(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2017-194485
(P2017-194485A)
(43)公開日　平成29年10月26日(2017.10.26)

(51)Int.Cl.			F I		テーマコード（参考）
G01C	19/5628	(2012.01)	G01C	19/5628	2F105
H01L	41/253	(2013.01)	H01L	41/253	
H01L	41/09	(2006.01)	H01L	41/09	
H01L	41/113	(2006.01)	H01L	41/113	

審査請求 有　請求項の数 6　ＯＬ　（全 29 頁）

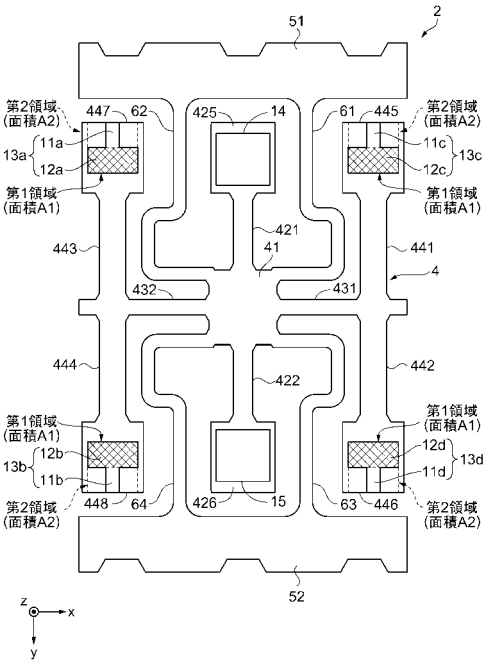
(21)出願番号　特願2017-142513 (P2017-142513)
(22)出願日　平成29年7月24日 (2017.7.24)
(62)分割の表示　特願2012-162384 (P2012-162384)の分割
原出願日　平成24年7月23日 (2012.7.23)

(71)出願人　000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区新宿四丁目１番６号
(74)代理人　100116665
弁理士　渡辺　和昭
(74)代理人　100164633
弁理士　西田　圭介
(74)代理人　100179475
弁理士　仲井　智至
(72)発明者　山口　啓一
長野県諏訪市大和３丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内
(72)発明者　小倉　誠一郎
長野県諏訪市大和３丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】振動片の製造方法

(57)【要約】
【課題】互いに反対方向に延出されている駆動振動腕の錘層の大きさや質量が異なることよる温度ドリフトを防止することが可能な振動片を提供する。
【解決手段】振動片としてのジャイロ素子２は、基部４１から、互いに反対方向に延出されている一対の第１、および第２駆動振動腕４４１、４４２と、第１、および第２駆動振動腕の少なくとも一方の先端から基部側に間隔をあけて、少なくとも一方の駆動振動腕の第１領域に設けられている第１錘部１２ａ、１２ｂと、第１錘部の先端と少なくとも一方の駆動振動腕の先端との間の領域である第２領域に設けられている第２錘部１１ａ、１１ｂと、を備え、第１領域の面積をＡ１、第１錘部の質量をＢ１、第２領域の面積をＡ２、第２錘部の質量をＢ２としたとき、Ｂ１／Ａ１＞Ｂ２／Ａ２である。
【選択図】図２



【特許請求の範囲】
【請求項１】
基部と、
前記基部から、互いに反対方向に延出されている一対の振動腕と、
少なくとも一方の前記振動腕の先端から前記基部側に間隔をあけて、前記少なくとも一方の前記振動腕に設けられている第１錘部と、
前記第１錘部の先端と前記少なくとも一方の前記振動腕の先端との間に設けられている第２錘部と、を備え、
前記第１錘部が設けられている領域を第１領域、前記第１錘部の先端と前記少なくとも一方の前記振動腕の先端との間の領域を第２領域とし、
前記第１領域の面積をＡ１、前記第１錘部の質量をＢ１とし、
前記第２領域の面積をＡ２、前記第２錘部の質量をＢ２としたとき、
Ｂ１／Ａ１＞Ｂ２／Ａ２であり、
前記第２錘部は、前記少なくとも一方の前記振動腕の先端の少なくとも一部を含む、前記第２領域の少なくとも一部の領域に設けられている、
ことを特徴とする振動片。
【請求項２】
請求項１に記載の振動片において、
前記第２錘部は、前記少なくとも一方の前記振動腕の延出方向と直交する方向の幅が、前記第１錘部の前記幅よりも小さいことを特徴とする振動片。
【請求項３】
請求項１または請求項２に記載の振動片において、
前記第２錘部は、前記少なくとも一方の前記振動腕の延出方向と直交する方向の、前記少なくとも一方の前記振動腕の略中央部に設けられていることを特徴とする振動片。
【請求項４】
請求項１ないし請求項３のいずれか一項に記載の振動片において、
前記第２錘部は、複数の第３錘部から構成されていることを特徴とする振動片。
【請求項５】
請求項１ないし請求項４のいずれか一項に記載の振動片において、
前記第１錘部は、前記少なくとも一方の前記振動腕の延出方向に沿った前記少なくとも一方の前記振動腕の側端との間に間隔をあけて設けられていることを特徴とする振動片。
【請求項６】
請求項１ないし請求項５のいずれか一項に記載の振動片において、
前記少なくとも一方の前記振動腕は、平面視で前記少なくとも一方の前記振動腕の延出方向と直交する方向の前記少なくとも一方の前記振動腕の一部の幅が、前記少なくとも一方の前記振動腕の延出方向と直交する方向の前記少なくとも一方の前記振動腕の他部の幅よりも広く形成された幅広部を備え、
前記第１錘部、および前記第２錘部は、前記幅広部に設けられていることを特徴とする振動片。
【請求項７】
請求項１ないし請求項６のいずれか一項に記載の振動片において、
前記基部から、互いに反対方向に延出されている一対の検出用振動腕が設けられていることを特徴とする振動片。
【請求項８】
基部と、前記基部から、互いに反対方向に延出されている一対の振動腕と、を含む外形形状を形成する工程と、
少なくとも一方の前記振動腕の先端から前記基部側に間隔をあけて、前記少なくとも一方の前記振動腕に第１錘部と、前記第１錘部の先端と前記少なくとも一方の前記振動腕の先端との間に第２錘部と、を形成する工程と、
前記第１錘部および前記第２錘部の少なくとも一方の、少なくとも一部を除去する、ま

たは、前記第１錘部および前記第２錘部の少なくとも一方の質量を付加して前記振動腕の共振周波数を調整する工程と、
を備え、
前記第１錘部が設けられている領域を第１領域、前記第１錘部の先端と前記少なくとも一方の前記振動腕の先端との間の領域を第２領域とし、
前記第１領域の面積をＡ１、前記第１錘部の質量をＢ１とし、
前記第２領域の面積をＡ２、前記第２錘部の質量をＢ２としたとき、
Ｂ１／Ａ１＞Ｂ２／Ａ２を満たすと共に、
前記第２錘部が、前記少なくとも一方の前記振動腕の先端の少なくとも一部を含む、前記第２領域の少なくとも一部の領域に設けられるように、前記第１錘部および前記第２錘部を形成する、
ことを特徴とする振動片の製造方法。
【請求項９】
請求項８に記載の振動片の製造方法において、
前記第１錘部と前記第２錘部とを形成する工程は、
少なくとも一方の前記振動腕の先端から前記基部側に間隔をあけて、前記少なくとも一方の前記振動腕に第１錘部を形成する工程と、
前記第１錘部の先端と前記少なくとも一方の前記振動腕の先端との間の領域に第２錘部を形成する工程と、
を備え、
前記少なくとも一方の前記振動腕に第１錘部を形成する工程と、前記少なくとも一方の前記振動腕の先端との間の領域に第２錘部を形成する工程とは別の工程であることを特徴とする振動片の製造方法。
【請求項１０】
請求項１ないし請求項７のいずれか一項に記載の振動片と、
前記振動片が収納されているパッケージと、を備えていることを特徴とする振動子。
【請求項１１】
請求項１ないし請求項７のいずれか一項に記載の振動片と、
少なくとも前記振動片を駆動させる機能を有している回路素子と、を備えていることを特徴とする電子デバイス。
【請求項１２】
請求項１ないし請求項７のいずれか一項に記載の振動片と、
少なくとも前記振動片を駆動させる機能を有している回路素子と、を備えていることを特徴とするジャイロセンサー。
【請求項１３】
請求項１２に記載のジャイロセンサーを備えていることを特徴とする電子機器。
【請求項１４】
請求項１２に記載のジャイロセンサーを備えていることを特徴とする移動体。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、振動片、振動片の製造方法、振動子、電子デバイス、ジャイロセンサー、電子機器、および移動体に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来から、角速度を検出するための振動片として、いわゆる「ダブルＴ型」のジャイロ素子が知られている（例えば、特許文献１参照）。
特許文献１に記載されているジャイロ素子は、基部と、基部から両側へｙ軸に沿って延出している第１、第２検出振動腕（検出アーム）と、基部から両側へｘ軸に沿って延出している第１、第２連結腕（連結アーム）と、第１連結腕から両側へｙ軸に沿って延出して

いる第１、第２駆動振動腕（駆動アーム）と、第２連結腕から両側へｙ軸に沿って延出している第３、第４駆動振動腕（駆動アーム）とで構成されている。
そして、第１、第２、第３、第４駆動振動腕の先端部には、各駆動振動腕の先端から基部に向かって設けられた錘層が設けられている。この錘層は、各駆動振動腕の共振周波数調整（以下、周波数調整という）に用いられる質量調整膜であり、蒸着マスクを用いた蒸着法などによって形成される。周波数調整は、この錘層の少なくとも一部を、例えばレーザー光などを用いて除去することによって各駆動振動腕の共振周波数を所定の値に合せ込む。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特開２００６－１０５６１４号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
しかしながら、上述のように蒸着マスクを用いた蒸着法などによって各振動腕の錘層を形成する場合、蒸着マスクの装着位置がばらつくことがある。特に、蒸着マスクの装着位置が各駆動振動腕（振動腕）の延出方向（ｙ軸方向）にずれた場合は、各駆動振動腕が基部から両側（互いに反対方向）に延出された、例えば第１駆動振動腕、第２駆動振動腕では、第１駆動振動腕の錘層が大きくなれば、第２駆動振動腕の錘層が小さくなる。
このように、蒸着マスクの装着位置が各駆動振動腕の延出方向（ｙ軸方向）にずれた場合は、互いに反対方向に延出されている駆動振動腕に形成される錘層の大きさや質量が異ってしまう（アンバランスになる）。即ち、互いに反対方向に延出されている各駆動振動腕に設けられている錘層の重心位置と質量が異なることになる。これにより、互いに反対方向に延出されている駆動振動腕の振動バランスが崩れ、周波数温度特性の劣化、所謂温度ドリフトを生じてしまうことがあった。
【課題を解決するための手段】
【０００５】
本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態または適用例として実現することが可能である。
【０００６】
［適用例１］本適用例に係る振動片は、基部と、前記基部から、互いに反対方向に延出されている一対の振動腕と、少なくとも一方の前記振動腕の先端から前記基部側に間隔をあけて、前記少なくとも一方の前記振動腕に設けられている第１錘部と、前記第１錘部の先端と前記少なくとも一方の前記振動腕の先端との間の領域に設けられている第２錘部と、を備え、前記第１錘部が設けられている領域を第１領域、前記第１錘部の先端と前記少なくとも一方の前記振動腕の先端との間の領域を第２領域とし、前記第１領域の面積をＡ１、前記第１錘部の質量をＢ１とし、前記第２領域の面積をＡ２、前記第２錘部の質量をＢ２としたとき、Ｂ１／Ａ１＞Ｂ２／Ａ２である、ことを特徴とする。
【０００７】
本願発明者は、振動腕に設けられている錘層（第１錘部と第２錘部とを加えた錘部）と振動片の温度ドリフトとの関連性において、錘層の重心位置アンバランス（錘層の位置変化）による温度ドリフトへの影響と、錘層の質量アンバランスによる温度ドリフトへの影響と、が有ることを見出した。なお、ここで、温度ドリフトとは、温度変化に対して、振動片の周波数が変化することを言う。
詳述すると、錘層の質量アンバランスの方が、錘層の位置のアンバランスよりも温度ドリフトへの影響度が大きく、かつ錘層の位置が振動腕の先端に近いほど温度ドリフトへの影響度が大きくなる。さらに、錘層の質量アンバランスと振動片の温度ドリフトとの相関では、負の傾きを持った相関を有し、錘層の位置アンバランスと振動片の温度ドリフトとの相関では、正の傾きを持った相関を有している。即ち、上述の構成の錘層を用いること

で、錘層の質量アンバランスによる温度ドリフトと、錘層の位置アンバランスの影響による温度ドリフトとの相殺を生じさせ、これによって、温度ドリフトの発生を減少させることが可能であることを見出した。

【０００８】

本適用例の振動片においては、基部から、互いに反対方向に向かって一対の振動腕が延出されているため、蒸着マスクの装着位置が各振動腕の延出方向にずれた場合は、それぞれの振動腕に設けられた第１錘部の位置が、一方の振動腕では先端側にずれて形成され、他方の振動腕では基部側にずれて形成される。

ここで、第１錘部は振動腕の先端から間隔をあけて、振動腕の第１領域に設けられており、第２錘部は第１錘部と振動腕の先端との間の全ての領域である第２領域に設けられており、即ち第１錘部より振動腕の先端側に設けられ、第１領域の面積をＡ１、第１錘部の質量をＢ１とし、第２領域の面積をＡ２、第２錘部の質量をＢ２としたとき、Ｂ１／Ａ１＞Ｂ２／Ａ２である。

【０００９】

この構成により、振動片の温度ドリフトの発生に対して影響度の大きい第２錘部の質量が小さくなるため、質量アンバランスと振動片の温度ドリフトとの相関における負の傾きが小さくなる。このとき、第１錘部は、一方および他方の振動腕の内で位置がずれて形成されるため、位置のアンバランスによる振動片の温度ドリフトへの影響を受けるが、位置アンバランスと振動片の温度ドリフトとの相関における正の傾きは変わらない。

