

(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2012-83274

(P2012-83274A)

(43) 公開日 平成24年4月26日 (2012.4.26)

(51) Int. Cl.			F I			テーマコード (参考)	
GO 1 H	9/00	(2006.01)	GO 1 H	9/00	C	2 F 0 6 4	
GO 1 B	9/02	(2006.01)	GO 1 B	9/02		2 F 0 6 5	
GO 1 B	11/00	(2006.01)	GO 1 B	11/00	G	2 G 0 5 9	
GO 1 N	21/45	(2006.01)	GO 1 N	21/45	A	2 G 0 6 4	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2010-231050 (P2010-231050)
 (22) 出願日 平成22年10月14日 (2010.10.14)

(71) 出願人 504151365
 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構
 茨城県つくば市大穂1番地1
 (74) 代理人 100093816
 弁理士 中川 邦雄
 (72) 発明者 青戸 智浩
 茨城県つくば市大穂1番地1 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構内
 Fターム(参考) 2F064 AA01 CC04 FF03 FF07 GG02
 GG16 GG24 GG44 GG52 HH05
 JJ01 JJ04 JJ11 JJ15

最終頁に続く

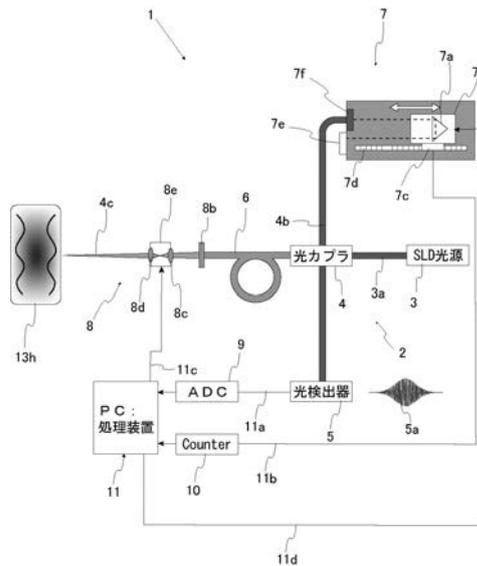
(54) 【発明の名称】 白色干渉法による振動測定装置及び振動測定方法

(57) 【要約】

【課題】白色干渉法を用いて、 μ メートルオーダの高精度で測定対象物の位置を決定し、さらに測定対象物の振動周波数をkHzオーダの高速で検出でき、かつナノメートルオーダの振動変位量を測定できる振動測定装置及び振動測定方法を提供する。

【解決手段】白色光を参照光と測定光に分割する光カプラと、参照光の進行方向を変える光学素子、参照光の進行方向を反転する反射素子、光学素子を往復移動させる直動ステージ及び光学素子の位置を取得するスケールヘッドからなる参照光路長スキャナ部と、測定光を発散又は収束させる集光レンズと集光レンズを移動させるレンズ移動機構からなるセンサ部と、反射して返った参照光と測定光を合成して干渉信号を出力する光検出器と、所定時間取得した干渉信号の強度を高速フーリエ変換処理で解析して、測定対象物の振動周波数及び振動変位量を求める処理装置とからなる振動測定装置の構成とした。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

白色光源から照射される白色光を参照光と測定光に分割する光カプラと、前記光カプラから光ファイバを介して照射された参照光の進行方向を変える光学素子、前記光学素子から出た参照光の進行方向を反転する反射素子、前記光学素子を往復移動させる直動ステージ、及び前記光学素子の位置を取得するスケールヘッドからなる参照光路長スキャナ部と、前記光カプラから光ファイバを介して照射された測定光を発散又は収束させる集光レンズと、前記参照光路長スキャナ部と同期して前記集光レンズを移動させ測定光のスポットサイズを調整するレンズ移動機構からなるセンサ部と、前記参照光路長スキャナ部から返った参照光と前記センサ部から返った測定光を合成させ、合成結果を電気信号である干渉信号として出力する光検出器と、干渉信号を所定時間取得し、得られた干渉信号の強度を高速フーリエ変換処理で干渉信号の強度の周波数と振幅を解析して、測定対象物の振動周波数及び振動変位量を求める処理装置と、からなることを特徴とする白色干渉法による振動測定装置。

10

【請求項 2】

前記所定時間取得する干渉信号は、前記処理装置が、前記光検出器で得られた干渉信号から最大振幅を示す干渉縞の振幅の中心を通るゼロベース直線を求め、前記干渉縞とゼロベース直線の交差点に前記光学素子を前記直動ステージの移動により位置させときの所定時間の干渉信号の強度であることを特徴とする請求項 1 に記載の白色干渉法による振動測定装置。

