

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-17916

(P2017-17916A)

(43) 公開日 平成29年1月19日(2017.1.19)

(51) Int.Cl.

H02N 2/00 (2006.01)
H01L 41/09 (2006.01)
H01L 41/083 (2006.01)
H01L 41/187 (2006.01)
H01L 41/318 (2013.01)

F 1

H02N 2/00
H01L 41/09
H01L 41/083
H01L 41/187
H01L 41/318

C

テーマコード(参考)

5 H 6 8 1

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号

特願2015-134198 (P2015-134198)

(22) 出願日

平成27年7月3日 (2015.7.3)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区新宿四丁目1番6号

(74) 代理人 110000028

特許業務法人明成国際特許事務所

(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 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

(72) 発明者 橋本 泰治

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】圧電駆動装置、ロボット及び圧電駆動装置の駆動方法

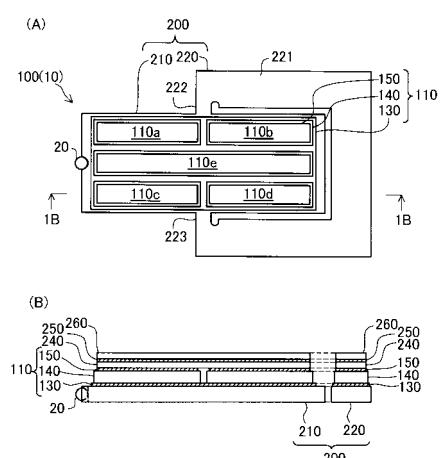
(57) 【要約】

【課題】圧電素子からの駆動力の伝達ロスを低減する。

【解決手段】圧電駆動装置10は、振動体210と、前記振動体210と一緒に形成された支持部220と、前記振動体210の少なくとも一方の面に第1電極膜130と圧電体膜140と第2電極膜150によって形成された圧電素子110と、を備える。

【選択図】図1

図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

振動体と、

前記振動体と一体に形成された支持部と、

前記振動体の少なくとも一方の面に第1電極膜と圧電体膜と第2電極膜によって形成された圧電素子と、を備える、圧電駆動装置。

【請求項 2】

請求項1に記載の圧電駆動装置において、

前記振動体は、第1振動体と、第2振動体と、を含み、

前記支持部は、第1支持部と、第2支持部と、を含み、

10

前記圧電素子は、第1圧電素子と、第2圧電素子と、を含み、

前記第1振動体と前記第1支持部と前記第1圧電素子とを含む第1圧電振動部と、

前記第2振動体と前記第2支持部と前記第2圧電素子とを含む第2圧電振動部と、を備える、圧電駆動装置。

【請求項 3】

請求項2に記載の圧電駆動装置において、

前記第1圧電振動部に前記第2圧電振動部が積層されている、圧電駆動装置。

【請求項 4】

請求項1～3のいずれか一項に記載の圧電駆動装置において、

20

前記圧電素子が形成された前記振動体の面は、第1辺と、第2辺と、前記第1辺と前記第2辺との間をつなぎ第1辺よりも長い第3辺および第4辺を含む長方形形状を有し、

前記支持部は、固定部と、第1接続部と、第2接続部と、を備え、

前記第1接続部は、前記第3辺と前記固定部を接続し、

前記第2接続部は、前記第4辺と前記固定部を接続し、

前記固定部は、前記第1辺よりも前記第2辺に近い側に配置されている、

圧電駆動装置。

【請求項 5】

請求項4に記載の圧電駆動装置において、

30

前記圧電素子を駆動するための配線は、前記振動体と前記第1接続部と前記第2接続部と前記固定部に形成されている、圧電駆動装置。

【請求項 6】

請求項1～5のいずれか一項に記載の圧電駆動装置であって、

前記支持部に形成された圧電体を有する、圧電駆動装置。

【請求項 7】

請求項4に記載の圧電駆動装置において、

前記振動体は、前記第1辺に凹部を有し、

前記凹部には、被駆動部材と接触可能な接触子が設けられ、

前記凹部と前記接触子は、2点以上で接触する、

圧電駆動装置。

40

【請求項 8】

請求項7に記載の圧電駆動装置において、

前記凹部は、前記接触子の体積の30%以上70%以下を収納可能な大きさを有する、圧電駆動装置。

【請求項 9】

請求項2に間接的に従属する請求項7、または、請求項2に間接的に従属する請求項8に記載の圧電駆動装置において、

前記接触子は、前記第1振動体の前記凹部と2点以上で接触し、前記第2振動体の前記凹部と2点以上で接触する、圧電駆動装置。

【請求項 10】

請求項1～9のいずれか一項に記載の圧電駆動装置において、

50

前記振動体と前記支持部は、シリコンを含む、圧電駆動装置。

【請求項 1 1】

複数のリンク部と、

前記複数のリンク部を接続する関節部と、

前記複数のリンク部を前記関節部で回動させる請求項 1 ~ 1 0 のいずれか一項に記載の圧電駆動装置と、

を備えるロボット。

【請求項 1 2】

請求項 1 ~ 1 0 のいずれか一項に記載の圧電駆動装置の駆動方法であって、

前記第 1 電極膜と前記第 2 電極膜との間に、周期的に変化する電圧であって、前記圧電素子の圧電体に印加する電界の方向が前記前記第 1 電極膜と前記第 2 電極膜のうちの一方の電極から他方の電極に向かう一方向である脈流電圧を印加する、圧電駆動装置の駆動方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、圧電駆動装置、ロボット及び圧電駆動装置の駆動方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

圧電体を振動させて被駆動体（被駆動部材）を駆動する圧電アクチュエーター（圧電駆動装置）は、磁石やコイルが不要のため、様々な分野で利用されている（例えば特許文献 1）。この圧電駆動装置の基本的な構成は、補強板の 2 つの面のそれぞれの上に、4 つの圧電素子が 2 行 2 列に配置された構成である。圧電素子は、補強板に接着剤等で接着されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 3】

【特許文献 1】特開 2 0 0 4 - 3 2 0 9 7 9 号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 4】

圧電駆動装置では、圧電素子を小型化する方が、相対的に高い動力（大きなパワーウエイトレシオ（単位質量当たりの出力））を得ることが出来る。しかしながら、圧電素子を補強板（振動板）に接着剤等で接着する場合、貼り合わせ精度が小型化への障壁となる。また、圧電素子と補強板との間に接着剤層があるため、駆動力の伝達ロスが避けられないという問題があった。

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 5】

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態又は適用例として実現することが可能である。

40

【0 0 0 6】

(1) 本発明の一形態によれば、圧電駆動装置が提供される。この圧電駆動装置は、振動体と、前記振動体と一緒に形成された支持部と、前記振動体の少なくとも一方の面上に第 1 電極膜と圧電体膜と第 2 電極膜によって形成された圧電素子と、を備える。この形態によれば、振動体の少なくとも一方の面上に第 1 電極膜と圧電体膜と第 2 電極膜によって形成された圧電素子を備えるので、駆動力の伝達ロスが発生し難い。

【0 0 0 7】

(2) 上記形態の圧電駆動装置において、前記振動体は、第 1 振動体と、第 2 振動体と、を含み、前記支持部は、第 1 支持部と、第 2 支持部と、を含み、前記圧電素子は、第 1 圧電素子と、第 2 圧電素子と、を含み、前記第 1 振動体と前記第 1 支持部と前記第 1 圧電

