

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6166509号
(P6166509)

(45) 発行日 平成29年7月19日 (2017.7.19)

(24) 登録日 平成29年6月30日 (2017.6.30)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 3/10 (2006.01)

A 6 1 B 3/10 Z DMR

請求項の数 18 (全 14 頁)

| | | | |
|-----------|-------------------------------|-----------|-------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2012-6009 (P2012-6009) | (73) 特許権者 | 000001007 |
| (22) 出願日 | 平成24年1月16日 (2012.1.16) | | キヤノン株式会社 |
| (65) 公開番号 | 特開2013-144047 (P2013-144047A) | | 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 |
| (43) 公開日 | 平成25年7月25日 (2013.7.25) | (74) 代理人 | 100094112 |
| 審査請求日 | 平成27年1月5日 (2015.1.5) | | 弁理士 岡部 譲 |
| | | (74) 代理人 | 100096943 |
| | | | 弁理士 臼井 伸一 |
| | | (74) 代理人 | 100101498 |
| | | | 弁理士 越智 隆夫 |
| | | (74) 代理人 | 100107401 |
| | | | 弁理士 高橋 誠一郎 |
| | | (74) 代理人 | 100106183 |
| | | | 弁理士 吉澤 弘司 |
| | | (74) 代理人 | 100128668 |
| | | | 弁理士 齋藤 正巳 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像装置及び撮像方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測定光を照射した被検査物からの戻り光と、該測定光に対応する参照光とを合波した合波光を用いて、該被検査物の断層画像を撮る撮像装置であって、

前記測定光の光路長と前記参照光の光路長との差である光路長差を変更する変更手段と

、
第1の光路長差と前記第1の光路長差の絶対値よりも光路長差の絶対値が小さい第2の光路長差とでそれぞれ取得した第1及び第2の合波光を用いて、前記被検査物の第1及び第2の断層画像を取得する断層画像取得手段と、

前記第1及び第2の断層画像の類似性を示す値が所定値よりも大きい場合には前記光路長差の絶対値が前記第2の光路長差の絶対値より小さくなる方向を、前記類似性を示す値が所定値以下の場合には前記光路長差の絶対値が前記第2の光路長差の絶対値より大きくなる方向を、前記光路長差を変更する方向として取得する方向取得手段と、

前記第2の光路長差から前記取得された方向に前記光路長差を変更させるように前記変更手段を制御する制御手段と、

を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 2】

前記断層画像取得手段は、前記変更手段による前記第2の光路長差から前記光路長差の絶対値を大きくする方向への前記光路長差の変更の終了に応じて、前記大きくする方向の光路長差の変更後の光路長差で得られた合波光を用いて前記被検査物の断層画像を取得す

10

20

ることを特徴とする請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 3】

前記方向取得手段は、前記類似性を示す値が前記所定値より大きい場合に、前記第 2 の光路長差の絶対値よりも光路長差の絶対値が小さい第 3 の光路長差で取得した前記被検査物の第 3 の合波光を用いて取得した第 3 の断層画像と前記第 2 の断層画像との類似性を示す値を用いて、前記変更する方向を取得することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の撮像装置。

【請求項 4】

前記測定光の光路長が前記参照光の光路長よりも長い状態にして前記被検査物の断層画像を撮る第 1 の撮像モードと、前記測定光の光路長が前記参照光の光路長よりも短い状態にして前記被検査物の断層画像を撮る第 2 の撮像モードとを選択する選択手段を有し、

前記方向取得手段は、前記選択手段での選択の結果及び前記第 1 及び第 2 の断層画像の前記類似性を示す値を用いて前記変更する方向を取得することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 5】

前記制御手段は、前記第 1 の撮像モードにおいて、前記類似性を示す値が前記所定値よりも大きい場合には前記光路長差が前記第 2 の光路長差より短くなるように前記変更手段を制御すると共に、前記類似性を示す値が前記所定値以下の場合には前記光路長差が前記第 2 の光路長差より長くなるように前記変更手段を制御し、

前記第 2 の撮像モードにおいて、前記類似性を示す値が前記所定値以下の場合には前記光路長差が前記第 2 の光路長差より短くなるように前記変更手段を制御すると共に、前記類似性を示す値が前記所定値よりも大きい場合には前記光路長差が前記第 2 の光路長差より長くなるように前記変更手段を制御することを特徴とする請求項 4 に記載の撮像装置。

【請求項 6】

測定光を照射した被検査物からの戻り光と、該測定光に対応する参照光とを合波した合波光を用いて、該被検査物の断層画像を撮る撮像装置であって、

前記測定光の光路長と前記参照光の光路長との差である光路長差を変更する変更手段と、

第 1 の光路長差と前記第 1 の光路長差の絶対値よりも光路長差の絶対値が小さい第 2 の光路長差とでそれぞれ取得した第 1 及び第 2 の合波光を用いて、前記被検査物の第 1 及び第 2 の断層画像を取得する断層画像取得手段と、

前記取得された第 1 の断層画像と前記取得された第 2 の断層画像との類似性を示す値が所定値よりも大きい場合には前記光路長差の絶対値が前記第 2 の光路長差の絶対値より小さくなるように、前記類似性を示す値が所定値以下の場合には前記光路長差の絶対値が前記第 2 の光路長差の絶対値より大きくなるように、前記変更手段を制御する制御手段と、を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 7】

前記断層画像取得手段は、前記変更手段による前記第 2 の光路長差から前記第 1 の光路長差側への前記光路長差の変更の終了に応じて、前記変更後の光路長差で得られた合波光を用いて前記被検査物の断層画像を取得することを特徴とする請求項 6 に記載の撮像装置。

