

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6492790号
(P6492790)

(45) 発行日 平成31年4月3日 (2019.4.3)

(24) 登録日 平成31年3月15日 (2019.3.15)

(51) Int.Cl.

F I

GO 1 C 19/5776 (2012.01)

GO 1 C 19/5776

HO 1 L 41/09 (2006.01)

HO 1 L 41/08

K

請求項の数 8 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2015-45574 (P2015-45574)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成27年3月9日 (2015.3.9)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2016-166749 (P2016-166749A)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43) 公開日	平成28年9月15日 (2016.9.15)	(74) 代理人	100116665
審査請求日	平成30年2月14日 (2018.2.14)		弁理士 渡辺 和昭
		(74) 代理人	100194102
			弁理士 磯部 光宏
		(74) 代理人	100179475
			弁理士 仲井 智至
		(74) 代理人	100216253
			弁理士 松岡 宏紀
		(72) 発明者	▲高▼田 豊
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 物理量センサー、電子機器、及び移動体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

印加された物理量に応じて物理量信号を出力する物理量検出素子と、
前記物理量信号を処理する物理量検出回路と、を備え、
前記物理量検出回路が、
第1増幅回路と、
前記第1増幅回路からの信号が供給される同期検波回路と、
前記同期検波回路からの信号が供給される第2増幅回路と、を備え、
前記第2増幅回路のダイナミックレンジが、前記第1増幅回路のダイナミックレンジより大きいことを特徴とする物理量センサー。

10

【請求項 2】

印加された物理量に応じて物理量信号を出力する物理量検出素子と、
前記物理量信号を処理する物理量検出回路と、を備え、
前記物理量検出回路が、
第1増幅回路と、
前記第1増幅回路からの信号が供給される同期検波回路と、
前記同期検波回路からの信号が供給される第2増幅回路と、を備え、
前記第1増幅回路の飽和電圧V1と、前記第1増幅回路の増幅率A1と、の比V1/A1と、
前記第2増幅回路の飽和電圧V2と、前記第2増幅回路の増幅率A2と、の比V2/A

20

2 とが、

$$V_2 / A_2 > V_1 / A_1$$

の関係を満たすことを特徴とする物理量センサー。

【請求項 3】

前記物理量が角速度であり、

前記第 1 増幅回路のダイナミックレンジが $300^\circ / s$ 以上であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の物理量センサー。

【請求項 4】

前記第 1 増幅回路の 前記 ダイナミックレンジが $3000^\circ / s$ 以上であることを特徴とする請求項 3 に記載の物理量センサー。

10

【請求項 5】

前記第 1 増幅回路が交流増幅回路であり、

前記第 2 増幅回路が直流増幅回路であることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の物理量センサー。

【請求項 6】

前記同期検波回路からの信号が供給され、前記第 2 増幅回路へ信号を出力する第 1 ローパスフィルターと、

前記第 2 増幅回路からの信号が供給される第 2 ローパスフィルターと、をさらに備えることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の物理量センサー。

【請求項 7】

20

請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の物理量センサーを備えていることを特徴とする電子機器。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の物理量センサーを備えていることを特徴とする移動体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、物理量センサー、電子機器、及び移動体に関する。

【背景技術】

30

【0002】

従来、例えば、特許文献 1 に記載されているように、検出回路を備えた角速度センサーが知られていた。検出回路は、差動増幅回路（特許文献 1 では差動増幅器と記載）と、差動増幅器から出力される信号を同期検波する同期検波回路（特許文献 1 では同期検波器と記載）と、を備えている。

【0003】

特許文献 1 に記載されている検出回路は、差動増幅回路の増幅率を可変とし、過大な衝撃が印加された場合に増幅率を小さくすることで、差動増幅回路の出力が飽和することを防いでいる。また、同期検波回路にもオペアンプを備えており、差動増幅回路の増幅率を小さくしたときには同期検波回路での増幅率を大きくすることで、差動増幅回路の増幅率と同期検波回路の増幅率との乗算値が一定であるようにしている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2014 - 149229 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献 1 に記載の角速度センサーでは、差動増幅器の増幅率を小さくすると同期検波器での増幅率が大きくなるため、過大な衝撃が印加された場合は、同期検

50

波器における増幅率が差動増幅器における増幅率より大きくなる場合がある。一般的に、これらの回路の飽和電圧は同程度なので、同期検波器が備えているオペアンプや、その後段に設けられた増幅器の出力が飽和してしまうおそれがあった。

これにより、後段に設けられた増幅器から正確な信号が出力されず、センサーが誤った角速度を出力するおそれがあるという課題があった。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態または適用例として実現することが可能である。

【0007】

〔適用例1〕本適用例に係る物理量センサーは、印加された物理量に応じて物理量信号を出力する物理量検出素子と、前記物理量信号を処理する物理量検出回路と、を備え、前記物理量検出回路が、第1増幅回路と、前記第1増幅回路からの信号が供給される同期検波回路と、前記同期検波回路からの信号が供給される第2増幅回路と、を備え、前記第2増幅回路のダイナミックレンジが、前記第1増幅回路のダイナミックレンジより大きいことを特徴とする。

【0008】

本適用例によれば、第2増幅回路のダイナミックレンジが、第1増幅回路のダイナミックレンジより大きいこと、過大な物理量が印加された場合であっても、第2増幅回路の出力は飽和しない。従って、誤出力するおそれを低減した物理量センサーを提供することができる。

【0009】

〔適用例2〕本適用例に係る物理量センサーは、印加された物理量に応じて物理量信号を出力する物理量検出素子と、前記物理量信号を処理する物理量検出回路と、を備え、前記物理量検出回路が、第1増幅回路と、前記第1増幅回路からの信号が供給される同期検波回路と、前記同期検波回路からの信号が供給される第2増幅回路と、を備え、前記第1増幅回路の飽和電圧 V_1 と、前記第1増幅回路の増幅率 A_1 と、の比 V_1/A_1 と、前記第2増幅回路の飽和電圧 V_2 と、前記第2増幅回路の増幅率 A_2 と、の比 V_2/A_2 とが、

$$V_2/A_2 > V_1/A_1$$

の関係を満たすことを特徴とする。

【0010】

本適用例によれば、 V_1/A_1 と、 V_2/A_2 と、が上記の関係を満たすので、第2増幅回路が飽和する入力電圧の最小値が、第1増幅回路が飽和する入力電圧の最小値より大きい。従って、第2増幅回路の方が第1増幅回路より飽和しにくいこと、誤出力するおそれを低減した物理量センサーを提供することができる。

【0011】

〔適用例3〕上記適用例に記載の物理量センサーは、前記物理量が角速度であり、前記第1増幅回路のダイナミックレンジが $300^\circ/s$ 以上であることが好ましい。

