

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5274803号
(P5274803)

(45) 発行日 平成25年8月28日 (2013. 8. 28)

(24) 登録日 平成25年5月24日 (2013. 5. 24)

(51) Int. Cl.

F I

G O 1 C 19/5776 (2012.01)

G O 1 C 19/56 2 7 6

請求項の数 14 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2007-232507 (P2007-232507)	(73) 特許権者	000001960
(22) 出願日	平成19年9月7日 (2007. 9. 7)		シチズンホールディングス株式会社
(65) 公開番号	特開2008-107324 (P2008-107324A)		東京都西東京市田無町六丁目1番12号
(43) 公開日	平成20年5月8日 (2008. 5. 8)	(74) 代理人	100101915
審査請求日	平成22年9月3日 (2010. 9. 3)		弁理士 塩野入 章夫
(31) 優先権主張番号	特願2006-262913 (P2006-262913)	(72) 発明者	小峰 伸一
(32) 優先日	平成18年9月27日 (2006. 9. 27)		埼玉県所沢市大字下富840番地2 シチズンテクノロジーセンター株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

審査官 岸 智史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発振装置、および振動ジャイロ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

圧電素子と、

圧電素子の駆動端に駆動信号をフィードバックして圧電素子を励振駆動する発振回路と

、

前記発振回路の駆動信号の外部への出力を制御する駆動信号スイッチ回路とを備え、

前記駆動信号スイッチ回路は、

前記発振回路の定常動作時にオフ状態とし、前記発振回路と前記駆動信号の検出端とを絶縁し、外部から前記発振回路内へのノイズの侵入を防ぎ、

前記発振回路の検査時にオン状態とし、前記発振回路と前記駆動信号の検出端とを電氣的に接続し、前記駆動信号を外部に出力する

ことを特徴とする、発振装置。

【請求項 2】

前記発振回路の出力信号の外部への出力を制御する発振出力信号スイッチ回路を備え、

当該発振出力信号スイッチ回路は、

前記駆動信号スイッチ回路と排他的に動作し、

前記発振回路の定常動作時にオン状態とし、前記発振回路と前記出力信号の出力端とを電氣的に接続し、前記出力信号を前記出力端から外部に出力し、

前記発振回路の検査時にオフ状態とし、前記発振回路の前記出力信号が外部に出力しないようにすることを特徴とする請求項 1 に記載の発振装置。

10

20

【請求項 3】

前記駆動信号スイッチ回路は、

前記発振回路と検出端との間の電氣的接続を制御する第 1 のスイッチ回路と、一定電位と検出端との間の電氣的接続を制御する第 2 のスイッチ回路とを有し、前記第 1 のスイッチ回路と前記第 2 のスイッチ回路とは排他的に動作することを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の発振装置。

【請求項 4】

前記発振回路は、前記圧電素子を定電流制御し、

前記駆動信号スイッチ回路は、前記駆動信号の駆動電圧を、前記圧電素子の等価定数の直列抵抗値を算出する信号として出力することを特徴とする請求項 1 から 3 の何れか一つに記載の発振装置。

10

【請求項 5】

前記発振回路は、前記圧電素子を定電圧制御し、

前記駆動信号スイッチ回路は、前記駆動信号の駆動電流を、前記圧電素子の等価定数の直列抵抗値を算出する信号として出力することを特徴とする請求項 1 から 3 の何れか一つに記載の発振装置。

【請求項 6】

前記駆動信号スイッチ回路は、CMOS トランジスタで構成されることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか一つに記載の発振装置。

【請求項 7】

20

圧電素子を励振素子および検出素子とし、

励振素子の圧電素子の駆動端に駆動信号をフィードバックして、圧電素子を励振駆動する発振回路と、

検出素子の圧電素子の検出端から出力される出力を検出し、検出信号を出力する検出回路と、

前記発振回路の駆動信号の外部への出力を制御する駆動信号スイッチ回路と、

前記検出回路の検出信号の外部への出力を制御する検出信号スイッチ回路とを備え、

前記駆動信号スイッチ回路と前記検出信号スイッチ回路とは排他的に動作し、

前記発振回路の定常動作時には、前記駆動信号スイッチ回路をオフ状態として外部から前記発振回路内へのノイズの侵入を防ぎ、前記検出信号スイッチ回路をオン状態として前記検出回路から前記検出信号を外部に出力し、

30

前記発振回路の検査時には、前記駆動信号スイッチ回路をオン状態として前記発振回路から前記駆動信号を外部に出力し、前記検出信号スイッチ回路をオフ状態として前記発振回路の前記検出信号が外部に出力しないようにすることを特徴とする振動ジャイロ。

【請求項 8】

前記駆動信号スイッチ回路と検出信号スイッチ回路とは連動して排他的に制御され、前記駆動信号又は前記検出信号のいずれか一方を外部に出力することを特徴とする請求項 7 に記載の振動ジャイロ。

【請求項 9】

前記発振回路は、前記圧電素子を定電圧制御又は定電流制御し、

40

前記駆動信号スイッチ回路は、前記発振回路の駆動信号の駆動電流又は駆動電圧を等価定数の直列抵抗値を算出する信号として出力することを特徴とする、請求項 7 又は請求項 8 に記載の振動ジャイロ。

【請求項 10】

前記検出回路が備える増幅回路の増幅率を制御する制御回路と、

前記増幅率を調整する補正データを記憶する記憶回路とを備え、

前記制御回路は、調整時に前記記憶回路から前記補正データを読み出し、読み出した前記補正データに基づいて前記増幅率を調整することを特徴とする、請求項 7 から請求項 9 のいずれか一つに記載の振動ジャイロ。

【請求項 11】

50

前記記憶回路は、前記駆動信号スイッチ回路および検出信号スイッチ回路を排他的に駆動する制御データを記憶し、

前記制御回路は、前記記憶回路から前記制御データを読み出し、前記駆動信号又は前記検出信号のいずれか一方を外部に出力することを特徴とする、請求項 10 に記載の振動ジャイロ。

【請求項 12】

前記記憶回路は、

前記増幅率を調整する前記補正データの余剰ビットに、前記駆動信号スイッチ回路および前記検出信号スイッチ回路を排他的に駆動する前記制御データを記憶することを特徴とする、請求項 11 に記載の振動ジャイロ。

【請求項 13】

前記発振回路は、

励振素子の圧電素子から出力される出力電流を交流電圧に変換する電流 / 電圧変換回路と、

この電流 / 電圧変換回路からの交流信号を増幅し、増幅率を可変できる利得可変増幅器と、

前記電流 / 電圧変換回路からの出力電圧または前記圧電素子に印加する駆動電圧を整流する整流回路と、

この整流から出力される出力信号と所定の基準信号とを比較して前記整流回路からの信号出力の変動に応じて制御電圧を出力する比較回路とを備え、

前記利得可変増幅器は、前記制御電圧に基づいて前記増幅率を制御し、前記圧電素子からの出力電流または前記圧電素子に印加する駆動電圧を一定に維持することを特徴とする請求項 7 から請求項 12 の何れか一つに記載の振動ジャイロ。

【請求項 14】

前記駆動信号スイッチ回路および検出信号スイッチ回路は、CMOS トランジスタで構成されることを特徴とする請求項 7 から請求項 13 のいずれか一つに記載の振動ジャイロ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、圧電素子の特性を検出する方法、特に、圧電素子の等価定数の直列抵抗値を求める方法、および、この特性検出に適した構成を備える発振装置、およびこの発振装置を備えた振動ジャイロに関する。

【背景技術】

【0002】

水晶振動子等の圧電振動子を用いた発振装置は、電子・通信分野に用いるクロックや基準周波数等の周波数源等の各種電子装置など広い分野で使用されている。このような発振装置を備えた電子装置の例として、例えば角速度センサ（ジャイロ装置）がある。この角速度センサは、航空機、車両等の移動体の姿勢制御やナビゲーション等に用いられ、角速度に応じたコリオリ信号を検出することによって移動体の角速度を検出する。

【0003】

この発振装置は、圧電振動子とLSI化した発振回路とをパッケージ内に組み込んで一体化することで小型化が図られている。また、発振装置の出力周波数の精度や信頼性を高めるには、振動部分である圧電振動子の特性について試験や調整を行う必要がある。

【0004】

水晶振動子等の圧電振動子の良否を判定する特性として、クリスタルインピーダンス（CI 値）と呼ばれる値が知られている。この値は、圧電素子を図 24 に示すような等価回路で表したときの直列抵抗値 R に相当する等価定数である。

【0005】

ここで、図 24 の等価回路において、インピーダンス Z は、 $Z = 1 / (j \omega C_0 + (1 /$

10

20

30

40

50

$(R + j(L - 1/C1))$ で表される。発振回路を直列共振周波数付近の周波数 $\omega = 1/(LC1)^{1/2}$ で発振させたときのインピーダンス Z は、 $|C0|^{-1}$ であるため、 $Z = R$ となる。この直列抵抗値 R は、例えばクリスタルインピーダンス (CI 値) と呼ばれ、圧電素子の特性を示す値として用いられる。

【0006】

一般に、発振装置が備える圧電素子の直列抵抗値を求めるには、圧電素子と電氣的に接続された電極を発振装置の外部に設ける構成が用いられる。図25は、圧電素子の直列抵抗値を求める従来構成を接続するための一例である。なお、図25(a)は発振装置単独の例を示し、図25(b)は発振装置を備えたジャイロ装置の例を示している。

【0007】

発振装置単独の場合には、図25(a)に示すように、発振装置101を構成する発振回路130に外部端子(X_{in} 端子)120と外部端子(X_{out} 端子)121を設け、この外部端子(X_{in} 端子)120、121にLCRメータ140を接続し、このLCRメータ140によって圧電素子2の各等価定数を測定する。なお、発振回路130は出力端131を備える。

【0008】

また、発振装置101がジャイロ装置110に組み込まれている場合においても、図25(b)に示すように、ジャイロ装置110に組み込まれた発振装置101に対して、上述したように外部端子120、121にLCRメータ140を接続し、このLCRメータ140によって圧電素子2の各等価定数を測定する。なお、検出回路160は出力端161を備える。

【0009】

図26は、このLCRメータによって実測した直列抵抗値(CI 値)と発振回路の駆動電圧(X_{out})との関係を示している。なお、ここでは、発振回路の駆動電圧は、発振回路が定電流制御を行う場合である。したがって、図26から、直列抵抗値(CI 値)から出力の電圧特性を判定することができ、直列抵抗値(CI 値)が所定範囲にあれば、発振回路の出力電圧が所定範囲にあると判定することができる。

【0010】

また、特許文献1には、この水晶振動子を有した水晶発振器の試験に適した構成について開示されている。この特許文献1では、水晶振動子の試験として、水晶振動子に印加するドライブレベルを変化させたときの発振周波数や水晶振動子損失分の変動を測定するドライブレベル特性(DL 特性)試験があり、パッケージ内に水晶振動子と発振回路とを組み込んだ発振器では、構造上から DL 特性試験を行うことが困難であるという課題が記載されている。

【0011】

この問題を解決する方法として、発振器外部に振動子の電極と電氣的に接続された電極を設ける構成がある。特許文献1は、この電極構成では、引き回しが長くなる点、および外部端子を通じて水晶振動子端子にノイズが入り、発振動作が不安定になる点といった問題があることを指摘し、この問題を解決する構成として、パッケージの底面に電源入力端子、接地端子、周波数出力端子、制御端子等の端子に加えて、パッケージの底面又は側面に圧電振動子の試験用端子を備え、圧電振動子の試験時には試験用端子を電氣的に有効とし、発振動作時には試験用端子を電氣的に無効とする構成が示されている。

【特許文献1】特開2001-102870号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

上述したように、発振装置が備える圧電素子の特性、特に圧電素子の等価定数の直列抵抗値を求めるには、外部にLCRメータ等の測定装置を接続する必要がある、また、この測定装置を接続するための端子を設ける必要があるという問題がある。

【0013】

10

20

30

40

50

また、発振装置を構成する圧電素子および発振回路は、通常パッケージ内に内蔵されており、このパッケージ内に内蔵される回路の試験や調整を行うためには、パッケージの外表面にパッケージ内の回路と電氣的に接続する外部端子が必要となる。この試験あるいは調整を行うための端子は、実装基板等の外部装置に取り付ける前のパッケージのみの状態で用いられるが、試験や調整が終了した後、パッケージを外部装置に実装した場合には、この端子は使用されないため不要となる。さらには、この端子はパッケージ内の回路に接続されているため、外部ノイズの侵入経路と成り得るという問題もある。

【 0 0 1 4 】

したがって、発振装置が備える圧電素子の特性、特に圧電素子の等価定数の直列抵抗値を、外部にLCRメータ等の測定装置を接続することなく測定が可能であることが求められ、また、この測定のための端子を不要とすることが求められる。

10

【 0 0 1 5 】

また、このパッケージ内に内蔵される回路の試験や調整を行うための端子は、実装前の状態においてパッケージ内の回路と電氣的に接続する機能と、パッケージを外部装置に取り付けた場合には、パッケージ内の回路へのノイズの侵入を防ぐ機能とを兼ね備えることが求められる。

【 0 0 1 6 】

上記した特許文献1では、試験端子は発振動作時には電氣的に無効となるが、試験端子は、回路内のアナログスイッチにおいてオフの状態であり、パッケージに対して浮いた状態であって不安定な電位にあるため、ノイズの侵入を完全に防ぐことが困難である。

