

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 登録実用新案公報(U)

(11) 実用新案登録番号
実用新案登録第3159045号
(U3159045)

(45) 発行日 平成22年5月6日(2010.5.6)

(24) 登録日 平成22年4月7日(2010.4.7)

(51) Int.Cl. F 1
GO 1 C 19/56 (2006.01) GO 1 C 19/56
GO 1 P 9/04 (2006.01) GO 1 P 9/04

評価書の請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 34 頁)

(21) 出願番号 実願2010-888 (U2010-888)
 (22) 出願日 平成22年2月15日(2010.2.15)

(出願人による申告) 【国等の委託研究の成果に係る記載事項】平成21年度、経済産業省、地域イノベーション創出研究開発事業、産業技術力強化法第19条の適用を受ける実用新案登録出願

(73) 実用新案権者 390013343
 株式会社ワコー
 埼玉県上尾市菅谷4丁目7番地
 (74) 代理人 100091476
 弁理士 志村 浩
 (72) 考案者 江良 聡
 埼玉県上尾市菅谷4丁目7番地 株式会社ワコー内
 (72) 考案者 岡田 和廣
 埼玉県上尾市菅谷4丁目7番地 株式会社ワコー内

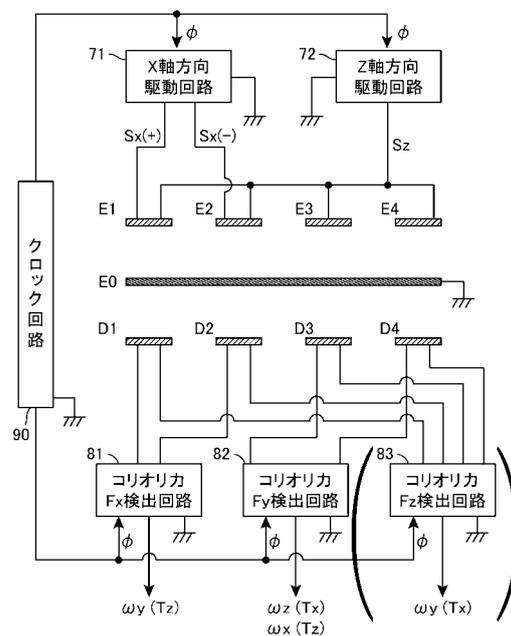
(54) 【考案の名称】 角速度センサ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 3軸まわりの角速度検出のサンプリング周波数を高めることが可能な角速度センサを提供する。

【解決手段】 角度センサは、基本構造体、X軸方向励振手段、角速度検出手段及びX軸方向駆動回路を備える。基本構造体は、振動子と、装置筐体に固定された固定部と、振動子と固定部とを接続する可撓部とを有する。X軸方向励振手段は、振動がX軸方向に振動するように可撓部に撓みを生じさせる。角速度検出手段は、X軸方向に振動している振動子に作用するZ軸方向のコリオリ力を検出し、それに基づいて、角速度を示す電気信号を出力する。X軸方向駆動回路は、X軸方向励振手段に、X軸励振用の交流駆動信号を供給する。

【選択図】 図3



【実用新案登録請求の範囲】

【請求項 1】

X Y Z 三次元直交座標系における Y 軸まわりの角速度 y を検出するための角速度センサであって、

振動子と、装置筐体に固定された固定部と、前記振動子と前記固定部とを接続する可撓部と、を有し、前記可撓部の撓みによって前記振動子が前記固定部に対して変位する構造をなす基本構造体と、

交流駆動信号の供給を受け、前記振動子が X 軸方向に振動するように、前記可撓部の所定箇所に所定の撓みを生じさせる X 軸方向励振手段と、

前記振動子が X 軸方向に振動しているときに、前記振動子に作用する Z 軸方向のコリオリ力を検出し、検出したコリオリ力に基づいて、前記角速度 y を示す電気信号を出力する角速度検出手段と、

前記 X 軸方向励振手段に対して、X 軸励振用の交流駆動信号 S_x を供給する X 軸方向駆動回路と、

を備え、

前記 X 軸方向駆動回路は、角速度検出を行うための所定の検出期間に、前記 X 軸励振用の交流駆動信号 S_x を供給し、励振用の交流駆動信号を供給する期間を先頭区間と後続区間とに分け、前記後続区間の振幅は一定値を維持し、前記先頭区間の振幅もしくは平均振幅は前記後続区間の振幅よりも大きくなり、前記先頭区間の位相の前記後続区間の位相に対する位相差 ϕ が、 $-90^\circ < \phi < +90^\circ$ の範囲内となるように、供給する交流駆動信号の制御を行い、

前記角速度検出手段は、前記検出期間内のうち前記振動子の X 軸方向に関する振幅が安定すると予想される中間期間に検出されたコリオリ力に基づいて、角速度を示す電気信号を出力することを特徴とする角速度センサ。

【請求項 2】

X Y Z 三次元直交座標系における X 軸まわりの角速度 x および Y 軸まわりの角速度 y を検出するための角速度センサであって、

振動子と、装置筐体に固定された固定部と、前記振動子と前記固定部とを接続する可撓部と、を有し、前記可撓部の撓みによって前記振動子が前記固定部に対して変位する構造をなす基本構造体と、

交流駆動信号の供給を受け、前記振動子が Z 軸方向に振動するように、前記可撓部の所定箇所に所定の撓みを生じさせる Z 軸方向励振手段と、

前記振動子が Z 軸方向に振動しているときに、前記振動子に作用する Y 軸方向および X 軸方向のコリオリ力を検出し、検出したコリオリ力に基づいて、前記角速度 x および y を示す電気信号を出力する角速度検出手段と、

前記 Z 軸方向励振手段に対して、Z 軸励振用の交流駆動信号 S_z を供給する Z 軸方向駆動回路と、

を備え、

前記 Z 軸方向駆動回路は、角速度検出を行うための所定の検出期間に、前記 Z 軸励振用の交流駆動信号 S_z を供給し、励振用の交流駆動信号を供給する期間を先頭区間と後続区間とに分け、前記後続区間の振幅は一定値を維持し、前記先頭区間の振幅もしくは平均振幅は前記後続区間の振幅よりも大きくなり、前記先頭区間の位相の前記後続区間の位相に対する位相差 ϕ が、 $-90^\circ < \phi < +90^\circ$ の範囲内となるように、供給する交流駆動信号の制御を行い、

前記角速度検出手段は、前記検出期間内のうち前記振動子の Z 軸方向に関する振幅が安定すると予想される中間期間に検出されたコリオリ力に基づいて、角速度を示す電気信号を出力することを特徴とする角速度センサ。

【請求項 3】

X Y Z 三次元直交座標系における X 軸まわりの角速度 x , Y 軸まわりの角速度 y , Z 軸まわりの角速度 z を検出するための角速度センサであって、

振動子と、装置筐体に固定された固定部と、前記振動子と前記固定部とを接続する可撓部と、を有し、前記可撓部の撓みによって前記振動子が前記固定部に対して変位する構造をなす基本構造体と、

交流駆動信号の供給を受け、前記振動子が X 軸方向に振動するように、前記可撓部の所定箇所に所定の撓みを生じさせる X 軸方向励振手段と、

交流駆動信号の供給を受け、前記振動子が Z 軸方向に振動するように、前記可撓部の所定箇所に所定の撓みを生じさせる Z 軸方向励振手段と、

前記振動子が X 軸もしくは Z 軸方向に振動しているときに、前記振動子に作用する所定座標軸方向のコリオリ力を検出し、検出したコリオリ力に基づいて、前記角速度 x , y , z を示す電気信号を出力する角速度検出手段と、

前記 X 軸方向励振手段に対して、X 軸励振用の交流駆動信号 S_x を供給する X 軸方向駆動回路と、

前記 Z 軸方向励振手段に対して、Z 軸励振用の交流駆動信号 S_z を供給する Z 軸方向駆動回路と、

を備え、

所定の検出周期 T の前半部分に X 軸励振用期間 T_x 、後半部分に Z 軸励振用期間 T_z が設定されており、前記 X 軸方向駆動回路は、前記 X 軸励振用期間 T_x 内に前記 X 軸励振用の交流駆動信号 S_x を供給し、前記 Z 軸方向駆動回路は、前記 Z 軸励振用期間 T_z 内に前記 Z 軸励振用の交流駆動信号 S_z を供給し、

前記 X 軸方向駆動回路および前記 Z 軸方向駆動回路の少なくとも一方は、励振用の交流駆動信号を供給する期間を先頭区間と後続区間とに分け、前記後続区間の振幅は一定値を維持し、前記先頭区間の振幅もしくは平均振幅は前記後続区間の振幅よりも大きくなり、前記先頭区間の位相の前記後続区間の位相に対する位相差 1 が、 $-90^\circ < 1 < +90^\circ$ の範囲内となるように、供給する交流駆動信号の制御を行い、

前記角速度検出手段は、前記 X 軸励振用期間 T_x 内のうち前記振動子の X 軸方向に関する振幅が安定すると予想される中間期間および前記 Z 軸励振用期間 T_z 内のうち前記振動子の Z 軸方向に関する振幅が安定すると予想される中間期間に検出されたコリオリ力に基づいて、角速度を示す電気信号を出力することを特徴とする角速度センサ。

【請求項 4】

X Y Z 三次元直交座標系における X 軸まわりの角速度 x , Y 軸まわりの角速度 y , Z 軸まわりの角速度 z を検出するための角速度センサであって、

振動子と、装置筐体に固定された固定部と、前記振動子と前記固定部とを接続する可撓部と、を有し、前記可撓部の撓みによって前記振動子が前記固定部に対して変位する構造をなす基本構造体と、

交流駆動信号の供給を受け、前記振動子が X 軸方向に振動するように、前記可撓部の所定箇所に所定の撓みを生じさせる X 軸方向励振手段と、

交流駆動信号の供給を受け、前記振動子が Z 軸方向に振動するように、前記可撓部の所定箇所に所定の撓みを生じさせる Z 軸方向励振手段と、

前記振動子が X 軸もしくは Z 軸方向に振動しているときに、前記振動子に作用する所定座標軸方向のコリオリ力を検出し、検出したコリオリ力に基づいて、前記角速度 x , y , z を示す電気信号を出力する角速度検出手段と、

前記 X 軸方向励振手段に対して、X 軸励振用の交流駆動信号 S_x を供給する X 軸方向駆動回路と、

前記 Z 軸方向励振手段に対して、Z 軸励振用の交流駆動信号 S_z を供給する Z 軸方向駆動回路と、

を備え、

所定の検出周期 T の前半部分に X 軸励振用期間 T_x 、後半部分に Z 軸励振用期間 T_z が設定されており、前記 X 軸方向駆動回路は、前記 X 軸励振用期間 T_x 内に前記 X 軸励振用の交流駆動信号 S_x を供給し、前記 Z 軸方向駆動回路は、前記 Z 軸励振用期間 T_z 内に前記 Z 軸励振用の交流駆動信号 S_z を供給し、

10

20

30

40

50

前記 X 軸方向駆動回路および前記 Z 軸方向駆動回路の少なくとも一方は、励振用の交流駆動信号を供給する期間を先頭から順に第 1 区間 U_1 , 第 2 区間 U_2 , 第 3 区間 U_3 の 3 つの区間分け、それぞれ励振用の交流駆動信号 S_1 , S_2 , S_3 を供給し、かつ、これら信号 S_1 , S_2 , S_3 の振幅 A_1 , A_2 , A_3 について、振幅 A_2 は一定値を維持し、振幅 A_1 もしくはその平均値は振幅 A_2 よりも大きくなり、振幅 A_3 もしくはその平均値は振幅 A_2 よりも大きくなり、しかも、これら信号 S_1 , S_2 , S_3 の位相 ϕ_1 , ϕ_2 , ϕ_3 について、位相 ϕ_1 の位相 ϕ_2 に対する位相差 $\Delta\phi_1$ は $-90^\circ < \Delta\phi_1 < +90^\circ$ の範囲内となり、位相 ϕ_3 の位相 ϕ_2 に対する位相差 $\Delta\phi_2$ は $90^\circ < \Delta\phi_2 < 270^\circ$ の範囲内となるように、供給する交流駆動信号の制御を行い、

前記角速度検出手段は、前記 X 軸励振用期間 T_x 内のうち前記振動子の X 軸方向に関する振幅が安定すると予想される中間期間および前記 Z 軸励振用期間 T_z 内のうち前記振動子の Z 軸方向に関する振幅が安定すると予想される中間期間に検出されたコリオリ力に基づいて、角速度を示す電気信号を出力することを特徴とする角速度センサ。

【請求項 5】

X Y Z 三次元直交座標系における X 軸まわりの角速度 ω_x , Y 軸まわりの角速度 ω_y , Z 軸まわりの角速度 ω_z を検出するための角速度センサであって、

振動子と、装置筐体に固定された固定部と、前記振動子と前記固定部とを接続する可撓部と、を有し、前記可撓部の撓みによって前記振動子が前記固定部に対して変位する構造をなす基本構造体と、

交流駆動信号の供給を受け、前記振動子が X 軸方向に振動するように、前記可撓部の所定箇所

に所定の撓みを生じさせる X 軸方向励振手段と、
交流駆動信号の供給を受け、前記振動子が Z 軸方向に振動するように、前記可撓部の所定箇所

に所定の撓みを生じさせる Z 軸方向励振手段と、
前記振動子が X 軸もしくは Z 軸方向に振動しているときに、前記振動子に作用する所定座標軸方向のコリオリ力を検出し、検出したコリオリ力に基づいて、前記角速度 ω_x , ω_y , ω_z を示す電気信号を出力する角速度検出手段と、

前記 X 軸方向励振手段に対して、X 軸励振用の交流駆動信号 S_x を供給する X 軸方向駆動回路と、

前記 Z 軸方向励振手段に対して、Z 軸励振用の交流駆動信号 S_z を供給する Z 軸方向駆動回路と、

を備え、

所定の検出周期 T の前半部分に X 軸励振用期間 T_x 、後半部分に Z 軸励振用期間 T_z が設定されており、

前記 X 軸方向駆動回路は、前記 X 軸励振用期間 T_x 内に先頭から順に設けられた第 1 区間 U_{x1} , 第 2 区間 U_{x2} , 第 3 区間 U_{x3} の 3 つの区間に渡って、それぞれ X 軸励振用の交流駆動信号 S_{x1} , S_{x2} , S_{x3} を供給し、かつ、これら信号 S_{x1} , S_{x2} , S_{x3} の振幅 A_{x1} , A_{x2} , A_{x3} について、振幅 A_{x2} は一定値を維持し、振幅 A_{x1} は振幅 A_{x2} よりも大きくなり、振幅 A_{x3} は振幅 A_{x2} よりも大きくなり、しかも、これら信号 S_{x1} , S_{x2} , S_{x3} の位相 ϕ_{x1} , ϕ_{x2} , ϕ_{x3} について、位相 ϕ_{x1} の位相 ϕ_{x2} に対する位相差 $\Delta\phi_{x1}$ は $-90^\circ < \Delta\phi_{x1} < +90^\circ$ の範囲内となり、位相 ϕ_{x3} の位相 ϕ_{x2} に対する位相差 $\Delta\phi_{x2}$ は $90^\circ < \Delta\phi_{x2} < 270^\circ$ の範囲内となるような制御を行い、

前記 Z 軸方向駆動回路は、前記 Z 軸励振用期間 T_z 内に先頭から順に設けられた第 1 区間 U_{z1} , 第 2 区間 U_{z2} , 第 3 区間 U_{z3} の 3 つの区間に渡って、それぞれ Z 軸励振用の交流駆動信号 S_{z1} , S_{z2} , S_{z3} を供給し、かつ、これら信号 S_{z1} , S_{z2} , S_{z3} の振幅 A_{z1} , A_{z2} , A_{z3} について、振幅 A_{z2} は一定値を維持し、振幅 A_{z1} は振幅 A_{z2} よりも大きくなり、振幅 A_{z3} は振幅 A_{z2} よりも大きくなり、しかも、これら信号 S_{z1} , S_{z2} , S_{z3} の位相 ϕ_{z1} , ϕ_{z2} , ϕ_{z3} について、位相 ϕ_{z1} の位相 ϕ_{z2} に対する位相差 $\Delta\phi_{z1}$ は $-90^\circ < \Delta\phi_{z1} < +90^\circ$ の範囲内となり、位相 ϕ_{z3} の位相 ϕ_{z2} に対する位相差 $\Delta\phi_{z2}$ は $90^\circ < \Delta\phi_{z2} < 270^\circ$ の範囲内となるよう

10

20

30

40

50

な制御を行い、

前記角速度検出手段は、前記 X 軸励振用期間 T_x 内のうち前記振動子の X 軸方向に関する振幅が安定すると予想される中間期間 $T_x/2$ および前記 Z 軸励振用期間 T_z 内のうち前記振動子の Z 軸方向に関する振幅が安定すると予想される中間期間 $T_z/2$ に検出されたコリオリ力に基づいて、角速度を示す電気信号を出力することを特徴とする角速度センサ。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の角速度センサにおいて、

X 軸方向駆動回路が、各信号 S_{x1} , S_{x2} , S_{x3} の振幅 A_{x1} , A_{x2} , A_{x3} が、それぞれ一定値を維持するような制御を行い、

Z 軸方向駆動回路が、各信号 S_{z1} , S_{z2} , S_{z3} の振幅 A_{z1} , A_{z2} , A_{z3} が、それぞれ一定値を維持するような制御を行うことを特徴とする角速度センサ。