【請求項 8】

前記測定光の光路長が前記参照光の光路長よりも長い状態にして前記被検査物の断層画像を撮る第 1 の撮像モードと、前記測定光の光路長が前記参照光の光路長よりも短い状態にして前記被検査物の断層画像を撮る第 2 の撮像モードとを選択する選択手段を有し、

前記制御手段は、前記選択手段での選択の結果及び前記第 1 及び第 2 の断層画像の前記類似性を示す値を用いて前記変更手段を制御することを特徴とする請求項 6 又は 7 に記載の撮像装置。

【請求項 9】

前記制御手段は、前記選択手段により前記第 1 の撮像モードが選択され且つ前記類似性

10

20

30

40

50

を示す値が前記所定値以下の場合に、前記第2の光路長差から前記第1の光路長差側に前記光路長差を変更するように前記変更手段を制御することを特徴とする請求項8に記載の撮像装置。

【請求項10】

前記制御手段は、前記選択手段により前記第2の撮像モードが選択され且つ前記類似性を示す値が前記所定値より大きい場合に、前記光路長差を前記第2の光路長差から前記第2の光路長差よりも長い第3の光路長差に変更するように前記変更手段を制御し、

前記第3の光路長差で取得した前記被検査物の第3の合波光を用いて得た第3の断層画像と、前記第2の断層画像との類似性を示す値を用いて、前記変更手段を制御することを特徴とする請求項8又は9に記載の撮像装置。

10

【請求項11】

前記制御手段は、前記選択手段により前記第2の撮像モードが選択され且つ前記類似性を示す値が前記所定値以下の場合に、前記光路長差を前記第2の光路長差から前記第2の光路長差よりも短い第3の光路長差に変更するように前記変更手段を制御し、

前記断層画像取得手段は、前記第3の光路長差で取得した前記第3の合波光を用いて前記被検査物の断層画像を取得することを特徴とする請求項10に記載の撮像装置。

【請求項12】

前記測定光の光路長が前記参照光の光路長よりも長い状態にして前記被検査物の断層画像を撮る撮像モードにおいて、前記制御手段は、前記光路長差を変更する前の光路長差で取得した合波光を用いて得た断層画像と、前記光路長差を変更した後の光路長差で取得した合波光を用いて得た断層画像との類似性を示す値が前記所定値以下になるまで、前記光路長差の絶対値が小さくなる方向に前記光路長差を変更するように、前記変更手段を制御することを特徴とする請求項1乃至11のいずれか1項に記載の撮像装置。

20

【請求項13】

前記変更手段は、前記参照光の光軸の方向に移動可能に前記光軸上に配置され、前記参照光を反射する参照ミラーを含むことを特徴とする請求項1乃至12のいずれか1項に記載の撮像装置。

【請求項14】

前記測定光及び前記参照光は、共振器長を変化させて射出する光の波長を変更する光源から射出された光から生成されることを特徴とする請求項1乃至13のいずれか1項に記載の撮像装置。

30

【請求項15】

前記被検査物は被検眼であることを特徴とする請求項1乃至14のいずれか1項に記載の撮像装置。

【請求項16】

測定光を照射した被検査物からの戻り光と、該測定光に対応する参照光とを合波した合波光を用いて、該被検査物の断層画像を撮る撮像方法であって、

前記測定光の光路長と前記参照光の光路長との差である光路長差の第1の光路長差と前記第1の光路長差の絶対値よりも光路長差の絶対値が小さい第2の光路長差とでそれぞれ取得した第1及び第2の合波光を用いて、前記被検査物の第1及び第2の断層画像を取得する工程と、

40

前記第1及び第2の断層画像の類似性を示す値が所定値よりも大きい場合には前記光路長差の絶対値が前記第2の光路長差の絶対値より小さくなる方向を、前記類似性を示す値が所定値以下の場合には前記光路長差の絶対値が前記第2の光路長差の絶対値より大きくなる方向を、前記光路長差を変更する方向として取得する工程と、

前記第2の光路長差から前記取得された方向に前記光路長差を変更させる工程と、を含むことを特徴とする撮像方法。

【請求項17】

測定光を照射した被検査物からの戻り光と、該測定光に対応する参照光とを合波した合波光を用いて、該被検査物の断層画像を撮る撮像方法であって、

50

前記測定光の光路長と前記参照光の光路長との差である光路長差の第1の光路長差と前記第1の光路長差の絶対値よりも光路長差の絶対値が小さい第2の光路長差とでそれぞれ取得した第1及び第2の合波光を用いて、前記被検査物の第1及び第2の断層画像を取得する工程と、

前記取得された第1の断層画像と前記取得された第2の断層画像との類似性を示す値が所定値よりも大きい場合には前記光路長差の絶対値が前記第2の光路長差の絶対値より小さくなるように、前記類似性を示す値が所定値以下の場合には前記光路長差の絶対値が前記第2の光路長差の絶対値より大きくなるように前記光路長差を変更する工程と、を含むことを特徴とする撮像方法。

【請求項18】

10

請求項16又は17に記載の撮像方法の各工程をコンピュータに実行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】

本発明は、光干渉を用いて断層画像を撮像する撮像装置に関し、特に眼科診療等に用いられる干渉光学系を有する撮像装置及び撮像方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

現在、光学機器を用いた眼科用機器として、様々なものが使用されている。

20

例えば、眼を観察する光学機器として、前眼部撮影機、眼底カメラ、共焦点レーザー走査検眼鏡(Scanning Laser Ophthalmoscope: SLO)、等様々な機器が使用されている。中でも、光干渉断層撮像装置(Optical Coherence Tomography: OCT、以下OCT装置と記す)は、試料の断層画像を高解像度に得る装置であり、眼科用機器として網膜の専門外来では必要不可欠な装置になりつつある。

