

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7600818号
(P7600818)

(45)発行日 令和6年12月17日(2024.12.17)

(24)登録日 令和6年12月9日(2024.12.9)

| | | | | | |
|------------|-------|-----------|---------|-------|-------|
| (51)国際特許分類 | | F I | | | |
| A 6 1 B | 3/10 | (2006.01) | A 6 1 B | 3/10 | 1 0 0 |
| G 0 1 N | 21/17 | (2006.01) | G 0 1 N | 21/17 | 6 3 0 |

請求項の数 6 (全31頁)

| | | | |
|----------|----------------------------------|----------|---|
| (21)出願番号 | 特願2021-57157(P2021-57157) | (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 |
| (22)出願日 | 令和3年3月30日(2021.3.30) | (72)発明者 | 余語 宏文 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 |
| (65)公開番号 | 特開2022-154235(P2022-154235 A) | 審査官 | 渡戸 正義 |
| (43)公開日 | 令和4年10月13日(2022.10.13) | | |
| 審査請求日 | 令和6年2月27日(2024.2.27) | | |

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 OCT装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

波長掃引光源と、前記波長掃引光源からの光を測定光と参照光とに分割する光分割器と、被検眼の組織に導かれた前記測定光と前記参照光とのスペクトル干渉信号を検出する検出器と、を備えるOCT光学系と、

前記スペクトル干渉信号を演算処理して被検眼のOCTデータを取得する演算制御器と、前記波長掃引光源の掃引範囲に含まれる所定の波長の光を抽出する波長選択的な波長抽出部材を有し、前記波長掃引光源からの光のうち前記所定の波長の光を、前記波長抽出部材を介して検出する較正光学系と、を備え、
波長掃引時に前記波長掃引光源から出射される光についての時間と波長との対応のズレを、波長掃引時における所定の波長の光の検出タイミングに基づいて補正することを特徴とする、OCT装置。

10

【請求項 2】

前記較正光学系は、前記波長抽出部材を介した前記所定の波長の光を、前記OCT光学系の前記検出器へ導くことで前記所定の波長の光と前記参照光とによる較正用干渉信号を、前記検出器に検出させ、

前記演算制御器は、波長掃引時における前記較正用干渉信号の検出タイミングに基づいて前記ズレを補正することを特徴とする、請求項 1 に記載のOCT装置。

【請求項 3】

前記波長抽出部材は、前記波長掃引光源からの光のうち、所定の第1の波長の光と、前

20

記第 1 の波長とは異なる第 2 の波長の光と、を抽出する波長抽出部材であり、

前記演算制御器は、波長掃引時における前記第 1 の波長の光の検出タイミングと、前記第 2 の波長の光の検出タイミングに基づいて、前記ズレを補正することを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の OCT 装置。

【請求項 4】

F P N を生成するための光学素子を備えた F P N 生成光学系を有し、

前記演算制御器は、

前記 F P N に基づいて、各波数成分のマッピング状態を補正する補正情報を取得し、

前記補正情報を被検眼の OCT データを得るよりも前に、予め取得されていた前記補正情報を前記所定の波長の検出タイミングに基づいて補正し、

補正された前記補正情報に基づいて、前記ズレが補正された OCT データを取得することを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の OCT 装置。

10

【請求項 5】

前記較正光学系は、前記波長掃引光源からの光が通過する光軸に対して、前記波長抽出部材を挿脱可能に有し、

前記演算制御器は、前記波長抽出部材が較正光学系に挿入された状態で検出される前記所定の波長の検出タイミングに基づいて、前記ズレを補正することを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の OCT 装置。

【請求項 6】

前記測定光が通過する測定光路と、前記参照光が通過する参照光路と、前記測定光路と前記参照光路の光路長差を少なくとも第 1 の光路長差と第 2 の光路長差に変更する変更手段を備え、

20

前記演算制御器は、前記光路長差が第 1 の光路長差である場合における所定の波長の検出タイミングと、前記光路長差が第 2 の光路長差である場合における所定の波長の検出タイミングと、に基づいて、前記ズレを補正することを特徴とする、請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の OCT 装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、被検眼の OCT データを得る OCT 装置に関する。

30

【背景技術】

【0002】

近年、眼科分野では、S S - O C T (Swept Source OCT) が活用されつつある。S S - O C T は、波長掃引光源を O C T 光源として備え、被検眼の組織に導かれた測定光と参照光とのスペクトル干渉信号を、高速にサンプリングし、更に処理することによって、O C T データを取得する（特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2 0 1 8 - 1 2 4 1 8 8 号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

波長掃引光源は、波長掃引時に出射される光についての時間と波長または波数との対応関係が、経年変化や、環境温度などの影響によって、ズレてしまう場合がある。このようなズレは、O C T データの品質低下や、歪み、等の原因となり得る。

【0005】

本開示は、上記従来技術の問題点を鑑み、O C T データを好適に取得できる O C T 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】

50

【 0 0 0 6 】

本開示の典型的な実施形態に係るOCT装置は、波長掃引光源と、前記波長掃引光源からの光を測定光と参照光とに分割する光分割器と、被検眼の組織に導かれた前記測定光と前記参照光とのスペクトル干渉信号を検出する検出器と、を備えるOCT光学系と、前記スペクトル干渉信号を演算処理して被検眼のOCTデータを取得する演算制御器と、前記波長掃引光源の掃引範囲に含まれる所定の波長の光を抽出する波長選択的な波長抽出部材を有し、前記波長掃引光源からの光のうち前記所定の波長の光を、前記波長抽出部材を介して検出する校正光学系と、を備え、波長掃引時に前記波長掃引光源から出射される光についての時間と波長との対応のズレを、波長掃引時における所定の波長の光の検出タイミングに基づいて補正する。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 7 】

【 図 1 】 本実施例に係るOCT装置の一例を示す図である。

【 図 2 】 キャリブレーションとして制御部が行う制御のフローチャート図である。

【 図 3 】 FPN信号に基づいて求められる各波数成分のマッピング情報の一例である。

【 図 4 】 各波数成分の波数マッピング状態を、補正情報に基づいて補正することを説明する図である。

【 図 5 】 補正情報の取得の際に制御部が行う制御のフローチャート図である。

【 図 6 】 FPN生成光学系の一例を示す図である。

【 図 7 】 FPN生成光学系によって生成されるFPN信号について説明する図である。

20

【 図 8 】 掃引周波数によってFPN信号が検出される信号周波数が変化することを説明する図である。

【 図 9 】 波長掃引光源の掃引周波数が第2の掃引周波数である場合における、第2のFPN信号のフーリエ変換である。

【 図 10 】 補正情報の校正として制御部が行う制御のフローチャート図である。

【 図 11 】 校正された補正情報によって対応ズレが補正されることを説明する図である。

【 図 12 】 校正された補正情報によって対応ズレが補正されることを説明する図である。

【 図 13 】 校正光学系によって取得されるスペクトル干渉信号を説明する図である。

【 図 14 】 校正光学系によって取得される校正用干渉信号を説明する図である。

【 図 15 】 FPN生成光学系の変容例を示す図である。

30

【 図 16 】 FPN生成光学系及び参照光学系の変容例を示す図である。

【 図 17 】 FPN生成光学系の変容例を示す図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 0 8 】

〔 概要 〕

本開示の実施形態を説明する。以下の<>にて分類された項目は、独立または関連して利用されうる。例えば、ある実施形態において、複数の項目を適宜組み合わせることができる。また、例えば、ある実施形態に関して記載された項目を、他の実施形態に対して適用できる。

【 0 0 0 9 】

40

例えば、第1実施形態に記載の発明と、第2実施形態に記載の発明は、同時に実施されてもよい。また、第1実施形態に記載の発明と、第2実施形態に記載の発明は、いずれか一方が実施されてもよい。

【 0 0 1 0 】

< 第1実施形態 >

第1実施形態に係るOCT装置は、掃引周波数を複数に変更可能な装置において、それぞれの掃引周波数に対応するキャリブレーションデータが適正に取得される。

【 0 0 1 1 】

第1実施形態に係るOCT装置は、OCT光学系を備え、OCT光学系の第1の検出器から出力されるスペクトル干渉信号を画像処理器で演算処理してOCTデータを取得可能

50

であってもよい。

【0012】

< OCT 光学系 >

OCT 光学系は、例えば、フーリエドメイン OCT 光学系であってもよい。例えば、OCT 装置は、波長掃引式 OCT (SS - OCT : Swept Source OCT) であってもよい。

【0013】

OCT 光学系は、波長掃引光源から出射される光を光分割器によって測定光と参照光に分割してもよい。また、OCT 光学系は、被検眼からの測定光の反射光と、参照光とのスペクトル干渉信号を、第 1 の検出器によって検出してもよい。

【0014】

例えば、波長掃引光源は、掃引周波数を第 1 の掃引周波数と、第 1 の掃引周波数よりも低い第 2 の掃引周波数と、の間で変更可能な波長掃引光源であってもよい。本実施例において、掃引周波数とは単位時間あたりに掃引が行われる回数を示す。例えば、第 1 の掃引周波数と第 2 の掃引周波数との間で変更されることで、OCT 装置の深さ方向に関する撮影範囲が変更されてもよい。例えば、第 1 の掃引周波数は、被検眼の眼底の断層画像を取得するための掃引周波数であり、第 2 の掃引周波数は、被検眼の全眼球の断層画像を取得するための掃引周波数であってもよい。また、掃引周波数が第 1 の掃引周波数と第 2 の掃引周波数との間で変更されることで、撮影時間や測定感度が変更されてもよい。例えば、OCT 装置は、第 1 の掃引周波数で撮影する第 1 の撮影モードと、第 2 の掃引周波数で撮影する第 2 の撮影モードとに選択的に設定されてもよい。

【0015】

< FPN 生成光学系 >

OCT 装置において、FPN 生成光学系が備えられる。FPN 生成光学系は、例えば、第 1 の FPN と第 2 の FPN と、を発生させるための光学部材と、第 1 の FPN の信号と第 2 の FPN の信号を検出可能な第 2 の検出器と、を備える光学系であってもよい。なお、第 1 実施形態において、掃引周波数が同条件の場合において、第 2 の FPN が発生する位置は、第 1 の FPN の位置よりもゼロディレイ位置から離れた位置である。なお本実施例において、ゼロディレイ位置とは、OCT 画像における、測定光と参照光との光路長が一致する深さ位置である。

【0016】

また、FPN 生成光学系と OCT 光学系との間で一部の構成が兼用される。例えば、FPN 生成光学系の第 2 の検出器は、OCT 光学系の第 1 の検出器と兼用される。つまり FPN 生成光学系は、光源からの光を FPN 発生用の光学部材へ導くと共に、光学部材を介した光を第 1 の検出器に導く。

【0017】

OCT 装置において、ゼロディレイ位置に対応する位置と、光学部材の位置と、の間の光学的距離を変更する駆動部が備えられてもよい。本実施例においてゼロディレイ位置に対応する位置は、光学部材を配置した場合に、光源から光学部材を介して検出器に入射するまでの光路長と、参照光路の光路長が一致する位置である。すなわち、ゼロディレイに対応する位置とは、光学部材を配置した場合に、ゼロディレイ位置に FPN が生成される位置である。なお、本実施例において、ゼロディレイ位置に対応する位置を原点位置と称する。

【0018】

例えば、駆動部は、FPN 生成光学系の光路長、又は参照光路の光路長を変更することで光学的距離を変更する。例えば、駆動部は光学的距離を、第 1 の FPN が発生する第 1 の距離と、第 2 の FPN が発生する第 2 の距離と、の間で変更してもよい。例えば、駆動部は光学的距離を、波長掃引光源が第 1 の掃引周波数の場合に第 1 の距離に変更し、第 2 の掃引周波数の場合に第 2 の距離に変更してもよい。

【0019】

また、FPN 生成光学系において、例えば、第 1 の FPN を発生させるための第 1 の光

10

20

30

40

50

学部材が備えられている。また、F P N生成光学系において、例えば、第2のF P Nを発生させるための第2の光学部材が備えられている。例えば、第1の光学部材と第2の光学部材は兼用される。

【0020】

例えば、第1の光学部材と第2の光学部材は別体であってもよい。その場合、原点位置から第1の光学部材までの光学的距離よりも、原点位置から第2の光学部材までの光学的距離が長くなるように、第1の光学部材と第2の光学部材は配置されてもよい。

