

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4645013号

(P4645013)

(45) 発行日 平成23年3月9日(2011.3.9)

(24) 登録日 平成22年12月17日(2010.12.17)

(51) Int.Cl.

F I

G O 1 C 19/56 (2006.01)

G O 1 C 19/56

G O 1 P 9/04 (2006.01)

G O 1 P 9/04

G O 1 P 15/125 (2006.01)

G O 1 P 15/125

V

G O 1 P 21/00 (2006.01)

G O 1 P 21/00

請求項の数 11 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2003-345400 (P2003-345400)
 (22) 出願日 平成15年10月3日(2003.10.3)
 (65) 公開番号 特開2005-114394 (P2005-114394A)
 (43) 公開日 平成17年4月28日(2005.4.28)
 審査請求日 平成18年10月3日(2006.10.3)

(73) 特許権者 000005821
 パナソニック株式会社
 大阪府門真市大字門真1006番地
 (74) 代理人 100109667
 弁理士 内藤 浩樹
 (74) 代理人 100109151
 弁理士 永野 大介
 (74) 代理人 100120156
 弁理士 藤井 兼太郎
 (72) 発明者 野添 利幸
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下
 電子部品株式会社内
 審査官 小野寺 麻美子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 加速度センサ及びそれを用いた複合センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1及び第2のコンデンサ部を有し、前記第1のコンデンサ部が固定部に設けられた第1の検出電極と可動部に設けられた可動電極よりなり、前記第2のコンデンサ部が前記固定部に設けられた第2の検出電極と前記可動部に設けられた可動電極よりなるように構成された検知素子と、前記検知素子の可動電極に交流バイアス信号電圧を印加するためのドライブ回路と、前記検知素子に印加された加速度に応じて前記可動電極が変位し、前記第1の検出電極に発生する電荷量が増加する場合は前記第2の検出電極に発生する電荷量が減少し、逆に前記第1の検出電極に発生する電荷量が減少する場合は前記第2の検出電極に発生する電荷量が増加するように構成された前記第1、第2の検出電極の電荷量の差を検出するための差動型検出器と前記交流バイアス信号電圧に同期し前記差動型検出器の出力信号を同期復調するための同期復調器と前記同期復調器からの出力信号を調整する出力増幅器とを有する検出回路と、前記差動型検出器から出力される信号を整流器に入力し、前記整流器からの出力を参照信号と比較することにより、前記検出素子と前記差動型検出器との間の断線を検出するための診断信号を供給する自己診断回路とを備えた加速度センサ。

【請求項2】

固定部に設けられた第1、第2の検出電極は所定の間隙を有して対向し、可動部に設けられた可動電極は前記第1、第2の検出電極間のほぼ中間に、かつ、前記第1、第2の検出電極にそれぞれ対向するように配置され、対向する前記第1、第2の検出電極面に直交す

る方向に加速度が印加されることにより、前記可動電極面が前記第 1、第 2 の検出電極面に直交する方向に変位するように構成された請求項 1 に記載の加速度センサ。

【請求項 3】

固定部に設けられた第 1、第 2 の検出電極は同一平面内に所定の間隙を設けて配置され、可動部の両端が前記固定部により支持されるとともに、前記可動部に設けられた可動電極は所定の間隙を有して前記第 1、第 2 の検出電極とそれぞれ対向し、さらに前記可動部に設けられた前記可動電極とは反対側に付加質量部が設けられ、前記第 1、第 2 の検出電極面に平行な方向に加速度が印加されることにより、前記可動部に設けられた前記可動電極が前記付加質量部を中心に前記第 1、第 2 の検出電極面の方向に回転し、回転する前記可動電極面の一端側が前記第 1 の検出電極面に近づく場合は前記可動電極面の他端側が前記第 2 の検出電極面から遠ざかる方向に変位し、逆に前記可動電極面の一端側が前記第 1 の検出電極面から遠ざかる場合は前記可動電極面の他端側が前記第 2 の検出電極面に近づく方向に変位するように構成された請求項 1 に記載の加速度センサ。

10

【請求項 4】

固定部、可動部は、水晶、シリコンまたはセラミックスからなる請求項 1 に記載の加速度センサ。

【請求項 5】

前記自己診断回路は、ドライブ回路と検知素子における異常を常時監視し外部に診断信号を出力するために、交流バイアス信号電圧のレベルを監視するドライブ系判定器をさらに備え、前記ドライブ系判定器と前記診断信号を外部に出力する論理和回路とをさらに備えた請求項 1 に記載の加速度センサ。

20

【請求項 6】

第 1 及び第 2 のコンデンサ部を有し、前記第 1 のコンデンサ部が固定部に設けられた第 1 の検出電極と可動部に設けられた第 1 の可動電極よりなり、前記第 2 のコンデンサ部が前記固定部に設けられた第 2 の検出電極と前記可動部に設けられた第 2 の可動電極よりなり、前記第 1、第 2 の検出電極は前記固定部の同一平面内に所定の間隙を設けて配置され、前記可動部の両端が前記固定部により支持されるとともに、前記第 1、第 2 の可動電極は前記可動部の同一平面内に所定の間隙を設けて配置され、かつ、前記第 1、第 2 の検出電極とそれぞれ対向し、さらに前記可動部に設けられた前記第 1、第 2 の可動電極とは反対側に付加質量部が設けられ、前記第 1、第 2 の検出電極面に平行な方向に加速度が印加されることにより、前記第 1、第 2 の可動電極が前記付加質量部を中心に前記第 1、第 2 の検出電極面の方向に回転し、回転する前記第 1 の可動電極面が前記第 1 の検出電極面に近づく場合は前記第 2 の可動電極面が前記第 2 の検出電極面から遠ざかる方向に変位し、逆に前記第 1 の可動電極面が前記第 1 の検出電極面から遠ざかる場合は前記第 2 の可動電極面が前記第 2 の検出電極面に近づく方向に変位するように構成された検知素子と、前記第 1、第 2 の可動電極にそれぞれに交流バイアス信号電圧を印加するためのドライブ回路と、前記第 1、第 2 の検出電極面に平行な方向に印加された加速度に応じて前記第 1、第 2 の可動電極が変位し、前記第 1 の検出電極に発生する電荷量が増加する場合は前記第 2 の検出電極に発生する電荷量が減少し、逆に前記第 1 の検出電極に発生する電荷量が減少する場合は前記第 2 の検出電極に発生する電荷量が増加する前記第 1、第 2 の検出電極の電荷量の差を検出するための差動型検出器と前記交流バイアス信号電圧に同期し前記差動型検出器の出力信号を同期復調するための同期復調器と前記同期復調器からの出力信号を調整する出力増幅器とを有する検出回路と、前記ドライブ回路と前記第 1 の可動電極または第 2 の可動電極のいずれかとの間に前記交流バイアス信号電圧値とは異なる所定の交流バイアス信号電圧値に設定可能にするために挿入されたネットワーク抵抗網と、前記ネットワーク抵抗網の一端とグランドとの間に挿入された開閉器とを備え、加速度を検出する場合には前記開閉器を開の状態にし、前記検知素子、前記ドライブ回路または前記検出回路の少なくともいずれか 1 つの異常を検出するための診断信号を供給する場合には前記開閉器を閉の状態にするように構成した加速度センサ。

