

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7458035号
(P7458035)

(45)発行日 令和6年3月29日(2024.3.29)

(24)登録日 令和6年3月21日(2024.3.21)

(51)国際特許分類 F I
G 0 1 P 21/00 (2006.01) G 0 1 P 21/00
G 0 1 C 19/00 (2013.01) G 0 1 C 19/00 Z

請求項の数 6 (全19頁)

(21)出願番号	特願2021-38785(P2021-38785)	(73)特許権者	314012076 パナソニックIPマネジメント株式会社 大阪府門真市元町2番6号
(22)出願日	令和3年3月10日(2021.3.10)	(74)代理人	110002527 弁理士法人北斗特許事務所
(65)公開番号	特開2022-138734(P2022-138734 A)	(72)発明者	中吉 鷹一 大阪府門真市大字門真1006番地パ ナソニック株式会社内
(43)公開日	令和4年9月26日(2022.9.26)	審査官	藤澤 和浩
審査請求日	令和5年8月31日(2023.8.31)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 モジュール検査方法、及び、慣性センサ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

慣性センサを組み込んだモジュールのモジュール検査方法であって、
前記慣性センサの所定の慣性力に対応するセンサ感度情報を取得し、
前記モジュールに組み込まれた前記慣性センサに対してモジュール疑似電気信号を印加して、前記所定の慣性力に対応するモジュール感度情報を得て、
前記モジュール感度情報と前記センサ感度情報とを比較し、
前記モジュール感度情報と前記センサ感度情報との比較結果を用いて前記モジュールを検査し、

前記センサ感度情報は、互いに異なる複数の温度環境にそれぞれ対応する複数の感度情報を含み、

前記モジュール感度情報を得る処理及び前記モジュール感度情報と前記センサ感度情報とを比較する処理を、前記複数の温度環境のそれぞれについて行う、

モジュール検査方法。

【請求項2】

前記センサ感度情報は、前記慣性センサに前記所定の慣性力を作用させて得られた感度情報、または、前記所定の慣性力に基づいて設定されたセンサ疑似電気信号を前記慣性センサに印加して得られた感度情報である、

請求項1記載のモジュール検査方法。

【請求項3】

10

20

前記センサ感度情報は、前記センサ疑似電気信号を前記慣性センサに印加して得られた感度情報であり、

前記モジュール疑似電気信号は、前記センサ疑似電気信号と同一の信号である、
請求項 2 に記載のモジュール検査方法。

【請求項 4】

前記センサ疑似電気信号は、

第 1 の疑似信号と、

第 2 の疑似信号と、を含み、

前記センサ感度情報は、前記第 1 の疑似信号に対するセンサ応答と前記第 2 の疑似信号に対するセンサ応答との差に関する情報であり、

10

前記モジュール疑似電気信号は、

前記第 1 の疑似信号と同一である第 1 のモジュール疑似信号と、

前記第 2 の疑似信号と同一である第 2 のモジュール疑似信号と、を含み、

前記モジュール感度情報は、前記第 1 のモジュール疑似信号に対するセンサ応答と前記第 2 のモジュール疑似信号に対するセンサ応答との差に関する情報である、

請求項 3 に記載のモジュール検査方法。

【請求項 5】

前記センサ感度情報は、前記慣性センサに前記所定の慣性力を作用させて得られた感度情報であり、

前記モジュール疑似電気信号は、前記所定の慣性力を前記慣性センサに作用させて得られる感度情報と同一の感度情報を、前記慣性センサに印加することで得られる電気信号である、

20

請求項 2 に記載のモジュール検査方法。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載のモジュール検査方法のための慣性センサであって、

前記センサ感度情報を記憶する記憶部を備える、
慣性センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本開示は、一般にモジュール検査方法、及び、慣性センサに関し、より詳細には、慣性センサを組み込んだモジュールの検査方法、及び、モジュール検査方法のための慣性センサに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、慣性センサを組み込んだモジュールの感度を検査するための方法として、慣性力を用いる検査方法と、疑似電気信号を用いる検査方法が知られている。慣性力を用いる検査方法では、検査装置を用いて慣性力をモジュールに作用させ、モジュールから得た感度情報を検査する。一方、疑似電気信号を用いた検査方法では、例えば、特許文献 1 に開示されているような慣性センサの自己診断機能を利用して感度情報を得る。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2010 - 175393 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、慣性センサに対してモジュールは大きくなる。例えば、慣性センサは一般に数ミリ角程度であるのに対してモジュールは一般に 10 cm 角以上と大きさが異なる

50

。したがって、慣性力を用いた検査をモジュールに対して行うことは、検査装置の大型化を招きコスト増大につながる。一方で、疑似電気信号を用いた検査では、疑似電気信号の精度が検査の精度に影響するため、検査の精度向上が難しい。

【 0 0 0 5 】

本開示は、上記課題を鑑みてなされたものであり、慣性力を用いることなく検査を高精度に行える、モジュール検査方法、及び、慣性センサ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 0 6 】

本開示の一態様に係るモジュール検査方法は、慣性センサを組み込んだモジュールのモジュール検査方法である。前記モジュール検査方法では、前記慣性センサの所定の慣性力に対応するセンサ感度情報を取得する。前記モジュール検査方法では、前記モジュールに組み込まれた前記慣性センサに対してモジュール疑似電気信号を印加して、前記所定の慣性力に対応するモジュール感度情報を得る。前記モジュール検査方法では、前記モジュール感度情報と前記センサ感度情報とを比較する。前記モジュール検査方法では、前記モジュール感度情報と前記センサ感度情報との比較結果を用いて前記モジュールを検査する。前記センサ感度情報は、互いに異なる複数の温度環境にそれぞれ対応する複数の感度情報を含む。前記モジュール検査方法では、前記モジュール感度情報を得る処理及び前記モジュール感度情報と前記センサ感度情報とを比較する処理を、前記複数の温度環境のそれぞれについて行う。

【 0 0 0 7 】

本開示の一態様に係る慣性センサは、本開示の一態様に係るモジュール検査方法のための慣性センサであって、前記センサ感度情報を記憶する記憶部を備える。

【発明の効果】

【 0 0 0 8 】

本開示の一態様に係るモジュール検査方法、及び、慣性センサによれば、慣性力を用いることなく検査を高精度に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 9 】

【図 1】図 1 は、実施の形態に係るモジュールの模式外觀図である。

【図 2】図 2 は、実施の形態に係る慣性センサがセンサ検査装置に取り付けられた状態を示す模式図である。

【図 3】図 3 A は、実施の形態に係る慣性センサの論理ブロック図である。図 3 B は、実施の形態に係る MEMS 部の模式図である。

【図 4】図 4 は、実施の形態に係るセンサ疑似電気信号とセンサ応答との関係を示すタイムチャートである。

【図 5】図 5 A は、センサ疑似信号が慣性センサに出力されていない場合の MEMS 部の模式図である。図 5 B は、x 軸の正方向の慣性力に対応するセンサ疑似信号が慣性センサに出力された際の MEMS 部の状態を示す模式図である。図 5 C は、x 軸の負方向の慣性力に対応するセンサ疑似信号が慣性センサに出力された際の MEMS 部の状態を示す模式図である。

【図 6】図 6 は、実施の形態に係る慣性センサの検査方法を示すフローチャートである。

【図 7】図 7 は、実施の形態に係るモジュールの検査方法を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 0 】

実施の形態

以下、図面を用いて本開示に係るモジュール 10 の検査方法について説明する。

【 0 0 1 1 】

< 構成 >

1. モジュールの概要

図 1 は、実施の形態に係るモジュール 10 の模式外觀図である。実施の形態に係る検査

10

20

30

40

50

方法の対象となるモジュール10は、例えば、慣性センサ5を備える回路基板である。具体的には、自動車用の車載センサ基板、携帯情報端末のジャイロセンサ基板、カメラ用の手振れ検知センサ基板、産業用ロボットやトラクタなどのセンサ基板が挙げられる。モジュール10は、例えば、10cm角から20cm角程度の外形寸法を有する、所定の形状の回路基板である。なお、モジュール10はこれらに限定されず、装置や製品の構成要素であって、慣性センサ5を備えていれば任意の構成であってよい。

