

(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2008-256669

(P2008-256669A)

(43) 公開日 平成20年10月23日(2008.10.23)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO1C 19/56 (2006.01)	GO1C 19/56	2F105
GO1P 9/04 (2006.01)	GO1P 9/04	

審査請求 未請求 請求項の数 24 O L (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2007-278229 (P2007-278229)	(71) 出願人	000002185 ソニー株式会社 東京都港区港南1丁目7番1号
(22) 出願日	平成19年10月25日(2007.10.25)	(74) 代理人	100104215 弁理士 大森 純一
(31) 優先権主張番号	特願2006-293589 (P2006-293589)	(74) 代理人	100117330 弁理士 折居 章
(32) 優先日	平成18年10月30日(2006.10.30)	(72) 発明者	本多 順一 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	稲熊 輝往 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2007-67638 (P2007-67638)		
(32) 優先日	平成19年3月15日(2007.3.15)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

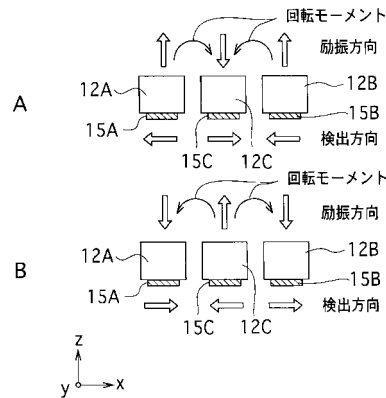
(54) 【発明の名称】 角速度センサ及び電子機器

(57) 【要約】

【課題】 アーム部を支持する基部への振動もれを抑制でき、ノイズに対して強い三音叉型の角速度センサ及び電子機器を提供する。

【解決手段】 本発明の角速度センサにおいては、3本のアーム部12A~12Cのうち2本の外側アーム部12A, 12Bは同相で励振し、中央アーム部12Cは外側アーム部の振動の反作用によって外側アーム部と逆相で励振する。そして、各アーム部を圧電機能層15A~15Cの形成面と垂直な方向に励振し、アーム部の上記圧電機能層の形成面と平行な方向の振動に基づいて角速度を検出する。これにより、アーム部間に生じる回転モーメントが相互に打ち消され、基部へ伝達される振動を低減することができる。また、圧電機能層の形成面に対して垂直方向にアーム部を励振することにより、安定した励振状態を維持でき、外乱に強い角速度センサを構成することができる。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基部と、
前記基部から一体的にほぼ同一方向へ延出された 3 本のアーム部と、
前記各アーム部の一表面に形成された圧電膜と、
前記 3 本のアーム部のうち少なくとも外側に位置する 2 本のアーム部の前記圧電膜上に形成された励振用の駆動電極と、
前記 3 本のアーム部のうち少なくとも中央に位置するアーム部の前記圧電膜上に形成された角速度検出用の検出電極とを備え、
前記 3 本のアーム部のうち外側に位置する 2 本のアーム部は同相で励振され、中央に位置するアーム部は前記外側に位置する 2 本のアーム部と逆相で励振されるとともに、
前記駆動電極は、前記アーム部を前記圧電膜の形成面と垂直な第 1 の方向に励振し、
前記検出電極は、前記アーム部の前記圧電膜の形成面と平行な第 2 の方向への振動を検出することを特徴とする角速度センサ。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の角速度センサであって、
前記 3 本のアーム部のうち中央に位置するアーム部には、振動錘部が設けられていることを特徴とする角速度センサ。

20

【請求項 3】

請求項 1 に記載の角速度センサであって、
前記 3 本のアーム部のうち中央に位置するアーム部の形成幅は、外側に位置する 2 本のアーム部の形成幅よりも大きく形成されていることを特徴とする角速度センサ。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の角速度センサであって、
前記 3 本のアーム部の前記第 1 の方向における共振周波数は、それぞれ一致するように設定されているとともに、
前記 3 本のアーム部の前記第 2 の方向における共振周波数は、中央に位置するアーム部のみが前記第 1 の方向における共振周波数付近に設定されていることを特徴とする角速度センサ。

30

【請求項 5】

請求項 1 に記載の角速度センサであって、
前記 3 本のアーム部のうち中央に位置するアーム部の前記圧電膜上には、当該アーム部の振動特性を検出する参照電極が形成されていることを特徴とする角速度センサ。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の角速度センサであって、
前記検出電極は、前記 3 本のアーム部のうち中央に位置するアーム部の前記圧電膜上に当該アーム部の軸心に関して対称な位置に一对形成されており、
一方側の検出電極は、前記基部を介して当該アーム部から前記一方側に位置する外側のアーム部にわたって連続的に形成されているとともに、
他方側の検出電極は、前記基部を介して当該アーム部から前記他方側に位置する外側のアーム部にわたって連続的に形成されていることを特徴とする角速度センサ。

40

【請求項 7】

請求項 1 に記載の角速度センサであって、
前記基部には、前記各アーム部に対する信号入出力用の複数の外部接続端子が設けられており、
前記各外部接続端子は、前記基部の一表面上であって、前記 3 本のアーム部の間の振動

50

が最小の位置に形成されている
ことを特徴とする角速度センサ。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の角速度センサであって、
前記各外部接続端子は、前記各アーム部の軸心の延長線上からずれた位置に形成されて
いる

ことを特徴とする角速度センサ。

【請求項 9】

請求項 7 に記載の角速度センサであって、
前記基部には、前記各アーム部の根元部位と前記外部接続端子の形成領域との間に、前
記基部の形成幅より小さい幅を有する緩衝部が設けられている

ことを特徴とする角速度センサ。

【請求項 10】

第 1 の駆動電極を有し、圧電駆動により第 1 の方向に励振する第 1 のアーム部と、
第 2 の駆動電極を有し、前記第 1 のアーム部の長さ方向に延びるように設けられ、圧電
駆動により前記第 1 のアーム部と同位相で前記第 1 の方向に励振する第 2 のアーム部と、
前記第 1 の方向及び前記長さ方向に直交する第 2 の方向に働くコリオリ力を検出する検
出電極を有し、前記第 1 のアーム部及び前記第 2 のアーム部との間で前記長さ方向に延び
るように設けられ、前記第 1 及び第 2 のアーム部の励振の反作用により前記第 1 及び第 2
のアーム部の振動とは逆位相で励振する第 3 のアーム部と、

前記第 1、第 2 及び第 3 のアーム部を支持する基部と
を具備することを特徴とする角速度センサ。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の角速度センサであって、
前記第 3 のアーム部は、振動錘部を有することを特徴とする角速度センサ。

【請求項 12】

請求項 10 に記載の角速度センサであって、
前記第 1 及び第 2 のアーム部は、前記第 2 の方向に第 1 の幅で形成され、
前記第 3 のアーム部は、前記第 2 の方向に前記第 1 の幅より大きい第 2 の幅で形成され
ている

ことを特徴とする角速度センサ。

【請求項 13】

請求項 10 に記載の角速度センサであって、
前記第 1、第 2 及び第 3 のアーム部は、前記第 1 の方向で一致する共振周波数を有し、
前記第 3 のアーム部は、前記第 2 の方向で前記第 1 の方向での共振周波数とは異なる共
振周波数を有することを特徴とする角速度センサ。

【請求項 14】

請求項 10 に記載の角速度センサであって、
前記第 3 のアーム部は、該第 3 のアーム部の振動特性を検出する参照電極を有すること
を特徴とする角速度センサ。

【請求項 15】

請求項 10 に記載の角速度センサであって、
前記第 3 のアーム部は、前記検出電極として、
第 1 の検出電極と、
該第 3 のアーム部の前記第 1 の方向の軸心に関して、前記第 1 の検出電極と対称な位置
に配置された第 2 の電極とを有し、
前記第 1 のアーム部は、該第 1 のアーム部に働くコリオリ力を検出する第 3 の検出電極
を有し、
前記第 2 のアーム部は、該第 2 のアーム部に働くコリオリ力を検出する第 4 の検出電極
を有し、

10

20

30

40

50

前記基部は、

前記第 1 の検出電極と前記 3 の検出電極を接続する第 1 の中継電極と、
前記第 2 の検出電極と前記 4 の検出電極を接続する第 2 の中継電極と
を有することを特徴とする角速度センサ。

【請求項 16】

請求項 10 に記載の角速度センサであって、

前記第 1、第 2 及び第 3 のアーム部から伝達される振動が最小となる前記基部上の位置にそれぞれ配置され、前記第 1 の駆動電極、前記第 2 の駆動電極及び前記検出電極をそれぞれ外部接続するための複数の外部接続端子をさらに具備することを特徴とする角速度センサ。

10

【請求項 17】

請求項 16 に記載の角速度センサであって、

前記複数の外部接続端子は、前記第 1、第 2 及び第 3 のアーム部の、前記第 1 の方向における軸心のそれぞれの延長線上からずれた位置に配置されていることを特徴とする角速度センサ。

【請求項 18】

請求項 10 に記載の角速度センサであって、

前記基部は、

前記第 1、第 2 及び第 3 のアーム部を支持する支持部と、

前記第 1 の駆動電極、前記第 2 の駆動電極及び前記検出電極を外部接続するための外部接続端子を有し、前記第 2 の方向に第 1 の幅で形成された固定部と、

20

前記支持部と前記固定部とを連結し、前記第 2 の方向に前記第 1 の幅より小さい第 2 の幅で形成された連結部と

を有することを特徴とする角速度センサ。

【請求項 19】

請求項 18 に記載の角速度センサであって、

前記第 1、第 2、第 3 のアーム部及び前記支持部でなる振動系であって前記第 1 及び第 2 のアーム部の前記第 1 の方向の第 1 の振動系の共振周波数が f_v であり、前記第 1、第 2、第 3 のアーム部、前記支持部及び前記連結部でなる振動系であって前記第 1 の方向の第 2 の振動系の共振周波数が f_0 である場合、 $0.25 < (f_0 / f_v) < 1/2$ であることを特徴とする角速度センサ。

30

【請求項 20】

請求項 10 に記載の角速度センサであって、

前記第 1 及び前記第 2 のアーム部は、第 1 の共振周波数で励振し、

前記第 3 のアーム部は、前記第 1 の共振周波数より $1 \text{ kHz} \sim 2 \text{ kHz}$ 低い第 2 の共振周波数の振動系を有することを特徴とする角速度センサ。

【請求項 21】

第 1 の駆動電極を有し、圧電駆動により第 1 の方向に励振する第 1 のアーム部と、

第 2 の駆動電極を有し、前記第 1 のアーム部の長さ方向に延びるように設けられ、圧電駆動により前記第 1 のアーム部と同位相で前記第 1 の方向に励振する第 2 のアーム部と、

40

第 3 の駆動電極と、前記第 1 の方向及び前記長さ方向に直交する第 2 の方向に働くコリオリ力を検出する検出電極を有し、前記第 1 のアーム部及び前記第 2 のアーム部との間で前記長さ方向に延びるように設けられ、圧電駆動により前記第 1 及び第 2 のアーム部の振動とは逆位相で励振する第 3 のアーム部と、

前記第 1、第 2 及び第 3 のアーム部を支持する基部と

を具備することを特徴とする角速度センサ。

【請求項 22】

請求項 21 に記載の角速度センサであって、

前記第 3 のアーム部は、前記検出電極として、

第 1 の検出電極と、

50

該第 3 のアーム部の前記第 1 の方向の軸心に関して、前記第 1 の検出電極と対称な位置に配置された第 2 の電極とを有し、

前記第 1 のアーム部は、該第 1 のアーム部に働くコリオリ力を検出する第 3 の検出電極を有し、

前記第 2 のアーム部は、該第 2 のアーム部に働くコリオリ力を検出する第 4 の検出電極を有し、

該角速度センサは、前記第 1 の検出電極からの出力信号と前記第 3 の検出電極からの出力信号との第 1 の和信号と、前記第 2 の検出電極からの出力信号と前記第 4 の検出電極からの出力信号との第 2 の和信号とをそれぞれ算出し、前記第 1 の和信号と前記第 2 の和信号の差分信号を角速度信号として検出する制御部を更に具備することを特徴とする角速度センサ。

10

【請求項 2 3】

本体と、

第 1 の駆動電極を有し、圧電駆動により第 1 の方向に励振する第 1 のアーム部と、第 2 の駆動電極を有し、前記第 1 のアーム部の長さ方向に延びるように設けられ、圧電駆動により前記第 1 のアーム部と同位相で前記第 1 の方向に励振する第 2 のアーム部と、前記第 1 の方向及び前記長さ方向に直交する第 2 の方向に働くコリオリ力を検出する検出電極を有し、前記第 1 のアーム部及び前記第 2 のアーム部との間で前記長さ方向に延びるように設けられ、前記第 1 及び第 2 のアーム部の励振の反作用により前記第 1 及び第 2 のアーム部の振動とは逆位相で振動する第 3 のアーム部と、前記第 1、第 2 及び第 3 のアーム部を支持する基部とを含み、前記本体内に配置された角速度センサと

20

を具備することを特徴とする電子機器。

【請求項 2 4】

本体と、

第 1 の駆動電極を有し、圧電駆動により第 1 の方向に励振する第 1 のアーム部と、第 2 の駆動電極を有し、前記第 1 のアーム部の長さ方向に延びるように設けられ、圧電駆動により前記第 1 のアーム部と同位相で前記第 1 の方向に励振する第 2 のアーム部と、第 3 の駆動電極と、前記第 1 の方向及び前記長さ方向に直交する第 2 の方向に働くコリオリ力を検出する検出電極を有し、前記第 1 のアーム部及び前記第 2 のアーム部との間で前記長さ方向に延びるように設けられ、圧電駆動により前記第 1 及び第 2 のアーム部の振動とは逆位相で励振する第 3 のアーム部と、前記第 1、第 2 及び第 3 のアーム部を支持する基部とを含み、前記本体内に配置された角速度センサと

