

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6834262号
(P6834262)

(45) 発行日 令和3年2月24日(2021.2.24)

(24) 登録日 令和3年2月8日(2021.2.8)

(51) Int.Cl.	F 1
HO2N 2/12 (2006.01)	HO2N 2/12
HO1L 41/047 (2006.01)	HO1L 41/047
HO1L 41/09 (2006.01)	HO1L 41/09
HO1L 41/083 (2006.01)	HO1L 41/083

請求項の数 14 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2016-170176 (P2016-170176)
(22) 出願日	平成28年8月31日 (2016.8.31)
(65) 公開番号	特開2018-38188 (P2018-38188A)
(43) 公開日	平成30年3月8日 (2018.3.8)
審査請求日	令和1年6月21日 (2019.6.21)

(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	100091292 弁理士 増田 達哉
(74) 代理人	100091627 弁理士 朝比 一夫
(72) 発明者	荒川 豊 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
(72) 発明者	古谷 昇 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】振動子、圧電アクチュエーター、圧電モーター、ロボット、電子部品搬送装置および振動子の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一対の振動基板、および前記一対の振動基板の間に配置されている圧電体を備えている振動部と、

一対の支持基板を備え、前記振動部を支持する支持部と、

一方の前記振動基板と、一方の前記支持基板とを接続する一対の第1の接続部と、

他方の前記振動基板と、他方の前記支持基板とを接続する一対の第2の接続部と、

前記振動部と前記支持部とに配置されている配線と、を有し、

前記配線は、前記支持部から露出していることを特徴とする振動子。

【請求項 2】

10

一方の前記振動基板および一方の前記支持基板を含む第1基板と、

他方の前記振動基板および他方の前記支持基板を含む第2基板と、を有する請求項1に記載の振動子。

【請求項 3】

前記配線は、前記第1基板に配置されている第1配線と、前記第2基板に配置されている第2配線と、を有する請求項2に記載の振動子。

【請求項 4】

前記支持部は、表面に開口する凹部を有し、前記凹部において前記配線が露出している請求項1ないし3のいずれか1項に記載の振動子。

【請求項 5】

20

前記配線の前記露出している部分と接觸している導電部を有する請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の振動子。

【請求項 6】

前記導電部は、前記支持部から突出して配置されている請求項 5 に記載の振動子。

【請求項 7】

前記一対の振動基板の間に、前記一対の振動基板が重なる方向に沿って積層された複数の前記圧電体を有する請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の振動子。

【請求項 8】

請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の振動子と、

前記振動子に配置されている凸部と、を有することを特徴とする圧電アクチュエーター 10
。

【請求項 9】

複数の前記振動子を有し、

複数の前記振動子が積層されている請求項 8 に記載の圧電アクチュエーター。

【請求項 10】

前記支持部において前記配線と電気的に接続されている回路部品を有する請求項 8 または 9 に記載の圧電アクチュエーター。

【請求項 11】

請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の振動子を備えることを特徴とする圧電モーター 20
一。

【請求項 12】

請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の振動子を備えることを特徴とするロボット。

【請求項 13】

請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の振動子を備えることを特徴とする電子部品搬送装置。

【請求項 14】

一対の振動基板および前記一対の振動基板の間に配置されている圧電体を備えている振動部と、一対の支持基板を備え、前記振動部を支持する支持部と、一方の前記振動基板と、一方の前記支持基板とを接続する一対の第 1 の接続部と、他方の前記振動基板と、他方の前記支持基板とを接続する一対の第 2 の接続部と、前記振動部と前記支持部とに配置され、前記支持部から外部に露出する露出部を有する配線と、を有する振動子を準備する工程と、 30

めっき法によって前記露出部と接觸する導電部を形成する工程と、を有することを特徴とする振動子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、振動子、圧電アクチュエーター、圧電モーター、ロボット、電子部品搬送装置および振動子の製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来から、圧電素子を備える圧電アクチュエーターが知られている（例えば特許文献 1 参照）。特許文献 1 に記載の圧電アクチュエーターは、2 枚の補強板と、2 枚の補強板の間に配置された圧電素子と、を有する振動体を有している。また、圧電素子の配線が振動体の側面から外部に露出しており、この露出した部分（以下「端子」ともいう。）を介して外部との電気接続が可能となっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2006 - 340503 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

ここで、圧電アクチュエーターの分野においては、上述のような振動体に加えて、振動体を支持すると共に、圧電アクチュエーターを対象物に固定するための支持部を配置する場合がある。また、支持部は、振動体の厚さ方向の平面視で振動体の周囲に配置されることが一般的である。このような支持部を特許文献1の圧電アクチュエーターに適用した場合、振動体の側面が支持部と対向してしまい、振動体の側面から外部に露出する端子を介した外部との電気的な接続が困難となるおそれがある（接続を行う十分なスペースを確保できない場合がある）。

10

【0005】

本発明の目的は、外部との電気的な接続を容易に行うことのできる振動子を提供すること、また、この振動子を備える圧電アクチュエーター、圧電モーター、ロボットおよび電子部品搬送装置を提供すること、さらには、この振動子の製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】**【0006】**

上記目的は、下記の本発明により達成される。

本発明の振動子は、一対の振動基板、および前記一対の振動基板の間に配置されている圧電体を備えている振動部と、

20

一対の支持基板、および前記一対の支持基板の間に配置されている基板間部を備えている支持部と、

前記振動部と前記支持部とに配置されている配線と、を有し、

前記配線は、前記支持部から露出していることを特徴とする。

これにより、外部との電気的な接続を容易に行うことのできる振動子を提供することができる。

【0007】

本発明の振動子では、前記基板間部は、絶縁性を有していることが好ましい。

これにより、配線を容易に配置することができる。

【0008】

30

本発明の振動子では、一方の前記振動基板および一方の前記支持基板を含む第1基板と、

他方の前記振動基板および他方の前記支持基板を含む第2基板と、を有することが好ましい。

これにより、振動子の構成が簡単なものとなる。また、振動子の製造も容易となる。

【0009】

本発明の振動子では、前記基板間部は、前記第1基板と前記第2基板とが重なる方向での厚さが、前記圧電体よりも小さいことが好ましい。

これにより、第1、第2基板と圧電体とをより確実に貼り合せることができる。

【0010】

40

本発明の振動子では、前記配線は、前記第1基板に配置されている第1配線と、前記第2基板に配置されている第2配線と、を有することが好ましい。

これにより、第1配線と第2配線との短絡を防止しつつ、第1配線および第2配線の配置の自由度を高めることができる。

【0011】

本発明の振動子では、前記支持部は、表面に開口する凹部を有し、前記凹部において前記配線が露出していることが好ましい。

これにより、配線を支持部から露出させ易くなる。

【0012】

本発明の振動子では、前記配線の前記露出している部分と接触している導電部を有する

50

ことが好ましい。

これにより、外部との電気的接続が容易となる。

【0013】

本発明の振動子では、前記導電部は、前記支持部から突出して配置されていることが好ましい。

これにより、外部との電気的接続がより容易となる。

【0014】

本発明の振動子では、前記一対の振動基板の間に、前記一対の振動基板が重なる方向に沿って積層された複数の前記圧電体を有することが好ましい。

これにより、同じ厚さの振動子で比較した場合、単層の圧電体の構成に対して、振動子の駆動力を高めることができる。 10

【0015】

本発明の圧電アクチュエーターは、本発明の振動子と、

前記振動子に配置されている凸部と、を有することを特徴とする。

これにより、振動部の振動を凸部から対象物に効率的に伝えることができる。

【0016】

本発明の圧電アクチュエーターでは、複数の前記振動子を有し、

複数の前記振動子が積層されていることが好ましい。

これにより、圧電アクチュエーターの駆動力を高めることができる。

【0017】

本発明の圧電アクチュエーターでは、前記支持部において前記配線と電気的に接続されている回路部品を有することが好ましい。

これにより、回路部品によって、振動子の配線を容易に引き出すことができる。 20

【0018】

本発明の圧電モーターは、本発明の振動子を備えることを特徴とする。

これにより、信頼性の高い圧電モーターが得られる。

【0019】

本発明のロボットは、本発明の振動子を備えることを特徴とする。

これにより、信頼性の高いロボットが得られる。

【0020】

本発明の電子部品搬送装置は、本発明の振動子を備えることを特徴とする。 30

これにより、信頼性の高い電子部品搬送装置が得られる。

【0021】

本発明の振動子の製造方法は、一対の振動基板および前記一対の振動基板の間に配置されている圧電体を備えている振動部と、一対の支持基板および前記一対の支持基板の間に配置されている基板間部を備えている支持部と、前記振動部と前記支持部とに配置され、前記支持部から外部に露出する露出部を有する配線と、を有する振動子を準備する工程と、

