

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5306269号
(P5306269)

(45) 発行日 平成25年10月2日 (2013. 10. 2)

(24) 登録日 平成25年7月5日 (2013. 7. 5)

(51) Int. Cl.

F I

G O 1 N 21/17 (2006. 01)

G O 1 N 21/17 6 3 0

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

請求項の数 30 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2010-61054 (P2010-61054)
 (22) 出願日 平成22年3月17日 (2010. 3. 17)
 (65) 公開番号 特開2011-27715 (P2011-27715A)
 (43) 公開日 平成23年2月10日 (2011. 2. 10)
 審査請求日 平成23年8月22日 (2011. 8. 22)
 (31) 優先権主張番号 特願2009-151484 (P2009-151484)
 (32) 優先日 平成21年6月25日 (2009. 6. 25)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100126240
 弁理士 阿部 琢磨
 (74) 代理人 100124442
 弁理士 黒岩 創吾
 (72) 発明者 黒坂 亮治
 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
 (72) 発明者 末平 信人
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光干渉断層法を用いる撮像装置及び撮像方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光干渉断層法を用いて被検査物を撮像するための撮像装置であって、
 前記被検査物に照射される測定光に対応する参照光を検出する検出手段と、
 前記検出された参照光の少なくとも一部の光量に基づいて、前記被検査物に照射される
 測定光の光量を変更する制御手段と、
 を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 2】

前記制御手段が、前記検出された参照光の少なくとも一部の光量が所定の条件を満たす
 場合に、前記測定光が前記被検査物に照射されない状態から前記測定光が前記被検査物に
 照射される状態に変更することにより、前記被検査物に照射される測定光の光量を増やす
 ことを特徴とする請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 3】

前記制御手段が、前記検出された参照光の少なくとも一部の光量が所定の条件を満たす
 場合に、前記測定光の透過率を変更する透過率変更手段を制御して前記透過率を高くする
 ことにより、前記被検査物に照射される測定光の光量を増やすことを特徴とする請求項 1
 あるいは 2 に記載の撮像装置。

【請求項 4】

前記制御手段が、前記測定光を遮蔽可能な遮蔽手段により前記測定光を遮蔽する状態に
 おいて前記検出された参照光の少なくとも一部の光量が所定の条件を満たす場合に、前記

10

20

遮蔽手段を制御して前記測定光を遮蔽する状態から遮蔽されない状態に変更することにより、前記被検査物に照射される測定光の光量を増やす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】

前記遮断手段は、光を吸収する部材により構成され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】

前記制御手段が、前記検出された参照光の少なくとも一部の光量が所定の条件を満たす場合に、前記被検査物に対して前記測定光を走査する走査手段を制御して前記測定光の光路を前記被検査物に照射可能な光路の外から内に変更することにより、前記被検査物に照射される測定光の光量を増やすことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

10

【請求項 7】

前記制御手段が、前記検出された参照光の少なくとも一部の光量が所定の値以下の場合に、前記被検査物に照射される測定光の光量を増やすことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 8】

前記制御手段が、前記検出された参照光の少なくとも一部の光量が所定の範囲内の場合に、前記被検査物に照射される測定光の光量を増やすことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

20

【請求項 9】

前記検出手段が、前記参照光を分割して得た光量検知光を前記参照光の一部として検出し、

前記制御手段が、前記検出された光量検知光の光量に基づいて、前記被検査物に照射される測定光の光量を変更することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 10】

光干渉断層法を用いて被検査物を撮像するための撮像装置であって、

前記被検査物に照射される測定光に対応する参照光を分割して得た光量検知光を検出する検出手段と、

30

前記検出された光量検知光の光量に基づいて、前記被検査物に照射される測定光の光量を変更する制御手段と、

を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 11】

前記制御手段が、前記検出された光量検知光の光量が所定の条件を満たさない場合に、前記測定光が前記被検査物に照射される状態から前記測定光が前記被検査物に照射されない状態に変更することにより、前記被検査物に照射される測定光の光量を減らすことを特徴とする請求項 9 あるいは 10 に記載の撮像装置。

【請求項 12】

前記制御手段が、前記検出された光量検知光の光量が所定の条件を満たさない場合に、前記測定光の透過率を変更する透過率変更手段を制御して前記透過率を低くすることにより、前記被検査物に照射される測定光の光量を減らすことを特徴とする請求項 9 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

40

【請求項 13】

前記制御手段が、前記測定光を遮蔽可能な遮蔽手段により前記測定光を遮蔽しない状態において前記検出された光量検知光の光量が所定の条件を満たす場合に、前記遮蔽手段を制御して前記測定光を遮蔽しない状態から遮蔽する状態に変更することにより、前記被検査物に照射される測定光の光量を減らすことを特徴とする請求項 9 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 14】

50

前記制御手段が、前記検出された光量検知光の光量が所定の条件を満たす場合に、前記被検査物に対して前記測定光を走査する走査手段を制御して前記測定光の光路を前記被検査物に照射可能な光路の内から外に変更することにより、前記被検査物に照射される測定光の光量を減らすことを特徴とする請求項 9 乃至 13 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 15】

前記制御手段が、前記検出された光量検知光の光量が所定の値を超える場合に、前記被検査物に照射される測定光の光量を減らすことを特徴とする請求項 9 乃至 14 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 16】

前記制御手段が、前記検出された光量検知光の光量が所定の範囲外の場合に、前記被検査物に照射される測定光の光量を減らすことを特徴とする請求項 9 乃至 15 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

10

【請求項 17】

前記参照光の光路に設けられ、前記参照光を分割する参照光分割手段を有し、
前記検出手段は、前記分割された参照光を前記光量検知光として検出することを特徴とする請求項 9 乃至 16 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 18】

前記検出手段が、前記被検査物に照射される測定光の光量が増えた後に、前記測定光を照射した前記被検査物からの戻り光と前記参照光とを合波した合波光を検出することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

20

【請求項 19】

前記被検査物は眼であり、
前記測定光の光路長と前記参照光の光路長との光路長差が調整された後に、前記検出された合波光に基づいて前記眼の 3 次元の断層画像を取得する取得手段を有することを特徴とする請求項 18 に記載の撮像装置。

【請求項 20】

装置の起動時と前記眼の断層画像の取得前との少なくとも一方に、前記検出手段の検出結果が所定の条件を満たすか否かを判断する判断手段を有し、

前記制御手段が、前記判断手段の判断結果に基づいて前記眼に照射される測定光の光量を変更することを特徴とする請求項 19 に記載の撮像装置。

30

【請求項 21】

前記左右眼のうち一方の断層画像を取得した後に他方の断層画像を取得する前に、前記左右眼の断層画像の取得間において前記判断手段による判断を行わないことを特徴とする請求項 20 に記載の撮像装置。

【請求項 22】

前記測定光を分割して得た検査光を入射させる波長選択反射手段を有し、
前記検出手段が、前記被検査物からの戻り光と、前記波長選択反射手段からの検査戻り光と、前記参照光との合成光を検出することを特徴とする請求項 1 乃至 21 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 23】

前記測定光を分割して前記検査光を得るための測定光分割手段を有し、前記測定光分割手段から前記波長選択反射手段までの光路が、ファイバーで構成され、前記波長選択反射手段が、複数のファイバースラッググレーティングで構成されることを特徴とする請求項 22 に記載の撮像装置。

40

【請求項 24】

請求項 1 乃至 23 のいずれか 1 項に記載の撮像装置の各手段としてコンピューターを機能させることを特徴とするプログラム。

【請求項 25】

光干渉断層法を用いて被検査物を撮像するための撮像方法であって、
前記被検査物に照射される測定光に対応する参照光を検出する工程と、

50

前記検出された参照光の少なくとも一部の光量に基づいて、前記被検査物に照射される測定光の光量を変更する工程と、

を含むことを特徴とする撮像方法。

【請求項 2 6】

前記変更する工程では、前記検出された参照光の少なくとも一部の光量が所定の条件を満たす場合に、前記測定光が前記被検査物に照射されない状態から前記測定光が前記被検査物に照射される状態に変更することにより、前記被検査物に照射される測定光の光量を増やすことを特徴とする請求項 2 5 に記載の撮像方法。

