

(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
2018年5月17日(17.05.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/088066 A1

- (51) 国際特許分類:
G01P 15/08 (2006.01) G01P 15/12 (2006.01)
G01C 19/5776 (2012.01) G01P 15/125 (2006.01)
G01P 15/09 (2006.01) G01P 15/18 (2013.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/035965
- (22) 国際出願日: 2017年10月3日(03.10.2017)
- (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 2016-220963 2016年11月11日(11.11.2016) JP
- (71) 出願人: ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社(SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) [JP/JP]; 〒2430014

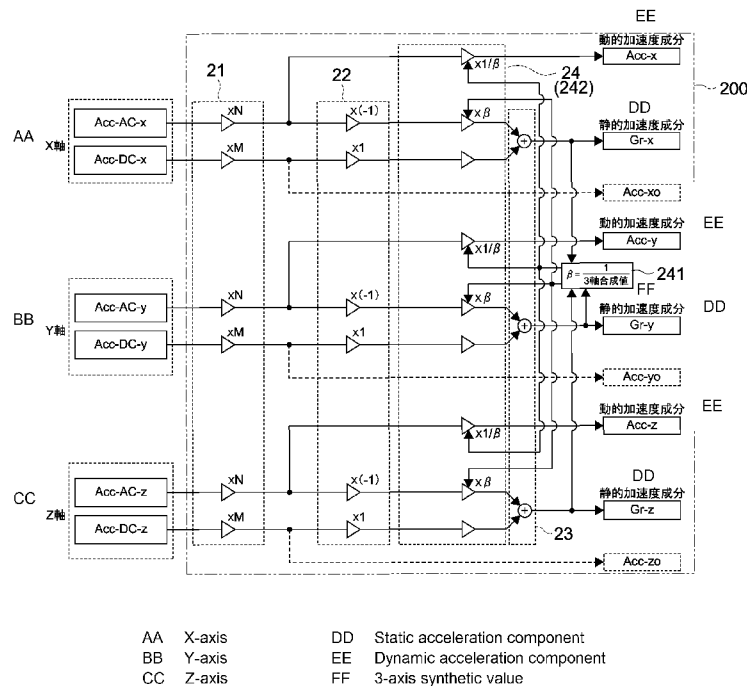
神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 Kanagawa (JP).

- (72) 発明者: 梶澤 秀年 (KABASAWA, Hidetoshi); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町4丁目14-1 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 加藤 祐作 (KATO, Yusaku); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町4丁目14-1 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 三谷 諭司 (MITANI, Satoshi); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町4丁目14-1 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP).

(54) Title: SIGNAL PROCESSING DEVICE, INERTIA SENSOR, ACCELERATION MEASURING METHOD, ELECTRONIC DEVICE AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 信号処理装置、慣性センサ、加速度測定方法、電子機器およびプログラム

[図11]



(57) Abstract: A signal processing device according to one aspect of the present technology is provided with an acceleration calculation unit. The acceleration calculation unit extracts a dynamic acceleration component and a static acceleration component from AN acceleration, on the basis of a first detection signal which includes information related to the acceleration along at least one axis direction and has an alternating current waveform according to the acceleration and a second detection signal which includes information related to the acceleration and has an output waveform in which an



(74) 代理人:大森 純一(OMORI, Junichi); 〒1070052
東京都港区赤坂 7 - 5 - 4 7 U & M
赤坂ビル 2 F 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, ST, 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:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

alternating current component according to the acceleration overlaps a direct current component.

(57) 要約: 本技術の一形態に係る信号処理装置は、加速度演算部を具備する。上記加速度演算部は、少なくとも一軸方向に沿った加速度に関連する情報を含み、上記加速度に応じた交流波形を有する第1の検出信号と、上記加速度に関連する情報を含み、上記加速度に応じた交流成分が直流成分に重畳した出力波形を有する第2の検出信号とに基づいて、上記加速度から動的加速度成分および静的加速度成分を抽出する。

明 細 書

発明の名称：

信号処理装置、慣性センサ、加速度測定方法、電子機器およびプログラム
技術分野

[0001] 本技術は、例えば、検出対象に作用する加速度を検出する信号処理装置、慣性センサ、加速度測定方法、電子機器およびプログラムに関する。

背景技術

[0002] 近年、電子機器の姿勢検出、移動体の位置検出、カメラの手振れ補正、人や物体の運動解析等の技術分野において、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術を用いた加速度センサが広く用いられている。この種の加速度センサには、圧電型、piezo抵抗型、静電容量型等の種々の検出方式のものが知られている（例えば特許文献1～3参照）。

[0003] 例えば特許文献1には、メンブレンと、メンブレンの下部に備えられた質量体と、メンブレン上に形成され圧電体を含む検知手段とを含み、検知手段の出力に基づいて加速度を測定する慣性センサが記載されている。

[0004] また、特許文献2には、板状部材と、重錘体と、これらの間を接続する板状橋梁部と、板状橋梁部の根端部および先端部にそれぞれ配置されたpiezo抵抗素子とを有し、これらpiezo抵抗素子の抵抗変化から加速度を検出する慣性センサが記載されている。

[0005] そして特許文献3には、可動電極としての第1の電極部と、固定電極としての第2の電極部とを有し、これらの間のギャップ変化に基づく静電容量の変化を検出することで加速度を測定する静電型デバイスが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2013-125025号公報

特許文献2：特開2015-92145号公報

特許文献3：特開2016-59191号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 上述した従来の慣性センサの出力には、検出対象である物体の運動加速度のほか、当該物体に作用する重力加速度が含まれる。このため、姿勢を変化させながら複雑な挙動をしているときの運動加速度の測定誤差が大きく、加速度検出精度の向上が困難であった。

[0008] 以上のような事情に鑑み、本技術の目的は、物体に作用する運動加速度を精度よく測定することができる信号処理装置、慣性センサ、加速度測定方法、電子機器およびプログラムを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 本技術の一形態に係る信号処理装置は、加速度演算部を具備する。

上記加速度演算部は、少なくとも一軸方向に沿った加速度に関連する情報を含み、上記加速度に応じた交流波形を有する第1の検出信号と、上記加速度に関連する情報を含み、上記加速度に応じた交流成分が直流成分に重畳した出力波形を有する第2の検出信号とに基づいて、上記加速度から動的加速度成分および静的加速度成分を抽出する。

[0010] 第1の検出信号および第2の検出信号には、典型的には、それぞれ検出方式が異なる加速度センサの出力が用いられる。第1の検出信号および第2の検出信号はいずれも運動加速度等の動的加速度成分（AC成分）を含むが、第2の検出信号は、AC成分だけでなく、重力加速度のような静的加速度成分（DC成分）をも含む。本技術では、これら第1および第2の検出信号から動的加速度成分と静的加速度成分とを抽出するように構成される。これにより、物体に作用する運動加速度を精度よく測定することができる。

[0011] 上記第1の検出信号および上記第2の検出信号は、上記一軸方向を含む多軸方向の加速度に関連する情報をさらに含んでもよい。この場合、上記加速度演算部は、上記多軸方向各々について動的加速度成分および静的加速度成分を抽出する。

これにより、3軸方向に沿った動的加速度成分を精度よく測定することが

できる。

[0012] 上記加速度演算部は、典型的には、上記第 1 の検出信号と上記第 2 の検出信号との差分信号に基づいて、上記加速度から上記静的加速度成分を抽出する演算回路を有する。

これにより、加速度情報から静的加速度成分を抽出することができる。

[0013] この場合、上記加速度演算部は、上記第 1 の検出信号と上記第 2 の検出信号とが同一レベルとなるように各信号のゲインを調整するゲイン調整回路をさらに有してもよい。

[0014] 上記加速度演算部は、上記差分信号に基づいて補正係数を算出し、上記補正係数を用いて上記第 1 の検出信号および上記第 2 の検出信号のいずれか一方を補正する補正回路をさらに有してもよい。

[0015] 上記補正回路は、上記第 1 の検出信号および上記第 2 の検出信号のいずれか一方の加速度変化が所定以上の場合には、上記補正係数を用いて上記第 1 の検出信号を補正するように構成されてもよい。

[0016] あるいは、上記補正回路は、上記第 1 の検出信号および上記第 2 の検出信号のいずれか一方の加速度変化が所定以下の場合には、上記補正係数を用いて上記第 2 の検出信号を補正するように構成されてもよい。

[0017] 一方、上記加速度演算部は、上記多軸方向各々について算出された上記差分信号の合成値を用いて上記動的加速度成分および上記静的加速度成分を補正する低域感度補正部をさらに有してもよい。

[0018] 上記演算回路は、上記第 2 の検出信号から上記直流成分を含む低周波成分を通過させるローパスフィルタと、上記第 1 の検出信号と上記ローパスフィルタの出力信号とを差分演算する第 1 の減算器と、を有してもよい。

この時、減算器は第 2 の検出信号から第 1 の検出信号を減算したうえ、更にマイナス符号を削除する演算器と、を有してもよい。

これにより、加速度情報から静的加速度成分を抽出することができる。

[0019] この場合、上記演算回路は、上記ローパスフィルタの出力信号と上記第 1 の減算器の出力信号とを差分演算する第 2 の減算器と、上記第 1 の検出信号

と上記第2の減算器の出力信号とを加算する加算器と、をさらに有してもよい。

これにより、加速度情報から動的加速度成分を抽出することができる。

[0020] 上記加速度演算部は、上記動的加速度成分と上記静的加速度成分とを並列的に出力してもよいし、これらを逐次的に出力するように構成されてもよい。

[0021] 上記信号処理装置は、上記一軸方向を含む多軸まわりの角速度に関連する情報を含む第3の検出信号に基づいて、上記多軸まわりの角速度をそれぞれ算出する角速度演算部をさらに具備してもよい。

[0022] 本技術の一形態に係る慣性センサは、センサ素子と、コントローラとを具備する。

上記センサ素子は、素子本体と、第1の加速度検出部と、第2の加速度検出部とを有する。上記素子本体は、少なくとも一軸方向に沿った加速度を受けて運動可能な可動部を有する。上記第1の加速度検出部は、上記可動部に作用する上記加速度に関連する情報を含み、上記加速度に応じた交流波形を有する第1の検出信号を出力する。上記第2の加速度検出部は、上記加速度に関連する情報を含み、上記加速度に応じた交流成分が直流成分に重畳した出力波形を有する第2の検出信号を出力する。

上記コントローラは、上記第1の検出信号と上記第2の検出信号とに基づいて、上記加速度から動的加速度成分および静的加速度成分を抽出する加速度演算部を有する。

[0023] 上記第1の加速度検出部は、上記可動部に設けられた圧電型の加速度検出素子を含んでもよい。

[0024] 一方、上記第2の加速度検出部は、上記可動部に設けられた piezo 抵抗式の加速度検出素子、あるいは、上記可動部に設けられた静電容量式の加速度検出素子を含んでもよい。

[0025] 本技術の一形態に係る加速度測定方法は、少なくとも一軸方向に沿った加速度に関連する情報を含み、上記加速度に応じた交流波形を有する第1の検

出信号を取得し、

上記加速度に関連する情報を含み、上記加速度に応じた交流成分が直流成分に重畳した出力波形を有する第2の検出信号を取得し、

上記第1の検出信号と上記第2の検出信号とに基づいて、上記加速度から動的加速度成分および静的加速度成分を抽出する。

[0026] 本技術の一形態に係る電子機器は、慣性センサを具備する。

上記慣性センサは、センサ素子と、コントローラとを有する。

上記センサ素子は、素子本体と、第1の加速度検出部と、第2の加速度検出部とを有する。上記素子本体は、少なくとも一軸方向に沿った加速度を受けて運動可能な可動部を有する。上記第1の加速度検出部は、上記可動部に作用する上記加速度に関連する情報を含み、上記加速度に応じた交流波形を有する第1の検出信号を出力する。上記第2の加速度検出部は、上記加速度に関連する情報を含み、上記加速度に応じた交流成分が直流成分に重畳した出力波形を有する第2の検出信号を出力する。

上記コントローラは、上記第1の検出信号と上記第2の検出信号とに基づいて、上記加速度から動的加速度成分および静的加速度成分を抽出する加速度演算部を有する。

[0027] 本技術の一形態に係るプログラムは、信号処理装置に、

少なくとも一軸方向に沿った加速度に関連する情報を含み、上記加速度に応じた交流波形を有する第1の検出信号を取得するステップと、

上記加速度に関連する情報を含み、上記加速度に応じた交流成分が直流成分に重畳した出力波形を有する第2の検出信号を取得するステップと、

上記第1の検出信号と上記第2の検出信号とに基づいて、上記加速度から動的加速度成分および静的加速度成分を抽出するステップと

を実行させる。

発明の効果

[0028] 以上のように、本技術によれば、物体に作用する運動加速度を精度よく測定することができる。

なお、ここに記載された効果は必ずしも限定されるものではなく、本開示中に記載されたいずれかの効果であってもよい。

図面の簡単な説明

[0029] [図1]本技術の一実施形態に係る慣性センサの構成を示すブロック図である。

[図2]上記慣性センサにおけるセンサ素子の表面側の概略斜視図である。

[図3]上記センサ素子の裏面側の概略斜視図である。

[図4]上記センサ素子の平面図である。

[図5A]加速度無印加時における上記加速度センサ素子の概略側断面図である。

[図5B] x 軸方向に沿った加速度発生時における上記加速度センサ素子の概略側断面図である。

[図5C] z 軸方向に沿った加速度発生時における上記加速度センサ素子の概略側断面図である。

[図6A]上記センサ素子に作用する加速度の一例を示す模式図である。

[図6B]図 6 Aにおいてセンサ素子から出力される検出信号の一例を示す図である。

[図7A]上記センサ素子に作用する加速度の一例を示す模式図である。

[図7B]図 7 Aにおいてセンサ素子から出力される検出信号の一例を示す図である。

[図8A]上記センサ素子に作用する加速度の一例を示す模式図である。

[図8B]図 8 Aにおいてセンサ素子から出力される検出信号の一例を示す図である。

[図9A]上記センサ素子に作用する加速度の一例を示す模式図である。

[図9B]図 9 Aにおいてセンサ素子から出力される検出信号の一例を示す図である。

[図10A]図 9 Aにおいてセンサ素子から出力される検出信号の他の例を示す図である。

[図10B]図 9 Aにおいてセンサ素子から出力される検出信号の他の例を示す図

である。

[図11]上記慣性センサにおける加速度演算部の一構成例を示す回路図である。

[図12]上記加速度演算部における一軸方向についての処理ブロックを示す図である。

[図13]検出方式の異なる複数の加速度センサの出力特性を説明する図である。

[図14]上記加速度演算部の一作用を説明する図である。

[図15]上記加速度演算部の一作用を説明する図である。

[図16]上記加速度演算部の一作用を説明する図である。

[図17]上記加速度演算部の一作用を説明する図である。

[図18]上記加速度演算部の一作用を説明する図である。

[図19]上記加速度演算部の一作用を説明する図である。

[図20]上記加速度演算部の処理手順の一例を示すフローチャートである。

[図21]本技術の他の実施形態に係る慣性センサの構成を示すブロック図である。

[図22]本技術の他の実施形態に係る慣性センサにおける加速度演算部の一構成例を示す回路図である。

[図23]上記加速度演算部の一作用を説明する図である。

[図24]上記加速度演算部の一作用を説明する図である。

[図25]上記加速度演算部の一作用を説明する図である。

[図26]上記加速度演算部の一作用を説明する図である。

[図27]上記加速度演算部の一作用を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0030] 以下、本技術に係る実施形態を、図面を参照しながら説明する。

[0031] <第1の実施形態>

[全体構成]

図1は、本技術の一実施形態に係る慣性センサの構成を示すブロック図で

ある。

[0032] 本実施形態の慣性センサ 1 は、例えば、車両や航空機等の移動体、スマートフォン等の携帯型情報端末、デジタルカメラ等の電子機器、運動計測装置におけるセンサヘッド部等に内蔵される。慣性センサ 1 は、上記移動体、携帯情報端末、電子機器、センサヘッド等の物体（検出対象）に作用する 3 軸方向の加速度を検出する加速度センサとして構成される。

[0033] 特に本実施形態の慣性センサ 1 は、上記 3 軸方向の加速度から動的加速度成分と静的加速度成分とをそれぞれ抽出することが可能に構成される。

ここで、動的加速度成分とは、上記加速度の AC 成分を意味し、典型的には、上記物体の運動加速度（並進加速度、遠心加速度、接線加速度など）に相当する。一方、静的加速度成分とは、上記加速度の DC 成分を意味し、典型的には、重力加速度あるいは重力加速度と推定される加速度に相当する。

[0034] 図 1 に示すように、慣性センサ 1 は、センサ素子 10 と、コントローラ 20（信号処理装置）とを有する。図 2 は、センサ素子 10 の構成を概略的に示す表面側の斜視図である。

[0035] センサ素子 10 は、図 2 における 3 軸（ x 、 y および z 軸）方向の加速度に関連する情報をそれぞれ検出する 2 種類の加速度検出部（第 1 の加速度検出部 11、第 2 の加速度検出部 12）を有する。

[0036] 第 1 の加速度検出部 11 は例えば圧電型の加速度センサであって、第 1 の検出信号として、 x 軸方向に平行な加速度に関連する情報を含む信号（Acc-AC- x ）、 y 軸方向に平行な加速度に関連する情報を含む信号（Acc-AC- y ）および z 軸方向に平行な加速度に関連する情報を含む信号（Acc-AC- z ）をそれぞれ出力する。これらの信号は、各軸の加速度に応じた交流波形を有する。

[0037] 一方、第 2 の加速度検出部 12 は非圧電型の加速度センサであって、第 2 の検出信号として、 x 軸方向に平行な加速度に関連する情報を含む信号（Acc-DC- x ）、 y 軸方向に平行な加速度に関連する情報を含む信号（Acc-DC- y ）および z 軸方向に平行な加速度に関連する情報を含む信号（Acc-DC- z ）をそれぞれ出力する。これらの信号は、各軸の加速度に応じた交流成分が直流成分

に重畳した出力波形を有する。

[0038] コントローラ 20 は、第 1 の加速度検出部 11 の出力（第 1 の検出信号）と第 2 の加速度検出部 12 の出力（第 2 の検出信号）とに基づいて、上記 3 軸方向の加速度から動的加速度成分と静的加速度成分とをそれぞれ抽出する加速度演算部 200 を有する。

[0039] なお、コントローラ 20 は、CPU（Central Processing Unit）、RAM（Random Access Memory）、ROM（Read Only Memory）等のコンピュータに用いられるハードウェア要素および必要なソフトウェアにより実現され得る。CPU に代えて、またはこれに加えて、FPGA（Field Programmable Gate Array）等の PLD（Programmable Logic Device）、あるいは、DSP（Digital Signal Processor）等が用いられてもよい。

[0040] 続いて、慣性センサ 1 の詳細について説明する。

[0041] [センサ素子]

（基本構成）

まず、図 2～図 4 を参照して、センサ素子 10 の基本構成について説明する。図 3 はセンサ素子 10 の裏面側の斜視図、図 4 はセンサ素子 10 の表面側の平面図である。

[0042] センサ素子 10 は、素子本体 110 と、第 1 の加速度検出部 11（第 1 の検出素子 11x1, 11x2, 11y1, 11y2）と、第 2 の加速度検出部 12（第 2 の検出素子 12x1, 12x2, 12y1, 12y2）とを有する。

[0043] 素子本体 110 は、xy 平面に平行な主面部 111 と、その反対側の支持部 114 とを有する。素子本体 110 は、典型的には、SOI（Silicon On Insulator）基板で構成され、主面部 111 を形成する活性層（シリコン基板）と支持部 114 を形成する枠状の支持層（シリコン基板）との積層構造を有する。主面部 111 と支持部 114 とは厚みが相互に異なり、支持部 114 が主面部 111 よりも厚く形成される。

