

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3869257号

(P3869257)

(45) 発行日 平成19年1月17日(2007.1.17)

(24) 登録日 平成18年10月20日(2006.10.20)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 N 21/17 (2006.01)
A 6 1 B 10/00 (2006.01)

GO 1 N 21/17 6 2 0
 A 6 1 B 10/00 E

請求項の数 4 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2001-374702 (P2001-374702)	(73) 特許権者	000000376
(22) 出願日	平成13年12月7日 (2001.12.7)		オリンパス株式会社
(65) 公開番号	特開2003-172690 (P2003-172690A)	(74) 代理人	100076233
(43) 公開日	平成15年6月20日 (2003.6.20)		弁理士 伊藤 進
審査請求日	平成16年11月26日 (2004.11.26)	(72) 発明者	石原 康成
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オ リンパス光学工業株式会社内
		(72) 発明者	平田 唯史
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オ リンパス光学工業株式会社内
		(72) 発明者	堀井 章弘
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オ リンパス光学工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光イメージング装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

低コヒーレンス光源からの低コヒーレンス光を被検体に集光し、この被検体からの戻り光を取り込む挿入部及び、この挿入部を接続して取り込んだ戻り光から被検体の断層像を構築する装置本体を有する光イメージング装置において、

前記低コヒーレンス光源で発生した低コヒーレンス光を伝達させて被検体へ照射する光伝達手段と、

前記光伝達手段内部又は前記光伝達手段の終端又は前記光伝達手段と被検体との間に設けられ、前記低コヒーレンス光を観察光と参照光とに分離する光分離手段と、

前記光分離手段より前記被検体側に設けられ、入射した光を1/4波長偏光させる第1の偏光面回転手段と、

被検体からの前記観察光の散乱又は反射による戻り観察光と前記参照光とを光路長の異なる2つの光路へ分離する偏光ビームスプリッタと、

前記光路長の異なる2つの光路の一方の光路に設けられ、入射した光を1/2波長偏光させる第2の偏光面回転手段と、

前記偏光ビームスプリッタにより分離された戻り観察光と参照光とを干渉させる光干渉手段と、

を備えたことを特徴とする光イメージング装置。

【請求項2】

前記光分離手段で分離された前記観察光の被検体からの戻り観察光と参照光とが、前記

10

20

光伝達手段内部又は前記光伝達手段と被検体との間の少なくとも一部において、同一の光軸を有することを特徴とする請求項 1 に記載の光イメージング装置。

【請求項 3】

前記光分離手段で分離された前記観察光の被検体からの戻り観察光と参照光とが、前記光伝達手段内部又は前記光伝達手段と被検体との間で且つ、前記干渉手段の手前の少なくとも一部において、同一の光軸を有することを特徴とする請求項 1 に記載の光イメージング装置。

【請求項 4】

前記 2 つの光路は、第 1 の光路と、前記第 1 の光路より光路長の長い第 2 の光路と有し、
前記偏光ビームスプリッタは、前記戻り観察光を前記第 1 の光路へ分離し、前記参照光を前記第 2 の光路へ分離することを特徴とする請求項 1 に記載の光イメージング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、被検体に低コヒーレンス光を集光し、その被検体からの戻り光の情報から被検体の断層像を構築する光イメージング装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、OCT (Optical Coherence Tomography) と呼ばれる光イメージング装置は、広く用いられている。上記光イメージング装置は、光源で発生した低コヒーレンスの光を被検体に集光し、その際焦点位置を走査することで、その被検体からの戻り光の情報から被検体内部の断層像を構築するものである。

【0003】

このような光イメージング装置は、例えば、特開平 11 - 72431 号公報に記載されているように、低コヒーレンス光源からの低コヒーレンス光を被検体に集光し、この被検体からの戻り光を取り込む挿入部及び、この挿入部を接続して取り込んだ戻り光から被検体の断層像を構築する装置本体を有するものが提案されている。

【0004】

従来の光イメージング装置の光学系は、低コヒーレンス光源で発生した低コヒーレンス光を光分離手段で観察光と参照光とに分離し、この分離した観察光を被検体に対して走査して被検体に集光する。そして、その焦点からの被検体の反射光及び散乱光の一部は、戻り観察光として上記光路を通り、再び光分離手段側に戻るようになっている。

【0005】

一方、光分離手段で分離した参照光は、参照光伝達手段で反射され、再び光分離手段側に戻される。このとき、参照光は、観察光の光路長に対して殆ど等しくなるように光路長を調整される。

そして、これら光路長が殆ど等しい戻り参照光と被検体側からの戻り観察光とは干渉し、光検出手段である光検出器で検出されるようになっている。この検出器の出力は、復調されて干渉した光の信号が抽出される。抽出された光の信号は、デジタル信号に変換された後、信号処理されて断層像に対応した画像データが生成される。そして、生成された画像データは、モニタにて被検体の断層画像として表示されるようになっている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記従来の光イメージング装置は、観察光と参照光との光路が別々であったため、これら観察光と参照光とが干渉する際に、互いの偏光状態が変わってしまい、干渉光の強度が、それぞれの偏光状態の変化によって変わってしまうという問題があった。

【0007】

また、上記従来の光イメージング装置は、挿入部を装置本体から交換した際、個体差又は種類の違いにより、挿入部での光路長が大きく変わってしまうと、参照光光路の光路長調

10

20

30

40

50

整が困難であった。

【0008】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、偏光状態の変化に影響されること無く、挿入部を交換して使用した場合にも、光路長調整が容易な光イメージング装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明の光イメージング装置は、低コヒーレンス光源からの低コヒーレンス光を被検体に集光し、この被検体からの戻り光を取り込む挿入部及び、この挿入部を接続して取り込んだ戻り光から被検体の断層像を構築する装置本体を有する光イメージング装置において、前記低コヒーレンス光源で発生した低コヒーレンス光を伝達させて被検体へ照射する光伝達手段と、前記光伝達手段内部又は前記光伝達手段の終端又は前記光伝達手段と被検体との間に設けられ、前記低コヒーレンス光を観察光と参照光とに分離する光分離手段と、前記光分離手段より前記被検体側に設けられ、入射した光を1/4波長偏光させる第1の偏光面回転手段と、被検体からの前記観察光の散乱又は反射による戻り観察光と前記参照光とを光路長の異なる2つの光路へ分離する偏光ビームスプリッタと、前記光路長の異なる2つの光路の一方の光路に設けられ、入射した光を1/2波長偏光させる第2の偏光面回転手段と、前記偏光ビームスプリッタにより分離された戻り観察光と参照光とを干渉させる光干渉手段と、を備えたことを特徴としている。

【0010】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

(第1の実施の形態)

図1ないし図10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の実施の形態を備えた光イメージングシステムを示す構成図、図2は本発明の第1の実施の形態の光イメージング装置を示す概略構成図、図3は図2の光イメージング装置の詳細構成図、図4は図3の光プローブの先端側構成図、図5は図4の第1の変形例を示す光プローブの先端側構成図、図6は図4の第2の変形例を示す光プローブの先端側構成図、図7は光路長差生成部の変形例を示す構成図、図8は図7のフィルタ回転台を示す説明図、図9は分散調整部の変形例を示す構成図、図10は第1の光分離手段の変形例を示す光プローブの先端側構成図、図11は図4の第3の変形例を示す光プローブの先端側構成図、図12は図11の概略拡大図である。

【0011】

図1に示すように本発明の第1の実施の形態を備えた光イメージングシステム1は、内視鏡装置2と光イメージング装置3とから構成される。尚、本実施の形態の光イメージングシステム1は、内視鏡装置2と組み合わせるように構成しているが、光イメージング装置3のみでもシステムを構成可能である。

【0012】

内視鏡装置2は、図示しない撮像手段を備えた電子内視鏡(以下、内視鏡)4にユニバーサルケーブル5を介して内視鏡用光源装置6及びビデオプロセッサ7を着脱自在に接続して構成される。

【0013】

光イメージング装置3は、生体内に挿入可能な可撓性を有し、後述の低コヒーレンス光源からの低コヒーレンス光を被検体8の目的部位に対し集光する挿入部としての光プローブ9と、この光プローブ9を着脱自在に接続し、被検体8の目的部位からの戻り光から被検体8の断層像を構築する装置本体10とから構成される。

【0014】

内視鏡4は、体腔内に挿入可能な細長の挿入部11を有し、この挿入部11の後端に太幅の操作部12が設けてある。内視鏡4は、この挿入部11の後端付近に鉗子挿通口13が設けてあり、この鉗子挿通口13はその内部で鉗子挿通用チャンネル14と連通している

10

20

30

40

50

。

【0015】

内視鏡4は、この挿入部11内に図示しないライトガイドが挿通されている。このライトガイドは、ユニバーサルケーブル5を挿通し、内視鏡用光源装置6から照明光を伝達されて挿入部11の先端部に設けた照明窓から患部等の被検体を照明するようになっている。また、内視鏡4は、照明窓に隣接した取り付けられた観察窓に図示しない対物光学系及び撮像装置が設けられ、照明された患部等の被検体像を撮像するようになっている。内視鏡4の撮像装置からの撮像信号は、ユニバーサルケーブル5を挿通する図示しない信号線を介してビデオプロセッサ7へ伝達されるようになっている。そして、ビデオプロセッサ7は、伝達された撮像信号を信号処理し、モニタ15に伝達して内視鏡画像15aを表示させるようになっている。

10

【0016】

光イメージングシステム1は、光イメージング装置3を構成する光プローブ8が内視鏡装置2を構成する内視鏡4の鉗子挿通口13から鉗子挿通用チャンネル14を経てその先端開口からプローブ先端側を突出させて用いるようになっている。そして、光イメージングシステム1は、内視鏡4の観察下で、患部等の被検体の目的部位に対して光プローブ8により、低コヒーレンス光を照射してその目的部位の断層画像データを得、モニタ15の表示面にOCT像15bを表示できるようになっている。

【0017】

光イメージング装置3は、図2に示すように光プローブ9のプローブ側光コネクタ部20bが装置本体10の本体側光コネクタ部20aに着脱自在に接続可能であり、光プローブ9が装置本体10に対して交換可能な構成となっている。

