

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

所定の物理量を検出する物理量検出装置であって、  
前記物理量を検出し、検出した前記物理量の大きさに応じた信号を出力する振動子と、  
前記振動子が所定の発振周波数で動作しているか否かを検出し、前記振動子が所定の発振周波数で動作しているか否かを表す発振動作判定信号を生成する発振動作判定部と、  
前記物理量検出装置に含まれる回路において監視対象となる 1 つ以上の監視対象信号の異常の有無を検出し、前記監視対象信号の少なくとも一部に異常があるか否かを表す異常フラグ信号を生成する異常フラグ生成部と、  
前記異常フラグ信号に基づいて、前記物理量検出装置の動作に異常があるか否かを表す異常判定信号を生成出力する異常判定出力部とを含み、  
前記異常判定出力部は、  
前記発振動作判定信号と前記異常フラグ信号とを受け付け、  
前記発振動作判定信号が異常を表す値である場合には、前記物理量検出装置の動作の異常を表す値の前記異常判定信号を出力し、  
前記発振動作判定信号が正常を表す値である場合には、前記振動子が出力する信号に基づいて生成されたクロック信号を用いて、前記異常フラグ信号が正常を表す値から異常を表す値に変化してから、異常を表す値が第 1 の時間以上継続した後に、前記異常判定信号を、正常を表す値から異常を表す値に変更して出力することを特徴とする物理量検出装置。

10

20

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載の物理量検出装置において、  
前記振動子が所定の駆動振幅で動作しているか否かを検出し、前記振動子が所定の駆動振幅で動作しているか否かを表す駆動振幅判定信号を生成する駆動振幅判定部を含み、  
前記異常判定出力部は、  
前記発振動作判定信号と前記駆動振幅判定信号と前記異常フラグ信号とを受け付け、  
前記発振動作判定信号及び前記駆動振幅判定信号の少なくとも一方が異常を表す値である場合には、前記物理量検出装置の動作の異常を表す値の前記異常判定信号を出力し、  
前記発振動作判定信号及び前記駆動振幅判定信号のいずれもが正常を表す値である場合には、前記振動子が出力する信号に基づいて生成されたクロック信号を用いて、前記異常フラグ信号が正常を表す値から異常を表す値に変化してから、異常を表す値が前記第 1 の時間以上継続した後に、前記異常判定信号を、正常を表す値から異常を表す値に変更して出力することを特徴とする物理量検出装置。

30

**【請求項 3】**

請求項 1 乃至 2 のいずれかに記載の物理量検出装置において、  
前記異常判定出力部は、前記異常フラグ信号が異常を表す値から正常を表す値に変化してから第 2 の時間に亘る前記異常フラグ信号に基づいて、前記異常判定信号を、異常を表す値から正常を表す値に変化させて出力することを特徴とする物理量検出装置。

**【請求項 4】**

請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の物理量検出装置において、  
前記異常判定出力部は、前記異常フラグ信号が異常を表す値から正常を表す値に変化してから、正常を表す値が前記第 2 の時間以上継続した後に、前記異常判定信号を、異常を表す値から正常を表す値に変更して出力することを特徴とする物理量検出装置。

40

**【請求項 5】**

請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の物理量検出装置において、  
前記異常判定出力部は、前記第 1 の時間及び前記第 2 の時間のうち少なくとも一方を可変に構成されていることを特徴とする物理量検出装置。

**【請求項 6】**

請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の物理量検出装置と、  
前記異常判定信号を受け付け、前記異常判定信号に基づいて前記物理量検出装置の動作

50

に異常があるか否かを診断する異常診断装置とを含むことを特徴とする物理量検出装置の異常診断システム。

【請求項 7】

物理量を検出し、検出した前記物理量の大きさに応じた信号を出力する振動子を含む物理量検出装置の異常診断方法であって、

前記振動子が所定の発振周波数で動作しているか否かを検出する発振動作検出工程と、  
前記物理量検出装置に含まれる回路において監視対象となる 1 つ以上の監視対象信号の異常の有無を検出する異常検出工程と、

前記物理量検出装置の動作に異常があるか否かを判定する判定工程とを含み、  
前記判定工程において、

前記発振動作検出工程における検出結果が異常である場合には、判定結果を異常とし、  
前記発振動作検出工程における検出結果が正常である場合には、前記振動子が出力する信号に基づいて生成されたクロック信号を用いて、前記異常検出工程における検出結果が正常から異常に変化してから、正常を表す検出結果が第 1 の時間以上継続した後に、判定結果を正常から異常へ変更することを特徴とする物理量検出装置の異常診断方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、物理量検出装置、物理量検出装置の異常診断システム及び物理量検出装置の異常診断方法等に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、様々な物理量を検出する物理量検出装置が知られている。例えば、物理量として角速度を検出する角速度検出装置が知られており、角速度検出装置を搭載し、角速度検出装置により検出された角速度に基づいて所定の制御を行う様々な電子機器やシステムが広く利用されている。例えば、自動車の車両走行制御システムでは角速度検出装置により検出された角速度に基づいて、自動車の横滑りを防止する走行制御が行なわれている。

【0003】

これらの電子機器やシステムでは、物理量検出装置が故障したり一時的に異常な動作をしたりすると誤った制御が行われるので、故障している場合や一時的に異常な動作をしている場合には警告ランプを点灯する等の対策が行われている。そして、物理量検出装置の故障診断や異常診断を行うための種々の技術が提案されている。例えば、特許文献 1 では、物理量センサーのセンサー回路で異常が発生した場合に、その異常がセンサー回路中のいずれの部位で発生しているか特定できるようにしたセンサー回路が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2006 - 349560 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 に記載のセンサー回路では、振動子（センサーエレメント）を駆動振動させるための駆動信号に基づいて、自己診断信号のクロックパターンを生成している。したがって、振動子の発振動作そのものに異常が発生した場合には、自己診断信号として正常なクロックパターンを生成することができない場合がある。この場合、異常そのものが検出できなかったり、異常が発生した箇所を特定できなかったりすることになる。このような現象の発生は、高い信頼性を要求される用途において問題となる可能性がある。

【0006】

また、物理量検出装置においては、瞬間的なノイズ等の影響で、異常の有無の監視対象となる信号の値が瞬間的に異常になる場合がある。このような場合に異常が発生したもの

10

20

30

40

50

と判断することは好ましくない。

【 0 0 0 7 】

本発明は、以上のような問題点に鑑みてなされたものであり、本発明のいくつかの態様によれば、より信頼性の高い異常判定出力が可能な物理量検出装置、物理量検出装置の異常診断システム及び物理量検出装置の異常診断方法を提供することができる。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

( 1 ) 本発明に係る物理量検出装置は、  
所定の物理量を検出する物理量検出装置であって、  
前記物理量を検出し、検出した前記物理量の大きさに応じた信号を生成する振動子と、  
前記振動子が所定の発振周波数で動作しているか否かを検出し、前記振動子が所定の発振周波数で動作しているか否かを表す発振動作判定信号を生成する発振動作判定部と、  
前記物理量検出装置に含まれる回路において監視対象となる 1 つ以上の監視対象信号の異常の有無を検出し、前記監視対象信号の少なくとも一部に異常があるか否かを表す異常フラグ信号を生成する異常フラグ生成部と、  
前記異常フラグ信号に基づいて、前記物理量検出装置の動作に異常があるか否かを表す異常判定信号を生成出力する異常判定出力部とを含み、  
前記異常判定出力部は、  
前記発振動作判定信号と前記異常フラグ信号とを受け付け、  
前記発振動作判定信号が異常を表す値である場合には、前記物理量検出装置の動作の異常を表す値の前記異常判定信号を出力し、  
前記発振動作判定信号が正常を表す値である場合には、前記振動子が出力する信号に基づいて生成されたクロック信号を用いて、前記異常フラグ信号が正常を表す値から異常を表す値に変化してから、異常を表す値が第 1 の時間以上継続した後に、前記異常判定信号を、正常を表す値から異常を表す値に変更して出力することを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

所定の物理量は、例えば、角速度、加速度、地磁気、圧力等である。

【 0 0 1 0 】

本発明によれば、振動子が所定の発振周波数で動作していない場合には、他の監視対象信号の異常の有無にかかわらず、物理量検出装置の動作の異常を表す異常判定信号を出力することができる。これにより、振動子が所定の発振周波数で動作していない場合という、重要な異常を確実に通知することができる。

【 0 0 1 1 】

また、異常フラグ信号が正常を表す値から異常を表す値に変化してから、異常を表す値が第 1 の時間以上継続した後に、異常判定信号を、正常を表す値から異常を表す値に変更して出力するため、瞬間的な ( 第 1 の時間よりも短い期間の ) ノイズ等の影響で監視対象信号の値が瞬間的に異常になる場合には、異常判定信号が異常を表す値にならない。これにより、瞬間的なノイズ等の影響による誤診断を減らすことができる。

【 0 0 1 2 】

さらに、振動子が所定の発振周波数で動作している場合にのみ異常判定出力部で第 1 の時間をカウントすればよいので、振動子が出力する信号に基づいて生成されたクロック信号を用いて第 1 の時間をカウントすることができる。

【 0 0 1 3 】

したがって、信頼性の高い異常判定出力が可能な物理量検出装置を実現することができる。

【 0 0 1 4 】

( 2 ) この物理量検出装置は、  
前記振動子が所定の駆動振幅で動作しているか否かを検出し、前記振動子が所定の駆動振幅で動作しているか否かを表す駆動振幅判定信号を生成する駆動振幅判定部を含み、  
前記異常判定出力部は、

