(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2016-178590
(P2016-178590A)
(43)公開日　平成28年10月6日(2016.10.6)

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード（参考）
H03H	3/02	(2006.01)	H03H	3/02	C	5J108
H03H	9/215	(2006.01)	H03H	3/02	D	
H03H	9/19	(2006.01)	H03H	9/215		
H01L	41/113	(2006.01)	H03H	9/19	J	
H01L	41/332	(2013.01)	H01L	41/113		

審査請求 未請求　請求項の数 6　OL　（全 20 頁）　最終頁に続く

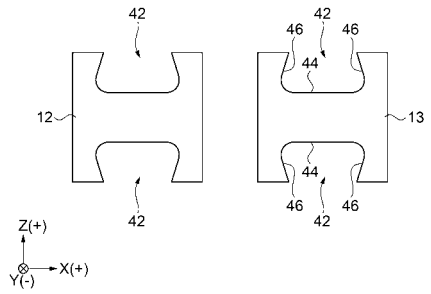
(21)出願番号　特願2015-59155(P2015-59155)
(22)出願日　平成27年3月23日(2015.3.23)

(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　松尾　敦司
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

最終頁に続く

(54)【発明の名称】振動片、振動片の製造方法、振動子、発振器、電子機器、および移動体

(57)【要約】
【課題】耐衝撃性に優れた振動片、その振動片の製造方法、その振動片を備えた振動子、発振器、電子機器、および移動体を提供すること。
【解決手段】本発明の振動片１００は、基部１０と、基部１０から並んで延出する一対の振動腕１２，１３と、振動腕１２，１３の表面に形成される溝部４２と、を備え、溝部４２は、延出する方向と交差する方向の断面において、溝部４２の開口部より底面部４４側の対向する側面部４６の幅は広がるように形成され、且つ、側面部４６と底面部４４との間に湾曲状の形状が形成されている。
【選択図】図２



【特許請求の範囲】
【請求項１】
基部と、
前記基部から並んで延出する一対の振動腕と、
前記振動腕の表面に形成される溝部と、を備え、
前記溝部は、前記延出する方向と交差する方向の断面において、
前記溝部の幅が開口部から底面部側に向かって広がるように形成され、且つ、側面部と前記底面部との間に湾曲状の形状が形成されていることを特徴とする振動片。
【請求項２】
請求項１に記載の振動片を、ウェーハから形成する振動片の製造方法であって、
前記ウェーハに溝部を形成する溝部形成工程を有し、
前記溝部形成工程は、
前記ウェーハに金属マスクを形成するマスク形成工程と、
ドライエッチング装置で、前記溝部の側面部に保護膜を形成しながら連続的にドライエッチングするドライエッチング工程と、
を有していることを特徴とする振動片の製造方法。
【請求項３】
請求項１に記載の振動片と、
前記振動片を収容するパッケージと、
を備えていることを特徴とする振動子。
【請求項４】
請求項１に記載の振動片と、
前記振動片を駆動する回路を含む電子部品と、
前記振動片および前記電子部品を収容するパッケージと、
を備えていることを特徴とする発振器。
【請求項５】
請求項１に記載の振動片を備えていることを特徴とする電子機器。
【請求項６】
請求項１に記載の振動片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、発振器、電子機器、および移動体に関する。
【背景技術】
【０００２】
ＨＤＤ（ハード・ディスク・ドライブ）、モバイルコンピューター、あるいはＩＣカード等の小型の情報機器や、携帯電話、自動車電話、又はページングシステム等の移動体通信機器等において、振動子や発振器等の電子デバイスが広く使用されている。
従来から、振動子や発振器が備える振動片として、基部と、基部から互いに平行となるように並んで延出する一対の振動腕とを有し、各振動腕には、外周を構成する４つの面のそれぞれに電極が形成された振動片が用いられていた。
近年、搭載される機器の小型化に伴って、振動子や発振器も小型化が図られている。そのため、振動腕の表面に溝部を設けることで小型化に伴うインピーダンスの上昇を抑える方法が知られている。例えば、特許文献１には、溝部を開口部側から底壁面側に向かうに従い漸次、振動腕部の短手方向に広幅になるように形成し、電界効率を高めることで、インピーダンスを低下させた圧電振動片が開示されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】

【特許文献１】特開２０１３－２０７３３２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、特許文献１に記載の振動片では、溝部の側面部と底壁面とにより形成される角部が鋭角に加工されているため、衝撃が加わった際にその角部に応力が集中し、振動腕が破損してしまう虞があった。
【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、前記基部から並んで延出する一対の振動腕と、前記振動腕の表面に形成される溝部と、を備え、前記溝部は、前記延出する方向と交差する方向の断面において、前記溝部の幅が開口部から底面部側に向かって広がるように形成され、且つ、側面部と前記底面部との間に湾曲状の形状が形成されていることを特徴とする。
【０００７】
本適用例によれば、振動腕に形成された溝部の幅が開口部から底面部側に向かって広がるように形成されているため、振動腕の側面と溝部の側面部との間隔が狭まり電界効率を高めることができ、インピーダンスの低い振動片を得ることができる。また、側面部と底面部との間に湾曲状の形状が形成されているため、衝撃が加わっても側面部と底面部との間に応力が集中せず、振動腕が破損する虞を低減でき、耐衝撃特性に優れた振動片が得られるという効果がある。
【０００８】
［適用例２］本適用例に係る振動片の製造方法は、上記適用例に記載の振動片を、ウェーハから形成する振動片の製造方法であって、前記ウェーハに溝部を形成する溝部形成工程を有し、前記溝部形成工程は、前記ウェーハに金属マスクを形成するマスク形成工程と、ドライエッチング装置で、前記溝部の側面部に保護膜を形成しながら連続的にドライエッチングするドライエッチング工程と、を有していることを特徴とする。
【０００９】
本適用例によれば、ウェーハに溝部を形成する溝部形成工程において、ドライエッチング装置のエッチングガス圧力を上げ、プラズマの平均自由行程を短くなるように調整し、溝部の側面部に保護膜を形成しながら連続的にドライエッチングすることで、溝部の幅を開口部から底面部側に向かって広げられ、且つ、側面部と底面部との間を湾曲状の形状に形成することができる。そのため、溝部の側面部と振動腕の側面との間隔を狭くすることができ、電界効率を高めインピーダンスを低くすることができる。また、側面部と底面部との間が湾曲状の形状であるため、衝撃が加わった際に、応力が集中し難くなり、振動腕が破損する虞を低減でき、耐衝撃特性に優れた振動片を製造することができるという効果がある。
【００１０】
［適用例３］本適用例に係る振動子は、上記適用例に記載の振動片と、前記振動片を収容するパッケージと、を備えていることを特徴とする。
【００１１】
本適用例によれば、インピーダンスが低く、耐衝撃特性に優れた振動片をパッケージに収納することで、安定な振動特性や優れた耐衝撃特性を有する振動子を得ることができる。
【００１２】
［適用例４］本適用例に係る発振器は、上記適用例に記載の振動片と、前記振動片を駆動する回路を含む電子部品と、前記振動片および前記電子部品を収容するパッケージと、