したがって、上記構成においては、第２錘部の質量アンバランスによる振動片の温度ドリフトとの相関において小さくなった負の傾きと、第１錘部の位置アンバランスと振動片の温度ドリフトとの相関における元々小さな正の傾きとが、正負で殆んど同じ傾きを有することになる。これによって、質量アンバランスによる振動片の温度ドリフトとの相関と位置アンバランスと振動片の温度ドリフトとの相関とが相殺され、蒸着マスクの装着位置が各振動腕の延出方向にずれた場合、即ちそれぞれの振動腕に設けられた第１錘部および第２錘部の位置がずれた場合でも、振動片の温度ドリフト発生を抑えることが可能となる。

なお、本構成は、一対の振動腕の両方に適用されていてもよいが、一対の振動腕の内で、錘部がずれる方向とは反対側に位置する一方の振動腕に適用されていれば、上述の効果を生じることができる。即ち、錘部がずれる方向とは反対側に位置する一方の振動腕に本構成の錘部が適用されていればよい。

【００１０】

［適用例２］上記適用例に記載の振動片において、前記第２錘部は、前記少なくとも一方の前記振動腕の延出方向と直交する方向の幅が、前記第１錘部の前記幅よりも小さいことを特徴とする。

【００１１】

本適用例によれば、振動片の温度ドリフトの発生に対して影響度の大きい第２錘部の質量アンバランスによる振動片の温度ドリフトとの相関における負の傾きを小さくすることができる。換言すれば、蒸着マスクの装着位置が各振動腕の延出方向にずれたなどで、それぞれの振動腕に設けられた第１錘部および第２錘部の位置がずれた場合でも、振動片の温度ドリフト発生を抑えることが可能となる。

【００１２】

［適用例３］上記適用例に記載の振動片において、前記第２錘部は、前記少なくとも一方の前記振動腕の延出方向と直交する方向の、前記少なくとも一方の前記振動腕の略中央部に設けられていることを特徴とする。

【００１３】

本適用例によれば、第２錘部の振動腕の幅方向のバランスが取れるため、振動片の温度ドリフトへの影響を、さらに抑えることが可能となる。

【００１４】

［適用例４］上記適用例に記載の振動片において、前記第２錘部は、複数の第３錘部か

ら構成されていることを特徴とする。

【００１５】

本適用例によれば、第２錘部が複数の第３錘部を含み構成されていることで、振動片の温度ドリフトの発生に対して影響度の大きい第２錘部の質量アンバランスによる振動片の温度ドリフトとの相関における負の傾きを小さくすることができる。

【００１６】

［適用例５］上記適用例に記載の振動片において、前記第１錘部は、前記少なくとも一方の前記振動腕の延出方向に沿った前記少なくとも一方の前記振動腕の側端との間に間隔をあけて設けられていることを特徴とする。

【００１７】

本適用例によれば、蒸着マスクの装着位置が各振動腕の幅方向にずれた場合でも、第１錘部と振動腕の側端との間に間隔があるため第１錘部が各振動腕から外れることを抑制できる。したがって、第１錘部が各振動腕の幅方向にずれた場合でも、第１錘部の質量変化の発生を防止することが可能となる。

【００１８】

［適用例６］上記適用例に記載の振動片において、前記少なくとも一方の前記振動腕は、平面視で前記少なくとも一方の前記振動腕の延出方向と直交する方向の前記少なくとも一方の前記振動腕の一部の幅が、前記少なくとも一方の前記振動腕の延出方向と直交する方向の前記少なくとも一方の前記振動腕の他部の幅よりも広く形成された幅広部を備え、前記第１錘部、および前記第２錘部は、前記幅広部に設けられていることを特徴とする。

【００１９】

本適用例によれば、第１錘部、および第２錘部の質量を大きくすることができ、周波数の調整範囲を広くすることが可能となる。

【００２０】

［適用例７］上記適用例に記載の振動片において、前記基部から、互いに反対方向に延出されている一対の検出用振動腕が設けられていることを特徴とする。

【００２１】

本適用例によれば、蒸着マスクの装着位置が各振動腕の延出方向にずれたなどで、それぞれの振動腕に設けられた第１錘部および第２錘部の位置がずれた場合でも、振動片の温度ドリフト発生を抑えることが可能ジャイロ振動片を提供することができる。

【００２２】

［適用例８］本適用例に係る振動片の製造方法は、基部と、前記基部から、互いに反対方向に延出されている一対の振動腕と、を含む外形形状を形成する工程と、少なくとも一方の前記振動腕の先端から前記基部側に間隔をあけて、前記少なくとも一方の前記振動腕に第１錘部と、前記第１錘部の先端と前記少なくとも一方の前記振動腕の先端との間の領域に第２錘部と、を形成する工程と、前記第１錘部および前記第２錘部の少なくとも一方の、少なくとも一部を除去する、または、前記第１錘部および前記第２錘部の少なくとも一方の質量を付加して前記振動腕の共振周波数を調整する工程と、を備え、前記第１錘部が設けられている領域を第１領域、前記第１錘部の先端と前記少なくとも一方の前記振動腕の先端との間の領域を第２領域とし、前記第１領域の面積をＡ１、前記第１錘部の質量をＢ１とし、前記第２領域の面積をＡ２、前記第２錘部の質量をＢ２としたとき、Ｂ１／Ａ１＞Ｂ２／Ａ２で形成する、ことを特徴とする。

【００２３】

本適用例によれば、振動片の温度ドリフトの発生に対して影響度の大きい第２錘部の質量アンバランスによる振動片の温度ドリフトとの相関における負の傾きの小さな振動片を製造することが可能となる。換言すれば、蒸着マスクの装着位置が各振動腕の延出方向にずれたなどで、それぞれの振動腕に設けられた第１錘部および第２錘部の位置がずれた場合でも、振動片の温度ドリフトの発生を抑えることが可能な振動片を製造することができる。

【００２４】

［適用例９］上記適用例に係る振動片の製造方法において、前記第１錘部と前記第２錘部とを形成する工程は、少なくとも一方の前記振動腕の先端から前記基部側に間隔をあけて、前記少なくとも一方の前記振動腕に第１錘部を形成する工程と、前記第１錘部の先端と前記少なくとも一方の前記振動腕の先端との間の領域に第２錘部を形成する工程と、を備えていることを特徴とする。

【００２５】

本適用例によれば、蒸着マスクの装着位置が各振動腕の延出方向にずれ、それぞれの振動腕に設けられた第１錘部および第２錘部の位置がずれた場合でも、振動片の温度ドリフトの発生を抑えることが可能な振動片を製造することができる。また、第１錘部と第２錘部とを別々な工程で形成することができるため、例えばそれぞれの錘部の材質を変える、それぞれの錘部の厚みを変えるなどに対応することができる。

【００２６】

［適用例１０］本適用例に係る振動子は、上記適用例のいずれか一例に記載の振動片と、前記振動片が収納されているパッケージと、を備えていることを特徴とする。

【００２７】

本適用例によれば、振動片の温度ドリフトの発生が抑えられた、即ち温度特性を向上させた振動子を提供することが可能となる。

【００２８】

［適用例１１］本適用例に係る電子デバイスは、上記適用例のいずれか一例に記載の振動片と、少なくとも前記振動片を駆動させる機能を有している回路素子と、を備えていることを特徴とする。

【００２９】

本適用例によれば、温度ドリフトの発生が抑えられ、温度特性の向上が図られた電子デバイスを提供することができる。

【００３０】

［適用例１２］本適用例に係る電子機器は、上記適用例のいずれか一例に記載の振動片を備えていることを特徴とする。

【００３１】

本適用例によれば、温度ドリフトの発生が抑えられ、温度特性の向上が図られた振動片を用いていることから、温度変化に対する特性が安定した電子機器を提供することができる。

【００３２】

［適用例１３］本適用例に係る移動体は、上記適用例のいずれか一例に記載の振動片を備えていることを特徴とする。

【００３３】

本適用例によれば、振動片の温度ドリフトの発生が抑えられ、温度特性の向上が図られた振動片を用いていることから、温度変化に対する特性が安定した移動体を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【００３４】

【図１】本発明にかかる振動片の実施形態、およびその振動片を用いた振動子の実施形態を示す概略図であり、（Ａ）は平面図、（Ｂ）は正断面図。

【図２】振動子が備える振動片としてのジャイロ素子の平面図。

【図３】ジャイロ素子の駆動を説明する平面図。

【図４】従来の、錘部とジャイロ素子の温度ドリフトとの関係を説明する図であり、（Ａ）は錘部の形態を示す部分平面図、（Ｂ）は錘部のずれ量と温度ドリフト量との相関を示すグラフ。

【図５】本実施形態の、錘部とジャイロ素子の温度ドリフトとの関係を説明する図であり、（Ａ）は錘部の形態を示す部分平面図、（Ｂ）は錘部のずれ量と温度ドリフト量との相関を示すグラフ。

【図６】本実施形態の、錘部とジャイロ素子の温度ドリフトとの関係を説明する図であり、（Ａ）は錘部の形態を示す部分平面図、（Ｂ）は錘部のずれ量と温度ドリフト量との相関を示すグラフ。
【図７】本実施形態の、錘部とジャイロ素子の温度ドリフトとの関係を説明する図であり、（Ａ）は錘部の形態を示す部分平面図、（Ｂ）は錘部のずれ量と温度ドリフト量との相関を示すグラフ、（Ｃ）は錘部の形状の詳細を示す拡大平面図。
【図８】（Ａ）～（Ｅ）は、錘部の変形例を示す部分平面図。
【図９】（Ａ）～（Ｃ）は、錘部の変形例を示す平面図、及び断面図。
【図１０】本発明にかかる振動片の製造方法を示すフローチャート。
【図１１】本発明にかかる振動片を用いた電子デバイスを示す正断面図。
【図１２】電子機器の一例としてのモバイル型のパーソナルコンピューターの構成を示す斜視図。
【図１３】電子機器の一例としての携帯電話機の構成を示す斜視図。
【図１４】電子機器の一例としてのデジタルスチールカメラの構成を示す斜視図。
【図１５】移動体の一例としての自動車の構成を示す斜視図。
【発明を実施するための形態】
【００３５】
以下、本発明の振動片および振動子を添付図面に示す実施形態に基づいて詳細に説明する。
＜実施形態＞
まず、本発明にかかる振動片の実施形態、およびその振動片を適用した振動子の実施形態について説明する。
【００３６】
図１は、本発明にかかる振動片、およびその振動片を用いた振動子の実施形態を示す図であり、（Ａ）は平面図、（Ｂ）は正断面図である。図２は、図１に示す振動子が備える振動片としてのジャイロ素子を示す平面図である。図３は、ジャイロ素子の駆動を説明する平面図である。なお、以下では、図１に示すように、互いに直交する３軸を、ｘ軸、ｙ軸およびｚ軸とし、ｚ軸は、振動デバイスの厚さ方向と一致する。また、ｘ軸に平行な方向を「ｘ軸方向（第２方向）」と言い、ｙ軸に平行な方向を「ｙ軸方向（第１方向）」と言い、ｚ軸に平行な方向を「ｚ軸方向」と言う。
【００３７】
図１に示す振動子１は、振動片としてのジャイロ素子（振動素子）２と、ジャイロ素子２を収納するパッケージ９とを有している。以下、ジャイロ素子２およびパッケージ９について順次詳細に説明する。
【００３８】
（ジャイロ素子）
図２は、上側から（リッド９２側）から見た振動片としてのジャイロ素子の平面図である。なお、ジャイロ素子には、検出信号電極、検出信号配線、検出信号端子、検出接地電極、検出接地配線、検出接地端子、駆動信号電極、駆動信号配線、駆動信号端子、駆動接地電極、駆動接地配線および駆動接地端子などが設けられているが、同図においては省略している。
【００３９】
振動片としてのジャイロ素子２は、ｚ軸まわりの角速度を検出する「面外検出型」のセンサーであって、図示しないが、基材と、基材の表面に設けられている複数の電極、配線および端子とで構成されている。
ジャイロ素子２は、水晶、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウムなどの圧電材料で構成することができるが、これらの中でも、水晶で構成するのが好ましい。これにより、優れた振動特性（周波数特性）を発揮することのできるジャイロ素子２が得られる。
このようなジャイロ素子２は、いわゆるダブルＴ型をなす振動体４と、振動体４を支持する支持部としての第１支持部５１および第２支持部５２と、振動体４と第１、第２支持

部５１、５２とを連結する梁としての第１梁６１、第２梁６２、第３梁６３および第４梁６４とを有している。

【００４０】

振動体４は、ｘｙ平面に拡がりを有し、ｚ軸方向に厚みを有している。このような振動体４は、中央に位置する基部４１と、基部４１からｙ軸方向に沿って両側に延出している第１検出振動腕４２１、第２検出振動腕４２２と、基部４１からｘ軸方向に沿って両側に延出している第１連結腕４３１、第２連結腕４３２と、第１連結腕４３１の先端部からｙ軸方向に沿って両側に延出している振動腕としての第１駆動振動腕４４１、および第２駆動振動腕４４２と、第２連結腕４３２の先端部からｙ軸方向に沿って両側に延出している振動腕としての第３駆動振動腕４４３、および第４駆動振動腕４４４とを有している。第１、第２検出振動腕４２１、４２２および第１、第２、第３、第４駆動振動腕４４１、４４２、４４３、４４４の先端部には、それぞれ、基端側よりも幅の大きい略四角形の幅広部としての重量部（ハンマーヘッド）４２５、４２６、４４５、４４６、４４７、４４８が設けられている。このような重量部４２５、４２６、４４５、４４６、４４７、４４８を設けることでジャイロ素子２の角速度の検出感度が向上する。

