

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5528404号
(P5528404)

(45) 発行日 平成26年6月25日(2014.6.25)

(24) 登録日 平成26年4月25日(2014.4.25)

(51) Int.Cl.

F I

F O 4 B 43/04 (2006.01)

F O 4 B 43/04

B

請求項の数 11 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2011-194430 (P2011-194430)
 (22) 出願日 平成23年9月6日(2011.9.6)
 (65) 公開番号 特開2013-57247 (P2013-57247A)
 (43) 公開日 平成25年3月28日(2013.3.28)
 審査請求日 平成25年3月22日(2013.3.22)

(73) 特許権者 000006231
 株式会社村田製作所
 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
 (73) 特許権者 503246015
 オムロンヘルスケア株式会社
 京都府向日市寺戸町九ノ坪53番地
 (74) 代理人 110000970
 特許業務法人 楓国際特許事務所
 (72) 発明者 兒玉 幸治
 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
 株式会社村田製作所内
 (72) 発明者 平田 篤彦
 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
 株式会社村田製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 流体制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

振動板と、

前記振動板の一方の主面に設けられ、前記振動板を振動させる駆動体と、

前記振動板の他方の主面に対向して設けられ、孔が設けられている板と、を備え、

前記板は、屈曲振動可能な可動部を有し、

前記振動板および前記板の少なくとも一方は、前記孔と前記孔に対向する前記振動板の領域との間に位置し、前記孔と前記孔に対向する前記振動板の領域との中間の方向へ突出する突出部を有する、流体制御装置。

【請求項2】

前記板に接合され、開口部が形成された基板をさらに備え、

前記板は、前記基板に拘束された固定部をさらに有し、前記可動部は、前記基板の前記開口部に面する、請求項1に記載の流体制御装置。

【請求項3】

前記突出部は、前記振動板の他方の主面に形成されており、前記板側へ突出する、請求項1または2に記載の流体制御装置。

【請求項4】

前記突出部は、円柱状に形成されている、請求項1から3のいずれか1項に記載の流体制御装置。

【請求項5】

10

20

前記突出部は、前記突出部の周縁に近づくにつれて厚みが薄くなる形状の端部を有する、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の流体制御装置。

【請求項 6】

前記振動板全体のうち前記突出部を除く領域は、エッチングにより前記振動板の前記突出部の領域の厚みより薄い厚みに形成されている、請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の流体制御装置。

【請求項 7】

前記突出部の前記開口部側の面の面積は、前記開口部の開口面の面積以上である、請求項 2 から 6 のいずれか 1 項に記載の流体制御装置。

【請求項 8】

前記振動板と、前記振動板の周囲を囲む枠板と、前記振動板と前記枠板とを連結し、前記枠板に対して前記振動板を弾性支持する連結部と、を有する振動板ユニットを備え、

前記板は、前記振動板の他方の主面に対向するよう前記枠板に接合されている、請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の流体制御装置。

【請求項 9】

前記板は、複数の微粒子を含有した接着剤によって前記複数の微粒子を挟んで前記枠板に接着されている、請求項 8 に記載の流体制御装置。

【請求項 10】

前記板の前記連結部と対向する領域には孔部が形成された、請求項 8 又は 9 に記載の流体制御装置。

【請求項 11】

前記振動板および前記駆動体はアクチュエータを構成し、

前記アクチュエータは円板状である、請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載の流体制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、流体制御を行う流体制御装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 に従来流体制御装置が開示されている。

図 1 は特許文献 1 の流体制御装置の 3 次共振モードでのポンピング動作を示す図である。図 1 に示す流体制御装置は、ポンプ本体 10 と、外周部がポンプ本体 10 に対して固定された振動板 20 と、この振動板 20 の中央部に貼り付けられた圧電素子 23 と、振動板 20 の略中央部と対向するポンプ本体 10 の部位に形成された第 1 開口部 11 と、振動板 20 の中央部と外周部との中間領域又はこの中間領域と対向するポンプ本体の部位に形成された第 2 開口部 12 とを備える。振動板 20 は金属製であり、圧電素子 23 は第 1 開口部 11 を覆い、且つ第 2 開口部 12 まで達しない大きさに形成されている。

【0003】

図 1 に示す流体制御装置では、圧電素子 23 に所定周波数の電圧を印加することにより、第 1 開口部 11 に対向する振動板 20 の部分と第 2 開口部 12 に対向する振動板 20 の部分とが相反方向に屈曲変形する。これにより、第 1 開口部 11 および第 2 開口部 12 の一方から流体を吸込み、他方から吐出する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】国際公開第 2008 / 069264 号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

10

20

30

40

50

図１に示したような構造の流体ポンプは、構造が簡単で薄型に構成でき、例えば燃料電池システムの空気輸送用ポンプとして用いられる。ところが、組み込み先の電子機器は常に小型化の傾向があるため、流体ポンプの能力（流量と圧力）を低下させることなく更なる流体ポンプの小型化が要求される。流体ポンプが小型化する程、ポンプの能力（流量と圧力）は低下するため、ポンプの能力を維持しつつ小型化しようとするれば、従来構造の流体ポンプでは限界があった。

【０００６】

そこで、本願の発明者は、以下に示す構造の流体ポンプを考案した。

図２は、同流体ポンプの主要部の構成を示す断面図である。流体ポンプ９０１は、基板３９、可撓板３５、スペーサ３７、振動板３１、圧電素子３２を備え、それらを順に積層した構造を有している。なお、可撓板３５は、本発明の板に対応する。

10

【０００７】

流体ポンプ９０１では、圧電素子３２と圧電素子３２に接合された振動板３１とがアクチュエータ３０を構成する。この振動板３１の端部は、中心に通気孔３５Ａが形成された可撓板３５の端部に、スペーサ３７を介して接着固定されている。そのため、振動板３１は、可撓板３５からスペーサ３７の厚み分離れてスペーサ３７に支持されている。

【０００８】

また、可撓板３５には、中心に円柱形の開口部４０が形成された基板３９が接合されている。可撓板３５の一部は基板３９の開口部４０で基板３９側へ露出する。この円形の露出部は、アクチュエータ３０の振動に伴う流体の圧力変動により、アクチュエータ３０と実質的に同一周波数で振動することができる。すなわち、この可撓板３５と基板３９との構成により、可撓板３５のアクチュエータ対向領域の中心又は中心付近は屈曲振動可能な可動部４１（露出部）となり、当該アクチュエータ対向領域の可動部４１より外側の周辺部は基板３９に拘束された固定部４２となっている。

20

【０００９】

以上の構造において圧電素子３２に電圧が印加されると、流体ポンプ９０１では、圧電素子３２の伸縮により振動板３１が屈曲振動し、振動板３１の振動に伴って可撓板３５の可動部４１が振動する。これにより、流体ポンプ９０１は、通気孔３５Ａから空気を吸引又は吐出する。よって、流体ポンプ９０１では、アクチュエータ３０の振動に伴い可動部４１が振動するため、実質的に振動振幅を増すことができる。

30

【００１０】

しかしながら、上記流体ポンプ９０１では、可撓板３５の可動部４１が基板３９によって支持されていない。そのため、可撓板３５の可動部４１が可動部４１にかかる張力等によって振動板３１から離れる方向に撓み、可撓板３５の可動部４１から当該可動部４１に対向する振動板３１の領域までの間隔が長くなる場合がある。

【００１１】

この場合、アクチュエータ３０の振動が可動部４１に伝わりにくくなり、可動部４１の振動が小さくなる。したがって、流体ポンプ９０１では、理想的な圧力－流量特性に対して圧力が低くなるという問題がある。

【００１２】

40

そこで、スペーサ３７の厚みを薄くすることでアクチュエータ３０と可撓板３５との間隔を予め狭くして振動させることにより、圧力を増加させる方法が考えられるが、この方法では、圧力が増加した分流量が減少するという問題があり、流量を減少させずに高い圧力を発生させることが困難であった。

【００１３】

従って本発明は、従来よりも流量を減少させることなく高い圧力を得ることができる、小型低背の流体制御装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【００１４】

本発明の流体制御装置は、前記課題を解決するために以下の構成を備えている。

50

【 0 0 1 5 】

(1) 振動板と、

前記振動板の一方の主面に設けられ、前記振動板を振動させる駆動体と、

前記振動板の他方の主面に対向して設けられ、孔が設けられている板と、を備え、

前記板は、屈曲振動可能な可動部を有し、

前記振動板および前記板の少なくとも一方は、前記孔と前記孔に対向する前記振動板の領域との間に位置し、前記孔と前記孔に対向する前記振動板の領域との中間の方向へ突出する突出部を有する。

【 0 0 1 6 】

この構成では、突出部が設けられている箇所では振動板と板との間隔が他の箇所よりも狭くなっているため、高い圧力を得ることができる。また、突出部が設けられている箇所以外では振動板と板との間隔が狭くなっていないため、圧力損失が減少し、流体の流量が低下しない。そのため、従来よりも流量を減少させることなく高い圧力を得ることができる。

