

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4508480号
(P4508480)

(45) 発行日 平成22年7月21日 (2010. 7. 21)

(24) 登録日 平成22年5月14日 (2010. 5. 14)

(51) Int. Cl.

G 0 1 D 5/24 (2006.01)

F I

G 0 1 D 5/24

B

請求項の数 3 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2001-211098 (P2001-211098)	(73) 特許権者	000003609
(22) 出願日	平成13年7月11日 (2001. 7. 11)		株式会社豊田中央研究所
(65) 公開番号	特開2003-28825 (P2003-28825A)		愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1
(43) 公開日	平成15年1月29日 (2003. 1. 29)		番地の1
審査請求日	平成19年10月25日 (2007. 10. 25)	(73) 特許権者	000004260
			株式会社デンソー
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
		(74) 代理人	100091742
			弁理士 小玉 秀男
		(74) 代理人	100108512
			弁理士 村瀬 裕昭
		(74) 代理人	100117606
			弁理士 安部 誠
		(74) 代理人	100117248
			弁理士 鈴木 智哉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 静電容量型センサのセンサ特性測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

対向する可動電極と固定電極を備える静電容量型センサのセンサ特性を測定する装置であって、

可動電極と固定電極の間に第1の所定電圧を印加して両電極間の静電容量を測定する手段と、両電極間に第2の所定電圧を印加して両電極間の静電容量を測定する手段と、各静電容量測定手段で測定される2種類の静電容量を比較する手段とを備え、

静電容量測定手段は静電容量を電圧に変換する手段を持ち、正常な両電極間に第1の所定電圧を印加したときに出力される電圧と、正常な両電極間に第2の所定電圧を印加したときに出力される電圧とがほぼ等しくなるように構成された静電容量型センサのセンサ特性測定装置。

【請求項2】

対向する可動電極と固定電極を持つ静電容量型センサと、可動電極と固定電極の間に第1の所定電圧を印加して両電極間の静電容量を測定する手段と、両電極間に第2の所定電圧を印加して両電極間の静電容量を測定する手段と、各静電容量測定手段で測定される2種類の静電容量を比較する手段とを備え、

静電容量測定手段は静電容量を電圧に変換する手段を持ち、正常な両電極間に第1の所定電圧を印加したときに出力される電圧と、正常な両電極間に第2の所定電圧を印加したときに出力される電圧とがほぼ等しくなるように構成された静電容量型センサ装置。

【請求項3】

10

20

対向する可動電極と固定電極を備える静電容量型センサのセンサ特性を測定する集積回路チップであって、

可動電極と固定電極の間に第1の所定電圧を印加して両電極間の静電容量を測定する手段と、両電極間に第2の所定電圧を印加して両電極間の静電容量を測定する手段と、各静電容量測定手段で測定される2種類の静電容量を比較する手段とを備え、

静電容量測定手段は、静電容量を電圧に変換する手段を持ち、正常な両電極間に第1の所定電圧を印加したときに出力される電圧と、正常な両電極間に第2の所定電圧を印加したときに出力される電圧とがほぼ等しくなるように構成された集積回路チップ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

【発明の属する技術分野】

本発明は、対向する可動電極と固定電極を備える静電容量型センサのセンサ特性測定装置、静電容量型センサ装置および集積回路チップに関する。

【0002】

【従来の技術】

圧力、加速度、振動、音圧等の各種の物理量が作用することによって可動電極と固定電極間の距離が変化し、両電極間の距離が変化することによって両電極間の静電容量が変化する事象を利用して、静電容量の大きさを検出することによって作用している物理量の大きさを検出する静電容量型センサが知られている。この静電容量型センサは、作用する物理量が電極間距離を変化させるものであるために、経時的にセンサ特性が変化することがあり、ときには故障してしまうことがある。そこで、静電容量型センサのセンサ特性を測定し、意図したセンサ特性が確保されているか否かを測定できる技術の実現が望まれている。

20

【0003】

静電容量の変化から加速度を検出するセンサの正常・異常を判別する技術の一例が、特開平6-160429号公報に記載されている。この公報に記載の技術では、対向する可動電極と固定電極の間に所定の電圧を印加して両電極が接触するか否かを判別する。両電極間に電圧を印加すると、両電極間に静電吸引力が発生するために、電極間距離は小さくなる。特開平6-160429号公報に記載の技術では、センサが所望の特性を備えていない場合には、両電極間に所定の電圧を印加する前に両電極が接触したり、あるいは、両電極間に所定の電圧を印加しても両電極が接触しないために、センサが所望の特性を備えていないことを判別することができる。一方、センサが所望の特性を備えている場合には、両電極間に所定の電圧を印加する前には両電極が接触せず、両電極間に所定の電圧を印加したときに電極が接触することから、センサが所望の特性を備えていることを判別することができる。

30

また、この公報の従来技術には、加速度検出用の可動電極と固定電極の他に、センサ特性診断用の可動電極と固定電極を付加し、センサ特性診断用の電極間に診断用の電位を加えることによって加速度検出用の電極間距離を変化させ、このときに測定される加速度検出用電極対の静電容量から、センサ故障を診断する技術が紹介されている。

【0004】

40

【発明が解決しようとする課題】

検出用キャパシタの両電極間に所定の電圧を印加することによって両電極が接触するか否かを測定する技術では、センサ特性を測定する度に可動電極を大きく変位させる必要がある。可動電極が固定電極に接触してしまうと、それ以降には加速度等の物理量は測定できない。即ち、両電極が接触するか否かでセンサ特性を測定する技術では、センサ特性を測定する度に、センサの検出限界を超えて大きく変形させることになる。このために、可動電極が形成されたダイアフラムや、可動電極が形成されたマスを変位可能に支持するビーム（梁）等が何回も大きく変形し、ダイアフラムやビーム等の寿命、ひいてはセンサの寿命が低くなってしまうという問題があった。

