(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2016-131279
(P2016-131279A)
(43)公開日　平成28年7月21日(2016.7.21)

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード（参考）
H03H	9/09	(2006.01)	H03H	9/09		5J079
H03H	9/02	(2006.01)	H03H	9/02	A	5J108
H03B	5/32	(2006.01)	H03B	5/32	A	
H01L	23/02	(2006.01)	H03B	5/32	H	
			H01L	23/02	Z	

審査請求 未請求　請求項の数 12　ＯＬ　（全 32 頁）

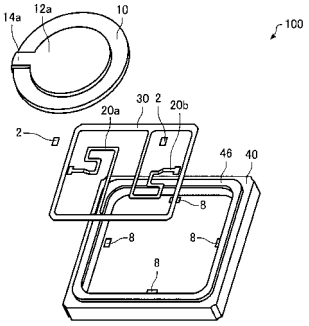
(21)出願番号　特願2015-4180(P2015-4180)
(22)出願日　平成27年1月13日(2015.1.13)

(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　100090387
弁理士　布施　行夫
(74)代理人　100090398
弁理士　大渕　美千栄
(72)発明者　菊島　正幸
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)　5J079 AA04 BA02 BA43 CA12 FA01
HA04 HA07 HA12 HA22
5J108 AA05 BB02 BB03 CC02 CC04
EE03 EE07 EE11 EE14 EE18
GG03 GG15 GG16 JJ04

(54)【発明の名称】振動子、発振器、電子機器、および移動体

(57)【要約】
【課題】振動片に生じる応力を低減することができる振動子を提供する。
【解決手段】振動子１００は、一対の支持部２０ａ，２０ｂと、一対の支持部２０ａ，２０ｂを支持する基板４０と、一対の支持部２０ａ，２０ｂに取り付けられている振動片１０と、を備え、支持部２０ａ，２０ｂの延出方向は、第１方向の成分および前記第１方向と反対側の方向の成分と、前記第１方向と直交関係にある第２方向の成分および前記第２方向と反対側の方向の成分と、前記第１方向および前記第２方向と直交関係にある第３方向の成分と、を含む。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
一対の支持部と、
一対の前記支持部を支持する基板と、
一対の前記支持部に取り付けられている振動片と、
を備え、
前記支持部の延出方向は、
第１方向の成分および前記第１方向と反対側の方向の成分と、
前記第１方向と直交関係にある第２方向の成分および前記第２方向と反対側の方向の成分と、
前記第１方向および前記第２方向と直交関係にある第３方向の成分と、
を含む、振動子。
【請求項２】
請求項１において、
前記支持部は、
一端側が前記基板に支持され、前記第１方向に沿った成分を有するように延出している第１梁部と、
前記第１梁部の他端側から前記第２方向に沿った成分を有するように延出している第２梁部と、
前記第２梁部の先端側から前記第１梁部と並ぶように前記第１方向と反対側の方向に沿った成分を有するように延出している第３梁部と、
前記第３梁部の先端側から前記第２梁部と並ぶように前記第２方向と反対側の方向に沿った成分を有するように延出している第４梁部と、
前記第４梁部の先端側と接続され、前記第３方向に沿った成分を有するように延出している第５梁部と、
を含む、振動子。
【請求項３】
請求項２において、
前記支持部は、
前記第４梁部の先端側から前記第１梁部と並ぶように前記第１の方向と反対側の方向に沿った成分を有するように延出し、先端側が前記第５梁部と接続されている第６梁部と、
前記第５梁部の先端側から前記第１方向および前記第２方向を含む平面に沿って延出している第７梁部と、
を含み、
前記振動片は、前記第７梁部に支持されている、振動子。
【請求項４】
請求項１ないし３のいずれか１項において、
一対の前記支持部は、平面視で回転対称の位置関係にある、振動子。
【請求項５】
請求項１ないし４のいずれか１項において、
一対の前記支持部は、枠部に接続され、
前記枠部の内側に、一対の前記支持部が配置されている、振動子。
【請求項６】
請求項５において、
前記枠部の少なくとも一部は、前記基板に取り付けられ、
一対の前記支持部は、前記枠部を介して、前記基板に支持されている、振動子。
【請求項７】
請求項１ないし６のいずれか１項において、
一対の前記支持部は、樹脂層に導電層を形成して構成されている、振動子。
【請求項８】

請求項１ないし７のいずれか１項に記載の振動子と、
前記振動子に電気的に接続されている回路素子と、
を備えている、発振器。
【請求項９】
請求項８において、
加熱素子を備えている、発振器。
【請求項１０】
請求項９において、
前記加熱素子は、トランジスターである、発振器。
【請求項１１】
請求項１ないし７のいずれか１項に記載の振動子を備えている、電子機器。
【請求項１２】
請求項１ないし７のいずれか１項に記載の振動子を備えている、移動体。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、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】
従来から、水晶を用いた振動片が知られている。このような振動片は、周波数温度特性が優れているため、種々の電子機器の基準周波数源や発振源などとして広く用いられている。振動片は、セラミックス等からなるパッケージに収容されている。
【０００３】
このような振動片では、外部の温度変化や、実装時のリフローで加わる熱によって、パッケージと振動片との間の熱膨張係数の差により応力が生じる場合がある。また、例えば、パッケージに衝撃が加わった場合に、振動片に応力が生じる場合がある。振動片に応力が生じると周波数が変動してしまうため、振動片に生じる応力を低減できる支持構造が求められている。
【０００４】
例えば、特許文献１には、水晶の中心と同一面内に支持部材を設け、当該支持部材に環状の緩衝構造を組み込むことで、水晶振動体に生じる応力を低減する技術が開示されている。
【０００５】
また、例えば、特許文献２には、水晶振動片を支持するサポーターが水晶振動片の応力に対する周波数変化が最小となる応力感度零軸を保持することで、振動片に応力が生じても振動周波数の変化を最小にする技術が開示されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００６】
【特許文献１】特表２００５－５２８８２９号公報
【特許文献２】特開２００９－１８８７１８号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００７】
しかしながら、上述した従来の支持構造では、振動片に生じる応力を十分に低減できない場合があり、振動片に生じる応力を、より低減できる支持構造が望まれている。
【０００８】
本発明のいくつかの態様に係る目的の１つは、振動片に生じる応力を低減することができる振動子を提供することにある。また、本発明のいくつかの態様に係る目的の１つは、上記の振動子を含む、発振器、電子機器、および移動体を提供することにある。

【課題を解決するための手段】
【０００９】
本発明は前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、以下の態様または適用例として実現することができる。
【００１０】
［適用例１］
本適用例に係る振動子は、
一対の支持部と、
一対の前記支持部を支持する基板と、
一対の前記支持部に取り付けられている振動片と、
を備え、
前記支持部の延出方向は、
第１方向の成分および前記第１方向と反対側の方向の成分と、
前記第１方向と直交関係にある第２方向の成分および前記第２方向と反対側の方向の成分と、
前記第１方向および前記第２方向と直交関係にある第３方向の成分と、
を含む。
【００１１】
このような振動子では、支持部の延出方向は、第１方向およびその反対側の方向の成分、第２方向およびその反対側の方向の成分、および第３方向の成分を有するため、支持部はこれらの方向に対して自由度を有することができる。すなわち、支持部は、第１方向およびその反対側の方向、第２方向およびその反対側の方向、および第３方向およびその反対側の方向に変形することができる。そのため、このような振動子では、振動片に生じる応力を、支持部が変形することによって緩和することができる。したがって、このような振動子では、振動片に生じる応力を低減することができる。
【００１２】
［適用例２］
本適用例に係る振動子において、
前記支持部は、
一端側が前記基板に支持され、前記第１方向に沿った成分を有するように延出している第１梁部と、
前記第１梁部の他端側から前記第２方向に沿った成分を有するように延出している第２梁部と、
前記第２梁部の先端側から前記第１梁部と並ぶように前記第１方向と反対側の方向に沿った成分を有するように延出している第３梁部と、
前記第３梁部の先端側から前記第２梁部と並ぶように前記第２方向と反対側の方向に沿った成分を有するように延出している第４梁部と、
前記第４梁部の先端側と接続され、前記第３方向に沿った成分を有するように延出している第５梁部と、
を含んでいてもよい。
【００１３】
このような振動子では、支持部は第１～第５梁部を含むため、第１方向およびその反対側の方向、第２方向およびその反対側の方向、および第３方向およびその反対側の方向に変形することができる。
【００１４】
［適用例３］
本適用例に係る振動子において、
前記支持部は、
前記第４梁部の先端側から前記第１梁部と並ぶように前記第１の方向と反対側の方向に沿った成分を有するように延出し、先端側が前記第５梁部と接続されている第６梁部と、

前記第５梁部の先端側から前記第１方向および前記第２方向を含む平面に沿って延出している第７梁部と、
を含み、
前記振動片は、前記第７梁部に支持されていてもよい。
【００１５】
このような振動子では、支持部はさらに第６梁部と第７梁部とを含むため、より変形し易い構造となり、振動片に生じる応力をより低減することができる。
【００１６】
［適用例４］
本適用例に係る振動子において、
一対の前記支持部は、平面視で回転対称の位置関係にあってもよい。
【００１７】
このような振動子では、一対の支持部が回転対称の位置関係にあるため、振動片をバランスよく支持することができる。
【００１８】
［適用例５］
本適用例に係る振動子において、
一対の前記支持部は、枠部に接続され、
前記枠部の内側に、一対の前記支持部が配置されていてもよい。
【００１９】
このような振動子では、振動片に生じる応力を低減することができる。
【００２０】
［適用例６］
本適用例に係る振動子において、
前記枠部の少なくとも一部は、前記基板に取り付けられ、
一対の前記支持部は、前記枠部を介して、前記基板に支持されていてもよい。
【００２１】
このような振動子では、例えば、振動片を直接基板に取り付ける場合と比べて、より確実に一対の支持部を基板で支持することができる。
【００２２】
［適用例７］
本適用例に係る振動子において、
一対の前記支持部は、樹脂層に導電層を形成して構成されていてもよい。
【００２３】
このような振動子では、例えば、導電層を配線として用いることができる。
【００２４】
［適用例８］
本適用例に係る発振器は、
上記適用例のいずれかに記載の振動子と、
前記振動子に電気的に接続されている回路素子と、
を備えている。
【００２５】
このような発振器では、振動片に生じる応力を低減することができる振動子を備えることができる。
【００２６】
［適用例９］
本適用例に係る発振器において、
加熱素子を備えていてもよい。
【００２７】
このような発振器では、加熱素子を備えるため、例えば使用環境の温度変化による周波

数の変動を低減することができ、周波数安定度を高めることができる。
【００２８】
［適用例１０］
本適用例に係る発振器において、
前記加熱素子は、トランジスターであってもよい。
【００２９】
このような発振器では、トランジスターで生じた熱によって、振動片を加熱することができる。
【００３０】
［適用例１１］
本適用例に係る電子機器は、
上記適用例のいずれかに記載の振動子を備えている。
【００３１】
このような電子機器では、振動片に生じる応力を低減することができる振動子を備えることができる。
【００３２】
［適用例１２］
本適用例に係る移動体は、
上記適用例のいずれかに記載の振動子を備えている。
【００３３】
このような移動体では、振動片に生じる応力を低減することができる振動子を備えることができる。
【図面の簡単な説明】
【００３４】
【図１】第１実施形態に係る振動子を模式的に示す分解斜視図。
【図２】第１実施形態に係る振動子を模式的に示す平面図。
【図３】第１実施形態に係る振動子を模式的に示す断面図。
【図４】ＳＣカット水晶基板を模式的に示す図。
【図５】第１実施形態に係る振動子の支持部および枠部を模式的に示す斜視図。
【図６】図６（Ａ）はモデルＭ１を模式的に示す断面図であり、図６（Ｂ）はモデルＭ２を模式的に示す断面図である。
【図７】図７（Ａ）はシミュレーションで求めたモデルＭ１の応力分布図であり、図７（Ｂ）はシミュレーションで求めたモデルＭ２の応力分布図である。
【図８】第１実施形態の第１変形例に係る振動子を模式的に示す分解斜視図。
【図９】第１実施形態の第１変形例に係る振動子を模式的に示す平面図。
【図１０】第１実施形態の第１変形例に係る振動子の支持部を模式的に示す斜視図。
【図１１】第１実施形態の第２変形例に係る振動子を模式的に示す分解斜視図。
【図１２】第２実施形態に係る振動子を模式的に示す分解斜視図。
【図１３】第２実施形態に係る振動子の支持部および枠部を模式的に示す斜視図。
【図１４】第３実施形態に係る振動子を模式的に示す平面図。
【図１５】第３実施形態に係る振動子を模式的に示す断面図。
【図１６】第３実施形態の変形例に係る振動子を模式的に示す平面図。
【図１７】図１７（Ａ）は第４実施形態に係る発振器を模式的に示す断面図であり、図１７（Ｂ）は、図１７（Ａ）のＢ－Ｂ線から見た図である。
【図１８】第４実施形態の変形例に係る発振器を模式的に示す断面図。
【図１９】図１９（Ａ）は第５実施形態に係る発振器を模式的に示す断面図であり、図１９（Ｂ）は第５実施形態に係る発振器を模式的に示す平面図。
【図２０】第５実施形態の変形例に係る発振器を模式的に示す断面図。
【図２１】第６実施形態に係る電子機器を模式的に示す平面図。
【図２２】第６実施形態に係る電子機器を模式的に示す斜視図。

