

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6620516号  
(P6620516)

(45) 発行日 令和1年12月18日(2019.12.18)

(24) 登録日 令和1年11月29日(2019.11.29)

(51) Int.Cl.

F I

H03H 3/02 (2006.01)

H03H 3/02 D

H03H 9/19 (2006.01)

H03H 9/19 K

H03B 5/32 (2006.01)

H03B 5/32 H

H01L 41/113 (2006.01)

H01L 41/113

H01L 41/332 (2013.01)

H01L 41/332

請求項の数 10 (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2015-211600 (P2015-211600)  
 (22) 出願日 平成27年10月28日(2015.10.28)  
 (65) 公開番号 特開2017-85341 (P2017-85341A)  
 (43) 公開日 平成29年5月18日(2017.5.18)  
 審査請求日 平成30年9月26日(2018.9.26)

(73) 特許権者 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 100194102  
 弁理士 磯部 光宏  
 (74) 代理人 100179475  
 弁理士 仲井 智至  
 (74) 代理人 100216253  
 弁理士 松岡 宏紀  
 (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】 音叉型振動片の製造方法、振動デバイス、電子機器、および移動体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基部および前記基部から第1方向に沿って延出している振動腕を備えた音叉型振動片の外形により画定される切欠き部と、前記振動腕の平面視した面に前記第1方向に沿って延びる凹部と、をドライエッチング加工で形成する音叉型振動片の製造方法であって、

基板に、前記凹部の前記第1方向に沿った二側面間の幅を形作る第1マスク部、および前記切欠き部の開口の幅を形作る第2マスク部を有し、前記第1マスク部の前記二側面間の最大幅を形作る部分の幅が、第2マスク部の前記切欠き部の開口の最小幅を形作る部分の幅よりも小さく、且つ、前記第1マスク部の幅が前記第1方向における中央部から両端部に向かうに従って狭くなっているエッチングマスクを形成する工程と、

前記基板に対して前記ドライエッチング加工を行い、前記切欠き部と共に、前記凹部を形成するエッチング工程と、

を含み、

前記凹部の前記第1方向に沿った断面の形状が、前記中央部における底から前記両端部の開口側に向かって傾斜しており、且つ、前記両端部において曲線状の部分を有していることを特徴とする音叉型振動片の製造方法。

【請求項2】

前記エッチングマスクを形成する工程において、

前記凹部の前記二側面間の前記最大幅に対して、前記切欠き部の開口の前記最小幅が10  $\mu\text{m}$ 以上大きく、且つ前記凹部の前記二側面間の最小幅が50  $\mu\text{m}$ 以下となるように、

前記第 1 マスク部および前記第 2 マスク部を形成することを特徴とする請求項 1 に記載の音叉型振動片の製造方法。

【請求項 3】

前記エッチングマスクを形成する工程において、

前記凹部の前記最小幅が、 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下になるように前記第 1 マスク部を形成することを特徴とする請求項 2 に記載の音叉型振動片の製造方法。

【請求項 4】

前記ドライエッチング加工の後に、前記振動腕に電極を形成する電極形成工程を含むことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか一項に記載の音叉型振動片の製造方法。

10

【請求項 5】

基部と、

前記基部から一方向に突出するように配置されている振動腕と、

前記振動腕に、非貫通部を有して設けられている凹部と、を備え、

前記凹部の開口は、前記開口の幅に対して直交する方向の長さが、前記幅よりも大きく

、  
前記凹部の前記長さの方向における中央部の前記幅は、外形形状を画定する側面間の最小幅よりも小さく、且つ、前記凹部の前記幅は、前記長さの方向における前記中央部から両端部に向かうに従って狭くなっており、

前記凹部の前記長さの方向に沿った断面の形状は、前記中央部における底から前記両端部の前記開口側に向かって傾斜しており、且つ、前記両端部において曲線状の部分

20

を有し、  
前記凹部の内面および前記外形形状を画定する側面は、ドライエッチング面であることを特徴とする記載の振動デバイス。

【請求項 6】

前記凹部における前記非貫通部の深さは、前記振動腕の厚さに対して  $20\%$  以上であることを特徴とする請求項 5 に記載の振動デバイス。

【請求項 7】

前記凹部は、前記非貫通部と貫通部とを備え、

前記貫通部は、前記凹部の開口に対して前記底側の開口が小さいことを特徴とする請求項 5 または請求項 6 に記載の振動デバイス。

30

【請求項 8】

前記凹部は、前記長さの方向に沿って複数設けられていることを特徴とする請求項 5 ないし請求項 7 のいずれか一項に記載の振動デバイス。

【請求項 9】

請求項 5 ないし請求項 8 のいずれか一項に記載の振動デバイスが備えられていることを特徴とする電子機器。

【請求項 10】

請求項 5 ないし請求項 8 のいずれか一項に記載の振動デバイスが備えられていることを特徴とする移動体。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電子部品の製造方法、振動デバイス、振動デバイスを備えた電子機器、および振動デバイスを備えた移動体に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、携帯機器などの普及により、それに用いられる振動デバイスの小型化が要求されている。小型の圧電デバイス、例えば小型の音叉型振動片では、効率的に屈曲振動をさせるために、振動部に有底の溝（凹部）を設け、溝の内部に励振電極を配設する構成が知ら

50

れている。そして、このような構成の振動部（振動片）を形成する方法として、圧電基板（圧電ウェハー）をドライエッチング法によって加工し、振動部（振動片）を形成する方法が開示されている（例えば、特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2015 - 118027 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

10

しかしながら、特許文献 1 に記載されている振動部（振動片）を形成する方法では、振動部に形成する溝（凹部）が有底、即ち非貫通であるため、ドライエッチング法によって、貫通させる振動部の外形（貫通部）と貫通させない溝（非貫通部）とを同時に形成することが困難であった。このため、溝の加工においては、ドライエッチング法による加工工程とは別工程の、ウェットエッチング法を用いた加工工程などを用いて形成されていた。これにより、振動部（振動片）の加工工程が煩雑となり、加工のための工数が増加してしまうという課題を有していた。

【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。

20

【0006】

〔適用例 1〕本適用例に係る電子部品の製造方法は、切欠き部と、平面視した面に長手方向に延びる凹部と、をドライエッチング加工で形成する電子部品の製造方法であって、基板に、前記凹部の前記長手方向に沿った二側面間の最大幅を形作る第 1 マスク部の幅が、前記切欠き部の開口の最小幅を形作る第 2 マスク部の幅よりも小さいエッチングマスクを形成する工程と、前記基板に対して前記ドライエッチング加工を行い、前記切欠き部と共に、前記凹部を形成するエッチング工程と、を含んでいることを特徴とする。

【0007】

ドライエッチング加工では、マスクの開口幅を大きくした部位のエッチングレートと比較し、マスクの開口幅を小さくした部位のエッチングレートの方が小さくなる。換言すれば、マスクの開口幅を大きくした部位のエッチングスピードよりも、マスクの開口幅を小さくした部位のエッチングスピードが遅くなる。

30

本適用例によれば、凹部の二つの側面間の最大幅を形作る第 1 マスク部の幅が、切欠き部の開口の最小幅を形作る第 2 マスク部の幅よりも小さく形成されたエッチングマスクを用い、ドライエッチング加工する。したがって、切欠き部のエッチングレートの方が、凹部のエッチングレートより大きくなり、切欠き部のエッチングが凹部のエッチングより速く進む。これにより、切欠き部が形成できた時点でエッチング加工を終了すると、有底の凹部を形成することができる。このように、同一のドライエッチング加工によって、貫通部としての切欠き部と、有底の凹部とを形成することができ、振動部（振動片）の加工工程における煩雑さを解消でき、加工工数の低減に寄与することができる。

40

【0008】

なお、本明細書における長手方向とは、切欠き部によって外形が形成され、凹部の設けられている部位の起点となる部位から突出する方向のこと、換言すれば、凹部の設けられている部位の延在方向をいう。また、複数の凹部が並んで設けられている場合には、複数の凹部が並んでいる方向を長手方向という。

【0009】

〔適用例 2〕上記適用例に記載の電子部品の製造方法において、前記エッチングマスクを形成する工程において、前記凹部の開口の前記長手方向の端部に向かうに従って、前記二側面間の幅が狭くなるように前記第 1 マスク部を形成することが好ましい。

50

## 【 0 0 1 0 】

本適用例によれば、第 1 マスク部を凹部の開口の長手方向の端部に向かうに従って、幅が狭くなるように形成する。エッチングレートは、幅が狭ければ狭いほど小さくなるため、凹部の開口の長手方向の端部に曲線状の傾斜を容易に設けることができる。凹部の開口の長手方向の端部を、曲線状の傾斜とすることにより、凹部の形成された部位の剛性を高めることができ、例えば捻り変形などに対する耐性を向上させることが可能となる。

## 【 0 0 1 1 】

〔適用例 3〕上記適用例に記載の電子部品の製造方法において、前記エッチングマスクを形成する工程において、前記凹部の前記二側面間の前記最大幅に対して、前記切欠き部の開口の前記最小幅が  $10\ \mu\text{m}$  以上大きく、且つ前記凹部の前記二側面間の最小幅が  $50\ \mu\text{m}$  以下となるように、前記第 1 マスク部および前記第 2 マスク部を形成することが好ましい。

10

## 【 0 0 1 2 】

凹部の最小幅に対して、切欠き部の開口の最小幅を  $10\ \mu\text{m}$  以上大きく設定することで、エッチングレートの差を顕著にすることができる。また、凹部の最小幅が  $50\ \mu\text{m}$  を超えると、切欠き部と同様な貫通部となり、底部を有する凹部が形成できない虞がある。

本適用例によれば、底部を有する凹部の形成と切欠き部の形成とを、同一のドライエッチング工程により行うことが可能となる。

## 【 0 0 1 3 】

〔適用例 4〕上記適用例に記載の電子部品の製造方法において、前記エッチングマスクを形成する工程において、前記凹部の前記最小幅が、 $30\ \mu\text{m}$  以下になるように前記第 1 マスク部を形成することが好ましい。

20

## 【 0 0 1 4 】

本適用例によれば、凹部の幅を狭くすることに連れて、切欠き部の幅を狭くできるため、より小型の電子部品の形成することができる。また、凹部の最小幅を  $30\ \mu\text{m}$  以下とすることにより、凹部の幅に対する、凹部の端部に形成される曲線状の傾斜の比率を大きくすることができる。

## 【 0 0 1 5 】

〔適用例 5〕上記適用例に記載の電子部品の製造方法において、前記電子部品は、振動片であり、前記振動片は、基部と、前記基部から同一方向に向かって突出するように配置されている振動腕と、外形により画定される前記切欠き部と、前記振動腕に形成された前記凹部と、を備え、前記ドライエッチング加工の後に、前記振動腕に電極を形成する電極形成工程を含むことが好ましい。

