

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4996918号
(P4996918)

(45) 発行日 平成24年8月8日(2012.8.8)

(24) 登録日 平成24年5月18日(2012.5.18)

(51) Int.Cl.		F I			
A 6 1 B	3/12	(2006.01)	A 6 1 B	3/12	E
A 6 1 B	3/10	(2006.01)	A 6 1 B	3/10	R
A 6 1 B	3/14	(2006.01)	A 6 1 B	3/14	A

請求項の数 8 (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2006-349886 (P2006-349886)	(73) 特許権者	000220343
(22) 出願日	平成18年12月26日 (2006.12.26)		株式会社トプコン
(65) 公開番号	特開2008-154941 (P2008-154941A)		東京都板橋区蓮沼町75番1号
(43) 公開日	平成20年7月10日 (2008.7.10)	(74) 代理人	110000866
審査請求日	平成21年12月7日 (2009.12.7)		特許業務法人三澤特許事務所
		(74) 代理人	100081411
			弁理士 三澤 正義
		(72) 発明者	木川 勉
			東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社トプコン内
		(72) 発明者	岡田 浩昭
			東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社トプコン内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光画像計測装置及び光画像計測装置を制御するプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

低コヒーレンス光を出力する光源と、
 該出力された低コヒーレンス光を被測定物体に向かう信号光と参照物体に向かう参照光とに分割し、前記被測定物体を経由した信号光と前記参照物体を経由した参照光とを重畳させて干渉光を生成する干渉光生成手段と、
 前記信号光と前記参照光との光路長差を変更する変更手段と、
 前記生成された干渉光を検出する検出手段と、
 該検出手段による検出結果に基づいて画像を形成する画像形成手段と、
 該形成された画像を解析して当該画像の信号レベル又は信号レベル対ノイズレベル比を算出し、該算出された信号レベル又は信号レベル対ノイズレベル比が閾値を超えるか判断する解析手段と、
 前記変更手段を制御し、前記解析手段により前記信号レベル又は信号レベル対ノイズレベル比が閾値を超えると判断されるように前記光路長差を変更させる制御手段と、
 を備えることを特徴とする光画像計測装置。

【請求項2】

前記制御手段は、前記解析手段により前記信号レベル又は信号レベル対ノイズレベル比が閾値以下であると判断されたときに前記光路長差を特定距離だけ変更させ、
 前記解析手段は、前記光路長差が特定距離だけ変更された後に前記検出された干渉光に基づく新たな画像の信号レベル又は信号レベル対ノイズレベル比を算出し、該算出された

新たな信号レベル又は信号レベル対ノイズレベル比が前記閾値を超えるか判断する、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の光画像計測装置。

【請求項 3】

前記画像形成手段は、所定のフレーム内に画像を形成し、
前記制御手段は、前記信号レベル又は信号レベル対ノイズレベル比が閾値を超えると判断された画像における前記被測定物体の所定深度位置に相当する部分画像が前記所定のフレーム内の特定位置に配置されるように前記光路長差を変更させる、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の光画像計測装置。

【請求項 4】

前記解析手段は、前記信号レベル又は信号レベル対ノイズレベル比が閾値を超えると判断された画像を解析し、前記所定のフレーム内における前記部分画像の位置を求め、該求められた位置と前記特定位置との変位を算出し、
前記制御手段は、該算出された変位に対応する距離だけ前記光路長差を変更させることにより前記部分画像を前記特定位置に配置させる、
ことを特徴とする請求項 3 に記載の光画像計測装置。

10

【請求項 5】

低コヒーレンス光を出力する光源と、
該出力された低コヒーレンス光を被測定物体に向かう信号光と参照物体に向かう参照光とに分割し、前記被測定物体を経由した信号光と前記参照物体を経由した参照光とを重畳させて干渉光を生成する干渉光生成手段と、
前記信号光と前記参照光との光路長差を変更する変更手段と、
前記生成された干渉光を検出する検出手段と、
該検出手段による検出結果に基づいて、所定のフレーム内に画像を形成する画像形成手段と、
前記変更手段を制御し、前記形成された画像における前記被測定物体の所定深度位置に相当する部分画像が前記所定のフレーム内の特定位置に配置されるように前記光路長差を変更させる制御手段と、
を備えることを特徴とする光画像計測装置。

20

【請求項 6】

前記参照物体は、前記参照光を反射するミラーであり、
前記変更手段は、前記参照光の進行方向に前記ミラーを移動させる駆動手段を含む、
ことを特徴とする請求項 1 又は請求項 5 に記載の光画像計測装置。

30

【請求項 7】

低コヒーレンス光を出力する光源と、
該出力された低コヒーレンス光を被測定物体に向かう信号光と参照物体に向かう参照光とに分割し、前記被測定物体を経由した信号光と前記参照物体を経由した参照光とを重畳させて干渉光を生成する干渉光生成手段と、
前記信号光と前記参照光との光路長差を変更する変更手段と、
前記生成された干渉光を検出する検出手段と、
該検出手段による検出結果に基づいて画像を形成する画像形成手段と、
を有する光画像計測装置を、
前記形成された画像を解析して当該画像の信号レベル又は信号レベル対ノイズレベル比を算出し、該算出された信号レベル又は信号レベル対ノイズレベル比が閾値を超えるか判断する解析手段として機能させ、
前記変更手段を制御し、前記解析手段により前記信号レベル又は信号レベル対ノイズレベル比が閾値を超えると判断されるように前記光路長差を変更させる制御手段として機能させる、
ことを特徴とするプログラム。

40

【請求項 8】

低コヒーレンス光を出力する光源と、

50

該出力された低コヒーレンス光を被測定物体に向かう信号光と参照物体に向かう参照光とに分割し、前記被測定物体を経由した信号光と前記参照物体を経由した参照光とを重畳させて干渉光を生成する干渉光生成手段と、

前記信号光と前記参照光との光路長差を変更する変更手段と、

前記生成された干渉光を検出する検出手段と、

該検出手段による検出結果に基づいて、所定のフレーム内に画像を形成する画像形成手段と、

を有する光画像計測装置を、

前記変更手段を制御し、前記形成された画像における前記被測定物体の所定深度位置に相当する部分画像が前記所定のフレーム内の特定位置に配置されるように前記光路長差を変更させる制御手段として機能させる、

ことを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、被測定物体に光ビームを照射し、その反射光若しくは透過光を用いて被測定物体の表面形態や内部形態の画像を形成する光画像計測装置、及び、このような光画像計測装置を制御するプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、レーザ光源等からの光ビームを用いて被測定物体の表面形態や内部形態を表す画像を形成する光画像計測技術が注目を集めている。この光画像計測技術は、X線CT装置のような人体に対する侵襲性を持たないことから、特に医療分野における応用の展開が期待されている。

【0003】

特許文献1には、測定腕が回転式轉向鏡（ガルバノミラー）により物体を走査し、参照腕に参照ミラーが設置されており、さらにその出口では、計測腕及び参照腕からの光束の干渉によって現れる光の強度が分光器で分析もされるという干渉器が利用されていて、参照腕には参照光光束位相を不連続な値で段階的に変える装置が設けられた構成の光画像計測装置が開示されている。

【0004】

特許文献1の光画像計測装置は、特許文献2を基本技術とするいわゆる「フーリエドメインOCT（Fourier Domain Optical Coherence Tomography）」の手法を用いるものである。すなわち、被測定物体に対して低コヒーレンス光のビームを照射し、その反射光のスペクトル強度分布を取得し、それをフーリエ変換することにより、被測定物体の深度方向（z方向）の形態を画像化するものである。

【0005】

更に、特許文献1に記載の光画像計測装置は、光ビーム（信号光）を走査するガルバノミラーを備え、それにより被測定物体の所望の測定対象領域の画像を形成できるようになっている。なお、この光画像計測装置においては、z方向に直交する1方向（x方向）にのみ光ビームを走査するようになっているので、形成される画像は、光ビームの走査方向（x方向）に沿った深度方向（z方向）の2次元断面画像となる。

【0006】

また、特許文献3には、このような光画像計測装置を眼科分野に応用した構成が開示されている。

【0007】

【特許文献1】特開平11-325849号公報

【特許文献2】独特許出願公開第DE4309056A1号明細書

【特許文献3】特開2003-543号公報

10

20

30

40

50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

光画像計測装置は、参照腕の長さ（参照光の光路長）とほぼ同じ深度を計測して画像を形成するものである。したがって、所望の深度位置の画像を取得するためには、その深度位置に対応する位置に参照ミラーを配置させる必要がある。この参照ミラーの位置合わせ、つまり深度方向における計測位置の位置合わせは、低コヒーレンス光を用いることを鑑みると、精密に行わなければならない。

【0009】

また、光画像計測装置においては、参照光の光路長に一致する深度位置（z方向の原点）での計測感度が最も良く、この原点から遠ざかるに連れて計測感度が低下していく。この観点からも、深度方向における計測位置の位置合わせには精密さが必要であることが分かる。

【0010】

しかしながら、従来の光画像計測装置においては、このような被測定物体の深度方向における計測位置の位置合わせを容易に行うことができないという問題があった。

【0011】

この発明は、上記のような問題を解決するためになされたものであり、被測定物体の深度方向における計測位置の位置合わせを容易に行うことが可能な光画像計測装置及び光画像計測装置を制御するプログラム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】

【0012】

上記目的を達成するために、請求項1に記載の発明は、低コヒーレンス光を出力する光源と、該出力された低コヒーレンス光を被測定物体に向かう信号光と参照物体に向かう参照光とに分割し、前記被測定物体を経由した信号光と前記参照物体を経由した参照光とを重畳させて干渉光を生成する干渉光生成手段と、前記信号光と前記参照光との光路長差を変更する変更手段と、前記生成された干渉光を検出する検出手段と、該検出手段による検出結果に基づいて画像を形成する画像形成手段と、該形成された画像を解析して当該画像の信号レベル又は信号レベル対ノイズレベル比を算出し、該算出された信号レベル又は信号レベル対ノイズレベル比が閾値を超えるか判断する解析手段と、前記変更手段を制御し、前記解析手段により前記信号レベル又は信号レベル対ノイズレベル比が閾値を超えると判断されるように前記光路長差を変更させる制御手段と、を備えることを特徴とする光画像計測装置である。

【0013】

また、請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の光画像計測装置であって、前記制御手段は、前記解析手段により前記信号レベル又は信号レベル対ノイズレベル比が閾値以下であると判断されたときに前記光路長差を特定距離だけ変更させ、前記解析手段は、前記光路長差が特定距離だけ変更された後に前記検出された干渉光に基づく新たな画像の信号レベル又は信号レベル対ノイズレベル比を算出し、該算出された新たな信号レベル又は信号レベル対ノイズレベル比が前記閾値を超えるか判断する、ことを特徴とする。

【0014】

また、請求項3に記載の発明は、請求項1に記載の光画像計測装置であって、前記画像形成手段は、所定のフレーム内に画像を形成し、前記制御手段は、前記信号レベル又は信号レベル対ノイズレベル比が閾値を超えると判断された画像における前記被測定物体の所定深度位置に相当する部分画像が前記所定のフレーム内の特定位置に配置されるように前記光路長差を変更させる、ことを特徴とする。

【0015】

また、請求項4に記載の発明は、請求項3に記載の光画像計測装置であって、前記解析手段は、前記信号レベル又は信号レベル対ノイズレベル比が閾値を超えると判断された画像を解析し、前記所定のフレーム内における前記部分画像の位置を求め、該求められた位

10

20

30

40

50

置と前記特定位置との変位を算出し、前記制御手段は、該算出された変位に対応する距離だけ前記光路長差を変更させることにより前記部分画像を前記特定位置に配置させる、ことを特徴とする。

【0016】

また、請求項5に記載の発明は、低コヒーレンス光を出力する光源と、該出力された低コヒーレンス光を被測定物体に向かう信号光と参照物体に向かう参照光とに分割し、前記被測定物体を經由した信号光と前記参照物体を經由した参照光とを重畳させて干渉光を生成する干渉光生成手段と、前記信号光と前記参照光との光路長差を変更する変更手段と、前記生成された干渉光を検出する検出手段と、該検出手段による検出結果に基づいて、所定のフレーム内に画像を形成する画像形成手段と、前記変更手段を制御し、前記形成された画像における前記被測定物体の所定深度位置に相当する部分画像が前記所定のフレーム内の特定位置に配置されるように前記光路長差を変更させる制御手段と、を備えることを特徴とする光画像計測装置である。

10

【0017】

また、請求項6に記載の発明は、請求項1又は請求項5に記載の光画像計測装置であって、前記参照物体は、前記参照光を反射するミラーであり、前記変更手段は、前記参照光の進行方向に前記ミラーを移動させる駆動手段を含む、ことを特徴とする。

