

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6617821号
(P6617821)

(45) 発行日 令和1年12月11日(2019.12.11)

(24) 登録日 令和1年11月22日(2019.11.22)

(51) Int.Cl.	F I
F O 4 B 45/047 (2006.01)	F O 4 B 45/047 C
F 1 6 K 7/12 (2006.01)	F 1 6 K 7/12 B
F 1 6 K 7/14 (2006.01)	F 1 6 K 7/14 A
F 1 6 K 31/126 (2006.01)	F 1 6 K 31/126 Z
F 1 6 K 31/42 (2006.01)	F 1 6 K 31/42 B

請求項の数 10 (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2018-227762 (P2018-227762)	(73) 特許権者	000006231
(22) 出願日	平成30年12月5日(2018.12.5)		株式会社村田製作所
(62) 分割の表示	特願2016-555160 (P2016-555160) の分割		京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
原出願日	平成27年10月5日(2015.10.5)	(74) 代理人	110000970 特許業務法人 楓国際特許事務所
(65) 公開番号	特開2019-39436 (P2019-39436A)	(72) 発明者	横井 宏之 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
(43) 公開日	平成31年3月14日(2019.3.14)	(72) 発明者	近藤 大輔 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
審査請求日	平成30年12月5日(2018.12.5)	(72) 発明者	田中 伸拓 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
(31) 優先権主張番号	特願2014-216161 (P2014-216161)		
(32) 優先日	平成26年10月23日(2014.10.23)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

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】

第1通気孔を有する第1の板と、
第1の側壁板と、

前記第1通気孔に通じるバルブ室を前記第1の板及び前記第1の側壁板と共に構成する第2の板であって、前記バルブ室に通じ、前記第1の板の主面から該第2の板の主面を視て前記第1通気孔とは重ならない第2通気孔を有する第2の板と、

前記バルブ室の内部に収容され、回転不能かつ上下動自在に保持されたフィルムであって、前記第1の板の主面から該フィルムの主面を視て前記第1通気孔に重ならず、かつ前記第2の板の主面から該フィルムの主面を視て前記第2の通気孔に重なる第3通気孔を有するフィルムと、を備え、

前記第2の板は、前記第2の板の前記バルブ室側の主面を正面視して、前記第1通気孔と重なる補助孔を有するバルブと、

振動調整板と、

第2の側壁板と、

屈曲振動する駆動体を備えた振動体と、が順に積層され、

前記振動調整板と前記第2の側壁板と前記振動体とによって構成されているプロア室を備え、

前記振動調整板は前記プロア室におけるプロア上室を構成する開口部を有し、

前記第1の板の主面から前記振動調整板の主面を視て前記開口部と前記第1通気孔とが

重なっていることを特徴とする、流体制御装置。

【請求項 2】

前記開口部は前記振動調整板の中央に設けられ、

前記開口部の開口径は、前記プロア室におけるプロア下室を構成する前記第 2 の側壁板の開口径よりも小さい請求項 1 に記載の流体制御装置。

【請求項 3】

前記フィルムは、前記第 1 の側壁板との間に隙間が空くように設定されている請求項 1 又は請求項 2 に記載の流体制御装置。

【請求項 4】

前記補助孔の中心軸と前記第 1 通気孔の中心軸とは一致する、請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の流体制御装置。 10

【請求項 5】

前記第 1 通気孔と重なる前記補助孔の数は、複数であり、

前記第 2 の板は、複数の前記補助孔の間に棧部を有する、請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の流体制御装置。

【請求項 6】

前記補助孔の直径は、前記第 1 通気孔の直径より長い、請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の流体制御装置。

【請求項 7】

前記補助孔の直径は、前記第 1 通気孔の直径より短い、請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の流体制御装置。 20

【請求項 8】

前記補助孔は、複数の前記第 2 通気孔に挟まれており、

前記第 1 通気孔の半径を r_h 、前記補助孔の半径を R_s 、前記補助孔を挟む 2 つの前記第 2 通気孔のそれぞれの半径を r_1 、 r_2 、前記補助孔を挟む 2 つの前記第 2 通気孔の中心点間の距離を a としたとき、 $\{ a - (r_1 + r_2) \} / 2 > R_s - r_h$ の関係を満たす、請求項 6 に記載の流体制御装置。

【請求項 9】

前記フィルムは外周に突起部を有し、

前記第 1 の側壁板は内周に前記突起部が嵌り込む切欠部を有する請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の流体制御装置。 30

【請求項 10】

前記振動体は、前記振動体の屈曲振動により形成される前記プロア室の圧力振動の節のうち、最も外側の圧力振動の節から、前記プロア室の外周までの範囲に接する外周領域と、前記外周領域より内側に位置する中央領域と、を有し、

前記外周領域は、前記外周領域の屈曲振動を拘束する領域である、請求項 9 に記載の流体制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】 40

この発明は、流体の流れを一方向にするバルブを備える流体制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、流体の流れを制御する流体制御装置が各種開示されている。例えば特許文献 1 には、振動板と、振動板を屈曲振動させる圧電素子と、複数の開口部を有する天板と、を備える圧電マイクロプロアが開示されている。この圧電マイクロプロアは、振動板を圧電素子により屈曲振動させ、周囲の空気を巻き込みながら、複数の開口部から外へ吐出する。

【0003】

この圧電マイクロプロアは、複数の開口部を備えることにより、開口部の付近で発生する騒音（風切り音）を小さくすることができる。 50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】国際公開第2011/40320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】

しかしながら、特許文献1の圧電マイクロブローは複数の開口部を備えるが、その最大吐出流量は1.1(L/min)程度である(特許文献1の図9参照)。すなわち、圧電マイクロブローの吐出流量及び圧力は小さい。

10

【0006】

そのため、空気の逆流を防ぐバルブを、圧電マイクロブローの複数の開口部に装着し、複数の開口部から吐出される空気の流れを一方向にする場合、流路抵抗の少ないバルブを選択する必要がある。圧電マイクロブローの複数の開口部から排出され、バルブ内の流路を通過してバルブから吐出される空気の流量及び圧力は、バルブの流路抵抗によってさらに減少してしまうためである。

【0007】

そこで、本発明の目的は、ブローから吐出された気体の流量及び圧力をできるだけ低下させずに、気体を通過させつつ、バルブの構成の一部である第2の板の振動領域や構造共振周波数を、第2の板の板厚や外周径などを変更せずに容易に調整することができる流体