【0012】

2. モジュール検査装置及びセンサ検査装置の概要

図1は、モジュール10がモジュール検査装置40と接続された状態を示している。モジュール検査装置40は、モジュール10と通信するためのインターフェース41を有している。モジュール検査装置40は、後述するモジュール疑似電気信号をモジュール10に出力し、後述するセンサ応答を取得してモジュール感度情報を生成する。詳しくは後述する。モジュール検査装置40は、例えば、コンピュータとソフトウェアとの組み合わせで実現される。

10

【0013】

図2は、慣性センサ5がセンサ検査装置30に取り付けられた状態を示す模式図である。センサ検査装置30としては、慣性センサ5を検査するための公知の検査装置を用いることができる。センサ検査装置30は、慣性センサ5を保持するセンサ台31を有している。センサ台31は、慣性センサ5とセンサ検査装置30とが通信するためのインターフェースを有している。また、センサ台31は、慣性センサ5の姿勢とセンサ台31の姿勢とが連動するように慣性センサ5を固定する。したがって、可動部32によってセンサ台31が姿勢を変化させることで、連動して慣性センサ5の姿勢も変化する。すなわち、センサ台31は慣性センサ5に作用する慣性力を制御する。センサ検査装置30は、センサ台31の姿勢を制御して慣性センサ5に慣性力を作用させ、後述するセンサ応答を取得して慣性センサ5の検査を行う。また、センサ検査装置30は、後述するセンサ疑似電気信号を慣性センサ5に出力し、後述するセンサ応答を取得してセンサ感度情報を生成する。詳しくは後述する。

20

【0014】

3. 慣性センサの構造及びセンサ検査装置の概要

図3Aは、実施の形態に係る慣性センサ5の論理構成を示すブロック図である。慣性センサ5は、疑似信号生成回路1と、MEMS部2と、信号処理回路3と、記憶部4とを備える。

30

【0015】

疑似信号生成回路1は、MEMS部2に電圧を印加する回路である。疑似信号生成回路1は、慣性センサ5を取り付けたセンサ検査装置30から、センサ疑似電気信号の入力を受け付ける。疑似信号生成回路1は、センサ疑似電気信号に従って、MEMS部2に電圧を印加する。また、疑似信号生成回路1は、モジュール10に接続されたモジュール検査装置40から、モジュール疑似電気信号の入力を受け付ける。疑似信号生成回路1は、モジュール疑似電気信号に従って、MEMS部2に電圧を印加する。

【0016】

MEMS部2は、いわゆるMEMS(Micro Electro Mechanical Systems)としての慣性検知部である。MEMS部2は、例えば、3軸の角速度センサと3軸の加速度センサとを含む6軸ジャイロセンサである。図3Bは、MEMS部2に含まれる1つの加速度センサの概略を示す模式図である。加速度センサは加速度のx軸成分を検知する慣性検知部であり、錘21と、検知電極部22と、疑似信号電極部23を備える。

40

【0017】

錘21は主部21aと電極部21bを含む。主部21aは疑似信号電極部23の2つの疑似信号電極23a, 23b(後述)の間に配され、電極部21bは検知電極部22の2つの検知電極22a, 22bの間に配される。錘21の材料は、例えば、シリコンである。図示されていないが、錘21は、例えば弾性体に保持されている。錘21は、x軸成分

50

を有する慣性力の作用がない場合は、所定の基準位置に静止している。錘 2 1 は、x 軸の正方向の慣性力が作用すると、x 軸の正方向に移動する。また、錘 2 1 は、x 軸の負方向の慣性力が作用すると、x 軸の負方向に移動する。移動後の錘 2 1 の x 軸に沿った位置は、慣性力の大きさに対応し、慣性力が大きいほど所定の基準位置から離れた位置まで移動する。

【 0 0 1 8 】

検知電極部 2 2 は、静電容量の変化によって錘 2 1 の位置を検出する電極である。検知電極部 2 2 は検知電極 2 2 a と検知電極 2 2 b とを有する。検知電極 2 2 a , 2 2 b は錘 2 1 の電極部 2 1 b を挟むように基板に固定されている。検知電極 2 2 a と検知電極 2 2 b は信号処理回路 3 に接続されており、例えば、錘 2 1 と検知電極 2 2 a との電位差、錘 2 1 と検知電極 2 2 b との電位差のそれぞれが所定の値となるように電圧が印加されている。錘 2 1 が x 方向に移動すると、電極部 2 1 b と検知電極 2 2 a との距離が変化する。したがって、電極部 2 1 b と検知電極 2 2 a との間の静電容量が変化する。同様に、錘 2 1 が x 方向に移動すると、電極部 2 1 b と検知電極 2 2 b との距離が変化する。したがって、電極部 2 1 b と検知電極 2 2 b との間の静電容量が変化する。

10

【 0 0 1 9 】

疑似信号電極部 2 3 は、静電気力によって錘 2 1 の位置を制御する電極である。疑似信号電極部 2 3 は疑似信号電極 2 3 a と疑似信号電極 2 3 b とを有する。疑似信号電極 2 3 a , 2 3 b は錘 2 1 の主部 2 1 a を挟むように基板に固定されている。疑似信号電極 2 3 a 、疑似信号電極 2 3 b 、錘 2 1 は疑似信号生成回路 1 に接続されている。疑似信号生成回路 1 からの電圧印加によって疑似信号電極 2 3 a と錘 2 1 との間に電位差が生じると、錘 2 1 に x 軸方向の静電気力が作用する。同様に、疑似信号生成回路 1 からの電圧印加によって疑似信号電極 2 3 b と錘 2 1 との間に電位差が生じると、錘 2 1 に x 軸方向の静電気力が作用する。疑似信号電極部 2 3 は、静電気力を錘 2 1 に作用させ、錘 2 1 に慣性力が作用した状態と同様の状態を生じさせる。

20

【 0 0 2 0 】

図 3 A に戻って説明を続ける。信号処理回路 3 は、MEMS 部 2 の検知電極部 2 2 を用いて錘 2 1 の変位を検出し、センサ応答を出力する回路である。上述したように、信号処理回路 3 は、錘 2 1 と検知電極 2 2 a の電位差及び錘 2 1 と検知電極 2 2 b の電位差を一定に保つように検知電極 2 2 a 及び検知電極 2 2 b に電圧を印加する。そして、検知電極 2 2 a と検知電極 2 2 b のそれぞれの電荷量の変化を、検知電極 2 2 a と検知電極 2 2 b のそれぞれに流入または流出する電流量により検知する。さらに、検知電極 2 2 a と検知電極 2 2 b のそれぞれの電荷量変化から、慣性力の x 成分の向き及び大きさを錘 2 1 の x 方向の位置に基づいて算出し、センサ応答として出力する。

30

【 0 0 2 1 】

記憶部 4 は、慣性センサ 5 の感度情報を記憶するためのメモリである。記憶部 4 は、例えば、PROM (Programmable Read Only Memory) のような不揮発性メモリである。

【 0 0 2 2 】

疑似信号生成回路 1 と、信号処理回路 3 と、記憶部 4 は、例えば、単一のASIC (Application Specific Integrated Circuit) として実現される。

40

【 0 0 2 3 】

< センサ疑似電気信号を用いた慣性センサの検査方法 >

センサ疑似電気信号を用いた慣性センサ 5 の検査方法について、以下、詳細に説明する。

【 0 0 2 4 】

センサ疑似電気信号は、慣性センサ 5 を検査する際にセンサ検査装置 3 0 から出力される信号である。センサ疑似電気信号は、少なくとも 1 つのセンサ疑似信号を含む。センサ疑似信号は、後述するように、特定の向きと大きさを有する慣性力に対応する。以下、説明を簡略化するために、センサ疑似信号を単一の電圧値 V で表す。電圧値 V が正の値であるセンサ疑似信号に対し、疑似信号生成回路 1 は、疑似信号電極 2 3 a と錘 2 1 との電位差が V となるように、電圧を MEMS 部 2 に印加する。なお、疑似信号生成回路 1 は、