を備えていることを特徴とする。
【００１３】
本適用例によれば、インピーダンスが低く、耐衝撃特性に優れた振動片と発振回路とを電気的に接続することで、安定な発振特性や優れた耐衝撃特性を有する発振器を得ることができる。
【００１４】
［適用例５］本適用例に係る電子機器は、上記適用例に記載の振動片を備えていることを特徴とする。
【００１５】
本適用例によれば、インピーダンスが低く、耐衝撃特性に優れた振動片を用いることで、高い信頼性を有する電子機器を構成することができる。
【００１６】
［適用例６］本適用例に係る移動体は、上記適用例に記載の振動片を備えていることを特徴とする。
【００１７】
本適用例によれば、インピーダンスが低く、耐衝撃特性に優れた振動片を用いることで、高い信頼性を有する移動体を構成することができる。
【図面の簡単な説明】
【００１８】
【図１】本発明の第１実施形態に係る振動片の構造を示す概略平面図。
【図２】図１中のＡ－Ａ線における概略断面図。
【図３】本発明の第２実施形態に係る振動片の製造方法を示す工程図。
【図４】溝部形成工程を説明する図１中のＡ－Ａ線における概略断面図。
【図５】ドライエッチング装置の構成を示す概略構成図。
【図６】本発明の第３実施形態に係る振動片としてのジャイロ素子の構造を示す概略平面図。
【図７】本発明の第３実施形態に係る振動片としてのジャイロ素子の動作原理を説明する概略平面図。
【図８】本発明の第４実施形態に係る振動片としてのジャイロ素子の構造を示す概略平面図。
【図９】本発明の実施形態に係る振動片を備えている振動子の構造を示す概略図であり、（ａ）は概略平面図、（ｂ）は（ａ）中のＢ－Ｂ線における概略断面図。
【図１０】本発明の実施形態に係る振動片を備えている発振器の構造を示す概略断面図。
【図１１】本発明の実施形態に係る振動片を備えてい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を示す斜視図。
【図１２】本発明の実施形態に係る振動片を備える電子機器としての携帯電話機（ＰＨＳも含む）の構成を示す斜視図。
【図１３】本発明の実施形態に係る振動片を備える電子機器としてのデジタルカメラの構成を示す斜視図。
【図１４】本発明の実施形態に係る振動片を備えている移動体としての自動車を概略的に示す斜視図。
【発明を実施するための形態】
【００１９】
以下、本発明の実施形態について、図面を参照して説明する。なお、以下の各図においては、各層や各部材を認識可能な程度の大きさにするため、各層や各部材の尺度を実際とは異ならせている。また、図３および図５を除く、図１～図１０において、説明の便宜上、互いに直交する３軸として、Ｘ軸、Ｙ軸およびＺ軸を図示しており、その図示した矢印の先端側を「＋側」、基端側を「－側」としている。また、以下の説明では、Ｘ軸に平行な方向を「Ｘ軸方向」といい、Ｙ軸に平行な方向を「Ｙ軸方向」といい、Ｚ軸に平行な方向を「Ｚ軸方向」という。更に、説明の便宜上、Ｚ軸方向から見たときの平面視において

、Ｚ軸方向の面を主面として、また、Ｘ軸方向から見たときの平面視において、Ｘ軸方向の面を側面として説明する。

【００２０】

＜第１実施形態＞

（振動片）

先ず、本発明の第１実施形態に係る振動片として音叉型構造の振動片１００を例に挙げて、図１および図２を参照して説明する。

図１は、本発明の第１実施形態に係る振動片の構造を示す概略平面図である。図２は、図１中のＡ－Ａ線における概略断面図である。なお、振動片１００には、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、説明の便宜上、図１および図２においては省略している。

【００２１】

第１実施形態に係る振動片１００は、図１に示すように、基部１０と、基部１０から並んで延出する一対の振動腕１２，１３と、振動腕１２，１３の表面に形成される溝部４２と、を備え構成されている。

振動片１００は、圧電基板をエッチングして形成されており、例えば、圧電基板として、水晶、特に、Ｚカット水晶基板で構成されている。これにより、振動片１００は、優れた振動特性を発揮することができる。Ｚカット水晶基板とは、水晶のＺ軸（光軸）を厚さ方向とする水晶基板である。Ｚ軸は、Ｚカット水晶基板の厚さ方向と一致しているのが好ましいが、常温近傍における周波数温度変化を小さくする観点からは、厚さ方向に対して若干（例えば、１５°未満程度）傾けることになる。

【００２２】

基部１０は、ＸＹ面に広がりを有し、Ｚ軸方向に厚さを有する略板状をなしている。振動腕１２，１３は、Ｘ軸方向に並んで設けられており、それぞれ、基部１０の＋Ｙ軸方向の端部１１から＋Ｙ軸方向に延出している。また、振動腕１２，１３の先端には、振動腕１２，１３よりも広い幅（Ｘ軸方向の長さ）を有する略矩形状の錘部３２が設けられている。このような錘部３２を設けることによって、振動片の小型化を図ることができたり、振動腕の屈曲振動の周波数を低めたりすることができる。なお、錘部３２は、必要に応じて段階的に複数の幅（Ｘ軸方向の長さ）を有していてもよく、省略してもよい。

【００２３】

振動腕１２，１３には、表裏の両主面に、それぞれの主面に開放する有底の溝部４２が形成されている。これら溝部４２は、Ｙ軸方向に延在して形成されており、それぞれ同じ形状をなしている。また、溝部４２は、振動腕１２，１３の延出する方向と交差する方向の断面（ＸＺ面）において、図２に示すように、溝部４２の幅（Ｘ軸方向の長さ）は、開口部から底面部４４側に向かって広がるように形成され、且つ、側面部４６と底面部４４との間に湾曲状の形状が形成されている。

【００２４】

振動腕１２，１３にこのような溝部４２を形成することによって、振動腕１２，１３の側面（ＹＺ面）と溝部４２の側面部４６との間隔を狭めることができるため、電界効率を高めることができ、インピーダンスの低い振動片１００を得ることができる。また、側面部４６と底面部４４との間が湾曲状の形状となっているため、衝撃が加わっても側面部４６と底面部４４との間に応力が集中せず、振動腕１２，１３が破損する虞を低減でき、耐衝撃特性に優れた振動片１００を得ることができる。なお、本実施形態では、溝部４２を振動腕１２，１３表裏の両主面に形成しているが、これに限定する必要はなく、振動腕１２，１３の表裏の両主面のどちらか一方の主面だけに形成しても構わない。その場合も、上述した効果と同様の効果を得ることができる。

【００２５】

なお、振動片１００は、駆動用電極に駆動電圧が印加されることで、振動片１００の振動腕１２，１３内で電界が適切に発生し、一対の振動腕１２，１３が互いに接近、離間を繰り返すように面内方向（ＸＹ面方向）に所定の周波数で屈曲振動する。

