

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6561702号  
(P6561702)

(45) 発行日 令和1年8月21日(2019.8.21)

(24) 登録日 令和1年8月2日(2019.8.2)

(51) Int.Cl.	F I
GO 1 C 19/5776 (2012.01)	GO 1 C 19/5776
HO 1 L 41/113 (2006.01)	HO 1 L 41/113
HO 1 L 29/84 (2006.01)	HO 1 L 29/84 Z
HO 1 L 41/04 (2006.01)	HO 1 L 41/04

請求項の数 13 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2015-177415 (P2015-177415)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成27年9月9日(2015.9.9)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2017-53704 (P2017-53704A)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43) 公開日	平成29年3月16日(2017.3.16)	(74) 代理人	100104710
審査請求日	平成30年8月22日(2018.8.22)		弁理士 竹腰 昇
		(74) 代理人	100090479
			弁理士 井上 一
		(74) 代理人	100124682
			弁理士 黒田 泰
		(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
		審査官	小野寺 麻美子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 物理量検出システム、電子機器及び移動体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の物理量トランスデューサーと、前記第1の物理量トランスデューサーを駆動する第1の駆動回路と、前記第1の物理量トランスデューサーから出力される第1の検出信号に基づいて、第1の物理量に対応する第1の物理量情報を出力する第1の検出回路と、を有する第1の物理量センサーと、

第2の物理量トランスデューサーと、前記第2の物理量トランスデューサーを駆動する第2の駆動回路と、前記第2の物理量トランスデューサーから出力される第2の検出信号に基づいて、第2の物理量に対応する第2の物理量情報を出力する第2の検出回路と、を有する第2の物理量センサーと、

前記第1の物理量センサー及び前記第2の物理量センサーの共通の電源から前記第1の物理量センサーに供給される電源電圧が印加される第1の電源ラインと、

前記電源から前記第2の物理量センサーに供給される前記電源電圧が印加される第2の電源ラインと、

前記第1の電源ラインの経路に設けられ、第1のバンドエリミネート周波数特性を有する第1のデカップリング回路と、

前記第2の電源ラインの経路に設けられ、第2のバンドエリミネート周波数特性を有する第2のデカップリング回路と、

を含み、

前記第1の駆動回路の第1の駆動周波数を  $f_{d1}$  とし、前記第2の駆動回路の第2の駆

動周波数を  $f_{d2}$  とし、第 1 のバンドエリミネート周波数特性の低周波数側のカットオフ周波数を  $f_{CL1}$  とし、第 2 のバンドエリミネート周波数特性の低周波数側のカットオフ周波数を  $f_{CL2}$  とし、第 1 のバンドエリミネート周波数特性の高周波数側のカットオフ周波数を  $f_{CH1}$  とし、第 2 のバンドエリミネート周波数特性の高周波数側のカットオフ周波数を  $f_{CH2}$  とした場合に、

$f_{CL1} < f_{d1} < f_{CH1}$  であり、 $f_{CL2} < f_{d2} < f_{CH2}$  であることを特徴とする物理量検出システム。

【請求項 2】

請求項 1 において、

$f_{CL1} < f_{d1} < 3 \times f_{d1} < f_{CH1}$  であり、 $f_{CL2} < f_{d2} < 3 \times f_{d2} < f_{CH2}$  であることを特徴とする物理量検出システム。 10

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 において、

$f_{CL1} < f_{d1} < 3 \times f_{d1} < 5 \times f_{d1} < 7 \times f_{d1} < f_{CH1}$  であり、 $f_{CL2} < f_{d2} < 3 \times f_{d2} < 5 \times f_{d2} < 7 \times f_{d2} < f_{CH2}$  であることを特徴とする物理量検出システム。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれかにおいて、

前記第 1 の駆動回路及び前記第 2 の駆動回路は、

前記第 1 の物理量トランスデューサー及び前記第 2 の物理量トランスデューサーを矩形波の駆動信号で駆動することを特徴とする物理量検出システム。 20

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれかにおいて、

前記第 1 の物理量情報及び前記第 2 の物理量情報の検出周波数帯域の上側周波数を  $f_g$  とした場合に、 $|f_{d1} - f_{d2}| < f_g$  であることを特徴とする物理量検出システム。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれかにおいて、

前記第 1 の電源ライン及び前記第 2 の電源ラインに対して、前記電源電圧を印加する第 3 の電源ラインと、

前記第 3 の電源ラインの経路に設けられる第 3 のデカップリング回路と、 30

を含むことを特徴とする物理量検出システム。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれかにおいて、

前記第 1 のデカップリング回路は、

第 1 のコンデンサーと、

前記第 1 のコンデンサーと容量値が異なる第 2 のコンデンサーと、

を有し、

前記第 2 のデカップリング回路は、

第 3 のコンデンサーと、

前記第 3 のコンデンサーと容量値が異なる第 4 のコンデンサーと、 40

を有し、

前記第 1 のコンデンサーと前記第 2 のコンデンサーは、

高電位側の前記電源を供給する前記第 1 の電源ラインと、低電位側の電源ノードとの間に設けられ、

前記第 3 のコンデンサーと前記第 4 のコンデンサーは、

前記高電位側の前記電源を供給する前記第 2 の電源ラインと、前記低電位側の電源ノードとの間に設けられることを特徴とする物理量検出システム。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 6 のいずれかにおいて、

前記第 1 のデカップリング回路は、 50

第 1 のインダクターと、  
第 1 のコンデンサーと、  
前記第 1 のコンデンサーと容量値が異なる第 2 のコンデンサーと、  
を有し、  
前記第 2 のデカップリング回路は、  
第 2 のインダクターと、  
第 3 のコンデンサーと、  
前記第 3 のコンデンサーと容量値が異なる第 4 のコンデンサーと、  
を有し、  
前記第 1 のコンデンサー及び前記第 2 のコンデンサーは、  
前記第 1 の物理量センサーに前記電源を供給する第 1 の電源供給ノードと、低電位側の  
電源ノードとの間に設けられ、  
前記第 1 のインダクターは、  
前記第 1 の電源ラインと、前記第 1 の電源供給ノードとの間に設けられ、  
前記第 3 のコンデンサー及び前記第 4 のコンデンサーは、  
前記第 2 の物理量センサーに前記電源を供給する第 2 の電源供給ノードと、前記低電位  
側の電源ノードとの間に設けられ、  
前記第 2 のインダクターは、  
前記第 2 の電源ラインと、前記第 2 の電源供給ノードとの間に設けられることを特徴と  
する物理量検出システム。  
【請求項 9】  
請求項 1 乃至 6 のいずれかにおいて、  
前記第 1 のデカップリング回路は、  
第 1 のインダクターと、  
第 2 のインダクターと、  
第 1 のコンデンサーと、  
前記第 1 のコンデンサーと容量値が異なる第 2 のコンデンサーと、  
を有し、  
前記第 2 のデカップリング回路は、  
第 3 のインダクターと、  
第 4 のインダクターと、  
第 3 のコンデンサーと、  
前記第 3 のコンデンサーと容量値が異なる第 4 のコンデンサーと、  
を有し、  
前記第 1 のコンデンサー及び前記第 2 のコンデンサーは、  
第 1 のノードと低電位側の電源ノードとの間に設けられ、  
前記第 1 のインダクターは、  
前記第 1 の電源ラインと前記第 1 のノードとの間に設けられ、  
前記第 2 のインダクターは、  
前記第 1 のノードと、前記第 1 の物理量センサーに前記電源を供給する第 1 の電源供給  
ノードとの間に設けられ、  
前記第 3 のコンデンサー及び前記第 4 のコンデンサーは、  
第 2 のノードと前記低電位側の電源ノードとの間に設けられ、  
前記第 3 のインダクターは、  
前記第 2 の電源ラインと前記第 2 のノードとの間に設けられ、  
前記第 4 のインダクターは、  
前記第 2 のノードと、前記第 2 の物理量センサーに前記電源を供給する第 2 の電源供給  
ノードとの間に設けられることを特徴とする物理量検出システム。  
【請求項 10】  
請求項 1 乃至 9 のいずれかにおいて、

10

20

30

40

50

前記第 1 の物理量情報及び前記第 2 の物理量情報は、  
角速度情報であることを特徴とする物理量検出システム。

【請求項 1 1】

第 1 の物理量トランスデューサーと、前記第 1 の物理量トランスデューサーを駆動する第 1 の駆動回路と、前記第 1 の物理量トランスデューサーから出力される第 1 の検出信号に基づいて、第 1 の物理量に対応する第 1 の物理量情報を出力する第 1 の検出回路と、を有する第 1 の物理量センサーと、

第 2 の物理量トランスデューサーと、前記第 2 の物理量トランスデューサーを駆動する第 2 の駆動回路と、前記第 2 の物理量トランスデューサーから出力される第 2 の検出信号に基づいて、第 2 の物理量に対応する第 2 の物理量情報を出力する第 2 の検出回路と、を有する第 2 の物理量センサーと、

前記第 1 の物理量センサー及び前記第 2 の物理量センサーの共通の電源から前記第 1 の物理量センサーに供給される電源電圧が印加される第 1 の電源ラインと、

前記電源から前記第 2 の物理量センサーに供給される前記電源電圧が印加される第 2 の電源ラインと、

前記第 1 の電源ライン及び前記第 2 の電源ラインに対して、前記電源電圧を印加する第 3 の電源ラインと、

前記第 1 の電源ラインの経路に設けられる第 1 のデカップリング回路と、

前記第 2 の電源ラインの経路に設けられる第 2 のデカップリング回路と、

前記第 3 の電源ラインの経路に設けられる第 3 のデカップリング回路と、

を含むことを特徴とする物理量検出システム。

【請求項 1 2】

請求項 1 乃至 1 1 のいずれかに記載の物理量検出システムを含むことを特徴とする電子機器。

【請求項 1 3】

請求項 1 乃至 1 1 のいずれかに記載の物理量検出システムを含む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、物理量検出システム、電子機器及び移動体等に関する。

【背景技術】

【0002】

角速度、加速度等の物理量を検出する物理量検出システムは、例えば車両における車体制御、カーナビゲーションシステムの自車位置検出、デジタルカメラやビデオカメラ等の振動制御補正（いわゆる手ぶれ補正）等に用いられる。かかる物理量検出システムを含むセンサーデバイスとしては、例えば特許文献 1 において開示されているように、複数の物理量センサー（物理量トランスデューサー）を備え、互いに直交する 2 つまたは 3 つの検出軸まわりの角速度を検出するものが知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2013 - 217813 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 のように、1 つの電源を用いて、複数の物理量トランスデューサーを駆動させ、物理量を検出する場合、例えば第 1 の物理量トランスデューサーの駆動周波数成分のノイズが、駆動回路から電源ラインを介して第 2 の物理量トランスデューサーの検出回路に伝わる恐れがあると判明した。その場合に、第 1 の物理量トランスデューサーの第 1 の

10

20

30

40

50

駆動周波数を  $f_{d1}$  とし、第2の物理量トランスデューサーの第2の駆動周波数を  $f_{d2}$  とすると、 $f_{d1}$  と  $f_{d2}$  の差分に対応する周波数のビートノイズが発生してしまい、検出される物理量に誤差が生じてしまう。

【0005】

本発明の幾つかの態様によれば、共通の電源を用いて複数の物理量センサーを駆動させる場合に、ビートノイズ等の発生を抑制することができる物理量検出システム、電子機器及び移動体等を提供することができる。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一態様は、第1の物理量トランスデューサーと、前記第1の物理量トランスデューサーを駆動する第1の駆動回路と、前記第1の物理量トランスデューサーから出力される第1の検出信号に基づいて、第1の物理量に対応する第1の物理量情報を出力する第1の検出回路と、を有する第1の物理量センサーと、第2の物理量トランスデューサーと、前記第2の物理量トランスデューサーを駆動する第2の駆動回路と、前記第2の物理量トランスデューサーから出力される第2の検出信号に基づいて、第2の物理量に対応する第2の物理量情報を出力する第2の検出回路と、を有する第2の物理量センサーと、前記第1の物理量センサー及び前記第2の物理量センサーの共通の電源から前記第1の物理量センサーに供給される電源電圧が印加される第1の電源ラインと、前記電源から前記第2の物理量センサーに供給される前記電源電圧が印加される第2の電源ラインと、前記第1の電源ラインの経路に設けられ、第1のバンドエリミネート周波数特性を有する第1のデカップリング回路と、前記第2の電源ラインの経路に設けられ、第2のバンドエリミネート周波数特性を有する第2のデカップリング回路と、を含み、前記第1の駆動回路の第1の駆動周波数を  $f_{d1}$  とし、前記第2の駆動回路の第2の駆動周波数を  $f_{d2}$  とし、第1のバンドエリミネート周波数特性の低周波数側のカットオフ周波数を  $f_{CL1}$  とし、第2のバンドエリミネート周波数特性の低周波数側のカットオフ周波数を  $f_{CL2}$  とし、第1のバンドエリミネート周波数特性の高周波数側のカットオフ周波数を  $f_{CH1}$  とし、第2のバンドエリミネート周波数特性の高周波数側のカットオフ周波数を  $f_{CH2}$  とした場合に、 $f_{CL1} < f_{d1} < f_{CH1}$  であり、 $f_{CL2} < f_{d2} < f_{CH2}$  である物理量検出システムに係る。

