

(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2012-242201
(P2012-242201A)

(43) 公開日 平成24年12月10日(2012. 12. 10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 P 15/125 (2006.01)	GO 1 P 15/125 V	3 C 0 8 1
HO 1 L 29/84 (2006.01)	HO 1 L 29/84 Z	4 M 1 1 2
B 8 1 B 3/00 (2006.01)	B 8 1 B 3/00	
GO 1 P 21/00 (2006.01)	GO 1 P 21/00	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2011-111139 (P2011-111139)	(71) 出願人	000004260
(22) 出願日	平成23年5月18日 (2011. 5. 18)		株式会社デンソー
		(74) 代理人	110001128
			特許業務法人ゆうあい特許事務所
		(72) 発明者	伊藤 寛和
			愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会 社デンソー内
		F ターム (参考)	3C081 AA13 BA07 BA33 BA44 BA48 BA53 BA76 EA02 4M112 AA01 AA02 BA07 CA21 CA22 CA24 CA31 CA33 DA02 DA08 DA09 DA18 EA03 EA06 EA11 FA20 GA01 GA03

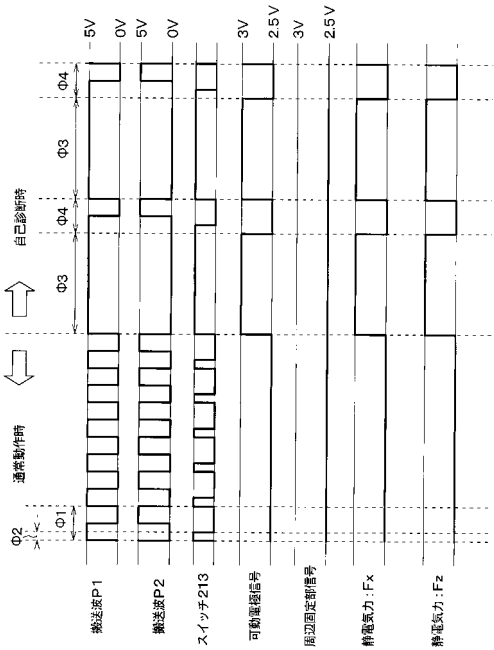
(54) 【発明の名称】 容量式物理量検出装置

(57) 【要約】

【課題】検出範囲によらず、適切な自己診断を行うことのできる容量式物理量検出装置を提供する。

【解決手段】可動部 2 0 と、可動部 2 0 の変位方向に対向して配置され、可動部 2 0 と共に第 1 容量部 1 6 a、1 6 b を構成する第 1 固定部 3 0、4 0 と、可動部 2 0 の変位方向と垂直方向に対向して配置され、可動部 2 0 と共に第 2 容量部 1 7 を構成する第 2 固定部 1 7 とを備える。そして、自己診断時に、第 1 容量部 1 6 a、1 6 b に第 1 変位信号を印加して第 1 容量部 1 6 a、1 6 b で発生する静電気力によって可動部 2 0 を当該可動部 2 0 の変位方向に変位させ、第 2 容量部 1 7 に第 2 変位信号を印加して第 2 容量部 1 7 で発生する静電気力によって可動部 2 0 を垂直方向に変位させる。

【選択図】 図 4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

物理量に応じて所定方向へ変位する可動部（20）と、

前記可動部（20）に対向して配置され、前記可動部（20）と共に第1容量部（16a、16b）を構成する第1固定部（30、40）と、

前記可動部（20）に対して前記所定方向と垂直方向に対向して配置され、前記可動部（20）と共に第2容量部（17）を構成する第2固定部（11、90）と、

自己診断時には、前記第1容量部（16a、16b）に前記可動部（20）を変位させるための第1変位信号を印加すると共に前記第2容量部（17）に前記可動部（20）を変位させるための第2変位信号を印加した後、前記第1容量部（16a、16b）に当該第1容量部（16a、16b）の容量変化を検出するための検出信号を印加する自己診断信号印加手段（220）と、

前記検出信号が前記第1容量部（16a、16b）に印加されているときに、前記第1容量部（16a、16b）の容量変化に応じた電圧を出力するC-V変換回路（210）と、を備え、

前記可動部（20）は、前記第1容量部（16a、16b）に前記第1変位信号が印加されると前記第1容量部（16a、16b）で発生する静電気力によって前記所定方向に変位し、前記第2容量部（17）に前記第2変位信号が印加されると前記第2容量部（17）で発生する静電気力によって前記垂直方向に変位することを特徴とする容量式物理量検出装置。

【請求項 2】

前記可動部（20）は可動電極（24）を有し、

前記第1固定部（30、40）は、固定電極（31、41）を有し、

前記第1容量部（16a、16b）は、前記可動電極（24）および前記固定電極（31、41）によって構成されていることを特徴とする請求項1に記載の容量式物理量検出装置。

【請求項 3】

前記可動電極（24）は、櫛歯構造とされており、

前記固定電極（31、41）は、前記可動電極（24）の櫛歯の隙間にかみ合う櫛歯構造とされていることを特徴とする請求項2に記載の容量式物理量検出装置。

【請求項 4】

前記第2固定部としての支持基板（11）と、前記支持基板（11）上に配置される埋込絶縁膜（12）と、前記埋込絶縁膜（12）を挟んで前記支持基板（11）と反対側に配置される半導体層（13）と、を有する半導体基板（10）を備え、

前記半導体層（13）には、前記可動部（20）および前記第1固定部（30、40）が形成されていると共に、前記可動部（20）および前記第1固定部（30、40）を囲み、前記埋込絶縁膜（12）を介して前記支持基板（11）に支持されている周辺固定部（50）が構成されており、

前記支持基板（11）は、前記周辺固定部（50）に電圧が印加されると所定電圧に固定されて前記可動部（20）と共に前記第2容量部（17）を構成することを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1つに記載の容量式物理量検出装置。

【請求項 5】

前記半導体層（13）には前記可動部（20）および前記固定部（30、40）を覆う蓋部（80）が備えられ、前記蓋部（80）のうち前記可動部（20）と対向する部分には前記第2固定部としての自己診断用電極（90）が形成されており、

前記第2容量部（17）は、前記可動部（20）と前記支持基板（11）とによって構成されていると共に、前記可動部（20）と前記自己診断用電極（90）とによって構成されていることを特徴とする請求項4に記載の容量式物理量検出装置。