10

【請求項 7】

X Y Z 三次元直交座標系における X 軸まわりの角速度 ω_x , Y 軸まわりの角速度 ω_y , Z 軸まわりの角速度 ω_z を検出するための角速度センサであって、

振動子と、装置筐体に固定された固定部と、前記振動子と前記固定部とを接続する可撓部と、を有し、前記可撓部の撓みによって前記振動子が前記固定部に対して変位する構造をなす基本構造体と、

交流駆動信号の供給を受け、前記振動子が X 軸方向に振動するように、前記可撓部の所定箇所に所定の撓みを生じさせる X 軸方向励振手段と、

交流駆動信号の供給を受け、前記振動子が Z 軸方向に振動するように、前記可撓部の所定箇所に所定の撓みを生じさせる Z 軸方向励振手段と、

20

前記振動子が X 軸もしくは Z 軸方向に振動しているときに、前記振動子に作用する所定座標軸方向のコリオリ力を検出し、検出したコリオリ力に基づいて、前記角速度 ω_x , ω_y , ω_z を示す電気信号を出力する角速度検出手段と、

前記 X 軸方向励振手段に対して、X 軸励振用の交流駆動信号 S_x を供給する X 軸方向駆動回路と、

前記 Z 軸方向励振手段に対して、Z 軸励振用の交流駆動信号 S_z を供給する Z 軸方向駆動回路と、

を備え、

所定の検出周期 T の前半部分に X 軸励振用期間 T_x 、後半部分に Z 軸励振用期間 T_z が設定されており、

30

前記 X 軸方向駆動回路は、前記 X 軸励振用期間 T_x 内に先頭から順に設けられた第 1 区間 U_{x1} , 第 2 区間 U_{x2} , 第 3 区間 U_{x3} の 3 つの区間に渡って、それぞれ X 軸励振用の交流駆動信号 S_{x1} , S_{x2} , S_{x3} を供給し、かつ、信号 S_{x2} の振幅 A_{x2} は一定値を維持し、信号 S_{x1} , S_{x2} , S_{x3} の平均振幅をそれぞれ M_{x1} , M_{x2} , M_{x3} としたときに、平均振幅 M_{x1} が平均振幅 M_{x2} よりも大きくなり、平均振幅 M_{x3} が平均振幅 M_{x2} よりも大きくなり、しかも、これら信号 S_{x1} , S_{x2} , S_{x3} の位相 ϕ_{x1} , ϕ_{x2} , ϕ_{x3} について、位相 ϕ_{x1} の位相 ϕ_{x2} に対する位相差 $\Delta\phi_{x1}$ は $-90^\circ < \Delta\phi_{x1} < +90^\circ$ の範囲内となり、位相 ϕ_{x3} の位相 ϕ_{x2} に対する位相差 $\Delta\phi_{x2}$ は $90^\circ < \Delta\phi_{x2} < 270^\circ$ の範囲内となるような制御を行い、

40

前記 Z 軸方向駆動回路は、前記 Z 軸励振用期間 T_z 内に先頭から順に設けられた第 1 区間 U_{z1} , 第 2 区間 U_{z2} , 第 3 区間 U_{z3} の 3 つの区間に渡って、それぞれ Z 軸励振用の交流駆動信号 S_{z1} , S_{z2} , S_{z3} を供給し、かつ、信号 S_{z2} の振幅 A_{z2} は一定値を維持し、信号 S_{z1} , S_{z2} , S_{z3} の平均振幅をそれぞれ M_{z1} , M_{z2} , M_{z3} としたときに、平均振幅 M_{z1} が平均振幅 M_{z2} よりも大きくなり、平均振幅 M_{z3} が平均振幅 M_{z2} よりも大きくなり、しかも、これら信号 S_{z1} , S_{z2} , S_{z3} の位相 ϕ_{z1} , ϕ_{z2} , ϕ_{z3} について、位相 ϕ_{z1} の位相 ϕ_{z2} に対する位相差 $\Delta\phi_{z1}$ は $-90^\circ < \Delta\phi_{z1} < +90^\circ$ の範囲内となり、位相 ϕ_{z3} の位相 ϕ_{z2} に対する位相差 $\Delta\phi_{z2}$ は $90^\circ < \Delta\phi_{z2} < 270^\circ$ の範囲内となるような制御を行い、

前記角速度検出手段は、前記 X 軸励振用期間 T_x 内のうち前記振動子の X 軸方向に関する

50

る振幅が安定すると予想される中間期間 $T \times 2$ および前記 Z 軸励振用期間 T_z 内のうち前記振動子の Z 軸方向に関する振幅が安定すると予想される中間期間 $T_z 2$ に検出されたコリオリ力に基づいて、角速度を示す電気信号を出力することを特徴とする角速度センサ。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の角速度センサにおいて、

X 軸方向駆動回路が、各信号 $S \times 1$, $S \times 2$, $S \times 3$ の振幅 $A \times 1$, $A \times 2$, $A \times 3$ について、振幅 $A \times 1$ が、第 1 区間 $U \times 1$ の先頭から徐々に増加してゆきピークに到達した後に振幅 $A \times 2$ まで減少し、振幅 $A \times 2$ が、第 2 区間 $U \times 2$ の期間中一定値を維持し、振幅 $A \times 3$ が、第 3 区間 $U \times 3$ の先頭から徐々に増加してゆきピークに到達した後に 0 まで減少するような制御を行い、

10

Z 軸方向駆動回路が、各信号 $S_z 1$, $S_z 2$, $S_z 3$ の振幅 $A_z 1$, $A_z 2$, $A_z 3$ について、振幅 $A_z 1$ が、第 1 区間 $U_z 1$ の先頭から徐々に増加してゆきピークに到達した後に振幅 $A_z 2$ まで減少し、振幅 $A_z 2$ が、第 2 区間 $U_z 2$ の期間中一定値を維持し、振幅 $A_z 3$ が、第 3 区間 $U_z 3$ の先頭から徐々に増加してゆきピークに到達した後に 0 まで減少するような制御を行うことを特徴とする角速度センサ。

【請求項 9】

請求項 1 ~ 8 のいずれかに記載の角速度センサにおいて、

位相差 θ_1 、 $\theta \times 1$ もしくは $\theta_z 1$ を 0° に設定し、位相差 θ_2 、 $\theta \times 2$ もしくは $\theta_z 2$ を 180° に設定することを特徴とする角速度センサ。

【請求項 10】

20

請求項 3 ~ 8 のいずれかに記載の角速度センサにおいて、

同一検出周期 T 内の X 軸励振用期間 $T \times$ の末尾と Z 軸励振用期間 T_z の先頭が部分的に重複し、Z 軸励振用期間 T_z の末尾と次の検出周期 T 内の X 軸励振用期間 $T \times$ の先頭が部分的に重複するように設定されていることを特徴とする角速度センサ。

【請求項 11】

請求項 3 ~ 8 のいずれかに記載の角速度センサにおいて、

X 軸方向駆動回路が、振動子の X 軸方向に関する共振周波数をもった交流駆動信号 $S \times$ を供給し、

Z 軸方向駆動回路が、振動子の Z 軸方向に関する共振周波数をもった交流駆動信号 S_z を供給することを特徴とする角速度センサ。

30

【請求項 12】

請求項 3 ~ 8 のいずれかに記載の角速度センサにおいて、

基本構造体を、下面に環状溝を有し X Y 平面に平行な基板面をもった基板によって構成し、前記環状溝に囲まれた中心部が振動子、前記環状溝の外側部分が固定部、前記環状溝の底部からなる肉薄部分が可撓部として機能するようにし、

X 軸方向励振手段が、前記基板上面における正の X 座標値をもつ位置に配置された正側励振手段と、前記基板上面における負の X 座標値をもつ位置に配置された負側励振手段と、によって構成され、

X 軸方向駆動回路が、前記正側励振手段に供給する正側交流駆動信号 $S \times (+)$ と、前記負側励振手段に供給する負側交流駆動信号 $S \times (-)$ と、によって構成される X 軸励振用の交流駆動信号 $S \times$ を供給する機能を有し、前記信号 $S \times (+)$ と前記信号 $S \times (-)$ とが互いに逆位相の信号であることを特徴とする角速度センサ。

40

【請求項 13】

請求項 3 ~ 8 のいずれかに記載の角速度センサにおいて、

X 軸方向励振手段および Z 軸方向励振手段が、可撓部の所定箇所に着着された圧電素子によって構成されていることを特徴とする角速度センサ。

【請求項 14】

請求項 3 ~ 8 のいずれかに記載の角速度センサにおいて、

X 軸方向励振手段および Z 軸方向励振手段が、可撓部もしくは振動子の所定箇所に形成された変位電極と、この変位電極に対向する位置において装置筐体に固定された固定電極

50

と、からなる容量素子によって構成されていることを特徴とする角速度センサ。

【考案の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本考案は、角速度センサに関し、特に、X Y Z三次元直交座標系における各座標軸まわりの角速度を検出する機能をもった三次元角速度センサに関する。

【背景技術】

【0002】

産業機器や民生用機器の分野では、内蔵用の小型角速度センサの需要が高まっている。角速度も、加速度や力と同様にベクトル量であるため、実用上は、三次元空間において独立した3軸まわりの角速度を検出可能な三次元角速度センサが望まれている。たとえば、下記の特許文献1には、三次元の加速度とともに、三次元の角速度を検出することが可能な静電型センサおよび圧電型センサが開示されている。

10

【0003】

一般的な角速度センサの検出原理は、三次元直交座標系において、振動子を第1の座標軸方向に振動させた状態において、当該振動子に対して第2の座標軸方向に作用するコリオリ力を測定することにより、第3の座標軸まわりの角速度を求め、というものである。このような検出原理では、振動子の振動方向に直交する2つの座標軸まわりの角速度検出は可能であるが、振動子の振動方向を向いた座標軸まわりの角速度検出を行うことはできない。したがって、3軸まわりの角速度を検出するためには、振動子を2通りの座標軸に沿って振動させる必要がある。

20

【0004】

前掲の特許文献1の< § 7 . 2 >には、3軸まわりの角速度検出を行うための時分割検出動作が開示されている。この検出動作では、まず、振動子を第1の座標軸方向に振動させた状態で、第2の座標軸まわりの角速度および第3の座標軸まわりの角速度を検出し、続いて、振動子を第2の座標軸方向に振動させた状態で、第1の座標軸まわりの角速度を検出することになる。同文献の< § 7 . 3 >には、そのような時分割検出動作を行うための検出回路も開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0005】

【特許文献1】W O 9 4 / 0 2 3 2 7 2 号公報

【考案の概要】

【考案が解決しようとする課題】

【0006】

上述したとおり、3軸まわりの角速度を検出するためには、振動子を第1の座標軸方向に振動させた状態での検出動作と、振動子を第2の座標軸方向に振動させた状態での検出動作とが必要になる。そこで、通常、これら2つの検出動作を時分割で行うために、1検出周期を前半期間と後半期間とに分け、前半期間では振動子を第1の座標軸方向に振動させ、後半期間では振動子を第2の座標軸方向に振動させる方法が採られる。

40

【0007】

しかしながら、その質量に応じた運動エネルギーをもっている振動子の振動方向を瞬時に切り替えることは極めて困難であり、実際に振動方向を切り替える制御を行ったとしても、振動子が切替後の振動方向に沿って安定した往復運動を行うようになるまでには、ある程度の待ち時間が必要になる。したがって、従来角速度センサでは、このような待ち時間を考慮して「1検出周期」を設定する必要が生じ、3軸まわりの角速度を得るためのサンプリング周波数を高めることが困難になる。

【0008】

そこで本考案は、3軸まわりの角速度を得るためのサンプリング周波数を更に高めることが可能な角速度センサを提供することを目的とする。

50

【課題を解決するための手段】

【0009】

(1) 本考案の第1の態様は、XYZ三次元直交座標系におけるY軸まわりの角速度 y を検出するための角速度センサにおいて、

振動子と、装置筐体に固定された固定部と、振動子と固定部とを接続する可撓部と、を有し、可撓部の撓みによって振動子が固定部に対して変位する構造をなす基本構造体と、交流駆動信号の供給を受け、振動子がX軸方向に振動するように、可撓部の所定箇所に所定の撓みを生じさせるX軸方向励振手段と、

振動子がX軸方向に振動しているときに、振動子に作用するZ軸方向のコリオリ力を検出し、検出したコリオリ力に基づいて、角速度 y を示す電気信号を出力する角速度検出手段と、

X軸方向励振手段に対して、X軸励振用の交流駆動信号 S_x を供給するX軸方向駆動回路と、

を設け、

X軸方向駆動回路は、角速度検出を行うための所定の検出期間に、X軸励振用の交流駆動信号 S_x を供給し、励振用の交流駆動信号を供給する期間を先頭区間と後続区間とに分け、後続区間の振幅は一定値を維持し、先頭区間の振幅もしくは平均振幅は後続区間の振幅よりも大きくなり、先頭区間の位相の後続区間の位相に対する位相差 ϕ が、 $-90^\circ < \phi < +90^\circ$ の範囲内となるように、供給する交流駆動信号の制御を行い、

角速度検出手段は、検出期間内のうち振動子のX軸方向に関する振幅が安定すると予想される中間期間に検出されたコリオリ力に基づいて、角速度を示す電気信号を出力するようにしたものである。

【0010】

(2) 本考案の第2の態様は、XYZ三次元直交座標系におけるX軸まわりの角速度 x およびY軸まわりの角速度 y を検出するための角速度センサにおいて、

振動子と、装置筐体に固定された固定部と、振動子と固定部とを接続する可撓部と、を有し、可撓部の撓みによって振動子が固定部に対して変位する構造をなす基本構造体と、交流駆動信号の供給を受け、振動子がZ軸方向に振動するように、可撓部の所定箇所に所定の撓みを生じさせるZ軸方向励振手段と、

振動子がZ軸方向に振動しているときに、振動子に作用するY軸方向およびX軸方向のコリオリ力を検出し、検出したコリオリ力に基づいて、角速度 x および y を示す電気信号を出力する角速度検出手段と、

Z軸方向励振手段に対して、Z軸励振用の交流駆動信号 S_z を供給するZ軸方向駆動回路と、

を設け、

Z軸方向駆動回路は、角速度検出を行うための所定の検出期間に、Z軸励振用の交流駆動信号 S_z を供給し、励振用の交流駆動信号を供給する期間を先頭区間と後続区間とに分け、後続区間の振幅は一定値を維持し、先頭区間の振幅もしくは平均振幅は後続区間の振幅よりも大きくなり、先頭区間の位相の後続区間の位相に対する位相差 ϕ が、 $-90^\circ < \phi < +90^\circ$ の範囲内となるように、供給する交流駆動信号の制御を行い、

角速度検出手段は、検出期間内のうち振動子のZ軸方向に関する振幅が安定すると予想される中間期間に検出されたコリオリ力に基づいて、角速度を示す電気信号を出力するようにしたものである。

【0011】

(3) 本考案の第3の態様は、XYZ三次元直交座標系におけるX軸まわりの角速度 x 、Y軸まわりの角速度 y 、Z軸まわりの角速度 z を検出するための角速度センサにおいて、

振動子と、装置筐体に固定された固定部と、振動子と固定部とを接続する可撓部と、を有し、可撓部の撓みによって振動子が固定部に対して変位する構造をなす基本構造体と、交流駆動信号の供給を受け、振動子がX軸方向に振動するように、可撓部の所定箇所に

所定の撓みを生じさせる X 軸方向励振手段と、

交流駆動信号の供給を受け、振動子が Z 軸方向に振動するように、可撓部の所定箇所に所定の撓みを生じさせる Z 軸方向励振手段と、

振動子が X 軸もしくは Z 軸方向に振動しているときに、振動子に作用する所定座標軸方向のコリオリ力を検出し、検出したコリオリ力に基づいて、角速度 x , y , z を示す電気信号を出力する角速度検出手段と、

X 軸方向励振手段に対して、X 軸励振用の交流駆動信号 S_x を供給する X 軸方向駆動回路と、

Z 軸方向励振手段に対して、Z 軸励振用の交流駆動信号 S_z を供給する Z 軸方向駆動回路と、

を設け、

所定の検出周期 T の前半部分に X 軸励振用期間 T_x 、後半部分に Z 軸励振用期間 T_z を設定し、X 軸方向駆動回路は、X 軸励振用期間 T_x 内に X 軸励振用の交流駆動信号 S_x を供給し、Z 軸方向駆動回路は、Z 軸励振用期間 T_z 内に Z 軸励振用の交流駆動信号 S_z を供給し、

X 軸方向駆動回路および Z 軸方向駆動回路の少なくとも一方は、励振用の交流駆動信号を供給する期間を先頭区間と後続区間とに分け、後続区間の振幅は一定値を維持し、先頭区間の振幅もしくは平均振幅は後続区間の振幅よりも大きくなり、先頭区間の位相の後続区間の位相に対する位相差 1 が、 $-90^\circ < 1 < +90^\circ$ の範囲内となるように、供給する交流駆動信号の制御を行い、

角速度検出手段は、X 軸励振用期間 T_x 内のうち振動子の X 軸方向に関する振幅が安定すると予想される中間期間および Z 軸励振用期間 T_z 内のうち振動子の Z 軸方向に関する振幅が安定すると予想される中間期間に検出されたコリオリ力に基づいて、角速度を示す電気信号を出力するようにしたものである。

【 0 0 1 2 】

(4) 本考案の第 4 の態様は、X Y Z 三次元直交座標系における X 軸まわりの角速度 x , Y 軸まわりの角速度 y , Z 軸まわりの角速度 z を検出するための角速度センサにおいて、

