

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)公開特許公報(A)

(11)公開番号  
特開2022-169124  
(P2022-169124A)

(43)公開日 令和4年11月9日(2022.11.9)

## (51)国際特許分類

H 02 N	2/12 (2006.01)	H 02 N	2/12
H 01 L	41/09 (2006.01)	H 01 L	41/09
H 01 L	41/187 (2006.01)	H 01 L	41/08
H 01 L	41/257 (2013.01)	H 01 L	41/187
H 01 L	41/053 (2006.01)	H 01 L	41/257

審査請求 未請求 請求項の数 23 O L (全27頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2021-74969(P2021-74969)  
(22)出願日 令和3年4月27日(2021.4.27)

(71)出願人 000001007  
キヤノン株式会社  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
(74)代理人 100126240  
弁理士 阿部 琢磨  
(74)代理人 100124442  
弁理士 黒岩 創吾  
(72)発明者 渡邊 隆之  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キ  
ヤノン株式会社内  
(72)発明者 上林 彰  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キ  
ヤノン株式会社内  
F ターム (参考) 2H044 BE04 BE10  
5H681 AA15 BB03 BB17 BC01  
最終頁に続く

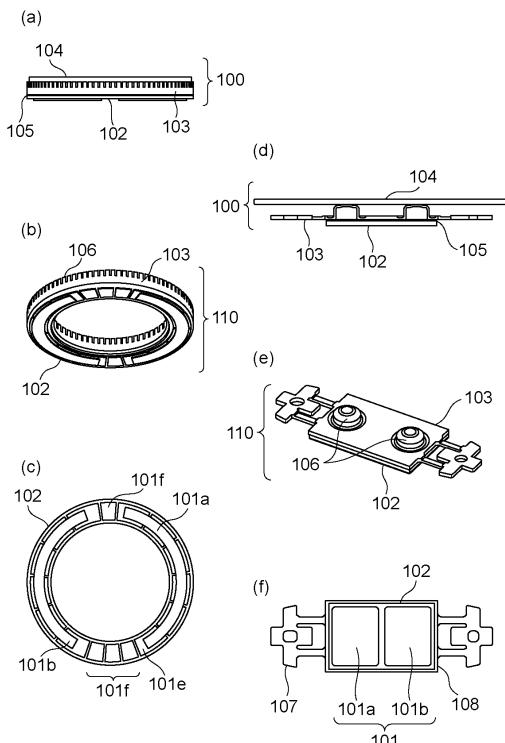
## (54)【発明の名称】 振動型アクチュエータ、光学機器および電子機器

## (57)【要約】

【課題】 弹性体を介して圧電材料に電圧を印加して分極処理を試みると、分極不良により振動型アクチュエータが動作不良となる課題があった。

【解決手段】 弹性体と圧電材料を導電性粒子の分散した導電性接着部で接合する。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

電極、圧電材料、及び弾性体の順に配されている振動子と、  
前記弾性体と接し、前記振動子に対して相対移動可能に設けられた接触体を備え、  
前記弾性体と前記圧電材料は導電性接着部を介して接合されている振動型アクチュエータ。

**【請求項 2】**

前記圧電材料は矩形であって、  
前記電極は互いに隣りあう第1電極及び第2電極であり、  
前記振動子は、前記圧電材料における前記第1電極及び前記第2電極がそれぞれ設けられた領域を第一の領域と第二の領域としたとき、  
前記第一の領域と前記第二の領域がともに伸長または収縮する第1の曲げ振動モードと、  
前記第一の領域が伸張、収縮するときに前記第二の領域がそれぞれ収縮、伸張する第2の曲げ振動モードを形成する請求項1に記載の振動型アクチュエータ。

**【請求項 3】**

前記弾性体は矩形部を有し、前記矩形部の四隅で振動子保持部材に前記振動子が保持される請求項2に記載の振動型アクチュエータ。

**【請求項 4】**

前記弾性体は前記矩形部の端部から突出する支持部を有する請求項3に記載の振動型アクチュエータ。

**【請求項 5】**

前記第1電極及び第2電極とともに前記圧電材料を挟持する第3電極を有する請求項2乃至4にいずれか一項に記載の振動型アクチュエータ。

**【請求項 6】**

前記第1電極及び前記第2電極とそれぞれ隣りあい、  
前記第3の電極と導通する第4の電極をさらに有する請求項5に記載の振動型アクチュエータ。

**【請求項 7】**

前記導電性接着部の平均厚みが1.5ミクロン以上7ミクロン以下である請求項1乃至6のいずれか1項に記載の振動型アクチュエータ。

**【請求項 8】**

前記導電性接着部は、平均粒径が2ミクロン以上5ミクロン以下である導電性粒子を、  
体積分率で0.4%以上2%以下含む請求項1乃至7のいずれか1項に記載の振動型アクチュエータ。

**【請求項 9】**

前記導電性粒子の比重は2.0g/cm<sup>3</sup>以上4.0g/cm<sup>3</sup>以下である請求項8に記載の振動型アクチュエータ。

**【請求項 10】**

前記導電性接着部は異方性導電材料である請求項1乃至9のいずれか1項に記載の振動型アクチュエータ。

**【請求項 11】**

前記圧電材料に含まれる鉛の含有量が1000ppm未満である請求項1乃至10のいずれか1項に記載の振動型アクチュエータ。

**【請求項 12】**

前記圧電材料はチタン酸バリウム系の材料を含む請求項11に記載の振動型アクチュエータ。

**【請求項 13】**

前記圧電材料はチタン酸ジルコン酸バリウムカルシウムを含む請求項12に記載の振動型アクチュエータ。

10

20

30

40

50

**【請求項 1 4】**

前記圧電材料と前記電極とを備えた圧電素子と接合された給電部材を有する請求項 1 乃至 1 3 のいずれか 1 項に記載の振動型アクチュエータ。

**【請求項 1 5】**

前記弾性体は、マルテンサイト系ステンレス鋼である請求項 1 乃至 1 4 のいずれか 1 項に記載の振動型アクチュエータ。

**【請求項 1 6】**

共通する 1 つの前記接触体に対して、複数の前記振動子が共に接触しており、前記複数の振動子の振動により、前記接触体が相対移動する請求項 1 乃至 1 5 のいずれか 1 項に記載の振動型アクチュエータ。

10

**【請求項 1 7】**

部材と、

前記部材に設けられた請求項 1 乃至 1 6 のいずれか 1 項に記載の振動型アクチュエータを備えた電子機器。

**【請求項 1 8】**

駆動部に請求項 1 乃至 1 6 のいずれか 1 項に記載の振動型アクチュエータを備え、光学素子および撮像素子のうち少なくとも一方をさらに備える光学機器。

20

**【請求項 1 9】**

細長部材と、

前記細長部材を挿通し前記細長部材の一部に固定されたワイヤと、

前記ワイヤを駆動する請求項 1 乃至 1 6 のいずれか 1 項に記載の振動型アクチュエータを有し、前記ワイヤの駆動により、前記細長部材が湾曲するワイヤ駆動アクチュエータ。

**【請求項 2 0】**

未分極の圧電材料に電極を設けて圧電素子を得る工程と、  
前記圧電素子と弾性体を導電性接着部を介して温度 T 1 で接合する工程と、  
前記圧電素子と給電部材を温度 T 2 で接合する工程と、  
前記電極と前記弾性体との間に電圧を印加して、温度 T 3 で分極処理を施す工程と、  
を順に実施し、前記 T 1 、 T 2 および T 3 が、 T 1 > T 3 かつ T 2 > T 3 の関係を満たす  
振動子の製造方法。

20

**【請求項 2 1】**

前記分極処理は、前記給電部材以外の外部電極を前記電極に接し、前記外部電極と前記弾性体との間に電圧を印加する請求項 2 0 記載の振動子の製造方法。

30

**【請求項 2 2】**

前記弾性体は、マルテンサイト系ステンレス鋼である請求項 2 0 または 2 1 に記載の振動子の製造方法。

40

**【請求項 2 3】**

振動型アクチュエータの駆動方法であって、  
電極、圧電材料、及び弾性体の順に配されている振動子と  
前記弾性体と接する接触体とを有する振動型アクチュエータであって  
前記弾性体と前記圧電材料は導電性接着部を介して接合されており、  
前記圧電材料は、第一の領域に設けられた第 1 の電極と、  
前記第一の領域と隣り合う第二の領域に設けられた第 2 の電極と、  
前記第 1 の電極および第 2 の電極とともに前記圧電材料を挟持する第 3 の電極と、  
前記第一および第二の領域と隣り合う第三の領域に前記第 3 の電極と導通する第 4 の電極と、を有しており、  
前記第 1 の電極と前記第 4 の電極、及び前記第 2 の電極と前記第 4 の電極間に電圧を印加することを特徴とする振動型アクチュエータの駆動方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0 0 0 1】**

50

本発明は超音波モータを含む振動型アクチュエータに関する。

【背景技術】

【0002】

振動型アクチュエータは、圧電素子等の電気・機械エネルギー変換素子に交番電圧を印加することにより、圧電素子に接合した弾性体に振動が励起されるように構成された振動子を有する。振動型アクチュエータは、当該振動子に励起された振動の駆動力を利用して、該振動子に加圧接触させた接触体と該振動子とを相対移動させる超音波モータとして利用されている。

【0003】

特許文献1は振動型アクチュエータに用いられる振動子の製造方法を開示している。その実施例の中で、振動板と給電部材を圧電素子に接着した後に、振動板をグラウンドとして圧電セラミックスに分極処理を施す工程を開示している。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2017-184233

【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記載の工程では、圧電素子と弾性体の電気的接触が不十分であるために分極不良が発生し、振動型アクチュエータが動作不良となる課題があった。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために、本発明の振動型アクチュエータは、電極、圧電材料、及び弾性体の順に配されている振動子と、前記弾性体と接し、前記振動子に対して相対移動可能に設けられた接触体を備え、前記弾性体と前記圧電材料は導電性接着部を介して接合されていることを特徴とする。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、分極不良による特性不良の発生しない振動型アクチュエータを提供することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】円環状圧電材料もしくは矩形圧電材料を用いた本発明の振動型アクチュエータの概略構造を説明する図である。(a) (d) 側面図、(b) (e) 斜視図、(c) (f) 背面図

【図2】矩形圧電材料を備えた本発明の振動子が発する二つの振動モードを説明する図である。(a) モードA、(b) モードB

【図3】第1、2、および3電極を設けられた矩形圧電材料の概略構造を説明する図である。

40

【図4】第1、2、3、および4電極を設けられた矩形圧電材料の概略構造を説明する図である。

【図5】本発明の光学機器の概略構造を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

本発明の振動型アクチュエータは、電極、圧電材料、及び弾性体の順に配されている振動子と、弾性体と接し、振動子に対して相対移動可能に設けられた接触体を備え、弾性体と圧電材料は導電性接着部を介して接合されていることを特徴とする。

