

(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6月19日(19.06.2014)



(10) 国際公開番号

WO 2014/092060 A1

- (51) 国際特許分類:
G01C 19/5747 (2012.01) G01P 15/125 (2006.01)
G01C 19/5726 (2012.01) H01L 29/84 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/083021
- (22) 国際出願日: 2013年12月10日(10.12.2013)
- (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 2012-268931 2012年12月10日(10.12.2012) JP
- (71) 出願人: 株式会社村田製作所(MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 加藤良隆(KATO, Yoshitaka); 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 楓国際特許事務所(KAEDE PATENT ATTORNEYS' OFFICE); 〒5400011 大阪府大阪市中央区農人橋1丁目4番34号 Osaka (JP).

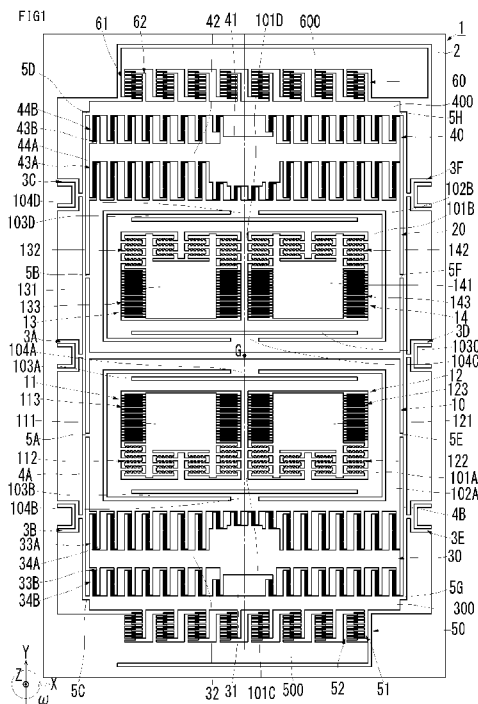
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, 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).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: SENSOR ELEMENT AND COMPOSITE SENSOR

(54) 発明の名称: センサ素子、および複合センサ



(57) Abstract: This sensor element (1) is provided with a first mass (10) and a second mass (20) that oscillate in anti-phase to each other. The first and second masses (10, 20) are each provided with an acceleration detection unit and an angular velocity detection unit. The acceleration detection unit and angular velocity detection unit are formed at the first and second masses (10, 20) in a manner so that changes in capacitance stemming from the acceleration (a) in a first detection signal obtained from the first and second masses (10, 20) and changes in capacitance stemming from the acceleration (a) in a second detection signal obtained from the first and second masses (10, 20) in the same manner are in phase and at the same level, and changes in capacitance stemming from the angular velocity (ω) in the first detection signal obtained from the first and second masses (10, 20) and changes in capacitance stemming from the angular velocity (ω) in the second detection signal obtained from the first and second masses (10, 20) in the same manner are in anti-phase and at the same level.

(57) 要約: センサ素子(1)は、互いに逆位相で振動する第1質量部(10)、第2質量部(20)を備える。第1、第2質量部(10、20)には、それぞれ加速度検出部と角速度検出部が備えられている。第1、第2質量部(10、20)から得られる第1検出信号の加速度aに起因する静電容量変化と、同じく第1、第2質量部(10、20)から得られる第2検出信号の加速度aに起因する静電容量変化は同相且つ同レベルになり、第1、第2質量部(10、20)から得られる第1検出信号の角速度 ω に起因する静電容量変化と、同じく第1、第2質量部(10、20)から得られる第2検出信号の角速度 ω に起因する静電容量変化は逆相且つ同レベルになるように、第1、第2質量部(10、20)には加速度検出部および角速度検出部が形成されている。

明 細 書

発明の名称： センサ素子、および複合センサ

技術分野

[0001] 本発明は、角速度および加速度を検出するセンサ素子、および当該センサ素子を備えた複合センサに関する。

背景技術

[0002] 従来、素子に加わる角速度や加速度を検出する複合センサが各種考案されている。例えば、特許文献1に記載の複合センサのセンサ素子では、基板に対して隙間を有するように支持梁によって支持された質量部を備える。質量部は、基板表面に平行な互いに直交する2軸方向（例えば、X軸方向およびY軸方向）に変位可能に支持されている。

[0003] この複合センサは、質量部をX軸方向に振動させた状態で角速度を検出する。この状態で、X軸とY軸に直交するZ軸周りの角速度が質量部に作用するとY軸方向へのコリオリの力が生じる。このコリオリの力を電気信号で検出することにより、Z軸周りの角速度を検出する。

[0004] さらに、この複合センサは、角速度を検出する質量部とは別の領域に、Y軸方向の加速度を電気信号で検出する加速度検出部を備えている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2010-85313号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、上述の複合センサのセンサ素子では、角速度を検出する角速度検出部と、加速度を検出する加速度検出部とが、基板上の異なる領域に形成されている。これにより、センサ素子を小型化することが容易ではない。

[0007] また、一般的に、上述のように質量部を振動させながら角速度を検出する

場合には、質量部を減圧雰囲気下に配置している。この場合、加速度検出部が同じ減圧雰囲気下にあると加速度検出部の機械的Q値が高くなり、加速度検出信号が過度に大きく変動してしまうことがある。特許文献1の複合センサでは、この問題を解決するため、角速度検出部と加速度検出部とは、別にさらに加速度検出部のQ値を低下させるダンピング部を設けている。しかしながら、この構成では、さらにダンピング部を備えることにより、より一層小型化が容易ではなくなる。

[0008] また、従来、角速度検出部と加速度検出部とを一つの質量部に備える構成もあるが、この構成では、角速度検出部の検出感度を上げようとする前記のQ値の関係から加速度検出部が過度に検出してしまったり、加速度検出部のQ値を下げようすると、逆に角速度検出部の検出感度が低下し、検出性能が劣化してしまっていた。

[0009] したがって、本発明の目的は、角速度および加速度をともに十分な感度で検出しながら、小型に形成できるセンサ素子、およびこのセンサ素子を用いた複合センサを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0010] この発明のセンサ素子は、基板と、該基板に対して隙間を有した状態で基板の第1の面に平行な第1方向に配列され、基板の第1の面に平行であり第1方向と直交する第2方向に沿って互いに逆位相で振動する第1質量部および第2質量部と、を備える。第1質量部は、第1方向および第2方向に直交する第3方向の軸周りの角速度による第1角速度検出信号を出力する角速度検出部および、第1方向に平行な加速度による加速度検出信号を出力する加速度検出部を有する少なくとも一つの第1質量部側検出部を備える。第2質量部は、第3方向の軸周りの角速度による第2角速度検出信号を出力する角速度検出部および、第1方向に平行な加速度による第2加速度検出信号を出力する加速度検出部を有する少なくとも一つの第2質量部側検出部を備える。

[0011] この構成では、角速度検出信号と加速度検出信号とが単一の質量部から出

力されても、出力信号を加算もしくは差分すれば、角速度検出信号と加速度検出信号とを分離することができる。これにより、一つの質量部に角速度検出部と加速度検出部とを備えさせることができる。

[0012] また、この発明のセンサ素子は、次の構成であることが好ましい。第1質量部は、第1質量部側検出部である第1検出部及び第2検出部を備える。第2質量部は、第2質量部側検出部である第3検出部及び第4検出部を備える。第1検出部の出力信号と第3検出部の出力信号を加算した第1検出信号の位相と、第2検出部の出力信号と第4検出部の出力信号を加算した第2検出信号の位相とが、角速度検出信号において逆位相の関係になり、加速度検出信号において同位相の関係になるように、第1乃至第4検出部が構成されている。

[0013] この構成では、第1質量部と第2質量部との具体的な構成例を示している。

[0014] また、この発明のセンサ素子は、次の構成であることが好ましい。第1乃至第4検出部の角速度検出部および加速度検出部において、角速度検出信号の出力端子と加速度検出信号の出力端子とが同一の端子である。

[0015] この構成では、角速度検出信号の出力端子と加速度検出信号の出力端子が共通化されるので、センサ素子をより小型に形成できる。

[0016] また、この発明のセンサ素子は次の構成であることが好ましい。角速度検出部と加速度検出部は、第1質量部および第2質量部に設けられた可動側導体と、該可動側導体と対向して配置され、基板に固定された固定側導体とを備える。固定側導体を基板に固定する固定部は、第1質量部および第2質量部の内側に配置されている。

[0017] この構成では、基板に固定される固定部を第1質量部および第2質量部の外側に形成しないので、センサ素子をより小型に形成できる。

[0018] また、この発明のセンサ素子は、次の構成であることが好ましい。角速度検出部と加速度検出部は、第1質量部および第2質量部に設けられた可動側導体と、可動側導体と対向して配置され、基板に固定された固定側導体とを

備える。固定側導体を基板に固定する固定部は、第1質量部および第2質量部の内側に配置されている。固定部は、角速度検出信号と加速度検出信号を出力するための端子である。

[0019] この構成では、固定部が角速度検出信号と加速度検出信号の出力端子となるので、当該出力端子を固定部とは別に形成しなくてもよく、センサ素子を小型化することができる。

[0020] また、この発明のセンサ素子の角速度検出部は、加速度による第1質量部および第2質量部の共振振幅を減衰させる構造からなることが好ましい。

[0021] この構成では、加速度検出時に必要とするダンピングを角速度検出部で抑制することができ、別途ダンピング抑制部を設けなくてもよく、センサ素子を小型化することができる。

[0022] また、この発明のセンサ素子は、角速度検出部を構成する可動側導体および固定側導体は、第2方向に沿った長尺形状であり、第1方向に沿って対向するように配置されていることが好ましい。

[0023] この構成では、上述のダンピング効果を得られる角速度検出部の具体的な構造例を示している。

[0024] また、この発明のセンサ素子は、基板の主面に平行であり第2方向に沿って、第1質量部と第2質量部とを互いの振動が逆位相になるように振動可能に支持する支持梁を備えていてもよい。

[0025] この構成では、第1、第2質量部を支持する具体的な構造例を示している。

[0026] また、この発明は複合センサに関するものであり、次の特徴を有する。この複合センサは、上述のいずれかのセンサ素子と、第1角速度検出信号および第1加速度検出信号を含む第1検出信号と、第2角速度検出信号および第2加速度検出信号を含む第2検出信号とを加算する加算部と、第1検出信号と第2検出信号との差分を算出する減算部と、を備える。

[0027] この構成では、上述のセンサ素子から出力される第1、第2角速度検出信号の位相関係と、第1、第2加速度検出信号の位相関係が逆相であることを

利用しており、第1検出信号と第2検出信号とを加算もしくは差分することで、第1、第2角速度検出信号もしくは第1、第2加速度検出信号のいずれかを相殺することができる。これにより、角速度検出信号のみ、もしくは加速度検出信号のみを出力することができる。

[0028] また、この発明の複合センサは、次の構成であることが好ましい。この複合センサは、第1質量部および第2質量部を振動させる駆動信号を発生する駆動部と、駆動信号が第1質量部および第2質量部に印加されることで生じる振動をモニタするモニタ信号を出力するモニタ部と、モニタ信号を用いて、加算部から出力される加算信号と、減算部から出力される差分信号とを同期検波する同期検波部と、を備える。

[0029] この構成では、角速度検出信号もしくは加速度検出信号を抽出するための具体的な構成例を示しており、モニタ信号による同期検波で角速度検出信号もしくは加速度検出信号を抽出することができる。

[0030] また、この発明の複合センサは、次の構成であることが好ましい。複合センサは、モニタ信号を 90° 位相調整する位相調整部を備える。同期検波部は、加算信号をモニタ信号で同期検波し、差分信号を位相調整部から出力される位相調整モニタ信号で同期検波する。

[0031] この構成では、同期検波のより具体的な構成を示しており、加速度検出信号がモニタ信号（駆動信号）と同相であり、角速度検出信号がモニタ信号（駆動信号）に対して 90° 位相が遅れることを利用している。そして、この構成を用いることで、角速度検出信号と加速度検出信号を正確に同期検波することができる。また、加速度検出用と角速度検出用の検出回路の基本構成を共通化することができるので、加速度検出用と角速度検出用のそれぞれに基本構成の異なる検出回路を用意する必要がなくなる。

発明の効果

[0032] この発明によれば、角速度および加速度の検出感度が良好であり且つ小型のセンサ素子および複合センサを実現できる。

図面の簡単な説明

[0033] [図1]本発明の実施形態に係るセンサ素子の構成を示す平面図である。

[図2]本発明の実施形態に係る第1検出部の構成を示す拡大平面図である。

[図3]本発明の実施形態に係る第1検出部の加速度検出部および角速度検出部の構成を示す拡大平面図である。

[図4]本発明の実施形態に係る第2検出部の構成を示す拡大平面図である。

[図5]本発明の実施形態に係る第3検出部の構成を示す拡大平面図である。

[図6]本発明の実施形態に係る第4検出部の構成を示す拡大平面図である。

[図7]本発明の実施形態に係る駆動部およびモニタ部の構成を示す拡大平面図である。

[図8]本発明の実施形態に係る複合センサの構成を示すブロック図である。

[図9]本発明の実施形態に係るセンサ素子に角速度 ω が印加された場合の挙動を示す図である。

[図10]本発明の実施形態に係るセンサ素子に加速度 a が印加された場合の挙動を示す図である。

[図11]本発明の実施形態に係るセンサ素子1に角速度 ω のみが印加された場合の各信号の波形図である。

[図12]本発明の実施形態に係るセンサ素子1に加速度 a のみが印加された場合の各信号の波形図である。

[図13]本発明の実施形態に係るセンサ素子1に加速度 a と角速度 ω が印加された場合の各信号の波形図である。

発明を実施するための形態

[0034] 本発明の実施形態に係るセンサ素子および複合センサについて、図を参照して説明する。図1は、本発明の実施形態に係るセンサ素子の構成を示す平面図である。なお、当該センサ素子は、図示しない筐体によって気密に内包されており、センサ素子が配置される筐体内の雰囲気は、例えば減圧雰囲気に保たれている。

[0035] センサ素子1は、矩形状の基板2を備える。基板2は、例えばシリコン等の絶縁性半導体によって形成されている。なお、以下では、矩形状の基板2

の短手方向をX軸方向とし、長手方向をY軸方向として説明する。

- [0036] センサ素子1は、第1質量部10、第2質量部20、第3質量部300、第4質量部400を備える。これらの質量部は例えば低抵抗シリコン等の導電性半導体からなる。また、センサ素子1を構成する基板2以外の部分は、各質量部と同様に、低抵抗シリコン等の導電性半導体からなる。
- [0037] 第1質量部10、第2質量部20、第3質量部300、および第4質量部400は、それぞれに間隔をあけて、Y軸方向に配列して設置されている。より具体的な配置順としては、第1質量部10、第2質量部20は、配列方向（Y軸方向）に沿った中央に配置されている。第3質量部300は、第1質量部10の第2質量部20側と反対側に配置されている。第4質量部400は、第2質量部20の第1質量部10側と反対側に配置されている。
- [0038] 第1質量部10、第2質量部20、第3質量部300、および第4質量部400は、支持梁4A、4Bによって、基板2から隙間を空けた状態で支持されている。
- [0039] 支持梁4A、4Bは、Y軸方向に沿って延びる長尺状である。支持梁4A、4Bの幅（X軸方向の長さ）は、後述する振動により、X軸方向に部分的に変位しながら湾曲する程度の強度となるように設定されている。
- [0040] 支持梁4Aは、第1質量部10、第2質量部20、第3質量部300、および第4質量部400が配列された領域に対してX軸方向の一方端側に配置されている。支持梁4Bは、第1質量部10、第2質量部20、第3質量部300、および第4質量部400が配列された領域に対してX軸方向の他方端側に配置されている。すなわち、支持梁4A、4Bは、X軸方向に沿って、第1質量部10、第2質量部20、第3質量部300、および第4質量部400を挟むように配置されている。
- [0041] 第1質量部10と支持梁4Aは、連結部5Aによって連結されている。第2質量部20と支持梁4Aは、連結部5Bによって連結されている。第3質量部300と支持梁4Aは、連結部5Cによって連結されている。第4質量部400と支持梁4Aは、連結部5Dによって連結されている。

- [0042] 第1質量部10と支持梁4Bは、連結部5Eによって連結されている。第2質量部20と支持梁4Bは、連結部5Fによって連結されている。第3質量部300と支持梁4Bは、連結部5Gによって連結されている。第4質量部400と支持梁4Bは、連結部5Hによって連結されている。
- [0043] 連結部5Aと連結部5Eは、配列設置された第1質量部10、第2質量部20、第3質量部300、第4質量部400の重心Gを通り、Y軸を対称軸として、線対称の位置に配置されている。連結部5Bと連結部5Fは、当該Y軸を対称軸として線対称の位置に配置されている。連結部5Cと連結部5Gは、当該Y軸を対称軸として線対称の位置に配置されている。連結部5Dと連結部5Hは、当該Y軸を対称軸として線対称の位置に配置されている。
- [0044] 支持梁4Aは、固定部3A、3B、3Cに接続されている。固定部3A、3B、3Cは、三つ叉形状であり、支持梁4A側に一枝が伸び、当該一枝と反対方向に二枝が延びる形状からなる。各固定部3A、3B、3Cはそれぞれの一枝が支持梁4Aに接続し、二枝が基板2に接続している。
- [0045] 支持梁4Bは、固定部3D、3E、3Fに接続されている。固定部3D、3E、3Fは、三つ叉形状であり、支持梁4B側に一枝が伸び、当該一枝と反対方向に二枝が延びる形状からなる。各固定部3D、3E、3Fはそれぞれの一枝が支持梁4Bに接続し、二枝が基板2に接続している。
- [0046] 支持梁4A、4Bに固定部3A～3Fが接続する位置は、各質量部がX軸方向に振動する際に、支持梁4A、4BのX軸方向の変位が生じない点（節）となる。そして、固定部3A～3Fは、各質量部の振動周期が同じになる位置で支持梁4A、4Bに接続されている。
- [0047] 第1質量部10は、内枠部101A、および外枠部102Aを備える。内枠部101Aは、X軸方向に長く、Y軸方向に短い長方形であり、内側に空間を有する。外枠部102Aも、X軸方向に長く、Y軸方向に短い長方形であり、内側に空間を有する。外枠部102Aは、内枠部101Aを囲む形状である。外枠部102Aは、上述の連結部5A、5Eによって、支持梁4A、4Bに連結されている。

