

(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2015-179933

(P2015-179933A)

(43) 公開日 平成27年10月8日(2015.10.8)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
H03H 9/19 (2006.01)	H03H 9/19	K 2F1O5
H01L 41/332 (2013.01)	H01L 41/332	5J1O8
H01L 41/313 (2013.01)	H01L 41/313	
H01L 41/311 (2013.01)	H01L 41/311	
H01L 41/113 (2006.01)	H01L 41/113	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2014-56091 (P2014-56091)	(71) 出願人	000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(22) 出願日	平成26年3月19日 (2014.3.19)	(74) 代理人	100095728 弁理士 上柳 雅善
		(74) 代理人	100116665 弁理士 渡辺 和昭
		(72) 発明者	市川 史生 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)	2F1O5 AA02 AA03 AA08 BB02 BB13 CC01 CD02 CD06 5J1O8 AA09 BB02 CC06 CC08 CC10 CC12 EE03 EE06 EE07 EE14 EE17 GG03 GG16 JJ04

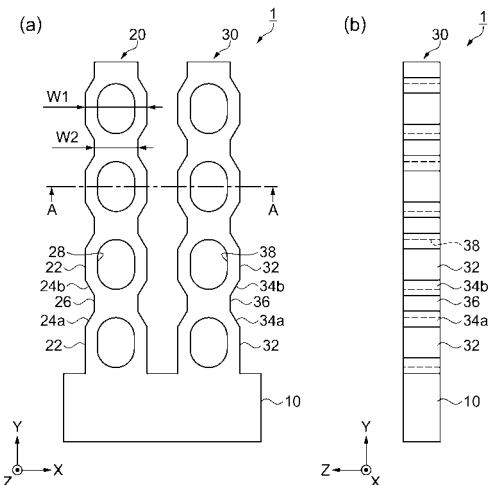
(54) 【発明の名称】振動素子、ジャイロセンサー素子、電子デバイス、電子機器および移動体

(57) 【要約】

【課題】小型で生産効率が高く、低インピーダンスの振動素子を提供すること。

【解決手段】振動素子1は、基部10と、基部10から延出され、貫通孔28, 38が設けられている駆動腕20, 30と、を備え、駆動腕20, 30は、面内方向に沿って振動し、前記面内方向の幅が広い複数の幅広部22, 32と、前記面内方向の幅が狭い複数の幅狭部26, 36と、を交互に有し、貫通孔28, 38は、幅広部22, 32に重なる位置に設けられている。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基部と、

前記基部から延出され、貫通孔が設けられている駆動腕と、を備え、

前記駆動腕は、面内方向に沿って振動し、前記面内方向の幅が広い複数の幅広部と、前記面内方向の幅が狭い複数の幅狭部と、を交互に有し、

前記貫通孔は、前記幅広部に重なる位置に設けられていることを特徴とする振動素子。

【請求項 2】

前記駆動腕は、前記駆動腕の平面視にて、前記幅広部から前記幅狭部に向かって、前記面内方向の幅が漸減している傾斜部を有していることを特徴とする請求項 1 に記載の振動素子。
10

【請求項 3】

前記幅狭部の前記面内方向の幅は、前記幅広部の 88% 以上 99% 以下であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の振動素子。

【請求項 4】

前記貫通孔は、前記駆動腕の平面視にて、前記駆動腕の延出方向を長辺とする長方形の少なくとも一つの角部が丸められた形状であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の振動素子。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の振動素子を駆動腕として備え、

前記駆動腕とは反対側の前記基部から延出され、前記面内方向と交差する面外方向の振動を検出する検出腕を備えていることを特徴とするジャイロセンサー素子。
20

【請求項 6】

前記検出腕には、前記検出腕の平面視にて、前記検出腕の前記基部側から前記検出腕の先端方向に向かって長方形の貫通孔が設けられていることを特徴とする請求項 5 に記載のジャイロセンサー素子。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の振動素子またはジャイロセンサー素子を備えていることを特徴とする電子デバイス。

【請求項 8】

請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の振動素子またはジャイロセンサー素子を備えていることを特徴とする電子機器。
30

【請求項 9】

請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の振動素子またはジャイロセンサー素子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、振動素子、ジャイロセンサー素子、電子デバイス、電子機器および移動体に関する。
40

【背景技術】**【0002】**

従来から、振動素子やジャイロセンサー素子は、携帯電話やデジタルカメラなどの電子機器、および自動車などの移動体に使用されている。これらの電子機器や移動体の高性能化の要求に伴い、振動素子やジャイロセンサー素子にも、低インピーダンス化や検出感度の向上が求められている。例えば、特許文献 1 には、駆動腕部に貫通溝と貫通溝を補強する剛性補強部とが設けられた構成の振動片が示されている。また、特許文献 2 には、励振用駆動腕部に貫通穴が複数個配列された構成の慣性センサーが示されている。これらの構成により駆動腕の剛性が高められ、駆動腕の側面と、この側面に対向する貫通溝または貫通穴の側面と、に励振用電極を形成することでインピーダンス (C I 値、直列等価抵抗) 50

を下げることが可能な振動片および慣性センサーが知られていた。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2002-261576号公報

【特許文献2】特開2006-208261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、近年、振動素子やジャイロセンサー素子の小型化が進み、駆動腕の幅も著しく狭くなっている。素子のインピーダンスを下げるために設けられる貫通孔も狭くなり、開口面積の狭い貫通孔を設けることが困難であるという課題があった。逆に、駆動腕の幅寸法を広げて貫通孔を大きくすることが考えられる。しかし、駆動腕の幅をW、駆動腕の長さをLとした場合、駆動腕の振動周波数fは、

$$f = W / L^2 \dots \text{式} 1$$

の関係を満たさなければならない。このため、駆動腕の幅を広くすればするほど、駆動腕の長さも長くしなければならず、駆動腕の外形寸法が大きくなるという課題があった。すなわち、小型でインピーダンスの低い振動素子、ジャイロセンサー素子を提供することが困難であった。