30

## 【 0 0 1 6 】

本適用例によれば、基部と、振動腕と、振動腕に形成された凹部と、基部および振動腕の外形により画定される切欠き部とを、同一のドライエッチング加工によって形成することができ、加えて、ドライエッチング加工の後に振動腕に形成された電極を備えた振動片とすることができる。

## 【 0 0 1 7 】

〔適用例 6〕本適用例に係る振動デバイスは、基部と、前記基部から同一方向に向かって突出するように配置されている振動腕と、前記振動腕に、非貫通部を有して設けられている凹部と、を備え、前記凹部の開口は、前記開口の幅に対して直交する方向の長さが、前記幅よりも大きく、且つ前記幅が、外形形状を画定する側面間の最小幅よりも小さく、前記凹部は、前記長さの方向に沿った断面の形状を、底から開口に向かって広がる曲線としていることを特徴とする。

40

## 【 0 0 1 8 】

本適用例によれば、振動腕に非貫通部を有して設けられている凹部の開口は、開口の幅に対して直交する方向の長さが、幅よりも大きく、且つ幅が、外形形状を画定する側面間の最小幅よりも小さい。また、該凹部は、長さの方向に沿った断面の形状を、底から開口に向かって広がる曲線としている。このような凹部を備えた振動腕を有することにより、

50

捻り変形などに対する剛性を備え、且つ効率的な屈曲振動が可能であるため、小型であっても振動特性の安定した振動デバイスを提供することができる。

【 0 0 1 9 】

なお、本明細書における長さ方向とは、基部から振動腕が突出する方向に沿った方向であり、長手方向と言い換えることができる。また、本明細書における開口の幅とは、凹部の延在方向である長さ方向に直交する方向の寸法であって、凹部が、表面もしくは裏面に接する位置の寸法である。換言すれば、凹部の開口幅は、表面もしくは裏面に沿った凹部の内側面間の間隔である。

【 0 0 2 0 】

〔適用例 7〕上記適用例に記載の振動デバイスにおいて、前記凹部は、前記開口の前記長さの方向に位置する端部に向かうに従い前記幅が狭いことが好ましい。

10

【 0 0 2 1 】

本適用例によれば、凹部の設けられている振動腕の剛性が高まり、捻り変形などが起こり難くなり、振動を安定させることができる。

【 0 0 2 2 】

〔適用例 8〕上記適用例に記載の振動デバイスにおいて、前記凹部における前記非貫通部の深さは、前記振動腕の厚さに対して 2 0 % 以上であることが好ましい。

【 0 0 2 3 】

本適用例によれば、振動腕の剛性を確保しつつ、凹部内に設ける電極の面積を大きくすることができるため、振動の安定および振動効率を高めることができ、例えば振動のし易さを示す特性である C I 値を小さくすることができるなど、振動デバイスの振動特性を向上させることができる。

20

【 0 0 2 4 】

〔適用例 9〕上記適用例に記載の振動デバイスにおいて、前記凹部は、前記非貫通部と貫通部とを備え、前記貫通部は、前記凹部の開口に対して前記底側の開口が小さいことが好ましい。

【 0 0 2 5 】

本適用例によれば、凹部が開口側に向かって広がるように開いているため、電極の形成を容易に行うことができる。

【 0 0 2 6 】

30

〔適用例 1 0〕上記適用例に記載の振動デバイスにおいて、前記凹部は、前記長さの方向に沿って複数設けられていることが好ましい。

【 0 0 2 7 】

本適用例によれば、振動腕の剛性を高めることができ、落下などの耐衝撃性を向上させた振動デバイスを提供することができる。

【 0 0 2 8 】

〔適用例 1 1〕本適用例に係る電子機器は、上記適用例のいずれか一例に記載の振動デバイスを備えていることを特徴とする。

【 0 0 2 9 】

本適用例によれば、小型で振動特性の安定した振動デバイスを備えることにより、特性変動の小さい、エージング特性（例えば周波数の経時変化）などの変動が抑制された信頼性の高い電子機器を実現することができる。

40

【 0 0 3 0 】

〔適用例 1 2〕本適用例に係る移動体は、上記適用例のいずれか一例に記載の振動デバイスを備えていることを特徴とする。

【 0 0 3 1 】

本適用例によれば、小型で振動特性の安定した振動デバイスを備えることにより、特性変動の小さい、エージング特性（例えば周波数の経時変化）などの変動が抑制された信頼性の高い移動体を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

50

## 【 0 0 3 2 】

【図 1】電子部品としての振動デバイスの第 1 実施形態に係る音叉型振動片の概略構成を模式的に示す平面図。

【図 2】図 1 の P - P 断面図。

【図 3】図 1 の Q - Q 断面図。

【図 4】電子部品としての振動デバイスの第 1 実施形態に係る音叉型振動片の製造方法を示す工程フロー図。

【図 5】音叉型振動片の製造に用いるエッチングマスクを示す平面図。

【図 6】エッチングマスクが配置された状態を示し、図 5 の R - R 線に相当する断面図。

【図 7】開口幅とエッチングレートとの相関を示すグラフ。

【図 8】電子部品（振動デバイス）の第 2 実施形態に係る音叉型振動片の概略構成を模式的に示す平面図。

【図 9】図 8 の P 1 - P 1 断面図。

【図 10】図 8 の P 1 - P 1 断面における振動腕の拡大図。

【図 11】電子部品（振動デバイス）の第 3 実施形態に係る音叉型振動片の概略構成を模式的に示す平面図。

【図 12】電子部品（振動デバイス）の第 4 実施形態に係る音叉型振動片の概略構成を模式的に示す平面図。

【図 13】図 12 の P 2 - P 2 断面図。

【図 14】電子部品（振動デバイス）の第 5 実施形態に係る音叉型振動片の概略構成を模式的に示す平面図。

【図 15】図 14 の S - S 断面図。

【図 16】電子部品（振動デバイス）の第 6 実施形態に係る振動子の概略構成を模式的に示す正断面図。

【図 17】電子部品（振動デバイス）の第 7 実施形態に係る振動子の概略構成を模式的に示す正断面図。

【図 18】電子機器の一例としてのモバイル型のパーソナルコンピュータの構成を示す斜視図。

【図 19】電子機器の一例としての携帯電話機の構成を示す斜視図。

【図 20】電子機器の一例としてのデジタルスチールカメラの構成を示す斜視図。

【図 21】移動体の一例としての自動車の構成を示す斜視図。

【発明を実施するための形態】

## 【 0 0 3 3 】

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 4 および図 7 を除く図 1 ~ 図 17 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。また、以下の説明では、説明の便宜上、Z 軸方向から見たときの平面視を単に「平面視」とも言う。

## 【 0 0 3 4 】

（第 1 実施形態）

< 振動デバイスの構成 >

まず、電子部品の一例としての振動デバイスの第 1 実施形態に係る振動素子として、音叉型振動片を一例として挙げ、その概略構成について図 1、図 2、および図 3 を用いて説明する。図 1 は、電子部品としての振動デバイスの第 1 実施形態に係る音叉型振動片の概略構成を模式的に示す平面図である。図 2 は、図 1 における P - P 線での断面図である。図 3 は、図 1 における Q - Q 線での断面図である。なお、説明の便宜上、図 1 においては駆動電極を除く他の電極の図示、および図 3 においては駆動電極の図示を省略している。

## 【 0 0 3 5 】

図 1、図 2、および図 3 に示すように、音叉型振動片 1 0 0 は、基部 1 1 0 と、基部 1 1 0 から + Y 軸方向に突出するように延出している一对の振動腕 1 2 0 , 1 3 0 と、基部 1 1 0 から延伸し、振動腕 1 2 0 , 1 3 0 の外側を囲む杵部 1 1 5 と、を備えている。ここで、基部 1 1 0、振動腕 1 2 0 , 1 3 0、および杵部 1 1 5 などの外形は、切欠き部 1 1 8 によって画定されている。なお、以下では、基部 1 1 0 から振動腕 1 2 0 , 1 3 0 が突出する方向に沿った方向 ( Y 軸方向に沿った方向 ) を長さ方向、延出方向、もしくは長手方向として説明し、基部 1 1 0 から振動腕 1 2 0 , 1 3 0 が突出する方向に沿った方向 ( Y 軸方向に沿った方向 ) に直交する方向 ( X 軸方向 ) を幅方向として説明する。

## 【 0 0 3 6 】

基部 1 1 0 は、括れ部 1 1 2 を介して配置された狭幅部 1 1 1 と広幅部 1 1 3 とを備えた平板状をなしている。なお、基部 1 1 0 は、括れ部 1 1 2 が設けられない形状、すなわち略矩形平板状であってもよい。振動腕 1 2 0 , 1 3 0 は、基部 1 1 0 における狭幅部 1 1 1 の + Y 側の一端から、Y 軸方向に互いに略平行に延びる一对の角柱状の振動体である。即ち、基部 1 1 0 は、基部 1 1 0 から同一方向に突出する振動腕 1 2 0 , 1 3 0 の起点となる部位である。音叉型振動片 1 0 0 を構成する基部 1 1 0、振動腕 1 2 0 , 1 3 0、および杵部 1 1 5 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、第 1 実施形態の音叉型振動片 1 0 0 は、フォトリソグラフィ法およびフッ素系ガスなどによるドライエッチング法で形成することができる。

## 【 0 0 3 7 】

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。音叉型振動片 1 0 0 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 軸方向に所定の厚みを有している。基材は、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。

## 【 0 0 3 8 】

基部 1 1 0、振動腕 1 2 0 , 1 3 0、および杵部 1 1 5 は、それぞれの外形形状を画定する側面間の間隔 ( 幅 ) を有して形成される。なお、本実施形態では、それぞれの外形形状を画定する側面間の間隔 ( 幅 ) の一例として、図 1 に振動腕 1 2 0 と振動腕 1 3 0 との間、即ち振動腕 1 2 0 の側面 1 0 3 i と振動腕 1 3 0 の側面 1 0 3 j との間の距離を間隔 A、振動腕 1 2 0 , 1 3 0 と杵部 1 1 5 との間、即ち振動腕 1 2 0 の側面 1 0 3 h および振動腕 1 3 0 の側面 1 0 3 k と杵部 1 1 5 の側面 1 1 5 a との間の距離を間隔 C、振動腕 1 2 0 , 1 3 0 の延出方向 ( Y 軸方向 ) における振動腕 1 2 0 , 1 3 0 の端側面 1 2 0 a , 1 3 0 a と杵部 1 1 5 の側面 1 1 5 a との間の距離を間隔 D として表示している。なお、本実施形態では、外形形状を画定する側面間の間隔 ( 幅 ) の内における最小幅を、振動腕 1 2 0 , 1 3 0 の延出方向 ( Y 軸方向 ) における振動腕 1 2 0 , 1 3 0 と杵部との間の間隔 D とする。なお、間隔 A , B , C , D は、それぞれの構成部位の側面が表面もしくは裏面に接する位置の寸法であり、換言すれば、間隔 A , B , C , D は、各構成部位の表面もしくは裏面に沿った間隔である。