前記発振動作判定信号と前記駆動振幅判定信号と前記異常フラグ信号とを受け付け、  
前記発振動作判定信号及び前記駆動振幅判定信号の少なくとも一方が異常を表す値である場合には、前記物理量検出装置の動作の異常を表す値の前記異常判定信号を出力し、  
前記発振動作判定信号及び前記駆動振幅判定信号のいずれもが正常を表す値である場合には、前記振動子が出力する信号に基づいて生成されたクロック信号を用いて、前記異常フラグ信号が正常を表す値から異常を表す値に変化してから、異常を表す値が前記第 1 の時間以上継続した後に、前記異常判定信号を、正常を表す値から異常を表す値に変更して出力してもよい。

【0015】

本発明によれば、振動子が所定の発振周波数で動作していない場合に加えて、振動子が所定の駆動振幅で動作していない場合にも、他の監視対象信号の異常の有無にかかわらず異常判定信号を出力することができる。これにより、振動子が所定の駆動振幅で動作していない場合という、重要な異常を確実に通知することができる。したがって、より信頼性の高い異常判定出力が可能な物理量検出装置を実現することができる。

【0016】

(3) この物理量検出装置は、

前記異常判定出力部は、前記異常フラグ信号が異常を表す値から正常を表す値に変化してから第 2 の時間に亘る前記異常フラグ信号に基づいて、前記異常判定信号を、異常を表す値から正常を表す値に変化させて出力してもよい。

【0017】

本発明によれば、異常フラグ信号が異常を表す値から正常を表す値に変化してから、第 2 の時間以上に亘る異常フラグ信号に基づいて、異常判定信号を、異常を表す値から正常を表す値に変化させて出力するため、異常フラグ信号が正常を表す値に変化しても、少なくとも第 2 の時間に亘っては、異常判定信号は正常を表す値に変化しない。そのため、検出回路から出力される検出信号が異常値を示しているにもかかわらず、正常を表す異常判定信号を出力してしまう可能性が小さくなる。したがって、より信頼性の高い異常判定出力が可能な物理量検出装置を実現することができる。

【0018】

(4) この物理量検出装置は、

前記異常判定出力部は、前記異常フラグ信号が異常を表す値から正常を表す値に変化してから、正常を表す値が前記第 2 の時間以上継続した後に、前記異常判定信号を、異常を表す値から正常を表す値に変更して出力してもよい。

【0019】

本発明によれば、異常フラグ信号が異常を表す値から正常を表す値に変化してから、正常を表す値が第 2 の時間以上継続した後に、異常判定信号を、異常を表す値から正常を表す値に変更して出力するため、異常フラグ信号が正常を表す値に変化しても、少なくとも第 2 の時間に亘っては、異常判定信号は正常を表す値に変化しない。加えて、第 2 の時間に満たない時間だけ異常フラグ信号が正常を表す値になっても、異常判定信号は正常を表す値に変化しない。そのため検出回路から出力される検出信号が異常値を示しているにもかかわらず、正常を表す異常判定信号を出力してしまう可能性が小さくなる。したがって、より信頼性の高い異常判定出力が可能な物理量検出装置を実現することができる。

【0020】

(5) この物理量検出装置は、

前記異常判定出力部は、前記第 1 の時間及び前記第 2 の時間のうち少なくとも一方を可変に構成されていてもよい。

【0021】

本発明によれば、所定時間を可変に構成されているため、要求される信頼度に応じて第 1 の時間及び第 2 の時間を変更することが可能になる。

【0022】

(6) 本発明に係る物理量検出装置の異常診断システムは、

10

20

30

40

50

これらのいずれかの物理量検出装置と、

前記異常判定信号を受け付け、前記異常判定信号に基づいて前記物理量検出装置の動作に異常があるか否かを判定する異常診断装置とを含むことを特徴とする。

【0023】

本発明によれば、異常判定信号に基づいて物理量検出装置の動作に異常があるか否かを異常診断装置で診断するため、複雑な演算処理を要する診断手法も可能となる。したがって、より信頼性の高い異常判定出力が可能な物理量検出装置の異常診断システムを実現することができる。

【0024】

(7) 本発明に係る物理量検出装置の異常診断方法は、

10

物理量を検出し、検出した前記物理量の大きさに応じた信号を出力する振動子を含む物理量検出装置の異常診断方法であって、

前記振動子が所定の発振周波数で動作しているか否かを検出する発振動作検出工程と、

前記物理量検出装置に含まれる回路において監視対象となる1つ以上の監視対象信号の異常の有無を検出する異常検出工程と、

前記物理量検出装置の動作に異常があるか否かを判定する判定工程とを含み、

前記判定工程において、

前記発振動作検出工程における検出結果が異常である場合には、判定結果を異常とし、

前記発振動作検出工程における検出結果が正常である場合には、前記振動子が出力する信号に基づいて生成されたクロック信号を用いて、前記異常検出工程における検出結果が正常から異常に変化してから、正常を表す検出結果が第1の時間以上継続した後に、判定結果を正常から異常へ変更することを特徴とする。

20

【0025】

本発明によれば、振動子が所定の発振周波数で動作していない場合には、他の監視対象信号の異常の有無にかかわらず判定結果を異常とすることができる。これにより、振動子が所定の発振周波数で動作していない場合という、重要な異常を確実に判定することができる。

【0026】

また、異常検出工程における検出結果が正常から異常に変化した場合に、第1の時間に亘る異常検出工程における検出結果に基づいて、判定結果を正常から異常へ変更するため、瞬間的な(第1の時間よりも短い期間の)ノイズ等の影響で、監視対象信号の値が瞬間的に異常になる場合には、判定結果が異常とはならない。これにより、瞬間的なノイズ等の影響による誤診断を減らすことができる。

30

【0027】

したがって、信頼性の高い異常判定出力が可能な物理量検出装置の異常診断方法を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】第1実施形態の角速度検出装置の構成について説明するための図。

【図2】ジャイロセンサー素子の振動片の平面図。

40

【図3】ジャイロセンサー素子の動作について説明するための図。

【図4】ジャイロセンサー素子の動作について説明するための図。

【図5】角速度検出装置が静止している時の信号波形の一例を示す図。

【図6】角速度検出装置に角速度が加わっている時の信号波形の一例を示す図。

【図7】第1実施形態の異常診断回路の構成について説明するための図。

【図8】発振動作判定信号、異常フラグ信号、遅延信号、異常判定信号のタイミングチャート。

【図9】第2実施形態の角速度検出装置の構成について説明するための図。

【図10】第2実施形態の異常診断回路の構成について説明するための図。

【図11】発振動作判定信号、駆動振幅判定信号、異常フラグ信号、遅延信号、異常判定

50

信号のタイミングチャート。

【図 1 2】発振動作判定信号、駆動振幅判定信号、異常フラグ信号、遅延信号、異常判定信号、角速度検出信号のタイミングチャート。

【図 1 3】ローパスフィルターの群遅延時間と周波数との関係の一例を示すグラフ。

【図 1 4】第 1 実施形態の角速度検出装置の異常診断システムの構成の一例を示す図。

【図 1 5】第 1 実施形態の角速度検出装置の異常診断方法を示すフローチャートの一例を示す図。

【図 1 6】第 2 実施形態の角速度検出装置の異常診断システムの構成の一例を示す図。

【図 1 7】第 2 実施形態の角速度検出装置の異常診断方法を示すフローチャートの一例を示す図。

10

【発明を実施するための形態】

【0029】

以下、本発明の好適な実施形態について図面を用いて詳細に説明する。なお、以下に説明する実施の形態は、特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではない。また以下で説明される構成の全てが本発明の必須構成要件であるとは限らない。

【0030】

#### 1. 物理量検出装置

以下では、物理量として角速度を検出する物理量検出装置（角速度検出装置）を例にとり説明するが、本発明は、角速度、加速度、地磁気、圧力等の様々な物理量のいずれかを検出することができる装置に適用可能である。

20

【0031】

〔第 1 実施形態〕

図 1 は、第 1 実施形態の角速度検出装置の構成について説明するための図である。

【0032】

第 1 実施形態の角速度検出装置 1 は、ジャイロセンサー素子 100 と角速度検出用 IC 10 を含んで構成されている。

【0033】

ジャイロセンサー素子 100（本発明における振動子の一例）は、駆動電極と検出電極が配置された振動片が不図示のパッケージに封止されて構成されている。一般的に、振動片のインピーダンスをできるだけ小さくして発振効率を高めるためにパッケージ内の気密性が確保されている。

30

【0034】

ジャイロセンサー素子 100 の振動片は、例えば、水晶（ $\text{SiO}_2$ ）、タンタル酸リチウム（ $\text{LiTaO}_3$ ）、ニオブ酸リチウム（ $\text{LiNbO}_3$ ）等の圧電単結晶やジルコン酸チタン酸鉛（PZT）等の圧電セラミックスなどの圧電性材料を用いて構成してもよいし、シリコン半導体の表面の一部に、駆動電極に挟まれた酸化亜鉛（ $\text{ZnO}$ ）、窒化アルミニウム（ $\text{AlN}$ ）等の圧電薄膜を配置した構造であってもよい。

【0035】

また、この振動片は、例えば、T 型の 2 つの駆動振動腕を有するいわゆるダブル T 型であってもよいし、音叉型であってもよいし、三角柱、四角柱、円柱状等の形状の音片型であってもよい。

40

【0036】

本実施形態では、ジャイロセンサー素子 100 は、水晶を材料とするダブル T 型の振動片により構成される。

【0037】

図 2 は、本実施形態のジャイロセンサー素子 100 の振動片の平面図である。

【0038】

本実施形態のジャイロセンサー素子 100 は、Z カットの水晶基板により形成されたダブル T 型の振動片を有する。水晶を材料とする振動片は、温度変化に対する共振周波数の変動が極めて小さいので、角速度の検出精度を高めることができるという利点がある。な

