

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7441195号
(P7441195)

(45)発行日 令和6年2月29日(2024.2.29)

(24)登録日 令和6年2月20日(2024.2.20)

(51)国際特許分類	F I		
G 0 1 C 19/5755(2012.01)	G 0 1 C	19/5755	
G 0 1 C 19/5726(2012.01)	G 0 1 C	19/5726	
H 0 1 L 29/84 (2006.01)	H 0 1 L	29/84	A
	H 0 1 L	29/84	Z

請求項の数 10 (全28頁)

(21)出願番号	特願2021-67538(P2021-67538)	(73)特許権者	000003078
(22)出願日	令和3年4月13日(2021.4.13)		株式会社東芝
(65)公開番号	特開2022-162641(P2022-162641 A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43)公開日	令和4年10月25日(2022.10.25)	(74)代理人	110004026
審査請求日	令和5年3月13日(2023.3.13)		弁理士法人 i X
		(72)発明者	宮崎 史登
			東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会
			社東芝内
		(72)発明者	富澤 泰
			東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会
			社東芝内
		(72)発明者	丸藤 竜之介
			東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会
			社東芝内
		(72)発明者	平賀 広貴
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 センサ及び電子装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1基体領域及び第2基体領域を含む第1面を含む基体と、
前記第1基体領域に設けられた第1構造体と、
前記第2基体領域に設けられた第2構造体と、
制御装置と、
を備え、
前記第1構造体は、振動可能な第1可動部材を含み、前記第1可動部材の前記振動は、
前記第1面に沿う第1方向に沿う第1成分と、前記第1方向と交差し前記第1面に沿う第2方向に沿う第2成分と、を含み、
前記第2構造体は、振動可能な第2可動部材を含み、
前記制御装置は、処理動作を実施可能な制御部を含み、
前記処理動作は、前記第1成分及び前記第2成分に基づいて得られた前記第1可動部材の第1回転角度を、前記第2可動部材の共振周波数に基づいて補正した第2回転角度を出力することを含む、センサ。

【請求項2】

第1筐体をさらに備え、
前記第1構造体及び前記第2構造体は、前記第1筐体のなかに設けられた、請求項1記載のセンサ。

【請求項3】

第 1 面を含む第 1 基体領域に設けられた第 1 構造体と、
第 2 基体領域に設けられた第 2 構造体と、
第 1 筐体と、
制御装置と、
を備え、

前記第 1 構造体及び前記第 2 構造体は、前記第 1 筐体のなかに設けられ、

前記第 1 構造体は、振動可能な第 1 可動部材を含み、前記第 1 可動部材の前記振動は、
前記第 1 面に沿う第 1 方向に沿う第 1 成分と、前記第 1 方向と交差し前記第 1 面に沿う第
2 方向に沿う第 2 成分と、を含み、

前記第 2 構造体は、振動可能な第 2 可動部材を含み、

前記制御装置は、処理動作を実施可能な制御部を含み、

前記処理動作は、前記第 1 成分及び前記第 2 成分に基づいて得られた前記第 1 可動部材
の第 1 回転角度を、前記第 2 可動部材の共振周波数に基づいて補正した第 2 回転角度を出力
することを含む、センサ。

【請求項 4】

前記第 1 構造体は、

前記第 1 基体領域に固定された第 1 固定部と、

前記第 1 固定部に支持され前記第 1 可動部材と接続された第 1 接続部と、

を含み、

前記第 2 構造体は、前記第 2 基体領域に固定された第 2 固定部を含み、

前記第 2 固定部は、前記第 2 可動部材を支持し、

前記第 2 可動部材は、前記第 1 接続部に含まれる材料と同じ材料を含む、請求項 1 ~ 3
のいずれか 1 つに記載のセンサ。

【請求項 5】

前記第 2 構造体は、

前記第 2 基体領域に固定された第 2 固定部と、

第 2 対向電極部材と、

を含み、

前記第 2 固定部は、前記第 2 可動部材を支持し、

前記第 2 対向電極部材は、前記第 2 可動部材と対向する、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つ
に記載のセンサ。

【請求項 6】

前記第 2 可動部材は、第 1 可動梁及び第 2 可動梁を含み、

前記第 2 可動部材の前記共振周波数は、前記第 1 可動梁の共振周波数と、前記第 2 可動
梁の共振周波数と、の和を含む、請求項 4 または 5 に記載のセンサ。

【請求項 7】

前記第 1 構造体は、

前記第 1 可動部材と対向する第 1 対向電極部材と、

前記第 1 対向電極部材と電氣的に接続された抵抗部材と、

を含み、

前記制御部は、第 1 動作を実施可能であり、

前記第 1 動作は、

前記第 1 成分及び前記第 2 成分を取得する第 1 取得動作と、

前記取得した前記第 1 成分の第 1 時定数と、前記取得した前記第 2 成分の第 2 時定数
と、の第 1 差の第 1 絶対値、及び、前記取得した前記第 1 成分の第 1 共振周波数と、前記
取得した前記第 2 成分の第 2 共振周波数と、の第 2 差の第 2 絶対値の少なくともいずれか
が小さくなるように、前記抵抗部材の抵抗、及び、前記抵抗部材に印加される電圧の少な
くともいずれかの値を変更する第 1 変更動作と、

を含む、請求項 1 記載のセンサ。

【請求項 8】

10

20

30

40

50

前記第 1 対向電極部材は、
前記第 1 可動部材と対向する第 1 対向電極と、
前記第 1 可動部材と対向する第 2 対向電極と、
を含み、
前記第 1 可動部材から前記第 2 対向電極へ方向は、前記第 1 可動部材から前記第 1 対向電極へ方向と交差し、
前記抵抗部材は、
第 1 端部及び第 1 他端部を含む第 1 抵抗であって、前記第 1 他端部は前記第 1 対向電極と電氣的に接続された、前記第 1 抵抗と、
第 2 端部及び第 2 他端部を含む第 2 抵抗であって、前記第 2 他端部は前記第 2 対向電極と電氣的に接続された、前記第 2 抵抗と、
を含み、
前記制御部は、前記第 1 変更動作において、前記第 1 絶対値が小さくなるように、前記第 1 抵抗の抵抗値、前記第 2 抵抗の抵抗値、前記第 1 端部の第 1 電圧、及び、前記第 2 端部の第 2 電圧の少なくともいずれかの値を変更する、請求項 7 に記載のセンサ。

【請求項 9】

前記第 1 対向電極部材は、
前記第 1 可動部材と対向する第 1 対向導電部と、
前記第 1 可動部材と対向する第 2 対向導電部と、
を含み、
前記第 1 可動部材から前記第 2 対向導電部へ方向は、前記第 1 可動部材から前記第 1 対向導電部へ方向と交差し、
前記制御部は、前記第 1 変更動作において、前記第 2 絶対値が小さくなるように、前記第 1 対向導電部の第 1 対向導電部電圧、及び、前記第 2 対向導電部の第 2 対向導電部電圧の少なくともいずれかを変更する、請求項 7 に記載のセンサ。

【請求項 10】

請求項 1 ～ 9 のいずれか 1 つに記載のセンサと、
前記センサから得られる信号に基づいて回路を制御可能な回路制御部と、
を備えた電子装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、センサ及び電子装置に関する。

【背景技術】

【0002】

ジャイロセンサなどのセンサがある。センサ及び電子装置において、検出精度の向上が望まれる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2020 - 187018 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明の実施形態は、精度を向上できるセンサ及び電子装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の実施形態によれば、センサは、第 1 基体領域及び第 2 基体領域を含む第 1 面を含む基体と、前記第 1 基体領域に設けられた第 1 構造体と、前記第 2 基体領域に設けられた第 2 構造体と、制御装置と、を含む。第 1 構造体は、振動可能な第 1 可動部材を含む。

前記第 1 可動部材の前記振動は、第 1 面に沿う第 1 方向に沿う第 1 成分と、前記第 1 方向と交差し前記第 1 面に沿う第 2 方向に沿う第 2 成分と、を含む。前記第 2 構造体は、振動可能な第 2 可動部材を含む。前記制御装置は、処理動作を実施可能な制御部を含む。前記処理動作は、前記第 1 成分及び前記第 2 成分に基づいて得られた前記第 1 可動部材の第 1 回転角度を、前記第 2 可動部材の共振周波数に基づいて補正した第 2 回転角度を出力することを含む。

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図 1】図 1 (a) 及び図 1 (b) は、第 1 実施形態に係るセンサを例示する模式図である。

10

【図 2】図 2 (a) ~ 図 2 (d) は、第 1 実施形態に係るセンサの特性を例示する模式図である。

【図 3】図 3 は、第 1 実施形態に係るセンサを例示する模式図である。

【図 4】図 4 (a) ~ 図 4 (c) は、第 1 実施形態に係るセンサの一部を例示する模式的平面図である。

【図 5】図 5 (a) 及び図 5 (b) は、第 1 実施形態に係るセンサを例示する模式図である。

【図 6】図 6 は、第 1 実施形態に係るセンサを例示する模式図である。

【図 7】図 7 (a) ~ 図 7 (c) は、第 1 実施形態に係るセンサを例示する模式図である。

【図 8】図 8 (a) 及び図 8 (b) は、第 1 実施形態に係るセンサを例示する模式図である。

20

【図 9】図 9 (a) 及び図 9 (b) は、第 1 実施形態に係るセンサを例示する模式図である。

【図 10】図 10 (a) 及び図 10 (b) は、第 1 実施形態に係るセンサを例示する模式的平面図である。

【図 11】図 11 は、第 1 実施形態に係るセンサを例示する模式的断面図である。

【図 12】図 12 は、第 1 実施形態に係るセンサを例示する模式的断面図である。

【図 13】図 13 は、第 2 実施形態に係る電子装置を例示する模式図である。

【図 14】図 14 (a) ~ 図 14 (h) は、電子装置の応用を例示する模式図である。

【発明を実施するための形態】

30

【0007】

以下に、本発明の各実施の形態について図面を参照しつつ説明する。

図面は模式的または概念的なものであり、各部分の厚さと幅との関係、部分間の大きさの比率などは、必ずしも現実のものと同一とは限らない。同じ部分を表す場合であっても、図面により互いの寸法や比率が異なって表される場合もある。

本願明細書と各図において、既出の図に関して前述したものと同様の要素には同一の符号を付して詳細な説明は適宜省略する。

【0008】

(第 1 実施形態)

図 1 (a) 及び図 1 (b) は、第 1 実施形態に係るセンサを例示する模式図である。

40

図 1 (a) は、図 1 (b) の A 1 - A 2 線断面図である。図 1 (b) は、平面図である。図 1 (a) 及び図 1 (b) に示すように、実施形態に係るセンサ 110 は、基体 60 と、第 1 構造体 60 A と、第 2 構造体 60 B と、制御装置 70 と、を含む。

【0009】

センサ 110 は、第 1 筐体 65 をさらに含んでも良い。例えば、第 1 筐体 65 は、第 1 ~ 第 4 部材 65 a ~ 65 d を含む。第 1 部材 65 a と第 2 部材 65 b との間に、基体 60、第 1 構造体 60 A 及び第 2 構造体 60 B が設けられる。第 3 部材 65 c と第 4 部材 65 d との間に、基体 60、第 1 構造体 60 A 及び第 2 構造体 60 B が設けられる。第 1 筐体 65 の内部が 1 気圧未満に減圧されて良い。制御装置 70 は、第 1 筐体 65 の内側または外側に設けられて良い。第 2 ~ 第 4 部材 65 b ~ 65 d は、互いに連続して良い。第 1 部

50

材 6 5 a は、例えば蓋である。図 1 (b) においては、第 1 筐体 6 5 は省略されている。

【 0 0 1 0 】

基体 6 0 は、第 1 面 6 0 f を含む。第 1 面 6 0 f は、第 1 基体領域 6 1 及び第 2 基体領域 6 2 を含む。第 1 面 6 0 f は、例えば、上面である。

【 0 0 1 1 】

この例では、基体 6 0 は、基板 6 0 a 及び絶縁膜 6 0 b を含む。基板 6 0 a は、例えば、半導体基板で良い。基板 6 0 a は、例えば、シリコン基板で良い。絶縁膜 6 0 b は、例えば、酸化シリコンを含む。基板 6 0 a の上に絶縁膜 6 0 b が設けられる。例えば、絶縁膜 6 0 b の上面が、第 1 面 6 0 f に対応する。

【 0 0 1 2 】

第 1 構造体 6 0 A は、第 1 基体領域 6 1 に設けられる。第 2 構造体 6 0 B は、第 2 基体領域 6 2 に設けられる。第 1 構造体 6 0 A は、例えば、センサ素子である。第 1 構造体 6 0 A は、例えば、「ジャイロ素子」である。第 1 構造体 6 0 A は、例えば、R I G (Rate Integrating Gyroscope) である。

【 0 0 1 3 】

第 1 構造体 6 0 A は、第 1 可動部材 1 0 を含む。第 1 可動部材 1 0 は、振動可能である。第 1 可動部材 1 0 の振動は、第 1 成分及び第 2 成分を含む。第 1 成分は、第 1 方向 D 1 に沿う成分である。第 2 成分は、第 2 方向 D 2 に沿う成分である。第 1 方向 D 1 は、第 1 面 6 0 f に沿う。第 2 方向 D 2 は、第 1 方向 D 1 と交差し、第 1 面 6 0 f に沿う。

【 0 0 1 4 】

第 1 面 6 0 f を X - Y 平面とする。X - Y 平面内の 1 つの方向を X 軸方向とする。X - Y 平面に沿い、X 軸方向に対して垂直な方向を Y 軸方向とする。X 軸方向及び Y 軸方向に対して垂直な方向を Z 軸方向とする。第 1 方向 D 1 は、例えば、X 軸方向である。第 2 方向 D 2 は、例えば、Y 軸方向である。