【0018】

また、請求項7に記載の発明は、低コヒーレンス光を出力する光源と、該出力された低コヒーレンス光を被測定物体に向かう信号光と参照物体に向かう参照光とに分割し、前記被測定物体を經由した信号光と前記参照物体を經由した参照光とを重畳させて干渉光を生成する干渉光生成手段と、前記信号光と前記参照光との光路長差を変更する変更手段と、前記生成された干渉光を検出する検出手段と、該検出手段による検出結果に基づいて画像を形成する画像形成手段と、を有する光画像計測装置を、前記形成された画像を解析して当該画像の信号レベル又は信号レベル対ノイズレベル比を算出し、該算出された信号レベル又は信号レベル対ノイズレベル比が閾値を超えるか判断する解析手段として機能させ、前記変更手段を制御し、前記解析手段により前記信号レベル又は信号レベル対ノイズレベル比が閾値を超えると判断されるように前記光路長差を変更させる制御手段として機能させる、ことを特徴とするプログラムである。

20

【0019】

また、請求項8に記載の発明は、低コヒーレンス光を出力する光源と、該出力された低コヒーレンス光を被測定物体に向かう信号光と参照物体に向かう参照光とに分割し、前記被測定物体を經由した信号光と前記参照物体を經由した参照光とを重畳させて干渉光を生成する干渉光生成手段と、前記信号光と前記参照光との光路長差を変更する変更手段と、前記生成された干渉光を検出する検出手段と、該検出手段による検出結果に基づいて、所定のフレーム内に画像を形成する画像形成手段と、を有する光画像計測装置を、前記変更手段を制御し、前記形成された画像における前記被測定物体の所定深度位置に相当する部分画像が前記所定のフレーム内の特定位置に配置されるように前記光路長差を変更させる制御手段として機能させる、ことを特徴とするプログラムである。

30

【発明の効果】

40

【0020】

この発明は、画像の信号レベル又は信号レベル対ノイズレベル比が閾値を超えるように信号光と参照光との光路長差を変更させるように構成されているので、被測定物体の画像を含む画像を自動的に取得することができる。したがって、この発明によれば、被測定物体の深度方向における計測位置の位置合わせを容易に行うことが可能である。

【0021】

また、この発明は、被測定物体の所定深度位置に相当する部分画像がフレーム内の特定位置に配置されるように信号光と参照光の光路長差を変更するように構成されているので、フレーム内の特定位置の近傍領域に被測定物体の画像が配置された画像を自動的に取得することができる。したがって、この発明によれば、被測定物体の深度方向における計測

50

位置の位置合わせを容易に行うことが可能である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

この発明に係る光画像計測装置及び光画像計測装置を制御するプログラムの好適な実施形態の一例について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【0023】

[装置構成]

まず、この発明に係る光画像計測装置の実施形態の構成について図1～図7を参照しながら説明する。ここで、図1は、この発明に係る光画像計測装置としての機能を有する眼底観察装置1の全体構成の一例を表している。図2は、眼底カメラユニット1A内の走査ユニット141の構成の一例を表している。図3は、OCTユニット150の構成の一例を表している。図4は、演算制御装置200のハードウェア構成の一例を表している。図5は、眼底観察装置1の制御系の構成の一例を表している。図6は、眼底カメラユニット1Aに設けられた操作パネル3aの構成の一例を表している。図7は、演算制御装置200の制御系の構成の一例を表している。

【0024】

[全体構成]

この実施形態に係る眼底観察装置1は、図1に示すように、眼底カメラユニット1A、OCTユニット150及び演算制御装置200を含んで構成されている。眼底カメラユニット1Aは、眼底表面の2次元画像を撮影する従来の眼底カメラとほぼ同様の光学系を有している。OCTユニット150は、光画像計測装置として機能する光学系を格納している。演算制御装置200は、各種の演算処理や制御処理等を実行するコンピュータを具備している。

【0025】

OCTユニット150には、接続線152の一端が取り付けられている。接続線152の他端には、接続線152を眼底カメラユニット1Aに接続するコネクタ部151が取り付けられている。接続線152の内部には光ファイバが導通されている。このように、OCTユニット150と眼底カメラユニット1Aは、接続線152を介して光学的に接続されている。

【0026】

[眼底カメラユニットの構成]

眼底カメラユニット1Aは、光学的に取得されるデータ(撮像装置10、12により検出されるデータ)に基づいて被検眼の眼底の表面の2次元画像を形成するために用いられる。ここで、眼底の表面の2次元画像とは、眼底の表面を撮影したカラー画像やモノクロ画像、更には蛍光画像(フルオレセイン蛍光画像、インドシアニンググリーン蛍光画像等)などを表す。眼底カメラユニット1Aは、従来の眼底カメラと同様に、眼底Efを照明する照明光学系100と、この照明光の眼底反射光を撮像装置10に導く撮影光学系120とを備えている。

【0027】

なお、詳細は後述するが、この実施形態の撮影光学系120における撮像装置10は、近赤外領域の波長を有する照明光を検出するものである。また、撮影光学系120には、可視領域の波長を有する照明光を検出する撮像装置12が別途設けられている。更に、撮影光学系120は、OCTユニット150からの信号光を眼底Efに導くとともに、眼底Efを経由した信号光をOCTユニット150に導くようになっている。

【0028】

照明光学系100は、観察光源101、コンデンサレンズ102、撮影光源103、コンデンサレンズ104、エキサイタフィルタ105及び106、リング透光板107、ミラー108、LCD(Liquid Crystal Display)109、照明絞り110、リレーレンズ111、孔開きミラー112、対物レンズ113を含んで構成される。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 9 】

観察光源 1 0 1 は、たとえば約 4 0 0 n m ~ 7 0 0 n m の範囲に含まれる可視領域の波長の照明光を出力する。また、撮影光源 1 0 3 は、たとえば約 7 0 0 n m ~ 8 0 0 n m の範囲に含まれる近赤外領域の波長の照明光を出力する。撮影光源 1 0 3 から出力される近赤外光は、O C T ユニット 1 5 0 で使用する光の波長よりも短く設定されている（後述）。

【 0 0 3 0 】

また、撮影光学系 1 2 0 は、対物レンズ 1 1 3、孔開きミラー 1 1 2（の孔部 1 1 2 a）、撮影絞り 1 2 1、パリアフィルタ 1 2 2 及び 1 2 3、変倍レンズ 1 2 4、リレーレンズ 1 2 5、撮影レンズ 1 2 6、ダイクロイックミラー 1 3 4、フィールドレンズ（視野レンズ）1 2 8、ハーフミラー 1 3 5、リレーレンズ 1 3 1、ダイクロイックミラー 1 3 6、撮影レンズ 1 3 3、撮像装置 1 0（撮像素子 1 0 a）、反射ミラー 1 3 7、撮影レンズ 1 3 8、撮影装置 1 2（撮像素子 1 2 a）、レンズ 1 3 9 及び L C D 1 4 0 を含んで構成される。

10

【 0 0 3 1 】

更に、撮影光学系 1 2 0 には、ダイクロイックミラー 1 3 4、ハーフミラー 1 3 5、ダイクロイックミラー 1 3 6、反射ミラー 1 3 7、撮影レンズ 1 3 8、レンズ 1 3 9 及び L C D 1 4 0 が設けられている。

【 0 0 3 2 】

ダイクロイックミラー 1 3 4 は、照明光学系 1 0 0 からの照明光の眼底反射光（約 4 0 0 n m ~ 8 0 0 n m の範囲に含まれる波長を有する）を反射するとともに、O C T ユニット 1 5 0 からの信号光 L S（たとえば約 8 0 0 n m ~ 9 0 0 n m の範囲に含まれる波長を有する；後述）を透過させるように構成されている。

20

【 0 0 3 3 】

また、ダイクロイックミラー 1 3 6 は、照明光学系 1 0 0 からの可視領域の波長を有する照明光（観察光源 1 0 1 から出力される波長約 4 0 0 n m ~ 7 0 0 n m の可視光）を透過させるとともに、近赤外領域の波長を有する照明光（撮影光源 1 0 3 から出力される波長約 7 0 0 n m ~ 8 0 0 n m の近赤外光）を反射するように構成されている。

【 0 0 3 4 】

L C D 1 4 0 には、被検眼 E を固視させるための固視標（内部固視標）などが表示される。L C D 1 4 0 からの光は、レンズ 1 3 9 により集光された後に、ハーフミラー 1 3 5 により反射され、フィールドレンズ 1 2 8 を経由してダイクロイックミラー 1 3 6 に反射される。更に、この光は、撮影レンズ 1 2 6、リレーレンズ 1 2 5、変倍レンズ 1 2 4、孔開きミラー 1 1 2（の孔部 1 1 2 a）、対物レンズ 1 1 3 等を経由して、被検眼 E に入射する。それにより、被検眼 E の眼底 E f に内部固視標等が投影される。

30

【 0 0 3 5 】

撮像素子 1 0 a は、テレビカメラ等の撮像装置 1 0 に内蔵された C C D（C h a r g e C o u p l e d D e v i c e s）や C M O S（C o m p l e m e n t a r y M e t a l O x i d e S e m i c o n d u c t o r）等の撮像素子であり、特に、近赤外領域の波長の光を検出するものである。つまり、撮像装置 1 0 は、近赤外光を検出する赤外線テレビカメラである。撮像装置 1 0 は、近赤外光を検出した結果として映像信号を出力する。

40

【 0 0 3 6 】

タッチパネルモニタ 1 1 は、この映像信号に基づいて、眼底 E f の表面の 2 次元画像（眼底画像 E f）を表示する。また、この映像信号は演算制御装置 2 0 0 に送られ、そのディスプレイ（後述）に眼底画像が表示されるようになっている。

【 0 0 3 7 】

なお、撮像装置 1 0 による眼底撮影時には、たとえば照明光学系 1 0 0 の撮影光源 1 0 3 から出力される近赤外領域の波長を有する照明光が用いられる。

【 0 0 3 8 】

50

一方、撮像素子12aは、テレビカメラ等の撮像装置12に内蔵されたCCDやCMOS等の撮像素子であり、特に、可視領域の波長の光を検出するものである。つまり、撮像装置12は、可視光を検出するテレビカメラである。撮像装置12は、可視光を検出した結果として映像信号を出力する。

【0039】

タッチパネルモニタ11は、この映像信号に基づいて、眼底Efの表面の2次元画像(眼底画像Ef)を表示する。また、この映像信号は演算制御装置200に送られ、そのディスプレイ(後述)に眼底画像が表示されるようになっている。

【0040】

なお、撮像装置12による眼底撮影時には、たとえば照明光学系100の観察光源101から出力される可視領域の波長を有する照明光が用いられる。

【0041】

眼底カメラユニット1Aには、走査ユニット141とレンズ142とが設けられている。走査ユニット141は、OCTユニット150から出力される光(信号光LS;後述)の眼底Efに対する照射位置を走査するための構成を具備する。

【0042】

レンズ142は、OCTユニット150から接続線152を通じて導光された信号光LSを平行な光束にして走査ユニット141に入射させる。また、レンズ142は、走査ユニット141を経由してきた信号光LSの眼底反射光を集束させるように作用する。

【0043】

図2に、走査ユニット141の具体的構成の一例を示す。走査ユニット141は、ガルバノミラー141A、141Bと、反射ミラー141C、141Dとを含んで構成されている。

【0044】

ガルバノミラー141A、141Bは、それぞれ回転軸141a、141bを中心に回転可能に配設された反射ミラーである。各ガルバノミラー141A、141Bは、後述の駆動機構(図5に示すミラー駆動機構241、242)によって回転軸141a、141bを中心にそれぞれ回転されて、その反射面(信号光LSを反射する面)の向き、すなわちガルバノミラー141A、141Bの位置がそれぞれ変更されるようになっている。

【0045】

回転軸141a、141bは、互いに直交するように配設されている。図2においては、ガルバノミラー141Aの回転軸141aは、同図の紙面に対して平行方向に配設されている。また、ガルバノミラー141Bの回転軸141bは、同図の紙面に対して直交する方向に配設されている。

【0046】

すなわち、ガルバノミラー141Bは、図2中の両側矢印に示す方向に回転可能に構成され、ガルバノミラー141Aは、当該両側矢印に対して直交する方向に回転可能に構成されている。それにより、この一対のガルバノミラー141A、141Bは、信号光LSの反射方向を互いに直交する方向に変更するようにそれぞれ作用する。図1、図2から分かるように、ガルバノミラー141Aを回転させると信号光LSはx方向に走査され、ガルバノミラー141Bを回転させると信号光LSはy方向に走査されることになる。

【0047】

ガルバノミラー141A、141Bにより反射された信号光LSは、反射ミラー141C、141Dにより反射され、ガルバノミラー141Aに入射したときと同じ向きに進行するようになっている。