【請求項 6】

前記自己診断信号印加手段（220）は、自己診断時において、前記第1容量部（16

10

20

30

40

50

a、16b)に前記第1変位信号を印加すると共に、前記可動部(20)と前記支持基板(11)とによって構成される前記第2容量部(17)または前記可動部(20)と前記自己診断用電極(90)とによって構成される前記第2容量部(17)のいずれか一方に前記第2変位信号を印加した後に前記第1容量部(16a、16b)に前記検出信号を印加し、続いて前記第1容量部(16a、16b)に前記第1変位信号を印加すると共に、前記可動部(20)と前記支持基板(11)とによって構成される前記第2容量部(17)または前記可動部(20)と前記自己診断用電極(90)とによって構成される前記第2容量部(17)の他方に前記第2変位信号を印加した後に前記第1容量部(16a、16b)に前記検出信号を印加することを特徴とする請求項5に記載の容量式物理量検出装置。

10

【請求項7】

半導体基板(10)を備え、

前記半導体基板(10)の一面側には、前記可動部(20)および前記第1固定部(30、40)が形成されていると共に、前記可動部(20)および前記第1固定部(30、40)を覆う蓋部(80)が備えられており、

前記蓋部(80)のうち前記可動部(20)と対向する部分には前記第2固定部としての自己診断用電極(90)が形成されており、

前記第2容量部(17)は、前記可動部(20)と前記自己診断用電極(90)とによって構成されていることを特徴とする請求項1に記載の容量式物理量検出装置。

【請求項8】

20

前記可動部(20)には、自己診断時において、 n を自然数としたとき、前記自己診断信号印加手段(220)から前記垂直方向における共振周波数の n 倍、または、 $(1/n)$ 倍の周波数を有する信号が印加されることを特徴とする請求項1ないし7のいずれか1つに記載の容量式物理量検出装置。

【請求項9】

前記物理量は加速度であることを特徴とする請求項1ないし8のいずれか1つに記載の容量式物理量検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

30

本発明は、加速度、角速度、圧力等の物理量を検出する容量式物理量検出装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来より、物理量を検出する容量式物理量検出装置として、例えば、特許文献1に自己診断を行うことのできる加速度センサが提案されている。具体的には、この加速度センサは、加速度の印加に応じて弾性的に変位する梁部に一体成型された可動電極と、この可動電極に対向配置された2つの固定電極とを備え、これら可動電極と固定電極との間に形成された2つの容量差をC-V変換して出力を計測するようになっている。

【0003】

40

また、この加速度センサは、周期的に変化する信号であり、物理量を検出するための検出信号と周期的に変化する信号であって自己診断を行うための自己診断信号とを切り替えて可動電極と固定電極との間に印加する自己診断信号印加手段を備えている。そして、自己診断時には、可動電極と固定電極との間に自己診断信号を印加することによって、可動電極と固定電極との間に静電気力を発生させて可動電極を変位させている。

【0004】

これによれば、自己診断時には、静電気力にて可動電極を変位させているため、可動電極の変位をC-V変換回路の出力電圧に基づいて検出することによって自己診断を行うことができる。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2001-91535号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上記のような加速度センサでは、200～400G程度の大きな加速度を検出する場合には、梁部の剛性を高くしたりして当該梁部を変位しにくくしている。このため、自己診断においては、可動電極と固定電極との間に静電気力を発生させて可動電極を変位させ、可動電極の変位（容量変化）を電圧に変換することで自己診断を行っていたが、梁部の剛性が高くなると自己診断時における可動電極の変位量が小さくなって自己診断に必要な出力を得ることができなくなる、または得にくくなるという問題がある。

10

【0007】

なお、上記では、加速度を検出する加速度センサを例に挙げて説明したが、可動電極と固定電極との間の容量変化に基づいて角速度や圧力等を検出するセンサについても同様の問題が発生する。

【0008】

本発明は上記点に鑑みて、検出範囲によらず、適切な自己診断を行うことのできる容量式物理量検出装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

20

【0009】

上記目的を達成するため、請求項1に記載の発明では、物理量に応じて所定方向へ変位する可動部（20）と、可動部（20）に対向して配置され、可動部（20）と共に第1容量部（16a、16b）を構成する第1固定部（30、40）と、可動部（20）に対して所定方向と垂直方向に対向して配置され、可動部（20）と共に第2容量部（17）を構成する第2固定部（11、90）と、自己診断時には、第1容量部（16a、16b）に可動部（20）を変位させるための第1変位信号を印加すると共に第2容量部（17）に可動部（20）を変位させるための第2変位信号を印加した後、第1容量部（16a、16b）に当該第1容量部（16a、16b）の容量変化を検出するための検出信号を印加する自己診断信号印加手段（220）と、検出信号が第1容量部（16a、16b）に印加されているときに、第1容量部（16a、16b）の容量変化に応じた電圧を出力するC-V変換回路（210）と、を備え、可動部（20）は、第1容量部（16a、16b）に第1変位信号が印加されると第1容量部（16a、16b）で発生する静電気力によって所定方向に変位し、第2容量部（17）に第2変位信号が印加されると、第2容量部（17）で発生する静電気力によって垂直方向に変位することを特徴としている。

30

【0010】

このような容量式物理量検出装置では、自己診断時には、第1容量部（16a、16b）容量は、可動部（20）が所定方向に変位して間隔が変化することに伴って変化すると共に可動部（20）が垂直方向に変位して対向面積が変化することに伴って変化する。このため、従来の容量式物理量検出装置と比較して、自己診断時における容量の変化を大きくすることができる。したがって、例えば、大きな加速度を検出する加速度センサにおいても、自己診断の感度を確保することができ、適切な自己診断を行うことができる。

40

【0011】

また、請求項2に記載の発明のように、可動部（20）は可動電極（24）を有し、第1固定部（30、40）は固定電極（31、41）を有し、第1容量部（16a、16b）は、可動電極（24）および固定電極（31、41）によって構成されるものとすることができる。

【0012】

この場合、請求項3に記載の発明のように、可動電極（24）を櫛歯構造とし、固定電極（31、41）を可動電極（24）の櫛歯の隙間にかみ合う櫛歯構造とすることができ

50

る。

【0013】

また、請求項4に記載の発明のように、第2固定部としての支持基板(11)と、支持基板(11)上に配置される埋込絶縁膜(12)と、埋込絶縁膜(12)を挟んで支持基板(11)と反対側に配置される半導体層(13)と、を有する半導体基板(10)を備え、半導体層(13)は、可動部(20)および第1固定部(30、40)が形成されていると共に、可動部(20)および第1固定部(30、40)を囲み、埋込絶縁膜(12)を介して支持基板(11)に支持されている周辺固定部(50)が構成されているものとすることができる。そして、支持基板(11)は、周辺固定部(50)に電圧が印加されると所定電圧に固定されて可動部(20)と共に第2容量部(17)を構成するものとすることができる。