【 0 0 1 5 】

第 2 構造体 6 0 B は、第 2 可動部材 5 0 を含む。第 2 可動部材 5 0 は、振動可能である。第 2 可動部材 5 0 は、共振周波数 f_{b1} (図 1 (b) 参照) を有する。

【 0 0 1 6 】

制御装置 7 0 は、制御部 7 4 を含む。制御部 7 4 は、以下の処理動作を実施可能である。処理動作は、第 1 成分及び第 2 成分に基づいて得られた第 1 可動部材 1 0 の第 1 回転角度 ν_1 を、第 2 可動部材 5 0 の共振周波数 f_{b1} に基づいて補正した第 2 回転角度 ν_2 を出力することを含む。

【 0 0 1 7 】

例えば、制御部 7 4 は、第 1 可動部材 1 0 の振動の第 1 成分の振幅及び第 2 成分の振幅を検出する。これらの振幅の比が、第 1 回転角度 ν_1 に対応する。制御部 7 4 は、第 1 可動部材 1 0 の回転角度を導出する部分 (例えば、回転角度導出部 7 5 c) を含む。回転角度導出部 7 5 c から、導出された第 1 回転角度 ν_1 に関するデータが出力される。

【 0 0 1 8 】

制御部 7 4 は、第 2 可動部材 5 0 の共振周波数 f_{b1} を検出する部分 (例えば、共振周波数検出部 7 5 d) を含む。制御部 7 4 は、例えば、角度補正演算部 7 5 e を含む。共振周波数検出部 7 5 d は、共振周波数 f_{b1} を角度補正演算部 7 5 e に供給する。角度補正演算部 7 5 e は、検出された共振周波数 f_{b1} に基づいて、第 1 回転角度 ν_1 を補正する。角度補正演算部 7 5 e は、補正により得られた第 2 回転角度 ν_2 に対応する信号 S O を出力可能である。

【 0 0 1 9 】

例えば、第 1 可動部材 1 0 の振動の特性に基づいて、第 1 可動部材 1 0 の回転角度 (第 1 回転角度 ν_1) が得られる。第 1 可動部材 1 0 の振動の特性が温度により変化する場合がある。実施形態においては、第 2 可動部材 5 0 の共振周波数 f_{b1} に基づいて第 1 可動部材 1 0 の回転角度 (第 1 回転角度 ν_1) を補正する。これにより、より高い精度で、回転角度を検出することができる。実施形態によれば、精度を向上できるセンサが提供

10

20

30

40

50

できる。

【 0 0 2 0 】

制御部 7 4 は、コンピュータを含む。制御部 7 4 は、電子回路を含む。制御部 7 4 は、例えば、プロセッサを含む。制御部 7 4 に含まれる回転角度導出部 7 5 c、共振周波数検出部 7 5 d 及び角度補正演算部 7 5 e は、例えばプロセッサの一部で良い。回転角度導出部 7 5 c、共振周波数検出部 7 5 d 及び角度補正演算部 7 5 e は、プロセッサにおける機能ブロック要素で良い。回転角度導出部 7 5 c、共振周波数検出部 7 5 d 及び角度補正演算部 7 5 e のそれぞれにおける処理は、1 または複数のプロセッサで実施されて良い。

【 0 0 2 1 】

実施形態において、第 2 基体領域 6 2 は、第 1 基体領域 6 1 と連続して良い。1 つの基体 6 0 に、第 1 構造体 6 0 A 及び第 2 構造体 6 0 B が設けられることで、これらの構造体の温度が実質的に同じになり易い。これらの構造体の温度特性が同じであることで、より高い精度の温度補正が実施できる。より高い精度が得られる。

10

【 0 0 2 2 】

実施形態において、例えば、基体 6 0、第 1 構造体 6 0 A 及び第 2 構造体 6 0 B が、第 1 筐体 6 5 のなかに設けられる。これにより、第 1 構造体 6 0 A の温度は、第 2 構造体 6 0 B の温度と実質的に同じになり易い。高い精度の温度補正が可能になる。第 1 筐体 6 5 の内部が減圧されることで、例えば、外部の温度の変化の影響が抑制できる。より高い精度が得られる。

【 0 0 2 3 】

20

図 1 (a) 及び図 1 (b) に示すように、第 1 構造体 6 0 A は、第 1 固定部 1 0 F と、第 1 接続部 1 0 S と、を含む。第 1 固定部 1 0 F は、第 1 基体領域 6 1 に固定される。第 1 接続部 1 0 S は、第 1 固定部 1 0 F に支持される。第 1 接続部 1 0 S は、第 1 可動部材 1 0 と接続される。この例では、X - Y 平面において、第 1 可動部材 1 0 は、第 1 固定部 1 0 F の周りに設けられる。第 1 可動部材 1 0 は、環状である。複数の第 1 接続部 1 0 S により、第 1 可動部材 1 0 が支持される。第 1 可動部材 1 0 と基体 6 0 との間に間隙 g 1 が設けられる。第 1 接続部 1 0 S は、例えば、折れ曲がり形状を有する。第 1 接続部 1 0 S は、例えば、ミアング形状を有しても良い。第 1 接続部 1 0 S は、例えば、ばね構造体である。第 1 接続部 1 0 S は、変形可能である。

【 0 0 2 4 】

30

第 2 構造体 6 0 B は、第 2 固定部 5 0 F を含む。第 2 固定部 5 0 F は、第 2 基体領域 6 2 に固定される。第 2 固定部 5 0 F は、第 2 可動部材 5 0 を支持する。第 2 可動部材 5 0 と第 2 基体領域 6 2 との間に間隙 g 2 が設けられる。

【 0 0 2 5 】

実施形態において、例えば、第 2 可動部材 5 0 は、第 1 接続部 1 0 S に含まれる材料と同じ材料を含むことが好ましい。これにより、第 2 可動部材 5 0 及び第 1 接続部 1 0 S の温度特性が、互いに実質的に同じになる。例えば、第 2 可動部材 5 0 及び第 1 接続部 1 0 S は、シリコンを含む。例えば、第 2 可動部材 5 0 及び第 1 接続部 1 0 S は、シリコンに加えて、不純物（例えば、ホウ素、リン及びヒ素よりなる群から選択された少なくとも 1 つ）を含んでも良い。第 1 接続部 1 0 S の材料は、第 1 可動部材 1 0 の材料と実質的に同じで良い。

40

【 0 0 2 6 】

実施形態において、例えば、第 2 可動部材 5 0 の弾性係数の温度に対する変化率は、第 1 接続部 1 0 S の弾性係数の温度に対する変化率と実質的に同じであることが好ましい。例えば、第 2 可動部材 5 0 の弾性係数の温度に対する変化率は、第 1 接続部 1 0 S の弾性係数の温度に対する変化率の 0 . 9 9 倍以上 1 . 0 1 倍以下である。弾性係数は、例えば、ヤング率（例えば縦弾性係数）で良い。

【 0 0 2 7 】

第 1 可動部材 1 0 及び第 1 接続部 1 0 S は、例えば、導電性である。第 2 可動部材 5 0 は、導電性で良い。

50

【 0 0 2 8 】

図 1 (b) に示すように、この例では、複数の第 2 固定部 5 0 F が設けられる。複数の第 2 固定部 5 0 F の間に、第 2 可動部材 5 0 が設けられる。例えば、第 2 構造体 6 0 B は、第 2 対向電極部材 5 0 M を含む。この例では、複数の第 2 対向電極部材 5 0 M が設けられる。これらの複数の第 2 対向電極部材 5 0 M により第 2 可動部材 5 0 の振動が制御されて良い。第 2 対向電極部材 5 0 M に印加される電圧により、第 2 可動部材 5 0 の振動が制御されて良い。

【 0 0 2 9 】

この例では、第 2 対向電極部材 5 0 M は、電極 5 1 E 及び電極 5 2 E を含む。電極 5 1 E と電極 5 2 E との間に、第 2 可動部材 5 0 の少なくとも一部が設けられる。この例では、電極 5 2 E から電極 5 1 E へ方向は、Y 軸方向に沿う。第 2 可動部材 5 0 は、X 軸方向に沿う。例えば、電極 5 1 E と第 2 可動部材 5 0 との間に印加される電圧（例えば交流成分を含む電圧）により、第 2 可動部材 5 0 が振動する。この電圧は、制御装置 7 0 から供給されて良い。例えば、電極 5 2 E と第 2 可動部材 5 0 との間に生じる電気信号が電極 5 2 E により検出される。この電気信号により、第 2 可動部材 5 0 の共振周波数 f_{b1} が検出されて良い。

【 0 0 3 0 】

このように、第 2 構造体 6 0 B は、複数の第 2 対向電極部材 5 0 M を含んで良い。複数の第 2 対向電極部材 5 0 M は、例えば、電極 5 1 E 及び電極 5 2 E などに対応する。第 2 可動部材 5 0 の少なくとも一部は、複数の第 2 対向電極部材 5 0 M の間にある。この例では、複数の第 2 固定部 5 0 F が設けられる。複数の第 2 固定部 5 0 F の 1 つから複数の第 2 固定部 5 0 F の別の 1 つへ方向は、複数の第 2 対向電極部材 5 0 M の 1 つ（例えば電極 5 1 E）から複数の第 2 対向電極部材 5 0 M の別の 1 つ（例えば電極 5 2 E）へ方向と交差する。電極 5 1 E から電極 5 2 E へ方向、及び、第 2 可動部材 5 0 の延びる方向は、任意である。

【 0 0 3 1 】

第 1 面 6 0 f と交差する第 3 方向（例えば Z 軸方向）を軸として、基体 6 0 が回転する場合がある。このような基体 6 0 の回転に対して、第 2 可動部材 5 0 の共振周波数 f_{b1} は変化しない。または、第 3 方向を軸とする基体 6 0 の回転に対する第 2 可動部材 5 0 の共振周波数 f_{b1} の変化率は、第 3 方向に沿う基体 6 0 の変位に対する第 2 可動部材 5 0 の共振周波数 f_{b1} の変化率以下である。このような特性を有する第 2 可動部材 5 0 の共振周波数 f_{b1} を用いて第 1 回転角度 ν_1 を補正することで、より高い精度の検出が可能になる。

【 0 0 3 2 】

図 1 (a) 及び図 1 (b) に示すように、例えば、第 1 構造体 6 0 A は、第 1 対向電極部材 2 0 M を含む。この例では、複数の第 1 対向電極部材 2 0 M が設けられる。これらの複数の第 1 対向電極部材 2 0 M により第 1 可動部材 1 0 の振動が制御されて良い。第 1 対向電極部材 2 0 M に印加される電圧（例えば交流成分を含む電圧）により、第 1 可動部材 1 0 の振動が制御されて良い。電圧は、例えば、第 1 対向電極部材 2 0 M と、第 1 可動部材 1 0 と、の間に印加される。

【 0 0 3 3 】

図 2 (a) ~ 図 2 (c) は、第 1 実施形態に係るセンサの特性を例示する模式図である。

図 2 (a) の横軸は、第 1 構造体 6 0 A の温度 T_{mp1} である。温度 T_{mp1} は、第 1 可動部材 1 0 及び第 1 接続部 1 0 S の温度に対応する。図 2 (a) の縦軸は、第 1 可動部材 1 0 に関して得られる第 1 回転角度 ν_1 である。図 2 (a) に示すように、温度 T_{mp1} が変化すると、第 1 回転角度 ν_1 が変化する。

【 0 0 3 4 】

図 2 (b) の横軸は、第 1 構造体 6 0 A の温度 T_{mp1} である。図 2 (b) の縦軸は、第 1 可動部材 1 0 の共振周波数 f_{a1} である。図 2 (b) に示すように、温度 T_{mp1} が変化すると、共振周波数 f_{a1} が変化する。これは、温度 T_{mp1} の変化に応じて、第 1

10

20

30

40

50

接続部 10 S の特性（例えば弾性率）が変化することに起因すると考えられる。

【0035】

図 2 (c) の横軸は、第 1 構造体 60 A の共振周波数 f_{a1} である。図 2 (c) の縦軸は、第 1 回転角度 ν_1 である。図 2 (c) に示すように、共振周波数 f_{a1} が変化すると、第 1 回転角度 ν_1 が変化する。これは、温度 T_{mp1} の変化により、第 1 接続部 10 S の特性（例えば弾性率）が変化し、これにより、第 1 可動部材 10 の振動特性が変化することに起因すると考えられる。

【0036】

図 2 (d) の横軸は、第 2 構造体 60 B の温度 T_{mp2} である。温度 T_{mp2} は、第 2 可動部材 50 の温度に対応する。図 2 (d) の縦軸は、第 2 可動部材 50 の共振周波数 f_{b1} である。図 2 (d) に示すように、温度 T_{mp2} が変化すると、共振周波数 f_{b1} が変化する。これは、温度 T_{mp2} の変化に応じて、第 2 可動部材 50 の特性（例えば弾性率）が変化することに起因すると考えられる。

10

【0037】

実施形態においては、共振周波数 f_{b1} に基づいて第 1 回転角度 ν_1 が補正される。これにより、より高い精度の回転角度が得られる。第 1 回転角度 ν_1 の温度変化に起因するシフトが、第 2 可動部材 50 の共振周波数 f_{b1} を用いて補正される。例えば、温度が時間的に変化する場合などがある。このような場合においても高い精度の回転角度が安定して得られる。

【0038】

実施形態において、第 2 構造体 60 B の温度と、第 1 構造体 60 A の温度と、の差の絶対値の、第 1 構造体 60 A の温度に対する比は 0.05 以下である。両者の温度が実質的に同じであることで、より高い精度の補正が可能になる。