振動子と、装置筐体に固定された固定部と、振動子と固定部とを接続する可撓部と、を有し、可撓部の撓みによって振動子が固定部に対して変位する構造をなす基本構造体と、

交流駆動信号の供給を受け、振動子が X 軸方向に振動するように、可撓部の所定箇所に所定の撓みを生じさせる X 軸方向励振手段と、

交流駆動信号の供給を受け、振動子が Z 軸方向に振動するように、可撓部の所定箇所に所定の撓みを生じさせる Z 軸方向励振手段と、

振動子が X 軸もしくは Z 軸方向に振動しているときに、振動子に作用する所定座標軸方向のコリオリ力を検出し、検出したコリオリ力に基づいて、角速度 x , y , z を示す電気信号を出力する角速度検出手段と、

X 軸方向励振手段に対して、X 軸励振用の交流駆動信号 S_x を供給する X 軸方向駆動回路と、

Z 軸方向励振手段に対して、Z 軸励振用の交流駆動信号 S_z を供給する Z 軸方向駆動回路と、

を設け、

所定の検出周期 T の前半部分に X 軸励振用期間 T_x 、後半部分に Z 軸励振用期間 T_z を設定し、X 軸方向駆動回路は、X 軸励振用期間 T_x 内に X 軸励振用の交流駆動信号 S_x を供給し、Z 軸方向駆動回路は、Z 軸励振用期間 T_z 内に Z 軸励振用の交流駆動信号 S_z を供給し、

X 軸方向駆動回路および Z 軸方向駆動回路の少なくとも一方は、励振用の交流駆動信号を供給する期間を先頭から順に第 1 区間 U_1 , 第 2 区間 U_2 , 第 3 区間 U_3 の 3 つの区間分け、それぞれ励振用の交流駆動信号 S_1 , S_2 , S_3 を供給し、かつ、これら信号 S_1 , S_2 , S_3 の振幅 A_1 , A_2 , A_3 について、振幅 A_2 は一定値を維持し、振幅 A_1 も

10

20

30

40

50

しくはその平均値は振幅 A_2 よりも大きくなり、振幅 A_3 もしくはその平均値は振幅 A_2 よりも大きくなり、しかも、これら信号 S_1 , S_2 , S_3 の位相 ϕ_1 , ϕ_2 , ϕ_3 について、位相 ϕ_1 の位相 ϕ_2 に対する位相差 θ_1 は $-90^\circ < \theta_1 < +90^\circ$ の範囲内となり、位相 ϕ_3 の位相 ϕ_2 に対する位相差 θ_2 は $90^\circ < \theta_2 < 270^\circ$ の範囲内となるように、供給する交流駆動信号の制御を行い、

角速度検出手段は、X軸励振用期間 T_x 内のうち振動子のX軸方向に関する振幅が安定すると予想される中間期間およびZ軸励振用期間 T_z 内のうち振動子のZ軸方向に関する振幅が安定すると予想される中間期間に検出されたコリオリ力に基づいて、角速度を示す電気信号を出力するようにしたものである。

【0013】

(5) 本考案の第5の態様は、XYZ三次元直交座標系におけるX軸まわりの角速度 ω_x , Y軸まわりの角速度 ω_y , Z軸まわりの角速度 ω_z を検出するための角速度センサにおいて、

振動子と、装置筐体に固定された固定部と、振動子と固定部とを接続する可撓部と、を有し、可撓部の撓みによって振動子が固定部に対して変位する構造をなす基本構造体と、交流駆動信号の供給を受け、振動子がX軸方向に振動するように、可撓部の所定箇所に所定の撓みを生じさせるX軸方向励振手段と、

交流駆動信号の供給を受け、振動子がZ軸方向に振動するように、可撓部の所定箇所に所定の撓みを生じさせるZ軸方向励振手段と、

振動子がX軸もしくはZ軸方向に振動しているときに、振動子に作用する所定座標軸方向のコリオリ力を検出し、検出したコリオリ力に基づいて、角速度 ω_x , ω_y , ω_z を示す電気信号を出力する角速度検出手段と、

X軸方向励振手段に対して、X軸励振用の交流駆動信号 S_x を供給するX軸方向駆動回路と、

Z軸方向励振手段に対して、Z軸励振用の交流駆動信号 S_z を供給するZ軸方向駆動回路と、

を設け、

所定の検出周期 T の前半部分にX軸励振用期間 T_x 、後半部分にZ軸励振用期間 T_z を設定し、

X軸方向駆動回路は、X軸励振用期間 T_x 内に先頭から順に設けられた第1区間 U_{x1} , 第2区間 U_{x2} , 第3区間 U_{x3} の3つの区間に渡って、それぞれX軸励振用の交流駆動信号 S_{x1} , S_{x2} , S_{x3} を供給し、かつ、これら信号 S_{x1} , S_{x2} , S_{x3} の振幅 A_{x1} , A_{x2} , A_{x3} について、振幅 A_{x2} は一定値を維持し、振幅 A_{x1} は振幅 A_{x2} よりも大きくなり、振幅 A_{x3} は振幅 A_{x2} よりも大きくなり、しかも、これら信号 S_{x1} , S_{x2} , S_{x3} の位相 ϕ_{x1} , ϕ_{x2} , ϕ_{x3} について、位相 ϕ_{x1} の位相 ϕ_{x2} に対する位相差 θ_{x1} は $-90^\circ < \theta_{x1} < +90^\circ$ の範囲内となり、位相 ϕ_{x3} の位相 ϕ_{x2} に対する位相差 θ_{x2} は $90^\circ < \theta_{x2} < 270^\circ$ の範囲内となるような制御を行い、

Z軸方向駆動回路は、Z軸励振用期間 T_z 内に先頭から順に設けられた第1区間 U_{z1} , 第2区間 U_{z2} , 第3区間 U_{z3} の3つの区間に渡って、それぞれZ軸励振用の交流駆動信号 S_{z1} , S_{z2} , S_{z3} を供給し、かつ、これら信号 S_{z1} , S_{z2} , S_{z3} の振幅 A_{z1} , A_{z2} , A_{z3} について、振幅 A_{z2} は一定値を維持し、振幅 A_{z1} は振幅 A_{z2} よりも大きくなり、振幅 A_{z3} は振幅 A_{z2} よりも大きくなり、しかも、これら信号 S_{z1} , S_{z2} , S_{z3} の位相 ϕ_{z1} , ϕ_{z2} , ϕ_{z3} について、位相 ϕ_{z1} の位相 ϕ_{z2} に対する位相差 θ_{z1} は $-90^\circ < \theta_{z1} < +90^\circ$ の範囲内となり、位相 ϕ_{z3} の位相 ϕ_{z2} に対する位相差 θ_{z2} は $90^\circ < \theta_{z2} < 270^\circ$ の範囲内となるような制御を行い、

角速度検出手段は、X軸励振用期間 T_x 内のうち振動子のX軸方向に関する振幅が安定すると予想される中間期間 T_{x2} およびZ軸励振用期間 T_z 内のうち振動子のZ軸方向に関する振幅が安定すると予想される中間期間 T_{z2} に検出されたコリオリ力に基づいて、

10

20

30

40

50

角速度を示す電気信号を出力するようにしたものである。

【 0 0 1 4 】

(6) 本考案の第 6 の態様は、上述の第 5 の態様に係る角速度センサにおいて、
 X 軸方向駆動回路が、各信号 S_{x1} , S_{x2} , S_{x3} の振幅 A_{x1} , A_{x2} , A_{x3} が、
 それぞれ一定値を維持するような制御を行い、
 Z 軸方向駆動回路が、各信号 S_{z1} , S_{z2} , S_{z3} の振幅 A_{z1} , A_{z2} , A_{z3} が、
 それぞれ一定値を維持するような制御を行うようにしたものである。

【 0 0 1 5 】

(7) 本考案の第 7 の態様は、X Y Z 三次元直交座標系における X 軸まわりの角速度 x , Y 軸まわりの角速度 y , Z 軸まわりの角速度 z を検出するための角速度センサにおいて、

振動子と、装置筐体に固定された固定部と、振動子と固定部とを接続する可撓部と、を有し、可撓部の撓みによって振動子が固定部に対して変位する構造をなす基本構造体と、
 交流駆動信号の供給を受け、振動子が X 軸方向に振動するように、可撓部の所定箇所に所定の撓みを生じさせる X 軸方向励振手段と、

交流駆動信号の供給を受け、振動子が Z 軸方向に振動するように、可撓部の所定箇所に所定の撓みを生じさせる Z 軸方向励振手段と、

振動子が X 軸もしくは Z 軸方向に振動しているときに、振動子に作用する所定座標軸方向のコリオリ力を検出し、検出したコリオリ力に基づいて、角速度 x , y , z を示す電気信号を出力する角速度検出手段と、

X 軸方向励振手段に対して、X 軸励振用の交流駆動信号 S_x を供給する X 軸方向駆動回路と、

Z 軸方向励振手段に対して、Z 軸励振用の交流駆動信号 S_z を供給する Z 軸方向駆動回路と、

を設け、

所定の検出周期 T の前半部分に X 軸励振用期間 T_x 、後半部分に Z 軸励振用期間 T_z を設定し、

X 軸方向駆動回路は、X 軸励振用期間 T_x 内に先頭から順に設けられた第 1 区間 U_{x1} , 第 2 区間 U_{x2} , 第 3 区間 U_{x3} の 3 つの区間に渡って、それぞれ X 軸励振用の交流駆動信号 S_{x1} , S_{x2} , S_{x3} を供給し、かつ、信号 S_{x2} の振幅 A_{x2} は一定値を維持し、信号 S_{x1} , S_{x2} , S_{x3} の平均振幅をそれぞれ M_{x1} , M_{x2} , M_{x3} としたときに、平均振幅 M_{x1} が平均振幅 M_{x2} よりも大きくなり、平均振幅 M_{x3} が平均振幅 M_{x2} よりも大きくなり、しかも、これら信号 S_{x1} , S_{x2} , S_{x3} の位相 ϕ_{x1} , ϕ_{x2} , ϕ_{x3} について、位相 ϕ_{x1} の位相 ϕ_{x2} に対する位相差 ϕ_{x1} は $-90^\circ < \phi_{x1} < +90^\circ$ の範囲内となり、位相 ϕ_{x3} の位相 ϕ_{x2} に対する位相差 ϕ_{x2} は $90^\circ < \phi_{x2} < 270^\circ$ の範囲内となるような制御を行い、

Z 軸方向駆動回路は、Z 軸励振用期間 T_z 内に先頭から順に設けられた第 1 区間 U_{z1} , 第 2 区間 U_{z2} , 第 3 区間 U_{z3} の 3 つの区間に渡って、それぞれ Z 軸励振用の交流駆動信号 S_{z1} , S_{z2} , S_{z3} を供給し、かつ、信号 S_{z2} の振幅 A_{z2} は一定値を維持し、信号 S_{z1} , S_{z2} , S_{z3} の平均振幅をそれぞれ M_{z1} , M_{z2} , M_{z3} としたときに、平均振幅 M_{z1} が平均振幅 M_{z2} よりも大きくなり、平均振幅 M_{z3} が平均振幅 M_{z2} よりも大きくなり、しかも、これら信号 S_{z1} , S_{z2} , S_{z3} の位相 ϕ_{z1} , ϕ_{z2} , ϕ_{z3} について、位相 ϕ_{z1} の位相 ϕ_{z2} に対する位相差 ϕ_{z1} は $-90^\circ < \phi_{z1} < +90^\circ$ の範囲内となり、位相 ϕ_{z3} の位相 ϕ_{z2} に対する位相差 ϕ_{z2} は $90^\circ < \phi_{z2} < 270^\circ$ の範囲内となるような制御を行い、

角速度検出手段は、X 軸励振用期間 T_x 内のうち振動子の X 軸方向に関する振幅が安定すると予想される中間期間 T_{x2} および Z 軸励振用期間 T_z 内のうち振動子の Z 軸方向に関する振幅が安定すると予想される中間期間 T_{z2} に検出されたコリオリ力に基づいて、角速度を示す電気信号を出力するようにしたものである。

【 0 0 1 6 】

10

20

30

40

50

(8) 本考案の第 8 の態様は、上述の第 7 の態様に係る角速度センサにおいて、

X 軸方向駆動回路が、各信号 $S_x 1$, $S_x 2$, $S_x 3$ の振幅 $A_x 1$, $A_x 2$, $A_x 3$ について、振幅 $A_x 1$ が、第 1 区間 $U_x 1$ の先頭から徐々に増加してゆきピークに到達した後に振幅 $A_x 2$ まで減少し、振幅 $A_x 2$ が、第 2 区間 $U_x 2$ の期間中一定値を維持し、振幅 $A_x 3$ が、第 3 区間 $U_x 3$ の先頭から徐々に増加してゆきピークに到達した後に 0 まで減少するような制御を行い、

Z 軸方向駆動回路が、各信号 $S_z 1$, $S_z 2$, $S_z 3$ の振幅 $A_z 1$, $A_z 2$, $A_z 3$ について、振幅 $A_z 1$ が、第 1 区間 $U_z 1$ の先頭から徐々に増加してゆきピークに到達した後に振幅 $A_z 2$ まで減少し、振幅 $A_z 2$ が、第 2 区間 $U_z 2$ の期間中一定値を維持し、振幅 $A_z 3$ が、第 3 区間 $U_z 3$ の先頭から徐々に増加してゆきピークに到達した後に 0 まで減少するような制御を行うようにしたものである。

10

【 0 0 1 7 】

(9) 本考案の第 9 の態様は、上述の第 1 ~ 第 8 の態様に係る角速度センサにおいて、位相差 1、 $x 1$ もしくは $z 1$ を 0° に設定し、位相差 2、 $x 2$ もしくは $z 2$ を 180° に設定するようにしたものである。

【 0 0 1 8 】

(10) 本考案の第 10 の態様は、上述の第 3 ~ 第 8 の態様に係る角速度センサにおいて

同一検出周期 T 内の X 軸励振用期間 T_x の末尾と Z 軸励振用期間 T_z の先頭が部分的に重複し、Z 軸励振用期間 T_z の末尾と次の検出周期 T 内の X 軸励振用期間 T_x の先頭が部分的に重複するように設定したものである。

20

【 0 0 1 9 】

(11) 本考案の第 11 の態様は、上述の第 3 ~ 第 8 の態様に係る角速度センサにおいて

X 軸方向駆動回路が、振動子の X 軸方向に関する共振周波数をもった交流駆動信号 S_x を供給し、

Z 軸方向駆動回路が、振動子の Z 軸方向に関する共振周波数をもった交流駆動信号 S_z を供給するようにしたものである。

【 0 0 2 0 】

(12) 本考案の第 12 の態様は、上述の第 3 ~ 第 8 の態様に係る角速度センサにおいて

30

基本構造体を、下面に環状溝を有し X Y 平面に平行な基板面をもった基板によって構成し、環状溝に囲まれた中心部が振動子、環状溝の外側部分が固定部、環状溝の底部からなる肉薄部分が可撓部として機能するようにし、

X 軸方向励振手段が、基板上面における正の X 座標値をもつ位置に配置された正側励振手段と、基板上面における負の X 座標値をもつ位置に配置された負側励振手段と、によって構成され、

X 軸方向駆動回路が、正側励振手段に供給する正側交流駆動信号 $S_x (+)$ と、負側励振手段に供給する負側交流駆動信号 $S_x (-)$ と、によって構成される X 軸励振用の交流駆動信号 S_x を供給する機能を有し、信号 $S_x (+)$ と信号 $S_x (-)$ とが互いに逆位相の信号であるようにしたものである。

40

【 0 0 2 1 】

(13) 本考案の第 13 の態様は、上述の第 3 ~ 第 8 の態様に係る角速度センサにおいて

X 軸方向励振手段および Z 軸方向励振手段を、可撓部の所定箇所に着着された圧電素子によって構成したものである。

【 0 0 2 2 】

(14) 本考案の第 14 の態様は、上述の第 3 ~ 第 8 の態様に係る角速度センサにおいて

X 軸方向励振手段および Z 軸方向励振手段を、可撓部もしくは振動子の所定箇所に形成

50

された変位電極と、この変位電極に対向する位置において装置筐体に固定された固定電極と、からなる容量素子によって構成したものである。

【考案の効果】

【0023】

本考案に係る角速度センサでは、振動子を所定軸方向に振動させながら当該軸に直交する軸まわりの角速度検出を行う場合に、振動子を励振させるための交流駆動信号の振幅もしくは平均振幅を、中間区間に比べて先頭区間で大きくなるように設定し、かつ、この先頭区間での駆動信号の位相の中間区間での駆動信号の位相に対する位相差が $-90^{\circ} \sim +90^{\circ}$ の範囲となるようにしたため、振動子の振幅の立ち上がり期間を短縮することができ、振動子の振動をより早く安定させることができるようになる。また、振動子を励振させるための交流駆動信号の振幅もしくは平均振幅を、中間区間に比べて末尾区間で大きくなるように設定し、かつ、この末尾区間での駆動信号の位相を $90^{\circ} \sim 270^{\circ}$ の範囲でずらすようにしたため、振動子の振幅の立ち下がり期間を短縮することができ、振動子の振幅をより早く零にすることができるようになる。かくして、振動子の振動方向を速やかに切り替えることが可能になり、サンプリング周波数を更に高めることができるようになる。

10

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】本考案の第1の実施形態に係る角速度センサの物理的構造部の側断面図である。