10

【0014】

さらに、請求項5に記載の発明のように、半導体層(13)には可動部(20)および固定部(30、40)を覆う蓋部(80)が備えられ、蓋部(80)のうち可動部(20)と対向する部分には第2固定部としての自己診断用電極(90)が形成されているものとすることができる。そして、第2容量部(17)は、可動部(20)と支持基板(11)とによって構成されていると共に、可動部(20)と自己診断用電極(90)とによって構成されるものとすることができる。

【0015】

この場合、請求項6に記載の発明のように、自己診断信号印加手段(220)は、自己診断時において、第1容量部(16a、16b)に第1変位信号を印加すると共に、可動部(20)と支持基板(11)とによって構成される第2容量部(17)または可動部(20)と自己診断用電極(90)とによって構成される第2容量部(17)のいずれか一方に第2変位信号を印加した後に第1容量部(16a、16b)に検出信号を印加し、続いて第1容量部(16a、16b)に第1変位信号を印加すると共に、可動部(20)と支持基板(11)とによって構成される第2容量部(17)または可動部(20)と自己診断用電極(90)とによって構成される第2容量部(17)の他方に第2変位信号を印加した後に第1容量部(16a、16b)に検出信号を印加するものとすることができる。

20

【0016】

これによれば、可動部(20)は、支持基板(11)側および自己診断用電極(90)側に交互に引き寄せられることになる。このため、例えば、可動部(20)が支持基板(11)側に引き寄せられたときの容量と、自己診断用電極(90)側に引き寄せられたときの容量とを比較することによって、可動部(20)上、または支持基板(11)と可動部(20)との間にゴミ等の異物が付着しているか否かを容易に判定することができる。

30

【0017】

また、請求項7に記載の発明のように、半導体基板(10)を備え、半導体基板(10)の一面側には、可動部(20)および第1固定部(30、40)が形成されていると共に、可動部(20)および第1固定部(30、40)を覆う蓋部(80)が備えられており、蓋部(80)のうち可動部(20)と対向する部分には第2固定部としての自己診断用電極(90)が形成されており、第2容量部(17)は、可動部(20)と自己診断用電極(90)とによって構成されるものとすることができる。

40

【0018】

そして、請求項8に記載の発明のように、可動部(20)に対して、自己診断時には、 n を自然数としたとき、自己診断信号印加手段(220)から可動部(20)の変位方向と垂直方向における共振周波数の n 倍、または、 $(1/n)$ 倍の周波数を有する信号を印加することができる。

【0019】

これによれば、可動部(20)には垂直方向における共振周波数の n 倍、または、 $(1/n)$ 倍の周波数が印加されるため、可動部(20)の垂直方向における変位を大きくす

50

ることができる。

【 0 0 2 0 】

また、請求項 9 に記載の発明のように、検出する物理量を加速度とすることができる。

【 0 0 2 1 】

なお、この欄および特許請求の範囲に記載した各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものである。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 2 】

【図 1】本発明の第 1 実施形態における加速度センサの平面図である。

【図 2】図 1 中の A - A 線に沿った断面構成を示す図である。

10

【図 3】回路手段の構成を示す図である。

【図 4】図 1 に示す加速度センサの作動時のタイミングチャートである。

【図 5】本発明の第 2 実施形態における加速度センサの断面構成を示す図である。

【図 6】図 5 に示す加速度センサの作動時のタイミングチャートである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 3 】

(第 1 実施形態)

本発明の第 1 実施形態について図面を参照しつつ説明する。本実施形態は、容量式物理量検出装置として、差動容量式の加速度センサに本発明を適用したものである。図 1 は、加速度センサの平面図であり、図 2 は図 1 中の A - A 線に沿った断面構成を示す図である。この加速度センサは、例えば、エアバッグ、ABS、VSC 等の作動制御を行うための自動車用加速度センサやジャイロセンサ等に適用されると好適である。

20

【 0 0 2 4 】

加速度センサ 100 は、半導体基板 10 に周知のマイクロマシン加工を施すことにより形成される。本実施形態では、加速度センサ 100 を構成する半導体基板 10 は、図 1 および図 2 に示されるように、支持基板 11 と、支持基板 11 上に形成された埋込絶縁膜 12 と、埋込絶縁膜 12 を挟んで支持基板 11 と反対側に配置された半導体層 13 とを有する SOI 基板とされている。なお、本実施形態では、半導体層 13 の表面が本発明の半導体基板 10 の一面に相当している。

【 0 0 2 5 】

30

半導体層 13 には、溝部 14 を形成することにより、可動部 20 および固定部 30、40 よりなる櫛歯形状を有する梁構造体が形成されている。また、埋込絶縁膜 12 のうち梁構造体 20 ~ 40 の形成領域に対応した部位は、犠牲層エッチング等により矩形状に除去されて開口部 15 を形成している。

【 0 0 2 6 】

可動部 20 は、開口部 15 上を横断するように配置されており、矩形状の錘部 21 の両端が梁部 22 を介してアンカー部 23 a および 23 b に一体に連結した構成とされている。アンカー部 23 a および 23 b は、埋込絶縁膜 12 における開口部 15 の開口縁部に固定されて支持基板 11 に支持されている。これによって、錘部 21 および梁部 22 は、開口部 15 に臨んだ状態となっている。

40

【 0 0 2 7 】

梁部 22 は、平行な 2 本の梁がその両端で連結された矩形棒状をなしており、2 本の梁の長手方向と直交する方向に変位するバネ機能を有する。具体的には、梁部 22 は、図 1 中の x 方向の成分を含む加速度を受けたときに錘部 21 を x 方向へ変位させると共に、加速度の消失に応じて元の状態に復元させるようになっている。したがって、このような梁部 22 を介して半導体基板 10 に連結された可動部 20 は、加速度の印加に応じて、開口部 15 上にて梁部 22 の変位方向 (x 方向) へ変位可能となっている。

【 0 0 2 8 】

ここで、図 1 および図 2 中の x 軸、y 軸、z 軸の各方向について説明する。上記のように、x 軸方向は梁部 22 の変位方向であると共に、錘部 21 および可動電極 24 の変位方