30

を具備することを特徴とする電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば、ビデオカメラの手振れ検知やバーチャルリアリティ装置における動作検知、カーナビゲーションシステムにおける方向検知などに用いられる角速度センサに関し、更に詳しくは、振動子アームを 3 本備えた三音叉型の角速度センサに関する。

【背景技術】

40

【0002】

従来より、民生用の角速度センサとしては、振動子を所定の共振周波数で振動させておき、角速度の影響によって生じるコリオリ力を圧電素子などで検出することによって角速度を検出する、いわゆる振動型のジャイロセンサが広く用いられている。振動型ジャイロセンサは、単純な機構、短い起動時間、安価に製造可能といった利点を有しており、例えば、ビデオカメラ、バーチャルリアリティ装置、カーナビゲーションシステムなどの電子機器に搭載され、それぞれ手振れ検知、動作検知、方向検知などをする際のセンサとして活用されている。

【0003】

振動型ジャイロセンサは、搭載される電子機器の小型化、高性能化に伴い、小型化、高

50

性能化が要求されている。例えば、電子機器の多機能化のため、他の用途に用いられる各種センサと組み合わせて同一集合基板上に搭載し、小型化を図るといった要請がある。この小型化を行う上で、シリコン(Si)などの単結晶基板と、半導体製造分野で用いられている薄膜形成プロセスとフォトリソグラフィ技術を用いて構造体を形成する、MEMSと呼ばれる加工技術を用いることが一般的となってきた(例えば特許文献1参照)。

【0004】

下記特許文献1には、振動子を構成する単一のアーム部の一表面に、圧電膜を介して励振用の駆動電極と角速度検出用の検出電極がそれぞれ形成された片持ち梁型の角速度センサが開示されている。この角速度センサは、圧電膜の形成面に垂直な方向にアーム部を励振させ、圧電膜の形成面と平行な方向の振動成分を角速度の検出方向としたものである。

10

【0005】

また、下記特許文献2には、振動子を構成する2本のアーム部の各々の一表面に、圧電膜を介して励振用の駆動電極と角速度検出用の検出電極がそれぞれ形成された音叉型の角速度センサが開示されている。この角速度センサは、圧電膜の形成面に水平な方向にアーム部を励振させ、圧電膜の形成面と垂直な方向への振動を角速度検出方向としている。なお、下記特許文献3には、振動子を構成する3本の断面三角形のアーム部を備えた三音叉型の角速度センサが開示されており、これらアーム部の配列方向を励振方向とし、これとは直交する方向の振動を角速度検出方向とする構成である。

【特許文献1】特開2005-241382号公報

【特許文献2】特開2006-17569号公報

20

【特許文献3】特開2001-124561号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上記特許文献1に記載の片持ち梁構造の角速度センサにおいては、アーム部の励振時に当該アーム部の根元部位に回転モーメントが発生し、これが原因で生じる振動がアーム部を支持する基部に伝達することで、角速度検出特性を劣化させるという問題がある。

【0007】

また、上記特許文献2,3に記載の音叉型の角速度センサにおいては、基本モードとなる各アーム部の励振状態が圧電膜の形成面に沿った方向で振動励起される構成であるため、圧電膜による振動励起の剛心が振動子の重心からずれた位置となる。従って、外乱信号の重畳により駆動周波数にずれが生じた場合、共振状態の振動子の振動面がずれ易くなる。その結果、角速度が生じていない状態でも検出出力が変動することになり、ノイズが著しく増加するおそれがある。

30

【0008】

本発明は上述の問題に鑑みてなされ、アーム部を支持する基部への振動もれを抑制でき、ノイズに対して強い角速度センサ及びこれを搭載した電子機器を提供することを課題とする。

【0009】

更に本発明は、衝撃などの加速度成分を起因とするノイズの発生を回避することが可能な角速度センサ及び電子機器を提供することを課題とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0010】

以上の課題を解決するに当たり、本発明の角速度センサは、基部と、上記基部から一体的にほぼ同一方向へ延出された3本のアーム部と、上記各アーム部の一表面に形成された圧電膜と、上記3本のアーム部のうち少なくとも外側に位置する2本のアーム部の上記圧電膜上に形成された励振用の駆動電極と、上記3本のアーム部のうち少なくとも中央に位置するアーム部の上記圧電膜上に形成された角速度検出用の検出電極とを備え、

上記3本のアーム部のうち外側に位置する2本のアーム部は同相で励振され、中央に位

50

置するアーム部は上記外側に位置する２本のアーム部と逆相で励振されるとともに、

上記駆動電極は、上記アーム部を上記圧電膜の形成面と垂直な第１の方向に励振し、上記検出電極は、上記アーム部の上記圧電膜の形成面と平行な第２の方向への振動を検出する。

【００１１】

上記３本のアーム部は、音叉型の振動子を構成する。これら３本のアーム部のうち外側に位置する２本のアーム部は、駆動電極に駆動周波数の交流信号が印加されるときに発生する圧電膜の逆圧電効果により基本モードとなる振動が励起される。また、３本のアーム部のうち中央に位置するアーム部に形成された検出電極は、角速度が生じたときに発生する振動面に垂直な方向の振動成分を圧電膜の圧電効果により検出し、これを角速度信号として出力する。

10

【００１２】

そこで、本発明においては、外側に位置する２本のアーム部がともに同相で励振され、中央に位置するアーム部が上記２本のアーム部と逆相で励振される。この構成により、各アーム部間において振動による回転モーメントが発生する。外側に位置する一方のアーム部と中央のアーム部との間に発生する回転モーメントと、外側に位置する他方のアーム部と中央のアーム部との間に発生する回転モーメントとは、互いに逆方向となる。結果的に基部に伝達される振動を大幅に低減することが可能となる。

【００１３】

このとき、中央に位置するアーム部の形成幅を、外側に位置する２本のアーム部の形成幅よりも大きく形成することで、外側のアーム部の振動により発生する回転モーメントを、中央のアーム部の振動により発生する回転モーメントで完全に打ち消すことが可能となる。なお、中央に位置するアーム部に振動錘部を設けることによっても同様な効果を得ることができる。

20

【００１４】

また、本発明においては、アーム部を圧電膜の形成面と垂直な第１の方向に励振し、アーム部の圧電膜の形成面と平行な第２の方向への振動を角速度信号の検出方向としているので、圧電膜による振動励起の剛心をアーム部の重心と一致させ、アーム部の励振方向が検出方向よりも安定した振動モードを実現し、外乱による駆動周波数の変動に対して振動モードが励振方向から検出方向へ遷移しにくくなる。これにより、外乱に強い角速度センサを構成でき、高精度な出力特性を安定して得ることができるようになる。

30

【００１５】

このとき、３本のアーム部の上記第１の方向における共振周波数がそれぞれ一致するように設定するとともに、３本のアーム部の上記第２の方向における共振周波数については、中央に位置するアーム部のみを上記第１の方向における共振周波数付近に設定することで、当該中央に位置するアーム部上に形成された検出電極による角速度信号の検出精度を高めることができる。

【００１６】

本発明の他の観点に係る角速度センサは、第１の駆動電極を有し、圧電駆動により第１の方向に励振する第１のアーム部と、第２の駆動電極を有し、前記第１のアーム部の長さ方向に延びるように設けられ、圧電駆動により前記第１のアーム部と同位相で前記第１の方向に励振する第２のアーム部と、前記第１の方向及び前記長さ方向に直交する第２の方向に働くコリオリ力を検出する検出電極を有し、前記第１のアーム部及び前記第２のアーム部との間で前記長さ方向に延びるように設けられ、前記第１及び第２のアーム部の励振の反作用により前記第１及び第２のアーム部の振動とは逆位相で振動する第３のアーム部と、前記第１、第２及び第３のアーム部を支持する基部とを具備する。

40

【００１７】

第１及び第２の駆動電極に駆動信号である交流信号が加えられたとき、第１及び第２のアーム部が一体となって所定の基本モードの振動数で励振する。第３のアーム部は、第１及び第２のアーム部が振動するときの反作用により振動する。第３のアーム部が振動して

50

いるときに、角速度センサに外力が加えられると、検出電極によりコリオリ力が検出され、角速度が検出される。

【0018】

本発明では、第1のアーム部及び第3のアーム部により発生する回転モーメントと、第2のアーム部及び第3のアーム部により発生する回転モーメントとは、互いに逆方向となる。したがって、第1～第3のアーム部から基部に伝達される振動（振動漏れ）を大幅に低減することができる。

【0019】

本発明において、前記基部は、前記第1、第2及び第3のアーム部を支持する支持部と、前記第1の駆動電極、前記第2の駆動電極及び前記検出電極を外部接続するための外部接続端子を有し、前記第2の方向に第1の幅で形成された固定部と、前記支持部と前記固定部とを連結し、前記第2の方向に前記第1の幅より小さい第2の幅で形成された連結部とを有する。

10

【0020】

本発明では、連結部の幅が固定部の幅より小さいことから、連結部が緩衝材となり、第1、第2及び第3のアーム部（以下、各アーム部という場合もある。）の振動が固定部に伝達しにくくなる。この場合、典型的には、各アーム部及び基部の厚さは実質的に同じである。しかし、本発明は、各アーム部及び基部の厚さが同じでなくても、連結部の体積が固定部の体積より小さく設計されていればよい趣旨である。すなわち、固定部及び緩衝部の幅は、必ずしも上記第1及び第2の幅で特定されなくてもよい。

20

【0021】

すなわち、3本のアーム部を有する音叉型の振動子である本発明に係る角速度センサは、複数の振動系を持つ。その複数の振動系のうち、振動漏れの対策として着目される振動系は2つある。その第1の振動系は、各アーム部及び支持部による振動系である。第2の振動系は、各アーム部、支持部及び連結部による振動系である。したがって、第2の振動系の共振周波数（第2の共振周波数）は、第1の振動系の共振周波数（第1の共振周波数）より小さくなる。その結果、振動漏れを抑制することができる。また、第1の共振周波数より第2の共振周波数に近い外乱による振動が角速度センサに加えられたとしても、その外乱による振動は第2の振動系に吸収されやすくなり、高精度な出力特性を安定して得ることが可能となる。

30

【0022】

本発明において、前記第1、第2、第3のアーム部及び前記支持部でなる振動系であって前記第1及び第2のアーム部の前記第1の方向の第1の振動系の共振周波数が f_v であり、前記第1、第2、第3のアーム部、前記支持部及び前記連結部でなる振動系であって前記第1の方向の第2の振動系の共振周波数が f_0 である場合、 $0.25 < (f_0 / f_v) < 1/2$ である。 f_0 / f_v が 0.25 より低い場合、例えば第2の幅が小さく設計されたり、連結部の上記長さ方向（各アーム部の長さ方向）の長さが大きく設計されたりする必要がある。つまり、その場合、連結部が細い形状となり、各アーム部の振動による加振力や、角速度センサに加わる外部からの衝撃力によって、連結部が破断するおそれがある。一方、 f_0 / f_v が $1/2$ より高い場合、振動漏れ防止の機能が十分に発揮されなくなる。

40

【0023】

本発明において、前記第1及び前記第2のアーム部は、第1の共振周波数で励振し、前記第3のアーム部は、前記第1の共振周波数より $1\text{kHz} \sim 2\text{kHz}$ 低い第2の共振周波数の振動系を有する。第2の共振周波数が、共振周波数に近い場合、つまり、第1及び第2の共振周波数の差が、 1kHz より低い場合、その第2の共振周波数による第3のアーム部の振動がノイズとなる。その結果、検出電極による検出精度が劣化する。第1及び第2の共振周波数の差が、 2kHz より高い場合、第3のアーム部の形状またはサイズ等が、所定の適正な範囲内を逸脱する。その結果、第3のアーム部の第1及び第2の方向で共振周波数のバランスが悪化し、角速度センサの温度特性の劣化を招く。

50

【0024】

本発明の別の観点に係る角速度センサは、第1の駆動電極を有し、圧電駆動により第1の方向に励振する第1のアーム部と、第2の駆動電極を有し、前記第1のアーム部の長さ方向に延びるように設けられ、圧電駆動により前記第1のアーム部と同位相で前記第1の方向に励振する第2のアーム部と、第3の駆動電極と、前記第1の方向及び前記長さ方向に直交する第2の方向に働くコリオリ力を検出する検出電極を有し、前記第1のアーム部及び前記第2のアーム部との間で前記長さ方向に延びるように設けられ、圧電駆動により前記第1及び第2のアーム部の振動とは逆位相で励振する第3のアーム部と、前記第1、第2及び第3のアーム部を支持する基部とを具備する。

【0025】

この構成によっても、第1～第3のアーム部から基部に伝達される振動（振動漏れ）を大幅に低減することができる。

【0026】

この角速度センサにおいて、前記第3のアーム部は、前記検出電極として、第1の検出電極と、該第3のアーム部の前記第1の方向の軸心に関して、前記第1の検出電極と対称な位置に配置された第2の電極とを有し、前記第1のアーム部は、該第1のアーム部に働くコリオリ力を検出する第3の検出電極を有し、前記第2のアーム部は、該第2のアーム部に働くコリオリ力を検出する第4の検出電極を有し、該角速度センサは、前記第1の検出電極からの出力信号と前記第3の検出電極からの出力信号との第1の和信号と、前記第2の検出電極からの出力信号と前記第4の検出電極からの出力信号との第2の和信号とをそれぞれ算出し、前記第1の和信号と前記第2の和信号の差分信号を角速度信号として検出する制御部を更に具備していてもよい。

