

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4916573号
(P4916573)

(45) 発行日 平成24年4月11日(2012.4.11)

(24) 登録日 平成24年2月3日(2012.2.3)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 B 9/02 (2006.01) GO 1 B 9/02
GO 1 B 11/24 (2006.01) GO 1 B 11/24 D
GO 1 N 21/17 (2006.01) GO 1 N 21/17 6 2 5

請求項の数 10 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2010-265851 (P2010-265851)	(73) 特許権者	000005821
(22) 出願日	平成22年11月30日(2010.11.30)		パナソニック株式会社
(65) 公開番号	特開2011-174920 (P2011-174920A)		大阪府門真市大字門真1006番地
(43) 公開日	平成23年9月8日(2011.9.8)	(74) 代理人	100100000
審査請求日	平成22年11月30日(2010.11.30)		弁理士 原田 洋平
(31) 優先権主張番号	特願2010-16384 (P2010-16384)	(74) 代理人	100068087
(32) 優先日	平成22年1月28日(2010.1.28)		弁理士 森本 義弘
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	壁谷 泰宏
			大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
		(72) 発明者	古田 寛和
			大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光干渉計測方法および光干渉計測装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源ユニットから射出された光を測定光と参照光とに分割し、
 前記参照光と、前記測定光が照射された測定対象から反射または後方散乱した光と、が干渉した干渉光を検出し、

前記参照光又は前記測定光の光路長を変化させ、

前記光路長の変化に応じた前記干渉光の変化に基いて、前記光路長の変化の前に検出された前記干渉光に基づく画像が正規の像か折り返し像かを判定し、

その判定の結果に基いて前記干渉光から前記測定対象を計測することを特徴とする光干渉計測方法。

【請求項 2】

前記光路長の変化に応じた前記干渉光の変化に基いて、前記光路長の変化の前に検出された前記干渉光に基づく画像が正規の像か折り返し像かを判定するに際し、

前記光路長の変化に応じた前記干渉光の強度のピークのシフト方向に基いて、前記光路長の変化の前に検出された前記干渉光に基づく画像が正規の像か折り返し像かを判定することを特徴とする請求項 1 に記載の光干渉計測方法。

【請求項 3】

前記光路長の変化の範囲が、前記光源ユニットから射出される光のコヒーレンス長に基いて決定される測定可能範囲と等しいことを特徴とする請求項 1 もしくは 2 のいずれかに記載の光干渉計測方法。

【請求項 4】

光ファイバに応力を与えて、前記光路長を変化させることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の光干渉計測方法。

【請求項 5】

前記光源ユニットから波長が一定の周期で変化する光を射出し、前記測定対象の測定時の前記干渉光を周波数解析して前記測定対象の断層画像を取得することを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の光干渉計測方法。

【請求項 6】

前記光源ユニットから射出される光が低コヒーレンス光であることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の光干渉計測方法。

10

【請求項 7】

光を射出する光源ユニットと、
前記光源ユニットから射出された光を測定光と参照光とに分割する光分割手段と、
前記測定光が照射された測定対象から反射または後方散乱した光と前記参照光とを干渉させた干渉光を検出する干渉光検出手段と、
前記参照光又は前記測定光の光路に設けられた光路長可変機構と、
前記光路長可変機構の駆動による前記干渉光の変化に基づいて、前記光路長可変機構の駆動前に検出された前記干渉光に基づく画像が正規の像か折り返し像かを判定する演算制御部と、
を備えることを特徴とする光干渉計測装置。

20

【請求項 8】

前記演算制御部は、前記光路長可変機構の駆動による前記干渉光の強度のピークのシフト方向に基づいて、前記光路長可変機構の駆動前に検出された前記干渉光に基づく画像が正規の像か折り返し像かを判定することを特徴とする請求項 7 に記載の光干渉計測装置。

【請求項 9】

前記光路長可変機構が、光ファイバに応力を与えて、前記参照光又は前記測定光の光路長を変化させることを特徴とする請求項 7 もしくは 8 のいずれかに記載の光干渉計測装置。

【請求項 10】

前記光路長可変機構による前記参照光又は前記測定光の光路長の変化の範囲が、前記光源ユニットから射出される光のコヒーレンス長に基いて決定される測定可能範囲と等しいことを特徴とする請求項 7 ないし 9 のいずれかに記載の光干渉計測装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、反射光と参照光とを干渉させることにより干渉光を発生させ、その干渉光を用いて測定対象を計測する光干渉計測方法および光干渉計測装置に関する。

【背景技術】

【0002】

OCT (オプティカル・コヒーレンス・トモグラフィー) は、光の干渉現象を利用した断層撮影法である。OCT によれば、十数 μm という高い分解能を持つ断層計測を実現できる。そのため、OCT は、塗装膜などの構造物の断層像や、生体の断層像などを撮影する手法として注目されている (例えば、特許文献 1 および 2 参照。)。OCT は、眼科医療分野では既に実用化されている。例えば、OCT は、眼球内の網膜などの微細領域の断層像の撮影に用いられている。

40

【0003】

OCT には、参照平面の走査が必要な TD - OCT (Time Domain - OCT) と参照平面の走査が不要な FD - OCT (Frequency Domain - OCT) の 2 種類がある。また、FD - OCT にも、スペクトロメータタイプと波長走査型光源タイプの 2 種類がある。

【0004】

50

波長走査型光源タイプのFD-OCTは、SS-OCT (Swept Source - OCT) 計測と呼ばれている。SS-OCT計測では、まず、光源から射出されたコヒーレンス光を、測定対象に照射する測定光と、参照光とに分割する。そして、測定対象からの反射光と参照光とを合波して干渉させることにより干渉光を発生させ、その干渉光の強度に基づいて断層画像を取得する。SS-OCT計測には、例えば、マイケルソン干渉計を用いることができる。

【0005】

より詳しくは、SS-OCT計測では、光源から射出される光の周波数を時間的に変化させながら干渉光を検出し、光周波数領域のインターフェログラムの周波数成分をフーリエ変換により分析する。そして、その分析結果より、測定対象中の複数の特定の深さ位置からの反射光の強度を検出し、その検出された反射光の強度を用いて断層画像を構築する。

10

【0006】

図12は、一般的なSS-OCT装置の一構成例の概略を示す図である。図12に示すように、SS-OCT装置は、干渉計101と波長走査型光源102と演算制御部103とを備える。以下、一般的なSS-OCT装置について説明する。

【0007】

波長走査型光源102は、周波数が一定の範囲で変化するレーザ光を射出する。波長走査型光源102から射出されたレーザ光は、干渉計101に設置されている分波カプラ104に入射する。分波カプラ104は、入射されたレーザ光を、被測定物体に照射する測定光と、参照光とに分ける。

20

【0008】

参照光は、サーキュレータ105を通過して、コリメートレンズ106に入射する。コリメートレンズ106は参照光を平行光にする。コリメートレンズ106から出射した参照光は、参照平面としての参照ミラー107に照射される。参照ミラー107から反射した参照光は、コリメートレンズ106やサーキュレータ105を介して合波カプラ108に入射する。

【0009】

一方、測定光は、サーキュレータ109を通過して、コリメートレンズ110に入射する。コリメートレンズ110は測定光を平行光にする。コリメートレンズ110から出射した測定光は、ガルバノミラー111に入射する。ガルバノミラー111は、紙面に垂直な軸を中心にして一定範囲で回転して、測定光の反射角度を変化させる。ガルバノミラー111から反射した測定光は、フォーカシングレンズ112によって集光される。フォーカシングレンズ112によって集光された測定光は、被測定物体113に照射される。

