

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-152111

(P2013-152111A)

(43) 公開日 平成25年8月8日(2013.8.8)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)	
G O 1 P	15/13	(2006.01)	G O 1 P	15/13	B	3 C 0 8 1	
H O 1 L	29/84	(2006.01)	H O 1 L	29/84	Z	4 M 1 1 2	
B 8 1 B	3/00	(2006.01)	B 8 1 B	3/00			
G O 1 P	15/125	(2006.01)	G O 1 P	15/125	Z		

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2012-12206 (P2012-12206)
(22) 出願日 平成24年1月24日 (2012.1.24)

(71) 出願人 000006013
三菱電機株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(74) 代理人 100113077
弁理士 高橋 省吾
(74) 代理人 100112210
弁理士 稲葉 忠彦
(74) 代理人 100108431
弁理士 村上 加奈子
(74) 代理人 100128060
弁理士 中鶴 一隆
(72) 発明者 伊藤 恭彦
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 加速度センサ

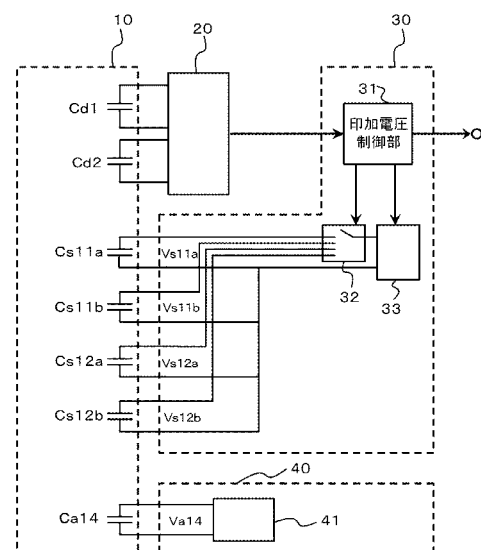
(57) 【要約】

【課題】 低加速度域において高い検出分解能を有するとともに、検出範囲が広い加速度センサを得る。

【解決手段】 間隔d11（第1の間隔）を隔てて検出フレーム7と対向するように設けられ、電圧が印加されることによって検出フレーム7を駆動する一対の第1駆動電極11a、11bと、間隔d12（第2の間隔）を隔てて検出フレーム7と対向するように設けられ、電圧が印加されることによって検出フレーム7を駆動する一対の第2駆動電極12a、12bと、検出フレーム7の変位を検出する容量－電圧変換回路20（検出手段）と、容量－電圧変換回路20の出力に応じて、第1駆動電極11a、11bまたは第2駆動電極12a、12bに電圧を印加し、検出フレーム7を所定位置に駆動するように制御するサーボ制御回路30（制御手段）とを備え、検出フレーム7を所定位置に駆動するように印加した電圧に基づいて、印加された加速度を検出するものである。

【選択図】

図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板と、

前記基板上に固定されたアンカーと、

前記アンカーに支持され、加速度が印加されることによって変位する慣性質量体と、

前記慣性質量体の変位に応じて変位可能な可動電極と、

第 1 の間隔を隔てて前記可動電極と対向するように設けられ、電圧が印加されることによって前記可動電極との間に発生する静電力により前記可動電極を駆動する一対の第 1 駆動電極と、

前記第 1 の間隔とは異なる第 2 の間隔を隔てて前記可動電極と対向するように設けられ、電圧が印加されることによって前記可動電極との間に発生する静電力により前記可動電極を駆動する一対の第 2 駆動電極と、

加速度が印加されることによって生じる前記可動電極の変位を検出する検出手段と、

前記検出手段が検出した前記可動電極の変位に応じて、前記第 1 駆動電極または前記第 2 駆動電極に電圧を印加し、前記可動電極を所定位置に駆動するように制御する制御手段とを備え、

前記可動電極を所定位置に駆動するように印加した電圧に基づいて、印加された加速度を検出する加速度センサ。

【請求項 2】

前記慣性質量体と前記可動電極とを同一部材で構成したことを特徴とする請求項 1 の加速度センサ。

【請求項 3】

前記可動電極と対向するように設けられ、前記可動電極との間に静電容量を形成する一対の検出電極を備え、

前記検出手段は、前記可動電極と前記検出電極との間に形成された静電容量の変化に基づいて、前記変位部材の変位を検出することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の加速度センサ。

【請求項 4】

基板と、

前記基板上に固定されたアンカーと、

前記アンカーに接続され、ねじれ軸を中心としてねじれるねじれ梁と、

前記ねじれ軸を中心として回転可能に、前記ねじれ梁に支持される検出フレームと、

前記検出フレームの両端において、前記ねじれ梁と所定間隔を隔てた位置に接続されるリンク梁と、

前記リンク梁を介して前記検出フレームに連結され、加速度が印加されることによって前記基板に対して垂直方向に変位する慣性質量体と、

第 1 の間隔を隔てて前記検出フレームと対向するように前記基板上に設けられ、電圧が印加されることによって前記検出フレームとの間に発生する静電力により前記検出フレームを駆動する一対の第 1 駆動電極と、

前記第 1 の間隔とは異なる第 2 の間隔を隔てて前記検出フレームと対向するように前記基板上に設けられ、電圧が印加されることによって前記検出フレームとの間に発生する静電力により前記検出フレームを駆動する一対の第 2 駆動電極と、

加速度が印加されることによって生じる前記検出フレームの変位を検出する検出手段と、

、

前記検出手段が検出した前記検出フレームの変位に応じて、前記第 1 駆動電極または前記第 2 駆動電極に電圧を印加し、前記検出フレームを所定位置に駆動するように制御する制御手段とを備え、

前記検出フレームを所定位置に駆動するように印加した電圧に基づいて、前記基板に対して垂直方向に印加された加速度を検出する加速度センサ。

【請求項 5】

前記検出フレームと対向するように前記基板上に設けられ、前記検出フレームとの間に静電容量を形成する一対の検出電極を備え、

前記検出手段は、前記検出フレームと前記検出電極との間に形成された静電容量の変化に基づいて、前記検出フレームの変位を検出することを特徴とする請求項 4 に記載の加速度センサ。

【請求項 6】

第 1 の基板と、

前記第 1 の基板と所定間隔を隔てて設けられた第 2 の基板と、

前記第 1 の基板および前記第 2 の基板に固定されたアンカーと、

前記第 1 の基板と前記第 2 の基板との間に位置するように、前記アンカーに接続された支持梁に支持され、加速度が印加されることによって前記第 1 の基板および前記第 2 の基板に対して垂直方向に変位する慣性質量体と、

第 1 の間隔を隔てて前記慣性質量体と対向するように前記第 1 の基板および前記第 2 の基板上にそれぞれ設けられ、電圧が印加されることによって前記慣性質量体との間に生じる静電力により前記慣性質量体を駆動する一対の第 1 駆動電極と、

前記第 1 の間隔とは異なる第 2 の間隔を隔てて前記慣性質量体と対向するように前記第 1 の基板および前記第 2 の基板上にそれぞれ設けられ、電圧が印加されることによって前記慣性質量体との間に生じる静電力により前記慣性質量体を駆動する一対の第 2 駆動電極と、

加速度が印加されることによって生じる前記慣性質量体の変位を検出する検出手段と、

前記検出手段が検出した前記慣性質量体の変位に応じて、前記第 1 駆動電極または前記第 2 駆動電極に電圧を印加し、前記慣性質量体を所定位置に駆動するように制御する制御手段とを備え、

前記慣性質量体を所定位置に駆動するように印加した電圧に基づいて、前記第 1 の基板および前記第 2 の基板に対して垂直方向に印加された加速度を検出する加速度センサ。

【請求項 7】

前記慣性質量体と対向するように前記第 1 の基板および前記第 2 の基板上にそれぞれ設けられ、前記慣性質量体との間に静電容量を形成する一対の検出電極を備え、

前記検出手段は、前記慣性質量体と前記検出電極との間に形成された静電容量の変化に基づいて、前記慣性質量体の変位を検出することを特徴とする請求項 6 に記載の加速度センサ。

【請求項 8】

基板と、

前記基板上に固定されたアンカーと、

複数の可動電極部を有するとともに、前記アンカーに接続された支持梁に支持され、加速度が印加されることによって前記基板に対して面内方向に変位する慣性質量体と、

第 1 の間隔を隔てて前記可動電極部と対向するように前記基板上に設けられ、電圧が印加されることによって前記可動電極部との間に生じる静電力により前記慣性質量体を駆動する一対の第 1 駆動電極と、

前記第 1 の間隔とは異なる第 2 の間隔を隔てて前記可動電極部と対向するように前記基板上に設けられ、電圧が印加されることによって前記可動電極部との間に生じる静電力により前記慣性質量体を駆動する一対の第 2 駆動電極と、

加速度が印加されることによって生じる前記慣性質量体の変位を検出する検出手段と、

前記検出手段が検出した前記慣性質量体の変位に応じて、前記第 1 駆動電極または前記第 2 駆動電極に電圧を印加し、前記慣性質量体を所定位置に駆動するように制御する制御手段とを備え、

前記慣性質量体を所定位置に駆動するように印加した電圧に基づいて、前記基板に対して面内方向に印加された加速度を検出する加速度センサ。

【請求項 9】

前記可動電極部と対向するように前記基板上に設けられ、前記可動電極部との間に静電

容量を形成する一対の検出電極を備え、

前記検出手段は、前記可動電極部と前記検出電極との間に形成された静電容量の変化に基づいて、前記慣性質量体の変位を検出することを特徴とする請求項 8 に記載の加速度センサ。

【請求項 10】

前記制御手段は、

前記第 1 駆動電極または前記第 2 駆動電極に接続される電源と、

前記第 1 駆動電極および前記第 2 駆動電極のうち、前記電源に接続される電極を切り替える切替手段と、

前記検出手段の検出値に応じて、前記第 1 駆動電極または前記第 2 駆動電極に電圧を印加するように、前記電源および前記切替手段を制御する印加電圧制御部とを備えることを特徴とする請求項 1 ないし 9 のいずれか一項に記載の加速度センサ。

