

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5593907号
(P5593907)

(45) 発行日 平成26年9月24日 (2014. 9. 24)

(24) 登録日 平成26年8月15日 (2014. 8. 15)

(51) Int. Cl.

F I

F O 4 B 43/04 (2006. 01)

F O 4 B 43/04

B

F O 4 B 43/02 (2006. 01)

F O 4 B 43/02

B

F O 4 B 43/02

C

請求項の数 7 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2010-162419 (P2010-162419)
 (22) 出願日 平成22年7月20日 (2010. 7. 20)
 (65) 公開番号 特開2012-26274 (P2012-26274A)
 (43) 公開日 平成24年2月9日 (2012. 2. 9)
 審査請求日 平成25年5月17日 (2013. 5. 17)

(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
 (74) 代理人 100085497
 弁理士 筒井 秀隆
 (72) 発明者 川村 憲一郎
 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 安藤 禎憲
 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 武田 安史
 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】 圧電ポンプ及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ダイヤフラムに圧電体を接着した振動板を使用し、当該振動板の外周部をポンプ筐体に固定し、前記ポンプ筐体と前記振動板との間にポンプ室を構成し、前記ポンプ室に流入側逆止弁を有する流入口と流出側逆止弁を有する流出口とを接続し、前記圧電体に正負の交番電圧を印加することにより前記振動板を屈曲変位させ、その屈曲変位により前記流入口からポンプ室へ流体を吸込みかつ前記流出口から流体を吐出する圧電ポンプにおいて、

前記振動板と対向する前記ポンプ筐体の表面は実質的に平坦面に形成され、

前記振動板は、前記ダイヤフラムのうち、前記ポンプ筐体と逆側の主面に前記圧電体を固定したものであり、

前記ダイヤフラムは、前記圧電体より線膨張係数が大きい材料よりなり、

前記圧電体は前記ダイヤフラムの主面に熱硬化型接着剤により接着固定され、

前記熱硬化型接着剤は、硬化状態におけるヤング率が前記ダイヤフラムのヤング率より高く、

前記圧電体への電圧の非印加時において、前記ダイヤフラムはポンプ筐体側と逆方向に凸状に反った形状を有し、

前記ダイヤフラムの反りによって前記ポンプ筐体との間に前記ポンプ室が形成されていることを特徴とする、圧電ポンプ。

【請求項 2】

前記ダイヤフラムの反り量は、前記振動板が前記ポンプ筐体側へ屈曲したとき、前記ダ

ダイヤフラムの中央部が前記ポンプ筐体の表面に近接又は接触するように設定されていることを特徴とする、請求項 1 に記載の圧電ポンプ。

【請求項 3】

前記圧電体は前記ダイヤフラムの主面に熱硬化型接着剤により接着固定され、

前記熱硬化型接着剤は前記圧電体の中心部より周辺部の厚みが厚くなるように形成されていることを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の圧電ポンプ。

【請求項 4】

前記ダイヤフラムは樹脂製ダイヤフラムであり、前記圧電体は前記交番電圧を印加することによりそれ自体が屈曲振動するバイモルフ型圧電体であることを特徴とする、請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の圧電ポンプ。

10

【請求項 5】

ダイヤフラムに圧電体を接着した振動板を使用し、当該振動板の外周部をポンプ筐体に固定し、前記ポンプ筐体と前記振動板との間にポンプ室を構成し、前記ポンプ室に流入側逆止弁を有する流入口と流出側逆止弁を有する流出口とを接続し、前記圧電体に正負の交番電圧を印加することにより前記振動板を屈曲変位させ、その屈曲変位により前記流入口からポンプ室へ流体を吸込みかつ前記流出口から流体を吐出する圧電ポンプの製造方法において、

前記ポンプ筐体の表面は実質的に平坦面に形成され、前記ダイヤフラムは前記圧電体より線膨張係数が大きい材料よりなり、

前記ポンプ筐体の平坦面に前記ダイヤフラムの一方主面の外周部を密着固定する第 1 工程と、

20

前記第 1 工程の後、前記ダイヤフラムの他方主面の中央部に前記圧電体を熱硬化型接着剤により接着固定する第 2 工程であって、前記熱硬化型接着剤は硬化状態におけるヤング率が前記ダイヤフラムのヤング率より高く、前記ダイヤフラム上に熱硬化型接着剤を介して圧電体を配置し、高温下で前記熱硬化型接着剤を硬化させ、常温に戻すことにより、前記ダイヤフラムをポンプ筐体側と逆方向に凸状に反った形状とする第 2 工程とを有し、

