

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4873014号
(P4873014)

(45) 発行日 平成24年2月8日(2012.2.8)

(24) 登録日 平成23年12月2日(2011.12.2)

(51) Int. Cl. F I
F O 4 B 45/04 (2006.01) F O 4 B 45/04 I O 3 C
F O 4 B 45/04 (2006.01) F O 4 B 45/04 D

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2008-548326 (P2008-548326)	(73) 特許権者	000006231
(86) (22) 出願日	平成19年12月6日(2007.12.6)		株式会社村田製作所
(86) 国際出願番号	PCT/JP2007/073571		京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
(87) 国際公開番号	W02008/069266	(74) 代理人	100085497
(87) 国際公開日	平成20年6月12日(2008.6.12)		弁理士 筒井 秀隆
審査請求日	平成20年9月8日(2008.9.8)	(72) 発明者	平田 篤彦
(31) 優先権主張番号	特願2006-332693 (P2006-332693)		京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
(32) 優先日	平成18年12月9日(2006.12.9)		株式会社村田製作所内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	神谷 岳
(31) 優先権主張番号	特願2007-268503 (P2007-268503)		京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
(32) 優先日	平成19年10月16日(2007.10.16)		株式会社村田製作所内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	和田 寛昭
			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】 圧電マイクロプロア

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

プロア本体と、外周部がプロア本体に対して固定され、圧電素子を有するダイヤフラムと、プロア本体とダイヤフラムとの間に形成されたプロア室とを備え、前記圧電素子に電圧を印加してダイヤフラムを屈曲変形させることにより、圧縮性流体を輸送する圧電マイクロプロアにおいて、

前記ダイヤフラムとの間でプロア室を形成するプロア本体の第1壁部と、

前記ダイヤフラムの中心部と対向する前記第1壁部の部位に形成され、プロア室の内部と外部とを連通させる第1開口部と、

前記第1壁部を間にしてプロア室と反対側に、第1壁部と間隔をあけて設けられた第2壁部と、

前記第1開口部と対向する前記第2壁部の部位に形成された第2開口部と、

前記第1壁部と第2壁部との間に形成され、外側端部が外部に連通され、内側端部が第1開口部及び第2開口部に接続された流入通路とを備え、

前記第1開口部及び第2開口部と接続された流入通路の内側端部に、前記第1開口部及び第2開口部より大きな開口面積を有する中央空間が形成されており、

前記ダイヤフラムの変位に伴い、前記第1壁部の前記中央空間と対向する部分が振動することを特徴とする圧電マイクロプロア。

【請求項2】

前記中央空間は、前記流入通路を兼ねることを特徴とする請求項1に記載の圧電マイク

ロブロー。

【請求項3】

前記流入通路は、前記中央空間から放射方向に伸びる複数の通路で構成され、各流入通路の外側端部にそれぞれ流入口が形成されていることを特徴とする請求項1に記載の圧電マイクロブロー。

【請求項4】

前記ダイヤフラムの変位に伴い、前記第1壁部の前記中央空間と対向する部分が共振するように、前記中央空間の開口面積が設定されていることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の圧電マイクロブロー。

【請求項5】

前記圧電素子は、中心部に空洞を持つリング形状であることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の圧電マイクロブロー。

【請求項6】

前記圧電素子に、圧電素子を含むダイヤフラムが1次または3次の共振モードで変位する電圧を印加することを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の圧電マイクロブロー。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は空気のような圧縮性流体を輸送するのに適した圧電マイクロブローに関するものである。

【背景技術】

【0002】

ノートパソコンなどの小型電子機器の冷却水輸送用ポンプや燃料電池の燃料輸送用ポンプなどに、圧電マイクロポンプが用いられている。一方、CPU等の冷却用ファンに代わる送風用ブロー、あるいは燃料電池で発電するのに必要な酸素を供給するための送風用ブローとして、圧電マイクロブローを用いることができる。圧電マイクロポンプ及び圧電マイクロブローは共に、圧電素子への電圧印加により屈曲変形するダイヤフラムを用いたポンプ(ブロー)であり、構造が簡単で、薄型に構成でき、かつ低消費電力であるという利点がある。

【0003】

液体のような非圧縮性流体を輸送する場合には、流入口および流出口にそれぞれゴムや樹脂のような柔らかい材料を用いた逆止弁を設け、数十Hz程度の低い周波数で圧電素子を駆動するのが一般的である。ところが、逆止弁を持つマイクロポンプを空気のような圧縮性流体を輸送するために用いた場合、圧電素子の変位量が非常に小さく、流体を殆ど吐出できない。圧電素子をダイヤフラムの共振周波数(1次共振周波数又は3次共振周波数)付近で駆動すると、最大変位が得られるが、共振周波数はkHzのオーダーの高周波数のため、逆止弁が追従動作できない。そのため、圧縮性流体を輸送するためには逆止弁を有しない圧電マイクロブローが望ましい。

【0004】

特許文献1には、ポンプ本体と圧電素子との間にポンプ室を形成し、ポンプ室の側面側に流入ポートを形成し、圧電素子と対向する面に排出ポートを形成した冷却デバイスが開示されている。流入ポートは外部からポンプ室に向かって開口面積が漸次小さくなるテーパ形状に形成され、排出ポートはポンプ室から外部に向かって開口面積が漸次小さくなるテーパ形状に形成されている。このように流入ポートと排出ポートとをテーパ形状とすることにより、流入ポートと排出ポートを通過する流体抵抗に差を与え、圧電素子がポンプ室の容積を増大する方向に変位した時には流入ポートから流体(例えば空気)を流入させ、ポンプ室の容積が減少する方向に変位した時には流出ポートから流体を排出させることができ、流入ポート、排出ポートの逆止弁を省略することができる。

【0005】

10

20

30

40

50

しかしながら、前記のように流入ポートと排出ポートのテーパ形状を設定したとしても、圧電素子がポンプ室の容積を増大する方向に変位した時、流体は流入ポートから流入するだけでなく、流出ポートからも流入する。逆に、ポンプ室の容積が減少する方向に変位した時には、流体が流出ポートから排出されるだけでなく、流入ポートからも排出される。そのため、流出ポートから吐出されるポンプの全体流量は、圧電素子の体積変化量に比べて小さくなる。圧電素子の体積変化量自体は極めて小さいので、流量もそれに応じて非常に少なくなり、冷却デバイスとして十分な冷却効果を得ることが困難であるという問題があった。