めっき法によって前記露出部と接触する導電部を形成する工程と、を有することを特徴とする。 40

これにより、導電部を介して外部との電気的な接続を容易に行うことのできる振動子を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本発明の第1実施形態に係る圧電モーターの全体構成を示す概略図である。

【図2】図1に示す圧電モーターが備える圧電アクチュエーターの斜視図である。

【図3A】振動子が有する第1基板の上面図である。

【図3B】振動子が有する圧電素子および基板間部の上面図である。

【図3C】振動子が有する第2基板の上面図である。

【図4A】振動子が有する第1基板の下面図である。 50

【図4B】振動子が有する圧電素子および基板間部の下面図である。

【図4C】振動子が有する第2基板の下面図である。

【図5】図1中のA-A線断面図である。

【図6】図1中のB-B線断面図である。

【図7】図1中のC-C線断面図である。

【図8】振動子の部分拡大斜視図である。

【図9】振動子の部分拡大断面図である。

【図10】振動子の部分拡大断面図である。

【図11】図2に示す圧電アクチュエーターが有する配線基板の平面図である。

【図12】図1に示す圧電モーターの駆動を説明する概略図である。

10

【図13】振動子の製造方法を示すフローチャートである。

【図14】振動子の製造方法を説明するための断面図である。

【図15】振動子の製造方法を説明するための断面図である。

【図16】振動子の製造方法を説明するための断面図である。

【図17】本発明の第2実施形態に係る圧電アクチュエーターの側面図である。

【図18】本発明の第3実施形態に係る振動子の断面図である。

【図19】本発明の第3実施形態に係る振動子の断面図である。

【図20】本発明の第3実施形態に係る振動子の断面図である。

【図21】図18に示す振動子の側面図である。

【図22】本発明の第4実施形態に係るロボットの斜視図である。

20

【図23】本発明の第5実施形態に係る電子部品搬送装置の斜視図である。

【図24】図23に示す電子部品搬送装置が有する電子部品保持部の斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

以下、本発明の振動子、圧電アクチュエーター、圧電モーター、ロボット、電子部品搬送装置および振動子の製造方法を添付図面に示す好適な実施形態に基づいて詳細に説明する。

【0024】

<第1実施形態>

まず、本発明の第1実施形態に係る圧電モーターについて説明する。

30

【0025】

図1は、本発明の第1実施形態に係る圧電モーターの全体構成を示す概略図である。図2は、図1に示す圧電モーターが備える圧電アクチュエーターの斜視図である。図3Aは、振動子が有する第1基板の上面図である。図3Bは、振動子が有する圧電素子および基板間部の上面図である。図3Cは、振動子が有する第2基板の上面図である。図4Aは、振動子が有する第1基板の下面図である。図4Bは、振動子が有する圧電素子および基板間部の下面図である。図4Cは、振動子が有する第2基板の下面図である。図5は、図1中のA-A線断面図である。図6は、図1中のB-B線断面図である。図7は、図1中のC-C線断面図である。図8は、振動子の部分拡大斜視図である。図9および図10は、それぞれ、振動子の部分拡大断面図である。図11は、図2に示す圧電アクチュエーターが有する配線基板の平面図である。図12は、図1に示す圧電モーターの駆動を説明する概略図である。図13は、振動子の製造方法を示すフローチャートである。図14ないし図16は、それぞれ、振動子の製造方法を説明するための断面図である。なお、図8では、説明の便宜上、導電部の図示を省略している。また、以下では、説明の便宜上、図2中の上側を「上」とも言い、下側を「下」とも言う。

40

【0026】

図1に示す圧電モーター200(超音波モーター)は、回転軸Oまわりに回転可能な被駆動部(従動部)としてのローター210と、ローター210の外周面211に当接する圧電アクチュエーター100と、を有している。このような圧電モーター200では、圧電アクチュエーター100を駆動(振動)させることで、ローター210を回転軸Oまわ

50

りに回転させることができる。なお、圧電モーター 200 の構成としては、図 1 の構成に限定されない。例えば、本実施形態では、被駆動部として回転移動するローター 210 を用いているが、被駆動部として直線移動するものを用いてもよい。

【0027】

また、圧電アクチュエーター 100 は、振動子 1 と、振動子 1 に配置されている凸部 110 と、振動子 1 と電気的に接続されている回路部品としての配線基板 190 と、を有している。

【0028】

図 2 ないし 5 に示すように、振動子 1 は、一対の振動基板 21、31、および一対の振動基板 21、31 の間に配置されている圧電体 42 を備えている振動部 11 と、一対の支持基板 22、32、および一対の支持基板 22、32 の間に配置されている基板間部 5 を備えている支持部 12 と、振動部 11 と支持部 12 とに配置されている配線 6、とを有している。そして、配線 6 は、支持部 12 から露出している。すなわち、配線 6 は、支持部 12 から露出した部分である露出部 60 を有している。このような構成の振動子 1 によれば、配線 6 を支持部 12 から露出した部分において外部（本実施形態では配線基板 190）と電気的に接続することができる。支持部 12 の周囲には、外部（配線基板 190）との電気的な接続を阻害する遮蔽物が少なく、外部（配線基板 190）との電気的な接続を容易に行うことのできる振動子 1 となる。以下、このような振動子 1 について詳細に説明する。

【0029】

振動子 1 は、対向配置された第 1 基板 2 および第 2 基板 3 と、これら第 1、第 2 基板 2、3 の間に配置された圧電素子 4、基板間部 5 および配線 6 と、支持部 12 に配置された導電部 7 と、を有している。また、第 1、第 2 基板 2、3 と圧電素子 4 および第 1、第 2 基板 2、3 と基板間部 5 は、それぞれ、絶縁性の接着剤 8 を介して接合されている。なお、絶縁性の接着剤 8 としては特に限定されず、例えば、エポキシ系、アクリル系、シリコン系等の各種接着剤を用いることができる。

【0030】

図 3 A、図 3 B、図 3 C、図 4 A、図 4 B および図 4 C に示すように、第 1 基板 2 は、振動基板 21 と、振動基板 21 を支持する支持基板 22 と、振動基板 21 および支持基板 22 を接続する一対の接続部 23 と、を有している。これと同様に、第 2 基板 3 は、振動基板 31 と、振動基板 31 を支持する支持基板 32 と、振動基板 31 および支持基板 32 を接続する一対の接続部 33 と、を有している。第 1、第 2 基板 2、3 は、実質的に同じ形状および大きさを有しており、図 5 ないし図 7 に示すように、圧電素子 4 を介して振動基板 21、31 が対向配置され、基板間部 5 を介して支持基板 22、32 が対向配置され、空隙 S を介して接続部 23、33 が対向配置されている。

【0031】

このように、振動基板 21（一方の振動基板）、支持基板 22（一方の支持基板）および接続部 23 が第 1 基板 2 に含まれることで、これら各部を第 1 基板 2 から一体形成することができ、振動子 1 の構成や製造が簡単となる。同様に、振動基板 31（他方の振動基板）、支持基板 32（他方の支持基板）および接続部 33 が第 2 基板 3 に含まれることで、これら各部を第 2 基板 3 から一体形成することができ、振動子 1 の構成や製造が簡単となる。

【0032】

このような第 1、第 2 基板 2、3 としては特に限定されないが、例えば、シリコン基板を用いることができる。第 1、第 2 基板 2、3 としてシリコン基板を用いることで、振動子 1 の製造にシリコンウエハプロセス（MEMS プロセス）を用いることができ、振動子 1 を効率的に製造することができる。また、図示しないが、第 1、第 2 基板 2、3 の表面には絶縁層が設けられている。例えば、第 1、第 2 基板 2、3 としてシリコン基板を用いる場合、絶縁層は、シリコン基板の表面を熱酸化して形成した酸化シリコンで構成することができる。

10

20

30

40

50

【0033】

図1に示すように、振動部11は、振動子1の厚さ方向（第1、第2基板2、3が重なる方向）から見た平面視で、略長方形形状（長手形状）をなしている。そして、このような振動部11の長手方向の先端部であって、幅方向（短手方向）の中央部には凸部110が配置されている。凸部110は、振動部11から先端側へ突出し、その先端面がローター210の外周面211に接触している。そのため、振動部11が振動すると、その振動が凸部110を介してローター210に伝わり、ローター210が回転軸0まわりに回転する。このように、凸部110を有することで、振動部11の振動を効率的にローター210に伝えることができる。また、振動部11とローター210の接触が抑制され、振動部11の破損の可能性を低減することができる。