## 【 0 0 3 9 】

振動腕 1 2 0 および振動腕 1 3 0 は、X 軸および Y 軸で規定される平面に沿った方向に、互いに逆方向に振動する。すなわち、振動腕 1 2 0 が + X 軸方向に向かい変位するときは、振動腕 1 3 0 が - X 軸方向に向かい変位し、振動腕 1 2 0 が - X 軸方向に向かい変位するときは、振動腕 1 3 0 が + X 軸方向に向かい変位する。

## 【 0 0 4 0 】

基部 1 1 0 から延伸された振動腕 1 2 0 は、表面 1 2 0 f と、表面 1 2 0 f と反対側に設けられた裏面 1 2 0 b と、表面 1 2 0 f と裏面 1 2 0 b とを接続する側面 1 0 3 h , 1 0 3 i と、を備えている。また、基部 1 1 0 から延伸された振動腕 1 3 0 は、表面 1 3 0 f と、表面 1 3 0 f と反対側に設けられた裏面 1 3 0 b と、表面 1 3 0 f と裏面 1 3 0 b

10

20

30

40

50

とを接続する側面 1 0 3 j , 1 0 3 k と、を備えている。振動腕 1 2 0 には、表面 1 2 0 f および裏面 1 2 0 b から掘り込まれ、Y 軸方向に沿って伸びる有底の凹部（溝）1 4 8 が設けられている。振動腕 1 3 0 には、表面 1 3 0 f および裏面 1 3 0 b から掘り込まれ、Y 軸方向に沿って伸びる有底の凹部（溝）1 5 8 が設けられている。なお、凹部 1 4 8 および凹部 1 5 8 の底部は、振動腕 1 2 0 , 1 3 0 を貫通しない非貫通部を構成する。

【 0 0 4 1 】

凹部 1 4 8 , 1 5 8 は、表面 1 2 0 f , 1 3 0 f もしくは裏面 1 2 0 b , 1 3 0 b に開口している。そして、凹部 1 4 8 , 1 5 8 の開口は、開口の幅（幅寸法）B よりも、開口の幅に対して直交する方向の長さ（長さ寸法）L の方が大きく、且つ開口の幅（幅寸法）B が、外形形状を画定する側面間の最小幅である間隔 D よりも小さく設定されている。なお、実施形態における開口の幅 B（B 1）とは、凹部 1 4 8 , 1 5 8 の延在方向である長さ方向（図中 Y 軸方向）に直交する方向（図中 X 軸方向）の寸法であって、凹部 1 4 8 , 1 5 8 が、表面 1 2 0 f , 1 3 0 f もしくは裏面 1 2 0 b , 1 3 0 b に接する位置の寸法である。換言すれば、凹部 1 4 8 , 1 5 8 の開口幅は、表面 1 2 0 f , 1 3 0 f もしくは裏面 1 2 0 b , 1 3 0 b に沿った凹部 1 4 8 , 1 5 8 の内側面間の間隔である。

【 0 0 4 2 】

また、凹部 1 4 8 , 1 5 8 は、図 3 に示すように、延在方向（長さ方向）に沿った断面の形状を、凹部 1 4 8（1 5 8）の底としての底部 1 4 8 t から開口（表面 1 2 0 f もしくは裏面 1 2 0 b）に向かって広がる曲線である曲線部 1 4 8 c を有している。具体的に、凹部 1 4 8（1 5 8）は、延在方向（Y 軸方向に沿った長さ方向）の中央部から、長さ方向に位置する一方の端部 1 4 8 a（1 5 8 a）および他方の端部 1 4 8 b（1 5 8 b）に向かうに従い深さが浅くなる傾斜面 1 4 8 d と、傾斜面 1 4 8 d から連続して開口に向かって曲線的に凹部 1 4 8（1 5 8）が広がる曲線部 1 4 8 c を有している。

【 0 0 4 3 】

なお、本形態では、図 3 において、振動腕 1 2 0 の凹部 1 4 8 を示し、代表例として説明しているが、振動腕 1 3 0 の凹部 1 5 8 においても同様な構成とすることができる。また、本形態では、底部 1 4 8 t と曲線部 1 4 8 c との間に設けられている傾斜面 1 4 8 d は、図 3 に示すような直線的に深さが変化する構成に変えて、曲線的に深さが変化する構成、例えば底部 1 4 8 t からアール状に曲線部 1 4 8 c に達する形状をなしている構成であってもよい。

【 0 0 4 4 】

このように、凹部 1 4 8 , 1 5 8 の開口が、開口の幅 B に対して直交する方向の長さ L が、該幅 B よりも大きく、且つ幅 B が、外形形状を画定する側面間の最小幅である間隔 D よりも小さい。また、凹部 1 4 8 , 1 5 8 は、長さの方向に沿った断面の形状を、底部 1 4 8 t から開口に向かって広がる曲線（曲線部 1 4 8 c）としている。このような凹部 1 4 8 , 1 5 8 を備えた振動腕 1 2 0 , 1 3 0 を有することにより、捻り変形などに対する剛性を備え、且つ効率的な屈曲振動が可能であるため、小型であっても振動特性の安定した振動デバイスとしての音叉型振動片 1 0 0 を提供することができる。

【 0 0 4 5 】

また、凹部 1 4 8 , 1 5 8 の開口は、延在方向（Y 軸方向に沿った長さ方向）の中央部から、長さ方向に位置する一方の端部 1 4 8 a , 1 5 8 a および他方の端部 1 4 8 b , 1 5 8 b に向かうに従って、幅（幅寸法）が狭くなっている。具体的には、凹部 1 4 8 , 1 5 8 の開口の中央部の幅（幅寸法）B から、一方の端部 1 4 8 a , 1 5 8 a および他方の端部 1 4 8 b , 1 5 8 b の幅（幅寸法）B 1 までにかけて順次狭くなっている。なお、一方の端部 1 4 8 a , 1 5 8 a および他方の端部 1 4 8 b , 1 5 8 b では、両側の内側面が曲線形状（本形態では円弧状）で接続されている。このように、両側の内側面を曲線形状で接続することにより、直線で接続する場合と比し、一方の端部 1 4 8 a , 1 5 8 a および他方の端部 1 4 8 b , 1 5 8 b における応力集中を抑制することができ、振動腕 1 2 0 , 1 3 0 の耐衝撃性を向上させることができる。

【 0 0 4 6 】



このように、凹部 148, 158 の開口が、一方の端部 148a, 158a および他方の端部 148b, 158b に向かうに従い幅（幅寸法）を狭くすることにより、振動腕 120, 130 の剛性が高まり、捻り変形などが起こり難くなり、振動を安定させることができる。

#### 【0047】

なお、上述した開口の幅とは、凹部 148, 158 の延在方向（本形態では図中 Y 軸方向）である長さ方向に直交する方向（本形態では図中 X 軸方向）である幅方向の寸法であって、凹部 148, 158 が、表面 120f, 130f もしくは裏面 120b, 130b に接する位置の寸法である。換言すれば、凹部 148, 158 の開口幅は、表面 120f もしくは裏面 120b に沿った凹部 148 の内側面間の間隔、および表面 130f もしくは裏面 130b に沿った凹部 158 の内側面間の間隔である。

10

#### 【0048】

また、凹部 148, 158 は、表面 120f, 130f もしくは裏面 120b, 130b から底部 148t（図 3 参照）までの深さ寸法 h を、振動腕 120, 130 の厚さ（Z 軸方向の寸法）寸法 H に対して、20% 以上とすることが好ましい。なお、深さ寸法 h は、凹部 148, 158 の非貫通部の内で深さの最も深い部分の寸法であり、本実施形態では、底部 148t が該当する。

#### 【0049】

凹部 148, 158 の深さ寸法 h を、上述のように設定することにより、振動腕 120, 130 の剛性を確保しつつ、凹部 148, 158 内に設ける駆動電極 121a, 122a（図 2 参照）の面積を大きくすることができるため、振動の安定および振動効率を高めることができ、例えば振動のし易さを示す特性である CI（Crystal Impedance）値を小さくすることができるなど音叉型振動片 100 の振動特性を向上させることができる。

20

#### 【0050】

なお、上述した本実施形態では、凹部 148, 158 の開口を、一方の端部 148a, 158a および他方の端部 148b, 158b に向かうに従い幅（幅寸法）を狭くする構成で説明したが、これに限らない。凹部 148, 158 の開口は、同じ幅（幅寸法）で、中央部から一方の端部 148a, 158a および他方の端部 148b, 158b に向かう構成であっても良い。

30

#### 【0051】

駆動電極 121 は、振動腕 120 の表面 120f もしくは裏面 120b の一部から側面 103h, 103i に亘って設けられている。駆動電極 122 は、振動腕 130 の表面 130f もしくは裏面 130b の一部から側面 103j, 103k に亘って設けられている。駆動電極 122a は、振動腕 120 の表面 120f もしくは裏面 120b の一部から凹部 148 内の両内壁面および底部に亘って設けられている。駆動電極 121a は、振動腕 130 の表面 130f もしくは裏面 130b の一部から凹部 158 内の両内壁面および底部に亘って設けられている。

#### 【0052】

駆動電極 121, 122 の構成は、特に限定されず、導電性を有し、薄膜形成が可能であればよい。具体的な構成としては、例えば、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）、タングステン（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。また、クロム（Cr）、クロム合金、ニッケル（Ni）などの下地層が設けられている構成であってもよい。

40

#### 【0053】

なお、図示しないが、駆動電極 121 および駆動電極 121a は、同電位が供給されるようにパターニングされており、駆動電極 122 および駆動電極 122a は、駆動電極 1

50

2 1 および駆動電極 1 2 1 a と逆電位が供給されるようにパターンニングされている。このようにパターンニングされた駆動電極 1 2 1 , 1 2 2 および駆動電極 1 2 1 a , 1 2 2 a に、交番電位を印加することにより、振動腕 1 2 0 , 1 3 0 を X 軸および Y 軸で規定される平面に沿った方向に、互いに逆方向に振動させることができる。

