、本発明の第1の実施形態による光プローブ10の先端部の側断面形状を示すものであり、また同図(a)はこの光プローブ10を、同図(b)のA-A線の位置で破断して示す平断面図である。この光プローブ10は、一例として光断層画像化装置の一部となる内視鏡の先端部分を構成するものである。

【0034】

この光プローブ10は、先端が閉じた透光性部材からなる円筒状のシース11と、その内部においてシース11の軸回りに回転自在に配されたフレキシブルシャフト12とを備えている。またフレキシブルシャフト12の中には、図示しない干渉計から光を導く光ファイバ13が通され、その先端にはGRINレンズ14(屈折率分布型レンズ)と折り返しミラー15が配置されている。光ファイバ13、GRINレンズ14および折り返しミラー15は一体になっており、光ファイバ先端部から折り返しミラー15までの部分は、フレキシブルシャフト12の回転軸よりrだけ偏心した位置に配され、フレキシブルシャフト12内で回転自在となっている。

【0035】

この光プローブ10において、光ファイバ13を導波して来た光ビームHはGRINレンズ14で集光され、折り返しミラー15で90°進行方向を変えて、シース11の周外方で収束するようになっている。そして、フレキシブルシャフト12が図示しない駆動手段によってシース11内で回転すると、シース11の周外方に向かって出射している光ビームHが偏向するので、該シース11の外側に被検体が配置されていれば、その被検体が光ビームHによってシース11の周方向に走査(回転スキャン)されることになる。

【0036】

この構成において、折り返しミラー15から、GRINレンズ14の焦点位置までの距離をlとしたとき、図1の配置状態では、フレキシブルシャフト回転軸から焦点位置までの距離 l_1 は、

$$l_1 = l + r \quad (1)$$

となる。

【0037】

一方、光ファイバ13をフレキシブルシャフト12内で回転させ、折り返しミラー15の出射方向を図1の状態に対して反対にした場合の状態を図2に示す。このときのフレキシブルシャフト回転軸から焦点位置までの距離 l_2 は、

$$l_2 = l - r \quad (2)$$

となる。すなわち、光ビームHの回転偏向の中心から焦点位置までの距離を、最大 l_1 と最小 l_2 との間で自由に変更できる。その距離の変化幅は、

$$l_1 - l_2 = 2r \quad (3)$$

である。

【0038】

シース11の外周半径をRとした場合、シース外周面からの焦点深さ位置は、最大で $l_1 - R$ 、最小で $l_2 - R$ となる。これが被検体での実際の焦点深さ位置の範囲となる。

【0039】

次に図3のように、折り返しミラー15が任意の角度傾いた場合を考える。折り返しミラー15から焦点位置までの距離をlとした場合、光ビームHの回転偏向の中心から焦点位置までの距離Lおよび θ は、

$$L = (l^2 - 2rl \cos \theta + r^2)^{1/2} \quad (4)$$

$$\theta = \tan^{-1} \{ l \sin \theta / (l \cos \theta - r) \} \quad (5)$$

となる。 θ を0°から180°まで変化させると、Lを l_2 から、 l_1 まで変化させることができるので、焦点位置を連続的に任意の深さに設定可能となる。

【0040】

10

20

30

40

50

ただし、被検体深さ方向の光照射方向は、フレキシブルシャフト12の回転軸から焦点位置まで伸ばした線に対して θ の角度傾いているために、得られる画像は θ 傾いたものとなることに注意する必要がある。断層画像を再構成する際は、この光走査の角度ずれ分を考慮して表示する必要がある。図4には、この光走査（回転スキャン）の傾き状態を示してある。

【0041】

また図19には、 $r = 1 \text{ mm}$ 、 $l = 3 \text{ mm}$ とした場合の L に対する θ の変化特性を、また図20には同じ場合の θ に対する L の変化特性を示す。 $\theta = 0$ のとき $L = 2$ 、 $\theta = 180^\circ$ のとき $L = 4 \text{ mm}$ であり、 θ を0から180°変化させることによって、連続的に L を変えることができる。また、 θ は最大20°近くまで増大するので、被検体深さ方向スキャンの倒れ角は最大20°まで変化することがわかる。したがって、この結果を加味した画像処理を行う必要がある。

10

【0042】

次に図5を参照して、本発明の第2の実施形態について説明する。図5の(a)、(b)はそれぞれ、本発明の第2の実施形態による光プローブ20の平断面形状、側断面形状を示すものである。なおこの図5において、図1中の要素と同等の要素には同番号を付してあり、それらについての説明は必要の無い限り省略する。

【0043】

この第2の実施形態の光プローブ20において、GRINレンズ14および折り返しミラー15と一体化された光ファイバ13は、フレキシブルシャフト12と同軸にして、その中で回転自在に配置されている。そしてフレキシブルシャフト12の先端部には、NA（開口数）変更レンズ21が固定されている。