【請求項 2 7】

前記検出する工程では、前記参照光を分割して得た光量検知光を前記参照光の一部として検出し、

前記変更する工程では、前記検出された光量検知光の光量に基づいて、前記被検査物に照射される測定光の光量を変更することを特徴とする請求項 2 5 あるいは 2 6 に記載の撮像方法。

【請求項 2 8】

光干渉断層法を用いて被検査物を撮像するための撮像方法であって、

前記被検査物に照射される測定光に対応する参照光を分割して得た光量検知光を検出する工程と、

前記検出された光量検知光の光量に基づいて、前記被検査物に照射される測定光の光量を変更する工程と、

を含むことを特徴とする撮像方法。

【請求項 2 9】

前記変更する工程では、前記検出された光量検知光の光量が所定の条件を満たさない場合に、前記測定光が前記被検査物に照射される状態から前記測定光が前記被検査物に照射されない状態に変更することにより、前記被検査物に照射される測定光の光量を減らすことを特徴とする請求項 2 7 あるいは 2 8 に記載の撮像方法。

【請求項 3 0】

請求項 2 5 乃至 2 9 のいずれか 1 項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特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、光干渉断層法を用いる撮像装置及び撮像方法に関し、特に眼底や皮膚などの観察に用いられる光干渉断層法を用いる撮像装置及び撮像方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

現在、低コヒーレンス光による干渉を利用した光干渉断層法 (OCT: Optical Coherence Tomography) を用いる撮像装置 (以下、OCT 装置とも呼ぶ。) が実用化されている。これは、被検査物に入射する光の波長程度の分解能で断層画像を取得できるため、被検査物の断層画像を高解像度に撮像することができる。

【0 0 0 3】

ここで、光の送受信を繰り返すプローブを有する OCT 装置が、特許文献 1 に開示されている。この特許文献 1 には次の事項が開示されている。すなわち、出射される測定光の強度が、たとえ生体組織を損傷させない範囲に抑えられていたとしても連続して照射されることで、結果的に、生体組織に何らかの影響を及ぼす可能性がある。

【0 0 0 4】

この課題を解決するために、前記プローブが装置に接続されたか否かに基づいて、該プローブに伝送される光を遮断する遮断手段を制御している。これにより、前記プローブが装置に接続されていない場合、装置の外部に射出される光を遮断することができるので、上述した課題による人体への影響を回避することができる。

10

20

30

40

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2009-66014号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上述したように、医療機器において、診断の観点からOCT装置の外部に射出される光の状態を検知することが求められる。

【0007】

ところで、医療機器において、OCT装置の状態、特に測定光の状態や装置が故障しているか否かを検知することも上述同様に求められている。

【0008】

そこで、本発明の目的は、OCT装置の状態を簡便な構成により正確に検知することのできる装置の提供である。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明に係る撮像装置は、
光干渉断層法を用いて被検査物を撮像するための撮像装置であって、
前記被検査物に照射される測定光に対応する参照光を検出する検出手段と、
前記検出された参照光の少なくとも一部の光量に基づいて、前記被検査物に照射される測定光の光量を変更する制御手段と、を有する。

【0011】

また、別の本発明に係る撮像装置は、
光干渉断層法を用いて被検査物を撮像するための撮像装置であって、
前記被検査物に照射される測定光に対応する参照光を分割して得た光量検知光を検出する検出手段と、
前記検出された光量検知光の光量に基づいて、前記被検査物に照射される測定光の光量を変更する制御手段と、を有する。

【0013】

また、本発明に係る撮像方法は、
光干渉断層法を用いて被検査物を撮像するための撮像方法であって、
前記被検査物に照射される測定光に対応する参照光を検出する工程と、
前記検出された参照光の少なくとも一部の光量に基づいて、前記被検査物に照射される測定光の光量を変更する工程と、を含む。

【0014】

また、別の本発明に係る撮像方法は、
光干渉断層法を用いて被検査物を撮像するための撮像方法であって、
前記被検査物に照射される測定光に対応する参照光を分割して得た光量検知光を検出する工程と、
前記検出された光量検知光の光量に基づいて、前記被検査物に照射される測定光の光量を変更する工程と、を含む。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、OCT装置の状態を簡便な構成により正確に検知することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の実施例1における撮像装置の光学系を説明する図

【図2】本発明の実施例1におけるフローチャートを説明する図

【図3】本発明の実施例1におけるスペクトルデータを説明する図

10

20

30

40

50

【図４】本発明の実施例２におけるフローチャートを説明する図

【図５】本発明の実施例３における撮像装置の光学系を説明する図

【図６】本発明の実施例４と５における撮像装置の光学系を説明する図

【図７】本発明の実施例５におけるスペクトルデータを説明する図

【発明を実施するための形態】

【００１７】

本実施形態に係る光干渉断層法を用いる撮像装置（光干渉断層法を用いて被検査物を撮像するための撮像装置とも呼ぶ。）について、図１を用いて説明する。ここで、図１はマイケルソン干渉計で表しているが、本発明は図５のマッハツェンダー干渉計の構成も含む。また、本発明は、図６（ａ）のマルチビーム光学系の構成も含む。

10

【００１８】

（撮像装置の構成）

まず、１０１は、光（低コヒーレンス光）を発生させるための光源である。前記光源１０１には、ＳＬＤ（Super Luminescent Diode）を適用することができる。また、前記光源１０１には、ＡＳＥ（Amplified Spontaneous Emission）も適用することができる。また、前記光源１０１には、チタンサファイアレーザなどの超短パルスレーザも適用することができる。このように、前記光源１０１は、低コヒーレンス光を発生させることの出来るものなら何でも良い。さらに、前記光源１０１から発生される光の波長は、特に制限されるものではないが、４００ｎｍから２μｍの範囲である。なお、波長の帯域は広いほど縦分解能がよくなる。一般的に中心波長が８５０ｎｍの場合、空気中において、５０ｎｍの帯域では、６μｍの分解能、１００ｎｍの帯域では、３μｍの分解能である。

20

【００１９】

次に、１０４は、光源１０１からの光を測定光１１４と参照光１１３とに分割するための分割部である。分割部１０４には、ビームスプリッターや、ファイバーカップラなどを適用することができる。このように、前記分割部１０４は、光を分割出来るものなら何でも良い。また、分割する比率も被検査物によって適宜最適なものを選択する。

【００２０】

また、１１１は、被検査物（被験者の眼１１９）からの戻り光１１５と参照光１１３との合成光を検出するための検出部である。ここで、ＦＤ－ＯＣＴ（Fourier Domain OCT：フーリエドメイン法。）の一つであるＳＤ－ＯＣＴ（Spectral Domain OCT：スペクトラルドメイン法、後分光。）の場合、検出部１１１（分光器）は、前記合成光を分光するための分光素子を有する。このとき、前記分光素子は、回折格子やプリズムなどであり、光を分光出来れば何でも良い。また、検出部１１１は、前記分光素子により前記分光された光を検出するためのセンサを有する。前記センサは、ラインセンサーや２次元センサなどであり、光を検出できれば何でも良い。

30

【００２１】

また、ＦＤ－ＯＣＴの一つであるＳＳ－ＯＣＴ（Source Swept－OCT、先分光。）の場合、異なる波長の光を異なる時間で発生させる光源を用いるので、それぞれの光による合成光を、フォトダイオードなどのセンサにより検出することができる。このとき、スペクトル情報を取得するために前記分光素子を用いる必要はない。また、ＦＤ－ＯＣＴとは別の方式であるＴＤ－ＯＣＴ（Time Domain OCT：タイムドメイン法）のとき、ＳＳ－ＯＣＴと同様に、検出部１１１をセンサにより構成することができる。