【0007】

本実施形態の物理量検出システムは、 $f_{CL1} < f_{d1} < f_{CH1}$  になるような第1のバンドエリミネート周波数特性を有する第1のデカップリング回路と、 $f_{CL2} < f_{d2} < f_{CH2}$  となるような第2のバンドエリミネート周波数特性を有する第2のデカップリング回路とを用いる。そして、第1のデカップリング回路により、第1の物理量センサーの第1の駆動周波数  $f_{d1}$  成分を低減し、第2のデカップリング回路により、第2の物理量センサーの第2の駆動周波数  $f_{d2}$  成分を低減して、一方の物理量センサーに入力される他方の物理量センサーの駆動周波数成分を低減する。よって、共通の電源を用いて複数の物理量センサーを駆動させる場合に、ビートノイズの発生を抑制することが可能となる。

【0008】

また、本発明の一態様では、 $f_{CL1} < f_{d1} < 3 \times f_{d1} < f_{CH1}$  であり、 $f_{CL2} < f_{d2} < 3 \times f_{d2} < f_{CH2}$  であつてもよい。

【0009】

これにより、一方の物理量センサーの駆動周波数の高調波成分を低減して、高調波成分が他方の物理量センサーに与える悪影響を抑制すること等が可能になる。

【0010】

また、本発明の一態様では、 $f_{CL1} < f_{d1} < 3 \times f_{d1} < 5 \times f_{d1} < 7 \times f_{d1} < f_{CH1}$  であり、 $f_{CL2} < f_{d2} < 3 \times f_{d2} < 5 \times f_{d2} < 7 \times f_{d2} < f_{CH2}$  であつてもよい。

【0011】

これにより、一方の物理量センサーの駆動周波数のさらに高い高調波成分を低減して、高調波成分が他方の物理量センサーに与える悪影響を抑制すること等が可能になる。

【0012】

また、本発明の一態様では、前記第1の駆動回路及び前記第2の駆動回路は、前記第1の物理量トランスデューサー及び前記第2の物理量トランスデューサーを矩形波の駆動信号で駆動してもよい。

【0013】

これにより、矩形波駆動を行うと高調波成分が発生して物理量センサーに悪影響を与えるが、その悪影響を抑えること等が可能になる。

【0014】

また、本発明の一態様では、前記第1の物理量情報及び前記第2の物理量情報の検出周波数帯域の上側周波数を $f_g$ とした場合に、 $|f_{d1} - f_{d2}| < f_g$ であってもよい。

【0015】

これにより、 $|f_{d1} - f_{d2}| < f_g$ であり、同期検波後のフィルター処理によりビートノイズを除去できない場合であっても、正確な物理量情報を取得すること等が可能になる。

【0016】

また、本発明の一態様では、前記第1の電源ライン及び前記第2の電源ラインに対して、前記電源電圧を印加する第3の電源ラインと、前記第3の電源ラインの経路に設けられる第3のデカップリング回路と、を含んでもよい。

【0017】

これにより、第1の駆動周波数 $f_{d1}$ の周波数帯域又は第2の駆動周波数 $f_{d2}$ の周波数帯域の外来ノイズ周波数成分が入力された場合でも、ビートノイズの発生を抑制すること等が可能となる。

【0018】

また、本発明の一態様では、前記第1のデカップリング回路は、第1のコンデンサーと、前記第1のコンデンサーと容量値が異なる第2のコンデンサーと、を有し、前記第2のデカップリング回路は、第3のコンデンサーと、前記第3のコンデンサーと容量値が異なる第4のコンデンサーと、を有し、前記第1のコンデンサーと前記第2のコンデンサーは、高電位側の前記電源を供給する前記第1の電源ラインと、低電位側の電源ノードとの間に設けられ、前記第3のコンデンサーと前記第4のコンデンサーは、前記高電位側の前記電源を供給する前記第2の電源ラインと、前記低電位側の電源ノードとの間に設けられてもよい。

【0019】

これにより、駆動周波数成分をグラウンドにバイパスして、他方の物理量センサーおよび電源ラインに駆動周波数成分が流入するのを抑制すること等が可能になる。

【0020】

また、本発明の一態様では、前記第1のデカップリング回路は、第1のインダクターと、第1のコンデンサーと、前記第1のコンデンサーと容量値が異なる第2のコンデンサーと、を有し、前記第2のデカップリング回路は、第2のインダクターと、第3のコンデンサーと、前記第3のコンデンサーと容量値が異なる第4のコンデンサーと、を有し、前記第1のコンデンサー及び前記第2のコンデンサーは、前記第1の物理量センサーに前記電源を供給する第1の電源供給ノードと、低電位側の電源ノードとの間に設けられ、前記第1のインダクターは、前記第1の電源ラインと、前記第1の電源供給ノードとの間に設けられ、前記第3のコンデンサー及び前記第4のコンデンサーは、前記第2の物理量センサーに前記電源を供給する第2の電源供給ノードと、前記低電位側の電源ノードとの間に設けられ、前記第2のインダクターは、前記第2の電源ラインと、前記第2の電源供給ノードとの間に設けられてもよい。

【0021】

これにより、カットオフ周波数帯域幅を広げて、駆動周波数成分だけでなく、駆動周波

10

20

30

40

50

数の高周波成分も、他方の物理量センサーおよび電源ラインに流入するのを抑制すること等が可能になる。

【0022】

また、本発明の一態様では、前記第1のデカップリング回路は、第1のインダクターと、第2のインダクターと、第1のコンデンサーと、前記第1のコンデンサーと容量値が異なる第2のコンデンサーと、を有し、前記第2のデカップリング回路は、第3のインダクターと、第4のインダクターと、第3のコンデンサーと、前記第3のコンデンサーと容量値が異なる第4のコンデンサーと、を有し、前記第1のコンデンサー及び前記第2のコンデンサーは、第1のノードと低電位側の電源ノードとの間に設けられ、前記第1のインダクターは、前記第1の電源ラインと前記第1のノードとの間に設けられ、前記第2のインダクターは、前記第1のノードと、前記第1の物理量センサーに前記電源を供給する第1の電源供給ノードとの間に設けられ、前記第3のコンデンサー及び前記第4のコンデンサーは、第2のノードと前記低電位側の電源ノードとの間に設けられ、前記第3のインダクターは、前記第2の電源ラインと前記第2のノードとの間に設けられ、前記第4のインダクターは、前記第2のノードと、前記第2の物理量センサーに前記電源を供給する第2の電源供給ノードとの間に設けられてもよい。

10

【0023】

これにより、カットオフ周波数帯域幅をより広げて、駆動周波数成分だけでなく、駆動周波数の高周波成分も、他方の物理量センサーおよび電源ラインに流入するのを抑制すること等が可能になる。

20

【0024】

また、本発明の一態様では、前記第1の物理量情報及び前記第2の物理量情報は、角速度情報であってもよい。

【0025】

これにより、少なくとも2つの回転軸周りの角速度情報を検出すること等が可能になる。

【0026】

また、本発明の他の態様では、第1の物理量トランスデューサーと、前記第1の物理量トランスデューサーを駆動する第1の駆動回路と、前記第1の物理量トランスデューサーから出力される第1の検出信号に基づいて、第1の物理量に対応する第1の物理量情報を出力する第1の検出回路と、を有する第1の物理量センサーと、第2の物理量トランスデューサーと、前記第2の物理量トランスデューサーを駆動する第2の駆動回路と、前記第2の物理量トランスデューサーから出力される第2の検出信号に基づいて、第2の物理量に対応する第2の物理量情報を出力する第2の検出回路と、を有する第2の物理量センサーと、前記第1の物理量センサー及び前記第2の物理量センサーの共通の電源から前記第1の物理量センサーに供給される電源電圧が印加される第1の電源ラインと、前記電源から前記第2の物理量センサーに供給される前記電源電圧が印加される第2の電源ラインと、前記第1の電源ライン及び前記第2の電源ラインに対して、前記電源電圧を印加する第3の電源ラインと、前記第1の電源ラインの経路に設けられる第1のデカップリング回路と、前記第2の電源ラインの経路に設けられる第2のデカップリング回路と、前記第3の電源ラインの経路に設けられる第3のデカップリング回路と、を含む物理量検出システムに関係する。

30

40

【0027】

また、本発明の他の態様では、前記物理量検出システムを含む電子機器に関係する。

【0028】

また、本発明の他の態様では、前記物理量検出システムを含む移動体に関係する。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】本実施形態の物理量検出システムの構成例。

【図2】デカップリング回路を有さない物理量検出システムの構成例。

50

- 【図 3】駆動周波数成分が重畳された電源電圧の説明図。
- 【図 4】ビートノイズによるセンサー出力信号の出力変動量の説明図。
- 【図 5】センサー出力信号の出力変動量のピーク間差分量の周波数特性の説明図。
- 【図 6】センサー出力信号の具体例の説明図。
- 【図 7】バンドエリミネーションフィルタによる駆動周波数成分の減衰処理の説明図。
- 【図 8】バンドエリミネーションフィルタによる外来ノイズ成分の減衰処理の説明図。
- 【図 9】駆動周波数の周波数特性の説明図。
- 【図 10】センサー出力信号とビートノイズの説明図。
- 【図 11】デカップリング回路の具体的な構成例。
- 【図 12】デカップリング回路の他の具体的な構成例。
- 【図 13】デカップリング回路の他の具体的な構成例。
- 【図 14】デカップリング回路の有無によるセンサー出力信号の出力変動量のピーク間差分量の周波数特性の説明図。
- 【図 15】ジャイロセンサーの詳細な構成例。
- 【図 16】回路装置の駆動回路及び検出回路の詳細な構成例。
- 【図 17】物理量検出システムを含む電子機器又は移動体の詳細な構成例。
- 【図 18】電子機器及び移動体の具体例。
- 【発明を実施するための形態】
- 【0030】

以下、本実施形態について説明する。なお、以下で説明する本実施形態は、特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではない。また、本実施形態で説明される構成の全てが、本発明の必須構成要件であるとは限らない。

【0031】

1. システム構成例

本実施形態の物理量検出システムの構成例を図 1 に示す。本実施形態の物理量検出システム 100 は、第 1 の物理量センサー 110 と、第 2 の物理量センサー 120 と、第 1 の電源ライン PL1 と、第 2 の電源ライン PL2 と、第 1 のデカップリング回路 130 と、第 2 のデカップリング回路 140 と、を含む。なお、物理量検出システム 100 は、図 1 の構成に限定されず、これらの一部の構成要素を省略したり、他の構成要素を追加したりするなどの種々の変形実施が可能である。例えば図 1 では第 3 のデカップリング回路 150 が設けられているが、これを設けない変形実施も可能である。

【0032】

そして、第 1 の物理量センサー 110 は、第 1 の物理量トランスデューサー 111 と、第 1 の物理量トランスデューサー 111 を駆動する第 1 の駆動回路 113 と、第 1 の検出回路 115 と、を有する。第 1 の検出回路 115 は、第 1 の物理量トランスデューサー 111 から出力される第 1 の検出信号 DS1 に基づいて、第 1 の物理量に対応する第 1 の物理量情報 PI1 を出力する。なお、第 1 の物理量情報 PI1 は、第 1 の物理量センサー 110 のセンサー出力信号である。

【0033】

同様に、第 2 の物理量センサー 120 は、第 2 の物理量トランスデューサー 121 と、第 2 の物理量トランスデューサー 121 を駆動する第 2 の駆動回路 123 と、第 2 の検出回路 125 と、を有する。第 2 の検出回路 125 は、第 2 の物理量トランスデューサー 121 から出力される第 2 の検出信号 DS2 に基づいて、第 2 の物理量に対応する第 2 の物理量情報 PI2 を出力する。なお、第 2 の物理量情報 PI2 は、第 2 の物理量センサー 120 のセンサー出力信号である。

【0034】

ここで、センサー出力信号（第 1 の物理量情報 PI1、第 2 の物理量情報 PI2）は、電圧信号であってもよいし、デジタル信号であってもよい。

【0035】

例えば、第 1 の物理量センサー 110 及び第 2 の物理量センサー 120 は、ジャイロセ



ンサーである。その場合には、第1の物理量情報PI1及び第2の物理量情報PI2は、例えば角速度情報であり、第1の物理量及び第2の物理量は、例えば角速度である。そして、第1の物理量トランスデューサー111は、例えば第1の検出信号DS1として第1のジャイロセンサー信号を出力し、第1の検出回路115は、第1の物理量情報PI1として第1の角速度情報を第1の出力ノードVout1に出力する。一方、第2の物理量トランスデューサー121は、例えば第2の検出信号DS2として第2のジャイロセンサー信号を出力し、第2の検出回路125は、第2の物理量情報PI2として第2の角速度情報を第2の出力ノードVout2に出力する。

#### 【0036】

いわゆるアナログジャイロセンサーの場合には、角速度情報は電圧信号であり、電圧信号のDC電圧レベルが、検出された角速度の大きさを表す。また、A/D変換回路やデジタル信号処理部を有するデジタルジャイロセンサーの場合には、角速度情報はデジタル信号であり、デジタル信号により表される数値が、角速度の大きさを表す。そして、第1の角速度情報は、第1の回転軸周りの第1の角速度を表す情報であり、第2の角速度情報は、第1の回転軸とは異なる第2の回転軸周りの第2の角速度を表す情報である。