10

【請求項 11】

前記制御手段は、

前記第 1 駆動電極に接続される第 1 の電源と、

前記第 2 駆動電極に接続される第 2 の電源と、

前記検出手段の検出値に応じて、前記第 1 駆動電極または前記第 2 駆動電極に電圧を印加するように、前記第 1 の電源および前記第 2 の電源を制御する印加電圧制御部とを備えることを特徴とする請求項 1 ないし 9 のいずれか一項に記載の加速度センサ。

【請求項 12】

20

前記制御手段は、前記第 1 駆動電極および前記第 2 駆動電極に印加可能な電圧の上限値に基づいて、前記第 1 駆動電極および前記第 2 駆動電極のうち電圧を印加する電極を決定することを特徴とする請求項 1 ないし 11 のいずれか一項に記載の加速度センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、加速度センサに関する。

【背景技術】

【0002】

従来の加速度センサとして、加速度の印加に伴って生じる静電容量の変化により、印加された加速度を検出する静電容量型の加速度センサが知られている。この静電容量型の加速度センサにおいて、可動電極と基板の接触による動作不良あるいは破損を防止するために、当該加速度センサをサーボ型として使用するものが提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。

30

【0003】

サーボ型の加速度センサでは、印加された加速度によって可動電極がねじれ梁の周りにねじれて静電容量に不均衡が生じた場合に、この不均衡量をフィードバックし、不均衡量に応じた電圧を駆動電極に印加するようにしている。そして、印加した電圧によって可動電極と駆動電極との間に生じる静電引力で可動電極のねじれを平衡位置に戻し、可動電極を平衡位置に戻すために駆動電極に印加した電圧に基づき、印加された加速度を求める。

40

【0004】

【特許文献 1】国際公開第 03/044539 号（7－8 頁、図 8－10）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記の加速度センサにおいては、可動電極と駆動電極の間隔を狭くして電極間に生じる静電引力を大きくすることにより、加速度の検出範囲を拡大することができる。ところが、検出範囲は検出分解能とトレードオフの関係にあるため、可動電極と駆動電極の間隔を狭くする方法では、広範囲の加速度を検出しようとする検出分解能が低下してしまうという問題点があった。

50

【0006】

この発明は、上述のような点に着目してなされたもので、検出分解能の低下の影響が大きい低加速度域において高い検出分解能を有するとともに、検出範囲が広い加速度センサを得ることを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

この発明に係る加速度センサは、基板と、基板上に固定されたアンカーと、アンカーに支持され、加速度が印加されることによって変位する慣性質量体と、慣性質量体の変位に応じて変位可能な可動電極と、第1の間隔を隔てて可動電極と対向するように設けられ、電圧が印加されることによって可動電極との間に発生する静電力により可動電極を駆動する一対の第1駆動電極と、第1の間隔とは異なる第2の間隔を隔てて可動電極と対向するように設けられ、電圧が印加されることによって可動電極との間に発生する静電力により可動電極を駆動する一対の第2駆動電極と、加速度が印加されることによって生じる可動電極の変位を検出する検出手段と、検出手段が検出した可動電極の変位に応じて、第1駆動電極または第2駆動電極に電圧を印加し、可動電極を所定位置に駆動するように制御する制御手段とを備え、可動電極を所定位置に駆動するように印加した電圧に基づいて、印加された加速度を検出するものである。

【発明の効果】

【0008】

この発明によれば、可動電極との間隔が互いに異なる第1駆動電極および第2駆動電極を備え、可動電極の変位に応じて、第1駆動電極または第2駆動電極に電圧を印加し、印加した電圧に基づいて加速度を検出するようにしているので、低加速度域での分解能が向上するとともに、検出範囲を拡大することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施の形態1に係る加速度センサの構成を示すブロック図である。

【図2】実施の形態1に係る加速度センサの素子構造体の上面図である。

【図3】図2から変位部材を除いた上面図である。

【図4】図2のA-A断面図である。

【図5】実施の形態1に係る加速度センサで形成される静電容量を示す断面図である。

【図6】実施の形態1に係る加速度センサの容量－電圧変換回路を示す図である。

【図7】実施の形態1に係る加速度センサの製造工程の一部を示す断面図である。

【図8】実施の形態1に係る加速度センサの製造工程の一部を示す断面図である。

【図9】実施の形態1に係る加速度センサの製造工程の一部を示す断面図である。

【図10】実施の形態1に係る加速度センサの製造工程の一部を示す断面図である。

【図11】実施の形態1に係る加速度センサの製造工程の一部を示す断面図である。

【図12】実施の形態1に係る加速度センサの製造工程の一部を示す断面図である。

【図13】実施の形態1に係る加速度センサの製造工程の一部を示す断面図である。

【図14】実施の形態1に係る加速度センサの製造工程の一部を示す断面図である。

【図15】実施の形態1に係る加速度センサの製造工程の一部を示す断面図である。

【図16】実施の形態1に係る加速度センサの製造工程の一部を示す断面図である。

【図17】比較例の加速度センサで形成される静電容量を示す断面図である。

【図18】比較例の加速度センサに正方向の加速度が印加された状態を示す断面図である。

。

【図19】比較例の加速度センサに正方向の加速度が印加された状態を示す断面図である。

。

【図20】比較例の加速度センサに正方向の加速度が印加された状態を示す断面図である。

。

【図21】比較例の加速度センサにおいて、印加された加速度と、印加された加速度によって生じた変位を0にする電圧との関係を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 2 2】実施の形態 1 の加速度センサに正方向の加速度が印加された状態を示す断面図である。

【図 2 3】実施の形態 1 の加速度センサに正方向の加速度が印加された状態を示す断面図である。

【図 2 4】実施の形態 1 の加速度センサに正方向の加速度が印加された状態を示す断面図である。

【図 2 5】実施の形態 1 の加速度センサにおいて、印加された加速度と、印加された加速度によって生じた変位を 0 にするために第 1 駆動電極に印加する電圧との関係を示す図である。

【図 2 6】実施の形態 1 の加速度センサに正方向の加速度が印加された状態を示す断面図である。

【図 2 7】実施の形態 1 の加速度センサにおいて、印加された加速度と、印加された加速度によって生じた変位を 0 にするために第 2 駆動電極に印加する電圧との関係を示す図である。

【図 2 8】実施の形態 1 の加速度センサに印加できる電圧の上限値を示す図である。

【図 2 9】実施の形態 1 の加速度センサの検出分解能を示す図である。

【図 3 0】実施の形態 1 に係る加速度センサにおいて、検出モード 1 と検出モード 2 の切り替えを説明するための図である。

【図 3 1】実施の形態 1 の加速度センサに負方向の加速度が印加された状態を示す断面図である。

【図 3 2】実施の形態 1 に係る加速度センサの変形例を示す断面図である。

【図 3 3】実施の形態 1 に係る加速度センサの変形例を示す断面図である。

【図 3 4】実施の形態 2 に係る加速度センサの構成を示すブロック図である。

【図 3 5】実施の形態 3 に係る加速度センサの素子構造体の断面図である。

【図 3 6】実施の形態 3 の加速度センサで形成される静電容量を示す断面図である。

【図 3 7】実施の形態 4 に係る加速度センサの素子構造体の上面図である。

【図 3 8】図 3 7 の B-B 断面図である。

【図 3 9】実施の形態 4 の加速度センサで形成される静電容量を示す、図 3 8 の一部を拡大した断面図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

実施の形態 1.

図 1 ないし 4 は、実施の形態 1 に係る加速度センサの構成を示すものであって、図 1 は構成を示すブロック図、図 2 は素子構造体を示す上面図、図 3 は図 2 から変位部材を除いた上面図、図 4 は図 2 の A-A 断面図である。なお、以下の各図において、同一符号は同一または相当の構成を示す。

【0011】

実施の形態 1 の加速度センサは、図 1 に示すように、素子構造体 10 と、容量－電圧変換回路 20（検出手段）と、サーボ制御回路 30（制御手段）と、自己診断回路 40 とを備えている。

【0012】

素子構造体 10 について図 2 ないし 4 を用いて説明する。図 2 および 4 に示すように、素子構造体 10 は、基板 1 と、基板 1 上に絶縁体 9 を介して固定されたアンカー 5 と、アンカー 5 に支持される変位部材 2 とを備えている。変位部材 2 は、ねじれ梁 6、検出フレーム 7、リンク梁 4 および慣性質量体 3 を備えている。ねじれ梁 6 は、アンカー 5 に接続されており、ねじれ軸 6a を中心にねじれることができる。検出フレーム 7 は、ねじれ軸 6a を中心として回転可能に、ねじれ梁 6 に支持されている。リンク梁 4 は、ねじれ梁 6 と離れた位置において、検出フレーム 7 の両端に接続されている。慣性質量体 3 は、リンク梁 4 を介して検出フレーム 7 に連結されており、加速度が印加されることによって基板 1 に対して垂直方向に変位する。なお、検出軸 DA は加速度の検出方向を示す。また、実

10

20

30

40

50

施の形態 1 では、検出フレーム 7 がこの発明の「可動電極」として機能する。

【0013】

図 3 に示すように、素子構造体 10 は、一对の第 1 駆動電極 11 a, 11 b、一对の第 2 駆動電極 12 a, 12 b、一对の検出電極 13 a, 13 b および自己診断電極 14 を備えている。図 4 に示すように、第 1 駆動電極 11 a, 11 b は、間隔 d11（第 1 の間隔）を隔てて検出フレーム 7 と対向するように設けられ、電圧が印加されることによって発生する静電力により検出フレーム 7 を駆動する。第 2 駆動電極 12 a, 12 b は、間隔 d11 とは異なる間隔 d12（第 2 の間隔）を隔てて検出フレーム 7 と対向するように設けられ、電圧が印加されることによって発生する静電力により検出フレーム 7 を駆動する。実施の形態 1 では、検出フレーム 7 の基板 1 と相対する面に設けた凸部 15 を第 2 駆動電極 12 a, 12 b に対向させることにより、間隔 d12 を間隔 d11 の 1/2 となるようにしている。また、第 1 駆動電極 11 a, 11 b と検出フレーム 7 とが対向する面積は、第 2 駆動電極 12 a, 12 b と検出フレーム 7 とが対向する面積と同じである。