20

【請求項 3】

白色光源から出射された白色光を測定対象物に向かう照射光と、移動可能な光学素子に向かう照射光に分割し、測定対象物及び光学素子で反射した測定光及び参照光を干渉させて干渉縞を得る白色干渉法を利用した測定対象物の振動を測定する方法であって、干渉縞の振幅の中心を通るゼロベース直線を求め、前記干渉縞と前記ゼロベース直線の交差点に対応する位置へ前記光学素子を移動させ、干渉信号を所定時間取得し、取得した干渉信号の強度を高速フーリエ変換処理で干渉信号の強度の周波数と振幅を解析して、測定対象物の振動周波数及び振動変位量を求めることを特徴とする白色干渉法による振動測定方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、白色干渉法（低コヒーレンス干渉法）測長器を用いた非接触寸法測定装置において、測定対象物の微小振動を測定する技術、即ち測定対象物の振動周波数及び振動変位量の測定技術に関する。

【背景技術】

【0002】

干渉法は、複数の波を干渉させるとき、波長の整数倍に近付くと強め合い、その中間に近付くにつれ弱め合うことを利用して、波長や位相差を測定する技術である。

40

【0003】

尚、白色干渉法（低コヒーレンス干渉法）は、コヒーレンス長（干渉縞を得ることの出来る最大の光路差）の短い白色光源を用いる手法で、微小距離の測定や、物体の微細な構造や形状を計測することができる。

【0004】

図 4 は、本発明である白色干渉測長技術の原理を示す図である。図 4（A）は白色干渉法 13 の装置構成であり、図 4（B）は白色干渉法 13 で得られる干渉波形を示すインターフェログラム 14 である。

【0005】

50

白色光源 13 a からハーフミラー 13 c に向け、白色光 13 b を照射し、白色光 13 b をハーフミラー 13 c で参照光 13 d と測定光 13 e に分割する。尚、ハーフミラー 13 c は、反射光と透過光の強さがほぼ 1 : 1 のビームスプリッタである。

【0006】

ハーフミラー 13 c で反射した参照光 13 d は位置移動可能（図中両矢印）な参照鏡 13 g に照射され、ハーフミラー 13 c を透過した測定光 13 e はレンズ 13 f を介して対象物 13 h に照射される。

【0007】

参照鏡 13 g で反射しハーフミラー 13 c を透過した参照光 13 d と、対象物 13 h から返りハーフミラー 13 c で反射した測定光 13 e とを、検出器 13 i に取り込み、干渉させる。

10

【0008】

白色光源 13 a による干渉縞 14 a（図 4（B））は、測定光 13 e と参照光 13 d の光路差がないとき、即ち各光路長がほぼ等しいときに見られ、各光路長が一致したとき干渉縞 14 a の振幅が最大となる。そのときの干渉縞 14 a のコントラスト最大位置 14 b が対象物 13 h の表面高さとなる。そして、干渉縞 14 a の最大振幅を示す参照鏡の位置の決定精度が対象物 13 h の位置、構造を測定する際の測定精度となる。

【0009】

参照光 13 d の光路長を精度良く走査し白色干渉縞 14 a の位相情報を得ることで、対象物の位置、形状をナノメートル精度で計測することも可能となる。

20

【0010】

特許文献 1 等には、レーザーを用いた非接触で対象物の振動を計測する技術が公開されている。また、特許文献 2 ~ 4 には、白色干渉法を用いた技術が公開されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献 1】特開 2009 - 008529 号公報

【特許文献 2】特開 2010 - 101629 号公報

【特許文献 3】特開 2010 - 096551 号公報

【特許文献 4】特開 2009 - 186191 号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

従来の振動測定センサでは、センサ自体を対象に接触させて測定するものが多く、さらに kHz オーダの高速応答が困難で、振動変位量の検出精度も μ メートルオーダであった。また、非接触式（レーザー式（特許文献 1）や音波式）のセンサでは、 μ メートルオーダ精度で振動変位量の検出が可能であるが、測定対象物の位置を検出することに課題があった。さらに、白色干渉法を用いた技術（特許文献 2 ~ 4）では、白色干渉法を用いた位置の決定と振動計測とは別々の手法で行われている。

【0013】

40

そこで、本発明は、白色干渉法を用いた非接触測定器において、 μ メートルオーダの高精度で測定対象物の位置を決定し、さらに、測定対象物の振動周波数を kHz オーダの高速で検出でき、かつナノメートルオーダの振動変位量を測定できる白色干渉法による振動測定装置及び白色干渉法による振動測定方法を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0014】

上記の課題を解決するために、本発明は、白色光源から照射される白色光を参照光と測定光に分割する光カプラと、前記光カプラから光ファイバを介して照射された参照光の進行方向を変える光学素子、前記光学素子から出た参照光の進行方向を反転する反射素子、前記光学素子を往復移動させる直動ステージ、及び前記光学素子の位置を取得するスケー