【００２６】
＜第２実施形態＞
（振動片の製造方法）
次に、本発明の第２実施形態に係る振動片の製造方法の一例として、ウェーハとしての水晶基板１１０から形成する振動片１００の製造方法を挙げ、図３～図５を参照して説明する。
図３は、本発明の第２実施形態に係る振動片の製造方法における工程図である。図４は、溝部形成工程を説明する図１中のＡ－Ａ線における概略断面図である。図５は、ドライエッチング装置の構成を示す概略構成図である。
【００２７】
水晶基板１１０から振動片１００を形成する製造方法は、図３に示すように、溝部形成工程（Ｓｔｅｐ１）と、外形形状形成工程（Ｓｔｅｐ２）と、電極形成工程（Ｓｔｅｐ３）と、周波数調整工程（Ｓｔｅｐ４）と、分割工程（Ｓｔｅｐ５）と、を含んでいる。
【００２８】
［溝部形成工程（Ｓｔｅｐ１）］
溝部形成工程（Ｓｔｅｐ１）は、マスク形成工程と、支持基板固定工程と、ドライエッチング工程と、支持基板分離工程と、を含んでいる。
【００２９】
［マスク形成工程］
マスク形成工程では、先ず、水晶基板１１０の表裏の両主面に下地層１２０を形成する。図４（ａ）は、水晶基板１１０に下地層１２０を成膜した後の概略断面図である。下地層１２０は、スパッタリング法、ＣＶＤ（Chemical Vapor Deposition）法、無電解めっき法などで成膜できる。下地層１２０の材料としては、例えば、金（Ａｕ）、銅（Ｃｕ）、チタンタングステン（ＴｉＷ）、クロム（Ｃｒ）、ニッケルクロム（ＮｉＣｒ）、アルミニウム（Ａｌ）などを使用することができる。水晶基板１１０と下地層１２０との密着性を高めるための密着層（図示せず）が設けられていてもよい。本実施形態では、厚さ略１１０μｍの水晶基板１１０上にクロム（Ｃｒ）の密着層を介して厚さ略１００ｎｍの下地層１２０を金（Ａｕ）で形成している。
【００３０】
次に、フォトリソグラフィを用いて一方の主面（＋Ｚ軸方向）上にレジスト１３０をパターニングする。図４（ｂ）は、パターニング後の概略断面図である。レジスト１３０は、例えばコーターなどを使用して水晶基板１１０の一方の主面（＋Ｚ軸方向）に略２５μｍの厚さで均一に塗布される。水晶基板１１０に塗布されたレジスト１３０は、例えば、コンタクトアライナー、プロキシミティアライナーなどの露光装置を用いて図示しないフォトマスクを介して露光される。その後、レジスト１３０を現像することにより、平面視における溝部４２の形状にパターニングされたレジスト１３０が形成される。
【００３１】
次に、水晶基板１１０をエッチングして溝部４２を形成する際のマスクになる金属層１４０を水晶基板１１０の表裏の両主面に形成する。図４（ｃ）は、金属層１４０を形成した後の概略断面図である。金属層１４０は、パターニングしたレジスト１３０をマスクとして露出している下地層１２０の上と、他方の主面（－Ｚ軸方向）側の下地層１２０の上と、にめっき技術により形成される。本実施形態の金属層１４０は、ニッケル（Ｎｉ）を無電解めっき法により略１５μｍの厚さで形成されている。
【００３２】
次に、レジスト１３０と下地層１２０とを除去して金属マスクとなる金属層１４０を形成する。図４（ｄ）は、レジスト１３０と下地層１２０とを剥離した後の概略断面図である。金属層１４０を形成する工程で下地層１２０のマスクとして使用され不要となったレジスト１３０を剥離し、露出した下地層１２０を除去することで、金属マスクとなる平面視における溝部４２の形状に開口したパターンの金属層１４０が形成される。レジスト１３０の剥離方法としては、レジスト剥離剤を用いたウェットエッチング法や、オゾンやプ

ラズマを用いたドライエッチング法などを用いることができる。下地層１２０の剥離方法としては、下地層１２０に用いた材料に反応する反応性ガスなどを用いたドライエッチング法や、下地層１２０に用いた材料を腐食溶解する液体に浸漬させるウェットエッチング法などを用いることができる。

以上の工程により、水晶基板１１０の一方の主面（＋Ｚ軸方向）上に、平面視における溝部４２の形状に開口したパターンの金属層１４０による金属マスクが形成される。

【００３３】

［支持基板固定工程］

支持基板固定工程では、シリコンなどの支持基板１５０上に両面接着テープなどの固定用部材１６０を介して金属層１４０が形成された水晶基板１１０を固定する。図４（ｅ）は、支持基板１５０上に水晶基板１１０を固定した後の概略断面図である。水晶基板１１０は固定用部材１６０を介して支持基板１５０に貼り合わせた状態で、ドライエッチング装置の真空容器内へ搬入され、真空容器内に設けられたステージ上へ載置される。なお、上述したように本実施形態の水晶基板１１０は厚さが略１１０μｍと非常に薄いが、厚さが６００～８００μｍと十分な強度を有する支持基板１５０に貼り合わせた状態で取り扱うことによって搬入時に作用する外力による水晶基板１１０の損傷を確実に防止できる。

【００３４】

［ドライエッチング工程］

ドライエッチング工程では、図５に示すようなドライエッチング装置を用いて金属層１４０をマスクとして溝部４２を形成するためにエッチングする。ドライエッチング装置には、一例として、ＩＣＰ（Inductive Coupling Plasma）型（誘導結合型）のＲＩＥ（Reactive Ion Etching）装置を用いる。図４（ｆ）は、水晶基板１１０をエッチングし溝部４２を形成した後の概略断面図である。

【００３５】

ドライエッチング工程では、先ず、ドライエッチング装置の真空容器内に設けられたステージ上に、水晶基板１１０を固定した支持基板１５０を静電吸着によって高い密着度で固定する。その後、真空容器内を１．０Ｐａ程度まで減圧し、六フッ化エタン（C_2F_6）とヘリウム（Ｈｅ）とを含むエッチングガスをガス導入口から真空容器内に供給する。

【００３６】

次に、真空容器の上部に設けられているコイルに高周波電源から高周波数の大電流を流すことによって高電圧と高周波数の変動磁場により、六フッ化エタンが分解し誘導結合プラズマを発生させる。その後、ステージの電位をマイナス電位とすると、誘導結合プラズマのプラスイオンがステージに引き寄せられて、水晶基板１１０に衝突し、金属層１４０でマスクされていない部分の水晶基板１１０がエッチングされ、溝部４２が形成される。また、その時に発生するフッ素（Ｆ）、炭素（Ｃ）、ケイ素（Ｓｉ）を含む反応生成物は真空ポンプにより排気されるが、一部は保護膜としてエッチングした溝部４２の側面部４６に付着する。この保護膜は水晶基板１１０の厚さ方向（Ｚ軸方向）と交差する方向（Ｘ軸方向やＹ軸方向など）のエッチングを阻止する役目を果たす。

【００３７】

エッチングの初期状態では、ドライエッチング装置の真空容器内の圧力（エッチングガス圧力）を１．０Ｐａ程度に維持し溝部４２の側面部４６に保護膜を形成しながら、水晶基板１１０の厚さ方向（Ｚ軸方向）にエッチングする。そのため、溝部４２の開口部の幅（Ｘ軸方向の長さ）がほぼ一定となる。その後、エッチングが進むにつれて、真空容器内の圧力（エッチングガス圧力）を上げ、プラズマの平均自由行程を短くなるように調整すると、側面部４６へのサイドエッチング成分が増加し等方性エッチングとなる。

【００３８】

そのため、溝部４２の幅（Ｘ軸方向の長さ）が開口部に比べ、底面部４４側が広がる。その後、溝部４２の深さ（Ｚ軸方向の長さ）が深くなるに従ってサイドエッチング成分が減少し、溝部４２の側面部４６と底面部４４との間が湾曲状の形状となる。

エッチングは、溝部４２の深さ（Ｚ軸方向の長さ）が所定の深さに到達した時点で終了

とする。

【００３９】

なお、ここでは、ドライエッチング装置に誘導結合型を用いた場合を説明したが、ドライエッチング装置には、コイルの部分に対向電極を用いた容量結合型（平行平板型）を用いてもよい。

【００４０】

［支持基板分離工程］

支持基板分離工程では、エッチングを施し溝部４２を形成した水晶基板１１０と支持基板１５０を、金属層１４０に用いた材料を腐食溶解する液体に浸漬させ、金属層１４０を溶解することで、水晶基板１１０と支持基板１５０を分離する。

以上の工程を経て水晶基板１１０の一方の主面上に溝部４２を形成することができる。なお、水晶基板１１０の表裏の両主面に溝部４２を形成する場合には、上述した溝部形成工程を水晶基板１１０の他方の主面に施すことで、水晶基板１１０の表裏の両主面に溝部４２を形成することができる。

【００４１】

以上、本実施形態に係る溝部形成工程（Ｓｔｅｐ１）では、マスク形成工程において水晶基板１１０に金属マスクを形成した後に、ドライエッチング工程において、ドライエッチング装置のエッチングガス圧力を上げ、プラズマの平均自由行程を短くなるように調整し、溝部４２の側面部４６に保護膜を形成しながら連続的にドライエッチングする。そのため、溝部４２の幅（Ｘ軸方向の長さ）を開口部から底面部４４側に向かって広がり、且つ、側面部４６と底面部４４との間を湾曲状の形状に形成することができる。従って、溝部４２の側面部４６と振動腕１２，１３の側面との間隔を狭くすることができ、電界効率が高まるので、インピーダンスの低い振動片１００を製造することができる。また、側面部４６と底面部４４との間に湾曲状の形状を含む形状が形成されているため、衝撃が加わっても側面部４６と底面部４４との間に応力が集中せず、振動腕１２，１３が破損する虞を低減でき、耐衝撃特性に優れた振動片１００を製造することができる。