20

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の流体制御装置は、バルブと、振動調整板と、第2の側壁板と、駆動体を備えた振動体と、を備える。流体制御装置は、バルブと、振動調整板と、第2の側壁板と、振動体とが順に積層されている。バルブは、第1通気孔を有する第1の板と、第1の側壁板と、第2の板と、フィルムと、を備える。第2の板は、第1通気孔に通じるバルブ室を第1の板及び第1の側壁板と共に構成し、該バルブ室に通じ第1通気孔とは対向しない第2通気孔を有する。フィルムは、バルブ室の内部に収容され、回転不能かつ上下動自在に保持され、第1通気孔に対向せず第2の通気孔に対向する第3通気孔を有する。第2の板は、第2の板のバルブ室側の主面を正面視して、第1通気孔と重なる補助孔を有する。流体制御装置は、振動調整板と第2の側壁板と振動体とによって構成されているブロー室を備える。振動調整板はブロー室におけるブロー上室を構成する開口部を有し、該開口部と第1通気孔とは対向している。

30

【0009】

そして、第2の板は、第2の板のバルブ室側の主面を正面視して、第1通気孔と重なる補助孔を有する。

【0010】

この構成において、第1通気孔は、例えばブローの吐出孔に接続し、第2通気孔は例えば大気開放される

40

この構成では、ブローが駆動している間、補助孔に対向するフィルムの領域が、第1通気孔からバルブ室への吐出風によって、補助孔側へ変形する。これにより、第1の板とフィルムの当該領域との隙間が大きくなる。すなわち、第2の板が補助孔を有さない場合と比べて、バルブの流路抵抗が小さくなり、気体の流量及び圧力が増大する。

【0011】

したがって、この構成のバルブは、ブローから吐出された気体の流量及び圧力をできるだけ低下させずに、気体を通過させることができる。

【0012】

また、振動調整板は第2の板の外周部付近で剛性を部分的に高めることができる。これにより、第2の板をブロー上室に面する中央部付近のみで振動させ、第2の板の外周部付

50

近でほとんど振動が生じない状態にすることができる。

【 0 0 1 3 】

したがって、この構成の流体制御装置は、第 2 の板の振動が生じる範囲を、振動調整板におけるフロア上室の開口径によって設定することができる。これにより、第 2 の板の振動領域や構造共振周波数を、第 2 の板の板厚や外周径などを変更せずに容易に調整することができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 4 】

本発明は、フロアから吐出された気体の流量及び圧力をできるだけ低下させずに、気体を通過させつつ、バルブの構成の一部である第 2 の板の振動領域や構造共振周波数を、第 2 の板の板厚や外周径などを変更せずに容易に調整することができる。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 5 】

【 図 1 】本発明の第 1 の実施形態に係る流体制御装置 1 1 1 の天面側から見た流体制御装置 1 1 1 の外観斜視図である。

【 図 2 】図 1 に示す流体制御装置 1 1 1 の底面側から見た流体制御装置 1 1 1 の外観斜視図である。

【 図 3 】図 1 に示す流体制御装置 1 1 1 の分解斜視図である。

【 図 4 】図 3 に示す天板 2 1 の中央部の正面図である。

【 図 5 】図 3 に示すフィルム 2 4 の中央部の正面図である。

20

【 図 6 】図 3 に示すフィルム 2 4 及び底板 2 3 の接合体の中央部の正面図である。

【 図 7 】図 3 に示す連通孔 4 3、吐出孔 4 1、及び補助孔 4 9 の拡大正面図である。

【 図 8 】図 1 に示す流体制御装置 1 1 1 の側面断面図である。

【 図 9 】図 1 に示すフロア部 1 3 が駆動している間における、流体制御装置 1 1 1 の空気の流れを示す側面断面図である。

【 図 1 0 】図 9 (B) に示す瞬間における、補助孔 4 9 周辺の空気の流れを示す拡大断面図である。

【 図 1 1 】本発明の第 2 の実施形態に係る流体制御装置 2 1 1 に備えられる天板 2 2 1 の中央部の正面図である。

【 図 1 2 】図 1 1 に示す流体制御装置 2 1 1 に備えられるフロア部 1 3 が駆動している間における、補助孔 2 4 9 周辺の空気の流れを示す拡大断面図である。

30

【 図 1 3 】本発明の第 3 の実施形態に係る流体制御装置 3 1 1 に備えられる天板 3 2 1 の中央部の正面図である。

【 図 1 4 】補助孔 4 9 の直径が異なる複数の流体制御装置 1 1 1 と比較例の流体制御装置とのそれぞれの吐出孔 4 1 から吐出される空気の吐出流量と駆動電圧との関係を示す図である。

【 図 1 5 】補助孔 4 9 の直径が異なる複数の流体制御装置 1 1 1 と比較例の流体制御装置とのそれぞれの吐出孔 4 1 から吐出される空気の吐出圧力と駆動電圧との関係を示す図である。

【 図 1 6 】流体制御装置 2 1 1 と比較例の流体制御装置とのそれぞれの吐出孔 4 1 から吐出される空気の吐出圧力と駆動電圧との関係を示す図である。

40

【 図 1 7 】流体制御装置 2 1 1 と比較例の流体制御装置とのそれぞれの吐出孔 4 1 から吐出される空気の吐出流量と駆動電圧との関係を示す図である。

【 図 1 8 】流体制御装置 1 1 1 に備えられる底板 2 3、圧電素子 3 3、フィルム 2 4 の変位の変化を示す図である。

【 図 1 9 】流体制御装置 3 1 1 に備えられる底板 2 3、圧電素子 3 3、フィルム 2 4 の変位の変化を示す図である。

【 図 2 0 】本発明の他の実施形態に係る流体制御装置 4 1 1 の側面断面図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 6 】

50

第 1 の実施形態

以下、本発明の第 1 の実施形態に係る流体制御装置 1 1 1 について説明する。

【 0 0 1 7 】

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る流体制御装置 1 1 1 の天面側から見た流体制御装置 1 1 1 の外観斜視図である。図 2 は、図 1 に示す流体制御装置 1 1 1 の底面側から見た流体制御装置 1 1 1 の外観斜視図である。図 3 は、図 1 に示す流体制御装置 1 1 1 の分解斜視図である。図 4 は、図 3 に示す天板 2 1 の中央部の正面図である。図 5 は、図 3 に示すフィルム 2 4 の中央部の正面図である。図 6 は、図 3 に示すフィルム 2 4 及び底板 2 3 の接合体の中央部の正面図である。図 7 は、図 3 に示す連通孔 4 3、吐出孔 4 1、及び補助孔 4 9 の拡大正面図である。図 8 は、図 1 に示す S - S 線における断面図である。

