

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5331395号
(P5331395)

(45) 発行日 平成25年10月30日 (2013.10.30)

(24) 登録日 平成25年8月2日 (2013.8.2)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 3/10 (2006.01)

A 6 1 B 3/10 R

A 6 1 B 3/12 (2006.01)

A 6 1 B 3/12 E

G O 1 N 21/17 (2006.01)

G O 1 N 21/17 6 3 O

A 6 1 B 10/00 (2006.01)

A 6 1 B 10/00 E

請求項の数 3 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2008-176258 (P2008-176258)
 (22) 出願日 平成20年7月4日 (2008.7.4)
 (65) 公開番号 特開2010-121111 (P2010-121111A)
 (43) 公開日 平成22年1月21日 (2010.1.21)
 審査請求日 平成23年7月1日 (2011.7.1)

(73) 特許権者 000135184
 株式会社ニデック
 愛知県蒲郡市拾石町前浜 3 4 番地 1 4
 (72) 発明者 山田 祥之
 愛知県蒲郡市拾石町前浜 3 4 番地 1 4 株
 式会社ニデック拾石工場内
 (72) 発明者 樋口 幸弘
 愛知県蒲郡市拾石町前浜 3 4 番地 1 4 株
 式会社ニデック拾石工場内
 (72) 発明者 佐竹 倫全
 愛知県蒲郡市拾石町前浜 3 4 番地 1 4 株
 式会社ニデック拾石工場内
 (72) 発明者 鳥居 寿成
 愛知県蒲郡市拾石町前浜 3 4 番地 1 4 株
 式会社ニデック拾石工場内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光断層像撮影装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源から出射された光束を測定光と参照光に分割し、測定光束を被検物に導き、参照光を参照光学系に導いた後、前記被検物から反射された測定光と参照光とが合成された光のスペクトル情報を受光素子により検出する干渉光学系と、

測定光と参照光の光路長差を調整するために前記参照光もしくは前記測定光の光路に配置された光学部材を光軸方向に移動させる駆動手段と、

駆動手段の駆動を制御すると共に、前記スペクトル情報をフーリエ解析して断層画像を取得し、表示手段に断層画像を表示させるための制御手段と、

前記表示手段の画面に表示させる前記被検物の断層像を予め正像又は逆像に設定する像設定手段と、を備え、

前記制御手段は、前記駆動手段の駆動を制御し、

前記光学部材を初期位置から所定方向に移動させていき、各位置にて取得される画像に対し前記被検物の断層像の有無を判定し、前記断層像が有と判定された場合、前記断層像が正像か逆像かを判定すると共に、

前記像設定手段により設定された像でないと判定された場合、前記設定された像が得られる方向に前記光学部材を移動させ、前記設定手段により設定された像であると判定された場合、深さ方向における前記断層像の位置が所定の調整位置と一致されるように前記光学部材を移動させることを特徴とする光断層像撮影装置。

【請求項 2】

10

20

請求項 1 の光断層像撮影装置において、

前記制御手段は、前記断層像が有と判定された場合、その前記断層像において正像と逆像が並存状態か否かを判定し、並存状態にあると判定された場合、前記設定された像のみが得られる方向に前記光学部材を移動させることを特徴とする光断層像撮影装置。

【請求項 3】

請求項 1 ～ 2 のいずれかの光断層像撮影装置において、

被検物の表面側を観察するための第 1 モードと、被検物の奥側を観察するための第 2 モードと、のいずれかを選択するモード選択手段を備え、

前記像設定手段は、前記モード選択手段より第 1 モードの選択信号が出力された場合、前記表示手段の画面上に正像を表示するように設定し、前記モード選択手段より第 2 モードの選択信号が出力された場合、前記表示手段の画面上に逆像を表示するように設定することを特徴とする光断層像撮影装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被検物の断層像を撮影する光断層像撮影装置に関する。

【背景技術】

【0002】

被検物の断層像を撮影する光断層像撮影装置として、低コヒーレント光を用いた光断層干渉計 (Optical Coherence Tomography: OCT) が知られている (特許文献 1 参照)。このような装置は、例えば、眼球や皮膚などの生体の断層像を得るために使用される。

20

【0003】

また、このような装置の場合、被検物に照射される測定光と、参照光との干渉光によって形成される断層像を得るためには、光路長可変用の光学部材 (例えば、参照ミラー) を移動させて光路長を調整する必要がある。

【0004】

例えば、被検眼眼底の断層画像を撮影する装置の場合、被検眼眼底に照射される測定光と、参照光との干渉光によって形成される眼底断層像を得るためには、被検眼の眼軸長に合わせて光路長可変用の光学部材 (例えば、参照ミラー) を移動させて光路長を調整する必要がある。

30

ここで、前述の光路長調整を自動的に行う手法としては、参照光の光路長が最も短い位置を初期位置として光路長が長くなる方向に参照ミラーを移動させていき、各移動位置にて眼底断層像の有無を判定し、判定結果に基づいて参照ミラーを移動させるのが一般的である。

【0005】

なお、干渉光を受光することにより得られる検出信号をフーリエ解析することにより眼底断層像を得る場合、参照ミラーの位置によって眼底断層像の正像と逆像のいずれかが取得される (像なしの場合もある) が、上記手法においては、参照光の光路長が最も短い位置もしくは最も長い位置から参照ミラーを移動させることで、はじめに取得される眼底断層像が正像であるか逆像であるかを予め規定させるものであった。例えば、参照光の光路長が最も長い位置から参照ミラーを移動させると、はじめに取得される断層像が逆像となるため、眼底断層像がありと判定された時点でこれを眼底断層像の逆像とみなし、逆像の取得位置から正像が取得される方向に参照ミラーを移動させることで、表示モニタ上に正像を表示させていた。

40

【特許文献 1】特開 2006 - 212153 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上記従来手法の場合、参照光の光路長が最も短い位置もしくは最も長い位置から光路長可変部材を移動させる必要があったため、光路長調整に時間を要していた

50

。また、光路長調整中において、予め規定していた断層像（例えば、逆像）の取得位置に光路長可変部材が置かれたときに被検眼が瞬きをしたような場合、検者が所望する断層像を表示できなくなる可能性があった。

【 0 0 0 7 】

本発明は、上記問題点を鑑み、被検物に対する光路長調整をスムーズに行うことができる眼底撮影装置を提供することを技術課題とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

上記課題を解決するために、本発明は以下のような構成を備えることを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

(1) 光源から出射された光束を測定光と参照光に分割し、測定光束を被検物に導き、参照光を参照光学系に導いた後、前記被検物から反射された測定光と参照光とが合成された光のスペクトル情報を受光素子により検出する干渉光学系と、測定光と参照光の光路長差を調整するために前記参照光もしくは前記測定光の光路に配置された光学部材を光軸方向に移動させる駆動手段と、駆動手段の駆動を制御すると共に、前記スペクトル情報をフーリエ解析して断層画像を取得し、表示手段に断層画像を表示させるための制御手段と、前記表示手段の画面に表示させる前記被検物の断層像を予め正像又は逆像に設定する像設定手段と、を備え、前記制御手段は、前記駆動手段の駆動を制御し、前記光学部材を初期位置から所定方向に移動させていき、各位置にて取得される画像に対し前記被検物の断層像の有無を判定し、前記断層像が有と判定された場合、前記断層像が正像か逆像かを判定すると共に、前記像設定手段により設定された像でないと判定された場合、前記設定された像が得られる方向に前記光学部材を移動させ、前記設定手段により設定された像であると判定された場合、深さ方向における前記断層像の位置が所定の調整位置と一致されるように前記光学部材を移動させることを特徴とする。