20

【 0 0 1 7 】

そこで、本発明は従来の問題を解決し、発振装置が備える圧電素子の特性、特に等価定数の直列抵抗値の測定を、外部に接続する測定装置を用いることなく行うことを目的とする。また、測定装置を接続するための端子を不要とすることを目的とする。

【 0 0 1 8 】

また、実装前の状態においてパッケージ内の回路と電氣的に接続する機能と、パッケージを外部装置に取り付けた状態においてパッケージ内の回路へのノイズの侵入を防ぐ機能とを備えることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 9 】

本発明は、発振回路によって圧電素子を駆動して発振させる発振装置において、発振装置が備える圧電素子の特性、特に圧電素子の等価定数の直列抵抗値を、発振装置が備える発振回路の出力信号と、この発振回路が圧電素子を駆動する際に用いる駆動信号との電圧電流関係に基づいて求めるものである。

30

【 0 0 2 0 】

発振回路は、発振回路の機能を発揮する通常の使用状態では、発振回路の制御によって設定された出力信号を出力する。このとき、通常の動作状態では、発振回路は外部に対して、圧電素子を駆動するための駆動信号は出力しない。

【 0 0 2 1 】

圧電素子の等価定数の直列抵抗値を求める場合には、この発振回路が圧電素子を駆動するために用いるものであって、通常は外部に出力しない駆動信号を出力させ、この駆動信号を用いて等価定数の直列抵抗値を求める。圧電素子の等価定数の直列抵抗値は、この駆動信号と発振回路の出力信号との電圧電流関係に基づいて算出する。

40

【 0 0 2 2 】

例えば、発振回路が定電流制御によって駆動する場合には、発振回路は通常出力として電流値が一定の電流出力を出力する。このとき、圧電素子を駆動する駆動信号の電圧は、電流出力が一定となるように制御が行われる。

【 0 0 2 3 】

したがって、圧電素子には、駆動信号の電圧が印加されるとともに、電流出力と同等の一定電流が流れる。この駆動信号と発振回路の出力信号との電圧電流関係は、圧電素子の

50

インピーダンスに依存する。このとき、駆動信号の周波数が直列共振周波数の近傍の周波数であれば、圧電素子のインピーダンスはほぼ圧電素子の等価定数の直列抵抗値となるため、求めた駆動信号と発振回路の出力信号との電圧電流関係から圧電素子の等価定数の直列抵抗値を算出することができる。

【 0 0 2 4 】

一方、発振回路が定電圧制御によって駆動する場合には、発振回路は通常出力として電圧値が一定の電圧出力を出力する。このとき、圧電素子を駆動する駆動信号の電流は、電圧出力が一定となるように制御が行われる。

【 0 0 2 5 】

したがって、圧電素子には、駆動信号の電流が流れるとともに、一定の電圧出力が印加される。この駆動信号と発振回路の出力信号との電圧電流関係は、定電流制御と同様に、圧電素子のインピーダンスに依存する。このとき、駆動信号の周波数が直列共振周波数の近傍の周波数であれば、圧電素子のインピーダンスは圧電素子の等価定数の直列抵抗値となるため、求めた駆動信号と発振回路の出力信号との電圧電流関係から圧電素子の等価定数の直列抵抗値を算出することができる。

10

【 0 0 2 6 】

発振回路は、通常は駆動信号を外部に出力せず、出力信号のみを出力する。そこで、本発明は、圧電素子の等価定数の直列抵抗値を算出するために、スイッチ回路を介して駆動信号を外部に出力させる。

【 0 0 2 7 】

20

なお、発振回路の出力信号は、発振回路に設定された規格値を用いる他に、発振回路の出力信号を測定することで求めても良い。

【 0 0 2 8 】

本発明によれば、単にスイッチ回路のオンオフ制御によって、通常は出力しない駆動信号を外部に取り出し、この駆動信号を出力信号との電圧電流関係から圧電素子の等価定数の直列抵抗値を算出することができるため、LCRメータ等の外部測定装置を用いることなく、圧電素子の等価定数の直列抵抗値を求めることができる。

【 0 0 2 9 】

また、圧電素子の等価定数の直列抵抗値の測定をLCRメータ等の外部測定装置を用いて行う場合には、直列共振周波数の前後で出力信号の周波数をスイープさせて得られる信号を基準信号と比較することで行うため、測定時間が長くなるという問題があるが、本発明によればこの問題を解消し、測定時間を短縮することができる。

30

【 0 0 3 0 】

本発明は、圧電素子の検出方法の態様、この圧電素子の検出を行うことができる発振装置の態様、および発振装置を備えるジャイロ装置の態様等の複数の態様とすることができる。

【 0 0 3 1 】

本発明の圧電素子の検出方法の態様は、圧電素子と前記発振回路が形成する閉回路にスイッチ回路を接続し、スイッチ回路を介して発振回路を駆動するための駆動信号を外部へ出力し、この発振回路の出力信号と駆動信号の電圧電流関係から、圧電素子の等価定数の直列抵抗値を求める。

40

【 0 0 3 2 】

本発明の圧電素子の検出方法の態様において、圧電素子の定電圧制御時には、圧電素子の等価定数の直列抵抗値の測定時における出力電圧の電圧値を、圧電素子の発振動作時の出力電圧の電圧値よりも小さい値とする。また、圧電素子の定電流制御時には、圧電素子の等価定数の直列抵抗値の測定時における出力電流の電流値を、圧電素子の発振時の出力電流の電流値よりも小さい値とする。

【 0 0 3 3 】

発振回路が出力する出力電流あるいは出力電圧は、発振を起動させてから圧電素子のQ値などから決まる所定の時定数で上昇する。そのため、発振を起動させてから所定の出力

50

電流あるいは出力電圧に達するまでに要する起動時間は、目標とする所定出力電流値あるいは所定出力電圧値が小さいほど短くなる。本発明の圧電素子の検出方法の態様では、測定時における出力電流あるいは出力電圧の値を、発振装置として使用する定常発振時における出力電流あるいは出力電圧の値よりも小さい値とすることで、発振を起動させてから圧電素子の等価定数の直列抵抗値を測定するまでに要する起動時間を短縮することができる、測定時間を短縮することができる。

【0034】

また、本発明の圧電素子の検出方法の態様において、圧電素子の等価定数の直列抵抗値の測定時において、圧電素子の発振周波数を、圧電素子の発振動作時の発振周波数よりも圧電素子の直列共振周波数に近い値とする。

10

【0035】

発振装置において、圧電素子の励振素子を励振駆動して発振させる場合、その圧電素子を発振させる周波数は圧電素子の直列共振周波数ではなく、発振条件の位相条件を満足する周波数範囲において直列共振周波数からマージン分だけ外れた周波数に設定している。これは、温度等の環境変化により発振回路の周波数特性が変化した場合であっても、発振周波数が発振条件である位相条件を満たさなくなつて、発振が不能となることを避けるためである。

【0036】

圧電素子の等価定数の直列抵抗値の測定では、圧電素子の直列共振周波数に近い値ほどその測定で得られる圧電素子の等価定数の直列抵抗値の測定誤差が小さくなり、直列抵抗値から求められるC I値の測定精度が高くなる。本発明の圧電素子の検出方法の態様では、測定時において、発振動作時と比較して一定の温度であるため、温度等の環境条件を発振動作時よりも緩く設定しても測定への支障は少ない。そこで、本発明の圧電素子の検出方法の態様では、圧電素子の等価定数の直列抵抗値の測定時においては、発振装置において圧電素子を励振駆動させる発振周波数よりも、圧電素子の直列共振周波数に近い値とし、これによって高い測定精度を得ることができる。

20

【0037】

本発明の発振装置の態様は、圧電素子と、圧電素子の駆動端に駆動信号をフィードバックして圧電素子を励振駆動する発振回路と、発振回路の駆動信号の外部への出力を制御する駆動信号スイッチ回路とを備える。

30

【0038】

発振回路は、圧電素子を定電圧制御又は定電流制御し、駆動信号スイッチ回路は、発振回路の駆動信号の駆動電流又は駆動電圧を、圧電素子の等価定数の直列抵抗値を算出する信号として出力する。

【0039】

なお、ここで、発振装置は、圧電素子と発振回路とで定まる周波数で発振し、この周波数信号を出力信号として出力する。発振回路が定電流制御によって駆動される場合には、出力信号の信号電流は一定電流値に制御され、例えば、ジャイロ装置に適用される。また、発振回路が定電圧制御によって駆動される場合には、出力信号の信号電流は一定電圧値に制御される。

40

【0040】

本発明の発振回路において、駆動信号スイッチ回路は、発振回路と検出端との間の電氣的接続を制御する第1のスイッチ回路と、一定電位と検出端との間の電氣的接続を制御する第2のスイッチ回路とを有す構成とし、第1のスイッチ回路と第2のスイッチ回路とを排他的に動作させる。

【0041】

この構成において、測定時には、第1のスイッチ回路をオン状態とし、第2のスイッチ回路はオフ状態とする。この駆動信号スイッチ回路のスイッチ状態では、発振回路は検出端と電氣的に接続される。この接続によって、検出端は発振回路の閉回路からの駆動電流を検出することができる。

50

【 0 0 4 2 】

一方、定常発振動作時には、第 1 のスイッチ回路をオフ状態とし、第 2 のスイッチ回路はオン状態とする。この駆動信号スイッチ回路のスイッチ状態では、発振回路は検出端から電氣的に切り離されて絶縁状態となり、検出端はグランド等の一定電位に接続される。これによって、発振装置のパッケージの検出端を一定電位に固定することができ、シールド効果によって外部から発振装置内へのノイズの浸入を防ぐことができる。

【 0 0 4 3 】

また、本発明の振動ジャイロは、本発明の発振装置を備えるものであり、圧電素子を励振素子および検出素子とし、励振素子の圧電素子の駆動端に駆動信号をフィードバックして、圧電素子を励振駆動する発振回路と、検出素子の圧電素子の検出端から出力される出力を検出し、検出信号を出力する検出回路と、発振回路の駆動信号の外部への出力を制御する駆動信号スイッチ回路と、検出回路の検出信号の外部への出力を制御する検出信号スイッチ回路とを備える。

10

【 0 0 4 4 】

ジャイロ装置は、圧電素子の励振素子を駆動信号で駆動して所定周波数で振動させ、外部から印加された力によって発生したコリオリ力によって圧電素子の検出素子の振動状態を変化させ、この振動状態に依存した出力信号を検出回路で検出することによって印加された力を求めるものである。

【 0 0 4 5 】

ジャイロ装置は、通常の動作状態では、検出回路の検出信号を外部に出力し、発振回路の駆動信号は外部に出力しない。一方、圧電素子の等価定数の直列抵抗値を求める検査状態では、発振回路の駆動信号を外部に出力し、検出回路の検出信号は外部に出力しない。

20

【 0 0 4 6 】

これら駆動信号と検出信号の外部への出力切り替えは、駆動信号スイッチ回路および検出信号スイッチ回路の切り替えによって行うことができる。

【 0 0 4 7 】

駆動信号スイッチ回路と検出信号スイッチ回路は連動して排他的に制御され、発振回路の駆動信号又は検出回路の検出信号のいずれか一方を外部に出力することで、一つの出力端子から発振回路の駆動信号と検出回路の検出信号とを選択的に出力することができる。

【 0 0 4 8 】

発振回路は、圧電素子を定電圧制御又は定電流制御し、駆動信号スイッチ回路の切り替えによって、発振回路の駆動信号の駆動電流又は駆動電圧を等価定数の直列抵抗値を算出する信号として外部に出力する。

30

【 0 0 4 9 】

またジャイロ装置は、検出回路が出力する検出信号の出力レベルを調整することができ、この出力レベルの調整を行う構成として、検出回路が備える増幅回路の増幅率を制御する制御回路と、増幅回路の増幅率を調整する補正データを記憶する記憶回路とを備える。制御回路は、調整時に記憶回路から補正データを読み出し、読み出した補正データに基づいて増幅率を調整する。

【 0 0 5 0 】

ここで、記憶回路は、出力レベルを調整するための補正データの他に、駆動信号スイッチ回路および検出信号スイッチ回路を排他的に駆動する制御データを記憶する。制御回路は、記憶回路から制御データを読み出し、この制御データに基づいて駆動信号スイッチ回路と検出信号スイッチ回路の何れかをオンとし、他方をオフとする排他的駆動によって、発振回路の駆動信号又は検出回路の検出信号のいずれか一方を外部に出力する。

40

【 0 0 5 1 】

また、記憶回路による制御データの記憶は、増幅回路の増幅率を調整する補正データの余剰ビットを用いることができる。この余剰ビットのデータの状態（“ 0 ” あるいは “ 1 ” ）と駆動信号スイッチ回路および検出信号スイッチ回路のオン状態、オフ状態を対応させて記憶する。

50

【 0 0 5 2 】

この補正データの余剰ビットを用いて駆動信号スイッチ回路、および検出信号スイッチ回路の制御を行う構成とすることで、ジャイロ装置の検出信号の出力レベルを調整するための制御回路や記憶回路を利用することができ、別途の回路構成を不要とすることができる。