50

素子とを含む第1圧電振動部と、前記第2振動体と前記第2支持部と前記第2圧電素子とを含む第2圧電振動部と、を備えてよい。この形態によれば、第1圧電振動部と第2圧電振動部の2つの圧電振動部を備えるので、高い動力を得ることが出来る。

【0008】

(3) 上記形態の圧電駆動装置において、前記第1圧電振動部に前記第2圧電振動部が積層されていてよい。第1圧電振動部の上に第2圧電振動部を積層することにより、高い動力を得ることが出来る。

【0009】

(4) 上記形態の圧電駆動装置において、前記圧電素子が形成された前記振動体の面は、第1辺と、第2辺と、前記第1辺と前記第2辺との間をつなぎ第1辺よりも長い第3辺および第4辺を含む長方形形状を有し、前記支持部は、固定部と、第1接続部と、第2接続部と、を備え、前記第1接続部は、前記第3辺と前記固定部を接続し、前記第2接続部は、前記第4辺と前記固定部を接続し、前記固定部は、前記第1辺よりも前記第2辺に近い側に配置されていてよい。この形態によれば、第1接続部と第2接続部と固定部とが連続しているので、前記支持部の強度を増加させることができる。10

【0010】

(5) 上記形態の圧電駆動装置において、前記圧電素子を駆動するための配線は、前記振動体と前記第1接続部と前記第2接続部と前記固定部に形成されていてよい。この形態によれば、固定部に形成された配線に外部配線が接続可能となり、スペース効率を向上させることができる。20

【0011】

(6) 上記形態の圧電駆動装置において、前記支持部に形成された圧電体を有してもよい。この形態によれば、支持部にも圧電体があるので、振動板における厚さと支持部における厚さとをほぼ同じにすることができます。

【0012】

(7) 上記形態の圧電駆動装置において、前記振動体は、前記第1辺に凹部を有し、前記凹部には、被駆動部材と接触可能な接触子が設けられ、前記凹部と前記接触子は、2点以上で接触してもよい。この形態によれば、第2辺に凹部に接触子を嵌め込むので、第2辺に凹部が無い場合に比べて、接触子を外れにくくできる。30

【0013】

(8) 上記形態の圧電駆動装置において、前記凹部は、前記接触子の体積の30%以上70%以下を収納可能な大きさを有してもよい。凹部に収納される接触子の体積が小さ過ぎると接触子が外れやすく、凹部に収納される接触子の体積が大きすぎると、接触子を被駆動部材に接触させにくくなる。

【0014】

(9) 上記形態の圧電駆動装置において、前記接触子は、前記第1振動体の前記凹部と2点以上で接触し、前記第2振動体の前記凹部と2点以上で接触してもよい。この形態によれば、2つの振動体で挟むことで、接触子を4点以上で支持可能となり、接触子をより外れにくくできる。

【0015】

(10) 上記形態の圧電駆動装置において、前記振動体と前記支持部は、シリコンを含んでもよい。この形態によれば、圧電駆動装置を、半導体製造装置や半導体製造プロセスを応用して製造可能なので、圧電駆動装置を小型、高精度に製造できる。40

【0016】

(11) 本発明の一形態によれば、ロボットが提供される。このロボットは、複数のリンク部と、前記複数のリンク部を接続する関節部と、前記複数のリンク部を前記関節部で回転させる上記形態のいずれかに記載の圧電駆動装置と、を備える。この形態によれば、圧電駆動装置をロボットの駆動に利用できる。

【0017】

(12) 本発明の一形態によれば、上記形態の圧電駆動装置の駆動方法が提供される。こ50

の駆動方法は、前記第1電極膜と前記第2電極膜との間に、周期的に変化する電圧であって、前記圧電素子の圧電体に印加する電界の方向が前記前記第1電極膜と前記第2電極膜のうちの一方の電極から他方の電極に向かう一方向である脈流電圧を印加する。この形態によれば、圧電素子の圧電体に印加される電圧は一方向だけなので、圧電体の耐久性を向上できる。

【0018】

本発明は、種々の形態で実現することが可能であり、例えば、圧電駆動装置の他、圧電駆動装置の駆動方法、圧電駆動装置の製造方法、圧電駆動装置を搭載するロボット、圧電駆動装置を搭載するロボットの駆動方法、電子部品搬送装置、送液ポンプ、投薬ポンプ等、様々な形態で実現することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】圧電振動部の概略構成を示す説明図。

【図2】基板を示す平面図。

【図3】圧電駆動装置の等価回路を示す説明図。

【図4】圧電振動部の動作の例を示す説明図。

【図5】圧電振動部の製造工程で実行される膜形成プロセスを示すフローチャートを示す説明図。

【図6】圧電振動部の製造工程を図示した説明図。

20

【図7】配線電極のパターンを示す説明図。

【図8】圧電駆動装置の構成例を示す説明図。

【図9】振動体と接触子との接合部分を拡大して示す説明図。

【図10】圧電振動部の振動体同士が対向している構成における振動体と接触子との接合部分を拡大して示す説明図。

【図11】他の実施形態としての圧電振動部の平面図。

【図12】圧電振動部の別の構成を示す説明図。

【図13】圧電駆動装置を利用したロボットの一例を示す説明図。

【図14】ロボットの手首部分の説明図。

【図15】圧電駆動装置を利用した送液ポンプの一例を示す説明図。

30

【発明を実施するための形態】

【0020】

図1は、圧電振動部100の概略構成を示す説明図であり、図1(A)は、平面図であり、図1(B)は、その1B-1B断面図である。図1(A)に示す平面図では、図1(B)に示した絶縁層240と、配線電極250と、保護膜260と、については、図示が省略されている。始めに、圧電駆動装置10と圧電振動部100との関係を説明する。圧電駆動装置10は、1以上の圧電振動部100を備えるものである。したがって、圧電振動部100が1つしかない場合、圧電駆動装置10と圧電振動部100は同じものである。

【0021】

圧電振動部100は、基板200と、圧電素子110と、絶縁層240と、配線電極250と、保護膜260と、を備える。基板200は、振動体210と、支持部220とを備える。振動体210と、支持部220とは、振動体210の長辺の中央で接続されている。支持部220のうち、振動体210と接続されている端部を「第1接続部222」、「第2接続部223」と呼び、第1接続部222、第2接続部223以外の部分を「固定部221」と呼ぶ。なお、第1接続部222と第2接続部223とを区別しない場合には、「第1接続部222」、「第2接続部223」を、それぞれ「接続部222」、「接続部223」とも呼ぶ。基板200の上には、圧電素子110が形成されている。圧電素子110の上には、絶縁層240と、配線電極250と、保護膜260とが形成されている。

【0022】

40

50

圧電素子 110 は、第 1 電極 130（膜状に形成されているため「第 1 電極膜 130」とも呼ぶ。）と、第 1 電極 130 の上に形成された圧電体 140（膜状に形成されているため「圧電体膜 140」とも呼ぶ。）と、圧電体 140 の上に形成された第 2 電極 150（膜状に形成されているため「第 2 電極膜 150」とも呼ぶ。）と、を備え、第 1 電極 130 と第 2 電極 150 は、圧電体 140 を挟持している。第 1 電極 130 や第 2 電極 150 は、例えばスパッタリングによって形成される薄膜である。第 1 電極 130 や第 2 電極 150 の材料としては、例えば Al（アルミニウム）や、Ni（ニッケル）、Au（金）、Pt（白金）、Ir（イリジウム）、Cu（銅）などの導電性の高い任意の材料を利用可能である。

