

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7466568号
(P7466568)

(45)発行日 令和6年4月12日(2024.4.12)

(24)登録日 令和6年4月4日(2024.4.4)

(51)国際特許分類

H 03 H 9/19 (2006.01)
H 03 H 3/02 (2006.01)

F I

H 03 H 9/19
H 03 H 3/02

D
B

請求項の数 7 (全19頁)

(21)出願番号 特願2021-561447(P2021-561447)
(86)(22)出願日 令和2年11月25日(2020.11.25)
(86)国際出願番号 PCT/JP2020/043779
(87)国際公開番号 WO2021/106921
(87)国際公開日 令和3年6月3日(2021.6.3)
審査請求日 令和4年5月19日(2022.5.19)
(31)優先権主張番号 特願2019-212985(P2019-212985)
(32)優先日 令和1年11月26日(2019.11.26)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)

(73)特許権者	000006633 京セラ株式会社 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
(74)代理人	100090033 弁理士 荒船 博司
(74)代理人	100093045 弁理士 荒船 良男
(72)発明者	本田 晃基 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内
(72)発明者	浪川 清一郎 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内
(72)発明者	中川 省吾 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 水晶素子の製造方法

(57)【特許請求の範囲】**【請求項1】**一对の振動部主面を有する振動部と、前記振動部の外縁部に前記振動部と一体になり、一对の保持部主面と保持部側面を有する保持部と、前記振動部主面に設けられた電極部と、前記保持部側面に前記一对の保持部主面と平行な方向に延在して設けられており、前記振動部の主振動に伴う副振動を抑制するための凹部及び/又は凸部と、を有する水晶素子をウェットエッティングで製造する方法であつて、

水晶の結晶軸であるX軸、Y軸及びZ軸からなる直交座標系XYZを、X軸回りに30°以上かつ50°以下回転させてX'軸、Y'軸及びZ'軸からなる直交座標系X'Y'Z'を定義したとき、

XZ'平面に平行で表裏関係にある二つのウェハ主面を有する水晶ウェハを用意し、耐食膜からなるマスクを前記二つのウェハ主面に形成する第一工程と、

前記マスクが形成された前記水晶ウェハをエッティング液に浸漬することにより、前記振動部、前記保持部並びに前記凹部及び/又は凸部を有する水晶片を前記水晶ウェハに形成する第二工程と、

前記水晶片が形成された前記水晶ウェハから前記マスクを除去する第三工程と、
を含み、

前記第一工程では、前記Y'軸の-側の前記保持部主面となる部分を保護する前記マスク

10

20

に対して、前記Y'軸の+側の前記保持部主面となる部分を保護する前記マスクを、前記Z'軸の+方向にずらして形成する、
水晶素子の製造方法。

【請求項2】

一对の振動部主面を有する振動部と、
前記振動部の外縁部に前記振動部と一体になり、一对の保持部主面と保持部側面を有する保持部と、

前記振動部主面に設けられた電極部と、

前記保持部側面に前記一对の保持部主面と平行な方向に延在して設けられており、前記振動部の主振動に伴う副振動を抑制するための凹部及び/又は凸部と、を有し、

前記保持部の厚みは前記振動部の厚みよりも大きい水晶素子をウェットエッティングで製造する方法であって、

水晶の結晶軸であるX軸、Y軸及びZ軸からなる直交座標系XYZを、X軸回りに30°以上かつ50°以下回転させてX軸、Y'軸及びZ'軸からなる直交座標系XY'Z'を定義したとき、

XZ'平面に平行で表裏関係にある二つのウェハ主面を有する水晶ウェハを用意し、耐食膜からなるマスクを前記二つのウェハ主面に形成する第一工程と、

前記マスクが形成された前記水晶ウェハをエッティング液に浸漬することにより、前記振動部、前記保持部並びに前記凹部及び/又は凸部を有する水晶片を前記水晶ウェハに形成する第二工程と、

前記水晶片が形成された前記水晶ウェハから前記マスクを除去する第三工程と、
を含み、

前記第一工程では、前記Y'軸の-側の前記保持部主面となる部分を保護する前記マスクに対して、前記Y'軸の+側の前記保持部主面となる部分を保護する前記マスクを、前記Z'軸の+方向にずらして形成する、

水晶素子の製造方法。

【請求項3】

一对の振動部主面を有する振動部と、
前記振動部の外縁部に前記振動部と一体になり、一对の保持部主面と保持部側面を有する保持部と、

前記振動部主面に設けられた電極部と、

前記保持部側面に前記一对の保持部主面と平行な方向に延在して設けられており、前記振動部の主振動に伴う副振動を抑制するための凹部及び/又は凸部と、を有し、

前記保持部の厚みは前記振動部の厚みよりも大きく、

前記振動部は平面視して略四角形である水晶素子をウェットエッティングで製造する方法であって、

水晶の結晶軸であるX軸、Y軸及びZ軸からなる直交座標系XYZを、X軸回りに30°以上かつ50°以下回転させてX軸、Y'軸及びZ'軸からなる直交座標系XY'Z'を定義したとき、

XZ'平面に平行で表裏関係にある二つのウェハ主面を有する水晶ウェハを用意し、耐食膜からなるマスクを前記二つのウェハ主面に形成する第一工程と、

前記マスクが形成された前記水晶ウェハをエッティング液に浸漬することにより、前記振動部、前記保持部並びに前記凹部及び/又は凸部を有する水晶片を前記水晶ウェハに形成する第二工程と、

前記水晶片が形成された前記水晶ウェハから前記マスクを除去する第三工程と、
を含み、

前記第一工程では、前記Y'軸の-側の前記保持部主面となる部分を保護する前記マスクに対して、前記Y'軸の+側の前記保持部主面となる部分を保護する前記マスクを、前記Z'軸の+方向にずらして形成する、

水晶素子の製造方法。

10

20

30

40

50

【請求項 4】

一対の振動部主面を有する振動部と、
前記振動部の外縁部に前記振動部と一体になり、一対の保持部主面と保持部側面を有する保持部と、

前記振動部主面に設けられた電極部と、

前記保持部側面に前記一対の保持部主面と平行な方向に延在して設けられており、前記振動部の主振動に伴う副振動を抑制するための凹部及び／又は凸部と、を有し、

前記保持部の厚みは前記振動部の厚みよりも大きく、

前記振動部は平面視して略四角形であり、

前記保持部は、平面視して前記振動部の少なくとも一辺側に位置する水晶素子をウェットエッティングで製造する方法であって、

水晶の結晶軸であるX軸、Y軸及びZ軸からなる直交座標系XYZを、X軸回りに30°以上かつ50°以下回転させてX'軸、Y'軸及びZ'軸からなる直交座標系XYZ'を定義したとき、

