

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2024-51478

(P2024-51478A)

(43)公開日 令和6年4月11日(2024.4.11)

(51)国際特許分類 F I テーマコード(参考)  
 H 0 3 H 9/19 (2006.01) H 0 3 H 9/19 F 5 J 1 0 8

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全14頁)

(21)出願番号	特願2022-157666(P2022-157666)	(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
(22)出願日	令和4年9月30日(2022.9.30)	(74)代理人	100179475 弁理士 仲井 智至
		(74)代理人	100216253 弁理士 松岡 宏紀
		(74)代理人	100225901 弁理士 今村 真之
		(72)発明者	川内 修 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)	5J108 BB02 CC04 DD02 EE03 EE07 EE18 FF09 GG03 GG15 GG16

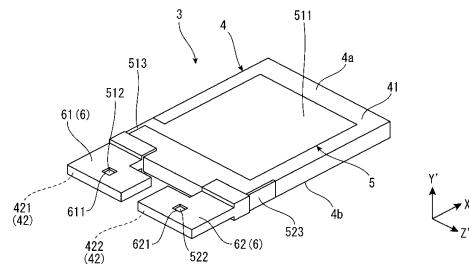
(54)【発明の名称】 振動素子

(57)【要約】

【課題】衝撃等による破損を抑制することのできる振動素子を提供すること。

【解決手段】振動素子は、互いに表裏関係にある第1面および第2面を備える板状をなし、振動部と、前記振動部を支持し前記振動部よりも厚さが小さい支持部と、を有する振動基板と、前記振動部の前記第1面に配置されている第1励振電極と、前記振動部の前記第2面に配置されている第2励振電極と、前記支持部に配置され前記第1励振電極と電氣的に接続されている第1パッド電極と、前記支持部に配置され前記第2励振電極と電氣的に接続されている第2パッド電極と、を有する電極と、前記第1パッド電極の上層に配置され、前記第1パッド電極よりも厚さが大きい第1金属膜と、前記第2パッド電極の上層に配置され、前記第2パッド電極よりも厚さが大きい第2金属膜と、を有する。

【選択図】図3



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

互いに表裏関係にある第 1 面および第 2 面を備える板状をなし、振動部と、前記振動部を支持し前記振動部よりも厚さが小さい支持部と、を有する振動基板と、

前記振動部の前記第 1 面に配置されている第 1 励振電極と、前記振動部の前記第 2 面に配置されている第 2 励振電極と、前記支持部に配置され前記第 1 励振電極と電氣的に接続されている第 1 パッド電極と、前記支持部に配置され前記第 2 励振電極と電氣的に接続されている第 2 パッド電極と、を有する電極と、

前記第 1 パッド電極の上層に配置され、前記第 1 パッド電極よりも厚さが大きい第 1 金属膜と、

前記第 2 パッド電極の上層に配置され、前記第 2 パッド電極よりも厚さが大きい第 2 金属膜と、を有することを特徴とする振動素子。

10

## 【請求項 2】

前記第 1 金属膜および前記第 2 金属膜は、それぞれ、前記振動部と前記支持部とに跨って配置されている請求項 1 に記載の振動素子。

## 【請求項 3】

前記支持部は、互いに離間して配置されている第 1 支持部および第 2 支持部を有し、

前記第 1 支持部に前記第 1 パッド電極が配置され、

前記第 2 支持部に前記第 2 パッド電極が配置されている請求項 1 に記載の振動素子。

## 【請求項 4】

前記第 1 支持部は、第 1 基部と、前記第 1 基部と前記振動部とを連結し、前記第 1 基部よりも幅が狭い第 1 連結部と、を有し、

前記第 2 支持部は、第 2 基部と、前記第 2 基部と前記振動部とを連結し、前記第 2 基部よりも幅が狭い第 2 連結部と、を有する請求項 3 に記載の振動素子。

20

## 【請求項 5】

前記第 1 金属膜は、前記第 1 支持部の表面全体を覆い、

前記第 2 金属膜は、前記第 2 支持部の表面全体を覆っている請求項 3 に記載の振動素子。

## 【請求項 6】

前記第 1 金属膜は、前記第 1 パッド電極を露出させる貫通孔を有し、

前記第 2 金属膜は、前記第 2 パッド電極を露出させる貫通孔を有する請求項 3 に記載の振動素子。

30

## 【請求項 7】

前記振動部の前記第 2 面および前記支持部の前記第 2 面は、連続する平坦面であり、

前記第 2 面側に前記第 1 金属膜および前記第 2 金属膜が配置されている請求項 1 に記載の振動素子。

## 【請求項 8】

前記第 1 金属膜の上層に配置されている第 3 金属膜と、

前記第 2 金属膜の上層に配置されている第 4 金属膜と、を有する請求項 1 に記載の振動素子。

40

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、振動素子に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

特許文献 1 に記載された振動素子は、振動基板と、振動基板に配置された電極と、を有する。また、振動基板は、振動部と、振動部の周囲に位置する支持部と、を有し、支持部が振動部よりも薄くなっている。このような振動素子は、支持部においてパッケージ等の固定対象物に固定される。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2020-123881号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

このような特許文献1の振動素子では、支持部が振動部よりも薄く、支持部において固定対象物に固定されるため、外部からの衝撃などによって振動素子の変形し易く、振動特性や電氣的接続の信頼性を低下させるおそれがある。

10

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の振動素子は、互いに表裏関係にある第1面および第2面を備える板状をなし、振動部と、前記振動部を支持し前記振動部よりも厚さが小さい支持部と、を有する振動基板と、