【 0 0 5 4 】

また、図示されていないが、振動腕 1 2 0 , 1 3 0 の先端部には、振動腕 1 2 0 , 1 3 0 より幅が広い ( X 軸方向の寸法が大きい ) 略矩形状の幅広部としての錘部が設けられていてもよい。振動腕 1 2 0 , 1 3 0 に、幅広部としての錘部が設けられている構成では、振動腕 1 2 0 , 1 3 0 の長さ ( Y 軸方向の寸法 ) の増大を抑えながら所定の駆動振動を得ることができるため、音叉型振動片 1 0 0 を小型化することが可能となる。

10

【 0 0 5 5 】

また、本形態において音叉型振動片 1 0 0 は、水晶により形成された例を用いたが、水晶以外にも、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム等の様々な圧電単結晶材料を用いることができる。

【 0 0 5 6 】

このような第 1 実施形態に係る音叉型振動片 1 0 0 によれば、振動腕 1 2 0 , 1 3 0 に非貫通部である底部を有して設けられている凹部 1 4 8 , 1 5 8 の開口の幅寸法 B , B 1 よりも、直交する方向の長さ寸法 L の方が大きく、且つ幅寸法が、外形形状を画定する側面間の最小幅 ( 本形態では間隔 D ) よりも小さい。また、図 3 に示すように凹部 1 4 8 , 1 5 8 は、長さの方向 ( Y 軸方向 ) に沿った断面の形状に、底 ( 底部 ) から開口に向かって広がる曲線部 1 4 8 c を有しているため、振動腕 1 2 0 , 1 3 0 の捻り変形などに対する剛性を高め、且つ効率的な屈曲振動が可能となる。

20

【 0 0 5 7 】

また、凹部 1 4 8 , 1 5 8 の深さ h が、振動腕 1 2 0 , 1 3 0 の厚さ H に対して 2 0 % 以上になっているため、振動腕 1 2 0 , 1 3 0 の剛性を確保しつつ、凹部 1 4 8 , 1 5 8 内に設ける駆動電極 1 2 1 a , 1 2 2 a の面積を大きくすることができるため、振動の安定および振動効率を高めることができる。

【 0 0 5 8 】

これらにより、小型であっても、例えば振動のし易さを示す特性である C I 値を小さくすることができるなど振動特性の向上と安定とを実現した振動デバイスとしての音叉型振動片 1 0 0 とすることができる。

30

【 0 0 5 9 】

< 振動デバイス ( 電子部品 ) の製造方法 >

次に、上述した電子部品としての振動デバイスの第 1 実施形態に係る音叉型振動片 1 0 0 の製造方法の一例を、図面を参照しながら説明する。図 4 は、電子部品 ( 振動デバイス ) の第 1 実施形態に係る音叉型振動片の製造方法を示す工程フロー図である。図 5 は、音叉型振動片の製造に用いるエッチングマスクを示す平面図である。なお、図 5 では、マスクキングされる部分、即ちエッチングされない部分をハッチングにて示している。図 6 は、水晶基板にエッチングマスクが配置された状態を示し、図 5 の R - R 線に相当する断面図である。図 7 は、開口幅とエッチングレートとの相関を示すグラフである。なお、音叉型振動片 1 0 0 の構成部位については、図 1 から図 3 を参照しながら説明する。また、以下に説明する製造方法は、一例であって、他の製造方法を適用して音叉型振動片 1 0 0 を製造することもできる。

40

【 0 0 6 0 】

図 4 に示すように、音叉型振動片 1 0 0 の製造方法は、音叉型振動片 1 0 0 の基材となる基板を用意する工程 ( ステップ S 1 0 1 ) と、基板にエッチングマスクを配設するエッチングマスク形成工程 ( ステップ S 1 0 3 ) と、音叉型振動片 1 0 0 の外形および凹部 1 4 8 , 1 5 8 を形成するドライエッチング工程 ( ステップ S 1 0 5 ) と、音叉型振動片 1 0 0 に電極を配設する電極形成工程 ( ステップ S 1 0 7 ) と、を含んでいる。以下、各工程の詳細について順次説明する。

50

## 【 0 0 6 1 】

なお、以下の説明における長手方向とは、上述した切欠き部 1 1 8 によって外形が形成され、凹部 1 4 8 , 1 5 8 の設けられている部位である振動腕 1 2 0 , 1 3 0 の起点となる部位（基部 1 1 0）から突出する方向（振動腕 1 2 0 , 1 3 0 の延出方向）のこと、換言すれば、凹部 1 4 8 , 1 5 8 の延在方向（図 1 に示す Y 軸方向）をいう。また、後述する第 4 実施形態のように複数の凹部が並んで設けられている場合には、複数の凹部が並んでいる方向を長手方向という。

## 【 0 0 6 2 】

〔基板を用意する工程（ステップ S 1 0 1）〕

先ず、音叉型振動片 1 0 0 の基材となる基板（水晶ウェハー）1 1 0 W（図 5 参照）を用意する。基板（水晶ウェハー）1 1 0 W は、X 軸、Y 軸及び Z 軸からなる直交座標系において、Z 軸を中心に時計回りに 0 度ないし 5 度の範囲で回転して切り出した水晶 Z 板である。基板（水晶ウェハー）1 1 0 W は、切り出した水晶 Z 板を所定の厚みに切断研磨することによって形成する。なお、一つの基板（水晶ウェハー）1 1 0 W から複数の音叉型振動片 1 0 0 の外形を画定し、最終的に個々の音叉型振動片 1 0 0 に分離することができる。

## 【 0 0 6 3 】

〔エッチングマスク形成工程（ステップ S 1 0 3）〕

次に、図 6 に示すように、基板（水晶ウェハー）1 1 0 W に、図 5 で示す平面形状のエッチングマスク 1 0 0 M を配置する。エッチングマスク 1 0 0 M は、後述するドライエッチング加工に対する耐蝕膜として、例えばニッケル（Ni）などの金属膜で構成され、リフトオフ法などを用いて形成する。リフトオフ法を用いることで、微細な間隔を有するマスク形状を実現することができる。エッチングマスク 1 0 0 M は、図 5 に示すように、音叉型振動片 1 0 0 の凹部 1 4 8 , 1 5 8 に対応する第 1 開口部 1 4 8 M , 1 5 8 M と、音叉型振動片 1 0 0 の基部 1 1 0、振動腕 1 2 0 , 1 3 0、および枠部 1 1 5 などの外形を画定する第 2 開口部 1 1 8 M とを有している。

## 【 0 0 6 4 】

第 1 開口部 1 4 8 M , 1 5 8 M は、凹部 1 4 8 , 1 5 8 の長手方向（Y 軸方向）に沿って設けられている。第 1 開口部 1 4 8 M , 1 5 8 M は、凹部 1 4 8 , 1 5 8 の該長手方向（Y 軸方向）に沿った二側面間の最大幅（本例では幅寸法 B が該当する）を形作る第 1 開口部 1 4 8 M , 1 5 8 M（後述する第 1 マスク部）の幅（本例では幅 B M が該当する）が、切欠き部 1 1 8 の開口の最小幅を形作る第 2 開口部 1 1 8 M（後述する第 2 マスク部）の幅（本例では幅 D M が該当する）よりも小さくなるように形成する。

## 【 0 0 6 5 】

また、第 1 開口部 1 4 8 M , 1 5 8 M は、凹部 1 4 8 , 1 5 8 の長手方向（図中 Y 軸方向）の中央部から両端部に向かうに従って、中央部の幅（幅寸法）B M から両端部の幅（幅寸法）B M 1 まで、順次狭くなるように形成する。また、エッチングマスク 1 0 0 M は、凹部 1 4 8 , 1 5 8 に対応する第 1 開口部 1 4 8 M , 1 5 8 M の最大幅（本例では幅 B M が該当する）に対して、切欠き部 1 1 8 に対応する第 2 開口部 1 1 8 M の最小幅（本例では幅 D M が該当する）が、10 μm 以上大きくなるように、且つ音叉型振動片 1 0 0 の凹部 1 4 8 , 1 5 8 の最小幅（本例では幅 B 1 が該当する）が 50 μm 以下となるように、第 1 開口部 1 4 8 M , 1 5 8 M を形成する。なお、第 1 開口部 1 4 8 M , 1 5 8 M が第 1 マスク部に相当し、第 2 開口部 1 1 8 M が第 2 マスク部に相当する。

## 【 0 0 6 6 】

図 7 のグラフに示されているように、後述するドライエッチング工程（ステップ S 1 0 5）におけるドライエッチング加工のエッチングレートは、図に示すエッチングマスク 1 0 0 M の開口幅によって変化する。即ち、図 7 によれば、エッチングマスク 1 0 0 M の開口幅が 50 μm 付近までは、開口幅が広い程エッチングレートが上がり（速くなる）、開口幅が 50 μm を超えるとエッチングレートは、高い（速い）状態で変化の無くなることが分る。このように、後述するドライエッチング工程（ステップ S 1 0 5）におけるエッ

10

20

30

40

50

チングレートは、幅が狭ければ狭いほど小さく（エッチングスピードが遅くなる）なる。なお、 $20\text{ }\mu\text{m}$ より開口幅が狭くなると、エッチングスピードが遅くなり過ぎてしまったり、エッチングが進まなくなったりすることにより、外形を形成するためのエッチング加工を行うことが実用上困難になる。

#### 【0067】

したがって、上述のように第1マスク部としての第1開口部148M、158Mを、長手方向の端部に向かうに従って幅が狭くなるように形成することにより、後述するドライエッチング工程（ステップS105）において、凹部148、158の開口の長手方向の端部148a、148b、158a、158bに傾斜面148d、および曲線部148cを容易に設けることができる。

10

#### 【0068】

上述のようなエッチングマスク100Mを配設して、凹部148、158の開口の長手方向の端部148a、148b、158a、158bを、曲線状の傾斜（傾斜面148d、および曲線部148c）とすることにより、凹部の形成された部位（振動腕120、130）の剛性を高めることができ、例えば捻り変形などに対する耐性を向上させることが可能となる。

#### 【0069】

また、上述のようなエッチングマスク100Mを配設して、凹部148、158の最小幅に対して、切欠き部118の開口の最小幅を $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上に設定することで、エッチングレートの差を顕著にすることができる。なお、凹部148、158の最小幅が $50\text{ }\mu\text{m}$ を超えるとエッチングレートが速くなり、切欠き部118のエッチングレートに近づき、凹部148、158が貫通してしまう虞があるため、凹部148、158の最小幅を $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下とすることが必要となる。したがって、凹部148、158の最小幅を $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下とすることにより、凹部148、158の形成と切欠き部118の形成とを、同一のドライエッチング工程により行うことが可能となる。