XZ'平面に平行で表裏関係にある二つのウェハ主面を有する水晶ウェハを用意し、耐食膜からなるマスクを前記二つのウェハ主面に形成する第一工程と、

前記マスクが形成された前記水晶ウェハをエッティング液に浸漬することにより、前記振動部、前記保持部並びに前記凹部及び／又は凸部を有する水晶片を前記水晶ウェハに形成する第二工程と、

前記水晶片が形成された前記水晶ウェハから前記マスクを除去する第三工程と、
を含み、

前記第一工程では、前記Y'軸の-側の前記保持部主面となる部分を保護する前記マスクに対して、前記Y'軸の+側の前記保持部主面となる部分を保護する前記マスクを、前記Z'軸の+方向にずらして形成する、

水晶素子の製造方法。

【請求項 5】

一対の振動部主面を有する振動部と、

前記振動部の外縁部に前記振動部と一体になり、一対の保持部主面と保持部側面を有する保持部と、

前記振動部主面に設けられた電極部と、

前記保持部側面に前記一対の保持部主面と平行な方向に延在して設けられており、前記振動部の主振動に伴う副振動を抑制するための凹部及び／又は凸部と、を有し、

前記保持部の厚みは前記振動部の厚みよりも大きく、

前記振動部は平面視して略四角形であり、

前記保持部は、平面視して前記振動部の少なくとも一辺側に位置し、

前記保持部は、素子搭載部材に接する部分を含む固定部位を有し、

前記電極部は、前記振動部主面に位置する励振電極、前記固定部位に位置する搭載電極及び、前記励振電極と前記搭載電極とを電気的に接続する配線電極を有する水晶素子をウェットエッティングで製造する方法であって、

水晶の結晶軸であるX軸、Y軸及びZ軸からなる直交座標系XYZを、X軸回りに30°以上かつ50°以下回転させてX'軸、Y'軸及びZ'軸からなる直交座標系XYZ'を定義したとき、

XZ'平面に平行で表裏関係にある二つのウェハ主面を有する水晶ウェハを用意し、耐食膜からなるマスクを前記二つのウェハ主面に形成する第一工程と、

前記マスクが形成された前記水晶ウェハをエッティング液に浸漬することにより、前記振動部、前記保持部並びに前記凹部及び／又は凸部を有する水晶片を前記水晶ウェハに形成する第二工程と、

前記水晶片が形成された前記水晶ウェハから前記マスクを除去する第三工程と、
を含み、

前記第一工程では、前記Y'軸の-側の前記保持部主面となる部分を保護する前記マスク

10

20

30

40

50

に対して、前記Y'軸の+側の前記保持部主面となる部分を保護する前記マスクを、前記Z'軸の+方向にずらして形成する、
水晶素子の製造方法。

【請求項6】

前記水晶ウェハの前記Y'軸方向の厚みが30μm以上かつ50μm以下であるとき、

前記第一工程では、前記Y'軸の-側の前記保持部主面を保護する前記マスクに対して、前記Y'軸の+側の前記保持部主面を保護する前記マスクを、前記Z'軸の+方向に10μm以上かつ20μm以下ずらして形成する、

請求項1～5のいずれか一つに記載の水晶素子の製造方法。

【請求項7】

前記水晶片が形成された前記水晶ウェハに対して、前記凹部及び/又は凸部となる部分の一部をXY'面に平行な面で切断する工程を更に含む、

請求項1～6のいずれか一つに記載の水晶素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、水晶素子の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

厚みすべり振動モードの水晶素子は、ATカットの水晶片の両主面に、金属膜パターンからなる励振電極を形成したものである。水晶デバイスは、水晶素子の圧電効果及び逆圧電効果を利用して、特定の発振周波数を発生させる。一般的な水晶デバイスは、パッケージ内に水晶素子を収容し、これを蓋体によって気密封止した構造である（例えば特開2016-139901号公報参照）。

【発明の概要】

【0005】

本開示に係る水晶素子の製造方法は、一对の振動部主面を有する振動部と、前記振動部の外縁部に前記振動部と一体になり、一对の保持部主面と保持部側面を有する保持部と、前記振動部主面に設けられた電極部と、前記保持部側面に前記一对の保持部主面と平行な方向に延在して設けられており、前記振動部の主振動に伴う副振動を抑制するための凹部及び/又は凸部と、を有する水晶素子をウェットエッチングで製造する方法であって、

水晶の結晶軸であるX軸、Y軸及びZ軸からなる直交座標系XYZを、X軸回りに30°以上かつ50°以下回転させてX軸、Y'軸及びZ'軸からなる直交座標系X'Y'Z'を定義したとき、

次の第一乃至第三工程を含む。

XZ'平面に平行で表裏関係にある二つのウェハ主面を有する水晶ウェハを用意し、耐食膜からなるマスクを前記二つのウェハ主面に形成する第一工程。

前記マスクが形成された前記水晶ウェハをエッチング液に浸漬することにより、前記振動部、前記保持部並びに前記凹部及び/又は凸部を有する水晶片を前記水晶ウェハに形成する第二工程。

前記水晶片が形成された前記水晶ウェハから前記マスクを除去する第三工程。

そして、前記第一工程では、前記Y'軸の-側の前記保持部主面となる部分を保護する前記マスクに対して、前記Y'軸の+側の前記保持部主面となる部分を保護する前記マスクを、前記Z'軸の+方向にずらして形成する。

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】実施形態1の水晶素子を示す平面図である。

【図2】図1の水晶素子における裏側を透視して見た平面図である。

【図3】図1におけるIc-Ic線断面図である。

【図4】実施形態1の水晶素子を示す斜視図である。

10

20

30

40

50

【図5】図4におけるIII-III線断面に相当する部分を示す断面図であり、凹部を形成する第一工程である。

【図6】図4におけるIII-III線断面に相当する部分を示す断面図であり、凹部を形成する第二工程である。

【図7】図4におけるIII-III線断面に相当する部分を示す断面図であり、凹部を形成する第三工程である。

【図8】実施形態1の水晶素子の他の実施例を示す斜視図である。

【図9】実施形態2の水晶デバイスを示す斜視図である。

【図10】図9におけるVb-Vb線断面図である。

【図11】実施形態2の水晶デバイスの一部を示す斜視図である。 10

【図12】実施形態3の電子機器の第一例を示す正面図である。

【図13】実施形態3の電子機器の第二例を示す正面図である。

【図14】実施形態1における保持部の第一例を示す概略平面図である。

【図15】実施形態1における保持部の第二例を示す概略平面図である。

【図16】実施形態1における保持部の第三例を示す概略平面図である。

【図17】実施形態1における保持部の第四例を示す概略平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

水晶素子では、励振電極に交番電圧を印加した際に、励振電極に挟まれている水晶片の一部が厚みすべり振動をする。このとき、厚みすべり振動以外に、副振動として屈曲振動及び輪郭振動が生じる。この副振動は、励振電極に挟まれている部分だけでなく水晶片全体に生じ、主振動である厚みすべり振動と結合しやすい。厚みすべり振動と副振動とが結合すると、振動状態が変わることにより、水晶素子の等価直列抵抗値の増大等の電気的特性の低下を招くおそれがある。 20

