

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6098079号
(P6098079)

(45) 発行日 平成29年3月22日(2017.3.22)

(24) 登録日 平成29年3月3日(2017.3.3)

(51) Int.Cl.

A 61 B 3/10 (2006.01)

F 1

A 61 B 3/10

R

請求項の数 3 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2012-202492 (P2012-202492)
 (22) 出願日 平成24年9月14日 (2012.9.14)
 (65) 公開番号 特開2013-81763 (P2013-81763A)
 (43) 公開日 平成25年5月9日 (2013.5.9)
 審査請求日 平成27年9月11日 (2015.9.11)
 (31) 優先権主張番号 特願2011-214236 (P2011-214236)
 (32) 優先日 平成23年9月29日 (2011.9.29)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(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34番地14
 (72) 発明者 蘭 成治
 愛知県蒲郡市拾石町前浜34番地14 株
 式会社ニデック拾石工場内
 審査官 山口 裕之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】眼底断層像撮影装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源から出射された光を測定光と参照光に分割し、測定光を被検眼眼底に導き、参照光を参照光学系に導いた後、眼底で反射した測定光と参照光とが合成された光のスペクトルを受光素子に受光させる干渉光学系と、

前記測定光の光路中に配置され、眼底上で前記測定光を走査する光スキャナと、

前記受光素子から出力されるスペクトル信号をフーリエ解析して眼底断層像を得る眼底断層像撮影装置において、

前記光スキャナを制御して、サークル径が互いに異なる複数のサークルスキャンを順次行うと共に、各サークルスキャンによって取得される眼底断層像が同一の感度で取得されるように測定光と参照光の光路長差を各サークルスキャン単位で調整する制御手段と、
を備える、ことを特徴とする眼底断層像撮影装置。

【請求項 2】

前記制御手段は、眼底の中心画角においては、ラスタースキャンによって眼底の3次元断層像を取得し、眼底の周辺画角においては、サークル径が互いに異なる複数のサークルスキャンにて眼底断層像を取得することを特徴とする請求項1の眼底断層像撮影装置。

【請求項 3】

前記制御手段は、前記各サークルスキャンによって取得される眼底断層像が光路長一致位置の近傍で取得されるように測定光と参照光の光路長差を各サークルスキャン単位で調整することを特徴とする請求項1又は2の眼底断層像撮影装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、被検眼眼底の断層像を撮影する眼底断層像撮影装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

被検者眼の眼底の断層像を撮影する眼底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涉計（Optical Coherence Tomography: OCT）が知られている（特許文献1参照）。

【0003】

また、上記のような眼底断層像撮影装置において、受光素子によって取得されるスペクトル情報をフーリエ解析して被検物の断層像を得るフーリエドメインOCTが知られている（特許文献1参照）。フーリエドメインOCTとしては、受光系に分光光学系を用いた構成のSD-OCT、投光系に波長可変光源を用いた構成のSS-OCTが知られている。

【0004】

このような装置において、測定光をラスタースキャン、複数のラインスキャンによって、XY方向に二次元的に走査させることにより断層像のマップ撮影を行う。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0005】****【特許文献1】特開2007-151622号公報**

20

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

フーリエドメインOCTを原理とする干渉光学系により得られる断層像は、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部分については高感度・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

【0007】

ところで、このような装置を用いて広画角のマップ撮影（三次元撮影）を行った場合、眼底面の湾曲によって、光路長が一致する深度位置から各眼底部位（例えば、乳頭と乳頭周辺部）までの距離が異なる。このため、眼底中心部と眼底周辺部は、同じ断層画像内であっても、撮影感度が異なるため、定量的な観察・評価がしづらい。眼底中心部と眼底周辺部と、同じ断層画像内で取得しようとした場合、一部が感度の低い深度位置で撮影されることになり、層検出の精度低下が生じる。

【0008】

本発明は、上記問題点を鑑み、定量的な評価に適した眼底断層像を取得できる眼底断層像撮影装置を提供することを技術課題とする。

40

【課題を解決するための手段】**【0009】**

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。

【0010】**(1)**

光源から出射された光を測定光と参照光に分割し、測定光を被検眼眼底に導き、参照光を参照光学系に導いた後、眼底で反射した測定光と参照光とが合成された光のスペクトルを受光素子に受光させる干渉光学系と、

前記測定光の光路中に配置され、眼底上で前記測定光を走査する光スキャナと、

前記受光素子から出力されるスペクトル信号をフーリエ解析して眼底断層像を得る眼底

50

断層像撮影装置において、

前記光スキャナを制御して、サークル径が互いに異なる複数のサークルスキャンを順次行うと共に、各サークルスキャンによって取得される眼底断層像が同一の感度で取得されるように測定光と参照光の光路長差を各サークルスキャン単位で調整する制御手段と、
を備える、ことを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、定量的な評価に適した眼底断層像を取得できる。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。図1は、本実施形態に係る眼底断層像撮影装置の光学系及び制御系を示す図である。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L1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。