10

【 0 0 1 7 】

(2) 前記板に接合され、開口部が形成された基板をさらに備え、

前記板は、前記基板に拘束された固定部をさらに有し、

前記可動部は、前記基板の前記開口部に面する。

【 0 0 1 8 】

この構成では、駆動体により振動板が振動し、振動板の振動に伴って板の可動部が振動する。

20

【 0 0 1 9 】

また、この構成は、突出部を振動板に設けた第 1 の構成と、突出部を板に設けた第 2 の構成とを含んでいる。第 1 の構成の場合では、板の可動部と当該可動部に対向する振動板の領域との間隔が板の固定部と当該固定部に対向する振動板の領域との間隔より狭くなる。第 2 の構成の場合では、板の可動部が突出部を兼用し、板の可動部と当該可動部に対向する振動板の領域との間隔が基板と当該基板に対向する振動板の領域との間隔より狭くなる。

【 0 0 2 0 】

そのため、この構成では、板の可動部が可動部にかかる張力等によって振動板から離れる方向に撓んでも板の可動部から当該可動部に対向する振動板の領域までの間隔が突出部の高さ分狭まる。これにより、振動板の振動が板の可動部に伝わり易くなる。

30

【 0 0 2 1 】

また、上記第 1 の構成の場合では、板の可動部と当該可動部に対向する振動板の領域との間隔が狭くなっているが、板の固定部と当該固定部に対向する振動板の領域との間隔は狭くなっていない。同様に、上記第 2 の構成の場合においても、板の可動部と当該可動部に対向する振動板の領域との間隔が狭くなっているが、基板と当該基板に対向する振動板の領域との間隔は狭くなっていない。

【 0 0 2 2 】

そのため、この構成では、振動板の振動時、固定部または基板に対向する振動板の領域が板の固定部または基板に当接することを抑制できる。すなわち振動板の振動が板の固定部または基板によって制限されることを抑制できる。

40

【 0 0 2 3 】

従って、この構成によれば、振動板の振動に伴って板の可動部が十分に振動し、振動板の振動が板の固定部または基板によって制限されることを抑制できる。そのため、よりポンプ能力の高い流体制御装置を提供できる。

【 0 0 2 4 】

(3) 前記突出部は、前記振動板の他方の主面に形成されており、前記可動部側へ突出することが好ましい。

【 0 0 2 5 】

50

この構成では、当該可動部に対向する振動板の領域に突出部が設けられ、板の可動部と当該可動部に対向する振動板の領域との間隔が板の固定部と当該固定部に対向する振動板の領域との間隔より狭くなるため、従来よりも流量を減少させることなく高い圧力を得ることができる。

【0026】

(4) 前記突出部は、円柱状に形成されていることが好ましい。

【0027】

この構成では、振動板の振動に伴う損失がより少なくなり、ポンプとしての動作効率が高まる。

【0028】

(5) 前記突出部は、前記突出部の周縁に近づくにつれて厚みが薄くなる形状の端部を有することが好ましい。

【0029】

この構成における突出部の端部の形状は、例えばR状、又はテーパ状である。この構成では、突出部の端部と、当該端部より内側に位置する突出部の中央部と、で異なる圧力分布が得られるため、流体の圧縮時に、流体の圧力の高い突出部の中央部から、流体の圧力の低い突出部の端部の方向へ流体が流動し易くなる。このため、ポンプの加圧効率をより改善することができる。

【0030】

また、この構成では、振動板の平面が一様でない場合や、スペーサの厚みにばらつきがある場合であっても、突出部が可動部に接触してしまうことを抑制できる。

【0031】

また、この構成では、突出部と可動部との間に平行度を要求される部分(突出部の端部が設けられていない部分)が少なくなるため、突出部と可動部との平行度が相対的に高くなり、ポンプの圧縮比をより高めることができる。

【0032】

(6) 前記振動板全体のうち前記突出部を除く領域は、エッチングにより前記振動板の前記突出部の領域の厚みより薄い厚みに形成されていることが好ましい。

【0033】

この構成では、振動板全体のうち突出部を除く領域をエッチングすることで、突出部の高さをエッチングの深さによって精密に規定できる。

【0034】

よって、この構成によれば、エッチングの深さを調整することで、従来よりも流量を減少させることなく高い圧力を得ることを容易に達成することができる。

【0035】

(7) 前記突出部の前記開口部側の面の面積は、振動板の振動が板の可動部に十分に伝わるよう、前記開口部の開口面の面積以上であることが好ましい。

【0036】

この構成では突出部が、対向する可動部を覆う大きさとなる。このため、より高い圧力が得られる。

【0037】

(8) 前記振動板と、前記振動板の周囲を囲む枠板と、前記振動板と前記枠板とを連結し、前記枠板に対して前記振動板を弾性支持する連結部と、を有する振動板ユニットを備え、

前記板は、前記振動板の他方の主面に対向するよう前記枠板に接合されていることが好ましい。

【0038】

この構成では、振動板の周辺部が実質的に拘束されていないため、振動板の振動に伴う損失が少なく、小型・低背でありながら高い圧力と大きな流量が得られる。

【0039】

10

20

30

40

50

(9) 前記板は、複数の微粒子を含有した接着剤によって前記複数の微粒子を挟んで前記枠板に接着されていることが好ましい。

【 0 0 4 0 】

この構成では、複数の微粒子の直径を調整することで、振動板の振動が板の可動部に十分に伝わるよう、突出部と板の可動部との間隔を定めることができる。

【 0 0 4 1 】

また、この構成では、枠板と板とが接着剤によって固定される際、接着剤層の厚みが微粒子の直径より薄くならないため、塗布した接着剤が周囲に流れ出る量を抑制できる。

【 0 0 4 2 】

また、この構成では、連結部と板との隙間へ上記接着剤の余剰分が流れ込んでも、連結部の板側の面が板から少なくとも微粒子の直径分離れているため、連結部と板とが接着することを抑制できる。同様に、振動板と板との隙間へ上記接着剤の余剰分が流れ込んでも、振動板の板側の面が板から少なくとも微粒子の直径分離れているため、振動板と板とが接着することを抑制できる。そのため、振動板および連結部と板とが接着して振動板の振動を阻害してしまうことを抑制できる。

【 0 0 4 3 】

(1 0) 前記板の前記連結部と対向する領域には孔部が形成されていることが好ましい。

【 0 0 4 4 】

この構成では、枠板を板に接着固定する際に、上記接着剤の余剰分が孔部に流れ込む。そのため、この構成によれば、振動板および連結部と板とが接着することを一層抑制することができる。即ち振動板の振動を阻害してしまうことを一層抑制できる。

【 0 0 4 5 】

(1 1) 前記振動板および前記駆動体はアクチュエータを構成し、前記アクチュエータは円板状であることが好ましい。

【 0 0 4 6 】

この構成では、アクチュエータが回転対称形（同心円状）の振動状態となるため、アクチュエータと可撓板との間に不要な隙間が発生せず、ポンプとしての動作効率が高まる。

【発明の効果】

【 0 0 4 7 】

本発明によれば、突出部が設けられている箇所では振動板と板との間隔が他の箇所よりも狭くなっているため、高い圧力を得ることができる。また、突出部が設けられている箇所以外では振動板と板との間隔が狭くなっていないため、圧力損失が減少し、流体の流量が低下しない。そのため、従来よりも流量を減少させることなく高い圧力を得ることができる小型低背の流体制御装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 8 】

【図 1】特許文献 1 の流体ポンプの 3 次共振モードでのポンピング動作を示す図である。

【図 2】本発明の比較例に係る流体ポンプ 9 0 1 の主要部の断面図である。

【図 3】本発明の第 1 実施形態に係る圧電ポンプ 1 0 1 の外観斜視図である。

【図 4】図 3 に示す圧電ポンプ 1 0 1 の分解斜視図である。

【図 5】図 3 に示す圧電ポンプ 1 0 1 の T - T 線の断面図である。

【図 6】図 4 に示す振動板ユニット 1 6 0 の外観斜視図である。

【図 7】図 4 に示す枠板 1 6 1 及び可撓板 1 5 1 の接着部分を拡大した概略断面図である。

。

【図 8】図 8 (A) は、図 3 に示す圧電ポンプ 1 0 1 の常温時の主要部の断面図である。

図 8 (B) は、図 3 に示す圧電ポンプ 1 0 1 の高温時の主要部の断面図である。

【図 9】図 4 に示す振動板ユニット 1 6 0 及び可撓板 1 5 1 の接合体の平面図である。

【図 1 0】本発明の第 1 実施形態に係る圧電ポンプ 1 0 1 の圧力 - 流量特性と圧電ポンプ 1 0 1 から突出部 1 4 3 を無くした構成の圧電ポンプの圧力 - 流量特性とを示すグラフである。

10

20

30

40

50

【図 1 1】本発明の第 1 実施形態に係る圧電ポンプ 1 0 1 の最大圧力と突出部 1 4 3 の直径との関係を示すグラフである。

【図 1 2】本発明の第 2 実施形態に係る圧電ポンプ 2 0 1 の振動板ユニット 2 6 0 の外観斜視図である。

【図 1 3】本発明の第 3 実施形態に係る圧電ポンプ 3 0 1 の振動板ユニット 3 6 0 の外観斜視図である。

【図 1 4】本発明の第 4 実施形態に係る圧電ポンプ 4 0 1 の断面図である。

【図 1 5】図 1 4 に示す可撓板 4 5 1 の平面図である。

【図 1 6】本発明の第 5 実施形態に係る圧電ポンプ 5 0 1 の断面図である。

【図 1 7】図 1 6 に示す突出部 5 4 3 の一部拡大断面図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0 0 4 9】