前記振動部の前記第1面に配置されている第1励振電極と、前記振動部の前記第2面に配置されている第2励振電極と、前記支持部に配置され前記第1励振電極と電氣的に接続されている第1パッド電極と、前記支持部に配置され前記第2励振電極と電氣的に接続されている第2パッド電極と、を有する電極と、

前記第1パッド電極の上層に配置され、前記第1パッド電極よりも厚さが大きい第1金属膜と、

20

前記第2パッド電極の上層に配置され、前記第2パッド電極よりも厚さが大きい第2金属膜と、を有する。

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】本発明の第1実施形態に係る振動子を示す断面図である。

【図2】図1の振動子が有する振動素子を示す上面図である。

【図3】振動素子の斜視図である。

【図4】図2中のA-A線断面図である。

【図5】図2中のB-B線断面図である。

30

【図6】金属膜の図示を省略した振動素子の上面図である。

【図7】振動素子の変形例を示す上面図である。

【図8】振動素子の変形例を示す上面図である。

【図9】振動素子の変形例を示す上面図である。

【図10】振動素子の製造方法を説明するための断面図である。

【図11】振動素子の製造方法を説明するための断面図である。

【図12】振動素子の製造方法を説明するための断面図である。

【図13】振動素子の製造方法を説明するための断面図である。

【図14】振動素子の製造方法を説明するための断面図である。

【図15】振動素子の製造方法を説明するための断面図である。

40

【図16】本発明の第2実施形態に係る振動素子を示す断面図である。

【図17】本発明の第2実施形態に係る振動素子を示す断面図である。

【図18】本発明の第3実施形態に係る振動素子を示す断面図である。

【図19】本発明の第3実施形態に係る振動素子を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

以下、本発明の振動素子を添付図面に示す実施形態に基づいて詳細に説明する。

【0008】

<第1実施形態>

図1は、本発明の第1実施形態に係る振動子を示す断面図である。図2は、図1の振動

50

子が有する振動素子を示す上面図である。図 3 は、振動素子の斜視図である。図 4 は、図 2 中の A - A 線断面図である。図 5 は、図 2 中の B - B 線断面図である。図 6 は、金属膜の図示を省略した振動素子の上面図である。図 7 ないし図 9 は、それぞれ、振動素子の変形例を示す上面図である。図 10 ないし図 15 は、それぞれ、振動素子の製造方法を説明するための断面図である。

【 0 0 0 9 】

図 1 に示す振動子 1 は、パッケージ 2 と、パッケージ 2 に収容された振動素子 3 と、を有する。

【 0 0 1 0 】

また、パッケージ 2 は、ベース 2 1 と、リッド 2 2 と、を有する。ベース 2 1 は、箱状をなし、その上面に開口する凹部 2 1 1 を有する。そして、凹部 2 1 1 の底面に振動素子 3 が接合部材 B 1、B 2 により実装されている。一方、リッド 2 2 は、板状をなし、凹部 2 1 1 の開口を塞ぐようにして、シールリング、低融点ガラス等の封止部材 2 3 を介してベース 2 1 の上面に接合されている。これにより、凹部 2 1 1 が気密封止され、パッケージ 2 内に収容空間 S が形成される。収容空間 S は、気密であり、減圧状態、好ましくは真空またはそれに近い状態となっている。これにより、粘性抵抗が減り、振動素子 3 の発振特性が高まる。

【 0 0 1 1 】

ベース 2 1 およびリッド 2 2 の構成材料としては、それぞれ、特に限定されない。例えば、ベース 2 1 をアルミナ、チタニア等の各種セラミック材料で構成し、リッド 2 2 をコパール等の各種金属材料で構成することができる。これにより、ベース 2 1 とリッド 2 2 との線膨張係数差が小さくなり、熱応力が生じ難いパッケージ 2 となる。

【 0 0 1 2 】

また、凹部 2 1 1 の底面には一対の内部端子 2 4 1、2 4 2 が配置され、ベース 2 1 の下面には一対の外部端子 2 5 1、2 5 2 が配置されている。内部端子 2 4 1 は、ベース 2 1 内に形成された図示しない内部配線を介して外部端子 2 5 1 と電氣的に接続されている。同様に、内部端子 2 4 2 は、前記内部配線を介して外部端子 2 5 2 と電氣的に接続されている。また、内部端子 2 4 1 は、導電性の接合部材 B 1 を介して振動素子 3 と電氣的に接続され、内部端子 2 4 2 は、導電性の接合部材 B 2 を介して振動素子 3 と電氣的に接続されている。

【 0 0 1 3 】

接合部材 B 1、B 2 としては、導電性と接合性とを兼ね備えていれば、特に限定されず、例えば、金パンプ、銀パンプ、銅パンプ、はんだパンプ等の各種金属パンプ、銀ペースト、銅ペースト等の各種導電性ペースト、ポリイミド系、エポキシ系、シリコン系、アクリル系の各種接着剤に銀フィラー等の導電性フィラーを分散させた導電性接着剤等を用いることができる。接合部材 B 1、B 2 として前者の金属パンプを用いると、接合部材 B 1、B 2 からのガスの発生を抑制でき、収容空間 S の環境変化、特に圧力の上昇を効果的に抑制することができる。また、接合部材 B 1、B 2 が濡れ広がらないため、接合部材 B 1、B 2 を狭ピッチで配置することができ、振動子 1 の小型化を図ることができる。一方、接合部材 B 1、B 2 として後者の導電性接着剤を用いると、接合部材 B 1、B 2 が金属

【 0 0 1 4 】

図 2 および図 3 に示すように、振動素子 3 は、A T カットの水晶基板である振動基板 4 と、振動基板 4 に配置された電極層 5 および金属膜 6 と、を有する。A T カットの水晶基板は、厚みすべり振動モードを有し、三次の周波数温度特性を有している。そのため、優れた温度特性を有する振動素子 3 となる。ただし、振動基板 4 のカット角は、特に限定されない。