20

【0018】

装置本体10は、超高輝度発光ダイオード(スーパーluminescentダイオード以下、SLDと略記)等の低コヒーレンス光源21を有する。この低コヒーレンス光源で発生する低コヒーレンス光は、その波長が例えば1310nmで、その可干渉距離が例えば17 μ m程度であるような短い距離範囲のみで干渉性を示す低干渉性の特徴を備えている。つまり、この低コヒーレンス光は、例えば2つに分離された後、再び混合された場合、分離した点から混合した点までの2つの光路長の差が17 μ m程度の短い距離範囲内にあるとき、干渉した光として検出され、それより光路長が大きいとき干渉しない特性を示す。

30

【0019】

この低コヒーレンス光は、低コヒーレンス光源21からシングルモードファイバ(以下、単に光ファイバ)22の一端に入射され、他方の端面(先端側端面)側に伝達されるようになっている。

この光ファイバ22は、途中の第2の光分離手段としての光カップラ23で光ファイバ24と光学的に結合されている。従って、この光カップラ23で低コヒーレンス光は、被検体からの戻り光が光ファイバ24へ分岐されて後述の光検出部側へ伝達されるようになっている。尚、装置本体10は、光カップラ23を用いずに、被検体からの戻り光が光ファイバ24へ分岐されるように構成しても良い。

【0020】

光ファイバ22の(光カップラ23より)先端側に伝達された低コヒーレンス光は、本体側光コネクタ部20aにプローブ側光コネクタ部20bが接続されていると、これら光コネクタ部20を介して光プローブ9へ伝達されるようになっている。

40

【0021】

光プローブ9へ伝達された低コヒーレンス光は、プローブ側光コネクタ部20bから延設する光ファイバ25の他方の端面(先端側端面)25a側に伝達される。この光ファイバ25の先端側端面25aに伝達された低コヒーレンス光は、その大部分が観察光として光プローブ9の先端側に配設された対物レンズ26に伝達され、この対物レンズ26によりその焦点で被検体8の目的部位に集光される。そして、その焦点からの被検体8の目的部位の反射光及び散乱光の一部は、戻り観察光として上記光路を通り、再び装置本体10の

50

光カップラ 23 側に戻るようになっている。

【0022】

一方、光ファイバ 25 の先端側端面 25 a に伝達された低コヒーレンス光の一部は、後述する第 1 の光分離手段としての先端側端面 25 a で反射分離されて戻り参照光として、再び装置本体 10 の光カップラ 23 側に戻るようになっている。そして、光カップラ 23 側に戻った戻り観察光と戻り参照光とは、この光カップラ 23 で光ファイバ 24 へ分岐されて、この光ファイバ 24 の先端側端面へ伝達される。

【0023】

この光ファイバ 24 の先端側端面に伝達された戻り観察光と戻り参照光とは、これらの光路長差が一致するように光路長差生成部 31 で光路長を調整される。このとき、光路長差生成部 31 は、光検出部 32 からの信号に同期して制御部 33 で制御される駆動部 34 により、光路長の調整が行われるようになっている。

10

【0024】

そして、これら光路長が等しい参照光と観察光とは、光路長差生成部 31 の光路内で干渉される。この干渉光は、フォトダイオード等の光検出部 32 で受光されるようになっている。光検出部 32 は、干渉光を干渉電気信号に光電変換し、この光電変換された干渉電気信号は、アンプ等で増幅されて信号処理部 35 に入力される。信号処理部 35 は、入力された干渉電気信号を観察光の信号部分のみを抽出する復調処理を行い、A/D 変換して、デジタル信号を制御部 33 へ出力する。

【0025】

制御部 33 は、入力されたデジタル信号から断層像に対応した画像データを生成する。そして、生成された画像データは、ビデオプロセッサ 6 を介してモニタ 15 に出力され、この表示画面に被検体 8 の OCT 像 15 b が表示されるようになっている。

20

【0026】

次に、図 3 及び図 4 を用いて光イメージング装置 3 の詳細構成を説明する。まず、光プローブ 9 の先端側の構成を説明する。

図 3 及び図 4 に示すように対物レンズ 26 及び光ファイバ 25 の先端側端面 25 a は、光走査ユニット 36 に一体的に設けられている。この光走査ユニット 36 は、光走査手段として PZT 素子等のアクチュエータ 37 が設けられており、被検体 8 の目的部位に対して二次元走査 (XY 走査) が行われると共に、光軸方向 (Z 軸方向) に進退動され、被検体 8 の目的部位に対して深部方向に垂直走査が行われるようになっている。このアクチュエータ 37 は、駆動部 34 により駆動されるようになっている。

30

【0027】

一方、第 1 の光分離手段として光ファイバ 25 の先端側端面 25 a は、伝達された低コヒーレンス光の一部を戻り参照光として反射分離するようになっている。

このことにより、光ファイバ 25 の先端側端面 25 a に入射される戻り観察光と、光ファイバ 25 の先端側端面 25 a で反射分離される戻り参照光とは、 $2 \times L$ の光路長差となる。この戻り観察光と戻り参照光との光路長差が一致するように光路長差生成部 31 は、光路長を調整するようになっている。

【0028】

次に、光路長差生成部 31 について説明する。

上述したように光ファイバ 24 の先端側端面に伝達された戻り観察光と戻り参照光とは、光路長差生成部 31 の平行レンズ 41 で平行光にされ、第 3 の光分離手段であるハーフミラー 42 で観察光と参照光とに分離される。

40

【0029】

ハーフミラー 42 で分離された戻り観察光は、観察光側反射ミラー 43 に入射される。観察光側反射ミラー 43 は、この下部側に光変調手段として圧電素子 44 が接着されている。この圧電素子 44 は、駆動部 34 から駆動信号が印加されることで、観察光側反射ミラー 43 を光軸方向に振動させるようになっている。この観察光側反射ミラー 43 に入射される観察光は、光変調されて反射され、再びハーフミラー 42 側に戻るようになっている

50

。

【0030】

一方、ハーフミラー42で分離された戻り参照光は、光分散調整手段として光分散調整部45で分散調整され、光軸方向に進退動可能な参照光側反射ミラー46で反射されて、再びハーフミラー42側に戻るようになっている。この参照光側反射ミラー46は、光軸方向に進退動可能な参照光側ステージ47に設けられ、参照光の光路長を調整されるようになっている。

【0031】

この参照光側ステージ47は、駆動部34により駆動され、全観察光路の光路長と、全参照光路の光路長とが一致するように光軸方向に進退動されるようになっている。更に、具体的には、ハーフミラー42～参照光側反射ミラー46との光路長は、 $L_r/2$ となる。また、ハーフミラー42～観察光側反射ミラー43との光路長は、 $L_s/2$ となる。

10

【0032】

制御部33は、上述した光プローブ9内での光ファイバ25の光路長差 $2 \times L$ を解消するために、参照光の光路長と観察光の光路長とが $L_r = L_s + 2L$ となるよう駆動部34を駆動し、参照光側ステージ47は、光軸方向に進退動される。そして、これら光路長が殆ど等しい参照光と観察光とは、ハーフミラー42側からの光路で干渉するようになっている。つまり、ハーフミラー42は、第3の光分離手段であると共に、干渉手段を兼ねている。そして、この干渉光は、検出側集光レンズ48で集光されて光検出部32で受光される。

20

【0033】

このことにより、本実施の形態では、低コヒーレンス光源21～光プローブ9の光ファイバ25の先端側端面25aまで観察光と参照光との光路が同一であるため、これら観察光と参照光との偏光状態がほぼ一致した状態で干渉し、干渉光の強度が偏光状態の変化によって変わることがなくなる。また、本実施の形態では、光プローブ9を交換して使用した場合にも、光路長調整が容易である。

【0034】

このように構成される光イメージングシステム1は、上述したように光プローブ8が体腔内に挿入される内視鏡4の鉗子挿通口13から鉗子挿通用チャンネル14を経てその先端開口からプローブ先端側を突出させて用いられる。尚、光イメージングシステム1は、光イメージング装置3の光プローブ9を単独で体腔内等に挿入されて用いても良い。また、光イメージング装置3は、上記内視鏡等に一体化させて構成しても良い。更に光イメージング装置1は、他の観察手段や処置手段と併用して用いても良い。

30

そして、光イメージング装置3は、被検体8の生体組織に対し、光プローブ9から低コヒーレンス光を集光し、その生体組織の内部の断層画像データを得て、モニタ15の表示面にOCT像15bを表示する。

【0035】

ここで、光イメージング装置3は、被検体8や観察目的部位が異なるために、極端に長さの異なる光プローブ9を交換して使用する場合がある。

上述したように光イメージング装置3は、低コヒーレンス光源21～光プローブ9の光ファイバ25の先端側端面25aまで観察光と参照光との光路が同一であるため、光プローブ9を交換して使用した場合にも、観察光と参照光との偏光状態がほぼ一致した状態で干渉し、干渉光の強度が偏光状態の変化によって変わることがなくなると共に、光路長調整が容易である。

40

【0036】

この結果、本実施の形態の光イメージング装置3は、光プローブ9を交換して使用した場合にも、低コヒーレンス光の偏光状態に影響されることなく、光路長調整が容易で確実にOCT断層像を得ることが可能である。

【0037】

尚、図5に示すように光プローブ9内部の光ファイバ25は、第1の光分離手段である先

50

端側端面 25 a に反射被覆膜 50 を設けて構成しても良い。これにより、光ファイバ 25 の先端側端面 25 a から反射される戻り参照光は、より一層増加することができる。

【0038】

また、図 6 に示すように光走査ユニット 36 B は、光走査手段としてアクチュエータ 37 の代わりに X Y 反射ミラースキャン 51 を用いて水平走査を行うように構成しても良い。この X Y 反射ミラースキャン 51 は、集光レンズ 26 の先端側に設けられている。

【0039】

そして、集光レンズ 26 からの観察光は、X Y 反射ミラースキャン 51 に入射し、この X Y 反射ミラースキャン 51 で被検体に対し、該当水平方向に走査される。ここで、観察光は、被検体に対し、Y 走査ミラー 51 a で Y 方向に走査され、次に、X 走査ミラー 51 b で X 方向に走査される。尚、これら X 走査ミラー 51 b, Y 走査ミラー 51 a は、アクチュエータ 37 と同様に駆動部 34 により駆動されるようになっている。

10

【0040】

そして、これら X Y 反射ミラースキャン 51 (51 a, 51 b) で走査された観察光は、観察窓 52 を介して被検体 8 の目的部位に照射されるようになっている。この場合、観察光と参照光との光路長差 $2 \times L$ は、光ファイバ 25 の先端側端面 25 a ~ 被検体 8 の目的部位までの光路の 2 倍となる。尚、X Y 反射ミラースキャン 51 (51 a, 51 b) は、光軸方向 (Z 軸方向) に進退動させることで、被検体 8 の目的部位に対して深部方向に垂直走査を行うように構成しても良い。