(2) (1) の光断層像撮影装置において、前記制御手段は、前記断層像が有と判定された場合、その前記断層像において正像と逆像が並存状態か否かを判定し、並存状態であると判定された場合、前記設定された像のみが得られる方向に前記光学部材を移動させることを特徴とする。

(3) (1) ~ (2) のいずれかの光断層像撮影装置において、被検物の表面側を観察するための第 1 モードと、被検物の奥側を観察するための第 2 モードと、のいずれかを選択するモード選択手段を備え、前記像設定手段は、前記モード選択手段より第 1 モードの選択信号が出力された場合、前記表示手段の画面上に正像を表示するように設定し、前記モード選択手段より第 2 モードの選択信号が出力された場合、前記表示手段の画面上に逆像を表示するように設定することを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

本発明によれば、被検物に対する光路長調整をスムーズ行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 1 】

本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。図 1 は、本実施形態に係る光断層像撮影装置の光学系及び制御系を示す図である。なお、以下の説明においては、眼科撮影装置の一つである眼底撮影装置を例にとって説明する。また、本実施形態においては、被検眼の奥行き方向を Z 方向（光軸 L 1 方向）、奥行き方向に垂直な平面上の水平方向成分を X 方向、鉛直方向成分を Y 方向として説明する。

【 0 0 1 2 】

図 1 において、その光学系は、低コヒーレント長の光の一部を測定光とするとともに低コヒーレント長の光の一部を参照光とし、参照光と測定光の反射光とを合成し、干渉させる干渉光学系（OCT 光学系）200 と、赤外光によって照明された被検眼眼底を二次元受光素子にて撮影することによって眼底観察用の眼底画像を取得する眼底観察光学系 300 と、を備える。干渉光学系 200 は、測定光学系 200 a と参照光光学系 200 b を含

10

20

30

40

50

む。また、干渉光学系 200 は、参照光と測定光による干渉光を周波数（波長）毎に分光し、分光された干渉光を受光手段（本実施形態においては、1次元受光素子）に受光させる分光光学系 800 を有する。また、ダイクロイックミラー 40 は、OCT 光学系 200 の測定光として用いられる波長成分の光を反射し、眼底観察光学系 300 の観察光として用いられる波長成分の光を透過する特性を有する。

【0013】

まず、ダイクロイックミラー 40 の反射側に設けられた OCT 光学系 200 の構成について説明する。27 は OCT 光学系 200 の測定光及び参照光として用いられる低コヒーレントな光を発する OCT 光源であり、例えば SLD 光源等が用いられる。OCT 光源 27 には、例えば、中心波長 840 nm で 50 nm の帯域を持つ光源が用いられる。26 は光分割部材と光結合部材としての役割を兼用するファイバーカップラーである。OCT 光源 27 から発せられた光は、導光路としての光ファイバ 38a を介して、ファイバーカップラー 26 によって参照光と測定光とに分割される。測定光は光ファイバ 38b を介して被検眼 E へと向かい、参照光は光ファイバ 38c を介して参照ミラー 31 へと向かう。

【0014】

測定光を被検眼 E へ向けて出射する光路には、測定光を出射する光ファイバ 38b の端部 39b、被検眼の屈折誤差に合わせて光軸方向に移動可能なフォーカシングレンズ 24、走査駆動機構 51 の駆動により眼底上で X Y 方向に測定光を走査させることが可能な 2つのガルバノミラーの組み合わせからなる走査部 23 と、リレーレンズ 22 が配置されている。ダイクロイックミラー 40 及び対物レンズ 10 は、OCT 光学系 200 からの OCT 測定光を被検眼眼底へと導光する導光光学系としての役割を有する。

【0015】

光ファイバ 38b の端部 39b から出射した測定光は、フォーカシングレンズ 24 を介して、走査部 23 に達し、2つのガルバノミラーの駆動により反射方向が変えられる。そして、走査部 23 で反射された測定光は、リレーレンズ 22 を介して、ダイクロイックミラー 40 で反射された後、対物レンズ 10 を介して、被検眼眼底に集光される。

【0016】

そして、眼底で反射した測定光は、対物レンズ 10 を介して、ダイクロイックミラー 40 で反射し、OCT 光学系 200 に向かい、リレーレンズ 22、走査部 23 の 2つのガルバノミラー、フォーカシングレンズ 24 を介して、光ファイバ 38b の端部 39b に入射する。端部 39b に入射した測定光は、光ファイバ 38b、ファイバーカップラー 26、光ファイバ 38d を介して、光ファイバ 38d の端部 84a に達する。

【0017】

一方、参照光を参照ミラー 31 に向けて出射する光路には、参照光を出射する光ファイバ 38c の端部 39c、コリメータレンズ 29、参照ミラー 31 が配置されている。参照ミラー 31 は、参照光の光路長を変化させるべく、参照ミラー駆動機構 50 により光軸方向に移動可能な構成となっている。

【0018】

光ファイバ 38c の端部 39c から出射した参照光は、コリメータレンズ 29 で平行光束とされ、参照ミラー 31 で反射された後、コリメータレンズ 29 により集光されて光ファイバ 38c の端部 39c に入射する。端部 39c に入射した参照光は、光ファイバ 38c を介して、ファイバーカップラー 26 に達する。

【0019】

そして、光源 27 から発せられた光によって前述のように生成される参照光と被検眼眼底に照射された測定光による眼底反射光は、ファイバーカップラー 26 にて合成され干渉光とされた後、光ファイバ 38d を通じて端部 84a から出射される。周波数毎の干渉信号を得るために干渉光を周波数成分に分光する分光光学系 800（スペクトロメータ部）は、コリメータレンズ 80、グレーティングミラー（回折格子）81、集光レンズ 82、受光素子 83 を有する。受光素子 83 は、赤外域に感度を有する一次元素子（ラインセンサ）を用いている。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 0 】

ここで、端部 8 4 a から出射された干渉光は、コリメータレンズ 8 0 にて平行光とされた後、グレーティングミラー 8 1 にて周波数成分に分光される。そして、周波数成分に分光された干渉光は、集光レンズ 8 2 を介して、受光素子 8 3 の受光面に集光する。これにより、受光素子 8 3 上で干渉縞のスペクトル情報が記録される。そして、そのスペクトル情報が制御部 7 0 へと入力され、フーリエ変換を用いて解析することで、被験者眼の深さ方向における情報が計測可能となる。ここで、制御部 7 0 は、走査部 2 3 により測定光を眼底上で所定の横断方向に走査することにより断層画像を取得できる。例えば、X 方向もしくは Y 方向に走査することにより、被検眼眼底の X Z 面もしくは Y Z 面における断層画像を取得できる（なお、本実施形態においては、このように測定光を眼底に対して 1 次元走査し、断層画像を得る方式を B スキャンとする）。なお、取得された断層画像は、制御部 7 0 に接続されたメモリ 7 2 に記憶される。さらに、測定光を X Y 方向に 2 次元的に走査することにより、被検眼眼底の 3 次元画像を取得することも可能である。