【0023】

10

圧電体 140 は、例えばゾル・ゲル法やスパッタリング法によって形成され、薄膜形状を有している。圧電体 140 の材料としては、 ABO_3 型のペロブスカイト構造を探るセラミックスなど、圧電効果を示す任意の材料を利用可能である。 ABO_3 型のペロブスカイト構造を探るセラミックスとしては、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、亜鉛ニオブ酸鉛、スカンジウムニオブ酸鉛等を用いることが可能である。またセラミック以外の圧電効果を示す材料、例えばポリフッ化ビニリデン、水晶等を用いることも可能である。圧電体 140 の厚みは、例えば 50 nm（0.05 μm）以上 20 μm 以下の範囲とすることが好ましい。この範囲の厚みを有する圧電体 140 の薄膜は、膜形成プロセス（「成膜プロセス」とも呼ぶ。）を利用して容易に形成することができる。圧電体 140 の厚みを 0.05 μm 以上とすれば、圧電体 140 の伸縮に応じて十分に大きな力を発生することができる。また、圧電体 140 の厚みを 20 μm 以下とすれば、圧電振動部 100 を十分に小型化することができる。

20

【0024】

本実施形態では、圧電振動部 100 は、圧電素子 110 として、5 つの圧電素子 110a, 110b, 110c, 110d, 110e を含んでいる。圧電素子 110e は、略長方形形状に形成されており、振動体 210 の幅方向の中央において、振動体 210 の長手方向に沿って形成されている。圧電素子 110a, 110b, 110c, 110d は、振動体 210 の四隅の位置に形成されている。なお、図 1 では、圧電素子 110 が振動体 210 の一方の面に形成されている例を示しているが、圧電素子 110 は、振動体 210 の 2 つの面に形成されていてもよい。この場合、一方の面の圧電素子 110a ~ 110e と、他方の面の圧電素子 110a ~ 110e とは、振動体 210 を対称面とする対称位置に配置されることが好ましい。

30

【0025】

基板 200 は、第 1 電極 130 と圧電体 140 と第 2 電極 150 を膜形成プロセスで形成するための基板として使用される。また、基板 200 の振動体 210 は機械的な振動を行う振動板としての機能も有する。基板 200 は、例えば、 Si , Al_2O_3 , ZrO_2 などで形成することができる。 Si 製の基板 200（「シリコン基板 200」とも呼ぶ。）として、例えば半導体製造用の Si ウェハーを利用することが可能である。基板 200 の厚みは、例えば 10 μm 以上 100 μm 以下の範囲とすることが好ましい。基板 200 の厚みを 10 μm 以上とすれば、基板 200 上の成膜処理の際に基板 200 を比較的容易に取扱うことができる。なお、基板 200 の厚みを 50 μm 以上とすれば、基板 200 をさらに容易に取扱うことができる。また、基板 200（振動体 210）の厚みを 100 μm 以下とすれば、薄膜で形成された圧電体 140 の伸縮に応じて、振動体 210 を容易に振動させることができる。

40

【0026】

本実施形態では、支持部 220 の上にも、第 1 電極 130 と、圧電体 140 と、第 2 電極 150 と、絶縁層 240 と、配線電極 250 と、保護膜 260 と、が形成されている。

50

その結果、振動体 210 における圧電振動部 100 の厚さと支持部 220 における圧電振動部 100 の厚さをほぼ同じにする（例えば厚さの差を $6 \mu\text{m}$ 以下、あるいは $3 \mu\text{m}$ 以下にする）ことができる。これにより複数の圧電振動部 100 を重ねて圧電駆動装置 10 を構成する場合、振動体 210 における隣接する 2 つの圧電振動部 100 の間の隙間と、支持部 220 における隣接する 2 つの圧電振動部 100 の間の隙間とをほぼ同じにできるので、圧電振動部 100 間のガタツキが発生し難い。なお、固定部 221 の上の第 1 電極 130 と、圧電体 140 と、第 2 電極 150 とは、動作可能な圧電素子を構成していないことが好ましい。動作可能な圧電素子を構成していなければ、圧電体 140 が変形しないので、固定部 221 を他の部材と固定しやすい。本実施形態では、後述するように、配線電極 250 を介して振動板 210 上の第 1 電極 130 と、第 2 電極 150 に電圧を印加する。動作可能な圧電素子を構成しないようにするには、(i) 固定部 221 の上の第 1 電極 130 と、第 2 電極 150 を、振動板 210 上の第 1 電極 130 と、第 2 電極 150 に電圧を印加するための配線電極 250 と接続しない、あるいは、(ii) 固定部 221 の上の第 1 電極 130 と、固定部 221 の上の第 2 電極 150 とを互いに接続する、の少なくとも一方を行えば良い。なお、固定部 221 の上の電極 130, 150 と、振動体 210 の上の電極 130, 150 とは、互いに接続されておらず、分離されている。上記説明では、第 1 電極 130 と、圧電体 140 と、第 2 電極 150 とは、支持部 220（固定部 221 と接続部 222, 223）の上に形成されているとしたが、支持部 220 のうち、接続部 222, 223 の上には第 1 電極 130 と、圧電体 140 と、第 2 電極 150 が形成されない構成であってもよい。

10

20

30

【0027】

図 2 は、基板 200 を示す平面図である。基板 200 は、振動体 210 と、支持部 220（固定部 221 と接続部 222, 223）と、を備えている。図 2 では、振動体 210 と支持部 220 とを区別しやすくするために、振動体 210 にハッチングを付し、支持部 220（固定部 221 と接続部 222, 223）には、ハッチングを付していない。振動体 210 は、第 1 辺 211 と、第 2 辺 212 と、第 3 辺 213 と、第 4 辺 214 と、の 4 辺を含む長方形形状を有している。第 1 辺 211 と、第 2 辺 212 は互いに対辺であり、第 3 辺 213 と第 4 辺 214 は、互いに対辺である。第 3 边 213 と第 4 边 214 は、それぞれ、第 1 边 211 と第 2 边 212 との間をつなぎ、第 1 边よりも長い。2 つの接続部 222, 223 は、それぞれ固定部 221 の端部に設けられ、振動体 210 の第 3 边 213 と第 4 边 214 のそれぞれ中央の位置に接続されている。固定部 221 は、第 1 接続部 222 から第 2 边 212 側を回って、第 2 接続部 223 に至るように、第 1 边 211 よりも第 2 边 212 に近い側に配置されている。振動体 210 と、支持部 220 は、1 枚のシリコン基板から一体形成されている。具体的には、圧電素子 110 が形成されたシリコン基板をエッチングすることにより、個々の基板 200 の形状を形成するとともに、振動体 210 と、支持部 220（固定部 221 と接続部 222, 223）とが一体形成される。

