

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6487672号
(P6487672)

(45) 発行日 平成31年3月20日(2019.3.20)

(24) 登録日 平成31年3月1日(2019.3.1)

(51) Int. Cl. F I
 G O 1 J 3/02 (2006.01) G O 1 J 3/02 Z
 G O 1 N 21/35 (2014.01) G O 1 N 21/35

請求項の数 8 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2014-227164 (P2014-227164)	(73) 特許権者	000155023 株式会社堀場製作所 京都府京都市南区吉祥院宮の東町2番地
(22) 出願日	平成26年11月7日(2014.11.7)	(74) 代理人	100121441 弁理士 西村 電平
(65) 公開番号	特開2016-90472 (P2016-90472A)	(74) 代理人	100154704 弁理士 齊藤 真大
(43) 公開日	平成28年5月23日(2016.5.23)	(74) 代理人	100182121 弁理士 三宅 絃子
審査請求日	平成29年10月18日(2017.10.18)	(72) 発明者	安藤 嘉健 京都府京都市南区吉祥院宮の東町2番地 株式会社堀場製作所内
		(72) 発明者	西村 克美 京都府京都市南区吉祥院宮の東町2番地 株式会社堀場製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 干渉計、干渉計を用いた分光光度計及び干渉計の制御プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

移動ミラーと、

前記移動ミラーを往復直線移動させる移動機構と、

前記移動機構を制御して、所定の等速区間において前記移動ミラーの往復直線移動を等速度となるようにし、前記等速区間を除く反転区間において前記移動ミラーを前記等速度から減速させた後に反転させて前記等速度まで加速させる移動制御部と、

前記移動ミラーの移動速度を測定する測定部と、

前記移動ミラーの位置が前記反転区間から前記等速区間に変わった直後から所定時間において前記測定部が測定した測定値を用いて、前記移動ミラーの前記移動速度のばらつき具合を示す速度安定指標を算出する安定診断部とを具備することを特徴とする干渉計。

【請求項2】

測定試料の分析に用いられ、

前記安定診断部が、前記測定試料の分析時に前記測定部が測定した測定値を用いて前記速度安定指標を算出することを特徴とする請求項1記載の干渉計。

【請求項3】

前記速度安定指標と予め定めた閾値とを比較して、前記速度安定指標が前記閾値よりも大きい場合に、注意信号を生成する判定部をさらに具備することを特徴とする請求項1又は2記載の干渉計。

【請求項4】

10

20

前記移動ミラーが等速移動する毎に前記安定診断部が算出した前記速度安定指標を経時的に記録する格納部をさらに具備することを特徴とする請求項 1、2 又は 3 記載の干渉計。

【請求項 5】

前記格納部が、前記測定試料の分析結果と、前記安定診断部が算出した前記速度安定指標とを紐つけて記録することを特徴とする請求項 2 を引用する請求項 4 記載の干渉計。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の干渉計を用いた分光光度計。

【請求項 7】

移動ミラーを往復直線移動させる移動機構を制御して、前記移動ミラーを前記移動機構を制御して、所定の等速区間において前記移動ミラーの往復直線移動を等速度となるようにし、前記等速区間を除く反転区間において前記移動ミラーを前記等速度から減速させた後に反転させて前記等速度まで加速させるとともに、測定部が測定した前記移動ミラーの移動速度を示す移動速度信号を受け付ける干渉計の診断プログラムであって、

前記移動ミラーの位置が前記反転区間から前記等速区間に変わった直後から所定時間において前記測定部が測定した測定値を用いて、前記移動ミラーの前記移動速度のばらつき具合を示す速度安定指標を算出する診断プログラム。

【請求項 8】

移動ミラーを往復直線移動させる移動機構を制御して、前記移動ミラーを前記移動機構を制御して、所定の等速区間において前記移動ミラーの往復直線移動を等速度となるようにし、前記等速区間を除く反転区間において前記移動ミラーを前記等速度から減速させた後に反転させて前記等速度まで加速させるとともに、測定部が測定した前記移動ミラーの移動速度を示す移動速度信号を受け付ける干渉計の診断方法であって、