【図２３】第６実施形態に係る電子機器を模式的に示す斜視図。
【図２４】第６実施形態に係る電子機器を模式的に示す斜視図。
【図２５】第７実施形態に係る移動体を模式的に示す斜視図。
【発明を実施するための形態】
【００３５】
以下、本発明の好適な実施形態について、図面を用いて詳細に説明する。なお、以下に説明する実施形態は、特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではない。また、以下で説明される構成の全てが本発明の必須構成要件であるとは限らない。
【００３６】
１．　第１実施形態
１．１．　振動子
まず、第１実施形態に係る振動子について、図面を参照しながら説明する。図１は、第１実施形態に係る振動子１００を模式的に示す分解斜視図である。図２は、第１実施形態に係る振動子１００を模式的に示す平面図である。図３は、第１実施形態に係る振動子１００を模式的に示す断面図であり、図２のＩＩＩ－ＩＩＩ線断面図である。
【００３７】
振動子１００は、図１～図３に示すように、振動片１０と、一対の支持部２０ａ，２０ｂと、枠部３０と、パッケージ（基板）４０と、リッド（蓋体）５０と、を含む。なお、図１では、便宜上、リッド５０の図示を省略している。また、図２では、便宜上、パッケージ４０、およびリッド５０の図示を省略している。
【００３８】
振動片１０は、水晶により形成されたＳＣカット水晶基板（圧電基板）が用いられている。図４は、ＳＣカット水晶基板１０１を模式的に示す図である。
【００３９】
水晶等の圧電材料は、一般的に三方晶系であり、図４に示すような結晶軸（Ｘ，Ｙ，Ｚ）を有する。Ｘ軸は電気軸であり、Ｙ軸は機械軸であり、Ｚ軸は光学軸である。ＳＣカット水晶基板１０１は、Ｙ軸に直交した主面をＺ軸を中心としてＸ軸からＹ軸方向に角度θ_1回転し、回転した新たなＸ´軸を中心としてＺ軸から新たなＹ´軸（図示せず）方向にθ_2回転して得られた面に沿って、圧電材料（例えば人工水晶）から切り出された平板である。ここで、θ_1＝３４°、θ_2＝２２°である。このように、ＳＣカット水晶基板１０１は、所謂ダブルローテーションカットの水晶基板であり、結晶軸（Ｘ´，Ｙ´´，Ｚ´）軸を有する。ＳＣカット水晶基板１０１は、Ｙ´´軸に直交するＺ´Ｘ´面（Ｚ´軸およびＸ´軸を含む面）が主面（励振面）となり、厚み滑り振動を主振動として振動することができる。このＳＣカット水晶基板１０１を加工して、振動片１０を得ることができる。振動片１０の形状は、例えば、図１～図３に示すように、円盤状である。
【００４０】
なお、本発明に係る水晶片は、ＳＣカット水晶基板に限定されず、厚みすべり振動を励振するＡＴカット水晶基板、ＢＴカット水晶基板等の他の圧電基板にも広く適用できる。なお、ＡＴカット水晶基板は、ＸＺ平面を、Ｘ軸周りに角度θだけ回転させた平面に沿って、圧電材料（例えば、人工水晶）から切り出された平板である。ここで、θ＝３５°１５′である。
【００４１】
振動片１０には、図３に示すように、第１励振電極１２ａと、第２励振電極１２ｂと、第１引出電極１４ａと、第２引出電極１４ｂと、第１接続電極１６ａと、第２接続電極１６ｂと、が設けられている。
【００４２】
第１励振電極１２ａは、振動片１０の表側の主面の中央部に設けられている。第１励振電極１２ａの平面形状は、円である。第１励振電極１２ａは、第１引出電極１４ａを介して第１接続電極１６ａに接続されている。

【００４３】
第２励振電極１２ｂは、振動片１０の裏側の主面の中央部に設けられている。第２励振電極１２ｂは、第１励振電極１２ａと振動片１０を介して対向するように設けられている。すなわち、第１励振電極１２ａと第２励振電極１２ｂとは、振動片１０の中央部に表裏で重なるように設けられている。第２励振電極１２ｂは、第２引出電極１４ｂを介して第２接続電極１６ｂに接続されている。
【００４４】
第１接続電極１６ａは、振動片１０の裏側の主面に設けられている。第１接続電極１６ａは、振動片１０の外周部（振動片１０の外縁の近傍）に設けられている。第１接続電極１６ａは、接合材２を介して、第１支持部２０ａに接合されている。接合材２は例えば導電性接着剤であり、第１接続電極１６ａと第１支持部２０ａとは接合材２によって電気的・機械的に接続されている。なお、接合材２は、第１接続電極１６ａと第１支持部２０ａとを電気的・機械的に接続することができれば導電性接着剤に限定されず、例えば金（Ａｕ）や半田等を用いたバンプであってもよい。
【００４５】
第２接続電極１６ｂは、振動片１０の裏側の主面に設けられている。第２接続電極１６ｂは、振動片１０の外周部に設けられている。第１接続電極１６ａと第２接続電極１６ｂとは、平面視で振動片１０の中心に関して対称に配置されている。第２接続電極１６ｂは、接合材２を介して、第２支持部２０ｂに接合されている。接合材２は例えば導電性接着剤であり、第２接続電極１６ｂと第２支持部２０ｂとは接合材２によって電気的・機械的に接続される。なお、接合材２は、第２接続電極１６ｂと第２支持部２０ｂとを電気的・機械的に接続することができれば導電性接着剤に限定されず、例えば金（Ａｕ）や半田等を用いたバンプであってもよい。
【００４６】
励振電極１２ａ，１２ｂ、引出電極１４ａ，１４ｂ、および接続電極１６ａ，１６ｂとしては、例えば、振動片１０側から、クロム、金をこの順で積層したものを用いる。
【００４７】
振動片１０は、一対の支持部２０ａ，２０ｂに取り付けられており、一対の支持部２０ａ，２０ｂによって２点支持されている。振動片１０の、一対の支持部２０ａ，２０ｂで支持されている２点を結ぶ仮想直線Ｌは、振動片１０の結晶軸の１つであるＸ´軸に平行である。言い換えると、仮想直線ＬとＸ´軸とがなす角度は０°である。
【００４８】
図示の例では、支持部２０ａ，２０ｂは、振動片１０の外周部の２箇所に接合材２で接合されており、当該２箇所で振動片１０を支持している。仮想直線Ｌは、例えば、平面視で、第１接続電極１６ａと接合材２との接合面（第１接続電極１６ａと接合材２とが接触している領域）の中心と、第２接続電極１６ｂと接合材２との接合面の中心と、を結ぶ直線である。ここで、Ｘ´軸は応力に対して振動周波数の変化が最小となる軸である。そのため、仮想直線ＬがＸ´軸に平行であることにより、振動片１０に応力が生じても振動周波数の変化を小さくすることができる。
【００４９】
なお、仮想直線ＬとＸ´軸とがなす角度（鋭角）は、１０°以下であってもよい。このような場合にも、例えば、仮想直線ＬとＸ´軸とがなす角度が１０°よりも大きい場合と比べて、振動片１０に応力が生じても振動周波数の変化を小さくすることができる。
【００５０】
一対の支持部２０ａ，２０ｂは、枠部３０に接続されており、枠部３０を介してパッケージ４０に支持されている。一対の支持部２０ａ，２０ｂは、枠部３０の内側に配置されている。
【００５１】
図５は、支持部２０ａ，２０ｂおよび枠部３０を模式的に示す斜視図である。図５には、互いに直交する３つの軸として、ｘ軸、ｙ軸、ｚ軸を図示している。なお、図示の例で

は、振動片１０の結晶軸であるＸ´軸がｙ軸と平行であり、Ｙ´´軸がｚ軸と平行であり、Ｚ´軸がｘ軸と平行である。なお、振動片１０の結晶軸（Ｘ´，Ｙ´´，Ｚ´）と、図５に示すｘ軸、ｙ軸、ｚ軸の関係は上記例に限定されない。

【００５２】

第１支持部２０ａは、複数の梁部（第１梁部２１ａ～第７梁部２７ａ）を有している。第１支持部２０ａの延出方向は、＋ｘ軸方向（第１方向）の成分および＋ｘ軸方向と反対側の方向の－ｘ軸方向の成分と、＋ｙ軸方向（第２方向）の成分および－ｙ軸方向の成分と、＋ｚ軸方向の成分（第３方向）と、を含む。第１支持部２０ａを構成している各梁部２１ａ～２７ａの延出方向の成分が、第１支持部２０ａの延出方向の成分となる。

【００５３】

第１梁部２１ａは、一端側（根元側）が枠部３０を介してパッケージ４０に支持され、＋ｘ軸方向に沿った成分を有するように延出している。すなわち、第１梁部２１ａの延出方向は、＋ｘ軸方向の成分を有している。第１梁部２１ａは、根元側が枠部３０に接続され、先端側が第２梁部２２ａに接続されている。

【００５４】

第２梁部２２ａは、第１梁部２１ａの他端側（先端側）から＋ｙ軸方向に沿った成分を有するように延出している。すなわち、第２梁部２２ａの延出方向は、＋ｙ軸方向の成分を有している。第２梁部２２ａは、根元側が第１梁部２１ａに接続され、先端側が第３梁部２３ａに接続されている。

【００５５】

第３梁部２３ａは、第２梁部２２ａの先端側から第１梁部２１ａと並ぶように＋ｘ軸方向と反対側の－ｘ軸方向に沿った成分を有するように延出している。すなわち、第３梁部２３ａの延出方向は、－ｘ軸方向の成分を有している。第３梁部２３ａと第１梁部２１ａとは、例えば、平行である。第３梁部２３ａは、根元側が第２梁部２２ａに接続され、先端側が第４梁部２４ａに接続されている。

【００５６】

第４梁部２４ａは、第３梁部２３ａの先端側から第２梁部２２ａと並ぶように＋ｙ軸方向と反対側の－ｙ軸方向に沿った成分を有するように延出している。すなわち、第４梁部２４ａの延出方向は、－ｙ軸方向の成分を有している。第４梁部２４ａと第２梁部２２ａとは、例えば、平行である。第４梁部２４ａは、根元側が第３梁部２３ａに接続され、先端側が第６梁部２６ａに接続されている。

【００５７】

第５梁部２５ａは、第４梁部２４ａの先端側と、第６梁部２６ａを介して接続され、＋ｚ軸方向に沿った成分を有するように延出している。すなわち、第５梁部２５ａの延出方向は、＋ｚ軸方向の成分を有している。第５梁部２５ａは、さらに、＋ｙ軸方向に沿った成分を有するように延出している。第５梁部２５ａは、根元側が第６梁部２６ａに接続され、先端側が第７梁部２７ａに接続されている。

【００５８】

第６梁部２６ａは、第４梁部２４ａの先端側から第１梁部２１ａと並ぶように＋ｘ軸方向と反対側の－ｘ軸方向に沿った成分を有するように延出している。すなわち、第６梁部２６ａの延出方向は、－ｘ軸方向の成分を有している。第６梁部２６ａと第１梁部２１ａとは、例えば、平行である。第６梁部２６ａは、根元側が第４梁部２４ａに接続され、先端側が第５梁部２５ａに接続されている。

【００５９】

第７梁部２７ａは、第５梁部２５ａの先端側から＋ｘ軸方向および＋ｙ軸方向を含む平面に沿って延出している。第１支持部２０ａにおいて、第１～第４梁部２１ａ～２４ａ、第６梁部２６ａは同一平面内（ｘｙ平面内）に位置しており、第７梁部２７ａは当該ｘｙ平面とは異なる、当該ｘｙ平面に沿った（平行な）平面内に位置している。図示の例では、第７梁部２７ａは、当該ｘｙ平面に沿った（平行な）平面内において、＋ｙ軸方向に沿った成分を有するように延出している。すなわち、第７梁部２７ａの延出方向は、＋ｙ軸

方向の成分を有している。

【００６０】

第７梁部２７ａの先端側には、他の部分よりも幅が広い幅広部２７０ａが設けられている。幅広部２７０ａは、接合材２を介して、第１接続電極１６ａに接続される。第１支持部２０ａでは、第７梁部２７ａの幅広部２７０ａが振動片１０を直接的に支持している。

【００６１】

第１梁部２１ａ～第７梁部２７ａは、それぞれ平面視で直線状に設けられている。また、第１梁部２１ａ～第７梁部２７ａは、それぞれ延出方向の長さが幅方向（延出方向に直交する方向）の長さよりも大きい。第１梁部２１ａ～第７梁部２７ａは、互いに幅方向（延出方向と直交する方向）の大きさが等しくてもよいし、幅方向の大きさが異なっていてもよい。