【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素子は、基部と、前記基部から延出され、貫通孔が設けられている駆動腕と、を備え、前記駆動腕は、面内方向に沿って振動し、前記面内方向の幅が広い複数の幅広部と、前記面内方向の幅が狭い複数の幅狭部と、を交互に有し、前記貫通孔は、前記幅広部に重なる位置に設けられていることを特徴とする。

【0007】

本適用例によれば、振動素子は、平面視にて、基部から平行に延出され面内方向に振動可能な駆動腕を備えている。駆動腕には、面内方向の幅が広い幅広部と面内方向の幅が狭い幅狭部とが、基部から駆動腕の先端に向かって交互に備えられ、幅広部にはインピーダンスを低下させるための貫通孔が設けられている。幅広部には、開口面積の広い貫通孔を形成させることができるとなる。しかし、開口面積の大きい貫通孔を形成させるために、所定周波数で振動する振動素子の駆動腕に幅広部を設けた場合、振動素子の振動周波数が所定周波数よりも上昇してしまう。幅広部により上昇した振動周波数を低下させるためには、例えば、駆動腕の長さを長くする必要があり、振動素子の外形寸法が大きくなってしまう。そこで、本適用例の振動素子の駆動腕には、幅狭部が設けられている。これにより、幅広部による振動周波数の上昇を幅狭部で抑えることができる。したがって、小型で生産効率が高く、低インピーダンスの振動素子を提供することができる。

【0008】

[適用例2] 上記適用例に記載の振動素子において、前記駆動腕は、前記駆動腕の平面視にて、前記幅広部から前記幅狭部に向かって、前記面内方向の幅が漸減している傾斜部を有していることが好ましい。

【0009】

本適用例によれば、駆動腕は、幅広部と幅狭部との間に、幅広部から幅狭部に向かって面内方向の幅が徐々に狭くなっている傾斜部を備えている。これにより、駆動腕の剛性を向上させることができる。

【0010】

[適用例3] 上記適用例に記載の振動素子において、前記幅狭部の前記面内方向の幅は

10

20

30

40

50

、前記幅広部の 88% 以上 99% 以下であることが好ましい。

【0011】

本適用例によれば、駆動腕には、幅広部と幅広部の 99% 以下の幅を有する幅狭部とが設けられている。幅狭部は、幅広部を設けることによって所定周波数より上昇した振動周波数を低下させることができる。しかし、極端に狭い幅狭部が設けられると、駆動腕の剛性が低下し、インピーダンスの上昇を招いてしまう。そこで、本適用例の振動素子には、駆動腕に幅広部より 88% 以上の幅を有する幅狭部が設けられている。これにより、インピーダンスの低い振動素子を実現できる。したがって、小型で、低インピーダンスの振動素子を提供することができる。

【0012】

[適用例 4] 上記適用例に記載の振動素子において、前記貫通孔は、前記駆動腕の平面視にて、前記駆動腕の延出方向を長辺とする長方形の少なくとも一つの角部が丸められた形状であることが好ましい。

【0013】

本適用例によれば、駆動腕には、平面視にて、駆動腕の延出方向を長辺とする長方形の少なくとも一つの角部が丸められた形状の貫通孔が設けられている。長方形の貫通孔の角部を丸めることにより、駆動腕の剛性が向上する。換言すると、角部を丸めることにより、駆動腕には、駆動腕の延出方向に伸長させた貫通孔を形成させることができとなる。

【0014】

[適用例 5] 本適用例に係るジャイロセンサー素子は、上記適用例に記載の振動素子を駆動腕として備え、前記駆動腕とは反対側の前記基部から延出され、前記面内方向と交差する面外方向の振動を検出する検出腕を備えていることを特徴とする。

【0015】

本適用例によれば、ジャイロセンサー素子は、駆動腕に、小型で生産効率が高く、低インピーダンスの振動素子を備えている。したがって、小型で生産効率が高く、駆動腕の駆動効率を向上させたジャイロセンサー素子を提供することができる。

【0016】

[適用例 6] 上記適用例に記載のジャイロセンサー素子において、前記検出腕には、前記検出腕の平面視にて、前記検出腕の前記基部側から前記検出腕の先端方向に向かって長方形の貫通孔が設けられていることが好ましい。

【0017】

本適用例によれば、ジャイロセンサー素子の検出腕には、インピーダンスを下げるための貫通孔が設けられている。したがって、小型で生産効率が高く、検出感度を向上させたジャイロセンサー素子を提供することができる。

【0018】

[適用例 7] 本適用例に係る電子デバイスは、上記適用例に記載の振動素子またはジャイロセンサー素子を備えていることを特徴とする。

【0019】

本適用例によれば、小型で生産効率が高く、低インピーダンスの振動素子またはジャイロセンサー素子を備えた電子デバイスを提供することができる。

【0020】

[適用例 8] 本適用例に係る電子機器は、上記適用例に記載の振動素子またはジャイロセンサー素子を備えていることを特徴とする。

【0021】

本適用例によれば、小型で生産効率が高く、低インピーダンスの振動素子またはジャイロセンサー素子を備えた電子機器を提供することができる。

【0022】

[適用例 9] 本適用例に係る移動体は、上記適用例に記載の振動素子またはジャイロセンサー素子を備えていることを特徴とする。

【0023】

10

20

30

40

50

本適用例によれば、小型で生産効率が高く、低インピーダンスの振動素子またはジャイロセンサー素子を備えた移動体を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】実施形態1に係る振動素子の概略構成を示す模式平面図および側面図。

【図2】図1におけるA-A線での断面図。

【図3】幅狭部／幅広部と振動周波数と、幅狭部／幅広部とインピーダンスと、の関係を示すグラフ。

【図4】振動素子を備える電子デバイスとしての音叉型振動子の概略を示す断面図。

10

【図5】振動素子を備える電子デバイスとしての水晶発振器の概略を示す断面図。

【図6】実施形態2に係るジャイロセンサー素子の概略構成を示す模式平面図および側面図。

【図7】図6におけるB-B線での断面図。

【図8】ジャイロセンサー素子を備える電子デバイスとしてのジャイロ装置の概略を示す断面図。

【図9】振動素子またはジャイロセンサー素子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を示す斜視図。