【0048】

なお、前述のように、接続線152の内部には光ファイバ152aが導通されている。光ファイバ152aの端面152bは、レンズ142に対峙して配設される。端面152bから出射した信号光LSは、レンズ142に向かってビーム径を拡大しつつ進行するが、レンズ142によって平行な光束とされる。逆に、眼底Efを経由した信号光LSは、

10

20

30

40

50

レンズ142により、端面152bに向けて集束されて光ファイバ152aに導かれるようになっている。

【0049】

〔OCTユニットの構成〕

次に、図3を参照しつつOCTユニット150の構成について説明する。OCTユニット150は、光学的に取得されるデータ（後述のCCD184により検出されるデータ）に基づいて眼底の断層画像を形成するための装置である。

【0050】

OCTユニット150は、従来の光画像計測装置とほぼ同様の光学系を備えている。すなわち、OCTユニット150は、光源から出力された光を参照光と信号光に分割するとともに、参照物体を経由した参照光と被測定物体（眼底Ef）を経由した信号光とを重畳して干渉光を生成する干渉計と、この干渉光を検出し、その検出結果としての信号（検出信号）を演算制御装置200に向けて出力する手段とを具備している。演算制御装置200は、この検出信号を解析することにより被測定物体の断層画像を形成する。

10

【0051】

低コヒーレンス光源160は、低コヒーレンス光L0を出力するスーパーluminescentダイオード（SLD）や発光ダイオード（LED）等の広帯域光源により構成されている。低コヒーレンス光L0は、たとえば、近赤外領域の波長を有し、かつ、数十マイクロメートル程度の時間的コヒーレンス長を有する光とされる。低コヒーレンス光源160は、この発明の「光源」の一例に相当している。

20

【0052】

低コヒーレンス光L0は、眼底カメラユニット1Aの照明光（波長約400nm～800nm）よりも長い波長、たとえば約800nm～900nmの範囲に含まれる波長を有している。

【0053】

低コヒーレンス光源160から出力された低コヒーレンス光L0は、光ファイバ161を通じて光カプラ162に導かれる。光ファイバ161は、たとえばシングルモードファイバないしはPMファイバ（Polarization maintaining fiber；偏波面保持ファイバ）等によって構成されている。光カプラ162は、低コヒーレンス光L0を参照光LRと信号光LSとに分割する。

30

【0054】

なお、光カプラ162は、光を分割する手段（スプリッタ；splitter）、及び、光を重畳する手段（カプラ；coupler）の双方として作用するものであるが、ここでは慣用的に「光カプラ」と称することにする。

【0055】

光カプラ162により生成された参照光LRは、シングルモードファイバ等からなる光ファイバ163により導光されてファイバ端面から出射される。出射された参照光LRは、コリメータレンズ171により平行光束とされた後に、ガラスブロック172及び濃度フィルタ173を経由し、参照ミラー174（参照物体）により反射される。

40

【0056】

参照ミラー174により反射された参照光LRは、再び濃度フィルタ173及びガラスブロック172を経由し、コリメータレンズ171によって光ファイバ163のファイバ端面に集光される。集光された参照光LRは、光ファイバ163を通じて光カプラ162に導かれる。

【0057】

ここで、ガラスブロック172と濃度フィルタ173は、参照光LRと信号光LSの光路長（光学距離）を合わせるための遅延手段として、また参照光LRと信号光LSの分散特性を合わせるための分散補償手段として作用している。

【0058】

また、濃度フィルタ173は、参照光の光量を減少させる減光フィルタとしても作用す

50

るものであり、たとえば回転型のND (Neutral Density) フィルタによって構成される。濃度フィルタ173は、モータ等の駆動装置を含んで構成される駆動機構(後述の濃度フィルタ駆動機構244; 図5参照)によって回転駆動されることにより、参照光LRの光量の減少量を変更させるように作用する。それにより、干渉光LCの生成に寄与する参照光LRの光量を変更させることができる。

【0059】

また、参照ミラー174は、参照光LRの進行方向(図3に示す両側矢印方向)に移動されるように構成されている。このような構成により、被検眼Eの眼軸長などに応じた参照光LRの光路長を確保することができる。また、参照ミラー174を移動させることにより、眼底Efの任意の深度位置の画像を取得することができる。なお、参照ミラー174は、モータ等の駆動装置を含んで構成される駆動機構(後述の参照ミラー駆動機構243; 図5参照)によって移動される。

10

【0060】

一方、光カブラ162により生成された信号光LSは、シングルモードファイバ等からなる光ファイバ164により接続線152の端部まで導光される。接続線152の内部には光ファイバ152aが導通されている。なお、光ファイバ164と光ファイバ152aとは、単一の光ファイバにより構成されていてもよいし、また、各々の端面同士を接合するなどして一体的に形成されたものであってもよい。いずれにしても、光ファイバ164、152aは、眼底カメラユニット1AとOCTユニット150との間で、信号光LSを伝送可能に構成されていれば十分である。

20

【0061】

信号光LSは、接続線152内部を導光されて眼底カメラユニット1Aに案内される。更に、信号光LSは、レンズ142、走査ユニット141、ダイクロイックミラー134、撮影レンズ126、リレーレンズ125、変倍レンズ124、撮影絞り121、孔開きミラー112の孔部112a、対物レンズ113を経由して、被検眼Eに入射するようになっている。なお、信号光LSを被検眼Eに入射させるときには、バリアフィルタ122、123は、それぞれ光路から事前に退避されるようになっている。

【0062】

被検眼Eに入射した信号光LSは、眼底Ef上にて結像し反射される。このとき、信号光LSは、眼底Efの表面で反射されるだけでなく、眼底Efの深部領域にも到達して屈折率境界において散乱される。したがって、眼底Efを経由した信号光LSは、眼底Efの表面形態を反映する情報と、眼底Efの深層組織の屈折率境界における後方散乱の状態を反映する情報とを含んだ光となっている。この光を単に「信号光LSの眼底反射光」と呼ぶことがある。

30

【0063】

信号光LSの眼底反射光は、眼底カメラユニット1A内の上記経路を逆向きに進行して光ファイバ152aの端面152bに集光される。そして、信号光LSは、光ファイバ152を通じてOCTユニット150に入射し、光ファイバ164を通じて光カブラ162に戻ってくる。

【0064】

光カブラ162は、眼底Efを経由して戻ってきた信号光LSと、参照ミラー174にて反射された参照光LRとを重畳して干渉光LCを生成する。生成された干渉光LCは、シングルモードファイバ等からなる光ファイバ165を通じてスペクトロメータ180に導光される。

40

【0065】

なお、この実施形態ではマイケルソン型の干渉計を採用しているが、たとえばマッハツェンダー型など任意のタイプの干渉計を適宜に採用することが可能である。なお、この発明に係る「干渉光生成手段」は、たとえば、光カブラ162と、信号光LSの光路上の光学部材(つまり光カブラ162と眼底Efとの間に配置された光学部材)と、参照光LRの光路上の光学部材(つまり光カブラ162と参照ミラー174との間に配置された光学

50

部材)とを含んで構成され、特に、光カプラ162、光ファイバ163、164及び参照ミラー174を具備する干渉計を含んで構成される。

【0066】

スペクトロメータ(分光計)180は、コリメータレンズ181、回折格子182、結像レンズ183、CCD184を含んで構成される。この実施形態の回折格子182は、光を透過させる透過型の回折格子であるが、光を反射する反射型の回折格子を用いることも可能である。また、CCD184に代えて、その他の光検出素子を適用することももちろん可能である。

【0067】

スペクトロメータ180に入射した干渉光LCは、コリメータレンズ181により平行光束とされた後、回折格子182によって分光(スペクトル分解)される。分光された干渉光LCは、結像レンズ183によってCCD184の撮像面上に結像される。CCD184は、分光された干渉光LCの各スペクトルを検出して電気的な信号に変換し、この検出信号を演算制御装置200に出力する。CCD184は、この発明の「検出手段」の一例として機能する。

【0068】

〔演算制御装置の構成〕

次に、演算制御装置200の構成について説明する。演算制御装置200は、OCTユニット150のスペクトロメータ180のCCD184から入力される検出信号を解析して、被検眼Eの眼底Efの断層画像を形成する処理を行う。このときの解析手法は、従来のフーリエドメインOCTの手法と同様である。

【0069】

また、演算制御装置200は、眼底カメラユニット1Aの撮像装置10、12から出力される映像信号に基づいて眼底Efの表面の形態を示す2次元画像(の画像データ)を形成する。

【0070】

更に、演算制御装置200は、眼底カメラユニット1A及びOCTユニット150の各部の制御を実行する。

【0071】

演算制御装置200は、眼底カメラユニット1Aの制御として、たとえば、観察光源101や撮影光源103による照明光の出力制御、エキサイタフィルタ105、106やパリアフィルタ122、123の光路上への挿入/退避動作の制御、LCD140等の表示装置の動作の制御、照明絞り110の移動制御(絞り値の制御)、撮影絞り121の絞り値の制御、変倍レンズ124の移動制御(倍率の制御)などを行う。また、演算制御装置200は、走査ユニット141内のガルバノミラー141A、141Bの動作(反射面の向きの変更動作)の制御を行う。

【0072】

また、演算制御装置200は、OCTユニット150の制御として、たとえば、低コヒーレンス光源160による低コヒーレンス光L0の出力制御、参照ミラー174の移動制御、濃度フィルタ173の回転動作(参照光LRの光量の減少量の変更動作)の制御、CCD184の蓄積時間の制御などを行う。

【0073】

このような演算制御装置200のハードウェア構成の一例について、図4を参照しつつ説明する。

【0074】

演算制御装置200は、従来のコンピュータと同様のハードウェア構成を備えている。具体的には、マイクロプロセッサ201、RAM202、ROM203、ハードディスクドライブ(HDD)204、キーボード205、マウス206、ディスプレイ207、画像形成ボード208及び通信インターフェイス(I/F)209を含んで構成されている。以上の各部は、バス200aを介して接続されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 5 】

マイクロプロセッサ201は、CPU (Central Processing Unit) やMPU (Micro Processing Unit) 等を含んで構成され、ハードディスクドライブ204に格納された制御プログラム204aをRAM202上に展開することにより、この実施形態に特徴的な動作を実行する。制御プログラム204aは、この発明に係る「プログラム」の一例に相当する。

【 0 0 7 6 】

また、マイクロプロセッサ201は、前述した装置各部の制御や、各種の演算処理などを実行する。また、キーボード205やマウス206からの操作信号に対応する装置各部の制御、ディスプレイ207による表示処理の制御、通信インターフェイス209による各種のデータや制御信号等の送受信処理の制御などを実行する。

10

【 0 0 7 7 】

キーボード205、マウス206及びディスプレイ207は、眼底観察装置1のユーザインターフェイスとして使用される。キーボード205は、たとえば文字や数字等をタイピング入力するためのデバイスとして用いられる。マウス206は、ディスプレイ207の表示画面に対する各種入力操作を行うためのデバイスとして用いられる。

【 0 0 7 8 】

また、ディスプレイ207は、たとえばLCDやCRT (Cathode Ray Tube) ディスプレイ等からなる任意の表示デバイスであり、眼底観察装置1により形成された眼底Efの画像などの各種の画像を表示したり、操作画面や設定画面などの各種の画面を表示したりする。

20

【 0 0 7 9 】

なお、眼底観察装置1のユーザインターフェイスは、このような構成に限定されるものではなく、たとえばトラックボール、ジョイスティック、タッチパネル式のLCD、眼科検査用のコントロールパネルなど、各種情報を表示出力する機能と、各種情報を入力したり装置の操作を行ったりする機能とを具備する任意のユーザインターフェイス手段を用いて構成することが可能である。

【 0 0 8 0 】

画像形成ボード208は、眼底Efの画像(画像データ)を形成する処理を行う専用の電子回路である。この画像形成ボード208には、眼底画像形成ボード208aとOCT画像形成ボード208bとが設けられている。

30

【 0 0 8 1 】

眼底画像形成ボード208aは、眼底カメラユニット1Aの撮像装置10や撮像装置12からの映像信号に基づいて眼底画像の画像データを形成するように動作する、専用の電子回路である。

【 0 0 8 2 】

また、OCT画像形成ボード208bは、OCTユニット150のスペクトロメータ180のCCD184からの検出信号に基づいて眼底Efの断層画像の画像データを形成するように動作する、専用の電子回路である。