50

向である。また、y軸方向は、半導体基板10の面内においてx軸と直交する方向である。また、z軸方向は、半導体基板10の面方向と直交する方向である。

【0029】

可動部20は、梁部22の変位方向(x方向)と直交した方向にて、錘部21の両側面から互いに反対方向へ一体的に突出形成された複数個の可動電極24を備えている。図1では、可動電極24は、錘部21の左側および右側に各々4個ずつ突出して形成されており、断面矩形が梁状とされていると共に開口部15に臨んだ状態となっている。このように、各可動電極24は、梁部22および錘部21と一体的に形成され、梁部22および錘部21と共に梁部22の変位方向へ変位可能となっている。

【0030】

固定部30、40は、埋込絶縁膜12における開口部15の開口縁部における対向辺部のうち、アンカー部23a、23bが支持されていないもう1組の対向辺部に支持されている。ここで、固定部30、40は、錘部21を挟んで2個設けられており、図1中の左側に位置する固定部30と、図1中の右側に位置する固定部40とより成り、両固定部30、40は互いに電氣的に独立している。なお、本実施形態では、固定部30、40が本発明の第1固定部に相当している。

【0031】

各固定部30、40は、可動電極24の側面と所定の検出間隔を有するように平行した状態で対向配置された複数個(図示例では4個ずつ)の固定電極31、41と、埋込絶縁膜12における開口部15の開口縁部に固定されて支持基板11に支持された配線部32、42とを有した構成となっている。すなわち、各固定電極31、41は、可動電極24における櫛歯の隙間にかみ合うように櫛歯状に複数本配列されている。また、各固定電極31、41は断面矩形が梁状とされ、各配線部32、42に片持ち状に支持された状態となっており、開口部15に臨んだ状態となっている。

【0032】

また、図1に示されるように、半導体基板10における半導体層13のうち可動電極24および固定電極31、41の溝部14を介した外周部は、周辺固定部50として構成されている。この周辺固定部50は、埋込絶縁膜12を介して支持基板11に固定されて支持されており、支持基板11との対向面積が各電極24、31、41と支持基板11との対向面積に対して非常に大きくされている。

【0033】

各固定部30、40の各配線部32、42上の所定位置には、それぞれワイヤボンディング用の固定電極パッド32a、42aが形成されている。また、一方のアンカー部23bと一体に連結された状態で、可動電極用配線部25が形成されており、この可動電極用配線部25上の所定位置には、ワイヤボンディング用の可動電極パッド25aが形成されている。さらに、周辺固定部50の所定位置には、周辺固定部パッド50aが形成されている。上記各電極パッド25a、32a、42a、50aは、例えば、アルミニウムをスパッタや蒸着すること等により形成されている。

【0034】

また、図2に示されるように、加速度センサ100は、支持基板11の裏面(埋込絶縁膜12とは反対側の面)側において接着剤60を介してパッケージ70に接着固定されている。このパッケージ70には、後述する回路手段が収納されている。そして、この回路手段と上記の各電極パッド25a、32a、42a、50aとは、金またはアルミニウムのワイヤボンディング等により形成されたワイヤW1、W2、W3、W4により電氣的に接続されている。

【0035】

このような構成においては、図1中にコンデンサ記号で示す様に、固定電極31と可動電極24とによって容量CS1を有する第1容量部16aが構成され、固定電極41と可動電極24とによって容量CS2を有する第1容量部16bが構成されている。そして、加速度を受けると、梁部22のパネ機能により、アンカー部を除く可動部20全体が一体

10

20

30

40

50

的にx方向へ変位し、可動電極24の変位に応じて上記第1容量部16a、16bの容量CS1、CS2が変化する。そして、上記回路手段は、第1容量部16a、16bの差動容量(CS1-CS2)の変化に基づいて加速度を検出する。

【0036】

次に、回路手段の構成について説明する。図3は、回路手段の構成を示す図である。図3に示されるように、回路手段200は、C-V変換回路(スイッチドキャパシタ回路)210およびスイッチ回路220を有する。C-V変換回路210は、可動電極24と固定電極31、41とからなる第1容量部16a、16bの容量変化を電圧に変換して出力するもので、演算増幅器211、コンデンサ212、およびスイッチ213から構成されている。

10

【0037】

演算増幅器211の反転入力端子は、可動電極パッド25aを介して可動電極24に接続されており、反転入力端子と出力端子の間には、コンデンサ212およびスイッチ213が並列に接続されている。また、演算増幅器211の非反転入力端子には、スイッチ回路220を介してV/2の電圧とV1の電圧のいずれかが入力されるようになっている。

【0038】

スイッチ回路220は、C-V変換回路210における演算増幅器211の非反転入力端子に、図示しないそれぞれの電圧源からのV/2の電圧とV1(V/2とは異なる)の電圧のいずれかを入力するもので、スイッチ221とスイッチ222から構成されている。

20

【0039】

また、回路手段200は図示しない制御回路を有しており、この制御回路は、固定電極パッド32aから、一定振幅Vで周期的に変化する搬送波P1を固定電極31へ入力し、固定電極パッド42aから、搬送波P1と位相が180°ずれ且つ同一振幅Vである搬送波P2を固定電極41へ入力する。また、この制御回路は、上記の各スイッチ213、221、222の開閉を所定のタイミングにて制御できるようになっている。さらに、制御回路は、本実施形態では、周辺固定部パッド50aから周辺固定部50にV/2の電圧を入力する。本実施形態では、この制御回路と上記スイッチ回路220とにより本発明の自己診断信号印加手段が構成されている。

30

【0040】

続いて、上記加速度センサ100の作動について説明する。図4は、加速度センサ100のタイミングチャートである。まず、加速度センサ100の通常作動時の作動について説明する。

【0041】

自己診断信号印加手段としての上記制御回路から出力される搬送波P1(例えば、周波数100kHz、振幅0~5V)は、図4に示すように、期間φ1を1周期(例えば10μs)としてハイレベルとローレベルが変化する一定振幅の矩形波信号となっており、搬送波P2は、搬送波P1に対して電圧レベルが反転した矩形波信号となっている。

40

【0042】

また、通常動作時では、上記の各搬送波P1およびP2が固定電極31、41へ印加されているとき、スイッチ回路220においてスイッチ221は閉、スイッチ222は開になっている。それによって、演算増幅器211の非反転入力端子にV/2(例えば、2.5V)の電圧が印加され、可動電極24にはV/2の一定電圧(可動電極信号)が印加されている。また、周辺固定部50には、可動電極24と同様に、制御回路からV/2(例えば、2.5V)の一定電圧が印加されている。