30

【0028】

振動体 210 の長さ L（第 3 边 213 及び第 4 边 214 の長さ）と幅 W（第 1 边 211 及び第 2 边 212 の長さ）の比は、 $L : W = 約 7 : 2$ とすることが好ましい。この比は、振動体 210 がその平面に沿って左右に屈曲する超音波振動（後述）を行うために好ましい値である。振動体 210 の長さ L は、例えば 0.1 mm 以上 30 mm 以下の範囲とすることができます、幅 W は、例えば 0.02 mm 以上 9 mm 以下の範囲とすることができます。なお、振動体 210 が超音波振動を行うために、長さ L は 50 mm 以下とすることが好ましい。

40

【0029】

振動体 210 の第 1 边 211 には、凹部 216 が形成されている。凹部 216 には、被駆動部材と接触可能な接触子 20 が嵌め込まれて接合（通常は接着）される。接触子 20 は、被駆動部材と接触して、被駆動部材に力を与えるための部材である。接触子 20 は、セラミックス（例えば Al_2O_3 ）などの耐久性がある材料で形成することが好ましい。

50

【0030】

図3は、圧電駆動装置10の等価回路を示す説明図である。図3に示す等価回路は、1つの圧電振動部100を動作するものを例として図示している。圧電素子110は、3つのグループに分けられる。第1グループは、2つの圧電素子110a, 110dを有する。第2グループは、2つの圧電素子110b, 110cを有する。第3グループは、1つの圧電素子110eのみを有する。第1グループの圧電素子110a, 110dは、互いに並列に接続され、駆動回路300に接続されている。第2グループの圧電素子110b, 110cは、互いに並列に接続され、駆動回路300に接続されている。第3グループの圧電素子110eは、単独で駆動回路300に接続されている。

【0031】

10

駆動回路300は、5つの圧電素子110a～110eのうちの所定の圧電素子、例えば第1グループの圧電素子110a、110dの第1電極130と第2電極150との間に周期的に変化する交流電圧又は脈流電圧を印加することにより、圧電振動部100を超音波振動させて、接触子20に接触するローター（被駆動体、被駆動部材）を所定の回転方向に回転させることが可能である。ここで、「脈流電圧」とは、交流電圧にDCオフセットを付加した電圧を意味し、脈流電圧の電圧（電界）の向きは、一方の電極から他方の電極に向かう一方向である。電流の向きは、第1電極130から第2電極150に向かうよりも第2電極150から第1電極130に向かう方が好ましい。また、第2グループの圧電素子110b, 110cの第1電極130と第2電極150との間に交流電圧又は脈流電圧を印加することにより、接触子20に接触するローターを逆方向に回転させることが可能である。

20

【0032】

図4は、圧電振動部100の動作の例を示す説明図である。圧電振動部100の接触子20は、被駆動部材としてのローター50の外周に接触している。図4に示す例では、第1グループの2つの圧電素子110a, 110dに交流電圧又は脈流電圧を印加しており、圧電素子110a, 110dは図4の矢印xの方向に伸縮する。これに応じて、圧電振動部100の振動体210が振動体210の平面内で屈曲して蛇行形状（S字形状）に変形し、接触子20の先端が矢印yの向きに往復運動するか、又は、楕円運動する。その結果、ローター50は、その中心51の周りに所定の方向z（図4では時計回り方向）に回転する。なお、駆動回路300が、第2グループの2つの圧電素子110b, 110c（図1）に交流電圧又は脈流電圧を印加する場合には、ローター50は逆方向に回転する。なお、中央の圧電素子110eに、交流電圧又は脈流電圧を印加すれば、圧電駆動装置10が長手方向に伸縮するので、接触子20からローター50に与える力をより大きくすることが可能である。なお、圧電駆動装置10（又は圧電振動部100）のこのような動作については、上記先行技術文献1（特開2004-320979号公報、又は、対応する米国特許第7224102号）に記載されており、その開示内容は参照により組み込まれる。

30

【0033】

40

図5は、圧電振動部100の製造工程で実行される膜形成プロセスを示すフローチャートを示す説明図である。図6は、圧電振動部100の製造工程を図示した説明図である。ステップS100では、基板200上に絶縁層201を形成する。基板200として例えばSiウェハーを利用することができます。1枚のSiウェハー上には、圧電振動部100を複数個形成することができます。絶縁層201としては、例えば、基板200の表面を熱酸化して形成されるSiO₂層を利用することができます。なお、図1では、絶縁層201の図示が省略されている。その他、絶縁層201としてアルミナ(A1₂O₃)、アクリルやポリイミドなどの有機材料を用いることができる。なお、基板200が絶縁体である場合には、絶縁層201を形成する工程は省略可能である。

【0034】

50

ステップS110では、第1電極130を形成し、パターニングする。第1電極130は、例えば、スパッタリングにより形成でき、パターニングは、エッチングにより行うこ

とができる。

【0035】

ステップS120では、第1電極130の上に圧電体140を形成し、パターニングする。圧電体140の形成は、例えばゾル・ゲル法を用いて行うことが可能である。すなわち、圧電体材料のゾルゲル溶液を基板200(第1電極130)の上に滴下し、基板200を高速回転させることにより、第1電極130の上にゾルゲル溶液の薄膜を形成する。その後、200～300の温度で仮焼きして第1電極130の上に圧電体材料の第1層を形成する。その後、ゾルゲル溶液の滴下、高速回転、仮焼き、のサイクルを複数回繰り返すことによって、第1電極130の上に所望の厚さまで圧電体層を形成する。なお、1サイクルで形成される圧電体の一層の厚みは、ゾルゲル溶液の粘度や、基板200の回転速度にも依存するが、約50nm～150nmの厚さとなる。所望の厚さまで圧電体層を形成した後、600～1000の温度で焼結することにより、圧電体140を形成する。焼結後の圧電体140の厚さを、50nm(0.05μm)以上20μm以下とすれば、小型の圧電駆動装置10を実現できる。なお、圧電体140の厚さを0.05μm以上とすれば、圧電体140の伸縮に応じて十分に大きな力を発生することができる。また、圧電体140の厚さを20μm以下とすれば、圧電体140に印加する電圧を600V以下としても十分に大きな力を発生することができる。その結果、圧電駆動装置10を駆動するための駆動回路300を安価な素子で構成できる。なお、圧電体の厚さを400nm以上としてもよく、この場合、圧電素子で発生する力を大きく出来る。なお、仮焼きや焼結の温度、時間は、一例であり、圧電体材料により、適宜選択される。

10

20

30

【0036】

ゾル・ゲル法を用いて圧電体材料の薄膜を形成した後に焼結した場合には、原料粉末を混合して焼結する従来の焼結法と比較して、(a)薄膜を形成しやすい、(b)格子方向を揃えて結晶化しやすい、(c)圧電体の耐圧を向上できる、というメリットがある。

【0037】

本実施形態では、ステップS120において、アルゴンイオンビームを用いたイオンミリングにより、圧電体140のパターニングを行っている。なお、イオンミリングを用いてパターニングを行う代わりに、他の任意のパターニング方法(例えば、塩素系のガスを用いたドライエッチング)によりパターニングを行っても良い。

【0038】

ステップS130では、圧電体140の上に第2電極150を形成し、パターニングする。第2電極150の形成及びパターニングは、第1電極130と同様に、スパッタリングとエッチングにより行うことが出来る。