また、検出用電極対の他にセンサ特性診断用の電極対を付加する技術では、余分な電極対

50

が必要とされる他、ダイアフラムを利用する静電容量型のセンサにはセンサ特性診断用の電極対を付加しづらいという問題があった。

【0005】

本発明は、余分な電極対を必要とせず、しかも、静電容量型センサの寿命を低下させることなくセンサ特性を測定できる技術を実現することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段および作用と効果】

本発明の一つは、対向する可動電極と固定電極を備えた静電容量型センサのセンサ特性を測定する装置を提供する。この装置では、可動電極と固定電極の間に第1の所定電圧を印加して両電極間の静電容量を測定する手段と、両電極間に第2の所定電圧を印加して両電極間の静電容量を測定する手段と、各静電容量測定手段で測定される2種類の静電容量を比較する手段とを備える。また、この装置では、静電容量測定手段は静電容量を電圧に変換する手段を持ち、正常な両電極間に第1の所定電圧を印加したときに出力される電圧と、正常な両電極間に第2の所定電圧を印加したときに出力される電圧とがほぼ等しくなるように構成されている（請求項1）。

ここで、第1の静電容量と第2の静電容量を「比較」とするとは、典型的には、2つの静電容量の差、比、和、積あるいは、各静電容量の2乗の差等を求めることをいう。要するに、何らかの意味で、第1の静電容量と第2の静電容量の関係を求めることを意味する。

可動電極の支持の態様は様々であり、ダイアフラムに形成されたり、ビームによって変位可能に支持されたマスに形成されていたりする。

【0007】

対向する可動電極と固定電極を備えた静電容量型センサの場合、静電容量を測定するためには電極間に電圧を印加する。このとき、帯電した電極間に静電吸引力が発生し、その静電吸引力が静電容量を変化させる。図1（B）は、これを模式的に示し、例えば、ダイアフラムに形成されている可動電極と、それに対向する固定電極の間に電圧 V_2 を印加すると、それぞれの電極には絶対値で $C_{x2} V_2$ の電荷が帯電し、電極間には静電吸引力 F_2 が作用する。ここで、 C_{x2} は、ダイアフラムに物理量 P が作用し、さらに電極間に静電吸引力 F_2 が作用しているときの静電容量である。同じ条件下で電極間に電圧 V_1 を印加すると、それぞれの電極には絶対値で $C_{x1} V_1$ の電荷が帯電し、電極間には静電吸引力 F_1 が作用する。ここで、 C_{x1} は、ダイアフラムに物理量 P が作用し、さらに電極間に静電吸引力 F_1 が作用しているときの静電容量である。この場合、 $V_2 > V_1$ とすると、 $F_2 > F_1$ となり、 $C_{x2} > C_{x1}$ となる。図1（B）の例示から明らかに、静電容量型センサの場合、静電容量と物理量は1：1に対応せず、静電容量検出用の電圧が影響する。即ち、静電容量型センサの場合、ダイアフラムやビームを撓ませる物理量によって静電容量が変化する現象に、静電容量検出用電圧が静電容量を変化させる現象が重畳することが避けられない。

【0008】

この影響を避けるために、通常は静電容量検出用電圧を小さなものに抑え、静電容量検出用電圧が静電容量を変化させる現象を抑えながら測定する。図1（B）の右側がそれを模式的に示し、静電容量検出用電圧 V_1 は低く、静電吸引力 F_1 は小さく、静電容量 C_{x1} に静電容量検出用電圧 V_1 がほとんど影響しない場合を例示している。

【0009】

段落「0003」に記載した従来技術に、電極間に電圧を与えて電極間距離を変化させる技術が利用されているが、この従来技術では、物理量検出用の電極対の他にセンサ特性診断用の電極対を付加し、センサ特性診断用電極対には大きな電圧を印加して電極間距離を変化させ、検出用の電極対には電極間距離に影響を与えない小さな電圧しか印加しない方式を採用している。この方式では、検出用の電極対の他にセンサ特性診断用の電極対を付加する必要がある。

【0010】

本発明では、物理量に応じて静電容量が変化する現象に、静電容量検出用電圧が静電容量

を変化させる現象が重畳するという事象を積極的に利用する。この方式では、静電容量検出用電圧が静電容量を変化させるために、物理量を正確に測定するには適さない。従って、従来では全く採用されなかった方式である。

【0011】

しかしながら、本発明者の研究によって、この方式によってセンサ特性が簡単に測定できることが確認された。

本発明の方法では、ダイアフラムやビーム等を撓ませる物理量によって静電容量が変化する現象に、電極間に第1の所定電圧を印加することによって静電容量が変化する現象が重畳して現れる事象を積極的に利用し、この状態での静電容量を測定する。次に、物理量によって静電容量が変化する現象に、電極間に第2の所定電圧を印加することによって静電容量が変化する現象を重畳して現れる事象を積極的に利用し、この状態での静電容量を測定する。

測定された2つの静電容量の差、比、和、積あるいは、各静電容量の2乗の差等は、第1の所定電圧を印加することによって生じる静電容量の変化と、第2の所定電圧を印加することによって生じる静電容量の変化の差、比、和、積あるいは、各静電容量の変化の2乗の差等に相当する。これらを測定することによって、センサ特性が簡単に測定できる。

【0012】

例えば、ダイアフラムやビーム等が意図したものよりも撓みやすい場合には、静電吸引力を同じだけ変化させることによって静電容量は大きく変化する。異物等が入ってダイアフラムやビーム等が意図したものよりも撓みにくい場合には、同じだけ静電吸引力を変化させても静電容量は小さくしか変化しない。ダイアフラムやビーム等が意図した撓みやすさを備えていれば、静電吸引力を予定しただけ変化させたときに、静電容量は予め定められただけ変化する。