【0008】

本開示に係る水晶素子によれば、保持部の保持部側面に凹部及び/又は凸部を有することにより、副振動に起因する電気的特性の低下を抑制できる。

【0009】

以下、添付図面を参照しながら、本開示を実施するための形態（以下「実施形態」という。）について説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の構成要素については同一の符号を用いることにより適宜説明を省略する。図面に描かれた形状は、当業者が理解しやすいように描かれているため、実際の寸法及び比率とは必ずしも一致していない。例えば、水晶のエッティング面は、特有の異方性エッティングによって実際には複雑な形状になるが、ここでは図5乃至図7を除き簡潔に描いている。 30

【0010】

<実施形態1>

図1は実施形態1の水晶素子を示す平面図、図2は図1の水晶素子における裏側を透視して見た平面図、図3は図1におけるIc-Ic線断面図である。図4は実施形態1の水晶素子を示す斜視図である。図5乃至図7は図4におけるIII-III線断面に相当する部分を示す断面図であり、図5（第一工程）、図6（第二工程）、図7（第三工程）の順に凹部を形成する工程が進行する。以下、これらの図面に基づき説明する。 40

【0011】

本実施形態1は水晶素子に関する。表裏関係にある一対の面を「正面」とし、一対の正面に挟まれた面を「側面」とし、正面を垂直に貫く方向の寸法を「厚み」とする。また、水晶の結晶軸であるX軸、Y軸及びZ軸からなる直交座標系XYZを、X軸回りに30°以上かつ50°以下回転させて、X軸、Y'軸及びZ'軸からなる直交座標系XYZ'を定義する。各図において、X軸、Y'軸及びZ'軸の各矢印の示す方向が正（+）、その逆方向が負（-）である。

【0012】

本実施形態1の水晶素子10は、振動部11、保持部13、電極部14、及び、凹部及

び／又は凸部としての凹部 18 を備えている。振動部 11 は、一对の振動部正面 111, 112 を有する。保持部 13 は、振動部 11 の外縁部に振動部 11 と一体になり、一对の保持部正面 131, 132 と保持部側面 133, 134, 135 を有する。電極部 14 は、振動部正面 111, 112 に設けられている。凹部 18 は保持部側面 133, 135 に位置する。

【0013】

より詳しく言えば、振動部 11 は、平面状の一対の振動部正面 111, 112、及び、一对の振動部正面 111, 112 に挟まれた振動部側面 113, 114, 115 を有する。保持部 13 は、平面状の一対の保持部正面 131, 132、及び、一对の保持部正面 131, 132 に挟まれた保持部側面 133, 134, 135 を有し、振動部 11 の外縁を保持する。電極部 14 は、振動部正面 111, 112 に電圧を印加して振動部 11 に主振動を発生させる。凹部 18 は、保持部側面 133, 135 に位置し、振動部側面 113, 114, 115 には無く、主振動に伴う副振動を抑制する。

10

【0014】

上記各構成要素は、次のようにしてもよい。保持部 13 の厚みは振動部 11 の厚みよりも大きい。振動部 11 は平面視して略四角形である。保持部 13 は、平面視して振動部 11 の少なくとも一辺 116 側に位置する。保持部 13 は、素子搭載部材としての基体 61 (後述) に接する部分を含む固定部位 130 (図 2) を有する。電極部 14 は、振動部正面 111, 112 に位置する励振電極 141, 142、固定部位 130 に位置する搭載電極 151, 152、及び、励振電極 141, 142 と搭載電極 151, 152 とを電気的に接続する配線電極 161, 162 とを有する。凹部及び／又は凸部は、保持部側面 133, 135 内に窪む凹部 18 である。

20

【0015】

換言すると、水晶素子 10 は、振動部正面 111, 112 及び振動部側面 113, 114, 115 を有し、平面視して略四角形の振動部 11 と、保持部正面 131, 132 及び保持部側面 133, 134, 135 を有し、平面視して振動部 11 の少なくとも一辺 116 側に位置する保持部 13 と、振動部正面 111, 112 に位置する励振電極 141, 142 と、保持部正面 131, 132 の少なくとも一方に位置する搭載電極 151, 152 と、励振電極 141, 142 と搭載電極 151, 152 とを電気的に接続する配線電極 161, 162 と、保持部側面 133, 135 に位置し、振動部側面 113, 114, 115 には無い凹部及び／又は凸部としての凹部 18 と、を備えたものである。

30

【0016】

振動部 11 の平面形状は、略四角形に限らず、略円形又は略橢円形などとしてもよい。「略四角形」には、正方形、長方形(矩形)、及び、四隅が丸みを帯びた長方形なども含まれる。

【0017】

本実施形態 1 では、固定部位 130 である保持部正面 132 に搭載電極 151, 152 が位置する。保持部 13 は、振動部 11 の一辺 116 側だけではなく、振動部 11 の二辺、三辺又は全辺を囲むようにしてもよい。それらの具体例について、図 14 乃至図 17 に基づき説明する。図 14 に示す第一例の保持部 13a は、本実施形態 1 と同様、平面形状が略 I 字状であり、振動部 11 の第一辺 117a 側に位置する。図 15 に示す第二例の保持部 13b は、平面形状が略 L 字状であり、振動部 11 の第一辺 117a 側及び第二辺 117b 側に位置する。図 16 に示す第三例の保持部 13c は、平面形状が略コ字状であり、振動部 11 の第一辺 117a 側、第二辺 117b 側及び第三辺 117c 側に位置する。図 17 に示す第四例の保持部 13d は、平面形状が略口字状であり、振動部 11 の第一辺 117a 側、第二辺 117b 側、第三辺 117c 側及び第四辺 117d 側に位置する。保持部 13a, 13b, 13c, 13d の厚みは、振動部 11 の厚みと異ならせててもよく、例えば、振動部 11 の厚みよりも大きくしてもよく(いわゆる逆メサ型)、振動部 11 の厚みよりも小さくしてもよく(いわゆるメサ型)。保持部 13a, 13b, 13c, 13d における固定部位 130 は、全て同じ位置にあるが、それぞれ異なる位置にしてもよい