50

ルヘッドからなる参照光路長スキャナ部と、前記光カプラから光ファイバを介して照射された測定光を発散又は収束させる集光レンズと、前記参照光路長スキャナ部と同期して前記集光レンズを移動させ測定光のスポットサイズを調整するレンズ移動機構からなるセンサ部と、前記参照光路長スキャナ部から返った参照光と前記センサ部から返った測定光を合成させ、合成結果を電気信号である干渉信号として出力する光検出器と、干渉信号を所定時間取得し、得られた干渉信号の強度を高速フーリエ変換処理で干渉信号の強度の周波数と振幅を解析して、測定対象物の振動周波数及び振動変位量を求める処理装置と、からなることを特徴とする白色干渉法による振動測定装置の構成とした。

【0015】

また、前記所定時間取得する干渉信号は、前記処理装置が、前記光検出器で得られた干渉信号から最大振幅を示す干渉縞の振幅の中心を通るゼロベース直線を求め、前記干渉縞とゼロベース直線の交差点に前記光学素子を前記直動ステージの移動により位置させたときの所定時間の干渉信号の強度であることを特徴とする前記記載の白色干渉法による振動測定装置の構成とした。

10

【0016】

そして、白色光源から出射された白色光を測定対象物に向かう照射光と、移動可能な光学素子に向かう照射光に分割し、測定対象物及び光学素子で反射した測定光及び参照光を干渉させて干渉縞を得る白色干渉法を利用した測定対象物の振動を測定する方法であって、干渉縞の振幅の中心を通るゼロベース直線を求め、前記干渉縞と前記ゼロベース直線の交差点に対応する位置へ前記光学素子を移動させ、干渉信号を所定時間取得し、取得した干渉信号の強度を高速フーリエ変換処理で干渉信号の強度の周波数と振幅を解析して、測定対象物の振動周波数及び振動変位量を求めることを特徴とする白色干渉法による振動測定方法の構成とした。

20

【発明の効果】

【0017】

本発明は、上記構成であるので、 μ メートルオーダの高精度で測定対象物の位置を決定し、さらに測定対象物の振動をkHzオーダの高速で検出でき、かつナノメートルオーダの振動変位量の測定が可能になる。

【0018】

例えば、加速空洞モジュールのように、測定対象物が容器内にある場合に、光透過性の窓を通して、測定対象物の振動周波数、振動変位量を測定することができる。

30

【0019】

さらに、放射光ナノビーム等で、分光器のミラーや回析格子といった真空中にある光学素子の位置、振動を、真空封止してある光透過性の窓を通じて測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明である白色干渉法による振動測定装置の模式図である。

【図2】白色干渉法による振動測定方法のフローである。

【図3】図2フローに沿ったデータの解析手順を示す図である。

【図4】本発明である白色干渉法測長技術の原理を示す図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、本発明について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【実施例1】

【0022】

図1に示すように、本発明である白色干渉法による振動測定装置1は、干渉計部2と、参照光路長スキャナ部7と、センサ部8と、処理装置11とからなり、測定対象物の振動周波数と振動変位量を求めることができる。

【0023】

振動変位量とは、測定対象物13hがある特定のまたは複数の周波数で時間的に周期的

50

な微小移動している際の移動量である。

【0024】

干渉計部2は、白色光源3と、光カブラ4と、光検出器5とからなる。そして、光カブラ4と、白色光源3及び参照光路長スキャナ部7及びセンサ部8及び光検出器5とは、光ファイバ6で繋がれる。干渉計部2は、白色光3aを参照光と測定光（もしくは2つ以上の光路）に分割し、さらに参照光と測定光（もしくは2つ以上の光路からの光）を干渉させる。

【0025】

白色光源3は、白色光3aを照射する装置であり、高輝度で低コヒーレンス性であるSLD（スーパーluminescent diode）、パルス幅がフェムト秒レベルであるフェムト秒レーザー、波長走査型レーザー等がある。

10

【0026】

光カブラ4は、光ファイバ6中の光を分割する装置である。入射した白色光3aを参照光4bと測定光4cに分割し、参照光4bは参照光路長スキャナ部7に送り、測定光4cはセンサ部8に送る。

【0027】

光カブラ4は、例えば、ビームスプリッタ（ハーフミラー13c）又はそれと同等の機能を有する他の手段を備える。すなわち光ファイバ6中の光を2つまたはそれ以上の経路に、1:1もしくは他の比率に分割する。

【0028】

光検出器5は、参照光路長スキャナ部7から返る参照光4bと、センサ部8から返る測定光4cを光カブラ4において合成し、電気信号（アナログ）である干渉信号11aとして処理装置11に出力する。