【 0 0 8 3 】

このような画像形成ボード208を設けることにより、眼底画像や断層画像の画像データを形成する処理の処理速度を向上させることができる。

40

【 0 0 8 4 】

通信インターフェイス209は、マイクロプロセッサ201からの制御信号を、眼底カメラユニット1AやOCTユニット150に送信する処理を行う。また、通信インターフェイス209は、眼底カメラユニット1Aの撮像装置10、12からの映像信号や、OCTユニット150のCCD184からの検出信号を受信して、画像形成ボード208に入力する処理などを行う。このとき、通信インターフェイス209は、撮像装置10、12からの映像信号を眼底画像形成ボード208aに入力し、CCD184からの検出信号をOCT画像形成ボード208bに入力するように動作する。

50

【0085】

また、演算制御装置200がLAN(Local Area Network)やインターネット等のネットワークに接続されている場合には、通信インターフェイス209に、LANカード等のネットワークアダプタやモデム等の通信機器を具備させて、当該ネットワーク経由のデータ通信を行えるように構成することが可能である。その場合、制御プログラム204aを格納するサーバを当該ネットワーク上に設置するとともに、演算制御装置200を当該サーバのクライアント端末として構成することにより、この発明に係る動作を眼底観察装置1に実行させることができる。

【0086】

(制御系の構成)

次に、眼底観察装置1の制御系の構成について図5～図7を参照しつつ説明する。図5には、眼底観察装置1が具備する構成のうち、この発明に係る動作や処理に関わる部分が特に記載されている。図6には、眼底カメラユニット1Aに設けられた操作パネル3aの構成の一例が記載されている。図7には、演算制御装置200の詳細構成が記載されている。

【0087】

(制御部)

眼底観察装置1の制御系は、図5に示す演算制御装置200の制御部210を中心に構成される。制御部210は、マイクロプロセッサ201、RAM202、ROM203、ハードディスクドライブ204(制御プログラム204a)、通信インターフェイス209等を含んで構成される。

【0088】

制御部210は、制御プログラム204aに基づいて動作するマイクロプロセッサ201によって前述した各種の制御を行う。特に、眼底カメラユニット1Aについて、制御部210は、ガルバノミラー141A、141Bの位置を変更させるミラー駆動機構241、242の制御や、LCD140による内部固視標の表示動作の制御などを行う。

【0089】

また、OCTユニット150について、制御部210は、低コヒーレンス光源160やCCD184の制御、濃度フィルタ173を回転させる濃度フィルタ駆動機構244の制御、参照光LRの進行方向に参照ミラー174を移動させる参照ミラー駆動機構243の制御などを実行する。

【0090】

ここで、参照ミラー駆動機構243は、この発明の「駆動手段」の一例として機能する。また、制御部210は、この発明の「制御手段」の一例として機能するものである。

【0091】

また、制御部210は、眼底観察装置1により撮影される2種類の画像、すなわち眼底カメラユニット1Aにより得られる眼底Efの表面の2次元画像と、OCTユニット150により得られる検出信号に基づく眼底Efの断層画像とを、ユーザインターフェイス(UI)240の表示部240Aに表示させる。これらの画像は、それぞれ別々に表示部240Aにさせることもできるし、それらを並べて同時に表示させることもできる。

【0092】

(画像形成部)

画像形成部220は、眼底カメラユニット1Aの撮像装置10、12からの映像信号に基づいて眼底画像の画像データを形成する処理と、OCTユニット150のCCD184からの検出信号に基づいて眼底Efの断層画像の画像データを形成する処理とを行う。

【0093】

特に、OCTユニット150からの検出信号に基づく画像形成処理においては、画像形成部220は、所定のフレーム内に断層画像を形成するようになっている。ここで、フレームとは画像の形成範囲となる枠を意味する。画像を表示させる際には、このフレーム内に形成された画像が表示されることとなる。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 4 】

眼底カメラユニット 1 A を x 方向や y 方向に移動させると、当該フレーム内に形成される画像が眼底 E f の表面方向に変化する。また、参照ミラー 1 7 4 を移動させると、つまり参照光 L R の光路長を変更させると、当該フレーム内に形成される画像の深度位置が変化する。このように眼底カメラユニット 1 A の位置や参照ミラー 1 7 4 の位置を適宜に調整することにより、眼底 E f の所望の位置及び深度の画像を当該フレーム内に形成することができる。

【 0 0 9 5 】

画像形成部 2 2 0 は、画像形成ボード 2 0 8 や通信インターフェイス 2 0 9 等を含んで構成される。なお、本明細書において、「画像」と、それに対応する「画像データ」とを同一視することがある。

10

【 0 0 9 6 】

なお、画像形成部 2 2 0 (O C T 画像形成ボード 2 0 8 b) は、この発明に係る「画像形成手段」の一例として機能するものである。

【 0 0 9 7 】

(画像処理部)

画像処理部 2 3 0 は、画像形成部 2 2 0 により形成された画像の画像データに対して各種の画像処理や解析処理を施すものである。たとえば、画像処理部 2 3 0 は、O C T ユニット 1 5 0 からの検出信号に基づく断層画像に基づいて眼底 E f の 3 次元画像の画像データを形成する処理や、画像の輝度補正や分散補正等の各種補正処理などを実行する。

20

【 0 0 9 8 】

なお、3次元画像の画像データとは、3次元的に配列された複数のボクセルのそれぞれに画素値を付与して成る画像データであり、ボリュームデータやボクセルデータなどと呼ばれるものである。ボリュームデータに基づく画像を表示させる場合、画像処理部 2 3 0 は、このボリュームデータに対してレンダリング処理 (ボリュームレンダリングや M I P (M a x i m u m I n t e n s i t y P r o j e c t i o n : 最大値投影) など) を施して、特定の視線方向から見たときの擬似的な 3 次元画像の画像データを形成するように作用する。ディスプレイ 2 0 7 等の表示デバイスには、この画像データに基づく擬似的な 3 次元画像が表示されることになる。

【 0 0 9 9 】

更に、画像処理部 2 3 0 には、解析部 2 3 1 が設けられている。解析部 2 3 1 は、眼底 E f の深度方向における計測位置の位置合わせを行うための解析処理を行うもので、この発明の「解析手段」の一例として機能する。解析部 2 3 1 には、信号レベル算出部 2 3 2 、信号レベル判断部 2 3 3 、画像位置特定部 2 3 4 及び移動距離算出部 2 3 5 を含んでいる。以下、これら各部 2 3 2 ~ 2 3 5 について説明する。

30

【 0 1 0 0 】

(信号レベル算出部)

信号レベル算出部 2 3 2 は、画像形成部 2 2 0 の O C T 画像形成ボード 2 0 8 b により形成された画像 (O C T 画像) を解析し、この O C T 画像の信号レベルを算出する。画像の信号レベルの演算方法としては、公知の任意の手法を用いることが可能である。なお、信号レベルの算出対象となる O C T 画像は、2次元の断層画像であってもよいし、1次元の深度方向の画像 (後述) であってもよい。なお、信号レベルとは、O C T 画像の画像データに含まれる信号成分の強度を意味し、O C T 画像の画像データからノイズ成分 (の少なくとも一部) を除去した後得られる成分の強度である。この信号成分は、眼底 E f の形態を反映した成分である。

40

【 0 1 0 1 】

(信号レベル判断部)

信号レベル判断部 2 3 3 は、信号レベル算出部 2 3 2 により算出された信号レベルの値を所定の閾値と比較して大小関係を判断する。この閾値は、あらかじめ設定され、ハードディスクドライブ 2 0 4 a 等に格納されている。

50

【 0 1 0 2 】

(画像位置特定部)

画像位置特定部 2 3 4 は、信号レベル判断部 2 3 3 により信号レベルが閾値を超えると判断された OCT 画像を解析し、前述のフレームにおける所定の部分画像の位置を求める。この部分画像は、たとえば、眼底 E f の所定の深度位置に相当する画像である。この深度位置として、たとえば、眼底 E f を構成する複数の層（神経繊維層、視細胞層、網膜色素上皮層等）のうち、OCT 画像中において画素値（輝度値等）が最大となる層を用いることができる。

【 0 1 0 3 】

なお、画像位置特定部 2 3 4 により特定される部分画像は、上記のものに限定されるものではなく、眼底 E f を構成する複数の層のうちの任意の層に相当する画像であってもよい。また、眼底 E f の表面に相当する画像領域を上記の部分画像として特定することも可能である。

10

【 0 1 0 4 】

(移動距離算出部)

移動距離算出部 2 3 5 は、画像位置特定部 2 3 4 により特定された部分画像の位置に基づいて、参照ミラー 1 7 4 の移動距離を算出する。

【 0 1 0 5 】

より具体的に説明すると、移動距離算出部 2 3 5 は、まず、画像位置特定部 2 3 4 により得られたフレーム内における部分画像の位置と、フレーム内の特定位置との変位を演算する。この特定位置は、フレーム内の所定の深度位置としてあらかじめ設定されている。また、この特定位置は、OCT 画像を取得するための計測において計測感度が比較的良好なフレーム内の位置に設定される。

20

【 0 1 0 6 】

このフレーム内の特定位置の深度方向（z 方向）の座標値を z_0 とし、部分画像の特定位置の座標値を z とすると、移動距離算出部 2 3 5 は、変位 $z = z - z_0$ を算出する。この手法は、たとえば、部分画像が 1 次元画像である場合や、2 次元の部分画像を構成する各画素の z 座標値が同じ場合などに有効である。

【 0 1 0 7 】

一方、部分画像が 2 次元画像であり、かつ、異なる z 座標値の画素を含む場合においては、上記の手法を適用することは困難である。また、部分画像が複数の 1 次元画像を含んでいる場合においても、上記の手法を適用することは困難である。そこで、これらの場合には、たとえば次のような手法を適用して変位 z を求めることができる。

30

【 0 1 0 8 】

まず、特定された部分画像のうちの特定画素の z 座標値 z_1 を求め、この z 座標値 z_1 を当該部分画像の z 座標値とする。そして、 $z_1 - z_0$ を演算し、この演算結果を変位 z とする。なお、上記の特定画素としては、たとえば、z 座標値が最大の画素や最小の画素、z 座標値が中間（最大と最小の中間）の画素、深度方向に直交する方向において中心となる画素などを用いることができる。

【 0 1 0 9 】

他の手法としては、部分画像を構成する複数の画素の z 座標値の平均値を当該部分画像の z 座標値として定義することも可能である。たとえば、複数の 1 次元画像（後述の深度方向の画像）からなる部分画像を考慮する場合、各 1 次元画像において画素値が最大の画素を特定し、特定された複数の画素の z 座標値の平均値を当該部分画像の z 座標値として定義することができる。

40

【 0 1 1 0 】

以上のようにして変位 z が算出されると、移動距離算出部 2 3 5 は、この変位 z に対応する参照ミラー 1 7 4 の移動距離を算出する。フレーム中における z 方向の距離は、眼底 E f の深度方向（z 方向）の距離にあらかじめ対応付けられている。移動距離算出部 2 3 5 は、このような距離の対応付けに基づいて、フレーム中における変位 z に対応す

50

る眼底 E f の深度方向の距離を算出する。光画像計測装置においては、光カプラ 1 6 2 から参照ミラー 1 7 4 までの光学距離とほぼ同じ眼底 E f の深度位置における画像が取得される。したがって、参照ミラー 1 7 4 の移動距離は、移動距離算出部 2 3 5 により算出された眼底 E f の深度方向の距離と等しくなる。

【 0 1 1 1 】

以上のように動作する画像処理部 2 3 0 は、マイクロプロセッサ 2 0 1、RAM 2 0 2、ROM 2 0 3、ハードディスクドライブ 2 0 4 (制御プログラム 2 0 4 a) 等を含んで構成されている。

【 0 1 1 2 】

(ユーザインターフェイス)

ユーザインターフェイス (User Interface; UI) 2 4 0 には、表示部 2 4 0 A と操作部 2 4 0 B が設けられている。表示部 2 4 0 A は、ディスプレイ 2 0 7 等の表示デバイスにより構成される。また、操作部 2 4 0 B は、キーボード 2 0 5 やマウス 2 0 6 などの入力デバイスや操作デバイスにより構成される。

10

【 0 1 1 3 】

(操作パネル)

眼底カメラユニット 1 A の操作パネル 3 a について説明する。操作パネル 3 a は、たとえば、眼底カメラユニット 1 A の架台 (図示せず) 上に配設されている。

【 0 1 1 4 】

操作パネル 3 a には、眼底 E f の表面の 2 次元画像を取得するための操作指示に使用される操作部と、眼底 E f の断層画像を取得するための操作指示に使用される操作部とが設けられている。

20

【 0 1 1 5 】

このような操作パネル 3 a を設けることにより、従来の眼底カメラを操作するときと同じ要領で、眼底画像 E f の取得のための操作と断層画像の取得のための操作との双方を行うことができる。