#### 【0037】

これにより、少なくとも2つの回転軸周りの角速度情報を検出すること等が可能になる。ただし、本実施形態において、物理量センサーはジャイロセンサーには限定されず、加速度センサーや、その他のモーションセンサー（体動センサー）であってもよい。

#### 【0038】

なお、第1の物理量トランスデューサー111及び第2の物理量トランスデューサー121の各々は、図15を用いて後に詳述する物理量トランスデューサー（振動片）10に対応し、例えば物理量トランスデューサー10と同様の構成であってもよい。同様に、第1の駆動回路113及び第2の駆動回路123の各々は、図16を用いて後に詳述する駆動回路30に対応し、例えば駆動回路30と同様の構成であってもよい。さらに、第1の検出回路115及び第2の検出回路125の各々は、図16を用いて後に詳述する検出回路60に対応し、例えば検出回路60と同様の構成であってもよい。そのため、これらの詳細な構成については、ここでの説明を省略する。

#### 【0039】

また、第1の電源ラインPL1は、第1の物理量センサー110及び第2の物理量センサー120の共通の電源VDDから、第1の物理量センサー110に供給される電源電圧が印加される。一方、第2の電源ラインPL2は、前述した共通の電源VDDから第2の物理量センサー120に供給される電源電圧が印加される。

#### 【0040】

そして、第1のデカップリング回路130（第1のバイパスコンデンサー回路）は、第1の電源ラインPL1の経路に設けられ、第1のバンドエリミネート周波数特性を有する。ここでは、第1のバンドエリミネート周波数特性の低周波数側のカットオフ周波数を $f_{CL1}$ とし、第1のバンドエリミネート周波数特性の高周波数側のカットオフ周波数を $f_{CH1}$ とする。

#### 【0041】

一方、第2のデカップリング回路140（第2のバイパスコンデンサー回路）は、第2の電源ラインPL2の経路に設けられ、第2のバンドエリミネート周波数特性を有する。ここでは、第2のバンドエリミネート周波数特性の低周波数側のカットオフ周波数を $f_{CL2}$ とし、第2のバンドエリミネート周波数特性の高周波数側のカットオフ周波数を $f_{CH2}$ とする。なお、第1のデカップリング回路130及び第2のデカップリング回路140の具体的な構成については、図11～図13を用いて後述する。

#### 【0042】

本実施形態では、同一基板上に設置した少なくとも2つの物理量センサーに対して、共通の電源VDDから電源電圧を供給する。そして、前述した特許文献1におけるセンサーデバイスでは、複数のセンサー素子のうちの各センサー素子の駆動周波数として、異なる

10

20

30

40

50

駆動周波数を用いていた。本実施形態でも、第1の物理量センサー110の第1の物理量トランスデューサー111と第2の物理量センサー120の第2の物理量トランスデューサー121は、製造ばらつき等により個体差があるため、2つの駆動周波数は一致せず、僅かに差が生じる。ここでは、例えば第1の駆動回路113の第1の駆動周波数を $f_{d1}$ とし、第2の駆動回路123の第2の駆動周波数を $f_{d2}$ とする。この時、多くの場合、 $|f_{d1} - f_{d2}|$ はゼロにはならない。なお、駆動周波数は、物理量トランスデューサーの寸法、形状、材料、センサーデバイスの用途等に応じて適宜決定されるものである。

#### 【0043】

一方、デカップリング回路を有さない物理量検出システムの構成例を図2に示す。図2に示す物理量検出システムは、図1に示す物理量検出システム100と、デカップリング回路を有さない点以外は同一の構成であり、第1の物理量センサー110と第2の物理量センサー120にも同種類の物理量センサーを用いるものとする。そのため、第1の物理量センサー110の第1の駆動周波数 $f_{d1}$ と、第2の物理量センサー120の第2の駆動周波数 $f_{d2}$ にも、製造ばらつきによる僅かな差があるものとする。

#### 【0044】

図2に示すような物理量検出システムでは、第1の物理量センサー110と第2の物理量センサー120に、共通の電源から電源電圧が供給されるため、一方の物理量センサーの駆動周波数成分が電源ラインを伝わって、他方の物理量センサーに入力されてしまう。

#### 【0045】

例えば、第2の物理量センサー120には、第1の駆動周波数 $f_{d1}$ の成分が入力されてしまい、第1の物理量センサー110には、第2の駆動周波数 $f_{d2}$ の成分が入力されてしまう。

#### 【0046】

より具体的に、第1の駆動周波数 $f_{d1}$ 成分及び第2の駆動周波数 $f_{d2}$ 成分が重畳された電源電圧VDDの具体例を図3に示す。図3のグラフでは、縦軸が電源電圧VDD[V]を表し、横軸が時間[s]を表す。さらに同図において、一部の期間TMの5[V]付近における電源電圧VDDの変動の様子を拡大して図示する。本来であれば、電源電圧VDDは5[V]に固定されているが、図3の拡大図に示されるように、第1の駆動周波数 $f_{d1}$ 成分及び第2の駆動周波数 $f_{d2}$ 成分が重畳されて、電源電圧VDDが細かく変動している。本例では、このように細かく電圧が変動された電源電圧VDDが、第1の物理量センサー110及び第2の物理量センサー120に供給される。

#### 【0047】

この時、第1の検出回路115（又は第2の検出回路125）では、後述する同期検波回路（図16に示す62）の機能により、2つの駆動周波数（ $f_{d1}$ 及び $f_{d2}$ ）が乗算され、ヘテロダイン原理により第1の駆動周波数 $f_{d1}$ と第2の駆動周波数 $f_{d2}$ の和と差の周波数がビートノイズ（ビート信号）となって出力される。このビートノイズは、DCアンプによって増幅され、第1の物理量センサー110（又は第2の物理量センサー120）の出力変動として現れることになる。

#### 【0048】

例えば、図4に、駆動周波数差 $0.5\text{ Hz}$ （ $=|f_{d1} - f_{d2}|$ ）におけるビートノイズによるセンサー出力信号の出力変動量の一例を示す。図4のグラフでは、縦軸がセンサー出力信号の出力変動量 $V_{out}$ [V]を表し、横軸は時間[s]を表す。例えば、 $V_{out} = 0.18\text{ [V]}$ であるタイミングでは、センサー出力信号が本来の値より $0.18\text{ [V]}$ 大きく出力されてしまうことを示している。すなわち、図4のグラフでは、出力変動量 $V_{out}$ が $0\text{ [V]}$ であれば、ビートノイズによるセンサー出力信号への影響がないと言えるが、実際には図4に示すように、周期的にビートノイズによりセンサー出力信号が変動してしまう。このようにビートノイズが含まれたセンサー出力信号に基づいて、例えば角速度を算出すると、ビートノイズ成分が角速度の誤差になって表れてしまい、正確な角速度を算出することができない。

#### 【0049】

さらに、センサー出力信号の出力変動量  $V_{out}$  は、図 5 のグラフに示すように、駆動周波数差  $f_d (= |f_{d1} - f_{d2}|)$  によって大きさが変動する。図 5 のグラフは、縦軸がセンサー出力信号の出力変動量  $V_{out}$  のピーク間差分量  $V_{pp}$  [V] を表し、横軸が駆動周波数差  $f_d$  [Hz] を表す。ピーク間差分量  $V_{pp}$  は、例えば図 4 に示すようなグラフにおける出力変動量  $V_{out}$  の最大値と最小値の差分である。つまり、ピーク間差分量  $V_{pp}$  が大きければ大きい程、その駆動周波数差  $f_d$  に対して、センサー出力信号の出力変動が大きいと考えられる。図 5 のグラフに示すように、センサー出力信号のピーク間差分量  $V_{pp}$  は、駆動周波数差  $f_d$  が小さくなるほど大きくなり、特に駆動周波数差  $f_d = 1$  Hz の領域ではビートノイズの影響が著しく大きくなる。特に、本実施形態のように、同じ物理量センサーを用いる場合には、製造ばらつきによる駆動周波数差が 10 Hz 以下になる可能性もあるため、センサー出力信号の出力変動の大きさが問題となる。

【0050】

また、図 6 には、センサー出力信号の具体例を図示する。図 6 の a 1 には、電源電圧  $V_{DD}$  に対し駆動周波数成分の干渉がない場合のセンサー出力信号を示す。図 6 の a 2 には、駆動周波数差  $f_d = 1$  Hz であり、電源電圧  $V_{DD}$  に対し駆動周波数成分の干渉がある場合のセンサー出力信号を示す。そして、図 6 の a 3 には、駆動周波数差  $f_d = 3$  Hz であり、電源電圧  $V_{DD}$  に対し駆動周波数成分の干渉がある場合のセンサー出力信号を示す。なお、図 6 の a 1 ~ a 3 の各グラフは、縦軸がセンサー出力信号  $V_{out}$  [V] を表し、横軸が時間 [s] を表す。このように、駆動周波数差に応じてセンサー出力信号の振幅が周期的に変動してしまう。

【0051】

以上のように、デカップリング回路を有さない図 2 に示すような物理量検出システムでは、複数の物理量センサーを同一基板上で、同一電源電圧の下で使用する場合に、駆動周波数差によりセンサー出力信号が変動してしまい、正確に物理量を測定できなかった。

【0052】

そこで、本実施形態の物理量検出システム 100 は、前述した図 1 に示すように、 $f_{CL1} < f_{d1} < f_{CH1}$  になるような第 1 のバンドエリミネート周波数特性を有する第 1 のデカップリング回路 130 と、 $f_{CL2} < f_{d2} < f_{CH2}$  となるような第 2 のバンドエリミネート周波数特性を有する第 2 のデカップリング回路 140 とを用いる。

【0053】

$f_{CL1} < f_{d1} < f_{CH1}$  になるような第 1 のバンドエリミネート周波数特性を有する第 1 のデカップリング回路 130 は、図 7 に示すようなバンドエリミネーションフィルター B E F として機能する。図 7 のグラフは、実線が図 3 に示した電源電圧  $V_{DD}$  の A C 成分（第 1 の駆動周波数  $f_{d1}$  成分又は第 2 の駆動周波数  $f_{d2}$  成分）を示し、破線が所定の周波数帯域を減衰（除去）可能な第 1 のデカップリング回路 130 の減衰特性を示している。そして、縦軸は、A C 成分については振幅を、減衰特性については減衰率  $A_{tt}$  の逆数（ $1/A_{tt}$ ）を表し、横軸は周波数を表す。そのため、第 1 のデカップリング回路 130 は、電源電圧  $V_{DD}$  に重畳される第 1 の物理量センサー 110 の第 1 の駆動周波数  $f_{d1}$  成分を減衰して、第 2 の物理量センサー 120 に入力される第 1 の駆動周波数  $f_{d1}$  成分を低減することができる。

【0054】

同様に、 $f_{CL2} < f_{d2} < f_{CH2}$  になるような第 2 のバンドエリミネート周波数特性を有する第 2 のデカップリング回路 140 は、図 7 に示すようなバンドエリミネーションフィルター B E F として機能する。そのため、第 2 のデカップリング回路 140 は、電源電圧  $V_{DD}$  に重畳される第 2 の物理量センサー 120 の第 2 の駆動周波数  $f_{d2}$  成分を減衰して、第 1 の物理量センサー 110 に入力される第 2 の駆動周波数  $f_{d2}$  成分を低減することができる。第 1 のデカップリング回路 130 及び第 2 のデカップリング回路 140 の具体的な動作については、後述する。

【0055】

10

20

30

40

50

このように、電源電圧  $V_{DD}$  に含まれる第 1 の駆動周波数  $f_{d1}$  成分及び第 2 の駆動周波数  $f_{d2}$  成分を低減できれば、各物理量センサーの同期検波回路（図 16 に示す 62）によって生成される第 1 の駆動周波数  $f_{d1}$  と第 2 の駆動周波数  $f_{d2}$  の和と差の周波数成分を低減でき、その結果、ビートノイズも低減できる。よって、共通の電源を用いて複数の物理量センサーを駆動させる場合に、ビートノイズの発生を抑制することが可能となる。

#### 【0056】

上述したように、第 1 のデカップリング回路 130 により、電源電圧  $V_{DD}$  に重畳する第 1 の駆動周波数  $f_{d1}$  成分を低減し、第 2 のデカップリング回路 140 により、電源電圧  $V_{DD}$  に重畳する第 2 の駆動周波数  $f_{d2}$  成分を低減すれば、第 1 の物理量センサー 110 及び第 2 の物理量センサー 120 が起因のビートノイズを低減できる。しかし、電源  $V_{DD}$  側から、第 1 の駆動周波数  $f_{d1}$  又は第 2 の駆動周波数  $f_{d2}$  に近い周波数を持つ外来ノイズ周波数成分が入力された場合には、各物理量センサーのセンサー出力信号にビートノイズが発生してしまう場合がある。例えば、外来ノイズ周波数と駆動周波数（第 1 の駆動周波数  $f_{d1}$  又は第 2 の駆動周波数  $f_{d2}$ ）との差が、10 Hz 以下になれば、前述したヘテロダイン原理により、ビートノイズの発生が顕著となる。

