

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2022年1月6日(06.01.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/004071 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 23/10 (2006.01) *H03H 9/02* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/010861
- (22) 国際出願日: 2021年3月17日(17.03.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2020-114609 2020年7月2日(02.07.2020) JP
- (71) 出願人: 株式会社村田製作所
(MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/
JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1
丁目 1 0 番 1 号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 松村 威哉 (MATSUMURA, Takeya);
〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 1 0
番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 河
森 慎介 (KAWAMORI, Shinsuke); 〒6178555 京
都府長岡京市東神足 1 丁目 1 0 番 1 号 株
式会社村田製作所内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 稲葉 良幸, 外 (INABA, Yoshiyuki et al.);
〒1066123 東京都港区六本木 6 - 1 0 -
1 六本木ヒルズ森タワー 2 3 階 T M I
総合法律事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,

(54) Title: PIEZOELECTRIC OSCILLATOR

(54) 発明の名称: 圧電振動子

1

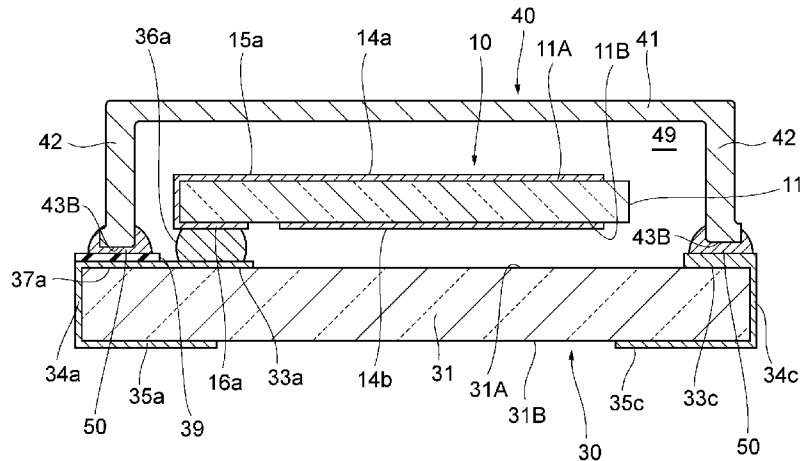


図 3

(57) Abstract: This piezoelectric oscillator (1) is provided with a piezoelectric oscillator element (10), a piezoelectric oscillator element (10), a base member (30), and a lid member (40). The lid member (40) comprises a top wall section (41) and side wall sections (42), and the side wall sections (42) comprise a facing surface (43B) which faces the base member (30). On the base member (30), a power supply electrode connected to the piezoelectric oscillator element (10) and a ground electrode used as a ground are provided. The ground electrode is electrically connected to the lid member

[続葉有]

EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(40) via a bonding member (50). The conductive adhesive has a resin adhesive (51) and a conductive filler (52), and the width W in the short direction of the facing surfaces (43B) and the particle diameter R of the conductive filler (52) satisfy the relation $4\mu\text{m} \leq R \leq W/2$.

(57) 要約: 圧電振動子(1)は、圧電振動素子(10)と、圧電振動素子(10)と、ベース部材(30)と、蓋部材(40)と、を備え、蓋部材(40)は、天壁部(41)と、側壁部(42)とを有し、側壁部(42)は、ベース部材(30)に対向する対向面(43B)を有し、ベース部材(30)には、圧電振動素子(10)が接続される給電用電極と、接地に用いられる接地用電極とが設けられ、接地用電極は、接合部材(50)を介して蓋部材(40)に電氣的に接続されており、導電性接着剤は、樹脂系接着剤(51)と、導電性フィラー(52)とを有しており、対向面(43B)の短手方向の幅Wと、導電性フィラー(52)の粒径Rとは、 $4\mu\text{m} \leq R \leq W/2$ の関係を満たす。

明 細 書

発明の名称： 圧電振動子

技術分野

[0001] 本発明は、圧電振動子に関する。

背景技術

[0002] 振動子は、移動通信端末、通信基地局、家電などの各種電子機器において、タイミングデバイス、センサ、発振器などの用途に用いられている。電子機器の高機能化に伴い、安価で高性能な振動素子が求められている。

[0003] 特許文献1には、ベース部材と金属製の蓋部材とを導電性接着剤を介して接合し、この導電性接着剤によって蓋部材をベース部材の接地用電極に電気的に接続し、電磁波の出入りによるノイズを抑制した水晶振動子が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2015-220749号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、特許文献1に記載の水晶振動子では、導電性フィラーと蓋部材との接触不良によって、蓋部材が接地できない場合がある。

[0006] 本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、本発明の目的は、ノイズを抑制しつつ不良品の発生を抑制可能な圧電振動子の提供である。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一態様に係る圧電振動子は、圧電振動素子と、圧電振動素子が搭載されたベース部材と、ベース部材との間に導電性接着剤の接合部材を挟んで接合され、ベース部材との間に圧電振動素子が配置された内部空間を形成する導電性材料の蓋部材と、を備え、蓋部材は、天壁部と、天壁部の外縁からベース部材に向かって延びる側壁部とを有し、側壁部は、ベース部材に対

向する対向面を有し、ベース部材には、圧電振動素子が接続される給電用電極と、接地に用いられる接地用電極とが設けられ、接地用電極は、接合部材を介して蓋部材に電氣的に接続されており、導電性接着剤は、樹脂系接着剤と、樹脂系接着剤に分散した導電性フィラーとを有しており、対向面の短手方向の幅 W と、導電性フィラーの粒径 R とは、 $4\mu\text{m} \leq R \leq W/2$ の関係を満たす。

[0008] 本発明の一態様に係る圧電振動子は、圧電振動素子と、圧電振動素子が搭載されたベース部材と、ベース部材との間に導電性接着剤の接合部材を挟んで接合され、ベース部材との間に圧電振動素子が配置された内部空間を形成する導電性材料の蓋部材と、を備え、蓋部材は、天壁部と、天壁部の外縁からベース部材に向かって延びる側壁部とを有し、側壁部は、ベース部材に対向する対向面を有し、ベース部材には、圧電振動素子が接続される給電用電極と、接地に用いられる接地用電極とが設けられ、接地用電極は、接合部材を介して蓋部材に電氣的に接続されており、導電性接着剤は、樹脂系接着剤と、樹脂系接着剤に分散した導電性フィラーと、樹脂系接着剤に分散した絶縁性フィラーとを有し、導電性フィラーの粒径 R と、絶縁性フィラーの粒径 r は、 $R/20 \leq r \leq R \times 8/10$ の関係を満たす。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、ノイズを抑制しつつ不良品の発生を抑制可能な圧電振動子を提供できる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]実施形態に係る水晶振動子の構成を概略的に示す分解斜視図である。

[図2]実施形態に係る水晶振動子の構成を概略的に示す平面図である。

[図3]実施形態に係る水晶振動子の構成を概略的に示す断面図である。

[図4]ベース部材及び水晶振動素子の構成を概略的に示す平面図である。

[図5]接地用電極を含む水晶振動子の拡大断面図である。

[図6]給電用電極を含む水晶振動子の拡大断面図である。

[図7]幅 W 及び粒径 R を変化させた場合の接地不良率を示す表である。

[図8]粒径R及び粒径rを変化させた場合の接地不良率を示す表である。

[図9]比較例1における接地部分の断面を示す画像である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について説明する。各実施形態の図面は例示であり、各部の寸法や形状は模式的なものであり、本願発明の技術的範囲を当該実施形態に限定して解すべきではない。

[0012] 図1～図4を参照しつつ、本発明の実施形態に係る水晶振動子1の構成について説明する。図1は、実施形態に係る水晶振動子の構成を概略的に示す分解斜視図である。図2は、実施形態に係る水晶振動子の構成を概略的に示す平面図である。図3は、実施形態に係る水晶振動子の構成を概略的に示す断面図である。図4は、ベース部材及び水晶振動素子の構成を概略的に示す平面図である。なお、図3は、図2に示した水晶振動子1のⅠⅠⅠ－ⅠⅠⅠ線に沿った断面図である。

[0013] 各々の図面には、各々の図面相互の関係を明確にし、各部材の位置関係を理解する助けとするために、便宜的にX軸、Y'軸及びZ'軸からなる直交座標系を付すことがある。X軸、Y'軸及びZ'軸は各図面において互に対応している。X軸、Y'軸及びZ'軸は、それぞれ、後述の水晶片11の結晶軸(Crystallographic Axes)に関係している。X軸が水晶結晶の電気軸(極性軸)、Y軸が水晶結晶の機械軸、Z軸が水晶結晶の光学軸に相当する。Y'軸及びZ'軸は、それぞれ、Y軸及びZ軸をX軸の周りにY軸からZ軸の方向に35度15分±1分30秒回転させた軸である。

[0014] 以下の説明において、X軸に平行な方向を「X軸方向」、Y'軸に平行な方向を「Y'軸方向」、Z'軸に平行な方向を「Z'軸方向」という。また、X軸、Y'軸及びZ'軸の矢印の先端方向を「+ (プラス)」、矢印とは反対の方向を「- (マイナス)」という。なお、便宜的に、+Y'軸方向を上方向、-Y'軸方向を下方向として説明するが、水晶振動子1の上下の向きは限定されるものではない。

[0015] 水晶振動子 1 は、水晶振動素子 10 と、ベース部材 30 と、蓋部材 40 と、接合部材 50 とを備えている。水晶振動素子 10 は、ベース部材 30 と蓋部材 40 との間に設けられている。ベース部材 30 及び蓋部材 40 は、水晶振動素子 10 を收容するための保持器を構成しており、Y' 軸方向に沿って重なっている。水晶振動素子 10 は、ベース部材 30 に搭載されている。