[0048] 内枠部 101A は、X 軸方向の略中心位置において、外枠部 102A と接続している。より具体的には、内枠部 101A の重心 G 側の辺には、長尺状の連結部材 103A が形成されている。連結部材 103A は、X 軸方向に沿って延びる形状であり、当該 X 軸方向の両端で内枠部 101A に連結している。連結部材 103A の長尺方向の中心には、連結部材 104A が形成されている。連結部材 104A は、Y 軸方向に短い形状であり、当該 Y 軸方向の一方端が外枠部 102A に連結されており、当該 Y 軸方向の他方端が連結部材 103A に連結されている。連結部材 104A は、X 軸方向の長さが Y 軸方向の長さよりも長く、連結部材 103A の長尺方向（X 軸方向）の長さよりも十分に短い形状からなる。

[0049] 内枠部 101A の重心 G 側と反対側の辺には、長尺状の連結部材 103B が形成されている。連結部材 103B は、X 軸方向に沿って延びる形状であり、当該 X 軸方向の両端で内枠部 101A に連結している。連結部材 103B の長尺方向の中心には、連結部材 104B が形成されている。連結部材 104B は、Y 軸方向に短い形状であり、当該 Y 軸方向の一方端が外枠部 102A に連結されており、当該 Y 軸方向の他方端が連結部材 103B に連結されている。連結部材 104B は、X 軸方向の長さが Y 軸方向の長さよりも長く、連結部材 103B の長尺方向（X 軸方向）の長さよりも十分に短い形状からなる。

[0050] 内枠部 101A は、中心軸 101C を備える。中心軸 101C は、Y 軸方向に沿って延びる形状であり、X 軸方向にも所定の長さ（幅）を有する。中心軸 101C は、内側枠 101A の X 軸方向の中心に配置されている。言い換えれば、中心軸 101C は、延びる方向の軸が Y 軸に略一致する位置に配置されている。これにより、内枠部 101A の内側空間は、中心軸 101C によって、X 軸方向に二つの領域に分割されている。そして、これら二つの領域は、後述する導体部の配列順を除き、概ね Y 軸を基準に線対称である。

[0051] 内枠部 101A の一方の内側空間内には、固定部 111 と、加速度検出部 112、角速度検出部 113 が形成されている。固定部 111 は、X 軸方向

にもY軸方向にも略同等の長さからなり、センサ素子1内においては比較的大きな平面積を有する形状からなる。固定部111は、基板2に固定設置されている。

[0052] また、具体的な構成は後述するが、加速度検出部112および角速度検出部113は、固定部111に接続する導体部と、内枠部101Aに接続する導体部とからなる。

[0053] 固定部111と、第1質量部10と、加速度検出部112および角速度検出部113を構成する導体部とにより、第1検出部11が構成される。

[0054] 内枠部101Aの他方の内側空間内には、固定部121と、加速度検出部122、角速度検出部123が形成されている。固定部121は、X軸方向にもY軸方向にも略同等の長さからなり、センサ素子1内においては比較的大きな平面積を有する形状からなる。固定部121は、基板2に固定設置されている。固定部121は、Y軸を基準として固定部111と線対称の形状からなる。

[0055] また、具体的な構成は後述するが、加速度検出部122および角速度検出部123は、固定部121に接続する導体部と、内枠部101Aに接続する導体部とからなる。加速度検出部122は、概略的には、Y軸を基準として加速度検出部112と線対称の形状であるが、加速度検出用の内枠部101Aに接続する導体部と固定部121に接続する導体部との配列順が、線対称ではなく、X軸方向に沿って同じ順になっている。角速度検出部123は、Y軸を基準として、導体部が延びる方向が角速度検出部113と同じであるが、導体部の配列順が角速度検出部113と異なっている。

[0056] 固定部121と、第1質量部10と、加速度検出部122および角速度検出部123を構成する導体部とにより、第2検出部12が構成される。

[0057] 第2質量部20は、内枠部101B、および外枠部102Bを備える。内枠部101Bは、X軸方向に長く、Y軸方向に短い長方形であり、内側に空間を有する。外枠部102Bも、X軸方向に長く、Y軸方向に短い長方形であり、内側に空間を有する。外枠部102Bは、内枠部101Bを囲む形状

である。外枠部 102B は、上述の連結部 5B, 5F によって、支持梁 4A, 4B に連結されている。

[0058] 内枠部 101B は、重心 G を通り X 軸を基準として、第 1 質量部 10 の内枠部 101A と線対称の位置に配置され、線対称の形状からなる。外枠部 102B は、重心 G を通り X 軸を基準として、第 1 質量部 10 の外枠部 102A と線対称の位置に配置され、線対称の形状からなる。

[0059] 内枠部 101B は、X 軸方向の略中心位置において、外枠部 102B と接続している。より具体的には、内枠部 101B の重心 G 側の辺には、長尺状の連結部材 103C が形成されている。連結部材 103C は、X 軸方向に沿って延びる形状であり、当該 X 軸方向の両端で内枠部 101B に接続している。連結部材 103C の長尺方向の中心には、連結部材 104C が形成されている。連結部材 104C は、Y 軸方向に短い形状であり、当該 Y 軸方向の一方端が外枠部 102B に接続されており、当該 Y 軸方向の他方端が連結部材 103C に接続されている。連結部材 104C は、X 軸方向の長さが Y 軸方向の長さよりも長く、連結部材 103C の長尺方向（X 軸方向）の長さよりも十分に短い形状からなる。連結部材 103C、連結部材 104C は、それぞれ X 軸を基準にして、連結部材 103A、連結部材 104A と線対称の形状である。

[0060] 内枠部 101B の重心 G 側と反対側の辺には、長尺状の連結部材 103D が形成されている。連結部材 103D は、X 軸方向に沿って延びる形状であり、当該 X 軸方向の両端で内枠部 101B に接続している。連結部材 103D の長尺方向の中心には、連結部材 104D が形成されている。連結部材 104D は、Y 軸方向に短い形状であり、当該 Y 軸方向の一方端が外枠部 102B に接続されており、当該 Y 軸方向の他方端が連結部材 103D に接続されている。連結部材 104D は、X 軸方向の長さが Y 軸方向の長さよりも長く、連結部材 103D の長尺方向（X 軸方向）の長さよりも十分に短い形状からなる。連結部材 103D、連結部材 104D は、それぞれ X 軸を基準にして、連結部材 103B、連結部材 104B と線対称の形状である。

- [0061] 内枠部 101B は、中心軸 101D を備える。中心軸 101D は、Y 軸方向に沿って延びる形状であり、X 軸方向にも所定の長さ（幅）を有する。中心軸 101D は、内側枠 101B の X 軸方向の中心に配置されている。言い換えれば、中心軸 101D は、延びる方向の軸が Y 軸に略一致する位置に配置されている。これにより、内枠部 101B の内側空間は、中心軸 101D によって、X 軸方向に二つの領域に分割されている。そして、これら二つの領域は、導体部の配列順を除き、概ね Y 軸を基準に線対称である。また、中心軸 101D は、X 軸を基準にして中心軸 101C と線対称の形状である。
- [0062] 内枠部 101B の一方の内側空間内には、固定部 131 と、加速度検出部 132、角速度検出部 133 が形成されている。固定部 131 は、X 軸方向にも Y 軸方向にも略同等の長さからなり、センサ素子 1 内においては比較的大きな平面積を有する形状からなる。固定部 131 は、基板 2 に固定設置されている。固定部 131 は、X 軸を基準として固定部 111 と線対称の形状からなる。
- [0063] また、具体的な構成は後述するが、加速度検出部 132 および角速度検出部 133 は、固定部 131 に接続する導体部と、内枠部 101B に接続する導体部とからなる。加速度検出部 132 は、X 軸を基準として、加速度検出部 112 と線対称の形状からなる。角速度検出部 133 は、概略的には、X 軸を基準として角速度検出部 113 と線対称の形状であるが、内枠部 101B に接続する角速度検出子と固定部 131 に接続する角速度検出子との配列が、線対称ではなく、Y 軸方向に沿って同じ順になっている。
- [0064] 固定部 131 と、第 2 質量部 20 と、加速度検出部 132 および角速度検出部 133 を構成する導体部とにより、第 3 検出部 13 が構成される。
- [0065] 内枠部 101B の他方の内側空間内には、固定部 141 と、加速度検出部 142、角速度検出部 143 が形成されている。固定部 141 は、X 軸方向にも Y 軸方向にも略同等の長さからなり、センサ素子 1 内においては比較的大きな平面積を有する形状からなる。固定部 141 は、基板 2 に固定設置されている。固定部 141 は、Y 軸を基準として固定部 131 と線対称の形状

からなり、X軸を基準として固定部121と線対称の形状からなる。

[0066] また、具体的な構成は後述するが、加速度検出部142および角速度検出部143は、固定部141に接続する導体部と、内枠部101Bに接続する導体部とからなる。角速度検出部143は、Y軸を基準として角速度検出部133と線対称の形状からなる。加速度検出部142は、Y軸を基準として加速度検出部132と線対称の位置に配置されている。加速度検出部142の概略的な形状は、Y軸を基準として加速度検出部132と線対称の形状であるが、加速度検出用の内枠部101Bに接続する突起部と固定部141に接続する突起部との配列順が、線対称ではなく、X軸方向に沿って同じ順になっている。

[0067] 固定部141と、第2質量部20と、加速度検出部142および角速度検出部143を構成する導体部とにより、第4検出部14が構成される。

[0068] 第3質量部300は、第1質量部10から離間して配置されている。第3質量部300は、X軸方向に沿って延びる矩形状からなる。第3質量部300の長手方向の一方端は、連結部5Cによって支持梁4Aに連結されている。第3質量部300の長手方向の他方端は、連結部5Gによって支持梁4Bに連結されている。

[0069] 第3質量部300と第1質量部10との間には、固定部31が配置されている。固定部31は、固定部111, 121, 131, 141と同様に所定の面積を有する形状からなり基板2に固定されている。固定部31は、X軸方向の中心の位置に配置されている。支持部材32は、固定部31を中心としてX軸方向に沿って伸延する略矩形状である。

[0070] 支持部材32における第1質量部10の外枠部102A側には、複数の櫛歯部33Aが形成されている。支持部材32と第1質量部10の外枠部102Aとの間には、複数の櫛歯部34Aが形成されている。複数の櫛歯部34Aは外枠部102Aに接続している。櫛歯部33Aと櫛歯部34Aは、噛合するように配置されている。

[0071] 支持部材32の第3質量部300側には、複数の櫛歯部33Bが形成され

ている。支持部材 3 2 と第 3 質量部 3 0 0 との間には、複数の櫛歯部 3 4 B が形成されている。櫛歯部 3 3 B と櫛歯部 3 4 B は、噛合するように配置されている。

[0072] これら互いに噛合する、櫛歯部 3 3 A と櫛歯部 3 4 A、および、櫛歯部 3 3 B と櫛歯部 3 4 B によって第 1 駆動部 3 0 が構成される。

[0073] 第 3 質量部 3 0 0 における第 1 質量部 1 0 と反対側には、固定部 5 0 0 が配置されている。固定部 5 0 0 は、第 3 質量部 3 0 0 から離間して配置されている。固定部 5 0 0 は、X 軸方向に沿って延びる矩形状からなる。固定部 5 0 0 の延びる方向の一方端は、基板 2 に接続されている。固定部 5 0 0 は、固定部 1 1 1, 1 2 1, 1 3 1, 1 4 1, 3 1 と同様に、基板 2 に固定されている。

[0074] 固定部 5 0 0 における第 3 質量部 3 0 0 側には、複数の櫛歯部 5 1, 5 2 が形成されている。複数の櫛歯部 5 1 は第 3 質量部 3 0 0 に接続しており、複数の櫛歯部 5 2 は固定部 5 0 0 に接続されている。櫛歯部 5 1 と櫛歯部 5 2 は、噛合するように配置されている。これら噛合する櫛歯部 5 1 と櫛歯部 5 2 によって第 1 モニタ部 5 0 が構成される。

[0075] 第 4 質量部 4 0 0 は、第 2 質量部 2 0 から離間して配置されている。第 4 質量部 4 0 0 は、X 軸方向に沿って延びる矩形状からなる。第 4 質量部 4 0 0 の長手方向の一方端は、連結部 5 D によって支持梁 4 A に連結されている。第 4 質量部 4 0 0 の長手方向の他方端は、連結部 5 H によって支持梁 4 B に連結されている。

[0076] 第 4 質量部 4 0 0 と第 2 質量部 2 0 との間には、固定部 4 1 が配置されている。固定部 4 1 は、固定部 3 1 と同様に所定の面積を有する形状からなり基板 2 に固定されている。固定部 4 1 は、X 軸方向の中心の位置に配置されている。支持部材 4 2 は、固定部 4 1 を中心として X 軸方向に沿って伸延する略矩形状である。

[0077] 支持部材 4 2 における第 2 質量部 2 0 の外枠部 1 0 2 B 側には、複数の櫛歯部 4 3 A が形成されている。支持部材 4 2 と第 2 質量部 2 0 の外枠部 1 0

2 Bとの間には、複数の櫛歯部4 4 Aが形成されている。複数の櫛歯部4 4 Aは外枠部1 0 2 Bに接続している。櫛歯部4 3 Aと櫛歯部4 4 Aは、噛合するように配置されている。

[0078] 支持部材4 2の第4質量部4 0 0側には、複数の櫛歯部4 3 Bが形成されている。支持部材4 2と第4質量部4 0 0との間には、複数の櫛歯部4 4 Bが形成されている。櫛歯部4 3 Bと櫛歯部4 4 Bは、噛合するように配置されている。

[0079] これら互いに噛合する、櫛歯部4 3 Aと櫛歯部4 4 A、および、櫛歯部4 3 Bと櫛歯部4 4 Bによって第2駆動部4 0が構成される。

[0080] 第4質量部4 0 0における第2質量部2 0と反対側には、固定部6 0 0が配置されている。固定部6 0 0は、第4質量部4 0 0から離間して配置されている。固定部6 0 0は、X軸方向に沿って延びる矩形状からなる。固定部6 0 0の延びる方向の一方端は、基板2に接続されている。これにより、固定部6 0 0は、固定部5 0 0と同様に、基板2に固定されている。

[0081] 固定部6 0 0における第4質量部4 0 0側には、複数の櫛歯部6 1, 6 2が形成されている。複数の櫛歯部6 1は第4質量部4 0 0に接続しており、複数の櫛歯部6 2は固定部6 0 0に接続されている。櫛歯部6 1と櫛歯部6 2は、噛合するように配置されている。これら噛合する櫛歯部6 1と櫛歯部6 2によって第2モータ部6 0が構成される。

[0082] 次に、第1検出部1 1の具体的構成について、図を参照して説明する。図2は、本発明の実施形態に係る第1検出部1 1の構成を示す拡大平面図である。図3は、本発明の実施形態に係る第1検出部1 1の加速度検出部および角速度検出部の構成を示す拡大平面図である。

[0083] 固定部1 1 1は、内枠部1 0 1 Aの内部空間における中心軸1 0 1 Cで分割される一方の内部空間内に配置されている。固定部1 1 1のX軸方向の長さは、当該内部空間のX軸方向の長さよりも短い。固定部1 1 1は、第2質量部2 0側（連結部材1 0 3 A, 1 0 4 A）側に近接し、第3質量部3 0 0側から離間するように、この内部空間の中心からY軸方向に沿ってずれた位

置に配置されている。これにより、固定部 111 の支持梁 4A 側、中心軸 101C 側と、第 3 質量部 300 側（連結部 103B, 104B 側）に所定の空間が形成される。

[0084] 加速度検出子 202A1, 202B1, 202C1, 202D1, 202E1, 202F1, 202G1, 202H1, 202I1, 202J1, 202K1, 202L1, 202M1, 202N1 および、加速度検出子 204A1, 204B1, 204C1, 204D1, 204E1, 204F1, 204G1, 204H1, 204I1, 204J1 は、固定部 111 の第 3 質量部 300 側の端部付近を含み、固定部 111 の第 3 質量部 300 側の空間に配置されている。加速度検出子 202A1 ~ 202N1 が本発明の加速度検出用の固定側導体に相当し、加速度検出子 204A1 ~ 204J1 が本発明の加速度検出用の可動側導体に相当する。

[0085] 固定部 111 は、第 3 質量部 300 側に突出する長尺状の検出子保持部 201A1, 201B1 を備える。検出子保持部 201A1 は、固定部 111 の支持梁 4A 側の端辺と第 3 質量部 300 側の端辺が交わる角部に配置されている。検出子保持部 201B1 は、固定部 111 の中心軸 101C 側の端辺と第 3 質量部 300 側の端辺が交わる角部に配置されている。