【0012】

本適用例によれば、第1増幅回路のダイナミックレンジが、移動体における通常の検出範囲である $300^\circ/s$ 以上であるため、第1増幅回路のダイナミックレンジを超えるおそれが小さい。このため、通常時には第1増幅回路の出力が飽和するおそれも小さいため、誤検出するおそれをさらに低減できるという効果を得ることができる。

【0013】

〔適用例4〕上記適用例に記載の物理量センサーは、前記第1増幅回路のダイナミックレンジが $3000^\circ/s$ 以上であることが好ましい。

【0014】

本適用例によれば、石はね等の特に過大な衝撃が印加された場合や、物理量センサーが搭載される基板や車体が共振し、衝撃が増幅されてしまった場合であっても、第1増幅回

10

20

30

40

50

路のダイナミックレンジを超えるおそれが小さい。このため、誤検出するおそれをより一層低減できるという効果を得ることができる。

【 0 0 1 5 】

〔適用例 5〕上記適用例に記載の物理量センサーは、前記第 1 増幅回路が交流増幅回路であり、前記第 2 増幅回路が直流増幅回路であることが好ましい。

【 0 0 1 6 】

本適用例によれば、物理量検出素子から出力された交流信号を交流増幅し、同期検波後に平滑化されて直流成分を含む信号を直流増幅するため、検出する物理量に対応する成分を効率的に増幅することができる。

【 0 0 1 7 】

〔適用例 6〕上記適用例に記載の物理量センサーは、前記同期検波回路からの信号が供給され、前記第 2 増幅回路へ信号を出力する第 1 ローパスフィルターと、前記第 2 増幅回路からの信号が供給される第 2 ローパスフィルターと、をさらに備えることが好ましい。

【 0 0 1 8 】

本適用例によれば、第 1 ローパスフィルターによって平滑化された信号を第 2 増幅回路に供給し、第 2 ローパスフィルターによって高周波ノイズを低減することができる。

【 0 0 1 9 】

〔適用例 7〕本適用例に係る電子機器は、上記適用例に記載の物理量センサーを備えていることを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

本適用例によれば、上記適用例に記載の物理量センサーを備えているため、誤動作するおそれを低減した電子機器を提供することができる。

【 0 0 2 1 】

〔適用例 8〕本適用例に係る移動体は、上記適用例に記載の物理量センサーを備えていることを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

本適用例によれば、上記適用例に記載の物理量センサーを備えているため、誤動作するおそれを低減した移動体を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 3 】

【図 1】実施形態 1 に係る物理量センサーの概略図。

【図 2】実施形態 1 に係る物理量センサーが備える物理量検出素子の概略図。

【図 3】(a) 物理量検出素子の駆動振動の動作を表す概略図。(b) 物理量検出素子の検出振動の動作を表す概略図。

【図 4】実施形態 1 に係る物理量センサーが備える物理量検出回路の概略図。

【図 5】実施形態 1 に係る物理量センサーが備える物理量検出回路の、漏れ信号に対する動作を表す波形図。

【図 6】実施形態 1 に係る物理量センサーが備える物理量検出回路の、物理量信号に対する動作を表す波形図。

【図 7】(a) 従来例の物理量センサーが備える物理量検出回路の出力波形図。(b) 実施形態 1 に係る物理量センサーが備える物理量検出回路の出力波形図。

【図 8】実施形態 2 に係る物理量センサーの概略図。

【図 9】実施形態 2 に係る物理量センサーが備える物理量検出回路の概略図。

【図 10】実施形態 3 に係る電子機器の概略図。

【図 11】実施形態 4 に係る移動体の概略図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 4 】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照して説明する。なお、以下の各図においては、各部材を認識可能な程度の大きさにしているため、各部材の尺度は実際とは異なる。

【 0 0 2 5 】

(実施形態 1)

実施形態 1 では、物理量センサーの一例としての角速度センサー 1 について説明する。角速度センサー 1 は、外部から印加された回転に対して、角速度の値を出力するセンサーである。

【 0 0 2 6 】

< 物理量センサーの概略構成 >

図 1 は、物理量センサーの一例としての角速度センサー 1 の概略図である。

角速度センサー 1 は、角速度検出素子 1 0、角速度検出回路 2 0、駆動回路 5 0、などによって構成されている。

10

角速度検出素子 1 0 は、本発明に係る物理量検出素子の一例であり、角速度センサー 1 に印加された角速度に応じた振動を行う。角速度検出回路 2 0 は、本発明に係る物理量検出回路の一例であり、角速度検出素子 1 0 から出力された角速度信号を処理する。駆動回路 5 0 は、角速度検出素子 1 0 に駆動振動を行わせるための駆動信号を生成する。

【 0 0 2 7 】

< 物理量検出素子の概略構成 >

図 2 は、物理量検出素子の一例としての角速度検出素子 1 0 の概略図である。角速度検出素子 1 0 は、基部 1 0 1、第 1 駆動腕 1 1 1、第 2 駆動腕 1 1 2、第 3 駆動腕 1 1 3、第 4 駆動腕 1 1 4、第 1 検出腕 1 2 1、第 2 検出腕 1 2 2、第 1 連結腕 1 3 1、第 2 連結腕 1 3 2、第 1 駆動電極 1 4 1、第 2 駆動電極 1 4 2、第 1 検出電極 1 5 1、第 2 検出電極 1 5 2、第 3 検出電極 1 5 3、第 1 駆動錘部 1 6 1、第 2 駆動錘部 1 6 2、第 3 駆動錘部 1 6 3、第 4 駆動錘部 1 6 4、第 1 検出錘部 1 7 1、第 2 検出錘部 1 7 2、などによって構成されている。角速度検出素子 1 0 は、好適例では Z カットの水晶基板から形成されている。また、第 1 駆動電極 1 4 1、第 2 駆動電極 1 4 2、及び第 1 検出電極 1 5 1 ~ 第 3 検出電極 1 5 3 は、好適例では金 (A u) 及びクロム (C r) によって形成されている。

20

図 2 では、連結腕に沿った方向を X 方向、駆動腕に沿った方向を Y 方向、紙面に垂直な方向を Z 方向と定義する。

【 0 0 2 8 】

平面視において、基部 1 0 1 は略矩形である。

30

基部 1 0 1 の Y Z 平面に沿った - X 側の側面から、第 1 連結腕 1 3 1 が - X 方向に向かって延出している。第 1 連結腕 1 3 1 の先端付近から、+ Y 方向に向かって第 1 駆動腕 1 1 1 が延出しており、- Y 方向に向かって第 2 駆動腕 1 1 2 が延出している。第 1 駆動腕 1 1 1 の先端部には、X 方向に沿った幅が第 1 駆動腕 1 1 1 より広い第 1 駆動錘部 1 6 1 が設けられている。また、第 2 駆動腕 1 1 2 の先端部には、X 方向に沿った幅が第 2 駆動腕 1 1 2 より広い第 2 駆動錘部 1 6 2 が設けられている。