【００４１】

なお、第１、第２駆動振動腕４４１、４４２は、第１連結腕４３１の延在方向の途中から延出してもよく、同様に、第３、第４駆動振動腕４４３、４４４は、第２連結腕４３２の延在方向の途中から延出してもよい。

また、本例では、基部４１から延出している第１連結腕４３１、第２連結腕４３２から第１駆動振動腕４４１、第２駆動振動腕４４２、第３駆動振動腕４４３、および第４駆動振動腕４４４が延出している構成で説明したが、基部４１と第１連結腕４３１と第２連結腕４３２とを含めて基部とすることも可能である。即ち、基部から第１駆動振動腕、第２駆動振動腕、第３駆動振動腕、および第４駆動振動腕が延出している構成も可能である。

また、第１、第２支持部５１、５２は、それぞれ、ｘ軸方向に沿って延在しており、これら第１、第２支持部５１、５２の間に振動体４が位置している。言い換えれば、第１、第２支持部５１、５２は、振動体４を介してｙ軸方向に沿って対向するように配置されている。第１支持部５１は、第１梁６１、および第２梁６２を介して基部４１と連結されており、第２支持部５２は、第３梁６３、および第４梁６４を介して基部４１と連結されている。

【００４２】

第１梁６１は、第１検出振動腕４２１と第１駆動振動腕４４１との間を通って第１支持部５１と基部４１を連結し、第２梁６２は、第１検出振動腕４２１と第３駆動振動腕４４３との間を通って第１支持部５１と基部４１を連結し、第３梁６３は、第２検出振動腕４２２と第２駆動振動腕４４２との間を通って第２支持部５２と基部４１を連結し、第４梁６４は、第２検出振動腕４２２と第４駆動振動腕４４４との間を通って第２支持部５２と基部４１を連結している。

【００４３】

このような各梁６１、６２、６３、６４は、それぞれ、ｘ軸方向に沿って往復しながらｙ軸方向に沿って延びる蛇行部（Ｓ字形状部）を有しており、ｘ軸方向およびｙ軸方向に弾性を有している。また、各梁６１、６２、６３、６４は、それぞれ、蛇行部を有する細長い形状を有しているので、あらゆる方向に弾性を有している。そのため、外部から衝撃が加えられても、各梁６１、６２、６３、６４で衝撃を吸収する作用を有するので、これに起因する検出ノイズを低減または抑制することができる。

【００４４】

（ジャイロ素子の錘部）

第１検出振動腕４２１の重量部４２５、および第２検出振動腕４２２の重量部４２６には、第１検出振動腕４２１、および第２検出振動腕４２２の固有共振周波数を所望の周波数に合わせ込むための質量調整用の検出腕錘層１４、１５が設けられている。

【００４５】

第１駆動振動腕４４１の重量部４４５には、錘部１３ｃが設けられている。錘部１３ｃは、第１駆動振動腕４４１の先端から基部４１側に間隔をあけて第１駆動振動腕４４１の第１領域に設けられた第１錘部１２ｃと、第１駆動振動腕４４１の先端と第１錘部１２ｃの第１駆動振動腕４４１の先端側の端（以下、「第１錘部１２ｃの先端」という）との間の第２領域に設けられた第２錘部１１ｃと、を含んでいる。

【００４６】

第１領域は、第１駆動振動腕４４１の先端（重量部４４５の先端）、および重量部４４５の両側辺と間隔をあけた四辺形の面積Ａ１の領域である。第１錘部１２ｃは、第１領域に略重なった四辺形で、質量Ｂ１を有して設けられている。なお、図２では、第１領域をクロスハッチングで示している。

【００４７】

第２領域は、第１錘部１２ｃの先端と、第１錘部１２ｃの先端と対向する第１駆動振動腕４４１の先端との間の領域である第２領域に設けられた面積Ａ２の領域である。第２錘部１１ｃは、第２領域の内に、第１駆動振動腕４４１の先端側の第１錘部１２ｃの幅方向（ｘ軸方向）の略中央部から、第１駆動振動腕４４１の先端まで達する第１錘部１２ｃより幅の狭い四辺形で、質量Ｂ２を有して設けられている。

【００４８】

このように、錘部１３ｃは、第１駆動振動腕４４１の先端側に向かって凸形状に形成されている。錘部１３ｃは、第１領域の面積Ａ１、第２領域の面積Ａ２、第１錘部１２ｃの質量Ｂ１、および第２錘部１１ｃの質量Ｂ２が、Ｂ１／Ａ１＞Ｂ２／Ａ２となるように設けられている。本例では、第１錘部１２ｃと第２錘部１１ｃとは、同じ厚みで形成されており、上記関係式を満足させるため、第１錘部１２ｃが第１領域と略同じ形状で設けられ、第２錘部１１ｃが、第２領域の幅より第２錘部１１ｃの幅が狭くなるよう設けられている。

【００４９】

同様に、第２駆動振動腕４４２の重量部４４６には、錘部１３ｄが設けられている。錘部１３ｄは、第２駆動振動腕４４２の先端から基部４１側に間隔をあけて第２駆動振動腕４４２の第１領域に設けられた第１錘部１２ｄと、第２駆動振動腕４４２の先端と第１錘部１２ｄの第２駆動振動腕４４２の先端側の端（以下、「第１錘部１２ｄの先端」という）との間の第２領域に設けられた第２錘部１１ｄと、を含んでいる。

【００５０】

第１領域は、第２駆動振動腕４４２の先端（重量部４４６の先端）、および重量部４４６の両側辺と間隔をあけた四辺形の面積Ａ１の領域である。第１錘部１２ｄは、第１領域に略重なった四辺形で、質量Ｂ１を有して設けられている。

【００５１】

第２領域は、第１錘部１２ｄの先端と、第１錘部１２ｄの先端と対向する第２駆動振動腕４４２の先端との間の領域である第２領域に設けられた面積Ａ２の領域である。第２錘部１１ｄは、第２領域の内に、第２駆動振動腕４４２の先端側の第１錘部１２ｄの幅方向（ｘ軸方向）の略中央部から、第２駆動振動腕４４２の先端まで達する第１錘部１２ｄより幅の狭い四辺形で、質量Ｂ２を有して設けられている。

【００５２】

このように、錘部１３ｄは、第２駆動振動腕４４２の先端側に向かって凸形状に形成されている。錘部１３ｄは、第１領域の面積Ａ１、第２領域の面積Ａ２、第１錘部１２ｄの質量Ｂ１、および第２錘部１１ｄの質量Ｂ２が、Ｂ１／Ａ１＞Ｂ２／Ａ２となるように設けられている。本例では、第１錘部１２ｄと第２錘部１１ｄとは、同じ厚みで形成されており、上記関係式を満足させるため、第１錘部１２ｄが第１領域と略同じ形状で設けられ、第２錘部１１ｄが、第２領域の幅より第２錘部１１ｄの幅が狭くなるよう設けられている。

【００５３】

同様に、第３駆動振動腕４４３の重量部４４７には、錘部１３ａが設けられている。錘

部１３ａは、第３駆動振動腕４４３の先端から基部４１側に間隔をあけて第３駆動振動腕４４３の第１領域に設けられた第１錘部１２ａと、第３駆動振動腕４４３の先端と第１錘部１２ａの第３駆動振動腕４４３の先端側の端（以下、「第１錘部１２ａの先端」という）との間の第２領域に設けられた第２錘部１１ａと、を含んでいる。

【００５４】

第１領域は、第３駆動振動腕４４３の先端（重量部４４７の先端）、および重量部４４７の両側辺と間隔をあけた四辺形の面積Ａ１の領域である。第１錘部１２ａは、第１領域に略重なった四辺形で、質量Ｂ１を有して設けられている。

【００５５】

第２領域は、第１錘部１２ａの先端と、第１錘部１２ａの先端と対向する第３駆動振動腕４４３の先端との間の領域である第２領域に設けられた面積Ａ２の領域である。第２錘部１１ａは、第２領域の内に、第３駆動振動腕４４３の先端側の第１錘部１２ａの幅方向（ｘ軸方向）の略中央部から、第３駆動振動腕４４３の先端まで達する第１錘部１２ａより幅の狭い四辺形で、質量Ｂ２を有して設けられている。

【００５６】

このように、錘部１３ａは、第３駆動振動腕４４３の先端側に向かって凸形状に形成されている。錘部１３ａは、第１領域の面積Ａ１、第２領域の面積Ａ２、第１錘部１２ａの質量Ｂ１、および第２錘部１１ａの質量Ｂ２が、Ｂ１／Ａ１＞Ｂ２／Ａ２となるように設けられている。本例では、第１錘部１２ａと第２錘部１１ａとは、同じ厚みで形成されており、上記関係式を満足させるため、第１錘部１２ａが第１領域と略同じ形状で設けられ、第２錘部１１ａが、第２領域の幅より第２錘部１１ａの幅が狭くなるよう設けられている。

【００５７】

同様に、第４駆動振動腕４４４の重量部４４８には、錘部１３ｂが設けられている。錘部１３ｂは、第４駆動振動腕４４４の先端から基部４１側に間隔をあけて第４駆動振動腕４４４の第１領域に設けられた第１錘部１２ｂと、第４駆動振動腕４４４の先端と第１錘部１２ｂの第４駆動振動腕４４４の先端側の端（以下、「第１錘部１２ｂの先端」という）との間の第２領域に設けられた第２錘部１１ｂと、を含んでいる。

【００５８】

第１領域は、第４駆動振動腕４４４の先端（重量部４４８の先端）、および重量部４４８の両側辺と間隔をあけた四辺形の面積Ａ１の領域である。第１錘部１２ｂは、第１領域に略重なった四辺形で、質量Ｂ１を有して設けられている。

【００５９】

第２領域は、第１錘部１２ｂの先端と、第１錘部１２ｂの先端と対向する第４駆動振動腕４４４の先端との間の領域である第２領域に設けられた面積Ａ２の領域である。第２錘部１１ｂは、第２領域の内に、第４駆動振動腕４４４の先端側の第１錘部１２ｂの幅方向（ｘ軸方向）の略中央部から、第４駆動振動腕４４４の先端まで達する第１錘部１２ｂより幅の狭い四辺形で、質量Ｂ２を有して設けられている。

【００６０】

このように、錘部１３ｂは、第４駆動振動腕４４４の先端側に向かって凸形状に形成されている。錘部１３ｂは、第１領域の面積Ａ１、第２領域の面積Ａ２、第１錘部１２ｂの質量Ｂ１、および第２錘部１１ｂの質量Ｂ２が、Ｂ１／Ａ１＞Ｂ２／Ａ２となるように設けられている。本例では、第１錘部１２ｂと第２錘部１１ｂとは、同じ厚みで形成されており、上記関係式を満足させるため、第１錘部１２ｂが第１領域と略同じ形状で設けられ、第２錘部１１ｂが、第２領域の幅より第２錘部１１ｂの幅が狭くなるよう設けられている。

【００６１】

なお、本例では、第１駆動振動腕４４１、および第２駆動振動腕４４２と、第３駆動振動腕４４３、および第４駆動振動腕４４４と、の２対の駆動振動腕の先端側に錘部１３ａ、１３ｂ、１３ｃ、１３ｄが設けられている構成で説明したが、これに限らない。例えば

、第１駆動振動腕４４１、および第２駆動振動腕４４２の内の少なくとも一方と、第３駆動振動腕４４３、および第４駆動振動腕４４４の内の少なくとも一方とに設けられている構成でもよい。

【００６２】

第１駆動振動腕４４１の重量部４４５、第２駆動振動腕４４２の重量部４４６、第３駆動振動腕４４３の重量部４４７、および第４駆動振動腕４４４の重量部４４８に上述のような凸形状の錘部１３ｃ、１３ｄ、１３ａ、１３ｂを設けることで、錘部１３ｃ、１３ｄ、１３ａ、１３ｂがｙ軸方向にずれることによって生じるジャイロ素子２の温度ドリフトを抑えることが可能となる。なお、詳細については後述する。

【００６３】

このような構成のジャイロ素子２は、次のようにしてｚ軸まわりの角速度ωを検出する。ジャイロ素子２は、角速度ωが加わらない状態において、駆動信号電極（図示せず）および駆動接地電極（図示せず）の間に電界が生じると、図３（Ａ）に示すように、各駆動振動腕４４１、４４２、４４３、４４４が矢印Ａに示す方向に屈曲振動を行う。このとき、第１、第２駆動振動腕４４１、４４２と、第３、第４駆動振動腕４４３、４４４とは、中心点Ｇ（重心Ｇ）を通るｙｚ平面に関して面対称の振動を行っているため、基部４１と、第１、第２連結腕４３１、４３２と、第１、第２検出振動腕４２１、４２２とは、ほとんど振動しない。

【００６４】

この駆動振動を行っている状態にて、ジャイロ素子２にｚ軸まわりに角速度ωが加わると、図３（Ｂ）に示すような振動が発生する。即ち、駆動振動腕４４１、４４２、４４３、４４４および連結腕４３１、４３２に矢印Ｂ方向のコリオリの力が働き、この矢印Ｂ方向の振動に呼応して、矢印Ｃ方向の検出振動が励起される。そして、この振動により発生した検出振動腕４２１、４２２の歪みを検出信号電極（図示せず）および検出接地電極（図示せず）が検出して角速度ωが求められる。

【００６５】

（パッケージ）

パッケージ９は、ジャイロ素子２を収納するものである。なお、パッケージ９には、後述する電子デバイスのように、ジャイロ素子２の他に、ジャイロ素子２の駆動等を行うＩＣチップ等が収納されていてもよい。このようなパッケージ９は、その平面視（ｘｙ平面視）にて、略矩形状をなしている。