[0086] 内枠部 101A の第 3 質量部 300 側の辺は、固定部 111 側に突出する長尺状の検出子保持部 2051 を備える。検出子保持部 2051 は、X 軸方向に沿って検出子保持部 201A1, 201B1 との中間位置に配置されている。

[0087] 加速度検出子 202A1, 202B1, 202C1, 202D1 は、検出子保持部 201A1 の支持梁 4A 側に接続し、当該支持梁 4A 側に突出する形状からなる。

[0088] 加速度検出子 202A1 は、検出用主軸部 220A1 と複数の突起部 222A1 とを備える。検出用主軸部 220A1 は、X 軸方向に沿って延びる長尺状からなり、一方端が検出子保持部 201A1 に接続されている。複数の突起部 222A1 は、X 軸方向に所定の幅を有する矩形状である。複数の突

起部 222A1 は、主軸部 220A1 の第 2 質量部 20 側の辺に、主軸部 220A1 の延びる方向（X 軸方向）に沿って所定の間隔で配置されている。

[0089] 加速度検出子 202B1 は、検出用主軸部 220B1 と複数の突起部 221B1 と複数の突起部 222B1 とを備える。検出用主軸部 220B1 は、X 軸方向に沿って延びる長尺状からなり、一方端が検出子保持部 201A1 に接続されている。複数の突起部 221B1 は、X 軸方向に所定の幅を有する矩形形状である。複数の突起部 221B1 は、検出用主軸部 220B1 の第 3 質量部 300 側の辺に、検出用主軸部 220B1 の延びる方向（X 軸方向）に沿って所定の間隔で配置されている。複数の突起部 222B1 は、X 軸方向に所定の幅を有する矩形形状である。複数の突起部 222B1 は、検出用主軸部 220B1 の第 2 質量部 20 側の辺に、検出用主軸部 220B1 の延びる方向（X 軸方向）に沿って所定の間隔で配置されている。

[0090] 加速度検出子 202C1 は、検出用主軸部 220C1 と複数の突起部 221C1 と複数の突起部 222C1 とを備える。検出用主軸部 220C1 は、X 軸方向に沿って延びる長尺状からなり、一方端が検出子保持部 201A1 に接続されている。複数の突起部 221C1 は、X 軸方向に所定の幅を有する矩形形状である。複数の突起部 221C1 は、検出用主軸部 220C1 の第 3 質量部 300 側の辺に、検出用主軸部 220C1 の延びる方向（X 軸方向）に沿って所定の間隔で配置されている。複数の突起部 222C1 は、X 軸方向に所定の幅を有する矩形形状である。複数の突起部 222C1 は、検出用主軸部 220C1 の第 2 質量部 20 側の辺に、検出用主軸部 220C1 の延びる方向（X 軸方向）に沿って所定の間隔で配置されている。

[0091] 加速度検出子 202D1 は、検出用主軸部 220D1 と複数の突起部 221D1 とを備える。検出用主軸部 220D1 は、X 軸方向に沿って延びる長尺状からなり、一方端が検出子保持部 201A1 に接続されている。複数の突起部 221D1 は、X 軸方向に所定の幅を有する矩形形状である。複数の突起部 221D1 は、検出用主軸部 220D1 の第 3 質量部 300 側の辺に、検出用主軸部 220D1 の延びる方向（X 軸方向）に沿って所定の間隔で配

置されている。複数の突起部 2 2 2 D 1 は、X 軸方向に所定の幅を有する矩形状である。

[0092] 加速度検出子 2 0 4 A 1, 2 0 4 B 1, 2 0 4 C 1 は、内側枠 1 0 1 A の固定部 1 1 1 側に接続し、当該固定部 1 1 1 側に突出する形状からなる。

[0093] 加速度検出子 2 0 4 A 1 は、検出用主軸部 2 4 0 A 1 と複数の突起部 2 4 1 A 1 と複数の突起部 2 4 2 A 1 とを備える。検出用主軸部 2 4 0 A 1 は、X 軸方向に沿って延びる長尺状からなり、一方端が内枠部 1 0 1 A に接続されている。複数の突起部 2 4 1 A 1 は、X 軸方向に所定の幅を有する矩形状である。複数の突起部 2 4 1 A 1 は、検出用主軸部 2 4 0 A 1 の第 3 質量部 3 0 0 側の辺に、検出用主軸部 2 4 0 A 1 の延びる方向（X 軸方向）に沿って所定の間隔で配置されている。複数の突起部 2 4 2 A 1 は、X 軸方向に所定の幅を有する矩形状である。複数の突起部 2 4 2 A 1 は、検出用主軸部 2 4 0 A 1 の第 2 質量部 2 0 側の辺に、検出用主軸部 2 4 0 A 1 の延びる方向（X 軸方向）に沿って所定の間隔で配置されている。

[0094] 加速度検出子 2 0 4 B 1 は、検出用主軸部 2 4 0 B 1 と複数の突起部 2 4 1 B 1 と複数の突起部 2 4 2 B 1 とを備える。検出用主軸部 2 4 0 B 1 は、X 軸方向に沿って延びる長尺状からなり、一方端が内枠部 1 0 1 A に接続されている。複数の突起部 2 4 1 B 1 は、X 軸方向に所定の幅を有する矩形状である。複数の突起部 2 4 1 B 1 は、検出用主軸部 2 4 0 B 1 の第 3 質量部 3 0 0 側の辺に、検出用主軸部 2 4 0 B 1 の延びる方向（X 軸方向）に沿って所定の間隔で配置されている。複数の突起部 2 4 2 B 1 は、X 軸方向に所定の幅を有する矩形状である。複数の突起部 2 4 2 B 1 は、検出用主軸部 2 4 0 B 1 の第 2 質量部 2 0 側の辺に、検出用主軸部 2 4 0 B 1 の延びる方向（X 軸方向）に沿って所定の間隔で配置されている。

[0095] 加速度検出子 2 0 4 C 1 は、検出用主軸部 2 4 0 C 1 と複数の突起部 2 4 1 C 1 と複数の突起部 2 4 2 C 1 とを備える。検出用主軸部 2 4 0 C 1 は、X 軸方向に沿って延びる長尺状からなり、一方端が内枠部 1 0 1 A に接続されている。複数の突起部 2 4 1 C 1 は、X 軸方向に所定の幅を有する矩形状

である。複数の突起部241C1は、検出用主軸部240C1の第3質量部300側の辺に、検出用主軸部240C1の延びる方向（X軸方向）に沿って所定の間隔で配置されている。複数の突起部242C1は、X軸方向に所定の幅を有する矩形状である。複数の突起部242C1は、検出用主軸部240C1の第2質量部20側の辺に、検出用主軸部240C1の延びる方向（X軸方向）に沿って所定の間隔で配置されている。

[0096] 加速度検出子202A1, 202B1, 202C1, 202D1と、加速度検出子204A1, 204B1, 204C1は、Y軸方向に沿って、交互に配置されている。具体的には、加速度検出子202A1, 202B1間に、加速度検出子204A1が配置される。加速度検出子202B1, 202C1間に、加速度検出子204B1が配置される。加速度検出子202C1, 202D1間に、加速度検出子204C1が配置される。

[0097] この際、加速度検出子202A1, 202B1, 202C1, 202D1の各突起部と、加速度検出子204A1, 204B1, 204C1の各突起部とが、所定面積で対向するように配置される。

[0098] より具体的には、加速度検出子202A1の突起部222A1と、加速度検出子204A1の突起部241A1が対向する。加速度検出子204A1の突起部242A1と加速度検出子202B1の突起部221B1が対向する。加速度検出子202B1の突起部222B1と加速度検出子204B1の突起部241B1が対向する。加速度検出子204B1の突起部242B1と加速度検出子202C1の突起部221C1が対向する。加速度検出子202C1の突起部222C1と加速度検出子204C1の突起部241C1が対向する。加速度検出子204C1の突起部242C1と加速度検出子202D1の突起部221D1が対向する。

[0099] そして、加速度検出子202A1, 202B1, 202C1, 202D1の各突起部と、加速度検出子204A1, 204B1, 204C1の各突起部とは、全面が対向するのではなく、それぞれの対向する突起部がX軸方向にずれて対向している。この際、加速度検出子202A1, 202B1, 2

02C1, 02D1の各突起部は、それぞれがはさみ込む加速度検出子204A1, 204B1, 204C1の各突起部に対して、X軸方向の異なる方向にずれている。

[0100] 例えば、図3に示すように、固定側の加速度検出子202A1の各突起部222A1が、可動側の加速度検出子204A1の各突起部241A1に対してX軸方向に沿って検出子保持部201A1側にずれている場合、固定側の加速度検出子202B1の各突起部221B1は、可動側の加速度検出子204A1の各突起部242A1に対してX軸方向に沿って近接する内側枠101A側にずれている。この際、ズレ量は同じになるように各突起部が形成されている。より好ましくは、ズレ量が突起部のX軸方向の半分になるように、各突起部が形成されている。

[0101] このような構成とすることで、可動側の各加速度検出子204A1, 204B1, 204C1がX軸方向に振動しても、可動側の各加速度検出子204A1, 204B1, 204C1のY軸方向の一方側に配置された固定側の加速度検出子との間で生じる静電容量（キャパシタンス）の変化と、可動側の各加速度検出子204A1, 204B1, 204C1のY軸方向の他方側に配置された固定側の加速度検出子との間で生じる静電容量（キャパシタンス）の変化とが逆の変化をする。例えば、一方の静電容量が増加すれば、他方の静電容量は減少する。したがって、加速度が加わっていない状態のように、両者の突起の間隔が等しい場合は、これらの静電容量を加算すれば、可動側の各加速度検出子204A1, 204B1, 204C1がX軸方向に振動しても、当該振動による静電容量の変化を防ぐことができる。

[0102] 加速度検出子202E1, 202F1, 202G1は、検出子保持部201A1の中心軸101C側に接続し、当該中心軸101C側に突出する形状からなる。加速度検出子202E1は、検出子保持部201A1を基準として、加速度検出子202A1と線対称に形成されている。加速度検出子202F1は、検出子保持部201A1を基準として、加速度検出子202B1と線対称に形成されている。加速度検出子202G1は、検出子保持部20

1 A 1 を基準として、加速度検出子 2 0 2 C 1 と対称の位置に形成され、加速度検出子 2 0 2 G 1 の形状は、加速度検出子 2 0 2 D 1 を線対称に射影したものと同一である。

[0103] 加速度検出子 2 0 4 D 1, 2 0 4 E 1 は、検出子保持部 2 0 5 1 の検出子保持部 2 0 1 A 1 側に接続し、当該検出子保持部 2 0 1 A 1 側に突出する形状からなる。加速度検出子 2 0 4 D 1 は、検出子保持部 2 0 1 A 1 を基準にして、加速度検出子 2 0 4 A 1 と線対称の形状からなる。加速度検出子 2 0 4 E 1 は、検出子保持部 2 0 1 A 1 を基準にして、加速度検出子 2 0 4 B 1 と線対称の形状からなる。

[0104] 加速度検出子 2 0 2 E 1, 2 0 2 F 1, 2 0 2 G 1 と加速度検出子 2 0 4 D 1, 2 0 4 E 1 は Y 軸方向に沿って、交互に配置されている。具体的には、加速度検出子 2 0 2 E 1, 2 0 2 F 1 間に、加速度検出子 2 0 4 D 1 が配置されている。加速度検出子 2 0 2 F 1, 2 0 2 G 1 間に、加速度検出子 2 0 4 E 1 が配置されている。そして、加速度検出子 2 0 2 E 1, 2 0 2 F 1, 2 0 2 G 1 の各突起部と加速度検出子 2 0 4 D 1, 2 0 4 E 1 の各突起部は、加速度検出子 2 0 2 A 1, 2 0 2 B 1, 2 0 2 C 1, 2 0 2 D 1 の各突起部と加速度検出子 2 0 4 A 1, 2 0 4 B 1, 2 0 4 C 1 の各突起部と同様に、X 軸方向にずれた状態で対向しており、その配列順も X 軸方向に沿って同じ順になっている。

[0105] 加速度検出子 2 0 4 F 1, 2 0 4 G 1 は、検出子保持部 2 0 5 1 の検出子保持部 2 0 1 B 1 側に接続し、当該検出子保持部 2 0 1 B 1 側に突出する形状からなる。加速度検出子 2 0 4 F 1 は、検出子保持部 2 0 5 1 を基準にして、加速度検出子 2 0 4 D 1 と線対称の形状からなる。加速度検出子 2 0 4 G 1 は、検出子保持部 2 0 5 1 を基準にして、加速度検出子 2 0 4 E 1 と線対称の形状からなる。

[0106] 加速度検出子 2 0 2 H 1, 2 0 2 I 1, 2 0 2 J 1 は、検出子保持部 2 0 1 B 1 の検出子保持部 2 0 5 1 側に接続し、当該検出子保持部 2 0 5 1 側に突出する形状からなる。加速度検出子 2 0 2 H 1 は、検出子保持部 2 0 5 1

を基準として、加速度検出子 202E1 と線対称に形成されている。加速度検出子 202I1 は、検出子保持部 2051 を基準として、加速度検出子 202F1 と線対称に形成されている。加速度検出子 202J1 は、検出子保持部 2051 を基準として、加速度検出子 202G1 と線対称に形成されている。

[0107] 加速度検出子 202H1, 202I1, 202J1 と加速度検出子 204F1, 204G1 は Y 軸方向に沿って、交互に配置されている。具体的には、加速度検出子 202H1, 202I1 間に、加速度検出子 204F1 が配置されている。加速度検出子 202I1, 202J1 間に、加速度検出子 204G1 が配置されている。そして、加速度検出子 202H1, 202I1, 202J1 の各突起部と加速度検出子 204F1, 204G1 の各突起部は、加速度検出子 202A1, 202B1, 202C1, 202D1 の各突起部と加速度検出子 204A1, 204B1, 204C1 の各突起部と同様に、X 軸方向にずれた状態に対向しており、その配列順も X 軸方向に沿って同じ順になっている。

[0108] 加速度検出子 202K1, 202L1, 202M1, 202N1 は、検出子保持部 201B1 の中心軸 101C 側に接続し、当該中心軸 101C 側に突出する形状からなる。加速度検出子 202K1 は、検出子保持部 2051 の幅方向に中心を通り Y 軸方向に延びる軸を基準として、加速度検出子 202A1 と線対称に形成されている。加速度検出子 202L1 は、検出子保持部 2051 の幅方向に中心を通り Y 軸方向に延びる軸を基準として、加速度検出子 202B1 と線対称に形成されている。加速度検出子 202M1 は、検出子保持部 2051 の幅方向に中心を通り Y 軸方向に延びる軸を基準として、加速度検出子 202C1 と線対称に形成されている。加速度検出子 202N1 は、検出子保持部 2051 の幅方向に中心を通り Y 軸方向に延びる軸を基準として、加速度検出子 202D1 と線対称に形成されている。

[0109] 加速度検出子 204H1, 204I1, 204J1 は、中心軸 101C の固定部 111 側に接続し、当該固定部 111 側に突出する形状からなる。加

速度検出子 204H1 は、検出子保持部 2051 の幅方向に中心を通り Y 軸方向に延びる軸を基準として、加速度検出子 204A1 と線対称に形成されている。加速度検出子 204I1 は、検出子保持部 2051 の幅方向に中心を通り Y 軸方向に延びる軸を基準として、加速度検出子 204B1 と線対称に形成されている。加速度検出子 204J1 は、検出子保持部 2051 の幅方向に中心を通り Y 軸方向に延びる軸を基準として、加速度検出子 204C1 と線対称に形成されている。

[0110] 加速度検出子 202K1, 202L1, 202M1, 202N1 と加速度検出子 204H1, 204I1, 204J1 は Y 軸方向に沿って、交互に配置されている。具体的には、加速度検出子 202K1, 202L1 間に、加速度検出子 204H1 が配置されている。加速度検出子 202L1, 202M1 間に、加速度検出子 204I1 が配置されている。加速度検出子 202M1, 202N1 間に、加速度検出子 204J1 が配置されている。そして、加速度検出子 202K1, 202L1, 202M1, 202N1 の各突起部と加速度検出子 204H1, 204I1, 204J1 の各突起部は、加速度検出子 202A1, 202B1, 202C1, 202D1 の各突起部と加速度検出子 204A1, 204B1, 204C1 の各突起部と同様に、X 軸方向にずれた状態に対向しており、その配列順も X 軸方向に沿って同じ順になっている。

[0111] 加速度検出子 202A1~202N1, 204A1~204J1 をこのような構成とすることで、X 軸方向に振動した状態で、Y 軸方向に加速度が加わると、隣接する加速度検出子 202A1~202N1, 204A1~204J1 の突起部の対向距離が変化する。このように対向距離が変化すると静電容量が変化するので、この変化量を検出することで、加速度を検出することができる。そして、加速度の方向によって静電容量の変化方向（静電容量大から小、もしくは静電容量小から大）が変わるので、加速度の方向も検出することができる。

[0112] 角速度検出子 3011, 3021 は、固定部 111 の支持梁 4A 側の空間

および中心軸 101C 側の空間に複数形成されている。角速度検出子 3011 は、固定部 111 に一方端が接続する長尺状である。角速度検出子 3021 は、中心軸 101C に一方端が接続する長尺状である。支持梁 4A 側の角速度検出子 3011 と、中心軸 101C 側の角速度検出子 3011 は、固定部 111 を介して対称の位置に配置されている。角速度検出子 3011 が本発明の角速度検出用の固定側導体に相当し、角速度検出子 3021 が本発明の角速度検出用の可動側導体に相当する。