40

【００２２】

また、本実施形態に係る撮像装置は、戻り光１１５を前記合成させる第１の状態（戻り光１１５が合成部１０４に導かれる状態）と該第１の状態とは異なる第２の状態とを切り替えるための切替部１１６を備える。換言すると、切替部１１６は、検出部１１１により上記合成光を検出可能な第１の状態と検出部１１１により参照光１１３を検出可能な第２の状態とを切り替えることができる。

50

【 0 0 2 3 】

ここで、本実施形態に係る撮像装置は、検出部 1 1 1 により検出された参照光 1 1 3 の光量に基づいて、被検査物 1 1 9 に測定光 1 1 4 を導光可能に構成される。

【 0 0 2 4 】

例えば、切替部 1 1 6 は、測定光 1 1 4 の光路を遮蔽可能に構成される。このとき、前記第 2 の状態は、前記遮蔽された状態である。また、切替部 1 1 6 は、測定光 1 1 4 の透過率を制御可能に構成されることが好ましい。これらの場合、切替部 1 1 6 には、例えば、後述のシャッターなどを適用することができる。また、切替部 1 1 6 は、被検査物 1 1 9 に導光する測定光 1 1 4 の光量を変更可能に構成される、と換言することもできる。

【 0 0 2 5 】

また、切替部 1 1 6 は、測定光 1 1 4 を反射するためのミラーなどの反射部材を含み構成されても良い。このとき、前記第 2 の状態で検出部 1 1 1 により検出された参照光 1 1 3 及び前記反射された測定光に基づいて、前記第 1 の状態に切り替えることが好ましい。また、透過率を制御する場合、円形の穴を有する回転式のシャッターを適用することができる。このとき、円形の穴には、透過率に基づくフィルタなどを設けることが好ましい。

【 0 0 2 6 】

さらに、切替部 1 1 6 は、測定光 1 1 4 の光路を変更可能に構成されても良い。このとき、前記第 2 の状態は、前記変更された状態である。この場合、切替部 1 1 6 には、例えば、測定光 1 1 4 を被検査物 1 1 9 において走査するための走査光学部（例えば、X Y スキャナ 1 0 8 ）などを適用することができるが、光路を変更可能であれば何でも良い。

【 0 0 2 7 】

そして、本実施形態に係る撮像装置は、前記第 1 の状態と前記第 2 の状態とを切り替え可能に構成される。あるいは、前記第 1 の状態と前記第 2 の状態とを切り替えるように切替部 1 1 6 を制御するための制御部 1 1 7 を備えることが好ましい。このとき、制御部 1 1 7 は、前記第 2 の状態で検出部 1 1 1 により検出された参照光 1 1 3 の光量に基づいて、前記第 1 の状態に切り替える。また、前記第 1 の状態で検出部 1 1 1 により検出された前記合成光の光量に基づいて、前記第 2 の状態に切り替え可能に構成されても良い。あるいは、被検査物 1 1 9 に導光される測定光 1 1 4 を減光可能に構成されると、換言することもできる。なお、前記減光とは、前記遮断や前記透過率を低くすること意味する。

【 0 0 2 8 】

これにより、検出部 1 1 1 で検出される参照光 1 1 3 の光量を検知することができるため、光源 1 0 1 やセンサの状態を検知することができる。そのため、装置の故障を簡便な構成により正確に検知することができる。

【 0 0 2 9 】

ここで、検出部 1 1 1 により検出された参照光 1 1 3 の光量と設定値（図 2 の A 5 の説明で詳述）とを比較するための比較部を備えることが好ましい。故障か否かの判断基準となる値を前記設定値（基準値）として設定することにより、装置の故障を検知することができる。

【 0 0 3 0 】

このとき、前記光量が前記設定値の範囲内の場合、前記第 2 の状態から前記第 1 の状態に切り替えることが好ましい。また、前記光量が前記設定値の範囲外の場合、前記第 2 の状態を維持することが好ましい。これは、参照光 1 1 3 の光量が前記設定値よりも大きいとき、必要以上の光量が装置の外部に射出されている可能性があるからである。

【 0 0 3 1 】

（撮像方法）

本実施形態に係る光干渉断層法を用いる撮像方法は、以下の a) から e) の工程を少なくとも含む。

a) 測定光の光路を遮断あるいは変更させる工程（例えば、図 2 の A 1 ）。

b) 光を発生させる工程（例えば、図 2 の A 3 ）。

c) 前記発生された光を前記測定光と参照光とに分割する工程（例えば、図 2 の A 3 ）。

10

20

30

40

50

d) 前記参照光の光量を検出する工程(例えば、図2のA3)。

e) 前記検出された参照光の光量に基づいて、前記測定光の光路を遮断あるいは変更させた状態とは異なる状態に切り替える工程(例えば、図2のA6)。

【0032】

また、以下のf)からi)の工程を含むことが好ましい。

f) 前記検出された参照光の光量と設定値とを比較する工程(例えば、図2のA5)。

g) 前記比較された結果に基づいて、前記測定光の光路を遮断あるいは変更させた状態とは異なる状態に切り替える工程(例えば、図2のA6)。

h) 被検査物からの戻り光と前記参照光との合成光を検出する工程(例えば、図2のA7)。

10

i) 前記検出された合成光から断層画像を形成する工程(例えば、図2のA7)。

【0033】

なお、a)の工程は、光を発生させるための光源などを常時ONにして、発生させ続けていても良い。また、本実施形態に係る撮像装置の制御方法として、処理部におけるシーケンスとして、e)からi)の工程を行っても良い。

【0034】

(記憶媒体とプログラム)

ここで、別の実施形態として、上述の実施形態に係る撮像方法を、コンピュータに実行させるためのプログラムとして、コンピュータが読み取り可能な記憶媒体(例えば、フレキシブルディスク、ハードディスク、光ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、CD-R、磁気テープ、不揮発性のメモ리카ード、ROM、EEPROM、ブルーレイディスクなどに格納しても良い。また、別の実施形態として、上述の撮像方法をコンピュータに実行させるためのプログラムでも良い。

20

【実施例】

【0035】

つぎに、本発明の実施例について説明する。

【0036】

(実施例1：マイケルソン干渉計)

実施例1に係る光干渉断層法を用いる撮像装置について、図1を用いて説明する。図1は、本実施例のマイケルソン型の光学系(マイケルソン干渉計)を用いる撮像装置を説明するための模式図である。

30

【0037】

光源101から出射した光はレンズ103-1を介し、ビームスプリッター104によって測定光114と参照光113とに分割される。測定光114は、XYスキャナ108、対物レンズ105を介して眼119に到達する。なお、シャッター116によって測定光114を遮断することができる。このシャッター116はシャッター制御機構117によって制御される。シャッター制御機構117への信号はコンピュータ112から出される。当然、シャッター制御機構117への信号は、コンピュータ112と異なるハードウェアであってもよい。この場合、分光器111からのデータを直接演算することによって、より早く故障等の装置の状態の検知を行うことができる。

40

【0038】

ここでは、測定光114を遮断すると戻り光115は生じず、したがって光路に入っていない。遮断とは、装置の筐体から測定光114を出さないことである。なお、光路に遮光部材としてシャッターを置くことのほかに、ミラーによって光路を変更して遮光物にあてる、光を吸収する部材を置くなどであってもよい。また、場合によってミラーを置き、光路に光を戻してもよい。

【0039】

光路を遮断した場合には、戻り光115および迷光は光路に入らないようにすることができる。ここで、迷光とは、被検査物の有無に関わらず光路に入ってくる、蛍光灯、ディスプレイ、日光などの発光体からの光のことである。

50

【 0 0 4 0 】

測定光 1 1 4 の遮断が解除されると、測定光 1 1 4 は、X Y スキャナ 1 0 8、対物レンズ 1 1 5、角膜 1 1 8 を通り、網膜 1 2 0 に到達する。網膜 1 2 0 で、散乱および反射された戻り光 1 1 5 は、対物レンズ 1 0 5、X Y スキャナ 1 0 8、ビームスプリッター 1 0 4 の順で戻る。さらに、レンズ 1 0 3 - 2 を介して、分光器 1 1 1 に導かれる。分光器 1 1 1 は、レンズ、グレーティング、撮像素子などから構成される。撮像素子としては、C C D や C M O S 方式のラインセンサーが用いられる。