【0014】

なお、基板 1 としては、シリコン基板やガラス基板を用いることができる。また、アンカー 5、ねじれ梁 6、検出フレーム 7、リンク梁 4、慣性質量体 3、第 1 駆動電極 11 a, 11 b、第 2 駆動電極 12 a, 12 b、検出電極 13 a, 13 b、自己診断電極 14 としては、導電性ポリシリコン膜を用いることができる。ポリシリコン膜は低応力で、かつ応力分布がないことが望ましい。絶縁体 9 としては、窒化シリコン膜や酸化シリコン膜を用いることができる。

【0015】

また、アンカー 5、ねじれ梁 6、検出フレーム 7、リンク梁 4、慣性質量体 3 は、それぞれ等電位になるように電氣的に接続されている。基板 1、第 1 駆動電極 11 a, 11 b、第 2 駆動電極 12 a, 12 b、検出電極 13 a, 13 b および自己診断電極 14 は、アンカー 5、ねじれ梁 6、検出フレーム 7、リンク梁 4 および慣性質量体 3 のいずれの部位とも電氣的に接続されていない。

【0016】

ここで、図 5 を用いて実施の形態 1 の加速度センサで形成される静電容量について説明する。図 5 は、実施の形態 1 に係る加速度センサで形成される静電容量を示す断面図である。図 5 に示すように、検出電極 13 a, 13 b と検出フレーム 7 との間には、それぞれ静電容量 Cd1, Cd2 が形成される。同様に、第 1 駆動電極 11 a, 11 b と検出フレーム 7 との間には、それぞれ静電容量 Cs11 a, Cs11 b が形成され、第 2 駆動電極 12 a, 12 b と検出フレーム 7 との間には、それぞれ静電容量 Cs12 a, Cs12 b が形成される。また、自己診断電極 14 と慣性質量体 3 との間には静電容量 Ca14 が形成される。

【0017】

図 1 において、容量－電圧変換回路 20 は、静電容量 Cd1, Cd2 に差が生じた場合に、差分に応じた電圧を出力する。ここで、図 6 を用いて容量－電圧変換回路 20 の動作を説明する。図 6 は、実施の形態 1 に係る加速度センサの容量－電圧変換回路を示す図である。図 6 に示すように、静電容量 Cd1, Cd2 は、直列に接続されている。そして、静電容量 Cd1 の一端には一定電位 Vd が印加され、静電容量 Cd2 の一端は接地されている。また、静電容量 Cd1 と静電容量 Cd2 との接続部には端子が設けられている。この端子の出力電位 Vout は次の (1) 式で表される。

【0018】

【数 1】

$$V_{out} = \frac{Cd1}{Cd1 + Cd2} Vd = \left(1 + \frac{Cd1 - Cd2}{Cd1 + Cd2} \right) \frac{Vd}{2} \quad (1)$$

【0019】

検出フレーム 7 がねじれ軸 6 a を中心として回転変位すると、静電容量 Cd1, Cd2

は、その増減の方向が互いに異なるように変化する。すなわち、回転変位によって、 $Cd1$ が増加すれば $Cd2$ は減少し、 $Cd1$ が減少すれば $Cd2$ は増加する。検出電極13a、13bと検出フレーム7の間隔に対して検出フレーム7の変位が充分小さい領域では、 $(Cd1 + Cd2)$ は一定であるとともに、 $(Cd1 - Cd2)$ は変位に比例して変化するため、検出フレーム7の回転変位に応じた $Vout$ を得ることができる。この $Vout$ が容量－電圧変換回路20の出力となる。

【0020】

図1において、サーボ制御回路30は、印加電圧制御部31、スイッチ32（切替手段）および電源33を備える。印加電圧制御部31は、容量－電圧変換回路20の出力に応じて、第1駆動電極11a、11bまたは第2駆動電極12a、12bのどちらの電極に電圧を印加するかを選択するとともに、印加する電圧の値を算出する。そして、印加電圧制御部31は、選択した電極を示す信号をスイッチ32に出力するとともに、算出した電圧の値を電源33に出力する。電源33は印加電圧制御部31からの出力に基づいて電圧を出力し、スイッチ32は印加電圧制御部31からの出力に基づいて電源33によって電圧が印加される電極を切り替える。

【0021】

実施の形態1の加速度センサは、容量－電圧変換回路20の出力 $Vout$ を目標値とし、第1駆動電極11a、11bまたは第2駆動電極12a、12bに印加する電圧を制御量とするサーボ制御を適用し、印加した電圧に基づいて加速度を検出する。このようなサーボ制御方式を適用することで、検出フレーム7が基板1に接触することによる動作不良や構造の破損を防止し、信頼性を高めることができる。なお、サーボ制御回路30の制御速度は印加される加速度の周波数よりも充分に高速であるため、サーボ制御回路30は、加速度の印加に応じて即座に第1駆動電極11a、11bまたは第2駆動電極12a、12bに電圧を印加し、印加した電圧に基づいて印加された加速度を求めることができる。

【0022】

自己診断回路40は、電源41を備えている。ここでは図示しない制御手段によって電源41を制御し、自己診断電極14と慣性質量体3との間に電圧を印加することによって、静電力を発生させ、慣性質量体3を基板1側に変位させる。加速度が印加されていない場合でも、強制的に慣性質量体3を変位させることによって、慣性質量体3と連結する検出フレーム7を変位させ、加速度が印加された場合と同様にして静電容量 $Cd1$ 、 $Cd2$ に変化を発生させることができる。そして、発生した静電容量の変化を検出することで加速度センサが破壊されていないか、特性に変動がないかなど、その機能を自己診断することができる。

【0023】

なお、加速度センサの使用においては、静電容量の電圧への変換や、各電極への電圧印加のために、素子構造体10と、容量－電圧変換回路20、サーボ制御回路30および自己診断回路40とを電氣的に接続する。図2ないし4では図示していないが、この電氣的な接続は、アンカー5、第1駆動電極11a、11b、第2固定電極12a、12b、検出電極13a、13b等に接続されたボンディングワイヤや、基板1上の配線パターンなどを用いて可能である。

【0024】

次に、実施の形態1の加速度センサの素子構造体10の製造方法を、図7ないし16を用いて説明する。図7ないし16は、実施の形態1の加速度センサの素子構造体の製造工程の一部を示す断面図である。実施の形態1の加速度センサの素子構造体10は、シリコン基板上に成膜、パターニング、エッチングといったプロセスを繰り返し行う、半導体微細加工技術、MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）デバイス製造技術によって製造する。

【0025】

まず、図7に示すように、基板1上にLPCVD（Low Pressure Chemical Vapor Deposition）法により酸化シリコンによる絶縁膜1

10

20

30

40

50

7を成膜する。次に、図8に示すように、絶縁膜17上に導電性ポリシリコン膜18を成膜する。そして、図9に示すように、成膜した導電性ポリシリコン膜18のパターニング、エッチングを行う。

【0026】

次に、図10に示すように、PSG (Phosphosilicate Glass) 膜19を成膜し、図11に示すように、PSG膜19のパターニング、エッチングを行う。さらに、図12に示すように、再度PSG膜19を成膜し、図13に示すように、パターニング、エッチングを行う。

【0027】

次に、図14に示すように、パターニング、エッチングされた後のPSG膜19の上に、導電性ポリシリコン膜18を成膜し、図15に示すように、成膜した導電性ポリシリコン膜18のパターニング、エッチングを行う。

【0028】

最後に、図16に示すように、PSG膜19をエッチングにより除去する。これにより、図2ないし4に示される加速度センサの素子構造10が製造される。なお、図16の導電性ポリシリコン膜18は、図2ないし4のアンカー5、ねじれ梁6、検出フレーム7、リンク梁4、慣性質量体3、第1駆動電極11a、11b、第2駆動電極12a、12b、検出電極13a、13b、自己診断電極14の各部に対応する。また、図16の絶縁膜17は、図2ないし4の絶縁体9に対応する。

【0029】

次に、実施の形態1に係る加速度センサの動作を、従来の加速度センサ（以下、比較例の加速度センサと称する）と比較して説明する。

【0030】

図17は、比較例の加速度センサで形成される静電容量を示す断面図である。実施の形態1の加速度センサは第1駆動電極11a、11bおよび第2駆動電極12a、12bを備えるのに対して、比較例の加速度センサは駆動電極21a、21bのみを備える。この駆動電極21a、21bと検出フレーム7との間には、それぞれ静電容量Cs21a、Cs21bが形成される。検出フレーム7と駆動電極21a、21bの間隔d21は、実施の形態1の加速度センサにおける検出フレーム7と第1駆動電極11a、11bの間隔d11と等しい。また、駆動電極21a、21bと検出フレーム7とが対向する面積と、第1駆動電極11a、11bと検出フレーム7とが対向する面積と第2駆動電極12a、12bと検出フレーム7とが対向する面積との和は同じである。上記以外の構成については、実施の形態1の加速度センサと同様であるので説明を省略する。

【0031】

比較例の加速度センサの動作を、図18ないし20を用いて説明する。図18ないし20は比較例の加速度センサに正方向の加速度が印加された状態を示す断面図である。

【0032】

比較例の加速度センサに正方向22の加速度が印加されると、図18に示すように、慣性質量体3は慣性力Faを受けて基板1から離れる方向（負方向）に変位する。このとき、リンク梁4は慣性質量体3とともに負方向に変位する。検出フレーム7は、リンク梁4の変位により負方向の力を受け、リンク梁4およびねじれ梁6の変形による復元力とつりあうように、ねじれ軸6aを軸として回転変位する。回転変位により検出フレーム7と検出電極13a、13bの間隔がそれぞれ変化すると、Cd1は減少し、Cd2は増加する。容量－電圧変換回路20は、Cd1、Cd2の変化に基づき、検出フレーム7の変位を検出する。

【0033】

ここで、駆動電極21aに電圧Vs21aを印加すると、図19に示すように、静電力Fs21aが生じる。静電力Fs21aは、印加電圧Vs21a、間隔d21、駆動電極21aが検出フレーム7と対向する面積S21aを用いて次の(2)式で表される。ここでεは誘電率である。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 4 】