《第 1 の実施形態》

以下、本発明の第 1 実施形態に係る圧電ポンプ 1 0 1 について説明する。

図 3 は、本発明の第 1 実施形態に係る圧電ポンプ 1 0 1 の外観斜視図である。図 4 は、図 3 に示す圧電ポンプ 1 0 1 の分解斜視図であり、図 5 は、図 3 に示す圧電ポンプ 1 0 1 の T - T 線の断面図である。図 6 は、図 4 に示す振動板ユニット 1 6 0 を可撓板 1 5 1 側から見た同振動板ユニット 1 6 0 の外観斜視図であり、図 7 は、図 4 に示す枠板 1 6 1 及び可撓板 1 5 1 の接着部分を拡大した概略断面図である。

【0 0 5 0】

20

図 3 ~ 図 5 に示すように、圧電ポンプ 1 0 1 は、カバー板 1 9 5、基板 1 9 1、可撓板 1 5 1、振動板ユニット 1 6 0、圧電素子 1 4 2、スペーサ 1 3 5、電極導通用板 1 7 0、スペーサ 1 3 0 及び蓋部 1 1 0 を備え、それらを順に積層した構造を有している。

なお、可撓板 1 5 1 が、本発明の「板」に相当する。

【0 0 5 1】

円板状の振動板 1 4 1 の上面には圧電素子 1 4 2 が接着固定されて、振動板 1 4 1 と圧電素子 1 4 2 とによって円板状のアクチュエータ 1 4 0 が構成される。ここで、振動板 1 4 1 を含む振動板ユニット 1 6 0 は、圧電素子 1 4 2 の線膨張係数より大きな線膨張係数を有する金属材料で形成されている。振動板 1 4 1 及び圧電素子 1 4 2 を接着時に加熱硬化させることにより、振動板 1 4 1 が圧電素子 1 4 2 側へ凸に反りながら、圧電素子 1 4 2 に適切な圧縮応力を残留させることができ、圧電素子 1 4 2 の割れを防止できる。例えば、振動板ユニット 1 6 0 は、S U S 4 3 0 などで形成するのがよい。例えば、圧電素子 1 4 2 は、チタン酸ジルコン酸鉛系セラミックスなどで形成するのがよい。圧電素子 1 4 2 の線膨張係数はほぼゼロであり、S U S 4 3 0 の線膨張係数は $10.4 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 程度である。

30

なお、圧電素子 1 4 2 が、本発明の「駆動体」に相当する。

【0 0 5 2】

スペーサ 1 3 5 の厚みは、圧電素子 1 4 2 の厚みと同じか、少し厚くしておくといよい。

【0 0 5 3】

振動板ユニット 1 6 0 は、図 4 ~ 図 6 に示すように、振動板 1 4 1 と、枠板 1 6 1 と、連結部 1 6 2 とによって構成される。振動板ユニット 1 6 0 は、金属板のエッチング加工により一体成型することで形成されている。振動板 1 4 1 の周囲には枠板 1 6 1 が設けられていて、振動板 1 4 1 は枠板 1 6 1 に対して連結部 1 6 2 で連結されている。そして、枠板 1 6 1 は、図 7 に示すように、複数の球形の微粒子 1 2 1 を含有した接着剤層 1 2 0 を介して可撓板 1 5 1 に接着固定されている。

40

なお、図 7 では説明簡略化のため微粒子 1 2 1 の数が 3 個しか描かれていないが、実際は多数の微粒子 1 2 1 が存在する。

【0 0 5 4】

ここで、接着剤層 1 2 0 の接着剤 1 2 2 の材質は例えば、エポキシ樹脂などの熱硬化性樹脂であり、微粒子 1 2 1 の材質は例えば、導電性の金属でコーティングされたシリカ又

50

は樹脂である。そして、接着剤層 120 は、接着時、加圧条件下で加熱することで硬化される。そのため、接着後、枠板 161 及び可撓板 151 は複数の微粒子 121 を挟んだ状態で接着剤層 120 によって接着固定される。

【0055】

また、上記振動板 141 は、図 5、図 6 に示すように、可動部 154 側に突出する円柱状の突出部 143 を有する。この突出部 143 は、可撓板 151 の可動部 154 に対向して配置されている。振動板 141 と可撓板 151 の可動部 154 及び固定部 155 との関係の詳細については後述する。ここで、振動板 141 全体のうち突出部 143 を除く領域および連結部 162 は、当該領域に対してハーフエッチングを行うことにより、振動板 141 の突出部 143 の領域の厚みより薄い厚みに形成されている。

10

【0056】

このため、突出部 143 の高さは、ハーフエッチングの深さによって精密に規定できる。この実施形態において、突出部 143 の高さは $20\text{ }\mu\text{m}$ であり、突出部 143 の直径は 5.5 mm である。また、固定部 155 に対向する振動板 141 の領域および連結部 162 と可撓板 151 との間の距離は、ハーフエッチングの深さと微粒子 121 の直径との合計（例えば $30\text{ }\mu\text{m}$ ）によって精密に規定できる。即ち、固定部 155 に対向する振動板 141 の領域および連結部 162 は、可撓板 151 からハーフエッチングの深さと微粒子 121 の直径との合計分離れて、配置される。そして、連結部 162 は、小さなバネ定数の弾性を持つ弾性構造となっている。

【0057】

20

したがって、振動板 141 は 3 つの連結部 162 で枠板 161 に対して 3 点で柔軟に弾性支持されており、振動板 141 の屈曲振動は殆ど妨げられない。すなわち、圧電ポンプ 101 は、アクチュエータ 140 の周辺部が（勿論中心部も）実質的に拘束されていない構造となっている。

【0058】

枠板 161 の上面には、樹脂製のスペーサ 135 が接着固定されている。スペーサ 135 の厚みは圧電素子 142 と同じか少し厚く、ポンプ筐体 180 の一部を構成するとともに、次に述べる電極導通用板 170 と振動板ユニット 160 とを電氣的に絶縁する。

【0059】

スペーサ 135 の上には、金属製の電極導通用板 170 が接着固定されている。電極導通用板 170 は、ほぼ円形に開口した枠部位 171 と、この開口内に突出する内部端子 173 と、外部へ突出する外部端子 172 とで構成されている。

30

【0060】

内部端子 173 の先端は圧電素子 142 の表面にはんだ付けされる。はんだ付け位置をアクチュエータ 140 の屈曲振動の節に相当する位置とすることにより内部端子 173 の振動は抑制できる。

【0061】

電極導通用板 170 の上には、樹脂製のスペーサ 130 が接着固定される。スペーサ 130 はここでは圧電素子 142 と同程度の厚みを有する。スペーサ 130 は、アクチュエータが振動したときに、内部端子 173 のはんだ部分が、蓋部 110 に接触しないようにするためのスペーサである。また、圧電素子 142 表面が蓋部 110 に過度に接近して、空気抵抗により振動振幅が低下することを抑制する。そのため、スペーサ 130 の厚みは、前述の通り、圧電素子 142 と同程度の厚みであればよい。

40

【0062】

蓋部 110 はスペーサ 130 の上端部に接合され、アクチュエータ 140 の上部を覆う。そのため、後述する可撓板 151 の通気孔 152 を通して吸引された流体は吐出孔 111 から吐出される。吐出孔 111 は蓋部 110 の中心に設けてもよいが、蓋部 110 を含むポンプ筐体 180 内の正圧を開放する吐出孔であるので、蓋部 110 の中心に設ける必要はない。

【0063】

50

可撓板 151 には電氣的に接続するための外部端子 153 が形成されている。また、可撓板 151 の中心には通気孔 152 が形成されている。可撓板 151 は、振動板 141 に対向し、接着剤層 120 によって複数の微粒子 121 を挟んで枠板 161 に接着固定されている（図 7 参照）。

【0064】

可撓板 151 の下部には、中心に円柱形の開口部 192 が形成された基板 191 が接着剤で貼付されている。可撓板 151 の一部は基板 191 の開口部 192 で露出する。この円形に露出した可撓板 151 の一部は、アクチュエータ 140 の振動に伴う空気の圧力変動により、アクチュエータ 140 と実質的に同一周波数で振動することができる。すなわち、この可撓板 151 と基板 191 との構成により、可撓板 151 の開口部 192 に対応する箇所が屈曲振動可能な可動部 154 となり、可撓板 151 の可動部 154 より外側の周辺部が基板 191 に拘束された固定部 155 となる。この円形の可動部 154 の固有振動数は、アクチュエータ 140 の駆動周波数と同一か、やや低い周波数になるように設計している。

【0065】

従って、アクチュエータ 140 の振動に呼応して、通気孔 152 を中心とした可撓板 151 の可動部 154 も大きな振幅で振動する。可撓板 151 の振動位相がアクチュエータ 140 の振動位相よりも遅れた（例えば 90° 遅れの）振動となれば、可撓板 151 とアクチュエータ 140 との間の隙間空間の厚み変動が実質的に増加する。そのことによってポンプの能力をより向上させることができる。

【0066】

基板 191 の下部には、カバー板 195 が接合されている。カバー板 195 には、3つの吸引孔 197 が設けられている。吸引孔 197 は、基板 191 に形成された流路 193 によって、開口部 192 と連通している。