【0003】

上記OCT装置は、低コヒーレント光を、サンプルに照射し、そのサンプルからの反射光を干渉系を用いて分光することで、高感度に分析、測定をする装置である。また、OCT装置は、該低コヒーレント光を該サンプル上にスキャンすることで、断層画像を高解像度に得ることができる。そのため、被検眼の眼底における網膜の断層画像を高解像度に撮像することも可能であることから、網膜の眼科診断等において広く利用されている。

30

【0004】

なお、該OCT装置では、走査手段を介して測定光と呼ばれる低コヒーレント光を被検眼に照射することで得られる該被検眼からの戻り光と、測定光に対応する参照光とを合波し、得られた合波光に基づいて先の断層画像を取得している。ここで、測定光の光路における参照光の光路長に対応する位置をコヒーレンスゲートと呼ぶ。コヒーレンスゲートを近い程、高解像度の断層画像が得られることが知られている。

【0005】

特許文献1では、解像度において好適な網膜の断層画像を得ることを目的として、コヒーレンスゲートを調整するために合波光を分析する1次元センサの信号対ノイズ比を閾値以上になるように調整する方法が示されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2008-154939号公報。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、該文献に開示される方法では、信号対ノイズ比を用いていることから、

50

網膜に対するコヒーレンスゲートの実際の位置を判断することが難しい。このため、高解像度の断層画像を得ようとした場合には診断したい位置での解像度が低下してしまう恐れがあった。また、被検眼が、例えば白内障により、信号対ノイズ比が十分に取れない場合には、上述した制御の実行自体が困難となる場合も考えられた。

【 0 0 0 8 】

また、従来のOCT装置では、モニタによって断層画像を見ながら該画像の撮像を行うが、その際に表示されている断層画像しか見ることができず、コヒーレンスゲートを網膜に近づけるという操作自体が困難であった。

【 0 0 0 9 】

本発明は以上の状況に鑑みて為されたものであり、撮像対象域に対してコヒーレンスゲートをできる限り近くに設定することを可能とし、診断したい位置での高解像度の断層画像を得ることを可能とする撮像装置及び方法の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

上記課題を解決するために、本発明の一態様に係る撮像装置は、
測定光を照射した被検査物からの戻り光と、該測定光に対応する参照光とを合波した合波光を用いて、該被検査物の断層画像を撮る撮像装置であって、

前記測定光の光路長と前記参照光の光路長との差である光路長差を変更する変更手段と、

第1の光路長差と前記第1の光路長差の絶対値よりも光路長差の絶対値が小さい第2の光路長差とでそれぞれ取得した第1及び第2の合波光を用いて、前記被検査物の第1及び第2の断層画像を取得する断層画像取得手段と、

前記第1及び第2の断層画像の類似性を示す値が所定値よりも大きい場合には前記光路長差の絶対値が前記第2の光路長差の絶対値より小さくなる方向を、前記類似性を示す値が所定値以下の場合には前記光路長差の絶対値が前記第2の光路長差の絶対値より大きくなる方向を、前記光路長差を変更する方向として取得する方向取得手段と、

前記第2の光路長差から前記取得された方向に前記光路長差を変更させるように前記変更手段を制御する制御手段と、を有することを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

また、上記課題を解決するために、本発明の一態様に係る撮像方法は、
測定光を照射した被検査物からの戻り光と、該測定光に対応する参照光とを合波した合波光を用いて、該被検査物の断層画像を撮る撮像方法であって、

前記測定光の光路長と前記参照光の光路長との差である光路長差の第1の光路長差と前記第1の光路長差の絶対値よりも光路長差の絶対値が小さい第2の光路長差とでそれぞれ取得した第1及び第2の合波光を用いて、前記被検査物の第1及び第2の断層画像を取得する工程と、

前記第1及び第2の断層画像の類似性を示す値が所定値よりも大きい場合には前記光路長差の絶対値が前記第2の光路長差の絶対値より小さくなる方向を、前記類似性を示す値が所定値以下の場合には前記光路長差の絶対値が前記第2の光路長差の絶対値より大きくなる方向を、前記光路長差を変更する方向として取得する工程と、

前記第2の光路長差から前記取得された方向に前記光路長差を変更させる工程と、を含むことを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 1 2 】

本発明によれば、コヒーレンスゲートを被検査物にできるだけ近くに配置できる。これにより、高解像度の断層画像を取得することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 3 】

【図1】本発明に係る第1の実施例についてそのフローチャートを示す図である。

【図2】本発明の一実施例に用いられるSD-OCT装置の概略構成を示す図である。

10

20

30

40

50

【図3】本発明の一実施例に用いられるSS-OCT装置の概略構成を示す図である。

【図4】コヒーレンスゲートの配置と実際の断層画像の関係を示した図である。

【図5】コヒーレントゲートと連続した断層図の相互相関の関係を示した図である。

【図6】本発明に係る第2の実施例についてそのフローチャートを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

まず、本発明の一実施形態となる撮像装置として用いられるOCT装置について述べる。なお、被検査物の一例である被検眼の眼底（網膜）について説明しているが、本発明はこれに限定されない。例えば、被検査物は、被検体の皮膚や臓器等でも良い。このとき、本発明は、眼科装置以外に、内視鏡等の医療機器に適用することができる。