10

【 0 0 1 8 】

流体制御装置 1 1 1 は、図 1、図 2 に示すように、バルブ部 1 2 とプロア部 1 3 と制御部 1 4 (図 8 参照) とを備えている。バルブ部 1 2 は、図 1、図 3 に示すように、流体制御装置 1 1 1 の天面側に配置されている。プロア部 1 3 は、図 2、図 3 に示すように、流体制御装置 1 1 1 の底面側に配置されている。バルブ部 1 2 とプロア部 1 3 とは互いに積層した状態で貼付されている。

【 0 0 1 9 】

バルブ部 1 2 は、流体の流れを一方向にする機能を有している。バルブ部 1 2 は、バルブ室 4 0 が内部に設けられた円筒容器状である。バルブ部 1 2 は、図 1、図 3 に示すように、天板 2 1 と、側壁板 2 2 と、底板 2 3 と、フィルム 2 4 とを備えている。

20

【 0 0 2 0 】

なお、底板 2 3 は、本発明の第 1 の板の一例に相当する。天板 2 1 は、本発明の第 2 の板の一例に相当する。また、底板 2 3 は、本発明の振動体の一例に相当する。

【 0 0 2 1 】

天板 2 1 と、側壁板 2 2 と、底板 2 3 とは、金属で構成されている。天板 2 1 と、側壁板 2 2 と、底板 2 3 とは、例えばステンレススチール (S U S) で構成される。フィルム 2 4 は、樹脂で構成されている。フィルム 2 4 は、例えば半透明なポリイミドで構成される。

【 0 0 2 2 】

天板 2 1 は、バルブ部 1 2 の天面側に配置されている。側壁板 2 2 は、天板 2 1 と底板 2 3 との間に配置されている。底板 2 3 は、バルブ部 1 2 の底面側に配置されている。天板 2 1 と側壁板 2 2 と底板 2 3 とは互いに積層した状態で貼付されている。フィルム 2 4 は、バルブ部 1 2 の内部空間、即ちバルブ室 4 0 に収容されている。

30

【 0 0 2 3 】

天板 2 1 は、天面側から見て円板状である。側壁板 2 2 は、天面側から見て円環状である。底板 2 3 は、天面側から見て円板状である。天板 2 1 と側壁板 2 2 と底板 2 3 の外周径は、互いに一致している。

【 0 0 2 4 】

バルブ室 4 0 は、側壁板 2 2 の中央に所定の開口径で設けられている。フィルム 2 4 は、天面側から見て概略円板状である。フィルム 2 4 は、側壁板 2 2 の厚みよりも薄い厚みに設定されている。

40

【 0 0 2 5 】

本実施形態では、側壁板 2 2 の厚み (バルブ室 4 0 の高さ) は、 $40\ \mu\text{m}$ 以上 $50\ \mu\text{m}$ 以下であり、フィルム 2 4 の厚みは、 $5\ \mu\text{m}$ 以上 $10\ \mu\text{m}$ 以下に設定されている。また、フィルム 2 4 は、プロア部 1 3 からの吐出風によってバルブ室 4 0 の内部で上下動自在に可動するよう、極めて軽い質量に設定されている。

【 0 0 2 6 】

フィルム 2 4 の外周径は、側壁板 2 2 におけるバルブ室 4 0 の開口径とほとんど一致しており、若干の隙間が空くように微小に小さく設定されている。そして、フィルム 2 4 の外周の一部には、突起部 2 5 を設けている (図 3 参照)。

50

【 0 0 2 7 】

また、側壁板 2 2 の内周の一部には、突起部 2 5 が微小な隙間を空けた状態で嵌り込む切欠部 2 6 を設けている（図 3 参照）。このため、フィルム 2 4 はバルブ室 4 0 の内部で、回転不能かつ上下動自在に保持される。

【 0 0 2 8 】

天板 2 1 の中央には、所定配列で並べられた複数の吐出孔 4 1 及び複数の補助孔 4 9 が設けられている。また、底板 2 3 の中央には、所定配列で並べられた複数の連通孔 4 3 が設けられている。また、フィルム 2 4 の中央には、所定配列で並べられた複数のフィルム孔 4 2 が設けられている。したがって、バルブ室 4 0 は、吐出孔 4 1 を介して外部に通じるとともに、連通孔 4 3 を介してプロア室 4 5 に通じる。

10

【 0 0 2 9 】

ここで、複数の吐出孔 4 1 と複数の連通孔 4 3 とは、互いに対向しないように配列されている。複数の補助孔 4 9 と複数の連通孔 4 3 とは、互いに対向するように配列されている。各補助孔 4 9 は、天板 2 1 のバルブ室 4 0 側の主面を正面視して、各連通孔 4 3 と重なる。また、各補助孔 4 9 の中心軸と各連通孔 4 3 の中心軸とは一致している。

【 0 0 3 0 】

さらに、複数のフィルム孔 4 2 と複数の吐出孔 4 1 とは、互いに対向するように配列されている。複数のフィルム孔 4 2 と複数の補助孔 4 9 とは、互いに対向しないように配列されている。複数のフィルム孔 4 2 と複数の連通孔 4 3 とは、互いに対向しないように配列されている。

20

【 0 0 3 1 】

なお、連通孔 4 3 は、本発明の第 1 通気孔の一例に相当する。吐出孔 4 1 は、本発明の第 2 通気孔の一例に相当する。フィルム孔 4 2 は、本発明の第 3 通気孔の一例に相当する。

【 0 0 3 2 】

なお、補助孔 4 9 の直径は、連通孔 4 3 の直径以上であることが好ましい。詳述すると、図 7 に示すように、連通孔 4 3 の半径を r_h 、補助孔 4 9 の半径を R_s 、補助孔 4 9 を挟む 2 つの吐出孔 4 1 のそれぞれの半径を r_1 、 r_2 、補助孔 4 9 を挟む 2 つの吐出孔 4 1 の中心点間の距離を a としたとき、 $\{ a - (r_1 + r_2) \} / 2 > R_s - r_h$ の関係を満たすことが好ましい。

30

【 0 0 3 3 】

プロア部 1 3 は、圧電素子 3 3 への電圧印加により屈曲変形するダイヤフラム 3 6 を用いたポンプの一種である。プロア部 1 3 は、図 2、図 3 に示すように、プロア室 4 5 が内部に設けられた円筒容器状である。

