

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-206433

(P2014-206433A)

(43) 公開日 平成26年10月30日(2014.10.30)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)
GO 1 N	21/17	(2006.01)	GO 1 N 21/17 6 3 0
GO 1 N	21/21	(2006.01)	GO 1 N 21/21 Z
A 6 1 B	3/10	(2006.01)	A 6 1 B 3/10 R
A 6 1 B	10/00	(2006.01)	A 6 1 B 10/00 E

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2013-83574 (P2013-83574)
 (22) 出願日 平成25年4月12日 (2013.4.12)

(71) 出願人 501299406
 株式会社トーマコーポレーション
 愛知県名古屋市西区則武新町二丁目11番
 33号
 (72) 発明者 山成 正宏
 愛知県名古屋市西区則武新町二丁目11番
 33号 株式会社トーマコーポレーシ
 ン内
 Fターム(参考) 2G059 AA05 BB12 EE05 EE09 FF02
 JJ11 JJ13 JJ15 JJ17 JJ19
 JJ22 JJ30 KK03 MM01

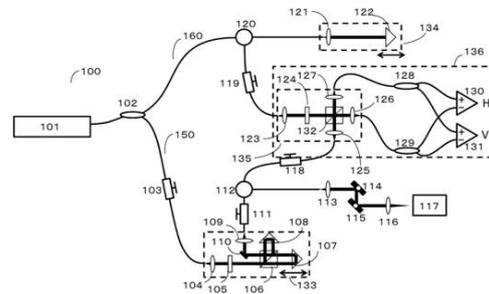
(54) 【発明の名称】 光断層画像撮影装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 偏光感受型OCTの構造を簡略化することにより、使用する部品を削減し、調整が容易でしかもコストの低減を可能にし、量産化が可能であり、かつ、偏光感受型OCTでありながら通常のOCT計測も可能にした光断層画像撮影装置を提供すること。

【解決手段】 偏波依存ディレイライン133に使用する偏光ビームスプリッターを1つにして角度ずれを解消し、偏光感受型検出アーム136にインライン型の偏光ビームスプリッターを採用することで、出力部のコリメータレンズ部を2箇所に減らすことによる構成の簡潔化により調整を容易にし、かつコスト低減を可能にし、さらに、サンプルアーム部に光スイッチによる切替手段や遮蔽板による遮蔽手段を設けることにより偏光感受型OCTとしても、通常のOCTとしても使用可能な構成とした。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

光源の光を被検査物に照射するサンプルアームと参照物に照射する参照アームに分岐する分岐手段と、

前記サンプルアーム内で、前記被検査物に照射する光（サンプル光）を互いに異なる偏光方向である第一の光と第二の光に分割し、該分割した前記第一の光と前記第二の光を互いに異なる時間に遅延させるサンプル光分割遅延手段と、

前記サンプルアームの前記被検査物から反射された前記第一の光と前記参照アームからの光の合波からなる干渉信号と、

前記サンプルアームの前記被検査物から反射された前記第二の光と前記参照アームからの光の合波からなる干渉信号に基づいて前記被検査物の偏光情報を示す断層画像を取得する取得手段とを有する光断層画像撮影装置であって、

前記サンプル光分割遅延手段は、1つの偏光ビームスプリッターと2つの全反射プリズムを備え、かつ、前記サンプル光が該偏光ビームスプリッターの中心から所定の距離離れた位置に入射することを特徴とする光断層画像撮影装置。

10

【請求項 2】

前記サンプルアームの前記被検査物から反射された前記第一の光と前記参照アームからの光を合波する手段及び前記サンプルアームの前記被検査物から反射された前記第二の光と前記参照アームからの光を合波する手段にキューブ型またはプレート型の無偏光ビームスプリッターとインライン型の偏光ビームスプリッターを用いることを特徴とする、請求項 1 に記載の光断層画像撮影装置。

20

【請求項 3】

光源の光を被検査物に照射するサンプルアームと参照物に照射する参照アームに分岐する分岐手段と、

前記サンプルアーム内で、前記被検査物に照射する光を互いに異なる偏光方向である第一の光と第二の光に分割し、該分割した前記第一の光と前記第二の光を互いに異なる時間に遅延させるサンプル光分割遅延手段と、

前記サンプルアームの前記被検査物から反射された前記第一の光と前記参照アームからの光の合波からなる干渉信号と、

前記サンプルアームの前記被検査物から反射された前記第二の光と前記参照アームからの光の合波からなる干渉信号に基づいて前記被検査物の偏光情報を示す断層画像を取得する取得手段とを有する光断層画像撮影装置であって、