【0013】

本装置は、光コヒーレンストモグラフィーデバイス(OCTデバイス)1である。図1において、OCTデバイス1は、干渉光学系(OCT光学系)200と、固視標投影ユニット300と、制御部(CPU)70と、を備える。

【0014】

OCT光学系200は、測定光源から発せられた光束を測定光と参照光に分割し、測定光束を被検眼眼底に導き、参照光を参照光学系に導いた後、眼底で反射した測定光と参照光とが合成された光のスペクトル(干渉状態)を検出器(受光素子)により検出する。

【0015】

OCT光学系200は、測定光学系200aと参照光学系200bを含む。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、固視標投影ユニット300に用いられる波長成分の光を透過する特性を有する。

【0016】

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840nmで50nm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(ポラライザ(偏光素子)33)を介して参照ミラー31へと向かう。

【0017】

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、コリメータレンズ21、フォーカス用光学部材(フォーカシングレンズ)24、走査部(光スキャナ)23と、リレーレンズ22が配置されている。走査部23は、2つのガルバノミラーによって構成され、走査駆動機構51の駆動により、測定光源から発せられた測定光を眼底上で二次元的(XY方向)に走査させるために用いられる。なお、走査部23は、例えば、AOM(音響光学素子)やレゾナントスキャナ等によって構成されていてもよい。

【0018】

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。

10

20

30

40

50

【0019】

フォーカシングレンズ24は、駆動機構24aの駆動によって、光軸方向に移動可能となっており、被検者眼底に対する視度を補正するために用いられる。

【0020】

光ファイバ38bの端部39bから出射した測定光は、コリメータレンズ21によってコリメートされた後、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。

【0021】

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及びコリメータレンズ21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。

10

【0022】

一方、参照光を参照ミラー31に向けて出射する光路には、光ファイバ38c、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。光ファイバ38cは、参照光の偏光方向を変化させるため、駆動機構34により回転移動される。すなわち、光ファイバ38c及び駆動機構34は、偏光方向を調整するためのポラライザ33として用いられる。なお、ポラライザとしては、上記構成に限定されず、測定光の光路又は参照光の光路に配置されるポラライザを駆動させることにより、測定光と参照光の偏光状態を略一致させるものであればよい。例えば、1/2波長板や1/4波長板を用いることやファイバーに圧力を加えて変形させることで偏光状態を変えるもの等が適用できる。

20

【0023】

なお、ポラライザ33（偏光コントローラ）は、測定光と参照光の偏光方向を一致させるために、測定光と参照光の少なくともいずれかの偏光方向を調整する構成であればよい。例えば、ポラライザは、測定光の光路に配置された構成であってもよい。

30

【0024】

また、参照ミラー駆動機構50は、参照光との光路長を調整するために参照光の光路中に配置された参照ミラー31を駆動させる。参照ミラー31は、本実施形態においては、参照光の光路中に配置され、参照光の光路長を変化させるべく、光軸方向に移動可能な構成となっている。

【0025】

光ファイバー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、光ファイバ38c（ポラライザ33）を介して、ファイバーカップラー26に達する。

40

【0026】

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。

【0027】

50

ここで、端部 84a から出射された干渉光は、コリメータレンズ 80 にて平行光とされた後、グレーティングミラー 81 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 82 を介して、受光素子 83 の受光面に集光する。これにより、受光素子 83 上で干渉縞のスペクトル情報（スペクトル信号）が記録される。そして、受光素子 83 からの出力信号に基づいて、フーリエ変換を用いて解析することで、眼の断層像（眼底断層像）を撮像する。すなわち、そのスペクトル情報が制御部 70 へと入力され、フーリエ変換を用いて解析することで、被検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 70 は、走査部 23 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 XZ 面もしくは YZ 面における断層像（眼底断層像）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一次元走査し、断層像を得る方式を B スキャンとする）。なお、取得された眼底断層像は、制御部 70 に接続されたメモリ 72 に記憶される。さらに、走査部 23 の駆動を制御して、測定光を XY 方向に二次元的に走査することにより、受光素子 83 からの出力信号に基づき被検者眼眼底の XY 方向に関する二次元動画像や被検眼眼底の三次元画像を取得できる。

【0028】

次に、固視標投影ユニット 300 について説明する。固視標投影ユニット 300 は、眼 E の視線方向を誘導するための光学系を有する。固視標投影ユニット 300 は、眼 E に呈示する固視標を有し、複数の方向に眼 E を誘導できる。