40

50

。すなわち、固定部位 130 は、保持部 13a, 13b, 13c, 13d それぞれのどの位置にあってもよい。

【0018】

凹部 18 は、保持部側面 133, 135 内に窪んだ溝状であり、保持部側面 133 を水晶素子 10 の長手方向に延びている。凹部 18 の Z' 軸方向の寸法（溝の深さ）は、一定でなくとも良く、例えば保持部側面 135 に近づくほど深くなっていてもよい。また、凹部 18 は、保持部側面 134 側に設けてもよい。「凹部及び／又は凸部」は、凹部 18 以外にも、例えば凸部又は凹凸部などとしてもよく、例えばウェットエッティング、レーザ加工又はイオンビーム加工などによって形成され、個数、位置及び形状に制限はない。

【0019】

振動部正面 111 と保持部正面 131 とは同一平面上にあり、保持部 13 の厚みは振動部 11 の厚みよりも大きい。保持部 13 は、XY' 平面に沿った二つの保持部側面 133, 134 及び Y'Z' 平面に沿った一つの保持部側面 135 を有する。凹部 18 は、保持部側面 133 から保持部側面 135 まで位置する。この場合の凹部 18 は、後述するようにウェットエッティングによって形成可能である。

10

【0020】

本実施形態 1 では、振動部 11 と保持部 13 との間に、傾斜部正面 121, 122 及び傾斜部側面 123, 124 を有する傾斜部 12 が位置する。傾斜部正面 121 は振動部正面 111 及び保持部正面 131 とともに同一平面上にあり、傾斜部正面 122 は振動部正面 112 及び保持部正面 132 を繋ぐように斜面となっている。傾斜部 12 には、傾斜部正面 121, 122 を厚み方向に貫く貫通孔 17 が形成されている。傾斜部正面 122 は、水晶片 21 の結晶軸を図示するように設定すれば、ウェットエッティングによって形成される。なお、凹部及び／又は凸部（凹部 18）は傾斜部側面 123 にあってもよい。

20

【0021】

次に、水晶素子 10 をウェットエッティングで製造する方法を実施形態 1 の製造方法として、その概要を説明する。本実施形態 1 の製造方法は、以下の第一乃至第三工程を含む。

【0022】

第一工程：XZ' 平面に平行で表裏関係にある二つのウェハ正面 201, 202 を有する水晶ウェハ 20 を用意し、耐食膜からなるマスク 31, 32 を二つのウェハ正面 201, 202 に形成する（図 5）。

30

【0023】

第二工程：マスク 31, 32 が形成された水晶ウェハ 20 をエッティング液 33 に浸漬することにより、振動部 11、保持部 13 並びに凹部及び／又は凸部（凹部 18）を有する水晶片 21 を水晶ウェハ 20 に形成する（図 4、図 6）。

【0024】

第三工程：水晶片 21 が形成された水晶ウェハ 20 からマスク 31, 32 を除去する（図 7）。

【0025】

そして、第一工程では、Y' 軸の - 側の保持部正面 131 となる部分を保護するマスク 31 に対して、Y' 軸の + 側の保持部正面 132 となる部分を保護するマスク 32 を、Z' 軸の + 方向にずらして形成する。

40

【0026】

本実施形態 1 の製造方法によれば、水晶片 21 を形成するウェットエッティングの際に、保持部 13 を保護する一方のマスク 32 を他方のマスク 31 に対して Z' 軸方向にずらすことによって凹部 18 を容易に形成できる。したがって、後述する作用及び効果を奏する水晶素子 10 を製造できる他、水晶片 21 の形成時に同時に凹部 18 も形成できることにより、凹部 18 を形成するための特別な工程を必要としないので、製造工程を簡素化できる。

【0027】

また、水晶ウェハ 20 の Y' 軸方向の厚み t が 30 μm 以上かつ 50 μm 以下であるとき、第一工程では、Y' 軸の - 側の保持部正面 131 となる部分を保護するマスク 31 に対し

50

て、Y'軸の+側の保持部主面132となる部分を保護するマスク32を、Z'軸の+方向に10μm以上かつ20μm以下ずらして形成する、としてもよい。この場合、前記10μm未満又は前記20μmを越えると、隣接する保持部13同士が凸部18aを介して繋がりやすくなるため、保持部13同士の切り離しに時間を要する。よって、前記10μm以上かつ20μm以下とすることにより、厚みのある保持部13の分離を容易化できる。

【0028】

更に、水晶片21が形成された水晶ウェハ20に対して、凹部及び/又は凸部(凹部18)となる部分の一部をXY'面に平行な面136で切断する工程を更に含む、としてもよい。この場合は、凸部18aを除去して凹部18のみを残すことができる。

【0029】

次に、凹部18をウェットエッティングで形成する場合について更に詳しく説明する。

【0030】

まず、図5に示すように、水晶片21の外形を形成するため、水晶ウェハ20にマスク31, 32を形成する。水晶ウェハ20はATカット板であり、マスク31, 32はクロム(Cr)などの耐食膜からなる。このとき、水晶ウェハ20の結晶軸を図示するように設定し、保持部主面131を保護するマスク31に対して、保持部主面132を保護するマスク32を、Z'軸方向にオフセット量zだけずらす。例えば、保持部13の厚みが30~50μmであるとき、オフセット量zは10~20μmである。

【0031】

続いて、図6に示すように、マスク31, 32を形成した水晶ウェハ20を、フッ酸などからなるエッティング液33に浸漬する。すると、マスク31, 32に覆われていない部分の水晶ウェハ20が徐々に取り除かれ、特有の立体的形状からなる凹部18が水晶片21に現れる。これは、Y軸、X軸、Z軸の順にエッティングレートが大きくなる、水晶の異方性エッティングによるものである。

【0032】

最後に、図7に示すように、マスク31, 32を除去することにより、水晶片21の外形と同時に凹部18が得られる。図7に示す凹部18はそのまま使用してもよいし、XY'面に平行な面136で凹部18を切断することにより、XY'面に平行な保持部側面133を得てもよい。なお、図7に示す凹部18をそのまま使用する場合、凹部18とともに形成される凸部18aは、「凹部及び/又は凸部」における凸部の一例である。

【0033】

次に、水晶素子10の各構成要素について更に詳しく説明する。

【0034】

水晶素子10は、厚みすべり振動モードで動作し、発振周波数(基本波)が例えば150MHz以上である。振動部11、傾斜部12及び保持部13は、一個の水晶片21からなる。励振電極141, 142、搭載電極151, 152及び配線電極161, 162は、同じ材料の金属パターンからなる。

