

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2014年10月2日(02.10.2014)



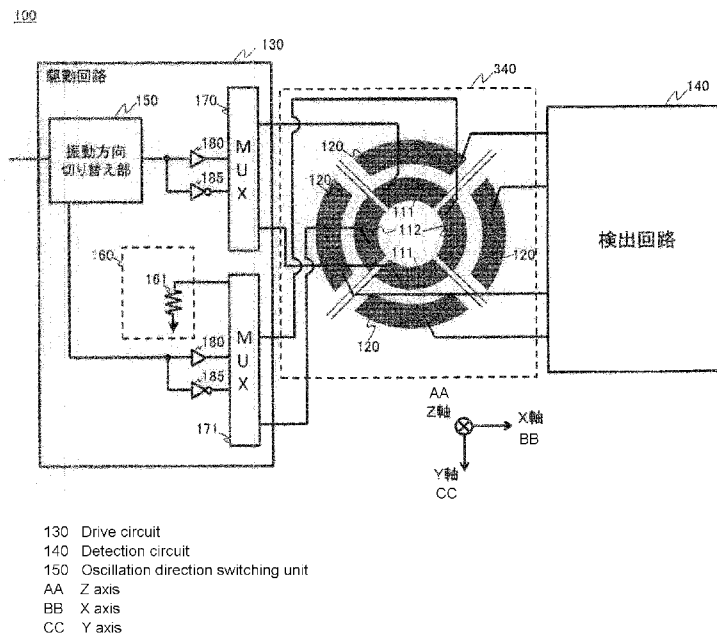
(10) 国際公開番号  
WO 2014/155997 A1

- (51) 国際特許分類:  
G01C 19/56 (2012.01) H01L 41/113 (2006.01)  
H01L 41/04 (2006.01) H01L 41/23 (2013.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/001298
- (22) 国際出願日: 2014年3月7日(07.03.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2013-073836 2013年3月29日(29.03.2013) JP
- (71) 出願人: 旭化成株式会社 (ASAHI KASEI KA-BUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒5308205 大阪府大阪市北区中之島三丁目3番23号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 加藤 静一 (KATO, Seichi); 〒1018101 東京都千代田区神田神保町一丁目105番地 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 龍華国際特許業務法人 (RYUKA IP LAW FIRM); 〒1631522 東京都新宿区西新宿1-6-1 新宿エルタワー22階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

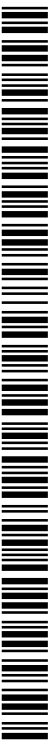
(54) Title: ANGULAR VELOCITY SENSOR

(54) 発明の名称: 角速度センサ



(57) Abstract: An angular velocity sensor provided with a drive circuit for generating a drive signal, an oscillating weight, an oscillation unit for causing the oscillating weight to oscillate along a first and second axis according to the drive signal, an output unit for outputting a signal that is based on the Coriolis force generated in accordance with an angular velocity and the oscillation of the oscillating weight, a detection circuit for detecting the angular velocity from the signal that is based on the Coriolis force, and a first oscillation damping unit that electrically consumes the kinetic energy of the oscillating weight.

(57) 要約: 駆動信号を生成する駆動回路と、振動錘と、駆動信号に応じて、振動錘を第1の軸と第2の軸とに振動させる振動部と、角速度と振動錘の振動とに応じて発生するコリオリ力に基づいた信号を出力する出力部と、コリオリ力に基づいた信号から角速度を検出する検出回路と、振動錘の運動エネルギーを電氣的に消費する第1の振動減衰部と、を備える角速度センサを提供する。



WO 2014/155997 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

**発明の名称**：角速度センサ

**技術分野**

[0001] 本発明は、振動錘の振動を減衰させる角速度センサに関する。

**背景技術**

[0002] 角速度センサは、振動子の振動方向を切り替えることにより、異なる回転軸の角速度を測定することができる。そして、角速度センサでは、振動子の振動方向を切り替える場合、切り替え前の振動方向における振動が終わるまでの立ち下げ区間と、切り替え後の振動方向における振動が安定するまでの立ち上げ区間では、角速度を精度よく測定することができない。このため、立ち上げ区間と立ち下げ区間を短くすることが、角速度の測定を短時間で終わらせるのに要求される。従来角速度センサは、パルス駆動等により、振動子の立ち上げ区間を短くすることで、測定時間を短縮している（例えば特許文献1参照）。

[特許文献1] 特開平9-33262号公報

**発明の概要**

**発明が解決しようとする課題**

[0003] しかし、振動子の立ち上げ区間を短くする方法では、振動方向の切り替え時間を短縮できる時間が、最大でも振動子の立ち上げ区間に限られてしまう。また、立ち下げ区間を短縮するために、振動の立ち下げ時に、当該振動とは逆方向に振動子を動かすような信号を生成する回路等を新たに設けると、電流が無駄に消費されてしまう。

**課題を解決するための手段**

[0004] 本発明の第1の態様においては、駆動信号を生成する駆動回路と、振動錘と、駆動信号に応じて、振動錘を第1の軸と第2の軸とに振動させる振動部と、角速度と振動錘の振動とに応じて発生するコリオリ力に基づいた信号を出力する出力部と、コリオリ力に基づいた信号から角速度を検出する検出回

路と、振動錘の運動エネルギーを電氣的に消費する第1の振動減衰部と、を備える角速度センサを提供する。

[0005] なお、上記の発明の概要は、本発明の必要な特徴の全てを列挙したものであるのではない。また、これらの特徴群のサブコンビネーションもまた、発明となりうる。

### 図面の簡単な説明

[0006] [図1]センサパッケージ300の概要を示す図である。

[図2]振動錘342の振動方向の切り替え動作を示す図である。

[図3]本発明の実施形態に係る角速度センサ100の構成例を示す図である。

[図4]本発明の実施形態に係る角速度センサ100の構成例を示す図である。

[図5]本発明の実施形態に係る角速度センサ100の構成例を示す図である。

[図6]圧電素子の等価回路を示す回路図である。

[図7]減衰用抵抗161が設けられた圧電素子の等価回路を示す回路図である。

。

### 発明を実施するための形態

[0007] 以下、発明の実施の形態を通じて本発明を説明するが、以下の実施形態は請求の範囲にかかる発明を限定するものではない。また、実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

[0008] 図1は、センサパッケージ300の概要を示す図である。センサパッケージ300は、パッケージ基板310、ケース320、ASIC330およびMEMS340を備える。本明細書では、ASIC330およびMEMS340を合わせて角速度センサ100と呼ぶ。

[0009] 角速度センサ100は、MEMS340の振動と角速度に応じて発生するコリオリ力に基づいて、角速度を検出する。コリオリ力とは、角速度を持つセンサパッケージ300において、MEMS340を振動させた場合に振動方向と垂直に発生する慣性力のことである。

[0010] パッケージ基板310の上面上には、ASIC330およびMEMS340

が順に積層される。ケース320は、ASIC330およびMEMS340を完全に覆うようにパッケージ基板310上に配置される。

[0011] ASIC330は、MEMS340を振動させる駆動信号を出力する。また、ASIC330は、駆動信号によるMEMS340の振動方向とは垂直な方向に発生するコリオリ力を検出して、MEMS340の角速度を測定する。ASIC330は、駆動信号によるMEMS340の振動方向とは垂直な方向においてMEMS340に生じるコリオリ力に応じた出力を信号処理する。