【0006】

特許文献2には、ステンレス鋼製ディスク上に取り付けられた圧電ディスクを有する超音波駆動体と、超音波駆動体を取り付けた第1のステンレス鋼膜体と、超音波駆動体から所定の間隔を隔てて超音波駆動体と略平行に取り付けられた第2のステンレス鋼膜体とを備えたガス流発生器が開示されている。圧電ディスクに電圧を印加することにより、超音波駆動体が屈曲変位し、第2のステンレス鋼膜体の中心部分に形成された孔から空気が放出される。このガス流発生器も逆止弁を有しないので、超音波駆動体を高周波で駆動することができる。

【0007】

前記ガス流発生器の場合、超音波駆動体を高周波で駆動すると、第2ステンレス鋼膜体の中心部分に形成された孔の周囲の空気を吸い込み、あるいは巻き込みながら、空気を孔の直交方向に吐出し、慣性噴射（ジェット）を発生させることができる。しかし、第2ステンレス鋼膜体の中心孔の周囲の状況により、流量が大きく変動する。例えば、中心孔の近傍に障害物が存在すると、吐出流量が極端に減少してしまう。また、このガス流発生器をCPU等の発熱源の冷却用ファンとして使用した場合、発熱源の周囲にある温かい空気をそのまま発熱源に吹き付けるだけであるため、単に空気をかき混ぜているだけであり、熱交換効率が悪い。

【特許文献1】特開2004-146547号公報

【特許文献2】特表2006-522896号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

そこで、本発明の好ましい実施形態の目的は、逆止弁を使用せずに圧縮性流体を効率よく輸送でき、流量を確保できる圧電マイクロプロアを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

前記目的を達成するため、本発明は、プロア本体と、外周部がプロア本体に対して固定され、圧電素子を有するダイヤフラムと、プロア本体とダイヤフラムとの間に形成されたプロア室とを備え、前記圧電素子に電圧を印加してダイヤフラムを屈曲変形させることにより、圧縮性流体を輸送する圧電マイクロプロアにおいて、前記ダイヤフラムとの間でプロア室を形成するプロア本体の第1壁部と、前記ダイヤフラムの中心部と対向する前記第1壁部の部位に形成され、プロア室の内部と外部とを連通させる第1開口部と、前記第1壁部を間にしてプロア室と反対側に、第1壁部と間隔をあけて設けられた第2壁部と、前記第1開口部と対向する前記第2壁部の部位に形成された第2開口部と、前記第1壁部と第2壁部との間に形成され、外側端部が外部に連通され、内側端部が第1開口部及び第2開口部に接続された流入通路とを備え、前記第1開口部及び第2開口部と接続された流入通路の内側端部に、前記第1開口部及び第2開口部より大きな開口面積を有する中央空間が形成されており、前記ダイヤフラムの変位に伴い、前記第1壁部の前記中央空間と対向する部分が振動することを特徴とする圧電マイクロプロアを提供する。

【0010】

図1は本発明にかかる圧電マイクロプロアの基本構造の一例を示す。この圧電マイクロプロアは、プロア本体1と、外周部がプロア本体1に対して固定されたダイヤフラム2と

10

20

30

40

50

を備え、ダイヤフラム 2 の背面中央部には圧電素子 3 が貼り付けられている。フロア本体 1 の第 1 壁部 1 a とダイヤフラム 2 との間にはフロア室 4 が形成されている。ダイヤフラム 2 の中心部と対向する第 1 壁部 1 a の部位に第 1 開口部 5 a が形成されている。圧電素子 3 に電圧を印加することにより、ダイヤフラム 2 を屈曲変形させ、第 1 開口部 5 a とダイヤフラム 2 との距離を変化させることができる。フロア本体 1 には、第 1 壁部 1 a を間にしてフロア室 4 と反対側に、第 1 壁部 1 a と間隔をあけて第 2 壁部 1 b が設けられ、第 1 開口部 5 a と対向する第 2 壁部 1 b の部位に第 2 開口部 5 b が形成されている。第 1 壁部 1 a と第 2 壁部 1 b との間には、外側端部が外部に連通され、内側端部が第 1 開口部 5 a 及び第 2 開口部 5 b に接続された流入通路 7 が形成されている。

【 0 0 1 1 】

図 1 の (a) ~ (e) はダイヤフラム 2 を 1 次共振モードで変位させた場合のフロア動作を示す。図 1 の (a) は初期状態 (非電圧印加時) であり、ダイヤフラム 2 は平坦状である。図 1 の (b) は圧電素子 3 への印加電圧の最初の 1 / 4 周期を示し、ダイヤフラム 2 が下に凸に屈曲するので、第 1 開口部 5 a とダイヤフラム 2 との距離が増大し、第 1 開口部 5 a を介してフロア室 4 内に流体が吸い込まれる。矢印は流体の流れを示す。このとき、流入通路 7 の流体の一部がフロア室 4 内に吸い込まれる。次の 1 / 4 周期では、図 1 の (c) のようにダイヤフラム 2 は平坦状に戻る時、第 1 開口部 5 a とダイヤフラム 2 との距離が減少し、流体は開口部 5 a , 5 b を通って上方向に押し出される。この時、流入通路 7 の流体と一緒に巻き込みながら上方に流れるので、第 2 開口部 5 b の出口側では大流量が得られる。次の 1 / 4 周期では、図 1 (d) のようにダイヤフラム 2 が上に凸に屈曲するので、第 1 開口部 5 a とダイヤフラム 2 との距離が減少し、フロア室 4 内の流体が高速で開口部 5 a , 5 b から上方向に押し出される。この高速流は、流入通路 7 の流体と一緒に巻き込みながら上方に流れるので、第 2 開口部 5 b の出口側では大流量が得られる。次の 1 / 4 周期では、図 1 の (e) のようにダイヤフラム 2 は平坦状に戻る時、第 1 開口部 5 a とダイヤフラム 2 との距離が増大し、流体は第 1 開口部 5 a を通過してフロア室 4 内に若干吸い込まれるが、流入通路 7 の流体は慣性により中心方向、及びフロア室外に流体が押し出される方向に流れ続ける。その後、ダイヤフラム 2 の動作は図 1 の (b) に戻り、それ以後 (b) ~ (e) の動作を周期的に繰り返す。ダイヤフラム 2 を高周波で屈曲振動させることにより、流入通路 7 を流れる流体の慣性が終息する前に、開口部 5 a , 5 b に次の流れを発生させることができ、流入通路 7 の中に常に中心方向への流れを起こさせることができる。この動作は、第 1 開口部 5 a とダイヤフラム 2 との距離が増大する方向にダイヤフラム 2 が変位するとき、流入通路 7 内の流体を第 1 開口部 5 a を介してフロア室 4 内に吸引し、第 1 開口部 5 a とダイヤフラム 2 との距離が減少する方向にダイヤフラム 2 が変位するとき、第 2 開口部 5 b からフロア室 4 外に押し出される高速流と一緒に、フロア室 4 外の流入通路 7 に存在する流体も一緒に巻き込んで押し出すという作用が生じているものと考えられる。