[0044] 素子本体 110 は、加速度を受けて運動することが可能な可動板 120（

可動部)を有する。可動板120は、主面部111の中央部に設けられ、主面部111を形成する上記活性層を所定形状に加工することで形成される。より具体的に、主面部111に形成された複数の溝部112により、主面部111の中心部に関して対称な形状の複数(本例では4つ)のブレード部121~124を有する可動板120が構成される。主面部111の周縁部は、支持部114とz軸方向に対向するベース部115を構成する。

[0045] 支持部114は、図3に示すように、可動板120の裏面を開放する矩形の凹部113を有する枠状に形成される。支持部114は、図示しない支持基板に接合される接合面として構成される。上記支持基板は、センサ素子10とコントローラ20とを電氣的に接続する回路基板で構成されてもよいし、当該回路基板と電氣的に接続される中継基板あるいはパッケージ基板で構成されてもよい。あるいは、支持部114には当該回路基板や中継基板等と電氣的に接続される複数の外部接続端子が設けられてもよい。

[0046] 可動板120の各ブレード部121~124は、それぞれ所定形状(本例では概略六角形状)の板片で構成され、z軸に平行な中心軸のまわりに90°間隔で配置される。各ブレード部121~124の厚みは、主面部111を構成する上記活性層の厚みに相当する。各ブレード部121~124は、可動板120の中央部120Cにおいて相互に一体的に接続され、それぞれが一体となって、ベース部115に対して相対移動可能に支持される。

[0047] 可動板120は、図3に示すように、重錘部125をさらに有する。重錘部125は、可動板120の中央部120Cの裏面および各ブレード部121~124の裏面に一体的に設けられる。重錘部125の大きさ、厚さ等は特に限定されず、可動板120の所望とする振動特性が得られる適宜の大きさに設定される。重錘部125は、例えば、支持部114を形成する上記支持層を所定形状に加工することで形成される。

[0048] 可動板120は、図2および図4に示すように、複数(本例では4つ)の橋梁部131~134を介してベース部115に接続される。複数の橋梁部131~134は、ブレード部121~124の間にそれぞれ設けられ、主

面部 1 1 1 を形成する上記活性層を所定形状に加工することで形成される。
橋梁部 1 3 1 および橋梁部 1 3 3 は、 x 軸方向に相互に対向して配置され、
橋梁部 1 3 2 および橋梁部 1 3 4 は、 y 軸方向に相互に対向して配置される。
。

[0049] 橋梁部 1 3 1 ～ 1 3 4 は、ベース部 1 1 5 に対して相対運動可能な可動部の一部を構成し、可動板 1 2 0 の中央部 1 2 0 C を弾性的に支持する。橋梁部 1 3 1 ～ 1 3 4 は、それぞれ同一の構成を有し、図 4 に示すように、第 1 の梁部 1 3 0 a と、第 2 の梁部 1 3 0 b と、第 3 の梁部 1 3 0 c とをそれぞれ有する。

[0050] 第 1 の梁部 1 3 0 a は、可動板 1 2 0 の中央部 1 2 0 C の周縁部から x 軸方向および y 軸方向にそれぞれ直線的に延び、相互に隣接するブレード部 1 2 1 ～ 1 2 4 の間にそれぞれ配置される。第 2 の梁部 1 3 0 b は、 x 軸方向および y 軸方向にそれぞれ直線的に延び、第 1 の梁部 1 3 0 a とベース部 1 1 5 との間をそれぞれ連結する。

[0051] 第 3 の梁部 1 3 0 c は、 x 軸方向および y 軸方向にそれぞれ交差する方向にそれぞれ直線的に延び、第 1 の梁部 1 3 0 a と第 2 の梁部 1 3 0 b との中間部と、ベース部 1 1 5 との間をそれぞれ連結する。各橋梁部 1 3 1 ～ 1 3 4 は、第 3 の梁部 1 3 0 c を 2 つずつ有しており、 xy 平面内において 2 つの第 3 の梁部 1 3 0 c が 1 つの第 2 の梁部 1 3 0 b を挟み込むように構成される。

[0052] 橋梁部 1 3 1 ～ 1 3 4 の剛性は、運動する可動板 1 2 0 を安定に支持することができる適度な値に設定される。特に、橋梁部 1 3 1 ～ 1 3 4 は、可動板 1 2 0 の自重で変形することができる適宜の剛性に設定され、その変形の大さは、後述する第 2 の加速度検出部 1 2 によって検出することが可能であれば、特に限定されない。

[0053] 以上のように可動板 1 2 0 は、素子本体 1 1 0 のベース部 1 1 5 に対して 4 つの橋梁部 1 3 1 ～ 1 3 4 を介して支持されており、加速度に応じた慣性力によって橋梁部 1 3 1 ～ 1 3 4 を支点としてベース部 1 1 5 に対して相対

的に運動（移動）可能に構成される。

[0054] 図5 A～Cは、可動板120の運動の様子を説明する概略側断面図であり、Aは加速度無印加時を、Bはx軸方向に沿った加速度発生時を、そしてCはz軸方向に沿った加速度発生時を、それぞれ示している。なお、図5 Bにおいて実線は、紙面左方向に加速度が発生したときの様子を示し、図5 Cにおいて実線は、紙面上方向に加速度が発生したときの様子を示している。

[0055] 加速度が発生していないとき、可動板120は、図2および図5 Aに示すようにベース部115の表面と平行な状態に維持される。この状態で、例えばx軸方向に沿った加速度が発生すると、可動板120は、図5 Bに示すようにy軸方向に延びる橋梁部132, 134を中心として反時計まわりに傾斜する。これにより、x軸方向に相互に対向する橋梁部131, 133は、それぞれz軸方向に沿って互いに反対方向への曲げ応力を受ける。

[0056] 同様に、y軸方向に沿った加速度が発生すると、図示せずとも、可動板120は、x軸方向に延びる橋梁部131, 133を中心として反時計まわり（又は時計まわり）に傾斜し、y軸方向に相互に対向する橋梁部132, 134は、それぞれz軸方向に沿って互いに反対方向への曲げ応力を受ける。

[0057] 一方、z軸方向に沿った加速度が発生すると、可動板120は、図5 Cに示すようにベース部115に対して昇降し、各橋梁部131～134は、それぞれz軸方向に沿って同一方向への曲げ応力を受ける。

[0058] 第1の加速度検出部11および第2の加速度検出部12は、橋梁部131～134にそれぞれ設けられる。慣性センサ1は、橋梁部131～134の曲げ応力に起因する変形を加速度検出部11, 12で検出することで、センサ素子10に作用する加速度の向きと大きさを測定する。

[0059] 以下、加速度検出部11, 12の詳細について説明する。

[0060] 第1の加速度検出部11は、図4に示すように、複数（本例では4つ）の第1の検出素子11x1, 11x2, 11y1, 11y2を有する。

[0061] 検出素子11x1, 11x2は、x軸方向に相互に対向する2つの橋梁部131, 133の表面の軸心上に設けられ、一方の検出素子11x1は橋梁

部 1 3 1 における第 1 の梁部 1 3 0 a に、他方の検出素子 1 1 x 2 は橋梁部 1 3 3 における第 1 の梁部 1 3 0 a にそれぞれ配置される。これに対して、検出素子 1 1 y 1, 1 1 y 2 は、y 軸方向に相互に対向する 2 つの橋梁部 1 3 2, 1 3 4 の表面の軸心上に設けられ、一方の検出素子 1 1 y 1 は橋梁部 1 3 2 における第 1 の梁部 1 3 0 a に、他方の検出素子 1 1 y 2 は橋梁部 1 3 4 における第 1 の梁部 1 3 0 a にそれぞれ配置される。

[0062] 第 1 の検出素子 1 1 x 1 ~ 1 1 y 2 は、それぞれ同一の構成を有しており、本実施形態では、第 1 の梁部 1 3 0 a の軸心方向に長辺を有する矩形の圧電型検出素子で構成される。第 1 の検出素子 1 1 x 1 ~ 1 1 y 2 は、下部電極層と、圧電膜と、上部電極層との積層体で構成される。

[0063] 圧電膜は、典型的には、チタン酸ジルコン酸鉛 (P Z T) で構成されるが、勿論これに限られない。圧電膜は、第 1 の梁部 1 3 0 a の z 軸方向への曲げ変形量 (応力) に応じた電位差を上部電極層と下部電極層との間に生じさせる (圧電効果)。上部電極層は、橋梁部 1 3 1 ~ 1 3 4 上に形成された図示しない配線層を介して、ベース部 1 1 5 の表面に設けられた中継端子 1 4 0 にそれぞれ電氣的に接続される。中継端子 1 4 0 は、上記支持基板に電氣的に接続される外部接続端子として構成されてもよく、例えば、上記支持基板に一端が接続されるボンディングワイヤの他端が接続される。下部電極層は、典型的には、グランド電位等の基準電位に接続される。

[0064] 以上のように構成される第 1 の加速度検出部 1 1 は、圧電膜の特性上応力変化が有った時のみ出力し、応力が掛かっていても、応力値が変化していない状態では出力しない為、主として、可動板 1 2 0 に作用する動的加速度 (運動加速度) の大きさを検出する。したがって、第 1 の加速度検出部 1 1 の出力 (第 1 の検出信号) は、運動加速度に応じた動的成分 (A C 成分) である交流波形を有する出力信号を主として含む。

[0065] 一方、第 2 の加速度検出部 1 2 は、図 4 に示すように、複数 (本例では 4 つ) の第 2 の検出素子 1 2 x 1, 1 2 x 2, 1 2 y 1, 1 2 y 2 を有する。

[0066] 検出素子 1 2 x 1, 1 2 x 2 は、x 軸方向に相互に対向する 2 つの橋梁部

1 3 1, 1 3 3 の表面の軸心上に設けられ、一方の検出素子 1 2 x 1 は橋梁部 1 3 1 における第 2 の梁部 1 3 0 b に、他方の検出素子 1 2 x 2 は橋梁部 1 3 3 における第 2 の梁部 1 3 0 b にそれぞれ配置される。これに対して、検出素子 1 2 y 1, 1 2 y 2 は、y 軸方向に相互に対向する 2 つの橋梁部 1 3 2, 1 3 4 の表面の軸心上に設けられ、一方の検出素子 1 2 y 1 は橋梁部 1 3 2 における第 2 の梁部 1 3 0 b に、他方の検出素子 1 2 y 2 は橋梁部 1 3 4 における第 2 の梁部 1 3 0 b にそれぞれ配置される。

[0067] 第 2 の検出素子 1 2 x 1 ~ 1 2 y 2 は、それぞれ同一の構成を有しており、本実施形態では、第 2 の梁部 1 3 0 b の軸心方向に長辺を有するpiezo抵抗型検出素子で構成される。第 2 の検出素子 1 2 x 1 ~ 1 2 y 2 は、抵抗層と、その軸方向の両端に接続された一对の端子部とを有する。

[0068] 抵抗層は、例えば、第 2 の梁部 1 3 0 b の表面（シリコン層）に不純物元素をドーピングすることで形成された導体層であり、第 2 の梁部 1 3 0 b の z 軸方向への曲げ変形量（応力）に応じた抵抗変化を上記一对の端子部間に生じさせる（piezo抵抗効果）。一对の端子部は、橋梁部 1 3 1 ~ 1 3 4 上に形成された図示しない配線層を介して、ベース部 1 1 5 の表面に設けられた中継端子 1 4 0 にそれぞれ電氣的に接続される。

[0069] 以上のように構成される第 2 の加速度検出部 1 2 は、piezo抵抗の特性上、絶対的応力値で抵抗値が決定する為、可動板 1 2 0 に作用する動的加速度（運動加速度）だけでなく、可動板 1 2 0 に作用する静的加速度（重力加速度）をも検出する。したがって、第 2 の加速度検出部 1 1 の出力（第 2 の検出信号）は、運動加速度に応じた動的成分（AC 成分）が、重力加速度あるいはそれに相当する静的成分（DC 成分）に重畳した出力波形を有する。

[0070] なお、第 2 の検出素子 1 2 x 1 ~ 1 2 y 2 は、piezo抵抗型の検出素子で構成される例に限られず、例えば静電型のように DC 成分の加速度を検出可能な他の非圧電式の検出素子で構成されてもよい。静電型の場合、電極対を構成する可動電極部および固定電極部は、第 2 の梁部 1 3 0 b の軸方向に対向して配置され、第 2 の梁部 1 3 0 b の上記曲げ変形量に応じて両電極部間

の対向距離が変化するように構成される。

[0071] 第1の加速度検出部11は、第1の検出素子11x1～11y2の出力に基づいて、x軸方向、y軸方向およびz軸方向各々の加速度検出信号（Acc-AC-x、Acc-AC-y、Acc-AC-z）をコントローラ20へそれぞれ出力する（図1参照）。

x軸方向の加速度検出信号（Acc-AC-x）は、検出素子11x1の出力（ax1）と検出素子11x2の出力（ax2）との差分信号（ax1-ax2）に相当する。y軸方向の加速度検出信号（Acc-AC-y）は、検出素子11y1の出力（ay1）と検出素子11y2の出力（ay2）との差分信号（ay1-ay2）に相当する。そして、z軸方向の加速度検出信号（Acc-AC-z）は、検出素子11x1～11y2の出力の総和（ax1+ax2+ay1+ay2）に相当する。

[0072] 同様に、第2の加速度検出部12は、第2の検出素子12x1～12y2の出力に基づいて、x軸方向、y軸方向およびz軸方向各々の加速度検出信号（Acc-DC-x、Acc-DC-y、Acc-DC-z）をコントローラ20へそれぞれ出力する（図1参照）。

x軸方向の加速度検出信号（Acc-DC-x）は、検出素子12x1の出力（bx1）と検出素子12x2の出力（bx2）との差分信号（bx1-bx2）に相当する。y軸方向の加速度検出信号（Acc-DC-y）は、検出素子12y1の出力（by1）と検出素子12y2の出力（by2）との差分信号（by1-by2）に相当する。そして、z軸方向の加速度検出信号（Acc-DC-z）は、検出素子12x1～12y2の出力の総和（bx1+bx2+by1+by2）に相当する。

[0073] 上記各軸方向の加速度検出信号の演算処理は、コントローラ20の前段で実行されてもよいし、コントローラ20において実行されてもよい。

[0074] 以下、センサ素子10の出力例を説明する。

[0075] （ケース1）

例えば、図6Aに示すように一定の回転数で回転する回転体R1の周面に取り付けられたセンサ素子10（第1及び第2の加速度検出部11，12）のz方向検出軸における出力波形の一例を図6Bに示す。

なお、回転体 R 1 は、センサ素子 10 の遠心力が無視できる大きさとなるようにその回転半径が小さく設定される（図 7 A、8 A、9 A についても同様）。また、図 6 A において X、Y および Z 軸は、実空間における直交 3 軸方向（Z 軸は鉛直方向）を表し（図 7 A、8 A、9 A についても同様）、図 6 B において横軸は位相又は時間、縦軸は z 軸方向の加速度の大きさをそれぞれ表している（図 7 B、8 B、9 B、10 A、10 B についても同様）。

[0076] 回転体 R 1 は、水平方向に平行な回転軸 R 1 a を有する。センサ素子 10 は、その z 方向検出軸が回転体 R 1 の径方向に向くように回転体 R 1 の周面に取り付けられる。ここでは図中上向きが重力方向と設定される（図 6 A 参照）。図 6 B は、回転体 R 1 を図中時計まわりに一定回転数で回転させたときの、第 1 の加速度検出部 11 から出力される検出信号 S 11 と、第 2 の加速度検出部 12 から出力される検出信号 S 12 の時間変化をそれぞれ示している。

[0077] 回転体 R 1 の回転に伴い、センサ素子 10 の z 軸に作用する重力加速度の大きさは周期的に変化する。また、センサ素子 10 は X 軸のまわりに等速回転するため、センサ素子 10 に加わる運動加速度（動的加速度）の時間変化は生じない。したがって、圧電式の検出素子で構成される第 1 の加速度検出部 11 は、回転位置に関係なく重力の影響をほとんど受けないため、検出信号 S 11（Acc-AC-z）はフラット（一定）となる。なお図示せずとも、x 方向検出軸および y 方向検出軸における検出信号（Acc-AC-x、Acc-AC-y）もゼロである。

[0078] これに対して、piezo抵抗型の検出素子で構成される第 2 の加速度検出部 12 は、センサ素子 10 の回転位置（図 6 A における位置 P 1～P 4）に応じて出力の大きさが変化し、z 方向検出軸が Z 軸と平行な回転位置（P 1，P 3）で出力が最大となり、z 方向検出軸と Z 軸とが垂直な回転位置（P 2，P 4）で出力がゼロとなる。このため検出信号 S 12（Acc-DC-z）は、回転運動に対して 2 G 幅（-1 G～+1 G）の静的加速度を検出する。なお図示せずとも、x 方向検出軸および y 方向検出軸における検出信号（Acc-DC-x

、Acc-DC-y) の出力は、重力方向とは直交関係にあるため、原理的にはいずれもゼロである。

[0079] (ケース 2)

回転体 R 1 の回転軸を図 7 A に示すように水平軸に対して斜め (例えば 45°) に傾斜させたときのセンサ素子 10 の z 方向検出軸における出力波形の一例を図 7 B に示す。第 1 の加速度検出部 11 の検出信号 S 11 (Acc-AC-z) は、ケース 1 と同様にゼロとなる。一方、第 2 の加速度検出部 12 の検出信号 S 12 (Acc-DC-z) については、センサ素子 10 の z 方向検出軸が鉛直方向 (Z 軸方向) に対して 45° 傾斜しているため、その出力の最大値はケース 1 よりも小さく、回転運動に対して $\sqrt{2}G$ 幅 ($-\sqrt{2}G/2 \sim +\sqrt{2}G/2$) の静的加速度を検出する。この場合、x 方向検出軸又は y 方向検出軸において、その回転位置に応じた重力加速度が検出される。

[0080] (ケース 3)

回転体 R 1 の回転軸を図 8 A に示すように鉛直軸に平行に配置したときのセンサ素子 10 の z 方向検出軸における検出信号 (Acc-AC-z、Acc-DC-z) は、図 8 B に示すようにいずれもゼロとなる。この場合も、x 方向検出軸又は y 方向検出軸において、その回転位置に応じた重力加速度が検出される。

[0081] (ケース 4)

次に、図 9 A に示すように X 軸方向に伸縮する加振部 R 2 a を有する振動台 R 2 の上に取り付けられたセンサ素子 10 (第 1 及び第 2 の加速度検出部 11, 12) の z 方向検出軸における出力波形の一例を図 9 B に示す。

[0082] センサ素子 10 は、z 方向検出軸が上方に向くように振動体 R 2 の XY 平面に平行な上面に取り付けられる。ここでは図中上向きが重力方向と設定される (図 9 A 参照)。図 9 B は、振動台 R 2 を上下方向に振動させたときの、第 1 の加速度検出部 11 から出力される検出信号 S 11 と、第 2 の加速度検出部 12 から出力される検出信号 S 12 の時間変化をそれぞれ示している。なお、振動台 R 2 の加振周波数は、圧電式の第 1 の加速度検出部 11 が加速度を検出可能な適宜の周波数 (例えば 1 Hz) に設定される。

[0083] 振動台 R 2 の振動に伴い、センサ素子 1 0 の z 軸に作用する重量加速度の大きさは周期的に変化する。圧電式の第 1 の加速度検出部 1 1 は、振動台の加振位置（図 9 A における位置 V 1 ～ V 4）に応じて出力の大きさが変化し、振動台 R 2 の下死点（V 2）と上死点（V 4）で出力が最大となり、検出信号 S 1 1（Acc-AC-z）は、図示の例では 1 G 幅（ $-0.5\text{ G} \sim 0.5\text{ G}$ ）の動的加速度を検出する。すなわち第 1 の加速度検出部 1 1 は、振動加速度に応じた交流波形を有する検出信号 S 1 1 を出力する。