【0067】

可撓板 151、基板 191、及びカバー板 195 は、振動板ユニット 160 の線膨張係数より大きな線膨張係数を有する材料で形成されている。可撓板 151、基板 191、及びカバー板 195 は、ほぼ同一の線膨張係数からなる。例えば、可撓板 151 はベリリウム銅、基板 191 はリン青銅、カバー板 195 は銅などで形成するのが良い。これらの線膨張係数は概略 $17 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 程度である。また、振動板ユニット 160 は SUS 430などで形成するのがよい。SUS 430 の線膨張係数は $10.4 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 程度である。

【0068】

この場合、枠板 161 に対する、可撓板 151、基板 191、カバー板 195 の線膨張係数の違いから、接着時に加熱硬化させることにより、可撓板 151 が圧電素子 142 側に凸に反りながら、中心付近の屈曲振動可能な可動部 154 に張力が与えられる。これによって、屈曲振動可能な可動部 154 の張力が調整されるとともに、屈曲振動可能な可動部 154 がたるんで、振動が妨げられることがない。可撓板 151 を構成するベリリウム銅はバネ材なので、円形の可動部 154 が大きな振幅で振動しても、へたりなどが生じることがなく、耐久性に優れる。

【0069】

以上の構造において外部端子 153、172 に駆動電圧が印加されると、圧電ポンプ 101 では、アクチュエータ 140 が同心円状に屈曲振動し、振動板 141 の振動に伴って可撓板 151 の可動部 154 が振動する。これにより、圧電ポンプ 101 は、吸引孔 197 から通気孔 152 を介して空気をポンプ室 145 へ吸引し、ポンプ室 145 の空気を吐出孔 111 から吐出する。このとき、圧電ポンプ 101 では、振動板 141 の周辺部が実質的に拘束されていないため、振動板 141 の振動に伴う損失が少なく、小型・低背でありながら高い圧力と大きな流量が得られる。

【0070】

図 8 (A) は、図 3 に示す圧電ポンプ 101 の常温時の主要部の断面図であり、図 8 (

10

20

30

40

50

B)は、図3に示す圧電ポンプ101の高温時の主要部の断面図である。ここで、図8(A)は、説明のため、振動板ユニット160、圧電素子142、可撓板151、基板191及びカバー板195の接合体の反りを実際より強調して示している。また、図8(A)(B)では、説明のため、蓋部110、スペーサ130、電極導通用板170、及びスペーサ135の図示を省略している。

【0071】

この実施形態の圧電ポンプ101では、圧電素子142、振動板ユニット160、可撓板151、基板191、及びカバー板195は、常温(20)より高い温度(例えば120)で接着剤等によって接合される(図8(B)参照)。これにより、接合後、常温において、上述した振動板ユニット160及び圧電素子142の線膨張係数の違いから振動板141は圧電素子142側を凸にして反り、上述した振動板ユニット160及び基板191の線膨張係数の違いから可撓板151は圧電素子142側を凸にして反る(図8(A)参照)。この実施形態では常温において、振動板141及び可撓板151は、圧電素子142側を凸にしてほぼ等しい曲率で反っている。

10

【0072】

しかしながら、この実施形態の流体ポンプ101においても、可撓板151の可動部154が基板191によって支持されていない。そのため、常温時、可撓板151の可動部154が、可撓板151及び基板191を接着する際に使用した接着剤の余剰分159の硬化収縮等によって振動板141から離れる方向に撓んでしまう(図8(A)参照)。そのため、可撓板151の可動部154から当該可動部154に対向する振動板141の領域までの間隔が長くなる。

20

【0073】

そこで、この実施形態の流体ポンプ101では、振動板141が、可動部154に対向する領域に突出部143を有する。これにより、可撓板151の可動部154と当該可動部154に対向する振動板141の領域との間隔が可撓板151の固定部155と当該固定部155に対向する振動板141の領域との間隔より狭くなる。

【0074】

そのため、可撓板151の可動部154が振動板141から離れる方向に撓んでも可撓板151の可動部154から当該可動部154に対向する振動板141の領域までの間隔が突出部143の高さ分狭まる。これにより、アクチュエータ140の振動が可撓板151の可動部154に伝わり易くなる。

30

【0075】

また、この構成では、可撓板151の可動部154と当該可動部154に対向する振動板141の領域との間隔が狭くなっているが、可撓板151の固定部155と当該固定部155に対向する振動板141の領域との間隔は狭くなっていない。

【0076】

そのため、アクチュエータ140の振動時、固定部155に対向する振動板141の領域が可撓板151の固定部155に当接してしまい、アクチュエータ140の振動が可撓板151の固定部155によって制限されることを抑制できる。すなわち、可撓板151の固定部155と当該固定部155に対向する振動板141の領域との間の距離が狭くなっていないため、この間を通過する流体の流量は低下しない。即ち、可撓板151の固定部155と当該固定部155に対向する振動板141の領域との間での圧力損失は生じない。

40

【0077】

以上より、この実施形態の圧電ポンプ101によれば、突出部143が設けられている箇所では振動板141と可撓板151との間隔が他の箇所よりも狭くなっているため、高い圧力を得ることができる。また、突出部143が設けられている箇所以外では振動板141と可撓板151との間隔が狭くなっていないため、圧力損失が減少し、流体の流量が低下しない。そのため、従来よりも流量を減少させることなく高い圧力を得ることができる。

50

【 0 0 7 8 】

また、この実施形態の圧電ポンプ 1 0 1 によれば、振動板 1 4 1 の振動に伴って可撓板 1 5 1 の可動部 1 5 4 が十分に振動し、振動板 1 4 1 の振動が可撓板 1 5 1 の固定部 1 5 5 によって制限されることを抑制できる。そのため、この実施形態の圧電ポンプ 1 0 1 は、小型低背で優れたポンプ能力を有する。

【 0 0 7 9 】

また、この実施形態の圧電ポンプ 1 0 1 では、複数の微粒子 1 2 1 の直径を調整することで、アクチュエータ 1 4 0 の振動が可撓板 1 5 1 の可動部 1 5 4 に十分に伝わるよう、突出部 1 4 3 と可撓板 1 5 1 の可動部 1 5 4 との間隔を定めることができる。そして、この実施形態の圧電ポンプ 1 0 1 では、エッチングの深さを調整することで、従来よりも流量を減少させることなく高い圧力を得ることを容易に達成することができる。

10

【 0 0 8 0 】

なお、突出部 1 4 3 の高さは、可撓板 1 5 1 の可動部 1 5 4 が振動板 1 4 1 から離れる方向に撓むため（図 8（A）参照）、可動部 1 5 4 の先端が撓んだ距離より長いことが好ましい。また、突出部 1 4 3 の可動部側の面の面積は、アクチュエータ 1 4 0 の振動が可撓板 1 5 1 の可動部 1 5 4 に十分に伝わるよう、開口部 1 9 2 の開口面（円柱の上面）の面積以上であることが好ましい。この場合、突出部 1 4 3 が、対向する可動部 1 5 4 を覆う大きさとなる。

【 0 0 8 1 】

さらに、この実施形態の圧電ポンプ 1 0 1 では、枠板 1 6 1 と可撓板 1 5 1 とが接着剤層 1 2 0 を介して接着固定される際、接着剤層 1 2 0 の厚みが微粒子 1 2 1 の直径より薄くならないため、接着剤層 1 2 0 の接着剤 1 2 2 が周囲に流れ出ることを抑制できる。

20

【 0 0 8 2 】

また、圧電ポンプ 1 0 1 では、連結部 1 6 2 と可撓板 1 5 1 との隙間へ接着剤 1 2 2 の余剰分が流れ込んでも、連結部 1 6 2 の可撓板 1 5 1 側の面が可撓板 1 5 1 から微粒子 1 2 1 の直径とハーフエッチングの深さとの合計分離れているため、連結部 1 6 2 と可撓板 1 5 1 とが接着することを抑制できる。

【 0 0 8 3 】

同様に、固定部 1 5 5 に対向する振動板 1 4 1 の領域と可撓板 1 5 1 の固定部 1 5 5 との隙間へ上記接着剤 1 2 2 の余剰分が流れ込んでも、振動板 1 4 1 の当該領域の可撓板 1 5 1 側の面が可撓板 1 5 1 の固定部 1 5 5 から微粒子 1 2 1 の直径とハーフエッチングの深さとの合計分離れているため、固定部 1 5 5 に対向する振動板 1 4 1 の領域と可撓板 1 5 1 の固定部 1 5 5 とが接着することを抑制できる。

30

【 0 0 8 4 】

そのため、振動板 1 4 1 および連結部 1 6 2 と可撓板 1 5 1 とが接着して振動板 1 4 1 の振動を阻害してしまうことも抑制できる。

【 0 0 8 5 】

図 9 は、図 4 に示す振動板ユニット 1 6 0 及び可撓板 1 5 1 の接合体の平面図である。

図 4 ～図 9 に示すように、可撓板 1 5 1 及び基板 1 9 1 の連結部 1 6 2 と対向する領域に孔部 1 9 8 を設けておくといよい。これにより、枠板 1 6 1 を可撓板 1 5 1 に接着固定する際に、接着剤 1 2 2 の余剰分が孔部 1 9 8 に流れ込む。

40

【 0 0 8 6 】

そのため、この実施形態の圧電ポンプ 1 0 1 によれば、振動板 1 4 1 及び連結部 1 6 2 と可撓板 1 5 1 とが接着することを一層抑制することができる。即ち振動板 1 4 1 の振動を阻害してしまうことを一層抑制できる。