【 0 0 1 2 】

本実施形態の場合には、ダイヤフラム 2 の変位に伴って開口部 5 a , 5 b を高速で流れる流体により、流入通路 7 から流体を開口部 5 a , 5 b へ引き込むことができる。つまり、ダイヤフラム 2 が下に凸に変位する時だけでなく、上に凸に変位する時にも流入通路 7 から流体を開口部 5 a , 5 b へ引き込むことができる。流入通路 7 から引き込まれた流体と、フロア室 4 から押し出された流体とが合流して第 2 開口部 5 b から吐出されるので、ダイヤフラム 2 の変位体積以上の吐出流量を得ることができる。流入通路 7 は開口部 5 a , 5 b の間の空間に接続され、フロア室 4 に直接接続されていないので、流入通路 7 がフロア室 4 内の圧力変化の影響を受けない。そのため、逆止弁を設けなくても開口部 5 a , 5 b を流れる高速流が流入通路 7 に逆流することがなく、流量を効果的に増大させることができる。

【 0 0 1 3 】

本圧電マイクロフロアでは、流体の流出口である第 2 開口部 5 b と流入口である流入通路 7 の外側端部とを離れた位置に設けることができるので、本圧電マイクロフロアを例え

10

20

30

40

50

ばCPU等の発熱源の冷却用ファンに適用した場合、第2開口部5bを発熱源に向け、流入通路7の外側端部を冷気空間に接続すれば、冷気空間から吸い込んだ冷気を発熱源に対して吹き付けることが可能となる。

【0014】

第1開口部及び第2開口部と接続された流入通路の内側端部に、第1開口部及び第2開口部より大きな開口面積を有する中央空間を形成するのがよい。この場合には、流入通路を通った流体が一旦中央空間に集められ、第1開口部から吹き出される流体の流れによって、一緒に第2開口部から排出される。この場合、流入通路を中央空間から放射方向に伸びる複数の通路で構成し、各流入通路の外側端部にそれぞれ流入口を形成すれば、流入通路の通路面積を確保できるので、流路抵抗を低減でき、さらなる流量増加を図ることができる。

10

【0015】

前記のように流入通路の内側端部に第1開口部及び第2開口部より大きな開口面積を有する中央空間を形成した場合、ダイヤフラムの変位に伴い、第1壁部の中央空間と対向する部分が共振するように、中央空間の開口面積を設定するのがよい。即ち、第1壁部の中央空間と対向する部分の固有振動数をダイヤフラムの振動周波数と近づけることにより、ダイヤフラムの変位に追従して第1壁部を共振させることができる。この場合には、ダイヤフラムが発生する流体の流量を第1壁部の変位によって増加させる働きがあり、さらなる流量増加を実現できる。

【0016】

20

本発明におけるダイヤフラムとは、樹脂板または金属板の片面に平面方向に伸縮する圧電素子を貼り付けたユニモルフ型、樹脂板または金属板の両面に互いに逆方向に伸縮する圧電素子を貼り付けたバイモルフ型、樹脂板または金属板の片面にそれ自体が屈曲変形する積層型圧電素子を貼り付けたバイモルフ型、さらにはダイヤフラム全体が積層型圧電素子で構成されたものなどでもよい。いずれにしても、圧電素子に交番電圧（正弦波電圧または矩形波電圧）を印加することによって、板厚方向に屈曲振動するものであればよい。

【0017】

圧電素子を含むダイヤフラムを1次共振モード（1次共振周波数）で駆動するのが、最も大きな変位量が得られるので望ましいが、1次共振周波数は可聴域となるため、騒音が大きくなる場合がある。これに対し、3次共振モード（3次共振周波数）を用いると、1次共振モードに比べて変位量が小さくなるものの、共振モードを使用しない場合より大きな変位量が得られ、しかも可聴領域を越えた周波数で駆動できるため、騒音を防ぐことができる。なお、1次共振モードとは、ダイヤフラムの中央部と周辺部とが同方向に変位するモードのことであり、3次共振モードとは、ダイヤフラムの中央部と周辺部とが逆方向に変位するモードのことである。

30

【0018】

3次共振モードを用いた場合、ダイヤフラムの中央部が上に凸に変位したとき、ダイヤフラムの周辺部は下に凸に変位する。圧電素子を円板状とした場合、ダイヤフラムの中央部と周辺部との間に変位のノード点が存在するので、そのノード点に対応した圧電素子の部位に配線を行うのが一般的である。しかし、ノード点はかなり狭い領域に制限され、しかも圧電素子の中間領域に位置するため、はんだ付けなどの配線作業がしにくく、信頼性が低下する可能性がある。これに対し、圧電素子をリング状とした場合、圧電素子の外周部をダイヤフラムの外周部を保持しているプロア本体に近づけることができるので、圧電素子の外周部に配線を接続すればよく、配線作業が容易になり、信頼性が向上する。

40

【発明の好ましい実施形態の効果】

【0019】

以上のように、本発明の圧電マイクロプロアによれば、ダイヤフラムを屈曲振動させることにより、流入通路内の流体を第1開口部を介してプロア室内に吸引し、第2開口部からプロア室外に押し出される高速流と一緒に、プロア室外の流入通路に存在する流体も一緒に巻き込んで押し出すことができる。そのため、ダイヤフラムの変位体積以上の吐出流

50

量を得ることができ、大流量のプロアを実現できる。また、逆止弁を使用しなくても両開口部を流れる高速流が流入通路に逆流するのを防止できるので、流量を効果的に増大させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下に、本発明の好ましい実施の形態を、実施例に基づいて説明する。