【図10】振動素子またはジャイロセンサー素子を備える電子機器としての携帯電話機を示す斜視図。

【図11】振動素子またはジャイロセンサー素子を備える電子機器としてのデジタルスチルカメラを示す斜視図。

20

【図12】振動素子またはジャイロセンサー素子を備える移動体としての自動車を示す斜視図。

【発明を実施するための形態】

【0025】

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。

【0026】

(実施形態1)

30

<振動素子>

図1(a)は、実施形態1に係る振動素子の概略構成を示す模式平面図である。図1(b)は、側面図である。図2は、図1におけるA-A線での断面図である。図1、図2、および後述する図6、図7、図8では、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」と言い、Y軸に平行な方向を「Y軸方向」と言い、Z軸に平行な方向を「Z軸方向」と言う。

まず、実施形態1に係る振動素子の概略構成について、図1と図2とを用いて説明する。

【0027】

図1に示すように、振動素子1は、基部10と、基部10から延出している一対の駆動腕20, 30などから構成されている。詳しくは、振動素子1は、略矩形平板状の基部10の+Y側の一端から、Y軸方向に互いに略平行に延びる角柱状の一対の駆動腕20, 30を備えている。振動素子1を構成する基部10と駆動腕20, 30は、一体で形成され、水晶が基材として用いられている。なお、本実施形態1の振動素子1は、フォトリソグラフィー法及びフッ素系ガスなどによるドライエッチング法で形成されている。

【0028】

水晶は、電気軸と呼ばれるX軸、機械軸と呼ばれるY軸および光学軸と呼ばれるZ軸を有している。振動素子1をなす基材は、水晶結晶軸において直交するX軸およびY軸で規定される平面に沿って切り出されて平板状に加工され、平面と直交するZ軸方向に所定の

40

50

厚みを有している。Z軸は、X軸を中心に0度から2度の範囲で回転して切り出したものを使用することができる。所定の厚みは、振動周波数、外形サイズ、加工性などにより適宜設定される。

【0029】

駆動腕20は、X軸方向の幅W1が広い幅広部22と、X軸方向の幅W2が狭い幅狭部26と、幅広部22から幅狭部26に向かってX軸方向の幅が漸減している傾斜部24a, 24bと、を有している。駆動腕20には、基部10の+X側から駆動腕20の先端方向に向かって、幅広部22、傾斜部24a、幅狭部26、傾斜部24bの順に、繰り返し形成され、四つの幅広部22が設けられている。幅広部22と幅狭部26との間に、傾斜部24aまたは傾斜部24bを設けることにより駆動腕20の剛性を高めることができる。

10

【0030】

駆動腕20の幅広部22に重なる位置には、Z軸方向に開口している貫通孔28が設けられている。駆動腕20に幅広部22を設けることにより、X軸方向に開口の広い貫通孔28を設けることができる。貫通孔28は、Y軸方向を長辺とする長方形の角部が丸められた角丸長方形を成している。角丸長方形の角丸部を、傾斜部24a, 24bに沿わせて配置することにより、Y軸方向に開口の広い貫通孔28を設けることができる。

【0031】

駆動腕30は、X軸方向の幅W1が広い幅広部32と、X軸方向の幅W2が狭い幅狭部36と、幅広部32から幅狭部36に向かってX軸方向の幅が漸減している傾斜部34a, 34bと、を有している。駆動腕30には、基部10の+X側から駆動腕30の先端方向に向かって、幅広部32、傾斜部34a、幅狭部36、傾斜部34bの順に、繰り返し形成され、四つの幅広部32が設けられている。幅広部32と幅狭部36との間に、傾斜部34aまたは傾斜部34bを設けることにより駆動腕30の剛性を高めることができる。

20

【0032】

駆動腕30の幅広部32に重なる位置には、Z軸方向に開口している貫通孔38が設けられている。駆動腕30に幅広部32を設けることにより、X軸方向に開口の広い貫通孔38を設けることができる。貫通孔38は、Y軸方向を長辺とする長方形の角部が丸められた角丸長方形を成している。角丸長方形の角丸部を、傾斜部34a, 34bに沿わせて配置することにより、Y軸方向に、開口の広い貫通孔38を設けることができる。

30

【0033】

駆動腕20, 30の幅広部22, 32に、X軸方向およびY軸方向に開口面積の広い貫通孔28, 38を設けることができるため、振動素子1がドライエッティング法で形成される際のマイクロローディング効果によるエッティングレートの低下と、これによる生産効率の低下とを抑制することができる。

開口面積の大きい貫通孔28, 38を形成させるために、所定周波数で振動する振動素子1の駆動腕20, 30に幅広部22, 32を設けた場合、振動素子1の振動周波数が所定周波数よりも上昇してしまう。従来、振動素子1の振動周波数を低下させるためには、駆動腕20, 30のY軸方向の長さを長くする必要があったが、これは振動素子1の外形寸法の増大を招いてしまう。そこで、本実施形態では、振動素子1の駆動腕20, 30に、振動周波数を低下させるための幅狭部26, 36が設けられている。これにより、幅広部22, 32による振動周波数の上昇を幅狭部26, 36で抑えることができる。

40

【0034】

なお、幅広部22, 32に重なる位置には、角丸長方形の貫通孔28, 38を設けるものと説明したが、この形状に限定するものではない。例えば、貫通孔28, 38は、長方形の少なくとも一つの角部が丸められた形状、角丸部を多角形で形成した形状、橢円形状などであってもよい。

【0035】

図2は、図1におけるA-A線での断面図である。

50

図2に示すように、駆動腕20のX軸方向の二つ外側面には、第1駆動電極42が形成されている。駆動腕20の幅広部22に重なる位置に設けられている貫通孔28のX軸方向の二つ内側面には、第2駆動電極44が形成されている。

駆動腕30のX軸方向の二つ外側面には、第2駆動電極44が形成されている。駆動腕30の幅広部32に重なる位置に設けられている貫通孔38のX軸方向の二つ内側面には、第1駆動電極42が形成されている。