【0013】

本装置によると、従来技術とは相違し、センサを測定限界まで変形させる必要は無い。このために、センサ特性の測定によってセンサ寿命を低下させる影響を小さく抑えることができる。また、物理量検出用の電極対の他に、センサ特性診断用の電極対を付加する必要が無い。このために、センサ構成を単純化できる他、センサ特性診断用電極対を付加しづらいダイアフラムタイプの診断が可能となる。

【0015】

本装置を利用すると、センサ特性診断用の電極対を付加されていない静電容量型センサのセンサ特性を、センサを大きく変形することなく測定することができる。

【0017】

また、センサ特性が正常である場合、静電容量測定のために電極間に印加する電圧を切替えても、静電容量に対応する電圧はほぼ等しく、その差がゼロ前後となる。出力される2種類の電圧の差がほぼゼロであれば正常であり、ほぼゼロでなければ異常であるとすることができる。

この場合、いずれの静電容量測定電圧を用いても、電圧計の測定レンジをフルに活用でき、精度よく測定することができる。

【0018】

請求項2に記載の静電容量型センサ装置または請求項3に記載の集積回路チップによっても、センサ特性診断用の電極対を付加されていない静電容量型センサのセンサ特性を、センサを大きく変形することなく測定することができる。

【0019】

また、請求項2に記載の静電容量型センサ装置または請求項3に記載の集積回路チップによっても、いずれの静電容量測定電圧を用いても、電圧計の測定レンジをフルに活用でき、精度よく測定することができる。

【0020】

【発明の実施の形態】

最初に本発明の主要な実施の形態を列記する。

(形態1) 静電容量型センサはダイアフラムを持ち、変形しやすいダイアフラムの中心近傍に物理量検出用キャパシタが形成され、変形しづらいダイアフラム周辺に基準キャパシタが形成されている。

物理量検出用キャパシタに2種類の電圧を加え、そのときに測定される基準キャパシタに対する物理量検出用キャパシタの静電容量を比較してダイアフラム型静電容量センサのセンサ特性を測定する。

この場合、物理量検出用キャパシタの静電容量を正確に検出しやすい。

【0021】

【実施例】

(第1実施例) 静電容量型センサのセンサ特性測定装置の第1実施例を図1を参照して説明する。測定精度から評価すると第2実施例の方が好ましいが、理解の便宜のために、第1実施例を先に説明する。

第1実施例のセンサ特性測定装置は、図1(B)に例示するように、ダイアフラムに可動電極が形成され、それに向き合って固定電極が形成されているダイアフラム型の静電容量型センサのセンサ特性を測定することができる。この形式の静電容量型センサは、圧力を検出するのに適している。

また、図1(C)に例示するように、櫛刃状の固定電極に櫛刃状の可動電極が向き合っている静電容量型センサのセンサ特性を測定することもできる。ビーム10が変形すると、マス12に形成されている可動電極が上下方向に変位し、固定電極と可動電極が向かい合う面積が変化する。電極の対向面積が変化する、電極対の静電容量が変化する、この形式の静電容量型センサは、マス12に作用する加速度を検出するのに適している。

【0022】

このセンサ特性測定装置では、図1(A)に示すように、センサ特性を測定したいキャパシタ C_X に基準キャパシタ C_R を直列に接続し、直列回路の一方を接地し、他方に検出用電圧を印加する。検出用電圧は、 V_1 または V_2 のいずれかに切替える。ここで、 $V_2 > V_1$ とする。キャパシタ C_X の静電容量を測定するために、図示の電圧 V_{OUT} を測定する。

検出用電圧を V_2 としたとき、図1(B)に示すように、ダイアフラムの可動電極と固定電極のそれぞれには、絶対値で $C_{X2} V_2$ の電荷が帯電し、電極間には静電吸引力 F_2 が作用する。ここで、 C_{X2} は、ダイアフラムに物理量 P が作用し、さらに電極間に静電吸引力 F_2 が作用しているときの静電容量である。検出用電圧を V_1 とすると、それぞれの電極には絶対値で $C_{X1} V_1$ の電荷が帯電し、電極間には静電吸引力 F_1 が作用する。ここで、 C_{X1} は、ダイアフラムに物理量 P が作用し、電極間に静電吸引力 F_1 が作用しているときの静電容量である。

静電容量 C_{X2} と C_{X1} は、図1(D)から計算することができる。ここで、 C_R は基準キャパシタの静電容量であり、物理量 P や静電吸引力 F によって変化することはない。

【0023】

ダイアフラムが意図した柔軟性を備えている場合、 $F_2 > F_1$ となり、 $C_{X2} > C_{X1}$ となるはずである。しかも、 $C_{X2} - C_{X1}$ の値は、予めわかっている値に近いはずである。即ち、静電容量 C_{X2} が図1(E)のB領域にあれば、センサ特性は意図した特性を備えていることが分かる。これに対して、例えばダイアフラムが劣化して意図したよりも柔軟過ぎる場合、静電吸引力が F_1 から F_2 に増大するのに対応して静電容量は大きく増大する。静電容量 C_{X2} が図1(E)のA領域にあれば、ダイアフラムが意図したよりも柔軟過ぎることがわかる。異物等の影響によってダイアフラムが撓みづらい場合、静電吸引力が F_1 から F_2 に増大しても静電容量はあまり増大しない。静電容量 C_{X2} が図1(E)のC領域にあれば、ダイアフラムが意図したよりも変形しづらいことがわかる。

【0024】

上記の測定は、図1(C)のタイプの静電容量型センサのセンサ特性を測定するのにも有効である。静電容量検出用電圧が V_1 から V_2 に増大すると、電極間に働く静電吸引力が増大し、可動電極が深く引き込まれ、電極対の対向電極面積が増大して静電容量は増大す

10

20

30

40

50

る。静電容量検出用電圧に V_1 と V_2 の２種類を用い、それぞれでの静電容量 C_{X1} と C_{X2} を比較することによって、ビーム１０の柔軟性を測定することができる。