【0041】

また、図 7 及び図 8 に示すように光路長差生成部 31 は、光検出部 32 に入射する参照光が観察光に比べて強すぎる場合、ハーフミラー 42 と参照光側反射ミラー 46 との間に透過光量を減少させる光減衰手段として可変減光フィルタ 53 a ~ 53 f を設けたフィルタ回転台 53 を設けて構成しても良い。尚、このフィルタ回転台 53 は、駆動部 34 により駆動されるようになっている。

20

これにより、光路長差生成部 31 は、参照光が観察光に比べて適切な強度となり、最適な OCT 断層像を得ることが可能である。

【0042】

また、光路長差生成部 31 は、図 9 に示すように光分散調整部 45 の代わりに、グレーティング 54 a, 54 b 及びレンズ 55 a, 55 b を用いて構成しても良い。この場合、レンズ 55 a は、光軸方向に進退動可能なステージ 56 に設けられ、最適な分散調整が行われるように駆動部 34 により駆動されるようになっている。これにより、戻り参照光は、最適に分散調整されてハーフミラー 42 の光路から観察光と干渉することが可能となる。

30

【0043】

また、図 10 に示すように第 1 の光分離手段として光ファイバ 25 の先端側端面 25 a で参照光を分離するのではなく、光ファイバ 25 の先端側端面 25 a から集光レンズ 26 までの間の光路で参照光を反射分離するように構成しても良い。

光プローブ 9 の先端側に設けた光走査ユニット 36 C は、光ファイバ 25 の先端側端面 25 a から集光レンズ 26 までの間に平行レンズ 57 及びハーフミラー 58 を設けている。

【0044】

光ファイバ 25 の先端側端面 25 a に伝達された低コヒーレンス光は、平行レンズ 57 で平行光にされる。そして、この平行光にされた低コヒーレンス光の大部分は、観察光としてハーフミラー 58 を通過して対物レンズ 26 の焦点で被検体 8 の目的部位に集光される。

40

【0045】

そして、その焦点からの被検体 8 の目的部位の反射光及び散乱光の一部は、戻り観察光として上記光路を通り、再び装置本体 10 の光カップラ 23 側に戻るようになっている。一方、平行光にされた低コヒーレンス光の一部は、ハーフミラー 58 で反射分離され、戻り参照光として再び光ファイバ 25 の先端側端面 25 a に入射し、装置本体 10 の光カップラ 23 側に戻るようになっている。

50

【0046】

このことにより、参照光と観察光との光路長差 $2 \times L$ は、ハーフミラー 58 ~ 被検体 8 の目的部位間の 2 倍となり、上記図 4 で説明した光路長差よりも短くすることができる。従って、光路長差生成部 31 での光路長調整を短くでき、より一層、光路長調整が容易となる。

【0047】

また、図 11 に示すように光プローブ 9B は、フレキシブルシャフト 110 内に光ファイバ 25 を挿通して回動走査するように構成しても良い。

フレキシブルシャフト 110 は、この基端側が図示しない光ロータリジョイントで装置本体 10 と着脱自在に接続されている。この光ロータリジョイントは、非回転部と回転部と

10

【0048】

また、フレキシブルシャフト 110 は、光ファイバ 25 の先端側に勾配屈折率レンズ (GRIN lens ; Gradient Index lens) 111 及びプリズム 112 が回動自在に接続される。即ち、光プローブ 9B は、光ロータリジョイントにより、フレキシブルシャフト 110 と勾配屈折率レンズ 111 及びプリズム 112 が被検体 8 の目的部位に対して R 方向に走査されるようになっている。

【0049】

光ファイバ 25 の先端側端面 25a に伝達された低コヒーレンス光は、勾配屈折率レンズ 111 及びプリズム 112 を通過して観察窓 52 に入射される。

20

【0050】

そして、図 12 に示すように低コヒーレンス光の大部分は、観察光として観察窓 52 を通過して被検体 8 の目的部位に集光される。

【0051】

そして、その焦点からの被検体 8 の目的部位の反射光及び散乱光の一部は、戻り観察光として上記光路を通り、再び装置本体 10 の光カップラ 23 側に戻るようになっている。一方、低コヒーレンス光の一部は、観察窓 52 で反射分離されて戻り参照光となる。そして、上記光路を通り、再び装置本体 10 の光カップラ 23 側に戻るようになっている。

【0052】

このとき、観察光と参照光との光路長差 $2 \times L$ は、観察窓 52 ~ 被検体 8 の目的部位までの 2 倍となる。このため、戻り参照光は、上述したように観察光との光路長差 $2 \times L$ が一致するように装置本体 10 内の光路長生成部 31 で光路長調整されるようになっている。従って、光プローブ 9B は、観察光と参照光との光路長差が一致するように調整できる。

30

【0053】

(第 2 の実施の形態)

図 13 及び図 14 は本発明の第 2 の実施の形態に係り、図 13 は本発明の第 2 の実施の形態の光イメージング装置を示す構成図、図 14 は図 13 の光プローブの先端側構成図である。

本第 2 の実施の形態は、上記第 1 の実施の形態より参照光と観察光との偏光状態をより一致させないように構成する。それ以外の構成は、上記第 1 の実施の形態とほぼ同様なので説明を省略し、同じ構成には同じ符号を付して説明する。

40

【0054】

即ち、図 13 に示すように本第 2 の実施の形態の光イメージング装置 3B は、直線偏光の低コヒーレンス光を発生する直線偏光型低コヒーレンス光源 (以下、低コヒーレンス光源) 21B を有して構成される。

このコヒーレンス光源 21B で発生した直線偏光の低コヒーレンス光は、光ファイバ 22 の一端に入射され、上記第 1 の実施の形態と同様に光コネクタ部 20 を介して光プローブ 9 内の光ファイバ 25 の先端側端面 25a まで伝達される。尚、本実施の形態で用いられる光カップラ 23 は、偏波面保存ファイバカップラである。

50

【 0 0 5 5 】

そして、図 1 4 に示すように光ファイバ 2 5 の先端側端面 2 5 a まで伝達された直線偏光の低コヒーレンス光は、先端側端面 2 5 a から出射され、集光レンズ 2 6 により被検体 8 の目的部位に集光され、この被検体 8 の目的部位の反射光及び散乱光の一部は、戻り観察光として上記光路を通り、再び装置本体 1 0 の光カップラ 2 3 側に戻るようになっている。

【 0 0 5 6 】

ここで、光ファイバ 2 5 の先端側端面 2 5 a から出射される観察光は、この偏光面を、光走査ユニット 3 6 D に設けたファラデーロータータ等の偏光面回転素子 6 9 により $\pi/4$ 偏光されると共に、被検体 8 からの戻り観察光を $\pi/4$ 偏光されて、合わせて $\pi/2$ 偏光されるようになっている。

10

一方、光ファイバ 2 5 の先端側端面 2 5 a に伝達された低コヒーレンス光の一部は、上記第 1 の実施の形態と同様に先端側端面 2 5 a で反射分離され、再び装置本体 1 0 の光カップラ 2 3 側に戻るようになっている。そして、光カップラ 2 3 側に戻った戻り観察光と戻り参照光とは、この光カップラ 2 3 で光ファイバ 2 4 へ分岐されて、光路長差生成部 6 0 へ伝達され、戻り観察光と戻り参照光との光路長差が一致するように光路長を調整されるようになっている。

【 0 0 5 7 】

伝達された戻り観察光と戻り参照光とは、光路長差生成部 6 0 の平行レンズ 4 1 で平行光にされ、第 3 の光分離手段である偏光ビームスプリッタ 6 1 で観察光と参照光とに分離される。

20

【 0 0 5 8 】

分離された戻り参照光は、反射ミラー 6 2 で反射され、ハーフミラー 6 4 へ入射される。このとき、戻り参照光は、偏光ビームスプリッタ 6 1 と反射ミラー 6 2 との間に設けられた光路長差調整レンズ 6 3 により、観察光との光路長差が一致するように調整されるようになっている。

【 0 0 5 9 】

このとき、戻り観察光は、偏光ビームスプリッタ 6 1 と反射ミラー 6 5 との間に設けられた電気光学変調器 (E O M ; Electro-Optic Modulator) 6 6 で光変調されると共に、反射ミラー 6 5 とハーフミラー 6 4 との間に設けられた偏光面回転素子 6 7 で偏光面を $\pi/2$ 偏光されるようになっている。このことにより、戻り観察光は、光プローブ 9 の先端側で偏光面回転素子 6 7 で $\pi/2$ 偏光された後、光路長差生成部 6 0 で $\pi/2$ 偏光されて、合わせて π 偏光される。

30

【 0 0 6 0 】

そして、これら戻り参照光と戻り観察光とは、ハーフミラー 6 4 で干渉する。この干渉光の一方は、検出側集光レンズ 4 8 a で集光され、光検出部 3 2 A で受光される。また、この干渉光の他方は、検出側集光レンズ 4 8 b で集光され、光検出部 3 2 B で受光される。

【 0 0 6 1 】

そして、光検出部 3 2 A , 光検出部 3 2 B は、それぞれ受光した光を電気信号に光電変換し、これら光電変換された電気信号は、減算器 6 8 で減算されて差分をとり、アンプ等で増幅されて信号処理部 3 5 に入力される。信号処理部 3 5 は、復調処理を行い、A / D 変換してデジタル信号を制御部 3 3 へ出力する。

40

【 0 0 6 2 】

制御部 3 3 は、入力されたデジタル信号から断層像に対応した画像データを生成する。そして、生成された画像データは、ビデオプロセッサ 6 を介してモニタ 1 5 へ出力され、この表示画面に被検体 8 の OCT 像 1 5 b が表示される。

この結果、本第 2 の実施の形態の光イメージング装置 3 B は、上記第 1 の実施の形態よりも、偏光状態が完全に一致し光路長調整が容易で確実に OCT 断層像を得ることが可能である。

【 0 0 6 3 】

50

(第3の実施の形態)