【００４２】

［外形形状形成工程（Ｓｔｅｐ２）］

外形形状形成工程（Ｓｔｅｐ２）では、溝部４２が形成された水晶基板１１０を上述した溝部形成工程（Ｓｔｅｐ１）と同じ工程を繰り返し、振動片１００の外形形状を形成する。先ず、マスク形成工程で、溝部４２が形成された水晶基板１１０に振動片１００の外形形状が開口するパターンの金属マスクを形成する。その後、ドライエッチング工程で、ドライエッチング装置の真空容器内の圧力（エッチングガス圧力）を１．０Ｐａ程度に維持したまま、エッチングを行う。真空容器内の圧力を１．０Ｐａ程度に維持することで、振動片１００の外形形状の側壁に保護膜を安定に形成しながらエッチングが行われるため、サイドエッチングが防止され、振動片１００の外形の側壁が略垂直になるように加工することができる。

【００４３】

振動片１００の振動方向と直交する方向（Ｘ軸方向）の側壁（ＹＺ面）が略垂直となることで、略振動方向に振動させることができるため、振動もれによるインピーダンスの上昇を低減することができる。エッチングは、水晶基板１１０を厚さ方向（Ｚ軸方向）に貫通するまで行い終了する。

以上で、振動腕１２，１３の表面に溝部４２が形成された振動片１００が形成される。

【００４４】

［電極形成工程（Ｓｔｅｐ３）］

電極形成工程（Ｓｔｅｐ３）では、振動片１００の表裏の両主面と側壁および溝部４２の底面部４４と側面部４６に電極膜、例えば、クロム（Ｃｒ）を下地とした金（Ａｕ）を蒸着やスパッタリング等によって成膜する。レジスト塗布後、フォトリソグラフィ技術により電極のパターンを形成し、電極膜をウェットエッチングすることで駆動信号電極、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の電

極が形成される。なお、同時に振動腕１２，１３の先端部に設けられている錘部３２の表裏の両主面に周波数調整用の電極を形成しても構わない。

【００４５】

［周波数調整工程（Ｓｔｅｐ４）］

周波数調整工程（Ｓｔｅｐ４）では、振動片１００の周波数をモニタリングしながら、錘部３２に形成されている金属膜などにレーザー光を照射して、金属膜を一部蒸散させる質量削減方式による周波数調整で、所望の周波数に調整される。

【００４６】

［分割工程（Ｓｔｅｐ５）］

分割工程（Ｓｔｅｐ５）では、振動片１００を水晶基板１１０の枠部から分割することで個片化する。

以上の工程により、電極が形成され周波数調整が施された振動片１００が完成する。

【００４７】

＜第３実施形態＞

（ジャイロ素子）

次に、本発明の第３実施形態に係る振動片としてのＨ型構造のジャイロ素子２００を例に挙げて、図６を参照して説明する。

図６は、本発明の第３実施形態に係るジャイロ素子の構造を示す概略平面図である。なお、ジャイロ素子２００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、説明の便宜上、図６においては省略している。

【００４８】

第３実施形態に係るジャイロ素子２００は、図６に示すように、基材（主要部分を構成する材料）を加工することにより一体に形成された基部２０と、基部２０のＹ軸方向の端部１０ａ，１０ｂのうち一方の端部１０ｂから、並行するようにＹ軸に沿って延出された一対の駆動振動腕１２ａ，１２ｂと、基部２０の他方の端部１０ａからＹ軸に沿って並行するように延出された一対の検出振動腕１４ａ，１４ｂと、を有している。

【００４９】

また、駆動振動腕１２ａ，１２ｂおよび検出振動腕１４ａ，１４ｂには、表裏の両主面に、それぞれの主面に開放する有底の溝部４２ａ，４２ｂ，４４ａ，４４ｂが形成されている。これら溝部４２ａ，４２ｂ，４４ａ，４４ｂは、Ｙ軸方向に延在して形成されている。また、溝部４２ａ，４２ｂ，４４ａ，４４ｂは、各振動腕の延出する方向と交差する方向の断面（ＸＺ面）において、溝部４２ａ，４２ｂ，４４ａ，４４ｂの幅（Ｘ軸方向の長さ）が開口部から底面部側に向かって広がるように形成され、且つ、側面部と底面部との間に湾曲状の形状が形成されている。そのため、インピーダンスが低く、耐衝撃性に優れたジャイロ素子２００を得ることができる。

【００５０】

また、基部２０から延出する第１連結部２０ａ、および第１連結部２０ａに連結する第１支持部２２ａと、基部２０から第１連結部２０ａと反対方向に延出する第２連結部２０ｂ、および第２連結部２０ｂに連結する第２支持部２２ｂと、が設けられている。更に、第１支持部２２ａおよび第２支持部２２ｂは、駆動振動腕１２ａ，１２ｂの側で一体的に繋って、固定枠部２４を構成している。そして、ジャイロ素子２００は、固定枠部２４の所定の位置で、図示しないパッケージ等の基板に固定される。

【００５１】

なお、駆動振動腕１２ａ，１２ｂの先端部には錘部３２ａ，３２ｂが設けられており、検出振動腕１４ａ，１４ｂの先端部には錘部３４ａ，３４ｂが設けられている。錘部３２ａ，３２ｂ，３４ａ，３４ｂを設けることによって、共振周波数を同一で駆動振動腕１２ａ，１２ｂおよび検出振動腕１４ａ，１４ｂの延出する方向の長さ（Ｙ軸方向の長さ）を短くすることができるため、ジャイロ素子２００の小型化を図ることができる。また、駆

動振動腕１２ａ，１２ｂおよび検出振動腕１４ａ，１４ｂの共振周波数を低めることができる。更に、錘部３２ａ，３２ｂ，３４ａ，３４ｂは、必要に応じて複数の幅（Ｘ軸方向の長さ）を有していても良く、省略しても良い。なお、錘部３２ａ，３２ｂ，３４ａ，３４ｂに金属膜等で形成された質量部（図示せず）を設け、この質量部の一部をレーザー光等で除去することにより駆動振動腕１２ａ，１２ｂおよび検出振動腕１４ａ，１４ｂの共振周波数を調整することができる。

【００５２】

基部２０の中央は、ジャイロ素子２００の重心とすることができる。そして、Ｘ軸、Ｙ軸およびＺ軸は、互いに直交し、重心を通るものとする。ジャイロ素子２００の外形は、重心を通るＹ軸方向の仮想の中心線に対して線対称とすることができる。これにより、ジャイロ素子２００の外形はバランスのよいものとなり、ジャイロ素子２００の特性が安定して、検出感度が向上するので好ましい。

【００５３】

［ジャイロ素子の動作原理］

次に、ジャイロ素子２００の動作原理について、図７を参照して説明する。

図７は、本発明の第３実施形態に係るジャイロ素子の動作原理を説明する概略平面図である。

駆動モードにおいて、駆動用電極に所定の交流電圧を印加すると、駆動振動腕１２ａ，１２ｂは、図７（ａ）に示すように、ＸＹ面内方向で逆向きに即ち互いに接近離反する向きに屈曲振動（面内モード振動）する。

