

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5828811号
(P5828811)

(45) 発行日 平成27年12月9日(2015. 12. 9)

(24) 登録日 平成27年10月30日(2015. 10. 30)

(51) Int.Cl. F I
A 6 1 B 3/10 (2006.01) A 6 1 B 3/10 R
G 0 1 N 21/17 (2006.01) A 6 1 B 3/10 Z DM
G 0 1 N 21/17 6 2 5

請求項の数 21 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2012-162342 (P2012-162342)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成24年7月23日 (2012. 7. 23)		キヤノン株式会社
(62) 分割の表示	特願2009-174928 (P2009-174928) の分割		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
原出願日	平成21年7月28日 (2009. 7. 28)	(74) 代理人	100126240
(65) 公開番号	特開2012-228544 (P2012-228544A)		弁理士 阿部 琢磨
(43) 公開日	平成24年11月22日 (2012. 11. 22)	(74) 代理人	100124442
審査請求日	平成24年8月10日 (2012. 8. 10)		弁理士 黒岩 創吾
		(72) 発明者	武藤 健二
			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	北村 健史
			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	九鬼 一慶
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像装置及びその制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測定光を照射した被検査物からの戻り光と、該測定光に対応する参照光とを合波した光に基づいて、前記被検査物の断層画像を取得する光断層撮像装置であって、

前記被検査物に対して前記測定光を走査する走査手段と、

前記測定光の光束径を変更する光束径変更手段と、

前記光束径変更手段により前記測定光の光束径を大きくした場合、時系列に順次取得される複数のAスキャンの間隔が短くなるように前記走査手段を制御する制御手段と、を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 2】

前記測定光が前記被検査物に集光する位置を、前記被検査物の深さ方向に変更する集光位置変更手段を有し、

前記集光位置変更手段によって、前記光束径に基づく焦点深度よりも短い距離、前記深さ方向に焦点位置を移動させることを特徴とする請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 3】

前記集光位置変更手段により前記集光する位置を変更させて前記被検査物における異なる深さ位置で、異なる複数の断層画像を取得し、前記取得された複数の断層画像をつなぎ合わせて新たな断層画像を生成することを特徴とする請求項 2 に記載の撮像装置。

【請求項 4】

前記集光する位置の変更に連動させて、前記参照光の光路に設けられた参照ミラーの位

置を変更する参照ミラー位置変更手段を有することを特徴とする請求項2または請求項3に記載の撮像装置。

【請求項5】

前記合波した光を分光する分光手段と、

前記光束径変更手段により変更された光束径に応じて、前記断層画像を取得する範囲を変更する範囲変更手段と、

前記範囲変更手段からの光を検出する検出手段と、

を有することを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の撮像装置。

【請求項6】

前記範囲変更手段が、前記検出手段における前記断層画像の取得に用いる画素数と前記測定光の波長バンド幅との比を変更することを特徴とする請求項5に記載の撮像装置。

10

【請求項7】

前記光束径変更手段が前記測定光の光束径を大きくした場合、前記検出手段における読み出し画素数を減らして前記被検査物を撮像することを特徴とする請求項5に記載の撮像装置。

【請求項8】

前記検出手段を複数備え、

これらの複数の検出手段は、前記検出手段の画素数と前記測定光の波長バンド幅との比が、それぞれ異なる構成を有し、

前記光束径変更手段により変更された光束径に基づいて、前記複数の検出手段のいずれかを選択することが可能に構成されていることを特徴とする請求項5に記載の撮像装置。

20

【請求項9】

前記検出手段が結像手段を含み構成され、

前記結像手段は、ズームレンズによって構成され、

前記光束径変更手段により変更された光束径に基づいて、前記検出手段の一画素当たりの波長幅を前記ズームレンズによって変更して該検出手段に結像させ、

前記結像させた範囲の画素のデータにより、前記断層画像を形成することを特徴とする請求項5に記載の撮像装置。

【請求項10】

前記結像手段により前記検出手段における領域分割された少なくとも一つの領域に結像させた範囲の画素のデータが、前記領域分割された他の領域から独立して読み出し可能に構成されていることを特徴とする請求項9に記載の撮像装置。

30

【請求項11】

前記間隔は、前記測定光の光束径に対応する分解能であることを特徴とする請求項1乃至10のいずれか1項に記載の撮像装置。

【請求項12】

前記被検査物は眼であり、

前記走査手段は、前記眼の角膜の付近を支点として、前記眼の網膜において前記測定光を走査することを特徴とする請求項1乃至11のいずれか1項に記載の撮像装置。

【請求項13】

測定光を照射した被検査物からの戻り光と、該測定光に対応する参照光とを合波した光に基づいて、前記被検査物の断層画像を取得する撮像装置の制御方法であって、前記測定光の光束径を変更する光束径変更工程と、

40

前記光束径変更工程において前記測定光の光束径を大きくした場合、時系列に順次取得される複数のAスキャンの間隔が短くなるよう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する制御工程と、

を有することを特徴とする撮像装置の制御方法。

【請求項14】

前記測定光が前記被検査物に集光する位置を、前記被検査物の深さ方向に変更する集光位置変更工程を有し、

50

前記集光位置変更工程において、前記光束径に基づく焦点深度よりも短い距離、前記深さ方向に焦点位置を移動させることを特徴とする請求項 1 3 に記載の撮像装置の制御方法。

【請求項 1 5】

前記集光位置変更工程において前記集光する位置を変更させて前記被検査物における異なる深さ位置で、異なる複数の断層画像を取得し、前記取得された複数の断層画像をつなぎ合わせて新たな断層画像を生成することを特徴とする請求項 1 4 に記載の撮像装置の制御方法。

【請求項 1 6】

前記集光する位置の変更に連動させて、前記参照光の光路に設けられた参照ミラーの位置を変更する工程を有することを特徴とする請求項 1 4 または請求項 1 5 に記載の撮像装置の制御方法。

【請求項 1 7】

前記合波した光を分光する工程と、
前記光束径変更工程により変更された光束径に応じて、前記断層画像を取得する範囲を変更する範囲変更工程と、
前記範囲変更工程からの光を検出する工程と、
を有することを特徴とする請求項 1 3 乃至 1 6 のいずれか 1 項に記載の撮像装置の制御方法。

【請求項 1 8】

前記測定光の光束径を大きくした場合、前記照射される範囲を狭くした光を検出する際の読み出し画素数を減らして前記被検査物を撮像することを特徴とする請求項 1 3 乃至 1 7 のいずれか 1 項に記載の撮像装置の制御方法。

【請求項 1 9】

前記間隔は、前記測定光の光束径に対応する分解能であることを特徴とする請求項 1 3 乃至 1 8 のいずれか 1 項に記載の撮像装置の制御方法。

【請求項 2 0】

前記被検査物は眼であり、
前記走査手段は、前記眼の角膜の付近を支点として、前記眼の網膜において前記測定光を走査することを特徴とする請求項 1 3 乃至 1 9 のいずれか 1 項に記載の撮像装置の制御方法。

【請求項 2 1】

請求項 1 3 乃至 2 0 のいずれか 1 項に記載の撮像装置の制御方法の各工程をコンピュータに実行させることを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像装置及びその制御方法に関し、特に眼科診療等に用いられる撮像装置及びその制御方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

現在、光学機器を用いた眼科用機器として、様々なものが使用されている。
例えば、眼を観察する光学機器として、前眼部撮影機、眼底カメラ、共焦点レーザー走査検眼鏡 (Scanning Laser Ophthalmoscope: SLO)、等様々な機器が使用されている。

中でも、多波長光波干渉を利用した光コヒーレンストモグラフィ (Optical Coherence Tomography: 以下、これを OCT と記す。) による光断層画像撮像装置は、試料の断層像を高分解能に得ることができる装置である。

このような OCT は、眼科用機器として網膜の専門外来では必要不可欠な装置になりつつある。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 3 】

上記光断層画像撮像装置によると、低コヒーレント光である測定光を、サンプルに照射し、そのサンプルからの後方散乱光を、干渉系を用いることで高感度に測定することができる。