20

【0029】

光ファイバ6は、光の伝送路であり、機器間で光を送受する。透過率の高い石英ガラス又はプラスチックで出来ており、外側よりも芯の屈折率を高くすることで光を芯にだけ伝搬させる。

【0030】

参照光路長スキャナ部7は、光カブラ4から入射した参照光4bを反射して光カブラ4に戻す。そして、干渉計部2から入射した参照光4bを反射させて干渉計部2に返す過程において、参照光4bの光路長を変化させる。

30

【0031】

参照光路長スキャナ部7は、光学素子7a、直動ステージ7b、スケールヘッド7c、リニアスケール7d、反射素子7e、ファイバコネクタ7f等からなり、光ファイバ6に接続され、干渉計部2から出た参照光4bが入射される。

【0032】

参照光路長スキャナ部7内には、位置を示すリニアスケール7dが配され、直動ステージ7bが往復移動可能に設置される。直動ステージ7bに取り付けたスケールヘッド7cでリニアスケール7d上の目盛りを読み取り直動ステージ7bの位置を取得することができる。

40

【0033】

直動ステージ7b上には、光学素子7aが光ファイバ6に接続されるファイバコネクタ7fに対向するように載置され、ファイバコネクタ7fの隣に反射素子7eが光学素子7aに対向するように固定される。

【0034】

光学素子7aは、再帰性反射ができる直角プリズムミラーやCCP（コーナーキューブ・プリズム）などが用いられ、直角に組み合わせた面に光を入射させ、数回の反射により光を元来た方向へ返す。

【0035】

直動ステージ7bは、参照光4bの進行方向と同方向又は逆方向にスライドできる移動

50

体である。直動ステージ 7 b を移動させることで、参照光 4 b の光路長を変化させることができる。直動ステージ 7 b の移動は、処理装置 1 1 が、光検出器 5 からの干渉信号 1 1 a 及びスケールヘッド 7 c からのスケール信号 1 1 b を基に、処理装置 1 1 が移動制御信号 1 1 d を生成し、移動ステージ 7 b に出力して制御される。

【 0 0 3 6 】

スケールヘッド 7 c は、直動ステージ 7 b と共に移動しながらリニアスケール 7 d 上の位置情報を読み取る。尚、直動ステージ 7 b が車輪やローラ等の回転体で移動する場合は、回転体の回転量から移動量を把握しても良い。スケールヘッド 7 c が取得した直動ステージ 7 b の位置は、スケールヘッド 7 c がスケール信号 1 1 b として出力し、処理装置 1 1 で使用される。

10

【 0 0 3 7 】

リニアスケール 7 d は、直動ステージ 7 b の可動範囲に目盛り等を付したものであり、直動ステージ 7 b の移動量を取得することで、参照光 4 b の光路長を把握することができるようにしたものである。

【 0 0 3 8 】

反射素子 7 e は、ミラーなどが用いられ、光の進行方向を反対方向にすることができる。尚、反射素子 7 e は終端であり、ファイバコネクタ 7 f から反射素子 7 e に至るまで、間に光学素子 7 a を複数個用いて光を複数回往復させても良い。それにより、参照光 4 b の光路長の変化量を長くすることができる。即ち、センサ部 8 から測定対象物 1 3 h までの距離が長い場合でも測定可能になる。

20

【 0 0 3 9 】

ファイバコネクタ 7 f は、干渉計部 2 に接続する光ファイバ 6 の先端を保持し、光ファイバ 6 から出射された参照光 4 b を直動ステージ 7 b 上の光学素子 7 a に当てるように固定したものである。

【 0 0 4 0 】

直動ステージ 7 b を往復移動させると、参照光 4 b の光路長は光カプラ 4 からファイバコネクタ 7 f と光学素子 7 a を経て反射素子 7 e に至るまでとなるので、参照光 4 b の光路長を直動ステージ 7 b の移動量の 2 倍で変化させることができる。

【 0 0 4 1 】

尚、光学素子 7 a を直動ステージ 7 b 上とファイバコネクタ 7 f の隣に配置し、反射素子 7 e を直動ステージ 7 b 上に配置すると、参照光 4 b の光路長を直動ステージ 7 b の移動量の 3 倍で変化させることができる。即ち、光学素子 7 a と反射素子 7 e の組み合わせを増やすことにより、参照光 4 b の光路長のスキャン長さを長くすることができる。

30

【 0 0 4 2 】

反射素子 7 e で反射された参照光 4 b は、そのまま同じ経路を逆戻りして光ファイバ 6 の先端を保持するファイバコネクタ 7 f まで到達し、光ファイバ 6 内を通過して干渉計部 2 へ返る。

