(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
2013 年 9 月 26 日(26.09.2013)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2013/140488 A1

(51) 国際特許分類:
G01C 19/5762 (2012.01) *G01C 19/5726* (2012.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2012/056978

(22) 国際出願日: 2012 年 3 月 19 日(19.03.2012)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日立オートモティブシステムズ株式会社(HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場２５２０番地 Ibaraki (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 鄭 希元(JEONG Heewon) [KR/JP]; 〒1858601 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目２８０番地 株式会社日立製作所 中央研究所内 Tokyo (JP). 林 雅秀(HAYASHI Masahide) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場２５２０番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 山中 聖子(YAMANAKA Kiyoko) [JP/JP]; 〒1858601 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目２８０番地 株式会社日立製作所 中央研究所内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 平木 祐輔, 外(HIRAKI Yusuke et al.); 〒1056232 東京都港区愛宕２丁目５番１号 愛宕グリーンヒルズＭＯＲＩタワー３２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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,

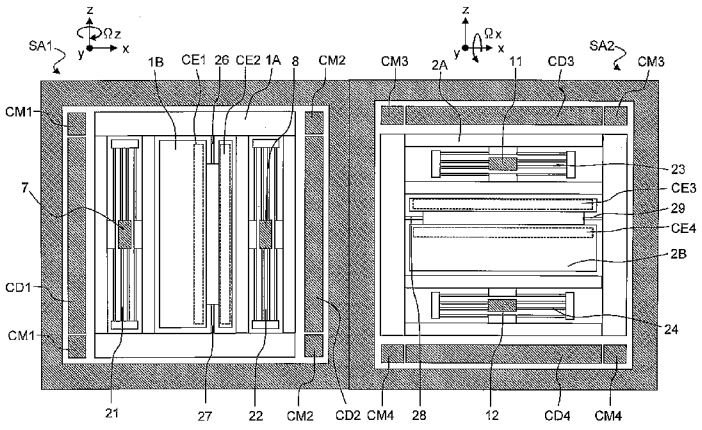
[続葉有]

(54) **Title**: ANGULAR VELOCITY SENSOR

(54) 発明の名称 : 角速度センサ

[図8]

図８



(57) **Abstract**: Provided is an angular velocity sensor equipped with a plurality of angular velocity detecting parts for output different detection results and a drive circuit for driving the angular velocity detecting parts, the drive circuit being shared by the angular velocity detecting parts. The angular velocity detecting parts of the angular velocity sensor are configured so as to have different drive amplitudes when driven by a drive signal of the same frequency.

(57) 要約: それぞれ異なる検出結果を出力する複数の角速度検知部を備えつつ、これらを駆動する駆動回路を各角速度検知部間で共通にした角速度センサを提供する。 本発明に係る角速度センサにおいて、各角速度検知部は、同一周波数の駆動信号によって駆動されたときの駆動振幅がそれぞれ異なるように構成されている。

WO 2013/140488 A1

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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

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、角速度センサに関するものである。

背景技術

[0002] 角速度センサ（ジャイロ）の方式としては、回転体の歳差運動を利用する機械式、筐体内で周回するレーザー光の筐体回転に伴う受光タイミング変化を利用する光学式、筐体内でセンシング用のガスを熱線に噴射し、その噴射量が筐体の回転により変化するのを熱線温度で検知する流体式などが知られている。

[0003] 他方、カーナビゲーションシステムや車の横滑り防止システム等における車両方向検知用の角速度センサの需要が近年急速に高まっている。そのため、上記各方式と比較してより安価で軽量かつ小型な振動式角速度センサが主流となりつつある。振動式角速度センサは、あらかじめ定められた基準方向に振動する振動子に対して角速度が作用したとき、基準振動方向と直交する検出方向において生じるコリオリ力に基づく新たな振動成分（以下角速度振動成分という）を検出し、この角速度振動成分に基づいて角速度情報を出力するものである。下記特許文献１は、振動式角速度センサの構成例として、音叉型の角速度センサを記載している。

[0004] 車の横滑り防止システムにおいては、ハンドルに装着されている操舵角センサの値（指令値）と横滑り防止システムに組み込まれている角速度センサの出力値（実測値）を比較することによって車の横滑りを判定する。エンジン出力や四輪それぞれの制動力を、その判定結果にしたがって制御することにより、車体が滑らないように制御される。

[0005] 車の横転検知システムにおいては、システムに組み込まれている角速度センサの出力値（実測値）から車が横転しているか否かを判定し、その結果に基づいてエアバックを爆発させ、さらに燃料の供給も停止することにより、

２次的な事故を防いでいる。

[0006] 上記各システムにおいては、それぞれ異なる検出方向の角速度を測定する必要がある。例えば、車の横滑り防止システムでは地面に対して垂直となる軸周りの回転を検知する必要がある。一方、横転検知システムでは地面に対して水平となる軸周りの回転を検知しなければならない。

[0007] さらには、検出レンジもシステム毎に異なる場合がある。例えば上述の横滑り防止システムは、比較的ゆっくりとした回転が主な制御対象となるため、採用される角速度センサは比較的に狭い検出レンジと高い分解能を持つ。一方、横転検知システムは事故による横転を検知することが目的であるため、採用される角速度センサはより広い検出レンジと比較的に低い分解能を持つ。すなわち、角速度センサはシステム毎に異なる検出方向、検出レンジ、分解能が要求されることになる。

[0008] 下記特許文献２には、旋回する錘を持つ２つの角速度検知部を備え、それぞれの角速度検知部からの出力信号を演算処理することにより、２軸方向の角速度と加速度を検出する構成が開示されている。下記特許文献３には、複数の角速度検知要素それぞれが所定範囲の角速度変化を検知するように較正を実施する構成が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特開２００８－１３４２４３号公報

特許文献2：特開平１０－２６７６６４号公報

特許文献3：特表２００５－５００５４０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 前述したように、横滑り防止システムにおいて採用される角速度センサと横転検知システムに採用される角速度センサはその検出方向および検出レンジが異なる。そのため、システム毎に独立した角速度センサを用いる必要が

あるので、各システムの総コストが増大する。その他のシステムにおいても同様の課題がある。

[0011] 広い測定範囲と高い分解能を両方実現するためには、検出レンジと分解能の比として定義されるダイナミックレンジを大きくする必要がある。これを実現するには、角速度検知部の高精度加工とともに、測定回路を構成する抵抗、コンデンサ、クロックなどにおいてもより精度の高い部品を用いる必要がある。その結果、高コストのセンサとなることが予想される。

[0012] 近年は法規制により、横滑り防止システムと横転検知システムを搭載することが義務付けられることが進んでいるため、各システムにおいて使用される角速度センサを１つに統合できれば、システムコストを低減できることが期待される。

[0013] 特許文献１に開示されているセンサは、音叉型であるため角速度検知部を複数備えているものの、これらは全体として１つの検知結果を提供するものであるから、上記課題を解決することにはつながらない。

[0014] 特許文献２に開示されている、旋回錘を用いて出力信号を演算することにより２方向の角速度を検知するセンサは、単一の検知結果を出力するように構成されているため、異なる検出レンジに対応するにはそれぞれの検出レンジに合わせて個別のセンサを設ける必要がある。

[0015] 特許文献３に開示されている、出力データを較正する構成は、センサそのものの検出レンジを変化させるものではなく、検知結果を得た後に数値上で倍加する等によって見かけ上の数値を変換しているに過ぎないと考えられる。したがって、上記と同様の課題があると思われる。

[0016] 本発明は、上記のような課題に鑑みてなされたものであり、それぞれ異なる検出結果を出力する複数の角速度検知部を備えつつ、これらを駆動する駆動回路を各角速度検知部間で共通にした角速度センサを提供する。

課題を解決するための手段

[0017] 本発明に係る角速度センサにおいて、各角速度検知部は、同一周波数の駆動信号によって駆動されたときの駆動振幅がそれぞれ異なるように構成され

ている。

発明の効果

[0018] 本発明に係る角速度センサによれば、複数の角速度検知結果を提供しつつセンサのコストを抑えることができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]角速度センサＳＡの構成を示す側断面図である。

[図2]角速度検知部ＳＡ１とＳＡ２の平面図である。

[図3]図２のＡ－Ａ’断面図である。

[図4]支持基板３の製造方法を示す図である。

[図5]可動部１Ａ、１Ｂ、２Ａ、２Ｂおよび後述する角速度検知部ＳＡ１、ＳＡ２の各構成要素を形成するプロセスを示す図である。

[図6]キャップ１００を形成するプロセスを示す図である。

[図7]図５で説明したデバイス層４および支持基板３とキャップ１００を接合する工程と、キャップ１００に金属の配線を形成する工程を説明する図である。

[図8]角速度検知部ＳＡ１、ＳＡ２の平面図である。

[図9]角速度センサＳＡの回路構成を示すブロック図である。

[図10]角速度検知部ＳＡ１、ＳＡ２の２つの駆動振動系と検出振動系それぞれの周波数特性を示す図である。

[図11]検出回路を時分割で共有した回路構成例を示す図である。

[図12]実施形態２における角速度センサＳＢの平面図である。

[図13]角速度センサＳＢの回路構成を示すブロック図である。

[図14]実施形態３に係る角速度センサＳＣの平面図および回路構成を示すブロック図である。

[図15]車の横滑り軸と横転軸を示す図である。

発明を実施するための形態

[0020] 以下の実施形態においては、便宜上その必要があるときは複数のセクションまたは実施形態に分割して説明するが、特に明示した場合を除き、それら

はお互いに無関係なものではなく、一方は他方の一部または全部の変形例、詳細、補足説明等の関係にある。

[0021] また、以下の実施形態において、要素の数等（個数、数値、量、範囲等を含む）に言及する場合、特に明示した場合および原理的に明らかに特定の数に限定される場合等を除き、その特定の数に限定されるものではなく、特定の数以上でも以下でもよい。

[0022] さらに、以下の実施形態において、その構成要素（要素ステップ等も含む）は、特に明示した場合および原理的に明らかに必須であると考えられる場合等を除き、必ずしも必須のものではない。

[0023] 同様に、以下の実施の形態において、構成要素等の形状、位置関係等に言及するときは、特に明示した場合および原理的に明らかにそうではないと考えられる場合等を除き、実質的にその形状等に近似または類似するもの等を含むものとする。このことは、上記数値および範囲についても同様である。

[0024] また、実施形態を説明するための全図において、同一の部材には原則として同一の符号を付し、その繰り返しの説明は可能な限り省略するようにしている。なお、図面をわかりやすくするために平面図であってもハッチングを付す場合がある。以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

[0025] ＜実施の形態１＞

本発明の実施形態１に係る振動型角速度センサ（以下、単に「角速度センサ」ともいう）ＳＡについて図面を参照しながら説明する。本実施形態１では、具体的な応用例として、自動車の横滑り防止システムに必要な角速度を検知するために必要な検知部と横転検知システムに必要な角速度を検知するために必要な検知部を１つのセンサとして一体化した多軸マルチレンジ検知角速度センサについて説明する。

[0026] 図１５は、車の横滑り軸と横転軸を示す図である。横滑り防止システムは地面に対して垂直となる軸（ｚ軸）周りの回転における情報が必要であり、横転検知システムは車の進行方向（ｘ軸）周りの回転における情報が必要である。

[0027] 横滑り防止システムに使われる角速度センサは、自動車の横滑りを検知し、ブレーキやエンジンの出力を制御するため、±１００度／秒の検出レンジと約１度／秒程度の分解能が要求される。その反面、横転検知システムに用いられる角速度センサは、横転の判断のみに使われるため、横滑り防止システムより広い±４００度／秒の検出レンジと約４度／秒程度の分解能を測定する必要がある。

[0028] すなわち、本実施形態１に係る角速度センサＳＡは、２つの検出軸かつ異なる検出レンジの角速度情報を提供するものである。これら２つの角速度検知部を、同一の駆動周波数によって駆動することにより、駆動回路を共通化してコストを抑えることを図る。そのための具体的な手法については後述する。

[0029] 以下では、まず先に角速度センサＳＡの構成および角速度検知部ＳＡ１とＳＡ２の製造方法について説明した後、２つの角速度検知部ＳＡ１およびＳＡ２を同一の駆動周波数によって駆動する原理について説明する。

[0030] ＜実施の形態１：角速度センサＳＡの構成および製造方法＞

図１は、角速度センサＳＡの構成を示す側断面図である。角速度センサＳＡは、角速度検知部ＳＡ１とＳＡ２を備える。角速度検知部ＳＡ１は自動車の横滑りを検知し、角速度検知部ＳＡ２は横転を検知する。これら検知部は、セラミックパッケージ１５０内に信号処理用のＩＣ５０とともに実装される。

[0031] 接着剤１５１を介してセラミックパッケージ１５０にＩＣ５０を固定したあと、角速度検知部ＳＡ１とＳＡ２をＩＣ５０上に接着固定する。その後、ワイヤボンディングを用いて、ＩＣ５０、角速度検知部ＳＡ１、ＳＡ２、セラミックパッケージ１５０の外部入出力端子１５４の間を導電性ワイヤ１５２で接続する。最後に蓋１５３で封止すると、角速度センサＳＡが完成する。

[0032] ここで図示はしないが、角速度検知部ＳＡ１、ＳＡ２やＩＣ５０など内容物を入れるパッケージとしては、セラミックパッケージ１５０の代わりにプ

ラスチックパッケージなどを用いてもよい。すなわち、導電性ワイヤ１５２など内容物を保護でき、外部との間で信号入出力ができるものであればよい。

[0033] 図２は、角速度検知部ＳＡ１とＳＡ２の平面図である。ここでは説明の便宜上、後述するキャップ１００を外した状態を図示している。また、各部位の詳細については後述する図８以降で説明するので、ここでは一部の主要部位のみ符号を付している。

[0034] 可動部１Ａは、駆動電極によって振動駆動される部位である。可動部１Ｂは、角速度が発生するとこれにともなって変位する可動部位である。固定部７、８は、後述する支持基板３上に固定されている。角速度検知部ＳＡ２も同様の構成を備えるが、ここでは記載の便宜上、可動部２Ａと２Ｂのみ符号を付した。ただし角速度検知部ＳＡ２の検出レンジおよび検出方向は、角速度検知部ＳＡ１のものとは異なる。