[0012] MEMS340は、平面基板341、振動錘342、筐体343、下部電極344、圧電体345、駆動電極346および検出電極347を備える。MEMS340の振動錘342は、ASIC330からの駆動信号に応じて振動する。このとき、振動錘342には、角速度および振動錘342の振動方向に応じたコリオリ力が発生する。検出電極347は、発生したコリオリ力に対応した信号を出力する。

[0013] MEMS340は、例えばSi-SiO<sub>2</sub>-Siといった3層構造を持つSOI基板に半導体製造プロセスを施すことにより製造される。第1のSi層で形成される平面基板341は、外周が固定され、駆動信号に応じて振動する。

[0014] 振動錘342は、SOI基板における第2のSi層を深堀エッチングすることにより、平面基板341に対し垂直な方向に延びて形成される。本例の振動錘342は、平面基板341の下面中央から、ASIC330の上面に向かって延びて形成される。振動錘342は、例えば円柱、楕円柱等の形状を有する。振動錘342は、駆動信号に応じて、平面基板341と一体となって振動する。

[0015] 筐体343は、SOI基板における第2のSi層を深堀エッチングすることにより、平面基板341の外周に、平面基板341と一体に形成される。また、筐体343は、振動錘342の形成と同時に形成される。なお、筐体343は、平面基板341とは別個に形成され、接着等により平面基板34

1と固定されてもよい。筐体343は、振動錘342が振動した場合に、平面基板341の外周を支える。筐体343は、振動錘342の振動に応じて変位しないことが好ましい。これにより、振動錘342は、安定して予め定められた回転軸方向に振動できる。

[0016] 平面基板341の上面には、下部電極344および圧電体345が積層して形成される。下部電極344および圧電体345は、平面基板341のうち、筐体343に固定されていない領域を覆うように形成される。また、圧電体345の上面には、駆動電極346および検出電極347がそれぞれ設けられる。

[0017] 下部電極344は、電圧が一定となるように電圧が印加される。例えば下部電極344は接地される。また、駆動電極346は、振動錘342を振動させる方向に応じた電圧が印加される。これにより、圧電体345は、駆動電極346に入力された駆動信号の電圧と下部電極344の電圧の差に応じて曲げられる。

[0018] 駆動電極346は、圧電体345の上面で、かつ、振動錘342の外周に対応する位置の近辺に配置される。振動錘342の外周は、振動の固定端である筐体343の内周からの距離が最大となるので、振動錘342の外周付近の圧電体345には大きなモーメントが発生する。したがって、駆動電極346は、筐体343に近接して設けられる場合よりも、振動錘342を効率的に振動させることができる。

[0019] 検出電極347は、圧電体345の上面で、かつ、筐体343の内周に対応する位置の近辺に配置される。圧電体345は、筐体343に近いほど振動時に加えられる応力が大きくなるので、筐体343の内周付近の圧電体345には、大きな電流が発生する。したがって、検出電極347は、振動錘342に近い位置に設けられよりも、筐体343に近い位置に設けられた方が、より大きな信号を検出できる。

[0020] 検出電極347が検出する信号は、振動錘342の振動方向およびMEMS340の角速度に応じて発生するコリオリ力に基づく信号である。AS1

C 3 3 0 は、コリオリ力に基づく出力を信号処理して、角速度を検出する。

[0021] 本実施形態に係るセンサパッケージ 3 0 0 は、振動錘 3 4 2 の振動方向を切り替えることにより、複数の回転軸の角速度を検出できる。具体的には、センサパッケージ 3 0 0 は、振動錘 3 4 2 を間欠に振動させて、第 1 の軸から第 2 の軸に振動方向を切り替える。センサパッケージ 3 0 0 は、切り替え動作の繰返しによって、任意の時間における各回転軸の角速度を測定する。

[0022] 図 2 は、振動錘 3 4 2 の振動方向の切り替え動作を示す図である。振動錘 3 4 2 の振動方向は、第 1 の軸および第 2 の軸に間欠的に切り替わる。第 1 の軸または第 2 の軸は、平面基板 3 4 1 に対し垂直な方向である。また、第 1 の軸と第 2 の軸は直交する。平面基板 3 4 1 と平行な面内において直交する 2 つの回転軸を x 軸、y 軸とし、平面基板 3 4 1 と垂直な回転軸を z 軸とすると、本実施形態において、第 1 の軸は x 軸もしくは y 軸であり、第 2 の軸は z 軸である。

[0023] 例えば、角速度センサ 1 0 0 は、x 軸方向に振動錘 3 4 2 を振動させる場合、z 軸方向および y 軸方向の角速度を検出する。本明細書では、z 軸方向の角速度とは、z 軸を中心として回転する角速度のことを指す。x 軸方向および y 軸方向の角速度に関しても同様に定義する。図 2 において、X/Y は、z 軸方向に振動錘 3 4 2 を振動させて x 軸および y 軸方向のコリオリ力を検出することを示し、Z は、x 軸もしくは y 軸方向に振動錘 3 4 2 を振動させて z 軸方向のコリオリ力を検出することを示す。

[0024] 振動錘 3 4 2 の変位は、立ち上げ区間、一定区間、立ち下げ区間および間欠区間に分けられる。立ち上げ区間は、ASIC 3 3 0 からの駆動信号が MEMS 3 4 0 に入力されて振動錘 3 4 2 が振動を開始してから、振幅が一定になるまでの区間を指す。一定区間は、ASIC 3 3 0 からの駆動信号が MEMS 3 4 0 に入力されて、振動錘 3 4 2 が一定の振幅で振動する区間を指す。立ち下げ区間は、ASIC 3 3 0 から MEMS 3 4 0 への駆動信号の入力が終了してから、振動錘 3 4 2 の振動がなくなるまでの区間を指す。

[0025] 間欠区間は、振動錘 3 4 2 の振動がない状態の区間である。つまり、間欠

区間は、立ち下げ区間が終わってから、次の立ち上げ区間が始まるまでの区間を指す。間欠区間を設けることにより、第1の軸および第2の軸の振動を分離できるので、互いの振動に干渉されない。よって、角速度センサ100は、角速度を高精度に測定できる。

[0026] 振動錘342の振動の制御状態は、駆動状態および休止状態に分けられる。駆動状態とは、振動錘342が駆動信号により駆動される状態であり、立ち上げ区間および一定区間を指す。また、駆動状態とは、後述する第1の振動部111および第2の振動部112の少なくとも一方に、駆動回路130から駆動信号が入力されている状態である。休止状態とは、振動錘342が駆動信号により駆動されていない状態であり、立ち下げ区間および間欠区間を指す。また、休止状態とは、後述する第1の振動部111および第2の振動部112のいずれにも、駆動回路130からの駆動信号が入力されていない状態である。

[0027] 図3は、本発明の実施形態に係る角速度センサ100の構成例を示す図である。本例の角速度センサ100は、MEMS340、駆動回路130および検出回路140で構成される。駆動回路130および検出回路140は、ASIC330に設けられる。角速度センサ100は、振動錘342の振動と角速度に応じたコリオリ力に基づいて、角速度を検出する。