【図2】本考案の第1の実施形態に係る角速度センサの物理的構造部の上面図である（ハッチングは電極形状を示すためのものであり、断面を示すためのものではない）。

20

【図3】本考案の第1の実施形態に係る角速度センサの回路図である。

【図4】本考案の第1の実施形態に係る角速度センサで利用されるX軸励振用の交流駆動信号 S_x の波形およびこれに同期して生じる振動子の変位 X を示すグラフである。

【図5】本考案の第1の実施形態に係る角速度センサで利用されるZ軸励振用の交流駆動信号 S_z の波形およびこれに同期して生じる振動子の変位 Z を示すグラフである。

【図6】振動子の振動方向の瞬時切替が可能であると仮定した場合の検出動作のタイミングチャートである。

【図7】従来角速度センサで行われている一般的な検出動作のタイミングチャートである。

30

【図8】本考案に係る角速度センサで供給される交流駆動信号の前端部分の波形を示すグラフである。

【図9】本考案に係る角速度センサで供給される交流駆動信号の後端部分の波形を示すグラフである。

【図10】本考案に係る角速度センサで供給される交流駆動信号の全体波形を示すグラフである。

【図11】本考案に係る角速度センサで行われる検出動作のタイミングチャートである。

【図12】本考案に係る角速度センサで供給される別な形態の交流駆動信号の全体波形を示すグラフである。

【図13】本考案の第2の実施形態に係る角速度センサの物理的構造部の側断面図である。

40

【図14】図13に示す物理的構造部における基本構造体40の上面図である（ハッチングは電極形状を示すためのものであり、断面を示すためのものではない）。

【図15】図13に示す物理的構造部における天蓋基板50の下面図である（ハッチングは電極形状を示すためのものであり、断面を示すためのものではない）。

【図16】本考案の第2の実施形態に係る角速度センサで利用されるX軸励振用の交流駆動信号 S_x の波形およびこれに同期して生じる振動子の変位 X を示すグラフである。

【図17】本考案の第2の実施形態に係る角速度センサで利用されるZ軸励振用の交流駆動信号 S_z の波形およびこれに同期して生じる振動子の変位 Z を示すグラフである。

【考案を実施するための形態】

50

【 0 0 2 5 】

以下、本考案を図示する実施形態に基づいて説明する。

【 0 0 2 6 】

< < < § 1 . 角速度センサの基本構造および基本動作 > > >

図 1 は、本考案の第 1 の実施形態に係る角速度センサの物理的構造部の側断面図であり、図 2 は、その上面図である。ここに示す物理的構造部自体は、従来 of 角速度センサにおいても採用されている構造であり、本考案に固有の構造ではない。ただ、便宜上、ここでは、図 1 および図 2 に示す物理的構造部を用いた角速度センサに本考案を適用した例を、第 1 の実施形態として説明する。

【 0 0 2 7 】

図 1 , 図 2 に示すとおり、このセンサの物理的構造部は、基本構造体 1 0 、電極層 2 0 (共通電極 E 0) 、圧電素子 3 0 、検出用電極 D 1 ~ D 4 、励振用電極 E 1 ~ E 4 によって構成されている。

【 0 0 2 8 】

基本構造体 1 0 は、平面が正方形をなす基板の下面に、環状溝 G を形成することによって構成される。図示の例の場合、環状溝 G は円環状 (いわゆる、ドーナツ状) の溝であり、図 1 に示すとおり、この環状溝 G に囲まれた円柱状の中心部が振動子 1 1 として機能し、この環状溝 G の底部からなる肉薄部分 (基板上面のワッシャ状の部分) が可撓部 1 2 として機能し、この環状溝 G の外側部分が固定部 1 3 として機能する。

【 0 0 2 9 】

図 1 に示された物理的構造部全体は、図示されていない装置筐体内に收容され、固定部 1 3 の下面は、この装置筐体の底面に固着される。振動子 1 1 の下面の位置は、固定部 1 3 の下面の位置よりも若干上方になるように設定されているため、振動子 1 1 は装置筐体に対して接触せずに宙ぶりの状態になっている。可撓部 1 2 は、厚みが小さいために可撓性を有しており、振動子 1 1 は、所定範囲内の自由度をもって、装置筐体内で変位することができる。

【 0 0 3 0 】

ここでは、図示のとおり、振動子 1 1 の重心位置に原点 O をとり、図 1 の右方向に X 軸、紙面垂直奥方向に Y 軸、図 1 の上方向に Z 軸をとって、X Y Z 三次元直交座標系を定義する。図 1 は、この物理的構造部を X Z 平面で切断した断面図に相当する。基本構造体 1 0 を構成する基板の基板面 (基本構造体 1 0 の上面) は、X Y 平面に平行な面になる。

【 0 0 3 1 】

基本構造体 1 0 の上面には、円盤状の電極層 2 0 が固着されており、その上面には、円盤状の圧電素子 3 0 が固着されており、更にその上面には、4 枚の検出用電極 D 1 ~ D 4 および 4 枚の励振用電極 E 1 ~ E 4 が固着されている。図 2 の上面図に示すとおり、電極層 2 0 と圧電素子 3 0 の平面形状は同一サイズの円であり、上方から見ると、電極層 2 0 は圧電素子 3 0 の下に隠れて見えない状態になる。ただ、電極層 2 0 の一部分は、配線用突起部 2 1 を形成しており、図 2 に示すように、X 軸正方向に突き出している。以下、この電極層 2 0 を共通電極 E 0 と呼ぶことにする。共通電極 E 0 は、配線用突起部 2 1 を介して接地されている。

【 0 0 3 2 】

4 枚の検出用電極 D 1 ~ D 4 および 4 枚の励振用電極 E 1 ~ E 4 は、図 2 に示すとおり、いずれも平面が扇形をした電極であり、D 1 , E 1 は X 軸の正領域上方、D 2 , E 2 は X 軸の負領域上方、D 3 , E 3 は Y 軸の正領域上方、D 4 , E 4 は Y 軸の負領域上方にそれぞれ配置されている。ここで、Z 軸を中心として、検出用電極 D 1 ~ D 4 は内側、励振用電極 E 1 ~ E 4 は外側に配置されているが、内外の配置を逆にしてもかまわない。なお、図 2 におけるハッチングは、個々の電極形状を示すためのものであり、断面を示すためのものではない。

【 0 0 3 3 】

この図 1 , 図 2 に示す物理的構造部は、配線用突起部 2 1 の部分を除いて、X Z 平面お

10

20

30

40

50

よび Y Z 平面の双方について幾何学的な対称性を有している。このような物理的構造部の対称性は、後述する検出動作において座標軸対称性を得るために役立つ。

【 0 0 3 4 】

圧電素子 3 0 は、前述したとおり円盤状の素子であるが、所定部分の上下方向に所定極性の電圧を印加すると、当該部分が水平方向に伸縮する性質をもっている（伸びるか／縮むかは、上下に印加した電圧の極性に依存する）。

【 0 0 3 5 】

たとえば、図 2 において、共通電極 E 0 を接地した状態にして、電極 E 1 と E 2 に交流駆動信号を供給すると、電極 E 1 , E 2 の下方に位置する圧電素子の各部分が、供給した交流駆動信号に同期して伸縮する。そこで、電極 E 1 に供給する信号と電極 E 2 に供給する信号とが逆位相の信号になるようにすれば、電極 E 1 , E 2 の下方に位置する圧電素子の各部分の伸縮状態が常に逆になるため、振動子 1 1 は X 軸方向に振動する。一方、共通電極 E 0 を接地した状態にして、4 枚の電極 E 1 ~ E 4 すべてに同位相の交流駆動信号を供給すると、電極 E 1 ~ E 4 の下方に位置する圧電素子の各部分が、供給した交流駆動信号に同期して同時に伸縮する。このため、振動子 1 1 は Z 軸方向に振動する。

【 0 0 3 6 】

このように、4 枚の励振用電極 E 1 ~ E 4 のそれぞれに所定の交流駆動信号を供給することにより、振動子 1 1 を X 軸方向に振動させることもできるし、Z 軸方向に振動させることもできる。

【 0 0 3 7 】

一方、共通電極 E 0 の電位（接地電位）を基準として、4 枚の検出用電極 D 1 ~ D 4 の電圧をそれぞれ符号を考慮して測定すれば、振動子 1 1 の変位状態を検出することができる。たとえば、振動子 1 1 の X 軸方向の変位 X（振動子 1 1 の重心位置の X 座標値）は、電極 D 1 の電圧と電極 D 2 の電圧との差として検出でき、振動子 1 1 の Y 軸方向の変位 Y（振動子 1 1 の重心位置の Y 座標値）は、電極 D 3 の電圧と電極 D 4 の電圧との差として検出でき、振動子 1 1 の Z 軸方向の変位 Z（振動子 1 1 の重心位置の Z 座標値）は、電極 D 1 の電圧、電極 D 2 の電圧、電極 D 3 の電圧、電極 D 4 の電圧の総和として検出できる。

【 0 0 3 8 】

振動子 1 1 に所定方向にコリオリ力が加わると、振動子 1 1 は当該方向に変位することになるので、結局、振動子 1 1 に作用した各座標軸方向のコリオリ力を、4 枚の検出用電極 D 1 ~ D 4 の電圧に基づいて検出することができ、各座標軸まわりの角速度を検出することができる。

【 0 0 3 9 】

図 3 は、図 1 , 図 2 に示す物理的構造部を用いた第 1 の実施形態に係る角速度センサに用いられる回路部分を示す回路図である。この回路図において、符号 D 1 ~ D 4 は、図 2 に示す検出用電極 D 1 ~ D 4 を示し、符号 E 1 ~ E 4 は、図 2 に示す励振用電極 E 1 ~ E 4 を示し、符号 E 0 は、図 1 に示す電極層 2 0（接地された共通電極）を示している。実際には、各電極 D 1 ~ D 4 と共通電極 E 0 との間、および各電極 E 1 ~ E 4 と共通電極 E 0 との間には、圧電素子 3 0 が介挿されているが、図 3 の回路図では、圧電素子 3 0 は省略されている。

【 0 0 4 0 】

X 軸方向駆動回路 7 1 は、振動子 1 1 を X 軸方向に振動させるための交流駆動信号 S x を、励振用電極 E 1 , E 2 に供給する機能を果たす。より具体的には、交流駆動信号 S x は、図 4 のグラフに示されているように、互いに逆位相の交流駆動信号 S x（+）と S x（-）とによって構成されている（中央の水平線は接地電位を示す）。ここで、グラフの波形図に示す一点鎖線は包絡線である（以下のグラフについても同様）。両駆動信号 S x（+）, S（-）は、同一の一定振幅 A x をもつ正弦波信号であるが、その位相は互いに逆転している。図 3 の回路図に示すとおり、信号 S x（+）は励振用電極 E 1 に供給され、信号 S x（-）は励振用電極 E 2 に供給される。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 1 】

前述したとおり、電極 E 1 , E 2 に対して、このように逆位相の駆動信号を供給すると、振動子 1 1 は X 軸方向に振動する。一般に、振動子 1 1 は、基本構造体 1 0 の形状、各部の寸法、材質などによって定まる固有の共振周波数を有しており、この共振周波数で振動させるのが最も効率的である。図 4 に示す X のグラフは、振動子 1 1 の X 軸方向の変位を示すものである。振動子 1 1 の振動周期は、駆動信号 S x の周期に等しくなるが、位相は若干遅れることになる。特に、振動子 1 1 を共振周波数で振動させた場合、変位 X は、駆動信号 S x (+) に対して、ほぼ 9 0 ° だけ位相が遅延する。なお、所定の許容範囲内では、振動子 1 1 の振幅 B x は、駆動信号 S x の振幅 A x によって制御することができ、振幅 A x を増減すると、振幅 B x もそれに応じて増減する。

10

【 0 0 4 2 】

一方、Z 軸方向駆動回路 7 2 は、振動子 1 1 を Z 軸方向に振動させるための交流駆動信号 S z を、励振用電極 E 1 ~ E 4 に供給する機能を果たす。より具体的には、交流駆動信号 S z は、図 5 のグラフに示されているように、水平線で示す接地電位を中心として、一定振幅 A z で正負に振れる正弦波信号である。図 3 の回路図に示すとおり、駆動信号 S z は 4 枚の励振用電極 E 1 ~ E 4 のすべてに供給される。

【 0 0 4 3 】

前述したとおり、電極 E 1 ~ E 4 に対して、このような周期的信号を供給すると、振動子 1 1 は Z 軸方向に振動する。図 5 に示す Z のグラフは、振動子 1 1 の Z 軸方向の変位を示すものである。振動子 1 1 の振動周期は、駆動信号 S z の周期に等しくなるが、上述したとおり、共振周波数で振動させた場合、位相はほぼ 9 0 ° だけ遅延する。なお、所定の許容範囲内では、振動子 1 1 の振幅 B z は、駆動信号 S z の振幅 A z によって制御することができ、振幅 A z を増減すると、振幅 B z もそれに応じて増減する。

20

【 0 0 4 4 】

結局、X 軸方向駆動回路 7 1 を動作させて、電極 E 1 , E 2 に対して X 軸励振用の交流駆動信号 S x (すなわち、S x (+) と S x (-)) を供給している期間は、振動子 1 1 を X 軸方向に振動させることができ、Z 軸方向駆動回路 7 2 を動作させて、電極 E 1 ~ E 4 に対して Z 軸励振用の交流駆動信号 S z を供給している期間は、振動子 1 1 を Z 軸方向に振動させることができる。図 3 の回路図に示されている各検出回路 8 1 ~ 8 3 は、このように振動子 1 1 が所定方向に振動している状態において、振動子 1 1 の所定軸方向の変位 (所定軸方向に作用したコリオリ力) を検出し、所定軸まわりの角速度を検出する機能を果たす。

30

【 0 0 4 5 】

まず、コリオリ力 F x 検出回路 8 1 は、Z 軸方向に振動中の振動子 1 1 に対して、X 軸方向に作用したコリオリ力 F x を、振動子 1 1 の X 軸方向への変位により検出する回路であり、検出用電極 D 1 の電圧と検出用電極 D 2 の電圧との差を、Y 軸まわりの角速度 y を示す値として出力する。この検出法は、振動子の質量を m、Z 軸方向への運動速度を V z としたときに、コリオリ力 F x と角速度 y との間に、 $F x = 2 m \cdot V z \cdot y$ なる式が成り立つことを利用したものである。

【 0 0 4 6 】

また、コリオリ力 F y 検出回路 8 2 は、X 軸方向もしくは Z 軸方向に振動中の振動子 1 1 に対して、Y 軸方向に作用したコリオリ力 F y を、振動子 1 1 の Y 軸方向への変位により検出する回路であり、検出用電極 D 3 の電圧と検出用電極 D 4 の電圧との差を、Z 軸まわりの角速度 z (X 軸方向に振動中の場合) もしくは X 軸まわりの角速度 x (Z 軸方向に振動中の場合) を示す値として出力する。この検出法は、振動子の質量を m、X 軸方向への運動速度を V x としたときに、コリオリ力 F y と角速度 z との間に、 $F y = 2 m \cdot V x \cdot z$ なる式が成り立つことを利用したものであり、また、振動子の質量を m、Z 軸方向への運動速度を V z としたときに、コリオリ力 F y と角速度 x との間に、 $F y = 2 m \cdot V z \cdot x$ なる式が成り立つことを利用したものである。

40

【 0 0 4 7 】

50

そして、コリオリ力 F_z 検出回路 83 は、X 軸方向に振動中の振動子 11 に対して、Z 軸方向に作用したコリオリ力 F_z を、振動子 11 の Z 軸方向への変位により検出する回路であり、検出用電極 D1 ~ D4 の電圧の総和を、Y 軸まわりの角速度 ω_y を示す値として出力する。この検出法は、振動子の質量を m 、X 軸方向への運動速度を V_x としたときに、コリオリ力 F_z と角速度 ω_y との間に、 $F_z = 2m \cdot V_x \cdot \omega_y$ なる式が成り立つことを利用したものである。なお、この角速度 ω_y は、コリオリ力 F_x 検出回路 81 によっても検出することができるので、実用上は、コリオリ力 F_z 検出回路 83 は省略してよい（図に括弧を付したのは、検出回路 83 が省略できることを示す）。

【0048】

クロック回路 90 は、各回路 71, 72, 81 ~ 83 にクロック信号 を供給する機能を果たす。X 軸方向駆動回路 71 および Z 軸方向駆動回路 72 は、このクロック信号 に同期した交流駆動信号 S_x , S_z を発生させる。また、各検出回路 81 ~ 83 は、このクロック信号 に同期した所定タイミングでコリオリ力の検出を行う。このようなコリオリ力の検出処理は、前掲の特許文献 1 などに開示されている公知の技術であるため、ここでは詳しい説明は省略する。

10

【0049】

なお、前述したとおり、振動子 11 は、各座標軸について、基本構造体 10 の形状、各部の寸法、材質などによって定まる固有の共振周波数を有しており、この共振周波数で振動させるのが最も効率的である。したがって、X 軸方向駆動回路 71 が供給する交流駆動信号 S_x の周波数は、振動子 11 の X 軸方向に関する固有の共振周波数となるようにし、Z 軸方向駆動回路 72 が供給する交流駆動信号 S_z の周波数は、振動子 11 の Z 軸方向に関する固有の共振周波数となるようにするのが好ましい。

20

【0050】

ここに示す実施形態の場合、X 軸方向についての共振周波数と Z 軸方向についての共振周波数とが一致するように基本構造体 10 を設計しており、クロック回路 90 は当該共通の共振周波数に対応するクロック信号 を供給する。したがって、交流駆動信号 S_x , S_z は、X 軸方向および Z 軸方向についての共振周波数をもった信号であり、振動子 11 は、X 軸方向についても、Z 軸方向についても、その共振周波数で励振させられることになる。