【 0 0 4 3 】

センサ部 8 は、ファイバコネクタ 8 b、集光レンズ 8 c、8 d、レンズ移動機構 8 e 等からなり、光カプラ 4 から延びる光ファイバ 6 を介して、集光レンズ 8 c に向けて測定光 4 c を照射する。そして、光カプラ 4 から入射した測定光 4 c を測定対象物 1 3 h で反射させて光カプラ 4 に戻す。

40

【 0 0 4 4 】

ファイバコネクタ 8 b は、光ファイバ 6 の測定光 4 c の測定対象物 1 3 h 側の終端を保持する。光ファイバ 6 から出射された測定光 4 c は、集光レンズ 8 c に至る。

【 0 0 4 5 】

集光レンズ 8 c、8 d は、凸レンズ等を 2 枚又は複数枚用いて測定光 4 c を発散又は収束させることで、測定光 4 c の焦点距離を変化させて、測定対象物 1 3 h に対する測定光 4 c のスポットサイズ（照射面積）の最適化に用いる。

【 0 0 4 6 】

50

レンズ移動機構 8 e は、集光レンズ 8 d を移動させて測定光 4 c の焦点を可変にするための装置である。レンズ移動機構 8 e の例としては、中空ボイスコイルモータや、小型ステージを用いた手段などがある。

【 0 0 4 7 】

通常、集光レンズ 8 c の位置を固定して集光レンズ 8 d の位置を可動にするが、集光レンズ 8 c の位置を可動にして集光レンズ 8 d の位置を固定しても良いし、集光レンズ 8 c と集光レンズ 8 d の両方を可動にしても良い。レンズ移動機構 8 e の移動制御は、処理装置 1 1 で行われる。

【 0 0 4 8 】

A / D 変換器 9 は、アナログ信号である干渉信号 1 1 a をデジタル信号に変換する装置である。カウンター 1 0 は、スケールヘッド 7 c から取得したスケール信号 1 1 b を数値に変換する装置である。カウンター値はスケール信号 1 1 b を数値に変換しただけであるので等価と見なせる。

【 0 0 4 9 】

処理装置 1 1 は、必要に応じて各部材の動作制御、取得データの演算処理を行うコンピュータ装置である。

【 0 0 5 0 】

動作制御としては、参照光路長スキャナ部 7 から取得したスケール信号 1 1 b に応じてレンズ移動機構 8 e にレンズ移動制御信号 1 1 c を出力し、測定光 4 c のスポットサイズの最適化を行う。上述のように、干渉縞 5 a が最大振幅を示す光学素子 7 a の位置に直動ステージ 7 b の移動を制御する。さらに、光学素子 7 a を所定の位置に位置させ、所定時間干渉信号 1 1 a を取得するため、スケール信号 1 1 b を基に移動制御信号 1 1 d で直動ステージ 7 b の移動を制御する。

【 0 0 5 1 】

処理装置 1 1 の演算処理としては、光検出器 5 からの干渉信号 1 1 a を基に、最大振幅を示す干渉縞 5 a を決定する。最大振幅を示す干渉縞 5 a は、直動ステージ 7 b の移動量即ちスケール信号 1 1 b に対して干渉信号 1 1 a の強度を得ることで決定される。

【 0 0 5 2 】

また、処理装置 1 1 は、干渉信号 1 1 a 、スケール信号 1 1 b を基に、レンズ移動機構 8 e の集光レンズ 8 d 、 8 c の位置、直動ステージ 7 b の位置を移動する。これら移動は同期して行う。直動ステージ 7 b を所定の位置に移動させた後に所定時間干渉信号 1 1 a の強度を取得して、そのデータを高速フーリエ変換処理して、干渉信号の強度の周波数及び振幅を解析する。その解析に基づき、測定対象物 1 3 h の振動周波数及び振動変位量を求める。

【 実施例 2 】

【 0 0 5 3 】

図 2 に、本発明である白色干渉法による振動測定方法の一例として、図 1 に示す白色干渉法による振動測定装置 1 を用いた白色干渉法による振動測定方法 1 2 のフローを示した。

【 0 0 5 4 】

白色干渉法による振動測定方法 1 2 は、白色光照射、センサ部移動・固定、参照光の光路長スキャン、測定光のスポットサイズ最適化、干渉縞の検出ステップ、干渉縞ゼロベース直線の計算、光学素子移動、データ収集、データ解析、振動周波数・振動変位量の計算（振動測定結果表示）の各ステップからなる。

