

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6387281号
(P6387281)

(45) 発行日 平成30年9月5日(2018.9.5)

(24) 登録日 平成30年8月17日(2018.8.17)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 N 21/17 (2006.01) GO 1 N 21/17 6 2 5

請求項の数 4 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2014-208297 (P2014-208297)	(73) 特許権者	000236436
(22) 出願日	平成26年10月9日 (2014. 10. 9)		浜松ホトニクス株式会社
(65) 公開番号	特開2016-80365 (P2016-80365A)		静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1
(43) 公開日	平成28年5月16日 (2016. 5. 16)	(74) 代理人	100088155
審査請求日	平成29年5月31日 (2017. 5. 31)		弁理士 長谷川 芳樹
		(74) 代理人	100113435
			弁理士 黒木 義樹
		(74) 代理人	100140442
			弁理士 柴山 健一
		(72) 発明者	牧野 健二
			静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1
			浜松ホトニクス株式会社内
		(72) 発明者	稲垣 正人
			静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1
			浜松ホトニクス株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 OCT装置用光検出モジュール及びOCT装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

OCT装置において光ファイバの出射端面から出射された干渉光を検出する光検出モジュールであって、

前記出射端面から出射された前記干渉光が入射される入射面と、前記入射面に入射された前記干渉光が出射される出射面と、を有する光学レンズと、

前記出射面から出射された前記干渉光が入射される検出面を有する光検出器と、を備え、

前記入射面は、前記干渉光の入射位置における垂線に対して前記干渉光が傾斜して入射されるように配置され、

前記出射面は、前記干渉光の出射位置における垂線に対して前記干渉光が傾斜して出射されるように配置され、

前記検出面は、前記干渉光の入射位置における垂線に対して前記干渉光が傾斜して入射されるように配置され、

前記光学レンズは、ボールレンズであり、前記干渉光が前記ボールレンズの重心からずれた位置を通るように配置されている、OCT装置用光検出モジュール。

【請求項 2】

前記干渉光が通る開口が形成され、且つ前記光学レンズを覆うカバー部を更に備える、請求項 1 記載の OCT 装置用光検出モジュール。

【請求項 3】

前記光ファイバの位置を規定し、前記開口に対して前記出射端面を位置決めする位置決め部を更に備える、請求項 2 記載の OCT 装置用光検出モジュール。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 いずれか一項記載の OCT 装置用光検出モジュールを具備する、OCT 装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、OCT 装置用光検出モジュール及び OCT 装置に関する。

【背景技術】

10

【0002】

光の干渉を用いて対象物の深さ方向の反射量分布を測定することにより、対象物の断層画像を取得することができる OCT (Optical Coherence Tomography) 装置が知られている (例えば、特許文献 1 及び 2)。OCT 装置は、高い空間分解能で対象物の内部構造を画像化できることから、近年では眼球や歯などの生体診断に用いられている。

【0003】

特許文献 1 及び 2 に記載される OCT 装置では、光が測定光と参照光とに分離され、分離された測定光が測定対象に照射される。測定対象で反射された測定光は、参照光と合成されることにより干渉光を生じる。この干渉光を光検出器で検出し、検出結果を解析することにより、対象物の深さ方向の反射光の強度分布が一次元の断層画像として測定される。さらに、対象物における測定光の照射位置を走査することにより、二次元または三次元の断層画像を取得することができる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2001 - 264246 号公報

【特許文献 2】特開 2004 - 223269 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

30

特許文献 1 及び 2 に記載された OCT 装置では、測定光を導波するプローブにおいて、戻り光を抑制することによりノイズの除去を図っている。更に、特許文献 2 に記載された OCT 装置では、参照光のディレイラインにおいても戻り光を抑制している。

【0006】

しかしながら、このような従来の OCT 装置は、実際には存在しない像として断層画像の深さ方向の特定の位置に現れる固定パターンノイズ (Fixed Pattern Noise, FPN) を十分に低減することができなかった。

【0007】

本発明は、固定パターンノイズを十分に低減することが可能な OCT 装置用光検出モジュール及び OCT 装置を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明者らは、OCT 装置について調査研究を行った。その結果、本発明者らは、従来の OCT 装置で取得される断層画像において固定パターンノイズが現れる位置は、光検出モジュールで用いられる光学レンズにおける干渉光の光路長に対応するという事実を見出した。即ち、干渉光が光学レンズ内で多重反射されることにより、断層画像の深さ方向の特定の位置に固定パターンノイズが現れることが分かった。本発明者らは、自らが見出したこれらの事実に着目して、固定パターンノイズを十分に低減する光検出モジュールの構成について更に鋭意研究を行い、本発明を想到するに至った。

【0009】

50

本発明に係るOCT装置用光検出モジュールは、OCT装置において光ファイバの出射端面から出射された干渉光を検出する光検出モジュールであって、出射端面から出射された干渉光が入射される入射面と、入射面に入射された干渉光が出射される出射面と、を有する光学レンズと、出射面から出射された干渉光が入射される検出面を有する光検出器と、を備え、入射面は、干渉光の入射位置における垂線に対して干渉光が傾斜して入射されるように配置され、出射面は、干渉光の出射位置における垂線に対して干渉光が傾斜して出射されるように配置され、検出面は、干渉光の入射位置における垂線に対して干渉光が傾斜して入射されるように配置される。