【0010】

図1および図2に本発明の振動型アクチュエータの概略構造を例示する。図1と図2に

50

例示された振動型アクチュエータでは、それぞれ円環状圧電材料と矩形圧電材料が使用されている。

【0011】

本発明の振動型アクチュエータ100は、電極101、圧電材料102、及び弾性体103を順に配した振動子102と、前記弾性体103と接する接触体104を備え、前記弾性体103と前記圧電材料102は導電性接着部105を介して接合されている。

【0012】

弾性体103は突起部106を有し、突起部106と接触体104が加圧接觸する構成である。

【0013】

接触体104は、振動子110と相対的に移動可能な部材であればよく、振動子110と直接的に接するものに限られず、他の部材を介し振動子110と間接的に接するものであってもよい。

【0014】

(電極)

円環状圧電材料を用いる場合、圧電材料には周方向に分割された電極101が設けられる。前記電極101は、駆動相電極101eと非駆動相電極101fからなる。駆動相電極の円周方向の長さは、駆動周波数の波長の1/2である。非駆動相電極(接地電極、モニター用電極)の円周方向の長さは、駆動周波数の波長の1/4となる。駆動相電極および非駆動相電極の数は、円環状圧電材料に励振する進行波の数に応じて変化する。各駆動相電極に対応する圧電材料は隣あう領域とは異なる極性の電圧で分極処理を施されている。

【0015】

駆動相電極は奇数個の非駆動相電極によって隔てられる。分極処理の後、非駆動相電極によって隔てられる2つの駆動相電極グループをそれぞれ短絡するように第1電極101aと第2電極101bが設けられる。第1電極101aと第2電極101bは円環状圧電材料を用いた振動型アクチュエータの駆動に用いられる。

【0016】

矩形圧電材料を用いる場合、矩形の電極101が設けられる。前記電極101は、第1電極101aと第2電極101bからなる。第1電極101aおよび第2電極101bは矩形圧電材料の分極処理と、矩形圧電材料を用いた振動型アクチュエータの駆動に使用される。

【0017】

前記電極は、厚み0.3~10μm程度の金属膜よりなる。その材料は特に限定されないが、一般には銀、金、もしくは白金電極が用いられる。電極の製造方法は限定されず、スクリーン印刷、スパッタ法、真空蒸着法などにより形成できる。圧電素子から鉛を除きたい場合、電極の形成には鉛含有量が1000ppm未満であるペーストやターゲットを用いる。

【0018】

(圧電材料)

前記圧電材料102は、結晶配向の無い圧電セラミックス(焼結体)、結晶配向セラミックス、圧電単結晶を包含する。圧電材料は、内層電極と圧電材料の積層体でも構わないし、圧電材料の単板でも構わない。圧電材料のコストの観点では単板が優れる。振動波アクチュエータを駆動するためには、圧電材料に分極処理を施す。分極処理を施された圧電材料に印加する交流電界周波数が圧電材料の共振周波数に接近すると、共振現象によって圧電材料が大きく振動する。

【0019】

(弾性体)

前記弾性体103は弾性体としての性質および加工性の観点から金属よりなることが好ましい。弾性体103に使用可能な金属としては、アルミ、真鍮、ステンレス鋼を例示で

10

20

30

40

50

きる。ステンレス鋼の中ではマルテンサイト系ステンレス鋼が好ましく、SUS420J2が最も好ましい。弾性体には接触体と接する突起部106がある。突起部の耐摩耗性を向上させるために、弾性体には焼き入れやメッキ処理、窒化が施される。

#### 【0020】

(導電性接着部)

前記弾性体103と前記圧電材料102は導電性接着部105を介して接合されている。本発明の導電性接着部とは、導電性粒子と非導電性接着部の混合物である。導電性粒子が被接着体間に挟まれることで、被接着体同士が電気的に接続される。

#### 【0021】

導電性粒子には、金やニッケル、銀などの金属で被覆された樹脂(アクリルやスチレンなど)を用いる。導電性粒子の体積抵抗率は0.01cm未満である。導電性粒子の形状は限定されないが典型的には球形である。被接着体への食いつきをよくする目的で最表面の金属被覆層に突起を設けてもよい。

#### 【0022】

導電性粒子は、被接着体を電気的に接続するだけではなく、接着層厚みを一定に保つギャップ材としても機能する。被接着体(弾性体、圧電材料、圧電材料に設けられた電極など)は、加工方法もしくは形成方法によって決める表面粗さを持っているため、導電性粒子が過剰に小さいとギャップ材として機能しない。一方で、導電性粒子が過剰に大きいと接着層厚みが過剰に厚くなり圧電材料の発する振動が減衰して振動型アクチュエータの性能が低下する。直径が2ミクロンを下回る導電性粒子の入手は著しく難しく、汎用的に入手できる導電性粒子の直径は2~30ミクロン前後となる。導電性粒子の直径の分布はCV値で表現される。

#### 【0023】

導電性粒子がギャップ材として機能するためには、最適な弾性率範囲が存在する。導電性粒子の弾性率が低すぎると、被接着体同士を圧着する圧力によって塑性変形を引き起こしてギャップ材として機能しなくなる。導電性粒子の弾性率が高すぎると、被接着体同士を圧着する圧力によって塑性変形を起こす確率は減るが、被接着体との接触面積が小さく、電気的接続の信頼性は中程度にとどまる。被接着体の間で、導電性粒子が弾性変形の範囲でつぶれると導電性粒子と被接着体との接触面積が増加し、電気的接続の信頼性が高くなり好ましい。

#### 【0024】

導電性粒子を含まない接着剤を使用すると被接着体どうしが直接接触するようになる。すなわち、弾性体と圧電材料の間に留まる接着剤が著しく少量となり接着力が低下する。接着力が低いと振動型アクチュエータの駆動中に弾性体と圧電材料が剥離して動作不良を起こす。

#### 【0025】

同時に弾性体と圧電材料の間に留まる接着剤量が不均一であるために、弾性体と圧電材料を接着した後、弾性体を介して圧電材料に電圧を印加して分極処理を試みると、分極不良が発生する。分極不良となると圧電材料の圧電性能が低下し、振動型アクチュエータの性能が仕様を満足しなくなる。つまり、導電性接着部を用いない場合、接着力低下と分極不良がある確率で発生して良品率が低下する。

#### 【0026】

導電性粒子が弾性体と圧電材料の間で同時に両者に接触することで弾性体と圧電材料が電気的に接続され導通する。すなわち、圧電材料に設けられた電極と弾性体との間に電圧を印加し、圧電材料に安定して分極処理を施すことができる。

#### 【0027】

分極処理の際には例えば弾性体を接地し、圧電材料に設けられた電極に電圧を印加する。電極に給電部材を接着する際には、給電部材に覆われていない電極露出部を設けておく。給電部材の接着工程の後に分極処理を行う際、前記露出部に外部電極(例えば金属ピン)を接触させて電極と弾性体の間に電圧を印加する。逆に弾性体に電圧を印加して圧電材

10

20

30

40

50

料に設けられた電極を接地しても構わない。いずれにせよ、この電圧印加方法では分極処理に給電部材を用いない。

#### 【0028】

給電部材が十分な電気的耐圧性を持っている場合、給電部材を一つずつ電源に接続して圧電材料に分極処理を施すことは可能であるが作業効率が悪い。また、給電部材は振動型アクチュエータの仕様（ストロークなど）に従ってしばしば形状変更される。そのため給電部材の電極端子と電源との接続の自動化も困難である。そのため給電部材を使用しないで圧電材料に電圧を印加する分極処理方法が好ましい。

#### 【0029】

接着剤の種類は特に限定されないが、強度や硬化時間、耐環境性（温度変化、高湿度など）の観点で優れるエポキシ樹脂が好ましい。

#### 【0030】

弾性体と給電部材を圧電材料に接合した後に分極処理を施す場合、分極処理温度で既接合部材が移動もしくは剥離しないように、接着剤のガラス転移温度（Tg）は分極処理温度よりも20以上高いことが好ましい。分極処理を概ね80以上であることを鑑み、接着剤のTgは100以上であることが好ましい。Tgが120以上であると分極処理の温度をさらに20広げ、分極処理時間を短くしたり電圧強度を低く設定したりできるために尚好ましい。

#### 【0031】

圧電材料の発する振動をできるだけ減衰をさせずに弾性体に伝達するために、エポキシ樹脂の弾性率は1GPa以上であることが好ましい。また2GPa以上であるとさらに減衰を抑えられて好ましい。また、接着剤の硬化温度から室温に冷却するまでに、弾性体と圧電材料との熱膨張係数の違いによるせん断ひずみが接着剤にかかる。せん断ひずみがかっても弾性体と圧電材料が剥離することなく接合し続けるためには、接着剤のせん断強度は10MPa以上であることが好ましい。せん断強度が20MPa以上であると、さらに高い硬化温度を選定し、接着剤の硬化時間を短くすることができるためより好ましい。接着剤のせん断強度はJIS規格（JIS6850）に基づいて測定できる。

#### 【0032】

##### （接触体）

接触体104は剛性の観点においてステンレス鋼が好ましい。ステンレス鋼の中でも、マルテンサイト系ステンレス鋼が好ましく、SUS420J2が最も好ましい。接触体104は弾性体103と摩擦接触するため耐摩耗性に優れる必要があり、表面には窒化処理やアルマイト処理が施される。突起部106と接触体104との間には、加圧接触による摩擦力が働く。圧電材料102の発する振動によって突起部106の先端が橈円振動して、接触体104を駆動する駆動力（推力）を発生させることができる。接触体はスライダやロータと一般的に呼ばれるものである。

#### 【0033】

##### （円環状圧電材料を用いた振動型アクチュエータ）

円環状圧電素子では、隣り合う駆動相電極に接する圧電材料は異なる極性で分極されているので、駆動相電極101eに同極性の電界を印加したとき、圧電材料の当該領域における伸縮極性は、1/2のピッチで交互に反転する。第1電極101aに交番電圧を印加すると、波長λの第1定在波が振動子の全周に亘って発生する。第2電極101bに交番電圧を印加しても、同様に第2定在波が生ずるが、波の位置は第1定在波に対して円周方向にλ/4だけ回転移動したものとなる。他方、周波数が同じでかつ時間的位相差がλ/2である2種類の交番電圧を第1及び第2電極に印加する。第1及び第2定在波の合成の結果として、振動子には全周に亘って円周方向に進行する曲げ振動（振幅が振動子の面に垂直な振動）の進行波（円環に沿った波数n、波長λ）が発生する。