20

#### 【0070】

また、音叉型振動片100の凹部148、158の最小幅が、 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下になるように第1マスク部としての第1開口部148M、158Mを形成することが好ましい。このように、凹部148、158の幅を狭くすることに連れて、切欠き部118の幅を狭くできるため、より小型の音叉型振動片100を形成することができる。また、凹部148、158の最小幅を $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下とすることにより、凹部148、158の幅（幅寸法）に対する、凹部148、158の端部148a、148b、158a、158bに形成される曲線状の傾斜（傾斜面148d、および曲線部148c）の比率を大きくすることができる。

30

#### 【0071】

##### [ドライエッチング工程（ステップS105）]

次に、エッチングマスク100Mの形成された基板（水晶ウェハー）110W（図5参照）に対してドライエッチング加工を行う（ステップS105）。このドライエッチング工程（ステップS105）によって、エッチングマスク100Mのマスク118Mに相当する位置に切欠き部118が形成され、この切欠き部118によって、基部110、振動腕120、130、および枠部115などを備えた音叉型振動片100の外形が画定される。また、このドライエッチング工程（ステップS105）によって、エッチングマスク100Mのマスク148M、158Mに相当する位置に有底の凹部148、158が形成される。なお、音叉型振動片100は、振動片の一例であり、他の形態の振動片にも適用することができる。ドライエッチング加工では、 $\text{C}_4\text{F}_8$ （八フッ化シクロブタン）、 $\text{C}_2\text{F}_6$ （六フッ化エタン）、 $\text{SF}_6$ （六フッ化硫黄）、 $\text{CF}_4$ （四フッ化炭素）などのエッチングガスを用いることができる。本形態では、 $\text{C}_4\text{F}_8$ （八フッ化シクロブタン）ガスを用いてドライエッチング加工を行った例を示している。

40

#### 【0072】

上述したエッチングマスク形成工程（ステップS103）によって配置されたエッチン

50

グマスク 100M を用いたドライエッチング工程（ステップ S 105）とすることにより、一つのドライエッチング加工によって、切欠き部 118 と凹部 148, 158 とを形成することができる。即ち、切欠き部 118 によって画定された、基部 110、振動腕 120, 130、および枠部 115 など音叉型振動片 100 の外形と、振動腕 120, 130 に設けられる有底の凹部 148, 158 と、を同一のエッチング加工で形成することができる。

#### 【0073】

[ 電極形成工程（ステップ S 107） ]

次に、外形が画定された音叉型振動片 100 に、各種電極を形成する（ステップ S 107）。電極形成工程（ステップ S 107）では、少なくとも振動腕 120, 130 に、例えば、スパッタリング法や蒸着法などを用いて後述する導電材料を配設することによって、駆動電極 121, 122, 121a, 122a を形成する。図 1 および図 2 に示されているように、駆動電極 121 は、振動腕 120 の表面 120f もしくは裏面 120b の一部から側面 103h, 103i に亘って設けられている。駆動電極 122 は、振動腕 130 の表面 130f もしくは裏面 130b の一部から側面 103j, 103k に亘って設けられている。駆動電極 122a は、振動腕 120 の表面 120f もしくは裏面 120b の一部から凹部 148 内の両内壁面および底部に亘って設けられている。駆動電極 121a は、振動腕 130 の表面 130f もしくは裏面 130b の一部から凹部 158 内の両内壁面および底部に亘って設けられている。なお、駆動電極 121 および駆動電極 121a は、同電位が供給されるようにパターニングされており、駆動電極 122 および駆動電極 122a は、駆動電極 121 および駆動電極 121a と逆電位が供給されるようにパターニングされている。

#### 【0074】

駆動電極 121, 122 は、例えば、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）、タングステン（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）等の導電材料を用いることができる。また、クロム（Cr）、クロム合金、ニッケル（Ni）などの下地層を設けてもよい。

#### 【0075】

なお、ここでの説明は省略するが、駆動電極 121, 122, 121a, 122a 間を接続する接続電極、外部接続電極、および駆動電極 121, 122, 121a, 122a と外部接続電極とを結ぶ引出電極など他の電極も同様に形成することができる。

#### 【0076】

上述したような、ドライエッチング工程（ステップ S 105）および電極形成工程（ステップ S 107）を適用することにより、基部 110 と、振動腕 120, 130 と、枠部 115 との外形により画定される切欠き部 118、および振動腕 120, 130 に形成される凹部 148, 158 を、同一のドライエッチング加工によって形成することができる。加えて、ドライエッチング加工の後に振動腕 120, 130 に形成される駆動電極 121, 122, 121a, 122a などの電極を形成することができる。このように、容易に振動片としての音叉型振動片 100 を形成することができる。

#### 【0077】

上述した電子部品（振動デバイス）としての音叉型振動片 100 の製造方法によれば、凹部 148, 158 の二側面間の最大幅を形作る第 1 マスク部（第 1 開口部 148M, 158M）の幅 BM が、切欠き部 118 の開口を形作る第 2 マスク部（第 2 開口部 118M）の最小幅 DM よりも小さく形成されたエッチングマスク 100M を用い、ドライエッチング加工する。したがって、切欠き部 118（第 2 開口部 118M に相当）のエッチングスピードの方が、凹部 148, 158（第 1 開口部 148M, 158M）のエッチングスピードより速くなり、切欠き部 118 のエッチングが凹部 148, 158 のエッチングより速く進む。これにより、切欠き部 118 が形成できた時点でエッチング加工を終了する

と、有底の凹部 148, 158 を形成することができる。このように、同一のドライエッチング加工によって、貫通部としての切欠き部 118 と、有底（非貫通）の凹部 148, 158 とを形成することができ、振動デバイス（振動片としての音叉型振動片 100）の加工工程における煩雑さを解消でき、加工工数の低減に寄与することができる。

#### 【0078】

（第2実施形態）

次に、電子部品（振動デバイス）の第2実施形態に係る音叉型振動片の概略構成について図8、図9、および図10を用いて説明する。図8は、電子部品（振動デバイス）の第2実施形態に係る音叉型振動片の概略構成を模式的に示す平面図である。図9は、図8におけるP1 - P1線での断面図である。図10は、図8のP1 - P1断面における振動腕の拡大図である。なお、図8、図9、および図10では、説明の便宜上、駆動電極などの電極についての図示を省略している。また、以下では、前述の第1実施形態と同様な構成については、同符号を付してその説明を省略する。

#### 【0079】

図8、図9、および図10に示すように、第2実施形態に係る音叉型振動片200は、第1実施形態と同様に、基部110と、基部110から+Y軸方向に突出するように延出している一对の振動腕120, 130と、基部110から延伸し、振動腕120, 130の外側を囲む枠部115と、を備えている。なお、音叉型振動片200の構成の詳細については、第1実施形態と同様であるので説明を省略する。第2実施形態の音叉型振動片200は、第1実施形態の音叉型振動片100と比し、振動腕120, 130に設けられている凹部248, 258の構成が異なっている。以下、構成の異なる凹部248, 258を中心に説明する。

#### 【0080】

振動腕120, 130に設けられている凹部248, 258は、表面120f, 130fもしくは裏面120b, 130bに開口している。凹部248, 258は、底部を有する非貫通部243, 253と、底部を含むXY平面まで開口側に広がるように傾斜する傾斜面（内壁）242, 252と、凹部248および凹部258を貫通する貫通部241, 251と、を有している。凹部248, 258は、開口が振動腕120, 130の突出方向（Y軸方向）に沿って伸びる矩形形状であり、Y軸方向を長手方向、長手方向（長さ方向）に直交する方向（X軸方向）を短手方向（幅方向）としている。そして、凹部248, 258の開口は、短手方向である開口の幅（幅寸法）Bよりも、長手方向の長さ（長さ寸法）Lの方が大きく、且つ開口の幅（幅寸法）Bが、外形形状を画定する側面間の最小幅である間隔Dよりも小さく設定されている。なお、実施形態における開口の幅Bは、凹部248, 258が、表面120f, 130fもしくは裏面120b, 130bに接する位置の寸法である。

#### 【0081】

また、凹部248, 258の貫通部241, 251は、凹部248, 258の底部を含むXY平面まで開口側に広がるように傾斜する傾斜面（内壁）242, 252を含んでいる。換言すれば、凹部248, 258は、底部の幅寸法B2よりも、開口の幅寸法Bの方が大きい。このように、凹部248, 258が開口側に開いていることにより、図10に示すように、例えば、スパッタリング法や蒸着法などによる電極の形成時に、供給される電極材料が凹部248, 258の内壁（傾斜面242, 252）に付着しやすく。電極の形成を容易に行うことができる。

#### 【0082】

なお、凹部248, 258の断面形状は、第1実施形態と同様に、延在方向（長さ方向）に沿った断面の形状を、凹部248, 258の底部から開口（表面120fもしくは裏面120b）に向かって広がる曲線である曲線部や傾斜面を有していてもよい。また、第1実施形態と同様に、延在方向（長さ方向）の中央部から、長さ方向に位置する一方の端部148a, 158aおよび他方の端部148b, 158bに向かうに従い幅（幅寸法）が狭くなっている構成でもよい。

## 【0083】

また、図10に二点鎖線で示すように、凹部248の内壁面は、曲線状の内壁面242aであってもよく、同様な効果を奏する。なお、図示していないが、他方の凹部258の内面においても同様に、曲線状の内壁面252aとしてもよい。

## 【0084】

第2実施形態に係る音叉型振動片200によれば、第1実施形態の効果に加えて、凹部248、258の内面に配設される駆動電極の形成を容易に行うことができ、振動特性を維持しつつ製造コストの低減を図ることができる。

## 【0085】

(第3実施形態)

次に、電子部品(振動デバイス)の第3実施形態に係る音叉型振動片の概略構成について図11を用いて説明する。図11は、電子部品(振動デバイス)の第3実施形態に係る音叉型振動片の概略構成を模式的に示す平面図である。なお、図11では、説明の便宜上、駆動電極などの電極についての図示を省略している。また、以下では、前述の第1実施形態と同様な構成については、同符号を付してその説明を省略する。

## 【0086】

図11に示すように、第3実施形態に係る音叉型振動片300は、第1実施形態と同様に、基部110と、基部110から+Y軸方向に突出するように延出している一对の振動腕120、130と、基部110から延伸し、振動腕120、130の外側を囲む枠部115と、を備えている。なお、音叉型振動片300の構成の詳細については、第1実施形態と同様であるので説明を省略する。第3実施形態の音叉型振動片300は、第1実施形態の音叉型振動片100と比し、振動腕120、130に設けられている凹部348、358の構成が異なっている。以下、構成の異なる凹部348、358を中心に説明する。