前記移動ミラーの位置が前記反転区間から前記等速区間に変わった直後から所定時間において前記測定部が測定した測定値を用いて、前記移動ミラーの前記移動速度のばらつき具合を示す速度安定指標を算出する診断方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば赤外光源を用いた干渉計、干渉計を用いた分光光度計及び干渉計の制御プログラムに関するものである。

【0002】

干渉計の 1 つとして知られているマイケルソン干渉計は、光源から射出された光を 2 つの光束に分割し、一方の光束を固定ミラーに反射させるとともに他方の光束を移動機構によって往復移動する移動ミラーに反射させて、これらの光束を再度重ね合わせることで光路差による干渉光を生成する。このような干渉計は、干渉光を測定試料に照射して分析を行う分光光度計に用いられている。

【0003】

ところで、上述した干渉計では、使用される環境（外気温や湿度等）、使用頻度、使用態様によって経年劣化が生じる。なかでも、分光光度計の測定時間の短縮化や測定性能の向上のために、移動ミラーを高速で移動させる昨今の干渉計の使用態様では、移動ミラーを移動させる移動機構に負担がかかり、移動機構が早期に劣化する。

【0004】

そこで、干渉計の劣化診断を行うものとして、例えば特許文献 1 記載の分光光度計がある。この分光光度計では、測定試料を設置せずに分析を行った実測値と予め定めた標準値とを比較して、分光光度計の劣化診断を行う。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2014 - 182065 号公報

10

20

30

40

50

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

ところで、上述した干渉計の劣化のなかでも、移動機構の劣化は移動ミラーの移動速度をふらつかせるので、測定試料の分析に使用できる干渉光を生成することができなくなる。そのため、移動機構の劣化については、特にメンテナンスを早急に行う必要がある。

【0007】

しかしながら、特許文献1記載の装置では、分光光度計の劣化診断を行うことはできても、具体的にどの部位に劣化が生じているのかを診断することはできない。そのため、分光光度計の劣化が生じている部位を診断するために分光光度計全体をメンテナンスする必要があり、時間と手間がかかるという問題がある。

10

【0008】

本願は上述した問題に鑑みて、分析計の性能に最も影響を与える干渉計の移動機構の劣化を診断して、装置故障に至る前に適切なメンテナンスを施すことができる干渉計等を提供することをその主たる課題とするものである。

【課題を解決するための手段】**【0009】**

本発明の干渉計は、移動ミラーと、前記移動ミラーを往復移動させる移動機構と、前記移動機構を制御して、前記移動ミラーの往復移動を等速となるようにする移動制御部と、前記移動ミラーの移動速度を測定する測定部と、前記移動ミラーが等速移動時に前記測定部が測定した測定値を用いて、前記移動ミラーの速度安定性を示す速度安定指標を算出する安定診断部とを具備することを特徴とする。

20

【0010】

これにより、安定診断部が移動ミラーの速度安定性を示す速度安定指標を算出するので、この速度安定指標から移動ミラーを移動させる移動機構の劣化を診断することができる。そのため、速度安定指標によって分析計の性能に最も影響を与える干渉計の移動機構の劣化を診断することができ、装置故障に至る前に適切なメンテナンスを施すことができる。

【0011】

本発明の干渉計の具体的な一態様としては、測定試料の分析に用いられ、前記安定診断部が、前記測定試料の分析時に前記測定部が測定した測定値を用いて前記速度安定指標を算出するものを挙げることができる。

30

これにより、安定診断部が測定試料の分析時に測定された測定値を用いて速度安定指標を算出するので、移動機構の劣化診断のために別途干渉計を作動させる必要がなく、装置故障に至る前に適切なメンテナンスを施すことができる。

【0012】

本発明の干渉計の劣化診断の具体的な一態様としては、前記速度安定指標と予め定めた閾値とを比較して、前記速度安定指標が前記閾値よりも大きい場合に、注意信号を生成する判定部をさらに具備するものを挙げることができる。