[0016] まず、水晶振動素子 10 について説明する。

水晶振動素子 10 は、圧電効果により水晶を振動させ、電気エネルギーと機械エネルギーとを変換する圧電振動素子である。水晶振動素子 10 は、薄片状の水晶片 11 と、一对の励振電極を構成する第 1 励振電極 14a 及び第 2 励振電極 14b と、一对の引出電極を構成する第 1 引出電極 15a 及び第 2 引出電極 15b と、一对の接続電極を構成する第 1 接続電極 16a 及び第 2 接続電極 16b とを備えている。

[0017] 水晶片 11 は、互いに対向する上面 11A 及び下面 11B を有している。上面 11A は、ベース部材 30 に対向する側とは反対側、すなわち後述する蓋部材 40 の天壁部 41 に対向する側に位置している。下面 11B は、ベース部材 30 に対向する側に位置している。

[0018] 水晶片 11 は、例えば、AT カット型の水晶結晶である。AT カット型の水晶片 11 は、互いに交差する X 軸、Y' 軸、及び Z' 軸からなる直交座標系において、X 軸及び Z' 軸によって特定される面と平行な面（以下、「XZ' 面」と呼ぶ。他の軸によって特定される面についても同様である。）が主面となり、Y' 軸と平行な方向が厚さとなるように形成される。

[0019] AT カット型の水晶片 11 を用いた水晶振動素子 10 は、広い温度範囲で高い周波数安定性を有する。AT カット型の水晶振動素子 10 では、厚みすべり振動モード（Thickness Shear Vibration Mode）が主要振動として用いられる。水晶片 11 は、AT カット以外の異なるカットを適用してもよい。例えば BT カット、GT カット、SC カットなどを適用してよい。また、水晶振動素子は、Z 板と呼ばれるカット角の水晶片を用いた音叉型水晶振動素子であってもよい。

[0020] 一例として、水晶片 11 は、X 軸方向に平行な長辺が延在する長辺方向と、Z' 軸方向に平行な短辺が延在する短辺方向と、Y' 軸方向に平行な厚さが延在する厚さ方向を有する平板状である。水晶片 11 の上面 11 A を平面視したとき、水晶片 11 の平面形状は矩形状をなしている。

[0021] 水晶片 11 は、平板状に限定されるものではなく、メサ型構造や逆メサ型構造であってもよい。この場合、水晶片 11 は、厚みが連続的に変化するテーパ形状、厚みが不連続に変化する階段形状、厚みの変化量が連続的に変化するコンベックス形状、又は厚みの変化量が不連続に変化するベベル形状であってもよい。

[0022] 第 1 励振電極 14 a は水晶片 11 の上面 11 A に設けられ、第 2 励振電極 14 b は水晶片 11 の下面 11 B に設けられている。第 1 励振電極 14 a 及び第 2 励振電極 14 b は、水晶片 11 を挟んで互いに対向している。水晶片 11 の上面 11 A を平面視したとき、第 1 励振電極 14 a 及び第 2 励振電極 14 b は、それぞれ矩形状をなしており、互いの略全体が重なり合うように配置されている。

[0023] 第 1 引出電極 15 a は水晶片 11 の上面 11 A に設けられ、第 2 引出電極 15 b は水晶片 11 の下面 11 B に設けられている。第 1 引出電極 15 a は、第 1 励振電極 14 a と第 1 接続電極 16 a とを電氣的に接続している。第 2 引出電極 15 b は、第 2 励振電極 14 b と第 2 接続電極 16 b とを電氣的に接続している。

[0024] 第 1 接続電極 16 a 及び第 2 接続電極 16 b は、それぞれ、第 1 励振電極 14 a 及び第 2 励振電極 14 b をベース部材 30 に電氣的に接続するための電極であり、水晶片 11 の下面 11 B に設けられている。

[0025] 励振電極、引出電極及び接続電極は、例えば、水晶片 11 との密着性が良好な下地層と、化学的安定性が良好な最表層とからなる積層体である。励振電極、引出電極及び接続電極を構成する材料は、例えば、クロム (Cr)、金 (Au)、チタン (Ti)、モリブデン (Mo)、アルミニウム (Al)、ニッケル (Ni)、インジウム (In)、パラジウム (Pd)、銀 (Ag)

）、銅（Cu）、錫（Sn）、鉄（Fe）などの金属材料から好適に選択される。励振電極、引出電極及び接続電極は、導電性セラミック、導電性樹脂、半導体などを含有してもよい。

[0026] 次に、ベース部材30について説明する。

ベース部材30は、平板状の基体31と、一对の電極パッドを構成する第1電極パッド33a及び第2電極パッド33bと、上面電極33cと、第1側面電極34aと、第2側面電極34bと、第3側面電極34cと、第4側面電極34dと、第1外部電極35aと、第2外部電極35bと、第3外部電極35cと、第4外部電極35dと、保護膜39とを備えている。

[0027] 基体31は、互いに対向する上面31A及び下面31Bを有している。上面31A及び下面31Bは、基体31の一对の主面に相当する。上面31Aは、水晶振動素子10及び蓋部材40に対向する側に位置し、下面31Bは、例えば、水晶振動子1を外部の回路基板に実装する際に、当該回路基板に対向する側に位置している。基体31は、例えば絶縁性セラミック（アルミナ）などの焼結材であるが、水晶やシリコンなどによって設けられてもよい。

[0028] 上面31Aを平面視したとき、基体31は、X軸方向に延びてZ'軸方向において対向する一对の長辺と、Z'軸方向に延びてX軸方向において対向する一对の短辺とを有している。基体31の4つの角部には扇状の凹部が設けられている。この凹部は、上面31Aから下面31Bに亘って基体31を貫通する貫通孔を分割したものである。

[0029] 第1電極パッド33a及び第2電極パッド33bは、基体31の上面31Aに設けられている。第1電極パッド33a及び第2電極パッド33bは、ベース部材30に水晶振動素子10を電氣的に接続するための端子である。基体31の上面31Aを平面視したとき、第1電極パッド33a及び第2電極パッド33bは、接合部材50によって囲まれている。

[0030] 上面電極33cは、蓋部材40と電氣的に接続される電極である。上面電極33cは、ベース部材30の+X軸方向側且つ-Z'軸方向側の角部に設

けられ、ベース部材30の蓋部材40側の最表面に位置している。

[0031] 第1側面電極34a～第4側面電極34dは、ベース部材30の上面31Aの最外縁と下面31Bの最外縁とをつなぐ側面部に設けられている。具体的には、基体31の角部に設けられた凹部の上面31A側の端部から下面31B側の端部に亘って設けられ、基体31の凹部を覆っている。第1側面電極34a～第4側面電極34dのそれぞれは、キャストレーション電極に相当する。第1側面電極34aは、ベース部材30の-X軸方向側且つ+Z⁺軸方向側の角部に設けられた凹部に設けられている。第2側面電極34bは、ベース部材30の+X軸方向側且つ-Z⁻軸方向側の角部に設けられた凹部に設けられている。第3側面電極34cは、ベース部材30の+X軸方向側且つ+Z⁺軸方向側の角部に設けられた凹部に設けられている。第4側面電極34dは、ベース部材30の-X軸方向側且つ-Z⁻軸方向側の角部に設けられた凹部に設けられている。

[0032] 第1側面電極34aは、上面31Aに設けられた配線電極37aを介して第1電極パッド33aに電氣的に接続され、第2側面電極34bは、上面31Aに設けられた配線電極37bを介して第2電極パッド33bに電氣的に接続されてる。第3側面電極34cは、上面電極33cから連続的に設けられており、上面電極33cと電氣的に接続されている。第1側面電極34a、第1電極パッド33a及びこれらを接続する配線電極37aは、水晶振動素子10が接続される給電用電極に相当する。第2側面電極34b、第2電極パッド33b及びこれらを接続する配線電極37bも同様に給電用電極に相当する。第3側面電極34c及び上面電極33cは、蓋部材40の接地に用いられる接地用電極に相当する。

[0033] 給電用電極及び接地用電極は、例えば、基体31との密着性が良好な下地層と、化学的安定性が良好な最表層とからなる積層体である。給電用電極及び接地用電極を構成する材料は、例えば、クロム(Cr)、金(Au)、チタン(Ti)、モリブデン(Mo)、アルミニウム(Al)、ニッケル(Ni)、インジウム(In)、パラジウム(Pd)、銀(Ag)、銅(Cu)

、錫（S n）、鉄（F e）などの金属材料から好適に選択される。給電用電極及び接地用電極は、導電性セラミック、導電性樹脂、半導体などを含有してもよい。

[0034] 第1外部電極35a～第4外部電極35dは、半田等によって水晶振動子1を外部の回路基板に実装するための電極である。第1外部電極35a～第4外部電極35dは、基体31の下面31Bに設けられている。第1外部電極35aは、ベース部材30の-X軸方向側且つ+Z'軸方向側の角部に設けられ、第1側面電極34aに電氣的に接続されている。第1外部電極35aは、ベース部材30の+X軸方向側且つ-Z'軸方向側の角部に設けられ、第2側面電極34bに電氣的に接続されている。第3外部電極35cは、ベース部材30の+X軸方向側且つ+Z'軸方向側の角部に設けられ、第3側面電極34cに電氣的に接続されている。第4外部電極35dは、ベース部材30の-X軸方向側且つ-Z'軸方向側の角部に設けられ、第4側面電極34dに電氣的に接続されている。第1外部電極35a及び第2外部電極35bは、一对の給電用電極に電気信号を供給するために用いられる。第3外部電極35cは、接地用電極を接地するために用いられる。第4外部電極35dは、電気信号等が入出力されないダミー電極である。第4外部電極35dは、第3外部電極35cとともに蓋部材40を接地するために用いられるともよく、省略されてもよい。

[0035] 保護膜３９は、ベース部材３０の蓋部材４０と対向する側であって、接合部材５０に接触する領域に設けられている。保護膜３９は、絶縁性材料によって設けられている。保護膜３９は、給電用電極の一部（蓋部材４０の対向面４３Ｂと対向する領域）を覆い、給電用電極と蓋部材４０とを電氣的に絶縁している。具体的には、保護膜３９は、第１側面電極３４ａと第１電極パッド３３ａとを接続する配線電極３７ａの少なくとも一部を覆い、第２側面電極３４ｂと第２電極パッド３３ｂとを接続する配線電極３７ｂの少なくとも一部を覆っている。保護膜３９は、上面電極３３ｃの外側の領域に設けられており、上面電極３３ｃは保護膜３９から露出している。保護膜３９は、