【 0 0 4 1 】

一方、参照光 1 1 3 は分散補償ガラス 1 0 7 を介し、参照ミラー 1 0 9 によって反射され、再度分散補償ガラス 1 0 7 を通り、ビームスプリッター 1 0 4 へ戻る。分散補償ガラス 1 0 7 は、眼および対物レンズの分散を補償するためのものである。参照ミラー 1 0 9 はミラー調整機構 1 1 0 によって参照光路の光路長を調整することができる。なお、測定光路において、参照光路と光路長が一致するところをコヒーレンスゲートと呼ぶ。眼の網膜を測定する場合にはこのコヒーレンスゲートを網膜に近くなるように配置する。これら参照光 1 1 3 と戻り光 1 1 5 はビームスプリッター 1 0 4 により合波され、分光器 1 1 1 に導かれる。

【 0 0 4 2 】

光源 1 0 1 は、代表的な低コヒーレント光源である S L D (S u p e r L u m i n e s c e n t D i o d e) が用いられる。その波長は、例えば中心波長 8 4 0 n m、バンド幅 5 0 n m である。なお、バンド幅は得られる断層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となる。また、光源の種類は、ここでは S L D を選択したが、低コヒーレント光が出射できればよく、A S E (A m p l i f i e d S p o n t a n e o u s E m i s s i o n) 等も用いることができる。当然、被検査物の内容によっては、ハロゲンランプなどの他の光源を利用してもよい。ただし、波長は、得られる断層像の横方向の分解能に影響するため、横方向の分解能を重視する場合には短波長であることが望ましい。

【 0 0 4 3 】

コンピューター 1 1 2 は、分光器 1 1 1、X Y スキャナー 1 0 8、シャッター制御機構 1 1 7、ミラー調整機構 1 1 0、フォーカス調整機構 1 0 6 を制御する。当然、コンピューター 1 1 2 は、データの入力、画像処理、画像表示、データの保存なども行うことができる。

【 0 0 4 4 】

(撮像方法)

次に、本実施例に係る撮像方法について、図 2 のフローチャートを用いて説明する。特に、分光スペクトルの取得とシャッターの制御を説明する。

【 0 0 4 5 】

まず、A 1 は、測定を開始する工程である。この工程では、光源 1 0 1、分光器 1 1 1、X Y スキャナ 1 0 8、ミラー調整機構 1 1 0 などの初期設定を行うことが好ましい。

【 0 0 4 6 】

次に、A 2 は、シャッター 1 1 6 を閉める工程である。この状態にすることによって、測定光路には不要な迷光のない状態で分光スペクトルを取得することができる。

【 0 0 4 7 】

また、A 3 は、分光スペクトルを取得する工程である。この工程では、シャッター 1 1 6 は閉まった状態であり、参照光 1 1 3 を取得することになる。分光器 1 1 1 のラインセンサーが 2 0 4 8 画素であれば、2 0 4 8 の要素の強度データを得ることができる。図 3 は、参照光 1 1 3 の分光スペクトルのデータで、2 つのピークを有するスペクトル形状である。横軸は、画素、縦軸は、階調であり、それぞれ、波長と光の強度に相当する。画素は 0 ~ 2 0 4 7 番、階調は 1 2 ビットなので 0 ~ 4 0 9 5 となる。当然、スペクトルの形状は光源によって様々であり、また分光器のラインセンサーの仕様も様々であるためこれに限ったものではない。なお、ここでは分光器を利用しているが、タイムドメイン方式や

10

20

30

40

50

S w e e p t S o u r c e方式の場合には、フォトダイオードやアバランシェフォトダイオードなどが好適に用いられる。

【 0 0 4 8 】

また、A 4 は、A 3 で取得された分光スペクトルを演算する工程である。ここでは、2 0 4 8 の配列データを平均する。図 3 の場合、平均値は 1 4 3 7 である。当然、全ての要素を平均する必要はなく、例えば、3 5 0 画素～1 3 7 3 画素までを第 1 の範囲 3 0 1 とし、平均してもよい。このときの平均値は、2 4 4 6 である。このように範囲を狭めることによって故障を検知する感度を上げることができる。

【 0 0 4 9 】

さらに、所定の画素数ごとに分けて平均してもよい。例えば、第 2 の範囲 3 0 2、2 0 0 画素～7 1 1 画素および第 3 の範囲 9 8 0 画素～1 4 9 1 画素を設定する。それぞれの領域の平均値は、2 0 7 1 と 2 4 3 6 である。このように分割を細かくすることによって、細かい故障の分析を行うことができる。また、平均である必要ではなく加算、乗算などであってもよいし、最大値、極大値、極小値であってもよい。

【 0 0 5 0 】

また、A 5 は、A 4 で演算された結果が条件を満たすかどうかを判断する。ここで、条件とは、A 4 で演算された結果が、設定値（基準値）を満たしているか（該基準値の範囲内か）どうかのことである。設定値が一つであれば、その設定値を超えた場合に故障が発生していると判断して E 1 の工程に進む。この場合の故障の内容は、光量増加などと推定できる。設定値を超えていない場合には A 6 の工程に進む。例えば、全範囲を平均した時の設定値を 2 0 0 0 とした場合、1 4 3 7 はそれ以下であるため、A 6 の工程に進む。

【 0 0 5 1 】

当然、設定値は 2 つ以上用意してもよい。この場合、設定値 1 < 設定値 2 のようにして、設定値 2 を超えると故障が発生していると判断して E 1 の工程に進む。この場合、光源 1 0 1 の故障などと判断することができる。逆に設定値 1 より小さい場合も、故障と判断し、E 1 の工程に進む。この場合、光量が低下・不足しているか、分光器 1 1 1 のラインセンサーの感度が劣化していると推定することができる。設定値 1 と設定値 2 の間であれば、A 6 の工程に進む。

【 0 0 5 2 】

当然、第 2 の範囲 3 0 2 と第 3 の範囲 3 0 3 のようにそれぞれに設定値を設定することができる。このとき、設定値の片方を満たさない場合には、故障と判断して E 1 の工程に進む。この場合、分光器 1 1 1 のラインセンサーが光軸に対して回転しているなどと推定できる。

【 0 0 5 3 】

ここで、E 1 は、エラー処理を行う工程である。エラー処理は、シャッター 1 1 6 を閉めた状態であることを確認した後、エラー表示を行う。必要に応じて、光源を切り、終了動作を行う。

【 0 0 5 4 】

また、A 6 は、シャッターを開く工程である。この工程では、測定光が被検査物に照射され、戻り光が測定光路に入り合波光を測定できるようになる。

【 0 0 5 5 】

また、A 7 は、断層画像を撮像する工程である。この工程では、コヒーレンスゲートの調整、フォーカスの調整、固視等の位置調整などのアライメントを行う。次に、断層像を撮像する。X Y スキャナー 1 0 8 の動きに同期させて、分光スペクトルを取得する。X 方向のように一軸だけを連続的に動かしながら、撮像すれば 2 次元像が得られる。X 方向を F a s t - A x i s、Y 方向を S l o w - A x i s に設定して撮像すれば、3 次元像を取得することができる。これらが終われば A 8 の工程に進む。

【 0 0 5 6 】

なお、断層画像はおおまかには次のようにして得られる。まず、波長に対して等間隔なラインセンサーのデータを、波数に対して等間隔な波数スペクトルに変換する。次に、F

10

20

30

40

50

F T 処理を行った後、必要範囲を切り出す。当然、ノイズの除去や画像の補正は適宜行う。また、画像処理はデータを取得した後にまとめて行ってもよい。

【 0 0 5 7 】

また、A 8 は、検者によるコンピューター 1 1 2 への入力「終了」であるか否かを判断する工程である。左右眼の反対側の眼を撮像する、別の人の測定するなどの場合には A 7 の断層撮像に戻る。終了する場合には A 9 の工程に進む。