【００５４】

この状態でジャイロ素子２００が駆動振動腕１２ａ，１２ｂの延出方向であるＹ軸回りに回転する角速度ωを印加すると、その角速度ωに応じて発生するコリオリ力の作用により、図７（ｂ）に示すように、駆動振動腕１２ａ，１２ｂは主面に垂直な面外方向即ちＺ軸方向に互いに逆向きに屈曲振動（面外モード振動）する。このＺ軸方向の振動に共振して、検出振動腕１４ａ，１４ｂが検出モードで、同じくＺ軸方向に互いに逆向きに屈曲振動（面外モード振動）する。このとき、検出振動腕１４ａ，１４ｂの振動方向は、駆動振動腕１２ａ，１２ｂの振動方向とは逆相になる。

【００５５】

つまり、駆動振動腕１２ａが＋Ｚ軸方向に振動すると、駆動振動腕１２ｂは－Ｚ軸方向に振動する面外モード振動の屈曲振動となる。この駆動振動腕１２ａ，１２ｂの面外モードの屈曲振動が基部２０を介して検出振動腕１４ａ，１４ｂに伝わることで、検出振動腕１４ａ，１４ｂを共振させ、検出振動腕１４ａが－Ｚ軸方向に振動すると、検出振動腕１４ｂは＋Ｚ軸方向に振動する面外モードの屈曲振動となる。

【００５６】

この検出モードにおいて、検出振動腕１４ａ，１４ｂの検出用電極間に発生する電荷量を取り出すことによって、ジャイロ素子２００に加えられた角速度ωが求められる。

【００５７】

＜第４実施形態＞

（ジャイロ素子）

次に、第４実施形態に係る振動片としてのダブルＴ型構造のジャイロ素子３００を例に挙げて、図８を参照して説明する。

図８は、本発明の第４実施形態に係るジャイロ素子の構造を示す概略平面図である。なお、ジャイロ素子３００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、説明の便宜上、図８においては省略している。

【００５８】

第４実施形態に係るジャイロ素子３００は、Ｚ軸回りの角速度を検出する「面外検出型」のセンサー素子であって、水晶で構成されているため、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３００である。

【００５９】

このようなジャイロ素子３００は、所謂ダブル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支持部５１および第２支持部５２とを連結する第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。

【００６０】

振動体４は、ＸＹ平面に拡がりを有し、Ｚ軸方向に厚さを有している。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３２１、第２検出振動腕３２２と、基部４１からＸ軸方向に沿って両側に延出している基部４１の第１連結腕３３１と、基部４１の第２連結腕３３２と、基部４１の第１連結腕３３１の先端部からＹ軸方向に沿って両側に延出している第１駆動振動腕３４１、および第２駆動振動腕３４２と、基部４１の第２連結腕３３２の先端部からＹ軸方向に沿って両側に延出している第３駆動振動腕３４３、および第４駆動振動腕３４４と、を有している。なお、基部４１の第１連結腕３３１および基部４１の第２連結腕３３２は基部の一部として扱う。

【００６１】

第１、第２検出振動腕３２１，３２２および第１、第２、第３、第４駆動振動腕３４１，３４２，３４３，３４４の基部４１、第１連結腕３３１、および第２連結腕３３２と接続する一端と反対側の他端側の先端部には、それぞれ、基端側よりも幅の大きい略矩形状の錘部３２５，３２６，３４５，３４６，３４７，３４８が設けられている。このような錘部３２５，３２６，３４５，３４６，３４７，３４８を設けることでジャイロ素子３００の角速度の検出感度が向上する。

【００６２】

また、第１検出振動腕３２１および第２検出振動腕３２２の表裏の両主面には、それぞれの主面に開放する有底の溝部３５８，３５９が形成されている。これら溝部３５８，３５９は、Ｙ軸方向に延在して形成されており、それぞれ同じ形状をなしている。また、溝部３５８，３５９は、第１検出振動腕３２１および第２検出振動腕３２２の延出する方向と交差する方向の断面（ＸＺ面）において、溝部３５８，３５９の幅（Ｘ軸方向の長さ）が開口部から底面部側に向かって広がるように形成され、且つ、側面部と底面部との間に湾曲状の形状が形成されている。そのため、インピーダンスが低く、耐衝撃性に優れたジャイロ素子３００を得ることができる。なお、溝部は、表面あるいは裏面のいずれか一方の主面側から掘込まれた構成でもよい。

【００６３】

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。

【００６４】

第１梁６１は、第１検出振動腕３２１と第１駆動振動腕３４１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３２１と第３駆動振動腕３４３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３２２と第２駆動振動腕３４２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３２２と第４駆動振動腕３４４との間を通って第２支持部５２と基部４１を連結している。

【００６５】

第１梁６１～第４梁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を有する細長い形状で形成されているので、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又は抑制することができる。

【００６６】

［ジャイロ素子の動作原理］

次に、ジャイロ素子３００の動作原理について説明する。

このような構成のジャイロ素子３００は、次のようにしてＺ軸回りの角速度ωを検出する。ジャイロ素子３００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、各駆動振動腕３４１，３４２，３４３，３４４がＸ軸方向に屈曲振動を行う。このとき、第１、第２駆動振動腕３４１，３４２と、第３、第４駆動振動腕３４３，３４４とは、中心点（重心）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、基部４１の第１、第２連結腕３３１，３３２と、第１、第２検出振動腕３２１，３２２とは、ほとんど振動しない。

【００６７】

この駆動振動を行っている状態にて、ジャイロ素子３００にＺ軸回りに角速度ωが加わると、駆動振動腕３４１，３４２，３４３，３４４および基部４１の連結腕３３１，３３２にＹ軸方向のコリオリの力が働き、このＹ軸方向の振動に呼応して、Ｘ軸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３２１，３２２の歪みを検出信号として検出することによって角速度ωが求められる。

【００６８】

＜第５実施形態＞

（振動子）

次に、本発明の第１実施形態に係る振動片１００を適用した振動子４００について、図９を参照して説明する。

図９は、本発明の実施形態に係る振動片を備えている振動子の構造を示す概略図であり、図９（ａ）は概略平面図、図９（ｂ）は図９（ａ）中のＢ－Ｂ線における概略断面図である。なお、図９（ａ）において、振動子４００の内部の構成を説明する便宜上、蓋部材４５６を取り外した状態を図示している。

振動子４００は、振動片１００と、振動片１００を収容するための矩形の箱状のパッケージ４５０と、ガラス、セラミック、金属などから成る蓋部材４５６と、を含み構成されている。なお、振動片１００を収容するキャビティー４７０内は、ほぼ真空の減圧雰囲気となっている。

【００６９】

パッケージ４５０は、図９（ｂ）に示すように、第１の基板４５１と、第２の基板４５２と、実装端子４４５と、が積層して形成されている。実装端子４４５は、第１の基板４５１の外部低面に複数備えられている。また、第１の基板４５１の上面の所定の位置には、図示しない貫通電極や層間配線を介して、実装端子４４５と電気的に導通する複数の接続電極４４７が設けられている。第２の基板４５２は中央部が除去された環状体であり、振動片１００を収容するキャビティー４７０が設けられている。

【００７０】

以上、説明したパッケージ４５０の、第１の基板４５１と第２の基板４５２は、絶縁性を有する材料で構成されている。このような材料としては、特に限定されず、例えば、酸化物系セラミックス、窒化物系セラミックス、炭化物系セラミックス等の各種セラミックスを用いることができる。また、パッケージ４５０に設けられた各電極、端子、あるいはそれらを電気的に接続する配線パターンや層内配線パターンなどは、一般的に、タングステン（Ｗ）、モリブデン（Ｍｏ）などの金属配線材料を絶縁材料上にスクリーン印刷して焼成し、その上にニッケル（Ｎｉ）、金（Ａｕ）などのめっきを施すことにより設けられる。