50

錘 2 1 と疑似信号電極 2 3 b との電位差を 0 とする。疑似信号生成回路 1 が MEMS 部 2 に電圧を印加すると、錘 2 1 は x 軸の正方向の静電気力を受ける。したがって、電圧値 V が正の値であるセンサ疑似信号は、錘 2 1 を同じ位置に変位させる x 軸の正方向の慣性力に対応する。また、電圧値 V が負の値であるセンサ疑似信号に対し、疑似信号生成回路 1 は、疑似信号電極 2 3 b と錘 2 1 との電位差が V となるように、電圧を MEMS 部 2 に印加する。なお、疑似信号生成回路 1 は、疑似信号電極 2 3 a と錘 2 1 との電位差を 0 とする。疑似信号生成回路 1 が MEMS 部 2 に電圧を印加すると、錘 2 1 は x 軸の負方向の静電気力を受ける。したがって、電圧値 V が負の値であるセンサ疑似信号は、錘 2 1 を同じ位置に変位させる x 軸の負方向の慣性力に対応する。電圧値 V が 0 であるセンサ疑似信号に対し、疑似信号生成回路 1 は、錘 2 1 と疑似信号電極 2 3 a との間の電圧、及び、錘 2 1 と疑似信号電極 2 3 b との間の電圧を 0 とする。したがって、電圧値 V が 0 であるセンサ疑似信号は、慣性力がない状態に対応する。すなわち、センサ疑似信号の電圧値 V の符号は、対応する慣性力の向きに対応する。なお、センサ疑似信号の電圧値 V が大きいほど静電気力が大きくなるため、錘 2 1 の変位が大きくなる。すなわち、センサ疑似信号の電圧値 V の絶対値は、対応する慣性力の大きさに対応する。

10

【 0 0 2 5 】

図 4 は、センサ疑似電気信号に対するセンサ応答の概要を示すタイムチャートの一例である。図 4 に示すセンサ疑似電気信号は、x 軸の正方向の慣性力に対応するセンサ疑似信号と、x 軸の負方向の慣性力に対応するセンサ疑似信号と、慣性力なしに対応するセンサ疑似信号と、の 3 つのセンサ疑似信号を含む。なお、以下の説明において、慣性センサ 5 に慣性力は作用していないとして説明を行う。

20

【 0 0 2 6 】

時刻 T_1 から時刻 T_2 では、慣性センサ 5 にセンサ疑似信号は入力されない。図 5 A は、センサ疑似信号が慣性センサ 5 に出力されていないときの MEMS 部 2 の状態を示す模式図である。錘 2 1 には x 方向の力は作用していないので、図 5 A に示す通り、錘 2 1 は基準となる位置 $x = 0$ に存在する。したがって、検知電極 2 2 a と検知電極 2 2 b のそれぞれの電荷量は、錘 2 1 が基準となる位置 $x = 0$ の状態と等しい。すなわち、慣性センサ 5 は、センサ応答として、慣性力なしを示す 0 を出力する。

【 0 0 2 7 】

次に、時刻 T_2 から時刻 T_3 では、センサ疑似電気信号のうち、x 軸の正方向の所定の慣性力に対応するセンサ疑似信号が慣性センサ 5 に入力される。センサ疑似信号の電圧値は正なので、疑似信号生成回路 1 は、錘 2 1 と疑似信号電極 2 3 a との間に電位差が生じるように、電圧を MEMS 部 2 に出力する。図 5 B は、x 軸の正方向の所定の慣性力に対応するセンサ疑似信号が慣性センサ 5 に出力された際の MEMS 部 2 の状態を示す模式図である。上述したように、錘 2 1 には疑似信号電極 2 3 a に引き寄せられる静電気力が作用するから、図 5 B に示すように、錘 2 1 は x 軸の正方向に移動する。したがって、検知電極 2 2 a と検知電極 2 2 b のそれぞれの電荷量は、錘 2 1 が基準となる位置より x 軸の正方向に移動した位置に存在していることを示す。すなわち、慣性センサ 5 は、センサ応答として、x 軸の正方向の慣性力を示す S_p を出力する。

30

【 0 0 2 8 】

次に、時刻 T_3 から時刻 T_4 では、センサ疑似電気信号のうち、慣性力なしに対応するセンサ疑似信号が慣性センサ 5 に入力される。このとき、錘 2 1 と疑似信号電極 2 3 a との間の電位差が 0 となる。また、錘 2 1 と疑似信号電極 2 3 b との間の電位差が 0 となる。したがって、疑似信号電極部 2 3 から錘 2 1 に対して静電気力が作用しない。したがって、センサ疑似電気信号が慣性センサ 5 に出力されていない場合と同様、図 5 A に示す通り、錘 2 1 は基準となる位置 $x = 0$ に戻る。すなわち、慣性センサ 5 は、センサ応答として、慣性力なしを示す 0 を出力する。

40

【 0 0 2 9 】

次に、時刻 T_4 から時刻 T_5 では、センサ疑似電気信号のうち、x 軸の負方向の所定の慣性力に対応するセンサ疑似信号が慣性センサ 5 に入力される。センサ疑似信号の電圧値

50

は負なので、疑似信号生成回路 1 は、錘 2 1 と疑似信号電極 2 3 b との間に電位差が生じるように、電圧を MEMS 部 2 に出力する。図 5 C は、x 軸の負方向の所定の慣性力に対応するセンサ疑似信号が慣性センサ 5 に出力された際の MEMS 部 2 の状態を示す模式図である。上述したように、錘 2 1 には疑似信号電極 2 3 b に引き寄せられる静電気力が作用するから、錘 2 1 は x 軸の負方向に移動する。したがって、検知電極 2 2 a と検知電極 2 2 b のそれぞれの電荷量は、錘 2 1 が基準となる位置より x 軸の負方向に移動した位置に存在することを示す。すなわち、慣性センサ 5 は、センサ応答として、x 軸の負方向の慣性力を示す S_n を出力する。

【 0 0 3 0 】

最後に、時刻 T 5 以降では、慣性センサ 5 にセンサ疑似信号は入力されない。このとき、疑似信号電極部 2 3 から錘 2 1 へ静電気力が作用しない。したがって、図 5 A に示す通り、錘 2 1 は基準となる位置 $x = 0$ に戻る。すなわち、慣性センサ 5 は、センサ応答として、慣性力なしを示す 0 を出力する。

【 0 0 3 1 】

以上説明したように、慣性力に対応するセンサ疑似信号を含むセンサ疑似電気信号を慣性センサ 5 に入力すると、慣性センサ 5 からセンサ応答を得ることができる。なお、本開示において、慣性力 X を慣性センサ 5 に作用させたときのセンサ応答 P と、センサ疑似信号 Y を慣性センサ 5 に入力したときのセンサ応答 Q が同一であることを、センサ疑似信号 Y が慣性力 X に対応すると呼ぶ。センサ疑似電気信号と慣性力との関係についても同様である。

【 0 0 3 2 】

< モジュール疑似電気信号を用いたモジュールの検査方法 >

以下、モジュール疑似電気信号を用いたモジュール 1 0 の検査方法について説明する。

【 0 0 3 3 】

モジュール疑似電気信号は、モジュール 1 0 を検査する際にモジュール検査装置 4 0 から出力される信号である。モジュール疑似電気信号は、少なくとも 1 つのモジュール疑似信号を含む。モジュール疑似信号は、特定の向きと大きさを有する慣性力に対応する。以下、センサ疑似信号と同様に、モジュール疑似信号を単一の電圧値 V で示す。電圧値 V のモジュール疑似信号がモジュール 1 0 の慣性センサ 5 に及ぼす影響は、電圧値 V のセンサ疑似信号が慣性センサ 5 に及ぼす影響と同一である。すなわち、モジュール疑似信号の電圧値 V の符号は、対応する慣性力の向きに対応する。モジュール疑似信号の電圧値 V の絶対値は、対応する慣性力の大きさに対応する。

