

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5415812号  
(P5415812)

(45) 発行日 平成26年2月12日(2014.2.12)

(24) 登録日 平成25年11月22日(2013.11.22)

(51) Int.Cl.

G 0 1 N 21/17 (2006.01)  
A 6 1 B 3/12 (2006.01)

F 1

G 0 1 N 21/17 6 3 O  
A 6 1 B 3/12 E

請求項の数 2 (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2009-101176 (P2009-101176)  
 (22) 出願日 平成21年4月17日 (2009.4.17)  
 (65) 公開番号 特開2010-249740 (P2010-249740A)  
 (43) 公開日 平成22年11月4日 (2010.11.4)  
 審査請求日 平成24年4月12日 (2012.4.12)

(73) 特許権者 000220343  
 株式会社トプコン  
 東京都板橋区蓮沼町75番1号  
 (74) 代理人 110000866  
 特許業務法人三澤特許事務所  
 (72) 発明者 渋谷 雅博  
 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 横尾 雅一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光画像計測装置及びその制御方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

光源からの光を信号光と参照光とに分割し、ガルバノミラーの向きを変更し被測定物体に対する前記信号光の照射位置を変更しながら前記被測定物体に対して前記信号光を走査し、前記被測定物体で反射した前記信号光と参照光路を経由した前記参照光とを重畠させて干渉光を生成し、前記干渉光を検出する干渉光検出手段と、

前記干渉光検出手段による1フレーム分の走査において得られた検出結果から前記被測定物体の断層画像を形成する断層画像形成手段と、

を備えた光画像計測装置であって、

前記形成された断層画像に描出されている前記被測定物体の位置を基に前記断層画像の異常を検出する異常検出手段をさらに備え、

前記断層画像形成手段は、前記干渉光検出手段による1フレーム分の前記干渉光の検出結果が得られる毎に順次断層画像を形成し、

前記異常検出手段は、所定フレーム分の前記断層画像が得られる度毎に前記異常検出を行い、

前記異常が検出されたときに、走査位置に対応した走査情報を保持し、前記干渉光検出手段は、前記ガルバノミラーの向きの変更を停止した後、前記走査情報を用いて前記停止した前記向きから前記干渉光の検出を再度開始する、

ことを特徴とする光画像計測装置。

## 【請求項 2】

10

20

光源からの光を信号光と参照光とに分割し、ガルバノミラーの向きを変更し被測定物体に対する前記信号光の照射位置を変更しながら前記被測定物体に対して前記信号光を走査し、前記被測定物体で反射した前記信号光と参照光路を経由した前記参照光とを重畠させて干渉光を生成し、前記干渉光を検出する干渉光検出手段と、

前記干渉光検出手段による1フレーム分の走査によって得られた検出結果から前記被測定物体の断層画像を形成する断層画像形成手段と、

前記形成された断層画像に描出されている前記被測定物体の位置を基に前記断層画像の異常を検出する異常検出手段と、

を備えた光画像計測装置の制御方法であって、

前記干渉光の検出を行う検出段階と、

10

前記フレーム単位で前記断層画像の形成を行う断層画像形成段階と、

所定フレーム分の前記断層画像が得られる度毎に前記異常の検出を行う異常検出段階と

、

前記異常が検出された場合、

走査位置に対応した走査情報を保持する段階と、

前記ガルバノミラーの駆動を停止するガルバノミラー停止段階と、

前記走査情報を用いて、停止した前記ガルバノミラーの前記向きから前記検出段階を開する段階と、

を有することを特徴とする光画像計測装置の制御方法。

#### 【発明の詳細な説明】

20

#### 【技術分野】

#### 【0001】

この発明は、被測定物体を光ビームで走査し、その反射光の干渉を用いて被測定物体の画像を形成する光画像計測装置及びその制御方法に関する。

#### 【背景技術】

#### 【0002】

近年、レーザー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、特に医用分野における応用の展開が期待されている。

30

#### 【0003】

特許文献1には、光画像計測技術を適用した装置が開示されている。この装置は、測定腕が回転式転向鏡（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である。

#### 【0004】

特許文献1の光画像計測装置は、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、その反射光と参照光との干渉光のスペクトル強度分布を求め、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。

40

#### 【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、深度方向(z方向)に直交する1方向(x方向)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)に沿った深度方向の2次元断層画像となる。

#### 【0006】

特許文献2には、信号光を走査方向(x方向)及び垂直方向(y方向:x方向及びz方

50

向に直交する方向)に走査することにより走査方向(×方向)の2次元断層画像を複数形成し、これら複数の断層画像に基づいて測定範囲の3次元の断層情報を取得して画像化する技術が開示されている。この3次元画像化としては、例えば、複数の断層画像を垂直方向(y方向)に並べて表示させる方法や(スタッカデータなどと呼ばれる)、複数の断層画像にレンダリング処理を施して3次元画像を形成する方法などが考えられる。

#### 【0007】

特許文献3、4には、他のタイプの光画像計測装置が開示されている。特許文献3には、被測定物体に照射される光の波長を走査し、各波長の光の反射光と照射光とを重ね合わせて得られる干渉光に基づいてスペクトル強度分布を取得し、それに対してフーリエ変換を施すことにより被測定物体の形態を画像化する光画像計測装置が記載されている。このような光画像計測装置は、スウェプトソース(Swept Source)タイプなどと呼ばれる。10

#### 【0008】

また、特許文献4には、所定のビーム径を有する光を被測定物体に照射し、その反射光と参照光とを重ね合わせて得られる干渉光の成分を解析することにより、光の進行方向に直交する断面における形態を表す画像を形成する光画像計測装置が記載されている。このような光画像計測装置は、フルフィールド(full-field)タイプ、或いは円フェイス(face)タイプなどと呼ばれる。

#### 【先行技術文献】

##### 【特許文献】

##### 【0009】

【特許文献1】特開平11-325849号公報

20

【特許文献2】特開2002-139421号公報

【特許文献3】特開2007-24677号公報

【特許文献4】特開2006-153838号公報

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0010】

しかし、特許文献1乃至特許文献4に記載されているような従来の光画像計測装置では、3次元画像を作成するために、必要とされる全てのフレーム数分の干渉光の検出を行った後(例えば、B-スキャンの干渉スペクトルを全て(128フレームであれば128フレーム分の干渉スペクトル)撮り込んだ後)、その検出結果に対しフーリエ変換などの画像処理を行うことで画像形成を行っていた。このように、必要とするフレーム数分の干渉光の検出及び画像形成を逐次的に行っていたため、前の処理段階(干渉光の検出)が終了するまで次の処理段階(画像形成)を実施することができず、3次元画像を生成するには長い処理時間が掛っていた。また、各段階を逐次的に行うため、装置のリソースの有効活用が困難であった。30

#### 【0011】

また従来は、全てのフレームにおける干渉光の検出を行ってから、全てのフレームに対応する断層画像を形成し、その後、異常検出を行っていた。このため、断層画像に異常が発生している場合には、最初から被測定物体の測定をやり直さなければならなかった。40

#### 【0012】

この発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、全フレームにおける干渉光の検出の完了を待たずに画像形成を行うことにより、3D画像の形成処理時間の短縮を図ることが可能となる光画像計測装置を提供することを目的としている。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0013】

上記目的を達成するために、請求項1に記載の光画像計測装置は、光源からの光を信号光と参照光とに分割し、ガルバノミラーの向きを変更し被測定物体に対する前記信号光の照射位置を変更しながら前記被測定物体に対して前記信号光を走査し、前記被測定物体で50

反射した前記信号光と参照光路を経由した前記参照光とを重畳させて干渉光を生成し、前記干渉光を検出する干渉光検出手段と、前記干渉光検出手段による1フレーム分の走査において得られた検出結果から前記被測定物体の断層画像を形成する断層画像形成手段と、を備えた光画像計測装置であって、前記形成された断層画像に描出されている前記被測定物体の位置を基に前記断層画像の異常を検出する異常検出手段をさらに備え、前記断層画像形成手段は、前記干渉光検出手段による1フレーム分の前記干渉光の検出結果が得られる毎に順次断層画像を形成し、前記異常検出手段は、所定フレーム分の前記断層画像が得られる度毎に前記異常検出を行い、前記異常が検出されたときに、走査位置に対応した走査情報を保持し、前記干渉光検出手段は、前記ガルバノミラーの向きの変更を停止した後、前記走査情報を用いて前記停止した前記向きから前記干渉光の検出を再度開始する、ことを特徴とするものである。