【0029】

例えば、固視標投影ユニット 300 は、可視光を発する可視光源を有し、視標の呈示位置を二次元的に変更させる。これにより、視線方向が変更され、結果的に撮像部位が変更される。例えば、撮影光軸と同方向から固視標が呈示されると、眼底の中心部が撮像部位として設定される。また、撮影光軸に対して固視標が上方に呈示されると、眼底の上部が撮像部位として設定される。すなわち、撮影光軸に対する視標の位置に応じて撮影部位が変更される。

【0030】

固視標投影ユニット 300 としては、例えば、マトリクス状に配列された LED の点灯位置により固視位置を調整する構成、光源からの光を光スキャナを用いて走査させ、光源の点灯制御により固視位置を調整する構成、等、種々の構成が考えられる。また、投影ユニット 300 は、内部固視灯タイプであってもよいし、外部固視灯タイプであってもよい。

【0031】

また、制御部 70 には、表示モニタ 75、メモリ 72、コントロール部 74、参照ミラー駆動機構 50、フォーカシングレンズ駆動機構 24a、光ファイバ 38c の駆動機構 34、等が接続されている。

【0032】

<サークルスキャンについて>

本実施形態において、マップ撮影時のスキャンパターンとしてサークルスキャンが用いられる。なお、本実施形態においては、マップ撮影によって、三次元 OCT データ（三次元画像）が取得される場合を例として説明をする。サークルスキャンでは、眼底上に設定された中心位置を基準として、サークル状に測定光が走査される。サークルスキャンによって、中心位置に対して同一円周上にある眼底領域での眼底断層像が取得される。

【0033】

図 2(a) は、互いに直径が異なる同心円状の複数のサークルスキャンを行う際のスキャンパターンの一例を示す。図 2(b) は、一つのサークルスキャンにて眼底領域をスキャンした場合の眼底断層像の一例を示す図である。

【0034】

例えば、図 2(a) に示すように、サークルスキャンでは、走査中心 O を中心として、0° 方向から 360° 方向へ向けて円周方向にスキャンが行なわれる。取得される眼底断

10

20

30

40

50

層像は、例えば、左端が 0° 方向の撮影部位を取得した A スキャン信号に対応し、時計回りに順次 A スキャン信号が並び、右端が 360° 方向の撮影部位を取得した A スキャン信号に対応する。なお、左端が 360° 方向の撮影部位を取得した A スキャン信号に対応し、反時計回りに順次 A スキャン信号が並べられ、右端が 0° 方向の撮影部位を取得した A スキャン信号に対応してもよい。もちろん、これに限定されず、断層像は、ある角度における A スキャン信号が左端に形成され、順次 A スキャン信号が形成される画像であればよい。

【 0 0 3 5 】

図 2 (b) に示されるように、サークルスキャンによって眼底断層像を取得した場合、眼底の形状は、球状であるため、各横断位置（角度位置）の眼底表面像は、深さ方向に関して略均一な位置にて取得される。このため、サークルスキャンにて取得された眼底断層像は、画像内において、横断位置に関わらず、深さ方向における眼底各層の位置が略同一の位置に存在するため、その画像内における眼底各層の撮影感度が略同一となる。10

【 0 0 3 6 】

比較例として、図 3 (a) は、ラインスキャンを行う際のスキャンパターンの一例を示す。図 3 (b) は、ラインスキャンにて眼底領域をスキャンした場合の眼底断層像の一例を示す図である。

【 0 0 3 7 】

ラインスキャンでは、眼底上において、ある方向に関して直線状（ライン状）に測定光が走査される。ラインスキャンによって、眼底上を直線状に横断する領域での眼底断層像が取得される。20

【 0 0 3 8 】

ラインスキャンによって取得された眼底断層像（図 3 参照）の場合、各横断位置での眼底表面像は、深さ方向に関して中心と周辺とで取得位置が異なる。したがって、ラインスキャンによって取得された眼底断層像は、その画像内において、各横断位置によって、眼底各層の撮影時の感度が異なる。

【 0 0 3 9 】

< 制御動作 >

以下、広画角マップ撮影時の制御動作について説明する。図 4 は、広画角マップ撮影時の制御動作をフローチャートにて示した図である。30

【 0 0 4 0 】

検者によって撮影部位が選択されると、制御部 70 は、固視標投影ユニット 300 を制御し、選択された撮影部位に対応する位置に固視位置を移動させる。例えば、黄斑撮影モードが選択されると、固視位置が中央に設定され、乳頭部撮影モードが選択されると、固視位置が鼻側かつ若干上側に設定される。なお、固視位置は、左右眼で略左右対称な位置関係となる。すなわち、本実施形態においては、目的撮影部位と固視標投影ユニット 300 の位置とが関連付けされており、これに基づき固視位置が設定されるので、検者が所望する眼底部位の断層画像が容易に取得できる。本実施形態においては、広画角の黄斑撮影モードを例として説明する。なお、撮影画角の設定は撮影モード内で行える構成とする。もちろん、撮影画角は、撮影モードが設定されていない状態で設定できる構成としてもよいし、撮影モードに応じて予め撮影画角が設定されている構成としてもよい。40