【0010】

本発明では、光学レンズの入射面及び出射面、並びに光検出器の検出面は、干渉光の多重反射を防止するように配置されている。これにより、光ファイバの出射端面と光検出器の検出面との間の光路上で干渉光の多重反射が防止される。したがって、固定パターンノイズを十分に低減することが可能となる。

10

【0011】

干渉光が通る開口が形成され、且つ光学レンズを覆うカバー部を更に備えてもよい。この場合、干渉光以外の光が光検出器により検出され、断層画像にノイズとして現れるのを防ぐことができる。

【0012】

光ファイバの位置を規定し、開口に対して出射端面を位置決めする位置決め部を更に備えてもよい。この場合、光ファイバの位置が規定されるので、光学レンズ及び光検出器の位置を設定し易い。

20

【0013】

光学レンズは、ボールレンズであってもよい。また、光学レンズは、融着型レンズであってもよい。また、光学レンズは、互いに空間的に離間して配置されている複数のレンズであってもよい。

【0014】

光学レンズは、入射面及び出射面との間の光路上に屈折率の異なる複数の領域と、複数の領域間に干渉光が入射される界面と、を更に有し、界面は、干渉光の入射位置における垂線に対して干渉光が傾斜して入射されるように配置されてもよい。この場合、複数領域の間の界面で干渉光の多重反射が防止される。したがって、固定パターンノイズを十分に低減することが可能となる。

30

【0015】

本発明に係るOCT装置は、前述のいずれかのOCT装置用光検出モジュールを具備する。

【0016】

本発明では、前述したように、固定パターンノイズを十分に低減することが可能となる。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、固定パターンノイズを十分に低減することが可能なOCT装置用光検出モジュール及びOCT装置を提供することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本実施形態に係るOCT装置の構成図である。

【図2】図1のOCT装置用光検出モジュールの構成を示す断面図である。

【図3】図2のCANデバイスの構成を説明する図である。

【図4】図2のOCT装置用光検出モジュールの部分断面図である。

【図5】(a)は実施例に係るOCT装置により測定した反射光の強度分布を示すグラフであり、(b)は比較例に係るOCT装置により測定した反射光の強度分布を示すグラフである。

50

【図6】変形例に係るOCT装置用光検出モジュールの部分断面図である。

【図7】他の変形例に係るOCT装置用光検出モジュールの部分断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態について詳細に説明する。なお、説明において、同一要素又は同一機能を有する要素には、同一符号を用いることとし、重複する説明は省略する。

【0020】

まず、図1を参照して、OCT装置100の構成について説明する。図1は、本実施形態に係るOCT装置の構成図である。

10

【0021】

OCT装置100は、例えば、SS-OCT (Swept-source OCT) 方式により対象物OBの断層画像を得る構成を有している。SS-OCT方式では、光源101から出射される低干渉性光の波長を時間的に変化させながら干渉光スペクトルを検出し、当該干渉光スペクトルのフーリエ変換の結果に基づいてサンプルとしての対象物OBの断層画像を得る。OCT装置100は、光源101と、干渉部102と、検出部103と、演算部104と、モニタ105と、ファンクションジェネレータ106と、を具備している。

【0022】

光源101は、波長掃引光源である。光源101は、例えばKTN結晶により構成される。KTN結晶とは、カリウム(K)、タンタル(Ta)、ニオブ(Nb)及び酸素からなる透明な光学結晶である。光源101は、周波数が一定の範囲で変化するレーザ光L0を出射する。光源101から出射されたレーザ光L0は、干渉部102に設置されているカプラ111に入射される。カプラ111は、入射されたレーザ光L0を、測定光LSと参照光LRとに分岐する。カプラ111は、例えば分岐比90:10でレーザ光L0を測定光LSと参照光LRとに分岐する。

20

【0023】

参照光LRは、サーキュレータ112を通過してコリメートレンズ113に入射される。コリメートレンズ113は、参照光LRを平行光にする。コリメートレンズ113により平行光とされて出射された参照光LRは、参照ミラー114に照射される。参照ミラー114により反射された参照光LRは、コリメートレンズ113及びサーキュレータ112を介して偏波コントローラ115に入射される。偏波コントローラ115は、通過する参照光LRの偏波を調整する。偏波コントローラ115から出射された参照光LRは、カプラ116に入射される。

30

【0024】

測定光LSは、サーキュレータ117を通過して、偏波コントローラ118に入射される。偏波コントローラ118は、通過する測定光LSの偏波を調整する。偏波コントローラ118から出射された測定光LSは、コリメートレンズ119に入射される。コリメートレンズ119は、測定光LSを平行光にする。コリメートレンズ119から出射された測定光LSは、ガルバノミラー120に入射される。ガルバノミラー120は、2つの反射ミラーを有し、これにより測定光LSの光路を制御する。

40

【0025】

ガルバノミラー120により反射された測定光LSは、フォーカシングレンズ121によって集光される。フォーカシングレンズ121によって集光された測定光LSは、対象物OBに照射される。対象物OBにより反射された測定光LSは、フォーカシングレンズ121、ガルバノミラー120、コリメートレンズ119、偏波コントローラ118、サーキュレータ117、及び偏波コントローラ122を介してカプラ116に入射される。