これにより判定部が、速度安定指標と閾値とを比較して注意信号を生成するので、この注意信号を用いて例えば外付けのディスプレイ等に異常を表示すれば、使用者は容易に干渉計の劣化を知ることができる。

40

【0013】

本発明の干渉計の別の具体的な一態様としては、前記移動ミラーが等速移動する毎に前記安定診断部が算出した前記速度安定指標を経時的に記録する格納部をさらに具備するものを挙げることができる。

上述の構成によって、速度安定指標の経時的な変化を確認することができるので、移動機構のメンテナンスの時期を予測することも可能になる。

【0014】

また本発明の干渉計の別の具体的な一態様としては、前記格納部が、前記測定試料の分

50

析結果と、前記安定診断部が算出した前記速度安定指標とを紐つけて記録するものを挙げることができる。

【0015】

上述の構成によって、格納部が測定試料の分析結果と速度安定指標とを紐付けて記録するので、一時的に速度安定指標が下がったときの測定値を確認することができ、信頼性の高い測定値を提供することができる。

【0016】

上述した干渉計に用いた分光光度計も本発明の1つである。

上述した干渉計を用いた分光光度計であれば、移動機構の劣化診断を行うことができるので、移動機構の劣化に起因する信頼性の低いデータがユーザに提供されてしまうことを防ぐことができる。

10

【0017】

上述した干渉計の診断プログラムとしては、移動ミラーを往復移動させる移動機構を制御して、前記移動ミラーの往復移動を等速となるようにするとともに、測定部が測定した前記移動ミラーの移動速度を示す移動速度信号を受け付ける干渉計の診断プログラムであって、前記移動ミラーが等速移動時に前記測定部が測定した測定値を用いて、前記移動ミラーの速度安定性を示す速度安定指標を算出することを特徴とする。

【発明の効果】

【0018】

本発明の干渉計、干渉計を用いた分光光度計、干渉計の制御プログラムによれば、干渉計の移動機構の劣化を診断して、メンテナンスにかかる時間と手間を短縮することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本実施形態における分光光度計及び干渉計を示す概略図。

【図2】本実施形態における制御部を示す概略図。

【図3】本実施形態における移動ミラーの目標位置と時間との関係を示すグラフ。

【図4】本実施形態における移動ミラーの速度と時間との関係を示すグラフ。

【図5】本実施形態における速度安定指標と閾値との関係を示すグラフ。

【図6】その他の実施形態におけるFTIRを示す概略図。

30

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、本発明の干渉計の一実施形態について図を用いて説明する。

【0021】

本実施形態の干渉計2は、例えばFTIR等の分光光度計に用いられるものであって、この分光光度計1としては、図1に示すように干渉計2と、測定試料を設置する試料台3と、測定試料を透過した光を受光する検出して、該光を分光することによって測定試料特有のスペクトルを検出し、測定試料を分析する分析部4とを具備する。

【0022】

干渉計2は、本実施形態では、図1に示すように、赤外波長領域の光を射出する光源5と、ビームスプリッタ6と、固定ミラー7と、移動ミラー8と、移動ミラー8を往復移動させる移動機構9と、移動ミラー8の移動速度を測定する測定部10と、移動機構9を制御して等速で往復移動させるとともに、移動機構9の劣化診断を行う制御部11とを備える。