10

【0034】

なお、振動部11および凸部110の形状や配置としては、その機能を発揮することができる限り、特に限定されない。

【0035】

図2に示すように、振動部11は、振動基板21、31と、これら振動基板21、31に挟まれた圧電素子4と、を有している。また、図1に示すように、圧電素子4は、5つの圧電素子4a、4b、4c、4d、4eを含んでいる。圧電素子4eは、振動部11の幅方向の中央部において、振動部11の長手方向に沿って配置されている。この圧電素子4eに対して振動部11の幅方向の一方側には圧電素子4a、4bが振動部11の長手方向に沿って配置され、他方側には圧電素子4c、4dが振動部11の長手方向に沿って配置されている。

20

【0036】

図5ないし図7に示すように、5つの圧電素子4a、4b、4c、4d、4eは、それぞれ、圧電体42と、圧電体42の一方の主面（振動基板21側の主面）に設けられた第1電極41と、圧電体42の他方の主面（振動基板31側の主面）に設けられた第2電極43と、を有している。

【0037】

第1電極41は、圧電素子4a、4b、4c、4d、4eに共通して設けられた共通電極である。一方、第2電極43は、圧電素子4a、4b、4c、4d、4eごとに個別に設けられた個別電極である。また、圧電体42は、圧電素子4a、4b、4c、4d、4eに共通して一体的に設けられている。なお、圧電体42は、圧電素子4a、4b、4c、4d、4eごとに個別に設けられていてもよい。また、本実施形態とは逆に、第1電極41が圧電素子4a、4b、4c、4d、4eごとに個別に設けられ、第2電極43が圧電素子4a、4b、4c、4d、4eに共通して設けられていてもよい。

30

【0038】

第1、第2電極41、43の構成材料としては特に限定されないが、例えば、アルミニウム（Al）、ニッケル（Ni）、金（Au）、白金（Pt）、イリジウム（Ir）、銅（Cu）等の金属材料が用いられる。このような第1、第2電極41、43は、蒸着、スパッタリング等により形成することができる。

【0039】

圧電体42は、振動部11の厚さ方向に沿った方向の電界が印加されることで振動部11の長手方向に沿った方向に伸縮する。このような圧電体42の構成材料としては、例えば、チタン酸ジルコン酸鉛（PZT）、チタン酸バリウム、チタン酸鉛、ニオブ酸カリウム、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム、タングステン酸ナトリウム、酸化亜鉛、チタン酸バリウムストロンチウム（BST）、タンタル酸ストロンチウムビスマス（SBT）、メタニオブ酸鉛、スカンジウムニオブ酸鉛等の圧電セラミックスを用いることができる。圧電セラミックスで構成された圧電体42は、例えば、バルク材料から形成してもよいし、ゾル-ゲル法やスパッタリング法を用いて形成してもよいが、バルク材料から形成することが好ましい。これにより、振動子1の製造が容易となる。なお、圧電体42の構成材料としては、上述した圧電セラミックスの他にも、ポリフッ化ビニリデン、水晶等を

40

50

用いてもよい。

【0040】

図1に示すように、支持部12は、振動部11の基端側を囲むU字形状となっている。なお、支持部12の形状や配置としては、その機能を発揮することができる限り、特に限定されない。例えば、支持部12は、振動部11の幅方向の一方側と他方側とで2つに分割されていてもよい。

【0041】

また、図2に示すように、支持部12は、支持基板22、32と、これら支持基板22、32に挟まれた基板間部5と、を有している。図3A、図3B、図3C、図4A、図4Bおよび図4Cに示すように、基板間部5は、支持基板22、32が重なる方向から見た平面視で、支持基板22、32と実質的に同じ形状および大きさを有している。このような基板間部5を有することで、支持部12を十分に厚くすることができ、支持部12に十分な幅を持った側面を形成することができる。そのため、支持部12の側面から配線6の露出部60を露出させ易くなる。

10

【0042】

基板間部5は、一对の支持基板22、32が重なる方向に絶縁性を有している。これにより、支持部12に配線6を容易に配置することができる。具体的には、後述するように、配線6は、第1配線61と複数の第2配線621、622、623、624、625と、を含んでいるため、基板間部5が絶縁性であると、これら配線61、621、622、623、624、625の短絡を効果的に抑制することができる。なお、前記「絶縁性」とは、配線61、621、622、623、624、625の短絡を防止するのに十分な大きさの電気抵抗を有していることを意味する。

20

【0043】

このような基板間部5としては特に限定されず、例えば、ジルコニア、アルミナ、チタニア等の各種セラミックス、各種金属材料、シリコン、各種樹脂材料等を用いることができる。これらの中でも、各種セラミックス、各種金属材料、シリコンを用いることが好ましく、これにより、硬質な基板間部5が得られる。ただし、金属材料を用いる場合には、基板間部5に絶縁性を付与するために、例えば、その表面に絶縁処理を施す等の加工が必要となる。また、シリコンを用いることで、シリコンウエハプロセスを用いて基板間部5を配置することができるため、振動子1を効率的に製造することができる。

30

【0044】

なお、本実施形態では、基板間部5は一層で構成されているが、基板間部5は複数の層が振動子1の厚さ方向に積層された構成となっていてもよい。また、本実施形態では、基板間部5が1つのブロックから形成されているが、基板間部5は、複数のブロックに分割されていてもよい。

【0045】

また、基板間部5は、第1基板2と第2基板3とが重なる方向（以下「厚さ方向」とも言う）での厚さが、圧電体42よりも小さい。すなわち、基板間部5の厚さ T_5 と圧電体42の厚さ T_{42} とは、 $T_5 < T_{42}$ の関係を満足している。このような関係を満足することで、振動子1の製造が容易となり、歩留まりが向上する。後述する製造方法でも説明するように、振動子1は、第1基板2と第2基板3とをこれらの間に圧電素子4および基板間部5を挟み込み、押圧して接合することで製造される。ここで、本実施形態とは逆に、 $T_5 > T_{42}$ の関係を満足している場合、基板間部5の厚さが圧電体42の厚さよりも厚い分、第1、第2基板2、3と基板間部5が、第1、第2基板2、3と圧電素子4よりも優先的に接合され、接合に用いる装置や接合条件等によっては、第1、第2基板2、3と圧電素子4との接合強度を十分に高めることができない場合も考えられる。第1、第2基板2、3と圧電素子4の接合強度が十分でないと、振動部11の駆動不良や故障を招くおそれがある。そこで、本実施形態のように、 $T_5 < T_{42}$ の関係を満足することで、第1、第2基板2、3と圧電素子4が、第1、第2基板2、3と基板間部5よりも優先的に接合され、第1、第2基板2、3と圧電素子4との接合強度を十分に高めることができ

40

50

、第1、第2基板2、3と圧電素子4とをより確実に貼り合せることができる。そのため、振動部11の駆動不良や故障の可能性が低くなる。なお、本発明では、 $T_5 > T_{42}$ の関係を満足することを除外しておらず、例えば、第1、第2基板2、3と圧電素子4とを十分な強度で接合することができる場合等には $T_5 < T_{42}$ の関係を満足していてよい。

【0046】

特に、基板間部5の厚さ T_5 と圧電体42の厚さ T_{42} とは、 $0.8T_{42} < T_5 < T_{42}$ の関係を満足することが好ましく、 $0.9T_{42} < T_5 < T_{42}$ の関係を満足することがより好ましい。例えば、圧電体42の厚さ T_{42} が $200\mu\text{m}$ であるとき、基板間部5の厚さ T_5 は、 T_{42} に対して $20\sim40\mu\text{m}$ 程度薄いことが好ましい。このような関係を満足することで、第1、第2基板2、3と基板間部5との接合強度の著しい低下を効果的に抑制することができる。すなわち、第1、第2基板2、3と圧電体42および第1、第2基板2、3と基板間部5をそれぞれ十分な強度で接合することができる。

【0047】

また、第1基板2および第2基板3は、それぞれ、平面度が高いほど好ましい。さらには、第1基板2と第2基板3の平面度も高いほど好ましい。これにより、例えば、後述する第2実施形態のように、圧電アクチュエーター100が複数の振動子1を積層させた構成となっている場合に、複数の振動子1を精度よく積層することができる。なお、前述したように、本実施形態では $T_5 > T_{42}$ の関係を満足しているため、若干、第1基板2が外面側に凸となって湾曲し、第2基板3が外面側に凸となって湾曲する可能性がある。そこで、例えば、支持基板22、32と基板間部5との間に、比較的柔らかい樹脂材料等(基板間部5よりもヤング率が小さい材料)で構成されたギャップ材を配置し、支持部12の厚みを増すことで、第1、第2基板2、3の平面度および平行度を高めることができる。なお、ギャップ材として柔らかい材料を用いることで、上述した $T_5 > T_{42}$ の関係を満足することによる効果を依然として発揮することができる。