【0036】

第1駆動電極42と第2駆動電極44とに、位相が180度異なる交流電圧を印加すると、振動素子1は、駆動腕20と駆動腕30とが、面内方向(XY平面方向)に沿って互いに逆方向へ変位する屈曲運動を繰り返し、所定の周波数で屈曲振動する。

上述のように、駆動腕20, 30に貫通孔28, 38を設けることにより、貫通孔28, 38の内側面と、駆動腕20, 30の外側面に第1駆動電極42または第2駆動電極44を配置することができる。これにより、第1駆動電極42と第2駆動電極44との間で電界を効果的に発生させることができるので、インピーダンスの低い振動素子1が得られる。

【0037】

第1駆動電極42、第2駆動電極44の構成としては、特に限定されず、金(Au)、金合金、白金(Pt)、アルミニウム(Al)、アルミニウム合金、銀(Ag)、銀合金、クロム(Cr)、クロム合金、銅(Cu)、モリブデン(Mo)、ニオブ(Nb)、タンゲステン(W)、鉄(Fe)、チタン(Ti)、コバルト(Co)、亜鉛(Zn)、ジルコニウム(Zr)等の金属材料、酸化インジウムスズ(ITO)等の導電材料により形成することができる。

【0038】

図3は、幅狭部/幅広部と振動周波数と、幅狭部/幅広部とインピーダンスとの関係を示すグラフである。

図3(a)に、幅狭部/幅広部と振動周波数との関係を示す。

図3(a)の横軸は、幅広部22, 32のX軸方向の幅W1を基準に、幅狭部26, 36のX軸方向の幅W2を比率(パーセント)で表している。

図3(a)の縦軸は、幅狭部26, 36のX軸方向の幅W2と、幅広部22, 32のX軸方向の幅W1と、が同じ場合(幅狭部26, 36が無い場合)の振動周波数f₀を基準とし、幅狭部26, 36を設けたときの振動周波数fを基準化周波数で表している。

【0039】

図3(a)に示されているグラフは、振動素子1の幅狭部26, 36の幅W2を幅広部22, 32の幅W1に対して狭くした場合の振動周波数fの変化を表している。このグラフが示すように、幅狭部26, 36の幅W2を幅広部22, 32の幅W1の99%に僅かに狭くするだけでも振動素子1の振動周波数fを低下させる効果が確認できる。幅狭部26, 36は、X軸方向に開口面積の大きい貫通孔28, 38を設けるために駆動腕20, 30に設けられた幅広部22, 32によって上昇した振動周波数を、低下させることができる。

【0040】

図3(b)に、幅狭部/幅広部とインピーダンスとの関係を示す。

図3(b)の横軸は、幅広部22, 32のX軸方向の幅W1を基準に、幅狭部26, 36のX軸方向の幅W2を比率(パーセント)で表している。

図3(b)の縦軸は、幅狭部26, 36のX軸方向の幅W2と、幅広部22, 32のX軸方向の幅W1と、が同じ(幅狭部26, 36が無い場合)で、且つ、貫通孔28, 38が、設けられていない場合のインピーダンスR₁₀を基準とし、幅狭部26, 36と、貫通孔28, 38と、を設けたときのインピーダンスR₁を基準化インピーダンスで表している。

【0041】

図3(b)において、ドットは、駆動腕20, 30に、幅狭部26, 36、および貫

10

20

30

40

50

通孔 28, 38 が設けられていない時の基準インピーダンス R₁₀ (1.0) を示し、曲線 は、駆動腕 20, 30 に貫通孔 28, 38 を設け、振動素子 1 の幅狭部 26, 36 の幅 W2 を幅広部 22, 32 の幅 W1 に対して狭くした場合のインピーダンス R1 の変化を表している。

曲線 に示すように、振動素子 1 のインピーダンス R1 は、幅狭部 26, 36 の幅を狭くすることにより上昇してしまう。しかし、本実施形態の振動素子 1 には、インピーダンス R1 を低下させるための貫通孔 28, 38 が設けられている。幅狭部 26, 36 の幅 W2 を幅広部 22, 32 の幅 W1 の 88% 以上とすることで、発明者が目標としていた、基準インピーダンス R₁₀ に対して 50% 以下という低インピーダンスの振動素子 1 を実現することができた。

10

【0042】

なお、本実施形態では、振動素子 1 は、水晶を基材に用いるものと説明したが、これに限定するものではない。振動素子 1 は、水晶以外にタンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム等の圧電単結晶や、ジルコン酸チタン酸鉛等の圧電セラミックス等の圧電材料、又はシリコン半導体材料から形成することができる。

【0043】

以上述べたように、本実施形態 1 に係る振動素子 1 よれば、以下の効果を得ることができる。

本実施形態の振動素子 1 は、+Z 軸方向からの平面視にて、基部 10 の +Y 側から +Y 軸方向に平行に延出され面内方向 (XY 面内方向) に沿って振動可能な二つの駆動腕 20, 30 を備えている。駆動腕 20, 30 は、幅広部 22, 32 と、幅狭部 26, 36 と、傾斜部 24a, 24b, 34a, 34b と、を有している。幅広部 22, 32 に設けられた開口面積の大きい貫通孔 28, 38 は、振動素子 1 のインピーダンスを低下させると共に、マイクロローディング効果によるエッティングレートの低下と、これによる生産効率の低下とを抑制させることができる。幅狭部 26, 36 は、幅広部 22, 32 による振動周波数の上昇を、振動素子 1 の外形寸法を増大することなく、低下させることができる。したがって、小型で生産効率が高く、低インピーダンスの振動素子 1 を提供することができる。

20

【0044】

<電子デバイス - 1 >

30

次に、本発明の振動素子 1 を適応した電子デバイスとしての音叉型振動子について説明する。図 4 は、本発明の振動素子 1 を備える音叉型振動子 100 の概略を示した断面図である。

【0045】

音叉型振動子 100 は、振動素子 1、振動素子 1 を収容するために矩形の箱状に形成されているパッケージ本体 110、および蓋体 120 を備えている。振動素子 1 は、セラミックなどで形成されたパッケージ本体 110 に形成された支持台 112 に、振動素子 1 の基部 10 が導電性接着剤などの固定部材 140 を介して接着支持されている。また、支持台 112 の表面には配線 (図示せず) が形成され、振動素子 1 の第 1 駆動電極 42 および第 2 駆動電極 44 と、配線とは、固定部材 140 を介して電気的に接続されている。音叉型振動子 100 は、振動素子 1 に電圧を加えることで、振動子として機能する。