例えばソルダーレジストである。

[0036] なお、後述する接合部材 50 の導電性が十分な異方性を有し、基体 31 の上面 31A に沿った方向における導電性が十分に低ければ、保護膜 39 は省略してもよい。この場合、給電用電極に接合部材 50 が接触したとしても、水晶振動素子 10 と蓋部材 40 との接合部材 50 を介した短絡は生じ難いためである。

[0037] ベース部材 30 は、一对の導電性保持部材を構成する第 1 導電性保持部材 36a 及び第 2 導電性保持部材 36b を備えている。第 1 導電性保持部材 36a 及び第 2 導電性保持部材 36b は、ベース部材 30 及び蓋部材 40 から間隔を空けて水晶振動素子 10 を保持している。第 1 導電性保持部材 36a 及び第 2 導電性保持部材 36b は、水晶振動素子 10 とベース部材 30 とを電氣的に接続している。具体的には、第 1 導電性保持部材 36a が第 1 電極パッド 33a と第 1 接続電極 16a とを電氣的に接続し、第 2 導電性保持部材 36b が第 2 電極パッド 33b と第 2 接続電極 16b とを電氣的に接続している。第 1 導電性保持部材 36a 及び第 2 導電性保持部材 36b は、例えば、熱硬化性樹脂や光硬化性樹脂等を含む導電性接着剤の硬化物である。

[0038] 次に、蓋部材 40 について説明する。

蓋部材 40 は、ベース部材 30 に接合されている。蓋部材 40 は、ベース部材 30 との間に水晶振動素子 10 を収容する内部空間を形成する。蓋部材 40 はベース部材 30 の側に開口する凹部 49 を有しており、本実施形態における内部空間は、凹部 49 の内側の空間に相当する。凹部 49 は、液密封止されている。蓋部材 40 の材質は、導電性材料であり、さらに望ましくは気密性の高い金属材料である。蓋部材 40 が導電性材料で構成されることによって、内部空間への電磁波の出入りを低減する電磁シールド機能が蓋部材 40 に付与される。熱応力の発生を抑制する観点から、蓋部材 40 の材質は、基体 31 に近い熱膨張率を有する材料であることが望ましく、例えば常温付近での熱膨張率がガラスやセラミックと広い温度範囲で一致する Fe-Ni-Co 系合金である。

[0039] 蓋部材４０は、平板状の天壁部４１と、天壁部４１の外縁に接続された側壁部４２とを有している。天壁部４１は、基体３１の上面３１Ａに沿って延在し、高さ方向において水晶振動素子１０を挟んでベース部材３０と対向している。また、側壁部４２は、天壁部４１からベース部材３０に向かって延在しており、基体３１の上面３１Ａと平行な方向において水晶振動素子１０を囲んでいる。蓋部材４０はさらに、側壁部４２のベース部材３０側の先端部に接続されており且つ基体３１の上面３１Ａに沿って外側に延在するフランジ部を有してもよい。

[0040] 蓋部材４０は、凹部４９の側に位置する内面と、凹部４９とは反対側であって外部に露出する外面とを有している。内面は、天壁部４１及び側壁部４２の水晶振動素子１０に対向する側であり、外面は、天壁部４１及び側壁部４２の水晶振動素子１０に対向する側とは反対側である。蓋部材４０はさらに、ベース部材３０に対向する対向面４３Ｂを有している。対向面４３Ｂは、ベース部材３０の側壁部４２の先端において基体３１の上面３１Ａに沿って延在する面である。対向面４３Ｂの面積は、フランジ部を設けることによって拡張可能である。

[0041] 主面の法線方向から平面視したときの蓋部材４０の平面形状は、例えば略矩形形状である。蓋部材４０の平面形状は上記に限定されるものではなく、多角形状、円形状、楕円形状及びこれらの組合せでもよい。

[0042] 次に、接合部材５０について説明する。

接合部材５０は、ベース部材３０と蓋部材４０とを接合している。具体的には、接合部材５０は、保護膜３９と対向面４３Ｂとを接合し、上面電極３３ｃと対向面４３Ｂとを接合している。また、接合部材５０は、内部空間に相当する凹部４９を封止している。具体的には、接合部材５０は、ベース部材３０及び蓋部材４０のそれぞれの外縁部の全周に亘って設けられ、水晶振動素子１０を囲むように矩形の枠状をなしている。

[0043] 接合部材５０は、導電性接着剤であり、接地用電極と蓋部材４０とを電氣的に接続している。接合部材５０の導電性は異方性を有している。具体的に

は、上面電極 3 3 c と対向面 4 3 B との間の領域において、基体 3 1 の上面 3 1 A と交差する方向に沿った接合部材 5 0 の電気抵抗は低く、上面電極 3 3 c と対向面 4 3 B とが接合部材 5 0 を介して電氣的に接続されている。一方で、基体 3 1 の上面 3 1 A に沿った接合部材 5 0 の電気抵抗は高く、接合部材 5 0 が給電用電極に接触した場合であっても、給電用電極と蓋部材 4 0 とは電氣的に絶縁される。

[0044] 次に、図 5 及び図 6 を参照しつつ、接合部材 5 0 による接合部分のより詳細な構成について説明する。図 5 は、接地用電極を含む水晶振動子の拡大断面図である。図 6 は、給電用電極を含む水晶振動子の拡大断面図である。

[0045] 接合部材 5 0 の導電性接着剤は、樹脂系接着剤 5 1 と、樹脂系接着剤 5 1 に分散した複数の導電性フィラー 5 2 と、樹脂系接着剤 5 1 に分散した複数の絶縁性フィラー 5 3 とを有している。

[0046] 樹脂系接着剤 5 1 は、例えば、エポキシ系の熱硬化性樹脂である。樹脂系接着剤 5 1 は、エポキシ系、ビニル系、アクリル系、ウレタン系、イミド系又はシリコン系の熱硬化性樹脂であってもよい。樹脂系接着剤 5 1 は、光硬化性樹脂を含んでもよい。

[0047] 導電性フィラー 5 2 は、例えば球状の樹脂コアを金属膜で覆った球状フィラーである。導電性フィラー 5 2 は変形可能であり、上面電極 3 3 c と対向面 4 3 B とによって挟まれた導電性フィラー 5 2 は楕円体状に変形している。変形に伴い、導電性フィラー 5 2 は上面電極 3 3 c 及び対向面 4 3 B の両方と確実に接触する。これにより、上面電極 3 3 c と対向面 4 3 B とが、導電性フィラー 5 2 を介して電氣的に接続される。また、変形に伴い、導電性フィラー 5 2 と上面電極 3 3 c との接触面積、及び、導電性フィラー 5 2 と対向面 4 3 B との接触面積が増大する。これにより、導電性フィラー 5 2 と上面電極 3 3 c との間の電気抵抗は低下する。樹脂コアの材料は、例えば、スチレン系樹脂又はアクリル系樹脂である。これによれば、導電性フィラー 5 2 の弾性率を好適に設計可能である。金属膜の材料は、例えば Ni である。これによれば、樹脂コアからの金属膜の剥離を抑制可能であり、電気抵抗

の上昇を抑制可能である。

[0048] なお、樹脂コアは変形可能であればスチレン系樹脂及びアクリル系樹脂に限定されるものではない。また、金属膜は、Niに限定されるものではなく、Au、Ag、Cu、Al、Tiなどの金属材料によってもうけられてもよい。金属膜は、複数の金属層からなる多層膜であってもよい。導電性フィラー52は、Cu、Ni、C、Siなどの導電性材料を球状に加工したものであってもよい。

[0049] 絶縁性フィラー53は、硬化前の導電性接着剤の粘度を調整し、硬化前の導電性接着剤の不所望な濡れ広がりによる給電用電極との接触を抑制する。絶縁性フィラー53の材料は、例えば球状シリカである。絶縁性フィラー53の材料は上記に限定されるものではなく、シリコーン、ウレタン、イミド、エポキシ、ビニル、アミン、フェノール、アミノ、アクリル、スチレン等の有機化合物、若しくは、酸化チタン、酸化マグネシウム、炭酸マグネシウム、水酸化マグネシウム、アルミナ、窒化ホウ素、窒化アルミニウム、グラスファイバー、グラファイト等の無機化合物であってもよい。

[0050] 接合部材50の導電性接着剤の総体積に対する導電性フィラー52の体積の比率（以下、「体積比率」とする。）は、3vol%以上18vol%以下である。

体積比率が3vol%よりも小さい場合、上面電極33cと対向面43Bとの間の領域に導電性フィラー52が存在せず、上面電極33cと対向面43Bとの電氣的な接続が得られない場合がある。すなわち、体積比率が3vol%以上である場合、蓋部材40が接地できない不良品の発生率を低減できる。

体積比率が18vol%よりも大きい場合、導電性フィラー52同士が接近又は接触し、基体31の上面31Aに沿った接合部材50の電気抵抗が低下する場合がある。すなわち、体積比率が18vol%以下の場合、水晶振動素子10と蓋部材40とが短絡した不良品の発生率を低減できる。

なお、蓋部材40が接地できない不良品の発生率を低減する観点から、体

積比率は、 $7 \sim 1\%$ 以上であることがさらに満たすのが望ましい。また、水晶振動素子 10 と蓋部材 40 とが短絡した不良品の発生率を低減する観点から、体積比率は、 $10 \sim 1\%$ 以下であることがさらに望ましい。

[0051] 導電性フィラー 52 を完全な球体と仮定した場合の直径（以下、「粒径 R」とする。）は、 $4 \mu\text{m} \leq R \leq 15 \mu\text{m}$ の関係を満たしている。