[0035] 図３は、図２のＡ－Ａ’断面図である。キャップ１００は、角速度検知部ＳＡ１、ＳＡ２を保護する役割を有し、さらに外部の制御回路と連結する電極がキャップ１００内に形成される。支持基板３は、シリコン基板３ａ、熱酸化膜３ｂおよび３ｃ、空間３ｄに分かれている。デバイス層４は、可動部１Ａおよび１Ｂが形成される層である。電極ＣＤ１とＣＤ２は、駆動電極である。電極ＣＥ１とＣＥ２は、検出電極である。電極９と１０は、共通電極である。符号１６は、ダミー部である。溝２５は、各部を分離するために形成されている。

[0036] 次に、図４～図７を用いて角速度センサＳＡの角速度検知部ＳＡ１、ＳＡ２を製造する方法を説明するが、角速度検知部ＳＡ１とＳＡ２は同じ製造方法で形成することができるため、説明の便宜上主に角速度検知部ＳＡ１のみを参照しながら説明する。

[0037] 角速度検知部ＳＡ１、ＳＡ２の各構成要素は、半導体製造技術を用いることによって形成される。各構成要素の形成に用いられる代表的な半導体製造技術としては、基板上に光や電子ビームなどに反応するレジストを塗布した

後、紫外線などの光や、電子ビームを照射することで前記レジストを変質させ除去することで微細なパターンを形成するフォトリソグラフィ技術、フォトリソグラフィ技術によって形成されたレジストの開口部の下に露出されている酸化膜やシリコンなどの材料をフッ酸もしくはＴＭＡＨやＫＯＨなどアルカリ性薬品で除去するウェットエッチング技術、レジストの開口部に露出している酸化膜、シリコン、アルミなどを、それぞれの材料と反応するガスとプラズマを用いることによって除去するＲＩＥ（Ｒｅａｃｔｉｖｅ　Ｉｏｎ　Ｅｔｃｈｉｎｇ）などのドライエチング技術がある。これらを含めた半導体製造技術が、これから説明する角速度検知部ＳＡ１、ＳＡ２の形成に使用される。

[0038] 図４は、支持基板３の製造方法を示す図である。支持基板３は、後述する角速度検知部ＳＡ１の各固定部７、８を支える役割を持つ。この支持基板３は、例えば熱酸化膜３ｂ、３ｃが付されたシリコン（Ｓｉ）基板３ａより形成される。基板３上にフォトリソグラフィ技術を用いることにより、図示しないレジストを加工して開口部を形成する。その開口部から露出している酸化膜３ｂを、フッ酸などのガスもしくは液体を用いて除去する。その後、ＲＩＥを用いたドライエチング、ＴＭＡＨやＫＯＨなどアルカリ性薬品を用いたウェットエチング技術などを用いて、露出されたシリコン基板３ａを除去することにより、可動部１Ａ、１Ｂ、２Ａ、２Ｂが動くための空間３ｄを形成する。

[0039] 図５は、可動部１Ａ、１Ｂ、２Ａ、２Ｂおよび後述する角速度検知部ＳＡ１、ＳＡ２の各構成要素を形成するプロセスを示す図である。デバイス層４、中間絶縁層５、ハンドル層６によって構成されるＳＯＩ（Ｓｉｌｉｃｏｎ　ｏｎ　ｉｎｓｕｌａｔｏｒ）基板を支持基板３に接合する。本実施形態１では、支持基板３とＳＯＩ基板の表面をプラズマできれいにしたあと、水で洗浄処理することによって水酸基を形成する水素結合法を用いて、支持基板３とＳＯＩ基板を接合する。そのあと、約１０００℃の熱で加熱することでより結合力を強くしている。この接合方法以外でも、支持基板３をガラス材

料とし、高電圧を印加することによりＳＯＩ基板と接合する陽極接合方法、ガラスフリットや金属の接着剤を使った共有結合などを用いて、支持基板３とＳＯＩ基板を接合してもよい（図５ａ）。

[0040] 支持基板３とＳＯＩ基板を接合した後、ハンドル層６をアルカリ性薬品によるウェットエッチング方法もしくはＲＩＥによるドライエッチングで除去したあと、フッ酸（ＨＦ）溶液を用いて中間絶縁層５を除去することにより、図５ｂに示す構成となる。次に、フォトリソグラフィ技術とＤＲＩＥ技術を用いてデバイス層４を加工し、固定部７、８、可動部１Ａ、１Ｂなどデバイス層４上の各構成要素を形成する（図５ｃ）。

[0041] 図６は、キャップ１００を形成するプロセスを示す図である。キャップ１００は、可動部１Ａ、２Ａに外部の制御回路５０からの電気信号を伝達するための電極としての役割と、後述する検出電極ＣＥ１、ＣＥ２、ＣＥ３、ＣＥ４としての機能を持つ。まず酸化膜１００ｂ、１００ｃが付されたシリコンキャップ基板１００ａを用意し、フォトリソグラフィ技術とＤＲＩＥもしくはアルカリ性薬品を用いたウェットエッチング技術を用いて、可動部１Ａ、１Ｂ、２Ａ、２Ｂと検出電極ＣＥ１、ＣＥ２、ＣＥ３、ＣＥ４との間のギャップ１００ｄを形成する（図６ａ）。

[0042] 次に、キャップ基板１００ａを熱酸化し、ギャップ１００ｄを形成する際に露出したシリコンの表面に酸化膜１００ｅを形成する。その後、酸化膜１００ｃを加工し、それをマスクとしてキャップ基板１００ａをＤＲＩＥによって酸化膜１００ｅに到達するまで加工することにより、電気的に独立した電極ＣＤ１、９、ＣＥ１、ＣＥ２、１０、ＣＤ２、ダミー部１６を形成する。この際、酸化膜１００ｅはＤＲＩＥ加工がとまる層、すなわちエッチングストップ層としての役割を持つとともに、ＤＲＩＥ加工によって溝２５ａを形成することにより、周辺のシリコンと完全に分離されたそれぞれの電極ＣＤ１、９、ＣＥ１、ＣＥ２、１０、ＣＤ２、ダミー部１６を支える役割も有する（図６ｂ）。

[0043] 次に、キャップ１００を高温に加熱することにより溝２５ａが完全に埋ま

るまで熱酸化膜２５を成長させる。シリコンを高温で加熱することにより酸化膜２５を形成する場合、初期のシリコン表面を境界として、シリコンの内部に４５％、外部に５５％の酸化膜が形成される。また、熱酸化膜成長の原理上、４μｍ以上の酸化膜を形成するためには非現実的に長い時間を必要とするので、溝２５ａの幅は４μｍにしている。また、ＤＲＩＥの加工において、溝２５の幅と深さによって定義されるアスペクト比は、量産に適した２５以下にしている。すなわち、溝２５は幅４μｍ、深さ１００μｍに形成した。熱酸化によって溝２５が完全に埋まった後は、キャップ基板１００ａの表面に形成されている熱酸化膜１００ｂ、１００ｃ、１００ｅをフッ酸溶液で除去する（図６ｃ）。

[0044] 図７は、図５で説明したデバイス層４および支持基板３とキャップ１００を接合する工程と、キャップ１００に金属の配線を形成する工程を説明する図である。キャップ１００（図６ｃ）とデバイス層４および支持基板３（図５ｃ）は、前述したＳＯＩ基板と基板３を接合した方法と同じ方法によって接合することができる（図７ａ）。この際、接合時の周辺圧力を制御することにより、可動部１Ａ、１Ｂが封止される空間ＳＰ１内の圧力を制御する。

[0045] 次に、ＣＶＤ（Ｃｈｅｍｉｃａｌ Ｖａｐｏｒ Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ）法を用いたＴＥＯＳ膜（SiO_2）１００ｆを形成した後、電極ＣＤ１、９、ＣＥ１、ＣＥ２、１０、ＣＤ２、ダミー部１６の上部に開口部を形成する。その上にスパッターでアルミのパッド層Ｐ０を形成する（図７ｂ）。

[0046] 次に、パッド層Ｐ０を加工し、パッドＰ１、Ｐ２、Ｐ３、Ｐ４、Ｐ９、Ｐ１０、Ｐ１６を形成することにより、角速度センサＳＡの角速度検知部ＳＡ１、ＳＡ２が完成する（図７ｃ）。

[0047] ここでは、説明の便宜上、角速度検知部ＳＡ１、ＳＡ２は別チップとして構成した場合を説明したが、角速度検知部ＳＡ１、ＳＡ２を同じチップ上に形成してもよい。上述したとおり、角速度検知部ＳＡ１、ＳＡ２はその製造工程が全く同じであるため、同じ支持基板３上に２つの角速度検知部ＳＡ１、ＳＡ２を形成する場合においても、上述した方法で製造できることは明ら

かである。

[0048] 以上、角速度センサＳＡを製造する方法について説明した。以下では角速度センサＳＡの動作原理について説明する。

[0049] ＜実施の形態１：角速度センサＳＡの動作原理＞

図８は、角速度検知部ＳＡ１、ＳＡ２の平面図である。以下、角速度検知部ＳＡ１、ＳＡ２の詳細構成について、図８を参照しながら説明する。

[0050] 可動部１Ａ、２Ａは、それぞれの駆動方向に柔軟な支持梁２１、２２、２３、２４を介して固定部７、８、１１、１２に懸架される。固定部７、８、１１、１２は比較的に広い面積で形成され、酸化膜３ｂを介してシリコン基板３ａに固定される。

[0051] 可動部１Ｂ、２Ｂは、検出梁２６、２７、２８、２９を介して可動部１Ａ、２Ａに懸架されている。角速度検知部ＳＡ１、ＳＡ２に角速度が印加された（角速度を生じさせるような加速度が印加された）場合、可動部１Ｂ、２Ｂは検出方向に変位する。

[0052] 電極ＣＭ１、ＣＭ２、ＣＭ３、ＣＭ４は、駆動電極の振幅をモニタするためのモニタ電極である。

[0053] 図９は、角速度センサＳＡの回路構成を示すブロック図である。以下、図９の各機能部について説明する。

[0054] ２つの可動部１Ａ、２Ａは、駆動電極ＣＤ１、ＣＤ２、ＣＤ３、ＣＤ４によってそれぞれの駆動方向に励振される。駆動電極ＣＤ１とＣＤ３には、駆動信号としてＶｃｏｍ＋Ｖｂ＋Ｖｄの信号が印加され、駆動電極ＣＤ２とＣＤ４には、駆動信号としてＶｃｏｍ＋Ｖｂ－Ｖｄが印加される。また、可動部１Ａ、２Ａには、固定部７、８、１１、１２と接続されるキャップ１００の共通電極９、１０、１３、１４（ここで、１３と１４は図示しない）を介してＶｃｏｍが印加される。したがって、駆動電極ＣＤ１、ＣＤ２、ＣＤ３、ＣＤ４と可動部１Ａ、２Ａの間の電位差はＶｂ±Ｖｄとなり、電位差による静電力が発生し、２つの可動部１Ａ、２Ａがそれぞれの駆動方向に振動するように構成されている。

[0055] 可動部１Ａ、２Ａと支持梁２１、２２、２３、２４は、駆動振動系を構成する。ＡＦＣ（Ａｕｔｏ Ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ Ｃｏｎｔｒｏｌ）５１、ＡＧＣ（Ａｕｔｏ Ｇａｉｎ Ｃｏｎｔｒｏｌ）５２、ＤＡ変換部７３は、各駆動振動系に対して駆動信号を出力する駆動回路を構成する。

[0056] 固定部７、８、１１、１２には、共通電極９、１０、１３、１４を介して後述するキャリア信号Ｖｃも印加されているが、キャリア信号Ｖｃの周波数は数百ｋＨｚであり、駆動振動系が追従できないほど十分高いため、キャリア信号Ｖｃは駆動振動系に対する駆動力としては働かない。

[0057] 可動部１Ａと２Ａに駆動信号を印加することによって生じる駆動振幅は、駆動モニタ電極ＣＭ１、ＣＭ２、ＣＭ３、ＣＭ４と可動部１Ａと２Ａとの間の静電容量の変化を電圧信号に変換することによって検出することができる。その検出原理について図９を参照しながら説明する。

[0058] 共通電極９、１０、１３、１４には数百ｋＨｚのキャリア信号Ｖｃが印加され、この信号は、固定部７、８、１１、１２、支持梁２１、２２、２３、２４と可動部１Ａ、２Ａを伝播し、駆動振幅モニタ電極ＣＭ１、ＣＭ２、ＣＭ３、ＣＭ４の静電容量に応じて電荷移動を発生させる。ＣＶ変換部５３、５７は、この電荷移動をアナログ電圧信号に変換し、ＡＤ変換部５４、５８はこれをさらにデジタル信号に変換する。差動検出部５５、５９はそれぞれの信号を演算する。駆動振幅が０の場合は、初期の容量値同士が互いに相殺されるため、同期検波部５６、６０への入力電圧は０となる。可動部１Ａ、２Ａが振動している場合は、可動部１Ａ、２Ａの駆動振幅に追従して駆動振幅モニタ電極ＣＭ１、ＣＭ３の容量が増加し、駆動振幅モニタ電極ＣＭ２、ＣＭ４の容量が減少し、またはその逆の変化が発生する。したがって、差動検出部５５、５９は駆動振幅に比例した信号を出力する。同期検波部５６、６０は、この出力信号を駆動周波数成分（本実施形態１では数十ｋＨｚ）と必要に応じてＤＣを含めた低周波数成分（本実施形態１ではＤＣから数百Ｈｚ）に変換する。