【 0 0 5 8 】

そして、A 9 は、測定を終了する工程である。このとき、光源 1 0 1、分光器 1 1 1、X Y スキャナ 1 0 8、ミラー調整機構 1 1 0、フォーカス調整機構 1 0 6 などを初期状態に戻すことが好ましい。

10

【 0 0 5 9 】

このように、断層画像を撮影する分光器 1 1 1 のラインセンサーのデータを用いて、測定光の状態・装置故障の判断を行い、シャッター 1 1 6 の開閉の制御を行うことができる。そのため、追加のハードウェアが不要であるためコストの上昇にならない。特に、測定光の状態・装置故障の判断を撮像に用いるラインセンサーの測定値そのもので行うことができるため、より正確に測定光の状態・装置の故障の判断をすることができる。

【 0 0 6 0 】

(実施例 2 : 起動時と測定前において、故障検知)

実施例 2 に係る光干渉断層法を用いる撮像方法について、図 4 を用いて説明する。特に、スペクトルの取得とシャッターの制御について説明する。ここでは、実施例 1 との差異について説明する。実施例 1 との差異は、装置を起動する際と断層画像を撮像する前とで、それぞれ状態検知を行うことである。

20

【 0 0 6 1 】

装置を起動する際には、分光器のラインセンサーや光源が十分に温まっていないことが原因で、定常状態になっていない場合が多い。そのため、状態検知の信頼性が低くなることがある。また、起動時だけの状態検知では、使用中の故障を検知することができない。一方、毎回精密な状態検知を行うのは時間がかかる。従って、起動時に精密な故障検知を行い、その後は簡易な故障検知のみを行うことが優位となる場合がある。

まず、B 1 は、測定を開始する工程である。

【 0 0 6 2 】

次に、B 2 は、分光スペクトルを取得する工程である。この分光スペクトルを取得する際には、1 0 分程度の暖機運転（低負荷で一定期間行う運転）を行い、通常状態にしてから測定を行う好ましい。この工程では、測定光 1 1 4 が遮断され、被検査物からの戻り光 1 1 5 が測定されない状態である。

30

【 0 0 6 3 】

また、B 3 は、B 2 で取得された分光スペクトルを演算する工程である。まず、前記取得された分光スペクトルを所定の画素数ごとに分割する。このとき、前記分割数を 1 6 区間、2 5 6 画素に分け、それぞれの範囲の平均値を算出する。次に、極大値、極小値を取得する。更に、分光スペクトルの微分値を算出する。ここでは、隣りの画素との差分とする。

40

【 0 0 6 4 】

また、B 4 は、装置に故障等の不具合があるか否かを判断する工程である。例えば、各区間の平均値が設定範囲内であれば、起動時の不具合はないと判断する。また、極大値、極小値の画素位置および階調や微分値が設定範囲内であれば、起動時の不具合はないと判断し、B 5 の工程に進む。また、これらを満たさない場合は、E 2 のエラー処理の工程に進む。

【 0 0 6 5 】

ここで、E 2 では、シャッター 1 1 6 が閉まっている事を確認する。場合によっては、装置の終了動作などを行う。まず、各区間の設定値と比較して、一部または全部の階調値が小さければ、光源 1 0 1 の劣化または分光器 1 1 1 のラインセンサーの感度の劣化など

50

と推定できる。設定値より大きければ、光学部品の欠落などで透過率が上がったなどと推定できる。当然、区間を多くすることによって状態検知の精度を向上することができる。

【 0 0 6 6 】

次に、極大値、極小値の画素および諧調を設定値と比較することによって、ラインセンサーの位置ずれ、分光器 1 1 1 のフォーカスずれなどの不具合と推定することができる。分光器のラインセンサーの画素は 1 0 マイクロメートルと小さいことから、温度変化によって位置がずれることがあるためこのような不具合が発生する可能性がある。

【 0 0 6 7 】

また、分光スペクトルの微分によって、分光器 1 1 1 のラインセンサーの回路の不具合と推定することができる。回路部品の劣化やアースの取り方などによってノイズが大きくなるような場合にこのような不具合が発生する可能性がある。

10

【 0 0 6 8 】

また、B 5 は、分光スペクトルを取得する。ここからは、起動時の状態検知ではなく、断層撮像取得前の状態検知である。

【 0 0 6 9 】

また、B 6 は、B 5 で取得された分光スペクトルを演算する工程である。このときの演算は、起動時に精密に測定しているために、簡易的なものでよく、極大値、極小値を設定値と比較する。なお、一般的には断層像を撮影する前には、患者情報等を入力するのでそのような時間で状態検知を行うことができる。

【 0 0 7 0 】

20

また、B 7 は、装置が故障等の不具合が発生しているか否かを判断する工程である。この工程では、設定値と比較し、設定範囲内であれば B 8 の工程に進む。設定範囲外であれば、直ちに E 3 の工程に進む。

また、B 8 は、シャッター 1 1 6 を開ける工程である。

【 0 0 7 1 】

また、B 9 は、断層画像を撮像する工程である。この工程では、コヒーレンスゲートの調整、フォーカスの調整、固視等の位置調整などのアライメントを行ってから、断層画像を撮像する。このとき、X Y スキャナー 1 0 8 の動きに同期させて、分光スペクトルを取得する。

【 0 0 7 2 】

30

また、B 1 0 は、シャッター 1 1 6 を閉める工程である。これは、次の B 1 1 の後、B 5 に戻る場合に、シャッター 1 1 6 を閉じた状態で分光スペクトルを取得するためである。

【 0 0 7 3 】

ここで、B 1 1 は、検者によるコンピューター 1 1 2 への入力「終了」であるか否かを判断する工程である。左右眼の反対側の眼を撮像する、別の人の測定するなどの場合には B 5 の断層撮像に戻る。終了する場合には B 1 2 に進む。

そして、B 1 2 は、測定を終了する工程である。

【 0 0 7 4 】

本実施例では、起動時と測定前において、状態検知を精密な検知と簡易な検知を行う。その結果、撮像した時期にかかわらず、正確で、再現性の良い断層撮像を行うことができる。また、不具合が発生した状態ではシャッター 1 1 6 を制御することによって、測定光が外に出ないようにすることができる。

40

【 0 0 7 5 】

(実施例 3 : マッハツェンダー干渉計)

実施例 3 に係る光干渉断層法を用いる撮像装置について、図 5 を用いて説明する。図 5 は、本実施例のマッハツェンダー型の光学系 (マッハツェンダー干渉計) を用いる撮像装置を説明するための模式図である。ここでは、実施例 1 との差異について説明する。この光学系は、光源の故障等の不具合を確認する手段を別途有している。

【 0 0 7 6 】

50

光源 101 から出射した光は光分岐部材 504、ファイバーケーブル 501-1 を介し、測定光 507 と参照光 506 とに分割される。光分岐部材 504 で分岐された光は検出器 505 で検出される。ここでは、フォトディテクタを用いて、光源のパワーを検出する。この信号はコンピューター 112 に入力される。光源にパワーモニターがついているような場合には、そのパワーモニターの出力をコンピューターに入力してもよい。なお、コンピューターでなく、別のハードウェアであってもよい。

【0077】

測定光 507 は、サーキュレーター 502-2 のポート 1 に入り、ポート 2 から出て、レンズ 503-2 に到達する。測定光 507 は、シャッター 116 による遮断が解除されると、XY スキャナ 108、対物レンズ 105、角膜 118 を介して網膜 120 に到達する。網膜で散乱および反射された戻り光 508 は、対物レンズ 105、XY スキャナ 108 を戻って、サーキュレーター 502-2 のポート 2 に入り、ポート 3 を出て、ファイバーケーブル 501-2 に到達する。

10

【0078】

一方、参照光 506 はサーキュレーター 502-1、レンズ 503-1、分散補償ガラス 107 を介し、参照ミラー 109 によって反射される。反射された参照光 506 は、分散補償ガラス 107 を介し、レンズ 503-1、サーキュレーター 502-1 に戻り、ファイバーケーブル 501-2 に到達する。参照ミラー 109 はミラー調整機構 110 によって光路長を調整することができる。参照光 506 と戻り光 508 はファイバーケーブル 501-2 により合波され、分光器 111 に導かれる。