【0026】

カプラ116は、参照光LRと測定光LSとを合波して干渉させる。この干渉によって生じる干渉光LCは、分岐比50:50で2つに分岐されて、検出部103に設置された2つのOCT装置用光検出モジュール1(以下、単に「光検出モジュール1」とも記す。

50

)にそれぞれ入射される。2つの光検出モジュール1は、干渉光LCの干渉信号を検出するバランス検出器123を構成している。光検出モジュール1の詳細は後述する。バランス検出器123は、干渉信号としての電流信号をI/Vアンプ124に出力する。

【0027】

I/Vアンプ124は、バランス検出器123から入力した電流信号を電圧信号に変換増幅し、電圧信号をアンプ125に出力する。アンプ125は、I/Vアンプ124から入力した電圧信号を演算部104への入力に適した振幅レベルまで等化増幅し、干渉信号SCとして演算部104に出力する。

【0028】

演算部104は、例えばパーソナルコンピュータである。演算部104は、干渉光スペクトルをフーリエ変換する。演算部104は、フーリエ変換の結果に基づいて、対象物OB中の複数の特定深さ位置からの反射光の強度分布を構築する。演算部104は、その構築された反射光の強度分布に基づいて、断層画像を構築する。この断層画像は、モニタ105に映し出される。

【0029】

ファンクションジェネレータ106は、光源101の掃引周波数に同期したAスキャントリガ信号TAを光源101から入力する。Aスキャントリガ信号TAは、深さ方向の1次元情報を取得(Aスキャン)するための同期信号(ラスタートリガ)として用いられる。ファンクションジェネレータ106は、入力したAスキャントリガ信号TAをBスキャントリガ信号TB及びBスキャントリガ信号TBに基づく駆動信号D1, D2に変換する。ファンクションジェネレータ106は、Bスキャントリガ信号TBを演算部104に出力し、駆動信号D1, D2をガルバノミラー120に出力する。

【0030】

ガルバノミラー120は、駆動信号D1, D2に基づき、2つの反射ミラーを駆動し、対象物OBに対して設定された測定範囲内を測定光LSによって2次元走査(Bスキャン)する。演算部104は、断層画像をBスキャントリガ信号TBに基づいて並べることにより、2次元及び3次元の断層画像を構築する。

【0031】

続いて、図2及び図3を参照して、OCT装置用光検出モジュール1の構成について詳細に説明する。図2は、図1のOCT装置用光検出モジュールの構成を示す断面図である。

図3は、図2のCANデバイスの構成を説明する図である。図3(a)は、CANデバイスの側面図、図3(b)は、図3(a)のIIIb-IIIb線に沿った断面図、図3(c)は、CANデバイスの底面図である。

【0032】

光検出モジュール1は、OCT装置100(図1参照)において、検出部103(図1参照)に設置され、干渉部102(図1参照)から光ファイバFにより導波され出射端面FSから出射された干渉光LCを検出する。光検出モジュール1は、ハウジング2と、ハウジング2内に収容されたレセプタクル3と、レセプタクル3に挿入されたCANデバイス5と、レセプタクル3の一部を構成する第1挿入部(位置決め部)31及び第2挿入部(カバー部)32と、CANデバイス5に設けられたボールレンズ(光学レンズ)7A及びフォトダイオード(光検出器)8と、を備えている。

【0033】

ハウジング2は、両端が開口された円筒部2aを有し、円筒部2aの内部にレセプタクル3を収容する。レセプタクル3は、所定方向Aの一方側にフェルール4が挿入される第1挿入部31を有し、他方側にCANデバイス5が挿入される第2挿入部32と、を有している。第1挿入部31は、一方側の端面が開口された円筒状であり、外径がハウジング2の内径よりも小さい。第2挿入部32は、他方側の端面が開口された円筒状であり、外径がハウジング2の内径に等しい。第1挿入部31と、第2挿入部32とは、底部が一体化された形状を有している。当該底部の中央には、干渉光LCが通る開口33が形成され

10

20

30

40

50

ている。

【0034】

第2挿入部32の外表面は、ハウジング2の内面に例えば接着剤B1により固着されている。これにより、レセプタクル3は、ハウジング2内に固定されて收容されている。第2挿入部32の内面には、例えば接着剤B2及び接着剤B3により、CANデバイス5が光路に対し最適位置に調芯された後、固着されている。接着剤B2は、例えばUV硬化性樹脂であり、CANデバイス5を第2挿入部32の内面に仮止めする。接着剤B3は、熱硬化性樹脂であり、接着剤B2により仮固定したCANデバイス5を第2挿入部32の内面に対して本固定する。なお、ここでは、調芯後のCANデバイス5が、接着剤により固定される場合について説明したが、接着剤を用いずにYAGレーザを照射して溶接することにより固定されても構わない。

10

【0035】

第1挿入部31は、スリーブ34及びフェルール4を介して、フェルール4の内部に挿入される光ファイバFの位置を規定し、開口33に対して出射端面FSを位置決めする位置決め部として機能する。第2挿入部32は、干渉光LCが通る開口33が形成され、且つボールレンズ7Aを覆うカバー部として機能する。ハウジング2、第1挿入部31、第2挿入部32、CANデバイス5及びフェルール4の中心軸Cは、互いに一致している。