【００６２】

第２支持部２０ｂは、複数の梁部（第１梁部２１ｂ～第７梁部２７ｂ）を有している。第２支持部２０ｂの延出方向は、＋ｘ軸方向の成分および＋ｘ軸方向と反対側の方向の－ｘ軸方向の成分と、＋ｙ軸方向の成分および－ｙ軸方向の成分と、＋ｚ軸方向の成分と、を含む。

【００６３】

第１支持部２０ａと第２支持部２０ｂとは、平面視で枠部３０の中心O_{30}に関して、回転対称の位置関係にある。図示の例では、第１支持部２０ａと第２支持部２０ｂとは、平面視で２回対称の位置関係にある。言い換えると、平面視で、第１支持部２０ａをO_{30}まわりに１８０°（（３６０／ｎ）°、ｎ＝２）回転させると、第２支持部２０ｂに重なる。すなわち、第１支持部２０ａと第２支持部２０ｂとは、平面視で中心O_{30}を対称点とする点対称の位置関係である。

【００６４】

そのため、第２支持部２０ｂの第１梁部２１ｂ～第７梁部２７ｂは、それぞれ第１支持部２０ａの第１梁部２１ａ～第７梁部２７ｂと延出方向が互いに反対方向となる。この点を除いて第２支持部２０ｂの第１梁部２１ｂ～第７梁部２７ｂは、第１支持部２０ａの第１梁部２１ａ～第７梁部２７ｂと同様の構成を有している。

【００６５】

なお、第１支持部２０ａと第２支持部２０ｂとは、枠部３０の中心O_{30}以外の任意の点に対して回転対称の位置関係にあってもよい。第１支持部２０と第２支持部２０ｂとは、例えば、平面視で振動片１０の中心に対して回転対称の位置関係にあってもよいし、平面視で振動片１０の剛性の中心に対して回転対称の位置関係にあってもよい。

【００６６】

支持部２０ａ，２０ｂは、平面視で振動片１０と少なくとも一部が重なるように設けられている。図示の例では、第１支持部２０ａの第１梁部２１ａの一部および第２梁部２２ａ～第７梁部２７ａが、平面視で振動片１０と重なっている。また、第２支持部２０ｂの第１梁部２１ｂの一部および第２梁部２２ｂ～第７梁部２７ｂが、平面視で振動片１０と重なっている。このように、支持部２０ａ，２０ｂが平面視で振動片１０と重なるように設けられることにより、支持部２０ａ，２０ｂが平面視で振動片１０と重ならない場合と比べて、装置の小型化を図ることができる。

【００６７】

支持部２０ａ，２０ｂは、例えば、ＴＡＢ（Ｔａｐｅ Ａｕｔｏｍａｔｅｄ Ｂｏｎｄｉｎｇ）基板から構成されている。支持部２０ａ，２０ｂは、例えば、ポリイミド等からなる絶縁性の樹脂で構成された樹脂層４と、樹脂層４上に形成され、銅（Ｃｕ）等の金属からなる導電層６と、で構成されている。

【００６８】

枠部３０は、枠状に形成されている。枠部３０の内側には、一対の支持部２０ａ，２０ｂが配置されている。枠部３０と支持部２０ａ，２０ｂとは、例えば、一体に構成されている。枠部３０は、支持部２０ａ，２０ｂと同様に、樹脂層４と、導電層６と、で構成さ

れている。
【００６９】
枠部３０は、接合材８を介して、パッケージ４０の内底面４１に接合されている。枠部３０とパッケージ４０とは、例えば、４箇所で接合されている。図示の例では、枠部３０の平面形状は四角形であり、当該四角形の各辺の中心で接合材８を介してパッケージ４０の内底面４１に接合されている。枠部３０は、接合材８の厚さの分だけ、パッケージ４０の内底面４１から離間している。
【００７０】
第１支持部２０ａの導電層６および枠部３０の導電層６は、第１支持部２０ａの近傍の接合材８ａに電気的に接続される配線を構成している。枠部３０の導電層６は、樹脂層４に設けられた貫通孔（図示せず）を介して接合材８ａに電気的に接続されている。当該配線は、接合材８ａを介して、パッケージ４０の内底面４１に設けられたパッド（図示せず）に電気的に接続されている。
【００７１】
同様に、第２支持部２０ｂの導電層６および枠部３０の導電層６は、第２支持部２０ｂの近傍の接合材８ｂに電気的に接続される配線を構成している。枠部３０の導電層６は、樹脂層４に設けられた貫通孔（図示せず）を介して接合材８ｂに電気的に接続されている。当該配線は、接合材８ｂを介して、パッケージ４０の内底面４１に設けられたパッド（図示せず）に電気的に接続されている。
【００７２】
接合材８ａ，８ｂは、例えば、導電性接着材、金（Ａｕ）や半田等を用いたバンプ等である。なお、接合材８ａ，８ｂ以外の他の接合材８は、接合材８ａ，８ｂと同じ導電性接着材や、バンプ等であってもよいし、ポリイミド等からなる絶縁性接着剤であってもよい。
【００７３】
なお、ここでは、２つの支持部２０ａ，２０ｂが１つの枠部３０に接続され、枠部３０を介してパッケージ４０に接合されている例について説明したが、図示はしないが、２つの支持部２０ａ，２０ｂはそれぞれ別部材に接続され、当該別部材を介してパッケージ４０に接合されてもよい。
【００７４】
パッケージ４０は、振動片１０を収容する。パッケージ４０は、底板４２と、底板４２の上面の周縁部に設けられた側壁４４と、を有している。
【００７５】
パッケージ４０は、凹部４３を有している。凹部４３は、板状の底板４２と枠状の側壁４４とに囲まれた空間である。凹部４３の開口は、リッド５０によって塞がれている。これにより、振動片１０が収容される空間が形成される。当該空間は、窒素ガス等の不活性ガスが充填されていてもよいし、大気圧よりも低い圧力の気体で満たされた減圧状態（真空）であってもよい。
【００７６】
パッケージ４０の側壁４４上には、例えば、コバール等の合金で形成されたシームリング４６が設けられている。シームリング４６は、リッド５０と側壁４４とを接合するための接合材として機能する。パッケージ４０の材質は、例えば、セラミックスである。パッケージ４０は、例えば、所定の形状に成形されたグリーンシートを積層し、焼結することによって形成される。
【００７７】
パッケージ４０の内底面４１には、２つのパッド（図示せず）が設けられている。当該２つのパッドのうちの一方は、接合材８を介して、第１支持部２０ａおよび枠部３０の導電層６で構成された配線に電気的に接続される。当該２つのパッドのうちの他方は、接合材８を介して、第２支持部２０ｂおよび枠部３０の導電層６で構成された配線に電気的に接続される。当該２つのパッドは、それぞれパッケージ４０の外底部に形成される外部接

続端子（図示せず）と電気的に接続されている。

【００７８】

リッド５０は、板状の部材であり、パッケージ４０の凹部４３の開口を塞いでいる。リッド５０は、例えば、コバールの板材である。リッド５０にコバールの板材を用いることで、封止の際に、コバールで形成されているシームリングとリッド５０とを同じ状態で溶融することができ、さらに合金化されやすいため、封止を容易かつ確実に行うことができる。なお、リッド５０として、４２アロイ、ステンレス鋼などの金属材料、パッケージ４０の側壁４４と同じ材料を用いてもよい。

【００７９】

振動子１００は、例えば、以下の特徴を有する。

【００８０】

振動子１００では、第１支持部２０ａの延出方向は、＋ｘ軸方向の成分および＋ｘ軸方向と反対側の－ｘ軸方向の成分と、＋ｘ軸方向と直交関係にある＋ｙ軸方向の成分および＋ｙ軸方向と反対側の－ｙ軸方向の成分と、＋ｘ軸方向および＋ｙ軸方向と直交関係にある＋ｚ軸方向の成分と、を含む。そのため、第１支持部２０ａは、これらの方向に対して自由度を有することができる。すなわち、第１支持部２０ａは±ｘ軸方向、±ｙ軸方向、および±ｚ軸方向に変形することができる。また、第２支持部２０ｂも同様に、±ｘ軸方向、±ｙ軸方向、および±ｚ軸方向に変形することができる。したがって、振動子１００では、振動片１０に生じる応力を、支持部２０ａ，２０ｂが変形することによって緩和することができる。したがって、振動子１００では、振動片１０に生じる応力を低減することができる。

【００８１】

よって、振動子１００では、例えば、外部の温度変化や、実装時のリフローで加わる熱によって、パッケージ４０と振動片１０との間の熱膨張係数の差により振動片１０に生じる応力を低減することができる。また、振動子１００では、例えば、パッケージ４０に衝撃が加わった場合に、当該衝撃を支持部２０ａ，２０ｂによって吸収することができ、支持部２０ａ，２０ｂに生じる応力を低減することができる。したがって、振動子１００では、振動片１０に応力が生じることによって周波数が変動することを低減することができる。

【００８２】

振動子１００では、第１支持部２０ａは、一端側がパッケージ４０に支持され、＋ｘ軸方向に沿った成分を有するように延出している第１梁部２１ａと、第１梁部２１ａの他端側から＋ｙ軸方向に沿った成分を有するように延出している第２梁部２２ａと、第２梁部２２ａの先端側から第１梁部２１ａと並ぶように＋ｘ軸方向と反対側の－ｘ軸方向に沿った成分を有するように延出している第３梁部２３ａと、第３梁部２３ａの先端側から第２梁部２２ａと並ぶように＋ｙ軸方向と反対側の－ｙ軸方向に沿った成分を有するように延出している第４梁部２４ａと、第４梁部２４ａの先端側と接続され、＋ｚ軸方向に沿った成分を有するように延出している第５梁部２５ａと、を含む。このように振動子１００では、支持部２０ａ，２０ｂは、第１～第５梁部２１ａ～２５ａ，２１ｂ～２５ｂを含んでいるため、±ｘ軸方向、±ｙ軸方向、および±ｚ軸方向に変形することができる。

【００８３】

振動子１００では、第１支持部２０ａは、さらに、第４梁部２４ａの先端側から第１梁部２１ａと並ぶように＋ｘ軸方向と反対側の－ｘ軸方向に沿った成分を有するように延出し、先端側が第５梁部２５ａと接続されている第６梁部２６ａと、第５梁部２５ａの先端側から＋ｘ軸方向および＋ｙ軸方向を含む平面に沿って延出している第７梁部２７ａと、を含み、振動片１０は、第７梁部２７ａに支持されている。そのため、第１支持部２０ａは、より変形し易い構造となり、振動片１０に生じる応力をより低減することができる。なお、第２支持部２０ｂについても同様である。

【００８４】

振動子１００では、一対の支持部２０ａ，２０ｂは、平面視で回転対称の位置関係にあ

るため、振動片１０をバランスよく支持することができる。
【００８５】
振動子１００では、一対の支持部２０ａ，２０ｂは、枠部３０に接続され、枠部３０の内側に、一対の支持部２０ａ，２０ｂが配置されている。また、枠部３０の少なくとも一部は、パッケージ４０に取り付けられ、一対の支持部２０ａ，２０ｂは、枠部３０を介して、パッケージ４０に支持されている。そのため、例えば、振動片１０を直接パッケージ４０に取り付ける場合と比べて、より確実に一対の支持部２０ａ，２０ｂをパッケージ４０で支持することができる。また、振動子１００では、例えば、第１支持部２０ａと第２支持部２０ｂとを別々にパッケージ４０の内底面４１に固定する場合と比べて、製造工程において作業性を向上させることができる。
【００８６】
１．２．　実施例
以下、実施例を挙げて本実施形態を説明するが、本発明はこれによって制限されるものではない。
【００８７】
本実施例では、モデルＭ１とモデルＭ２を用いて、接合材の硬化時に発生する振動片の熱応力について、比較を行った。
【００８８】
図６（Ａ）は、モデルＭ１を模式的に示す断面図である。図６（Ｂ）は、モデルＭ２を模式的に示す断面図である。
【００８９】
モデルＭ１では、図６（Ａ）に示すように、セラミックス基板１と振動片１０とは、枠部３０および一対の支持部２０ａ，２０ｂ（図５参照）を介して、接続される。枠部３０とセラミックス基板１とは、接合材８で接合される。また、支持部２０ａ，２０ｂと振動片１０とは、接合材２で接合される。接合材８および接合材２は、接着剤である。
【００９０】
モデルＭ２では、図６（Ｂ）に示すように、セラミックス基板１と振動片１０とは、直接、接合材８で接合される。モデルＭ１、モデルＭ２は、ともに振動片１０の外周部の２点で支持されている。
【００９１】
このようなモデルＭ１、モデルＭ２に対して接合材２，８の硬化時に発生する振動片１０の熱応力についてシミュレーションを行った。図７（Ａ）は、シミュレーションで求めたモデルＭ１の応力分布図である。図７（Ｂ）は、シミュレーションで求めたモデルＭ２の応力分布図である。
【００９２】
図７に示す２つの応力分布図から、モデルＭ１では、モデルＭ２と比べて、振動片１０に生じる応力が低減されていることがわかる。なお、ここでは、振動片１０としてＳＣカット水晶基板を用いたが、その他の水晶基板（例えばＡＴカット水晶基板、ＢＴカット水晶基板）についても同様に適用できる。
【００９３】
１．３．　変形例
（１）第１変形例
まず、第１実施形態に係る振動子の第１変形例について、図面を参照しながら説明する。図８は、第１実施形態の第１変形例に係る振動子２００を模式的に示す分解斜視図である。図９は、第１実施形態の第１変形例に係る振動子２００を模式的に示す平面図である。図１０は、第１実施形態の第１変形例に係る振動子２００の支持部２０ａ，２０ｂ，２０ｃ，２０ｄおよび枠部３０を模式的に示す斜視図である。なお、図８では、便宜上、リッド５０の図示を省略している。また、図９では、便宜上、パッケージ４０、およびリッド５０の図示を省略している。
【００９４】