【0021】

<マッピング状態の補正>

OCT装置において、各波数成分のマッピング状態を補正するための補正情報を得る演算制御器が備えられてもよい。演算制御器は、第1のF P Nに基づいて第1の補正情報を取得してもよい。例えば、演算制御器は、第1の掃引周波数の場合において、第1の補正情報を用いて、スペクトル干渉信号に対して演算処理を行う。これにより、第1の掃引周波数の場合において、各波数成分のマッピング状態が補正される。例えば、サンプリングポイントと光の波数($2/\lambda$ 、 λ は光の波長)との対応関係が線形となるように、各波数成分のマッピング状態が補正される(図4参照)。

10

【0022】

同様に、演算制御器は、第2のF P Nに基づいて第2の補正情報を取得してもよい。また、演算制御器は、第2の掃引周波数の場合において、第2の補正情報を用いて、スペクトル干渉信号に対して演算処理を行う。これにより、第2の掃引周波数の場合において、各波数成分のマッピング状態が補正される。

20

【0023】

例えば、演算制御器は、被検眼のOCTデータを取得するよりも前に、補正情報を予め取得してもよい。

【0024】

更に、例えば、F P N生成光学系は、波長掃引光源が第1の掃引周波数の場合に、第3のF P Nを生成してもよく、波長掃引光源が第2の掃引周波数の場合に第4のF P Nを生成してもよい。例えば、掃引周波数を同条件として第1のF P Nの位置と、第3のF P Nの位置とを比較した時に、第1のF P Nの位置と第3のF P Nの位置が異なるように、第3のF P Nは生成されてもよい。また、第2のF P Nと第4のF P Nの関係についても同様である。

30

【0025】

この場合、例えば、演算制御器は、第1の補正情報を第1のF P Nに基づく各波数成分のマッピング情報と、第3のF P Nに基づく各波数成分のマッピング情報と、の差分情報に基づいて取得してもよい。また、第2の補正情報を第2のF P Nに基づく各波数成分のマッピング情報と、第4のF P Nに基づく各波数成分のマッピング情報と、の差分情報に基づいて取得してもよい。これによれば、各波数成分のマッピング状態に含まれる分散成分を補正することができる(図3参照)。

【0026】

また、演算制御器は、測定光が遮断された状態で補正情報を取得してもよい。この場合、例えば、OCT光学系には測定光を遮断するための遮断部材が挿脱可能に備えられてもよい。例えば、演算制御器は、遮断部材がOCT光学系に挿入された状態で、第2の検出器が検出した第1のF P Nに基づいて、第1の補正情報を取得する。同様に、例えば、演算制御器は、遮断部材がOCT光学系に挿入された状態で、第2の検出器が検出した第2のF P Nに基づいて、第2の補正情報を取得する。

40

【0027】

上記構成によれば、例えば、波長掃引光源が掃引周波数を変えた場合であっても、F P Nが検出される信号周波数を変更することで、適正にF P N信号を取得することができる。例えば、本実施例において、検出器と演算制御器の間には、演算制御器の保護のためにDC成分をカットする電氣的なフィルタが設けられている。本実施例では、この電氣的

50

なフィルタによってカットされる周波数の領域を、ゼロディレイ領域と称する。例えば、本実施例において、フーリエ変換した際に形成されるピークのエンベロープが、ゼロディレイ領域に入らないような信号周波数でF P Nを生成することができる。

【 0 0 2 8 】

このため、生成されたF P Nを用いて良好に補正情報を取得することができる。よって、好適にO C Tデータを取得できる。

【 0 0 2 9 】

更に、例えばF P N生成光学系は光強度調節器を備えていてもよい。例えば、光強度調節器は、F P N生成光学系から出射される光の強度を、波長掃引光源の掃引周波数に基づいて調整する。例えば、光強度調節器はF P N信号が第1の検出器のダイナミックレンジ内に収まるように、光の強度を調整する。これによれば、掃引周波数が変更されて波長掃引光源からの光の強度が変化した場合でも、第1の検出器は適切にF P N信号を検出できる。

10

【 0 0 3 0 】

< 第2実施形態 >

第2実施形態に係るO C T装置は、波長掃引光源が波長掃引するときの、時間と波数との対応ズレが適切に補正される。

【 0 0 3 1 】

第2実施形態に係るO C T装置は、O C T光学系を備える。第1実施形態で説明したO C T光学系が、第2実施形態でも援用される。

20

【 0 0 3 2 】

< 演算制御器 >

O C T装置は、検出したスペクトル干渉信号を演算処理して被検眼のO C Tデータを取得する演算制御器を備えてもよい。また、演算制御器は、波長掃引光源から射出される光について、時間と波数との対応のズレ（以下、対応ズレ）を補正してもよい。例えば、対応ズレを補正することによって、各波数成分のマッピング状態のグラフの傾きが補正される（図12（a）参照）。また、対応ズレを補正することによって、各波数成分のマッピング状態のグラフのシフト（平行移動）が補正される（図12（b）参照）。

【 0 0 3 3 】

< 較正光学系 >

O C T装置は、対応ズレを補正するための較正光学系が備えられてもよい。較正光学系は、波長掃引光源の掃引範囲に含まれる光のうち、所定の波長の光を抽出する、波長選択的な波長抽出部材を有する。例えば、較正光学系は、波長掃引光源が掃引する光から所定の波長の光を、波長抽出部材を介することで検出する。

30

【 0 0 3 4 】

例えば、波長選択的な波長抽出部材は、較正光学系に挿脱可能に備えられていてもよい。例えば、本実施例において、波長抽出部材が較正光学系に挿入された状態で演算制御器によって検出されるスペクトル干渉信号を較正用干渉信号とする。演算制御器は、較正用干渉信号における所定の波長の検出タイミングに基づいて対応ズレを補正してもよい。

【 0 0 3 5 】

なお、対応ズレを補正するために補正用干渉信号を取得するとき以外は、波長抽出部材は光軸に対して退避される。

40

【 0 0 3 6 】

例えば、O C T装置は、測定光を被検眼へ導光する導光光学系が備えられてもよい。

【 0 0 3 7 】

例えば、F P N生成光学系と、導光光学系と、の少なくとも一方と、較正光学系と、は光学系を一部兼用してもよい。その場合、F P N生成光学系と導光光学系の少なくとも一方には、波長抽出部材が備えられる。

【 0 0 3 8 】

例えば、較正光学系は、対応ズレを補正するために用いる較正用干渉信号を取得する。

50

例えば、較正用干渉信号は、波長掃引光源が掃引を開始してから終了するまで検出器によって取得される、波長抽出部材を介した波長掃引光源からの光と参照光とによる、スペクトル干渉信号である。例えば、較正用干渉信号において、波長掃引光源が所定の波長の光を出射したタイミングと対応するサンプリングポイントに、所定の波長の光と、参照光と、によるスペクトル干渉信号が生じる。なお、例えば、較正光学系とOCT光学系との部材は一部兼用されてもよい。例えば、較正光学系に備えられた検出器と、OCT光学系に備えられた検出器とが兼用されてもよい。その場合、較正光学系は、波長抽出部材を介した所定の波長の光を、OCT光学系の前記検出器へ導く。

【0039】

< 対応ズレの除去 (較正) >

本実施例では、較正用干渉信号における、所定の波長の光と、参照光とによるスペクトル干渉信号が検出されるサンプリングポイントを、検出タイミングと称する。例えば、演算制御器は、較正用干渉信号を処理して検出タイミングを取得する。例えば、演算制御器は、各波数成分のマッピング状態を補正するための補正情報を、検出タイミングに基づいて較正する。例えば、演算制御器は、較正された補正情報を用いて演算処理を行って各波数成分のマッピング状態を補正することで、各波数成分のマッピング状態に含まれる対応ズレを補正する。なお、本開示において、補正情報を較正するための演算処理を較正処理と称する。

【0040】

例えば、較正光学系に備えられた、所定の波長の光を抽出する波長抽出部材は、所定の第1の波長の光と、第1の波長とは異なる第2の波長の光と、を抽出できる波長抽出部材であってもよい。この場合、演算制御器は、第1の波長の光が検出された検出タイミングと、第2の波長の光が検出された検出タイミングと、を用いて、補正情報を較正してもよい。これによれば、各波数成分のマッピング状態の補正が行われる場合に、対応ズレが補正されるように補正情報を較正できる。

【0041】

なお、例えば、補正情報の較正は、被検眼のOCTデータを取得する前に行われてもよい。この場合、被検眼のOCTデータが取得されるよりも前に、FPNに基づく補正情報の取得と、検出タイミングに基づく補正情報の較正が行われてもよい。

【0042】

例えば、OCT装置は、測定光が通過する測定光路と、参照光が通過する参照光路と、の光路長差を所定の第1の光路長差と第2の光路長差との間で変更する変更手段を備えてもよい。

【0043】

例えば、変更手段はFPN生成光学系の光路長を変更してもよい。また、変更手段は、参照光学系の光路長を変更してもよい。例えば、変更手段は、FPN生成光学系の光路長と、参照光学系の光路長のうち、少なくとも一方の光路長を変更することで、光路長差を変更する。

【0044】

例えば、演算制御器は、光路長差が第1の光路長差の場合の所定の波長の検出タイミングと、光路長差が第2の光路長差の場合の所定の波長の検出タイミングと、に基づいて対応ズレを補正してもよい。例えば、演算制御器は、光路長差が第1の光路長差の場合において取得される干渉信号と、光路長差が第2の光路長差の場合において取得される干渉信号と、を加算する。これによれば、所定の波長の検出タイミングに生じるスペクトル干渉信号の信号強度が増加する。このため、演算制御器は、より正確に所定の波長の検出タイミングを取得できる。

【0045】

すなわち、演算制御器は、光路長差が第1光路長差のときに検出器が検出する較正用干渉信号と、光路長差が第2光路長差のときに検出器が検出する較正用干渉信号と、を用いて較正処理を行うことで、対応ズレを補正してもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 6 】

上記構成によれば、例えば、波長掃引光源の光について、時間と波数との対応のズレを適切に補正することができるため、好適に被検眼のOCTデータを取得することができる。

【 0 0 4 7 】

〔 実施例 〕

本開示の実施形態の一例について図面に基づいて説明する。図1～図13は第1および第2実施形態の実施例に係る図である。なお、以下の<>にて分類された項目は、独立または関連して利用され得る。

【 0 0 4 8 】

< OCT 光学系 >

本実施例では、OCT装置1として、図1に示される光コヒーレンストモグラフィー(OCT)装置が用いられる。本実施例に係るOCT装置1は、例えば、波長掃引式OCT(SS-OCT: SWEEP Source-OCT)を基本的構成とし、波長掃引光源102、OCT光学系100、演算制御器(演算制御部、以下制御部)70、を含む。その他、OCT装置1には、メモリ72、表示部75、図示無き正面像観察系及び固視標投影系が備えられる。制御部70は、波長掃引光源102、OCT光学系100、メモリ72、表示部75に接続されている。

【 0 0 4 9 】

OCT光学系100は、導光光学系150によって測定光を被検眼Eに導く。OCT光学系100は、参照光学系110に参照光を導く。OCT光学系100は、被検眼Eによって反射された測定光と参照光との干渉、によって取得される干渉信号光を検出器(受光素子)120に受光させる。さらに、本実施例のOCT光学系100は、FPN生成光学系200を備える(詳細は後述する)。また、OCT光学系100は、較正光学系300を備える(詳細は後述する)。なお、本実施例において、FPN生成光学系200と較正光学系300は兼用される。なお、OCT光学系100は、図示無き筐体(装置本体)内に搭載され、ジョイスティック等の操作部材を介して周知のアライメント移動機構により被検眼Eに対して筐体を3次的に移動させることによって被検眼Eに対するアライメントが行われてもよい。

【 0 0 5 0 】

OCT光学系100には、SS-OCT方式が用いられ、波長掃引光源102として出射波長を時間的に高速で変化させる波長可変光源(波長走査型光源)が用いられる。波長掃引光源102は、例えば、レーザ媒体、共振器、及び波長選択フィルタによって構成される。そして、波長選択フィルタとして、例えば、回折格子とポリゴンミラーの組み合わせ、ファブリー・ペローエタロンを用いたフィルタが挙げられる。