30

【0010】

被測定物体113で反射した光である信号光は、フォーカシングレンズ112、ガルバノミラー111、コリメートレンズ110、サーキュレータ109を介して合波カプラ108に入射する。

【0011】

合波カプラ108は参照光と信号光とを合波して干渉させる。この干渉によって生ずる干渉光の光ビート信号が、光検出器として使用される差動アンプ114によって検出される。

40

【0012】

差動アンプ114によって検出された干渉光の光ビート信号は、演算制御部103へ送信される。演算制御部103は、干渉光の光ビート信号の周波数成分をフーリエ変換により分析して、被測定物体113中の複数の特定の深さ位置からの反射光の強度分布を構築する。そして演算制御部103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115に映し出される。

【0013】

以上のように構成されたSS-OCT装置において、分波カプラ104から参照ミラー

50

107を経た合波カプラ108までの光路長 H_1 と、分波カプラ104から被測定物体113の反射面を経た合波カプラ108までの光路長 H_2 とが等しいとき、干渉光の光ビート周波数はゼロとなる。干渉光の光ビート周波数がゼロとなるときの被測定物体113の反射面の深さ位置を、便宜上、ゼロ点と称す。

【0014】

被測定物体113の反射面がゼロ点から深さ z だけ波長走査型光源102から遠い位置にあるとき、ゼロ点から反射面までの光路長 z を光が往復する時間だけ、信号光は参照光から遅れて合波カプラ108に到達する。この時間遅れ量は、 c を光速、 n を被測定物体113の屈折率とすると、 $2nz/c$ となる。

【0015】

波長走査型光源102から射出されるレーザ光の周波数は、時間経過に応じて変化している。このため、合波カプラ108において干渉する参照光と反射光(信号光)との間に、上記したような時間遅れ量に応じた周波数差が生ずる。この周波数差が干渉光の光ビート信号として検出される。

【0016】

ここで、例えば、波長走査型光源102から射出されるレーザ光の周波数が、時間経過に対して線形に増加する変化を一定の周波数範囲内で周期的に繰り返しており、ゼロ点から深さ z の位置にのみ被測定物体113の反射面が存在する場合を想定する。この場合、干渉する参照光と被測定物体からの反射光(信号光)のそれぞれの光周波数の時間的变化は、それぞれ図13に示す直線A(参照光)、直線B(信号光)のようになる。

【0017】

参照光(直線A)に対する信号光(直線B)の遅れ時間は、被測定物体113の屈折率を n とすると、 $\tau = 2nz/c$ である。ここで、波長走査型光源102から射出される光の周波数の走査レートを $[Hz/s]$ 、波長走査型光源102から射出される光の周波数の走査時間を $T[s]$ 、波長走査型光源102から射出される光の周波数が走査時間 $T[s]$ 内で変化する幅を $f = T[Hz]$ とすると、差動アンプ114で受光される干渉光の強度は、下記(式1)で表されるビート周波数 f_b で変動する。

$$f_b = (f/T)(2nz/c) \cdots (式1)$$

【0018】

実際には、被測定物体113の内部の深さ方向に沿った複数の異なる位置に反射面が存在し、これら複数の反射面からそれぞれ反射光が発生する。したがって、各反射光は、それぞれの深さ位置に対応した互いに異なる時間遅れ量、すなわち互いに異なる周波数成分を持つ。そのため、差動アンプ114で検出される干渉光の強度変化(光ビート信号)を、フーリエ変換を用いて周波数分析することにより、前記(式1)に基いて、各光ビート周波数に対応する各深さ位置からの反射光(信号光)の強度を検出することができる。そして、各反射光の強度の空間分布に基いて断層画像を構築することができる。

【0019】

ゼロ点を基準とした反射面の深さ z が、光源から射出される光のコヒーレンス長より大きい場合、反射光(信号光)が参照光と干渉しないため、光ビート信号を検出することはできない。また、ゼロ点を基準とした反射面の深さ z が、光源から射出される光のコヒーレンス長より小さい場合であっても、深さ z に比例する光ビート周波数が光検出器もしくは演算制御部の応答周波数を超えると、反射光(信号光)の強度を正しく検出することはできない。そのため、SS-OCT計測において測定可能な深さ方向の範囲は、光源から射出される光のコヒーレンス長と、光検出器の応答周波数と、演算制御部の応答周波数によって制限される。この制限から決定される深さ方向の測定可能範囲を LC とする。

【0020】

次に、反射面がゼロ点を基準として光源に近い位置 $-z$ に位置する場合について説明する。この場合、干渉する参照光と被測定物体からの反射光(信号光)のそれぞれの光周波数の時間的变化は、それぞれ図14に示す直線A(参照光)、直線B(信号光)のようになる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 1 】

ゼロ点から深さ $-z$ の位置にのみ反射面が存在する場合、図 1 4 に示すように、参照光（直線 A）と信号光（直線 B）の周波数の関係は、図 1 3 に示す関係から逆転する。しかしながら、この場合の光ビート周波数は、ゼロ点から深さ z の位置に反射面が存在する場合と同等である。これは、前記（式 1）において、 $f_b(-z) = -f_b(z)$ となることから分かる。

【 0 0 2 2 】

したがって、SS-OCT 計測では、ゼロ点に比べて光源に近い深さ $-z$ に位置する反射面は、ゼロ点を中心に深さ方向に反転した折り返し像となって、深さ z に位置するかのよう誤って検出されてしまうという原理的な課題がある。この折り返し像の検出を避けて、反射面の正規の断層画像を得るには、測定したい反射面が、ゼロ点を基準として深さ LC までの間に位置していなければならない。

10

【 0 0 2 3 】

そのため、測定対象の反射面の位置が既知である場合は、参照ミラーを機械的に移動させて、反射面がゼロ点から深さ LC までの間の中間に位置するように参照光の光路長を調整することが考えられる。これにより、折り返し像の検出を避けて、正規の断層画像を取得することができる。しかしながら、参照光の光路長の調整値を得るためには、測定対象の反射面の位置が、少なくとも $\pm LC/2$ の精度で既知である必要がある。反射面の位置が未知である場合は、参照光の光路長の調整値も同様に不明であり、参照光の光路長を調整することはできない。したがって、反射面の位置が未知である場合や、反射面の位置が $\pm LC/2$ よりも細かい精度もしくは $\pm LC/2$ の精度で既知ではない場合には、断層画像を取得しても、その像が正規の像なのか、あるいはゼロ点を中心に折り返された像なのかを判定することができない。

20

【 0 0 2 4 】

特許文献 3 には、折り返された像の成分を消去することができるオプティカル・コヒーレント・トモグラフィ（OCT）装置が開示されている。このオプティカル・コヒーレント・トモグラフィ装置は、参照光の光路中に設けられた光位相変調機構によって参照光の位相を反転させて、光ビート信号の中または反射光の強度分布の中の折り返し成分を消去させている。

【 先行技術文献 】

30

【 特許文献 】

【 0 0 2 5 】

【特許文献 1】特公平 6 - 3 5 9 4 6 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 7 - 0 2 4 6 7 7 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 6 - 2 0 1 0 8 7 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 2 6 】