【００２５】

第１実施例のセンサ特性測定装置は、対向する可動電極と固定電極を備える静電容量型センサのセンサ特性を測定する装置であって、可動電極と固定電極の間に第１の所定電圧 V_1 を印加して両電極間の静電容量 C_{X1} を測定する手段と、両電極間に第２の所定電圧 V_2 を印加して両電極間の静電容量 C_{X2} を測定する手段と、前記手段で測定される２種類の静電容量の差 $C_{X2} - C_{X1}$ を算出する手段とを備えている。

このセンサ特性装置によると、可動電極と固定電極の間に第１の所定電圧 V_1 を印加して両電極間の静電容量 C_{X1} を測定し、ついで、両電極間に第２の所定電圧 V_2 を印加して両電極間の静電容量 C_{X2} を測定し、第１の所定電圧を印加して測定した第１の静電容量と第２の所定電圧を印加して測定した第２の静電容量の差 $C_{X2} - C_{X1}$ を求めることによって、静電容量型センサのセンサ特性が測定される。

【００２６】

（第２実施例）図２は第２実施例のセンサ特性測定装置の回路ブロック図を示す。図２に示すセンサ特性測定装置１０２は、物理量検出用キャパシタ１０８と基準キャパシタ１１０を持つ静電容量型センサ１０７のセンサ特性を測定する。物理量検出用キャパシタ１０８に作用する物理量によって変化する静電容量のみを静電容量検出回路１１１で検出するために、基準キャパシタ１１０が設けられている。物理量検出用キャパシタ１０８の静電容量は、作用する物理量と、静電容量検出用電圧の影響を受ける。一方、基準キャパシタ１１０の静電容量は、作用する物理量と静電容量検出用電圧の影響はほとんど受けない。

【００２７】

検出用キャパシタ１０８は、物理量や静電吸引力が作用すると固定電極１０８ａとの間の距離（または固定電極１０８ａに対向する面積）を変える可動電極１０８ｂを備える。検出用キャパシタ１０８の可動電極１０８ｂは、図示しないダイアフラムに形成されていたり、図示されないビーム等の変形によって変位するマスに形成されていたりする。

基準キャパシタ１１０は、固定された基準上部電極１１０ｂと、それに対向して固定された基準下部電極１１０ａを備えている。

ダイアフラムの大きく変形する中央部分に検出用可動電極１０８ｂを設け、あまり変形しない周辺部分に基準上部電極１１０ｂを形成することもできる。また、ダイアフラムに検出用可動電極１０８ｂを設け、ダイアフラム外に基準上部電極１１０ｂを形成することもできる。

【００２８】

図２に示すように、第２実施例のセンサ特性測定装置１０２は、制御回路１０６と、静電容量検出回路１１１と、差分回路１２２と、判定回路１２４等を備えている。制御回路１０６は、センサ特性測定装置１０２の外部にある電圧発生器１０４に接続されて用いられる。制御回路１０６と静電容量検出回路１１１の間に、測定対象である静電容量型センサ１０７が接続される。

静電容量検出回路１１１は、オペアンプ１１２と、リセットスイッチ１１４と、第１帰還キャパシタ１１６と、第２帰還キャパシタ１１８と、モード切換スイッチ１２０を有している。静電容量型センサ１０７は、検出用キャパシタ１０８と基準キャパシタ１１０を有している。

【００２９】

制御回路１０６は、静電容量型センサ１０７の検出用キャパシタ１０８の固定電極１０８ａと基準キャパシタ１１０の基準下部電極１１０ａにそれぞれ接続されている。また、制御回路１０６は、静電容量検出回路１１１のモード切換スイッチ１２０とリセットスイッチ１１４にそれぞれ接続されている。制御回路１０６は、電圧発生器１０４から印加される電圧を適切なタイミングで検出用キャパシタ１０８の固定電極１０８ａと基準キャパシタ１１０の基準下部電極１１０ａに送る役割を果たす。また、検出用キャパシタ１０８と基準キャパシタ１１０に印加する電圧の大きさを切換える役割を果たす。さらに、制御回

10

20

30

40

50

路106は、適切なタイミングでモード切換スイッチ120とリセットスイッチ114にオン・オフ信号を送る。

【0030】

静電容量検出回路111のオペアンプ112の反転入力端子112aには、静電容量型センサ107の検出用キャパシタ108の可動電極108bと基準キャパシタ110の基準上部電極110bがそれぞれ接続されている。また、オペアンプ112の反転入力端子112aと出力端子112cの間には、リセットスイッチ114と、第1帰還キャパシタ116と、第2帰還キャパシタ118が並列に接続されている。第2帰還キャパシタ118には、モード切換スイッチ120が直列に接続されている。オペアンプ112の非反転入力端子112bはアースされている。静電容量検出回路111は、検出用キャパシタ108の静電容量と基準キャパシタ110の静電容量の差を検出し、その静電容量の差を電圧 V_{OUT} として出力する。

10

【0031】

差分回路122の入力端子は、静電容量検出回路111のオペアンプ112の出力端子112cに接続されている。差分回路122は、後記する各モードで出力されるオペアンプ112の出力端子112cの出力電圧 V_{OUT} の差分の絶対値 V_{SUB} をとる。本実施例の差分回路112は、各モードで出力される出力電圧 V_{OUT} を一時的に記憶しておく機能を内蔵している。

判定回路124の入力端子は、差分回路122の出力端子に接続されている。判定回路124は、差分回路122の出力電圧 V_{SUB} が所定のしきい値以上のときは異常判定信号 V_{DEC} を出力する。