【００６６】

パッケージ９は、上面に開放する凹部を有するベース９１と、凹部の開口を塞ぐようにベースに接合されているリッド（蓋体）９２とを有している。また、ベース９１は、板状の底板９１１と、底板９１１の上面周縁部に設けられている枠状の側壁９１２とを有している。このようなパッケージ９は、その内側に収納空間を有しており、この収納空間内に、ジャイロ素子２が気密的に収納、設置されている。

【００６７】

ジャイロ素子２は、第１、第２支持部５１、５２にて、半田、銀ペースト、導電性接着剤（樹脂材料中に金属粒子などの導電性フィラーを分散させた接着剤）などの導電性固定部材８を介して底板９１１の上面に固定されている。第１、第２支持部５１、５２は、ジャイロ素子２のｙ軸方向の両端部に位置するため、このような部分を底板９１１に固定することにより、ジャイロ素子２の振動体４が両持ち支持され、ジャイロ素子２を底板９１１に対して安定的に固定することができる。そのため、ジャイロ素子２の不要な振動（検出振動以外の振動）が抑制され、ジャイロ素子２による角速度ωの検出精度が向上する。

【００６８】

また、導電性固定部材８は、第１、第２支持部５１、５２に設けられている２つの検出信号端子７１４、２つの検出接地端子７２４、駆動信号端子７３４および駆動接地端子７４４に対応（接触）して、かつ互いに離間して６つ設けられている。また、底板９１１の上面には、２つの検出信号端子７１４、２つの検出接地端子７２４、駆動信号端子７３４

および駆動接地端子７４４に対応する６つの接続パッド１０が設けられており、導電性固定部材８を介して、これら各接続パッド１０とそれと対応するいずれかの端子とが電気的に接続されている。

【００６９】

（錘部の構成）

次に、上述した第１駆動振動腕４４１、第２駆動振動腕４４２、第３駆動振動腕４４３、第４駆動振動腕４４４のそれぞれに設けられている錘部１３ｃ、１３ｄ、１３ａ、１３ｂについて、その構成と効果について図４～図７を用いて詳細に説明する。なお、説明の便宜上、従来構成である図４も含めて各図とも本実施形態にかかる第３駆動振動腕４４３、第４駆動振動腕４４４を用いて説明している。また、他の第１駆動振動腕４４１、第２駆動振動腕４４２においても同様な構成であるので説明は省略している。

図４は、従来の、錘部とジャイロ素子の温度ドリフトとの関係を示しており、（Ａ）は錘部の形態を示す部分平面図、（Ｂ）は錘部のずれ量と温度ドリフト量との相関を示すグラフである。図５は、本実施形態の、錘部とジャイロ素子の温度ドリフトとの関係を示しており、（Ａ）は錘部の形態を示す部分平面図、（Ｂ）は錘部のずれ量と温度ドリフト量との相関を示すグラフである。図６は、本実施形態の、錘部とジャイロ素子の温度ドリフトとの関係を示しており、（Ａ）は錘部の形態を示す部分平面図、（Ｂ）は錘部のずれ量と温度ドリフト量との相関を示すグラフである。図７は、本実施形態の、錘部とジャイロ素子の温度ドリフトとの関係を示しており、（Ａ）は錘部の形態を示す部分平面図、（Ｂ）は錘部のずれ量と温度ドリフト量との相関を示すグラフ、（Ｃ）は錘部の形状の詳細を示す拡大平面図である。

なお、ここで、温度ドリフト量とは、温度変化に対するジャイロ素子の周波数変化量のことを言う。

【００７０】

＜従来の構成における錘部＞

先ず、図４を参照しながら、従来の錘部とジャイロ素子の温度ドリフト（以下、温度ドリフトと記載することもある。）との関係について説明する。図４（Ａ）に示すように、第３駆動振動腕４４３の重量部４４７には、錘部２１が設けられており、第４駆動振動腕４４４の重量部４４８には、錘部２２が設けられている。この錘部２１および錘部２２は、その質量と位置が同じになるように、図中二点鎖線で示す位置Ｌ１、Ｌ３から重量部４４７、４４８のそれぞれの先端４４７ａ、４４８ａに亘って設けられる。

【００７１】

しかしながら、錘部２１および錘部２２を形成する際の蒸着マスクの装着位置が、第３駆動振動腕４４３、第４駆動振動腕４４４の延出方向にずれてしまった場合は、錘部２１と錘部２２とが形成される位置が図中ハッチングで示すようにずれてしまう。なお、蒸着マスクは、多数のジャイロ素子２の多数の錘部に対応するように一体形成されているため、装着位置がずれると一対の錘部２１、２２とも同方向に同量ずれることになる。

本例では、－ｙ軸方向にずれ量Ｍ１、Ｍ２（Ｍ１とＭ２は同量）の位置ずれを生じ、錘部２１は、第３駆動振動腕４４３の根元側の端がＬ２の位置となり、錘部２２は、第４駆動振動腕４４４の根元側の端がＬ４の位置となる。

【００７２】

このように、錘部２１と錘部２２との形成位置がずれることにより、錘部２１と錘部２２との質量が変わることになる。これにより、一対の第３駆動振動腕４４３、第４駆動振動腕４４４に形成されている錘部２１と錘部２２の質量のバランスが崩れ、質量アンバランスによりジャイロ素子２に温度ドリフトを生じてしまうことになる。

【００７３】

次に、錘部２１と錘部２２のずれ量と温度ドリフトとの相関について同図（Ｂ）のグラフを用いて説明する。

従来例では、錘部２１、２２の質量アンバランスが大きいほど、換言すれば蒸着マスクの装着位置のｙ軸方向へのずれ量が大きいほど温度ドリフトが大きくなる。本例のような

蒸着マスクのずれでは、錘部２１が小さくなるほど錘部２２が大きくなるが、逆の方向に蒸着マスクがずれれば、錘部２１が徐々に大きくなり錘部２２が小さくなる。このように質量アンバランスが増大することで、同図（Ｂ）に示すように、錘部２１と錘部２２のずれ量と温度ドリフトとの相関は、負の傾きを持った近似線Ｗ１となる。

特に、従来例の錘部２１および錘部２２の形状は、それぞれの重量部４４７、４４８の先端４４７ａ、４４８ａまで達しているため、蒸着マスクの装着位置がｙ軸方向にずれた場合は、一方の錘部２１の質量が小さくなり他方の錘部２２の質量が大きくなる。このような構成では、ずれ量が直接質量の変化となって現れるため、質量アンバランスの影響を大きく受けることになり、図中の近似線Ｗ１の傾きが大きくなることになる。即ち、蒸着マスクのずれが温度ドリフトに大きな影響を与えていた。

【００７４】

＜錘部の形態１＞

次に、図５、および図６を参照しながら、錘部の形態１とジャイロ素子の温度ドリフト（以下、温度ドリフトと記載することもある。）との関係について説明する。図５（Ａ）は、錘部が重量部の内でずれている状態を示す部分平面図、同図（Ｂ）は錘部のずれ量と温度ドリフト量との相関を示すグラフである。図６（Ａ）は、一方の錘部が重量部外に外れるようにずれている状態を示す部分平面図、同図（Ｂ）は錘部のずれ量と温度ドリフト量との相関を示すグラフである。

【００７５】

図５（Ａ）に示すように、第３駆動振動腕４４３の重量部４４７には、錘部２５が設けられており、第４駆動振動腕４４４の重量部４４８には、錘部２６が設けられている。この錘部２５および錘部２６は、本来はその質量と位置が同じになるように、重量部４４７、４４８の内側（先端４４７ａ、４４８ａ、および両側辺のそれぞれと間隔を有する）に、図中二点鎖線で示す矩形状２５ａ、２６ａのように設けられる。

しかしながら、錘部２５、２６を形成する蒸着マスクの装着位置が－ｙ軸方向にずれ量Ｍ１、Ｍ２ずれた場合は、錘部２５および錘部２６が重量部４４７、４４８の内側（平面内）でずれる、換言すれば、錘部２５および錘部２６が、重量部４４７、４４８から外れない程度にずれて形成される。この場合、錘部２５と錘部２６とが、図中ハッチングで示すような位置に形成され、－ｙ軸方向にずれ量Ｍ１、Ｍ２（Ｍ１とＭ２は同量）の位置ずれを生じる。錘部２５は、第３駆動振動腕４４３の根元側の端がＬ１からＬ２の位置となり、錘部２６は、第４駆動振動腕４４４の先端４４８ａ側の端がＬ３からＬ４の位置となる。

【００７６】

なお、蒸着マスクは、多数のジャイロ素子２の錘部２５、２６に対応するように一体形成されているため、装着位置がずれると一対の錘部２５、２６とも同方向に同量ずれることになる。したがって、錘部２５の重心Ｐ１は重心Ｐ２に移動し、錘部２６の重心Ｐ３は重心Ｐ４に移動する。

このように、錘部２５と錘部２６との形成位置が重量部４４７、４４８の内側でずれることにより、錘部２５と錘部２６とは、その質量バランスは変わらず、位置（重心）バランスが変わることになる。

【００７７】

しかしながら、錘部２５、２６は、その位置が第３駆動振動腕４４３、第４駆動振動腕４４４の先端４４７ａ、４４８ａに近くなるほど温度ドリフトへの影響度が大きくなる。これにより、先端４４７ａ側に重心が移動した錘部２５は擬似的に質量が増えた状態となり、根元側に重心が移動した錘部２６は擬似的に質量が減った状態となる。

これにより、錘部２５と錘部２６との形成位置が重量部４４７、４４８の内側でずれるような構成にすれば、従来例の質量のばらつきによる影響度よりも小さな温度ドリフトへの影響度とすることができる。

【００７８】

なお、錘部２５と錘部２６との形成位置を重心バランスの変化による温度ドリフトへの

影響を小さくするために、重量部４４７、４４８の先端４４７ａ、４４８ａと錘部２５、２６との間隔を錘部２５、２６のｙ軸方向寸法以上にすることが望ましい。これは、錘部２５、２６が重量部４４７、４４８の先端４４７ａ、４４８ａに近づくことによる質量のばらつきによる影響度を軽減するために有効である。

【００７９】

このような、重量部４４７、４４８の内側での錘部２５と錘部２６のずれ量と温度ドリフトとの相関について同図（Ｂ）のグラフを用いて説明する。

上述の形態では、－ｙ軸方向に錘部２５、２６がずれる。錘部２５は、重量部４４７の先端４４７ａ側にずれ、錘部２６は、第４駆動振動腕４４４の根元側にずれている。上述したが、重量部４４７の先端４４７ａ側にずれた錘部２５は、擬似的に質量が増えた状態となるため、上述した従来例の場合と比べると質量の変化が逆となる。したがって、同図（Ｂ）に示すように、近似線ＰＵ１の傾きが正（従来例とは逆の傾き）の傾きとなる。また、直接質量変化が起こらないため、その傾き（絶対値）も小さくすることができる。換言すれば、温度ドリフトに対する影響度を減少させることができる。

【００８０】

次に、図５を用いて説明した形態１の錘部の形成がさらにずれ、重量部４４７、４４８の外側までずれた場合について、図６を用いて説明する。なお、ここでの説明では、上述の図５を用いた説明と重複する説明は省略する。

図６（Ａ）に示すように、錘部２５が重量部４４７の先端４４７ａから外れた状態で形成される。この場合、錘部２５と錘部２６とが、本来の位置である図中二点鎖線で示す矩形状２５ａ、２６ａの位置から－ｙ軸方向にずれ量Ｍ３、Ｍ４（Ｍ３とＭ４は同量）の位置ずれを生じる。錘部２５は、第３駆動振動腕４４３の根元側の端がＬ１からＬ５の位置となり、重量部４４７の先端４４７ａ側は重量部４４７から外れた位置２５ａ’（２点鎖線で示す）となる。即ち、先端４４７ａ側の錘部２５の一部は形成されず、錘部２５の表面積が小さくなる。錘部２６は、第４駆動振動腕４４４の先端４４８ａ側の端がＬ３からＬ６の位置となる。また、錘部２５の重心Ｐ１は重心Ｐ５に移動し、錘部２６の重心Ｐ３は重心Ｐ６に移動する。

このように、錘部２５が重量部４４７の先端４４７ａから外れると、従来例で説明した質量変化の質量アンバランスによる温度ドリフトへの影響が加味されることになる。同図（Ｂ）に沿って説明する。ここでは、錘部２５が重量部４４７の先端４４７ａから外れる場合について説明するので、同図（Ｂ）の縦軸より左側の領域で説明する。

錘部２５が重量部４４７の内側にある場合は、上述したように正の傾きを持った近似線ＰＵ１に沿った影響を受けるが、錘部２５が重量部４４７の外側にかかりだした所を変曲点として質量変化による質量アンバランスとの相関が加わる。換言すれば、変曲点から左側の領域、即ち錘部２５が重量部４４７の外側にはみ出している場合では、質量変化による質量アンバランスと温度ドリフトとの相関である負の傾きを持った近似線Ｗ２と、位置（重心）バランスの変化による位置アンバランスと温度ドリフトとの相関である正の傾きを持った近似線ＰＵ１とを加算した傾きの近似線（Ｗ２＋ＰＵ１）の相関となる。

【００８１】

このように、形態１の錘部２５、２６の形態において、蒸着マスクの装着位置のずれが生じた場合、錘部２５、２６の位置ずれによる温度ドリフトの発生を抑制することができる。つまり、錘部２５、２６の位置ずれと温度ドリフトとの相関関係を小さくすることができる。

【００８２】

＜錘部の形態２＞

次に、図７を参照しながら、錘部の形態２と温度ドリフトとの関係について説明する。図７（Ａ）は、錘部が重量部の内でずれている状態を示す部分平面図、同図（Ｂ）は、錘部のずれ量と温度ドリフト量との相関を示すグラフであり、同図（Ｃ）は、錘部の形状の詳細を示す拡大平面図である。