【 0 0 5 1 】

また、本実施例において、波長掃引光源102は、掃引周波数を変更できる。本実施例において、掃引周波数とは単位時間あたりに掃引が行われる回数を示す。例えば、波長掃引光源102は、所定の第1の掃引周波数H1(例えば、200kHz)と、所定の第2の掃引周波数H2(例えば、25kHz)との間で掃引周波数を変更できる。なお、変更可能な掃引周波数の数は2つに限定されない。

【 0 0 5 2 】

例えば、波長掃引光源102の掃引周波数を変更されることで、OCT装置1の撮影範囲が深さ方向に関して変更される。

【 0 0 5 3 】

カップラ(スプリッタ)104は、光分割器として用いられ、波長掃引光源102から出射された光を測定光路と参照光路に分割する。カップラ104は、例えば、波長掃引光源102からの光を測定光路側の光ファイバ105に導光すると共に、参照光路側の参照光学系110に導光する。

【 0 0 5 4 】

カップラ(スプリッタ)130は、光ファイバ105からの光(測定光)を、導光光学

10

20

30

40

50

系 150 の光路と FPN 生成光学系 200 の光路に分割する。つまり、測定光路には、導光光学系 150 と FPN 生成光学系 200 が備えられている。カップラ (スプリッタ) 130 は、ビームスプリッタであってもよいし、サーキュレータであってもよい。

【0055】

< 導光光学系 >

導光光学系 150 は、測定光を被検眼 E に導くために備えられる。導光光学系 150 には、例えば、光ファイバ 152、カップラ 153、コリメータレンズ 154、光スキャナ 156、及び対物レンズ系 158 が順次備えられてもよい。この場合、測定光は、光ファイバ 152、カップラ 153 を介して、コリメータレンズ 154 によって平行ビームとなり、光スキャナ 156 に向かう。光スキャナ 156 を通過した光は、対物レンズ系 158 を介して、被検眼 E に照射される。測定光は、前眼部及び後眼部の両方に照射され、各組織にて散乱・反射される。

10

【0056】

光スキャナ 156 は、被検眼 E 上で XY 方向 (横断方向) に測定光を走査させてもよい。光スキャナ 156 は、例えば、2 つのガルバノミラーであり、その反射角度が駆動機構によって任意に調整される。波長掃引光源 102 から出射された光束は、その反射 (進行) 方向が変化され、眼底上で任意の方向に走査される。光スキャナ 156 としては、例えば、反射ミラー (ガルバノミラー、ポリゴンミラー、レゾナントスキャナ) の他、光の進行 (偏向) 方向を変化させる音響光学素子 (AOM) 等が用いられてもよい。

【0057】

この場合、測定光による被検眼 E からの散乱光 (反射光) は、対物レンズ系 158、光スキャナ 156、コリメータレンズ 154、カップラ 153、光ファイバ 152 ~ カップラ 130、光ファイバ 112 を経て、カップラ 350 に達する。散乱光は、カップラ 350 にて参照光と合波されて干渉する。

20

【0058】

また、例えば、導光光学系 150 は、シャッター 151 が光軸に対して挿脱可能に備えられてもよい。例えば、シャッター 151 は、後述する補正情報が取得される際に光軸に対して挿入される。

【0059】

なお、シャッター 151 は、導光光学系 150 由来の光を遮断するための遮断部材の一例であり、これに限定されない。例えば、遮断手段として、光吸収部材が備えられていてもよい。その場合、例えば、制御部 70 が光スキャナ 156 を制御し、導光光学系 150 に入射した光 (又は、被検眼からの戻り光) を光吸収部材に導くことで、導光光学系 150 由来の光を遮断できる。

30

【0060】

< 参照光学系 >

参照光学系 110 は、被検眼 E での測定光の反射によって取得される反射光と合成される参照光を生成する。参照光学系 110 を経由した参照光は、カップラ 350 にて測定光路からの光と合波されて干渉する。参照光学系 110 は、マイケルソンタイプであってもよいし、マッハツェンダタイプであっても良い。

40

【0061】

なお、測定光路と参照光路の少なくともいずれかには、測定光と参照光との光路長差を調整するための光学部材が配置されてもよい。例えば、コリメータレンズ 154 とカップラ 153 とが一体的に移動されることで、測定光の光路長が調整され、結果として、測定光と参照光との光路長差が調整されてもよい。もちろん、参照光路に配置された光学部材が移動されることによって、結果として、測定光と参照光との光路長差が調整されてもよい。

【0062】

< 検出器 >

検出器 120 は、測定光路からの光と参照光路からの光による干渉を検出するために備

50

えられている。検出器 120 としては、平衡検出を行ってもよい。この場合、検出器 120 は、複数の受光素子を備え、第 1 受光素子からの干渉信号と第 2 受光素子からの干渉信号との差分を得て、干渉信号に含まれる不要なノイズを削減する。各受光素子は、受光部が一つのみからなるポイントセンサであって、例えば、アバランシェ・フォト・ダイオードが用いられる。

【0063】

< FPN 生成光学系 >

FPN 生成光学系 200 は、FPN 信号を生成する。FPN 信号は、各波数成分のマッピング情報を補正するために利用される。本実施例では、FPN 生成光学系によって、第 1 の FPN 信号、第 2 の FPN 信号、第 3 の FPN 信号及び第 4 の FPN 信号が生成される。

10

【0064】

図 1 に示すように、本実施例において、FPN 生成光学系 200 は、カップラ（スプリッタ）130 から、導光光学系 150 と分岐した位置に配置されている。

【0065】

例えば、FPN 生成光学系 200 は、FPN を発生させるための FPN 生成部材 204 と、FPN 生成部材 204 の位置を光軸方向に移動させる駆動部 205 と、FPN を検出する検出器 121 とを備える。なお、FPN 生成部材 204 は、FPN を発生させるための光学部材であり、例えば金ミラーである。また、FPN を検出する検出器 121 は、OCT 光学系 100 に備えられた検出器 120 と兼用される。

20

【0066】

例えば、FPN 生成光学系 200 に入射し、FPN 生成部材 204 を経由した光が参照光と干渉することで、FPN 信号が生成される。生成された FPN 信号は検出器 120 によって検出される。また、後述する制御部 70（画像処理器を兼ねる）は FPN 信号に基づいて OCT 画像上に FPN を生成する。

【0067】

例えば、本実施例において、FPN 生成光学系 200 は、OCT 画像上において FPN が生成される深さ方向の位置を変更することができる。

【0068】

例えば、駆動部 205 は、FPN 生成部材 204 を光軸と平行方向に移動する。これにより、原点位置 P0 から、FPN 生成部材 204 までの光学的距離が変更される。なお、原点位置 P0 とは、本実施例において、FPN 生成部材 204 を配置した場合に OCT 画像上におけるゼロディレイ位置に FPN が生成される、光学系上の位置のことである。

30

【0069】

駆動部 205 が FPN 生成部材 204 の位置を変更することによって、FPN 生成光学系 200 の光路長が変更されるため、参照光学系 110 と FPN 生成光学系 200 との光路長差が変更される。FPN が OCT 画像上に生成される深さ方向の位置は、参照光路と FPN 生成光学系の光路長差によって変化する。このことから、駆動部 205 は、FPN 生成部材 204 の位置を変更することで、FPN が生成される深さ方向の位置を変更できる。

【0070】

なお、後述の [変容例]（図 15 参照）と比較して、FPN 生成光学系 200 について、光路を分割せずに光路長を変更できることから、それぞれの FPN 信号が強く、検出が容易である可能性がある。また、複数の FPN 信号が同時に OCT 画像上に生じないため、制御部 70 が行う演算処理が容易である可能性がある。

40

【0071】

例えば、本実施例において FPN 生成光学系 200 によって、少なくとも 4 つの異なる深さ位置に FPN 信号を生成することができる。なお、FPN 信号は、後述する各波数成分のマッピング状態を補正するための補正情報を取得する場合に用いられる。

【0072】

< 較正光学系 >

50

本実施例において、較正光学系 300 は、波長掃引光源 102 の波長と時間との対応のズレを補正するために用いられる。なお、本実施例において、波長掃引光源 102 の波数と時間との対応のズレを対応ズレと称する。

【0073】

図 1 に示すように、例えば、較正光学系 300 は、バンドパスフィルタ 301 及びノッチフィルタ 302 を光軸に対して挿脱可能に備える。なお、バンドパスフィルタ 301 及びノッチフィルタ 302 は、波長掃引光源 102 の掃引範囲に含まれる所定の波長の光を抽出する、波長選択的な波長抽出部材の一例である。

【0074】

例えば、バンドパスフィルタ 301 は、前述の所定の波長を含む波長帯域の光を通過させる。例えば、ノッチフィルタ 302 は、バンドパスフィルタ 301 が通過させる波長帯域のうちの一部の波長帯域の光を減衰させる。例えば、ノッチフィルタ 302 によって、バンドパスフィルタ 301 を通過した光のうち、所定の波長の光を除く波長の光が減衰される。よって、バンドパスフィルタ 301 とノッチフィルタ 302 を組み合わせて用いることにより、所定の波長の光が選択的に抽出される。

10

【0075】

また、バンドパスフィルタ 301 及びノッチフィルタ 302 は、所定の波長の光を抽出するための波長抽出部材の一例であり、これに限定されない。例えば、所定の波長の光を抽出するための波長抽出部材として、ファイバブラッググレーティングを用いることでも、同様の効果が得られる。なお、その場合、ファイバブラッググレーティングが備えられた光路と、備えられていない光路とが切り替えられることで、所定の波長の光が抽出されるか否かが切り替えられる。

20

【0076】

例えば、本実施例において、波長掃引光源 102 が掃引を行った場合に、バンドパスフィルタ 301 及びノッチフィルタ 302 によって、所定の第 1 の波長の光と、第 1 の波長の光とは異なる第 2 の波長の光と、が抽出される。

【0077】

例えば、本実施例において、FPN 生成光学系 200 と較正光学系 300 は兼用される。これに代えて、較正光学系 300 は導光光学系 150 と兼用されてもよく、その場合、バンドパスフィルタ 301 及びノッチフィルタ 302 は導光光学系 150 に挿脱可能に備えられる。

30

【0078】

例えば、バンドパスフィルタ 301 及びノッチフィルタ 302 は、後述する較正用干渉信号を取得する際に光軸に対して挿入される。例えば、バンドパスフィルタ 301 及びノッチフィルタ 302 は、較正用干渉信号を取得する際以外は光軸に対して退避されている。

【0079】

なお、較正光学系 300 は、他の光学系と独立した光路に備えられてもよい。その場合、バンドパスフィルタ 301 及びノッチフィルタ 302 は必ずしも挿脱可能に備えられる必要はない。

【0080】

<制御部>

図 1 に示すように、制御部 70 は、CPU (プロセッサ)、RAM、ROM 等を備えてもよい。例えば、制御部 70 の CPU は、OCT 装置 1 の制御を司ってもよい。RAM は、各種情報を一時的に記憶する。制御部 70 の ROM には、OCT 装置 1 の動作を制御するための各種プログラム、初期値等が記憶されてもよい。

40

【0081】

制御部 70 には、不揮発性メモリ (以下、メモリに省略する) 72、表示部 75 等が電氣的に接続されてもよい。メモリ 72 には、電源の供給が遮断されても記憶内容を保持できる非一過性の記憶媒体が用いられてもよい。例えば、ハードディスクドライブ、フラッシュ ROM、および、OCT 装置 1 に着脱可能に装着される USB メモリ等をメモリ 72

50

として使用することができる。メモリ 72 には、OCT データの取得及び OCT 画像の撮影を制御するための制御プログラムが記憶されてもよい。また、メモリ 72 には、OCT データから生成される OCT 画像の他、撮影に関する各種情報が記憶されてもよい。表示部 75 は、OCT データから生成される OCT 画像を表示してもよい。

【0082】

例えば、制御部 70 は、FPN 生成光学系 200 に備えられた駆動部 205 を駆動し、FPN 生成部材 204 の位置を制御してもよい。

【0083】

例えば、制御部 70 は、波長掃引光源 102 と接続されていてもよい。例えば、制御部 70 は、波長掃引光源 102 の掃引周波数を、第 1 の掃引周波数 H1 と、第 2 の掃引周波数 H2 との間で変更してもよい。