さらに、前記サンプルアームには前記分岐手段で光源の光を前記サンプルアームに分岐後、前記サンプル光分割遅延手段を介さない第二の光路を備え、前記サンプル光分割遅延手段を介す第一の光路と前記第二の光路とを切替える切替手段を備えたことを特徴とする光断層画像撮影装置。

30

【請求項 4】

光源の光を被検査物に照射するサンプルアームと参照物に照射する参照アームに分岐する分岐手段と、

前記サンプルアーム内で、前記被検査物に照射する光を互いに異なる偏光方向である第一の光と第二の光に分割し、該分割した前記第一の光と前記第二の光を互いに異なる時間に遅延させるサンプル光分割遅延手段と、

前記サンプルアームの前記被検査物から反射された前記第一の光と前記参照アームからの光の合波からなる干渉信号と、

前記サンプルアームの前記被検査物から反射された前記第二の光と前記参照アームからの光の合波からなる干渉信号に基づいて前記被検査物の偏光情報を示す断層画像を取得する取得手段とを有する光断層画像撮影装置であって、

さらに、前記サンプル光分割遅延手段において、前記第一の光と前記第二の光の内のいずれか一つの光を遮る遮断手段を備えたことを特徴とする光断層画像撮影装置。

40

【請求項 5】

50

前記サンプル光分割遅延手段内の遮断手段は、遮断する光を前記第一の光か前記第二の光かを選択可能な選択手段を備えたことを特徴とする請求項 4 に記載の光断層画像撮影装置。

【請求項 6】

前記分岐手段により分岐したサンプルアームの中で前記サンプル光分割遅延手段にサンプル光が入射する前にインライン型偏光コントローラを備え、偏光角度を 45 度方向に制御すると共に、前記偏光ビームスプリッターの前に配置された偏光子の偏光角度も 45 度に制御する制御手段を備えたことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の光断層画像撮影装置。

【請求項 7】

前記分岐手段により分岐したサンプルアームの中で前記サンプル光分割遅延手段にサンプル光が入射する前にインライン型偏光コントローラを備え、前記サンプル光分割遅延手段における遮断手段により遮られることなく、前記被検査物に照射する前記第一の光と前記第二の光の内のいずれか一つの光の偏光方向の偏光角度に、前記インライン型偏光コントローラにより制御された偏光角度と前記偏光ビームスプリッターの前に配置された偏光子の偏光角度を一致するように制御する制御手段を備えたことを特徴とする請求項 4 又は請求項 5 に記載の光断層画像撮影装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光断層画像撮影装置に関し、特に、眼科医療等に用いられる OCT により断層画像を撮る光断層画像撮影装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

光コヒーレンストモグラフィー (OCT) は、非侵襲、非接触で測定できることから、眼科における生体組織の高解像度な断層画像を取得する手段として広く使用されている方法である。

【0003】

光コヒーレンストモグラフィー (OCT) においては、タイムドメイン方式と呼ばれる、ミラーを動かして参照光の光路長を機械的に変化させながら断層画像取得を行うタイムドメイン OCT と、フーリエドメイン方式と呼ばれる、分光器を用いてスペクトル情報を検出し断層画像取得を行うスペクトルドメイン OCT、もしくは、波長走査光源を用いてスペクトル干渉信号を検出し断層画像取得を行う光周波数掃引 OCT とがある。

【0004】

偏光状態を変化させる複屈折は分子が一定方向に配列する組織において生じる。眼底における網膜では網膜神経繊維層、網膜色素上皮層、血管壁、強膜、篩状板に強い複屈折性が存在する。機能性 OCT の一つである偏光感受型 OCT (PS-OCT) は、この複屈折性の断層化によるこれら組織の可視化のため、近年、さまざまな偏光感受型 OCT の開発が試みられている。

【0005】

偏光感受型 OCT (PS-OCT) は、試料を観察する測定光に円偏光或いは偏光変調した光を用い、干渉光を 2 つの直交する直線偏光として検出する構成をとる。

【0006】

特許文献 1 には、偏光感受型 OCT (PS-OCT) の 1 例が開示されている。そこには、B スキャンと同時に (同期して) 光源からの偏光ビーム (偏光子により直線的に偏光されたビーム) を EO 変調器 (偏光変調器、電気光学変調器) によって連続的に変調し、この連続的に偏光を変調した偏光ビームを分けて、一方を試料に照射し、その反射光を得ると共に、他方を参照光として、両者のスペクトル干渉により OCT 計測を行い、このスペクトル干渉成分のうち、垂直偏光成分と水平偏光成分を同時に 2 つの光検出器で測定することにより、試料の偏光特性を表すジョーン行列を得ることができるとしている。