【 0 0 8 7 】

ここで、この実施形態の圧電ポンプ 1 0 1 の圧力 - 流量特性（ポンプ能力）と、突出部が設けられていない圧電ポンプの圧力 - 流量特性とを比較する。

【 0 0 8 8 】

両圧電ポンプに対して共振周波数の 3 5 V p p の正弦波交流電圧を印加した条件で、両

50

圧電ポンプの吐出孔 111 から吐出される空気の流量と吐出圧力とを測定した結果を表 1 に示す。

【 0089 】

【表 1】

	圧力[kPa]	流量[L/min]
突出部なし 35Vp-p	0	0.269
	7.7	0.202
	15.3	0.136
	24.2	0.061
	33.1	0
突出部あり 35Vp-p	0	0.279
	8.7	0.205
	18.2	0.136
	29.2	0.069
	44.2	0

【 0090 】

図 10 は、本発明の第 1 実施形態に係る圧電ポンプ 101 の圧力 - 流量特性と、突出部が設けられていない圧電ポンプの圧力 - 流量特性とを示すグラフである。図 10 に示すグラフの各点は、表 1 に示す各圧力および各流量に対応する。

なお、上述したように、突出部 143 の高さは 20 μ m であり、突出部 143 の直径は 5 . 5 mm である。

【 0091 】

図 10 に示す測定結果より、本発明の圧電ポンプ 101 の圧力と流量が全て、突出部が設けられていない圧電ポンプの圧力と流量を上回ることが明らかとなった。即ち、突出部が設けられていない圧電ポンプのポンプ能力より、突出部 143 を備える圧電ポンプ 101 のポンプ能力の方が優れていることが明らかとなった。この結果は、突出部 143 を設けたことで、高い圧力が得られ、また、突出部 143 以外の箇所では振動板 141 と可撓板 151 との間隔が狭くなっていないため、圧力損失が減少し、流体の流量が低下しなかったためである。

【 0092 】

続いて、圧電ポンプ 101 の吐出圧力と突出部 143 の直径との関係について説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 3 】

突出部 1 4 3 の直径を異ならせた複数の圧電ポンプ 1 0 1 を用意し、各圧電ポンプ 1 0 1 に対して共振周波数の 3 5 V p p の正弦波交流電圧を印加した条件で、各圧電ポンプ 1 0 1 の吐出孔 1 1 1 から吐出される空気の吐出圧力の最大値を測定した結果を表 2 に示す。

【 0 0 9 4 】

【表 2】

突出部の径[mm]	最大圧力[kPa]	径比率
3.0	23.3	0.6
4.5	45.0	0.9
5.0	51.0	1.0
5.5	51.7	1.1
6.5	46.3	1.3
8.0	37.0	1.6

10

20

【 0 0 9 5 】

図 1 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る圧電ポンプ 1 0 1 の最大圧力と突出部 1 4 3 の直径との関係を示すグラフである。図 1 1 に示すグラフの各点は、表 2 に示す各最大圧力および各径比率に対応する。

30

なお、円柱形の開口部 1 9 2 の直径は、5 mm である。また、各圧電ポンプ 1 0 1 の突出部 1 4 3 の直径は、5 mm を 1 としたときの径比率で表している。

【 0 0 9 6 】

図 1 1 に示す測定結果により、「径比率 < 1」の区間で、径比率が小さくなるにつれて圧電ポンプ 1 0 1 の圧力が低くなることが明らかとなった。この結果は、突出部 1 4 3 の直径が円柱形の開口部 1 9 2 の直径より小さいことにより、アクチュエータ 1 4 0 の振動が可撓板 1 5 1 の可動部 1 5 4 に十分に伝わらず、振動板 1 4 1 の振動に伴って可撓板 1 5 1 の可動部 1 5 4 が十分に振動しなかったためであると考えられる。

【 0 0 9 7 】

40

また、図 1 1 に示す測定結果により、「1 . 1 8 < 径比率」の区間で、径比率が大きくなるにつれて圧電ポンプ 1 0 1 の圧力が低くなることが明らかとなった。この結果は、突出部 1 4 3 の直径が円柱形の開口部 1 9 2 の直径より長すぎることにより、アクチュエータ 1 4 0 の振動時、振動板 1 4 1 の突出部 1 4 3 が可撓板 1 5 1 の固定部 1 5 5 に当接し、振動板 1 4 1 の振動が可撓板 1 5 1 の固定部 1 5 5 によって制限されたためであると考えられる。

【 0 0 9 8 】

そして、図 1 1 に示す測定結果により、「1 . 0 0 径比率 1 . 1 8」の区間で、即ち突出部 1 4 3 の直径 5 mm ~ 5 . 9 mm の区間で、圧電ポンプ 1 0 1 の圧力が高くなることが明らかとなった。この結果は、突出部 1 4 3 の直径が円柱形の開口部 1 9 2 の直径

50

と同じか少し大きい程度であることにより、振動板 1 4 1 の振動に伴って可撓板 1 5 1 の可動部 1 5 4 が十分に振動し、振動板 1 4 1 の振動が可撓板 1 5 1 の固定部 1 5 5 によって制限されることも抑制できたためであると考えられる。

【 0 0 9 9 】

以上より、突出部 1 4 3 の直径を円柱形の開口部 1 9 2 の直径と同じか少し大きい程度とすることで、振動板 1 4 1 の振動に伴って可撓板 1 5 1 の可動部 1 5 4 が十分に振動し、振動板 1 4 1 の振動が可撓板 1 5 1 の固定部 1 5 5 によって制限されることを抑制できる。すなわち、突出部 1 4 3 の直径を円柱形の開口部 1 9 2 の直径と同じか少し大きい程度とすることで、圧電ポンプ 1 0 1 は、小型低背で優れたポンプ能力を有する。

【 0 1 0 0 】

また、以上のことから、流体制御装置の圧力、流量を制御するためには、振動板 1 4 1 と可撓板 1 5 1 の隙間を適切にすることが重要であることが明らかとなった。また圧力を増すためには、特に可撓板 1 5 1 に設けられた通気孔 1 5 2 の周辺の隙間を小さくすることが効果的であることが明らかとなった。

【 0 1 0 1 】

《第 2 の実施形態》

以下、本発明の第 2 実施形態に係る圧電ポンプ 2 0 1 について説明する。

図 1 2 は、本発明の第 2 実施形態に係る圧電ポンプ 2 0 1 の振動板ユニット 2 6 0 の外觀斜視図である。この実施形態の圧電ポンプ 2 0 1 が第 1 実施形態の圧電ポンプ 1 0 1 と相違する点は、突出部 2 4 3 の形状が円環状である点である。その他の構成については同じである。

【 0 1 0 2 】

この実施形態の圧電ポンプ 2 0 1 においても、可撓板 1 5 1 の可動部 1 5 4 と当該可動部 1 5 4 に対向する振動板 1 4 1 の領域との間隔が可撓板 1 5 1 の固定部 1 5 5 と当該固定部 1 5 5 に対向する振動板 1 4 1 の領域との間隔より狭くなる。

【 0 1 0 3 】

従って、この実施形態の圧電ポンプ 2 0 1 によれば、上記第 1 の実施形態に係る圧電ポンプ 1 0 1 と同様の効果が得られる。

【 0 1 0 4 】

《第 3 の実施形態》

以下、本発明の第 3 実施形態に係る圧電ポンプ 3 0 1 について説明する。

図 1 3 は、本発明の第 3 実施形態に係る圧電ポンプ 3 0 1 の振動板ユニット 3 6 0 の外觀斜視図である。この実施形態の圧電ポンプ 3 0 1 が第 1 実施形態の圧電ポンプ 1 0 1 と相違する点は、半円状の突出部 3 4 3 A、B を備える点である。その他の構成については同じである。この実施形態の圧電ポンプ 3 0 1 では、空気が突出部 3 4 3 A、B の間の溝 3 4 4 を通過することが可能である。

【 0 1 0 5 】

この実施形態の圧電ポンプ 3 0 1 においても、可撓板 1 5 1 の可動部 1 5 4 と当該可動部 1 5 4 に対向する振動板 1 4 1 の領域との間隔が可撓板 1 5 1 の固定部 1 5 5 と当該固定部 1 5 5 に対向する振動板 1 4 1 の領域との間隔より狭くなる。

【 0 1 0 6 】

従って、この実施形態の圧電ポンプ 3 0 1 によれば、上記第 1 の実施形態に係る圧電ポンプ 1 0 1 と同様の効果が得られる。

【 0 1 0 7 】

《第 4 の実施形態》

以下、本発明の第 4 実施形態に係る圧電ポンプ 4 0 1 について説明する。

図 1 4 は、本発明の第 4 実施形態に係る圧電ポンプ 4 0 1 の断面図である。図 1 5 は、図 1 4 に示す可撓板 4 5 1 の平面図である。

【 0 1 0 8 】

この実施形態の圧電ポンプ 4 0 1 が第 1 実施形態の圧電ポンプ 1 0 1 と相違する点は、

10

20

30

40

50

可撓板 4 5 1 の形状である。その他の構成については同じである。

【 0 1 0 9 】

詳述すると、この実施形態の圧電ポンプ 4 0 1 では、可撓板 4 5 1 の可動部 1 5 4 が突出部 1 5 4 を兼用し、可撓板 4 5 1 の可動部 1 5 4 と当該可動部 1 5 4 に対向する振動板 1 4 1 の領域との間隔が基板 1 9 1 と当該基板 1 9 1 に対向する振動板 1 4 1 の領域との間隔より突出部 1 5 4 の高さ分狭くなっている。