以上説明したように、折り返し成分を消去することができるオプティカル・コヒーレント・トモグラフィ（OCT）装置が既に提案されている。しかしながら、このオプティカル・コヒーレント・トモグラフィ装置は、折り返し像（反転画像）を消去するのに、高価な非線形結晶を用いた光位相変調機構と、位相変調量を制御するための機構とを備える必要がある。

40

【 0 0 2 7 】

本発明は、上記した従来の問題に鑑み、光の干渉現象を利用して検出した干渉光（光ビート信号）の折り返し像に関する問題を解決することができる光干渉計測方法および光干渉計測装置を提供することを目的とする。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 2 8 】

上記目的を達成するために、本発明の光干渉計測方法は、光源ユニットから射出された

50

光を測定光と参照光とに分割し、前記参照光と、前記測定光が照射された測定対象から反射または後方散乱した光と、が干渉した干渉光を検出し、前記参照光又は前記測定光の光路長を変化させ、前記光路長の変化に応じた前記干渉光の変化に基づいて、前記光路長の変化の前に検出された前記干渉光に基づく画像が正規の像か折り返し像かを判定し、その判定の結果に基づいて前記干渉光から前記測定対象を計測することを特徴とする。

【0029】

また、上記目的を達成するために、本発明の光干渉計測装置は、光を射出する光源ユニットと、前記光源ユニットから射出された光を測定光と参照光とに分割する光分割手段と、前記測定光が照射された測定対象から反射または後方散乱した光と前記参照光とを干渉させた干渉光を検出する干渉光検出手段と、前記参照光又は前記測定光の光路に設けられた光路長可変機構と、前記光路長可変機構の駆動による前記干渉光の変化に基づいて、前記光路長可変機構の駆動前に検出された前記干渉光に基づく画像が正規の像か折り返し像かを判定する演算制御部と、を備えることを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0030】

本発明によれば、光干渉計測の原理的問題である折り返し像が発生しても、検出した干渉光（光ビート信号）が正規の像を取得させるものであるのか、正規の像が折り返された像を取得させるものであるのかを簡易に判定することが可能となる。よって、光の干渉現象を利用して検出した干渉光（光ビート信号）の折り返し像に関する問題を解決することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】本発明の実施の形態におけるSS-OCT装置の一構成例の概略を示す図

【図2】本発明の実施の形態におけるSS-OCT装置の動作の一例を示すフローチャート

【図3】本発明の実施の形態における深さに対する反射光強度分布を示す図

【図4】本発明の実施の形態における光路長可変機構の一構成例を説明するための図

【図5】本発明の実施の形態における折り返し像か否かの判定方法を説明するための図

【図6】本発明の実施の形態における光路長可変機構の第1の変形例を説明するための図

【図7】本発明の実施の形態における光路長可変機構の第2の変形例を説明するための図

30

【図8】本発明の実施の形態における光路長可変機構の第3の変形例を説明するための図

【図9】本発明の実施の形態における光路長可変機構の第4の変形例を説明するための図

【図10】本発明の実施の形態における光路長可変機構の第5の変形例を説明するための図

図

【図11】本発明の実施の形態における光路長可変機構の第6の変形例を説明するための図

図

【図12】一般的なSS-OCT装置の一構成例の概略を示す図

【図13】SS-OCT計測における参照光と信号光の周波数の関係を示す図

【図14】SS-OCT計測における参照光と信号光の周波数の関係を示す図

【図15】SS-OCT計測における正規の像と折り返し像の線対称関係を示す図

40

【発明を実施するための形態】

【0032】

以下、本発明の実施の形態について、SS-OCT装置を例に、図面を参照しながら説明する。図1は本発明の実施の形態におけるSS-OCT装置の一構成例の概略を示す図である。図1に示すように、SS-OCT装置は、干渉計1と波長走査型光源2と演算制御部3とを備える。

【0033】

光源ユニットの一例である波長走査型光源2は、波長すなわち周波数が一定の周期で変化する光を射出することができる。波長走査型光源2は光ファイバを介して干渉計1に接続している。具体的には、波長走査型光源2の光射出口が、光分割手段の一例である第一

50

のカブラ 4 の光受入口に光ファイバを介して接続している。光分割手段には、光を固定比率で二分割する方向性結合器などを用いることができる。

【 0 0 3 4 】

第一のカブラ 4 の一方の光送出口は、光ファイバを介して第一のサーキュレータ 5 に接続している。また、第一のカブラ 4 の他方の光送出口は、光ファイバを介して第二のサーキュレータ 6 に接続している。第二のサーキュレータ 6 は、合波手段の一例である第二のカブラ 7 の光受入口に光ファイバを介して接続すると共に、測定ヘッド 8 に光ファイバを介して接続している。

【 0 0 3 5 】

測定ヘッド 8 は、コリメートレンズ 9 と、ガルバノミラー 10 と、フォーカシングレンズ 12 とを備えている。コリメートレンズ 9 は、第二のサーキュレータ 6 に接続する光ファイバから受光した光を平行光にする。ガルバノミラー 10 は、コリメートレンズ 9 から受光した光の配向方向を変更する。また、ガルバノミラー 10 は、紙面に垂直な軸を中心にして一定範囲で回動可能である。フォーカシングレンズ 12 は、ガルバノミラー 10 と測定対象 11 との間に配設される。

【 0 0 3 6 】

第一のカブラ 4 から第二のサーキュレータ 6 を経て測定ヘッド 8 のコリメートレンズ 9 に入射した測定光は、平行光に成形された後、ガルバノミラー 10 を経てフォーカシングレンズ 12 で集光される。その後、測定光は、測定対象設置部に設置された測定対象 11 に照射される。測定光が照射された測定対象 11 の反射面から反射または後方散乱した光 (信号光) は、フォーカシングレンズ 12 を経て測定ヘッド 8 の内部に入射し、ガルバノミラー 10 で反射してコリメートレンズ 9 を介して第二のサーキュレータ 6 に入射する。

【 0 0 3 7 】

この実施の形態では、第二のサーキュレータ 6 と測定ヘッド 8 により、測定対象 11 に光を導いて照射する導波 / 照射手段を構成している。また、この実施の形態では、第二のサーキュレータ 6 と測定ヘッド 8 により、測定対象 11 の多層膜によって反射または後方散乱した光を捕捉する捕捉手段を構成している。すなわち、この実施の形態では、第二のサーキュレータ 6 と測定ヘッド 8 により、導波 / 照射 / 捕捉手段を構成している。

【 0 0 3 8 】

第一のサーキュレータ 5 は、合波手段の一例である第二のカブラ 7 の光受入口に光ファイバを介して接続すると共に、参照光の光路長可変機構 13 に光ファイバを介して接続している。

【 0 0 3 9 】

この実施の形態では、光路長可変機構 13 は、コリメートレンズ 14 と、参照平面 15 と、ガルバノミラー 16 とを備える。コリメートレンズ 14 は、第一のサーキュレータ 5 に接続する光ファイバから受光した光を平行光にする。参照平面 15 は、コリメートレンズ 14 から受光した光を反射してコリメートレンズ 14 へ戻す。ガルバノミラー 16 は、コリメートレンズ 14 と参照平面 15 との間の光路中に配置される。また、ガルバノミラー 16 は、紙面に垂直な軸を中心にして一定範囲で回動可能である。このガルバノミラー 16 の回動動作は、演算制御部 3 から制御可能である。光路長可変機構 13 による参照光の光路長の変化量及びその変化量の正負は、演算制御部 3 のメモリに予め記憶されている。