20

【0079】

ここで、測定光 507 をシャッター 116 によって遮断する場合について説明する。シャッター 116 はシャッター制御機構 117 によって制御される。その制御信号は、コンピューター 112 から出される。この光路をシャッター 116 で遮断すると戻り光 508 は生じず、従って光路に入っていない構成である。そのため、遮断した状態で分光器 111 により分光スペクトルを測定すると参照光 506 の分光スペクトルを検出することができる。正常な状態であれば、実施例 1 又は実施例 2 で説明したような設定した範囲内に収まる。設定範囲外であれば、エラーを表示する。その際、検出器 505 の出力が設定した範囲内であるかを確認する。設定範囲内であれば、不具合は光源 101 でないと判断できる。検出器 505 の出力が設定した範囲外であれば、光源 101 の不具合と判断できる。

30

【0080】

なお、シャッター 116 の代わりに、XY スキャナ 108 を使ってシャッターと同等の効果を持たせることもできる。ただし、XY スキャナの仕様は変更しなければならない場合もある。XY スキャナ 108 は、そのオフセットによって光の方向を変えることができる。光の方向を視野絞り（不図示）の範囲外になるように制御すれば、筐体から外に光が出なくなる。この場合、外からの迷光は、分光器まで到達しない。

【0081】

また、シャッター 116 をミラーにした場合は、測定光 507 が反射されることになる。そのため、分光器 111 には測定光 507 と参照光 506 の合波光が検出される。この場合、参照ミラーの位置を変えると干渉状態に変化が生じる。正常な状態であれば、参照ミラー 109 の位置が同じであれば、再現性がある。つまり、参照ミラー 109 を同じ位置に制御した時で、設定範囲でない場合は、光路の状態変化による故障と推定することができる。

40

【0082】

本実施例では、故障等の不具合の原因を特定するために、光源 101 の信号の確認手段を別途有することによって、光源とその他の構成要素の故障等の不具合を切り分けることができる。不具合が発生した状態ではシャッター 116 を制御することによって、測定光が外に出ないようにすることができる。

【0083】

（実施例 4：マルチビーム光学系）

50

実施例 4 に係る光干渉断層計を用いる撮像装置（OCT 装置）について、図 6（a）を用いて説明する。本実施例の OCT 装置は、図 6（a）に示されるように、全体としてマイケルソン干渉系を構成している。

【0084】

すなわち、複数の光源から射出された光を、それぞれ測定光と参照光に分割する。そして、測定光はそれぞれの測定光路を通り被検査物に照射され、複数の測定光による戻り光と参照光路を経由した参照光とを合波して光干渉させた複数の合波光を用い、被検査物の断層画像を撮像する OCT システムを備えた構成である。

【0085】

具体的には、複数の光源 601 - 1 ~ 3 から出射した光は、それぞれファイバーケーブル 602 - 1 ~ 3 により測定光 619 - 1 ~ 3 と参照光 620 - 1 ~ 3 に分割される。さらに、参照光 620 - 1 ~ 3 のそれぞれは、偏光調整器 603 - 1 ~ 3 を通過し、ファイバーケーブル 602 - 4 ~ 6（参照光分割部とも呼ぶ。）により光量検知用の光（光量検知光）621 - 1 ~ 3 と参照光 622 - 1 ~ 3 とに分割される。光量検知光 621 - 1 ~ 3 はそれぞれ検出器 612 - 1 ~ 3（光量検知光検出部とも呼ぶ。）で検出される。ここでは、検出器 612 - 1 ~ 3 としてフォトディテクタを用いて光量を検出する。検出器 612 - 1 ~ 3 から出力される光量を示すそれぞれの信号は、コンピューター 618 に入力される。なお、コンピューターでなく、専用のハードウェアで構成してもよい。

【0086】

測定光 619 - 1 ~ 3 は偏光調整器 603 - 4 ~ 6 を通過し、対物レンズ 604 - 1 を介して XY スキャナ 605 のミラーに入射される。ここでは簡単のため、XY スキャナ 605 は 1 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、網膜 609 上を光軸に垂直な方向にラスタスキャンするものでよい。また、測定光 619 - 1 ~ 3 のそれぞれの中心は XY スキャナ 605 のミラーの回転中心と一致するように対物レンズ 604 - 1、2 等が調整されている。

【0087】

XY スキャナ 605 から出射された光は、対物レンズ 604 - 2、3、被検眼 608 の角膜 607 を介して網膜 609 に到達する。網膜 609 で散乱および反射された戻り光 623 - 1 ~ 3 は、対物レンズ 604 - 2、3、XY スキャナ 605、対物レンズ 604 - 1 を戻って、ファイバーケーブル 602 - 1 ~ 3 に到達する。なお、シャッター 610 によって測定光 619 - 1 ~ 3 を遮断することができる。また、対物レンズ 604 - 3 は、フォーカス調整手段 606 によって、光軸方向に移動することができる。

【0088】

一方、参照光 620 - 1 ~ 3 は、レンズ 613 - 1 ~ 3、分散補償用ガラス 614 - 1 ~ 3 を通過し、レンズ 613 - 4 ~ 6 にて参照ミラー 615 - 1 ~ 3 に集光される。

【0089】

次に、参照光 622 - 1 ~ 3 は、参照ミラー 615 - 1 ~ 3 にて方向を変え、レンズ 613 - 4 ~ 6、分散補償用ガラス 614 - 1 ~ 3、レンズ 613 - 1 ~ 3 を介してファイバーケーブル 602 - 4 ~ 6 に戻り、偏光調整器 603 - 1 ~ 3 を通過してファイバーケーブル 602 - 1 ~ 3 に到達する。ここで、分散補償用ガラス 614 - 1 ~ 3 は、被検眼 608 を測定光 619 - 1 ~ 3 が往復した時の分散を、参照光 622 - 1 ~ 3 に対して補償するものである。さらに、ミラー調整機構 616 - 1 ~ 3 によって参照光 622 - 1 ~ 3 の光路長を、調整・制御することができる。参照光 622 - 1 ~ 3 と戻り光 623 - 1 ~ 3 はファイバーケーブル 602 - 1 ~ 3 によりそれぞれ合波され、分光器 617 に導かれる。

【0090】

測定光 619 - 1 ~ 3 をシャッター 610 によって遮断する場合、シャッター 610 はシャッター制御機構 611 によって制御される。その制御信号は、コンピューター 618 から出される。正常な状態では、検出器 612 - 1 ~ 3 の出力がそれぞれ実施例 1 ~ 3 で説明したような設定した範囲内に収まる。設定範囲外であれば、エラーを表示し、シャッ

10

20

30

40

50

ター 6 1 0 によって測定光 6 1 9 - 1 ~ 3 を遮断する。

【 0 0 9 1 】

このように、参照光を分割し、参照光から分割した光の光量を検出し正常な状態であるか否かを判断して制御することで、測定光に影響を与えることなく、即ち、画質に影響を与えることがなく装置が正常であるか否かを判断することができる。

【 0 0 9 2 】

以上のような構成にすることで、参照光路において参照光の一部を検出することで、測定光が被検査物に入射するときの光量損失よりも少ない光量損失の光を光量検知光として利用することができる。したがって、光源からの光を効率的に使用することができる。

【 0 0 9 3 】

また、参照ミラーに向かう途中で参照光から光量検知光を分割することで、変動の少ない参照光側で光量を検知することができ、即ち、正確に装置が正常であるか否かを判断することができる。なお、参照ミラーで反射した参照光を光量検知光として分割しても良い。

【 0 0 9 4 】

(実施例 5 : 波長選択反射手段)