蓋部材 40 のうねりに起因して上面電極 33c と対向面 43B との間のギャップ G1 は平均 $3.8 \mu\text{m}$ 程度変動する。このため、 $R < 4 \mu\text{m}$ の場合、導電性フィラー 52 が上面電極 33c 及び対向面 43B の少なくとも一方に接触しない場合がある。すなわち、 $4 \mu\text{m} \leq R$ の場合、蓋部材 40 が接地できない不良品の発生率を低減できる。なお、蓋部材 40 のうねりに起因したギャップ G1 の変動は最大で $6 \mu\text{m}$ 程度であるため、 $6 \mu\text{m} \leq R$ を満たすのがさらに望ましい。

導電性フィラー 52 はスペーサとして機能するため、 $15 \mu\text{m} < R$ の場合、上面電極 33c と対向面 43B との間の領域における接合部材 50 の厚みが増大し、封止性が低下する場合がある。すなわち、 $R \leq 15 \mu\text{m}$ の場合、リーク不良によって周波数が変動する不良品の発生率を低減できる。

なお、粒径 R は、導電性フィラー 52 の樹脂コアのコールターカウンター法によって得た粒径分布から算出した算術平均粒径である。導電性フィラー 52 の金属膜の厚みは、樹脂コアの粒径に比べて充分小さいため、樹脂コアの粒径を導電性フィラー 52 の粒径 R とみなすことができる。ここで、導電性フィラー 52 の金属膜の厚みは、一例として 10 nm 以上 500 nm 以下である。金属膜の厚みが 10 nm よりも小さい場合、導電性フィラー 52 の電気抵抗が増大する場合がある。金属膜の厚みが 500 nm よりも大きい場合、金属膜が導電性フィラー 52 の変形を阻害する場合や、金属膜が樹脂コアから剥離する場合がある。すなわち、金属膜の厚みが 10 nm 以上 500 nm 以下の場合、蓋部材 40 が接地できない不良品の発生率を低減できる。

[0052] 対向面 43B の短手方向の幅 W と、導電性フィラー 52 の粒径 R とは、 $4 \mu\text{m} \leq R \leq W/2$ の関係を満たしている。

接地用電極と蓋部材40との間での導通を確立するために、上面電極33cと対向面43Bとによって挟まれた導電性フィラー52は加圧される。このとき、 $W/2 < R$ の場合、導電性フィラー52が上面電極33cと対向面43Bとの間の領域から押し出される場合がある。すなわち、 $R \leq W/2$ の場合、蓋部材40が接地できない不良品の発生率を低減できる。

$4\mu m \leq R$ の場合、前述の通り蓋部材40が接地できない不良品の発生率を低減できる。

[0053] 絶縁性フィラー53を完全な球体と仮定した場合の直径（以下、「粒径 r 」とする。）と導電性フィラー52の粒径 R とは、 $r < R$ の関係を満たしている。

$R \leq r$ の場合、絶縁性フィラー53がスペーサとして導電性フィラー52の変形を阻害する場合がある。例えば、絶縁性フィラー53の弾性率が導電性フィラー52の弾性率よりも大きい場合、 $R = r$ であれば導電性フィラー52の変形は絶縁性フィラー53によって阻害される。また、絶縁性フィラー53の弾性率が導電性フィラー52の弾性率よりも小さい場合であっても、 $R \ll r$ であれば導電性フィラー52の変形は絶縁性フィラー53によって阻害される。したがって、 $r < R$ の場合、蓋部材40が接地できない不良品の発生率を低減できる。

なお、粒径 r は、マイクロトラック法によって得た粒径分布から算出したメジアン径 $D50$ である。

[0054] 粒径 R と粒径 r とは、 $R/20 \leq r \leq R \times 8/10$ の関係を満たしている。

$r < R/20$ の場合、導電性フィラー52と上面電極33cとの間に絶縁性フィラー53が侵入し、導電性フィラー52と上面電極33cとの接触が阻害される場合がある。同様に、導電性フィラー52と対向面43Bとの接触が阻害される場合がある。すなわち、 $R/20 \leq r$ の場合、蓋部材40が接地できない不良品の発生率を低減できる。

$R \times 8/10 < r$ の場合、上面電極33cと対向面43Bとの間の領域に

において絶縁性フィラー５３がスペーサとして導電性フィラー５２の変形を阻害する場合がある。すなわち、 $r \leq R \times 8 / 10$ の場合、蓋部材４０が接地できない不良品の発生率を低減できる。

なお、蓋部材４０が接地できない不良品の発生率を低減する観点から、粒径 R と粒径 r とは、 $R / 10 \leq r$ の関係をさらに満たすのが望ましい。また、 $r \leq R / 2$ の関係をさらに満たすのが望ましい。

[0055] 上面電極３３ｃと対向面４３Ｂとの間のギャップ $G1$ と、保護膜３９と対向面４３Ｂとの間のギャップ $G2$ と、導電性フィラー５２の粒径 R とは、 $G1 < R < G2$ の関係を満たしている。

$R \leq G1$ の場合、導電性フィラー５２が上面電極３３ｃ及び対向面４３Ｂの少なくとも一方に接触しない場合がある。すなわち、 $G1 < R$ の場合、蓋部材４０が接地できない不良品の発生率を低減できる。

$G2 \leq R$ の場合、保護膜３９と対向面４３Ｂとによって挟まれた導電性フィラー５２が変形する。また、上面電極３３ｃと対向面４３Ｂとによって挟まれた導電性フィラー５２を変形させるときに、保護膜３９と対向面４３Ｂとの間の領域から導電性フィラー５２の一部が押し出される。これによれば、不所望な領域で導電性フィラー５２同士が接近し、基体３１の上面３１Ａに沿った方向における接合部材５０の電気抵抗が低下する場合がある。すなわち、 $R < G2$ の場合、水晶振動素子１０と蓋部材４０とが短絡した不良品の発生率を低減できる。

[0056] ギャップ $G1$ とギャップ $G2$ とは、 $0 \leq G2 - G1 \leq 13 \mu m$ の関係を満たしている。

$G2 - G1 < 0$ すなわち $G2 < G1$ の場合、保護膜３９と対向面４３Ｂとの間の領域に位置する導電性フィラー５２がスペーサとして機能し、上面電極３３ｃと対向面４３Ｂとの間の領域における導電性フィラー５２の十分な変形が阻害される場合がある。すなわち、 $0 \leq G2 - G1$ の場合、蓋部材４０が接地できない不良品の発生率を低減できる。

$13 \mu m < G2 - G1$ の場合、保護膜３９と対向面４３Ｂとの間の領域に

おける接合部材50の膜厚増大に伴って封止性が低下する場合がある。すなわち、 $G2 - G1 \leq 13 \mu m$ の場合、リーク不良によって周波数が変動する不良品の発生率を低減できる。

[0057] ギャップG2は、 $2 \mu m \leq G2 \leq 20 \mu m$ の関係を満たしている。

ギャップG2は、粒径Rによって制限される。このため、ギャップG2を小さくするには、粒径Rを小さくする必要がある。 $G2 < 2 \mu m$ の場合、粒径Rが小さ過ぎるため、蓋部材40のうねりに起因したギャップG1の変動によって、導電性フィラー52が上面電極33c及び対向面43Bの少なくとも一方に接触しない場合がある。すなわち、 $2 \mu m \leq G2$ の場合、蓋部材40が接地できない不良品の発生率を低減できる。

$20 \mu m < G2$ の場合、保護膜39と対向面43Bとの間の領域における接合部材50の膜厚増大に伴って封止性が低下する場合がある。すなわち、 $G2 \leq 20 \mu m$ の場合、リーク不良によって周波数が変動する不良品の発生率を低減できる。

[0058] 次に、図7～図9を参照しつつ、実施例及び比較例について説明する。図7は、幅W及び粒径Rを変化させた場合の接地不良率を示す表である。図8は、粒径R及び粒径rを変化させた場合の接地不良率を示す表である。図9は、比較例1における接地部分の断面を示す画像である。

[0059] 図7の実施例1～3及び比較例1，2のそれぞれに係る水晶振動子は、本実施形態に係る水晶振動子1であって、幅W及び粒径Rを変化させたものである。

(比較例1)

$W = 40 \mu m$ 、 $R = 3.0 \mu m$ 、 $R/W = 0.075$

(実施例1)

$W = 40 \mu m$ 、 $R = 10 \mu m$ 、 $R/W = 0.25$

(実施例2)

$W = 40 \mu m$ 、 $R = 20 \mu m$ 、 $R/W = 0.5$

(実施例3)

$$W = 20 \mu\text{m}, R = 10 \mu\text{m}, R/W = 0.5$$

(比較例2)

$$W = 20 \mu\text{m}, R = 20 \mu\text{m}, R/W = 1$$

[0060] それぞれの水晶振動子1において、蓋部材40と給電用電極とが電氣的に接続されていない不良品の発生率（以下、「接地不良率」とする。）を測定した。それぞれの測定サンプル数は、20個である。接地不良率の判定において、接地用電極と蓋部材40との間の電気抵抗が 10Ω 以下のものを良品と判定し、 10Ω よりも大きいものを不良品と判定した。接地不良率が5%以下を○とし、5%より大きいものを×とした。

[0061] $R < 4 \mu\text{m}$ を満たす比較例1では、接地不良率が高く、不良品の発生率を低減できなかった。 $W/2 < R$ を満たす比較例2では、接地不良率が高く、不良品の発生率を低減できなかった。上面電極33cと対向面43Bとの間の領域の断面SEM画像を分析したところ、比較例1の不良品では導電性フィラー52が変形しておらず、比較例2の不良品では導電性フィラー52が存在していなかった。 $4 \mu\text{m} \leq R \leq W/2$ を満たす実施例1～3では、接地不良率が低く、不良品の発生を抑制できていた。