[0113] 角速度検出子 3011, 3021 は、Y 軸方向に沿って交互に配置されている。この際、一つの角速度検出子 3011 を基準として、第 2 質量部 20 側の角速度検出子 3021 までの間隔は、第 3 質量部 300 側の角速度検出子 3021 までの間隔よりも広く設定されている。

[0114] 角速度検出子 3011, 3021 をこのような構造とすることで、X 軸方向に振動した状態で、Z 軸方向（X 軸および Y 軸に直交する方向）を軸とする角速度 ω がセンサ素子 1 に加わると、Y 軸方向のコリオリ力が第 1 質量部 10 の内枠部 101A に加わり、角速度検出子 3011, 3021 間の静電容量が変化する。この変化量を検出することで、角速度 ω を検出することができる。この際、一つの角速度検出子 3011 を基準とする第 2 質量部 20 側の角速度検出子 3021 までの間隔と第 3 質量部 300 側の角速度検出子 3021 までの間隔とが異なることから、Y 軸の負の方向にコリオリ力が加われば静電容量が低下し、Y 軸の正の方向にコリオリ力が加われば静電容量が増加するので、角速度 ω の方向も検出することができる。

[0115] さらに、角速度検出子 3011, 3021 は、X 軸方向に長尺状であり、Y 軸方向に対して大きな面積を有し、対向する面積が広いので、加速度印加方向に対する機械的 Q 値を低下させることができる。これにより、加速度検出に対するダンピング効果を得ることができる。

[0116] 次に、第 2 検出部 12 の具体的構成については、図を参照して説明する。図 4 は、本発明の実施形態に係る第 2 検出部 12 の構成を示す拡大平面図である。

- [0117] 第2検出部12は、固定部121、加速度検出子202A2, 202B2, 202C2, 202D2, 202E2, 202F2, 202G2, 202H2, 202I2, 202J2, 202K2, 202L2, 202M2, 202N2および、加速度検出子204A2, 204B2, 204C2, 204D2, 204E2, 204F2, 204G2, 204H2, 204I2, 204J2を備える。
- [0118] 固定部121は、内枠部101Aの内部空間における中心軸101Cで分割される他方の内部空間内に配置されている。固定部121は、重心Gを通るY軸を基準にして、固定部111と線対称の形状からなる。
- [0119] 固定部121に接続する検出子保持部201A2, 201B2は、Y軸を基準にして、それぞれ検出子保持部201A1, 201B1と線対称の形状からなる。内枠部103Bに接続する検出子保持部2052は、Y軸を基準にして、検出子保持部2051と線対称の形状からなる。
- [0120] 加速度検出子202A2～202N2は、突起する導体部の配列順を除き、Y軸を基準にして、それぞれ加速度検出子202A1～202N1と線対称の形状からなる。加速度検出子204A2～204J2は、Y軸を基準にして、それぞれ加速度検出子204A1～204J1と線対称の形状からなるが、加速度検出子202A2～202N2の各突起部と加速度検出子204A2～204J2の各突起部との配列順が、加速度検出子202A1～202N1の各突起部と加速度検出子204A1～J1の各突起部との配列順と線対称ではなく、X軸方向に沿って同じ順になっている。
- [0121] 加速度検出子202A2～202N2, 204A2～204J2をこのような構成とすることで、加速度検出子202A1～202N1, 204A1～204J1と同じ振幅で同じ位相の加速度検出信号を得ることができる。
- [0122] 複数の角速度検出子3012, 3022の配列群は、Y軸を基準にして、複数の角速度検出子3011, 3021の配列群と略対称な位置関係にあるが、配列方向に沿った配置順は逆である。複数の角速度検出子3012, 3022をこのような構成とすることで、角速度検出子3011, 3021と

同じ振幅で逆位相の角速度検出信号を得ることができる。

[0123] 次に、第3検出部13の具体的構成については、図を参照して説明する。

図5は、本発明の実施形態に係る第3検出部13の構成を示す拡大平面図である。

[0124] 第3検出部13は、固定部131、加速度検出子202A3, 202B3, 202C3, 202D3, 202E3, 202F3, 202G3, 202H3, 202I3, 202J3, 202K3, 202L3, 202M3, 202N3および、加速度検出子204A3, 204B3, 204C3, 204D3, 204E3, 204F3, 204G3, 204H3, 204I3, 204J3を備える。

[0125] 固定部131は、内枠部101Bの内部空間における中心軸101Dで分割される一方の内部空間内に配置されている。固定部131は、重心Gを通るX軸を基準にして、固定部111と線対称の形状からなる。

[0126] 固定部131に接続する検出子保持部201A3, 201B3は、X軸を基準にして、それぞれ検出子保持部201A1, 201B1と線対称の形状からなる。内枠部103Dに接続する検出子保持部2053は、X軸を基準にして、検出子保持部2051と線対称の形状からなる。

[0127] 加速度検出子202A3～202N3は、X軸を基準にして、それぞれ加速度検出子202A1～202N1と線対称の形状からなる。加速度検出子204A3～204J3は、X軸を基準にして、それぞれ加速度検出子204A1～204J1と線対称の形状からなる。そして、加速度検出子202A3～202N3の各突起部と加速度検出子204A3～204J3の各突起部は、加速度検出子202A1～202N1の各突起部と加速度検出子204A1～J1の各突起部と同様に、X軸方向にずれた状態で対向している。

[0128] 加速度検出子202A3～202N3, 204A3～204J3をこのような構成とすることで、加速度検出子202A1～202N1, 204A1～204J1と同じ振幅で同位相の加速度検出信号を得ることができる。

[0129] 複数の角速度検出子 3013, 3023 は、X 軸を基準にして、それぞれ複数の角速度検出子 3011、3021 と線対称の形状からなる。複数の角速度検出子 3013, 3023 をこのような構成とすることで、角速度検出子 3011、3021 と同じ振幅で同位相の角速度検出信号を得ることができる。

[0130] 次に、第 4 検出部 14 の具体的構成については、図を参照して説明する。図 6 は、本発明の実施形態に係る第 4 検出部 14 の構成を示す拡大平面図である。

[0131] 第 4 検出部 14 は、固定部 141、加速度検出子 202A4, 202B4, 202C4, 202D4, 202E4, 202F4, 202G4, 202H4, 202I4, 202J4, 202K4, 202L4, 202M4, 202N4 および、加速度検出子 204A4, 204B4, 204C4, 204D4, 204E4, 204F4, 204G4, 204H4, 204I4, 204J4 を備える。

[0132] 固定部 141 は、内枠部 101B の内部空間における中心軸 101D で分割される他方の内部空間内に配置されている。固定部 141 は、重心 G を通る Y 軸を基準にして、固定部 113 と線対称の形状からなる。

[0133] 固定部 141 に接続する検出子保持部 201A4, 201B4 は、Y 軸を基準にして、それぞれ検出子保持部 201A3, 201B3 と線対称の形状からなる。内枠部 103D に接続する検出子保持部 2054 は、Y 軸を基準にして、検出子保持部 2053 と線対称の形状からなる。

[0134] 加速度検出子 202A4～202N4 は、概略的には、Y 軸を基準にして、それぞれ加速度検出子 202A3～202N3 と線対称の形状からなる。加速度検出子 204A4～204J4 は、概略的には、Y 軸を基準にして、それぞれ加速度検出子 204A3～204J3 と線対称の形状からなるが、加速度検出子 202A4～202N4 の各突起部と加速度検出子 204A4～204J4 の各突起部との配列順が、加速度検出子 202A3～202N3 の各突起部と加速度検出子 204A3～J3 の各突起部との配列順と線対

称ではなく、X軸方向に沿って同じ順になっている。

[0135] 加速度検出子202A4～202N4, 204A4～204J4をこのような構成とすることで、加速度検出子202A3～202N3, 204A3～204J3と同じ振幅で同位相の加速度検出信号を得ることができる。

[0136] 複数の角速度検出子3014, 3024の配列群は、Y軸を基準にして、複数の角速度検出子3013, 3023の配列群と略対称な位置関係にあるが、配列方向に沿った配置順は逆である。複数の角速度検出子3014, 3024をこのような構成とすることで、角速度検出子3013, 3023と同じ振幅で逆位相の角速度検出信号を得ることができる。

[0137] 次に、駆動部およびモニタ部の具体的構成については、図を参照して説明する。図7は、本発明の実施形態に係る駆動部およびモニタ部の構成を示す拡大平面図である。なお、図7では、第3検出部13に近接する第2駆動部40および第2モニタ部60の部分のみを拡大して表示している。そして、この部分を例に駆動部およびモニタ部の構成を説明する。他の検出部（第1検出部11、第2検出部12、第4検出部14）に近接する各櫛歯部の基本的な詳細構造は、以下に説明する櫛歯部43A, 44A, 43B, 44Bと同じであるので、説明は省略する。

[0138] 複数の櫛歯部43Aは、支持部材42に接続されている。櫛歯部43Aは、軸部431Aと、複数の歯部432Aとを備える。軸部431Aは、Y軸方向に沿って延びる長尺状である。複数の歯部432Aは、軸部431Aの軸方向に沿って間隔をおいて配置されている。複数の歯部432Aは、櫛歯部44A側に突出するように、軸部431Aに形成されている。

[0139] 複数の櫛歯部44Aは、外枠部102Bに接続されている。櫛歯部44Aは、軸部441Aと、複数の歯部442Aとを備える。軸部441Aは、Y軸方向に沿って延びる長尺状である。複数の歯部442Aは、軸部441Aの軸方向に沿って間隔をおいて配置されている。複数の歯部442Aは、櫛歯部43A側に突出するように、軸部441Aに形成されている。

[0140] この構成において、複数の歯部432Aと複数の歯部442AとがY軸方

向にそれぞれ間隔をおいて交互に並ぶようにして配置されている。この際、複数の歯部432Aと複数の歯部442Aは、Y軸方向に直交する面が対向するように配置されている。

[0141] 複数の櫛歯部43Bは、支持部材42に接続されている。櫛歯部43Bは、軸部431Bと、複数の歯部432Bとを備える。軸部431Bは、Y軸方向に沿って延びる長尺状である。複数の歯部432Bは、軸部431Bの軸方向に沿って間隔をおいて配置されている。複数の歯部432Bは、櫛歯部44B側に突出するように、軸部431Bに形成されている。

[0142] 複数の櫛歯部44Bは、第4質量部400に接続されている。櫛歯部44Bは、軸部441Bと、複数の歯部442Bとを備える。軸部441Bは、Y軸方向に沿って延びる長尺状である。複数の歯部442Bは、軸部441Bの軸方向に沿って間隔をおいて配置されている。複数の歯部442Bは、櫛歯部43B側に突出するように、軸部441Bに形成されている。

[0143] この構成において、複数の歯部432Bと複数の歯部442BとがY軸方向にそれぞれ間隔をおいて交互に並ぶようにして配置されている。この際、複数の歯部432Bと複数の歯部442Bは、Y軸方向に直交する面が対向するように配置されている。

[0144] このような構成からなる駆動部40に対して、駆動信号を印加すると、駆動信号の振幅に応じて、櫛歯部43A、44AがX軸方向に沿って引き合ったり離れたりし、櫛歯部43B、44BがX軸方向に沿って引き合ったり離れたりする。櫛歯部43A、44A間の動きと、櫛歯部43B、44B間の動きは同じである。

[0145] これにより、第4質量部400と第2質量部20がX軸方向に互いに逆位相で振動する。これと同じ動作が第3質量部300と第1質量部10でも生じる。この際、第3質量部300の振動と第4質量部400の振動および第1質量部10の振動と第2質量部20の振動を逆位相にすることで、支持梁4A、4Bが歪み、第1質量部10が第4質量部400と同相で振動し、第2質量部20が第3質量部300と同相で振動する。このようにして、第1

質量部 10 及び第 2 質量部 20 に、X 軸方向に沿った振動を与えることができる。

[0146] 複数の櫛歯部 61 は、第 4 質量部 400 に接続されている。櫛歯部 61 は、軸部 611 と、複数の歯部 612 とを備える。軸部 611 は、Y 軸方向に沿って延びる長尺状である。複数の歯部 612 は、軸部 611 の軸方向に沿って間隔をおいて配置されている。複数の歯部 612 は、櫛歯部 62 側に突出するように、軸部 611 に形成されている。

[0147] 複数の櫛歯部 62 は固定部 600 に接続されている。櫛歯部 62 は、軸部 621 と、複数の歯部 622 とを備える。軸部 621 は、Y 軸方向に沿って延びる長尺状である。複数の歯部 622 は、軸部 621 の軸方向に沿って間隔をおいて配置されている。複数の歯部 622 は、櫛歯部 61 側に突出するように、軸部 621 に形成されている。

[0148] この構成において、複数の歯部 612 と複数の歯部 622 とが Y 軸方向にそれぞれ間隔をおいて交互に並ぶようにして配置されている。この際、複数の歯部 612 と複数の歯部 622 は、Y 軸方向に直交する面が対向するように配置されている。

[0149] このような構成では、駆動部 60 に駆動信号が印加されて第 4 質量部 400 が振動すると、櫛歯部 61、62 間の距離が変化し、静電容量が変化する。この静電容量の変化を検出することで、駆動信号をモニタすることができる。

[0150] 以上のような構成からなるセンサ素子 1 は、次に示す検出用 IC 8 と組み合わせることで、複合センサとして機能し、角速度と加速度を分離して検出する。図 8 は、本発明の実施形態に係る複合センサの構成を示すブロック図である。

[0151] 複合センサは、センサ素子 1 と検出用 IC 8 とを備える。センサ素子 1 は機構的には上述の構成であるが、回路としては、第 1 検出部 11、第 2 検出部 12、第 3 検出部 13、第 4 検出部 14、第 1 駆動部 30、第 2 駆動部 40、第 1 モニタ部 50、および第 2 モニタ部 60 から構成されている。第 1

検出部 1 1、第 2 検出部 1 2、第 3 検出部 1 3、第 4 検出部 1 4、第 1 駆動部 3 0、第 2 駆動部 4 0、第 1、第 2 モニタ部 5 0、6 0 は、それぞれ可変容量素子からなる。第 1 検出部 1 1、第 2 検出部 1 2、第 3 検出部 1 3、第 4 検出部 1 4、第 1 駆動部 3 0、第 2 駆動部 4 0、第 1、第 2 モニタ部 5 0、6 0 が共通に接続する端子は、グラウンドに接続されている。このグラウンドは、検出用 IC 8 のグラウンドにも接続されている。

[0152] 検出用 IC 8 は、制御部 8 0、フィルタ 8 1、駆動用非反転増幅器 8 2 A、駆動用反転増幅器 8 2 B、モニタ用増幅器 8 3 A、8 3 B、差動増幅器 8 4 0、フィルタ 8 4、位相シフタ 8 5、増幅器 9 1 A、9 1 B、加算器 9 2、減算器 9 3、フィルタ 9 4 A、9 4 B、検波器 9 5 A、9 5 B、出力回路 9 6 A、9 6 B および出力端子 OUT a、OUT ω を備える。検出用 IC 8 には、駆動電圧 V c c が印加されている。

[0153] 制御部 8 0 は、交流の駆動電圧信号を発生し、フィルタ 8 1 へ出力する。この際、制御部 8 0 は、ハイパスフィルタからなるフィルタ 8 4 から出力されるモニタ電圧信号の電圧値に応じて、センサ素子 1 の各質量部の振動振幅が規定した値になるように、駆動電圧信号の電圧値を設定する。

[0154] フィルタ 8 1 は、例えばローパスフィルタからなり、ハイパスフィルタのフィルタ 8 4 と組み合わせて、素子振動周波数を選択的に通過させるバンドパスフィルタとしての機能（例えばノイズカット）を果たすとともに、モニタ出力の位相をおおよそ 9 0° 遅延させて、駆動用非反転増幅器 8 2 A および駆動用反転増幅器 8 2 B に出力する。

[0155] 駆動用非反転増幅器 8 2 A は、駆動電圧信号を所定ゲインで増幅して、駆動部 3 0 に出力する。駆動用反転増幅器 8 2 B は、駆動電圧信号を所定ゲイン（駆動用非反転増幅器 8 2 A と同じゲイン）で増幅して反転出力することで、駆動部 4 0 に出力する。なお、駆動用非反転増幅器 8 2 A および駆動用反転増幅器 8 2 B のゲインは 1 であってよく、この場合、これらの駆動用非反転増幅器 8 2 A および駆動用反転増幅器 8 2 B は、同期して駆動部 3 0、4 0 に逆相の駆動電圧信号を入力するバッファ回路として機能する。

- [0156] 駆動部30と駆動部40に、互いに逆相となる駆動電圧信号が印加されると、上述のように、第1質量部10、第2質量部20、第3質量部300、および第4質量部400は、X軸方向に振動する。
- [0157] この振動により、第1、第2モニタ部50、60の静電容量が変化する。この時、二つの静電容量の変化の極性は互いに異なる。この第1、第2モニタ部50、60の静電容量変化は、増幅器83A、83Bに入力される。増幅器83A、83Bは、静電容量／電圧変換回路（所謂C／V回路）であり、静電容量に応じたモニタ電圧信号を出力する。二つのモニタ電圧信号は、差動増幅器840で加算される。これにより、モニタ信号の振幅を増大させることができる。加算され一つの信号になったモニタ信号は、フィルタ84に入力される。フィルタ84によりフィルタ処理されたモニタ信号は、制御部80にフィードバックされるとともに、検波器95Aおよび位相シフタ85に出力される。
- [0158] 位相シフタ85は、モニタ電圧信号の位相を90°遅延させて、検波器95Bに出力する。
- [0159] ここで、Z軸周りの角速度やY軸方向の加速度がセンサ素子1に印加されると、第1検出部11、第2検出部12、第3検出部13、第4検出部14の各加速度検出部と各角速度検出部の静電容量が変化する。
- [0160] 上述の構成により、角速度または加速度の印加による第1検出部11、第3検出部13の静電容量変化は同じである。これらの第1検出部11、第3検出部13は、センサ素子外部の電極で接続されている。したがって、第1検出部11の静電容量変化と第3検出部13の静電容量変化とを加算した静電容量変化としては、第1、第3検出部11、13いずれか一方の2倍の静電容量変化が得られる。この第1、第3検出部11、13の静電容量変化は、増幅器91Aに入力される。増幅器91Aは、静電容量／電圧変換回路（所謂C／V回路）であり、静電容量に応じた第1検出信号を出力する。第1検出信号は、加算器92および減算器93に出力される。
- [0161] 上述の構成により、角速度または加速度の印加による第2検出部12、第