【 数 2 】

$$Fs_{21a} = \frac{\epsilon S_{21a}}{d_{21}^2} V s_{21a}^2 \quad (2)$$

【 0 0 3 5 】

印加電圧 $V s_{21a}$ を変化させることにより、発生する静電力 $F s_{21a}$ を変化させることのできる。ここで、検出フレーム 7 の変位を 0 とするように $V s_{21a}$ を制御することができる。ここで、検出フレーム 7 の変位を 0 にする印加電圧を $V s_{21a0}$ 、このときに発生する静電力を $F s_{21a0}$ とする。 $V s_{21a0}$ は検出フレーム 7 の変位に対して単調関数であり、検出フレーム 7 の変位は印加された加速度に対して単調関数であるので、印加された加速度に対して $V s_{21a0}$ は一意に定まる。図 20 に示すように、静電力 $F s_{21a0}$ により、ねじれ軸 6 a を軸とした回転変位をもとに戻す方向に検出フレーム 7 は回転する。その結果、検出フレーム 7 は、静電力 $F s_{21a0}$ と、リンク梁 4 およびねじれ梁 6 の復元力と、慣性力 $F a$ とがつりあう位置に変位し、平衡位置に戻る。そして、 $V a_{21a0}$ に基づき、印加された加速度を検出する。

10

【 0 0 3 6 】

図 21 は、比較例の加速度センサにおいて、印加された加速度と、印加された加速度によって生じた変位を 0 にする電圧との関係を示す図である。図 21 において、横軸は加速度センサに印加された加速度、縦軸は変位を 0 にする印加電圧を示している。静電力 $F s_{21a0}$ の大きさは印加電圧 $V s_{21a0}$ の 2 乗に比例するから、印加された加速度と、変位を 0 にする印加電圧との関係は、概ね図 21 に示すようなものとなる。

20

【 0 0 3 7 】

次に、実施の形態 1 の加速度センサの動作を説明する。

図 22 ないし 24 は、実施の形態 1 の加速度センサに正方向の加速度が印加された状態を示す断面図である。実施の形態 1 の加速度センサに正方向 22 の加速度が印加されると、図 22 に示すように、検出フレーム 7 は回転変位する。図 23 に示すように、第 1 駆動電極 11 a に印加電圧 $V s_{11a}$ を印加すると、静電力 $F s_{11a}$ を発生させることができる。このとき、変位を 0 にする印加電圧である $V s_{11a0}$ を印加すると、図 24 に示すように、静電力 $F s_{11a0}$ により検出フレーム 7 は平衡位置に戻る。そして、実施の形態 1 の加速度センサは、 $V s_{11a0}$ に基づき、印加された加速度を検出する。

30

【 0 0 3 8 】

図 25 は、実施の形態 1 の加速度センサにおいて、印加された加速度と、印加された加速度によって生じた変位を 0 にするために第 1 駆動電極に印加する電圧との関係を示す図である。図 25 において、横軸は加速度センサに印加された加速度、縦軸は変位を 0 にする印加電圧を示している。また、実線は実施の形態 1 の加速度センサのものを示し、破線は上述した比較例の加速度センサのものを示している。図 25 において、第 1 駆動電極 11 a と検出フレーム 7 とが対向する面積は、駆動電極 21 a と検出フレーム 7 とが対向する面積の $1/2$ であるため、印加される加速度が同じである場合、変位を 0 にする印加電圧は、比較例の加速度センサよりも実施の形態 1 の加速度センサの方が大きくなる。以下、第 1 駆動電極 11 a, 11 b に印加した電圧に基づいて加速度を検出するモードを、検出モード 1 と称する。

40

【 0 0 3 9 】

図 26 は、実施の形態 1 の加速度センサに正方向の加速度が印加された状態を示す断面図である。図 26 に示すように、第 2 駆動電極 12 a に電圧 $V s_{12a}$ を印加しても、静電力 $F s_{12a}$ を発生させることができる。そして、実施の形態 1 の加速度センサは、検出フレーム 7 の変位を 0 にする印加電圧に基づき、印加された加速度を検出する。ここで、検出フレーム 7 の変位を 0 とする印加電圧を $V s_{12a0}$ 、このときに発生する静電力を $F s_{12a0}$ とする。

【 0 0 4 0 】

50

図 27 は、実施の形態 1 の加速度センサにおいて、印加された加速度と、印加された加速度によって生じた変位を 0 にするために第 2 駆動電極に印加する電圧との関係を示す図である。図 27 において、横軸は加速度センサに印加された加速度、縦軸は変位を 0 にする印加電圧を示している。

【0041】

駆動電極と検出フレームの間に発生する静電力は、駆動電極が検出フレームと対向する面積に比例して増加するとともに、駆動電極と検出フレームの間隔の 2 乗に反比例して増加する。第 2 駆動電極 12a と検出フレーム 7 とが対向する面積は、駆動電極 21a と検出フレーム 7 とが対向する面積の $1/2$ であり、第 2 駆動電極 12a と検出フレーム 7 の間隔 d_{12} は、駆動電極 21a と検出フレーム 7 の間隔 d_{21} の $1/2$ である。よって、
10
実施の形態 1 の加速度センサで発生できる静電力は比較例の加速度センサよりも大きい。すなわち、実施の形態 1 の加速度センサの検出範囲は比較例の加速度センサよりも広い。以下、第 2 駆動電極 12a, 12b に印加した電圧に基づいて加速度を検出するモードを、検出モード 2 と称する。

【0042】

図 28 は、実施の形態 1 の加速度センサに印加できる電圧の上限値を示す図である。加速度センサの素子構造体 10 に接続する容量－電圧変換回路 20 やサーボ制御回路 30、自己診断回路 40 等で使用する電圧の制約から、電極に印加可能な電圧には上限がある。この印加可能な電圧の上限を V_{smax} とすると、 V_{smax} に対応する加速度が、加速度センサの検出範囲の上限となる。 G_{max} が比較例の加速度センサの検出範囲の上限、
20
 G_{max1} および G_{max2} がそれぞれ検出モード 1 および検出モード 2 の検出範囲の上限である。図 28 に示すように、 G_{max2} は G_{max} よりも大きいため、検出モード 2 によって加速度を検出する場合、実施の形態 1 の加速度センサは、比較例の加速度センサよりも検出範囲が広い。

【0043】

図 29 は、実施の形態 1 の加速度センサの検出分解能を示す図である。 ΔV_s は、加速度の変化量 ΔG に対する V_{s21a0} の変化量を示している。また、 ΔV_{s1} および ΔV_{s2} は、それぞれ ΔG に対する V_{s11a0} および V_{s12a0} の変化量を示している。 ΔG に対する電圧の変化量が大きいくほど検出分解能が高く、図 29 に示すように、 ΔV_{s1} は ΔV_s よりも大きいため、検出モード 1 によって加速度を検出する場合、実施の形態
30
1 の加速度センサは、比較例の加速度センサよりも検出分解能が高い。

【0044】

図 30 は、実施の形態 1 の加速度センサにおいて、検出モード 1 と検出モード 2 の切り替えを説明するための図である。実施の形態 1 の加速度センサは、図 30 に示すように、印加された加速度が G_{max1} 以下の場合は検出モード 1 で加速度を検出し、 G_{max1} を超える場合は検出モード 2 で加速度を検出する。このようにすることで、低加速度域では検出分解能を向上させ、高加速度域では検出範囲を拡大できる。なお、検出モード 1 と検出モード 2 の切り替えは、印加電圧制御部 31 が、スイッチ 32 および電源 33 を制御することにより実行される。

【0045】

図 31 は、実施の形態 1 の加速度センサに負方向の加速度が印加された状態を示す断面図である。上記では正方向 22 の加速度を検出する場合について説明したが、図 31 に示すように、負方向 23 の加速度が印加され、慣性質量体 3 が基板 1 に近づく方向に慣性力 F_a を受けて変位する場合でも、第 1 駆動電極 11b および第 2 駆動電極 12b を用いて、上述の検出モード 1 および検出モード 2 を実現できる。この動作は上記と同様であるので説明を省略する。

【0046】

実施の形態 1 によれば、検出フレーム 7 との間隔が互いに異なる第 1 駆動電極 11a, 11b および第 2 駆動電極 12a, 12b を備え、印加された加速度が低い域では検出フレーム 7 との間隔が広い第 1 駆動電極 11a, 11b を用いて加速度を検出し、印加され
40
50

た加速度が高い域では検出フレーム 7 との間隔が狭い第 2 駆動電極 1 2 a, 1 2 b を用いて加速度を検出するようにしているので、低加速度域での検出分解能が向上するとともに、検出範囲を拡大することができる。

【0047】

また、第 1 駆動電極 1 1 a, 1 1 b および第 2 駆動電極 1 2 a, 1 2 b に印加可能な電圧の上限値 V_{max} に基づいて加速度を検出するために用いる電極を決定しているので、最大限の範囲で検出分解能を向上することができる。

【0048】

また、印加電圧制御部 3 1 と、スイッチ 3 2 と、電源 3 3 とを用いて検出モード 1 と検出モード 2 とを切り替えるようにしているので、必要な電源の数が少なく、加速度センサを安価に製造できる。

10

【0049】

また、検出フレーム 7 の基板 1 と相対する面に設けた凸部 1 5 を用い、間隔 d 1 1 と間隔 d 1 2 とが異なる間隔となるようにしているので、素子構造体 1 0 を簡単に製造することができる。

【0050】

また、変位部材 2 を、ねじれ梁 6、検出フレーム 7、リンク梁 4 および慣性質量体 3 で構成しているので、第 1 駆動電極 1 1 a, 1 1 b および第 2 駆動電極 1 2 a, 1 2 b を基板 1 の一方の面だけに配置することができ、素子構造体 1 0 を精度よく製造できる。

【0051】

なお、実施の形態 1 では、図 2 ないし 4 に示したように、検出電極 1 3 a, 1 3 b の内側に第 2 駆動電極 1 2 a, 1 2 b を配置し、第 2 駆動電極 1 2 a, 1 2 b の内側に第 1 駆動電極 1 1 a, 1 1 b を配置しているようにしているが、検出電極 1 3 a, 1 3 b、第 1 駆動電極 1 1 a, 1 1 b および第 2 駆動電極 1 2 a, 1 2 b は、検出フレーム 7 との間に静電力を発生させることができればよく、位置や配置によらない。