30

40

【請求項 7】

50

ネットワーク抵抗網は、ドライブ回路と第1の可動電極または第2の可動電極のいずれかとの間に挿入された第1の抵抗と、前記第1の可動電極または第2の可動電極のいずれかと前記第1の抵抗との接続点と開閉器との間に挿入された第2の抵抗から構成された請求項6に記載の加速度センサ。

【請求項8】

振動素子と前記振動素子の振幅を一定に維持するための自励発振ループ信号電圧の励振周波数が50kHz以下である自励発振ループ回路を有した角速度センサと、請求項1または請求項6に記載の加速度センサを備え、前記加速度センサの交流バイアス信号電圧に前記角速度センサの自励発振ループ信号電圧を用いた複合センサ。

【請求項9】

請求項1または請求項6に記載の加速度センサを2個備え、前記2個の加速度センサの交流バイアス信号電圧の位相が互いに90度異なるように前記2個の加速度センサのドライブ回路の少なくともいずれか1つには位相遷移器を有した請求項8に記載の複合センサ。

【請求項10】

前記2個の加速度センサのドライブ回路の内のいずれか1つには、90度位相遷移器を有した請求項9に記載の複合センサ。

【請求項11】

2個の加速度センサの検出軸の方向が互いに直交するように構成された請求項9に記載の複合センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、主に加速度を検出する慣性センサ及びそれを用いた複合センサに関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、車両の加速度を検知してナビゲーションにおける高精度化、車両の安全制御を行うシステムが普及してきている。その中、車両の慣性量である加速度、あるいは角速度を検出するための様々なセンサが提供されてきており、今後、安価で高機能のセンサを提供するために複数のセンサを複合化する兆しも見え始めてきている。

【0003】

従来の静電容量式の加速度センサとしては、印加された加速度に応じて変位するカンチレバーの近傍に配置された対向電極との間に生じる二つの静電容量（つまり2個のコンデンサの容量）の変化として捕らえるものであった。

【0004】

このようなものとして、例えば、特許文献1に記載されたものが知られている。特許文献1では、図10に示すように2つのコンデンサ101、102を直列にブリッジ接続し、このコンデンサ101、102からなるブリッジに発振器103より交流バイアス信号電圧が印加され、加速度が加えられることによりカンチレバー（図示せず）が変位する。したがって、このカンチレバーの変位に対応したブリッジの接続点104に発生する分圧電位を増幅器105により検出し、次に整流器106により整流し、最後にLPF107により増幅して印加された加速度に対応する信号を得ている。

【0005】

また、別のタイプとして、特許文献2に記載されたものが知られている。特許文献2では、図11に示すように2つのコンデンサ108、109にそれぞれ直列に抵抗110、111を接続したCRブリッジ構成にして、このCRブリッジに発振器103より交流バイアス信号電圧が印加され、加速度が加えられることによりカンチレバー（図示せず）が変位する。したがって、このカンチレバーの変位に対応したCRブリッジの接続点112、113のインピーダンスバランスの変化による各接続点112、113の電位を差動増幅器114により検出し、次に整流器115により整流し、最後にLPF116により増

10

20

30

40

50

幅して印加された加速度に対応する信号を得ている。

【特許文献1】特表平4-504003号公報

【特許文献2】特開平7-128355号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上記従来の静電容量式の加速度センサでは、印加された加速度に対応する信号を得ることはできたが、センサ自体に異常がないかどうかを能動的に診断することはできないという課題を有していた。

【0007】

本発明は上記従来の課題を解決するもので、センサ自体に異常がないかどうかを能動的に診断することができる慣性センサ及びそれを用いた複合センサ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】

【0008】

上記目的を達成するために、本発明は以下の構成を有する。

【0009】

本発明の請求項1に記載の発明は、特に、第1及び第2のコンデンサ部を有し、前記第1のコンデンサ部が固定部に設けられた第1の検出電極と可動部に設けられた可動電極よりなり、前記第2のコンデンサ部が前記固定部に設けられた第2の検出電極と前記可動部に設けられた可動電極よりなるように構成された検知素子と、前記検知素子の可動電極に交流バイアス信号電圧を印加するためのドライブ回路と、前記検知素子に印加された加速度に応じて前記可動電極が変位し、前記第1の検出電極に発生する電荷量が増加する場合は前記第2の検出電極に発生する電荷量が減少し、逆に前記第1の検出電極に発生する電荷量が減少する場合は前記第2の検出電極に発生する電荷量が増加するように構成された前記第1、第2の検出電極の電荷量の差を検出するための差動型検出器と前記交流バイアス信号電圧に同期し前記差動型検出器の出力信号を同期復調するための同期復調器と前記同期復調器からの出力信号を調整する出力増幅器とを有する検出回路と、前記差動型検出器から出力される信号を整流器に入力し、前記整流器からの出力を参照信号と比較することにより、前記検出素子と前記差動型検出器との間の断線を検出するための診断信号を供給する自己診断回路とを備えた構成を有しており、これにより、加速度センサの出力信号端子から予め決められたDCオフセット信号が得られるかどうかを監視するだけで、センサ自体に異常がないかどうかを能動的に診断することができる加速度センサを得ることができる。

【0010】

本発明の請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、特に、固定部に設けられた第1、第2の検出電極は所定の間隙を有して対向し、可動部に設けられた可動電極は前記第1、第2の検出電極間のほぼ中間に、かつ、前記第1、第2の検出電極にそれぞれ対向するように配置され、対向する前記第1、第2の検出電極面に直交する方向に加速度が印加されることにより、前記可動電極面が前記第1、第2の検出電極面に直交する方向に変位するように構成されており、これにより、シンプルな構造の加速度センサを得ることができる。

【0011】

本発明の請求項3に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、特に、固定部に設けられた第1、第2の検出電極は同一平面内に所定の間隙を設けて配置され、可動部の両端が前記固定部により支持されるとともに、前記可動部に設けられた可動電極は所定の間隙を有して前記第1、第2の検出電極とそれぞれ対向し、さらに前記可動部に設けられた前記可動電極とは反対側に付加質量部が設けられ、前記第1、第2の検出電極面に平行な方向に加速度が印加されることにより、前記可動部に設けられた前記可動電極が前記付加質量部を中心に前記第1、第2の検出電極面の方向に回転し、回転する前記可動電極面の

10

20

30

40

50

一端側が前記第1の検出電極面に近づく場合は前記可動電極面の他端側が前記第2の検出電極面から遠ざかる方向に変位し、逆に前記可動電極面の一端側が前記第1の検出電極面から遠ざかる場合は前記可動電極面の他端側が前記第2の検出電極面に近づく方向に変位するように構成されており、これにより、検出のためのコンデンサ部を片側にのみ設けた構造の加速度センサを得ることができる。

【0012】

本発明の請求項4に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、特に、固定部、可動部が、水晶、シリコンまたはセラミックスから構成されており、これにより、安定した形状の検知素子を有する加速度センサを得ることができる。