[0059] さらに角速度センサＳＡは、周辺環境（温度、圧力）の変動による角速度

検知部ＳＡ１の駆動振動系の固有振動数ωｒ１の変化に駆動周波数ωｄを追従させるため、ＰＬＬ（Ｐｈａｓｅ　Ｌｏｃｋｅｄ　Ｌｏｏｐ）を用いたＡＦＣ５１を備えている。

[0060] 可動部１Ａ、２Ａが駆動方向に振動している状態において、角速度検知部ＳＡ１については、可動部１Ａの駆動方向がｘ軸方向であるため、ｚ軸周りに角速度が生じることにより発生するコリオリ力によって、可動部１Ｂは検出方向であるｙ軸方向に変位する。角速度検知部ＳＡ２については、可動部２Ａの駆動方向がｚ軸方向であり、ｘ軸周りに角速度が生じることにより発生するコリオリ力によって、可動部２Ｂは検出方向であるｙ軸方向に変位する。これらの可動部１Ｂ、２Ｂの変位は、それぞれ検出電極ＣＥ１とＣＥ２、ＣＥ３とＣＥ４の容量変化を、ＣＶ変換部６１と６５、ＡＤ変換部６２と６６、差動検出部６３と６７、同期検波部６４と６８によって電気信号に変換され、ＬＰＦ（低帯域通過フィルタ）７１と７２によって信号処理された上で出力される。

[0061] 可動部１Ｂ、２Ｂおよび検出梁２６、２７、２８、２９は、検出振動形を構成する。ＣＶ変換部６１と６５、ＡＤ変換部６２と６６、差動検出部６３と６７、同期検波部６４と６８、ＬＰＦ７１と７２は、検出回路を構成する。

[0062] 横滑り防止システムは約数十Ｈｚ以下の角速度成分が検出できればよい反面、横転検知のためにはより高い周波数の角速度成分を検出する必要がある。このような異なる要求に対応するため、それぞれの角速度検知部ＳＡ１、ＳＡ２に対応するＬＰＦ７１、７２を設けることとした。

[0063] 図示はしないが、スイッチＳＷ３とＬＰＦ７１、７２の間にセンサ出力の温度依存特性などを補正する補正回路を入れてもよい。

[0064] 支持基板３、キャップ１００、デバイス層４上に散在する、共通電極９、１０、１３、１４、駆動電極ＣＤ１、ＣＤ２、ＣＤ３、ＣＤ４、モニタ電極ＣＭ１、ＣＭ２、ＣＭ３、ＣＭ４、検出電極ＣＥ１、ＣＥ２、ＣＥ３、ＣＥ４以外の周辺シリコン導体（ダミー部１６）は、Ｖｃｏｍの電位に接続され

る。周辺シリコン導体を一定電位に固定することにより、搬送波Ｖｃが角速度検知部ＳＡ１、ＳＡ２の外部に漏れ、ＬＳＩ５０および角速度センサＳＡが実装されるシステム側の周辺電子回路への信号干渉を防ぐことができる。さらに、システム側の電子回路およびＬＳＩ５０からの不要な高周波信号の影響を遮断する効果も期待できる。

[0065] ＜実施の形態１：同一周波数による駆動についての原理＞

以上、角速度センサＳＡの動作原理について説明した。以下では、２つの異なる検出レンジを有する角速度検知部ＳＡ１とＳＡ２を同一周波数の駆動信号によって駆動することについて、その原理を説明する。

[0066] 下記式１は角速度検知部の駆動振幅ｘの計算式、下記式２はコリオリ力Ｆｃの計算式、下記式３は検出方向の振幅とコリオリ力Ｆｃの間の関係式である。

[数1]

$$x = \frac{F_d}{k_d} \frac{1}{\left\{\left[1-\left(\frac{\omega_d}{\omega_r}\right)^2\right]^2 + \left[\frac{1}{Q_d}\frac{\omega_d}{\omega_r}\right]^2\right\}^{1/2}} \quad \text{（式１）}$$

ｘ：駆動変位、ωｄ／２π：駆動周波数、ωｒ：駆動方向固有振動数、
Ｑｄ：駆動方向の機械品質係数、
ｋｄ：支持梁２１、２２、２３、２４のばね定数、Ｆｄ：駆動力

[数2]

Ｆｃ＝２・ｍ・Ω・Ｘ・ωｄ・ｃｏｓ（ωｄ・ｔ） （式２）
Ｆｃ：コリオリ力、ｍ：可動部の重さ、Ω：印加される角速度、
Ｘ：駆動方向の最大振幅、ωｄ／２π：駆動周波数、ｔ：時間

[数3]

ｙ＝Ｆｃ・Ｑｓ／ｋｓ （式３）
ｙ：検出振幅、Ｑｓ：検出方向の機械品質係数、
ｋｓ：検出梁２６、２７、２８、２９のばね定数

[0067] 式１によれば、可動部１Ａ、２Ａと支持梁２１、２２、２３、２４で構成

される駆動振動系において駆動力Ｆｄが一定である場合、駆動変位ｘは、駆動周波数ωｄ／２πに依存することが分かる。駆動振動系の固有振動数ωｒと駆動周波数ωｄ／２πが一致するとき最も大きい駆動振幅ｘが得られ、駆動周波数ωｄ／２πが固有振動数ωｒから離れるほど駆動振幅ｘが小さくなる。

[0068] また、式２と式３によれば、印加される角速度Ωによって得られるコリオリ力Ｆｃと検出振幅ｙは、駆動振幅ｘと比例関係にあることが分かる。

[0069] 角速度検知部ＳＡ１は、可動部１Ａと支持梁２１、２２で構成される１つの駆動振動系を有する。角速度検知部ＳＡ２は、可動部２Ａと支持梁２３、２４で構成される１つの駆動振動系を有する、これらの駆動振動系は互いに振動エネルギーが共有されるパスを持たないように、機械的に分離されているため、それぞれが固有振動数を持つ。すなわち、角速度センサＳＡはそれぞれの固有振動数を持つ２つの駆動振動系を１つの駆動周波数で駆動するものである。

[0070] 角速度検知部ＳＡ１、ＳＡ２の２つの駆動振動系は、支持梁２１、２２、２３、２４の長さを調整することにより、それぞれの固有振動数を調整することができる。それ以外の可動部１Ａ、１Ｂ、２Ａ、２Ｂの重さ、駆動電極ＣＤ１、ＣＤ２、ＣＤ３、ＣＤ４のサイズ、検出電極ＣＥ１、ＣＥ２、ＣＥ３、ＣＥ４、モニタ電極ＣＭ１、ＣＭ２、ＣＭ３、ＣＭ４のサイズ、検出梁２６、２７、２８、２９のばね定数などは、互いに同じとなるように設計されている。すなわち、前述した駆動回路および検出回路を共通にしながら、２つの駆動振動系からそれぞれ異なる駆動振幅を得ることができる。

[0071] 互いに異なる２つの駆動振幅を得るということは、すなわち互いに異なる２つの角速度検知結果を得ることに他ならない。したがって、角速度センサＳＡは、駆動回路と検出回路を共通にしながら、互いに異なる２つの角速度検出結果を得ることができるので、角速度検知部毎にこれら回路を設ける必要がなくなり、コストを抑えることができる。換言すると、本実施形態１に係る角速度センサＳＡは、駆動回路と検出回路を共通にしつつ、各角速度検

知部ＳＡ１、ＳＡ２の固有振動数を調整することによって互いに異なる駆動振幅が得られるようにし、これにより互いに異なる２つの角速度検知結果を得るように構成されているものである。以下、固有振動数を調整することによって互いに異なる駆動振幅を得ることについて、図１０を用いてさらに詳述する。

[0072] 図１０は、角速度検知部ＳＡ１、ＳＡ２の２つの駆動振動系と検出振動系それぞれの周波数特性を示す図である。図１０中のｆ１は角速度検知部ＳＡ１の駆動振動系の周波数特性であり、ｆ２は角速度検知部ＳＡ２の駆動振動系の周波数特性であり、ｆ３は角速度検知部ＳＡ１、ＳＡ２の検出振動系の周波数特性である。図１０では、記載の簡易のため、各駆動周波数について「／２π」を省略した。以下の図１０に関する説明において同様である。

[0073] ここでは加工上のばらつきは無視し、それぞれ１つの曲線で表している。また、加工上のばらつきによって周波数特性図が少し異なることも想定されるが、その周波数ばらつきは数Ｈｚ～数１０Ｈｚのものであり、センサの性能としては無視することができる。さらに、既に公知の技術であるため詳述はしないが、コリオリ力Ｆｃを静電力で打ち消し、打ち消す際に印加された電圧をセンサの出力とするサーボ制御を用いれば、加工ばらつきによる微小なセンサの性能ばらつきも抑制することができる。また、ばらつきによるセンサ性能への影響が小さい場合には信号処理による補正も有効である。

[0074] 角速度検知部ＳＡ１とＳＡ２を駆動する駆動周波数ωｄを、角速度検知部ＳＡ１の駆動振動系の固有振動数ωｒ１に一致させた場合、式１によれば、単位駆動力当たりに得られる振幅は、角速度検知部ＳＡ１の駆動振動系についてはｇａ１、角速度検知部ＳＡ２の駆動振動系についてはｇａ２となる。さらに、検出振動系においては角速度検知部ＳＡ１、ＳＡ２ともに、単位コリオリ力当りの検出振幅はｇａ３となる。

[0075] 角速度検知部ＳＡ１とＳＡ２は、それぞれ自動車の横滑りと横転を検知する目的で使用することができる。一般的に横滑りを検知するためには、図８に示すようにｚ軸周りの±１００度／秒の角速度を検出する必要があり、横

転検知には同じく図８に示すようにｘ軸周りの±４００度／秒の角速度を検出する必要がある。すなわち、横滑りと横転を同時に検出するためには、異なる検出軸において異なる検出レンジに対応する必要がある。

[0076] 式２によれば、可動部１Ａ、２Ａの駆動重さｍと駆動周波数ωｄ、印加される角速度Ωを一定だと仮定すれば、センサ出力として変換されるコリオリ力Ｆｃと検出振幅ｙは、駆動振幅ｘのみの関数となる。したがって、周辺圧力の変動や振動外乱がある場合でも、センサの感度を一定に維持することができる。信頼性を確保するためには、駆動振幅ｘを常にモニタし、フィードバック制御を実施して一定値になるよう管理する必要がある。したがって、角速度センサＳＡは、角速度検知部ＳＡ１またはＳＡ２いずれかの駆動振幅をＡＧＣ５２へ入力し、あらかじめ設定されている目標値に追従するようフィードバック制御する。ＡＧＣ５２からの出力はＤＡ変換部７３によってアナログの信号に変換され、駆動電極ＣＤ１、ＣＤ２、ＣＤ３、ＣＤ４に印加される。

[0077] 望ましくは、より高精度が要求される横滑り検出部（角速度検知部ＳＡ１）の駆動振幅をＡＧＣ５２へ入力し、フィードバック制御すべきである。すなわち、駆動振幅が大きいほうがセンサとしての感度も大きいので、最も検出レンジが狭い角速度検知部ＳＡ１の固有振動数ωｒ１に合わせて駆動周波数ωｄを設定し、最も大きい変位が得られるようにすることが望ましい。

[0078] 以上、同一周波数の駆動信号によって異なる駆動振幅を得ることについて説明した。これにより、駆動回路を各角速度検知部ＳＡ１とＳＡ２について共通にすることができる。以下ではさらに、検出回路を各角速度検知部ＳＡ１とＳＡ２について共通にするための手法について説明する。

[0079] １つの検出回路で複数の検出レンジに対応するためには、各レンジの最大角速度が生じたときに発生するコリオリ力Ｆｃを各角速度検知部ＳＡ１とＳＡ２について同じ値に設定するとともに、検出電極ＣＥ１、ＣＥ２、ＣＥ３、ＣＥ４の容量変化特性を同じにすることが必要である。ただし前述したサーボ制御を用いる場合は、コリオリ力Ｆｃのみを各角速度検知部間で同じに

すればよい。

[0080] 式２によれば、コリオリ力Ｆｃは駆動振幅ｘに比例する。したがって、角速度検知部ＳＡ１とＳＡ２が異なるそれぞれの検出レンジにおいて同じコリオリ力Ｆｃを発生させるためには、検出レンジと駆動振幅の間には下記式４の関係が成立する必要がある。

[数4]

検出レンジ１/検出レンジ２＝駆動振幅２（ｇａ２）/駆動振幅１（ｇａ１） （式４）

検出レンジ１：角速度検知部ＳＡ１の検出レンジ、
検出レンジ２：角速度検知部ＳＡ２の検出レンジ、
駆動振幅１：角速度検知部ＳＡ１の駆動振幅（ｇａ１）
駆動振幅２：前記角速度検知部ＳＡ２の駆動振幅（ｇａ２）

[0081] すなわち、検出レンジ１が±１００度／秒、検出レンジ２が±４００度／秒である場合、例えば駆動振幅２（ｇａ２）を１μｍにした場合は、駆動振幅１（ｇａ１）を４μｍに設定することになる。さらに、これら２つの駆動振幅が式４の関係に準拠しているか否かをチェックすることにより、センサが正常に動作しているかどうかを確認する手段として使うこともできる。この場合、図９のゲイン調整部６９は、角速度検知部ＳＡ２の駆動振幅を式４の関係式に基づいて加工する。自己診断部７０は、ゲイン調整部６９からの出力と、角速度検知部ＳＡ１の駆動振幅（同期検波部５６からの出力）を比較し、指定された範囲内に入っているかどうかを判定する。その結果を診断結果として出力（出力３）する。

[0082] 図１１は、検出回路を時分割で共有した回路構成例を示す図である。角速度センサＳＡにおいては、２つの検知部ＳＡ１、ＳＡ２の検出電極ＣＥ１、ＣＥ２、ＣＥ３、ＣＥ４の最大容量変化量が同じになる。したがって、ＣＶ変換部６１と６５、ＡＤ変換部６２と６６、差動検出部６３と６７、同期検波部６４と６８を時分割で共有することもできる。図１１に示す例では、スイッチＳＷ１とＳＷ２で角速度検知部ＳＡ１、ＳＡ２からの入力を選択し、スイッチＳＷ３でＬＰＦ７１、７２を切り替えている。この３つのスイッチは互いに同期され、同じタイミングで切り替わる。図１１と同様に検出回路