【 0 0 1 5 】

A T カットの水晶基板について簡単に説明すると、水晶基板は、互いに直交する結晶軸である X 軸、Y 軸、Z 軸を有する。X 軸、Y 軸、Z 軸は、それぞれ、電気軸、機械軸、光

10

20

30

40

50

学軸と呼ばれる。ATカットの水晶基板は、X-Z面をX軸回りに所定の角度 回転させた平面に沿って切り出された「回転Yカット水晶基板」であり、 $\theta = 35^\circ 15'$  回転させた平面に沿って切り出した基板を「ATカット水晶基板」という。なお、以下では、角度  $\theta$  に対応してX軸まわりに回転したY軸およびZ軸をY'軸およびZ'軸とする。すなわち、水晶基板は、Y'軸方向に厚みを有し、X-Z'面方向に広がりをもつ。また、以下では、各軸の矢印先端側を「プラス側」とも言い、その反対側を「マイナス側」とも言う。

#### 【0016】

振動基板4は、板状であり、表裏関係にある第1面としての上面4aと第2面としての下面4bと、を有する。また、振動基板4は、平面視で、矩形、特にX軸方向を長手とする長方形である。ただし、振動基板4の平面視形状は、特に限定されない。また、振動基板4は、振動部41と、振動部41を支持する支持部42と、を有する。また、支持部42は、振動部41のX軸方向マイナス側に位置している。このような振動素子3は、図2に示すように、支持部42において接合部材B1、B2を介してベース21に固定されている。

10

#### 【0017】

なお、本実施形態では、振動部41は、全体が均一な厚みを有する構成となっているが、これに限定されず、所謂「メサ型」、「逆メサ型」であってもよい。

#### 【0018】

また、支持部42は、振動部41よりも厚さが小さい。つまり、図4および図5に示すように、振動部41の厚さを $t_1$ とし、支持部42の厚さを $t_2$ としたとき、 $t_2 < t_1$ である。これにより、支持部42が変形し易くなり、ベース21から加わる応力、特にベース21と振動基板4との線膨張係数差に起因した熱応力を効果的に吸収、緩和することができる。そのため、振動部41に応力が伝わり難くなり、振動特性の変動を効果的に抑制することができる。したがって、優れた振動特性を有する振動素子3となる。

20

#### 【0019】

$t_1$ は、特に限定されず、振動素子3の周波数によっても異なるが、例えば、 $30\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下程度とすることができる。また、 $t_2$ としては、特に限定されず、振動部41の寸法などによっても異なるが、例えば、 $5\mu\text{m}$ 以上 $15\mu\text{m}$ 程度とすることが好ましく、 $10\mu\text{m}$ 程度とすることがより好ましい。これにより、支持部42が十分に柔らかくなり、ベース21からの応力をより効果的に吸収、緩和することができる。

30

#### 【0020】

また、支持部42は、上下両側に凹んで形成されている。つまり、支持部42の上面4aは、振動部41の上面4aよりも下側に位置し、支持部42の下面4bは、振動部41の下面4bよりも上側に位置している。そして、振動部41の厚さ中心と支持部42の厚さ中心とが同じX-Z'平面上に位置している。したがって、振動基板4は、上下対称の形状となる。これにより、振動素子3をベース21に対して上下どちらの向きでも実装することができるため、振動子1の製造が容易となる。

#### 【0021】

また、図6に示すように、支持部42は、2つに分割されており、Z'軸方向に並んで互いに離間して配置された第1支持部421および第2支持部422を有する。第1、第2支持部421、422は、振動部41の中心を通りX軸方向に延びる中心線に対して対称的に配置されている。

40

#### 【0022】

また、第1支持部421は、第1基部421aと、第1基部421aと振動部41との間に位置し、これらを連結する第1連結部421bと、を有する。同様に、第2支持部422は、第2基部422aと、第2基部422aと振動部41との間に位置し、これらを連結する第2連結部422bと、を有する。そして、第1基部421aが接合部材B1と接合され、第2基部422aが接合部材B2と接合されている。このような構成によれば、第1、第2支持部421、422が離間または接近するように支持部42が変形するこ

50

とで、ベース 2 1 から加わる応力をより効果的に吸収、緩和することができる。そのため、ベース 2 1 からの応力が振動部 4 1 により伝わり難くなり、振動特性の変動を効果的に抑制することができる。したがって、優れた振動特性を有する振動素子 3 となる。

#### 【 0 0 2 3 】

ここで、第 1 連結部 4 2 1 b の幅  $W 1 b$  は、第 1 基部 4 2 1 a の幅  $W 1 a$  よりも小さい。つまり、 $W 1 b < W 1 a$  である。同様に、第 2 連結部 4 2 2 b の幅  $W 2 b$  は、第 2 基部 4 2 2 a の幅  $W 2 a$  よりも小さい。つまり、 $W 2 b < W 2 a$  である。これにより、第 1 支持部 4 2 1 および第 2 支持部 4 2 2 の根元部分がそれぞれ柔らかくなり、第 1 支持部 4 2 1 および第 2 支持部 4 2 2 がそれぞれ変形し易くなる。したがって、支持部 4 2 がさらに変形し易くなり、ベース 2 1 から加わる応力をより効果的に吸収、緩和することができる。そのため、ベース 2 1 からの応力が振動部 4 1 により伝わり難くなり、振動特性の変動を効果的に抑制することができる。