【0013】

また、特に、自己診断回路が、ドライブ回路から出力される交流バイアス信号電圧を調整するための調整器と、この調整器からの信号を同期復調器より前に加えるための注入器とからなる構成を有しており、これにより、センサ自体に異常がないかどうかを能動的に診断するためのDCオフセット信号を任意に調整可能な加速度センサを得ることができる。

【0014】

また、自己診断回路を動作状態または非動作状態のいずれかであるように切替える切替器をさらに備え、前記切替器は調整器と注入器との間に配置された構成を有しており、これにより、外部からの診断要求次第で常時または任意の時間のみ能動的に診断することができる。

【0015】

また、外部からの操作に応じて、ドライブ回路から出力される交流バイアス信号電圧を注入器に対して接続または切断する開閉器である構成を有しており、これにより、簡易な構造で自己診断回路を動作状態または非動作状態にすることができる。

【0016】

また、切替器は外部からの操作に応じて、ドライブ回路から出力される交流バイアス信号電圧を注入器に対して一定時間接続または切断するためのタイマー回路を備えた開閉器である構成を有しており、これにより、外部からの診断要求に対して一定時間能動的に診断することができる。

【0017】

また、調整器が減衰器または位相遷移器である構成を有しており、これにより、能動的に診断するためのDCオフセット信号量を精度よく初期設定することができる。

【0018】

また、注入器がコンデンサである構成を有しており、これにより、簡易な構造で能動的に診断するためのDCオフセット信号量を精度よく初期設定することができる。

【0019】

また、注入器が抵抗器である構成を有しており、これにより、簡易な構造で能動的に診断するためのDCオフセット信号量を精度よく初期設定することができる。

【0020】

本発明の請求項5に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、特に、自己診断回路に、ドライブ回路と検知素子における異常を常時監視し外部に診断信号を出力するために、交流バイアス信号電圧のレベルを監視するドライブ系判定器をさらに備え、前記ドライブ系判定器と前記診断信号を外部に出力する論理和回路とをさらに備えた構成を有しており、これにより、交流バイアス信号電圧のレベルと差動型検出器の出力信号のレベルを常時監視し、ドライブ系（引き回しの線も含む）や検出系（検知素子から検出回路の間の引き回しの線も含む）に異常があれば、センサ外へ瞬時に異常診断信号を出力することができる。

【0021】

本発明の請求項6に記載の発明は、特に、第1及び第2のコンデンサ部を有し、前記第1のコンデンサ部が固定部に設けられた第1の検出電極と可動部に設けられた第1の可動

10

20

30

40

50

電極よりなり、前記第2のコンデンサ部が前記固定部に設けられた第2の検出電極と前記可動部に設けられた第2の可動電極よりなり、前記第1、第2の検出電極は前記固定部の同一平面内に所定の間隙を設けて配置され、前記可動部の両端が前記固定部により支持されるとともに、前記第1、第2の可動電極は前記可動部の同一平面内に所定の間隙を設けて配置され、かつ、前記第1、第2の検出電極とそれぞれ対向し、さらに前記可動部に設けられた前記第1、第2の可動電極とは反対側に付加質量部が設けられ、前記第1、第2の検出電極面に平行な方向に加速度が印加されることにより、前記第1、第2の可動電極が前記付加質量部を中心に前記第1、第2の検出電極面の方向に回転し、回転する前記第1の可動電極面が前記第1の検出電極面に近づく場合は前記第2の可動電極面が前記第2の検出電極面から遠ざかる方向に変位し、逆に前記第1の可動電極面が前記第1の検出電極面から遠ざかる場合は前記第2の可動電極面が前記第2の検出電極面に近づく方向に変位するように構成された検知素子と、前記第1、第2の可動電極にそれぞれに交流バイアス信号電圧を印加するためのドライブ回路と、前記第1、第2の検出電極面に平行な方向に印加された加速度に応じて前記第1、第2の可動電極が変位し、前記第1の検出電極に発生する電荷量が増加する場合は前記第2の検出電極に発生する電荷量が減少し、逆に前記第1の検出電極に発生する電荷量が減少する場合は前記第2の検出電極に発生する電荷量が増加する前記第1、第2の検出電極の電荷量の差を検出するための差動型検出器と前記交流バイアス信号電圧に同期し前記差動型検出器の出力信号を同期復調するための同期復調器と前記同期復調器からの出力信号を調整する出力増幅器とを有する検出回路と、前記ドライブ回路と前記第1の可動電極または第2の可動電極のいずれかとの間に前記交流バイアス信号電圧値とは異なる所定の交流バイアス信号電圧値に設定可能にするために挿入されたネットワーク抵抗網と、前記ネットワーク抵抗網の一端とグランドとの間に挿入された開閉器とを備え、加速度を検出する場合には前記開閉器を開の状態にし、前記検知素子、前記ドライブ回路または前記検出回路の少なくともいずれか1つの異常を検出するための診断信号を供給する場合には前記開閉器を閉の状態にするような構成を有しており、これにより、開閉器の開閉状態の如何によって加速度を検出する状態か、異常を検出するための診断信号を供給する状態かが明確になるばかりか、第1、第2の可動電極にそれぞれ印加される交流バイアス信号電圧の大きさにより、能動的に診断するためのDCオフセット信号量を予め設定することができる。

【0022】

本発明の請求項7に記載の発明は、請求項6に記載の発明において、特に、ネットワーク抵抗網は、ドライブ回路と第1の可動電極または第2の可動電極のいずれかとの間に挿入された第1の抵抗と、前記第1の可動電極または第2の可動電極のいずれかと前記第1の抵抗との接続点と開閉器との間に挿入された第2の抵抗から構成されており、これにより、簡易な構成でありながら能動的に診断し、センサ出力端子から所定のDCオフセット信号量を供給するために、第1、第2の可動電極のそれぞれに印加する交流バイアス信号電圧の大きさを予め精度よく設定することができる。

【0023】

本発明の請求項8に記載の発明は、特に、振動素子と前記振動素子の振幅を一定に維持するための自励発振ループ信号電圧の励振周波数が50kHz以下である自励発振ループ回路を有した角速度センサと、請求項1または請求項6に記載の加速度センサを備え、前記加速度センサの交流バイアス信号電圧に前記角速度センサの自励発振ループ信号電圧を用いた複合センサから構成されており、これにより、加速度センサの交流バイアス信号電圧の発生のためだけの専用回路が不要となるばかりか、加速度センサの交流バイアス信号電圧としても安定な信号が得られる。

【0024】

本発明の請求項9に記載の発明は、請求項1または請求項6に記載の加速度センサを2個備え、前記2個の加速度センサの交流バイアス信号電圧の位相が互いに90度異なるように前記2個の加速度センサのドライブ回路の少なくともいずれか1つには位相遷移器を有した構成であり、これにより、接近した2個の加速度センサ同士の信号の漏れによる相

互干渉を抑制することができる。

【0025】

本発明の請求項10に記載の発明は、請求項9に記載の発明において、特に、前記2個の加速度センサのドライブ回路の内のいずれか1つには、90度位相遷移器を有した構成であり、これにより、片方の加速度センサ内にのみ位相遷移器を設けるだけで接近した2個の加速度センサ同士の信号の漏れによる相互干渉を抑制することができる。