【 0 0 3 4 】

なお、センサ疑似信号と同一のモジュール疑似信号は、慣性センサ 5 への影響は同一である。すなわち、電圧値 V のセンサ疑似信号に対する慣性センサ 5 のセンサ応答と、電圧値 V のモジュール疑似信号に対するモジュール 1 0 のセンサ応答は等しい。同様に、センサ疑似電気信号と同一のモジュール疑似電気信号は、慣性センサ 5 への影響は同一である。以下、特に区別する必要がない場合、センサ疑似信号とモジュール疑似信号とを総称して「疑似信号」と呼ぶ。また、同様に、特に区別する必要がない場合、センサ疑似電気信号とモジュール疑似電気信号とを総称して「疑似電気信号」と呼ぶ。

【 0 0 3 5 】

< モジュールの検査方法 >

以下、実施の形態に係るモジュール 1 0 の検査方法について説明する。

【 0 0 3 6 】

1 . 慣性センサの検査方法

まず、モジュール 1 0 の検査方法に先立ち、前処理としての慣性センサ 5 の検査方法について説明する。なお、慣性センサ 5 の検査方法は、慣性センサ 5 がモジュール 1 0 に組み込まれる前に実施される。図 6 は、慣性センサ 5 の検査方法を示すフローチャートである。

【 0 0 3 7 】

10

20

30

40

50

まず、慣性センサ 5 に対し、慣性力による感度の物理検査を実施する（ステップ S 1 1）。具体的には、まず、慣性センサ 5 をセンサ検査装置 3 0 のセンサ台 3 1 に取り付け、慣性センサ 5 とセンサ検査装置 3 0 を物理的に、かつ、電氣的に接続する。そして、センサ検査装置 3 0 がセンサ台 3 1 を用いて慣性センサ 5 に慣性力を作用させる。慣性力を作用させる方法は、慣性センサ 5 の慣性力検知方向が鉛直方向に対して所定の角をなすように慣性センサ 5 の姿勢を制御する、慣性センサ 5 を設置した台を所定の軸を回転軸として定速回転させる、など、公知の方法を用いることができる。センサ検査装置 3 0 は、慣性力に対応するセンサ応答を感度情報として慣性センサ 5 の信号処理回路 3 から取得する。

【 0 0 3 8 】

次に、物理検査に基づくスクリーニングを実施する（ステップ S 1 2）。具体的には、センサ検査装置 3 0 は、ステップ S 1 1 で慣性センサ 5 に作用させた慣性力を基準として、取得した感度情報が示す慣性力の誤差を算出する。そして、センサ検査装置 3 0 は、誤差が所定の許容誤差以下である慣性センサ 5 を良と判定し、誤差が所定の許容誤差を超える慣性センサ 5 を不良と判定する。所定の許容誤差としては、例えば、慣性力の大きさに対して $\pm 2\%$ 以内を用いることができる。不良と判定された慣性センサ 5 は、以降の検査の対象から除外する。

【 0 0 3 9 】

次に、センサ疑似電気信号による感度情報を生成する（ステップ S 1 3）。具体的には、センサ検査装置 3 0 は、センサ疑似電気信号を慣性センサ 5 に出し、センサ疑似電気信号に対するセンサ応答を感度情報として慣性センサ 5 の信号処理回路 3 から取得する。センサ疑似電気信号は、例えば、上述したセンサ疑似電気信号を用いることができる。なお、センサ疑似電気信号は上述の例に限られず、慣性力に対応するセンサ疑似信号を少なくとも 1 つ含んでいればよい。

【 0 0 4 0 】

次に、慣性センサ 5 の記憶部 4 に感度情報を格納する（ステップ S 1 4）。具体的には、センサ検査装置 3 0 は、ステップ S 1 3 で取得した感度情報を、センサ感度情報として慣性センサ 5 の記憶部 4 に格納して記憶させる。

【 0 0 4 1 】

以上の処理により、前処理である慣性センサ 5 の検査が完了する。

【 0 0 4 2 】

2. モジュールの検査方法

次に、モジュール 1 0 の検査方法について説明する。なお、モジュール 1 0 の検査方法は、慣性センサ 5 がモジュール 1 0 に組み込まれた後に実施される。図 7 は、モジュール 1 0 の検査方法を示すフローチャートである。

【 0 0 4 3 】

まず、モジュール疑似電気信号による感度情報を生成する（ステップ S 2 1）。具体的には、モジュール検査装置 4 0 とモジュール 1 0 とを電氣的に接続する。次に、モジュール検査装置 4 0 は、モジュール疑似電気信号をモジュール 1 0 に出し、モジュール疑似電気信号に対する慣性センサ 5 のセンサ応答をモジュール感度情報として慣性センサ 5 の信号処理回路 3 から取得する。モジュール検査装置 4 0 が出力するモジュール疑似電気信号は、ステップ S 1 3 でセンサ検査装置 3 0 が出力するセンサ疑似電気信号と同一の信号である。

【 0 0 4 4 】

次に、モジュール検査装置 4 0 は、モジュール 1 0 に組み込まれた慣性センサ 5 の記憶部 4 からセンサ感度情報を取得する（ステップ S 2 2）。

【 0 0 4 5 】

次に、モジュール検査装置 4 0 は、ステップ S 2 1 で得たモジュール感度情報と、ステップ S 2 2 で読みだしたセンサ感度情報とを比較する（ステップ S 2 3）。

【 0 0 4 6 】

次に、モジュール検査装置 4 0 は、ステップ S 2 3 の比較結果に基づいて、モジュール

10の良不良を判定する(ステップS24)。モジュール検査装置40は、例えば、記憶部4に格納されたセンサ感度情報を基準として、ステップS21で得たモジュール感度情報の誤差が所定範囲以内であれば、モジュール10が良品であると判定する。一方、モジュール感度情報の誤差が所定範囲を超える場合、モジュール検査装置40は、モジュール10が不良品であると判定する。所定範囲としては、例えば、センサ感度情報の大きさに対して $\pm 0.3\%$ 以内を用いることができる。なお、この所定範囲は、ステップS12における所定の許容誤差より狭い範囲であってもよい。

【0047】

以上の処理により、モジュール10の検査が完了する。

【0048】

<小括>

以上説明したように、実施の形態に係るモジュール10の検査方法によれば、センサ疑似電気信号に対する慣性センサ5の感度情報と、センサ疑似電気信号と同一のモジュール疑似電気信号に対するモジュール10の感度情報とを比較する。したがって、慣性センサ5のセンサ疑似電気信号に対するセンサ感度情報とモジュール10のモジュール疑似電気信号に対するモジュール感度情報とが同等であれば、慣性力に対しても同等の感度情報が得られることを間接的に確認することができる。すなわち、モジュール10に対して慣性力による感度の物理検査を行わなくても、慣性力に対するモジュール10の感度情報を間接的に検査することができる。

【0049】

また、実施の形態に係るモジュール10の検査方法では、モジュール10に対して慣性力による感度の物理検査を省略することが可能である。モジュール10は慣性センサ5より大きいため、モジュール10に慣性力を作用させるためには、モジュール10の姿勢等を制御するための可動部が大きいモジュール検査装置40が必要となる。また、モジュール検査装置40とセンサ検査装置30は可動部の姿勢制御精度が同等であることが必要であり、さらに、モジュール検査装置40では、モジュール10の姿勢と、モジュール10内の慣性センサ5の姿勢との相対関係を考慮する必要がある。しかしながら、実施の形態に係るモジュール10の検査方法では、モジュール10の姿勢等を制御するための可動部が必要ないため、これらを考慮する必要がない。