【 0 1 1 6 】

操作パネル 3 a には、たとえば、図 6 に示すように、メニュースイッチ 3 0 1、スプリットスイッチ 3 0 2、撮影光量スイッチ 3 0 3、観察光量スイッチ 3 0 4、顎受けスイッチ 3 0 5、撮影スイッチ 3 0 6、ズームスイッチ 3 0 7、画像切替スイッチ 3 0 8、固視標切替スイッチ 3 0 9、固視標位置調整スイッチ 3 1 0、固視標サイズ切替スイッチ 3 1 1 及びモード切替ノブ 3 1 2 が設けられている。

30

【 0 1 1 7 】

メニュースイッチ 3 0 1 は、各種のメニュー (眼底 E f の表面の 2 次元画像や断層画像等を撮影するときの撮影メニュー、各種の設定入力を行うための設定メニューなど) をユーザが選択指定するための所定のメニュー画面を表示させるために操作されるスイッチである。

【 0 1 1 8 】

メニュースイッチ 3 0 1 が操作されると、その操作信号が制御部 2 1 0 に入力される。制御部 2 1 0 は、この操作信号の入力に対応し、タッチパネルモニタ 1 1 或いは表示部 2 4 0 A にメニュー画面を表示させる。なお、眼底カメラユニット 1 A に制御部 (図示せず) を設け、この制御部がメニュー画面をタッチパネルモニタ 1 1 に表示させるようにしてもよい。

40

【 0 1 1 9 】

スプリットスイッチ 3 0 2 は、ピント合わせ用のスプリット輝線 (たとえば特開平 9 - 6 6 0 3 1 等を参照。スプリット視標、スプリットマークなどとも呼ばれる。) の点灯と消灯とを切り替えるために操作されるスイッチである。なお、このスプリット輝線を被検眼 E に投影させるための構成 (スプリット輝線投影部) は、たとえば眼底カメラユニット 1 A 内に格納されている (図 1 において省略されている)。

【 0 1 2 0 】

50

スプリットスイッチ302が操作されると、その操作信号が制御部210（又は眼底カメラユニット1A内の制御部；以下同様）に入力される。制御部210は、この操作信号の入力に対応し、スプリット輝線投影部を制御して被検眼Eにスプリット輝線を投影させる。

【0121】

撮影光量スイッチ303は、被検眼Eの状態（たとえば水晶体の濁り度合い等）などに応じて撮影光源103の出力光量（撮影光量）を調整するために操作されるスイッチである。この撮影光量スイッチ303には、たとえば、撮影光量を増大させるための撮影光量増大スイッチ「+」と、撮影光量を減少させるための撮影光量減少スイッチ「-」と、撮影光量を所定の初期値（デフォルト値）に設定するためのリセットスイッチ（中央のボタン）とが設けられている。

10

【0122】

撮影光量スイッチ303の1つが操作されると、その操作信号が制御部210に入力される。制御部210は、入力された操作信号に応じて撮影光源103を制御して撮影光量を調整する。

【0123】

観察光量スイッチ304は、観察光源101の出力光量（観察光量）を調整するために操作されるスイッチである。この観察光量スイッチ304には、たとえば、観察光量を増大させるための観察光量増大スイッチ「+」と、観察光量を減少させるための観察光量減少スイッチ「-」とが設けられている。

20

【0124】

観察光量スイッチ304の1つが操作されると、その操作信号が制御部210に入力される。制御部210は、入力された操作信号に応じて観察光源101を制御して観察光量を調整する。

【0125】

顎受けスイッチ305は、眼底カメラユニット1Aの顎受け（図示せず）の位置を移動させるためのスイッチである。顎受けスイッチ305には、たとえば、顎受けを上方に移動させるための上方移動スイッチ（上向き三角形）と、顎受けを下方に移動させるための下方移動スイッチ（下向き三角形）とが設けられている。

30

【0126】

顎受けスイッチ305の1つが操作されると、その操作信号が制御部210に入力される。制御部210は、入力された操作信号に応じて顎受け移動機構（図示せず）を制御して、顎受けを上方又は下方に移動させる。

【0127】

撮影スイッチ306は、眼底Efの表面の2次元画像或いは眼底Efの断層画像を取得するためのトリガスイッチとして使用されるスイッチである。

【0128】

2次元画像を撮影するメニューが選択されているときに撮影スイッチ306が操作されると、その操作信号を受けた制御部210は、撮影光源103を制御して撮影照明光を出力させるとともに、その眼底反射光を検出した撮像装置10から出力される映像信号に基づいて、表示部240Aやタッチパネルモニタ11に眼底Efの表面の2次元画像を表示させる。

40

【0129】

一方、断層画像を取得するメニューが選択されているときに撮影スイッチ306が操作されると、その操作信号を受けた制御部210は、低コヒーレンス光源160を制御して低コヒーレンス光L0を出力させ、ガルバノミラー141A、141Bを制御して信号光LSを走査させるとともに、干渉光LCを検出したCCD184から出力される検出信号に基づいて画像形成部220（及び画像処理部230）が形成した眼底Efの断層画像を表示部240A或いはタッチパネルモニタ11に表示させる。

【0130】

50

ズームスイッチ307は、眼底E fの撮影時の画角（ズーム倍率）を変更するために操作されるスイッチである。ズームスイッチ307を操作する度毎に、たとえば撮影画角45度と22.5度とが交互に設定されるようになっている。

【0131】

ズームスイッチ307が操作されると、その操作信号を受けた制御部210は、図示しない変倍レンズ駆動機構を制御し、変倍レンズ124を光軸方向に移動させて撮影画角を変更する。

【0132】

画像切替スイッチ308は、表示画像を切り替えるために操作されるスイッチである。表示部240Aまたはタッチパネルモニタ11に眼底観察画像（撮像装置12からの映像信号に基づく眼底E fの表面の2次元画像）が表示されているときに画像切替スイッチ308が操作されると、その操作信号を受けた制御部210は、眼底E fの断層画像を表示部240Aまたはタッチパネルモニタ11に表示させる。

10

【0133】

一方、眼底の断層画像が表示部240Aまたはタッチパネルモニタ11に表示されているときに画像切替スイッチ308が操作されると、その操作信号を受けた制御部210は、眼底観察画像を表示部240Aまたはタッチパネルモニタ11に表示させる。

【0134】

固視標切替スイッチ309は、LCD140による内部固視標の表示位置（つまり眼底E fにおける内部固視標の投影位置）を切り替えるために操作されるスイッチである。この固視標切替スイッチ309を操作することにより、たとえば、内部固視標の表示位置を「眼底中心の周辺領域の画像を取得するための固視位置（眼底中心撮影用固視位置）」と、「黄斑の周辺領域の画像を取得するための固視位置（黄斑撮影用固視位置）」と、「視神経乳頭の周辺領域の画像を取得するための固視位置（視神経乳頭撮影用固視位置）」との間で巡回的に内部固視標の表示位置が切り替えられるようになっている。

20

【0135】

制御部210は、固視標切替スイッチ309からの操作信号に対応し、LCD140の表示面上の異なる位置に内部固視標を表示させる。なお、上記3つの固視位置に対応する内部固視標の表示位置は、たとえば臨床データに基づいてあらかじめ設定することもできるし、各被検眼毎に又は各画像撮影毎に事前に設定するように構成することもできる。

30

【0136】

固視標位置調整スイッチ310は、内部固視標の表示位置を調整するために操作されるスイッチである。固視標位置調整スイッチ310には、たとえば、内部固視標の表示位置を上方に移動させるための上方移動スイッチと、下方に移動させるための下方移動スイッチと、左方に移動させるための左方移動スイッチと、右方に移動させるための右方移動スイッチと、所定の初期位置（デフォルト位置）に移動させるためのリセットスイッチとが設けられている。

【0137】

制御部210は、固視標位置調整スイッチ310のいずれかのスイッチからの操作信号を受けると、この操作信号に応じてLCD140を制御することにより内部固視標の表示位置を移動させる。

40

【0138】

固視標サイズ切替スイッチ311は、内部固視標のサイズを変更するために操作されるスイッチである。この固視標サイズ切替スイッチ311が操作されると、その操作信号を受けた制御部210は、LCD140に表示させる内部固視標の表示サイズを変更する。内部固視標の表示サイズは、たとえば「通常サイズ」と「拡大サイズ」とに交互に切り替えられるようになっている。それにより、眼底E fに投影される固視標の投影像のサイズが変更される。制御部210は、固視標サイズ切替スイッチ311からの操作信号を受けると、この操作信号に応じてLCD140を制御することにより内部固視標の表示サイズを変更させる。

50

【 0 1 3 9 】

モード切替ノブ312は、各種の撮影モードを選択するために回転操作されるノブである。撮影モードとしては、たとえば、眼底E fの2次元画像を撮影するための眼底撮影モード、信号光L SのBスキャンを行うためのBスキャンモード、信号光L Sを3次元的にスキャンさせるための3次元スキャンモードなどがある。また、モード切替ノブ312は、取得された眼底E fの2次元画像や断層画像を再生表示させるための再生モードを選択できるようになっていてもよい。また、信号光L Sのスキャンの直後に眼底撮影を行うように制御する撮影モードを選択できるようにしてもよい。これらの各モードに対応する動作を眼底観察装置1に実行させるための装置各部の制御は、制御部210が行う。

【 0 1 4 0 】

以下、制御部210による信号光L Sの走査の制御態様について説明するとともに、画像形成部220及び画像処理部230によるOCTユニット150からの検出信号に対する処理の態様について説明する。なお、眼底カメラユニット1Aからの映像信号に対する画像形成部220等の処理については、従来と同様に実行されるので説明は省略することにする。

【 0 1 4 1 】

〔信号光の走査について〕

信号光L Sの走査は、前述のように、眼底カメラユニット1Aの走査ユニット141のガルバノミラー141A、141Bの位置（反射面の向き）を変更することにより行われる。制御部210は、ミラー駆動機構241、242をそれぞれ制御してガルバノミラー141A、141Bの反射面の向きをそれぞれ変更することにより、眼底E fにおける信号光L Sの照射位置を走査する。

【 0 1 4 2 】

ガルバノミラー141Aの反射面の向きが変更されると、信号光L Sは、眼底E f上において水平方向（図1のx方向）に走査される。一方、ガルバノミラー141Aの反射面の向きが変更されると、信号光L Sは、眼底E f上において垂直方向（図1のy方向）に走査される。また、ガルバノミラー141A、141Bの双方の反射面の向きを同時に変更させることにより、x方向とy方向とを合成した方向に信号光L Sを走査することができる。すなわち、これら2つのガルバノミラー141A、141Bを制御することにより、xy平面上の任意の方向に信号光L Sを走査することができる。

【 0 1 4 3 】

図8は、眼底E fの画像を形成するための信号光L Sの走査態様の一例を表している。図8(A)は、信号光L Sが被検眼Eに入射する方向から眼底E fを見た（つまり図1の-z方向から+z方向を見た）ときの、信号光L Sの走査態様の一例を表す。また、図8(B)は、眼底E f上の各走査線における走査点（画像計測を行う位置；信号光L Sの照射位置）の配列態様の一例を表す。

【 0 1 4 4 】

図8(A)に示すように、信号光L Sは、あらかじめ設定された矩形の走査領域R内を走査される。この走査領域R内には、x方向に複数(m本)の走査線R1~Rmが設定されている。各走査線Ri(i=1~m)に沿って信号光L Sが走査されるときに、干渉光LCの検出信号が生成されるようになっている。

【 0 1 4 5 】

ここで、各走査線Riの方向を「主走査方向」と呼び、それに直交する方向を「副走査方向」と呼ぶことにする。したがって、信号光L Sの主走査方向への走査は、ガルバノミラー141Aの反射面の向きを変更することにより実行され、副走査方向への走査は、ガルバノミラー141Bの反射面の向きを変更することによって実行される。

【 0 1 4 6 】

各走査線Ri上には、図8(B)に示すように、複数(n個)の走査点Ri1~Rinがあらかじめ設定されている。

【 0 1 4 7 】

10

20

30

40

50

図 8 に示す走査を実行するために、制御部 210 は、まず、ガルバノミラー 141A、141B を制御し、眼底 Ef に対する信号光 LS の入射目標を第 1 の走査線 R1 上の走査開始位置 RS (走査点 R11) に設定する。続いて、制御部 210 は、低コヒーレンス光源 160 を制御し、低コヒーレンス光 L0 をフラッシュ発光させて、走査開始位置 RS に信号光 LS を入射させる。CCD184 は、この信号光 LS の走査開始位置 RS における眼底反射光に基づく干渉光 LC を受光し、検出信号を制御部 210 に出力する。

【0148】

次に、制御部 210 は、ガルバノミラー 141A を制御することにより、信号光 LS を主走査方向に走査して、その入射目標を走査点 R12 に設定し、低コヒーレンス光 L0 をフラッシュ発光させて走査点 R12 に信号光 LS を入射させる。CCD184 は、この信号光 LS の走査点 R12 における眼底反射光に基づく干渉光 LC を受光し、検出信号を制御部 210 に出力する。