50

お、図 2 における X 軸、Y 軸、Z 軸は水晶の軸を示す。

【 0 0 3 9 】

図 2 に示すように、ジャイロセンサー素子 1 0 0 の振動片は、2 つの駆動用基部 1 0 4 a、1 0 4 b からそれぞれ駆動振動腕 1 0 1 a、1 0 1 b が + Y 軸方向及び - Y 軸方向に延出している。駆動振動腕 1 0 1 a の側面及び上面にはそれぞれ駆動電極 1 1 2 及び 1 1 3 が形成されており、駆動振動腕 1 0 1 b の側面及び上面にはそれぞれ駆動電極 1 1 3 及び 1 1 2 が形成されている。駆動電極 1 1 2、1 1 3 は、それぞれ、図 1 に示した角速度検出用 IC 1 0 の外部出力端子 1 1、外部入力端子 1 2 を介して駆動回路 2 0 に接続される。

【 0 0 4 0 】

駆動用基部 1 0 4 a、1 0 4 b は、それぞれ - X 軸方向と + X 軸方向に延びる連結腕 1 0 5 a、1 0 5 b を介して矩形状の検出用基部 1 0 7 に接続されている。

【 0 0 4 1 】

検出振動腕 1 0 2 は、検出用基部 1 0 7 から + Y 軸方向及び - Y 軸方向に延出している。検出振動腕 1 0 2 の上面には検出電極 1 1 4 及び 1 1 5 が形成されており、検出振動腕 1 0 2 の側面には共通電極 1 1 6 が形成されている。検出電極 1 1 4、1 1 5 は、それぞれ、図 1 に示した角速度検出用 IC 1 0 の外部入力端子 1 3、1 4 を介して検出回路 3 0 に接続される。また、共通電極 1 1 6 は接地される。

【 0 0 4 2 】

駆動振動腕 1 0 1 a、1 0 1 b の駆動電極 1 1 2 と駆動電極 1 1 3 との間に駆動信号として交流電圧が与えられると、図 3 に示すように、駆動振動腕 1 0 1 a、1 0 1 b は逆圧電効果によって矢印 B のように、2 本の駆動振動腕 1 0 1 a、1 0 1 b の先端が互いに接近と離間を繰り返す屈曲振動（励振振動）をする。

【 0 0 4 3 】

なお、本出願では、ジャイロセンサー素子に角速度がかかっていない状態で上述の屈曲振動（励振振動）するときの、各駆動振動腕における振動エネルギーの大きさ又は振動の振幅の大きさが 2 本の駆動振動腕で等しいとき、駆動振動腕の振動エネルギーのバランスがとれているという。

【 0 0 4 4 】

ここで、ジャイロセンサー素子 1 0 0 の振動片に Z 軸を回転軸とした角速度が加わると、駆動振動腕 1 0 1 a、1 0 1 b は、矢印 B の屈曲振動の方向と Z 軸の両方に垂直な方向にコリオリの力を得る。その結果、図 4 に示すように、連結腕 1 0 5 a、1 0 5 b は矢印 C で示すような振動をする。そして、検出振動腕 1 0 2 は、連結腕 1 0 5 a、1 0 5 b の振動（矢印 C）に連動して矢印 D のように屈曲振動をする。

【 0 0 4 5 】

また、駆動振動腕 1 0 1 a、1 0 1 b の励振振動は、ジャイロセンサー素子の製造バラつきなどによって、駆動振動腕の振動エネルギーのバランスがくずれると、検出振動腕 1 0 2 には漏れ振動を発生させる。この漏れ振動は、コリオリの力に基づいた振動と同様に矢印 D に示す屈曲振動であるが、駆動信号とは同位相である。なお、コリオリ力に伴う振動は駆動振動とは 90°ずれた位相である。

【 0 0 4 6 】

そして、圧電効果によってこれらの屈曲振動に基づいた交流電荷が、検出振動腕 1 0 2 の検出電極 1 1 4、1 1 5 に発生する。ここで、コリオリの力に基づいて発生する交流電荷は、コリオリの力の大きさ（言い換えれば、ジャイロセンサー素子 1 0 0 に加わる角速度の大きさ）に応じて変化する。一方、漏れ振動に基づいて発生する交流電荷は、ジャイロセンサー素子 1 0 0 に加わる角速度の大きさに関係しない。

【 0 0 4 7 】

なお、図 2 の構成では、振動片のバランスを良くするために、検出用基部 1 0 7 を中央に配置し、検出用基部 1 0 7 から + Y 軸と - Y 軸の両方向に検出振動腕 1 0 2 を延出させている。さらに、検出用基部 1 0 7 から + X 軸と - X 軸の両方向に連結腕 1 0 5 a、1 0

10

20

30

40

50



5 bを延出させ、連結腕 105 a、105 bのそれぞれから、+ Y軸と - Y軸の両方向に駆動振動腕 101 a、101 bを延出させている。

【0048】

また、駆動振動腕 101 a、101 bの先端には、駆動振動腕 101 a、101 bよりも幅の広い矩形状の錘部 103 が形成されている。駆動振動腕 101 a、101 bの先端に錘部 103 を形成することにより、コリオリの力を大きくするとともに、所望の共振周波数を比較的短い振動腕で得ることができる。同様に、検出振動腕 102 の先端には、検出振動腕 102 よりも幅の広い錘部 106 が形成されている。検出振動腕 102 の先端に錘部 106 を形成することにより、検出電極 114、115 に発生する交流電荷を大きくすることができる。

10

【0049】

以上のようにして、ジャイロセンサー素子 100 は、Z 軸を検出軸としてコリオリの力に基づく交流電荷（すなわち、検出信号）と、励振振動の漏れ振動に基づく交流電荷（すなわち、漏れ信号）とを検出電極 114、115 を介して出力する。

【0050】

図 1 に戻り、角速度検出用 IC 10 は、駆動回路 20、検出回路 30 及び基準電源回路 40 を含んで構成されている。

【0051】

駆動回路 20 は、I/V 変換回路（電流電圧変換回路）210、AC 増幅回路 220 及び振幅調整回路 230 を含んで構成されている。

20

【0052】

ジャイロセンサー素子 100 の振動片に流れた駆動電流は、I/V 変換回路 210 によって交流電圧信号に変換される。

【0053】

I/V 変換回路 210 から出力された交流電圧信号は、AC 増幅回路 220 及び振幅調整回路 230 に入力される。AC 増幅回路 220 は、入力された交流電圧信号を増幅し、所定の電圧値でクリップさせて方形波電圧信号 22 を出力する。振幅調整回路 230 は、I/V 変換回路 210 が出力する交流電圧信号のレベルに応じて、方形波電圧信号 22 の振幅を変化させ、駆動電流が一定に保持するように AC 増幅回路 220 を制御する。

【0054】

30

方形波電圧信号 22 は、外部出力端子 11 を介してジャイロセンサー素子 100 の振動片の駆動電極 112 に供給される。このように、ジャイロセンサー素子 100 は図 3 に示すような所定の駆動振動を継続して励振している。また、駆動電流を一定に保つことにより、ジャイロセンサー素子 100 の駆動振動腕 101 a、101 b は一定の振動速度を得ることができる。そのため、コリオリ力を発生させる元となる振動速度は一定となり、感度をより安定にすることができる。

【0055】

検出回路 30 は、チャージアンプ回路 310、320、差動増幅回路 330、AC 増幅回路 340、同期検波回路 350、平滑回路 360、可変増幅回路 370 及びローパスフィルター 380 を含んで構成されている。

40

【0056】

チャージアンプ回路 310 には、外部入力端子 13 を介してジャイロセンサー素子 100 の振動片の検出電極 114 から検出信号と漏れ信号を含む交流電荷が入力される。

【0057】

同様に、チャージアンプ回路 320 には、外部入力端子 14 を介してジャイロセンサー素子 100 の振動片の検出電極 115 から検出信号と漏れ信号を含む交流電荷が入力される。

【0058】

このチャージアンプ回路 310 及び 320 は、それぞれ入力された交流電荷を、基準電圧  $V_{ref}$  を基準とした交流電圧信号に変換する。なお、基準電圧  $V_{ref}$  は、基準電源

50

回路 40 により、電源入力端子 15 から入力された外部電源に基づいて生成される。

【0059】

差動増幅回路 330 は、チャージアンプ回路 310 の出力信号とチャージアンプ回路 320 の出力信号を差動増幅する。差動増幅回路 330 は、同相成分を消去し、逆相成分を加算増幅するためのものである。

【0060】

AC 増幅回路 340 は、差動増幅回路 330 の出力信号を増幅し、被検波信号 36 を同期検波回路 350 に出力する。

【0061】

同期検波回路 350 は、方形波電圧信号 22 により、被検波信号 36 に対して同期検波を行う。同期検波回路 350 は、例えば、検波信号 34 の電圧レベルが基準電圧  $V_{ref}$  よりも高い時は AC 増幅回路 340 の出力信号を選択し、検波信号 34 の電圧レベルが基準電圧  $V_{ref}$  よりも低い時は AC 増幅回路 340 の出力信号を基準電圧  $V_{ref}$  に対して反転した信号を選択するスイッチ回路として構成することができる。

【0062】

同期検波回路 350 の出力信号は、平滑回路 360 で直流電圧信号に平滑化された後、可変増幅回路 370 に入力される。

【0063】

可変増幅回路 370 は、平滑回路 360 の出力信号（直流電圧信号）を、設定された増幅率（又は減衰率）で増幅（又は減衰）して検出感度を調整する。可変増幅回路 370 で増幅（又は減衰）された信号は、ローパスフィルタ 380 に入力される。

【0064】

ローパスフィルタ 380 は、可変増幅回路 370 の出力信号を使用に適した周波数帯域に制限する回路であり、角速度検出信号 32 を生成する。そして、角速度検出信号 32 は外部出力端子 17 を介して外部に出力される。