【実施例1】

【0021】

図2～図5は本発明にかかる圧電マイクロプロアの第1実施例を示す。本実施例の圧電マイクロプロアAは、電子機器の空冷用プロアとして用いた例であり、天板(第2壁部)10、流路形成板20、セパレータ(第1壁部)30、プロア枠体40、ダイヤフラム50及び底板60が上方から順に積層固定されている。ダイヤフラム50の外周部は、プロア枠体40と底板60との間で接着固定されている。ダイヤフラム50を除く部品10, 20, 30, 40, 60はプロア本体1を構成しており、金属板や硬質樹脂板のような剛性のある平板材料で形成されている。

10

【0022】

天板10は四角形平板で形成されており、その中心部には表裏に貫通する吐出口(第2開口部)11が形成されている。

【0023】

流路形成板20も天板10と同一外形を有する平板であり、図5に示すように、その中央部には吐出口11より大径な中央孔(中央空間)21が形成されている。中央孔21から4つのコーナ部に向かって放射方向に延びる複数(ここでは4本)の流入通路22が形成されている。本実施例の圧電マイクロプロアAの場合、流入通路22が中央孔21に対して4方向から連通しているため、ダイヤフラム50のポンピング動作に伴って流体が抵抗なく中央孔21に引き寄せられ、さらなる流量の増加を図ることができる。

20

【0024】

セパレータ30も天板10と同一外形を有する平板であり、その中心部には吐出口11と対向する位置に、吐出口11とほぼ同一径の貫通孔31(第1開口部)が形成されている。なお、吐出口11と貫通孔31とは同一径であってもよいし、異なる径であってもよいが、少なくとも中央孔21より小さい径を有する。4つのコーナ部近傍には、流入通路22の外側端部と対応する位置に流入孔32が形成されている。天板10と流路形成板20とセパレータ30とを接着することにより、吐出口11と中央孔21と貫通孔31とが同一軸線上に並び、後述するダイヤフラム50の中心部と対応している。なお、後述するように、セパレータ30の中央孔21と対応する部分を共振させるため、セパレータ30を薄肉金属板で形成するのが望ましい。

30

【0025】

プロア枠体40も天板10と同一外形を有する平板であり、その中心部には大径な空洞部41が形成されている。4つのコーナ部近傍には、前記流入孔32と対応する位置に流入孔42が形成されている。プロア枠体40を間にしてセパレータ30とダイヤフラム50とを接着することにより、プロア枠体40の空洞部41によってプロア室4が形成される。なお、プロア室4は閉鎖された空間である必要はなく、一部開放されていてもよい。例えばプロア枠体40の中心部に形成された空洞部41にスリットが形成されプロア枠体40の外部と連通されていたり、流入孔42付近にのみブロック状のプロア枠体を形成していてもよい。すなわち、本発明のプロア室4はセパレータ30とダイヤフラム50とで挟まれ区画された空間であればよい。

40

【0026】

底板60も天板10と同一外形を有する平板であり、その中心部にはプロア室3とほぼ同形の空洞部61が形成されている。底板60は圧電素子52の厚みと振動板51の変位量との合計より厚肉に形成されており、マイクロプロアAを基板などに搭載した場合でも、圧電素子52が基板と接触するのを防止できる。前記空洞部61は後述するダイヤフラ

50

ム 5 0 の圧電素子 5 2 の周囲を取り囲む空洞部を形成している。底板 6 0 の 4 つのコーナ部近傍には、前記流入孔 3 2 , 4 2 と対応する位置に流入孔 6 2 が形成されている。

【 0 0 2 7 】

ダイヤフラム 5 0 は、振動板 5 1 の中央部下面に円形の圧電素子 5 2 を貼り付けた構造を有する。振動板 5 1 としては、ステンレス、真鍮等の種々の金属材料を用いることができる他、ガラスエポキシ樹脂等の樹脂材料からなる樹脂板を用いてもよい。圧電素子 5 2 は上述のプロア枠体 4 0 の空洞部 4 1 より小径な円板である。この実施例では、圧電素子 5 2 として表裏面に電極を持つ単板の圧電セラミックスを使用し、これを振動板 5 1 の裏面（プロア室 3 と逆側の面）に貼り付けてユニモルフ型ダイヤフラムを構成した。圧電素子 5 2 に交番電圧（正弦波または矩形波）を印加することにより、圧電素子 5 2 が平面方向に伸縮するので、ダイヤフラム 5 0 全体が板厚方向に屈曲変形する。圧電素子 5 2 にダイヤフラム 5 0 を 1 次共振モード又は 3 次共振モードで屈曲変位させる交番電圧を印加することにより、それ以外の周波数の電圧を印加する場合に比べてダイヤフラム 5 0 の変位体積を格段に大きくでき、流量を大幅に増加させることができる。

【 0 0 2 8 】

振動板 5 1 の 4 つのコーナ部近傍には、前記流入孔 3 2 , 4 2 , 6 2 と対応する位置に流入孔 5 1 a が形成されている。前記流入孔 3 2 , 4 2 , 6 2 , 5 1 a によって、一端が下方に開口し、他端が流入通路 2 2 へ通じる流入口 8 が形成される。

【 0 0 2 9 】

図 4 に示すように、圧電マイクロプロア A の流入口 8 はプロア本体 1 の下方に向かって開口しており、吐出口 1 1 は上面側に開口している。圧縮性流体を圧電マイクロプロア A の裏側の流入口 8 から吸込み、表側の吐出口 1 1 から排出することができるので、燃料電池の空気供給用プロアや CPU の空冷用プロアとして好適な構造となる。なお、流入口 8 は下方に開口している必要はなく、外周に開口していてもよい。

【 0 0 3 0 】

図 4 では、振動板 5 1 と圧電素子 5 2 とで構成されるダイヤフラム 5 0 を用いたが、図 6 のように、振動板 5 1 と圧電素子 5 2 との間に中間板 5 3 を設けたダイヤフラム 5 0 a を用いてもよい。中間板 5 3 は SUS 等の金属板を利用することができる。このような中間板 5 3 を振動板 5 1 と圧電素子 5 2 との間に設けることによって、ダイヤフラム 5 0 a が屈曲変位する際の中立面を中間板 5 3 内に位置させることができ、変位を阻害する要因を取り除くことができる。その結果、変位効率がさらに良好になり、低電圧で流量の大きな圧電マイクロプロア B を得ることができる。