【 0 0 4 0 】

第二のカブラ 7 の光送出口は、光検出器として使用される差動アンプ 17 に光ファイバを介して接続している。差動アンプ 17 には、例えばバランスドフォトダイオードを用いることができる。差動アンプ 17 の出力部は、光ビート信号の時間波形を、画像取得手段の一例である演算制御部 3 に信号出力する。

【 0 0 4 1 】

この実施の形態では、第二のカブラ 7 と差動アンプ 17 によって、測定対象 11 から反射または後方散乱した光 (信号光) と参照光とを合波して干渉させ、該干渉により発生す

10

20

30

40

50

る干渉光を検出する干渉光検出手段を構成している。

【0042】

演算制御部3は、アナログ/デジタル変換回路18、フーリエ変換回路19、CPU20および記憶部21を備える。差動アンプ17から送信された信号は、アナログ/デジタル変換回路18によってデジタル信号に変換された後、フーリエ変換回路19へ送信される。フーリエ変換回路19は、差動アンプ17によって検出された光ビート信号の周波数成分をフーリエ変換する。CPU20は、フーリエ変換回路19によるフーリエ変換の結果から断層画像を構築する。記憶部21には、メモリやHDDが用いられる。

【0043】

演算制御部3の出力部は、波長走査型光源2、測定ヘッド8、光路長可変機構13、およびCPU20による演算結果を映し出すモニタ22に接続している。演算制御部3は、入力された情報に基づいて、波長走査型光源2、測定ヘッド8、光路長可変機構13、およびモニタ22を制御できるように構成されている。例えば、CPU20の制御により、波長走査型光源2から、波長が一定の範囲で周期的に変化するレーザ光が射出される。また、CPU20の制御により、測定ヘッド8内に設置されたガルバノミラー10が回転して、測定光で測定対象11を走査する。ここでは、表示/出力装置の一例としてモニタ22を用いる場合について説明するが、表示/出力装置には、モニタ以外にも、例えばプリンタなどを用いることができる。

【0044】

図2は本発明の実施の形態におけるSS-OCT装置の動作の一例を示すフローチャートである。詳しくは、図2は、光ビート信号(干渉光)に基づく画像が、正規の像(正規画像)か折り返し像(反転画像)かを判定する動作に係るフローチャートを示す。

【0045】

ステップS1において、演算制御部3は、時間的に波長が変化する光を波長走査型光源2から射出させる。波長走査型光源2から射出された光は、第一のカプラ4で、例えば5%と95%の割合で分波される。そして、5%の光は、第一のサーキュレータ5を通り、コリメートレンズ14によって平行光にされて、参照光として参照平面15へ入射する。一方、95%の光は、第二のサーキュレータ6を通り、測定ヘッド8から測定光として測定対象11へ入射する。

【0046】

参照平面15に入射した光(参照光)は、そのまま反射してコリメートレンズ14と第一のサーキュレータ5を通過して第二のカプラ7に入射する。一方、測定対象11の反射面で反射または後方散乱した光(信号光)は、測定ヘッド8のフォーカシングレンズ12で集光され、第二のサーキュレータ6を通過して第二のカプラ7に入射する。これら2つの光は第二のカプラ7において合波されて干渉する。この干渉によって生ずる干渉光の光ビート信号が、差動アンプ17で検出される。

【0047】

次に、ステップS2において、演算制御部3は、差動アンプ17で検出された光ビート信号(干渉光の強度変化)に対して、フーリエ変換回路19を用いて周波数解析を実行する。演算制御部3のCPU20は、フーリエ変換回路19による周波数解析の結果と後記する(式2)に基づき、光ビート信号の周波数に対応する反射光強度(測定対象11の深さ情報)を抽出する。例えば、ゼロ点から深さzの位置にのみ測定対象11の反射面が存在する場合を想定すると、深さに対する反射光強度は、図3(a)に示すようになる。

【0048】

参照光に対する信号光の遅れ時間 τ は、測定対象11の屈折率をnとすると、 $\tau = 2nz/c$ である。ここで、波長走査型光源2から射出される光の周波数の走査レートを $[Hz/s]$ 、波長走査型光源2から射出される光の周波数の走査時間を $T[s]$ 、波長走査型光源2から射出される光の周波数が走査時間 $T[s]$ 内で変化する幅を $f = T[Hz]$ とすると、差動アンプ17で受光される干渉光のビート周波数 f_b は、下記(式2)となる。

10

20

30

40

50

$$f_b = \quad = (f/T)(2nz/c) \cdots (\text{式2})$$

【0049】

演算制御部3は、測定対象11の深さ情報を記憶部21に記憶させた後、ステップS3において、光路長可変機構13を動作させる。光路長可変機構13は、演算制御部3から信号を受けて、参照光の光路長を変化させる。

【0050】

ここで、光路長可変機構13について説明する。光路長可変機構13は、例えば、参照平面15とガルバノミラー16を図4に示すように組み合わせて構成することができる。

【0051】

ガルバノミラー16の傾き(回転角度)は、演算制御部3により制御される。ガルバノミラー16が破線で示すように傾いている場合、参照光Hは、ガルバノミラー16で遮られることなく、参照平面15に入射して、コリメートレンズ14へ戻っていく。一方、ガルバノミラー16が実線で示すように参照光Hに対して垂直となるように傾いている場合には、参照光Hは参照平面15には入射せず、ガルバノミラー16で反射してコリメートレンズ14に戻っていく。

【0052】

したがって、図4に示す光路長可変機構13によれば、ガルバノミラー16の傾きを制御することにより、参照光の光路長を2段階に可変させることができる。この参照光の光路長差、すなわち光路長の変化量及びその変化量の正負は、ガルバノミラー16と参照平面15との位置関係や、ガルバノミラー16の傾き(回転角度)の変化から求めることができる。しかし、光路長の変化量及びその変化量の正負は、参照光の光路長を変化させたことによる光ビート信号の変化から算出することが好ましい。この実施の形態では、反射面の深さ位置が既知である測定対象を用いて、光路長可変機構13で参照光の光路長を変化させたときの光ビート信号の変化を予め求める。このとき、測定対象をz方向へ前後移動させるか、光路長可変機構13を参照光の光路長に沿って前後移動させることにより、光ビート信号を用いて構築される画像が折り返し像か否かの判定を行い、折り返し像が発生しないようにする。そして、光ビート信号の変化から、参照光の光路長の変化量及びその変化量の正負を算出し、その算出した結果を演算制御部3の記憶部21に予め記憶させるものとする。

【0053】

光ビート周波数の変化が正方向への変化か、負方向への変化かの判断を行うためには、光路長の変化量が、少なくともSS-OCT装置の奥行き分解能以上である必要がある。なお、光路長の変化量は大きいほど好ましく、より好ましくは、光路長の変化の範囲が測定可能範囲LCと等しい状態である。