なお、可撓板 4 5 1 の可動部 1 5 4 より外側の領域は、基板 1 9 1 に拘束された固定部 4 5 5 となっている。

【 0 1 1 0 】

また、この実施形態の圧電ポンプ 4 0 1 では、可撓板 4 5 1 の可動部 1 5 4 と当該可動部 1 5 4 に対向する振動板 1 4 1 の領域との間隔が狭くなっているが、基板 1 9 1 と当該基板 1 9 1 に対向する振動板 1 4 1 の領域との間隔は狭くなっていない。

10

【 0 1 1 1 】

そのため、この実施形態の圧電ポンプ 4 0 1 では、突出部 1 5 4 が設けられている箇所では振動板 1 4 1 と可撓板 4 5 1 との間隔が他の箇所よりも狭くなっているため、高い圧力を得ることができる。また、突出部 1 5 4 が設けられている箇所以外では振動板 1 4 1 と可撓板 4 5 1 との間隔が狭くなっていないため、圧力損失が減少し、流体の流量が低下しない。

【 0 1 1 2 】

また、アクチュエータ 4 4 0 の振動時、基板 1 9 1 に対向する振動板 1 4 1 の領域が基板 1 9 1 に当接することを抑制できる。すなわちアクチュエータ 4 4 0 の振動が基板 1 9 1 によって制限されることを抑制できる。

20

【 0 1 1 3 】

従って、この実施形態の圧電ポンプ 4 0 1 によれば、上記第 1 の実施形態に係る圧電ポンプ 1 0 1 と同様の効果が得られる。

【 0 1 1 4 】

《 第 5 の実施形態 》

以下、本発明の第 5 実施形態に係る圧電ポンプ 5 0 1 について説明する。

図 1 6 は、本発明の第 5 実施形態に係る圧電ポンプ 5 0 1 の断面図である。図 1 7 は、図 1 6 に示す突出部 5 4 3 の一部拡大断面図である。この実施形態の圧電ポンプ 5 0 1 が第 1 実施形態の圧電ポンプ 1 0 1 と相違する点は、突出部 5 4 3 の形状である。その他の構成については同じである。

30

【 0 1 1 5 】

詳述すると、突出部 5 4 3 は、突出部 5 4 3 の周縁に近づくにつれて厚みが薄くなる R 形状の端部 5 4 7 と、端部 5 4 7 より内側に位置する平坦形状の中央部 5 4 6 と、を有する。

【 0 1 1 6 】

この実施形態の圧電ポンプ 5 0 1 では、突出部 5 4 3 の端部 5 4 7 と可撓板 1 5 1 の可動部 1 5 4 との間隔が、突出部 5 4 3 の中央部 5 4 6 と可撓板 1 5 1 の可動部 1 5 4 との間隔よりも広がっている。これにより、この実施形態の圧電ポンプ 5 0 1 では、突出部 5 4 3 の中央部 5 4 6 と、突出部 5 4 3 の端部 5 4 7 とで異なる圧力分布が得られるため、空気の圧縮時に、空気圧の高い突出部 5 4 3 の中央部 5 4 6 と可動部 1 5 4 との間から、空気圧の低い突出部 5 4 3 の端部 5 4 7 と可動部 1 5 4 との間へ空気が流動し易くなる。このため、ポンプの加圧効率をより改善することができる。

40

【 0 1 1 7 】

また、この実施形態の圧電ポンプ 5 0 1 では、振動板 1 4 1 の平面が一様でない場合や、接着剤層 1 2 0 の厚みにばらつきがある場合であっても、突出部 5 4 3 が可動部 1 5 4 に接触してしまうことを抑制できる。

【 0 1 1 8 】

また、この実施形態の圧電ポンプ 5 0 1 では、突出部 5 4 3 と可動部 1 5 4 との間に平

50

行度を要求される部分（突出部 5 4 3 の端部 5 4 7 が設けられていない部分）が少なくなるため、突出部 5 4 3 と可動部 1 5 4 との平行度が相対的に高くなり、ポンプの圧縮比をより高めることができる。

【 0 1 1 9 】

なお、本実施形態では突出部 5 4 3 の端部 5 4 7 を R 状に形成したが、これに限るものではない。例えば、突出部 5 4 3 の端部 5 4 7 をテーパ状等に形成してもよい。

【 0 1 2 0 】

《他の実施形態》

前記実施形態ではユニモルフ型で屈曲振動するアクチュエータ 1 4 0 を設けたが、振動板 1 4 1 の両面に圧電素子 1 4 2 を貼着してバイモルフ型で屈曲振動するように構成してもよい。

10

【 0 1 2 1 】

また、前記実施形態では、圧電素子 1 4 2 の伸縮によって屈曲振動するアクチュエータ 1 4 0 を設けたが、これに限るものではない。例えば、電磁駆動で屈曲振動するアクチュエータを設けてもよい。

【 0 1 2 2 】

また、前記実施形態では、圧電素子はチタン酸ジルコン酸鉛系セラミックスから構成しているが、これに限るものではない。例えば、ニオブ酸カリウムナトリウム系及びアルカリニオブ酸系セラミックス等の非鉛系圧電体セラミックスの圧電材料などから構成してもよい。

20

【 0 1 2 3 】

また、前記実施形態では、圧電素子 1 4 2 と振動板 1 4 1 との大きさをほぼ等しくした例を示したが、圧電素子 1 4 2 より振動板 1 4 1 のほうが大きくてもよい。また、以上の実施形態では円板状の圧電素子 1 4 2 及び円板状の振動板 1 4 1 を用いたが、これらは一方が矩形又は多角形であってもよい。

【 0 1 2 4 】

また、前記実施形態では突出部 1 4 3、2 4 3、3 4 3 のそれぞれがハーフエッチングにより形成されているが、これに限るものではない。例えば、金属板を金型で押圧することにより、突出部 1 4 3、2 4 3、3 4 3 のそれぞれを形成しても構わない。

【 0 1 2 5 】

30

また、前記実施形態では振動板 1 4 1 と突出部 1 4 3、2 4 3、3 4 3 のそれぞれが一体形成されているが、これに限るものではない。例えば、振動板 1 4 1 と突出部 1 4 3、2 4 3、3 4 3 のそれぞれが別体であっても構わない。

【 0 1 2 6 】

また、突出部の形状も突出部 1 4 3、2 4 3、3 4 3 の形状に限らない。

【 0 1 2 7 】

また、前記実施形態では突出部が振動板 1 4 1 及び基板 1 9 1 のいずれか一方に設けられているが、これに限るものではない。例えば、突出部が振動板 1 4 1 及び基板 1 9 1 の両方に設けられていても構わない。

【 0 1 2 8 】

40

また、前記実施形態では、連結部 1 6 2 を 3 箇所設けたが、これに限るものではない。例えば、2 箇所だけ、あるいは、4 箇所以上設けてもよい。連結部 1 6 2 はアクチュエータ 1 4 0 の振動を妨げるものではないが、振動に多少の影響を与えるため、3 箇所連結（保持）することにより、高精度に位置を保持しつつ自然な保持が可能となり、圧電素子 1 4 2 の割れを防止することもできる。

【 0 1 2 9 】

また、本発明は可聴音の発生が問題とならない用途では、可聴音周波数帯域でアクチュエータ 1 4 0 を駆動してもよい。

【 0 1 3 0 】

また、前記実施形態では、可撓板 1 5 1 のアクチュエータ 1 4 0 に対向する領域の中心

50

付近に１個の通気孔１５２を配置した例を示したが、これに限るものではない。例えば、アクチュエータ１４０に対向する領域の中心付近に複数の孔を配置してもよい。

【０１３１】

また、前記実施形態では、アクチュエータ１４０を１次モードで振動させるように駆動電圧の周波数を定めたが、これに限るものではない。例えば、アクチュエータ１４０を３次モード等の他のモードで振動させるように駆動電圧の周波数を定めてもよい。

【０１３２】

また、前記実施形態では流体として空気を用いているが、これに限るものではない。例えば、当該流体が、液体、気液混合流、固液混合流、固気混合流などのいずれであっても適用できる。

10

【０１３３】

最後に、上述の実施形態の説明は、すべての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上述の実施形態ではなく、特許請求の範囲によって示される。さらに、本発明の範囲には、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【符号の説明】

【０１３４】

- １０ ... ポンプ本体
- １１ ... 第１開口部
- １２ ... 第２開口部
- ２０ ... 振動板
- ２３ ... 圧電素子
- ３０ ... アクチュエータ
- ３１ ... 振動板
- ３２ ... 圧電素子
- ３５ ... 可撓板
- ３５Ａ ... 通気孔
- ３７ ... スペーサ
- ３９ ... 基板
- ４０ ... 開口部
- ４１ ... 可動部
- ４２ ... 固定部
- １０１、２０１、３０１、４０１、５０１ ... 圧電ポンプ
- １１０ ... 蓋部
- １１１ ... 吐出孔
- １２０ ... 接着剤層
- １２１ ... 微粒子
- １２２ ... 接着剤
- １３０ ... スペーサ
- １３５ ... スペーサ
- １４０ ... アクチュエータ
- １４１ ... 振動板
- １４２ ... 圧電素子
- １４３ ... 突出部
- １４５ ... ポンプ室
- １５１ ... 可撓板
- １５２ ... 通気孔
- １５３ ... 外部端子
- １５４ ... 可動部
- １５５ ... 固定部