10

#### 【 0 0 2 4 】

図 6 に示すように、電極層 5 は、振動部 4 1 の上面 4 a に配置された第 1 励振電極 5 1 1 と、振動部 4 1 の下面 4 b に第 1 励振電極 5 1 1 と対向して配置された第 2 励振電極 5 2 1 と、第 1 支持部 4 2 1 に配置された第 1 パッド電極 5 1 2 と、第 2 支持部 4 2 2 に配置された第 2 パッド電極 5 2 2 と、第 1 励振電極 5 1 1 と第 1 パッド電極 5 1 2 とを電気的に接続する第 1 接続電極 5 1 3 と、第 2 励振電極 5 2 1 と第 2 パッド電極 5 2 2 とを電気的に接続する第 2 接続電極 5 2 3 と、を有する。そして、第 1 パッド電極 5 1 2 が接合部材 B 1 を介して内部端子 2 4 1 と電気的に接続され、第 2 パッド電極 5 2 2 が接合部材 B 2 を介して内部端子 2 4 2 と電気的に接続されている。これにより、パッケージ 2 と振動素子 3 とが電気的に接続される。

20

#### 【 0 0 2 5 】

また、第 1 パッド電極 5 1 2 は、第 1 支持部 4 2 1 の表面全体に形成され、第 2 パッド電極 5 2 2 は、第 2 支持部 4 2 2 の表面全体に形成されている。ただし、第 1、第 2 パッド電極 5 1 2、5 2 2 の配置は、特に限定されない。

#### 【 0 0 2 6 】

このような電極層 5 は、振動基板 4 の表面に成膜した金属膜をフォトリソグラフィー技法およびエッチング技法を用いてパターンングすることで形成されている。なお、電極層 5 の構成としては、導電性を有していれば、特に限定されないが、例えば、Cr (クロム) の下地層と Au (金) 層の表層との積層体で構成することができる。また、電極層 5 の厚さは、特に限定されないが、3000 程度である。

30

#### 【 0 0 2 7 】

前述したように、振動素子 3 では、支持部 4 2 を振動部 4 1 よりも薄くすることによりベース 2 1 から加わる応力を吸収、緩和しているが、その分、機械的強度が低下し、衝撃によって破損するおそれがある。そこで、振動素子 3 は、支持部 4 2 を補強するための金属膜 6 をさらに有する。

#### 【 0 0 2 8 】

図 2 ないし図 5 に示すように、金属膜 6 は、第 1 パッド電極 5 1 2 上に配置され、第 1 支持部 4 2 1 を補強する第 1 金属膜 6 1 と、第 2 パッド電極 5 2 2 上に配置され、第 2 支持部 4 2 2 を補強する第 2 金属膜 6 2 と、を有する。これにより、支持部 4 2 の強度が高められ、振動素子 3 の耐衝撃性を高めることができる。なお、支持部 4 2 を薄くし、足りない分の強度を第 1、第 2 金属膜 6 1、6 2 で補う構成とすることで、支持部 4 2 の粘り強さが増し、応力の吸収、緩和と機械的強度の確保とをバランスよく両立することができる。

40

#### 【 0 0 2 9 】

なお、本実施形態では、金属膜 6 は、第 1、第 2 パッド電極 5 1 2、5 2 2 上に直接配置されているが、これに限定されない。つまり、金属膜 6 は、第 1、第 2 パッド電極 5 1 2、5 2 2 との間にも他の金属層を介して配置されていてもよい。言い換えると、金属膜 6 は、第 1、第 2 パッド電極 5 1 2、5 2 2 の上層に配置されていればよい。

50

## 【0030】

また、第1金属膜61は、第1支持部421の表面全体を覆っている。これにより、第1支持部421をより効果的に補強することができる。また、第1金属膜61は、第1支持部421と振動部41とに跨って配置されている。これにより、応力が集中し易い箇所である第1支持部421と振動部41との境界部が第1金属膜61で覆われ、当該部分の機械的強度が向上する。

## 【0031】

また、第2金属膜62は、第2支持部422の表面全体を覆っている。これにより、第2支持部422をより効果的に補強することができる。また、第2金属膜62は、第2支持部422と振動部41とに跨って配置されている。これにより、応力が集中し易い箇所である第2支持部422と振動部41との境界部が第2金属膜62で覆われ、当該部分の機械的強度が向上する。

## 【0032】

第1、第2金属膜61、62の厚さ $t_6$ は、電極層5の厚さ $t_5$ よりも大きい。つまり、 $t_6 > t_5$ である。なお、厚さ $t_6$ 、 $t_5$ は、平均厚さを意味する。これにより、第1、第2金属膜61、62により支持部42を効果的に補強することができる。厚さ $t_6$ としては、特に限定されず、振動基板4の寸法等によっても異なるが、例えば、 $5\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。これにより、第1、第2金属膜61、62が十分に厚くなり、振動基板4の補強効果がより顕著となる。

## 【0033】

なお、第1、第2金属膜61、62の構成材料としては、特に限定されないが、本実施形態では、ニッケル(Ni)で構成されている。これにより、高い強度の第1、第2金属膜61、62が得られる。また、めっき法を用いることで第1、第2金属膜61、62を容易に厚く形成することができる。

## 【0034】

また、第1基部421aの上面4aおよび下面4bに位置する第1金属膜61には少なくとも1つの貫通孔611が形成され、貫通孔611から第1パッド電極512が露出している。同様に、第2基部422aの上面4aおよび下面4bに位置する第2金属膜62には少なくとも1つの貫通孔621が形成され、貫通孔621から第2パッド電極522が露出している。