【0054】

参照光の光路長を可変させる機構(光路長可変機構)としては、一般的には、参照ミラーを機械的に平行移動させることができる機械式ステージを用いることが考えられる。しかしながら、機械的ステージを用いた場合、ステージの移動速度などの制限により、光路長に大きな変化を与えるのに、SS-OCT装置による測定時間(干渉光の検出時間)以上の時間を要する。なお、SS-OCT装置による測定時間は、具体的には、波長走査型光源からレーザ光が出射されてから断層画像が構築されるまでの時間である。例えば、SS-OCT装置の測定可能範囲LCが、波長走査型光源から射出される光のコヒーレンス長に制限されて約5mmである場合について考える。この場合には、機械式ステージによる参照ミラーの平行移動によって、参照光の光路長に、コヒーレンス長と同等の5mmの変化を引き起こすことが望ましい。しかし、この5mmの平行移動には、例えばステップモータを用いて速度10mm/sで参照ミラーを移動させる場合、500msの時間が必要となる。

【0055】

SS-OCT計測の場合、測定速度は1ポイント当たり数百 μ s(数千Hz~数十kHz)であり、例えば、500ラインの測定で1つの断層画像を構築する場合でも測定時間

10

20

30

40

50

は数十ms程度である。このように、SS-OCT装置では高速に断層画像が取得できる。しかしながら、上記のような機械式ステージを用いた場合、参照ミラーの移動時間が、SS-OCT装置による実際の測定時間以上に長くなるという問題がある。

【0056】

このような問題から、光路長可変機構13は、例えば数mm程度の大きな変化量を参照光の光路長に与える動作を、数ms程度の応答速度で瞬時に行えるような機構であることが好ましい。この実施の形態の光路長可変機構13によれば、高速な応答速度を持つガルバノミラー16の傾きを制御して、参照光の光路長を非連続的に変化させることができる。よって、参照光の光路長に大きな変化量を高速に与えることができる。具体的には、SS-OCT装置による測定時間よりも短い時間で、参照光の光路長を切り替えることができる。よって、検出された光ビート信号(干渉光)に基づく画像が折り返し像(反転画像)か正規の像(正規画像)かの判定を正確に行うことが可能となる上、断層像撮影に係る時間の増加を少なくできる。

10

【0057】

図2に示すフローチャートの説明に戻る。参照光の光路長が変化した後、ステップS4において、演算制御部3は、再度、時間的に波長が変化する光を波長走査型光源2から射出させる。

【0058】

波長走査型光源2から射出された光は、第一のカブラ4で、例えば5%と95%の割合で分波される。そして、5%の光は、第一のサーキュレータ5を通り、コリメートレンズ14によって平行光にされて、参照光としてガルバノミラー16へ入射する。一方、95%の光は、第二のサーキュレータ6を通り、測定ヘッド8から測定光として測定対象11へ入射する。

20

【0059】

ガルバノミラー16に入射した光(参照光)は、そのまま反射してコリメートレンズ14と第一のサーキュレータ5を通過して第二のカブラ7に入射する。一方、測定対象11の反射面で反射または後方散乱した光(信号光)は、測定ヘッド8のフォーカシングレンズ12で集光され、第二のサーキュレータ6を通過して第二のカブラ7に入射する。これら2つの光は第二のカブラ7において合波されて干渉する。この干渉によって生ずる干渉光の光ビート信号が、差動アンプ17で検出される。

30

【0060】

次に、ステップS5において、演算制御部3は、差動アンプ17で検出された光ビート信号(干渉光の強度変化)に対して、フーリエ変換回路19を用いて周波数解析を実行する。演算制御部3のCPU20は、フーリエ変換回路19による周波数解析の結果と前記(式2)に基づき、光ビート信号の周波数に対応する反射光強度(測定対象11の深さ情報)を抽出する。

【0061】

参照光の光路長の変化前におけるゼロ点から深さzの位置にのみ測定対象11の反射面が存在する場合を想定する。この場合、参照光の光路長の変化後における反射光強度は、図3(b)に示すようになる。すなわち、参照光の光路長の変化後において、ゼロ点からの距離で表される反射光強度は、参照光の光路長の変化前に比べてゼロ点側へ近づいた位置で検出される。このように反射光強度の深さ位置がシフトするのは、参照光の光路長が短くなったことにより、図3(b)に示すようにゼロ点が波長走査型光源2から遠ざかる方向へ移動したためである。

40

【0062】

次に、ステップS6において、演算制御部3は、干渉光の変化に基づいて、参照光の光路長の変化前に検出された干渉光(光ビート信号)に基づく画像が正規の像か折り返し像かを判定する。ここで、判定基準である干渉光の変化とは、具体的には、反射光強度分布のシフト量とそのシフト方向である。このシフト量およびシフト方向は、参照光の光路長の変化前後の測定対象11の深さ情報(反射光強度分布)に基づいて算出できる。例えば、光

50

ビート信号の周波数成分が最大値を示す位置の変化や、光ビート信号の周波数成分のピーク形状をガウシアンにフィッティングさせた場合の中心位置の変化から、シフト量およびシフト方向を計算できる。折り返し像か正規の像かは、シフト量およびシフト方向が、光路長可変機構 13 が与えた光路長差に対応するものであるか否かによって判定できる。ここで、光路長可変機構 13 が与えた光路長差とは、具体的には、参照光の光路長の変化量及びその変化量の正負である。

【0063】

このように、この実施の形態では、参照光の光路を、既知の光路長差を持つ複数の光路間で瞬時に切り替えることができる光路長可変機構を用いている。そして、この光路長可変機構を用いて、断層画像の構築に用いられる反射光強度分布を検出するごとに参照光の光路長の変更を行う。これにより、信号光に対する参照光の時間遅れが変化し、参照光の周波数の時間的変化を表す直線 A と、信号光の周波数の時間的変化を表す直線 B との差であるビート周波数 f_b が変化する。その周波数シフト量の正負は、正規の像の場合と折り返し像の場合でそれぞれ逆となる。よって、この実施の形態では、参照光の光路長の変化量及びその変化量の正負と、周波数シフト量及びその周波数シフト量の正負とを比較している。このように比較することにより、検出された光ビート信号が正規の像を構築させる信号か折り返し像を構築させる信号かを判定することができる。

【0064】

ここで、正規の像か折り返し像かの判定について、ある一つの反射面から反射または後方散乱した光に基く干渉光から構築される像を例に、具体的に説明する。図 5 (c)、図 5 (d) に示すように、参照光の光路長の変化前に記憶した反射光強度分布が折り返し像を構築させるものである場合、参照光の光路長を 1 mm 長く変化させたとき、参照光の光路長の変化後の反射光強度分布は 1 mm 深い位置に移動する。一方、図 5 (a)、図 5 (b) に示すように、参照光の光路長の変化前に記憶した反射光強度分布が正規の像を構築させるものである場合、参照光の光路長を 1 mm 長く変化させたとき、参照光の光路長の変化後の反射光強度分布は 1 mm 浅い位置に移動する。この反射光強度分布の位置の変化量とその変化の方向に基づいて、参照光の光路長の変化前に検出された干渉光が折り返し像を構築させるものであるか否か、すなわち折り返し像を構築させるものか正規の像を構築させるものかを判定することができる。

【0065】

参照光の光路長の変化前の干渉光が正規の像を構築させるものであれば、演算制御部 3 は、参照光の光路長の変化前に記憶部 21 に記憶した反射光強度の空間分布の信号に基づいて、断層画像を構築する (ステップ S7)。この構築された断層画像は、モニタ 22 に映し出される。