#### 【0034】

曲げ振動の進行波（以下単に「曲げ振動波」ということがある）が発生すると、振動子を構成する振動板の面上の各点は橈円運動をするため、この面に接する移動体は振動板か

10

20

30

40

50

ら円周方向の摩擦力（駆動力）を受けて回転をする。その回転方向は、第1電極と第2電極に印加する交番電圧の位相差の正負を切換えることより、反転できる。また、回転速度は、第1電極と第2電極に印加する交番電圧の周波数や振幅で制御できる。

【0035】

（振動モード）

本発明の振動型アクチュエータにおいて、

前記圧電材料は矩形であって、

前記電極は互いに隣りあう第1電極及び第2電極であり、

前記振動子は、前記圧電材料における前記第1電極及び前記第2電極がそれぞれ設けられた領域を第一の領域と第二の領域としたとき、

前記第一の領域と前記第二の領域がともに伸長または収縮する第1の曲げ振動モードと、

前記第一の領域が伸張、収縮するときに前記第二の領域がそれぞれ収縮、伸張する第2の曲げ振動モードを形成することが好ましい。

【0036】

図2は、矩形圧電材料を備えた本発明の振動子が発する二つの振動モードを説明する。矩形圧電材料には前記第1電極101a及び前記第2電極101bが設けられており、それぞれの領域を第一の領域と第二の領域とする。

【0037】

・モードA

前記第一の領域と前記第二の領域がともに伸長または収縮すると、第1の曲げ振動モード（モードA）が発生する。モードAは第1電極101aおよび第2電極101bに印加される交番電圧 $V_A$ 、 $V_B$ の位相差が $0^\circ$ であり、周波数がモードAの共振周波数付近である時に最も強く励振される。モードAは振動子110の長辺と略平行に2つの節（振幅が最小となるところ）が現れる一次の面外振動モードである。弾性体の突起部106は、モードAの腹（振幅が最大となるところ）となる位置近傍に配置されている。そのため突起部106の先端面は振動モードAによりZ方向に往復運動する。

【0038】

・モードB

前記第一の領域が伸張、収縮するときに前記第二の領域がそれぞれ収縮、伸張すると、第2の曲げ振動モード（モードB）が発生する。モードBは第1電極101aおよび第2電極101bに印加される交番電圧 $V_A$ 、 $V_B$ の位相差が $180^\circ$ であり、周波数がモードBの共振周波数付近である時に最も強く励振される。モードBは振動子110の短辺と略平行に3つの節が現れる二次の面外振動モードである。弾性体の突起部106は、モードBの節となる位置近傍に配置されている。そのため突起部106の先端面はモードBによってX方向に往復運動する。

【0039】

振動型アクチュエータ100では、交番電圧 $V_A$ 、 $V_B$ の位相差が $0 \sim \pm 180^\circ$ であるときにモードAとモードBが同時に励振され、弾性体の突起部106に楕円振動が励振される。矩形圧電材料を用い、前記モードAとモードBによって駆動する振動型アクチュエータは小型化が容易であるので好ましい。

【0040】

（弾性体の構造1）

前記弾性体103は前記矩形圧電材料が導電性接着部によって接合される矩形部108を有し、前記矩形部の四隅で振動子保持部材に前記振動子が保持されると好ましい。矩形部の内側に突起部が設けられていてもかまわない。圧電素子と弾性体が振動型アクチュエータの駆動に十分な接着強度をもって接合するためには、接着面積をできるだけ大きくする必要がある。一方、弾性体に圧電素子とは接合されていない無用な部分が存在すると、該無用部が前述のモードAおよびモードB以外の振動を起こし、振動型アクチュエータの効率を低下させる恐れがある。接合の位置ずれを考慮して、矩形部108は矩形圧電材料

10

20

30

40

50

の一辺よりも 0.1 ~ 0.6 mm 大きな寸法であることが好ましい。

【0041】

(弹性体の構造2)

前記弹性体103は、前記矩形部108の端部から突出する支持部107を有すると好ましい。支持部に例えば嵌合部を設けることで、振動子110を保持することができる。矩形部から延びる支持部の形状を工夫し、嵌合部を支持部の中で振動の節に近い位置に設けることで、支持部で振動子を保持しつつも振動子の振動を妨害することを防ぐことができる。

【0042】

(電極配置1)

本発明の振動型アクチュエータは、前記第1の電極及び第2の電極とともに前記圧電材料を挟持する第3電極を有すると好ましい。

【0043】

図3の矩形圧電材料は、第1電極101a及び第2電極101bとともに圧電材料102を挟持する第3電極101cを有する。弹性体には図1(e)記載のように突起部106が形成されている。突起部106の直下では弹性体と圧電材料が導電性接着部を介して接合されていない非接触部が存在する。弹性体を介して圧電材料に電圧を印加し、分極処理を試みる場合、第3電極が無いと非接触部下の圧電材料には電圧が印加されない。その結果、圧電材料の中で分極処理が施されていない部分が増加して振動がアクチュエータの性能が低下する。よって、第3電極101cが存在すると、前記非接触部下の圧電材料にも分極処理を施すことが可能となり好ましい。

【0044】

(電極配置2)

本発明の振動型アクチュエータは、前記第1電極及び前記第2電極とそれぞれ隣り合い、前記第3電極と導通する第4電極をさらに有すると好ましい。

【0045】

図4の矩形圧電材料は、第1電極101a、第2電極101b、第3電極101cに加えて、前記第1電極及び第2電極とそれぞれ隣り合い、前記第3電極と導通する第4電極101dを有する。図6では、第3電極101cと第4電極101dの導通方法として、圧電材料107の側面を経由して第3電極101cと第4電極101dが接続する構成を例示している。この他に、たとえば圧電材料107を貫通するスルーホールを形成し、スルーホール内に電極材料を配線することで、前記第3電極と第4電極を圧電材料の側面を経由せずに接続してもよい。スルーホールの直径は、圧電材料の振動を妨害しないように直径200ミクロン未満であることが好ましい。圧電材料に第4電極が形成されると、第1電極、第2電極、第4電極が圧電材料の同じ面に形成される。すなわち給電部材の形状を平面的な簡便構造にすることができる。第3電極が弹性体で覆われたとしても、第3電極と導通する第4電極を介して第3電極に駆動のための電圧を印加することが可能となる。

【0046】

(接着剤の厚み)

本発明の振動型アクチュエータの導電性接着部の厚みは1.5ミクロン以上7ミクロン以下であることが好ましい。

【0047】

導電性接着部の厚みが7ミクロンよりも大きいと、圧電材料の発する振動を導電性接着部が吸収して振動型アクチュエータが性能不良となる。

【0048】

導電性接着部の厚みが1.5ミクロンよりも小さいと圧電材料と弹性体の間の接着剤の量が少なく、振動型アクチュエータの駆動中に弹性体が剥離する恐れがある。よって導電性接着部の平均厚みが1.5ミクロン以上7ミクロン以下であると好ましい。

【0049】

10

20

30

40

50

導電性接着部の厚みとは、下記評価方法で定まる導電性接着部の平均厚みを指す。導電性接着部の平均厚みは、圧電素子、導電性接着部、弾性体を含む面の断面を観察して求めることができる。断面観察には電子顕微鏡を用いることができる。例えば、圧電材料、導電性接着部、弾性体の積層方向に垂直な方向から導電性接着部の断面観察を行う。観察倍率は500倍前後が適当である。観察像から導電性接着部の断面積を算出する。得られた断面積を、観察領域の横幅=導電性接着部の水平方向の長さで除することによって、導電性接着部の平均厚みを算出する。

#### 【0050】

(導電性粒子の寸法と体積密度)

前記導電性接着部は、平均粒子径が2ミクロン以上5ミクロン以下である導電性粒子を、体積分率で0.4%以上2%以下含むことが好ましい。

10

#### 【0051】

導電性接着部に含まれる導電性粒子のサイズを揃えることで圧電素子と弾性体との距離を制御することができる。粒子サイズの分布はCV値(Coefficient of Variation, CV (%)) = 粒子径の標準偏差 ÷ 粒子径平均値 × 100で表現できる。CV値が大きいと平均粒子径よりも大きな導電性粒子の割合が増え、導電性接着部の厚みは平均粒子径よりも大きくなる。粒子サイズが揃っているとは、CV値が10%未満の場合を指す。CV値が6%以下であると導電性接着部の厚み均一性が増すために好ましい。

20

#### 【0052】

平均粒径が2ミクロン未満である導電性粒子は、圧電材料、弾性体、電極の表面凹凸に埋もれ、ギャップ材としての効果を奏さないことがある。圧電材料、弾性体、電極の表面凹凸は、ラップ処理による傷や、圧電材料もしくは電極材料の焼成もしくは焼付時の結晶粒成長の程度によって増減する。

20

#### 【0053】

導電性粒子の平均粒径が5ミクロンよりも大きいと、導電性接着部の厚みが7ミクロンよりも大きくなり、振動型アクチュエータの効率が低下するため好ましくない。導電性粒子の平均粒子径は、弾性体と圧電材料間に導電性接着部を観察し、少なくとも3つ以上の粒子の直径から平均して求める。

30

#### 【0054】

導電性接着部中の導電性粒子の体積分率が0.4%未満であると、弾性体と圧電材料の接着時に導電性粒子に加圧が集中して導電性粒子が潰れてしまう。導電性粒子が潰れると導電性接着部の厚みを制御できなくなり、接着強度が不足する。もしくは、導電性粒子の数が少ないために弾性体と圧電材料間の抵抗が高くなり、分極不良のため振動型アクチュエータが性能不良となる。

30

#### 【0055】

導電性接着部中の導電性粒子の体積分率が2%よりも多いと、弾性体と圧電素子との電気的な接続の信頼性は高まるものの、接着面積が低下するために、圧電材料と弾性体の接着強度が低下する。

40

#### 【0056】

よって導電性接着部は、平均粒径が2ミクロン以上5ミクロン以下である導電性粒子を体積分率で0.4%以上2%以下で含有すると、弾性体と圧電材料の接着強度と導通を両立できる。導通している場合、第4電極と弾性体との間の電気抵抗は10未満となる。体積分率の算出は、前記導電性接着部の断面観察結果を用いて、導電性接着部を構成する接着剤部と導電性粒子部の断面積で代替して算出することができる。

40

#### 【0057】

(導電性粒子の密度)