【 0 0 5 3 】

また、発振回路の一構成例として、励振素子の圧電素子から出力される出力電流を交流電圧に変換する電流 / 電圧変換回路と、この電流 / 電圧変換回路からの交流信号を増幅し、増幅率を可変できる利得可変増幅器と、電流 / 電圧変換回路からの出力電圧または圧電素子に印加する駆動電圧を整流する整流回路と、この整流から出力される出力信号と所定の基準信号とを比較して整流回路からの信号出力の変動に応じて制御電圧を出力する比較回路とを備える。また利得可変増幅器は、制御電圧に基づいて増幅率を制御し、圧電素子からの出力電流または圧電素子に印加する駆動電圧を一定に維持する。

10

【 0 0 5 4 】

駆動信号スイッチ回路および検出信号スイッチ回路は、CMOSトランジスタで構成してもよい。

【 発明の効果 】

【 0 0 5 5 】

本発明によれば、発振装置が備える圧電素子の特性、特に等価定数の直列抵抗値の測定を、外部に接続する測定装置を用いることなく行うことができる。また、等価定数の直列抵抗値の測定時間を短縮することができる。

20

【 0 0 5 6 】

また、測定装置を接続するための端子を不要とすることができる。

【 0 0 5 7 】

また、ジャイロ装置等において、実装前の状態においてパッケージ内の回路と電氣的に接続する機能と、パッケージを外部装置に取り付けた状態においてパッケージ内の回路へのノイズの侵入を防ぐ機能とを備えることができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 5 8 】

以下、本発明の圧電素子の検出方法の態様、この圧電素子の検出を行うことができる発振装置の態様、および発振装置を備えるジャイロ装置の態様等の各態様について図を用いて詳細に説明する。

30

【 0 0 5 9 】

図 1 は、本発明の圧電素子における等価定数の直列抵抗値の測定を行う発振装置の態様の概略構成を説明するための図である。なお、ここでは、発振装置の 3 つの形態について説明する。図 1 (a) は発振装置の第 1 の形態を説明するための概略構成図であり、図 1 (b) は発振装置の第 2 の形態を説明するための概略構成図であり、図 1 (c) は発振装置の第 3 の形態を説明するための概略構成図である。

【 0 0 6 0 】

発振装置の第 1 の形態は、図 1 (a) に示すように、発振装置 1 が通常動作状態において発振回路の発振信号を外部に出力するための出力端 2 2 と、この出力端 2 2 とは別に、発振装置 1 が検査動作状態において、発振回路の駆動信号を外部に出力するための検出端 2 1 とを備える構成である。

40

【 0 0 6 1 】

この構成では、発振装置 1 は、圧電素子 2 を励振素子とし、この圧電素子 2 の両端に、圧電素子 2 を励振駆動する発振回路 3 を接続して、圧電素子 2 を所定周波数で発振させる。ここで、圧電素子 2 と発振回路 3 とは閉回路 4 を形成し、この閉回路 4 と検出端 2 1 との間に駆動信号スイッチ回路 1 1 を接続する。この検出端 2 1 は、閉回路 4 に流れる発振回路 3 の駆動信号を外部に出力するための端子である。また、発振回路 3 の出力信号を外部に出力するための出力端 2 2 を備える。

50

【 0 0 6 2 】

発振装置 1 は、通常の駆動状態においては、発振回路 3 の出力信号を出力端 2 2 から外部に出力する。このとき、駆動信号スイッチ回路 1 1 をオフ状態とすることで、発振回路 3 の閉回路 4 は検出端 2 1 から電氣的に絶縁されて状態となり、発振回路 3 が圧電素子 2 を駆動する駆動信号が外部に出力しないようにしている。

【 0 0 6 3 】

一方、発振装置 1 は、圧電素子の検査状態においては、発振回路 3 の出力信号を出力端 2 2 から外部に出力するとともに、駆動信号スイッチ回路 1 1 はオン状態とすることで、発振回路 3 の閉回路 4 を検出端 2 1 と電氣的に接続し、発振回路 3 が圧電素子 2 を駆動するための駆動信号を外部に出力させる。

10

【 0 0 6 4 】

したがって、発振装置の第 1 の形態では、通常の駆動状態および圧電素子の検査状態の両状態において、出力端 2 2 からは常に発振回路 3 の出力信号が出力され、圧電素子の検査状態においてのみ、検出端 2 1 から圧電素子 2 を駆動するための駆動信号が出力される。

【 0 0 6 5 】

発振装置の第 2 の形態は、図 1 (b) に示すように、駆動信号スイッチ回路 1 1 を排他的に動作する第 1 のスイッチ回路 1 1 a と第 2 のスイッチ回路 1 1 b とで構成するものである。第 1 のスイッチ回路 1 1 a は検出端 2 1 と発振回路 3 の閉回路 4 との間の開閉を制御し、第 2 のスイッチ回路 1 1 b は検出端 2 1 とグラウンド等の一定電位との間の開閉を制御する。第 1 のスイッチ回路 1 1 a と第 2 のスイッチ回路 1 1 b とは排他的に動作し、第 1 のスイッチ回路 1 1 a がオン状態の場合には第 2 のスイッチ回路 1 1 b はオフ状態となり、逆に、第 1 のスイッチ回路 1 1 a がオフ状態の場合には第 2 のスイッチ回路 1 1 b はオン状態となる。

20

【 0 0 6 6 】

第 1 のスイッチ回路 1 1 a がオン状態であり、第 2 のスイッチ回路 1 1 b がオフ状態の場合には、発振回路 3 の閉回路 4 は検出端 2 1 と電氣的に接続され、閉回路 4 の駆動電流を検出端 2 から検出することができる。一方、第 1 のスイッチ回路 1 1 a がオフ状態であり、第 2 のスイッチ回路 1 1 b がオン状態の場合には、発振回路 3 の閉回路 4 は検出端 2 1 から電氣的に絶縁され、検出端 2 1 はグラウンド等の一定電位に固定される。検出端 2 1 は、通常、発振装置のパッケージに設けられている。この検出端 2 1 を一定電位とすることで、パッケージはシールド効果によって外部から発振装置内へのノイズの浸入を防ぐことができる。また、発振装置内から外部へのノイズ分の放出を防ぐこともできる。

30

【 0 0 6 7 】

なお、検出端 2 1 および出力端 2 2 の動作は、図 1 (a) に示した第 1 の態様と同様とすることができる。

【 0 0 6 8 】

発振装置の第 3 の形態は、図 1 (c) に示すように、発振装置 1 が通常動作状態において発振回路 3 の出力信号を外部に出力するための出力端 2 2 を備え、この出力端 2 2 は、発振装置 1 が検査動作状態において、発振回路 3 の駆動信号を外部に出力するための端子としても用いる構成である。

40

【 0 0 6 9 】

この構成では、発振装置 1 は、圧電素子 2 を励振素子とし、この圧電素子 2 の両端に、圧電素子 2 を励振駆動する発振回路 3 を接続して、圧電素子 2 を所定周波数で発振させる。ここで、圧電素子 2 と発振回路 3 とは閉回路 4 を形成し、この閉回路 4 と出力端 2 2 との間に駆動信号スイッチ回路 1 1 を接続し、また、発振回路 3 の出力信号を出力するノードと出力端 2 2 との間に発振出力信号スイッチ回路 1 2 を接続する。したがって、出力端 2 2 は、駆動信号スイッチ回路 1 1 のオン動作によって、閉回路 4 に流れる発振回路 3 の駆動信号を外部に出力するための端子を兼用する。

【 0 0 7 0 】

50

発振装置 1 は、通常の駆動状態においては、発振出力信号スイッチ回路 1 2 をオン状態とすることで発振回路 3 の出力信号を出力端 2 2 から外部に出力する。このとき、駆動信号スイッチ回路 1 1 をオフ状態とすることで、発振回路 3 が圧電素子 2 を駆動する駆動信号が外部に出力しないようにしている。

【 0 0 7 1 】

一方、発振装置 1 は、圧電素子の検査状態においては、駆動信号スイッチ回路 1 1 をオン状態、発振出力信号スイッチ回路 1 2 をオフ状態とすることで、発振回路 3 の出力信号を出力端 2 2 から外部に出力しないとともに、発振回路 3 が圧電素子 2 を駆動するための駆動信号が外部に出力されるようにする。

【 0 0 7 2 】

したがって、発振装置の第 3 の形態では、駆動信号スイッチ回路 1 1 と発振出力信号スイッチ回路 1 2 とを排他的に動作させ、いずれか一方のスイッチ回路のみをオン状態とするとともに他方のスイッチ回路をオフ状態とすることで、通常の駆動状態においては、出力端 2 2 から発振回路 3 の出力信号を出力させ、圧電素子の検査状態においては、出力端 2 2 から圧電素子 2 を駆動するための駆動信号を出力させる。

【 0 0 7 3 】

図 2 は、発振装置の出力信号の信号形態を説明するための図である。なお、ここでは、圧電素子 2 として、2 本の脚 2 a , 2 b を有する音叉型の圧電素子の例を示している。

【 0 0 7 4 】

図 2 (a) に示す形態では、発振装置 1 が発振する周波数信号を出力信号とし、所定周波数信号を出力する周波数信号出力装置に適用することができる。音叉型の圧電素子 2 が備える脚 2 a , 2 b には駆動電極が設けられ、この駆動電極は発振回路 1 3 0 から供給される駆動信号によって駆動し、所定の周波数で発振する。発振装置 1 は、発振周波数の周波数信号を出力信号として出力端 1 3 1 から出力する。

【 0 0 7 5 】

一方、図 2 (b) に示す形態は、発振装置 1 が備える検出脚の周波数信号を出力信号とし、例えば、ジャイロ装置に適用することができる。

【 0 0 7 6 】

音叉型の圧電素子 2 が備える脚 2 a , 2 b には駆動電極、および検出電極が設けられ、駆動電極は発振回路 1 3 0 から供給される駆動信号の供給を受けて駆動脚を駆動する。なお、発振回路 1 3 0 は所定の周波数で発振する。

【 0 0 7 7 】

検出脚は、駆動脚の振動と共に振動し、角速度等の外部から印加された力によって生じるコリオリ力によって駆動脚の振動と異なる方向の振動成分が発生する。検出回路 1 6 0 は、検出電極から振動成分を含む周波数信号を取り込み、検出端 1 6 1 から検出信号を出力する。なお、図 2 (b) において、駆動脚と検出脚は兼用することができる。

【 0 0 7 8 】

次に、図 3 ~ 図 1 5 を用いて、所定周波数信号を出力する発振装置の構成例について説明し、図 1 6 ~ 図 2 3 を用いて、ジャイロ装置の構成例について説明する。また、図 3 ~ 図 5 は発振回路が定電流制御を行う発振装置の構成例を示し、図 6 ~ 図 8 は発振回路が定電圧制御を行う発振装置の構成例を示している。図 9 ~ 図 1 1 は、自動利得制御回路の一構成例を示し、図 1 2 ~ 図 1 5 は、検査時における発振周波数の設定例を示している。

【 0 0 7 9 】

また、図 1 6 ~ 図 2 3 はジャイロ装置の例であり、ジャイロ装置が備える発振回路が定電流制御を行う発振装置を備える場合について示している。

【 0 0 8 0 】

はじめに、定電流制御を行う発振回路を備える発振装置の構成例について図 3 ~ 図 5 を用いて説明する。なお、図 3 は前記した図 1 (a) に示した形態に対応し、出力端と検出端を備えた構成例であり、図 4 は前記した図 1 (b) に示した形態に対応し、検出端に接続する駆動信号スイッチ回路を第 1 のスイッチ回路と第 2 のスイッチ回路とで構成する例

10

20

30

40

50

であり、図 5 は前記した図 1 (c) に示した形態に対応し、出力端のみを備えた構成例である。

【 0 0 8 1 】

図 3 において、発振装置 1 A は、圧電素子 2 とこの圧電素子 2 を発振駆動する発振回路 3 を備える。発振回路 3 は、圧電素子 2 の一方の駆動電極の出力電流を交流電圧に変換する電流 / 電圧変換回路 3 a、変換した交流電圧の高周波分を除去するローパスフィルタ (L P F) 3 b、交流電圧の利得を調整して発振駆動のための駆動信号を形成する利得可変増幅器 3 c を備え、利得可変増幅器 3 c の出力電圧を圧電素子の駆動信号として、圧電素子 2 の他方の駆動電極に供給することで閉回路 4 を形成する。

【 0 0 8 2 】

利得可変増幅器 3 c は、自動利得制御回路 (A G C 回路) によって利得の調整が行われる。ここで、自動利得制御回路 (A G C 回路) は定電流制御を行い、圧電素子 2 の駆動信号の電流が一定電流となるように利得可変増幅器 3 c を制御する。自動利得制御回路 (A G C 回路) は、例えば、電流 / 電圧変換回路 3 a の出力信号を整流する整流回路 3 d、一定電流の電流値に相当する基準信号 3 e、整流回路 3 d の出力信号と基準信号 3 e とを比較する比較回路 3 f を備え、出力信号と基準信号 3 e との差分信号を用いて利得可変増幅器 3 c の利得を調整する。

【 0 0 8 3 】

なお、閉回路 4 は、例えば電流 / 電圧変換回路 3 a と L P F 3 b の間や利得可変増幅器 3 c と圧電素子 2 の駆動電極との間にバッファ増幅器を備えてもよい。