10

20

30

40

50

【0007】

ところが、EO変調器（偏光変調器、電気光学変調器）は非常に高価なものであるため、EO変調器を用いない方法も試みられている。非特許文献1には、EO変調器を用いないで、試料の偏光特性を表すジョーン行列を得る偏光感受型OCT（PS-OCT）の構成が開示されている。

【0008】

この文献（非特許文献1）では、EO変調器を用いる代わりにサンプルアーム（偏光ビームを試料に照射し、その反射光を得るための光学系）の中で試料に照射する前に光源からの光を偏光子と2つの偏光ビームスプリッター、2つのダブリズムからなる偏波依存ディレイラインを設けて、試料に入射する垂直偏光及び水平偏光の2つの入射偏光状態の間の遅延を制御することにより、EO変調器を用いることなく試料の偏光特性を表すジョーン行列を得ることができるとしている。

10

【0009】

また、検出アームは1つのキューブ型の無偏光ビームスプリッターと2つのキューブ型の偏光ビームスプリッターで構成され、2つの偏光状態の干渉波は2つのバランス型光検出器により検出される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】特許第4344829号公報

20

【非特許文献】

【0011】

【非特許文献1】"Passive component based multifunctional Jones matrix swept source optical coherence tomography for Doppler and polarization imaging" OPTICS LETTERS, Vol. 37, No. 11, June 1, 2012, p1958

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

しかし、非特許文献1に記載の構成では以下に示す課題があり、この構成による偏光感受型OCT（PS-OCT）の量産化は困難であった。

30

【0013】

まず、偏波依存ディレイラインに2つの偏光ビームスプリッターを用いているため、ディレイライン自体が大きくなることが避けられないし、また、ディレイラインの光学調整、特に2つの偏光ビームスプリッターの角度を一致させるためには厳密な調整が必要であった。

【0014】

次に、検出アームでキューブ型の偏光ビームスプリッターを採用しているため、出力側のコリメータレンズ部が4箇所必要となり、検出アーム自体の構造が複雑で、調整も困難であった。

40

【0015】

さらに、偏波依存ディレイラインを用いた非特許文献1の偏光感受型OCTは、異なる2つの偏光波の時間的に遅延させているため深さの計測レンジが通常のOCTの1/2と浅くなり、より深い部分を見たい場合は通常のOCTで別途計測する必要があった。

【0016】

本発明は、上記の課題を解決するものであり、偏波依存ディレイラインや検出アームなどの構造を簡略化することにより、使用する部品を削減し、調整が容易でしかもコストの低減を可能にし、量産化が可能であり、かつ、偏光感受型OCTでありながら通常のOCT計測も可能にした光断層画像撮影装置を提供することを目的とする。

50

【課題を解決するための手段】

【0017】

第1に、本発明に係る光断層画像撮影装置は、光源の光を被検査物に照射するサンプルアームと参照物に照射する参照アームに分岐する分岐手段と、前記サンプルアーム内で、前記被検査物に照射する光（サンプル光）を互いに異なる偏光方向である第一の光と第二の光に分割し、該分割した前記第一の光と前記第二の光を互いに異なる時間に遅延させるサンプル光分割遅延手段と、前記サンプルアームの前記被検査物から反射された前記第一の光と前記参照アームからの光の合波からなる干渉信号と、前記サンプルアームの前記被検査物から反射された前記第二の光と前記参照アームからの光の合波からなる干渉信号に基づいて前記被検査物の偏光情報を示す断層画像を取得する取得手段とを備え、前記サンプル光分割遅延手段は、1つの偏光ビームスプリッターと2つの全反射プリズムを備え、かつ、前記サンプル光が該偏光ビームスプリッターの中心から所定の距離離れた位置に入射することを特徴とする。

10

【0018】

上記構成の装置によれば、1つの偏光ビームスプリッターで互いに異なる偏光方向である第一の光と第二の光を異なる時間に遅延可能であるため、非特許文献1のように2つの偏光ビームスプリッターの反射面角度を一致させるという調整が不要となるため、調整が容易となると共に、反射面角度ずれそのものが解消され、良好な断層画像が取得可能になる。また、構成を簡略化したことにより、部品数が減り、装置の小型化とコスト低減が可能となる。