10

【0084】

例えば、掃引周波数が第 1 の掃引周波数 H1 のとき、被検眼 E の眼底の断層画像が撮影される。例えば、掃引周波数が第 2 の掃引周波数 H2 のとき、被検眼 E の全眼球の断層画像が撮影される。なお、掃引周波数に応じて深さ方向の撮影範囲を変更する方法については、特開 2012 - 75640 号公報に記載の方法を用いることができる。

【0085】

例えば、掃引周波数が第 1 の掃引周波数 H1 で撮影するモードを第 1 の撮影モード、掃引周波数が第 2 の掃引周波数 H2 で撮影するモードを第 2 の撮影モード、としてもよい。その場合、制御部 70 は撮影モードを選択する選択手段を兼ねてもよい。例えば、操作者が図示なき入力手段（例えば、スイッチ）を介して制御部 70 に入力した信号に基づいて、制御部 70 は撮影モードを選択してもよい。

20

【0086】

なお、撮影モードとは、掃引周波数ごとに撮影範囲が変更されるモードに限らない。例えば、波長掃引光源 102 の掃引周波数が変更されることで、撮影時間や、撮影の感度が変わる場合がある。例えば、撮影モードは、標準の感度で撮影を行う第 1 の撮影モードと、第 1 の撮影モードよりも高感度で撮影を行う第 2 の撮影モードであってもよい。例えば、撮影モードは、標準の時間で撮影を行う第 1 の撮影モードと、第 1 の撮影モードよりも短時間で撮影を行う第 2 の撮影モードであってもよい。

【0087】

また、制御部 70 は、シャッター 151 の挿脱を制御してもよい。さらにまた、制御部 70 は、バンドパスフィルタ 301 及びノッチフィルタ 302 の挿脱を制御してもよい。

30

【0088】

また、制御部 70 は、検出器 120 が検出するスペクトル干渉信号を演算処理して、OCT データを取得し、OCT 画像を生成する画像処理器として用いられてもよい。

【0089】

例えば制御部 70 は、OCT データ上の FPN 信号に基づいて補正情報を求める演算制御器を兼ねてもよい（詳細は [動作] で説明する）。その場合、メモリ 72 には、各波数成分のマッピング状態を補正するための補正情報を得る演算処理プログラムが記憶されてもよい。

40

【0090】

また、例えば、制御部 70 は、較正用干渉信号に基づいて、補正情報を較正する演算制御器を兼ねてもよい（詳細は [動作] で説明する）。その場合、メモリ 72 には、補正情報を較正するための較正処理プログラムが記憶されてもよい。

【0091】

[動作]

以上のような構成を備える OCT 装置 1 は、各波数成分のマッピング状態と、対応ズレとを補正するために、キャリブレーションを行う。例えば、キャリブレーションが行われる場合の制御部 70 の制御を、図 2 を用いて説明する。なお、図 2 はキャリブレーションが行われる場合における制御部 70 の行う制御のフローチャート図である。

50

【 0 0 9 2 】

本実施例において、キャリブレーションとして、F P Nを用いた補正情報の取得（ステップ S 1 1 0）と、較正用干渉信号を用いた補正情報の較正（ステップ S 1 2 0）が行われる。

【 0 0 9 3 】

例えば、キャリブレーションは被検眼 E の O C T データが取得されるよりも前に実行される。その場合、キャリブレーションによって得られる後述の補正情報は、メモリ 7 2 に保持されてもよい。これによれば、撮影の際にキャリブレーションを行う時間を省くことができるため、より短時間で補正された O C T データを取得できる。

【 0 0 9 4 】

以下に、本実施例におけるキャリブレーションの詳細について説明する。

【 0 0 9 5 】

< S 1 1 0 : 補正情報の取得 >

本実施例において、制御部 7 0 は、各波数成分のマッピング状態を補正するための補正情報を、F P N 生成光学系 2 0 0 によって生成された F P N に基づいて取得する。例えば、キャリブレーション後に被検眼 E の O C T データを得る場合において、補正情報を用いて演算処理を行うことで、各波数成分のマッピング状態が補正された O C T データが取得される。

【 0 0 9 6 】

なお、本実施例において、各波数成分のマッピング状態の補正とは、O C T データにおいて、サンプリングポイントと光の波数（ $2 \pi / \lambda$ ）との対応関係が線形となるように補正することを含む。

【 0 0 9 7 】

また、本実施例において、各波数成分のマッピング状態の補正とは、O C T データに含まれる分散成分が除去されるように補正することを含む。

【 0 0 9 8 】

図 3 は、F P N 信号に基づいて求められる各波数成分のマッピング情報の一例である。図 3 (a) は、第 1 の F P N 信号に基づいて求められる各波数成分のマッピング情報である。図 3 (b) は、第 3 の F P N 信号に基づいて求められる各波数成分のマッピング情報である。図 4 は、各波数成分の波数マッピング状態が、補正情報に基づいて補正されることを説明する図である。

【 0 0 9 9 】

例えば、波長掃引光源 1 0 2 の掃引周波数が変化すると、各波数成分のマッピング状態及び信号成分に含まれる分散成分が変化する可能性がある。

【 0 1 0 0 】

本実施例において、掃引周波数が変更された場合でも適切に各波数成分のマッピング状態を補正するために、制御部 7 0 は、掃引周波数ごとに補正情報を求める。例えば、制御部 7 0 は、掃引周波数が第 1 の掃引周波数 H 1 の場合における各波数成分のマッピング状態を補正するために第 1 の補正情報を求め、掃引周波数が第 2 の掃引周波数 H 2 の場合における各波数成分のマッピング状態を補正するために第 2 の補正情報を求める。

【 0 1 0 1 】

第 1 の補正情報及び第 2 補正情報を取得する場合に制御部 7 0 が行う制御について、図 5 のフローチャート図に基づいて説明する。図 5 は、補正情報の取得（ステップ S 1 1 0）として制御部 7 0 が行う制御のフローチャート図である。

【 0 1 0 2 】

< S 1 1 1 : 第 1 の補正情報の取得 >

例えば、制御部 7 0 は、F P N 生成光学系 2 0 0 によって生成される F P N のうち、少なくとも 2 つの F P N を用いて、補正情報を取得する。また、制御部 7 0 は、波長掃引光源 1 0 2 の掃引周波数ごと補正情報を取得する。本実施例において、波長掃引光源 1 0 2 の掃引周波数が第 1 の掃引周波数 H 1 の場合において、制御部 7 0 は第 1 の F P N 信号と

10

20

30

40

50

、第3のFPN信号とに基づいて演算処理を行うことで、第1の補正情報を取得する。この場合におけるFPN生成光学系200と、生成されるFPN信号について、図6、図7を用いて説明する。図6は、FPN生成光学系200のFPN生成部材204の配置を説明する図である。図7は、FPN生成光学系200によって生成されるFPN信号を説明する図である。

【0103】

本実施例において、駆動部205がFPN生成部材204を光軸方向に移動させ、原点位置P0からFPN生成部材204までの光学的距離を変更する。例えば、FPN生成部材204が第1の距離D1に配置された場合、第1のFPN信号が生成される。同様に、FPN生成部材204が第2の距離D2に配置された場合は第2のFPN信号が、FPN生成部材204が第3の距離D3に配置された場合は第3のFPN信号が、FPN生成部材204が第4の距離D4に配置された場合は第4のFPN信号が生成される。

10

【0104】

なお、第1の距離D1、第2の距離D2、第3の距離D3、第4の距離D4は予め実験的に定められている位置である。

【0105】

まず、制御部70は、駆動部205を制御し、FPN生成部材204の位置を、原点位置P0からの距離が所定の第1の距離D1となるよう移動させる(図6参照)。

【0106】

例えば、本実施例において第1のFPN信号の信号周波数を第1信号周波数 f_1 とする。第1信号周波数 f_1 は、例えば、第1のFPN信号をフーリエ変換した際に、ゼロディレイ位置に入らない程度で、かつ、より低周波であることが望ましい。これは、スペクトル干渉信号からFPN信号を検出する場合において、FPNの信号は低周波であるほど、ノイズが少なく精度よく解析できるためである。

20

【0107】

FPN生成部材204の位置が第1の距離D1に配置されると、波長掃引光源102から第1の掃引周波数 H_1 で光が出射され、検出器120は第1のFPN信号を含むスペクトル干渉信号を検出する。

【0108】

制御部70は、生成されたOCT画像を解析することで、第1のFPNに対応する位置でのスペクトル干渉信号における (k) を求める。 k は波数、 (k) は、掃引波長(波数)に応じたスペクトル干渉信号の位相の変化を示す。例えば、波数マッピング情報とは、 k と (k) の対応を表す情報である。

30

【0109】

(k) は、横軸：波数 k 、縦軸：位相である関数で表されてもよい。信号強度(振幅)の大きい波数 k 領域での (k) に関して多項式フィッティングを行い、信号強度が小さい波数 k 領域での (k) を外挿又は内挿によって求めてもよい。例えば、 (k) は、FPNに対応する深さ位置におけるフーリエ変換値(強度値) F の実数部 $\text{Real}F$ と虚数部 $\text{Imag}F$ の比のArc Tangent(逆正接)から求められてもよい。ここで、Arc Tangent処理によってフーリエ変換値の実数部と虚数部の比の逆正接が算出され、 (k) が得られる。

40

【0110】

なお、FPNから (k) を求める方法、及びFPNから各波数成分のマッピング情報を求める方法としては、特開2013-156229号公報、特開2015-68775号公報に記載の方法が利用できる。

【0111】

例えば、本実施例では、制御部70は、第1のFPNを処理して第1の波数マッピング情報 $1(k)$ を求める(図3(a)参照)。

【0112】

次いで、制御部70はFPN生成部材204を第3の距離D3に移動させる(図6参照)

50

）。

【 0 1 1 3 】

ここで、第 3 の距離 D_3 におかれた F P N 生成部材 2 0 4 によって生成される第 3 の F P N 信号の信号周波数を、第 3 信号周波数 f_3 とする。第 3 信号周波数 f_3 は、第 1 信号周波数 f_1 とは異なる信号周波数である。例えば、第 3 信号周波数 f_3 による第 3 の F P N は、被検眼 E の断層画像よりも深さ方向に深い位置に生成される。このため、被検眼 E の断層画像と第 3 の F P N とが重ならず、精度よく F P N 信号を取得できる。なお、第 3 信号周波数 f_3 はこれに限られない。例えば、シャッター 1 5 1 によって導光光学系 1 5 0 からの戻り光が遮断されている場合、O C T 画像上に被検眼 E の断層画像が生じない。このため、必ずしも被検眼 E の断層画像よりも深さ方向に深い位置に F P N を生じさせる必要はない。

10

【 0 1 1 4 】

例えば、第 3 の F P N は、制御部 7 0 が各波数成分のマッピング情報を求める際に、第 1 の F P N と区別可能な位置に生成されればよい。例えば、第 3 の F P N は、第 1 の F P N から深さ方向に 1 m m 以上離れた位置に生成される。

【 0 1 1 5 】

F P N 生成部材 2 0 4 が第 3 の距離 D_3 に配置されると、波長掃引光源 1 0 2 から第 1 の掃引周波数 H_1 で光が出射され、検出器 1 2 0 は第 3 の F P N 信号を含むスペクトル干渉信号を取得する。その後、制御部 7 0 は第 1 の F P N と同様に第 3 の F P N を処理して、第 3 の波数マッピング情報 $3(k)$ を求める (図 3 (b) 参照) 。

20

【 0 1 1 6 】

次いで、制御部 7 0 は、第 1 の補正情報として、第 1 の波数マッピング情報 $1(k)$ と、第 3 の波数マッピング情報 $3(k)$ と、の間の差分情報 $1-3(k)$ を求める (図 4 参照) 。なお、差分情報は、各波数成分の位相差情報として求められてもよい。差分情報 $3(k)$ を得る場合、第 3 の F P N の方が位相の進みが早いので、 $1-3(k) = 3(k) - 1(k)$ にて差分情報が得られてもよい。差分情報を求めることで、各波数成分のマッピング情報に含まれる分散成分をキャンセルできる。

【 0 1 1 7 】

制御部 7 0 は、波長掃引光源 1 0 2 が第 1 の掃引周波数 H_1 で波長を掃引する場合において、第 1 の補正情報に基づいて各波数成分のマッピング状態を補正する (図 4 参照) 。なお、波数成分のマッピング情報の差分情報から各波数成分のマッピング状態を補正する方法については、特開 2 0 1 8 - 1 2 4 1 8 8 号公報に記載の方法が利用できる。