40

【0023】

光源5は、例えばセラミックス等の高温発熱体等が用いられ、本実施形態では赤外波長領域の光を射出するものである。

【0024】

ビームスプリッタ6は、例えば赤外透過性のあるKBrのような結晶でできた平行板に、Ge等の薄膜をコーティングしたものであり、光源5から射出された光を透過及び反射

50

する。そのため、光源 5 から射出されてビームスプリッタ 6 を経た光は、透過された光が向かう光路と反射された光が向かう光路の 2 つに分岐される。

【 0 0 2 5 】

固定ミラー 7 は、ビームスプリッタ 6 で分岐された光路の一方に配置され、本実施形態ではビームスプリッタ 6 で透過された光の光路上に配置されるものである。

【 0 0 2 6 】

移動ミラー 8 は、ビームスプリッタ 6 で分岐された光路の他方に配置され、本実施形態では、ビームスプリッタ 6 で反射された光の光路上に配置されるものである。

【 0 0 2 7 】

移動機構 9 は、長軸方向にレールが設けられた直動ガイド 9 a と、直動ガイド 9 a のレールに沿って移動するとともに移動ミラー 8 が直立した状態で搭載される台 9 c と、直動ガイド 9 a の長軸方向に対して垂直な方向に台 9 c 全体に巻回されたコイル 9 b と、直動ガイド 9 a の長軸方向と平行となるように配置されて直動ガイド 9 a を挟むように配置された図示しない一対の永久磁石とを具備する。

10

そして、制御部 1 1 から制御信号（例えば電流値）を受けてコイル 9 b に電流を流すことにより、この電流が流れる方向と永久磁石による磁場とによって発生する力により、台 9 c を直動ガイド 9 a に沿って往復直線移動させるものである。

【 0 0 2 8 】

測定部 1 0 は、移動ミラー 8 の移動速度を測定するフォトセンサであって、例えば固定ミラー 7 及び / 又は移動ミラー 8 に He - Ne レーザ等のレーザ光等を照射する光源 1 0 a と、固定ミラー 7 及び / 又は移動ミラー 8 から反射された光の周波数変化から速度を測定する測定部 1 0 b とを具備するものである。そして、測定部 1 0 b が測定した速度を示す実速度データを制御部 1 1 へ送信する。

20

【 0 0 2 9 】

この干渉計 2 の動作について説明する。

光源 5 から射出された光が、ビームスプリッタ 6 によって 2 つの光束に分割されて、一方の光束は固定ミラー 7 によってビームスプリッタ 6 に向けて反射し、他方の光束は移動ミラー 8 によってビームスプリッタ 6 に向けて反射する。このとき、移動ミラー 8 は移動機構 9 によって往復直線移動しているので、固定ミラー 7 によって反射された光束と、移動ミラー 8 によって反射された光束との間には光路差が生じ、これらの光をビームスプリッタ 6 で重ね合わせて干渉光を生成するものである。

30

【 0 0 3 0 】

制御部 1 1 は、構造的には、CPU、内部メモリ、I/Oバッファ回路、ADコンバータ等を有した所謂コンピュータ回路である。そして、内部メモリの所定領域に格納した制御プログラムに従って動作することで CPU 及び周辺機器が協働動作して、図 2 に示す移動制御部 1 1 a、安定診断部 1 1 b、判定部 1 1 c、格納部 1 1 d としての機能を発揮するものである。

【 0 0 3 1 】

移動制御部 1 1 a は、移動機構 9 を制御して、移動ミラー 8 を反転に要する区間を除いた区間において等速移動させるものであって、予め入力された目標位置を時間微分して得られる目標速度を示す目標速度データと、測定部 1 0 から送信された実速度データとの偏差を算出し、この偏差に比例動作及び積分動作等の演算処理を施して制御信号を生成し、この制御信号を移動機構 9 へ送信するものである。

40

【 0 0 3 2 】

この予め入力された目標位置は、縦軸を位置、横軸を時間とすると、図 3 に示すように三角波を描く。目標位置に追従するように移動機構 9 を動かした速度は、縦軸を速度、横軸を時間とすると、図 4 に示すように一定の等速度の等速区間と、等速度から減速して止まった後に等速度と同じ速度まで加速する反転区間とが交互に繰り返される。移動制御部 1 1 a は、等速区間において、移動機構 9 を直動ガイド 9 a にそって等速移動させるとともに、反転区間において、移動機構 9 を直動ガイド 9 a の両端部で反転させる。そして、

50

移動制御部 11a によってこの制御が繰り返されることで、移動機構 9 及び移動機構 9 に搭載された移動ミラー 8 は往復直線移動を行う。

【0033】

安定診断部 11b は、移動ミラー 8 が等速移動時に測定部 10 が測定した測定値を用いて、移動ミラー 8 の速度安定性を示す速度安定指標を算出するものである。