## 【0087】

振動腕120に設けられている凹部348は、表面もしくは裏面に開口する有底の複数(本形態では五つ)の凹部348a、348b、348c、348d、348eを、振動腕120の長手方向(長さ方向)に間隔を有して並設した構成である。同様に、振動腕130に設けられている凹部358は、表面もしくは裏面に開口する有底の複数(本形態では五つ)の凹部358a、358b、358c、358d、358eを、振動腕130の長手方向(長さ方向)に間隔を有して並設した構成である。なお、複数の凹部348a~348e、358a~358eにおける断面形状は、前述した第1実施形態と同様な形態とすることができる。

## 【0088】

このように、複数(本形態では五つ)の凹部348a~348eを並設させた凹部348、および、複数(本形態では五つ)の凹部358a~358eを並設させた凹部358を振動腕120および振動腕130に設けることにより、凹部348、358を設けることによる振動腕120、130の強度低下を抑制することができ、落下などの耐衝撃性を向上させることが可能な音叉型振動片300とすることができる。

(第4実施形態)

次に、電子部品(振動デバイス)の第4実施形態に係る音叉型振動片の概略構成について図12、および図13を用いて説明する。図12は、電子部品(振動デバイス)の第4実施形態に係る音叉型振動片の概略構成を模式的に示す平面図である。図13は、図12におけるP2-P2線での断面図である。なお図12および図13では、説明の便宜上、駆動電極などの電極についての図示を省略している。また、以下では、前述の第1実施形態と同様な構成については、同符号を付してその説明を省略する。

## 【0089】

図12、および図13に示すように、第4実施形態に係る音叉型振動片400は、基部110と、基部110から+Y軸方向に突出するように延出している一对の振動腕120、130と、を備えている。第4実施形態の音叉型振動片400は、第1実施形態の音叉型振動片100に備えられている枠部115が設けられていない構成である。音叉型振動

10

20

30

40

50

片 4 0 0 における他の構成部位である基部 1 1 0 および一対の振動腕 1 2 0 , 1 3 0 は、第 1 実施形態の音叉型振動片 1 0 0 と同様である。したがって、音叉型振動片 4 0 0 において、第 1 実施形態と同様の構成については、詳細な説明を省略する。

#### 【 0 0 9 0 】

第 1 実施形態と同様に、振動腕 1 2 0 , 1 3 0 には、振動腕 1 2 0 , 1 3 0 の表面 1 2 0 f , 1 3 0 f もしくは裏面 1 2 0 b , 1 3 0 b に開口している凹部 1 4 8 , 1 5 8 が設けられている。なお、凹部 1 4 8 , 1 5 8 の説明については、第 1 実施形態と同様な事項は省略し、異なる事項について説明する。凹部 1 4 8 , 1 5 8 の開口は、開口の幅（幅寸法）B よりも、開口の幅に対して直交する方向の長さ（長さ寸法）L の方が大きく、且つ開口の幅（幅寸法）B が、外形形状を画定する側面間の最小幅である間隔 A よりも小さく設定されている。なお、本実施形態の音叉型振動片 4 0 0 のように外枠が設けられていない構成では、外形形状を画定する側面間の最小幅として、一対の振動腕 1 2 0 と振動腕 1 3 0 との間の距離である間隔 A が該当する。

#### 【 0 0 9 1 】

このように、外枠の無い構成の第 4 実施形態に係る音叉型振動片 4 0 0 においても、上述の第 1 実施形態～第 3 実施形態に係る音叉型振動片 1 0 0 , 2 0 0 , 3 0 0 と同様な効果を奏することができる。

#### 【 0 0 9 2 】

（第 5 実施形態）

次に、電子部品（振動デバイス）の第 5 実施形態に係る音叉型振動片の概略構成について図 1 4、および図 1 5 を用いて説明する。図 1 4 は、電子部品（振動デバイス）の第 5 実施形態に係る音叉型振動片の概略構成を模式的に示す平面図である。図 1 5 は、図 1 4 における S - S 線での断面図である。なお図 1 4 および図 1 5 では、説明の便宜上、駆動電極などの電極についての図示を省略している。また、以下では、前述の第 1 実施形態と同様な構成については、同符号を付してその説明を省略する。

#### 【 0 0 9 3 】

図 1 4、および図 1 5 に示すように、第 5 実施形態に係る音叉型振動片 1 0 0 は、基部 1 1 0 と、基部 1 1 0 から + Y 軸方向に突出するように延出している一対の振動腕 1 2 0 , 1 3 0 と、を備えている。そして、音叉型振動片 1 0 0 は、折り取り部 1 6 1 を介して水晶ウェハー（不図示）の支持枠部 1 6 2 に連結されている。なお、水晶ウェハーには、複数の音叉型振動片 1 0 0 を配列し、連結させることができる。本実施形態では、折り取り部 1 6 1 に、表裏面にそれぞれ開口する凹部 1 6 0 が設けられている。凹部 1 6 0 は、折り取り部 1 6 1 と枠部 1 1 5 とを接続する部分である接続部 1 6 5 に設けられ、折り取られる形状に沿って、例えば本形態では X 軸に沿った有底の溝が延設されている。なお、凹部 1 6 0 の深さは、一定もしくは略一定であってもよいし、両端部に向かって浅くなるように形成されていてもよい。凹部 1 6 0 の両端部の深さは、ドライエッチング法を用いることによって容易に設定することができる。一例として、本形態における凹部 1 6 0 では、凹部 1 6 0 の両端部に向かって平面視における幅を狭くすることによって、中央部の深さと比して両端部の深さを浅くすることができる。

#### 【 0 0 9 4 】

表裏面にそれぞれ開口する凹部 1 6 0 の開口は、開口の幅（幅寸法）B 2 よりも、開口の幅に対して直交する方向の長さ（長さ寸法）L 2 の方が大きく、且つ開口の幅（幅寸法）B 2 が、外形形状を画定する側面間の最小幅である間隔 D（切欠き部 1 6 3 を構成する間隔 E が最小幅の場合は間隔 E）よりも小さく設定されている。

#### 【 0 0 9 5 】

このような凹部 1 6 0 を備えた折り取り部 1 6 1 が設けられていることにより、接続部 1 6 5 の強度が折り取り部 1 6 1 や基部 1 1 0 よりも弱くなり、音叉型振動片 1 0 0 を水晶ウェハー（不図示）の支持枠部 1 6 2 から折り取る（切り離す）際に、折り取りを容易に、且つ確実に行うことができる。また、折り取り後の形状（折り取り形状）のバラツキを小さくすることができる。



## 【 0 0 9 6 】

また、このような凹部 1 6 0 を備えた折り取り部 1 6 1 においても、前述の第 1 実施形態の振動腕 1 2 0 , 1 3 0 に設けられている凹部 1 4 8 , 1 5 8 と同様に、同一のドライエッチング加工によって、貫通部としての切欠き部 1 1 8 および支持枠部 1 6 2 と外枠 1 1 5 の間の切欠き部 1 6 3 と、有底（非貫通）の凹部 1 6 0 とを形成することができ、振動デバイス（振動片としての音叉型振動片 1 0 0）の加工工程における煩雑さを解消でき、加工工数の低減に寄与することができる。

## 【 0 0 9 7 】

（第 6 実施形態）

次に、電子部品（振動デバイス）の第 6 実施形態に係る振動子の概略構成について図 1 6 を用いて説明する。図 1 6 は、電子部品（振動デバイス）の第 6 実施形態に係る振動子の概略構成を模式的に示す正断面図である。

## 【 0 0 9 8 】

図 1 6 に示すように、電子部品（振動デバイス）の第 6 実施形態に係る振動子 5 0 0 は、外周壁を有する基体 5 0 1 と、基体 5 0 1 の外周壁に枠部 1 1 5 が載置された第 1 実施形態に係る音叉型振動片 1 0 0 と、音叉型振動片 1 0 0 の枠部 1 1 5 に載置され、基体 5 0 1 との間に収納空間 5 0 3 を画定する蓋体 5 0 2 と、を備えている。このように、振動子 5 0 0 は、基体 5 0 1 と、音叉型振動片 1 0 0 の枠部 1 1 5 と、蓋体 5 0 2 とによってパッケージが画定され、音叉型振動片 1 0 0 の少なくとも振動腕 1 2 0 , 1 3 0 がパッケージ内の収納空間 5 0 3 に収容されている。音叉型振動片 1 0 0 の振動腕 1 2 0 , 1 3 0

## 【 0 0 9 9 】

基体 5 0 1 および蓋体 5 0 2 は、水晶材料から形成されている。基体 5 0 1 は、音叉型振動片 1 0 0 の枠部 1 1 5 の一面（裏面）にシリキサン結合（ $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ ）によって接合することができる。また、同様に、蓋体 5 0 2 は、音叉型振動片 1 0 0 の枠部 1 1 5 の他方面（表面）にシリキサン結合（ $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ ）によって接合することができる。なお、この接合は、シリキサン結合以外にも、基体 5 0 1 と、音叉型振動片 1 0 0 と、蓋体 5 0 2 との形成材料に応じて、陽極接合または樹脂接合により接合することができる。

## 【 0 1 0 0 】

また、パッケージを構成する基体 5 0 1 の外底面（-Z 軸方向の外面）には、音叉型振動片 1 0 0 の駆動電極（不図示）と電氣的に接続された端子を含む外部接続端子（不図示）が設けられている。

## 【 0 1 0 1 】

第 6 実施形態に係る振動子 5 0 0 によれば、音叉型振動片 1 0 0 に凹部 1 4 8 , 1 5 8 を備えた振動腕 1 2 0 , 1 3 0 が備えられているため、捻り変形などに対する剛性を備え、且つ効率的な屈曲振動が可能である。また、振動子 5 0 0 は、基体 5 0 1 と枠部 1 1 5 と蓋体 5 0 2 とで画定されたパッケージに音叉型振動片 1 0 0 の振動部分が収納されているため、低背型（薄型）を実現することができる。

## 【 0 1 0 2 】

なお、上述した第 6 実施形態では、第 1 実施形態の音叉型振動片 1 0 0 を用いた例で説明したがこれに限らず、第 2 実施形態の音叉型振動片 2 0 0、または第 3 実施形態の音叉型振動片 3 0 0 のいずれかを用いることとしてもよい。

## 【 0 1 0 3 】

（第 7 実施形態）

次に、電子部品（振動デバイス）の第 7 実施形態に係る振動子の概略構成について図 1 7 を用いて説明する。図 1 7 は、電子部品（振動デバイス）の第 7 実施形態に係る振動子の概略構成を模式的に示す正断面図である。