【 0 0 5 5 】

白色光照射ステップは、白色光源 3 から白色光 3 a を照射し、光ファイバ 6 を介して光カプラ 4 に白色光 3 a を送る。光カプラ 4 で白色光 3 a を参照光 4 b と測定光 4 c に分割し、参照光 4 b を参照光路長スキャナ部 7 に、測定光 4 c をセンサ部 8 に送る。

【 0 0 5 6 】

センサ部移動・固定ステップは、センサ部 8 の先端部を測定対象物 1 3 h に向け、固定

10

20

30

40

50

する。

【0057】

参照光の光路長スキャンステップは、直動ステージ7bを直動ステージ7bが移動可能な全範囲または一部を移動させる。直動ステージ7bの移動とともに干渉信号11aは、光検出器5から処理装置11に出力される。

【0058】

測定光のスポットサイズ最適化ステップは、参照光の光路長スキャンステップに同期して、処理装置11でレンズ移動制御信号11cを生成し、レンズ移動機構8eを駆動させ、集光レンズ8dを移動させる。そして、測定光4cの測定対象物13hにおけるスポットサイズを最適化する。

10

【0059】

参照光4bと測定光4cの光路長がほぼ一致したとき干渉縞5aが得られることから、参照光路長スキャン部7の直動ステージ7bの移動と、センサ部8の集光レンズ8dの移動は、測定位置10aのスポットサイズを最適化するように連動する。

【0060】

干渉縞の検出ステップは、処理装置11が、干渉信号11aを基に、干渉縞5aの最大振幅を示す直動ステージ7bの位置を決定する。そのときの直動ステージ7bの位置、即ちスケール信号11bが示す位置を測定対象物13hの基準位置とする。検出される干渉縞5aは、図3(A)に示す波形となる。縦軸が干渉信号強度、横軸が光学素子(参照鏡)位置である。図3(B)、(C)においても同じ。

20

【0061】

干渉縞ゼロベース直線の計算ステップは、処理装置11の演算により最大振幅干渉縞の振幅の中心を通るゼロベース直線を求める。ゼロベース直線は、図3(B)(C)に示した。

【0062】

光学素子移動ステップは、干渉縞5aとゼロベース直線との交差点の位置に対応する位置へ、光学素子7aを位置させるため、直動ステージ7bを移動させる。前記交差点は、振動変位量に対する干渉信号の強度の変化率が大きいため、ナノメートルレベルの振動変位量も検出できることとなる。

【0063】

データ収集ステップは、ある交差点位置に対応する光学素子7aの位置において、所定時間、干渉信号11aを取得する。測定対象物13hが振動することにより、干渉信号11aの強度は時間とともに変化する。処理装置11は、取得した干渉信号11aの強度(図3の(D))を処理装置11或いは別体の記憶装置に格納する。図3(D)における縦軸は干渉信号強度であり、横軸は参照鏡(光学素子7a)位置を固定した後の経過時間である。

30

【0064】

データ解析ステップは、処理装置11の演算部で、図3の(D)に示す所定時間の干渉信号11aの強度データを、高速フーリエ変換処理して、所定時間の干渉信号11aの強度データから周波数及び振幅を解析する。

40

【0065】

本発明における高速フーリエ変換は、公知の高速フーリエ変換技術(例えばウェブページ<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E9%AB%98%E9%80%9F%E3%83%95%E3%83%BC%E3%83%AA%E3%82%A8%E5%A4%89%E6%8F%9B>参照)を用いて行われ、デジタル信号に対するフーリエ変換を高速に計算する手法である。

【0066】

即ち、ここでの高速フーリエ変換では、横軸時間に対して縦軸干渉信号強度の所定時間のデータにある1つ又は複数の周波数成分を横軸周波数、縦軸振幅のデータに変換する。つまり、本発明における高速フーリエ変換は、ある一定時間の時間サンプリングした干渉信号11aの周波数成分を抽出する演算である。

50

【 0 0 6 7 】

振動周波数・振動変位量の計算ステップは、処理装置 1 1 の演算部で、データ解析ステップの解析結果を計算することで、測定対象物 1 3 h の振動周波数及び振動変位量を求める。即ち、高速フーリエ変換によって、振動周波数に応じた振幅のデータが得られる。この振幅データは、予め振動変位量の決まっている振幅との相関から、比較校正しておき、高速フーリエ変換によって得られた振幅のデータを振動変位量に換算する。

【 0 0 6 8 】

なお、図 2 に示すように、データ収集、データ解析、振動周波数・振動変位量の計算は、リアルタイムで行われる。リアルタイムとは、データ収集を実施しながらデータ解析を行い、振動周波数・振動変位量を得ることが連続同期的に行われるということである。