以下、第１実施形態の第１変形例に係る振動子２００において、上述した第１実施形態に係る振動子１００の構成部材と同様の機能を有する部材については同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

【００９５】

上述した振動子１００では、振動片１０は、図１に示すように、２つの支持部２０ａ，２０ｂによって２点で支持されていた。

【００９６】

これに対して振動子２００では、振動片１０は、図８および図９に示すように、４つの支持部２０ａ，２０ｂ，２０ｃ，２０ｄによって４点で支持されている。

【００９７】

振動子２００は、図１０に示すように、第１支持部２０ａと、第２支持部２０ｂと、第３支持部２０ｃと、第４支持部２０ｄと、を備えている。支持部２０ａ，２０ｂ，２０ｃ，２０ｄは、それぞれ振動片１０の外周部の４箇所に接合材２で接合されており、当該４箇所で振動片１０を支持している。なお、第３支持部２０ｃと振動片１０とを接合する接合材２、および第４支持部２０ｄと振動片１０とを接合する接合材２は、絶縁性の接着剤であってもよい。

【００９８】

振動片１０の、第１支持部２０ａと第２支持部２０ｂで支持されている２点を結ぶ仮想直線Ｌは、例えば、振動片１０の結晶軸の１つであるＸ´軸に平行である。また、振動片１０の、第３支持部２０ｃと第４支持部２０ｄで支持されている２点を結ぶ仮想直線Ｍは、例えば、振動片１０の結晶軸の１つであるＺ´軸に平行である。仮想直線Ｌと仮想直線Ｍとがなす角度は、例えば、９０°である。

【００９９】

ここで、上述したように、Ｘ´軸は応力に対して振動周波数の変化が最小となる軸である。そのため、仮想直線ＬがＸ´軸に平行であることにより、振動片１０に応力が生じても振動周波数の変化を小さくすることができる。また、Ｚ´軸は応力に対して振動周波数の変化が小さい軸である。そのため、仮想直線ＭがＺ´軸に平行であることにより、振動片１０に応力が生じても振動周波数の変化を小さくすることができる。

【０１００】

なお、仮想直線ＭとＺ´軸とがなす角度（鋭角）は、１０度以下であってもよい。このような場合にも、例えば、仮想直線ＭとＸ´軸とがなす角度が１０°よりも大きい場合と比べて、振動片１０に応力が生じても振動周波数の変化を小さくすることができる。また、上述したように、仮想直線ＬとＺ´軸とがなす角度（鋭角）は、１０度以下であってもよい。

【０１０１】

第１支持部２０ａは、複数の梁部（第１梁部２１ａ～第８梁部２８ａ）を有している。

【０１０２】

第８梁部２８ａは、一端側（根元側）が枠部３０を介してパッケージ４０に支持され、－ｙ軸方向に沿った成分を有するように延出している。すなわち、第８梁部２８ａの延出方向は、－ｙ軸方向の成分を有している。第８梁部２８ａは、根元側が枠部３０に接続され、先端側が第１梁部２１ａに接続されている。

【０１０３】

第１梁部２１ａは、第８梁部２８ａの先端側から＋ｘ軸方向に沿った成分を有するように延出している。第１梁部２１ａは、根元側が第８梁部２８ａに接続され、先端側が第２梁部２２ａに接続されている。

【０１０４】

なお、第２梁部２２ａ～第７梁部２７ａについては、上述した振動子１００の例と同様であり、その説明を省略する。

【０１０５】

第１支持部２０ａ、第２支持部２０ｂ、第３支持部２０ｃ、第４支持部２０ｄは、平面

視で枠部３０の中心Ｏ$_{30}$に関して、回転対称の位置関係にある。図示の例では、第１支持部２０ａ、第２支持部２０ｂ、第３支持部２０ｃ、第４支持部２０ｄは、平面視で４回対称の位置関係にある。言い換えると、平面視で、第１支持部２０ａをＯ$_{30}$まわりに９０°（（３６０／ｎ）°、ｎ＝４）回転させると第３支持部２０ｃに重なり、さらに９０°回転させると第２支持部２０ｂに重なり、さらに９０°回転させると第４支持部２０ｄに重なる。第１支持部２０ａ、第２支持部２０ｂ、第３支持部２０ｃ、および第４支持部２０ｄからなる構造体の平面形状は、４回対称である。

【０１０６】

第２支持部２０ｂは、複数の梁部２１ｂ～２８ｂを有している。第２支持部２０ｂは、平面視において、第１支持部２０ａを、枠部３０の中心Ｏ$_{30}$まわりに１８０°回転させることで重なる。そのため、第２支持部２０ｂの第１梁部２１ｂ～第８梁部２８ｂは、それぞれ第１支持部２０ａの第１梁部２１ａ～第８梁部２８ｂと延出方向が互いに反対方向となる。この点を除いて第２支持部２０ｂの第１梁部２１ｂ～第８梁部２８ｂは、第１支持部２０ａの第１梁部２１ａ～第８梁部２８ａと同様の構成を有している。

【０１０７】

第３支持部２０ｃは、複数の梁部２１ｃ～２８ｃを有している。第３支持部２０ｃは、平面視において、第１支持部２０ａを中心Ｏ$_{30}$に対して時計回りに９０°回転させることで重なる。そのため、第３支持部２０ｃの第１梁部２１ｃ～第８梁部２８ｃの延出方向は、それぞれ第１支持部２０ａの第１梁部２１ａ～第８梁部２８ａの延出方向を時計回りに９０°回転した方向となる。すなわち、例えば、第１支持部２０ａの第１梁部２１ａの延出方向は、＋ｘ軸方向であるのに対して、第３支持部２０ｃの第１梁部２１ｃの延出方向は、－ｙ軸方向となる。この点を除いて第３支持部２０ｃの第１梁部２１ｃ～第８梁部２８ｃは、第１支持部２０ａの第１梁部２１ａ～第８梁部２８ａと同様の構成を有している。

【０１０８】

第４支持部２０ｄは、複数の梁部２１ｄ～２８ｄを有している。第４支持部２０ｄは、平面視において、第１支持部２０ａを中心Ｏ$_{30}$に対して反時計回りに９０°回転させることで重なる。そのため、第４支持部２０ｄの第１梁部２１ｄ～第８梁部２８ｄの延出方向は、それぞれ第１支持部２０ａの第１梁部２１ａ～第８梁部２８ａの延出方向を、反時計回りに９０°回転した方向となる。すなわち、例えば、第１支持部２０ａの第１梁部２１ａの延出方向は、＋ｘ軸方向であるのに対して、第４支持部２０ｄの第１梁部２１ｃの延出方向は、＋ｙ軸方向となる。この点を除いて第４支持部２０ｄの第１梁部２１ｄ～第８梁部２８ｄは、第１支持部２０ａの第１梁部２１ａ～第８梁部２８ａと同様の構成を有している。

【０１０９】

振動子２００は、例えば、以下の特徴を有する。

【０１１０】

振動子２００では、上述した振動子１００と同様の作用効果を奏することができる。

【０１１１】

さらに、振動子２００では、第１～第４支持部２０ａ，２０ｂ，２０ｃ，２０ｄを有し、振動片１０は、４点で支持されている。そのため、振動子２００では、例えば振動片１０が２点で支持されている場合と比べて、Ｇ感度（重力感度）を低減させることができる。これにより、例えば振動子２００の姿勢による重力の影響を低減させることができる。

【０１１２】

（２）第２変形例

次に、第１実施形態に係る振動子の第２変形例について、図面を参照しながら説明する。図１１は、第１実施形態の第２変形例に係る振動子３００を模式的に示す分解斜視図である。なお、図１１では、便宜上、リッド５０の図示を省略している。以下、第１実施形態の第２変形例に係る振動子３００において、上述した第１実施形態に係る振動子１００の構成部材と同様の機能を有する部材については同一の符号を付し、その詳細な説明を省

略する。
【０１１３】
上述した振動子１００では、図１に示すように、振動片１０は、円盤状であった。
【０１１４】
これに対して、振動子２００では、図１１に示すように、振動片１０は、直方体である。
【０１１５】
直方体の振動片１０は、例えばフォトリソグラフィ等で形成することができるため、振動片１０が円盤状である場合と比べて、加工が容易である。
【０１１６】
振動片１０は、図１１に示すように、一対の支持部２０ａ，２０ｂによって２点で支持されている。図示の例では、第１支持部２０ａが振動片１０の一方の短辺の中心の近傍を支持し、第２支持部２０ｂが振動片１０の他方の短辺の中心の近傍を支持している。振動片１０の、第１支持部２０ａと第２支持部２０ｂで支持されている箇所を結ぶ仮想直線は、例えば、振動片１０の結晶軸の１つであるＸ′軸に平行である。これにより、振動片１０に応力が生じても振動周波数の変化を小さくすることができる。
【０１１７】
振動子３００では、上述した振動子１００と同様の作用効果を奏することができる。
【０１１８】
なお、図示はしないが、振動片１０は、図８に示す振動子２００と同様に、４つの支持部によって４点で支持されていてもよい。
【０１１９】
２．　第２実施形態
次に、第２実施形態に係る振動子４００について、図面を参照しながら説明する。図１２は、第２実施形態に係る振動子４００を模式的に示す分解斜視図である。図１３は、第２実施形態に係る振動子４００の支持部２０ａ，２０ｂおよび枠部３０を模式的に示す斜視図である。以下、第２実施形態に係る振動子４００において、第１実施形態に係る振動子１００の構成部材と同様の機能を有する部材については同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。
【０１２０】
上述した振動子１００では、支持部２０ａ，２０ｂは、図１および図５に示すように、直線状の梁部２１ａ～２７ａ、２１ｂ～２７ｂで構成されていた。
【０１２１】
これに対して、振動子４００では、支持部２０ａ，２０ｂは、図１２および図１３に示すように、平面視で曲線状の梁部４２２ａ，４２２ｂを含んで構成されている。
【０１２２】
第１支持部２０ａは、図１３に示すように、第１梁部４２１ａ～第４梁部４２４ａを有している。
【０１２３】
第１梁部４２１ａは、一端側（根元側）が枠部３０を介してパッケージ４０に支持され、＋ｘ軸方向に沿った成分を有するように延出している。第１梁部４２１ａは、根元側が枠部３０に接続され、先端側が第２梁部４２２ａに接続されている。
【０１２４】
第２梁部４２２ａは、平面視で曲線状に形成されている。第２梁部４２２ａは、第１梁部４２１ａの他端側（先端側）から＋ｘ軸方向、＋ｙ軸方向、－ｘ軸方向、－ｙ軸方向に沿った成分を有するように曲線状に延出している。すなわち、第２梁部４２２ａの延出方向は、±ｘ軸方向の成分、および±ｙ軸方向の成分を含んでいる。第２梁部４２２ａは、根元側が第１梁部４２１ａに接続され、先端側が第３梁部４２３ａに接続されている。
【０１２５】
第３梁部４２３ａは、第２梁部４２２ａの先端側と接続され、＋ｚ軸方向に沿った成分

を有するように延出している。すなわち、第３梁部４２３ａの延出方向は、＋ｚ軸方向の成分を含んでいる。第３梁部４２３ａは、根元側が第２梁部４２２ａに接続され、先端側が第４梁部４２４ａに接続されている。

【０１２６】

第４梁部４２４ａは、第３梁部４２３ａの先端側から＋ｘ軸方向および＋ｙ軸方向を含む平面に沿って延出している。第１支持部２０ａにおいて、第１～第３梁部４２１ａ～４２３ａは同一平面内（ｘｙ平面内）に位置しており、第４梁部４２４ａは当該ｘｙ平面とは異なる、当該ｘｙ平面に沿った（平行な）平面内に位置している。図示の例では、第４梁部４２４ａは、当該ｘｙ平面に沿った（平行な）平面内において、＋ｙ軸方向に沿った成分を有するように延出している。