【0026】

本発明の請求項11に記載の発明は、請求項9に記載の発明において、特に、2個の加速度センサの検出軸の方向が互いに直交するように構成されており、これにより、2個の加速度センサ同士の信号の漏れによる相互干渉が抑制されていることと相俟って、互いに直交する2軸の加速度を精度良く検出できる。

【発明の効果】

【0027】

本発明の加速度センサは、第1及び第2のコンデンサ部を有し、前記第1のコンデンサ部が固定部に設けられた第1の検出電極と可動部に設けられた可動電極よりなり、前記第2のコンデンサ部が前記固定部に設けられた第2の検出電極と前記可動部に設けられた可動電極よりなるように構成された検知素子と、前記検知素子の可動電極に交流バイアス信号電圧を印加するためのドライブ回路と、前記検知素子に印加された加速度に応じて前記可動電極が変位し、前記第1の検出電極に発生する電荷量が増加する場合は前記第2の検出電極に発生する電荷量が減少し、逆に前記第1の検出電極に発生する電荷量が減少する場合は前記第2の検出電極に発生する電荷量が増加するように構成された前記第1、第2の検出電極の電荷量の差を検出するための差動型検出器と前記交流バイアス信号電圧に同期し前記差動型検出器の出力信号を同期復調するための同期復調器と前記同期復調器からの出力信号を調整する出力増幅器とを有する検出回路と、前記差動型検出器から出力される信号を整流器に入力し、前記整流器からの出力を参照信号と比較することにより、異常を検出するための診断信号を供給する自己診断回路とを備えた構成であるため、加速度センサの出力信号端子から予め決められたDCオフセット信号が得られるかどうかを監視するだけで、センサ自体に異常がないかどうかを能動的に診断することができるという効果を奏するものである。

【0028】

また、本発明の複合センサは、振動素子と前記振動素子の振幅を一定に維持するための自励発振ループ信号電圧の励振周波数が50kHz以下である自励発振ループ回路を有した角速度センサと、加速度センサを備え、前記加速度センサの交流バイアス信号電圧に前記角速度センサの自励発振ループ信号電圧を用いた構成であるため、加速度センサの交流バイアス信号電圧の発生のためだけの専用回路が不要となるばかりか、加速度センサの交流バイアス信号電圧としても安定な信号が得られるという効果を奏するものである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0029】

(実施の形態1)

図1は本発明の実施の形態1における慣性センサのブロック図、図2は同センサを構成する検知素子の等価回路図、図3は同センサの各部の動作波形図、図4は同センサにおいてY点、Z点で断線した場合の各部の動作波形図、図5は同センサにおいて外部から診断要求信号が加えられた時の各部の動作波形図である。

【0030】

図1、図2において、1はシリコンからなる固定部、2a、2bは固定部1上に所定の間隙を有して対向するように設けられた第1、第2の検出電極、3a、3bは第1、第2の検出電極2a、2bから電荷を取り出す第1、第2の出力端子、4は対向する第1、第2の検出電極2a、2bのほぼ中間に固定部1から延出した可動部、4a、4bは可動部4の両表面上に第1、第2の検出電極2a、2bに対向するように設けられた第1、第2の可動電極、5は第1、第2の可動電極4a、4bに信号を伝えるための可動部4の固定

部 1 側に設けられた入力端子、6 は固定部 1、検出電極 2 a、2 b、第 1、第 2 の出力端子 3 a、3 b、可動部 4、第 1、第 2 の可動電極 4 a、4 b と入力端子 5 とからなる検知素子、10 は電源端子、11 はグランド端子、12 は入力端子 5 へ交流バイアス信号電圧を供給するためのドライブ回路、13 は交流バイアス信号電圧の位相を 90 度遷移させるための位相遷移器、20 a、20 b は第 1、第 2 の検出電極 2 a、2 b に発生する電荷がそれぞれ入力されるカレントアンプ、21 はカレントアンプ 20 a、20 b の出力がそれぞれ入力される差動検出器、22 はカレントアンプ 20 a、20 b と差動検出器 21 から構成された差動型検出器、23 は差動検出器 21 の出力が入力される利得増幅器、24 は利得増幅器 23 の出力を位相遷移器 13 を通過した交流バイアス信号電圧により同期検波するための同期復調器、25 は同期復調器 24 の出力が入力される出力増幅器、26 は出力増幅器 25 により平滑、出力調整された後、外部に出力するためのセンサ出力端子、27 は差動型検出器 22、利得増幅器 23、同期復調器 24、出力増幅器 25 とセンサ出力端子 26 から構成された検出回路、30 は位相遷移器 13 を通過した交流バイアス信号電圧が入力される調整器としての減衰器、31 は減衰器 30 の出力が入力され、その出力がカレントアンプ 20 b の反転入力端子に供給される注入器としてのコンデンサ、32 は減衰器 30 とコンデンサ 31 の間に設けられた切替器としての開閉器、33 は外部からの診断要求信号を受付け、この診断要求信号により減衰器 30 の出力をコンデンサ 31 に供給するために開閉器 32 を開の状態から閉の状態に変えるための信号を開閉器 32 に送り出すための診断端子、34 は位相遷移器 13 を通過した交流バイアス信号電圧が入力され、整流後、平滑するための整流器、35 は整流器 34 の出力が入力され、その出力レベルを比較判定するための比較器、36 は利得増幅器 23 の出力が入力され、整流後、平滑するための整流器、37 は整流器 36 の出力が入力され、その出力レベルを比較判定するための比較器、38 は比較器 35、37 の出力がそれぞれ入力される論理和回路、39 は論理和回路 38 の出力が入力されるフェイル出力端子、40 は整流器 34、36、比較器 35、37、論理和回路 38 とフェイル出力端子 39 から構成された論理和回路ブロック、41 は減衰器 30、コンデンサ 31、開閉器 32、診断端子 33 と論理和回路ブロック 40 から構成された自己診断回路である。

【0031】

図 2 において、第 1 の出力端子 3 a に接続された第 1 の検出電極 2 a と対向する第 1 の可動電極 4 a により静電容量が C1 である第 1 のコンデンサ部が形成され、第 2 の出力端子 3 b に接続された第 2 の検出電極 2 b と対向する第 2 の可動電極 4 b により静電容量が C2 である第 2 のコンデンサ部が形成され、第 1 の可動電極 4 a と第 2 の可動電極 4 b は互いに接続され、さらに入力端子 5 に接続されている。通常設計においては、静電容量 C1 と静電容量 C2 がほぼ等しくなるように初期調整されている。