【0050】

また、実施の形態に係るモジュール10の検査方法では、センサ疑似電気信号に対するセンサ感度情報と、センサ疑似信号と同一のモジュール疑似電気信号に対するモジュール感度情報と比較する。したがって、センサ感度情報を得るためのセンサ疑似電気信号と、モジュール感度信号を得るためのモジュール疑似電気信号とが同一であれば高精度にモジュール10を検査することができる。すなわち、モジュール疑似電気信号と慣性力との対応付けが高精度に行われている必要がない。

【0051】

また、実施の形態に係るモジュール10の検査方法では、センサ疑似電気信号に対する慣性センサ5の感度情報を記憶部4に格納する。すなわち、モジュール10がセンサ感度情報を格納している記憶媒体を含む。したがって、モジュール10の検査と慣性センサ5の検査とを時間的及び/または空間的に隔絶して行ってもよい。すなわち、慣性センサ5の製造や検査とモジュール10の製造や検査とを異なる製造拠点で行う場合や異なる事業者が行う場合においても、実施の形態に係るモジュール10の検査を容易に行うことができる。

【0052】

変形例1

実施の形態では、センサ疑似電気信号に対するセンサ応答をそのまま、センサ感度情報及びモジュール感度情報として用いる場合について説明した。しかしながら感度情報は上述の場合に限らず、他の情報を用いてもよい。

【0053】

10

20

30

40

50

変形例 1 では、疑似電気信号は、少なくとも 2 つの異なる疑似信号を含む。すなわち、センサ疑似電気信号は、第 1 のセンサ疑似信号と第 2 のセンサ疑似信号を含む。モジュール疑似電気信号は、第 1 のモジュール疑似信号と第 2 のモジュール疑似信号を含む。また、センサ検査装置 3 0 及びモジュール検査装置 4 0 は、それぞれの疑似信号に対するセンサ応答を取得する。そして、センサ検査装置 3 0 及びモジュール検査装置 4 0 は、基準とする 1 つの疑似信号に対するセンサ応答と、他の疑似信号に対するセンサ応答との差を、感度情報として用いる。なお、その他の処理については実施の形態と同様であるので説明を省略する。

【 0 0 5 4 】

変形例 1 で用いるセンサ疑似電気信号は、例えば、電圧値 V_1 である第 1 のセンサ疑似信号と、電圧値 V_2 の第 2 のセンサ疑似信号を含む。また、電圧値 V_1 の第 1 のセンサ疑似信号に対する慣性センサ 5 またはモジュール 1 0 のセンサ応答を第 1 のセンサ応答 S_1 とする。第 1 のセンサ応答 S_1 のうち、第 1 のセンサ疑似信号に対応する成分を S_{1v} とし、センサ疑似電気信号に起因しない成分を S_p とする。このとき、以下の式が成立する。

$$S_1 = S_{1v} + S_p$$

【 0 0 5 5 】

また、電圧値 V_2 である第 2 のセンサ疑似信号に対する慣性センサ 5 またはモジュール 1 0 のセンサ応答を第 2 のセンサ応答 S_2 とする。また、第 2 のセンサ応答 S_2 のうち、第 2 のセンサ疑似信号に対応する成分を S_{2v} とする。このとき、以下の式が成立すると考えられる。

$$S_2 = S_{2v} + S_p$$

【 0 0 5 6 】

このとき、第 1 のセンサ応答 S_1 と第 2 のセンサ応答 S_2 の差 S を感度情報とすると、以下の式が成立する。

$$S = S_2 - S_1 = S_{2v} - S_{1v}$$

【 0 0 5 7 】

モジュール疑似電気信号は、同様に、電圧値 V_1 である第 1 のモジュール疑似信号と、電圧値 V_2 のモジュール疑似信号を含む。また、第 1 のモジュール疑似信号に対するモジュール 1 0 のセンサ応答を第 1 のセンサ応答 S_3 とする。第 1 のセンサ応答 S_3 のうち、第 1 のモジュール疑似信号に対応する成分を S_{3v} とする。また、第 2 のモジュール疑似信号に対するモジュール 1 0 のセンサ応答を第 2 のセンサ応答 S_4 とする。第 2 のセンサ応答 S_4 のうち、第 2 のモジュール疑似信号に対応する成分を S_{4v} とする。このとき、第 1 のセンサ応答 S_3 と第 2 のセンサ応答 S_4 の差 S を感度情報とすると、同様に、以下の式が成立する。

$$S = S_4 - S_3 = S_{4v} - S_{3v}$$

【 0 0 5 8 】

変形例 1 では、慣性センサの検査方法は、実施の形態と以下の点で異なる。ステップ S 1 3 でセンサ感度情報を生成する際に、センサ検査装置 3 0 は、第 1 のセンサ疑似信号と第 2 のセンサ疑似信号を含むセンサ疑似信号をセンサ疑似電気信号として慣性センサ 5 に出力する。そして、センサ検査装置 3 0 は、第 1 のセンサ疑似信号に対する第 1 のセンサ応答を慣性センサ 5 から取得する。また、センサ検査装置 3 0 は、第 2 のセンサ疑似信号に対する第 2 のセンサ応答を慣性センサ 5 から取得する。そして、センサ検査装置 3 0 は、第 1 のセンサ応答と第 2 のセンサ応答との差を、センサ感度情報として算出する。そして、ステップ S 1 4 において、センサ感度情報を記憶部 4 に格納する。

【 0 0 5 9 】

また、変形例 1 では、モジュール 1 0 の検査方法は、実施の形態と以下の点で異なる。ステップ S 2 1 でモジュール感度情報を生成する際に、モジュール検査装置 4 0 は、第 1 のモジュール疑似信号と第 2 のモジュール疑似信号を含むモジュール疑似信号をモジュール疑似電気信号としてモジュール 1 0 に出力する。第 1 のモジュール疑似信号の電圧値は、第 1 のセンサ疑似信号の電圧値と等しい。また、第 2 のモジュール疑似信号の電圧値は

、第2のセンサ疑似信号の電圧値と等しい。そして、モジュール検査装置40は、第1のモジュール疑似信号に対する第1のセンサ応答をモジュール10から取得する。また、モジュール検査装置40は、第2のモジュール疑似信号に対する第2のセンサ応答をモジュール10から取得する。そして、モジュール検査装置40は、第1のセンサ応答と第2のセンサ応答との差を、モジュール感度情報として算出する。そして、ステップS23で、モジュール検査装置40は、ステップS21で算出したモジュール感度情報と、ステップS22でモジュール10から読み出したセンサ感度情報とを比較する。

【0060】

上述したように、慣性センサ5がセンサ疑似信号に対して出力するセンサ応答には、センサ疑似電気信号に起因しない成分 S_p が含まれている。また、モジュール10がモジュール疑似信号に対して出力するセンサ応答には、モジュール疑似電気信号に起因しない成分 S_p が含まれている。疑似電気信号に起因しない成分 S_p は、例えば、慣性センサ5に物理的に作用する慣性力に起因する成分、モジュール10の回路構成に起因する成分、センサ検査装置30またはモジュール検査装置40の回路に起因する成分などである。一方、異なる2つの疑似信号に対する慣性センサ5またはモジュール10のセンサ応答の差をセンサ感度情報またはモジュール感度情報として用いると、センサ感度情報及びモジュール感度情報には、疑似電気信号に起因しない成分 S_p が含まれない。したがって、センサ疑似電気信号に起因する慣性センサ5の感度情報であるセンサ感度情報と、モジュール疑似電気信号に起因するモジュール10の感度情報であるモジュール感度情報との比較を行うことができ、高精度な検査を行うことができる。すなわち、疑似電気信号に起因しない成分 S_p の発生要因である、姿勢の差異に起因する慣性力の違いや、慣性センサ5以外のモジュール10の回路の影響による、検査の精度低下を低減させることができる。