10

【 0 0 2 1 】

より具体的には、制御部 7 0 は、受光素子 8 3 から出力される受光信号に基づいて干渉光のスペクトル強度を取得し、予めメモリ 7 2 に記憶された受光素子 8 3 の画素位置と波長の対応関係を用いて波長の関数として書き換える。次に、スペクトル強度 I () を波数 k ($= 2 \pi / \lambda$) に関して等間隔な関数 I (k) に変換する。

【 0 0 2 2 】

次に、分散 (dispersion) 補正について説明する。ここで、分散による影響は、干渉成分の位相をシフトさせ、各波長の合波信号のピークが下げ、信号に拡がりを持たせる (解像度が下がる)。

20

【 0 0 2 3 】

そこで、分散補正では、波長毎にシフトした位相を戻してやることで、干渉信号の低下による解像度の低下を補正する。この場合、波数 k の関数としての位相ずれ量 (k) を求めておき、 $I (k) \cdot \exp^{-i \phi (k)}$ によって k の値毎に位相のずれを戻す。ここで、分散補正すべき位相 (k) は、キャリブレーションによって予め求めることもできるし、取得された断層画像に対応する位相 (k) を求めるようにしてもよい。なお、上記のようにソフトウェアによって分散補正を行う手法の詳細については、米国特許第 6 9 8 0 2 9 9 号公報、特表 2 0 0 8 - 5 0 1 1 1 8 号公報、等を参考にされたい。

30

【 0 0 2 4 】

なお、キャリブレーションによって予め分散補正データを得る場合、例えば、参照ミラー 3 1 の移動によって参照光の光路長を調整し、正像 (網膜表面側の感度が高い) が取得された状態における眼底断層像に基づいて算出される第 1 の分散補正データ (位相 $\phi_1 (k)$) と、逆像 (脈絡膜側の感度が高い) が取得された状態における眼底断層像に基づいて算出される第 2 の分散補正データ (位相 $\phi_2 (k)$) をそれぞれ求めておき、メモリ 7 2 に記憶させる。これにより、正像に対する分散補正を行うための第 1 の分散補正データと、逆像に対する分散補正を行うための第 2 の分散補正データと、が予め準備される。

【 0 0 2 5 】

その後、制御部 7 0 は、予め設定された分散補正データによって補正された分散補正後のスペクトル強度 I (k) をフーリエ変換することにより、被験者眼の深さ方向における情報が得られる。

40

【 0 0 2 6 】

また、取得された断層画像に対応する分散補正データを用いる場合、正像が取得された状態における眼底断層像に基づいてリアルタイムにて第 1 の分散補正データ (位相 $\phi_1 (k)$) を算出し、算出された第 1 の分散補正データによって補正された分散補正後のスペクトル強度 I (k) をフーリエ変換することにより、被験者眼の深さ方向における情報を得る。また、逆像が取得された状態における眼底断層像に基づいてリアルタイムにて第 2 の分散補正データ (位相 $\phi_2 (k)$) を算出し、算出された第 2 の分散補正データによって補正された分散補正後のスペクトル強度 I (k) をフーリエ変換することにより、被験

50

者眼の深さ方向における情報を得る。なお、上記分散補正処理は、分散補正用の光学部材を参照光の光路中もしくは測定光の光路中に配置した場合であっても、分散補正の影響をさらに改善させる目的で使用できる。

【 0 0 2 7 】

次に、眼底観察光学系 3 0 0 について説明する。眼底観察光学系 3 0 0 には、対物レンズ 1 0、撮像レンズ 1 2、二次元撮像素子 1 3 が配置されている。ここで、図示なき眼底観察用照明光学系によって照明された眼底からの反射光は、対物レンズ 1 0、ダイクロイックミラー 4 0、撮像レンズ 1 2 を経て、二次元撮像素子 1 3 に結像する。そして、二次元撮像素子 1 3 から出力される撮像信号は、制御部 7 0 へと入力される。そして、制御部 7 0 は、撮像素子 1 3 によって撮像された眼底画像を表示モニタ 7 5 の画面上に表示する。撮像素子 1 3 によって撮像された眼底画像は、被検眼眼底の観察や断層画像を取得する際の被検眼に対するアライメントに利用される。

10

【 0 0 2 8 】

また、制御部 7 0 には、表示モニタ 7 5、メモリ 7 2、コントロール部 7 4、参照ミラー駆動機構 5 0、フォーカシングレンズ 2 4 を光軸方向に移動させるための駆動機構 2 4 a、等が接続されている。なお、コントロール部 7 4 には、測定開始スイッチ 7 4 a、測定位置設定スイッチ 7 4 b、オートコヒーレンススイッチ 7 4 c、モード切換スイッチ 7 4 d、が設けられている。ここで、オートコヒーレンススイッチ 7 4 c が押されると、被検眼の眼軸長に応じた光路長調整を開始するためのトリガ信号が制御部 7 0 に入力される。

20

図 2 は O C T 光学系 2 0 0 によって取得（形成）される断層画像の一例を示す図である。断層画像の画像データ G は、第 1 の画像データ G 1 と第 1 画像データ G 1 のミラーイメージである第 2 画像データ G 2 からなり、測定光と参照光の光路長が一致する深度位置 S に関して互いに対称な画像となっている。ここで、制御部 7 0 は、断層画像の画像データ G のうち、第 1 の画像データ G 1 もしくは第 2 画像データ G 2 のいずれかの画像データを抽出し、モニタ 7 5 の画面上に表示する。なお、本実施形態では、第 1 の画像データ G 1 を抽出する設定となっている。なお、フーリエドメイン O C T を原理とする干渉光学系により得られる眼底断層像は、測定光と参照光との光路長が一致する深度位置（参照ミラー 3 1 の配置位置に対応する深度位置）での感度（干渉感度）が最も高く、この深度位置から離れるにしたがって感度が低下していく。このため、当該深度位置に近い眼底部位については高感度・高解像度の画像が得られるが、当該深度位置から離れた部位については画像の感度・解像度が低下してしまう。

30

【 0 0 2 9 】

そこで、本装置は、検者が所望する眼底部位が高感度・高解像度で観察できるように、観察部位に応じた撮影モードを設定可能な構成を有している。すなわち、網膜表面側部分を高感度にて表示する網膜モード（被検眼眼底の表面側を観察するための第 1 モード）と、脈絡膜側部分を高感度にて表示する脈絡膜モード（被検眼眼底の奥側を観察するための第 2 モード）と、のいずれかが予め設定可能な構成となっており、これらのモードを選択するためのモード切換スイッチ 7 4 d がコントロール部 7 4 に設けられている。そして、制御部 7 0 は、モード選択信号に応じて参照ミラー 3 1 の移動制御を切り換える。

40

【 0 0 3 0 】

この場合、測定光と参照光との光路長が一致する深度位置が網膜表面より前側に形成されるように参照ミラー 3 1 が配置されると、脈絡膜側部分よりも網膜表面側の感度が高い眼底断層像（正像）が取得される。この場合、第 1 の画像データ G 1 と第 1 画像データ G 1 のミラーイメージである第 2 画像データ G 2 は向かい合った状態にある。一方、測定光と参照光との光路長が一致する深度位置が網膜表面より奥側に形成されるように参照ミラー 3 1 が配置されると、網膜表面側よりも脈絡膜側部分の感度が高い眼底断層像（逆像）が取得される。この場合、第 1 の画像データ G 1 と第 1 画像データ G 1 のミラーイメージである第 2 画像データ G 2 は、互いに反対方向を向いた状態にある。