実施例 5 に係る光干渉断層法を用いる撮像装置について図 6 (b) を用いて説明する。図 6 (b) はマイケルソン型干渉計を用いる撮像装置を説明する図である。光源 6 5 1 から出射した光は、ファイバー 6 5 2 を通して、ファイバーカプラなどのビームスプリッター 6 5 4 によって参照アーム 6 7 6 を伝播する参照光 6 6 3 とサンプルアーム 6 7 7 を伝播する測定光 6 6 4 に分割される。測定光 6 6 4 及び参照光 6 6 3 は、それぞれレンズ 6 5 3 による空間放射まではファイバー中を伝播する。

【 0 0 9 5 】

参照光 6 6 3 は分散補償ガラス 6 5 7 を介し、参照ミラー 6 5 9 によって反射され、再度分散補償ガラス 6 5 7 を通り、ビームスプリッター 6 5 4 へ戻る。参照ミラー 6 5 9 はミラー調整機構 6 6 0 によって参照光路の光路長を調整するために移動可能である。

【 0 0 9 6 】

測定光 6 6 4 は、ビームスプリッター 6 7 2 (測定光分割部とも呼ぶ。) によって分割される。そのうち一方は、上述の実施例と同じように X Y スキャナ 6 5 8、対物レンズ 6 5 5 - 1、2 を介して被測定物である眼 6 6 9 に到達する。なお、対物レンズ 6 5 5 - 2 は、フォーカス調整機構 6 5 6 によって、光軸方向に移動することができる。

【 0 0 9 7 】

また、ビームスプリッター 6 7 2 によって分割された他方の光を、検査光 6 6 6 とする。検査光伝播部 6 7 8 は、光干渉断層装置の状態を把握するためのものである。検査光伝播部 6 7 8 には、複数のファイバーブラッググレーティング 6 7 3 (波長選択反射手段とも呼ぶ。) と、ファイバーブラッググレーティング 6 7 3 を透過してきた検査光 6 6 6 をビームスプリッター 6 7 2 (測定光分割部とも呼ぶ。) へ反射するのを抑制する抑制部 6 7 4 と、複数のファイバーブラッググレーティング 6 7 3 からの検査戻り光を制御する制御材 6 7 5 と、により構成される。抑制部 6 7 4 は、反射を抑制する部材であれば何れでもよく、具体的には反射防止膜や光吸収素子などを用いる。またはサーキュレーターや光スイッチなどで全く別の方向へ検査光を逃がす構成でもよい。

【 0 0 9 8 】

ここで、ファイバーブラッググレーティング 6 7 3 (波長選択反射手段とも呼ぶ。) を以下に説明する。ファイバーブラッググレーティングは特定の波長を精度良く反射する機能をファイバー中に作りこんだ素子であり、ファイバーに位相マスクを通じて紫外線を照射される事でファイバーのコア内に周期的な屈折率変調を導入する事で実現される。ファイバーブラッググレーティングはコアの屈折率変調の間隔によって反射する波長が異なる。ファイバーブラッググレーティングは、ファイバーの温度上昇による熱膨張やファイバーの引っ張りによる応力変化により、屈折率変調間隔が変化する。それに伴い、反射する波長間隔が変化する。典型的な値としてファイバーブラッググレーティングは 0 . 0 1 n

10

20

30

40

50

m / の反射ピーク特性の温度依存性を有する。具体的には 10 の温度上昇による熱膨張で反射ピークが 0.1 nm 長波長側へずれる。本実施例ではこの現象を利用し、光干涉断層装置のサンプルアームのみならず、光源や分光器などの状態変化を検知する事が可能になる。

【0099】

図 6 (b)、図 7 (a) と (b) を用いて上記事項を説明する。図 7 (a) は、光干涉断層装置の干涉信号の一例である。横軸はセンサ画素を表し、分光器 661 で分光された波長に対応する。また縦軸は、強度 (階調) を表す。この状態に、ファイバーブラッググレーティング 673 で反射した検査光を重ねると図 7 (b) のようになる。すなわち、ピーク 701、702、703 を持つような干涉信号が現れる。また、ファイバーカブラ 654 から参照ミラーまでの距離と、ファイバーカブラ 654 からファイバーブラッググレーティング 673 までの距離とが、ほぼ同じになるように構成されることが好ましい。なお、分光器 661 で分光された光は、センサ 671 により各波長の強度として検出される。また、検出された強度は、コンピューター 662 に記憶される。

【0100】

ここで、ファイバーカブラ 672 の分岐比は、網膜に分岐される光強度が高くなるように調整しておくことが好ましい。これは、網膜 670 からの反射強度に対してファイバーブラッググレーティング 673 の反射強度の方が、圧倒的に高いためである。例えば、ファイバーカブラ 672 の分岐比を 99 : 1 (網膜に入射する光路への分岐が「99」) とすることが好ましい。そのため本実施例では検査光伝播部 678 による測定光ロスの影響は少ない。

【0101】

ここでサンプルアームにおけるファイバー内温度上昇を考える。その際、サンプルアームと物理的に接続しているファイバーブラッググレーティング 673 は、温度上昇の度合いによって屈折率変調間隔が変化し、その結果反射ピーク波長がずれるという現象が起こる。この現象は図 7 (c) に示すように重ねられた検査戻り光が通常とは異なるセンサ画素に入射し、その結果干涉信号のピークの変動を引き起こす。ファイバーブラッググレーティング 673 を複数導入することにより、より詳細に光干涉断層装置の状態を検知する事が可能である。

【0102】

具体的には、図 7 (c) に示すように一つの検査戻り光のみが通常入射する画素よりシフト (ピーク 701 が左側のピーク値 702 にシフト) した場合は分光器やセンサの一部の異常が考えられる。また検査戻り光が通常入射する画素より同じ方向 (例えば、図中における 3 つのピークが同じように長波長側) にシフトした場合は、ファイバーの温度異常やセンサ全体のずれなどが考えられる。また検査戻り光が通常入射する画素より二つの方向 (図中におけるピーク 703 が長波長側、ピーク 701 が短波長側) にずれた場合は、分光器異常が考えられる。また、検査戻り光の強度が変調した場合は、光源異常やセンサ感度の劣化が考えられる。干涉信号における検査戻り光のピーク強度変動の程度から、原因の切り分けがある程度可能である。

【0103】

以上のようにファイバーブラッググレーティングによる検査戻り光を検証する事によって、光干涉断層装置の異常の原因を詳細に検証する事が可能である。また、上記理由によりファイバーブラッググレーティングは複数あるのが望ましい。

【0104】

以下では検査戻り光を制御する制御部 675 について説明する。サンプルアームや光源の異常を精度良く検知するためには、検査光伝播部とサンプルアームが物理的に接続しているのが望ましい。一方で、被測定物である眼 669 を測定する際には検査戻り光は干涉信号に重ねられない図 7 (a) の状態が望ましい。また検査戻り光強度を求める際にも必要である。

【0105】

具体的には図 7 (b) から図 7 (a) の差分を求める方法がある。干渉信号に時間的な変動成分があるには、図 7 (a) の信号を複数回取得し、平均化処理する事で時間変動をある程度除去する事が可能である。制御部 6 7 5 として偏波コントローラーを導入して、参照光や測定光と干渉させない方法が挙げられる。偏波コントローラー 6 7 5 で偏波面を意図的に参照光や測定光からずらす事によって、検査戻り光を干渉信号に重畳させるのを防ぐ事ができる。または光ファイバースイッチを用いる事で、検査戻り光の行き先を被測定体測定時に別方向へ出射する事も可能である。