【 0 0 3 1 】

本実施例の圧電マイクロプロア A の作動は図 1 に示したものとほぼ同様である。但し、本実施例では、流入通路 2 2 の内側端部に第 1 開口部 3 1 および第 2 開口部 1 1 より大きな開口面積を持つ中央空間 2 1 を形成し、かつセパレータ 3 0 を薄肉金属板で形成してある。そのため、図 7 に示すような作動を行うことができ、さらなる流量増加を実現できる。

【 0 0 3 2 】

図 7 は圧電マイクロプロア A の作動を説明するための概略図であり、理解を容易にするため、変位を大きく表してある。図 7 の (a) は初期状態（非電圧印加時）であり、(b) ~ (e) は圧電素子 5 2 への印加電圧（例えば \sin 波）の 1 / 4 周期毎にダイヤフラム 5 0 とセパレータ 3 0 の変位を図示したものである。圧電素子 5 2 に交番電圧を印加することにより、(b) ~ (e) の動作を周期的に繰り返す。図示するように、ダイヤフラム 5 0 の振動に伴ってセパレータ 3 0 が共振し、セパレータ 3 0 はダイヤフラム 5 0 に対して約 90° 位相が遅れた形で振動する。セパレータ 3 0 が共振することによって、第 1 開口部 3 1 から大きな圧力波が上方方向に向けて生成され、この圧力波によって中央空間 2 1 内の空気が第 2 開口部 1 1 から外部へ向けて排出されるため、セパレータ 3 0 が共振しない場合に比べて流量増加を達成できる。中央空間 2 1 の空気が外部へ排出されることによって、流入通路 2 2 内の空気は中央空間 2 1 に向かって引き込まれ、第 2 開口部 1 1 か

10

20

30

40

50

ら連続的に空気流を発生させることができる。

【0033】

図7ではダイヤフラム50が1次共振モードで変位する例を記載したが、3次共振モードで変位する場合も同様である。また、セパレータ30の変位量がダイヤフラム50の変位量より大きい例を示したが、中央空間21の大きさ、セパレータ30のヤング率および厚み等によって、セパレータ30の変位量がダイヤフラム50より小さい場合もありうる。さらに、セパレータ30のダイヤフラム50に対する位相遅れは90°に限るものではない。要するに、セパレータ30がダイヤフラム50に対してある位相遅れをもって共に振動し、それによってダイヤフラム50とセパレータ30との距離が、セパレータ30が振動しない場合に比べてより大きく変化するように構成してあればよい。

10

【0034】

以下に示すデータは、前記構成よりなるマイクロプロアAの一実験例である。まず、厚み0.1mmのSUS板上に、厚み0.15mm、直径12.7mmのPZT単板からなる圧電素子を貼り付けたダイヤフラムを用意した。続いて、真鍮板からなるセパレータ、及びSUS板からなる天板、流路形成板、プロア枠体及び底板を用意した。なお、天板の中心には直径0.8mmの第2開口部が設けられ、セパレータの中心には直径0.6mmの第1開口部が設けられている。また、流路形成板の中心には、直径が6mmで高さが0.4mmの中央空間が設けられている。続いて、前記の構成部材を、底板、ダイヤフラム、プロア枠体、セパレータ、流路形成板、天板の順に積み重ねて接着し、縦20mm×横20mm×高さ2.4mmのプロア本体を作製した。なお、プロア本体のプロア室は高さ0.15mm、直径18mmに設計されている。

20

【0035】

前記構成のマイクロプロアAに、周波数17kHz、60Vp-pのsin波形の電圧を印加して駆動したところ、100Pa時で流量800ml/minを得た。これは3次モードで駆動させた場合の例であるが、1次モードでも駆動することが可能である。このように、流量が大きいマイクロプロアを得ることができた。

【0036】

表1は、ダイヤフラム50の駆動周波数と、中央空間21の直径とを変化させた場合の流量の違いを示したものである。流量の単位はL/minである。

【表1】

30

		中央空間の直径	
		φ5mm	φ6mm
周波数	24.4kHz	0.7	0.8
	25.5kHz	0.78	0.71

なお、駆動周波数24.4kHzにおける42Ni板の厚みは0.08mm、駆動周波数25.5kHzにおける42Ni板の厚みは0.1mmのものを使用した。

40

【0037】

表1から明らかなように、中央空間21の直径が5mmの場合には、周波数を高くする方が流量が増加するが、中央空間21の直径が6mmの場合には、周波数を低くする方が流量が増加することがわかる。このように、中央空間21に対応するセパレータ30の振動が流量に影響していることがわかる。これは振動板51の材質及び厚みによってダイヤフラムの固有振動数も異なってくるが、中央空間21の直径を調整することで、中央空間21に対応するセパレータ30の固有振動数を、ダイヤフラムの固有振動数に近づけ共振させることができ、それによって流量が増大したものと思われる。

【0038】

図8は、振動板51と圧電素子52との間に中間板53を設けたダイヤフラム50aを

50

用いたマイクロプロア B の実験結果を示す。この実験は、表 2 に示すように、セパレータ 30 の材質及び厚みを変化させたときの流量を比較したものである。サンプル 1 はセパレータとして厚みが 0.05 mm のりん青銅を使用し、サンプル 2 はセパレータとして厚みが 0.1 mm の SUS 304 を使用した。その他の構成は、マイクロプロア A と同一である。セパレータ以外の構成は、サンプル 1 とサンプル 2 とで共通とし、駆動周波数は共に 24.4 kHz とした。

【0039】

【表 2】

	サンプル 1	サンプル 2
セパレータ材質	りん青銅	SUS304
セパレータ厚さ(mm)	0.05	0.1
第 1 開口部穴径(mm)	0.6	0.6
天板材質	洋白	洋白
第 2 開口部穴径(mm)	0.8	0.8
プロア室材質	洋白	洋白
プロア室高さ(mm)	0.15	0.15
プロア室直径(mm)	16	16
振動板材質	42Ni	42Ni
振動板厚み(mm)	0.08	0.08
中間板厚み(mm)	0.15	0.15
中間板直径(mm)	11	11
圧電素子厚み(mm)	0.20	0.20
圧電素子直径(mm)	11	11
中央空間穴径(mm)	6	6
中央空間高さ(mm)	0.5	0.5