【 0 0 3 4 】

プロア部 1 3 は、振動調整板 5 4 と、側壁板 3 1 と、底板 3 2 と、圧電素子 3 3 と、を備えている。振動調整板 5 4 と、側壁板 3 1 と、底板 3 2 とは、金属で構成されている。振動調整板 5 4 と、側壁板 3 1 と、底板 3 2 とは、例えばステンレススチールで構成される。

【 0 0 3 5 】

なお、圧電素子 3 3 は、本発明の駆動体の一例に相当する。

40

【 0 0 3 6 】

側壁板 3 1 は、底板 2 3 と底板 3 2 との間に配置されている。底板 3 2 は、側壁板 3 1 と圧電素子 3 3 との間に配置されている。圧電素子 3 3 は、プロア部 1 3 の底面側に配置されている。側壁板 3 1 は、底板 2 3 の底面に積層した状態で貼付されている。また、側壁板 3 1 と底板 3 2 と圧電素子 3 3 とは互いに積層した状態で貼付されている。

【 0 0 3 7 】

振動調整板 5 4 は、底板 2 3 の振動領域の調整のために設けている。具体的には、振動調整板 5 4 は、底板 2 3 と側壁板 3 1 との間に配置した状態で貼付されている。振動調整板 5 4 は、天面側から見て円環状である。

50

【 0 0 3 8 】

振動調整板 5 4 の中央には、フロア上室 5 5 が所定の開口径で設けられている。フロア上室 5 5 は、フロア下室 4 8 よりも開口径が小さい。フロア上室 5 5 及びフロア下室 4 8 は、フロア室 4 5 を構成する。また、振動調整板 5 4 と側壁板 3 1 とは、互いの外周径が互いに一致している。

【 0 0 3 9 】

なお、この振動調整板 5 4 が底板 2 3 に設けられることにより、底板 2 3 の外周部付近で剛性を部分的に高めることができる。これにより、底板 2 3 をフロア上室 5 5 に面する中央部付近のみで振動させ、底板 2 3 の外周部付近でほとんど振動が生じない状態にすることができる。

10

【 0 0 4 0 】

したがって、底板 2 3 の振動が生じる範囲を、振動調整板 5 4 におけるフロア上室 5 5 の開口径によって設定することができる。これにより、底板 2 3 の振動領域や構造共振周波数を、底板 2 3 の板厚や外周径などを変更せずに容易に調整することができる。

【 0 0 4 1 】

なお、流体振動やフィルム 2 4 の振動には、底板 2 3 の中央部付近の振動が主体的に寄与するため、底板 2 3 の外周部付近が振動しなくても、バルブ部 1 2 の応答性の向上や吐出流量の増大といった効果は十分に得ることができる。

【 0 0 4 2 】

側壁板 3 1 は、天面側から視て円環状である。には、側壁板 3 1 の中央には、フロア下室 4 8 が所定の開口径で設けられている。底板 3 2 は、外周部 3 4 を備えている。外周部 3 4 は、天面側から視て円環状であり、天面側から視た主面中央付近に所定の開口径で開口が設けられている。

20

【 0 0 4 3 】

側壁板 3 1 および底板 3 2 の外周部 3 4 は、互いの外周径および開口径が互いに一致しており、互いに積層した状態で貼付されている。側壁板 3 1 および底板 3 2 の外周径は、バルブ部 1 2 の外周径よりも一定寸法だけ小さく設定している。

【 0 0 4 4 】

また、底板 3 2 は、外周部 3 4 とともに、複数の梁部 3 5 と、ダイヤフラム 3 6 と、を備えている。ダイヤフラム 3 6 は、天面側から視て円板状であり、外周部 3 4 の開口内に、外周部 3 4 との間に隙間を空けた状態で配置されている。複数の梁部 3 5 は、外周部 3 4 とダイヤフラム 3 6 との間の隙間に設けられ、底板 3 2 の周方向に沿って延び、ダイヤフラム 3 6 と外周部 3 4 との間を連結している。

30

【 0 0 4 5 】

したがって、ダイヤフラム 3 6 は、梁部 3 5 を介して中空に支持されており、厚み方向に上下動自在となっている。外周部 3 4 とダイヤフラム 3 6 との間の隙間部分は吸入孔 4 6 として設けられている。

【 0 0 4 6 】

圧電素子 3 3 は、天面側から視てダイヤフラム 3 6 よりも半径が小さい円板状である。圧電素子 3 3 は、ダイヤフラム 3 6 の底面に貼り付けられている。圧電素子 3 3 は、例えばチタン酸ジルコン酸鉛系セラミックスから構成されている。

40

【 0 0 4 7 】

圧電素子 3 3 の両主面には、図示していない電極が形成されており、この電極を介して制御部 1 4 から駆動電圧が印加される。圧電素子 3 3 は、印加される駆動電圧に応じて面方向に伸縮する圧電性を有している。

【 0 0 4 8 】

したがって、圧電素子 3 3 に駆動電圧が印加されると、圧電素子 3 3 が面方向に伸縮し、ダイヤフラム 3 6 には同心円状の屈曲振動が生じる。この屈曲振動によって、ダイヤフラム 3 6 を弾性支持する梁部 3 5 にも振動が生じ、これによりダイヤフラム 3 6 が上下に変位するように振動する。このように圧電素子 3 3 とダイヤフラム 3 6 とは、圧電アクチ

50

ューエータ 37 を構成し、一体的に振動する。

【 0 0 4 9 】

制御部 14 は、例えばマイクロコンピュータで構成される。制御部 14 は、本実施形態において、圧電素子 33 の駆動周波数をプロア室 45 の共振周波数に調整する。プロア室 45 の共振周波数とは、プロア室 45 の中心部で発生した圧力振動と、その圧力振動が外周部側に伝搬して反射し、再びプロア室 45 の中心部に到達する圧力振動とが、共振する周波数のことである。

【 0 0 5 0 】

このように調整すると、平面方向の中心部付近が屈曲振動の腹となり、平面方向の外周部付近が屈曲振動の節となる。すなわち、プロア室 45 において、平面方向に定在波状の圧力分布が生じることになる。

10

【 0 0 5 1 】

これにより、プロア室 45 の平面方向の中心部に対向して設けられている連通路 43 の近傍では、流体の圧力変動が大きくなり、プロア室 45 の平面方向の外周部に対向して設けられている吸入孔 46 の近傍では、流体の圧力変動がほとんどなくなる。

【 0 0 5 2 】

したがって、吸入孔 46 をプロア室 45 の平面方向の外周部に連通させておけば、吸入孔 46 に弁などを設けなくても、吸入孔 46 を介した圧力損失がほとんど生じなくなる。したがって、吸入孔 46 を任意の形状やサイズとすることができ、流体の流量を大きく稼ぐことなどが可能になる。