【0048】

図3A、図3B、図3C、図4A、図4Bおよび図4Cに示すように、配線6は、第1基板2に配置されている第1配線61と、第2基板3に配置されている第2配線62と、を有している。第1配線61は、第1基板2の内面に配置されており、第1基板2と圧電素子4および基板間部5との間に位置している。一方、第2配線62は、第2基板3の内面に配置されており、第2基板3と圧電素子4および基板間部5との間に位置している。このように、圧電素子4および基板間部5の一方側に第1配線61を配置し、他方側に第2配線62を配置することで、第1配線61と第2配線62との短絡を防止しつつ、第1配線61および第2配線62の配置の自由度を高めることができる。

【0049】

第1配線61は、第1基板2の内面に、接続部23を介して振動基板21および支持基板22にわたって配置されている。そして、第1配線61の一端部は、第1電極41と接続されており、他端部は、図8に示すように、支持部12の側面から露出し、露出部60を構成している。

【0050】

一方、第2配線62は、複数の第2配線621、622、623、624、625を含んでいる。第2配線621、622、623、624、625は、それぞれ、第2基板3の内面に、接続部33を介して振動基板31および支持基板32にわたって配置されている。そして、第2配線621、622、623、624、625の一端部は、圧電素子4a、4b、4c、4d、4eごとに個別に設けられた第2電極43に接続されており、他端部は、図8に示すように、支持部12の側面から露出し、露出部60を構成している。

【0051】

各配線61、621、622、623、624、625の露出部60は、振動子1と配線基板190との電気的な接続を行うための接続部として機能する。露出部60の位置としては特に限定されないが、支持部12の外周面121(側面のうち、振動部11とは反

10

20

30

40

50

対側を向く面)であることが好ましい。言い換えると、支持部12の側面のうち振動部11と対向する内周面を除く部分であることが好ましい。外周面121は、振動部11と対向しておらず、その周囲に十分な空間がある。そのため、外周面121に露出部60を配置することで、振動子1と配線基板190とを露出部60を介して容易に電気的に接続することができる。なお、露出部60は、外周面121のうちでも、特に、本実施形態のように、振動部11に対して基端側に位置する面121aに位置することが好ましい。これにより、振動子1と配線基板190との電気的な接続をより容易に行うことができると共に、振動子1と配線基板190の配置のバランスも良好となる。

【0052】

また、各配線61、621、622、623、624、625の露出部60は、面121aの法線方向から見た平面視で、支持部12の幅方向にずれて配置されている。そのため、各露出部60は、面121aの法線方から見た平面視で、支持部12の厚さ方向に重ならずに配置されている。各露出部60をこのような配置とすることで、後述するように、振動子1と配線基板190との電気的な接続を容易に行うことができる。

10

【0053】

ここで、図8に示すように、支持部12は、表面(外周面121)に開口する凹部122を有し、凹部122内に各配線61、621、622、623、624、625の露出部60が位置している。すなわち、凹部122内において、各配線61、621、622、623、624、625が露出している。これにより、露出部60を支持部12から露出させ易くなると共に、露出部60を大きくすることができる。そのため、振動子1と配線基板190との電気的な接続をより容易にかつより確実に行うことができる。なお、凹部122は、省略してもよく、この場合には各配線61、621、622、623、624、625の端面が露出部60を構成する。また、本実施形態では、凹部122が基板間部5に形成された溝59で構成されているが、凹部122は、第1基板2または第2基板3に形成されていてもよいし、第1基板2または第2基板3と基板間部5とにわたって形成されていてもよい。

20

【0054】

また、図9および図10に示すように、凹部122には、各配線61、621、622、623、624、625の露出部60(露出している部分)と接触している導電部7が配置されている。このような導電部7を設けることで、振動子1側の端子を大きくすることができ、振動子1と配線基板190との電気的な接続をより容易にかつより確実に行うことができる。特に、本実施形態では、導電部7は、凹部122内に充填されていると共に、支持部12の外周面121から突出して配置されている。これにより、導電部7を配線基板190に接触させ易くなり、振動子1と配線基板190との電気的な接続をより容易にかつより確実に行うことができる。

30

【0055】

このような導電部7の構成材料としては特に限定されず、例えば、アルミニウム(A1)、ニッケル(Ni)、金(Au)、白金(Plt)、銅(Cu)等の金属材料が用いられる。また、導電部7の形成方法としては特に限定されず、例えば、蒸着、スパッタリング、めっき法等を用いることができる。ただし、これらの中でも、めっき法(特に、無電解めっき法)によって導電部7を成膜することが好ましい。これにより、導電部7をより簡単に形成することができる。

40

【0056】

次に、配線基板190について説明する。配線基板190は、例えばプリント配線基板であり、図2に示すように、基板191と、基板191に配置された複数の配線192と、を有している。なお、基板191としては、可撓性を有するフレキシブル基板であってもよいし、硬質なリジッド基板であってもよい。

【0057】

このような配線基板190は、支持部12において振動子1に接合されていると共に、各配線192が導電部7を介して対応する配線61、621、622、623、624、

50

625と電気的に接続されている。支持部12と配線基板190とは、例えば、絶縁性の接着剤9を介して接合することができる。このような配線基板190を備えることで、振動子1の各配線61、621、622、623、624、625を振動子1の外へ容易に引き出すことができる。なお、前述したように、導電部7が突出しているため、導電部7と配線192とをより確実に接触させることができる。

【0058】

また、図11に示すように、複数の配線192は、少なくとも振動子1と重なる領域S1において、振動子1の幅方向に並んで配置され、かつ、振動子1の厚さ方向に沿って延在している。前述したように、配線61、621、622、623、624、625の露出部60が支持部12の幅方向にずれて配置されているため、複数の配線192をこのような配置とすることで、配線基板190と振動子1とを接合した状態で、各配線192が2つ以上の露出部60に接触してしまうことを防止することができ、短絡を効果的に抑制することができる。

【0059】

次に、圧電モーター200の作動の一例を説明する。ただし、圧電モーター200の作動方法は、以下の方法に限定されない。所定の周波数の駆動信号（交番電圧）を、圧電素子4a、4dと圧電素子4b、4cとの位相差が180°となり、圧電素子4a、4dと圧電素子4eとの位相差が30°となるように各圧電素子4a、4b、4c、4d、4eに印加すると、図12に示すように、各圧電素子4a、4b、4c、4d、4eがそれぞれ伸縮し、振動部11がS字形状に屈曲変形（長手方向へ伸縮変形すると共に幅方向へ屈曲変形）し、これにより、凸部110の先端が橈円運動する。その結果、ローター210は、回転軸Oまわりに矢印方向に回転する。なお、圧電素子4a、4dとの位相差が210°となるように圧電素子3eに駆動信号を印加すれば、ローター210を逆回転させることができる。

【0060】

以上、振動子1、この振動子1を備える圧電アクチュエーター100および圧電モーター200について詳細に説明した。圧電アクチュエーター100および圧電モーター200は、振動子1を備えており、上述した振動子1の効果を享受することができため、優れた信頼性を発揮することができる。

【0061】

次に、圧電アクチュエーターの製造方法について説明する。振動子1の製造方法は、図13に示すように、準備工程と、成膜工程と、を有している。準備工程は、一対の振動基板21、31および一対の振動基板21、31の間に配置されている圧電体42を備えている振動部11と、一対の支持基板22、32および一対の支持基板22、32の間に配置されている基板間部5を備えている支持部12と、振動部11と支持部12とに配置され、支持部12から外部に露出する露出部60を有する配線6と、を有する振動子1を準備する工程である。また、成膜工程は、めっき法によって露出部60と接触する導電部7を形成する工程である。以下、このような製造方法について詳細に説明する。

【0062】

[準備工程]

まず、図14に示すように、第1配線61が配置された第1基板2、第2配線62が配置された第2基板3、圧電素子4および基板間部5を準備する。次に、図15に示すように、図示しない絶縁性の接着剤8を介して、これらを接合する。

【0063】

[成膜工程]