20

【0044】

この光プローブ20が図5に示す状態にあるとき、折り返しミラー15から射出される光ビームHはNA変更レンズ21を通らないで被検体に照射され、折り返しミラー15から焦点位置までの距離は l となる。

【0045】

上記の状態から、光ファイバ13を回転させて折り返しミラー15の向きを図5中の向きと180°変えると、図6に示す状態となる。この状態のとき、折り返しミラー15から出射する光ビームHは、NA変更レンズ21を通過して被検体に照射される。この場合、折り返しミラー15から焦点位置までの距離は l となる。

30

【0046】

NA変更レンズ21が凸レンズである場合、光ビームHに対するNAはレンズを通らない場合より大きくなり、焦点位置での横方向分解能が良くなる。逆に凹レンズである場合、このNAはレンズを通らない場合より小さくなり、焦点位置での横方向分解能が悪くなる。NAが大きい方が焦点位置での横方向分解能が良くなるが、その反面、焦点位置から光軸（被検体深度）方向にずれたところでは急速に横方向分解能が低下してしまう問題がある。そこで、本実施形態のような構成を採用することにより、深度方向に広い範囲で測定したい場合にはNAを小さくし、狙った深度でのみ高解像度で測定したい場合にはNAを大きくするといった活用が可能となる。

40

【0047】

以上説明した第2の実施形態では、NA変更レンズ21を1つだけフレキシブルシャフト12の先端に配置したが、図7に示す第3の実施形態の光プローブ30では、互いに焦点距離の異なる複数のNA変更レンズ21、22および23が配置されている。この構成においては、光ファイバ13の回転角度を調節して、折り返しミラー15からの出射光が通過するレンズを選択するようになれば、NAを何通りにも切り替えることができるので、より適切な分解能と焦点深度を設定可能となる。

【0048】

次に図8および図9を参照して、本発明の第4の実施形態について説明する。この第4の実施形態の光プローブ40は、図1および図2に示した第1の実施形態の構成を基本とし

50

、その上でさらに、図5に示した第2の実施形態で用いられたNA変更レンズ21を設けたものである。

【0049】

この光プローブ40が図8の状態にあるとき、折り返しミラー15から出射した光ビームHはNA変更レンズ21を通過しないで被検体に照射される。このときの回転偏向中心から焦点位置までの距離Lは、

$$L = l - r \quad (6)$$

となる。図9に示す状態において、折り返しミラー15から出射した光ビームHはNA変更レンズ21を通過してから被検体に照射される。このときの回転偏向中心から焦点位置までの距離Lは、

$$L = l + r \quad (7)$$

となる。

【0050】

ここで、 $L = L$ とした場合、(6)、(7)式より、

$$l - l = 2r \quad (8)$$

となる。NA変更レンズ21を設けない場合の折り返しミラー15と焦点位置間の距離lと、NA変換レンズ21を設けた場合の折り返しミラー15と焦点位置間の距離lの差が、光ファイバ偏心半径の2倍になるように、NA変更レンズ21の倍率と配置を決定すれば、NAを切り替えた場合でも、測定する深度を同じにすることができる。

【0051】

第2の実施形態の場合は、NAを変えることによって分解能と深度方向のダイナミックレンジを切り替えることができるが、同時に焦点位置が変わってしまうので、切り替えの際にそれまで測定した箇所から別の箇所に視野が飛んでしまい、使い勝手が良くない。この第4実施形態では、NAを切り替えても同じ深度位置を保てるので、視野が飛ぶことなく、使い勝手を向上させることができる。

【0052】

次に図10および図11を参照して、本発明の第5の実施形態について説明する。この第5の実施形態の光プローブ50では、NA変換レンズ25として凸レンズが使用されている。図8および図9に示した第4の実施形態では、 $L = L$ とするために、光ファイバの偏心方向とNA変換レンズ21を同じ側に配置する必要があるために径の細かいプローブにする場合、設計の制約が大きい。これに対して、本実施形態のように凹レンズのNA変更レンズ25を適用すると、光ファイバ偏心方向と反対側にNA変換レンズ25を配置することになるので、設計の自由度が増し、プローブ径を小さくすることが可能になる。

【0053】

次に図12を参照して、本発明の第6の実施形態について説明する。この第6の実施形態の光プローブ60は、図5に示した第2の実施形態の光プローブ20の改良型である。図7に示した第3の実施形態の光プローブ30では、複数のNA変更レンズ21、22および23がプローブ周方向に並べてフレキシブルシャフト12の先端に固定されているが、ここでは複数(一例として2個)のNA変更レンズ21、22がプローブ長手方向に並べてフレキシブルシャフト12の先端に固定されている。