【0027】

これにより、第1の和信号と第2の和信号との差分信号を角速度信号として検出することで、当該角速度センサに衝撃等の加速度が加わった場合には、当該角速度信号が相殺されるため、加速度成分を起因とするノイズの発生を回避することができる。

【0028】

本発明に係る電子機器は、筐体と、第1の駆動電極を有し、圧電駆動により第1の方向に励振する第1のアーム部と、第2の駆動電極を有し、前記第1のアーム部の長さ方向に延びるように設けられ、圧電駆動により前記第1のアーム部と同位相で前記第1の方向に励振する第2のアーム部と、前記第1の方向及び前記長さ方向に直交する第2の方向に働くコリオリ力を検出する検出電極を有し、前記第1のアーム部及び前記第2のアーム部との間で前記長さ方向に延びるように設けられ、前記第1及び第2のアーム部の励振の反作用により前記第1及び第2のアーム部の振動とは逆位相で振動する第3のアーム部と、前記第1、第2及び第3のアーム部を支持する基部とを含み、前記筐体内に配置された角速度センサとを具備する。

【0029】

本発明の別の観点に係る電子機器は、本体と、第1の駆動電極を有し、圧電駆動により第1の方向に励振する第1のアーム部と、第2の駆動電極を有し、前記第1のアーム部の長さ方向に延びるように設けられ、圧電駆動により前記第1のアーム部と同位相で前記第1の方向に励振する第2のアーム部と、第3の駆動電極と、前記第1の方向及び前記長さ方向に直交する第2の方向に働くコリオリ力を検出する検出電極を有し、前記第1のアーム部及び前記第2のアーム部との間で前記長さ方向に延びるように設けられ、圧電駆動により前記第1及び第2のアーム部の振動とは逆位相で励振する第3のアーム部と、前記第1、第2及び第3のアーム部を支持する基部とを含み、前記本体内に配置された角速度センサとを具備する。

【発明の効果】

【0030】

以上述べたように、本発明によれば、各アーム部の振動が基部へ伝達されることを抑制して安定した角速度検出動作を実現することができるとともに、外乱に強い角速度センサ

10

20

30

40

50

を構成することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0031】

以下、本発明の各実施形態について図面を参照して説明する。なお、本発明は以下の各実施形態に限定されることはなく、本発明の技術的思想に基づいて種々の変形が可能である。

【0032】

(第1の実施形態)

図1は本発明の第1の実施形態による角速度センサ10Aの概略構成を示す底面図である。本実施形態の角速度センサ10Aは、基部11と、この基部11から一体的にほぼ同一方向(y軸方向)へ延出された断面四角形状の3本のアーム部12A(第1のアーム部)、12B(第3のアーム部)、12C(第2のアーム部)とを備えている。y軸方向が、これら3本のアーム部12A、12B、12Cの長さ方向となる。これら基部11及びアーム部12A~12Cは、シリコンウエハなどの圧電特性を有さない単結晶基板から所定形状に切り出され、一表面に、後述する圧電機能層や各種リード配線部が形成されることによって、角速度センサ10Aを構成している。なお、この角速度センサ10Aの概ねの大きさは、z軸方向の幅が約1mm、y軸方向の全長が約3mm、z軸方向の厚みが約0.3mmである。

10

【0033】

アーム部12A~12Cは、角速度センサ10Aの振動子を構成している。本実施形態において、各アーム部12A~12Cは、例えば、それぞれ同一のアーム長、形成幅、形成厚で形成されているが、勿論これに限られない。以後の説明では、これら3本のアーム部12A~12Cのうち、外側に位置する2本のアーム部12A及びアーム部12Bを外側アーム部12A、12Bとそれぞれ称し、中央に位置するアーム部12Cを中央アーム部と称することとする。

20

【0034】

図2は図1における[2]-[2]線方向断面図であり、各アーム部12A~12Cの断面形状を示している。外側アーム部12A、12Bの一表面には、圧電機能層15A、15Bがそれぞれ形成されている。圧電機能層15A、15Bは、外側アーム部12A、12B上に形成された下地電極膜17a、17bと、この下地電極膜17a、17bの上に形成された圧電膜16a、16bと、この圧電膜16a、16bの上に形成された駆動電極13a(第1の駆動電極)、13b(第2の駆動電極)によって構成されている。

30

【0035】

一方、中央アーム部12Cの一表面には、圧電機能層15Cが形成されている。圧電機能層15Cは、中央アーム部12C上に形成された下地電極膜17cと、この下地電極膜17cの上に形成された圧電膜16cと、この圧電膜16cの上に形成された参照電極13cおよび検出電極14a(第1の検出電極)、14b(第2の検出電極)によって構成されている。検出電極14a、14bは、中央アーム部12Cの軸心上に配置された参照電極13cに関して対称な位置にそれぞれ形成されている。

40

【0036】

ここで、下地電極膜17a~17cは、Si基板にスパッタ法で形成したTi(チタン)とPt(白金)の積層膜からなり、圧電機能層15A~15Cにおいて共通の電極膜としてアーム部12A~12C間に形成されている。圧電膜16a~16cは、例えばPZT(チタン酸ジルコン酸鉛)のターゲットを酸素雰囲気中でRFスパッタすることで形成される。駆動電極13a、13b、参照電極13c、検出電極14a、14bは、圧電膜16a~16cの上に形成したPt膜を、フォトリソグラフィ技術を用いて各電極形状にパターニングすることによって形成される。電極パターンの形成後、圧電膜16a~16cについても上述の電極形状に合わせてパターニングされる。

【0037】

角速度センサ10Aは、IC回路素子などの制御部31Aによって駆動制御される。各

50

アーム部 12 A ~ 12 C の下地電極膜 17 a ~ 17 c は、制御部 31 A の V r e f 端子にそれぞれ接続されている。V r e f 端子は基準電極となるグラウンド端子を構成している。外側アーム部 12 A , 12 B 上の駆動電極 13 a , 13 b は、制御部 31 A の G 0 端子にそれぞれ接続されており、自励発振回路 32 で生成された駆動信号が入力される。また、中央アーム部 12 C の振動特性を検出する参照電極 13 c は G 1 端子に接続され、検出電極 14 a , 14 b は G a , G b 端子にそれぞれ接続されている。G a , G b , G 1 端子は演算回路 33 に接続されており、演算回路 33 は、参照電極 13 c の出力を駆動用信号として自励発振回路 32 へフィードバックし、検出電極 14 a , 14 b の差分信号を角速度信号として検波回路 36 へ出力する。検波回路 36 で信号処理された検出信号は、平滑回路 37 へ供給された後、角速度信号として処理される。

10

【0038】

なお、詳述せずとも、制御部 31 A に対する角速度センサ 10 A の接続は、図示しない実装基板を介して行われる。本実施形態では、制御部 31 A を構成する IC 素子が実装された実装基板に対して、角速度センサ 10 A がフリップチップ実装される。フリップチップ実装に用いられる複数のパンプは、角速度センサ 10 A の基部 11 に形成される。基部 11 の実装面には、各アーム部 12 A ~ 12 C の圧電機能層 15 A ~ 15 C と上記複数のパンプとの間を電氣的に接続するリード配線部（図示略）が形成されている。

【0039】

図 3 A , B は、角速度センサ 10 A の動作時における各アーム部 12 A ~ 12 C の振動形態を示している。外側アーム部 12 A , 12 B 上の各々の駆動電極 13 a , 13 b には共通の駆動信号が入力される。これにより、圧電膜 16 a , 16 b の逆圧電効果により、図 3 A , B に示すように、外側アーム部 12 A , 12 B は、圧電機能層 15 A , 15 B （圧電膜 16 a , 16 b ）の膜面に対して垂直な方向（z 軸方向）に同相で励振される。

20

【0040】

中央アーム部 12 C は、外側アーム部 12 A , 12 B の振動の反作用を受けて、同じく z 軸方向に外側アーム部 12 A , 12 B とは逆相で振動する。このとき、参照電極 13 c 及び検出電極 14 a , 14 b は、圧電膜 16 c の圧電効果により、アーム部 12 C の振動特性を電氣的に検出し、参照電極 13 c を介して検出された参照信号は、制御部 31 A 内の自励発振回路 32 にフィードバックされ、検出電極 14 a , 14 b を介して検出された検出信号の差分信号は、角速度信号として処理される。角速度が印加されていない場合、検出電極 14 a , 14 b の差分信号は原理的に 0 となる。

30

【0041】

一方、この状態において、y 軸方向の周りに角速度が作用すると、各アーム部 12 A , 12 B にコリオリ力が生じて各アーム部 12 A ~ 12 C を圧電機能層 15 A ~ 15 C の形成面と平行な方向（x 軸方向）に振動する成分が生成される。この振動成分は、中央アーム部 12 C 上の圧電膜 16 c の圧電効果を利用して検出電極 14 a , 14 b により検出され、これの差分信号に基づいて角速度の大きさと方向が検出される。

【0042】

本実施形態において、各アーム部 12 A ~ 12 C の動作周波数、すなわち、基本モード時における z 軸方向の共振周波数（以下「縦共振周波数」という。） f_v がそれぞれ同一の周波数に設定されている。また、角速度の検出周波数、すなわち、各アーム部 12 A ~ 12 C の x 軸方向の共振周波数（以下「横共振周波数」という。） f_h は、中央アーム部 12 C についてのみが縦共振周波数 f_v 付近に設定されている。外側アーム部 12 A , 12 B の横共振周波数 f_h は、縦共振周波数 f_v から数百 ~ 数千 Hz 離して異なる周波数に設定されている。

40

【0043】

上述のように、本実施形態の角速度センサ 10 A においては、基本モードでの振動時、外側アーム部 12 A , 12 B が同相で励振され、中央アーム部 12 C が外側アーム部 12 A , 12 B と逆相で励振される。また、角速度検出時においても、中央アーム部 12 C の振動方向は、外側アーム部 12 A , 12 B の振動方向とは逆方向となる。従って、本実施

50

形態によれば、各アーム部 1 2 A ~ 1 2 C 間において振動による回転モーメントが発生する。一方の外側アーム部 1 2 A と中央アーム部 1 2 C との間に発生する回転モーメントと、他方の外側アーム部 1 2 B と中央アーム部 1 2 C との間に発生する回転モーメントとは、互いに逆方向となる。結果的に基部 1 1 に伝達される振動を大幅に低減することが可能となる。これにより、アーム部 1 2 A ~ 1 2 C を支持する基部 1 1 への振動漏れを抑制して、角速度検出特性の劣化を防ぐことが可能となる。

【 0 0 4 4 】

また、本実施形態の角速度センサ 1 0 A においては、駆動電極 1 3 a , 1 3 b による各アーム部 1 2 A ~ 1 2 C の励振方向を圧電機能層 1 5 A ~ 1 5 C の形成面に対して垂直な方向 (z 軸方向) に設定しているため、その検出方向 (x 軸方向) と異なり、本来的に安定した振動モードで振動させることができる。すなわち、圧電膜 1 6 a , 1 6 b による振動励起の剛心がアーム部 1 2 A , 1 2 B の重心と一致することで、圧電機能層 1 5 A , 1 5 B の形成面に対して垂直な第 1 の方向 (z 軸方向) の方が、圧電機能層 1 5 A , 1 5 B の形成面に対して平行な第 2 の方向 (x 軸方向) に比べてアーム部 1 2 A , 1 2 B の励振が容易となる。このため、外乱の重畳による駆動周波数の変動に対しても上記第 2 の方向への振動遷移を抑制でき、安定した基本モードを維持することが可能となる。これにより、外乱に対して強い角速度センサを構成することができ、高精度な出力特性を安定して得ることが可能となる。

【 0 0 4 5 】

更に、本実施形態では、中央アーム部 1 2 C についてのみその横共振周波数 f_h を縦共振周波数 f_v 付近に設定し、外側アーム部 1 2 A , 1 2 B についての横共振周波数 f_h を縦共振周波数 f_v から遠ざけて設定しているため、角速度の検出精度の向上を図ることができる。同時に、外側アーム部 1 2 A , 1 2 B の基本動作モード時における振動方向の安定化を図ることができる。

【 0 0 4 6 】

なお、外側アーム部 1 2 A , 1 2 B の横共振周波数 f_h は、その縦共振周波数 f_v と話して設計するほど振動方向のばらつきを抑えることができる。図 4 は $|f_v - f_h|$ の値を f としたときに、 f / f_v の大きさと励振時のアーム部の振動方向のばらつき (3) との関係を示している。図 4 からわかるように、 f が大きいほど、すなわち、 f_h が f_v から離れて設定されるほどアーム部の振動方向の安定化を図ることができる。特に本例では、 f / f_v が 0 . 1 のとき、振動方向のばらつきをほぼゼロに抑えることができる。

【 0 0 4 7 】

(第 2 の実施形態)

図 5 は本発明の第 2 の実施形態による角速度センサ 1 0 B の構成を示している。なお、図において上述の第 1 の実施形態と対応する部分については同一の符号を付し、その詳細な説明は省略するものとする。

【 0 0 4 8 】

本実施形態の角速度センサ 1 0 B は、中央アーム部 1 2 C の圧電機能層 1 5 B の構成において、参照電極が形成されていない点で上述の第 1 の実施形態の構成と異なっている。本実施形態では、制御部 4 1 B 内の演算回路 3 3 を加算器と差動増幅器で構成し、一对の検出電極 1 4 a , 1 4 b の和信号を上記加算器で演算して自励発振回路 3 2 へフィードバックし、一对の検出電極 1 4 a , 1 4 b の差分信号を検波回路 3 6 へ出力し、角速度信号として処理するようにしている。

【 0 0 4 9 】

以上のように構成される本実施形態の角速度センサ 1 0 B においても上述の第 1 の実施形態と同様な作用効果を得ることができる。

【 0 0 5 0 】

(第 3 の実施形態)