【0034】

速度安定指標を算出方法について以下に説明する。

安定判断部 11b は、測定部 10 から送信される実速度データを用いて、移動機構 9 が予め定めた等速移動開始位置（等速区間と反転区間の境目）に到達したと判断すると、その等速移動開始位置から等速区間内における所定区間において、測定部 10 から送信される実速度データの標準偏差及び平均値を求め、標準偏差を平均値で割ることによって速度安定指標を算出する。

【0035】

この速度安定指標は、例えば以下の式で表すことができる。

ここで、等速区間内における所定区間において、所定時間ごとのミラーの速度 V_i を N 回測定したとすると、

$$\text{平均値} : V_{avr} = \frac{\sum_{i=1}^N V_i}{N}$$

$$\text{標準偏差} : V_{stdevp} = \sqrt{V \text{ var}} \quad (V \text{ var} = \frac{\sum_{i=1}^N V_i^2}{N} - V_{avr}^2)$$

$$\text{速度安定指標} : V_o = \frac{V_{stdevp}}{V_{avr}} \times n \quad (n : \text{自然数})$$

本実施形態において、 n は 3 が用いられている。

【0036】

なお、安定判断部 11b は、所定等速区間において測定部 10 から送信される実速度データの一部を用いて速度安定指標を算出してもよい。このとき、安定判断部 11b は、所定等速区間のスタート直後から所定時間において測定部 10 から送信される実速度データを使用することが好ましい。スタート直後の不安定な実速度データを用いて速度安定指標を算出することで、より精密に移動機構 9 の劣化や異常を判断することができる。

【0037】

このように安定診断部 11b が測定試料の分析時に測定された測定値を用いて速度安定指標を算出するので、干渉計 2 の劣化診断のためだけに別途干渉計 2 を作動させる必要がなく、メンテナンスにかかる時間と手間を省くことができる。

【0038】

判定部 11c は、安定診断部 11b が算出した速度安定指標データを受け付けて、速度安定指標データと、予め定めた所定の閾値を示す閾値データとを比較して、速度安定指標データが閾値データを超過していた場合には、注意信号を生成するものである。生成された注意信号は、図示しない外付けのディスプレイ等の表示部に送信されて、ディスプレイ上に異常がある旨を表示したり、図示しない別途設けたアラームを点灯したりする。これにより、ユーザは移動機構 9 が劣化したことを容易に知ることができる。

【0039】

この閾値は複数設けてもよく、複数設けられる閾値の具体例としては、図 5 の縦軸に示すように、製品出荷時の合否判定に用いられる出荷時性能検査閾値、メンテナンスの要否判定に用いられるメンテナンス閾値、データの信頼性の有無に用いられるデータ信頼性閾値等が挙げられる。これらの閾値を用いれば、判定部 11c は、例えば速度安定指標が出荷時性能検査閾値を超えれば、出荷停止信号を生成し、出荷停止を促すことができる。また、判定部 11c は、速度安定指標がメンテナンス閾値を超えれば、メンテナンス信号を

10

20

30

40

50

生成し、メンテナンスを行うようにユーザに促すことができる。さらに、判定部 11c は、速度安定指標がデータ信頼性閾値を超えれば、警告信号を生成し、干渉計の修理をユーザに促したりすることができる。上述のように閾値を超えたことによって生成される、出荷停止信号、メンテナンス信号、警告信号等の信号の総称を、注意信号とする。

【0040】

格納部 11d は、分析部 4 が分析した測定試料の分析結果と速度安定指標データとを紐付けて記録する。

これにより、外部振動等の何らかの外乱に起因して、一時的に速度安定指標が下がったときの分析結果を確認することができるので、このような外乱に基づく分析結果を除去すること等ができ、信頼性の高い測定値を提供することができる。

10

【0041】

また、格納部 11d は、安定診断部 11b が算出した速度安定指標を示す速度安定指標データを、制御部 11 に内蔵された図示しないクロックから取得した時間データに紐つけて記録してもよい。これにより、格納部 11d は、移動機構 9 が等速移動するたびに算出される速度安定指標データを、経時的に記録することとなる。そのため、速度安定指標の経時的な変化を確認することができ、移動機構 9 のメンテナンスの時期を予測することが可能になる。