30

【 0 1 1 8 】

< S 1 1 2 : 第 2 の補正情報の取得 >

前述の通り、本実施例において、制御部 7 0 は、波長掃引光源 1 0 2 が第 2 の掃引周波数 H_2 で波長を掃引する場合の各波数成分のマッピング状態を補正するために、第 2 の補正情報を求める。

【 0 1 1 9 】

ここで、第 2 の掃引周波数 H_2 で波長が掃引されると、第 1 の F P N 信号が適切に取得できない場合がある。この理由について、図 8 を用いて詳細に説明する。図 8 は、F P N 信号が検出される信号周波数が掃引周波数ごとに変化することを説明する図である。図 8 (a) は、第 1 の掃引周波数 H_1 の場合における、第 1 の F P N 信号のフーリエ変換を示す。また、図 8 (b) は、第 2 の掃引周波数 H_2 の場合における、第 1 の F P N 信号のフーリエ変換を示す。

40

【 0 1 2 0 】

例えば、掃引周波数が増えると F P N が検出される信号周波数も変化する。

【 0 1 2 1 】

例えば、掃引周波数が第 1 の掃引周波数 H_1 (説明のために、2 0 0 k H z とする) の場合に、第 1 の F P N 信号が 1 0 0 M H z の信号周波数の干渉信号として検出されるとする。

50

【 0 1 2 2 】

ここで、例えば、掃引周波数が第 2 の掃引周波数 H_2 (説明のために、 25 kHz とする) に変更されると、掃引周波数は $25 / 200 = 1 / 8$ 倍となる。このため、第 2 の掃引周波数 H_2 の場合において、第 1 の FPN 信号は、 $100 \text{ MHz} \times 1 / 8 = 12.5 \text{ MHz}$ の信号周波数の干渉信号として検出される。なお、計算に用いた数値は説明のために便宜的に用いた値であり、これに限定されない。

【 0 1 2 3 】

上記の例のように、掃引周波数が第 1 の掃引周波数 H_1 から、第 1 の掃引周波数 H_1 より低周波な第 2 の掃引周波数 H_2 に変更された場合、FPN が検出される信号周波数は低くなる。

【 0 1 2 4 】

例えば、第 1 の掃引周波数 H_1 において第 1 信号周波数 f_1 で検出された第 1 の FPN 信号は、第 2 の掃引周波数 H_2 において、第 1 信号周波数 f_1 を H_2 / H_1 倍した信号周波数で検出される (図 7 参照)。また、同様に、第 1 の掃引周波数 H_1 において第 3 信号周波数 f_3 で検出された第 3 の FPN 信号は、第 2 の掃引周波数 H_2 において、第 3 信号周波数 f_3 に対応する信号周波数を H_2 / H_1 倍した信号周波数で検出される。

【 0 1 2 5 】

前述の通り、掃引周波数が第 1 の掃引周波数 H_1 である場合において、第 1 信号周波数 f_1 は低周波であるほど解析が容易である。その一方で、例えば、第 1 信号周波数 f_1 が低周側であるほど、掃引周波数が第 2 の掃引周波数 H_2 にされた場合に、第 1 の FPN 信号のピークのエンベロープ EV_1 はより低周波側に生じる。このため、第 1 の FPN 信号のピークのエンベロープ EV_1 がゼロディレイ領域に入る可能性が増加する (図 8 (b) 参照)。ゼロディレイ領域について、以下に説明する。

【 0 1 2 6 】

本実施例において、検出器 120 と制御部 70 の間には、フィルタ 71 が備えられる。このフィルタ 71 は、制御部 70 の保護のために、電気的な DC 成分を除去する。例えば、フィルタ 71 は、ゼロディレイから所定の周波数 (例えば、 10 MHz) までの領域の信号を除去する。本実施例において、フィルタ 71 によって除去される領域を、ゼロディレイ領域と称する。

【 0 1 2 7 】

例えば、本実施例において、第 2 の掃引周波数 H_2 の場合に第 1 の FPN 信号のピークのエンベロープ EV_1 は、ゼロディレイ領域に入り、フィルタ 71 によってカットされる可能性がある。この場合、第 1 の FPN 信号から適切な補正情報を求めることは難しい。

【 0 1 2 8 】

以上説明したように、第 2 の補正情報を取得する場合において、第 1 の FPN 信号が適切に取得できない場合がある。また、同様に、第 2 の補正情報を取得する場合において、第 3 の FPN 信号が適切に取得できない場合がある。

【 0 1 2 9 】

このため、本実施例において、波長掃引光源 102 の掃引周波数が第 2 の掃引周波数 H_2 の場合において、制御部 70 は第 2 の FPN 信号と、第 4 の FPN 信号とに基づいて演算処理を行うことで、第 2 の補正情報を取得する。

【 0 1 3 0 】

例えば、制御部 70 は、FPN 生成部材 204 の位置を第 2 の距離 D_2 に変更し、第 2 の FPN 信号を生成する。本実施例において、第 2 の FPN 信号は、掃引周波数が第 2 の掃引周波数 H_2 にされた場合に、フィルタ 71 によってカットされない信号周波数である。図 9 は、波長掃引光源 102 の掃引周波数が第 2 の掃引周波数 H_2 である場合における、第 2 の FPN 信号のフーリエ変換を示す。

【 0 1 3 1 】

例えば、掃引周波数が第 2 の掃引周波数 H_2 である場合において、第 2 の FPN 信号が検出される信号周波数は、掃引周波数が第 1 の掃引周波数 H_1 の場合に第 1 の FPN 信号

10

20

30

40

50

が検出される信号周波数（例えば、 100MHz ）である（図7参照）。なお、第2のFPN信号が検出される信号周波数はこれに限定されず、第2のFPN信号をフーリエ変換した際に形成されるピークのエンベロープEV2が、ゼロディレイ領域よりも高周波側に存在すればよい。

【0132】

FPN生成部材204の位置が第2の距離D2に変更されると、波長掃引光源102から光が出射され、検出器120は第2のFPN信号を含むスペクトル干渉信号を取得する。その後、制御部70はステップS111と同様にして、第2のFPN信号を処理して、第2の波数マッピング情報 $2(k)$ を求める。

【0133】

次いで、制御部70は、第4のFPNが生じるように、駆動部205を駆動してFPN生成部材204を第4の距離D4に移動させる。例えば、掃引周波数が第2の掃引周波数H2である場合において、第4のFPN信号が検出される信号周波数は、掃引周波数が第1の掃引周波数H1の場合に第3のFPN信号が検出される信号周波数である（図7参照）。なお、第4のFPN信号が検出される信号周波数はこれに限定されず、第4のFPN信号をフーリエ変換した際に形成されるピークのエンベロープが、ゼロディレイ領域よりも高周波側に存在すればよい。

【0134】

その後、制御部70はステップS111と同様にして、第4のFPN信号を処理して、第4の波数マッピング情報 $4(k)$ を求める。

【0135】

また、制御部70は、第2の補正情報として、第2の波数マッピング情報 $2(k)$ と、第4の波数マッピング情報 $4(k)$ と、の間の差分情報 $2-4(k)$ を求める。

【0136】

制御部70は、波長掃引光源102が第2の掃引周波数H2で波長を掃引する場合において、第2の補正情報に基づいて各波数成分のマッピング状態を補正する。

【0137】

以上のステップS111及びステップS112によれば、掃引周波数が第1の掃引周波数H1の場合に各波数成分のマッピング状態を補正するための第1の補正情報と、掃引周波数が第2の掃引周波数H2の場合に各波数成分のマッピング情報を補正するための第2の補正情報と、が取得される。

【0138】

制御部70は、OCTデータを取得する際に、第1の補正情報、又は第2の補正情報に基づいて演算処理を行うことで、各波数成分のマッピング状態について、各波数成分の非線形性と、分散成分と、が補正できる（図4参照）。

【0139】

なお、補正情報を取得する場合において、制御部70は、導光光学系150にシャッター151を挿入してもよい。これによれば、導光光学系150由来の光が補正情報に影響を与えることを抑制できるため、好適に補正情報を取得できる。なお、導光光学系150由来の光とは、例えば、被検眼Eからの散乱光（戻り光）である。

【0140】

< S120 : 補正情報の較正 >

次いで、制御部70は、較正光学系300を用いて対応ズレを補正する。なお、本実施例において対応ズレとは、前述の通り、波長掃引光源102の波長掃引時に射出される光についての時間と波数との対応のズレを指す。例えば、対応ズレは、経年変化や温度などの環境要因によって発生する可能性がある。

【0141】

例えば、ステップS110で取得された補正情報には、この対応ズレが存在する状態で取得されたFPNに基づいて求められている可能性がある。この場合、検出器120が取得するスペクトル干渉信号において、補正情報と波長（または波数）の値がズレてしまう

10

20

30

40

50

ため、適切に補正を行うことが難しい。

【 0 1 4 2 】

例えば、本実施例において、制御部 7 0 は、補正情報に対して較正を行う。例えば、本実施例において被検眼の OCT データを取得する際に、制御部 7 0 が、較正された補正情報を用いて演算処理を行う。これにより、各波数成分のマッピング状態に含まれる対応ズレが補正される。なお、本開示において、補正情報を較正するための演算処理を較正処理と称する。

【 0 1 4 3 】

補正情報を較正するための制御部 7 0 の制御について、図 1 0、図 1 1 及び図 1 2 を用いて説明する。図 1 0 は、補正情報の較正 (ステップ S 1 2 0) として制御部 7 0 が行う制御のフローチャート図である。図 1 1 は、較正された補正情報によって各波数成分のマッピング状態の対応ズレが補正されることを説明する図である。図 1 1 には、較正前の補正情報を用いて演算処理を行った場合の各波数成分のマッピング情報と、較正後の補正情報を用いて演算処理を行った場合の各波数成分のマッピング情報と、が示されている。図 1 2 は、較正を行うことによって波数マッピング状態に含まれる対応ズレが補正されることを説明する図である。

10

【 0 1 4 4 】

なお、例えば、本実施例において対応ズレによって、図 1 2 (a) に示す、較正前の補正情報に基づく各波数成分のマッピング情報のグラフと、較正後の補正情報に基づく各波数成分のマッピング情報のグラフとにおける、グラフの傾きの変化が生じる。例えば、本実施例において対応ズレによって、図 1 2 (b) に示す、較正前の補正情報に基づく各波数成分のマッピング情報のグラフと、較正後の補正情報に基づく各波数成分のマッピング情報のグラフとにおける、グラフのシフト (平行移動) が生じる。

20

【 0 1 4 5 】

< S 1 2 1 : バンドパスフィルタの挿入 >

まず、制御部 7 0 は、バンドパスフィルタ 3 0 1 及びノッチフィルタ 3 0 2 を較正光学系 3 0 0 (F P N 生成光学系 2 0 0 と兼用されている) の光軸に対して挿入する。

【 0 1 4 6 】

本実施例において、バンドパスフィルタ 3 0 1 及びノッチフィルタ 3 0 2 によって、波長掃引光源 1 0 2 の掃引範囲に含まれる所定の第 1 の波長の光と、第 1 の波長とは異なる第 2 の波長の光と、が選択的に抽出される。

30

【 0 1 4 7 】

< S 1 2 2 : 較正用干渉信号の取得 >

バンドパスフィルタ 3 0 1 及びノッチフィルタ 3 0 2 が較正光学系 3 0 0 に挿入されている状態で、波長掃引光源 1 0 2 が第 1 の掃引周波数 H 1 で掃引を行うと、掃引された光は較正光学系 3 0 0 を通過し、第 1 の波長の光と、第 2 の波長の光が抽出される。

【 0 1 4 8 】

抽出された光は、参照光とカップラ 3 5 0 で合波され、スペクトル干渉信号として検出器 1 2 0 により検出される。本実施例において、抽出された光と、参照光と、によるスペクトル干渉信号を較正用干渉信号と称する。例えば、波長掃引光源の掃引周波数が第 1 の掃引周波数 H 1 で掃引した場合に抽出された光と、参照光と、によるスペクトル干渉信号を第 1 の較正用干渉信号と称する。例えば、第 1 の較正用干渉信号は、第 1 の波長の光と、参照光と、による較正用干渉信号 G 1 と、第 2 の波長の光と、参照光と、による較正用干渉信号 G 2 とが含まれる。