20

【0052】

図 3 2 は、実施の形態 1 の加速度センサの変形例を示す断面図である。実施の形態 1 では、検出フレーム 7 の第 2 駆動電極 1 2 a, 1 2 b と対向する部分に凸部 1 5 を設け、間隔 d 1 1 と間隔 d 1 2 とが異なる間隔となるようにしていたが、図 3 2 に示すように、基板 1 上の絶縁体 9 に凸部 1 5 b を設けるようにしてもよい。また、第 2 駆動電極 1 2 a, 1 2 b を厚く形成することにより間隔 d 1 1 と間隔 d 1 2 とが異なる間隔となるようにしてもよい。いずれの場合も、半導体微細加工技術、MEMS デバイス製造技術によって製造することができる。

30

【0053】

図 3 3 は、実施の形態 1 の加速度センサの変形例を示す断面図である。実施の形態 1 では、検出フレーム 7 との間隔が互いに異なる第 1 駆動電極 1 1 a, 1 1 b および第 2 駆動電極 1 2 a, 1 2 b の 2 種類の電極を設けているが、図 3 3 に示すように、第 3 駆動電極 1 6 a, 1 6 b をさらに設けるようにしてもよい。第 3 駆動電極 1 6 a, 1 6 b は、検出フレーム 7 と間隔 d 1 3 を有して配置されており、間隔 d 1 3 は間隔 d 1 1 および間隔 d 1 2 とそれぞれ異なる。このようにしても、実施の形態 1 と同様の効果を得ることができる。また、4 種類以上の駆動電極を設けるようにしても実施の形態 1 と同様の効果を得ることができる。

40

【0054】

また、実施の形態 1 の加速度センサでは、印加された加速度が G_{max1} 以下の場合は検出モード 1 で加速度を検出し、 G_{max1} を超える場合は検出モード 2 で加速度を検出するようにしていたが、検出モード 1 から検出モード 2 を切り替えは G_{max1} よりも低い加速度としてもよい。また、検出モード 1 から検出モード 2 へ切り替える際の加速度の値と、検出モード 2 から検出モード 1 へ切り替える際の加速度の値とが異なってもよい。

【0055】

50

また、実施の形態 1 では、容量－電圧変換回路 20 を用い、検出フレーム 7 と検出電極 13a, 13b との間の形成された静電容量の差を電圧に変換することで、検出フレーム 7 の変位を検出するものを示したが、これは、変位に応じた信号が得られれば、回路方式、検出方式等に依らない。

【0056】

また、自己診断電極 14 および自己診断回路 40 を設けるようにしているが、これらは設けなくてもよい。その場合、第 1 駆動電極 11a, 11b や第 2 駆動電極 12a, 12b に電圧を印加することで発生する静電力によって、慣性質量体 3 を変位させ、加速度センサが破壊されていないかを自己診断するようにしてもよい。

【0057】

実施の形態 2.

図 34 は、実施の形態 2 の加速度センサの構成を示すブロック図である。実施の形態 1 においては、印加電圧制御部 31 と、スイッチ 32 と、電源 33 とでサーボ制御回路 30 を構成するものを示した。これに対して実施の形態 2 では、印加電圧制御部 31b と、第 1 駆動電極 11a, 11b にそれぞれ電圧を印加する電源 35a, 35b (第 1 の電源) と、第 2 駆動電極 12a, 12b にそれぞれ電圧を印加する電源 36a, 36b (第 2 の電源) とでサーボ制御回路 30b を構成している。

【0058】

印加電圧制御部 31b は、容量－電圧変換回路 20 の出力に応じて、第 1 駆動電極 11a, 11b または第 2 駆動電極 12a, 12b に電圧を印加するように、電源 35a, 35b および電源 36a, 36b を制御する。また、印加電圧制御部 31b は、電圧を印加しない電極には 0 [V] を明示的に印加する。これは、電圧を印加しない電極と検出フレーム 7 とを電氣的に短絡するようにしてもよい。なお、上記以外の構成は実施の形態 1 と同様であるのでその説明を省略する。

【0059】

このようにすることで、開放された駆動電極のチャージアップ等による不用意な静電力の発生を防ぐことができ、実施の形態 1 の効果に加え、より確実にセンサの動作を行うことができる。

【0060】

実施の形態 3.

図 35 は、実施の形態 3 に係る加速度センサの素子構造体を示す断面図である。実施の形態 3 に係る加速度センサの素子構造体 10b は、図 35 に示すように、基板 1 と、基板 1 と所定間隔を隔てて設けられた基板 1b と、基板 1, 1b に絶縁体 9 を介して固定されたアンカー 5 と、アンカー 5 に支持される変位部材 2b とを備えている。変位部材 2b は、支持梁 51 と、慣性質量体 3b とを備えている。なお、基板 1 がこの発明の「第 1 の基板」に対応し、基板 1b がこの発明の「第 2 の基板」に対応する。

【0061】

支持梁 51 はアンカー 5 に接続されている。慣性質量体 3b は、基板 1 と基板 1b との間に位置するように支持梁 51 に支持されており、加速度が印加されることによって基板 1, 1b に対して垂直方向に変位する。そして、基板 1 には第 1 駆動電極 11a、第 2 駆動電極 12a および検出電極 13a が設けられており、基板 1b には第 1 駆動電極 11b、第 2 駆動電極 12b および検出電極 13b が設けられている。

【0062】

図 36 は、実施の形態 3 に係る加速度センサで形成される静電容量を示す断面図である。実施の形態 3 では、慣性質量体 3b がこの発明の「可動電極」として機能し、検出電極 13a, 13b と慣性質量体 3b との間には、それぞれ静電容量 Cd1, Cd2 が形成される。同様に、第 1 駆動電極 11a, 11b と慣性質量体 3b との間には静電容量 Cs11a, Cs11b が形成され、第 2 駆動電極 12a, 12b との間には静電容量 Cs12a, Cs12b が形成される。

【0063】

10

20

30

40

50

なお、実施の形態 3 では、実施の形態 1 で示した自己診断電極 1 4 および自己診断回路 4 0 を設けていない。上記以外の構成については実施の形態 1 と同様であるので説明を省略する。

【0064】

また、実施の形態 3 に係る加速度センサの素子構造体 1 0 b は、実施の形態 1 で上述した半導体微細加工技術、MEMS デバイス製造技術に加え、基板貼り合わせまたは基板接合技術を用いて製造することができる。

【0065】

このように構成された加速度センサに加速度が印加されると、慣性質量体 3 b が基板 1, 1 b に対して垂直方向に変位し、静電容量 $C d 1$, $C d 2$ に変化が生じる。この変化に応じて、第 1 駆動電極 1 1 a, 1 1 b または第 2 駆動電極 1 2 a, 1 2 b に電圧を印加し、印加した電圧に基づいて加速度を検出する。低加速度域は検出モード 1 で加速度を検出し、高加速度域は検出モード 2 で加速度を検出することで、実施の形態 1 と同様の効果を得ることができる。

【0066】

実施の形態 4.

図 3 7 および 3 8 は実施の形態 4 に係る加速度センサの構成を示すものであって、図 3 7 は素子構造体を示す上面図、図 3 8 は図 3 7 の B-B 断面図を示している。

【0067】

実施の形態 4 に係る加速度センサの素子構造体 1 0 c は、図 3 7 および 3 8 に示すように、基板 1 と、基板 1 に絶縁体 9 を介して固定されたアンカー 5 と、アンカー 5 に支持される変位部材 2 c とを備えている。変位部材 2 c は、支持梁 5 2 と、慣性質量体 3 c とを備えている。

【0068】

支持梁 5 2 はアンカー 5 に接続されている。慣性質量体 3 c は、支持梁 5 2 に支持されており、加速度が印加されることによって基板 1 に対して面内方向に変位する。また、慣性質量体 3 c は、複数の可動電極部 8 を有している。実施の形態 4 では、可動電極部 8 がこの発明の「可動電極」として機能する。基板 1 には、第 1 駆動電極 1 1 a, 1 1 b、第 2 駆動電極部 1 2 a, 1 2 b および検出電極 1 3 a, 1 3 b が、可動電極部 8 と対向するようにそれぞれ楕円状に設けられている。第 2 駆動電極 1 2 a, 1 2 b と可動電極部 8 の間隔は、第 1 駆動電極 1 1 a, 1 1 b と可動電極部 8 の間隔よりも狭い。また、第 1 駆動電極 1 1 a, 1 1 b が可動電極部 8 と対向する面積と、第 2 駆動電極 1 2 a, 1 2 b が可動電極部 8 と対向する面積とは等しい。

【0069】

なお、図 3 7 および 3 8 においては、作図の都合上、各電極をそれぞれ分離して示しているが、同一符号の電極は、基板 1 上に設けた配線パターン等（図示せず）により、電氣的に等電位になるように接続している。

【0070】

図 3 9 は、実施の形態 4 の加速度センサで形成される静電容量を示す、図 3 8 の一部を拡大した断面図であって、図 3 9 (a) は検出電極と可動電極部の間に形成される静電容量を、図 3 9 (b) は第 1 駆動電極と可動電極部の間に形成される静電容量を、図 3 9 (c) は第 2 駆動電極と可動電極部の間に形成される静電容量を示している。実施の形態 4 の加速度センサでは、可動電極部 8 がこの発明の「可動電極」として機能し、検出電極 1 3 a, 1 3 b と可動電極部 8 との間にはそれぞれ静電容量 $C d 1$, $C d 2$ が形成される。同様に、第 1 駆動電極 1 1 a, 1 1 b と可動電極部 8 との間には、それぞれ静電容量 $C s 1 1 a$, $C s 1 1 b$ が形成され、第 2 駆動電極 1 2 a, 1 2 b と可動電極部 8 との間には、それぞれ静電容量 $C s 1 2 a$, $C s 1 2 b$ が形成される。

【0071】

なお、実施の形態 4 では、実施の形態 1 で示した自己診断電極 1 4 および自己診断回路 4 0 を設けていない。上記以外の構成については実施の形態 1 と同様であるので説明を省