#### 【0023】

請求項2に記載の光画像計測装置の制御方法は、光源からの光を信号光と参照光とに分割し、ガルバノミラーの向きを変更し被測定物体に対する前記信号光の照射位置を変更しながら前記被測定物体に対して前記信号光を走査し、前記被測定物体で反射した前記信号光と参照光路を経由した前記参照光とを重畳させて干渉光を生成し、前記干渉光を検出する干渉光検出手段と、前記干渉光検出手段による1フレーム分の走査によって得られた検出結果から前記被測定物体の断層画像を形成する断層画像形成手段と、前記形成された断層画像に描出されている前記被測定物体の位置を基に前記断層画像の異常を検出する異常検出手段と、を備えた光画像計測装置の制御方法であって、前記干渉光の検出を行う検出段階と、前記フレーム単位で前記断層画像の形成を行う断層画像形成段階と、所定フレーム分の前記断層画像が得られる度毎に前記異常の検出を行う異常検出段階と、前記異常が検出された場合、走査位置に対応した走査情報を保持する段階と、前記ガルバノミラーの駆動を停止するガルバノミラー停止段階と、前記走査情報を用いて、停止した前記ガルバノミラーの前記向きから前記検出段階を再開する段階と、を有することを特徴とするものである。

#### 【発明の効果】

#### 【0025】

この発明によれば、干渉光の検出中に画像の異常の検出を行うことができる。これにより、被測定物体の走査と平行して異常画像の発生の検出が可能となる。したがって、異常画像の発生を迅速に把握することができ、3次元画像の形成処理の処理時間を短縮できることが可能となる。また、装置のリソースの有効活用が可能となる。

#### 【0026】

また、この発明によれば、干渉光の検出と断層画像の形成とを並行して行うことができる。これにより、被検眼の全フレームの走査の完了を待たずに、断層画像の形成を行うことが可能となり、装置のリソースの有効活用及び3次元画像の形成処理に掛る時間の短縮が可能となる。したがって、被測定物体の検査の時間短縮に寄与することができる。

#### 【0027】

また、この発明によれば、干渉光の検出と断層画像の形成とを並行して行うとともに、断層画像の異常を検出した場合に、異常画像が発生した場所に戻って、その場所から再度被測定物体の走査を再開することができる。これにより、装置のリソースの有効活用及び3次元画像の形成処理に掛る時間の短縮が可能になる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0028】

【図1】この発明に係る光画像計測装置の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】この発明に係る光画像計測装置の実施形態におけるOCTユニットの構成の一例を表す概略構成図である。

【図3】この発明に係る光画像計測装置の実施形態の制御系の構成の一例を表す概略プロック図である。

10

20

30

40

50

【図4】この発明に係る光画像計測装置の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4(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4(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5】この発明に係る光画像計測装置の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6】この発明に係る光画像計測装置の時間経過に対応した各機能部のオン／オフ状態の一例を表すシーケンス図である。

【図7】各機能部のオン／オフ状態における動作の一例を表すフローチャートである。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0029】

##### 〔第1の実施形態〕

以下、この発明の第1の実施形態に係る光画像計測装置について説明する。以下の実施形態では、フーリエドメインタイプの手法を適用する構成について詳しく説明する。なお、他の構成を適用する場合においても、この実施形態と同様の構成を適用することにより同様の作用及び効果が得られる。たとえば、スウェプトソースタイプのように信号光を走査(スキャン)する任意のタイプのOCT技術に対して、この実施形態に係る構成を適用することが可能である。また、フルフィールドタイプのように信号光を横方向にスキャンしないタイプのOCT技術に対して、この実施形態に係る構成を適用することも可能である。

#### 【0030】

##### 〔装置構成〕

光画像計測装置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を含んで構成される。これら各部は、複数の筐体内に分散して設けられていてもよいし、単一の筐体内にまとめて設けられていてもよい。眼底カメラユニット1Aは、従来の眼底カメラとほぼ同様の光学系を有する。眼底カメラは、眼底を撮影する装置である。また、眼底カメラは、眼底血管の形態の撮影に利用される。OCTユニット150は、被検眼のOCT画像を取得するための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。

#### 【0031】

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152aが導通されている(図2を参照)。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。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のそれぞれと、電気信号を伝達する通信線を介して接続されている。

#### 【0032】

##### 〔眼底カメラユニット〕

眼底カメラユニット1Aは、眼底表面の形態を表す2次元画像を形成するための光学系を有する。ここで、眼底表面の2次元画像には、眼底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、インドシアニングリーン蛍光画像等)などが含まれる。

#### 【0033】

眼底カメラユニット1Aには、従来の眼底カメラと同様に、各種のユーザインターフェイスが設けられている。このユーザインターフェイスの例として、操作パネル、コントロールレバー(ジョイスティック)、撮影スイッチ、合焦ハンドル、ディスプレイなどがある。操作パネルには、各種のスイッチやボタンが設けられている。コントロールレバーは、操作パネル等が設けられた架台や、光学系が内蔵された装置本体を、装置ベースに対して3次元的に移動させるために操作される。コントロールレバーは、特に、手動でのアライメント操作時に使用される。撮影スイッチは、コントロールレバーの上端に設けられ、

10

20

30

40

50

眼底像やOCT画像の取得を指示するために使用される。また、撮影スイッチは、他の機能を実行する際にも使用される。操作パネルやコントロールレバーは、眼底カメラユニット1Aの検者側の位置（後面）に設けられている。合焦ハンドルは、たとえば装置本体の側面に設けられ、フォーカス調整（ピント合わせ）を行うために使用される。なお、合焦ハンドルを操作すると、後述の合焦レンズが移動されてフォーカス状態が変更される。ディスプレイは、眼底カメラユニット1Aの検者側の位置に設けられ、光画像計測装置1により取得された断層画像、患者情報、撮影条件等の各種情報を表示する。眼底カメラユニット1Aの被検者側の位置（前面）には、被検者の顔を保持するための顎受けや額当てが設けられている。

## 【0034】

10

眼底カメラユニット1Aには、従来の眼底カメラと同様に、照明光学系100と撮影光学系120が設けられている。照明光学系100は眼底Efに照明光を照射する。撮影光学系120は、この照明光の眼底反射光を撮像装置10、12に導く。また、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。

## 【0035】

照明光学系100は、従来の眼底カメラと同様に、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。

20

## 【0036】

観察光源101は、たとえば約700nm～800nmの範囲の近赤外領域の波長を含む照明光を出力する。この近赤外光は、OCTユニット150で使用する光の波長よりも短く設定されている（後述）。撮影光源103は、たとえば約400nm～700nmの範囲の可視領域の波長を含む照明光を出力する。

## 【0037】

30

観察光源101から出力された照明光は、コンデンサレンズ102、104、（エキサイタフィルタ105又は106、）リング透光板107、ミラー108、照明絞り110、リレーレンズ111を介して孔開きミラー112に到達する。更に、この照明光は、孔開きミラー112により反射され、対物レンズ113を介して被検眼Eに入射して眼底Efを照明する。一方、撮影光源103から出力された照明光は、同様にコンデンサレンズ104から対物レンズ113までを経由して被検眼Eに入射して眼底Efを照明する。

## 【0038】

撮影光学系120は、対物レンズ113、孔開きミラー112（の孔部112a）、撮影絞り121、バリアフィルタ122及び123、合焦レンズ124、リレーレンズ125、撮影レンズ126、ダイクロイックミラー134、フィールドレンズ（視野レンズ）128、ハーフミラー135、リレーレンズ131、ダイクロイックミラー136、撮影レンズ133、撮像装置10、反射ミラー137、撮影レンズ138、撮像装置12、レンズ139及びLCD140を含んで構成される。撮影光学系120は、従来の眼底カメラとほぼ同様の構成を有する。合焦レンズ124は、撮影光学系120の光軸方向に移動可能とされている。

40

## 【0039】

ダイクロイックミラー134は、照明光学系100からの照明光の眼底反射光（約400nm～800nmの範囲に含まれる波長を有する）を反射する。また、ダイクロイックミラー134は、OCTユニット150からの信号光LS（たとえば約800nm～900nmの範囲に含まれる波長を有する；図2を参照）を透過させる。

## 【0040】

ダイクロイックミラー136は、観察光源101からの照明光の眼底反射光を反射し、撮影光源103からの照明光の眼底反射光を透過させる。

50

**【 0 0 4 1 】**

L C D 1 4 0 は、被検眼 E を固視させるための固視標（内部固視標）を表示する。L C D 1 4 0 からの光は、レンズ 1 3 9 により集光され、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 、合焦レンズ 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、眼底 E f に内部固視標が投影される。

**【 0 0 4 2 】**

L C D 1 4 0 による内部固視標の表示位置を変更することにより、被検眼 E の固視方向を変更することができる。被検眼 E の固視方向としては、たとえば従来の眼底カメラと同様に、眼底 E f の黄斑部を中心とする断層画像を取得するための固視方向や、視神経乳頭を中心とする断層画像を取得するための固視方向や、黄斑部と視神経乳頭との間の眼底中心を中心とする断層画像を取得するための固視方向などがある。固視位置の変更は、たとえば操作パネルを操作することで行う。10