【００７１】

蓋部材４５６は、好ましくは、光を通過する材料、例えば、ホウケイ酸ガラスなどにより設けられており、封止部材４５８により接合されることで、パッケージ４５０を気密封

止している。これにより、パッケージ４５０の蓋封止後において、外部からレーザー光を蓋部材４５６を介して振動片１００の先端付近に照射し、ここに設けた電極を一部蒸散させることにより、質量削減方式による周波数調整をすることができるようになっている。なお、このような周波数調整をしない場合には、蓋部材４５６はコバール合金などの金属材料で形成することができる。

【００７２】

パッケージ４５０のキャビティー４７０内に収納された振動片１００は、基部１０に設けられた第１、第２導電パッド（図示せず）とパッケージ４５０の第１の基板４５１の上面に設けられた２つの接続電極４４７とがそれぞれ対応するように位置合わせされ、接合部材４４２を介して接合されている。接合部材４４２は、例えば、金属あるいは半田などからなるバンプや導電性接着剤などの導電性の接合部材を用いることにより、電気的な接続を図るとともに機械的な接合を行うことができる。

【００７３】

＜第６実施形態＞

（発振器）

次に、本発明の第１実施形態に係る振動片１００を適用した発振器５００について、図１０を参照して説明する。

図１０は、本発明の実施形態に係る振動片を備えている発振器の構造を示す概略断面図である。

発振器５００は、振動片１００と、振動片１００を駆動する回路を含む電子部品としてのＩＣチップ（チップ部品）５６２と、振動片１００および電子部品としてのＩＣチップ５６２を収納するパッケージ５６０と、ガラス、セラミック、金属などから成る蓋部材５５６と、を含み構成されている。なお、振動片１００を収容するキャビティー５７０内は、ほぼ真空の減圧雰囲気となっている。

【００７４】

パッケージ５６０は、図１０に示すように、第１の基板５５１と、第２の基板５５２と、第３の基板５５３と、第４の基板５５４と、実装端子５４６と、を積層して形成されている。また、パッケージ５６０は、上面に開放するキャビティー５７０と、下面に開放するキャビティー５７２とを有している。

実装端子５４６は、第４の基板５５４の外部底面に複数設けられている。また、実装端子５４６は、第１の基板５５１の上面に設けられた接続電極５４７や第３の基板５５３の下面に設けられた接続電極５４８と、図示しない貫通電極や層間配線を介して、電気的に導通されている。

【００７５】

パッケージ５６０のキャビティー５７０は、本実施形態の振動子４００と同様に、振動片１００の第１、第２導電パッド（図示せず）とパッケージ５６０の第１の基板５５１の上面に設けられた２つの接続電極５４７とがそれぞれ対応するように位置合わせされ、接合部材５４２を介して接合され、その後、ホウケイ酸ガラスなどの封止部材５５８により接合されることで、気密封止されている。

【００７６】

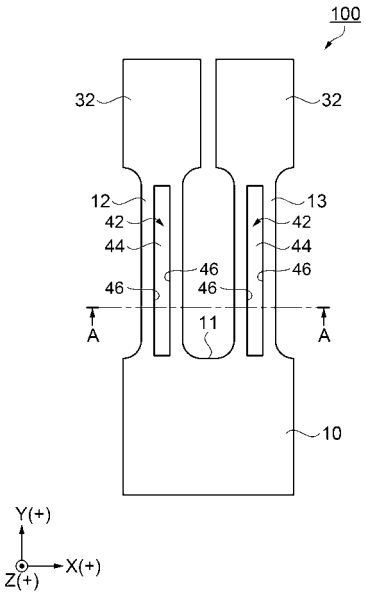
一方、パッケージ５６０のキャビティー５７２内には、ＩＣチップ５６２が収容されており、このＩＣチップ５６２は、ろう材あるいは接着剤などの接合部材５４３を介して第１の基板５５１の下面に固定されている。また、キャビティー５７２内には、複数の接続電極５４８が設けられている。接続電極５４８は、ボンディングワイヤー５４４によってＩＣチップ５６２と電気的に接続されている。また、キャビティー５７２内には樹脂材料５６４が充填されており、この樹脂材料５６４によって、ＩＣチップ５６２が封止されている。

ＩＣチップ５６２は、振動片１００の駆動を制御するための駆動回路（発振回路）を有しており、このＩＣチップ５６２によって振動片１００を駆動すると、所定の周波数の信号を取り出すことができる。

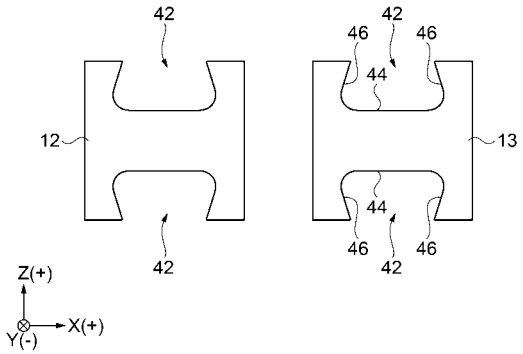
【００７７】
＜第７実施形態＞
（電子機器）
次に、本発明の第１実施形態に係る振動片１００を適用した電子機器について、図１１～図１３を参照して説明する。
図１１は、本発明の実施形態に係る振動片を備えている電子機器としてのモバイル型（又はノート型）のパーソナルコンピューターの構成を示す斜視図である。この図において、パーソナルコンピューター１１００は、キーボード１１０２を備えた本体部１１０４と、表示部１０００を備えた表示ユニット１１０６とにより構成され、表示ユニット１１０６は、本体部１１０４に対しヒンジ構造部を介して回動可能に支持されている。このようなパーソナルコンピューター１１００には、振動片１００が内蔵されている。
【００７８】
図１２は、本発明の実施形態に係る振動片を備える電子機器としての携帯電話機（ＰＨＳも含む）の構成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及び送話口１２０６を備え、操作ボタン１２０２と受話口１２０４との間には、表示部１０００が配置されている。このような携帯電話機１２００には、振動片１００が内蔵されている。
【００７９】
図１３は、本発明の実施形態に係る振動片を備える電子機器としてのデジタルカメラの構成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、デジタルカメラ１３００は、被写体の光像をＣＣＤ（Charge Coupled Device）など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。
デジタルカメラ１３００におけるケース（ボディー）１３０２の背面には、表示部１０００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１０００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などを含む受光ユニット１３０４が設けられている。
【００８０】
撮影者が表示部１０００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１３３０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（ＰＣ）１３４０が、それぞれ必要に応じて接続される。更に、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１３３０や、パーソナルコンピューター１３４０に出力される構成になっている。このようなデジタルカメラ１３００には、振動片１００が内蔵されている。
【００８１】
なお、本発明の第１実施形態に係る振動片１００を備える電子機器は、図１１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）１１００、図１２の携帯電話機１２００、図１３のデジタルカメラ１３００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などに適用することができる。

【００８２】
＜第８実施形態＞
（移動体）
次に、本発明の第１実施形態に係る振動片１００を適用した移動体について、図１４を参照して説明する。
図１４は、本発明の実施形態に係る振動片を備えている移動体としての自動車を概略的に示す斜視図である。この図において、タイヤ１４０３を制御する電子制御ユニット１４０２に振動片１００が内蔵され、車体１４０１に搭載されている。
自動車１４００には、本発明に実施形態に係る振動片１００が搭載されており、例えば、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：Antilock Brake System）、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などの電子制御ユニット（ＥＣＵ：electronic control unit）１４０２に広く適用できる。
【００８３】
以上、本発明の実施形態に係る振動片１００，２００，３００、振動子４００、発振器５００、電子機器１１００，１２００，１３００、及び移動体１４００について、図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明は、これに限定されるものではなく、各部の構成は、同様の機能を有する任意の構成のものに置換することができる。また、本発明に、他の任意の構成物が付加されていてもよい。また、各実施形態を適宜組み合わせてもよい。
【符号の説明】
【００８４】
１０…基部、１１…端部、１２，１３…振動腕、３２…錘部、４２…溝部、４４…底面部、４６…側面部、１００…振動片、１１０…水晶基板、１２０…下地層、１３０…レジスト、１４０…金属層、１５０…支持基板、１６０…固定用部材、２００，３００…ジャイロ素子、４００…振動子、５００…発振器、１１００…パーソナルコンピューター、１２００…携帯電話機、１３００…デジタルカメラ、１４００…自動車。