図15ないし図23は本発明の第3の実施の形態に係り、図15は本発明の第3の実施の形態の光イメージング装置を示す概略構成図、図16ないし図23は図15の光路長差生成部の具体的な構成例を示し、図16は第1の光路長差生成部の構成図、図17は第2の光路長差生成部の構成図、図18は第3の光路長差生成部の構成図、図19は第4の光路長差生成部の構成図、図20は第5の光路長差生成部の構成図、図21は第6の光路長差生成部の構成図、図22は第7の光路長差生成部の構成図、図23は第8の光路長差生成部の構成図である。

【0064】

上記第1,第2の実施の形態は、第2の光分離手段である光カップラ23と光検出部31との間に光路長差生成部を設けて構成しているが、本第3の実施の形態は、光路長差生成部を低コヒーレンス光源21と第2の光分離手段である光カップラ23との間に設けて構成する。それ以外の構成は、上記第1の実施の形態とほぼ同様なので説明を省略し、同じ構成には同じ符号を付して説明する。

【0065】

即ち、図15に示すように本第3の実施の形態の光イメージング装置3Cは、光路長差生成部71を低コヒーレンス光源21と第2の光分離手段である光カップラ23との間に設けて構成される。

低コヒーレンス光源21からの低コヒーレンス光は、光ファイバ72で伝達され、光路長差生成部71内の第3の光分離手段としての光カップラ73で観察光と参照光とに分離される。そして、観察光と参照光とは、これら光路長差を調整されて光ファイバ22を介して光プローブ9へ伝達されるようになっている。尚、光路長差生成部71は、上記第1の実施の形態で説明したのと同様に光カップラ23と光検出部31との間に設けて構成しても構わない。

【0066】

以下、図16～図23を用いて本第3の実施の形態の光イメージング装置3Cに用いられる光路長差生成部71(71A～71H)を説明する。

図16に示すように光路長差生成部71Aは、光ファイバ72で伝達される低コヒーレンス光が光カップラ73で観察光と参照光とに分離される。

【0067】

分離された観察光は、光ファイバの一方の先端側端面72Bから観察光側レンズ74bで平行光にされ、観察光側反射ミラー43で反射されて、再び光カップラ73側に戻るようになっている。

一方、分離された参照光は、光ファイバ72の一方の先端側端面72Aから参照光側レンズ74aで平行光にされ、参照光側反射ミラー46で反射されて、再び光カップラ73側に戻るようになっている。

【0068】

この参照光側反射ミラー46は、光軸方向に振動可能な圧電素子75が接着されている。この圧電素子75は、駆動部34から駆動信号が印加されることで、参照光側反射ミラー46を光軸方向に振動させて、観察光との光路長差が一致するように調整するようになっている。また、参照光側反射ミラー46は、圧電素子75により振動することで、反射する参照光を光変調するようになっている。

【0069】

そして、光カップラ73側に戻った戻り観察光と戻り参照光とは、この光カップラ73で光ファイバ22へ分岐されて、この光ファイバ22を介して光プローブ9へ伝達されるようになっている。

これにより、光路長差生成部71Aは、参照光と観察光との光路長差が一致するように光路長差を調整している。

【0070】

また、図17に示すように光路長差生成部71Bは、上記光路長差生成部71Aと同様に

10

20

30

40

50

光カップラ 73 で低コヒーレンス光が観察光と参照光とに分離され、それぞれ観察光側レンズ 74 b, 参照光側レンズ 74 a で平行光にされる。

【0071】

参照光側レンズ 74 a で平行光にされた参照光は、電気光学変調器 (EOM) 76 で光変調された後、光軸方向に進退動可能な参照光側反射ミラー 46 で反射されて、再び第 3 の光分岐部 73 側に戻るようになっていいる。この参照光側反射ミラー 46 は、上記第 1 の実施の形態で説明した参照光側ステージ 47 に設けられ、参照光の光路長を調整されるようになっていいる。一方、観察光は、上記光路長差生成部 71 A と同様である。これにより、光路長差生成部 71 B は、参照光と観察光との光路長差が一致するように光路長差を調整できる。

10

【0072】

また、図 18 に示すように光路長差生成部 71 C は、上記光路長差生成部 71 A と同様に光カップラ 73 で分離された参照光及び観察光がそれぞれ参照光側レンズ 74 a, 観察光側レンズ 74 b で平行光にされた後、音響光学変調器 (AOM; Acousto-Optic Modulator) 77 a, 77 b で光変調される。これら音響光学変調器 (AOM) 77 a, 77 b は、参照光と観察光との光路長差が一致するように調整する。

【0073】

そして、光路長差を調整された参照光と観察光とは、それぞれ参照光側レンズ 78 a, 観察光側レンズ 78 b で光ファイバ 22 の入射端面 22 A, 22 B に集光されて入射し、光カップラ部 79 で光結合されて光プローブ 9 へ伝達されるようになっていいる。これにより、光路長差生成部 71 C は、参照光と観察光との光路長差が一致するように光路長差を調整できる。

20

【0074】

また、図 19 に示すように光路長差生成部 71 D は、光ファイバ 72 で伝達される低コヒーレンス光が先端側端面 72 a から集光レンズ 81 で集光され、第 3 の光分離手段としての音響光学変調器 (AOM) 82 で参照光と観察光とが分離される。分離された参照光及び観察光は、それぞれ透過型グレーティング 83 で分散調整され、集光レンズ 84 で光ファイバ 22 の入射端面 22 a に集光入射され、光プローブ 9 へ伝達されるようになっていいる。これにより、光路長差生成部 71 D は、参照光と観察光との光路長差が一致するように光路長差を調整できる。

30

【0075】

また、図 20 に示すように光路長差生成部 71 E は、上記光路長差生成部 71 A と同様に低コヒーレンス光が光カップラ 73 で観察光と参照光と分離されて光ファイバ 72 の先端側端面 72 a まで伝達されるようになっていいる。

【0076】

そして、観察光は、光ファイバ 72 の先端側端面 72 a で反射されて、光カップラ 73 側へ戻るようになっていいる。一方、参照光は、上記光路長差生成部 71 A と同様に光ファイバ 72 の先端側端面 72 a から平行レンズ 85 で平行光にされ、参照光側反射ミラー 46 で反射されて、再び光カップラ 73 側に戻るようになっていいる。尚、このとき、上述したように参照光側反射ミラー 46 は、圧電素子 75 により振動することで、反射する参照光を光変調するようになっていいる。これにより、光路長差生成部 71 E は、光ファイバ 72 の先端側端面 72 a から参照光側反射ミラー 46 までの光路長の往復分、光路長差が一致するように調整できる。

40

【0077】

また、図 21 に示すように光路長差生成部 71 F は、上記光路長差生成部 71 E の平行レンズ 85 と参照光側反射ミラー 46 との間に観察光を反射するハーフミラー 86 を設けていいる。このため、光カップラ 73 で分離された参照光は、平行レンズ 85 で平行光にされた後、ハーフミラー 86 で反射されて再び光カップラ 73 側に戻るようになっていいる。

【0078】

一方、光カップラ 73 で分離された参照光は、上記光路長差生成部 71 E と同様に光ファイ

50

イバ72の先端側端面72aから平行レンズ85で平行光にされ、ハーフミラー86を通過して参照光側反射ミラー46で反射されて、再び光カップラ73側に戻るようになっている。尚、このとき、上述したように参照光側反射ミラー46は、圧電素子75により振動することで、反射する参照光を光変調するようになっている。

これにより、光路長差生成部71Fは、ハーフミラー86から参照光側反射ミラー46までの光路長の往復分、光路長差が一致するように調整できる。

【0079】

尚、図20の光路長差生成部71E及び図21の光路長差生成部71Fは、分離された観察光及び参照光とが供給される場合、光カップラ73の代わりに光サーキュレータを用いて構成しても良い。

10

【0080】

また、図22に示すように光路長差生成部71Gは、平行レンズ87と集光レンズ91との間に第3の光分離手段としてハーフミラー88、ハーフミラー90を設けて構成される。ハーフミラー88は、PZT等の圧電素子89が側部に接着されて、光軸方向に振動可能になっている。この圧電素子89は、駆動部34から駆動信号が印加されることで、ハーフミラー88を光軸方向に振動させるようになっている。

【0081】

平行レンズ87で平行光にされた低コヒーレンス光は、その大部分がハーフミラー88、ハーフミラー90を通過して集光レンズ91で集光されて観察光として光ファイバ22の入射端面22aに入射されるようになっている。

20

一方、低コヒーレンス光の一部は、ハーフミラー90で反射分離されて再びハーフミラー88で反射されてハーフミラー90を通過し、集光レンズ91で集光されて参照光として、光ファイバ22の入射端面22aに入射されるようになっている。

【0082】

このとき、ハーフミラー88は、観察光と参照光との光路長差が一致するように制御部33の制御により駆動部34が圧電素子89を駆動して、光軸方向に振動するようになっている。これにより、光路長差生成部71Gは、参照光と観察光との光路長差が調整できる。

【0083】

また、図23に示すように光路長差生成部71Hは、上記光路長差生成部71Aと同様に低コヒーレンス光が光カップラ73で観察光と参照光と分離されるようになっている。

30

そして、分離された参照光は、光ファイバ72の一方の先端側端面72Aから参照光側レンズ74aで平行光にされ、参照光側レンズ78aで集光されて光ファイバ22の入射端面22Aに集光されるようになっている。一方、分離された観察光は、光ファイバ72の他方側から光カップラ79に光結合されている光ファイバ22へ伝達されるようになっている。この光ファイバ72の他方側は、PZT素子等の圧電素子81が設けられ、この圧電素子81により光変調されるようになっている。

【0084】

これら光カップラ73～光カップラ79までの光路は、観察光と参照光との光路長差が一致するような長さに形成されている。これにより、光路長差生成部71Hは、参照光と観察光との光路長差が一致するように光路長差を調整できる。

40

【0085】

(第4の実施の形態)

図24及び図25は本発明の第4の実施の形態に係り、図24は本発明の第4の実施の形態の光イメージング装置を示す概略構成図、図25は図24の光プローブの先端側構成図である。

本第4の実施の形態は、光路長差生成部を光プローブ9の先端側に設けて構成する。それ以外の構成は、上記第1の実施の形態とほぼ同様なので説明を省略し、同じ構成には同じ符号を付して説明する。