【 0 0 8 4 】

発振装置 1 A の発振回路 3 は、電流 / 電圧変換回路 3 a で電圧に変換した電流信号を出力信号として出力端 2 2 から出力する。発振回路 3 は、前述したように圧電素子 2 を定電流制御した駆動信号によって駆動しているため、出力端 2 2 から出力される出力信号は、電流値が一定の周波数信号となる。発振装置 1 A は、この出力信号を所定周波数を有する周波数信号として出力する。

【 0 0 8 5 】

一方、発振回路 3 の利得可変増幅器 3 c と圧電素子 2 との間のノードには駆動信号スイッチ回路 1 1 を介して検出端 2 1 が接続され、圧電素子 2 を駆動する駆動信号が外部に出力される。この駆動信号は、発振回路 3 が定電流制御していることから、圧電素子 2 に印加される電圧情報を含んでいる。

【 0 0 8 6 】

発振装置 1 A は、駆動信号スイッチ回路 1 1 のオンオフ状態にかかわらず、常に出力端 2 2 から所定周波数の出力信号を出力する。一方、圧電素子 2 の等価定数の直列抵抗値を測定する場合には、駆動信号スイッチ回路 1 1 をオン状態として、検出端 2 1 から駆動信号を取り出し、圧電素子 2 に印加される電圧情報を取得する。

【 0 0 8 7 】

図 4 において、発振装置 1 B は、前記した発振装置 1 A と同様に、駆動信号スイッチ回路 1 1 を、排他的に動作する第 1 のスイッチ回路 1 1 a と第 2 のスイッチ回路 1 1 b とで構成し、発振装置 1 A と同様に動作する。ここでの動作の説明は省略する。

【 0 0 8 8 】

第 1 のスイッチ回路 1 1 a は検出端 2 1 と発振回路 3 の閉回路 4 との間に接続され、第 2 のスイッチ回路 1 1 b は検出端 2 1 とグラウンド等の一定電位との間に接続される。第 1 のスイッチ回路 1 1 a と第 2 のスイッチ回路 1 1 b とは排他的に動作し、第 1 のスイッチ回路 1 1 a がオン状態の場合には第 2 のスイッチ回路 1 1 b はオフ状態となり、逆に、第 1 のスイッチ回路 1 1 a がオフ状態の場合には第 2 のスイッチ回路 1 1 b はオン状態となる。

【 0 0 8 9 】

第 1 のスイッチ回路 1 1 a がオン状態、第 2 のスイッチ回路 1 1 b がオフ状態の場合には、発振回路 3 の閉回路 4 は検出端 2 1 と電氣的に接続され、検出端 2 1 は閉回路 4 の駆

10

20

30

40

50

動電流を出力する。一方、第1のスイッチ回路11aがオフ状態、第2のスイッチ回路11bがオン状態の場合には、発振回路3の閉回路4は検出端21から電氣的に絶縁され、検出端21はグラウンド等の一定電位に固定される。検出端21を一定電位とすることによるシールド効果は、外部から発振装置内へのノイズの浸入を防ぐ。

【0090】

図5において、発振装置1Cは、前記した発振装置1A、1Bと同様に、圧電素子2とこの圧電素子2を発振駆動する発振回路3を備える。発振回路3は、前記した発振装置1A、1Bと同様の構成とすることができるため、ここでの説明を省略する。なお、発振装置1Cでは、回路電流/電圧変換回路3aと出力端22との間には発振出力信号スイッチ回路12が接続され、発振出力信号スイッチ回路12がオン状態のときに、電流/電圧変換回路3aで電圧に変換した電流信号を出力信号として出力端22から出力する。発振装置1Cは、この出力信号を所定周波数を有する周波数信号として出力する。

10

【0091】

一方、発振回路3の利得可変増幅器3cと圧電素子2との間のノードには駆動信号スイッチ回路11を介して出力端22に接続され、この出力端22から圧電素子2を駆動する駆動信号が外部に出力される。この駆動信号スイッチ回路11を通して得られる駆動信号は、発振回路3が定電流制御していることから、圧電素子2に印加される電圧情報を含んでいる。

【0092】

発振装置1Cは、発振回路3から外部へ信号を出力する端子として一つの出力端22のみを有する構成であるため、駆動信号スイッチ回路11と発振出力信号スイッチ回路12とを排他的に駆動し、何れか一方のスイッチ回路のみをオン状態し、他方のスイッチ回路をオフ状態とすることによって、出力端22から出力信号あるいは駆動信号の何れか一方のみを出力する。

20

【0093】

発振出力信号スイッチ回路12をオン状態とし、駆動信号スイッチ回路11をオフ状態とした場合には、出力端22からは所定周波数の出力信号が出力され、逆に、発振出力信号スイッチ回路12をオフ状態とし、駆動信号スイッチ回路11をオン状態とした場合には、出力端22からは駆動信号が出力される。

【0094】

したがって、圧電素子2の等価定数の直列抵抗値を測定する場合には、駆動信号スイッチ回路11をオン状態とし、発振出力信号スイッチ回路12をオフ状態とすることで、出力端22から駆動信号を取り出し、圧電素子2に印加される電圧情報を取得する。

30

【0095】

図3～図5に示す回路構成においては、発振回路は定電流制御であるため、駆動信号の電圧情報と定電流制御による電流情報とに基づいて、電流/電圧関係から圧電素子2の等価定数の直列抵抗値を求めることができる。なお、圧電素子の電流情報は、発振回路3の定電流制御において設定された電流値を用いる他、出力端22から出力される出力信号から得られる電流値を用いてもよい。

【0096】

次に、電圧制御を行う発振回路を備える発振装置の構成例について図6～図8を用いて説明する。なお、図6は前記した図1(a)に示した形態に対応し、出力端と検出端を備えた構成例であり、図7は前記した図1(b)に示した形態に対応し、検出端に接続する駆動信号スイッチ回路を第1のスイッチ回路と第2のスイッチ回路とで構成する例であり、図8は前記した図1(c)に示した形態に対応し、出力端のみを備えた構成例である。

40

【0097】

図6において、発振装置1Dは、圧電素子2とこの圧電素子2を発振駆動する発振回路3を備える。発振回路3は、圧電素子2の一方の駆動電極の出力電流を交流電圧に変換する電流/電圧変換回路3a、変換した交流電圧の高周波分を除去するローパスフィルタ(LPF)3b、交流電圧の利得を調整して発振駆動のための駆動信号を形成する利得可変

50

増幅器 3 c を備え、利得可変増幅器 3 c の出力電圧を圧電素子の駆動信号として、圧電素子 2 の他方の駆動電極に供給することで閉回路 4 を形成する。

【 0 0 9 8 】

利得可変増幅器 3 c は、自動利得制御回路 (A G C 回路) によって利得の調整が行われる。ここで、自動利得制御回路 (A G C 回路) は定電圧制御を行い、圧電素子 2 の駆動信号の電圧が一定電圧となるように利得可変増幅器 3 c を制御する。自動利得制御回路 (A G C 回路) は、例えば、利得可変増幅器 3 c の出力信号を整流する整流回路 3 d、一定電圧の電圧値に相当する基準信号 3 e、整流回路 3 d の出力信号と基準信号 3 e とを比較する比較回路 3 f を備え、出力信号と基準信号 3 e との差分信号を用いて利得可変増幅器 3 c の利得を調整する。

10

【 0 0 9 9 】

なお、閉回路 4 は、例えば電流 / 電圧変換回路 3 a と L P F 3 b の間や利得可変増幅器 3 c と圧電素子 2 の駆動電極との間にバッファ増幅器を備えてもよい。

【 0 1 0 0 】

発振装置 1 D の発振回路 3 は、発振回路 3 の利得可変増幅器 3 c と圧電素子 2 との間のノードには出力端 2 2 が接続され、利得可変増幅器 3 c の電圧信号を出力信号として出力端 2 2 から出力する。発振回路 3 は、前述したように圧電素子 2 を定電圧制御した駆動信号によって駆動しているため、出力端 2 2 から出力される出力信号は、電圧値が一定の周波数信号となる。発振装置 1 D は、この出力信号を所定周波数を有する周波数信号として出力する。

20

【 0 1 0 1 】

一方、電流 / 電圧変換回路 3 a と L P F 3 b との間のノードには駆動信号スイッチ回路 1 1 を介して検出端 2 1 が接続され、圧電素子 2 を駆動する駆動信号が外部に出力される。この駆動信号は、発振回路 3 が定電圧制御していることから、圧電素子 2 から出力される電流情報を含んでいる。

【 0 1 0 2 】

発振装置 1 D は、駆動信号スイッチ回路 1 1 のオンオフ状態にかかわらず、常に出力端 2 2 から所定周波数の出力信号を出力する。一方、圧電素子 2 の等価定数の直列抵抗値を測定する場合には、駆動信号スイッチ回路 1 1 をオン状態として、検出端 2 1 から駆動信号を取り出し、圧電素子 2 から出力される電流情報を取得する。

30

【 0 1 0 3 】

図 7 において、発振装置 1 E は、前記した発振装置 1 D と同様に、駆動信号スイッチ回路 1 1 を、排他的に動作する第 1 のスイッチ回路 1 1 a と第 2 のスイッチ回路 1 1 b とで構成し、発振装置 1 D と同様に動作する。ここでの動作の説明は省略する。

【 0 1 0 4 】

第 1 のスイッチ回路 1 1 a は検出端 2 1 と電流 / 電圧変換回路 3 a との間に接続され、第 2 のスイッチ回路 1 1 b は検出端 2 1 とグラウンド等の一定電位との間に接続される。第 1 のスイッチ回路 1 1 a と第 2 のスイッチ回路 1 1 b とは排他的に動作し、第 1 のスイッチ回路 1 1 a がオン状態の場合には第 2 のスイッチ回路 1 1 b はオフ状態となり、逆に、第 1 のスイッチ回路 1 1 a がオフ状態の場合には第 2 のスイッチ回路 1 1 b はオン状態となる。

40

【 0 1 0 5 】

第 1 のスイッチ回路 1 1 a がオン状態、第 2 のスイッチ回路 1 1 b がオフ状態の場合には、電流 / 電圧変換回路 3 a は検出端 2 1 と電氣的に接続され、検出端 2 1 は電流・電圧変換出力 V I V を出力する。一方、第 1 のスイッチ回路 1 1 a がオフ状態、第 2 のスイッチ回路 1 1 b がオン状態の場合には、電流 / 電圧変換回路 3 a は検出端 2 1 から電氣的に絶縁され、検出端 2 1 はグラウンド等の一定電位に固定される。検出端 2 1 を一定電位とすることによるシールド効果は、外部から発振装置内へのノイズの浸入を防ぐ。

【 0 1 0 6 】

図 8 において、発振装置 1 F は、前記した発振装置 1 D , 1 E と同様に、圧電素子 2 と

50

この圧電素子 2 を発振駆動する発振回路 3 を備える。発振回路 3 は、前記した発振装置 1 D, 1 E と同様の構成とすることができるため、ここでの説明を省略する。なお、発振装置 1 F では、発振回路 3 の利得可変増幅器 3 c と圧電素子 2 との間のノードには発振出力信号スイッチ回路 1 2 を介して出力端 2 2 が接続され、この出力端 2 2 から出力信号が外部に出力される。発振装置 1 F は、この出力信号を所定周波数を有する周波数信号として出力する。

【 0 1 0 7 】

一方、電流 / 電圧変換回路 3 a と出力端 2 2 との間には駆動信号スイッチ回路 1 1 が接続され、駆動信号スイッチ回路 1 1 がオン状態のときに、電流 / 電圧変換回路 3 a で電圧に変換した電流信号を駆動信号として出力端 2 2 から出力する。

10

【 0 1 0 8 】

この駆動信号スイッチ回路 1 1 を通して得られる駆動信号は、発振回路 3 が定電圧制御していることから、圧電素子 2 から出力される電流情報を含んでいる。

【 0 1 0 9 】

発振装置 1 F は、発振回路から外部へ信号を出力する端子として一つの出力端 2 2 のみを有する構成であるため、駆動信号スイッチ回路 1 1 と発振出力信号スイッチ回路 1 2 とを排他的に駆動し、何れか一方のスイッチ回路のみをオン状態とし、他方のスイッチ回路をオフ状態とすることによって、出力端 2 2 から出力信号あるいは駆動信号の何れか一方のみを出力する。

20

【 0 1 1 0 】

駆動信号スイッチ回路 1 1 をオフ状態とし、発振出力信号スイッチ回路 1 2 をオン状態とした場合には、出力端 2 2 からは所定周波数の出力信号が出力され、逆に、駆動信号スイッチ回路 1 1 をオン状態とし、発振出力信号スイッチ回路 1 2 をオフ状態とした場合には、出力端 2 2 からは駆動信号が出力される。

【 0 1 1 1 】

したがって、圧電素子 2 の等価定数の直列抵抗値を測定する場合には、駆動信号スイッチ回路 1 1 をオン状態とし、発振出力信号スイッチ回路 1 2 をオフ状態とすることで、出力端 2 2 から駆動信号を取り出し、圧電素子 2 から出力される電流情報を取得する。

【 0 1 1 2 】

図 6 ~ 図 8 に示す発振装置 1 D, 1 E, 1 F の構成においては、発振回路は定電圧制御であるため、駆動信号の電流情報と定電圧制御による電圧情報とに基づいて、電流 / 電圧関係から圧電素子 2 の等価定数の直列抵抗値を求めることができる。なお、圧電素子の電圧情報は、発振回路 3 の定電圧制御において設定された電圧値を用いる他、出力端 2 2 から出力される出力信号から得られる電圧値を用いてもよい。