【0035】

水晶片21は、ATカット水晶板である。すなわち、水晶において、X軸(電気軸)、Y軸(機械軸)及びZ軸(光軸)からなる直交座標系XYZを、X軸回りに30°以上かつ50°以下(一例として、35°15')回転させて直交座標系XYZ'を定義したとき、XZ'平面に平行に切り出されたウェハが水晶片21の原材料となる。そして、水晶片21の長手方向がX軸に平行、短手方向がZ'軸に平行、厚み方向がY'軸に平行である。

【0036】

水晶片21等について、寸法の一例を示す。水晶片21は、長さ(X軸方向)が750~950μm、幅(Z'軸方向)が600~800μmである。保持部13の厚み(Y'軸方向)は30~50μm、振動部11の厚み(Y'軸方向)は約6.8μm、励振電極141, 142の直径は250~400μmである。このときの発振周波数は約245MHzである。

【0037】

10

20

30

40

50

傾斜部主面 121 は振動部主面 111 及び保持部主面 131 と同一平面になっているが、傾斜部主面 122 は振動部主面 112 及び保持部主面 132 を繋ぐように斜面になっている。つまり、傾斜部 12 は、保持部 13 から離れるにつれて、厚みが薄くなる。そのため、保持部 13 側から振動部 11 側へ伝わる応力が、傾斜部 12（緩やかな段差）によって吸収又は分散される。また、振動部 11 で発生した副振動は保持部 13 へ向かうにつれて徐々に減衰するので、保持部 13 で反射する副振動による振動部 11 への影響が軽減される。したがって、傾斜部 12 によって、等価直列抵抗値の低減等が図られる。

【0038】

貫通孔 17 は、搭載電極 151, 152 と振動部 11 との間を、厚み方向に貫いている。そのため、保持部 13 側から振動部 11 側へ伝わる応力が、貫通孔 17 によって吸収又は分散される。換言すると、保持部 13 をパッケージに接続したときに、振動部 11 に生じる歪みを低減できる。また、貫通孔 17 は、振動部 11 の振動エネルギーを閉じ込める働きをする。したがって、貫通孔 17 よりて、等価直列抵抗値の低減等が図られる。更に、貫通孔 17 を傾斜部 12 に形成することにより、傾斜部 12 の作用と相俟って、これらの効果が大きくなる。

【0039】

一対の励振電極 141, 142 は、平面視して略円形であり、振動部 11 の振動部主面 111, 112 のそれぞれ略中央に設けられている。励振電極 141, 142 からは、励振に寄与しない接続用としての配線電極 161, 162 が、搭載電極 151, 152 まで伸びている。つまり、励振電極 141 は配線電極 161 を経て搭載電極 151 に導通し、励振電極 142 は配線電極 162 を経て搭載電極 152 に導通している。

【0040】

なお、励振電極 141, 142 は、略円形に限らず、例えば略楕円形又は略四角形などであってもよい。配線電極 161, 162 は、図示するものよりも幅広にすることにより、等価直列抵抗値を下げてもよい。搭載電極 151, 152 は、両方とも保持部主面 132 に位置しているが、少なくとも一方が保持部主面 131 に位置するようにしてもよい。この場合、搭載電極 151, 152 は、ワイヤによってパッケージ等に電気的に接続するようにしてもよい。

【0041】

励振電極 141, 142 等を構成する金属パターンは、例えば、クロム (Cr) からなる下地層と、金 (Au) からなる導体層と、の積層体を成している。つまり、水晶片 21 上に下地層が位置し、下地層上に導体層が位置している。下地層は、主に水晶片 21 との密着力を得る役割を果たす。導体層は、主に電気的導通を得る役割を果たす。

【0042】

金属膜を設けることを成膜というと、金属パターンの製造工程としては、水晶片に成膜後にフォトレジストパターンを形成してエッチングする方法、水晶片にフォトレジストパターンを形成後に成膜してリフトオフする方法、又は、水晶片をメタルマスクで覆い成膜する方法などが挙げられる。成膜には、スパッタ又は蒸着などが用いられる。

【0043】

水晶素子 10 は、例えば、フォトリソグラフィ技術とエッチング技術とを用いて次のように製造することができる。

【0044】

まず、ATカットの水晶ウェハ全面に耐食膜を設け、その上にフォトレジストを設ける。続いて、そのフォトレジストの上に水晶片 21 の外形（貫通孔 17 を含む。）及び振動部 11（片面のみ）のパターンが描かれたマスクを重ね、露光及び現像をすることにより一部の耐食膜を露出させ、この状態で耐食膜に対するウェットエッチングをする。その後、残った耐食膜をマスクにして、水晶ウェハに対してウェットエッチングをすることにより、水晶片 21 の外形及び振動部 11 を形成する。水晶片 21 の外形は両面エッチングになり、振動部 11 は片面エッチングになる。傾斜部主面 122 も、このウェットエッチングによって形成される。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

このとき、前述したように、両面のマスクのうち、一方のマスクを他方のマスクに対してZ'軸方向にずらすことによって、図6に示すような凹部18が同時に得られる。なお、振動部正面112はマスクで保護しないので、振動部11には凹部18が形成されない。

【 0 0 4 6 】

その後、残った耐食膜を水晶ウェハから除去し、励振電極141, 142等となる金属膜を水晶ウェハ全面に設ける。続いて、励振電極141, 142等のパターンからなるフォトレジストマスクを金属膜上に形成し、不要な金属膜をエッティングによって除去することにより、励振電極141, 142等を形成する。その後、不要なフォトレジストを除去することにより、水晶ウェハに複数の水晶素子10を形成する。最後に、この水晶ウェハから各水晶素子10に個片化することで、単体の水晶素子10が得られる。

10

【 0 0 4 7 】

水晶素子10の動作は次のとおりである。励振電極141, 142を介して、水晶片21に交番電圧を印加する。すると、水晶片21は、振動部正面111, 112が互いにずれるように厚みすべり振動を起こし、特定の発振周波数を発生させる。このように、水晶素子10は、水晶片21の圧電効果及び逆圧電効果を利用して、一定の発振周波数の信号を出力するように動作する。このとき、励振電極141, 142間の水晶片21(すなわち振動部11)の板厚が薄いほど、高い発振周波数となる。

【 0 0 4 8 】

次に、水晶素子10の作用及び効果について説明する。

20

【 0 0 4 9 】

(1) 水晶素子10によれば、保持部側面133, 135に位置し、振動部側面113, 114, 115には無い凹部及び/又は凸部(凹部18)を備えたことにより、副振動に起因する電気的特性の低下(等価直列抵抗値の増大等)を抑制できる。その理由は、次のとおりである。