[0084] 一方、piezo抵抗型の検出素子で構成される第 2 の加速度検出部 1 2 も同様に、振動台の加振位置に応じて出力の大きさが変化し、振動台 R 2 の下死点（V 2）と上死点（V 4）で出力が最大となる。ところが第 2 の加速度検出部 1 2 は、静的加速度成分である重力加速度をも同時に検出するため、検出信号 S 1 2（Acc-DC-z）は、 -1 G をベースラインとする 1 G 幅（ $-1.5\text{ G} \sim -0.5\text{ G}$ ）の動的加速度を検出する（図 6 B、9 B 参照）。すなわち第 2 の加速度検出部 1 2 は、振動加速度に応じた交流成分が DC 成分（本例では -1 G ）に重畳した出力波形を有する検出信号 S 1 2 を出力する。

[0085] （ケース 5）

次に、振動台 R 2 の加振周波数をケース 4 よりも小さくしたときのセンサ素子 1 0 の出力波形を図 1 0 A、B にそれぞれ示す。図 1 0 A は、加振周波数が 0.05 Hz のときの例を示し、図 1 0 B は、加振周波数が 0.01 Hz のときの例を示している。

[0086] 図 1 0 A、B に示すように、第 1 の加速度検出部 1 1 の検出信号 S 1 1（Acc-AC-z）の出力は、加振周波数が低くなるほど小さくなる。これは、第 1 の加速度検出部 1 1 を構成する圧電素子が後述するように所定周波数（ここでは例えば 0.5 Hz ）付近にカットオフ周波数を有するハイパスフィルタとして機能するためであり、カットオフ周波数以下の周波数帯域の加速度の検出感度は、当該カットオフ周波数より高い周波数帯域の加速度の検出感度と比較して低下する傾向にある。図 9 B の出力例と比較して、図 1 0 A については感度が 7 0 % 程度の場合を示し、図 1 0 B については感度が 1 0 % 程度

の場合を示している。

[0087] これに対して、第2の加速度検出部12の検出信号S12 (Acc-DC-z) に関しては、加振周波数を低下させた場合でも出力の低下は見られず、安定した出力感度が確保される。したがって、検出対象の比較的ゆっくりした運動や姿勢変化等も第2の加速度検出部12によって比較的高精度に検出することができる。なお後述するように、piezo抵抗型素子で構成される第2の加速度検出部12は、圧電素子で構成される第1の加速度検出部11と比較してダイナミックレンジが狭いため、検出対象の比較的大きな運動を高精度に検出するには不向きであるという側面がある。

[0088] 以上のように、圧電型の第1の加速度検出部11は、重力加速度等の静的加速度成分(DC成分)の影響を受けることなく正味の運動加速度(AC成分)を検出することができるものの、所定の低周波数帯域における感度が低下するという特性を有する。

一方、piezo抵抗型の第2の加速度検出部12は、検出対象の運動加速度が重力成分に重畳した出力波形を有するため、重力加速度との分離が困難であるものの、低周波数帯域においても一定の出力感度が得られるという特性を有する。

[0089] 本実施形態の慣性センサ1は、これら2つの検出信号S11, S12に基づいて、センサ素子10に作用する加速度から動的加速度成分および静的加速度成分を抽出することが可能なコントローラ20を有する。以下、コントローラ20の詳細について説明する。

[0090] (コントローラ)

コントローラ20は、センサ素子10と電氣的に接続されている。コントローラ20は、センサ素子10と共通に機器の内部に搭載されてもよいし、上記機器とは異なる外部機器に搭載されてもよい。前者の場合、コントローラ20は、例えば、センサ素子10が実装される回路基板上に実装されてもよいし、配線ケーブル等を介して上記回路基板とは異なる基板上に実装される。後者の場合、コントローラ20は、例えば、センサ素子10と無線また

は有線で通信可能に構成される。

[0091] 図 1 に示すように、コントローラ 20 は、加速度演算部 200 と、シリアルインタフェース 201 と、パラレルインタフェース 202 と、アナログインタフェース 203 とを有する。コントローラ 20 は、慣性センサ 1 の出力を受信する各種機器の制御ユニットに電氣的に接続される。

[0092] 加速度演算部 200 は、第 1 の加速度検出部 11 および第 2 の加速度検出部 12 から出力される各軸方向の加速度検出信号に基づいて、動的加速度成分 (Acc-x、Acc-y、Acc-z) および静的加速度成分 (Gr-x、Gr-y、Gr-z) をそれぞれ抽出する。

[0093] なお、加速度演算部 200 は、非一過性のコンピュータ読み取り可能な記録媒体の一例である ROM に記録されたプログラムを RAM 等にロードして CPU が実行することにより実現される。

[0094] シリアルインタフェース 201 は、加速度演算部 200 において生成された各軸の動的および静的加速度成分を上記制御ユニットへ逐次的に出力可能に構成される。パラレルインタフェース 202 は、加速度演算部 200 において生成された各軸の動的および静的加速度成分を上記制御ユニットへ並列的に出力可能に構成される。コントローラ 20 は、シリアルインタフェース 201 およびパラレルインタフェース 202 のうち、少なくとも一方だけ備えていてもよいし、上記制御ユニットからの指令によって選択的に切り替えてもよい。アナログインタフェース 203 は、第 1 および第 2 の加速度検出部 11, 12 の出力をそのまま上記制御ユニットへ出力可能に構成されるが、必要に応じて省略されてもよい。なお、図 1 において符号 204 は、上記各軸の加速度検出信号を AD (Analog-Digital) 変換するコンバータ 201 である。

[0095] 図 11 は、加速度演算部 200 の一構成例を示す回路図である。

[0096] 加速度演算部 200 は、ゲイン調整回路 21 と、符号反転回路 22 と、加算回路 23 と、補正回路 24 とを有する。これらの回路 21 ~ 24 は、x、y および z の各軸について共通の構成を有しており、各軸において共通の演

算処理を行うことで、各軸の動的加速度成分（運動加速度）および静的加速度成分（重力加速度）が抽出される。

[0097] 以下、代表的に、 x 軸方向の加速度検出信号の処理回路を例に挙げて説明する。図12に、 x 軸方向の加速度検出信号から静的加速度成分を抽出する処理ブロックを示す。

[0098] ゲイン調整回路21は、第1の加速度検出部11（11 $\times$ 1, 11 $\times$ 2）から出力される x 軸方向に関する第1の加速度検出信号（Acc-AC- x ）と、第2の加速度検出部12（12 $\times$ 1, 12 $\times$ 2）から出力される x 軸方向に関する第2の加速度検出信号（Acc-DC- x ）とが相互に同一レベルとなるように各信号のゲインを調整する。ゲイン調整回路21は、第1の加速検出部11の出力（Acc-AC- x ）および第2の加速度検出部12の出力（Acc-DC- x ）を増幅する増幅器を有する。

[0099] 一般に、加速度センサの出力感度およびダイナミックレンジは検出方式によって相違し、例えば図13に示すように、圧電方式の加速度センサにおいては、非圧電方式（ピエゾ抵抗方式、静電方式）の加速度センサよりも、出力感度が高く、ダイナミックレンジが広い（大きい）。本実施形態において、第1の加速度検出部11は圧電方式の加速度センサに相当し、第2の加速度検出部12はピエゾ抵抗方式の加速度センサに相当する。

[0100] そこでゲイン調整回路21は、これら加速度検出部11, 12各々の出力が同一レベルとなるように各加速度検出部11, 12の出力（第1および第2の加速度検出信号）をそれぞれ N 倍および M 倍に増幅する。増幅率 N , M は正数であり、 $N < M$ の関係を満たす。増幅率 N , M の値は特に限定されず、慣性センサ1の使用環境（使用温度）によっては、各加速度検出部11, 12の温度補償をも兼ねる係数として設定されてもよい。

[0101] 図14は、第1の加速度検出信号および第2の加速度検出信号の出力特性の一例であって、ゲイン調整前の出力特性とゲイン調整後の出力特性とを比較して示している。図において横軸は、慣性センサ1に作用する加速度の周波数を、縦軸は出力（感度）をそれぞれ示す（図15～図19についても同

様)。

[0102] 同図に示すように、圧電方式の第1の加速度検出信号(Acc-AC-x)では、0.5 Hz以下の低周波数領域の加速度成分の出力感度は、それよりも高い周波数領域の加速度成分の出力感度よりも低く、特に静止状態(運動加速度0)のときの出力感度はほぼ0である。これに対して、piezo抵抗方式の第2の加速度検出信号(Acc-DC-x)は、全周波数領域において一定の出力感度を有するため、静止状態における加速度成分(つまり静的加速度成分)も一定の出力感度で検出することができる。したがって、ゲイン調整回路21において第1の加速度検出信号および第2の加速度検出信号をそれぞれ同一の出力レベルとなるように各々所定の倍率で増幅することで、後述する差分演算回路において静的加速度成分を抽出することが可能となる。

[0103] 符号反転回路22および加算回路23は、第1の加速度検出信号(Acc-AC-x)と第2の加速度検出信号(Acc-DC-x)との差分信号に基づいて、各軸方向の加速度から静的加速度成分(DC成分)を抽出する差分演算回路を構成する。

[0104] 符号反転回路22は、ゲイン調整後の第1の加速度検出信号(Acc-AC-x)の符号を反転する反転増幅器(増幅率: -1)を有する。図15に、符号反転後の第1の加速度検出信号(Acc-AC-x)の出力特性の一例を示す。ここでは、センサ素子10がx軸方向に1Gの加速度を検出する場合を例に挙げて示す。

なお、第2の加速度検出信号(Acc-DC-x)は、その符号が反転されることなく、後段の加算回路23へ出力される。符号反転回路22は、その前段のゲイン調整回路21と共通に構成されてもよい。

[0105] 加算回路23は、符号反転回路22から出力される第1の加速度検出信号(Acc-AC-x)と第2の加速度検出信号(Acc-DC-x)とを加算して、静的加速度成分を出力する。図16に、加算回路23の出力特性の一例を示す。ゲイン調整回路21において第1および第2の加速度検出信号(出力)が同一レベルに調整されているため、これらの差分信号を得ることで、正味の静的加

速度成分 (Gr-x) が抽出されることになる。この静的加速度成分は、典型的には、重力加速度成分、あるいは重力加速度を含む加速度成分に相当する。

[0106] 加算回路 23 から出力される静的加速度成分が重力加速度のみである場合、理論的には図 17 に示すように、0 Hz 付近にのみ有意の加速度成分の出力が現れることとなる。しかし実際には、圧電検出型の第 1 の加速度検出部 11 の低周波付近での検出感度が低いこと、他軸感度の発生により対象軸以外の軸方向（ここでは、y 軸方向および z 軸方向）の加速度成分が不可避免的に重畳すること等の理由により、図 16 においてハッチングで示す周波数領域の動的加速度成分が誤差成分として加算回路 23 の出力に漏れ込む。そこで本実施形態では、加算回路 23 の出力に基づいて当該誤差分をキャンセルするための補正回路 24 を有する。

[0107] 補正回路 24 は、3 軸合成値演算部 241 と、低域感度補正部 242 とを有する。補正回路 24 は、加算回路 23 の出力（第 1 および第 2 の加速度検出信号の差分信号）に基づいて補正係数 β を算出し、この補正係数 β を用いて第 1 の加速度検出信号 (Acc-AC-x) を補正する。

[0108] 3 軸合成値演算部 241 は、x 軸、y 軸および z 軸方向すべての静的加速度成分を抽出する処理ブロックについて共通に設けられ、各軸における加算回路 23 の出力（第 1 および第 2 の加速度検出信号の差分信号）の合計値を用いて補正係数 β を算出する。

[0109] 具体的に、3 軸合成値演算部 241 は、3 軸方向の静的加速度成分 (Gr-x、Gr-y、Gr-z) の合成値 ($\sqrt{(Gr-x)^2 + (Gr-y)^2 + (Gr-z)^2}$) を算出し、その合成値が 1 を超える分を、低域感度誤差分（図 16 におけるハッチングで示す領域）とみなして、上記合成値の逆数に相当する補正係数 β を算出する。

$$\beta = 1 / (\sqrt{(Gr-x)^2 + (Gr-y)^2 + (Gr-z)^2})$$

[0110] なお、3 軸方向各々の静的加速度成分 (Gr-x、Gr-y、Gr-z) の値は、センサ素子 10 の姿勢によって異なり、また、センサ素子 10 の姿勢変化に応じて時々刻々と変化する。例えば、センサ素子 10 の z 軸方向が重力方向（鉛

直方向)と一致する場合には、 x 軸方向および y 軸方向の静的加速度成分(G_{r-x} 、 G_{r-y})よりも、 z 軸方向の静的加速度成分(G_{r-z})が大きな値を示す。このように3軸方向各々の静的加速度成分(G_{r-x} 、 G_{r-y} 、 G_{r-z})の値から、その時刻におけるセンサ素子10の重力方向を推定することが可能となる。

[0111] 低域感度補正部242は、補正係数 β を符号反転された第1の加速度検出信号($Acc-AC-x$)に乗ずる乗算器を有する。これにより第1の加速度検出信号は、低域感度誤差が減殺された状態で加算回路23へ入力されるため、加算回路23から図17に示すような周波数特性の加速度信号が出力される。このように重力加速度に相当する静的加速度成分のみが出力される結果、重力加速度成分の抽出精度が向上する。

[0112] 本実施形態において補正回路24は、静的加速度成分の演算に際して、第1の加速度検出信号に補正係数 β に乗ずる処理を実行するように構成されているが、これに限られず、第2の加速度検出信号($Acc-DC-x$)に補正係数 β に乗ずる処理を実行するように構成されてもよいし、加速度変化の大きさに応じて、補正すべき加速度検出信号が第1の加速度検出信号と第2の加速度検出信号との間で切り替えられてもよい。

[0113] 補正回路24は、第1の加速度検出信号および第2の加速度検出信号のいずれか一方の加速度変化が所定以上の場合には、補正係数 β を用いて第1の加速度検出信号を補正するように構成される。加速度変化が大きい(印加周波数が高い)ほど、第1の加速度検出信号に誤差成分が漏れ込む割合が高まるため、当該誤差成分を効率よく減殺することができる。当該構成は、例えば運動解析用途のように、運動加速度が比較的大きい場合に特に有効である。

[0114] 一方、補正回路24は、第1の加速度検出信号および第2の加速度検出信号のいずれか一方の加速度変化が所定以下の場合には、補正係数 β を用いて第2の加速度検出信号を補正するように構成される。加速度変化が小さい(印加周波数が低い)ほど、第2の加速度検出信号に誤差成分が漏れ込む割合が高まるため、当該誤差成分を効率よく減殺することができる。当該構成は

、例えばデジタルカメラの水平出し動作のように、運動加速度が比較的小さい場合に特に有効である。

[0115] 各軸方向の静的加速度成分は以上のようにして抽出されるが、各軸方向の動的加速度成分 (Acc-x、Acc-y、Acc-z) の抽出には、図 11 に示すように、ゲイン調整回路 21 においてゲイン調整された第 1 の加速度検出信号 (Acc-AC-x、Acc-AC-y、Acc-AC-z) が参照される。

[0116] ここで、動的加速度成分の抽出に第 1 の加速度検出信号がそのまま用いられてもよいが、上述のように動的加速度成分の一部が静的加速度成分に漏れ込む場合があるため、動的加速度成分が目減りして高精度な検出が困難になる。そこで、補正回路 24 において算出される補正係数 β を用いて、第 1 の加速度検出信号を補正することで、動的加速度成分の検出精度を図ることが可能となる。

[0117] より具体的に、補正回路 24 (低域感度補正部 242) は、図 11 に示すように、3 軸合成値演算部 241 で取得した補正係数 β の逆数 ($1/\beta$) を第 1 の加速度信号 (Acc-AC-x、Acc-AC-y、Acc-AC-z) に乗ずる乗算器を有する。これにより、第 1 の加速度信号の低域感度成分が補償されるため、動的加速度成分 (Acc-x、Acc-y、Acc-z) の抽出精度が向上する。図 18 に、その動的加速度成分の出力特性を模式的に示す。

[0118] 本実施形態において補正回路 24 は、動的加速度成分の演算に際して、第 1 の加速度検出信号に補正係数の逆数 ($1/\beta$) を乗ずる処理を実行するように構成されているが、これに限られず、第 2 の加速度検出信号 (Acc-DC-x、Acc-DC-y、Acc-DC-z) に補正係数の逆数 ($1/\beta$) を乗ずる処理を実行するように構成されてもよい。あるいは、上述の静的加速度成分の演算手法と同様に、加速度変化の大きさに応じて、補正すべき加速度検出信号が第 1 の加速度検出信号と第 2 の加速度検出信号との間で切り替えられてもよい。

[0119] 低域感度補正部 242 による動的加速度成分および静的加速度成分の補正処理は、典型的には、3 軸合成値演算部 241 で算出される合成値が 1 G (G: 重力加速度) 以外の場合に有効とされる。なお、上記合成値が 1 G 未満

となる場合としては、例えばセンサ素子 10 が自由落下しているときなどが挙げられる。

[0120] なお、圧電方式で検出された第 1 の加速度検出信号は、ハイパスフィルタ（H P F）的な出力特性を有し、そのカットオフ周波数以下の出力が低域感度の誤差成分として加算回路 23 の出力に残存する（図 16 参照）。本実施形態では補正回路 24 を用いた演算的な手法で上記誤差成分が減殺されるが、当該誤差成分のキャンセリング精度を高める上で上記カットオフ周波数は低いほど好ましい。

[0121] そこで、第 1 の加速度検出部 11 を構成する検出素子（11 x 1, 11 x 2, 11 y 1, 11 y 2）の圧電膜として、例えば、容量および内部抵抗が比較的大きい圧電体がいわれてもよい。これにより、例えば図 19において一点鎖線で示すように、低域感度のカットオフ周波数を極力 0 Hz 付近まで低くすることができるため、低域感度の誤差成分を極力小さくすることが可能となる。

[0122] [加速度測定方法]

次に、以上のように構成される加速度演算部 200 における加速度信号の処理方法について説明する。

[0123] センサ素子 10 に加速度が作用すると、可動板 120 はベース部 115 に対して加速度の方向に応じて図 5 A ~ C に示す態様で運動する。第 1 の加速度検出部 11（検出素子 11 x 1, 11 x 2, 11 y 1, 11 y 2）および第 2 の加速度検出部 12（検出素子 12 x 1, 12 x 2, 12 y 1, 12 y 2）は、橋梁部 131 ~ 134 の機械的変形量に応じた検出信号をコントローラ 20 へ出力する。

[0124] 図 20 は、コントローラ 20（加速度演算部 200）における加速度検出信号の処理手順の一例を示すフローチャートである。

[0125] コントローラ 20 は、所定のサンプリング間隔で、第 1 の加速度検出部 11 からは各軸の第 1 の加速度検出信号（Acc-AC-x、Acc-AC-y、Acc-AC-z）を取得し、第 2 の加速度検出部 12 からは各軸の第 2 の加速度検出信号（Acc-D

C-x、Acc-DC-y、Acc-DC-z)を受信(取得)する(ステップ101, 102)。これら検出信号の取得は、同時に(並列的に)行われてもよいし、順次的に(直列的に)行われてもよい。

[0126] 続いてコントローラ20は、各軸について第1および第2の加速度検出信号が同一レベルとなるように各検出信号のゲインをゲイン調整回路21において調整する(図14、ステップ103, 104)。また必要に応じて、各軸について第1および第2の加速度検出信号の温度補償等を目的とした補正が行われる(ステップ105, 106)。

[0127] 次に、コントローラ20は、各軸の第1の加速度検出信号(Acc-AC-x、Acc-AC-y、Acc-AC-z)を動的加速度算出系統(運動加速度系統)と静的加速度算出系統(重力加速度系統)とにそれぞれ分岐する(ステップ107, 108)。静的加速度算出系統に分岐した第1の加速度検出信号は、符号反転回路22において符号が反転された後、加算回路23に入力される(図15、ステップ109)。