を時分割で共有した構成は、以下の実施形態においても採用することができる。

[0083] ＜実施の形態１：まとめ＞

以上のように、本実施形態１に係る角速度センサＳＡは、駆動振動系の固有振動数がそれぞれ異なる複数の角速度検知部を備え、各角速度検知部を駆動する駆動信号の駆動周波数は共通である。駆動周波数は、いずれかの固有振動数に合わせることができる。この場合、いずれかの角速度検知部は共振モードで駆動され、残りの角速度検知部は非共振モードで駆動される。共振モードで駆動される角速度検知部は非共振モードで駆動される角速度検知部より大きい駆動振幅が得られるため、同じ角速度に対して他方の角速度検知部よりも大きい出力信号を生成することができる。その結果、印加される角速度と発生する信号の大きさとして定義される検出レンジが互いに異なる複数の角速度検知部を、共通の駆動回路が出力する同一の駆動周波数によって実現することができる。

[0084] また、本実施形態１に係る角速度センサＳＡは、式４の関係にしたがって、検出レンジの異なる各角速度検知部ＳＡ１とＳＡ２が同じコリオリ力Ｆｃを発生させるように構成されている。これにより、同じ仕様の検出回路を用いて、各角速度検知部ＳＡ１とＳＡ２が出力する検出信号を処理することができる。

[0085] また、本実施形態１に係る角速度センサＳＡは、各角速度検知部の配置方向が互いに異なるようにすることにより、異なる検出方向の角速度を検出することができる。これにより、同じ仕様の検出回路を用いて、複数の異なる検出方向を持つ角速度センサを提供することができる。

[0086] 本実施形態１において、角速度センサＳＡは、それぞれの駆動方向に対して、１つの可動部１Ａおよび１Ｂとそれぞれの駆動方向に柔軟な支持梁２１、２２、２３、２４として構成される非音叉型駆動振動系を例示した。本発明に係る構成はこれに限られるものではなく、可動部１Ａ、２Ａをそれぞれの駆動方向に対して２つ配置し、２つの可動部同士を振動エネルギーが共有

できる梁構造で連結することによって音叉構造とした構成においても適用することができる。この場合は、角速度検知部ＳＡ１とＳＡ２のうち少なくともいずれかを音叉型角速度センサとして構成することになる。音叉構造を採用することによる効果は公知であるため詳述はしないが、本実施形態１に係る角速度センサＳＡは非音叉構造に限定されないことを明確にしておきたい。

[0087] 本実施形態１において、固有振動数ωｒ１の変化に駆動周波数ωｄを追従させるため、ＡＦＣ５１を備えることを説明した。しかし、同一駆動周波数を用いて異なる駆動振幅が得られれば、これに限られるものではない。すなわち、駆動周波数ωｄと固有振動数ωｒ１を一致させない非共振モード駆動においても、本発明の概念が適用できることは言うまでもない。

[0088] 本実施形態１において、角速度検知部ＳＡ１、ＳＡ２の駆動電極ＣＤ１、ＣＤ２、ＣＤ３、ＣＤ４、およびモニタ電極ＣＭ１、ＣＭ２、ＣＭ３、ＣＭ４は、便宜上並行平板型の構造に表しているが、平板が互い違いに噛み合わせたクシ歯型の構造を採用してもよい。電極をクシ歯型にすることにより、並行平板型構造において電極間隔が変化した際に発生する非線形的な挙動を抑制することができる。すなわち、並行平板型構造においては電荷が電極間距離の逆数に比例する反面、クシ歯型構造においては電荷が対向する電極の重なり合う面積に比例するからである。

[0089] 本実施形態１において、各角速度検知部の検知結果は、出力１～２としてそれぞれ並列に出力される例を説明したが、出力端子は単一でもよい。この場合は、複数の検知結果をシリアル信号として出力することになる。

[0090] ＜実施の形態２＞

実施形態１では、駆動振動系の固有振動数がそれぞれ異なることを利用して、同一周波数の駆動信号により異なる駆動振幅を生じさせることを説明した。本発明の実施形態２では、各角速度検知部に印加する駆動信号の信号レベルをそれぞれ変えることにより、異なる駆動振幅を生じさせる構成例を説明する。以下では、実施形態１と共通する点については説明を省略し、差異

点を中心に説明する。

[0091] 図１２は、本実施形態２における角速度センサＳＢの平面図である。角速度センサＳＢの製造方法は、実施形態１における角速度センサＳＡと同様である。本実施形態２に係る角速度センサＳＢは、全く同じ形状の角速度検知部ＳＢ１、ＳＢ２を配置し、それぞれを異なる駆動電圧で駆動することにより、それぞれ異なる駆動振幅を生じさせてそれぞれ異なる検知結果を得る。すなわち、実施形態１では支持梁２１、２２、２３、２４の長さを調整することによって固有振動数ωｒ１、ωｒ２を異なる値にしていたが、本実施形態２の角速度センサＳＢは、全く同じ角速度検知部ＳＢ１、ＳＢ２を検知したい角速度の軸に合わせてその向きだけを変えて配置している。

[0092] 式２によれば、可動部１Ａ、２Ａの駆動重さｍ、駆動周波数ωｄ、印加される角速度Ωを一定だと仮定すれば、センサの出力として変換されるコリオリ力Ｆｃと検出振幅ｙは、駆動振幅ｘのみの関数となる。また、式１によれば、駆動振幅ｘは駆動力Ｆｄの関数であることが分かる。可動部１Ａ、２Ａと、駆動電極ＣＤ１、ＣＤ２、ＣＤ３、ＣＤ４の間に発生する駆動力Ｆｄは、下記式５によって定義することができる。

[数5]

$$F_d = 2\frac{\varepsilon S}{d^2}V_b V_d \quad (式５)$$

Ｆｄ：駆動力、ε：空気の誘電率、
Ｓ：可動部１Ａ、２Ａと駆動電極ＣＤ１、ＣＤ２、ＣＤ３、ＣＤ４の対向面積、
ｄ：可動部１Ａ、２Ａと駆動電極ＣＤ１、ＣＤ２、ＣＤ３、ＣＤ４の間の距離、
Ｖｂ：可動部１Ａ、２Ａと駆動電極ＣＤ１、ＣＤ２、ＣＤ３、ＣＤ４に印加されるバイアス電圧、
Ｖｄ：駆動電極ＣＤ１、ＣＤ２、ＣＤ３、ＣＤ４に印加される駆動信号

[0093] 式５によれば、駆動力Ｆｄは駆動信号Ｖｄに比例することが分かる。すなわち、駆動振幅ｘは駆動力Ｆｄに比例し、その駆動力Ｆｄは駆動信号Ｖｄに比例するため、駆動信号Ｖｄを制御することによって駆動振幅ｘを制御することができる。本実施形態２に係る角速度センサＳＢは、このことを利用して、式４の条件を満足する駆動振幅実現する。

[0094] 図１３は、角速度センサＳＢの回路構成を示すブロック図である。角速度センサＳＢは、実施形態１で説明した回路構成に加え、ゲイン調整部７４と７５を備えている。ここでは図１１と同様の回路構成を例示したが、図９の回路構成を採用してもよい。

[0095] ゲイン調整部７４と７５は、それぞれ角速度検知部ＳＢ１とＳＢ２に印加する駆動信号Ｖｄの信号レベルを調整する。これにより、全く同じ角速度検知部ＳＢ１とＳＢ２を用いながら、互いに異なる駆動振幅を生じさせ、互いに異なる検出レンジを提供することができる。

[0096] 実施形態１で説明したものと同じ理由により、最も検出レンジの狭い角速度検知部の固有振動数に合わせて駆動周波数ωｄを設定し、最も大きい変位が得られるようにすることが望ましい。実施形態１で説明した例に即して言えば、駆動信号Ｖｄの信号レベルを大きくすることにより、角速度検知部ＳＡ１の駆動振動系の変位が最大になるようにすることが望ましい。

[0097] ＜実施の形態２：まとめ＞

以上のように、本実施形態２に係る角速度センサＳＢにおいて、各角速度検知部には同一周波数で信号レベルが異なる駆動信号が印加され、各角速度検知部の駆動振幅は印加される駆動信号の信号レベルに相関を持ってそれぞれ異なる値となる。したがって、実施形態１と同様に、印加される角速度と発生する信号の大きさとして定義される検出レンジが互いに異なる複数の角速度検知部を、共通の駆動回路が出力する同一の駆動周波数によって実現することができる。

[0098] 本実施形態２において、角速度検知部ＳＢ１、ＳＢ２を１つの支持基板３の上に形成しているが、２つのチップに分けて構成してもよい。全く同じ２つのチップを実装時にその向きだけを変えることにより、製造時の歩留まりを向上することができる。すなわち、２つの角速度検知部ＳＢ１、ＳＢ２を１つのチップとして構成した場合は、どれか片側に不良が発生した場合でも両方を使えなくなるが、２つのチップ構成にすることにより、チップを有効活用することができる。

[0099] 本実施形態２において、全く同じ２つの角速度検知部ＳＢ１、ＳＢ２を用いているが、厳密に言えば、製造時のばらつき等によって全く同じ固有振動数を持つ２つの角速度検知部を実現することは困難であると思われる。ただし、２つの固有振動数がある範囲内で接近していれば性能上のばらつきは無視することができるし、ゲイン調整部７４と７５がその製造上のばらつきを補正することもできる。

[0100] ＜実施の形態３＞

本発明の実施形態３では、駆動電極ＣＤ１～ＣＤ４と可動部１Ａおよび２Ａが形成する静電容量を角速度検知部毎に変えることにより、異なる駆動振幅を生じさせる構成例を説明する。以下では、実施形態１と共通する点については説明を省略し、差異点を中心に説明する。

[0101] 図１４は、本実施形態３に係る角速度センサＳＣの平面図および回路構成を示すブロック図である。角速度センサＳＣの製造方法は、実施形態１および２における角速度センサＳＡ、ＳＢと同様である。角速度センサＳＣは、角速度検知部ＳＣ１、ＳＣ２の駆動電極のサイズおよび電極間隔が互いに異なる。

[0102] 角速度センサＳＣは、式５に示す駆動電極ＣＤ１、ＣＤ２、ＣＤ３、ＣＤ４と可動部１Ａ、２Ａが対向している部位の面積Ｓ、駆動電極ＣＤ１～ＣＤ４と可動部１Ａ、２Ａ間のギャップｄを調整することにより、角速度検知部ＳＣ１、ＳＣ２がそれぞれ異なる駆動力Ｆｄおよび駆動振幅ｘを生じさせる。

[0103] 例えば、式１と式５の関係によれば、対向面積Ｓを半分にすることにより、駆動力Ｆｄも半分となり、駆動振幅ｘも比例して半分になることが分かる。また、駆動電極ＣＤ１～ＣＤ４と可動部１Ａ、２Ａ間のギャップｄを調整することにより、それぞれ異なる駆動変位ｘを得ることもできる。式５と式１の関係によれば、ギャップｄを２倍にすると駆動力Ｆｄは４分の１の値となり、したがって、駆動変位ｘも４分の１となる。

[0104] ＜実施の形態３：まとめ＞

以上のように、本実施形態３に係る角速度センサＳＣは、駆動電極ＣＤ１～ＣＤ４と可動部１Ａ、２Ａ間の対向面積Ｓまたはギャップｄが異なる２つの角速度検知部ＳＣ１、ＳＣ２を備える。これにより、実施形態１と同様に、印加される角速度と発生する信号の大きさとして定義される検出レンジが互いに異なる複数の角速度検知部を、共通の駆動回路が出力する同一の駆動周波数によって実現することができる。

[0105] 本実施形態３において、支持梁２１、２２と支持梁２３、２４はばね定数ｋが同じであり、可動部１Ａ、２Ａの重さも同じであるため、２つの振動系の固有振動数ωｒ１とωｒ２も同じであることを想定している。しかし、厳密に言えば、製造時のばらつき等によって全く同じ固有振動数を持つ２つの角速度検知部を実現することは困難であると思われる。ただし、２つの固有振動数がある範囲内で接近していれば性能上のばらつきは無視することができるし、実施形態２で説明したゲイン調整部７４と７５を設けてその製造上のばらつきを補正することもできる。

[0106] 本実施形態３では、角速度検知部ＳＣ１、ＳＣ２を１つの支持基板３の上に形成しているが、実施形態２で説明したように２つのチップに分けて構成してもよい。２つのチップを実装時にその向きだけを変えることにより、異なる検出軸の角速度情報を得ることができる。同じ向きに配置すれば、該当する検出軸の検出レンジが異なる角速度情報を得ることもできる。

[0107] 以上、本発明者によってなされた発明を実施の形態に基づき具体的に説明したが、前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。

[0108] また、以上の実施形態１～３では、説明の便宜上、自動車の横滑りおよび横転を検出することを具体例として挙げて説明したが、この用途に限定するものではない。例えば、ロボットの姿勢検知や、カーナビゲーション、デジタルカメラの手ぶれ補正、ナビゲーションの姿勢・方向検知、ゲーム機の姿勢検知用のセンサなどの分野に幅広く利用することができる。特に、複数の検出軸もしくは複数の検出レンジの角速度を検出する必要がある場合にその

威力を発揮することが期待できる。

[0109] また、以上の実施形態１～３において、角速度検知部が２つである例を説明したが、３つ以上の角速度検知部を備える構成においても、本発明の概念を適用することができる。例えばそれぞれ検出レンジの異なる３つの角速度検知部を備える場合、そのなかで最も検出レンジの狭いものの駆動振幅が最大になるように、各実施形態で説明した手法を採用することが考えられる。