【0036】

CANデバイス5は、いわゆるTO-CANデバイスの構成を有している。CANデバイス5は、ベース51上に設けられたサブマウント53と、ベース51を貫通するリードピン54~56と、ベース51及びサブマウント53を覆うように設けられたレンズキャップ57と、を有している。レンズキャップ57は、ボールレンズ7Aを開口33に対して位置決めした状態で保持する。ボールレンズ7Aは、重心Oが中心軸Cから所定距離ずれるように配置されている。

20

【0037】

サブマウント53上には、フォトダイオード8が設けられている。フォトダイオード8は、サブマウント53上において、中心軸Cから所定距離ずれた位置に配置されている。リードピン54は、フォトダイオード8のカソード端子にワイヤーボンディングされている。リードピン55は、フォトダイオード8のアノード端子にワイヤーボンディングされている。リードピン56は、GNDに接続されている。

30

【0038】

図4は、図2のOCT装置用光検出モジュールの部分断面図である。ここでは、特に光ファイバF、ボールレンズ7A、フォトダイオード8及びその周辺の構成を拡大して示し、その他の構成を適宜省略して示す。

【0039】

図4に示されるように、ボールレンズ7Aは、出射端面FSから出射された干渉光LCが入射される入射面71と、入射面71に入射された干渉光LCが出射される出射面72と、を有している。ボールレンズ7Aは、外面が1つの曲面73からなる球体である。したがって、ボールレンズ7Aでは、入射面71及び出射面72は、いずれも曲面73に等しい。ボールレンズ7Aは、出射面72から出射される干渉光LCを集束させる。ボールレンズ7Aは、例えばガラス等で構成され、全領域において屈折率が同一である。曲面73は、反射を防止するためにARコートが施されている。

40

【0040】

フォトダイオード8は、ボールレンズ7Aの出射面72から出射される集束後の干渉光LCが入射される検出面(受光面)81を有する。検出面81は、例えば平面である。なお、検出面81は曲面であってもよいし、ベース51(図2参照)に対し傾いていてもよい。検出面81は、反射を防止するためにARコートが施されている。

【0041】

光検出モジュール1では、干渉光LCは、光ファイバFにより導波され、光ファイバFの出射端面FSから出射される。出射端面FSは、干渉光LCの反射による戻り光を抑制

50

するため、斜めに研磨されている。戻り光とは、出射端面 F S から干渉部 102 (図 1 参照) 側に向かう反射光である。出射端面 F S の傾斜角度は、例えば 8 ° とされる。

【 0042 】

出射端面 F S から出射された干渉光 LC は、開口 33 (図 2 参照) を通って、ボールレンズ 7 A の入射面 7 1 に入射される。このとき、入射面 7 1 において、干渉光 LC は、干渉光 LC の入射位置 7 4 における垂線 7 5 に対して傾斜して入射される。このため、入射面 7 1 による反射光 L 1 は光ファイバ F の出射端面 F S とは異なる方向に向かう。したがって、出射端面 F S と入射面 7 1 との間における干渉光 LC の多重反射を抑制することができる。

【 0043 】

入射面 7 1 に入射された干渉光 LC は、ボールレンズ 7 A の内部において、重心 O を通らず、重心 O からずれた位置を通って、出射面 7 2 から出射される。このとき、出射面 7 2 において、干渉光 LC は、干渉光 LC の出射位置 7 6 における垂線 7 7 に対して傾斜して出射される。このため、出射面 7 2 による反射光 L 2 は入射面 7 1 の入射位置 7 4 とは異なる方向に向かう。したがって、入射面 7 1 の入射位置 7 4 と出射面 7 2 の出射位置 7 6 との間における干渉光 LC の多重反射を抑制することができる。

【 0044 】

出射面 7 2 から出射された干渉光 LC は、フォトダイオード 8 の検出面 8 1 に入射される。このとき、検出面 8 1 において、干渉光 LC は、干渉光 LC の入射位置 8 2 における垂線 8 3 に対して傾斜して入射される。このため、検出面 8 1 による反射光 L 3 は出射面 7 2 の出射位置 7 6 とは異なる方向に向かう。したがって、出射面 7 2 の出射位置 7 6 と検出面 8 1 の入射位置 8 2 との間における干渉光 LC の多重反射を抑制することができる。なお、この例では、検出面 8 1 は平面であるため、検出面 8 1 は、干渉光 LC が斜めに入射されるように配置されているといえる。

【 0045 】

以上説明したように、本実施形態に係る光検出モジュール 1 では、ボールレンズ 7 A の入射面 7 1 は、干渉光 LC の入射位置 7 4 における垂線 7 5 に対して干渉光 LC が傾斜して入射されるように配置されている。出射面 7 2 は、干渉光 LC の出射位置 7 6 における垂線 7 7 に対して干渉光 LC が傾斜して出射されるように配置されている。フォトダイオード 8 の検出面 8 1 は、干渉光 LC の入射位置 8 2 における垂線 8 3 に対して干渉光 LC が傾斜して入射されるように配置されている。