10

図2に代表的なFD（フーリエドメイン）OCT装置であるSD（スペクトルドメイン）-OCTの構成の概念図を示す。光源201から出射した光がビームスプリッタ202によって参照光212と測定光211とに分割される。測定光211は、観察対象である眼205によって反射や散乱により戻り光213となって戻された後、ビームスプリッタ202によって、参照光212と合波され干渉光（合波光）214となる。干渉光214は回折格子207により分光され、レンズ208により1次元センサ209上に結像される。1次元センサ209の各出力を1次元センサ内の位置つまり干渉光の波数でフーリエ変換することにより、制御手段（CPU210）において眼205の断層画像を得ることができる。なお、該CPU210は、後述するスキャナ、参照光用ミラー等を制御してコヒーレンスゲートを移動させる操作、コヒーレンスゲートの移動方向を取得する操作、等の各フローを対応するモジュールにより実行する。

20

【0015】

次に、光源201の周辺について説明する。光源201は代表的な低コヒーレント光源であるSLD（Super Luminescent Diode）である。波長は830nm、バンド幅50nmである。ここで、バンド幅は、得られる断層画像の光軸方向の分解能に影響するため、重要なパラメーターである。また、光源の種類は、ここではSLDを選択したが、低コヒーレント光が出射できればよく、ASE（Amplified Spontaneous Emission）等も用いることができる。また、波長は眼を測定することを鑑みると、近赤外光が適する。さらに波長は、得られる断層画像の横方向の分解能に影響するため、なるべく短波長であることが望ましく、ここでは830nmとする。観察対象の測定部位によっては、他の波長を選んでももちろん良い。

30

【0016】

次に、測定光211の光路について説明する。ビームスプリッタ202によって分割された測定光211は、XYスキャナ203のミラーに入射される。ここでは、簡単のため、XYスキャナ203は一つのミラーとして記したが、実際にはXスキャン用ミラーとYスキャン用ミラーとの2枚のミラーが近接して配置され、眼205の網膜上を光軸に垂直な方向にラスタスキャンするものである。また、測定光211の中心はXYスキャナ203のミラーの回転中心と一致するように調整されている。レンズ204により網膜上に測定光211を集光する。これらの光学系により、測定光211は眼205に入射すると、眼205の網膜からの反射や散乱により戻り光213となる。

40

【0017】

次に、参照光212の光路について説明する。ビームスプリッタ202によって分割された参照光212は、ミラー206により反射され、ビームスプリッタ202に戻る。

ミラー206は駆動装置215により光軸方向に移動でき、参照光212の光路長を測定光211とほぼ同じ長さにするることにより、参照光212と測定光211をと干渉させることができる。駆動装置は通常ステッピングモータなどにより、段階的にミラーを移動することが出来る。

【0018】

また、前述したように、観察対象である眼の位置に於いて、参照光212の光路長と等しい測定光211の光路長の位置をコヒーレンスゲートと呼び、この装置により得られる

50

断層画像は、このコヒーレンスゲートからの距離に対応した像が得られる。

次に分光系について説明する。前記の様に干渉光 214 は回折格子 207 により分光されるが、この分光は光源の中心波長、バンド幅と同じ波長条件で分光を行う。また、干渉項を測定する 1 次元センサ 209 は一般的に CCD 型と CMOS 型とがあるが、どちらを用いても同様の結果が得られる。

【0019】

また、図 3 に、もう 1 つの FD-OCT である SS (スイプトソース) - OCT 装置の概念図を示す。SD-OCT との違いは、光源が、バンド幅を持った低コヒーレント光から、光の波長を走査することの出来る光源 (S w i p t S o u c e) 216 に変わり、受光器が分光器から、単なる受光素子 217 に変わったことである。つまり、SD-OCT ではバンド幅を持った光源を受光部で分光していたが、光源の波長を走査し、波長の走査に同期して干渉候を検出することにより、209 の 1 次元センサと同様の信号を得ることができる。

10

【0020】

上記 SS-OCT の 216 の光源は、リング型のファイバレーザ共振器内に、共振器長を微小に変化させることのできるミラー共振器を挿入することで実現できる、また、217 の受光素子は PIN 型フォトダイオードで実現できる。

【0021】

以上の OCT 装置において、XY スキャナ 203 を動かさずに測定を行うと、フーリエ変換の出力からは、A スキャンの断層画像が得られる。ここで、A スキャンとは、網膜の深さ方向 (Z 方向) のスキャンのことである。A スキャン終了ごとに、スキャナを X 方向に解像度分動かすことを続けると、B スキャンの断層画像を得ることができる。また、1 つの B スキャンの断層画像を得るごとにスキャナを Y 方向に移動させ、連続した B スキャンの断層画像を得ることにより、網膜の 3 次元の断層画像を得ることができる。

20

【0022】

ここで、前述したように、OCT 装置には、観察対象にコヒーレンスゲートに近い方が、信号強度が大きい、かつ解像度が良いという特性がある。このためできるだけ、観察対象 (この例では網膜) の近くにコヒーレンスゲートを置くようにミラー 206 の位置を調整することが、より信号対ノイズ比、解像度の高い画像を得るために必要である。

【0023】

より詳細には、図 4 のように、4-1A、4-2A、のように網膜上面にコヒーレンスゲートを近づけたときに取得できる断層画像は、4-1B、4-2B のようになる。しかし、4-3A、4-4A のように網膜の中にコヒーレンスゲートが入ってしまった場合は、4-3B、4-4B のような断層画像になってしまう。また、コヒーレンスゲートが 4-5A のように網膜を通り過ぎると 4-5B のように上下がさかさまの像になる。

30

【0024】

これは FD 型の OCT 装置の特性としてコヒーレンスゲートからの距離しか判らないことが一因にある。従って、上記のようにコヒーレンスゲートが網膜の中にあると正しい断層画像が取れないため、コヒーレンスゲートが網膜の中にあるか外にあるかを的確に判断する必要がある。