【0043】

この状態において加速度が印加されていない場合には、固定電極31と可動電極24との電位差、および、固定電極41と可動電極24との電位差は、共にV/2となり、固定

50

電極 3 1 と可動電極 2 4 との間の静電気力、および、固定電極 4 1 と可動電極 2 4 との間の静電気力は、略等しく釣り合っている。

【 0 0 4 4 】

また、通常動作時では、C - V 変換回路 2 1 0 において、スイッチ 2 1 3 は図 4 に示すタイミングで開閉される。このスイッチ 2 1 3 が閉のとき（期間 $\phi 2$ ）、コンデンサ 2 1 2 がリセットされる。一方、スイッチ 2 1 3 が開のときに、加速度検出が行われる。つまり、期間 $\phi 1$ のうち期間 $\phi 2$ 以外の期間が加速度を検出する期間である。この検出期間において、C - V 変換回路 2 1 0 からの出力電圧 $V 0$ は、次の数式 1 で示される。

【 0 0 4 5 】

$$(\text{数 } 1) V 0 = (C S 1 - C S 2) \cdot V' / C f$$

10

ここで、 V' は両パッド 3 2 a、4 2 a の間、すなわち、固定電極 3 1、4 1 の間の電圧であり、 $C f$ はコンデンサ 2 1 2 の容量である。

【 0 0 4 6 】

加速度が印加されると、各第 1 容量部 1 6 a、1 6 b の容量 $C S 1$ 、 $C S 2$ のバランスが変化する。すると、上記数式 1 に基づき容量差（ $C S 1 - C S 2$ ）に応じた電圧が、加速度が印加されていないときの出力 $V 0$ にバイアスとして加わった形で出力 $V 0$ （例えば 0 ~ 5 V）として出力される。この出力 $V 0$ は、この後、増幅回路やローパスフィルタ等を備えた信号処理回路（図示せず）にて信号処理され、加速度検出信号として検出される。

【 0 0 4 7 】

20

次に、加速度センサ 1 0 0 の自己診断時の作動について説明する。まず支持基板 1 1 の電位について説明する。

【 0 0 4 8 】

本加速度センサ 1 0 0 においては、固定電極 3 1 と支持基板 1 1 との間には寄生容量 $C K 1$ が形成され、固定電極 4 1 と支持基板 1 1 との間には寄生容量 $C K 2$ が形成され、可動電極 2 4 と支持基板 1 1 との間には寄生容量 $C K 3$ が形成され、周辺固定部 5 0 と支持基板 1 1 との間には寄生容量 $C K 4$ が形成されている。この場合、周辺固定部 5 0 と支持基板 1 1 との間には埋込絶縁膜 1 2 が存在すること、周辺固定部 5 0 と支持基板 1 1 との対向面積が各電極 2 4、3 1、4 1 と支持基板 1 1 との対向面積に対して非常に大きいことから、寄生容量 $C K 4$ が他の寄生容量 $C K 1 \sim C K 3$ に対して非常に大きくなる。このため、支持基板 1 1 の電位は、容量カップリングによって周辺固定部 5 0 と同電位に引き上げられて固定される。すなわち、支持基板 1 1 には $V / 2$ の電圧が印加されている状態となる。

30

【 0 0 4 9 】

そして、自己診断時では、自己診断信号印加手段としての上記制御回路により、図 4 に示す様に、一定振幅 V （図示例では振幅 0 ~ 5 V）の矩形波信号である搬送波 $P 1$ および $P 2$ が入力される。ここで、期間 $\phi 3$ （例えば 1 0 0 μs ）において、搬送波 $P 1$ と搬送波 $P 2$ とは、互いに電圧レベルが反転した一定電圧信号（例えば搬送波 $P 1$ が 5 V、搬送波 $P 2$ が 0 V）となっている。

【 0 0 5 0 】

40

また、この期間 $\phi 3$ では、つまり上記各搬送波 $P 1$ および $P 2$ が固定電極 3 1、4 1 へ印加されているときでは、スイッチ回路 2 2 0 においてスイッチ 2 2 1 は開、スイッチ 2 2 2 は閉になっている。そのため、演算増幅器 2 1 1 の非反転入力端子へ、 $V / 2$ とは異なる $V 1$ （例えば 3 V）の電圧が印加され、可動電極 2 4 には、この電圧 $V 1$ が可動電極信号として印加されている。

【 0 0 5 1 】

そして、可動電極 2 4 に電圧 $V 1$ が印加されると、上記通常動作時における静電気力の釣り合いが崩れ、可動電極 2 4 は、固定電極 3 1、4 1 のうち可動電極 2 4 との間の電位差が大きい方の固定電極へ引き寄せられる。すなわち、図 4 に示されるように静電気力 $F x$ が発生し、可動電極 2 4 が図 1 および図 2 中の x 方向に変位する。図 4 に示す例では、

50

可動電極 2 4 と固定電極 4 1 の電位差が可動電極 2 4 と固定電極 3 1 の電位差より大きい
ため、固定電極 4 1 の方へ引き寄せられるように梁部 2 2 がたわみ、それと一体的に可動
電極 2 4 が固定電極 4 1 側に変位する。

【 0 0 5 2 】

また、上記のように、支持基板 1 1 は $V / 2$ の電圧が印加されている状態となっている
ため、可動電極 2 4 に電圧 V が印加されると、可動電極 2 4 と支持基板 1 1 との間に静
電気力（図 4 中静電気力 F_z ）が発生し、可動電極 2 4 は支持基板 1 1 側へ引き寄せられ
る。すなわち、可動電極 2 4 が支持基板 1 1（半導体基板 1 0）の面方向と垂直方向、つ
まり図 1 および図 2 中の z 方向に変位する。つまり、本実施形態では、支持基板 1 1 が本
発明の第 2 固定部に相当しており、支持基板 1 1 と可動部 2 0 とによって第 2 容量部 1 7
が構成されている。

10

【 0 0 5 3 】

このように、期間 $\phi 3$ は、可動電極 2 4 を変位させる期間である。なお、期間 $\phi 3$ にお
いては、 $C - V$ 変換回路 2 1 0 のスイッチ 2 1 3 は閉であるため、コンデンサ 2 1 2 がリ
セット状態にある。