**【 0 0 4 3 】**

撮像装置 1 0 には、撮像素子 1 0 a が内蔵されている。撮像装置 1 0 は、特に近赤外領域の波長の光を検出可能である。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として機能する。撮像装置 1 0 は、近赤外光を検出して映像信号を出力する。撮像素子 1 0 a は、たとえば、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 ) 等の任意の撮像素子（エリアセンサ）である。20

**【 0 0 4 4 】**

撮像装置 1 2 には、撮像素子 1 2 a が内蔵されている。撮像装置 1 2 は、特に可視領域の波長の光を検出可能である。つまり、撮像装置 1 2 は、可視光を検出するテレビカメラとして機能する。撮像装置 1 2 は、可視光を検出して映像信号を出力する。撮像素子 1 2 a は、撮像素子 1 0 a と同様に、任意の撮像素子（エリアセンサ）により構成される。

**【 0 0 4 5 】**

タッチパネルモニタ 1 1 は、各撮像素子 1 0 a 、 1 2 a からの映像信号に基づいて眼底像 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 に送られる。このタッチパネルモニタ 1 1 は、前述のディスプレイの一例である。30

**【 0 0 4 6 】**

眼底カメラユニット 1 A には、走査ユニット 1 4 1 とレンズ 1 4 2 とが設けられている。走査ユニット 1 4 1 は、O C T ユニット 1 5 0 から出力される信号光 L S の眼底 E f に対する照射位置を走査する。

**【 0 0 4 7 】**

走査ユニット 1 4 1 は、図 1 に示す x y 平面上において信号光 L S を走査する。そのために、走査ユニット 1 4 1 には、たとえば、x 方向への走査用のガルバノミラー 1 4 1 A と、y 方向への走査用のガルバノミラー 1 4 1 B とが設けられている（図 3 参照）。

**【 0 0 4 8 】****〔 O C T ユニットの構成 〕**

次に、O C T ユニット 1 5 0 の構成について図 2 を参照しつつ説明する。O C T ユニット 1 5 0 は、従来のフーリエドメインタイプの光画像計測装置と同様の光学系を備えている。すなわち、O C T ユニット 1 5 0 は、低コヒーレンス光を参照光と信号光に分割し、被検眼の眼底を経由した信号光と参照物体を経由した参照光とを干渉させて干渉光を生成し、この干渉光を検出して検出信号を生成する光学系を備えている。この検出信号は演算制御装置 2 0 0 に送られる。40

**【 0 0 4 9 】**

低コヒーレンス光源 1 6 0 は、広帯域の低コヒーレンス光 L 0 を出力する広帯域光源である。この広帯域光源としては、たとえば、スーパールミネセントダイオード（S u p e r L u m i n e s c e n t D i o d e : S L D ）や、発光ダイオード（L i g h t

Emitting Diode : LED)などを用いることができる。

**【0050】**

低コヒーレンス光 L0 は、たとえば、近赤外領域の波長の光を含み、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。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 400 nm ~ 800 nm）よりも長い波長、たとえば約 800 nm ~ 900 nm の範囲の波長を含んでいる。

**【0051】**

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や PM ファイバ（Polarization maintaining fiber；偏波面保持ファイバ）等により構成される。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。

10

**【0052】**

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）の双方の作用を有するが、ここでは慣用的に「光カプラ」と称する。

**【0053】**

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 により導光されてそのファイバ端面から出射される。更に、参照光 LR は、コリメータレンズ 171 により平行光束とされ、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 により反射される。

20

**【0054】**

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、光ファイバ 163 を通じて光カプラ 162 に導かれる。

**【0055】**

なお、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作用する。また、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 の分散特性を合わせるための分散補償手段として作用する。

30

**【0056】**

濃度フィルタ 173 は、参照光 LR の光量を減少させる減光フィルタとして作用する。濃度フィルタ 173 は、たとえば、回転型の ND (Neutral Density) フィルタにより構成される。濃度フィルタ 173 は、図示しない駆動機構によって回転駆動されて、干渉光 LC の生成に寄与する参照光 LR の光量を変更する。

**【0057】**

参照ミラー 174 は、所定の駆動機構により、参照光 LR の進行方向（図 2 に示す両側矢印方向）に移動される。それにより、被検眼 E の眼軸長やワーキングディスタンス（対物レンズ 113 と被検眼 E との間の距離）などに応じて、参照光 LR の光路長を確保できる。

40

**【0058】**

他方、光カプラ 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。ここで、光ファイバ 164 と光ファイバ 152a は、単一の光ファイバから形成されていてもよいし、各々の端面同士を接合するなどして一体的に形成されていてもよい。

**【0059】**

信号光 LS は、光ファイバ 152a により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、ハーフミラー 190、合焦レンズ 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

50

被検眼 E に照射されて眼底 E f に照射される。なお、信号光 L S を眼底 E f に照射させるときには、パリアフィルタ 122、123 は事前に光路から退避される。

#### 【0060】

被検眼 E に入射した信号光 L S は、眼底 E f 上にて結像し反射される。このとき、信号光 L S は、眼底 E f の表面で反射されるだけでなく、眼底 E f 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 E f を経由した信号光 L S は、眼底 E f の表面形態を反映する情報と、眼底 E f 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を含んでいる。この光を単に「信号光 L S の眼底反射光」と呼ぶことがある。

#### 【0061】

信号光 L S の眼底反射光は、被検眼 E に向かう信号光 L S と同じ経路を逆方向に案内されて光ファイバ 152a の端面に集光される。更に、信号光 L S の眼底反射光は、光ファイバ 152a を通じて OCT ユニット 150 に入射し、光ファイバ 164 を通じて光カプラ 162 に戻ってくる。

#### 【0062】

光カプラ 162 は、眼底 E f を経由して戻ってきた信号光 L S と、参照ミラー 174 にて反射された参照光 L R とを重ね合わせて干渉光 L C を生成する。干渉光 L C 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 に導かれる。

#### 【0063】

スペクトロメータ（分光計）180 は、干渉光 L C のスペクトル成分を検出する。スペクトロメータ 180 は、コリメータレンズ 181、回折格子 182、結像レンズ 183、CCD 184 を含んで構成される。回折格子 182 は、透過型でも反射型でもよい。また、CCD 184 に代えて、CMOS 等の他の光検出素子（ラインセンサ又はエリアセンサ）を用いることも可能である。

#### 【0064】

スペクトロメータ 180 に入射した干渉光 L C は、コリメータレンズ 181 により平行光束とされ、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 L C は、結像レンズ 183 によって CCD 184 の撮像面上に結像される。CCD 184 は、分光された干渉光 L C の各スペクトル成分を検出して電荷に変換する。CCD 184 は、この電荷を蓄積して検出信号を生成する。更に、CCD 184 は、この検出信号を演算制御装置 200 に送る。

#### 【0065】

なお、この発明に係る「干渉光検出手段」は、たとえば、走査ユニット 141 と、光カプラ 162 と、信号光 L S の光路上の光学部材（つまり光カプラ 162 と眼底 E f との間に配置された光学部材）と、参照光 L R の光路上の光学部材（つまり光カプラ 162 と参照ミラー 174 との間に配置された光学部材）とを含んで構成され、特に、走査ユニット 141、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み、さらに CCD 184 を有するものである。

#### 【0066】

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、たとえばマッハツエ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。

#### 【0067】

##### 〔演算制御装置〕

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、CCD 184 から入力される検出信号を解析して眼底 E f の OCT 画像を形成する。そのための演算処理は、従来のフーリエドメインタイプの光画像計測装置と同様である。

#### 【0068】

また、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 の各部を制御する。

10

20

30

40

50

## 【0069】

眼底カメラユニット1Aの制御として、演算制御装置200は、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やバリアフィルタ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、合焦レンズ124の移動制御（フォーカス調整、倍率調整）の制御などを行う。また、演算制御装置200は、ガルバノミラー141A、141B（図3参照）の動作制御を行い、走査ユニット141を制御して信号光LSを走査させる。

## 【0070】

また、OCTユニット150の制御として、演算制御装置200は、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による電荷蓄積時間や電荷蓄積タイミングや信号送信タイミングの制御などを行う。10

## 【0071】

演算制御装置200は、従来のコンピュータと同様に、マイクロプロセッサ、RAM、ROM、ハードディスクドライブ、キーボード、マウス、ディスプレイ、通信インターフェイスなどを含んで構成される。ハードディスクドライブには、光画像計測装置1を制御するためのコンピュータプログラムが記憶されている。また、演算制御装置200は、CCD184からの検出信号に基づいてOCT画像を形成する専用の回路基板を備えているもよい。20

## 【0072】

## 〔制御系〕

光画像計測装置1の制御系の構成について図3を参照しつつ説明する。なお、図3において、撮像装置10、12は眼底カメラユニット1Aと別途に記載され、CCD184はOCTユニット150と別途に記載されているが、上記の説明のように、撮像装置10、12は眼底カメラユニット1Aに搭載され、CCD184はOCTユニット150に搭載されている。