前記ダイヤフラムの反りによって前記ポンプ筐体との間に前記ポンプ室が形成されることを特徴とする圧電ポンプの製造方法。

【請求項 6】

前記ダイヤフラムの反り量は、前記振動板が前記ポンプ筐体側へ屈曲したとき、前記ダイヤフラムの中央部が前記ポンプ筐体の表面に近接又は接触するように設定されていることを特徴とする、請求項 5 に記載の圧電ポンプの製造方法。

30

【請求項 7】

前記第 2 工程において、前記熱硬化型接着剤は前記圧電体の中心部より周辺部の厚みが厚くなるように形成されることを特徴とする、請求項 5 又は 6 に記載の圧電ポンプの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は片面に圧電体を貼り付けたダイヤフラムを用いた圧電ポンプ、及びその製造方法に関するものである。

40

【背景技術】

【0002】

圧電ポンプは、周知のように、ダイヤフラムの片面に圧電体を接着した振動板の外周部をポンプ筐体に保持し、ポンプ筐体と振動板との間にポンプ室を構成したものである。ポンプ室には流入口と流出口とが接続され、圧電体に交番電圧を印加して振動板を屈曲変位させることにより、その屈曲変位により流入口からポンプ室へ流体を吸込みかつ流出口から流体を吐出するものである。

【0003】

この圧電ポンプの重要な性能の一つに、気体の吐出圧又は吸引圧がある。この吐出圧又

50

は吸引圧はポンプ室の体積変化率に比例するので、振動板の変位量が同じ場合、吐出圧又は吸引圧を向上させるためには、吐出時又は吸引圧におけるポンプ室の容積をできるだけ小さくすることが望ましい。

【 0 0 0 4 】

特許文献 1 には、ポンプ筐体の振動板と対向する面の形状を吐出時の振動板の撓み形状に倣う形状とし、吐出工程の際にポンプ室の容積をできるだけゼロに近づける構造の圧電ポンプが開示されている。図 10 は特許文献 1 に開示されたポンプ構造を示し、51 はポンプ筐体、52 は振動板、53 はポンプ室、54 は流入口、55 は流入側逆止弁、56 は流出口、57 は流出側逆止弁である。ポンプ室 53 の底面は吐出時の振動板 52 の撓み形状に倣う形状とされている。振動板 52 に交番電圧を印加することにより、振動板 52 を
10
屈曲変位させ、その屈曲変位により流入口 54 からポンプ室 53 へ流体を吸込み、かつ流出口 56 から流体を吐出することができる。図 11 の (a) は吸込み工程であり、(b) は吐出工程である。この場合には、吐出時と吸入時のポンプ室 53 の体積変化率が大きくなり、吐出圧を高めることができる。

【 0 0 0 5 】

特許文献 1 では、振動板 52 の外周部をできるだけ拘束しないように、振動板の外周部とポンプ筐体 51 との間に O リングやガスケット等のシール部材 58 が配置されている。しかし、この構造では、振動板 52 が流体を吐出する際、吐出反力によってシール部材 58 が撓むため、吐出圧が低くなる可能性がある。一方、振動板の外周部をポンプ筐体に直接固定した構造の圧電ポンプでは、シール部材が介在しないため、吐出圧を高くすることは可能である。しかし、上述のようにポンプ筐体の振動板と対向する面を振動板の変位に倣った形状に加工することは、加工コストの上昇を招く。特に、構造の簡素化と薄型化とを目的として、薄いフィルムや薄板材を積み重ねた構造のポンプでは、振動板の変形に倣うような形状にポンプ室を作製することは、実際上困難である。

【 0 0 0 6 】

特許文献 2 には、ダイヤフラムの変位量を大きくするための変位量増大手段を備えた圧電ポンプが開示されている。特許文献 2 の図 1、図 6、図 9 には、初期状態（電圧の非印加時）において、振動板がポンプ筐体の上に面接触しており、初期状態におけるポンプ室の容積をほぼゼロ状態とした例が開示されている。この場合には、振動板と対向するポンプ筐体の面を平坦面とすればよいので、加工が簡単である。
20
30

【 0 0 0 7 】

しかし、ダイヤフラムの外周部に隙間やシール材による変位量増大手段を設けると、特許文献 1 と同様にダイヤフラムの支持剛性が低くなり、高い吐出圧を得ることは難しい。また、圧電体に正負の交番電圧を印加することにより、振動板を正逆方向に屈曲変位させると、振動板の中心部がポンプ筐体に対して衝突を繰り返すため、圧電体にクラックが発生するなどの問題を引き起こす可能性がある。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 8 】

【 特許文献 1 】 特開平 3 - 3 1 5 8 9 号公報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 1 - 6 5 4 6 1 号公報