【0051】

<<< § 2 . 本考案の特徴となる交流駆動信号 >>>

さて、§ 1 では、本考案の第 1 の実施形態に係る角速度センサの基本構造および基本動作を述べたが、当該基本構造および基本動作それ自体は、本考案に固有のものではない。本考案の特徴は、X 軸方向駆動回路 71 が供給する交流駆動信号 S_x および Z 軸方向駆動回路 72 が供給する交流駆動信号 S_z の波形（振幅および位相）にある。実際、本考案では、図 4 および図 5 に示した信号 $S_x(+)$, $S_x(-)$, S_z とは異なる波形をもった交流駆動信号を用いて振動子 11 を励振させることになる。

30

【0052】

ここでは、まず、図 3 に示す回路を用いて（ここでは、コリオリ力 F_z 検出回路 83 を省略した回路を用いることにする）、三次元の角速度 ω_x , ω_y , ω_z を検出する時分割検出動作を考えてみよう。

40

【0053】

図 6 は、振動子の振動方向の瞬時切替が可能であると仮定した場合の検出動作のタイミングチャートである。図の最下段に示す時間軸 t 上には、時刻 $t_0 \sim t_4$ が示されている。ここでは、時刻 $t_0 \sim t_2$ の期間を 1 検出周期 T とし、その前半、すなわち時刻 $t_0 \sim t_1$ を X 軸励振用期間 T_x 、その後半、すなわち時刻 $t_1 \sim t_2$ を Z 軸励振用期間 T_z とする。時刻 $t_2 \sim t_4$ の期間は次の検出周期 T であり、時刻 $t_0 \sim t_2$ の期間と全く同じ動作が行われる。

【0054】

図 6 に示す信号 S_x は、X 軸励振用の交流駆動信号であり、信号 S_z は、Z 軸励振用の

50

交流駆動信号である。ここで述べる実施形態の場合、X軸励振用の交流駆動信号 S_x は、図4に示すように、電極E1に供給するための信号 $S_x(+)$ と、電極E2に供給するための信号 $S_x(-)$ との2つの信号によって構成されている。これら2つの信号は相互に位相が反転した関係にある。図6では、便宜上、これら2つの信号のうち、信号 $S_x(+)$ を信号 S_x として示すことにする。一方、図6に示す信号 S_z は、図5に示す信号 S_z と同じものであり、4枚の電極E1~E4に供給されることになる。また、図6に示す変位 X 、 Z は、それぞれ図4、図5に示す変位 X 、 Z に対応するものである。

【0055】

ここで、図6のX軸励振用期間 T_x に注目すると、X軸方向駆動回路71からの交流駆動信号 S_x の供給により、振動子は変位 X を生じてX軸方向に振動することになる。続くZ軸励振用期間 T_z に注目すると、Z軸方向駆動回路72からの交流駆動信号 S_z の供給により、振動子は変位 Z を生じてZ軸方向に振動することになる。したがって、X軸励振用期間 T_x の間、コリオリ力 F_y 検出回路82によって、振動子に作用したY軸方向のコリオリ力 F_y を検出すれば、当該検出値はZ軸まわりの角速度 z を示すものになる。また、Z軸励振用期間 T_z の間、コリオリ力 F_x 検出回路81によって、振動子に作用したX軸方向のコリオリ力 F_x を検出すれば、当該検出値はY軸まわりの角速度 y を示すものになり、コリオリ力 F_y 検出回路82によって、振動子に作用したY軸方向のコリオリ力 F_y を検出すれば、当該検出値はX軸まわりの角速度 x を示すものになる。かくして、1検出周期 T の期間に、三次元の角速度 x 、 y 、 z を得ることができる。

【0056】

このように、図6のタイミングチャートに示す方法で検出動作を行えば、理論的には、検出周期 T をサンプリング周期として、三次元角速度 x 、 y 、 z の検出が可能になる。しかしながら、実際には、この図6のタイミングチャートに示す検出動作は、うまく機能しない。これは、実際には、運動中の振動子には慣性力が働くため、振動子の振動方向を瞬時に切り替えることができないためである。すなわち、図6のタイミングチャートは、時刻 t_1 において振動子の振動方向がX軸方向からZ軸方向に瞬時に切り替わり、時刻 t_2 において振動子の振動方向がZ軸方向からX軸方向に瞬時に切り替わり、...という仮定の下でのみ成り立つものである。

【0057】

実際には、時刻 t_1 において交流駆動信号 S_x の供給を停止したとしても、変位 X が直ちに零になるわけではなく、振動子のX軸方向に関する振動振幅は時刻 t_1 以降に徐々に減衰することになり、振幅の立ち下がり期間が必要になる。同様に、実際には、時刻 t_1 において交流駆動信号 S_z の供給を開始したとしても、図示のような変位 Z が急に生じるわけではなく、振動子のZ軸方向に関する振動振幅は時刻 t_1 以降に徐々に増加することになり、振幅の立ち上がり期間が必要になる。

【0058】

このような事情を考慮して、従来一般的な角速度センサでは、図7のタイミングチャートに示すような検出動作が行われている。この検出動作においても、図の最下段に示すように、1検出周期 T を前半のX軸励振用期間 T_x と後半のZ軸励振用期間 T_z とに分けた時分割検出処理が行われる。ただ、X軸励振用期間 T_x において、X軸励振用の交流駆動信号 S_x の供給が行われるのは、時刻 $t_0 \sim t_2$ の期間だけであり、時刻 $t_2 \sim t_3$ の期間は、一切の交流駆動信号の供給が停止される。同様に、Z軸励振用期間 T_z において、Z軸励振用の交流駆動信号 S_z の供給が行われるのは、時刻 $t_3 \sim t_5$ の期間だけであり、時刻 $t_5 \sim t_6$ の期間は、一切の交流駆動信号の供給が停止される。

【0059】

このようなタイミングで、各交流駆動信号 S_x 、 S_z の供給を行うと、振動子は、図7の変位 X 、 Z の波形に示すような振動を行うことになる。すなわち、時刻 t_0 において信号 S_x の供給を開始すると、振動子はX軸方向への振動を開始し、その振幅は徐々に増加してゆき、時刻 t_1 に定常値に達する。以後、時刻 $t_1 \sim t_2$ の期間にわたって、振動子は一定振幅でX軸方向への振動を継続する。そして、時刻 t_2 において信号 S_x の供

10

20

30

40

50

給が停止すると、振動子の振幅は徐々に減少してゆき、時刻 t_3 に零になる。そこで、この時刻 t_3 において信号 S_z の供給を開始すると、振動子は Z 軸方向への振動を開始し、その振幅は徐々に増加してゆき、時刻 t_4 に定常値に達する。以後、時刻 $t_4 \sim t_5$ の期間にわたって、振動子は一定振幅で Z 軸方向への振動を継続する。そして、時刻 t_5 において信号 S_z の供給が停止すると、振動子の振幅は徐々に減少してゆき、時刻 t_6 に零になる。以上が、1 検出周期 T の動作であり、以後、同じ動作が繰り返されてゆく。

【0060】

結局、実際の検出動作では、図 7 の下段に示すとおり、X 軸励振用期間 T_x は、立ち上がり期間 T_{x1} 、中間期間 T_{x2} 、立ち下がり期間 T_{x3} の 3 つの期間に分けられ、Z 軸励振用期間 T_z は、立ち上がり期間 T_{z1} 、中間期間 T_{z2} 、立ち下がり期間 T_{z3} の 3 つの期間に分けられることになる。なお、本願図面では、説明の便宜上、立ち上がり期間や立ち下がり期間における振動子の振幅の増加や減少の態様を、その包絡線が直線（図における一点鎖線）となる単純なモデルで示すが、実際の振動子の振幅増加や振幅減少の態様は、より複雑な包絡線を描くものになる。

10

【0061】

ここで、立ち上がり期間 T_{x1} 、 T_{z1} および立ち下がり期間 T_{x3} 、 T_{z3} は、振動子の振幅が一定ではなく、また、振動の状態も不安定であるため、検出回路 81、82 によってコリオリ力の検出を行うのは好ましくない。そこで、コリオリ力の検出処理は、一定振幅で安定した振動状態が維持される中間期間 T_{x2} 、 T_{z2} において行われる。結局、立ち上がり期間 T_{x1} 、 T_{z1} および立ち下がり期間 T_{x3} 、 T_{z3} は、実際の検出処理に直接的には寄与しない無駄な期間ということになり、検出期間 T を短縮してサンプリング周波数を高める上では、できるだけ短くするのが好ましい。本考案の特徴は、交流駆動信号 S_x 、 S_z の波形（振幅および位相）に工夫を施し、立ち上がり期間 T_{x1} 、 T_{z1} および立ち下がり期間 T_{x3} 、 T_{z3} をより短縮した点にある。

20

【0062】

図 8 は、本考案に係る角速度センサで供給される交流駆動信号 S （具体的には、信号 $S_x(+)$ 、 $S_x(-)$ 、 S_z ）の前端部分の波形を示すグラフである。図示のとおり、交流駆動信号の前端部分は、第 1 区間 U_1 と第 2 区間 U_2 とに分けられる。ここでは、第 1 区間 U_1 における交流駆動信号を信号 S_1 とし、その振幅を A_1 、その位相を ϕ_1 とする。また、第 2 区間 U_2 における交流駆動信号を信号 S_2 とし、その振幅を A_2 、その位相を ϕ_2 とする。ここで重要な点は、振幅に関しては、 $A_1 > A_2$ となるように設定することと、位相に関しては、 $\phi_1 = \phi_2$ となるように設定することである。このような条件設定により、立ち上がり期間 T_{x1} 、 T_{z1} を短縮する効果が得られる。これは、交流駆動信号 S の供給開始直後に一時的に大きなエネルギーを与えることにより、振動子の振幅を急速に増加させることができるためである。

30

【0063】

一方、図 9 は、本考案に係る角速度センサで供給される交流駆動信号 S （具体的には、信号 $S_x(+)$ 、 $S_x(-)$ 、 S_z ）の後端部分の波形を示すグラフである。図示のとおり、交流駆動信号の後端部分は、第 2 区間 U_2 （図 8 に示す第 2 区間 U_2 に後続する部分）と第 3 区間 U_3 とに分けられる。ここでは、第 2 区間 U_2 における交流駆動信号を信号 S_2 とし、その振幅を A_2 、その位相を ϕ_2 とする。また、第 3 区間 U_3 における交流駆動信号を信号 S_3 とし、その振幅を A_3 、その位相を ϕ_3 とする。ここで重要な点は、振幅に関しては、 $A_3 > A_2$ となるように設定することと、位相に関しては、 ϕ_3 が ϕ_2 に対して逆位相（位相差 180° ）となるように設定することである。このような条件設定により、立ち下がり期間 T_{x3} 、 T_{z3} を短縮する効果が得られる。これは、交流駆動信号 S の供給停止直前に大きなエネルギーをもった逆位相の信号を与えることにより、振動子の振幅を急速に減少させることができるためである。

40

【0064】

結局、本考案で供給する交流駆動信号 S の全体波形は、図 10 のグラフに示すようなものになる。図示のとおり、この信号 S は、時間軸に沿って先頭から順に第 1 区間 U_1 、第

50

2 区間 U_2 , 第 3 区間 U_3 に分けられ、各区間の信号をそれぞれ信号 S_1 , S_2 , S_3 とし、これら各信号 S_1 , S_2 , S_3 の振幅をそれぞれ振幅 A_1 , A_2 , A_3 とし、これら各信号 S_1 , S_2 , S_3 の位相をそれぞれ位相 ϕ_1 , ϕ_2 , ϕ_3 とした場合、次のような特徴を有している。

【 0 0 6 5 】

まず、信号 S_2 については、第 2 区間 U_2 にわたって振幅 A_2 が一定値を維持するようにする。この振幅 A_2 は、振動子を安定した状態で振動させるのに適したレベルに設定され、かつ、できるだけ精度の高い検出結果が得られるレベルに設定される。振幅 A_2 が大きすぎると、振動子の振動が不安定になるため好ましくない。逆に、振幅 A_2 が小さすぎると、振動子の定常状態における振幅も小さくなってしまいうため、十分な精度をもった検出を行うことができない。振幅 A_2 の適正な値は、角速度センサの物理的構造部の形状、寸法、材質などによって異なるので、実際の試作品を用いて（もしくは、コンピュータシミュレーションにより）最適値を決定することになる。

10

【 0 0 6 6 】

一方、第 1 区間 U_1 における信号 S_1 については、振幅 A_1 が $A_1 > A_2$ なる条件を満たすようにする。ここで、位相は、 $\phi_1 = \phi_2$ であり、第 1 区間 U_1 および第 2 区間 U_2 を通じて一定である。第 1 区間 U_1 において駆動信号の振幅を大きくすれば、振動子の初動時に一時的に大きなエネルギーを供給することができ、立ち上がり期間を短縮する効果が得られる点は、既に述べたとおりである。信号 S_1 は、第 1 区間 U_1 に一時的に供給される信号であるから、その振幅 A_1 は、必ずしも振動子を安定した状態で振動させるのに適したレベルに設定する必要はなく、もし定常的に供給した場合には、振動子の振動が不安定になるようなレベルであってもかまわない。

20

【 0 0 6 7 】

また、第 3 区間 U_3 における信号 S_3 についても、振幅 A_3 が $A_3 > A_2$ なる条件を満たすようにする。ただし、位相 ϕ_3 は、 ϕ_1 や ϕ_2 に対して逆位相（位相差 180° ）となるようにする。このように、交流駆動信号 S の供給停止直前に大きなエネルギーをもった逆位相の信号を与えることにより、振動子の振幅を急減させる効果が得られる点は、既に述べたとおりである。やはり信号 S_3 は、第 3 区間 U_3 に一時的に供給される信号であるから、その振幅 A_3 は、必ずしも振動子を安定した状態で振動させるのに適したレベルに設定する必要はなく、もし定常的に供給した場合には、振動子の振動が不安定になるようなレベルであってもかまわない。

30

【 0 0 6 8 】

図 1 1 は、本考案に係る角速度センサで行われる検出動作のタイミングチャートである。図 7 に示す従来一般的なタイミングチャートと比較すると、本考案の特徴とその効果が明瞭になる。

【 0 0 6 9 】

まず、X 軸励振用の交流駆動信号 S_x に関しては、図 7 のチャートでは、時刻 $t_0 \sim t_2$ にわたって同一振幅、同一位相の信号が供給されているのに対して、図 1 1 のチャートでは、時刻 $t_0 \sim t_4$ の期間が、第 1 区間 U_{x1} ($t_0 \sim t_1$)、第 2 区間 U_{x2} ($t_1 \sim t_3$)、第 3 区間 U_{x3} ($t_3 \sim t_4$) に分割され、それぞれの区間において、X 軸励振用の交流駆動信号 S_{x1} , S_{x2} , S_{x3} が供給されている。そして、これら信号 S_{x1} , S_{x2} , S_{x3} の振幅 A_{x1} , A_{x2} , A_{x3} について、振幅 A_{x2} は一定値を維持し、振幅 A_{x1} は振幅 A_{x2} よりも大きくなり、振幅 A_{x3} は振幅 A_{x2} よりも大きくなり、しかも、これら信号 S_{x1} , S_{x2} , S_{x3} の位相 ϕ_{x1} , ϕ_{x2} , ϕ_{x3} について、位相 ϕ_{x2} は位相 ϕ_{x1} に等しくなり、位相 ϕ_{x3} は位相 ϕ_{x2} に対して逆位相（位相差 180° ）になっている。

40

【 0 0 7 0 】

なお、実際には、既に述べたとおり、交流駆動信号 S_x は、電極 E_1 に供給するための信号 $S_x(+)$ と電極 E_2 に供給するための信号 $S_x(-)$ とによって構成されており、図 1 1 に示す信号 S_x は、その一方の信号 $S_x(+)$ を代表として示したものである。も

50

う一方の信号 $S_x(-)$ は、信号 $S_x(+)$ の正負を逆転させたものになる。

【0071】

X軸方向駆動回路71によって、このような交流駆動信号 S_x を供給すると、図11に変位 X として示すとおり、振動子は時刻 t_0 においてX軸方向への振動を開始し、その振幅は徐々に増加してゆく。そして、時刻 t_2 には安定した振動状態に移行する。このような安定した振動状態は、時刻 t_3 まで継続する。時刻 t_3 では、これまでとは逆位相の信号 S_{x3} が供給されるので、振動子の振幅を抑制させる方向に力が働き、振幅は徐々に減少してゆき、時刻 t_5 で振幅は零になる。

【0072】

同様に、Z軸励振用の交流駆動信号 S_z に関しては、図7のチャートでは、時刻 $t_3 \sim t_5$ にわたって同一振幅、同一位相の信号が供給されているのに対して、図11のチャートでは、時刻 $t_5 \sim t_9$ の期間が、第1区間 U_{z1} ($t_5 \sim t_6$)、第2区間 U_{z2} ($t_6 \sim t_8$)、第3区間 U_{z3} ($t_8 \sim t_9$) に分割され、それぞれの区間において、Z軸励振用の交流駆動信号 S_{z1} , S_{z2} , S_{z3} が供給されている。そして、これら信号 S_{z1} , S_{z2} , S_{z3} の振幅 A_{z1} , A_{z2} , A_{z3} について、振幅 A_{z2} は一定値を維持し、振幅 A_{z1} は振幅 A_{z2} よりも大きくなり、振幅 A_{z3} は振幅 A_{z2} よりも大きくなり、しかも、これら信号 S_{z1} , S_{z2} , S_{z3} の位相 z_1 , z_2 , z_3 について、位相 z_2 は位相 z_1 に等しくなり、位相 z_3 は位相 z_2 に対して逆位相(位相差 180°)になっている。