20

【0019】

第2に、本発明に係る光断層画像撮影装置は、前記サンプルアームの前記被検査物から反射された前記第一の光と前記参照アームからの光を合波する手段及び前記サンプルアームの前記被検査物から反射された前記第二の光と前記参照アームからの光を合波する手段にキューブ型またはプレート型の無偏光ビームスプリッターとインライン型の偏光ビームスプリッターを用いることを特徴とする。

30

【0020】

上記構成の装置によれば、サンプルアームの被検査物から反射された第一の光と参照アームからの光を合波する手段及びサンプルアームの被検査物から反射された第二の光と参照アームからの光を合波する手段にインライン型の偏光ビームスプリッターを用いることにより出力部のコリメータレンズ部を2箇所減らすことが可能になり、調整が容易になると共に、部品削減によるコスト低減が可能になる。

【0021】

第3に、本発明に係る光断層画像撮影装置は、前記分岐手段により分岐したサンプルアームの中で前記サンプル光分割遅延手段にサンプル光が入射する前にインライン型偏光コントローラを備え、偏光角度を45度方向に制御すると共に、前記偏光ビームスプリッターの前に配置された偏光子の偏光角度も45度に制御する制御手段を備えたことを特徴とする。

40

【0022】

上記構成の装置によれば、インライン型偏光コントローラの偏光角度と偏光素子の偏光角度を45度に制御することにより、垂直方向の偏光波と水平方向の偏光波を効率よく取り出すことが可能になる。

【0023】

第4に、本発明に係る光断層画像撮影装置は、光源の光を被検査物に照射するサンプルアームと参照物に照射する参照アームに分岐する分岐手段と、

50

前記サンプルーム内で、前記被検査物に照射する光を互いに異なる偏光方向である第一の光と第二の光に分割し、該分割した前記第一の光と前記第二の光を互いに異なる時間に遅延させるサンプル光分割遅延手段と、

前記サンプルームの前記被検査物から反射された前記第一の光と前記参照アームからの光の合波からなる干渉信号と、前記サンプルームの前記被検査物から反射された前記第二の光と前記参照アームからの光の合波からなる干渉信号に基づいて前記被検査物の偏光情報を示す断層画像を取得する取得手段とを備え、

前記サンプルームには前記分岐手段で光源の光を前記サンプルームに分岐後、前記サンプル光分割遅延手段を介さない第二の光路を備え、前記サンプル光分割遅延手段を介す第一の光路と前記第二の光路とを切替える切替手段を備えたことを特徴とする。

10

【0024】

上記構成の装置によれば、

切替手段により偏光感受型 OCT (PS-OCT) と通常の OCT を切り替えることが可能なため、装置を入れ替えることなく偏光感受型 OCT と通常の OCT の両方による断層画像が取得可能となり、通常の OCT に切り替えることにより深さの計測レンジが偏光感受型 OCT 時に比べ 2 倍になる。

【0025】

第 5 に、本発明に係る光断層画像撮影装置は、

光源の光を被検査物に照射するサンプルームと参照物に照射する参照アームに分岐する分岐手段と、

20

前記サンプルーム内で、前記被検査物に照射する光を互いに異なる偏光方向である第一の光と第二の光に分割し、該分割した前記第一の光と前記第二の光を互いに異なる時間に遅延させるサンプル光分割遅延手段と、

前記サンプルームの前記被検査物から反射された前記第一の光と前記参照アームからの光の合波からなる干渉信号と、

前記サンプルームの前記被検査物から反射された前記第二の光と前記参照アームからの光の合波からなる干渉信号に基づいて前記被検査物の偏光情報を示す断層画像を取得する取得手段を備え、

前記サンプル光分割遅延手段において、前記第一の光と前記第二の光の内のいずれか一つの光を遮る遮断手段を備えたことを特徴とする。

30

【0026】

上記構成の装置によれば、

偏波依存ディレイライン内で互いに異なる偏光方向である第一の光と第二の光のいずれか 1 つを遮断することで、遮断されない方の 1 つの光の偏光状態の OCT による断層画像を遮断する前と比べ 2 倍の深さの計測レンジで取得できる。

【0027】

第 6 に、本発明に係る光断層画像撮影装置は、前記サンプル光分割遅延手段内の遮断手段について、遮断する光を前記第一の光か前記第二の光か選択可能な手段を備えたことを特徴とする。