【0065】

次に、図 1 の A 点～G 点における信号波形の一例を示して、第 1 実施形態の角速度検出装置 1 の角速度検出動作についてより具体的に説明する。

【0066】

図 5 は、角速度検出装置 1 が静止している時の信号波形の一例を示す図である。図 5 において横軸は時間、縦軸は電圧を表す。

【0067】

ジャイロセンサー素子 100 の振動片が振動している状態では、I/V 変換回路 210 の出力（A 点）には、ジャイロセンサー素子 100 の振動片の駆動電極 113 からフィードバックされた電流が変換された一定周波数の交流電圧が発生している。すなわち、I/V 変換回路 210 の出力（A 点）には、一定周波数の正弦波電圧信号が発生している。

【0068】

そして、AC 増幅回路 220 の出力（B 点）には、I/V 変換回路 210 の出力信号（A 点の信号）が増幅された、振幅が一定値  $V_c$  の方形波電圧信号が発生する。

【0069】

ジャイロセンサー素子 100 に角速度が加わっていない場合は、ジャイロセンサー素子 100 の振動片の検出電極 114、115 には角速度の検出信号は発生しないが、漏れ信号は発生する。

【0070】

ジャイロセンサー素子 100 の検出電極 114 及び 115 に発生した漏れ信号（交流電荷）は、それぞれチャージアンプ回路 310 及び 320 により、交流電圧信号に変換される。ここでは、チャージアンプ回路 310 と 320 から出力される交流電圧信号は逆相であるとしている。その結果、チャージアンプ回路 310 及び 320 の出力（C 点及び D 点）には、AC 増幅回路 220 の出力信号（B 点の信号）と同じ周波数の正弦波電圧信号が発生する。ここで、チャージアンプ回路 310 の出力信号（C 点の信号）の位相は、AC

10

20

30

40

50

増幅回路 220 の出力信号 (B 点の信号) に対して  $90^\circ$  ずれている。また、チャージアンプ回路 320 の出力信号 (D 点の信号) の位相は、チャージアンプ回路 310 の出力信号 (C 点の信号) に対して逆位相である ( $180^\circ$  ずれている)。

【0071】

チャージアンプ回路 310 及び 320 の出力信号 (C 点の信号及び D 点の信号) は差動増幅回路 330 により差動増幅され、AC 増幅回路 340 の出力 (E 点) には、チャージアンプ回路 310 の出力 (C 点) に発生する正弦波電圧信号と同じ周波数で同位相の正弦波電圧信号が発生する。AC 増幅回路 340 の出力 (E 点) に発生するこの正弦波電圧信号は、ジャイロセンサー素子 100 の振動片の検出電極 114、115 に発生する漏れ信号に対応する信号である。

10

【0072】

AC 増幅回路 340 の出力信号 (E 点の信号) は、同期検波回路 350 により、AC 増幅回路 220 が出力する方形波電圧信号 22 (B 点の信号) に基づいて同期検波される。

【0073】

ここで、AC 増幅回路 340 の出力信号 (E 点の信号) と方形波電圧信号 22 (B 点の信号) は  $90^\circ$  だけ位相がずれているので、同期検波回路 350 の出力信号 (F 点の信号) において、基準電圧  $V_{ref}$  よりも高い電圧の積分量と基準電圧  $V_{ref}$  よりも低い電圧の積分量が等しくなる。その結果、漏れ信号はキャンセルされ、ローパスフィルター 380 の出力 (G 点) には角速度が 0 であることを示す基準電圧  $V_{ref}$  の直流電圧信号が発生する。

20

【0074】

図 6 は、角速度検出装置 1 に角速度が加わっている時の信号波形の一例を示す図である。図 6 において横軸は時間、縦軸は電圧を表す。

【0075】

A 点及び B 点の各信号波形は図 5 と同じであり、その説明を省略する。

【0076】

ジャイロセンサー素子 100 に角速度が加わると、ジャイロセンサー素子 100 の振動片の検出電極 114、115 には検出信号と漏れ信号が発生する。この検出信号のレベルはコリオリ力の大きさに応じて変化する。一方、漏れ信号は図 5 と同じ信号波形になり、キャンセルされる。そのため、図 6 では検出信号のみに着目した信号波形を示しており、以下の説明においても検出信号のみに着目して説明する。

30

【0077】

ジャイロセンサー素子 100 の振動片の検出電極 114 及び 115 に発生した検出信号 (交流電荷) は、それぞれチャージアンプ回路 310 及び 320 により、交流電圧信号に変換される。その結果、チャージアンプ回路 310 及び 320 の出力 (C 点及び D 点) には、AC 増幅回路 220 の出力信号 (B 点の信号) と同じ周波数の正弦波電圧信号が発生する。ここで、チャージアンプ回路 310 の出力信号 (C 点の信号) の位相は、AC 増幅回路 220 の出力信号 (B 点の信号) と同位相である。また、チャージアンプ回路 320 の出力信号 (D 点の信号) の位相は、チャージアンプ回路 310 の出力信号 (C 点の信号) に対して逆位相である ( $180^\circ$  ずれている)。

40

【0078】

チャージアンプ回路 310 及び 320 の出力信号 (C 点の信号及び D 点の信号) は差動増幅回路 330 により差動増幅され、AC 増幅回路 340 の出力 (E 点) には、チャージアンプ回路 310 の出力 (C 点) に発生する正弦波電圧信号と同じ周波数で同位相の正弦波電圧信号が発生する。AC 増幅回路 340 の出力 (E 点) に発生するこの正弦波電圧信号は、ジャイロセンサー素子 100 の検出電極 114、115 に発生する検出信号に対応する信号である。

【0079】

AC 増幅回路 340 の出力信号 (E 点の信号) は、同期検波回路 350 により、AC 増幅回路 220 が出力する方形波電圧信号 22 (B 点の信号) に基づいて同期検波される。

50

ここで、AC増幅回路340の出力信号(E点の信号)と方形波電圧信号22(B点の信号)は同位相であるので、同期検波回路350の出力信号(F点の信号)は、AC増幅回路340の出力信号(E点の信号)が全波整流された信号となる。その結果、ローパスフィルター380の出力(G点)には、角速度の大きさに応じた電圧値V1の直流電圧信号(すなわち、角速度検出信号32)が発生する。

【0080】

なお、角速度検出装置1に図6と逆方向の角速度が加わった場合には、チャージアンプ回路310の出力信号(C点の信号)及びチャージアンプ回路320の出力信号(D点の信号)がともに基準電圧 $V_{ref}$ を中心として反転した波形になる。その結果、角速度検出信号32は、図6とは逆に基準電圧 $V_{ref}$ よりも低い電圧の信号になる。

10

【0081】

このようにして角速度検出装置1は角速度を検出することができる。そして、角速度検出信号32は、その電圧値がコリオリの力の大きさ(角速度の大きさ)に比例し、その極性が回転方向により決まるので、角速度検出信号32に基づいて角速度検出装置1に加えられた角速度を計算することができる。

【0082】

図1に戻り、角速度検出用IC10は、異常診断回路60を含んで構成されている。

【0083】

図7は、異常診断回路60の構成について説明するための図である。図7に示す例において、異常診断回路60は、発振動作監視判定回路610-1、監視判定回路610-3 ~ 610-6、論理和回路620、遅延回路630及び論理和回路640を含んで構成されている。

20

【0084】

発振動作監視判定回路610-1は、監視対象信号50-1を監視し、ジャイロセンサー素子100が所定の発振周波数で動作しているか否かを判定し、ジャイロセンサー素子100が所定の発振周波数で動作しているか否かを表す発振動作判定信号61-1を生成する。同様に、監視判定回路610-3 ~ 610-6は、それぞれ監視対象信号50-3 ~ 50-6を監視し、監視対象信号50-3 ~ 50-6の異常の有無を判定し、監視対象信号50-3 ~ 50-6に異常があるか否かを表す判定信号61-3 ~ 61-6を生成する。

30

【0085】

論理和回路620は、判定信号61-3 ~ 61-6を受け付け、その論理和を異常フラグ信号82として生成する。

【0086】

遅延回路630は、異常フラグ信号82の立ち上がりタイミング及び立ち下がりタイミングの少なくとも一方を遅延させて遅延信号63を生成する。遅延回路620は、例えば、シフトレジスタを用いて構成され、ジャイロセンサー素子100が出力する信号に基づいて生成されたクロック信号(例えば、方形波電圧信号22や、方形波電圧信号22を分周した信号等)を用いて、異常フラグ信号82の立ち上がりタイミング及び立ち下がりタイミングの少なくとも一方を所定時間だけ遅延させて遅延信号63を生成してもよい。

40

【0087】

論理和回路640は、発振動作判定信号61-1及び遅延信号63を受け付け、その論理和を異常判定信号64として生成する。

【0088】

なお、図7に示す例では、発振動作監視判定回路610-1が本発明における発振動作判定部に、監視判定回路610-3 ~ 610-6及び論理和回路620が本発明における異常フラグ生成部800に、遅延回路630及び論理和回路640が本発明における異常判定出力部900にそれぞれ対応する。

【0089】

本実施形態においては、発振動作判定信号61-1、判定信号61-3 ~ 61-6、異

50

常フラグ信号 8 2、遅延信号 6 3 及び異常判定信号 6 4 は、正常を表す値をローレベル（L）、異常を表す値をハイレベル（H）とする電圧信号である。したがって論理和回路 6 3 0 は、監視対象信号 5 0 - 3 ~ 5 0 - 6 のいずれかに異常が発生している期間においてはハイレベル、他の期間においてはローレベルの異常フラグ信号 8 2 を出力する。

【 0 0 9 0 】

本実施形態における異常判定出力部 9 0 0 は、発振動作判定信号 6 1 - 1 が異常を表す値である場合には、角速度検出装置 1 の動作の異常を表す値の異常判定信号 6 4 を出力し、発振動作判定信号 6 1 - 1 が正常を表す値である場合には、ジャイロセンサー素子 1 0 0 が出力する信号に基づいて生成されたクロック信号を用いて、異常フラグ信号 8 2 が正常を表す値から異常を表す値に変化してから、異常を表す値が第 1 の時間 T 1 以上継続した後に、異常判定信号 6 4 を、正常を表す値から異常を表す値に変更して出力する。