前記導電性粒子の比重は2.0g/cm<sup>3</sup>以上4.0g/cm<sup>3</sup>以下であることが好ましい。導電性粒子の比重は、比重の大きな金属層と、比重の小さな樹脂ボールとの体積分率で変化する。

50

## 【 0 0 5 8 】

導電性粒子の比重が  $2.0 \text{ g/cm}^3$  未満であると、導電性粒子が含む金属分の割合が低く、前記弾性体と前記電極間で良好な導電性が得られない。また圧電材料と弾性体の接着時に導電性粒子が潰れ易くなる。

## 【 0 0 5 9 】

導電性粒子の比重が  $4.0 \text{ g/cm}^3$  よりも大きいと、接着剤との比重差が大きくなり、導電性粒子が接着剤の中で沈殿してしまう。導電性粒子が沈殿すると、接着剤を被接合箇所に塗布する度に、導電性接着部に含まれる導電性粒子の量が一定にならず、本発明の振動型アクチュエータの製作に使用できない。

## 【 0 0 6 0 】

よって導電性粒子の比重が  $2.0 \text{ g/cm}^3$  以上  $4.0 \text{ g/cm}^3$  以下であると好ましい。導電性粒子の比重を実測できない場合、導電性粒子の構造、および構成材料の比重を用いて算出することができる。

## 【 0 0 6 1 】

(導電性接着部の異方性)

前記導電性接着部は異方性導電材料であることが好ましい。

## 【 0 0 6 2 】

導電性接着部は接合時に被接合箇所からはみ出し、圧電材料の側面に付着することがある。前記導電性接着部が異方性導電性材料であると、仮にはみ出した導電性接着部が圧電材料の側面を経由して第1電極もしくは第2電極に触れても、第1電極もしくは第2電極が弾性体と電気的に短絡することを防ぐことができる。導電性接着部が異方性導電性材料である場合、圧電素子と弾性体との間の被接着部からはみ出した導電性接着部表面に  $2 \text{ mm}$  以上の間隔を当ててテスターを当てて表面抵抗を測定すると、抵抗が  $10$  よりも大きくなる。

## 【 0 0 6 3 】

(圧電材料の組成 1)

圧電材料に含まれる鉛の含有量が  $1000 \text{ ppm}$  未満であると好ましい。とくに前記圧電材料の主成分がチタン酸バリウム系であると好ましい。

## 【 0 0 6 4 】

圧電材料は圧電定数が高く、かつ製造が比較的容易であるという観点からチタン酸バリウム系材料よりなることが好ましい。ここでチタン酸バリウム系材料とは、チタン酸バリウム ( $\text{BaTiO}_3$ )、チタン酸バリウムカルシウム ( $(\text{Ba}, \text{Ca})\text{TiO}_3$ )、チタン酸ジルコン酸バリウム ( $\text{Ba}(\text{Ti}, \text{Zr})\text{O}_3$ )、が挙げられる。チタン酸ジルコン酸バリウムカルシウム ( $(\text{Ba}, \text{Ca})(\text{Ti}, \text{Zr})\text{O}_3$ )、が挙げられる。また、ニオブ酸ナトリウム - チタン酸バリウム ( $\text{NaNbO}_3 - \text{BaTiO}_3$ )、チタン酸ビスマスナトリウム - チタン酸バリウム、チタン酸ビスマスカリウム - チタン酸バリウムなどの組成が挙げられる。そして、これらの組成を主成分とした材料のことを指す。中でも、圧電セラミックスの圧電定数と機械的品質係数を両立できるという観点において、以下の材料が好ましい。すなわちチタン酸ジルコン酸バリウムカルシウム ( $(\text{Ba}, \text{Ca})(\text{Ti}, \text{Zr})\text{O}_3$ )、ニオブ酸ナトリウム - チタン酸バリウム ( $\text{NaNbO}_3 - \text{BaTiO}_3$ ) を主成分とすることが好ましい。主成分以外の元素としては、マンガンやビスマスを含むことが好ましい。主成分とはその材料の重量分率が  $10\%$  よりも大きい場合をいう。

## 【 0 0 6 5 】

また、前記圧電材料の鉛の含有量が  $1000 \text{ ppm}$  以下であると環境負荷が小さく更に好ましい。一般に、圧電デバイスには鉛を含有するジルコン酸チタン酸鉛 ( $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ ) が広く用いられている。そのため、例えば圧電素子が廃却され酸性雨を浴びたり、過酷な環境に放置されたりした際、従来の圧電セラミックス中の鉛成分が土壤に溶け出し生態系に害を成す可能性が指摘されている。よって、本発明の圧電材料が鉛含有量  $1000 \text{ ppm}$  未満であるチタン酸バリウム系圧電材料であると好ましい。鉛の含有量は、例えば ICP 発光分光分析によって測定可能である。

10

20

30

40

50

## 【0066】

(圧電材料の組成2)

前記圧電材料の主成分がチタン酸ジルコン酸バリウムカルシウム(以後BCTZ)であると好ましい。BCTZが主成分であると、CaやZrの量を調整することによってBCTZの圧電性を用途に応じて調整することができる。また高価なニオブの使用量を減らすことができる。

## 【0067】

(圧電材料の組成3)

前記圧電材料は、Ba, Ca, Ti, およびZrを含むペロブスカイト型構造の酸化物、およびMnを含有する圧電材料であって、

前記Baおよび前記Caの和に対する前記Caのモル比であるxが0.02×0.30であり、前記Tiおよび前記Zrの和に対する前記Zrのモル比であるyが、0.020y0.095であり、かつy×であり、

前記BaとCaのモル量と前記TiとZrのモル量の比であるが0.99551.01であり、前記酸化物100重量部に対する前記Mnの含有量は、金属換算で0.02重量部以上1.0重量部以下であると好ましい。

## 【0068】

このような圧電材料は次の一般式(1)で表すことができる。

(Ba<sub>1-x</sub>Ca<sub>x</sub>)(Ti<sub>1-y</sub>Zr<sub>y</sub>)O<sub>3</sub> (1)

## 【0069】

ただし、

$$\begin{array}{ll} 0.986 & 1.100, \\ 0.02 & \times 0.30, \\ 0.02 & y 0.095 \end{array}$$

で表わされるペロブスカイト型金属酸化物を主成分とし、該圧電セラミックスに含まれる主成分以外の金属成分の含有量が前記金属酸化物100重量部に対して金属換算で1重量部以下であることが好ましい。

## 【0070】

特に、前記金属酸化物にMnが含有されており、該Mnの含有量が前記金属酸化物100重量部に対して金属換算で0.02重量部以上0.40重量部以下であることが好ましい。前記範囲のMnを含有すると、絶縁性や機械的品質係数Qmが向上する。ここで、機械的品質係数Qmとは、圧電材料を振動子として評価した際に振動による弾性損失を表す係数であり、機械的品質係数の大きさは、インピーダンス測定における共振曲線の鋭さとして観察される。つまり振動子の共振の鋭さを表す定数である。機械的品質係数Qmが大きいと、共振周波数付近で圧電材料の歪量がより大きくなり、効果的に圧電材料を振動させることができる。

## 【0071】

前記一般式(1)で表わされる金属酸化物は、ペロブスカイト構造のAサイトに位置する金属元素がBaとCa、Bサイトに位置する金属元素がTiとZrであることを意味する。ただし、一部のBaとCaがBサイトに位置してもよい。同様に、一部のTiとZrがAサイトに位置してもよい。

## 【0072】

一般式(1)における、Bサイトの元素とO元素のモル比は1対3であるが、モル比が若干ずれた場合でも、金属酸化物がペロブスカイト構造を主相としていれば、本発明の範囲に含まれる。

## 【0073】

金属酸化物がペロブスカイト構造であることは、例えば、X線回折や電子線回折による構造解析から判断することができる。

## 【0074】

一般式(1)におけるAサイトにおけるCaのモル比を示すxは、0.02×0.

10

20

30

40

50

30の範囲である。ペロブスカイト型のチタン酸バリウムのBaの一部を前記範囲でCaに置換すると斜方晶と正方晶との相転移温度が低温側にシフトするので、振動型アクチュエータの駆動温度範囲において安定した圧電振動を得ることができる。しかし、xが0.30より大きいと、圧電材料の圧電定数が十分ではなくなり、振動型アクチュエータの性能が不足するおそれがある。他方、xが0.02より小さいと誘電損失(tan)が増加する恐れがある。誘電損失が増えると、圧電材料に電圧を印加して振動型アクチュエータを駆動する際の発熱が増え、モータ駆動効率が低下し、消費出力が大きくなる恐れがある。

#### 【0075】

一般式(1)において、BサイトにおけるZrのモル比を示すyは、0.02 y 0.1の範囲である。yが0.1より大きいとTdが80未満と低くなり、振動型アクチュエータを使用できる温度範囲が80未満となり好ましくない。

#### 【0076】

本明細書においてTdは、分極処理を施して一週間が経過した後に、室温からTdまで圧電材料を加熱し、再度室温まで冷却した後の圧電定数が加熱前の圧電定数に比べて10%より多く低下する温度のうち最も低い温度を指す。

#### 【0077】

また、一般式(1)において、AサイトにおけるBaとCaのモル量とBサイトにおけるTiとZrのモル量との比を示すは0.9955 1.010の範囲であることが好ましい。が0.9955より小さいと圧電材料を構成する結晶粒に異常粒成長が生じ易くなり、圧電材料の機械的強度が低下する。一方で、が1.010より大きくなると圧電材料が高密度化せず絶縁性が著しく脆くなる。

#### 【0078】

圧電材料の組成を測定する手段は特に限定されない。手段としては、X線蛍光分析、ICP発光分光分析、原子吸光分析などが挙げられる。いずれの測定手段を用いても、圧電材料に含まれる各元素の重量比および組成比を算出できる。

#### 【0079】

Mnの含有量を示す金属換算とは、圧電材料から蛍光X線分析(XRF)、ICP発光分光分析、原子吸光分析などにより測定されたBa、Ca、Ti、ZrおよびMnの各金属の含有量を算出する。その含有量から、一般式(1)で表わされる金属酸化物を構成する元素を酸化物換算し、その総重量を100としたときに対するMnの重量との比によって求められた値を表す。

#### 【0080】

Mnの含有量が0.02重量部未満であると、振動型アクチュエータの駆動に必要な分極処理の効果が充分でなくなる恐れがある。一方、Mnの含有量が0.40重量部より大きくなると、圧電材料の圧電特性が充分でなくなることや、圧電特性を持たない六方晶構造の結晶が発現する恐れがある。Mnは金属Mnに限らず、Mn成分として圧電材料に含まれていれば良く、その含有の形態は問わない。例えば、Bサイトに固溶していても良いし、粒界に含まれっていてもかまわない。より好ましい含有の形態は、絶縁性や焼結容易性という観点からBサイトに固溶することである。