[0028] 駆動回路130は、MEMS340を第1の軸または第2の軸に振動させるための駆動信号を、MEMS340に出力する。ここで、第1の軸および第2の軸は、それぞれx軸及びz軸であってよい。なお、本明細書では、平面基板341の面を、xy平面としている。

[0029] 図3においては、MEMS340の上面を示す。MEMS340は、振動錘342、第1の振動部111、第2の振動部112および出力部120を備える。第1の振動部111および第2の振動部112は、図1に示した駆動電極346に対応する。また、本明細書においては、第1の振動部111および第2の振動部112をまとめて単に振動部と称する場合がある。

[0030] 出力部120は、図1に示した検出電極347に対応する。第1の振動部

111は、駆動信号が入力された場合、振動錘342を第1の軸に振動させる。第2の振動部112は、駆動信号が入力された場合、振動錘342を第2の軸に振動させる。

[0031] 出力部120は、振動錘342の振動に応じて発生する信号を検出する。出力部120は、角速度および振動錘342の振動により発生するコリオリ力に基づいた信号を出力する。本例の出力部120は、圧電体345が当該コリオリ力を変換した電気信号を出力する。出力部120は、x軸およびy軸上に配置された4つの電極を有するので、3軸方向のコリオリ力を出力できる。

[0032] 検出回路140は、出力部120からの出力を信号処理する。検出回路140は、出力部120からの出力に基づいて、角速度を検出することができる。具体的には、出力部120が出力したコリオリ力に基づく信号および駆動回路130が出力した駆動信号の関係から角速度を検出する。

[0033] 駆動回路130は、振動方向切り替え部150、第1の振動減衰部160、第1のスイッチ部170および第2のスイッチ部171を備える。振動方向切り替え部150は、第1のスイッチ部170第1のスイッチ部170を介して第1の振動部111に接続される。また、振動方向切り替え部150は、第2のスイッチ部171を介して第2の振動部112に接続される。

[0034] 振動方向切り替え部150は、第1の振動部111および第2の振動部112の駆動を切り替える。これにより、振動方向切り替え部150は、振動錘342の振動方向を第1の軸および第2の軸の一方から他方に切り替える。振動方向切り替え部150は、第1のスイッチ部170および第2のスイッチ部171を制御して、振動錘342の振動方向を切り替えてよい。

[0035] 正転バッファ180および反転バッファ185は、振動方向切り替え部150と第1のスイッチ部170との間に並列に接続される。つまり、振動方向切り替え部150の出力と同位相および逆位相の信号が、第1のスイッチ部170に入力される。

[0036] 第1のスイッチ部170は、第1の振動部111の各駆動電極に対して、

正転バッファ 180 および反転バッファ 185 を選択して接続する。

- [0037] 第2のスイッチ部 171 は、第1の振動減衰部 160 および第2の振動部 112 の導通の ON/OFF を切り替える。本例の第2のスイッチ部 171 は、第2の振動部 112 の各駆動電極に対して、正転バッファ 180、反転バッファ 185 および第1の振動減衰部 160 のいずれかを選択して接続するマルチプレクサである。
- [0038] 第1の振動部 111 は、y 軸上に沿って配列され、平面基板 341 の中央を挟んで対向する一対の駆動電極を備える。また、第2の振動部 112 は、x 軸上に沿って配列され、平面基板 341 の中央を挟んで対向する一対の駆動電極を備える。例えば、x 軸方向に振動錘 342 を振動させる場合、第2の振動部 112 の2つの駆動電極には、互いに逆位相となる信号が入力される。このとき、第1の振動部 111 の各駆動電極には信号が入力されない。
- [0039] また、振動錘 342 を z 軸方向に振動させる場合、第1の振動部 111 および第2の振動部 112 の各駆動電極には、同一の位相の信号が入力される。例えば、それぞれの駆動電極に正転バッファ 180 が接続される。
- [0040] 第2のスイッチ部 171 は、第2の振動部 112 が駆動状態から休止状態に切り替わるタイミングに同期して、第1の振動減衰部 160 を第2のスイッチ部 171 を介して、第2の振動部 112 に接続する。第1の振動減衰部 160 は、第2の振動部 112 に接続され、振動錘 342 の振動を減衰させる。これにより、第2の振動部 112 の振動の立ち下げ区間が短縮される。
- [0041] 第2のスイッチ部 171 は、第2の振動部 112 が休止状態から駆動状態に切り替わるタイミングに同期して、第1の振動減衰部 160 と振動部との導通を ON から OFF に切り替える。そして、第2のスイッチ部 171 は、振動部の各駆動電極に、駆動信号を入力させる。これにより、駆動状態のときに、第1の振動減衰部 160 によりエネルギーが消費されることを防ぐ。
- [0042] 具体的には、第1の振動部 111 および第2の振動部 112 は、振動錘 342 の振動方向を切り替える前に、振動錘 342 の運動エネルギーを電氣的に消費する。第1の振動減衰部 160 は、運動エネルギーを電氣的に消費す

ることで振動を減衰させる。第1の振動減衰部160は、減衰用抵抗161を含む。つまり、第1の振動減衰部160は、特別な回路等を必要としないので、無駄な電力を消費しなくて済む。

[0043] 振動方向切り替え部150は、振動錘342の振動方向を切り替える間に、第1の振動部111と第2の振動部112の駆動を休止させる休止期間を設けて駆動を切り替える。これにより、第1の軸の振動および第2の軸の振動が、相互に影響することを抑制できる。

[0044] 図4は、本発明の実施形態に係る角速度センサ100の構成例を示す図である。本実施形態に係る角速度センサ100は、図3の実施形態と比較して、第1の振動減衰部160が、第2のスイッチ部171に加えて第1のスイッチ部170にも接続される点で異なる。

[0045] 第1の振動減衰部160は、第1のスイッチ部170および第2のスイッチ部171を介して、第1の振動部111および第2の振動部112に接続される。第1のスイッチ部170は、第1の振動減衰部160と第1の振動部111の導通のON/OFFを切り替える。第2のスイッチ部171は、第1の振動減衰部160と第2の振動部112の導通のON/OFFを切り替える。

[0046] 一例として、第1のスイッチ部170および第2のスイッチ部171は、振動部が駆動状態から休止状態に切り替わるタイミングに同期して、第1の振動減衰部160と振動部との導通をOFFからONに切り替える。第1の振動減衰部160は、振動の一定区間から立ち下げ区間への切り替えと同時に振動を減衰させる。

[0047] また、第1のスイッチ部170および第2のスイッチ部171は、振動部が休止状態から駆動状態に切り替わるタイミングに同期して、第1の振動減衰部160と振動部との導通をONからOFFに切り替える。そして、振動部の各駆動電極に、駆動信号を入力させる。これにより、駆動状態のときに、第1の振動減衰部160によりエネルギーが消費されることを防ぐ。

[0048] 本実施形態に係る角速度センサ100は、第1の軸から第2の軸に振動方

向を変更する前だけではなく、第2の軸から第1の軸に振動方向を変更する前にも、運動エネルギーを第1の振動減衰部160で消費させる。したがって、角速度センサ100は、第1の軸および第2の軸における振動の両方の立ち下げ区間を短縮できる。

[0049] 本実施形態に係る第1の振動減衰部160は、第1のスイッチ部170および第2のスイッチ部171のそれぞれに対応する減衰用抵抗161を有する。減衰用抵抗161は、第1の振動部111および第2の振動部112に応じて、運動エネルギーを電氣的に消費するために、最適な抵抗値が設定される。