【 0 0 2 9 】

基部 1 0 1 の Y Z 平面に沿った + X 側の側面から、第 2 連結腕 1 3 2 が + X 方向に向かって延出している。第 2 連結腕 1 3 2 の先端付近から、+ Y 方向に向かって第 3 駆動腕 1 1 3 が延出しており、- Y 方向に向かって第 4 駆動腕 1 1 4 が延出している。第 3 駆動腕 1 1 3 の先端部には、X 方向に沿った幅が第 3 駆動腕 1 1 3 より広い第 3 駆動錘部 1 6 3 が設けられている。また、第 4 駆動腕 1 1 4 の先端部には、X 方向に沿った幅が第 4 駆動腕 1 1 4 より広い第 4 駆動錘部 1 6 4 が設けられている。

40

【 0 0 3 0 】

基部 1 0 1 の X Z 平面に沿った + Y 側の側面から、第 1 検出腕 1 2 1 が + Y 方向に向かって延出している。第 1 検出腕 1 2 1 の先端部には、X 方向に沿った幅が第 1 検出腕 1 2 1 より広い第 1 検出錘部 1 7 1 が設けられている。また、基部 1 0 1 の X Z 平面に沿った - Y 側の側面から、第 2 検出腕 1 2 2 が - Y 方向に向かって延出している。第 2 検出腕 1 2 2 の先端部には、X 方向に沿った幅が第 2 検出腕 1 2 2 より広い第 2 検出錘部 1 7 2 が設けられている。

50

【 0 0 3 1 】

第 1 駆動腕 1 1 1 及び第 2 駆動腕 1 1 2 の X Y 平面に沿った面、並びに第 3 駆動腕 1 1 3 及び第 4 駆動腕 1 1 4 の Y Z 平面に沿った面には、それぞれ第 1 駆動電極 1 4 1 が設けられている。第 1 駆動電極 1 4 1 には、交流電流が供給される。また、第 1 駆動腕 1 1 1 及び第 2 駆動腕 1 1 2 の Y Z 平面に沿った面、並びに第 3 駆動腕 1 1 3 及び第 4 駆動腕 1 1 4 の X Y 平面に沿った面には、それぞれ第 2 駆動電極 1 4 2 が設けられている。第 2 駆動電極 1 4 2 には、第 1 駆動電極 1 4 1 に供給される電流と逆相の交流電流が供給される。

【 0 0 3 2 】

第 1 検出腕 1 2 1 の X Y 平面に沿った面には第 1 検出電極 1 5 1 が設けられており、第 2 検出腕 1 2 2 の X Y 平面に沿った面には第 2 検出電極 1 5 2 が設けられている。また、第 1 検出腕 1 2 1 及び第 2 検出腕 1 2 2 の Y Z 平面に沿った面には、それぞれ第 3 検出電極 1 5 3 が設けられている。

【 0 0 3 3 】

< 物理量検出素子の動作 >

図 3 は、物理量検出素子の一例としての角速度検出素子 1 0 の動作を表す概略図である。図 3 (a) は、静止状態 (角速度検出素子 1 0 に Z 軸周りの角速度が印加されていない状態) における角速度検出素子 1 0 の振動動作を表す概略図であり、図 3 (b) は、回転状態 (角速度検出素子 1 0 に Z 軸周りの角速度が印加されている状態) における角速度検出素子 1 0 の振動動作を表す概略図である。

【 0 0 3 4 】

角速度検出素子 1 0 の静止状態において、第 1 駆動腕 1 1 1 ~ 第 4 駆動腕 1 1 4 上に設けられた第 1 駆動電極 1 4 1 及び第 2 駆動電極 1 4 2 (図 2 参照) に、駆動回路 5 0 から交流の駆動信号が印加される。すると、逆圧電効果により、図 3 (a) の矢印 a , b に示すように、X 軸方向において第 1 駆動腕 1 1 1 と第 3 駆動腕 1 1 3 とが互いに接近または離間するような屈曲運動 (駆動振動) をなす。また、第 2 駆動腕 1 1 2 と第 4 駆動腕 1 1 4 とが互いに接近または離間するような屈曲運動 (駆動振動) をなす。

【 0 0 3 5 】

理想的には、これらの屈曲振動は第 1 検出腕 1 2 1 及び第 2 検出腕 1 2 2 を軸として対称であり、第 1 検出腕 1 2 1 及び第 2 検出腕 1 2 2 は静止している。しかし実際には、製造時に発生する角速度検出素子 1 0 の非対称性により、屈曲振動は完全に対称ではなく、アンバランスなものとなる。これにより、静止状態においても、第 1 検出腕 1 2 1 及び第 2 検出腕 1 2 2 にも駆動振動と略同相の振動が発生している。以下では、この振動のことを漏れ振動と称する。また、漏れ振動によって検出信号に重畳する、駆動信号と略同相の信号のことを漏れ信号と称する。

【 0 0 3 6 】

ここで、角速度検出素子 1 0 に Z 軸周りの回転が加わると、第 1 駆動腕 1 1 1 ~ 第 4 駆動腕 1 1 4 にコリオリ力が働く。コリオリ力は Y 軸方向に働き、印加された角速度の大きさに比例する。この結果、図 3 (b) の矢印 c , d に示すように、第 1 連結腕 1 3 1 及び第 2 連結腕 1 3 2 が Y 軸方向に振動する。これに伴い、図 3 (b) の矢印 e , f に示すように、第 1 検出腕 1 2 1 及び第 2 検出腕 1 2 2 が X 軸方向に振動する。すると、圧電効果により、第 1 検出腕 1 2 1 及び第 2 検出腕 1 2 2 上に設けられた第 1 検出電極 1 5 1 及び第 2 検出電極 1 5 2 から交流の検出信号が発生する。この検出信号は、駆動信号及び漏れ信号とは位相が略 90°ずれている。この検出信号を検出回路によって処理することで、角速度検出素子 1 0 に印加された角速度の大きさを検出することができる。

【 0 0 3 7 】

< 物理量検出回路の概略構成 >

図 4 は、物理量検出回路の一例としての角速度検出回路 2 0 の概略図である。角速度検出回路 2 0 は、第 1 チャージアンプ 2 0 1、第 2 チャージアンプ 2 0 2、差動増幅回路 2 0 3、第 1 増幅回路 2 0 4、移相回路 2 0 5、同期検波回路 2 0 6、第 1 ローパスフィル

10

20

30

40

50

ター 207、第2増幅回路208、第2ローパスフィルター209、などによって構成されている。

角速度検出回路20には、第1入力端子Vin1を介して、第1検出電極151からの信号が入力される。また、第2入力端子Vin2を介して、第2検出電極152からの信号が入力される。また、第3入力端子Vin3を介して、第1駆動電極141からの信号が入力される。角速度検出回路20の出力信号は、出力端子Voutを介して出力される。