【0066】

参照光の光路長の変化前の干渉光が折り返し像を構築させるものである場合、得られる断層画像を実際の断層構造と等しくする必要がある。このため、演算制御部 3 は、参照光の光路長の変化前に得た反射光強度の空間分布を、参照光の光路長の変化前のゼロ点を中心として深さ方向に反転させる変換処理を実行する (ステップ S8)。そして、演算制御部 3 は、その変換後の反射光強度の空間分布の信号に基づいて、断層画像を構築する (ステップ S7)。この構築された断層画像は、モニタ 22 に映し出される。

【0067】

以上の説明から明らかなように、この実施の形態では、光路長可変機構による参照光の光路長の変化の前後で反射光強度分布 (測定対象の深さ情報) を検出する。そして、参照光の光路長の変化の前後間での反射光強度分布の位置の変化量およびその変化量の正負と、参照光の光路長の変化量およびその変化量の正負を比較することにより、得られている信号が折り返し像を構築させる信号か正規の像を構築させる信号かを判定することができる。そして、折り返し像を構築させる信号である場合には、像を反転させるための変換処理を実行することにより、正規の像を提供することができる。

【0068】

続いて、光路長可変機構の他例について説明する。

【0069】

図6に光路長可変機構の第1の変形例を示す。図6に示す光路長可変機構では、参照平面15の光入射面の前方に、シャッター機構23が設置されている。シャッター機構23は反射ミラー部23aと透過窓部23bを備える。シャッター機構23は回転式である。シャッター機構23が回転すると、参照光Hの光路中に、反射ミラー部23aと透過窓部23bが交互に現れる。

【0070】

シャッター機構23の回転の位相は、演算制御部3によって制御される。シャッター機構23の回転の位相を、参照光Hの光路が反射ミラー部23aで遮られる位相にしたときには、参照光Hは反射ミラー部23aで反射する。一方、シャッター機構23の回転の位相を、参照光Hの光路が透過窓部23bを通過する位相にしたときには、参照光Hは透過窓部23bを通過して参照平面15で反射する。

【0071】

したがって、図6に示す光路長可変機構によれば、シャッター機構23の回転の位相を制御して、参照光Hが反射する平面を参照平面15と反射ミラー部23aとの間で切り替えることにより、参照光の光路長を2段階に可変させることができる。

【0072】

図7に光路長可変機構の第2の変形例を示す。この光路長可変機構は、参照光Hが入射するガルバノミラー24と、ガルバノミラー24からの距離が互いに異なる複数（ここでは3枚）の参照平面25～27とを備える。ガルバノミラー24は、紙面に垂直な軸を中心にして一定範囲で回動可能である。

【0073】

ガルバノミラー24の傾き（回転角度）は、演算制御部3によって制御される。この光路長可変機構は、ガルバノミラー24の傾きが変化することで、参照平面25～27のうちのいずれか1枚に参照光Hが入射する構成となっている。参照平面から反射した参照光Hは、ガルバノミラー24で反射されてコリメートレンズ14に戻る。

【0074】

したがって、図7に示す光路長可変機構によれば、ガルバノミラー24の傾き（回転角度）を制御して、参照光Hが入射する平面を参照平面25～27の間で切り替えることにより、異なる光路長を持つ複数の光路間で参照光Hの光路を切り替えることができる。さらに、この光路長可変機構によれば、参照光を反射させる参照平面を、ガルバノミラーからの距離が互いに異なる複数の参照平面のうちから選択できるので、参照光の光路長差を複数の光路長差のうちから選択することができる。

【0075】

図8に光路長可変機構の第3の変形例を示す。この光路長可変機構は、その中心部に参照光Hが入射するガルバノミラー28と、ガルバノミラー28から反射した参照光Hが入射するサイクロイド曲線型の参照平面29とを備える。ガルバノミラー28は、紙面に垂直な軸を中心にして一定範囲で回動可能である。サイクロイド曲線型の参照平面29の光入射面は、ガルバノミラー28の中心部からの距離が連続的に変化する。

【0076】

ガルバノミラー28の傾き（回転角度）は、演算制御部3によって制御される。この光路長可変機構は、ガルバノミラー28の傾きが変化することで、ガルバノミラー28の中心部で反射した参照光Hがサイクロイド曲線型の参照平面29の光入射面に入射する位置が変化する構成となっている。サイクロイド曲線型の参照平面29から反射した参照光は、参照平面29に入射したときと同じ光路を通過してコリメートレンズ14に戻る。この参照光の光路長は、ガルバノミラー28の傾きによって変わる。

【0077】

したがって、図8に示す光路長可変機構によれば、ガルバノミラー28の傾き（回転角度）を制御して、サイクロイド曲線型の参照平面29への参照光Hの入射位置を切り替え

10

20

30

40

50

ることにより、異なる光路長を持つ複数の光路間で参照光の光路を切り替えることができる。また、図8に示す光路長可変機構によれば、参照光の光路長を離散的ではなく連続的に変化させることができる。

【0078】

図9に光路長可変機構の第4の変形例を示す。この光路長可変機構は、図1に示す第一のサーキュレータ5に光ファイバを介して接続される光スイッチ30と、互いに長さが異なる複数(ここでは2本)の光ファイバ31、32と、ファイバカップラ33とを備える。

【0079】

光スイッチ30は、入射した参照光Hを2つの出力ポートのうちの演算制御部3からの信号に対応する出力ポートから出射させる。光スイッチ30の2つの出力ポートは、互いに長さが異なる光ファイバ31、32の一方端にそれぞれ接続している。光ファイバ31、32の他方端はファイバカップラ33の2つの光受入口にそれぞれ接続している。

【0080】

参照光Hは、光スイッチ30に入射した後、演算制御部3からの信号によって選択された出力ポートから出射されて、光ファイバ31または光ファイバ32のいずれか一方を通過し、ファイバカップラ33を経て、コリメータレンズ14から参照平面15へ入射する。参照平面15から反射した参照光は、参照平面15に入射したときと同じ光路を経て第一のサーキュレータ5へ戻る。

【0081】

したがって、図9に示す光路長可変機構によれば、光スイッチ30の出力ポートを切り替えることにより、参照光の光路長を2段階に可変させることができる。

【0082】

また、図9に示す光路長可変機構において、コリメータレンズ14とファイバカップラ33との間にサーキュレータを挿入することにより、反射光がファイバカップラ33を通過しないようにして、ファイバカップラ33による光強度の損失を減少させるようにしてもよい。

【0083】

また、図9に示す光路長可変機構によれば、参照光の光路長の切り替え速度が、光スイッチの応答速度と等しい100 μ s程度となり、高速な光路長の切り替えを容易に行うことができる。また、光スイッチに複数の出力ポートを設けることにより、参照光の光路長差を2通り以上に容易に増やすことができる。

【0084】

図10に光路長可変機構の第5の変形例を示す。この光路長可変機構は、その径方向に伸縮可能な円筒部材34に、図1に示す第一のサーキュレータ5に接続される光ファイバ35を複数回巻き付けた構成を持つ。円筒部材34には、例えばドラム型ピエゾ素子などを用いることができる。

【0085】

円筒部材34は、演算制御部3からの信号によって径方向へ伸縮する。円筒部材34を径方向へ伸縮させることにより、光ファイバ35に応力を与えて、ファイバ長を歪ませることができる。この歪により、参照光の光路長が可変する。参照光の光路長の変化量は、円筒部材34の径の変化量と、光ファイバ35の円筒部材34に対する巻き数とによって調整することができる。したがって、図10に示す光路長可変機構によれば、円筒部材34の径を変化させることにより、互いに異なる光路長を持つ複数の光路間で参照光の光路を切り替えることができる。