次に、図16に示すように、めっき法（特に無電解めっき法）を用いて、配線6（61、621、622、623、624、625）の露出部60に接触する導電部7を成膜する。導電部7は、凹部122内に充填されるように形成され、さらには、その一部が凹部122の開口から支持部12の外側へ突出する。

【0064】

10

20

30

40

50

以上により、振動子1が得られる。このような製造方法によれば、配線基板190との電気的な接続を容易に行うことのできる振動子1を提供することができる。

【0065】

<第2実施形態>

次に、本発明の第2実施形態に係る圧電アクチュエーターについて説明する。

【0066】

図17は、本発明の第2実施形態に係る圧電アクチュエーターの側面図である。

本実施形態は、複数の振動子が積層されている以外は、前述した第1実施形態と同様である。

【0067】

なお、以下の説明では、本実施形態に関し、前述した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、図17において、前述した実施形態と同様の構成については、同一符号を付している。

【0068】

図17に示すように、本実施形態の圧電アクチュエーター100は、複数の振動子1を有し、複数の振動子1が振動子1の厚さ方向(第1、第2基板2、3が重なる方向)に積層されている。また、各振動子1は、上側が第1基板2、下側が第2基板3となって同じ向きで積層されている。また、重なり合う2つの振動子1は、例えば、接着剤8で接合されている。このような構成とすることで、例えば、前述した第1実施形態と比較して、圧電アクチュエーター100の駆動力を高めることができる。

【0069】

なお、積層される振動子1の数としては、特に限定されず、圧電アクチュエーター100の配置スペース、圧電アクチュエーター100に求められる駆動力等によって適宜設定することができる。また、本実施形態では、重なり合う2つの振動子1において、一方の振動子1の第1基板2と他方の振動子1の第2基板3とが重なり合うように配置されているが、例えば、一方の振動子1の第1基板2と他方の振動子1の第2基板3とを1つの基板で構成してもよい。

【0070】

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。

【0071】

<第3実施形態>

次に、本発明の第3実施形態に係る圧電アクチュエーターについて説明する。

【0072】

図18ないし図20は、それぞれ、本発明の第3実施形態に係る振動子の断面図である。図21は、図18に示す振動子の側面図である。なお、図18は、図1中のA-A線断面図に対応し、図19は、図1中のB-B線断面図に対応し、図20は、図1中のC-C線断面図に対応している。

【0073】

本実施形態は、振動部の構成が異なること以外は、前述した第1実施形態と同様である。

【0074】

なお、以下の説明では、本実施形態に関し、前述した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、図18において、前述した実施形態と同様の構成については、同一符号を付している。

【0075】

図18ないし図20に示すように、本実施形態の圧電アクチュエーター100(振動子1)では、一対の振動基板21、31の間に、一対の振動基板21、31が重なる方向に沿って積層された複数の圧電体42を有している。具体的に説明すると、圧電素子4は、積層された2つの圧電体421、422を有する圧電体42と、圧電体421、422の

10

20

30

40

50

間に配置された第1電極41と、圧電体421の下面および圧電体422の上面に配置された第2電極43と、を有している。第1電極41は、圧電素子4a、4b、4c、4d、4eに共通して設けられた共通電極であり、第2電極43は、圧電素子4a、4b、4c、4d、4eごとに個別に設けられた個別電極である。

〔 0 0 7 6 〕

また、第1基板2の内面には配線61、621、622、623、624、625が配置されている。そして、配線61は、圧電体422に形成されたビアホール44(貫通電極)を介して第1電極41と電気的に接続されており、配線621、622、623、624、625は、圧電素子4a、4b、4c、4d、4eごとに個別に設けられた第2電極43と電気的に接続されている。

10

【 0 0 7 7 】

同様に、第2基板3の内面には配線611、6211、6221、6231、6241、6251が配置されている。そして、配線611は、圧電体421に形成されたビアホール44（貫通電極）を介して第1電極411と電気的に接続されており、配線6211、6221、6231、6241、6251は、圧電素子4a、4b、4c、4d、4eごとに個別に設けられた第2電極431と電気的に接続されている。

【 0 0 7 8 】

このような構成の圧電アクチュエーター100(振動子1)によれば、次の効果を発揮することができる。例えば、前述した第1実施形態のような単層の圧電体42を備える圧電素子4と比較した場合、圧電素子4の厚さが同じであれば、本実施形態の方が、1つの圧電体42の厚さを薄くなる。そのため、圧電体42への電界効率が高くなり、より強い駆動力を発揮することができる振動子1となる。また、1つの圧電体42の厚さが同じであれば、本実施形態の方が、圧電体42の数が多い分、より強い駆動力を発揮することができる振動子1となる。

20

【 0 0 7 9 】

なお、第1基板2上の配線61、621、622、623、624、625と、第2基板3上の配線621、622、623、624、625は、対称的に配置されており、図21に示すように、対応する配線の露出部60同士が、振動子1の厚さ方向に重なって配置されている。そのため、対応する露出部60同士を配線基板190の配線192によって簡単に接続することができる。

30

〔 0 0 8 0 〕

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 8 1]

〈第4寒施形態〉

次に、本発明の第4実施形態に係るロボットについて説明する。

〔 0 0 8 2 〕

図22は、本発明の第4実施形態に係るロボットの斜視図である。

図22に示すロボット1000は、精密機器やこれを構成する部品（対象物）の給材、除材、搬送および組立等の作業を行うことができる。ロボット1000は、6軸ロボットであり、床や天井に固定されるベース1010と、ベース1010に回動自在に連結されたアーム1020と、アーム1020に回動自在に連結されたアーム1030と、アーム1030に回動自在に連結されたアーム1040と、アーム1040に回動自在に連結されたアーム1050と、アーム1050に回動自在に連結されたアーム1060と、アーム1060に回動自在に連結されたアーム1070と、これらアーム1020、1030、1040、1050、1060、1070の駆動を制御する制御部1080と、を有している。また、アーム1070にはハンド接続部が設けられており、ハンド接続部にはロボット1000に実行させる作業に応じたエンドエフェクター1090が装着される。また、各関節部のうちの全部または一部には圧電モーター200が搭載されており、この圧電モーター200の駆動によって各アーム1020、1030、1040、1050、1060、1070の各関節部が回動自在に動作する。

40

50

060、1070が回動する。なお、各圧電モーター200の駆動は、制御部1080によって制御される。

【0083】

このようなロボット1000は、圧電モーター200（振動子1）を備えているため、上述した振動子1の効果を享受することができ、優れた信頼性を発揮することができる。

【0084】

<第5実施形態>

次に、本発明の第5実施形態に係る電子部品搬送装置について説明する。

【0085】

図23は、本発明の第5実施形態に係る電子部品搬送装置の斜視図である。図24は、
10 図23に示す電子部品搬送装置が有する電子部品保持部の斜視図である。なお、以下では、説明の便宜上、互いに直交する3軸をX軸、Y軸およびZ軸とする。

【0086】

図23に示す電子部品搬送装置2000は、電子部品検査装置に適用されており、基台2100と、基台2100の側方に配置された支持台2200と、を有している。また、基台2100には、検査対象の電子部品Qが載置されてY軸方向に搬送される上流側ステージ2110と、検査済みの電子部品Qが載置されてY軸方向に搬送される下流側ステージ2120と、上流側ステージ2110と下流側ステージ2120との間に位置し、電子部品Qの電気的特性を検査する検査台2130と、が設けられている。なお、電子部品Qの例として、例えば、半導体、半導体ウェハー、LCDやOLED等の表示デバイス、水晶デバイス、各種センサー、インクジェットヘッド、各種MEMSデバイス等などが挙げられる。
20

【0087】

また、支持台2200には、支持台2200に対してY軸方向に移動可能なYステージ2210が設けられており、Yステージ2210には、Yステージ2210に対してX軸方向に移動可能なXステージ2220が設けられており、Xステージ2220には、Xステージ2220に対してZ軸方向に移動可能な電子部品保持部2230が設けられている。

【0088】

また、図24に示すように、電子部品保持部2230は、X軸方向およびY軸方向に移動可能な微調整プレート2231と、微調整プレート2231に対してZ軸まわりに回動可能な回動部2232と、回動部2232に設けられ、電子部品Qを保持する保持部2233と、を有している。また、電子部品保持部2230には、微調整プレート2231をX軸方向に移動させるための圧電アクチュエーター100（100x）と、微調整プレート2231をY軸方向に移動させるための圧電アクチュエーター100（100y）と、回動部2232をZ軸まわりに回動させるための圧電アクチュエーター100（100z）と、が内蔵されている。
30

【0089】

このような電子部品搬送装置2000は、圧電アクチュエーター100（振動子1）を備えているため、上述した振動子1の効果を享受することができ、優れた信頼性を発揮することができる。