また、光断層画像撮像装置は該測定光を、該サンプル上にスキャンすることで、断層像を高分解能に得ることができる。

そのため、被検眼の眼底における網膜の断層像を高分解能に撮像することも可能であることから、網膜の眼科診断等において広く利用されている。

近年、眼科用光断層画像撮像装置は従来のタイムドメイン方式から、より高速な撮像が可能なフーリエドメイン方式に移行しつつある。

被検眼における特定の奥行き毎に情報を取得するタイムドメイン方式に対して、フーリエドメイン方式は、奥行き方向の情報を一括して取得するため、高速な撮像を可能にしている。

高速な撮像は、固視微動に代表される眼球運動による画像のブレや欠落を防ぐことを可能にしている。

【 0 0 0 4 】

一方、従来において、このような高解像度化と撮像に要する時間の短縮化の両方の要請を満たすため、特許文献1ではつぎのような光学装置が提案されている。

すなわち、OCTとOCM(Optical Coherence Microscopy)とを使い分けるようにした生体試料の内部を観察する光学装置が提案されている。

この装置では、生体試料内の大きな構造の確認等にはOCTを用い、その中の注目領域を更に細かい分解能で観察する際には、OCMに切り換え可能に構成されている。

その際、OCTとOCMとでは焦点深度が大きく異なることから、光束径変換光学系を用いて、小さい開口数を有するOCTと、大きい開口数を有するOCMとに対し、それぞれに応じた光束径が設定できるように構成されている。

これにより、高S/N比での観察が可能とされている。

また、特許文献2では、フーリエドメイン方式によりOCTそのものにより高解像を達成するようにした光断層画像撮像装置が提案されている。

この装置では、狭い焦点深度を補うために、光路長調整手段を用いて被測定物を深さ方向に合焦位置を移動させて複数の画像を得、それを合成することで被測定物の横方向および光軸方向の分解能の高い断層画像の取得ができるように構成されている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 2 - 1 7 4 7 6 9 号 公 報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 7 - 1 0 1 2 5 0 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

しかしながら、上記従来例のものにおいては、つぎのような課題を有している。

例えば、特許文献1では、高解像度で撮像するため光束径を大きくした際にはOCT撮像を行わない。

そのため、光束径変換光学系を用いて高解像度の撮像する際に測定光のビーム径を大きくすることによって生じるOCT撮像における課題、等については考慮されていない。

また、上記特許文献2においては、画像の重ね合わせに際してどのように高速化を図るか等について何も開示されておらず、また複数画像取得、および画像合成のために時間がかかる。

一方、光断層画像撮像装置による眼科診断等においては、上記したように被検者の負担を軽くするため、撮像に要する時間を短くすることが強く望まれている。以上のように、従来例のものにおいては、OCTにより高解像度の断層像を撮像する際に、撮像時間の短縮

10

20

30

40

50

化をどのように図るか等について考慮されていない。

【 0 0 0 7 】

本発明は、上記課題に鑑み、大まかな撮像を行うための低解像度モードと、詳細な画像を得る高解像度モードを備え、特に高解像度モードにおける被検査物の撮像を高速化することが可能となる撮像装置及びその制御方法の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

本発明は、つぎのように構成した撮像装置及びその制御方法を提供するものである。

本発明の撮像装置の一つは、

測定光を照射した被検査物からの戻り光と、該測定光に対応する参照光とを合波した光に基づいて、前記被検査物の断層画像を取得する光断層撮像装置であって、

前記被検査物に対して前記測定光を走査する走査手段と、

前記測定光の光束径を変更する光束径変更手段と、

前記光束径変更手段により前記測定光の光束径を大きくした場合、前記被検査物の断層画像における複数の A スキャンの間隔が短くなるように前記走査手段を制御する制御手段と、

を有することを特徴とする。

また、本発明の撮像装置の制御方法の一つは、

測定光を照射した被検査物からの戻り光と、該測定光に対応する参照光とを合波した光に基づいて、前記被検査物の断層画像を取得する光断層撮像装置の制御方法であって、前記測定光の光束径を変更する光束径変更工程と、

前記光束径変更工程において前記測定光の光束径を大きくした場合、前記被検査物の断層画像における複数の A スキャンの間隔が短くなるよう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する制御工程と、

を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

本発明によれば、大まかな撮像を行うための低解像度モードと、詳細な画像を得る高解像度モードを備え、特に高解像度モードにおける被検査物の撮像を高速化することが可能となる撮像装置及びその制御方法を実現することができる。

これにより、眼科診断等において、被検者の負担が少ない網膜の撮像が可能となる撮像装置及びその制御方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図 1】本発明の実施例 1 と実施例 2 における光断層画像撮像装置の光学系の構成について説明する図であり、図 1 (a) は実施例 1、図 1 (b) は実施例 2 の構成を説明する図である。

【図 2】本発明の実施例 1 について説明する図である。図 2 (a) - (d) はゲート位置と焦点深度範囲との関係を説明する図であり、図 2 (e) - (h) は光束径変換手段を説明する図である。

【図 3】本発明の実施例 1 と実施例 2 におけるラインセンサの動作を説明する図である。図 3 (a)、(b) は実施例 1 の、また図 3 (c)、(d) は実施例 2 の、ラインセンサの動作を説明する図である。

【図 4】本発明の実施例 3 について説明する図である。図 4 (a) は光断層画像撮像装置の光学系の構成について説明する図であり、図 4 (b) - (e) はゾーンフォーカス時のゲート位置と焦点深度範囲との関係を説明する図である。

【図 5】本発明の実施例 4 と実施例 5 における光断層画像撮像装置の分光器について説明する図である。図 5 (a)、(b) は実施例 4 の、図 5 (c)、(d) は実施例 5 の分光器について説明する図である。

【図 6】本発明の実施例 4 と実施例 5 におけるラインセンサの動作を説明する図である。

図 6 (a)、(b) は実施例 4 の、また図 6 (c)、(d) は実施例 5 の、ラインセンサの動作を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

本発明を実施するための形態を、以下の実施例により説明する。

【実施例】

【 0 0 1 2 】

[実施例 1]

実施例 1 においては、図 1 (a) を用いて本発明を適用した、光断層画像撮像装置について説明する。

図 1 (a) において、100 は光断層画像撮像装置、101 は光源、103 はビームスプリッタ、105 は参照光、106 は測定光、142 は合波された光、107 は被検査物であるところの被検眼である。

108 は戻り光、110 はシングルモードファイバー、111, 120, 135 はレンズ、114 はミラーである。

115 は分散補償用ガラス、117 は電動ステージ、119 は X Y スキャナ、125 はパソコンである。

126 は角膜、127 は網膜、136 は光束径変更手段であるところの可変ビームエキスパンダー、150 は検出手段であるところの分光器、139 はラインカメラ、140 はフレームグラバー、141 は分光手段であるところの透過型グレーティングである。

【 0 0 1 3 】

本実施例の光断層画像撮像装置においては、フーリエドメイン方式の OCT 装置 (Fourier Domain OCT) が構成されている。

まず、図 1 (a) を用いて、本実施例における光断層画像撮像装置の光学系全体の概略構成について説明する。

本実施例の光断層画像撮像装置 100 は、図 1 (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。

図中、光源 101 から出射した光がビームスプリッタ 103 によって参照光 105 と測定光 106 とに分割される。測定光 106 は、可変ビームエキスパンダー 136 を通過して観察対象である被検眼 107 によって反射あるいは散乱された戻り光 108 となって戻される。

そして、ビームスプリッタ 103 によって、参照光 105 と合波される。参照光 105 と戻り光 108 とは合波された後、合波された光を検出する検出手段を構成する分光器 150 に導かれる。

分光器 150 は、分光手段を構成する透過型グレーティング 141、結像手段を構成するレンズ 135 - 2、ラインカメラ 139 を備える。

分光器 150 内の透過型グレーティング 141 によって波長毎に分光され、ラインカメラ 139 に入射される。

ラインカメラ 139 はラインカメラ 139 内の光電変換素子アレイであるところのラインセンサによって各位置 (波長) 毎に光強度を電圧に変換し、その信号を用いて、被検眼 107 の断層像が構成される。この断層像の構成方法については後述する。