[0062] 図8の実施例4～6及び比較例3, 4のそれぞれに係る水晶振動子は、本実施形態に係る水晶振動子1であって、粒径R及び粒径rを変化させたものである。

(比較例3)

$$R = 20 \mu\text{m}, r = 0.5 \mu\text{m}, r/R = 0.025$$

(実施例4)

$$R = 10 \mu\text{m}, r = 0.5 \mu\text{m}, r/R = 0.05$$

(実施例5)

$$R = 20 \mu\text{m}, r = 5 \mu\text{m}, r/R = 0.25$$

(実施例6)

$$R = 10 \mu\text{m}, r = 5 \mu\text{m}, r/R = 0.5$$

(比較例4)

$$R = 10 \mu\text{m}, r = 10 \mu\text{m}, r/R = 1$$

[0063] それぞれの水晶振動子 1 において、接地不良率を測定した。それぞれの測定サンプル数は、20 個である。接地不良率の判定において、接地用電極と蓋部材 40 との間の電気抵抗が 10Ω 以下のものを良品と判定し、 10Ω よりも大きいものを不良品と判定した。接地不良率が 5 % 以下を○とし、5 % より大きいものを×とした。

[0064] $r < R/20$ を満たす比較例 3 では、接地不良率が高く、不良品の発生率を低減できなかった。 $R \times 8/10 < r$ を満たす比較例 4 では、接地不良率が高く、不良品の発生率を低減できなかった。上面電極 33c と対向面 43B との間の領域の断面 SEM 画像を分析したところ、比較例 3 の不良品では、図 9 に示すように、導電性フィラー 52 と上面電極 33c との間、及び導電性フィラー 52 と対向面 43B との間に絶縁性フィラー 53 が挟まってしまった。同様に断面 SEM 画像を分析したところ、比較例 4 の不良品では、導電性フィラー 52 が殆ど変形していなかった。 $R/20 \leq r \leq R \times 8/10$ を満たす実施例 4～6 では、接地不良率が低く、不良品の発生を低減できていた。

[0065] 以上のように、本実施形態では、 $4 \mu\text{m} \leq R \leq W/2$ の関係を満たしている。

これによれば、導電性フィラー 52 を上面電極 33c 及び対向面 43B の両方に接触させられる。したがって、蓋部材 40 が接地できない不良品の発生率を低減できる。

[0066] 他の実施態様では、 $R/20 \leq r \leq R \times 8/10$ の関係を満たしている。

これによれば、上面電極 33c 及び対向面 43B の両方に導電性フィラー 52 を接触させつつ、上面電極 33c と対向面 43B との間の領域において導電性フィラー 52 を充分に変形させて導電性フィラーの接触面積を増大できる。したがって、蓋部材 40 が接地できない不良品の発生率を低減できる。

[0067] 以下に、本発明の実施形態の一部又は全部を付記し、その効果について説

明する。なお、本発明は以下の付記に限定されるものではない。

[0068] 本発明の一態様によれば、水晶振動素子と、水晶振動素子が搭載されたベース部材と、ベース部材との間に導電性接着剤の接合部材を挟んで接合され、ベース部材との間に水晶振動素子が配置された内部空間を形成する導電性材料の蓋部材と、を備え、蓋部材は、天壁部と、天壁部の外縁からベース部材に向かって延びる側壁部とを有し、側壁部は、ベース部材に対向する対向面を有し、ベース部材には、水晶振動素子が接続される給電用電極と、接地に用いられる接地用電極とが設けられ、接地用電極は、接合部材を介して蓋部材に電氣的に接続されており、導電性接着剤は、樹脂系接着剤と、樹脂系接着剤に分散した導電性フィラーとを有しており、対向面の短手方向の幅 W と、導電性フィラーの粒径 R とは、 $4\mu\text{m} \leq R \leq W/2$ の関係を満たす、水晶振動子が提供される。

これによれば、接地によって電磁シールド機能を付与可能な蓋部材によって、電磁波の出入りに起因したノイズが低減できる。また、導電性フィラーを給電用電極及び蓋部材の両方に接触させられる。したがって、蓋部材が接地できない不良品の発生率を低減できる。

[0069] 一態様として、導電性接着剤は、樹脂系接着剤に分散した絶縁性フィラーをさらに有し、導電性フィラーの粒径 R と、絶縁性フィラーの粒径 r とは、 $R/20 \leq r \leq R \times 8/10$ の関係を満たす。

[0070] 本発明の他の一態様によれば、水晶振動素子と、水晶振動素子が搭載されたベース部材と、ベース部材との間に導電性接着剤の接合部材を挟んで接合され、ベース部材との間に水晶振動素子が配置された内部空間を形成する導電性材料の蓋部材と、を備え、蓋部材は、天壁部と、天壁部の外縁からベース部材に向かって延びる側壁部とを有し、側壁部は、ベース部材に対向する対向面を有し、ベース部材には、水晶振動素子が接続される給電用電極と、接地に用いられる接地用電極とが設けられ、接地用電極は、接合部材を介して蓋部材に電氣的に接続されており、導電性接着剤は、樹脂系接着剤と、樹脂系接着剤に分散した導電性フィラーと、樹脂系接着剤に分散した絶縁性フ

ィラーとを有し、導電性フィラーの粒径 R と、絶縁性フィラーの粒径 r は、 $R/20 \leq r \leq R \times 8/10$ の関係を満たす、水晶振動子が提供される。

これによれば、接地によって電磁シールド機能を付与可能な蓋部材によって、電磁波の出入りに起因したノイズが低減できる。また、導電性フィラーを給電用電極及び蓋部材の両方に接触させつつ、導電性フィラーを充分に変形させて導電性フィラーの接触面積を増大できる。したがって、蓋部材が接地できない不良品の発生率を低減できる。

[0071] 一態様として、導電性フィラーの粒径 R と、絶縁性フィラーの粒径 r とは、 $R/10 \leq r$ の関係をさらに満たす。

これによれば、導電性フィラーと給電用電極の間への絶縁性フィラーの侵入による、導電性フィラーと給電用電極との接触の阻害がさらに効率的に抑制できる。

[0072] 一態様として、導電性フィラーは、球状の樹脂コアと、樹脂コアを覆う金属膜とを有している。

[0073] 一態様として、樹脂コアは、スチレン系樹脂又はアクリル系樹脂であり、金属膜はニッケルである。

[0074] 一態様として、樹脂系接着剤は、エポキシ系の熱硬化性樹脂である。

[0075] 本発明に係る実施形態は、水晶振動子に限定されるものではなく、圧電振動子にも適用可能である。圧電振動子 (Piezoelectric Resonator Unit) の一例が、水晶振動素子 (Quartz Crystal Resonator) を備えた水晶振動子 (Quartz Crystal Resonator Unit) である。水晶振動素子は、圧電効果によって励振される圧電片として、水晶片 (Quartz Crystal Element) を利用するが、圧電片は、圧電単結晶、圧電セラミック、圧電薄膜、又は、圧電高分子膜などの任意の圧電材料によって形成されてもよい。一例として、圧電単結晶は、ニオブ酸リチウム (LiNbO_3) を挙げることができる。同様に、圧電セラミックは、チタン酸バリウム (BaTiO_3)、チタン酸鉛 (PbTiO_3)、チタン酸ジルコン酸鉛 (Pb

(Zr_xTi_{1-x})O₃; PZT)、窒化アルミニウム (AlN)、ニオブ酸リチウム (LiNbO₃)、メタニオブ酸リチウム (LiNb₂O₆)、チタン酸ピスマス (Bi₄Ti₃O₁₂)、タンタル酸リチウム (LiTaO₃)、四ホウ酸リチウム (Li₂B₄O₇)、ランガサイト (La₃Ga₅SiO₁₄)、又は、五酸化タンタル (Ta₂O₅)などを挙げることができる。圧電薄膜は、石英、又は、サファイアなどの基板上に上記の圧電セラミックをスパッタリング工法などによって成膜したものを挙げることができる。圧電高分子膜は、ポリ乳酸 (PLA)、ポリフッ化ビニリデン (PVDF)、又は、フッ化ビニリデン／三フッ化エチレン (VDF／TrFE) 共重合体などを挙げることができる。上記の各種圧電材料は、互いに積層して用いられてもよく、他の部材に積層されてもよい。

[0076] 本発明に係る実施形態は、タイミングデバイス、発音器、発振器、荷重センサなど、圧電効果により電気機械エネルギー変換を行うデバイスであれば、特に限定されることなく適宜適用可能である。

[0077] 以上説明したように、本発明の一態様によれば、ノイズを抑制しつつ不良品の発生を抑制可能な圧電振動子を提供できる。

[0078] なお、以上説明した実施形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定して解釈するためのものではない。本発明は、その趣旨を逸脱することなく、変更／改良され得るとともに、本発明にはその等価物も含まれる。即ち、各実施形態に当業者が適宜設計変更を加えたものも、本発明の特徴を備えている限り、本発明の範囲に包含される。例えば、各実施形態が備える各要素及びその配置、材料、条件、形状、サイズなどは、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。また、各実施形態が備える各要素は、技術的に可能な限りにおいて組み合わせることができ、これらを組み合わせたものも本発明の特徴を含む限り本発明の範囲に包含される。

符号の説明

[0079] 1…水晶振動子、

1 0 …水晶振動素子、
3 0 …ベース部材、
3 1 …基体、
3 3 a, 3 3 b …電極パッド、
3 3 c …上面電極、
3 4 a ～ 3 4 d …側面電極、
3 5 a ～ 3 5 d …外部電極、
3 9 …保護膜、
4 0 …蓋部材、
4 1 …天壁部、
4 2 …側壁部、
4 3 B …対向面、
5 0 …接合部材、
5 1 …樹脂系接着剤、
5 2 …導電性フィラー、
5 3 …絶縁性フィラー、

請求の範囲

[請求項1]