【0061】

なお、第1の疑似信号と第2の疑似信号の組み合わせは、その電圧値が異なれば任意の組み合わせであってよい。疑似信号を示す単一の電圧値 V の設定可能範囲を $-5V \sim +5V$ とした場合、例えば、以下のいずれの組み合わせであってよい。 $(+5V, -5V)$ としてもよいし、一方を無信号として $(+5V, 0V)$ または $(0V, -5V)$ としてもよい。また、電圧値の符号が単一であってもよく、 $(+5V, +3V)$ または $(-5V, -3V)$ としてもよい。なお、上記の組み合わせは例示に過ぎず、任意の組み合わせを用いることができる。なお、疑似電気信号に起因しない成分 S_p の除去の程度は、2つの電圧値の符号の同異や、2つの電圧値の差の絶対値の大小に依存しない。しかしながら、疑似信号の電圧値の差の絶対値が大きいくほど、センサ応答の差の絶対値が大きくなり、センサ感度情報及びモジュール感度情報の S/N 比が向上する。なお、疑似電気信号は、さらに第3の疑似信号を含んでもよく、第3の疑似信号に対するセンサ応答と第1の疑似信号に対するセンサ応答との差を、さらに感度情報として用いることができる。

【0062】

変形例2

実施の形態では、慣性センサ5のセンサ感度情報及びモジュール10のモジュール感度情報を単一の環境で取得する場合について説明した。しかしながら、慣性センサ5のセンサ感度情報及びモジュール10のモジュール感度情報は環境温度によって変化することがあるため、環境温度ごとに感度情報の検査を行ってもよい。

【0063】

変形例2では、センサ検査装置30は、複数の異なる温度環境のそれぞれに対してセンサ感度情報を取得し、温度環境ごとのセンサ感度情報を記憶部4に格納する。また、モジュール検査装置40は、複数の異なる温度環境のそれぞれに対してモジュール感度情報を取得する。そして、モジュール検査装置40は、環境温度ごとに、センサ感度情報とモジュール感度情報とを比較し、モジュール10の良不良を判定する。なお、その他の処理については実施の形態と同様であるので説明を省略する。

【0064】

変形例2では、慣性センサ5の検査方法は、実施の形態と以下の点で異なる。変形例2

に係るセンサ検査装置 30 は、慣性センサ 5 とセンサ台 31 とを第 1 の温度に変化させ維持する機能を有する。また、変形例 2 に係るセンサ検査装置 30 は、慣性センサ 5 とセンサ台 31 とを第 2 の温度に変化させ維持する機能を有する。温度管理の手段としては公知の方法を用いることができる。そして、ステップ S 13 でセンサ感度情報を取得する際、センサ検査装置 30 は、慣性センサ 5 の温度が第 1 の温度となるように温度管理を行う。そして、慣性センサ 5 の温度が第 1 の温度である状態で、センサ検査装置 30 は慣性センサ 5 にセンサ疑似電気信号を出力し、慣性センサ 5 のセンサ応答を、第 1 の温度に対応する感度情報として取得する。また、センサ検査装置 30 は、慣性センサ 5 の温度が第 2 の温度となるように温度管理を行う。そして、慣性センサ 5 の温度が第 2 の温度である状態で、センサ検査装置 30 は慣性センサ 5 にセンサ疑似電気信号を出力し、慣性センサ 5 のセンサ応答を、第 2 の温度に対応する感度情報として取得する。そして、ステップ S 14 で、センサ検査装置 30 は、第 1 の温度に対応する感度情報と、第 2 の温度に対応する感度情報とをセンサ感度情報として記憶部 4 に格納する。第 1 の温度、第 2 の温度は、例えば、25、85 である。なお、温度環境は上述の温度に限られず、任意の温度であってもよい。また、さらに、第 3 の温度、第 4 の温度等を用いてもよい。

10

【0065】

また、変形例 2 では、モジュール 10 の検査方法は、実施の形態と以下の点で異なる。変形例 2 に係るモジュール検査装置 40 は、モジュール 10 を第 1 の温度に変化させ維持する機能を有する。また、変形例 2 に係るモジュール検査装置 40 は、モジュールを第 2 の温度に変化させ維持する機能を有する。温度管理の手段としては公知の方法を用いることができる。ステップ S 21 でモジュール感度情報を取得する際、モジュール検査装置 40 は、モジュール 10 の温度が第 1 の温度となるように温度管理を行う。そして、モジュール 10 の温度が第 1 の温度である状態で、モジュール検査装置 40 はモジュール 10 にモジュール疑似電気信号を出力し、モジュール 10 のセンサ応答を、第 1 の温度に対応する感度情報として取得する。また、モジュール検査装置 40 は、モジュール 10 の温度が第 2 の温度となるように温度管理を行う。そして、モジュール 10 の温度が第 2 の温度である状態で、モジュール検査装置 40 はモジュール 10 にモジュール疑似電気信号を出力し、モジュール 10 のセンサ応答を、第 2 の温度に対応する感度情報として取得する。そして、ステップ S 23 で、モジュール検査装置 40 は、ステップ S 21 で算出したモジュール感度情報と、ステップ S 22 でモジュール 10 から読み出したセンサ感度情報について、温度環境ごとに比較する。すなわち、モジュール検査装置 40 は、第 1 の温度環境に対応するモジュール感度情報と、第 1 の温度環境に対応するセンサ感度情報とを比較する。さらに、モジュール検査装置 40 は、第 2 の温度環境に対応するモジュール感度情報と、第 2 の温度環境に対応するセンサ感度情報とを比較する。そして、ステップ S 24 で、モジュール検査装置 40 は、温度環境ごとの比較結果のすべてを用いてモジュール 10 の良不良を判定する。すなわち、第 1 の温度環境についての感度情報の比較結果、第 2 の温度環境についての感度情報の比較結果の両方を用いて良不良を判定する。

20

30

【0066】

本変形例によれば、同一の温度環境に対応する感度情報を比較するため、センサ感度に温度依存性がある場合であっても高精度でモジュール 10 を検査することができる。また、複数の温度環境に対して感度情報を比較するため、一部の温度においてのみモジュール 10 の感度が異常となる不良を検知することができる。

40

【0067】

また、慣性力を用いた検査の場合、高温や低温の温度環境でモジュール 10 の検査を行う際に、モジュール 10 に慣性力を与えるための駆動機構も温度環境下に置く必要が生じる。したがって、モジュール検査装置にも耐高温性能や耐低温性能が必要となり、検査コストの増大につながる。一方、変形例 2 に係る検査方法によれば、モジュール疑似電気信号を用いたモジュール 10 の検査を行う際に、モジュール 10 の温度管理を行えばよい。したがって、高温や低温の温度環境に対するモジュール 10 の検査を低コストで実施することができる。

50

【 0 0 6 8 】

なお、変形例 1 と変形例 2 とを組み合わせ、第 1 の温度環境に対応するセンサ感度情報またはモジュール感度情報として、第 1 の温度における第 1 の疑似信号に応答するセンサ応答と第 1 の温度における第 2 の疑似信号に応答するセンサ応答との差を用いてもよい。第 2 の温度環境についても同様である。特に、環境温度の変化に依存して疑似電気信号に起因しない成分 S_p が変化する場合に、高精度に検査を行うことができる。

【 0 0 6 9 】

変形例 3

実施の形態では、センサ疑似電気信号に対する慣性センサ 5 のセンサ感度情報と、センサ疑似電気信号と同一のモジュール疑似電気信号に対するモジュール 10 のモジュール感度情報とを比較するとした。しかしながら、モジュール疑似電気信号の精度が十分に確保できれば、慣性力に対する慣性センサ 5 のセンサ感度情報と、モジュール疑似電気信号に対するモジュール 10 のモジュール感度情報とを比較するとしてもよい。