40

【 0 1 4 9 】

なお、本実施例において、較正用干渉信号を取得する場合以外では、バンドパスフィルタ 3 0 1 及びノッチフィルタ 3 0 2 は F P N 生成光学系 2 0 0 の光軸に対して退避される。

【 0 1 5 0 】

較正用干渉信号について、図 1 3 を用いて説明する。なお、図 1 3 は第 1 の較正用干渉信号の一例を示す図である。

50

【 0 1 5 1 】

第 1 の較正用干渉信号として、波長掃引光源 1 0 2 が第 1 の波長の光を出射したタイミングに対応したサンプリングポイント（第 1 の検出タイミング）T 1 に、第 1 の波長の光と、参照光とによる較正用干渉信号 G 1 が検出される。

【 0 1 5 2 】

例えば、バンドパスフィルタ 3 0 1 及びノッチフィルタ 3 0 2 によって、第 1 の波長の光のみを抽出することは技術的に難しい。このため、較正用干渉信号 G 1 は、第 1 の波長の光と参照光とによる干渉信号の成分に加えて、第 1 の波長以外の光と、参照光と、による干渉信号の成分も含まれる。

【 0 1 5 3 】

例えば、本実施例において、第 1 の波長に近い波長の光であるほど、バンドパスフィルタ 3 0 1 及びノッチフィルタ 3 0 2 を通過しやすい。このため、例えば、較正用干渉信号 G 1 は、第 1 の波長の光と参照光とによる干渉信号をピークとする、山形の波形の干渉信号となる。

【 0 1 5 4 】

同様に、波長掃引光源 1 0 2 が第 2 の波長の光を出射したタイミングに対応したサンプリングポイント（第 2 の検出タイミング）T 2 において、第 2 の波長の光と、参照光とによる較正用干渉信号 G 2 が検出される。

【 0 1 5 5 】

なお、第 1 の較正用干渉信号を取得する場合において、例えば F P N 生成光学系 2 0 0 の F P N 生成部材 2 0 4 は、第 1 の距離 D 1 に配置されているとする。本実施例では、F P N 生成部材 2 0 4 が第 1 の距離 D 1 に配置されている場合の、較正光学系 3 0 0 の光路長と、参照光学系 1 1 0 の光路長と、の光路長差を第 1 の光路長差とする。また、なお、第 1 の距離 D 1 は F P N 生成部材 2 0 4 の位置の一例であり、これに限定されない。

【 0 1 5 6 】

制御部 7 0 は、第 1 の較正用干渉信号を取得すると、次いで第 2 の較正用干渉信号を取得する。例えば、制御部 7 0 は、駆動部 2 0 5 を駆動させて F P N 生成部材 2 0 4 を第 1 の距離 D 1 から別の距離に移動させる。例えば、制御部 7 0 は、第 2 の距離 D 2 に F P N 生成部材 2 0 4 を移動させる。

【 0 1 5 7 】

例えば、本実施例では、F P N 生成部材 2 0 4 が第 2 の距離 D 2 にある場合の較正光学系 3 0 0 の光路長と、参照光学系 1 1 0 の光路長と、の光路長差を第 2 の光路長差とする。なお、第 2 の距離 D 2 は F P N 生成部材 2 0 4 を配置する距離の一例であり、これに限定されない。

【 0 1 5 8 】

例えば、本実施例において、駆動部 2 0 5 は、参照光路と測定光路との光路長差を変更する変更手段を兼ねる。

【 0 1 5 9 】

F P N 生成部材 2 0 4 の位置が第 2 の距離 D 2 に移動されると、波長掃引光源 1 0 2 が、第 1 の掃引周波数 H 1 で掃引を行う。これにより、検出器 1 2 0 は第 1 の較正用干渉信号と同様に、第 2 の較正用干渉信号を検出する。

【 0 1 6 0 】

ここで、第 2 の較正用干渉信号を検出する場合において、第 1 の較正用干渉信号を得る場合と同じ第 1 の掃引周波数 H 1 で波長を掃引しているため、第 1 の波長の光が出射されるタイミングも同じである。このため、第 2 の較正用干渉信号上には、第 1 の較正用干渉信号と同じ第 1 検出タイミング T 1 で、第 1 の較正用干渉信号とは異なる波形の、較正用干渉信号 G 1 が生じる。同様に、第 2 の較正用干渉信号上には、第 1 の較正用干渉信号と同じ検出タイミングで、第 1 の較正用干渉信号とは異なる波形の、較正用干渉信号 G 2 が生じる。

【 0 1 6 1 】

10

20

30

40

50

なお、本実施例において、制御部 70 は、較正用干渉信号の取得を完了した場合にバンドパスフィルタ 301 及びノッチフィルタ 302 を較正光学系 300 から退避される。

【0162】

< S123 : 検出タイミングの取得 >

検出タイミングを取得する方法について、図 14 を用いて説明する。図 14 は、較正用干渉信号 G1 の波形を示す図である。

【0163】

本実施例において、波長掃引光源 102 は、掃引を開始したタイミングで掃引開始信号を制御部 70 に対して出力している。例えば、制御部 70 は、掃引開始信号が波長掃引光源 102 から入力されたタイミングにおける、検出器 120 のサンプリングポイントを、掃引開始のサンプリングポイント T0 として対応させる。

10

【0164】

本実施例において、例えば、第 1 検出タイミング T1 と、第 2 検出タイミング T2 は、掃引開始のサンプリングポイント T0 を基準として求められる。

【0165】

例えば、制御部 70 は、第 1 の較正用干渉信号と、第 2 の較正用干渉信号と、に基づいて、較正用干渉信号 G1 が検出されるサンプリングポイント（第 1 検出タイミング）T1 を求める。例えば、第 1 検出タイミング T1 は、較正用干渉信号 G1 のピークが存在するサンプリングポイントである。例えば、第 1 検出タイミング T1 は、第 1 の波長の光と参照光とによる干渉信号が存在するサンプリングポイントである。

20

【0166】

ここで、参照光路と測定光路との光路長差によっては、較正用干渉信号 G1 の信号強度が低い場合がある。例えば、この場合における較正用干渉信号 G1 を、較正用干渉信号 G1.1 とする（図 14 参照）。例えば、第 1 の波長の光と参照光とによるスペクトル干渉信号の信号強度が低い場合、ピークの検出が難しい場合がある。この場合、ピークが適切に検出できないため、制御部 70 は第 1 検出タイミング T1 を精度よく求められない可能性がある。

【0167】

このため、本実施例において、制御部 70 は複数の較正用干渉信号を処理することで、第 1 の波長の光と参照光とによるスペクトル干渉信号の信号強度を増加させる。

30

【0168】

例えば、本実施例では、第 1 の較正用干渉信号及び第 2 の較正用干渉信号について、絶対値をとり、その後平均化する。これによれば、較正用干渉信号 G1 の信号強度が累積加算される。よって、制御部 70 は精度よくピークを検出できる。よって、制御部 70 は第 1 検出タイミング T1 を正確に取得できる。

【0169】

なお、較正処理に用いる較正用干渉信号は、第 1 の較正用干渉信号と、第 2 の較正用干渉信号に限定されない。例えば、較正処理に用いる較正用干渉信号の数が多いほど、第 1 の波長の光と参照光とによるスペクトル干渉信号の信号強度を増加させることができるため、よりピークの検出が容易になり、精度よく第 1 検出タイミング T1 を求めることができる。

40

【0170】

例えば、第 1 検出タイミング T1 を求める方法はこれに限定されない。例えば、干渉信号の信号強度が所定の値以上増加したときのサンプリングポイントを、第 1 検出タイミング T1 としてもよい。すなわち、第 1 の較正用干渉信号における、ピークが立ち上がるサンプリングポイントを、第 1 検出タイミング T1 としてもよい。なお、干渉信号の信号強度が所定の値以上減少したときのサンプリングポイントであってもよい。すなわち、較正用干渉信号における、ピークが立ち下がるサンプリングポイントを、第 1 検出タイミング T1 としてもよい。

【0171】

50

また、第 1 検出タイミング T_1 と同様にして、制御部 70 は、較正用干渉信号 G_2 が検出されるサンプリングポイント（第 2 検出タイミング） T_2 を検出する。

【0172】

< S124 : 対応ズレの取得 >

制御部 70 は、対応ズレを検出し、第 1 検出タイミング T_1 と、第 2 検出タイミング T_2 と、の間に含まれるサンプリングポイントの数 $T_1 - 2$ を求める（図 13 参照）。

【0173】

例えば、制御部 70 は、この $T_1 - 2$ の値と、予め求められていた値との変化量を求める。例えば、予め求められていた値とは、OCT 装置 1 が工場出荷されるときに求められた $T_1 - 2$ の値である。なお、予め求められていた値としては、この例に限られず、このキャリブレーション以前に取得されていた $T_1 - 2$ の値であればよい。

10

【0174】

例えば、 $T_1 - 2$ の値が減少していた場合は、第 1 の波長の光が出射されてから、第 2 の波長の光が出射されるまでの時間が短くなっている。このため、波長掃引光源 102 の掃引周波数が、所期する掃引周波数から上昇していると考えられる。また、 $T_1 - 2$ の値が増加していた場合は、波長掃引光源 102 の掃引周波数が、所期する掃引周波数から低下していると考えられる。

【0175】

例えば、制御部 70 が、 $T_1 - 2$ の値について補正することで、波長掃引光源 102 の掃引周波数のズレを補正できる。図を用いて説明すると、各波数成分のマッピング状態のグラフの傾きが補正される（図 12 (a) 参照）。

20

【0176】

また、例えば、制御部 70 は、掃引周波数について補正を終えた後に、掃引が開始されたサンプリングポイント T_0 から、サンプリングポイント T_1 までの間のサンプリングポイント数 $T_0 - 1$ の値と、予め求められていた値との変化量を求める。これによれば、掃引周波数が補正された上で、所定の波数の光が検出されるタイミングの差が求められる。このため、波長掃引光源 102 が掃引を開始する波長（波数）の変化を求めることができる。

【0177】

例えば、掃引速度が補正された状態で $T_0 - 1$ の値が減少していた場合は、波長掃引開始時の波長が増加していると考えられる。例えば、掃引速度が補正された状態で $T_0 - 1$ の値が増加していた場合は、波長掃引開始時の波長（波数）が減少していると考えられる。

30

【0178】

例えば、制御部 70 が、 $T_0 - 1$ の変化量を補正することで、波長掃引光源 102 が掃引を開始する際の波長のズレを補正できる。図を用いて説明すると、各波数成分のマッピング状態のグラフのシフト（平行移動）が補正される（図 12 (b) 参照）。なお、 $T_0 - 1$ に限らず、サンプリングポイント T_0 からサンプリングポイント T_2 までの間のサンプリングポイント数 $T_0 - 2$ を用いて演算を行っても、同様に波長掃引光源 102 が掃引を開始する波長（波数）の変化を求めることができる。

40

【0179】

< S125 : 対応ズレの補正 >

制御部 70 は、 $T_1 - 2$ の値と、予め求められていた値との変化量が補正されるように、第 1 の補正情報を補正する。これによれば、各波数成分のマッピング状態のグラフの傾きが補正される（図 12 (a) 参照）。

【0180】

また、制御部 70 は、 $T_0 - 1$ の値と、予め求められていた値との変化量が補正されるように、第 1 の補正情報を補正する。これによれば、各波数成分のマッピング状態のグラフのシフト（平行移動）が補正される。

【0181】

50

これにより、後述の撮影（S 2 0 0）において、対応ズレが補正された各波数成分のマッピング状態が取得できる（図 1 1 参照）。

【 0 1 8 2 】

また、制御部 7 0 は、第 2 の補正情報についても、第 1 の掃引周波数 H 1 を第 2 の掃引周波数 H 2 に置き換えてステップ S 1 2 1 からステップ S 1 2 5 を実行することで、対応ズレを補正する。

【 0 1 8 3 】

以上ステップ S 1 2 0 により、各波数成分のマッピング状態について、対応ズレが補正される（図 1 1 参照）。

【 0 1 8 4 】

また、制御部 7 0 は、波長掃引光源 1 0 2 の波長掃引の経時変化を、OCT 画像などを介さず直接的にスペクトル干渉信号を解析することで取得することができるため、精度よくズレを補正できる。