【0054】

そしてフレキシブルシャフト12の先端部に設けられたレンズ収容のための凹部22aは、その中でGRINレンズ14がプローブ長手方向に摺動できるように形成されている。そこで、フレキシブルシャフト12の内部で光ファイバ13をその軸方向に移動させることにより、GRINレンズ14と固定されている折り返しミラー15が一方のNA変更レンズ21と向かい合う状態(同図の(a))と、他方のNA変更レンズ22と向かい合う状態(同図の(b))とを選択することができる。本例の場合、前者の状態で光ビームHのNAがより大、そして焦点位置がより外側に設定される。

【0055】

また図5の光プローブ20と同様に、光ファイバ13を回転させて折り返しミラー15の向き

10

20

30

40

50

を180°変えれば、光ビームHがNA変更レンズ21、22のいずれをも通過しない状態に設定することができる。

【0056】

なお、本実施形態のような構成を採用する場合、プローブ長手方向に3個以上のNA変更レンズを並べて配置しても構わない。また、プローブ長手方向に複数のNA変更レンズを並設するとともに、図7に示すようにプローブ周方向に複数のNA変更レンズを並設し、光ファイバ13をフレキシブルシャフト12に対して相対回転させて、プローブ周方向に並ぶ複数のNA変更レンズのうちの1つに選択的に光ビームHを導くようにしてもよい。さらに、このような構成において、図1に示すように光ファイバ13の先端部分をフレキシブルシャフト12の中心に対して偏心させた構造を組み合わせ、NAおよび/または焦点位置の選択数をより多くすることも可能である。

10

【0057】

次に図13を参照して、本発明の第7の実施形態について説明する。この第7の実施形態の光プローブ70は、フレキシブルシャフト12がシース11の内径と比べて十分に補足形成され、その先端に固定された円柱状のヘッド71のみがシース11の内周面と摺動するように構成されている。

【0058】

上に説明した第1～6の実施形態では、光ファイバ13がフレキシブルシャフト12の中を通る形になっており、フレキシブルシャフト12の外径はシース11の内径より僅かに小さいものとされていた。しかし、フレキシブルシャフト12が太いと、プローブを湾曲させた場合にシース11とフレキシブルシャフト12が接触し、摩擦抵抗の増大によるスキンの乱れや磨耗、発熱等を招くという問題が発生する。

20

【0059】

それに対して本実施形態では、フレキシブルシャフト12を細くしたことにより、上記の問題を解消可能である。なお円柱状のヘッド71は、フレキシブルシャフト12より径が太く、かつ軸ずれが生じない程度にシース11より径が細いものとする。このようなヘッド71に光ファイバ13の先端部を保持させることにより、光ファイバ先端部の、フレキシブルシャフト12の中心からの偏心量を一定に保つことができる。

【0060】

ここで図14を参照して、以上説明した各実施形態に適用され得る、光プローブと装置本体の接続構造について説明する。この構造において、フレキシブルシャフト12はシャフト軸受75を介して本体側に接続され、自在に回転可能となっており、歯車81、82を介して、シャフト回転用モータ83によって回転駆動される。一方フレキシブルシャフト12の基端部内には光ファイバ回転用モータ84が設けられ、光ファイバ先端部に設けられた折り返しミラー15（例えば図1等参照）の向きを変更するために使用される。本体側光ファイバ85は装置本体に固定されており、回転するプローブ側の光ファイバ13と近接させて、直接カップリングで接続されている。

30

【0061】

なお、本体側光ファイバ85とプローブ側の光ファイバ13とは、上に説明したように直接カップリングする他、図15に示すように1つのレンズ86からなるレンズ系を介して接続したり、あるいは図16に示すように2つのレンズ87、88からなる共焦点光学系を介して接続することも可能である。

40

【0062】

次に図17を参照して、本発明の第8の実施形態について説明する。以上説明した各実施形態では光偏向手段として折り返しミラー15が用いられているが、本実施形態の光プローブ80では、それに代えて光ファイバ13の先端部を折り曲げることにより、光偏向手段を構成している。この構成においては光ファイバ13の回転位置を変えることにより、NA変更レンズ21を光が通過する図示の状態と、通過しない状態（例えば光ファイバ13の先端部が図中下方を向く状態）とを設定可能となる。

【0063】

50

また図18に示す第9の実施形態の光プローブ90のように、光偏向手段として、光ファイバ13の先端に固定された球レンズ91を用いることもできる。この構成においても、光ファイバ13の回転位置を変えることにより、NA変更レンズ21を光が通過する図示の状態と、通過しない状態（例えば球レンズ91の曲率を有する面が図中下方を向く状態）とを設定可能となる。