【 0 0 4 1 】

検者によって、黄斑撮影モードが設定され、撮影画角が広画角（例えば、画角 30°）に設定されると、黄斑を中心とした断層像の広画角マップ撮影が行われる。そして、検者によって、コントロール部 74 の図無きマップ撮影開始のスイッチが操作されると、制御部 70 は、マップ撮影を開始する。

【 0 0 4 2 】

マップ撮影時において、各サークルスキャンを行う場合、制御部 70 は、複数のサークルスキャンの走査領域に関して、基準位置 B に対する眼底の高さ情報を取得し、取得された高さ情報に基づいて光路差の調整を行う。制御部 70 は、高さ情報を得るために、走査部50

23を制御して、サークルスキャンにおける走査中心を通るようにラインスキャンを行う。そして、ラインスキャンにて取得された眼底断層像を処理して、各横断位置での深さ方向における眼底断層像の取得位置を取得することにより眼底の高さ情報を得る。

【0043】

初めに、ラインスキャンによるプレ撮影が行われる。制御部70は、走査部23を制御し、ラインスキャンによる光切断面がサークルスキャンにて用いられる走査中心〇を通るように、眼底に対してラインスキャンを行う。

【0044】

図5はラインスキャンによって取得された断層画像の一例を示す図である。制御部70は、取得した眼底断層像において、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。制御部70は、各走査線に対応する輝度分布からエッジ検出を行い、断層像（眼底）の表面位置を検出する。例えば、図5に示すように、走査線Aが設定され、その輝度分布データが取得される。そして、断層像の輝度レベルが検出され、眼底の表面位置Sが画像処理により抽出される。10

【0045】

次いで、制御部70は、横断方向における各Aスキャン方向の表面位置と基準位置Bとの距離を算出する。例えば、図5に示すように、走査線Aにおいて、眼底の表面位置Sが検出され、表面位置Sと基準位置Bとの距離Dが算出される。

【0046】

基準位置Bは、マップ撮影時において、中心に対する距離が互いに異なる複数のサークルスキャンを行う際に、各サークルスキャンによって取得される眼底断層像が、ほぼ同じ深さ位置にて取得され、同一の感度にて取得されるための目標位置である。20

【0047】

制御部70によって、各走査線（例えば、走査線a1や走査線a2）において、各表面位置から基準位置Bまでの距離が算出され、その各走査線の位置情報とともに、走査線毎に算出された距離がメモリ72に記憶される。なお、算出された距離は、マップ撮影時の光路長調整時に用いられる。

【0048】

マップ撮影時において各サークルスキャンを行う場合、制御部70は、走査線それぞれで算出された距離に基づいて、基準位置Bと眼底の表面位置とが一致するように光路長調整を行う（詳しくは、後述する）。これにより、複数のサークルスキャンによって取得された各断層像は、互いに、眼底の表面位置がほぼ同一位置、同一感度にて取得される。すなわち、どの眼底撮影位置で撮影をおこなっても同一の感度で、眼底断層像が取得される。なお、基準位置Bは、感度の高い画像を取得できる測定光と参照光との光路長一致位置の近傍に設定されることが望ましい。30

【0049】

本実施形態における光路長一致位置の近傍とは、眼底断層像が高感度で取得される位置であり、例えば、光路長一致位置を基準に $\pm Z\text{ mm}$ の撮像範囲に設定された装置は、各サークルスキャンにて取得される複数の眼底断層像の表面が、光路長一致位置から $\pm 1/2 Z\text{ mm}$ までの領域に位置するように測定光と参照光の光路差を調整する。これにより、相対的に高感度にて複数の眼底断層像が得られる。40

【0050】

なお、プレ撮影にて取得された眼底断層像において、各表面位置から基準位置Bまでの距離を算出するための各走査線が通過した走査位置と、マップ撮影を行う際の各サークルスキャンによる走査位置とは、同一の走査位置となるように対応づけ（設定）されている。そして、これらの走査位置設定情報は、メモリ72に記憶されている。また、マップ撮影時のサークルスキャンを行う撮影位置についても、予め設定され、メモリ72に記憶されている。

【0051】

図6は、プレ撮影によって眼底上領域Gをラインスキャンした眼底断層像において各撮影位置における表面位置Sを示す図である。50

影位置とマップ撮影時におけるサークルスキャンの各走査位置の関係を示した図である。例えば、図6に示された眼底断層像の撮影位置P1上をAスキャン方向に走査した走査線A1とマップ撮影において眼底上の撮影位置P1を通るサークルスキャンC1は、対応づけがされている。また、撮影位置P2上では走査線A2とマップ撮影におけるサークルスキャンC2が対応づけされ、撮影位置P3上では走査線A3とマップ撮影におけるサークルスキャンC3が対応づけされて設定されている。このため、眼底表面位置から基準位置Bまでの距離を算出することによって、各撮影位置でサークルスキャンを行う際に、プレ撮影時の参照ミラー31の位置からどのくらい参照ミラー31を移動させれば、すべての撮影位置で同一の感度を取得できるか算出できる。すなわち、各撮影位置での距離に応じて、撮影位置毎にサークルスキャン時の参照ミラー31の移動量を設定することができる。