[0128] コントローラ20は、加算回路23において、各軸について、符号反転された第1の加速度検出信号(Acc-AC-x、Acc-AC-y、Acc-AC-z)と、第2の加速度検出信号(Acc-DC-x、Acc-DC-y、Acc-DC-z)とを加算して静的加速度成分(G_{r-x} 、 G_{r-y} 、 G_{r-z})を算出する(図16、ステップ110)。さらにコントローラ20は、3軸合成値演算部241においてこれら静的加速度成分の3軸合成値を演算し(ステップ111)、その値が1G以外の場合は、低域感度補正部242において上記合成値の逆数である補正係数 β を上記符号反転された第1の加速度検出信号(Acc-AC-x、Acc-AC-y、Acc-AC-z)に乗ずる処理を実行する(ステップ112, 113)。コントローラ20は、上記合成値が1Gのとき、算出された重力加速度成分(静的加速度成分)を外部へ出力する(ステップ114)。なおこれに限られず、上記合成値を算出する毎に、算出された重力加速度成分(静的加速度成分)が外部へ出力されてもよい。

[0129] 一方、コントローラ20は、上記合成値が1G以外のとき、算出された補

正係数 β の逆数($1/\beta$)を、運動加速度系統に分岐した第1の加速度検出信号(Acc-AC-x、Acc-AC-y、Acc-AC-z)に乗じる処理を実行する(ステップ112、115)。コントローラ20は、上記合成値が1Gのとき、算出された運動加速度成分(動的加速度成分)を外部へ出力する(ステップ116)。なおこれに限られず、上記合成値を算出する毎に、算出された運動加速度成分(動的加速度成分)が外部へ出力されてもよい。

[0130] 以上のように本実施形態の慣性センサ1は、第1および第2の加速度検出部11、12の検出方式の違いを利用することで、これらの出力から動的加速度成分と静的加速度成分とを抽出するように構成される。これにより、物体(電子機器等の検出対象)に作用する運動加速度を精度よく測定することができる。

[0131] また、本実施形態によれば、慣性センサ1の出力から重力加速度成分を精度よく抽出することができるため、重力方向に対する検出対象の姿勢を高精度に検出することができる。これにより、例えば飛行体のような検出対象の水平姿勢を安定に維持することができるようになる。

[0132] さらに本実施形態によれば、第1の加速度検出部11に圧電型の加速度センサが採用され、第2の加速度検出部12として非圧電型(ピエゾ抵抗型あるいは静電容量型)の加速度センサが採用されているため、ダイナミックレンジが広く、しかも低周波領域での感度が高い慣性センサを得ることができる。

[0133] <第2の実施形態>

図21は、本技術の第2の実施形態に係る慣性センサの構成を示すブロック図である。以下、第1の実施形態と異なる構成について主に説明し、第1の実施形態と同様の構成については同様の符号を付しその説明を省略または簡略化する。

[0134] 本実施形態の慣性センサ2は、第1および第2の加速度検出部11、12と、x軸、y軸およびz軸の3軸まわりの角速度に関連する情報を含む3軸角速度検出信号(第3の検出信号)を出力する角速度検出部30と、コント

ローラ 220 とを有する。コントローラ 220 は、加速度演算部 200 に加えて、3 軸角速度検出信号に基づいて上記 3 軸まわりの角速度をそれぞれ算出する角速度演算部 300 を有する点で、第 1 の実施形態と相違する。

[0135] 角速度検出部 30 は、3 軸まわりの角速度を検出可能な 3 軸一体型の単一のセンサ素子で構成されてもよいし、単軸または 2 軸一体型のセンサ素子を複数組み合わせで構成されてもよい。角速度演算部 300 は、3 軸まわりの角速度検出信号 (Gyro-x、Gyro-y、Gyro-z) に基づいて、3 軸まわりの角速度信号 (ω -x、 ω -y、 ω -z) をそれぞれ算出し、シリアルインタフェース 201、パラレルインタフェース 202 あるいはアナログインタフェース 203 を介して外部へ出力する。角速度演算部 300 は、加速度演算部 200 と別個に構成されてもよいし、加速度演算部 200 と共通の演算部 230 で構成されてもよい。

[0136] 本実施形態によれば、3 軸方向の加速度だけでなく、これら 3 軸まわりの角速度をも検出することができる。これにより、加速度情報および角速度情報を同時に参照して検出対象の動きや姿勢、位置等の検出精度の更なる向上を図ることができる。

[0137] 例えば、加速度演算部 200 で算出された運動加速度情報と、角速度演算部 300 で算出された角速度情報とを組み合わせ、検出対象の回転半径や回転中心を算出することができる (特許第 5407863 号参照)。

[0138] <第 3 の実施形態>

続いて、本技術の第 3 の実施形態について説明する。図 22 は、本実施形態に係る加速度演算部 210 の一構成例を示す回路図である。ここでは、x 軸方向についての処理ブロックを示しているが、図示せずとも、y 軸方向および z 軸方向についての処理ブロックも同様な回路で構成される。

[0139] 本実施形態の加速度演算部 210 は、ゲイン調整回路 21 と、ローパスフィルタ 25 と、第 1 の減算器 26 と、第 2 の減算器 27 と、加算器 28 とを有する。加速度演算部 210 は、各軸単独で、低域感度の誤差成分をキャンセルすることができるように構成されている。

[0140] ゲイン調整回路 21 は、第 1 の実施形態と同様に、第 1 の加速度検出信号 (Acc-AC-x) と第 2 の加速度検出信号 (Acc-DC-x) とが同一レベルとなるように各信号のゲインを調整する (図 14 参照)。

[0141] ローパスフィルタ 25 は、例えば、0.1 Hz 以下の加速度成分を通過させることが可能なカットオフ周波数に設定される。ローパスフィルタ 25 のカットオフ周波数は、典型的には、第 1 の加速度検出部 11 を構成する圧電素子のカットオフ周波数又はこれよりも低い周波数に設定される。ローパスフィルタ 25 は、ゲイン調整された第 2 の加速検出信号 (Acc-DC-x) のうち、重力加速度等の直流成分を含む低周波成分を出力する。ローパスフィルタ 25 の出力信号の一例を図 23 に模式的に示す。

なお

[0142] 第 1 の減算器 26 は、ゲイン調整された第 1 の検出信号 (Acc-AC-x) とローパスフィルタ 25 の出力信号とを差分演算する。本例では、第 1 の検出信号をその極性を反転させてローパスフィルタ 25 の出力に加算する。これにより図 24 に模式的に示すような出力特性を有する加速度信号が得られる。第 1 の減算器 26 は、その差分演算して得られる加速度信号を、図 25 に示すように極性が除去された信号に変換し、これを静的加速度成分 (Gr-x) として出力する。この信号は、センサ素子の x 方向検出軸において検出された正味の重力加速度成分に相当する。

[0143] 一方、第 2 の減算器 27 は、ローパスフィルタ 25 の出力信号と第 1 の減算器 26 の出力信号とを差分演算する。これにより、図 26 に模式的に示すように、ローパスフィルタ 25 を通過した第 2 の加速度検出信号 (Acc-DC-x) から正味の重力加速度成分が除去された出力特性が得られる。

[0144] 加算器 28 は、ゲイン調整された第 1 の加速度検出信号 (Acc-AC-x) と第 2 の減算器 27 の出力信号とを加算する。これにより、図 27 に模式的に示すような出力特性を有する加速度信号が得られる。すなわち加算器 28 は、第 1 の加速度検出信号 (Acc-AC-x) の低周波領域が第 2 の減算器 27 の出力で補正された信号を、動的加速度成分 (Acc_x) として出力する。この信号は

、センサ素子の x 方向検出軸において検出された正味の運動加速度成分に相当する。

[0145] 以上のように本実施形態においても上述の第1の実施形態と同様の作用効果を得ることができる。特に本実施形態によれば、各軸単独で動的加速度成分および静的加速度成分の低域感度を補正することができるため、回路構成の簡素化あるいは演算負荷の低減を図ることが可能となる。

[0146] [変形例]

以上の実施形態では、センサ素子として、図2～4に示したセンサ素子10が用いられたが、3軸方向の加速度を検出できるものであれば、構成は特に限定されない。

[0147] また以上の実施形態では、3軸方向の加速度検出信号から動的加速度成分と静的加速度成分を抽出する演算回路として図6を例に挙げて説明したが、演算方法はこれに限られず、適宜変更することが可能である。

[0148] さらに以上の実施形態では、圧電型の第1の加速度検出部11と非圧電型の第2の加速度検出部12の双方を用いて動的加速度成分および静的加速度成分を抽出したが、検出対象の動きの態様によって、両加速度検出部11, 12を使い分けて動的加速度成分あるいは静的加速度成分を取得するようにしてもよい。例えば、検出対象の動きが比較的小さい場合は、静的加速度成分については非圧電型の第2の加速度検出部の検出信号に基づいて算出し、動的加速度成分については圧電型の第1の加速度検出部の検出信号に基づいて算出してもよい。

[0149] なお、本技術は以下のような構成もとることができる。

(1) 少なくとも一軸方向に沿った加速度に関連する情報を含み、前記加速度に応じた交流波形を有する第1の検出信号と、前記加速度に関連する情報を含み、前記加速度に応じた交流成分が直流成分に重畳した出力波形を有する第2の検出信号とに基づいて、前記加速度から動的加速度成分および静的加速度成分を抽出する加速度演算部

を具備する信号処理装置。

(2) 上記(1)に記載の信号処理装置であって、

前記第1の検出信号および前記第2の検出信号は、前記一軸方向を含む多軸方向の加速度に関連する情報をさらに含み、

前記加速度演算部は、前記多軸方向各々について動的加速度成分および静的加速度成分を抽出する

信号処理装置。

(3) 上記(1)又は(2)に記載の信号処理装置であって、

前記加速度演算部は、前記第1の検出信号と前記第2の検出信号との差分信号に基づいて、前記加速度から前記静的加速度成分を抽出する演算回路を有する

信号処理装置。

(4) 上記(3)に記載の信号処理装置であって、

前記加速度演算部は、前記第1の検出信号と前記第2の検出信号とが同一レベルとなるように各信号のゲインを調整するゲイン調整回路をさらに有する

信号処理装置。

(5) 上記(3)又は(4)に記載の信号処理装置であって、

前記加速度演算部は、前記差分信号に基づいて補正係数を算出し、前記補正係数を用いて前記第1の検出信号および前記第2の検出信号のいずれか一方を補正する補正回路をさらに有する

信号処理装置。

(6) 上記(5)に記載の信号処理装置であって、

前記補正回路は、前記第1の検出信号および前記第2の検出信号のいずれか一方の加速度変化が所定以上の場合には、前記補正係数を用いて前記第1の検出信号を補正する

信号処理装置。

(7) 上記(5)又は(6)に記載の信号処理装置であって、

前記補正回路は、前記第1の検出信号および前記第2の検出信号のいずれ

か一方の加速度変化が所定以下の場合には、前記補正係数を用いて前記第2の検出信号を補正する

信号処理装置。

(8) 上記(2)～(7)のいずれか1つに記載の信号処理装置であって、
前記加速度演算部は、前記多軸方向各々について算出された前記差分信号の合成値を用いて前記動的加速度成分および前記静的加速度成分を補正する低域感度補正部をさらに有する

信号処理装置。

(9) 上記(3)又は(4)に記載の信号処理装置であって、
前記演算回路は、
前記第2の検出信号から前記直流成分を含む低周波成分を通過させるローパスフィルタと、

前記第1の検出信号と前記ローパスフィルタの出力信号とを差分演算する第1の減算器と、を有する

信号処理装置。

(10) 上記(9)に記載の信号処理装置であって、
前記演算回路は、前記ローパスフィルタの出力信号と前記第1の減算器の出力信号とを差分演算する第2の減算器と、

前記第1の検出信号と前記第2の減算器の出力信号とを加算する加算器と、をさらに有する

信号処理装置。

(11) 上記(1)～(10)のいずれか1つに記載の信号処理装置であって、

前記加速度演算部は、前記動的加速度成分と前記静的加速度成分とを並列的に出力する

信号処理装置。

(12) 上記(1)～(10)のいずれか1つに記載の信号処理装置であって、

前記加速度演算部は、前記動的加速度成分と前記静的加速度成分とを逐次的に出力する

信号処理装置。

(13) 上記(1)～(13)のいずれか1つに記載の信号処理装置であって、

前記一軸方向を含む多軸まわりの角速度に関連する情報を含む第3の検出信号に基づいて、前記多軸まわりの角速度をそれぞれ算出する角速度演算部をさらに具備する

信号処理装置。

(14) 少なくとも一軸方向に沿った加速度を受けて運動可能な可動部を有する素子本体と、前記可動部に作用する前記加速度に関連する情報を含み、前記加速度に応じた交流波形を有する第1の検出信号を出力する第1の加速度検出部と、前記加速度に関連する情報を含み、前記加速度に応じた交流成分が直流成分に重畳した出力波形を有する第2の検出信号を出力する第2の加速度検出部と、を有するセンサ素子と、

前記第1の検出信号と前記第2の検出信号とに基づいて、前記加速度から動的加速度成分および静的加速度成分を抽出する加速度演算部を有するコントローラと

を具備する慣性センサ。

(15) 上記(14)に記載の慣性センサであって、

前記第1の加速度検出部は、前記可動部に設けられた圧電型の加速度検出素子を含む

慣性センサ。

(16) 上記(14)又は(15)に記載の慣性センサであって、

前記第2の加速度検出部は、前記可動部に設けられた piezo 抵抗式の加速度検出素子を含む

慣性センサ。

(17) 上記(14)又は(15)に記載の慣性センサであって、

前記第2の加速度検出部は、前記可動部に設けられた静電容量式の加速度検出素子を含む

慣性センサ。

(18) 少なくとも一軸方向に沿った加速度に関連する情報を含み、前記加速度に応じた交流波形を有する第1の検出信号を取得し、

前記加速度に関連する情報を含み、前記加速度に応じた交流成分が直流成分に重畳した出力波形を有する第2の検出信号を取得し、

前記第1の検出信号と前記第2の検出信号とに基づいて、前記加速度から動的加速度成分および静的加速度成分を抽出する

加速度測定方法。

(19) 少なくとも一軸方向に沿った加速度を受けて運動可能な可動部を有する素子本体と、前記可動部に作用する前記加速度に関連する情報を含み、前記加速度に応じた交流波形を有する第1の検出信号を出力する第1の加速度検出部と、前記加速度に関連する情報を含み、前記加速度に応じた交流成分が直流成分に重畳した出力波形を有する第2の検出信号を出力する第2の加速度検出部と、を有するセンサ素子と、

前記第1の検出信号と前記第2の検出信号とに基づいて、前記加速度から動的加速度成分および静的加速度成分を抽出する加速度演算部を有するコントローラと

を有する慣性センサ

を具備する電子機器。

(20) 信号処理装置に、

少なくとも一軸方向に沿った加速度に関連する情報を含み、前記加速度に応じた交流波形を有する第1の検出信号を取得するステップと、

前記加速度に関連する情報を含み、前記加速度に応じた交流成分が直流成分に重畳した出力波形を有する第2の検出信号を取得するステップと、

前記第1の検出信号と前記第2の検出信号とに基づいて、前記加速度から動的加速度成分および静的加速度成分を抽出するステップと

を実行させるプログラム。

符号の説明

- [0150] 1, 2…慣性センサ
10…センサ素子
11 (11x1, 11x2, 11y1, 11y2) …第1の加速度検出部
12 (12x1, 12x2, 12y1, 12y2) …第2の加速度検出部
20, 220…コントローラ
21…ゲイン調整回路
24…補正回路
110…素子本体
120…可動板
200…加速度演算部
300…角速度演算部

請求の範囲

- [請求項1] 少なくとも一軸方向に沿った加速度に関連する情報を含み、前記加速度に応じた交流波形を有する第1の検出信号と、前記加速度に関連する情報を含み、前記加速度に応じた交流成分が直流成分に重畳した出力波形を有する第2の検出信号とに基づいて、前記加速度から動的加速度成分および静的加速度成分を抽出する加速度演算部を具備する信号処理装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の信号処理装置であって、
前記第1の検出信号および前記第2の検出信号は、前記一軸方向を含む多軸方向の加速度に関連する情報をさらに含み、
前記加速度演算部は、前記多軸方向各々について動的加速度成分および静的加速度成分を抽出する
信号処理装置。
- [請求項3] 請求項1に記載の信号処理装置であって、
前記加速度演算部は、前記第1の検出信号と前記第2の検出信号との差分信号に基づいて、前記加速度から前記静的加速度成分を抽出する演算回路を有する
信号処理装置。
- [請求項4] 請求項3に記載の信号処理装置であって、
前記加速度演算部は、前記第1の検出信号と前記第2の検出信号とが同一レベルとなるように各信号のゲインを調整するゲイン調整回路をさらに有する
信号処理装置。
- [請求項5] 請求項3に記載の信号処理装置であって、
前記加速度演算部は、前記差分信号に基づいて補正係数を算出し、前記補正係数を用いて前記第1の検出信号および前記第2の検出信号のいずれか一方を補正する補正回路をさらに有する
信号処理装置。

- [請求項6] 請求項5に記載の信号処理装置であって、
前記補正回路は、前記第1の検出信号および前記第2の検出信号のいずれか一方の加速度変化が所定以上の場合には、前記補正係数を用いて前記第1の検出信号を補正する
信号処理装置。
- [請求項7] 請求項5に記載の信号処理装置であって、
前記補正回路は、前記第1の検出信号および前記第2の検出信号のいずれか一方の加速度変化が所定以下の場合には、前記補正係数を用いて前記第2の検出信号を補正する
信号処理装置。
- [請求項8] 請求項2に記載の信号処理装置であって、
前記加速度演算部は、前記多軸方向各々について算出された前記差分信号の合成値を用いて前記動的加速度成分および前記静的加速度成分を補正する低域感度補正部をさらに有する
信号処理装置。
- [請求項9] 請求項3に記載の信号処理装置であって、
前記演算回路は、
前記第2の検出信号から前記直流成分を含む低周波成分を通過させるローパスフィルタと、
前記第1の検出信号と前記ローパスフィルタの出力信号とを差分演算する第1の減算器と、を有する
信号処理装置。
- [請求項10] 請求項9に記載の信号処理装置であって、
前記演算回路は、前記ローパスフィルタの出力信号と前記第1の減算器の出力信号とを差分演算する第2の減算器と、
前記第1の検出信号と前記第2の減算器の出力信号とを加算する加算器と、をさらに有する
信号処理装置。

- [請求項11] 請求項1に記載の信号処理装置であって、
前記加速度演算部は、前記動的加速度成分と前記静的加速度成分とを並列的に出力する
信号処理装置。
- [請求項12] 請求項1に記載の信号処理装置であって、
前記加速度演算部は、前記動的加速度成分と前記静的加速度成分とを逐次的に出力する
信号処理装置。
- [請求項13] 請求項1に記載の信号処理装置であって、
前記一軸方向を含む多軸まわりの角速度に関連する情報を含む第3の検出信号に基づいて、前記多軸まわりの角速度をそれぞれ算出する角速度演算部をさらに具備する
信号処理装置。
- [請求項14] 少なくとも一軸方向に沿った加速度を受けて運動可能な可動部を有する素子本体と、前記可動部に作用する前記加速度に関連する情報を含み、前記加速度に応じた交流波形を有する第1の検出信号を出力する第1の加速度検出部と、前記加速度に関連する情報を含み、前記加速度に応じた交流成分が直流成分に重畳した出力波形を有する第2の検出信号を出力する第2の加速度検出部と、を有するセンサ素子と、
前記第1の検出信号と前記第2の検出信号とに基づいて、前記加速度から動的加速度成分および静的加速度成分を抽出する加速度演算部を有するコントローラと
を具備する慣性センサ。
- [請求項15] 請求項14に記載の慣性センサであって、
前記第1の加速度検出部は、前記可動部に設けられた圧電型の加速度検出素子を含む
慣性センサ。
- [請求項16] 請求項14に記載の慣性センサであって、