【0064】

以上、光を回転走査させる光プローブの実施形態について説明したが、次に、光を直線走査させる光プローブの実施形態について説明する。

【0065】

図21の(b)は、本発明の第10の実施形態による光プローブ110の先端部の側断面形状を示すものであり、また同図(a)はこの光プローブ110を、同図(b)のA-A線の位置で破断して示す立断面図である。本実施形態の光プローブ110も、一例として光断層画像化装置の一部となる内視鏡の先端部分を構成するものである。

10

【0066】

この光プローブ110は、先端が閉じた透光性部材からなる円筒状のシース11と、その内部に配されたフレキシブルシャフト12とを備えている。またフレキシブルシャフト12の中には、図示しない干渉計から光を導く光ファイバ13が通され、その先端にはGRINレンズ14（屈折率分布型レンズ）と折り返しミラー15が配置されている。光ファイバ13、GRINレンズ14および折り返しミラー15は一体になっており、光ファイバ先端部から折り返しミラー15までの部分は、フレキシブルシャフト12の回転軸からrだけ偏心した位置に配され、フレキシブルシャフト12内で回転自在となっている。

20

【0067】

フレキシブルシャフト12はシース11の内部で、該シース11の長手方向すなわち同図(b)の左右方向に直線的に移動自在とされるとともに、シース11の中心軸回りに回転自在とされており、後述する機構により直線移動および回転されるようになっている。またその機構により、光ファイバ13もフレキシブルシャフト12内で回転されるようになっている。

【0068】

上記光ファイバ13を導波して来た光ビームHはGRINレンズ14で集光され、折り返しミラー15で90°進行方向を変えて、シース11の周外方で収束するようになっている。そして、フレキシブルシャフト12がシース11内で該シース11の長手方向に移動すると、シース11の周外方に向かって出射している光ビームHがこの方向に移動する。そこで、該シース11の外側に被検体Cが配置されていれば、その被検体Cが光ビームHによってシース11の長手方向に直線走査されることになる。なお図22は、このようにしてフレキシブルシャフト12が図21の状態から距離LSだけ移動した状態を示している。

30

【0069】

この構成において、折り返しミラー15から、GRINレンズ14の焦点位置までの距離をlとしたとき、図21の配置状態では、フレキシブルシャフト中心軸から焦点位置までの距離 l_1 は、

$$l_1 = l + r \quad (21)$$

となる。

40

【0070】

一方、光ファイバ13をフレキシブルシャフト12内で180°回転させて、折り返しミラー15のフレキシブルシャフト12に対する向きを反対にするとともに、フレキシブルシャフト12をシース11内で180°回転させた場合の状態を図23に示す。なお同図における(a)、(b)の関係は、図21におけるものと同じである。このときのフレキシブルシャフト中心軸から焦点位置までの距離 l_2 は、

$$l_2 = l - r \quad (22)$$

となる。すなわち、フレキシブルシャフト中心軸から光ビームHの焦点位置までの距離を、最大 l_1 と最小 l_2 との間で自由に変更できる。その距離の変化幅は、

$$l_1 - l_2 = 2r \quad (23)$$

50

である。

【0071】

ここでシース11の外周半径をRとした場合、シース外周面からの焦点深さ位置は、最大で $l_1 - R$ 、最小で $l_2 - R$ となる。これが被検体Cでの実際の焦点深さ位置の範囲となる。ただし、焦点位置を図21～23の上下方向に連続的に変化させる場合は、該焦点位置が深さ最大値($l_1 - R$)を取る状態と深さ最小値($l_2 - R$)を取る状態以外においては、シース11の長手方向に直角な断面内で光ビームHの照射方向は斜め、つまり照射深さ方向に対して角度をなす方向に設定しなければならないので(例えば図3のような状態)、その設定すべき照射方向に応じて光ファイバ13およびフレキシブルシャフト12の回転位置を設定する必要がある。

10

【0072】

以上のように、光ビームHの焦点位置を被検体Cの深さ方向(焦点深さ方向)に直線的に変化させることができ、また該光ビームHをシース11の長手方向に直線走査可能である本実施形態の光プローブ110によって光断層画像化装置を構成した場合は、被検体Cの深さ方向とフレキシブルシャフト軸方向を含む2次元断面の断層像を取得することができる。

【0073】

なお、上述のように光ビームHの照射方向を斜めにする必要はないで、この照射方向は常に照射深さ方向としてもよい。そうする場合、被検体Cの一定部位を照射深さを連続的に変化させながら走査するためには、シース11を横方向つまり図21(a)の左右方向に移動させる機構を設けて、その移動を、光ファイバ13およびフレキシブルシャフト12の回転と同期させて制御すればよい。例えば図21(a)の状態から、フレキシブルシャフト12が時計方向に90°回転されるとともに、光ファイバ13が反時計方向に90°回転されたときには、シース11を図中で右方にrだけ移動させればよい。