10

【 0 0 6 9 】

そして、測定対象物 1 3 h の振動周波数及び振動変位量が求められたら、画面等に結果を出力する。

【 0 0 7 0 】

このようにして、本発明である白色干渉法による振動測定方法 1 2 では、測定対象物 1 3 h に非接触で、 μ メートルオーダの高精度で測定対象物の位置を測定し、さらに、測定対象物の振動を kHz オーダの高速で検出でき、かつナノメートルオーダの振動変位量の測定が可能になる。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 1 】

20

- 1 白色干渉法による振動測定装置
- 2 干渉計部
- 3 白色光源
- 3 a 白色光
- 4 光カプラ
- 4 b 参照光
- 4 c 測定光
- 5 光検出器
- 5 a 干渉縞
- 6 光ファイバ
- 7 参照光路長スキャナ部
- 7 c スケールヘッド
- 7 d リニアスケール
- 7 e 反射素子
- 7 f ファイバコネクタ
- 8 センサ部
- 8 b ファイバコネクタ
- 8 c 集光レンズ
- 8 d 集光レンズ
- 8 e レンズ移動機構
- 9 A / D 変換器
- 1 0 カウンター
- 1 1 処理装置
- 1 1 a 干渉信号
- 1 1 b スケール信号
- 1 1 c 移動制御信号
- 1 1 d 移動制御信号
- 1 2 白色干渉法による振動測定方法
- 1 3 白色干渉法
- 1 3 a 白色光源

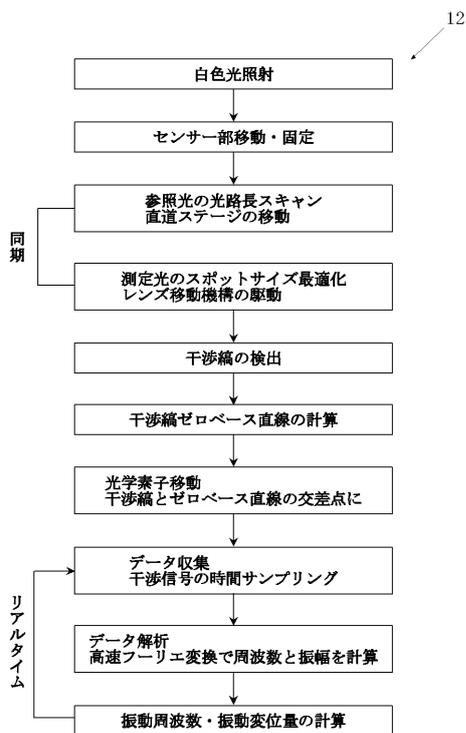
30

40

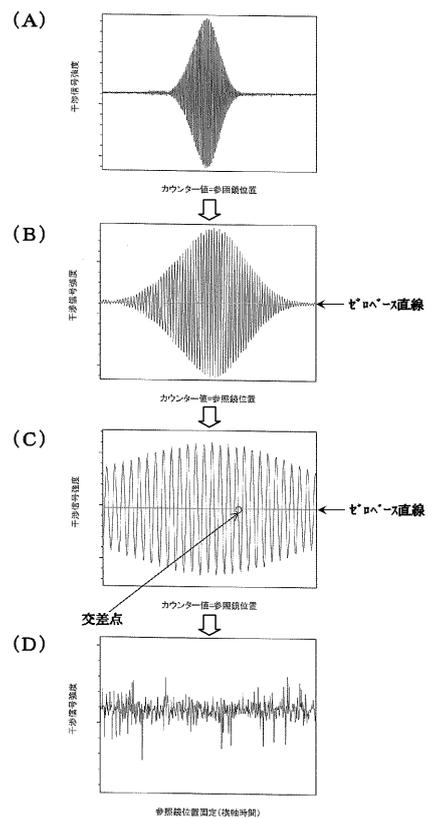
50

- 1 3 b 白色光
- 1 3 c ハーフミラー
- 1 3 d 参照光
- 1 3 e 測定光
- 1 3 f レンズ
- 1 3 g 参照鏡
- 1 3 h 対象物
- 1 3 i 検出器
- 1 4 インターフェログラム
- 1 4 a 干渉縞
- 1 4 b コントラスト最大位置

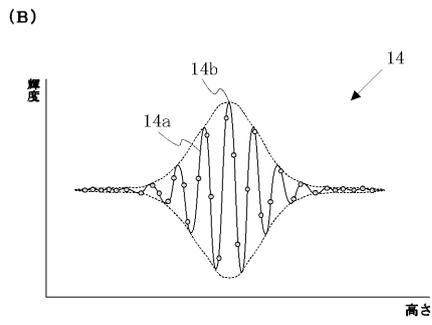
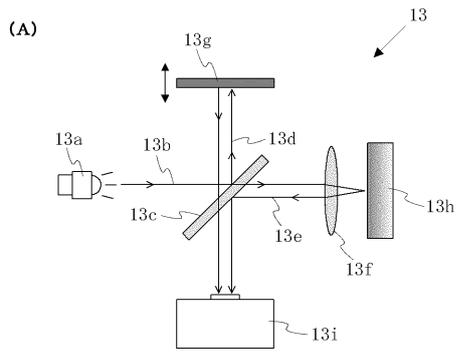
【 図 2 】