10

【0052】

より具体的には、各サークルスキャンによる撮影位置に応じて、眼底表面位置から基準位置Bまでの距離が算出されているため、参照ミラー31を移動させ光路長を調整することによって、眼底表面位置を基準位置Bに移動させるのに必要な移動量が算出される。

【0053】

例えば、プレ撮影時の参照ミラー31の位置から、参照ミラー31の位置を撮影位置に応じた移動量分だけ逐次移動させることによって、光路長が調整され、その撮影位置における眼底表面位置が基準位置Bに移動される。

【0054】

制御部70は、メモリ72に記憶された各撮影位置における眼底表面位置から基準位置Bまでの距離と、参照ミラー31の移動量とのデータテーブルを参照して、その距離に基づいて、各撮影位置の参照ミラーの移動量を算出する。なお、距離と参照ミラーの移動量のデータテーブルは、予め、実験やシミュレーションによって算出される。

20

【0055】

次いで、制御部70は、マップ撮影を行う。図7は、マップ撮影時のスキャン動作について説明する概略図である。図7では、走査中心が、黄斑中心に設定される。

【0056】

制御部70は、走査部23を制御してサークル径が互いに異なる複数のサークルスキャンを順次行うと共に、各サークルスキャンによって取得される複数の眼底断層像が光路長一致位置の近傍で取得されるように各サークルスキャンのサークル径に応じて測定光と参照光の光路差を調整する。

30

【0057】

例えば、制御部70は、黄斑上に設定されたサークルスキャンC1を行い、眼底断層像を取得する。その後、順次、サークルスキャンの直径を変更して、撮影位置を変更し、撮影を行っていく。

【0058】

制御部70は、サークルスキャンC1の撮影位置に対応する参照ミラー31の移動量をメモリ72から呼び出す。そして、制御部70は、その移動量に基づいて、参照ミラー31を移動させて、光路長を調整する。制御部70は、光路長の調整が終了すると、サークルスキャンC1を開始し、眼底断層像を取得する。これにより、サークルスキャンC1において、眼底表面が基準位置Bに位置された状態の断層像データ（図8(a)参照）が得られる。

40

【0059】

サークルスキャンC1での撮影が終了すると、制御部70は、サークルスキャンC2の撮影位置に対応する参照ミラー31の移動量に応じて光路長の調整を行い、光路長調整後、制御部70は、サークルスキャンC2を行い、眼底断層像（図8(b)参照）を取得する。

【0060】

同様に、制御部70は、サークルスキャンC2での撮影完了後、次のサイズのサークル

50

スキャン C 3 に合わせて光路長調整を行い、サークルスキヤンによって眼底断層像（図 8（c）参照）を取得する。制御部 70 は、所定のサイズ（例えば、直径 9 mm）のサークルスキヤンによる眼底断層像を取得するまで、撮影位置に応じた光路長調整とサークルスキヤンを繰り返し行う。

【0061】

各サークルスキヤンの間隔は、眼底上の走査位置に関して互いに近接する。スキャン位置の近接性に関しては、スキャン位置が連続するパターンの他、断層観察における連続性が確保される程度にスキャン位置が互いに近接するパターン（例えば、150 μm 程度）が考えられる。

【0062】

例えば、最初のサークルスキヤン C 1 の直径は、黄斑の直径より小さいサイズに設定される（例えば、直径 1.0 mm）。また、本実施形態において、サークルスキヤンのサイズは、直径 1.0 mm から 0.1 mm ずつ大きくしていく構成とする。また、最大のサークルスキヤンのサイズを直径 9.0 mm とする。このため、本実施形態において、直径 1.0 mm のサークルスキヤンからスキャンが開始され、サークルスキヤンのサイズを変更しながら、直径 9.0 mm のサークルスキヤンまで、合計で 81 スキャンを行い、三次元 OCT データが取得される。なお、本実施形態においては、サークルスキヤンのサイズを 1.0 mm から 0.1 mm ずつ大きくしていく構成としたが、サークルスキヤンの間隔は、これに限定されない。また、各サークルスキヤンのサイズや、複数のサークルスキヤンによるスキャンエリアにおいても、これに限定されない。もちろん、検者が任意にサークルサイズやスキャンエリアの変更を設定できる構成を設けてもよい。