【 0 1 8 5 】

以上説明したように、本実施例において、制御部 7 0 はステップ S 1 1 0 及びステップ S 1 2 0 を実行することで、キャリブレーションを行う。これによって、較正された補正情報が、掃引周波数ごとに取得される。制御部 7 0 は、この較正された補正情報を用いて演算処理を行うことで、被検眼の OCT データを取得する。

【 0 1 8 6 】

例えば、制御部 7 0 は、シャッター 1 5 1 を光軸に対して退避させた上で、被検眼 E の撮影を行う。例えば、[構成]で説明したように、波長掃引光源 1 0 2 の掃引周波数ごとに、撮影する範囲が変更される。例えば、波長掃引光源 1 0 2 から光が出射されると、参照光と被検眼 E からの戻り光とのスペクトル干渉信号が、検出器 1 2 0 によって検出される。

【 0 1 8 7 】

例えば、第 1 の補正情報は、波長掃引光源 1 0 2 の掃引周波数が第 1 の掃引周波数 H 1 である場合に得られるスペクトル干渉信号への演算処理に用いられる。また、第 2 の補正情報は、波長掃引光源 1 0 2 の掃引周波数が第 2 の掃引周波数 H 2 である場合に得られるスペクトル干渉信号への演算処理に用いられる。

【 0 1 8 8 】

具体的には、例えば、制御部 7 0 は、波長掃引光源 1 0 2 の掃引周波数が第 1 の掃引周波数 H 1 である場合、ステップ S 1 1 0 で求められ、また、ステップ S 1 2 0 で較正された第 1 の補正情報に基づいて OCT データを取得する。また、制御部 7 0 は、波長掃引光源 1 0 2 の掃引周波数が第 2 の掃引周波数 H 2 である場合、ステップ S 1 1 0 で求められ、また、ステップ S 1 2 0 で較正された第 2 の補正情報に基づいて OCT データを取得する。

【 0 1 8 9 】

これにより、波長掃引光源 1 0 2 の掃引周波数に応じて、適切に各波数成分のマッピング状態を補正することができるため、好適に OCT データを取得することができる。

【 0 1 9 0 】

なお、スペクトル干渉信号への演算処理に補正情報を適用し、OCT データを取得する方法については、特開 2 0 1 8 - 1 2 4 1 8 8 号公報に記載の方法を用いることができる。

【 0 1 9 1 】

[変形例]

例えば、本実施例においてバンドパスフィルタ 3 0 1 及びノッチフィルタ 3 0 2 は F P N 生成光学系 2 0 0 に備えられる場合を説明したが、例えば、バンドパスフィルタ 3 0 1 及びノッチフィルタ 3 0 2 は導光光学系 1 5 0 に備えられてもよい。この場合、較正光学系 3 0 0 は導光光学系 1 5 0 と兼用される。また、この構成で較正用干渉信号を求める場合において、検出器 1 2 0 は、較正光学系 3 0 0（導光光学系 1 5 0）由来の光と、F P N 生成光学系 2 0 0 の光と、参照光と、に由来する干渉信号を検出する。このため、制御

10

20

30

40

50

部 7 0 が F P N 生成光学系 2 0 0 の F P N 生成部材 2 0 4 の位置を変更することで、第 1 の較正用干渉信号と、第 2 の較正用干渉信号と、が取得できる。

【 0 1 9 2 】

例えば、本実施例において、ステップ S 1 2 0 で対応ズレを補正するために、第 1 の較正用干渉信号と第 2 の較正用干渉信号が用いられたが、対応ズレを補正するために用いられる干渉信号は、第 1 の較正用干渉信号のみであってもよい。これによれば、対応ズレを補正するために要する時間が短縮される。

【 0 1 9 3 】

また、対応ズレを補正するために、第 1 の較正用干渉信号と、第 2 の較正用干渉信号とに加えてさらに較正用干渉信号が用いられてもよい。その場合、例えば、ステップ S 1 2 2 において、制御部 7 0 は駆動部 2 0 5 を駆動させて F P N 生成部材 2 0 4 の位置を変更した上で、波長掃引光源 1 0 2 によって波長が掃引されることで、較正用干渉信号が取得される。また、より多くの較正用干渉信号を用いることで、ステップ S 1 2 4 において、より精度よくピークの位置を求めることができるため、精度よく対応ズレを補正することができる。

【 0 1 9 4 】

例えば、本実施例において、対応ズレを補正するために、較正用干渉信号に基づいて補正情報を較正したが、例えば、被検眼 E の OCT データについて較正を行うことで、対応ズレを補正してもよい。その場合、例えば、制御部 7 0 は、ステップ S 1 2 5 で補正情報に対して行う較正処理と同様の処理を行う。被検眼 E の OCT データに対して行ってもよい。また、その場合、被検眼 E の OCT データが取得されてから、OCT 画像が生成されるまでの間にキャリブレーションが行われてもよい。

【 0 1 9 5 】

例えば、本実施例において、異なる位置に F P N を生成するために、駆動部 2 0 5 を駆動させることで F P N 生成部材 2 0 4 の位置を変更する場合について説明したが、異なる位置に F P N を生成する方法はこれに限られない。

【 0 1 9 6 】

例えば、図 1 5 に示すように、F P N 生成光学系 2 0 0 に、複数の F P N 生成部材を備えることで、異なる位置に F P N を生成する構成であってもよい。例えば、4 つの F P N を生成する場合、本実施例における第 1 の距離 D 1 に対応する位置に F P N 生成部材 2 0 4 a が、第 2 の距離 D 2 に対応する位置に F P N 生成部材 2 0 4 b が、第 3 の距離 D 3 に対応する位置に F P N 生成部材 2 0 4 c が、第 4 の距離 D 4 に対応する位置に F P N 生成部材 2 0 4 d が配置されてもよい。また、この場合において、F P N 生成部材それぞれに対して光を導くために、光路分割部材（例えば、ビームスプリッタ）2 0 3 a、2 0 3 b、2 0 3 c が備えられてもよい。

【 0 1 9 7 】

また、例えば、参照光学系 1 1 0 の光路長を変更することで、F P N が生成される位置を変更してもよい。図 1 6 は、参照光学系 1 1 0 に参照ミラー 1 1 4 が用いられる場合の OCT 光学系である。この場合において、波長掃引光源 1 0 2 から出射された光は、カップラ（スプリッタ）1 0 4 によって測定光路と参照光路とに分割される。参照光学系 1 1 0 に入射した光は、サーキュレータ 1 1 3 によって光ファイバ 1 1 7 に導かれ、参照ミラー 1 1 4 で反射して、カップラ 3 5 1 に入射する。また、測定光路に入射した光は、導光光学系 1 5 0（及び F P N 生成光学系 2 0 0）、光ファイバ 1 1 2 を経て、カップラ 3 5 1 に入射する。参照光路由来の光と、測定光路由来の光は、カップラ 3 5 1 で合波され、検出器 1 2 0 で干渉が検出される。

【 0 1 9 8 】

例えば、駆動部 1 1 5 によって参照ミラー 1 1 4 が光軸方向に移動され、参照光学系 1 1 0 の光路長が変更される。これにより、参照光学系の光路長と F P N 生成光学系 2 0 0 の光路長との光路長差が変更され、F P N が生成される位置が変更される。なお、駆動部 1 1 5 は、前述の駆動部 2 0 5 と同様の構成であってもよい。

10

20

30

40

50

【 0 1 9 9 】

例えば、この場合、原点位置 P 0 とは、O C T 画像のゼロディレイの位置に F P N が生じるような参照ミラーの位置である。

【 0 2 0 0 】

また、例えば、駆動部 1 1 5 によって、原点位置 P 0 から参照ミラー 1 1 4 までの光学的距離が、第 1 の F P N 信号が生成される第 1 の距離 D 1、第 2 の F P N 信号が生成される第 2 の距離 D 2、第 3 の F P N 信号が生成される第 3 の距離 D 3、第 4 の F P N 信号が生成される第 4 の距離 D 4 との間で変更されてもよい。これによれば、参照光の光路長が変更される。

【 0 2 0 1 】

なお、参照光路の光路長を変更する方法はこれに限られない。例えば、参照光路として長さの異なる複数の光ファイバが備えられ、通過する光ファイバの長さによって生成される F P N が変更されるような構成であってもよい。

【 0 2 0 2 】

本実施例ではステップ S 1 1 0 において、第 1 の掃引周波数 H 1 に対応する第 1 の補正情報と、第 2 の掃引周波数に対応する第 2 の補正情報が取得される場合を説明したが、例えば、第 1 の補正情報と第 2 の補正情報は必ずしも同じキャリブレーション時に求められなくてもよい。

【 0 2 0 3 】

また、例えば、第 1 の掃引周波数で撮影を行う第 1 の撮影モードが行われる場合に第 1 の補正情報が取得され、第 2 の掃引周波数で撮影を行う第 2 の撮影モードが行われる場合に第 2 の補正情報が取得される構成であってもよい。

【 0 2 0 4 】

また、本実施例において、キャリブレーションとして、掃引周波数ごとの補正情報の取得（ステップ S 1 1 0）と、補正情報の較正（ステップ S 1 2 0）と、が一連の流れとして行われる場合について説明したが、掃引周波数ごとの補正情報の取得と、補正情報の較正と、は必ずしも同じキャリブレーション時に行われなくてもよい。例えば、キャリブレーションとして補正情報の取得を行い、補正情報の較正が行われなくてもよい。同様に、キャリブレーションとして補正情報の較正が行われ、補正情報の取得は行われなくてもよい。この場合、制御部 7 0 は、補正情報の較正として、そのキャリブレーションが行われる前に取得されている補正情報（例えば、工場出荷時に取得される補正情報）を較正してもよい。

【 0 2 0 5 】

また、例えば、O C T 装置 1 が、掃引周波数ごとの補正情報の取得を行い、補正情報の較正を行わない構成である場合、較正光学系 3 0 0（バンドパスフィルタ 3 0 1 及びノッチフィルタ 3 0 2）が省略されてもよい。

【 0 2 0 6 】

なお、補正情報を取得する場合において、制御部 7 0 は、導光光学系 1 5 0 にシャッター 1 5 1 を挿入してもよい。これによれば、導光光学系 1 5 0 由来の光が補正情報に影響を与えることを抑制できるため、好適に補正情報を取得できる。なお、導光光学系 1 5 0 由来の光とは、例えば、被検眼 E からの散乱光（戻り光）である。

【 0 2 0 7 】

また、本実施例において、補正情報を取得する場合に、バンドパスフィルタ 3 0 1 及びノッチフィルタ 3 0 2 が F P N 生成光学系 2 0 0 の光軸に対して退避される。これにより、バンドパスフィルタ 3 0 1 及びノッチフィルタ 3 0 2 の影響を受けずに F P N 信号を取得できるため、補正情報を取得できる。

【 0 2 0 8 】

波長掃引光源 1 0 2 から出射される光の強度は、掃引周波数に基づいて変化する。

【 0 2 0 9 】

例えば、図 1 7 に示すように F P N 生成光学系 2 0 0 に光強度調節器 2 0 9 が備えられ

10

20

30

40

50

てもよい。光強度調節器 209 は、FPN 生成光学系 200 由来の光の強度を所定の範囲に含まれるように調整する。例えば、光強度調節器 209 は、FPN 生成光学系 200 由来の光による干渉信号（すなわち FPN 信号）が、検出器 120 が信号を検出できる信号強度の範囲（ダイナミックレンジ）に含まれるように、光の強度を調整する。

【0210】

これによれば、波長掃引光源 102 から出射される光の強度が、掃引周波数が変更された場合に変化しても、検出器 120 は適切に FPN 信号を取得できる。

【0211】

例えば、光強度調節器 209 は、レンズと、レンズを光軸方向に駆動させる駆動部から構成される。例えば、光強度調節器 209 は、光を減衰させるフィルタと、フィルタを光軸に対して挿脱させる挿脱部と、から構成されてもよい。また、例えば、光強度調節器は、アッテネータであってもよい。

10

【0212】

例えば、光強度調節器 209 の動作は、掃引周波数ごとに予め定められている。また、光強度調節器 209 の動作は、検出器 120 が検出した信号の信号強度に基づいて制御されてもよい。

【0213】

本実施例において、バンドパスフィルタ 301 及びノッチフィルタ 302 が組み合わせられることで、第 1 の較正用干渉信号として、較正用干渉信号 G1 と、較正用干渉信号 G2 と、が含まれる干渉信号が取得される場合を説明した。