【0090】

以上、本発明の振動子、圧電アクチュエーター、圧電モーター、ロボットおよび電子部品搬送装置を、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、各実施形態を適宜組み合わせてもよい。

【0091】

また、前述した実施形態では振動子をロボットや電子部品搬送装置に適用した構成について説明したが、振動子は、これら以外の各種電子デバイスに適用することができる。具
40

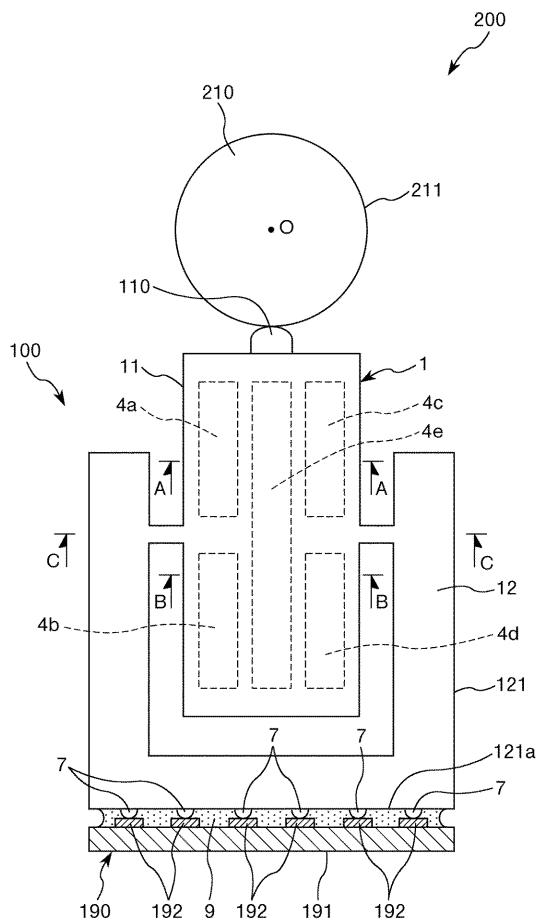
体的には、例えば、振動子（圧電アクチュエーター、圧電モーター）は、プリンターの紙送りローラーの駆動源、プリンターのインクジェットヘッドの駆動源等に適用することができる。

【符号の説明】

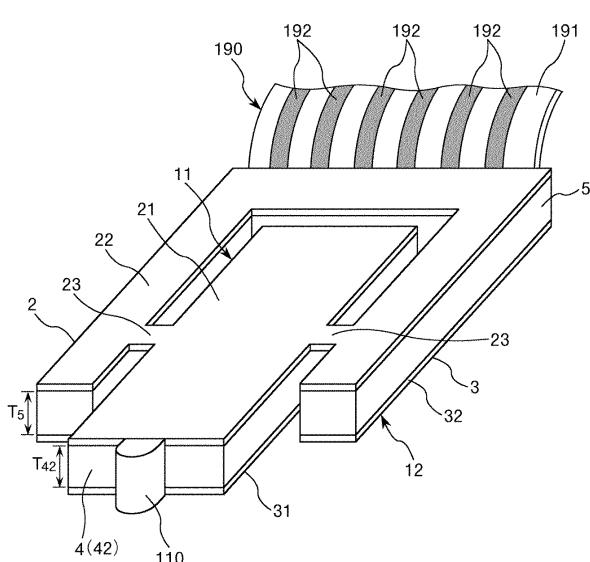
【 0 0 9 2 】

1 ... 振動子、1 1 ... 振動部、1 2 ... 支持部、1 2 1 ... 外周面、1 2 1 a ... 面、1 2 2 ...
凹部、2 ... 第1基板、2 1 ... 振動基板、2 2 ... 支持基板、2 3 ... 接続部、3 ... 第2基板、
3 1 ... 振動基板、3 2 ... 支持基板、3 3 ... 接続部、4、4 a、4 b、4 c、4 d、4 e ...
圧電素子、4 1 ... 第1電極、4 2、4 2 1、4 2 2 ... 圧電体、4 3 ... 第2電極、4 4 ... ピ
アホール、5 ... 基板間部、5 9 ... 溝、6 ... 配線、6 0 ... 露出部、6 1 ... 第1配線、6 2、
6 2 1、6 2 2、6 2 3、6 2 4、6 2 5 ... 第2配線、7 ... 導電部、8、9 ... 接着剤、1
0 0、1 0 0 x、1 0 0 y、1 0 0 ... 圧電アクチュエーター、1 1 0 ... 凸部、1 9 0 ...
配線基板、1 9 1 ... 基板、1 9 2 ... 配線、2 0 0 ... 圧電モーター、2 1 0 ... ローター、2
1 1 ... 外周面、1 0 0 0 ... 口ボット、1 0 1 0 ... ベース、1 0 2 0、1 0 3 0、1 0 4 0
、1 0 5 0、1 0 6 0、1 0 7 0 ... アーム、1 0 8 0 ... 制御部、1 0 9 0 ... エンドエフェ
クター、2 0 0 0 ... 電子部品搬送装置、2 1 0 0 ... 基台、2 1 1 0 ... 上流側ステージ、2
1 2 0 ... 下流側ステージ、2 1 3 0 ... 検査台、2 2 0 0 ... 支持台、2 2 1 0 ... Yステージ
、2 2 2 0 ... Xステージ、2 2 3 0 ... 電子部品保持部、2 2 3 1 ... 微調整プレート、2 2
3 2 ... 回動部、2 2 3 3 ... 保持部、O ... 回動軸、Q ... 電子部品、S ... 空隙、S 1 ... 領域、
T₅、T_{4 2} ... 厚さ