## 【0035】

第1金属膜61は、導電性を有するため、第1金属膜61を接合部材B1と接合することにより、第1金属膜61を介して第1パッド電極512と接合部材B1とを電氣的に接続することができる。しかしながら、酸化によって第1金属膜61が十分な導電性を発揮できないおそれがある。そこで、第1金属膜61から第1パッド電極512を露出させ、当該部分において第1パッド電極512と接合部材B1とを直接接合することにより、第1金属膜61の状態に関わらず、これらをより確実に導通することができる。なお、貫通孔621の形状、数、配置などは、特に限定されない。第2金属膜62についても同様である。

## 【0036】

以上、振動素子3の構成について説明した。ただし、振動素子3の構成は、特に限定されず、例えば、図7ないし図9のような構成であってもよい。なお、図7ないし図9では、説明の便宜上、電極層5および金属膜6の図示を省略している。例えば、本実施形態では、第1支持部421において第1連結部421bが第1基部421aに対して振動基板4の外縁側に偏って配置され、第2支持部422において第2連結部422bが第2基部422aに対して振動基板4の外縁側に偏って配置されているが、これに限定されず、例えば、図7に示すように、第1支持部421において第1連結部421bが第1基部421aに対して振動基板4の内側に偏って配置され、第2支持部422において第2連結部422bが第2基部422aに対して振動基板4の内側に偏って配置されていてもよい。また、図8および図9に示すように、第1、第2連結部421b、422bがそれぞれZ

10

20

30

40

50

軸方向に並んで複数形成されていてもよい。

#### 【0037】

次に、振動素子3の製造方法について説明する。まず、図10に示すように、振動基板4の母材であるATカットの水晶基板400を準備する。水晶基板400は、振動基板4よりも大きく、水晶基板400から複数の振動基板4を形成することができる。次に、図11に示すように、水晶基板400をフォトリソグラフィー技法およびエッチング技法を用いてパターンングし、振動基板4を形成する。次に、図12に示すように、振動基板4に電極層5を形成する。電極層5は、振動基板4の表面に金属膜を成膜し、製膜した金属膜をフォトリソグラフィー技法およびエッチング技法を用いてパターンングすることで形成することができる。次に、図13に示すように、振動基板4上に、第1、第2金属膜61、62を成膜する領域が開口するマスクMを形成する。次に、図14に示すように、無電解めっき法により、振動基板4の表面に金属膜6を成膜する。最後に、図15に示すように、マスクMを除去する。これにより、振動素子3が得られる。このような製造方法によれば、簡単に振動素子3を製造することができる。

10

#### 【0038】

以上、振動子1について説明した。このような振動子1に含まれる振動素子3は、前述したように、互いに表裏関係にある第1面である上面4aおよび第2面である下面4bを備える板状をなし、振動部41と、振動部41を支持し振動部41よりも厚さが小さい支持部42と、を有する振動基板4と、振動部41の上面4aに配置されている第1励振電極511と、振動部41の下面4bに配置されている第2励振電極521と、支持部42に配置され第1励振電極511と電気的に接続されている第1パッド電極512および第2励振電極521と電気的に接続されている第2パッド電極522と、を有する電極層5と、第1パッド電極512の上層に配置され、第1パッド電極512よりも厚さが大きい第1金属膜61と、第2パッド電極522の上層に配置され、第2パッド電極522よりも厚さが大きい第2金属膜62と、を有する。このような構成によれば、支持部42が変形し易くなり、ベース21から加わる応力を効果的に吸収、緩和することができる。そのため、振動部41に応力が伝わり難くなり、応力に起因する振動特性の変動を効果的に抑制することができる。したがって、優れた振動特性を有する振動素子3となる。さらに、支持部42に第1、第2金属膜61、62を配置することで、支持部42が補強され、耐衝撃性に優れた振動素子3となる。

20

30

#### 【0039】

また、前述したように、第1金属膜61および第2金属膜62は、それぞれ、振動部41と支持部42とに跨って配置されている。これにより、応力が集中し易い箇所である支持部42と振動部41との境界部が第1、第2金属膜61、62で覆われ、当該部分の機械的強度が向上する。これにより、振動基板4をより効果的に補強することができる。

#### 【0040】

また、前述したように、支持部42は、互いに離間して配置されている第1支持部421および第2支持部422を有し、第1支持部421に第1パッド電極512が配置され、第2支持部422に第2パッド電極522が配置されている。このような構成によれば、第1、第2支持部421、422が離間または接近するように支持部42が変形することにより、外部から加わる応力を効果的に吸収、緩和することができる。したがって、優れた振動特性を有する振動素子3となる。

40

#### 【0041】

また、前述したように、第1支持部421は、第1基部421aと、第1基部421aと振動部41とを連結し、第1基部421aよりも幅が狭い第1連結部421bと、を有し、第2支持部422は、第2基部422aと、第2基部422aと振動部41とを連結し、第2基部422aよりも幅が狭い第2連結部422bと、を有する。これにより、第1、第2支持部421、422の根元部分が柔らかくなり、第1、第2支持部421、422が変形し易くなる。したがって、外部から加わる応力をより効果的に吸収、緩和することができる。したがって、優れた振動特性を有する振動素子3となる。

50

## 【0042】

また、前述したように、第1金属膜61は、第1支持部421の表面全体を覆い、第2金属膜62は、第2支持部422の表面全体を覆っている。これにより、第1、第2支持部421、422をより効果的に補強することができる。

## 【0043】

また、前述したように、第1金属膜61は、第1パッド電極512を露出させる貫通孔611を有し、第2金属膜62は、第2パッド電極522を露出させる貫通孔621を有する。これにより、接合部材B1、B2と第1、第2パッド電極512、522とをより確実に導通させることができる。