【0042】

上述のように構成した本実施形態の干渉計 2 は、安定診断部 11b が移動ミラー 8 の速度安定性を示す速度安定指標を算出するので、この速度安定指標から移動ミラー 8 を移動させる移動機構 9 の劣化を診断することができる。そのため、速度安定指標によって分析計の性能に最も影響を与える干渉計 2 の移動機構 9 の劣化を診断することができ、装置故障に繋がる前に適切なメンテナンスを施すことができるという格別の効果を有する。

20

【0043】

次に、本発明の干渉計を FTIR 等の分光光度計に用いた場合の実施形態について説明する。なお、上述の分光光度計の説明と同じ部分には同一の符号を付し、説明を省略する。

【0044】

図 6 は、本実施形態における分光光度計 100 を示す概略図である。本実施形態における分光光度計 100 は、干渉計 2 と、測定試料が収容されるガスセル 30 と、ガスセル 30 を透過した光を検出する検出器 40 と、検出器 40 で検出された光の信号強度をフーリエ変換して測定試料の濃度を測定する測定部 50 とを具備する。なお、本実施形態においては、干渉計 2 の光源 5 は赤外波長領域の光を射出するものである。また、測定試料としては例えば自動車等の排ガスを挙げることができる。

30

【0045】

ガスセル 30 は、セル内で試料に干渉計 2 で生成された干渉光を透過させるものであって、筐体形状をなし、その一面に干渉計 2 で生成された干渉光が入射する入射窓と、試料を透過した光を射出する射出窓とが設けられている。

【0046】

検出器 40 は、ガスセル 30 内で試料を透過した光の信号強度を検出するものであって、例えば半導体型のセンサや焦電型のセンサ等が用いられる。

40

【0047】

測定部 50 は、検出器 40 が検出した光の強度信号をフーリエ変換して各波数成分の光の強度に分離するものである。そして、各波数の吸光度と濃度とが比例するランベルト・ベールの法則に基づいて、試料濃度を測定するものである。

【0048】

本実施形態の干渉計を FTIR に用いた場合であっても、干渉計の安定診断部 11b が移動ミラー 8 の速度安定性を示す速度安定指標を算出するので、この速度安定指標から移動ミラー 8 を移動させる移動機構 9 の劣化を診断して、信頼性の高いデータを提供することができる。また、格納部 11d が測定試料の分析結果と速度安定指標とを紐付けて記録

50

するので、一時的に速度安定指標が下がったときの測定値を確認することができ、信頼性の高い測定値を提供することができる。

【0049】

本発明は、上述した構成に限られるものではない。

【0050】

上記実施形態では、移動機構をボイスコイルモータで作動するものとしているが、移動機構が往復直線移動できるものに構成するものであれば、この構成に限られない。

【0051】

上記実施形態では、測定部にフォトセンサが用いられているが、例えば位置センサや加速度センサ等を用いることもできる。この場合は、測定値を時間微分又は時間積分して実速度データを検出すればよい。