【0086】

50

即ち、図 2 4 に示すように本第 4 の実施の形態の光イメージング装置 3 D は、光路長差生成部 1 0 0 を光プローブ 9 の先端側に設けて構成される。

図 2 5 に示すように光プローブ 9 の先端側に設けた光走査ユニット 1 0 1 は、平行レンズ 5 7 から集光レンズ 2 6 までの間に、光路長差生成部 1 0 0 として光軸方向に進退動な進退動ハーフミラー 1 0 2 と、ハーフミラー 1 0 3 とを設けて構成される。進退動ハーフミラー 1 0 2 は、圧電素子 1 0 4 が接着されている。この圧電素子 1 0 4 は、駆動部 3 4 から駆動信号が印加されることで、ハーフミラー 1 0 2 を光軸方向に進退動させるようになっている。

【 0 0 8 7 】

本実施の形態では、分離した参照光を進退動ハーフミラー 1 0 2 とハーフミラー 1 0 3 との間で 2 回往復させることで、一致するように光路長差を調整するようになっている。

【 0 0 8 8 】

このように構成される光イメージング装置 3 D は、上記第 1 の実施の形態で説明したのと同様に低コヒーレンス光源 2 1 からの低コヒーレンス光が光プローブ 9 内の光ファイバ 2 5 へ伝達される。

光ファイバ 2 5 の先端側端面 2 5 a に伝達された低コヒーレンス光は、上記第 1 の実施の形態で説明した光走査ユニット 3 6 B と同様に平行レンズ 5 7 で平行光にされる。そして、この平行光にされた低コヒーレンス光の大部分は、進退動ハーフミラー 1 0 2 及びハーフミラー 1 0 3 を通過し、観察光として対物レンズ 2 6 の焦点で被検体 8 の目的部位に集光される。

【 0 0 8 9 】

そして、その焦点からの被検体 8 の目的部位の反射光及び散乱光の一部は、戻り観察光として上記光路を通り、再び装置本体 1 0 の光カップラ 2 3 側に戻るようになっている。一方、平行光にされた低コヒーレンス光の一部は、進退動ハーフミラー 1 0 2 を通過し、ハーフミラー 1 0 3 で反射分離されて戻り参照光となる。そして、進退動ハーフミラー 1 0 2 で反射されて更にハーフミラー 1 0 3 で反射されて再び光ファイバ 2 5 の先端側端面 2 5 a に入射し、装置本体 1 0 の光カップラ 2 3 側に戻るようになっている。

【 0 0 9 0 】

このとき、観察光と参照光との光路長差 $2 \times L$ は、ハーフミラー 1 0 3 ~ 被検体 8 の目的部位までの 2 倍となる。また、進退動ハーフミラー 1 0 2 ~ ハーフミラー 1 0 3 での戻り参照光の光路長は、 $2 \times L_r$ となる。そして、圧電素子 1 0 3 は、観察光と参照光との光路長差 $2 \times L$ を解消するために、 $2 \times L = 2 \times L_r$ となるよう制御部 3 3 の制御により駆動部 3 4 を駆動され、光軸方向に進退動される。

【 0 0 9 1 】

従って、光路長差生成部 1 0 0 は、観察光と参照光との光路長差が一致するように調整できる。この結果、本実施の形態の光イメージング装置 3 D は、上記第 1 の実施の形態と同様な効果を得る。

【 0 0 9 2 】

(第 5 の実施の形態)

図 2 6 及び図 2 7 は本発明の第 5 の実施の形態に係り、図 2 6 は本発明の第 5 の実施の形態の光イメージング装置を示す概略構成図、図 2 7 は図 2 6 の光路長差生成部の構成図である。

本第 5 の実施の形態は、低コヒーレンス光源が、第 2 の光分離手段を兼ねるように構成する。それ以外の構成は、上記第 1 の実施の形態とほぼ同様なので説明を省略し、同じ構成には同じ符号を付して説明する。

【 0 0 9 3 】

即ち、図 2 6 に示すように本第 5 の実施の形態の光イメージング装置 3 E は、第 2 の光分離手段を兼ねる低コヒーレンス光源 1 2 1 を設けて構成される。この低コヒーレンス光源 1 2 1 は、低コヒーレンス光の供給部を高屈折率の活性層で被覆しており、この部分に光ファイバ 2 2 を挿通させて構成されている。この低コヒーレンス光源 1 2 1 は、戻り光が

10

20

30

40

50

活性層と光結合すると他方の端面から出射される性質を有している。

【0094】

本実施の形態の光イメージング装置3Eは、上記第1の実施の形態で説明したのと同様な構成の光プローブ9を有し、光プローブ9内の光ファイバ25の先端側端面25aで低コヒーレンス光の一部が反射分離されて戻り参照光として、再び装置本体10の低コヒーレンス光源121側に戻るようになっている。

【0095】

また、本実施の形態の光イメージング装置3Eは、光路長差生成部122を設けて構成している。この光路長差生成部122は、図27に示すように2つのハーフミラー122a、122bで構成されている。

10

【0096】

このように構成される光イメージング装置3Eは、低コヒーレンス光源121で発生した低コヒーレンス光が光ファイバ22の一端に入射され、光コネクタ部20を介して光プローブ9内の光ファイバ25へ伝達される。そして、光プローブ9内の光ファイバ25の先端側端面25aで、低コヒーレンス光の一部が反射分離されて戻り参照光として、再び装置本体10の低コヒーレンス光源121側に戻る。

【0097】

低コヒーレンス光源121側に戻った戻り観察光と戻り参照光とは、この低コヒーレンス光源121で活性層に光結合されて、他方の端面から出射される。

低コヒーレンス光源121の他方の端面から出射された戻り観察光と戻り参照光とは、光路長差生成部122で光路長差が一致するように調整される。このとき、戻り観察光は、ハーフミラー122a、122bを通過して光検出部32へ伝達される。

20

【0098】

一方、戻り参照光は、ハーフミラー122aを通過し、ハーフミラー122bで反射されて再びハーフミラー122aへ向かい、再びハーフミラー122aで反射されてハーフミラー122bを通過して光検出部32へ伝達される。このとき、ハーフミラー122a～ハーフミラー122bでの戻り参照光の光路長は、 $2 \times L_r$ となる。この戻り参照光の光路長 $2 \times L_r$ は、観察光と参照光との光路長差 $2 \times L$ と一致している。

【0099】

そして、これら光路長が殆ど等しい参照光と観察光とは、ハーフミラー122b側からの光路で偏光状態がほぼ一致した状態で干渉し、光検出部32で受光される。

30

この結果、本第5の実施の形態の光イメージング装置3Eは、上記第1の実施の形態と同様な効果を得ることに加え、低コヒーレンス光源121が第2の光カップラを兼ねるので小型化できる。

【0100】

(第6の実施の形態)

図28ないし図30は本発明の第6の実施の形態に係り、図28は本発明の第6の実施の形態の光イメージング装置を示す概略構成図、図29は図28の光路長差生成部の構成図、図30は図29の光路長差生成部の光路先端側の拡大図である。

40

本第6の実施の形態は、光プローブ先端側内部に低コヒーレンス光源、第2の光分岐部、光路長差生成部及び光検出部までの光学系を設けて構成する。それ以外の構成は、上記第1の実施の形態とほぼ同様なので説明を省略し、同じ構成には同じ符号を付して説明する。

【0101】

即ち、図28に示すように本第6の実施の形態の光イメージング装置は、光プローブ9Dの先端側に低コヒーレンス光源、第2の光分岐部、光路長差生成部及び光検出部までの光学系を設けた光学ユニット150を設けて構成される。

本実施の形態では、光学ユニット150は、LN(LiNbO3結晶)導波路で光学路を一体的に形成されている。

50

【0102】

光学ユニット150は、光プローブ9Dを挿通するケーブル151が延出されている。このケーブル151は、図示しない電源線や信号線が配設されている。

光学ユニット150から先端側は、水平走査を行うXY反射ミラースキャン152が設けられており、光学ユニット150から出射される観察光を水平走査するようになっている。このXY反射ミラースキャン152で水平走査された観察光は、集光レンズ153により観察窓154を介して被検体8の目的部位に集光されるようになっている。そして、その焦点からの被検体の反射光及び散乱光の一部は、戻り観察光として上記光路を通り、再び光学ユニット150側に戻るようになっている。

【0103】

次に、図29及び図30を用いて光学ユニット150を説明する。

図29に示すように光学ユニット150は、低コヒーレンス光源21からの低コヒーレンス光が光路161に入射され、途中の第2の光カップラ162を介して光路164に伝達されるようになっている。

【0104】

光路161は、第2の光カップラ162で光路163と光学的に結合されている。従って、この光カップラ162で低コヒーレンス光は、被検体からの戻り光が光路163へ分岐されて光検出部32側へ伝達されるようになっている。また、光路161は、第2の光カップラ162で光路165と光学的に結合されている。この光路165の終端は、光路内に定在波が発生しないように抵抗板等の無反射終端166を設けている。

【0105】

図30に示すように光路164の先端側端面164aに伝達された低コヒーレンス光は、その大部分がこの先端側端面164aから観察光として出射されるようになっている。そして、光学ユニット150から出射された観察光は、上述したようにXY反射ミラースキャン152で水平走査された後、観察窓154を介して集光レンズ153により観察窓154を介して被検体8の目的部位に集光されるようになっている。

【0106】

そして、その焦点からの被検体の反射光及び散乱光の一部は、戻り観察光として上記光路を通り、再び光学ユニット150内の第2の光カップラ162側に戻るようになっている。

一方、光路164の先端側端面164aに伝達された低コヒーレンス光の一部は、第1の光分離手段としての先端側端面164aで反射分離され、再び光学ユニット150内の第2の光カップラ162側に戻るようになっている。

【0107】

そして、第2の光カップラ162側に戻った戻り観察光と戻り参照光とは、この第2の光カップラ162で光路163へ分岐されて、第3の光分離手段としての光カップラ167から光路長差生成部170に伝達されるようになっている。

【0108】

この光路長差生成部170は、光カップラ167に光路171, 173が光学的に結合されている。これら光路171, 173は、参照光と観察光との光路長差が一致するような長さに形成されている。従って、光路長差生成部170は、観察光と参照光との光路長差が一致するように調整されている。