[0050] 図5は、本発明の実施形態に係る角速度センサ100の構成例を示す図である。本実施形態に係る角速度センサ100は、図4の実施形態と比較して、第1のスイッチ部170および第2のスイッチ部171に代えて、第3のスイッチ部172を有する点で異なる。図5は、検出回路140の具体的な構成例を示す。

[0051] 第3のスイッチ部172は、第1の振動減衰部160と第1の振動部111および第1の振動減衰部160と第2の振動部112の導通のON/OFFを切り替える。一例として、第3のスイッチ部172は、振動部が駆動状態から休止状態または休止状態から駆動状態に切り替わるタイミングに同期して第1の振動減衰部160と第1の振動部111の導通のON/OFFを切り替える。

[0052] 具体的には、第3のスイッチ部172は、駆動状態から休止状態に切り替わるタイミングに同期して第1の振動減衰部160と第1の振動部111の導通をONする。また、第3のスイッチ部172は、休止状態から駆動状態に切り替わるタイミングに同期して第1の振動減衰部160と第1の振動部111の導通をOFFする。

[0053] 第1の振動減衰部160は、第1の軸の振動の立ち下げ区間において第1の振動部111に接続される。これにより、第1の振動の方向の立ち下げ区間が最も短縮される。

- [0054] 第1の振動減衰部160は、第1の軸の振動の休止状態において第1の振動部111に接続される。これにより、間欠区間で生じた振動錘342の振動が減衰される。
- [0055] 次に、第2の軸の振動について説明する。第3のスイッチ部172は、振動部が駆動状態から休止状態または休止状態から駆動状態に切り替わるタイミングに同期して、第1の振動減衰部160および第2の振動部112の導通のON/OFFを切り替える。
- [0056] 具体的には、第3のスイッチ部172は、駆動状態から休止状態に切り替わるタイミングに同期して第1の振動減衰部160と第2の振動部112の導通をONする。また、第3のスイッチ部172は、休止状態から駆動状態に切り替わるタイミングに同期して第1の振動減衰部160と第2の振動部112の導通をOFFする。
- [0057] 第1の振動減衰部160は、第2の軸の振動の立ち下げ区間において第2の振動部112に接続される。これにより、第2の振動の方向の立ち下げ区間が最も短縮される。
- [0058] 第1の振動減衰部160は、第2の軸の振動の休止状態において第2の振動部112に接続される。これにより、休止状態に生じた振動錘342の振動が減衰される区間が最も大きくなる。
- [0059] 本実施形態に係る角速度センサ100は、第1の軸および第2の軸における振動の両方の立ち下げ区間を短縮できる。また、休止状態において第1の振動減衰部160が第1の振動部111もしくは第2の振動部112に接続されているので、休止状態に発生した振動錘342の振動が減衰される。
- [0060] 次に、検出回路140側の構成について説明する。検出回路140は、第2の振動減衰部165および第4のスイッチ部173を備える。第4のスイッチ部173は、第2の振動減衰部165および出力部120の導通のON/OFFを切り替える。
- [0061] 第4のスイッチ部173は、振動部が駆動状態から休止状態または休止状態から駆動状態に切り替わるタイミングに同期してON/OFFを切り替え

る。第2の振動減衰部165は、第4のスイッチ部173を介して出力部120に接続され、振動錘342の運動エネルギーを消費することにより、振動錘342の振動を減衰させる。

[0062] 本例の出力部120は、4つの駆動電極の外側に4つの検出電極を有する。第2の振動減衰部165は、第4のスイッチ部173を介して、出力部120における全ての検出電極に接続されてよい。これにより、第1の振動減衰部160に加えて、第2の振動減衰部165でも振動錘342の運動エネルギーを消費できるので、立ち下げ区間が短縮される。

[0063] 具体的には、第2の振動減衰部165は、振動錘342の運動エネルギーを電氣的に消費することで振動を減衰させる。また、第2の振動減衰部165は、減衰用抵抗161を含む。つまり、第1の振動減衰部160は、特別な回路等を必要としないので、無駄な電力を消費しなくて済む。

[0064] 本実施形態では、駆動回路130および検出回路140が減衰用抵抗161を備える。しかし、検出回路140のみが、減衰用抵抗161を備えるとしても、立ち下げ区間を短縮できる。また、図3および図4に示した検出回路140も、第1の振動減衰部160、もしくは、第2の振動減衰部165を有してよい。

[0065] 図6は、圧電素子の等価回路を示す回路図である。圧電素子は電気・機械変換素子であり、電氣的な等価回路として図6に示す回路で表される。2つの端子194間に、圧電体容量191、インダクタンス192および圧電体抵抗193が直列に接続される。電極容量190は、圧電体容量191、インダクタンス192および圧電体抵抗193と並列に、接続される。端子194は、力学的共振時において自由端である。

[0066] 電極容量190は、駆動電極346間の容量である。圧電体容量191、インダクタンス192および圧電体抵抗193は、圧電体345の等価回路である。圧電体345の等価回路には、力学的共振時に、電流 $I$ が流れる。電流 $I$ は、振動錘342の振動の力学的な速度に比例する。

[0067] 力学的共振とは、電流 $I$ が、

[数1]

$$f_r = 1/2\pi\sqrt{L_M C_M}$$

で表される共振周波数  $f_r$  で流れている状態である。ここで、 $L_M$  は、圧電体 345 のインダクタンス 192 であり、 $C_M$  は、圧電体 345 の圧電体容量 191 を示す。

[0068] 図6に示す等価回路では、圧電体 345 の等価回路に流れる電流  $I$  が流れる場合、抵抗値  $R_M$  の圧電体抵抗 193 のみで運動エネルギーが消費される。しかし、抵抗値  $R_M$  の圧電体抵抗 193 だけでは、電力を消費するために十分ではなく、立ち下げ区間を十分に短縮できない。

[0069] 図7は、減衰用抵抗 161 が設けられた圧電素子の等価回路を示す回路図である。図6に示された等価回路と比較して、図6の端子 194 間に減衰用抵抗 161 が設けられている点で異なる。

[0070] 減衰用抵抗 161 は、第1の振動部 111 または第2の振動部 112 に接続された駆動電極 346 の容量と並列に設けられる。本実施形態では、減衰用抵抗 161 でも運動エネルギーが消費されるので、圧電体 345 の速度を効果的に減らすことができる。

[0071] 電流  $I$  は、振動錘 342 の振動の力学的な速度に比例して発生し、駆動電極 346 の電極容量 190 および減衰用抵抗 161 に流れる。電流  $I$  は、減衰用抵抗 161 に流れる電流  $I_R$  と、電極容量 190 に流れる電流  $I_P$  に分かれる。つまり、圧電体抵抗 193 に加えて減衰用抵抗 161 においても電力が消費されるので、振動の立ち下げ区間を短縮できる。

[0072] 減衰用抵抗 161 の抵抗値  $R$  は、第1の振動部 111 または第2の振動部 112 の共振周波数における駆動電極 346 の電極容量 190 のインピーダンスの絶対値と等しくてよい。この場合、減衰用抵抗 161 に流れる電流  $I_R$  と、電極容量 190 に流れる電流  $I_P$  が、等しくなり、電流  $I_R$  が最大となる。したがって、運動エネルギーを減衰用抵抗 161 および圧電体抵抗 193 が消費する量が最大となる。