40

【0025】

本発明によれば、後述するように、コヒーレンスゲートを網膜の外から網膜に近づけて行き、断層画像を取得する。このとき連続して取得できる 2 つの断層画像を比較すると、コヒーレンスゲートが網膜の外にあるときは、位置が変わるだけで断層画像の形状は変化しない。しかし、図 5 を参照して述べたように、コヒーレンスゲートが網膜の中にあると形状は大きく変化する。このことにより、連続して取得できる 2 つの断層画像の相互相関を計算し、即ち類似性を求め、この値が変化するとコヒーレンスゲートが網膜の中にあると判断することが出来る。

【0026】

図 5 に網膜での相互相関の値の例を示す、図 5 のように網膜の外にコヒーレンスゲート

50

がある時は、同じ像であるため、相関は大きい値となる。網膜の内側にコヒーレンスゲートがある時は図5のように中心に行くに従い相関が少なくなり、次に中心をとおり過ぎると相関が増える。網膜をとおり過ぎると図4-5Bのように逆さまの像になるが、この時コヒーレンスゲートの変化に対して断層画像は変化しないため相関は大きい値となる。以上のように、網膜に、コヒーレンスゲートを近づけていき、連続して取得できる2つの断層画像の相互相関が変化する位置を見つける。この位置をコヒーレンスゲートが網膜の中に入りはじめた位置と判断し、1つ手間の位置にコヒーレンスゲートの位置を調整する。

また、図4では理解しやすいように2次元断層画像で説明したが、Aスキャン1つでも同様のことができる。

【0027】

10

[第1の実施例]

図1は、以上のコヒーレンスゲートと断層画像との関係を考慮して高解像度の3次元画像を取得するための、本発明の制御フローを示したフローチャートである。本発明を図1に従い説明する。まずステップ101で動作を開始する。フローが開始されると、初期化の操作としてコヒーレンスゲートを網膜から離れた初期位置に配置する。これは、通常人間の眼の眼軸長は大体20mmから30mmであるため、眼の表面から、20mm以下くらいの位置に配置するとよい。

【0028】

次に、OCT像が取得できるまでコヒーレンスゲートを網膜にステップごとに近づける。なお、網膜像の取得はOCT像を目視でモニタする場合にはBスキャンが必要となる。しかし、自動で行う場合は、干渉信号が取得出来ればよいので1箇所のAスキャンでモニタすること可能であり、更にこの場合フーリエ変換も行う必要もない。干渉信号が取得できた段階で、OCTのBスキャン画像を取得する。この画像から、現在のコヒーレンスゲート位置から一番近い網膜の場所を特定し、その場所のXY座標を求め、求めた座標に測定光が照射されるようにXYスキャナを固定する。

20

【0029】

以上の操作を行った後、ステップ102として、ミラー206等を移動させることにより、コヒーレンスゲートの位置をXY座標に対応する第1の位置に配置する。コヒーレンスゲートの移動後、Aスキャン画像を取得することにより、第1の位置における第1の合波光の強度を取得する(ステップ103)。続いて、ステップ104において、コヒーレンスゲートを第1の位置から被検査物側の第2の位置に移動させる(コヒーレンスゲートを被検査物に近づける)。具体的には、コヒーレンスゲートを1ステップ網膜に近づける。コヒーレンスゲートを第2の位置に移動させた後、ステップ105において当該位置でのAスキャン画像を取得し、第2の合波光の強度を取得する。

30

【0030】

なお、コヒーレンスゲートは、前述したようにミラー206の移動、OCT装置と被検査物との距離を変化させる等、光路長を変化させる種々の方法が存在するが、本発明ではこれらを種々の方法を含めコヒーレンスゲートを移動させる移動手段として定義する。より詳細には、当該移動手段は、測定光の光路長と参照光の光路長との差である光路長差に基づいてコヒーレンスゲートを移動させている。

40

【0031】

ステップ106で、今回ステップ105で取得したAスキャン像とその前のステップで取得したAスキャン像の相互相関を計算する。より詳細には、第1及び第2の合波光の強度の相関を示す値を取得する。続くステップ107では、該相関を示す値と所定値との比較を行い、第1の合波光の強度と今回の第2の合波光の強度との間で所定値以上の変化が生じたか否かを判断する。

【0032】

なお、図5に示すように、コヒーレンスゲートが網膜の内側に存在し、ステップ107の操作の際に、第1の合波光の強度と第2の合波光の強度との比較も為される。例えば網膜の手前側からコヒーレンスゲートを1ステップずつ網膜に近づけている場合を考えると

50

、コヒーレンスゲートが網膜に達する前の段階では相関を示す値は大きく変化しない。しかし、該コヒーレンスゲートが網膜の内側に入るとこの相関を示す値は小さくなり、網膜中央位置で最小となり、これより網膜の向こう側に位置するまで増加し、網膜も向こう側では一定の値となる。

【 0 0 3 3 】

従って、この相関を示す値の変化の傾向とコヒーレンスゲートの初期位置を知ることにより、網膜において配置したい位置に対してコヒーレンスゲートを移動させる方向を特定することが可能となる。即ち、第 1 の位置で取得した第 1 の合波光と、第 2 の位置で取得した第 2 の合波光とに基づいてコヒーレンスゲートの移動方向を取得、決定することができる。本発明では CPU 2 1 0 においてコヒーレンスゲートの移動方向を取得する移動方向取得手段として機能するモジュール領域により当該操作は実行される。また、このコヒーレンスゲートを第 2 の位置から移動させる移動手段の制御は、制御手段として機能するモジュール領域により実行される。この移動方向を適宜取得することにより、コヒーレンスゲートがある程度以上移動された後であっても、好適な位置へコヒーレンスゲート移動させるための適切な方向を適宜得ることが可能となる。