【 0 0 5 0 】

水晶素子10の振動には、主振動である厚みすべり振動と、副振動である輪郭振動及び屈曲振動がある。厚みすべり振動は、励振電極141, 142に挟まれている部分が最も振動し、励振電極141, 142に挟まれていない部分にも励振電極141, 142の外縁から振動部11の外縁に向かう向きに振動が伝搬している状態となっている。副振動の一つである輪郭振動は、水晶片21の形状、例えば、振動部11においては振動部11の輪郭が変形し振動している状態となっている。また、副振動の一つである屈曲振動は、水晶片21の形状、例えば、振動部11においては振動部11のX軸に平行な向き又はZ'軸に平行な向きで屈曲するように振動している状態となっている。この副振動は、励振電極141, 142に挟まれている部分だけでなく水晶片21全体に生じ、主振動である厚みすべり振動と結合しやすい。厚みすべり振動と副振動とが結合すると、振動状態が変わることにより、水晶素子10の等価直列抵抗値の増大等の電気的特性の低下を招くおそれがある。

30

【 0 0 5 1 】

従来の水晶素子では、固定部の側面と振動部の側面とが同じ形状になっていた。一方、副振動は水晶片全体に生ずる。そのため、固定部の副振動と振動部の副振動とが似たような状態になることにより、副振動が一種の共振状態に陥って減衰しにくくなる。

40

【 0 0 5 2 】

これに対し、水晶素子10によれば、保持部側面133, 135に位置して振動部側面113, 114, 115には無い凹部及び/又は凸部(凹部18)を備えたことにより、保持部13のZ'軸に平行な長さを部分的に変えることができる。また、例えば凹部18のZ'軸方向の深さを変化させることで、X軸に平行な辺の縁部においても、X軸に平行な保持部13の長さを部分的に変えることができる。副振動である屈曲振動及び輪郭振動は振動する部分の長さ(例えば、X軸に平行な長さやZ'軸に平行な長さ)に依存しているので、その長さを部分的に変えることで、副振動である屈曲振動及び輪郭振動の振動状

50

態を部分的に変えることが可能となる。したがって、保持部 13 の副振動と振動部 11 の副振動とが異なる状態になるので、副振動が減衰しやすくなり、その結果、副振動に起因する電気的特性の低下を抑制できる。

【0053】

(2) 「凹部及び／又は凸部」は保持部側面 133, 135 内に窪む凹部 18 としてもよい。この場合は、後述するように、水晶素子 10 を導電性接着剤によってパッケージに実装する場合に、導電性接着剤が凹部 18 に入り込むことにより、導電性接着剤の接着面積が増えるので、水晶素子 10 の接合強度を向上できる。

【0054】

(3) 振動部正面 111 と保持部正面 131 とは同一平面上にあり、保持部 13 の厚みは振動部 11 の厚みよりも大きい、としてもよい。この場合は、薄い振動部 11 を厚い保持部 13 が支える構造を実現できるので、発振周波数が高くなることによって振動部 11 が薄くなってしまっても、水晶素子 10 の機械的強度を維持できる。しかも、保持部 13 の厚みを十分に確保できるので、凹部 18 を容易に形成できる。

10

【0055】

(4) 保持部 13 は X-Y' 平面に沿った二つの保持部側面 133, 134 及び Y'-Z' 平面に沿った一つの保持部側面 135 を有し、凹部 18 は保持部側面 133 (又は保持部側面 134) から保持部側面 135 まで位置する、としてもよい。この場合は、水晶片 21 を形成するウェットエッチングの際に、保持部 13 を保護する一方のマスクを他方のマスクに対して Z' 軸方向にずらすことによって凹部 18 を容易に形成できる。したがって、水晶片 21 の形成時に同時に凹部 18 も形成できることにより、凹部 18 を形成するための特別な工程を必要としないので、製造工程の簡素化を実現できる。

20

【0056】

<他の実施例>

図 8 は、実施形態 1 の水晶素子の他の実施例を示す斜視図である。以下、この図面に基づき説明する。

【0057】

本実施例の水晶素子 10a における「凹部及び／又は凸部」は、保持部側面 133 から保持部側面 135 まで位置する第一の凹部 18 と、保持部側面 134 から保持部側面 135 まで位置する第二の凹部 19 と、を含む。凹部 19 は、凹部 18 と同様に、保持部 13 の保持部側面 134, 135 内に窪んだ溝状であり、保持部側面 134 を水晶素子 10 の長手方向に延びている。凹部 19 の Z' 軸方向の寸法 (溝の深さ) は、一定でなくてもよく、例えば保持部側面 135 に近づくほど深くなっていてもよい。なお、凹部及び／又は凸部 (凹部 18, 19) は、それぞれ傾斜部側面 123, 124 にあってもよい。

30

【0058】

水晶素子 10a によれば、両保持部側面 133, 134 に凹部 18, 19 があることにより、保持部 13 の副振動と振動部 11 の副振動との違いがより大きくなるので、副振動に起因する電気的特性の低下をより抑制できる。また、両保持部側面 133, 134 に凹部 18, 19 があることにより、導電性接着剤によってパッケージに実装する場合に、接合強度をより向上できる。本実施例のその他の構成、作用及び効果は、実施形態 1 のそれらと同様である。

40

【0059】

<実施形態 2>

図 9 は実施形態 2 の水晶デバイスを示す斜視図、図 10 は図 9 における Vb-Vb 線断面図、図 11 は実施形態 2 の水晶デバイスの一部を示す斜視図である。以下、実施形態 1 の水晶素子を備えた水晶デバイスを、実施形態 2 の水晶デバイス 60 として、これらの図に基づき説明する。

【0060】

図 9 及び図 10 に示すように、本実施形態 2 の水晶デバイス 60 は、実施形態 1 の水晶素子 10 と、水晶素子 10 が位置する基体 61 と、基体 61 とともに水晶素子 10 を気密

50

封止する蓋体 6 2 と、を備えている。そして、水晶素子 1 0 は、搭載電極 1 5 1 , 1 5 2 が導電性接着剤 6 1 e によって基体 6 1 に接続されている。図 1 1 に示すように、導電性接着剤 6 1 e は凹部 1 8 内にも充填されている。

【 0 0 6 1 】

基体 6 1 は、素子搭載部材又はパッケージとも呼ばれ、基板 6 1 a と枠体 6 1 b とからなる。基板 6 1 a の上面と枠体 6 1 b の内側面と蓋体 6 2 の下面とによって囲まれた空間が、水晶素子 1 0 の収容部 6 3 となる。水晶素子 1 0 は、例えば、電子機器等で使用する基準信号を出力する。