#### 【0081】

(圧電材料の組成4)

前記圧電材料が、Biを金属換算で0.042重量部以上0.850重量部以下含有することが好ましい。

#### 【0082】

圧電材料は一般式(1)に示す金属酸化物100重量部に対して、Biを金属換算で0.85重量部以下含有してもよい。前記金属酸化物に対するBiの含有量は、例えばICP発光分光分析によって測定可能である。Biはセラミックス状の圧電材料の粒界にあっても良いし、(Ba, Ca)(Ti, Zr)O<sub>3</sub>のペロブスカイト型構造中に固溶しても良い。Biが粒界に存在すると、粒子間の摩擦が低減され機械的品質係数が増加する

10

20

30

40

50

。他方、Biがペロブスカイト構造を形成する固溶体に取り込まれると、相転移温度が低温化することから圧電定数の温度依存性が小さくなり、機械的品質係数がさらに向上する。Biが固溶体に取り込まれた時の位置がAサイトであると、前記Mnとの電荷バランスが良くなるため好ましい。

#### 【0083】

圧電材料は、前記一般式(1)に含まれる元素およびMn、Bi以外の成分(以下、副成分)を特性が変動しない範囲で含んでいてもよい。副成分は、一般式(1)で表現される金属酸化物100重量部に対してその合計が1.2重量部より少ないことが好ましい。副成分が1.2重量部を超えると、圧電材料の圧電特性や絶縁特性が低下する恐れがある。

10

#### 【0084】

##### (給電部材)

本発明の振動型アクチュエータは、前記圧電材料と前記電極とを備えた圧電素子と接合された給電部材を有することが好ましい。

#### 【0085】

給電部材は寸法精度が高く、かつ、位置決めが容易である点で、フレキシブルプリント基板(以後FPC)を用いることが好ましい。その材質としてはポリイミドが好ましい。FPCと圧電素子との接合方法は特に限定されないが、接着タクト及び電気的な接続の信頼性が高い異方性導電ペースト(ACP)もしくは異方性導電フィルム(ACF)を用いることが好ましい。FPCで給電することによって圧電素子の振動を阻害することなく給電することができる。FPCは少なくとも第1電極と第2電極に接続され、第4電極と接続されてもかまわない。

20

#### 【0086】

##### (弾性体の組成)

本発明の弾性体は、真空焼き入れ処理を予め施されたJIS規格のSUS402J2ステンレス鋼であることが好ましい。JIS規格のSUS420J2は電気抵抗が小さい(常温の抵抗率は55 $\mu$ cm)。SUS420J2を弾性体に使用すると、導電性接着部によって弾性体に接着されている圧電材料もしくは圧電素子に、弾性体を介して電圧を印加して分極処理を施すことができる。SUS420J2を真空で焼き入れすることによって、電気抵抗が増加する酸化被膜形成を防止しつつ強度を増すことができる。真空焼き入れ処理されたSUS420J2は硬度が高く、弾性体との摩擦によって接触体を駆動する本発明の振動型アクチュエータに適している。

30

#### 【0087】

矩形圧電材料と接着される弾性体の厚みは0.2~1.0mmの範囲にあり、0.2~0.35mmの範囲にあると合成とバネ性を兼ね合わせ、また成形が容易であるために好ましい。

#### 【0088】

##### (電子機器)

本発明の電子機器は、上記の振動型アクチュエータと、前記振動型アクチュエータの接触体と接続された部材、及び部材位置検出手段(例えばエンコーダ)を備えることを特徴とする。本電子機器は前記部材の位置を検出し、目標とする位置に部材が至るまで振動型アクチュエータを動作させることで、部材の位置を精密に制御することができる。

40

#### 【0089】

##### (光学機器)

本発明の光学機器は、駆動部に上記の振動型アクチュエータを備え、光学素子および撮像素子のうち少なくとも一方をさらに備える光学機器である。

#### 【0090】

図5は、本発明の光学機器(鏡筒装置のフォーカスレンズ部)の一実施形態を示した概略図である。図5において、矩形圧電材料を備えた振動子110は接触体(スライダ)104と、図1(d)同様に加圧接觸している。給電部材507は、第一および第二の領域

50

を有する面側に接続されている。不図示の電圧入力手段により、給電部材 507 を介して所望の電圧が振動子 110 に加えられると、不図時の弾性体の突起部に橈円運動が発生する。保持部材 501 は、振動子 110 と接合されており、不要な振動を発生させないよう構成されている。移動筐体 502 は、ビス 503 で保持部材 501 に固定され、振動子 110 と一緒に一体をなしている。これらの部材により本発明の電子機器が形成される。ガイド部材 504 に移動筐体 502 を取り付けることで、本発明の電子機器はガイド部材 504 に沿って両方向（正進方向と逆進方向）に直進移動することが可能になる。

#### 【0091】

次に、鏡筒装置のフォーカスレンズの役割を担うレンズ 506（光学部材）について説明する。レンズ 506 は、レンズ保持部材 505 に固定され、振動型アクチュエータの移動方向と平行に光軸（不図示）を有する。レンズ保持部材 505 は、振動型アクチュエータと同様に、後述する 2 本のガイド部材 504 上を直進移動することで、焦点位置合わせ（フォーカス動作）を行う。2 本のガイド部材 504 は移動筐体 502 とレンズ保持部材 505 とを嵌合して、移動筐体 502 とレンズ保持部材 505 を直進移動することを可能にする部材である。このような構成で、移動筐体 502 とレンズ保持部材 505 はガイド部材 504 上を直進移動することが可能になる。

#### 【0092】

また、連結部材 510 は、振動型アクチュエータが発する駆動力をレンズ保持部材 505 へ伝達する部材であり、レンズ保持部材 505 に嵌合して取り付けられる。これにより、レンズ保持部材 505 は、移動筐体 502 と共に滑らかに 2 本のガイド部材 504 に沿って両方向に移動可能になる。

#### 【0093】

また、センサ 508 は、レンズ保持部材 505 の側面部に貼り付けられたスケール 509 の位置情報を読み取ることで、ガイド部材 504 上でのレンズ保持部材 505 の位置を検出するために設ける。以上のように、上述した各部材を組み込んで、鏡筒装置のフォーカスレンズ部を構成する。

#### 【0094】

上記においては、光学機器として、一眼レフカメラ用の鏡筒装置について説明したが、レンズとカメラ本体が一体となったコンパクトカメラ、電子スチルカメラ等、カメラの種類を問わず、振動型アクチュエータを備えた多様な光学機器に適用することができる。

#### 【0095】

また、振動型アクチュエータの他の構成として、共通する 1 つの接触体に対して、複数の振動子が共に接触しており、複数の振動子の振動により、複数の振動子に対して接触体が相対移動するように配してもよい。

#### 【0096】

また、本発明の振動型アクチュエータの適用例として、医用あるいは工学分野への応用が考えられる。具体的には細長部材と、細長部材を挿通し前記細長部材の一部に固定されたワイヤと、ワイヤを駆動する上記の振動型アクチュエータを有し、ワイヤの駆動により、細長部材が湾曲するワイヤ駆動アクチュエータを構成することもできる。

#### 【0097】

##### （振動子の製造方法）

本発明の振動子の製造方法は、

未分極の圧電材料に電極を設けて圧電素子を得る工程と、

前記圧電素子と弾性体を導電性接着部を用いて温度 T1 で接合する工程と、

前記圧電素子と給電部材を温度 T2 で接合する工程と、

前記電極と前記弾性体との間に電圧を印加して、温度 T3 で分極処理を施す工程と、を順に実施し、前記 T1、T2 および T3 が、 $T_1 > T_3$ かつ $T_2 > T_3$ の関係を満たすことを特徴とする。

#### 【0098】

圧電材料と弾性体との接合に導電性接着部を用いると、圧電素子と弾性体の間に連続的

10

20

30

40

50

に接着剤を介在させて接着強度を高めつつ、弾性体を介して圧電材料に分極処理のための電圧を印加することができる。この方法により、脱分極温度が接着温度よりも低い圧電材料であっても、歩留まりよく振動型アクチュエータを製造することができる。

【0099】

圧電素子と弾性体を直接接触している状態で非導電性接着部で固定すると、弾性体を介して圧電材料に分極処理のための電圧を印加できる。しかし圧電素子と弾性体が密着していると、両者の間に保持される接着剤が著しく少なく、圧電素子と弾性体の接着強度が不足する。弾性体と圧電素子の接着強度が不足すると、振動型アクチュエータの駆動中に弾性体が圧電素子から剥離して不良となる。

【0100】

一方で、圧電素子と弾性体を直接触れさせず、両者の間に連続的に接着剤を介在させて接着強度を高めようとする場合、接着剤が非導電性であると、弾性体を介して圧電材料に分極処理のための電圧を印加できなくなる。非導電性の接着剤に印加したほとんどの電圧がかかるためである。

【0101】

よって弾性体と圧電材料との接着強度を維持したまま、弾性体を介して圧電材料に電圧を印加して分極処理を実施するためには、弾性体と圧電材料を導電性接着部で接合する必要がある。

【0102】

本発明の振動子の製造方法において、前記分極処理は、前記給電部材以外の外部電極を前記電極に接し、前記外部電極と前記弾性体との間に電圧を印加することが好ましい。

【0103】

外部電極とは、例えば本発明の振動子を分極するための分極装置が有するコンタクトピンが例示される。前記外部電極を用いて前記電極に電圧を印加し、前記弾性体を接地することで、前記給電部材を用いずに圧電素子に電圧を印加することができる。本手法では給電部材に分極処理のための電源を接続する手間が省ける。

【0104】

本発明の振動子の製造方法において、前記弾性体は、真空焼き入れ処理を予め施されたJIS規格のSUS420J2のマルテンサイト系ステンレス鋼であることが好ましい。

真空焼き入れによって高抵抗の酸化物膜を弾性体表面に形成することなく弾性体の強度を高めることができる。

【0105】

本発明の振動型アクチュエータの駆動方法は、電極、圧電材料、及び弾性体の順に配されている振動子と

前記弾性体と接する接触体とを有する振動型アクチュエータであって

前記弾性体と前記圧電材料は導電性接着部を介して接合されており、

前記圧電材料は、第一の領域に設けられた第1電極と、

前記第一の領域と隣り合う第二の領域に設けられた第2電極と、

前記第1電極および第2電極とともに前記圧電材料を挟持する第3電極と、

前記第一および第二の領域と隣り合う第三の領域に前記第3電極と導通する第4電極と、を有しており、

前記第1電極と前記第4電極、及び前記第2電極と前記第4電極間に電圧を印加することを特徴とする。

【0106】

すなわち圧電材料に分極処理を施す場合、第1電極と弾性体、第2電極と弾性体との間に電圧を印加するが、振動型アクチュエータを駆動する際には、第1電極と第4電極、および第2電極と第4電極との間に電圧を印加する。分極処理と駆動で使用する電極を分けることで、歩留まりよく振動型アクチュエータを製造し、簡便に駆動電圧を圧電材料に印加することができる。