【０１２７】

第４梁部４２４ａの先端側には、他の部分よりも幅が広い幅広部４２５ａが設けられている。幅広部４２５ａは、接合材２を介して、第１接続電極１６ａに接続される。第１支持部２０ａでは、第４梁部４２４ａが振動片１０を直接的に支持する。

【０１２８】

第２支持部２０ｂは、第１梁部４２１ｂ～第４梁部４２４ｂを有している。第１支持部２０ａと第２支持部２０ｂとは、平面視で２回対称の位置関係にある。そのため、第２支持部２０ｂの第１梁部４２１ｂ～第４梁部４２４ｂは、それぞれ第１支持部２０ａの第１梁部４２１ａ～第４梁部４２４ａと延出方向が互いに反対方向となる。この点を除いて第２支持部２０ｂの第１梁部４２１ｂ～第４梁部４２４ｂは、第１支持部２０ａの第１梁部４２１ａ～第４梁部４２４ａと同様の構成を有している。

【０１２９】

振動子４００では、第１支持部２０ａの延出方向は、＋ｘ軸方向の成分および＋ｘ軸方向と反対側の－ｘ軸方向の成分と、＋ｘ軸方向と直交関係にある＋ｙ軸方向の成分および＋ｙ軸方向と反対側の－ｙ軸方向の成分と、＋ｘ軸方向および＋ｙ軸方向と直交関係にある＋ｚ軸方向の成分と、を含む。そのため、第１支持部２０ａは、これらの方向に対して自由度を有することができる。すなわち、第１支持部２０ａは±ｘ軸方向、±ｙ軸方向、および±ｚ軸方向に変形することができる。また、第２支持部２０ｂも同様に、±ｘ軸方向、±ｙ軸方向、および±ｚ軸方向に変形することができる。したがって、振動子４００では、振動子１００と同様に、振動片１０に生じる応力を、支持部２０ａ，２０ｂが変形することによって緩和することができる。したがって、振動子４００では、振動片１０に生じる応力を低減することができる。

【０１３０】

なお、振動子４００では、図示はしないが、上述した図１１に示す振動子３００と同様に、振動片１０が直方体であってもよい。

【０１３１】

３．　第３実施形態

３．１．　振動子

次に、第３実施形態に係る振動子５００について、図面を参照しながら説明する。図１４は、第３実施形態に係る振動子５００を模式的に示す平面図である。図１５は、第３実施形態に係る振動子５００を模式的に示す断面図であり、図１４のＸＶ－ＸＶ線断面図である。なお、図１４では、便宜上、振動片１０を透視して図示している。また、図１４では、便宜上、パッケージ４０およびリッド５０の図示を省略している。

【０１３２】

以下、第３実施形態に係る振動子５００において、第１実施形態に係る振動子１００の構成部材と同様の機能を有する部材については同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

【０１３３】

振動子５００では、図１４および図１５に示すように、第１支持部２０ａは、パッケージ４０に接合される第１幅広部２１０ａと、振動片１０に接合される第２幅広部２１２ａ

と、第１幅広部２１０ａと第２幅広部２１２ａとを連結する２つの連結部２１４ａ，２１６ａと、を有している。

【０１３４】

第１幅広部２１０ａは、接合材８を介してパッケージ４０に接合されている。第２幅広部２１２ａは、接合材２を介して振動片１０に接合されている。幅広部２１０ａ，２１２ａは、第１支持部２０ａの他の部分（梁部２１ａ－１～２７ａ－１、２１ａ－２～２７ａ－２）と比べて、幅が広い部分である。

【０１３５】

第１連結部２１４ａは、図１４に示すように、第１梁部２１ａ－１～第７梁部２７ａ－１を有している。

【０１３６】

第１梁部２１ａ－１は、第１幅広部２１０ａと接続され、第１幅広部２１０ａから＋ｚ軸方向の成分を有するように延出している。第１梁部２１ａ－１は、さらに、第１幅広部２１０ａから＋ｙ軸方向に沿った成分を有するように延出している。第１梁部２１ａ－１は、根元側が第１幅広部２１０ａに接続され、先端側が第２梁部２２ａ－１に接続されている。

【０１３７】

第２梁部２２ａ－１は、第１梁部２１ａ－１の先端側から＋ｘ軸方向に沿った成分を有するように延出している。第２梁部２２ａ－１は、根元側が第１梁部２１ａ－１に接続され、先端側が第３梁部２３ａ－１に接続されている。

【０１３８】

第３梁部２３ａ－１は、第２梁部２２ａ－１の先端側から＋ｙ軸方向に沿った成分を有するように延出している。第３梁部２３ａ－１は、根元側が第２梁部２２ａ－１に接続され、先端側が第４梁部２４ａ－１に接続されている。

【０１３９】

第４梁部２４ａ－１は、第３梁部２３ａ－１の先端側から第２梁部２２ａ－１と並ぶように－ｘ軸方向に沿った成分を有するように延出している。第４梁部２４ａ－１は、根元側が第３梁部２３ａ－１に接続され、先端側が第５梁部２５ａ－１に接続されている。

【０１４０】

第５梁部２５ａ－１は、第４梁部２４ａ－１の先端側から第３梁部２３ａ－１と並ぶように－ｙ軸方向に沿った成分を有するように延出している。第５梁部２５ａ－１は、根元側が第４梁部２４ａ－１に接続され、先端側が第６梁部２６ａ－１に接続されている。

【０１４１】

第６梁部２６ａ－１は、第５梁部２５ａ－１の先端側から第２梁部２２ａ－１と並ぶように－ｘ軸方向に沿った成分を有するように延出している。第６梁部２６ａ－１は、根元側が第５梁部２５ａ－１に接続され、先端側が第７梁部２７ａ－１に接続されている。

【０１４２】

第７梁部２７ａ－１は、第６梁部２６ａ－１の先端側から第３梁部２３ａ－１と並ぶように＋ｙ軸方向に沿った成分を有するように延出している。第７梁部２７ａ－１は、根元側が第６梁部２６ａ－１に接続され、先端側が第２幅広部２１２ａに接続されている。

【０１４３】

第２連結部２１６ａは、第１梁部２１ａ－２～第７梁部２７ａ－２を有している。第１連結部２１４ａと第２連結部２１６ａとは、平面視において、例えば仮想直線Ｌに関して、線対称である。

【０１４４】

そのため、第２連結部２１６ａの梁部２２ａ－２，２４ａ－２，２６ａ－２の延出方向は、それぞれ対応する第１連結部２１４ａの梁部２２ａ－１，２４ａ－１，２６ａ－１の延出方向と反対の方向となる。また、第２連結部２１６ａの他の梁部２１ａ－２，２３ａ－２，２５ａ－２，２７ａ－２の延出方向は、それぞれ対応する第１連結部２１４ａの梁部２１ａ－１，２３ａ－１，２５ａ－１，２７ａ－１と同じ方向となる。

【０１４５】
第２支持部２０ｂは、パッケージ４０に接合される第１幅広部２１０ｂと、振動片１０に接合される第２幅広部２１２ｂと、第１幅広部２１０ｂと第２幅広部２１２ｂとを連結する２つの連結部２１４ｂ，２１６ｂと、を有している。
【０１４６】
第１支持部２０ａと第２支持部２０ｂとは、平面視で２回対称の位置関係にある。言い換えると、平面視で、第１支持部２０ａを振動片１０の中心O_{10}まわりに１８０°（（３６０／ｎ）°、ｎ＝２）回転させると、第２支持部２０ｂに重なる。
【０１４７】
そのため、第２支持部２０ｂの第１連結部２１４ｂの第１梁部２１ｂ－１～第７梁部２７ｂ－１は、それぞれ第１支持部２０ａの第１連結部２１４ａの第１梁部２１ａ－１～第７梁部２７ａ－１と延出方向が互いに反対方向となる。同様に、第２支持部２０ｂの第２連結部２１６ｂの第１梁部２１ｂ－２～第７梁部２７ｂ－２は、それぞれ第１支持部２０ａの第２連結部２１６ａの第１梁部２１ａ－２～第７梁部２７ａ－２と延出方向が互いに反対方向となる。
【０１４８】
なお、第１支持部２０ａと第２支持部２０ｂとは、振動片１０の中心O_{10}以外の任意の点に対して回転対称の位置関係にあってもよい。
【０１４９】
第１支持部２０ａおよび第２支持部２０ｂは、樹脂層４と導電層６（図３参照）とで構成されていてもよいし、板バネ状に構成された導電層６のみで構成されていてもよい。
【０１５０】
振動子５００では、第１支持部２０ａの延出方向は、＋ｘ軸方向の成分および＋ｘ軸方向と反対側の－ｘ軸方向の成分と、＋ｘ軸方向と直交関係にある＋ｙ軸方向の成分および＋ｙ軸方向と反対側の－ｙ軸方向の成分と、＋ｘ軸方向および＋ｙ軸方向と直交関係にある＋ｚ軸方向の成分と、を含む。そのため、第１支持部２０ａは、これらの方向に対して自由度を有することができる。すなわち、第１支持部２０ａは±ｘ軸方向、±ｙ軸方向、および±ｚ軸方向に変形することができる。また、第２支持部２０ｂも同様に、±ｘ軸方向、±ｙ軸方向、および±ｚ軸方向に変形することができる。したがって、振動子５００では、振動子１００と同様に、振動片１０に生じる応力を、支持部２０ａ，２０ｂが変形することによって緩和することができる。したがって、振動子５００では、振動片１０に生じる応力を低減することができる。
【０１５１】
また、振動子５００では、第１支持部２０ａの平面形状および第２支持部２０ｂの平面形状は、それぞれ、平面視において、中心O_{10}を通りｙ軸に平行な仮想直線（仮想直線Ｌ）に関して線対称である。また、第１支持部２０ａおよび第２支持部２０ｂは、平面視において、中心O_{10}を通りｘ軸に平行な仮想直線に関して線対称である。そのため、振動子５００では、例えば、重力加速度による振動片１０の変位の方向を、ｘ軸方向、ｙ軸方向、またはｚ軸方向に平行にすることができる。
【０１５２】
なお、振動子５００では、図示はしないが、上述した図１１に示す振動子３００と同様に、振動片１０が直方体であってもよい。
【０１５３】
３．２．　変形例
次に、第３実施形態に係る振動子の変形例について、図面を参照しながら説明する。図１６は、本変形例に係る振動子６００を模式的に示す平面図である。なお、図１６では、便宜上、振動片１０を透視して図示している。また、図１６では、便宜上、パッケージ４０およびリッド５０の図示を省略している。
【０１５４】
以下、第３実施形態の変形例に係る振動子６００において、第３実施形態に係る振動子

５００の構成部材と同様の機能を有する部材については同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

【０１５５】

上述した振動子５００では、振動片１０は、図１４に示すように、２つの支持部２０ａ，２０ｂによって２点で支持されていた。

【０１５６】

これに対して、振動子６００では、振動片１０は、図１６に示すように、４つの支持部２０ａ，２０ｂ，２０ｃ，２０ｄによって４点で支持されている。

【０１５７】

振動子６００は、図１６に示すように、第１支持部２０ａと、第２支持部２０ｂと、第３支持部２０ｃと、第４支持部２０ｄと、を備えている。支持部２０ａ，２０ｂ，２０ｃ，２０ｄは、それぞれ振動片１０の外周部の４箇所に接合材２で接合されており、当該４箇所で振動片１０を支持している。なお、第３支持部２０ｃと振動片１０とを接合する接合材２、および第４支持部２０ｄと振動片１０とを接合する接合材２は、絶縁性の接着剤であってもよい。

【０１５８】

振動片１０の、第１支持部２０ａと第２支持部２０ｂで支持されている２点を結ぶ仮想直線Ｌは、例えば、振動片１０の結晶軸の１つであるＸ´軸に平行である。また、振動片１０の、第３支持部２０ｃと第４支持部２０ｄで支持されている２点を結ぶ仮想直線Ｍは、例えば、振動片１０の結晶軸の１つであるＺ´軸に平行である。

【０１５９】

ここで、上述したように、Ｘ´軸およびＺ´軸は応力に対して周波数変化が小さい軸であるため、仮想直線ＬがＸ´軸に平行であり、かつ、仮想直線ＭがＺ´軸に平行であることにより、振動片１０に応力が生じても振動周波数の変化を小さくすることができる。

【０１６０】

第３支持部２０ｃは、パッケージ４０に接合される第１幅広部２１０ｃと、振動片１０に接合される第２幅広部２１２ｃと、第１幅広部２１０ｃと第２幅広部２１２ｃとを連結する２つの連結部２１４ｃ，２１６ｃと、を有している。

【０１６１】

第４支持部２０ｄは、パッケージ４０に接合される第１幅広部２１０ｄと、振動片１０に接合される第２幅広部２１２ｄと、第１幅広部２１０ｄと第２幅広部２１２ｄとを連結する２つの連結部２１４ｄ，２１６ｄと、を有している。