20

第2実施例のセンサ特性測定装置102には、電圧 V_{OUT} と電圧 V_{SUB} と異常判定信号 V_{DEC} の出力端子が設けられており、これらの出力端子に電圧波形表示装置（オシロスコープ等）を接続することによって各電圧の経時的な変化をみることができる。また、図示しない操作部によって、制御回路106からモード切換スイッチ120に送られるモード切換信号のタイミングや、判定回路124のしきい値の大きさ等を自由に調整できる。

【0032】

次に、第2実施例のセンサ特性測定装置102の動作を図3のタイムチャートを主に参照して説明する。

30

以下では、圧力が作用すると撓むダイアフラムに検出用可動電極108aが形成され、そのダイアフラムとは別に基準キャパシタ110が形成されている静電容量型センサのセンサ特性を測定する場合を例示する。

図2の時刻T10からT30は第1モードの状態を示している。第1モードでは、時刻T10からT30等を示すように、図1の制御回路106からモード切換スイッチ120に送られるモード切換信号がオフしている。この状態では、モード切換スイッチ120がオフしているため、第2帰還キャパシタ118はオペアンプ112の反転入力端子112aと出力端子112cの間に接続されていない状態となる。このため、第1モードでは、オペアンプ112の反転入力端子112aと出力端子112cの間に接続されたキャパシタは、第1帰還キャパシタ116のみとなる。

40

圧力測定時には、後述する第2モードには切換えずに、第1モードのみで圧力を測定する。

【0033】

第1モード中に制御回路106から検出用キャパシタ108に印加される検出電圧 V_X は、時刻T10からT30に示すように、Hレベルでの電圧値が V_1 （第1の所定電圧）で、Lレベルでの電圧値がゼロの方形波パルスである。基準キャパシタ110に印加される検出電圧 V_R も、Hレベルでの電圧値が V_1 （第1の所定電圧）で、Lレベルでの電圧値がゼロの方形波パルスである。検出用キャパシタ108に印加される検出電圧 V_X と基準キャパシタ110に印加される検出電圧 V_R は互いに反転した関係にあり、時刻T10からT20等を示すように、検出電圧 V_X がHレベルのときには検出電圧 V_R はLレベルで

50

あり、時刻 T_{20} から T_{30} 等に示すように、検出電圧 V_X が L レベルのときには検出電圧 V_R は H レベルである。

【0034】

時刻 T_{10} に制御回路 106 から検出用キャパシタ 108 に H レベル（第 1 の所定電圧 V_1 ）の検出電圧 V_X が入力され、時刻 T_{20} に検出電圧 V_X の値が V_1 から 0 に切換えられる。上記したように、検出電圧 V_X と検出電圧 V_R は互いに反転した関係にあるから、時刻 T_{10} に基準キャパシタ 110 に L レベル（電圧値ゼロ）の検出電圧 V_R が入力され、時刻 T_{20} に検出電圧 V_R の値が 0 から V_1 になる。

【0035】

時刻 T_{20} では、検出用キャパシタ 108 に蓄積されていた電荷 $C_{X1} V_1$ が放電され、逆に、基準キャパシタ 110 には電荷 $C_R V_1$ が蓄積される。ここで、 C_{X1} は検出用キャパシタ 108 に検出電圧 V_1 が加えられている間の静電容量であり、ダイアフラムにかかる圧力と電圧 V_1 がかけられた電極間に作用する静電吸引力とによってダイアフラムが撓んだときの静電容量である。一方、 C_R は基準キャパシタ 110 の静電容量であり、圧力や電極間の静電吸引力によって影響されない。

時刻 T_{20} では、第 1 帰還キャパシタ 116 の電極 116a に、 $-C_{X1} V_1 + C_R V_1 = -(C_{X1} - C_R) V_1$ の電荷が蓄積される。従って、第 1 モードでのオペアンプ 112 の出力電圧 V_{OUT} を V_A とすると、 $V_A = (C_{X1} - C_R) V_1 / C_{F1}$ となる。この式から、 $C_{X1} = V_A C_{F1} / V_1 + C_R$ の式が得られる。

ここで、 C_R は基準キャパシタ 110 の静電容量であり、圧力や電極間の静電吸引力によって影響されない既知の値である。従って、時刻 T_{20} 以降に生じるオペアンプ 112 の出力電圧 V_A から、ダイアフラムにかかる圧力と電圧 V_1 がかけられた電極間に作用する静電吸引力とによってダイアフラムが撓んだときの検出用キャパシタ 108 の静電容量 C_{X1} が算出される。

時刻 T_{20} 以降に生じるオペアンプ 112 の出力電圧 V_A は、ダイアフラムにかかる圧力と電圧 V_1 がかけられた電極間に作用する静電吸引力とによってダイアフラムが撓んだときの検出用キャパシタ 108 の静電容量 C_{X1} と基準キャパシタ 110 の静電容量 C_R の差に関する値である。換言すると、基準キャパシタ 110 の静電容量 C_R に対する検出用キャパシタ 108 の静電容量 C_{X1} の関係を示している。

【0036】

なお、時刻 T_{21} に制御回路 106 からリセットスイッチ 114 に送られるリセット信号がオンされ、リセットスイッチ 114 がオンされる。この結果、オペアンプ 112 の反転入力端子 112a と出力端子 112c の間が短絡される。この結果、第 1 帰還キャパシタ 116 に蓄積されていた電荷は放電され、時刻 T_{30} には出力電圧 V_{OUT} は 0 になる。

【0037】

時刻 T_{30} から T_{50} は第 2 モードの状態を示している。第 2 モードでは、時刻 T_{30} から T_{50} 等に示すように制御回路 106 からモード切換スイッチ 120 に送られるモード切換信号がオンしている。この状態では、モード切換スイッチ 120 もオンするため、第 2 帰還キャパシタ 118 もオペアンプ 112 の反転入力端子 112a と出力端子 112c の間に接続された状態となる。このため、第 2 モードでは、オペアンプ 112 の反転入力端子 112a と出力端子 112c の間には、第 1 帰還キャパシタ 116 と第 2 帰還キャパシタ 118 が並列に接続された状態となる。