【実施例】

10

20

30

40

50

## 【0107】

次に実施例を挙げて、本発明の振動型アクチュエータおよび振動子を説明するが、本発明は、以下の実施例により限定されるものではない。

## 【0108】

次に実施例を挙げて、本発明の圧電振動子の製造方法、振動波駆動装置の製造方法および光学機器の製造方法を説明するが、本発明は、以下の実施例により限定されるものではない。なお、実施例は、図面に基づいて、図面中の符号を用いて説明する。

## 【0109】

## (実施例1)

金属酸化物粉末を1340で焼成して表2の製造組成1記載の圧電材料を得た。

10

## 【0110】

得られた圧電材料を厚み0.5mmで略均一に研削、及び研磨加工した後に、外径62mm×内径54mmの円環状に加工した。形状を整えた圧電材料102の片面に、図1(c)記載の駆動相電極101eおよび非駆動相電極101fを形成した。電極は、銀ベーストをスクリーン印刷で圧電材料102に塗布し、乾燥、焼付して形成した。

## 【0111】

次に、SUS420J2よりなる弾性体103に導電性接着部105を塗布し、電極を形成した圧電材料102と圧着した。円環状圧電材料と円環状弾性体は、位置決め治具を用いてそれぞれの円の中心が一致するように配置した。次に導電性接着部を硬化させるための熱処理を実施した。弾性体を圧着した圧電材料を温度T1=160まで加熱して180秒保持した後に室温まで冷却し、加圧を解除して振動子を得た。使用した導電性接着部の詳細は表1に示す。

20

## 【0112】

次に、ACPが塗布されたFPCを圧電材料に設けられた電極に熱圧着した。熱圧着の条件は、温度T2=140、保持時間は20秒である。その後弾性体であるSUS420J2を接地し、隣り合う駆動相電極101eに極性の異なる電圧を交互に印加して、分極処理を施した。分極処理では、電源と接続された複数の外部電極を駆動相電極101eおよび被駆動相電極101fのうちセンサとして用いる電極に接触させる。その後T3=100まで加熱した後に2kV/mmに相当する電界を30分印加し、その後に電界を印加したまま40まで40分かけて冷却したのち電圧印加を終了した。その後に第1電極101aおよび第2電極101bを印刷、乾燥して振動子を得た。乾燥工程では圧電材料の脱分極を防ぐため、圧電材料の温度は80未満に保持される。得られた振動子をSUS420J2製の接触体(ロータ)に加圧接触させて振動型アクチュエータを作製した。

30

## 【0113】

## (実施例2)

実施例1同様に製造組成1記載の圧電材料を得た。得られた圧電材料を厚み0.35mmで略均一に研削、及び研磨加工した後に、8.9×5.7mmの矩形に加工した。形状を整えた圧電材料の両面に、図3記載の第1～第3電極を実施例1と同様の手法で形成した。

40

## 【0114】

次に、SUS420J2よりなる弾性体に導電性接着部を塗布し、電極を形成した矩形圧電材料と圧着した。使用した弾性体は圧電材料よりも大きな9.1×5.8mmの矩形部を有しており、弾性体の厚みは0.25～0.30mmの間であった。矩形圧電材料と弾性体は、位置決め治具を用いてそれぞれの矩形部の中心が一致して矩形部の辺が平行になるように配置した。圧着した状態で圧電材料を温度T1=160まで加熱して180秒保持した後に室温まで冷却し、加圧を解除して振動子を得た。使用した導電性接着部の詳細は表1に示す。

## 【0115】

次に、温度T2=140であるコテを用いてACPが塗布されたFPCと圧電材料を

50

20秒間圧着し、圧電材料に設けられた電極にFPCを熱圧着した。

【0116】

続いて圧電材料に分極処理を施した。分極処理では弹性体を接地し、電源と接続された外部電極を第1電極と第2電極にそれぞれ接触させた。第1電極と第2電極にはすでにFPCが接続されているが、その全体はFPCに覆われておらず、露出した部分に分極処理用の外部電極がコンタクトする。その後T3=100まで加熱した後に2kV/mmに相当する電界を30分印加し、その後に電界を印加したまま40まで40分かけて冷却したのち電圧印加を終了した。以上の工程で得られた振動子をSUS420J2製の接触体（スライダ）に加圧接触させて振動型アクチュエータを作製した。

【0117】

（実施例3）

製造組成1の原料粉末を用いてシート成型法で圧電材料のグリーンシートを作成した。グリーンシートには、焼成と加工の後に第4電極が印刷される領域内に直径0.2mmのスルーホールを設けた。実施例1と同様に焼成したところ、スルーホールの直径は0.18mmとなった。得られた圧電材料を厚み0.35mmで略均一に研削、及び研磨加工した後に、8.7×5.7mmの矩形に加工した。形状を整えた圧電材料の両面に、図4記載の第1～第4電極を形成した。スルーホール内壁には銀電極が設けられており、第3電極と第4電極をスルーホールを介して導通させた。以後の工程は実施例2と同様にして振動型アクチュエータを作製した。

【0118】

（実施例4から実施例9）

導電性粒子の添加量が0.9～5重量パーセント濃度（接着剤中の導電性粒子の体積分率0.4～2.0%に相当）の範囲で、実施例3と同じ手法で振動型アクチュエータを作製した。

【0119】

（実施例10から実施例12）

直径が2～5ミクロンの範囲である導電性粒子を含む導電性接着部を用いて、実施例3記載の手法で振動型アクチュエータを作製した。この時導電性接着部での導電性粒子の体積分率が0.8%となるように添加量（重量パーセント濃度）は変化させた。

【0120】

（実施例13から実施例14）

導電性粒子表面の金属材料部分（シェル）がAu/Niの積層膜である導電性粒子または、Agである導電性粒子を含む導電性接着部を用いて、実施例3記載の手法で振動型アクチュエータを作製した。

【0121】

（実施例15から実施例18）

実施例1～14で使用された導電性接着部が含むエポキシ接着剤Aとはガラス転移点が異なるエポキシ接着剤Bまたはエポキシ接着剤Cを含む導電性接着部を用いて振動型アクチュエータを作製した。導電性粒子は実施例2と共通のものを用いて、工程温度T1～T3は表1記載の様に変化させた。いずれの場合もT1>T3であり、T2>T3であり、T3は使用した接着剤のガラス転移点よりも20以上低かった。また実施例16では給電部材の接着にACPではなくエポキシ接着剤Dを用いた。

【0122】

（振動型アクチュエータの評価製造方法、評価）

各実施例、比較例の振動型アクチュエータは10台ずつ作成し、第1電極と第2電極に振幅130Vppの交番電圧を印加して駆動試験を行った。そのとき第1電極と第2電極の電圧の位相差は-90°と90°とした。

【0123】

交番電圧の周波数を、振動モードAおよび振動モードBの共振周波数よりも高い周波数から共振周波数に向けて掃引すると、接触体は交番電圧の位相差に従った方向に駆動し、

10

20

30

40

50

最高速度に到達した後に停止する。便宜的に位相差が -90°、90° の時の進行方向をそれぞれ逆進方向、正進方向と呼ぶ。振動子の最高速度と最高速度に至った周波数をセンサで測定した。最高速度よりも低いある定格速度での電力（定格電力）を駆動回路に流れる電流から計算した。

#### 【0124】

最高速度、定格電力には製品仕様に応じた規格があり、初期特性が規格を満たす振動型アクチュエータについては、連続的に往復運動させて耐久性を評価した。表1には、作製した各振動型アクチュエータ10個のうち、下記の条件を満たす良品率を併せて示す。

- (1) 正進、逆進ともに規格（下限値を規定）以上の最高速度で駆動すること
- (2) 正進、逆進ともに規格（上限値を規定）以下の定格電力で駆動すること
- (3) 耐久試験後も(1)(2)を満たすこと

10

#### 【0125】

それぞれの項目で不良となる主な要因は下記である。

- (1) 压電材料が分極処理不良であり压電性能不足
- (2) 導電性接着層の振動吸収が大きく、压電材料の振動を効率的に接触体に伝えられない
- (3) 耐久試験中に弾性体と压電材料との剥離が発生する

#### 【0126】

上記(1)～(3)の観点で実施例1～18で作製した振動型アクチュエータを評価したところ、いずれも10個中10個で良品であった。次に比較例の振動型アクチュエータの評価結果を示す。