40

【0046】

この固定部材 140 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 140 としてはシリコーンを基材とする接着剤などが知られている。パッケージ本体 110 の上部開口には封止部 150 が設けられており、パッケージ本体 110 と蓋体 120 とは、封止部 150 を介して封止されている。なお、振動素子 1 を収容するパッケージ本体 110 のキャビティ 160 は窒素などの不活性気体雰囲気あるいは減圧雰囲気となっている。

【0047】

以上述べたように、音叉型振動子 100 よれば、小型で生産効率が高く、低インピー-

50

ダンスの振動素子 1 を備えた電子デバイスを提供することができる。

【0048】

<電子デバイス - 2 >

次に、本発明の振動素子 1 を適応した電子デバイスとしての水晶発振器について説明する。図 5 は、本発明の振動素子 1 を備える水晶発振器 200 の概略を示した断面図である。

図 5 に示す水晶発振器 200 は、上述した音叉型振動子 100 の振動素子 1 の下方に IC チップ 230 が配置されている。なお、音叉型振動子 100 (電子デバイス - 1) と同一の構成部位については、同一の番号を附し、重複する説明は省略する。

【0049】

水晶発振器 200 は、振動素子 1 、 IC チップ 230 、振動素子 1 と IC チップ 230 とを収納するための矩形の箱状に形成されているパッケージ本体 210 、および蓋体 120 を備えている。パッケージ本体 210 の底面には IC チップ 230 を収納するキャビティーが設けられており、キャビティー内に IC チップ 230 が固定部材 140 を介して接着されている。パッケージ本体 210 の底面には配線 (図示せず) が形成されており、 IC チップ 230 と、配線と、が Au (金) などのワイヤー 270 で電気的に接続されている。水晶発振器 200 は、振動素子 1 が振動すると、その振動が IC チップ 230 に入力され、その後、所定の周波数信号を取り出すことで、発振器として機能する。

【0050】

以上述べたように、水晶発振器 200 によれば、小型で生産効率が高く、低インピーダンスの振動素子 1 を備えた電子デバイスを提供することができる。

【0051】

(実施形態 2)

<ジャイロセンサー素子 >

図 6 (a) は、実施形態 2 に係るジャイロセンサー素子の概略構成を示す模式平面図である。図 6 (b) は、側面図である。図 7 は、図 6 における B - B 線での断面図である。

まず、実施形態 2 に係るジャイロセンサー素子の概略構成について、図 6 と図 7 とを用いて説明する。なお、本実施形態のジャイロセンサー素子は、実施形態 1 で述べた振動素子 1 と同一構成の駆動腕 20 , 30 を備えている。振動素子 1 と同一の構成部位については、同一の番号を附し、重複する説明は省略する。

【0052】

図 6 に示すように、ジャイロセンサー素子 300 は、基部 10 と、基部 10 から延出している一対の駆動腕 20 , 30 、および駆動腕 20 , 30 とは反対側の基部 10 から延出している一対の検出腕 340 , 350 などから構成されている。詳しくは、ジャイロセンサー素子 300 は、略矩形平板状の基部 10 の + Y 側の一端から、 + Y 軸方向に互いに略平行に延びる角柱状の一対の駆動腕 20 , 30 と、基部 10 の - Y 側の一端から - Y 軸方向に互いに略平行に延びる角柱状の一対の検出腕 340 , 350 と、を備えている。

【0053】

検出腕 340 には、検出腕 340 の基部 10 側から検出腕 340 の先端側 (- Y 側) に向かって、 Z 軸方向に開口している貫通孔 348 が設けられている。貫通孔 348 は、 Y 軸方向を長辺とする長方形の角部が丸められた角丸長方形を成している。

検出腕 350 には、検出腕 350 の基部 10 側から検出腕 350 の先端側 (- Y 側) に向かって、 Z 軸方向に開口している貫通孔 358 が設けられている。貫通孔 358 は、 Y 軸方向を長辺とする長方形の角部が丸められた角丸長方形を成している。

なお、検出腕 340 , 350 には、角丸長方形の貫通孔 348 , 358 を設けるものと説明したが、この形状に限定するものではない。例えば、貫通孔 348 , 358 は、長方形、長方形の少なくとも一つの角部が丸められた形状、角丸部を多角形で形成した形状、橢円形状などであってもよい。

【0054】

駆動腕 20 , 30 には、マイクロローディング効果によるエッチングレートの低下を防

10

20

30

40

50

止するために、幅広部 22, 32 が設けられ、幅広部 22, 32 には、開口面積の広い貫通孔 28, 38 が設けられている。駆動腕 20, 30 に設けられた幅広部 22, 32 は振動周波数の上昇を招き、駆動腕 20, 30 の面内方向の面内振動周波数と検出腕 340, 350 の面外方向の面外振動周波数とに周波数差が生じ、後述する角速度の検出感度が低下する。従来、これらの周波数を合わせるために、駆動腕 20, 30 の長さを長くする方法があったが、これは振動素子 1 の外形寸法の増大を招いてしまう。また、検出腕 340, 350 の厚さ (Z 軸方向) を厚くする方法があったが、これは生産効率と加工精度との低下を招いてしまう。そこで、本実施形態では、駆動腕 20, 30 に、振動周波数を低下させるための幅狭部 26, 36 が設けられている。これにより、駆動腕 20, 30 の面内方向の面内振動周波数と検出腕 340, 350 の面外方向の面外振動周波数とを略同じ周波数にことができる。

10

【0055】

図 7 は、図 6 における B - B 線での断面図である。

図 7 に示すように、検出腕 340 の + X 軸方向の外側面には、外側面の + Z 側に第 1 検出電極 362 が、外側面の - Z 側に第 2 検出電極 364 が、形成されている。検出腕 340 の - X 軸方向の外側面には、外側面の + Z 側に第 2 検出電極 364 が、外側面の - Z 側に第 1 検出電極 362 が、形成されている。