10

【0149】

制御部 210 は、同様にして、信号光 LS の入射目標を走査点 R13、R14、・・・、R1(n-1)、R1n と順次移動させつつ、各走査点において低コヒーレンス光 L0 をフラッシュ発光させることにより、各走査点ごとの干渉光 LC に対応して CCD184 から出力される検出信号を取得する。

【0150】

第 1 の走査線 R1 の最後の走査点 R1n における計測が終了したら、制御部 210 は、ガルバノミラー 141A、141B を同時に制御して、信号光 LS の入射目標を、線換え走査 r に沿って第 2 の走査線 R2 の最初の走査点 R21 まで移動させる。そして、この第 2 の走査線 R2 の各走査点 R2j (j = 1 ~ n) について前述の計測を行うことで、各走査点 R2j に対応する検出信号をそれぞれ取得する。

20

【0151】

同様に、第 3 の走査線 R3、・・・、第 m-1 の走査線 R(m-1)、第 m の走査線 Rm のそれぞれについて計測を行い、各走査点に対応する検出信号を取得する。なお、走査線 Rm 上の符号 RE は、走査点 Rmn に対応する走査終了位置である。

【0152】

それにより、制御部 210 は、走査領域 R 内の m × n 個の走査点 Rij (i = 1 ~ m、j = 1 ~ n) に対応する m × n 個の検出信号を取得する。以下、走査点 Rij に対応する検出信号を Dij と表すことがある。

30

【0153】

以上のような走査点の移動と低コヒーレンス光 L0 の出力との連動制御は、たとえば、ミラー駆動機構 241、242 に対する制御信号の送信タイミングと、低コヒーレンス光源 160 に対する制御信号(出力要求信号)の送信タイミングとを互いに同期させることによって実現することができる。

【0154】

制御部 210 は、上述のように各ガルバノミラー 141A、141B を動作させるときに、その動作内容を示す情報として各走査線 Ri の位置や各走査点 Rij の位置(x y 座標系における座標)を記憶しておくようになっている。この記憶内容(走査点座標情報)は、従来と同様に画像形成処理において用いられる。

40

【0155】

〔画像処理について〕

次に、画像形成部 220 及び画像処理部 230 による OCT 画像(眼底 Ef の断層画像)に関する処理の一例を説明する。

【0156】

画像形成部 220 は、各走査線 Ri (主走査方向)に沿った眼底 Ef の断層画像の形成処理を実行する。また、画像処理部 230 は、画像形成部 220 により形成された断層画像に基づく眼底 Ef の 3次元画像の形成処理などを実行する。

【0157】

50

画像形成部 220 による断層画像の形成処理は、従来と同様に、2 段階の演算処理を含んで構成される。第 1 段階の演算処理においては、各走査点 R_{ij} に対応する検出信号 D_{ij} に基づいて、その走査点 R_{ij} における眼底 E_f の深度方向（図 1 に示す z 方向）の画像を形成する。

【0158】

図 9 は、画像形成部 220 により形成される断層画像（群）の態様を表している。第 2 段階の演算処理においては、各走査線 R_i について、その上の n 個の走査点 $R_{i1} \sim R_{in}$ における深度方向の画像に基づき、この走査線 R_i に沿った眼底 E_f の断層画像 G_i を形成する。このとき、画像形成部 220 は、各走査点 $R_{i1} \sim R_{in}$ の位置情報（前述の走査点座標情報）を参照して各走査点 $R_{i1} \sim R_{in}$ の配列及び間隔を決定して、この走査線 R_i を形成するようになっている。

10

【0159】

以上の処理により、副走査方向（ y 方向）の異なる位置における m 個の断層画像（断層画像群） $G_1 \sim G_m$ が得られる。

【0160】

次に、画像処理部 230 による眼底 E_f の 3 次元画像の形成処理について説明する。眼底 E_f の 3 次元画像は、上記の演算処理により得られた m 個の断層画像に基づいて形成される。画像処理部 230 は、隣接する断層画像 G_i 、 $G(i+1)$ の間の画像を補間する公知の補間処理を行うなどして、眼底 E_f の 3 次元画像を形成するようになっている。

【0161】

20

このとき、画像処理部 230 は、各走査線 R_i の位置情報を参照して各走査線 R_i の配列及び間隔を決定し、この 3 次元画像を形成するようになっている。この 3 次元画像には、各走査点 R_{ij} の位置情報（前述の走査点座標情報）と、深度方向の画像における z 座標とに基づいて、3 次元座標系（ x 、 y 、 z ）が設定される。

【0162】

また、画像処理部 230 は、この 3 次元画像に基づいて、主走査方向（ x 方向）以外の任意方向の断面における眼底 E_f の断層画像を形成することができる。断面が指定されると、画像処理部 230 は、この指定断面上の各走査点（及び / 又は補間された深度方向の画像）の位置を特定し、各特定位置における深度方向の画像（及び / 又は補間された深度方向の画像）を 3 次元画像から抽出し、抽出された複数の深度方向の画像を配列させることにより当該指定断面における眼底 E_f の断層画像を形成する。

30

【0163】

なお、図 9 に示す画像 G_{mj} は、走査線 R_m 上の走査点 R_{mj} における深度方向（ z 方向）の画像を表している。同様に、前述の第 1 段階の演算処理において形成される、各走査線 R_i 上の各走査点 R_{ij} における深度方向の画像を「画像 G_{ij} 」と表す。

【0164】

[使用形態]

以上のような構成を有する眼底観察装置 1 の使用形態について説明する。図 10 に示すフローチャートは、眼底観察装置 1 の使用形態の一例を表している。このフローチャートに示す使用形態は、眼底 E_f の深度方向における計測位置の位置合わせの自動化を図るものである。

40

【0165】

（ステップ 1）

まず、制御部 210 は、参照ミラー駆動機構 243 を制御して、参照ミラー 174 を所定の初期位置に配置させる（S1）。この初期位置はあらかじめ設定されている。この実施形態においては、参照光 L_R の光路長が最短になる位置に参照ミラー 174 を移動させる。すなわち、参照ミラー 174 の移動可能範囲において最も光カプラ 162 側の位置に参照ミラー 174 を配置させる。

【0166】

（ステップ 2）

50

次に、OCT画像を取得するための計測を行う(S2)。この処理の具体例を以下に説明する。まず、制御部210は、低コヒーレンス光源160を制御して低コヒーレンス光L0を出力させるとともに、ミラー駆動機構241、242を制御して信号光LSを走査する。参照ミラー174を経由した参照光LRと眼底Efを経由した信号光LSは、光カプラ162により重畳されて干渉光LCを生成する。干渉光LCは、回折格子182により分光され、各スペクトルがCCD184により検出される。CCD184は、検出信号を演算制御装置200に送る。このような処理をたとえば一つの走査線Riについて行う(つまりn個の走査点Ri1~Rinについて当該処理を行う。)

【0167】

(ステップ3)

続いて、画像形成部220は、CCD184から入力される検出信号に基づいてOCT画像を形成する(S3)。このとき、たとえば次のような処理を行うことにより処理時間の短縮を図ることが可能である。

【0168】

まず、画像形成部220は、CCD184から入力されたn個の検出信号から、所定個数の走査点における検出信号を取り出す。なお、取り出される検出信号の数はあらかじめ決定されており、たとえば10個程度に設定されている。

【0169】

更に、画像形成部220は、取り出された各検出信号に基づいて深度方向の画像Gij(OCT画像)を形成する。それにより、所定個数の深度方向の画像が得られる。

【0170】

(ステップ4)

次に、信号レベル算出部232は、画像形成部220により形成されたOCT画像の信号レベルを算出する(S4)。このとき、信号レベル算出部232は、たとえば、ステップ3で形成された各深度方向の画像の信号レベルを算出する。

【0171】

(ステップ5)

次に、信号レベル判断部233は、信号レベル算出部232により算出された信号レベルが閾値を超えるか判断する(S5)。このとき、信号レベル判断部233は、たとえば、ステップ4で算出された各深度方向の画像の信号レベルについて閾値を超えるか判断し、全ての深度方向の画像の信号レベルが閾値を超えるとときに「Y」と判断する。なお、複数の深度方向の画像のうちの所定個数の信号レベルが閾値を超えたときに「Y」と判断するようにしてもよい。

【0172】

ここで、信号レベルが閾値を超えることは、当該OCT画像のフレーム内に眼底Efの断層画像が含まれていることに相当するものとする。一方、信号レベルが閾値以下であることは、当該OCT画像のフレーム内に眼底Efの画像が含まれていないことを意味するものとする。なお、当該OCT画像のフレーム内に眼底Efの断層画像が含まれている場合であっても、この断層画像がフレーム内の好適な位置(たとえば計測感度が良好な位置)に配置されているか否かは、この段階では不明である。

【0173】

(ステップ6)

ステップ5において信号レベルが閾値以下であると判断された場合(S5;N)、制御部210は、参照ミラー駆動機構243を制御し、参照ミラー174を特定距離だけ移動させる(S6)。この特定距離はあらかじめ設定されている。

【0174】

この実施形態においては、参照光LRの光路長が最短になる位置が参照ミラー174の初期位置であるので(ステップ1参照)、参照光LRの光路長が特定距離だけ長くなるように参照ミラー174が移動される。

【0175】

10

20

30

40

50

参照ミラー 174 が特定距離だけ移動されると、ステップ S 2 に戻り、ステップ 5 までの処理を再度実行する。それにより、ステップ 5 の判断結果が「Y」となるまで、ステップ 2 ~ ステップ 5 の処理が繰り返される。換言すると、OCT 画像のフレーム内に眼底 E f の断層画像が現れるまで、参照光 L R の光路長を特定距離ずつ変更するように作用する。

【0176】

(ステップ 7)

ステップ 5 において信号レベルが閾値を超えると判断された場合 (S 5 ; Y)、画像位置特定部 234 は、各 OCT 画像中の所定の部分画像のフレーム内における位置を特定する (S 7)。

10

【0177】

(ステップ 8)

続いて、移動距離算出部 235 は、ステップ 7 で特定された部分画像のフレーム内における位置に基づいて、参照ミラー 174 の移動距離を算出する (S 8)。

【0178】

(ステップ 9)

制御部 210 は、ステップ 8 で算出された移動距離だけ参照ミラー 174 を移動させる (S 9)。それにより、当該部分画像に相当する眼底 E f の深度位置と、フレーム内の特定位置とが一致することとなる。

20

【0179】

(ステップ 10)

ステップ 9 の参照ミラー 174 の移動が終了したら、制御部 210 は、低コヒーレンス光源 160 やミラー駆動機構 241、242 等を制御して、眼底 E f の OCT 画像 (断層画像) の計測を行う (S 10)。ステップ 1 ~ ステップ 9 の処理は、眼底 E f の OCT 画像を取得するための準備であり、ステップ 10 が OCT 画像の本計測である。以上で、この実施形態に係る使用形態の説明を終了する。

【0180】

[具体例]

以上に説明した眼底観察装置 1 の使用形態について、図 11 ~ 図 13 を参照しつつ具体例を説明する。

30

【0181】

上記の使用形態のステップ 5 の判断結果が「N」である場合に OCT 画像を取得すると、図 11 に示すような OCT 画像 H 1 が得られる。この OCT 画像 H 1 はフレーム F 内に形成されるが、フレーム F 内には眼底 E f の断層画像が含まれていない。この場合、参照ミラー 174 の位置に対応する深度位置が硝子体内に存在するために、眼底 E f の断層画像がフレーム F 内に現れてこない。

【0182】

なお、図 11 中の符号 F 0 は、参照ミラー 174 の移動距離の算出処理において説明したフレーム F 内の特定位置を表している。図 11 に示すフレーム F においては、z 座標値の小さい側 (つまり図 11 の紙面上方) における計測感度が良好である。これは、ステップ 1 で説明したように、参照ミラー 174 の初期位置が z 座標値の小さい側に対応しているからである。

40

【0183】

ステップ 5 の判断結果が「Y」である場合に OCT 画像を取得すると、図 12 に示すような OCT 画像 H 2 が得られる。この OCT 画像 H 2 は、フレーム F 内に形成され、フレーム F 内の z 座標値の大きい側 (つまり図 12 の紙面下方) の領域に眼底 E f の断層画像を含んでいる。なお、図 12 中の符号 h は、前述した画素値が最大の部分画像に相当する眼底 E f の層を表している。