- [0073] 本実施形態において、電極容量190を駆動電極346間の電極容量として説明した。しかし、電極容量190を検出電極347の電極容量としてもよい。
- [0074] 駆動回路130および検出回路140のそれぞれに、減衰用抵抗161を設ける場合、第1の振動部111、第2の振動部112および出力部120の各電極面積によって、電極容量190が変化する。したがって、電極容量190のそれぞれのインピーダンスの絶対値に応じた減衰用抵抗161を選択すると、振動を減衰させる効果が高い。それぞれの減衰用抵抗161は接続される電極の面積に応じたインピーダンスを有してよい。
- [0075] 本明細書において、角速度センサ100として、MEMS340に圧電体345を用いて、振動錘342を振動させる圧電素子型のセンサを用いた。しかし、角速度センサ100は、MEMS340が静電容量を用いて振動錘342を振動させる静電容量型の角速度センサを用いることもできる。静電容量型の角速度センサを用いても振動錘342の運動エネルギーを電流に変換できるので、第1の振動減衰部160で振動を減衰できる。
- [0076] 以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更または改良を加えることが可能であることが当業者に明らかである。そのような変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、請求の範囲の記載から明らかである。
- [0077] 請求の範囲、明細書、および図面中において示した装置、システム、プログラム、および方法における動作、手順、ステップ、および段階等の各処理の実行順序は、特段「より前に」、「先立って」等と明示しておらず、また、前の処理の出力を後の処理で用いるのでない限り、任意の順序で実現しうることに留意すべきである。請求の範囲、明細書、および図面中の動作フローに関して、便宜上「まず、」、「次に、」等を用いて説明したとしても、この順で実施することが必須であることを意味するものではない。

## 符号の説明

[0078] 100・・・角速度センサ、111・・・第1の振動部、112・・・第2の振動部、120・・・出力部、130・・・駆動回路、140・・・検出回路、150・・・振動方向切り替え部、160・・・第1の振動減衰部、161・・・減衰用抵抗、165・・・第2の振動減衰部、170・・・第1のスイッチ部、171・・・第2のスイッチ部、172・・・第3のスイッチ部、173・・・第4のスイッチ部、190・・・電極容量、191・・・圧電体容量、192・・・インダクタンス、193・・・圧電体抵抗、194・・・端子、300・・・センサパッケージ、310・・・パッケージ基板、320・・・ケース、330・・・ASIC、340・・・MEMS、341・・・平面基板、342・・・錘、343・・・筐体、344・・・下部電極、345・・・圧電体、346・・・駆動電極、347・・・検出電極

## 請求の範囲

- [請求項1] 駆動信号を生成する駆動回路と、  
振動錘と、  
前記駆動信号に応じて、前記振動錘を第1の軸と第2の軸とに振動させる振動部と、  
角速度と前記振動錘の振動とに応じて発生するコリオリ力に基づいた信号を出力する出力部と、  
前記コリオリ力に基づいた信号から前記角速度を検出する検出回路と、  
前記振動錘の運動エネルギーを電氣的に消費する第1の振動減衰部と、  
を備える角速度センサ。
- [請求項2] 前記振動部の駆動を切り替え、前記振動錘の振動方向を前記第1の軸及び前記第2の軸の一方から他方に切り替える振動方向切り替え部を備える請求項1に記載の角速度センサ。
- [請求項3] 前記第1の振動減衰部は、  
前記振動方向切り替え部が前記振動方向を切り替える前に、前記振動錘の運動エネルギーを電氣的に消費する請求項2に記載の角速度センサ。
- [請求項4] 前記第1の振動減衰部は、抵抗を含み、  
前記振動部は、  
前記振動方向切り替え部が前記振動方向を切り替える前に、前記抵抗に接続される請求項2または3に記載の角速度センサ。
- [請求項5] 前記振動方向切り替え部は、  
前記振動方向を切り替える前に、前記振動部の駆動を休止させる休止期間を設けている請求項2から4のいずれか一項に記載の角速度センサ。
- [請求項6] 前記駆動回路は、

前記振動方向切り替え部と前記第 1 の振動減衰部とを含んで構成され、

前記第 1 の振動減衰部と前記振動部の導通の ON/OFF を切り替える第 1 のスイッチ部をさらに有する請求項 5 に記載の角速度センサ。

[請求項7] 前記第 1 のスイッチ部は、  
前記振動部が駆動状態から休止状態に切り替わるタイミングに同期して、OFF から ON に切り替わる請求項 6 に記載の角速度センサ。

[請求項8] 前記第 1 のスイッチ部は、  
前記振動部が休止状態から駆動状態に切り替わるタイミングに同期して、ON から OFF に切り替わる請求項 7 に記載の角速度センサ。

[請求項9] 前記振動部は、  
前記第 1 の軸に沿って配列された 2 つの駆動電極を含む第 2 の振動部と、

前記第 1 の軸とは垂直な方向に沿って配列された 2 つの駆動電極を含む第 1 の振動部と、

を含み、

前記第 1 の振動減衰部は、前記第 1 の振動部と前記第 2 の振動部に接続される請求項 5 から 8 のいずれか一項に記載の角速度センサ。

[請求項10] 前記駆動回路は、  
前記第 1 の振動減衰部と前記第 2 の振動部の導通の ON/OFF を切り替える第 2 のスイッチ部をさらに有する請求項 9 に記載の角速度センサ。

[請求項11] 前記第 2 のスイッチ部は、  
前記振動部が駆動状態から休止状態に切り替わるタイミングに同期して、OFF から ON に切り替わる請求項 10 に記載の角速度センサ。

[請求項12] 前記第 2 のスイッチ部は、

前記振動部が休止状態から駆動状態に切り替わるタイミングに同期して、ONからOFFに切り替わる請求項11に記載の角速度センサ。

[請求項13]

前記振動部は、

前記第1の軸に沿って配列された2つの駆動電極を含む第2の振動部と、

前記第1の軸とは垂直な方向に沿って配列された2つの駆動電極を含む第1の振動部と、

を含み、

前記第1の振動減衰部は、前記第1の振動部と前記第2の振動部に接続され、

前記駆動回路は、

前記第1の振動減衰部と前記第1の振動部の導通のON/OFFと

、

前記第1の振動減衰部と前記第2の振動部の導通のON/OFFと

、

を切り替える第3のスイッチ部をさらに有する請求項1から5のいずれか一項に記載の角速度センサ。

[請求項14]

前記第3のスイッチ部は、

前記振動部が駆動状態から休止状態または休止状態から駆動状態に切り替わるタイミングに同期して、前記第1の振動減衰部と前記第1の振動部の導通のON/OFFを切り替え、

前記振動部が駆動状態から休止状態または休止状態から駆動状態に切り替わるタイミングに同期して、前記第1の振動減衰部と前記第2の振動部の導通のON/OFFを切り替える請求項13に記載の角速度センサ。

[請求項15]