## 【0073】

## (制御部)

光画像計測装置1の制御系は、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、たとえば、前述のマイクロプロセッサ、RAM、ROM、ハードディスクドライブ、通信インターフェイス等を含んで構成される。30

## 【0074】

制御部210には、主制御部211と記憶部212が設けられている。主制御部211は、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の各部を制御する。

## 【0075】

## (主制御部)

主制御部211は、ミラー駆動機構241、242を制御してガルバノミラー141A、141Bの向き（角度）を制御し、それにより、眼底Efに対する信号光LSの照射位置を走査させる。また、主制御部211は、LCD140を制御して内部固視標を表示させる。特に、主制御部211は、ミラー駆動機構241、242とLCD140とを同時に制御して、被検眼Eに内部固視標を呈示させるとともに信号光LSを走査させる。40

## 【0076】

## (記憶部)

記憶部212は、各種のデータを記憶する。記憶部212に記憶されるデータとしては、たとえば、OCT画像の画像データ、眼底像Efの画像データ、被検眼情報などがある。被検眼情報は、たとえば、患者IDや氏名などの被検者に関する情報や、左眼／右眼の識別情報や、被検眼の診断結果・検査結果など、被検眼に関する各種の情報を含む。主制御部211は、記憶部212にデータを書き込む処理や、記憶部212からデータを読50

み出す処理を行う。

#### 【0077】

更に、記憶部212には、後述の動作(フローチャート)を実行するためのコンピュータプログラムが記憶される。主制御部211は、当該コンピュータプログラムに基づいて動作する。

#### 【0078】

##### (画像形成部)

画像形成部220は、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。この画像データ形成処理には、従来のフーリエドメインタイプのOCT技術と同様に、ノイズ除去(ノイズ低減)、フィルタ処理、FFT(Fast Fourier Transform)などの処理が含まれている。10

#### 【0079】

画像形成部220は、たとえば、前述の回路基板や通信インターフェイス等を含んで構成される。なお、この明細書では、「画像データ」と、それに基づいて表示される「画像」と同一視することがある。

#### 【0080】

##### (画像処理部)

画像処理部230は、眼底カメラユニット1Aにより取得された眼底像(眼底表面の撮影画像)や、画像形成部220により形成された断層画像に対して、各種の画像処理や解析処理を施す。たとえば、画像処理部230は、断層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

#### 【0081】

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の間の画素を補間する補間処理等を実行することにより、眼底Efの3次元画像の画像データを形成する。

#### 【0082】

なお、3次元画像の画像データとは、3次元座標系により画素の位置が定義された画像データを意味する。3次元画像の画像データとしては、3次元的に配列されたボクセルからなる画像データがある。この画像データは、ボリュームデータ或いはボクセルデータなどと呼ばれる。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230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MIP(Maximum Intensity Projection: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。表示部240A等の表示デバイスには、この擬似的な3次元画像が表示される。30

#### 【0083】

また、3次元画像の画像データとして、複数の断層画像のスタックデータを形成することも可能である。スタックデータは、複数の走査線に沿って得られた複数の断層画像を、走査線の位置関係に基づいて3次元的に配列されることで得られる画像データである。すなわち、スタックデータは、元々個別の2次元座標系により定義されていた複数の断層画像を、一つの3次元座標系により表現する(つまり一つの3次元空間に埋め込む)ことにより得られる画像データである。画像処理部230は、3次元画像に対して各種の画像処理や解析処理を行うことも可能である。40

#### 【0084】

以上のような構成を有する画像処理部230は、たとえば、マイクロプロセッサ、RAM、ROM、ハードディスクドライブ等を含んで構成される。また、所定の画像処理や解析処理を専門に行う回路基板などを含んでいてもよい。

#### 【0085】

なお、画像形成部220(及び画像処理部230)は、この発明に係る「断層画像形成手段」の一例として機能するものである。

#### 【0086】

(異常検出部)

異常検出部 250 は、画像形成部 220 により形成された断層画像の画像データに対してその断層画像に異常が発生しているか否かを検出する。本実施形態では、断層画像の異常とは、たとえば、検査対象である被検眼の動きにより、撮像したい部分（具体的には、眼底 E f）が断層画像の中央付近から動いてしまい断層画像に向かって断層画像の上端もしくは下端の方に撮像されてしまうことを指す。ここで、断層画像の上端とは深さ方向（z 方向）に向かって浅い位置を指し、断層画像の下端とは深さ方向（z 方向）に向かって深い位置を指す。断層画像の上端もしくは下端では解像度が低下するなどの理由から、撮像したい部分が端に位置してしまうと正確な診断を行うことができなくなるおそれがある。例えば、異常検出部 250 は、断層画像に含まれる各ピクセルの輝度値などを基に検査対象となっている画像の位置を把握し、画像の中央からのずれを求め、そのずれと予め決まっている閾値とを比較し、それが予め決まっている閾値より大きいと判断されたときに断層画像の異常を検出する。ただし、この画像の位置の求め方は特に制限はなく他の方法を用いてもよい。また、本実施形態では画像の位置で異常を検出したが、他の画像状態を基に異常を検出してもよく、例えばノイズによる画像の乱れを基に異常を検出してもよい。この異常検出部 250 が本発明における「異常検出手段」にあたる。

10

【0087】

(表示部、操作部)

ユーザインターフェイス 240 は、表示部 240 A 及び操作部 240 B で構成される。表示部 240 A は、タッチパネルモニタ 11 を含んで構成される。更に、演算制御装置 200 のディスプレイなどが表示部 240 A に含まれていてもよい。操作部 240 B は、たとえばキーボードやマウスのような、入力デバイスや操作デバイスを含んで構成される。また、操作部 240 B には、光画像計測装置 1 の筐体表面や外部に設けられた各種の入力デバイスや操作デバイスが含まれている。

20

【0088】

なお、表示部 240 A と操作部 240 B は、それぞれ個別のデバイスとして構成される必要はない。たとえばタッチパネル方式の LCD のように、表示部 240 A と操作部 240 B とが一体化されたデバイスを用いることも可能である。

【0089】

(信号光の走査及び OCT 画像について)

30

ここで、信号光 LS の走査、OCT 画像、及び異常検出について説明しておく。

【0090】

図 4 は、眼底 E f の断層画像を形成するための信号光 LS の走査態様の一例を表している。図 4 (A) は、信号光 LS 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 LS の走査態様の一例を表す。また、図 4 (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）の配列態様の一例を表す。

【0091】

図 4 (A) に示すように、信号光 LS 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。走査領域 R 内には、x 方向に延びる複数 (m 本) の走査線 R<sub>1</sub> ~ R<sub>m</sub> が設定されている。各走査線 R<sub>i</sub> (i = 1 ~ m) に沿って信号光 LS 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。

40

【0092】

各走査線 R<sub>i</sub> 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。したがって、信号光 LS の主走査方向への走査は、ガルバノミラー 141 A の反射面の向きを変更することにより実行される。この各走査線 R<sub>i</sub> に対応する断面が 1 つのフレームにあたる。また、副走査方向への走査は、ガルバノミラー 141 B の反射面の向きを変更することによって実行される。

【0093】

各走査線 R<sub>i</sub> 上には、図 4 (B) に示すように、複数 (n 個) の走査点 R<sub>i1</sub> ~ R<sub>in</sub>

50

があらかじめ設定されている。

**【0094】**

図4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。

**【0095】**

次に、制御部210は、ガルバノミラー141Aを制御して、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

**【0096】**

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。これにより、最初のフレームに対応する走査及び検出が終了する。20

**【0097】**

この様に、制御部210は、上述したOCTユニット150の制御やガルバノミラー141A及び141Bの制御を行い、OCTユニット150に干渉光の検出を行わせる。そして、第1の走査線R1の最後の走査点R1nにおける計測が終了すると、画像形成部220は、走査線R1(主走査方向)に沿った眼底Efの断層画像を形成する(詳細は後述)。

**【0098】**

そして、異常検出部250は、画像形成部220が形成した断層画像に描出されている被検眼Eの位置(より詳しくは眼底Efの位置)を基にその画像形成部220が形成した断層画像の異常の検出を行う。すなわち、異常検出部250は、眼底Efが断層画像の上端付近もしくは下端付近に位置しているときに断層画像が異常と判断する。30

**【0099】**

そして、制御部210は、異常検出部250が断層画像の異常を検出した場合、再度走査線R1に沿った眼底Efの断層画像の形成を行うようOCTユニット150やガルバノミラー141A及び141Bの制御を行う。

**【0100】**

また、制御部210は、異常検出部250が断層画像の異常を検出しなかった場合、次の走査線に沿った走査を行わせる。すなわち、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、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。さらに、走査線R2における断層画像の生成、その生成された断層画像における異常の検出及び再度の干渉光検出/断層画像の形成といった動作を、演算制御装置200は各部に行わせる。40