20

【0039】

後述するように、第 1 可動部材 10 の回転角度（第 1 回転角度 ν_1 ）を取得する際に、第 1 可動部材 10 の振動の時定数または共振周波数に基づいて振動が制御されても良い。これにより、より高い精度で第 1 回転角度 ν_1 が得られる。

【0040】

以下、第 1 構造体 60 A の例について説明する。

図 3 は、第 1 実施形態に係るセンサを例示する模式図である。

30

図 3 に示すように、例えば、第 1 構造体 60 A は、第 1 対向電極部材 20 M 及び抵抗部材 20 R を含む。第 1 対向電極部材 20 M は、第 1 可動部材 10 と対向する。第 1 対向電極部材 20 M として、例えば、第 1 対向電極 21 E 及び第 2 対向電極 22 E が設けられる。抵抗部材 20 R は、第 1 対向電極部材 20 M と電気的に接続される。この例では、抵抗部材 20 R として、第 1 抵抗 R1 及び第 2 抵抗 R2 が設けられる。

【0041】

制御部 74 は、以下の第 1 動作を実施可能である。第 1 動作は、例えば、第 1 取得動作と、第 1 変更動作と、を含む。第 1 取得動作において、制御部 74 は、第 1 可動部材 10 の振動の第 1 成分及び第 2 成分を取得する。例えば、振動の第 1 成分の振幅と、振動の第 2 成分の振幅と、が取得される。

40

【0042】

第 1 変更動作において、制御部 74 は、取得した第 1 成分の第 1 時定数 T_1 と、取得した第 2 成分の第 2 時定数 T_2 と、の差（第 1 差 T ）の第 1 絶対値、及び、取得した第 1 成分の第 1 共振周波数 f_{r1} と、取得した第 2 成分の第 2 共振周波数 f_{r2} と、の差（第 2 差 F ）の第 2 絶対値の少なくともいずれかが小さくなるように、抵抗部材 20 R の抵抗、及び、抵抗部材 20 R に印加される電圧の少なくともいずれかの値を変更する。抵抗部材 20 R の抵抗は、第 1 抵抗 R1 の抵抗、及び、第 2 抵抗 R2 の抵抗の少なくともいずれかを含む。電圧は、第 1 抵抗 R1 の端部に印加される電圧、及び、第 2 抵抗 R2 の端部に印加される電圧の少なくともいずれかを含む。

【0043】

50

第 1 方向 D 1 に沿う第 1 成分と、第 2 方向 D 2 に沿う第 2 成分と、において、時定数及び共振周波数の差が小さく制御されることで、より高い精度で第 1 可動部材 1 0 の第 1 回転角度 $\nu 1$ が検出できる。

【 0 0 4 4 】

以下、第 1 変更動作の例について説明する。

図 3 に示すように、第 1 可動部材 1 0 は、複数の電極 1 0 E を含む。複数の電極 1 0 E の 1 つが、第 1 電極 1 1 E に対応する。複数の電極 1 0 E の別の 1 つが、第 2 電極 1 2 E に対応する。

【 0 0 4 5 】

第 1 構造体 6 0 A は、複数の対向電極 2 0 E を含む。複数の対向電極 2 0 E は、第 1 対向電極部材 2 0 M に含まれる。複数の対向電極 2 0 E の 1 つが、第 1 対向電極 2 1 E に対応する。複数の対向電極 2 0 E の別の 1 つが、第 2 対向電極 2 2 E に対応する。

10

【 0 0 4 6 】

図 3 に示すように、第 1 構造体 6 0 A において、第 1 接続部 1 0 S により第 1 可動部材 1 0 が支持される。第 1 接続部 1 0 S が変形可能であるため、第 1 可動部材 1 0 の位置は、変化可能である。第 1 可動部材 1 0 の位置の変化は、例えば、X - Y 平面内での位置の変化を含む。位置の変化が、第 1 可動部材 1 0 の振動に対応する。振動は、X - Y 平面内での位置の変化を含む。第 1 構造体 6 0 A は、例えば、MEMS (micro electro mechanical systems) 素子である。

【 0 0 4 7 】

20

第 1 固定部 1 0 F は、第 1 可動部材 1 0 の X - Y 平面における中心部に設けられる。第 1 電極 1 1 E から第 1 固定部 1 0 F への方向は、第 2 電極 1 2 E から第 1 固定部 1 0 F への方向と交差する。第 1 電極 1 1 E から、第 1 可動部材 1 0 の X - Y 平面における中心部への方向は、第 2 電極 1 2 E から、第 1 可動部材 1 0 の X - Y 平面における中心部への方向と交差する。

【 0 0 4 8 】

第 1 対向電極 2 1 E は、第 1 電極 1 1 E と対向する。第 2 対向電極 2 2 E は、第 2 電極 1 2 E と対向する。複数の対向電極 2 0 E の 1 つは、複数の電極 1 0 E の 1 つと対向する。対向の方向は、X - Y 平面に沿う成分を含む。

【 0 0 4 9 】

30

この例では、複数の対向電極 2 0 E の 1 つ、及び、複数の電極 1 0 E の 1 つを含むグループは、歯電極状である。

【 0 0 5 0 】

第 1 抵抗 R 1 は、第 1 端部 e p 1 及び第 1 他端部 c p 1 を含む。第 1 他端部 c p 1 は、第 1 対向電極 2 1 E と電氣的に接続される。例えば、第 1 端部 e p 1 は、制御装置 7 0 と電氣的に接続される。この例では、配線 L r 1 により、第 1 他端部 c p 1 は、第 1 対向電極 2 1 E と電氣的に接続される。

【 0 0 5 1 】

この例では、第 1 加算器 S U 1 が設けられている。第 1 加算器 S U 1 の複数の入力 1 つに、配線 L c 1 の一端が接続される。配線 L c 1 の他端は、制御装置 7 0 に接続される。第 1 加算器 S U 1 の複数の入力の別の 1 つに、後述する第 1 交流電圧 V a c 1 (交流信号) が供給される。第 1 加算器 S U 1 及び配線 L c 1 を介して、第 1 端部 e p 1 は、制御装置 7 0 と電氣的に接続される。

40

【 0 0 5 2 】

第 2 抵抗 R 2 は、第 2 端部 e p 2 及び第 2 他端部 c p 2 を含む。第 2 他端部 c p 2 は、第 2 対向電極 2 2 E と電氣的に接続される。例えば、第 2 端部 e p 2 は、制御装置 7 0 と電氣的に接続される。この例では、配線 L r 2 により、第 2 他端部 c p 2 は、第 2 対向電極 2 2 E と電氣的に接続される。

【 0 0 5 3 】

この例では、第 2 加算器 S U 2 が設けられている。第 2 加算器 S U 2 の複数の入力 1

50

つに、配線 L c 2 の一端が接続される。配線 L c 2 の他端は、制御装置 7 0 に接続される。第 2 加算器 S U 2 の複数の入力別の 1 つに、後述する第 2 交流電圧 V a c 2 (交流信号) が供給される。第 2 加算器 S U 2 及び配線 L c 2 を介して、第 2 端部 e p 2 は、制御装置 7 0 と電氣的に接続される。

【 0 0 5 4 】

第 1 抵抗 R 1 及び第 2 抵抗 R 2 の少なくとも 1 つは、可変抵抗である。この例では、第 1 抵抗 R 1 及び第 2 抵抗 R 2 の両方が可変抵抗である。第 1 抵抗 R 1 に供給される制御信号 S R 1 に応じて、第 1 抵抗 R 1 の抵抗は、変化する。第 2 抵抗 R 2 に供給される制御信号 S R 2 に応じて、第 2 抵抗 R 2 の抵抗は、変化する。

【 0 0 5 5 】

第 1 抵抗 R 1 及び第 2 抵抗 R 2 として、例えば、集積回路が用いられても良い。第 1 抵抗 R 1 及び第 2 抵抗 R 2 は、例えば、第 1 固定部 1 0 F が固定される基体 6 0 に形成されても良い。

【 0 0 5 6 】

制御装置 7 0 は、制御部 7 4 を含む。制御部 7 4 は、例えば、演算部 7 5 及びドライバ部 7 6 を含む。例えば、演算部 7 5 における演算結果がドライバ部 7 6 に供給される。ドライバ部 7 6 は、演算結果に基づいて、各種の電圧などを出力する。各種の電圧は、電気信号を含む。

【 0 0 5 7 】

この例では、ドライバ部 7 6 は、制御信号出力部 D R 1、制御信号出力部 D R 2、電圧出力部 D d c 1 及び、電圧出力部 D d c 2 を含む。制御部 7 4 (例えば、制御信号出力部 D R 1) は、第 1 抵抗 R 1 に制御信号 S R 1 を供給する。制御部 7 4 (例えば、制御信号出力部 D R 2) は、第 2 抵抗 R 2 に制御信号 S R 2 を供給する。制御部 7 4 (例えば、電圧出力部 D d c 1) は、第 1 抵抗 R 1 の第 1 端部 e p 1 の第 1 電圧 V d c 1 を制御する。制御部 7 4 (例えば、電圧出力部 D d c 2) は、第 2 抵抗 R 2 の第 2 端部 e p 2 の第 2 電圧 V d c 2 を制御する。第 1 電圧 V d c 1 及び第 2 電圧 V d c 2 は、直流成分を含む。

【 0 0 5 8 】

例えば、第 1 電極 1 1 E 及び第 1 対向電極 2 1 E により、容量素子が形成される。容量素子に第 1 抵抗 R 1 が直列に接続される。第 1 電極 1 1 E、第 1 対向電極 2 1 E 及び第 1 抵抗 R 1 により、例えば、第 1 可変電気ダンパが形成される。例えば、第 1 電圧 V d c 1 により、第 1 電極 1 1 E 及び第 1 対向電極 2 1 E による容量素子のキャパシタンスが変化しても良い。第 1 電極 1 1 E、第 1 対向電極 2 1 E、第 1 抵抗 R 1 及び第 1 電圧 V d c 1 により、例えば、第 1 可変電気ダンパが形成される。

【 0 0 5 9 】

例えば、第 2 電極 1 2 E 及び第 2 対向電極 2 2 E により、容量素子が形成される。容量素子に第 2 抵抗 R 2 が直列に接続される。第 2 電極 1 2 E、第 2 対向電極 2 2 E 及び第 2 抵抗 R 2 により、例えば、第 2 可変電気ダンパが形成される。例えば、第 2 電圧 V d c 2 により、第 2 電極 1 2 E 及び第 2 対向電極 2 2 E による容量素子のキャパシタンスが変化しても良い。第 2 電極 1 2 E、第 2 対向電極 2 2 E、第 2 抵抗 R 2 及び第 2 電圧 V d c 2 により、例えば、第 2 可変電気ダンパが形成される。

【 0 0 6 0 】

これらの可変電気ダンパにより、第 1 可動部材 1 0 の振動特性を変化させることができる。

【 0 0 6 1 】

既に説明したように、第 1 電極 1 1 E から、第 1 可動部材 1 0 の X - Y 平面における中心部へ方向は、第 2 電極 1 2 E から、第 1 可動部材 1 0 の X - Y 平面における中心部へ方向と交差する。例えば、第 1 電圧 V d c 1 が変化したときの第 1 可動部材 1 0 の変位方向は、第 2 電圧 V d c 2 が変化したときの第 1 可動部材 1 0 の変位方向と交差する。例えば、第 1 電圧 V d c 1 が変化したときに、第 1 可動部材 1 0 の位置は、X 軸方向及び Y 軸方向の一方に沿って変化する。例えば、第 2 電圧 V d c 2 が変化したときに、第 1

10

20

30

40

50

可動部材 10 の位置は、X 軸方向及び Y 軸方向の他方に沿って変化する。

【0062】

上記のような第 1 可変電気ダンパ及び第 2 可変電気ダンパにより、振動の X 軸方向の成分の時定数、及び、振動の Y 軸方向の成分の時定数を制御できる。時定数が制御されることで、精度を向上できるセンサを提供できる。時定数の制御の例については、後述する。

【0063】

既に説明したように、この例では、第 1 加算器 S U 1 に第 1 交流電圧 V a c 1 が入力され、第 2 加算器 S U 2 に第 2 交流電圧 V a c 2 が入力される。例えば制御部 74 のドライバ部 76 に、交流電圧出力部 D a c 1 及び交流電圧出力部 D a c 2 が設けられる。

【0064】

交流電圧出力部 D a c 1 から第 1 交流電圧 V a c 1 が出力される。第 1 交流電圧 V a c 1 は、第 1 加算器 S U 1 を介して、第 1 抵抗 R 1 の第 1 端部 e p 1 に印加される。第 1 交流電圧 V a c 1 は、第 1 抵抗 R 1 を介して、第 1 対向電極 21 E に印加される。第 1 対向電極 21 E と第 1 電極 11 E との間に、第 1 交流電圧 V a c 1 の交流成分が印加される。これにより、第 1 可動部材 10 は、第 1 交流電圧 V a c 1 に応じて、例えば、1 つの方向に沿って振動する。この振動の方向は、例えば、第 1 方向 D 1 の成分を含む。

【0065】

交流電圧出力部 D a c 2 から第 2 交流電圧 V a c 2 が出力される。第 2 交流電圧 V a c 2 は、第 2 加算器 S U 2 を介して、第 2 抵抗 R 2 の第 2 端部 e p 2 に印加される。第 2 交流電圧 V a c 2 は、第 2 抵抗 R 2 を介して、第 2 対向電極 22 E に印加される。第 2 対向電極 22 E と第 2 電極 12 E との間に、第 2 交流電圧 V a c 2 の交流成分が印加される。これにより、第 1 可動部材 10 は、第 2 交流電圧 V a c 2 に応じて、例えば、別の 1 つの方向に沿って振動する。この振動の方向は、例えば、第 2 方向 D 2 の成分を含む。