【００８３】

本形態の錘部１３ａ、１３ｂは、上述した実施形態の（ジャイロ素子の錘部）の項で詳細に説明した構成で形成されている。簡略に説明すると、錘部１３ａ、１３ｂは、第１錘部１２ａ、１２ｂと第１錘部１２ａ、１２ｂより単位面積あたりの質量が小さい第２錘部１１ａ、１１ｂとを含んで形成されている。なお、本説明では、第４駆動振動腕４４４に設けられている錘部１３ｂを用いて説明する。また、第１領域とは、第１錘部１２ｂが設けられている全ての領域のことをいう。また、第１領域と第２領域との境界線は、錘部１３ｂのうち、その形状、質量、材質、厚み、等が変化する境目であって、かつ第１錘部１２ｂの先端（第４駆動振動腕４４４の先端側の辺）である。

【００８４】

錘部１３ｂは、第４駆動振動腕４４４の先端から基部４１側に間隔をあけて第４駆動振動腕４４４の第１領域に設けられた第１錘部１２ｂと、第４駆動振動腕４４４の先端と第１錘部１２ｂの先端との間の第２領域に設けられた第２錘部１１ｂと、を含んでいる。

【００８５】

上述したように第１領域は、面積Ａ１の領域であり、第１錘部１２ｂが第１領域に略重なった四辺形で、質量Ｂ１を有して設けられている。また、第２領域は、面積Ａ２の領域であり、第２錘部１１ｂが、第２領域の内に、第１錘部１２ｂより幅の狭い四辺形で、質量Ｂ２を有して設けられている。即ち、錘部１３ｂは、第４駆動振動腕４４４の先端側に向かって凸形状に形成されている。

【００８６】

錘部１３ｂは、第１領域の面積Ａ１、第２領域の面積Ａ２、第１錘部１２ｂの質量Ｂ１、および第２錘部１１ｂの質量Ｂ２が、Ｂ１／Ａ１＞Ｂ２／Ａ２となるように設けられている。本例では、第１錘部１２ｂと第２錘部１１ｂとは、同じ厚みで形成されており、上記関係式を満足させるため、第１錘部１２ｂが第１領域と略同じ形状で設けられ、第２錘部１１ｂが、第２領域の幅より第２錘部１１ｂの幅が狭くなるよう設けられている。

【００８７】

本来錘部１３ａ、１３ｂは、図中二点鎖線で示す錘部１３ａ’、１３ｂ’のようにそれぞれが対称形状で、質量と位置が同じになるように設けられることが望ましい。しかしながら、上述の形態１と同様に錘部１３ａ、１３ｂを形成する蒸着マスクの装着位置が－ｙ軸方向にずれ量Ｍ５、Ｍ６ずれた場合は、錘部１３ａおよび錘部１３ｂが重量部４４７、４４８の内側（平面領域内）でずれる。同図（Ａ）では、錘部１３ａおよび錘部１３ｂが、重量部４４７、４４８から外れない程度にずれた場合を示している。この場合、錘部１３ａと錘部１３ｂとが、図中ハッチングで示すような位置に形成され、－ｙ軸方向にずれ量Ｍ５、Ｍ６（Ｍ５とＭ６は同量）の位置ずれを生じる。

錘部１３ａは、第３駆動振動腕４４３の根元側の端が、本来の位置Ｌ１からずれ量Ｍ５分ずれたＬ２の位置となり、錘部１３ｂは、第４駆動振動腕４４４の根元側の端が、本来の位置Ｌ３からずれ量Ｍ６分ずれたＬ４の位置となる。

【００８８】

なお、蒸着マスクは、多数のジャイロ素子２の錘部１３ａ、１３ｂに対応するように一体形成されているため、装着位置がずれると一対の錘部１３ａ、１３ｂとも同方向に同量ずれることになる。錘部１３ａの重心Ｐ１は重心Ｐ２に移動し、錘部２６の重心Ｐ３は重心Ｐ４に移動する。また、蒸着マスクが－ｙ軸方向に大きくずれた場合は、重量部４４７には第１錘部１２ａのみが形成され、重量部４４８には第１錘部１２ｂ及び第２錘部１１ｂが形成されることになる。

【００８９】

このように、錘部１３ａと錘部１３ｂとの形成位置が重量部４４７、４４８の内側（面内）でずれることにより、錘部１３ａと錘部１３ｂとは、その質量バランス及び位置（重心）バランスが変わることになる。

位置（重心）バランスが変わることにより、先端４４７ａ側に重心が移動した第１錘部１２ａは擬似的に質量が増えた状態となり、根元側に重心が移動した第１錘部１２ｂは擬似的に質量が減った状態となっている。本形態２では、第１錘部１２ａ、１２ｂよりも単

位面積あたりの質量が小さい第２錘部１１ａ、１１ｂにより、その擬似的な質量のアンバランスを相殺し、温度ドリフトへの影響度を減少させている。

【００９０】

形態２の構成で温度ドリフトへの影響を減少させることについて図７（Ｂ）、図７（Ｃ）を用いて説明する。なお、同図（Ｃ）では、代表して錘部１３ｂを用いて説明する。

形態２の錘部１３ｂは、幅Ｓ×長さＴの矩形状に形成された第１錘部１２ｂと、幅Ｓ／３×長さ２Ｔの矩形状に形成された第２錘部１１ｂを有している。

【００９１】

第１錘部１２ｂは、第４駆動振動腕４４４の先端４４８ａから基部４１側に間隔をあけ、重量部４４８の面内（図示右下がりクロスハッチングで示す第１領域）に設けられている。第２錘部１１ｂは、第４駆動振動腕４４４の先端４４８ａと第１錘部１２ｂの先端との間の領域である第２領域に設けられている。なお、第２領域は、第１錘部１２ｂの先端のｘ軸方向の幅をそのまま第４駆動振動腕４４４の先端４４８ａまで延長した領域で、図中破線（点線）で示された領域である。ここで、第２錘部１１ｂは、第２領域の幅Ｓの１／３の幅（Ｓ／３）で設けられているため、第１領域と略同じ面積の幅Ｓ×長さＴの矩形状に形成された第１錘部１２ｂと比べると、単位面積当たりの質量が小さくなるように形成されている。即ち、錘部１３ｂは、第１領域の面積Ａ１、第２領域の面積Ａ２、第１錘部１２ｂの質量Ｂ１、および第２錘部１１ｂの質量Ｂ２が、Ｂ１／Ａ１＞Ｂ２／Ａ２となるように設けられている。

【００９２】

このような錘層の形態２の構成では、錘部１３ｂの形成位置が－ｙ軸方向にずれた場合に、先端４４８ａに近い位置に設けられている第２錘部１１ｂは、錘の質量アンバランスと温度ドリフトとの相関となり、先端４４８ａから離れた位置に設けられている第１錘部１２ｂは、錘の位置アンバランスと温度ドリフトとの相関となる。

【００９３】

形態２の錘部１３ｂでは、先端４４８ａに近い位置の第２錘部１１ｂの単位面積あたりの質量が小さく構成されているため、錘の質量アンバランスと温度ドリフトへの影響度を、形態１よりもさらに減少させることができる。即ち、図７（Ｂ）に示す、錘の質量アンバランスと温度ドリフトへの影響度を示す近似線Ｗ３の傾きを図６（Ｂ）に示す近似線Ｗ２の傾きより小さくすることができる。

また、第１錘部１２ｂは、錘の位置アンバランスとの相関となるが、第２錘部１１ｂが設けられている分先端４４８ａから離れた（間隔を持った）位置に設けられているため、錘の位置アンバランスと温度ドリフトへの影響度を、形態１よりもさらに減少させることができる。即ち、図７（Ｂ）に示す、錘の位置アンバランスと温度ドリフトへの影響度を示す近似線ＰＵ２の傾きを図６（Ｂ）に示す近似線ＰＵ１の傾きより小さくすることができる。

【００９４】

そして、錘の質量アンバランスと温度ドリフトへの影響度を示す近似線Ｗ３の傾きと、錘の位置アンバランスと温度ドリフトへの影響度を示す近似線ＰＵ２の傾きが正負で略等しくなることから、それぞれの影響度が打ち消される。この２つの近似線Ｗ３とＰＵ２とを加算することにより、ほぼ温度ドリフトへの影響度の無い近似線Ｗ３＋ＰＵ２を得ることができる。即ち、第１錘部１２ｂと第２錘部１１ｂとを有する錘部１３ｂを用いることにより、蒸着マスクの装着位置のずれなどで錘部１３ｂの形成位置が－ｙ軸方向にずれた場合でも、殆んど温度ドリフトへの影響を生じさせなくすることが可能となる。

【００９５】

また、上述のように、第２錘部１１ｂの幅を第１錘部１２ｂの幅の１／３とし、第２錘部１１ｂの単位面積あたりの質量を第１錘部１２ｂの単位面積あたりの質量よりも小さくなるようにすることで、近似線Ｗ３の傾きと近似線ＰＵ２の傾きとの絶対値を略等しくすることができ、略横軸と重なる近似線が得られるシミュレーション結果も得られている。

【００９６】

また、図７（Ａ）に示すように、第４駆動振動腕４４４に設けられている第２錘部１１ｂは、第３駆動振動腕４４３に設けられている第２錘部１１ａよりも質量が大きい。これにより、第１錘部１２ａ及び１２ｂの位置アンバランスによる温度ドリフトの影響と第２錘部１１ａ及び１１ｂの質量アンバランスによる温度ドリフトの影響とが相殺され、全体として温度ドリフトが低減される。

【００９７】

（錘部の変形例）

上述の錘部１３ａ、１３ｂでは、凸形状の例を示して説明したが、第２錘部の単位面積あたりの質量が第１錘部の単位面積あたりの質量より小さな構成であれば同様な効果を有することになる。図８に錘部の代表的な変形例を示し説明する。なお、図８（Ａ）～（Ｅ）は、変形例における錘部の形状の詳細を示す拡大平面図である。本説明では、第４駆動振動腕４４４に設けられている錘部１３ｂに相当する箇所を用いて説明するが、他の錘部にも適用可能である。また、第１領域とは、第１錘部１２ｂが設けられている全ての領域のことをいう。また、第１領域と第２領域との境界線は、錘部１３ｂのうち、その形状、質量、材質、厚み、等が変化する境目であって、かつ第１錘部１２ｂの先端（第４駆動振動腕４４４の先端側の辺）である。

【００９８】

図８（Ａ）に示す変形例の錘部１３ｅは、第１錘部１２ｅと第１錘部１２ｅより単位面積あたりの質量が小さい第２錘部１１ｅとを含み、重量部４４８に形成されている。第１錘部１２ｅは、重量部４４８の先端から間隔をあけた位置に、矩形状に設けられている。第２錘部１１ｅは、重量部４４８の先端と第１錘部１２ｅとの間にあって、重量部４４８の先端側に矩形状に設けられている。なお、第２錘部１１ｅは、重量部４４８の幅方向（実施形態のｘ軸方向）寸法を小さくすることによって質量を小さくしている。なお、図中の境界線Ｌ１０が、第１領域と第２領域との境界を示している。

【００９９】

図８（Ｂ）に示す変形例の錘部１３ｆは、第１錘部１２ｆと第１錘部１２ｆより単位面積あたりの質量が小さい第２錘部１１ｆとを含み、重量部４４８に形成されている。第１錘部１２ｆは、重量部４４８の先端から間隔をあけた位置に、矩形状に設けられている。第２錘部１１ｆは、重量部４４８の先端と第１錘部１２ｆとの間にあって、第１錘部１２ｆの幅方向（実施形態のｘ軸方向）の両端から重量部４４８の先端に向かって突出した２つの第３錘部１１ｆ’、１１ｆ’’を有している。なお、第２錘部１１ｆは、２つの第３錘部１１ｆ’、１１ｆ’’を加えたときの、重量部４４８の幅方向（実施形態のｘ軸方向）寸法が小さくなるように設けることで質量を小さくしている。なお、図中の境界線Ｌ１０が、第１領域と第２領域との境界を示している。

【０１００】

図８（Ｃ）に示す変形例の錘部１３ｈは、第１錘部１２ｈと第１錘部１２ｈより単位面積あたりの質量が小さい第２錘部１１ｈとを含み、重量部４４８に形成されている。第１錘部１２ｈは、重量部４４８の先端から間隔をあけた位置に、矩形状に設けられている。第２錘部１１ｈは、重量部４４８の先端と第１錘部１２ｈとの間にあって、第１錘部１２ｈから延出され、重量部４４８の先端に向かって幅が小さくなる形状に設けられている。なお、第２錘部１１ｈは、重量部４４８の幅方向（実施形態のｘ軸方向）寸法を小さくすることによって質量を小さくしている。なお、図中の境界線Ｌ１０が、第１領域と第２領域との境界を示している。

【０１０１】

図８（Ｄ）に示す変形例の錘部１３ｋは、第１錘部１２ｋと第１錘部１２ｋより単位面積あたりの質量が小さい第２錘部１１ｋとを含み、重量部４４８に形成されている。第１錘部１２ｋは、重量部４４８の先端から間隔をあけた位置に、矩形状に設けられている。第２錘部１１ｋは、重量部４４８の先端と第１錘部１２ｋとの間にあって、第１錘部１２ｋと僅かな隙間を有し、重量部４４８の先端に向かって伸びた幅細矩形状の３つの第３錘部１１ｋ’、１１ｋ’’、１１ｋ’’’を有している。なお、第２錘部１１ｋは、３つの

第３錘部１１ｋ’、１１ｋ’’、１１ｋ’’’を加えたときの、重量部４４８の幅方向（実施形態のｘ軸方向）寸法が小さくなるように設けることで質量を小さくしている。なお、図中の境界線Ｌ１０が、第１領域と第２領域との境界を示している。