図 6 は本発明の第 3 の実施形態による角速度センサ 1 0 C の構成を示している。なお、

図において上述の第 1 の実施形態と対応する部分については同一の符号を付し、その詳細な説明は省略するものとする。

【0051】

本実施形態の角速度センサ 10 C は、中央アーム部 12 C 上に形成される一对の検出電極 14 a , 14 b に加えて、外側アーム部 12 A , 12 B 上にそれぞれ 1 本ずつ検出電極 14 c , 14 d を形成した点で、上述の第 1 の実施形態と異なっている。なお、中央アーム部 12 C は上述の第 2 の実施形態と同様に構成されている。

【0052】

検出電極 14 c は、一方（図 6 において左側）の外側アーム 12 A 上に形成された圧電機能層 15 A として、駆動電極 13 a の中央アーム部 12 C 寄りに形成されている。また、検出電極 14 d は、他方（図 6 において右側）の外側アーム 12 B 上に形成された圧電機能層 15 B として、駆動電極 13 b の中央アーム部 12 C 寄りに形成されている。検出電極 14 a , 14 b , 14 c , 14 d は、制御部 31 C の G a 端子、G b 端子、G c 端子、G d 端子にそれぞれ接続されている。

10

【0053】

上述のように、中央アーム部 12 C だけでなく外側アーム部 12 A , 12 B にも検出電極を設けることにより、角速度信号の検出精度を高めることが可能となる。この場合、制御部 31 C 内の演算回路 33 は、 $(G d + G c) - (G b + G a)$ なる和信号を駆動用信号として自励発振回路 32 へ出力する一方、 $(G d + G b) - (G a + G c)$ なる差分信号を角速度信号として検波回路 36 へ出力するように構成されている。ここで、G a , G b , G c , G d はそれぞれ、検出電極 14 a , 14 b , 14 c , 14 d の検出信号を表す。

20

【0054】

（第 4 の実施形態）

図 7 A は本発明の第 4 の実施形態による角速度センサ 10 D の概略構成を示している。なお、図において上述の第 1 の実施形態と対応する部分については同一の符号を付し、その詳細な説明は省略するものとする。

【0055】

本実施形態の角速度センサ 10 D は、図示しない実装基板に対してフリップチップ実装するための複数の bumps 20 a , 20 b , 20 c , 20 d を備えている。これらの bumps 20 a ~ 20 d は、基部 11 の裏面側に設けられており、図示せずともこの基部 11 の裏面側にパターン形成されたリード配線部を介して、アーム部 12 A ~ 12 C 上の対応する圧電機能層 15 A ~ 15 C に電気的に接続されている。すなわち、bumps 20 a ~ 20 d は各アーム部 12 A ~ 12 C に対する信号の入出力用の外部接続端子を構成している。なお、図 7 A に示した例では、bumps の数を 4 個としたが、bumps の形成数はこれに限定されない。

30

【0056】

特に、本実施形態の角速度センサ 10 D は、各 bumps 20 a ~ 20 d が基部 11 の裏面上において、3 本のアーム部 12 A ~ 12 C の間の振動が最小の位置に形成されている。このように各 bumps 20 a ~ 20 d の形成位置を規定することによって、動作時における実装基板への振動もれを抑制できるようになる。

40

【0057】

図 7 B は、基部 11 の幅方向の各位置とアーム部 12 A ~ 12 C からの振動のもれ量との関係を示している。図 7 B に示すように、各アーム部 12 A ~ 12 C の軸心の延長線上に対応する位置が最も振動もれ量が多い。そこで、本実施形態では、これら 3 本のアーム部 12 A ~ 12 C の軸心の延長線上に各 bumps 12 A ~ 12 C が形成されないように、すなわち、延長線上からずれた位置に形成されている。好適には、図示するように、振動もれ量の最小位置であるアーム部間の位置に bumps 20 a ~ 20 d を配置する。bumps の形成位置と実装基板へ伝播される振動もれ量との関係例を図 8 に示す。bumps 位置によって振動もれ量が大きく変化することがわかる。

50

【 0 0 5 8 】

(第 5 の 実 施 形 態)

図 9 A は本発明の第 5 の実施形態による角速度センサ 1 0 E の概略構成を示している。なお、図において上述の第 1 の実施形態と対応する部分については同一の符号を付し、その詳細な説明は省略するものとする。

【 0 0 5 9 】

本実施形態の角速度センサ 1 0 E は、中央アーム部 1 2 C に振動錘部 2 1 が設けられている点で、上述の第 1 の実施形態と異なっている。本実施形態において、振動錘部 2 1 は、中央アーム部 1 2 C の先端部に一体的に形成されているが、振動錘部 2 1 の形成位置はこれに限定されない。振動錘部 2 1 を中央アーム部 1 2 C に設けることにより、図 9 B に示すように、中央アーム部 1 2 C の振動力を外側 1 2 A , 1 2 B の振動力よりも大きくすることができる。従って、振動錘部 2 1 の設計を最適化することによって、2 本の外側アーム部 1 2 A , 1 2 B が発生させる振動を 1 本の中央アーム部 1 2 C で打ち消すことが可能となる。これにより、アーム部 1 2 A ~ 1 2 C の根元部位に伝播する振動を力のつり合いによりキャンセルでき、基部 1 1 および実装基板への振動もれを大幅に低減できるようになる。

【 0 0 6 0 】

なお、本実施形態の角速度センサ 1 0 E においては、振動錘部 2 1 を設けることにより、中央アーム部 1 2 C の共振周波数が低くなり、従って、3 本のアーム部 1 2 A ~ 1 2 C の共振周波数を合わせるためには、中央アーム部 1 2 C のアーム長は外側アーム部 1 2 A , 1 2 B のアーム長よりも短くなる。また、この例では、外側アーム部 1 2 A , 1 2 B の形成幅を大きくできるため、駆動電極 1 3 a , 1 3 b の形成幅も大きくでき、アーム部の振動振幅を大きくして角速度検出特性の向上を図ることが可能となる。

【 0 0 6 1 】

(第 6 の 実 施 形 態)

図 1 0 A は本発明の第 6 の実施形態による角速度センサ 1 0 F の概略構成図である。なお、図において上述の第 1 の実施形態と対応する部分については同一の符号を付し、その詳細な説明は省略するものとする。

【 0 0 6 2 】

本実施形態の角速度センサ 1 0 F は、中央アーム部 1 2 C の形成幅 W_2 (第 2 の幅) が外側アーム部 1 2 A , 1 2 B の形成幅 W_1 (第 1 の幅) よりも大きく形成されている点で、上述の第 1 の実施形態と異なっている。この構成により、図 1 0 B に示すように、中央アーム部 1 2 C の振動力を外側アーム部 1 2 A , 1 2 B の振動力よりも大きくすることができる。これにより、中央アーム部 1 2 C の形成幅を最適化する (例えば、 $W_2 = 2 W_1$ とする) ことによって、2 本の外側アーム部 1 2 A , 1 2 B が発生させる振動を 1 本の中央アーム部 1 2 C で打ち消すことが可能となる。これにより、アーム部 1 2 A ~ 1 2 C の根元部位に伝播する振動を力のつり合いによりキャンセルでき、基部 1 1 および実装基板への振動もれを大幅に低減できるようになる。

【 0 0 6 3 】

なお、本実施形態においては、中央アーム部 1 2 C のアーム長を外側アーム部 1 2 A , 1 2 B のアーム長と同等としているが、勿論これに限られず、例えば、中央アーム部 1 2 C のアーム長を外側アーム部 1 2 A , 1 2 b のアーム長よりも長くして、共振周波数の同調を図るようにしてもよい。

【 0 0 6 4 】

図 1 1 は、上述の第 1 の実施形態において説明した角速度センサにおいて、アーム部 (振動子) の根元部位に伝播する振動もれ量と実装基板への振動漏れ量との関係の一例を示している。アーム部の根元部位に伝播する振動もれ量が大きくなるほど実装基板への振動もれ量が大きくなる傾向にあることがわかる。図 1 2 は、上述の第 1 、第 5 及び第 6 の各実施形態の構成におけるアーム部の根元部位に伝播する振動量を比較して示している。第 1 の実施形態において 50 n m p p あった振動もれ量を、第 5 の実施形態では 15 n m p

10

20

30

40

50

p、第6の実施形態では10nmppまで低減できることがわかる。なお、単位中「pp」は「ピーク・トゥー・ピーク」を意味し、振動振幅の最大値と最小値との間の大きさを表している。

【0065】

(第7の実施形態)

図13は本発明の第7の実施形態による角速度センサ10Gの概略構成図である。なお、図において上述の第1の実施形態と対応する部分については同一の符号を付し、その詳細な説明は省略するものとする。

【0066】

本実施形態の角速度センサ10Gは、3本のアーム部12A~12Cを支持する基部11の構成が上述の第1の実施形態と異なっている。すなわち、本実施形態において、基部11は、3本のアーム部12A~12Cを支持する支持部22と、実装基板に実装される複数のバンプ(外部接続端子)20が形成された固定部24と、支持部22と固定部24との間に形成された緩衝部(連結部)23とによって構成されている。

10

【0067】

緩衝部23は、基部11の形成幅に対応する支持部22および固定部24の形成幅よりも小さい幅で構成されている。すなわち、緩衝部23の第2の方向(x軸方向)の幅(第2の幅)d2は、支持部22および固定部24の幅(第1の幅)d1よりも小さい幅で形成されている。これにより、アーム部12A~12Cの根元部位を構成する支持部22から、バンプ20の形成領域を構成する固定部24への振動の伝播を緩和することが可能となる。これにより、実装基板への振動もれ量を大幅に低減して角速度検出特性の向上を図ることが可能となる。

20

【0068】

本実施の形態の場合、典型的には、各アーム部の12A~12C及び基部11の厚さ(z軸方向の厚さ)は実質的に同じである。しかし、本実施形態は、各アーム部12A~12C及び基部の厚さが同じでなくても、緩衝部23の体積が固定部24の体積より小さく設計されていればよい趣旨である。すなわち、固定部24の幅及び緩衝部23の幅は、必ずしもd1、d2で特定されなくてもよい。

【0069】

具体的に、緩衝部23は、3本のアーム部12A~12C、支持部22および当該緩衝部23を含む振動系の共振周波数 f_0 が、アーム部12A~12Cの縦共振周波数(励振周波数) f_v の1/2倍以下となるように、その形成幅、形成長、形成厚み等が設定される。図14は、周波数比(f_0/f_v)と固定部24に伝播する振動量との関係を示している。周波数比が小さくなるほど(f_0 が f_v に比べて低くなるほど)、固定部24へ伝播する振動量が低減されることがわかる。また、図15に本実施形態の角速度センサ10Gの周波数特性の一例を示す。図示の例では、 $f_v < f_h$ の例を示している。

30

【0070】

図13に示した角速度センサ10Gの f_0 と f_v についてさらに詳しく説明する。3本のアーム部を有する3音叉型の振動子である本実施の形態に係る角速度センサは、複数の振動系を持つ。その複数の振動系のうち、振動漏れの対策として着目される振動系は2つある。つまり、第1の振動系は、各アーム部12A~12C及び支持部22による振動系であり、その共振周波数(第1の共振周波数)が上記 f_v である。第2の振動系は、各アーム部12A~12C、支持部22及び緩衝部23による振動系であり、その共振周波数(第2の共振周波数)は、上記 f_0 である。この f_0 は、図15で示したように、各アーム部が同じ方向に振動する振動系の共振周波数である。

40

【0071】

このように、緩衝部23が設けられることにより、各アーム部12A~12Cから固定部24への振動漏れを抑制することができる。また、 f_v より f_0 に近い外乱による振動が角速度センサに加えられたとしても、その外乱による振動は第2の振動系に吸収されやすくなり、高精度な出力特性を安定して得ることが可能となる。

50

【 0 0 7 2 】

図 2 1 に、図 1 3 に示した角速度センサ 1 0 G の典型的なサイズを示す。支持部 2 2 及び緩衝部 2 3 の y 軸方向の長さを L (μm) とする。この場合の固定部 2 4 のサイズは限定されず、適宜設定可能である。

【 0 0 7 3 】

図 2 2 は、各アーム部 1 2 A ~ 1 2 C の長さが $1900 \mu\text{m}$ の場合における、 L と周波数比 (f_0 / f_v) との関係、及び、 L と固定部 2 4 に伝播する振動量との関係を示すグラフである。ここで、支持部 2 2 の長さ L_1 と、緩衝部 2 3 の長さ L_2 との比は、5 : 2 で実質的に一定とされているが、必ずしも一定でなくてもよい。

【 0 0 7 4 】

図 2 2 のグラフから分かるように、 L が長くなるほど、周波数比 (f_0 / f_v) は低くなる。また、 L が長くなるほど、固定部 2 4 の振動量も低くなる。固定部 2 4 の振動量が約 30 nmp-p を超えると、この振動が、制御部 3 1 A (図 1 参照) によりノイズとして検出され、角速度の検出精度が悪化する。したがって固定部 2 4 の振動量は、約 30 nmp-p 以下としたい。

【 0 0 7 5 】

固定部 2 4 の振動量が 30 nmp-p のポイントに対応する、周波数比 (f_0 / f_v) は、0.75 程度である。したがって、周波数比 (f_0 / f_v) は 0.75 より小さくしたい。典型的には、 0.25 (f_0 / f_v) $1/2$ であればよい。 f_0 / f_v が 0.25 より低い場合、例えば幅 d_2 が小さく設計されたり、 L_2 が長く設計されたりする必要はある。その場合、緩衝部 2 3 が細い形状となり、各アーム部 1 2 A ~ 1 2 C の振動による加振力や、角速度センサに加わる外部からの衝撃力によって、連結部が破断するおそれがある。一方、 f_0 / f_v が $1/2$ より高い場合、上述のように固定部 2 4 の振動量が 30 nmp-p を超え、振動漏れ防止の機能が十分に発揮されなくなる。