【0028】

40

上記構成の装置によれば、

選択手段により検者の見たい偏光方向である偏光状態の OCT による断層画像を遮断する前と比べ 2 倍の深さの計測レンジで取得できる。

【0029】

第 7 に、本発明に係る光断層画像撮影装置は、

前記分岐手段により分岐したサンプルームの中で前記サンプル光分割遅延手段にサンプル光が入射する前にインライン型偏光コントローラを備え、

前記サンプル光分割遅延手段における遮断手段により遮られることなく、前記被検査物に照射する前記第一の光と前記第二の光の内のいずれか 1 つの光の偏光方向の偏光角度に、前記インライン型偏光コントローラにより制御された偏光角度と前記偏光ビームスプリッ

50

ターの前に配置された偏光子の偏光角度を一致するように制御する制御手段を備えたことを特徴とする。

【0030】

上記構成の装置によれば、

被検査物に照射する光の強度が最適となるようにインライン型偏光コントローラの複屈折軸や位相遅延量と偏光素子の偏光角度を制御するため、被検査物に照射する偏光波を効率よく取り出すことが可能になる。

【発明の効果】

【0031】

本発明によれば、非常に高価なE O変調器(偏光変調器、電気光学変調器)を用いることなく、垂直偏光成分と水平偏光成分を同時に測定し試料の偏光特性を表すジョーン行列を得ることができ、かつ、偏光感受型OCTでありながら通常のOCT計測も可能な光断層画像撮影装置を、低コストで提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】本発明による光断層画像取得部の一例の詳細を示した図である。

【図2】光断層画像撮影装置の構成を示した図である。

【図3】偏光感受型OCTと通常のOCTの切替手段を示した図である。

【図4】偏波依存ディレイラインの中で垂直方向及び水平方向の2つの偏光状態の測定光のいずれか1つを遮断する方法を示した図である。

【図5】偏光感受型OCTと通常のOCTの切替手段の別の実施例を示した図である。

【発明を実施するための形態】

【実施例】

【0033】

以下、本発明の一実施例に係る光断層画像撮影装置について図面を参照して説明する。図1には断層画像取得部100の詳細構成を示す。

【0034】

図1に示すように、断層画像取得部100では試料(被検査物)117に測定光を照射することにより、試料117の2次元又は/及び3次元断層画像を撮影する。本実施形態では、時間的に波長を変化させて走査する波長走査光源101を用いたフーリエドメイン(光周波数掃引)方式が採用されている。

【0035】

即ち、波長走査光源101から出力された光は、光ファイバを通してファイバーケーブル102に入力され、このファイバーケーブル102において、例えば5:95の比率で、参照光と測定光とに分波されて各々参照アーム160及びサンプルアーム150へ出力される。そのうち参照アーム160に出力された参照光は、光ファイバを通過して光サーキュレーター120に入力後、コリメータレンズ121に入力され、参照ミラー122へ入射される。参照ミラー122は試料の表面位置に参照光路を合わせる光路長調整のため光路軸上で移動制御可能であり、OCT断層像を測定する前に、測定光路長と参照光路長を合わせる。

【0036】

そして、参照ミラー122で反射された参照光はコリメータレンズ121から光ファイバを通過して光サーキュレーター120で光路が変更され、偏光コントローラ119を通過し、コリメータレンズ123に入力し偏光感受型検出アーム136に入力される。

【0037】

一方、前記ファイバーケーブル102からサンプルアーム150に出力された測定光は、光ファイバを通過して偏光コントローラ103を介して偏波依存ディレイライン133のコリメータレンズ104に入力後、偏光子105を通過する。本実施例では偏光子105の偏光角度は45度に設定してある。さらに、偏光コントローラ103を通過しコリメータレンズ104に入力する直前の偏光角度も45度に制御され、45度に偏光された測定光が効率

10

20

30

40

50

よく取り出せるように、偏光コントローラ 103 及び偏光子 105 が調整及び制御されている。

【0038】

45 度に偏光された測定光は偏波依存ディレイライン 133 内の偏光ビームスプリッター 106 を通すことにより互いに直交する 2 つの直線偏光状態（垂直方向及び水平方向）の光に分割される。分割された測定光は各々異なる全反射プリズム 107 及び 108 で反射され、2 つの異なる光路で伝播させる。ここで、全反射プリズム 107 及び 108 の少なくとも 1 つの全反射プリズムを移動制御することにより、2 つの異なる偏光状態（垂直方向及び水平方向）の間の遅延を生じさせる。図 1 では、全反射プリズム 107 を移動可能に示しているが、当然のことながら、全反射プリズム 108 を移動可能にしてもよい、また、全反射プリズム 107 及び 108 両方を移動可能にしてもよい。