【 0 0 6 2 】

換言すると、水晶デバイス 6 0 は、上面に一対の電極パッド 6 1 d 及び下面に四つの外部端子 6 1 c を有する基板 6 1 a と、基板 6 1 a の上面の外周縁に沿って位置する枠体 6 1 b と、一対の電極パッド 6 1 d に導電性接着剤 6 1 e を介して実装される水晶素子 1 0 と、水晶素子 1 0 を枠体 6 1 b とともに気密封止する蓋体 6 2 と、を備えている。

10

【 0 0 6 3 】

基板 6 1 a 及び枠体 6 1 b は、例えばアルミナセラミックス又はガラスセラミックス等のセラミック材料からなり、一体的に形成されて基体 6 1 となる。基体 6 1 及び蓋体 6 2 は、平面視して概ね略矩形状である。外部端子 6 1 c と電極パッド 6 1 d 及び蓋体 6 2 とは、基体 6 1 の内部又は側面に形成された導体を介して電気的に接続される。詳しく言えば、基板 6 1 a の下面の四隅に外部端子 6 1 c がそれぞれ位置する。それらのうちの二つの外部端子 6 1 c が水晶素子 1 0 に電気的に接続され、残りの二つの外部端子 6 1 c が蓋体 6 2 に電気的に接続される。外部端子 6 1 c は、電子機器等のプリント配線板などに実装するために用いられる。

20

【 0 0 6 4 】

水晶素子 1 0 は、前述したように、水晶片 2 1 と、水晶片 2 1 の上面に形成された励振電極 1 4 1 と、水晶片 2 1 の下面に形成された励振電極 1 4 2 とを有する。そして、水晶素子 1 0 は、導電性接着剤 6 1 e を介して電極パッド 6 1 d 上に接合され、安定した機械振動と圧電効果により、電子機器等の基準信号を発振する役割を果たす。

【 0 0 6 5 】

電極パッド 6 1 d は、基体 6 1 に水晶素子 1 0 を実装するためのものであり、基板 6 1 a の一辺に沿うように隣接して一対が位置する。そして、一対の電極パッド 6 1 d は、それぞれ搭載電極 1 5 1 , 1 5 2 を接続して水晶素子 1 0 の一端を固定端とし、水晶素子 1 0 の他端を基板 6 1 a の上面から離間した自由端とすることにより、片持ち支持構造にて水晶素子 1 0 を基板 6 1 a 上に固定する。

30

【 0 0 6 6 】

導電性接着剤 6 1 e は、例えば、シリコーン樹脂等のバインダの中に、導電フィラとして導電性粉末が含有されたものである。蓋体 6 2 は、例えば、鉄、ニッケル又はコバルトの少なくともいずれかを含む合金からなり、シーム溶接などによって枠体 6 1 b と接合することにより、真空状態にある又は窒素ガスなどが充填された収容部 6 3 を気密的に封止する。

【 0 0 6 7 】

40

水晶デバイス 6 0 によれば、水晶素子 1 0 を備えたことにより、安定した電気特性を発揮できる。しかも、導電性接着剤 6 1 e が凹部 1 8 に入り込むことにより、導電性接着剤 6 1 e の接着面積が増えるので、水晶素子 1 0 の接合強度を向上できる。なお、水晶デバイス 6 0 は、実施形態 1 の水晶素子 1 0 に限らず、他の実施例の水晶素子 1 0 a を備えたものとしてもよい。

【 0 0 6 8 】

< 実施形態 3 >

図 1 2 及び図 1 3 に示すように、本実施形態 3 の電子機器 7 1 , 7 2 はそれぞれ水晶デバイス 6 0 を備えている。図 1 2 に例示した電子機器 7 1 はスマートフォンであり、図 1 3 に例示した電子機器 7 2 はパーソナルコンピュータである。

50

【0069】

図9乃至図11に示すように構成された水晶デバイス60は、はんだ付け、金(Au)バンプ又は導電性接着剤などによってプリント基板に外部端子61cの底面が固定されることによって、電子機器71, 72を構成するプリント基板の表面に実装される。そして、水晶デバイス60は、例えば、スマートフォン、パーソナルコンピュータ、時計、ゲーム機、通信機、又はカーナビゲーションシステム等の車載機器などの種々の電子機器で発振源として用いられる。

【0070】

電子機器71, 72によれば、水晶デバイス60を備えたことにより、安定した電気特性に基づく高性能かつ高信頼性の動作を実現できる。

10

【0071】

<その他>

以上、上記実施形態を参照して本開示を説明したが、本開示はこれらに限定されるものではない。本開示の構成や詳細については、当業者が理解し得るさまざまな変更を加えることができる。

【0072】

本出願は2019年11月26日に出願された日本出願特願2019-212985を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

【符号の説明】**【0073】**

20

10, 10a 水晶素子

11 振動部

111, 112 振動部正面

113, 114, 115 振動部側面

116 一辺

117a 第一辺

117b 第二辺

117c 第三辺

117d 第四辺

12 傾斜部

30

121, 122 傾斜部正面

123, 124 傾斜部側面

13, 13a, 13b, 13c, 13d 保持部

130 固定部位

131, 132 保持部正面

133, 134, 135 保持部側面

136 X Y' 面に平行な面

14 電極部

141, 142 励振電極

151, 152 搭載電極

40

161, 162 配線電極

17 貫通孔

18, 19 凹部(凹部及び/又は凸部)

18a 凸部(凹部及び/又は凸部)

20 水晶ウェハ

201, 202 ウェハ正面

21 水晶片

31, 32 マスク

33 エッティング液

60 水晶デバイス

50

6 1 基体(素子搭載部材)