【0032】

図 1～図 3 を用いて、本慣性センサの基本動作を以下に説明する。ドライブ回路 12 より位相遷移器 13 を通して、交流バイアス信号電圧 V (A 点に示す波形) が入力端子 5 を介して第 1 の可動電極 4 a と第 2 の可動電極 4 b に印加される。次に、図 1 に示す検出軸の方向に加速度が印加されると可動部 4 が撓む。例えば、可動部 4 の撓みにより、第 1 の可動電極 4 a と第 1 の検出電極 2 a の間の距離が接近すると、静電容量 C1 が増加し、電荷 $Q1 = C1 \cdot V$ が増加する。したがって、第 2 の可動電極 4 b と第 2 の検出電極 2 b の間の距離が遠ざかり、静電容量 C2 が減少し、電荷 $Q2 = C2 \cdot V$ が減少する。可動部 4 の撓みが、上述の場合と逆の場合は、電荷 $Q1$ 、 $Q2$ の増減の現象も逆となる。次に、第 1 の検出電極 2 a に接続された第 1 の出力端子 3 a は、カレントアンプ 20 b の反転入力端子に接続され、第 2 の検出電極 2 b に接続された第 2 の出力端子 3 b は、カレントアンプ 20 a の反転入力端子に接続され、カレントアンプ 20 a、20 b の非反転入力端子は、それぞれ一定電圧 (たとえば、2.5 V の仮想グランドに設定) に保たれているため、図 1 に示す C 点、D 点の変位電流の波形は、図 3 に示すようにそれぞれ $i2 = dQ2/dt$ 、 $i1 = dQ1/dt$ となる。さらに、カレントアンプ 20 a、20 b の出力は差動検出器 21 にそれぞれ入力され、その出力 (図 1 に示す E 点) は、図 3 に示す波形のように

なる。次に、差動検出器 2 1 の出力は利得増幅器 2 3 により位相が 90° 進められ、かつ、増幅された後出力（図 1 に示す F 点）される（その波形は、図 3 に示す通り）。次に、利得増幅器 2 3 の出力が同期復調器 2 4 に入力されると同時に図 1 の A 点に示す信号が入力端子 5 を経由して（図 1 に示す B 点）同期復調器 2 4 に入力されることにより、利得増幅器 2 3 の出力が B 点に示す信号（すなわち、交流バイアス信号電圧 V）により同期検波される。同期検波後の同期復調器 2 4 の出力（図 1 に示す G 点）波形は図 3 に示す通りである。最後に、出力増幅器 2 5 により同期復調器 2 4 の出力を平滑し、出力調整した後（図 1 に示す H 点）、センサ出力端子 2 6 に印加した加速度の大きさに対応した信号（図 3 に示す H 点の波形）を供給する。

【0033】

10

以上のような構成により、検知素子 6 に重畳した外来ノイズ、他回路からの静電的な結合等による同相ノイズ成分は、差動型検出器 2 2 を用いることで大幅に低減可能である。また、同期復調器 2 4 を通過する信号は、図 3 に示す F 点の波形のように交流バイアス信号電圧 V（A 点に示す波形）と同相（あるいは逆相）な成分だけであり、混入ノイズ、回路的な DC オフセットなど交流バイアス信号電圧 V と同期しない成分は全て排除されるため、前述の差動型検出器 2 2 との組合せにより S/N 比の大きな慣性センサを構成することができる。このことは、より小型な検知素子を想定した時に、性能を維持しつつサイズ、コストを抑えるという通常では、相反するような要件を成立させるために非常に効果的である。

【0034】

20

次に、図 1、図 4 を用いて、図 1 に示す Y 点、Z 点で断線した場合の常時診断機能の基本動作を以下に説明する。

【0035】

最初に、図 1 に示す Y 点で断線した場合の基本動作について説明する。正常時は、第 1 の出力端子 3 a からの出力信号（D 点の波形）と第 2 の出力端子 3 b からの出力信号（C 点の波形）がほぼ同一であるため、互いにキャンセルされてしまい差動検出器 2 1 の出力信号（E 点の波形）はゼロになる。しかし、Y 点で断線が発生すると、第 1 の出力端子 3 a からの出力信号と第 2 の出力端子 3 b からの出力信号が差動検出器 2 1 でキャンセルされなくなり、差動検出器 2 1 から大きな振幅の信号（E 点の波形）となって現れる。この信号が利得増幅器 2 3 を通過し位相が 90° 進んだ大きな振幅の信号（F 点の波形）とな

30

って現れる。この信号を整流器 3 6 に入力し、整流器 3 6 からの出力（L 点の波形）を比較器 3 7 により参照電圧 M（図 4 にそのレベルの一例を示す）と比較、判定した後、比較器 3 7 から出力（N 点の波形）する。この信号が論理和回路 3 8 を経由してフェイル出力端子 3 9 に出力（O 点の波形）される。これにより、瞬時に検出回路系に異常があることを示す信号をセンサの外部に出力することができる。また、初期設計時に差動検出器 2 1 の出力信号（E 点の波形）をゼロ以外の一定の信号となるようにしておくと同時に比較器 3 7 の設定レベルを別の一定値にすることにより、例えば差動検出器 2 1 の出力信号（E 点の波形）がゼロになるような地絡などによる検知素子 6 の異常を瞬時に検出することも可能である。

【0036】

40

次に、図 1 に示す Z 点で断線した場合の基本動作について説明する。Z 点で断線が発生すると、交流バイアス信号電圧 V（A 点に示す波形）が整流器 3 4 に到達しなくなるため、整流器 3 4 の出力信号（I 点の波形）はゼロとなる。したがって、この整流器 3 4 の出力信号（I 点の波形）が、比較器 3 5 により参照電圧 J（図 4 にそのレベルの一例を示す）と比較、判定された後、比較器 3 5 から出力（K 点の波形）される。この信号が論理和回路 3 8 を経由してフェイル出力端子 3 9 に出力（O 点の波形）される。これにより、瞬時にドライブ回路系に異常があることを示す信号をセンサの外部に出力することができる。

【0037】

次に、図 1 に示す同センサにおいて外部から診断要求信号が加えられた時の基本動作を

50

図 1、図 5 を用いて、以下に説明する。診断端子 33 に診断要求信号（例えば、図 5 の P 点に示すハイレベルの信号）が加えられている間、開閉器 32 が閉の状態となり、交流バイアス信号電圧 V（A 点、B 点に示す波形）が減衰器 30 で減衰された信号（Q 点に示す波形）となる。次に、Q 点に示す信号を開閉器 32 を介して R 点に示す波形のような信号としてコンデンサ 31 に加える。R 点に示す信号は、コンデンサ 31 を介して S 点に示す波形のような信号（この信号は実際に印加された加速度に対応するものではなく、擬似の電気信号である）としてカレントアンプ 20b の反転入力端子に加えられる。これにより、差動検出器 21 から図 5 に示す E 点のような信号が得られ、この差動検出器 21 の出力が利得増幅器 23 により位相が 90° 進められ、かつ、増幅された後出力（図 1 の F 点に示す）される（その波形は、図 5 に示す通り）。次に、この利得増幅器 23 の出力が同期復調器 24 により同期検波される。同期検波後の同期復調器 24 の出力（図 1 の G 点に示す）波形は図 5 に示す通りである。最後に、出力増幅器 25 により同期復調器 24 の出力を平滑し、出力調整した後、図 5 の H 点に示すような DC 出力が得られる。これにより、例えば診断要求信号 P が加えられた時、センサが正常であれば、H 点に示す DC 出力が 500 mV であるように設定されていれば、検出回路 27 を構成する部品（例えば、図示されない増幅用の帰還抵抗）のショートや経時変化などセンサの出力感度に多大な影響を与える異常についても精度良く検出することが可能である。上述に示すような構成であれば、検知素子 6 に専用の電極を設けるなどの特別なことをする必要がないため、小型でシンプルな検知素子 6 にできる。