【0184】

図 12 に示す OCT 画像 H 2 は、眼底 E f の断層画像を含んではいるが、この断層画像

50

は、計測感度が良好でないフレーム F 内の領域に表示されている。上記の使用形態では、ステップ 7 ~ ステップ 9 の処理により、計測感度が良好なフレーム F 内の領域に断層画像を表示させるようになっている。

【 0 1 8 5 】

すなわち、ステップ 7 において、OCT 画像 H 2 の層 h に相当する部分画像のフレーム F 内における位置を特定し、ステップ 8 において、この層 h の z 座標値と特定位置 F 0 の z 座標値との変位を算出して参照ミラー 1 7 4 の移動距離を求める。そして、ステップ 9 において、この移動距離だけ参照ミラー 1 7 4 を移動させる。

【 0 1 8 6 】

このような処理を行うことにより、図 1 3 に示す OCT 画像 H 3 のように、フレーム F 内の特定位置 F 0 に層 h が配置されるようにして眼底 E f の断層画像が表示される。特定位置 F 0 は、前述のように、計測感度が良好なフレーム F 内の位置に設定されている。したがって、OCT 画像 H 3 における断層画像は、図 1 2 の OCT 画像 H 2 中の断層画像と比較して明瞭に表示される。

【 0 1 8 7 】

[作用・効果]

以上のような眼底観察装置 1 の作用及び効果について説明する。

【 0 1 8 8 】

眼底観察装置 1 は、眼底 E f の断層画像等の OCT 画像を計測可能な光画像計測装置として作用するものであり、形成された OCT 画像の信号レベルを算出し、この信号レベルが閾値を超えるか判断するとともに、信号レベルが閾値を超えると判断されるように参照ミラー 1 7 4 の位置を変更するように構成されている。

【 0 1 8 9 】

この眼底観察装置 1 によれば、形成される OCT 画像の信号レベルが閾値よりも大きくなるように参照ミラー 1 7 4 の位置を変更するように作用するので、眼底 E f の断層画像をフレーム内に含むような OCT 画像を自動的に取得することができる。このように、眼底観察装置 1 によれば、眼底 E f (被測定物体) の深度方向における計測位置の位置合わせを容易に行うことが可能である。

【 0 1 9 0 】

特に、眼底観察装置 1 は、フレーム内に眼底 E f の断層画像が現れるまで参照光 L R の光路長を初期位置から特定距離ずつ順次に変更することにより、信号レベルが閾値を超える参照ミラー 1 7 4 の位置を探索するように構成されているので、眼底 E f の深度方向における好適な計測位置を確実に求めることができる。

【 0 1 9 1 】

更に、眼底観察装置 1 は、信号レベルが閾値を超えると判断された画像の所定の部分画像がフレーム内の特定位置に配置されるように参照ミラー 1 7 4 の位置を変更するように構成されているので、フレーム内の特定位置の近傍領域に眼底 E f の断層画像が配置された OCT 画像を容易に取得することができる。OCT 画像の計測において計測感度が良好な位置を当該特定位置として設定することにより、眼底 E f の明瞭な断層画像を容易に取得することができる。

【 0 1 9 2 】

以上の作用及び効果は、初期段階においてフレーム内に眼底 E f の断層画像が含まれない場合に対応するものである。一方、初期段階の OCT 画像のフレーム内に眼底 E f の断層画像が含まれている場合など、フレーム内に眼底 E f の断層画像が含まれている場合においては、眼底観察装置 1 は、次のような特徴を有する。すなわち、眼底観察装置 1 は、眼底 E f の所定深度位置に相当する部分画像がフレーム内の特定位置に配置されるように参照光ミラーの位置を変更するように機能する。このような眼底観察装置 1 によれば、フレーム内の特定位置の近傍領域に眼底 E f の断層画像が配置された OCT 画像を容易に取得できるので、眼底 E f の深度方向における計測位置の位置合わせを容易に行うことが可能である。

10

20

30

40

50

【 0 1 9 3 】

[変形例]

以上に説明した構成は、この発明に係る光画像計測装置を好適に実施するための一例に過ぎないものである。したがって、この発明の要旨の範囲内における任意の変形を適宜に施すことが可能である。

【 0 1 9 4 】

たとえば、上記の実施形態においては、参照ミラー 174 の位置を変更することにより信号光の光路と参照光の光路との差（光路長差）を変更しているが、光路長差を変更する手法はこれに限定されるものではない。たとえば、被検眼 E に対して眼底カメラユニット 1A 及び OCT ユニット 150 を一体的に移動させて信号光 LS の光路長を変更することにより光路長差を変更することができる。また、被測定物体を深度方向（z 方向）に移動させることにより光路長差を変更することもできる。一般に、この発明における「変更手段」としては、信号光と参照光との光路長差を変更する任意の構成を適用することが可能である。

10

【 0 1 9 5 】

また、上記の実施形態においては、参照光の光路長が最も短い状態を初期状態として信号レベルが閾値を超える状態を探索しているが、たとえば参照光の光路長が最も長い状態などの任意の状態を初期状態として目的の状態を探索するように構成することが可能である。

【 0 1 9 6 】

また、上記の実施形態においては、参照光の光路長を段階的に長くしながら信号レベルが閾値を超える状態を探索しているが、参照光の光路長を段階的に短くしつつ目的の状態を探索するように構成することも可能である。更に、参照光の光路長を長くしたり短くしたりしながら目的の状態まで追い込むように構成することもできる。また、参照光の光路長を変更する代わりに、信号光の光路長を段階的に長く（又は短く）しつつ目的の状態を探索したり、信号光の光路長を長くしたり短くしたりしながら目的の状態まで追い込むように構成することも可能である。

20

【 0 1 9 7 】

また、上記の実施形態においては、OCT 画像の信号レベルに基づいてフレーム内における被測定物体の画像の位置を判断しているが、信号レベル対ノイズレベル比（S/N 比）に基づいて画像の位置の判断を行うように構成することも可能である。

30

【 0 1 9 8 】

OCT 画像の S/N 比の演算は、解析部 231（解析手段）が行う。また、S/N 比の演算方法としては、公知の任意の手法を用いることが可能である。また、S/N 比の算出対象となる OCT 画像は、2次元の断層画像であってもよいし、1次元の深度方向の画像であってもよい。

【 0 1 9 9 】

このように S/N 比を考慮することで、画像位置の判断の精度向上を図ることができることがある。特に、被測定物体や装置の状態などにより、OCT 画像に含まれるノイズが多くなる場合や、ノイズを効果的に除去できない場合などには、S/N 比を考慮することが望ましいことがある。

40

【 0 2 0 0 】

上記の実施形態で説明した眼底観察装置は、フーリエドメイン型の光画像計測装置を含んで構成されているが、タイムドメイン（Time Domain）型の光画像計測装置にこの発明の構成を適用することも可能である。なお、タイムドメイン型の光画像計測装置としては、たとえば特開 2005 - 241464 号公報などがある。また、スイプトソース（Swept Source）型など、その他の任意のタイプの光画像計測装置に対してこの発明の構成を適用することも可能である。

【 0 2 0 1 】

[プログラムについて]

50

この発明に係るプログラムについて説明する。上記の実施形態においては、制御プログラム204aがこの発明に係るプログラムに相当している。

【0202】

この発明に係るプログラムは、低コヒーレンス光を出力する光源と、出力された低コヒーレンス光を被測定物体に向かう信号光と参照物体に向かう参照光とに分割し、被測定物体を經由した信号光と参照物体を經由した参照光とを重畳させて干渉光を生成する干渉光生成手段と、信号光と参照光との光路長差を変更する変更手段と、干渉光を検出する検出手段と、その検出結果に基づいて画像を形成する画像形成手段とを有する光画像計測装置を制御するコンピュータプログラムであって、画像形成手段により形成された画像を解析して当該画像の信号レベル又は信号レベル対ノイズレベル比を算出し、算出された信号レベル又は信号レベル対ノイズレベル比が閾値を超えるか判断する解析手段として当該光画像形成装置を機能させるとともに、変更手段を制御し、解析手段により信号レベル又は信号レベル対ノイズレベル比が閾値を超えると判断されるように光路長差を変更させる制御手段として当該光画像形成装置を機能させることを特徴とする。

10

【0203】

このプログラムによれば、画像の信号レベル又は信号レベル対ノイズレベル比が閾値を超えるように信号光と参照光との光路長差を変更させるように構成されているので、被測定物体の画像を含む画像を自動的に取得することができる。それにより、このプログラムによれば、被測定物体の深度方向における計測位置の位置合わせを容易に行うことが可能である。

20

【0204】

また、この発明に係るプログラムは、低コヒーレンス光を出力する光源と、出力された低コヒーレンス光を被測定物体に向かう信号光と参照物体に向かう参照光とに分割し、被測定物体を經由した信号光と参照物体を經由した参照光とを重畳させて干渉光を生成する干渉光生成手段と、信号光と参照光との光路長差を変更する変更手段と、干渉光を検出する検出手段と、その検出結果に基づいて、所定のフレーム内に画像を形成する画像形成手段とを有する光画像計測装置を制御するプログラムであって、変更手段を制御し、画像形成手段により形成された画像における被測定物体の所定深度位置に相当する部分画像がフレーム内の特定位置に配置されるように光路長差を変更させる制御手段として当該光画像形成装置を機能させることを特徴とする。

30

【0205】

このプログラムによれば、被測定物体の所定深度位置に相当する部分画像がフレーム内の特定位置に配置されるように信号光と参照光の光路長差を変更するように構成されているので、フレーム内の特定位置の近傍領域に被測定物体の画像が配置された画像を自動的に取得することができる。それにより、このプログラムによれば、被測定物体の深度方向における計測位置の位置合わせを容易に行うことが可能である。

【0206】

この発明に係るプログラムは、コンピュータのドライブ装置によって読み取り可能な任意の記憶媒体に記憶させることができる。たとえば、光ディスク、光磁気ディスク(CD-ROM/DVD-RAM/DVD-ROM/MO等)、磁気記憶媒体(ハードディスク/フロッピー(登録商標)ディスク/ZIP等)などの記憶媒体を用いることが可能である。また、ハードディスクドライブやメモリ等の記憶装置に記憶させることも可能である。更に、インターネットやLAN等のネットワークを通じてこのプログラムを送信することも可能である。

40

【図面の簡単な説明】

【0207】

【図1】この発明に係る眼底観察装置の好適な実施形態の全体構成の一例を表す概略構成図である。

【図2】この発明に係る眼底観察装置の好適な実施形態における眼底カメラユニットに内蔵される走査ユニットの構成の一例を表す概略構成図である。

50

【図3】この発明に係る眼底観察装置の好適な実施形態におけるOCTユニットの構成の一例を表す概略構成図である。

【図4】この発明に係る眼底観察装置の好適な実施形態における演算制御装置のハードウェア構成の一例を表す概略ブロック図である。

【図5】この発明に係る眼底観察装置の好適な実施形態の制御系の構成の一例を表す概略ブロック図である。

【図6】この発明に係る眼底観察装置の好適な実施形態における操作パネルの外観構成の一例を表す概略図である。

【図7】この発明に係る眼底観察装置の好適な実施形態における演算制御装置の機能的構成の一例を表す概略ブロック図である。

【図8】この発明に係る眼底観察装置の好適な実施形態による信号光の走査態様の一例を表す概略図である。図8(A)は、被検眼に対する信号光の入射側から眼底を見たときの信号光の走査態様の一例を表している。また、図8(B)は、各走査線上の走査点の配列態様の一例を表している。