【0038】

第1チャージアンプ201は、第1入力端子Vin1から入力された電荷を電圧信号に変換する。また、第2チャージアンプ202は、第2入力端子Vin2から入力された電荷を電圧信号に変換する。差動増幅回路203は、第1チャージアンプ201及び第2チャージアンプ202からの出力電圧を差動増幅する。これにより、第1チャージアンプ201及び第2チャージアンプ202からの出力に含まれる同相成分を低減し、逆相成分を増幅する。

【0039】

第1増幅回路204は交流増幅回路であり、差動増幅回路203からの出力を交流増幅する。移相回路205は、第3入力端子Vin3からの信号の位相を略90°変化させ、駆動信号から同期検波の基準となるクロック信号を生成する。同期検波回路206は、移相回路205から出力されたクロック信号を用いて、第1増幅回路204から出力された信号を同期検波する。これにより、第1増幅回路204から出力された信号から、検出信号と同位相の成分を抽出することができる。第1ローパスフィルター207は、同期検波回路206からの信号を平滑化するとともに、不要波成分を除去する。第2増幅回路208は直流増幅回路であり、第1ローパスフィルター207からの信号を直流増幅する。第2ローパスフィルター209は、第2増幅回路208からの信号の周波数帯域を制限する。

【0040】

角速度検出回路20において、第2増幅回路208のダイナミックレンジは、第1増幅回路204のダイナミックレンジより大きく設定されている。ここで、ダイナミックレンジとは、回路部の出力が飽和する入力物理量の大きさの最小値である。ダイナミックレンジは、回路部の前段までの各回路要素のゲインの積と、回路部の飽和電圧と、により決まる。

また、より望ましくは、第2増幅回路208のダイナミックレンジは、第1増幅回路204のダイナミックレンジの略2倍に設定されている。これにより、製造ばらつきによって第1増幅回路204及び第2増幅回路208の増幅率がばらついた場合であっても、第2増幅回路208のダイナミックレンジを、第1増幅回路204のダイナミックレンジより大きくすることができる。

【0041】

なお、ダイナミックレンジの大小を知るには、物理量を印加しながら第1増幅回路204及び第2増幅回路208の出力を同時にモニターし、物理量を徐々に大きくしてゆくことで、第1増幅回路204及び第2増幅回路208の出力のどちらが先に飽和するかを調べればよい。

そして、調べた結果に応じて、第1増幅回路204の出力が飽和する入力物理量の最小値より、第2増幅回路208の出力が飽和する入力物理量の最小値の方が大きくなるように、第1増幅回路204及び第2増幅回路208の増幅率を決定する。これにより、ダイナミックレンジの大小を設定することができる。

【0042】

以下では、第1増幅回路204の飽和電圧をV1とし、第1増幅回路204の増幅率をA1とする。また、第2増幅回路208の飽和電圧をV2とし、第2増幅回路208の増幅率をA2とする。

V2/A2及びV1/A1の大小関係は、 $V2/A2 > V1/A1$ である。好適例では

10

20

30

40

50

、 $V_1 = V_2 = 5V$ 、 $A_1 = 10$ 、 $A_2 = 2$ であり、 $V_2 / A_2 = 2.5 > V_1 / A_1 = 0.5$ である。従って、このとき、第2増幅回路208が飽和する入力電圧の最小値は $2.5V$ であり、第1増幅回路204が飽和する入力電圧の最小値は $0.5V$ である。すなわち、第2増幅回路208の方が第1増幅回路204より飽和しにくい構成である。そして、好適例においては、このように A_1 及び A_2 を設定することで、第2増幅回路208のダイナミックレンジが第1増幅回路204のダイナミックレンジより大きい構成とすることができる。

【0043】

また、第1増幅回路204のダイナミックレンジは、自動車等の移動体における通常の検出範囲である $300^\circ/s$ 以上である。すなわち、第1増幅回路204の出力は、 $300^\circ/s$ 以下の角速度に相当する物理量が印加された場合は飽和しないように設定されている。これにより、角速度センサー1が移動体に搭載された場合において、通常使用時には第1増幅回路204も飽和しにくい構成とすることができる。

また、このとき、第2増幅回路208のダイナミックレンジは、 $600^\circ/s$ 以上である。

【0044】

さらに望ましくは、第1増幅回路204のダイナミックレンジは $3000^\circ/s$ 以上である。すなわち、第1増幅回路204の出力は、 $3000^\circ/s$ 以下の角速度に相当する物理量が印加された場合は飽和しないように設定されている。

角速度センサー1が自動車等の移動体に搭載された場合、砂利道や悪路を走行することが想定される。この場合、石はね等によって、通常の検出範囲を超える衝撃が印加される場合がある。また、物理量センサーが実装される基板や車体が共振した場合、入力される物理量が共振のQ値の分だけ増幅される。一般的に、これらの共振のQ値は5程度である。余裕度を2倍とした場合、第1増幅回路204のダイナミックレンジを、 $300^\circ/s \times (5 \times 2) = 3000^\circ/s$ 以上に設定することで、石はねや、基板または車体の共振の影響があった場合でも、第1増幅回路204の出力が飽和するおそれを小さくできる。

また、このとき、第2増幅回路208のダイナミックレンジは、 $6000^\circ/s$ 以上である。

【0045】

< 物理量検出回路における信号処理 >

図5は、角速度センサー1が静止状態にあるときの信号波形を表す波形図である。静止状態においては、第1検出電極151及び第2検出電極152からは角速度信号は出力されず、漏れ信号が出力されている。図5には、図4に示すA～Fの各点における漏れ信号の変化を示している。横軸は時間を、縦軸は電圧を示す。

【0046】

A点（第1チャージアンプ201の出力）及びB点（第2チャージアンプ202の出力）には、互いに逆相（位相が 180° ずれている）の漏れ信号が出力される。

C点（第1増幅回路204の出力）には、A点及びB点での出力が差動増幅回路203によって差動増幅されたのち、第1増幅回路204によって増幅された信号が出力されている。

D点（移相回路205の出力）には、同期検波のためのクロック信号が出力されている。漏れ信号が駆動信号と略同相であるのに対し、クロック信号の位相は駆動信号と略 90° ずれている。このため、クロック信号と漏れ信号の位相は略 90° ずれている。

【0047】

E点（同期検波回路206の出力）には、C点における信号とD点における信号とを乗算した信号が出力されている。このため、E点の出力は図示の通り、基準電圧の上下で面積が等しい鋸刃状になっている。

F点（第2増幅回路208の出力）には、第1ローパスフィルター207によってE点の出力を積分し、第2増幅回路208によって増幅した信号が出力されている。E点の出力を積分すると、漏れ信号は相殺されて基準電圧に等しくなるので、F点における出力も