【0073】

Z軸方向駆動回路72によって、このような交流駆動信号 S_z を供給すると、図11に変位 Z として示すとおり、振動子は時刻 t_5 においてZ軸方向への振動を開始し、その振幅は徐々に増加してゆく。そして、時刻 t_7 には安定した振動状態に移行する。このような安定した振動状態は、時刻 t_8 まで継続する。時刻 t_8 では、これまでとは逆位相の信号 S_{z3} が供給されるので、振動子の振幅を抑制させる方向に力が働き、振幅は徐々に減少してゆき、時刻 t_{10} で振幅は零になる。

【0074】

なお、既に述べたとおり、本願図面では、説明の便宜上、振動子の振幅の増加や減少の態様を、その包絡線が直線(図における一点鎖線)の集合になる単純なモデルで示すが、実際の振動子の振幅増加や振幅減少の態様は、より複雑な包絡線を描くものになる。したがって、図11では、 X および Z として示す振幅波形の増減部分を、直線の集合からなる包絡線が得られる単純なモデルで示しているが、実際には、より複雑な包絡線に沿って振幅が増減することになる。

【0075】

図11に示すとおり、X軸励振用期間 T_x 内には、先頭から順に第1区間 U_{x1} , 第2区間 U_{x2} , 第3区間 U_{x3} の3つの区間が設けられているが、第3区間 U_{x3} の後ろには、更に、交流駆動信号が全く出力されない空白区間(時刻 $t_4 \sim t_5$ に相当する第4区間)が存在し、X軸励振用期間 T_x は、これら4つの区間によって構成されている。同様に、Z軸励振用期間 T_z 内には、先頭から順に第1区間 U_{z1} , 第2区間 U_{z2} , 第3区間 U_{z3} の3つの区間が設けられているが、第3区間 U_{z3} の後ろには、更に、交流駆動信号が全く出力されない空白区間(時刻 $t_9 \sim t_{10}$ に相当する第4区間)が存在し、Z軸励振用期間 T_z は、これら4つの区間によって構成されている。これらの空白区間は、振動子の振幅が零になるまで待つための区間とすることができる。ただし、各区間 U_{x1} , U_{x3} , U_{z1} , U_{z3} の時間軸上の長さを最適に調整すれば、図において、 t_1 を t_2 に、 t_4 を t_5 に、 t_6 を t_7 に、 t_9 を t_{10} に、それぞれ近づけることができ、空白区間の長さを最小とし、検出周期 T を最小にすることができる。

【0076】

結局、X軸励振用期間 T_x に、図示のような交流駆動信号 S_x を用いて振動子を駆動させると、立ち上がり期間 T_{x1} (時刻 $t_0 \sim t_2$) では振動子のX軸方向の振幅は徐々に増加し、中間期間 T_{x2} (時刻 $t_2 \sim t_3$) では同一振幅で安定した振動状態が継続し、

立ち下がり期間 $T \times 3$ (時刻 $t_3 \sim t_5$) では振動子の X 軸方向の振幅は徐々に減少して零に至ることになる。一方、Z 軸励振用期間 T_z に、図示のような交流駆動信号 S_z を用いて振動子を駆動させると、立ち上がり期間 $T_z 1$ (時刻 $t_5 \sim t_7$) では振動子の Z 軸方向の振幅は徐々に増加し、中間期間 $T_z 2$ (時刻 $t_7 \sim t_8$) では同一振幅で安定した振動状態が継続し、立ち下がり期間 $T_z 3$ (時刻 $t_8 \sim t_{10}$) では振動子の Z 軸方向の振幅は徐々に減少して零に至ることになる。検出回路 81, 82 によるコリオリ力の検出処理は、一定振幅で安定した振動状態が維持される中間期間 $T \times 2$, $T_z 2$ において行われる。

【0077】

ここで、立ち上がり期間 $T \times 1$, $T_z 1$ および立ち下がり期間 $T \times 3$, $T_z 3$ について、図7のチャートと図11のチャートとを比較すると、前者に比べて後者の方が短縮されていることがわかる。これは、交流駆動信号 S_x , S_z の相違に起因した効果である。前述したとおり、本考案に係る交流駆動信号 S の場合、第1区間 U_1 において信号振幅を大きく設定したため、無駄な立ち上がり期間を短縮する効果が得られ、第3区間 U_3 において信号振幅を大きく、かつ、位相を逆転させる設定をしたため、無駄な立ち下がり期間を短縮する効果も得られる。かくして、検出周期 T 、すなわち、角速度のサンプリング周期を短縮することが可能になる。

【0078】

なお、X 軸励振用期間 T_x における第1区間 $U_x 1$ の長さ、およびそのとき供給される信号 $S_x 1$ の振幅 $A_x 1$ の大きさは、立ち上がり期間 $T_x 1$ ができるだけ短くなるような最適値に設定するのが好ましい。図示のとおり、立ち上がり期間 $T_x 1$ の終端時刻 t_2 は、第1区間 $U_x 1$ の終端時刻 t_1 よりも後になる。時刻 $t_0 \sim t_1$ の区間(第1区間 $U_x 1$) は、振幅が急速に立ち上がり、その後、時刻 $t_1 \sim t_2$ の区間において振幅の立ち上がりは緩慢になる。Z 軸励振用期間 T_z における第1区間 $U_z 1$ の長さ、およびそのとき供給される信号 $S_z 1$ の振幅 $A_z 1$ の大きさについても同様である。

【0079】

同様に、X 軸励振用期間 T_x における第3区間 $U_x 3$ の長さ、およびそのとき供給される信号 $S_x 3$ の振幅 $A_x 3$ の大きさは、立ち下がり期間 $T_x 3$ ができるだけ短くなるような最適値に設定するのが好ましい。当然ながら、立ち下がり期間 $T_x 3$ の終端時刻 t_5 (X 軸方向に関して振動子が静止する時刻) は、第3区間 $U_x 3$ の終端時刻 t_4 よりも後になる。時刻 $t_3 \sim t_4$ の区間(第3区間 $U_x 3$) は、振幅が急速に立ち下がり、その後、時刻 $t_4 \sim t_5$ の区間において振幅の立ち下がりは緩慢になる。Z 軸励振用期間 T_z における第3区間 $U_z 3$ の長さ、およびそのとき供給される信号 $S_z 3$ の振幅 $A_z 3$ の大きさについても同様である。

【0080】

立ち上がり期間 $T_x 1$ をできるだけ短くするために最適な第1区間 $U_x 1$ の長さや振幅 $A_x 1$ の大きさ、立ち上がり期間 $T_z 1$ をできるだけ短くするために最適な第1区間 $U_z 1$ の長さや振幅 $A_z 1$ の大きさ、そして、立ち下がり期間 $T_x 3$ をできるだけ短くするために最適な第3区間 $U_x 3$ の長さや振幅 $A_x 3$ の大きさ、立ち下がり期間 $T_z 3$ をできるだけ短くするために最適な第3区間 $U_z 3$ の長さや振幅 $A_z 3$ の大きさは、いずれも個々の角速度センサに固有の値になるので、実用上は、試作品を用いた実験による思考錯誤の結果や、コンピュータシミュレーションによる結果に基づいて決定することになる。前述したとおり、各区間 $U_x 1$, $U_x 3$, $U_z 1$, $U_z 3$ の時間軸上の長さを最適に調整すれば、これらの各区間を、期間 $T_x 1$, $T_x 3$, $T_z 1$, $T_z 3$ に近づけることができる。 $U_x 1 < T_x 1$, $U_x 3 < T_x 3$, $U_z 1 < T_z 1$, $U_z 3 < T_z 3$ の場合は、その差に相当する期間(たとえば、 $U_x 1 < T_x 1$ の場合、時刻 $t_1 \sim t_2$ の期間)は、振幅の大きな駆動信号による効果的な立ち上がりや立ち下がりではなく、自然な立ち上がりや立ち下がりの期間となるため、検出周期 T は最小にはならない。

【0081】

本願考案者が作成した試作品の場合、振動子の X 軸方向および Z 軸方向の共振周波数が

10

20

30

40

50

ともに 20 kHz であったため、20 kHz の交流駆動信号を用いて駆動を行う実験を行った。その結果、図 7 に示す従来の駆動方法の場合、検出周期 $T = 1 / 30 \text{ sec}$ (すなわち、30 Hz のサンプリング周波数) であったものを、図 11 に示す本考案の駆動方法により、検出周期 $T = 1 / 500 \text{ sec}$ (すなわち、500 Hz のサンプリング周波数) まで改善することができた。

【0082】

<<< § 3 . 本考案の要点とその変形例 >>>

図 1 に示すとおり、本考案は、振動子 11 と、装置筐体に固定された固定部 13 と、振動子 11 と固定部 13 とを接続する可撓部 12 と、を有し、可撓部 12 の撓みによって振動子 11 が固定部 13 に対して変位する構造をなす基本構造体 10 を備え、XYZ 三次元直交座標系における X 軸まわりの角速度 x , Y 軸まわりの角速度 y , Z 軸まわりの角速度 z を検出する機能をもった角速度センサに係るものである。

10

【0083】

この角速度センサには、更に、交流駆動信号の供給を受け、振動子 11 が X 軸方向に振動するように、可撓部 12 の所定箇所在所定の撓みを生じさせる X 軸方向励振手段と、交流駆動信号の供給を受け、振動子 11 が Z 軸方向に振動するように、可撓部 12 の所定箇所在所定の撓みを生じさせる Z 軸方向励振手段と、が備わっている。図 1 および図 2 に示す例の場合、4 枚の励振用電極 E1 ~ E4 と、これに対向する共通電極 E0 と、これらに挟まれた圧電素子 30 の一部分が、X 軸方向励振手段および Z 軸方向励振手段として機能することになる。

20

【0084】

また、この角速度センサには、振動子 11 が X 軸もしくは Z 軸方向に振動しているときに、振動子 11 に作用する所定座標軸方向のコリオリ力を検出し、検出したコリオリ力に基づいて、角速度 x , y , z を示す電気信号を出力する角速度検出手段が備わっている。図 1 および図 2 に示す例の場合、4 枚の検出用電極 D1 ~ D4 と、これに対向する共通電極 E0 と、これらに挟まれた圧電素子 30 の一部分と、図 3 に示す検出回路 81 ~ 83 が、この角速度検出手段として機能することになる。

【0085】

そして、この角速度センサには、更に、図 3 の回路図に示すとおり、X 軸方向励振手段に対して、X 軸励振用の交流駆動信号 S_x を供給する X 軸方向駆動回路 71 と、Z 軸方向励振手段に対して、Z 軸励振用の交流駆動信号 S_z を供給する Z 軸方向駆動回路 72 と、が備わっている。

30

【0086】

なお、図 1 および図 2 に示す例の場合、X 軸方向励振手段は、基本構造体 10 を構成する基板上面における正の X 座標値をもつ位置に配置された正側励振手段 (励振用電極 E1 およびその下方の圧電素子 30、共通電極 E0) と、負の X 座標値をもつ位置に配置された負側励振手段 (励振用電極 E2 およびその下方の圧電素子 30、共通電極 E0) と、によって構成されているため、X 軸方向駆動回路 71 は、正側励振手段に供給する正側交流駆動信号 $S_x (+)$ と、負側励振手段に供給する負側交流駆動信号 $S_x (-)$ と、によって構成される X 軸励振用の交流駆動信号 S_x を供給する機能を有している。ここで、信号 $S_x (+)$ と信号 $S_x (-)$ とは互いに逆位相の信号になる。

40

【0087】

本考案の特徴は、X 軸方向駆動回路 71 および Z 軸方向駆動回路 72 の特有の動作にある。すなわち、所定の検出周期 T の前半部分に X 軸励振用期間 T_x 、後半部分に Z 軸励振用期間 T_z を設定したときに、X 軸方向駆動回路 71 は、X 軸励振用期間 T_x 内に先頭から順に設けられた第 1 区間 U_{x1} 、第 2 区間 U_{x2} 、第 3 区間 U_{x3} の 3 つの区間に渡って、それぞれ X 軸励振用の交流駆動信号 S_{x1} 、 S_{x2} 、 S_{x3} を供給する機能を有する。ここで、これら信号 S_{x1} 、 S_{x2} 、 S_{x3} の振幅 A_{x1} 、 A_{x2} 、 A_{x3} について、振幅 A_{x2} は一定値を維持し、振幅 A_{x1} は振幅 A_{x2} よりも大きくなり、振幅 A_{x3} は振幅 A_{x2} よりも大きくなり、しかも、これら信号 S_{x1} 、 S_{x2} 、 S_{x3} の位相 x_1

50

, ϕ_{x2} , ϕ_{x3} について、位相 ϕ_{x2} は位相 ϕ_{x1} に等しくなり、位相 ϕ_{x3} は位相 ϕ_{x2} に対して逆位相 (位相差 180°) をもつような制御が行われる。

【0088】

また、Z軸方向駆動回路72は、Z軸励振用期間 T_z 内に先頭から順に設けられた第1区間 U_z1 、第2区間 U_z2 、第3区間 U_z3 の3つの区間に渡って、それぞれZ軸励振用の交流駆動信号 S_z1 、 S_z2 、 S_z3 を供給する機能を有する。ここで、これら信号 S_z1 、 S_z2 、 S_z3 の振幅 A_z1 、 A_z2 、 A_z3 について、振幅 A_z2 は一定値を維持し、振幅 A_z1 は振幅 A_z2 よりも大きくなり、振幅 A_z3 は振幅 A_z2 よりも大きくなり、しかも、これら信号 S_z1 、 S_z2 、 S_z3 の位相 ϕ_{z1} 、 ϕ_{z2} 、 ϕ_{z3} について、位相 ϕ_{z2} は位相 ϕ_{z1} に等しくなり、位相 ϕ_{z3} は位相 ϕ_{z2} に対して逆位相 (位相差 180°) をもつような制御が行われる。

10

【0089】

一方、角速度検出手段は、X軸励振用期間 T_x 内のうち振動子11のX軸方向に関する振幅が安定すると予想される中間期間 T_{x2} およびZ軸励振用期間 T_z 内のうち振動子11のZ軸方向に関する振幅が安定すると予想される中間期間 T_{z2} に検出されたコリオリ力に基づいて、角速度を示す電気信号を出力することになる。これら中間期間 T_{x2} 、 T_{z2} 以外の期間は、振動子11の振動が不安定な立ち上がり期間および立ち下がり期間ということになるが、既に述べたとおり、本考案によれば、立ち上がり期間および立ち下がり期間をできるだけ短縮することが可能になり、サンプリング周波数を向上させることが可能になる。

20

【0090】

以上、本考案を第1の実施形態に基づいて説明し、その要点を列挙したが、本考案はこの第1の実施形態に限定されるものではなく、この他にも種々の態様で実施可能である。以下に、本考案のいくつかの変形例を述べておく。

【0091】

<3-1: 交流駆動信号の波形のバリエーション>

これまで述べた実施形態では、X軸方向駆動回路71およびZ軸方向駆動回路72によって供給される交流駆動信号 S は、図10に示すような基本波形を有していた。すなわち、第1区間 U_1 において振幅 A_1 は一定値をとり、第2区間 U_2 において振幅 A_2 は一定値をとり、第3区間 U_3 において振幅 A_3 は一定値をとっている。これは、X軸方向駆動回路71によって、各信号 S_{x1} 、 S_{x2} 、 S_{x3} の振幅 A_{x1} 、 A_{x2} 、 A_{x3} が、それぞれ一定値を維持するような制御が行われ、Z軸方向駆動回路72によって、各信号 S_{z1} 、 S_{z2} 、 S_{z3} の振幅 A_{z1} 、 A_{z2} 、 A_{z3} が、それぞれ一定値を維持するような制御が行われることを意味する。

30

【0092】

しかしながら、本考案に用いる交流駆動信号 S の波形は、必ずしも図10に示すような3通りの段階的な振幅値をもつ波形である必要はない。図12は、本考案に係る角速度センサで供給される別な形態の交流駆動信号 S の全体波形を示すグラフである。

【0093】

この図12に示す交流駆動信号 S も、第1区間 U_1 、第2区間 U_2 、第3区間 U_3 の3つの区間に分割することができ、それぞれの区間ごとに信号 S_1 、 S_2 、 S_3 が配置されている。ここで、第2区間 U_2 における信号 S_2 は、図10に示す第2区間 U_2 における信号 S_2 と同一のものであり、一定の振幅 A_2 をもった信号になる。一方、第1区間 U_1 における信号 S_1 は、若干異なった波形をしている。すなわち、信号 S_1 の振幅 A_1 は、第1区間 U_1 の先頭から徐々に増加してゆきピークに到達した後に振幅 A_2 まで減少する。これに後続する信号 S_2 の振幅 A_2 は、第2区間 U_2 の期間中一定値を維持する。そして、後続する信号 S_3 の振幅 A_3 は、第3区間 U_3 の先頭から徐々に増加してゆきピークに到達した後に0まで減少する。