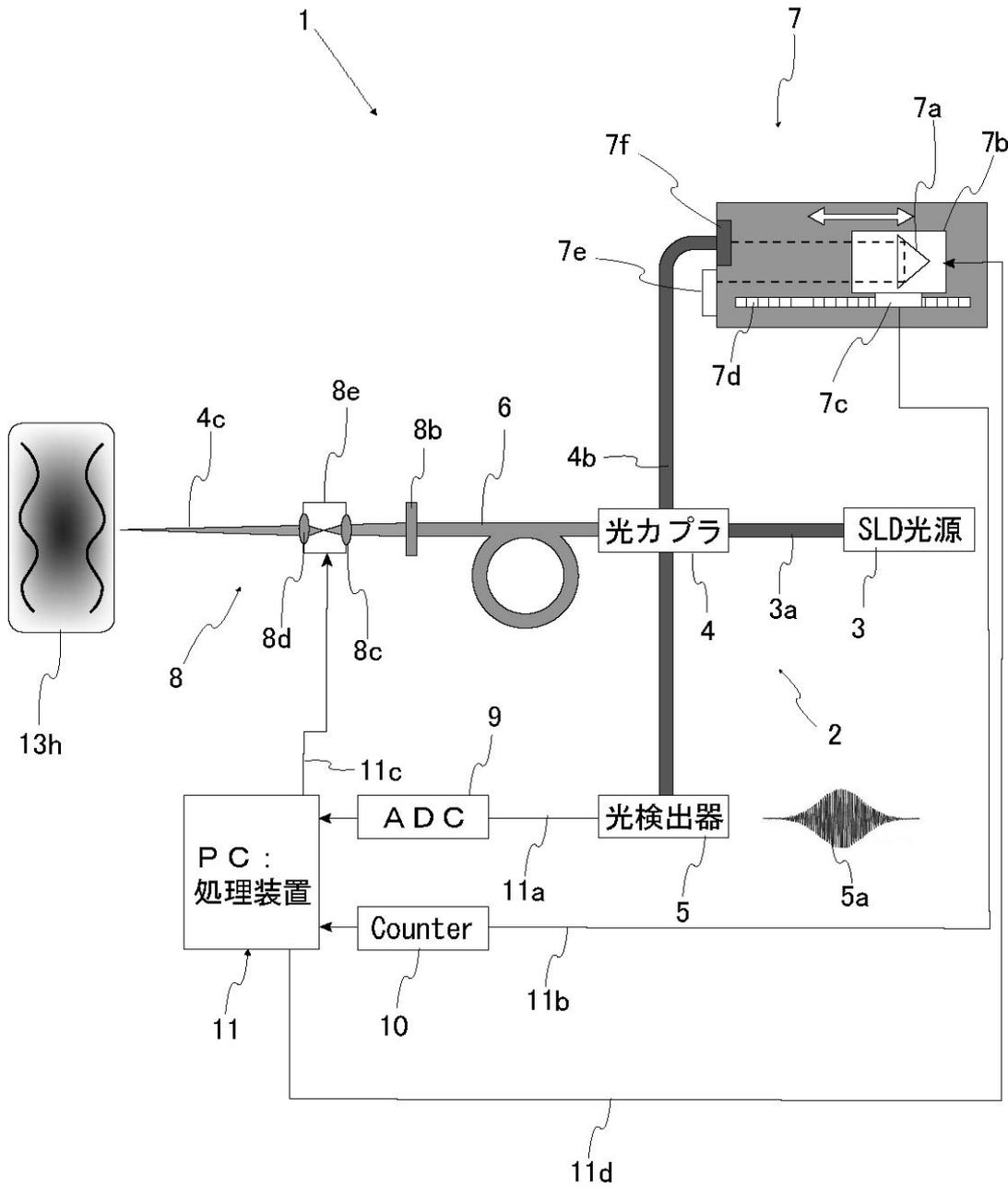
【 図 3 】



【 図 4 】



【図1】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2F065 AA02 AA06 AA20 FF52 FF67 GG07 GG24 LL02 LL04 LL12
LL17 LL65 QQ03 QQ16 QQ29 QQ44 QQ51 UU07
2G059 AA02 BB20 EE09 FF02 GG02 KK01 MM01
2G064 AB01 AB02 BA02 BC06 BC12 BC19 BC32 BC35 CC43