10

【0052】

また、本実施形態では格納部を制御部内部に設けているが、制御部に外付けされた記録媒体を格納部として用いることもできる。

【0053】

本発明は、その他その趣旨に反しない範囲で様々な変形が可能である。

【符号の説明】

【0054】

2・・・干渉計

8・・・移動ミラー

9・・・移動機構

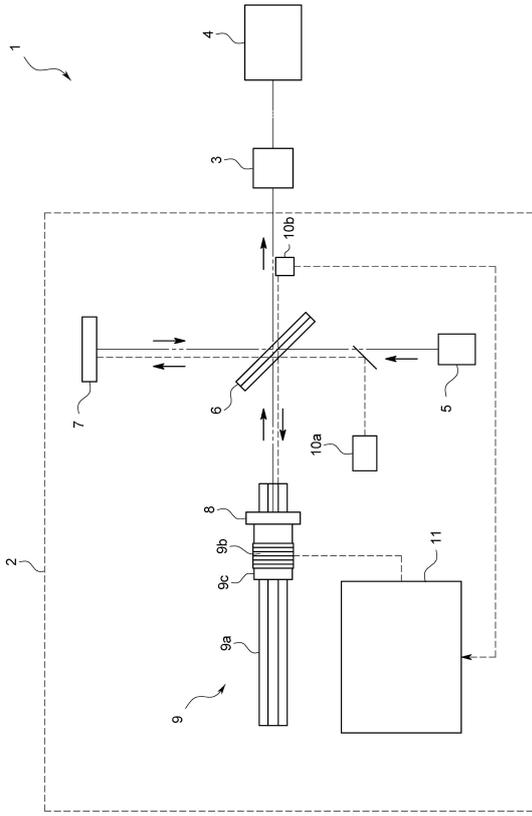
10・・・測定部

11・・・制御部

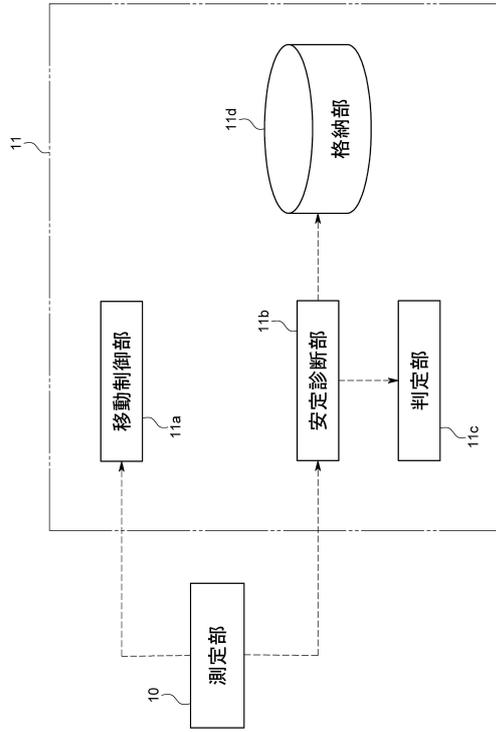
11b・・・安定診断部

20

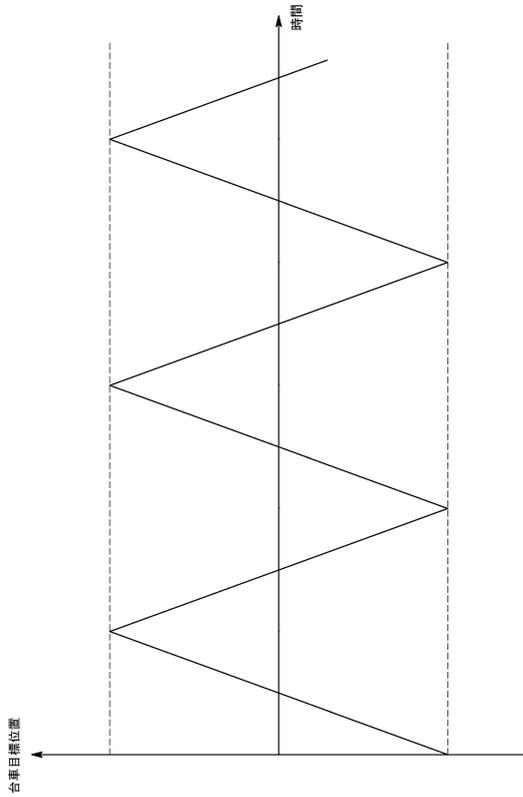
【図1】



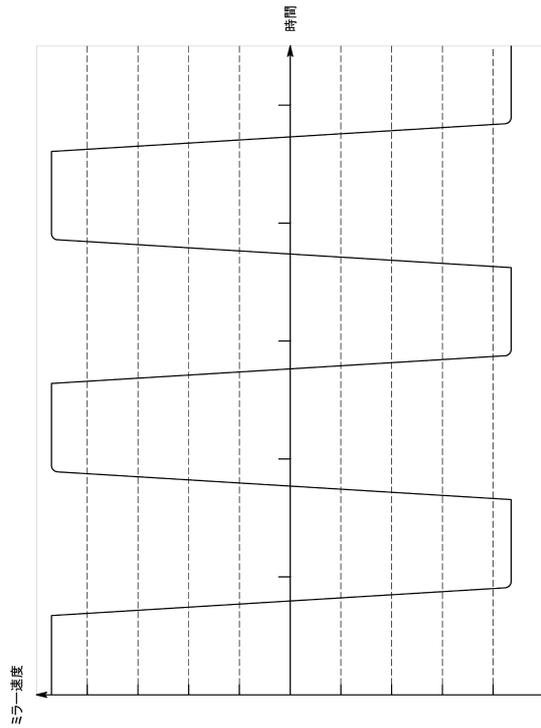
【図2】



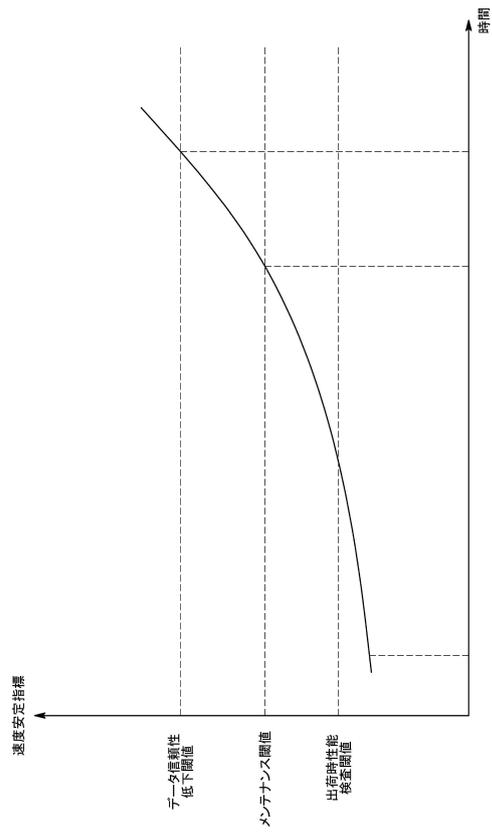