【0038】

以上のように、常時診断機能と外部からの診断要求信号に応える診断機能を複合させた自己診断回路 41 を備えることにより、センサのあらゆる異常モードをほぼ完全に検出することが可能となり、信頼性の高いセンサとすることができる。

【0039】

（実施の形態 2）

図 6 は本発明の実施の形態 2 における慣性センサのブロック図である。本実施の形態において、検出回路や自己診断回路は前述の実施の形態 1 と同様に構成されるため、異なる部分についてのみ詳述する。

【0040】

図 6 において、50 は固定部、51, 52 は固定部 50 に設けられた第 1、第 2 の検出電極、53 は可動部、54, 55 は可動部 53 の両端と固定部 50 とをそれぞれ接続する支持部、56 は第 1、第 2 の検出電極 51, 52 と対向するように可動部 53 に設けられた可動電極、57 は可動部 53 において可動電極 56 とは反対側に設けられた付加質量部である。第 1、第 2 の検出電極 51, 52 は、固定部 50 の同一平面内に所定の間隔を設けて配置されている。また、可動電極 56 は第 1、第 2 の検出電極 51, 52 とそれぞれ所定の間隔を有し、かつ、対向するように配置されている。さらに、付加質量部 57 は、その中心が第 1、第 2 の検出電極 51, 52 の中間に位置するように設けられている。

【0041】

次に、本慣性センサの基本動作を以下に説明する。第 1、第 2 の検出電極 51, 52 面に平行な方向（図 6 に示す検出軸の方向）に加速度が印加されることにより、可動電極 56 が付加質量部 57 を中心に第 1、第 2 の検出電極 51, 52 面の方向に回転し、回転する可動電極 56 面の一端側が第 1 の検出電極 51 面に近づく場合は可動電極 56 面の他端側が第 2 の検出電極 52 面から遠ざかる方向に変位し、逆に可動電極 56 面の一端側が第 1 の検出電極 51 面から遠ざかる場合は可動電極 56 面の他端側が第 2 の検出電極 52 面に近づく方向に変位する。また、可動電極 56 には、交流バイアス信号電圧 V が加えられている。したがって、このように印加された加速度による可動電極 56 面の回転によってもたらされる電荷 Q1（第 1 の検出電極 51 面に発生する電荷）、Q2（第 2 の検出電極 52 面に発生する電荷）の増減を実施の形態 1 に示したような検出回路 27 により検出することで、センサ出力端子 26 に印加した加速度の大きさに対応した信号を供給することができる。

【0042】

本実施の形態のような構成であるため、検出のためのコンデンサ部を片側にのみ設けることができる。

【0043】

(実施の形態3)

図7は本発明の実施の形態3における慣性センサのブロック図である。本実施の形態において、前述の実施の形態1、2と同様な構成の部分には同一番号を付し詳細な説明を省略し、異なる部分についてのみ詳述する。

【0044】

図7において、58、59は可動部53の同一平面内に所定の間隙を設けて配置され、かつ、第1、第2の検出電極51、52とそれぞれ対向するように設けられた第1、第2の可動電極、60はドライブ回路12と第2の可動電極59との間に交流バイアス信号電圧Vとは異なる所定の交流バイアス信号電圧値に設定可能にするために挿入された第1の抵抗、61は第2の可動電極59と第1の抵抗60との接続点、62は接続点61に接続された第2の抵抗、63はグランド、64は第2の抵抗62とグランド63との間に挿入された切替器としての開閉器、65は外部からの診断要求信号を受付け、この診断要求信号により開閉器64を開の状態から閉の状態に変えるための信号を開閉器64に送り出すための診断端子である。

【0045】

次に、本慣性センサの基本動作を以下に説明する。外部からの診断要求信号のない場合（すなわち、開閉器64が開の状態の場合）は、第1、第2の可動電極58、59には交流バイアス信号電圧Vが印加されている（すなわち、第1、第2の可動電極58、59は同一電位である）。このような時には、実施の形態2で説明したような通常の加速度の検出が行なわれる。

【0046】

次に、外部からの診断要求信号のある場合（すなわち、開閉器64が閉の状態の場合）は、例えば第1の抵抗60の値R1と第2の抵抗62の値R2が等しいと第2の可動電極59に印加される交流バイアス信号電圧の値が第1の可動電極58に印加される交流バイアス信号電圧の値の半分になる。この構成により、センサに異常のない場合は、センサ出力端子26から所定のDCオフセット出力が供給される。しかし、検知素子、ドライブ回路または検出回路の少なくともいずれか1つに異常が発生すると前記所定のDCオフセット出力が供給されなくなる。

【0047】

これにより、簡易な構成でありながら能動的に診断し、センサ出力端子26から所定のDCオフセット出力を供給するために、第1、第2の可動電極58、59のそれぞれに印加する交流バイアス信号電圧の大きさを予め精度よく設定することができる。

【0048】

本実施の形態においては、第1の抵抗60の値R1と第2の抵抗62の値R2が等しい場合について説明したが、必ずしもこれに限定されるものではない。また、第1の抵抗60と第2の抵抗62を用いた構成についてのみ説明したが、必ずしもこれに限定されるものではなく、ネットワーク抵抗網やその他様々な構成を採用することも可能である。

【0049】

(実施の形態4)

図8は本発明の実施の形態4における複合センサのブロック図、図9は同センサの各部の動作波形図である。本実施の形態において、前述の実施の形態1と同様な構成の部分には同一番号を付し詳細な説明を省略し、異なる部分についてのみ詳述する。

【0050】

図8において、70は振動素子、71は振動素子70のドライブ回路、72は振動素子70から抽出された入力角速度 Ω に対応する電気量を処理するための検出回路、73は電源端子、74はグランド端子、75は音叉型角速度センサ、80、90は第1、第2の慣

性センサ、91は第1の慣性センサ80へ入力される交流バイアス信号電圧と第2の慣性センサ90の検出信号との間に形成される結合容量、92は第2の慣性センサ90へ入力される交流バイアス信号電圧と第1の慣性センサ80の検出信号との間に形成される結合容量である。また、第1の慣性センサ80と第2の慣性センサ90は互いに検出軸が直交している（例えば、それぞれX軸、Y軸と設定する）。

【0051】

次に、本複合センサの基本動作を図8、図9を用いて、以下に説明する。図8において、振動素子70の振幅を一定に維持するためにドライブ回路（AGC回路を含む自励発振ループ回路）から50kHz以下の励振周波数で振動素子70を駆動する。駆動されている振動素子70の振幅をモニターするモニター信号がA点に現れる。このモニター信号が第1の慣性センサ80内に設けられた位相遷移器13を経由して入力端子5にA点に示すモニター信号より位相が90度遅れた交流バイアス信号電圧（図8のB点に示す）として加えられている。また、このモニター信号が第2の慣性センサ90内の入力端子5に交流バイアス信号電圧（図8のG点に示す）として直接加えられている。