略する。

【0072】

また、実施の形態4に係る加速度センサの素子構造体10cは、実施の形態1で上述した半導体微細加工技術、MEMSデバイス製造技術を用いて製造することができる。

【0073】

このように構成した加速度センサに加速度が印加されると、慣性質量体3cが基板1に対して面内方向に変位し、静電容量Cd1、Cd2に変化が生じる。この変化に応じて、第1駆動電極11a、11bまたは第2駆動電極12a、12bに電圧を印加し、印加した電圧に基づいて基板1に対して面内方向の加速度を検出する。低加速度域では検出モード1で加速度を検出し、高加速度域では検出モード2で加速度を検出することで、実施の

10

【0074】

なお、実施の形態4では、検出電極13a、13bの外側に第2駆動電極12a、12bを配置し、第2駆動電極の12a、12bの外側に第1駆動電極11a、11bを配置しているが、検出電極13a、13b、第1駆動電極11a、11bおよび第2駆動電極12a、12bは、可動電極部8との間に静電力を発生させることができればよく、位置や配置に依らない。また、変位部材2cは、印加された加速度に応じて基板に対して面内方向の加速度が検出できればよく、支持梁の形態や、慣性質量体の支持方法によらない。

【0075】

以上、実施の形態1ないし4について説明した。これらの実施の形態およびその変形例

20

【符号の説明】

【0076】

- 1、1b 基板
- 2、2b、2c 変位部材
- 3、3b、3c 慣性質量体
- 4 リンク梁
- 5 アンカー
- 6 ねじれ梁
- 6a ねじれ軸
- 7 検出フレーム
- 8 可動電極部
- 9 絶縁体
- 10、10b、10c 素子構造体
- 11a、11b 第1駆動電極
- 12a、12b 第2駆動電極
- 13a、13b 検出電極
- 14 自己診断電極
- 15、15b 凸部
- 16a、16b 第3駆動電極
- 17 絶縁膜
- 18 導電性ポリシリコン膜
- 19 PSG膜
- 20 容量－電圧変換回路
- 21a、21b 駆動電極
- 22 正方向
- 23 負方向
- 30、30b サーボ制御回路
- 31、31b 印加電圧制御部
- 32 スイッチ