【 0 0 1 4 】

つぎに、光源 101 の周辺について説明する。

光源 101 は代表的な低コヒーレント光源である SLD (Super Luminescent Diode) である。波長は 840 nm、バンド幅 50 nm である。

ここで、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、重要なパラメータである。

また、波長は眼を測定することを鑑みると、近赤外光が適する。さらに波長は、得られる断層像の横方向の分解能に影響するため、なるべく短波長であることが望ましく、ここでは 840 nm とする。被検査物によっては、他の波長を選んでも良い。

10

20

30

40

50

光源 1 0 1 から出射された光はシングルモードファイバー 1 1 0 を通して、レンズ 1 1 1 に導かれ、平行光として出射される。

【 0 0 1 5 】

つぎに、各モードとビーム径可変の対応関係について説明する。

可変ビームエキスパンダー 1 3 6 は光束径調整手段を構成しており、測定光 1 0 6 の光束径を変化させる役割がある。

光束径を 1 mm ~ 4 mm の間で変化させることができる。光束径調整手段としては可変ビームエキスパンダーに限定せず、径の異なる絞りを選択して測定光の光路に挿入することで変えることもできる。

ここで可変ビームエキスパンダーは、不図示の正と負のレンズの組み合わせで構成され、各々のレンズ間隔を変化させることで光束径を大きくしたり（図 2（g））、逆に小さくしたり（図 2（e））するものである。

この装置においては低解像度モード時の光束径を 1 mm とし、高解像度モード時の光束径を 4 mm とする。

ここで、低解像度モードでは図 2（e）に示す網膜 1 2 7 上のスポット径が大きい状態である。

このモードは網膜のなるべく広い範囲を粗く撮像することを目的としている。

高解像度モードは図 2（g）に示す網膜 1 2 7 上のスポット径が小さい状態である。このモードは網膜の注目したい部分を詳細に見るモードである。

【 0 0 1 6 】

一方、図 2 中の焦点深度（DOF）1 3 7 は式（2）を用いると、低解像度モードの際の光束径 1 mm の時（図 2（e））の焦点深度（DOF_lと記載する）はおよそ ± 1 mm（焦点深度範囲としては 2 mm）となる。

また、光束径 4 mm の時（図 2（g））の焦点深度（DOF_hと記載する）にはおよそ ± 0.05 mm（焦点深度範囲としては 0.1 mm）となる。

また、横分解能 R × y は各々式（1）を用いると光束径 1 mm の時（図 2（e））にはおよそ 20 μm、光束径 4 mm の時（図 2（g））にはおよそ 5 μm となり、高解像度モードでは横分解能の高い高精細な断層像が得られる。

$$R \times y = k_1 \cdot \quad / NA \cdots \text{式 (1)}$$

で表され、k₁は 0.5 程度の定数である。

一方、結像系の焦点深度（DOF）は、

$$DOF = \pm k_2 \cdot (\quad / NA^2) \cdots \text{式 (2)}$$

で表され、k₂は 0.6 程度の定数である。

ここで、DOF は焦点深度、R × y は横分解能、NA は平行な測定光を結像する眼における開口数、 λ は測定光の中心波長である。

NA は光束径と眼の焦点距離で求められ、眼の焦点距離を 22.5 mm とし、 $NA = d / (2 \cdot f)$ で（ただし d は光束径、f は測定時の眼の焦点距離）である。

光束径 1 mm の場合、NA_{d=1mm} が 0.022、光束径 4 mm の場合の NA_{d=4mm} = 0.088 を上記計算に用いた。

【 0 0 1 7 】

つぎに、参照光 1 0 5 の光路について説明する。

ビームスプリッタ 1 0 3 によって分割された参照光 1 0 5 はミラー 1 1 4 - 2 に入射されて方向を変え、レンズ 1 3 5 - 1 により参照ミラー 1 1 4 - 1 に集光され、反射されることで、再びビームスプリッタ 1 0 3 に向かう。

次に、参照光 1 0 5 はビームスプリッタ 1 0 3 を通過し、分光器 1 5 0 に導かれる。

ここで、１１５は分散補償用ガラスである。分散補償用ガラス１１５は被検眼１０７に測定光１０６が往復した時の分散、つまり被測定物である眼球、結像に用いられる光学系の分散を参照光１０５に対して補償するものである。

さらに、１１７－１は参照ミラーの位置を制御する制御手段を構成する電動ステージ（参照ミラー位置変更手段）である。これにより撮像開始から撮像終了までの間における参照光１０５の光路長を調整・制御することができる。

また、電動ステージ１１７－１はパソコン１２５により制御することができる。

【００１８】

次に、測定光１０６の光路について説明する。

ビームスプリッタ１０３によって分割された測定光１０６は、ＸＹスキャナ１１９のミラーに入射される。

ここでは、簡単のため、ＸＹスキャナ１１９は一つのミラーとして記したが、実際にはＸスキャン用ミラーとＹスキャン用ミラーとの２枚のミラーが近接して配置され、網膜１２７上を光軸に垂直な方向にラスタースキャンするものである。また、測定光１０６の中心はＸＹスキャナ１１９のミラーの回転中心と一致するように調整されている。

レンズ１２０－１、１２０－２は被検査物である網膜１２７を走査するための被検査物に測定光を集光させる集光手段を構成する光学系である。

これは、図１（ａ）に示すように、測定光１０６を角膜１２６の付近を支点として、網膜１２７をスキャンする役割がある。

ここでは、レンズ１２０－１、１２０－２の焦点距離はそれぞれ５０ｍｍ、５０ｍｍである。

また、１１７－２は集光手段の位置を制御する制御手段を構成する電動ステージ（集光位置変更手段）であり、付随するレンズ１２０－２の位置を、調整・制御することができる。

レンズ１２０－２の位置を調整することで、撮像開始から撮像終了までの間における被検査物である被検眼１０７の網膜１２７の所望の層に測定光１０６を集光し、観察することが可能になる。

また、被検眼１０７が屈折異常を有している場合にも対応できる。

測定光１０６は被検眼１０７に入射すると、網膜１２７からの反射や散乱により戻り光１０８となり、ビームスプリッタ１０３で反射され、ラインカメラ１３９に導かれる。

ここで、電動ステージ１１７－２もパソコン１２５により制御することができる。

【００１９】

つぎに、本実施例のＯＣＴ装置における測定系の構成について説明する。

網膜１２７にて反射や散乱された光である戻り光１０８は、ビームスプリッタ１０３で反射される。

ここで、参照光１０５と戻り光１０８とはビームスプリッタ１０３の後方で合波されるように調整される。

そして、合波された光１４２は透過型グレーティング１４１によって波長毎に分光され、レンズ１３５－２で集光され、ラインカメラ１３９にて光の強度が各位置（波長）毎に電圧に変換される。

具体的には、ラインカメラ１３９上には波長軸上のスペクトル領域の干渉縞が観察されることになる。

ここでは、ラインカメラ１３９内部の、光電変換素子アレイであるところのラインセンサ上にレンズ１３５－２で結像される５０ｎｍの分光された光が、おおそラインカメラで読み出すラインセンサの画素数に相当するように設計、調整されている。

ラインセンサは一列に並べられた光電変換素子が得た信号を時間的に順次読み出すように構成されている。

ただし、本実施例においてはラインセンサは２つのレジスタ部を設け、奇数番の画素は一方のレジスタ部、偶数番の画素はもう一方のレジスタ部に接続されている。

【００２０】

10

20

30

40

50

一方、50 nmの分光された光はラインカメラ139内部のセンサ1024画素分の幅に結像されている。

図1(b)にはラインセンサ139-1を模式的に示し、ラインセンサ139-1上に分光された光s(815 nm)からe(865 nm)までの光が結像される。

得られた電圧信号群はフレームグラバ140にてデジタル値に変換されて、パソコン125にてデータ処理を行い断層像を形成する。

ここでは、ラインカメラ139は前述のように1024画素を有し、合波された光142の波長毎の強度を得ることができる。

【0021】

つぎに、本装置を用いた断層像の取得方法について説明する。

10

図1(a)、図2(a)~(d)を用いて、網膜127の断層像(光軸に平行な面)の取得方法について説明する。

測定光106は角膜126を通して、網膜127に入射すると様々な位置における反射や散乱により戻り光108となりラインカメラ139に到達する。

ここでは、光源101のバンド幅が広く、空間コヒーレンス長が短いために、参照光路の光路長と測定光路の光路長とが略等しい場合に、ラインセンサ139-1(図3(a)、(b)参照)にて、干渉縞が検出できる。