【図9】この発明に係る眼底観察装置の好適な実施形態による信号光の走査態様、及び、各走査線に沿って形成される断層画像の態様の一例を表す概略図である。

【図10】この発明に係る眼底観察装置の好適な実施形態の使用形態の一例を表すフローチャートである。

【図11】この発明に係る眼底観察装置の好適な実施形態の使用形態の具体例を説明するための概略説明図である。

【図12】この発明に係る眼底観察装置の好適な実施形態の使用形態の具体例を説明するための概略説明図である。

【図13】この発明に係る眼底観察装置の好適な実施形態の使用形態の具体例を説明するための概略説明図である。

【符号の説明】

【0208】

1 眼底観察装置

1 A 眼底カメラユニット

1 4 1 走査ユニット

1 4 1 A、1 4 1 B ガルバノミラー

1 5 0 OCTユニット

1 6 0 低コヒーレンス光源

1 6 2 光カプラ

1 7 4 参照ミラー

1 8 0 スペクトロメータ

1 8 2 回折格子

1 8 4 CCD

2 0 0 演算制御装置

2 0 4 a 制御プログラム

2 1 0 制御部

2 2 0 画像形成部

2 3 0 画像処理部

2 3 1 解析部

2 3 2 信号レベル算出部

2 3 3 信号レベル判断部

2 3 4 画像位置特定部

2 3 5 移動距離算出部

2 4 0 ユーザーインターフェイス

2 4 0 A 表示部

2 4 0 B 操作部

10

20

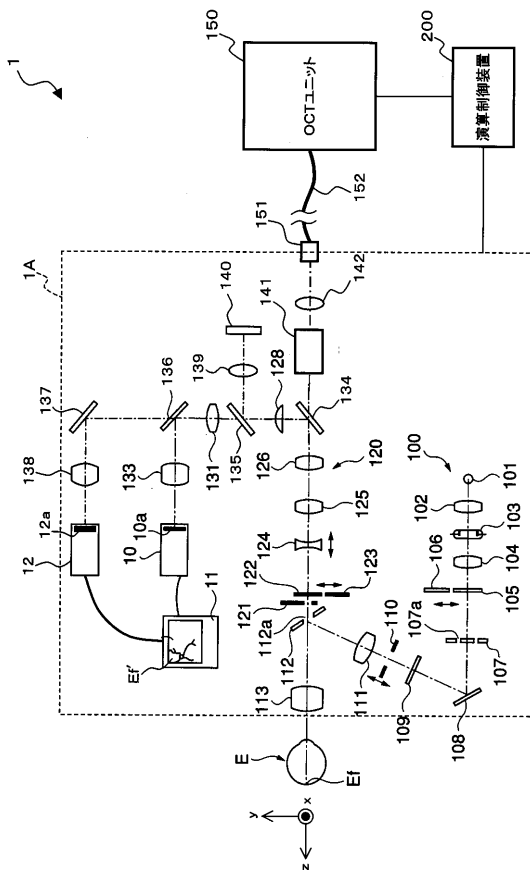
30

40

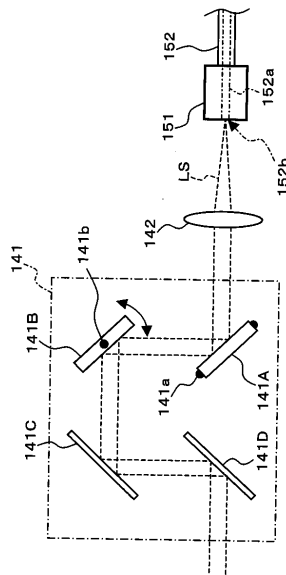
50

- 241、242 ミラー駆動機構
- 243 参照ミラー駆動機構
- G_i ($i = 1 \sim m$) 断層画像
- G_{ij} ($i = 1 \sim m, j = 1 \sim n$) 深度方向の画像
- E 被検眼
- Ef 眼底
- Ef 眼底画像

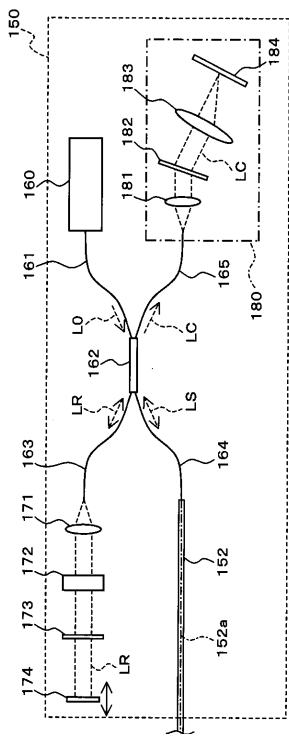
【図1】



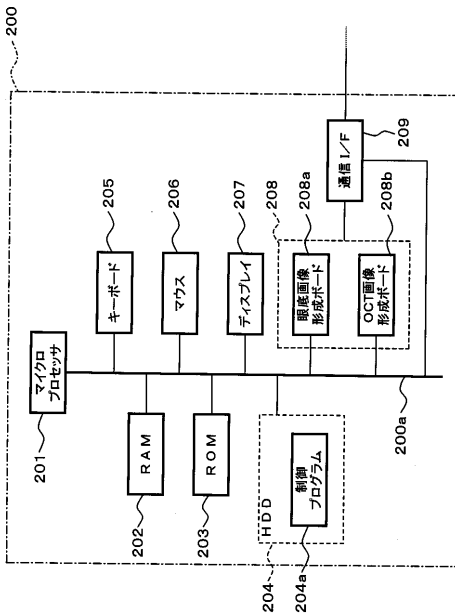
【図2】



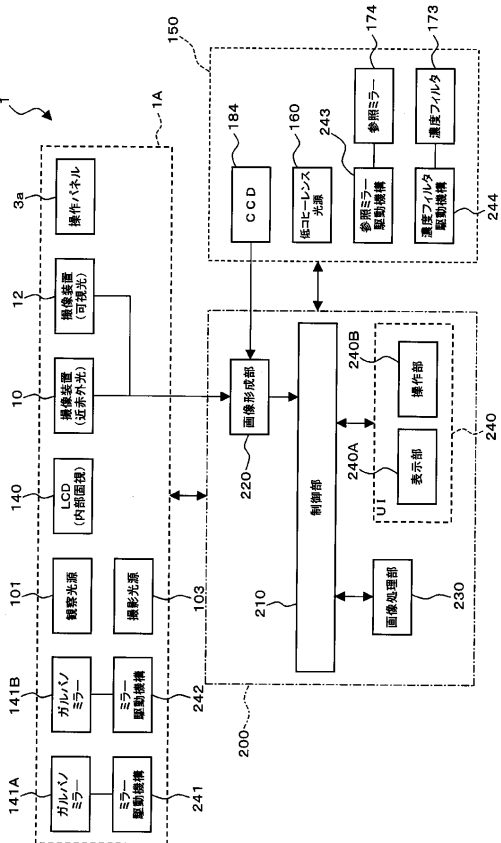
【図3】



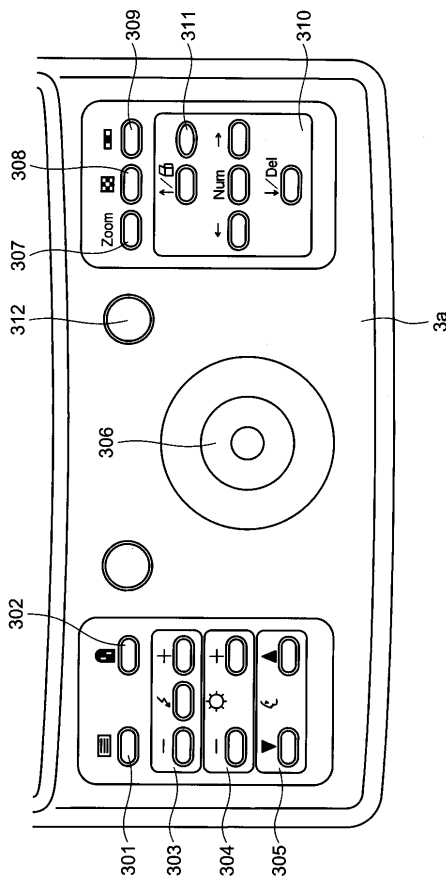
【図4】



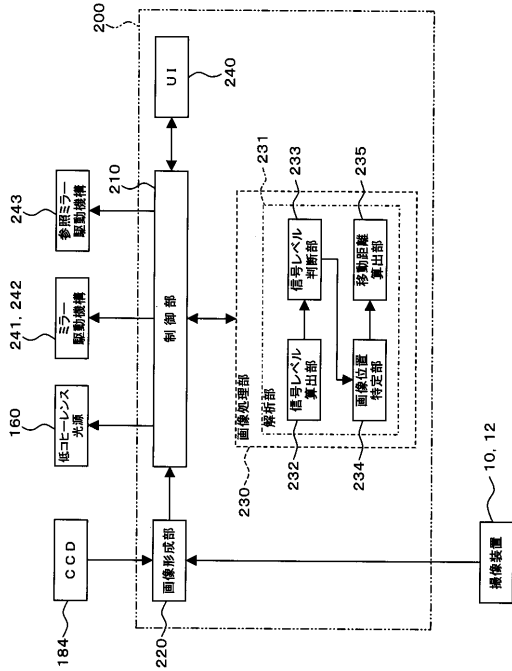
【図5】



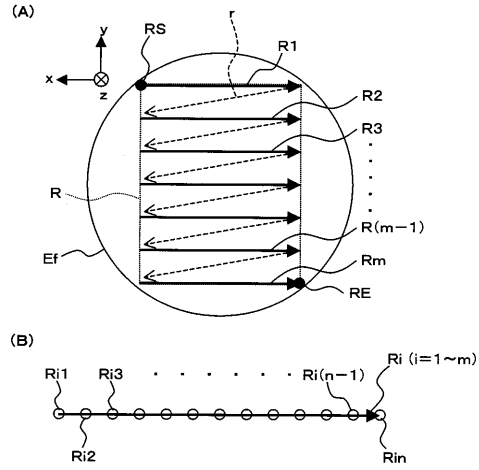
【図6】



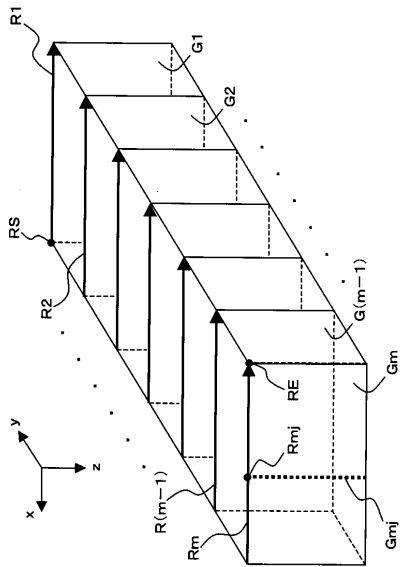
【図7】



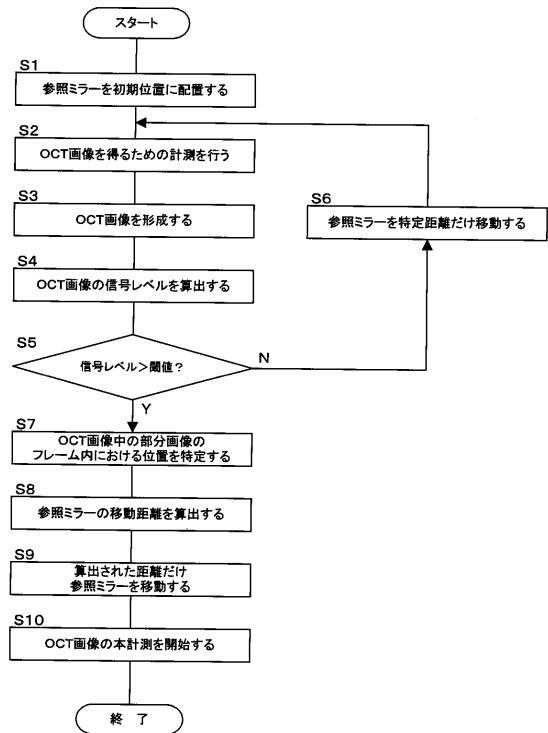
【図8】




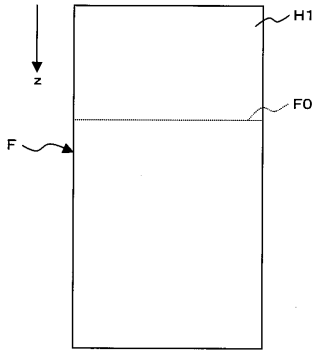
【図9】




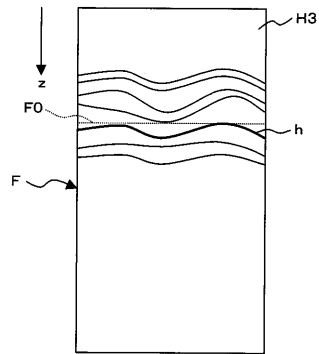
【図10】




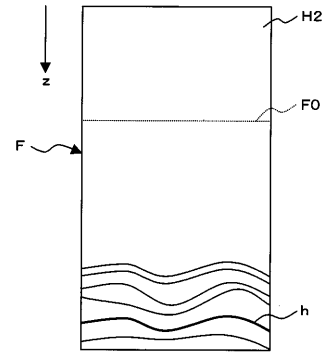
【 1 1】



【 1 3】



【 1 2】



フロントページの続き

- (72)発明者 林 健史
東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社トプコン内
- (72)発明者 塚田 央
東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社トプコン内
- (72)発明者 福間 康文
東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社トプコン内

審査官 宮川 哲伸

- (56)参考文献 特開2006-112864(JP,A)
特開2006-266861(JP,A)
特開2006-122649(JP,A)
特開2006-101927(JP,A)
特開平10-332329(JP,A)
特開2000-2506(JP,A)
特開2007-101250(JP,A)
特表2007-510143(JP,A)
特開2007-117723(JP,A)
特開2007-212467(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 3/00 - 3/18
G01N 21/17
G01B 11/24