【0039】

ステップS140では、第2電極150の上に絶縁層240を形成する。ステップS150では、絶縁層240の上に配線電極250を形成する。

【0040】

図7は、配線電極250のパターンを示す説明図である。配線電極250は、4つの配線パターン251, 252, 253, 254を有している。これらの配線パターン251～254は、固定部221の上から接続部222, 223の上を通って振動体210上に至るように形成されている。第1配線パターン251は、振動体210上で、圧電素子110a, 110d(図1)の第2電極150と接続される。同様に、第2配線パターン252は、振動体210上で、圧電素子110b, 110cの第2電極150と接続され、第3配線パターン253は、振動体210上で、圧電素子110eの第2電極150と接続され、第4配線パターン254は、振動体210上で、圧電素子110a, 110b, 110c, 110d, 110eの第1電極130と接続される。また、これらの配線パターン251～254は、支持部220上(接続部230上を除く)で、駆動装置300からの配線と接続されている。なお、配線パターン251～254は、固定部221上の第1電極130及び第2電極150とは接続されていない。

40

【0041】

50

ステップS160では、保護膜260を形成し、ステップS170では、エッチングにより、個々の基板200の形状を形成すると同時に、振動体210と、支持部220との間に隙間205を形成し、第1辺211に凹部216を形成する。凹部216には、接触子20が接着剤で接着される。

【0042】

以上、本実施形態によれば、振動体210と支持部220（固定部支持部221と接続部222、223）とが一体成形されており、振動体210の少なくとも一方の面に第1電極130と圧電体140と第2電極150によって形成された圧電素子110を備える。従って、振動体210と圧電素子110との間に接着剤層が無く、駆動力の伝達口スが発生し難い。

10

【0043】

図8は、圧電駆動装置の構成例を示す説明図である。図8(A)に示す圧電駆動装置10aは、4つの圧電振動部100a, 100b, 100c, 100dを備えている。各圧電振動部100a～100dは、上述した圧電振動部100と同様に、振動体210と支持部220とを備えている。第1圧電振動部100aの支持部や固定部、振動体、圧電素子を「第1支持部」、「第1固定部」、「第1振動体」、「第1圧電素子」と呼び、第2圧電振動部100bの支持部や固定部、振動体、圧電素子を「第2支持部」、「第2固定部」、「第2振動体」、「第2圧電素子」と呼ぶ。以下、第3圧電振動部100c, 第4圧電振動部100dについても同様である。この例では、第2圧電振動部100bは、第1圧電振動部100aの振動体210と、第1圧電振動部100aに隣接する第2圧電振動部100bの圧電素子110（第2圧電素子）とが接着剤層270により接着されている。

20

【0044】

図8(B)に示す圧電駆動装置10bも、同様に4つの圧電振動部100a, 100b, 100c, 100dを備えている。但し、図8(B)では、第1圧電振動部100aの振動体210と、第1圧電振動部100aに隣接する第2圧電振動部100bの振動体210（「第2振動体210」とも呼ぶ。）と、が接着剤層270により接着され、第2圧電振動部100bの圧電素子110と第2圧電振動部100bに隣接する第3圧電振動部100cの圧電素子110とが接着剤層270により接着されている。

30

【0045】

図8(C)に示す圧電駆動装置10cは、2つの圧電振動部100e, 100fを備えており、これらの圧電振動部100e, 100fは、いずれも振動体210の両面に圧電素子110を備える構成である。第1圧電振動部100eの圧電素子110と、第1圧電振動部100eに隣接する第2圧電振動部100fの圧電素子110とが接着剤層270により接着されている。

40

【0046】

このように、圧電駆動装置10は、2以上の圧電振動部100を振動体210の法線方向に積層した構成を備えていても良い。これにより、駆動力を大きく出来る。なお、本実施形態では、圧電駆動装置10は、2以上の圧電振動部100を振動体210の法線方向に積層した構成を備えているが、2以上の圧電振動部100を振動体210の平面に沿って配置しても良い。

【0047】

図9は、振動体210と接触子20との接合部分を拡大して示す説明図である。図9(A)は、平面図であり、図9(B)は、図9(A)の9B-9B断面である。振動体210の辺211の中央部には、凹部216が形成されている。振動体210の厚み方向に見たとき(図9(A))の凹部216と辺211との境界において、両者の為す角θ1は、120度から170度の範囲とすることが好ましい。接触子20は、球、あるいは橢円体をしており、球の場合の直径d1あるいは、橢円体の場合の短径(振動体210の厚み方向に測った大きさ)は、振動体210の厚さW1より小さいことが好ましい。凹部216は、接触子20の体積の30%～70%を収納可能な大きさ(容積)を有している。その

50

結果、接触子 20 の 70% ~ 30% が露出し、露出した部分でローター 50 (図 4) と接触できる。ここで、「凹部 216 の容積」とは、凹部 216 が無く辺 211 が直線的に形成されている場合の振動体 210 の体積と、凹部 216 を有する振動体 210 の体積との差である。なお、接触子 20 の露出量が少なすぎると、接触子 20 は、ローター 50 と接触し難くなり、接触子 20 の露出量が少なすぎると、接触子 20 が外れやすくなる。また、接触子 20 と凹部 216 とは 2 つの点 P1、P2 あるいは 2 点以上で接触するように、凹部 216 の凹面形状を形成することが好ましい。

【0048】

なお、図 9 (C) は比較例の平面図、図 9 (D) は図 9 (C) の 9D - 9D 断面である。比較例では、辺 211 に凹部 216 が形成されておらず、接触子 20 は辺 211 に接着されている。接触子 20 は、その体積の 100% が辺 211 から露出し、接触子 20 と辺 211 とは点 P5 でしか接触しない。したがって、接触子 20 が外れやすい。本実施形態では、図 9 (A), (B) に示すように、凹部 216 に接触子 20 を嵌め込むことにより、接触子 20 を 2 点で支持し外れ難く出来る。

10

【0049】

図 10 は、圧電振動部 100 の振動体 210 同士が対向している構成における振動体 210 と接触子 20 との接合部分を拡大して示す説明図であり、図 8 (B) の構成の変形である。図 10 (A) は、平面図であり、図 10 (B) は、図 10 (A) の 10B - 10B 断面である。2 つの振動体 210 の辺 211 の中央部には、それぞれ凹部 216 が形成されている。接触子 20 は、2 つの振動体 210 の 2 つの凹部 216 に跨がって収納されており、接触子 20 と 2 つの凹部 216 のうちの一方とは、2 つの点 P1, P2 で接触し、2 つの凹部 216 のうち他方とは、2 つの点 P3, P4 で接触し、合計 4 つの点 P1 ~ P4 で接触している。その結果、接触子 20 を安定して支持でき、外れにくく出来る。

20

【0050】

図 11 (A), (B), (C) は、本発明の他の実施形態としての圧電振動部 100 の平面図であり、第 1 実施形態の図 1 (A) に対応する図である。図 11 (A), (B), (C) では、図示の便宜上、振動体 210 のみを図示し、支持部 220 や接続部 230 は、図示が省略されている。図 11 (A) の圧電振動部 100g では、一対の圧電素子 110b, 110c が省略されている。この圧電振動部 100g も、図 4 に示すような 1 つの方向 z にローター 50 を回転させることが可能である。なお、図 11 (A) の 3 つの圧電素子 110a, 110e, 110d には同じ電圧が印加されるので、これらの 3 つの 3 つの圧電素子 110a, 110e, 110d の第 2 電極 (150a, 150e, 150d) を、連続する 1 つの電極層として形成してもよい。