10

【 0 0 3 4 】

ここでフローに戻り、ステップ 1 0 7 において相関を示す値が所定値よりも大きい状態であれば、フローはステップ 1 0 4 に戻り、第 2 の位置よりも更に被検査物側の位置にコヒーレンスゲートを移動させる。即ち、相関を示す値が所定値より大きい場合に、コヒーレンスゲートを第 2 の位置から被検査物側の第 3 の位置に移動する必要があるため、移動方向取得手段はこの移動方向を取得する。更に、ステップ 1 0 7 において、該第 3 の位置で取得した被検査物の第 3 の合波光と第 2 の合波光との強度の相関に基づいてコヒーレンスゲートの移動方向を再度取得する操作を実行する。以下、ステップ 1 0 7 において相関を示す値が所定値以下となるまで当該操作は繰り返される。

20

ステップ 1 0 7 にて相関を示す値が所定値以下であると判断されると、フローはステップ 1 0 8 に移行する。ステップ 1 0 8 では、現在のコヒーレンスゲートの位置が最適位置を 1 ステップ越えた状態にあると考え、このコヒーレンスゲートの 1 つ前のステップ位置を最適な位置とする。

【 0 0 3 5 】

本発明において、断層画像を生成する或いは取得する断層画像取得手段は、CPU 2 1 0 において合波光より断層画像或いは 3 次元画像を生成するモジュール領域に対応する。当該断層画像取得手段はこの 1 つ前のステップ位置にコヒーレンスゲートが存在する状態での合波光より 3 次元画像の生成等を実行する。即ち、移動手段によるコヒーレンスゲートの移動が終了したことに応じて、断層画像取得手段は被検査物の断層画像を取得する。

30

【 0 0 3 6 】

ここで、前述したコヒーレンスゲートの移動手段は移動方向取得手段により取得された移動方向に向けて該コヒーレンスゲートを移動させる。この移動手段の動作は、CPU 2 1 0 において、コヒーレンスゲートを第 2 の位置から移動方向取得手段で取得した移動方向に移動するように移動手段を制御する制御手段として機能するモジュール領域により実行される。

40

【 0 0 3 7 】

以上に述べた相互相関の計算方法として、例えば、2 つの像の輝度等の強度の差の自乗平均根の逆数を求める方法がある。これは 2 つの像の強度をそれぞれ $A(x)$ 、 $B(x)$ とすると求める相互相関は各点の強度の差 $A(x) - B(x)$ の 2 乗の総和を x の点の数 (データ数) で割ったものの平方根の逆数で表される。また、通常は、片方の座標を変化させ、相関が一番大きいところを取るが、この場合、色素上皮層の反射光量が一番大きいことが知られているため、強度が一番大きい座標を基準にして相互相関を取ることで計算を早く行うことが出来る。

【 0 0 3 8 】

この例では、相互相関を計算値の変化点があれば、すぐに網膜の内側であると判断した

50

が、ノイズなど大きい場合は、変化点があっても、105、106の操作を複数回行い、計算値が増えていることを確認するとより精度よい判断を行うことができる。

【0039】

またこの例では、104で2次元の断層画像であるBスキャンを対象にしているが、3次元の断層画像を取得する場合は、ここで取得する断層画像を3次元にすることで対応できる。このことで、3次元の像の中で、現在のコヒーレンスゲート位置から一番近い網膜の場所を見つけ出すことができる。

【0040】

なお、コヒーレンスゲートを予め被検査物の外側に配置して断層画像の撮像を実行する第1の撮像モードと、該コヒーレンスゲートを予め被検査物の内側に配置して断層画像の撮像を実行する第2の撮像モードを有する構成としても良い。前述したように、断層画像の撮像においては、コヒーレンスゲートの存在位置及びその近傍において最も好適な解像度の画像が得られる。例えば被検査物が人間の目の場合、網膜の表面側にある神経線維層の分析を詳細に為したい場合に対して、網膜の奥側にある色素上皮層の分析を詳細に為したい場合もある。神経線維層が対象の場合には、前述した実施例の如く網膜の手前側からコヒーレンスゲート移動させることで、短い時間であっても高解像度の神経線維層の3次元画像が得られる。

【0041】

しかし、色素上皮層が対象の場合には網膜手前から測定を開始すると測定にかなりの時間を要する。この場合、前述した第2の撮像モードにより、予め網膜内にコヒーレンスゲートを配置し、当該配置から網膜の向こう側に向かってコヒーレンスゲートを移動させることで、短時間で高解像度の色素上皮層の3次元画像を得ることが可能となる。また、神経線維層もその厚さ方向で表面側の情報が重要な場合或いは奥側の情報が重要な場合があり得るが、これらモードを適時選択することにより、より短時間で所望位置の画像を高解像度化することが可能となる。

【0042】

本発明においては、このモード選択は、コヒーレンスゲートを被検査物の外側にして該被検査物の断層画像を撮る第1の撮像モードと、該コヒーレンスゲートを該被検査物の内側にして該被検査物の断層画像を撮る第2の撮像モードとを選択する選択手段により実行される。なお、この選択手段は、切換スイッチの態様にて操作者により選択可能としても良く、CPU210を介して選択可能としても良く、移動方向取得手段が、2つ合波光の相関を示す値に基づいて自動的にコヒーレンスゲートの移動方向を取得する態様としても良い。