4 検出部 1 4 の静電容量変化は同じである。これらの第 2 検出部 1 2、第 4 検出部 1 4 は、センサ素子外部の電極で接続されている。したがって、第 2 検出部 1 2 の静電容量変化と、第 4 検出部 1 4 の静電容量変化とを加算した静電容量変化としては、第 2、第 4 検出部 1 2、1 4 いずれか一方の 2 倍の静電容量変化が得られる。この第 2、第 4 検出部 1 2、1 4 の静電容量変化は、増幅器 9 1 B に入力される。増幅器 9 1 B は、静電容量／電圧変換回路（所謂 C／V 回路）であり、静電容量に応じた第 2 検出信号を出力する。第 2 検出信号は、加算器 9 2 および減算器 9 3 に出力される。

[0162] 加算器 9 2 は、第 1 検出信号と第 2 検出信号とを加算して、フィルタ 9 4 A に出力する。減算器 9 3 は、第 1 検出信号と第 2 検出信号との差分を算出して、フィルタ 9 4 B に出力する。

[0163] フィルタ 9 4 A は、例えばハイパスフィルタからなり、加算信号をフィルタ処理して、検波器 9 5 A に出力する。フィルタ 9 4 B は、例えばハイパスフィルタからなり、差分信号（減算信号）をフィルタ処理して、検波器 9 5 B に出力する。

[0164] 検波器 9 5 A は、加算信号をモニタ電圧信号で同期検波して、第 1 検波信号を出力回路 9 6 A に出力する。出力回路 9 6 A は、振幅調整回路やローパスフィルタを備えており、第 1 検波信号に所定の処理を施して、出力端子 O U T a に出力する。

[0165] 検波器 9 5 B は、加算信号をモニタ電圧信号で同期検波して、第 2 検波信号を出力回路 9 6 B に出力する。出力回路 9 6 B は、出力回路 9 6 A と同じ回路構成であって、振幅調整回路やローパスフィルタを備えており、第 2 検波信号に所定の処理を施して、出力端子 O U T ω に出力する。

[0166] このような構成からなる複合センサのセンサ素子 1 が X 軸方向に振動中に、Z 軸周りの角速度 ω や Y 軸方向の加速度 a が印加されると、次のように作用する。

[0167] 図 9 は、本発明の実施形態に係るセンサ素子に角速度 ω が印加された場合の挙動を示す図である。図 9（A）は駆動電圧信号が印加されていない状態

を示し、図9（B）、（C）は駆動電圧信号が印加された状態を示す。図9（B）は、第1質量部10と第4質量部400がX軸の正の方向に運動し、第2質量部20と第3質量部300がX軸の負の方向に運動している状態を示す。図9（C）は、第1質量部10と第4質量部400がX軸の負の方向に運動し、第2質量部20と第3質量部300がX軸の正の方向に運動している状態を示す。

[0168] 上述のように、駆動部30と駆動部40に逆相の駆動電圧信号を印加すると、図9（B）に示すように、隣り合う質量部が常時X軸の逆方向に移動するように振動する。このような状態において、Z軸周りの角速度 ω が印加されると、図9（B）の第1質量部10および第2質量部20に示すように、X軸の負の方向に移動中の質量部には、Y軸の正の方向のコリオリ力が加わり、Y軸の正の方向に変位して、X軸の正の方向に移動中の質量部には、Y軸の負の方向のコリオリ力が加わり、Y軸の負の方向に変位する。これにより、第1、第2質量部10、20内の各角速度検出部113、133では、静電容量が減少し、各角速度検出部123、143では、静電容量が増加する。なお、各角速度検出部113、133は、回路入力前にセンサ素子外部で電氣的に接続される。同じく、各角速度検出部123、143も、回路入力前にセンサ素子外部で電氣的に接続される。

[0169] したがって、振動状態によらず、第1、第2質量部10、20内の各角速度検出部113、133の静電容量変化と各角速度検出部123、143の静電容量変化とを加算してなる第1検出信号では、両者の静電容量変化が互いに逆の変位であって相殺されることにより、角速度 ω による静電容量変化分は0となる。

[0170] 一方、振動状態によらず、第1、第2質量部10、20内の各角速度検出部113、133の静電容量変化と各角速度検出部123、143の静電容量変化とを差分してなる第2検出信号では、両者の静電容量変化が加算されることにより、角速度 ω による静電容量変化分は、2倍となる。

[0171] 図11は、本発明の実施形態に係るセンサ素子1に角速度 ω のみが印加さ

れた場合の各信号の波形図である。なお、図 11 の第 1 出力は、第 1、第 2 質量部 10、20 内の各角速度検出部 113、133 の静電容量変化を電圧変換したものであり、第 2 出力は、第 1、第 2 質量部 10、20 内の各角速度検出部 123、143 の静電容量変化を電圧変換したものである。図 11 に示すように、第 1 出力と第 2 出力は常時逆相となる。したがって、これら第 1 出力と第 2 出力を加算した信号、すなわち第 1 検出信号は、第 1 出力と第 2 出力とが相殺された信号となり、OUT1（加算出力）は 0（もしくは基準電位）となる。一方、これら第 1 出力と第 2 出力を差分した信号、すなわち第 2 検出信号は、第 1 出力と第 2 出力とが加算された信号となり、OUT2（加算出力）は第 1 出力や第 2 出力の 2 倍となる。これにより、第 2 検出信号によって角速度 ω を検出することができる。この際、振幅が大きくなるので、确实且つ正確に角速度 ω を検出することができる。

[0172] 図 10 は、本発明の実施形態に係るセンサ素子に加速度 a が印加された場合の挙動を示す図である。図 10（A）は駆動電圧信号が印加されていない状態を示し、図 10（B）、（C）は駆動電圧信号が印加された状態を示す。図 10（B）は、第 1 質量部 10 と第 4 質量部 400 が X 軸の正の方向に移動し、第 2 質量部 20 と第 3 質量部 300 が X 軸の負の方向に移動した状態を示す。図 10（C）は、第 1 質量部 10 と第 4 質量部 400 が X 軸の負の方向に移動し、第 2 質量部 20 と第 3 質量部 300 が X 軸の正の方向に移動した状態を示す。

[0173] 上述のように、駆動部 30 と駆動部 40 に逆相の駆動電圧信号を印加すると、図 10（B）、図 10（C）に示すように、隣り合う質量部が常時 X 軸の逆方向に移動するように振動する。このような状態において、Y 軸の正の方向の加速度 a が印加されると、図 10（B）の第 1 質量部 10 および第 2 質量部 20 に示すように、X 軸の正の方向に移動中の質量部も X 軸の負の方向に移動中の質量部も、Y 軸の正の方向に変位する。これにより、第 1、第 2 質量部 10、20 内の各加速度検出部 112、122、132、142 では、各突起する導体部の片側の間隔が減少し、反対側の間隔が増加すること

で、モニタ信号に同期した静電容量の変化が発生する。この時、各加速度検出部 112, 122, 132, 142 の位相は全て等しい。なお、各加速度検出部 112, 132 は、回路入力前にセンサ素子外部で電氣的に接続される。同じく、各加速度検出部 122, 142 も、回路入力前にセンサ素子外部で電氣的に接続される。

[0174] 一方、Y 軸の負の方向の加速度 a が印加されると、X 軸の正の方向に移動中の質量部も X 軸の負の方向に移動中の質量部も、Y 軸の負の方向に変位する。これにより、第 1、第 2 質量部 10, 20 内の各加速度検出部 112, 122, 132, 142 では、各突起する導体部の片側の間隔が増加し、反対側の間隔が減少することで、モニタ信号に同期した静電容量の変化が発生する。この時、各加速度検出部 112, 122, 132, 142 の位相は全て等しい。

[0175] したがって、振動状態によらず、第 1、第 2 質量部 10, 20 内の各加速度検出部 112, 132 の静電容量変化と各加速度検出部 122, 142 の静電容量変化とを加算してなる第 1 検出信号では、両者の位相が等しく、静電容量変化が加算されることにより、加速度 a による静電容量変化分は、2 倍となる。

[0176] 一方、振動状態によらず、第 1、第 2 質量部 10, 20 内の各加速度検出部 112, 132 の静電容量変化と各加速度検出部 122, 142 の静電容量変化とを差分してなる第 2 検出信号では、両者の静電容量変化が互いに相殺されることにより、加速度 a による静電容量変化分は 0 となる。

[0177] 図 12 は、本発明の実施形態に係るセンサ素子 1 に加速度 a のみが印加された場合の各信号の波形図である。なお、図 12 の第 1 出力は、第 1、第 2 質量部 10, 20 内の各加速度検出部 112, 132 の静電容量変化を電圧変換したものであり、第 2 出力は、第 1、第 2 質量部 10, 20 内の各加速度検出部 122, 142 の静電容量変化を電圧変換したものである。

[0178] 図 12 に示すように、第 1 出力と第 2 出力は常時同相となる。したがって、これら第 1 出力と第 2 出力を加算した信号、すなわち第 1 検出信号は、第

1 出力と第2 出力とが加算された信号となり、OUT 1（加算出力）は第1 出力や第2 出力の2 倍となる。一方、これら第1 出力と第2 出力を差分した信号、すなわち第2 検出信号は、第1 出力と第2 出力とが相殺された信号となり、OUT 2（加算出力）は0（もしくは基準電位）となる。これにより、第1 検出信号によって加速度 a を検出することができる。この際、振幅が大きくなるので、确实且つ正確に加速度 a を検出することができる。

[0179] なお、上述の構成では、第1 検出部 1 1 および第3 検出部 1 3 から得られる静電容量変化と、第2 検出部 1 2 および第4 検出部 1 4 から得られる静電容量変化は、いずれも加速度 a 起因の成分と角速度 ω 起因の成分が混合された状態からなる。しかしながら、上述の加算器 9 2、減算器 9 3 を介することで、加速度 a 起因の成分と角速度 ω 起因の成分を、确实に分離して出力することができる。

[0180] さらに、角速度 ω による静電容量変化が駆動電圧信号に対して位相が 90° ずれていることを利用し、上述の 90° 位相がずれた同期検波を行うことで、加速度 a による信号と、角速度 ω による信号とを、より确实に検出して出力することができる。

[0181] 図 1 3 は、本発明の実施形態に係るセンサ素子 1 に加速度 a と角速度 ω が印加された場合の各信号の波形図である。なお、図 1 3 の第1 出力は、第1、第2 質量部 1 0、2 0 内の各加速度検出部 1 1 2、1 3 2 と各角速度検出部 1 1 3、1 3 3 の静電容量変化を電圧変換したものであり、第2 出力は、第1、第2 質量部 1 0、2 0 内の各加速度検出部 1 2 2、1 4 2 と各角速度検出部 1 2 3、1 4 3 の静電容量変化を電圧変換したものである。なお、ここでは、加速度 a による静電容量変化と角速度 ω による静電容量変化が同じ場合を示している。

[0182] 図 1 3 に示すように、第1 出力および第2 出力は、加速度 a による静電容量変化と角速度 ω による静電容量変化との比に応じて、駆動電圧信号に対して所定の位相ずれが生じる。しかしながら、OUT 1（加算出力）には加速度 a による成分しか残らず、OUT 2（差分出力）には角速度 ω による成分

しか残らない。

符号の説明

[0183] 1 : センサ素子、
2 : 基板、
3 A, 3 B, 3 C, 3 D, 3 E, 3 F : 固定部、
4 A, 4 B : 支持梁、
5 A, 5 B, 5 C, 5 D, 5 E, 5 F, 5 G, 5 H : 連結部、
8 : 検出用 IC、
10 : 第1質量部、
20 : 第2質量部、
11 : 第1検出部、
12 : 第2検出部、
13 : 第3検出部、
14 : 第4検出部、
30 : 第1駆動部、
31 : 固定部、
32 : 支持部材、
33 A, 33 B, 34 A, 34 B, 43 A, 43 B, 44 A, 44 B, 51
, 52, 61, 62 : 櫛歯部、
431 A, 431 B, 441 A, 441 B, 661 : 軸部、
432 A, 432 B, 442 A, 442 B, 662 : 歯部
40 : 第2駆動部、
41 : 固定部、
42 : 支持部材、
50 : 第1モータ部、
60 : 第2モータ部、
101 A, 101 B : 内枠部、
101 C, 101 D : 中心軸、

102A, 102B : 外枠部、
103A, 103B, 104A, 104B, 103C, 103D, 104C
, 104D : 連結部材、
111, 121, 131, 141 : 固定部、
112, 122, 132, 142 : 加速度検出部、
113, 123, 133, 143 : 角速度検出部、
201A1, 201B1, 201A2, 201B2, 201A3, 201B
3, 201A4, 201B1, 2051, 2052, 2053, 2054 :
検出子保持部、
202A1~202N1, 204A1~204J1, 202A2~202N
2, 204A2~204J2, 202A3~202N3, 204A3~20
4J3, 202A4~202N4, 204A4~204J4 : 加速度検出子
、
220A1~220D1, 240A1~240C1 : 検出用主軸部、
221B1, 221C1, 221D1, 222A1, 222B1, 222C
1, 241A1, 241B1, 241C1, 242A1, 242B1, 24
2C1 : 突起部、
300 : 第3質量部、
400 : 第4質量部、
500, 600 : 固定部、
3011, 3021, 3012, 3022, 3013, 3023, 3014
, 3024 : 角速度検出子、
80 : 制御部、
81 : フィルタ、
82A : 駆動用非反転増幅器、
82B : 駆動用反転増幅器、
83A, 83B : モニタ用増幅器、
84 : フィルタ、

840 : 差動増幅器、
85 : 位相シフタ、
91A, 91B : 増幅器、
92 : 加算器、
93 : 減算器、
94A, 94B : フィルタ、
95A, 95B : 検波器、
96A, 96B : 出力回路、
OUT_a, OUT_ω : 出力端子

請求の範囲

[請求項1]

基板と、

該基板に対して隙間を有した状態で、前記基板の第1の面に平行な第1方向に配列され、前記基板の前記第1の面に平行であり前記第1方向と直交する第2方向に沿って互いに逆位相で振動する第1質量部および第2質量部と、

を備え、

前記第1質量部は、

前記第1方向および前記第2方向に直交する第3方向の軸周りの角速度による角速度検出信号を出力する角速度検出部および、前記第1方向の加速度による加速度検出信号を出力する加速度検出部を有する、少なくとも一つの第1質量部側検出部を備え、

前記第2質量部は、

前記第3方向の軸周りの角速度による角速度検出信号を出力する角速度検出部および、前記第1方向の加速度による加速度検出信号を出力する加速度検出部を有する、少なくとも一つの第2質量部側検出部を備える、

センサ素子。

[請求項2]

前記第1質量部は、第1質量部側検出部である第1検出部及び第2検出部を備え、

前記第2質量部は、第2質量部側検出部である第3検出部及び第4検出部を備え、

前記第1検出部の出力信号と前記第3検出部の出力信号を加算した第1検出信号の位相と、前記第2検出部の出力信号と前記第4検出部の出力信号を加算した第2検出信号の位相とが、前記角速度検出信号において逆位相の関係になり、前記加速度検出信号において同位相の関係になるように、前記第1乃至第4検出部が構成されている、請求項1に記載のセンサ素子。

- [請求項3] 前記第1乃至第4検出部の角速度検出部および加速度検出部において、前記角速度検出信号の出力端子と前記加速度検出信号の出力端子とが同一の端子である、
請求項1または請求項2に記載のセンサ素子。
- [請求項4] 前記角速度検出部と前記加速度検出部は、
前記第1質量部および前記第2質量部に設けられた可動側導体と、
該可動側導体と対向して配置され、前記基板に固定された固定側導体と、を備え、
前記固定側導体を前記基板に固定する固定部は、前記第1質量部および前記第2質量部の内側に配置されている、
請求項1乃至請求項3のいずれかに記載のセンサ素子。
- [請求項5] 前記角速度検出部と前記加速度検出部は、
前記第1質量部および前記第2質量部に設けられた可動側導体と、
該可動側導体と対向して配置され、前記基板に固定された固定側導体と、
前記固定側導体を前記基板に固定する固定部は、前記第1質量部および前記第2質量部の内側に配置されており、
前記固定部は、前記角速度検出信号と加速度検出信号とを出力する端子である、請求項1乃至請求項3のいずれかに記載のセンサ素子。
- [請求項6] 前記角速度検出部は、前記加速度による前記第1質量部および前記第2質量部の共振変位を減衰させる構造からなる、
請求項1乃至請求項4のいずれかに記載のセンサ素子。
- [請求項7] 前記角速度検出部を構成する前記可動側導体および前記固定側導体は、前記第2方向に沿った長尺形状であり、前記第1方向に沿って対向するように配置されている、請求項5に記載のセンサ素子。
- [請求項8] 前記基板の主面に平行であり前記第2方向に沿って、前記第1質量部と前記第2質量部とを互いの振動が逆位相になるように振動可能に支持する支持梁を備えた請求項1乃至請求項6のいずれか1項に記載