【 0 0 7 6 】

(第 8 の実施形態)

図 1 6 は本発明の第 8 の実施形態による角速度センサ 1 0 H の概略構成図である。なお、図において上述の第 1 の実施形態と対応する部分については同一の符号を付し、その詳細な説明は省略するものとする。

【 0 0 7 7 】

本実施形態の角速度センサ 1 0 H は、中央アーム部 1 2 C 上の一对の検出電極 1 4 a , 1 4 b が、基部 1 1 を介して、中央アーム部 1 2 C から一方側の外側アーム部 1 2 A および他方側の外側アーム部 1 2 B にわたってそれぞれ連続的に略 U 字状に形成されている点で、上述の第 1 の実施形態と異なっている。

【 0 0 7 8 】

図 1 6 に示すように、中央アーム部 1 2 C 上に形成された一对の検出電極 1 4 a , 1 4 b のうち、一方 (図中左方) の検出電極 1 4 a は、基部 1 1 のアーム部根元部位上に形成された中継電極 1 9 a (第 1 の中継電極) を介して、当該一方側に位置する外側アーム部 1 2 A 上の検出電極 1 4 c (第 3 の検出電極) に接続されている。他方 (図中右方) の検出電極 1 4 b は、基部 1 1 のアーム部根元部位に形成された中継電極 1 9 b (第 2 の中継電極) を介して、当該他方側に位置する外側アーム部 1 2 B 上の検出電極 1 4 d (第 4 の検出電極) に接続されている。検出電極 1 4 c は、駆動電極 1 3 a に隣接して、外側アーム部 1 2 A の軸心より中央アーム部 1 2 C 側に位置しており、検出電極 1 4 d は、駆動電極 1 3 b に隣接して、外側アーム部 1 2 B の軸心より中央アーム部 1 2 C 側に位置している。

【 0 0 7 9 】

中継電極 1 9 a , 1 9 b は、基部 1 1 のアーム部根元部位であって、中央アーム部 1 2 C と外側アーム部 1 2 A との間および中央アーム部 1 2 C と外側アーム部 1 2 B との間にそれぞれ形成された圧電膜 1 8 a , 1 8 b の上に、それぞれ形成されている。圧電膜 1 8 a , 1 8 b は、各アーム部 1 2 A ~ 1 2 C 上の圧電機能層 1 5 A ~ 1 5 C を構成する圧電

10

20

30

40

50

膜 16 a ~ 16 c の形成工程と同時かつ同一の材料で形成されるものである。なお、圧電膜 18 a , 18 b の形成は任意であり、省略しても構わない。

【0080】

中継電極 19 a , 19 b は、制御部 31 H の G a 端子および G b 端子にそれぞれ接続される。そして、演算回路 33 において、これら中継電極 19 a , 19 b の検出信号の差分をとり角速度信号としている。以下、図 17 A , B を参照して角速度センサ 10 H の作用について説明する。

【0081】

図 17 A は、励振動作中のアーム部 12 A ~ 12 C の要部正面図であって、任意の瞬間において、外側アーム部 12 A , 12 B が図中下方向に振動し、中央アーム部 12 C が図中上方向に振動している様子を示している。角速度が加わっていない場合、中央アーム部 12 C 上の検出電極 14 a , 14 b と外側アーム部 12 A , 12 B 上の検出電極 14 c , 14 d とは、アーム部の振動が逆相であることから、互いに異符号の信号を生成する。しかし、検出電極 14 a と 14 c 、検出電極 14 b と 14 d は、相互に電氣的に接続されているため、生成された信号はそれぞれにおいてキャンセルされる。従って、これらの差分信号 (G a - G b) もゼロとなり、角速度信号は生成されない。

10

【0082】

一方、図 17 A の状態において、アーム部 12 A ~ 12 C の軸心のまわりに角速度が加わると、例えば図 17 B に示すように、各アーム部 12 A ~ 12 C には水平方向の振動が誘発される。この場合、外側の 2 本のアーム部 12 A , 12 B は同相で振動し、中央アーム部 12 C はこれら外側アーム部 12 A , 12 B と逆相で振動する。図 17 B の状態においては、中央アーム部 12 C 上の検出電極 14 a , 14 b は、入力された角速度の大きさに対応して互いに逆相の信号を生成し、その差分信号が角速度信号として処理される。なお、このとき、外側アーム部 12 A の検出電極 14 c は検出電極 14 a と同相の信号を生成し、外側アーム部 12 B の検出電極 14 d は検出電極 14 b と同相の信号を生成する。

20

【0083】

次に、角速度センサ 10 H に対して、図 18 に示すように、アーム部 12 A ~ 12 C の配列方向 (x 軸方向) に加速度が加わった場合を考える。この場合、図 17 C に示すように、図中左方向に加速度が加わった場合、各アーム部 12 A ~ 12 C に対して同時に左方向に慣性力が作用することで、検出電極 14 a と検出電極 14 b は互いに逆相 (異符号) の信号が生成される。従って、例えば図 19 に示したように、検出電極が中央アーム部 12 C にのみ設けられている場合、これら検出電極 14 a , 14 b の差分信号がセンサ出力にのり、角速度信号として処理されてしまう。つまり、角速度が生じていないにもかかわらず、角速度信号が生成されるという不具合が発生することになる。

30

【0084】

これに対して、本実施形態の角速度センサ 10 H においては、外側アーム部 12 A , 12 B 上に、検出電極 14 a , 14 b と電氣的に接続された検出電極 14 c , 14 d がそれぞれ形成されているので、図 17 C に示したように、外側アーム部 12 A , 12 B に作用した加速度に相当する信号が各々のアーム部上の検出電極 14 c , 14 d にそれぞれ生成されるとともに、これらの信号が検出電極 14 a , 14 b で生じた信号と同一の大きさでかつ逆相であるために、各々信号は互いにキャンセルされ、結果的に検出信号 G a , G b はゼロになる。これにより、検出信号の差分信号もゼロとなり、加速度で生じた信号がセンサ出力にのることを防止できる。なお、図中左方向に加速度が加わった場合にも同様の効果を得ることができる。

40

【0085】

一方、角速度センサ 10 H に対して、アーム部 12 A ~ 12 C の励振方向 (z 軸方向) に加速度が加わった場合を考える。例えば図 17 D に示すように、図中上方向に加速度が加わった場合、各アーム部 12 A ~ 12 C に対して同時に上方向に慣性力が作用することで、各検出電極 14 a ~ 14 d にはいずれも同相かつ同一の大きさの信号が生成される。しかし、検出信号の差分信号はゼロとなるため、センサ出力に影響を与えることはない。

50

このことは、図 19 に示した角速度センサの構成においても同様である。なお、図中下方に加速度が加わった場合も同様である。

【0086】

以上のように、本実施形態の角速度センサ 10H によれば、加速度による影響を排除して、高精度な角速度検出を安定して行うことが可能となる。図 20 は、図 18 および図 19 に示したそれぞれの角速度センサについて各図に示すように x 軸方向に加速度を加えたときのセンサ出力の変化の一例を示している。なお、横軸の加速度の単位は $g (= 9.8 \text{ m/s}^2)$ である。図 20 の結果から明らかなように、図 18 に示した本実施形態の角速度センサ 10H の方が加速度による影響が少なく、安定した出力特性を得ることができる。

10

【0087】

(第9の実施形態)

図 23 は、第 9 の実施形態に係る角速度センサのサイズを示す図である。本実施形態に係る角速度センサ 10J は、図 14、図 21 に示した角速度センサと同様に、緩衝部 23 を備えるタイプの角速度センサである。

【0088】

角速度センサ 10J の、外側アーム部 12A、12B は励振方向に共振周波数 f_v (第 1 の共振周波数) を有する。中央アーム部 12C は、励振方向の振動系でもなく幅方向の振動系でもない第 3 の振動系 (共振周波数 f_c (第 2 の共振周波数)) を有する。

【0089】

f_v と f_c との差は、1 kHz ~ 2 kHz に設定される。この値を実現するために、典型的には中央アーム部 12C の幅は $103 \mu\text{m}$ とされており、外側アーム部 12A、12B の幅は $100 \mu\text{m}$ とされている。この場合、各アーム部 12A ~ 12C の厚さは実質的に同じである。あるいは、中央アーム部 12C の厚さが $103 \mu\text{m}$ であり、外側アーム部 12A、12B の厚さは $100 \mu\text{m}$ であってもよい。

20

【0090】

あるいは、中央アーム部 12C の幅 (または厚さ) は、外側アーム部 12A、12B の幅 (または厚さ) より小さく形成されていてもよい。

【0091】

f_v と f_c との差、つまり $|f_v - f_c|$ が 1 kHz より低い場合、上記共振周波数 f_c による第 3 のアーム部の振動がノイズとなる。その結果、角速度の検出精度が劣化する。 $|f_v - f_c|$ が、2 kHz より高い場合、中央アーム部 12C の形状またはサイズ等が、所定の適正な範囲内を逸脱する。その結果、中央アーム部 12C の励振方向及び幅方向で共振周波数 (f_v 、 f_h) のバランスが悪化し、角速度センサの温度特性の劣化を招く。

30

【0092】

図 24 は、上記各実施形態に係る角速度センサ 10A ~ 10J を搭載した電子機器の例として、デジタルカメラを示す概略斜視図である。図 25 は、そのデジタルカメラの構成を示すブロック図である。

【0093】

デジタルカメラ 260 は、角速度センサ 10A ~ 10J を搭載する機器本体 261 を備えている。機器本体 261 は、例えば、金属製、樹脂製などのフレームまたは筐体である。実際には、角速度センサ 10A ~ 10J は、例えば数 mm 角の大きさでパッケージングされて構成されている。パッケージングされたジャイロ装置には、少なくとも 2 軸の回りの回転角速度を検出するために、少なくとも 2 つの角速度センサ 10A ~ 10J が搭載されている。

40

【0094】

図 25 に示すように、デジタルカメラ 260 は、角速度センサ 10A ~ 10J と、制御部 510 と、レンズ等を備える光学系 520 と、CCD 530、光学系 520 に手振れ補正を実行する手振れ補正機構 540 とを有する。

50

【0095】

角速度センサ10A～10Jによって、2軸のコリオリ力が検出される。制御部510は、この検出されたコリオリ力に基づき手振れ補正機構540を使って光学系520で手振れの補正を行う。

【0096】

角速度センサ10A～10Jを搭載する電子機器としては、上記したデジタルカメラに限られない。例えば、電子機器としては、ラップトップ型のコンピュータ、PDA(Personal Digital Assistance)、電子辞書、オーディオ/ビジュアル機器、プロジェクタ、携帯電話、ゲーム機器、カーナビゲーション機器、ロボット機器、その他の電化製品等が挙げられる。

10

【0097】

図26は、図21に示した角速度センサ10G、または、図23に示した角速度センサ10Jの現実的な典型例を示す平面図である。この角速度センサでは、外部接続端子20は、外側アーム部12A、12Bより外側に位置している。駆動電極13a、13b、検出電極14a、14b、参照電極13cは、リード線29を介して各外部接続端子20にそれぞれ接続されている。

【0098】

(第10の実施形態)

図27は、本発明の第10の実施形態に係る角速度センサを概略的に示した図である。なお、同図において、上記第8実施形態(図16)に示した角速度センサ10Hと同様の構成である部分については、同一の符号を付し、説明を省略する。

20

【0099】

同図に示すように、本実施形態に係る角速度センサ10Kは、上述した第8実施形態で示した角速度センサ10Hと同様に、中央アーム部12C上の検出電極14aと、同図左方の外側アーム部12A上の検出電極14cと接続されている。また、中央アーム部12C上の検出電極12bは、同図右方の外側アーム部12B上の検出電極14dと接続されている。ただし、本実施形態に係る角速度センサ10Kは、中央アーム部12C上に、参照電極13cに代わって、駆動電極13d(第3の駆動電極)が形成されている点において、上記第8実施形態における角速度センサ10Hとは異なっている。

30

【0100】

上記検出電極14aと検出電極14c、及び検出電極14bと検出電極14dは、上記図16で示した角速度センサ10Hと同様に、それぞれ中継電極を介して接続されていてもよいし、中継電極ではなく、リード線等によって接続されていてもよい。各検出電極14a～14dの幅W3及び長さL3は同一とされ、かつ、各アーム部の長手方向における中心から、各検出電極14a～14dまでの各距離daも同一とされる。

【0101】

ここで、中央アーム部12C上の左右の検出電極14a及び14bと、外側アーム部12A上及び12B上の各検出電極14c及び14dの各検出値をそれぞれa、b、c及びdとした場合、制御部31K(図示せず)は、上記第8実施形態と同様に、和信号a+c(第1の和信号)と、和信号b+d(第2の和信号)との差分である、 $(a+c) - (b+d)$ の差分信号を、角速度信号として検出する。なお、この場合、駆動電極13dには、駆動電極13a及び13bと同様に、制御部31Kの自励発振回路32で生成された駆動信号が入力されるが、制御部31Kは、例えば、当該自励発振回路32に当該和信号a+cと和信号b+dの和信号 $(a+c) + (b+d)$ を参照信号としてフィードバックしてもよい。

40

【0102】

図28は、本実施形態の角速度センサ10Kと、 $a - b$ を角速度信号として検出する角速度センサとにそれぞれ衝撃(加速度)を印加した場合の、出力結果を示したグラフである。同図(a)は、コリオリ力の非印加時の結果を示しており、同図(b)は、コリオリ力の印加時の結果を示している。