【 0 0 3 1 】

50

ここで、網膜モードの選択信号がモード切換スイッチ 74 d より入力されると、制御部 70 は、分散の影響を補正するための分散補正值として第 1 の分散補正值（正像用）をメモリ 75 から取得し、受光素子 83 から出力されるスペクトル強度データを第 1 の分散補正值を用いて補正し、補正されたスペクトル強度データをフーリエ変換して断層画像データを形成する。これにより、眼底断層像の正像は、高感度・高解像度の画像にて取得され、眼底断層像の逆像は、分散補正值の違いにより低解像度のぼやけた像となる。

【0032】

また、脈絡膜モードの選択信号がモード切換スイッチ 74 d より入力されると、制御部 70 は、分散の影響を補正するための分散補正值として第 2 の分散補正值（逆像用）をメモリ 75 から取得し、受光素子 83 から出力されるスペクトル強度データを第 2 の分散補正值を用いて補正し、補正されたスペクトル強度データをフーリエ変換して断層画像データを形成する。これにより、眼底断層像の逆像は、高感度・高解像度の画像にて取得され、眼底断層像の正像は、分散補正值の違いにより低解像度のぼやけた像となる。

【0033】

なお、以下の説明においては、第 1 の画像データ G1 にて、脈絡膜の部分よりも眼底の表面部分の方が高感度になっている眼底断層像を正像とし、眼底表面の部分よりも脈絡膜の部分の方が高感度になっている眼底断層像を逆像として説明する。

【0034】

以上のような構成を備える装置において、その動作について説明する。まず、検者は、図示なき前眼部観察用カメラで撮影された画面で瞳孔中心に測定光軸がくるようにアライメントし、被検者に図示なき可動固視灯を注視させ、検者の所望する測定部位に誘導する。また、検者は、モード切換スイッチ 74 d を用いて眼底断層像の観察モードを選択する。なお、以下の説明では、網膜モードに設定された場合の例にとって説明する。

【0035】

図 3 は、眼底観察光学系 300 によって取得された眼底観察画像が表示モニター 75 の画面上に表示されたものである。検者は、表示モニター 75 上の赤外眼底画像に基づいて眼底にフォーカスを合わせた後、オートコヒーレンススイッチ 74 c を押す。

制御部 70 は、オートコヒーレンススイッチ 74 c からの操作信号の入力に基づいて駆動機構 50 の駆動を制御して参照ミラー 31 を移動させ、眼底断層像の正像が取得されるように参照光の光路長を調整する。

この場合、制御部 80 は、設定した初期位置から参照ミラー 31 を一方向に所定ステップで移動させ取得される最初の断層像が正像か逆像かを画像処理により判定し、その判定結果及び観察モードの設定に基づいて参照ミラー 31 のその後の移動方向を制御する。

【0036】

なお、駆動機構 50 の駆動によって光軸方向に移動される参照ミラー 31 は、被検眼毎の眼軸長の違いに対応できるよう、その移動可能範囲が設定されている。図 1 において、参照ミラー 31 は、参照光の光路長が短くなる方向における移動限界位置 K1 から参照光の光路長が長くなる方向における移動限界位置 K2 までの範囲を移動可能である。

【0037】

また、自動光路長調整を行うときの参照ミラー 31 の初期位置（移動開始位置）は、被検眼の眼軸長に対応する参照ミラー 31 の移動可能範囲の途中位置（光路長が増減ともに可能な位置）に設定されており、より好ましくは、平均的な眼軸長（例えば、24 mm）である被検眼に対応する位置の近傍に設定されている。なお、本実施形態では、平均的な眼軸長（例えば、24 mm）の被検眼よりも若干短い眼軸長値（20 mm）に対応する位置を初期位置としている。したがって、参照ミラー 31 が初期位置に配置された状態にて、眼軸長が 20 mm の被検眼に対して断層画像の取得が行われると、眼底断層像の正像が取得される。

【0038】

ここで、制御部 80 は、予め設定された初期位置にて断層画像を取得した後、参照光の光路長が長くなる方向（参照光光路と測定光光路の光路差が短くなる方向）に参照ミラー

10

20

30

40

50

31を所定のステップで移動させ、各移動位置における断層画像を順次取得していき、眼底断層像が取得される位置を探索していく。この場合、制御部70は、離散的に設定された参照ミラー31の移動位置で参照ミラー31が停止される度に、その配置位置にて取得される断層画像を解析し、眼底断層像の有無の判定、及び眼底断層像の正像・逆像の判定、像位置の検出を行う。

なお、参照ミラー31を移動させるステップとしては、正像の画像データG1の深さ方向における撮影範囲Z1が2mmであれば、眼底上の撮影領域が約2mmステップで変化されるように参照ミラー31が移動される。

【0039】

以下に、取得される断層画像を画像処理により解析するときの一例を図4のフローチャートを用いて説明する。

【0040】

まず、制御部70は、図5に示すように、断層画像上において深さ方向(Aスキャン方向)に走査する複数の走査線を設定し、各走査線上における輝度分布データを求める。図5においては、断層画像を10分割し、10本の分割線を走査線としている。このとき、断層画像上部に発生するノイズの影響を除去するべく、断層画像の上端付近(例えば、画像上部の10%)のデータは対象外とする。また、ノイズの影響を回避するべく、走査線の左右5点の平均値を走査線のデータとする平滑化処理を行う。また、制御部70は、正像のような立ち上がりがはっきりするエッジを浮き出させるため、深さ方向のデータを3点に1点毎に抽出(間引き処理)する。

【0041】

図6は、眼底断層像の深さ方向における輝度分布の変化を示す図である。ここで、制御部70は、各走査線に対応する輝度分布から輝度値の最大値(以下、最大輝度値と省略する)を算出すると共に、深さ方向における最大輝度値の検出位置を算出し、走査線毎に算出される算出結果に基づいて断層画像全体における眼底断層像の有無を判定する。この場合、制御部70は、各走査線における最大輝度値の平均値を算出し、算出された平均値が所定の閾値以上(例えば、256段階で表される輝度値が35以上)の場合には眼底断層像ありと判定し、算出された平均値が所定の閾値未満(例えば、256段階で表される輝度値が35未満)の場合には眼底断層像なしと判定する。

【0042】

参照ミラー31が初期位置にある状態にて取得された断層画像が眼底断層像なしと判定された場合、制御部70は、予め設定された次の移動位置に参照ミラー31を移動させ、その移動位置にて取得される断層画像に基づいて眼底断層像の有無を判定する。このようにして、制御部70は、眼底断層像が有りと判定されるまで、所定のステップで参照ミラー31を移動させていく。なお、制御部70は、参照ミラー31が移動限界位置K2に達しても、眼底断層像なしと判定された場合、参照ミラー31を初期位置に復帰させた後、参照光の光路長が短くなる方向に参照ミラー31を移動させ、眼底断層像が有り(最初の断層像取得)と判定されるまで、所定のステップで参照ミラー31を移動させていく。