**【0101】**

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し、その走査線Rmにおける断層画像の生成、その生成された断層画像における異常の検出及び再度の干渉光の検出/断層画像の形成といった動作を行う。この各走査線Riにおける動作が「所定フレーム分の前記断層画像が得られる度毎」にあたる。ここでは、「所定フレーム数」50

は「1フレーム」だが、2フレーム以上の任意の枚数（例えば「10フレーム」）でもよい。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。

#### 【0102】

それにより、制御部210は、走査領域R内のも×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とともに断層画像の形成、異常の検出、及び再度の断層画像の形成を行うことができる。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。

#### 【0103】

制御部210は、上述のように各ガルバノミラー141A、141Bを動作させるとときに、その動作内容を示す情報として走査線Riの位置や走査点Rijの位置（xy座標系における座標）を記憶するようになっている。この記憶内容（走査位置情報）は、従来と同様に画像形成処理などにおいて用いられる。10

#### 【0104】

次に、異常検出部250による断層画像の異常の検出の例を説明する。異常検出部250は、画像形成部220によって形成された各走査線Riにおける断層画像の入力を受ける。そして、異常検出部250は、断層画像を構成している走査点Ri1～走査点Rinの走査点に沿った深度方向の画像のうち9つ走査点に沿った深度方向の画像を抽出する。異常検出部250は、この取得する9つの走査点の位置（すなわち、何番目の走査点を抽出するか。）を予め記憶している。この取得する走査点の位置は断層画像の中で平均的に分布していることが、断層画像の異常の発生を検出するためには好ましい。例えば、25、50、75、…、200、225というように、25×k番目（k=1、2、…、9）の走査点、すなわち走査点Ri25kを取得する。そして、異常検出部250は、取得した9つの走査点に沿った深度方向の画像に含まれる各ピクセルの輝度値を求め、輝度値が高い部分が断層画像の上部や下部に存在するときにその走査点に沿った深度方向の画像を異常と判定する。そして、異常検出部250は、9つの走査点に沿った深度方向の画像のうち所定数以上において異常が検出された場合には、制御部210に断層画像に異常が検出された旨の通知を行う。また異常検出部250は、9つの走査点に沿った画像のうちの所定数以上で異常が検出されなかった場合には制御部210に断層画像が正常である旨の通知を行う。ここで、所定数とは1～9のうちのいずれかであればよい。断層画像の異常の発生の検出を精度良く行うためには所定数の数を小さくすることが好ましい。2030

#### 【0105】

ここで、本実施形態では、断層画像の異常の検出の精度を一定にするとともに、異常検出の処理の負荷の軽減及び処理速度の向上のために、画面上に平均的に分散した9つの走査点に沿った深度方向の画像を用いて画像の異常を検出したが、この異常検出し使用する走査点の数は、求められる異常検出の確度や処理速度などに基づいて決定されることが好ましい。例えば、より処理速度を向上させたければ、より少ない数の走査点を用いて異常検出を行えばよい。また、すべての走査点を用いて異常検出を行えば、より確度の高い異常検出を行うことができる。

#### 【0106】

##### [動作]

光画像計測装置1の動作について説明する。図5に示すフローチャートは、本実施形態に係る光画像計測装置の使用形態の一例を表している。40

#### 【0107】

まず、被検眼Eを所定の計測位置（対物レンズ113に対峙する位置）に配置させ、被検眼Eと装置とのアライメントを行う（S1）。アライメントが完了すると、次に、主制御部211は、被検眼Eに対するピント合わせを行う（S2）。

#### 【0108】

アライメント調整及びピント調整が完了すると、オペレータは、操作部240Bを操作して検査の開始を要求する（S3）。このとき、主制御部211は、必要に応じてLCD140を制御し、被検眼Eに対して内部固視標を呈示させる。50

**【0109】**

検査開始の要求を受けた主制御部211は、まず*i* = 1と設定する(S4)。

**【0110】**

そして、主制御部211は、低コヒーレンス光源160、CCD184等を制御するとともに、ミラー駆動機構241及び242を制御して、ガルバノミラー141A及び141Bの向きを走査点R*i*1の向きに調整(S5)する。そして、主制御部211は、走査点R*i*1の向きから各走査点R*i*<sub>j</sub>(*j*=2~m)の方向に順次ガルバノミラー141A、141Bの向きを変更して、走査線R*i*に沿った走査を行い干渉光を検出する(S6)。

**【0111】**

10

続いて、画像形成部220は、CCD184から出力される眼底成分の検出信号を収集し、この検出信号に基づいてスペクトルの強度分布を求め、フーリエドメイン OCTの手法を用いて干渉光のスペクトル強度分布をフーリエ変換することで眼底E<sub>f</sub>の深度方向(z方向)の形態を画像化し断層画像を形成する(S7)。

**【0112】**

異常検出部250は、画像形成部220で形成された断層画像の画像データから9つの走査点に沿った深度方向の画像を取得し、その取得した深度方向の画像に含まれるピクセルの輝度値を求めて断層画像の異常が発生しているか否かを検出する(S8)。

**【0113】**

20

異常が検出されない場合(S8のNoの場合)には、主制御部211は、*i* = *i* + 1としてインクリメントを行い*i*の値を1増やす(S9)。すなわち、走査線R*i*に沿った走査から走査線R(*i* + 1)に沿った走査に移る。断層画像の9つの走査点に沿った深度方向の画像のピクセルを基にその断層画像の異常が検出された場合(S8のYesの場合)には、主制御部211は、*i*の値をそのままに保持し、ガルバノミラー141A, 141Bの駆動を停止させステップ6に戻る(S10)。

**【0114】**

ここで、ステップ6、7、8、及び10の繰り返しが始まりループに入った場合、図示していないが、操作者からの入力を受けてステップ8をスキップしステップ9に進むことが可能である。また、このほかにも、ステップ7とステップ8との間に繰り返しの数を数えるステップを設け、繰り返しの数が所定回数に達した場合にはステップ8をスキップしステップ9に進む構成にしてもよい。

30

**【0115】**

さらに、主制御部211は、*i* > m(ここで、mは全走査線の本数である。)か否かを判断する(S11)。*i* > mであれば(S11のYes)ステップ12に進む。また、*i* = mであれば(S11のNo)、ステップ5に戻る。

**【0116】**

そして、画像処理部230は、形成されたm枚の断層画像を基に3次元画像を生成し、制御部210は画像処理部230により生成された3次元画像を表示部240Aに表示させる(S12)。

**【0117】**

40

**[作用・効果]**

以上のような光画像計測装置1の作用及び効果について説明する。

**【0118】**

光画像計測装置1は、1つのフレームにおいて、ガルバノミラーの向きを変更しながらの被検眼Eの走査及び干渉光の検出に続いて、断層画像の形成を行い、その形成された断層画像で異常が発生しているか否かの検出を順次行う構成を有する。また、光画像計測装置1は、断層画像の異常の発生を検出すると、その状態でガルバノミラー141A, 141Bの向きの変更を停止させ、その断層画像に対応する走査位置から再度走査を行うことができる構成を有する。

**【0119】**

50

このような光画像計測装置1によれば、1フレーム毎に断層画像の異常が確認できるので、迅速に異常の検出を行うことができる。また、異常が発生したときにガルバノミラーの向きの変更を停止させ、その位置から再度走査を行うので、被検眼Eの走査や画像形成がすべて完了したのちに、異常が発生した場所と同じ場所の断層画像を再度形成するために異常が発生した位置を探す必要がなく、迅速に断層画像の異常に対処することが可能となる。

#### 【0120】

##### [変形例1]

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。よって、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。

10

#### 【0121】

上記の実施形態では、異常が検出されたときに、その異常が発生している断層画像に対する走査位置から自動的に再度走査を開始するようにしているが、オペレータが手作業で走査を開始するようにしてもよい。

#### 【0122】

本変形例においても上記実施形態と同様に、異常検出部250が、断層画像の異常を検出し、その情報を制御部210が受けたときに、制御部210がミラー駆動機構241及び242を制御してガルバノミラー141A及び141Bの駆動を停止させ、その状態で OCTユニット150、画像形成部220、及び異常検出部250も動作を停止させることで検査を停止する。

20

#### 【0123】

そして本変形例では例えば、制御部210は、オペレータによる操作部240Bからの入力を待つ。そして、オペレータが操作部240Bを用いて検査再開の命令をした時に、停止しているガルバノミラー141A及び141Bの位置から検査を再開する構成にしてもよい。

#### 【0124】

以上のように本変形例に係る光画像計測装置は、断層画像の異常が検出されたときに、ガルバノミラーの向きの変更を停止し、そのままの状態でオペレータの指示を待つ構成である。

30

#### 【0125】

このような構成にすることで、オペレータの要求に応じた検査の再開及び検査再開時の走査位置の位置調整を行うことが可能となり、よりオペレータの要求に合った検査を行うことが可能となる。