のセンサ素子。

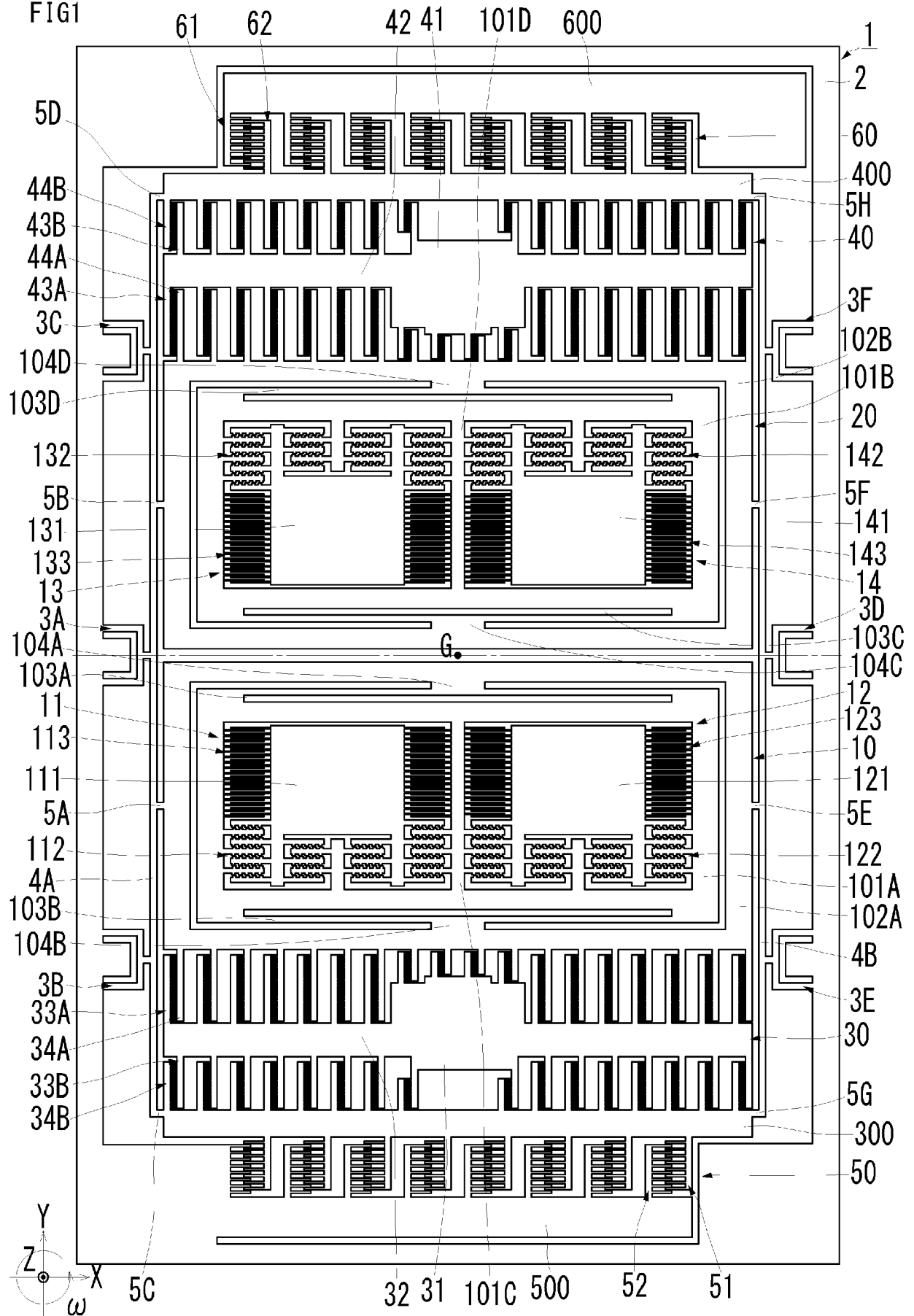
[請求項9] 請求項1乃至請求項8のいずれか1項に記載のセンサ素子と、
前記第1検出信号と前記第2検出信号とを加算する加算部と、
前記第1検出信号と前記第2検出信号との差分を算出する減算部と
、
を備えた複合センサ。

[請求項10] 前記第1質量部および前記第2質量部を振動させる駆動信号を発生
する駆動部と、
前記駆動信号が前記第1質量部および前記第2質量部に印加される
ことで生じる振動をモニタするモニタ信号を出力するモニタ部と、
前記モニタ信号を用いて、前記加算部から出力される加算信号と、
前記減算部から出力される差分信号とを同期検波する同期検波部と、
を備える請求項8に記載の複合センサ。

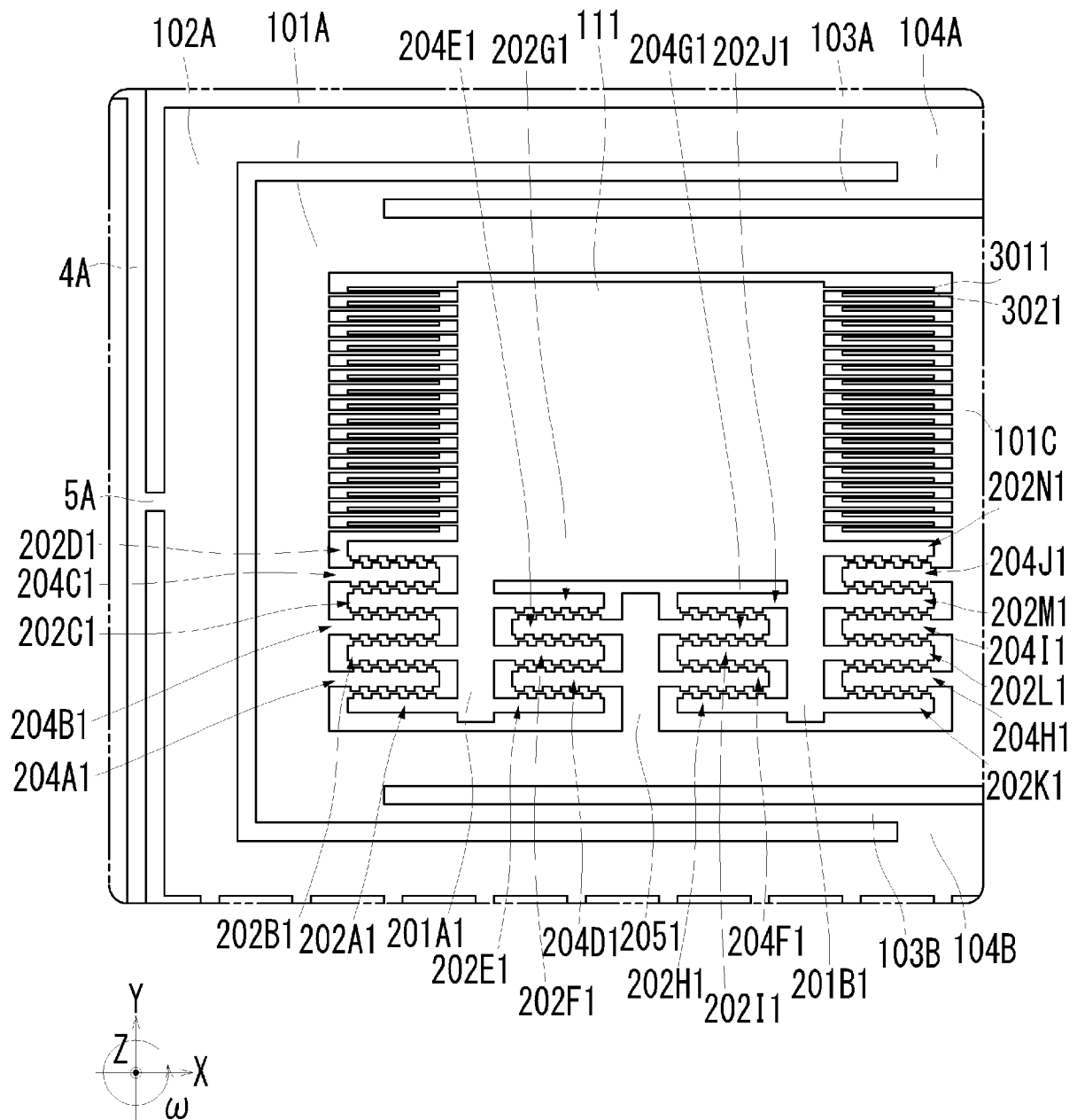
[請求項11] 前記モニタ信号を90°位相調整する位相調整部を備え、
前記同期検波部は、
前記加算信号を前記モニタ信号で同期検波し、
前記差分信号を前記位相調整部から出力される位相調整モニタ信号
で同期検波する、請求項10に記載の複合センサ。

[図1]