50

【0103】

同図に示すように、衝撃等の加速度が加わった場合、 a と b との差分信号を検出する場合には、減衰するノイズが発生していたが、本実施形態のように、 $(a + c) - (b + d)$ の差分信号を検出することで、上記第8実施形態で説明したのと同様の理由により、加速度によるノイズの発生を抑制できることが分かる。

【0104】

また、同図(b)に示すように、コリオリ力印加時においても、衝撃によるノイズ発生は回避され、また外側アーム部12A及び12Bからの検出値の出力が増加するため、コリオリ力に対応した出力も高くなり、角速度検出効率も改善された。

【0105】

なお、本実施形態に係る角速度センサ10Kにおいては、中央アーム部12C上の駆動電極13dの幅 W_1 と、外側アーム部12A及び12B上の各駆動電極13a及び13bの各幅 W_2 とが等しく形成され、また駆動電極13dの長さ L_1 は、各駆動電極13a及び13bの各長さ L_2 の2倍となるよう形成されている。ここで、中央アーム部12C上の駆動電極13dによる実質的な駆動面積を S_1 とし、外側アーム部12A上の駆動電極13aと、外側アーム部12B上の駆動電極13bによる実質的な各駆動面積をそれぞれ S_2 、 S_3 とした場合には、 $S_1 : S_2 (= S_3) = 2 : 1$ となる。

【0106】

これにより、外側アーム部12A及び12Bの各駆動量が、中央アーム部12Cの駆動量の半分の振幅となる。したがって、各アーム部の駆動により発生する動作モーメントが打ち消されることとなるため、アーム部12A～12Cの根元部位に伝播する振動を力のつり合いによりキャンセルでき、基部22及び実装基板への振動もれを大幅に低減できるようになる。

【0107】

また、本実施形態の角速度センサ10Kにおいて、検出電極14aと検出電極14c、検出電極14bと検出電極14dとをそれぞれ結線するのではなく、上記第3の実施形態で示した角速度センサ10C(図6)と同様に、制御部31Kが、上記 a 、 b 、 c 及び d を個別に入力するようにしても構わない。この場合、制御部31Kが、入力された a 、 b 、 c 及び d の各信号を基に、上記 $(a + c) - (b + d)$ の差分信号を角速度信号として検出することで、同様に加速度によるノイズの発生を回避することが可能となる。この場合、上記自励発振回路32には、 $a + c$ と $b + d$ の和信号ではなく、 $a + b$ のみをフィードバックして駆動信号を発生させるようにするのが好ましい。上記 a 、 b 、 c 及び d の和信号をフィードバックする場合、上記 a と c 、 b と d はそれぞれ逆位相の信号となっており、コリオリ力の発生により位相が変化した際に、 $a + c$ 、 $b + d$ の各信号の増減変化率が大きくなることで、各アーム部の振動量が変化しやすくなり、コリオリ力印加時の各アーム部の動作が不安定になる。そして、各アーム部の動作が安定しない場合、各アーム部の振動量が変化する結果、角速度の検出に誤差が発生するおそれがあり、結果的に、コリオリ力に対する角速度検出の信号リアリティが低下する結果、信号検出のダイナミックレンジが小さくなるからである。そこで、 $a + b$ のみをフィードバックすることで、コリオリ力発生時に、フィードバックされた信号が、コリオリ力の影響で変動する程度を軽減でき、安定した駆動状態を実現することができる。

【0108】

(第11の実施形態)

図29は、本発明の第11の実施形態に係る角速度センサを概略的に示した図である。なお、同図において、上記第10の実施形態(図28)に示した角速度センサ10Kと同様の構成または機能となる部分については、同一の符号を付し、説明を省略する。

【0109】

同図に示すように、本実施形態に係る角速度センサ10Lにおいては、上記第10の実施形態における角速度センサ10Kと比較して、外側アーム部12A及び12Bの各検出電極14a及び14bを設ける位置が異なっている。すなわち、上記第10の実施形態に

10

20

30

40

50

おいては、各検出電極 1 4 a 及び 1 4 b は、それぞれ、外側アーム部 1 2 A 及び 1 2 B の、中央アーム部 1 2 C 側に設けられていたが、本実施形態に係る角速度センサ 1 0 L においては、各検出電極 1 4 a 及び 1 4 b は、外側アーム部 1 2 A 及び 1 2 B の、中央アーム部 1 2 C とは反対側に設けられている。この構成によっても、上記第 3、第 8 及び第 1 0 の実施形態と同様に、加速度によるノイズの発生を回避することができる。

【 0 1 1 0 】

(第 1 2 の実施形態)

図 3 0 は、本発明の第 1 2 の実施形態に係る角速度センサを概略的に示した図である。なお、同図において、上記第 1 0 及び第 1 1 の実施形態 (図 2 7 及び図 2 9) に示した各角速度センサ 1 0 K 及び 1 0 L と同様の構成または機能となる部分については、同一の符号を付し、説明を省略する。

10

【 0 1 1 1 】

本実施形態に係る角速度センサ 1 0 M は、2 つの外側アーム部 1 2 A 及び 1 2 B のうち、一方のアーム部 (例えば、外側アーム部 1 2 A) に 2 つの検出電極 1 4 c 及び 1 4 d が設けられ、他方のアーム部 (例えば、外側アーム部 1 2 B) には、検出電極が設けられていない点で、上記第 1 0 及び第 1 1 の実施形態の各角速度センサ 1 0 K 及び 1 0 L と異なっている。この構成によっても、上記第 3、第 8、第 1 0 及び第 1 1 の実施形態と同様に、加速度によるノイズの発生を回避することができる。

【 0 1 1 2 】

なお、上記第 1 ~ 9 の実施形態においては、外側アーム部 1 2 A 及び 1 2 B のみに駆動電極 1 3 を設けた例を示し、第 1 0 ~ 第 1 2 の実施形態においては、中央アーム部 1 2 C と、外側アーム部 1 2 A 及び 1 2 B の全てに駆動電極 1 3 を設けた例を示した。しかし、上記いずれの実施形態においても、例えば、中央アーム部 1 2 C にのみ駆動電極 1 3 を設けても構わない。この場合、外側アーム部 1 2 A 及び 1 2 B は、中央アーム部 1 2 C の励振の反作用により、中央アーム部 1 2 C の振動とは逆位相で振動する。

20

【 0 1 1 3 】

(第 1 3 の実施形態)

図 3 0 は、本発明の第 1 2 の実施形態に係る角速度センサを概略的に示した図である。なお、同図において、上記第 1 0 及び第 1 1 の実施形態 (図 2 7 及び図 2 9) に示した各角速度センサ 1 0 K 及び 1 0 L と同様の構成または機能となる部分については、同一の符号を付し、説明を省略する。

30

【 0 1 1 4 】

本実施形態に係る角速度センサ 1 0 N は、アーム部の数が 3 本ではなく 5 本 (アーム部 1 2 A ~ 1 2 E) である点で上記第 1 0 ~ 第 1 2 の実施形態 (図 2 7、図 2 9 及び図 3 0) に示した各角速度センサ 1 0 K、1 0 L 及び 1 0 M と異なっている。すなわち、上記第 1 0 ~ 第 1 2 の実施形態における各外側アーム部 1 2 A 及び 1 2 B の更に外側にそれぞれアーム部 1 2 D 及び 1 2 E が設けられている。アーム部の数はもちろん 5 本に限られるものではない。この構成によっても、上記第 3、第 8、第 1 0 ~ 第 1 2 の実施形態と同様に、加速度によるノイズの発生を回避することができる。

【 0 1 1 5 】

なお、以上の第 1 0 ~ 第 1 3 の各実施形態で示した各角速度センサ 1 0 K ~ 1 0 N も、上記図 2 4 及び図 2 5 に示したデジタルカメラ 2 6 0 等の各種電子機器に搭載することが可能である。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 1 1 6 】

【 図 1 】 本発明の第 1 の実施形態による角速度センサの概略構成図である。

【 図 2 】 図 1 における [2] - [2] 線方向の要部断面図である。

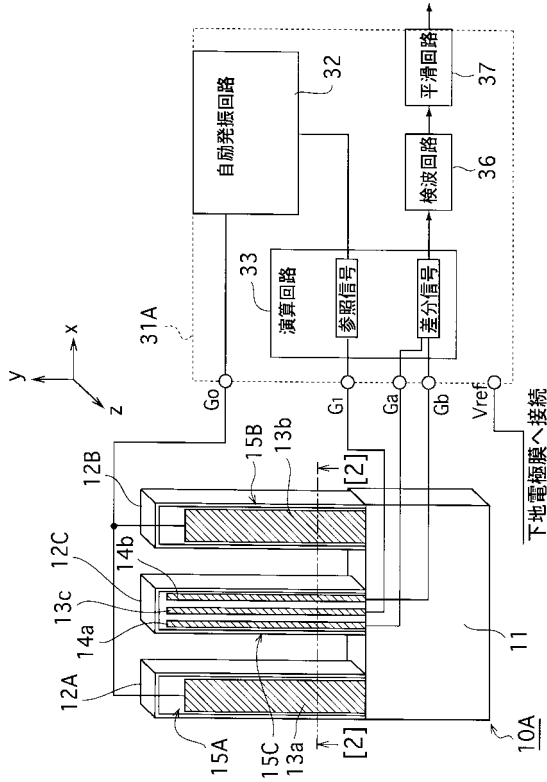
【 図 3 】 図 1 の角速度センサの作用を説明するアーム部の要部正面図である。

【 図 4 】 図 1 の角速度センサにおいて、外側アーム部の周波数比と振動方向のばらつきとの関係を示す図である。

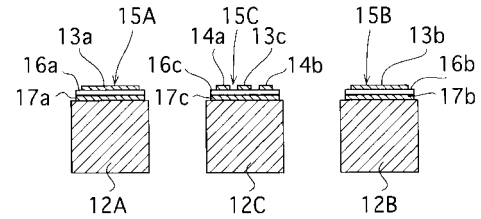
50

- 【図 5】本発明の第 2 の実施形態による角速度センサの概略構成図である。
- 【図 6】本発明の第 3 の実施形態による角速度センサの概略構成図である。
- 【図 7】本発明の第 4 の実施形態による角速度センサの概略構成図である。
- 【図 8】図 7 の角速度センサにおけるバンプ位置と振動もれ量との関係を示す図である。
- 【図 9】本発明の第 5 の実施形態による角速度センサの概略構成図である。
- 【図 10】本発明の第 6 の実施形態による角速度センサの概略構成図である。
- 【図 11】第 1 の実施形態の角速度センサにおいて、アーム部（振動子）の根元部位に伝播する振動もれ量と実装基板への振動漏れ量との関係を示す図である。
- 【図 12】第 1、第 5 および第 6 の各実施形態の角速度センサにおいて、アーム部根元部位の振動もれ量を比較して示す図である。 10
- 【図 13】本発明の第 7 の実施形態による角速度センサの概略構成図である。
- 【図 14】図 13 の角速度センサにおいて、アーム部を含む振動系の共振周波数と固定部へ伝播する振動量との関係を示す図である。
- 【図 15】図 13 の角速度センサの周波数特性の一例を示す図である。
- 【図 16】本発明の第 8 の実施形態による角速度センサの概略構成図である。
- 【図 17】図 16 の角速度センサの作用を説明するアーム部の要部正面図である。
- 【図 18】図 16 の角速度センサに作用する加速度の方向を説明する図である。
- 【図 19】図 16 の角速度センサに対する比較例として説明する他の角速度センサの概略構成図である。
- 【図 20】図 18 の角速度センサと図 19 の角速度センサの加速度印加時の出力特性を比較して示す図である。 20
- 【図 21】図 13 に示した角速度センサ 10 G の典型的なサイズを示す図である。
- 【図 22】各アーム部の長さが 1900 μm の場合における、 L と周波数比 (f_0 / f_v) との関係、及び、 L と固定部に伝播する振動量との関係を示すグラフである。
- 【図 23】本発明の第 9 の実施形態による角速度センサのサイズを示す図である。
- 【図 24】上記角速度センサを搭載した電子機器の例として、デジタルカメラを示す概略斜視図である。
- 【図 25】そのデジタルカメラの構成を示すブロック図である。
- 【図 26】図 21 または図 23 に示した角速度センサの現実的な典型例を示す平面図である。 30
- 【図 27】本発明の第 10 の実施形態に係る角速度センサの概略構成図である。
- 【図 28】本発明の第 10 の実施形態における角速度センサと、 $a - b$ を角速度信号として検出する角速度センサとにそれぞれ加速度を印加した場合の、出力結果を示したグラフである。
- 【図 29】本発明の第 11 の実施形態に係る角速度センサの概略構成図である。
- 【図 30】本発明の第 12 の実施形態に係る角速度センサの概略構成図である。
- 【図 31】本発明の第 13 の実施形態に係る角速度センサの概略構成図である。
- 【符号の説明】
- 【0117】
- 10 A, 10 B, 10 C, 10 D, 10 E, 10 F, 10 G, 10 H, 10 J, 10 K, 10 L, 10 M, 10 N ... 角速度センサ、11 ... 基部、12 A, 12 B ... 外側アーム部、12 C ... 中央アーム部、13 a, 13 b, 13 d ... 駆動電極、13 c ... 参照電極、14 a, 14 b, 14 c, 14 d ... 検出電極、15 A, 15 B, 15 C ... 圧電機能層、16 a, 16 b, 16 c ... 圧電膜、17 a, 17 b, 17 c ... 下地電極膜、20 a, 20 b, 20 c, 20 d ... バンプ（外部接続端子）、21 ... 振動錘部、22 ... 支持部、23 ... 緩衝部、24 ... 固定部、31 A, 31 B, 31 C, 31 H ... 制御部、32 ... 自励発振回路、33 ... 演算回路、260 ... デジタルカメラ、261 ... 本体 40