20

【 0 0 5 3 】

次に、プロア部 13 が駆動している間における、流体制御装置 111 の空気の流れを説明する。

【 0 0 5 4 】

図 9 は、図 1 に示すプロア部 13 が駆動している間における、流体制御装置 111 の空気の流れを示す側面断面図である。図 10 は、図 9 (B) に示す瞬間における、補助孔 49 周辺の空気の流れを示す拡大断面図である。図 10 は、図 1 に示す T - T 線の断面図である。図 9、図 10 に示す矢印は、空気の流れを示している。

【 0 0 5 5 】

図 8 に示す状態において、制御部 14 が交流の駆動電圧を圧電素子 33 の両主面の電極に印加すると、圧電素子 33 は伸縮し、ダイヤフラム 36 を同心円状に屈曲振動させる。これにより、図 9 (A) (B) に示すように、圧電アクチュエータ 37 が屈曲変形してプロア室 45 の体積が周期的に変化する。

30

【 0 0 5 6 】

図 9 (A) に示すように、ダイヤフラム 36 が底面側に屈曲する際には、プロア室 45 の圧力が減少し、バルブ室 40 においてフィルム 24 は底板 23 側に引き寄せられて底板 23 に接触する。これにより、連通路 43 が塞がり、バルブ室 40 から連通路 43 への空気の流れが阻止される。そして、プロア室 45 には吸入孔 46 を介して外部の空気が吸入される。

【 0 0 5 7 】

また、図 9 (B) に示すように、ダイヤフラム 36 が天面側に屈曲する際には、プロア室 45 の圧力が増加し、連通路 43 からバルブ室 40 に向けて吐出風が生じる。この吐出風により、フィルム 24 が天面側に押されて天板 21 に接触する。これにより、連通路 43 が開くため、空気の流れが阻止されず、連通路 43 からバルブ室 40 へ空気が流れる。そして、バルブ室 40 の空気が、バルブ部 12 の吐出孔 41 から外部へ吐出される。

40

【 0 0 5 8 】

さらに、バルブ部 12 では、圧電アクチュエータ 37 の振動がプロア部 13 から直接伝搬することや、空気を介して間接的に伝わることによって天板 21 に振動が生じる。

【 0 0 5 9 】

これにより、天板 21 も厚み方向に上下動するように弾性変形する。図 9 (B) に示す

50

ように、圧電アクチュエータ 37 が天面側に屈曲してプロア室 45 の空気を連通孔 43 からバルブ室 40 に吐出する際に、天板 21 は圧電アクチュエータ 37 と同様に天面側に屈曲する。これにより、バルブ室 40 の体積が増加する。

【0060】

一方、図 9 (A) に示すように、圧電アクチュエータ 37 が底面側に屈曲する際には、図 9 (B) に示した状態からの反作用で天板 21 は底面側に屈曲する。これにより、バルブ室 40 の体積が減少する。

【0061】

したがって、バルブ室 40 においてフィルム 24 が底面側に引き寄せられる際の移動距離および移動時間が短縮されたものになる。これにより、フィルム 24 が空気圧の変動に追従することが可能になり、バルブ部 12 が応答性の高いものになる。

10

【0062】

なお、圧電アクチュエータ 37 の振動がプロア部 13 から直接伝搬することや、空気を介して間接的に伝わることによって、底板 23 を振動させることもある。

【0063】

ここで、プロア部 13 が駆動している間、図 9 (B) に示す瞬間には、図 10 に示すように、補助孔 49 に対向するフィルム 24 の領域が、連通孔 43 からバルブ室 40 への吐出風によって、補助孔 49 側へ変形する。これにより、底板 23 とフィルム 24 との隙間 h_1 が大きくなる。すなわち、天板 21 が補助孔 49 を有さない場合と比べて、バルブ部 12 の流路抵抗が小さくなり、空気の流量及び圧力が増大する。

20

【0064】

したがって、流体制御装置 111 及びバルブ部 12 は、プロア部 13 から吐出された空気の流量及び圧力をできるだけ低下させずに、空気を通過させることができる。

【0065】

また、バルブ部 12 では、各補助孔 49 の中心軸と各連通孔 43 の中心軸とは一致している。そのため、中心軸が一致していない場合に比べて、天板 21 のバルブ室 40 側の主面を正面視して、補助孔 49 と連通孔 43 とが重なる面積が増える。そのため、バルブ部 12 では、バルブ部 12 の流路抵抗が小さくなり、空気の流量及び圧力が増大する。

【0066】

さらに、バルブ部 12 では、補助孔 49 の直径は、連通孔 43 の直径以上である。

30

【0067】

そのため、プロア部 13 が駆動している間、補助孔 49 に対向するフィルム 24 の領域が、連通孔 43 からバルブ室 40 への吐出風によって、補助孔 49 側へ変形する。そのため、バルブ部 12 は、バルブ部 12 の流路抵抗を最大限小さくすることができる。

【0068】

また、図 3 ~ 図 7 に示すように、補助孔 49 の直径が連通孔 43 の直径以上であるため、製造時、製造者は、天板 21 の補助孔 49 から、フィルム 24 の加工不良や製造工程時に生じた損傷、汚れなどを目視で容易に検出できる。

【0069】

また、補助孔 49 の直径が連通孔 43 の直径以上であり、フィルム 24 が半透明であるため、製造時、製造者は、天板 21 の補助孔 49 を見ながら、天板 21、フィルム 24、及び底板 23 の位置合わせができる。すなわち、組立て時、製造者は、連通孔 43、吐出孔 41、フィルム孔 42、及び補助孔 49 がズレることを容易に防止できる。したがって、製造者は、流体制御装置 111 を容易に組み立てることができる。

40

【0070】

第 2 の実施形態

次に、本発明の第 2 の実施形態に係る流体制御装置 211 について説明する。

【0071】

図 11 は、本発明の第 2 の実施形態に係る流体制御装置 211 に備えられる天板 221 の中央部の正面図である。図 12 は、図 11 に示す流体制御装置 211 に備えられるプロ

50

ア部 1 3 が駆動している間における、補助孔 2 4 9 周辺の空気の流れを示す拡大断面図である。図 1 2 に示す矢印は、空気の流れを示している。

【 0 0 7 2 】

流体制御装置 2 1 1 が流体制御装置 1 1 1 と相違する点は、天板 2 2 1 が、各補助孔 2 4 9 の間を区切る棧部 2 4 8 を有する点である。その他の点については同じであるため、説明を省略する。