前記抵抗は、前記振動部に接続された駆動電極間の容量と並列に設けられた請求項4に記載の角速度センサ。

- [請求項16] 前記抵抗の抵抗値は、前記振動部の共振周波数における前記駆動電極間の容量のインピーダンスの絶対値と等しい請求項15に記載の角速度センサ。
- [請求項17] 前記検出回路は、  
前記出力部に接続され、前記運動エネルギーを電氣的に消費する第2の振動減衰部をさらに備える請求項1から16のいずれか一項に記載の角速度センサ。
- [請求項18] 前記検出回路は、  
前記第2の振動減衰部と前記出力部の導通のON/OFFを切り替える第4のスイッチ部をさらに有する請求項17に記載の角速度センサ。
- [請求項19] 前記第4のスイッチ部は、  
前記振動部が駆動状態から休止状態または休止状態から駆動状態に切り替わるタイミングに同期して、ON/OFFを切り替える請求項18に記載の角速度センサ。
- [請求項20] 前記振動錘は、基板上に形成され、前記基板に対し垂直な方向に延びて形成される請求項1から19のいずれか一項に記載の角速度センサ。
- [請求項21] 前記第2の軸は、前記基板に対し垂直な軸である請求項20に記載の角速度センサ。
- [請求項22] 前記第1の軸と前記第2の軸は直交する請求項1から21のいずれか一項に記載の角速度センサ。
- [請求項23] 前記駆動回路は、  
前記振動方向切り替え部を含んで構成され、  
前記検出回路は、  
前記第1の振動減衰部を含んで構成される請求項2に記載の角速度センサ。
- [請求項24] 前記第1の振動減衰部は、抵抗を含む請求項23に記載の角速度センサ。

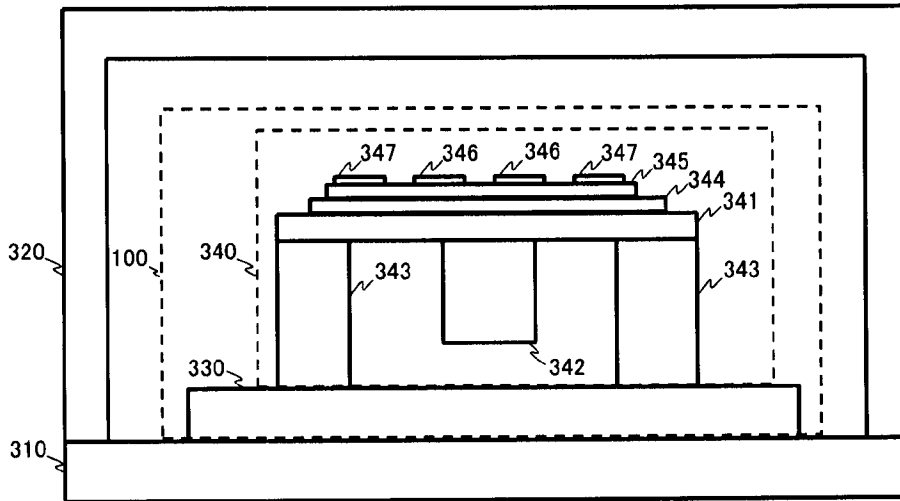
ンサ。

- [請求項25] 前記振動方向切り替え部は、  
前記振動錘の振動方向を切り替える前に、前記振動部の駆動を休止させる休止期間を設けている請求項23または24に記載の角速度センサ。
- [請求項26] 前記検出回路は、  
前記第1の振動減衰部と前記出力部の導通のON/OFFを切り替える第5のスイッチ部をさらに有する請求項25に記載の角速度センサ。
- [請求項27] 前記第5のスイッチ部は、  
前記振動部が駆動状態から休止状態に切り替わるタイミングに同期して、OFFからONに切り替わる請求項26に記載の角速度センサ。
- [請求項28] 前記第5のスイッチ部は、  
前記振動部が休止状態から駆動状態に切り替わるタイミングに同期して、ONからOFFに切り替わる請求項27に記載の角速度センサ。
- [請求項29] 前記抵抗は、前記出力部に接続された検出電極間の容量と並列に備えられた請求項24に記載の角速度センサ。
- [請求項30] 前記抵抗の抵抗値は、前記出力部の共振周波数における前記検出電極間の容量のインピーダンスの絶対値と等しい請求項29に記載の角速度センサ。
- [請求項31] 角速度センサの振動錘を第1の軸で振動させ、  
前記振動錘の運動エネルギーを電氣的に消費し、  
前記振動錘を第2の軸で振動させる角速度センサの駆動方法。
- [請求項32] 前記運動エネルギーを電氣的に消費することは、  
前記第2の軸で前記振動錘を振動させる前に行う請求項31に記載の角速度センサの駆動方法。

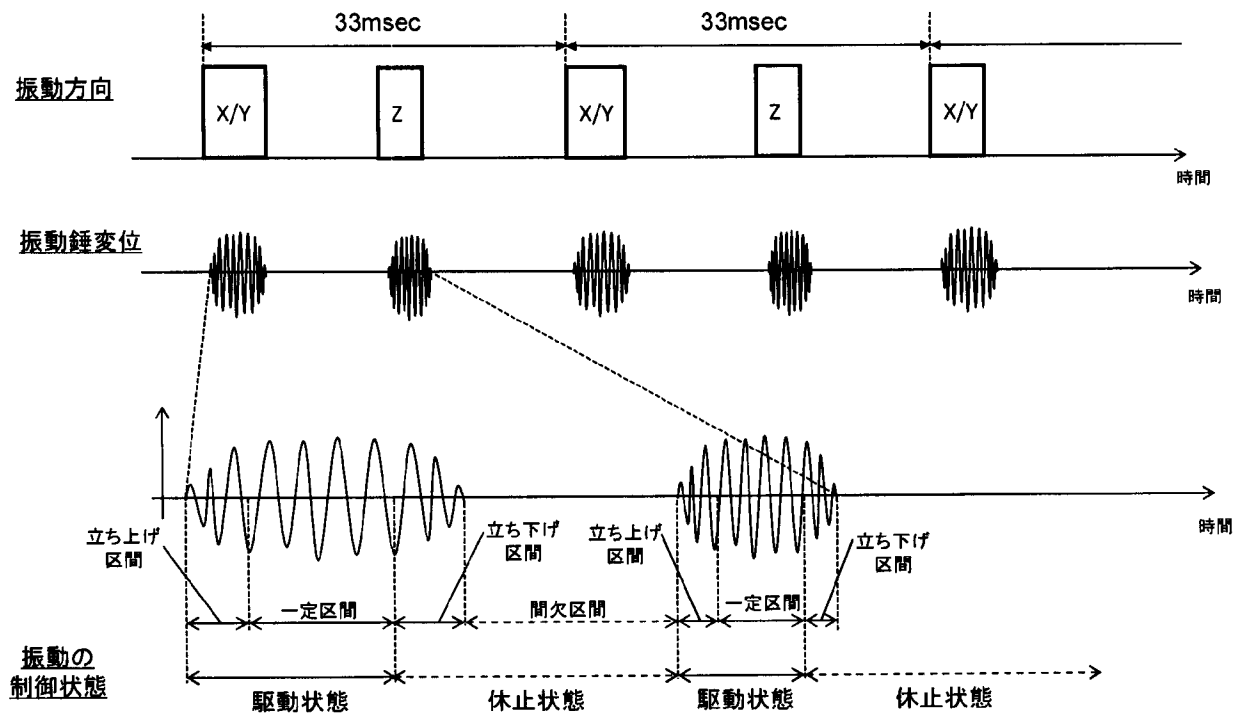
[請求項33] 前記運動エネルギーを電氣的に消費することは、  
抵抗で行う請求項31または32に記載の角速度センサの駆動方法  
。