20

【0074】

ここで図24を参照して、フレキシブルシャフト12の直線移動と回転、並びに光ファイバ13の回転を行う機構について説明する。この図24は、シース11およびフレキシブルシャフト12の先端部と反対側の基端部近辺の構造を示している。図示の通りフレキシブルシャフト12は、シャフト軸受け101を介して、プローブ受け部102に回転可能に支承されている。またこのフレキシブルシャフト12の基端部には平歯車103が嵌合され、この平歯車103には別の平歯車104が噛合している。そしてこの平歯車104は、プローブ受け部102内に配置されたシャフト回転用モータ105によって回転駆動され、それによりフレキシブルシャフト12がシース11内で回転する。

30

【0075】

一方、フレキシブルシャフト12の基端部内にはファイバ回転用モータ106が配設され、このモータ106の駆動によって光ファイバ13が前述のようにフレキシブルシャフト12内で相対回転する。

【0076】

また、上記プローブ受け部102にはロッド107の一端が連結され、該ロッド107の他端は回転する円板108の周縁部近傍に連結されて、これらのロッド107と円板108とによりスライダクランク機構が構成されている。したがって、円板108が図示外の駆動手段により回転されるとプローブ受け部102が図中左右方向に移動し、そこでフレキシブルシャフト12がシース11内でシース長手方向に直線移動する。なお、フレキシブルシャフト12を直線移動させるためには、上述のようなスライダクランク機構を用いる他、電磁アクチュエータ等を用いてもよい。

40

【0077】

なお本実施形態において、フレキシブルシャフト12はシース11内で回転可能とされているので、先に述べた第1実施形態のプローブ10と同様に、このフレキシブルシャフト12の回転によって光ビームHを回転走査させることも可能である。そのようにすれば、シース11の長手方向の断層像のみならず、シース11の周方向の断層像も取得できるので、3次元

50

断層像を構成することが可能となる。

【0078】

なお、上述のような光ビームHの回転走査は行わずに直線走査だけを行う場合は、光ファイバ13の回転範囲は360°だけ確保されればよい。光ファイバ13はプローブ受け部102内で約90°向きが変えられているが、この向きを変える部分に遊びを設けて、それにより、最大上記360°の回転で生じるねじれを吸収可能とすることが望ましい。そうすることが難しい場合は、ねじれが生じる部分近傍、つまり図中破線Jで示す部分近傍にカップリング手段を配して、2分した光ファイバ13をそこでカップリングするとよい。ただしその場合は、カップリングにおける光の伝搬損が生じたり、カップリングのために装置コストが高くなるので、光ファイバ13は1本とした方がより好ましい。

10

【0079】

OCT、特にFD-OCT(Fourier Domain OCT)計測による光断層画像化装置は一般に、深さ方向を高速に走査可能であるが、その取得可能領域は焦点位置近傍に限られる。特に高解像度を狙う場合、横方向分解能を上げる必要があることからNAを上げる必要が生じるが、NAが上がるほど焦点深度が浅くなり、焦点位置から離れた地点では急速に分解能が低下する。よって、より広い深さ方向範囲で高分解能を確保するためには、焦点位置を変化させる機構、すなわちダイナミックフォーカス機構が必要となる。本実施形態の光プローブ110は、そのような要求に対応できるものである。

【0080】

次に図25および図26を参照して、本発明の第11の実施形態による光プローブ120

20

【0081】

すなわち、この光プローブ120においては、フレキシブルシャフト12の先端部にNA変更レンズ21が固定されている。このNA変更レンズ21は、フレキシブルシャフト12の中心軸を挟んで、折り返しミラー15と反対側に配設されている。

【0082】

そこで、図25に示すようにフレキシブルシャフト中心軸から光ビームHの焦点位置までの距離が最大 l_1 となる状態のとき、折り返しミラー15から出射する光ビームHはこのNA変更レンズ21と反対側に進行し、該NA変更レンズ21を通過しない。一方、図26に示すようにフレキシブルシャフト中心軸から光ビームHの焦点位置までの距離が最小 l_2 となる状態のとき、折り返しミラー15から出射する光ビームHはこのNA変更レンズ21側に進行し、該NA変更レンズ21を通過する。

30

【0083】

NA変更レンズ21が凸レンズである場合、光ビームHに対するNAはレンズを通らない場合より大きくなり、焦点位置での横方向分解能が良くなる。逆に凹レンズである場合、このNAはレンズを通らない場合より小さくなり、焦点位置での横方向分解能が悪くなる。NAが大きい方が焦点位置での横方向分解能が良くなるが、その反面、焦点位置から光軸(被検体深度)方向にずれたところでは急速に横方向分解能が低下してしまう問題がある。そこで、本実施形態のような構成を採用することにより、深度方向に広い範囲で測定したい場合にはNAを小さくし、狙った深度でのみ高解像度で測定したい場合にはNAを大きくするという活用が可能となる。