【 0046 】

このような配置とすることで、光検出モジュール 1 では、ボールレンズ 7 A の入射面 7 1 及び出射面 7 2、並びにフォトダイオード 8 の検出面 8 1 において生じる反射光 L 1 ~ L 3 の光路が、それぞれ干渉光 LC の光路と重ならない。すなわち、反射光 L 1 ~ L 3 は、それぞれ干渉光 LC と同一光路上に戻らない。このため、光学素子表面での反射光が同一光路上へ反射し、更に別の光学素子表面で再反射し同一光路上に戻ってくるいわゆる多重反射が生じない。これにより、光ファイバ F の出射端面 F S とフォトダイオード 8 の検出面 8 1 との間の光路上で干渉光 LC の多重反射が防止される。したがって、多重反射により生じる固定パターンノイズを十分に低減することが可能となる。

【 0047 】

なお、入射面 7 1 において、干渉光 LC が干渉光 LC の入射位置 7 4 における垂線 7 5 に対して傾斜して入射されると、干渉光 LC が干渉光 LC の入射位置 7 4 における垂線 7 5 に対して傾斜してボールレンズ 7 A の内部に向けて出射される。したがって、入射面 7 1 が、干渉光 LC の入射位置 7 4 における垂線 7 5 に対して干渉光 LC が傾斜して入射されるように配置されていることと、入射面 7 1 が、干渉光 LC の入射位置 7 4 における垂線 7 5 に対して干渉光 LC が傾斜して出射されるように配置されていることとは、同義である。同様に、出射面 7 2 が、干渉光 LC の出射位置 7 6 における垂線 7 7 に対して傾斜して出射されるように配置されていることと、出射面 7 2 が、干渉光 LC の出射位置 7 6 における垂線 7 7 に対して傾斜して入射されるように配置されていることとは、同義であ

10

20

30

40

50

る。

【0048】

また、光検出モジュール1は、第2挿入部32を備えている。第2挿入部32は、干渉光LCが通る開口33が形成され、且つボールレンズ7Aを覆うカバー部として機能する。これにより、干渉光LC以外の光がボールレンズ7Aに入射された後、フォトダイオード8により検出され、断層画像に固定パターンノイズとして現れるのを抑制することができる。これにより、固定パターンノイズを十分に低減することが可能となる。

【0049】

また、光検出モジュール1は、第1挿入部31を備えている。第1挿入部31は、光ファイバFの位置を規定し、開口33に対して出射端面FSを位置決めする位置決め部として機能する。これにより、光ファイバFの位置が規定されるので、ボールレンズ7A及びフォトダイオード8の位置を設定し易い。

10

【0050】

OCT装置100は、OCT装置用光検出モジュール1を具備するので、上述のように固定パターンノイズを十分に低減することが可能となる。

【0051】

ここで、本実施形態によれば、固定パターンノイズを十分に低減することが可能であることを、実施例と比較例とによって、具体的に示す。

【0052】

図5(a)は、実施例に係るOCT装置により測定した反射光の強度分布を示すグラフであり、図5(b)は、比較例に係るOCT装置により測定した反射光の強度分布を示すグラフである。

20

【0053】

実施例では、上述した本実施形態に係るOCT装置100に対応するOCT装置を用いた。また、比較例では、従来技術に係るOCT装置を用いた。従来技術に係るOCT装置では、ボールレンズは、重心が光検出モジュールの中心軸上に位置するように配置され、フォトダイオードは、サブマウント上において、当該中心軸上に配置されている。

【0054】

ここでは、対象物を空気とし、波長が $1 \sim 1.1 \mu\text{m}$ の範囲で変化するレーザー光を用いて測定を行った。グラフの横軸は、対象物の深さ方向の位置に対応する画素を示し、縦軸は、反射光の強度を示している。上述のように、対象物を空気とするため、対象物による反射光はほとんど生じない。よって、縦軸は、実質的には固定パターンノイズの強度を示している。

30

【0055】

図5(a)に示されるように、実施例に係るOCT装置では、固定パターンノイズが十分に低減された。一方、図5(b)に示されるように、比較例に係るOCT装置では、固定パターンノイズが深さ方向の特定の位置に現れた。実施例に係るOCT装置の光検出モジュールでは、光ファイバの出射面の出射位置とフォトダイオードの検出面の入射位置との間において干渉光の多重反射が防止される構成であるのに対し、比較例に係るOCT装置の光検出モジュールでは、この間において多重反射を生じ易い構成であるため、このような差異が生じた。

40

【0056】

以上、本発明の実施形態について説明してきたが、本発明は必ずしも上述した実施形態に限定されず、その要旨を逸脱しない範囲で様々な変更が可能である。

【0057】

図6は、変形例に係るOCT装置用光検出モジュールの部分断面図である。図6に示されるように、光検出モジュール1は、ボールレンズ7A(図2参照)の代わりに融着型レンズ(光学レンズ)7Bを備えていてもよい。ここでは、特に光ファイバF、融着型レンズ7B、フォトダイオード8及びその周辺の構成を拡大して示し、その他の構成を適宜省略して示す。

50

【0058】

融着型レンズ7Bは、入射面71及び出射面72がそれぞれ凸形状とされた光学レンズである。例えばガラスを溶融し、溶融した状態のガラスの表面張力を利用することで、このような凸形状とすることができる。