上記したように、ラインセンサ139-1で取得されるのは波長軸上のスペクトル領域の干渉縞となる。

次に、波長軸上の情報である該干渉縞を、ラインセンサ139-1と透過型グレーティング141との特性を考慮して、光周波数軸の干渉縞に変換する。

20

さらに、変換された光周波数軸の干渉縞を逆フーリエ変換することで、深さ方向の情報が得られる。

さらに、XYスキャナ119のX軸を駆動しながら、該干渉縞を検知すれば、各X軸の位置毎に干渉縞が得られる。

つまり、各X軸の位置毎の深さ方向の情報を得ることができる。

深さ方向(XYZ座標のZ方向)に関するX方向のある位置の一次元データをAスキャンと呼ぶ。

撮像する全X位置のAスキャンを順次Xスキャナが回転する時系列に並べていくと結果として、XZ面での戻り光108の強度の2次元分布が得られ、図2(a)~(d)に示すような断層像が得られる。これをBスキャンと呼ぶ。

30

【0022】

上記の低解像度モードと高解像度モードでは被測定物でのスポット径が異なり、特に高解像度モードではその横分解能をBスキャンで活かすために各X軸上での位置を細かく得ることが必要で、分解能である5 μm程度の間隔でAスキャンを得て後Bスキャンを合成する。

また、低解像度モードではこれも分解能20 μm程度の間隔でAスキャンを得るようにする。

なお、断層像は上記説明したように、得られるBスキャンの強度をアレイ状に並べたものであり、例えば該強度をグレースケールに当てはめて、表示されるものである。ここでは得られた断層像の境界のみ強調して表示している。

40

【0023】

つぎに、ゲートからの測定距離と画素数、焦点深度との関係について説明する。

ここで、図2(a)~(d)において測定光側における参照ミラー114-1と同じ光路長の位置をゲート位置Gとし、Gから本装置で撮像できる光学距離を撮像光学距離Depとする。

ここで、撮像する部分の光学距離が長くなった場合に干渉縞は細かくなって行く。

細かくなった干渉縞を検知できる限界を考えると、撮像光学距離Depは分光される波長幅とラインセンサ139-1で受ける波長幅に対応する画素数で決定される。

50

$$Dep = N / (4 \cdot K) \cdots \text{式}(3)$$

ここで、 Dep は撮像光学距離、 K は測定に用いる光源の波長幅の波数表現、 N は合波された光が含む波長のバンド幅が結像される領域の画素数である。

K は λ_s を波長バンド幅の一番短い波長、 λ_e を波長バンド幅の一番長い波長とすると式(4)で求められ、本実施例の $\lambda_s = 815 \text{ nm}$ 、 $\lambda_e = 865 \text{ nm}$ を代入すると $7.1 \times 10^{-5} (1/\text{nm})$ となる。

$$K = |1/\lambda_s - 1/\lambda_e| \cdots \text{式}(4)$$

10

この K の値を式(3)に代入すると読み込み画素数1024画素の際は $Dep_{1024} = 3.6 \text{ mm}$ 、読み込み画素512画素の際は $Dep_{512} = 1.8 \text{ mm}$ となる。

【0024】

一方、図2(a) - (d)中のゲート位置 G と被測定物との関係はフーリエドメイン方式のOCT装置の場合にはゲート位置 G と被測定物の表面とを離すことが一般的である。ゲート位置 G が被測定物の内部に入った場合にフーリエ変換で得られる鏡像と実像が重なってしまう、という問題が基本的に存在するからである。

また、被測定物における焦点位置を調整し、焦点深度範囲に被測定物を最大入れるようにした場合に被測定物の深さ方向に関して最も広い範囲が良好に撮像できる。

【0025】

20

つぎに、各モードについてゲート位置と焦点深度範囲、撮像光学距離との関係について説明する。

まず、図2(a)、(b)を用いて、低解像度モードの場合について説明する。前述した通り光束径が1mmであり、焦点深度範囲は2mmである。

図1(a)で示すように、被測定物に対して電動ステージ117-1によって参照ミラー114-1を移動させる。

これによって調整されたゲート位置 G からZ方向に焦点深度範囲に入るように電動ステージ117-2によってレンズ120-2を移動させ焦点位置を調整したとする。

読み込み画素数を1024画素とすると撮像光学距離 $Dep_{1024} = 3.6 \text{ mm} > \text{焦点深度 } DOF_1 = 2 \text{ mm}$ となり、焦点深度内にある被測定物の情報がこのモードで撮像できる。

30

また、図2(b)のように、被測定物に凹凸があってゲート位置 G を被測定物表面から離す場合に、注目部分が焦点深度内に入るように調整する。

これにより、撮像光学距離 $Dep_{1024} = 3.5 \text{ mm}$ (焦点深度 + ゲート位置と被測定物表面との距離)の条件内で、鏡像の影響が無く撮像することができる。

【0026】

つぎに、図2(c)、(d)を用いて、高解像度モードの場合について説明する。

光束径が4mmであり、焦点深度は0.1mmである。ゲート位置 G と被測定物表面を概略一致させたうえで焦点位置を調整し被測定物表面から0.1mmの範囲を深度内に入れたとする。

高解像で得たい被測定物の構造が焦点深度近傍のみにある場合、つまりZ方向に深い側の情報を得なくてよい場合には、ラインセンサ全画素を読み込む必要は無い。

40

このような場合には、図3(b)のように、ラインセンサを一画素間引きして読み込む。

これにより読み込み時間を短くすることができる。

すなわち、Aスキャン一本の取得時間が短くなる。

ラインセンサの間引き読みを行い、画素数を間引いて読み込み画素数を512画素とすると、撮像距離 $Dep_{512} = 1.8 \text{ mm} > \text{焦点深度} = 0.1 \text{ mm}$ となり、焦点深度内にある被測定物の情報がこのモードで撮像できる。

また、上記低解像度モードと同様に、例えば被測定物に凹凸があってゲート位置 G を被測定物表面から離す場合も撮像光学距離 $Dep_{512} = 1.8 \text{ mm}$ (焦点深度 + ゲート位置と被測定物表面との距離)の条件内で鏡像の影響無く撮像ができる。

50

間引く場合のラインセンサ 139 - 1 の構成としては、前述したようにレジスタ部を 2 つ用意して並ぶ画素を交互に接続し、この間引く際に片側のレジスタ部（例えば奇数番の画素が接続されるレジスタ部）からのみ読み込むようにする、等の構成が挙げられる。

【0027】

この高解像度モードの場合には、A スキャン読み込み画素数を減らすことができるので、A スキャン高解像度モードで多くの A スキャンを得て合成する場合に被測定物の撮像時間を全 1024 画素読み出すことに対して短縮できる。

より高速な A スキャン取得のために読み込み画素数を 2 個間引く、あるいは 3 個間引いて、読み込むことも可能である。

その際には、光束径によって決まる焦点深度 DOF と注目したい部位の深さとの関係から求まる撮像光学距離 Dep を満たす画素数であればよい。

例えば、上記の例で言えば 4 mm の光束径で深度が 0.1 mm なのでゲート位置から 0.1 mm までの深さだけ撮像する場合、撮像光学距離 Dep が 3 個間引いて読み出すと読み出し画素数は 256 画素となる。

256 画素の場合には式 (3) から撮像光学距離 $Dep_{256} = 0.9 \text{ mm}$ であるため、ゲート位置と焦点深度範囲の調整によってはこの画素数でも十分に測定で可能であり、より A スキャン取得を高速とできる。