【0043】

ここで、取得される断層画像が眼底断層像ありと判定された場合、制御部70は、前述のように算出される各走査線における最大輝度値の検出位置の平均位置を眼底断層像の像位置P1として検出する。そして、制御部70は、測定光と参照光の光路長が一致する深度位置S(第1の画像データの上端位置)から像検出位置P1までの偏位量Lgを算出する。すなわち、測定光と参照光の光路長が一致する深度位置Sを基準に眼底断層像の像位置を検出する(図8参照)。

【0044】

そして、制御部70は、前述のように算出される眼底断層像の像位置P1が断層画像の上端付近(例えば、断層画像の上端から1/4に相当する領域)にある場合、眼底断層像の正像と逆像が並存している状態であると判定する場合、制御部70は、正像のみが取得される方向(参照光が短くなる方向)に向けて参照ミラー31を所定量移動させる。

10

20

30

40

50

この場合、正像と逆像が並存している状態から正像のみが取得された状態となるまでの参照ミラー 31 の移動方向及び移動量を実験もしくはシミュレーションにより予め求めておき、メモリ 72 に記憶しておけばよい。

また、前述のように算出される眼底断層像の像位置 P1 が画像上端付近から外れている場合、制御部 70 は、眼底断層像の正像・逆像のいずれか一方のみが断層画像中に存在するものとして判定する。この場合、制御部 70 は、前述のように算出された輝度分布に基づいて走査線毎に正像／逆像の判定を行う。

図 7 は、走査線上における輝度分布データの一例を示す図であり、図 7 (a) は正像が取得されるときに輝度分布であり、図 7 (b) は逆像が取得されるときに輝度分布である。図 7 (a) にあるように、正像の場合、輝度の立ち上がりが急激であり、逆像の場合、輝度の立ち上がりが緩やかである。すなわち、正像と逆像では、輝度が高い部分（眼底断層像に対応する部分）に向けての輝度値の変化（エッジ）が異なる。

【 0 0 4 5 】

そこで、制御部 70 は、各走査線に対応する輝度分布から輝度値の変化量（エッジの立ち上がり度）を算出し、算出結果に基づいて走査線毎に正像と逆像を判定する。この場合、制御部 70 は、輝度の変化であるエッジの変化量（傾き）が所定の閾値を超えるものをカウントし、カウントした数が 1 つ以上であれば正像、カウントした数が 0 であれば逆像と判定する。なお、エッジの変化量は、間引き処理により抽出された各深さ位置での輝度値を用いて、隣接する深さ位置での輝度値の差分をサンプリングすることによって得られる。

【 0 0 4 6 】

次に、制御部 70 は、走査線毎の正像・逆像の判定結果に基づいて断層画像全体における眼底断層像の正像・逆像の判定を行う。ここで、制御部 70 は、正像と判定された走査線が 10 本のうち 3 本以上であれば、眼底断層像を正像と判定し、正像と判定された走査線が 10 本のうち 2 本以下であれば、眼底断層像を逆像と判定する。

【 0 0 4 7 】

ここで、取得される眼底断層像が逆像と判定された場合、制御部 70 は、正像が取得される方向（参照光が短くなる方向）に向けて参照ミラー 31 を移動させる。このとき、制御部 70 は、前述のように算出される偏位量 L_g をゼロにする参照ミラー 31 の移動量 M_L を算出し、さらに算出された移動量 M_L の 2 倍分（ $2 M_L$ ）参照ミラー 31 を移動させる。これにより、正像のみが取得された状態となる。この場合、参照ミラー 31 が一定量移動されたときの偏位量 L_g の変化量を予め求めておけばよい。これにより、制御部 70 は、深度位置 S から像検出位置 P1 までの偏位量 L_g が所定の偏位量となるように参照ミラー 31 を移動させることが可能となり、眼底断層像を所定の表示位置に表示できる。

【 0 0 4 8 】

また、取得される眼底断層像が正像と判定された場合、制御部 70 は、深さ方向における断層像の像位置が所定の調整位置と一致されるように参照ミラー 31 を移動させた後、参照ミラー 31 の移動を停止させる。

【 0 0 4 9 】

より具体的には、正像の深さ方向における最大輝度値の検出位置を像位置 P1 として検出し、予め設定された光路長調整位置 K（図 8 中の点線 K 参照）と像検出位置 P1 との深さ方向における偏位量 L を算出し、その偏位量 L が 0 になるように参照ミラー 31 を移動させた後、参照ミラー 31 の移動を停止させる。これにより、被検眼の眼底断層像が所望する表示位置にてモニタ 75 上に表示される。この場合、光路長調整位置 K は、測定光と参照光の光路長が一致する深度位置 S（画像データ G1 の上端位置）から光路長調整位置 K までの偏位量 L_k として設定すればよい。これにより、制御部 70 は、深さ方向における偏位量 L_k と偏位量 L_g との差分を偏位量 L として求めるようにすればよい。

なお、上記のように眼底断層像が逆像と判定された場合、もしくは眼底断層像の正像と逆像が並存している状態であると判定された場合、制御部 70 は、前述のように正像が取得される方向（参照光が短くなる方向）に向けて参照ミラー 31 を移動させた後、正像の

みが取得される状態となったら、予め設定された所定の光路長調整位置K（図8中の点線K参照）と像検出位置P1との偏位量Lを算出し、その偏位量が0になるように参照ミラー31を移動させる。

【0050】

ここで、上記のようにして眼底断層像の正像が取得される位置まで参照ミラー31が移動され、干渉光学系200によって正像が取得されると、制御部70は、表示モニタ75上の所定の表示位置に眼底断層像の正像を表示する。ここで取得される断層像は、正像取得用に設定される第1の分散補正データによって補正処理されている。よって、コントラストの高い鮮明な眼底断層像の正像がモニタ75上に表示される。これにより、検者は、被検眼眼底の網膜付近を高い感度にて観察可能となる。

10

【0051】

なお、制御部70は、モニタ75の画面上に眼底断層像を表示するとき、網膜表面部分が表示画面の上側に表示されるように、モニタ75の表示を制御する。ここで、網膜モードの選択信号が入力された場合、抽出された第1の画像データG1を反転処理せずに表示する。

【0052】

以上のような構成とすれば、参照ミラー31の移動可能範囲の途中位置から参照ミラーを移動させるようにしても、取得される眼底断層像が正像か逆像かを画像処理により判定できるため、所望するOCT断層像を得るまでの光路長調整を短時間で行うことができる。よって、検者は、スムーズに断層画像の観察に移行出来る。また、被験者の負担を軽減できる。

20

【0053】

また、取得される眼底断層像が正像か逆像かを画像処理により判定できるため、光路長調整中に被検眼が瞬きをした場合であっても、検者が所望する断層像をスムーズに得ることができる。

【0054】

なお、以上の説明においては、光路長可変用部材としての参照ミラー31の移動により参照光の光路長を変化させて測定光との光路長を調整するものとしたが、コリメータレンズ29及びファイバー端部39cを一体的に移動させるようにしてもよい（特開2007-151622号公報参照）。

30

また、測定光の光路長と参照光の光路長との光路差を変更するための構成としては、測定光の光路長を変化させて参照光との光路長を調整するような構成としてもよい。例えば、図1の光学系において、参照ミラー31を固定とし、リレーレンズ24とファイバー端部39bとを一体的に移動させることにより参照光の光路長に対して測定光の光路長を変化させるような構成が考えられる。