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 9 】

本発明の目的は、ポンプ筐体に格別な加工を行うことなく、吐出圧の高い圧電ポンプ及びその製造方法を提供することにある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 0 】

前記目的を達成するため、本発明の第 1 の実施形態は、ダイヤフラムに圧電体を接着した振動板を使用し、当該振動板の外周部をポンプ筐体に固定し、前記ポンプ筐体と前記振
40
50

動板との間にポンプ室を構成し、前記ポンプ室に流入側逆止弁を有する流入口と流出側逆止弁を有する流出口とを接続し、前記圧電体に正負の交番電圧を印加することにより前記振動板を屈曲変位させ、その屈曲変位により前記流入口からポンプ室へ流体を吸込みかつ前記流出口から流体を吐出する圧電ポンプにおいて、前記振動板と対向する前記ポンプ筐体の表面は実質的に平坦面に形成され、前記振動板は、前記ダイヤフラムのうち、前記ポンプ筐体と逆側の主面に前記圧電体を固定したものであり、前記ダイヤフラムは、前記圧電体より線膨張係数が大きい材料よりなり、前記圧電体は前記ダイヤフラムの主面に熱硬化型接着剤により接着固定され、前記熱硬化型接着剤は、硬化状態におけるヤング率が前記ダイヤフラムのヤング率より高く、前記圧電体への電圧の非印加時において、前記ダイヤフラムはポンプ筐体側と逆方向に凸状に反った形状を有し、前記ダイヤフラムの反りによって前記ポンプ筐体との間に前記ポンプ室が形成されていることを特徴とする圧電ポンプを提供する。

10

【0011】

本発明の第2の実施形態は、ダイヤフラムに圧電体を接着した振動板を使用し、当該振動板の外周部をポンプ筐体に固定し、前記ポンプ筐体と前記振動板との間にポンプ室を構成し、前記ポンプ室に流入側逆止弁を有する流入口と流出側逆止弁を有する流出口とを接続し、前記圧電体に正負の交番電圧を印加することにより前記振動板を屈曲変位させ、その屈曲変位により前記流入口からポンプ室へ流体を吸込みかつ前記流出口から流体を吐出する圧電ポンプの製造方法において、前記ポンプ筐体の表面は実質的に平坦面に形成され、前記ダイヤフラムは前記圧電体より線膨張係数が大きい材料よりなり、前記ポンプ筐体の平坦面に前記ダイヤフラムの一方主面の外周部を密着固定する第1工程と、前記第1工程の後、前記ダイヤフラムの他方主面の中央部に前記圧電体を熱硬化型接着剤により接着固定する第2工程であって、前記熱硬化型接着剤は硬化状態におけるヤング率が前記ダイヤフラムのヤング率より高く、前記ダイヤフラム上に熱硬化型接着剤を介して圧電体を配置し、高温下で前記熱硬化型接着剤を硬化させ、常温に戻すことにより、前記ダイヤフラムをポンプ筐体側と逆方向に凸状に反った形状とする第2工程とを有し、前記ダイヤフラムの反りによって前記ポンプ筐体との間に前記ポンプ室が形成されることを特徴とする圧電ポンプの製造方法を提供する。

20

【0012】

本発明では、ポンプ筐体と振動板との間にポンプ室を形成するために、ポンプ筐体側に凹部を形成するのではなく、振動板のダイヤフラムをポンプ筐体側と逆方向に凸に反った形状としてある。ダイヤフラムの反りによってポンプ筐体との間にポンプ室が形成されるので、ポンプ筐体の表面は平坦面のままでよく、格別な加工を行う必要がない。したがって、薄いフィルムや薄板材を積み重ねた構造のポンプでも容易に作製できる。振動板を駆動してポンプ筐体側へ屈曲させたとき、ダイヤフラムの中央部がポンプ筐体の平坦な表面に近接又は接触するように、ダイヤフラムの反り量が設定されている。その結果、吐出時においてポンプ室の容積をほぼゼロに近づけることができ、吐出圧の高いポンプを得ることができる。振動板を正逆方向に屈曲変位させたとき、振動板の中心部がポンプ筐体に対して衝突しないようにすることで、圧電体にクラック発生などの問題を引き起こす可能性を低くできる。

30

40

【0013】

本発明の圧電ポンプは、振動板の外周部がポンプ筐体に固定されているので、振動板の変位量が小さいが、吐出時のポンプ室の容積をほぼゼロに近づけることで、吐出圧の高いポンプを得ることができる。圧電体とダイヤフラムの材料選定には種々の組み合わせがある。例えば、金属薄板よりなるダイヤフラムの片面に単層の圧電体を貼り付けてユニモルフ型振動板を構成してもよい。但し、ユニモルフ型振動板は、平面方向に伸縮する圧電体を金属板で拘束することにより屈曲振動するものであるため、大きな変位を得ることが難しい。これに対し、圧電体として自ら屈曲振動する2層の圧電体又は積層型の圧電体を使用し、ダイヤフラムとして樹脂シート/樹脂フィルムのような樹脂製ダイヤフラムを使用してバイモルフ型振動板とした場合には、樹脂製ダイヤフラムのヤング率が金属板より格