#### 【0057】

そこで、本実施形態の物理量検出システム 100 は、図 1 に示すように、第 1 の電源ライン PL1 及び第 2 の電源ライン PL2 に対して、電源電圧を印加する第 3 の電源ライン PL3 と、第 3 の電源ライン PL3 の経路に設けられる第 3 のデカップリング回路 150 と、を含む。

#### 【0058】

そして、第 3 のデカップリング回路 150 は、図 8 に示すように、電源  $V_{DD}$  側から流入する外来ノイズ周波数  $f_{ONS}$  成分を低減する。図 8 のグラフは、実線が外来ノイズ周波数  $f_{ONS}$  成分を示し、破線が所定の周波数帯域を減衰（除去）可能な第 3 のデカップリング回路 150 の減衰特性を示している。そして、縦軸は、外来ノイズ周波数  $f_{ONS}$  成分については振幅を、減衰特性については減衰率  $A_{tt}$  の逆数（ $1/A_{tt}$ ）を表し、横軸は周波数を表す。図 8 に示すように、第 3 のデカップリング回路 150 は、 $f_{CL1} < f_{d1} < f_{CH1}$  になるような第 1 のバンドエリミネート周波数特性、又は  $f_{CL2} < f_{d2} < f_{CH2}$  となるような第 2 のバンドエリミネート周波数特性を有するバンドエリミネーションフィルタ BEF として機能する。そのため、第 3 のデカップリング回路 150 は、電源電圧  $V_{DD}$  に重畳される外来ノイズ周波数  $f_{ONS}$  成分を減衰して、第 1 の物理量センサー 110 及び第 2 の物理量センサー 120 に入力される外来ノイズ周波数  $f_{ONS}$  成分を低減することができる。

#### 【0059】

これにより、第 1 の駆動周波数  $f_{d1}$  の周波数帯域又は第 2 の駆動周波数  $f_{d2}$  の周波数帯域の外来ノイズ周波数成分が入力された場合でも、ビートノイズの発生を抑制すること等が可能となる。なお、第 1 の駆動周波数  $f_{d1}$  の周波数帯域は、例えば  $f_{CL1}$  から  $f_{CH1}$  までの周波数帯域であり、又は第 2 の駆動周波数  $f_{d2}$  の周波数帯域は、例えば  $f_{CL2}$  から  $f_{CH2}$  までの周波数帯域である。

#### 【0060】

ここで、第 1 の駆動回路 113 及び第 2 の駆動回路 123 は、第 1 の物理量トランスデューサー 111 及び第 2 の物理量トランスデューサー 121 を矩形波の駆動信号で駆動する。

#### 【0061】

矩形波の駆動信号で物理量トランスデューサーを駆動させる方式には、駆動信号のばらつきが少ないという利点がある。また、電圧振幅の制御が容易であるため、回路構成を簡素化でき、回路規模を縮小できるという利点がある。

#### 【0062】

しかし、その一方で、矩形波の駆動信号で物理量トランスデューサーを駆動させること

10

20

30

40

50

により、駆動周波数が基本波成分の整数倍の高周波成分も含むことになる。特に、奇数倍の高調波成分を多く含む。例えば、図9に、基本波の周波数が50kHzである駆動周波数の周波数特性の例を示す。図9のグラフは、横軸が（駆動）周波数[kHz]を表し、縦軸が、横軸の周波数に対応する信号の強さ[dB]を表す。図9の例では、前述したように、駆動周波数の奇数倍の高調波成分である150kHz、250kHz、350kHzの成分が強く表れている。

#### 【0063】

従って、ビートノイズを低減するためには、駆動周波数だけではなく、駆動周波数の整数倍の高調波成分、特に奇数倍の高調波成分も、デカップリング回路において低減しておくことが望ましい。

10

#### 【0064】

そこで、本実施形態の物理量検出システム100は、 $f_{CL1} < f_{d1} < 3 \times f_{d1} < f_{CH1}$  になるような第1のバンドエリミネート周波数特性を有する第1のデカップリング回路130と、 $f_{CL2} < f_{d2} < 3 \times f_{d2} < f_{CH2}$  となるような第2のバンドエリミネート周波数特性を有する第2のデカップリング回路140とを用いる。

#### 【0065】

例えば、前述した図7に示すように、第1のデカップリング回路130によるバンドエリミネーションフィルターBEFが、第1の駆動周波数 $f_{d1}$ 成分及びその第3高調波( $3f_{d1}$ )を減衰(除去)する。同様にして、図7に示すように、第2のデカップリング回路140によるバンドエリミネーションフィルターBEFが、第2の駆動周波数 $f_{d2}$ 成分及びその第3高調波( $3f_{d2}$ )を減衰(除去)する。なお、第1のデカップリング回路130及び第2のデカップリング回路140は、駆動周波数 $f_{d1}$ ( $f_{d2}$ )と、駆動周波数 $f_{d1}$ ( $f_{d2}$ )の3倍の周波数だけでなく、 $f_{d1}$ ( $f_{d2}$ )から $3f_{d1}$ ( $3f_{d2}$ )までの各周波数成分を除去可能である。

20

#### 【0066】

これにより、一方の物理量センサーの駆動周波数の高調波成分を低減して、高調波成分が他方の物理量センサーに与える悪影響を抑制すること等が可能になる。

#### 【0067】

さらに、本実施形態の物理量検出システム100は、 $f_{CL1} < f_{d1} < 3 \times f_{d1} < 5 \times f_{d1} < 7 \times f_{d1} < f_{CH1}$  になるような第1のバンドエリミネート周波数特性を有する第1のデカップリング回路130と、 $f_{CL2} < f_{d2} < 3 \times f_{d2} < 5 \times f_{d2} < 7 \times f_{d2} < f_{CH2}$  となるような第2のバンドエリミネート周波数特性を有する第2のデカップリング回路140とを用いてもよい。

30

#### 【0068】

例えば、前述した図7に示すように、第1のデカップリング回路130によるバンドエリミネーションフィルターBEFが、第1の駆動周波数 $f_{d1}$ 成分及びその第3高調波( $3f_{d1}$ )、第5高調波( $5f_{d1}$ )、第7高調波( $7f_{d1}$ )を減衰(除去)する。同様にして、図7に示すように、第2のデカップリング回路140によるバンドエリミネーションフィルターBEFが、第2の駆動周波数 $f_{d2}$ 成分及びその第3高調波( $3f_{d2}$ )、第5高調波( $5f_{d2}$ )、第7高調波( $7f_{d2}$ )を減衰(除去)する。なお、第1のデカップリング回路130及び第2のデカップリング回路140は、駆動周波数 $f_{d1}$ ( $f_{d2}$ )と、駆動周波数 $f_{d1}$ ( $f_{d2}$ )の3倍、5倍、7倍の周波数だけでなく、 $f_{d1}$ ( $f_{d2}$ )から $7f_{d1}$ ( $7f_{d2}$ )までの各周波数成分を除去可能である。

40

#### 【0069】

これにより、一方の物理量センサーの駆動周波数のさらに高い高調波成分を低減して、高調波成分が他方の物理量センサーに与える悪影響を抑制すること等が可能になる。

#### 【0070】

また、例えば駆動周波数と、駆動周波数の7倍の周波数とを減衰可能なバンドエリミネーションフィルターBEFを構成する際には、図7のように、低周波数側のカットオフ周波数 $f_{CL1}$ ( $f_{CL2}$ )が駆動周波数 $f_{d1}$ ( $f_{d2}$ )に近付くように設計すればよい

50

。

#### 【 0 0 7 1 】

さて、次に図 1 0 を用いて、同期検波後の検出信号に対してフィルター処理を行って、ビートノイズを除去可能か否かについて説明する。図 1 6 を用いて後述するように、第 1 の物理量センサー 1 1 0 の第 1 の検出回路 1 1 5 及び第 2 の物理量センサー 1 2 0 の第 2 の検出回路 1 2 5 には、同期検波回路 6 2 が設けられ、さらに同期検波回路 6 2 の後段にはフィルター部 6 3 (アナログフィルター、デジタルフィルター) が設けられる。

#### 【 0 0 7 2 】

図 1 0 の g 1 は同期検波前の周波数スペクトルである。図 1 0 の g 1 に示すように、同期検波前の検出信号には、所望信号 D S と、D C オフセットの不要信号 N S 1 と、機械振動漏れの不要信号 N S 2 が存在する。図 1 0 の g 1 ~ g 3 のグラフは、縦軸が各信号の振幅を表し、横軸が周波数を表す。

10

#### 【 0 0 7 3 】

このような検出信号に対して、同期検波を行うと、図 1 0 の g 2 に示すような周波数スペクトルが得られる。すなわち、同期検波後の検出信号では、所望信号 D S が D C の周波数帯域に現れ、さらに D C の周波数帯域にビートノイズ B N も現れる。この時、所望信号の上側周波数を  $f_g$  とし、ビートノイズ B N の周波数を  $|f_{d1} - f_{d2}|$  とし、 $|f_{d1} - f_{d2}| < f_g$  の関係が成り立つものとする。なお、所望信号の上側周波数  $f_g$  は、第 1 の物理量情報及び第 2 の物理量情報の検出周波数帯域の上側周波数のことである。

#### 【 0 0 7 4 】

一方、同期検波後である図 1 0 の g 2 においては、D C オフセットの不要信号 N S 1 と、機械振動漏れの不要信号 N S 2 が、所望信号の上側周波数  $f_g$  よりも高周波数側に現れる。

20

#### 【 0 0 7 5 】

そのため、図 1 0 の g 3 に示すように、このような同期検波後の検出信号に対して、フィルター部 6 3 によるフィルター処理 (ローパスフィルター処理) を行って、D C オフセットの不要信号 N S 1 と、機械振動漏れの不要信号 N S 2 を除去することができる。なお、図 1 0 の g 3 に示すグラフでは、L P F がローパスフィルターの減衰特性を示しており、この減衰特性は、グラフの右側に示す縦軸に対応している。グラフの右側に示す縦軸は、減衰率 A t t の逆数 ( $1 / A t t$ ) を表す。

30

#### 【 0 0 7 6 】

しかし、ビートノイズ B N は、D C 帯域を含む低周波帯域に存在するため、フィルター部 6 3 のローパスフィルター L P F によっては、このビートノイズ B N を除去することができない。即ち、 $|f_{d1} - f_{d2}| < f_g$  の関係が成り立つ場合には、 $|f_{d1} - f_{d2}|$  の周波数に対応するビートノイズを、同期検波回路 6 2 の後段に設けられたフィルター部 6 3 によっては除去できない。

#### 【 0 0 7 7 】

しかしながら、本実施形態では、前述したように、第 1 のデカップリング回路 1 3 0 ~ 第 3 のデカップリング回路 1 5 0 が設けられている。そして、第 1 のデカップリング回路 1 3 0 ~ 第 3 のデカップリング回路 1 5 0 は、電源電圧に重畳される各駆動周波数成分を低減するため、図 1 0 の g 2 に示すような同期検波時のビートノイズの発生を抑制することができる。すなわち、ビートノイズが発生する前に、ビートノイズの原因となる駆動周波数成分が、他方の物理量センサーに流入することを抑制して、同期検波時のビートノイズの発生を抑制することができる。そのため、 $|f_{d1} - f_{d2}| < f_g$  であり、同期検波後のフィルター処理によりビートノイズを除去できない場合であっても、正確な物理量情報を取得すること等が可能になる。

40

#### 【 0 0 7 8 】

##### 2 . デカップリング回路

次に、図 1 1 の b 1 に、デカップリング回路の具体的な構成を示す。図 1 1 の b 1 に示すように、第 1 のデカップリング回路 1 3 0 は、第 1 のコンデンサー C 1 と、第 1 のコン

50

デンサ－C 1 と容量値が異なる第 2 のコンデンサ－C 2 と、を有する。

【 0 0 7 9 】

この時、第 1 のコンデンサ－C 1 と第 2 のコンデンサ－C 2 は、高電位側の電源を供給する第 1 の電源ライン P L 1 と、低電位側の電源ノード N L との間に設けられる。より具体的には、第 1 のコンデンサ－C 1 の一端が第 1 の電源ライン P L 1 に接続され、他端が低電位側の電源ノード N L に接続される。そして、第 2 のコンデンサ－C 2 の一端も第 1 の電源ライン P L 1 に接続され、他端が低電位側の電源ノード N L に接続される。

【 0 0 8 0 】

また、第 2 のデカップリング回路 1 4 0 も図 1 1 の b 1 と同様に構成することができる。すなわち、その場合には、図 1 1 の b 1 に示すように、第 2 のデカップリング回路 1 4 0 は、第 3 のコンデンサ－C 3 と、第 3 のコンデンサ－C 3 と容量値が異なる第 4 のコンデンサ－C 4 と、を有する。

【 0 0 8 1 】

この時、第 3 のコンデンサ－C 3 と第 4 のコンデンサ－C 4 は、高電位側の電源を供給する第 2 の電源ライン P L 2 と、低電位側の電源ノード N L との間に設けられる。より具体的には、第 3 のコンデンサ－C 3 の一端が第 2 の電源ライン P L 2 に接続され、他端が低電位側の電源ノード N L に接続される。そして、第 4 のコンデンサ－C 4 の一端も第 2 の電源ライン P L 2 に接続され、他端が低電位側の電源ノード N L に接続される。なお、第 1 のデカップリング回路 1 3 0 及び第 2 のデカップリング回路 1 4 0 に含まれるコンデンサ－の数は 2 つに限定されず、3 つ以上のコンデンサ－を含んでいても良い。