10

【 0 0 9 1 】

図 8 は、発振動作判定信号 6 1 - 1、異常フラグ信号 8 2、遅延信号 6 3、異常判定信号 6 4 のタイミングチャートである。

【 0 0 9 2 】

時刻 t 1 から時刻 t 2 までの期間において、ジャイロセンサー素子 1 0 0 が所定の発振周波数で動作していない場合には、発振動作監視判定回路 6 1 0 - 1 は、発振動作判定信号 6 0 - 1 としてハイレベルの電圧信号を出力する。この場合には、時刻 t 1 から時刻 t 2 までの期間において、他の監視判定回路 6 1 0 - 3 ~ 6 1 0 - 6 での判定結果にかかわらず、論理和回路 6 4 0 は、異常判定信号 6 4 としてハイレベルの電圧信号を出力する。

20

【 0 0 9 3 】

時刻 t 2 以降においては、ジャイロセンサー素子 1 0 0 が所定の発振周波数で動作している場合であり、発振動作監視判定回路 6 1 0 - 1 は、発振動作判定信号 6 0 - 1 としてローレベルの電圧信号を出力する。

【 0 0 9 4 】

時刻 t 4 から時刻 t 6 までの期間において、監視判定回路 6 1 0 - 3 ~ 6 1 0 - 6 での判定結果のいずれかが異常を表している場合には、論理和回路 6 2 0 は、異常フラグ信号 8 2 としてハイレベルの電圧信号を出力する。

【 0 0 9 5 】

遅延回路 6 3 0 は、ジャイロセンサー素子 1 0 0 が出力する信号に基づいて生成されたクロック信号を用いて、異常フラグ信号 8 2 がローレベル（正常を表す値）からハイレベル（異常を表す値）に変化してから、ハイレベル（異常を表す値）が第 1 の時間 T 1 以上継続した後に、遅延信号 6 3 を、ローレベルからハイレベルに変更して出力する。図 8 に示す例では、時刻 t 4 から第 1 の時間 T 1 だけ遅れた時刻 t 5 に、遅延信号 6 3 を、ローレベルからハイレベルに変更して出力する。

30

【 0 0 9 6 】

この結果、論理和回路 6 4 0 は、異常フラグ信号 8 2 がローレベル（正常を表す値）からハイレベル（異常を表す値）に変化してから、ハイレベル（異常を表す値）が第 1 の時間 T 1 以上継続した後に、異常判定信号 6 4 を、ローレベル（正常を表す値）からハイレベル（異常を表す値）に変更して出力することになる。図 8 に示す例では、時刻 t 4 から第 1 の時間 T 1 だけ遅れた時刻 t 5 に、異常判定信号 6 4 を、ローレベル（正常を表す値）からハイレベル（異常を表す値）に変更して出力する。

40

【 0 0 9 7 】

このように、本実施形態によれば、ジャイロセンサー素子 1 0 0 が所定の発振周波数で動作していない場合には、他の監視対象信号 5 0 - 3 ~ 5 0 - 6 の異常の有無にかかわらず、角速度検出装置 1 の動作の異常を表す異常判定信号 6 4 を出力することができる。これにより、ジャイロセンサー素子 1 0 0 が所定の発振周波数で動作していない場合という、重要な異常を確実に通知することができる。

【 0 0 9 8 】

また、異常フラグ信号が正常を表す値から異常を表す値に変化してから、異常を表す値

50

が第 1 の時間 T 1 以上継続した後に、異常判定信号を、正常を表す値から異常を表す値に変更して出力するため、瞬間的な（第 1 の時間 T 1 よりも短い期間の）ノイズ等の影響で、監視対象信号 5 0 - 3 ~ 5 0 - 6 の値が瞬間的に異常になる場合には、異常判定信号が異常を表す値にならない。これにより、瞬間的なノイズ等の影響による誤診断を減らすことができる。

#### 【 0 0 9 9 】

さらに、ジャイロセンサー素子 1 0 0 が所定の発振周波数で動作している場合にのみ遅延回路 6 3 0 で第 1 の時間 T 1 をカウントすればよいので、ジャイロセンサー素子 1 0 0 が出力する信号に基づいて生成されたクロック信号を用いて第 1 の時間 T 1 をカウントすることができる。

10

#### 【 0 1 0 0 】

したがって、信頼性の高い異常判定出力が可能な角速度検出装置 1 を実現することができる。

#### 【 0 1 0 1 】

##### [ 第 2 実施形態 ]

図 9 は、第 2 実施形態の角速度検出装置の構成について説明するための図である。図 1 を用いて説明した角速度検出装置 1 と同一の構成には同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

#### 【 0 1 0 2 】

第 2 実施形態の角速度検出装置 1 A は、ジャイロセンサー素子 1 0 0 と角速度検出用 IC 1 0 A を含んで構成されている。角速度検出用 IC 1 0 A は、図 1 を用いて説明した角速度検出用 IC 1 0 の異常診断回路 6 0 に代えて異常診断回路 6 0 A を含む構成となっている。異常診断回路 6 0 A は、監視対象信号 5 0 - 1 及び 5 0 - 3 ~ 5 0 - 6 に加えて、AC 増幅回路 2 2 0 の出力信号を監視対象信号 5 0 - 2 として監視する。

20

#### 【 0 1 0 3 】

図 1 0 は、異常診断回路 6 0 A の構成について説明するための図である。図 1 0 に示す例において、異常診断回路 6 0 A は、図 7 に示す異常診断回路 6 0 の構成に加えて、駆動振幅監視判定回路 6 1 0 - 2 を含んで構成されている。また、論理和回路 6 4 0 に代えて論理和回路 6 4 0 A を含んで構成されている。

#### 【 0 1 0 4 】

駆動振幅監視判定回路 6 1 0 - 2 は、監視対象信号 5 0 - 2 を監視し、ジャイロセンサー素子 1 0 0 が所定の駆動振幅で動作しているか否かを判定し、ジャイロセンサー素子 1 0 0 が所定の駆動振幅で動作しているか否かを表す駆動振幅判定信号 6 1 - 2 を生成する。

30

#### 【 0 1 0 5 】

論理和回路 6 4 0 A は、発振動作判定信号 6 1 - 1、駆動振幅判定信号 6 1 - 2 及び遅延信号 6 3 を受け付け、その論理和を異常判定信号 6 4 A として生成する。

#### 【 0 1 0 6 】

なお、図 1 0 に示す例では、駆動振幅監視判定回路 6 1 0 - 2 が本発明における駆動振幅判定部に、遅延回路 6 3 0 及び論理和回路 6 4 0 A が本発明における異常判定出力部 9 0 0 A にそれぞれ対応する。

40

#### 【 0 1 0 7 】

また、本実施形態においては、駆動振幅判定信号 6 1 - 2 は、正常を表す値をローレベル（L）、異常を表す値をハイレベル（H）とする電圧信号である。

#### 【 0 1 0 8 】

本実施形態における異常判定出力部 9 0 0 A は、発振動作判定信号 6 1 - 1 と駆動振幅判定信号 6 1 - 2 と異常フラグ信号 8 2 とを受け付け、発振動作判定信号 6 1 - 1 及び駆動振幅判定信号 6 1 - 2 の少なくとも一方が異常を表す値である場合には、角速度検出装置 1 A の動作の異常を表す値の異常判定信号 6 4 A を出力し、発振動作判定信号 6 1 - 1 及び駆動振幅判定信号 6 1 - 2 のいずれもが正常を表す値である場合には、ジャイロセン

50

サー素子 100 が出力する信号に基づいて生成されたクロック信号を用いて、異常フラグ信号 82 が正常を表す値から異常を表す値に変化してから、異常を表す値が第 1 の時間 T1 以上継続した後に、異常判定信号 64 A を、正常を表す値から異常を表す値に変更して出力する。

【0109】

図 11 は、発振動作判定信号 61 - 1、駆動振幅判定信号 61 - 2、異常フラグ信号 82、遅延信号 63、異常判定信号 64 A のタイミングチャートである。

【0110】

時刻 t1 から時刻 t2 までの期間において、ジャイロセンサー素子 100 が所定の発振周波数で動作していない場合には、発振動作監視判定回路 610 - 1 は、発振動作判定信号 60 - 1 としてハイレベルの電圧信号を出力する。また、時刻 t1 から時刻 t3 までの期間において、ジャイロセンサー素子 100 が所定の駆動振幅で動作していない場合には、駆動振幅監視判定回路 610 - 2 は、駆動振幅判定信号 60 - 2 としてハイレベルの電圧信号を出力する。この場合には、時刻 t1 から時刻 t3 までの期間において、他の監視判定回路 610 - 3 ~ 610 - 6 での判定結果にかかわらず、論理和回路 640 A は、異常判定信号 64 A としてハイレベルの電圧信号を出力する。

【0111】

時刻 t2 以降においては、ジャイロセンサー素子 100 が所定の発振周波数で動作している場合であり、発振動作監視判定回路 610 - 1 は、発振動作判定信号 60 - 1 としてローレベルの電圧信号を出力する。また、時刻 t3 以降においては、ジャイロセンサー素子 100 が所定の駆動振幅で動作している場合であり、駆動振幅監視判定回路 610 - 2 は、駆動振幅判定信号 60 - 2 としてローレベルの電圧信号を出力する。

【0112】

時刻 t4 から時刻 t6 までの期間において、監視判定回路 610 - 3 ~ 610 - 6 での判定結果のいずれかが異常を表している場合には、論理和回路 620 は、異常フラグ信号 82 としてハイレベルの電圧信号を出力する。