【0028】

以上述べたように本実施例の光断層画像撮像装置においては、低解像度モードと高解像度モードを備えた上で高解像モードの際には合焦範囲が小さくなるため、被検査物によっては撮像する深さ方向の範囲を狭くしてもよく、その場合に読み出し画素を少なくできる。

このように、A スキャン取得時間が短縮できるため、全画素読み出すことに対して高速化が可能となる。

また、B スキャンを構築する場合には基となる 1 本の A スキャンを構成する画素が少なくなつて処理演算が高速とできるため効果的である。

本実施例においては、光束径を限定するものではなく、例えば低解像度モードを 2 mm 径、高解像度モードを 6 mm 径などに変形することは容易である。

【0029】

[実施例 2]

つぎに、図 1 (b) を用いて実施例 2 におけるフーリエドメイン方式の光断層画像撮像装置について説明する。

本実施例においては、実施例 1 とは異なり、検出手段を複数備え、これら検出手段における分光器がそれぞれ異なった構成とされている。

その他の装置としての構成は、実施例 1 と同様であるから重複する部分の説明は省略する。

まず、本実施例における光断層画像撮像装置の光学系の全体の概略構成について説明する。

図 1 (b) において、200 は光断層画像撮像装置、201 は光源、203、252 はビームスプリッタ、205 は参照光、206 は測定光、243 は合波された光（干渉光）、207 は被検眼、208 は戻り光、210 はシングルモードファイバーである。

211、220、235、236 はレンズ、214 はミラーである。215 は分散補償用ガラス、217 は電動ステージ、219 は XY スキャナ、225 はパソコンである。

226 は角膜、227 は網膜、236 は光束径変更手段であるところの可変ビームエキスパンダー、250、251 は分光器、238、239 はラインカメラ、240 はフレームグラバ、241、242 は透過型グレーティングである。

【0030】

本実施例の OCT 装置 200 は、干渉光 243 が合波されるまでは実施例 1 と同様である。

干渉光 243 はビームスプリッタ 252 により分割され一部は分光器 250、もう一方は

10

20

30

40

50

分光器 251 に導かれる。各々の分光器の動作の概要は実施例 1 と同様である。

光源については実施例 1 と同様の物を用い、S L D の波長は 840 nm、バンド幅 50 nm である。

また、可変ビームエキスパンダー 236 は、測定光 206 の光束径を変化させる役割がある。

光束径を 1 mm ~ 4 mm の間で変化させることができる。

本実施例についても低解像度モードは光束径 1 mm、高解像度モードは光束径 4 mm とする。

したがって、各々の焦点深度 D O F、分解能の値も実施例 1 と同様である。

また、測定光、参照光の光路についても実施例 1 と同様である。

10

【0031】

つぎに、本実施例の O C T 装置における測定系の構成について説明する。

合波された光 243 はビームスプリッタ 252 によって分岐されて各分光器 250、251 に導かれる。

ここで、分光器 250 は低解像度モード用の分光器であり、分光器 251 は高解像度モードの分光器である。

各々の分光器 250、251 は透過型グレーティング 241、242 によって波長毎に分光され、レンズ 235 - 2、236 - 2 で集光され、ラインカメラ 238、239 にて光の強度が各位置（波長）毎に電圧に変換される。

この際に低解像度モードの際はラインカメラ 238 を、高解像度モードの際は 239 を各々駆動する。

20

具体的には、ラインカメラ 238、239 上には波長軸上のスペクトル領域の干渉縞が観察されることになる。

ラインカメラ 238、239 内部のラインセンサ上にここでレンズ 235 - 2、236 - 2 で結像される 50 nm の分光された光がおおよそラインカメラで読み出すラインセンサの画素数に相当するように設計、調整されている。

なお、各ラインセンサは実施例 1 とは異なり各々一つのレジスタ部のみが設けられている。

【0032】

具体的には 50 nm の分光された光のバンド幅は、分光器 250 ではラインカメラ 238 内部のセンサ 1024 画素分の幅に結像されている。

30

図 3 (c) にはラインセンサ 238 - 1 を模式的に示し、ラインセンサ 238 - 1 上に分光された光 λ_1 (815 nm) から λ_2 (865 nm) までの光が結像される。

また、50 nm の分光された光のバンド幅は分光器 251 ではラインカメラ 239 内部のセンサ 512 画素分の幅に結像されている。

図 3 (d) にはラインセンサ 239 - 1 を模式的に示し、ラインセンサ 239 - 1 上に分光された光 λ_1 (815 nm) から λ_2 (865 nm) までの光が結像される。

各分光器によってバンド幅とラインセンサ画素数との比を変更する手段としては、レンズの焦点距離、透過型グレーティングのピッチ、ラインセンサそのものの一画素の幅のいずれでも変更でき、その組み合わせでもよい。

40

フレームグラバ 240 は低解像度モードの際はラインカメラ 238 から、高解像度モードの際はラインカメラ 239 から得られた電圧信号群をデジタル値に変換して、パソコン 225 にてデータ処理を行い断層像を形成する。

ここでは、ラインカメラ 239 は合波された光 243 の波長毎の強度を得ることができる。

なお、断層像の取得方法は実施例 1 と同様のため説明を省略する。各モードの場合の撮像光学距離も実施例 1 と同様である。

ゲート距離と焦点深度との関係については、低解像度モードの際は動作が実施例 1 と同様のため説明を省略する。

【0033】

50

つぎに、本実施例における高解像度モードの場合について説明する。

基本的なゲート位置、焦点深度範囲の位置関係は実施例 1 と同様である。

光束径が 4 mm であり、焦点深度は 0.1 mm である。ゲート位置 G と被測定物表面を概略一致させたうえで焦点位置を調整し被測定物表面から 0.1 mm の範囲を深度内に入れたとする。

高解像度モードで選択する分光器 251 のラインセンサ 239-1 は 512 画素のため、撮像距離 $D_{ep_{512}} = 1.8 \text{ mm} > \text{焦点深度} = 0.1 \text{ mm}$ となり、焦点深度内にある被測定物の情報がこのモードで撮像できる。

また、上記低解像度モードと同様に、例えば被測定物に凹凸があつてゲート位置 G を被測定物表面から離す場合も撮像光学距離 $D_{ep_{512}} = 1.8 \text{ mm}$ (焦点深度 + ゲート位置と被測定物表面との距離) の条件内で鏡像の影響無く撮像ができる。

この高解像度モードの場合には、A スキャン読み込み画素数を減らすことができるので、A スキャン高解像度モードで沢山の A スキャンを得て合成する場合に被測定物の撮像時間を全画素読み出しに対して短縮できる。

【0034】

以上述べたように本実施例の光断層画像撮像装置においては、低解像度モードと高解像度モードを備えた上で、高解像度モードの場合に読み出し画素を少なくしたラインセンサを設けた分光器を選択可能にした。

この際に、センサの読み出し時間が減少することにより A スキャン取得時間が短縮できるため、高速化が可能となる。

本実施例においては、光束径を限定するものではなく、例えば低解像度モードを 2 mm 径、高解像度モードを 6 mm 径などに変形可能なことは実施例 1 と同様である。

【0035】

[実施例 3]

つぎに、図 4 を用いて、実施例 3 におけるフーリエドメイン方式の光断層画像撮像装置について説明する。

本実施例においては、実施例 1 に比較して高解像度モードにおいて段階的にピント位置を変えて各々の位置で得られた B スキャンの複数画像をつなぎ合わせるゾーンフォーカスの手法を採用したものである。

これにより、高解像度モードによる狭い焦点深度時の取得断層像を結果的により深い位置まで得る構成とすることが可能となる。

その他の装置としての構成は実施例 1 と同様のため重複する部分の説明は省略する。

【0036】

まず、本実施例における光断層画像撮像装置の光学系の全体の概略構成について説明する。

図 4 (a) において、300 は光断層画像撮像装置、301 は光源、303 はビームスプリッタ、305 は参照光、306 は測定光、342 は合波された光、307 は被検眼、308 は戻り光、310 はシングルモードファイバーである。