## 【 0 1 0 4 】

図 1 7 に示すように、電子部品（振動デバイス）の第 7 実施形態に係る振動子 6 0 0 は、第 4 実施形態の音叉型振動片 4 0 0 と、音叉型振動片 4 0 0 を収容するパッケージ 6 0

5 と、蓋体としてのリッド 606 とを備えている。音叉型振動片 400 の振動腕 120 , 130 には、凹部 148 , 158 が設けられている。

【0105】

パッケージ 605 は、平板上の第 1 基板 601 と、第 1 基板 601 上に、棒状の第 2 基板 602、棒状の壁部を構成する第 3 基板 603、シールリング 604 を順に積層、固着して形成され、音叉型振動片 400 が収容される凹部が形成される。第 1 基板 601、第 2 基板 602、第 3 基板 603 は、例えばセラミックスなどにより形成される。また、シールリング 604 は、例えばコパール合金などを矩形環状に型抜きして形成される。

【0106】

第 2 基板 602 は、上面に音叉型振動片 400 が接続される。第 2 基板 602 は、第 1 基板 601 と音叉型振動片 400 の振動腕 120 , 130 を含む振動部とが接触しないような空隙を設ける大きさの開口を有する棒状の形状に形成されている。第 3 基板 603 は、第 2 基板 602 の開口より広い開口を有する棒状の形状に形成されており、第 2 基板 602 上に積層され、固着される。そして第 2 基板 602 に第 3 基板 603 が積層されて第 3 基板 603 の開口の内側に現れる第 2 基板の上面に、図示しない接続パッドが配設され、接続パッドに音叉型振動片 400 が導電性接着剤 607 などによって接続される。

【0107】

更に、第 3 基板 603 の開口の上面に設けられたシールリング 604 上に、蓋体としてのリッド 606 が配置され、パッケージ 605 の開口を封止し、パッケージ 605 の内部（収納空間 608）が気密封止され、振動子 600 が得られる。リッド 606 は、例えば、42 アロイ（鉄にニッケルが 42 % 含有された合金）やコパール（鉄、ニッケルおよびコバルトの合金）等の金属、セラミックス、あるいはガラスなどを用いて形成することができる。リッド 606 は、例えば金属により形成された場合には、コパール合金などを矩形環状に型抜きして形成されたシールリング 604 を介してシーム溶接することにより、パッケージ 605 と接合される。パッケージ 605 およびリッド 606 によって形成される収納空間 608 は、音叉型振動片 400 が動作するための空間となるため、減圧空間に密閉・封止することが好ましい。

【0108】

第 7 実施形態に係る振動子 600 によれば、音叉型振動片 400 に凹部 148 , 158 を備えた振動腕 120 , 130 が備えられているため、捻り変形などに対する剛性を備え、且つ効率的な屈曲振動が可能である。また、振動子 600 は、セラミックスなど入手容易なパッケージ 605 を用いているため、低コストの振動子 600 とすることが可能である。

【0109】

なお、上述した第 7 実施形態では、第 4 実施形態の音叉型振動片 400 を用いた例で説明したがこれに限らず、第 1 実施形態の音叉型振動片 100、第 2 実施形態の音叉型振動片 200、または第 3 実施形態の音叉型振動片 300 のいずれかを用いることとしてもよい。

【0110】

なお、上述した実施形態では、振動素子としてタイミングデバイスである音叉型振動片 100 , 200 , 300 , 400 を例示して説明したが、本発明はこれに限らない。本発明が適用可能な振動素子としては、例えば、角速度を検出するジャイロセンサー素子、圧力を測定する圧力センサー素子などが挙げられる。また、パッケージの内に振動素子、および振動素子を発振させる回路素子などを収容した発振器やセンサーデバイスにも適用することができる。

【0111】

<電子機器>

次いで、電子部品（振動デバイス）としての音叉型振動片 100 , 200 , 300 , 400、もしくは振動子 500 , 600 のいずれかを適用した電子機器について、図 18、図 19、および図 20 を参照しながら詳細に説明する。なお、以下の説明では、音叉型振

10

20

30

40

50

動片 100 を適用した例を示している。

【0112】

図 18 は、本発明の電子部品（振動デバイス）の一実施形態に係る音叉型振動片 100 を備える電子機器としてのモバイル型（またはノート型）のパーソナルコンピュータ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 1100 は、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 1100 には、信号処理のタイミング源としての機能を備えた音叉型振動片 100 が内蔵されている。

10

【0113】

図 19 は、本発明の電子部品（振動デバイス）の一実施形態に係る音叉型振動片 100 を備える電子機器としての携帯電話機（PHS も含む）の構成の概略を示す斜視図である。この図において、携帯電話機 1200 は、複数の操作ボタン 1202、受話口 1204 および送話口 1206 を備え、操作ボタン 1202 と受話口 1204 との間には、表示部 1208 が配置されている。このような携帯電話機 1200 には、信号処理のタイミング源としての機能を備えた音叉型振動片 100 が内蔵されている。

【0114】

図 20 は、本発明の電子部品（振動デバイス）の一実施形態に係る音叉型振動片 100 を備える電子機器としてのデジタルスチールカメラの構成の概略を示す斜視図である。なお、この図には、外部機器との接続についても簡易的に示されている。ここで、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、デジタルスチールカメラ 1300 は、被写体の光像を CCD（Charge Coupled Device）等の撮像素子により光電変換して撮像信号（画像信号）を生成する。

20

【0115】

デジタルスチールカメラ 1300 におけるケース（ボディー）1302 の背面には、表示部 1304 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 1304 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 1306 が設けられている。

30

【0116】

撮影者が表示部 1304 に表示された被写体像を確認し、シャッターボタン 1308 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 1310 に転送、格納される。また、このデジタルスチールカメラ 1300 においては、ケース 1302 の側面に、ビデオ信号出力端子 1312 と、データ通信用の入出力端子 1314 とが設けられている。そして、図示されるように、ビデオ信号出力端子 1312 にはテレビモニター 1410 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 1420 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 1310 に格納された撮像信号が、テレビモニター 1410 や、パーソナルコンピュータ 1420 に出力される構成になっている。このようなデジタルスチールカメラ 1300 には、信号処理のタイミング源としての機能を備えた音叉型振動片 100 が内蔵されている。

40

【0117】

なお、本発明の電子部品（振動デバイス）の一実施形態に係る音叉型振動片 100 は、図 18 のパーソナルコンピュータ（モバイル型パーソナルコンピュータ）、図 19 の携帯電話機、図 20 のデジタルスチールカメラの他にも、例えば、インクジェット式吐出装置（例えばインクジェットプリンター）、ラップトップ型パーソナルコンピュータ、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、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

50

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。

【0118】

<移動体>

次いで、本発明の電子部品(振動デバイス)の一実施形態に係る音叉型振動片100, 200, 300, 400、もしくは振動子500, 600のいずれかを適用した移動体について、図21を参照しながら詳細に説明する。なお、以下の説明では、音叉型振動片100を適用した例を示している。図21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には本発明に係る音叉型振動片100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、音叉型振動片100を内蔵してタイヤ1504などを制御する電子制御ユニット1510が車体1502に搭載されている。また、音叉型振動片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。

10

【符号の説明】

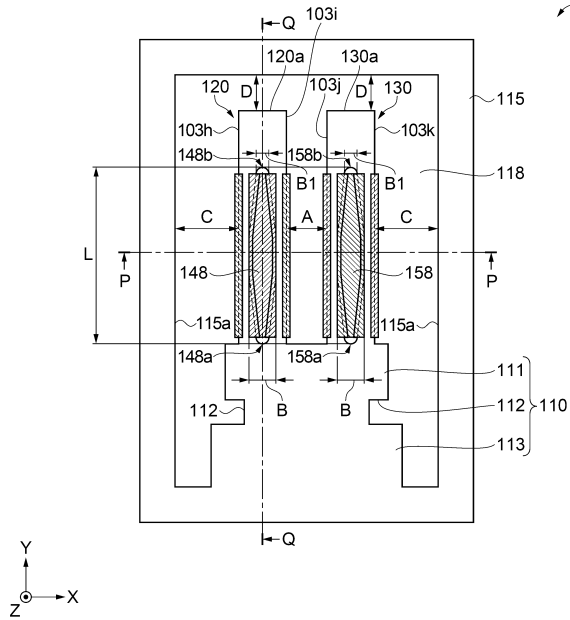
【0119】

100, 200, 300, 400...電子部品(振動デバイス)としての音叉型振動片、103h, 103i, 103j, 103k...振動腕の側面、110...基部、110W...基板(水晶ウェハー)、111...狭幅部、112...括れ部、113...広幅部、115...枠部、115a...枠部の側面、118...切欠き部、120, 130...振動腕、120a, 130a...振動腕の端側面、120f, 130f...表面、120b, 130b...裏面、121, 121a, 122, 122a...駆動電極、148, 158...凹部、148a, 158a...凹部の一方の端部、148b, 158b...凹部の他方の端部、148c...曲線部、148d...傾斜面、148t...底部、500, 600...電子部品(振動デバイス)としての振動子、1100...電子機器としてのモバイル型のパーソナルコンピューター、1200...電子機器としての携帯電話機、1300...電子機器としてのデジタルスチールカメラ、1500...移動体としての自動車、A, B, C, D...切欠き部の間隔、B(B1)...凹部の幅(幅寸法)、L...凹部の長さ(長さ寸法)。