圧電振動素子と、
前記圧電振動素子が搭載されたベース部材と、
前記ベース部材との間に前記圧電振動素子が配置された内部空間を形成する導電性材料の蓋部材と、
前記ベース部材と前記蓋部材とを接合する、導電性接着剤によって設けられた接合部材と、
を備え、
前記蓋部材は、天壁部と、前記天壁部の外縁から前記ベース部材に向かって延びる側壁部とを有し、前記側壁部は、前記ベース部材に対向する対向面を有し、
前記ベース部材には、前記圧電振動素子が接続される給電用電極と、接地に用いられる接地用電極とが設けられ、前記接地用電極は、前記接合部材を介して前記蓋部材に電氣的に接続されており、
前記導電性接着剤は、樹脂系接着剤と、前記樹脂系接着剤に分散した導電性フィラーとを有しており、
前記対向面の短手方向の幅 W と、前記導電性フィラーの粒径 R とは、
$$4\ \mu\text{m} \leq R \leq W/2$$

の関係を満たす、圧電振動子。

[請求項2]

前記導電性接着剤は、前記樹脂系接着剤に分散した絶縁性フィラーをさらに有し、
前記導電性フィラーの粒径 R と、前記絶縁性フィラーの粒径 r とは、
$$R/20 \leq r \leq R \times 8/10$$

の関係を満たす、
請求項1に記載の圧電振動子。

[請求項3]

圧電振動素子と、

前記圧電振動素子が搭載されたベース部材と、

前記ベース部材との間に前記圧電振動素子が配置された内部空間を形成する導電性材料の蓋部材と、

前記ベース部材と前記蓋部材とを接合する、導電性接着剤によって設けられた接合部材と、

を備え、

前記蓋部材は、天壁部と、前記天壁部の外縁から前記ベース部材に向かって延びる側壁部とを有し、前記側壁部は、前記ベース部材に対向する対向面を有し、

前記ベース部材には、前記圧電振動素子が接続される給電用電極と、接地に用いられる接地用電極とが設けられ、前記接地用電極は、前記接合部材を介して前記蓋部材に電氣的に接続されており、

前記導電性接着剤は、樹脂系接着剤と、前記樹脂系接着剤に分散した導電性フィラーと、前記樹脂系接着剤に分散した絶縁性フィラーとを有し、

前記導電性フィラーの粒径 R と、前記絶縁性フィラーの粒径 r は、

$$R / 20 \leq r \leq R \times 8 / 10$$

の関係を満たす、圧電振動子。

[請求項4] 前記導電性フィラーの粒径 R と、前記絶縁性フィラーの粒径 r とは、

$$R / 10 \leq r$$

の関係をさらに満たす、

請求項2又は3に記載の圧電振動子。

[請求項5] 前記導電性フィラーは、球状の樹脂コアと、前記樹脂コアを覆う金属膜とを有している、

請求項1から4のいずれか1項に記載の圧電振動子。

[請求項6] 前記樹脂コアは、スチレン系樹脂又はアクリル系樹脂であり、

前記金属膜はニッケルである、
請求項 5 に記載の圧電振動子。

[請求項7] 前記樹脂系接着剤は、エポキシ系の熱硬化性樹脂である、
請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の圧電振動子。

[請求項8] 前記導電性フィラーの一部は、前記接地用電極と前記蓋部材とに挟まれて変形している、
請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の圧電振動子。

[請求項9] 前記給電用電極は、
前記ベース部材の前記蓋部材側の上面に設けられ、前記上面を平面視したときに前記接合部材によって囲まれた電極パッドと、
前記ベース部材の側面部に設けられた側面電極と、
前記上面に設けられ、前記前記電極パッドと前記側面電極とを電氣的に接続する配線電極と、
を有する、
請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の圧電振動子。

[請求項10] 前記ベース部材には、少なくとも前記対向面と対向する前記給電用電極の領域を覆う保護膜が絶縁性材料によって設けられている、
請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の圧電振動子。

[図1]

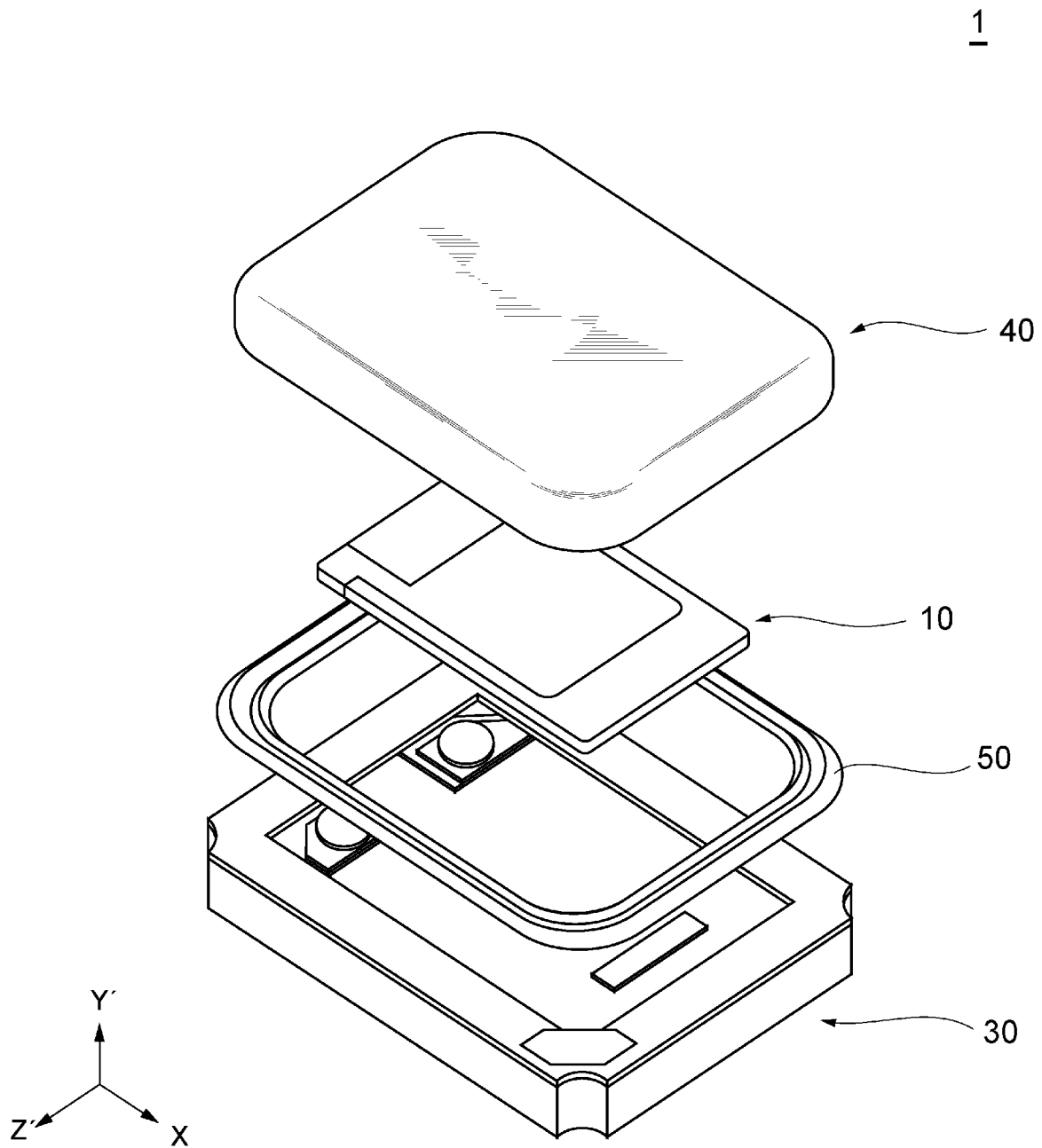
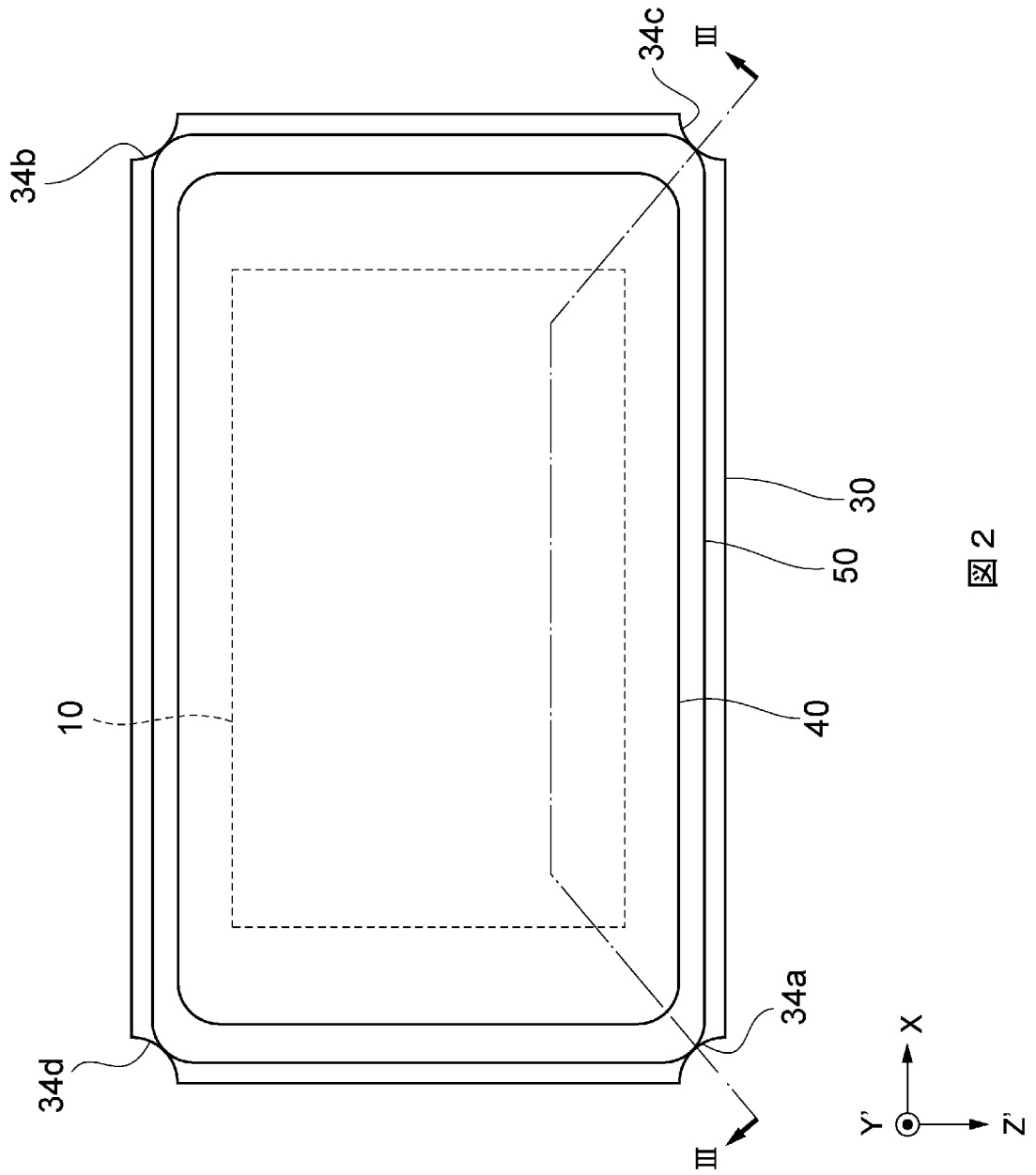