【 0 0 8 2 】

そして、図 1 1 の b 1 に示すようなデカップリング回路のインピーダンス  $|Z|$  は、図 1 1 の b 2 に示すような周波数特性を有する。また、図 1 1 の b 3 には第 1 のコンデンサ－C 1 のインピーダンス  $|Z_{C1}|$  の周波数特性を示し、図 1 1 の b 4 には第 2 のコンデンサ－C 2 のインピーダンス  $|Z_{C2}|$  の周波数特性を示す。図 1 1 の b 2 ~ b 4 のグラフは、縦軸がインピーダンスを表し、横軸が周波数を表す。

【 0 0 8 3 】

理想的なコンデンサ－では、周波数が高ければ高いほど、インピーダンスが小さくなる。しかし、実際にはリード線やコンデンサ－の電極パターンなどによる残留インダクタンスが存在する。そのため、図 1 1 の b 3 (又は b 4) に示すように、コンデンサ－の自己共振周波数  $f_{C1}$  ( $f_{C2}$ ) 以上の周波数帯域 H B W 1 (H B W 2) では、周波数が高くなるほどインピーダンスも大きくなる。そのため、実際のコンデンサ－では、自己共振周波数  $f_{C1}$  ( $f_{C2}$ ) においてインピーダンスが最小  $Z_{min1}$  ( $Z_{min2}$ ) になり、自己共振周波数  $f_{C1}$  ( $f_{C2}$ ) との差が大きい周波数になればなるほど、インピーダンスも大きくなる。

【 0 0 8 4 】

また、コンデンサ－の自己共振周波数は、静電容量が小さくなればなるほど、高周波数側に移る。本例では、例えば第 1 のコンデンサ－C 1 として、静電容量が  $10 \mu F$  のコンデンサ－を用い、第 2 のコンデンサ－C 2 として、静電容量が  $0.1 \mu F$  のコンデンサ－を用いる。この場合には、図 1 1 の b 3 及び b 4 に示すように、第 1 のコンデンサ－C 1 の自己共振周波数  $f_{C1}$  よりも、第 2 のコンデンサ－C 2 の自己共振周波数  $f_{C2}$  の方が高くなる ( $f_{C1} < f_{C2}$ )。

【 0 0 8 5 】

そして、図 1 1 の b 1 に示すデカップリング回路では、このような静電容量の異なる 2 つのコンデンサ－(C 1 及び C 2) を用いているため、インピーダンス  $|Z|$  は図 1 1 の b 2 に示すように、各コンデンサ－のインピーダンス ( $|Z_{C1}|$  及び  $|Z_{C2}|$ ) が合成されたものになる。

【 0 0 8 6 】

図 1 1 の例では、例えばインピーダンスが所与の閾値  $Z_{th}$  になる時の低周波数側のカットオフ周波数を  $f_{CL1}$  とし、インピーダンスが所与の閾値  $Z_{th}$  になる時の高周

10

20

30

40

50

波数側のカットオフ周波数を  $f_{c_{H1}}$  とする。そして、図 11 の b2 に示すように、 $f_{c_{L1}}$  から  $f_{c_{H1}}$  までの周波数帯域の中に、第 1 の駆動周波数  $f_{d1}$  が入るように、第 1 のデカップリング回路 130 を設計すれば、第 1 の駆動周波数  $f_{d1}$  の成分をグランドにバイパスすることができる。これにより、他方の物理量センサーおよび電源ラインに駆動周波数成分が流入するのを抑制すること等が可能になる。また、静電容量の異なる 2 つのコンデンサーを用いることにより、コンデンサーを 1 つだけ用いる回路に比べて、 $f_{c_{L1}}$  から  $f_{c_{H1}}$  までのカットオフ周波数帯域を広げることが出来る。すなわち、b2 のカットオフ周波数帯域幅  $BW_{b1}$  を、b3 に示すカットオフ周波数帯域幅  $BW_1$  及び b4 に示すカットオフ周波数帯域幅  $BW_2$  よりも広げることができる。なお、図 11 の b2 ~ b4 を用いて説明した内容は、第 2 のデカップリング回路 140 についても同様に説明することが出来る。

10

#### 【0087】

次に、図 12 の c1 に、デカップリング回路の他の具体的な構成を示す。図 12 の c1 に示すように、第 1 のデカップリング回路 130 は、第 1 のインダクター  $L_1$  と、第 1 のコンデンサー  $C_1$  と、第 1 のコンデンサー  $C_1$  と容量値が異なる第 2 のコンデンサー  $C_2$  と、を有する。

#### 【0088】

この時、第 1 のコンデンサー  $C_1$  及び第 2 のコンデンサー  $C_2$  は、第 1 の物理量センサー 110 に電源を供給する第 1 の電源供給ノード  $NP_1$  と、低電位側の電源ノード  $NL$  との間に設けられる。そして、第 1 のインダクター  $L_1$  は、第 1 の電源ライン  $PL_1$  と、第 1 の電源供給ノード  $NP_1$  との間に設けられる。より具体的には、第 1 のコンデンサー  $C_1$  の一端が第 1 の電源供給ノード  $NP_1$  に接続され、他端が低電位側の電源ノード  $NL$  に接続される。同様に、第 2 のコンデンサー  $C_2$  の一端も第 1 の電源供給ノード  $NP_1$  に接続され、他端が低電位側の電源ノード  $NL$  に接続される。そして、第 1 のインダクター  $L_1$  の一端が第 1 の電源ライン  $PL_1$  に接続され、他端が第 1 の電源供給ノード  $NP_1$  に接続される。

20

#### 【0089】

また、第 2 のデカップリング回路 140 も図 12 の c1 と同様に構成することができる。すなわち、その場合には、図 12 の c1 に示すように、第 2 のデカップリング回路 140 は、第 2 のインダクター  $L_2$  と、第 3 のコンデンサー  $C_3$  と、第 3 のコンデンサー  $C_3$  と容量値が異なる第 4 のコンデンサー  $C_4$  と、を有する。

30

#### 【0090】

この時、第 3 のコンデンサー  $C_3$  及び第 4 のコンデンサー  $C_4$  は、第 2 の物理量センサー 120 に電源を供給する第 2 の電源供給ノード  $NP_2$  と、低電位側の電源ノード  $NL$  との間に設けられる。そして、第 2 のインダクター  $L_2$  は、第 2 の電源ライン  $PL_2$  と、第 2 の電源供給ノード  $NP_2$  との間に設けられる。より具体的には、第 3 のコンデンサー  $C_3$  の一端が第 2 の電源供給ノード  $NP_2$  に接続され、他端が低電位側の電源ノード  $NL$  に接続される。同様に、第 4 のコンデンサー  $C_4$  の一端も第 2 の電源供給ノード  $NP_2$  に接続され、他端が低電位側の電源ノード  $NL$  に接続される。そして、第 2 のインダクター  $L_2$  の一端が第 2 の電源ライン  $PL_2$  に接続され、他端が第 2 の電源供給ノード  $NP_2$  に接続される。

40

#### 【0091】

図 12 の c1 に示すようなデカップリング回路のインピーダンスは、図 12 の c2 に示すような周波数特性を有する。図 12 の c2 のグラフは、縦軸がインピーダンス  $|Z|$  を表し、横軸が周波数を表す。本例のように、図 11 の b1 に示す第 1 のデカップリング回路 130 に対し、第 1 のインダクター  $L_1$  を追加すると、図 12 の c2 に示すように、インピーダンス  $|Z|$  の減衰率（グラフの傾き）を大きくすることができる。これにより、インピーダンス  $|Z|$  が所与の閾値  $Z_{th}$  よりも小さくなる、 $f_{c_{L1}}$  から  $f_{c_{H1}}$  までのカットオフ周波数帯域幅  $BW_{c1}$  を、図 11 の b2 に示すカットオフ周波数帯域幅  $BW_{b1}$  よりも広くすることが可能になる。その結果、図 12 の c2 に示すように、低周波数

50



側のカットオフ周波数  $f_{CL1}$  が第1の駆動周波数  $f_{d1}$  に近付くように設計して、第1の駆動周波数  $f_{d1}$  の高調波 ( $3f_{d1}$ 、 $5f_{d1}$  等) もグラウンドにバイパスすることが可能になる。すなわち、図11のb1のデカップリング回路と比べて、カットオフ周波数帯域幅を広げることができるため、他方の物理量センサー及び電源ラインへの駆動周波数成分及び駆動周波数の高調波成分の流入を抑制する効果を大きくすること等が可能になる。なお、図12のc2を用いて説明した内容は、第2のデカップリング回路140についても同様に説明することが出来る。

#### 【0092】

さらに、図13のd1に、デカップリング回路の他の具体的な構成を示す。図13のc1に示すように、第1のデカップリング回路130は、第1のインダクターL1と、第2のインダクターL2と、第1のコンデンサーC1と、第1のコンデンサーC1と容量値が異なる第2のコンデンサーC2と、を有する。

#### 【0093】

この時、第1のコンデンサーC1及び第2のコンデンサーC2は、第1のノードN1と低電位側の電源ノードNLとの間に設けられる。そして、第1のインダクターL1は、第1の電源ラインPL1と第1のノードN1との間に設けられ、第2のインダクターL2は、第1のノードN1と、第1の物理量センサー110に電源を供給する第1の電源供給ノードNP1との間に設けられる。なお、第1のノードN1は、図13のd1に示すように、第1のインダクターL1と第2のインダクターL2の間のノードである。

#### 【0094】

また、第2のデカップリング回路140も、図13のd1と同様に構成することができる。すなわち、その場合には、第2のデカップリング回路140は、図13のd1に示すように、第3のインダクターL3と、第4のインダクターL4と、第3のコンデンサーC3と、第3のコンデンサーC3と容量値が異なる第4のコンデンサーC4と、を有する。

#### 【0095】

この時、第3のコンデンサーC3及び第4のコンデンサーC4は、第2のノードN2と低電位側の電源ノードNLとの間に設けられる。そして、第3のインダクターL3は、第2の電源ラインPL2と第2のノードN2との間に設けられ、第4のインダクターL4は、第2のノードN2と、第2の物理量センサー120に電源を供給する第2の電源供給ノードNP2との間に設けられる。なお、第2のノードN2は、図13のd1に示すように、第3のインダクターL3と第4のインダクターL4の間のノードである。

#### 【0096】

図13のd1に示すようなデカップリング回路のインピーダンスは、図13のd2に示すような周波数特性を有する。図13のd2のグラフは、縦軸がインピーダンス  $|Z|$  を表し、横軸が周波数を表す。本例のように、図12のc1に示す第1のデカップリング回路130に対し、第2のインダクターL2をさらに追加すると、図13のd2に示すように、インピーダンス  $|Z|$  の減衰率 (グラフの傾き) を大きくすることができる。これにより、インピーダンス  $|Z|$  が所与の閾値  $Z_{th}$  よりも小さくなる、 $f_{CL1}$  から  $f_{CH1}$  までのカットオフ周波数帯域幅  $BWd1$  を、図12のb2に示すカットオフ周波数帯域幅  $BWc1$  よりもさらに広くすることが可能になる。その結果、図13のd2に示すように、低周波数側のカットオフ周波数  $f_{CL1}$  が第1の駆動周波数  $f_{d1}$  に近付くように設計して、第1の駆動周波数  $f_{d1}$  の高調波 ( $3f_{d1}$ 、 $5f_{d1}$ 、 $7f_{d1}$  等) もグラウンドにバイパスすることが可能になる。すなわち、図12のc1のデカップリング回路と比べて、カットオフ周波数帯域幅をさらに広げることができるため、他方の物理量センサー及び電源ラインへの駆動周波数成分及び駆動周波数の高調波成分の流入を抑制する効果を大きくすること等が可能になる。なお、図13のd2を用いて説明した内容は、第2のデカップリング回路140についても同様に説明することが出来る。

#### 【0097】

また、図1に示す第3のデカップリング回路150についても、図11～図13に示す構成を適用することが可能である。なお、本実施形態におけるデカップリング回路の構成

は、図 1 1 ~ 図 1 3 に示す構成に限定されない。例えば、図 1 1 ~ 図 1 3 に示す回路素子の間に、他の素子が接続されるなどの変形実施も可能である。

【 0 0 9 8 】

以上のようなデカップリング回路を用いた時のセンサー出力信号の出力変動量のピーク間差分量  $V_{p-p}$  を図 1 4 のグラフに示す。図 1 4 のグラフは、縦軸がセンサー出力信号の出力変動量  $V_{out}$  のピーク間差分量  $V_{p-p}$  [ V ] を表し、横軸が駆動周波数差  $f_d$  [ H z ] を表す。また、黒丸がデカップリング回路を用いない場合のデータであり、白丸がデカップリング回路を用いる場合のデータである。

【 0 0 9 9 】

図 1 4 に示すように、図 1 1 の b 1、図 1 2 の c 1、図 1 3 の d 1 等のデカップリング回路を用いることにより、センサー出力信号の出力変動のピーク間差分量  $V_{p-p}$  を駆動周波数差  $f_d$  に依らず、小さくすることが可能になる。特に、駆動周波数差  $f_d$  が 1 0 H z 以下の帯域では、デカップリング回路を用いない場合に、センサー出力信号の出力変動のピーク間差分量  $V_{p-p}$  が大きかった。これに対し、デカップリング回路を用いる場合には、駆動周波数差  $f_d$  が 1 0 H z 以下の帯域でも、駆動周波数差  $f_d$  が 1 0 H z 以上の帯域と同じように、出力変動のピーク間差分量  $V_{p-p}$  を 0 近くまで小さくできている。この場合には、前述した図 6 の a 1 に示すようなセンサー出力信号を得ることができる。