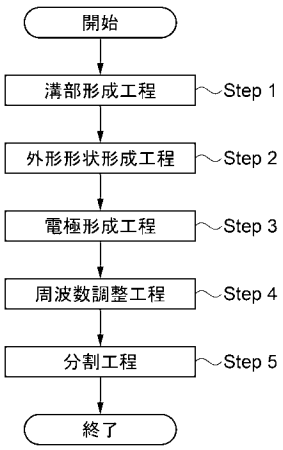
【図１】


100
32
32
12
13
42
42
44
44
46
46
46
46
11
A
A
10
Y(+)
X(+)
Z(+)

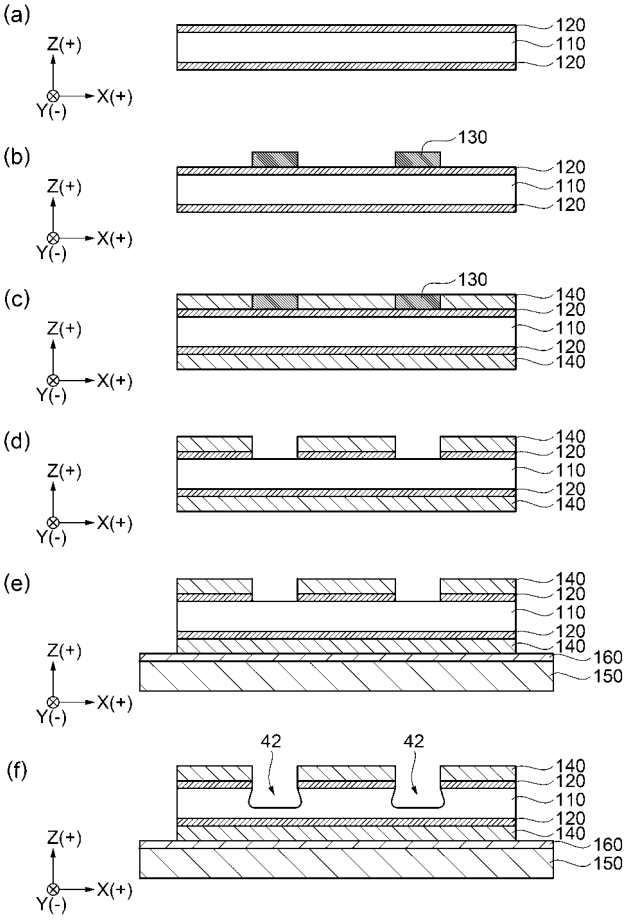
【図２】


42
42
46
46
44
12
13
44
46
46
42
42
Z(+)
X(+)
Y(-)

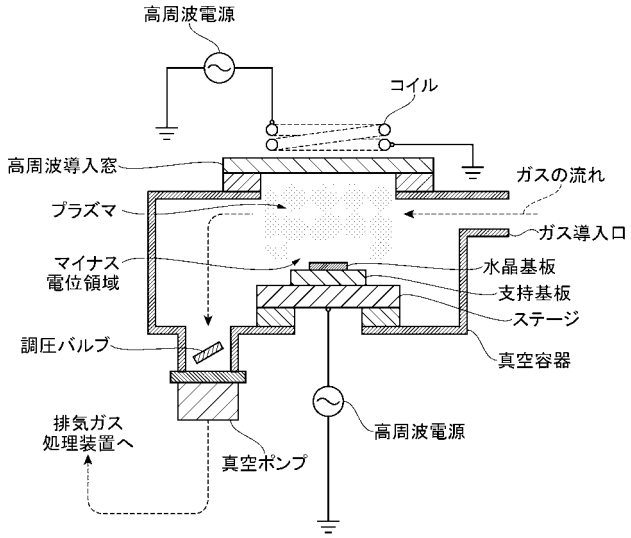
【図３】


開始
溝部形成工程
Step 1
外形形状形成工程
Step 2
電極形成工程
Step 3
周波数調整工程
Step 4
分割工程
Step 5
終了

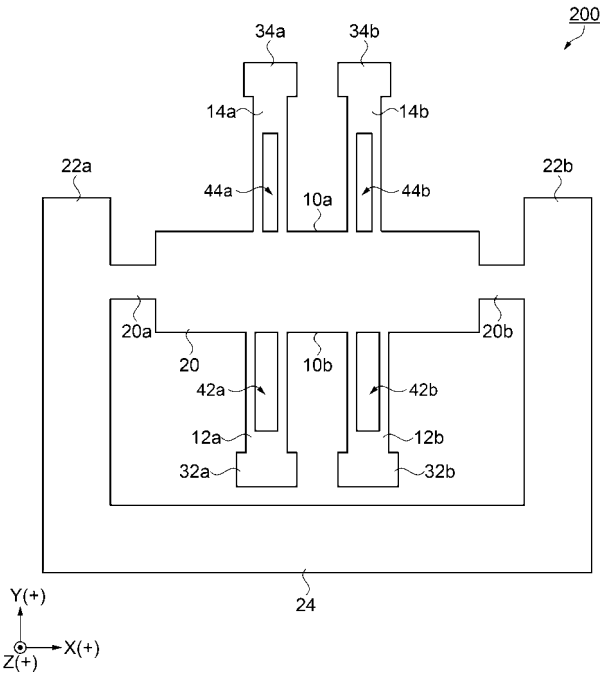
【図４】


(a)
120
110
120
Z(+)
X(+)
Y(-)
(b)
130
120
110
120
(c)
130
140
120
110
120
140
(d)
140
120
110
120
140
(e)
140
120
110
120
140
160
150
(f)
42
42
140
120
110
120
140
160
150

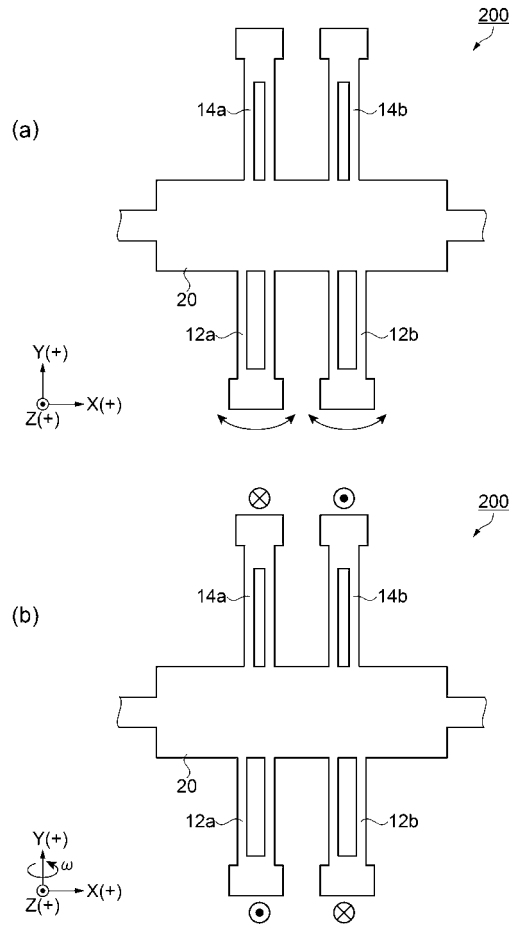
【図５】


高周波電源
コイル
高周波導入窓
ガスの流れ
プラズマ
ガス導入口
マイナス
電位領域
水晶基板
支持基板
ステージ
調圧バルブ
真空容器
排気ガス
処理装置へ
真空ポンプ
高周波電源