図 1

[図2]

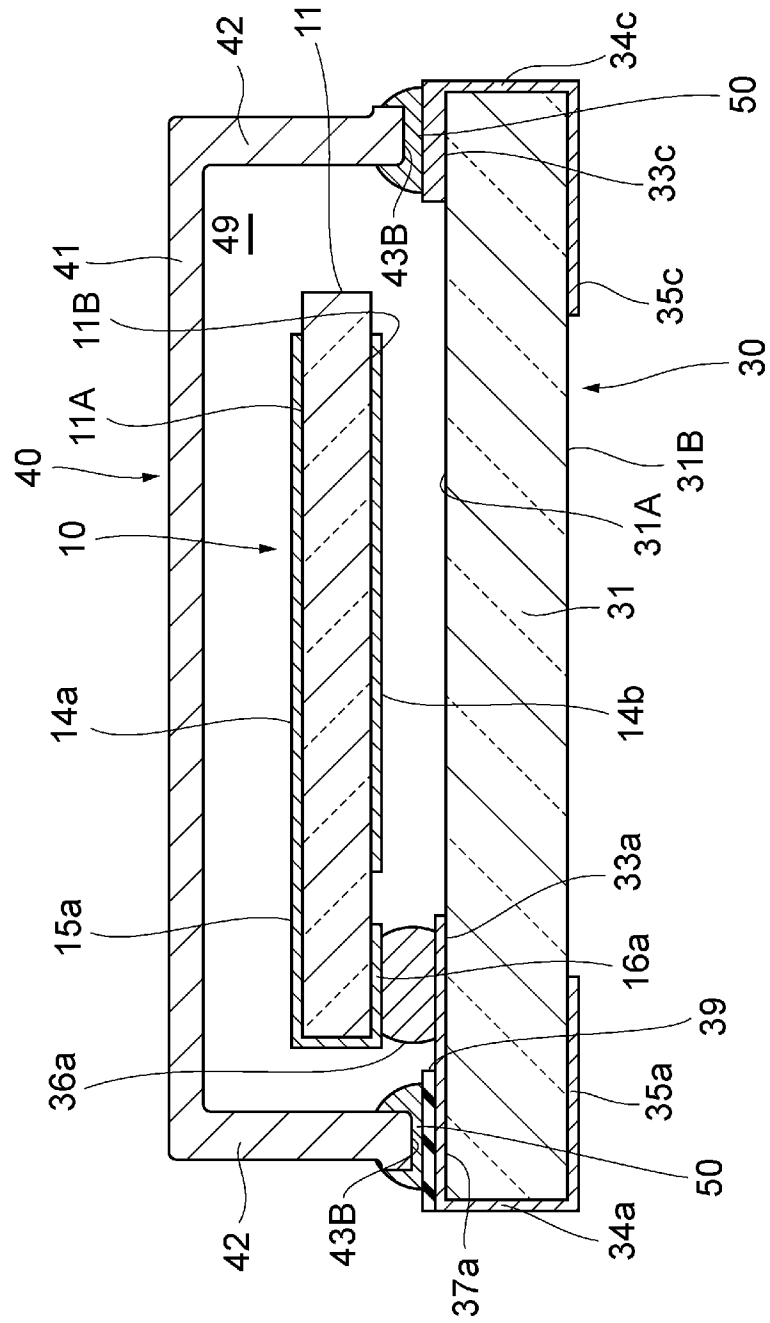
1



[図2]

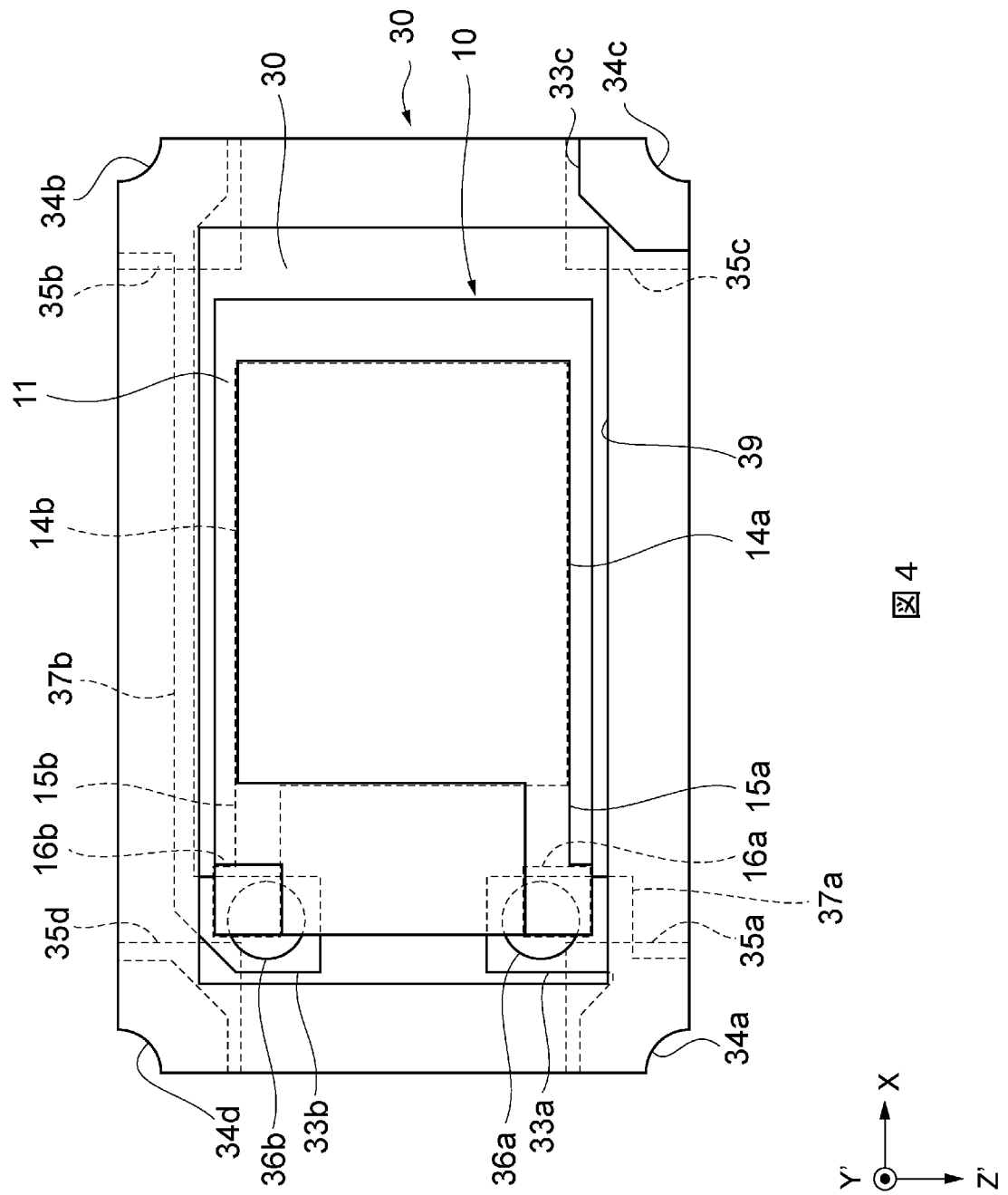
[図3]

1



[図3]

[図4]



[図7]

	比較例1	実施例1	実施例2	実施例3	比較例2
幅W μm	40	40	40	20	20
粒径R μm	3.8	10	20	10	20
R/W	0.095	0.25	0.5	0.5	1
接地不良率	×	○	○	○	×