20

【0056】

検出腕 340 に設けられている貫通孔 348 の + X 軸方向の内側面には、内側面の + Z 側に第 2 検出電極 364 が、内側面の - Z 側に第 1 検出電極 362 が、形成されている。検出腕 340 に設けられている貫通孔 348 の - X 軸方向の内側面には、内側面の + Z 側に第 1 検出電極 362 が、内側面の - Z 側に第 2 検出電極 364 が、形成されている。

20

【0057】

検出腕 350 の + X 軸方向の外側面には、外側面の + Z 側に第 2 検出電極 364 が、外側面の - Z 側に第 1 検出電極 362 が、形成されている。検出腕 350 の - X 軸方向の外側面には、外側面の + Z 側に第 1 検出電極 362 が、外側面の - Z 側に第 2 検出電極 364 が、形成されている。

20

【0058】

検出腕 350 に設けられている貫通孔 358 の + X 軸方向の内側面には、内側面の + Z 側に第 1 検出電極 362 が、内側面の - Z 側に第 2 検出電極 364 が、形成されている。検出腕 350 に設けられている貫通孔 358 の - X 軸方向の内側面には、内側面の + Z 側に第 2 検出電極 364 が、内側面の - Z 側に第 1 検出電極 362 が、形成されている。

30

【0059】

次に、ジャイロセンサー素子 300 に加わる角速度の検出について説明する。

駆動腕 20, 30 の第 1 駆動電極 42 と第 2 駆動電極 44 とに、位相が 180 度異なる交流電圧を印加すると、振動素子 1 は、駆動腕 20 と駆動腕 30 とが、面内方向 (XY 平面方向) に沿って互いに逆方向へ変位する屈曲振動 (駆動モード) をする。本実施形態のジャイロセンサー素子 300 には、インピーダンスの低い駆動腕 20, 30 が用いられているため、効率良く屈曲振動をさせることができる。この駆動モードの状態で、Y 軸回りに角速度が加わると、駆動腕 20, 30 にコリオリ力が発生し、駆動腕 20, 30 が面内方向と交差する面外方向 (+ Z 軸方向と - Z 軸方向) に、互いに逆方向に屈曲振動する。

40

【0060】

検出腕 340, 350 は、駆動腕 20, 30 の面外方向の屈曲振動に共振して、同じく面外方向に、互いに逆方向に屈曲振動する。この時、圧電効果により第 1 検出電極 362 と、第 2 検出電極 364 との間に電荷が発生する。ジャイロセンサー素子 300 は、この電荷を検出することによりジャイロセンサー素子 300 に加わる角速度を検出することができる。

検出腕 340, 350 には、貫通孔 348, 358 が設けられ、検出腕 340, 350 の外側面と貫通孔 348, 358 の内側面とに、第 1 検出電極 362 および第 2 検出電極

50

364を配置できる。これにより、第1検出電極362と第2検出電極364との間で電荷を効果的に発生させることができるので、検出感度の高いジャイロセンサー素子300が得られる。

【0061】

以上述べたように、本実施形態2に係るジャイロセンサー素子300によれば、以下の効果を得ることができる。

本実施形態のジャイロセンサー素子300は、+Z軸方向からの平面視にて、基部10の+Y側から+Y軸方向に平行に延出され面内方向(XY面内方向)に沿って振動する二つの駆動腕20,30と、基部10の-Y側から-Y軸方向に平行に延出され面内方向と交差する面外方向の振動を検出する検出腕340,350と、を備えている。駆動腕20,30は、幅広部22,32と、幅狭部26,36と、傾斜部24a,24b,34a,34bと、を有している。幅広部22,32は、幅広部22,32に開口面積の大きい貫通孔28,38を設けることで、振動素子1のインピーダンスを低下させると共に、マイクロローディング効果によるエッティングレートの低下と、これによる生産効率の低下とを抑制することができる。幅狭部26,36は、幅広部22,32を設けることで生じた駆動腕20,30の振動周波数と検出腕340,350の振動周波数との周波数差を、駆動腕20,30の長さ、および検出腕340,350の厚さ、を増大させることなく、解消させることができる。したがって、小型で生産効率が高く、低インピーダンスのジャイロセンサー素子300を提供することができる。

10

【0062】

<電子デバイス-3>

次に、本発明のジャイロセンサー素子300を適応した電子デバイスとしてのジャイロ装置について説明する。図8は、本発明のジャイロセンサー素子300を備えるジャイロ装置400の概略を示した断面図である。なお、音叉型振動子100(電子デバイス-1)と同一の構成部位については、同一の番号を附し、重複する説明は省略する。

20

【0063】

図8に示すように、ジャイロ装置400は、ジャイロセンサー素子300、ICチップ450、ジャイロセンサー素子300とICチップ450とを収容するために矩形の箱状に形成されているパッケージ本体410、および蓋体120を備えている。セラミックなどで形成されたパッケージ本体410の底面にはICチップ450が接着剤などの固定部材140を介して接着支持され、Au(金)などのワイヤー270でパッケージ本体410に形成された配線(図示せず)と電気的に接続されている。ICチップ450は、ジャイロセンサー素子300を駆動する駆動回路と、ジャイロセンサー素子300に加わった角速度を出力する検出回路とを含んでいる。

30

【0064】

ジャイロセンサー素子300は、ICチップ450を取り囲むようにパッケージ本体410に形成された支持台412上に固定された略棒状の基板440に支持されている。基板440は、ポリイミドなどの樹脂からなる基板本体430と、支持台412上に積層されたCu(銅)などの金属箔からなるタブテープ420と、を備えている。基板440は支持台412の縁から中央部に向かって斜め上方に折り曲げられた複数の帯状のタブテープ420が延設されている。タブテープ420の先端は、ジャイロセンサー素子300の基部10に形成された配線(図示せず)に、バンプなどの接合部材を介して電気的に接続されている。これにより、ジャイロセンサー素子300は、基板440によってXY平面に平行に支持されている。