#### 【0126】

##### [変形例2]

また、上記の実施形態では、1フレーム毎（すなわち、断層画像1枚毎）に異常検出を行っているが、この異常検出を複数フレーム毎、例えば10フレーム毎（すなわち、断層画像10枚毎）といった割合で行ってもよい。

#### 【0127】

40

この構成の一例を説明する。制御部210は、カウンタを有しており、そのカウンタにより断層画像の形成枚数をカウントしていく。そして、制御部210は、そのカウントした枚数が10枚に達した時点で、その10枚目の断層画像に対して異常検出部250が異常検出を行うように制御命令を送信する。制御部210は、異常検出を行う命令を送信すると、カウンタを0に戻し再度10枚カウントする。このようにして、異常検出部250は、制御命令を受けて、10枚毎の断層画像に対して異常検出を実施する。

#### 【0128】

ここで、異常検出を何フレーム毎に行うかというフレーム数の決定は、予め決められた数を用いてもよいし、操作者の要求するフレーム数の入力を受けてそのフレーム数を用いて異常検出を行ってもよい。

50

**【0129】**

このような構成にすることで、異常検出を複数フレーム毎に行うことになり、1フレーム毎に異常検出を行う場合に比較し、処理時間を短縮することが可能となる。

**【0130】****[第2の実施形態]**

この発明に係る光画像計測装置の第2の実施形態について説明する。この実施形態は、被測定物体の走査及び干渉光の検出と画像の形成とを並列して行うものである。この実施形態では、被測定物体の走査及び干渉光の検出と画像の形成の制御及び動作について説明する。

**【0131】**

制御部210は、ミラー駆動機構241及び242を制御することでガルバノミラー141A及び141Bの向きを変更させながら、OCTユニット150に走査線R<sub>i</sub>(i=1, 2, ..., m)に沿った眼底E<sub>f</sub>の走査及び干渉光の検出を順次行わせる。これは、第1の実施形態と異なり、R<sub>1</sub>からR<sub>m</sub>までの各フレームにおける走査及び検出を、画像形成や異常検出と並行して行う。

10

**【0132】**

より詳しくは、制御部210は、OCTユニット150に走査線R<sub>1</sub>～走査線R<sub>m</sub>のそれぞれに沿った走査に基づく干渉光の検出を順次行わせていく。また、制御部210は、画像形成部220に、走査線R<sub>1</sub>～走査線R<sub>m</sub>に対応するそれぞれの検出結果に基づくスペクトルの強度分布の取得及びフーリエ変換などによる断層画像の形成を順次行わせる。ここで、制御部210は、上述したOCTユニット150による干渉光の検出と画像形成部220による断層画像の形成をそれぞれ独立して実行させる。

20

**【0133】**

以上のような構成を有する光画像計測装置1を用いて眼底E<sub>f</sub>を計測する動作について説明する。図6に示すシーケンス図は、時間経過に対応した本実施形態に係る光画像計測装置の各機能部のオン／オフ状態(その機能部が動作しているか否かの状態)の一例を表している。図7に示すフローチャートは、各機能部のオン／オフ状態における動作の一例を表している。

**【0134】**

図6は、図面に向かって上から下に時間が経過している。制御部210は、オペレータからの検査開始の入力を受けて、ガルバノミラー141A及び141Bを駆動させて順次向きを変更させながら順次走査線R<sub>i</sub>に沿って眼底E<sub>f</sub>を走査させ、OCTユニット150により干渉光を検出させる(S001)。そして、OCTユニット150での検出結果は制御部210を介して画像形成部220へ順次送信される。

30

**【0135】**

画像形成部220は、OCTユニット150から順次送信される検出結果を受けて、順次走査線R<sub>i</sub>に沿った断層画像を形成する。そして、画像形成部220は、順次形成される断層画像を、制御部210を介して画像処理部230へ順次送信する。

**【0136】**

画像処理部230は、各走査線R<sub>i</sub>に沿った断層画像の画像データを受信して、これらm個の画像データを基に3次元画像を生成する。

40

**【0137】**

図6で表わされるように、ガルバノミラー141A、141Bの調整及びOCTユニット150による干渉光の検出(S001)と、画像形成部220による断層画像の形成(S002)は並列的に行われる。そして、すべての断層画像の形成が終わった後に3次元画像の生成が行われる(S003)。ここで、本実施形態の变形例として、異常が検出されなかった断層画像を用いて部分的な3D画像を順次生成する構成にしてもよい。

**【0138】**

ここで、画像形成部220による断層画像の形成の方がガルバノミラー141A、141Bの調整及びOCTユニットによる干渉光の検出よりも時間がかかる処理なため、図6

50

に示すように、ガルバノミラー 141A、141B の調整及び OCT ユニット 150 によるすべてのフレームに対応する干渉光の検出にかかる全体の時間は、画像形成部 220 による全てのフレームに対応する断層画像の形成にかかる全体の時間よりも短い時間となる。

#### 【0139】

次に、図 7 を参照して S001 と S002 における各機能部の動作を説明する。

#### 【0140】

まず、前提として、被検眼 E を所定の計測位置（対物レンズ 113 に対峙する位置）に配置させ、被検眼 E と装置とのアライメントを行う動作。アライメントが完了すると、次に、主制御部 211 は、被検眼 E に対するピント合わせを行う動作。アライメント調整及びピント調整が完了した後の、オペレータによる、操作部 240B を操作して検査の開始を要求するが行われているものとする。  
10

#### 【0141】

（走査及び干渉光の検出の動作）

検査開始の要求を受けた主制御部 211 は、まず  $i = 1$  と設定する（S101）。

#### 【0142】

そして、主制御部 211 は、低コヒーレンス光源 160、CCD184 等を制御するとともに、ミラー駆動機構 241 及び 242 を制御して、ガルバノミラー 141A 及び 141B の向きを走査点 R<sub>i1</sub> の位置に調整する（S102）。

#### 【0143】

OCT ユニット 150 及び眼底カメラユニット 1A は、走査点 R<sub>i1</sub> の向きから各走査点 R<sub>ij</sub> ( $j = 2 \sim m$ ) の方向に順次ガルバノミラー 141A、141B の向きを変更して干渉光を検出する（S103）。

#### 【0144】

そして、主制御部 211 は、 $i = i + 1$  としてインクリメントを行い  $i$  の値を 1 増やす（S104）。

#### 【0145】

さらに、主制御部 211 は、 $i > m$  (ここで、 $m$  は全走査線の本数である。) か否かを判断する（S105）。 $i > m$  であれば（S105 の Yes）ガルバノミラー 141A、141B の向きの変更、及び干渉光の検出を終了する。また、 $i = m$  であれば、ステップ 102 に戻る（S105 の No）。これにより、すべての走査線（フレーム）に対応する干渉光の検出が行える。  
30

#### 【0146】

（画像形成及び表示の動作）

検査開始の要求を受けた主制御部 211 は、まず  $h = 1$  と設定する（S201）。

#### 【0147】

続いて、画像形成部 220 は、CCD184 から出力される走査線 R<sub>h</sub> に沿った眼底成分の検出信号を収集し（S202）、この検出信号に対しスペクトルの強度分布を求め、フーリエドメイン OCT の手法を用いて干渉光のスペクトル強度分布をフーリエ変換することで被検眼 E の深度方向（z 方向）の形態を画像化し走査線 R<sub>h</sub> に沿った断層画像を形成する（S203）。

#### 【0148】

そして、主制御部 211 は、 $h = h + 1$  としてインクリメントを行い  $h$  の値を 1 増やす（S204）。

#### 【0149】

さらに、主制御部 211 は、 $h > m$  か否かを判断する。 $h > m$  であれば（S205 の Yes）検査を終了する。また、 $h = m$  であれば（S205 の No）ステップ 202 に戻る。これにより、すべての走査線（フレーム）に対応する断層画像が取得される。

#### 【0150】

[作用・効果]

10

20

30

40

50

以上のような光画像計測装置の作用及び効果について説明する。

【0151】

光画像計測装置1は、順次ガルバノミラーの向きを変更させながらの眼底E fの走査及び干渉光の検出に並行して、1フレーム分の検出結果が得られる毎にその検出結果に基づく画像形成を行う構成を有する光画像計測装置である。

【0152】

このような光画像計測装置1によれば、装置が演算処理を行うための処理能力をそれほど必要としない被検眼Eの走査及び干渉光の検出の実施と共に高い処理能力を必要とするスペクトル解析及び画像形成を実施するため、演算制御装置200の処理能力を十分に活用することができるので、検査を迅速に行うことができ、検査時間を短縮することが可能となる。 10

【0153】

[変形例1]

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。よって、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。

【0154】

上記の実施形態では、第1の実施形態で説明した異常の検出がなされていないが、断層画像の形成の後に異常の検出を行う構成にしてもよい。

【0155】

例えば、異常検出部250が、画像形成部220により形成された走査線R iに沿った断層画像を順次受けて、受けた順に断層画像の異常を検出していく構成にしてもよい。 20