【0055】

なお、上記のようにして被検眼眼底の網膜部位における観察が行われ、次に、網膜モードから脈絡膜モードへのモード切換信号がモード切換スイッチ74dより入力されると、制御部70は、第2の分散補正值を用いて補正されるスペクトル強度に基づく断層画像を得る。

40

【0056】

ここで、制御部70は、逆像が取得される方向（参照光が長くなる方向）に向けて参照ミラー31を移動させていき、逆像が取得されるまで参照ミラー31を移動させる。このとき、制御部70は、参照ミラー31を移動させる前に、正像の深さ方向における最大輝度値の検出位置を像位置P1として検出し、測定光と参照光の光路長が一致する深度位置Sから像検出位置P1までの偏位量Lgを算出する。そして、制御部70は、算出された偏位量Lgをゼロにする参照ミラー31の移動量MLを算出し、さらに算出された移動量MLの2倍分（2ML）参照ミラー31を移動させる。これにより、逆像が取得された状態となる。

【0057】

50

上記のようにして眼底断層像の逆像が取得される位置まで参照ミラー 31 が移動され、干渉光学系 200 によって逆像が取得されると、制御部 70 は、表示モニタ 75 上の所定の表示位置に眼底断層像の逆像を表示する。なお、脈絡膜モードの選択信号が入力された場合、抽出された第 1 の画像データ G1 を上下方向に反転処理して表示する。この場合、制御部 70 は、網膜モードでは、第 1 の画像データ G1 を抽出してモニタ 75 に表示し、脈絡膜モードでは、第 2 の画像データ G2 を抽出してモニタ 75 に表示するようにしてもよい。

【0058】

ここで取得される断層像は、逆像取得用に設定される第 2 の分散補正データによって補正処理されている。よって、コントラストの高い鮮明な眼底断層像の逆像がモニタ 75 上

10

【0059】

なお、眼底断層像の正像 / 逆像の判定を行う場合、前述の手法に限るものではなく、眼底断層像の正像が取得されたときの断層画像における輝度分布と眼底断層像の逆像が取得されたときの断層画像における輝度分布と比較し、その比較結果を考慮して正像 / 逆像の判定が可能な判定条件を設定すればよい。例えば、深さ方向における最大輝度値に対する半値幅が所定の許容幅を超えるか否かを判定条件として用いることが考えられる。

【0060】

また、以上の説明においては、断層画像における輝度分布を利用して眼底断層像の正像 / 逆像の判定を行うものとしたが、眼底断層像の正像が取得されたときの断層画像の断面形状と眼底断層像の逆像が取得されたときの断層画像における断面形状とを比較し、その比較結果を考慮して正像 / 逆像の判定が可能な判定条件を設定するようにしてもよい。例えば、正像と逆像が深さ方向に対称な画像であることを利用する。より具体的には、眼底断層像の第 1 の画像データ G1 から網膜色素上皮部分を画像処理（例えば、網膜色素上皮の輝度値に対応するような所定の閾値を超える輝度値のデータを抽出する）により抽出し、抽出された網膜色素上皮部分の曲線形状に基づいて正像 / 逆像を判定するようにしてもよい。

20

【0061】

また、以上の説明においては、眼底撮影装置を例にとって説明したが、これに限るものではなく、被検眼の所定部位を撮影する眼科撮影装置であれば、本発明の適用が可能である。例えば、被検眼前眼部の断層画像を撮影する前眼部撮影装置においても本発明の適用が可能である。

30

【0062】

また、眼科撮影装置への適用に限るものではなく、眼以外の生体（例えば、皮膚、血管）、もしくは生体以外の試料、等の断層像を撮影する光断層像撮影装置においても、本発明の適用が可能である。この場合、被検物の表面側が高感度になっている断層像を正像、被検物の奥側が高感度になっている断層像を逆像として考えることができる。