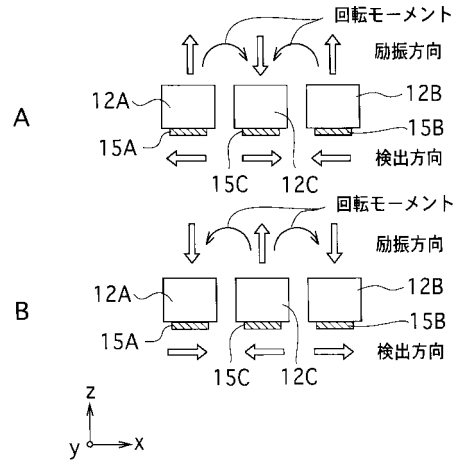
【図 1】



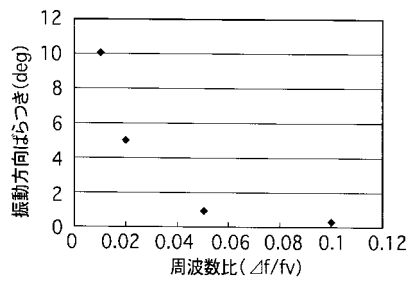
【図 2】



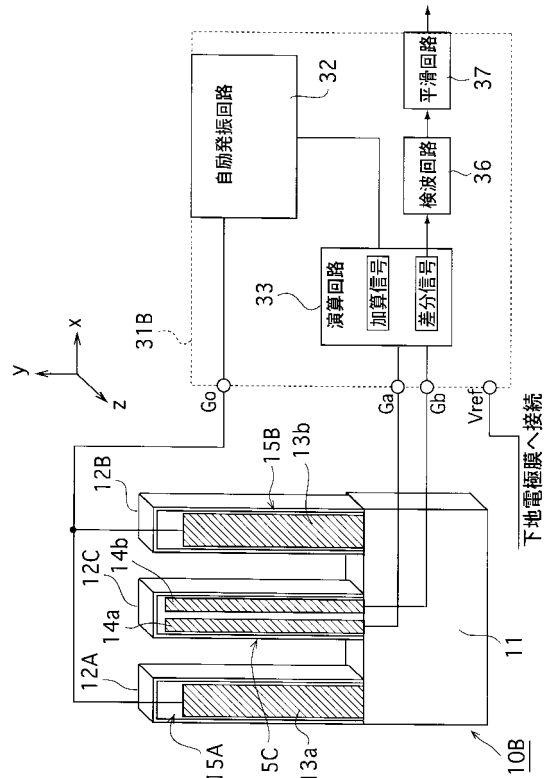
【図 3】



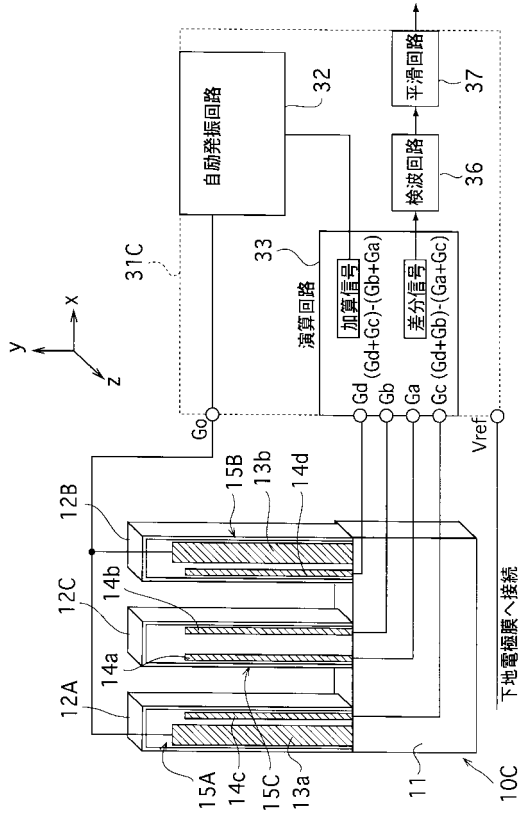
【図 4】



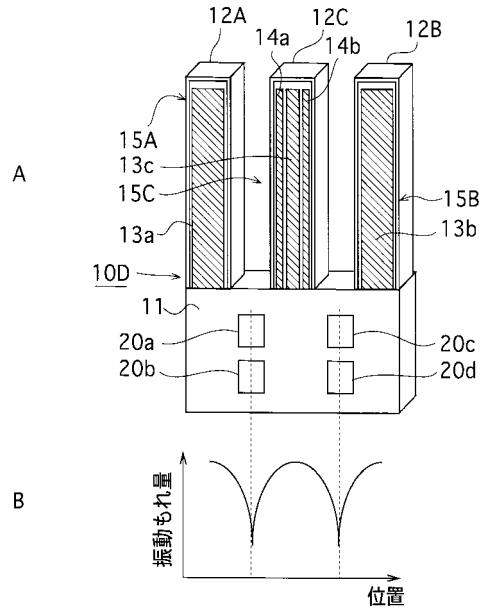
【図 5】



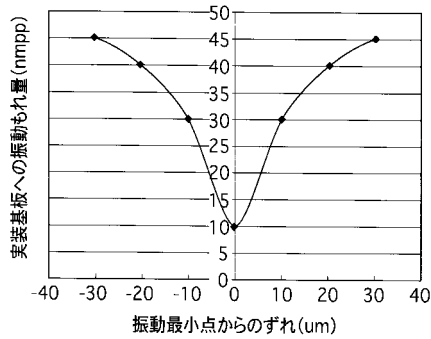
【図6】



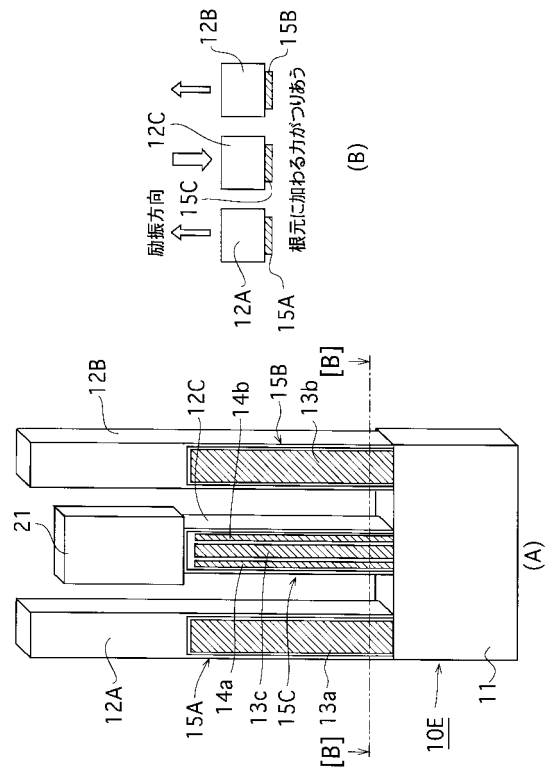
【図7】



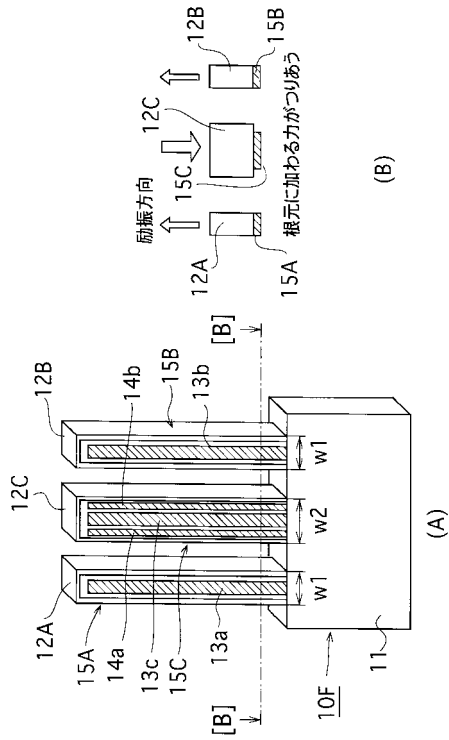
【図8】



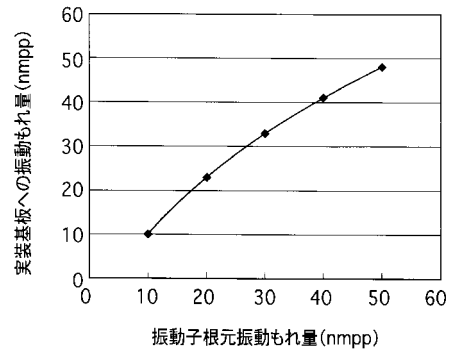
【図9】



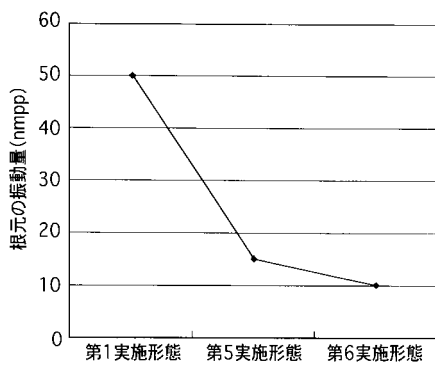
【図10】



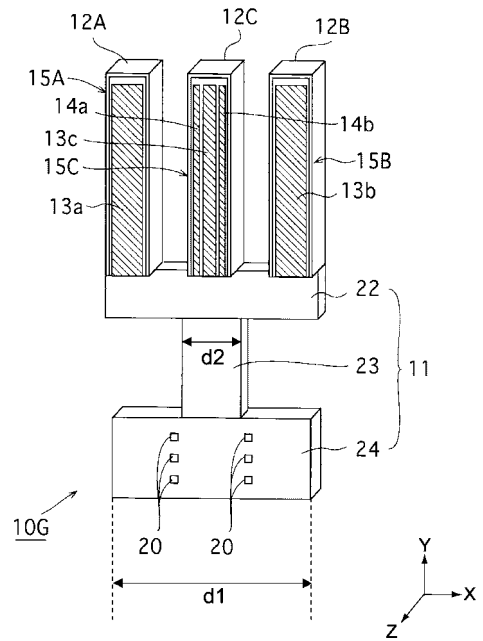
【図11】



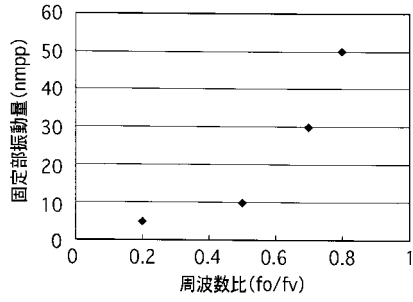
【図12】



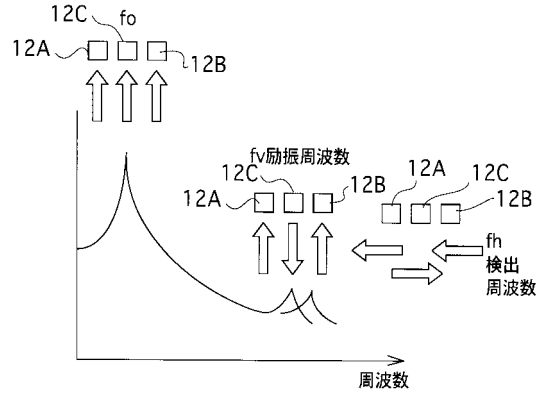
【図13】



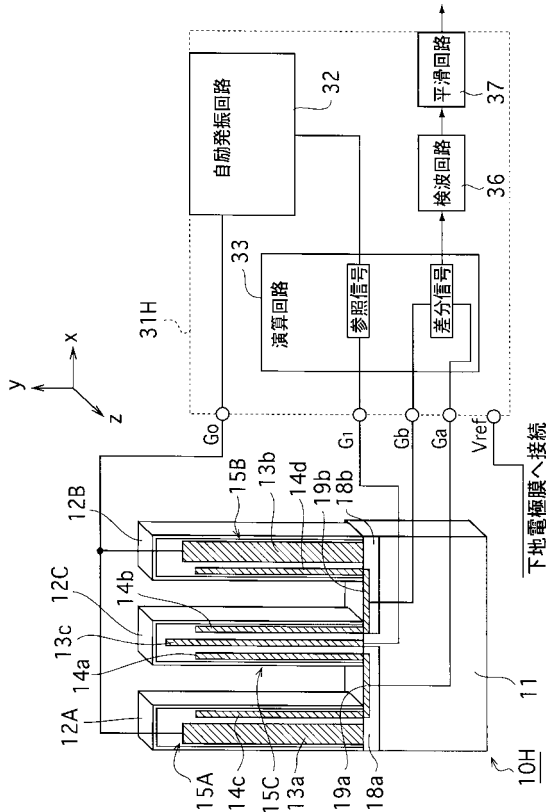
【 図 1 4 】



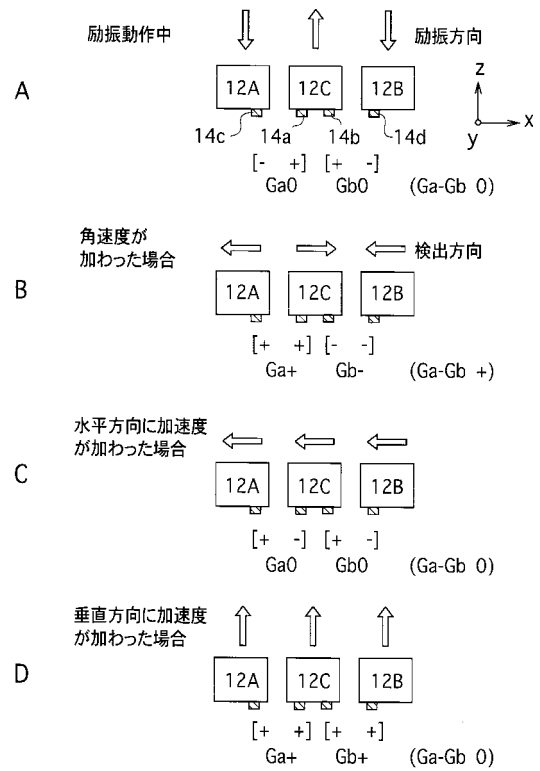
【 図 1 5 】



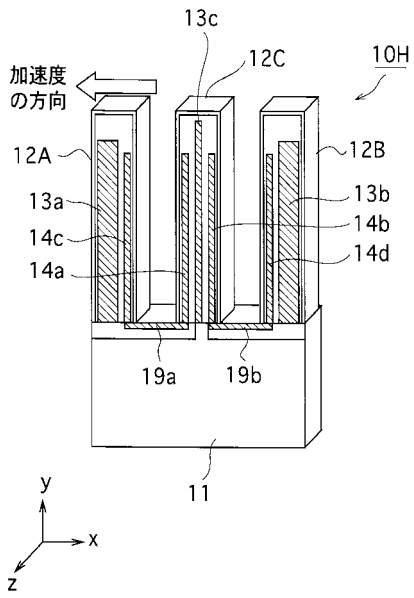
【 図 1 6 】



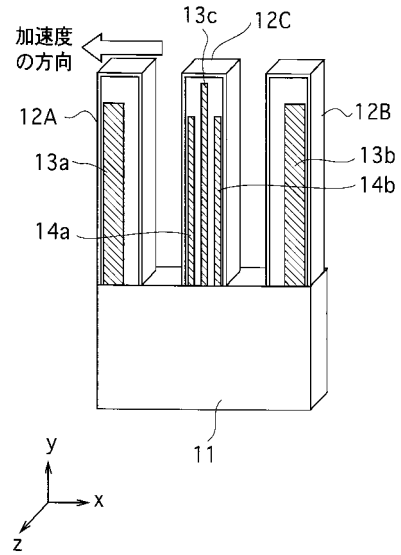