10

【0052】

次に、第1の慣性センサ80のX軸方向に加速度が印加された場合、第1の慣性センサ80内の利得増幅器23の出力（図9のD点に示す波形）には、印加された加速度に対応する信号以外に結合容量92に基づく漏れ信号も含まれる。利得増幅器23の出力は同期復調器24でB点に示す交流バイアス信号電圧により検波され、図9のE点に示すような波形が得られる。この同期復調器24の出力（図9のE点に示すような波形）を出力増幅器25で平滑し、出力調整することにより、結合容量92に基づく漏れ信号はキャンセルされたF点に示すような波形が得られる。

20

【0053】

また、第2の慣性センサ90のY軸方向に加速度が印加された場合、第2の慣性センサ90内の利得増幅器23の出力（図9のH点に示す波形）には、印加された加速度に対応する信号以外に結合容量91に基づく漏れ信号も含まれる。利得増幅器23の出力は同期復調器24でG点に示す交流バイアス信号電圧（A点に示す信号と同相）により検波され、図9のI点に示すような波形が得られる。この同期復調器24の出力（図9のI点に示すような波形）を出力増幅器25で平滑し、出力調整することにより、結合容量91に基づく漏れ信号はキャンセルされたJ点に示すような波形が得られる。

30

【0054】

本複合センサにおいては、第1の慣性センサ80と第2の慣性センサ90に加えられる交流バイアス信号電圧の位相が互いに90度異なるため、第1の慣性センサ80と第2の慣性センサ90のそれぞれの出力増幅器25から結合容量92に基づく漏れ信号と結合容量91に基づく漏れ信号が現れない（相互干渉を抑制できる）。また、本実施の形態のように第1の慣性センサ80内に位相を90度遅らせるための位相遷移器13が設けられているため、片方の慣性センサ内にのみ位相遷移器を設けるだけで済む。

【0055】

本実施の形態においては、第1の慣性センサ80内にもみA点に示すモニター信号より位相が90度遅れた交流バイアス信号電圧を発生させる例について説明したが、必ずしもこれに限定されるものではなく第1の慣性センサ80と第2の慣性センサ90に加えられる交流バイアス信号電圧の位相が互いに90度異なりさえすればよい。

40

【0056】

また、本複合センサにおいては、第1、第2の慣性センサ80、90の交流バイアス信号電圧に角速度センサ75のドライブ回路（AGC回路を含む自励発振ループ回路）71から供給される50kHz以下の励振周波数を用いているため、第1、第2の慣性センサ80、90の交流バイアス信号電圧の発生のためだけの専用回路が不要となるばかりか、第1、第2の慣性センサ80、90の交流バイアス信号電圧としても安定な信号が得られる。

【0057】

50

本発明の技術思想により、慣性センサの検知素子の集積化、複合化による相互干渉を防止し、かつ、感度や温度特性の劣化を抑えた複合センサを提供することが可能になる。

【0058】

本実施の形態においては、慣性センサ内に図1に示すような自己診断回路を有していない例について説明したが、自己診断回路を適宜備えることは当然可能である。

【0059】

また、本実施の形態においては、複合センサを構成する角速度センサに音叉型のセンサ、慣性センサの検知素子として図1に示すようなセンサの例について説明したが、必ずしもこれに限定されるものではなく様々なセンサを組み合わせることも可能であり、かつ、設計の自由度も向上する。

【産業上の利用可能性】

【0060】

本発明にかかる慣性センサは、交流バイアス信号電圧を同期復調器よりも前に加えることにより、検知素子または検出回路の少なくともいずれか1つの異常を検出するための診断信号を供給する自己診断回路とを備えた構成であるため、慣性センサの出力信号端子から予め決められたDCオフセット信号が得られるかどうかを監視するだけで、センサ自体に異常がないかどうかを能動的に診断することができる。この慣性センサにさらに角速度センサを併設することで、慣性センサの交流バイアス信号電圧の発生のためだけの専用回路が不要であり、かつ、交流バイアス信号電圧としても安定な信号が要望されている複合センサに有用である。

【図面の簡単な説明】

【0061】

【図1】本発明の実施の形態1における慣性センサのブロック図

【図2】同センサを構成する検知素子の等価回路図

【図3】同センサの各部の動作波形図

【図4】同センサのY点、Z点で断線した場合の各部の動作波形図

【図5】同センサの外部から診断要求信号が加えられた時の各部の動作波形図

【図6】本発明の実施の形態2における慣性センサのブロック図

【図7】本発明の実施の形態3における慣性センサのブロック図

【図8】本発明の実施の形態4における複合センサのブロック図

【図9】同センサの各部の動作波形図

【図10】従来の静電容量式の加速度センサのブロック図

【図11】従来の別の静電容量式の加速度センサのブロック図

【符号の説明】

【0062】

1, 50 固定部

2 a, 51 第1の検出電極

2 b, 52 第2の検出電極

3 a, 3 b 第1、第2の出力端子

4, 53 可動部

4 a, 58 第1の可動電極

4 b, 59 第2の可動電極

5 入力端子

6 検知素子

10, 73 電源端子

11, 74 グランド端子

12, 71 ドライブ回路

13 位相遷移器

20 a, 20 b カレントアンプ

21 差動検出器

10

20

30

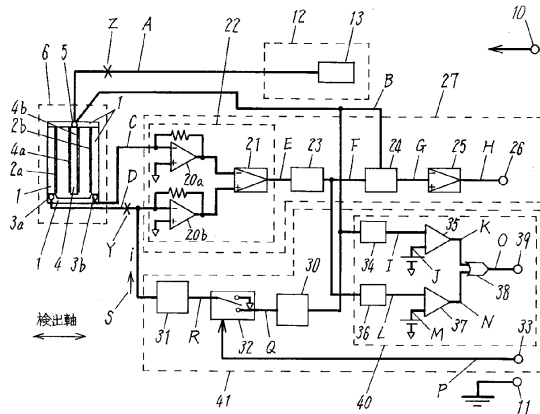
40

50

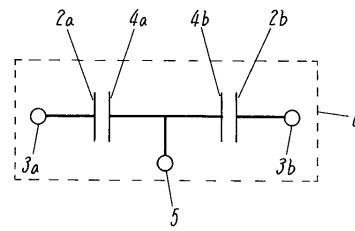
2 2	差動型検出器	
2 3	利得増幅器	
2 4	同期復調器	
2 5	出力増幅器	
2 6	センサ出力端子	
2 7, 7 2	検出回路	
3 0	減衰器	
3 1	コンデンサ	
3 2, 6 4	開閉器	
3 3, 6 5	診断端子	10
3 4, 3 6	整流器	
3 5, 3 7	比較器	
3 8	理論和回路	
3 9	フェイル出力端子	
4 0	論理和回路ブロック	
4 1	自己診断回路	
5 4, 5 5	支持部	
5 6	可動電極	
5 7	付加質量部	
6 0	第 1 の抵抗	20
6 1	接続点	
6 2	第 2 の抵抗	
6 3	グラウンド	
7 0	振動素子	
7 5	音叉型角速度センサ	
8 0, 9 0	第 1、第 2 の慣性センサ	
9 1, 9 2	結合容量	