【 0 0 7 3 】

この構成においても、プロア部 1 3 が駆動している間、図 1 2 に示すように、補助孔 4 9 に対向するフィルム 2 4 の領域が、連通孔 4 3 からバルブ室 4 0 への吐出風によって、補助孔 2 4 9 側へ変形する。これにより、底板 2 3 とフィルム 2 4 との隙間 h_2 が大きくなる。すなわち、天板 2 2 1 が補助孔 2 4 9 を有さない場合と比べて、バルブ部 2 1 2 の流路抵抗が小さくなり、空気の流量及び圧力が増大する。

10

【 0 0 7 4 】

したがって、流体制御装置 2 1 1 及びバルブ部 2 1 2 は、プロア部 1 3 から吐出された空気の流量及び圧力をできるだけ低下させずに、空気を通過させることができる。

【 0 0 7 5 】

また、前述の流体制御装置 1 1 1 において、連通孔 4 3 からバルブ室 4 0 への吐出風が急激に大きくなった場合など、フィルム 2 4 が補助孔 4 9 側へ大きく変形し、破損するおそれもある（図 1 0 参照）。

【 0 0 7 6 】

20

この構成では、各補助孔 2 4 9 の間に棧部 2 4 8 があるため、図 1 2 に示すようにフィルム 2 4 が棧部 2 4 8 に接触する。そのため、棧部 2 4 8 は、フィルム 2 4 の変形を抑制し、フィルム 2 4 が破損することを防止できる。これにより、バルブ部 2 1 2 及び流体制御装置 2 1 1 の耐久性が向上する。

【 0 0 7 7 】

第 3 の実施形態

次に、本発明の第 3 の実施形態に係る流体制御装置 3 1 1 について説明する。

【 0 0 7 8 】

図 1 3 は、本発明の第 3 の実施形態に係る流体制御装置 3 1 1 のバルブ部 3 1 2 に備えられる天板 3 2 1 の中央部の正面図である。流体制御装置 3 1 1 が流体制御装置 1 1 1 と相違する点は、補助孔 3 4 9 の直径が連通孔 4 3 の直径より短い点である。その他の点については同じであるため、説明を省略する。

30

【 0 0 7 9 】

この構成においても、プロア部 1 3 が駆動している間、補助孔 4 9 に対向するフィルム 2 4 の領域が、連通孔 4 3 からバルブ室 4 0 への吐出風によって、補助孔 3 4 9 側へ変形する。これにより、底板 2 3 とフィルム 2 4 との隙間が大きくなる。すなわち、天板 3 2 1 が補助孔 3 4 9 を有さない場合と比べて、流路抵抗が小さくなり、空気の流量及び圧力が増大する。

【 0 0 8 0 】

したがって、流体制御装置 3 1 1 及びバルブ部 3 1 2 は、プロア部 1 3 から吐出された空気の流量及び圧力をできるだけ低下させずに、空気を通過させることができる。

40

【 0 0 8 1 】

実験 1

次に、プロア部 1 3 が駆動している間における、流体制御装置 1 1 1 の吐出性能と比較例の流体制御装置の吐出性能とを比較する。比較例の流体制御装置が流体制御装置 1 1 1 と相違する点は、天板 2 1 が補助孔 4 9 を有さない点である。その他の構成に関しては同じであるため、説明を省略する。

【 0 0 8 2 】

図 1 4 は、補助孔 4 9 の直径が異なる 3 つの流体制御装置 1 1 1 と比較例の流体制御装置とのそれぞれの吐出孔 4 1 から吐出される空気の吐出流量と駆動電圧との関係を示す図

50

である。図15は、補助孔49の直径が異なる3つの流体制御装置111と比較例の流体制御装置とのそれぞれの吐出孔41から吐出される空気の吐出圧力と駆動電圧との関係を示す図である。

【0083】

図14、図15は、補助孔49の直径が異なる3つの流体制御装置111と比較例の流体制御装置とを用意し、それぞれの圧電素子33に所定周波数（例えば17kHz）の駆動電圧を印加し、吐出孔41から吐出される空気の吐出流量および吐出圧力を測定した実験結果を示している。

【0084】

なお、実験において、3つの流体制御装置111に関して補助孔49の直径はそれぞれ、0.4 μ m、0.8 μ m、1.0 μ mである。また、3つの流体制御装置111と比較例の流体制御装置とに関して連通孔43の直径は、0.8 μ mである。

【0085】

実験により、流体制御装置111の吐出流量および吐出圧力は図14、図15に示すように、比較例の流体制御装置の吐出流量および吐出圧力に比べて増大することが明らかとなった。

【0086】

以上の結果になった理由は、連通孔43と重なる補助孔49によって、バルブ部12の流路抵抗が小さくなるためであると考えられる。

【0087】

したがって、流体制御装置111及びバルブ部12は、プロア部13から吐出された空気の流量及び圧力をできるだけ低下させずに、空気を通過させることができる。

【0088】

また、実験により、吐出流量は、図14に示すように、連通孔43と重なる補助孔49の面積が大きくなるにつれて、増大していくことが明らかとなった。特に、補助孔49の直径が連通孔43の直径より長いとき、吐出流量が高いことが明らかとなった。

【0089】

一方、実験により、吐出圧力は、図15に示すように、連通孔43と重なる補助孔49の面積が大きくなるにつれて、減少していくことが明らかとなった。特に、補助孔49の直径が連通孔43の直径より短いとき、吐出圧力が高いことが明らかとなった。

【0090】

したがって、本実施形態のバルブ部12は、補助孔49の面積を調整することで、駆動電圧の値を上げることなく（消費電力を高めることなく）、吐出圧力または吐出流量の値をさらに増大できる。

【0091】

実験2

次に、プロア部13が駆動している間における、流体制御装置211の吐出性能と補助孔を有さない比較例の流体制御装置の吐出性能とを比較する。

【0092】

図16は、流体制御装置211と比較例の流体制御装置とのそれぞれの吐出孔41から吐出される空気の吐出圧力と駆動電圧との関係を示す図である。図17は、流体制御装置211と比較例の流体制御装置とのそれぞれの吐出孔41から吐出される空気の吐出流量と駆動電圧との関係を示す図である。

【0093】

図16、図17は、流体制御装置211と比較例の流体制御装置とのそれぞれの圧電素子33に、所定周波数（例えば17kHz）の駆動電圧を印加し、吐出孔41から吐出される空気の吐出流量および吐出圧力を測定した実験結果を示している。