【0059】

この場合、融着型レンズ7Bの入射面71において、干渉光LCは、干渉光LCの入射位置74における垂線75に対して傾斜して入射される。このため、入射面71による反射光L1は光ファイバFの出射端面FSとは異なる方向に向かう。したがって、出射端面FSと入射面71との間における干渉光LCの多重反射を抑制することができる。

【0060】

また、融着型レンズ7Bの出射面72において、干渉光LCは、干渉光LCの出射位置76における垂線77に対して傾斜して出射される。このため、出射面72による反射光L2は入射面71の入射位置74とは異なる方向に向かう。したがって、入射面71の入射位置74と出射面72の出射位置76との間における干渉光LCの多重反射を抑制することができる。

【0061】

このように、融着型レンズ7Bを用いた場合においても、光ファイバFの出射端面FSとフォトダイオード8の検出面81との間の光路上で干渉光LCが多重反射することが防がれる。したがって、多重反射により生じる固定パターンノイズを十分に低減することが可能となる。

【0062】

融着型レンズ7Bでは、上述のようにガラスを溶融することで、レンズ曲面を形成することができるので、製造を容易化することができる。

【0063】

図7は、他の変形例に係るOCT装置用光検出モジュールの部分断面図である。図7に示されるように、光検出モジュール1は、ボールレンズ7A(図2参照)の代わりに、分割レンズ(光学レンズ)7Cを備えていてもよい。分割レンズ7Cは、互いに空間的に離間して配置されている2つの半球レンズ78, 79により構成される。ここでは、特に光ファイバF、半球レンズ78, 79、フォトダイオード8及びその周辺の構成を拡大して示し、その他の構成を適宜省略して示す。

【0064】

半球レンズ78, 79は、それぞれ曲面73A, 73B及び平面94, 95を有している。半球レンズ78, 79は、互いの平面94, 95が平行をなし、且つ所定の間隔をあけて対向する状態で配置されている。半球レンズ78は、光ファイバFの出射端面FS側に配置されている。半球レンズ79は、フォトダイオード8側に配置されている。半球レンズ78の曲面73Aは、光ファイバFの出射端面FSに対向している。半球レンズ79の曲面73Bは、フォトダイオード8に対向している。

【0065】

この変形例では、分割レンズ7Cは、半球レンズ78に対応する第1領域91、半球レンズ79に対応する第2領域92、及び半球レンズ78と半球レンズ79と間の第3領域93を有している。ここでは、第3領域93は空気であり、屈折率が第1領域91、第2領域92とは異なる。平面94は、第1領域91と第3領域93との間の界面に対応し、平面95は、第2領域92と第3領域93との間の界面に対応する。曲面73Aは、入射面71に対応し、曲面73Bは、出射面72に対応する。

【0066】

光ファイバFの出射端面FSから出射された干渉光LCは、入射面71に入射される。このとき、入射面71において、干渉光LCは、干渉光LCの入射位置74における垂線75に対して傾斜して入射される。このため、入射面71による反射光L1は光ファイバFの出射端面FSとは異なる方向に向かう。したがって、出射端面FSと入射面71との間における干渉光LCの多重反射を抑制することができる。

10

20

30

40

50

【0067】

入射面71に入射された干渉光LCは、半球レンズ78の内部を通過して、平面94から出射される。このとき、平面94において、干渉光LCは、干渉光LCの出射位置96における垂線97に対して傾斜して入射される。このため、平面94による反射光L4は入射面71の入射位置74とは異なる方向に向かう。したがって、入射面71の入射位置74と平面94の出射位置96との間における干渉光LCの多重反射を抑制することができる。

【0068】

平面94から出射された干渉光LCは、空気中を通過して、平面95に入射される。このとき、平面95において、干渉光LCは、干渉光LCの入射位置98における垂線99 10
に対して傾斜して入射される。このため、平面95による反射光L5は平面94の出射位置96とは異なる方向に向かう。したがって、平面94の出射位置96と平面95の入射位置98との間における干渉光LCの多重反射を抑制することができる。

【0069】

平面95に入射された干渉光LCは、半球レンズ79の内部を通過して、出射面72から出射される。出射面72において、干渉光LCは、干渉光LCの出射位置76における垂線77に対して傾斜して出射される。このため、出射面72による反射光L2は平面95の入射位置98とは異なる方向に向かう。したがって、平面95の入射位置98と出射面72の出射位置76との間における干渉光LCの多重反射を抑制することができる。

【0070】

20
このように、分割レンズ7Cとして、半球レンズ78, 79を用いた場合においても、光ファイバFの出射端面FSとフォトダイオード8の検出面81との間の光路上で干渉光LCの多重反射を防止することができる。したがって、多重反射により生じる固定パターンノイズを十分に低減することが可能となる。なお、分割レンズ7Cとして、半球レンズ78, 79の代わりに、互いに空間的に離間して配置されている複数のレンズを用いてもよい。

【0071】

また例えば、融着型レンズ7B, 分割レンズ7C以外の光学レンズをボールレンズ7Aの代わりに用いてもよい。この場合も、入射面71、出射面72、及びフォトダイオード8の検出面81が、上述したように干渉光LCの多重反射を防止するように配置されてい 30
ればよい。