【0109】

戻り参照光は、光路171の先端側端面に伝達され、この先端側端面の端部に設けた参照光側ミラー172で反射されて光カップラ167側に戻るようになっている。

一方、戻り観察光は、光路173の先端側端面に伝達され、この先端側端面の端部に設けた観察光側ミラー174で反射されて光カップラ167側に戻るようになっている。

【0110】

そして、これら光路長が等しい参照光と観察光とは、光カップラ167からの光路で干渉され、この光カップラ167に光学的に結合されている光路175を伝達し、光検出部3

10

20

30

40

50

2で受光される。

光検出部32は、干渉光を干渉電気信号に光電変換し、この光電変換された干渉電気信号はケーブル151内の信号線を介して信号処理部35に出力されるようになっている。

【0111】

この結果、本第6の実施の形態の光イメージング装置は、上記第1の実施の形態と同様な効果を得ることに加え、光プローブ9Dの先端側内部に光学路を一体的に形成した光学ユニット150を設けて構成しているため、より一層の小型化が実現できる。

【0112】

尚、本発明は、以上述べた実施の形態のみに限定されるものではなく、発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変形実施可能である。

10

【0113】

[付記]

(付記項1) 低コヒーレンス光源からの低コヒーレンス光を被検体に集光し、この被検体からの戻り光を取り込む挿入部及び、この挿入部を接続して取り込んだ戻り光から被検体の断層像を構築する装置本体を有する光イメージング装置において、前記低コヒーレンス光源で発生した低コヒーレンス光を伝達させて被検体へ照射する光伝達手段と、

前記低コヒーレンス光を観察光と参照光とに分離する光分離手段と、

を具備し、前記観察光と参照光との偏光状態を合わせるために、前記光伝達手段内部又は前記光伝達手段の終端又は前記光伝達手段と被検体との間に前記光分離手段を設けたことを特徴とする光イメージング装置。

20

【0114】

(付記項2) 前記光分離手段で分離された観察光と参照光とが、前記光伝達手段内部又は前記光伝達手段と被検体との間の少なくとも一部において、同一の光軸を有することを特徴とする付記項1に記載の光イメージング装置。

【0115】

(付記項3) 被検体からの前記観察光の散乱又は反射による戻り観察光と前記参照光とを干渉させる光干渉手段を有し、

前記光分離手段で分離された観察光と参照光とが、前記光伝達手段内部又は前記光伝達手段と被検体との間で且つ、前記干渉手段の手前の少なくとも一部において、同一の光軸を有することを特徴とする付記項1に記載の光イメージング装置。

30

【0116】

(付記項4) 前記観察光と前記参照光との光路長差を生成する光路長差生成手段を設けたことを特徴とする付記項1に記載の光イメージング装置。

(付記項5) 前記低コヒーレンス光を観察光と参照光とに分離する第2の光分離手段を前記低コヒーレンス光源と前記光伝達手段との間に設けたことを特徴とする付記項1に記載の光イメージング装置。

【0117】

(付記項6) 前記光伝達手段が光ファイバであることを特徴とする付記項1に記載の光イメージング装置。

40

(付記項7) 前記光分離手段がハーフミラーであることを特徴とする付記項1に記載の光イメージング装置。

【0118】

(付記項8) 前記光伝達手段が光導波路であることを特徴とする付記項1に記載の光イメージング装置。

(付記項9) 前記光伝達手段の終端面に反射膜を施していることを特徴とする付記項1に記載の光イメージング装置。

【0119】

(付記項10) 前記戻り観察光を検出する光検出手段と、前記低コヒーレンス光源とを、前記挿入部の外部に設けたことを特徴とする付記項1に記載の光イメージング装置。

50

(付記項 1 1) 前記戻り観察光を検出する光検出手段と、前記低コヒーレンス光源とを、前記挿入部の内部に設けたことを特徴とする付記項 1 に記載の光イメージング装置。

【0120】

(付記項 1 2) 前記挿入部が前記低コヒーレンス光源を含む部分と着脱自在に接続可能であることを特徴とする付記項 1 に記載の光イメージング装置。

(付記項 1 3) 少なくとも 1 つの光変調手段を有することを特徴とする付記項 1 に記載の光イメージング装置。

【0121】

(付記項 1 4) 被検体へ照射する光の位置を被検体部上で走査させる光走査手段を有することを特徴とする付記項 1 に記載の光イメージング装置。

10

(付記項 1 5) 前記光伝達手段と被検体との間に照射光を集光する集光手段を設けたことを特徴とする付記項 1 に記載の光イメージング装置。

【0122】

(付記項 1 6) 透過光量を減少させる光減衰手段を有することを特徴とする付記項 1 に記載の光イメージング装置。

(付記項 1 7) 少なくとも 1 つの偏光面回転素子を有することを特徴とする付記項 1 に記載の光イメージング装置。

(付記項 1 8) 光分散調整手段を有することを特徴とする付記項 1 に記載の光イメージング装置。

【0123】

20

(付記項 1 9) 前記挿入部が体腔内に挿入可能であることを特徴とする付記項 1 に記載の光イメージング装置。

(付記項 2 0) 前記挿入部が内視鏡であることを特徴とする付記項 1 に記載の光イメージング装置。

(付記項 2 1) 前記挿入部が、内視鏡のチャンネル内に挿入可能なプローブであることを特徴とする付記項 1 に記載の光イメージング装置。

【0124】

(付記項 2 2) 前記光伝達手段と前記被検体との間に前記光路長差生成手段を設けたことを特徴とする付記項 4 に記載の光イメージング装置。

(付記項 2 3) 前記戻り観察光を検出する光検出手段と、前記第 2 の光分離手段との間に前記観察光と前記参照光との光路長差を生成する光路長差生成手段を設けたことを特徴とする付記項 5 に記載の光イメージング装置。

30

【0125】

(付記項 2 4) 前記光分離手段が前記光ファイバの端面であることを特徴とする付記項 6 に記載の光イメージング装置。

(付記項 2 5) 前記光伝達手段と前記被検体との間に前記ハーフミラーを設けたことを特徴とする付記項 7 に記載の光イメージング装置。

【0126】

(付記項 2 6) 前記光減衰手段は、前記光減衰率が可変であることを特徴とする付記項 1 6 に記載の光イメージング装置。

40

(付記項 2 7) 前記光減衰手段は、参照光の強度を減衰させることを特徴とする付記項 1 6 に記載の光イメージング装置。

【0127】

(付記項 2 8) 前記光路長差生成手段と前記光分離手段とが少なくとも同一の共通部材を有することを特徴とする付記項 2 2 に記載の光イメージング装置。

(付記項 2 9) 前記低コヒーレンス光源と、前記第 2 の光分離手段と、前記光路長差生成手段とが同一の光軸上に配置されていることを特徴とする付記項 2 3 に記載の光イメージング装置。

【0128】

(付記項 3 0) 前記光路長差生成手段は、第 3 の光分離手段と、この第 3 の光分離手段

50

で分離される第1の光路長差生成光路と、この第1の光路長差生成光路より光路長が長い第2の光路長差生成光路とから構成したことを特徴とする付記項23に記載の光イメージング装置。

【0129】

(付記項31) 前記第2の光分離手段が前記低コヒーレンス光源であることを特徴とする付記項29に記載の光イメージング装置。

(付記項32) 前記第1の光路長差生成光路と前記第2の光路長差生成光路とが光ファイバであることを特徴とする付記項30に記載の光イメージング装置。

【0130】

(付記項33) 前記光検出手段が、前記干渉手段を通過する光のうち、前記第1の光路長差生成光路を通過した戻り観察光と、前記第2の光路長差生成光路を通過した参照光の戻り光とを検出することを特徴とする付記項30に記載の光イメージング装置。 10

【0131】

(付記項34) 前記第3の光分離手段が、偏光ビームスプリッタであることを特徴とする付記項30に記載の光イメージング装置。

(付記項35) 前記第1の光路長差生成光路と前記第2の光路長差生成光路との少なくとも一方に、光路長可変手段を設けたことを特徴とする付記項30に記載の光イメージング装置。

【0132】

(付記項36) 前記光ファイバが偏波面保存ファイバであることを特徴とする付記項32に記載の光イメージング装置。 20

(付記項37) 前記偏光ビームスプリッタは、観察光の全てが前記第1の光路長差生成光路に導かれ、参照光の全てが前記第2の光路長差生成光路に導かれるように設けられていることを特徴とする付記項34に記載の光イメージング装置。

【0133】

(付記項38) 前記第1の光路長差生成光路と前記第2の光路長差生成光路との少なくとも一方に、偏光面回転素子を設けたことを特徴とする付記項34に記載の光イメージング装置。

(付記項39) 前記光路長可変手段が光路長走査機構であることを特徴とする付記項35に記載の光イメージング装置。 30

【0134】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、偏光状態の変化に影響されることなく、光プローブを交換して使用した場合にも、光路長調整が容易な光イメージング装置を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態を備えた光イメージングシステムを示す構成図