30

【 0 1 1 3 】

図 9 は、上記した各発振装置 1 A ~ 1 F が備える自動利得制御回路の一回路構成を説明するための図である。図 9 において、自動利得制御回路は、交流の出力電圧を増幅する非反転増幅器、非反転増幅器の出力電圧を直流電流に変換する整流回路 3 d、電源電圧変動や温度変化にかかわらず一定の基準電流を出力する基準電源回路 3 e、基準電流との電流差に基づく制御電圧を利得可変増幅器 3 c に供給する比較回路 3 f とによって構成される。

40

【 0 1 1 4 】

本発明の発振装置は、圧電素子の等価定数の直列抵抗値を測定する時と、圧電素子を発振動作させて発振出力を得る時とにおいて、各動作時における信号の大きさを異ならせ、測定時の信号の大きさを定常発振時の信号の大きさよりも小さく設定する。この設定によって、圧電素子の等価定数の直列抵抗値の測定時間を短縮する。

【 0 1 1 5 】

圧電素子を定電圧制御する場合には、圧電素子の等価定数の直列抵抗値の測定時における出力電圧の電圧値を、圧電素子の発振動作時の出力電圧の電圧値よりも小さい値に設定する。また、圧電素子を定電流制御する場合には、圧電素子の等価定数の直列抵抗値の測

50

定時における出力電流の電流値を、圧電素子の発振動作時の出力電流の電流値よりも小さい値に設定する。

【 0 1 1 6 】

上記設定について、図 1 0 の信号図および図 1 1 の回路構成を用いて設定する。図 9 に示す自動利得制御回路において、自動利得制御は、整流回路 3 d で整流された出力電流 I_s と、基準電源回路 3 e で生成した基準電流 I_{ref} との電流差を比較回路 3 f で求め、この電流差を利得可変増幅器 3 c に供給することで行っている。

【 0 1 1 7 】

ここで、自動利得制御回路で定められる電流 I_s はこの基準電流 I_{ref} に応じて変化する。図 1 0 の信号図は、自動利得制御回路において、電源電圧を印加してから電流 I_s が安定する状態の変化を示し、図 1 0 (a) は電源電圧、図 1 0 (b) は定常発振時における電流変化を示し、図 1 0 (c) は測定時における電流変化を示している。

10

【 0 1 1 8 】

図 1 0 (b)、(c) において、出力電流 I_s は電源電圧が印加されてから、圧電素子の Q 値などから決まる所定の時定数に従って増加し、比較回路 3 f において基準電流 I_{ref} に達した時点で電流の増加を停止することで、出力電流 I_s の大きさを基準電流 I_{ref} に一致させている。

【 0 1 1 9 】

図 1 0 (b) に示す、定常発振時における電流変化では、出力電流 I_s が基準電流 I_{ref1} に達するまで増加し、基準電流 I_{ref1} に達した時点でその電流値に保持される。図 1 0 (b) において、駆動電圧を印加してから基準電流 I_{ref1} に達するまでに要する時間は t_1 で表される。

20

【 0 1 2 0 】

また、図 1 0 (c) に示す、測定時における電流変化では、出力電流 I_s が基準電流 I_{ref2} に達するまで増加し、基準電流 I_{ref2} に達した時点でその電流値に保持される。図 1 0 (c) において、駆動電圧を印加してから基準電流 I_{ref2} に達するまでに要する時間は t_2 で表される。

【 0 1 2 1 】

ここで、測定時における基準電流 I_{ref2} の大きさを、定常発振時における基準電流 I_{ref1} の大きさよりも小さく設定することによって、測定時において安定するまでに要する時間 t_2 を定常発振時において安定するまでに要する時間 t_1 よりも短くすることができる。これによって、定常発振時に使用する基準電流 I_{ref1} を用いて測定動作を行う場合と比較して、 $t (= t_1 - t_2)$ だけ測定に要する時間を短縮することができる。

30

【 0 1 2 2 】

図 1 1 は自動利得制御回路の他の構成例であって基準電流の切り換えを行うことができる構成例を示している。この自動利得制御回路では、基準電源回路 3 e は、抵抗 R_2 とスイッチ SW の直列接続と抵抗 R_1 とを並列接続したものに、基準電圧 V_{ref} を接続した構成である。

【 0 1 2 3 】

この構成によれば、スイッチ SW をオン状態とした場合には、 $2 (GND - V_{ref}) / R_1$ ($R_1 = R_2$ のとき) により定まる基準電流 I_{ref1} が得られ、また、スイッチ SW をオフ状態とした場合には、 $(GND - V_{ref}) / R_1$ により定まる基準電流 I_{ref2} が得られる。ここで、基準電流 I_{ref2} は基準電流 I_{ref1} よりも小電流となる。

40

【 0 1 2 4 】

なお、 R_1 、 R_2 は、基準電流 I_{ref1} および基準電流 I_{ref2} の電流値を定めるものであって、出力電流 I_{s1} および I_{s2} に応じて定めることができる。

【 0 1 2 5 】

次に、図 1 2 ~ 図 1 5 を用いて、圧電素子の等価定数の直列抵抗値の検査測定時において、圧電素子の発振周波数を、圧電素子の発振動作時に用いる発振周波数よりも圧電素子の直列共振周波数に近い値を用いることによって、圧電素子の等価定数の直列抵抗値を高

50

い測定精度で得る態様について説明する。

【 0 1 2 6 】

図 1 2 は圧電素子のインピーダンスと位相の周波数特性を説明するための図であり、図 1 3 は圧電素子と発振回路による発振条件を説明するための図であり、図 1 4 は発振回路側の周波数を切り換える回路例を説明するための図であり、図 1 5 は発振回路側の周波数切換回路の周波数特性を説明するための図である。

【 0 1 2 7 】

圧電素子は直列共振周波数で発振させた場合には、高い Q 値が得られ、大きな振幅が得られるが、通常、発振装置の発振回路は、圧電素子の直列共振周波数からずれた周波数で発振するように励振振動させている。これは、発振回路の周波数特性が温度等の環境変化によりずれた場合であっても、発振条件である位相条件を満足するように、発振回路の周波数特性の変動分に対応して余裕（マージン分）を持たせているからである。

10

【 0 1 2 8 】

図 1 2 は圧電素子の周波数特性を示し、図 1 2 (a) はインピーダンスの周波数特性を示し、図 1 2 (b) は位相の周波数特性を示している。

【 0 1 2 9 】

発振するための条件として位相遅れ（+側）であるという位相条件がある。発振回路は、この位相条件を満たす範囲内で周波数を定める必要があり、この位相条件からはずれた場合には発振が不能となる。一方、直列共振点の周波数で発振されることで大きな振幅を得ることができるが、この直列共振点の位相特性は位相進みと位相遅れの境界にあるため、発振回路の周波数特性が温度などの環境条件によって変動した場合には、位相条件を満たさなくなって、発振動作が不能となるおそれがある。そこで、通常、定常の発振動作では発振回路の周波数特性の変動が生じた場合であっても安定して発振が継続するように、圧電素子の発振周波数は、直列共振点の周波数から所定の大きさのマージン分だけ周波数をずらせて設定している。図 1 2 (a) の “ f1 ” はこの定常時の発振周波数を示している。

20

【 0 1 3 0 】

圧電素子の検査において、圧電素子の等価定数の直列抵抗値の測定では、圧電素子の直列共振周波数に近い値ほどその測定で得られる圧電素子の等価定数の直列抵抗値の測定誤差が小さくなり、直列抵抗値から求められる C I 値の測定精度が高くなる。

30

【 0 1 3 1 】

この圧電素子の等価定数の直列抵抗値の測定において、圧電素子の定常発振に使用する発振周波数を使用した場合には、発振周波数は直列共振点の周波数からマージン分だけずれた周波数であるため、高い測定精度を得ることができない。

【 0 1 3 2 】

そこで、本発明の圧電素子の検出方法の態様では、定常発振に用いる発振周波数よりも、圧電素子の直列共振周波数に近い値を用い、これによって高い測定精度を得る。図 1 2 (a) の “ f2 ” はこの測定時の発振周波数を示している。

【 0 1 3 3 】

測定時においては、発振動作時と比較して一定の温度であるため、温度等の環境条件を発振動作時よりも緩く設定しても測定への支障は少ない。

40

【 0 1 3 4 】

圧電素子の発振周波数は、圧電素子と接続して閉回路を形成する発振回路の周波数特性で定めることができる。図 1 3 は、圧電素子と発振回路とで形成される閉回路における発振条件を説明する図である。

【 0 1 3 5 】

図 1 3 (a) において、圧電素子と発振回路で形成される閉回路全体の発振条件として利得条件と位相条件とがある。利得条件は、発振回路の増幅率 A と圧電素子での減衰率との積 “ $A \cdot$ ” が 1 以上であるという “ $A \cdot$ 1 ” を満たすことであり、位相条件は発振回路の位相 θ_1 と圧電素子の位相 θ_2 との和 $\theta_1 + \theta_2$ が 2π の整数倍であるという “ $\theta_1 + \theta_2 = 2\pi n$ ” を満たすことであり、

50

$= 2n$) ” であるという条件である。ここで、 n は整数である。

【 0 1 3 6 】

図 1 3 (b) は、定常発振動作における閉回路全体の発振例を示している。定常発振動作では、例えば、圧電素子の位相を位相遅れ 80° となるように設定することによって、発振周波数を直列共振点からずれた周波数 f_1 に設定する。

【 0 1 3 7 】

この圧電素子の位相遅れは、圧電素子と発振回路で形成される閉回路全体の位相条件を満たすように、発振回路の周波数特性を設定することで定めることができる。例えば、発振回路の位相 ϕ_1 を 280° となるように発振させることで、圧電素子の位相 ϕ_2 を 80° とすることができる。

10

【 0 1 3 8 】

また、図 1 3 (c) は、圧電素子の検査時における閉回路全体の発振例を示している。検査動作では、例えば、圧電素子の位相を、位相遅れ 10° となるように設定することによって、発振周波数を直列共振点に近い周波数 f_2 に設定する。なお、周波数 $f_2 < \text{周波数 } f_1$ の関係とする。

【 0 1 3 9 】

この圧電素子の位相遅れは、圧電素子と発振回路で形成される閉回路全体の位相条件を満たすように、発振回路の周波数特性を設定することで定めることができ、例えば、発振回路の位相 ϕ_1 を 350° となるように発振させることで、圧電素子の位相 ϕ_2 は 10° にすることができる。

20

【 0 1 4 0 】

上記した発振回路の位相の設定は、種々の回路構成を用いて行うことができる。図 1 4 は、前記した発振回路 3 が備える L P F 3 b を用いた例を示している。

【 0 1 4 1 】

図 1 4 は L P F (ローパスフィルタ) を抵抗 R とコンデンサ C の R C 回路で形成した一構成例である。この R C 回路において、スイッチ SW を接続したコンデンサ C_2 と、コンデンサ C_1 との並列接続によってコンデンサ C を構成する。

【 0 1 4 2 】

この回路構成において、スイッチ SW をオフ状態とした場合のカットオフ周波数 f_{c1} は “ $1 / (2 \cdot C_1 \cdot R)$ ” となり、一方、スイッチ SW をオン状態とした場合のカットオフ周波数 f_{c2} は “ $1 / (2 \cdot (C_1 + C_2) \cdot R)$ ” となる。

30

【 0 1 4 3 】

図 1 5 (a) は L P F の利得の周波数特性を示し、図 1 5 (b) は位相の周波数特性を示している。図 1 5 の周波数特性において、実線はスイッチ SW をオフ状態とした場合の周波数特性を示し、破線はスイッチ SW をオン状態とした場合の周波数特性を示している。

【 0 1 4 4 】

図 1 5 (b) に示す位相の周波数特性において、定常発振時においてスイッチ SW をオフ状態とすると、このときの L P F のカットオフ周波数は $f_{c1} = 1 / (2 \cdot C_1 \cdot R)$ となり、このときの位相は ϕ_{c1} となる。一方、検査時においてスイッチ SW をオン状態とすると、このときの L P F のカットオフ周波数は $f_{c2} = 1 / (2 \cdot (C_1 + C_2) \cdot R)$ に下がり、位相は ϕ_{c1} より遅れる。

40

【 0 1 4 5 】

ここで、図 1 2 中の定常発振時の発振周波数 f_1 として、図 1 5 の L P F のカットオフ周波数 f_{c1} を用い、図 1 2 中の検査時の発振周波数 f_2 として、図 1 5 の L P F のカットオフ周波数 f_{c2} を用い、定常発振時における位相 ϕ_1 が 280° となるように L P F のコンデンサ C_1 の値を定めることによって、定常発振時における圧電素子の位相 ϕ_2 を 80° とすることができる。また、検査時における位相 ϕ_1 が 350° となるように L P F のコンデンサ C_1 と C_2 の値を定めることによって、検査振時における圧電素子の位相 ϕ_2 を 10° とすることができる。

50

【 0 1 4 6 】

なお、図 1 4 に示す抵抗 R とコンデンサ C の R C 回路では、理論上最大 9 0 ° までしか位相が遅れないため、実際には多段もしくは 1 8 0 ° 位相が遅れるインバータなどと併用して使う。