10

20

【0040】

りん青銅と SUS 304 は、同じ厚みで比較した場合、SUS 304 の方がりん青銅より 1.5 倍程度剛性が高くなるが、厚みの違いが 2 倍あるので、サンプル 1 に比べてサンプル 2 の方がセパレータの剛性が格段に高くなっている。換言すると、サンプル 1 では中央空間に面するセパレータ部分が振動するが、サンプル 2 ではセパレータ部分が殆ど振動しないと考えられる。この実験は、中央空間に面するセパレータ部分の振動の流量に及ぼす影響を測定したものである。

30

【0041】

図 8 の (a) に示すように、例えば印加電圧 20 V p p で比較すると、サンプル 2 では約 0.42 L / m i n であるのに対し、サンプル 1 では約 0.78 L / m i n であり、サンプル 1 の流量はサンプル 2 の約 2 倍となっている。つまり、セパレータ部分の振動が流量増加に大きく寄与していることがわかる。図 8 の (b) は消費電力に基づく流量を比較したものである。インピーダンスが変化するため、消費電力も変化するが、同じ消費電力で比較しても、サンプル 1 の方が有利であることがわかる。

40

【実施例 2】

【0042】

図 9 は本発明にかかるマイクロプロアの第 2 実施例を示す。第 1 実施例と同一部分には同一符号を付して重複説明を省略する。この実施例のマイクロプロア B では、圧電素子として中心部に空洞を持つリング形状の圧電素子 52 a を使用し、圧電素子 52 a の外周部をダイヤフラム 50 b の外周部を保持しているプロア本体 1 に近づけたものである。

【0043】

図 10 は円板状の圧電素子とリング状の圧電素子とを用いたダイヤフラムの 3 次共振モードでの変位を示す。円板状圧電素子 52 を用いた場合、(a) に示すように中心位置 (0 m m の位置) から 6 m m の位置まで圧電素子を取り付けられている。リング状圧電素子

50

5 2 bを用いた場合には、(b)で示すように中心位置(0 mmの位置)から2 . 5 mmの位置まで空洞があり、2 . 5 mm ~ 8 mmの範囲に圧電素子を取り付けられている。いずれの場合も、ダイヤフラム5 0 , 5 0 bの外周側の8 mm以上の領域がブローア本体1で固定されている。

【 0 0 4 4 】

図1 0の(a)に示すように、円板状圧電素子5 2を有するダイヤフラム5 0を3次共振モードで振動させた場合、圧電素子5 2の中間領域(4 mmの位置)にノード点が存在する。圧電素子5 2へのリード線の接続はノード点に行うのが望ましいが、ノード点は圧電素子5 2の中間部にあり、かつ点であるため、振動によって断線しないように接続しようとすると、小さい面積で高精度な位置合わせが必要となり、配線の難易度が高い。これに対し、リング状圧電素子5 2 aを有するダイヤフラム5 0 bの場合、図1 0の(b)のように、圧電素子5 2 aの外周部をブローア本体1と近接させることができるので、圧電素子5 2 aの外周部に配線を接続すればよく、接続位置が殆ど振動しないので、配線が容易になり、信頼性が向上する。

10

【 0 0 4 5 】

以下に示すデータは、リング状圧電素子を有するダイヤフラムを用いたマイクロブローアCの一実験例である。まず、厚み0 . 1 mmの真鍮板に、厚みが0 . 2 mm、外形1 8 mm、内径5 mmのリング状のP Z T単板からなる圧電素子を貼り付けたダイヤフラムを用意した。続いて、真鍮板からなるセパレータ、及びS U S板からなる天板、流路形成板、ブローア枠体及び底板を用意した。なお、天板の中心には直径1 . 0 mmの第2開口部が設けられ、セパレータの中心には直径0 . 8 mmの第1開口部が設けられている。また、流路形成板の中心には直径6 mmで高さが0 . 5 mmの中央空間が設けられている。続いて、前記の構成部材を、底板、ダイヤフラム、ブローア枠体、セパレータ、流路形成板、天板の順に積み重ねて、それぞれ接着し、縦2 0 mm x 横2 0 mm x 高さ4 . 0 mmのブローア本体を作製した。なお、ブローア本体のブローア室は高さ0 . 0 5 mm、直径1 8 mmに設計されている。

20

【 0 0 4 6 】

前記構成のマイクロブローアCに、周波数2 5 . 2 k H z、6 0 V p - pのs i n波形の電圧を印加して駆動したところ、1 0 0 P a時で流量7 0 0 m l / m i n : 最大発生圧力0 . 7 k P aを得た。これは3次モードで駆動させた場合の例であるが、1次モードでも駆動することが可能である。図1 0の(b)に示すように、リング状圧電素子5 2 aを使用した場合、ダイヤフラム5 0 bの中心部の変位量が非常に大きくなる。例えば、厚み0 . 1 mm、直径5 mmの真鍮板の固有振動数は約2 5 k H zであるため、振動板5 1の厚みを0 . 1 mm、リング状圧電素子5 2 aの内径を5 mmとした場合、2 5 k H z付近で駆動するとリング状圧電素子5 2 aの屈曲によりダイヤフラム5 0 bの中央部が共振するため、ダイヤフラム5 0 bの中心部に非常に大きな変位が得られ、流量増加を実現できる。また、この最大変位部分には圧電素子が存在しないので、圧電素子の変位・駆動速度を小さくでき、耐久性の向上を実現できる。

30

【 実施例 3 】

【 0 0 4 7 】

図1 1 ~ 図1 3は本発明に係るマイクロブローアの第3実施例を示す。第1実施例と同一部分には同一符号を付して重複説明を省略する。この実施例のマイクロブローアDでは、流路形成板2 0の中央部に流入通路を兼ねる四角形の中央空間2 3が形成されている。中央空間2 3はブローア室4を構成するブローア枠体4 0の空洞部4 1より広い開口面積を持つ。セパレータ(第1壁部) 3 0、ブローア枠体4 0、底板6 0及びダイヤフラム5 0の対角の2つコーナ部には、それぞれ切欠部3 3 , 4 3 , 6 3及び5 1 bが形成され、これら切欠部は前記中央空間2 3のコーナ部と対応しており、これら切欠部が流入口8を構成している。なお、底板6 0には切溝6 4が形成されているが、これはマイクロブローアDを基板などに搭載した場合に、ダイヤフラム5 0の下面側空間が密閉空間になるのを防止する通気溝として、及び圧電素子5 2の配線を引き出すための溝として使用される。