【図 1】

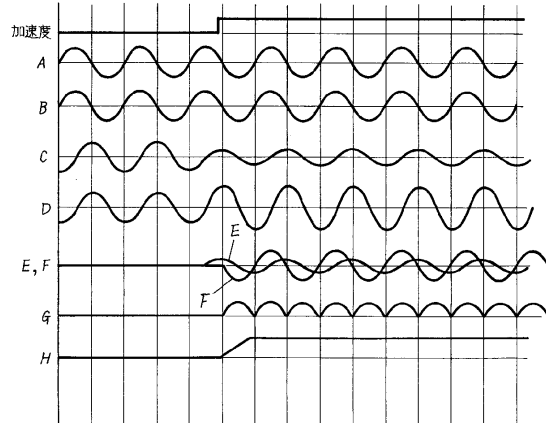
- | | |
|--------------------|--------------|
| 1 固定部 | 23 利得増幅器 |
| 2a, 2b 第1, 第2の検出電極 | 24 同期復調器 |
| 3a, 3b 第1, 第2の出力端子 | 25 出力増幅器 |
| 4 可動部 | 26 センサ出力端子 |
| 4a, 4b 第1, 第2の可動電極 | 27 検出回路 |
| 5 入力端子 | 30 減衰器 |
| 6 検知素子 | 31 コンデンサ |
| 10 電源端子 | 32 開閉器 |
| 11 グラウンド端子 | 33 診断端子 |
| 12 ドライブ回路 | 34, 36 整流器 |
| 13 位相変移器 | 35, 37 比較器 |
| 20a, 20b カレントアンプ | 38 論理和回路 |
| 21 差動検出器 | 39 フェイル出力端子 |
| 22 差動型検出器 | 40 論理和回路ブロック |
| | 41 自己診断回路 |



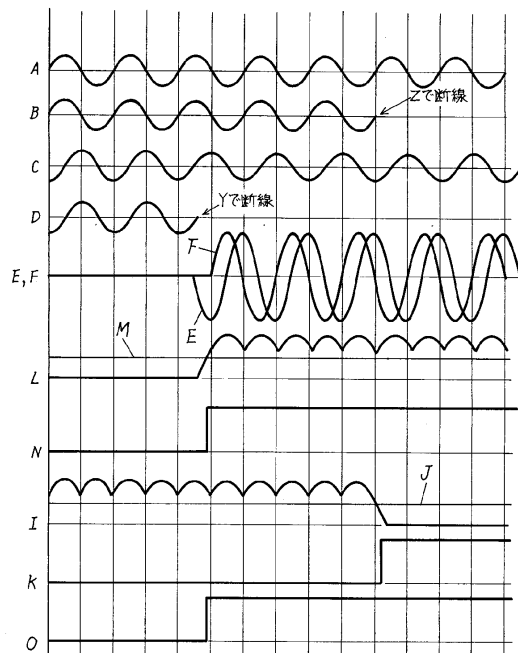
【図 2】



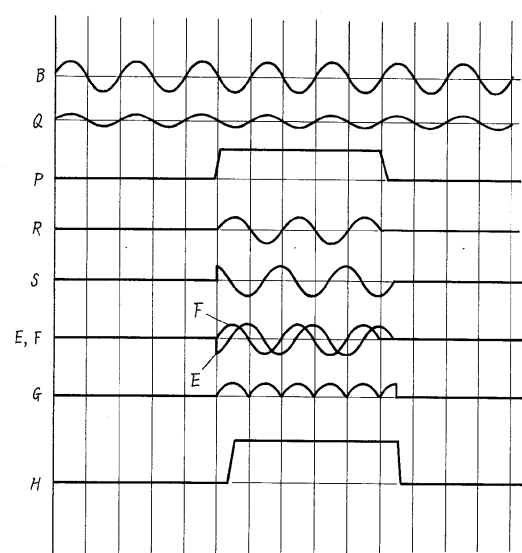
【図 3】



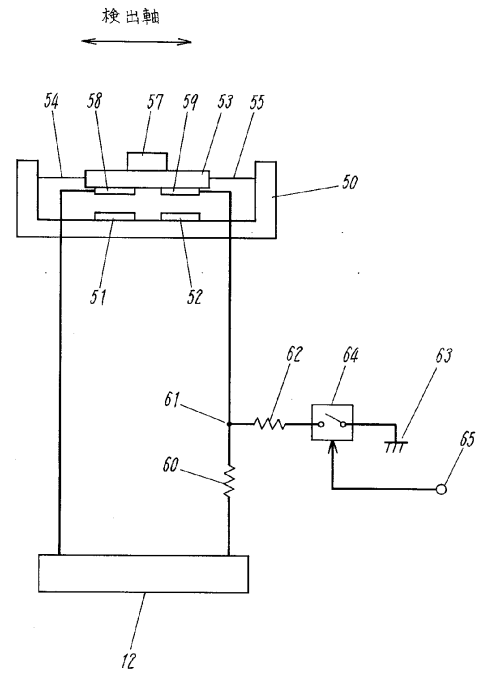
【図 4】



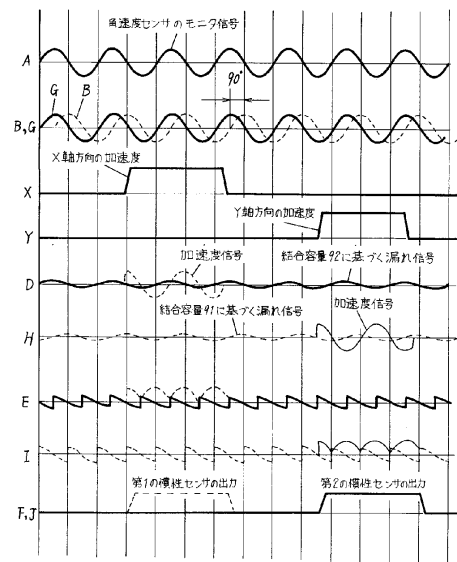
【図 5】



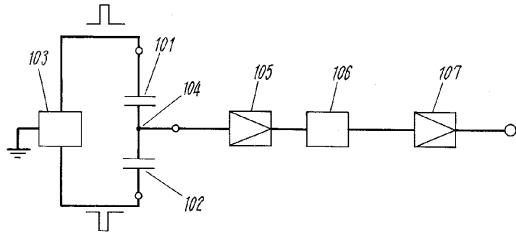
【図 7】



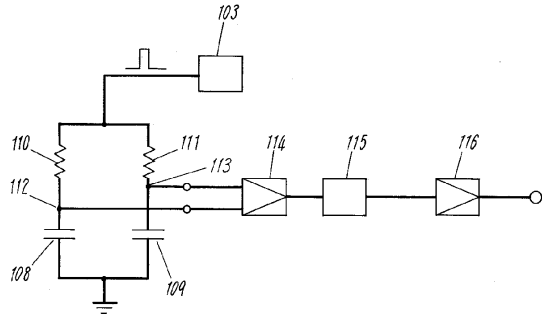
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平08-032090 (JP, A)
特開2000-241166 (JP, A)
特開2000-193459 (JP, A)
特開平07-181042 (JP, A)
特開平06-207946 (JP, A)
特開2002-267448 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01C 19/56
G01P 9/04
G01P 15/125
G01P 21/00