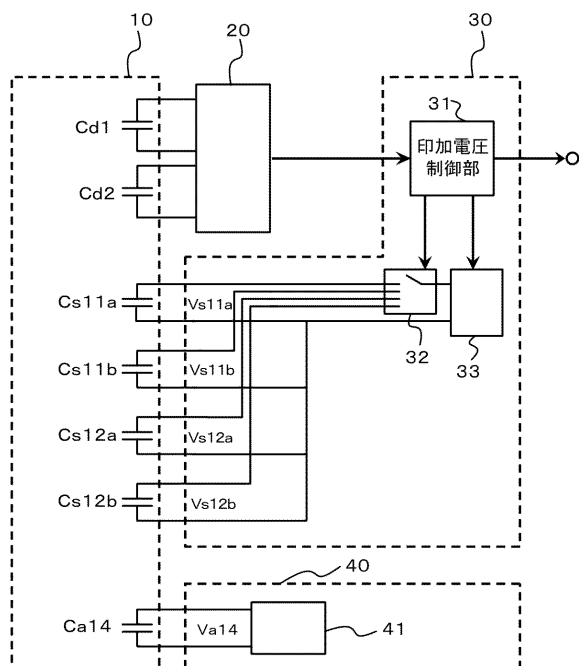
30

40

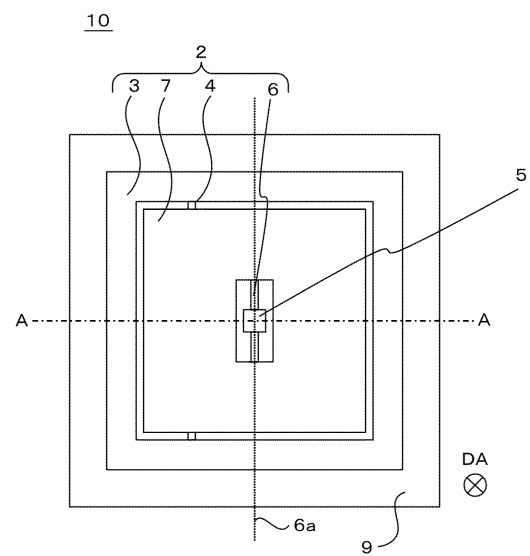
50

33、35a、35b、36a、36b 電源
 40 自己診断回路
 41 電源
 51、52 支持梁

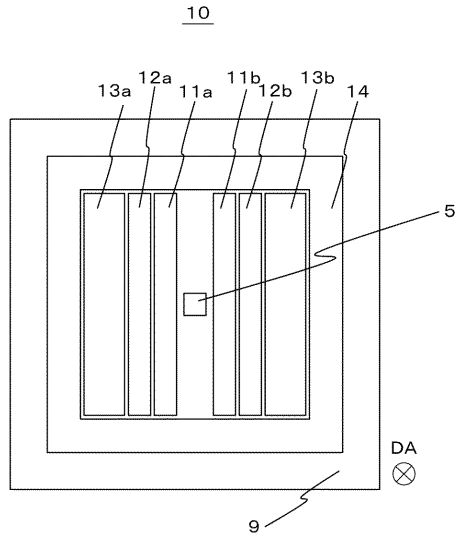
【図1】



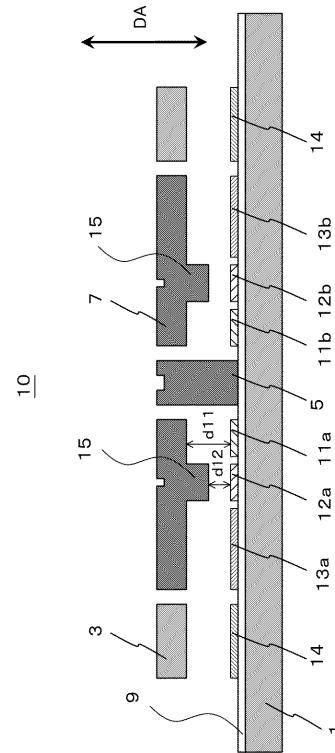
【図2】



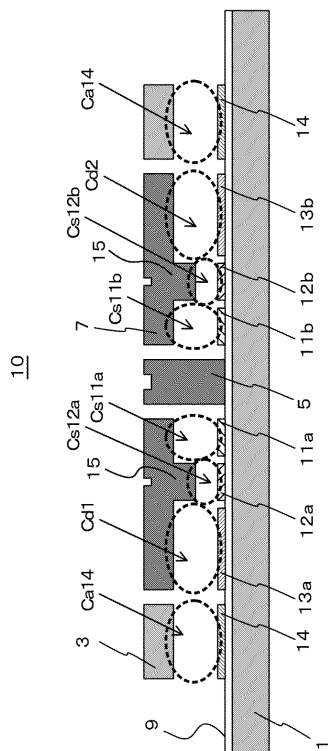
【図 3】



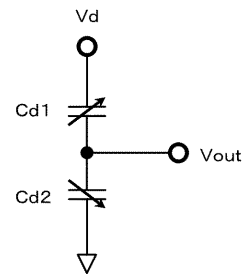
【図 4】



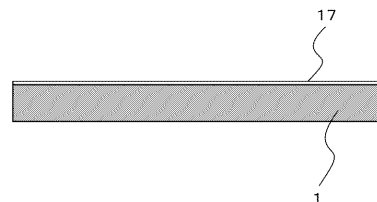
【図 5】



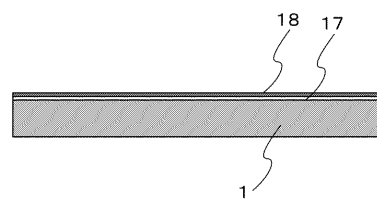
【図 6】



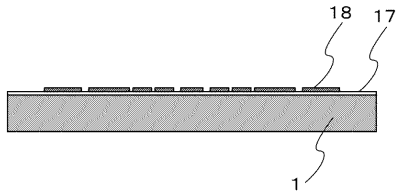
【図 7】



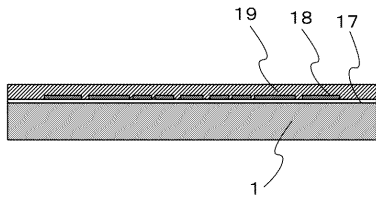
【図 8】



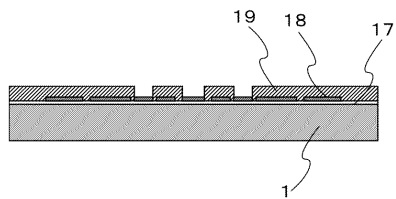
【図 9】



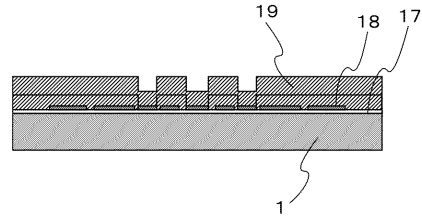
【図 10】



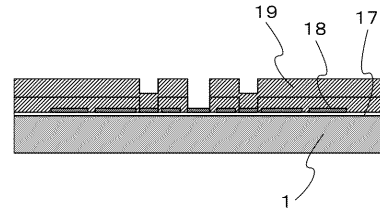
【図 11】



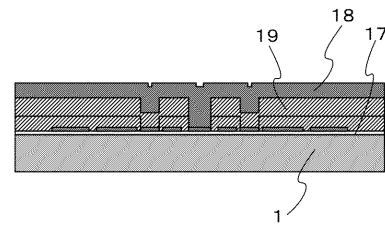
【図 12】



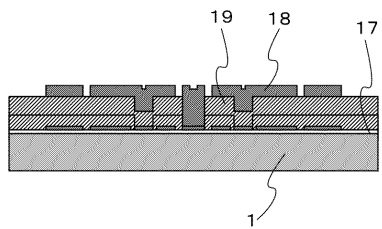
【図 13】



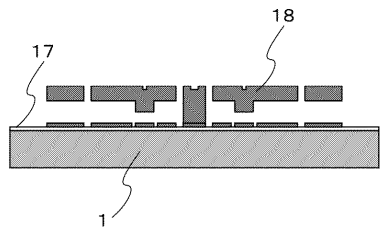
【図 14】



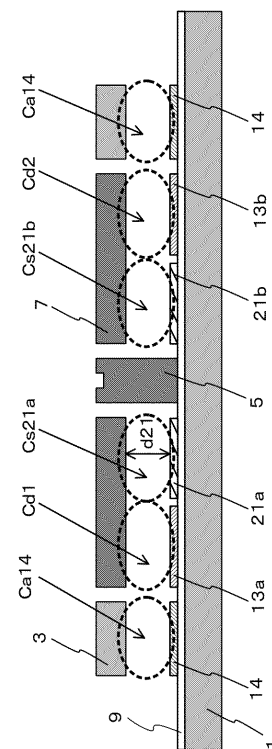
【図 15】



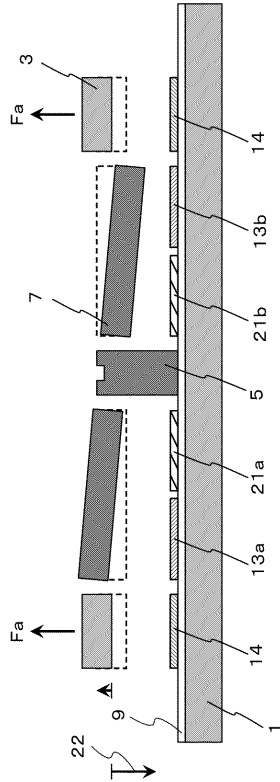
【図 16】



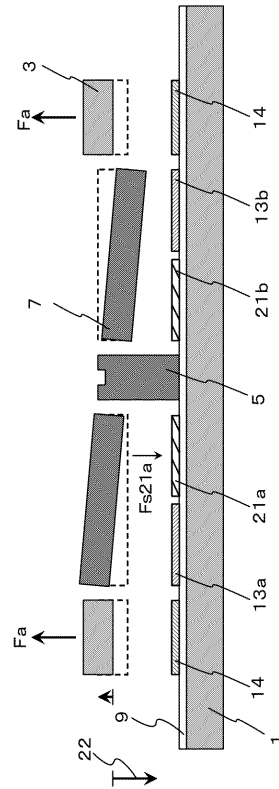
【図 17】



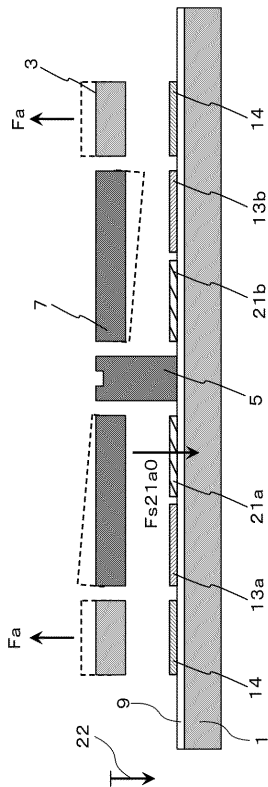
【図 18】



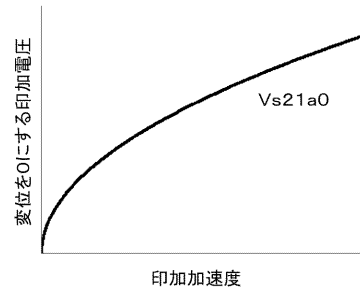
【図 19】



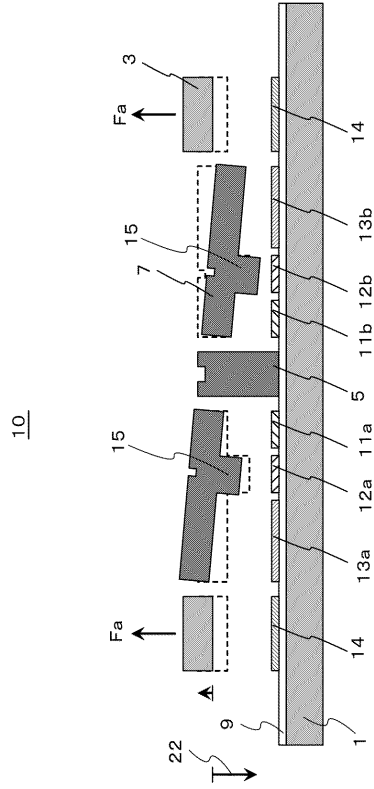
【図 20】