40

50

【 0 0 4 8 】

以下に示すデータは、前記構成よりなるマイクロプロアDの一実施例である。まず、厚み0.1mmのSUS板上に、厚み0.2mm、直径12.7mmのPZT単板からなる圧電素子を貼り付けたダイヤフラムを用意した。続いて、SUS板からなるセパレータ、天板、流路形成板、プロア枠体及び底板を用意した。なお、天板の中心には直径0.6mmの第2開口部が設けられ、セパレータの中心には直径2.0mmの第1開口部が設けられている。また、流路形成板には、縦20mm×横20mmの中央空間が設けられている。続いて、前記の構成部材を、底板、ダイヤフラム、プロア枠体、セパレータ、流路形成板、天板の順に積み重ねて接着し、縦22mm×横22mm×高さ2mmのプロア本体を作製した。なお、プロア本体のプロア室の高さは0.1mm、直径18mmに設計されている。

10

【 0 0 4 9 】

前記構成のマイクロプロアCに、周波数16kHz、60V_{p-p}のsin波形の電圧を印加して駆動したところ、100Pa時で流量90ml/minを得た。これは3次共振モードで駆動した場合の例であるが、1次共振モードでも駆動することが可能である。

【 0 0 5 0 】

この実施例では、中央空間23が開口部11, 31を中心として全方向に開放する流入通路として機能するので、流入空気の空気抵抗を減らすことができる。また、プロア室と対向するセパレータ30のほぼ全領域が中央空間23によって開放されているので、セパレータ30の広い領域がダイヤフラム50の振動と共に振動できる。そのため、ダイヤフラム50が一次共振モードで振動する場合でもセパレータ30を共振させることが可能である。

20

【 0 0 5 1 】

前記各実施例では、中央空間と対応するセパレータ(第1壁部)の部分をダイヤフラムの振動に伴って共振させる例を示したが、必ずしもセパレータが共振する必要はなく、ダイヤフラムの振動と共にセパレータに振動が励振され、かつセパレータがダイヤフラムに対して所定の位相遅れをもって振動する構造であれば、流量増加を達成できる。

【 0 0 5 2 】

また、前記実施例ではプロア本体を複数の板状部材を積層接着して構成したが、これに限るものではない。例えば、天板10と流路形成板20、セパレータ30とプロア枠体40、流路形成板20とセパレータ30を、樹脂又は金属で一体形成することも可能である。

30

【 0 0 5 3 】

流入通路の形状は、図5に示すような放射方向に直線的に延びた形状に限るものではなく、任意に選択できる。また、流入通路の本数も任意であり、流量、騒音の程度に応じて選択できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 4 】

【図1】本発明の一実施形態の圧電マイクロプロアの動作原理図である。

【図2】本発明に係る圧電マイクロプロアの第1実施例の全体斜視図である。

40

【図3】図2に示す圧電マイクロプロアの分解斜視図である。

【図4】図2のIV-IV線断面図である。

【図5】図4のV-V線断面図である。

【図6】図4に示す圧電マイクロプロアの変形例の断面図である。

【図7】図2に示す圧電マイクロプロアの概略動作図である。

【図8】セパレータの材質及び厚みを変えたサンプルにおける印加電圧に対する流量特性と、消費電力に対する流量特性とを示す。

【図9】本発明に係る圧電マイクロプロアの第2実施例の断面図である。

【図10】円板状圧電素子を用いたダイヤフラムとリング状圧電素子を用いたダイヤフラムの変位を比較した図である。

50

【図 1 1】本発明に係る圧電マイクロプロアの第 3 実施例の斜視図である。

【図 1 2】図 1 1 のXII - XII線断面図である。

【図 1 3】図 1 1 に示す圧電マイクロプロアの分解斜視図である。

【符号の説明】

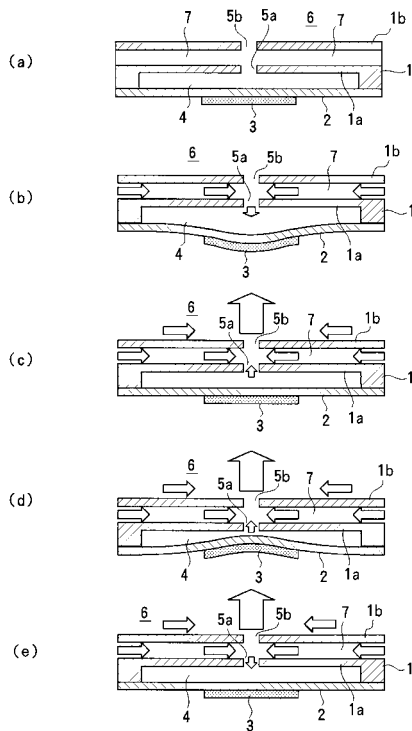
【 0 0 5 5 】

- A ~ D 圧電マイクロプロア
- 1 プロア本体
- 2 ダイヤフラム
- 3 圧電素子
- 4 プロア室
- 8 流入口
- 10 天板（第 2 壁部）
- 11 吐出口（第 2 開口部）
- 20 流路形成板
- 21 中央空間
- 22 流入通路
- 30 セパレータ（第 1 壁部）
- 31 貫通孔（第 1 開口部）
- 40 プロア枠体
- 50, 50 a, 50 b ダイヤフラム
- 51 振動板
- 52, 52 a 圧電素子
- 60 底板