【図面の簡単な説明】

【0063】

40

【図 1】本実施形態に係る光断層像撮影装置の光学系及び制御系を示す図である。

【図 2】OCT 光学系によって取得される断層画像の一例を示す図である。

【図 3】眼底観察光学系によって取得された眼底観察画像が表示モニタの画面上に表示されたものである。

【図 4】取得される断層画像を画像処理により解析するときの一例を示すフローチャートである。

【図 5】断層画像の輝度分布データを求めるために断層画像上を走査される走査線について説明する図である。

【図 6】眼底断層像の深さ方向における輝度分布の変化を示す図である。

【図 7】走査線上における輝度分布データの一例を示す図である。

50

【図 8】断層画像を所定の表示位置に表示させるときの制御について説明する図である。

【符号の説明】

【 0 0 6 4 】

2 3 走査部

2 7 O C T 光源

3 1 参照ミラー

5 0 駆動機構

6 3 a 第 1 駆動機構

6 3 走査部

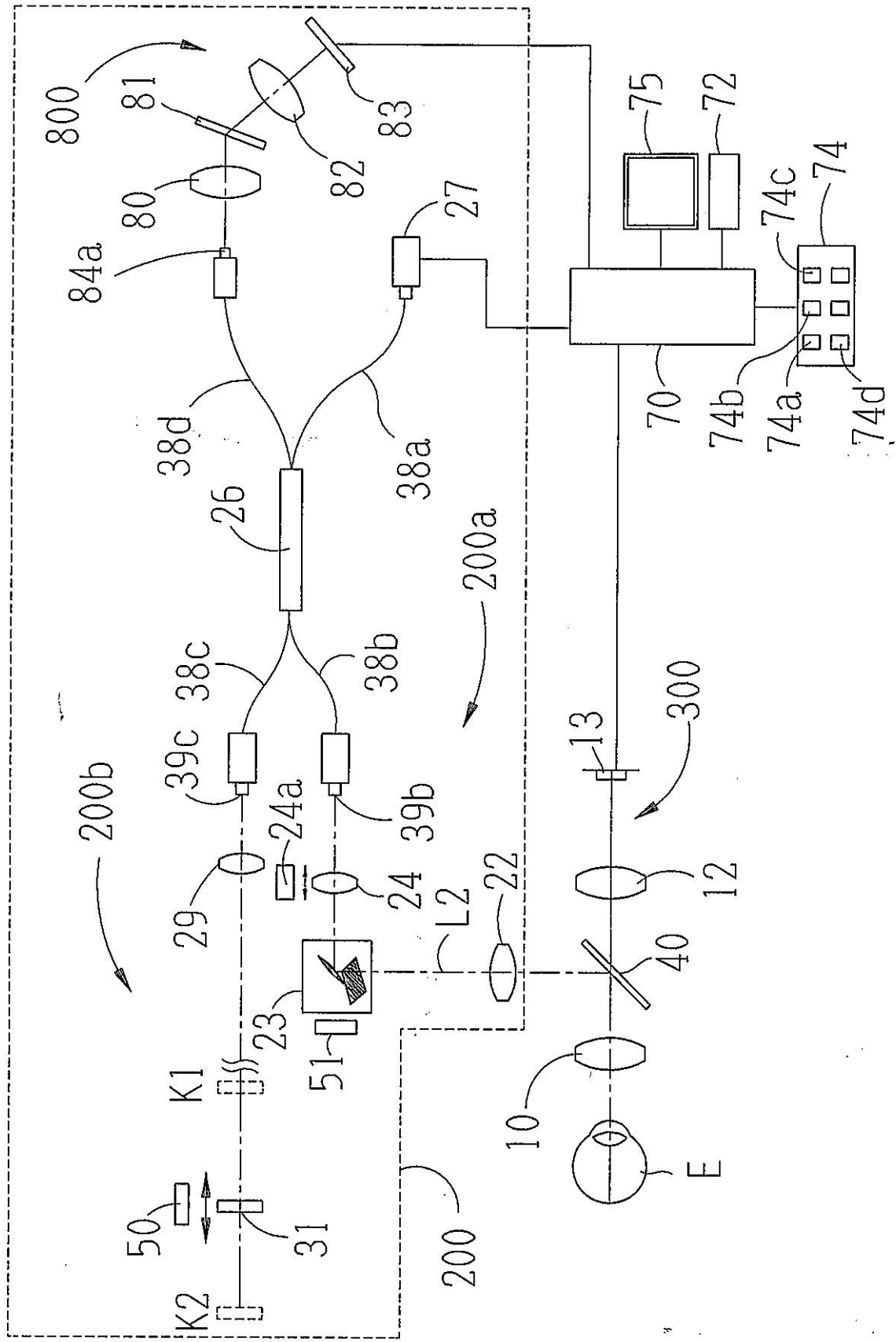
7 0 制御部

7 5 表示モニタ