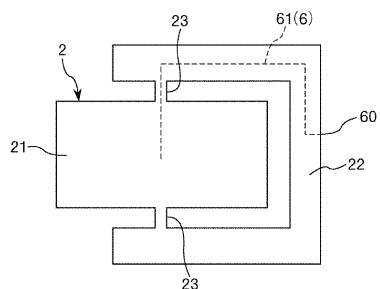
〔 1 〕



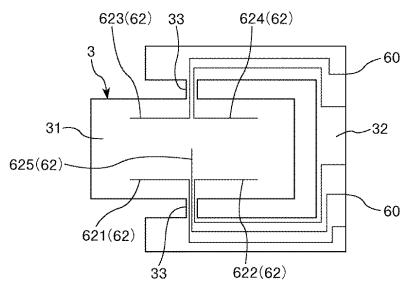
【図2】



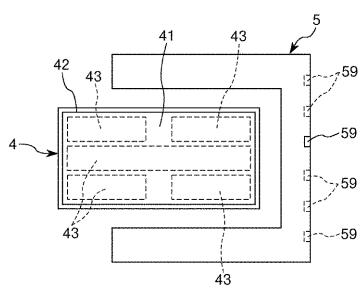
【図3A】



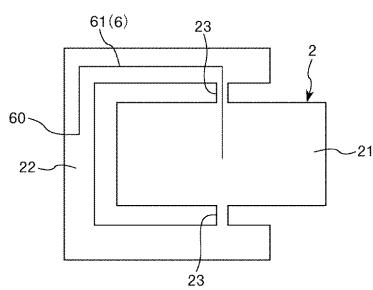
【図3C】



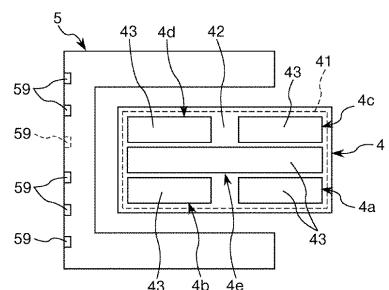
【図3B】



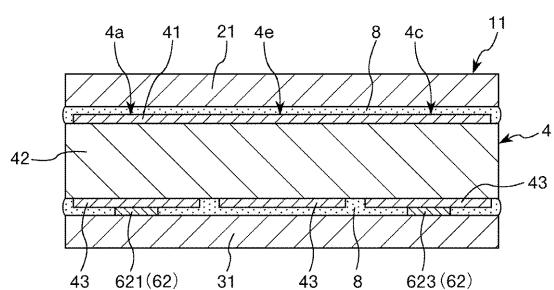
【図4A】



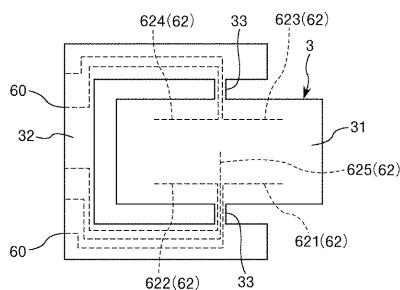
【図4B】



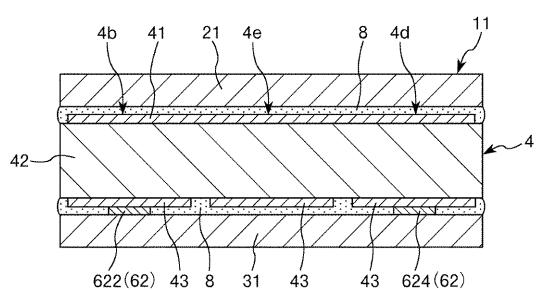
【図5】



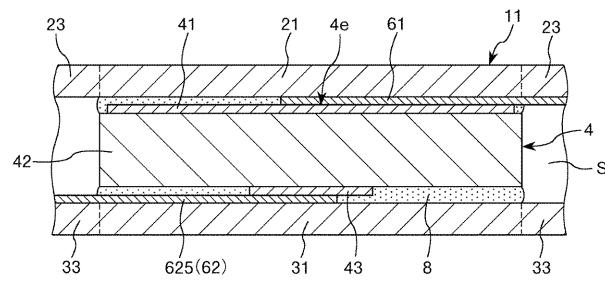
【図4C】



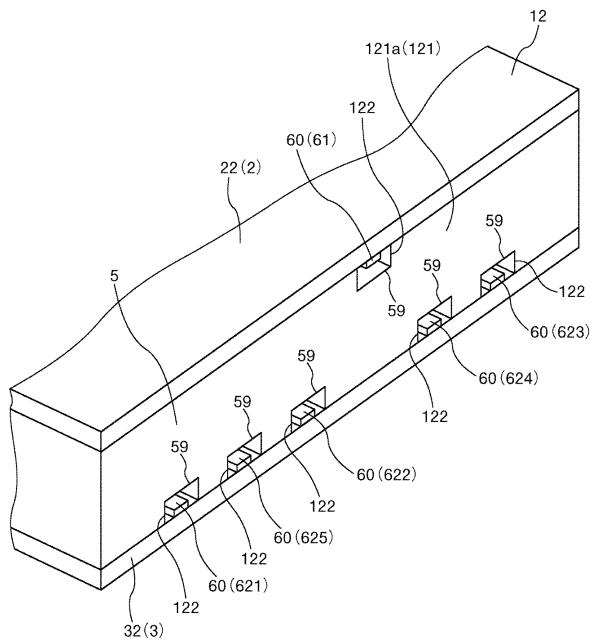
【図6】



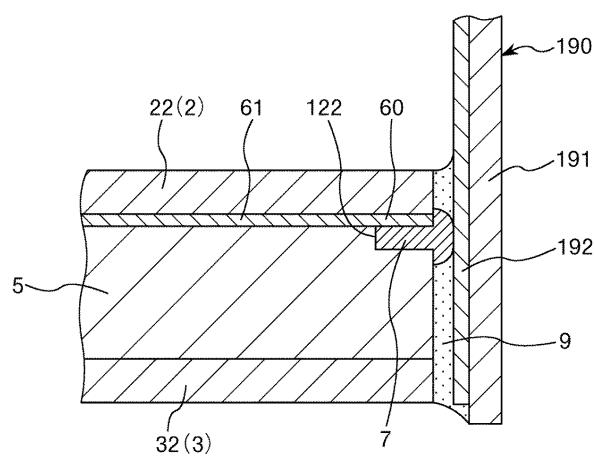
【図7】



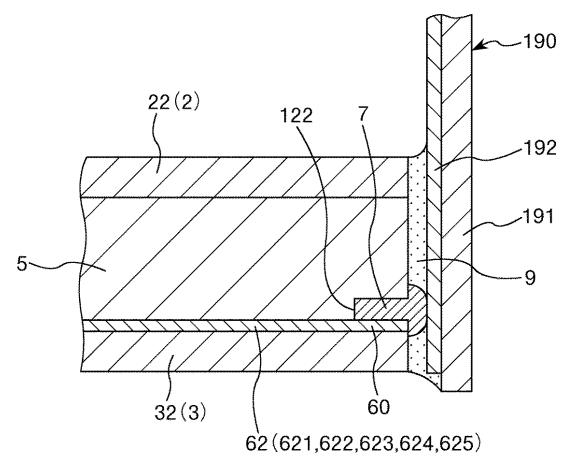
【図8】



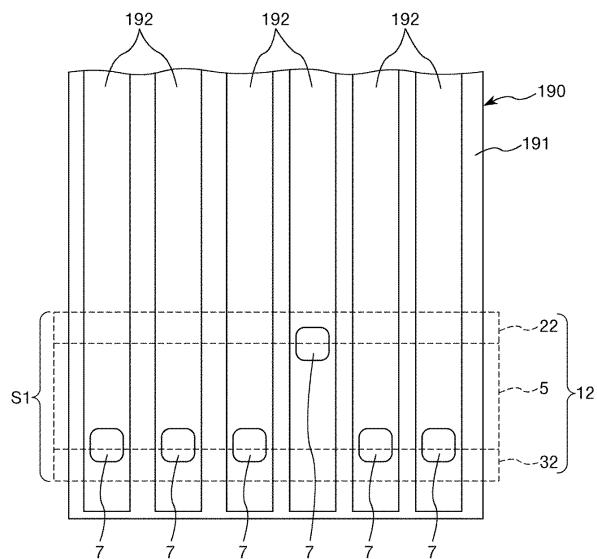
【図9】



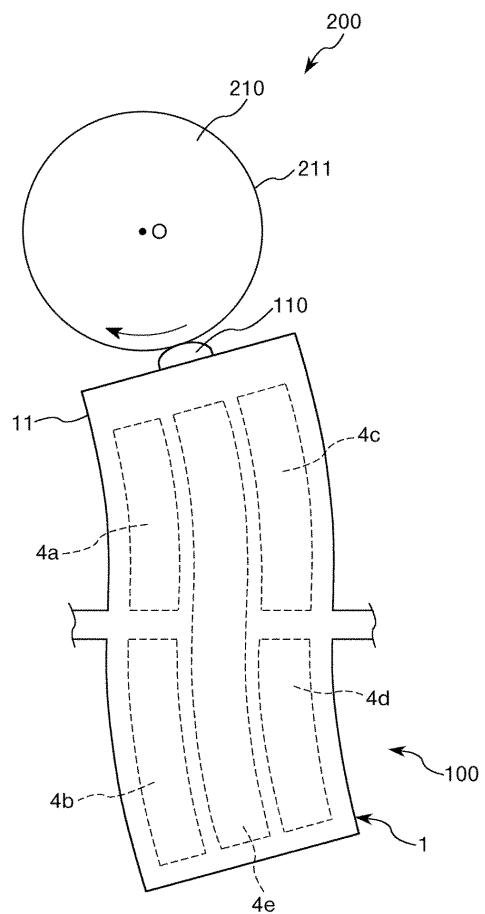
【図10】



【図11】



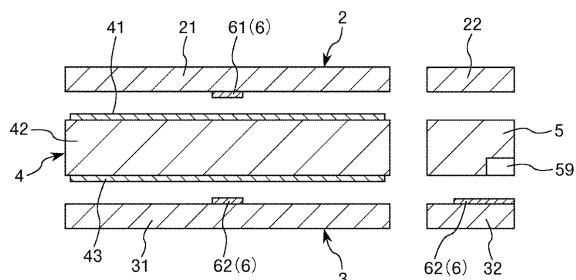