311、320、335 はレンズ、314 はミラー、315 は分散補償用ガラス、317 は電動ステージ、319 は XY スキャナ、325 はパソコンである。

326 は角膜、327 は網膜、336 は光束径変更手段であるところの可変ビームエキスパンダー、350 は分光器、339 はラインカメラ、340 はフレームグラバー、341 は透過型グレーティングである。

【0037】

本実施例の光断層画像撮像装置 300 は、低解像度モード時の動作は実施例 1 と同様である。

高解像度モードの撮像動時に、集光手段を構成するレンズ 320-2 の位置を制御する制御手段である電動ステージ 317-2 により、微小ステップ量移動させる。

そのレンズ 320-2 のステップ移動に伴い、参照ミラー 314-1 も参照ミラーの位置を制御する制御手段である電動ステージ 317-1 によって、微小ステップ移動させる。

その移動量については後述する。

光源については実施例 1 と同様の物を用い、S L D の波長は 8 4 0 n m、バンド幅 5 0 n m である。

【 0 0 3 8 】

また、可変ビームエキスパンダー 3 3 6 は、測定光 3 0 6 の光束径を変化させる役割がある。光束径を 1 m m ~ 4 m m の間で変化させることができる。

本実施例では低解像度モードは光束径 1 m m、高解像度モードは光束径 2 m m とする。

したがって、低解像度モードの焦点深度 D O F、分解能の値は実施例 1 と同様であり、高解像度モードの焦点深度は $N A_{d=2mm}$ は $N A = d / (2 \cdot f)$ より 0 . 0 4 4 となり、式 (2) よりおよそ $\pm 0 . 3$ m m (焦点深度範囲は 0 . 6 m m) となる。また分解能 $R \times y$ 10
 $d=2mm$ は約 1 0 μ m となる。

また、測定光、参照光の光路についても実施例 1 と同様である。

測定系の構成も実施例 1 と同様であり、高解像度モードの際にラインカメラ 3 3 9 のラインセンサ 3 3 9 - 1 で画素の間引き読みをする点も同様である。

したがって、ラインセンサのレジスタ部の構成も実施例 1 と同様である。

【 0 0 3 9 】

ここで、高解像度モードの際のゾーンフォーカス動作と撮像光学距離 $D e p_{512}$ との関係を図 4 (b) ~ (d) を用いて説明する。

この高解像度モードではゾーンフォーカスを 4 段階に分けて動作させて B スキャン画像を取り込み、後につなぎ合わせの画像合成を行うものである。 20

図 4 (b) ~ (d) はゾーンフォーカスの各段階のゲート位置 G と焦点深度範囲 D O F_h を示すものである。

図 4 (b) は第一段階のゾーンフォーカスの状態を示し、D O F_h は被測定物である網膜表面付近に位置させるようにレンズ 3 2 0 - 2 を調整しておく。

一方、ゲート位置 G は D O F_h よりも上方に位置させるようにミラー 3 1 4 - 1 を移動させ調整しておく。

この位置において通常の B スキャンの画像を取得してパソコン 3 2 5 内の不図示のメモリに蓄積しておく。

【 0 0 4 0 】

次のゾーンフォーカスの段階では、図 4 (c) に示すように焦点深度範囲 D O F_h とゲート位置 G を同時に移動させる。 30

この際電動ステージ 3 1 7 - 2 によるレンズ 3 2 0 - 2 の移動によって焦点深度範囲 D O F_h は D O F_h の長さ 0 . 6 m m よりも 0 . 1 m m 短い 0 . 5 m m だけ Z 方向に移動させる。

ゲート位置もそれに伴って電動ステージ 3 1 7 - 1 によって参照ミラー 3 1 4 - 1 を 0 . 5 m m 移動させている。この状態で B スキャンを取得する。

焦点深度範囲よりも移動距離が短いのは取得した画像のつなぎ合わせの際に重ねあわせる部分の画像を、焦点深度内にある高解像度な画像とすることでつなぎ合わせの精度向上を図るものである。

次のゾーンフォーカスの段階も同様に焦点深度範囲 D O F_h とゲート位置 G を 0 . 5 m m 40
づつ移動させて B スキャンを取得する。

この 4 つの B スキャンの画像から 4 段階の移動による焦点深度範囲の総計は 2 m m となる。

この 4 つの B スキャン画像をパソコン 3 2 5 上でゾーンフォーカスの移動距離に応じてつなぎ合わせて Z 方向に広範囲の画像が高い横分解能で得られることとなる。

【 0 0 4 1 】

ゲート位置 G を焦点深度範囲の調整とともに動かすことは、5 1 2 画素読み出しにおける撮像光学距離 $D e p_{512} = 1 . 8$ m m よりもゾーンフォーカスで得ようとする画像の Z 方向長さ 2 m m が大きいため必須となる。

また、フーリエドメイン O C T の特徴としてゲート位置から離れるほど得られる信号強度 50

が低くなることがある。

各ゾーンフォーカスの段階でのBスキャン取得時にゲート位置Gと焦点深度範囲との距離が同一であること、ゲート位置固定の条件よりも信号強度の点で有利である。

ここで、高解像度モードの際に画素数を減じて512画素としていることで、実施例1と同様に1024画素の読み出しに比較して読み出し速度が速いことに加え、処理速度が速い。

すなわち、ゾーンフォーカスで得たBスキャンをつなぎ合わせる処理の際にゾーンフォーカス一段分のBスキャン画像が小さいことから処理速度が速くなる。

【0042】

以上述べたように本実施例の光断層画像撮像装置においては、低解像度モードと高解像度モードを備えた上で、高解像度モードの際にゾーンフォーカスの手法を用いている。

そのため、ゾーンフォーカス時に読み出し画素を少なくすることができ、Aスキャン取得時間が短縮、ひいてはBスキャン画像取得時間の短縮が可能となる。

さらに、ゾーンフォーカスで得たBスキャンをつなぎ合わせる処理の際にゾーンフォーカス一段分のBスキャン画像が小さいため処理を速くすることができる。なお、本実施例においては、光束径を限定するものではなく、例えば低解像度モードを2mm径、高解像度モードを4mm径とすることなどが可能なことは実施例1と同様である。

【0043】

[実施例 4]

つぎに、図5(a)、(b)を用いて、実施例4におけるフーリエドメイン方式の光断層画像撮像装置について説明する。

本実施例においては、実施例3に比較して分光器の構成が異なり、光電変換素子アレイ画素当たりの波長幅を前記ズームレンズによって変更して該光電変換素子アレイに結像させるように構成されている。

そして、結像させた範囲の画素のデータにより、前記断層画像を形成するように構成されている。

その他の装置としての構成は、実施例3と同様のため重複する部分の説明を省略する。

図5において、450は分光器、441は透過型グレーティング、435-2、435-3はレンズであり、この2つのレンズの組み合わせでズームレンズを形成する。

439はラインカメラである。

【0044】

本実施例の光断層画像撮像装置は、低解像度モード時、高解像度モード時の動作は分光器部分を除いて同じである。

すなわち、高解像度モード時の焦点深度範囲の調整、ゲート位置の調整、段階的に焦点深度範囲位置を変えてBスキャンを取得するゾーンフォーカスの手順なども同じである。

光源については実施例1と同様の物を用い、SLDの波長は840nm、バンド幅50nmである。

低解像度モードは可変エキスパンダーによって光束径1mm、高解像度モードは光束径2mmとする。

したがって、各モードの焦点深度DOF、分解能の値は実施例3と同様である。また、測定光、参照光の光路についても実施例1と同様である。

【0045】

ここで、分光器周りの動作について図5(a)、(b)、および図6(a)、(b)を用いて説明する。

まず、低解像度モードにおける分光器の状態について説明する。

実施例1～3と同様に、合波された光は分光器450に導かれる。

ここで、低解像度モードの際には、図5(a)のようにレンズ435-2、435-3はズームレンズとして長焦点状態に調整されている。

透過型グレーティング441によって波長毎に分光された合波された光は、レンズ435-2、435-3で集光される。

10

20

30

40

50

そして、ラインカメラ 439 内部のラインセンサ 439-1 上に結像され、50nm のバンド幅の分光された光がラインセンサの画素数に相当するようにズームレンズとして各レンズ 435-2、435-3 は調整されている。