10

【0039】

ここで、入射測定光を偏光ビームスプリッター 106 の中心から一定距離外れた位置に入射するように設定することにより、1 つの偏光ビームスプリッター（106）だけで 2 つの異なる偏光状態の光を生成し、各々異なる全反射プリズム 107 及び 108 で反射されることにより、2 つの異なる偏光状態（垂直方向及び水平方向）の間にある一定の遅延を持つ測定光が生成され、反射ミラー 110 で光路を変えた後、コリメータレンズ 109 により光ファイバ接続される。

【0040】

光ファイバを通った測定光は、偏光コントローラ 111 を通った後、光サーキュレーター 112 で光路が変更され、コリメータレンズ 113 に入射後、ガルバノミラー 114 及び 115 で反射し、レンズ 116 により集光して、試料（被検査物）117 へ入射する。

20

【0041】

ガルバノミラー 114 及び 115 は、測定光を走査させるためのもので、ガルバノミラー 114 及び 115 を制御することにより、測定光を試料 117 の表面において水平方向に及び垂直方向に走査されるようになっている。これにより、試料 117 の 2 次元の断層画像や 3 次元の断層画像が取得できるのである。

【0042】

試料（被検査物）117 で反射された測定光は、上記とは逆にレンズ 116、ガルバノミラー 115 及び 114 を通り、コリメータレンズ 113 に入力される。そして、測定光は光ファイバを通過して前記光サーキュレーター 112 で光路が変更され、偏光コントローラ 118 を通った後、コリメータレンズ 125 に入力し偏光感受型検出アーム 136 に入力される

30

【0043】

コリメータレンズ 123 から偏光感受型検出アーム 136 に入力し、偏光子 124 で偏光された参照光と、試料（被検査物）117 で反射された測定光は無偏光ビームスプリッター 132 を用いて合成され、分割される。分割された光は、その後、コリメータレンズ 126 及び 127 に入力後、2 つのインライン型の偏光ビームスプリッター 128 及び 129 によって 2 つの直交する偏光状態に分けられる。

【0044】

ここで、インライン型の偏光ビームスプリッター 128 及び 129 後の参照光の垂直方向及び水平方向の直線偏光のパワーを等しくするために、偏光子 124 の偏光角度は 45 度に調整すると共に、効率を上げるため、事前に通る偏光コントローラ 119 を用いて偏光子 124 へ入射する直前の偏光角度がほぼ 45 度となるように制御されている。

40

【0045】

2 つの偏光状態の干渉は、2 つのバランス型光検出器 130 及び 131 により検出される。検出された垂直方向及び水平方向の 2 つの偏光状態の干渉信号は図 2 に示す制御装置 200 に設けられた演算部 202 において、各干渉信号に対するフーリエ変換などの処理が行われ、もって走査線に沿う断層画像が取得される。取得された断層画像は記憶部 203 に記憶される。

50

【 0 0 4 6 】

上記のように E O 変調器を用いる代わりに、1つの偏光ビームスプリッターと2つの全反射プリズムの構成からなる偏波依存ディレイラインを用いることにより、試料(被検査物) 1 1 7 の偏光特性を表すジョーンズ行列を得られるのである。

【 0 0 4 7 】

次に偏光感受型 OCT と通常の OCT の切替方法について図 3 を用いて説明する。

【 0 0 4 8 】

図 3 は偏光感受型 OCT と通常の OCT の切替方法の一実施例を示した図であり、光スイッチ 3 0 1 及び 3 0 2 を用いたものである。光スイッチ 3 0 1 と光スイッチ 3 0 2 の間には、偏光感受型 OCT のための偏波依存ディレイライン 1 3 3 を介する光路と偏波依存ディレイライン 1 3 3 を介さない光ファイバ 3 0 3 を通る光路の 2 つの光路を設け、光スイッチ 3 0 1 及び 3 0 2 により、いずれかの光路を切替可能にしたものである。

10

【 0 0 4 9 】

光スイッチ 3 0 1 及び 3 0 2 を切り替えることにより、測定光が偏波依存ディレイライン 1 3 3 を通る場合は、断層像取得部 1 0 0 は、偏光感受型 OCT として作用するため、試料 1 1 7 の垂直偏光成分と水平偏光成分の干渉信号を同時に測定して試料 1 1 7 の偏光特性を表すジョーンズ行列を得ることができる。

【 0 0 5 0 】

測定光が偏波依存ディレイライン 1 3 3 を通らず、光ファイバ 3 0 3 を通る場合は、断層像取得部 1 0 0 は、通常の OCT として作用するため、測定光は偏光されることなく試料 1 1 7 に入射し、結果的に制御部 2 0 0 では通常の OCT が取得され、記憶部 2 0 3 に記憶される。このとき、取得される断層画像は偏光感受型 OCT の時に比べての 2 倍の深さ計測レンジで取得できる。