10

【 0 0 7 0 】

変形例 3 では、センサ検査装置 30 は、慣性力に対する慣性センサ 5 のセンサ応答をセンサ感度情報として記憶部 4 に格納する。モジュール検査装置 40 は、モジュール疑似電気信号に対するモジュール 10 のセンサ応答をモジュール感度情報として取得する。そして、モジュール検査装置 40 は、モジュール疑似電気信号に対するモジュール感度情報と、慣性力に対するセンサ感度情報とを比較してモジュール 10 を検査する。なお、その他の処理については実施の形態と同様であるので説明を省略する。

20

【 0 0 7 1 】

変形例 3 に係る慣性センサの検査方法は、実施の形態と以下の点で異なる。ステップ S 14 で、センサ検査装置 30 は、ステップ S 11 で取得した慣性力に対応するセンサ応答を、センサ感度情報として記憶部 4 に格納する。

【 0 0 7 2 】

変形例 3 に係るモジュール 10 の検査方法は、行う動作は実施の形態と同様である。しかしながら、ステップ S 22 でモジュール検査装置 40 が記憶部 4 から読み出すセンサ感度情報は、モジュール疑似電気信号に対応せず慣性力に対応している。そして、ステップ S 23 では、モジュール検査装置 40 は、モジュール疑似電気信号に対するモジュール感度情報と、慣性力に対するセンサ感度情報とを比較する。

30

【 0 0 7 3 】

変形例 3 に係るモジュール 10 の検査方法を実施するためには、以下の条件が必要である。すなわち、ステップ S 21 のモジュール疑似電気信号と同一のセンサ疑似電気信号をセンサ検査装置 30 から慣性センサ 5 に出力した場合に、記憶部 4 に格納されているセンサ感度情報と同一のセンサ感度情報を得られる必要がある。条件を満たしているかを確認するために、ステップ S 13 でセンサ検査装置 30 はセンサ疑似電気信号を慣性センサ 5 に出力してセンサ感度情報を取得してもよい。さらに、ステップ S 13 で得たセンサ疑似電気信号に対するセンサ感度情報とステップ S 11 で得た慣性力に対するセンサ感度情報とが同一であるか検証してもよい。2 つのセンサ感度情報の同一性が十分に高い場合、センサ疑似電気信号と同一のモジュール疑似電気信号が慣性力に対応していることを検証できる。また、ステップ S 13 で得たセンサ疑似電気信号に対するセンサ感度情報とステップ S 11 で得た慣性力に対するセンサ感度情報との同一性が低い場合は、以下のようにセンサ疑似信号を調整してもよい。すなわち、センサ疑似電気信号に含まれるセンサ疑似信号の電圧値を上昇または下降させ、センサ疑似電気信号に対するセンサ感度情報の取得と慣性力に対応するセンサ感度情報との比較を行ってもよい。センサ疑似電気信号と同一のモジュール疑似電気信号の精度を十分に高めることができる。なお、モジュール疑似電気信号の精度が十分に高いことがすでに検証されている場合、慣性センサ 5 の検査方法において、ステップ S 13 を省略してもよい。

40

【 0 0 7 4 】

実施の形態に係るその他の変形例

50

(1) 実施の形態及び各変形例では、記憶部4に慣性センサ5のセンサ感度情報を格納する場合について説明した。しかしながら、記憶部4に格納する情報はこれに限られない。例えば、センサ疑似電気信号を示す情報を記憶部4にさらに格納し、モジュール10の検査を行うときに、センサ疑似電気信号を示す情報を記憶部4から読み出して使用してもよい。本方法によれば、センサ検査装置30が用いたセンサ疑似電気信号と、モジュール検査装置40が用いるモジュール疑似電気信号との同一性を確実にすることができる。また、慣性センサ5ごとにセンサ疑似電気信号を異ならせることが容易となる。同様に、変形例2において、記憶部4に、記憶部4に格納されているセンサ感度情報のそれぞれに対応する慣性センサ5の温度を示す情報をさらに格納してもよい。

【0075】

(2) 実施の形態及び各変形例では、記憶部4に慣性センサ5のセンサ感度情報を格納する場合について説明した。しかしながら、モジュール10の検査を行うときに慣性センサ5のセンサ感度情報を取得できればよく、記憶部4以外のものを使用してもよい。例えば、慣性センサ5の個体を識別する情報と慣性センサ5のセンサ感度情報との組み合わせをUSBメモリ等の記憶媒体に格納し、モジュール10の検査を行うときにモジュール検査装置40が記憶媒体からセンサ感度情報を取得するとしてもよい。または、例えば、ネットワークを介して、慣性センサ5の個体を識別する情報をキーとしてモジュール検査装置40が慣性センサ5のセンサ感度情報を取得可能なデータベースを使用してもよい。慣性センサ5の個体を識別する情報は、例えば、シリアル番号を用いることができる。または、慣性センサ5の個体を識別する情報をバーコードなどに格納して慣性センサ5の表面に貼付してもよい。または、慣性センサ5のセンサ感度情報の所在を示す情報またはセンサ感度情報そのものを二次元バーコードなどに格納し、慣性センサ5の表面に貼付してもよい。

【0076】

(3) 実施の形態及び各変形例では、センサ疑似電気信号は1以上の疑似信号を含むとした。また、センサ疑似信号は、x方向の正の慣性力に対応し、錘21と疑似信号電極23aとの間に電位差を生じさせる信号、x方向の負の慣性力に対応し、錘21と疑似信号電極23bとの間に電位差を生じさせる信号、慣性力に対応しない信号の3種類とした。しかしながら、センサ疑似電気信号は、慣性力を慣性センサ5に作用させた場合のセンサ応答と同様のセンサ応答を、慣性センサ5に出力されることで得られるものであれば任意のものであってよい。または、センサ疑似電気信号は、センサ疑似電気信号に対するセンサ応答を取得する検査を行うことを示す信号であり、疑似信号生成回路1は、センサ疑似電気信号を用いた検査を行う信号を受信したときに、予め記憶している所定の電圧をMEMS部2に印加してもよい。モジュール疑似電気信号についても同様である。

【0077】

(4) 実施の形態及び各変形例では、MEMS部2の慣性検知部は静電容量型であるとしたが、本発明はこれに限定されない。例えば、慣性検知部はピエゾ素子型であるとしてもよいし、いわゆるMEMSセンサでなくてもよい。慣性力を作用させることで得られるセンサ応答と同一のセンサ応答をセンサ疑似電気信号の印加によって得られる慣性センサ5を備えるモジュール10であれば、本発明に係る検査方法を実施することができる。

【0078】

まとめ

第1の態様に係るモジュール検査方法は、慣性センサ(5)を組み込んだモジュール(10)のモジュール検査方法である。モジュール検査方法では、慣性センサ(5)の所定の慣性力に対応するセンサ感度情報を取得し、モジュール(10)に組み込まれた慣性センサ(5)に対してモジュール疑似電気信号を印加して、所定の慣性力に対応するモジュール感度情報を得て、モジュール感度情報とセンサ感度情報とを比較し、モジュール感度情報とセンサ感度情報との比較結果を用いてモジュール(10)を検査する。

【0079】

第1の態様に係るモジュール検査方法によれば、モジュール(10)に所定の慣性力を

10

20

30

40

50

作用させることなく、モジュール（１０）の検査を行うことができる。したがって、慣性センサ（５）より大型であるモジュール（１０）に対して慣性力を与える設備が不要であり、検査コストの上昇を低減させることができる。また、センサ感度情報とモジュール感度情報の比較に基づいて検査するため、モジュール疑似電気信号の精度が検査の精度に与える影響を低減させることができる。

【００８０】

第２の態様に係るモジュール検査方法では、第１の態様において、センサ感度情報は、慣性センサ（５）に所定の慣性力を作用させて得られた感度情報、または、所定の慣性力に基づいて設定されたセンサ疑似電気信号を慣性センサ（５）に印加して得られた感度情報である。

10

【００８１】

第２の態様に係るモジュール検査方法によれば、慣性センサ（５）の感度特性を高精度に取得することができる。したがって、モジュール（１０）の感度特性を高精度に検査できる。