【 0 0 5 4 】

次に、期間 $\phi 4$ （例えば $10 \mu s$ ）は、上記期間 $\phi 1$ と同様の信号波形を、可動電極 2
4 と固定電極 3 1、4 1 との間に印加することにより、直前の期間 $\phi 3$ にて変位させた可
動電極 2 4 と固定電極 3 1、4 1 との間の容量、つまり第 1 容量部 1 6 a、1 6 b の容量
を検出する期間である。すなわち、 $C - V$ 変換回路 2 1 0 のスイッチ 2 1 3 を所定期間（
期間 $\phi 2$ ）後に開から閉としてコンデンサ 2 1 2 を加速度検出可能な状態と同じにする。
また、上記通常動作時と同様の搬送波 $P 1$ および $P 2$ を印加する。そして、スイッチ回路
2 2 0 においてスイッチ 2 2 1 を閉、スイッチ 2 2 2 を開として可動電極 2 4 に $V / 2$ （
例えば $2.5 V$ ）の一定電圧を可動電極信号として印加する。

20

【 0 0 5 5 】

すると、この期間 $\phi 4$ にて、例えば、固定電極 3 1 の方へ引き寄せられていると共に支
持基板 1 1 の方へ引き寄せられていた可動電極 2 4 が元の位置に戻ろうとするため、この
容量変化に応じて $C - V$ 変換回路 2 1 0 のコンデンサ 2 1 2 に電荷が発生し、期間 $\phi 3$ に
て変位させた可動電極 2 4 と固定電極 3 1、4 1 の容量変化を検出することができる。こ
のように、期間（ $\phi 3 + \phi 4$ ）を 1 周期とした自己診断信号（上記搬送波、可動電極信号
、周辺固定部信号）を可動電極 2 4 と固定電極 3 1、4 1 との間に印加することにより、
自己診断が可能となっている。

30

【 0 0 5 6 】

なお、上記のように、支持基板 1 1 は通常動作時および自己診断時において $V / 2$ の電
圧が印加されている状態となっているが、通常動作時では可動電極 2 4 にも $V / 2$ の電圧
が印加されており、支持基板 1 1 と可動電極 2 4 とが同電位となるため、支持基板 1 1 と
可動電極 2 4 との間に静電気力は発生していない。

【 0 0 5 7 】

また、本実施形態では、期間 $\phi 3$ に可動電極 2 4 と固定電極 3 1、4 1 との間（第 1 容
量部 1 6 a、1 6 b）に印加される信号が本発明の第 1 変位信号に相当しており、期間 ϕ
3 に可動電極 2 4 と支持基板 1 1（周辺固定部 5 0）との間（第 2 容量部 1 7）に印加さ
れる信号が本発明の第 2 変位信号に相当している。なお、上記のように、第 1、第 2 変位
信号における可動電極 2 4 に印加される信号（可動電極信号）は同一の信号である。そし
て、期間 $\phi 4$ に可動電極 2 4 と固定電極 3 1、4 1 との間（第 1 容量部 1 6 a、1 6 b）
に印加される信号が本発明の検出信号に相当している。

40

【 0 0 5 8 】

また、本実施形態では、効率的な自己診断を可能とするために、自己診断時において、
可動電極 2 4 には、 n を自然数とすると、 z 方向の共振周波数の n 倍、または $(1 / n)$
倍の周波数を有する信号を回路手段 2 0 0 から印加するようにしている。これによって、
自己診断時に可動電極 2 4 を z 方向に大きく変位させることができる。また、より好まし

50

くは、可動電極 24 には、x 方向の共振周波数の n 倍、または $(1/n)$ 倍の周波数を有する信号を回路手段 200 から印加されるようにするのがよい。これによって、自己診断時に可動電極 24 を x 方向に大きく変位させることができる。

【0059】

以上のように、本実施形態によれば、自己診断時には、自己診断信号が周期的に可動電極 24 と固定電極 31、41 との間（第 1 容量部 16a、16b）に印加されると共に、可動電極 24 と周辺固定部 50（支持基板 11）との間（第 2 容量部 17）に印加される。そして、可動電極 24 と固定電極 31、41 との間に静電気力を発生させて可動電極 24 を x 方向に変位させると共に、可動電極 24 と支持基板 11 との間に静電気力を発生させて可動電極 24 を z 方向に変位させている。

10

【0060】

このため、自己診断時では、可動電極 24 と固定電極 31、41 との間の容量（第 1 容量部 16a、16b の容量）は、可動電極 24 が x 方向に変位して間隔が変化することに伴って変化すると共に可動電極 24 が z 方向に変位して対向面積が変化することに伴って変化する。このため、従来の容量式物理量検出装置と比較して、自己診断時における容量の変化を大きくすることができる。したがって、大きな加速度を検出する加速度センサにおいても、自己診断の感度を確保することができ、適切な自己診断を行うことができる。

【0061】

（第 2 実施形態）

本発明の第 2 実施形態について説明する。本実施形態では、第 1 実施形態に対して、可動電極 24 および固定電極 31、41 を覆う蓋部を半導体層 13 に接合し、蓋部に自己診断用電極を備えたものであり、その他に関しては第 1 実施形態と同様であるため、ここでは説明を省略する。

20

【0062】

図 5 に示されるように、本実施形態の加速度センサ 100 は、半導体層 13 に可動電極 24 および固定電極 31、41 を覆うように蓋部 80 が接合されている。具体的には、蓋部 80 は、各パッド 25a、32a、42a、50a を露出させるように半導体層 13 に接合されている。

【0063】

また、蓋部 80 は、半導体層 13 と対向する一面のうち、可動部 20 と対向する部分に凹部 81 が形成されている。そして、凹部 81 の底面には、自己診断用電極 90 が備えられている。この自己診断用電極 90 は、蓋部 80 に形成されたスルーホール等を介して回路手段 200 と電氣的に接続されており、回路手段 200 から所定の信号が印加されるようになっている。

30

【0064】

次に、本実施形態の自己診断時の作動について説明する。図 6 は、本実施形態における容量式物理量検出装置のタイミングチャートである。

【0065】

図 6 に示されるように、自己診断信号印加手段としての上記制御回路により、期間 $\phi 3$ では、一定振幅 V （図示例では振幅 $0 \sim 5V$ ）の矩形波信号である搬送波 P1 および P2 が入力されており、可動電極 24 には、電圧 $V1$ （例えば、 $3V$ ）が可動電極信号として印加されている。