【0043】

なお、当該選択手段を付加した構成の場合、移動方向取得手段は2つの合波光と共にこの選択手段からの指令に基づいて、コヒーレンスゲートの移動方向を取得することを要する。

より詳細には、選択手段により第1の撮像モードが選択され且つ相関を示す値が所定値より小さい場合には、移動方向取得手段はコヒーレンスゲートを第2の位置から第1の位置側に移動する移動方向を取得する。

【0044】

また、選択手段により第2の撮像モードが選択され且つ相関を示す値が所定値より小さい場合には、移動方向取得手段はコヒーレンスゲートを第2の位置から前記被検査物側の第3の位置に移動する移動方向を取得し、第3の位置で取得した被検査物の第3の合波光と第2の合波光との強度の相関に基づいて再度コヒーレンスゲートの移動方向を取得する。なお、この場合、前述した被検査物の外側から好適なコヒーレンスゲートの位置を探索した場合とは異なり、相関が所定値より大きい場合にコヒーレンスゲートが第3の位置で被検査物中の好適な位置に存在していると判断される。従って、該被検査物の断層画像はコヒーレンスゲートの第3の位置で得られた第3の合波光に基づいて被検査物の断層画像を取得する。

【 0 0 4 5 】

[第 2 の実施例]

図 6 は第 2 の実施例の制御フローを示したフローチャートである。第 1 の実施例ではステップ 1 0 2 で現在のコヒーレンスゲートに一番近い所を求めて当該位置を第 1 の位置としてコヒーレンスゲートを移動した後、合波光の強度の取得に続く以下のフローを実行している。

【 0 0 4 6 】

第 2 の実施例では、第 1 の位置を求める際に取得した OCT 断層画像から求めた場所とコヒーレンスゲートからの距離を求め、この距離を用いて該第 1 の位置の手前までコヒーレンスゲートを移動させ、その後に第 1 の実施例と同様の処理を行う。

10

【 0 0 4 7 】

すなわち、ステップ 5 0 1 で上記現在のコヒーレンスゲートに一番近い所とコヒーレンスゲートの距離を求める。次にステップ 5 0 2 ではステップ 5 0 1 で求めた距離を用い、数ステップ手前までコヒーレンスゲートを上記一番近い所まで移動させる。

これらの前後の処理は実施例 1 と同じである。

このことにより、すばやく目的の位置までコヒーレンスゲートを移動させることが出来、処理が早く行うことが出来る。

【 0 0 4 8 】

以上述べたように、本発明の一実施形態では、フーリエドメイン方式の OCT 断層撮像装置の態様であって、コヒーレンスゲートの位置を調整する際、網膜の外からコヒーレンスゲートを近づけながら断層画像を取得し、連続して取得した 2 つの断層画像の相互相関を計算し、該相互相関の値が変化する手前のコヒーレンスゲートの位置を基準となる調整位置第 1 の位置としている。この場合、コヒーレンスゲートの近づけ方は一定間隔で行われることが好ましい。また、計測時間の短縮及び CPU の負荷軽減等の観点から、相互相関の計算を行う断層画像には A スキャンの断層画像を用いることが好ましい。なお、この場合、本発明での相互相関の計算方法は、2 つの断層画像の各座標におけるデータの自乗平均根の逆数としている。また、コヒーレンスゲートを近づけながら断層画像を取得する際、始めに取得できた断層画像により、コヒーレンスゲートに一番近い所を検出し、このところの A スキャンの断層画像を取得し、相互相関を計算するとより好ましい。更にこの場合には、コヒーレンスゲートに一番近い所を検出した後、該コヒーレンスゲートを検出したところの手前近傍までコヒーレンスゲートを移動し、そこから一定間隔でコヒーレンスゲートを網膜に近づけると良い。

20

30

【 0 0 4 9 】

[その他の実施例]

また、本発明は、以下の処理を実行することによっても実現される。即ち、上述した実施形態の機能を実現するソフトウェア（プログラム）を、ネットワーク又は各種記憶媒体を介してシステム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ（または CPU や MPU 等）がプログラムを読み出して実行する処理である。