【０１０２】

図８（Ｅ）に示す変形例の錘部１３ｍは、第１錘部１２ｍと第１錘部１２ｍより単位面積あたりの質量が小さい第２錘部１１ｍとを含み、重量部４４８に形成されている。第１錘部１２ｍは、重量部４４８の先端から間隔をあけた位置に、矩形状に設けられている。第２錘部１１ｍは、重量部４４８の先端と第１錘部１２ｍとの間にあって、第１錘部１２ｍの幅方向（実施形態のｘ軸方向）の両端から重量部４４８の先端に向かって、内辺がアール形状をなして突出した２つの突出部（第３錘部）１１ｍ’、１１ｍ’’を有している。なお、第２錘部１１ｍは、２つの突出部（第３錘部）１１ｍ’、１１ｍ’’を加えたときの、重量部４４８の幅方向（実施形態のｘ軸方向）寸法が小さくなるように設けることで質量を小さくしている。このように、錘部１３ｍの外形に曲線を有する構成であってもよい。なお、図中の境界線Ｌ１０が、第１領域と第２領域との境界を示している。

【０１０３】

なお、上述の変形例では、第２錘部を複数に分割した幾つかの例を説明したが、この構成とは逆に、第１錘部が、複数に分割された構成であってもよい。

【０１０４】

また、第１錘部より第２錘部の方が単位面積当たりの質量が小さければ良いので、例えば次のような構成であってもよい。

（１）第１錘部と同じ厚みで形成され、第１錘部よりｘ軸方向の幅寸法が狭い第２錘部。

（２）図９（Ａ）に示すように、第１錘部１２ｎと同じ厚み及び幅で形成され、第１錘部１２ｎより比重の軽い材質で形成された第２錘部１１ｎ（ハッチングで示す部分）。

（３）図９（Ｂ）に示すように、第１錘部１２ｒと同じ形状で形成され、第１錘部１２ｒより厚みが薄く形成された第２錘部１１ｒ。

（４）図９（Ｃ）に示すように、第１錘部１２ｓと同じ形状でメッシュ（網状）に形成された第２錘部１１ｓ。

【０１０５】

上述の変形例で説明した構成の錘部においても、実施形態（錘部の形態）で示した構成の錘部と同様な効果を有している。

【０１０６】

（ジャイロ素子の製造方法）

次に、本発明に係るジャイロ素子の製造方法について図面を参照しながら説明する。図１０は、上述した図２に示す振動片としてのジャイロ素子２の概略の製造工程を示すフローチャートである。

【０１０７】

先ず、例えば水晶板などの基板を用意する。そして、基板に対してフォトリソグラフィー法などを用いることにより、図２に示す第１、第２、第３、第４駆動振動腕４４１、４４２、４４３、４４４、および第１、第２検出振動腕４２１、４２２などの外形形状を形成し、ジャイロ素子素板を形成する（ステップＳ１０２）。

【０１０８】

次に、ジャイロ素子素板の表面に電極膜を形成する（ステップＳ１０４）。電極膜は、例えば、水晶との密着性を向上させるためにクロム（Ｃｒ）などの下地金属層を形成し、その表面に金（Ａｕ）層を形成した構成となっている。電極膜の形成は、蒸着法やスパッタリング法などを用いて成膜することができる。

【０１０９】

次に、図２に示す、第１、第２検出振動腕４２１、４２２の先端部の重量部４２５，４２６に検出腕錘層１４、１５を形成し、第１、第２、第３、第４駆動振動腕４４１、４４２、４４３、４４４の先端部の重量部４４５、４４６、４４７、４４８に錘部１３ａ、１

３ｂ、１３ｃ、１３ｄを形成する（ステップＳ１０６）。
ここで、錘部１３ａ、１３ｂ、１３ｃ、１３ｄは、第１、第２、第３、第４駆動振動腕４４１、４４２、４４３、４４４の先端から間隔をあけて設けられた第１錘部１２ａ、１２ｂ、１２ｃ、１２ｄと、第１、第２、第３、第４駆動振動腕４４１、４４２、４４３、４４４の先端と第１錘部１２ａ、１２ｂ、１２ｃ、１２ｄと、の間に設けられた、第１錘部１２ａ、１２ｂ、１２ｃ、１２ｄより単位面積あたりの質量が小さい第２錘部１１ａ、１１ｂ、１１ｃ、１１ｄとを含んでいる。
なお、第１錘部１２ａ、１２ｂ、１２ｃ、１２ｄを形成する工程と、第２錘部１１ａ、１１ｂ、１１ｃ、１１ｄを形成する工程とを、異なる工程で行うことも可能である。このように第１錘部１２ａ、１２ｂ、１２ｃ、１２ｄの形成と、第２錘部１１ａ、１１ｂ、１１ｃ、１１ｄの形成とを、異なる工程で行うことにより、第１錘部１２ａ、１２ｂ、１２ｃ、１２ｄと第２錘部１１ａ、１１ｂ、１１ｃ、１１ｄとの、例えば材質を変える、厚みを変える、一方を網目状にするなどに対応することができる。
検出腕錘層１４、１５、および錘部１３ａ、１３ｂ、１３ｃ、１３ｄは、例えば、金属マスクなどを介した蒸着法やスパッタリング法などにより、金（Ａｕ）などの金属層を形成し、その層の厚さは、電極膜よりも厚く形成する。
【０１１０】
次に、第１、第２検出振動腕４２１、４２２の質量調整を行い、第１、第２検出振動腕４２１、４２２の固有共振周波数を所望の周波数に合わせ込む（ステップＳ１０８）。この質量調整は、離調周波数の調整のために行うものであり、例えば、集束されたレーザー光を照射することによって、第１、第２検出振動腕４２１、４２２に形成された検出腕錘層１４、１５の少なくとも一部を溶融、蒸発させて除去することによって行う。なお、必要であれば、電極膜を溶融、蒸発させて除去することもある。また、検出腕錘層１４、１５の質量を付加することもある。
【０１１１】
次に、第１、第２、第３、第４駆動振動腕４４１、４４２、４４３、４４４の質量調整を行い、第１、第２、第３、第４駆動振動腕４４１、４４２、４４３、４４４の固有共振周波数を所望の周波数に合わせ込む、振動腕周波数調整を行う（ステップＳ１１０）。この質量調整は、第１、第２、第３、第４駆動振動腕４４１、４４２、４４３、４４４の屈曲振動が第１連結腕４３１、第２連結腕４３２を通り第１、第２検出振動腕４２１、４２２へ伝播する、所謂、振動漏れを防止する目的も併せて有している。
振動腕周波数調整は、それぞれの第１、第２、第３、第４駆動振動腕４４１、４４２、４４３、４４４の固有共振周波数を変化させ、それぞれの第１、第２、第３、第４駆動振動腕４４１、４４２、４４３、４４４の固有共振周波数を一致させるように合わせ込む。この振動腕周波数調整（質量調整）は、例えば、集束されたレーザー光を照射することによって、第１、第２、第３、第４駆動振動腕４４１、４４２、４４３、４４４に形成された錘部１３ａ、１３ｂ、１３ｃ、１３ｄと電極とを溶融、蒸発させ、少なくとも一部を除去することによって行う。また、錘部１３ａ、１３ｂ、１３ｃ、１３ｄの質量を付加することもある。
振動腕周波数調整は、大まかに固有共振周波数を合わせ込む、所謂、粗調整と、微細な質量の合わせ込みによって固有共振周波数を合わせ込む、所謂、微調整と、によって行う。
また、振動腕周波数調整は、錘部１３ａ、１３ｂ、１３ｃ、１３ｄを構成する第１錘部１２ａ、１２ｂ、１２ｃ、１２ｄ、および第２錘部１１ａ、１１ｂ、１１ｃ、１１ｄの少なくとも一方を除去することで行うことができる。また、錘部１３ａ、１３ｂ、１３ｃ、１３ｄを構成する第１錘部１２ａ、１２ｂ、１２ｃ、１２ｄ、および第２錘部１１ａ、１１ｂ、１１ｃ、１１ｄの少なくとも一方の質量を付加することもある。
【０１１２】
次に、ジャイロ素子２の電気的特性を検査し、所望の特性を有するジャイロ素子２を選別することによってジャイロ素子２が完成する（ステップＳ１１２）。

【０１１３】
上述した振動片としてのジャイロ素子２の製造方法によれば、検出腕錘層１４、１５、および錘部１３ａ、１３ｂ、１３ｃ、１３ｄを同一工程で形成できる。また、錘部１３ａ、１３ｂ、１３ｃ、１３ｄを構成する第１錘部１２ａ、１２ｂ、１２ｃ、１２ｄ、および第２錘部１１ａ、１１ｂ、１１ｃ、１１ｄも同一工程で形成できることから効率よくジャイロ素子２を製造することができる。
【０１１４】
なお上述では、素子として所謂ダブルＴ型のジャイロ素子を用いたジャイロセンサーを例に説明したが、本発明に係る素子としてはダブルＴ型のジャイロ素子に限らず、基部から互いに反対方向に延出している振動腕を備えている素子であれば、適用可能である。本発明に係る素子としては、例えば、所謂Ｈ型ジャイロ素子、基部から互いに反対方向に延出している音叉振動腕を有する振動素子などがあげられる。
【０１１５】
［電子デバイス］
次に、上述のジャイロ素子２を用いた電子デバイスの一例としてのジャイロセンサーについて、図１１を用いて説明する。図１１はジャイロセンサーの概略を示す正断面図である。
【０１１６】
ジャイロセンサー８０は、振動片としてのジャイロ素子２、回路素子としてのＩＣ８４、パッケージとしての収容器８１、蓋体８６を備えている。セラミックなどで形成された収容器８１の底面にはＩＣ８４が配置され、Ａｕなどのワイヤー８５で収容器８１に形成された配線（図示せず）と電気的接続がなされている。ＩＣ８４にはジャイロ素子２を駆動振動させるための駆動回路と、角速度が加わったときにジャイロ素子２に生ずる検出振動を検出する検出回路とを含んでいる。
ジャイロ素子２は、収容器８１に形成された支持台８２に、ジャイロ素子２の支持部５１、５２が導電性接着剤などの固定部材８３を介して接着支持されている。また、支持台８２表面には配線（図示せず）が形成され、ジャイロ素子２の電極と配線間の導通が固定部材８３を介してなされている。この固定部材８３は、弾性のある材料であることが望ましい。弾性を有する固定部材８３としてはシリコーンを基材とする導電性接着剤などが知られている。そして、収容器８１内を真空雰囲気に保持し、収容器８１の上部の開口が蓋体８６にて封止されている。
【０１１７】
ジャイロ素子２において、第１、第２、第３、第４駆動振動腕４４１、４４２、４４３、４４４に設けられている錘部１３ａ、１３ｂ、１３ｃ、１３ｄが、第１錘部１２ａ、１２ｂ、１２ｃ、１２ｄと第２錘部１１ａ、１１ｂ、１１ｃ、１１ｄとを含んで形成されていることから、ジャイロ素子２の温度ドリフトを低減させることができる。したがって、このジャイロ素子２を用いたジャイロセンサー８０も温度ドリフトが低減された安定した特性を有している。
【０１１８】
［電子機器］
次いで、本発明の一実施形態に係る振動片としてのジャイロ素子２、振動片としてのジャイロ素子２を用いた振動子１、あるいは電子デバイスとしてのジャイロセンサー８０を適用した電子機器について、図１２～図１４に基づき、詳細に説明する。なお、説明では、振動片としてのジャイロ素子２を用いた振動子１を用いた例を示している。
【０１１９】
図１２は、本発明の一実施形態に係る振動子１を備える電子機器としてのモバイル型（又はノート型）のパーソナルコンピューターの構成の概略を示す斜視図である。この図において、パーソナルコンピューター１１００は、キーボード１１０２を備えた本体部１１０４と、表示部１００を備えた表示ユニット１１０６とにより構成され、表示ユニット１１０６は、本体部１１０４に対しヒンジ構造部を介して回動可能に支持されている。この

ようなパーソナルコンピューター１１００には、角速度を検出する機能を備えたジャイロ素子２を用いた振動子１が内蔵されている。

【０１２０】

図１３は、本発明の一実施形態に係る振動子１を備える電子機器としての携帯電話機（ＰＨＳも含む）の構成の概略を示す斜視図である。この図において、携帯電話機１２００は、複数の操作ボタン１２０２、受話口１２０４および送話口１２０６を備え、操作ボタン１２０２と受話口１２０４との間には、表示部１００が配置されている。このような携帯電話機１２００には、角速度センサー等として機能するジャイロ素子２を用いた振動子１が内蔵されている。

【０１２１】

図１４は、本発明の一実施形態に係る振動子１を備える電子機器としてのデジタルスチールカメラの構成の概略を示す斜視図である。なお、この図には、外部機器との接続についても簡易的に示されている。ここで、通常のカメラは、被写体の光像により銀塩写真フィルムを感光するのに対し、デジタルスチールカメラ１３００は、被写体の光像をＣＣＤ（Charge Coupled Device）等の撮像素子により光電変換して撮像信号（画像信号）を生成する。

デジタルスチールカメラ１３００におけるケース（ボディー）１３０２の背面には、表示部１００が設けられ、ＣＣＤによる撮像信号に基づいて表示を行う構成になっており、表示部１００は、被写体を電子画像として表示するファインダーとして機能する。また、ケース１３０２の正面側（図中裏面側）には、光学レンズ（撮像光学系）やＣＣＤ等を含む受光ユニット１３０４が設けられている。

撮影者が表示部１００に表示された被写体像を確認し、シャッターボタン１３０６を押下すると、その時点におけるＣＣＤの撮像信号が、メモリー１３０８に転送・格納される。また、このデジタルスチールカメラ１３００においては、ケース１３０２の側面に、ビデオ信号出力端子１３１２と、データ通信用の入出力端子１３１４とが設けられている。そして、図示されるように、ビデオ信号出力端子１３１２にはテレビモニター１４３０が、データ通信用の入出力端子１３１４にはパーソナルコンピューター１４４０が、それぞれ必要に応じて接続される。さらに、所定の操作により、メモリー１３０８に格納された撮像信号が、テレビモニター１４３０や、パーソナルコンピューター１４４０に出力される構成になっている。このようなデジタルスチールカメラ１３００には、角速度センサー等として機能するジャイロ素子２を用いた振動子１が内蔵されている。