センサ 107 の特性測定時には、上記した第 1 モードと第 2 モードを交互に切換える。図 3 はこの特性測定時のタイムチャートを示している。

【0038】

第 2 モード中に制御回路 106 から検出用キャパシタ 108 に印加される検出電圧 V_X は、時刻 T_{30} から T_{50} に示すように、H レベルでの電圧値が V_2 （第 2 の所定電圧であり、第 1 の所定電圧 V_1 よりも大きい）で、L レベルでの電圧値がゼロの方形波パルスである。基準キャパシタ 110 に印加される検出電圧 V_R も、H レベルでの電圧値が V_2 （第 2 の所定電圧）で、L レベルでの電圧値がゼロの方形波パルスである。検出用キャパシ

10

20

30

40

50

タ 1 0 8 に印加される検出電圧 V_X と基準キャパシタ 1 1 0 に印加される検出電圧 V_R は互いに反転した関係にあり、時刻 T 3 0 から T 4 0 等に示すように、検出電圧 V_X が H レベルのときには検出電圧 V_R は L レベルであり、時刻 T 4 0 から T 5 0 等に示すように、検出電圧 V_X が L レベルのときには検出電圧 V_R は H レベルである。

【0039】

時刻 T 3 0 に検出用キャパシタ 1 0 8 に H レベル（第 2 の所定電圧 V_2 ）の検出電圧 V_X が入力され、時刻 T 4 0 に検出電圧 V_X の値が V_2 から 0 になると、上記したように検出電圧 V_X と検出電圧 V_R は互いに反転した関係にあるから、基準電圧 V_R の値は 0 から V_2 になる。すると、検出用キャパシタ 1 0 8 に蓄積されていた電荷 $C_{X2} V_2$ は放電され、逆に、基準キャパシタ 1 1 0 には電荷 $C_R V_2$ が蓄積される。このため、検出用キャパシタ 1 0 8 の可動電極 1 0 8 b に蓄積されていた電荷 $-C_{X2} V_2$ は第 1 帰還キャパシタ 1 1 6 の下部電極 1 1 6 a あるいは第 2 帰還キャパシタ 1 1 8 の下部電極 1 1 8 a に移動する。また、基準キャパシタ 1 1 0 の基準上部電極 1 1 0 b に蓄積された電荷 $-C_R V_2$ と逆符号で同量の電荷 $C_R V_2$ が第 1 帰還キャパシタ 1 1 6 の下部電極 1 1 6 a あるいは第 2 帰還キャパシタ 1 1 8 の下部電極 1 1 8 a に移動する。

【0040】

この結果、第 1 帰還キャパシタ 1 1 6 の下部電極 1 1 6 a と第 2 帰還キャパシタ 1 1 8 の下部電極 1 1 8 a には、合計して $-C_{X2} V_2 + C_R V_2 = -(C_{X2} - C_R) V_2$ の電荷が蓄積される。従って、第 2 モードでのオペアンプ 1 1 2 の出力電圧 V_{OUT} を V_B とすると、 $V_B = (C_{X2} - C_R) V_2 / (C_{F1} + C_{F2})$ となる。この式から、 $C_{X2} = V_B (C_{F1} + C_{F2}) / V_2 + C_R$ の式が得られる。

【0041】

時刻 T 4 0 以降に生じるオペアンプ 1 1 2 の出力電圧 V_B から、ダイアフラムにかかる圧力と電圧 V_2 がかけられた電極間に作用する静電吸引力とによってダイアフラムが撓んだときの検出用キャパシタ 1 0 8 の静電容量 C_{X2} が算出される。

時刻 T 4 0 以降に生じるオペアンプ 1 1 2 の出力電圧 V_B は、ダイアフラムにかかる圧力と電圧 V_2 がかけられた電極間に作用する静電吸引力とによってダイアフラムが撓んだときの検出用キャパシタ 1 0 8 の静電容量 C_{X2} と基準キャパシタ 1 1 0 の静電容量 C_R の差に関する値である。換言すると、基準キャパシタ 1 1 0 の静電容量 C_R に対する検出用キャパシタ 1 0 8 の静電容量 C_{X2} の関係を示している。

【0042】

なお、時刻 T 4 1 に制御回路 1 0 6 からリセットスイッチ 1 1 4 に送られるリセット信号がオンされ、リセットスイッチ 1 1 4 がオンされると、オペアンプ 1 1 2 の反転入力端子 1 1 2 a と出力端子 1 1 2 c の間が短絡される。この結果、第 1 帰還キャパシタ 1 1 6 と第 2 帰還キャパシタ 1 1 8 に蓄積されていた電荷 $\Delta C_{X1} V_2$ は徐々に放電され、時刻 T 5 0 には出力電圧 V_{OUT} は 0 になる。

【0043】

ダイアフラムの特性は様々な指標で示される。最も原理的には、 C_{X2} と C_{X1} の差によって、ダイアフラムの特性を示すことができる。

それに代えて、 $V_A = (C_{X1} - C_R) V_1 / C_{F1}$ と $V_B = (C_{X2} - C_R) V_2 / (C_{F1} + C_{F2})$ の差でダイアフラム特性を示すこともできる。この場合、 $V_B - V_A = C_{X2} V_2 / (C_{F1} + C_{F2}) - C_{X1} V_1 / C_{F1} + \text{定数}$ となり、ダイアフラムが柔軟なほど大きな値を持つ。

【0044】

図 2 に示した第 2 実施例の装置では、 C_{F1} と C_{F2} と V_1 と V_2 の値が、ダイアフラムが意図した柔軟性を備えている場合に、 $V_B - V_A = 0$ となるように設定されている。