【0156】

以上で説明したように、本変形例に係る光画像計測装置1は、順次ガルバノミラーの向きを変更させながらの眼底E fの走査及び干渉光の検出に並行して、1フレーム分の検出結果が得られる毎にその検出結果に基づく画像形成、及び異常の検出を行う構成である。

【0157】

このような構成にすることで、すべての断層画像の形成を終了する前に異常の検出を行うことができ、迅速ない異常の検出が可能となる。また、異常検出がなされたときに、オペレータの判断により検査を中止し、再度検査を開始することもできる。 30

【0158】

[変形例2]

また、異常検出部250が、画像形成部220が形成した断層画像に対する異常の検出を所定フレーム数毎、例えば10枚ごとに行う構成でもよい。

【0159】

この場合、制御部210が、予め10枚ごとという数を記憶しておき、画像形成部220が形成した断層画像に対応するフレーム数をカウントしていく、10フレームのカウントをしたときに、異常検出部250にその断層画像に対して異常検出を行わせる構成にすればよい。

【0160】

以上で説明したように、本変形例に係る光画像計測装置1は、順次ガルバノミラーの向きを変更させながらの眼底E fの走査及び干渉光の検出に並行して、1フレーム分の検出結果が得られる毎にその検出結果に基づく画像形成、及び所定フレーム毎の異常の検出を行う構成である。 40

【0161】

このような構成にすることで、すべての断層画像に対する異常の検出を行わなくても例えば少なくとも10枚以上連続して断層画像に異常が発生している場合には検出できるため、3次元画像形成が不可能となるような異常は検出することができるとともに、処理の時間を短縮することが可能となる。

【0162】

10

20

30

40

50

## [変形例3]

また、異常検出部250が、画像形成部220が形成した断層画像に対する異常の検出を数枚ごと、例えば10枚ごとに行い、異常が検出された場合にはその前及び後の10枚の断層画像に対する異常の検出を実施する構成でもよい。

## 【0163】

この場合、変形例2と同様に、制御部210は、画像形成部220が形成した断層画像の枚数をカウントしていき、10枚カウントしたときに、異常検出部250にその断層画像に対して異常検出を行わせ、異常が検出された場合に、異常検出部250にその異常が検出された断層画像の前にカウントした10枚分の異常検出を行わせ、さらに異常が検出された断層画像の後の10枚分の断層画像の異常検出を行わせる構成にすればよい。

10

## 【0164】

以上で説明したように、本変形例に係る光画像計測装置1は、順次ガルバノミラーの向きを変更させながらの眼底Efの走査及び干渉光の検出に並行して、1フレーム分の検出結果が得られる毎にその検出結果に基づく画像形成、及び所定フレーム毎の断層画像の異常の検出を行い、異常が検出された場合に、その異常が検出された断層画像の前及び後のその所定フレーム数の断層画像の異常検出を行う構成である。

## 【0165】

このような構成にすることで、確実に10枚以上連続した断層画像において異常が発生していることを検出することが可能となる。これにより、全てのフレームにおける干渉光の検出及び画像の形成を完了せずとも、3次元画像の生成の障害となる異常の検出を行うことが可能となり、検査の全体的な時間の短縮が可能となる。

20

## 【0166】

## [変形例4]

また、異常が検出された場合、その異常が検出された断層画像に対応する走査線の走査を行った時のガルバノミラーの向きをフレーム数により取得し、その取得した向きにあたる実際の眼底上における位置の走査を行うように、ガルバノミラー141A、141Bを駆動させ向きを変更して、その位置の走査を再度行う構成にしてもよい。

## 【0167】

この場合の動作を説明する。制御部210は、異常が検出された時点で行っている走査のフレームからさかのぼって、異常が検出された断層画像のフレームまでのフレームの数を取得する。このフレーム数は、制御部210は、異常が検出された断層画像までに何枚のフレームの画像形成が終了しており、走査は何フレーム終わっているかを把握しているので、走査が終了しているフレーム数から異常が検出され他断層画像までのフレーム数を減算することで求められる。そして、制御部210は、ガルバノミラー141A、141Bの向きの変更を停止し、さらに、停止した向きから求められたフレーム数分だけ前の向きにガルバノミラー141A、141Bを戻す。制御部210は、ガルバノミラー141Bを所定角度ずつ動かしていくことで、各走査線に直交する方向にガルバノミラーの向きを変更し、各走査線に沿った走査を行うように向きを合わせる。そして、走査した走査線の数、すなわちフレームの数がガルバノミラー141Bの向きを変更した回数にあたり、その回数に前述した所定角度をかけることで、ガルバノミラー141Bが移動した角度がわかる。したがって、異常が検出された時点で行っている走査のフレームからさかのぼって、異常が検出された断層画像のフレームまでのフレームの数によって、ガルバノミラー141Bを停止させた向きから取得したフレーム数分前のガルバノミラー141Bの向きを求めることができる。そして、制御部210は、その求めた向きにガルバノミラー141Bを戻し、その向きの走査線に沿った走査から走査を再開させる。

30

## 【0168】

本変形例に係る光画像計測装置は、異常が検出された断層画像に対応する前記走査を行ったときのガルバノミラーの位置を求め、ガルバノミラーの駆動を停止して、その求めた位置にガルバノミラーの向きを変更し、その変更したガルバノミラーの向きから干渉光の検出を再開する構成である。

40

50

## 【0169】

このような構成にすることで、途中で異常が検出された場合に、すぐにその異常が発生した断層画像に対応する実際の眼底上の位置から検査を再開することができる。これにより、すべての断層画像の形成の完了まで待つことなく、迅速に異常に対応する事が可能となり、検査効率を向上させるとともに検査の全体的な時間短縮が可能となる。

## 【0170】

## [変形例5]

また、異常が検出された場合、その異常が検出された断層画像に対応する走査を行っているときに撮像された眼底画像を基に、その走査の位置を求め、その求めた位置を走査するように、現在の眼底画像を基に、ガルバノミラー141A、141Bを駆動させ向きを変更して、そのガルバノミラー141A、141Bの向きにあたる位置の走査を再度行う構成にしてもよい。10

## 【0171】

この場合、走査を行っている最中に眼底画像をリアルタイムでモニタリング（動画観察）する眼底モニタを要する。眼底モニタは、干渉光の検出が行われている間、撮像装置10から出力される観察光源101からの近赤外領域の波長を含む照明光に基づく眼底Efの眼底画像をリアルタイムで所定のフレームレートで取得している。

## 【0172】

このようにリアルタイムで眼底画像をモニタすることで、断層画像を形成するために被検眼を走査しているときにリアルタイムで生成される眼底画像を用いて、その生成された眼底画像に対する現在行っている走査の位置を取得することができる。20

## 【0173】

この場合の動作を具体的に説明する。制御部210は、眼底における主走査方向（x方向）と直交する方向（すなわち、各断層画像と直交する方向であるy方向）への2D座標を有している。この座標は、眼底の特徴点（具体的には、中心窩、黄斑、血管の分岐点、疾患部など）を基に決定されるため、形成される眼底画像の枠内で眼底が移動しても眼底に対しての座標は変わらない。

## 【0174】

そして、制御部210は、任意の走査線の位置に対応する断層画像を形成するにあたって、その断層画像を形成するための眼底Efに対する走査位置が、その走査を行った時点での眼底画像における座標上のどの位置かという座標情報を生成する。そして、制御部210は、断層画像の識別情報に対して、その断層画像に対応する走査を行った時点での眼底画像と座標情報を関連づけて記憶部212に逐次記憶していく。30

## 【0175】

制御部210は、異常検出部250から異常の検出の通知を受けたときに異常が発生した断層画像の識別情報を取得する。そして、制御部210は、取得した識別情報を基に記憶部212を検索して、異常が発生した断層画像の走査を行った時点での眼底画像を取得する。そして、制御部210は、その眼底画像の座標情報を基に眼底上における走査位置の座標を取得する。そして、制御部210は、生成されている現在の眼底画像の上での取得した座標にあたる位置を求める。次に、制御部210は、その位置を基に、ガルバノミラー141A、141Bを駆動させ現在の眼底画像における取得した座標にあたる向きに向きを変更する。そして、そのガルバノミラー141A、141Bの向きから再度検査を開始する。40

## 【0176】

以上で説明したように、本変形例に係る光画像計測装置1は、眼底Efの眼底画像を干渉光の検出中に所定のフレームレートでモニタし、異常が検出された断層画像の干渉光の検出を行った時点での眼底画像を基に、異常が検出された断層画像の眼底画像における位置を取得し、その取得された位置に対応する現在の眼底画像における位置を特定し、その特定された位置の走査を行うようにガルバノミラーの向きを求める構成である。