40

【0094】

結局、この図12に示す交流駆動信号 S の場合、第1区間 U_1 の振幅 A_1 は、必ずしも

50

第2区間 U_2 の振幅 A_2 よりも大きいわけではなく、時刻によっては、 $A_1 < A_2$ になる場合がある。同様に、第3区間 U_3 の振幅 A_3 は、必ずしも第2区間 U_2 の振幅 A_2 よりも大きいわけではなく、時刻によっては、 $A_3 < A_2$ になる場合がある。しかしながら、第1区間 U_1 、第2区間 U_2 、第3区間 U_3 の区間ごとに、それぞれ信号 S_1 、 S_2 、 S_3 の平均振幅をそれぞれ M_1 、 M_2 、 M_3 とすれば、 $M_1 > M_2$ 、 $M_3 > M_2$ という条件が満たされている。もちろん、信号 S_1 、 S_2 、 S_3 の位相をそれぞれ θ_1 、 θ_2 、 θ_3 とすれば、 $\theta_1 = \theta_2$ であり、 θ_3 が、 θ_1 および θ_2 に対して逆位相になる、という条件も満たされている。このような条件を満たせば、立ち上がり期間および立ち下がり期間をできるだけ短縮し、サンプリング周波数を向上させる、という本考案の効果が得られる。

10

【0095】

したがって、ここで述べるパリエーションの場合、 X 軸方向駆動回路71は、 X 軸励振用期間 T_x 内に先頭から順に設けられた第1区間 U_{x1} 、第2区間 U_{x2} 、第3区間 U_{x3} の3つの区間に渡って、それぞれ X 軸励振用の交流駆動信号 S_{x1} 、 S_{x2} 、 S_{x3} を供給し、かつ、信号 S_{x2} の振幅 A_{x2} は一定値を維持し、信号 S_{x1} 、 S_{x2} 、 S_{x3} の平均振幅をそれぞれ M_{x1} 、 M_{x2} 、 M_{x3} としたときに、平均振幅 M_{x1} が平均振幅 M_{x2} よりも大きくなり、平均振幅 M_{x3} が平均振幅 M_{x2} よりも大きくなり、しかも、これら信号 S_{x1} 、 S_{x2} 、 S_{x3} の位相 θ_{x1} 、 θ_{x2} 、 θ_{x3} について、位相 θ_{x2} は位相 θ_{x1} に等しくなり、位相 θ_{x3} は位相 θ_{x2} に対して逆位相となるような制御を行えばよい。

20

【0096】

同様に、 Z 軸方向駆動回路72は、 Z 軸励振用期間 T_z 内に先頭から順に設けられた第1区間 U_{z1} 、第2区間 U_{z2} 、第3区間 U_{z3} の3つの区間に渡って、それぞれ Z 軸励振用の交流駆動信号 S_{z1} 、 S_{z2} 、 S_{z3} を供給し、かつ、信号 S_{z2} の振幅 A_{z2} は一定値を維持し、信号 S_{z1} 、 S_{z2} 、 S_{z3} の平均振幅をそれぞれ M_{z1} 、 M_{z2} 、 M_{z3} としたときに、平均振幅 M_{z1} が平均振幅 M_{z2} よりも大きくなり、平均振幅 M_{z3} が平均振幅 M_{z2} よりも大きくなり、しかも、これら信号 S_{z1} 、 S_{z2} 、 S_{z3} の位相 θ_{z1} 、 θ_{z2} 、 θ_{z3} について、位相 θ_{z2} は位相 θ_{z1} に等しくなり、位相 θ_{z3} は位相 θ_{z2} に対して逆位相となるような制御を行えばよい。

30

【0097】

特に、図12に示すような波形をもった交流駆動信号を供給する場合、 X 軸方向駆動回路71は、各信号 S_{x1} 、 S_{x2} 、 S_{x3} の振幅 A_{x1} 、 A_{x2} 、 A_{x3} について、振幅 A_{x1} が、第1区間 U_{x1} の先頭から徐々に増加してゆきピークに到達した後に振幅 A_{x2} まで減少し、振幅 A_{x2} が、第2区間 U_{x2} の期間中一定値を維持し、振幅 A_{x3} が、第3区間 U_{x3} の先頭から徐々に増加してゆきピークに到達した後に0まで減少するような制御を行い、 Z 軸方向駆動回路72は、各信号 S_{z1} 、 S_{z2} 、 S_{z3} の振幅 A_{z1} 、 A_{z2} 、 A_{z3} について、振幅 A_{z1} が、第1区間 U_{z1} の先頭から徐々に増加してゆきピークに到達した後に振幅 A_{z2} まで減少し、振幅 A_{z2} が、第2区間 U_{z2} の期間中一定値を維持し、振幅 A_{z3} が、第3区間 U_{z3} の先頭から徐々に増加してゆきピークに到達した後に0まで減少するような制御を行えばよい。

40

【0098】

前述したとおり、本願考案者が作成した試作品の場合、従来の駆動方法の場合、検出周期 $T = 1 / 30 \text{ sec}$ （すなわち、 30 Hz のサンプリング周波数）であったものが、図10に示す交流駆動信号を用いた本考案の駆動方法により、検出周期 $T = 1 / 500 \text{ sec}$ （すなわち、 500 Hz のサンプリング周波数）まで改善することができたが、図12に示す交流駆動信号を用いた駆動方法により、検出周期を更に $T = 1 / 600 \text{ sec}$ （すなわち、 600 Hz のサンプリング周波数）まで改善することができた。

【0099】

なお、これまで、交流駆動信号 S として正弦波の信号を用いる例を述べたが、もちろん矩形波などを用いてもかまわない。また、後述するように、圧電素子の代わりに容量素子

50

を用いて駆動する場合は、正側部分のみを抽出した半波整流波を交流駆動信号として用いて駆動を行うことになる。

【 0 1 0 0 】

< 3 - 2 : 位相差のパリエーション >

これまで述べた実施形態では、交流駆動信号 S の各区間に信号 S_1 , S_2 , S_3 を配置し、位相 $1 = 2$ とし、位相 3 だけを逆位相にすることにより、振動子の振幅を急激に減衰させる手法をとっていた。しかしながら、位相 3 は、位相 2 に対して、必ずしも正確に逆位相 (位相差 = 180°) にする必要はない。理論的には、位相 3 が、位相 2 に対して $90^\circ < \theta < 270^\circ$ の範囲内の位相差を生じるようにすれば、振動子の運動方向に対して逆向きの駆動力が作用することになるので、振動子の振幅を減衰させる効果が得られる。同様の理由により、位相 1 は、位相 2 に対して、必ずしも同位相 (位相差 = 0°) にする必要はない。理論的には、位相 1 が、位相 2 に対して $-90^\circ < \theta < +90^\circ$ の範囲内の位相差を生じるようにすれば、第 2 区間 U_2 における振動子の運動方向に対して順方向の駆動力が作用することになるので、振動子の振幅を増加させる効果が得られる。

10

【 0 1 0 1 】

したがって、 X 軸方向駆動回路 7_1 が、信号 S_{x1} , S_{x2} , S_{x3} の位相 x_1 , x_2 , x_3 について、位相 x_1 の位相 x_2 に対する位相差 x_1 は $-90^\circ < \theta < +90^\circ$ の範囲内となり、位相 x_3 の位相 x_2 に対する位相差 x_2 は $90^\circ < \theta < 270^\circ$ の範囲内となるような制御を行い、 Z 軸方向駆動回路 7_2 が、信号 S_{z1} , S_{z2} , S_{z3} の位相 z_1 , z_2 , z_3 について、位相 z_1 の位相 z_2 に対する位相差 z_1 は $-90^\circ < \theta < +90^\circ$ の範囲内となり、位相 z_3 の位相 z_2 に対する位相差 z_2 は $90^\circ < \theta < 270^\circ$ の範囲内となるような制御を行えば、本考案の効果が得られることになる。

20

【 0 1 0 2 】

ただ、振動子の振動振幅をできるだけ早く立ち上げるためには、 $x_1 = 0^\circ$, $z_1 = 0^\circ$ に設定するのが最も効果的であり、振動子の振動振幅をできるだけ早く下げるためには、 $x_2 = 180^\circ$, $z_2 = 180^\circ$ に設定するのが最も効果的である。したがって、実用上は、これまで述べてきた実施形態で行ったとおり、交流駆動信号 S_{x1} および S_{x2} が同位相の信号となり、交流駆動信号 S_{x3} がこれらに対して逆位相の信号となるようにし、交流駆動信号 S_{z1} および S_{z2} が同位相の信号となり、交流駆動信号 S_{z3} がこれらに対して逆位相の信号となるように制御するのが好ましい。

30

【 0 1 0 3 】

< 3 - 3 : 励振用期間の重複 >

これまでの実施形態では、図 1 1 のタイミングチャートに示すとおり、振動子の X 軸方向に関する振幅が零になった時刻 t_5 を X 軸励振用期間 T_x と Z 軸励振用期間 T_z との境界とし、振動子の Z 軸方向に関する振幅が零になった時刻 t_{10} を Z 軸励振用期間 T_z と X 軸励振用期間 T_x との境界としていた。このため、 Z 軸励振用の交流駆動信号 S_z は、振動子の X 軸方向に関する振幅が零になった時刻 t_5 から供給が開始され、 X 軸励振用の交流駆動信号 S_x は、振動子の Z 軸方向に関する振幅が零になった時刻 t_{10} (t_0) から供給が開始されることになる。

40

【 0 1 0 4 】

しかしながら、検出周期 T を更に短縮するために、同一検出周期 T 内の X 軸励振用期間 T_x の末尾と Z 軸励振用期間 T_z の先頭が部分的に重複し、 Z 軸励振用期間 T_z の末尾と次の検出周期 T 内の X 軸励振用期間 T_x の先頭が部分的に重複するような設定を行うことも可能である。この場合、検出周期 T の前半部分に X 軸励振用期間 T_x 、後半部分に Z 軸励振用期間 T_z を設定することには変わりはないが、前半部分と後半部分とは完全に排他的な部分とせず、一部重複するような設定を行うことになる。

【 0 1 0 5 】

たとえば、図 1 1 において、時刻 t_4 を Z 軸励振用期間 T_z の先頭とすれば、 Z 軸励振

50

用の交流駆動信号 S_z は、振動子の X 軸方向に関する振幅が零になる時刻 t_5 (X 軸励振用期間 T_x の末尾) を待たずして、時刻 t_4 から供給が開始されることになる。この場合、振動子の X 軸方向に関する振幅の立ち下がり期間と、Z 軸方向に関する振幅の立ち上がり期間とが一部重複することになるので、当該重複期間中、振動子は X 軸方向に振動しながら Z 軸方向にも振動した状態となる。それでも、X 軸方向に関する振幅は徐々に減少し、Z 軸方向に関する振幅は徐々に増加するので、結局、振動軸が X 軸から徐々に Z 軸へと移行することになる。

【0106】

このように、X 軸励振用期間 T_x と Z 軸励振用期間 T_z とが部分的に重複するような設定を行った場合でも、中間期間 T_{x2} , T_{z2} において、それぞれ X 軸および Z 軸について安定した振動状態が確保できれば、検出精度に悪影響が及ぶことはない。

10

【0107】

< 3 - 4 : 容量素子を用いた変形例 >

これまで述べた実施形態は、X 軸方向励振手段および Z 軸方向励振手段を、可撓部の所定箇所に固着された圧電素子によって構成した例であるが、圧電素子の代わりに容量素子を用いることも可能である。

【0108】

図 13 は、本考案の第 2 の実施形態に係る角速度センサの物理的構造部の側断面図である。この角速度センサは、圧電素子の代わりに容量素子を用いたセンサである。ここで、基本構造体 40 は、図 1 に示す基本構造体 10 と同様に、平面が正方形をなす基板の下面に、円環状の環状溝 G を形成することによって構成されており、この環状溝 G に囲まれた円柱状の中心部が振動子 41 として機能し、この環状溝 G の底部からなる肉薄部分 (基板上面のワッシャ状の部分) が可撓部 42 として機能し、この環状溝 G の外側部分が固定部 43 として機能する。

20

【0109】

図 13 に示された物理的構造部全体は、図示されていない装置筐体内に收容され、固定部 43 の下面は、この装置筐体の底面に固着される。基本構造体 40 は、絶縁材料から構成されており、その上面には、5 枚の変位電極 H1 ~ H5 が形成されている。図 14 は、図 13 に示す物理的構造部における基本構造体 40 の上面図である (ハッチングは電極形状を示すためのものであり、断面を示すためのものではない)。変位電極 H1 ~ H4 は Z 軸を中心とした扇形の電極であり、変位電極 H5 は、Z 軸を中心とした円形の電極である。これら 5 枚の変位電極 H1 ~ H5 は、振動子 41 の変位に応じて変位する。

30

【0110】

一方、図 13 に示すとおり、基本構造体 40 の上方には、天蓋基板 50 が設けられており、その下面には、共通固定電極 H0 が形成されている。図 15 は、この天蓋基板 50 の下面図である (ハッチングは電極形状を示すためのものであり、断面を示すためのものではない)。図示のとおり、共通固定電極 H0 は、Z 軸を中心とした円形の電極であり、5 枚の変位電極 H1 ~ H5 のすべてに対向する共通電極となっている。そこで、5 枚の変位電極 H1 ~ H5 と、共通固定電極 H0 の対向部分とによって、5 組の容量素子 C1 ~ C5 が形成される。

40

【0111】

前述したとおり、振動子 41 が変位すると、5 枚の変位電極 H1 ~ H5 は変位するが、共通固定電極 H0 は静止したままである。このため、5 組の容量素子 C1 ~ C5 の静電容量値は、振動子 41 の変位状態に応じて変化する。逆に、特定の容量素子を構成する一対の電極間に所定の電圧を印加すると、クーロン力により変位電極の位置が変化する。この性質を利用して、振動子 41 を図示する X 軸方向に振動させたり、Z 軸方向に振動させたりすることが可能である。

【0112】

図 16 は、この第 2 の実施形態に係る角速度センサで利用される X 軸励振用の交流駆動信号 S_x の波形およびこれに同期して生じる振動子の変位 X を示すグラフである。共通

50

固定電極 H 0 を接地した状態で、図 1 6 に示すように、振幅 A_x をもった半波整流信号 $S_x(+)$ を変位電極 H 1 に与え、振幅 A_x をもった逆位相の半波整流信号 $S_x(-)$ を変位電極 H 2 に与えれば、容量素子 C 1, C 2 に交互にクーロン力が作用することになり、振動子は振幅 B_x をもって X 軸方向に振動する。

【 0 1 1 3 】

また、図 1 7 は、この第 2 の実施形態に係る角速度センサで利用される Z 軸励振用の交流駆動信号 S_z の波形およびこれに同期して生じる振動子の変位 Z を示すグラフである。共通固定電極 H 0 を接地した状態で、図 1 7 に示すように、振幅 A_z をもった半波整流信号 S_z を変位電極 H 5 に与えれば、容量素子 C 5 に半周期ごとにクーロン力が作用することになり、振動子は振幅 B_x をもって Z 軸方向に振動する。

10

【 0 1 1 4 】

結局、この第 2 の実施形態に係る角速度センサでは、X 軸方向励振手段および Z 軸方向励振手段が、可撓部 4 2 もしくは振動子 4 1 の所定箇所に形成された変位電極 H 1, H 2, H 5 と、この変位電極 H 1 ~ H 5 に対向する位置において装置筐体に固定された固定電極 H 0 と、からなる容量素子 C 1, C 2, C 5 によって構成されていることになる。

【 0 1 1 5 】

一方、コリオリ力の検出は、所定の容量素子の静電容量値の変化を利用して行うことができる。たとえば、振動子 4 1 が X 軸方向に振動中に、容量素子 C 3, C 4 の静電容量値の変化の差を求めれば、Y 軸方向に作用したコリオリ力を検出することができ、容量素子 C 5 の静電容量値の変化を求めれば、Z 軸方向に作用したコリオリ力を検出することができる。同様に、振動子 4 1 が Z 軸方向に振動中に、容量素子 C 1, C 2 の静電容量値の変化の差を求めれば、X 軸方向に作用したコリオリ力を検出することができ、容量素子 C 3, C 4 の静電容量値の変化の差を求めれば、Y 軸方向に作用したコリオリ力を検出することができる。

20

【 0 1 1 6 】

このような容量式の角速度センサにおいても、本考案を適用して、検出周期 T を短縮し、サンプリング周波数を高めることができる。具体的には、振動子 4 1 を X 軸方向に振動させる X 軸励振用期間 T_x には、共通固定電極 H 0 を接地した状態で、図 1 0 もしくは図 1 2 に示す交流駆動信号 S の半波整流信号を、信号 $S_x(+)$ として変位電極 H 1 に与え、これと逆位相の半波整流信号を、信号 $S_x(-)$ として変位電極 H 2 に与えればよい。また、振動子 4 1 を Z 軸方向に振動させる Z 軸励振用期間 T_z には、共通固定電極 H 0 を接地した状態で、図 1 0 もしくは図 1 2 に示す交流駆動信号 S の半波整流信号を、信号 S_z として変位電極 H 5 に与えればよい。

30

【 0 1 1 7 】

< 3 - 5 : 間欠駆動型センサへの適用 >

これまで述べてきた実施形態に係る角速度センサは、所定の検出周期 T で、常に特定の角速度の検出動作を実行する連続駆動型センサであるが、本考案に係る技術は、必要な期間だけ断続的に角速度の検出動作を実行する間欠駆動型センサにも適用可能である。

【 0 1 1 8 】

間欠駆動型の角速度センサは、動作期間と休止期間とを交互に繰り返す機能を有しており、角速度の検出は動作期間中においてのみ行われる。動作期間と休止期間との切替は、たとえば、「1 分間の動作期間と 4 分間の休止期間とを繰り返す」というような設定を行ってもよいし、「何らかの別なセンサから動作開始信号が与えられたら動作期間への切替を行い、動作停止信号が与えられたら休止期間への切替を行う」というような設定を行ってもよい。いずれにしても、休止期間中は、角速度を検出する必要がないので、振動子の運動を停止させておくことができ、トータルでの消費電力を低減させるメリットが得られる。