【００８２】

第３の態様に係るモジュール検査方法は、第２の態様において、センサ感度情報は、センサ疑似電気信号を前記慣性センサに印加して得られた感度情報である。モジュール疑似電気信号は、センサ疑似電気信号と同一の信号である。

【００８３】

第３の態様に係るモジュール検査方法によれば、同一の条件下で、慣性センサ（５）と、モジュール（１０）とのそれぞれの感度特性を得ることができる。したがって、慣性センサ（５）の感度特性と、モジュール（１０）の感度特性とを高精度に比較できる。

20

【００８４】

第４の態様に係るモジュール検査方法は、第３の態様において、センサ疑似電気信号は、第１の疑似信号と、第２の疑似信号と、を含む。センサ感度情報は、第１の疑似信号に対するセンサ応答と第２の疑似信号に対するセンサ応答との差に関する情報である。モジュール疑似電気信号は、第１の疑似信号と同一である第１のモジュール疑似信号と、第２の疑似信号と同一である第２のモジュール疑似信号と、を含む。モジュール感度情報は、第１のモジュール疑似信号に対するセンサ応答と第２のモジュール疑似信号に対するセンサ応答との差に関する情報である。

30

【００８５】

第４の態様に係るモジュール検査方法によれば、慣性センサ（５）の姿勢等、疑似電気信号以外の条件がセンサ応答にもたらす影響を感度情報から除去することができる。したがって、センサ感度情報の生成とモジュール感度情報の生成とで、慣性センサ（５）の姿勢等を一致させなくても、高精度の検査が可能となる。

【００８６】

第５の態様に係るモジュール検査方法は、第２の態様において、センサ感度情報は、慣性センサ（５）に所定の慣性力を作用させて得られた感度情報である。モジュール疑似電気信号は、所定の慣性力を慣性センサ（５）に作用させて得られる感度情報と同一の感度情報を、慣性センサ（５）に印加することで得られる電気信号である。

40

【００８７】

第５の態様に係るモジュール検査方法によれば、慣性センサ（５）に印加することでセンサ感度情報を得られるセンサ疑似信号と同一のモジュール疑似信号に対する応答として、モジュール感度情報を得ることができる。したがって、慣性センサ感度情報と、モジュール感度情報とを高精度に比較できる。

【００８８】

第６の態様に係るモジュール検査方法は、第１の態様において、センサ感度情報は、互いに異なる複数の温度環境にそれぞれ対応する複数の感度情報を含む。モジュール感度情報を得る処理及びモジュール感度情報とセンサ感度情報とを比較する処理を、複数の温度環境のそれぞれについて行う。

50

【 0 0 8 9 】

第 6 の態様に係るモジュール検査方法によれば、慣性センサ (5) の疑似信号に対する感度情報の温度依存性を考慮して検査を行うことができる。したがって、高精度の検査が可能となる。また、モジュール (1 0) の感度情報の温度依存性についてモジュール (1 0) の環境温度を変化させれば検査可能である。すなわち、環境温度が広範囲な場合でも環境温度に対応した慣性を与える検査装置が不必要であるため、検査コストを上昇させることなく検査を行うことができる。

【 0 0 9 0 】

第 7 の態様に係る慣性センサ (5) は、第 1 ~ 6 の態様のいずれか 1 つに係るモジュール検査方法のための慣性センサ (5) であって、センサ感度情報を記憶する記憶部 (4) を備える。

10

【 0 0 9 1 】

第 7 の態様に係る慣性センサによれば、慣性センサの検査で得たセンサ感度情報がモジュール (1 0) から読み出し可能である。したがって、モジュール (1 0) の検査を行う際に、容易かつ確実にセンサ感度情報を取得できる。

【 符号の説明 】

【 0 0 9 2 】

- 1 0 モジュール
- 5 慣性センサ
- 4 記憶部

20

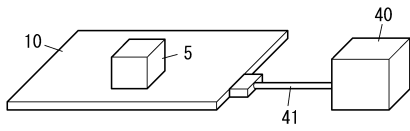
30

40

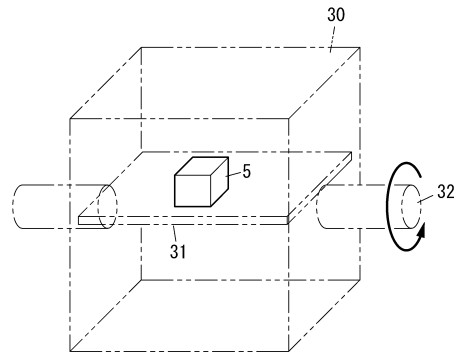
50

【図面】

【図 1】

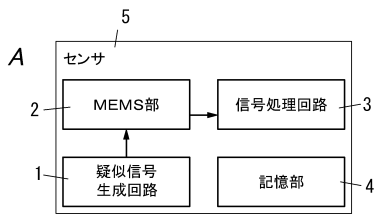


【図 2】

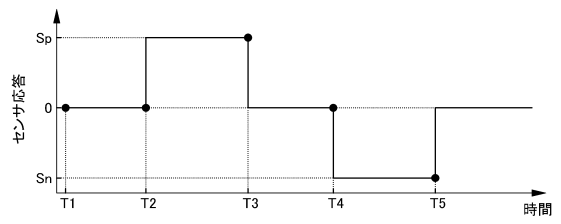
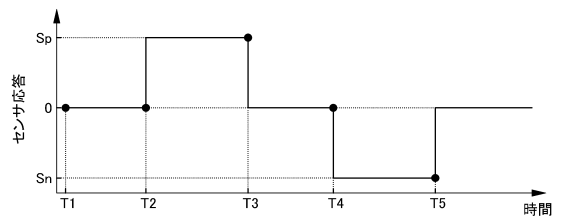


10

【図 3】



【図 4】



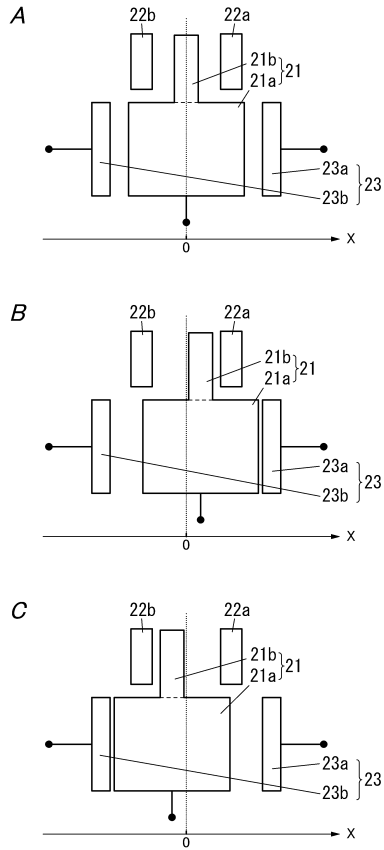
20

30

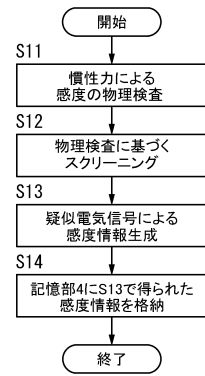
40

50

【図5】



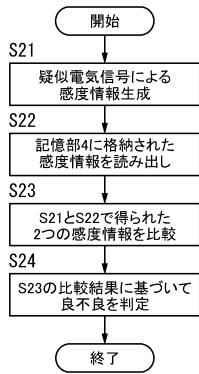
【図6】



10

20

【図7】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平08 - 122359 (JP, A)
特開2000 - 009475 (JP, A)
特開2005 - 308531 (JP, A)
特開平06 - 331647 (JP, A)
米国特許出願公開第2017 / 0248629 (US, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G01P 15 / 00 ~ 21 / 02
G01C 19 / 00 ~ 19 / 72
G01C 25 / 00