[図1]

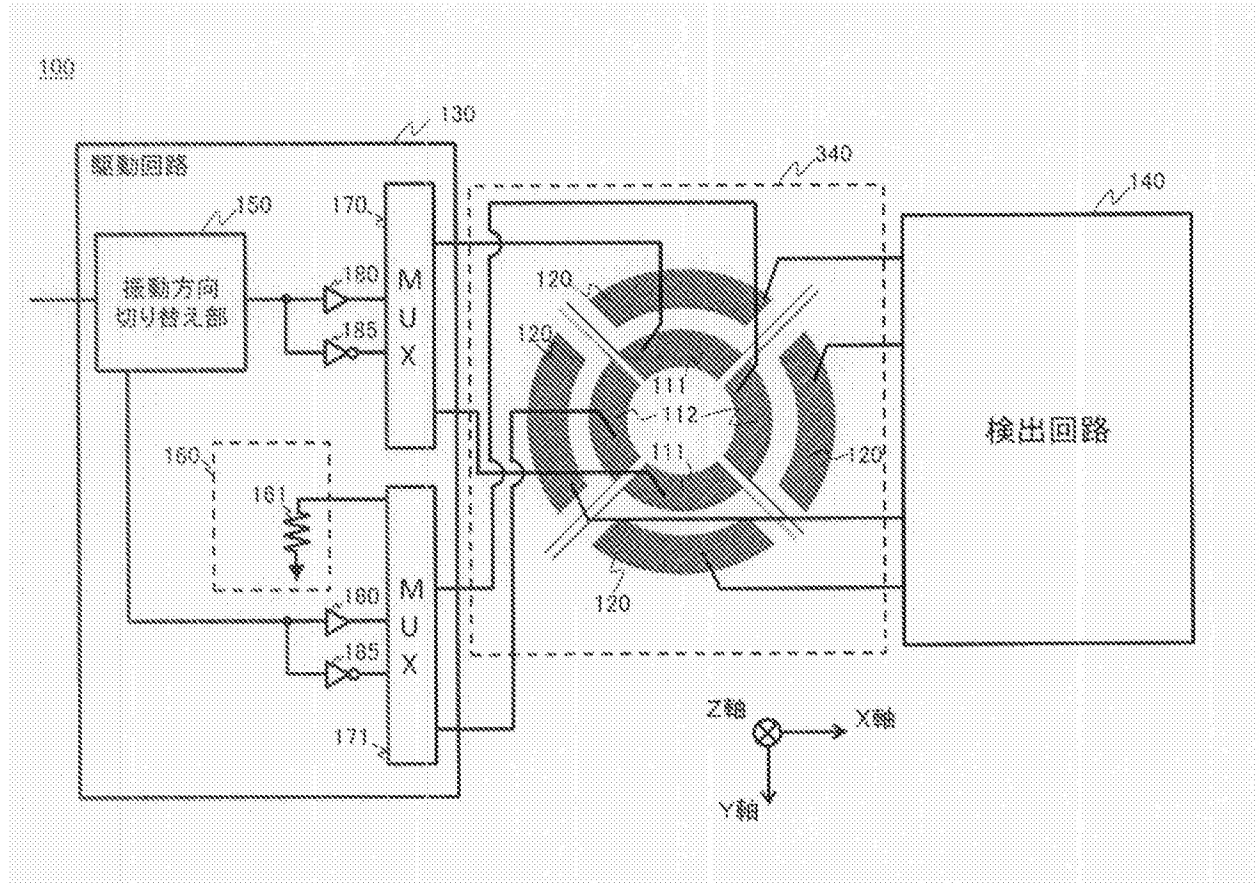
300



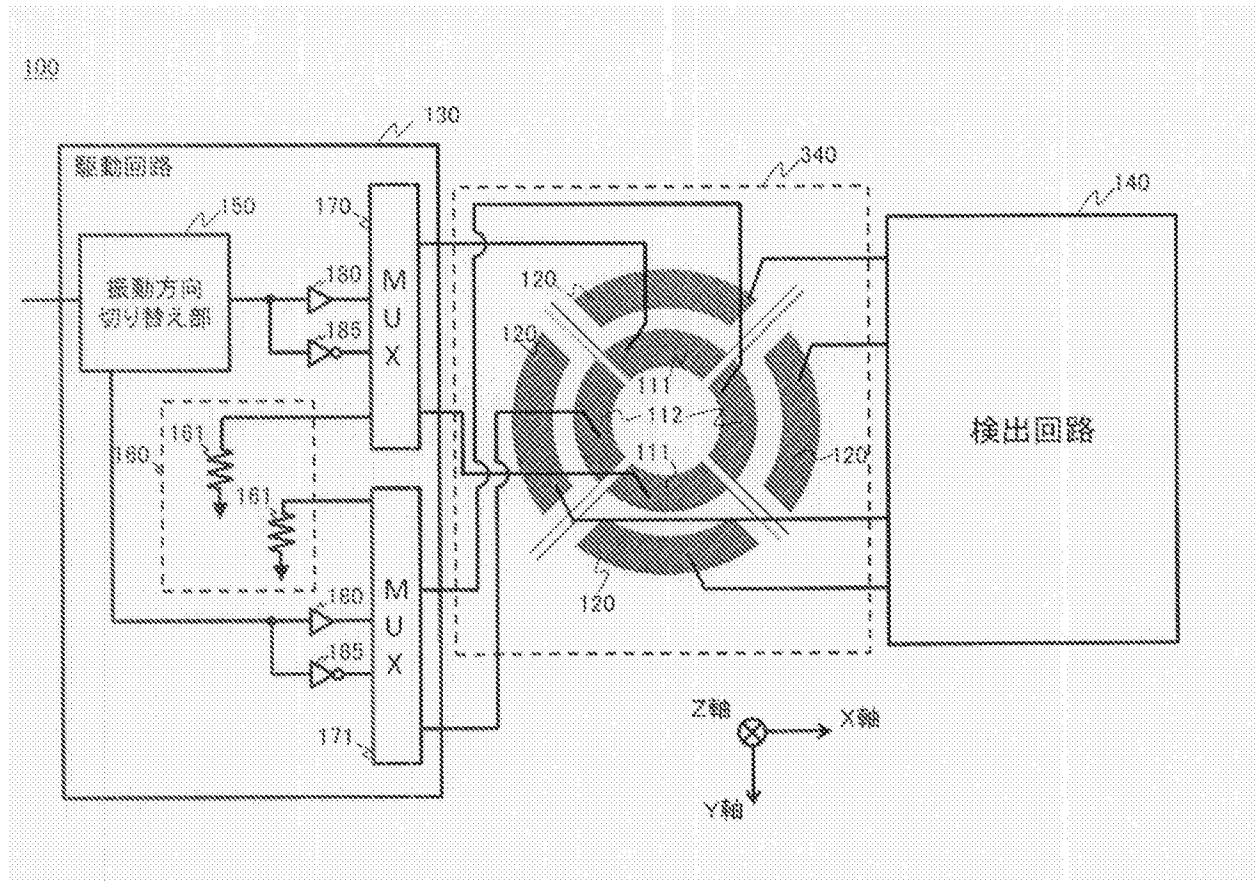
[図2]