前記第2の加速度検出部は、前記可動部に設けられたピエゾ抵抗式の加速度検出素子を含む

慣性センサ。

[請求項17]

請求項14に記載の慣性センサであって、

前記第2の加速度検出部は、前記可動部に設けられた静電容量式の加速度検出素子を含む

慣性センサ。

[請求項18]

少なくとも一軸方向に沿った加速度に関連する情報を含み、前記加速度に応じた交流波形を有する第1の検出信号を取得し、

前記加速度に関連する情報を含み、前記加速度に応じた交流成分が直流成分に重畳した出力波形を有する第2の検出信号を取得し、

前記第1の検出信号と前記第2の検出信号とに基づいて、前記加速度から動的加速度成分および静的加速度成分を抽出する

加速度測定方法。

[請求項19]

少なくとも一軸方向に沿った加速度を受けて運動可能な可動部を有する素子本体と、前記可動部に作用する前記加速度に関連する情報を含み、前記加速度に応じた交流波形を有する第1の検出信号を出力する第1の加速度検出部と、前記加速度に関連する情報を含み、前記加速度に応じた交流成分が直流成分に重畳した出力波形を有する第2の検出信号を出力する第2の加速度検出部と、を有するセンサ素子と、

前記第1の検出信号と前記第2の検出信号とに基づいて、前記加速度から動的加速度成分および静的加速度成分を抽出する加速度演算部を有するコントローラと

を有する慣性センサ

を具備する電子機器。

[請求項20]

信号処理装置に、

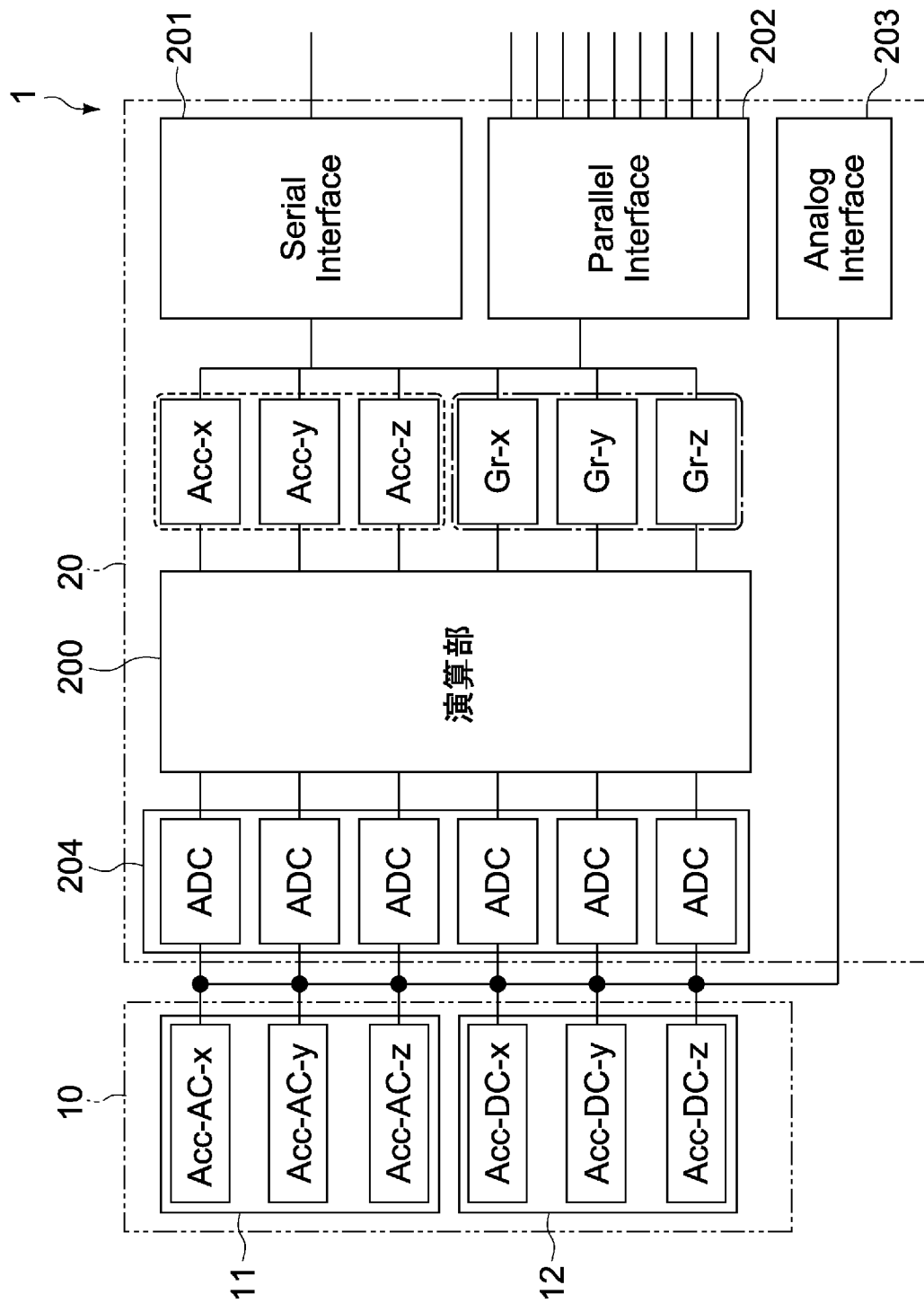
少なくとも一軸方向に沿った加速度に関連する情報を含み、前記加速度に応じた交流波形を有する第1の検出信号を取得するステップと

、

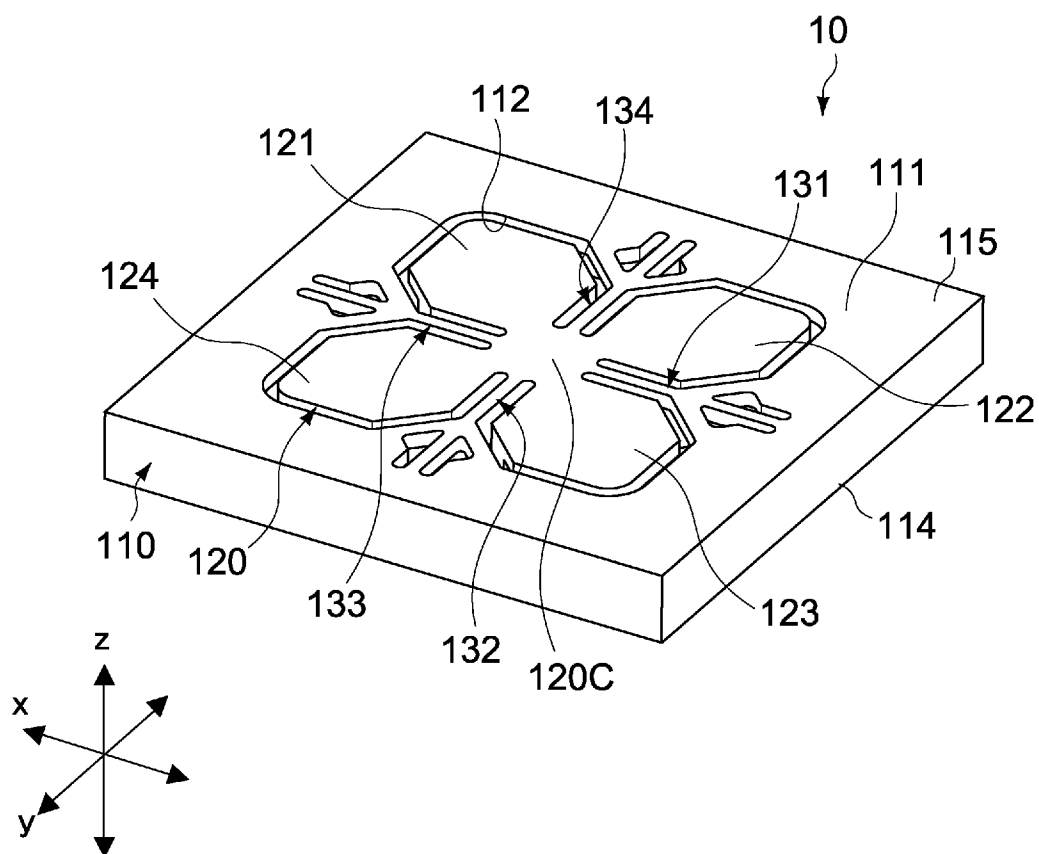
前記加速度に関連する情報を含み、前記加速度に応じた交流成分が直流成分に重畳した出力波形を有する第２の検出信号を取得するステップと、

前記第１の検出信号と前記第２の検出信号とに基づいて、前記加速度から動的加速度成分および静的加速度成分を抽出するステップと
を実行させるプログラム。

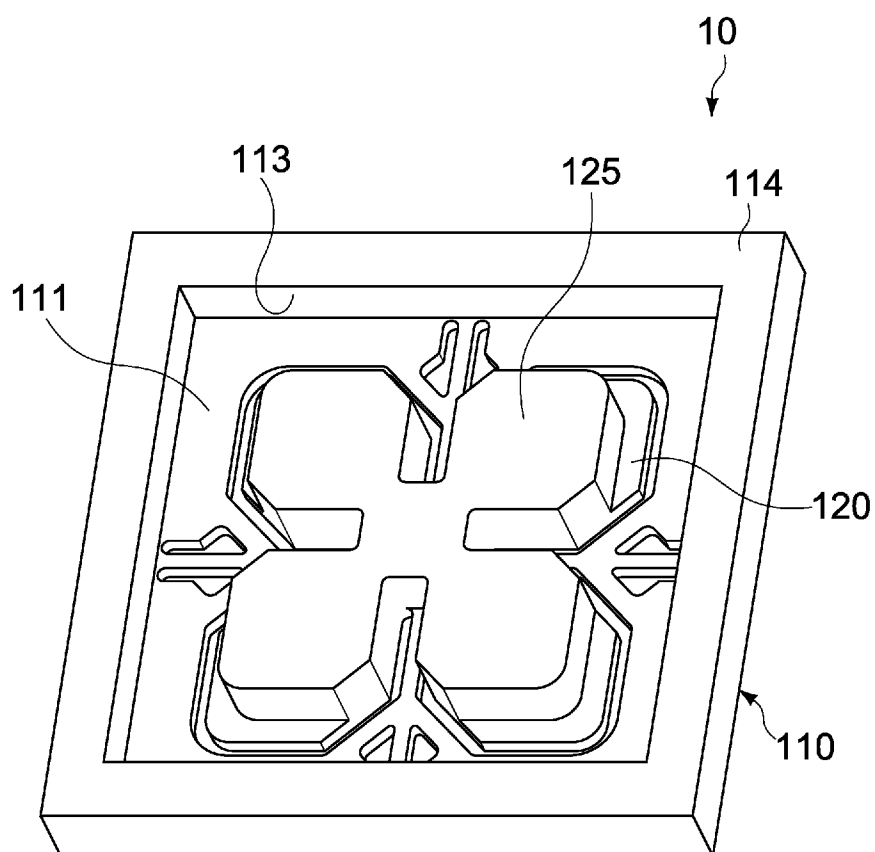
[図1]



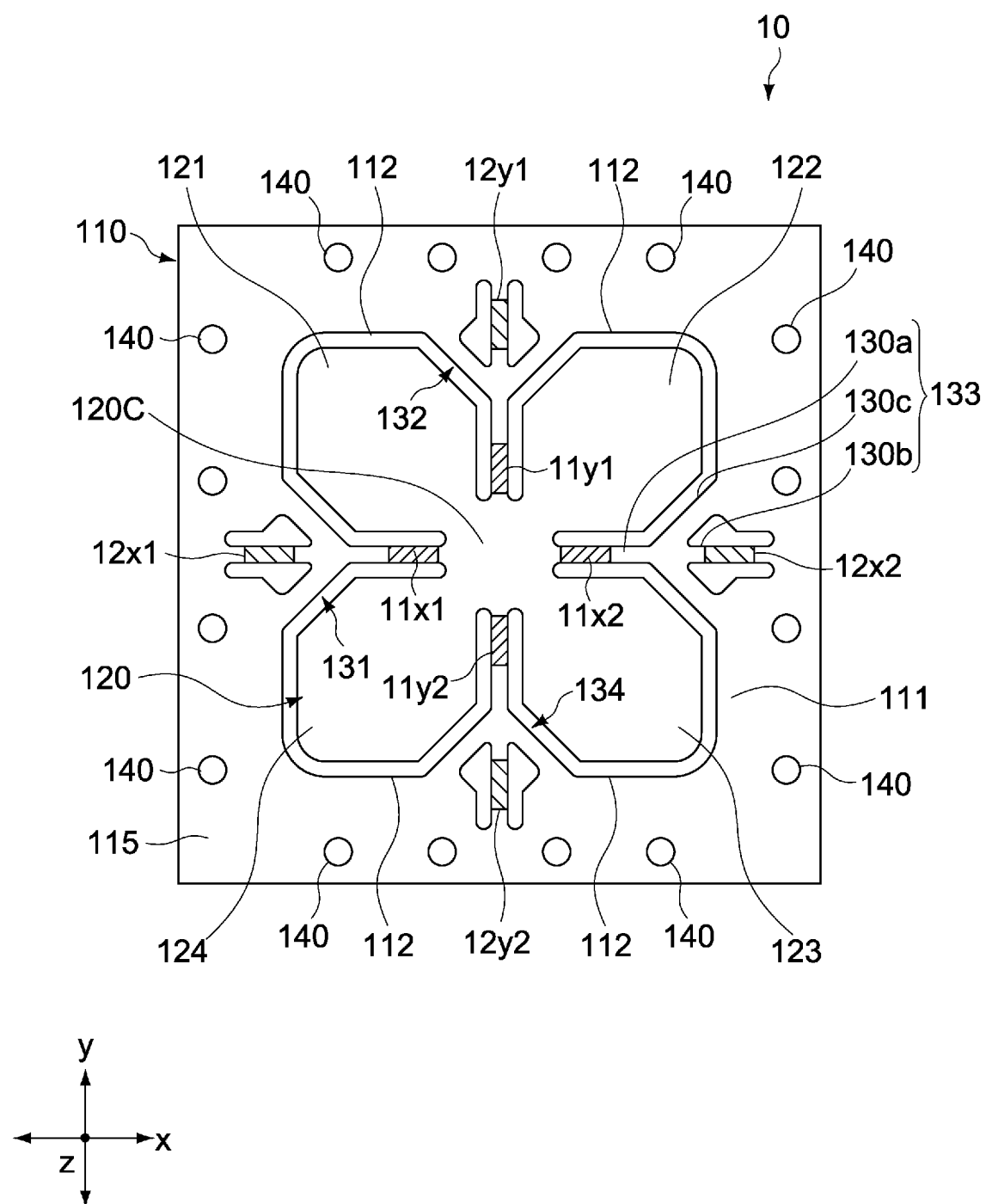
[図2]



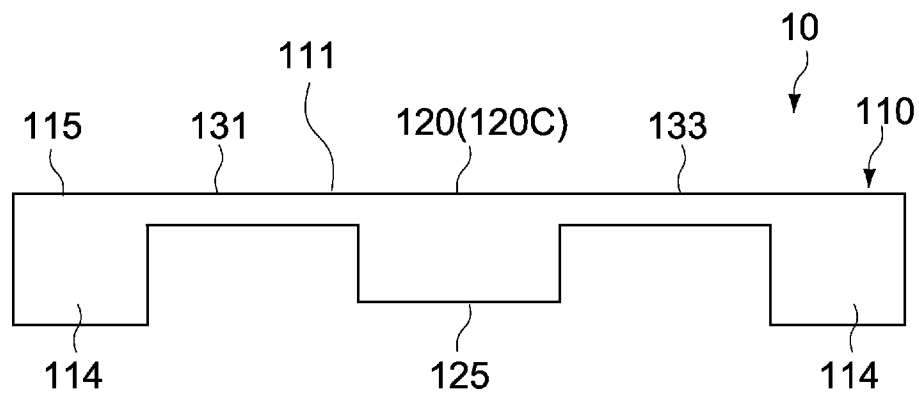
[図3]



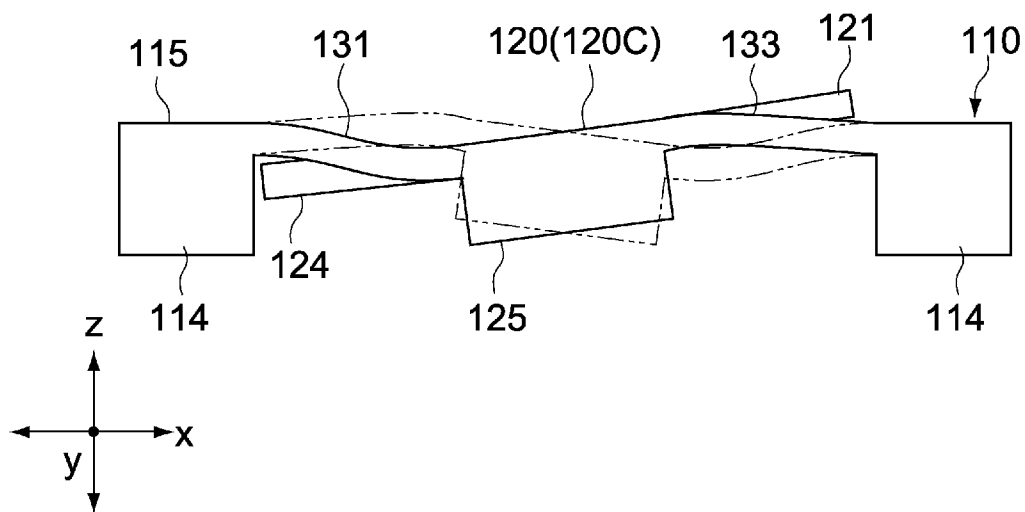
[図4]



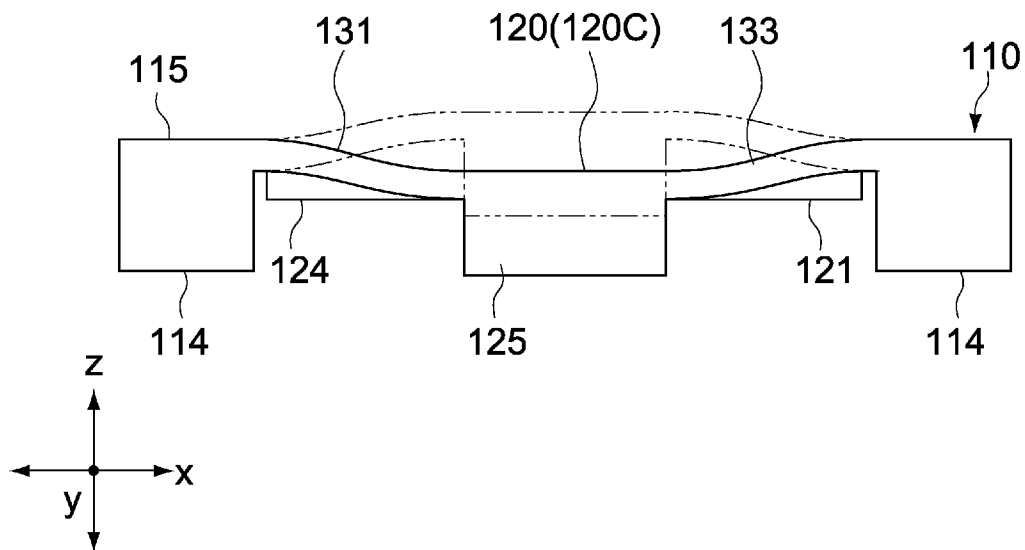
[図5A]