20

【 0 0 5 1 】

図 4 は偏波依存ディレイライン 1 3 3 の中で、垂直方向及び水平方向の 2 つの偏光状態の測定光のいずれか 1 つを遮断する方法を示す。遮蔽板 4 0 1 は図 4 記載のように回転方向に移動可能になっており、制御信号により垂直方向及び水平方向の 2 つの偏光状態の測定光のいずれかを選択して遮断可能となっている。これにより検者が見たい 1 つの偏光状態の断層画像を上述のような同時に 2 つの偏光状態の断層画像を取得する場合に比べて深さ方向で 2 倍の計測レンジを持つ断層画像の取得が可能になる。

30

【 0 0 5 2 】

また、このとき、もし垂直方向の偏光状態を選択して断層画像を取得する場合は、偏光コントローラ 1 0 3 及び偏光子 1 0 5 を用いて偏光ビームスプリッター 1 0 6 へ入射する偏光の向きを垂直方向(90度)に制御することにより、偏光波が効率よく取り出すことができる。逆に水平方向の偏光状態を選択して断層画像を取得する場合は、偏光コントローラ 1 0 3 及び偏光子 1 0 5 を用いて偏光状態を水平方向(0度)に制御することにより、偏光波が効率よく取り出すことができることは言うまでもない。

【 0 0 5 3 】

図 4 では、遮蔽板 4 0 1 は回転方向に移動可能になっているが、当然これに限ったものではなく、検者が手動で遮蔽板を置いてよいし、垂直方向及び水平方向の 2 つの偏光状態の測定光のいずれか 1 つを限定して遮蔽する構成でもよい。勿論、遮蔽する方法は上記に記した構成に限ったものではなく、垂直方向及び水平方向の 2 つの偏光状態の測定光のいずれか 1 つを遮蔽可能な構成であればよい。

40

【 0 0 5 4 】

また、図 5 に示すように、偏波依存ディレイライン 1 3 3 の中に反射ミラー 5 0 1、5 0 2 及び 5 0 3 を配置することも可能である。この場合は図 3 に示したような光スイッチ 3 0 1 及び 3 0 2 や光ファイバ 3 0 3 は不要になる。

【 0 0 5 5 】

上記の実施例では、波長走査光源を用いたフーリエドメイン(光周波数掃引)方式の OCT を採用しているが、勿論のことではあるが、この方式に限ったものではない。タイム

50

ドメイン方式と呼ばれる、ミラーを動かして参照光の光路長を機械的に変化させながら断層画像取得を行うタイムドメインOCTや、本実施例と同じフリードメイン方式ではあるが、分光器を用いてスペクトル情報を検出し断層画像取得を行うスペクトルドメインOCTでも同様な構成にて本発明の効果は得ることができることは言うまでもない。

【0056】

以上、本発明の実施形態について詳述してきたが、これらはあくまでも例示であって、本発明はかかる実施形態における具体的な記載によって、何等、限定的に解釈されるものでなく、当業者の知識に基づいて種々なる変更、修正、改良等を加えた態様において実施され得るものであり、また、そのような実施態様が、本発明の趣旨を逸脱しない限り、何れも、本発明の範囲内に含まれるものであることが、理解されるべきである。

10

【0057】

以上のように、本実施形態によれば、非常に高価なE O変調器（偏光変調器、電気光学変調器）を用いることなく、垂直偏光成分と水平偏光成分を同時に測定し試料の偏光特性を表すジョーンズ行列を得ることができ、かつ、偏光感受型OCTでありながら通常のOCT計測も可能な光断層画像撮影装置を、低コストで提供できるのである。