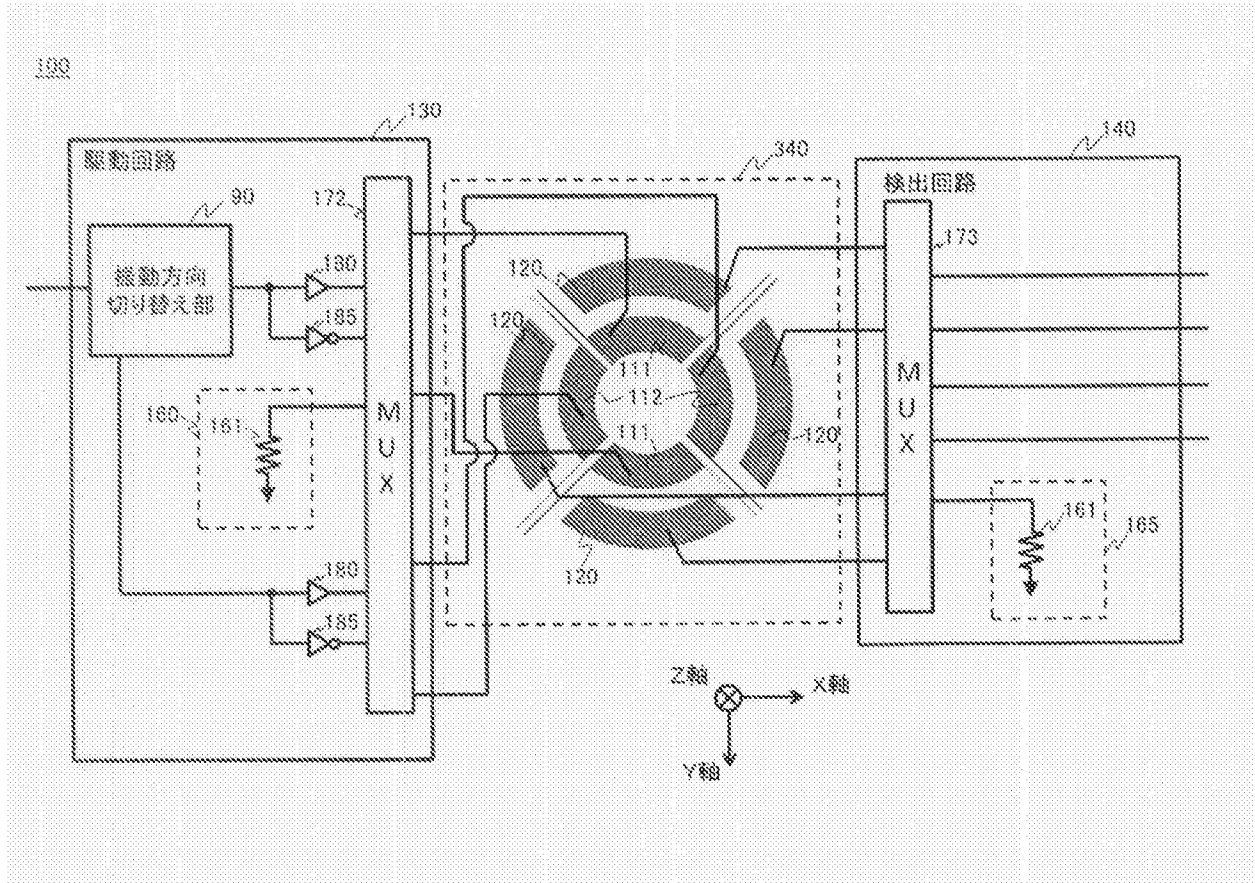
[図3]



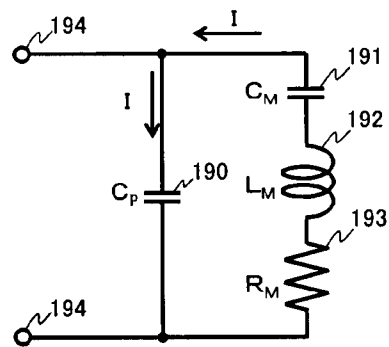
[図4]



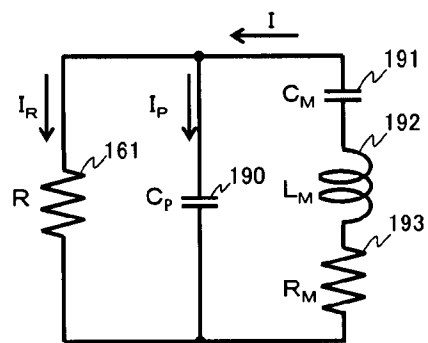
[図5]



[図6]



[図7]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2014/001298

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
G01C19/56(2012.01)i, H01L41/04(2006.01)i, H01L41/113(2006.01)i, H01L41/23(2013.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
G01C19/56, H01L41/00-41/47

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2011-99818 A (Yamaha Corp.), 19 May 2011 (19.05.2011), paragraphs [0022] to [0027]; fig. 1, 2 (Family: none)	1-3, 5, 9, 20-22, 31, 32 4, 6-8, 10-15, 23-29, 33 16-19, 30
Y	JP 2006-342864 A (Toyota Motor Corp.), 21 December 2006 (21.12.2006), paragraph [0002] (Family: none)	4, 6-8, 10-15, 23-29, 33
Y	JP 2008-108762 A (Railway Technical Research Institute), 08 May 2008 (08.05.2008), paragraphs [0035], [0038] to [0041]; fig. 5 (Family: none)	4, 6-8, 10-15, 23-29, 33

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 29 May, 2014 (29.05.14)	Date of mailing of the international search report 10 June, 2014 (10.06.14)
--	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2014/001298

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-37499 A (Samsung Electro Mechanics Co., Ltd.), 23 February 2012 (23.02.2012), entire text; all drawings & US 2012/0031184 A1 & KR 10-2012-0056907 A	1-33

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. G01C19/56(2012.01)i, H01L41/04(2006.01)i, H01L41/113(2006.01)i, H01L41/23(2013.01)i

B. 調査を行った分野  
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. G01C19/56, H01L41/00-41/47

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの  
 日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2014年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2014年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2014年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2011-99818 A (ヤマハ株式会社) 2011. 05. 19, 【0022】～【0027】、【図1】、【図2】 (ファミリーなし)	1-3, 5, 9, 20-22, 31, 32
Y		4, 6-8, 10-15, 23-29, 33
A		16-19, 30
Y	JP 2006-342864 A (トヨタ自動車株式会社) 2006. 12. 21, 【0002】 (ファミリーなし)	4, 6-8, 10-15, 23-29, 33

C欄の続きにも文献が列挙されている。  パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 29. 05. 2014	国際調査報告の発送日 10. 06. 2014
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 目黒 大地 電話番号 03-3581-1101 内線 3258

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2008-108762 A (財団法人鉄道総合技術研究所) 2008.05.08, 【0035】、【0038】～【0041】、【図5】 (ファミリーなし)	4, 6-8, 10-15, 23-29, 33
A	JP 2012-37499 A (サムソン エレクトロメカニクス カンパニーリミテッド.) 2012.02.23, 全文全図 & US 2012/0031184 A1 & KR 10-2012-0056907 A	1-33