【 0 1 4 7 】

上記したように、発振回路中の例えば L P F の周波数特性を調整することによって、定常発振時と検査時とで圧電素子の発振周波数を変え、検査時における圧電素子の発振周波数を圧電素子の直列共振点の近くに設定することができ、これによって、高い測定精度を得ることができる。

【 0 1 4 8 】

次に、図 1 6 ~ 図 2 3 を用いてジャイロ装置の例について説明する。ここでは、ジャイロ装置が備える発振回路は、定電流制御を行う発振装置を備える例について示している。

【 0 1 4 9 】

図 1 6 は、ジャイロ装置 1 0 0 の概略を説明するためのブロック図である。図 1 6 において、ジャイロ装置 1 0 0 は、圧電素子 2 A と圧電素子 2 B を備え、圧電素子 2 A を励振素子として発振回路 3 によって発振装置を構成し、圧電素子 2 B を検出素子として角速度検出を行う。なお、励振素子を所定周波数で振動させることで、検出素子も所定周波数で振動させ、外部の角速度で生じるコリオリ力で変化する検出素子の出力信号を検出することによって、角速度を測定する。なお、ここでは、圧電素子 2 A と発振回路 3 とより構成される発振装置は、前記図 3 ~ 図 5 で説明した定電流制御による発振回路を有する発振装置を用いる。

【 0 1 5 0 】

ジャイロ装置 1 0 0 は、検出素子を構成する圧電素子 2 B の出力信号を検出回路 6 で検出し、この検出回路 6 の出力信号を出力端 2 2 から出力する。検出回路 6 は、発振回路 3 の発振状態と同期をとるために、位相回路 5 によって圧電素子 2 B の出力信号の位相と同期して出力信号を得る。

【 0 1 5 1 】

また、検出回路 6 は、圧電素子やその他の回路素子のばらつき等に基づいて生じる出力信号のずれを補正するために、制御回路 7 および記憶回路 8 を備える。前記した出力信号のずれを補正する補正データを予め求め、この補正データを制御回路 7 に入力するとともに記憶回路 8 に記憶する。

【 0 1 5 2 】

制御回路 7 は、補正データを入力し、あるいは記憶回路 8 に記憶しておいた補正データを読み出し、この補正データに基づいて検出回路 6 が備える増幅回路の利得を調整し、これによって、出力信号の誤差を補正する。

【 0 1 5 3 】

ジャイロ装置 1 0 0 は、励振素子である圧電素子 2 A の等価定数の直列抵抗値を測定するための固有の測定端子を備えておらず、検出素子である圧電素子 2 B から得られる出力信号を外部に出力する出力端 2 2 のみを備える。そのため、圧電素子 2 A の等価定数の直列抵抗値を測定するために用いる圧電素子の駆動信号についても、出力端 2 2 を通して外部に出力する必要がある。

【 0 1 5 4 】

そこで、本発明のジャイロ装置 1 0 0 は、発振装置側の圧電素子 2 A と発振回路 3 との間のノードと出力端 2 2 との間に、駆動信号の出力制御を行う駆動信号スイッチ回路 1 3 を備えると共に、検出回路 6 と出力端 2 2 との間に、出力信号の出力制御を行う検出信号スイッチ回路 1 4 を設け、この駆動信号スイッチ回路 1 3 と検出信号スイッチ回路 1 4 とを排他的にオンオフ制御して、何れか一方のスイッチ回路のみをオン状態とし、他方のスイッチ回路をオフ状態とすることによって、一つの出力端 2 2 から駆動信号と出力信号とを選択的に出力する。

【 0 1 5 5 】

10

20

30

40

50

ジャイロ装置 100 が目的とする機能である角速度検出を行う場合には、駆動信号スイッチ回路 13 をオフ状態とするとともに、検出信号スイッチ回路 14 をオン状態とし、検出回路 6 からの出力信号を出力端 22 から外部に出力する。一方、ジャイロ装置 100 が備える発振装置の圧電素子 2A の等価定数の直列抵抗値を求める場合には、駆動信号スイッチ回路 13 をオン状態とするとともに、検出信号スイッチ回路 14 をオフ状態とし、発振装置の駆動信号を出力端 22 から外部に出力する。

【0156】

上述した駆動信号スイッチ回路 13 と検出信号スイッチ回路 14 の切り替えは、制御回路 7 からの制御信号によって行うことができる。図 16 では、制御回路 7 と駆動信号スイッチ回路 13 との間の NOT 回路を挟んで制御信号を反転させることで、駆動信号スイッチ回路 13 と検出信号スイッチ回路 14 とが排他的に駆動するように構成している。

【0157】

図 17 は、本発明のジャイロ装置 100 が備える、発振回路 3 の構成例およびの検出回路 6 の構成例を説明するための図である。

【0158】

ジャイロ装置 100 が備える発振回路は定電流制御であるため、発振回路 3 の構成は、前記した図 3 ~ 図 5 に示した構成と同様とすることができる。そこで、ここでは、発振回路 3 の構成についての説明は省略する。発振回路 3 の利得可変増幅器 3c と圧電素子 2A との間のノードと出力端 22 との間には、駆動信号スイッチ回路 13 が接続される。

【0159】

また、検出回路 6 は、検出素子である圧電素子 2B からの電流信号を電圧信号に変換する電流 / 電圧変換回路 6a と、位相回路 5 からの信号に基づいて発振回路 3 の駆動信号の位相と同期して検波を行う同期検波回路 6d と、高周波分を除去するローパスフィルタ 6b と、補正データに基づいて利得調整を行う利得可変増幅器 6c とを備え、出力信号を検出信号スイッチ回路 14 を介して出力端 22 に出力する。なお、検出回路 6 は上記の他にバッファ増幅器を備えてもよい。

【0160】

次に、本発明のジャイロ装置において、圧電素子の等価定数の直列抵抗値を測定する手順について、図 18 のフローチャート、図 19 の感度測定における信号関係を説明するための図、図 20 の補正データの概略構成を示す図、図 21 の補正データに含まれる検査ビットを用いた駆動信号の出力を説明するための図を用いて説明する。

【0161】

圧電素子の等価定数の直列抵抗値を測定するには、ジャイロ装置に外力を印加するための駆動装置を用意し、この駆動装置にジャイロ装置をセットする (S1)。この駆動装置は、例えば、回転駆動部によってセットしたジャイロ装置を回転させ、この回転運動によってジャイロ装置が備える圧電素子に外力を印加する (S2)。

【0162】

ジャイロ装置を駆動装置にセットした状態で、ジャイロ装置の電源をオン状態として外力を印加する (S2)。駆動装置によってジャイロ装置に印加する外力を変化させて、そのときの検出出力を測定する (S3)。ここでは、図 19 に示すように、電源をオンとした状態で (図 19 (a))、駆動装置の回転方向を CW 方向から CCW 方向に反転させ (図 19 (b))、このときにセンサ出力を検出する (図 19 (c))。

【0163】

このセンサ出力は、圧電素子やその他の回路素子のばらつきによって、出力信号に相違が生じる。センサ出力としては、回転方向によって出力にばらつきが無いことが望ましいため、このばらつきを補正する補正データを生成し、検出回路 6 の利得可変増幅器 6c の利得を調整する。圧電素子の出力を補正する感度補正データは、例えば、このセンサ出力において出力信号の違いによる出力の差から求めることができる (S4)。

【0164】

この感度補正データの余剰ビットに、駆動信号スイッチ回路および検出信号スイッチ回

10

20

30

40

50

路の切り替え制御を行う検査用の制御データを付加する。図 20 は感度補正データのデータ例である。ここでは、全データ長を 8 ビットとし、この内の 7 ビット分を感度補正データとして、LSB ビットを検査用の制御データ用とする例を示している（図 20 (a)）。なお、感度補正データのビット長は 8 ビットに限られるものではなく、補正精度や利得可変増幅器 6 c の構成等に応じて任意に定めることができる。

【0165】

図 20 (b) は、検査モードを設定するための感度補正データのデータ例であり、LSB ビットに検査用の制御データとして“0”（“ロー”）を設定する。また、図 20 (c) は、通常駆動モードを設定するための感度補正データのデータ例であり、LSB ビットに通常駆動用の制御データとして“1”（“ハイ”）を設定する。ここでは、検査のために、制御データとして“0”（“ロー”）を設定する（S5）。生成した感度補正データを制御回路 7 に入力するとともに、記憶回路 8 に格納する（S6）。

10

【0166】

制御回路 7 は、感度補正データを読み取り、感度補正データ中の検査用の制御データを判定する（S7）。制御データに“1”（“ハイ”）が設定されている場合には、駆動信号スイッチ回路をオフ状態として駆動信号の出力を停止し、検出信号スイッチ回路をオン状態として出力信号を出力端 22 から出力する（S8）。

【0167】

一方、制御データに“0”（“ロー”）が設定されている場合には、駆動信号スイッチ回路をオン状態として駆動信号を出力端 22 から出力し、検出信号スイッチ回路をオフ状態として出力信号の出力を停止する。この態様によって、圧電素子の等価定数の直列抵抗値を求めるための駆動信号を測定することができる（S9）。

20

【0168】

検査状態では、出力端 22 から出力した駆動信号に基づいて、圧電素子の等価定数の直列抵抗値を算出する（S10）。

【0169】

測定が終了した後、感度補正データの検査用の制御ビットを“0”（“ロー”）から“1”（“ハイ”）に書き換えて検査モードを解除する（S11）。この感度補正データの書き換えによって、制御データには“1”（“ハイ”）が設定されるため、駆動信号スイッチ回路をオフ状態として駆動信号の出力を停止し、検出信号スイッチ回路をオン状態として出力信号を出力端 22 から出力する（S12）。このモード状態において、発振回路あるいはジャイロ装置を静止状態とし、ノイズ分を測定する（S13）。その後、消費電流の測定を行う（S14）。

30

【0170】

図 21 に示すジャイロ装置において、図 21 (a) は検査モードにおいて、圧電素子の等価定数の直列抵抗値を測定するための駆動信号を出力する状態を示し、図 21 (b) は通常駆動モードにおいて、出力信号を出力する状態を示している。

【0171】

図 21 (a) では、感度補正データ中の検査用の制御ビットの“0”が設定されているため、これによって、駆動信号スイッチ回路 13 をオン状態とし、検出信号スイッチ回路 14 をオフ状態とする。これによって、出力端 22 からは、圧電素子を駆動する駆動信号が出力される。

40

【0172】

一方、図 21 (b) では、感度補正データ中の検査用の制御ビットの“1”が設定されているため、これによって、駆動信号スイッチ回路 13 はオフ状態となり、検出信号スイッチ回路 14 はオン状態となる。これによって、出力端 22 からは、検出回路からの出力信号が出力される。

【0173】

図 22 は、圧電素子の等価定数の直列抵抗値と、発振装置あるいはジャイロ装置の出力信号の振幅との関係を示している。圧電素子の等価定数の直列抵抗値と出力信号の振幅と

50

の間には所定の関係がある。ここでは直線関係を示しているが、必ずしも直線関係となるものではない。

【 0 1 7 4 】

同一規格の圧電素子であっても、その特性（等価定数の直列抵抗値）は必ずしも同一ではなく、ばらつきを含んでいる。この圧電素子の等価定数の直列抵抗値のばらつきは、出力信号の振幅のばらつきとして表れる。同一規格の発振装置やジャイロ装置では、その出力信号の振幅のばらつきは、所定の幅の範囲内であることが望ましい。

【 0 1 7 5 】

この出力信号の振幅の良否の判定および調整は、振幅自体を求めることに代えて、振幅と所定の関係にある等価定数の直列抵抗値を求めることで行うことができる。図 2 2 では、例えば、等価定数の直列抵抗値が 1 5 0 k から 1 8 0 k の範囲と、出力信号の振幅の望ましい範囲とが対応している。

10

【 0 1 7 6 】

図 2 3 は、発振装置の端子としてパッケージに設ける電極の配置例を示している。図 2 3 (a) は、前記した図 1 (a) の構成に対応し、出力端と検出端とが別電極により設けられる構成を示している。

【 0 1 7 7 】

一方、図 2 3 (b) は、前記した図 1 (c) の構成に対応し、出力端と検出端とが同じ電極により設けられる構成を示している。

【 産業上の利用可能性 】

20

【 0 1 7 8 】

本発明は、所定周波数の信号を出力する発振装置、角速度を測定するジャイロ装置に適用することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 1 7 9 】