符号の説明

[0110] ＳＡ：角速度センサ、ＳＢ：角速度センサ、ＳＡ１～ＳＡ2：角速度検知部、ＳＢ１～ＳＢ２：角速度検知部、ＳＰ１：空間、ＳＷ１～ＳＷ３：スイッチ、ＣＤ１～ＣＤ４：駆動電極、ＣＭ１～ＣＭ４：モニタ電極（駆動振幅モニタ電極）、ＣＥ１～ＣＥ４：検出電極、　Ｖｃ：搬送波（キャリア信号）、１Ａ：可動部、１Ｂ：可動部、２Ａ：可動部、２Ｂ：可動部、３：支持基板、３ａ：シリコン基板、３ｂ：熱酸化膜、３ｃ：熱酸化膜、３ｄ：空間、４：デバイス層、５：中間絶縁層、６：ハンドル層、７～８：固定部、９～１０：共通電極、１１～１２：固定部、１６：ダミー部、２１～２４：支持梁、２５：絶縁膜、２５ａ：溝、２６～２９：検出梁、５０：ＩＣ、５１：ＡＦＣ、５２：ＡＧＣ、５３：ＣＶ変換部、５４：差動検出部、５５：ＡＤ変換部、５６：同期検波部、５７：ＣＶ変換部、５８：差動検出部、５９：ＡＤ変換部、６０：同期検波部、６１：ＣＶ変換部、６２：差動検出部、６３：ＡＤ変換部、６４：同期検波部、６５：ＣＶ変換部、６６：差動検出部、６７：ＡＤ変換部、６８：同期検波部、６９：ゲイン調整部、７０：自己診断部、７１～７２：ＬＰＦ（低帯域通過フィルタ）、７３：ＤＡ変換部、７４～７５：ゲイン調整部、１００：キャップ、１００ａ：シリコン基板、１００ｂ～１００ｃ：熱酸化膜、１００ｄ：空間、１００ｅ：熱酸化膜、１５０：パッケージ、１５１：接着剤、１５２：ワイヤ、１５３：蓋、１５４：外部入出力端子。

請求の範囲

［請求項1］ 角速度を検知する複数の角速度検知部と、

前記複数の角速度検知部を同一周波数の駆動信号によって駆動する駆動回路と、

各前記角速度検知部の検知結果を出力する検出回路と、

を備え、

各前記角速度検知部は、前記駆動信号によって駆動されたときの駆動振幅がそれぞれ異なるように構成されており、

前記検出回路は、各前記駆動振幅にそれぞれ対応する、各前記角速度検知部の前記検知結果を出力する

ことを特徴とする角速度センサ。

［請求項2］ 請求項１において、

各前記角速度検知部は、前記駆動信号によって前記駆動振幅で振動する駆動振動系を備え、

各前記角速度検知部が備える前記駆動振動系は、前記駆動振幅による振動エネルギーを互いに共有しないように構成されている

ことを特徴とする角速度センサ。

［請求項3］ 請求項２において、

各前記角速度検知部が備える前記駆動振動系は、

固有振動数が互いに異なることにより、前記駆動信号によって駆動されたときの駆動振幅がそれぞれ異なるように構成されている

ことを特徴とする角速度センサ。

［請求項4］ 請求項３において、

各前記角速度検知部は、それぞれ異なる検出レンジを有し、

前記駆動回路は、

前記駆動周波数を、各前記角速度検知部のうち最も検出レンジが狭いものが備える前記駆動振動系の前記固有振動数に追従させる

ことを特徴とする角速度センサ。

[請求項5] 請求項３において、

各前記角速度検知部は、

それぞれ異なる検出レンジを有し、かつ前記駆動振動系が生じさせるコリオリ力が互いに等しくなるように構成されている

ことを特徴とする角速度センサ。

[請求項6] 請求項５において、

各前記角速度検知部は、

前記駆動振動系の前記駆動振幅同士の比を、各前記角速度検知部の検出レンジ同士の比の逆数となるように構成することにより、前記駆動振動系が生じさせるコリオリ力が互いに等しくなるように構成されている

ことを特徴とする角速度センサ。

[請求項7] 請求項１において、

各前記角速度検知部は、検出した前記角速度に対応する検出信号を出力する検出振動系をそれぞれ備え、

前記検出回路は、前記検出信号を処理して前記検出結果として出力し、

各前記角速度検知部は、前記検出回路を時分割で共有する

ことを特徴とする角速度センサ。

[請求項8] 請求項２において、

前記駆動回路は、

それぞれ異なる信号レベルの前記駆動信号を用いて各前記角速度検知部を駆動することにより、各前記角速度検知部が前記駆動信号によって駆動されたときの駆動振幅がそれぞれ異なるようにする

ことを特徴とする角速度センサ。

[請求項9] 請求項８において、

各前記角速度検知部は、それぞれ異なる検出レンジを有し、

前記駆動回路は、各前記角速度検知部のうち最も検出レンジが狭い

ものを、最も信号レベルが大きい前記駆動信号によって駆動する
ことを特徴とする角速度センサ。

[請求項10] 請求項２において、
各前記角速度検知部は、
前記駆動信号によって駆動される駆動電極が形成する静電容量がそれぞれ異なることにより、前記駆動信号によって駆動されたときの駆動振幅がそれぞれ異なるように構成されている
ことを特徴とする角速度センサ。

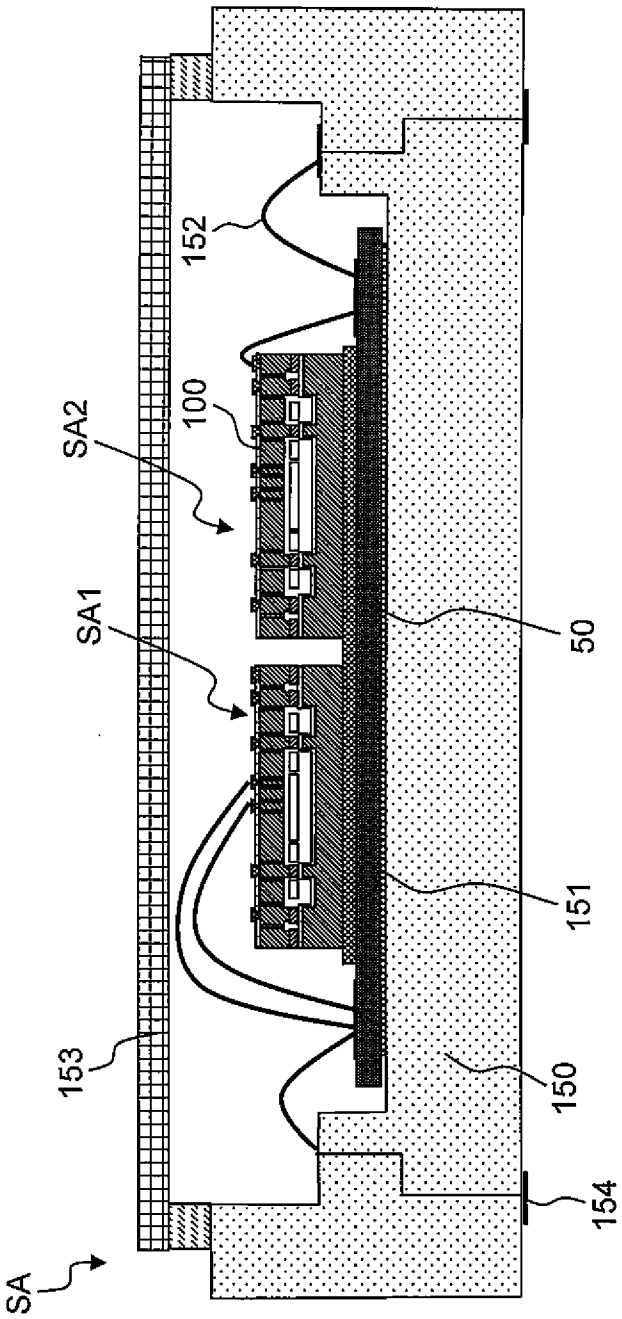
[請求項11] 請求項１０において、
各前記角速度検知部は、前記駆動電極と対向して前記静電容量を形成する部位の面積がそれぞれ異なることにより、前記静電容量がそれぞれ異なるように構成されている
ことを特徴とする角速度センサ。

[請求項12] 請求項１０において、
各前記角速度検知部は、前記駆動電極と対向して前記静電容量を形成する部位と前記駆動電極との間の間隔がそれぞれ異なることにより、前記静電容量がそれぞれ異なるように構成されている
ことを特徴とする角速度センサ。

[請求項13] 請求項１において、
各前記角速度検知部は検知軸がそれぞれ異なることを特徴とする角速度センサ。

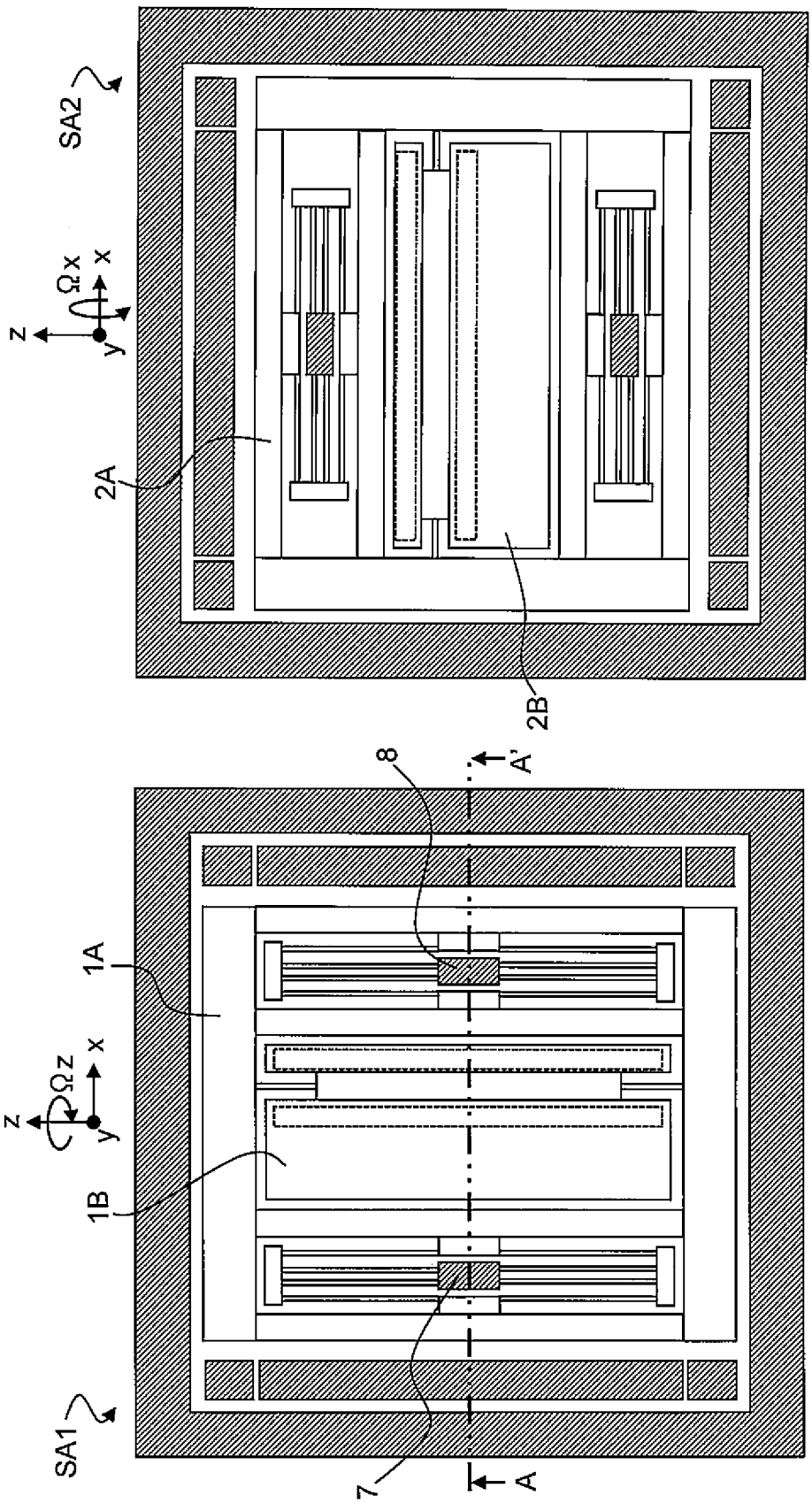
[図1]

図 1



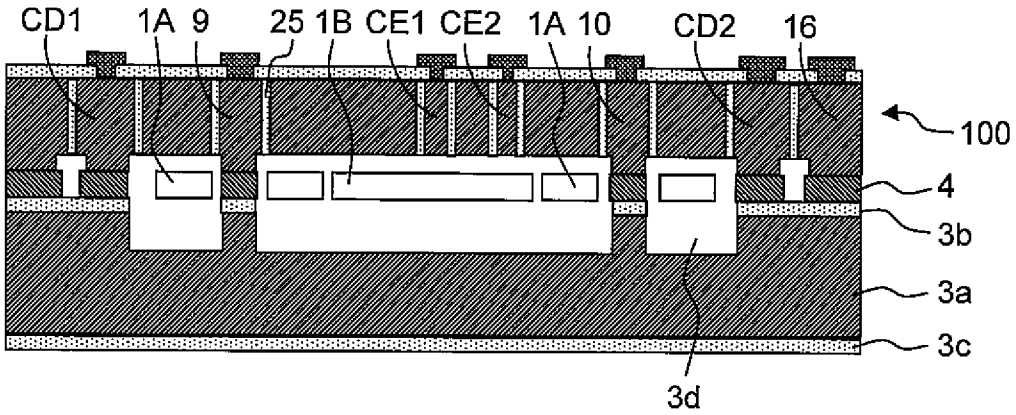
[図2]

図2



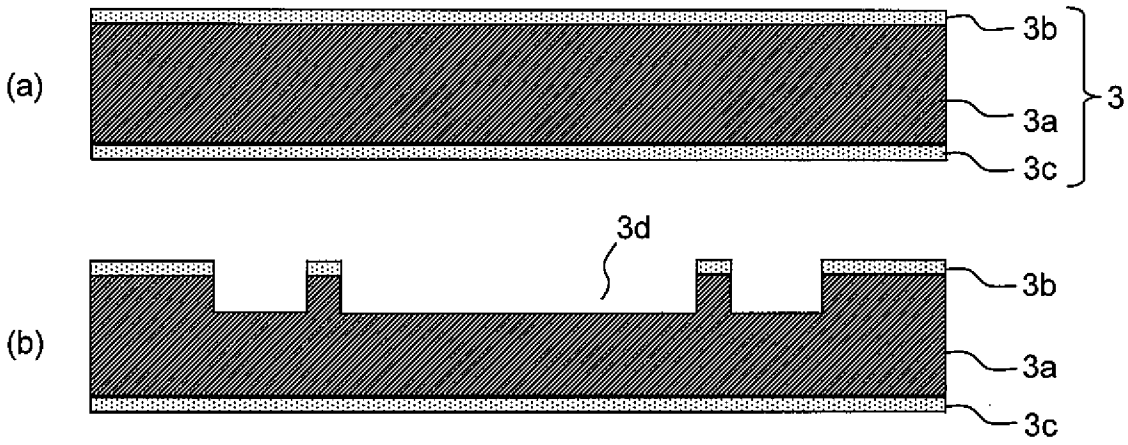
[図3]