【０１２２】

なお、本発明の一実施形態に係る振動子１は、図１２のパーソナルコンピューター（モバイル型パーソナルコンピューター）、図１３の携帯電話機、図１４のデジタルスチールカメラの他にも、例えば、インクジェット式吐出装置（例えばインクジェットプリンター）、ラップトップ型パーソナルコンピューター、テレビ、ビデオカメラ、ビデオテープレコーダー、カーナビゲーション装置、ページャー、電子手帳（通信機能付も含む）、電子辞書、電卓、電子ゲーム機器、ワードプロセッサー、ワークステーション、テレビ電話、防犯用テレビモニター、電子双眼鏡、ＰＯＳ端末、医療機器（例えば電子体温計、血圧計、血糖計、心電図計測装置、超音波診断装置、電子内視鏡）、魚群探知機、各種測定機器、計器類（例えば、車両、航空機、船舶の計器類）、フライトシミュレーター等の電子機器に適用することができる。

【０１２３】

［移動体］

図１５は移動体の一例としての自動車を概略的に示す斜視図である。自動車１０６には本発明に係るジャイロ素子２を用いた振動子１が搭載されている。例えば、同図に示すように、移動体としての自動車１０６には、ジャイロ素子２を用いた振動子１を内蔵してタイヤ１０９などを制御する電子制御ユニット１０８が車体１０７に搭載されている。また、振動子１は、他にもキーレスエントリー、イモビライザー、カーナビゲーションシステム、カーエアコン、アンチロックブレーキシステム（ＡＢＳ）、エアバック、タイヤ・プ

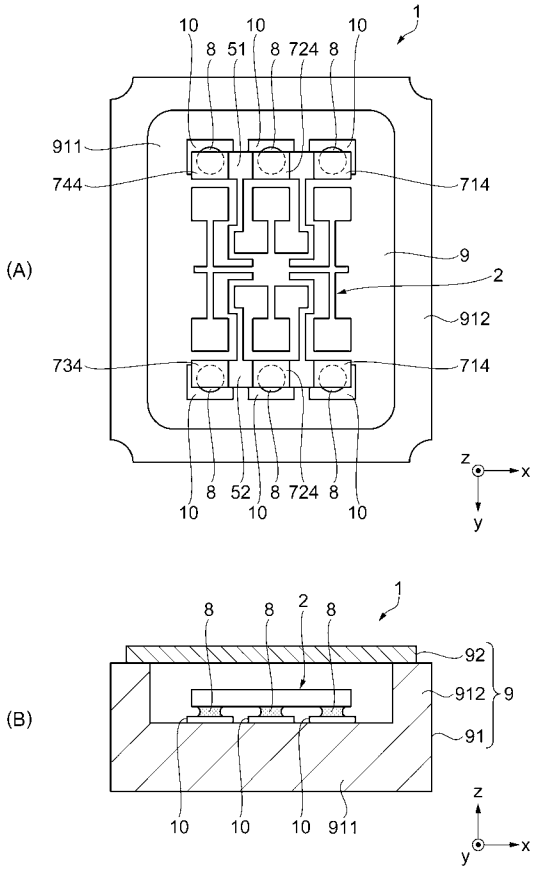
レッシャー・モニタリング・システム（ＴＰＭＳ：Tire Pressure Monitoring System）、エンジンコントロール、ハイブリッド自動車や電気自動車の電池モニター、車体姿勢制御システム、等の電子制御ユニット（ＥＣＵ：electronic control unit）に広く適用できる。

【符号の説明】

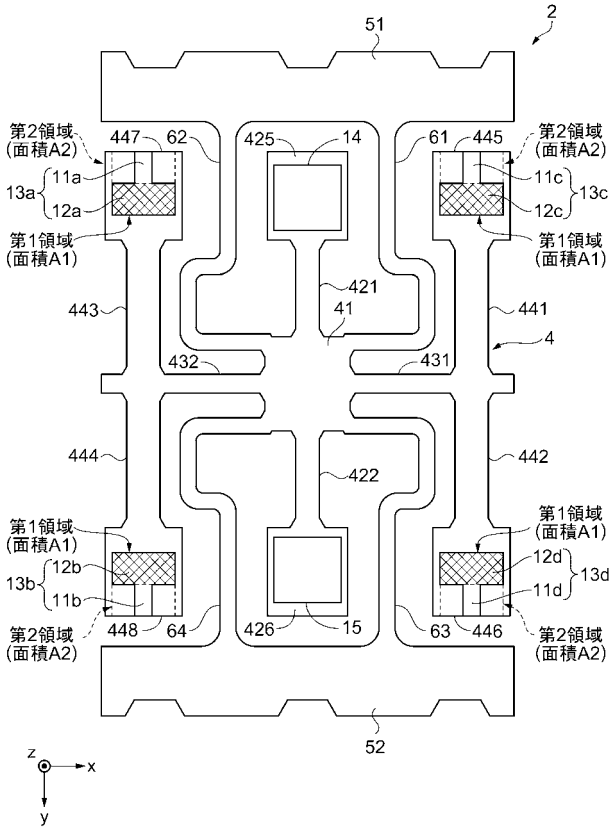
【０１２４】

１…振動子、２…振動片としてのジャイロ素子、４…振動体、８…導電性固定部材（銀ペースト）、９…パッケージ、１０…接続パッド、１１ａ、１１ｂ、１１ｃ、１１ｄ…第２錘部、１２ａ、１２ｂ、１２ｃ、１２ｄ…第１錘部、１３ａ、１３ｂ、１３ｃ、１３ｄ…錘部、１４、１５…検出腕錘層、２５、２６…錘部、４１…基部、５１…第１支持部、５１ａ…接合部、５１ｂ…接合部、５２…第２支持部、５２ａ…接合部、５２ｂ…接合部、６１…第１梁、６２…第２梁、６３…第３梁、６４…第４梁、９１…ベース、９２…リッド、１０６…移動体としての自動車、４２１…第１検出振動腕、４２２…第２検出振動腕、４２５、４２６、４４５、４４６、４４７，４４８…幅広部としての重量部（ハンマーヘッド）、４３１…第１連結腕、４３２…第２連結腕、４４１…第１駆動振動腕、４４２…第２駆動振動腕、４４３…第３駆動振動腕、４４４…第４駆動振動腕、４４７ａ、４４８ａ…重量部の先端、７１４…固定部としての検出信号端子、７２４…固定部としての検出接地端子、７３４…固定部としての駆動信号端子、７４４…固定部としての駆動信号端子、９１１…底板、９１２…側壁、１２４ａ、１２４ｂ…調整用電極（金属層）、１１００…電子機器としてのモバイル型のパーソナルコンピューター、１２００…電子機器としての携帯電話機、１３００…電子機器としてのデジタルスチールカメラ。

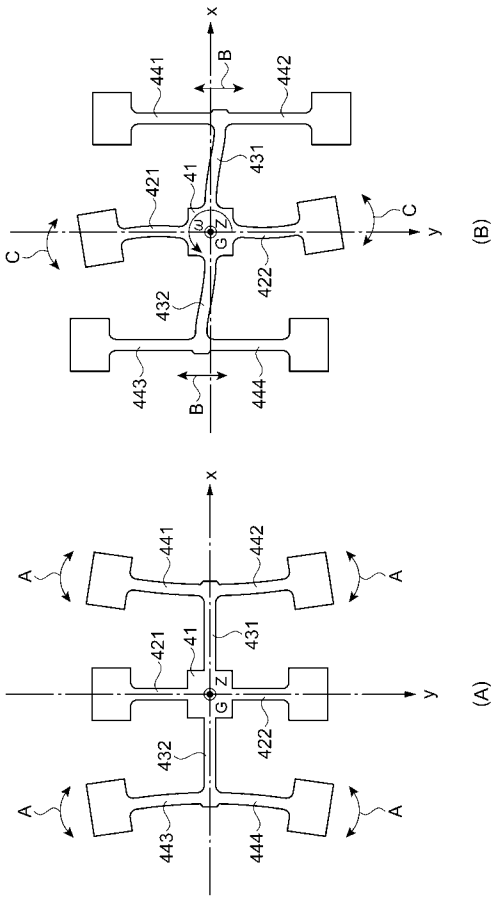
【図１】



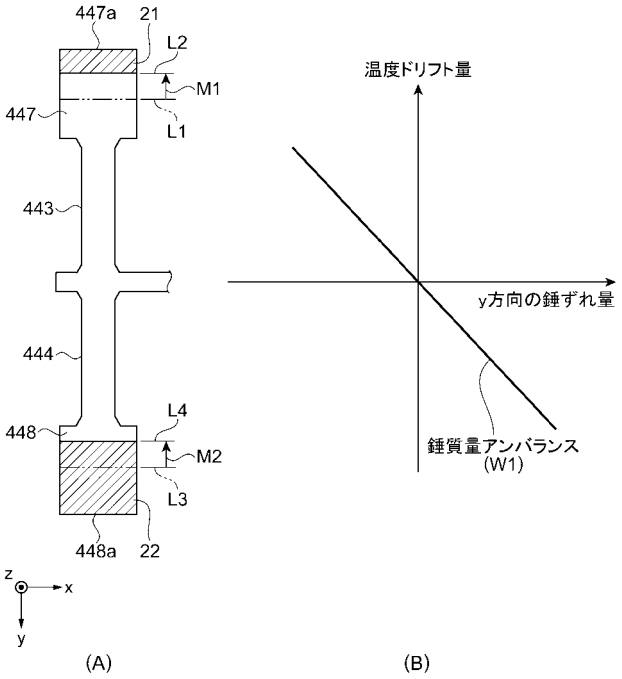
【図２】



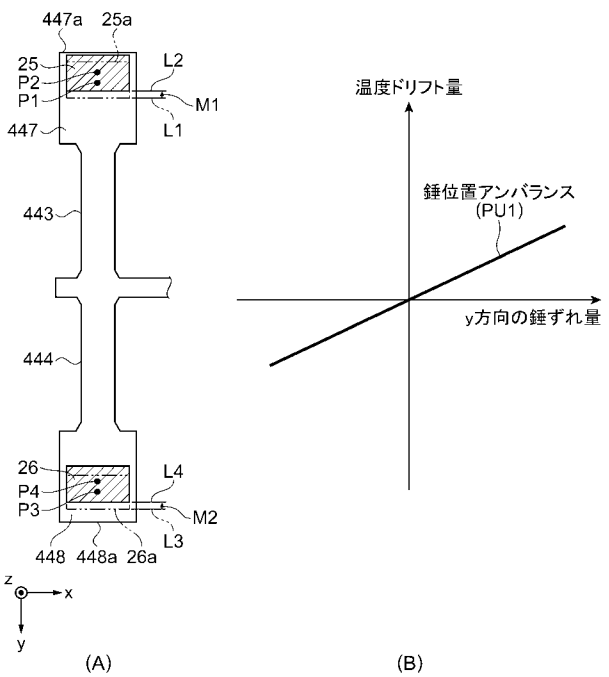
【図３】


x
y
z
441
442
431
421
41
422
432
443
444
B
C
A
G
(A)
(B)

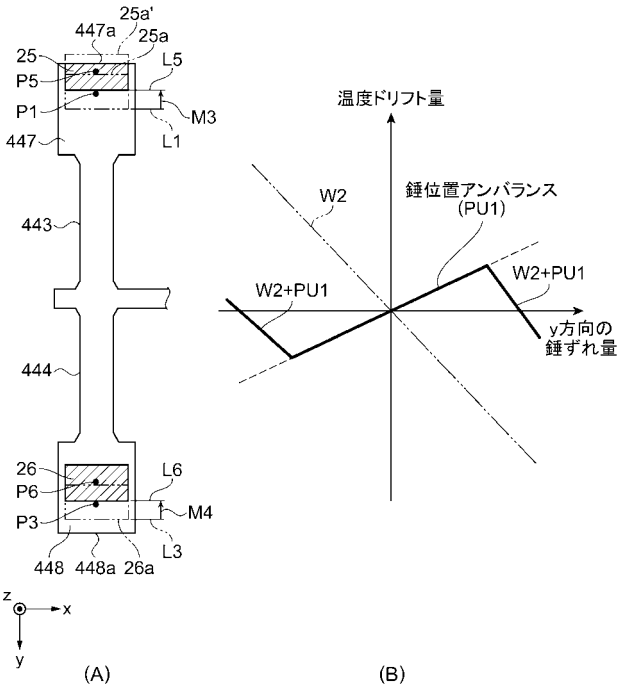
【図４】


447a
21
L2
M1
L1
447
443
444
L4
448
M2
L3
448a
22
温度ドリフト量
y方向の錘ずれ量
錘質量アンバランス
(W1)
(A)
(B)