【 図 1 】 本発明の圧電素子における等価定数の直列抵抗値の測定を行う発振装置の態様の概略構成を説明するための図である。

【 図 2 】 本発明の発振装置の出力信号の信号形態を説明するための図である。

【 図 3 】 本発明の発振回路が定電流制御を行う発振装置の構成例を示す図である。

【 図 4 】 本発明の発振回路が定電流制御を行う発振装置の構成例を示す図である。

30

【 図 5 】 本発明の発振回路が定電流制御を行う発振装置の構成例を示す図である。

【 図 6 】 本発明の発振回路が定電圧制御を行う発振装置の構成例を示す図である。

【 図 7 】 本発明の発振回路が定電圧制御を行う発振装置の構成例を示す図である。

【 図 8 】 本発明の発振回路が定電圧制御を行う発振装置の構成例を示す図である。

【 図 9 】 本発明の自動利得制御回路の一構成例を示す図である。

【 図 1 0 】 本発明の自動利得制御回路の信号図である。

【 図 1 1 】 本発明の自動利得制御回路の他の構成例を示す図である。

【 図 1 2 】 本発明の圧電素子のインピーダンスと位相の周波数特性を説明するための図である。

【 図 1 3 】 本発明の圧電素子と発振回路による発振条件を説明するための図である。

40

【 図 1 4 】 本発明の発振回路の周波数特性を切り換える回路例を説明するための図である。

【 図 1 5 】 本発明の発振回路の周波数切換回路の周波数特性を説明するための図である。

【 図 1 6 】 本発明のジャイロ装置の概略を説明するためのブロック図である。

【 図 1 7 】 本発明のジャイロ装置であり、発振回路および検出回路の構成例を説明するための図である。

【 図 1 8 】 本発明の発振装置およびジャイロ装置の圧電素子の等価定数の直列抵抗値を測定する手順を説明するためのフローチャートである。

【 図 1 9 】 本発明の感度測定における信号関係を説明するための図である。

【 図 2 0 】 本発明の補正データの概略構成を示す図である。

50

【図 2 1】補正データに含まれる検査ビットを用いた駆動信号の出力を説明するための図である。

【図 2 2】圧電素子の等価定数の直列抵抗値と、発振装置あるいはジャイロ装置の駆動信号の振幅との関係を示す図である。

【図 2 3】発振装置の端子としてパッケージに設ける電極の配置例を示す図である。

【図 2 4】圧電素子の等価回路を示す図である。

【図 2 5】圧電素子の直列抵抗値を求める従来構成を接続するための一例である。

【図 2 6】LCRメータによって実測した直列抵抗値（CI値）と発振回路の駆動電圧（Xout）との関係を示す図である。

【符号の説明】

10

【0180】

1, 1A ~ 1F 発振装置

2, 2A, 2B 圧電素子

2a, 2b 脚

3 発振回路

3a 電流/電圧変換回路

3b ローパスフィルタ

3c 利得可変増幅器

3d 整流回路

3e 基準信号

3f 比較回路

4 閉回路

5 位相回路

6 検出回路

6a 電流/電圧変換回路

6b ローパスフィルタ

6c 利得可変増幅器

6d 同期検波回路

7 制御回路

8 記憶回路

11 駆動信号スイッチ回路

11a 第1のスイッチ回路

11b 第2のスイッチ回路

12 発振出力信号スイッチ回路

13 駆動信号スイッチ回路

14 検出信号スイッチ回路

21 検出端

22 出力端

100 ジャイロ装置

101 発振装置

110 ジャイロ装置

120 Xin端子

121 Xout端子

130 発振回路

131 出力端

140 LCRメータ