10

20

30

40

50

基準電圧に等しくなる。

【 0 0 4 8 】

図 6 は、角速度センサー 1 が回転状態にあるときの信号波形を表す波形図である。回転状態において、第 1 検出電極 1 5 1 及び第 2 検出電極 1 5 2 からは、角速度信号に漏れ信号が重畳されて出力されている。漏れ信号は、静止状態と同様に相殺されるので、図 6 には A ~ F の各点における角速度信号の変化のみを示している。横軸は時間を、縦軸は電圧を示す。

【 0 0 4 9 】

A 点（第 1 チャージアンプ 2 0 1 の出力）及び B 点（第 2 チャージアンプ 2 0 2 の出力）には、互いに逆相（位相が 180° ずれている）の角速度信号が出力される。

10

C 点（第 1 増幅回路 2 0 4 の出力）には、A 点及び B 点での出力が差動増幅回路 2 0 3 によって差動増幅されたのち、第 1 増幅回路 2 0 4 によって増幅された信号が出力されている。交流増幅回路である第 1 増幅回路 2 0 4 により、差動増幅回路 2 0 3 から出力された信号の基準電圧を変化させずに、交流成分のみを増幅することができる。

D 点（移相回路 2 0 5 の出力）には、同期検波のためのクロック信号が出力されている。角速度信号の位相は駆動信号の位相と略 90° ずれており、クロック信号の位相は駆動信号と略 90° ずれている。このため、クロック信号と角速度信号は、回転の向きに応じて同相または逆相となる。図 6 に示した例では、クロック信号と角速度信号が同相の場合を示している。

【 0 0 5 0 】

20

E 点（同期検波回路 2 0 6 の出力）には、C 点における信号と D 点における信号とを乗算した信号が出力されている。このため、E 点の出力は図示の通り、C 点における信号が全波整流された形となっている。

F 点（第 2 増幅回路 2 0 8 の出力）には、第 1 ローパスフィルター 2 0 7 によって E 点の出力を積分し、第 2 増幅回路 2 0 8 によって増幅した信号が出力されている。第 1 ローパスフィルター 2 0 7 からの出力は直流信号なので、直流増幅回路である第 2 増幅回路 2 0 8 によって、F 点に角速度に応じた直流信号を出力することができる。また、第 2 ローパスフィルター 2 0 9 によって、高周波のノイズを除去することができる。

【 0 0 5 1 】

< 過大な物理量が加わった時の出力 >

30

図 7 は、角速度センサー 1 に過大な物理量が印加されたときの信号波形を表す波形図である。横軸は時間であり、縦軸は出力電圧である。図 7 (a) は従来の角速度センサーの出力波形であり、C 点及び F 点における信号波形を表している。また、V a c 0 は第 1 増幅回路 2 0 4 の飽和電圧であり、V d c 0 は第 2 増幅回路 2 0 8 の飽和電圧である。

図 7 (b) は本実施形態に係る角速度センサー 1 の出力波形であり、C 点及び F 点における信号波形を表している。V 1 は第 1 増幅回路 2 0 4 の飽和電圧、V 2 は第 2 増幅回路 2 0 8 の飽和電圧であり、好適例では、 $V 1 = V 2 = 5 \text{ V}$ である。また、出力電圧の下限は 0 V であり、横軸の高さで示した基準電圧は 2.5 V である。

【 0 0 5 2 】

従来の角速度センサーにおいては、過大な角速度が印加された場合、第 1 増幅回路 2 0 4 の増幅率を小さくすることにより、出力が飽和電圧 V a c 0 を超えないようにしていた。そして、角速度センサーの出力レベルを一定にするために、第 1 増幅回路 2 0 4 の増幅率を小さくした分だけ第 2 増幅回路 2 0 8 の増幅率を大きくするので、第 2 増幅回路 2 0 8 の出力が飽和電圧 V d c 0 を超えるおそれがあった。この結果、図 7 (a) に示すように、F 点での出力が飽和し、出力が不正確になるおそれがあった。

40

【 0 0 5 3 】

一方、本実施形態に係る角速度センサー 1 においては、第 2 増幅回路 2 0 8 のダイナミックレンジが第 1 増幅回路 2 0 4 のダイナミックレンジより大きいので、第 1 増幅回路 2 0 4 の出力が飽和電圧 V 1 を超えない場合には、図 7 (b) に示すように、第 2 増幅回路 2 0 8 の出力も飽和電圧 V 2 を超えず、飽和しない。また、仮に第 1 増幅回路 2 0 4 のダ

50

イナミックレンジを超える角速度や衝撃が印加され、第1増幅回路204の出力が飽和した場合であっても、第1増幅回路204からの出力は第1増幅回路204のダイナミックレンジを超えないので、第2増幅回路208の出力は飽和電圧V2を超えず、飽和しない。

【0054】

以上述べたように、本実施形態に係る角速度センサー1によれば、以下の効果を得ることができる。

すなわち、過大な角速度や、過大な衝撃が印加された場合であっても、第2増幅回路208の飽和を防ぐことができる。このため、誤出力を低減したセンサーを提供することができる。また、従来の角速度センサーのように差動増幅回路203や同期検波回路206の増幅率を可変にする構成に比べて、回路構成を複雑にせずに誤出力を低減することができる。

10

【0055】

また、第1増幅回路204のダイナミックレンジが $300^{\circ}/s$ 以上であるので、自動車等の移動体に搭載された場合の通常使用時において、第1増幅回路204の出力も飽和しにくくでき、センサーが誤出力するおそれをさらに低減することができる。加えて、第2増幅回路208のダイナミックレンジは略2倍の $600^{\circ}/s$ 以上に設定されているので、製造ばらつき等の影響を受けずに第2増幅回路208の出力の飽和を確実に防止することができる。

20

【0056】

さらに、第1増幅回路204のダイナミックレンジが $3000^{\circ}/s$ 以上であるので、移動体に搭載されて砂利道や悪路を走行して石はね等の衝撃が印加された場合や、物理量センサーが実装される基板や車体が共振した場合においても、第1増幅回路204の出力が飽和するおそれを小さくできる。このため、センサーが誤出力するおそれをさらに低減することができる。加えて、第2増幅回路208のダイナミックレンジは略2倍の $6000^{\circ}/s$ 以上に設定されているので、第2増幅回路208の出力の飽和を確実に防止することができる。

【0057】

(実施形態2)

<物理量センサーの概略構成>

30

次に、実施形態2に係る角速度センサー1aについて説明する。

図8は、角速度センサー1aの概略図である。角速度センサー1aは、角速度検出素子10、角速度検出回路21、駆動回路50、などによって構成されている。

角速度検出素子10は、本発明に係る物理量検出素子の一例であり、角速度センサー1aに印加された角速度に応じた振動を行う。角速度検出回路21は、本発明に係る物理量検出回路の一例であり、角速度検出素子10から出力された角速度信号を処理する。駆動回路50は、角速度検出素子10に駆動振動を行わせるための駆動信号を生成する。