図3


CD1
1A
9
25
1B
CE1
CE2
1A
10
CD2
16
100
4
3b
3a
3c
3d

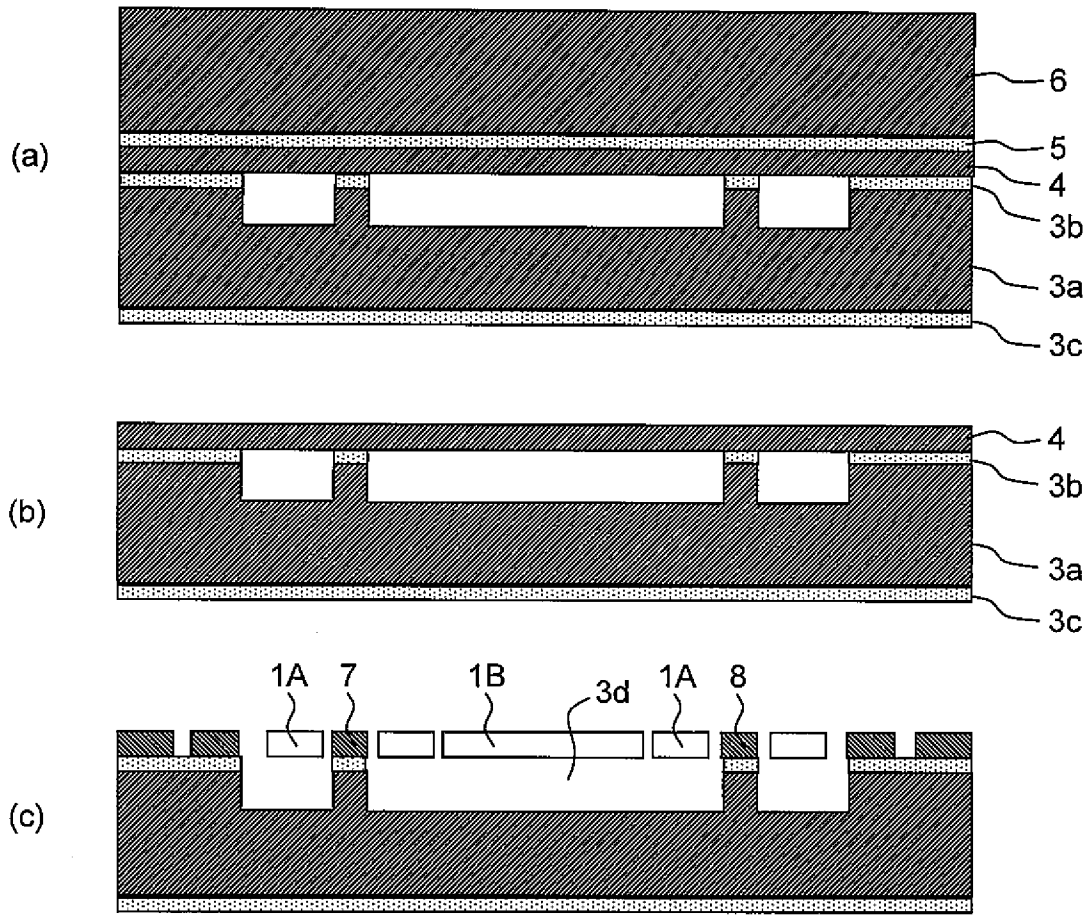
[図4]

図4


(a)
3b
3a
3c
3
(b)
3d
3b
3a
3c

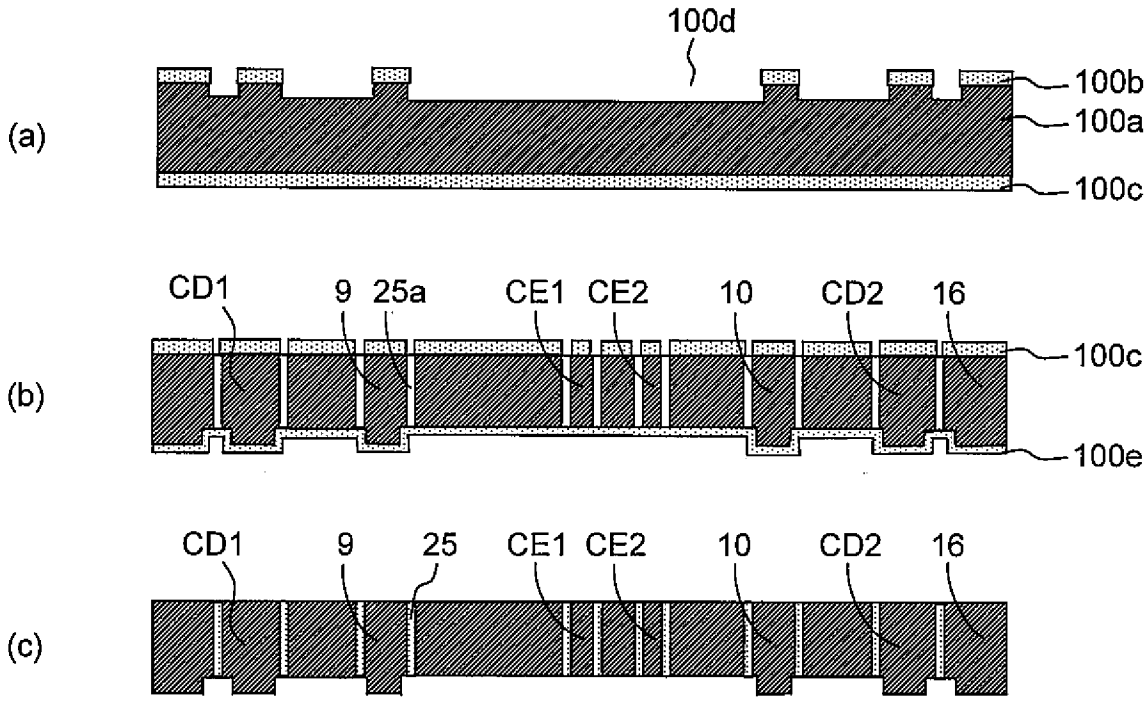
[図5]

図５



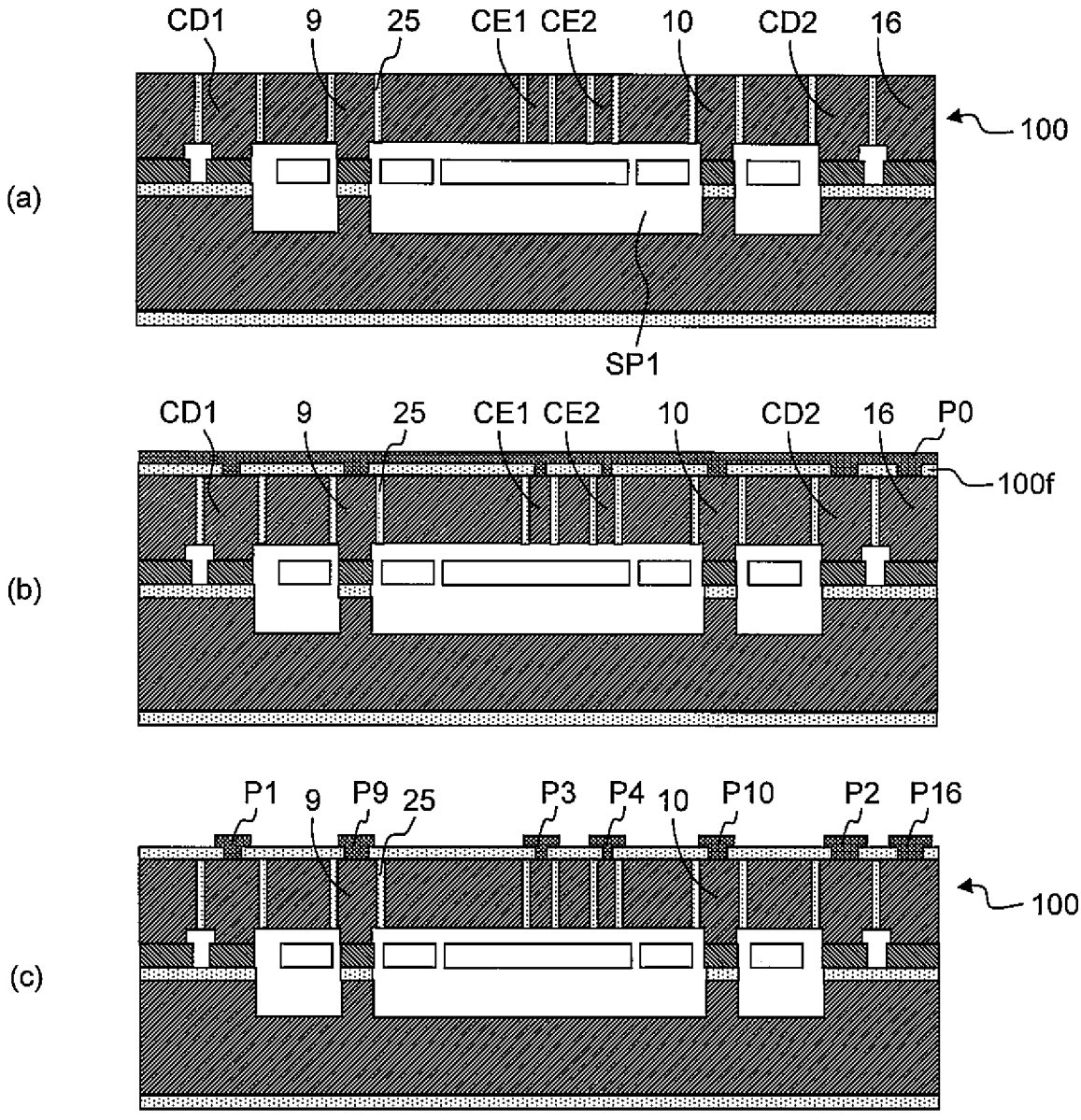
[図6]

図6


(a)
100d
100b
100a
100c
(b)
CD1
9
25a
CE1
CE2
10
CD2
16
100c
100e
(c)
CD1
9
25
CE1
CE2
10
CD2
16

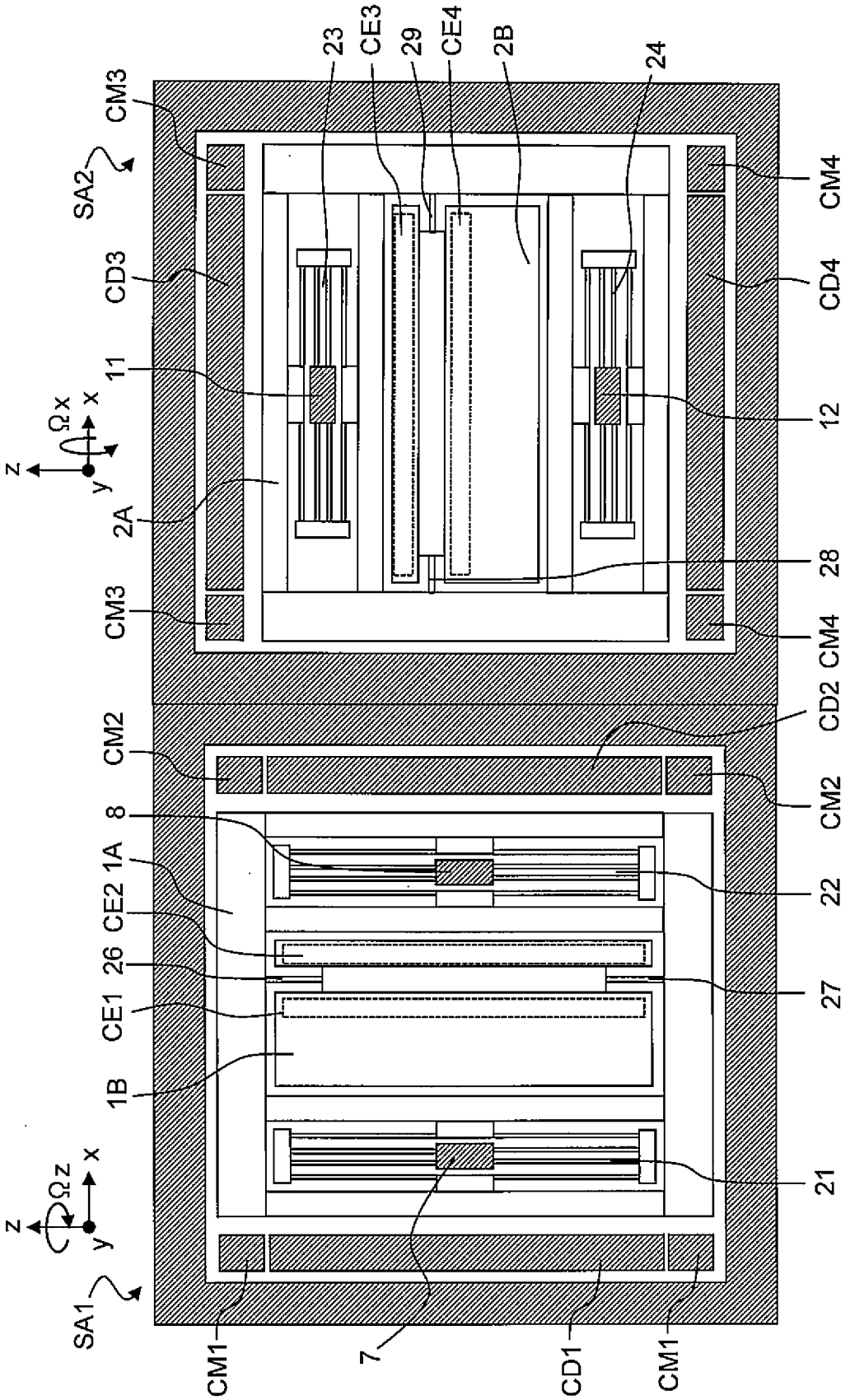
[図7]