差分回路 1 2 2 は、時刻 T 2 1 の直前に V_A を記憶し、時刻 T 4 1 の直前に $V_B - V_A$ を計算する。そして、時刻 T 5 0 から T 6 0 に示すように、 $V_A - V_B$ の絶対値を示す電圧 V_{SUB} を判定回路 1 2 4 に出力する。

時刻 T 2 0 から T 5 0 の間は、非常に短い時刻であるから、印加される圧力はほぼ同じ値

10

20

30

40

50

であるとすることができる。即ち、第1モードでの出力電圧 V_A と第2モードでの出力電圧 V_B の差をとることで、圧力の影響は相殺することができる。前記したように、センサに特段の異常がなければ、差分絶対値信号 $V_{SUB} = |V_A - V_B|$ はほぼゼロになる関係に設定されている。

【0045】

差分回路122から出力された差分信号 $V_{SUB} = |V_A - V_B|$ は、判定回路124に入力される。判定回路124では、電圧 V_{SUB} が所定のしきい値 V_{TH} 以下であるときは、異常判定信号 V_{DEC} を出力しない。図2の時刻T50からT60では、 $V_{SUB} = |V_A - V_B|$ の値は常に V_{TH} 以下であるため、異常判定信号 V_{DEC} は出力されない。

10

【0046】

時刻T50からT90では、上記で説明した第1モードと第2モードの動作が繰返されて、時刻T60からT70に示す第1モードでの出力電圧 V_{OUT} が V_C となり、時刻T80からT90に示す第2モードでの出力電圧 V_{OUT} が V_D となった場合を例示する。時刻T90からT100に示すように、差分回路122の出力 $V_{SUB} = |V_C - V_D|$ が V_{TH} より大きい値になったために、判定回路124から異常判定信号 V_{DEC} が出力される。

【0047】

ダイアフラムが意図した特性を備えている場合、第1モードでの出力電圧 V_A と第2モードでの出力電圧 V_B がほぼ等しい。 $V_{SUB} = |V_A - V_B| < V_{TH}$ であれば、ダイアフラムが意図した特性を備えていることがわかる。

20

ダイアフラムが意図した特性よりも柔軟すぎる場合、 $V_B - V_A > V_{TH}$ となる。 $V_B - V_A > V_{TH}$ であれば、ダイアフラムが意図したよりも柔軟すぎることを示している。一方、ダイアフラムが意図した特性よりも変形しづらい場合、 $V_B - V_A < -V_{TH}$ となる。 $V_B - V_A < -V_{TH}$ であれば、ダイアフラムが意図したよりも変形しづらいことがわかる。

【0048】

以上で説明した第2実施例の装置102の出力端子を外部の電圧波形表示装置（オシロスコープ等）に接続することで、図3に示す V_{OUT} と V_{SUB} と V_{DEC} の経時的な変化をみることができる。

30

【0049】

静電容量検出回路111の出力電圧 V_{OUT} によると、第1モード（検出用キャパシタ108に小さな電圧 V_1 を加えた状態）での出力電圧波形と、第2モード（検出用キャパシタ108に大きな電圧 V_2 を加えた状態）での出力電圧波形を認識できる。それぞれの電圧波形の電圧値や過渡応答特性を検討することで、測定対象であるセンサ107の性能をより多角的に検討することができる。また、本実施例では、第1モードでの電圧波形と第2モードでの電圧波形は正常な状態では同じ大きさとなるように調整されているから、第1モードでの電圧波形と第2モードでの電圧波形の比較検討が容易である。

また、第1モードでの電圧波形が極端に大きいときは、検出用キャパシタ108に小さな電圧 V_1 を加えたのに、検出用キャパシタ108の上部電極（可動電極）108aが形成されたダイアフラムあるいは、可動電極108aを支えるビームが大きく変形したことを示しているから、ダイアフラムやビームにひび等の傷が発生している可能性が高いことを認識できる。また、第2モードでの電圧波形が極端に小さいときは、検出用キャパシタ108に大きな電圧 V_2 を加えたのに、ダイアフラムあるいは、ビームがあまり変形しなかったことを示しているから、電極間に異物等が混入している可能性が高いことを認識できる。

40

差分回路122の出力電圧 V_{SUB} によると、第1モードでの電圧波形と第2モードでの電圧波形の差の絶対値がわかるため、第1モードでの電圧波形と第2モードでの電圧波形の比較検討がより容易となる。上記した V_{OUT} と V_{SUB} の検討は、特に、センサ107の製造時の出来映え検査や直接圧力によらないセンサ107の感度調整等に有用である。

50

。判定回路124の異常判定信号 V_{DEC} によると、 V_{SUB} が所定のしきい値 V_{TH} より大きくなった異常状態を認識できるから、センサ110の取換えや修理等を迅速、確実に行うことができる。

【0050】

また、第2実施例の装置102によると、異常検知を行うときに検出用キャパシタ108の可動電極108bと固定電極108aを何回も接触させる必要がないため、ダイアフラムやビーム等の寿命、ひいてはセンサの寿命を長くすることができる。また、異常検知用の電極を別途設ける必要もない。

【0051】

以上、本発明の実施例について説明したが、本発明の適用範囲は上記の実施例になんら限定されるものではない。すなわち、本発明は、当業者の知識に基づいて種々の変更、改良を施した形態で実施することができる。

例えば、本発明は、静電容量型の圧力センサ、加速度センサ、慣性力センサ、振動センサ、音圧センサ等の静電容量型の物理量センサ一般に適用することができる。また、第2実施例では、第1モードでの電圧 V_A と第2モードでの電圧 V_B を比較する回路として差分回路122を用いたが、例えば、 V_A と V_B の比をとる回路や、 V_A と V_B の和あるいは積をとる回路や、 V_A の2乗と V_B の2乗の差をとる回路等を用いて、その比、和、積、2乗の差等が所定の値でないときに判定回路124から異常判定信号を出力するようにしてもよい。