【 0 1 0 0 】

なお、以上の実施例では同一電源電圧及び同一基板上において、2つの物理量センサーを配置した場合のデカップリング回路を示したが、3軸方向の物理量を検出するため、3つの物理量センサーを配置した場合においても同様に実施することが可能である。また、角速度センサーと加速度センサーをそれぞれ3軸方向に設けて、計6つの物理量センサーを配置した場合にも、同様に実施可能である。

【 0 1 0 1 】

### 3. ジャイロセンサー

次に、本実施形態の物理量検出システム 1 0 0 が有するジャイロセンサー 5 1 0 ( 広義には物理量センサー又は物理量検出装置 ) の詳細な構成例を図 1 5 に示す。図 1 5 のジャイロセンサー 5 1 0 は、図 2 を用いて前述した第 1 の物理量センサー 1 1 0 及び第 2 の物理量センサー 1 2 0 に適用可能である。

【 0 1 0 2 】

ジャイロセンサー 5 1 0 は、振動片 1 0 と回路装置 2 0 を含む。振動片 1 0 ( 広義には物理量トランスデューサー、角速度センサー素子 ) は、水晶などの圧電材料の薄板から形成される圧電型振動片である。具体的には、振動片 1 0 は、Z カットの水晶基板により形成されたダブル T 字型の振動片である。また以下では、物理量トランスデューサー ( 角速度センサー素子 ) が圧電型の振動片 ( 振動ジャイロ ) であり、センサーがジャイロセンサーである場合を例にとり説明するが、本発明はこれに限定されない。例えばシリコン基板などから形成された静電容量検出方式の振動ジャイロや、角速度情報と等価な物理量や角速度情報以外の物理量を検出する物理量トランスデューサー等にも本発明は適用可能である。

【 0 1 0 3 】

そして、回路装置 2 0 は、駆動回路 3 0、検出回路 6 0、制御部 3 1 0、レジスター部 3 2 0 を含む。なお、これらの構成要素の一部を省略したり、他の構成要素を追加したりするなどの種々の変形実施が可能である。

【 0 1 0 4 】

駆動回路 3 0 は、駆動信号 D Q を出力して振動片 1 0 を駆動する。例えば振動片 1 0 からフィードバック信号 D I を受け、これに対応する駆動信号 D Q を出力することで、振動片 1 0 を励振させる。そして、検出回路 6 0 は、駆動信号 D Q により駆動される振動片 1 0 から検出信号 I Q 1、I Q 2 ( 検出電流、電荷 ) を受け、検出信号 I Q 1、I Q 2 から、振動片 1 0 に印加された物理量に応じた所望信号 ( コリオリ力信号 ) を検出 ( 抽出 ) す

10

20

30

40

50

る。

#### 【 0 1 0 5 】

振動片 1 0 は、基部 1 と、連結腕 2、3 と、駆動腕 4、5、6、7 と、検出腕 8、9 を有する。矩形状の基部 1 に対して、図 1 5 に示すように + Y 軸方向、- Y 軸方向に、検出腕 8、9 が延出している。また基部 1 に対して - X 軸方向、+ X 軸方向に連結腕 2、3 が延出している。そして連結腕 2 に対して + Y 軸方向、- Y 軸方向に駆動腕 4、5 が延出しており、連結腕 3 に対して + Y 軸方向、- Y 軸方向に駆動腕 6、7 が延出している。なお、図 1 5 に示す X 軸、Y 軸、Z 軸は振動方向の軸を示すものである。

#### 【 0 1 0 6 】

駆動回路 3 0 からの駆動信号 D Q は、駆動腕 4、5 の上面に設けられた駆動電極と、駆動腕 6、7 の側面に設けられた駆動電極に入力される。また駆動腕 4、5 の側面に設けられた駆動電極と、駆動腕 6、7 の上面に設けられた駆動電極からの信号が、フィードバック信号 D I として駆動回路 3 0 に入力される。また検出腕 8、9 の上面に設けられた検出電極からの信号が、検出信号 I Q 1、I Q 2 として検出回路 6 0 に入力される。なお検出腕 8、9 の側面に設けられたコモン電極は例えば接地される。

10

#### 【 0 1 0 7 】

駆動回路 3 0 により交流の駆動信号 D Q が印加されると、駆動腕 4、5、6、7 は、逆圧電効果により矢印 A に示すような屈曲振動（励振振動）を行う。即ち、駆動腕 4、6 の先端が互いに接近と離間を繰り返し、駆動腕 5、7 の先端も互いに接近と離間を繰り返す屈曲振動を行う。このとき駆動腕 4、5 と駆動腕 6、7 とが、基部 1 の重心位置を通る Y 軸に対して線対称の振動を行っているので、基部 1、連結腕 2、3、検出腕 8、9 はほとんど振動しない。

20

#### 【 0 1 0 8 】

この状態で、振動片 1 0 に対して Z 軸を回転軸とした角速度が加わると（振動片 1 0 が Z 軸回りで回転すると）、コリオリ力により駆動腕 4、5、6、7 は矢印 B に示すように振動する。即ち、矢印 A の方向と Z 軸の方向とに直交する矢印 B の方向のコリオリ力が、駆動腕 4、5、6、7 に働くことで、矢印 B の方向の振動成分が発生する。この矢印 B の振動が連結腕 2、3 を介して基部 1 に伝わり、検出腕 8、9 が矢印 C の方向で屈曲振動を行う。この検出腕 8、9 の屈曲振動による圧電効果で発生した電荷信号が、検出信号 I Q 1、I Q 2 として検出回路 6 0 に入力される。ここで、駆動腕 4、5、6、7 の矢印 B の振動は、基部 1 の重心位置に対して周方向の振動であり、検出腕 8、9 の振動は、矢印 B とは周方向で反対向きの矢印 C の方向での振動である。このため、検出信号 I Q 1、I Q 2 は、駆動信号 D Q に対して位相が 9 0 度だけずれた信号になる。

30

#### 【 0 1 0 9 】

例えば、Z 軸回りでの振動片 1 0（ジャイロセンサー）の角速度を  $\omega$  とし、質量を  $m$  とし、振動速度を  $v$  とすると、コリオリ力は  $F_c = 2m \cdot v \cdot \omega$  と表される。従って検出回路 6 0 が、コリオリ力に応じた信号である所望信号を検出することで、角速度  $\omega$  を求めることができる。

#### 【 0 1 1 0 】

また、制御部 3 1 0 は、回路装置 2 0 の制御処理を行う。この制御部 3 1 0 は、ロジック回路（ゲートアレイ等）やプロセッサ等により実現できる。回路装置 2 0 での各種のスイッチ制御やモード設定等はこの制御部 3 1 0 により行われる。なお図 1 5 では、振動片 1 0 がダブル T 字型である場合の例を示しているが、本実施形態の振動片 1 0 はこのような構造に限定されない。例えば音叉型、H 型等であってもよい。また振動片 1 0 の圧電材料は、水晶以外のセラミックスやシリコン等の材料であってもよい。

40

#### 【 0 1 1 1 】

##### 4．回路装置の詳細な構成

次に、図 1 6 に回路装置 2 0 の駆動回路 3 0 及び検出回路 6 0 の詳細な構成例を示す。

#### 【 0 1 1 2 】

駆動回路 3 0 は、振動片 1 0 からのフィードバック信号 D I が入力される増幅回路 3 1

50

と、自動ゲイン制御を行うゲイン制御回路 32 と、駆動信号 DQ を振動片 10 に出力する駆動信号出力回路 33 を含む。また同期信号 SYC を検出回路 60 に出力する同期信号出力回路 34 を含む。

【0113】

増幅回路 31 (I/V 変換回路) は、振動片 10 からのフィードバック信号 DI を増幅する。例えば振動片 10 からの電流の信号 DI を電圧の信号 DV に変換して出力する。この増幅回路 31 は、演算増幅器、帰還抵抗素子、帰還キャパシターなどにより実現できる。

【0114】

駆動信号出力回路 33 は、増幅回路 31 による増幅後の信号 DV に基づいて、駆動信号 DQ を出力する。例えば駆動信号出力回路 33 が、矩形波 (又は正弦波) の駆動信号を出力する場合には、駆動信号出力回路 33 はコンパレータ等により実現できる。

【0115】

ゲイン制御回路 32 (AGC) は、駆動信号出力回路 33 に制御電圧 SS を出力して、駆動信号 DQ の振幅を制御する。具体的には、ゲイン制御回路 32 は、信号 DV を監視して、発振ループのゲインを制御する。例えば駆動回路 30 では、ジャイロセンサーの感度を一定に保つために、振動片 10 (駆動用振動片) に供給する駆動電圧の振幅を一定に保つ必要がある。このため、駆動振動系の発振ループ内に、ゲインを自動調整するためのゲイン制御回路 32 が設けられる。ゲイン制御回路 32 は、振動片 10 からのフィードバック信号 DI の振幅 (振動片の振動速度  $v$ ) が一定になるように、ゲインを可変に自動調整する。このゲイン制御回路 32 は、増幅回路 31 の出力信号 DV を全波整流する全波整流器や、全波整流器の出力信号の積分処理を行う積分器などにより実現できる。

【0116】

また、同期信号出力回路 34 は、増幅回路 31 による増幅後の信号 DV を受け、同期信号 SYC (参照信号) を検出回路 60 に出力する。この同期信号出力回路 34 は、正弦波 (交流) の信号 DV の 2 値化処理を行って矩形波の同期信号 SYC を生成するコンパレータや、同期信号 SYC の位相調整を行う位相調整回路 (移相器) などにより実現できる。

【0117】

また図 16 では図示していないが、A/D 変換回路 64、DSP 部 65、制御部 310 等のマスタークロックとなるクロック信号 MCK を生成するクロック信号生成回路が、回路装置 20 には設けられる。このクロック信号生成回路は、例えば CR 発振回路などを利用してクロック信号 MCK を生成するが、本実施形態はこれに限定されるものではない。

【0118】

次に、検出回路 60 は、増幅回路 61、同期検波回路 62、フィルター部 63、A/D 変換回路 64、DSP 部 65 を含む。

【0119】

増幅回路 61 は、振動片 10 からの第 1、第 2 の検出信号 IQ1、IQ2 を受けて、電荷 - 電圧変換や差動の信号増幅やゲイン調整などを行う。同期検波回路 62 は、駆動回路 30 からの同期信号 SYC に基づいて同期検波を行う。フィルター部 63 (ローパスフィルター) は、A/D 変換回路 64 の前置フィルターとして機能する。またフィルター部 63 は、同期検波によっては除去しきれなかった不要信号を減衰する回路としても機能する。A/D 変換回路 64 は、同期検波後の信号の A/D 変換を行う。DSP 部 65 は A/D 変換回路 64 からのデジタル信号に対してデジタルフィルター処理やデジタル補正処理などのデジタル信号処理を行う。デジタル補正処理としては、例えばゼロ点補正処理や感度補正処理などがある。例えば振動片 10 からの電荷信号 (電流信号) である検出信号 IQ1、IQ2 は、電圧信号である駆動信号 DQ に対して位相が 90 度遅れる。さらに、増幅回路 61 の Q/V 変換回路等において位相が 90 度遅れる。このため、増幅回路 61 の出力信号は駆動信号 DQ に対して位相が 180 度遅れることになる。従って、例えば駆動信号 DQ (DV) と同相の同期信号 SYC を用いて同期検波することで、駆動信号 DQ に対

10

20

30

40

50

して位相が90度遅れた不要信号等を除去できるようになる。

【0120】

なお、駆動回路30及び検出回路60の構成は図16に限定されず、これらの構成要素の一部を省略したり、他の構成要素を追加するなどの種々の変形実施が可能である。

【0121】

5. 電子機器及び移動体

次に、本実施形態の物理量検出システム100を含む電子機器500又は移動体の詳細な構成例を図17に示す。

【0122】

電子機器500は、物理量検出システム100と処理部520を含む。また、電子機器500は、メモリ530、操作部540、表示部550を含むことができる。CPU、MPU等で実現される処理部520（外部の処理装置）は、物理量検出システム100等の制御や電子機器500の全体制御を行う。また処理部520は、物理量検出システム100により検出された角速度情報（広義には物理量）に基づいて処理を行う。例えば処理部520は、取得された角速度情報に基づいて、手ぶれ補正、姿勢制御、或いはGPS自律航法などのための処理を行う。また、メモリ530（ROM、RAM等）は、制御プログラムや各種データを記憶したり、ワーク領域やデータ格納領域として機能する。操作部540はユーザーが電子機器500を操作するためのものであり、表示部550は種々の情報をユーザーに表示する。

【0123】

なお、電子機器500、移動体は図17の構成に限定されず、その構成要素の一部を省略したり、他の構成要素を追加するなどの種々の変形実施が可能である。また本実施形態の電子機器500としては、デジタルカメラ、ビデオカメラ、スマートフォン、携帯電話機、カーナビゲーションシステム、ロボット、生体情報検出装置、ゲーム機、時計、健康器具、或いは携帯型情報端末等の種々の機器を想定できる。