【0063】

以上のようにして、各サークルスキヤンの撮影位置毎に光路長調整を行い、同一の感度にて、眼底断層像が取得されるようにする。各サークルスキヤンによる眼底断層像が取得されると、制御部 70 は、それらの複数の眼底断層像を画像処理（複合処理）により、眼底の三次元 OCT データを取得する。そして、制御部 70 は、三次元 OCT データに基づいて、眼底各層の厚み（眼底の層厚分布）を測定する。その後、その測定結果に基づいて層厚マップ又は正常眼データを用いた差分マップを作成し、モニタ 75 に表示する。なお、三次元 OCT データを用いてして、三次元グラフィック画像を作成して、モニタ 75 に表示してもよい。

【0064】

三次元 OCT データの取得は、各サークルスキヤンによってサークル状に取得された眼底断層像を同心円上に配列することによって行われる。なお、各サークルスキヤンの眼底断層像は、中心部での眼底断層像と周辺部での眼底断層像で走査距離の違いから大きさが異なる。このため、これらの眼底断層像を同様の大きさで表示する場合、中心部の画像を引き伸ばして拡大表示することになる。しかしながら、眼底断層像間の解像度が中心部と周辺部で異なってしまう。また、周辺部の眼底断層像を縮小し、中心部の眼底断層像の大きさに調整すると、眼底断層像が小さくなり、観察しづらくなる。

【0065】

このため、眼底断層像を同一の解像度にて、好適に表示するために、中心部と周辺部で走査速度を変化させ、眼底断層像を取得する手法が挙げられる。この場合、例えば、中心部での走査速度を周辺部での走査速度よりも遅くし、取得される眼底断層像が引き伸ばされても、周辺部の眼底断層像の解像度と同様となるようにする。

【0066】

以上のように、サークルスキヤンを用いて、同一の感度にて眼底断層像を取得していくことによって、全撮影領域において、感度の良いマップ撮影を行うことができる。

【0067】

なお、本実施形態においては、眼底の表面位置を検出し、表面位置を断層画像中の基準位置 B に移動させるように光路長調整を行ったがこれに限定されない。本実施形態では、制御部 70 は、眼底内の所定の網膜層を検出し、その網膜層を基準位置 B に移動させ、光

10

20

30

40

50

路長調整を行う。例えば、RPE（網膜色素上皮細胞）層を眼底断層像から抽出し、RPE層が基準位置に移動されるように光路長調整を行ってもよい。

【0068】

なお、本実施形態においては、プレ撮影によって各サークルスキャンに応じた参照ミラーの移動量を算出し、光路長調整を行う構成としたがこれに限定されない。例えば、サークルスキャン毎に、断層像データ取得前に基準位置Bへのトラッキングを行い、光路長調整を行っていく構成としてもよい。

【0069】

なお、本実施形態においては、光路長一致位置に対して同じ深さ位置されるように、各サークルスキャンのサークル径に応じて測定光と参照光の光路差を調整したがこれに限定されない。各サークルスキャンにて取得される眼底断層像が高感度領域で位置されるよう10に、光路差を調整する。例えば、各眼底断層像は、高感度領域において、位置ずれが許容される。

【0070】

なお、本実施形態においては、マップ撮影時にサークルスキャンを複数回行うことによって三次元OCTデータを取得する構成としたがこれに限定されない。例えば、サークルスキャンとその他のスキャンパターンを組み合わせてマップ撮影をおこなってもよい。例えば、黄斑周辺部（中心画角）においては、ラスタースキャンによって眼底上で測定光を二次元的走査することによって眼底の3次元断層像を取得し、湾曲度の大きい周辺画角においては、複数のサークルスキャンにて眼底上で測定光を二次元的走査することによって20眼底断層像を取得する構成としてもよい。

【0071】

また、本発明は、撮影条件の異なる複数のスキャンを順次行う構成であれば適用可能である。例えば、スキャン長、スキャン位置等に応じて変更する。例えば、複数のスキャン長（3mm、6mm、9mm等）にてスキャンを行う場合、複数のスキャン長の内、相対的に長いスキャン長（例えば、最も長いスキャン長）にて、プレ撮影として、スキャンを行う。そして、プレ撮影によって、取得された断層像より、他のスキャン長に対応する走査範囲での眼底の位置（例えば、眼底表面の位置、ある網膜層（例えば、網膜色素上皮層）の位置）を検出する。そして、他のスキャン長での撮影において、プレ撮影にて検出された眼底の位置が、基準位置に位置するように、光路長調整を行い、同一の感度にて、眼底断層像が取得されるようにする。
30