## 【0044】

## &lt;第2実施形態&gt;

図16および図17は、それぞれ、本発明の第2実施形態に係る振動素子を示す断面図である。なお、図16は、図2中のA-A線断面図に相当する図であり、図17は、図2中のB-B線断面図に相当する図である。

## 【0045】

本実施形態に係る振動素子3は、さらに、第3金属膜63および第4金属膜64を有すること以外は、前述した第1実施形態の振動素子3と同様である。なお、以下の説明では、本実施形態の振動素子3に関し、前述した第1実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。また、本実施形態の各図では、前述した実施形態と同様の構成について、同一符号を付している。

## 【0046】

図16および図17に示す振動素子3は、さらに、第1金属膜61上に配置された第3金属膜63と、第2金属膜62上に配置された第4金属膜64と、を有する。これにより、支持部42をより効果的に補強することができる。第3金属膜63および第4金属膜64としては、特に限定されないが、本実施形態では、Au(金)で構成されている。これにより、第1、第2金属膜61、62の腐食、酸化を抑制することができる。また、接合部材B1、B2として利用される金パンプとの相性が良く、振動素子3をベース21により強固に接合することができる。

## 【0047】

なお、本実施形態では、第3金属膜63は、第1金属膜61上に直接配置され、第4金属膜64は、第2金属膜62上に直接配置されているが、これに限定されない。つまり、第3金属膜63は、第1金属膜61上に他の金属層を介して配置されていてもよく、第4金属膜64は、第2金属膜62上に他の金属層を介して配置されていてもよい。言い換えると、第3金属膜63は、第1金属膜61の上層に配置されていればよく、第4金属膜64は、第2金属膜62の上層に配置されていればよい。

## 【0048】

以上のように、本実施形態の振動素子3は、第1金属膜61の上層に配置されている第3金属膜63と、第2金属膜62の上層に配置されている第4金属膜64と、を有する。これにより、支持部42をより効果的に補強することができる。特に、第3金属膜63および第4金属膜64をAu(金)で構成することにより、第1、第2金属膜61、62の腐食、酸化を抑制することができる。また、接合部材B1、B2として利用される金パンプとの相性が良く、振動素子3をベース21により強固に接合することができる。

## 【0049】

このような第2実施形態によっても、前述した第1実施形態と同様の効果を発揮することができる。

## 【0050】

## &lt;第3実施形態&gt;

図18および図19は、それぞれ、本発明の第3実施形態に係る振動素子を示す断面図である。なお、図18は、図2中のA-A線断面図に相当する図であり、図19は、図2中のB-B線断面図に相当する図である。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 1 】

本実施形態に係る振動素子 3 は、振動基板 4 の形状が異なること以外は、前述した第 1 実施形態の振動素子 3 と同様である。なお、以下の説明では、本実施形態の振動素子 3 に関し、前述した第 1 実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。また、本実施形態の各図では、前述した実施形態と同様の構成について、同一符号を付している。

## 【 0 0 5 2 】

図 1 8 および図 1 9 に示す振動素子 3 は、支持部 4 2 の下面 4 b と振動部 4 1 の下面 4 b とが連続した平坦面で構成されている。そして、第 1 金属膜 6 1 は、第 1 支持部 4 2 1 の下面 4 b に配置され、第 2 金属膜 6 2 は、第 2 支持部 4 2 2 の下面 4 b に配置されている。つまり、支持部 4 2 の上面 4 a や側面には、第 1、第 2 金属膜 6 1、6 2 が配置されていない。このような構成とすることにより、振動基板 4 の外形形状を形成する前に第 1、第 2 金属膜 6 1、6 2 を形成することができる。そのため、第 1、第 2 金属膜 6 1、6 2 の形成精度が高まる。

10

## 【 0 0 5 3 】

以上のように、本実施形態の振動素子 3 では、振動部 4 1 の下面 4 b および支持部 4 2 の下面 4 b は、連続する平坦面であり、下面 4 b 側に第 1 金属膜 6 1 および第 2 金属膜 6 2 が配置されている。これにより、振動基板 4 の外形形状を形成する前に第 1、第 2 金属膜 6 1、6 2 を形成することができる。そのため、第 1、第 2 金属膜 6 1、6 2 の形成精度が高まる。

20

## 【 0 0 5 4 】

このような第 3 実施形態によっても、前述した第 1 実施形態と同様の効果を発揮することができる。

## 【 0 0 5 5 】

以上、本発明の振動素子を図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、各部の構成は、同様の機能を有する任意の構成のものに置換することができる。また、本発明に、他の任意の構成物が付加されていてもよい。また、本発明は、前記各実施形態のうちの、任意の 2 以上の構成を組み合わせたものであってもよい。

## 【 0 0 5 6 】

また、前述した実施形態では、支持部 4 2 が第 1、第 2 支持部 4 2 1、4 2 2 に分割されているが、これに限定されない。つまり、1 つの支持部 4 2 上に第 1、第 2 パッド電極 5 1 2、5 2 2 が共に配置されていてもよい。

30

## 【 0 0 5 7 】

また、前述した実施形態では、振動素子 3 が振動子 1 に適用されているが、これに限定されず、さらに、パッケージ 2 内に振動素子 3 を発振する発振回路が実装された発振器に適用することもできる。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 5 8 】