図 7


(a)
CD1
9
25
CE1
CE2
10
CD2
16
100
SP1
(b)
CD1
9
25
CE1
CE2
10
CD2
16
P0
100f
(c)
P1
9
P9
25
P3
P4
10
P10
P2
P16
100

[図8]

図8


23
CE3
29
CE4
2B
24
CM3
SA2
CD3
11
Ωx
x
z
y
2A
CM3
CM2
8
CE2
1A
26
CE1
1B
Ωz
x
z
y
SA1
CM1
7
CD1
CM1
CM4
CD4
12
28
CM4
CD2
CM2
22
27
21

[図9]

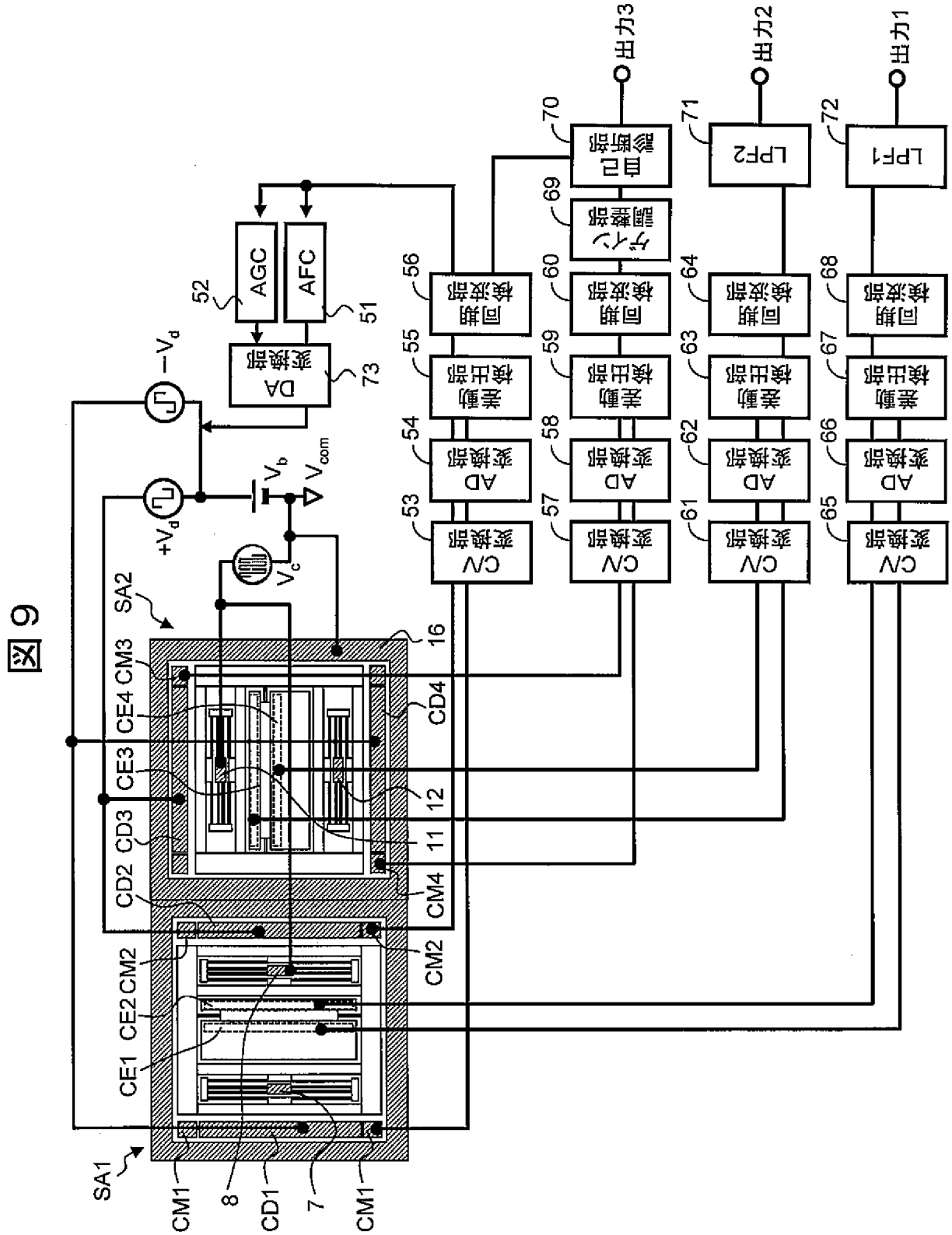
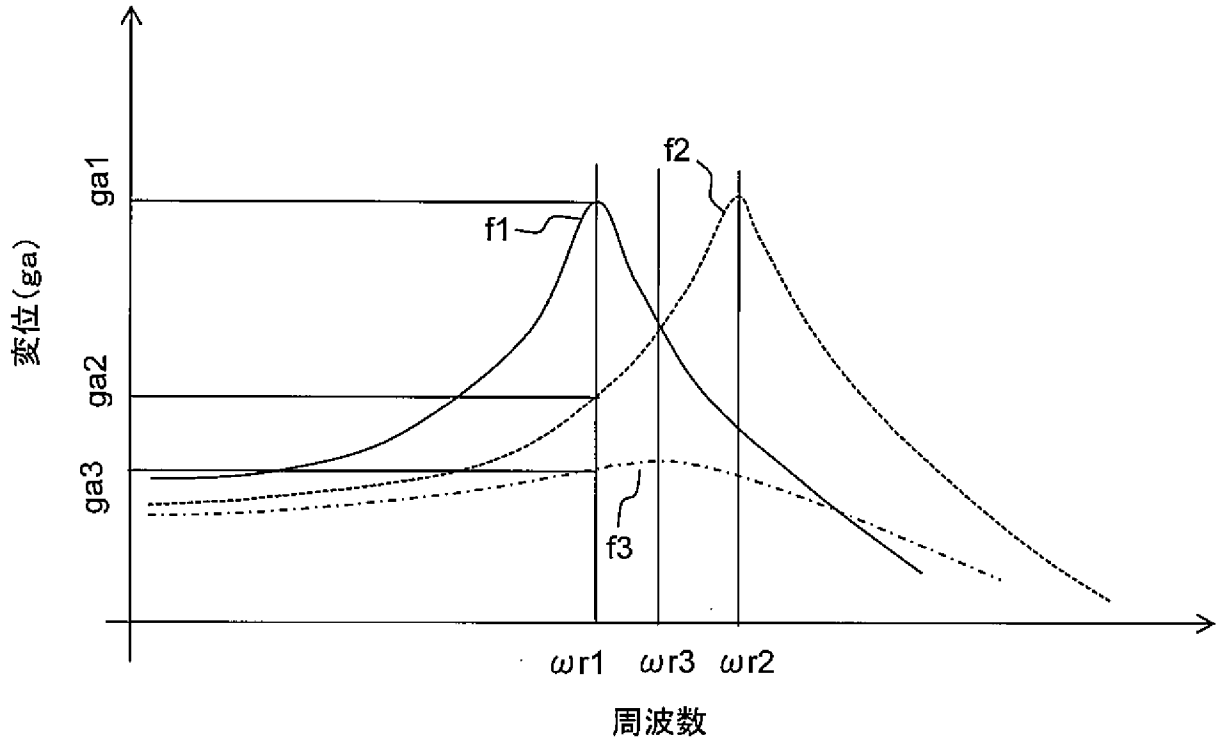

出力3
出力2
出力1
LPF1
LPF2
位相補償部
ゲイン調整部
同期検波部
差動検出部
AD変換部
CV変換部
AGC
AFC
DA変換部
SA1
SA2
CM1
CM2
CM3
CM4
CD1
CD2
CD3
CD4
CE1
CE2
CE3
CE4
16
12
11
8
7
V_d
V_b
V_{com}
V_c

図9

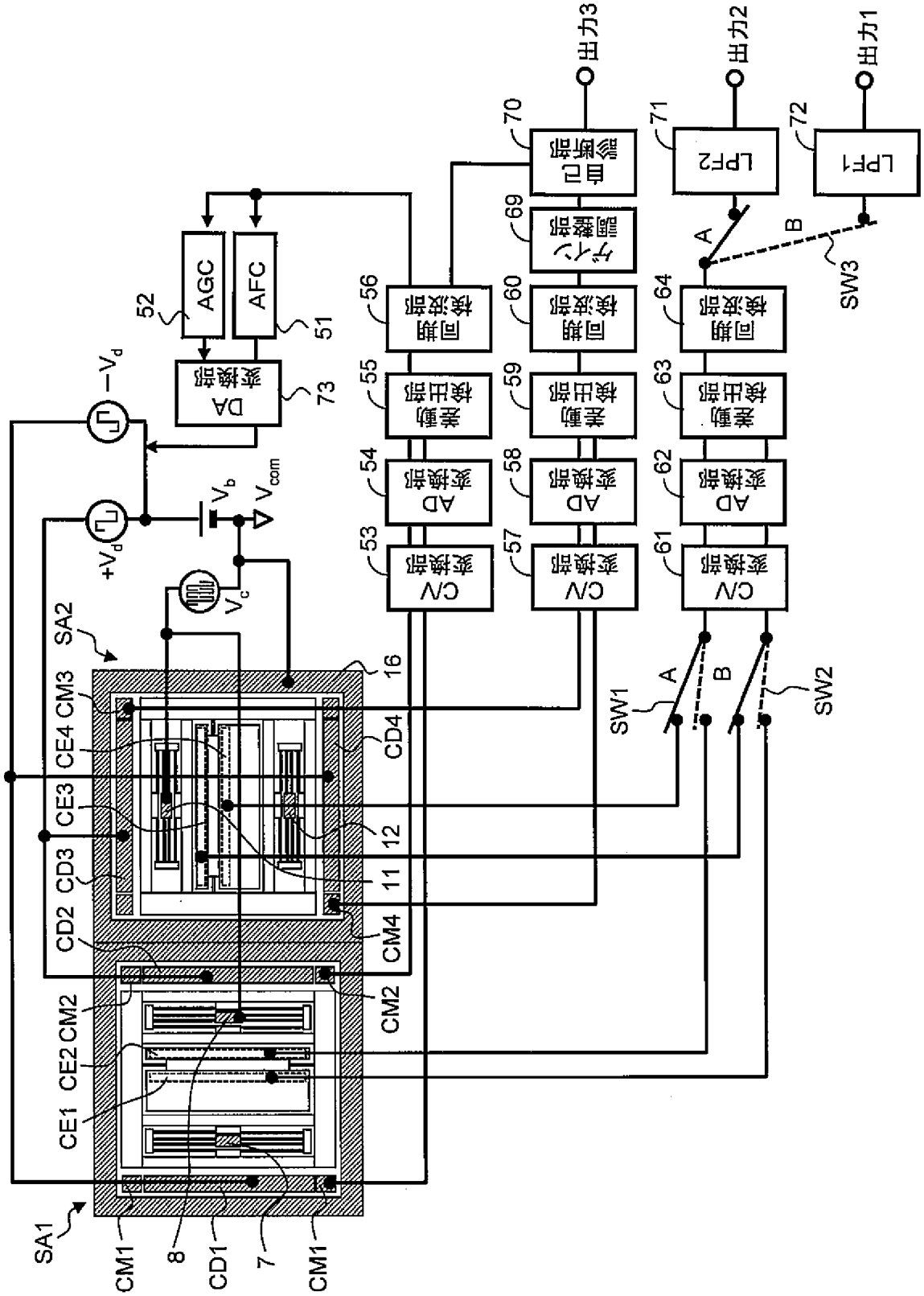
[図10]

図１０



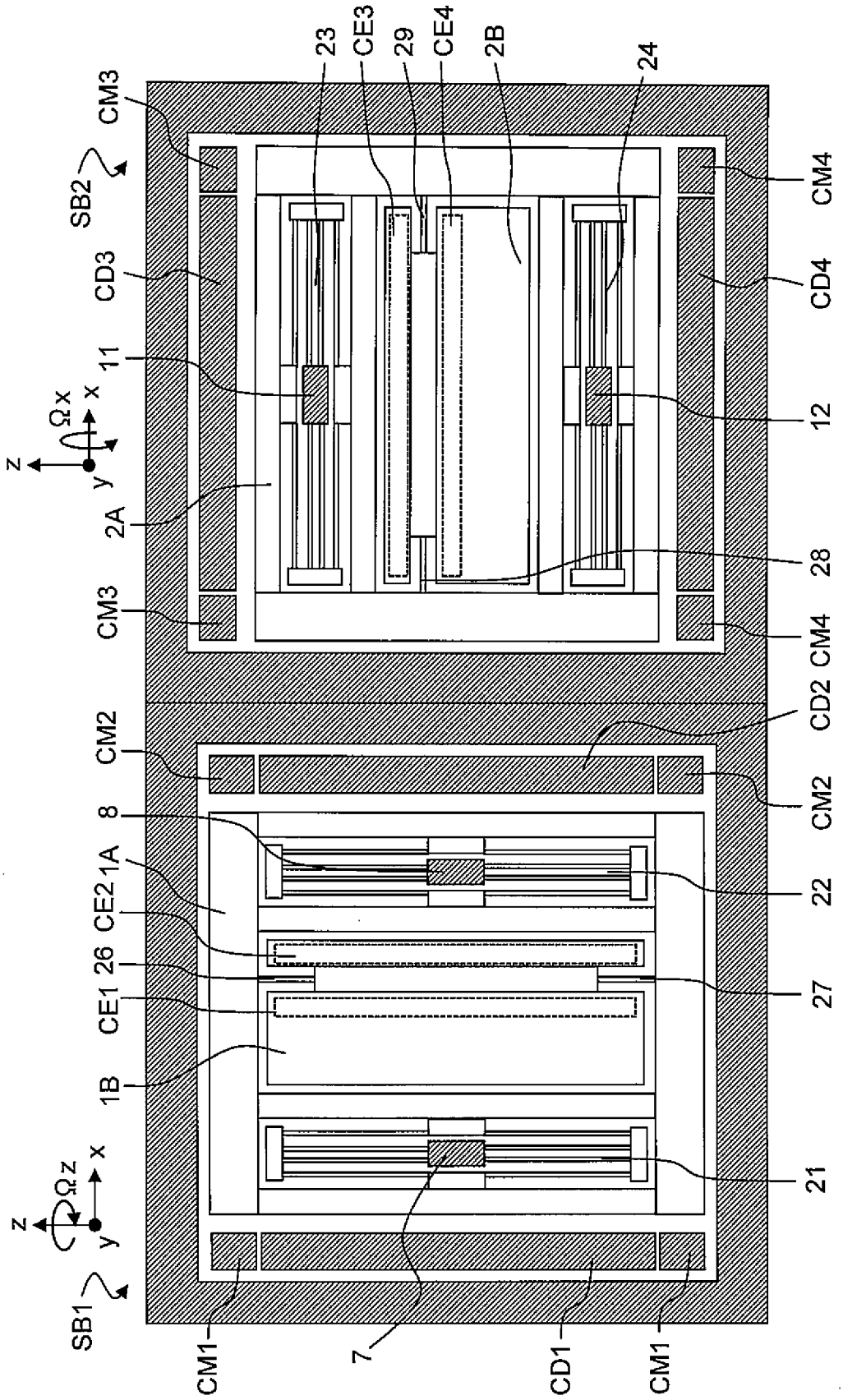
[図11]