【0072】

また、例えば、複数の異なるスキャンパターンにてスキャンを行う場合、第1のスキャンパターンでの撮影をプレ撮影として用い、第2のスキャンパターンにおける眼底上の走査範囲の少なくとも一部を含むようなスキャンにて、断層像を取得する。プレ撮影によって得られた断層像により、第2のスキャンパターンによる眼底上の走査範囲での眼底位置を検出することができる。そして、第2のスキャンパターンでの撮影を行う場合、検出された眼底位置が基準位置に位置するように、スキャン位置毎に光路長調整を行い、第2のスキャンパターンの走査位置と第1のスキャンパターンの走査位置との間で同一の感度にて、眼底断層像が取得されるようにする。ここで、第2のスキャンパターンの中で異なる複数の断層像を得る場合（例えば、クロススキャン）、各断層像が同一の感度にて取得されるように光路長が制御される。
40

【0073】

具体例として、異なるスキャンパターンとしては、クロススキャンやラジアルスキャン等の組み合わせが考えられる。例えば、クロススキャン（X方向及びY方向のスキャン）の場合には、プレ撮影として、サークルスキャンにて、断層像を撮影するようにすれば、X方向及びY方向の両方のスキャンでの眼底位置を検出することができる。そして、クロススキャンを行う場合、検出された眼底位置が基準位置に位置するように、スキャン位置毎に光路長調整を行い、X方向及びY方向の両方のスキャン位置にて、同一の感度にて、眼底断層像が取得されるようにする。なお、一度のプレ撮影で全てのスキャン位置を含む
50

断層像が取得できない場合には、複数のプレ撮影を行うようにしてもよい。

【0074】

また、上記複数の異なるスキャンパターンにて限定されずものではなく、異なる複数のスキャン位置でのスキャンであれば、本実施形態の技術の適用は可能である。

【0075】

例えば、スキャンパターンとスキャン長が同一で、眼底上の撮影の位置が異なるスキャンが挙げられる。例えば、ラインスキャンやサークルスキャンにて、乳頭近傍位置と黄斑近傍位置をスキャンすることが挙げられる。

【0076】

このような場合、上記のように、眼底上の第1の撮影部位（例えば、乳頭近傍位置）での撮影をプレ撮影として用い、眼底上の第2の撮影部位（例えば、黄斑近傍位置）の少なくとも一部を含むようなスキャンにて、断層像を取得する。もちろん、複数のプレ撮影を行うようにしてもよい。そして、プレ撮影として取得された断層像より眼底位置を検出する。そして、眼底上の第2の撮影部位にて撮影を行う場合、第1の撮影部位にて検出された眼底位置が基準位置に位置するように、光路長調整を行い、第2の撮影部位の走査位置にて、同一の感度にて、眼底断層像が取得されるようにする。なお、第2の撮影部位での撮影において、異なる複数の断層像を得る場合（例えば、クロススキャン）、各断層像が同一の感度にて取得されるように光路長が制御される。

10

【0077】

なお、本実施形態においては、参照ミラー31を移動させることによって撮影位置に応じた光路長調整を行う構成としたがこれに限定されない。本実施形態の装置は、測定光又は参照光の光路中に配置された光学部材を、測定光と参照光の光路差を調整するために移動させる駆動部を備える。例えば、測定光の光路長と参照光の光路長との光路長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、コリメータレンズ21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。

20

【0078】

なお、上記説明において、スペクトルメータを用いたスペクトルドメインOCTを例にとって説明したが、これに限定されない。例えば、波長可変光源を備えるSS-OCT (Swept source OCT) であってもよい。

30

【図面の簡単な説明】

【0079】

【図1】本実施形態に係る眼底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】サークルスキャンについて説明する図である。