【0058】

<物理量検出回路の概略構成>

次に、実施形態2に係る角速度センサー1aが備える角速度検出回路21について、図9を参照して説明する。なお、実施形態1と同一の構成部位については、同一の番号を使用し、重複する説明は省略する。

40

【0059】

図9は、角速度検出回路21の概略図である。

角速度検出回路21は、実施形態1に係る角速度センサー1が備える角速度検出回路20の構成に加えて、第3増幅回路211、レシオメトリックアンプ212、第3ローパスフィルタ213、などを備えている。

第3増幅回路211は直流増幅回路であり、最終的な角速度の検出感度を決定する。第3増幅回路211のダイナミックレンジは、第2増幅回路208のダイナミックレンジより大きいことが望ましい。レシオメトリックアンプ212は、電源電圧に応じて増幅率を

50

変化させる増幅回路である。これにより、電源電圧が変動した場合にも、角速度センサーの感度を連動させる構成とすることができる。また、第3ローパスフィルター213は、検出信号中の不要波成分を除去するフィルター回路である。

【0060】

以上述べたように、本実施形態に係る角速度センサー1aによれば、実施形態1での効果に加えて、以下の効果を得ることができる。

すなわち、第2増幅回路208に加えて第3増幅回路211を備えていることにより、第2増幅回路の増幅率を小さくすることが可能である。これにより、最終的な感度を落とさずに、第2増幅回路208のダイナミックレンジを確実に大きくすることができる。また、第3ローパスフィルター213を備えていることにより、検出信号に含まれるノイズをより一層低減することができる。

10

【0061】

(変形例)

なお、本発明は上述した実施形態に限定されず、上述した実施形態に種々の変更や改良などを加えることが可能である。変形例を以下に述べる。

本発明に係る物理量センサーが検出する物理量は角速度に限定されず、例えば加速度や、圧力などであってもよい。

また、上述した実施形態では、角速度検出素子10は、4本の駆動腕と2本の検出腕を備えている、いわゆるダブルT型であるとしたが、本発明に係る物理量センサーが備える物理量検出素子はこれに限定されない。例えば、2本の振動腕を有する音叉型の振動子であってもよく、2本の駆動腕と、2本の検出腕と、が互いに逆向きに延びている、いわゆるH型の振動子であってもよい。また、櫛歯型の電極を備えた容量検出型の物理量検出素子であってもよい。また、物理量検出素子の材料は水晶に限定されず、例えばシリコンやセラミックであってもよい。

20

【0062】

(実施形態3)

<電子機器の概略構成>

実施形態3では、電子機器の一例として横転検出装置3について説明する。

横転検出装置3は、自動車等の移動体に搭載され、角速度センサー及び加速度センサーの出力に基づいて横転を検出し、エアバッグ等の保護装置を起動させる装置である。

30

【0063】

図10は、横転検出装置3の概略図である。

横転検出装置3は、角速度センサー1(1a)、第1加速度センサー31、第2加速度センサー32、第1横転判定回路33、第2横転判定回路34、AND回路35、横転信号出力端子36、などから構成されている。なお、以下では実施形態1に係る角速度センサー1を備えた例で説明するが、その他の実施形態や変形例に係る角速度センサーを用いてもよい。

【0064】

角速度センサー1は、横転検出装置3が搭載される移動体の進行方向を軸とする回転方向(ロール方向)の角速度(ロールレート)を検出する。角速度センサー1の出力は、第1横転判定回路33に入力される。

40

第1加速度センサー31は、移動体の進行方向及び重力方向の両方と交差する方向(横方向)の加速度を検出する。

第1横転判定回路33は、角速度センサー1によって検出されるロールレートと、検出されたロールレートを積分して求められるロール方向の傾斜角度と、第1加速度センサー31によって検出される横方向の加速度と、に基づいて移動体が横転に至るか否かを判定する。横転に至ると判定した場合には、第1横転信号をAND回路35に入力する。

【0065】

第2加速度センサー32は、移動体が移動する平面に垂直な方向(重力方向)の加速度を検出する。

50

第2横転判定回路34は、第1加速度センサー31によって検出される横方向の加速度と、第2加速度センサー32によって検出される重力方向の加速度と、に基づいて移動体が横転に至るか否かを判定し、横転に至ると判定した場合には、第2横転信号をAND回路35に入力する。

AND回路35は、第1横転信号及び第2横転信号の両方が入力された場合に、横転検出信号を横転信号出力端子36から出力する。

【0066】

横転検出装置3は、過大な物理量が印加された場合でも誤出力を低減することが可能な角速度センサー1(1a)を備えているので、横転しているにも関わらず横転検出信号が出力されない、あるいは、横転していない場合に横転検出信号を出力してしまう、といった誤動作するおそれを低減することができる。

なお、本実施形態では電子機器の一例として横転検出装置3について説明したが、本発明に係る電子機器はこれに限定されない。例えば、重力方向周りの回転を検出する、横滑り防止装置であってもよい。

【0067】

(実施形態4)

<移動体の概略構成>

実施形態4では、移動体の一例としての自動車4について説明する。

図11は、自動車4の概略図である。自動車4は、車体41や横転検出装置3などから構成されている。横転検出装置3は、角速度センサー1(1a)を備えている。横転検出装置3は、乗員室内に設けられていてもよく、またエンジンルーム内に設けられていてもよい。

車体41は、ルーフサイドから膨らんで垂れ下がり、横転時に乗員の頭部や頸部を保護するカーテンエアバッグや、乗員が座るシートの外側部分から膨らみ、横転時に乗員の胸部や腹部を保護するサイドエアバッグを含んでいる。

【0068】

自動車4は、横転検出装置3からの横転検出信号に基づき、これらの保護装置を起動する。自動車4は、過大な物理量が印加された場合でも誤出力を低減することが可能な角速度センサー1(1a)を備えているので、横転しているにも関わらず保護装置が起動されない、あるいは、横転していない場合に保護装置を起動してしまう、といった誤動作するおそれを低減することができる。

【0069】

なお、自動車4では横転検出装置3の出力に基づいてカーテンエアバッグやサイドエアバッグを起動する構成としたが、本発明に係る移動体はこれに限定されない。例えば、角速度センサー1(1a)を備えた横滑り防止装置からの出力に基づいて、ブレーキやエンジンの出力を制御する構成であってもよい。