【0066】

このように、制御部 74 は、第 1 電極 11 E と第 1 対向電極 21 E との間に第 1 交流電圧 V a c 1 を印加し、第 2 電極 12 E と第 2 対向電極 22 E との間に第 2 交流電圧 V a c 2 を印加して、第 1 可動部材 10 を振動させる。第 1 可動部材 10 の振動の方向は、第 1 方向 D 1 の成分、及び、第 2 方向 D 2 の成分を含む。

【0067】

振動している第 1 可動部材 10 が外力などにより回転すると、振動状態が変化する。振動状態の変化を検出することで、回転角度を検出することができる。例えば、制御部 74 は、第 1 可動部材 10 を軸方向に沿って振動させることが可能である。例えば、制御部 74 は、その軸方向を回転させることが可能である。

【0068】

図 3 に示すように、この例では、第 1 可動部材 10 は、第 1 検出用電極 11 s E 及び第 2 検出用電極 12 s E を含む。例えば、第 1 電極 11 E から第 1 検出用電極 11 s E への方向（この例では、X 軸方向）は、第 2 電極 12 E から第 2 検出用電極 12 s E への方向（この例では、Y 軸方向）と交差する。

【0069】

一方、第 1 構造体 60 A（センサ素子）は、第 1 検出用対向電極 21 s E 及び第 2 検出用対向電極 22 s E を含む。第 1 検出用対向電極 21 s E は、第 1 検出用電極 11 s E と対向する。第 2 検出用対向電極 22 s E は、第 2 検出用電極 12 s E と対向する。第 1 検出用対向電極 21 s E 及び第 1 検出用電極 11 s E は、例えば、歯電極状である。第 2 検出用対向電極 22 s E 及び第 2 検出用電極 12 s E は、例えば、歯電極状である。

【0070】

制御装置 70 は、第 1 検出部 71 及び第 2 検出部 72 を含む。第 1 検出部 71 は、第 1 検出用対向電極 21 s E と電氣的に接続される。第 2 検出部 72 は、第 2 検出用対向電極 22 s E と電氣的に接続される。第 1 検出部 71 及び第 2 検出部 72 は、検出部 70 s に含まれる。例えば、差動回路などを用いることで、1 つの検出部により、第 1 検出部 71 及び第 2 検出部 72 における動作が行われても良い。以下では、説明を簡単にするために

10

20

30

40

50

、 2 つの検出部が設けられる例について説明する。

【 0 0 7 1 】

第 1 検出部 7 1 は、例えば、第 1 検出用対向電極 2 1 s E に第 1 検出電圧 V_{s1} を印加する。第 1 検出用対向電極 2 1 s E と第 1 検出用電極 1 1 s E との間の容量結合により、第 1 方向 D 1 に沿う振動の振幅に応じた信号が検出される。第 2 検出部 7 2 は、例えば、第 2 検出用対向電極 2 2 s E に第 2 検出電圧 V_{s2} を印加する。第 2 検出用対向電極 2 2 s E と第 2 検出用電極 1 2 s E との間の容量結合により、第 2 方向 D 2 に沿う振動の振幅に応じた信号が検出される。

【 0 0 7 2 】

第 1 検出部 7 1 は、第 1 振幅を検出する。第 1 振幅は、第 1 可動部材 1 0 の振動の、第 1 方向 D 1 に沿う第 1 成分の振幅である。第 2 検出部 7 2 は、第 2 振幅を検出する。第 2 振幅は、第 1 可動部材 1 0 の振動の、第 2 方向 D 2 に沿う第 2 成分の振幅である。

10

【 0 0 7 3 】

第 1 検出部 7 1 及び第 2 検出部 7 2 で検出された振幅が、制御部 7 4 の演算部 7 5 に供給される。演算部 7 5 は、例えば、回転角度 を導出する部分（例えば、回転角度導出部 7 5 c ）を含む。回転角度導出部 7 5 c により導出された回転角度 （第 1 回転角度 ψ_1 ）に関するデータが、制御装置 7 0 （例えば、制御部 7 4 ）から、信号として出力される。

【 0 0 7 4 】

制御部 7 4 は、振動の第 1 方向 D 1 に沿う第 1 成分、及び、振動の第 2 方向 D 2 に沿う第 2 成分に基づいて、第 1 可動部材 1 0 の第 1 回転角度 ψ_1 に対応する信号を出力可能である。

20

【 0 0 7 5 】

既に説明したように、振動している第 1 可動部材 1 0 が外力などにより回転すると、振動状態が変化する。振動状態の変化は、例えば、コリオリ力の作用によると考えられる。例えば、第 1 可動部材 1 0 は、バネ機構（例えば第 1 接続部 1 0 S ）により振動する。第 1 方向 D 1 に振動している第 1 可動部材 1 0 に、回転の角速度 によるコリオリ力が作用する。これにより、第 1 可動部材 1 0 に第 2 方向 D 2 に沿う振動の成分が生じる。第 2 検出部 7 2 は、第 2 方向 D 2 に沿う振動の振幅を検出する。一方、第 2 方向 D 2 に振動している第 1 可動部材 1 0 に、回転の角速度 によるコリオリ力が作用する。これにより、第 1 可動部材 1 0 に第 1 方向 D 1 に沿う振動の成分が生じる。第 1 検出部 7 1 は、第 1 方向 D 1 に沿う振動の振幅を検出する。例えば、第 1 方向 D 1 の第 1 成分の振幅を「 A_x 」とし、第 2 方向 D 2 の第 2 成分の振幅を「 A_y 」とする。回転角度 （第 1 回転角度 ψ_1 ）は、例えば、 $\tan^{-1}(-A_y/A_x)$ に対応する。

30

【 0 0 7 6 】

制御部 7 4 は、第 1 検出部 7 1 から第 1 成分を取得し、第 2 検出部 7 2 から第 2 成分を取得する。制御部 7 4 における演算により、第 1 回転角度 ψ_1 に対応する信号が得られる。

【 0 0 7 7 】

ここで、例えば、第 1 可動部材 1 0 が回転しないときにおいて、第 1 方向 D 1 の第 1 成分と、第 2 方向 D 2 の第 2 成分と、が実質的に同じ場合に、算出される回転角度 において、高い精度が得られると考えられる。しかしながら、例えば、製造工程におけるばらつきなどに起因して、2 つの方向に沿う振動の振幅は必ずしも均一ではない場合がある。さらに、温度変化などに伴って、振動の振幅が不均一になる場合が生じる。このような場合に、検出精度が低くなる場合があると考えられる。

40

【 0 0 7 8 】

実施形態においては、例えば、制御装置 7 0 の制御部 7 4 は、第 1 動作を実施する。第 1 動作は、例えば、補正動作である。第 1 動作により、例えば、第 1 可動部材 1 0 の振動が、X - Y 平面内で均一になり易くなる。精度を向上できるセンサを提供できる。第 1 動作の少なくとも一部は、例えば、制御部 7 4 の演算部 7 5 の 1 つの部分（時定数調整部 7

50

5 a)などで実施される。

【0079】

第1取得動作において、制御部74は、第1可動部材10の振動の第1方向D1に沿う第1成分(振幅)、及び、第1可動部材10の振動の第2方向D2に沿う第2成分(振幅)を取得する。

【0080】

既に説明したように、制御部74は、取得した第1成分の第1時定数 T_1 と、取得した第2成分の第2時定数 T_2 と、の差(第1差 T)の第1絶対値、及び、取得した第1成分の第1共振周波数 f_{r1} と、取得した第2成分の第2共振周波数 f_{r2} と、の差(第2差 F)の第2絶対値の少なくともいずれかが小さくなるように、抵抗及び電圧の少なくともいずれかの値を変更する。1つの例において、制御部74は、時定数の差(第1差 T)の絶対値が小さくなるように、第1抵抗 R_1 の抵抗値、第2抵抗 R_2 の抵抗値、第1端部 e_{p1} の第1電圧 V_{dc1} 、及び、第2端部 e_{p2} の第2電圧 V_{dc2} の少なくともいずれかを変更する。

10

【0081】

第1変更動作により、時定数の差(第1差 T)の絶対値が小さくなる。これにより、第1可動部材10の振動のX-Y面内の不均一性が抑制される。これにより、精度を向上できるセンサが提供できる。

【0082】

例えば、第1変更動作の後に、例えば、第1差 T が、定められたしきい値と比較されても良い。第1差 T が、しきい値未満のときは、終了する。第1差 T が、しきい値以上のときは、第1取得動作及び第1変更動作が繰り返されて良い。制御部74は、第1動作を繰り返して実施しても良い。例えば、第1動作は、クローズドループによる常時自動的な動作で良い。

20

【0083】

例えば、第1可動部材10の振動の第1方向D1に関する第1成分は、第1共振周波数と、第1時定数 T_1 (第1減衰時定数)と、を有する。第1時定数 T_1 は、振動の強度 A_{p1} が、減衰前の状態における強度 A_{p1} の $1/e$ になるまでの時間である。「 e 」は、自然対数の底である。

【0084】

30

例えば、第1可動部材10の振動の第2方向D2に関する第2成分は、第2共振周波数と、第2時定数 T_2 (第2減衰時定数)と、を有する。第2時定数 T_2 は、振動の強度 A_{p2} が、減衰前の状態における強度 A_{p2} の $1/e$ になるまでの時間である。

【0085】

第1時定数 T_1 は、例えば、第1抵抗 R_1 の値、または、第1電圧 V_{dc1} により、変更できる。第2時定数 T_2 、例えば、第2抵抗 R_2 の値、または、第2電圧 V_{dc2} により、変更できる。

【0086】

実施形態においては、第1抵抗 R_1 の抵抗値、第2抵抗 R_2 の抵抗値、第1端部 e_{p1} の第1電圧 V_{dc1} 、及び、第2端部 e_{p2} の第2電圧 V_{dc2} の少なくともいずれかを変更する。これにより、第1差 T を小さくする。これにより、第1方向D1及び第2方向D2における振動の不均一性が抑制できる。実施形態によれば、検出の精度を向上できる。

40

【0087】

例えば、図3に例示した時定数調整部75aに、第1検出部71により検出された第1成分と、第2検出部72により検出された第2成分と、が供給される。時定数調整部75aにおいて、第1抵抗 R_1 、第2抵抗 R_2 、第1電圧 V_{dc1} 、及び、第2電圧 V_{dc2} の少なくともいずれかに関して、第1差 T が小さくなるような値が算出される。算出結果が、ドライバ部76に供給される。算出された値に基づいて、ドライバ部76から、第1抵抗 R_1 の制御信号 S_{R1} 、第2抵抗 R_2 の制御信号 S_{R2} 、第1電圧 V_{dc1} 、及び

50

、第2電圧 V_{dc2} が出力される。制御信号 $SR1$ 、制御信号 $SR2$ 、第1電圧 V_{dc1} 、及び、第2電圧 V_{dc2} の少なくともいずれかは、第1差 T が小さくなるように算出された値に基づいて、変更されている。

【0088】

一方、第1成分は、第1共振周波数 f_{r1} を有し、第2成分は、第2共振周波数 f_{r2} を有する。第1共振周波数 f_{r1} と第2共振周波数 f_{r2} とは、必ずしも同じではない場合がある。第1共振周波数 f_{r1} と第2共振周波数 f_{r2} との差 F は、必ずしも0ではない。これらの共振周波数は、第1構造体60A（センサ素子）の製造ばらつきなどの影響を受ける。さらに、これらの共振周波数は、温度によっても変化する。

【0089】

実施形態において、第1共振周波数 f_{r1} と第2共振周波数 f_{r2} との差（第2差 F ）が小さくなるような動作（例えば第2動作）が実施されても良い。第2動作の少なくとも一部は、例えば、制御部74の演算部75の1つの部分（共振周波数調整部75b、図3参照）などで実施される。以下、共振周波数の差を小さくする動作の例について説明する。

【0090】

例えば、図3に示すように、第1構造体60Aにおいて、第1対向電極部材20Mは、第1対向導電部21C及び第2対向導電部22Cをさらに含んでも良い。第1対向導電部21Cは、第1可動部材10と対向する。第2対向導電部22Cは、第1可動部材10と対向する。第1可動部材10から第2対向導電部22Cへの方は、第1可動部材10から第1対向導電部21Cへの方と交差する。

【0091】

図3に示すように、第1可動部材10は、第1導電部11C及び第2導電部12Cをさらに含んでも良い。第1対向導電部21Cは、第1導電部11Cと対向する。第2対向導電部22Cは、第2導電部12Cと対向する。この例では、第1対向導電部21C及び第1導電部11Cのグループは、平行平板電極ペアに対応する。第2対向導電部22C及び第2導電部12Cのグループは、平行平板電極ペアに対応する。

【0092】

例えば、ドライバ部76は、電圧出力部 $Dp1$ 及び電圧出力部 $Dp2$ を含む。電圧出力部 $Dp1$ は、例えば、配線 $Lp1$ により、第1対向導電部21Cと接続される。電圧出力部 $Dp2$ は、例えば、配線 $Lp2$ により、第2対向導電部22Cと接続される。電圧出力部 $Dp1$ により、第1対向導電部21Cに第1対向導電部電圧 $Vp1$ が印加される。電圧出力部 $Dp2$ により、第2対向導電部22Cに第2対向導電部電圧 $Vp2$ が印加される。

【0093】

第1対向導電部電圧 $Vp1$ 及び第2対向導電部電圧 $Vp2$ により、第1可動部材10の振動の共振周波数を制御できる。第1導電部11C、第1対向導電部21C及び第1対向導電部電圧 $Vp1$ により、例えば、第1可変電気ばねが形成される。第2導電部12C、第2対向導電部22C及び第2対向導電部電圧 $Vp2$ により、例えば、第2可変電気ばねが形成される。これらの可変電気ばねの方向は、互いに交差している。