20

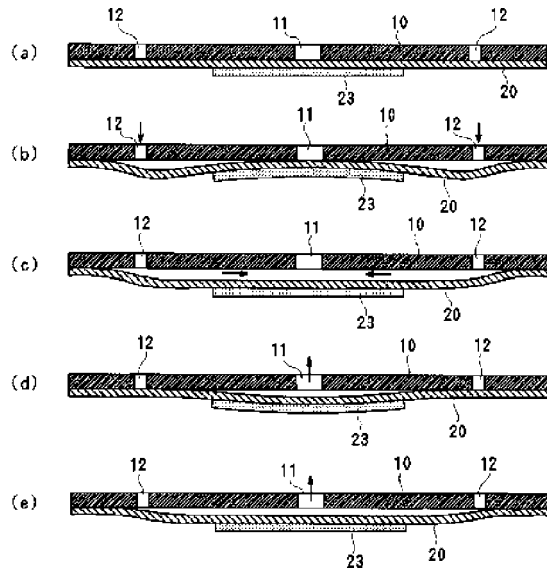
30

40

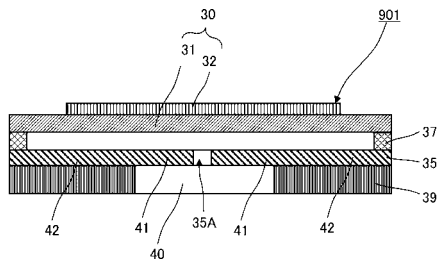
50

1 6 0 ... 振動板ユニット	
1 6 1 ... 枠板	
1 6 2 ... 連結部	
1 7 0 ... 電極導通用板	
1 7 1 ... 枠部位	
1 7 2 ... 外部端子	
1 7 3 ... 内部端子	
1 8 0 ... ポンプ筐体	
1 9 1 ... 基板	
1 9 2 ... 開口部	10
1 9 3 ... 流路	
1 9 5 ... カバー板	
1 9 7 ... 吸引孔	
1 9 8 ... 孔部	
2 4 3 ... 突出部	
2 4 4 ... 凹部	
3 4 3 A、B ... 突出部	
3 4 4 ... 溝	
4 4 0 ... アクチュエータ	
4 5 1 ... 可撓板	20
4 5 5 ... 固定部	
5 4 0 ... アクチュエータ	
5 4 3 ... 突出部	
5 4 6 ... 中央部	
5 4 7 ... 端部	
9 0 1 ... 流体ポンプ	

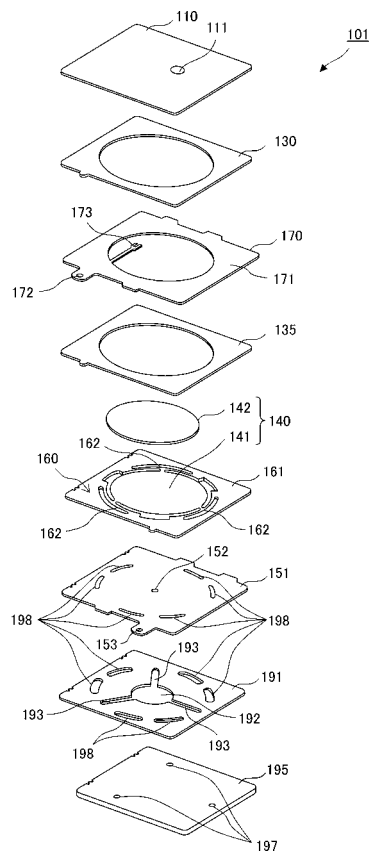
【図 1】



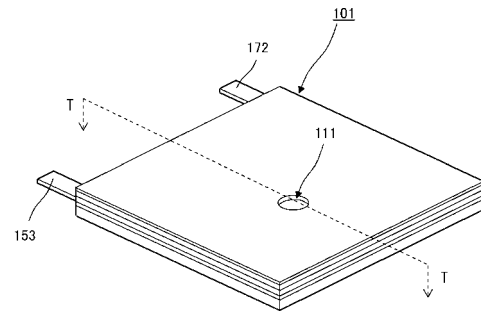
【図 2】



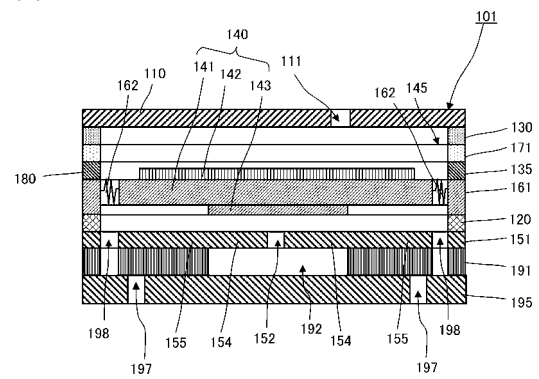
【図 4】



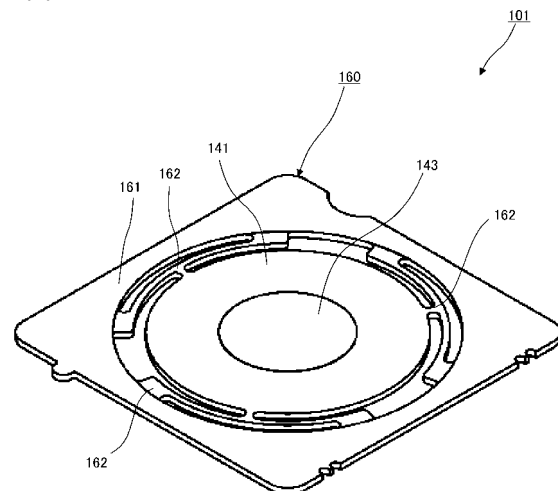
【図 3】



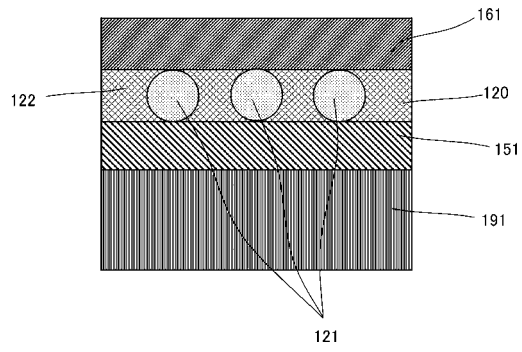
【図 5】



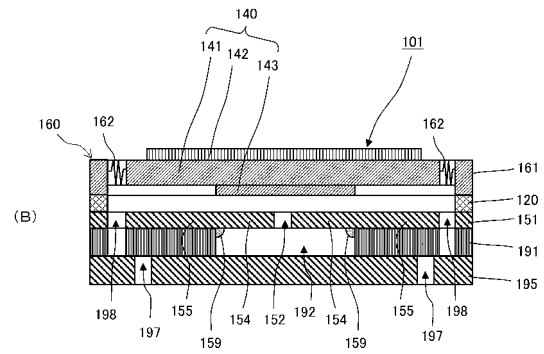
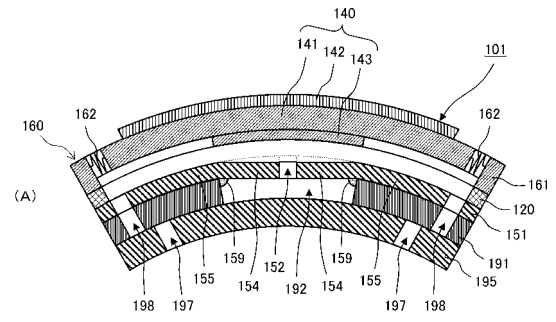
【図 6】