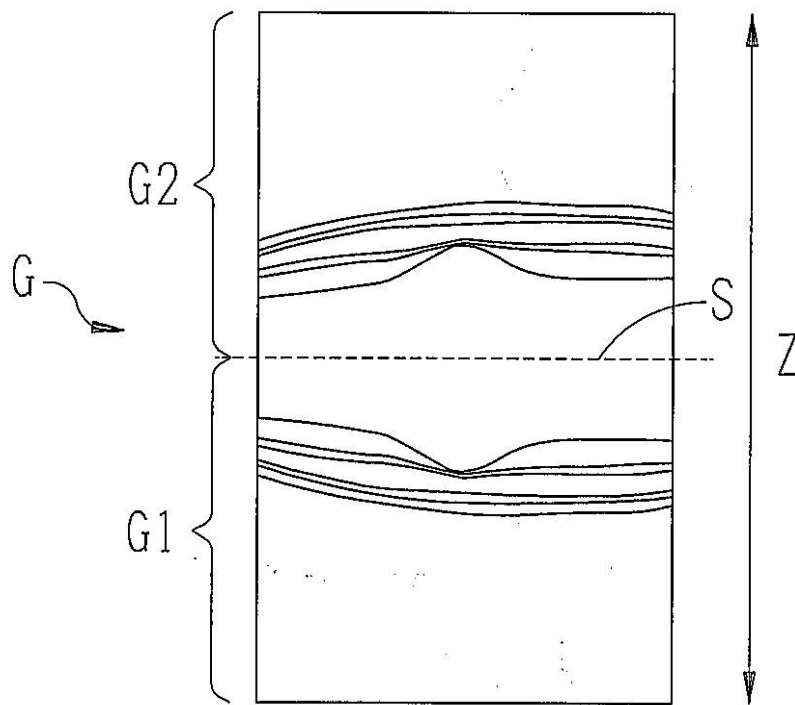
8 3 受光素子

2 0 0 O C T 光学系

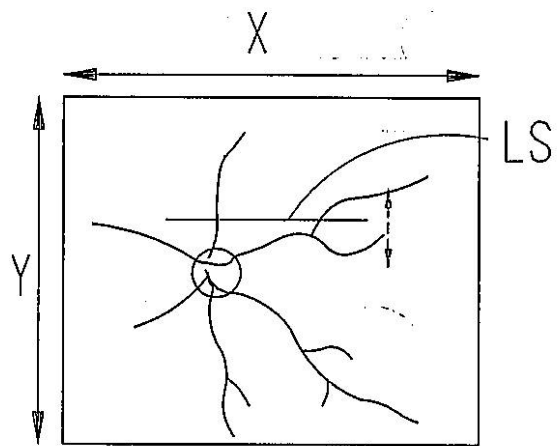
【図1】



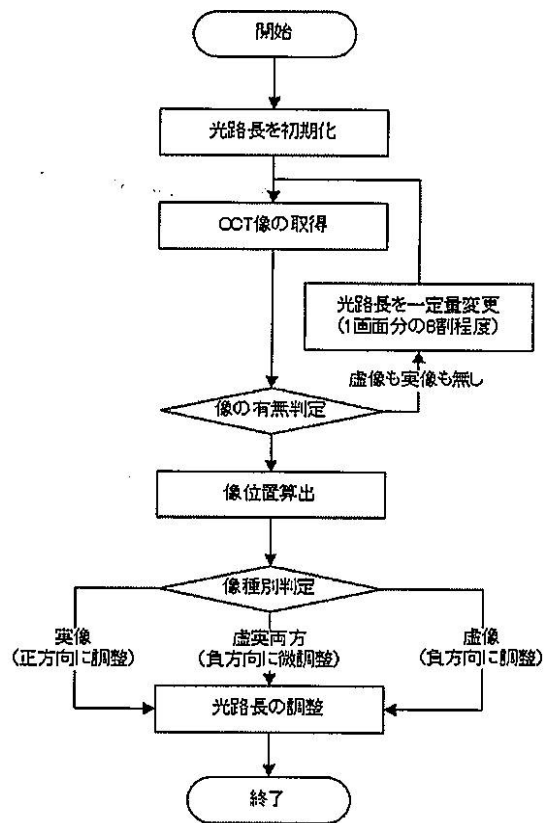
【図2】



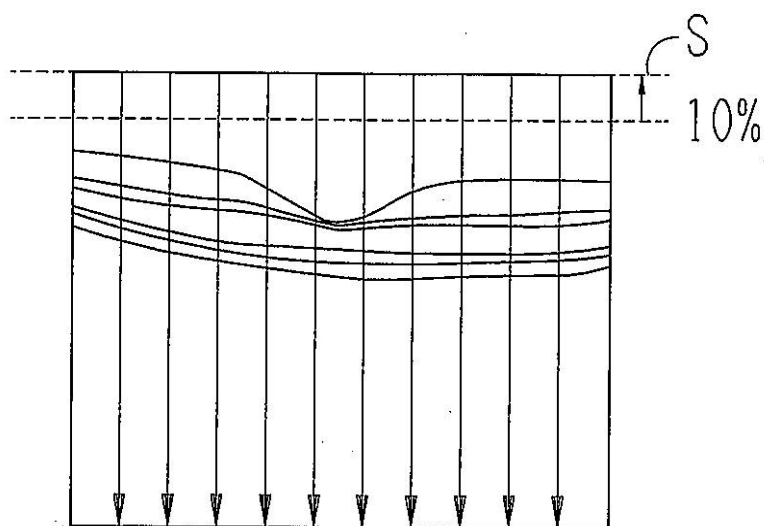
【図3】



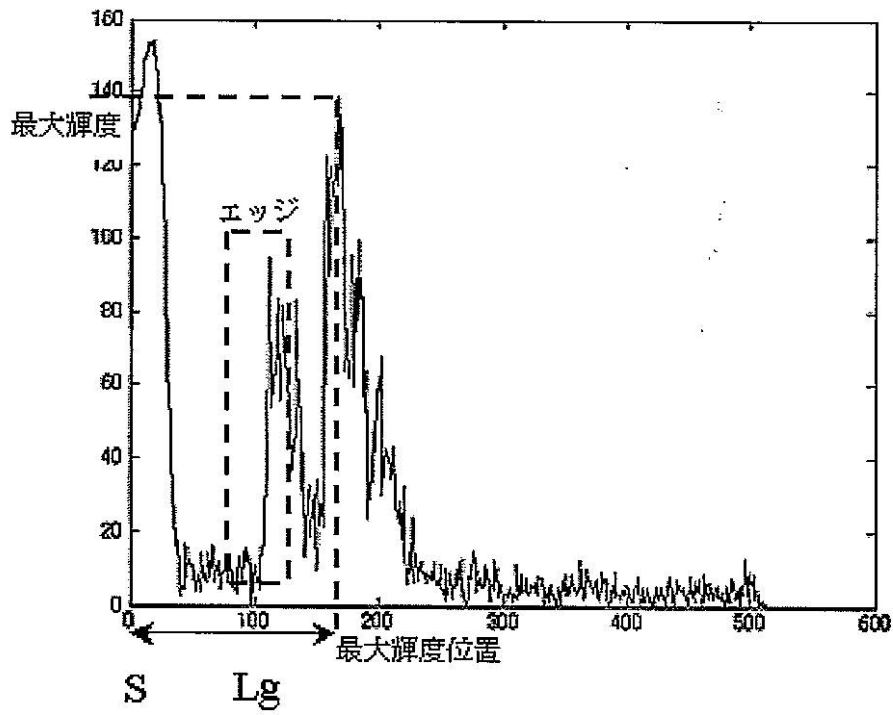
【図4】



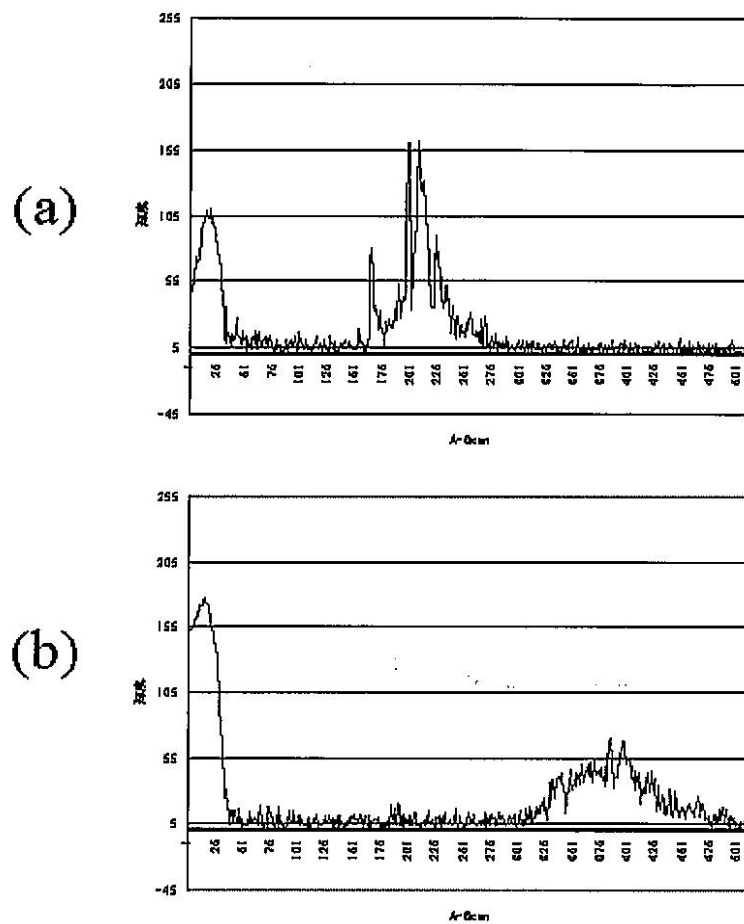
【図5】



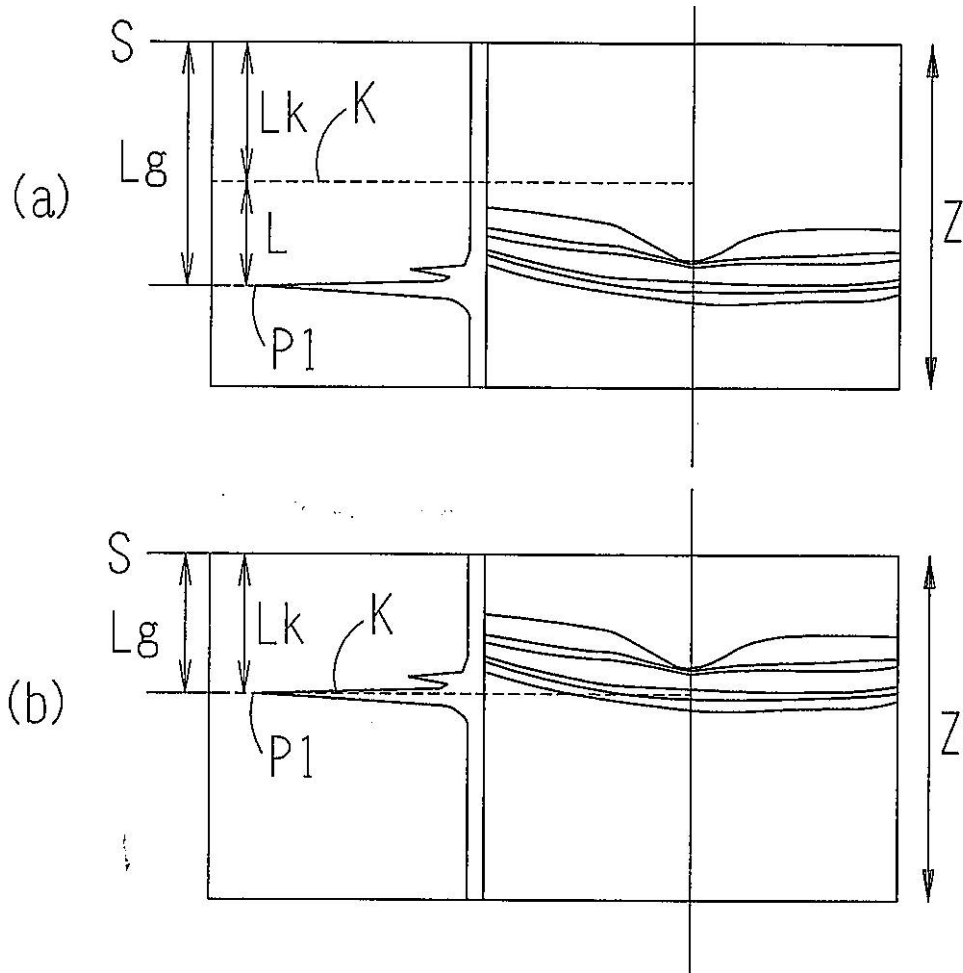
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

審査官 九鬼 一慶

(56)参考文献 特開2007-215733(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 6 1 B	3 / 1 0
A 6 1 B	3 / 1 2
A 6 1 B	1 0 / 0 0
G 0 1 N	2 1 / 1 7