50

段に小さいので、圧電体の変位を拘束せず、ユニモルフ型に比べて大きな変位を得ることができる。また、樹脂製ダイヤフラムの線膨張係数が金属板より大きいので、大きな反りを付与できる。

【0014】

樹脂製ダイヤフラムの上に熱硬化型接着剤によりバイモルフ型圧電体を接着した振動板の場合、その外周部をポンプ筐体に固定し、圧電体に正逆の交番電圧を印加すると、振動板の中心部での変位が最大になる。セラミック製圧電体に比べて樹脂製ダイヤフラムの線膨張係数は十倍～数十倍大きいので、両者に熱を加えて接着すると、ダイヤフラムの収縮によりダイヤフラムはポンプ筐体側と逆方向に凸状に反り、ポンプ室が形成される。そのため、振動板がポンプ筐体方向へ変位したとき、ダイヤフラムとポンプ筐体との隙間が反り量以下になり、吐出時のポンプ室容積を小さくでき、吐出圧を高めることができると共に、ダイヤフラムがポンプ筐体に衝突しないので、圧電体に与える衝撃を解消／緩和できる。

10

【0015】

振動板（ダイヤフラム）に反りを付与する方法として、まずダイヤフラムの外周部をポンプ筐体に固着し、その後、熱硬化型接着剤により圧電体をダイヤフラムのポンプ筐体側とは逆側の主面に貼り付け、熱硬化型接着剤を熱硬化させた後、常温に戻すことで反りを与える方法を用いることができる。この方法の他に、まず最初にダイヤフラムの主面に圧電体を熱硬化型接着剤により貼り付け、熱硬化型接着剤を熱硬化させることでダイヤフラムに反りを与え、しかる後、ダイヤフラムの外周部をポンプ筐体に固着する方法を用いることもできる。いずれの場合も、所定の温度と時間をかけて熱硬化型接着剤を硬化させた後、常温に戻すと、ダイヤフラムが圧電体より大きく収縮するので、ポンプ筐体に対して、ダイヤフラム側が凹、圧電体側が凸となるように反ることになる。但し、後者の方法では、ダイヤフラムを反らせた後で外周部をポンプ筐体に固定するので、ダイヤフラムの張力が低下し、駆動時の吐出圧が低くなる可能性がある。これに対し、前者の方法では、ダイヤフラムの外周部を拘束した後、ダイヤフラムの中央部に反りを発生させるので、ダイヤフラムに張力を保持したまま反りを与えることができ、大きな吐出圧を得ることができる。

20

【0016】

熱硬化型接着剤としては、エポキシ系接着剤のように、硬化状態におけるヤング率がダイヤフラムのヤング率より高い接着剤を用いるのがよい。ダイヤフラムと圧電体との線膨張係数差による収縮応力が作用したとき、その応力を接着剤層が緩和しないようにするためである。また、熱硬化型接着剤により圧電体をダイヤフラムに貼り付ける方法以外に、樹脂製ダイヤフラムと圧電体とを熱溶着してもよい。この場合も、反りを発生させることが可能である。

30

【0017】

本発明において、振動板を構成するダイヤフラムと圧電体とを共に反らせる必要はなく、圧電体はほぼ平坦であって、ダイヤフラムのみが反っていてもよい。その際、熱硬化型接着剤の厚みを、圧電体の中心部より周辺部の厚みが厚くなるように形成すれば、ダイヤフラムに大きな反りを発生させることができる。

40

【0018】

ダイヤフラムの外周部をポンプ筐体に固着する方法として、熱硬化型接着剤を用いてもよいが、レーザー溶着、熱溶着、常温硬化型接着剤を用いた接着などの方法で固着するのがよい。すなわち、圧電体を接着すべきダイヤフラムの中央部分に弛みや伸びを発生させないために、ダイヤフラムの中央部分に熱を加えない固着方法が望ましい。

【発明の効果】

【0019】

以上のように、本発明の圧電ポンプによれば、振動板のダイヤフラムをポンプ筐体側と逆方向に凸に反った形状とし、ダイヤフラムの反りによってポンプ筐体との間にポンプ室を形成したので、振動板を駆動してポンプ筐体側へ屈曲させたとき、ダイヤフラムの中央