【0113】

遅延回路 630 は、ジャイロセンサー素子 100 が出力する信号に基づいて生成されたクロック信号を用いて、異常フラグ信号 82 がローレベル（正常を表す値）からハイレベル（異常を表す値）に変化してから、ハイレベル（異常を表す値）が第 1 の時間 T1 以上継続した後に、遅延信号 63 を、ローレベルからハイレベルに変更して出力する。図 11 に示す例では、時刻 t4 から第 1 の時間 T1 だけ遅れた時刻 t5 に、遅延信号 63 を、ローレベルからハイレベルに変更して出力する。

【0114】

この結果、論理和回路 640 は、異常フラグ信号 82 がローレベル（正常を表す値）からハイレベル（異常を表す値）に変化してから、ハイレベル（異常を表す値）が第 1 の時間 T1 以上継続した後に、異常判定信号 64 A を、ローレベル（正常を表す値）からハイレベル（異常を表す値）に変更して出力することになる。図 11 に示す例では、時刻 t4 から第 1 の時間 T1 だけ遅れた時刻 t5 に、異常判定信号 64 A を、ローレベル（正常を表す値）からハイレベル（異常を表す値）に変更して出力する。

【0115】

本実施形態によれば、上述した第 1 実施形態の効果に加えて、ジャイロセンサー素子 100 が所定の発振周波数で動作していない場合に加えて、ジャイロセンサー素子 100 が所定の駆動振幅で動作していない場合にも、他の監視対象信号 50 - 3 ~ 50 - 6 の異常の有無にかかわらず異常判定信号 64 A を出力することができる。これにより、ジャイロセンサー素子 100 が所定の駆動振幅で動作していない場合という、重要な異常を確実に通知することができる。したがって、より信頼性の高い異常判定出力が可能な物理量検出装置を実現することができる。

【0116】

[ 第 1 実施形態及び第 2 実施形態の変形例 ]

10

20

30

40

50

上述した第 1 実施形態及び第 2 実施形態において、遅延回路 630 は、第 1 の時間 T1 を可変に構成されていてもよい。例えば、遅延回路 620 がシフトレジスタを用いて遅延時間をカウントする場合において、メモリーに記憶された設定値に基づいてカウント値を可変に構成したり、クロック信号の分周比率を可変に構成したりしてもよい。

#### 【0117】

第 1 の時間 T1 を可変に構成することにより、要求される信頼度に応じて所定時間 T を変更することが可能になる。例えば、外部出力端子 17 から出力される角速度検出信号 32 をデジタル化してマイクロコンピュータ等で用いる場合に、サンプリングレートに応じて第 1 の時間 T1 を設定することができる。

#### 【0118】

上述した第 1 実施形態、第 2 実施形態及びこれらの変形例において、異常判定出力部 900 又は 900A は、異常フラグ信号 82 が異常を表す値から正常を表す値に変化してから第 2 の時間に亘る異常フラグ信号に基づいて、異常判定信号 64 又は 64A を、異常を表す値から正常を表す値に変化させて出力してもよい。図 7 及び図 10 に示す例では、遅延回路 630 が、異常フラグ信号 82 が異常を表す値から正常を表す値に変化してから第 2 の時間に亘る異常フラグ信号に基づいて、遅延信号 63 を、異常を表す値から正常を表す値に変化させて出力することにより実現できる。

#### 【0119】

図 12 は、ジャイロセンサー素子 100 が所定の発振周波数で動作し、所定の駆動振幅で動作している場合において、監視対象信号 50 - 3 ~ 50 - 6 のいずれかに異常が発生した場合における発振動作判定信号 60 - 1 及び駆動振幅判定信号 60 - 2、異常フラグ信号 82、遅延信号 63 及び異常判定信号 64 又は 64A、角速度検出信号 32 のタイミングチャートである。

#### 【0120】

ジャイロセンサー素子 100 が所定の発振周波数で動作し、所定の駆動振幅で動作しているため、発振動作判定信号 60 - 1 及び駆動振幅判定信号 60 - 2 は、図 12 に示す期間中においてはローレベルである。

#### 【0121】

以下、例えば電源入力端子 15 から供給される電源電圧が一時的に基準値以下まで低下した場合等に、監視判定回路 610 - 6 が電源電圧に異常が発生したものと判定して判定信号 61 - 6 をローレベルからハイレベルに変更して出力し、論理和回路 620 が異常フラグ信号 82 をローレベルからハイレベルに変更して出力する場合を例にとり説明する。

#### 【0122】

時刻 t10 において電源電圧（監視対象信号 50 - 6）に異常が発生すると、監視判定回路 610 - 6 は、判定信号 61 - 6 をローレベルからハイレベルに変更して出力し、論理和回路 620 が異常フラグ信号 82 をローレベルからハイレベルに変更して出力する。上述の各実施形態で説明したように、遅延回路 630 は、異常フラグ信号 82 の立ち上がりタイミングを第 1 の時間 T1 だけ遅延させて、遅延信号 63 を時刻 t11 にローレベルからハイレベルに変更して出力する。この遅延信号 63 に基づいて、論理和回路 640 又は 640A は、異常判定信号 64 又は 64A を時刻 t11 にローレベルからハイレベルに変更して出力する。

#### 【0123】

時刻 t10 で発生した異常が時刻 t13 で正常に戻ると、監視判定回路 610 - 6 は、判定信号 61 - 6 をハイレベルからローレベルに変更して出力し、論理和回路 620 が異常フラグ信号 82 をハイレベルからローレベルに変更して出力する。

#### 【0124】

一方、角速度検出信号 32 は、検出回路 30 を通って出力されるため、時刻 t10 で発生した異常の影響を受けた角速度検出信号 32 は、遅延時間 Td だけ遅れて時刻 t12 に出力される。また、時刻 t10 で発生した異常が時刻 t13 まで継続すると、異常の影響を受けた角速度検出信号 32 は、遅延時間 Td だけ遅れた時刻 t14 まで継続する。

10

20

30

40

50



## 【0125】

すなわち、実際に異常が発生して異常フラグ信号82が出力される異常発生区間は、時刻 $t_{10}$ から時刻 $t_{13}$ までであるが、発生した異常の影響を受けた角速度検出信号32が出力される異常出力区間は、遅延時間 $T_d$ だけ遅れた時刻 $t_{12}$ から時刻 $t_{14}$ までである。したがって、時刻 $t_{13}$ から時刻 $t_{14}$ までの期間では、異常フラグ信号82が正常を表しているにもかかわらず、角速度検出信号32は異常の影響を受けた信号となる。そのため、異常フラグ信号82がローレベルに戻るタイミングを、そのまま異常判定信号64又は64Aをローレベルに戻すタイミングとして用いると、高い信頼性を要求される用途において問題となる可能性がある。

## 【0126】

本変形例においては、遅延回路630は、時刻 $t_{13}$ に異常フラグ信号82がハイレベル（異常を表す値）からローレベル（正常を表す値）に変化してから第2の時間 $T_2$ 以上に亘る異常フラグ信号82に基づいて、時刻 $t_{15}$ に遅延信号63をハイレベル（異常を表す値）からローレベル（正常を表す値）に変化させて出力する。

## 【0127】

例えば、遅延回路630は、時刻 $t_{13}$ に異常フラグ信号82がハイレベル（異常を表す値）からローレベル（正常を表す値）に変化してから第2の時間 $T_2$ だけ経過した後に、遅延信号63をハイレベル（異常を表す値）からローレベル（正常を表す値）に変化させて出力する。この遅延信号63に基づいて、論理和回路640又は640Aは、時刻 $t_{13}$ に異常フラグ信号82がハイレベル（異常を表す値）からローレベル（正常を表す値）に変化してから第2の時間 $T_2$ だけ経過した後に、異常判定信号64又は64Aをハイレベル（異常を表す値）からローレベル（正常を表す値）に変化させて出力する。

## 【0128】

このように、本変形例によれば、異常フラグ信号82が異常を表す値から正常を表す値に変化してから、第2の時間 $T_2$ 以上に亘る異常フラグ信号82に基づいて、異常判定信号64又は64Aを、異常を表す値から正常を表す値に変化させて出力するため、異常フラグ信号82が正常を表す値に変化しても、少なくとも第2の時間 $T_2$ に亘っては、異常判定信号64又は64Aは正常を表す値に変化しない。そのため、角速度検出信号32が異常値を示しているにもかかわらず、正常を表す異常判定信号64又は64Aを出力してしまう可能性が小さくなる。したがって、より信頼性の高い異常判定出力が可能な角速度検出装置を実現することができる。

## 【0129】

上述した第1実施形態、第2実施形態及びこれらの変形例において、異常判定出力部900又は900Aは、異常フラグ信号82が異常を表す値から正常を表す値に変化してから、正常を表す値が第2の時間 $T$ 以上継続した後に、異常判定信号64又は64Aを、異常を表す値から正常を表す値に変更して出力してもよい。

## 【0130】

図7及び図10に示す例では、遅延回路630は、異常フラグ信号82が異常を表す値から正常を表す値に変化してから、正常を表す値が第2の時間 $T_2$ 以上継続した後に、異常判定信号82を、異常を表す値から正常を表す値に変更して出力してもよい。すなわち、遅延回路630は、時刻 $t_{13}$ に異常フラグ信号82がハイレベル（異常を表す値）からローレベル（正常を表す値）に変化してから、ローレベルの異常フラグ信号82が第2の時間 $T_2$ 以上継続した後に、遅延信号63をハイレベル（異常を表す値）からローレベル（正常を表す値）に変化させて出力してもよい。この遅延信号63に基づいて、論理和回路640又は640Aは、時刻 $t_{13}$ に異常フラグ信号82がハイレベル（異常を表す値）から、ローレベルの異常フラグ信号82が第2の時間 $T_2$ 以上継続した後に、異常判定信号64又は64Aをハイレベル（異常を表す値）からローレベル（正常を表す値）に変化させて出力する。