また、移動体は車に限定されず、例えば船舶、飛行機やヘリコプター等の航空機、ロケット、または人工衛星等でもよい。

【符号の説明】

【0070】

1, 1a...角速度センサー、10...角速度検出素子、101...基部、111...第1駆動腕、112...第2駆動腕、113...第3駆動腕、114...第4駆動腕、121...第1検出腕、122...第2検出腕、131...第1連結腕、132...第2連結腕、141...第1駆動電極、142...第2駆動電極、151...第1検出電極、152...第2検出電極、153...第3検出電極、161...第1駆動錘部、162...第2駆動錘部、163...第3駆動錘部、164...第4駆動錘部、171...第1検出錘部、172...第2検出錘部、20, 21...角速度検出回路、201...第1チャージアンプ、202...第2チャージアンプ、203...差動増幅回路、204...第1増幅回路、205...移相回路、206...同期検波回路、207...第1ローパスフィルター、208...第2増幅回路、209...第2ローパスフィルター、211...第3増幅回路、212...レシオメトリックアンプ、213...第3ローパスフィル

10

20

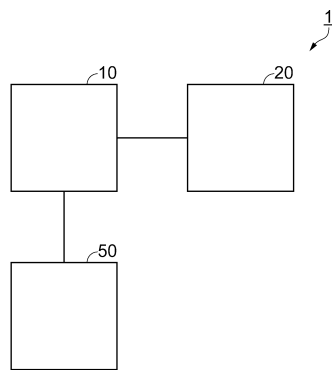
30

40

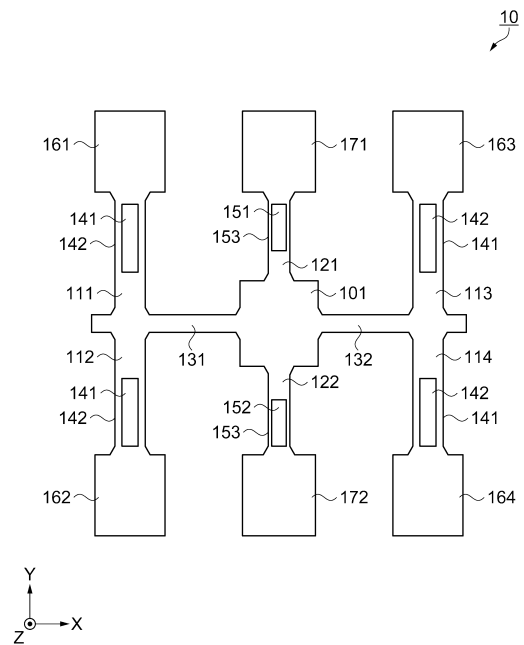
50

ター、3 ... 横転検出装置、3 1 ... 第 1 加速度センサー、3 2 ... 第 2 加速度センサー、3 3 ... 第 1 横転判定回路、3 4 ... 第 2 横転判定回路、3 5 ... A N D 回路、3 6 ... 横転信号出力端子、4 ... 自動車、4 1 ... 車体、5 0 ... 駆動回路。