【０１６２】

第１支持部２０ａ、第２支持部２０ｂ、第３支持部２０ｃ、第４支持部２０ｄは、平面視で４回対称の位置関係にある。

【０１６３】

振動子６００は、例えば、以下の特徴を有する。

【０１６４】

振動子６００では、上述した振動子５００と同様の作用効果を奏することができる。

【０１６５】

さらに、振動子６００では、第１～第４支持部２０ａ，２０ｂ，２０ｃ，２０ｄを有し、振動片１０は、４点で支持されている。そのため、振動子６００では、例えば振動片１０が２点で支持されている場合と比べて、Ｇ感度（重力感度）を低減させることができる。これにより、例えば振動子６００の姿勢による重力の影響を低減させることができる。

【０１６６】

また、振動子６００では、第１支持部２０ａの平面形状および第２支持部２０ｂの平面形状は、それぞれ、平面視において、中心O_{10}を通りｙ軸に平行な仮想直線（仮想直線Ｌ）に関して線対称である。また、第３支持部２０ｃの平面形状および第４支持部２０ｄの平面形状は、それぞれ、平面視において、中心O_{10}を通りｘ軸に平行な仮想直線（仮想直線Ｍ）に関して線対称である。さらに、第１支持部２０ａおよび第２支持部２０ｂは

、平面視において、仮想直線Ｍに関して線対称である。また、第３支持部２０ｃおよび第４支持部２０ｄは、平面視において、仮想直線Ｌに関して線対称である。そのため、振動子６００では、例えば、重力加速度による振動片１０の変位の方向を、ｘ軸方向、ｙ軸方向、またはｚ軸方向に平行にすることができる。

【０１６７】

４．　第４実施形態

４．１．　発振器

次に、第４実施形態に係る発振器について、図面を参照しながら説明する。図１７（Ａ）は、第４実施形態に係る発振器７００を模式的に示す断面図である。図１７（Ｂ）は、図１７（Ａ）のＢ－Ｂ線から見た図である。

【０１６８】

発振器７００は、本発明に係る振動子を備える。以下では、本発明に係る振動子として、振動子１００を備える発振器７００について説明する。以下、発振器７００において、上述した振動子１００の構成部材と同様の機能を有する部材については同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

【０１６９】

発振器７００は、図１７に示すように、振動子１００と、パッケージ７１０と、リッド７２０と、接続板７３０と、架台７４０と、加熱素子７５０と、回路素子７６０と、を備えている。

【０１７０】

振動子１００は、４つの接続板７３０によって架台７４０に固定されている。接続板７３０は、振動子１００の励振電極１２ａ，１２ｂとの電気的接続手段としての機能も有している。

【０１７１】

振動子１００のパッケージ４０（以下「第１パッケージ」ともいう）の底板４２の外面（裏面）には、金属層である熱伝導層７５２と、加熱素子７５０との電気的接続を行うための端子電極７５４と、が設けられている。熱伝導層７５２および端子電極７５４は、例えば、焼成された銀・パラジウムなどの層に、ニッケル、金、銀などをメッキすることによって形成することができる。

【０１７２】

熱伝導層７５２は、加熱素子７５０で発生する熱エネルギーを効率よく振動子１００に伝導させるために設けられている。したがって、図１７（Ｂ）に示すように、熱伝導層７５２の外縁は、加熱素子７５０の外縁が内に含まれるように設けられることが望ましい。言い換えると、平面視で熱伝導層７５２の外縁が加熱素子７５０の外縁よりも大きく設けられている。このように熱伝導層７５２を設けることにより、加熱素子７５０によって生じた熱エネルギーを熱伝導層７５２によって広い面積に拡散させることができ、広い面積で第１パッケージ４０の底板４２を加熱することができる。これにより、第１パッケージ４０を均一な温度で加熱することが可能となり、振動片１０の加熱も安定して行うことができる。

【０１７３】

パッケージ７１０（以下「第２パッケージ」ともいう）は、底板７１２と、底板７１２の上面の周縁部に設けられた枠状の側壁７１４と、を有している。第２パッケージ７１０は、振動子１００、加熱素子７５０、回路素子７６０などを収容する。

【０１７４】

第２パッケージ７１０は、凹部７１６を有している。凹部７１６は、板状の底板７１２と枠状の側壁７１４とに囲まれた空間である。凹部７１６の開口は、リッド７２０によって塞がれている。これにより、振動片１０、加熱素子７５０、回路素子７６０などが収容される空間が形成される。当該空間は、窒素ガス等の不活性ガスが充填されていてもよいし、大気圧よりも低い圧力の気体で満たされた減圧状態（真空）であってもよい。

【０１７５】

第２パッケージ７１０の側壁７１４上には、例えば、コバール等の合金で形成されたシームリング（図示せず）が設けられている。シームリングは、リッド７２０と側壁７１４とを接合するための接合材として機能する。第２パッケージ７１０の材質は、例えば、セラミックスである。第２パッケージ７１０は、例えば、所定の形状に成形されたグリーンシートを積層し、焼結することによって形成される。

【０１７６】

第２パッケージ７１０の内底面７１８には、電極７６２が設けられている。電極７６２は、例えば、銀・パラジウムなどの導電ペーストあるいはタングステンメタライズなどを用い、必要とされる形状を形成後に焼成を行い、その後ニッケル、金、銀などをメッキすることによって形成される。電極７６２は、回路素子７６０と金属配線（ボンディングワイヤー）７６４によって接続される。電極７６２は複数設けられており、底板７１２の裏面に設けられている外部電極（図示せず）と電気的に接続されているものが含まれる。

【０１７７】

加熱素子７５０は、熱伝導層７５２に樹脂接着剤などによって固定されている。加熱素子７５０は、通電することにより発熱を行う機能を有している。加熱素子７５０は、例えば、トランジスター（パワートランジスター）である。加熱素子７５０の主面には、パッド（図示せず）が設けられており、このパッドと端子電極７５４とが金属配線（ボンディングワイヤー）７５６によって電気的に接続されている。

【０１７８】

回路素子７６０は、架台７４０とパッケージ４０の底板４２との間に配置され、導電性接着剤などによって底板４２に固定されている。回路素子７６０は、例えば振動子１００の振動片１０を発振させるための発振回路、あるいは加熱素子７５０の温度制御を行う制御回路などを備えている。回路素子７６０の能動面にはパッド電極（図示せず）が設けられており、このパッド電極と電極７６２とが、金属配線（ボンディングワイヤー）７６４によって電気的に接続されている。なお、電極７６２は、加熱素子７５０、振動子１００などの各構成部位と電気的に接続されている。

【０１７９】

リッド７２０は、板状の部材であり、パッケージ７１０の凹部７１６の開口を塞いでいる。リッド７２０は、例えば、コバールの板材である。リッド７２０にコバールの板材を用いることで、封止の際に、コバールで形成されているシームリングとリッド７２０とを同じ状態で溶融することができ、さらに合金化されやすいため、封止を容易かつ確実に行うことができる。なお、リッド７２０として、４２アロイ、ステンレス鋼などの金属材料、パッケージ７１０の側壁７１４と同じ材料を用いてもよい。

【０１８０】

発振器７００では、加熱素子７５０によって、振動子１００を加熱することができる。これにより、使用環境の温度変化による振動周波数の変動を低減することができ、周波数安定度を高めることができる。

【０１８１】

発振器７００では、振動子１００を備えるため、振動片１０に生じる応力を低減させることができる。そのため、発振器７００では、例えば、外部の温度変化や、実装時のリフローで加わる熱、パッケージ４０に加わる衝撃等によって、周波数が変動することを低減することができる。

【０１８２】

なお、図１７に示す発振器７００の例では、第２パッケージ７１０の凹部７１６に振動子１００、加熱素子７５０、回路素子７６０などを収容した例について説明したが、回路素子７６０を除いた構成とすることも可能である。この場合、架台７４０を設けない構成でもよい。この構成では、接続板７３０を第２パッケージ７１０の内底面７１８に固定する。このような構成の発振器でも、発振器７００と同様の作用効果を奏することができる。

【０１８３】

４．２．　変形例

次に、第４実施形態に係る発振器の変形例について、図面を参照しながら説明する。図１８は、第４実施形態の変形例に係る発振器７０１を模式的に示す断面図である。以下、発振器７０１において、上述した発振器７００の構成部材と同様の機能を有する部材については同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

【０１８４】

上述した発振器７００では、第２パッケージ７１０とリッド７２０とによって、振動子１００等が収容される空間（凹部７１６）が形成されていた。

【０１８５】

これに対して、発振器７０１では、図１８に示すように、プリント基板７７０とキャップ７８０とによって、振動子１００等を収容する空間７８２を形成している。

【０１８６】

発振器７０１は、振動子１００と、接続板７３０と、架台７４０と、加熱素子７５０と、回路素子７６０と、プリント基板７７０と、キャップ７８０と、を備えている。

【０１８７】

発振器７０１は、プリント基板７７０上に被せられた金属または樹脂製のキャップ７８０によって形成された空間７８２を有している。キャップ７８０は、プリント基板７７０上に半田７８４などを用いて固定されている。

【０１８８】

空間７８２は、非気密、すなわち大気開放されていてもよいし、気密空間であってもよい。空間７８２には、プリント基板７７０に接続板７３０を介して接続されている振動子１００と、振動子１００の裏面側に設けられている熱伝導層７５２に接続されている加熱素子７５０と、プリント基板７７０上に設けられている回路素子７６０と、が収容されている。

【０１８９】

振動子１００は、加熱素子７５０が接続されている裏面がプリント基板７７０に対向するように配置されている。振動子１００は、プリント基板７７０に接続板７３０を介して固定されている。なお、接続板７３０は、振動子１００とプリント基板７７０とを電気的に接続する機能も有している。

【０１９０】

回路素子７６０は、振動子１００および加熱素子７５０を制御する機能を少なくとも有している。振動子１００の裏面には、加熱素子７５０に加えて、他の回路構成部品７９０が設けられていてもよい。また、プリント基板７７０上には、回路素子７６０に加えて、他の回路構成部品７９２が設けられていてもよい。外部接続端子７９４は、図示はしないが、回路素子７６０、他の回路構成部品７９２等と電気的に接続されている。

【０１９１】

発振器７０１では、上述した発振器７００と同様の作用効果を奏することができる。

【０１９２】

５．　第５実施形態

５．１．　発振器

次に、第５実施形態に係る発振器について、図面を参照しながら説明する。図１９（Ａ）は、第５実施形態に係る発振器８００を模式的に示す断面図である。図１９（Ｂ）は、第５実施形態に係る発振器８００を模式的に示す平面図である。なお、図１９（Ａ）は、図１９（Ｂ）のＡ－Ａ線断面図である。また、図１９（Ｂ）では、便宜上、リッド７２０の図示を省略している。以下、発振器８００において、上述した発振器７００の構成部材と同様の機能を有する部材については同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

【０１９３】

発振器８００では、図１９に示すように、上述した図１７に示す発振器７００と、振動子１００の上下方向の向きが表裏逆となっている点で異なっている。発振器８００は、振動子１００と、第２パッケージ７１０と、リッド７２０と、接続板７３０と、架台７４０

と、加熱素子７５０と、回路素子７６０と、を備えている。
【０１９４】
振動子１００は、４つの接続板７３０によって第２パッケージ７１０の内底面７１８に設けられた電極７３２に固定されている。振動子１００は、第２パッケージ７１０の内底面７１８にリッド５０が対向し、第２パッケージ７１０の凹部７１６の開口側に第１パッケージ４０の底板４２が配置されるように固定されている。すなわち、加熱素子７５０がリッド７２０側に設けられている。なお、接続板７３０は、振動子１００の励振電極１２ａ，１２ｂとの電気的接続手段としての機能も有している。
【０１９５】
振動子１００の第１パッケージ４０の底板４２の外面（裏面）には、熱伝導層７５２と、端子電極７５４と、が設けられている。
【０１９６】
熱伝導層７５２の外縁は、加熱素子７５０の外縁が内に含まれるように設けられることが望ましい。このように熱伝導層２５２を設けることにより、加熱素子２５０によって生じた熱エネルギーを熱伝導層２５２によって広い面積に拡散させることができ、広い面積で第１パッケージ４０の底板４２を加熱することができる。これにより、第１パッケージ４０を均一な温度で加熱することが可能となり、振動片１０の加熱も安定して行うことができる。
【０１９７】
加熱素子７５０は、熱伝導層７５２に樹脂接着剤などによって接続されている。加熱素子７５０に設けられたパッド（図示せず）と、端子電極７５４とが、金属配線７５６によって電気的に接続されている。
【０１９８】
回路素子７６０は、振動子１００と第２パッケージ７１０の底板７１２との間に配置され、底板７１２に導電性接着剤等によって固定されている。回路素子７６０の能動面にはパッド電極（図示せず）が設けられており、このパッド電極と電極７６２とが金属配線７６４によって電気的に接続されている。
【０１９９】
発振器８００では、上述した発振器７００の効果に加え、次のような効果を有している。発振器８００では、振動子１００を接続板７３０によって第２パッケージ７１０の底板７１２に直接接続しているため、例えば、発振器７００と比べて、構成部材を減らすことができ、小型化、低コスト化を実現することができる。また、発振器８００では、加熱素子７５０を有するため、使用環境の温度変化による周波数の変動を低減することができ、周波数安定度を高めることができる。すなわち、発振器８００では、使用環境の温度変化による特性変動を低減し、かつ、小型、低コスト化を実現できる。
【０２００】
なお、図１９に示す発振器８００の例では、第２パッケージ７１０の凹部７１６に振動子１００、加熱素子７５０、回路素子７６０などを収容した例について説明したが、回路素子７６０を除いた構成とすることも可能である。このような構成の発振器でも、発振器８００と同様の作用効果を奏することができる。
【０２０１】
５．２．　変形例
次に、第５実施形態に係る発振器の変形例について、図面を参照しながら説明する。図２０は、第５実施形態の変形例に係る発振器８０１を模式的に示す断面図である。以下、発振器８０１において、上述した発振器８００の構成部材と同様の機能を有する部材については同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。
【０２０２】
上述した発振器８００では、第２パッケージ７１０とリッド７２０とによって、振動子１００等が収容される空間（凹部７１６）が形成されていた。
【０２０３】