30

【0051】

図 11 (B) は、本発明の更に他の実施形態としての圧電振動部 100h の平面図である。この圧電振動部 100h では、図 1 (A) の中央の圧電素子 110e が省略されており、他の 4 つの圧電素子 110a, 110b, 110c, 110d が図 1 (A) よりも大きな面積に形成されている。この圧電振動部 100c も、第 1 実施形態とほぼ同様な効果を達成することができる。

40

【0052】

図 11 (C) は、本発明の更に他の実施形態としての圧電振動部 100j の平面図である。この圧電振動部 100j では、図 1 (A) の 4 つの第 2 電極 150a, 150b, 150c, 150d が省略されており、1 つの第 2 電極 150e が大きな面積で形成されている。この圧電振動部 100d は、長手方向に伸縮するだけであるが、接触子 20 から被駆動体 (図示省略) に対して大きな力を与えることが可能である。

【0053】

図 1 及び図 11 (A), (B), (C) から理解できるように、圧電振動部 100 の第 2 電極 150 としては、少なくとも 1 つの電極層を設けることができる。但し、図 1 及び図 11 (A), (B) に示す実施形態のように、長方形の振動体 210 の対角の位置に圧電素子 110 (第 2 電極 150) を設けるようにすれば、振動体 210 を、その平面内で

50

屈曲する蛇行形状に変形させることが可能である点で好ましい。

【0054】

図12は、圧電振動部100の別の構成を示す説明図である。圧電振動部100kは、図1に示す圧電振動部100と比較すると、以下の点が異なっている。図1に示す圧電振動部100では、基板200の上に圧電素子110が形成され、その上に絶縁膜240と配線電極250と保護膜260が形成されている。図12に示す圧電振動部100kでは、基板200の上に絶縁膜240と配線電極250と絶縁層265が形成され、絶縁層265の上に圧電素子110が配置されている。すなわち、圧電体140よりも基板200側に配線電極250が形成される。このような構成で有っても良い。この構成の場合、配線電極250の下層に圧電体140がなく、圧電体140厚さの影響を受けないので、配線電極250が断線しにくいという効果がある。10

【0055】

・圧電駆動装置を用いた装置の実施形態：

上述した圧電駆動装置10は、共振を利用して被駆動部材に対して大きな力を与えることができるものであり、各種の装置に適用可能である。圧電駆動装置10は、例えば、ロボット（電子部品搬送装置（ICハンドラー）も含む）、投薬用ポンプ、時計のカレンダー送り装置、印刷装置（例えば紙送り機構。ただし、ヘッドに利用される圧電駆動装置では、振動板を共振させないので、ヘッドには適用不可である。）等の各種の機器における駆動装置として用いることが出来る。以下、代表的な実施の形態について説明する。20

【0056】

図13は、上述の圧電駆動装置10を利用したロボット2050の一例を示す説明図である。ロボット2050は、複数本のリンク部2012（「リンク部材」とも呼ぶ）と、それらリンク部2012の間を回動又は屈曲可能な状態で接続する複数の関節部2020とを備えたアーム2010（「腕部」とも呼ぶ）を有している。それぞれの関節部2020には、上述した圧電駆動装置10が内蔵されており、圧電駆動装置10を用いて関節部2020を任意の角度だけ回動又は屈曲させることができる。アーム2010の先端には、ロボットハンド2000が接続されている。ロボットハンド2000は、一対の把持部2003を備えている。ロボットハンド2000にも圧電駆動装置10が内蔵されており、圧電駆動装置10を用いて把持部2003を開閉して物を把持することが可能である。また、ロボットハンド2000とアーム2010との間にも圧電駆動装置10が設けられており、圧電駆動装置10を用いてロボットハンド2000をアーム2010に対して回転させることも可能である。30

【0057】

図14は、図13に示したロボット2050の手首部分の説明図である。手首の関節部2020は、手首回動部2022を挟持しており、手首回動部2022に手首のリンク部2012が、手首回動部2022の中心軸O周りに回動可能に取り付けられている。手首回動部2022は、圧電駆動装置10を備えており、圧電駆動装置10は、手首のリンク部2012及びロボットハンド2000を中心軸O周りに回動させる。ロボットハンド2000には、複数の把持部2003が立設されている。把持部2003の基端部はロボットハンド2000内で移動可能となっており、この把持部2003の根元の部分に圧電駆動装置10が搭載されている。このため、圧電駆動装置10を動作させることで、把持部2003を移動させて対象物を把持することができる。40

【0058】

なお、ロボットとしては、単腕のロボットに限らず、腕の数が2以上の多腕ロボットにも圧電駆動装置10を適用可能である。ここで、手首の関節部2020やロボットハンド2000の内部には、圧電駆動装置10の他に、力覚センサーやジャイロセンサー等の各種装置に電力を供給する電力線や、信号を伝達する信号線等が含まれ、非常に多くの配線が必要になる。従って、関節部2020やロボットハンド2000の内部に配線を配置することは非常に困難だった。しかしながら、上述した実施形態の圧電駆動装置10は、通50

常の電動モーターや、従来の圧電駆動装置よりも駆動電流を小さくできるので、関節部 2020（特に、アーム 2010 の先端の関節部）やロボットハンド 2000 のような小さな空間でも配線を配置することが可能になる。

【0059】

図 15 は、上述の圧電駆動装置 10 を利用した送液ポンプ 2200 の一例を示す説明図である。送液ポンプ 2200 は、ケース 2230 内に、リザーバー 2211 と、チューブ 2212 と、圧電駆動装置 10 と、ローター 2222 と、減速伝達機構 2223 と、カム 2202 と、複数のフィンガー 2213、2214、2215、2216、2217、2218、2219 と、が設けられている。リザーバー 2211 は、輸送対象である液体を収容するための収容部である。チューブ 2212 は、リザーバー 2211 から送り出される液体を輸送するための管である。圧電駆動装置 10 の接触子 20 は、ローター 2222 の側面に押し付けた状態で設けられており、圧電駆動装置 10 がローター 2222 を回転駆動する。ローター 2222 の回転力は減速伝達機構 2223 を介してカム 2202 に伝達される。フィンガー 2213 から 2219 はチューブ 2212 を閉塞させるための部材である。カム 2202 が回転すると、カム 2202 の突起部 2202A によってフィンガー 2213 から 2219 が順番に放射方向外側に押される。フィンガー 2213 から 2219 は、輸送方向上流側（リザーバー 2211 側）から順にチューブ 2212 を閉塞する。これにより、チューブ 2212 内の液体が順に下流側に輸送される。こうすれば、極く僅かな量を精度良く送液可能で、しかも小型な送液ポンプ 2200 を実現することができる。なお、各部材の配置は図示されたものには限られない。また、フィンガーなどの部材を備えず、ローター 2222 に設けられたボールなどがチューブ 2212 を閉塞する構成であってもよい。上記のような送液ポンプ 2200 は、インシュリンなどの薬液を人体に投与する投薬装置などに活用できる。ここで、上述した実施形態の圧電駆動装置 10 を用いることにより、従来の圧電駆動装置よりも駆動電流が小さくなるので、投薬装置の消費電力を抑制することができる。従って、投薬装置を電池駆動する場合は、特に有効である。
。