【0124】

次に、図18のe1に本実施形態の物理量検出システム100を含む移動体の例を示す。本実施形態の物理量検出システム100は、例えば、車、飛行機、バイク、自転車、或いは船舶等の種々の移動体に組み込むことができる。移動体は、例えばエンジンやモーター等の駆動機構、ハンドルや舵等の操舵機構、各種の電子機器を備えて、地上や空や海上を移動する機器・装置である。図18のe1は移動体の具体例としての自動車206を概略的に示している。自動車206には、ジャイロセンサー510（センサー）を有する物理量検出システム100が組み込まれている。ジャイロセンサー510は車体207の姿勢を検出することができる。ジャイロセンサー510の検出信号は車体姿勢制御装置208に供給される。車体姿勢制御装置208は例えば車体207の姿勢に応じてサスペンションの硬軟を制御したり個々の車輪209のブレーキを制御したりすることができる。その他、こういった姿勢制御は二足歩行ロボットや航空機、ヘリコプター等の各種の移動体において利用されることができる。姿勢制御の実現にあたって物理量検出システム100は組み込まれることができる。

【0125】

図18のe2やe3に示すように、本実施形態の物理量検出システム100はデジタルスチルカメラや生体情報検出装置（ウェアラブル健康機器。例えば脈拍計、歩数計、活動量計等）などの種々の電子機器に適用できる。例えばデジタルスチルカメラにおいてジャイロセンサーや加速度センサーを用いた手ぶれ補正等を行うことができる。また生体情報検出装置において、ジャイロセンサーや加速度センサーを用いて、ユーザーの体動を検出したり、運動状態を検出できる。

【0126】

また、図18のe4に示すように、本実施形態の物理量検出システム100はロボットの可動部（アーム、関節）や本体部にも適用できる。ロボットは、移動体（走行・歩行ロボット）、電子機器（非走行・非歩行ロボット）のいずれも想定できる。走行・歩行ロボ

10

20

30

40

50

ットの場合には、例えば自律走行に本実施形態の物理量検出システム 100 を利用できる。

【0127】

なお、上記のように本実施形態について詳細に説明したが、本発明の新規事項および効果から実体的に逸脱しない多くの変形が可能であることは当業者には容易に理解できるであろう。従って、このような変形例はすべて本発明の範囲に含まれるものとする。例えば、明細書又は図面において、少なくとも一度、より広義または同義な異なる用語と共に記載された用語は、明細書又は図面のいかなる箇所においても、その異なる用語に置き換えることができる。また、物理量検出システム、電子機器及び移動体の構成、振動片の構造等も、本実施形態で説明したものに限定されず、種々の変形実施が可能である。

10

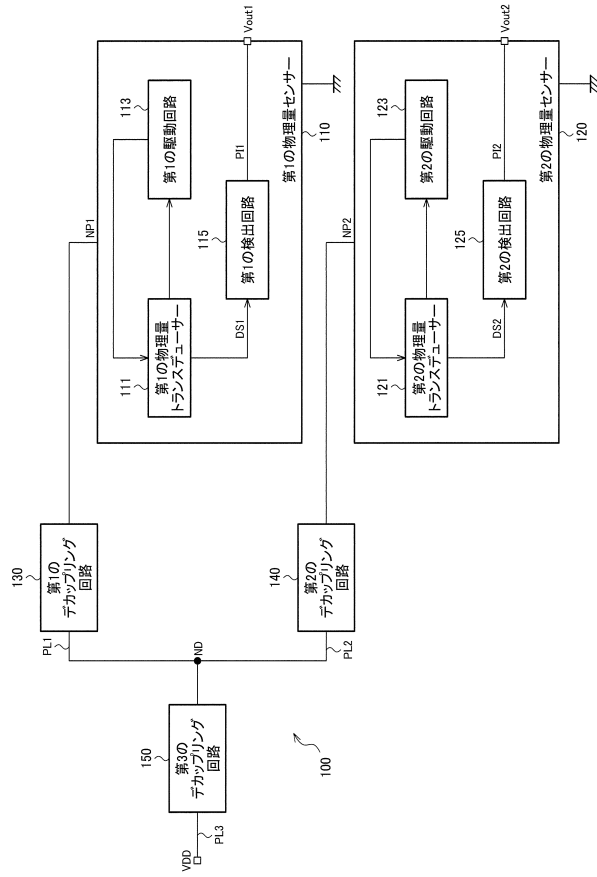
【符号の説明】

【0128】

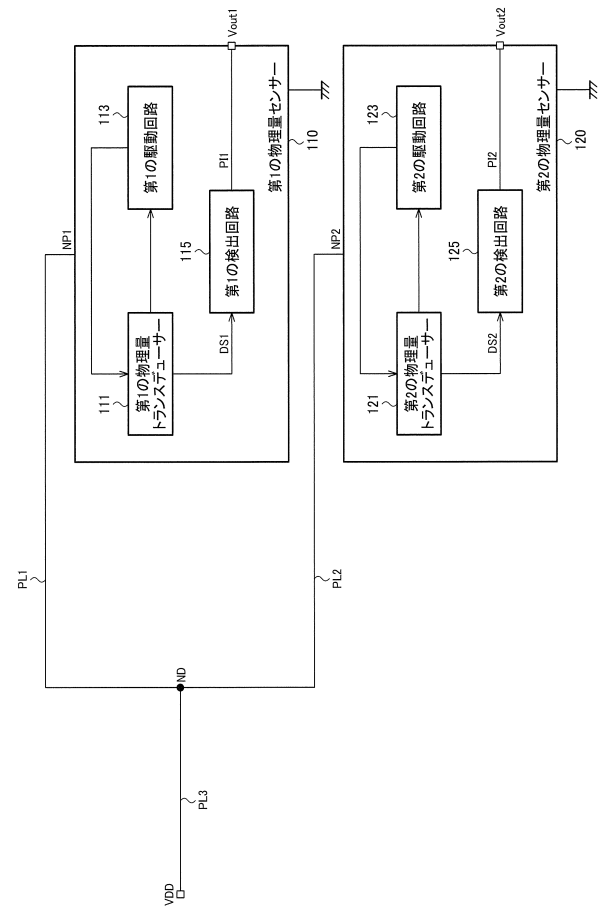
1 ... 基部、2 ... 連結腕、3 ... 連結腕、4 ... 駆動腕、5 ... 駆動腕、6 ... 駆動腕、7 ... 駆動腕、  
 8 ... 検出腕、9 ... 検出腕、10 ... 物理量トランスデューサー（振動片）、20 ... 回路装置、  
 30 ... 駆動回路、31 ... 増幅回路（I/V変換回路）、32 ... ゲイン制御回路、  
 33 ... 駆動信号出力回路、34 ... 同期信号出力回路、60 ... 検出回路、  
 61 ... 増幅回路、62 ... 同期検波回路、63 ... フィルター部、64 ... A/D変換回路、  
 65 ... DSP部、100 ... 物理量検出システム、110 ... 第1の物理量センサー、  
 111 ... 第1の物理量トランスデューサー、113 ... 第1の駆動回路、  
 115 ... 第1の検出回路、120 ... 第2の物理量センサー、  
 121 ... 第2の物理量トランスデューサー、123 ... 第2の駆動回路、  
 125 ... 第2の検出回路、130 ... 第1のデカップリング回路、  
 140 ... 第2のデカップリング回路、150 ... 第3のデカップリング回路、  
 206 ... 自動車、207 ... 車体、208 ... 車体姿勢制御装置、209 ... 車輪、  
 310 ... 制御部、320 ... レジスター部、500 ... 電子機器、510 ... ジャイロセンサー、  
 520 ... 処理部、530 ... メモリー、540 ... 操作部、550 ... 表示部