【0094】

なお、実験において、流体制御装置211の各補助孔249の直径は、0.2 μ mである。流体制御装置211と比較例の流体制御装置との連通孔43の直径は、0.8 μ mで

10

20

30

40

50

ある。

【0095】

実験により、流体制御装置211の吐出流量および吐出圧力は図16、図17に示すように、比較例の流体制御装置の吐出流量および吐出圧力に比べて増大することが明らかとなった。

【0096】

以上の結果になった理由は、連通孔43と重なる補助孔249によって、バルブ部212の流路抵抗が小さくなるためであると考えられる。

【0097】

したがって、流体制御装置211及びバルブ部212は、プロア部13から吐出された空気の流量及び圧力をできるだけ低下させずに、空気を通過させることができる。

10

【0098】

さらに、棧部248は図11、図12に示すように、フィルム24の変形を抑制し、フィルム24が破損することを防止できる。これにより、バルブ部212及び流体制御装置211は、耐久性を向上できる。

【0099】

次に、プロア部13が駆動している間における、流体制御装置111のフィルム24の変位と流体制御装置311のフィルム24の変位とを比較する。

【0100】

図18は、流体制御装置111に備えられる底板23、圧電素子33、フィルム24の変位の変化を示す図である。図19は、流体制御装置311に備えられる底板23、圧電素子33、フィルム24の変位の変化を示す図である。

20

【0101】

なお、図18、図19では、底板23、圧電素子33、及びフィルム24の変位をレーザドップラ振動計を用いて測定した。レーザドップラ振動計は、補助孔49、349からフィルム24のバルブ室40側の主面にレーザ光を照射することで、フィルム24の変位を測定できる。レーザドップラ振動計は、吐出孔41から底板23のバルブ室40側の主面にレーザ光を照射することで、底板23の変位を測定できる。レーザドップラ振動計は、圧電素子33のプロア室45とは逆側の主面にレーザ光を照射することで、圧電素子33の変位を測定できる。

30

【0102】

実験により、流体制御装置111では、図18に示すように、補助孔49に対向するフィルム29の領域が、連通孔43からバルブ室40への吐出風によって、補助孔49側へ大きく変形することが明らかとなった。

【0103】

これに対して、流体制御装置311では、図19に示すように、補助孔349に対向するフィルム24の領域が、連通孔43からバルブ室40への吐出風によって、補助孔349側へ小さく変形することが明らかとなった。

【0104】

以上より、連通孔43の直径未満の直径を有する補助孔349より、連通孔43の直径以上の直径を有する補助孔49の方が変形量に優れていることが明らかとなった。すなわち、補助孔349を有するバルブ部312の流路抵抗より、補助孔49を有するバルブ部12の流路抵抗の方が低いことが明らかとなった。

40

【0105】

したがって、補助孔49は、連通孔43の直径以上の直径を有することが好ましいと考えられる。

【0106】

その他の実施形態

なお、前述の実施形態では、流体制御装置111、211、311は、プロア部13を備えているが、これに限るものではない。実施の際、流体制御装置111、211、31

50

1 は、異なるプロア部を備えていてもよい。

【0107】

例えば、図20に示すように、流体制御装置411は、前述のバルブ部12と、前述の制御部14と、プロア部413と、を備えていてもよい。プロア部413は、振動調整板454と、側壁板431と、振動体450と、圧電素子433と、を備えている。

【0108】

なお、振動調整板454が、図3、図8で示した振動調整板54と相違する点は、面方向の大きさである。その他の点は同じであるため、説明を省略する。

【0109】

また、側壁板431が、図3、図8で示した側壁板31と相違する点は、面方向の大きさである。その他の点は同じであるため、説明を省略する。

10

【0110】

また、圧電素子433が、図3、図8で示した圧電素子33と相違する点は、面方向の大きさである。その他の点は同じであるため、説明を省略する。

【0111】

振動体450は、底板432と、補強板436と、拘束板460と、を有する。底板432は、円板形状であり、例えばステンレススチールで構成されている。また、底板432には吸入孔46が設けられている。

【0112】

振動体450は、振動体450の屈曲振動により形成されるプロア室445の圧力振動の節のうち、最も外側の圧力振動の節Fから、プロア室445の外周までの範囲に接する外周領域451と、外周領域451より内側に位置する中央領域452と、を有する。外周領域451は、外周領域451の屈曲振動を拘束する領域である。

20

【0113】

底板432の圧電素子433側の主面には、外周領域451の屈曲振動を拘束する拘束板460が接合されている。これにより、外周領域451の厚みは、中央領域452の厚みより厚くなっている。そのため、外周領域451の剛性は、中央領域452の剛性より高い。拘束板460は、円環形状であり、例えばステンレススチールで構成されている。

【0114】

補強板436は、円板形状であり、例えばステンレススチールで構成されている。補強板436は、底板432のプロア室445とは逆側の主面に接合されている。補強板436は、圧電素子433の屈曲によって圧電素子433が破損することを防止する。

30

【0115】

以上の構成において流体制御装置411は、図9(A)(B)に示す流体制御装置111と同様に、駆動時、振動体450の屈曲振動により、吸入孔46から空気を吸入し、連通孔43からバルブ室40へ吐出する。

【0116】

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。当該流体が、空気以外の気体にも適用できる。

【0117】

また、前記実施形態では、バルブ部やプロア部を構成する各板はSUSから構成されているが、これに限るものではない。例えば、アルミニウム、チタン、マグネシウム、銅などの他の材料から構成してもよい。

40

【0118】

また、前記実施形態ではプロアの駆動源として圧電素子を設けたが、これに限るものではない。例えば、電磁駆動でポンピング動作を行うプロアとして構成されていても構わない。

【0119】

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されているが、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

50

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。

【 0 1 2 0 】

最後に、前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、前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。