【図3】ラインスキャンについて説明する図である。

【図4】広画角マップ撮影時の制御動作をフローチャートにて示した図である。

【図5】ラインスキャンによって取得された断層画像の一例を示す図である。

【図6】プレ撮影で取得した眼底断層像において各撮影位置とマップ撮影時におけるサークルスキャンの各走査位置の関係を示した図である。

40

【図7】マップ撮影時のスキャン動作について説明する概略図である。

【図8】各サークルスキャンにおいて、取得された断層像の眼底表面が基準位置に位置された状態を示す図である。

【符号の説明】

【0080】

23 走査部

24 フォーカシングレンズ

24a 駆動機構

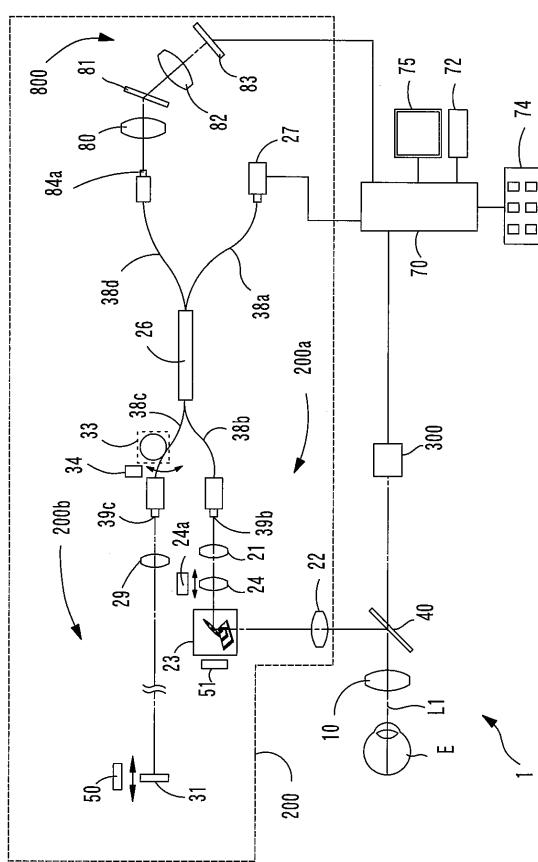
31 参照ミラー

33 ポラライザ

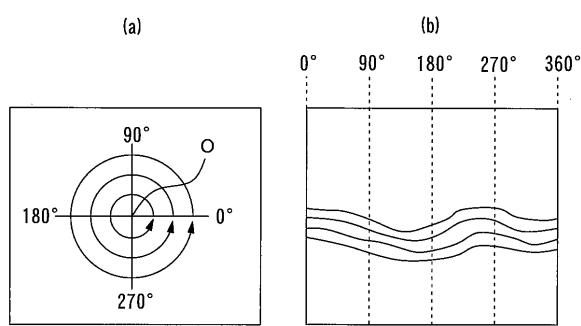
50

3 4 駆動機構
 5 0 駆動機構
 7 0 制御部
 7 2 メモリ
 7 5 表示モニタ
 2 0 0 OCT光学系
 3 0 0 固視標投影ユニット

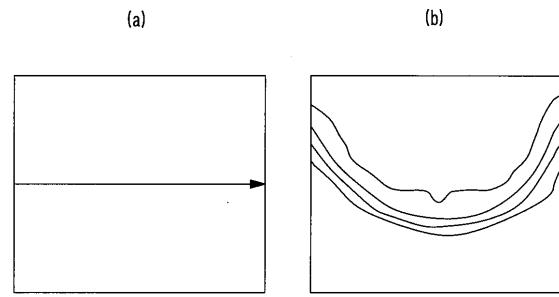
【図1】



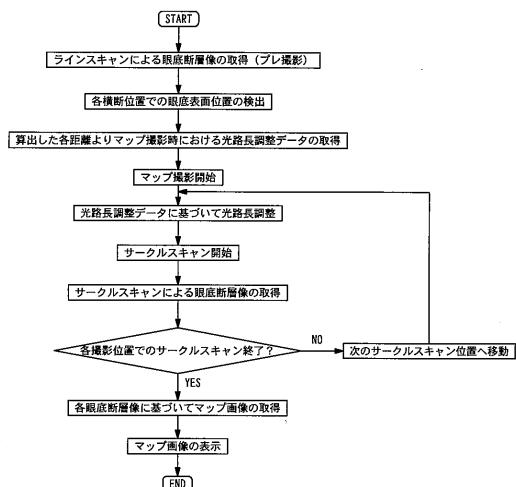
【図2】



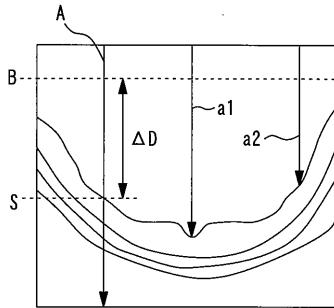
【図3】



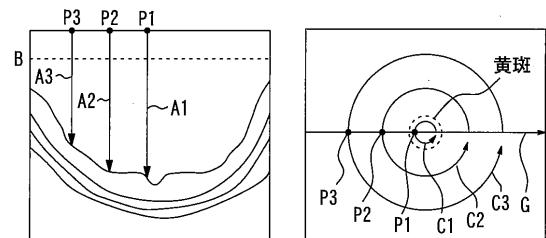
【図4】



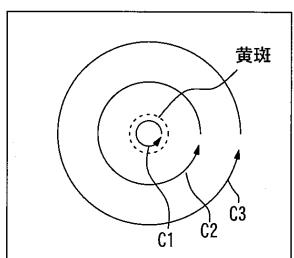
【図5】



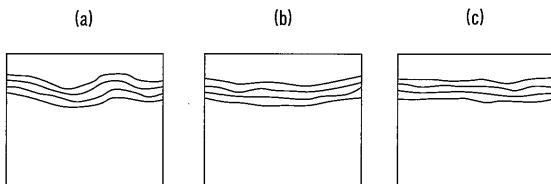
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2010-151704(JP,A)
特開2010-151713(JP,A)
特開2010-279576(JP,A)
特開2011-024930(JP,A)
国際公開第2006/022045(WO,A1)
特開2008-237238(JP,A)
米国特許出願公開第2005/0018133(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 B 3 / 10