20

【0214】

例えば、較正光学系 300 には、バンドパスフィルタ 301、ノッチフィルタ 302 の代わりに、較正用干渉信号 G1 を取得するための第 1 のバンドパスフィルタと、較正用干渉信号 G2 を取得するための第 2 のバンドパスフィルタが備えられていてもよい。なお、第 1 のバンドパスフィルタは、第 1 の波長の光を選択的に通過させる。第 2 のバンドパスフィルタは、第 2 の波長の光を選択的に通過させる。

【0215】

この場合、第 1 のバンドパスフィルタと、第 2 のバンドパスフィルタのいずれか一方が選択的に光軸に対して挿入された状態で波長が掃引され、較正用干渉信号が取得される。

【0216】

例えば、第 1 のバンドパスフィルタが光軸に対して挿入され、第 2 のバンドパスフィルタが光軸に対して脱離された状態で波長が掃引されると、第 1 の検出タイミング T1 に、較正用干渉信号 G1 が生じた干渉信号 A が取得される。

30

【0217】

例えば、第 2 のバンドパスフィルタが光軸に対して挿入され、第 1 のバンドパスフィルタが光軸に対して脱離された状態で波長が掃引されると、第 2 の検出タイミング T2 に、較正用干渉信号 G2 が生じた干渉信号 B が取得される。

【0218】

例えば、制御部 70 は、それぞれ取得された、干渉信号 A と、干渉信号 B とを重ね合わせることで、第 1 の較正用干渉信号を取得してもよい。

40

【0219】

もちろん、第 2 の較正用干渉信号についても、同様にして求めることができる。

【符号の説明】

【0220】

1 OCT 装置

70 演算制御器

100 OCT 光学系

102 波長掃引光源

110 参照光学系

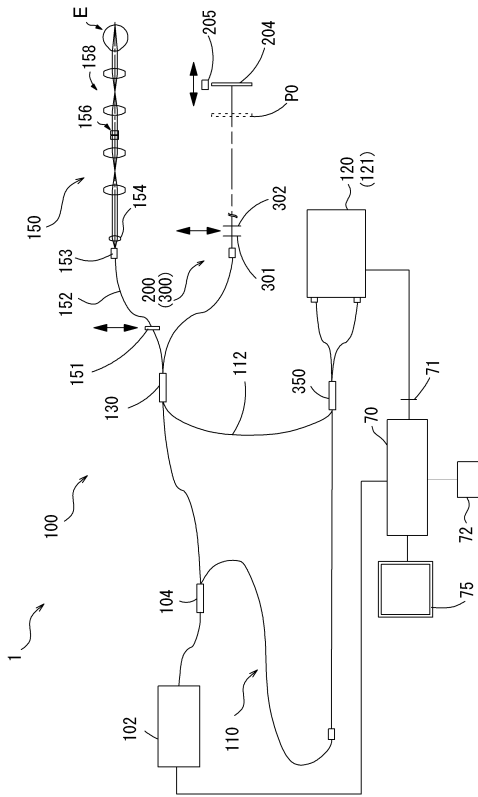
120 検出器

50

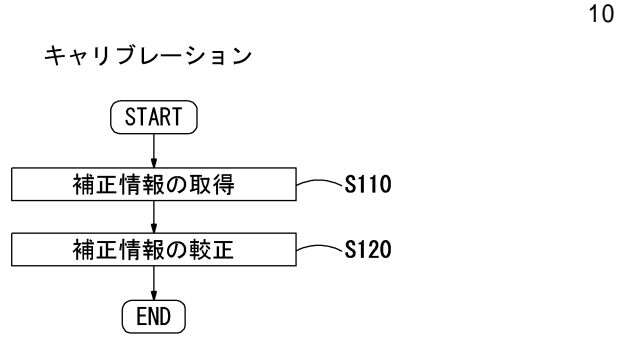
- 150 導光光学系
- 200 FPN生成光学系
- 204 FPN生成部材
- 205 駆動部
- 300 校正光学系
- 301 バンドパスフィルタ
- 302 ノッチフィルタ

【図面】

【図1】



【図2】



10

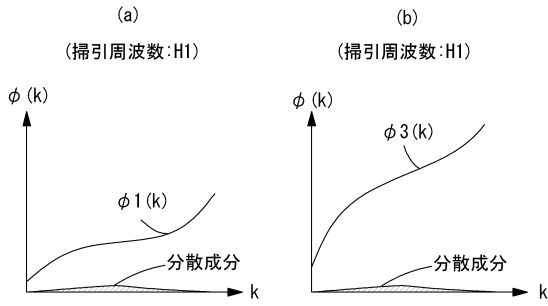
20

30

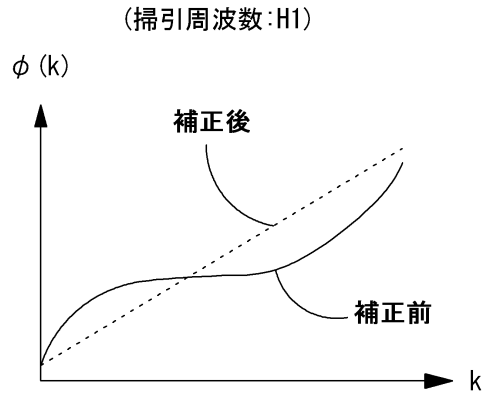
40

50

【 図 3 】

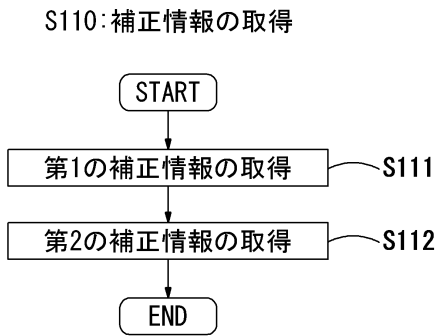


【 図 4 】

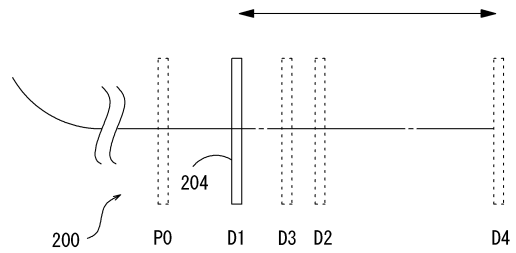


10

【 図 5 】



【 図 6 】



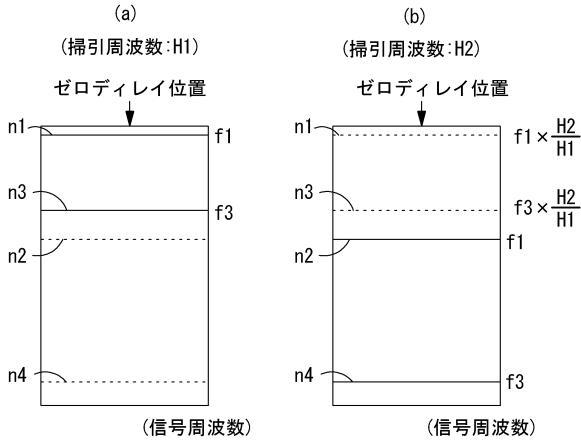
20

30

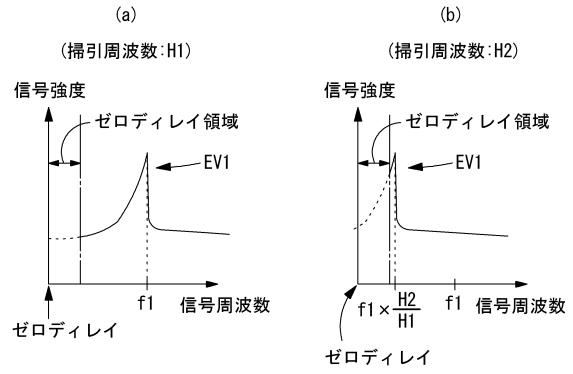
40

50

【図 7】

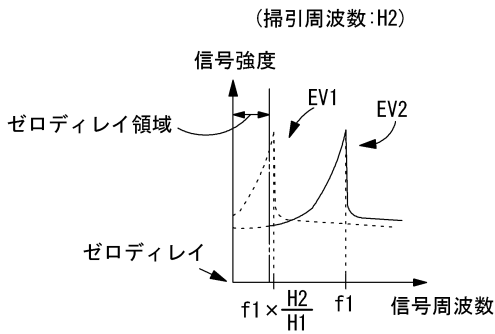


【図 8】



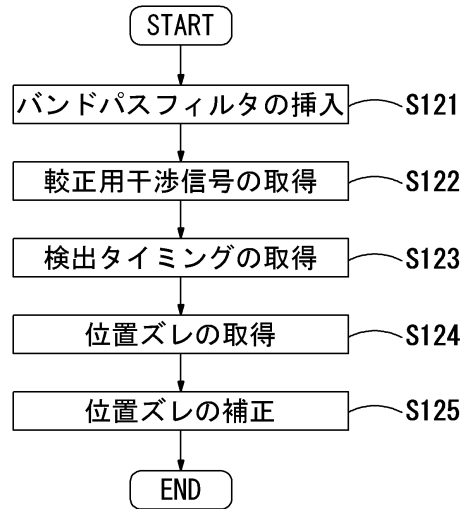
10

【図 9】



【図 10】

S120: 補正情報の較正



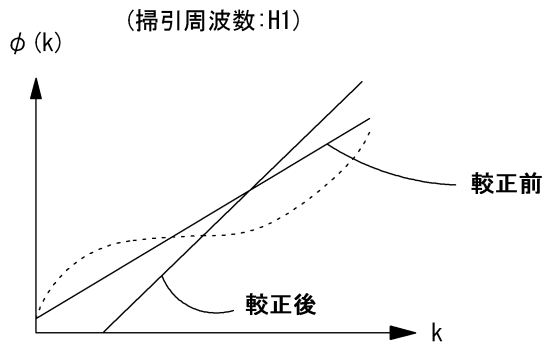
20

30

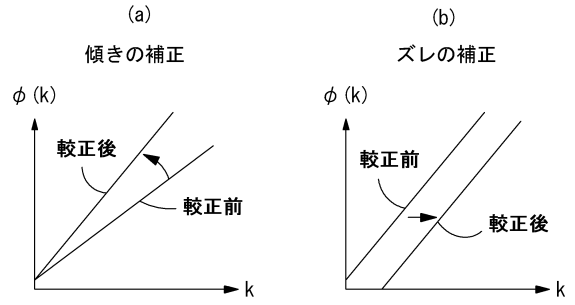
40

50

【図 1 1】

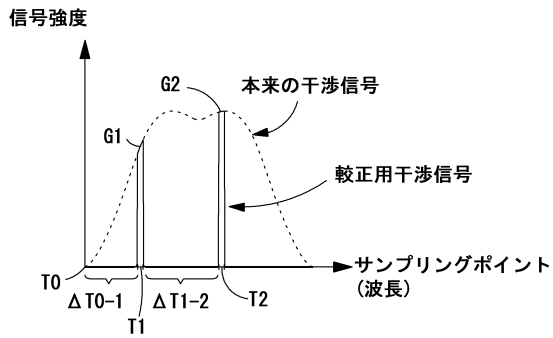


【図 1 2】

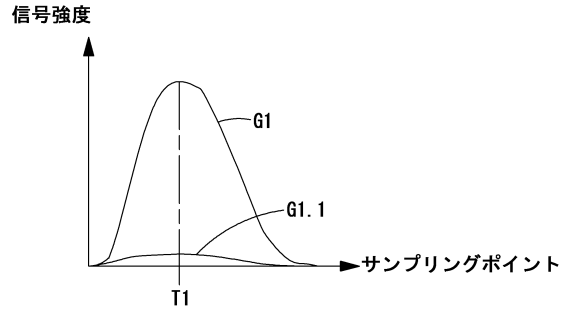


10

【図 1 3】



【図 1 4】



20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2018 - 124188 (JP, A)
米国特許出願公開第 2015 / 0094978 (US, A1)
特開 2015 - 068775 (JP, A)
特開 2018 - 063193 (JP, A)
米国特許出願公開第 2018 / 0135962 (US, A1)
特開 2016 - 002381 (JP, A)
米国特許出願公開第 2014 / 0268038 (US, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
A 61 B 3 / 00 - 3 / 18
G 01 N 21 / 00