40

【0065】

ジャイロ装置400は、ICチップ450からの駆動信号によりジャイロセンサー素子300が所定の周波数で面内方向に沿って振動し、Y軸回りに角速度が加わることにより面外方向に振動する。この面外方向の振動により生じた電荷をICチップ450で検出することにより、ジャイロセンサーとして機能する。

【0066】

50

以上述べたように、ジャイロ装置400によれば、小型で生産効率が高く、低インピーダンスの振動素子1を備えた電子デバイスを提供することができる。

【0067】

<電子機器>

次に、本発明の実施形態に係る振動素子1、音叉型振動子100、水晶発振器200、ジャイロセンサー素子300、またはジャイロ装置400を備えた電子機器について図9から図12を用いて説明する。なお、説明では、振動素子1を用いた例を示している。

【0068】

図9は、本発明の一実施形態に係る振動素子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1100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、基準信号を出力するための振動素子1が内蔵されている。

10

【0069】

図10は、本発明の一実施形態に係る振動素子1を備える電子機器としての携帯電話機1200(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1000が配置されている。このような携帯電話機1200には、基準信号を出力するための振動素子1が内蔵されている。

20

【0070】

図11は、本発明の一実施形態に係る振動素子1を備える電子機器としてのデジタルスチルカメラ1300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、従来のフィルムカメラは、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)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。

30

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、基準信号を出力するための振動素子1が内蔵されている。

40

【0071】

なお、本発明の一実施形態に係る振動素子1は、図9のパーソナルコンピューター1100(モバイル型パーソナルコンピューター)、図10の携帯電話機1200、図11のデジタルスチルカメラ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、ページヤー、電子手帳(通

50

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。

【0072】

<移動体>

図12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1500には本発明に係る振動素子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1500には、振動素子1を内蔵してタイヤなどを制御する電子制御ユニット1510が車体に搭載されている。また、振動素子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。

10

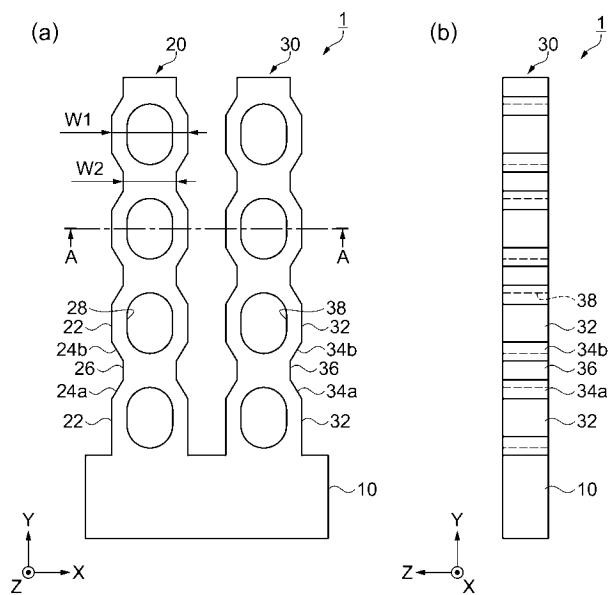
【符号の説明】

【0073】

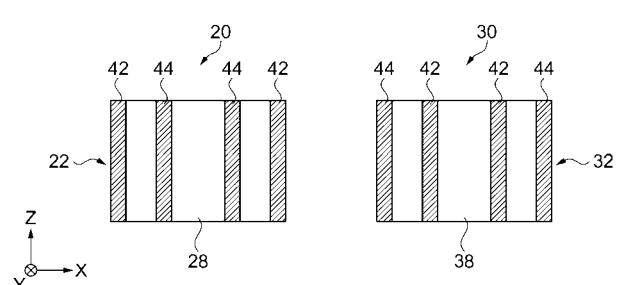
1...振動素子、10...基部、20, 30...駆動腕、22, 32...幅広部、24a, 24b, 34a, 34b...傾斜部、26, 36...幅狭部、28, 38, 348, 358...貫通孔、42...第1駆動電極、44...第2駆動電極、100...音叉型振動子、110, 210, 410...パッケージ本体、112, 412...支持台、120...蓋体、140...固定部材、150...封止部、200...水晶発振器、230, 450...ICチップ、270...ワイヤー、300...ジャイロセンサー素子、340, 350...検出腕、362...第1検出電極、364...第2検出電極、400...ジャイロ装置、420...タブテープ、430...基板本体、440...基板、1100...パソコンコンピューター、1200...携帯電話機、1300...デジタルスチルカメラ、1500...自動車。

20

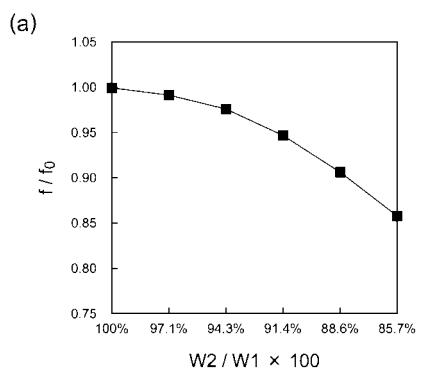
【図1】



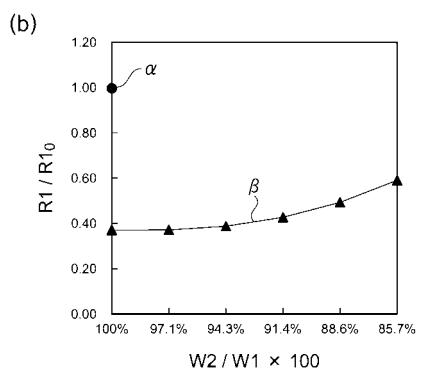
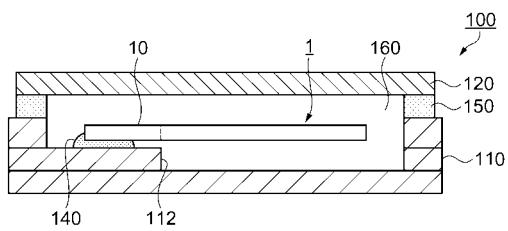
【図2】