40

【 0 1 1 9 】

ここで、1 軸まわりの角速度のみ、もしくは 2 軸まわりの角速度のみを検出する機能をもった 1 軸もしくは 2 軸式の間欠駆動型角速度センサでは、振動子の振動方向を切り替え

50

る必要がないため、本考案に係る技術を適用する場合、振動子の「立ち上がり期間を短縮する工夫」を施せば十分であり、「立ち下がり期間を短縮する工夫」は必要ない（もちろん、何らかの理由で「立ち下がり期間を短縮する工夫」を施した方が好ましい場合は、そのような工夫を施してもよい）。

【 0 1 2 0 】

たとえば、振動子を X 軸方向に振動させた状態で、Z 軸方向に作用するコリオリ力 F_z を検出して、Y 軸まわりの角速度 y を検出する機能をもった 1 軸式の間欠駆動型角速度センサの場合、動作期間中は振動子を X 軸方向に振動させ、休止期間中は振動子を停止させる、という間欠動作を行うことになる。そのため、休止期間から動作期間への移行時点では、できるだけ速やかに振動子を安定した振動状態にもってゆくために、これまで述べてきたような振動子の「立ち上がり期間を短縮する工夫」（たとえば、図 10 に示す第 1 区間 U1 における駆動信号の制御動作）が必要になる。これに対して、動作期間から休止期間への移行時点では、通常、できるだけ速やかに振動子を静止させる必要はないので、これまで述べてきたような振動子の「立ち下がり期間を短縮する工夫」（たとえば、図 10 に示す第 3 区間 U3 における駆動信号の制御動作）を特に行う必要はない。ただ、本考案に係る角速度センサを、振動子の振動が何らかの外乱となるようなシステムに組み込んで用いる場合は、「立ち下がり期間を短縮する工夫」も併せて行い、できるだけ速やかに振動子を静止させるようにするのが好ましい。

10

【 0 1 2 1 】

このような事情は、振動子を Z 軸方向に振動させた状態で、X 軸方向に作用するコリオリ力 F_x を検出して、Y 軸まわりの角速度 y を検出するとともに、Y 軸方向に作用するコリオリ力 F_y を検出して、X 軸まわりの角速度 x を検出する機能をもった 2 軸式の間欠駆動型角速度センサの場合も全く同様である。

20

【 0 1 2 2 】

結局、振動子を 1 つの座標軸方向のみに振動させて 1 軸まわりもしくは 2 軸まわりの角速度検出を行う間欠駆動型角速度センサに、本考案を適用する際には、基本的には、これまで述べてきたような振動子の「立ち上がり期間を短縮する工夫」のみを行えば十分であるが、何らかの理由で振動子を速やかに停止させる必要性がある場合には、更に「立ち下がり期間を短縮する工夫」を併せて行うようにすればよい。

30

【 符号の説明 】

【 0 1 2 3 】

- 1 0 : 基本構造体
- 1 1 : 中心部 (振動子)
- 1 2 : 可撓部
- 1 3 : 固定部
- 2 0 : 電極層
- 2 1 : 配線用突起部
- 3 0 : 圧電素子
- 4 0 : 基本構造体
- 4 1 : 中心部 (振動子)
- 4 2 : 可撓部
- 4 3 : 固定部
- 5 0 : 天蓋基板
- 7 1 : X 軸方向駆動回路
- 7 2 : Z 軸方向駆動回路
- 8 1 : コリオリ力 F_x 検出回路
- 8 2 : コリオリ力 F_y 検出回路
- 8 3 : コリオリ力 F_z 検出回路
- 9 0 : クロック回路
- A 1 : 信号 S 1 の振幅

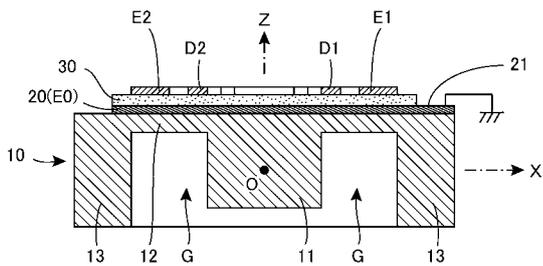
40

50

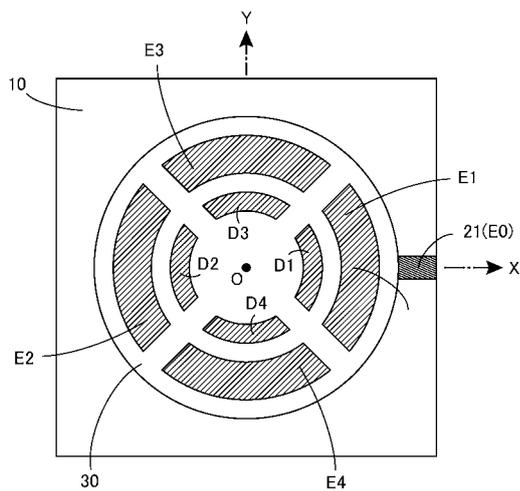
A 2 : 信号 S 2 の振幅	
A 3 : 信号 S 3 の振幅	
A x : 信号 S x の振幅	
A z : 信号 S z の振幅	
B x : 振動子の X 軸方向に関する振幅	
B z : 振動子の Z 軸方向に関する振幅	
D 1 ~ D 4 : 検出用電極	
E 0 : 共通電極	
E 1 ~ E 4 : 励振用電極	
G : 環状溝	10
H 0 : 共通固定電極	
H 1 ~ H 5 : 変位電極	
O : 座標系の原点	
S : 交流駆動信号	
S 1 : 第 1 区間 U 1 における信号 S	
S 2 : 第 2 区間 U 2 における信号 S	
S 3 : 第 3 区間 U 3 における信号 S	
S x : X 軸励振用の交流駆動信号	
S x (+) : 正側励振手段に与える交流駆動信号	
S x (-) : 負側励振手段に与える交流駆動信号	20
S z : Z 軸励振用の交流駆動信号	
T : 検出周期 (サンプルング周期)	
T x : X 軸励振用期間	
T x 1 : 立ち上がり期間	
T x 2 : 中間期間	
T x 3 : 立ち下がり期間	
T z : Z 軸励振用期間	
T z 1 : 立ち上がり期間	
T z 2 : 中間期間	
T z 3 : 立ち下がり期間	30
t : 時間軸	
t 0 ~ t 1 0 : 所定の時刻	
U 1 : 第 1 区間	
U 2 : 第 2 区間	
U 3 : 第 3 区間	
U x 1 : 期間 T x 内の第 1 区間	
U x 2 : 期間 T x 内の第 2 区間	
U x 3 : 期間 T x 内の第 3 区間	
U z 1 : 期間 T z 内の第 1 区間	
U z 2 : 期間 T z 内の第 2 区間	40
U z 3 : 期間 T z 内の第 3 区間	
X : X Y Z 三次元座標系の座標軸	
Y : X Y Z 三次元座標系の座標軸	
Z : X Y Z 三次元座標系の座標軸	
X : 振動子の X 軸方向の変位	
Z : 振動子の Z 軸方向の変位	
: クロック信号	
1 : 信号 S 1 の位相	
2 : 信号 S 2 の位相	
3 : 信号 S 3 の位相	50

x : X 軸まわりの角速度
y : Y 軸まわりの角速度
z : Z 軸まわりの角速度

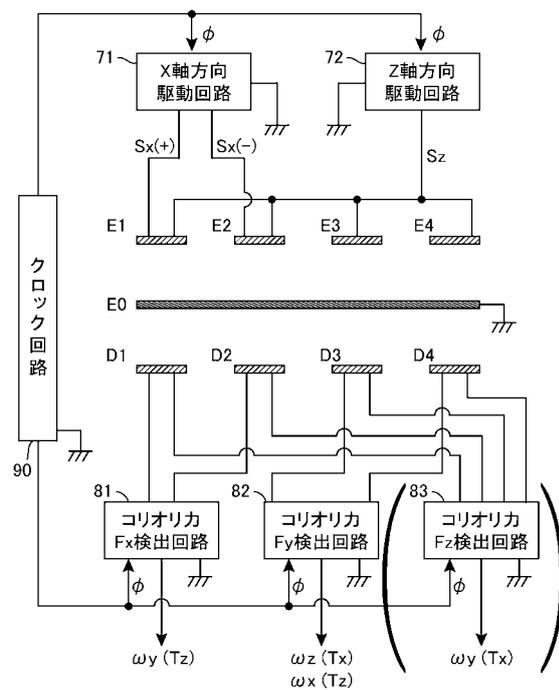
【 図 1 】



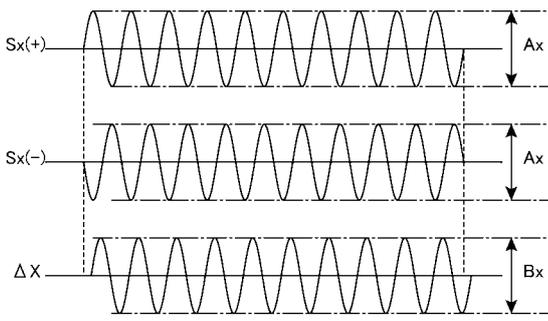
【 図 2 】



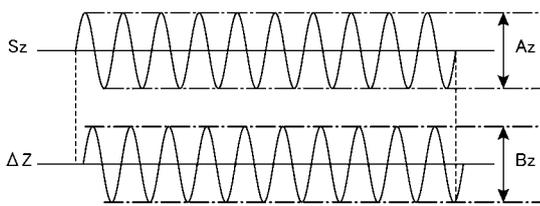
【 図 3 】



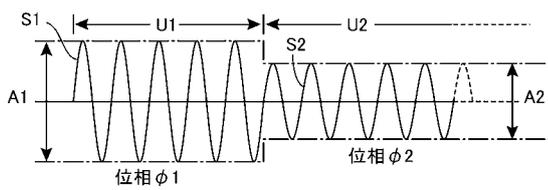
【图 4】



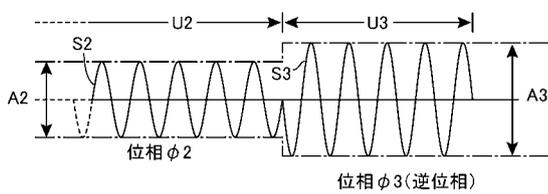
【图 5】



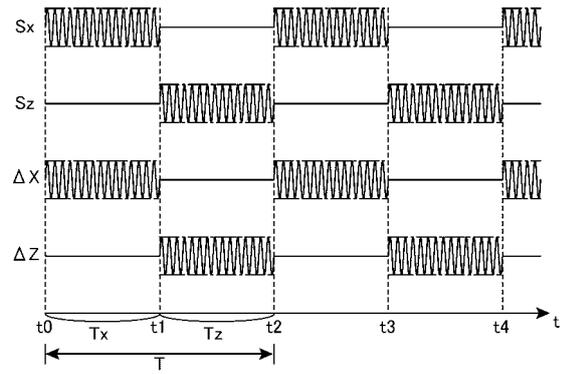
【图 8】



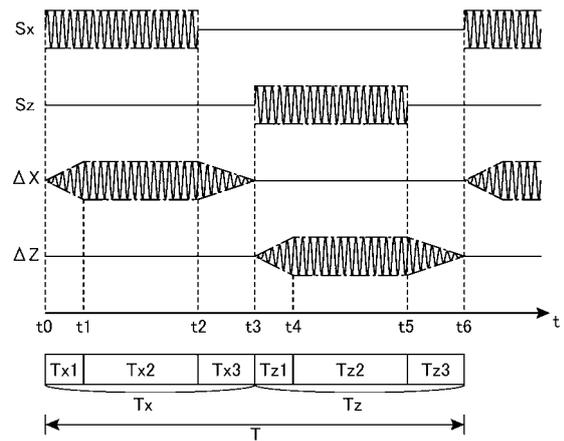
【图 9】



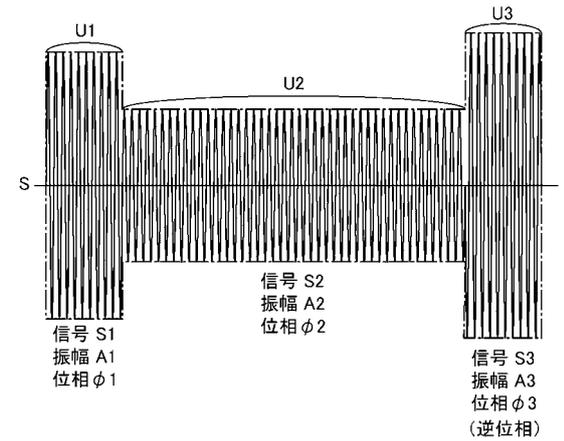
【图 6】



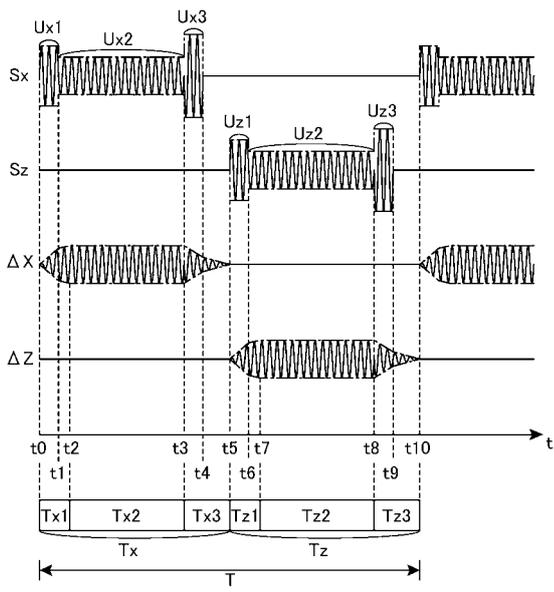
【图 7】



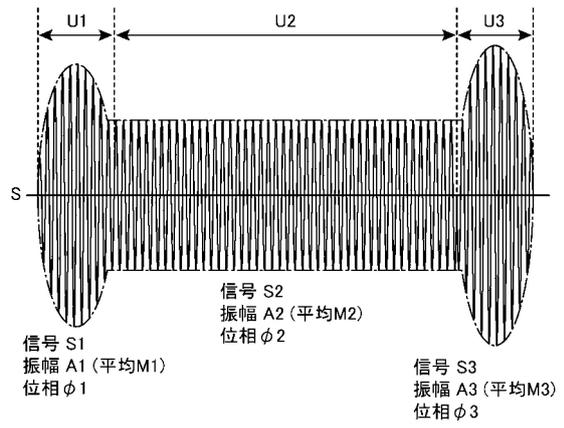
【图 10】



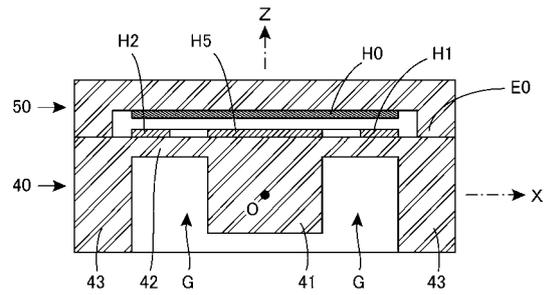
【 图 1 1 】



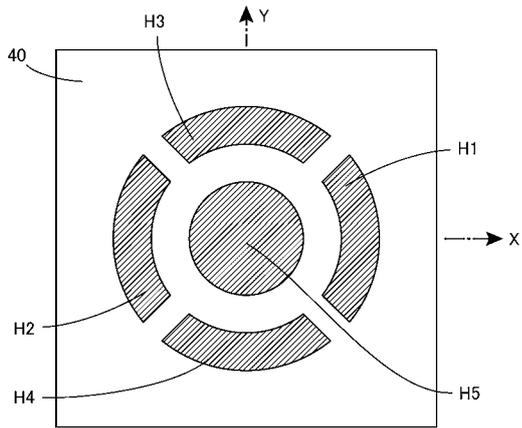
【 图 1 2 】



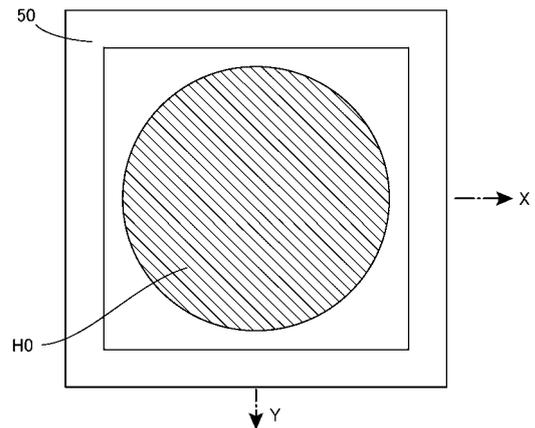
【 图 1 3 】



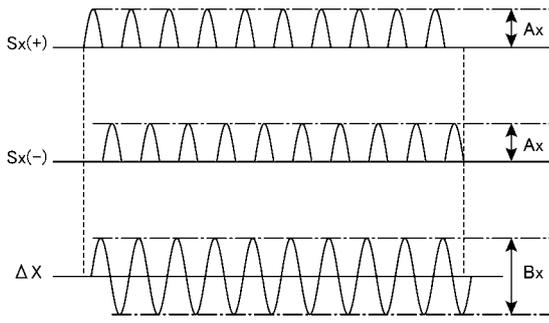
【 图 1 4 】



【 图 1 5 】



【 図 1 6 】



【 図 1 7 】