40

【0084】

なお本実施形態の光プローブ120は、光ビームHがNA変更レンズ21を通過する状態と、通過しない状態の2つを選択的に設定できるものであるが、このように光ビームHを直線走査させる光プローブにおいても、先に説明した図12の構成を採用して、相異なる複数のNA変更レンズのうちの1つを光ビームHが選択的に通過するように構成することも可能である。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 8 5 】

【図 1】本発明の第 1 実施形態による光プローブの平断面図 (a) と側断面図 (b)

【図 2】図 1 の光プローブの別の状態を示す平断面図 (a) と側断面図 (b)

【図 3】図 1 の光プローブのさらに別の状態を示す平断面図

【図 4】図 1 の光プローブによる光走査状態を説明する説明図

【図 5】本発明の第 2 実施形態による光プローブの平断面図 (a) と側断面図 (b)

【図 6】図 5 の光プローブの別の状態を示す平断面図 (a) と側断面図 (b)

【図 7】本発明の第 3 実施形態による光プローブを示す平断面図

【図 8】本発明の第 4 実施形態による光プローブを示す平断面図

【図 9】図 8 の光プローブの別の状態を示す平断面図

10

【図 10】本発明の第 5 実施形態による光プローブを示す平断面図

【図 11】図 10 の光プローブの別の状態を示す平断面図

【図 12】本発明の第 6 実施形態による光プローブの一状態 (a) および、別の状態 (b) を示す側断面図

【図 13】本発明の第 7 実施形態による光プローブを示す側断面図

【図 14】本発明の光プローブを装置本体側に接続する構造を示す側断面図

【図 15】本発明の光プローブと装置本体側との光接続構造例を示す側面図

【図 16】本発明の光プローブと装置本体側との光接続構造の別例を示す側面図

【図 17】本発明の第 8 実施形態による光プローブを示す側断面図

【図 18】本発明の第 9 実施形態による光プローブを示す側断面図

20

【図 19】図 3 に示す角度 θ に対する距離 L の変化特性を示すグラフ

【図 20】図 3 に示す角度 θ に対する角度 α 、および角度 β の変化特性を示すグラフ

【図 21】本発明の第 10 実施形態による光プローブの立断面図 (a) と側断面図 (b)

【図 22】図 21 の光プローブによる光ビームの直線走査の様子を示す側断面図

【図 23】図 21 の光プローブの別の状態を示す立断面図 (a) と側断面図 (b)

【図 24】図 21 の光プローブの別の部分を示す側断面図

【図 25】本発明の第 11 実施形態による光プローブの立断面図 (a) と側断面図 (b)

【図 26】図 25 の光プローブの別の状態を示す立断面図 (a) と側断面図 (b)