これに対して、発振器８０１では、図２０に示すように、プリント基板７７０とキャップ７８０とによって、振動子１００等を収容する空間７８２を形成している。

【０２０４】

発振器８０１は、振動子１００と、接続板７３０と、架台７４０と、加熱素子７５０と、回路素子７６０と、プリント基板７７０と、キャップ７８０と、を備えている。

【０２０５】

発振器７０１は、プリント基板７７０上に被せられた金属または樹脂製のキャップ７８０によって形成された空間７８２を有している。キャップ７８０は、プリント基板７７０上に半田７８４などを用いて固定されている。

【０２０６】

空間７８２は、非気密、すなわち大気開放されていてもよいし、気密空間であってもよい。空間７８２には、プリント基板７７０に接続板７３０を介して接続されている振動子１００と、振動子１００の裏面側に設けられている熱伝導層７５２に接続されている加熱素子７５０と、プリント基板７７０上に設けられている回路素子７６０と、が収容されている。

【０２０７】

振動子１００は、加熱素子７５０が接続されている裏面がキャップ７８０の上面（キャップの凹部の内底面）７８６に対向するように配置されている。振動子１００は、プリント基板７７０に接続板７３０を介して固定されている。なお、接続板７３０は、振動子１００とプリント基板７７０とを電気的に接続する機能を有している。

【０２０８】

回路素子７６０は、振動子１００および加熱素子７５０を制御する機能を少なくとも有している。振動子１００の裏面には、加熱素子７５０に加えて、他の回路構成部品７９０が設けられていてもよい。また、プリント基板７７０上には、回路素子７６０に加えて、他の回路構成部品７９２が設けられていてもよい。外部接続端子７９４は、図示はしないが、回路素子７６０、他の回路構成部品７９２等と電気的に接続されている。

【０２０９】

発振器８０１では、上述した発振器８００と同様の作用効果を奏することができる。

【０２１０】

６．　第６実施形態

次に、第６実施形態に係る電子機器について、図面を参照しながら説明する。第６実施形態に係る電子機器は、本発明に係る振動子を備える。以下では、本発明に係る振動子として、振動子１００を備える電子機器について、説明する。

【０２１１】

図２１は、第６実施形態に係る電子機器として、スマートフォン１０００を模式的に示す平面図である。スマートフォン１０００は、図２１に示すように、振動子１００を有する発振器７００を備える。

【０２１２】

スマートフォン１０００は、発振器７００を、例えば、基準クロック発振源などのタイミングデバイスとして用いる。スマートフォン１０００は、さらに、表示部（液晶ディスプレイや有機ＥＬディスプレイ等）１０１０、操作部１０２０、および音出力部１０３０（マイクロフォン等）を有することができる。スマートフォン１０００は、表示部１０１０に対する接触検出機構を設けることで表示部１０１０を操作部と兼用してもよい。

【０２１３】

図２２は、第６実施形態に係る電子機器として、モバイル型（またはノート型）のパーソナルコンピューター１１００を模式的に示す斜視図である。パーソナルコンピューター１１００は、図２２に示すように、キーボード１１０２を備えた本体部１１０４と、表示部１１０８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、フィルター、共振器、基準クロック等として機能

する振動子１００が内蔵されている。

【０２１４】

図２３は、第６実施形態に係る電子機器として、携帯電話機（ＰＨＳも含む）１２００を模式的に示す斜視図である。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１２０８が配置されている。このような携帯電話機１２００には、フィルター、共振器等として機能する振動子１００が内蔵されている。

【０２１５】

図２４は、第６実施形態に係る電子機器として、デジタルスチルカメラ１３００を模式的に示す斜視図である。なお、図２４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。

【０２１６】

デジタルスチルカメラ１３００におけるケース（ボディー）１３０２の背面には、表示部１３１０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１３１０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。

【０２１７】

撮影者が表示部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、デジタルスチルカメラ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ルカメラ１３００には、フィルター、共振器等として機能する振動子１００が内蔵されている。

【０２１８】

第６実施形態に係る電子機器１０００，１１００，１２００，１３００は、振動片に生じる応力を低減することができる振動子１００を含むことができる。

【０２１９】

なお、本発明の振動子を備える電子機器は、上記の例に限定されず、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）、フライトシュミレーター等に適用することができる。

【０２２０】

なお、上述した加熱素子７５０を備えた発振器７００，８００を用いることで、本発明に係る振動子を、移動体通信（ＬＴＥ，Ｌｏｎｇ Ｔｅｒｍ Ｅｖｏｌｕｔｉｏｎ等）の基地局（ラージセルやスモールセル）、ハイエンドルータ、光通信用発振器、交換機、測定器、超高音質オーディオ機器、シンセサイザー、放送機器、高級無線機などの電子機器に適用することができる。

【０２２１】

７．　第７実施形態

次に、第７実施形態に係る移動体について、図面を参照しながら説明する。第７実施形態に係る移動体は、本発明に係る振動子を備える。以下では、本発明に係る振動子として、振動子１００を備える移動体について、説明する。

【０２２２】

図２５は、第７実施形態に係る移動体として、自動車１５００を模式的に示す斜視図である。例えば、図２５に示すように、自動車１５００には、振動子１００を内蔵してタイヤなどを制御する電子制御ユニット１５０４が車体１５０２に搭載されている。また、振動子１００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。

【０２２３】

第７実施形態に係る移動体１５００は、振動片に生じる応力を低減することができる振動子１００を含むことができる。

【０２２４】

上述した実施形態および変形例は一例であって、これらに限定されるわけではない。例えば、各実施形態および各変形例を適宜組み合わせることも可能である。

【０２２５】

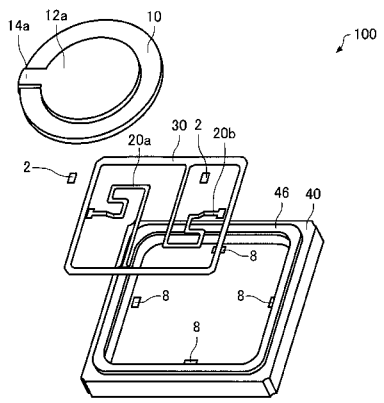
本発明は、実施の形態で説明した構成と実質的に同一の構成（例えば、機能、方法及び結果が同一の構成、あるいは目的及び効果が同一の構成）を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成の本質的でない部分を置き換えた構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成と同一の作用効果を奏する構成又は同一の目的を達成することができる構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成に公知技術を付加した構成を含む。

【符号の説明】

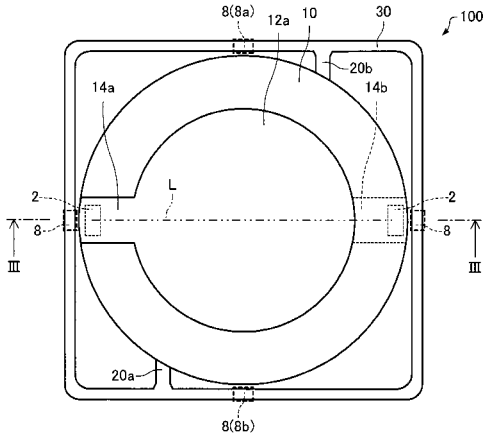
【０２２６】

１…セラミックス基板、２…接合材、４…樹脂層、６…導電層、８…接合材、１０…振動片、１２ａ…第１励振電極、１２ｂ…第２励振電極、１４ａ…第１引出電極、１４ｂ…第２引出電極、１６ａ…第１接続電極、１６ｂ…第２接続電極、２０ａ…第１支持部、２０ｂ…第２支持部、２０ｃ…第３支持部、２０ｄ…第４支持部、２１ａ，２１ｂ，２１ｃ，２１ｄ…第１梁部、２２ａ，２２ｂ，２２ｃ，２２ｄ…第２梁部、２３ａ，２３ｂ，２３ｃ，２３ｄ…第３梁部、２４ａ，２４ｂ，２４ｃ，２４ｄ…第４梁部、２５ａ，２５ｂ，２５ｃ，２５ｄ…第５梁部、２６ａ，２６ｂ，２６ｃ，２６ｄ…第６梁部、２７ａ，２７ｂ，２７ｃ，２７ｄ…第７梁部、２８ａ，２８ｂ，２８ｃ，２８ｄ…第８梁部、３０…枠部、４０…パッケージ、４１…内底面、４２…底板、４３…凹部、４４…側壁、４６…シームリング、５０…リッド、１００…振動子、１０１…ＳＣカット水晶基板、２００…振動子、２１０ａ，２１０ｂ，２１０ｃ，２１０ｄ…第１幅広部、２１２ａ，２１２ｂ，２１２ｃ，２１２ｄ…第２幅広部、２１４ａ，２１４ｂ，２１４ｃ，２１４ｄ…第１連結部、２１６ａ，２１６ｂ，２１６ｃ，２１６ｄ…第２連結部、２５０…加熱素子、２５２…熱伝導層、２７０ａ…幅広部、３００，４００…振動子、４２１ａ，４２１ｂ…第１梁部、４２２ａ，４２２ｂ…第２梁部、４２３ａ，４２３ｂ…第３梁部、４２４ａ，４２４ｂ…第４梁部、４２５ａ…幅広部、５００，６００…振動子、７００，７０１…発振器、７１０…パッケージ、７１２…底板、７１４…側壁、７１６…凹部、７１８…内底面、７２０…リッド、７３０…接続板、７３２…電極、７４０…架台、７５０…加熱素子、７５２…熱伝導層、７５４…端子電極、７５６…金属配線、７６０…回路素子、７６２…電極、７６４…金属配線、７７０…プリント基板、７８０…キャップ、７８２…空間、７８４…半田、７９０，７９２…回路構成部品、７９４…外部接続端子、８００，８０１…発振器

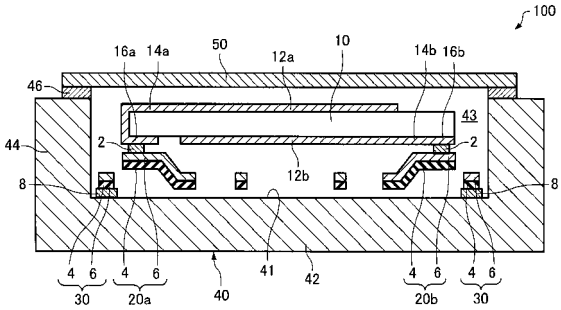
【図１】



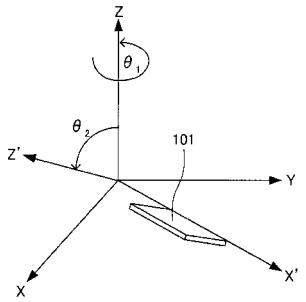
【図２】



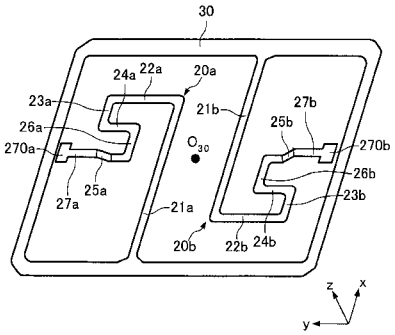
【図３】



【図４】

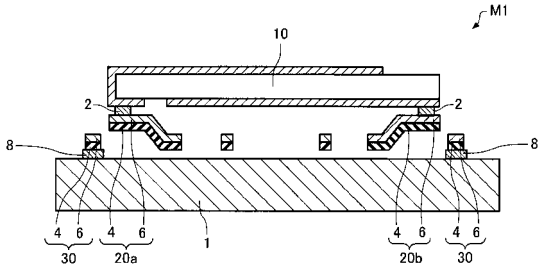


【図５】

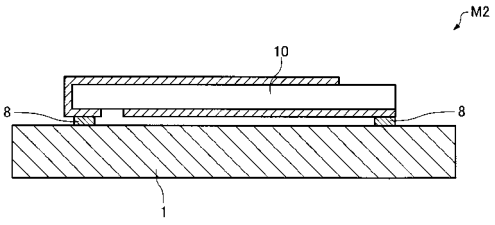


【図６】

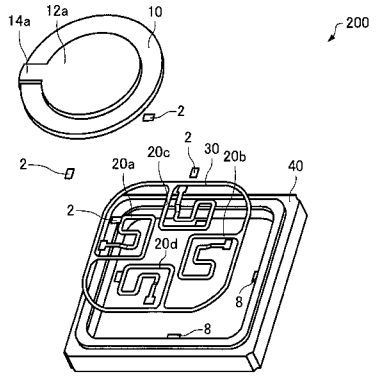
(A)