## 【0177】

1020304050

このような構成にすることで、検査の途中で異常が検出された場合に、現在の眼底の位置におけるその異常が発生した断層画像に対応する走査位置から検査を再開することができる。これにより、より正確な3次元画像の生成を行うことが可能となる。

【符号の説明】

【0178】

1 光画像計測装置

1 A 眼底カメラユニット

1 4 0 L C D

1 4 1 走査ユニット

1 4 1 A、1 4 1 B ガルバノミラー

10

1 5 0 O C T 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 4 C C D

2 0 0 演算制御装置

2 1 0 制御部

2 2 0 画像形成部

2 3 0 画像処理部

20

2 4 0 ユーザインターフェイス

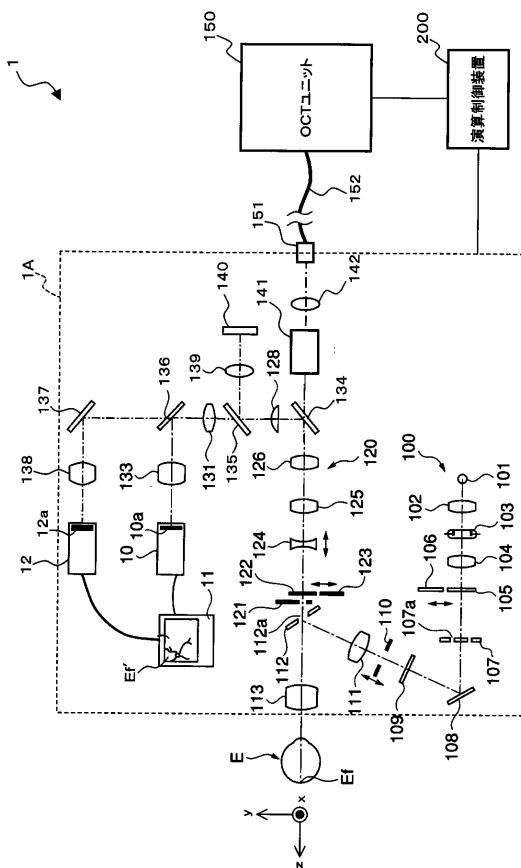
2 4 0 A 表示部

2 4 0 B 操作部

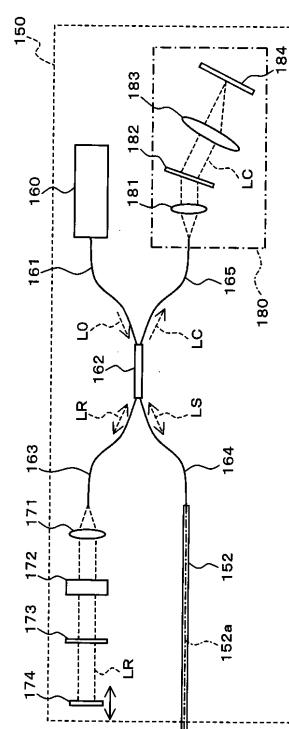
2 4 1、2 4 2 ミラー駆動機構

2 5 0 異常検出部

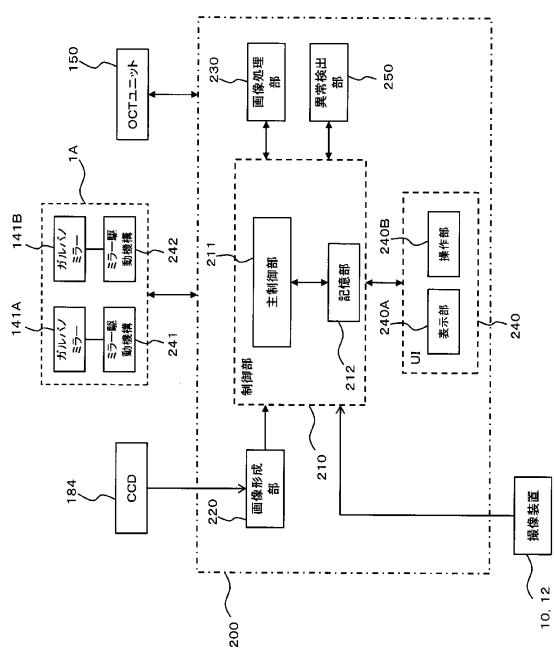
【図1】



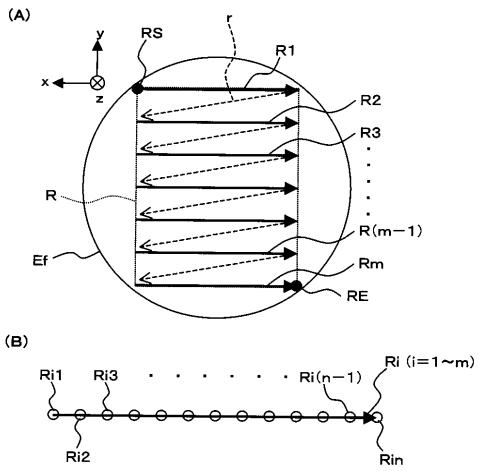
【図2】



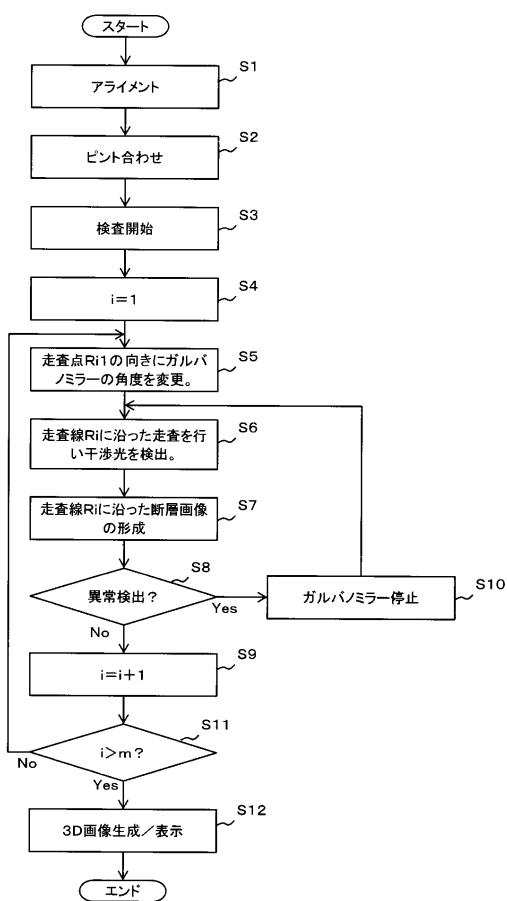
【図3】



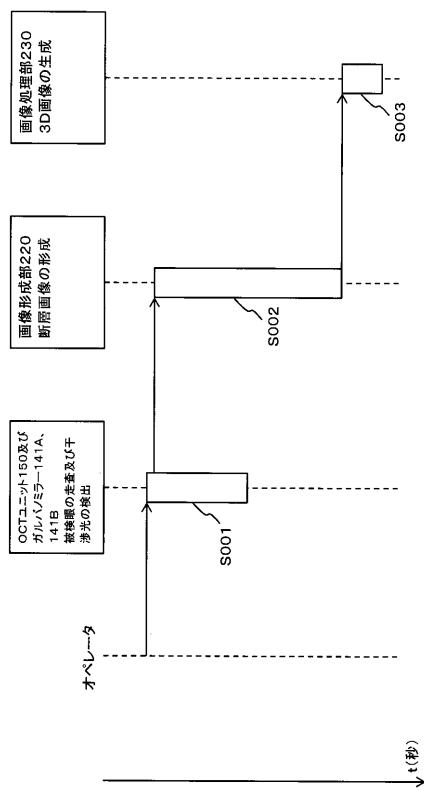
【図4】



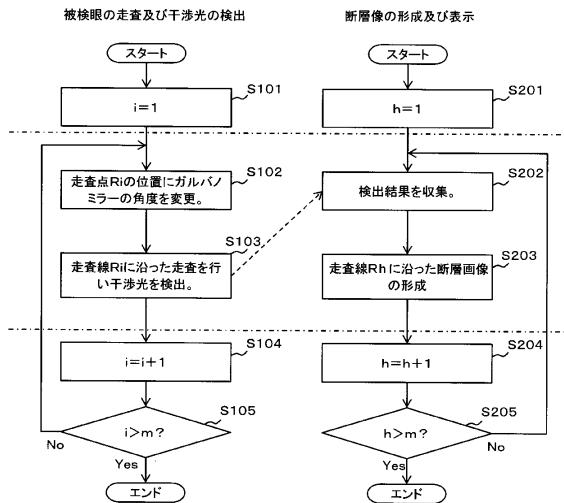
【図5】



【図6】



【図7】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2008-154939(JP,A)  
特開2008-267891(JP,A)  
特開2008-203246(JP,A)  
特開平09-140671(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 21/00 - 21/61  
A61B 3/00 - 3/16  
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)