また、本発明は、第2実施例で説明したような静電容量型センサ107とその特性測定装置102が一体となった静電容量型センサ装置にも適用することができる。

さらに、本発明は、第2実施例で説明したような静電容量型センサ107の特性測定装置102が集積回路化された図4に模式的に示すような集積回路チップ103にも適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施例の静電容量型センサの特性測定装置の説明図。

【図2】第2実施例の静電容量型センサの特性測定装置の回路ブロック図。

【図3】第2実施例の静電容量型センサの特性測定装置の動作のタイムチャート。

【図4】静電容量型センサの特性測定装置が集積回路化された状態を模式的に示した図。

【符号の説明】

102：静電容量型センサのセンサ特性測定装置

104：電圧発生器

106：制御回路

107：静電容量型センサ

108：検出用キャパシタ

110：基準キャパシタ

111：静電容量検出回路

112：オペアンプ

114：リセットスイッチ

116：第1帰還キャパシタ

118：第2帰還キャパシタ

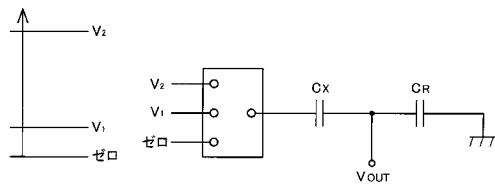
120：モード切換スイッチ

122：差分回路

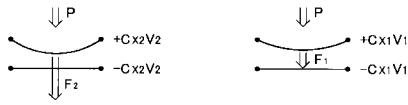
124：判定回路

【図 1】

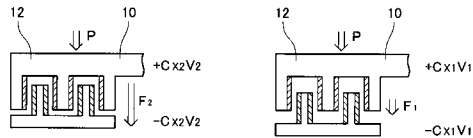
(A) 静電容量検出電圧



(B)



(C)

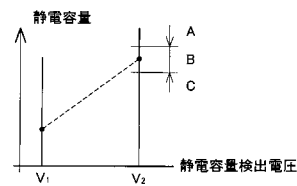


(D)

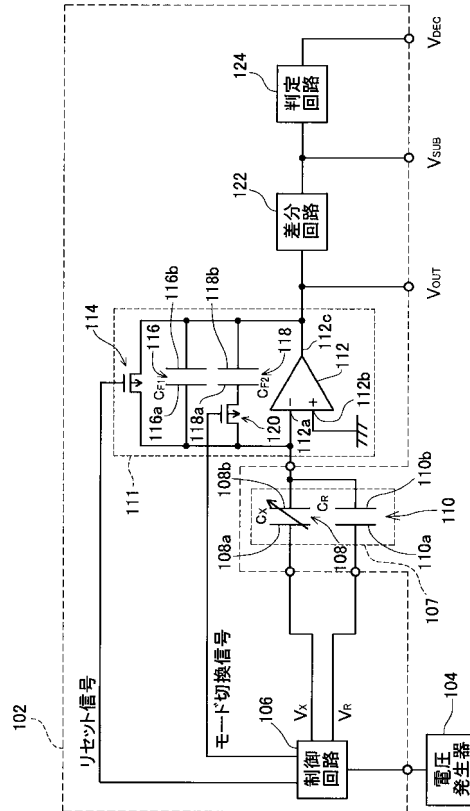
$$Cx2 = CR \cdot V_{OUT} / (V2 - V_{OUT})$$

$$Cx1 = CR \cdot V_{OUT} / (V1 - V_{OUT})$$

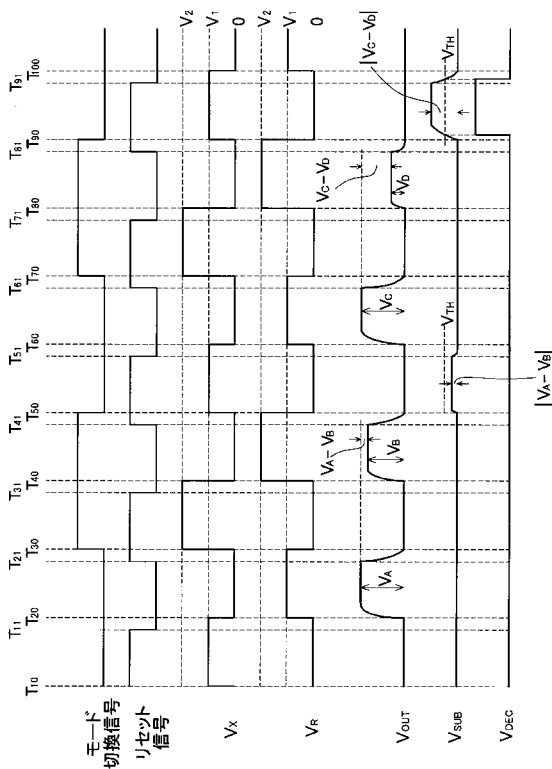
(E)



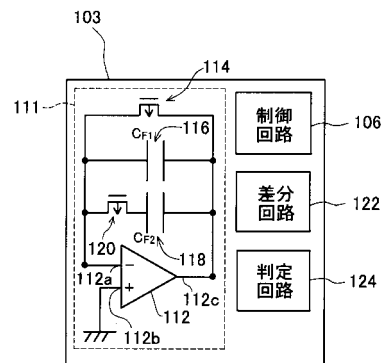
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

- (72)発明者 太田 則一
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内
- (72)発明者 島岡 敬一
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内
- (72)発明者 船橋 博文
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内
- (72)発明者 石王 誠一郎
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
- (72)発明者 鈴木 康利
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
- (72)発明者 伊藤 一
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
- (72)発明者 牧野 泰明
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

審査官 岡田 卓弥

- (56)参考文献 国際公開第92/17759 (WO, A1)
特開平6-160429 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01D 5/00- 5/252
G01D 5/39- 5/62
G01B 7/00- 7/34