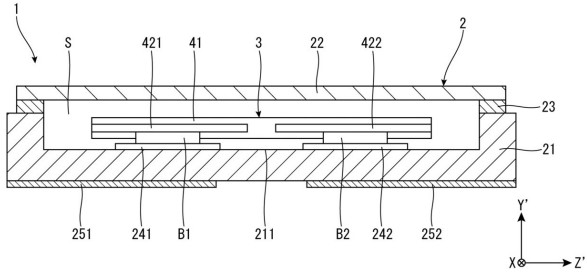
1 ... 振動子、2 ... パッケージ、2 1 ... ベース、2 1 1 ... 凹部、2 2 ... リッド、2 3 ... 封止部材、2 4 1 ... 内部端子、2 4 2 ... 内部端子、2 5 1 ... 外部端子、2 5 2 ... 外部端子、3 ... 振動素子、4 ... 振動基板、4 a ... 上面、4 b ... 下面、4 0 0 ... 水晶基板、4 1 ... 振動部、4 2 ... 支持部、4 2 1 ... 第 1 支持部、4 2 1 a ... 第 1 基部、4 2 1 b ... 第 1 連結部、4 2 2 ... 第 2 支持部、4 2 2 a ... 第 2 基部、4 2 2 b ... 第 2 連結部、5 ... 電極層、5 1 1 ... 第 1 励振電極、5 1 2 ... 第 1 パッド電極、5 1 3 ... 第 1 接続電極、5 2 1 ... 第 2 励振電極、5 2 2 ... 第 2 パッド電極、5 2 3 ... 第 2 接続電極、6 ... 金属膜、6 1 ... 第 1 金属膜、6 1 1 ... 貫通孔、6 2 ... 第 2 金属膜、6 2 1 ... 貫通孔、6 3 ... 第 3 金属膜、6 4 ... 第 4 金属膜、B 1 ... 接合部材、B 2 ... 接合部材、M ... マスク、S ... 收容空間、t 1 ... 厚さ、t 2 ... 厚さ、t 3 ... 厚さ、t 5 ... 厚さ、t 6 ... 厚さ、W 1 a ... 幅、W 1 b ... 幅、W 2 a ... 幅、W 2 b ... 幅