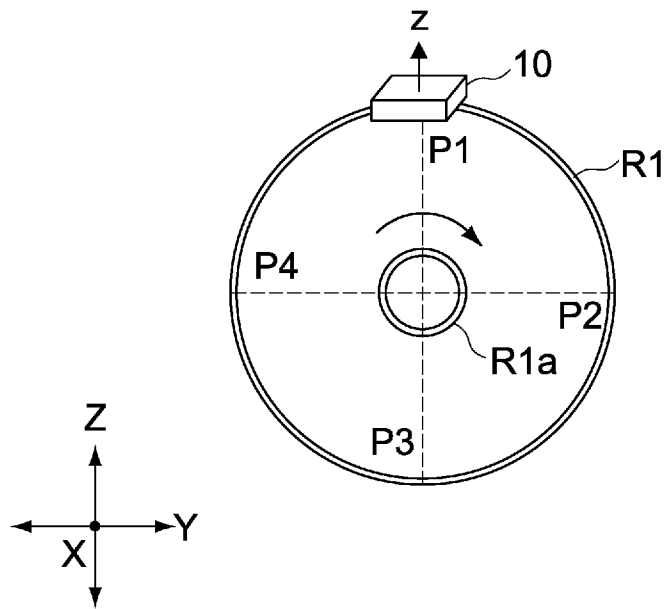
[図5B]



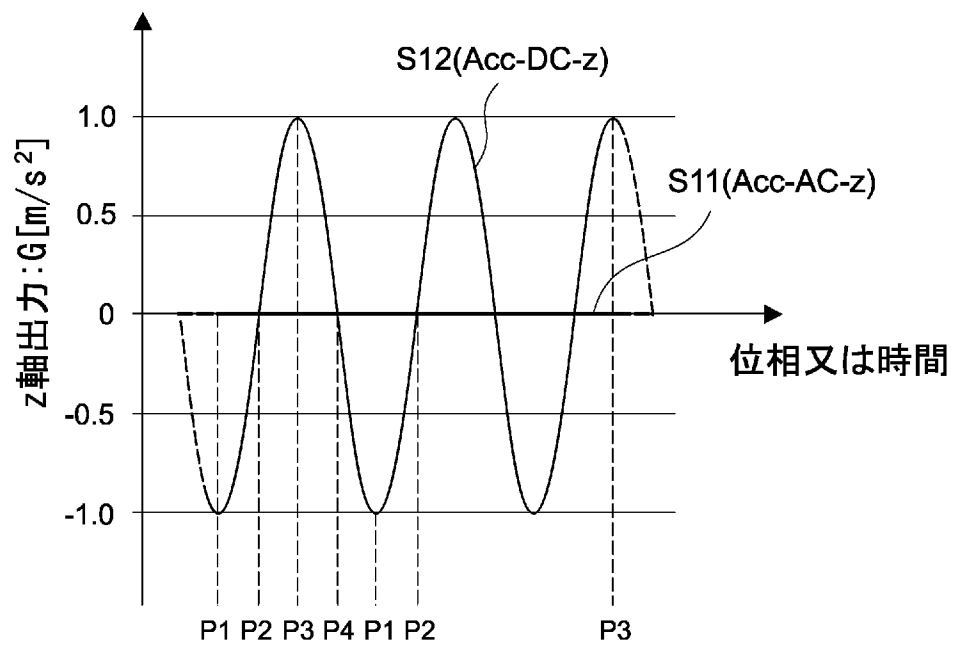
[図5C]



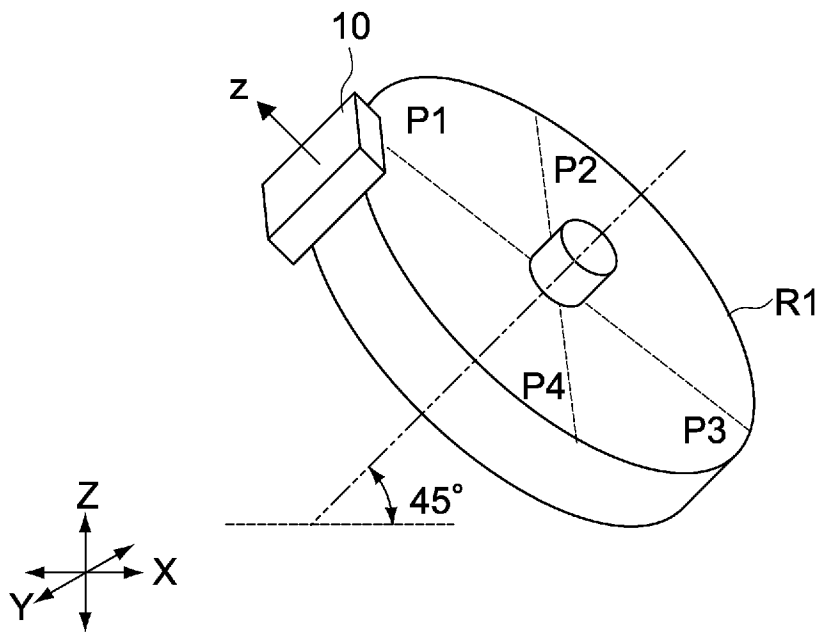
[図6A]



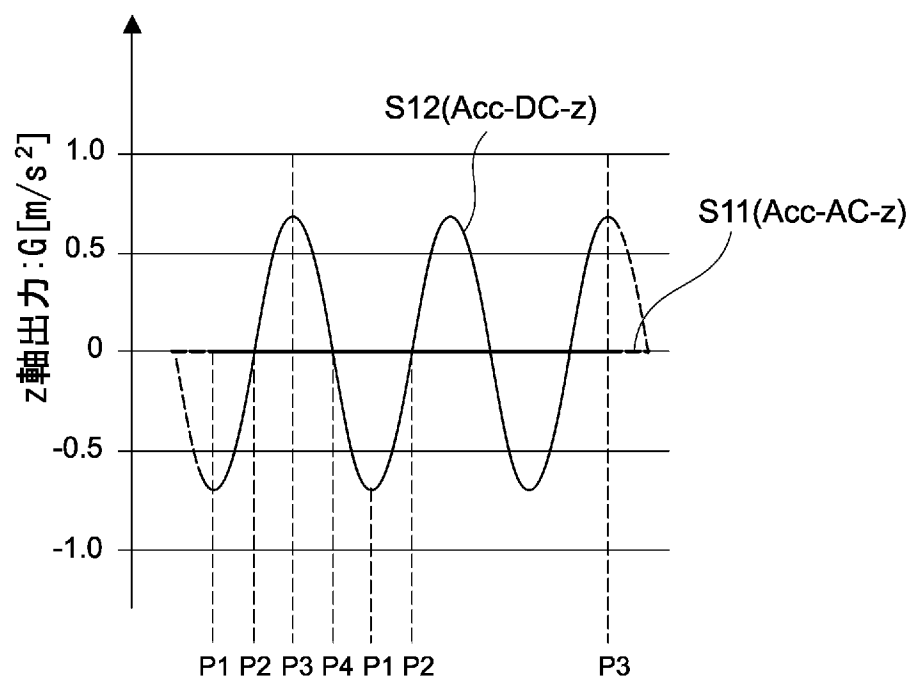
[図6B]



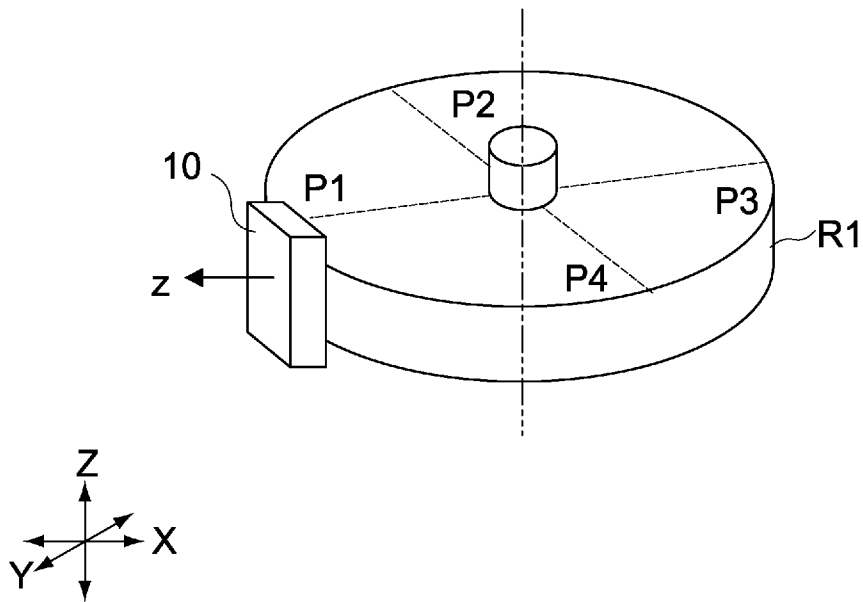
[図7A]



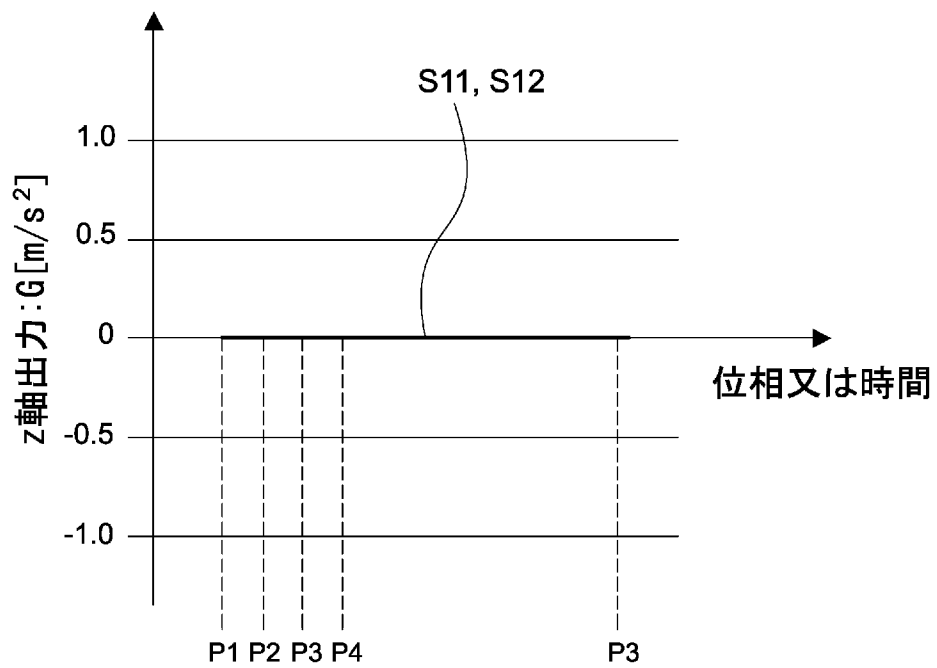
[図7B]



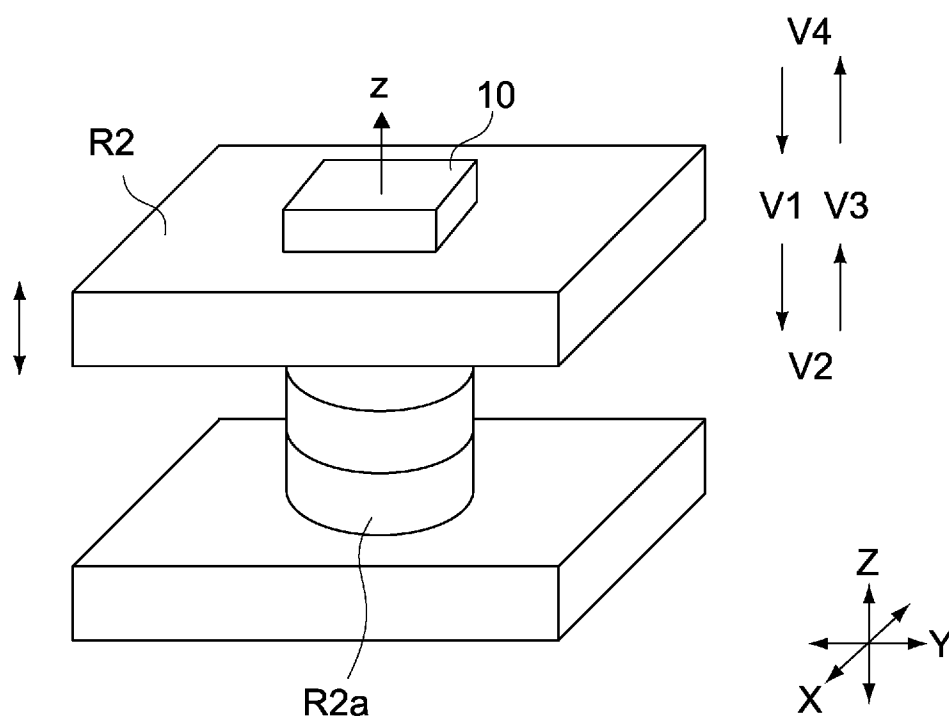
[図8A]



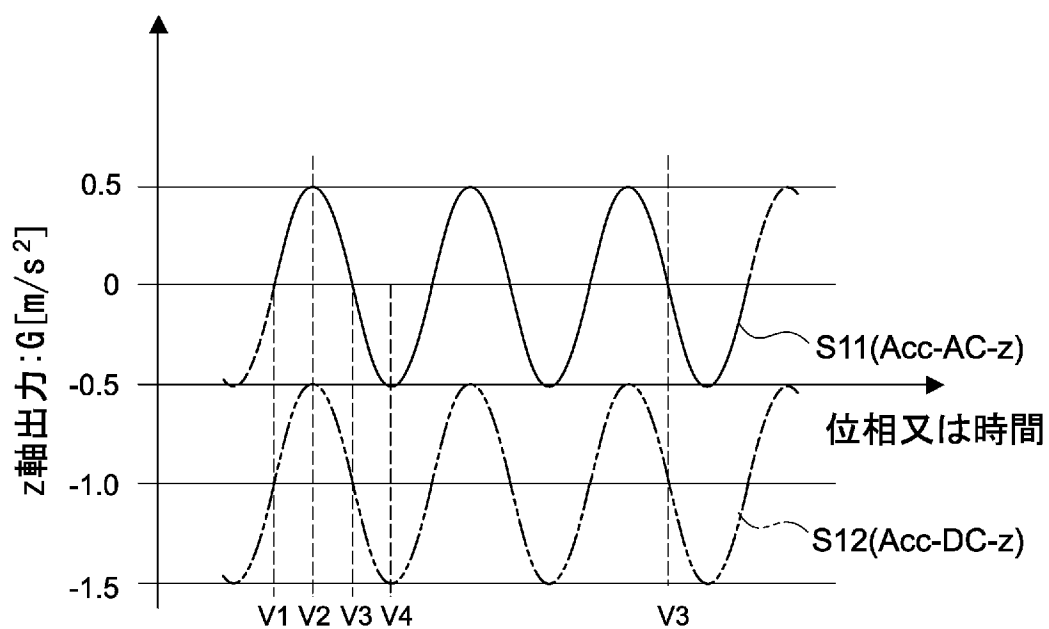
[図8B]



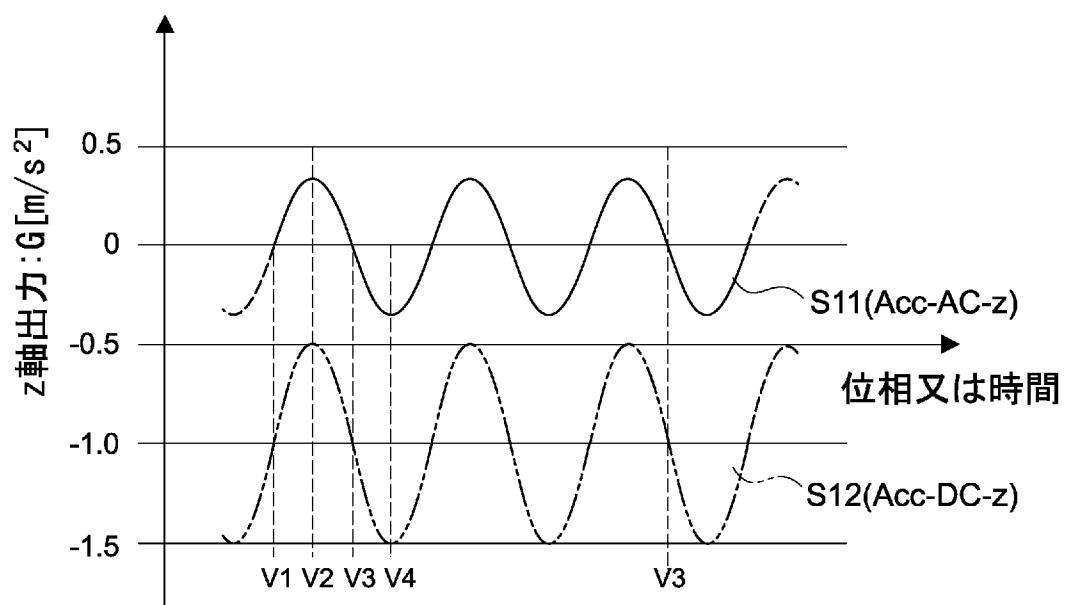
[図9A]



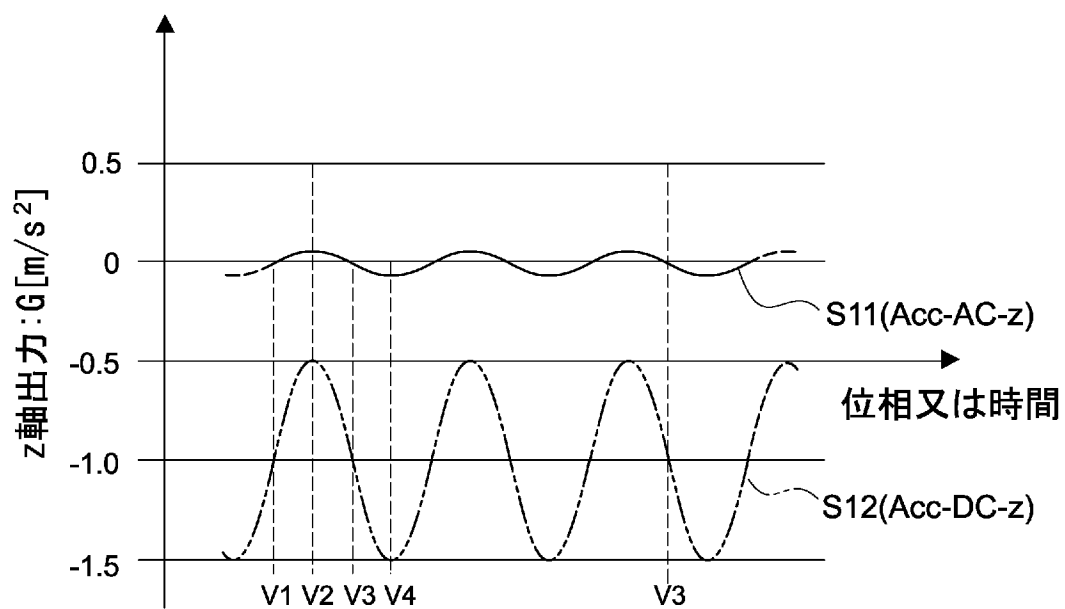
[図9B]