【0072】

ボールレンズ7Aは、全領域において屈折率が同一であるとして説明したが、これに限られない。ボールレンズ7Aは、例えば複数の材料から構成され、入射面71及び出射面72との間の干渉光LCの光路上に屈折率の異なる複数の領域と、複数の領域間に干渉光が入射される界面と、を更に有していてもよい。この場合も、界面が、干渉光LCの入射位置における垂線に対して干渉光LCが傾斜して入射されるように配置されていれば、干渉光LCの多重反射を防止し、固定パターンノイズを低減することができる。

【0073】

40
入射面71は、干渉光LCの光束に含まれる全ての光に対して多重反射を抑制する配置とされている場合について説明したが、干渉光LCの光束に含まれる少なくとも一部の光に対して多重反射を抑制する配置とされていればよい。出射面72、検出面81、及び界面である平面94, 95についても同様である。

【0074】

光ファイバFの位置を規定できればよく、位置決め部は第1挿入部31以外で構成されてもよい。また、位置決め部を備えていなくてもよい。

【0075】

干渉光LC以外の光が、フォトダイオード8により検出され、断層画像にノイズとして現れるのを防ぐことができればよく、カバー部は第2挿入部32以外で構成されてもよい。また、干渉光LC以外の光が少ない場合、カバー部を備えていなくてもよい。 50

【 0 0 7 6 】

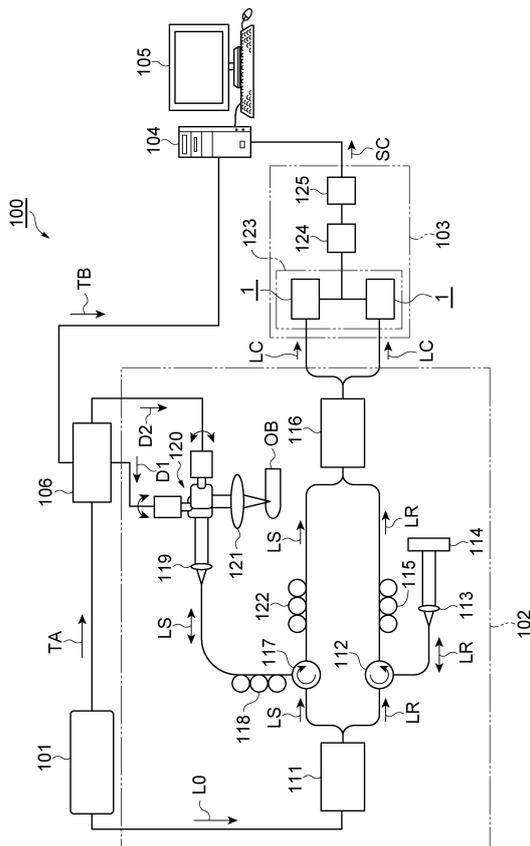
OCT装置100は、SS-OCT方式に限らず、TD-OCT (Time-domain OCT) 方式及びSD-OCT (Spectral-domain OCT) 方式等によるものであってもよい。

【符号の説明】

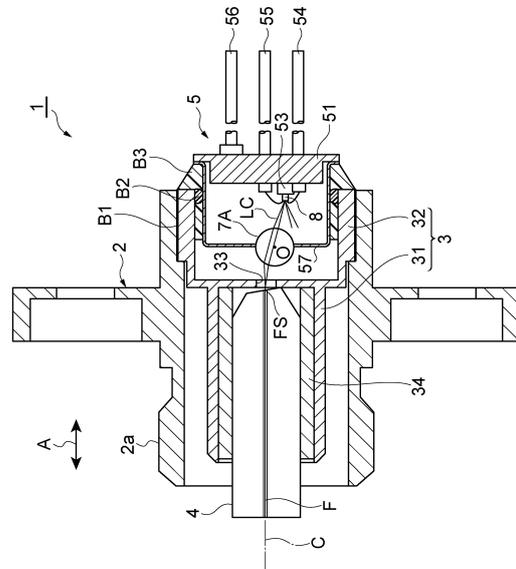
【 0 0 7 7 】

1...OCT装置用光検出モジュール(光検出モジュール)、31...第1挿入部(位置決め部)、32...第2挿入部(カバー部)、33...開口、7A...ボールレンズ(光学レンズ)、7B...融着型レンズ(光学レンズ)、7C...分割レンズ(光学レンズ)、71...入射面、72...出射面、74...入射位置、75...垂線、76...出射位置、77...垂線、8...フォトダイオード(光検出器)、78,79...半球レンズ(レンズ)、81...検出面、82...入射位置、83...垂線、91...第1領域、92...第2領域、93...第3領域、94...平面(界面)、95...平面(界面)、100...OCT装置、F...光ファイバ、FS...出射端面、LC...干渉光。