具体的には図 6 (a) に示すように 50nm の分光された光はラインカメラ 439 内部のセンサ 1024 画素分の幅に結像されている。

図 6 (a) にはラインセンサ 439-1 を模式的に示し、ラインセンサ 439-1 上に分光された光 λ_s (815nm) から λ_e (865nm) までの光が結像される。これは実施例 3 と同様な分光器の状態である。

【0046】

次に、高解像度モードにおける分光器の状態について説明する。

10

高解像度モードの際には図 5 (b) のようにレンズ 435-2、435-3 はズームレンズとして短焦点の状態に調整されている。

それにより、透過型グレーティング 441 によって波長毎に分光された光、つまり 50nm のバンド幅の光は図 6 (b) 上の 512 画素の幅に結像される。

読み出しの際は 1024 画素分のデータを読み出すが、各焦点深度位置における B スキャン画像を構築する際の FFT などの処理、各 B スキャンをつなぎ合わせる際には 512 画素分のデータを用いる。すなわち、光電変換素子アレイ上に結像される合波した光の像相当部分の画素のみのデータを用いる。

これによって、高解像度モード時の画像構築の際の時間を短くできると共に、実施例 3 に比較してラインセンサの間引き読みと比較して合波された光の光量を損失しないため、得られる画像のコントラストが高くなる。

20

【0047】

さらに、光電変換素子アレイを領域分割し、該分割された少なくとも一つの領域における画素のデータを、該領域分割された他の領域から独立して読み出し可能に構成してもよい。

具体的には、例えばラインセンサ 439-1 にあらかじめ中央部分の 512 画素に対して独立に読み出せるようにレジスタ部を設けることにより、高解像度モードにおいてラインセンサ 439-1 の中央部分における 512 画素のみを読み出せるようにしてもよい。

その際には、画像構築の高速化に加え、読み出す場合に 1024 画素分のデータを読み出す必要がないことから、ラインセンサの読み出し時間も短縮でき、より一層、撮像時間の短縮化を図ることができる。

30

【0048】

以上説明したように、本実施例においては、ゾーンフォーカスを用いた高解像度モードによる撮像において、光量損失が無いことで画像のコントラストが高く、撮像が短時間にできる。

本実施例において、ズームレンズによる結像範囲は 1024、512 画素に限定するものではなく、例えば 256 画素など自由に選択できるものである。

また、ラインセンサに対してレンズがズーム動作をすることで結像位置がずれてしまうことも考えられるが、その際はモードによってラインセンサとレンズの位置関係を自動、あるいは手動で調整する機構を備えてもよい。

40

【0049】

[実施例 5]

つぎに、図 5 (c)、(d) を用いて、実施例 5 におけるフーリエドメイン方式の光断層画像撮像装置について説明する。

本実施例においては、実施例 4 に対して分光器の構成が異なる。

その他の装置としての構成は実施例 4 と同様のため重複する部分の説明は省略する。

図 5 (c)、(d) において、550 は分光器、541 は透過型グレーティング、535-2、535-3 はレンズであり、この 2 つのレンズの組み合わせでズームレンズを形成する。

539 はラインカメラである。555 はラインカメラ 539 とレンズ 535-2、535

50

- 3 の位置を相対的に移動させるカメラ移動リニアアクチュエータである。

【 0 0 5 0 】

本実施例の光断層画像撮像装置は、低解像度モード時、高解像度モード時の動作は分光器部分を除いて実施例 3、4 と同じである。

すなわち、高解像度モード時の焦点深度範囲の調整、ゲート位置の調整、段階的に焦点深度範囲位置を変えて B スキャンを取得する手順も同様である。

光源については、実施例 1 と同様の物を用い、S L D の波長は 8 4 0 n m、バンド幅 5 0 n m である。

低解像度モードは可変エキスパンダーによって光束径 1 m m、高解像度モードは光束径 2 m m とする。よって各モードの焦点深度 D O F、スポット径の値は実施例 3、4 と同様である。

また、測定光、参照光の光路についても実施例 1 と同様である。

【 0 0 5 1 】

ここで分光器周りの動作について、図 5 (c)、(d)、および図 6 (c)、(d)、(e) を用いて説明する。

まず、低解像度モードにおける分光器の状態について説明する。

実施例 1 ~ 3 と同様に、合波された光は分光器 5 5 0 に導かれる。

ここで、低解像度モードの際には、図 5 (c) のようにレンズ 5 3 5 - 2、5 3 5 - 3 はズームレンズとして長焦点状態に調整されている。

さらに、カメラ移動リニアアクチュエータ 5 5 5 にてラインカメラ 5 3 9 内のラインセンサ中心とレンズ 5 3 5 - 2、5 3 5 - 3 からなるズームレンズの光軸がおおよそ一致するように位置されている。

透過型グレーティング 5 4 1 によって波長毎に分光された光は、レンズ 5 3 5 - 2、5 3 5 - 3 で集光される。

そして、ラインカメラ 5 3 9 内部のラインセンサ 5 3 9 - 1 上に結像される 5 0 n m のバンド幅の光がラインセンサの画素数に相当するようにズームレンズとして各レンズ 5 3 5 - 2、5 3 5 - 3 は調整されている。

具体的には、図 6 (c) に示すようにラインカメラ 5 3 9 内部のラインセンサ 1 0 2 4 画素分の幅に結像されている。

図 6 (c) にはラインセンサ 5 3 9 - 1 を模式的に示し、ラインセンサ 5 3 9 - 1 上に分光された光 (8 1 5 n m) から (8 6 5 n m) までの光が結像される。これは実施例 4 と同様な分光器の状態である。

【 0 0 5 2 】

次に、高解像度モードにおける分光器の状態について説明する。

高解像度モードの際には、図 5 (d) のようにレンズ 5 3 5 - 2、5 3 5 - 3 はズームレンズとして短焦点の状態に調整されている。

それと共に、さらにカメラ移動リニアアクチュエータ 5 5 5 にてラインカメラ 5 3 9 内のラインセンサの図 5 (d) 中下側にレンズ 5 3 5 - 2、5 3 5 - 3 からなるズームレンズの光軸がおおよそ一致するように位置されている。

具体的には、図 6 (d) に示すようにラインセンサ 5 3 9 - 1 の図中下側の 6 8 3 画素のおおよそ中央にズームレンズとしての光軸がおおよそ一致している。

それにより、透過型グレーティング 5 4 1 によって波長毎に分光された光、つまり 5 0 n m の範囲の光は図 6 (d) 上の 6 8 3 画素の幅に結像される。ここでラインセンサ 5 3 9 - 1 にあらかじめこの 6 8 3 画素と、この状態で結像範囲外の 3 4 1 画素に対して独立に読み出せるようにレジスタ部を設けている。

したがって、高解像度モードの図 6 (d) の状態においてラインセンサ 5 3 9 - 1 の必要な 6 8 3 画素のみを読み出す。

これらにより、ラインセンサの読み出し時間が短縮できるため、より撮像が短時間にできる。

さらに、高解像度モードにおいて、図 6 (e) のような結像状態にレンズ 5 3 5 - 2、5

10

20

30

40

50

35 - 3 と、ラインカメラ位置を調整してもよい。

その際には撮像光学距離は341画素分(式(3)より1.2mm)となるが、ゾーンフォーカスをより細かく行う場合などはこのようにしてもよく、その際にはラインセンサの読み出し時間がより短縮できる。

【0053】

以上に説明したように、本実施例においては、ゾーンフォーカスを用いた高解像度モードによる撮像において、光量損失が無く画像のコントラストが高く、撮像が短時間にできる。それと共に、エリアセンサを非対称に領域分割し、ズームレンズの結像位置を移動させることで撮像光学距離を多様に変えることができ、高解像度モードの際の撮像速度選択の自由度を上げることができる。