【0094】

例えば、第1対向導電部電圧 $Vp1$ が変化したときの第1可動部材10の変位の方向は、第2対向導電部電圧 $Vp2$ が変化したときの第1可動部材10の変位の方向と交差する。複数の方向の変位に対応する複数の可変電気ばねにより、任意の方向における共振周波数を制御できる。

【0095】

既に説明したように、取得した第1成分は、第1共振周波数 f_{r1} を有し、取得した第2成分は、第2共振周波数 f_{r2} を有する。制御部74は、振動の振幅の第1方向 $D1$ に沿う第1成分、及び、振動の振幅の第2方向 $D2$ に沿う第2成分を取得する。制御部74は、取得した第1成分の第1共振周波数 f_{r1} と、取得した第2成分の第2共振周波数 f_{r2} と、の差（第2差 F ）の絶対値（第2絶対値）が小さくなるように、第1対向導電

10

20

30

40

50

部 2 1 C の第 1 対向導電部電圧 V_{p1} 、及び、第 2 対向導電部 2 2 C の第 2 対向導電部電圧 V_{p2} の少なくともいずれかを変更する。

【 0 0 9 6 】

これにより、共振周波数の面内方向の差（第 2 差 F ）を小さくできる。精度をさらに向上できる。

【 0 0 9 7 】

例えば、第 2 差 F が、定められたしきい値と比較されても良い。第 2 差 F が、しきい値未満のときは、終了する。第 2 差 F がしきい値以上のときは、上記の取得動作、及び、上記の第 2 差 F を小さくする動作に戻る。制御部 7 4 は、このような動作を繰り返して実施しても良い。例えば、第 2 差 F を小さくする動作は、クローズドループによる

10

【 0 0 9 8 】

実施形態において、第 1 取得動作、及び、第 1 変更動作を含む第 1 動作は、繰り返して実施されて良い。例えば、第 1 差 T を小さくする制御動作と、第 2 差 F を小さくする制御動作と、が任意の順序で実施されて良い。例えば、第 1 差 T を小さくする制御動作の少なくとも一部、及び、第 2 差 F を小さくする制御動作の少なくとも一部が、同時に実施されても良い。

【 0 0 9 9 】

実施形態において、第 1 回転角度 ν_1 を第 2 可動部材 5 0 の共振周波数 f_{b1} に基づいて補正した第 2 回転角度 ν_2 を導出する処理動作に加えて、上記の第 1 動作（第 1 差 T の第 1 絶対値、及び、第 2 差 F の第 2 絶対値の少なくともいずれかが小さくなるような制御）が実施されることで、より高い精度の検出が可能になる。

20

【 0 1 0 0 】

例えば、第 2 可動部材 5 0 の振動は、第 1 面 6 0 f と交差する第 3 方向（例えば Z 軸方向）の成分を含んで良い。

【 0 1 0 1 】

例えば、第 1 差 T の第 1 絶対値、及び、第 2 差 F の第 2 絶対値の少なくともいずれかは、温度に応じて変化する。第 2 可動部材 5 0 の共振周波数 f_{b1} は、温度に応じて変化する。実施形態において、制御部 7 4 は、温度に応じて変化する第 1 絶対値及び第 2 絶対値の少なくともいずれかを、第 2 可動部材 5 0 の振動の共振周波数 f_{b1} に基づいて補正しても良い。補正したこれらの値により、補正した回転角度が導出されても良い。

30

【 0 1 0 2 】

図 4（a）～図 4（c）は、第 1 実施形態に係るセンサの一部を例示する模式的平面図である。

これらの図は、第 2 構造体 6 0 B を例示している。図 4（a）に示すように、第 2 構造体 6 0 B は、第 2 可動部材 5 0、第 2 固定部 5 0 F 及び第 2 対向電極部材 5 0 M を含む。第 2 固定部 5 0 F は、第 2 基体領域 6 2 に固定される。第 2 固定部 5 0 F は、第 2 可動部材 5 0 を支持する。第 2 対向電極部材 5 0 M は、第 2 可動部材 5 0 と対向する。この例では、第 2 固定部 5 0 F の数は 1 である。

【 0 1 0 3 】

40

図 4（b）に示すように、第 2 構造体 6 0 B は、複数の第 2 固定部 5 0 F を含んでも良い。第 2 可動部材 5 0 の少なくとも一部は、複数の第 2 固定部 5 0 F の間にある。複数の第 2 固定部 5 0 F の 1 つから複数の第 2 固定部 5 0 F の別の 1 つへの方向は、第 2 対向電極部材 5 0 M から第 2 可動部材 5 0 への方向と交差する。

【 0 1 0 4 】

図 4（b）及び図 4（c）に示すように、第 2 可動部材 5 0 は、複数の梁（梁 5 0 a 及び梁 5 0 b）を含んでも良い。

【 0 1 0 5 】

図 5（a）、図 5（b）、図 6、及び、図 7（a）～図 7（c）は、第 1 実施形態に係るセンサを例示する模式図である。

50

図 5 (a) は、平面図である。図 5 (b) は、図 5 (a) の X 1 - X 2 線断面図である。図 6 は、センサの一部を例示する平面図である。図 7 (a) は、図 6 の A 1 - A 2 線断面図である。図 7 (b) は、図 6 の B 1 - B 2 線断面図である。図 7 (c) は、図 6 の C 1 - C 2 線断面図である。

【 0 1 0 6 】

図 5 (a) 及び図 5 (b) に示すように、実施形態に係るセンサの第 2 構造体 6 0 B の例において、第 2 可動部材 5 0 は、第 2 固定部 5 0 F と、第 1 可動基部 5 0 A と、第 1 可動接続部 5 0 P と、第 2 可動基部 5 0 B と、第 1 可動梁 5 1 と、第 2 可動梁 5 2 と、を含む。第 2 固定部 5 0 F は、基体 6 0 に固定される。第 1 可動基部 5 0 A は、第 2 固定部 5 0 F に支持される。この例では、X 軸方向において、第 2 固定部 5 0 F と第 2 可動基部 5 0 B との間に第 1 可動基部 5 0 A がある。X 軸方向において、第 1 可動基部 5 0 A と第 2 可動基部 5 0 B との間に第 1 可動接続部 5 0 P がある。第 1 可動接続部 5 0 P は、第 2 可動基部 5 0 B を第 1 可動基部 5 0 A と接続する。

10

【 0 1 0 7 】

第 1 可動接続部 5 0 P の Y 軸方向に沿う長さは、第 1 可動基部 5 0 A の Y 軸方向に沿う長さよりも短い。第 1 可動接続部 5 0 P の Y 軸方向に沿う長さは、第 2 可動基部 5 0 B の Y 軸方向に沿う長さよりも短い。

【 0 1 0 8 】

第 1 可動梁 5 1 の一部は、第 1 可動基部 5 0 A の一部と接続される。第 1 可動梁 5 1 の他部は、第 2 可動基部 5 0 B の一部と接続される。第 2 可動梁 5 2 の一部は、第 1 可動基部 5 0 A の他部と接続される。第 2 可動梁 5 2 の他部は、第 2 可動基部 5 0 B の他部と接続される。第 1 可動接続部 5 0 P は、Y 軸方向において、第 1 可動梁 5 1 と第 2 可動梁 5 2 との間にある。

20

【 0 1 0 9 】

第 1 可動基部 5 0 A 、第 1 可動接続部 5 0 P 、第 2 可動基部 5 0 B 、第 1 可動梁 5 1 及び第 2 可動梁 5 2 を含む構造体と、基体 6 0 と、の間に間隙 g 2 が設けられる。

【 0 1 1 0 】

この例では、第 2 可動部材 5 0 は、可動部 5 0 X を含む。可動部 5 0 X は、第 2 可動基部 5 0 B と接続される。第 2 可動基部 5 0 B 及び可動部 5 0 X は、第 1 可動接続部 5 0 P を中心にして、X - Y 平面内で回転の変位が可能である。可動部 5 0 X の Y 軸方向に沿う長さは、第 2 可動基部 5 0 B の Y 軸方向に沿う長さよりも長い。可動部 5 0 X は、可動マスである。

30

【 0 1 1 1 】

例えば、第 2 可動部材 5 0 に加速度が加わり、可動部 5 0 X が変位する。これにより、第 1 可動梁 5 1 に圧縮及び引張の一方の応力が加わる。第 2 可動梁 5 2 に圧縮及び引張の他方の応力が加わる。これにより、第 1 可動梁 5 1 の共振周波数において、上昇及び減少の一方が生じる。第 2 可動梁 5 2 の共振周波数において、上昇及び減少の他方が生じる。これらの共振周波数の差から、加速度を検出可能である。このような 2 つの可動梁が設けられることで、Z 軸方向を軸とした回転の加速度を高い感度で検出できる。例えば、加速度の検出において、記憶部 7 0 M (図 6 参照) に記憶されたデータに基づいて補正が行われても良い。

40

【 0 1 1 2 】

第 1 可動梁 5 1 の共振周波数と、第 2 可動梁 5 2 の共振周波数と、の和は、回転の影響を受けない。和は、温度依存性を有する。これらの共振周波数の和に基づいて、第 1 可動部材 1 0 の第 1 回転角度 $\nu 1$ を補正して第 2 回転角度 $\nu 2$ が導出できる。このような構成においても、精度を向上できる。

【 0 1 1 3 】

図 6 に示すように、この例では、第 2 可動部材 5 0 は、可動部 5 1 a 、可動部 5 1 b 、可動部 5 2 a 及び可動部 5 2 b を含む (図 7 (a) ~ 図 7 (c) 参照) 。

【 0 1 1 4 】

50

Y 軸方向において、可動部 5 1 a と第 1 可動接続部 5 0 P との間に第 1 可動梁 5 1 がある。可動部 5 1 b は、可動部 5 1 a と第 1 可動梁 5 1 との間にある。可動部 5 1 b は、可動部 5 1 a を第 1 可動梁 5 1 と接続する。可動部 5 1 b の X 軸方向に沿う長さは、可動部 5 1 a の X 軸方向に沿う長さよりも短い。可動部 5 1 b の X 軸方向に沿う長さは、第 1 可動梁 5 1 の X 軸方向に沿う長さよりも短い。可動部 5 1 a は、第 1 可動梁 5 1 の変位に応じて変位可能である。

【 0 1 1 5 】

Y 軸方向において、可動部 5 2 a と第 1 可動接続部 5 0 P との間に第 2 可動梁 5 2 がある。可動部 5 2 b は、可動部 5 2 a と第 2 可動梁 5 2 との間にある。可動部 5 2 b は、可動部 5 2 a を第 2 可動梁 5 2 と接続する。可動部 5 2 b の X 軸方向に沿う長さは、可動部 5 2 a の X 軸方向に沿う長さよりも短い。可動部 5 2 b の X 軸方向に沿う長さは、第 2 可動梁 5 2 の X 軸方向に沿う長さよりも短い。可動部 5 2 a は、第 2 可動梁 5 2 の変位に応じて変位可能である。

【 0 1 1 6 】

図 6 に示すように、この例では、複数の第 2 対向電極部材 5 0 M として、電極 5 1 E ~ 5 4 E が設けられている。これらの電極により、第 1 可動梁 5 1 及び第 2 可動梁 5 2 を振動させることができる。これらの電極により、第 1 可動梁 5 1 及び第 2 可動梁 5 2 の共振周波数を検出することが可能である。

【 0 1 1 7 】

図 8 (a)、図 8 (b)、図 9 (a) 及び図 9 (b) は、第 1 実施形態に係るセンサを例示する模式図である。

図 8 (a) は、平面図である。図 8 (b) は、図 8 (a) の X 1 - X 2 線断面図である。図 9 (a) は、センサの一部を例示する平面図である。図 9 (b) は、図 9 (a) の Y 1 - Y 2 線断面図である。

【 0 1 1 8 】

図 8 (a) に示すように、実施形態に係るセンサの第 2 構造体 6 0 B において、第 2 可動部材 5 0 は、第 2 固定部 5 0 F と、第 1 可動基部 5 0 A と、第 1 可動接続部 5 0 P と、第 2 可動基部 5 0 B と、第 1 可動梁 5 1 と、第 2 可動梁 5 2 と、可動部 5 0 X を含む。この例においては、可動部 5 0 X は、X - Y 平面内で突出する凹凸を含む。複数の第 2 対向電極部材 5 0 M として、電極 5 1 E ~ 5 4 E に加えて、電極 5 5 E 及び電極 5 6 E が設けられている。可動部 5 0 X の凹凸の一部は、電極 5 5 E と 歯状電極を形成する。可動部 5 0 X の凹凸の別の一部は、電極 5 6 E と 歯状電極を形成する。可動部 5 0 X に設けられる複数の凸部の一部は、第 1 可動接続部 5 0 P を通る直線 D m r 1 に沿って並ぶ。可動部 5 0 X に設けられる複数の凸部の別の一部は、第 1 可動接続部 5 0 P を通る別の直線 D m r 2 に沿って並ぶ。直線 D m r 1 及び直線 D m r 2 は、X - Y 平面に沿う。直線 D m r 1 及び直線 D m r 2 は、互いに交差する。電極 5 5 E 及び電極 5 6 E の電位が制御される。これにより、可動部 5 0 X を第 1 可動接続部 5 0 P を中心として回転させるように変位（または振動）させることができる。この例においても、加速度が検出できる。

【 0 1 1 9 】

この例においても、第 1 可動梁 5 1 の共振周波数と、第 2 可動梁 5 2 の共振周波数と、の和に基づいて、第 1 可動部材 1 0 の第 1 回転角度 $\nu 1$ を補正して第 2 回転角度 $\nu 2$ が導出できる。このような構成においても、精度を向上できる。図 6 及び図 9 (a) の例において、制御装置 7 0 は、第 2 可動部材 5 0 の共振周波数の加速度に対する依存性と、第 2 可動部材 5 0 の共振周波数の温度に対する依存性と、を分離可能である。