【符号の説明】

【 0 0 8 6 】

30

10、20、30、40、50、60、70、80、90、110、120 光プローブ

11 シース

12 フレキシブルシャフト

13 光ファイバ

14 GRINレンズ

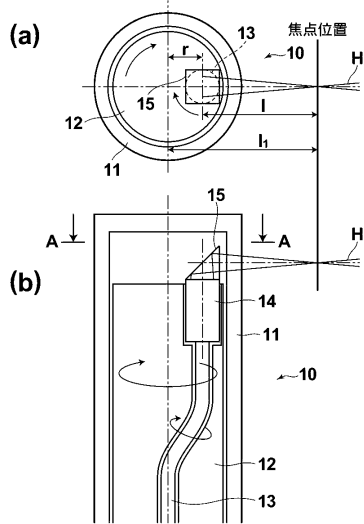
15 折り返しミラー

21、22、23 NA 変更レンズ

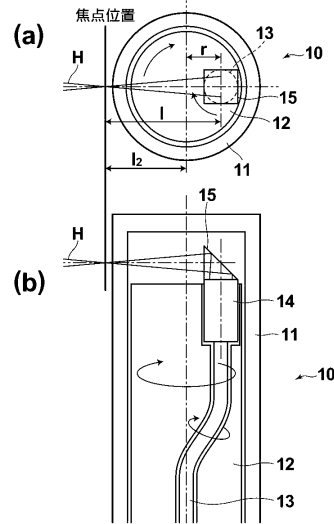
91 球レンズ

H 光ビーム

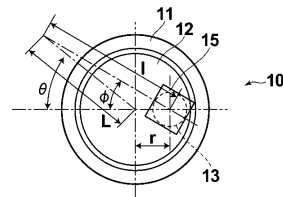
【 図 1 】



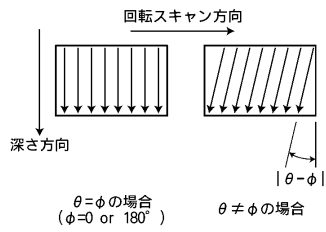
【 図 2 】



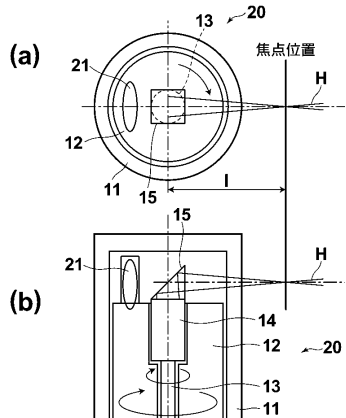
【 図 3 】



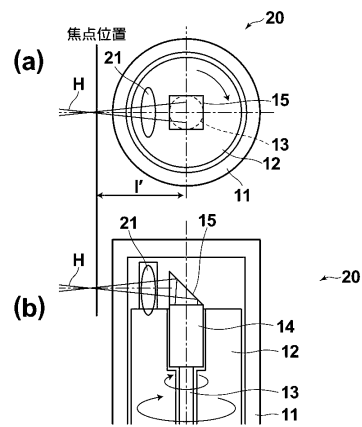
【 図 4 】



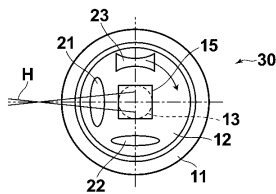
【 図 5 】



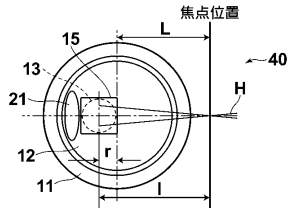
【 図 6 】



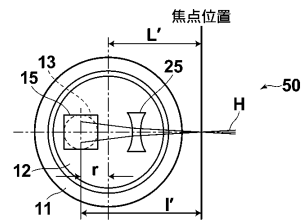
【 図 7 】



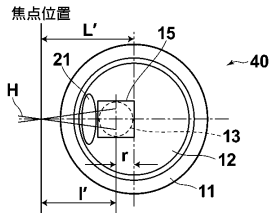
【 図 8 】



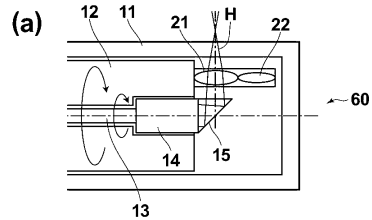
【 図 1 1 】



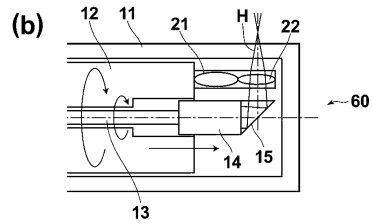
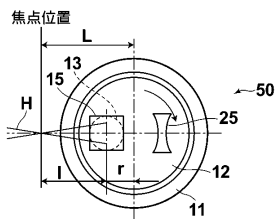
【 図 9 】