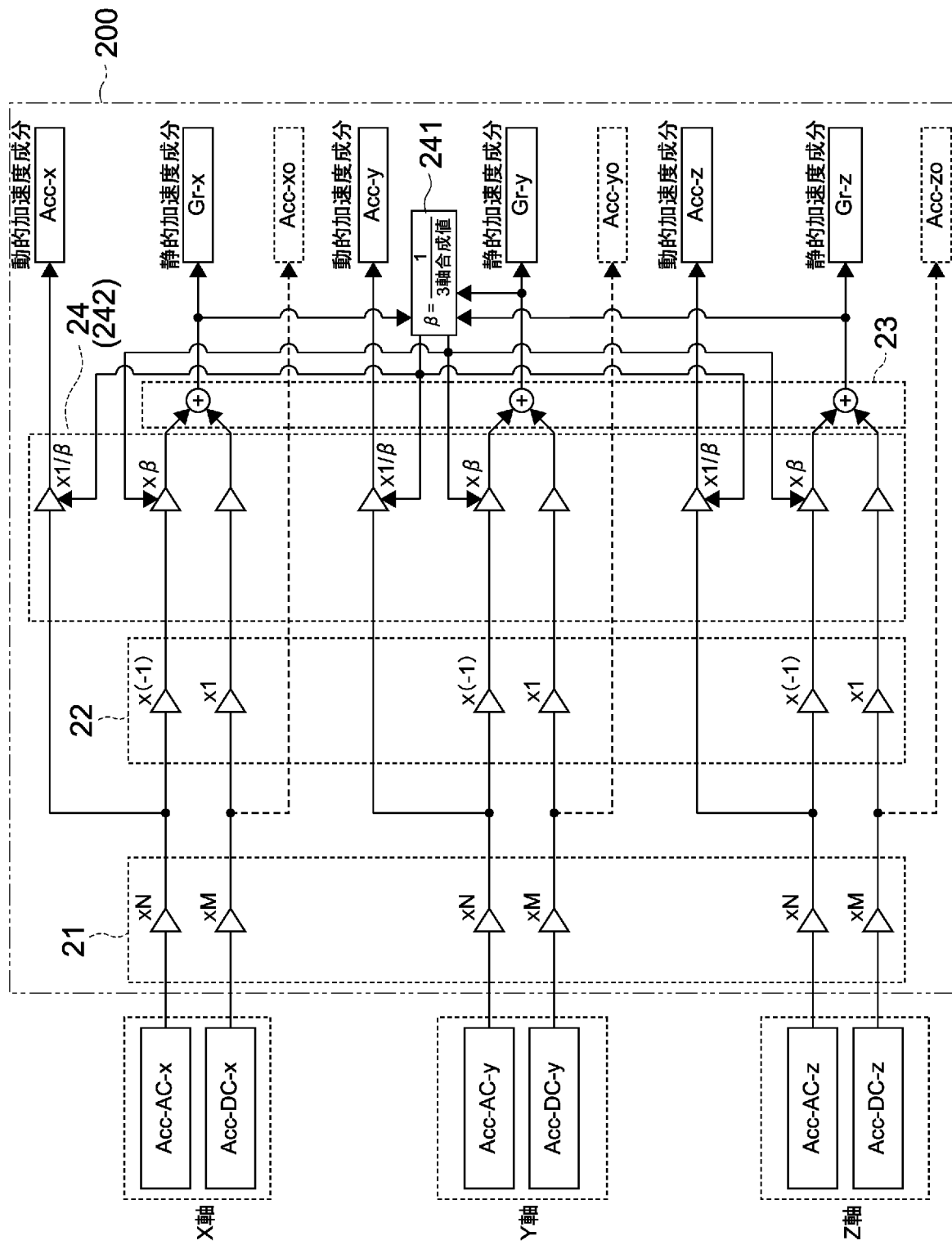
[図10A]



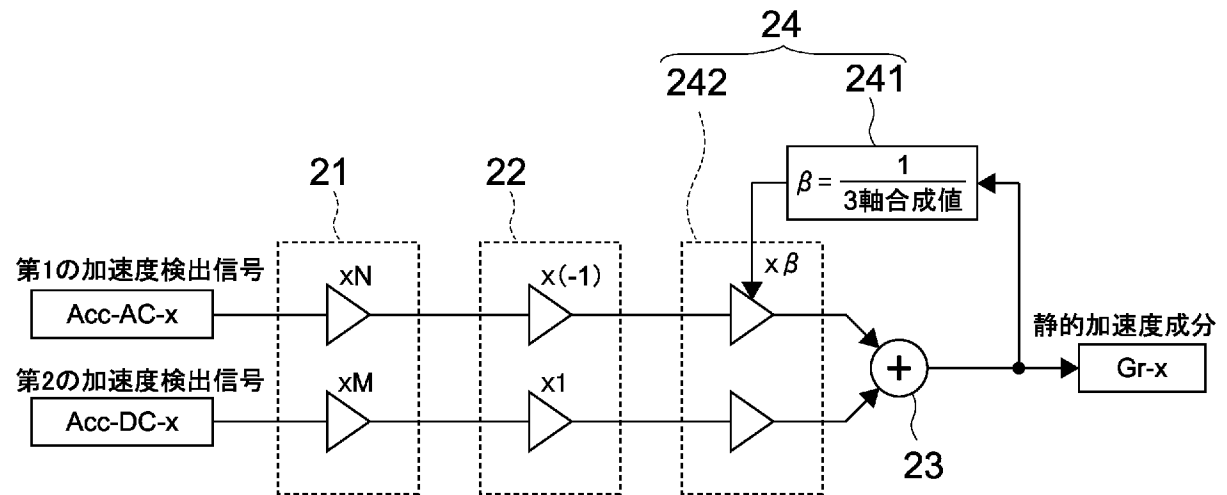
[図10B]



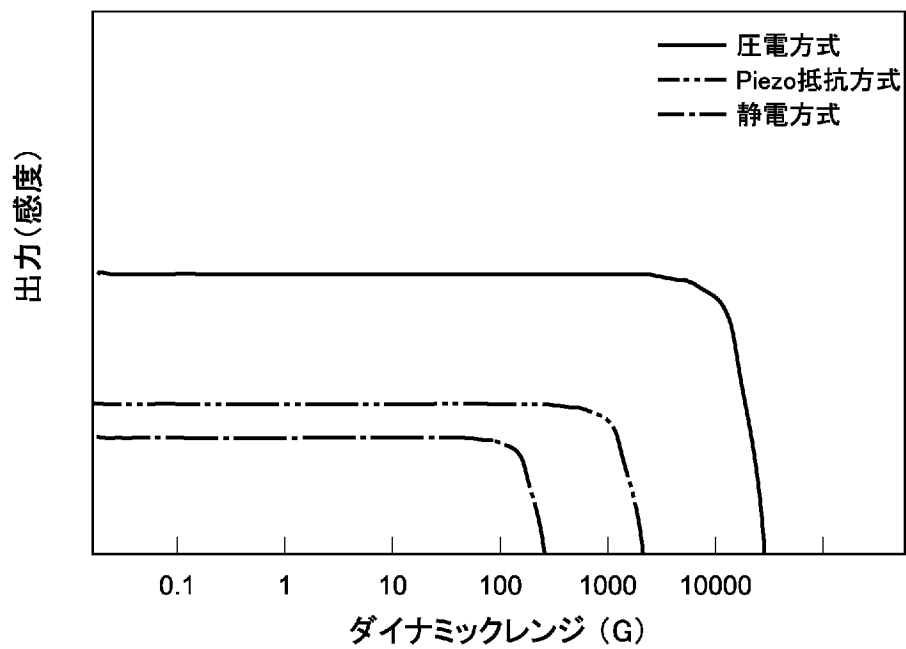
[図11]



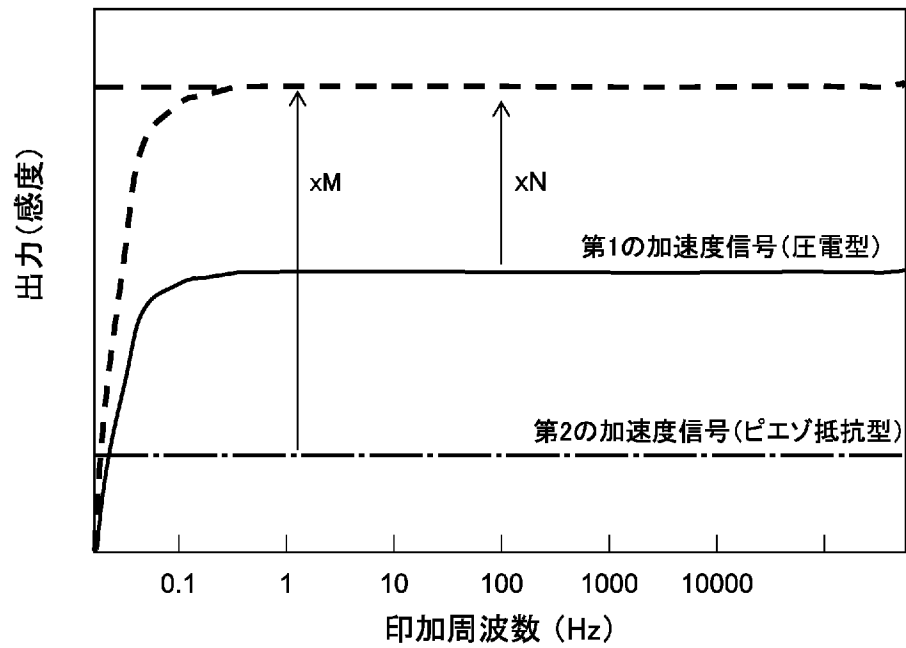
[図12]



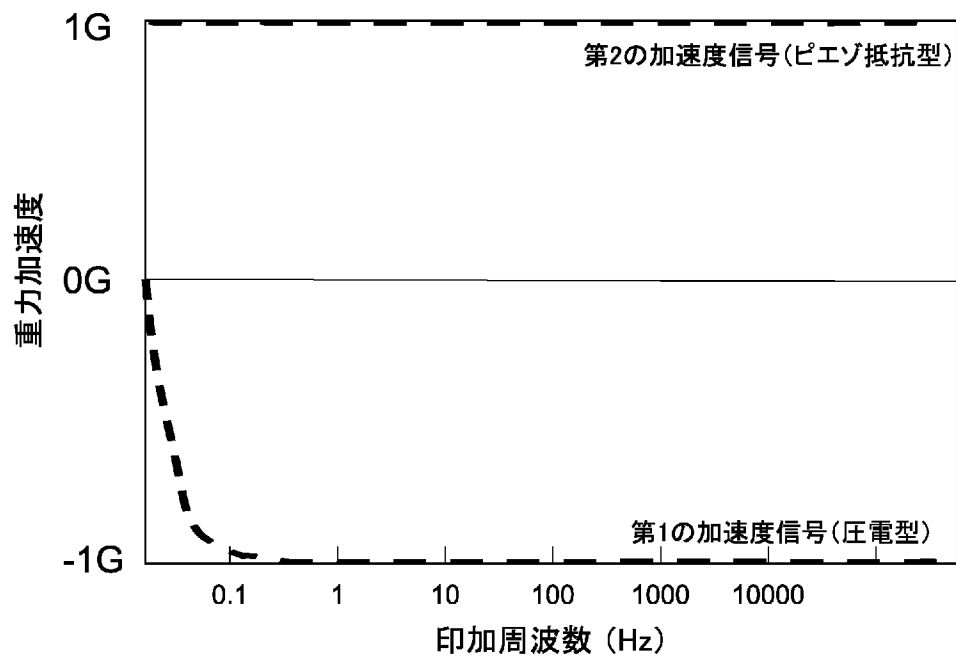
[図13]



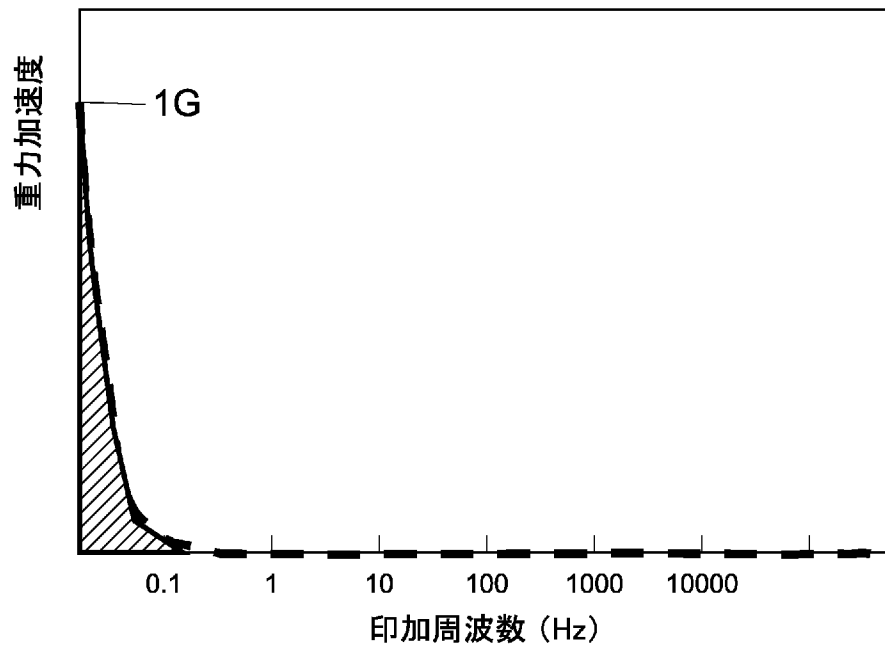
[図14]



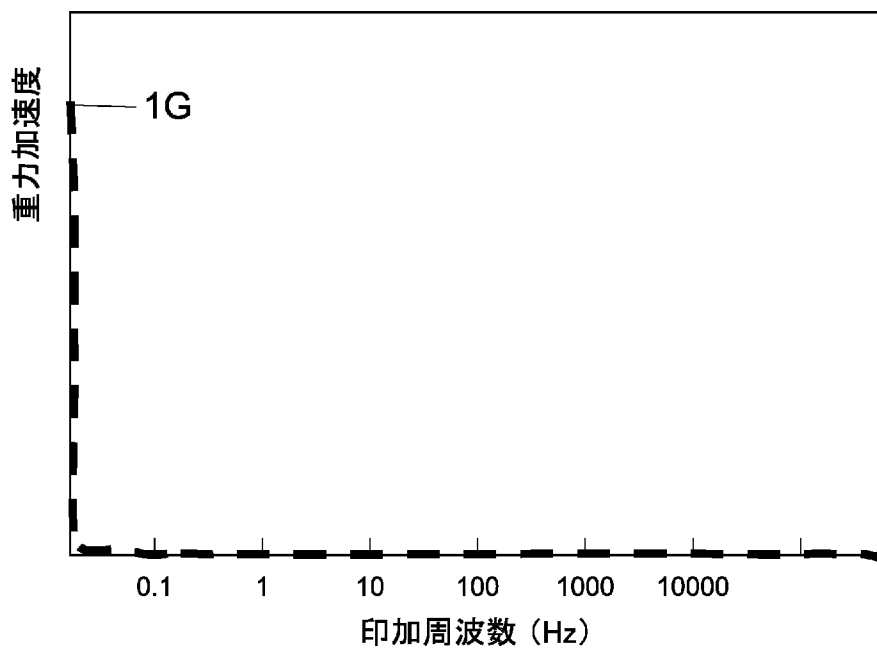
[図15]



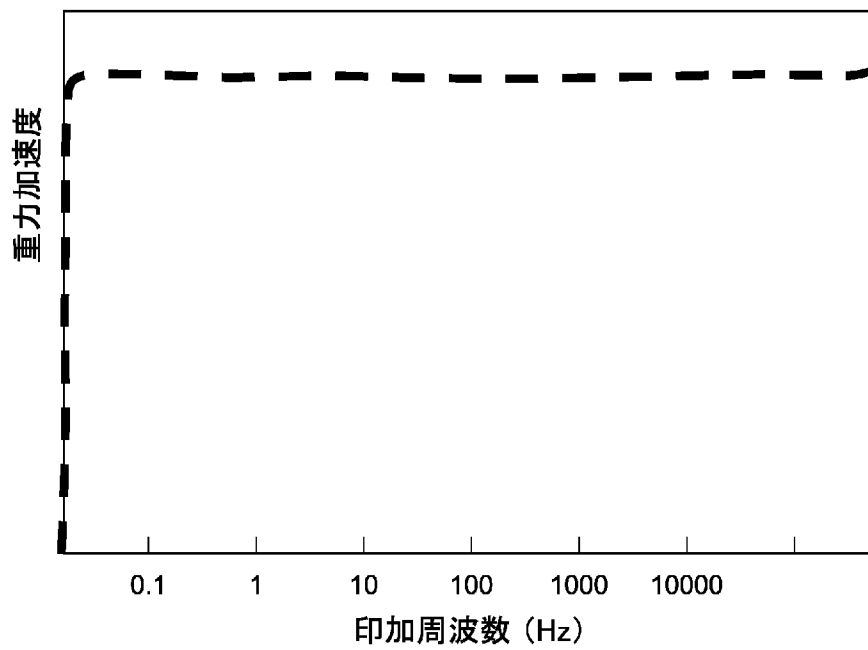
[図16]



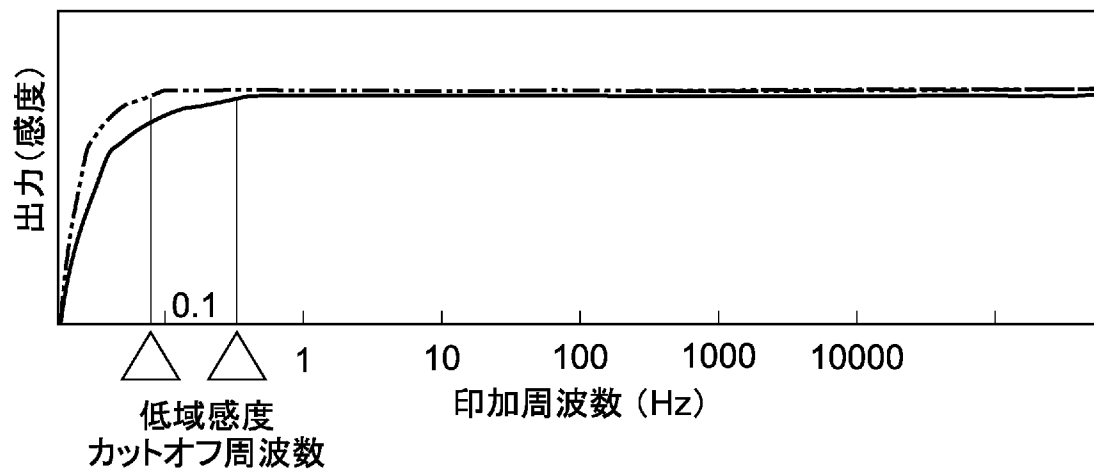
[図17]