40

【0066】

また、周辺固定部 50（支持基板 11）には、上記第 1 実施形態と同様に、自己診断信号印加手段としての制御回路から電圧 $V/2$ （例えば、 $2.5V$ ）が印加されている。そして、自己診断用電極 90 には、自己診断信号印加手段としての制御回路から可動電極 24 に印加される電圧 $V1$ と同じ電圧 $V1$ が印加されている。すなわち、期間 $\phi 3$ では、可動電極 24 は、固定電極 41 側に引き寄せられていると共に支持基板 11 側に引き寄せられている。

【0067】

50

そして、期間 $\phi 4$ では、上記期間 $\phi 1$ と同様の信号波形を、可動電極 24 と固定電極 31、41 との間に印加することにより、直前の期間 $\phi 3$ にて変位させた第 1 容量部 16a、16b の容量を検出する。

【0068】

その後、期間 $\phi 5$ では、周辺固定部 50（支持基板 11）には、自己診断信号印加手段としての制御回路から可動電極 24 に印加する電圧 $V1$ （例えば、3V）と同じ電圧 $V1$ が印加される。すなわち、可動電極 24 と支持基板 11 との間に静電気力が発生しないようにしている。そして、自己診断用電極 90 には、自己診断信号印加手段としての制御回路から可動電極 24 に印加する電圧 $V1$ と異なる電圧 $V/2$ （例えば、2.5V）が印加される。すなわち、期間 $\phi 5$ では、可動電極 24 は、固定電極 41 側へ引き寄せられていると共に自己診断用電極 90 側に引き寄せられている。つまり、可動電極 24 は、期間 $\phi 5$ では、 z 方向において、期間 $\phi 3$ と反対側に変位する。

【0069】

続いて、期間 $\phi 6$ では、期間 $\phi 4$ と同様に、第 1 容量部 16a、16b の容量を検出する。

【0070】

なお、本実施形態では、支持基板 11 および自己診断用電極 90 が本発明の第 2 固定部に相当しており、支持基板 11 と可動部 20 とによって第 2 容量部 17 が構成されていると共に自己診断用電極 90 と可動部 20 とによって第 2 容量部 17 が構成されている。

【0071】

また、期間 $\phi 3$ 、期間 $\phi 5$ に可動電極 24 と固定電極 31、41 との間（第 1 容量部 16a、16b）に印加される信号が本発明の第 1 変位信号に相当している。そして、期間 $\phi 3$ に可動電極 24 と支持基板 11（周辺固定部 50）との間（第 2 容量部 17）に印加される信号が本発明の第 2 変位信号に相当しており、期間 $\phi 5$ に可動電極 24 と自己診断用電極 90 との間（第 2 容量部 17）に印加される信号が本発明の第 2 変位信号に相当している。なお、上記のように、第 1、第 2 変位信号における可動電極 24 に印加される信号（可動電極信号）は同一の信号である。また、期間 $\phi 4$ 、期間 $\phi 6$ に可動電極 24 と固定電極 31、41 との間（第 1 容量部 16a、16b）に印加される信号が本発明の検出信号に相当している。

【0072】

このような加速度センサ 100 では、自己診断時には、可動電極 24 は、支持基板 11 側および自己診断用電極 90 側に交互に引き寄せられることになる。このため、例えば、可動電極 24 が支持基板 11 側に引き寄せられたときの容量と可動電極 24 が自己診断用電極 90 側に引き寄せられたときの容量とを比較することによって、可動電極 24 上、または可動電極 24 と支持基板 11 との間にゴミ等の異物が付着しているか否かを容易に判定することができる。

【0073】

（他の実施形態）

上記第 1 実施形態では、自己診断時において、周辺固定部 50（支持基板 11）に $V/2$ の電圧を印加するものを説明したが、周辺固定部 50（支持基板 11）に印加する電圧は可動電極 24 に印加する電圧と異なる電圧であればよい。すなわち、自己診断時において、周辺固定部 50（支持基板 11）に V （例えば、5V）の電圧を印加したり、周辺固定部 50 をグランドに接続したりすることによって可動電極 24 との間の電位差を大きくすることにより、 z 方向の変位を大きくすることができる。

【0074】

同様に、第 2 実施形態においても、周辺固定部 50（支持基板 11）に印加する電圧や自己診断用電極 90 に印加する電圧は適宜変更可能である。

【0075】

また、上記各実施形態では、通常動作時と自己診断時とで、可動電極 24 に印加する電圧を変えて可動電極 24 を変位させているが、固定電極 31、41 に印加する搬送波 $P1$

10

20

30

40

50

、P 2 において電圧を変えることにより、可動電極 2 4 を x 方向に変位させるようにしてもよい。この場合、上記第 1 実施形態では、周辺固定部 5 0 に印加する電圧を変えて可動電極 2 4 を z 方向に変位させることができる。また、上記第 2 実施形態では、周辺固定部 5 0 (支持基板 1 1) や自己診断用電極 9 0 に印加する電圧を変えて可動電極 2 4 を z 方向に変位させることができる。

【 0 0 7 6 】

さらに、上記各実施形態では、自己診断時において、可動電極 2 4 を x 方向および z 方向に変位させるものについて説明したが、可動電極 2 4 を x 方向および y 方向に変位させるようにしてもよい。この場合は、例えば、図 1 において、固定電極 3 1、4 1 を 3 個ずつとし、固定電極 3 1、4 1 と対向配置されない可動電極 2 4 に対して、埋込絶縁膜 1 2 における開口部 1 5 の開口縁部における対向辺部のうち、アンカー部 2 3 a、2 3 b が支持されていないもう 1 組の対向辺部に自己診断用電極を配置する。そして、自己診断時において、当該自己診断用電極と可動電極 2 4 との間に静電気力を発生させて可動電極 2 4 を y 方向に変位させるようにしてもよい。

10

【 0 0 7 7 】

また、上記第 2 実施形態では、各パッド 2 5 a、3 2 a、4 2 a、5 0 a が蓋部 8 0 から露出しているものを説明したが、各パッド 2 5 a、3 2 a、4 2 a、5 0 a は周辺固定部 5 0 と共に蓋部 8 0 と接合されていてもよい。この場合は、蓋部 8 0 にスルーホール等を形成し、当該スルーホールが各パッド 2 5 a、3 2 a、4 2 a、5 0 a と電氣的に接続されるように蓋部 8 0 を配置してスルーホールを介して各パッド 2 5 a、3 2 a、4 2 a、5 0 a と回路手段 2 0 0 とが電氣的に接続されるようにすればよい。