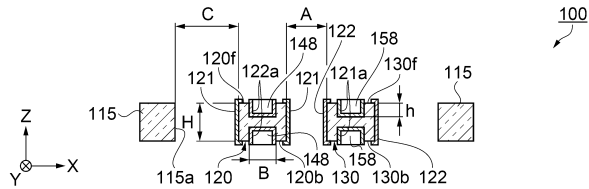
20

30

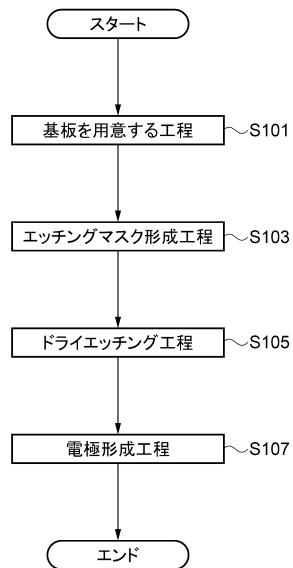
【図 1】



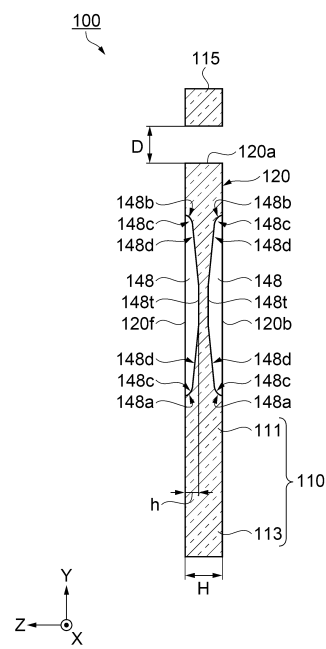
【図 2】



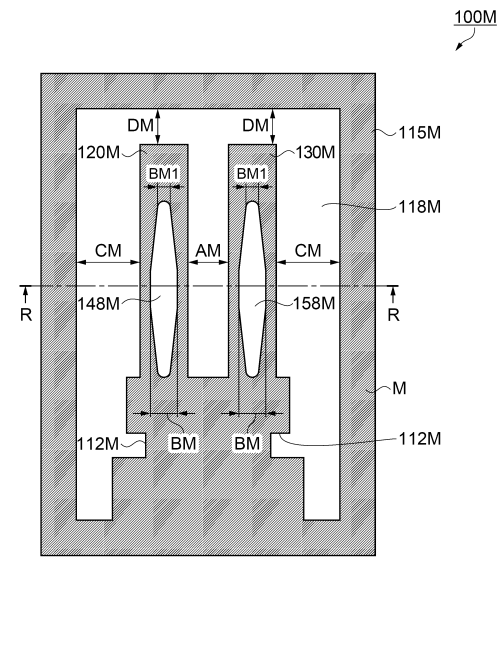
【図 4】



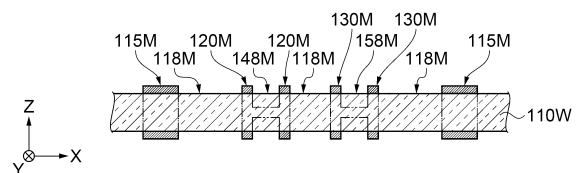
【図 3】



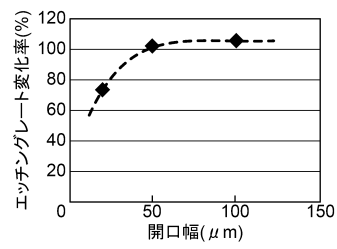
【図 5】



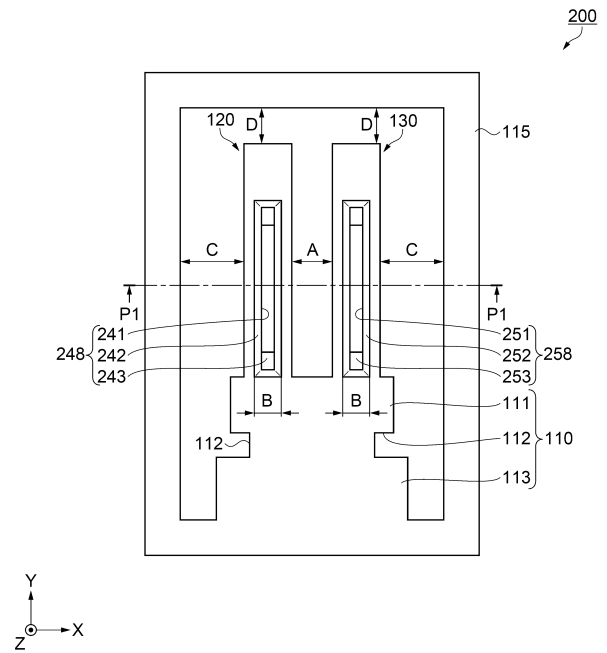
【図 6】



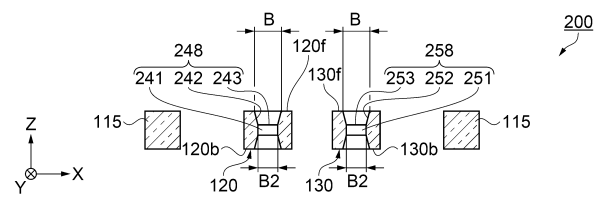
【図 7】



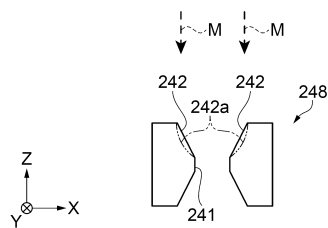
【図 8】



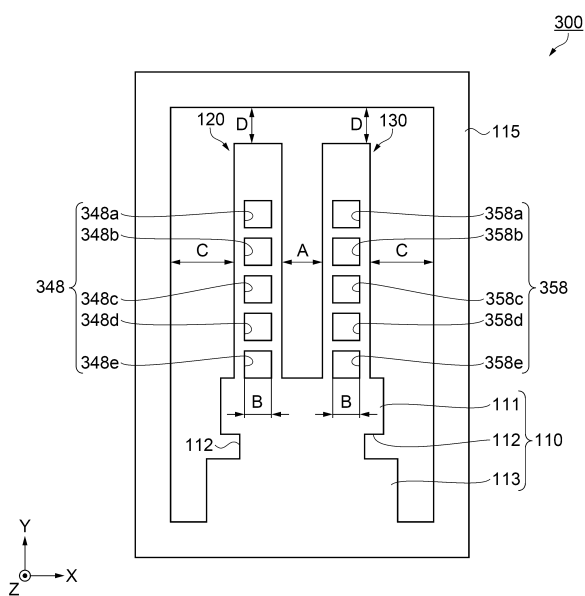
【図 9】



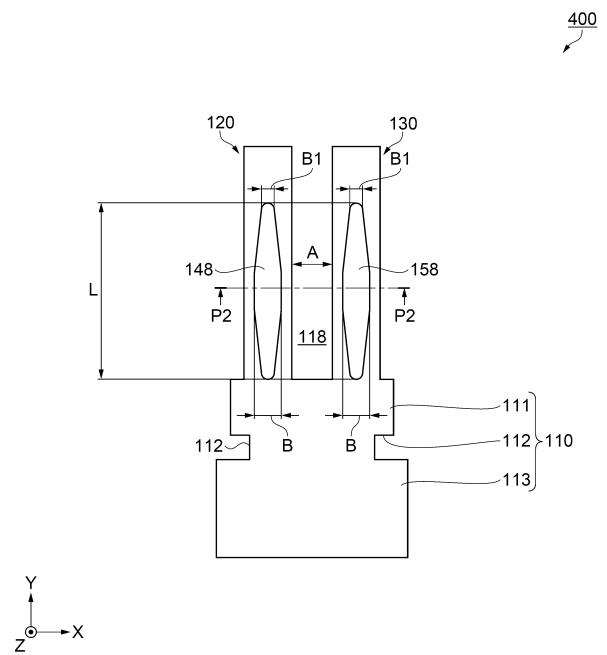
【図 10】



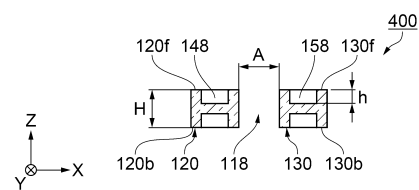
【図 11】



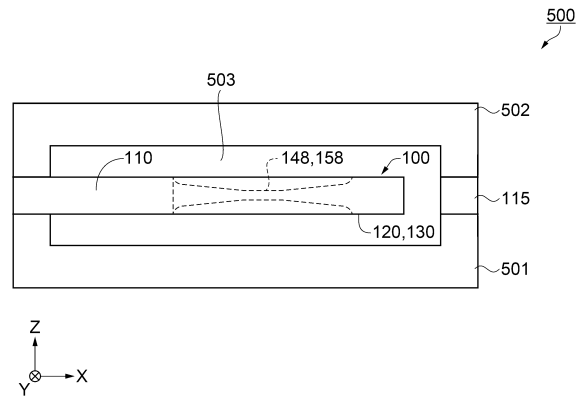
【図 12】



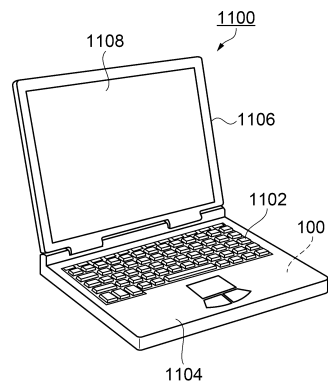
【図 13】



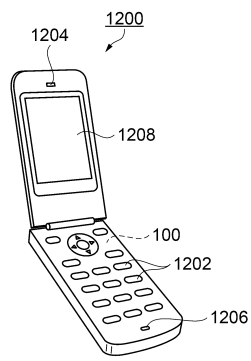
【 図 1 6 】



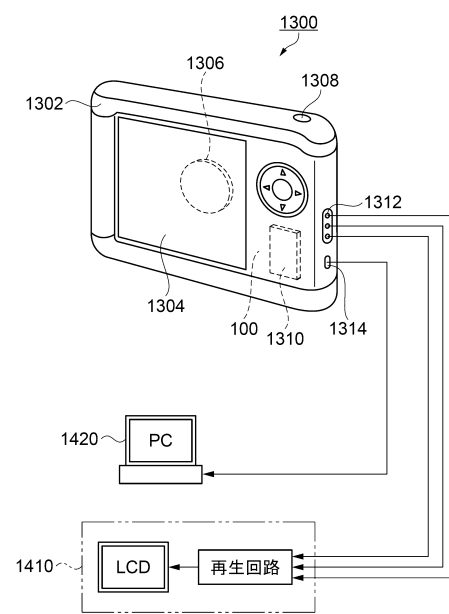
【 圖 1 8 】



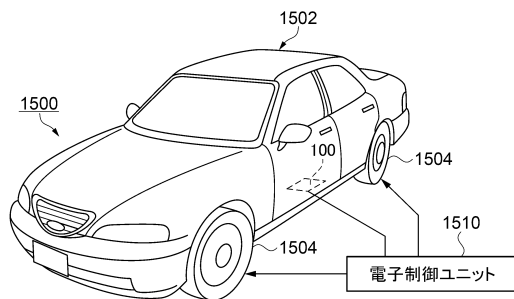
【図 19】



【図 20】



【図 21】





---

フロントページの続き

(72)発明者 菊池 尊行

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

審査官 高 橋 徳浩

(56)参考文献 特開2007-166242(JP,A)

特開2013-229733(JP,A)

特開2014-107603(JP,A)

特開2014-165910(JP,A)

特開2011-166325(JP,A)

特開2011-199330(JP,A)

特開2010-010734(JP,A)

特開2007-013382(JP,A)

特開2009-027711(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H03H3/007 - H03H3/10

H03H9/00 - H03H9/76