【図3】



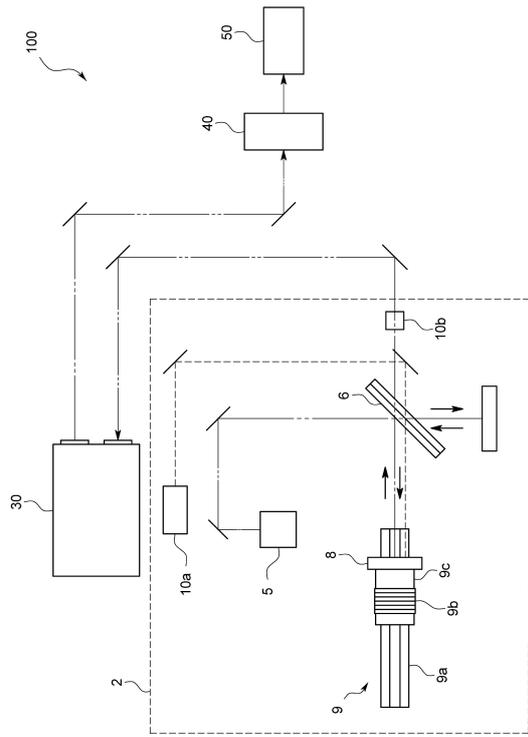
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 境 行男

京都府京都市南区吉祥院宮の東町2番地 株式会社堀場製作所内

審査官 平田 佳規

(56)参考文献 特開昭59-163525(JP,A)
国際公開第2013/127908(WO,A1)
特開2013-019833(JP,A)
特開2009-139352(JP,A)
特開2016-090473(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01J 3/00 - 3/51
G01N 21/00 - 21/01
G01N 21/17 - 21/61
G01B 9/02
G01B 11/00 - 11/30
G02B 26/10 - 26/12