【図2】本発明の第1の実施の形態の光イメージング装置を示す概略構成図

【図3】図2の光イメージング装置の詳細構成図

【図4】図3の光プローブの先端側構成図

【図5】図4の第1の変形例を示す光プローブの先端側構成図 40

【図6】図4の第2の変形例を示す光プローブの先端側構成図

【図7】光路長差生成部の変形例を示す構成図

【図8】図7のフィルタ回転台を示す説明図

【図9】分散調整部の変形例を示す構成図

【図10】第1の光分離手段の変形例を示す光プローブの先端側構成図

【図11】図4の第3の変形例を示す光プローブの先端側構成図

【図12】図11の概略拡大図

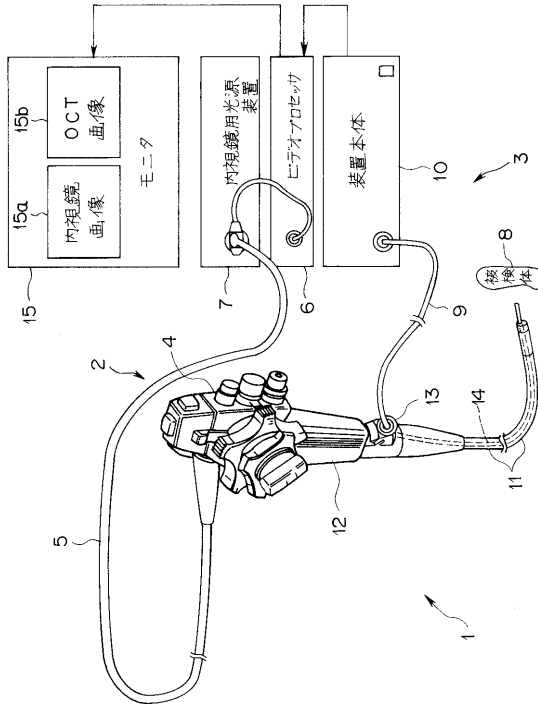
【図13】本発明の第2の実施の形態の光イメージング装置を示す構成図

【図14】図13の光プローブの先端側構成図

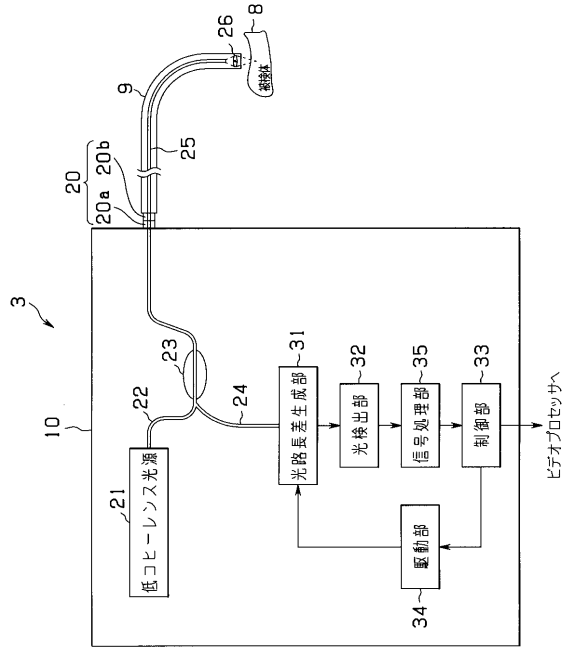
【図15】本発明の第3の実施の形態の光イメージング装置を示す概略構成図 50

【図16】第1の光路長差生成部の構成図	
【図17】第2の光路長差生成部の構成図	
【図18】第3の光路長差生成部の構成図	
【図19】第4の光路長差生成部の構成図	
【図20】第5の光路長差生成部の構成図	
【図21】第6の光路長差生成部の構成図	
【図22】第7の光路長差生成部の構成図	
【図23】第8の光路長差生成部の構成図	
【図24】本発明の第4の実施の形態の光イメージング装置を示す概略構成図	
【図25】図24の光プローブの先端側構成図	10
【図26】本発明の第5の実施の形態の光イメージング装置を示す概略構成図	
【図27】図26の光路長差生成部の構成図	
【図28】本発明の第6の実施の形態の光イメージング装置を示す概略構成図	
【図29】図28の光路長差生成部の構成図	
【図30】図29の光路長差生成部の光路先端側の拡大図	
【符号の説明】	
1 ... 光イメージングシステム	
2 ... 内視鏡装置	
3 ... 光イメージング装置	
9 ... 光プローブ	20
10 ... 装置本体	
21 ... 低コヒーレンス光源	
22, 24, 25 ... 光ファイバ	
25a ... 光ファイバの先端側端面(第1の光分離手段)	
23 ... 光カップラ(第2の光分離手段)	
26 ... 対物レンズ	
31 ... 光路長差生成部	
32 ... 光検出部	
33 ... 制御部	
34 ... 駆動部	30
35 ... 信号処理部	
36 ... 光走査ユニット	
41 ... 平行レンズ	
42 ... ハーフミラー(第3の光分離手段)	
43 ... 観察光側反射ミラー	
45 ... 分散調整部	
46 ... 参照光側反射ミラー	
48 ... 検出側集光レンズ	