20

#### 【0127】

30

40

50

【表1】

表 1	電 壓 材 料	工程溫度						非導電性接着剤						導電性粒子												振動板 接 着 劑 部 材 料 良 品 率		
		第 1 電 極		第 2 電 極		第 3 電 極		第 4 電 極		T <sub>1</sub> (°C)		T <sub>2</sub> (°C)		T <sub>3</sub> (°C)		樹脂		材料		粒徑 ( $\mu$ m)		比重 (g/ $\text{cm}^3$ )		添加量 (重量%)		接着劑 中含積 分率 (%)		
		形 狀	電 極	電 極	電 極	電 極	電 極	樹 脂	樹 脂	樹 脂	樹 脂	樹 脂	樹 脂	樹 脂	樹 脂	樹 脂	樹 脂	樹 脂	樹 脂	樹 脂	樹 脂	樹 脂	樹 脂	樹 脂	樹 脂	樹 脂		
実施例 1	円環状	○	○	○	○	×	×	160	140	100							Ni被覆樹脂球	2.5	2.9	2	0.8	SUS420J2	ACP	10/10				
実施例 2	矩形	○	○	○	○	○	○	160	140	100							Ni被覆樹脂球	2.5	2.9	2	0.8	SUS420J2	ACP	10/10				
実施例 3	矩形	○	○	○	○	○	○	160	140	100							Ni被覆樹脂球	2.5	2.9	2	0.8	SUS420J2	ACP	10/10				
実施例 4	矩形	○	○	○	○	○	○	160	140	100							Ni被覆樹脂球	2.5	2.9	0.9	0.4	SUS420J2	ACP	10/10				
実施例 5	矩形	○	○	○	○	○	○	160	140	100							Ni被覆樹脂球	2.5	2.9	1	0.4	SUS420J2	ACP	10/10				
実施例 6	矩形	○	○	○	○	○	○	160	140	100							Ni被覆樹脂球	2.5	2.9	1.5	0.6	SUS420J2	ACP	10/10				
実施例 7	矩形	○	○	○	○	○	○	160	140	100							Ni被覆樹脂球	2.5	2.9	2	0.8	SUS420J2	ACP	10/10				
実施例 8	矩形	○	○	○	○	○	○	160	140	100							Ni被覆樹脂球	2.5	2.9	2.5	1.0	SUS420J2	ACP	10/10				
実施例 9	矩形	○	○	○	○	○	○	160	140	100	エボ キシ ジ ア						Ni被覆樹脂球	2.5	2.9	5	2.0	SUS420J2	ACP	10/10				
比較例 1	矩形	○	○	○	○	○	○	160	140	100							Ni被覆樹脂球	2.5	2.9	0.5	0.2	SUS420J2	ACP	8/10				
比較例 2	矩形	○	○	○	○	○	○	160	140	100							Ni被覆樹脂球	2.5	2.9	10	4.4	SUS420J2	ACP	6/10				
実施例 10	矩形	○	○	○	○	○	○	160	140	100							Ni被覆樹脂球	2	3.3	2.3	0.8	SUS420J2	ACP	10/10				
実施例 11	矩形	○	○	○	○	○	○	160	140	100							Ni被覆樹脂球	3	2.6	1.8	0.8	SUS420J2	ACP	10/10				
実施例 12	矩形	○	○	○	○	○	○	160	140	100							Ni被覆樹脂球	5	2	1.4	0.8	SUS420J2	ACP	10/10				
実施例 13	矩形	○	○	○	○	○	○	160	140	100							Au/Ni被覆樹脂球	2.5	3	2	0.8	SUS420J2	ACP	10/10				
実施例 14	矩形	○	○	○	○	○	○	160	140	100							Ag被覆樹脂球	2.5	3	2	1.0	SUS420J2	ACP	10/10				
比較例 3	矩形	○	○	○	○	○	○	160	140	100							Ni被覆樹脂球	10	1.6	1.3	1.0	SUS420J2	ACP	0/10				
比較例 4	矩形	○	○	○	○	○	○	160	140	100							Ni被覆樹脂球	10	4	1.3	1.0	SUS420J2	ACP	0/10				
比較例 5	矩形	○	○	○	○	○	○	160	140	100							Ni被覆樹脂球	2.5	8.9	6	0.9	SUS420J2	ACP	6/10				
比較例 6	矩形	○	○	○	○	○	○	160	140	100							—	—	0	0.0	SUS420J2	ACP	6/10					
実施例 15	矩形	○	○	○	○	○	○	160	140	80	エボ キシ ジ ア						Au/Ni被覆樹脂球	2.5	2.9	2	0.8	SUS420J2	ACP	10/10				
実施例 16	矩形	○	○	○	○	○	○	80	78	75							Au/Ni被覆樹脂球	2.5	2.6	2	0.8	SUS420J2	キ シ 接 着 剤 B	10/10				
実施例 17	矩形	○	○	○	○	○	○	120	140	100							Au/Ni被覆樹脂球	2.5	2.9	2	0.8	SUS420J2	ACP	10/10				
実施例 18	矩形	○	○	○	○	○	○	150	140	100	エボ キシ ジ ア						Au/Ni被覆樹脂球	2.5	2.9	2	0.8	SUS420J2	ACP	10/10				
比較例 7	矩形	○	○	○	○	○	○	40	40	100	エボ キシ ジ ア						Au/Ni被覆樹脂球	2.5	2.9	2	0.8	SUS420J2	キ シ 接 着 剤 C	0/10				

【 0 1 2 8 】

【表2】

表2

	x	y	a	Mn濃度 (重量部)	Bi濃度 (重量部)	キュリー 温度 (°C)
製造組成1	0.020	0.020	1.002	0.10	0.00	124
製造組成2	0.050	0.050	1.003	0.10	0.00	115
製造組成3	0.095	0.030	1.002	0.08	0.00	120
製造組成4	0.095	0.060	1.001	0.08	0.00	110
製造組成5	0.095	0.095	1.002	0.06	0.00	85
製造組成6	0.110	0.075	0.9994	0.240	0.170	106
製造組成7	0.110	0.075	0.9994	0.240	0.170	106
製造組成8	0.110	0.075	0.9994	0.240	0.340	106
製造組成9	0.110	0.075	0.9969	0.240	0.510	106
製造組成10	0.110	0.075	0.9994	0.040	0.850	106
製造組成11	0.120	0.080	0.9994	0.240	0.170	104
製造組成12	0.120	0.080	0.9994	0.240	0.340	104
製造組成13	0.125	0.020	1.003	0.08	0.00	125
製造組成14	0.125	0.050	1.001	0.06	0.00	114
製造組成15	0.125	0.055	1.000	0.06	0.00	112
製造組成16	0.125	0.090	1.000	0.06	0.00	88
製造組成17	0.130	0.075	0.9994	0.240	0.170	106
製造組成18	0.140	0.075	1.003	0.02	0.00	100
製造組成19	0.140	0.075	1.000	0.02	0.00	100
製造組成20	0.140	0.075	1.003	0.07	0.00	100
製造組成21	0.140	0.075	1.000	0.07	0.00	100
製造組成22	0.140	0.075	1.001	0.08	0.00	100
製造組成23	0.140	0.078	0.9955	0.160	0.181	105
製造組成24	0.140	0.075	1.0004	0.160	0.094	106
製造組成25	0.140	0.075	1.0004	0.160	0.094	106
製造組成26	0.140	0.075	1.0004	0.160	0.094	106
製造組成27	0.140	0.075	1.0004	0.160	0.094	106
製造組成28	0.140	0.075	1.0004	0.160	0.094	106
製造組成29	0.140	0.075	1.0004	0.160	0.189	106
製造組成30	0.140	0.075	1.0004	0.160	0.239	106
製造組成31	0.140	0.075	1.0004	0.160	0.189	106
製造組成32	0.140	0.075	1.0004	0.160	0.189	102
製造組成33	0.140	0.075	1.0004	0.160	0.189	106
製造組成34	0.140	0.085	1.0004	0.160	0.539	106
製造組成35	0.140	0.080	1.0004	0.140	0.189	104
製造組成36	0.140	0.080	1.0004	0.140	0.289	104
製造組成37	0.140	0.080	1.0004	0.140	0.339	104
製造組成38	0.140	0.075	1.0004	0.160	0.094	106
製造組成39	0.155	0.020	1.005	0.15	0.00	123
製造組成40	0.155	0.035	1.006	0.18	0.00	118
製造組成41	0.155	0.041	1.004	0.18	0.00	117
製造組成42	0.155	0.065	1.000	0.02	0.00	107
製造組成43	0.155	0.065	1.001	0.06	0.00	106
製造組成44	0.155	0.065	1.004	0.06	0.00	106
製造組成45	0.155	0.065	1.001	0.10	0.00	106
製造組成46	0.155	0.065	1.005	0.10	0.00	106
製造組成47	0.155	0.069	1.004	0.18	0.00	102
製造組成48	0.155	0.078	0.9994	0.240	0.170	105
製造組成49	0.160	0.059	1.009	0.40	0.00	108
製造組成50	0.160	0.078	1.0042	0.360	0.170	105

10

20

30

40

【0 1 2 9】

50

【表3】

表2つづき

	x	y	a	Mn濃度 (重量部)	Bi濃度 (重量部)	キュリー 温度 (°C)
製造組成5 1	0.160	0.075	0.9971	0.180	0.170	106
製造組成5 2	0.160	0.085	0.9971	0.180	0.170	102
製造組成5 3	0.170	0.075	0.9971	0.180	0.170	106
製造組成5 4	0.170	0.075	0.9998	0.140	0.189	106
製造組成5 5	0.170	0.085	1.0010	0.120	0.189	104
製造組成5 6	0.170	0.075	0.9971	0.180	0.170	106
製造組成5 7	0.170	0.085	0.9971	0.180	0.170	102
製造組成5 8	0.170	0.075	1.0042	0.360	0.170	106
製造組成5 9	0.175	0.030	1.004	0.15	0.00	121
製造組成6 0	0.175	0.055	1.004	0.06	0.00	112
製造組成6 1	0.175	0.090	1.007	0.10	0.00	88
製造組成6 2	0.187	0.060	1.001	0.12	0.00	106
製造組成6 3	0.187	0.060	1.007	0.18	0.00	106
製造組成6 4	0.187	0.060	1.003	0.18	0.00	106
製造組成6 5	0.187	0.060	1.009	0.24	0.00	106
製造組成6 6	0.187	0.060	1.003	0.24	0.00	106
製造組成6 7	0.187	0.060	1.008	0.30	0.00	106
製造組成6 8	0.187	0.060	1.010	0.40	0.00	106
製造組成6 9	0.187	0.079	0.9994	0.240	0.170	104
製造組成7 0	0.187	0.077	0.9994	0.240	0.170	105
製造組成7 1	0.200	0.035	1.006	0.20	0.00	118
製造組成7 2	0.200	0.055	1.005	0.22	0.00	112
製造組成7 3	0.200	0.070	1.007	0.24	0.00	102
製造組成7 4	0.200	0.090	1.006	0.26	0.00	90
製造組成7 5	0.200	0.075	0.9994	0.240	0.170	106
製造組成7 6	0.220	0.082	0.9994	0.240	0.170	103
製造組成7 7	0.220	0.030	1.005	0.22	0.00	120
製造組成7 8	0.220	0.065	1.005	0.15	0.00	105
製造組成7 9	0.220	0.065	1.002	0.15	0.00	105
製造組成8 0	0.220	0.065	1.007	0.20	0.00	105
製造組成8 1	0.220	0.065	1.006	0.20	0.00	106
製造組成8 2	0.220	0.065	1.005	0.25	0.00	105
製造組成8 3	0.220	0.080	1.006	0.28	0.00	92
製造組成8 4	0.260	0.020	1.006	0.22	0.00	124
製造組成8 5	0.260	0.045	1.004	0.24	0.00	115
製造組成8 6	0.260	0.065	1.004	0.26	0.00	106
製造組成8 7	0.260	0.070	1.005	0.28	0.00	100
製造組成8 8	0.260	0.077	0.9994	0.240	0.170	105
製造組成8 9	0.260	0.082	0.9994	0.240	0.170	103
製造組成9 0	0.260	0.076	0.9994	0.240	0.170	106
製造組成9 1	0.280	0.075	0.9994	0.240	0.170	106
製造組成9 2	0.300	0.020	1.004	0.26	0.00	126
製造組成9 3	0.300	0.041	1.007	0.26	0.00	118
製造組成9 4	0.300	0.050	1.006	0.28	0.00	116
製造組成9 5	0.300	0.069	1.009	0.30	0.00	100
製造組成9 6	0.300	0.095	1.008	0.30	0.00	88
製造組成9 7	0.300	0.075	0.9994	0.240	0.170	106
製造組成9 8	0.300	0.085	0.9994	0.120	0.170	102
製造組成9 9	0.300	0.085	0.9994	0.240	0.170	102
製造組成10 0	0.300	0.082	0.9994	0.240	0.170	103
製造組成10 1	0.300	0.076	0.9994	0.240	0.170	106