【0086】

図11に光路長可変機構の第6の変形例を示す。この光路長可変機構は、コリメータレンズ14と参照平面15との間に挿入された透明部材36を備える。透明部材36は、屈折率が n ($n > 1$)、長さが L である。透明部材36には、例えばガラスなどを用いることができる。この透明部材36は、例えば、図示しない1軸モータのモータ軸に固定し、そのモータ軸を回転させることにより、参照光の光路から離脱可能にする。この構成によ

10

20

30

40

50

れば、参照光の光路長の変化量が $2L(n-1)$ となる。

【0087】

なお、以上説明した実施の形態においては、光源ユニットとして、波長が一定周期で変化するレーザ光を射出する波長走査型光源₂を用いたが、低コヒーレンス光を射出する光源ユニットを用いても実現可能であると考えられる。

【0088】

また、この実施の形態においては、測定光や参照光などの光が光ファイバ中を伝搬する構成にしている。しかしながら、光ファイバによる光伝搬に限定されるものではなく、大気中もしくは真空中を伝搬させるようにしてもよい。

【0089】

また、この実施の形態においては、参照光の光路に光路長可変機構を設けたが、信号光もしくは測定光の光路に光路長可変機構を設けてもよいし、参照光の光路に加えて、信号光もしくは測定光の光路にも光路長可変機構を設けてもよい。

【0090】

また、この実施の形態においては、干渉計₁として、マイケルソン型干渉計を用いたが、これに限定されるものではなく、他の形式の干渉計、例えば、マッハツェンダー型干渉計などを用いてもよい。

【0091】

また、この実施の形態においては、波長走査型光源タイプのFD-OCTを用いたが、これに限定されるものではなく、スペクトロメータタイプのFD-OCTを用いてもよい。

【0092】

また、この実施の形態においては、光ビート信号の周波数解析にフーリエ変換を用いた。これは、光ビート信号の周波数解析の所要時間を短縮するためである。つまり、周波数解析の所要時間を短縮するには、信号を離散的に 2^n のサンプル数でサンプリングする高速フーリエ変換が望ましい。しかしながら、フーリエ変換に限定されるものではなく、スペクトラムアナライザを用いてもよい。

【0093】

また、この実施の形態においては、参照光の光路長の変化量とその変化量の正負に、反射光強度分布のシフト量とそのシフト方向が対応するか否かによって、検出された光ビート信号（干渉光）が正規の像を取得させる信号であるのか折り返し像を取得させる信号であるのかを判定した。但し、参照光の光路長の変化量の正負に、反射光強度分布のシフト方向が対応するか否かによってのみ判定してもよい。

【産業上の利用可能性】

【0094】

本発明にかかる光干渉計測方法および光干渉計測装置は、SS-OCTの原理的問題である折り返し像が発生しても、検出した干渉光（光ビート信号）が正規の像を取得させるものであるのか、正規の像が折り返された像を取得させるものであるのかを簡易に判定することが可能となる。よって、本発明にかかる光干渉計測方法および光干渉計測装置は、反射面の高さが不揃いな複数のサンプルのインライン計測、特に人間が測定対象位置を調整できない自動計測に有効である。

【符号の説明】

【0095】

- | | | |
|----|-----|------------|
| 1、 | 101 | 干渉計 |
| 2、 | 102 | 波長走査型光源 |
| 3、 | 103 | 演算制御部 |
| 4 | | 第一のカブラ |
| 5 | | 第一のサーキュレータ |
| 6 | | 第二のサーキュレータ |

10

20

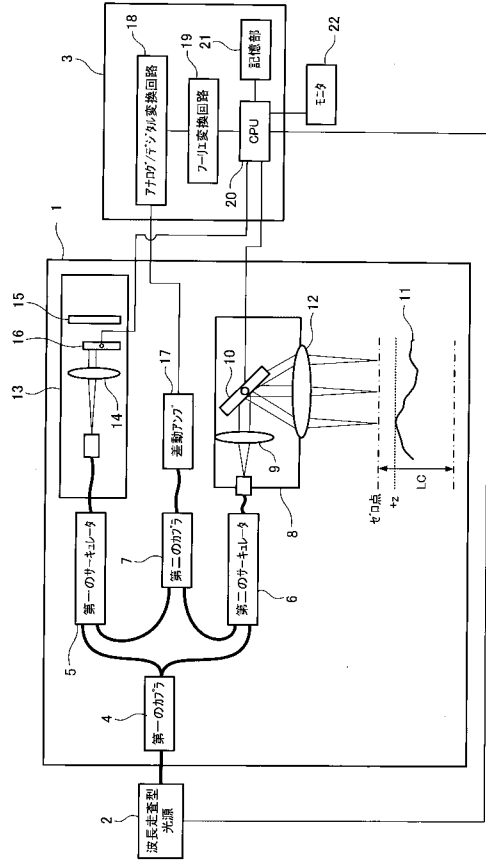
30

40

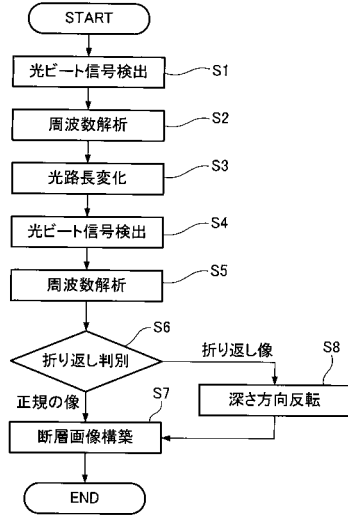
50

7	第二のカプラ	
8	測定ヘッド	
9、110	コリメートレンズ	
10、111	ガルバノミラー	
11	測定対象	
12、112	フォーカシングレンズ	
13	光路長可変機構	
14、106	コリメートレンズ	
15	参照平面	
16	ガルバノミラー	10
17、114	差動アンプ	
18	アナログ/デジタル変換回路	
19	フーリエ変換回路	
20	CPU	
21	記憶部	
22、115	モニタ	
23	シャッター機構	
23a	反射ミラー部	
23b	透過窓部	
24	ガルバノミラー	20
25~27	参照平面	
28	ガルバノミラー	
29	サイクロイド曲線型の参照平面	
30	光スイッチ	
31、32	光ファイバ	
33	ファイバカプラ	
34	円筒部材	
35	光ファイバ	
36	透明部材	
104	分波カプラ	30
105、109	サーキュレータ	
107	参照ミラー	
108	合波カプラ	
113	被測定物体	