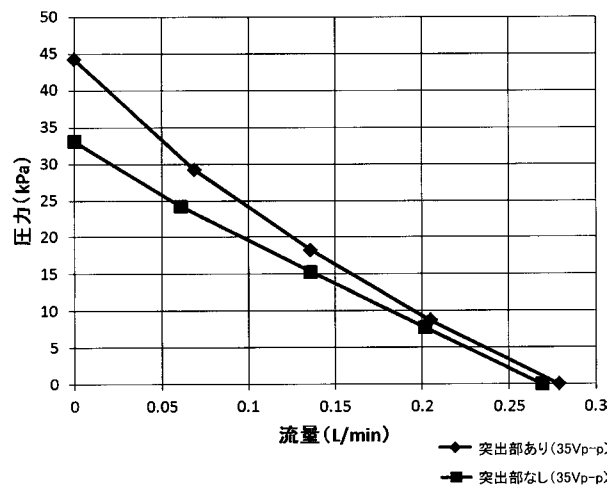
【図 7】



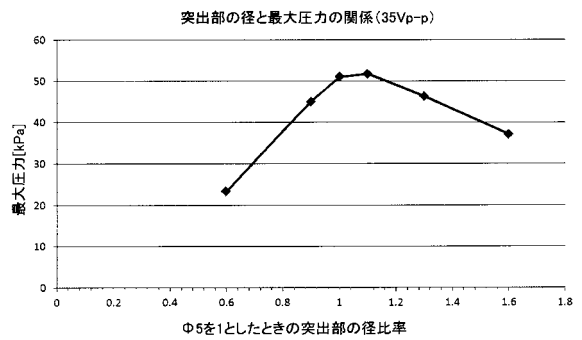
【図 8】



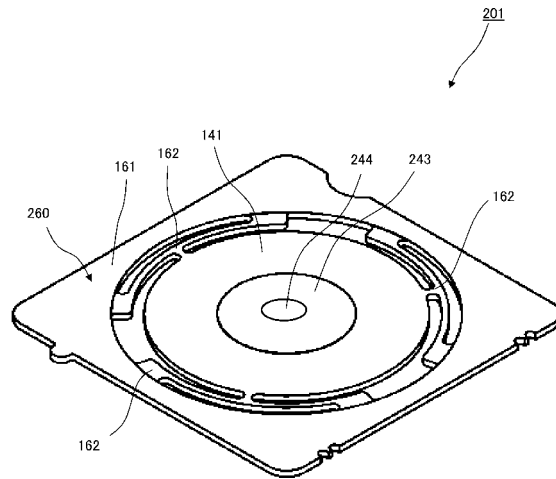
【図 10】



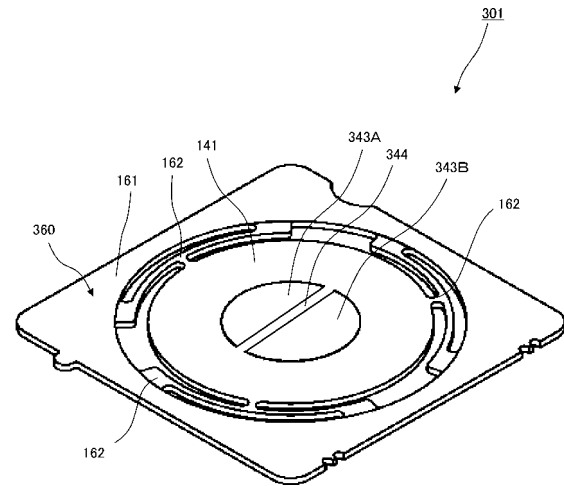
【図 11】



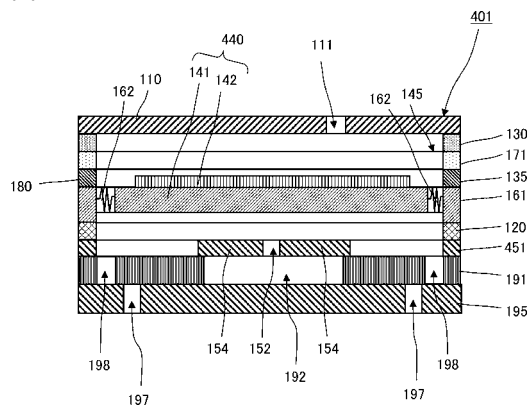
【図 12】



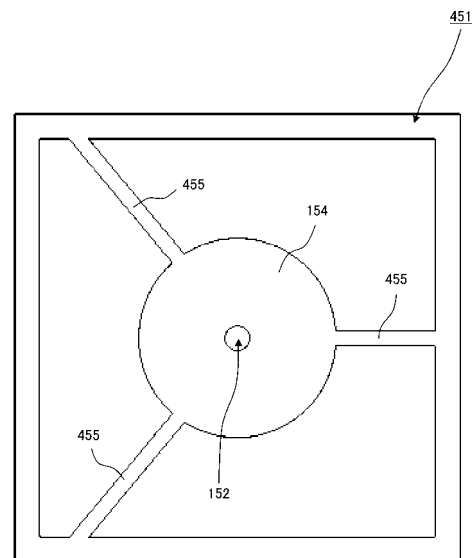
【図 13】



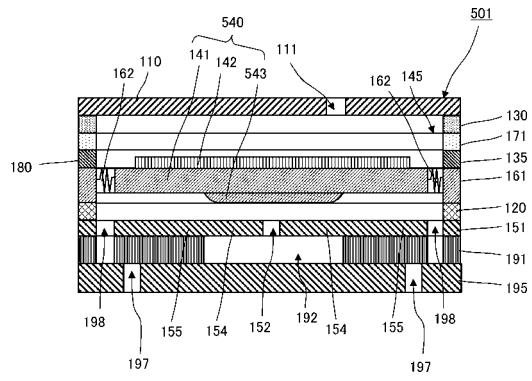
【図 14】



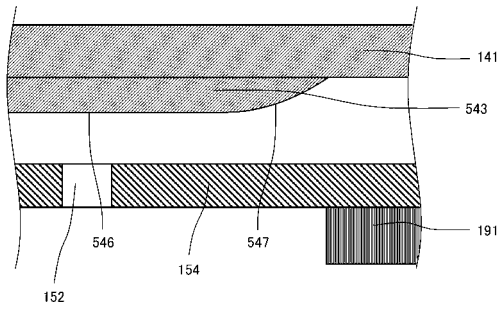
【図 15】



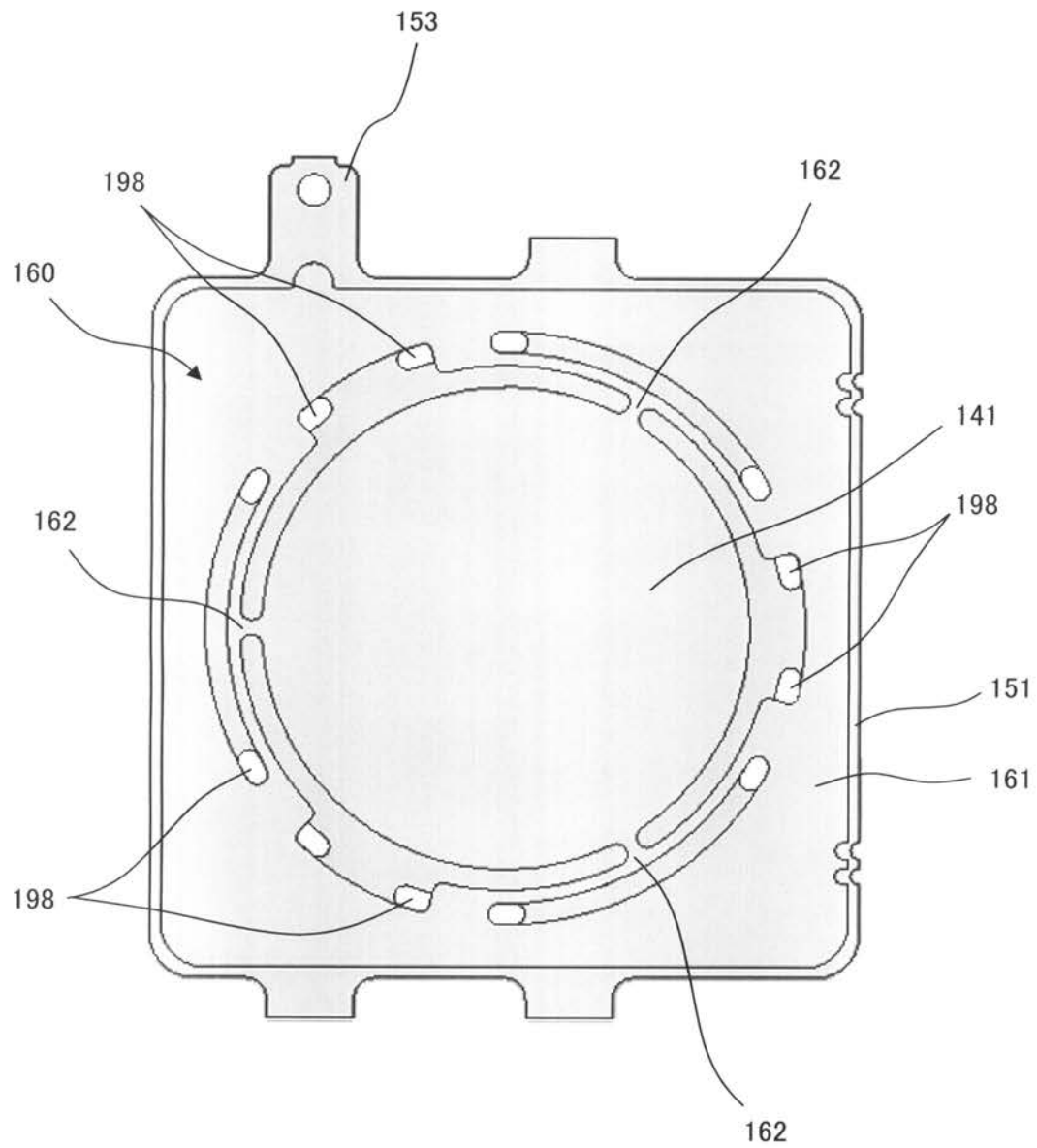
【図 16】



【図 17】



【図 9】



フロントページの続き

- (72)発明者 前田 剛伸
京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内
- (72)発明者 大森 健太
京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内
- (72)発明者 佐野 佳彦
京都府京都市右京区山ノ内山ノ下町24番地 オムロンヘルスケア株式会社内

審査官 尾崎 和寛

- (56)参考文献 国際公開第2009/145064(WO, A1)
特開平04-194380(JP, A)
特開2004-353638(JP, A)
特開2008-180161(JP, A)
国際公開第2008/069264(WO, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F04B 43/04
F04B 45/047