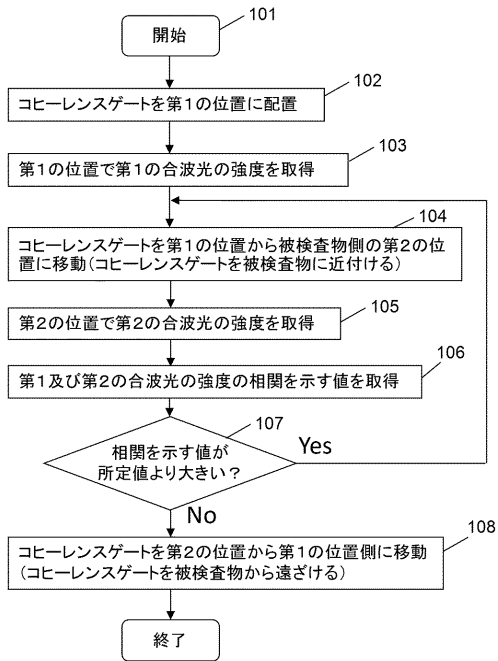
【 符号の説明 】

【 0 0 5 0 】

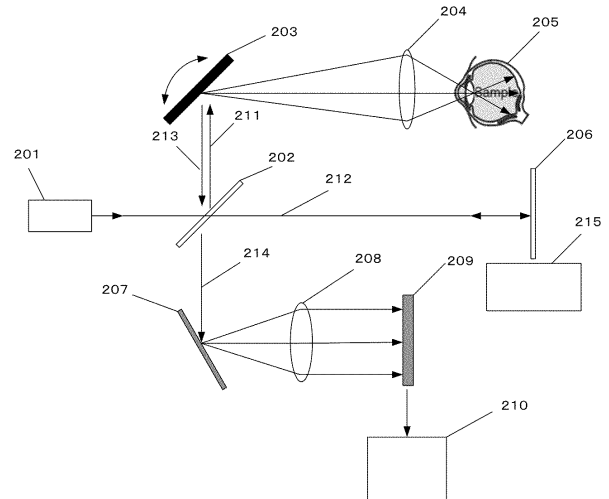
40

- 2 0 1 光源
- 2 0 2 ビームスプリッタ
- 2 0 3 X Y スキャナ
- 2 0 4、2 0 8 レンズ
- 2 0 6 ミラー
- 2 0 7 回折格子
- 2 0 9 一次元センサ
- 2 1 0 C P U
- 2 1 7 光検出器

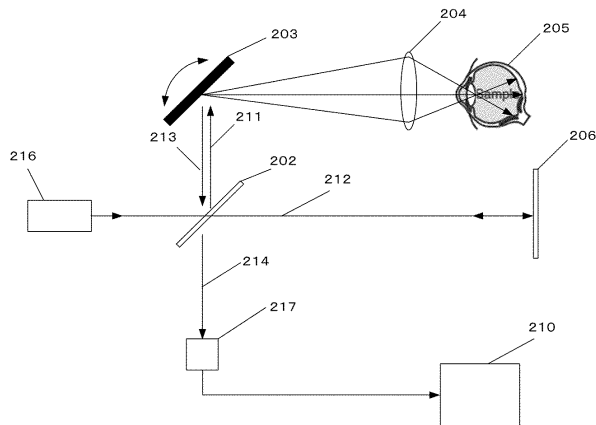
【図 1】



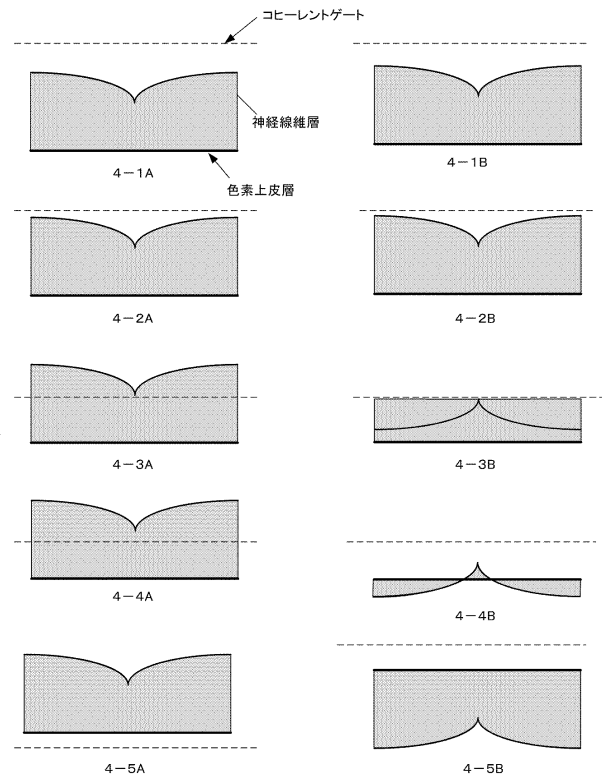
【図 2】



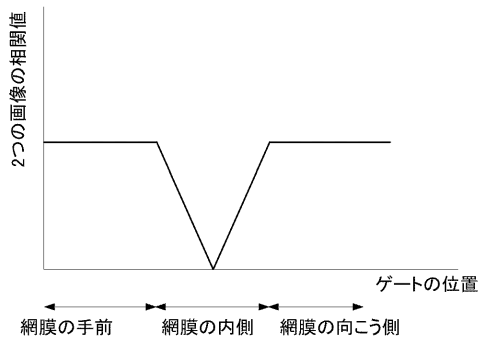
【図 3】



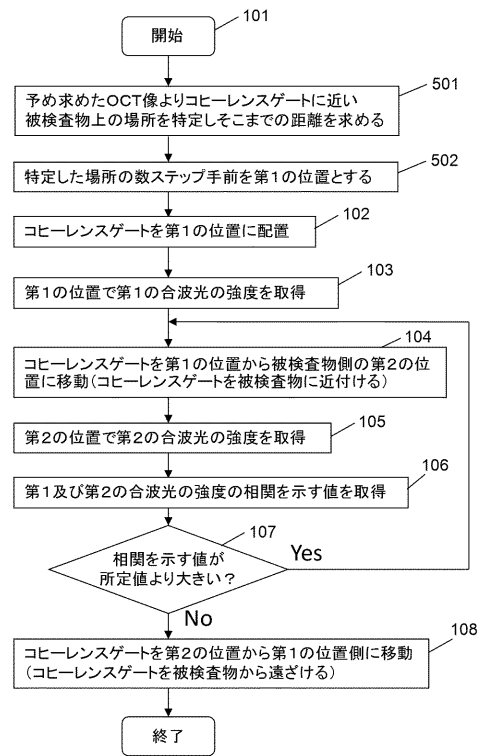
【図 4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(74)代理人 100134393

弁理士 木村 克彦

(74)代理人 100174230

弁理士 田中 尚文

(72)発明者 那波 孝

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 山口 裕之

(56)参考文献 特開2010-012111(JP,A)

特開2010-029648(JP,A)

特開2011-092290(JP,A)

特開2011-172822(JP,A)

特開2011-254959(JP,A)

特開2008-154941(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 3/10