10

20

30

40

## 【0130】

## (比較例1)

導電性接着部の含む導電性粒子の量を0.5重量%（体積分率0.2%）と著しく少なくて、実施例3と同様の方法で振動子を作製した。導電性粒子の量が少なく、弾性体と圧電材料接着の際に導電性粒子が潰れてしまった。導電性接着部の厚みが著しく薄くなり、耐久試験後に最高速度が規格を満たさなかった。

## 【0131】

## (比較例2)

導電性接着部の含む導電性粒子の量を10重量%（体積分率4.4%）と著しく多くし

50

て、実施例 3 と同様の方法で振動子を作製した。本振動子を用いた振動型アクチュエータは弾性体と圧電素子との接着強度が十分ではなく、耐久試験中に弾性体が剥離することがあった。

【 0 1 3 2 】

( 比較例 3 )

直径が 10 ミクロンである導電性粒子を含む導電性接着部を使用して振動子を作製した。最表面の導電性粒子層の厚みは実施例 3 と同様である。このとき導電性粒子の金属被覆部の厚みは実施例 3 で用いた導電性粒子と同様にしたため、コアの樹脂部の割合が増え、比重が  $2 \text{ g / cm}^3$  未満となっている。

【 0 1 3 3 】

( 比較例 4 )

直径が 10 ミクロンである導電性粒子を含む導電性接着部を使用して振動子を作製した。最表面の導電性粒子層の厚みは実施例 3 と同様である。比較例 3 に対し、表面の Ni 被覆層の厚みを増やして比重が  $4 \text{ g / cm}^3$  である点が異なる。比較例 3 、および比較例 4 の振動子を用いた振動型アクチュエータは駆動効率が悪く、駆動性能が仕様に満たなかつた。

【 0 1 3 4 】

( 比較例 5 )

直径が 2.5 ミクロンである Ni 球（樹脂のコア材なし）を導電性粒子として含む導電性接着部を使用して振動子を作製した。導電性粒子の材質以外は実施例 3 と同様である。導電性粒子が導電性接着部の中で沈殿し、導電性粒子濃度が不均一になった。本振動子を用いた振動型アクチュエータは弾性体と圧電素子との接着強度が十分ではなく、耐久試験中に弾性体が剥離することがあった。

【 0 1 3 5 】

( 比較例 6 )

導電性接着部の代わりに導電性粒子を含まない接着剤を用いて振動子を作製した。導電性粒子を含まない点以外は実施例 3 と同様である。本振動子を用いた振動型アクチュエータは弾性体と圧電素子との接着強度が十分ではなく、耐久試験中に弾性体が剥離することがあった。

【 0 1 3 6 】

( 比較例 7 )

実施例 17 に対して、圧着時間を長くして T3 未満の温度で導電性接着部を硬化させた（ $T3 > T1$ ）また、弾性体接着に用いたエポキシ接着剤 C で給電部材も低温で接着して本発明の振動型アクチュエータ（ $T3 > T2$ ）を作製した。導電性接着部は硬化したものの柔らかく、比較例 7 の振動子を用いた振動型アクチュエータは駆動効率が悪く、駆動性能が仕様に満たなかつた。

【 0 1 3 7 】

( 実施例 19 )

実施例 3 で作製した振動型アクチュエータと光学部材とを力学的に接続し、図 5 記載の光学機器を作製した。センサとスケールによって構成されるエンコーダに与えられる位置情報に基づき、圧電材料に印加する交番電圧を制御することで振動型アクチュエータ、および振動型アクチュエータと接続された光学部材を狙いの位置へ精密に駆動することができた。本光学機器では振動型アクチュエータには光学レンズが接続されており、オートフォーカス機能を有することを確認できた。

【 0 1 3 8 】

以上は製造組成 1 を例に記載したが、製造組成 2 ~ 101 であっても本発明の振動型アクチュエータを実施例 3 と同様の高い歩留まりで作製可能であることを確認した。電極、圧電材料、及び弾性体の順に配されている振動子と、前記弾性体と接する接触体を備え、前記弾性体と前記圧電材料は導電性接着部を介して接合されている本発明の振動型アクチュエータは歩留まりよく製造することができる。

10

20

30

40

50

## 【産業上の利用可能性】

## 【0 1 3 9】

本発明の振動型アクチュエータは撮像装置（光学機器）のレンズや撮像素子の駆動用途、複写機の感光ドラムの回転駆動用途、ステージの駆動用途等の様々な用途に用いることができる。本明細書では一台の振動型アクチュエータについて説明したが、複数の振動型アクチュエータを円環状に配置しリング状の接触体を回転駆動することもできる。

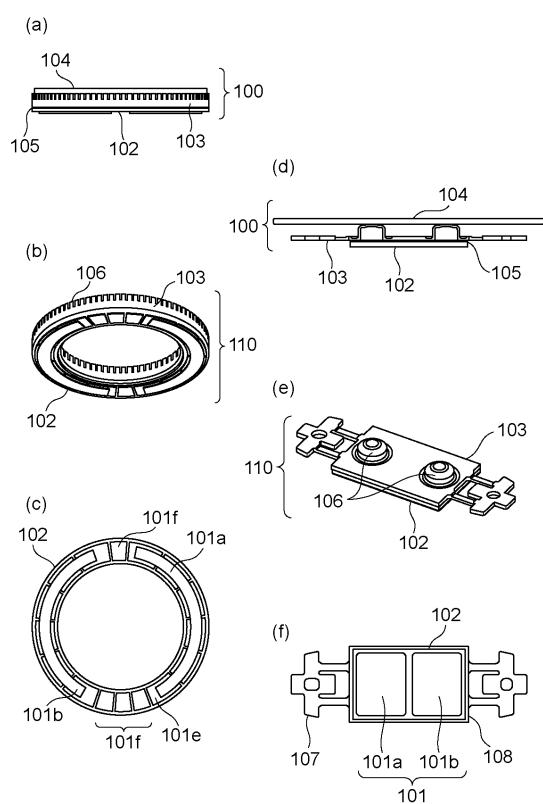
## 【符号の説明】

## 【0 1 4 0】

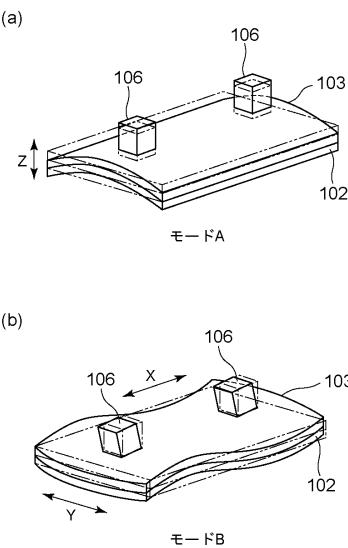
1 0 0	振動型アクチュエータ	10
1 0 1	電極	
1 0 1 a	第1電極	
1 0 1 b	第2電極	
1 0 1 c	第3電極	
1 0 1 d	第4電極	
1 0 1 e	駆動相電極	
1 0 1 f	非駆動相電極	
1 0 2	圧電材料	
1 0 3	弾性体	
1 0 4	接触体	
1 0 5	導電性接着部	20
1 0 6	突起部	
1 0 7	支持部	
1 0 8	矩形部	
1 1 0	振動子	
5 0 1	保持部材	
5 0 2	移動筐体	
5 0 3	ビス	
5 0 4	ガイド部材	
5 0 5	レンズ保持部材	
5 0 6	レンズ	30
5 0 7	給電部材	
5 0 8	センサ	
5 0 9	スケール	
5 1 0	連結部材	

## 【図面】

## 【図1】



## 【図2】



10

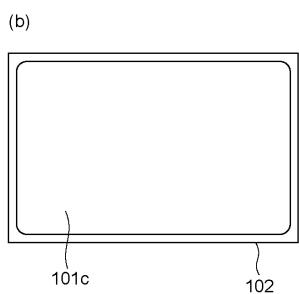
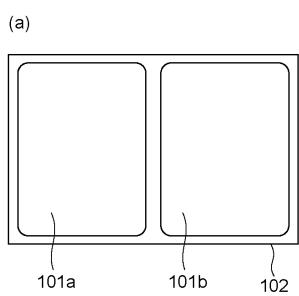
20

30

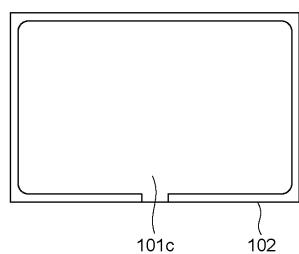
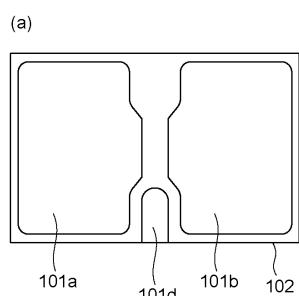
40

50

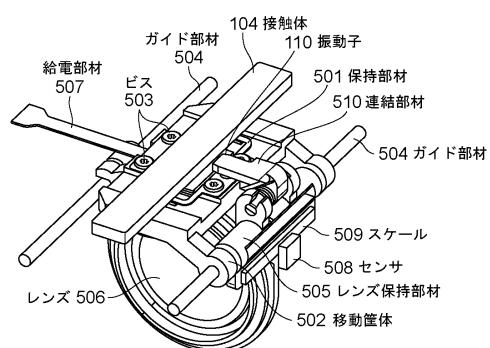
## 【図3】



## 【図4】



【図5】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

(51)国際特許分類 F I テーマコード(参考)  
H 01 L 41/29 (2013.01) H 01 L 41/053  
G 02 B 7/04 (2021.01) H 01 L 41/29  
G 02 B 7/04 E

F ターム(参考) CC06 CC07 DD02 DD23 DD28 DD35 DD39 DD55 DD63 DD87  
DD95 FF08 GG01 GG24 GG25 GG27