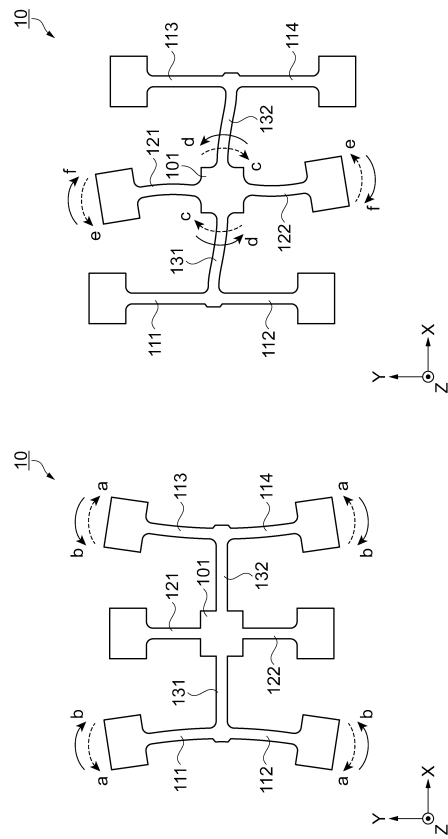
【図 1】



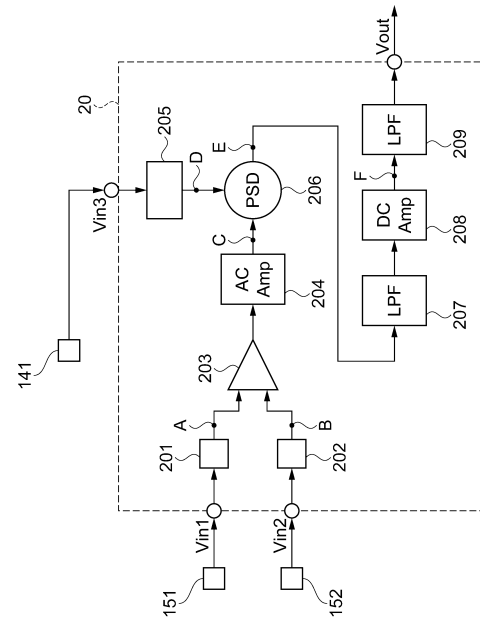
【図 2】



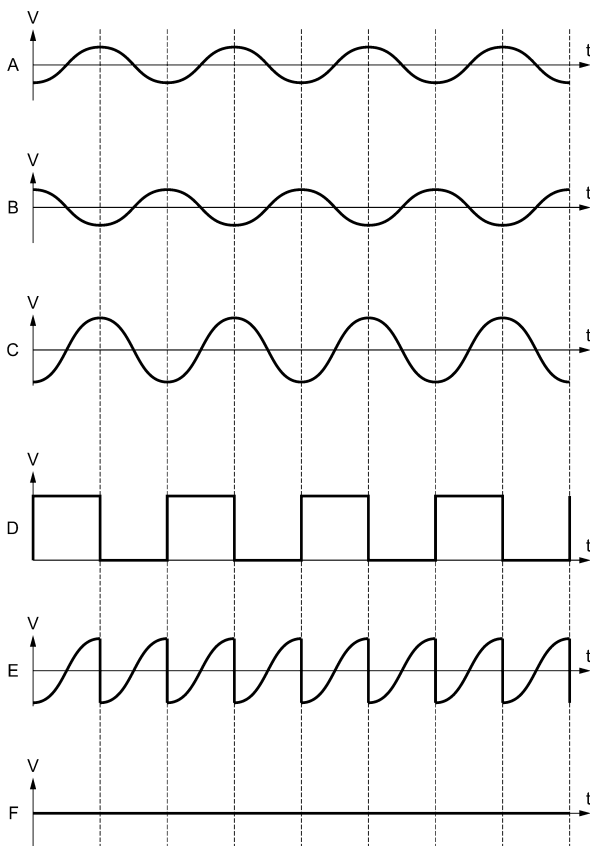
【図 3】



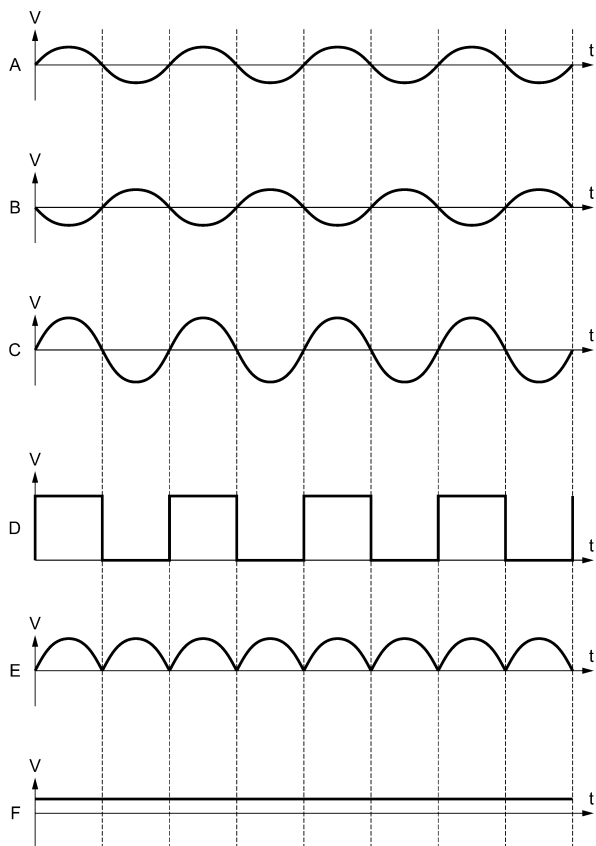
【図 4】



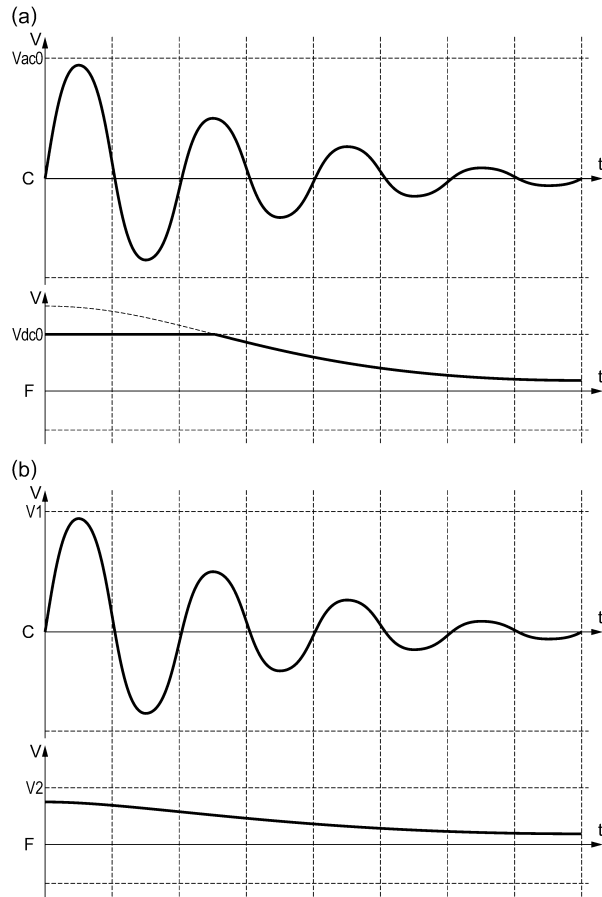
【図 5】



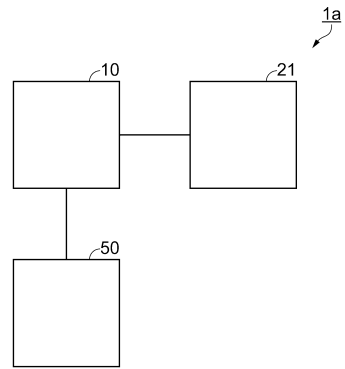
【図 6】



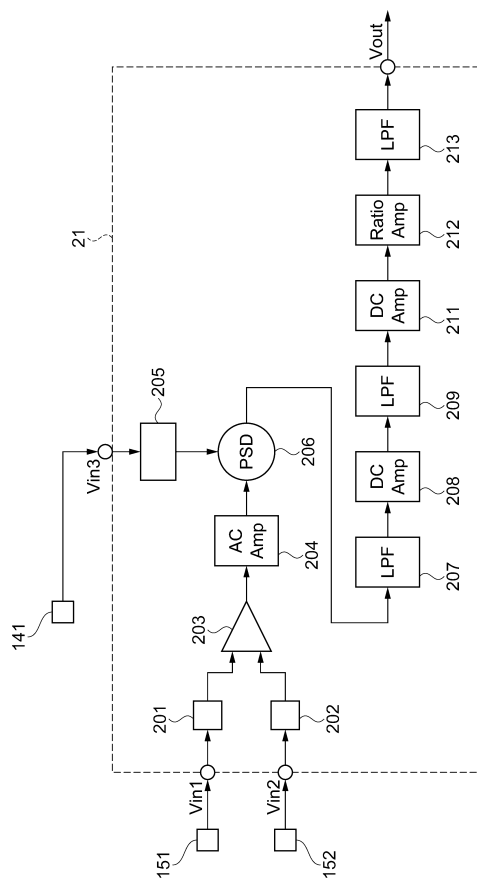
【図 7】



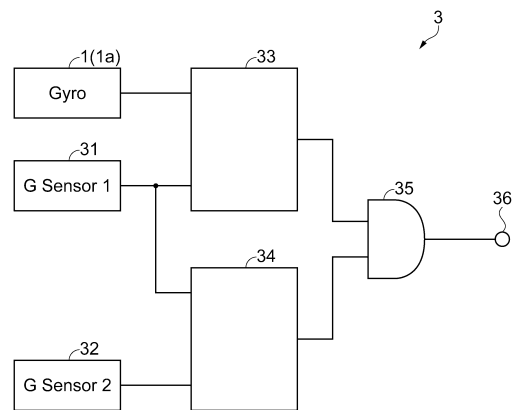
【図 8】



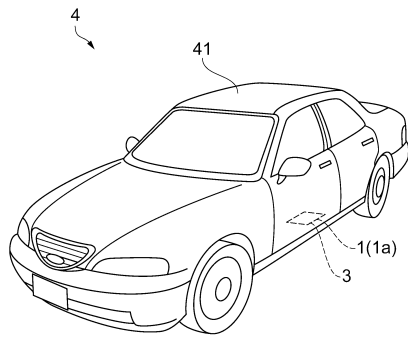
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 健二

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

審査官 八木 智規

(56)参考文献 特開2013-19834(JP,A)

特表2005-524093(JP,A)

米国特許出願公開第2013/133397(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01C 19/00 - 19/72

G01P 7/00 - 11/02

G01P 15/00 - 15/18

G01P 21/00 - 21/02

H01L 27/20

H01L 29/84

H01L 41/00 - 41/47