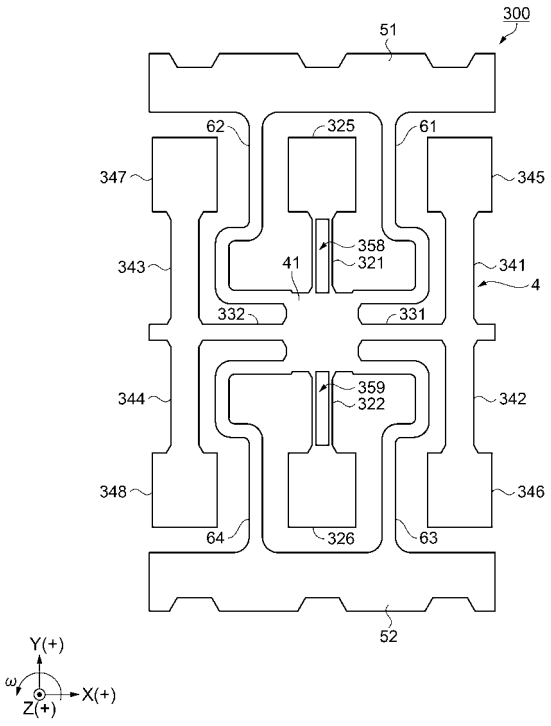
【図６】


200
34a
34b
14a
14b
22a
22b
44a
10a
44b
20a
20b
20
10b
42a
42b
12a
12b
32a
32b
24
Y(+)
X(+)
Z(+)

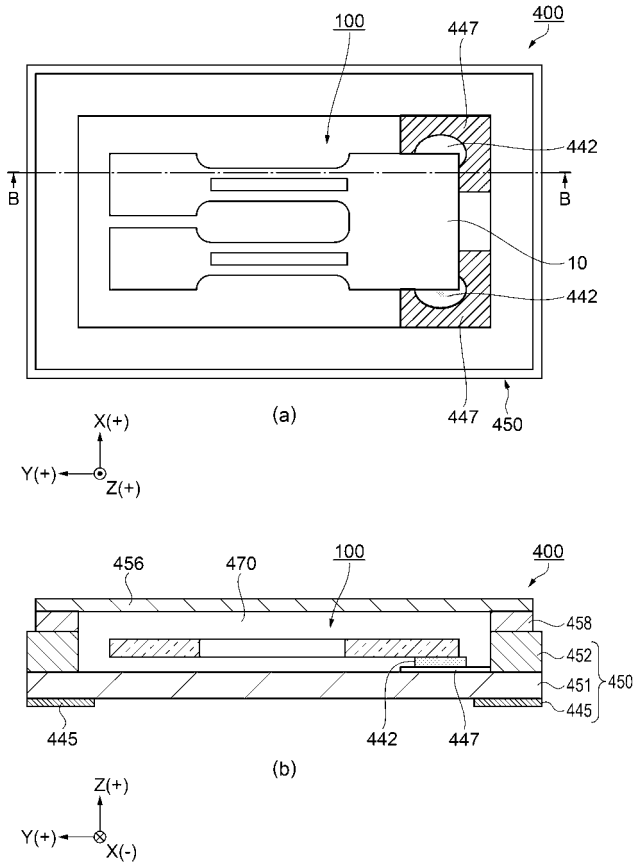
【図７】


(a)
200
14a
14b
20
12a
12b
Y(+)
X(+)
Z(+)
(b)
200
14a
14b
20
12a
12b
Y(+)
ω
X(+)
Z(+)

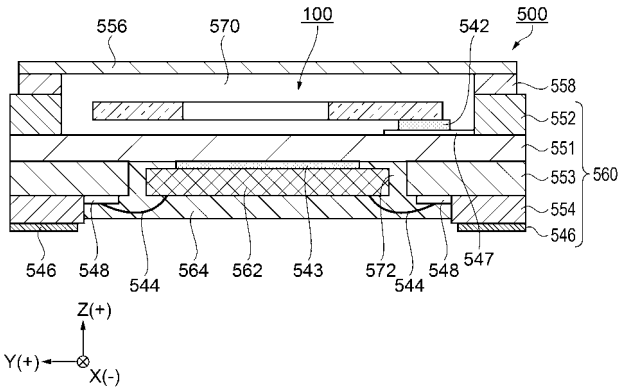
【図８】


300
51
62
325
61
347
345
358
343
41
321
341
4
332
331
359
344
322
342
348
346
64
326
63
52
Y(+)
ω
X(+)
Z(+)

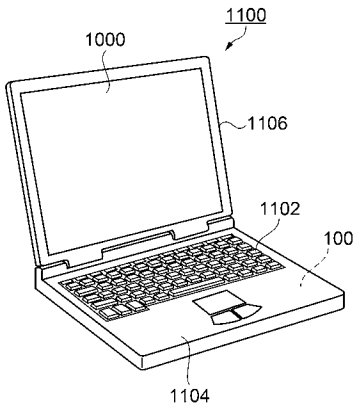
【図９】



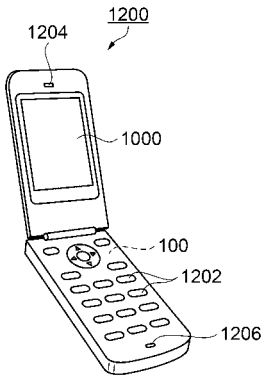
【図１０】



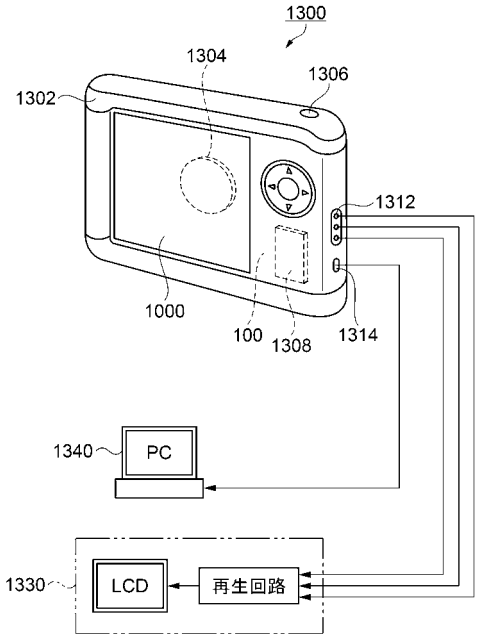
【図１１】



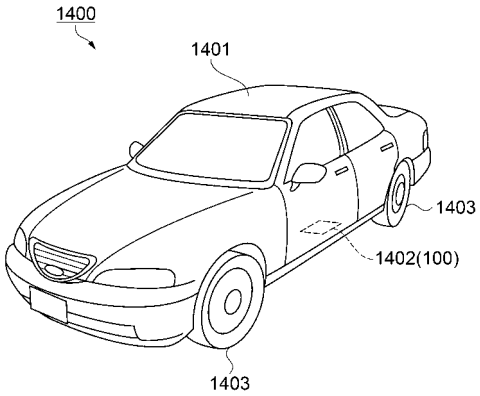
【図１２】



【図１３】


1300
1304
1306
1302
1312
1000
100
1308
1314
1340
PC
1330
LCD
再生回路

【図１４】


1400
1401
1403
1402(100)
1403

フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
Ｈ０１Ｌ 41/053	***(2006.01)***	Ｈ０１Ｌ	41/332	
Ｈ０１Ｌ 41/311	***(2013.01)***	Ｈ０１Ｌ	41/053	
		Ｈ０１Ｌ	41/311	

Ｆターム(参考) 5J108 AA02 AA09 BB02 BB03 CC06 CC07 CC09 EE03 EE04 EE07
EE13 EE18 FF03 FF05 FF11 GG03 KK01 KK06 MM11 MM15
NA03 NB05