【 0 1 2 0 】

実施形態においては、例えば、第 1 方向 D 1、及び、第 1 方向と交差する第 2 方向 D 2 に振動が可能な可動体（例えば第 1 可動部材 1 0）と、可動体をこれらの方向に振動させるバネ機構（例えば第 1 接続部 1 0 S）と、が設けられる。制御部 7 4（1つの検出部）は、第 1 方向 D 1 に振動している可動体に働く回転の角速度 によるコリオリ力に基づく、可動体の第 2 方向の振動の振幅を検出することができる。制御部 7 4（別の検出部）は

10

20

30

40

50

、第2方向D2に振動している可動体に働く回転の角速度 によるコリオリ力に基づく、可動体の第1方向D1の振動の振幅を検出することができる。制御部74（回転角度取得部、または、回転角度導出部75c）は、第1方向D1の振動の振幅、及び、第2方向D2の振動の振幅に基づいて、可動体の回転角度を取得する。

【0121】

可変電気バネ及び可変電気ダンパが設けられる。可変電気バネは、例えば、振動体、それに付随する平行板電極、及び、平行板電極に印加される可変電圧により形成される。可変電気ダンパは、振動体、それに付随する 歯電極、 歯電極に接続される可変抵抗、及び、可変抵抗に印加される可変電圧により形成される。振動体と同じチップ内に配置された振動子、及び、振動子に付随する電極が設けられる。振動子の共振周波数を取得する共振周波数取得部が設けられる。

10

【0122】

上記の検出部で検出された振動の振幅に基づいて、第1方向D1の第1成分の共振周波数と、第2方向D2の第2成分の共振周波数の差（第2差 F）が検出される。制御部74は、第2差 Fを小さくするように、可変電気バネをクローズループにより制御する。制御は、例えば、連続的に自動的に行われる。制御は、常時行われて良い。

【0123】

上記の検出部で検出された振動の振幅に基づいて、第1方向D1の第1成分の減衰時定数と、第2方向D2の第2成分の減衰時定数の差（第1差 T）が検出される。制御部74は、第1差 Tを小さくするように、可変電気ダンパをクローズループにより制御する。制御は、例えば、連続的に自動的に行われる。制御は、常時行われて良い。

20

【0124】

例えば、制御部74は、第2差 F、第1差 T、回転角度取得部により得られる回転角度、及び、振動子から得られる共振周波数fb1に基づいて、補正された回転角を出力可能である。補正された回転角度は、可動体に加わる回転の角速度 に対応する回転角度である。より正確な回転角度が得られる。

【0125】

図10（a）及び図10（b）は、第1実施形態に係るセンサを例示する模式的平面図である。

図10（a）に示すように、実施形態に係るセンサ111は、複数の第2構造体60Bを含む。この例では、第1構造体60Aの少なくとも一部（例えば、第1可動部材10）は、複数の第2構造体60Bの間にある。

30

【0126】

図10（b）に示すように、実施形態に係るセンサ112においても、複数の第2構造体60Bが設けられる。複数の第2構造体60Bの1つから複数の第2構造体60Bの別の1つへの方向は、複数の第2構造体60Bのさらに別の1つから複数の第2構造体60Bのさらに別の1つへの方向と交差する。例えば、4つの第2構造体60Bの対角位置に、第1構造体60Aが設けられる。

【0127】

制御部74は、複数の第2構造体60Bから得られる信号（共振周波数fb1を含む信号）を取得し、平均化した共振周波数fb1を導出可能である。

40

【0128】

例えば、第1構造体60Aの位置において、基体60などにおける応力の分布がより均一化する。例えば、温度分布がより均一になる。例えば、電気的な接続のための配線のX-Y平面内における分布がより均一になる。例えば、電気的な特性（例えば、ノイズまたはカップリングなどの影響）がより均一化する。より高い精度の補正が可能になる。より高い精度の検出が可能である。

【0129】

図11は、第1実施形態に係るセンサを例示する模式的断面図である。

図11に示すように、実施形態に係るセンサ120は、第1構造体60Aと第2構造体

50

6 0 B と、第 1 筐体 6 5 と、制御装置 7 0 と、を含む。第 1 構造体 6 0 A は、第 1 面 6 0 f を含む第 1 基体領域 6 1 に設けられる。第 2 構造体 6 0 B は、第 2 基体領域 6 2 に設けられる。第 1 基体領域 6 1 は、1 つ基体 6 0 に含まれる。第 2 基体領域 6 2 は、別の基体 6 0 に含まれても良い。第 1 構造体 6 0 A 及び第 2 構造体 6 0 B は、第 1 筐体 6 5 のなかに設けられる。センサ 1 2 0 における上記を除く構成は、センサ 1 1 0 などと同様で良い。
【 0 1 3 0 】

例えば、センサ 1 2 0 において、第 1 構造体 6 0 A は、振動可能な第 1 可動部材 1 0 を含む。第 1 可動部材 1 0 の振動は、第 1 面 6 0 f に沿う第 1 方向 D 1 に沿う第 1 成分と、第 1 方向 D 1 と交差し第 1 面 6 0 f に沿う第 2 方向 D 2 に沿う第 2 成分と、を含む。第 2 構造体 6 0 B は、振動可能な第 2 可動部材 5 0 を含む。制御装置 7 0 は、処理動作を実施可能な制御部 7 4 を含む。処理動作は、第 1 成分及び第 2 成分に基づいて得られた第 1 可動部材 1 0 の第 1 回転角度 $\nu 1$ を、第 2 可動部材 5 0 の共振周波数 $f b 1$ に基づいて補正した第 2 回転角度 $\nu 2$ を出力することを含む。センサ 1 2 0 においても、精度を向上できるセンサを提供できる。

10

【 0 1 3 1 】

センサ 1 2 0 において、第 1 構造体 6 0 A 及び第 2 構造体 6 0 B は、第 1 筐体 6 5 のなかに設けられることで、これらの構造体の温度が実質的に同じになる。高い精度の補正が可能である。センサ 1 2 0 の構成において、複数の第 2 構造体 6 0 B が設けられても良い（図 1 0 (a) 及び図 1 0 (b) 参照）。

【 0 1 3 2 】

20

図 1 2 は、第 1 実施形態に係るセンサを例示する模式的断面図である。

図 1 2 に示すように、実施形態に係るセンサ 1 2 5 は、第 2 筐体 6 6 を含む。例えば、第 2 筐体 6 6 の中に、第 1 筐体 6 5 が設けられる。制御装置 7 0 は、第 2 筐体 6 6 の内側または外側に設けられて良い。第 2 筐体 6 6 は、例えば E M I シールドとして機能して良い。第 2 筐体 6 6 は、例えば、金属材料または磁性材料などを含んで良い。図 1 2 の例において、第 2 筐体 6 6 の中に、図 1 1 に例示した構造が設けられても良い。

【 0 1 3 3 】

（第 2 実施形態）

第 2 実施形態は、電子装置に係る。

図 1 3 は、第 2 実施形態に係る電子装置を例示する模式図である。

30

図 1 3 に示すように、実施形態に係る電子装置 3 1 0 は、実施形態に係るセンサと、回路制御部 1 7 0 と、を含む。図 1 3 の例では、センサとして、センサ 1 1 0 （またはセンサ装置 2 1 0 ）が描かれている。回路制御部 1 7 0 は、センサから得られる信号 S 1 に基づいて回路 1 8 0 を制御可能である。回路 1 8 0 は、例えば駆動装置 1 8 5 の制御回路などである。実施形態によれば、高精度の検出結果に基づいて、駆動装置 1 8 5 を制御するための回路 1 8 0 など高精度で制御できる。

【 0 1 3 4 】

図 1 4 (a) ~ 図 1 4 (h) は、電子装置の応用を例示する模式図である。

図 1 4 (a) に示すように、電子装置 3 1 0 は、ロボットの少なくとも一部でも良い。図 1 4 (b) に示すように、電子装置 3 1 0 は、製造工場などに設けられる工作ロボットの少なくとも一部でも良い。図 1 4 (c) に示すように、電子装置 3 1 0 は、工場内などの自動搬送車の少なくとも一部でも良い。図 1 4 (d) に示すように、電子装置 3 1 0 は、ドローン（無人航空機）の少なくとも一部でも良い。図 1 4 (e) に示すように、電子装置 3 1 0 は、飛行機の少なくとも一部でも良い。図 1 4 (f) に示すように、電子装置 3 1 0 は、船舶の少なくとも一部でも良い。図 1 4 (g) に示すように、電子装置 3 1 0 は、潜水艦の少なくとも一部でも良い。図 1 4 (h) に示すように、電子装置 3 1 0 は、自動車の少なくとも一部でも良い。電子装置 3 1 0 は、例えば、ロボット及び移動体の少なくともいずれかを含んでも良い。

40

【 0 1 3 5 】

実施形態は、以下の構成（例えば技術案）を含んで良い。

50

(構成 1)

第 1 基体領域及び第 2 基体領域を含む第 1 面を含む基体と、

前記第 1 基体領域に設けられた第 1 構造体と、

前記第 2 基体領域に設けられた第 2 構造体と、

制御装置と、

を備え、

前記第 1 構造体は、振動可能な第 1 可動部材を含み、前記第 1 可動部材の前記振動は、前記第 1 面に沿う第 1 方向に沿う第 1 成分と、前記第 1 方向と交差し前記第 1 面に沿う第 2 方向に沿う第 2 成分と、を含み、

前記第 2 構造体は、振動可能な第 2 可動部材を含み、

前記制御装置は、処理動作を実施可能な制御部を含み、

前記処理動作は、前記第 1 成分及び前記第 2 成分に基づいて得られた前記第 1 可動部材の第 1 回転角度を、前記第 2 可動部材の共振周波数に基づいて補正した第 2 回転角度を出力することを含む、センサ。

【0136】

(構成 2)

前記第 2 基体領域は、前記第 1 基体領域と連続した、構成 1 記載のセンサ。

【0137】

(構成 3)

第 1 筐体をさらに備え、

前記第 1 構造体及び前記第 2 構造体は、前記第 1 筐体のなかに設けられた、構成 1 または 2 に記載のセンサ。

【0138】

(構成 4)

第 1 面を含む第 1 基体領域に設けられた第 1 構造体と、

第 2 基体領域に設けられた第 2 構造体と、

第 1 筐体と、

制御装置と、

を備え、

前記第 1 構造体及び前記第 2 構造体は、前記第 1 筐体のなかに設けられ、

前記第 1 構造体は、振動可能な第 1 可動部材を含み、前記第 1 可動部材の前記振動は、前記第 1 面に沿う第 1 方向に沿う第 1 成分と、前記第 1 方向と交差し前記第 1 面に沿う第 2 方向に沿う第 2 成分と、を含み、

前記第 2 構造体は、振動可能な第 2 可動部材を含み、

前記制御装置は、処理動作を実施可能な制御部を含み、

前記処理動作は、前記第 1 成分及び前記第 2 成分に基づいて得られた前記第 1 可動部材の第 1 回転角度を、前記第 2 可動部材の共振周波数に基づいて補正した第 2 回転角度を出力することを含む、センサ。

【0139】

(構成 5)

前記第 1 面と交差する第 3 方向を軸とする前記基体の回転に対して前記第 2 可動部材の前記共振周波数は変化しない、または、前記第 3 方向を前記軸とする前記基体の前記回転に対する前記第 2 可動部材の前記共振周波数の変化率は、前記第 3 方向に沿う前記基体の変位に対する前記第 2 可動部材の前記共振周波数の変化率以下である、構成 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載のセンサ。

【0140】

(構成 6)

前記第 1 回転角度は、前記第 1 可動部材の温度に応じて変化し、

前記第 2 可動部材の前記共振周波数は、前記第 2 可動部材の温度に応じて変化する、構成 1 ~ 5 のいずれか 1 つに記載のセンサ。

10

20

30

40

50

【 0 1 4 1 】

(構成 7)

前記第 2 構造体の温度と前記第 1 構造体の温度との差の絶対値の、前記第 1 構造体の前記温度に対する比は 0 . 0 5 以下である、構成 1 ~ 5 のいずれか 1 つに記載のセンサ。

【 0 1 4 2 】

(構成 8)

前記第 1 構造体は、

前記第 1 基体領域に固定された第 1 固定部と、

前記第 1 固定部に支持され前記第 1 可動部材と接続された第 1 接続部と、

を含み、

前記第 2 構造体は、前記第 2 基体領域に固定された第 2 固定部を含み、

前記第 2 固定部は、前記第 2 可動部材を支持し、

前記第 2 可動部材は、前記第 1 接続部に含まれる材料と同じ材料を含む、構成 1 ~ 7 のいずれか 1 つに記載のセンサ。

10

【 0 1 4 3 】

(構成 9)

前記第 2 構造体は、

前記第 2 基体領域に固定された第 2 固定部と、

第 2 対向電極部材と、

を含み、

前記第 2 固定部は、前記第 2 可動部材を支持し、

前記第 2 対向電極部材は、前記第 2 可動部材と対向する、構成 1 ~ 7 のいずれか 1 つに記載のセンサ。

20

【 0 1 4 4 】

(構成 1 0)

前記第 2 構造体は、複数の第 2 固定部を含み、

前記第 2 可動部材の少なくとも一部は、前記複数の第 2 固定部の間にあり、

前記複数の第 2 固定部の 1 つから前記複数の第 2 固定部の別の 1 つへの方は、前記第 2 対向電極部材から前記第 2 可動部材への方と交差した、構成 9 記載のセンサ。

【 0 1 4 5 】

(構成 1 1)