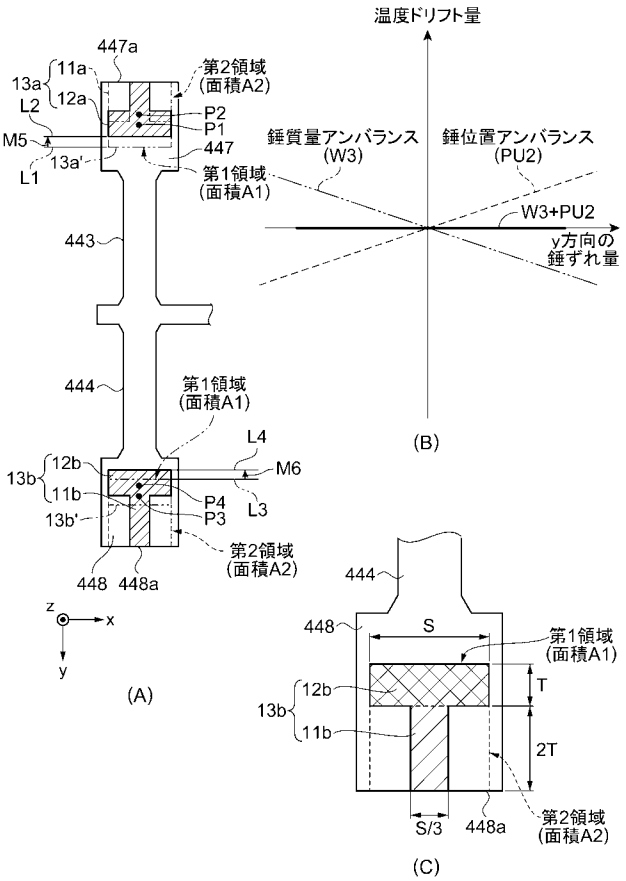
【図５】


447a
25a
25
P2
P1
L2
M1
L1
447
443
444
26
P4
P3
L4
M2
L3
448
448a
26a
温度ドリフト量
錘位置アンバランス
(PU1)
y方向の錘ずれ量
(A)
(B)

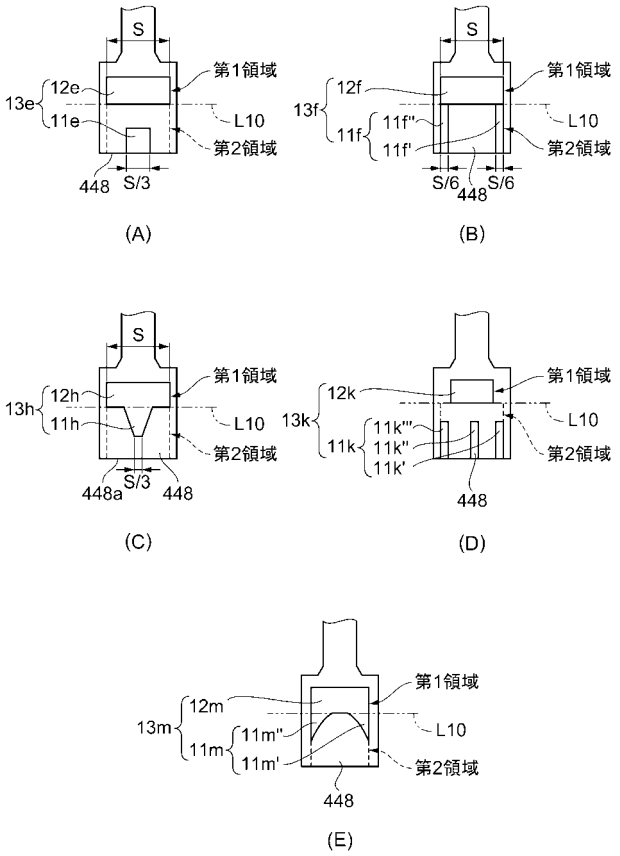
【図６】


25a'
447a
25a
25
P5
P1
L5
M3
L1
447
443
444
26
P6
P3
L6
M4
L3
448
448a
26a
温度ドリフト量
W2
錘位置アンバランス
(PU1)
W2+PU1
W2+PU1
y方向の
錘ずれ量
(A)
(B)

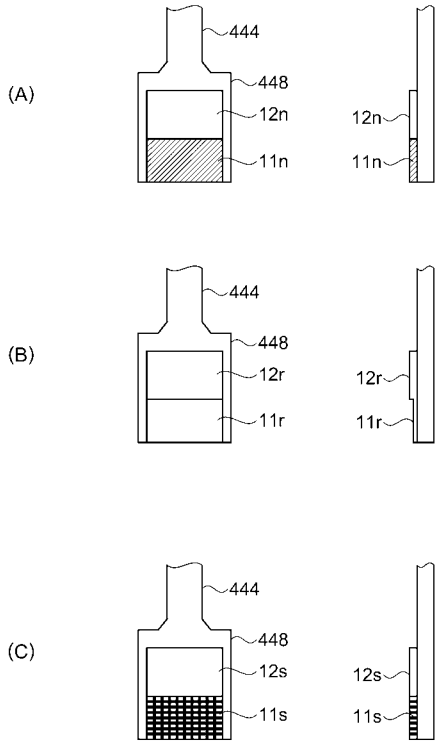
【図７】


温度ドリフト量
447a
11a
13a
12a
第2領域
(面積A2)
L2
P2
P1
M5
447
13a'
L1
第1領域
(面積A1)
443
444
第1領域
(面積A1)
L4
M6
12b
13b
11b
P4
P3
L3
13b'
第2領域
(面積A2)
448
448a
z
x
y
(A)
錘質量アンバランス
(W3)
錘位置アンバランス
(PU2)
W3+PU2
y方向の
錘ずれ量
(B)
444
448
S
第1領域
(面積A1)
T
12b
13b
11b
2T
S/3
448a
第2領域
(面積A2)
(C)

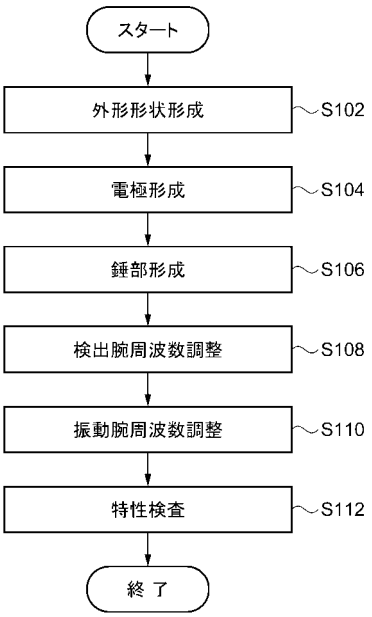
【図８】


S
第1領域
12e
13e
11e
L10
第2領域
448
S/3
(A)
S
第1領域
12f
13f
11f
11f''
11f'
L10
第2領域
S/6
S/6
448
(B)
S
第1領域
12h
13h
11h
L10
第2領域
448a
S/3
448
(C)
第1領域
12k
13k
11k
11k'''
11k''
11k'
L10
第2領域
448
(D)
第1領域
12m
13m
11m
11m''
11m'
L10
第2領域
448
(E)

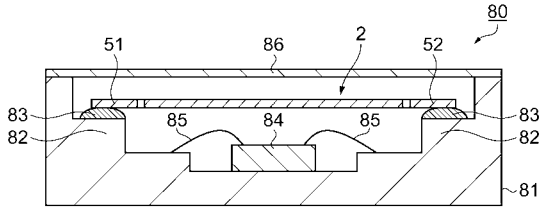
【図９】


(A)
444
448
12n
11n
12n
11n
(B)
444
448
12r
11r
12r
11r
(C)
444
448
12s
11s
12s
11s

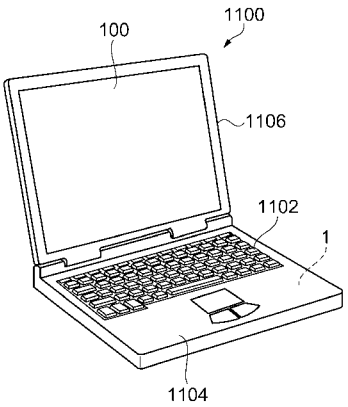
【図１０】


スタート
外形形状形成
S102
電極形成
S104
錘部形成
S106
検出腕周波数調整
S108
振動腕周波数調整
S110
特性検査
S112
終了

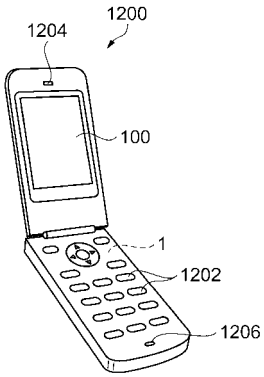
【図１１】



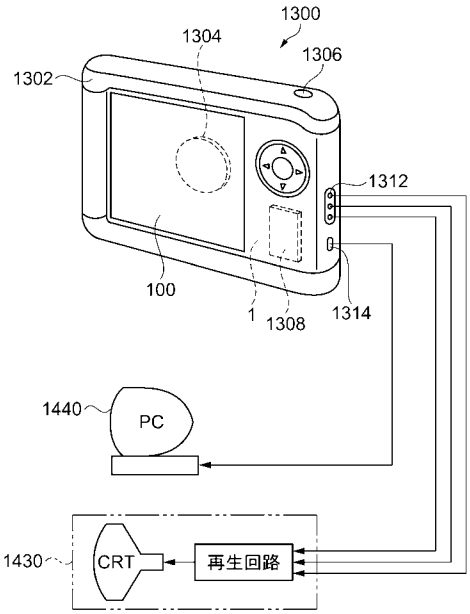
【図１２】



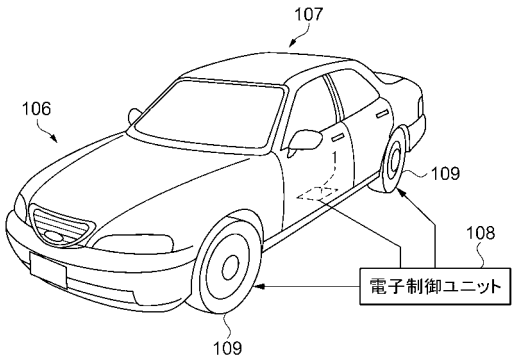
【図１３】



【図１４】



【図１５】



【手続補正書】
【提出日】平成29年8月18日(2017.8.18)
【手続補正１】
【補正対象書類名】特許請求の範囲
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
基部、
前記基部から、第１の方向に延出している第１振動腕、および
前記基部から、前記第１の方向と反対方向の第２の方向に延出している第２振動腕、を形成する工程と、
前記第１振動腕の先端から第１距離の位置より前記第１距離よりも大きい第２距離の位置まで、かつ、前記第１の方向に直交する幅方向において前記第１振動腕の幅よりも小さい幅となる第１錘部、
前記第１振動腕の先端の位置より前記第１距離以下の第３距離の位置まで、かつ、前記幅方向において前記第１錘部の幅よりも小さい幅となる第２錘部、
前記第２振動腕の先端から第４距離の位置より前記第４距離よりも大きい第５距離の位置まで、かつ、前記幅方向において前記第２振動腕の幅よりも小さく、かつ前記第１錘部の幅と同じ幅となる第３錘部、および
前記第２振動腕の先端の位置より前記第４距離以下の第６距離の位置まで、かつ、前記幅方向において前記第２錘部の幅と同じ幅となる第４錘部、をマスクを介した蒸着法またはスパッタリング法により形成する工程と、を備え、
前記第１距離と前記第２距離の差である前記第１錘部の長さは、前記第４距離と前記第５距離の差である前記第３錘部の長さと等しく、
前記第１距離と前記第３距離との差は、前記第４距離と前記第６距離との差に等しく、
前記第１距離と前記第４距離との差は、前記第３距離と前記第６距離との差に等しく、
前記第１錘部が設けられている領域を第１領域、前記第１錘部の先端側の幅で前記第１振動腕の先端から前記第１距離の位置までの領域を第２領域とし、
前記第１領域の面積をＡ１、前記第１錘部の質量をＢ１とし、
前記第２領域の面積をＡ２、前記第２錘部の質量をＢ２としたとき、
Ｂ１／Ａ１＞Ｂ２／Ａ２であり、
前記第２錘部が設けられている領域を第３領域、前記第２錘部の先端側の幅で前記第２振動腕の先端から前記第４距離の位置までの領域を第４領域とし、
前記第３領域の面積をＡ３、前記第３錘部の質量をＢ３とし、
前記第４領域の面積をＡ４、前記第４錘部の質量をＢ４としたとき、
Ｂ３／Ａ３＞Ｂ４／Ａ４である、
ことを特徴とする振動片の製造方法。
【請求項２】
請求項１に記載の振動片の製造方法において、
前記第１錘部および前記第２錘部の少なくとも一方の、少なくとも一部を除去する、または、前記第１錘部および前記第２錘部の少なくとも一方に質量を付加して前記第１振動腕の共振周波数を調整する工程と、
を備えたことを特徴とする振動片の製造方法。
【請求項３】
請求項１または請求項２に記載の振動片の製造方法において、
前記第２錘部は、前記第１振動腕の前記幅方向の略中央部に設けられ、
前記第４錘部は、前記第２振動腕の前記幅方向の略中央部に設けられていることを特徴とする振動片の製造方法。

【請求項４】
請求項１ないし請求項３のいずれか一項に記載の振動片の製造方法において、
前記第１錘部は、前記第１振動腕の前記第１方向に沿った側端との間に間隔をあけて設けられ、
前記第３錘部は、前記第２振動腕の前記第１方向に沿った側端との間に間隔をあけて設けられていることを特徴とする振動片の製造方法。
【請求項５】
請求項１ないし請求項４のいずれか一項に記載の振動片の製造法において、
前記第１振動腕は、平面視で前記先端から所定距離の位置まで幅が基部側の幅よりも広く形成された第１幅広部を備え、
前記第２振動腕は、平面視で前記先端から所定距離の位置まで幅が基部側の幅よりも広く形成された第２幅広部を備え、
前記第１錘部、および前記第２錘部は、前記第１幅広部に設けられ、
前記第３錘部、および前記第４錘部は、前記第２幅広部に設けられていることを特徴とする振動片の製造方法。
【請求項６】
請求項１ないし請求項５のいずれか一項に記載の振動片の製造方法において、
前記基部から、互いに反対方向に延出されている一対の検出用振動腕が設けられていることを特徴とする振動片の製造方法。

フロントページの続き

(72)発明者　菊池　尊行
長野県諏訪市大和３丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内
(72)発明者　西澤　竜太
長野県諏訪市大和３丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内
(72)発明者　大澤　征司
長野県諏訪市大和３丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内
Ｆターム(参考) 2F105 AA02　AA08　BB09　CC01　CD02　CD06　CD20