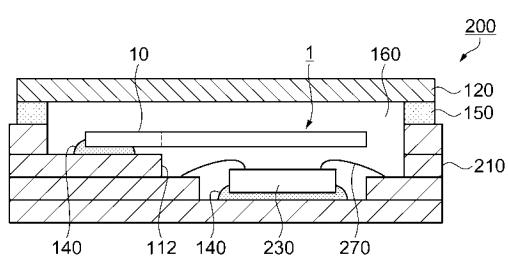
【図3】



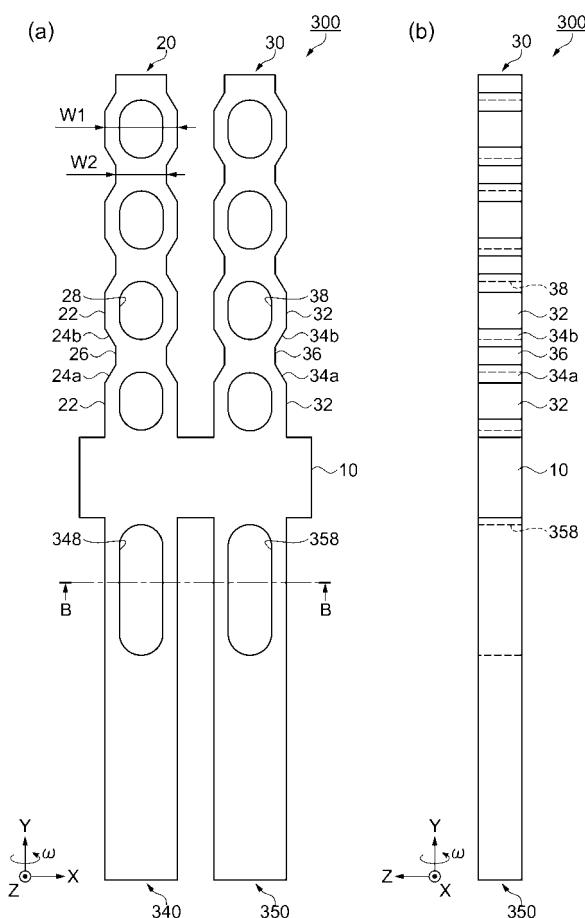
【図4】



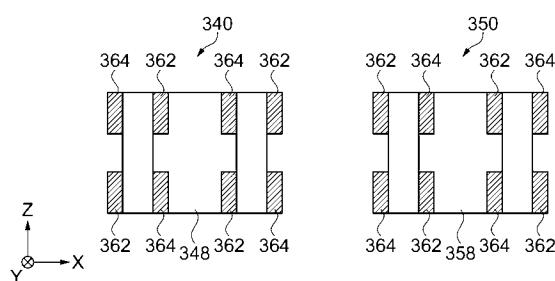
【図5】



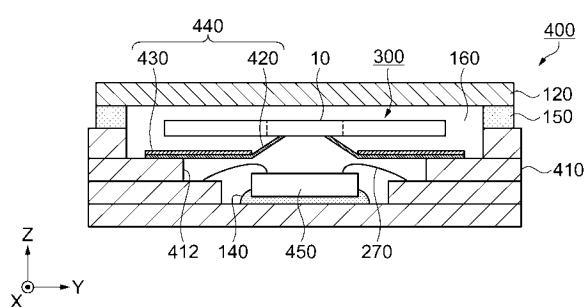
【図6】



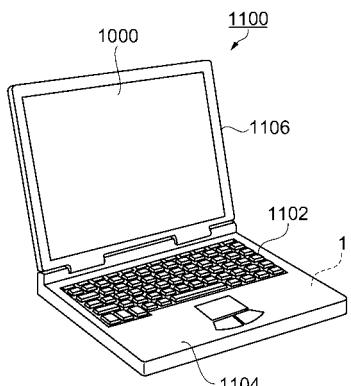
【図7】



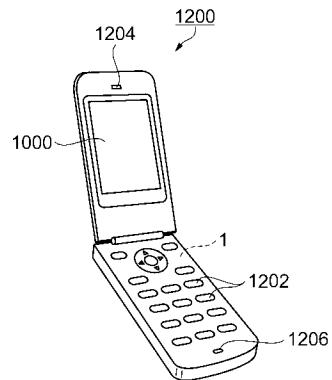
【図8】



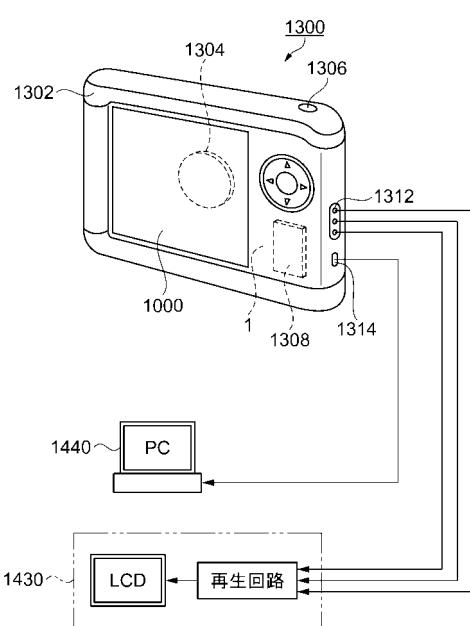
【図9】



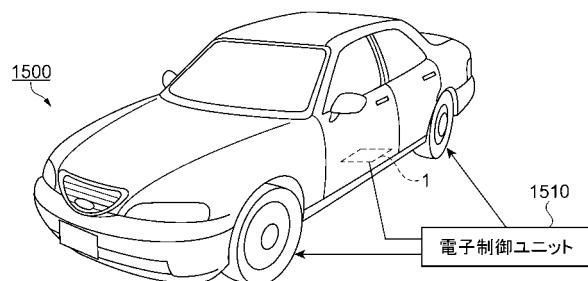
【図 1 0】



【図 1 1】



【図 1 2】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
G 0 1 C 19/5607 (2012.01)	G 0 1 C 19/56	1 0 7
H 0 3 H 9/215 (2006.01)	H 0 3 H 9/215	