40

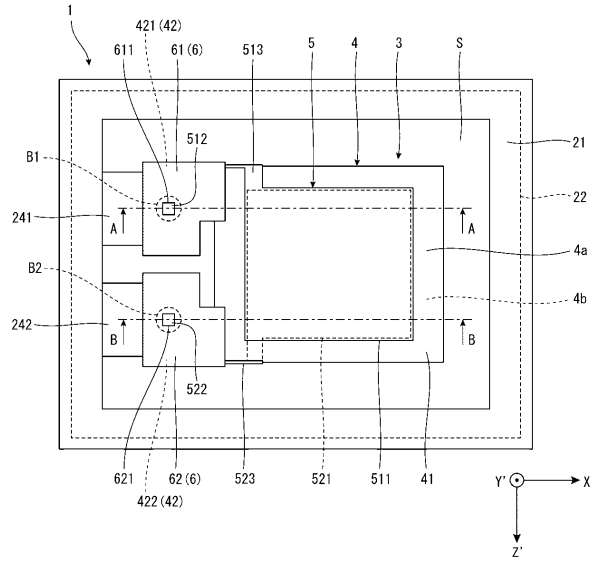
50

【図面】

【図 1】



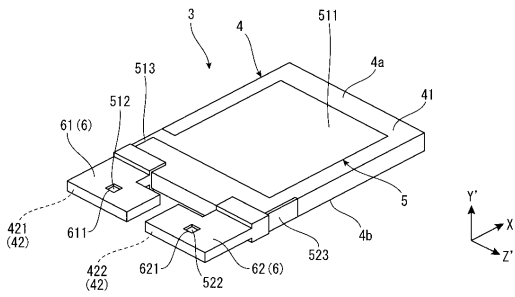
【図 2】



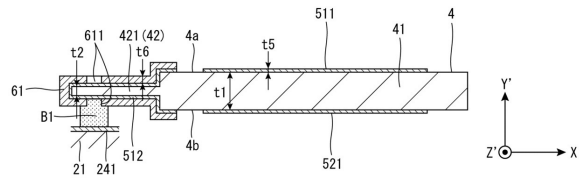
10

20

【図 3】



【図 4】

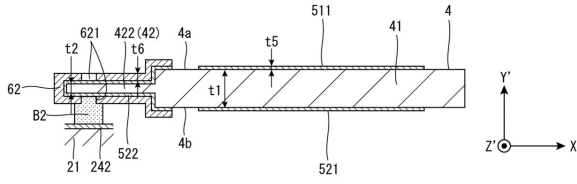


30

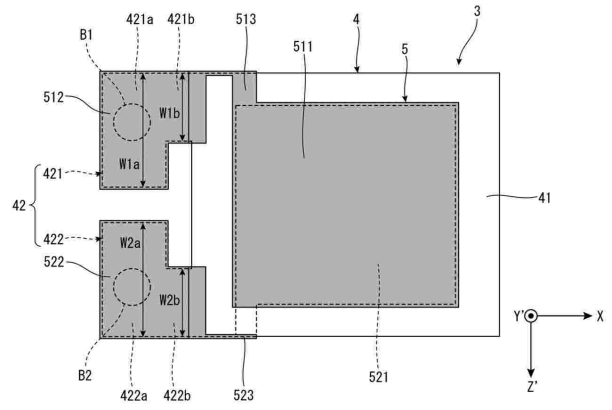
40

50

【 図 5 】

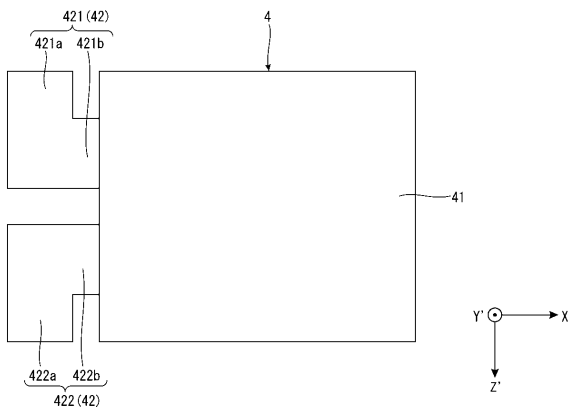


【 図 6 】

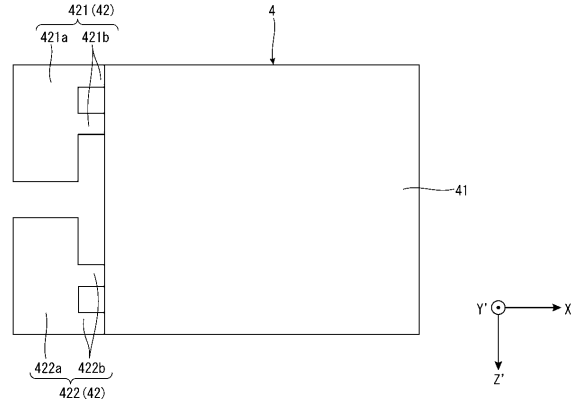


10

【 図 7 】

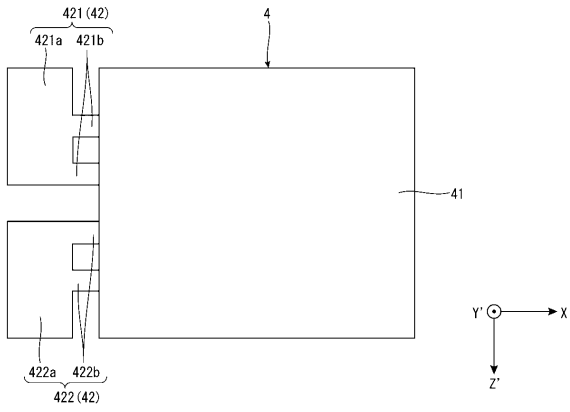


【 図 8 】

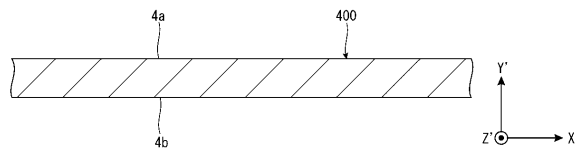


20

【 図 9 】



【 図 10 】

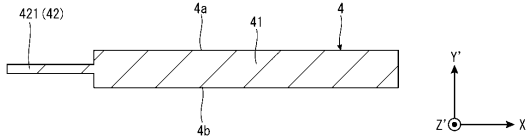


30

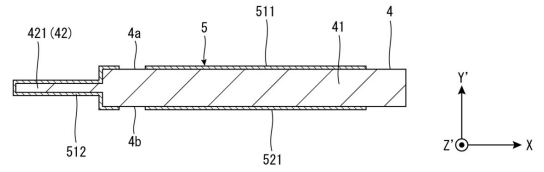
40

50

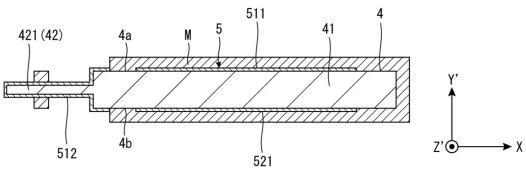
【図 1 1】



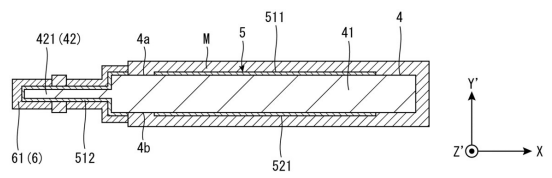
【図 1 2】



【図 1 3】

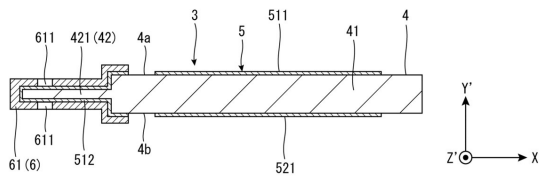


【図 1 4】

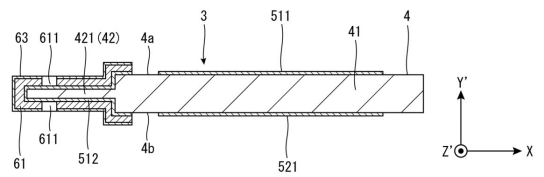


10

【図 1 5】

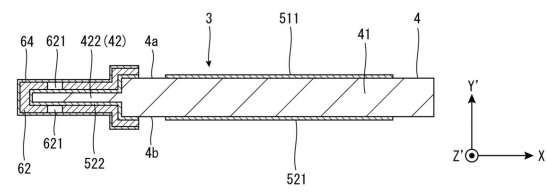


【図 1 6】

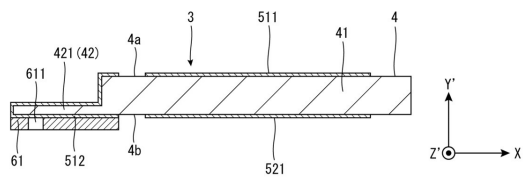


20

【図 1 7】



【図 1 8】

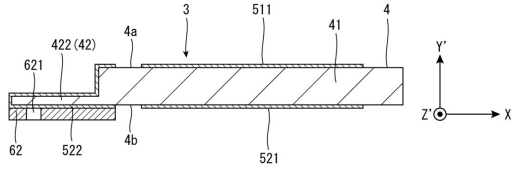


30

40

50

【 図 19 】



10

20

30

40

50