【0060】

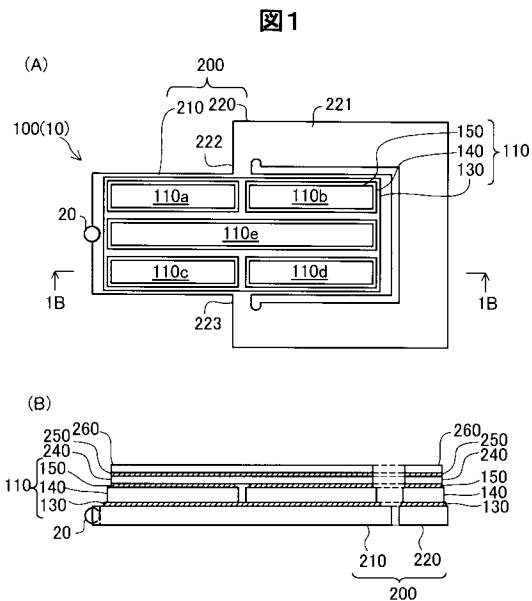
以上、いくつかの実施例に基づいて本発明の実施の形態について説明してきたが、上記した発明の実施の形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定するものではない。本発明は、その趣旨並びに特許請求の範囲を逸脱することなく、変更、改良され得るとともに、本発明にはその等価物が含まれることはもちろんである。
30

【符号の説明】

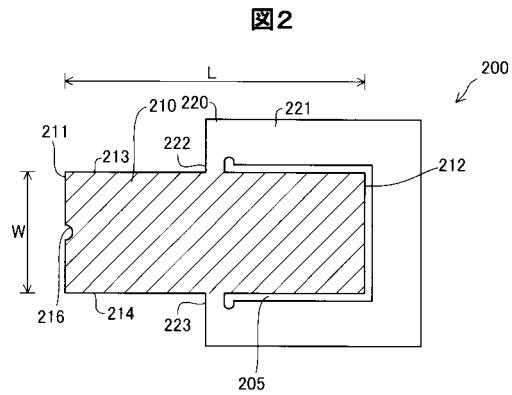
【0061】

10、10a、10b、10c ... 圧電駆動装置	20 ... 接触子	50 ... ローター					
100、100a、100b、100c、100d、100e、100f、100g							
、100h、100j ... 圧電振動部	110、110a、110b、110c、110d、110e ... 圧電素子	130 ... 第1電極	140 ... 圧電体	150、150a			
		130 ... 第2電極	200 ... 基板	201 ... 絶縁層	205 ... 隙間	210	
			211 ... 第1辺	212 ... 第2辺	213 ... 第3辺	214 ... 第4辺	
			216 ... 凹部	220 ... 支持部	221 ... 固定部	222 ... 第1接続部	2
			23 ... 第2接続部	240 ... 絶縁層	250 ... 配線電極	251、252、253	
			254 ... 配線パターン	260 ... 絶縁層	270 ... 接着剤層	300 ... 駆動回路	
			2000 ... ロボットハンド	2003 ... 把持部	2010 ... アーム	2012	
			2020 ... リンク部	2022 ... 関節部	2022 ... 手首回動部	2050 ... ロボット	
			2200 ... 送液ポンプ	2202 ... カム	2202A ... 突起部	2211 ... リザーバー	
			2212 ... チューブ	2213 ... フィンガー	2222 ... ローター	22	
			23 ... 減速伝達機構				