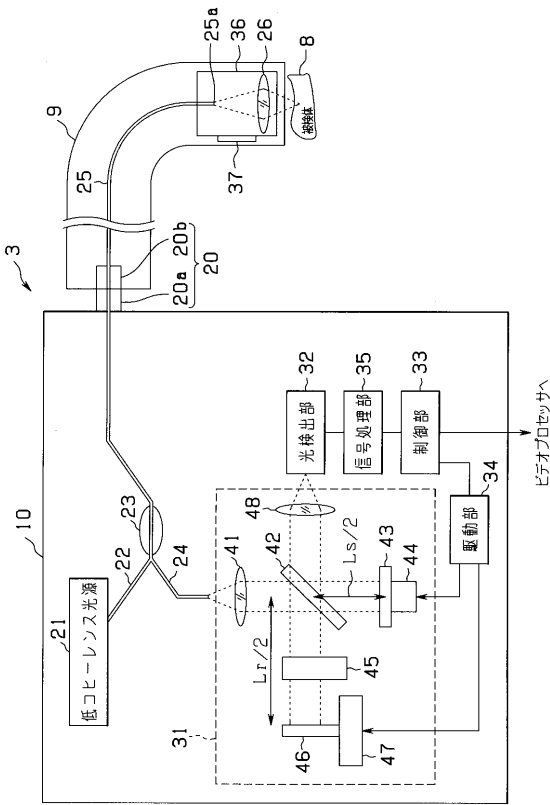
【図1】



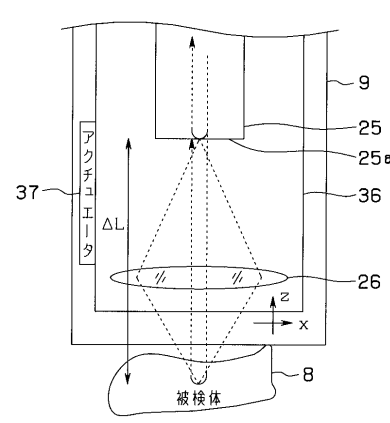
【図2】



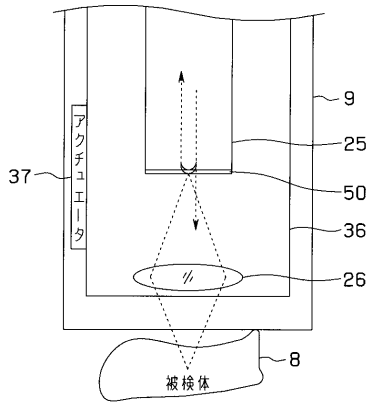
【図3】



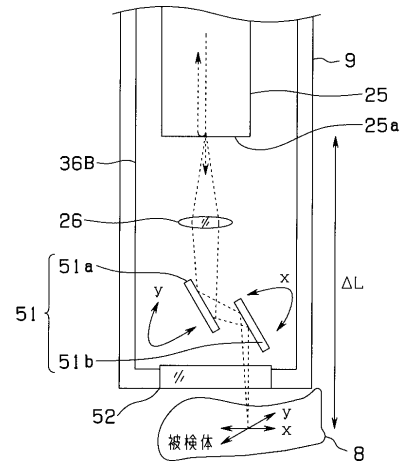
【図4】



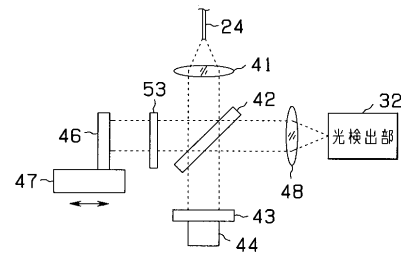
【図5】



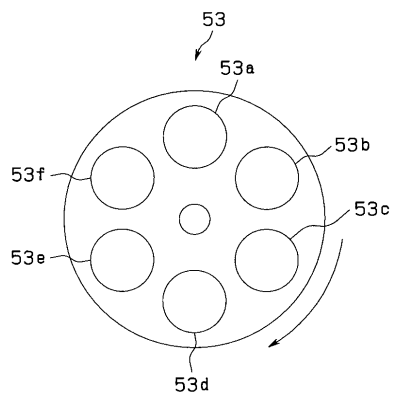
【図6】



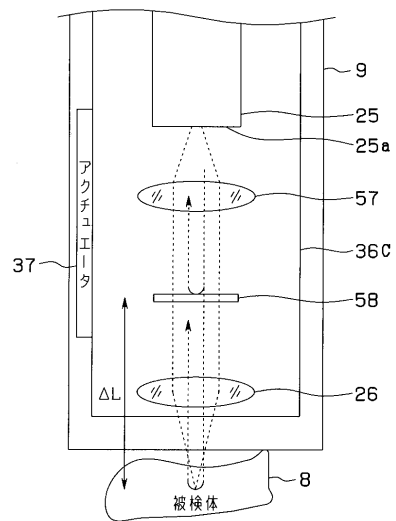
【図7】



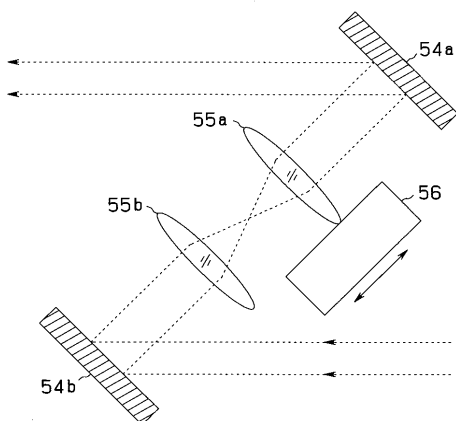
【図8】



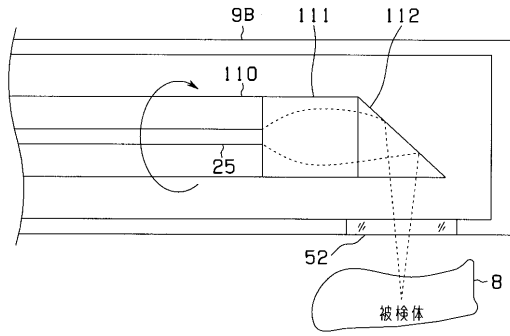
【図10】



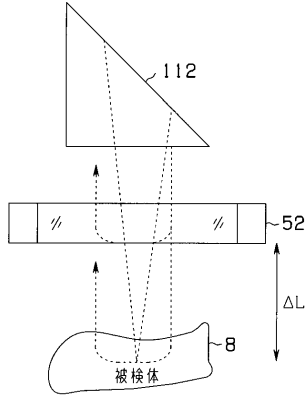
【図9】



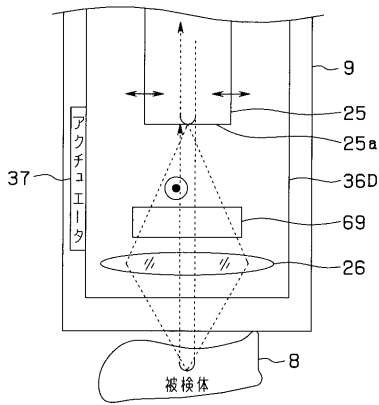
【図11】



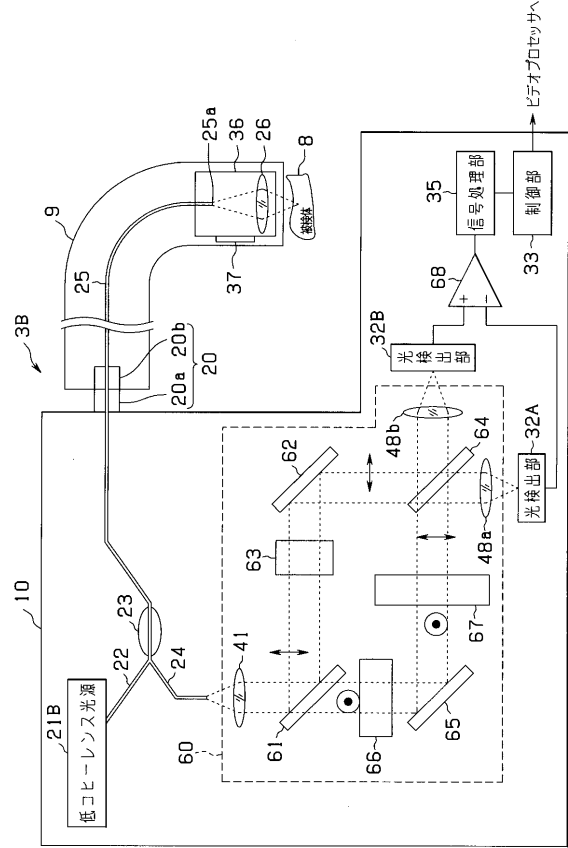
【図12】



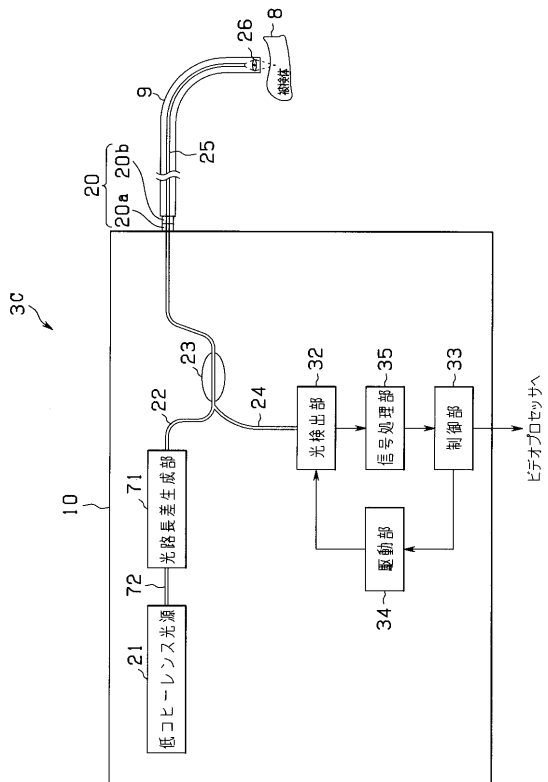
【図14】



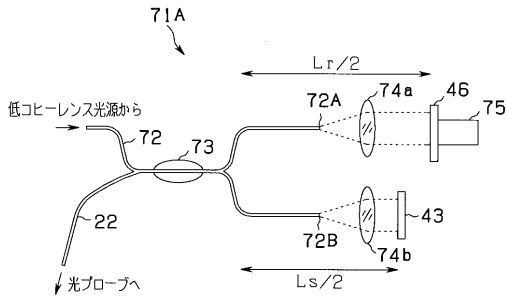
【図13】



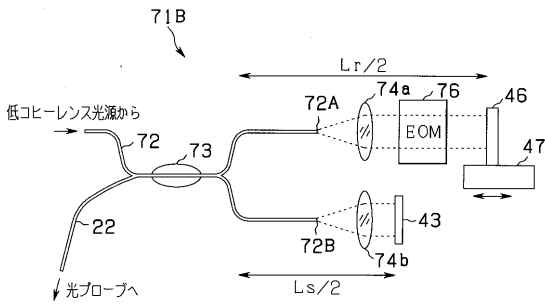
【図15】



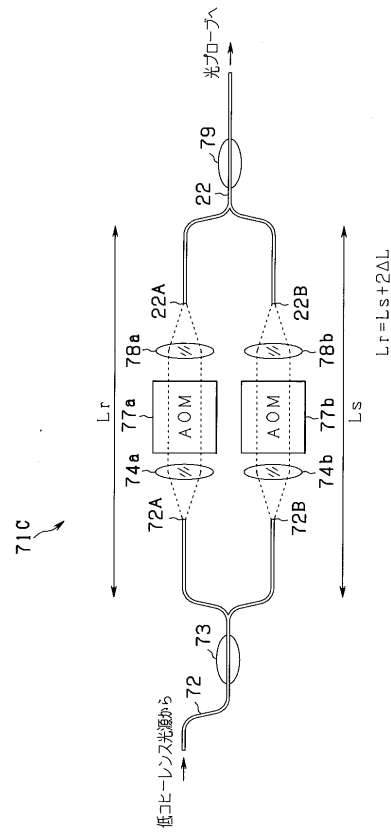
【図16】



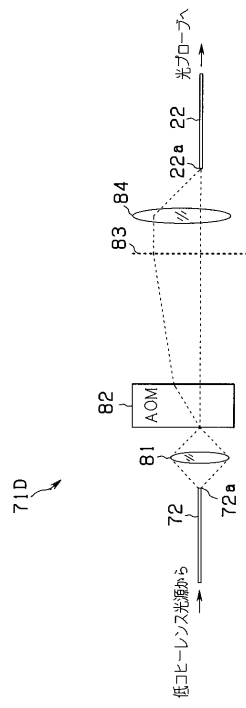
【図17】



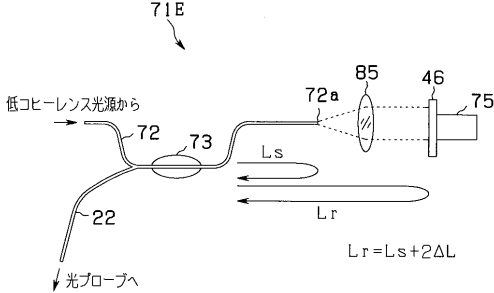
【図18】



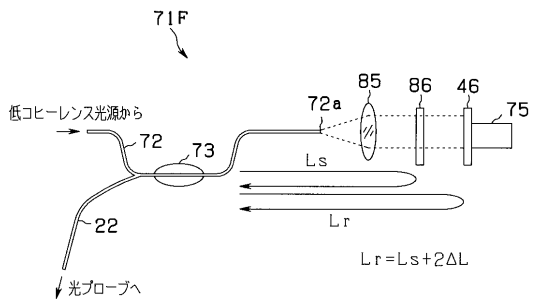
【図19】



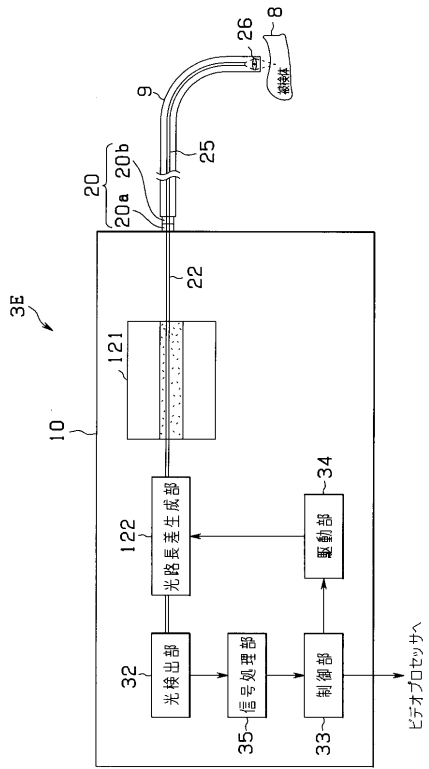
【図20】



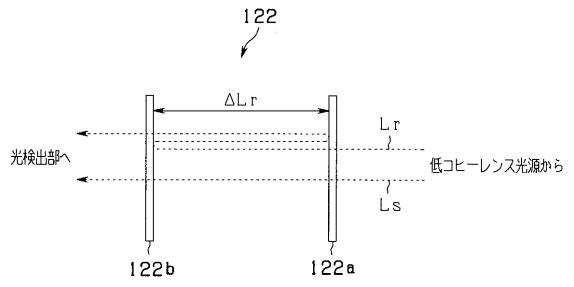
【図21】



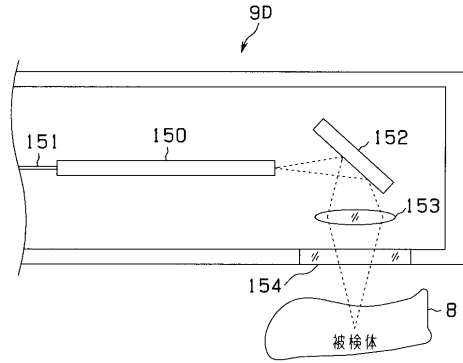
【図26】



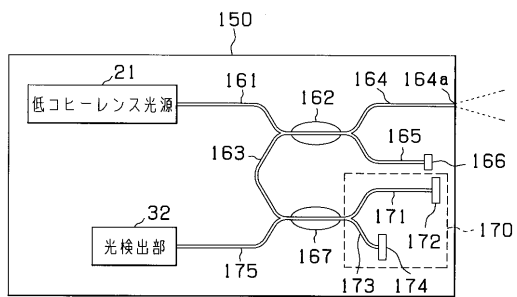
【図27】



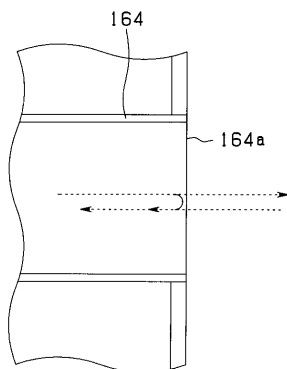
【図28】



【図29】



【図30】



フロントページの続き

審査官 田邊 英治

- (56)参考文献 特開2001-066245(JP,A)
特開平07-005100(JP,A)
特開平11-072431(JP,A)
特開平10-267610(JP,A)
特開2000-97846(JP,A)
特開平11-239567(JP,A)
国際公開第99/60331(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

G01N21/00-21/61

A61B10/00