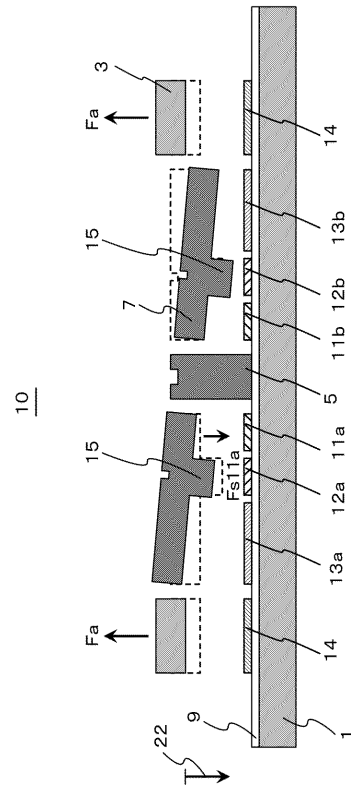
【図 21】



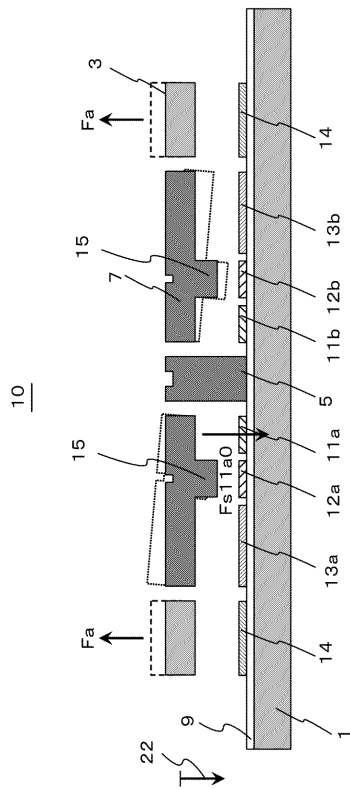
【図 2 2】



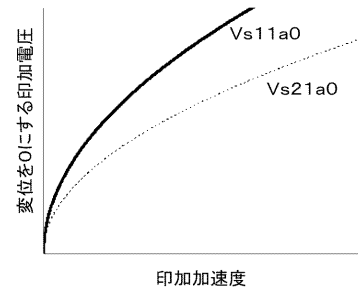
【図 2 3】



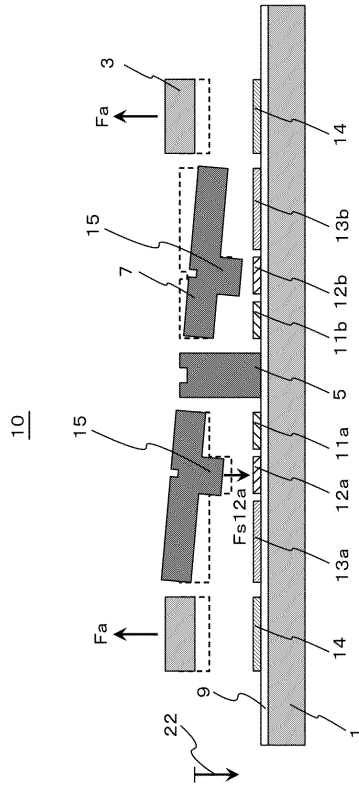
【図 2 4】



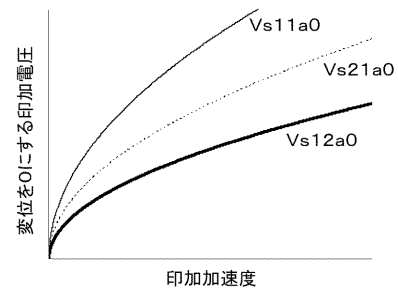
【図 2 5】



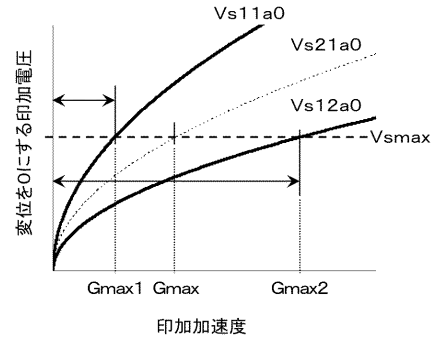
【図 26】



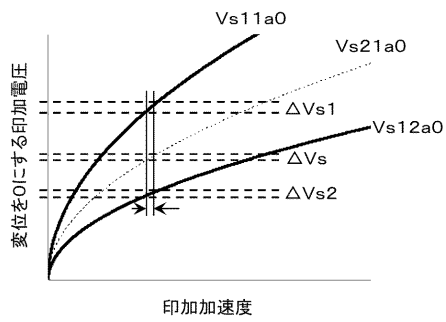
【図 27】



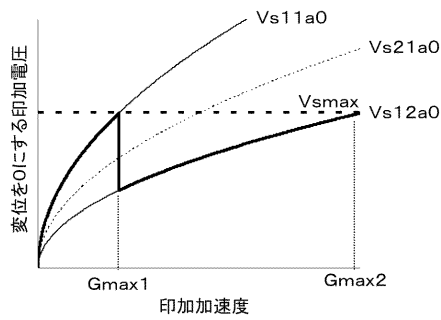
【図 28】



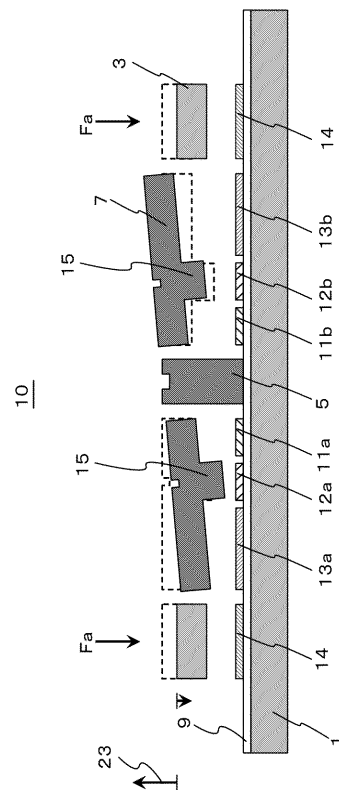
【図 29】



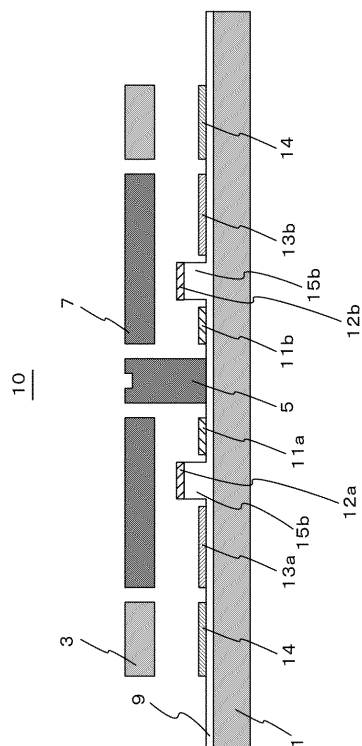
【図 30】



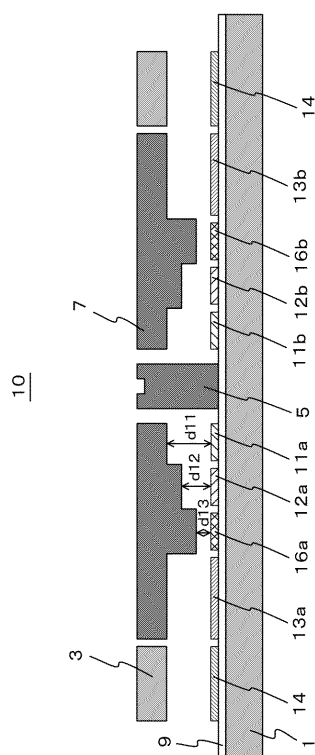
【図 31】



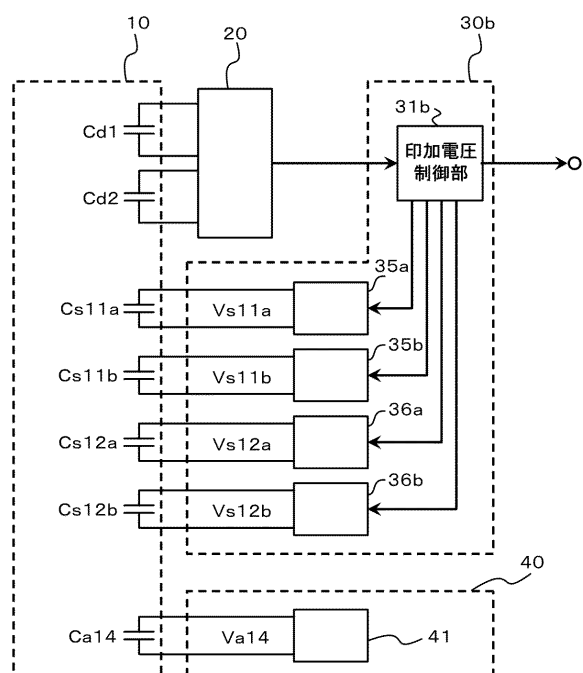
【図 3 2】



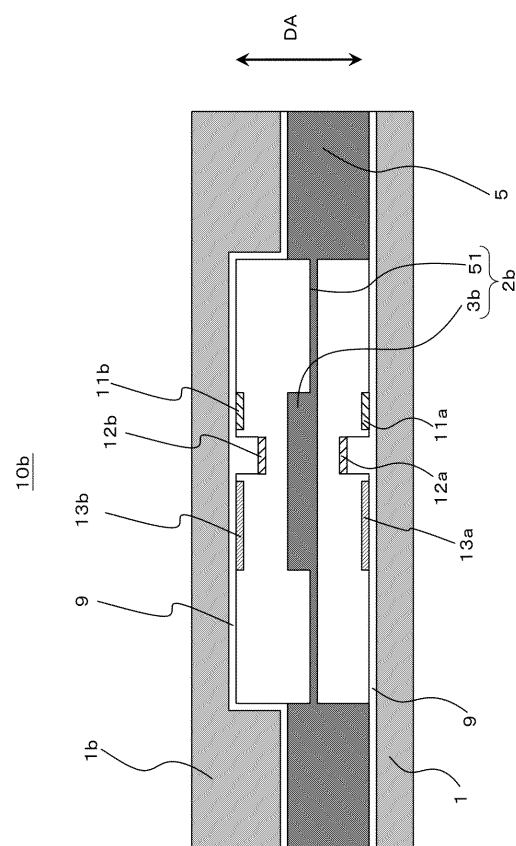
【図 3 3】



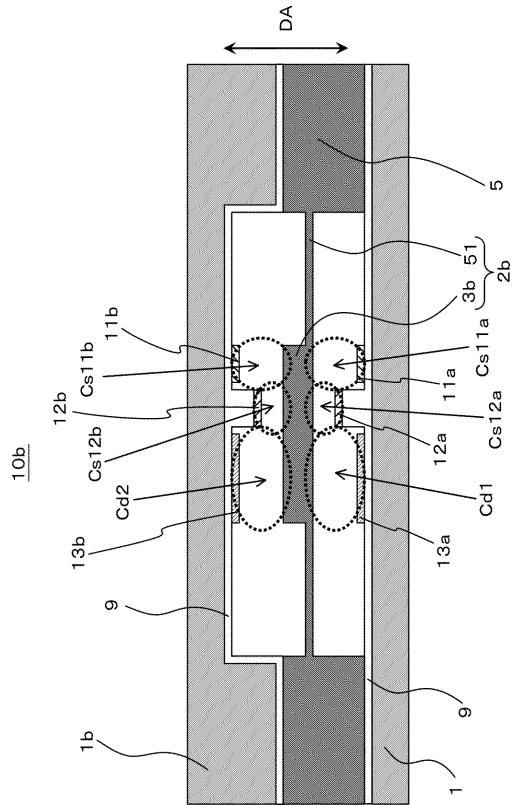
【図 3 4】



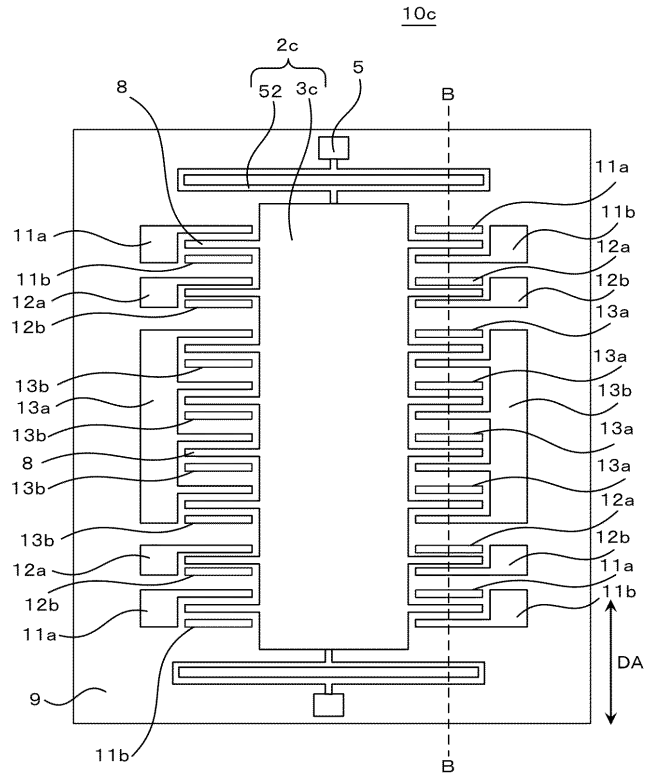
【図 3 5】



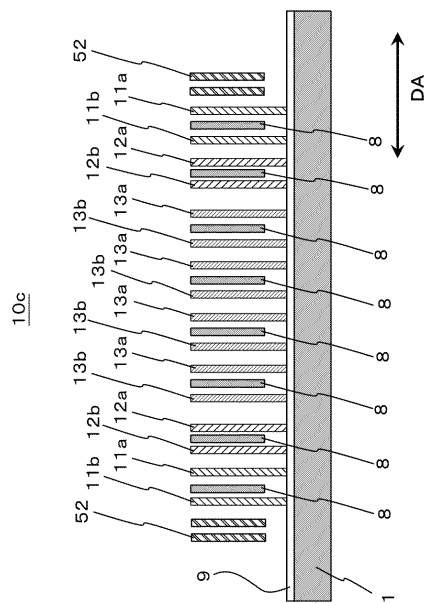
【 図 3 6 】



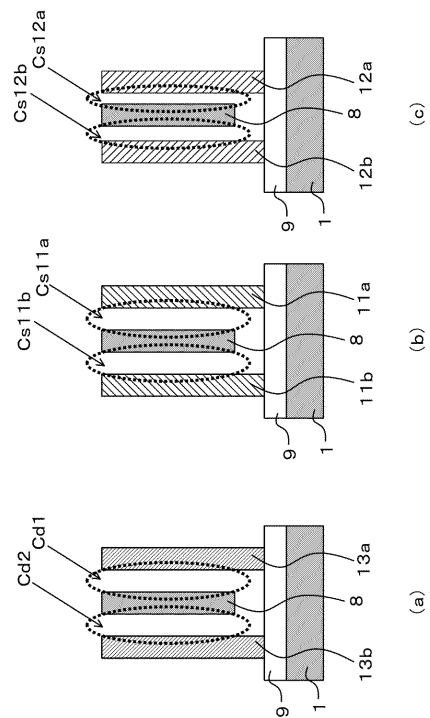
【図 3 7】



【図 3 8】



【 図 3 9 】



フロントページの続き

(72)発明者 平田 善明

東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

Fターム(参考) 3C081 AA13 BA33 BA44 BA47 BA53 BA76 CA13 CA29 EA02

4M112 AA02 BA07 CA21 CA22 CA24 CA31 CA32 CA33 DA02 DA06

DA15 EA03 EA04 EA06 EA07 EA13 FA01 GA01 GA03