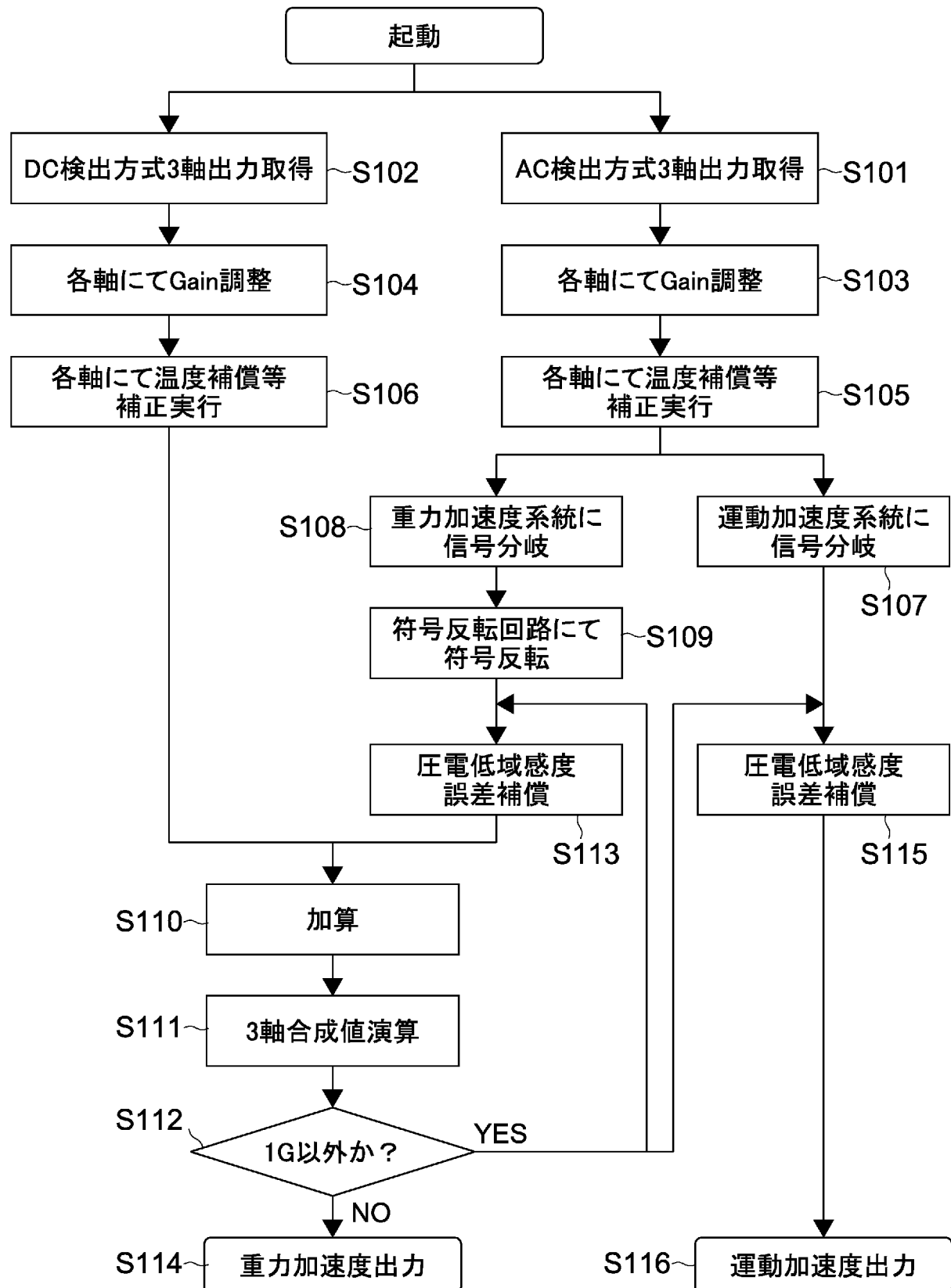
[図18]



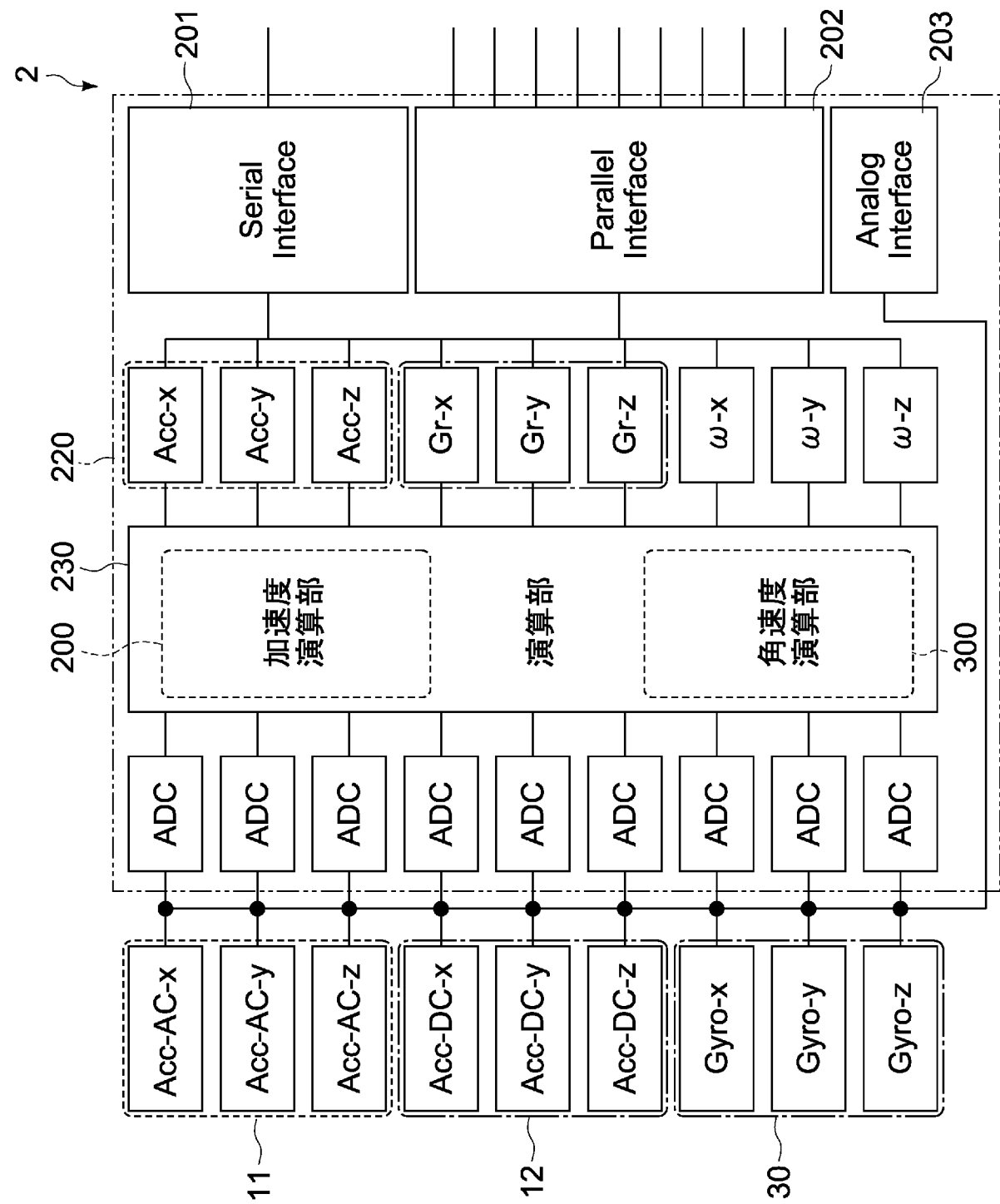
[図19]



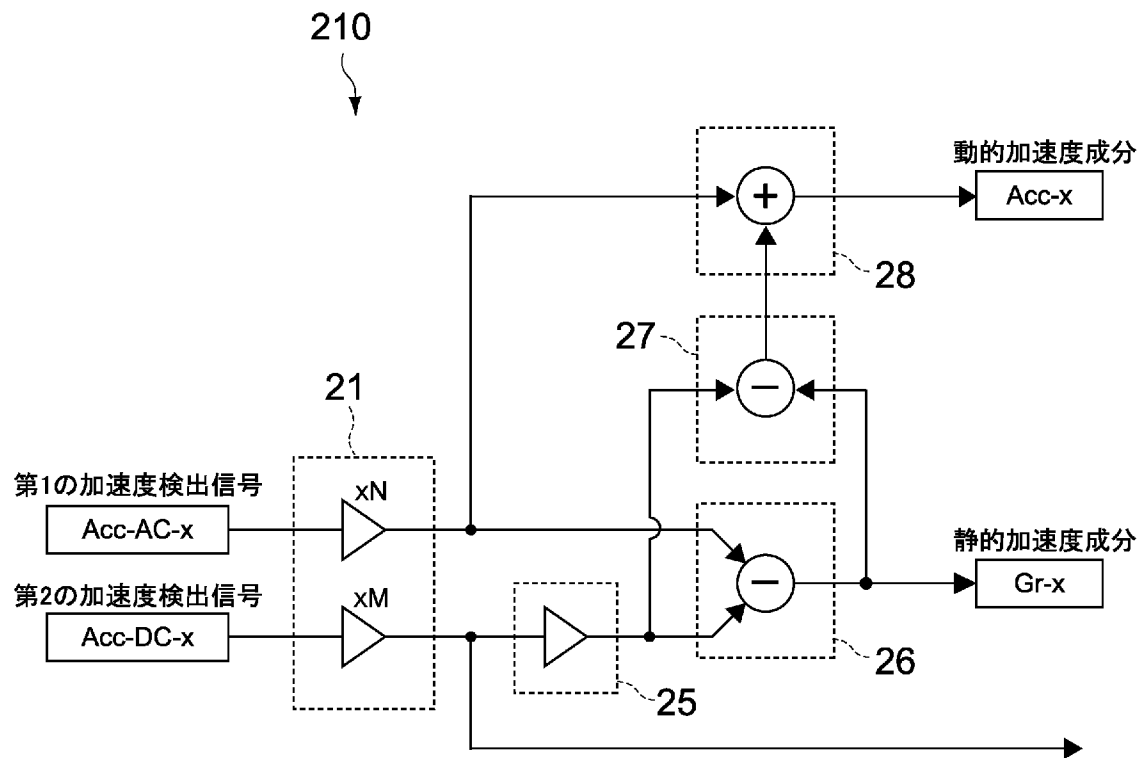
[図20]



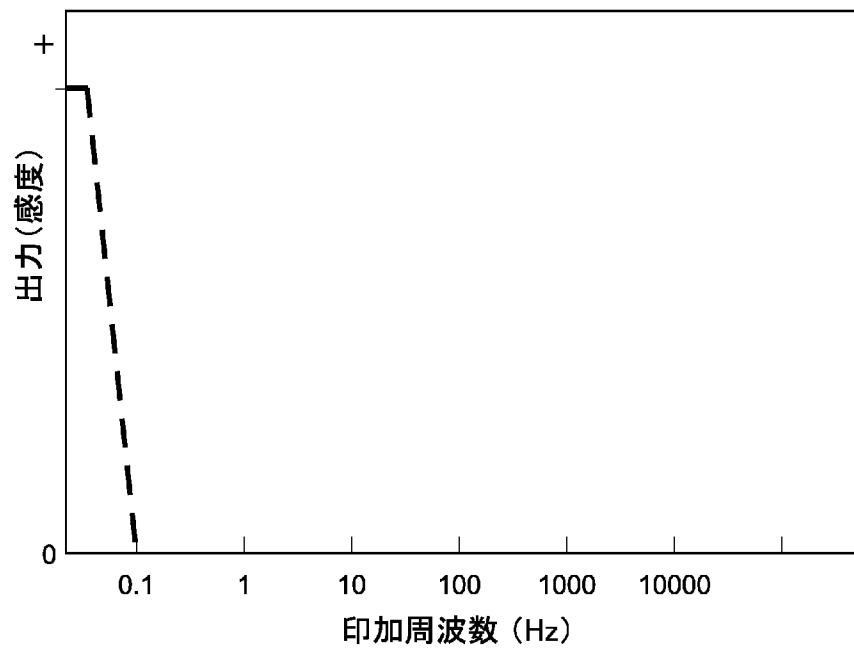
[図21]



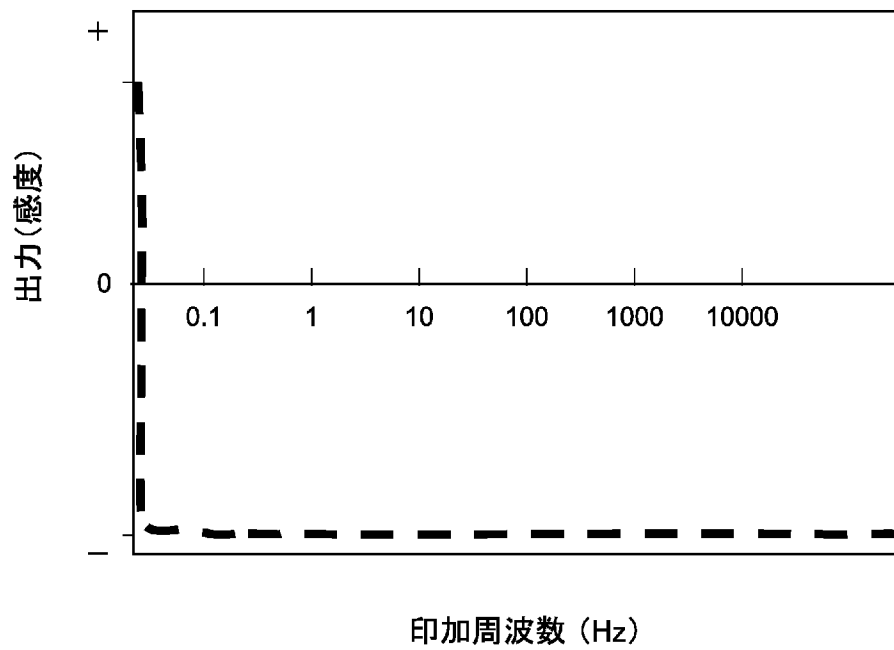
[図22]



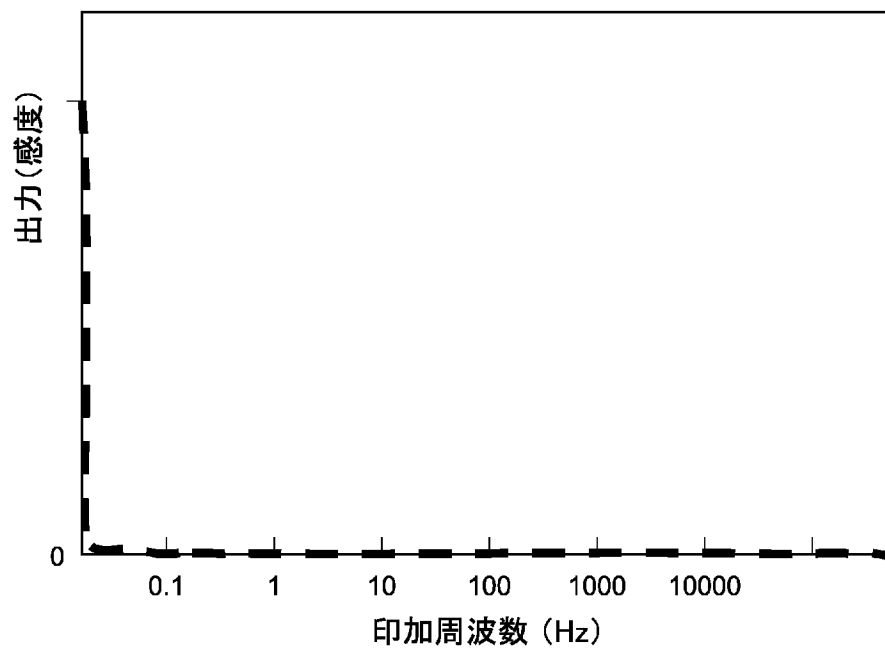
[図23]



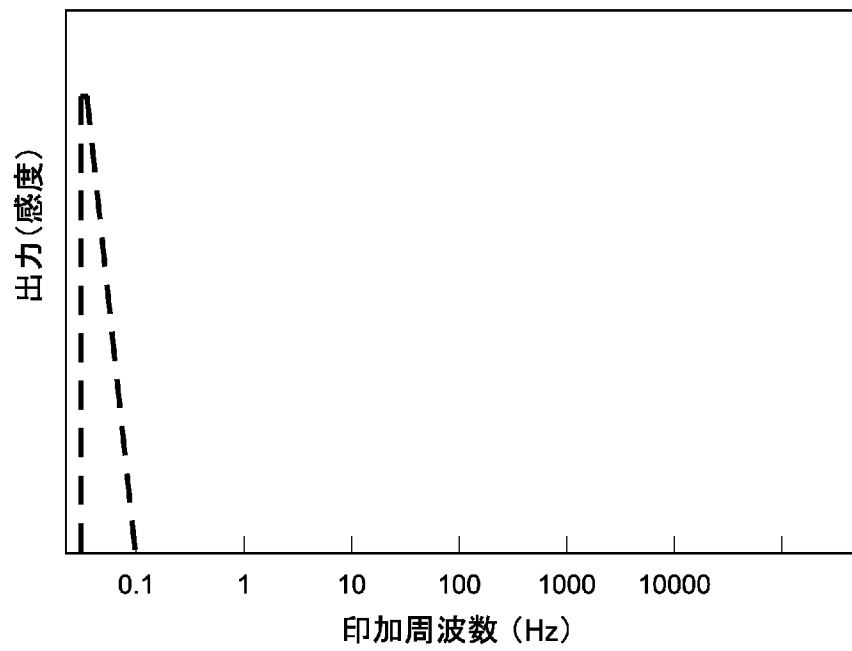
[図24]



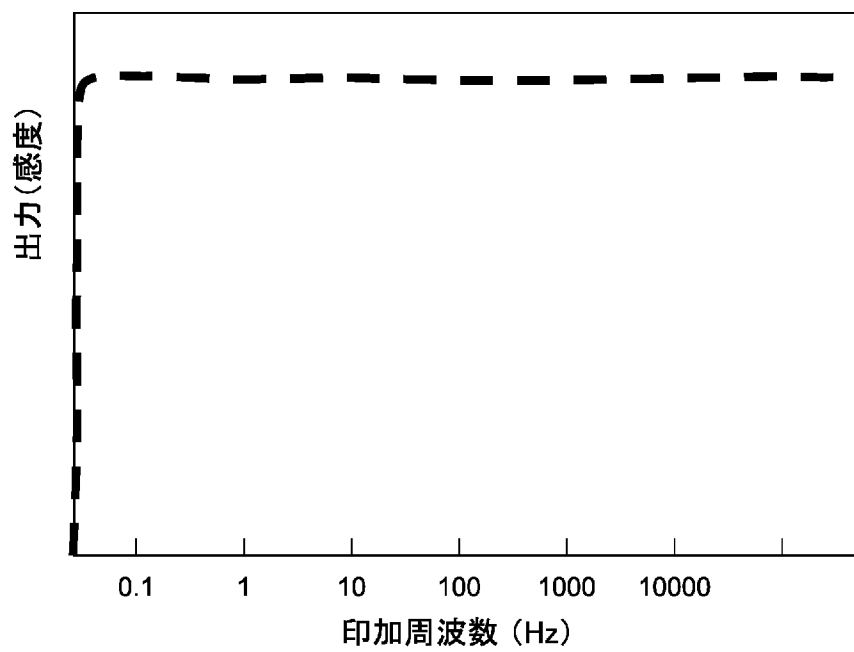
[図25]



[図26]



[図27]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/035965

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01P15/08(2006.01)i, G01C19/5776(2012.01)i, G01P15/09(2006.01)i,
G01P15/12(2006.01)i, G01P15/125(2006.01)i, G01P15/18(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)

G01P15/08, G01C19/5776, G01P15/09, G01P15/12, G01P15/125, G01P15/18

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
A	JP 2008-190931 A (Wacoh, Co., Ltd.), 21 August 2008 (21.08.2008), fig. 55 & EP 1953499 B1 fig. 55 & US 7882740 B2 fig. 55	1-20

☐ 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
18 October 2017 (18.10.17)

Date of mailing of the international search report
31 October 2017 (31.10.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

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. G01P15/08(2006.01)i, G01C19/5776(2012.01)i, G01P15/09(2006.01)i, G01P15/12(2006.01)i, G01P15/125(2006.01)i, G01P15/18(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 (I P C))

Int.Cl. G01P15/08, G01C19/5776, G01P15/09, G01P15/12, G01P15/125, G01P15/18

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 7 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 7 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 7 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
A	J P 2 0 0 8 - 1 9 0 9 3 1 A (株式会社ワコー) 2 0 0 8 . 0 8 . 2 1 , 【図 5 5】 & E P 1 9 5 3 4 9 9 B 1 (F I G . 5 5) & U S 7 8 8 2 7 4 0 B 2 (F I G . 5 5)	1 - 2 0

☐ 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

1 8 . 1 0 . 2 0 1 7

国際調査報告の発送日

3 1 . 1 0 . 2 0 1 7

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 1 0 0 - 8 9 1 5
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)

森 雅之

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 1 6

2 F

8 5 0 5