150 位相回路

160 検出回路

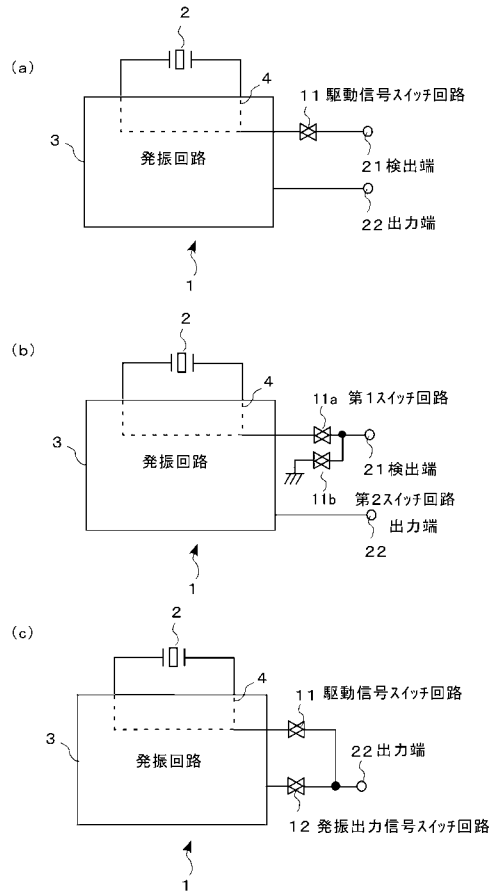
161 出力端

20

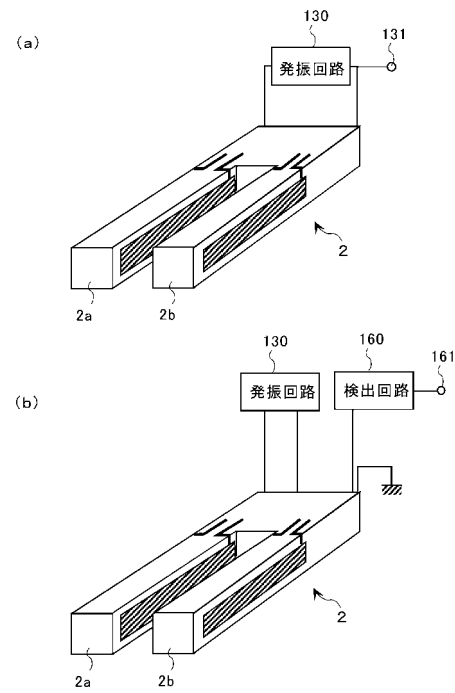
30

40

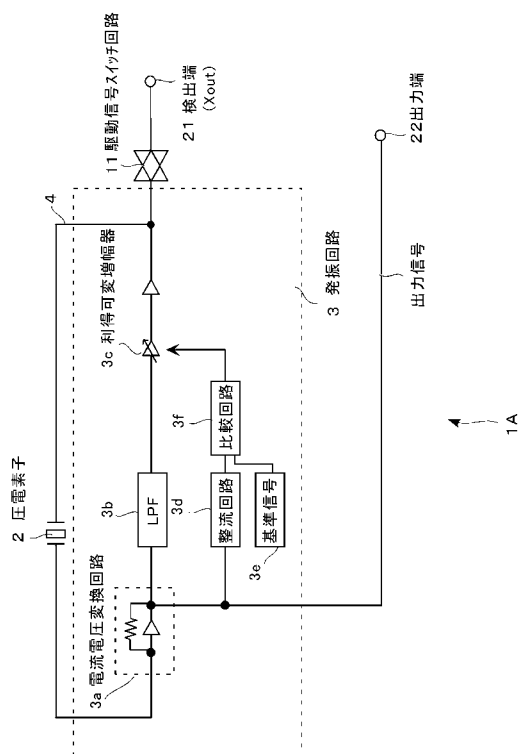
【図 1】



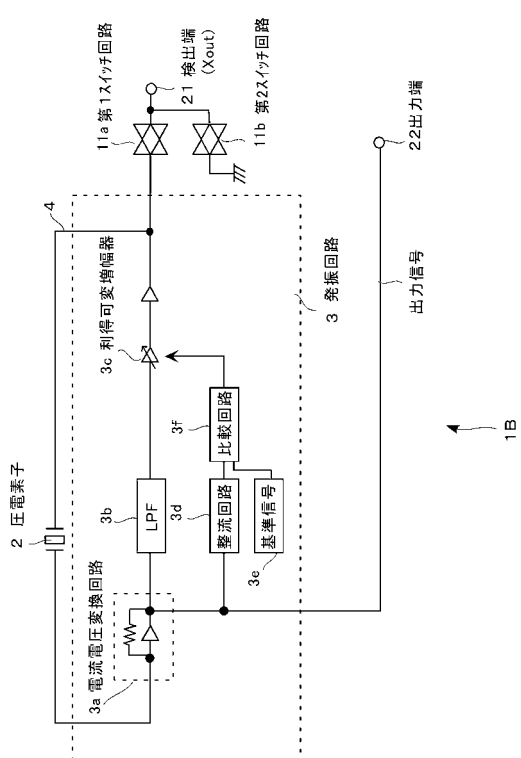
【図 2】



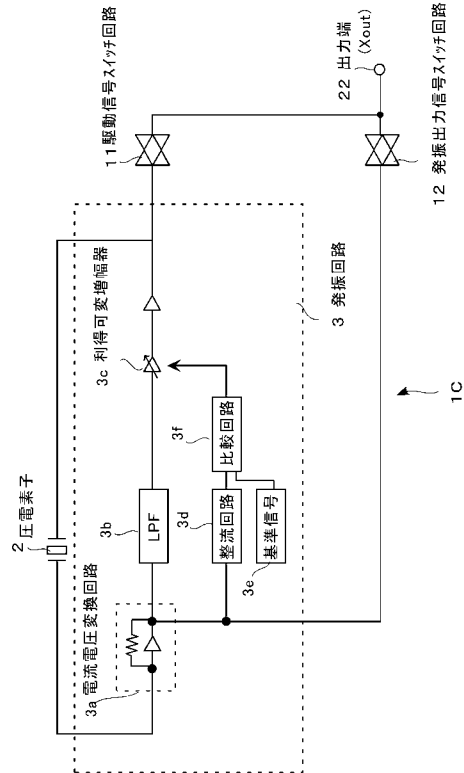
【図 3】



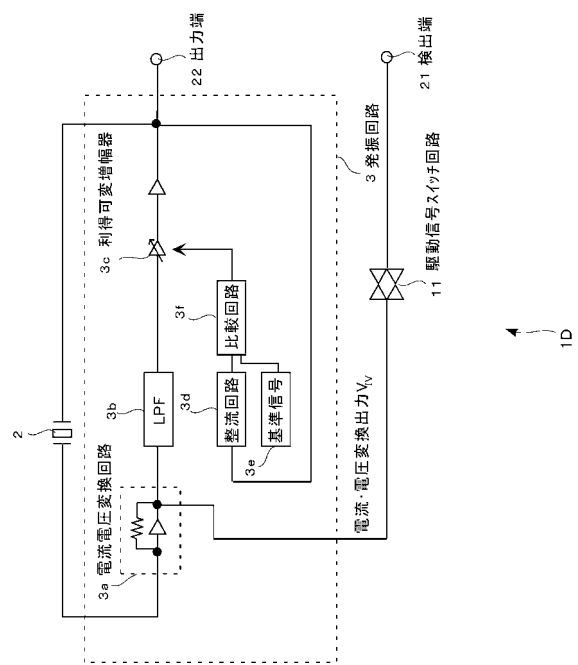
【図 4】



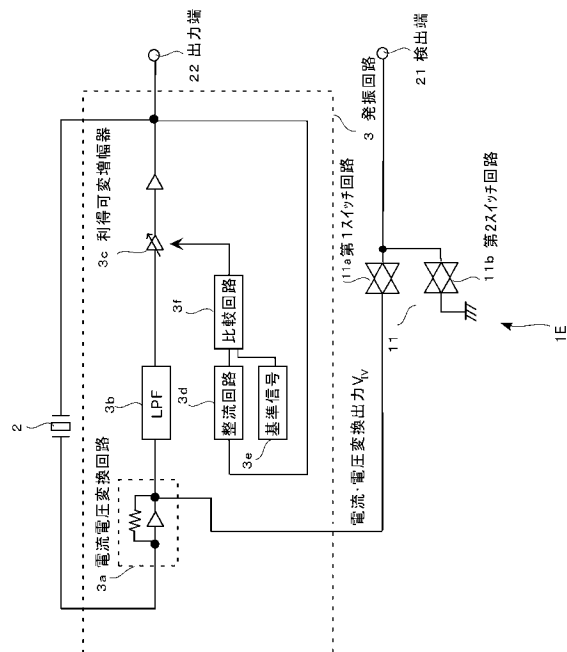
【 図 5 】



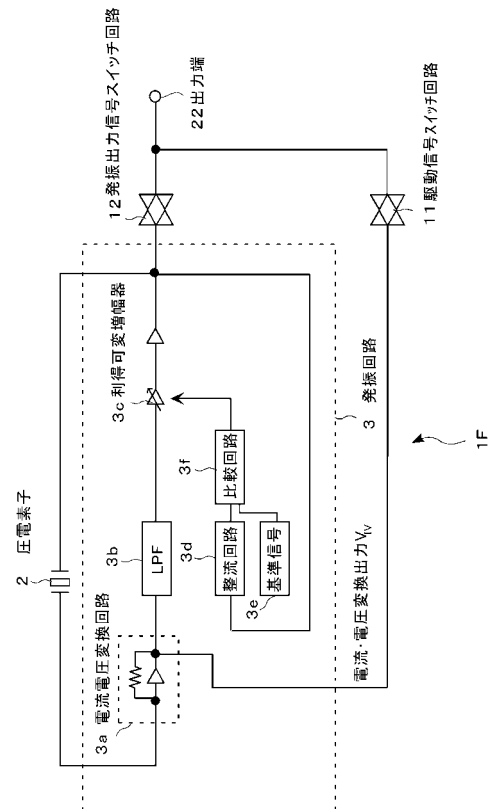
【 図 6 】



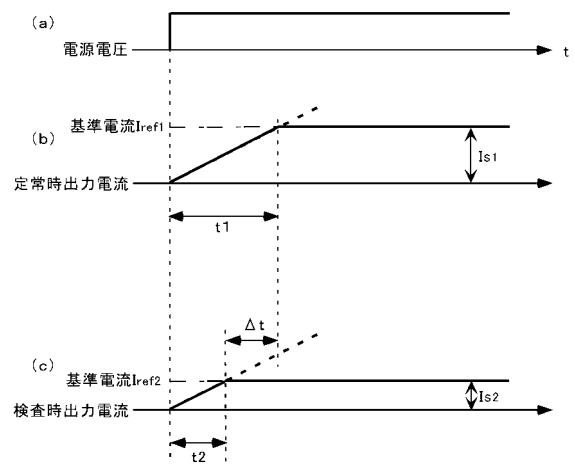
【圖 7】



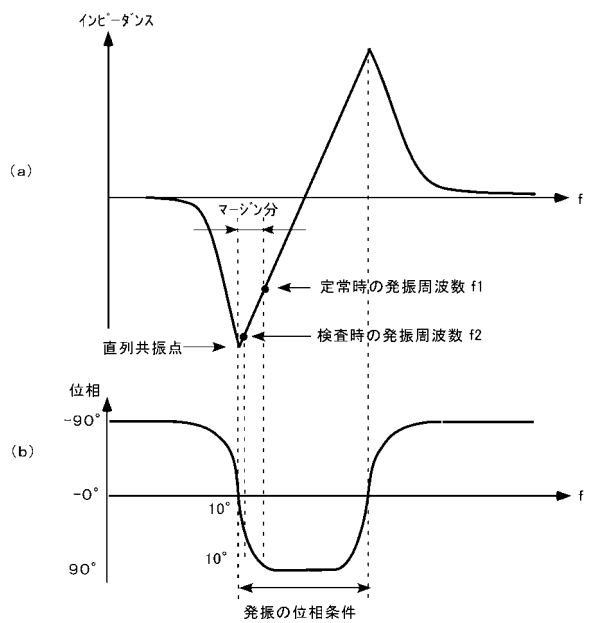
【 図 8 】



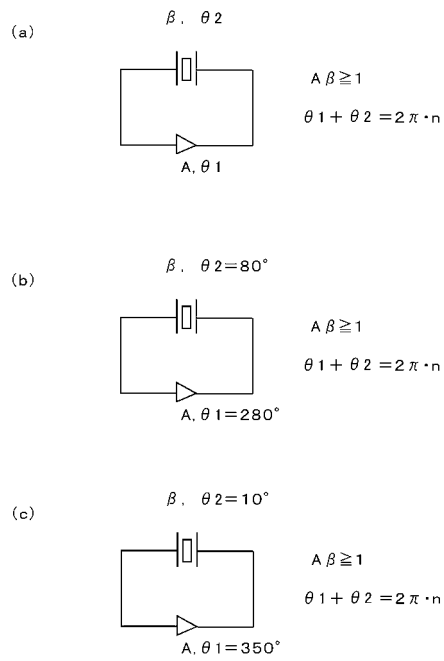
【 図 1 0 】



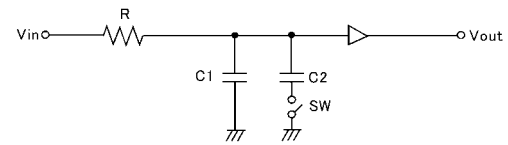
【 図 1 2 】



【図 13】



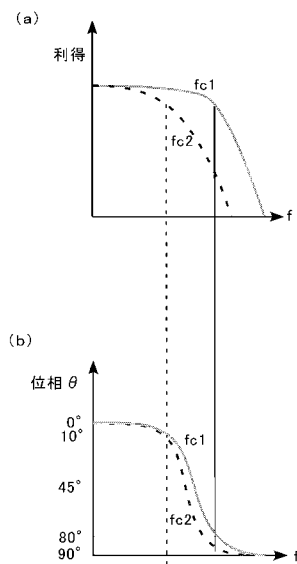
【図 14】



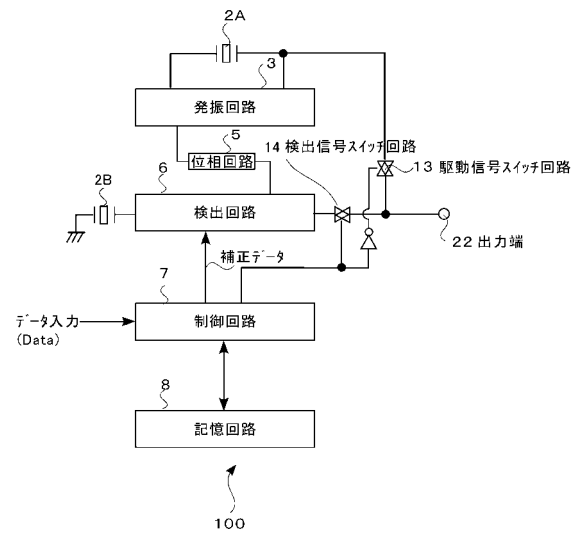
定常時 $f_{c1} = 1 / (2\pi C1R)$

検査時 $f_{c2} = 1 / (2\pi (C1+C2)R)$

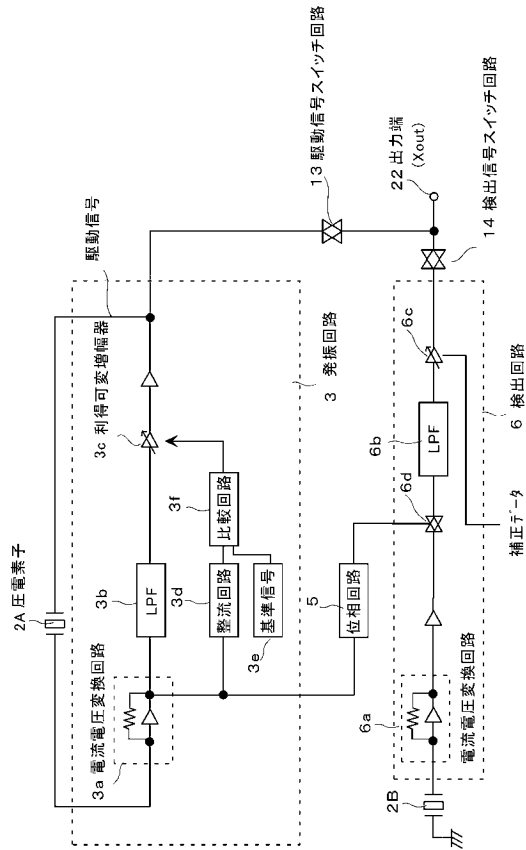
【図 15】



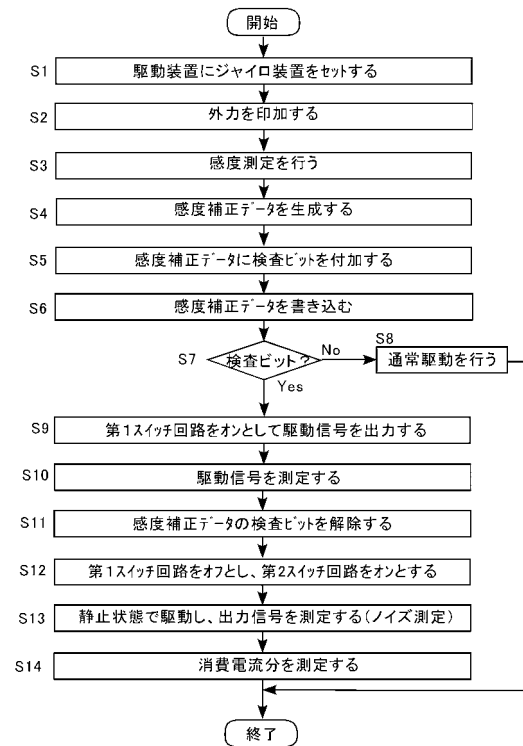
【図 16】



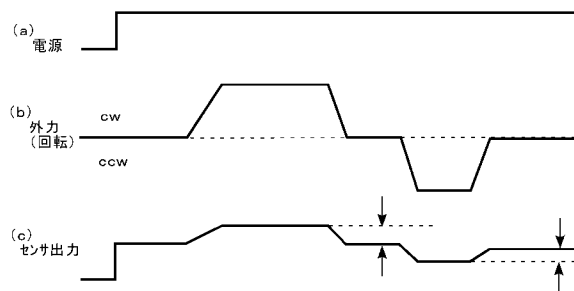
【 図 1 7 】



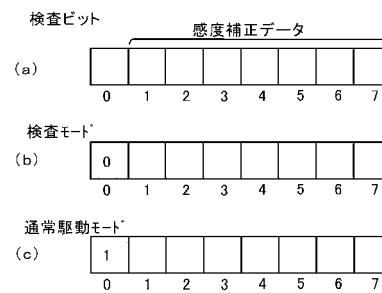
【 図 1 8 】



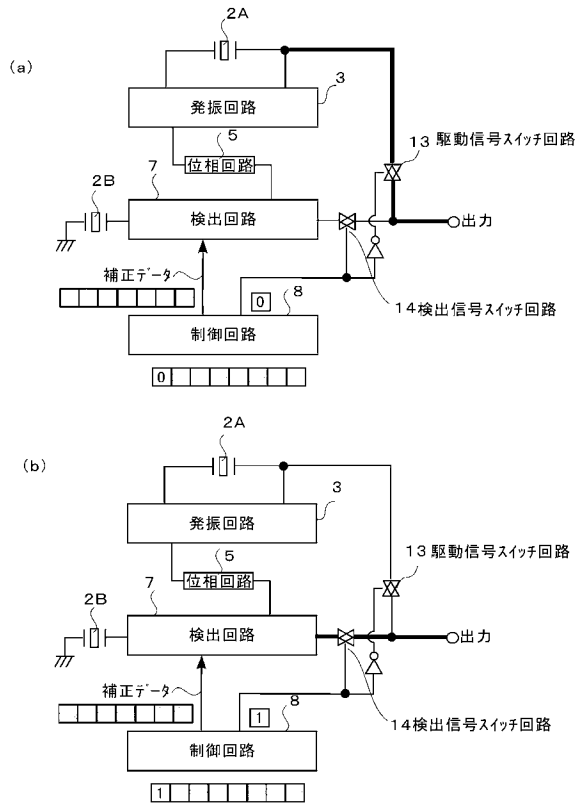
【 圖 1 9 】



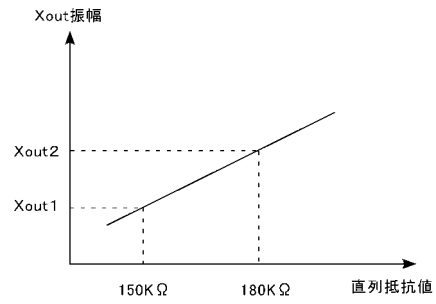
【 図 2 0 】



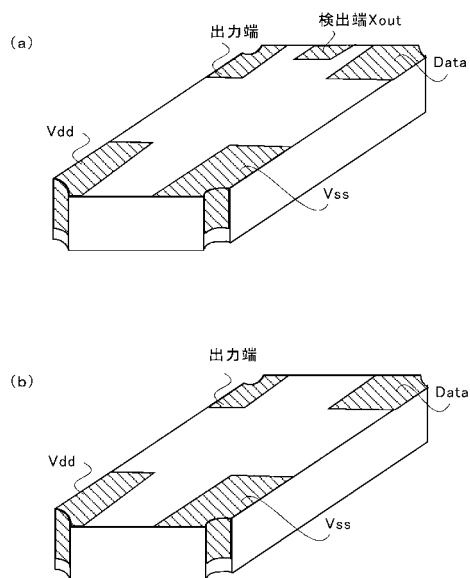
【図 2 1】



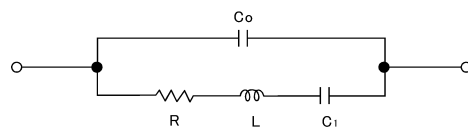
【図 2 2】



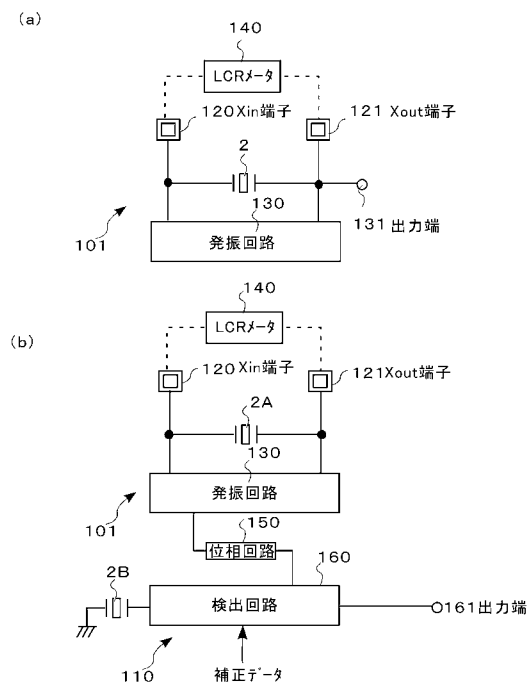
【図 2 3】



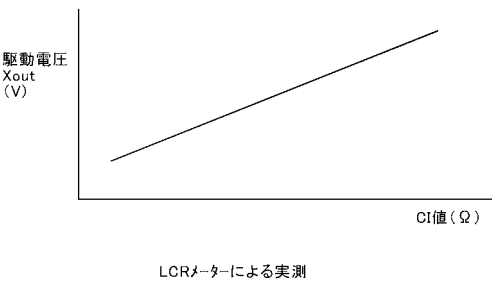
【図 2 4】



【図 2 5】



【図 2 6】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-227234(JP,A)
特開平08-275294(JP,A)
特開平10-339755(JP,A)
特開2002-243451(JP,A)
特開2005-241625(JP,A)
特開2006-025336(JP,A)
特開2001-102870(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01C 19/00 - 19/72
G01R 29/22