前記第 2 構造体は、複数の前記第 2 対向電極部材を含み、

前記第 2 可動部材の少なくとも一部は、前記複数の第 2 対向電極部材の間にあり、

前記複数の第 2 固定部の前記 1 つから前記複数の第 2 固定部の前記別の 1 つへの前記方向は、前記複数の第 2 対向電極部材の 1 つから前記複数の第 2 対向電極部材の別の 1 つへの方向と交差した、構成 1 0 記載のセンサ。

30

【 0 1 4 6 】

(構成 1 2)

前記第 2 可動部材は、複数の梁を含む、構成 8 ~ 1 1 のいずれか 1 つに記載のセンサ。

【 0 1 4 7 】

(構成 1 3)

前記第 2 可動部材は、第 1 可動梁及び第 2 可動梁を含み、

前記第 2 可動部材の前記共振周波数は、前記第 1 可動梁の共振周波数と、前記第 2 可動梁の共振周波数と、の和を含む、構成 8 ~ 1 1 のいずれか 1 つに記載のセンサ。

40

【 0 1 4 8 】

(構成 1 4)

前記第 2 可動部材は、第 1 可動基部と、第 1 可動接続部と、第 2 可動基部と、をさらに含み、

前記第 1 可動基部は、第 2 固定部に支持され、

前記第 2 固定部と第 2 可動基部との間に前記第 1 可動基部があり、

50

前記第 1 可動基部と前記第 2 可動基部との間に前記第 1 可動接続部があり、
前記第 1 可動接続部は、前記第 2 可動基部を前記第 1 可動基部と接続し、
前記第 1 可動梁の一部は、前記第 1 可動基部の一部と接続され、
前記第 1 可動梁の他部は、前記第 2 可動基部の一部と接続され、
前記第 2 可動梁の一部は、前記第 1 可動基部の他部と接続され、
前記第 2 可動梁の他部は、前記第 2 可動基部の他部と接続され、
前記第 1 可動接続部は、前記第 1 可動梁と第 2 可動梁との間にある、構成 1 3 記載のセンサ。

【 0 1 4 9 】

(構成 1 5)

前記第 1 構造体は、
前記第 1 可動部材と対向する第 1 対向電極部材と、
前記第 1 対向電極部材と電氣的に接続された抵抗部材と、
を含み、
前記制御部は、第 1 動作を実施可能であり、
前記第 1 動作は、
前記第 1 成分及び前記第 2 成分を取得する第 1 取得動作と、
前記取得した前記第 1 成分の第 1 時定数と、前記取得した前記第 2 成分の第 2 時定数
と、の第 1 差の第 1 絶対値、及び、前記取得した前記第 1 成分の第 1 共振周波数と、前記
取得した前記第 2 成分の第 2 共振周波数と、の第 2 差の第 2 絶対値の少なくともいずれか
が小さくなるように、前記抵抗部材の抵抗、及び、前記抵抗部材に印加される電圧の少な
くともいずれかの値を変更する第 1 変更動作と、
を含む、構成 1 記載のセンサ。

【 0 1 5 0 】

(構成 1 6)

前記第 1 絶対値及び前記第 2 絶対値の少なくともいずれかは、温度に応じて変化し、
前記第 2 可動部材の前記共振周波数は、前記温度に応じて変化し、
前記制御部は、前記温度に応じて変化する前記第 1 絶対値及び前記第 2 絶対値の前記少
なくともいずれかを補正する、構成 1 5 記載のセンサ。

【 0 1 5 1 】

(構成 1 7)

前記第 1 対向電極部材は、
前記第 1 可動部材と対向する第 1 対向電極と、
前記第 1 可動部材と対向する第 2 対向電極と、
を含み、
前記第 1 可動部材から前記第 2 対向電極へ方向は、前記第 1 可動部材から前記第 1 対
向電極へ方向と交差し、
前記抵抗部材は、
第 1 端部及び第 1 他端部を含む第 1 抵抗であって、前記第 1 他端部は前記第 1 対向電
極と電氣的に接続された、前記第 1 抵抗と、
第 2 端部及び第 2 他端部を含む第 2 抵抗であって、前記第 2 他端部は前記第 2 対向電
極と電氣的に接続された、前記第 2 抵抗と、
を含み、
前記制御部は、前記第 1 変更動作において、前記第 1 絶対値が小さくなるように、前記
第 1 抵抗の抵抗値、前記第 2 抵抗の抵抗値、前記第 1 端部の第 1 電圧、及び、前記第 2 端
部の第 2 電圧の少なくともいずれかの値を変更する、構成 1 5 記載のセンサ。

【 0 1 5 2 】

(構成 1 8)

前記第 1 電圧が変化したときの前記可動部材の変位の方向は、前記第 2 電圧が変化した
ときの前記可動部材の変位の方向と交差する、構成 1 7 記載のセンサ。

10

20

30

40

50

【 0 1 5 3 】

(構成 1 9)

前記第 1 対向電極部材は、

前記第 1 可動部材と対向する第 1 対向導電部と、

前記第 1 可動部材と対向する第 2 対向導電部と、

を含み、

前記第 1 可動部材から前記第 2 対向導電部へ方向は、前記第 1 可動部材から前記第 1 対向導電部へ方向と交差し、

前記制御部は、前記第 1 変更動作において、前記第 2 絶対値が小さくなるように、前記第 1 対向導電部の第 1 対向導電部電圧、及び、前記第 2 対向導電部の第 2 対向導電部電圧の少なくともいずれかを変更する、構成 1 5 記載のセンサ。

10

【 0 1 5 4 】

(構成 2 0)

構成 1 ~ 1 9 のいずれか 1 つに記載のセンサと、

前記センサから得られる信号に基づいて回路を制御可能な回路制御部と、

を備えた電子装置。

【 0 1 5 5 】

実施形態によれば、精度を向上できるセンサが提供できる。

【 0 1 5 6 】

本願明細書において、「垂直」及び「平行」は、厳密な垂直及び厳密な平行だけではなく、例えば製造工程におけるばらつきなどを含むものであり、実質的に垂直及び実質的に平行であれば良い。

20

【 0 1 5 7 】

以上、具体例を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明は、これらの具体例に限定されるものではない。例えば、センサに含まれる構造体、可動部材、電極及び制御部などの各要素の具体的な構成に関しては、当業者が公知の範囲から適宜選択することにより本発明を同様に実施し、同様の効果を得ることができる限り、本発明の範囲に包含される。

【 0 1 5 8 】

また、各具体例のいずれか 2 つ以上の要素を技術的に可能な範囲で組み合わせたものも、本発明の要旨を包含する限り本発明の範囲に含まれる。

30

【 0 1 5 9 】

その他、本発明の実施の形態として上述したセンサを基にして、当業者が適宜設計変更して実施し得る全てのセンサも、本発明の要旨を包含する限り、本発明の範囲に属する。

【 0 1 6 0 】

その他、本発明の思想の範疇において、当業者であれば、各種の変更例及び修正例に想到し得るものであり、それら変更例及び修正例についても本発明の範囲に属するものと了解される。

【 0 1 6 1 】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

40

【 符号の説明 】

【 0 1 6 2 】

1 0 ... 第 1 可動部材、 1 0 E ... 電極、 1 0 F ... 第 1 固定部、 1 0 S ... 第 1 接続部、 1 1 C、1 2 C ... 第 1、第 2 導電部、 1 1 E、1 2 E ... 第 1、第 2 電極、 1 1 s E、1 2 s E ... 第 1、第 2 検出用電極、 2 0 E ... 対向電極、 2 0 M ... 第 1 対向電極部材、 2 0 R ... 抵抗部材、 2 1 C、2 2 C ... 第 1、第 2 対向導電部、 2 1 E、2 2 E ... 第 1、第

50

2 対向電極、 2 1 s E、 2 2 s E ... 第 1、第 2 検出用対向電極、 5 0 ... 第 2 可動部材、
 5 0 A、 5 0 B ... 第 1、第 2 可動基部、 5 0 F ... 第 2 固定部、 5 0 M ... 第 2 対向電極部
 材、 5 0 P ... 第 1 可動接続部、 5 0 X ... 可動部、 5 0 a、 5 0 b ... 梁、 5 1、 5 2
 ... 第 1、第 2 可動梁、 5 1 E ~ 5 6 E ... 電極、 5 1 a、 5 1 b、 5 2 a、 5 2 b ... 可動
 部、 6 0 ... 基体、 6 0 A、 6 0 B ... 第 1、第 2 構造体、 6 0 a ... 基板、 6 0 b ... 絶
 縁膜、 6 0 f ... 第 1 面、 6 1、 6 2 ... 第 1、第 2 基体領域、 6 5 ... 第 1 筐体、 6 5
 a ~ 6 5 d ... 第 1 ~ 第 4 部材、 6 6 ... 第 2 筐体、 7 0 ... 制御装置、 7 0 M ... 記憶部、
 7 0 s ... 検出部、 7 1、 7 2 ... 第 1、第 2 検出部、 7 4 ... 制御部、 7 5 ... 演算部、
 7 5 a ... 時定数調整部、 7 5 b ... 共振周波数調整部、 7 5 c ... 回転角度導出部、 7 5
 d ... 共振周波数検出部、 7 5 e ... 角度補正演算部、 7 6 ... ドライバ部、 F ... 第 2 差
 、 T ... 第 1 差、 ... 回転角度、 v_1 、 v_2 ... 第 1、第 2 回転角度、 1 1 0、
 1 1 1、 1 1 2、 1 2 0、 1 2 5 ... センサ、 1 7 0 ... 回路制御部、 1 8 0 ... 回路、 1
 8 5 ... 駆動装置、 2 1 0 ... センサ装置、 3 1 0 ... 電子装置、 D 1、 D 2 ... 第 1、第 2
 方向、 D R 1、 D R 2 ... 制御信号出力部、 D a c 1、 D a c 2 ... 交流電圧出力部、 D
 d c 1、 D d c 2 ... 電圧出力部、 D m r 1、 D m r 2 ... 直線、 D p 1、 D p 2 ... 電圧出
 力部、 L c 1、 L c 2、 L p 1、 L p 2、 L r 1、 L r 2 ... 配線、 R 1、 R 2 ... 第 1、
 第 2 抵抗、 S 1 ... 信号、 S O ... 信号、 S R 1、 S R 2 ... 制御信号、 S U 1、 S U 2
 ... 第 1、第 2 加算器、 T m p 1、 T m p 2 ... 温度、 V a c 1、 V a c 2 ... 第 1、第 2 交
 流電圧、 V d c 1、 V d c 4 ... 第 1、第 2 電圧、 V p 1、 V p 2 ... 第 1、第 2 対向導電
 部電圧、 V s 1、 V s 2 ... 第 1、第 2 検出電圧、 c p 1、 c p 2 ... 第 1、第 2 他端部、
 e p 1、 e p 2 ... 第 1、第 2 端部、 f a 1、 f b 1 ... 共振周波数、 g 1、 g 2 ... 間隙

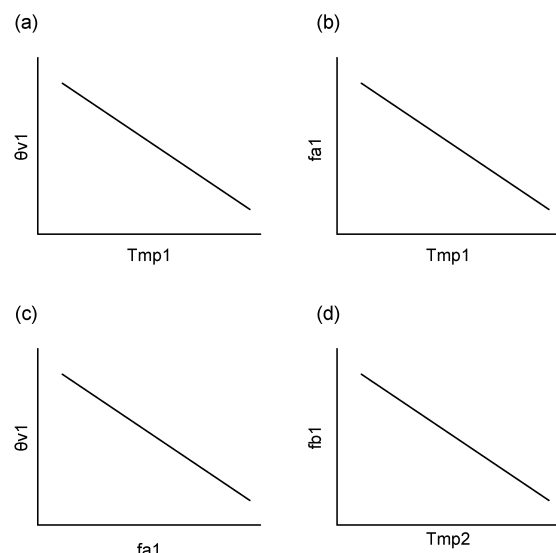
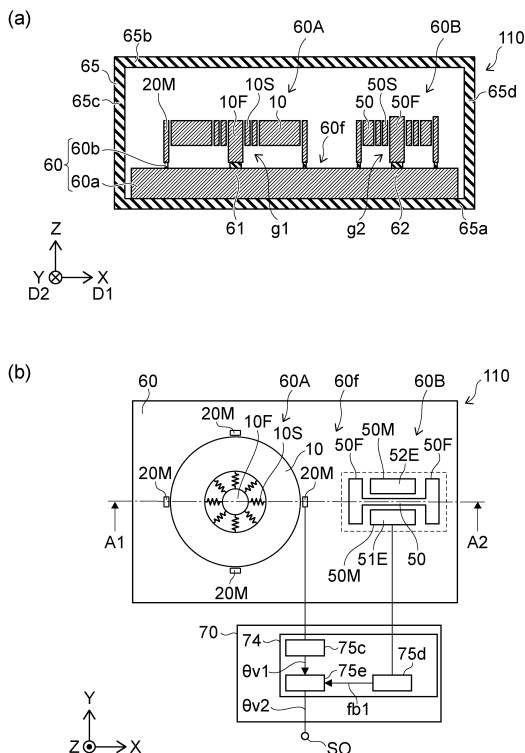
10