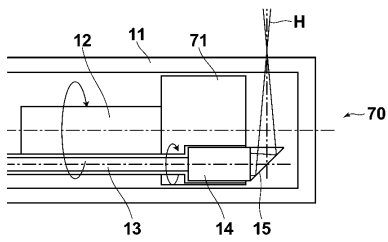
【 図 1 2 】



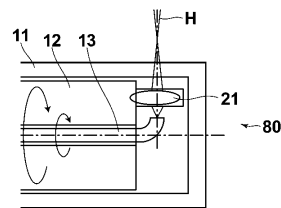
【 図 1 0 】



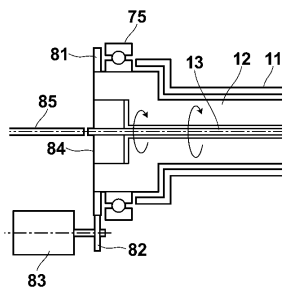
【 図 1 3 】



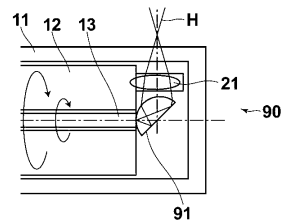
【 図 1 7 】



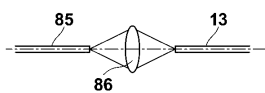
【 図 1 4 】



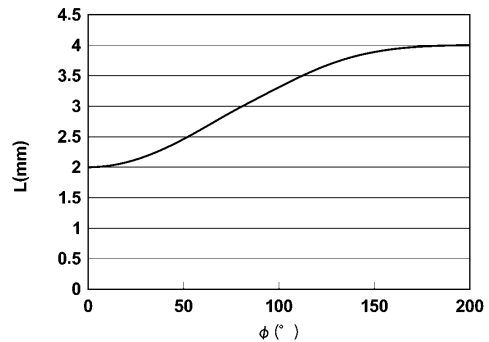
【 図 1 8 】



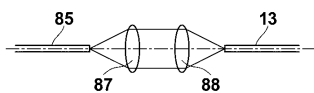
【 図 1 5 】



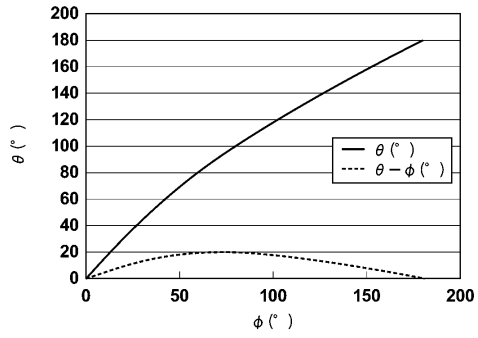
【 図 1 9 】



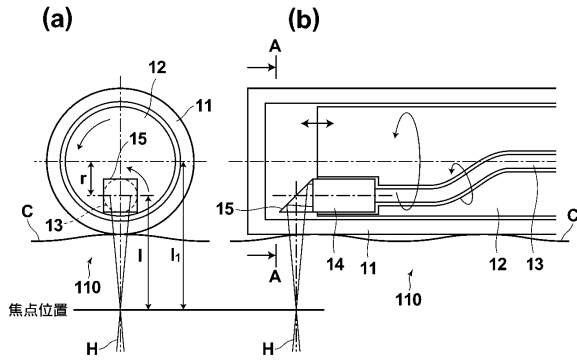
【 図 1 6 】



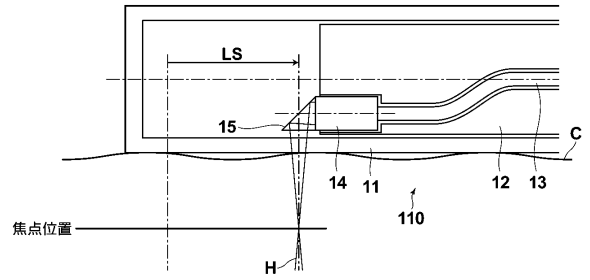
【 図 2 0 】



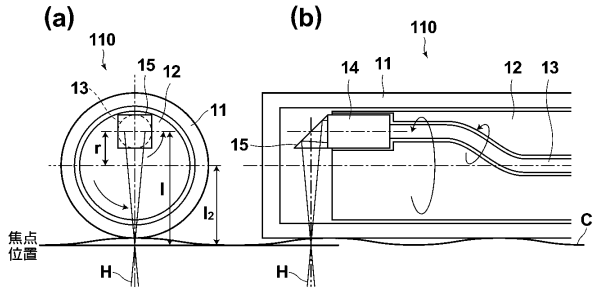
【 図 2 1 】



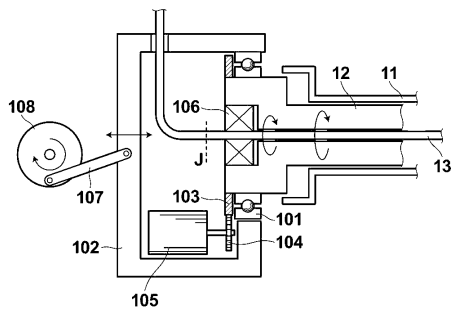
【 図 2 2 】



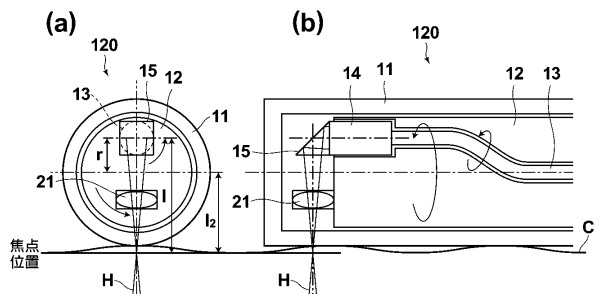
【 図 2 3 】



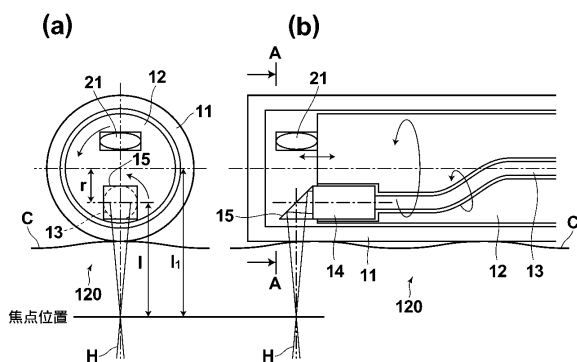
【 図 2 4 】



【 図 2 6 】



【 図 2 5 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2001-264246(JP,A)
特開2002-005822(JP,A)
特開2002-301018(JP,A)
特開2000-262461(JP,A)
特開2005-006855(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N21/00-21/01
G01N21/17-21/61
A61B1/00-1/32
A61B10/00-A61B10/06