50

部がポンプ筐体の平坦な表面に近接し、吐出時においてポンプ室の容積をほぼゼロにでき、吐出圧の高いポンプを得ることができる。振動板と対向するポンプ筐体の面は実質的な平坦面であるから、加工が簡単であり、積層構造のポンプでも容易に作製できる。また、振動板を正逆方向に屈曲変位させた場合に、振動板の中心部がポンプ筐体に対して衝突しないので、圧電体の耐久性の高いポンプを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 0 】

【図 1】本発明に係る圧電ポンプの第 1 実施形態の基本構造を示す断面図である。

【図 2】図 1 に示す圧電ポンプの製造工程図である。

【図 3】図 1 に示す圧電ポンプの駆動原理を示す図である。

【図 4】本発明に係る圧電ポンプの第 2 実施形態の断面図である。

【図 5】本発明に係る圧電ポンプの第 1 実施例の斜視図である。

【図 6】図 5 に示す圧電ポンプの分解斜視図である。

【図 7】図 5 に示す圧電ポンプのダイヤフラムの平面図である。

【図 8】図 5 のVIII - VIII線断面図である。

【図 9】図 5 のIX - IX線断面図である。

【図 10】従来例の断面図である。

【図 11】図 10 に示す従来例の動作説明図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 1 】

〔第 1 実施形態〕

図 1 は、本発明にかかる圧電ポンプの第 1 実施形態の基本構造を示す。このポンプ P 1 は、ポンプ筐体 1 の上に振動板 10 を固定したものである。振動板 10 は、ダイヤフラム 11 の上面に熱硬化型接着剤 13 を介して圧電体 12 を接着したものであり、ダイヤフラム 11 の外周部下面 11 a はポンプ筐体 1 の上面 1 a に溶着等によって全周にわたって密着固定されている。ここで、ポンプ筐体 1 は金属材料や樹脂材料で形成され、その上面 1 a は平坦面である。ポンプ筐体 1 の上面 1 a には、流入側逆止弁 3 を有する流入口 2 と流出側逆止弁 5 を有する流出口 4 とが接続されている。ダイヤフラム 11 は P E T、ポリイミド等の一定厚みの樹脂シートや樹脂フィルムで形成されている。圧電体 12 は、例えば W O 2 0 0 8 - 0 0 7 6 3 4 号公報に示されたような 2 層または積層型のセラミック圧電体で構成されている。この圧電体 12 の表裏電極と層間電極間に交番電圧（矩形波電圧又は交流電圧）を印加したとき、中心領域と周辺領域とが逆方向に屈曲変形するので、外周部が固定支持されていても、中央部に大きな変位を得ることができる。なお、圧電体 12 の構造は前記構造に限るものではなく、ユニモルフ型振動板であってもよいが、交番電圧を印加することにより自身で屈曲振動できるバイモルフ型振動板の方が好ましい。

【 0 0 2 2 】

振動板 10 は、電圧の非印加時において、その中央部が上に凸となるように反っており、振動板 10 の反りによってダイヤフラム 11 とポンプ筐体 1 との間にポンプ室 6 が形成されている。図 1 では、ダイヤフラム 11 だけでなく、圧電体 12 も上に凸に反った形状としているが、圧電体 12 の厚みがダイヤフラム 11 に比べて十分に厚い場合には、圧電体 12 はほぼ平坦で、ダイヤフラム 11 だけが反った形状であってもよい。

【 0 0 2 3 】

図 2 の（ A ）～（ D ）は、上述の圧電ポンプ P 1 の製造方法の一例を示す。図 2 の（ A ）は、ポンプ筐体 1 の上面 1 a にダイヤフラム 11 を配置する前の状態を示す。ここで、ダイヤフラム 11 は反りのない平坦な樹脂シート又は樹脂フィルムで形成されている。

【 0 0 2 4 】

図 2 の（ B ）は、ダイヤフラム 11 をポンプ筐体 1 の上面 1 a に配置した後、上方からダイヤフラム 11 の外周部に対してレーザーを照射し、ダイヤフラム 11 の外周部 11 a をポンプ筐体 1 の上面 1 a に溶着する様子を示す。なお、ポンプ筐体 1 がダイヤフラム 11 と同一材料で形成されている場合には、ポンプ筐体 1 とダイヤフラム 11 とが互いに溶

着する。レーザーの照射範囲は、遮光マスクの形状で設定可能である。レーザー溶着では、ダイヤフラム 11 の外周部 11a のみが局部的に高温になるが、ダイヤフラム 11 の中央部分は加熱されないため、ダイヤフラム 11 の中央部分に弛みや伸びが発生しない。なお、溶着方法としては、外周部のみを局部的に加熱できる方法であれば、レーザー溶着に限らず熱溶着でもよい。