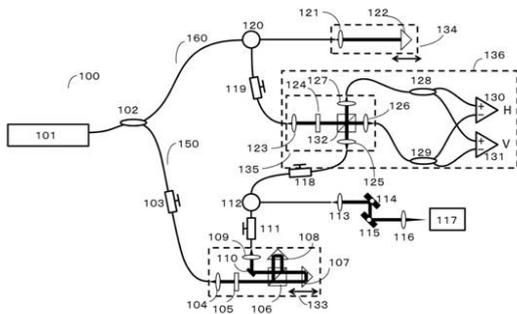
【符号の説明】

【0058】

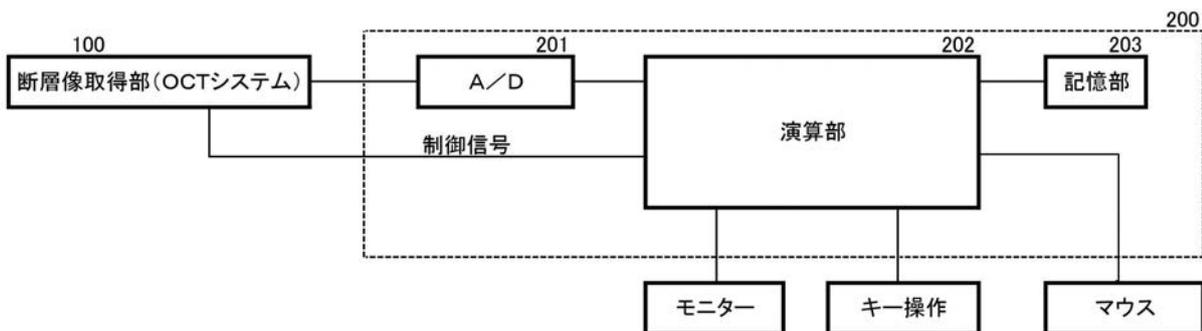
100・・・断層画像取得部 101・・・波長走査光源 102・・・ファイバーケーブル 106・・・偏光ビームスプリッター 112、120・・・光サーキュレーター 128、129・・・インライン型偏光ビームスプリッター 130、131・・・バランス型光検出器 132・・・無偏光ビームスプリッター 133・・・偏波依存ディレイライン 201・・・A Dボード 202・・・演算部 203・・・記憶部

20

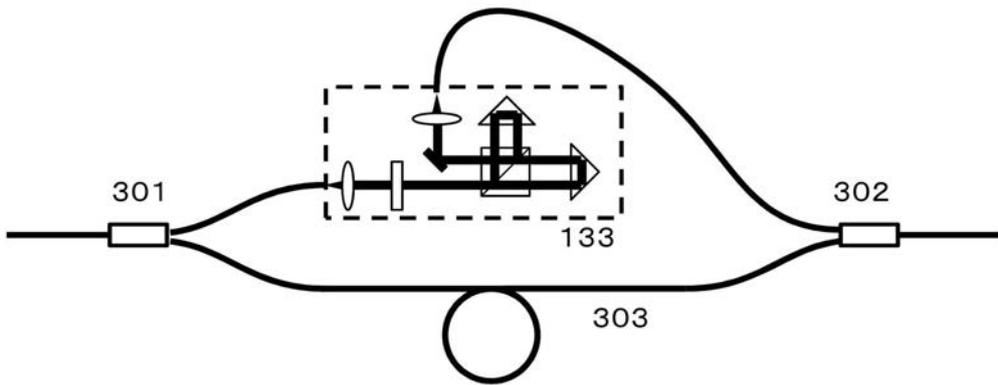
【図1】



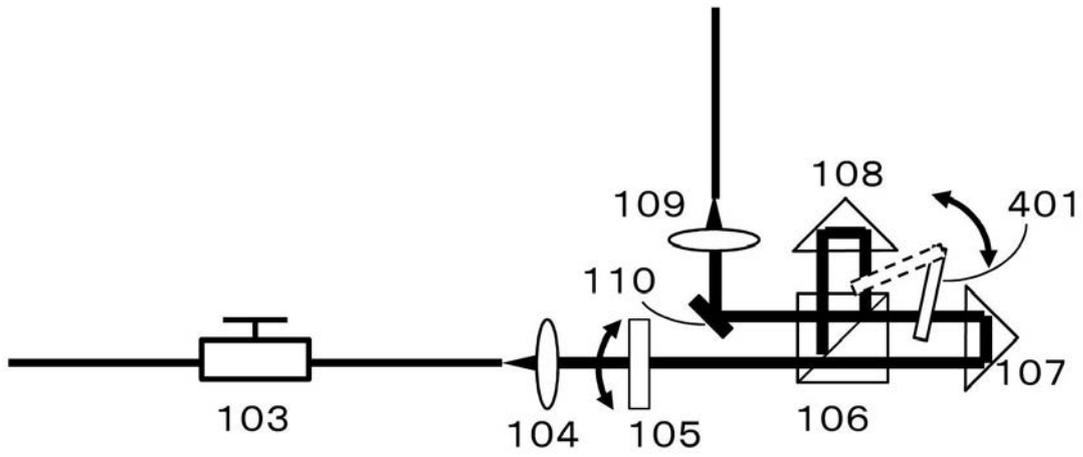
【図2】



【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】