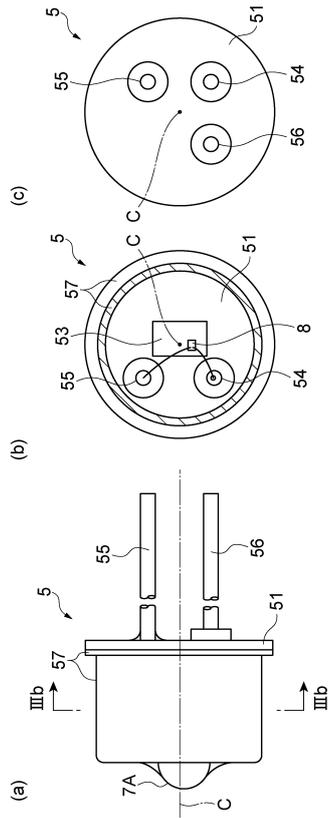
【 図 1 】



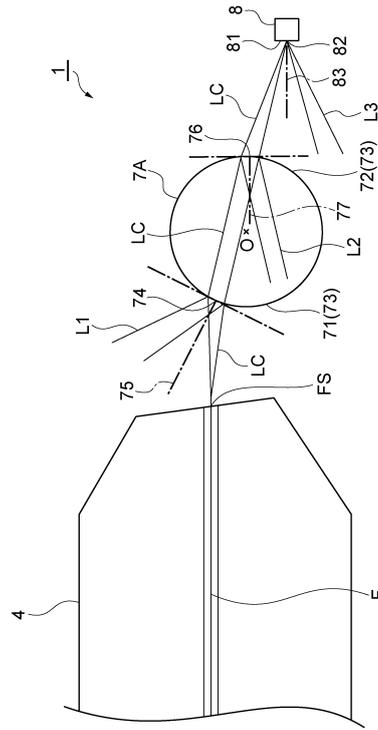
【 図 2 】



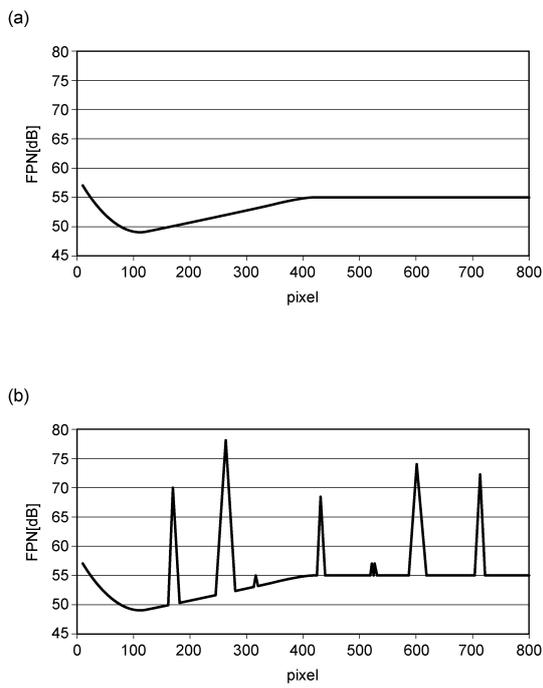
【 図 3 】



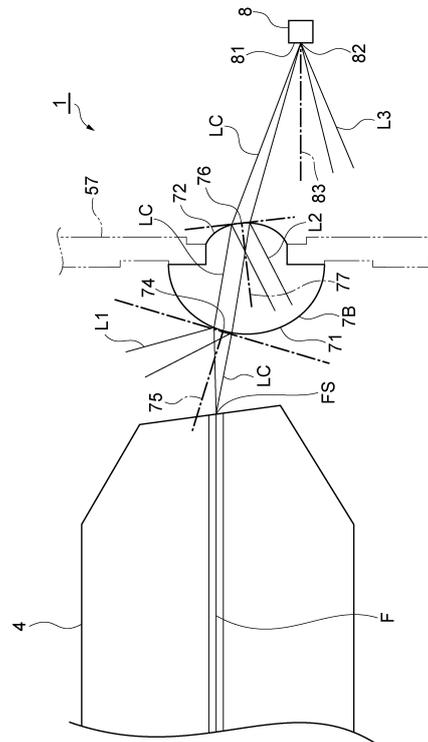
【 図 4 】



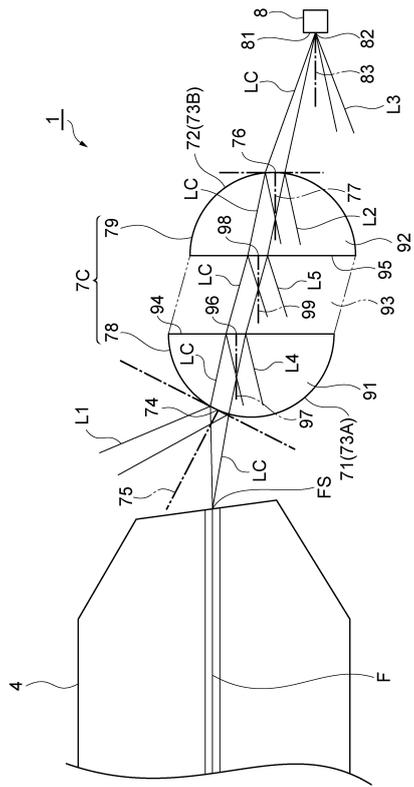
【 図 5 】



【 図 6 】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 田畑 桂

静岡県浜松市東区市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内

審査官 小澤 瞬

(56)参考文献 国際公開第02/093224(WO, A1)

特開2006-300801(JP, A)

特開平08-043692(JP, A)

米国特許出願公開第2003/0091304(US, A1)

米国特許出願公開第2014/0204389(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 21/00 - 21/01

21/17 - 21/61

G02B 6/26 - 6/27

6/30 - 6/34

6/42 - 6/43