20

【 0 0 7 8 】

さらに、上記第 2 実施形態では、自己診断時には、可動電極 2 4 と自己診断用電極 9 0 との間にのみ静電気力を発生させるようにし、可動電極 2 4 と支持基板 1 1 との間に静電気力を発生させないようにしてもよい。

【 0 0 7 9 】

さらに、本発明の梁部 2 2 は上記のような枠形状でなくてもよく、バネ機能を有するものであれば、どのような形状でも良い。また、本発明は上記加速度センサ 1 0 0 に適用するものに限らず、圧力センサ、角速度センサ等の静電容量式の物理量検出装置にも同様に適用することができる。

30

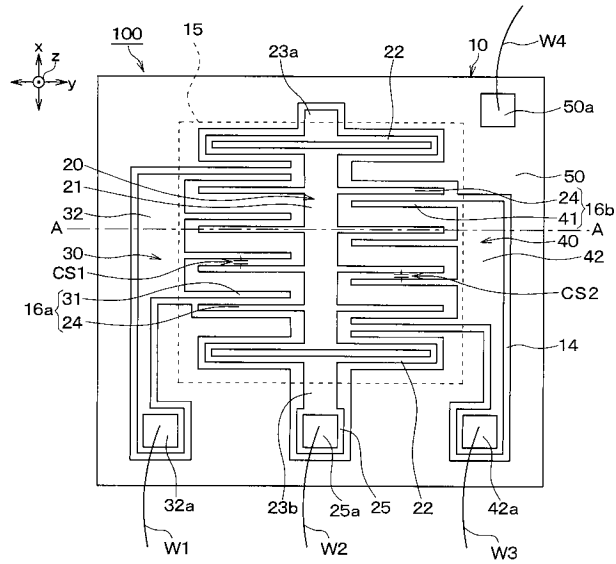
【 符号の説明 】

【 0 0 8 0 】

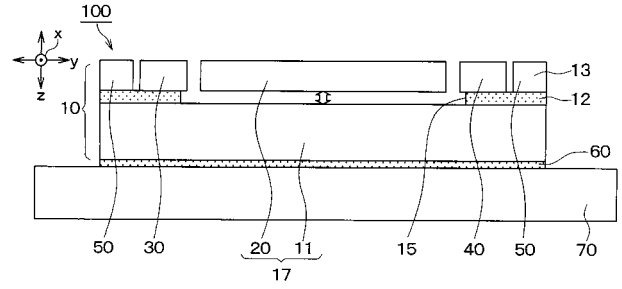
1 0	半 導 体 基 板
2 0	可 動 部
2 2	梁 部
2 4	可 動 電 極
3 0、4 0	固 定 部
3 1、4 1	固 定 電 極
5 0	周 辺 固 定 部
2 1 0	C - V 変 換 回 路
2 2 0	ス イ ッ チ 回 路

40

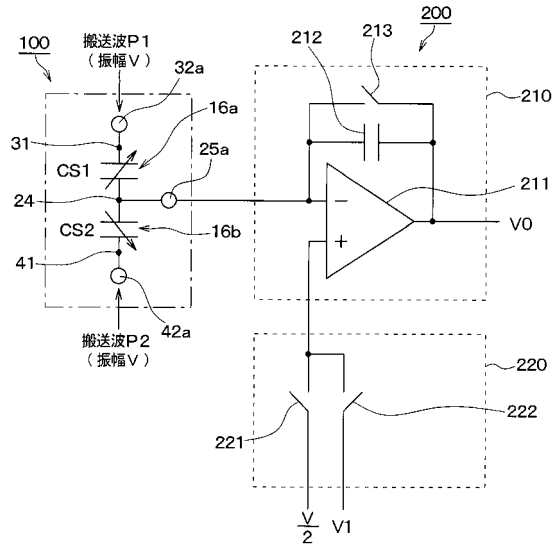
【図 1】



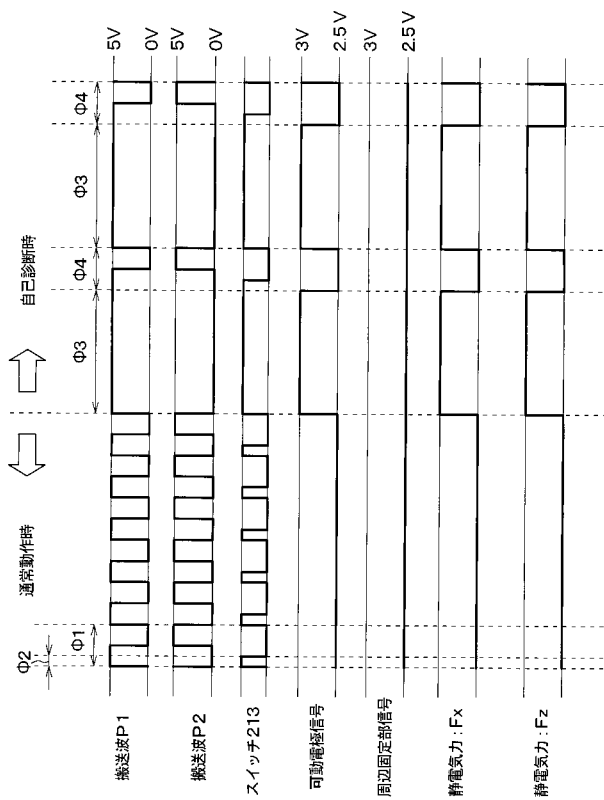
【図 2】



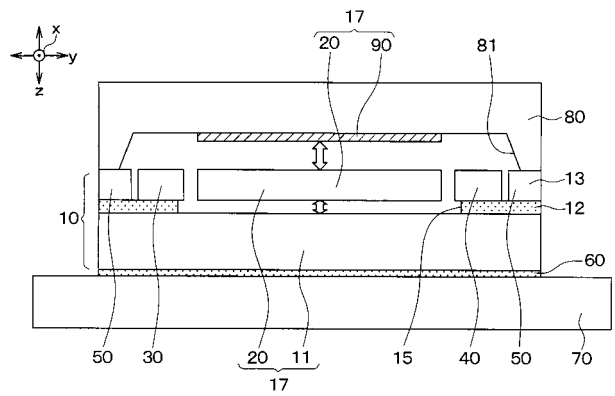
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