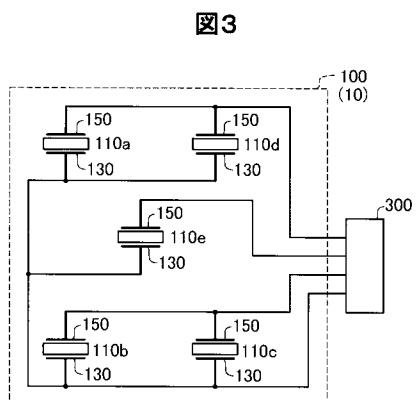
【図1】



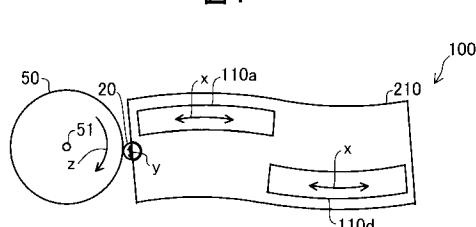
【図2】



【図3】

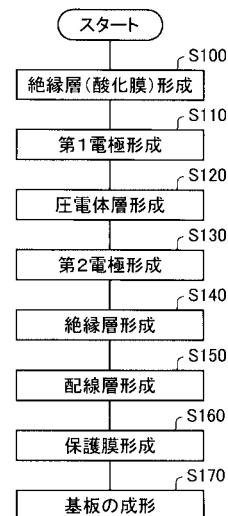


【図4】

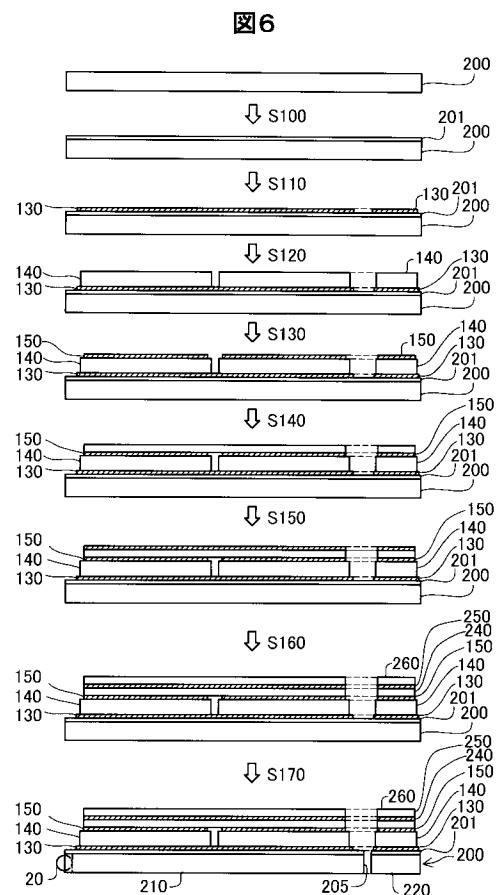


【図5】

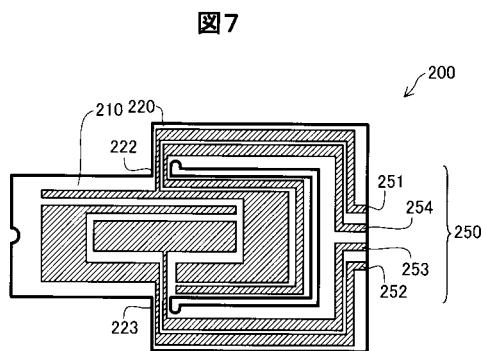
図5



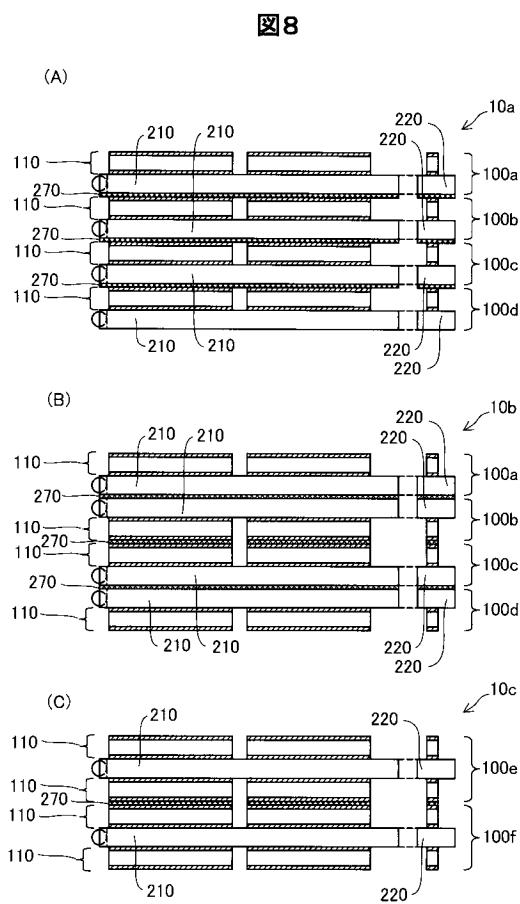
【図6】



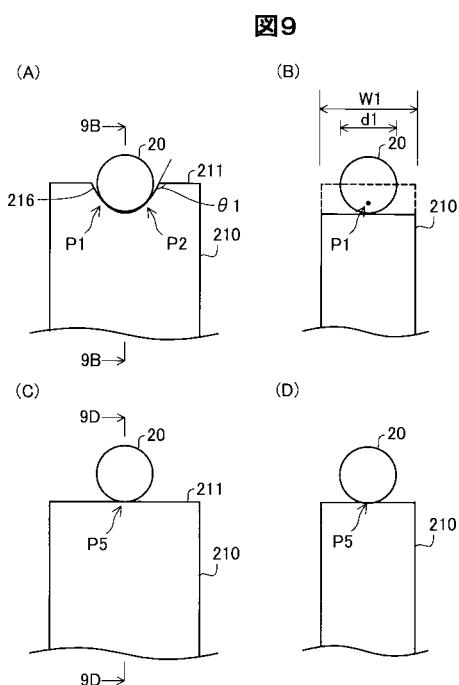
【図7】



【図8】

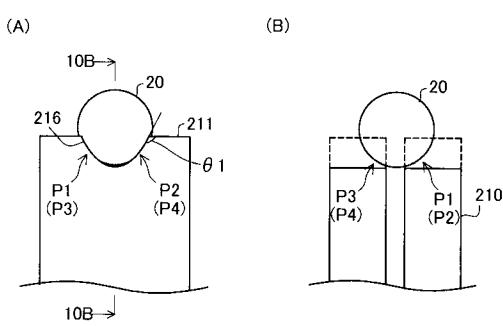


【図9】



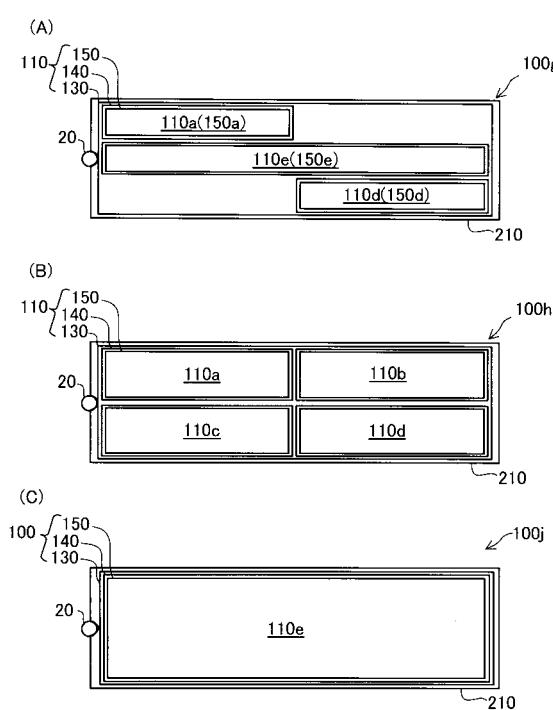
【図10】

図10



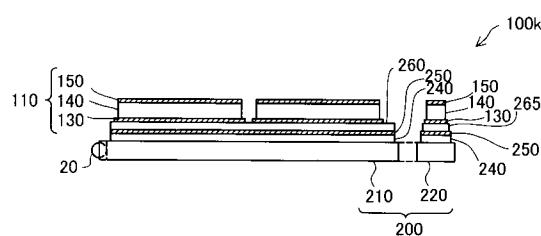
【図11】

図11



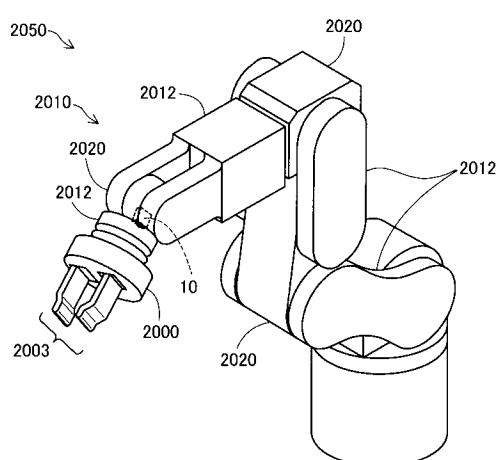
【図12】

図12



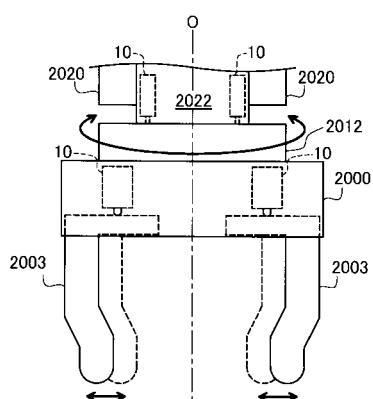
【図13】

図13



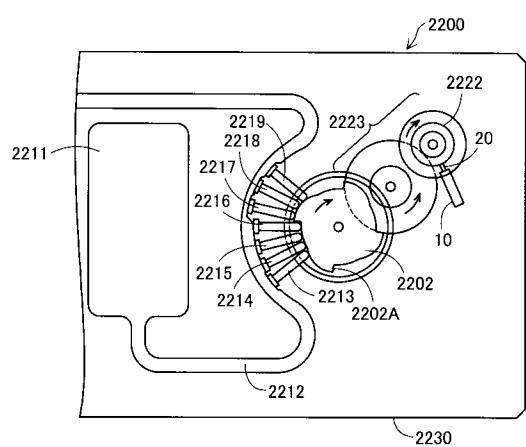
【図14】

図14



【図15】

図15



フロントページの続き

(72)発明者 宮澤 修
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーホームズ株式会社内

(72)発明者 岩 崎 友寿
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーホームズ株式会社内

(72)発明者 露木 幸一郎
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーホームズ株式会社内

F ターム(参考) 5H681 AA06 AA12 BB02 BB12 BC08 CC02 DD15 DD23 FF37