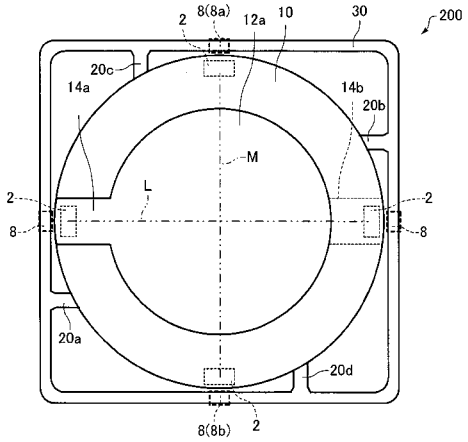
(B)



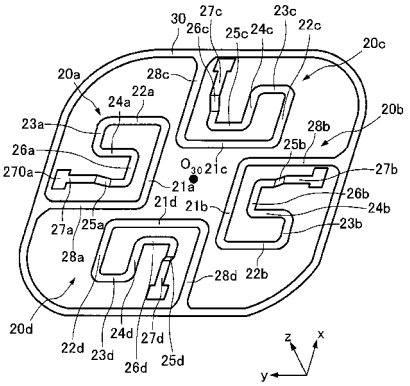
【図８】



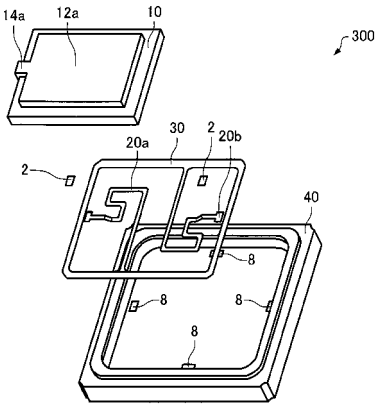
【図９】



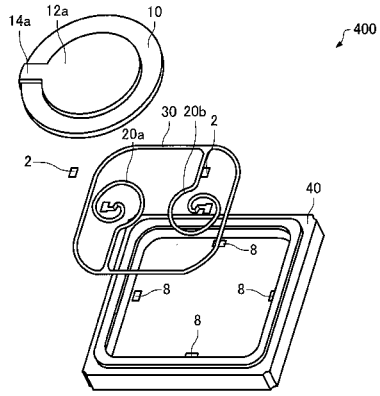
【図１０】



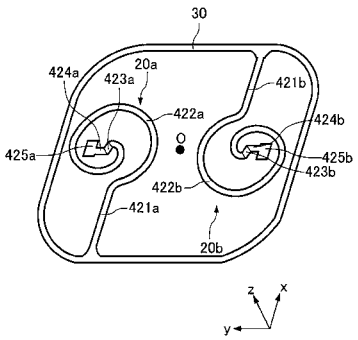
【図１１】



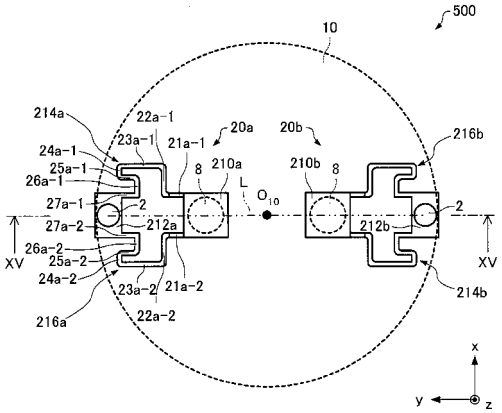
【図１２】



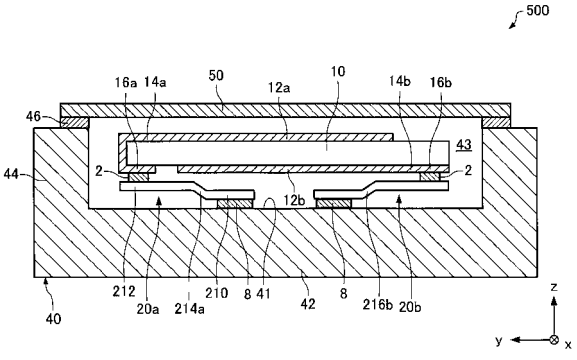
【図１３】



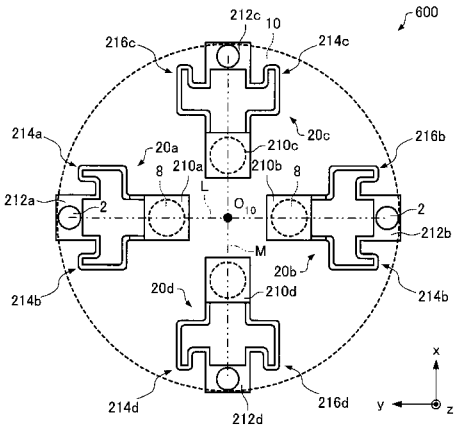
【図１４】



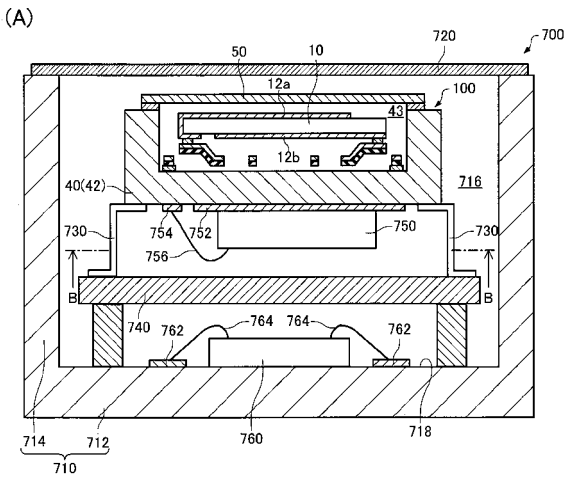
【図１５】



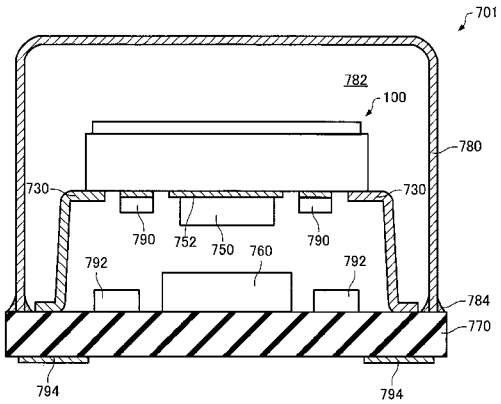
【図１６】



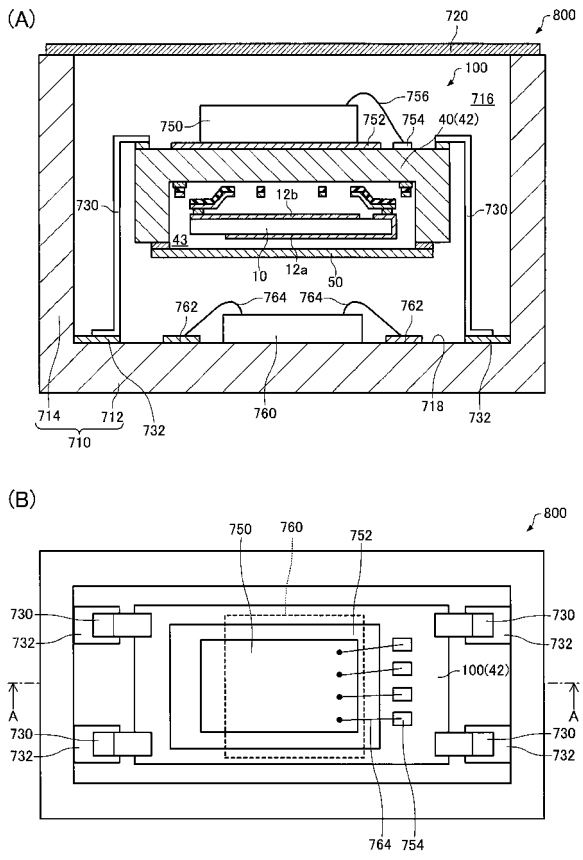
【図１７】



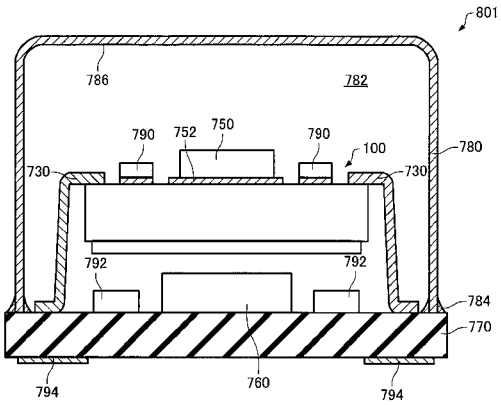
【図１８】



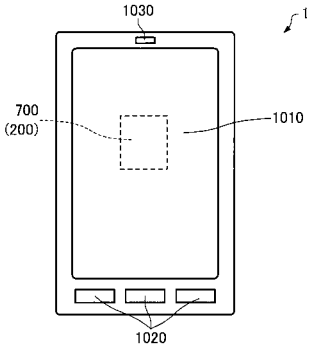
【図１９】



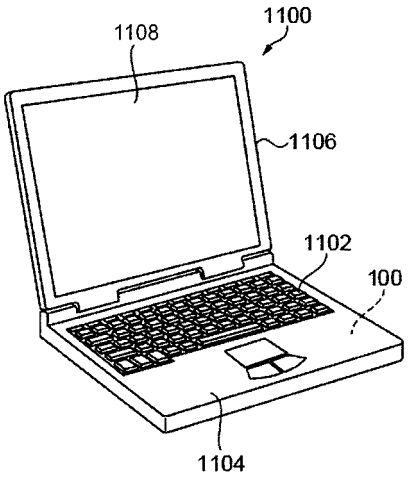
【図２０】



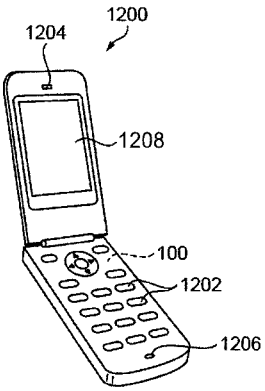
【図２１】



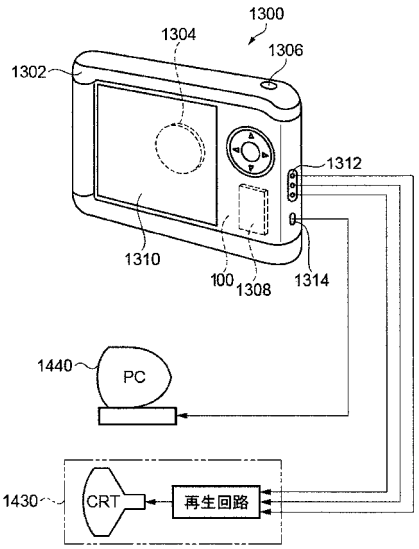
【図２２】



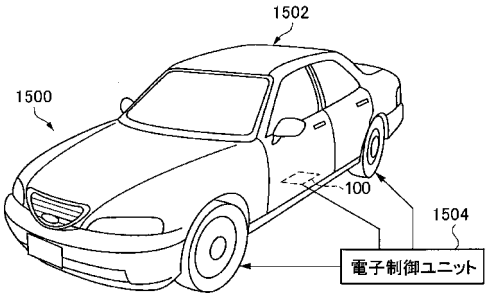
【図２３】



【図２４】

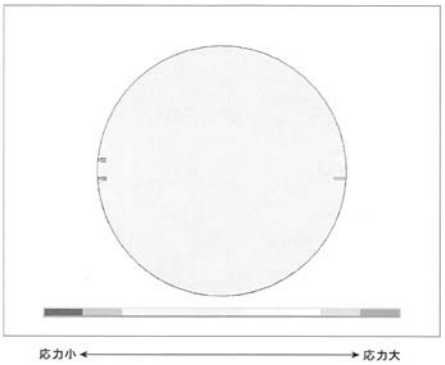


【図２５】



【図７】

(A)



(B)