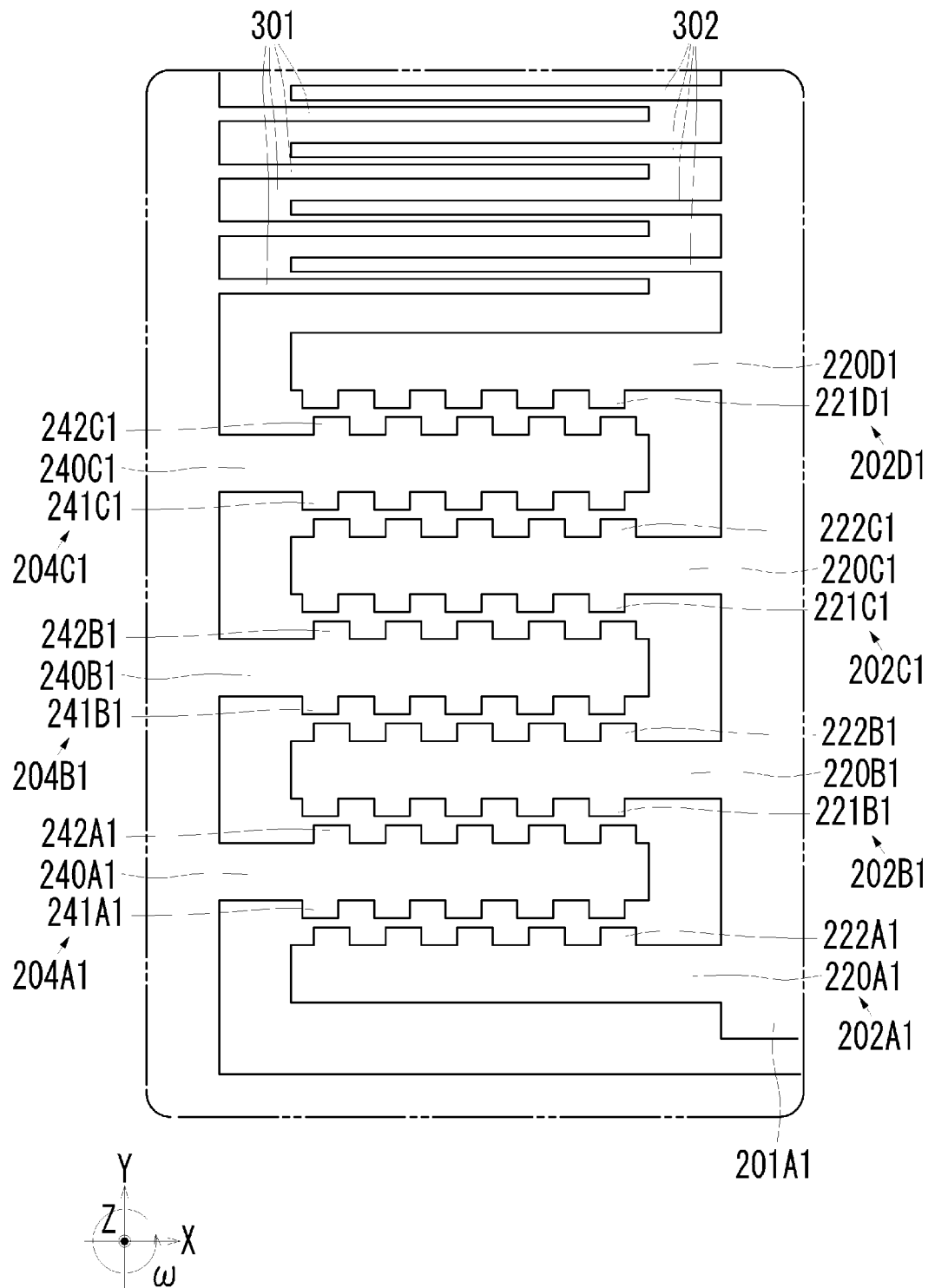
FIG1



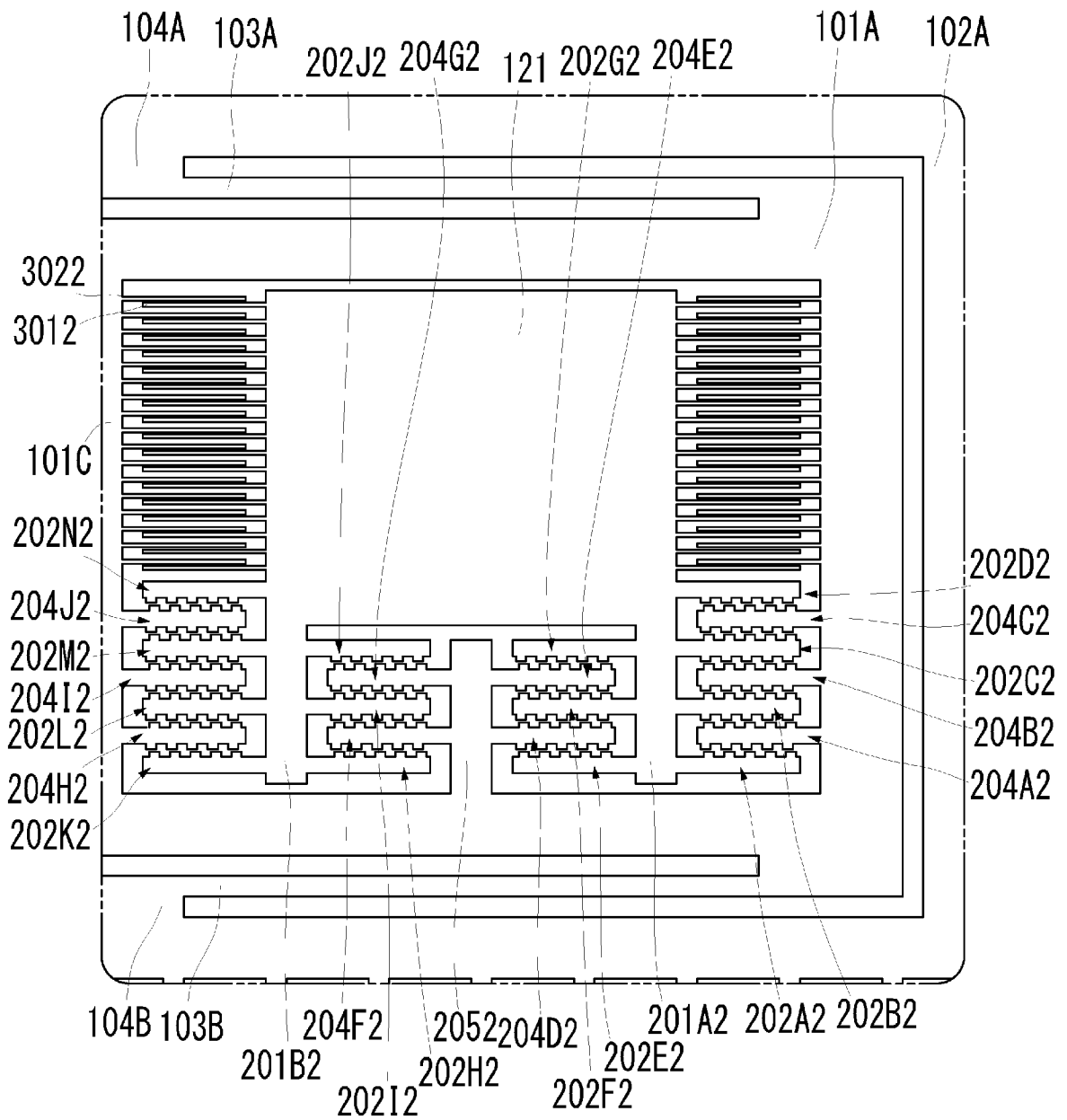
[図2]
FIG2



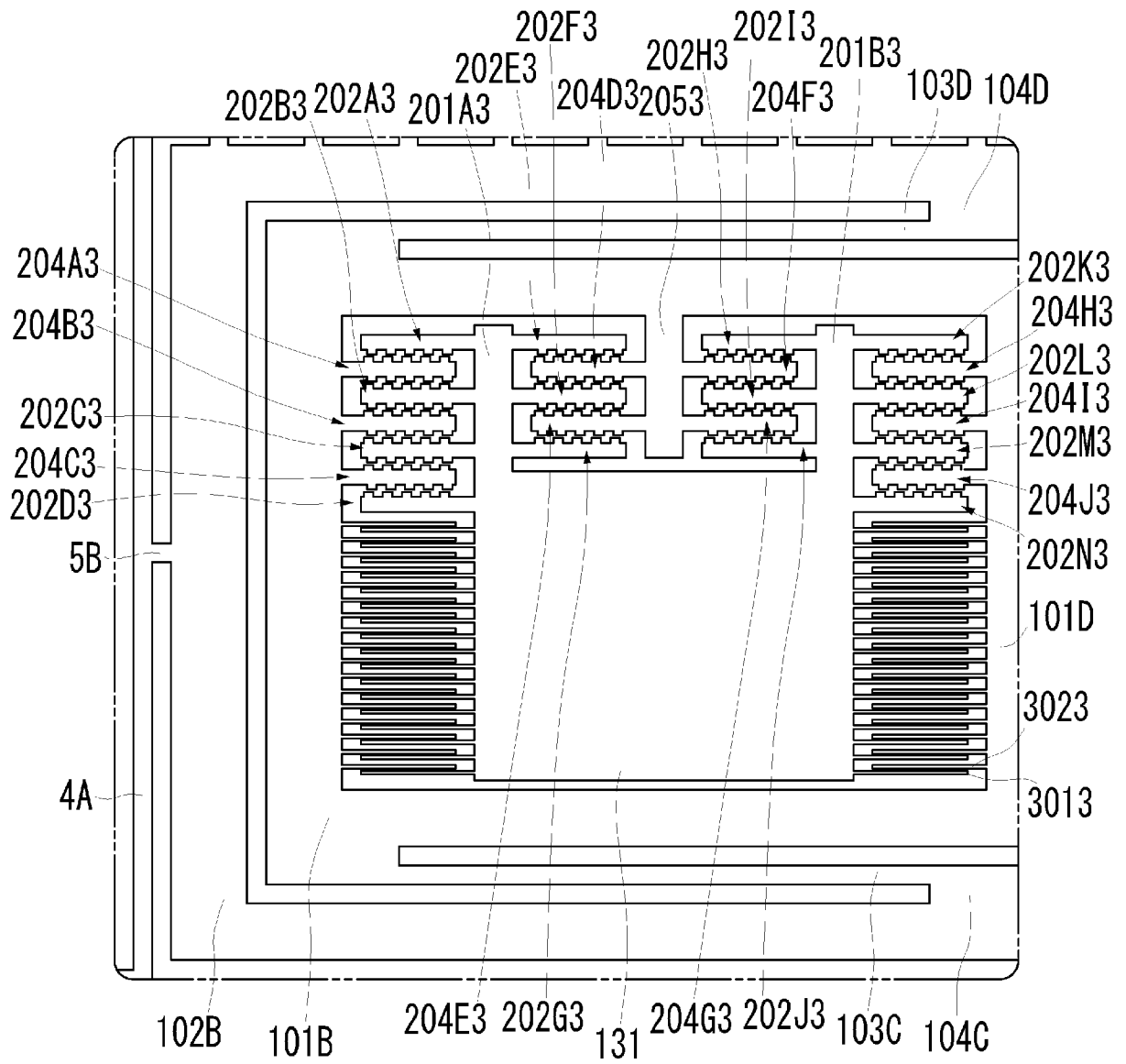
[図3]
FIG3



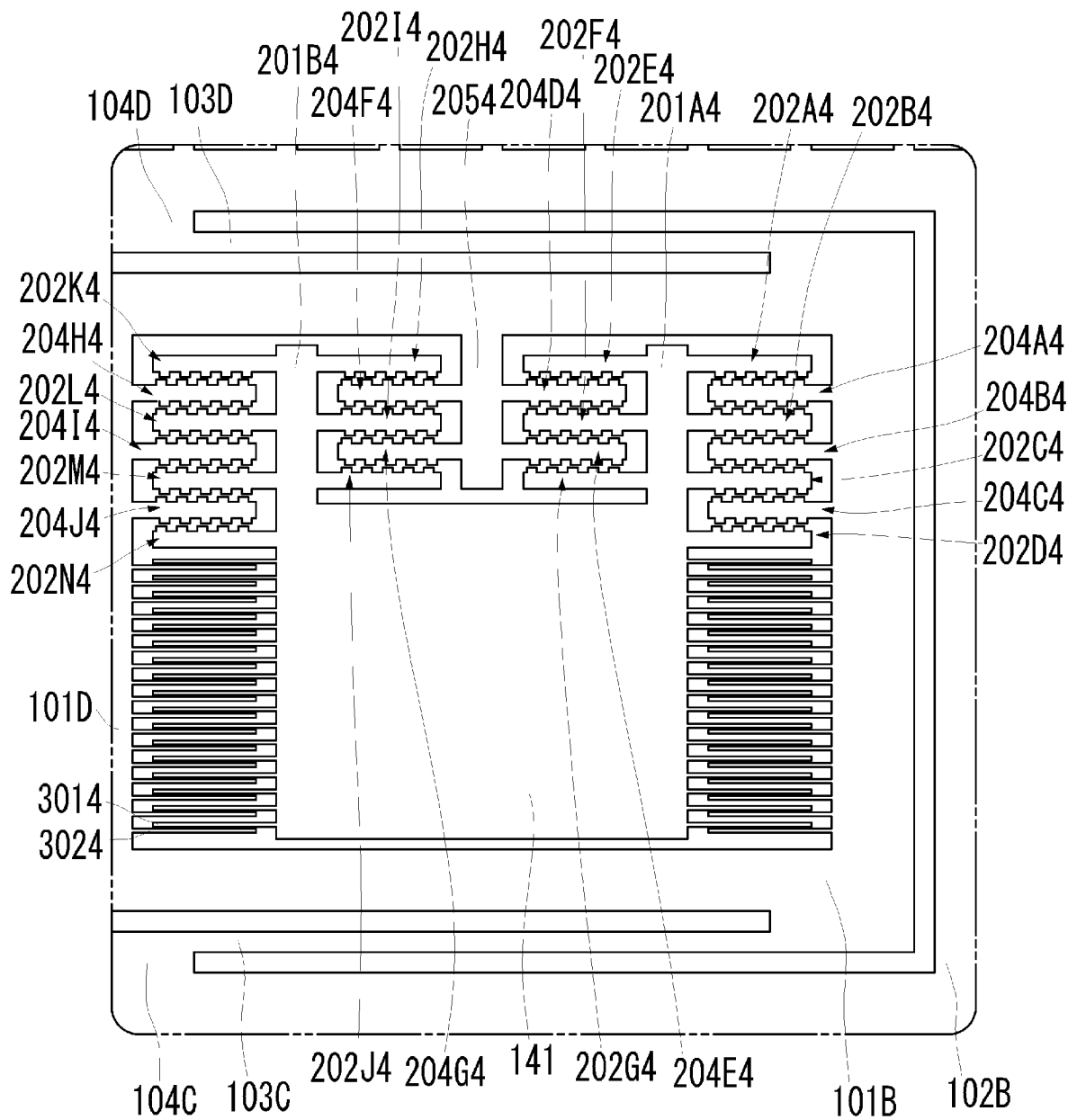
[図4]
FIG4



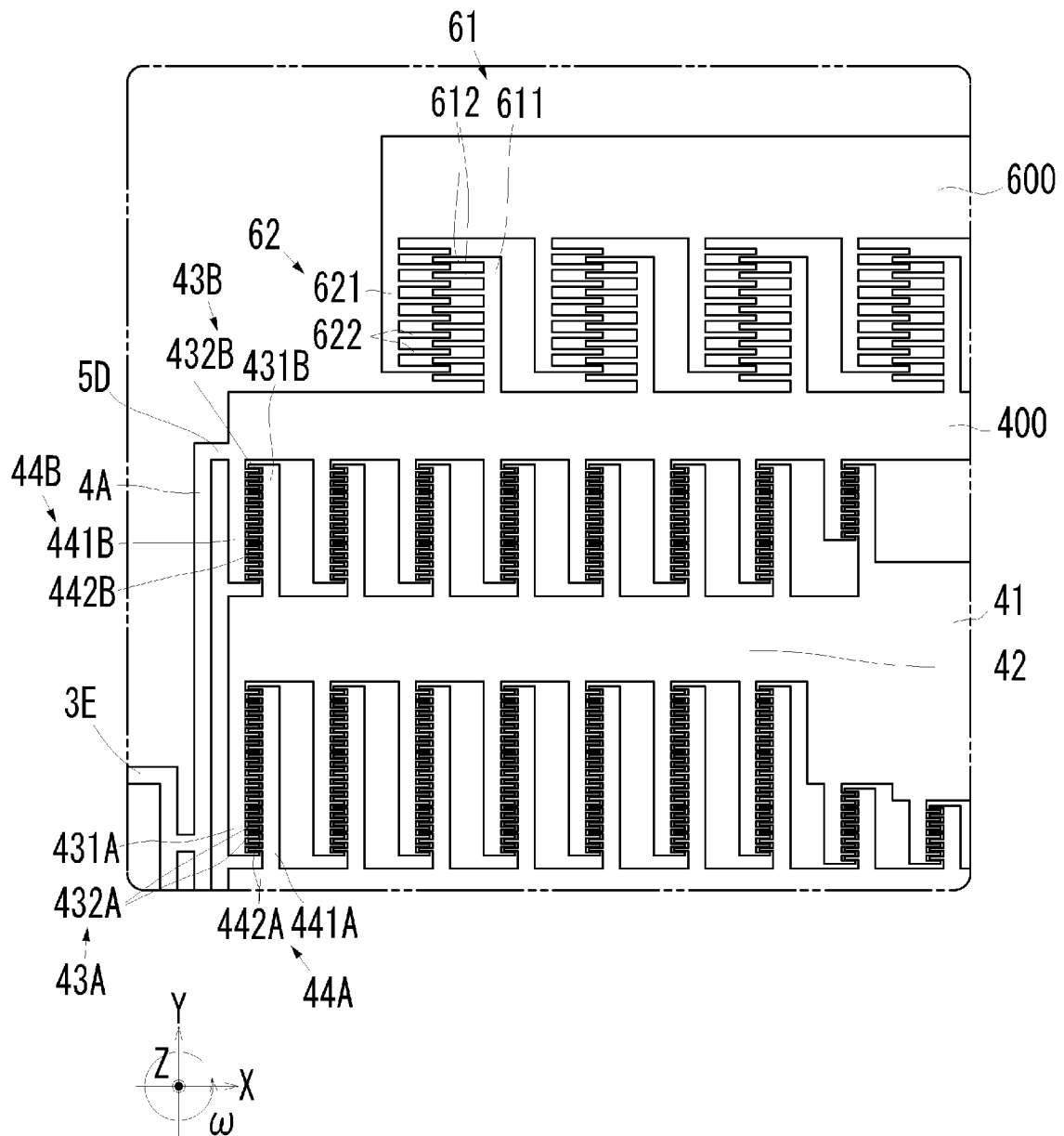
[図5]
FIG5



[図6]
FIG6

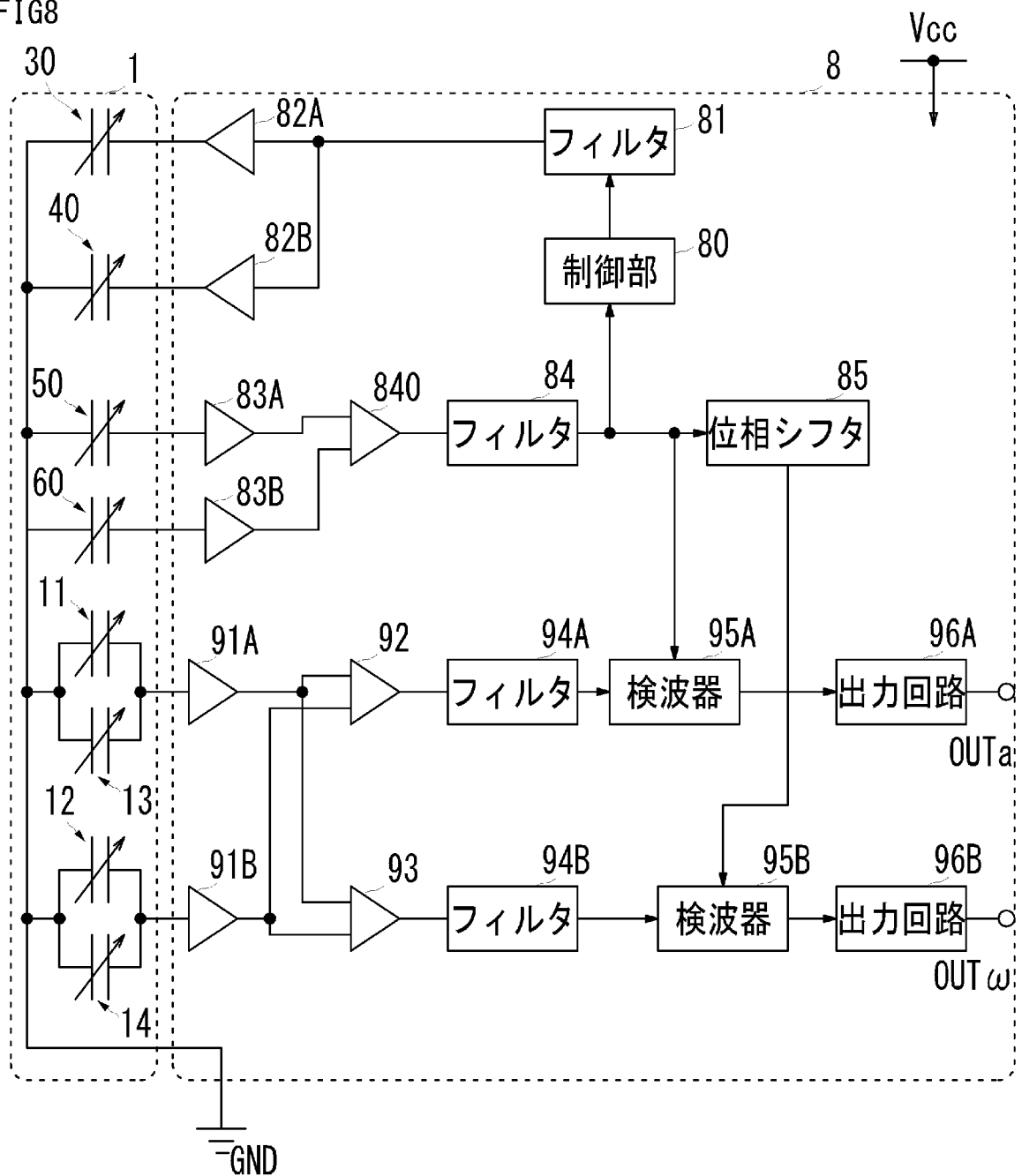


[図7]
FIG7



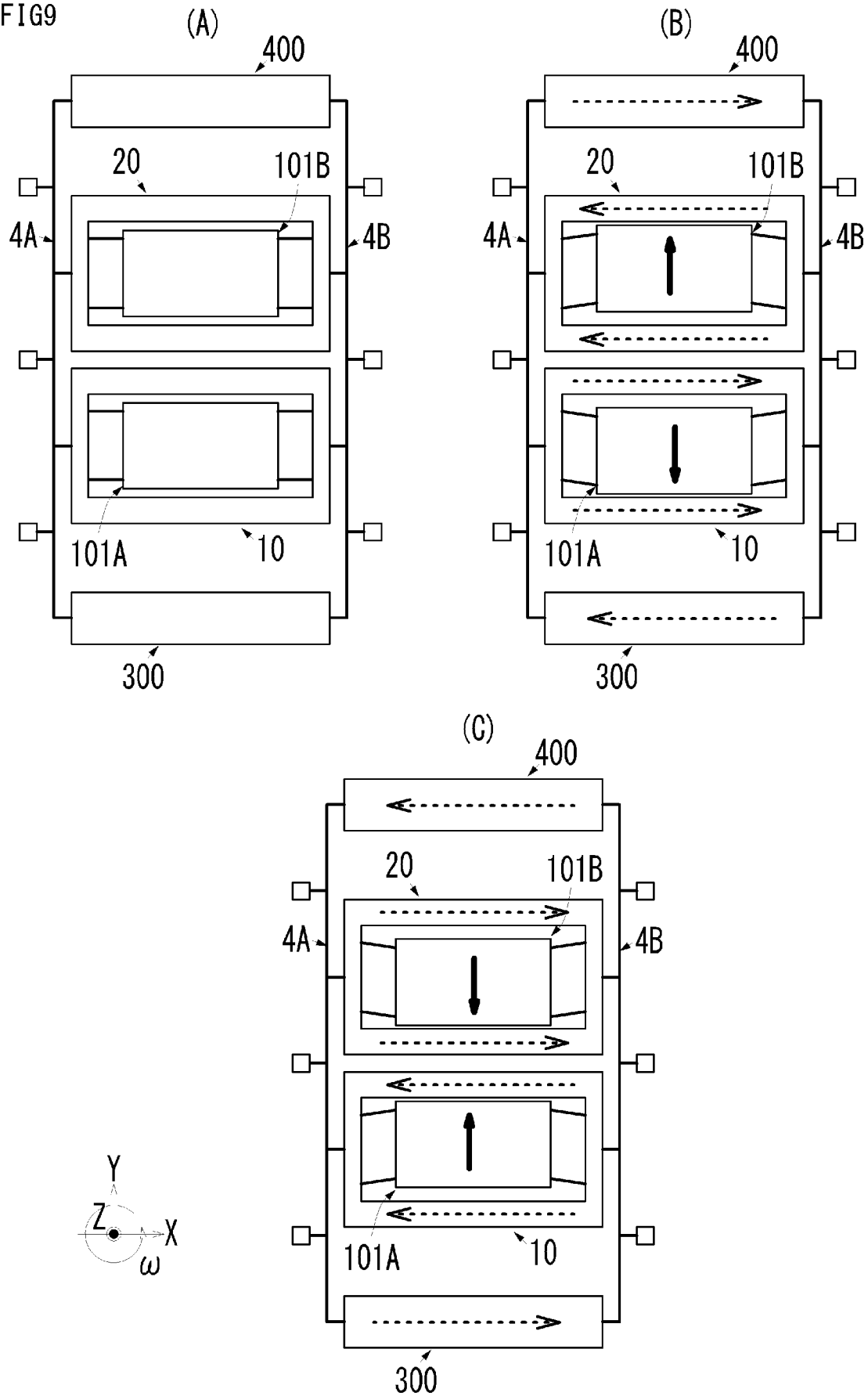
[図8]