6 1 a 基板

6 1 b 枠体

6 1 c 外部端子

6 1 d 電極パッド

6 1 e 導電性接着剤

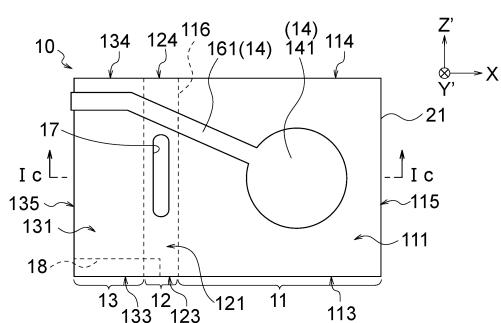
6 2 蓋体

6 3 収容部

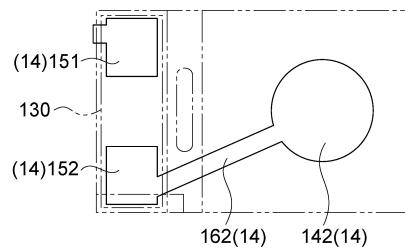
7 1 , 7 2 電子機器

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

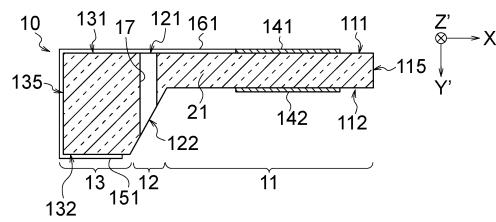
20

30

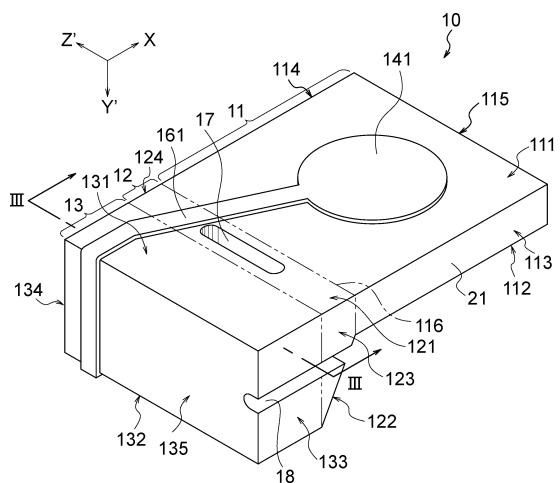
40

50

【図3】



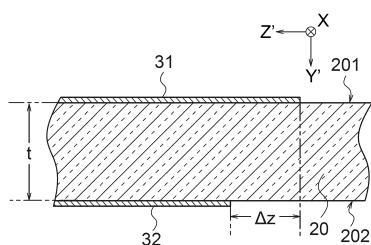
【図4】



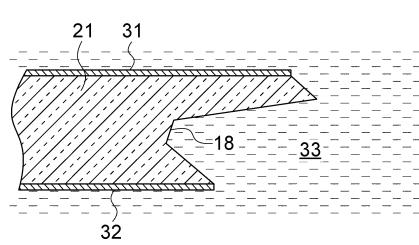
10

20

【図5】



【図6】

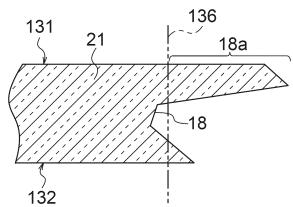


30

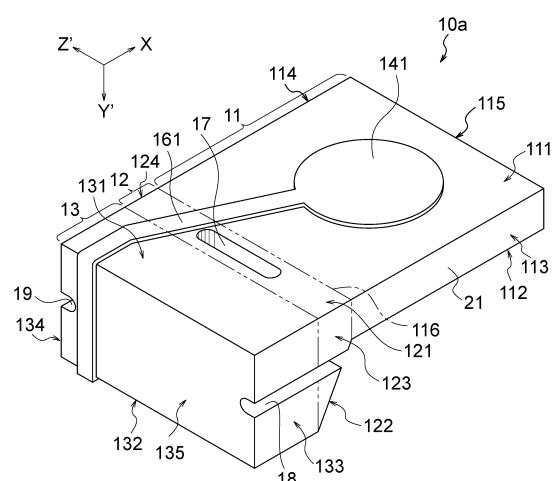
40

50

【図7】



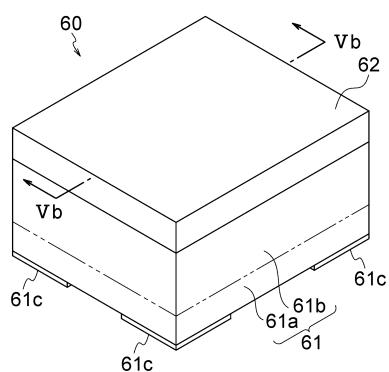
【図8】



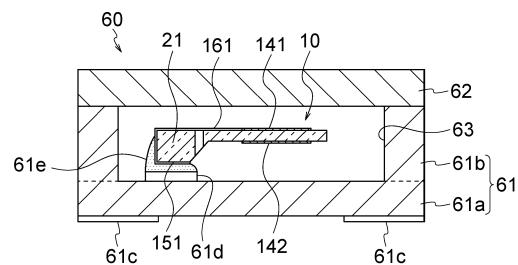
10

20

【 図 9 】



【図10】

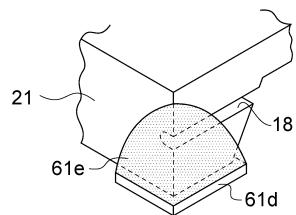


30

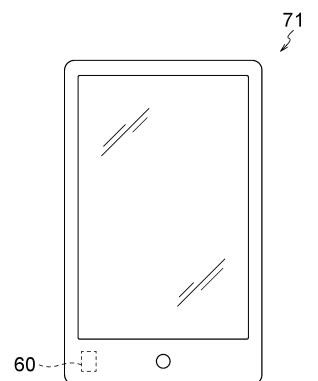
40

50

【図 1 1】

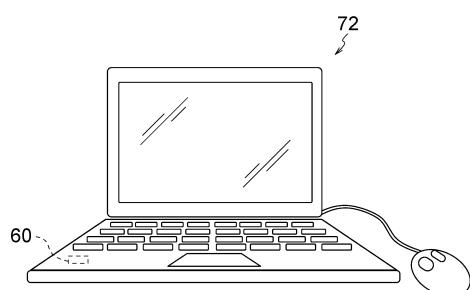


【図 1 2】



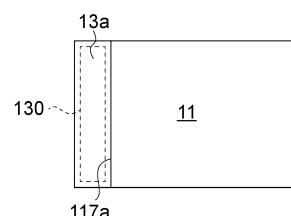
10

【図 1 3】



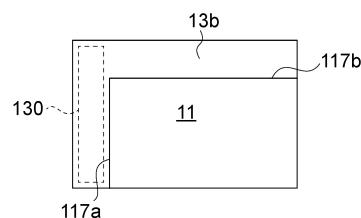
20

【図 1 4】



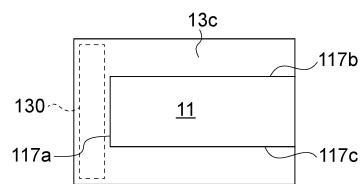
30

【図 1 5】



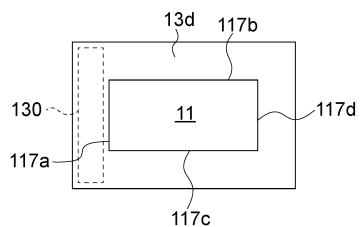
40

【図 1 6】



50

【図 1 7】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

京セラ株式会社内

審査官 竹内 亨

(56)参考文献 特開2018-164193 (JP, A)

特開2012-119856 (JP, A)

特開2018-056860 (JP, A)

国際公開第2006/114936 (WO, A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H03H 3/007 - 3/10

H03H 9/00 - 9/76