20

【図面】

【図 1】

【図 2】

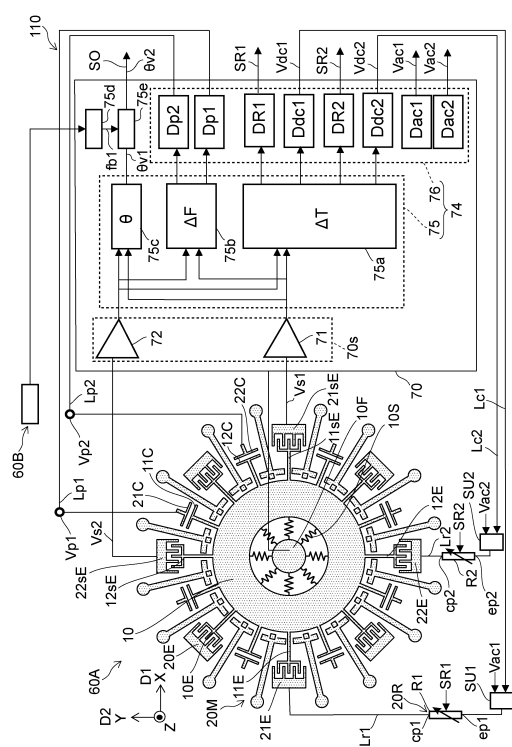


30

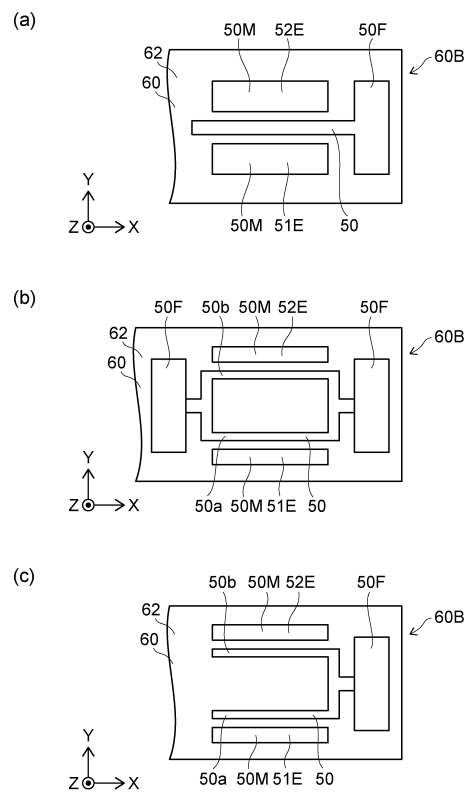
40

50

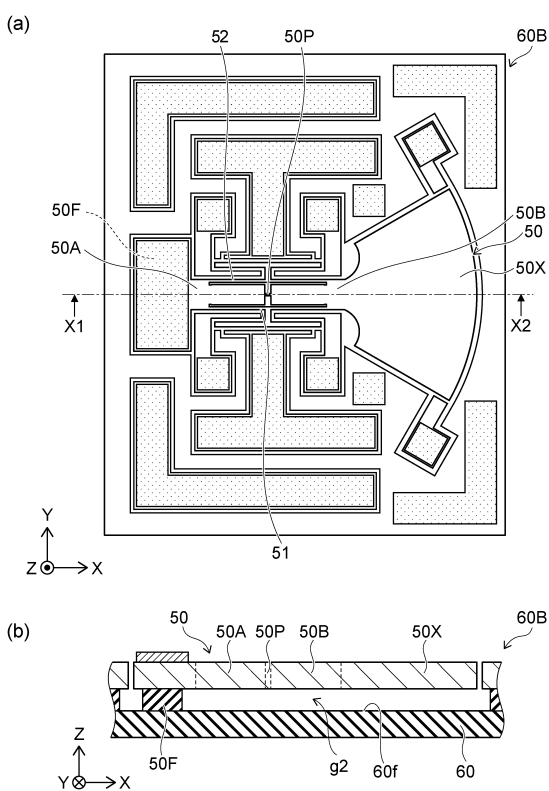
【 図 3 】



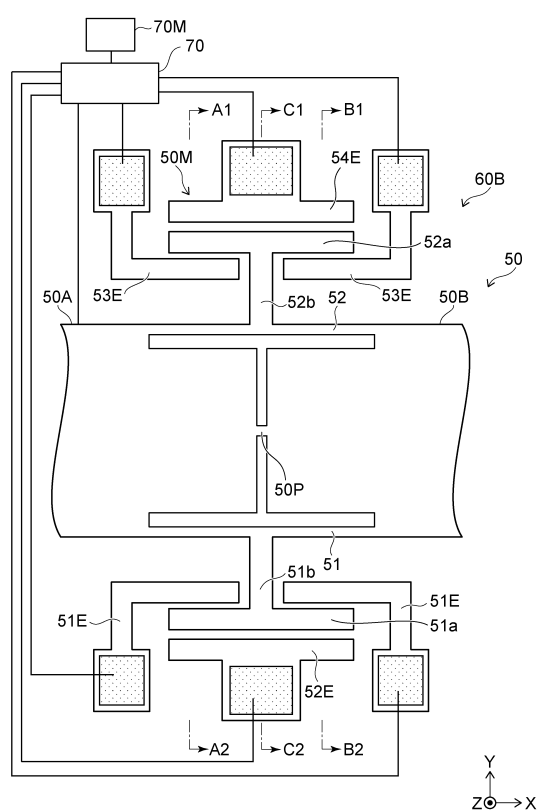
【 図 4 】



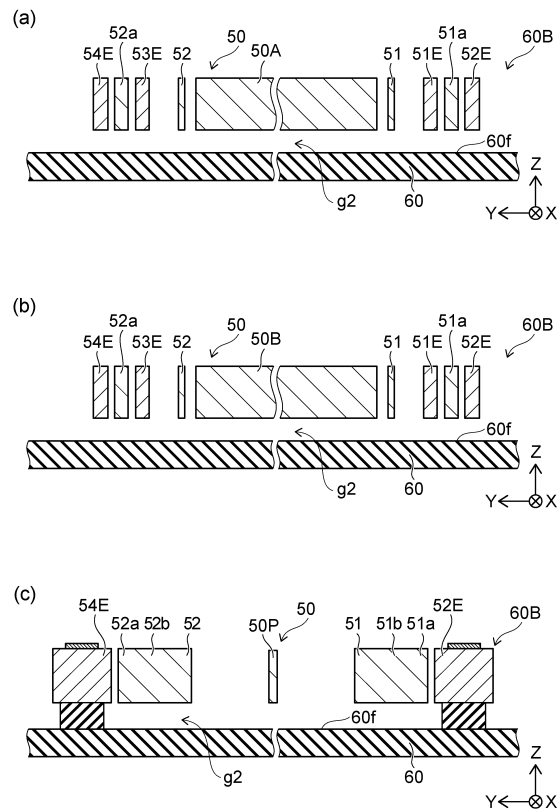
【圖 5】



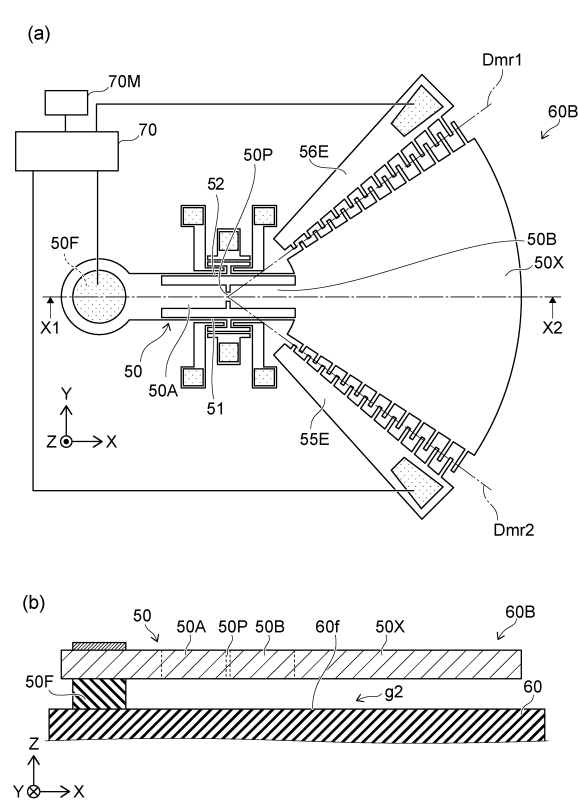
【図 6】



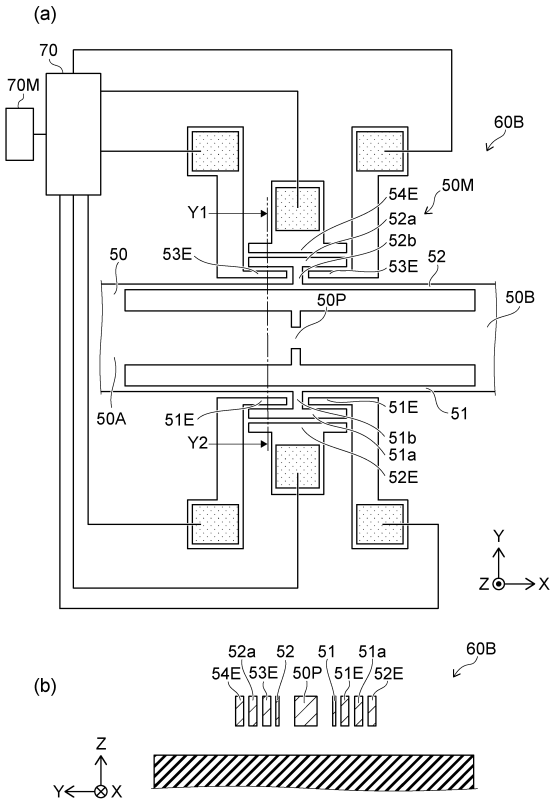
【図 7】



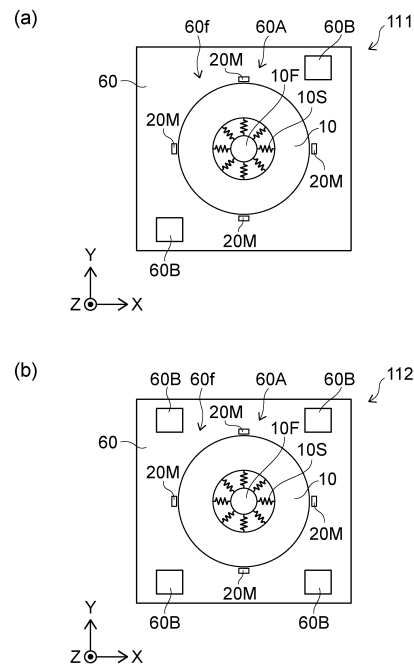
【図 8】



【図 9】



【図 10】



10

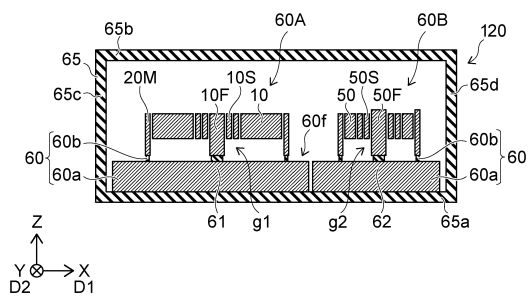
20

30

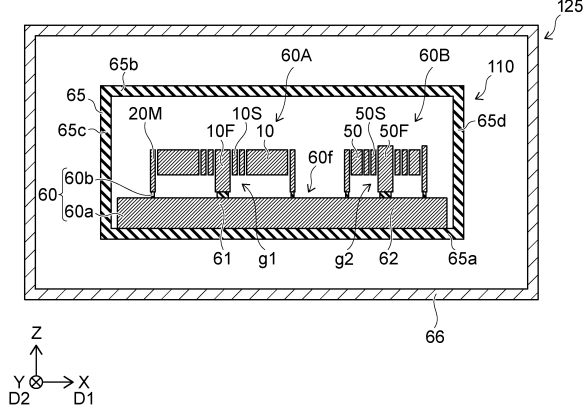
40

50

【図 1 1】

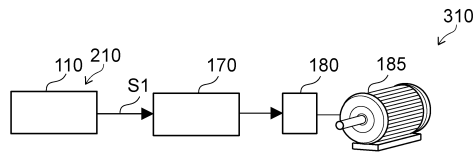


【図 1 2】

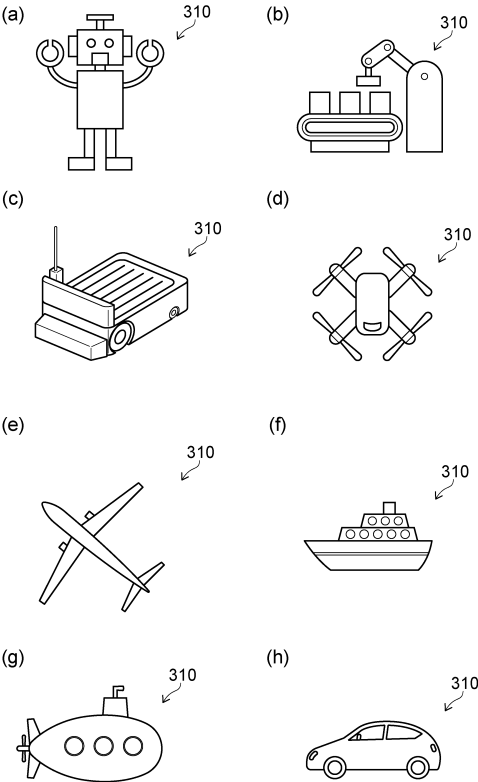


10

【図 1 3】



【図 1 4】



20

30

40

50

フロントページの続き

- 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社東芝内
- (72)発明者 増西 桂
- 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社東芝内
- (72)発明者 加治 志織
- 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社東芝内
- (72)発明者 小野 大騎
- 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社東芝内
- (72)発明者 小川 悦治
- 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社東芝内
- 審査官 仲野 一秀
- (56)参考文献 特開 2 0 2 0 - 1 8 7 0 1 8 (J P , A)
- 特開 2 0 1 4 - 1 7 8 1 9 5 (J P , A)
- 特開 2 0 1 9 - 4 5 4 0 5 (J P , A)
- 特開 2 0 0 8 - 3 2 4 5 2 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- G 0 1 C 1 9 / 0 0 - 1 9 / 7 2
- G 0 1 L 2 9 / 8 4