【 図 1 7 】



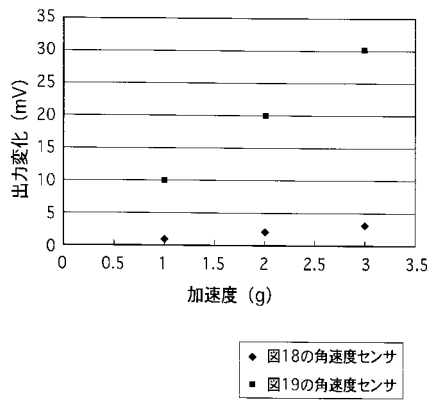
【図18】



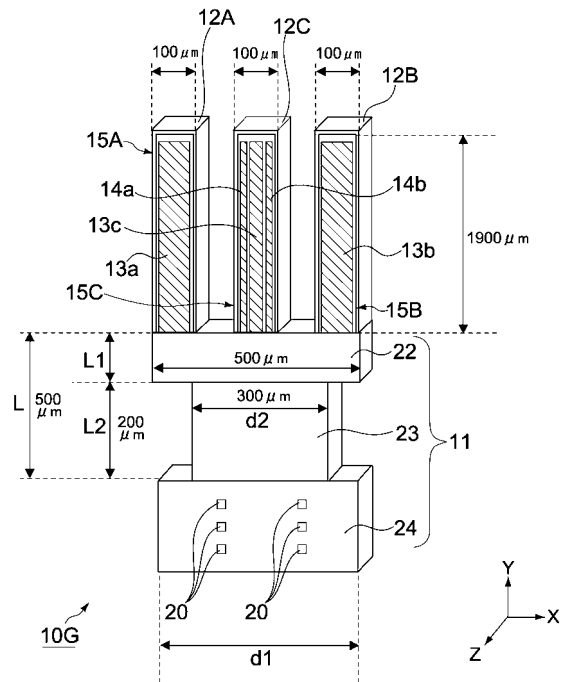
【図19】



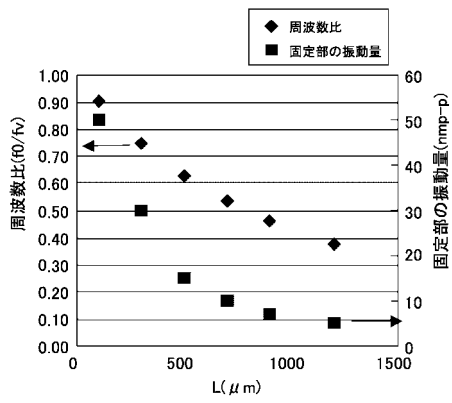
【図20】



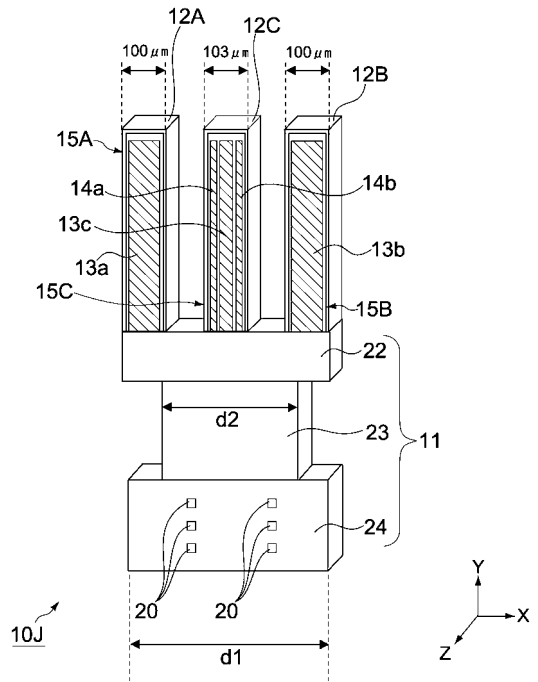
【図21】



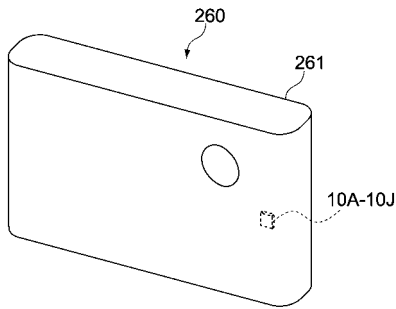
【 図 2 2 】



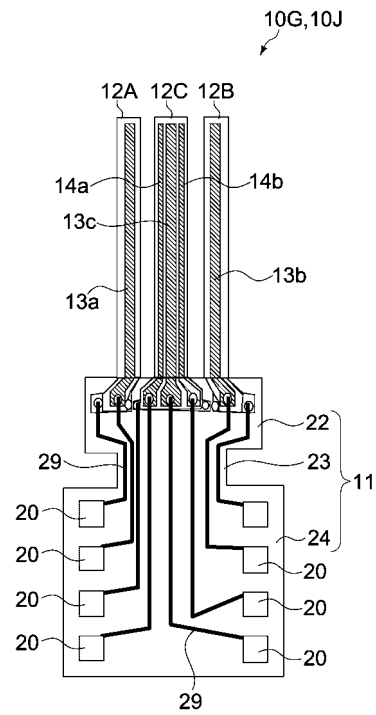
【 図 2 3 】



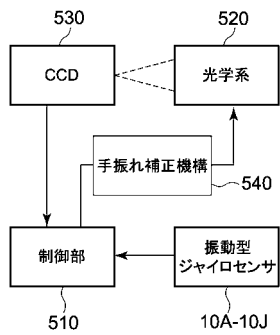
【 図 2 4 】



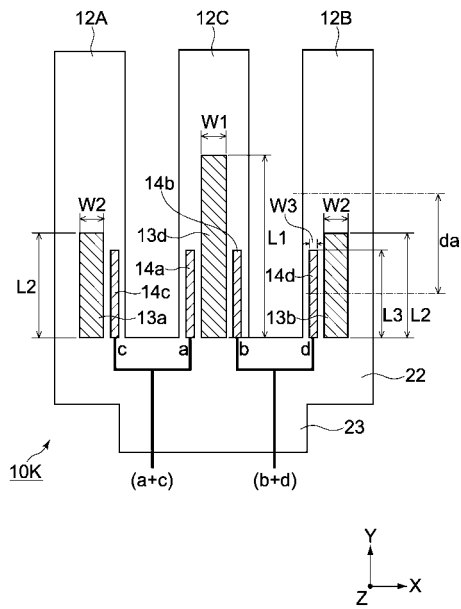
【 図 2 6 】



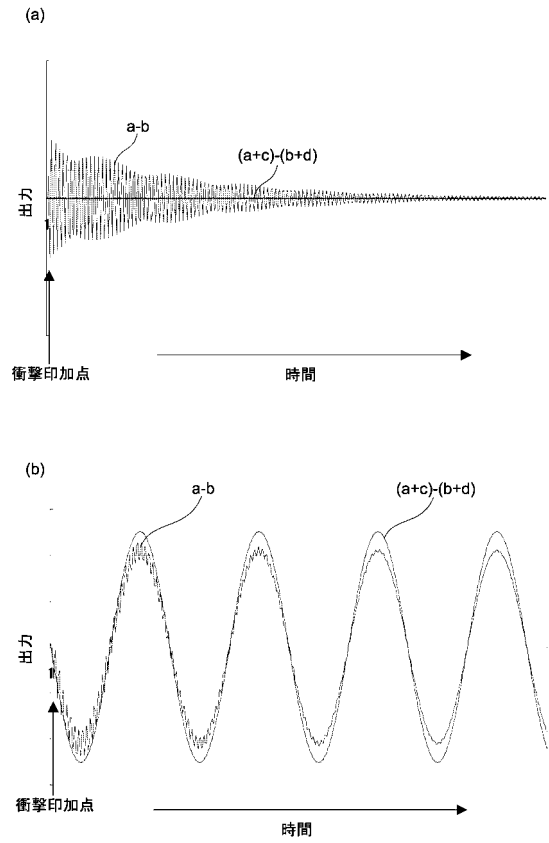
【 図 2 5 】



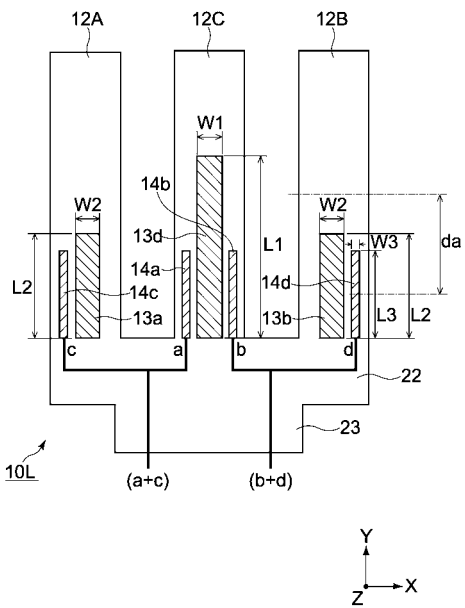
【 図 2 7 】



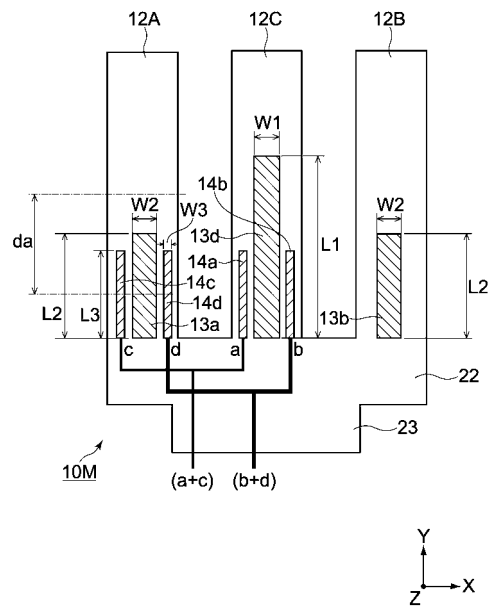
【 図 2 8 】



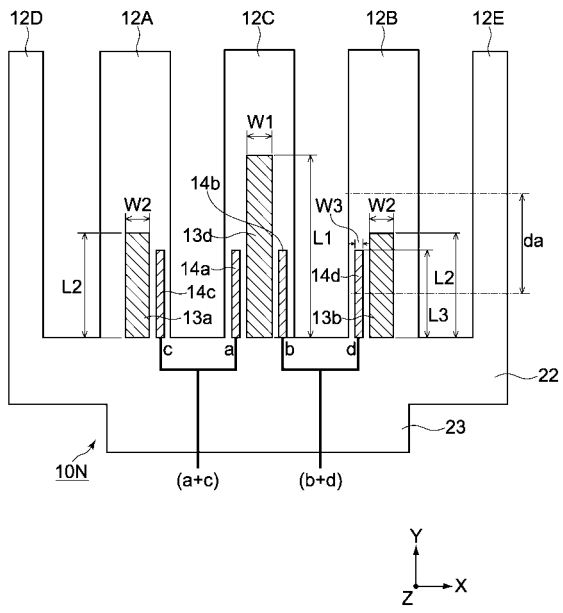
【 図 2 9 】



【 図 3 0 】



【 図 3 1 】



フロントページの続き

(72)発明者 高橋 和夫

東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

Fターム(参考) 2F105 AA02 AA08 BB03 BB04 BB08 CC01 CD02 CD06 CD13