20

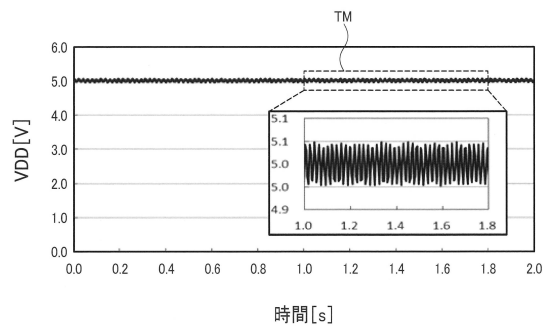
【図 1】



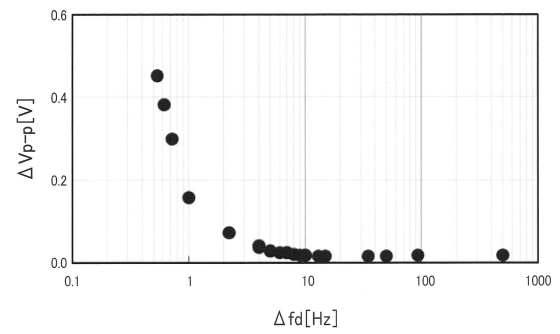
【図 2】



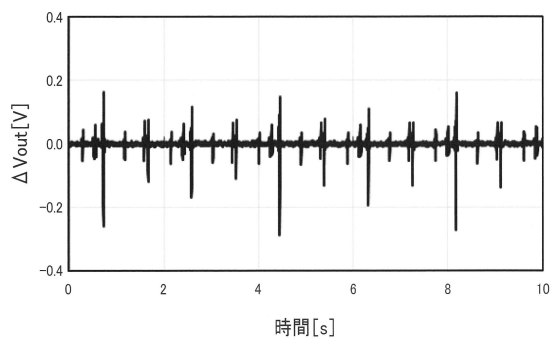
【図 3】



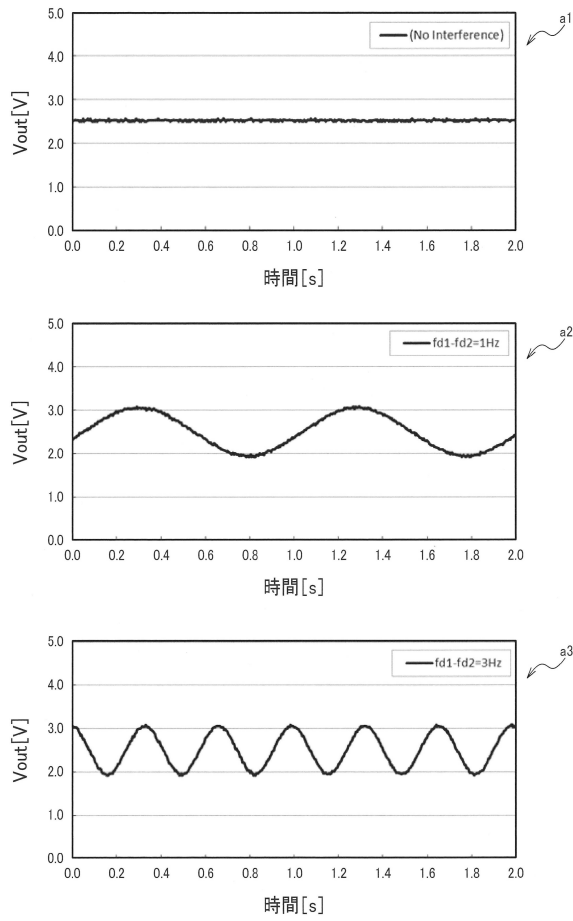
【図 5】



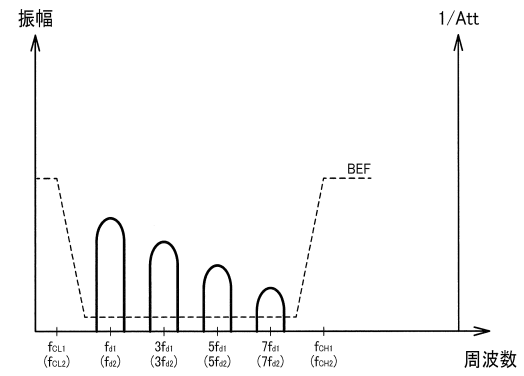
【図 4】



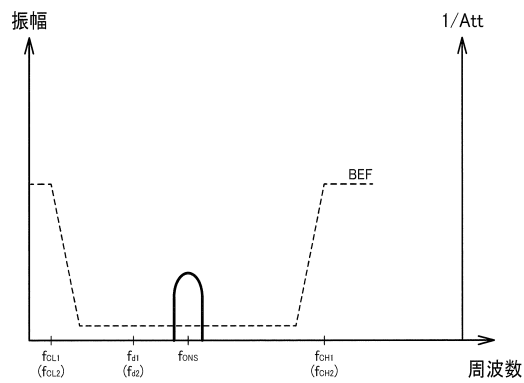
【図 6】



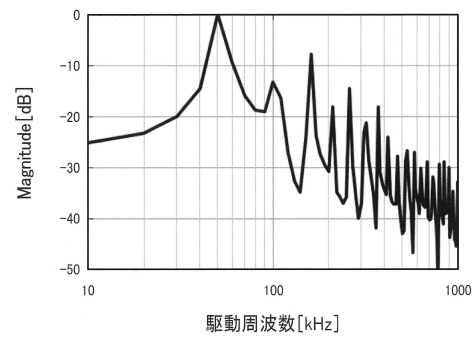
【図 7】



【図 8】

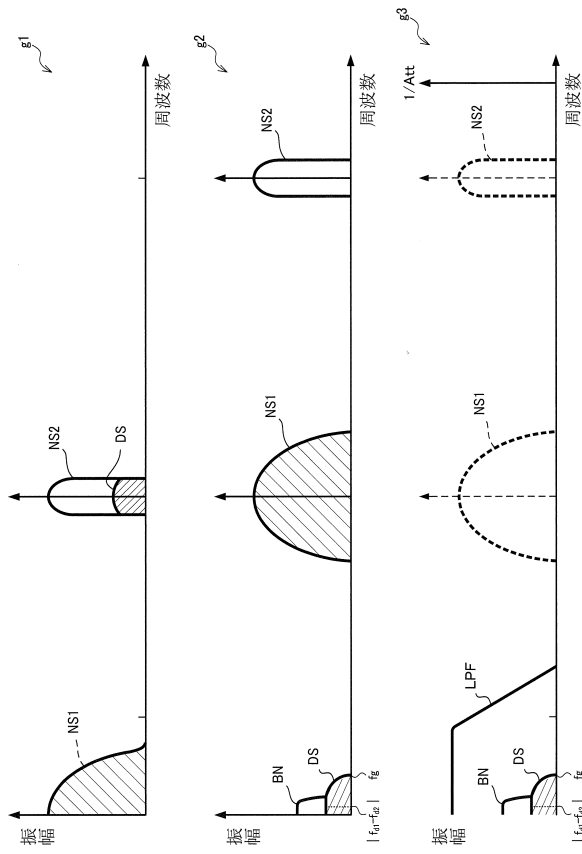


【図 9】

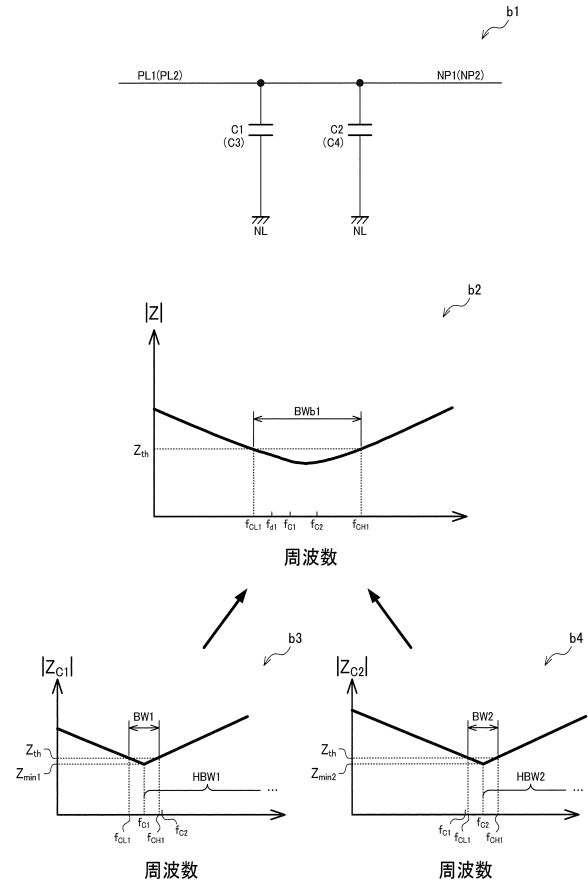




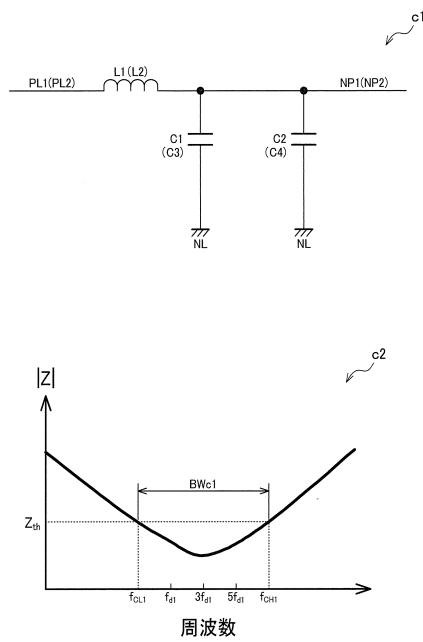
【図 10】



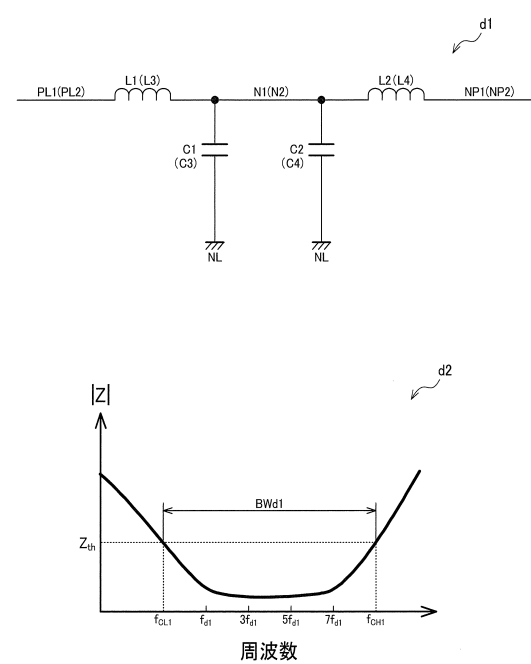
【図 11】



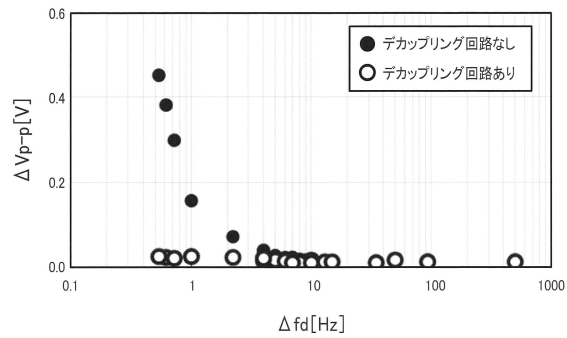
【図 12】



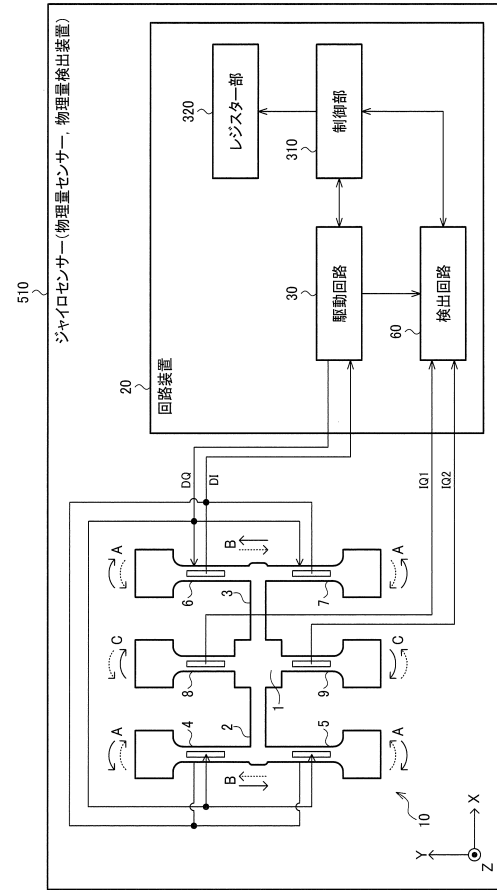
【図 13】



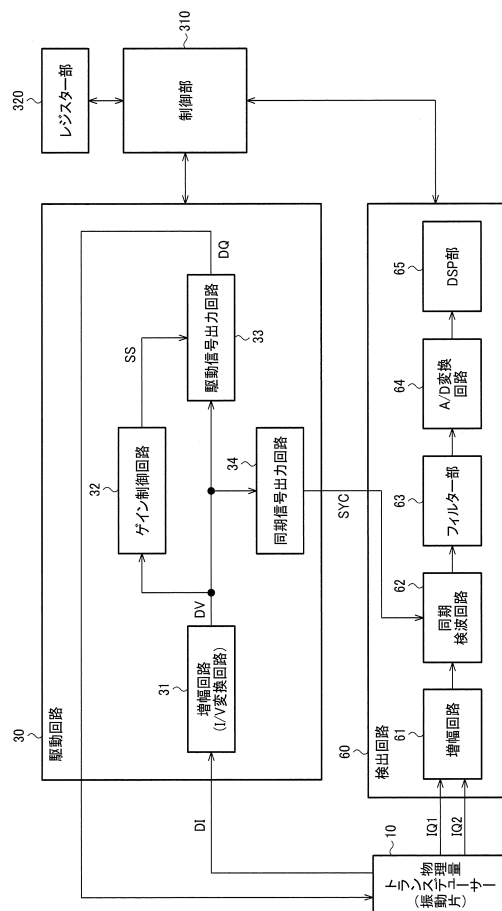
【図14】



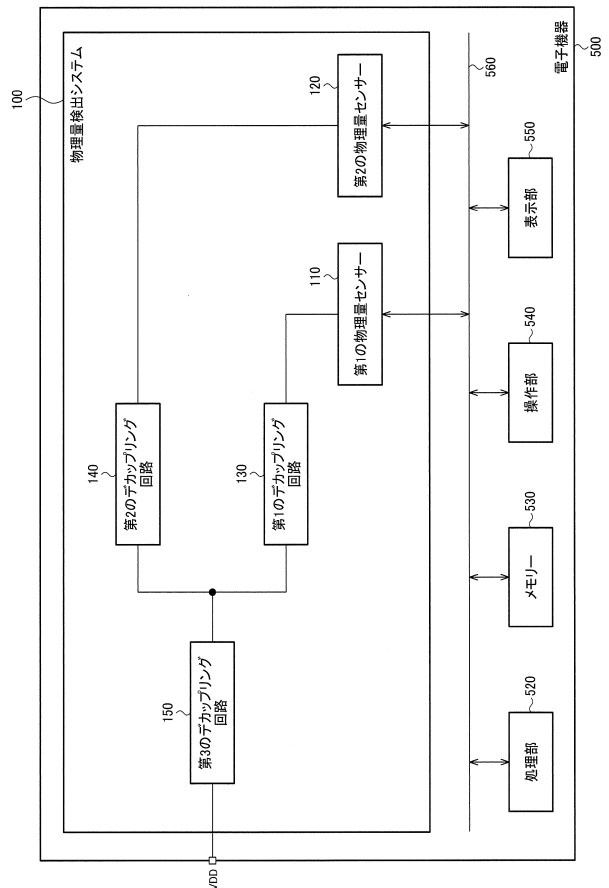
【図15】



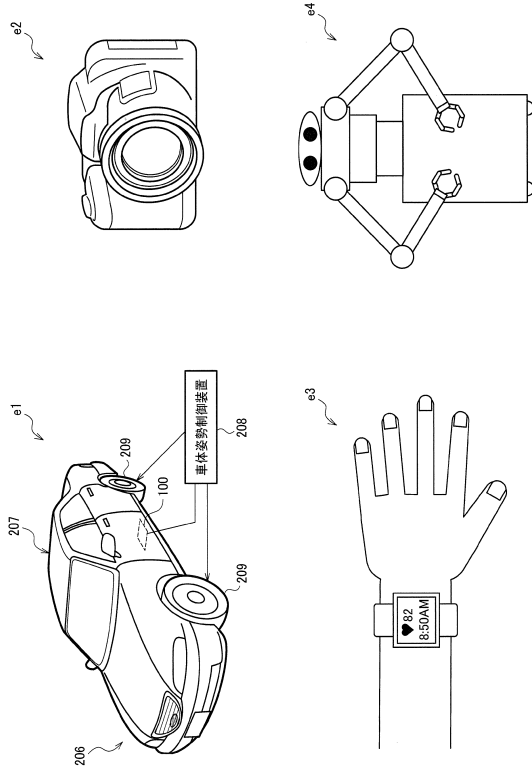
【図16】



【図17】



【図 18】



---

 フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2004 - 053530 (JP, A)  
 特開 2003 - 198305 (JP, A)  
 特開平 09 - 079856 (JP, A)  
 国際公開第 2010 / 026807 (WO, A1)  
 米国特許出願公開第 2008 / 0202237 (US, A1)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 1 C	1 9 / 0 0	-	G 0 1 C	1 9 / 7 2
H 0 1 L	2 9 / 8 4			
H 0 1 L	2 7 / 2 0			
H 0 1 L	4 1 / 0 0	-	H 0 1 L	4 1 / 4 7
H 0 3 B	5 / 3 0	-	H 0 3 B	5 / 4 2
H 0 3 H	1 / 0 0	-	H 0 3 H	7 / 1 3
H 0 3 H	9 / 0 0	-	H 0 3 H	9 / 1 3 5
H 0 3 H	9 / 1 5	-	H 0 3 H	9 / 2 4
H 0 3 H	9 / 3 0	-	H 0 3 H	9 / 4 0
H 0 3 H	9 / 4 6	-	H 0 3 H	9 / 6 2
H 0 3 H	9 / 6 6			
H 0 3 H	9 / 7 0			
H 0 3 H	9 / 7 4			