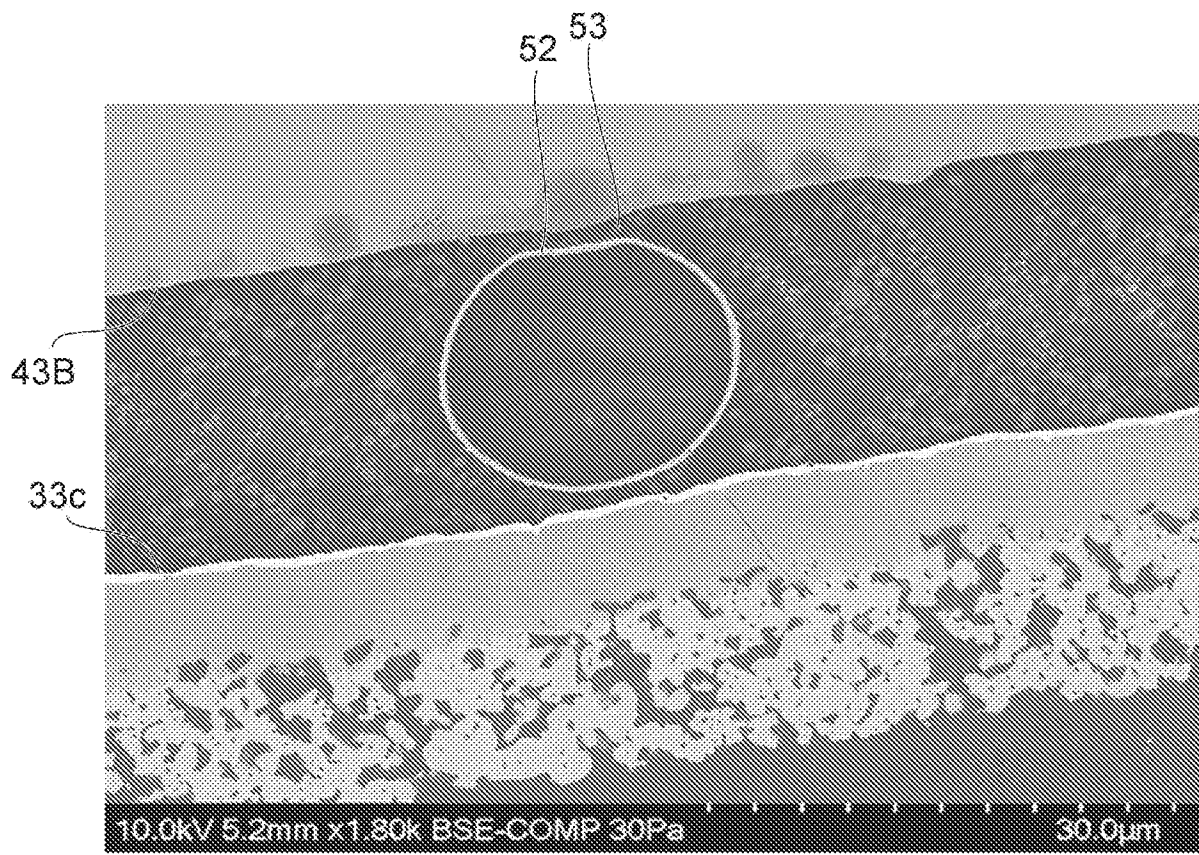
図 7

[図8]

	比較例3	実施例4	実施例5	実施例6	比較例4
粒径R μm	20	10	20	10	10
粒径r μm	0.5	0.5	5	5	10
r/R	0.025	0.05	0.25	0.5	1
接地不良率	×	○	○	○	×

図 8

[図9]



[図9]

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/010861

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H01L23/10 (2006.01) i, H03H9/02 (2006.01) i

FI: H03H9/02 A, H01L23/10 B

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. H01L23/10, H03H9/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021

Registered utility model specifications of Japan 1996-2021

Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2015-220749 A (NIHON DEMPA KOGYO CO., LTD.) 07 December 2015, paragraphs [0020]-[0030], [0034], fig. 1-3	1-2, 4-10
Y	JP 2002-222833 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 09 August 2002, paragraphs [0024]-[0035], fig. 1	1-2, 4-10
Y	JP 2006-032412 A (RICOH CO., LTD.) 02 February 2006, paragraphs [0008]-[0010], fig. 1	1-2, 4-10
Y	JP 04-242946 A (OKI ELECTRIC INDUSTRY CO., LTD.) 31 August 1992, paragraphs [0008]-[0011], fig. 1, 2	2, 4-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
19.05.2021

Date of mailing of the international search report
01.06.2021

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/010861

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2019-220683 A (TOYO INK SC HOLDINGS CO., LTD.) 26 December 2019, paragraphs [0025]-[0040]	5-10
Y	JP 05-070750 A (FUJITSU LTD.) 23 March 1993, paragraphs [0012]-[0026], fig. 1, 4, 6	5-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/010861

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

(See extra sheet.)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
1-2, 4-10

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/010861

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2015-220749 A	07.12.2015	CN 105099390 A	
JP 2002-222833 A	09.08.2002	(Family: none)	
JP 2006-032412 A	02.02.2006	(Family: none)	
JP 04-242946 A	31.08.1992	(Family: none)	
JP 2019-220683 A	26.12.2019	(Family: none)	
JP 05-070750 A	23.03.1993	(Family: none)	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/010861

(Continuation of Box No. III)

(Invention 1) Claims 1-2, 4-10

Claims 1-2 and 4-10 are classified as invention 1 as a result of having the special technical feature of "the width W in the short-side direction of the opposing surface and the particle diameter R of the electroconductive filler satisfy a relationship of $4\ \mu\text{m} \leq R \leq W/2$."

(Invention 2) Claim 3

Claim 3 shares, with claim 1 classified as invention 1, the feature of "comprising: a piezoelectric vibration element; a base member on which the piezoelectric vibration element is mounted; a lid member forming an internal space in which the piezoelectric vibration element is disposed between the base member and the lid member, the lid member being made of an electroconductive material; and a bonding member which bonds the base member to the lid member and is provided by an electroconductive adhesive, wherein: the lid member has a top wall part, and a side wall part which extends from the outer edge of the top wall part toward the base member; the side wall part has an opposing surface opposing the base member; the base member is provided with a power supply electrode to which the piezoelectric vibration element is connected and a ground electrode used for ground; the ground electrode is electrically connected to the lid member via the bonding member; and the electroconductive adhesive has a resin-based adhesive and an electroconductive filler dispersed in the resin-based adhesive." However, this feature does not make a contribution over the prior art in light of the content disclosed in document 1, and thus this feature cannot be said to be a special technical feature. Furthermore, there is no other identical or corresponding special technical feature between these inventions. Moreover, claim 3 is not a dependent claim of claim 1. Additionally, claim 3 is not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as invention 1. Therefore, claim 3 cannot be classified as invention 1. Claim 3 is classified as invention 2 as a result of having the special technical feature of "the electroconductive adhesive contains an insulating filler dispersed in the resin-based adhesive, and the particle diameter R of the electroconductive filler and the particle diameter r of the insulating filler satisfy the relationship of $R/20 \leq r \leq R \times 8/10$."

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 23/10(2006.01)i; H03H 9/02(2006.01)i FI: H03H9/02 A; H01L23/10 B														
B. 調査を行った分野														
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H01L23/10; H03H9/02														
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの														
<table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2021年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年													
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）														
C. 関連すると認められる文献														
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号												
Y	JP 2015-220749 A（日本電波工業株式会社）07.12.2015（2015 - 12 - 07） 段落[0020]-[0030], [0034], [図1]-[図3]	1-2, 4-10												
Y	JP 2002-222833 A（松下電器産業株式会社）09.08.2002（2002 - 08 - 09） 段落[0024]-[0035], [図1]	1-2, 4-10												
Y	JP 2006-032412 A（株式会社リコー）02.02.2006（2006 - 02 - 02） 段落[0008]-[0010], [図1]	1-2, 4-10												
Y	JP 04-242946 A（沖電気工業株式会社）31.08.1992（1992 - 08 - 31） 段落[0008]-[0011], [図1]-[図2]	2, 4-10												
Y	JP 2019-220683 A（東洋インキ S Cホールディングス株式会社）26.12.2019（2019 - 12 - 26） 段落[0025]-[0040]	5-10												
Y	JP 05-070750 A（富士通株式会社）23.03.1993（1993 - 03 - 23） 段落[0012]-[0026], [図1], [図4], [図6]	5-10												
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの</td> <td>“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</td> <td>“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献	“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	
* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの													
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの													
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献														
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献														
国際調査を完了した日 19.05.2021	国際調査報告の発送日 01.06.2021													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 石田 昌敏 5W 4181 電話番号 03-3581-1101 内線 3576													

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

（発明1）請求項1-2、4-10 請求項1-2、4-10は、「前記対向面の短手方向の幅Wと、前記導電性フィラーの粒径Rとは、 $4\mu\text{m} \leq R \leq W/2$ の関係を満たす」という特別な技術的特徴を有しているので、発明1に区分する。

（発明2）請求項3 請求項3は、発明1に区分された請求項1と、[圧電振動素子と、前記圧電振動素子が搭載されたベース部材と、前記ベース部材との間に前記圧電振動素子が配置された内部空間を形成する導電性材料の蓋部材と、前記ベース部材と前記蓋部材とを接合する、導電性接着剤によって設けられた接合部材と、を備え、前記蓋部材は、天壁部と、前記天壁部の外縁から前記ベース部材に向かって延びる側壁部とを有し、前記側壁部は、前記ベース部材に対向する対向面を有し、前記ベース部材には、前記圧電振動素子が接続される給電用電極と、接地に用いられる接地用電極とが設けられ、前記接地用電極は、前記接合部材を介して前記蓋部材に電氣的に接続されており、前記導電性接着剤は、樹脂系接着剤と、前記樹脂系接着剤に分散した導電性フィラーとを有して]いるという共通の技術的特徴を有している。しかしながら、当該技術的特徴は、文献1の開示内容に照らして、先行技術に対する貢献をもたらすものではないから、当該技術的特徴は、特別な技術的特徴であるとはいえない。また、これらの発明の間には、他に同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。さらに、請求項3は、請求項1の従属請求項ではない。また、請求項3は、発明1に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。したがって、請求項3は発明1に区分できない。そして、請求項3は、[前記導電性接着剤は、前記樹脂系接着剤に分散した絶縁性フィラーとを有し、前記導電性フィラーの粒径Rと、前記絶縁性フィラーの粒径rは、 $R/20 \leq r \leq R \times 8/10$ の関係を満たす」という特別な技術的特徴を有しているので、発明2に区分する。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。
1-2, 4-10

追加調査手数料の異議の
申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/010861

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2015-220749	A	07.12.2015	CN	105099390	A	
JP	2002-222833	A	09.08.2002	(ファミリーなし)			
JP	2006-032412	A	02.02.2006	(ファミリーなし)			
JP	04-242946	A	31.08.1992	(ファミリーなし)			
JP	2019-220683	A	26.12.2019	(ファミリーなし)			
JP	05-070750	A	23.03.1993	(ファミリーなし)			