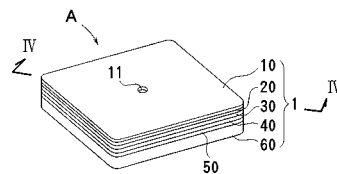
10

20

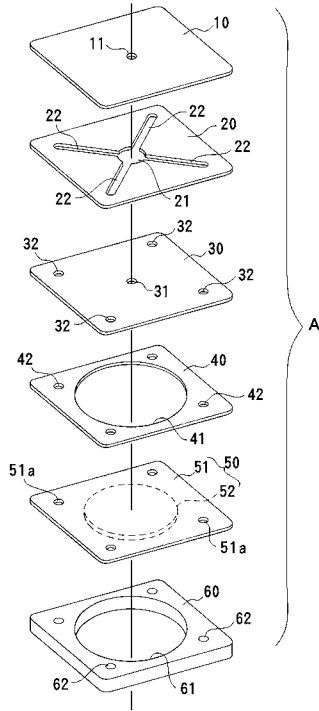
【図 1】



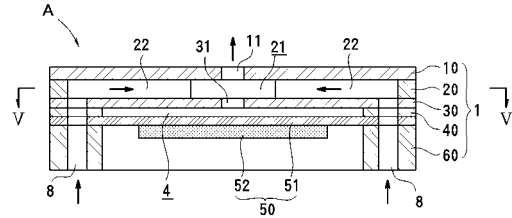
【図 2】



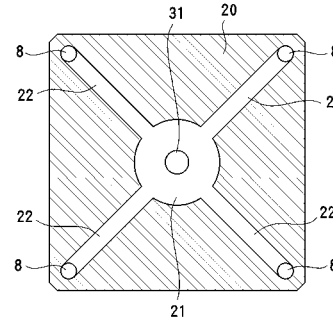
【図3】



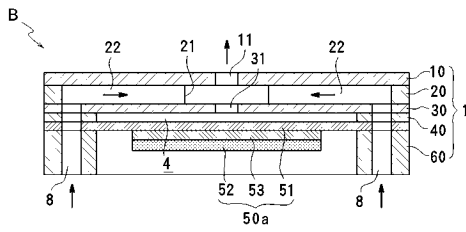
【図4】



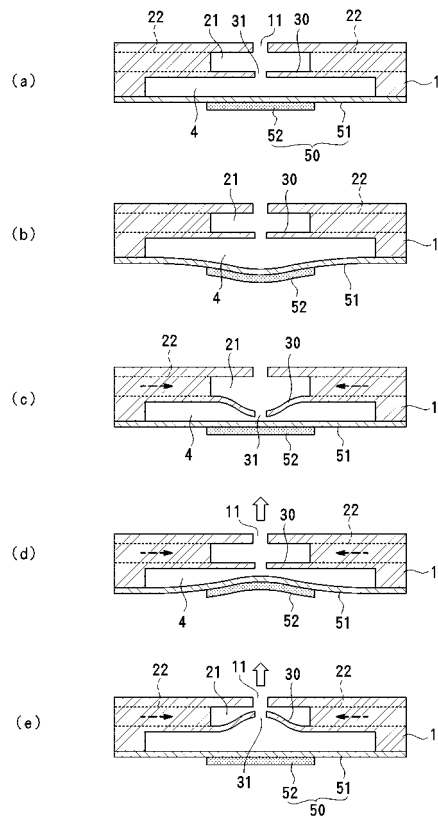
【図5】



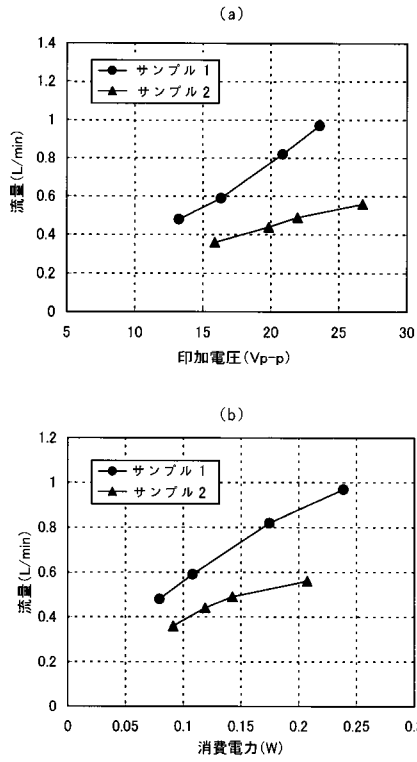
【図6】



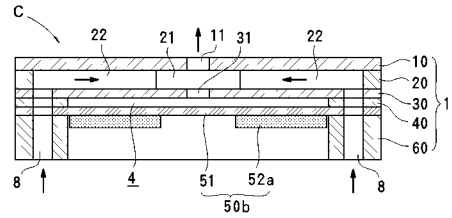
【図7】



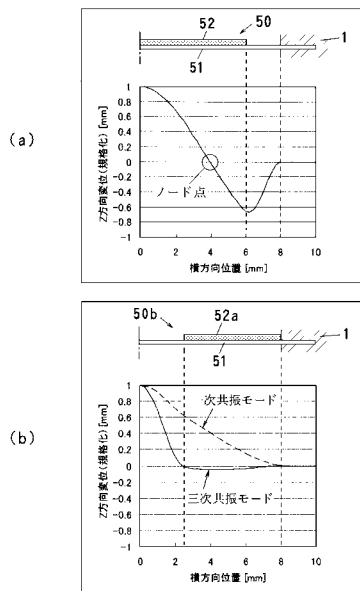
【図8】



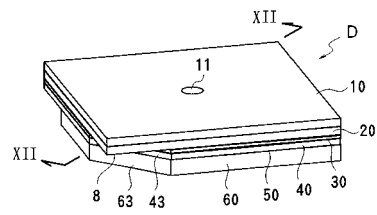
【図9】



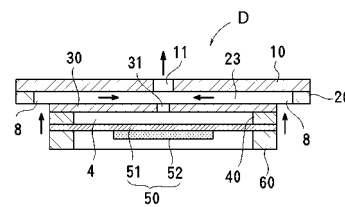
【図10】



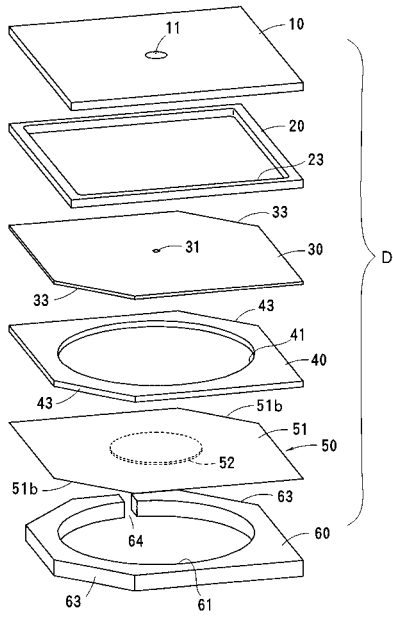
【図11】



【図12】



【 図 13 】



フロントページの続き

- (72)発明者 須永 みどり
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 金井 俊吾
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 井上 茂夫

- (56)参考文献 特開2005-113918(JP,A)
特公昭64-002793(JP,B1)
特表2006-522896(JP,A)
特開2005-299597(JP,A)

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