## 【0131】

このように構成することにより、異常フラグ信号82が異常を表す値から正常を表す値

10

20

30

40

50

に変化してから、正常を表す値が第 2 の時間  $T_2$  以上継続した後に、異常判定信号 64 又は 64 A を、異常を表す値から正常を表す値に変更して出力するため、異常フラグ信号 82 が正常を表す値に変化しても、少なくとも第 2 の時間  $T_2$  に亘っては、異常判定信号 64 又は 64 A は正常を表す値に変化しない。加えて、第 2 の時間  $T_2$  に満たない時間だけ異常フラグ信号 82 が正常を表す値になっても、異常判定信号 64 又は 64 A は正常を表す値に変化しない。そのため、角速度検出信号 32 が異常値を示しているにもかかわらず、正常を表す異常判定信号 64 又は 64 A を出力してしまう可能性が小さくなる。したがって、より信頼性の高い異常判定出力が可能な角速度検出装置を実現することができる。

【0132】

図 13 は、ローパスフィルタ 380 の群遅延時間と周波数との関係の一例を示すグラフである。横軸は周波数（対数）、縦軸は群遅延時間を表す。

10

【0133】

本実施の形態において、所定時間  $T$  を、ローパスフィルタ 380 の直流（0 Hz）からカットオフ周波数  $f_c$  までの周波数帯域（通過帯域）における最小群遅延時間 1 以上としてもよい。

【0134】

図 1 を用いて説明した検出回路 30 のように、ローパスフィルタ 380 を介して角速度検出信号 32 を生成する場合には、ローパスフィルタ 380 での遅延時間が他の回路ブロックにおける遅延時間よりも数桁程度大きいことが通常である。すなわち、ローパスフィルタ 380 での遅延時間が、ほぼ検出回路 30 における信号の遅延時間  $T_d$  となるのが通常である。

20

【0135】

したがって、第 2 の時間  $T_2$  をローパスフィルタ 380 の直流（0 Hz）からカットオフ周波数  $f_c$  までの周波数帯域（通過帯域）における最小群遅延時間 1 以上とすることにより、角速度検出信号 32 が異常値を示しているにもかかわらず、正常を表す異常判定信号 64 又は 64 A を出力してしまう可能性がさらに小さくなる。したがって、より信頼性の高い異常判定出力が可能な角速度検出装置を実現することができる。

【0136】

また、本実施の形態において、第 2 の時間  $T_2$  を、ローパスフィルタ 380 の最大群遅延時間 2 以上としてもよい。

30

【0137】

第 2 の時間  $T_2$  をローパスフィルタ 380 の最大群遅延時間 2 以上とすることにより、角速度検出信号 32 が異常値を示しているにもかかわらず、正常を表す異常判定信号 64 又は 64 A を出力してしまう可能性が極めて小さくなる。したがって、より信頼性の高い異常判定出力が可能な物理量検出装置を実現することができる。

【0138】

さらに、遅延回路 630 は、第 2 の時間  $T_2$  を可変に構成されていてもよい。例えば、遅延回路 620 がシフトレジスタを用いて遅延時間をカウントする場合において、メモリに記憶された設定値に基づいてカウント値を可変に構成したり、クロック信号の分周比率を可変に構成したりしてもよい。

40

【0139】

第 2 の時間  $T_2$  を可変に構成することにより、要求される信頼度に応じて第 2 の時間  $T_2$  を変更することが可能になる。

【0140】

## 2. 物理量検出装置の異常診断システム及び異常診断方法

以下では、物理量として角速度を検出する物理量検出装置（角速度検出装置）の異常診断システム及び異常診断方法を例にとり説明するが、本発明は、角速度、加速度、地磁気、圧力等の様々な物理量のいずれかを検出することができる装置の異常診断システム及び異常診断方法に適用可能である。

【0141】

50

### [ 第 1 実施形態 ]

図 1 4 は、角速度検出装置の異常診断システムの構成の一例を示す図である。

#### 【 0 1 4 2 】

図 1 4 に示すように、異常診断システム 1 0 0 0 は、第 1 実施形態の角速度検出装置 1 とマイクロコンピュータ 2 を含んで構成されている。

#### 【 0 1 4 3 】

マイクロコンピュータ 2 は、外部入力端子 1 6 から出力される異常判定信号 6 4 を受け付け、異常判定信号 6 4 に基づいて角速度検出装置 1 の動作に異常があるか否かを判定し、異常診断信号 4 を出力する。すなわち、マイクロコンピュータ 2 は、本発明における異常診断装置として機能する。そして、異常診断信号 4 は、例えば、不図示の表示装置に入力されて角速度検出装置 1 が異常であれば警告表示される。

#### 【 0 1 4 4 】

異常判定信号 6 4 に基づいて角速度検出装置 1 の動作に異常があるか否かをマイクロコンピュータ 2 で診断するため、複雑な演算処理を要する診断手法（例えば、異常判定信号 6 4 の履歴情報を統計処理して診断する等）も可能となる。したがって、より信頼性の高い異常診断が可能な角速度検出装置の異常診断システムを実現することができる。

#### 【 0 1 4 5 】

図 1 5 は、図 1 4 に示す異常診断システム 1 0 0 0 による角速度検出装置の異常診断方法を示すフローチャートの一例を示す図である。

#### 【 0 1 4 6 】

まず、ジャイロセンサー素子 1 0 0 が所定の発振周波数で動作しているか否かを検出する（発振動作検出工程 S 1 0 0）。本実施形態においては、角速度検出装置 1 の異常診断回路 6 0 に含まれる発振動作監視判定回路 6 1 0 - 1 で発振動作検出工程 S 1 0 0 を行う。

#### 【 0 1 4 7 】

次に、監視対象信号 5 0 - 3 ~ 5 0 - 6 の異常の有無を検出する（異常検出工程 S 1 0 2）。本実施形態においては、角速度検出装置 1 の異常診断回路 6 0 に含まれる監視判定回路 6 1 0 - 3 ~ 6 1 0 - 5 で異常検出工程 S 1 0 2 を行う。

#### 【 0 1 4 8 】

なお、発振動作検出工程 S 1 0 0 と異常検出工程 S 1 0 2 との順序は任意であり、発振動作検出工程 S 1 0 0 と異常検出工程 S 1 0 2 とを並行して行ってもよい。

#### 【 0 1 4 9 】

次に、角速度検出装置 1 の動作に異常があるか否かを判定する（判定工程 S 1 0 4）。判定工程 S 1 0 4 においては、発振動作検出工程 S 1 0 0 における検出結果が異常である場合には、判定結果を異常とし、発振動作検出工程 S 1 0 0 における検出結果が正常である場合には、ジャイロセンサー素子 1 0 0 が出力する信号に基づいて生成されたクロック信号を用いて、異常検出工程 S 1 0 2 における検出結果が正常から異常に変化してから、正常を表す検出結果が第 1 の時間以上継続した後に、判定結果を正常から異常へ変更する。本実施形態においては、マイクロコンピュータ 2 で判定工程 S 1 0 4 を行う。

#### 【 0 1 5 0 】

本実施形態によれば、ジャイロセンサー素子 1 0 0 が所定の発振周波数で動作していない場合には、他の監視対象信号 5 0 - 3 ~ 5 0 - 6 の異常の有無にかかわらず判定結果を異常とすることができる。これにより、ジャイロセンサー素子 1 0 0 が所定の発振周波数で動作していない場合という、重要な異常を確実に判定することができる。

#### 【 0 1 5 1 】

また、異常検出工程における検出結果が正常から異常に変化した場合に、第 1 の時間に亘る異常検出工程における検出結果に基づいて、判定結果を正常から異常へ変更するため、瞬間的な（第 1 の時間よりも短い期間の）ノイズ等の影響で監視対象信号の値が瞬間的に異常になる場合には、判定結果が異常とはならない。これにより、瞬間的なノイズ等の影響による誤診断を減らすことができる。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 5 2 】

したがって、信頼性の高い異常判定出力が可能な物理量検出装置の異常診断方法を実現することができる。

## 【 0 1 5 3 】

## [ 第 2 実施形態 ]

図 1 6 は、角速度検出装置の異常診断システムの構成の一例を示す図である。

## 【 0 1 5 4 】

図 1 6 に示すように、異常診断システム 1 0 0 0 A は、第 2 実施形態の角速度検出装置 1 A とマイクロコンピュータ 2 を含んで構成されている。

## 【 0 1 5 5 】

10

第 1 実施形態の異常診断システム 1 0 0 0 と同様に、異常判定信号 6 4 A に基づいて角速度検出装置 1 A の動作に異常があるか否かをマイクロコンピュータ 2 で診断するため、複雑な演算処理を要する診断手法（例えば、異常判定信号 6 4 A の履歴情報を統計処理して診断する等）も可能となる。したがって、より信頼性の高い異常診断が可能な角速度検出装置の異常診断システムを実現することができる。

## 【 0 1 5 6 】

図 1 7 は、図 1 6 に示す異常診断システム 1 0 0 0 A による角速度検出装置の異常診断方法を示すフローチャートの一例を示す図である。

## 【 0 1 5 7 】

まず、ジャイロセンサー素子 1 0 0 が所定の発振周波数で動作しているか否かを検出する（発振動作検出工程 S 2 0 0）。本実施形態においては、角速度検出装置 1 A の異常診断回路 6 0 A に含まれる発振動作監視判定回路 6 1 0 - 1 で発振動作検出工程 S 2 0 0 を行う。

20

## 【 0 1 5 8 】

次に、ジャイロセンサー素子 1 0 0 が所定の駆動振幅で動作しているか否かを検出する（駆動振幅検出工程 S 2 0 2）。本実施形態においては、角速度検出装置 1 A の異常診断回路 6 0 A に含まれる駆動振幅監視判定回路 6 1 0 - 2 で発振動作検出工程 S 2 0 2 を行う。