【符号の説明】

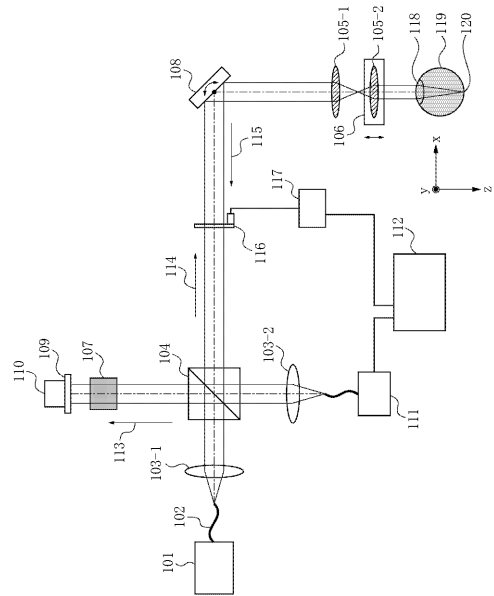
【 0 1 0 6 】

- 1 0 1 光源
- 1 0 2 光ファイバー
- 1 0 3 レンズ
- 1 0 4 ビームスプリッター
- 1 0 5 対物レンズ
- 1 0 6 フォーカス調整機構
- 1 0 7 分散補償ガラス
- 1 0 8 X Y スキャナ
- 1 0 9 参照ミラー
- 1 1 0 ミラー調整機構
- 1 1 1 分光器
- 1 1 2 コンピューター
- 1 1 3 参照光
- 1 1 4 測定光
- 1 1 5 戻り光
- 1 1 6 シャッター
- 1 1 7 シャッター制御機構
- 1 1 8 角膜
- 1 1 9 眼
- 1 2 0 網膜

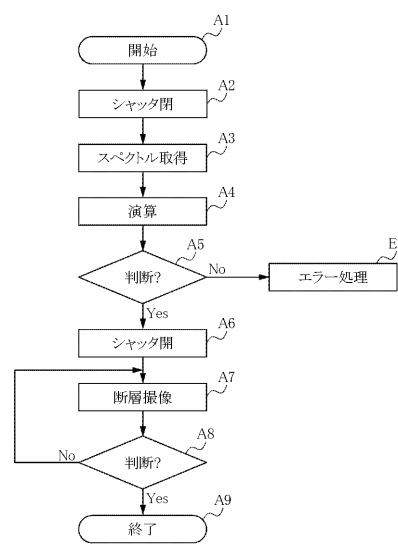
10

20

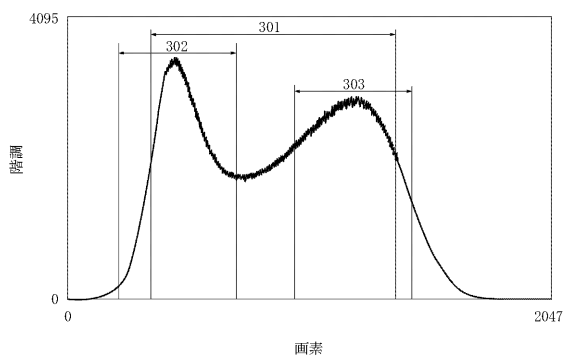
【図 1】



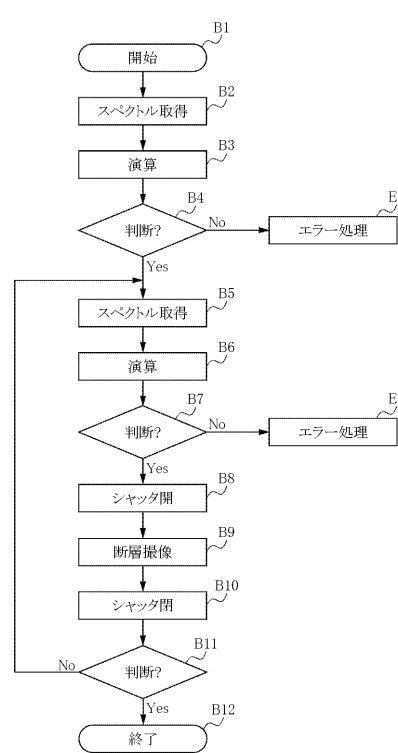
【図 2】



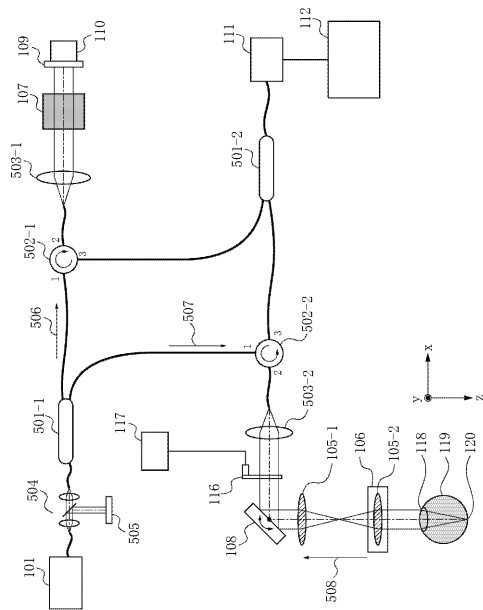
【図 3】



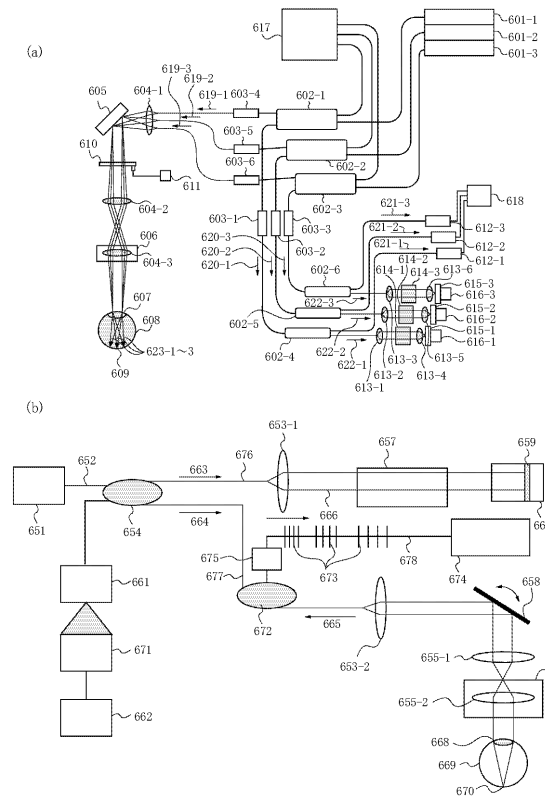
【図 4】



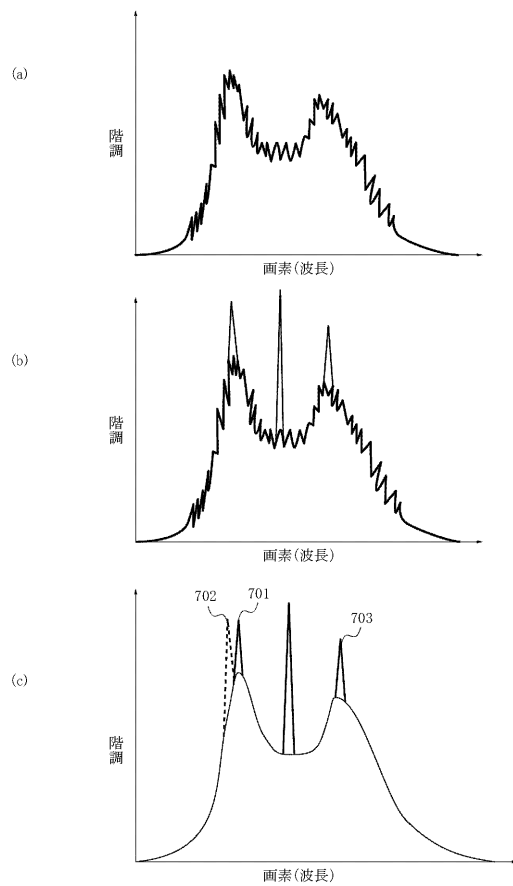
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

- (72)発明者 宇都宮 紀彦
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
- (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
- (72)発明者 山田 和朗
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
- (72)発明者 鈴木 圭
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 樋口 宗彦

- (56)参考文献 特表2010-538700(JP,A)
特表2009-523564(JP,A)
特開2009-294205(JP,A)
特開2010-038910(JP,A)
国際公開第2005/122872(WO,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N21/00-21/01, 21/17-21/61
A61B 3/00-3/16
A61B10/00
A61B1/00-1/32
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)