【0025】

図2の(C)は、ポンプ筐体1上に溶着されたダイヤフラム11の上面中央部に圧電体12を接着する前の状態を示す。ここで、圧電体12の下面には予め熱硬化型接着剤13が薄膜状に塗布されており、常温下で熱硬化型接着剤13は粘性を持つ液状であるため、圧電体12をダイヤフラム11に対して押し付けることで粘着保持される。このとき、ダイヤフラム11の下面はポンプ筐体1の平坦な上面1aで支持されるので、上から圧力をかけた時にダイヤフラム11が撓むことがなく、隙間なく面接着できる。熱硬化型接着剤13としては、エポキシ系接着剤のようにダイヤフラム11よりヤング率の高い接着剤を用いるのがよい。その理由は、後述するダイヤフラム11と圧電体12との線膨張係数差による収縮応力が作用したとき、その応力を接着剤層13が緩和しないようにするためである。

【0026】

図2の(D)は、上述のようにダイヤフラム11の上に圧電体12を接着(未硬化状態)したポンプ筐体1を熱硬化炉に投入し、熱処理を実施した後の状態を示す。熱硬化型接着剤13を硬化させる場合、硬化温度は60 ~ 150、硬化時間は10分 ~ 2時間程度必要であるため、熱硬化炉の中でダイヤフラム11は熱膨張し、その状態で熱硬化型接着剤13は硬化する。しかる後に振動板10を含むポンプ筐体1を熱硬化炉から取り出し、常温に戻すと、ダイヤフラム11と圧電体12との線膨張係数差のため、ダイヤフラム11は圧電体12より大きく収縮し、ダイヤフラム11は上に凸に反った形状となる。この反りによって、ダイヤフラム11とポンプ筐体1との間にポンプ室6を形成できる。なお、ダイヤフラム11の反り量は、圧電体12がポンプ筐体1側へ屈曲したとき、ダイヤフラム11の中央部がポンプ筐体1の表面に近接又は接触するように設定されている。この反り量は、圧電体12及びダイヤフラム11の材質、サイズ、熱処理条件等によって種々設計できる。

【0027】

図3の(A) ~ (C)は、上記方法により製造された圧電ポンプP1の作動を示す。図3の(A)は初期状態(電圧の非印加時)であり、ダイヤフラム11の反りによってポンプ筐体1との間にポンプ室6が形成されている。ポンプ室6は、流入口2及び流出口4と接続されている。

【0028】

図3の(B)は、圧電体12にその中央部が上側に凸となるように変形する電圧を印加した状態を示す。圧電体12が上側に屈曲変形することで、ダイヤフラム11も一体に変形し、ポンプ室6の容積が拡大する。そのため、流入側逆止弁3が自動的に開き、流入口2から流体がポンプ室6へ吸い込まれる。この時点では、流出側逆止弁5は閉じたままである。

【0029】

図3の(C)は、圧電体12に対して(B)とは逆向きの電圧を印加した状態を示す。これにより、ダイヤフラム11を含む振動板は平坦方向に変形し、ダイヤフラム11とポンプ筐体1の上面1aとの隙間はほぼゼロ、すなわち、ポンプ室6の容積がほぼゼロになる。そのため、押し出された流体の圧力により流出側逆止弁5が開かれ、流体は流出口4より吐出される。吐出時におけるポンプ室6の容積がほぼゼロであるため、吸込み時とのポンプ室の体積変化率が大きくなり、吐出圧力の高いポンプを実現できる。

【0030】

以後、圧電体12に正負の交番電圧を印加することにより、図3の(A) ~ (C)の動作を繰り返し、流入口2から流体を吸込み、流出口4より高圧力の流体を吐出することが

10

20

30

40

50

できる。

【 0 0 3 1 】

圧電体 1 2 として厚み 3 0 0 μm の P Z T (線膨張係数: 約 1 p p m /) を使用し、熱硬化型接着剤 1 3 として厚み 3 0 μm のエポキシ系接着剤を使用し、ダイヤフラム 1 1 として厚み 7 5 μm の P E T 樹脂フィルム (線膨張係数: 約 2 0 p p m /) を使用し、ポンプ筐体 1 とダイヤフラム 1 1 との非溶着部 (ポンプ室 6) の内径寸法 D を ϕ 1 5 mm とした場合、圧電体 1 2 とダイヤフラム 1 1 との線膨張係数差により約 2 0 μm の反り H を得ることができる (図 1 参照)。このような圧電ポンプ P 1 において、圧電体に $\pm$ 6 V の電圧を印加すると、その中心部に正逆それぞれ約 1 5 μm 程度の変位を得ることができる。そのため、吐出時におけるダイヤフラムとポンプ筐体との隙間が 5 μm 以下になり、ポンプ室容積をほぼゼロにできると共に、ダイヤフラムがポンプ筐体に衝突するのを回避できる。流体としてエアを使用した場合、圧電体を $\pm$ 6 V、1 H z で駆動すると、吐出流量は 1 . 4 $\mu\text{l} / \text{s}$ 、吐出圧が 7 k P a となった。一方、流体としてメタノールを使用した場合には、吐出流量は 1 . 4 $\mu\text{l} / \text{s}$ 、吐出圧が 4 0 k P a となった。このように非常に高い吐出圧のポンプを実現できた。