【図12】



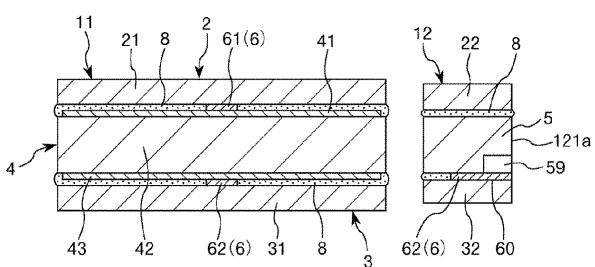
【図13】



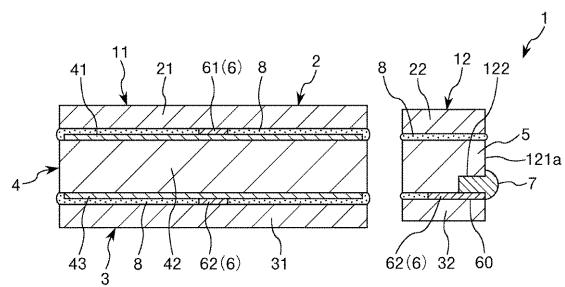
【図14】



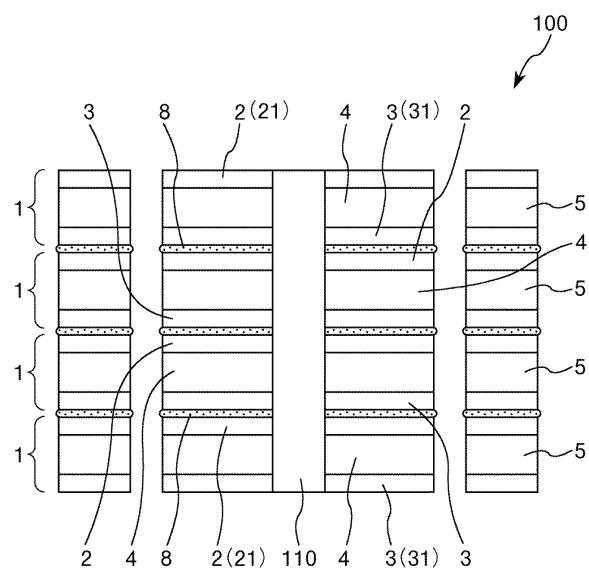
【図15】



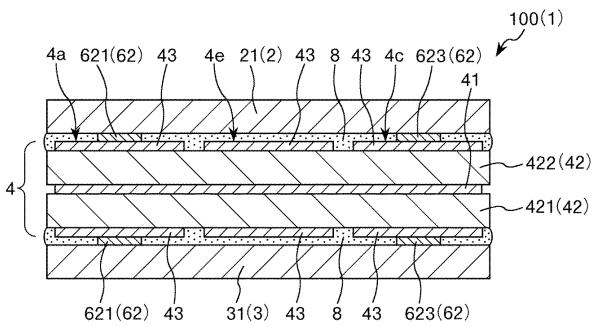
【図16】



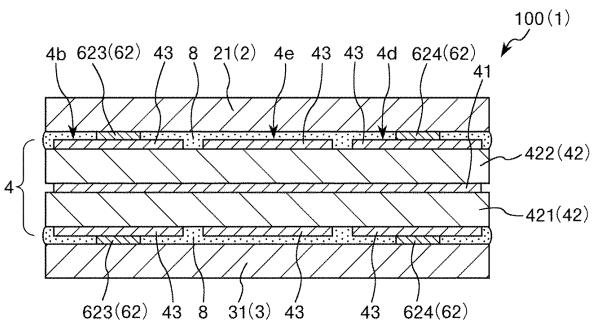
【図17】



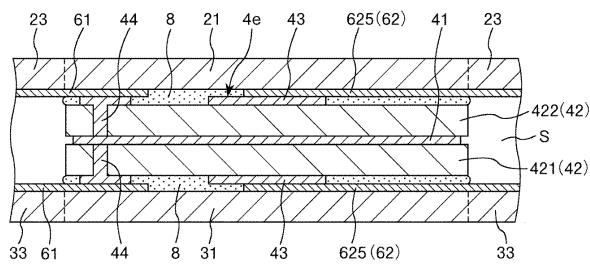
【図18】



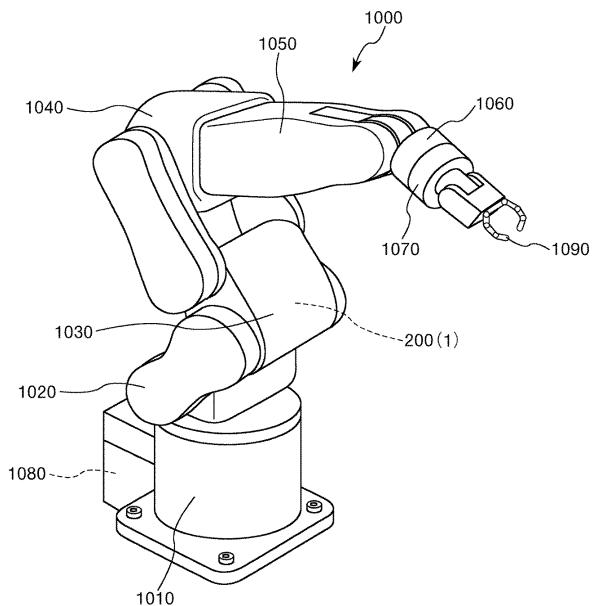
【図19】



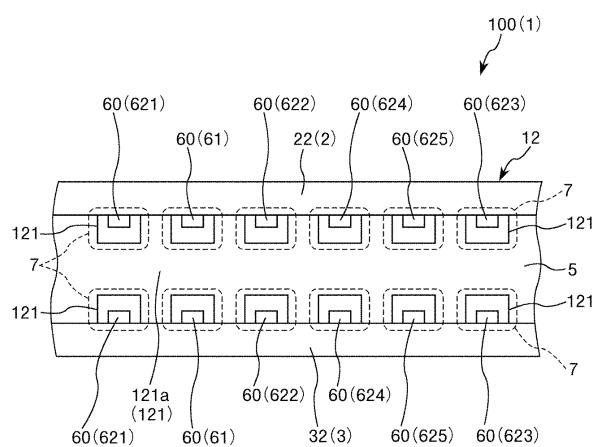
【図20】



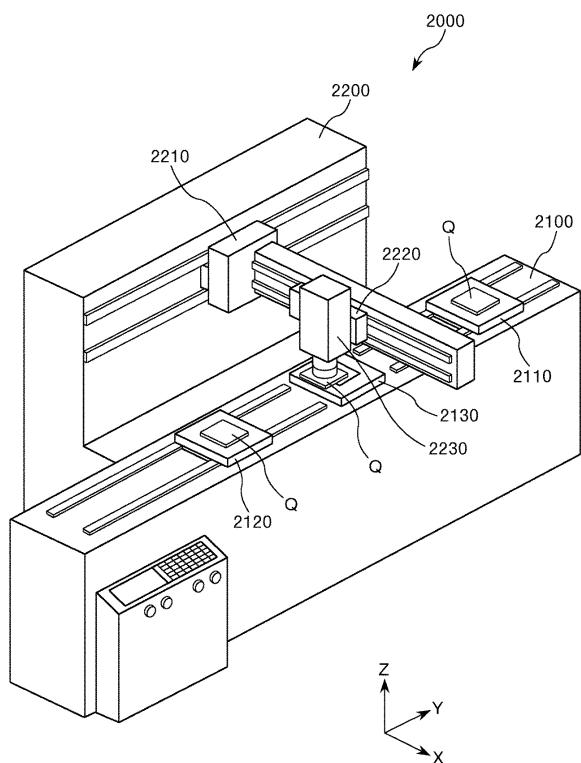
【図22】



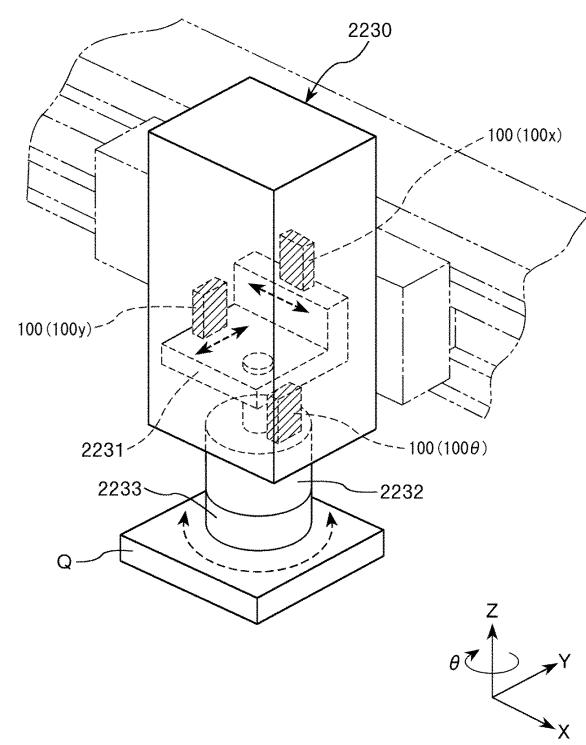
【図21】



【図23】



【図24】



フロントページの続き

(72)発明者 小西 晃雄
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 小林 紀和

(56)参考文献 特開2016-040989 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 02 N 2 / 12
H 01 L 41 / 047
H 01 L 41 / 083
H 01 L 41 / 09