FIG8



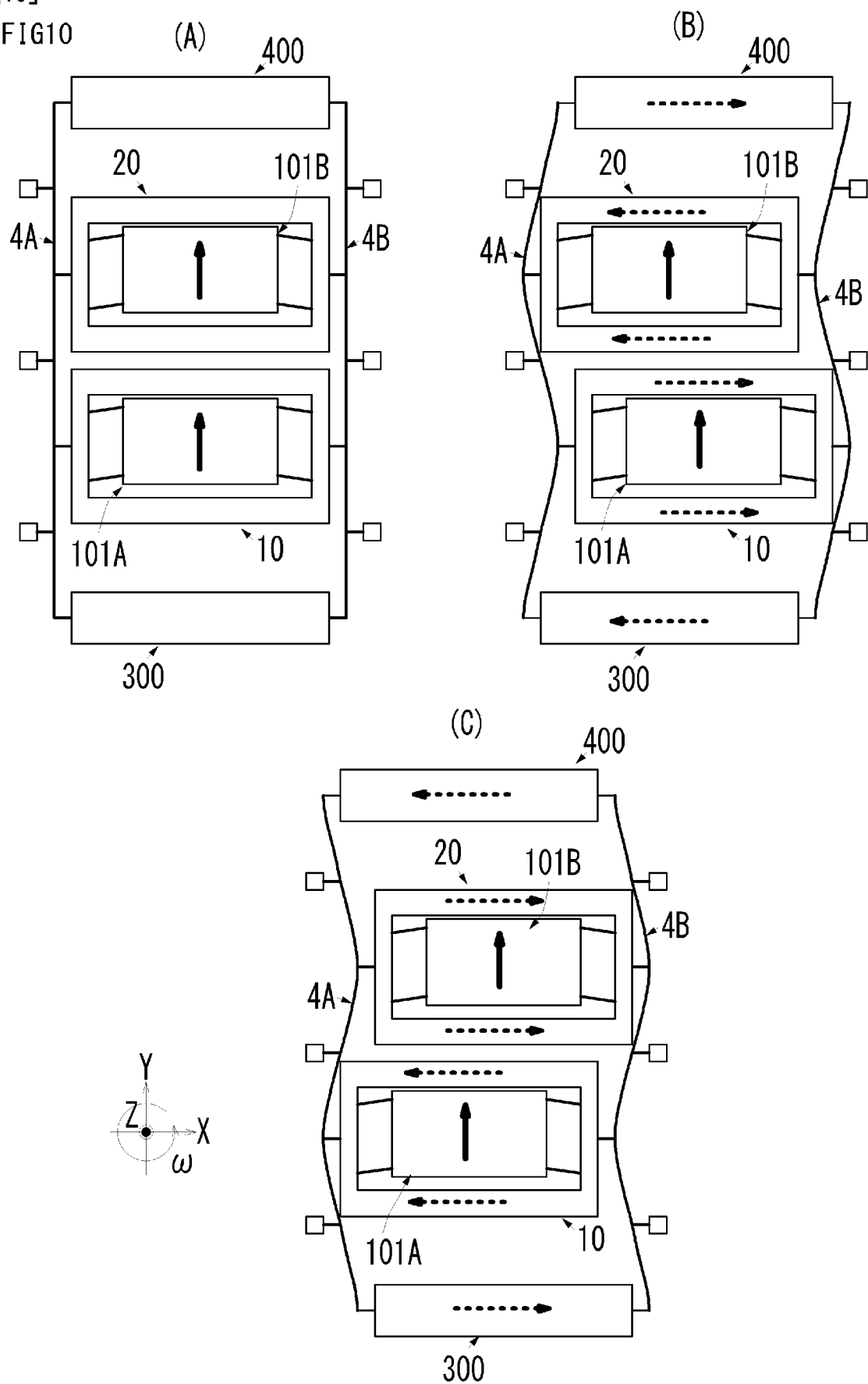
[図9]

FIG9

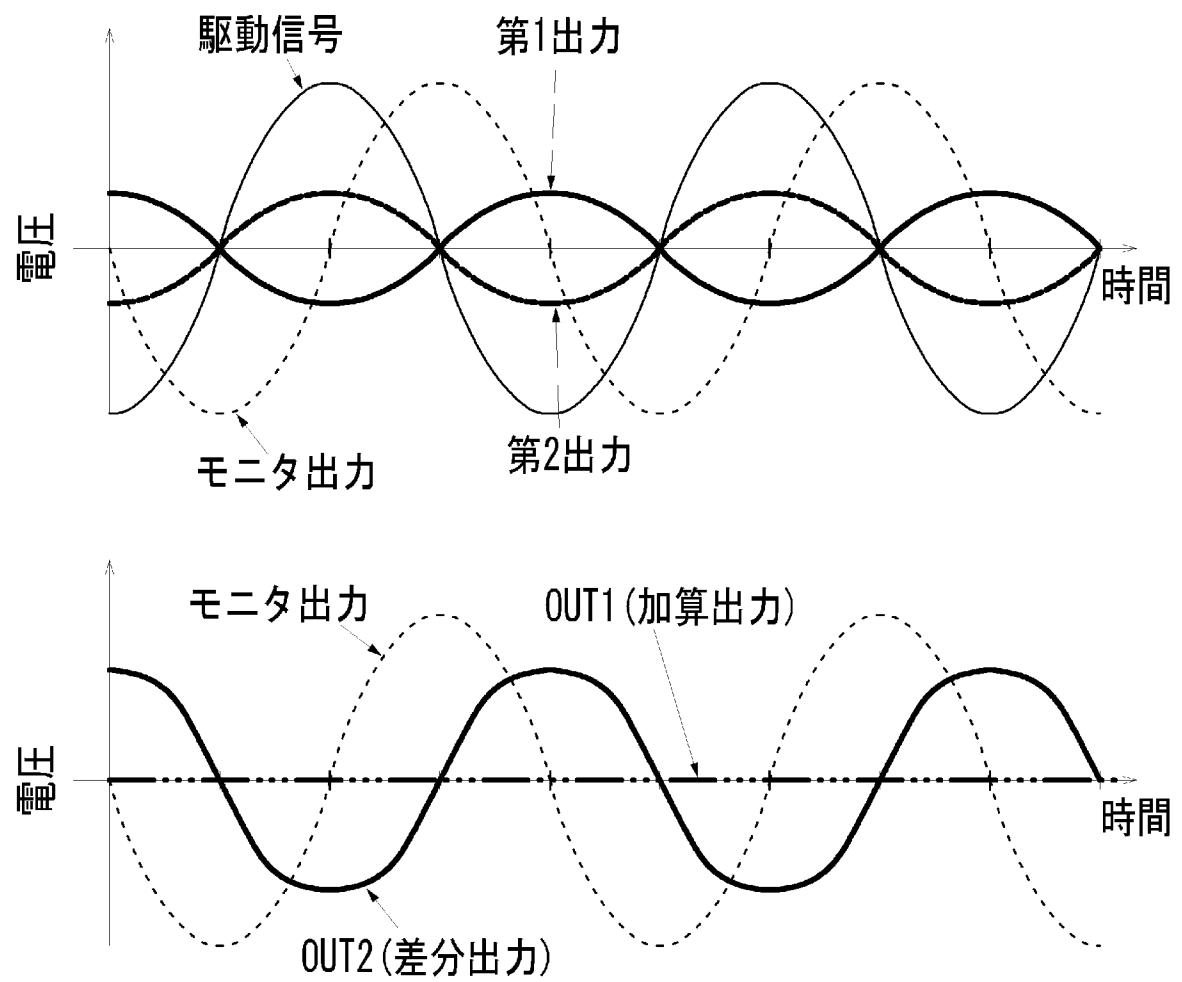


[図10]

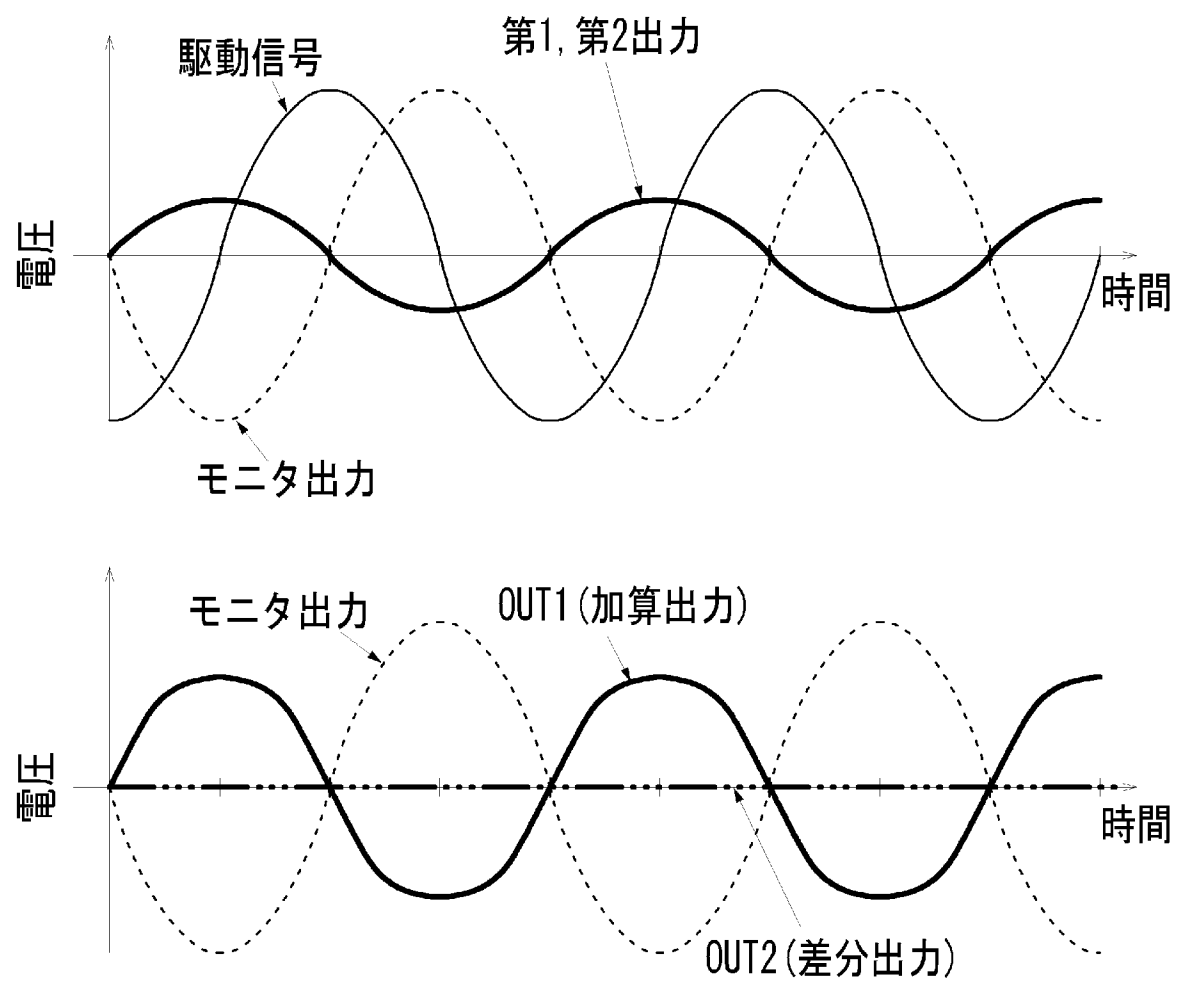
FIG10



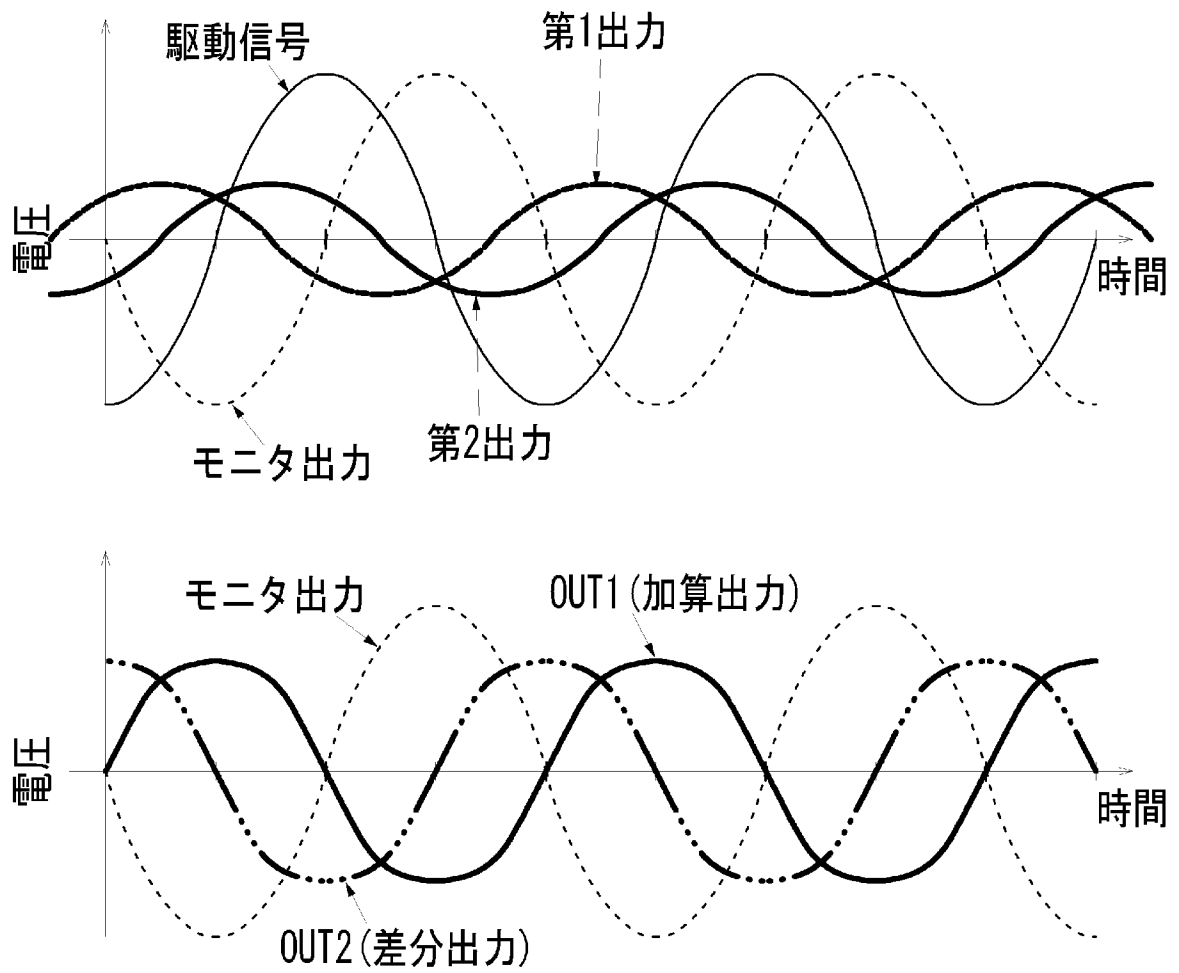
[図11]
FIG11



[図12]
FIG12



[図13]
FIG13



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/083021

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01C19/5747(2012.01)i, G01C19/5726(2012.01)i, G01P15/125(2006.01)i,
H01L29/84(2006.01)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)

G01C19/5747, G01C19/5726, G01P15/125, H01L29/84

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	JP 2004-163376 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 10 June 2004 (10.06.2004), paragraphs [0065] to [0142], [0256]; fig. 1 to 10 & US 2003/0131664 A1 & GB 2384054 A & DE 10300682 A & CN 1431466 A	1-5, 7 6, 8-11
Y	JP 2010-085313 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 15 April 2010 (15.04.2010), paragraphs [0040] to [0139]; fig. 1 to 7 (Family: none)	6, 8-11
A	JP 2007-333467 A (Hitachi, Ltd.), 27 December 2007 (27.12.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
21 February, 2014 (21.02.14)

Date of mailing of the international search report
04 March, 2014 (04.03.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01C19/5747(2012.01)i, G01C19/5726(2012.01)i, G01P15/125(2006.01)i, H01L29/84(2006.01)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（I P C））

Int.Cl. G01C19/5747, G01C19/5726, G01P15/125, H01L29/84

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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 Y	JP 2004-163376 A（株式会社村田製作所） 2004. 06. 10 段落【0065】－【0142】、【0256】、【図1】－【図10】 & US 2003/0131664 A1 & GB 2384054 A & DE 10300682 A & CN 1431466 A	1-5, 7 6, 8-11
Y	JP 2010-085313 A（株式会社村田製作所） 2010. 04. 15 段落【0040】－【0139】、【図1】－【図7】 （ファミリーなし）	6, 8-11

☒ 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

「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

「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

「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）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「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

「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

「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

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 1 . 0 2 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 4 . 0 3 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / 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）

續山 浩二

2 F

4 4 5 4

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

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
A	JP 2007-333467 A (株式会社日立製作所) 2007.12.27 全文、全図 (ファミリーなし)	1-11