10

【 0 0 3 2 】

〔 第 2 実施形態 〕

図 4 は、本発明に係る圧電ポンプの第 2 実施形態を示す。このポンプ P 2 は、圧電体 1 2 をダイヤフラム 1 1 に接着するための熱硬化型接着剤 1 3 の厚みを、圧電体 1 2 の中心部より周辺部が厚くなるように形成している点を除き、第 1 実施形態のポンプ P 1 と同様である。すなわち、圧電体 1 2 の周辺部における熱硬化型接着剤 1 3 の厚み t_1 は、圧電体 1 2 の中心部における熱硬化型接着剤 1 3 の厚み t_2 より厚い。この実施形態では、圧電体 1 2 が反りを与えにくい厚みを持つ場合でも、熱硬化型接着剤 1 3 の厚み差によってダイヤフラム 1 1 に反りを発生させることができる。

20

【 0 0 3 3 】

- 実施例 -

図 5 ~ 図 9 は本発明に係る圧電ポンプの第 1 実施例を示す。この圧電ポンプ P 3 は、ベース板 2 0、基材シート 2 1、ダイヤフラム 2 2、第 1 枠体 2 3、第 2 枠体 2 4 を順に積層し、接着又は溶着したものである。ダイヤフラム 2 2 の中央部には圧電体 2 5 が接着され、ベース板 2 0 の 1 つのコーナ部には外部端子 3 1、3 2 を持つ端子台 3 0 が設けられている。

30

【 0 0 3 4 】

ベース板 2 0 は、強度を確保するために例えば厚さ 0 . 5 mm のステンレス板で構成されている。ベース板 2 0 の周辺部には複数の取付穴 2 0 a が形成されている。基材シート 2 1、ダイヤフラム 2 2、第 1 枠体 2 3、第 2 枠体 2 4 は例えば厚さ 7 5 μm の P E T 樹脂フィルムで構成されている。そのため、この圧電ポンプは、全体の厚みが約 1 mm の超薄型ポンプに構成されている。

【 0 0 3 5 】

基材シート 2 1 はベース板 2 0 上に全面で密着固定され、本発明のポンプ筐体が構成される。基材シート 2 1 のポンプ室と対応する箇所には、中心部から放射方向に延びる流入流路 2 1 a、流出流路 2 1 b が貫通形成されている。流路 2 1 a、2 1 b は例えば 0 . 5 mm 程度の細幅なスリットで構成されている。

40

【 0 0 3 6 】

ダイヤフラム 2 2 は、図 7 に示すように、ポンプ室となる円形領域 2 2 a より外側の領域が基材シート 2 1 上に密着固定されている。ダイヤフラム 2 2 の円形領域 2 2 a より外側の領域には、基材シート 2 1 の流入流路 2 1 a の外側端部と対応する位置に流入穴 2 2 b が形成され、流出流路 2 1 b の外側端部と対応する位置に流出側弁穴 2 2 c が形成されている。

【 0 0 3 7 】

第 1 枠体 2 3 は、ダイヤフラム 2 2 の周辺部に密着固定され、第 2 枠体 2 4 は第 1 枠体

50

２３上に密着固定されている。第１枠体２３及び第２枠体２４の内側には、圧電体２５より大きな開口部２３ａ，２４ａが形成されている。第１枠体２３の周辺枠部には、ダイヤフラム２２の流入穴２２ｂ及び流出側弁穴２２ｃと対向する位置に、弁室を形成するための貫通穴２３ｂ，２３ｃが形成されている。これら貫通穴２３ｂ，２３ｃ内には、それぞれ逆止弁２７，２８が収容されている。第２枠体２４の周辺枠部には、ダイヤフラム２２の流入穴２２ｂ及び流出側弁穴２２ｃと対向する位置に、それぞれ流入側弁穴２４ｂと流出穴２４ｃとが形成されている。流入側逆止弁２７は、第２枠体２４の流入側弁穴２４ｂを常時閉じており、流出側逆止弁２８は、ダイヤフラム２２の流出側弁穴２２ｃを常時閉じている。