図１１


出力3
出力2
出力1
LPF1
LPF2
SW3
A
B
回路診断部
ゲイン調整部
同期検波部
差動検出部
AD変換部
C/V変換部
SW1
SW2
DA変換部
AGC
AFC
52
51
73
70
69
56
60
64
55
59
63
54
58
62
53
57
61
$-V_d$
$+V_d$
V_b
V_{com}
V_c
SA2
SA1
CE4
CM3
CE3
CD3
CD2
CE2
CM2
CE1
CM1
CD1
CM4
CD4
16
12
11
8
7

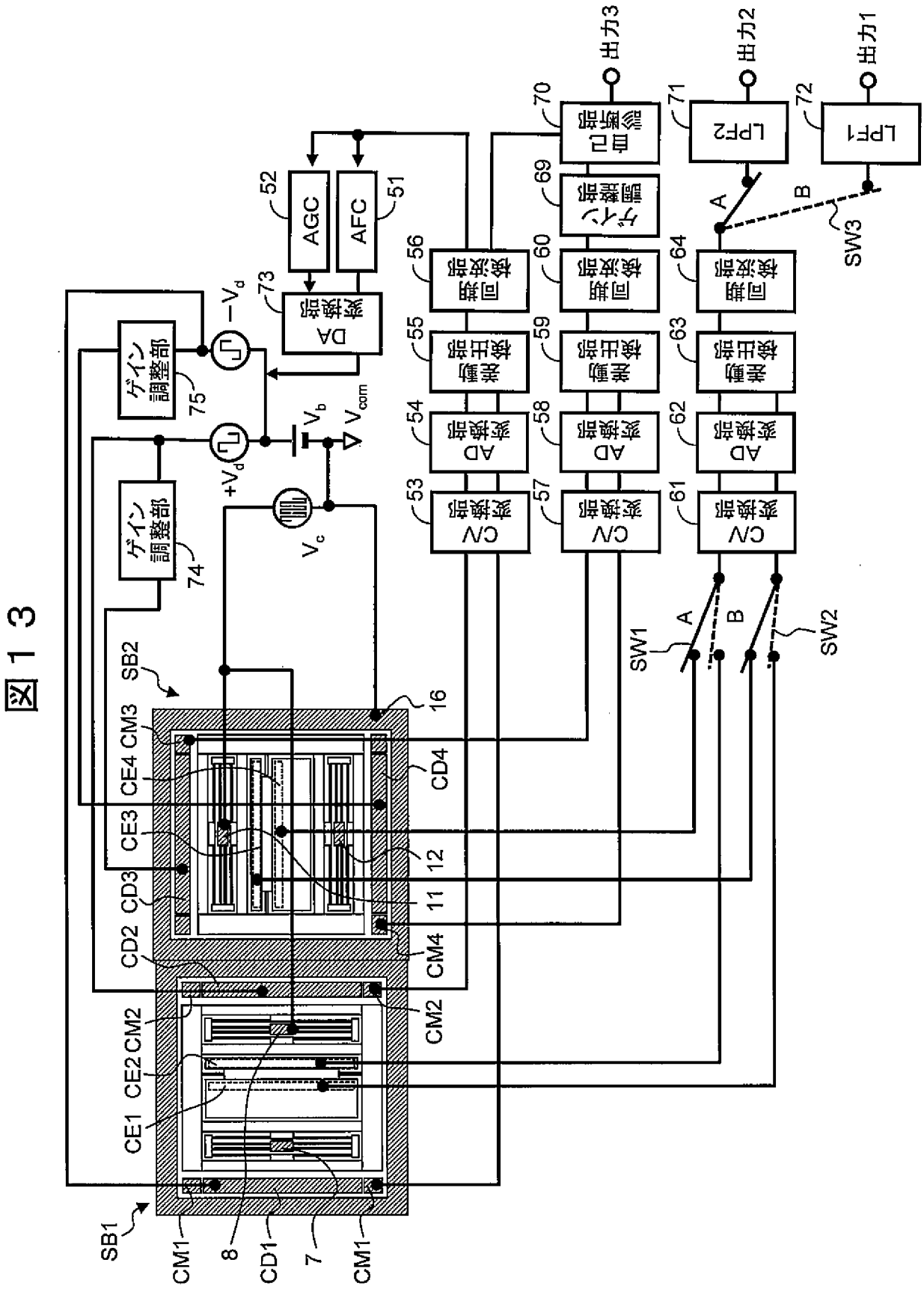
[図12]

図12


23
CE3
29
CE4
2B
24
CM3
SB2
CD3
11
Ωx
x
z
y
2A
CM3
CM2
8
CE2
1A
26
CE1
1B
Ωz
x
z
y
SB1
CM1
7
CD1
CM1
CM4
CD4
12
28
CM4
CD2
CM2
22
27
21

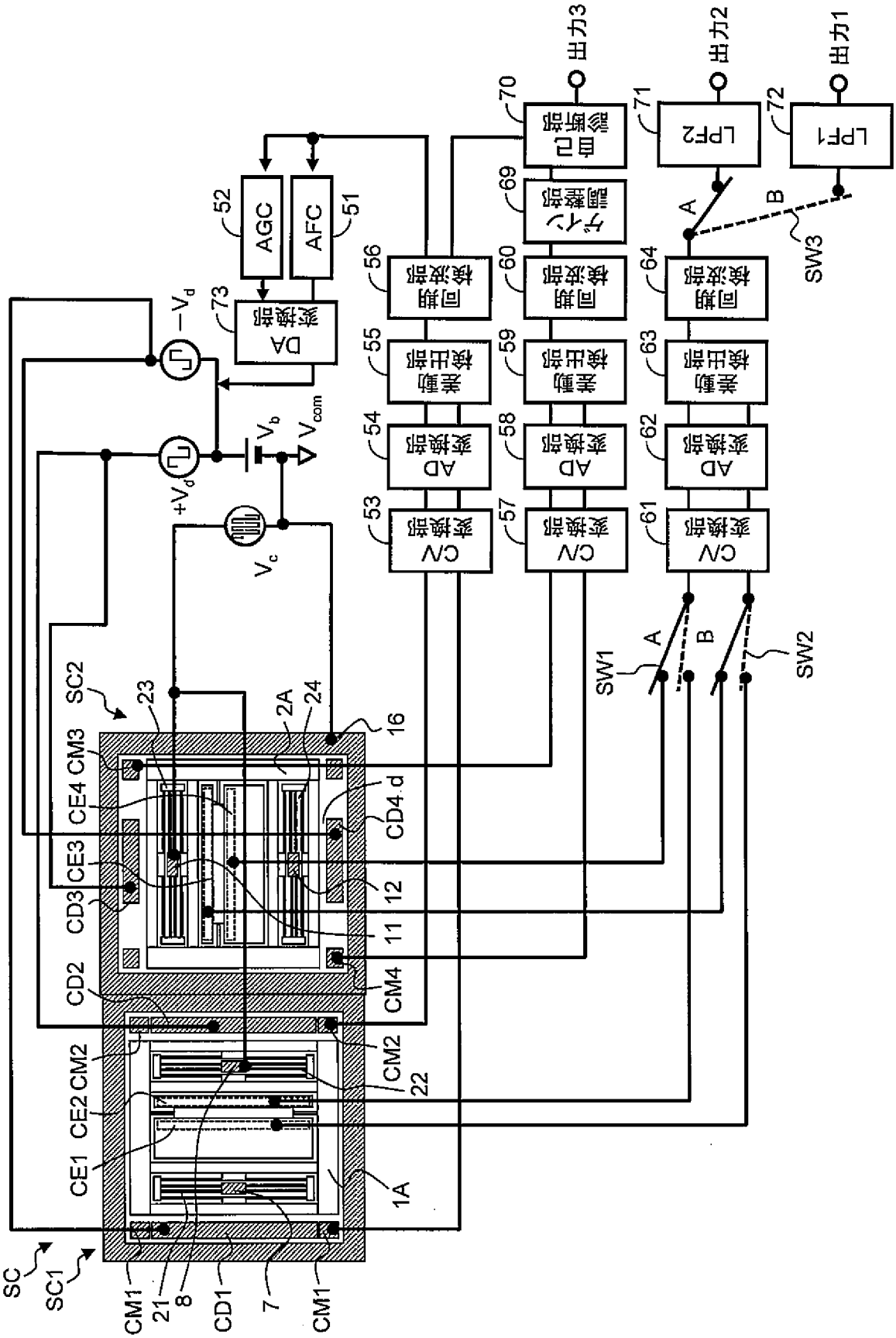
[図13]

図１３


出力3
出力2
出力1
診断部
LPF2
LPF1
70
71
72
ゲイン調整部
69
AGC
AFC
52
51
DA変換部
73
$-V_d$
$+V_d$
V_b
V_{com}
V_c
ゲイン調整部
75
ゲイン調整部
74
同期検波部
56
60
64
差動検出部
55
59
63
AD変換部
54
58
62
CV変換部
53
57
61
SW1
SW2
SW3
A
B
SB2
SB1
CM3
CE4
CE3
CD3
CD2
CE2
CM2
CE1
CM1
CD4
CM4
16
12
11
8
CD1
7

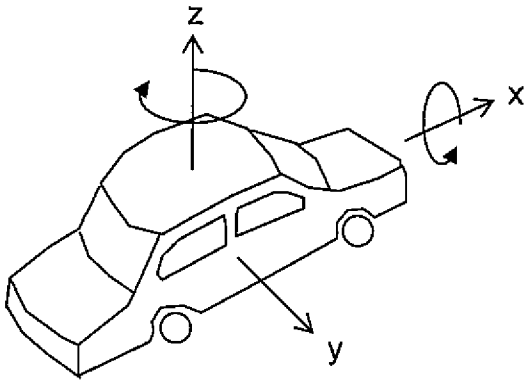
[図14]

図14


出力3
出力2
出力1
LPF1
LPF2
SW3
SW2
SW1
CV変換部
AD変換部
差動検出部
同期検波部
ゲイン調整部
自己診断部
AGC
AFC
DA変換部
SC2
SC1
SC
CM1
CM2
CM3
CM4
CD1
CD2
CD3
CD4
CE1
CE2
CE3
CE4
1A
2A
7
8
11
12
16
21
22
23
24

[図15]

図１５



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/056978

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01C19/5762(2012.01)i, *G01C19/5726*(2012.01)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)
G01C19/5762, G01C19/5726

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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 A	JP 9-210691 A (Tokin Corp.), 12 August 1997 (12.08.1997), entire text; all drawings (Family: none)	1-3,7,13 4-6,8-12
A	JP 2004-309476 A (Denso Corp.), 04 November 2004 (04.11.2004), paragraphs [0012], [0013]; fig. 1 & US 2004/0231419 A1 & DE 102004014915 A & FR 2853060 A1 & KR 10-2004-0085034 A	1-13
A	JP 2010-002361 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 07 January 2010 (07.01.2010), paragraphs [0063] to [0066]; fig. 4, 8 & US 2009/0314084 A1 & KR 10-2009-0133096 A	1-13

☒ 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	Date of mailing of the international search report
17 April, 2012 (17.04.12)	01 May, 2012 (01.05.12)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/056978

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 7-019878 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 20 January 1995 (20.01.1995), entire text; all drawings (Family: none)	1-13
A	JP 2006-267094 A (Kyocera Kinseki Corp.), 05 October 2006 (05.10.2006), paragraph [0032]; fig. 1 (Family: none)	1-13

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１２／０５６９７８

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01C19/5762(2012.01)i, G01C19/5726(2012.01)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.　G01C19/5762, G01C19/5726

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	１９７１－２０１２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１２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 A	JP 9-210691 A (株式会社トーキン) 1997.08.12, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-3,7,13 4-6,8-12
A	JP 2004-309476 A (株式会社デンソー) 2004.11.04, 段落【００１２】,【００１３】, 図１ & US 2004/0231419 A1 & DE 102004014915 A & FR 2853060 A1 & KR 10-2004-0085034 A	1-13
A	JP 2010-002361 A (株式会社村田製作所) 2010.01.07, 段落【００６３】－【００６６】, 図４, ８ & US 2009/0314084 A1 & KR	1-13

☑　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 １７．０４．２０１２	国際調査報告の発送日 ０１．０５．２０１２
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 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）　２Ｓ　３３０７ 櫻井　健太 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
	10-2009-0133096 A	
A	JP 7-019878 A (株式会社村田製作所) 1995.01.20, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-13
A	JP 2006-267094 A (京セラキンセキ株式会社) 2006.10.05, 段落【００３２】, 図１ (ファミリーなし)	1-13