## 【 0 1 5 9 】

次に、監視対象信号 5 0 - 3 ~ 5 0 - 6 の異常の有無を検出する（異常検出工程 S 2 0 4）。本実施形態においては、角速度検出装置 1 A の異常診断回路 6 0 A に含まれる監視判定回路 6 1 0 - 3 ~ 6 1 0 - 5 で異常検出工程 S 2 0 4 を行う。

30

## 【 0 1 6 0 】

なお、発振動作検出工程 S 2 0 0 と駆動振幅検出工程 S 2 0 2 と異常検出工程 S 2 0 4 との順序は任意であり、発振動作検出工程 S 2 0 0 と駆動振幅検出工程 S 2 0 2 と異常検出工程 S 2 0 4 とを並行して行ってもよい。

## 【 0 1 6 1 】

次に、角速度検出装置 1 A の動作に異常があるか否かを判定する（判定工程 S 2 0 6）。判定工程 S 2 0 6 においては、発振動作検出工程 S 2 0 0 及び駆動振幅検出工程 S 2 0 2 における検出結果の少なくとも一方が異常である場合には、判定結果を異常とし、発振動作検出工程 S 2 0 0 及び駆動振幅検出工程 S 2 0 2 における検出結果のいずれもが正常である場合には、ジャイロセンサー素子 1 0 0 が出力する信号に基づいて生成されたクロック信号を用いて、異常検出工程 S 2 0 4 における検出結果が正常から異常に変化してから、正常を表す検出結果が第 1 の時間以上継続した後に、判定結果を正常から異常へ変更する。本実施形態においては、マイクロコンピュータ 2 で判定工程 S 2 0 6 を行う。

40

## 【 0 1 6 2 】

本実施形態によれば、上述した第 1 実施形態の効果に加えて、ジャイロセンサー素子 1 0 0 が所定の発振周波数で動作していない場合に加えて、ジャイロセンサー素子 1 0 0 が所定の駆動振幅で動作していない場合にも、他の監視対象信号 5 0 - 3 ~ 5 0 - 6 の異常の有無にかかわらず判定結果を異常とすることができる。これにより、ジャイロセンサー

50

素子 100 が所定の駆動振幅で動作していない場合という、重要な異常を確実に判定することができる。したがって、より信頼性の高い異常判定出力が可能な物理量検出装置の異常診断方法を実現することができる。

#### 【0163】

なお、本発明は本実施形態に限定されず、本発明の要旨の範囲内で種々の変形実施が可能である。

#### 【0164】

本発明は、実施の形態で説明した構成と実質的に同一の構成（例えば、機能、方法及び結果が同一の構成、あるいは目的及び効果が同一の構成）を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成の本質的でない部分を置き換えた構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成と同一の作用効果を奏する構成又は同一の目的を達成することができる構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成に公知技術を付加した構成を含む。

10

#### 【符号の説明】

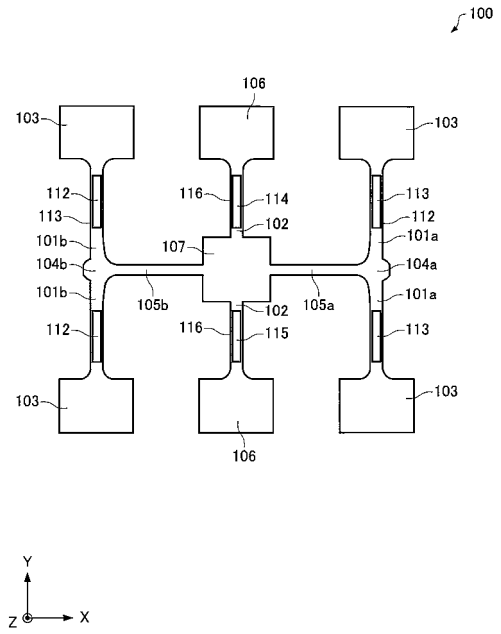
#### 【0165】

1, 1A 角速度検出装置、2 マイクロコンピュータ、4 異常診断信号、10, 10A 角速度検出用IC、11 外部出力端子、12~14 外部入力端子、15 電源入力端子、16, 17 外部出力端子、20 駆動回路、22 方形波電圧信号、30 検出回路、32 角速度検出信号、36 被検波信号、40 基準電源回路、50-1~50-6 監視対象信号、60, 60A 異常診断回路、61-1 発振動作判定信号、61-3~61-6 判定信号、63 遅延信号、64, 64A 異常判定信号、82 異常フラグ信号、100 ジャイロセンサー素子、101a~101b 駆動振動腕、102 検出振動腕、103 錘部、104a~104b 駆動用基部、105a~105b 連結腕、106 錘部、107 検出用基部、112~113 駆動電極、114~115 検出電極、116 共通電極、210 I/V変換回路（電流電圧変換回路）、220 AC増幅回路、230 振幅調整回路、310 チャージアンプ回路、320 チャージアンプ回路、330 差動増幅回路、340 AC増幅回路、350 同期検波回路、360 平滑回路、370 可変増幅回路、380 ローパスフィルター、610-1 発振動作監視判定回路、610-2 駆動振幅監視判定回路、610-3~610-6 監視判定回路、620 論理和回路、630 遅延回路、640 論理和回路、800 異常フラグ生成部、900, 900A 異常判定出力部、1000, 1000A 異常診断システム

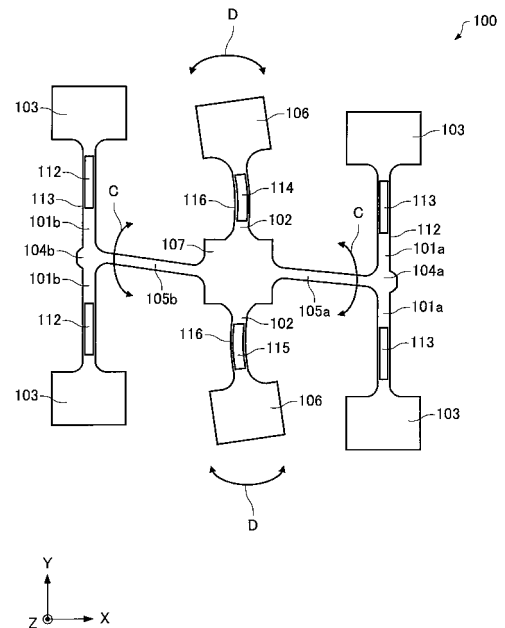
20

30

【 図 2 】



【 図 4 】

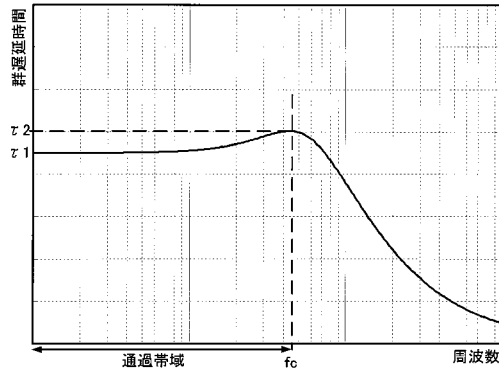




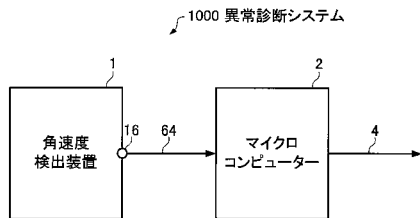




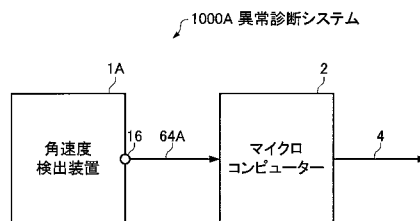
【図 13】



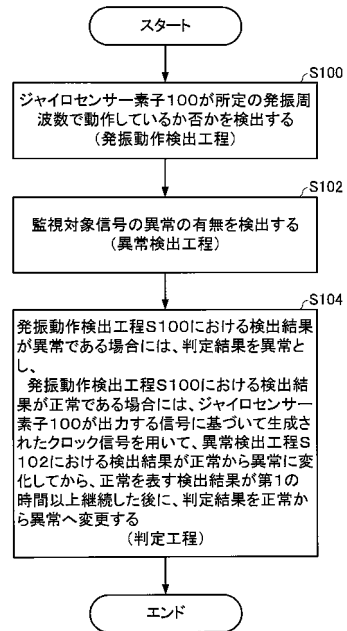
【図 14】



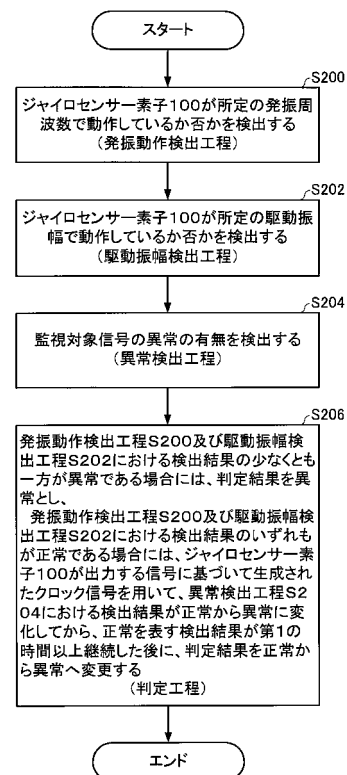
【図 16】



【図 15】



【図 17】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
<b>H 0 1 L 41/18 (2006.01)</b>	H 0 1 L 41/18 1 0 1 A	
<b>H 0 1 L 41/187 (2006.01)</b>	H 0 1 L 41/18 1 0 1 D	

(72)発明者 高 田 豊

東京都日野市日野4 2 1 - 8 エプソントヨコム株式会社内

Fターム(参考) 2F105 AA02 BB03 BB07 CC01 CC04 CD02 CD06 CD11