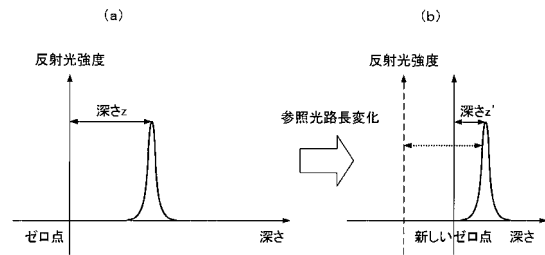
【図1】



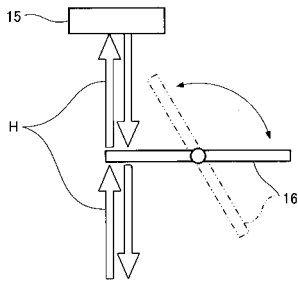
【図2】



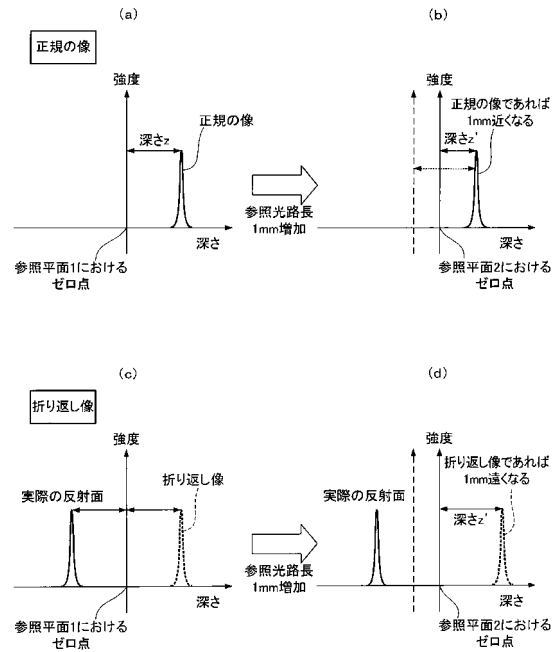
【図3】



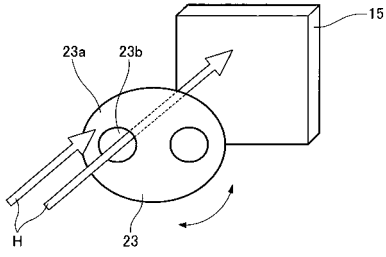
【図4】



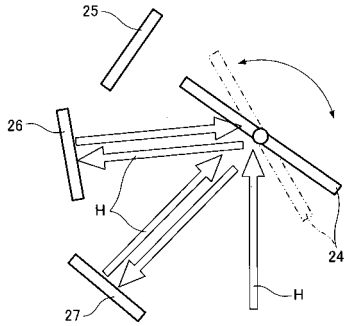
【図5】



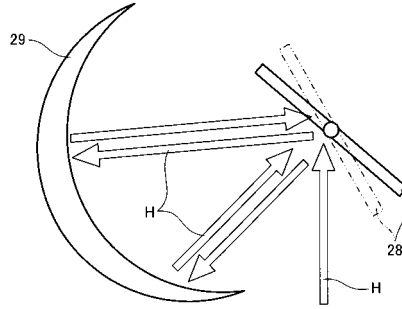
【図6】



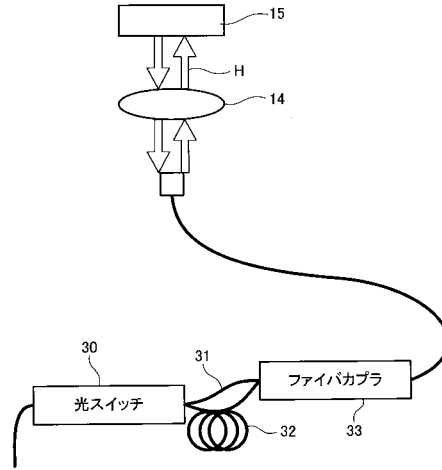
【図7】



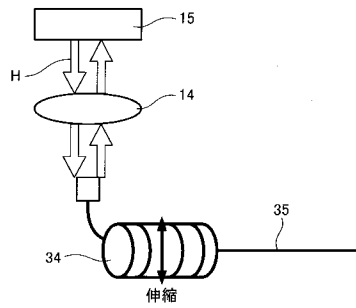
【図8】



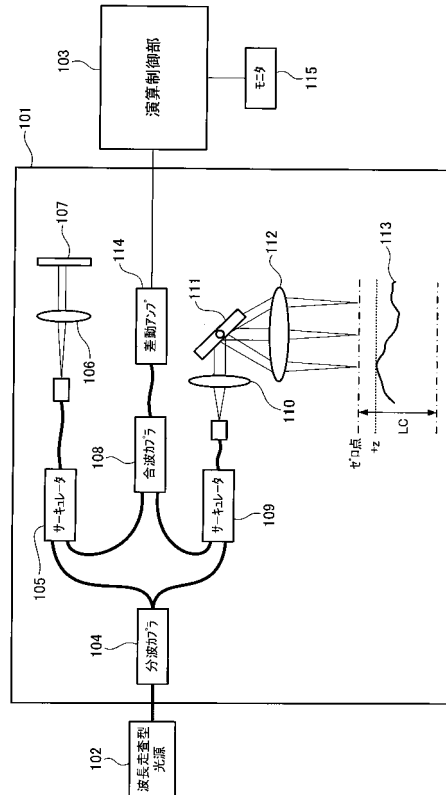
【図9】



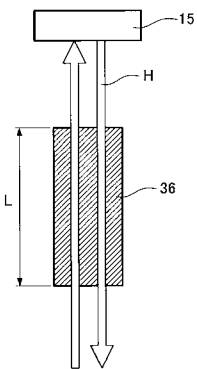
【図10】



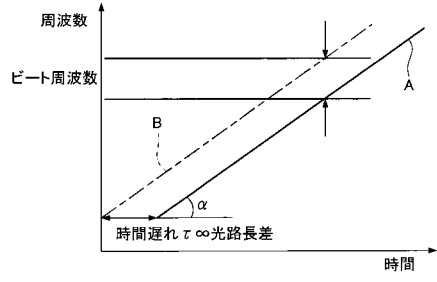
【図12】



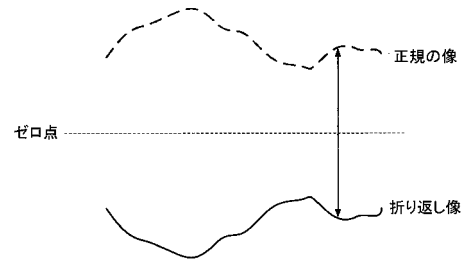
【図11】



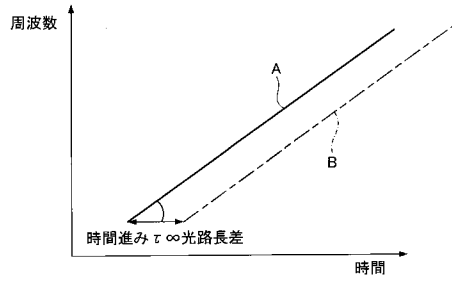
【図13】



【図15】



【図14】



フロントページの続き

- (72)発明者 濱野 誠司
大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
- (72)発明者 菅田 文雄
愛媛県東温市南方2131番地1 パナソニックヘルスケア株式会社内

審査官 後藤 昌夫

- (56)参考文献 欧州特許出願公開第02141447(E P, A1)
特開2010-029648(J P, A)
特開2006-258557(J P, A)
特開2007-024677(J P, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., D B名)
- | | |
|---------|-----------------------|
| G 0 1 B | 9 / 0 0 - 1 1 / 3 0 |
| G 0 1 N | 2 1 / 0 0 - 2 1 / 0 1 |
| G 0 1 N | 2 1 / 1 7 - 2 1 / 6 1 |