10

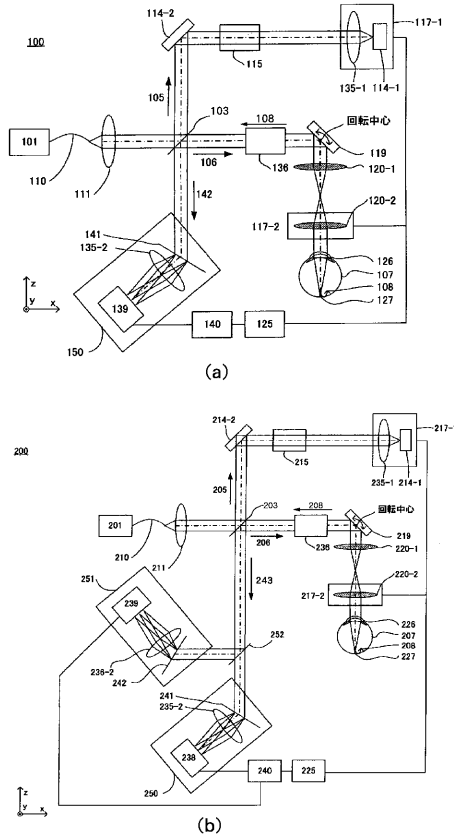
【符号の説明】

【0054】

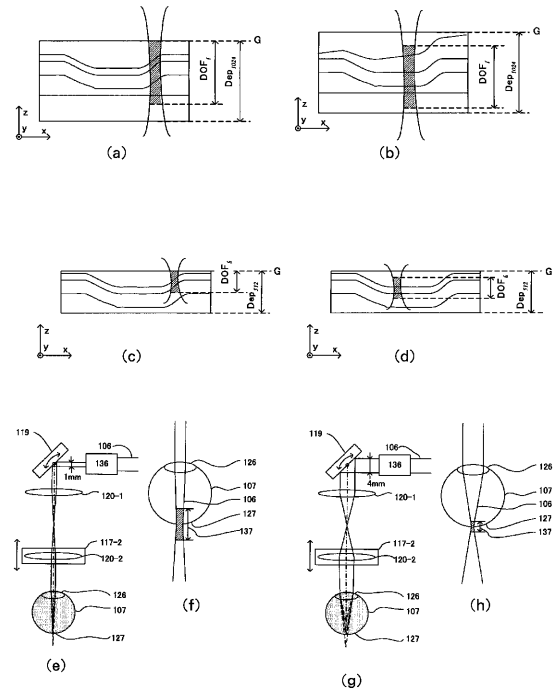
- 101、201：光源
- 103、203：ビームスプリッタ
- 105、205：参照光
- 106、206：測定光
- 107、207：被検眼
- 108、208：戻り光
- 117、217：電動ステージ
- 119、219：XYスキャナ
- 125、225：パソコン
- 136、236：可変ビームエキスパンダー（光束径変更手段）
- 139、238、239：ラインカメラ
- 139 - 1、238 - 1、239 - 1：ラインセンサ
- 140、240：フレームグラバー
- 141、241：透過型グレーティング
- 150、250、251：分光器

20

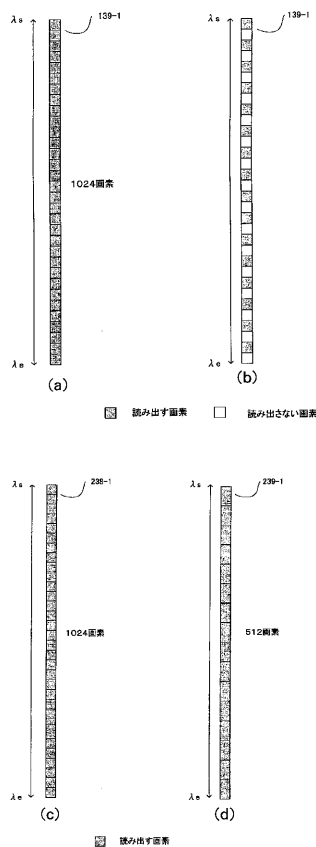
【図 1】



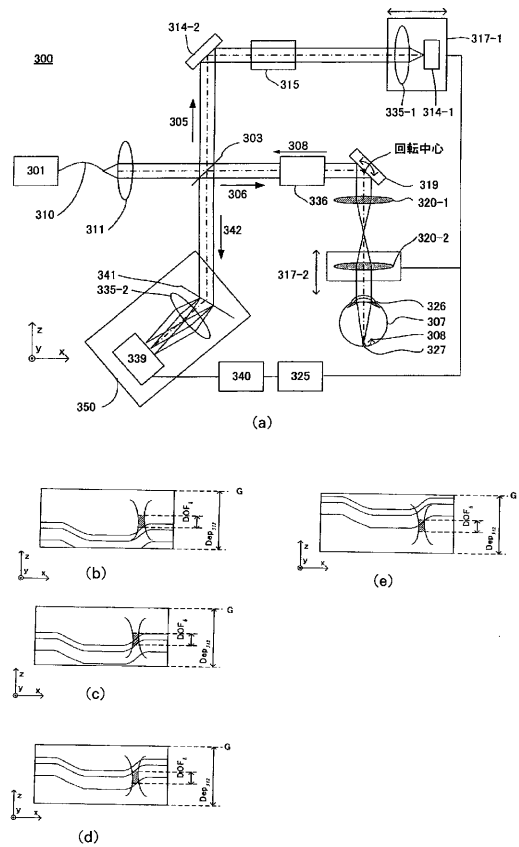
【図 2】



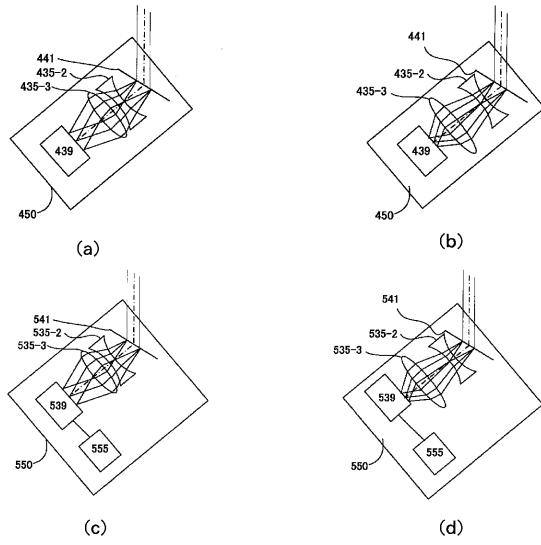
【図 3】



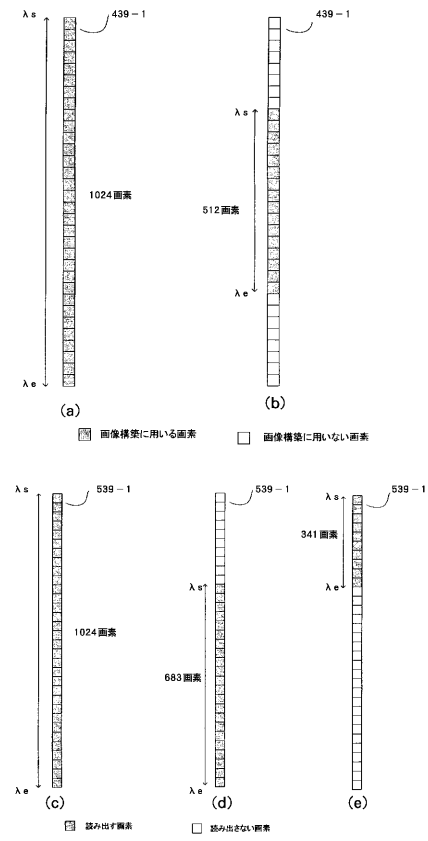
【図 4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(56)参考文献 特表2007-503969(JP,A)
特開2008-145268(JP,A)
特開2007-101250(JP,A)
特開2007-151631(JP,A)
特表2005-530128(JP,A)
特表2005-536312(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 3/00 - 3/18