【００３８】

10

ダイヤフラム２２の上面中央部には、四角形状の圧電体２５が熱硬化型接着剤（図示せず）によって接着され、ダイヤフラム２２と圧電体２５とで振動板２６が構成されている。ダイヤフラム２２に対する圧電体２５の接着は、ベース板２０に対して基材シート２１、ダイヤフラム２２、第１枠体２３、第２枠体２４を固着した後で実施される。つまり、ダイヤフラム２２の変形できる円形領域２２ａを除く周辺領域を基材シート２１に固着した後で、圧電体２５が接着される。圧電体２５とダイヤフラム２２との線膨張係数差によって、振動板２６には上向きに凸の反りが付与される（図８，図９参照）。この反りにより、ダイヤフラム２２と基材シート２１との間にポンプ室２９が形成される。

【００３９】

ベース板２０を除く基材シート２１、ダイヤフラム２２、第１枠体２３、第２枠体２４の１つのコーナ部は切り欠かれており、これら切欠部を介してベース板２０上に端子台３０が固定されている。端子台３０には一対の外部端子３１，３２が固定されており、これら外部端子３１，３２が圧電体２５の電極（図示せず）に接触することで、圧電体２５に交番電圧を印加できる。

20

【００４０】

本実施例では、圧電体２５は四角形に形成され、その面積はポンプ室を構成する円形領域２２ａより広い。つまり、圧電体２５の外周部は変位できないが、前述のＷＯ２００８－００７６３４号公報のように電極が円形に形成されている場合には、外周角部は殆ど変形しないので、問題がない。

【００４１】

30

上記実施例では、ポンプ筐体の平面を構成する基材シート２１に、中心部から放射方向に延びる流入流路２１ａ及び流出流路２１ｂを形成したが、これは液体のような粘性のある流体を流す場合に好適な構造である。エアのような比較的粘性の低い流体を流す場合には、流入穴及び流出穴がダイヤフラムの変位領域内に位置しておれば、ポンプ筐体の平面上の流入流路や流出流路を省略することも可能である。

【符号の説明】

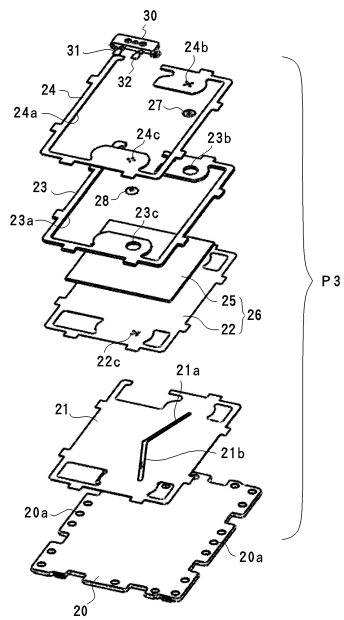
【００４２】

P 1 ～ P 3	圧電ポンプ
1	ポンプ筐体
1 a	上面（平坦面）
2	流入口
3	流入側逆止弁
4	流出口
5	流出側逆止弁
6	ポンプ室
1 0	振動板
1 1	ダイヤフラム
1 1 a	溶着部
1 2	圧電体
1 3	熱硬化型接着剤

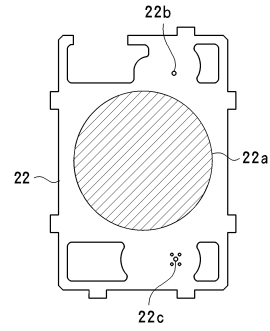
40

50

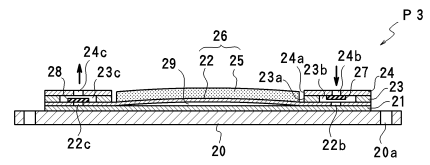
【図 6】



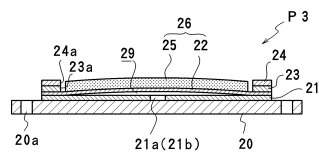
【図 7】



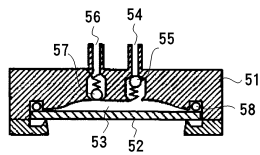
【図 8】



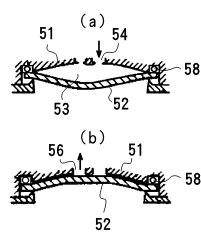
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(72)発明者 宮本 昌幸

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

審査官 柏原 郁昭

(56)参考文献 特表2013-522512(JP,A)

特開2003-013861(JP,A)

特開2006-207436(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F04B 43/04

F04B 43/02

B81C 3/00