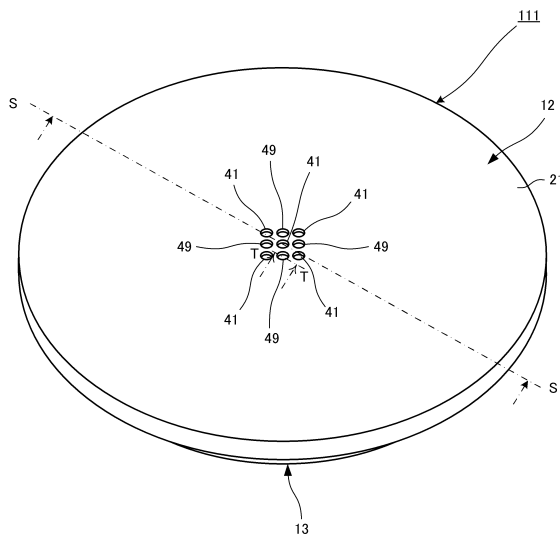
【符号の説明】

【 0 1 2 1 】

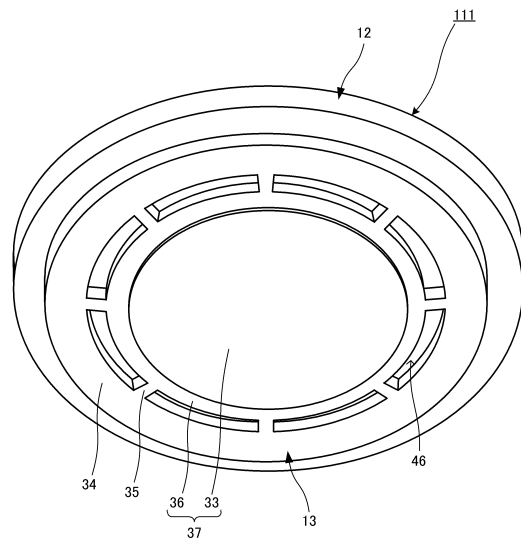
1 2 ...バルブ部	10
1 3 ...フロア部	
1 4 ...制御部	
2 1 ...天板	
2 2 ...側壁板	
2 3 ...底板	
2 4 ...フィルム	
2 5 ...突起部	
2 6 ...切欠部	
3 1 ...側壁板	
3 2 ...底板	20
3 3 ...圧電素子	
3 4 ...外周部	
3 5 ...梁部	
3 6 ...ダイヤフラム	
3 7 ...圧電アクチュエータ	
4 0 ...バルブ室	
4 1 ...吐出孔	
4 2 ...フィルム孔	
4 3 ...連通孔	
4 5 ...フロア室	30
4 6 ...吸入孔	
4 8 ...フロア下室	
4 9 ...補助孔	
5 4 ...振動調整板	
5 5 ...フロア上室	
1 1 1、2 1 1 ...流体制御装置	
2 1 2 ...バルブ部	
2 2 1 ...天板	
2 4 8 ...棧部	
2 4 9 ...補助孔	40
3 1 1 ...流体制御装置	
3 1 2 ...バルブ部	
3 2 1 ...天板	
3 4 9 ...補助孔	
4 1 1 ...流体制御装置	
4 1 3 ...フロア部	
4 3 1 ...側壁板	
4 3 2 ...底板	
4 3 3 ...圧電素子	
4 3 6 ...補強板	50

- 4 4 5 ... プロア室
- 4 5 0 ... 振動体
- 4 5 1 ... 外周領域
- 4 5 2 ... 中央領域
- 4 5 4 ... 振動調整板
- 4 6 0 ... 拘束板

【図1】
図1

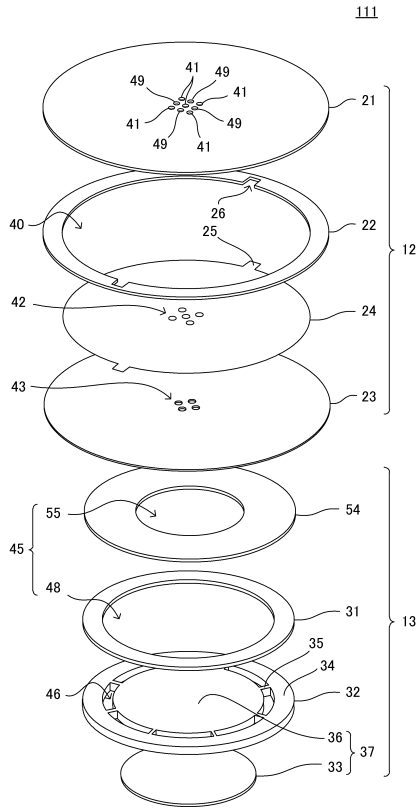


【図2】
図2



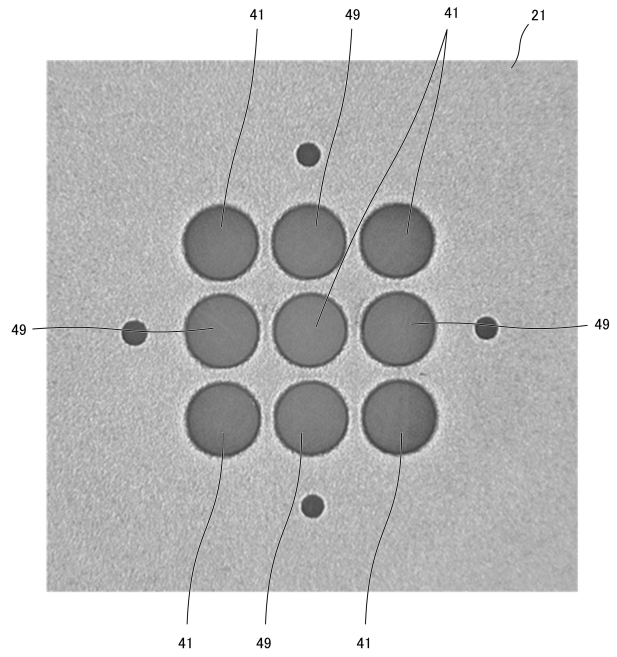
【 図 3 】

図3



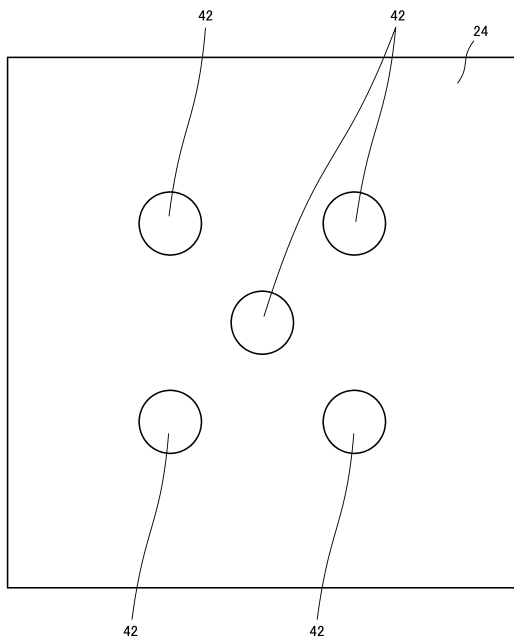
【 図 4 】

図4



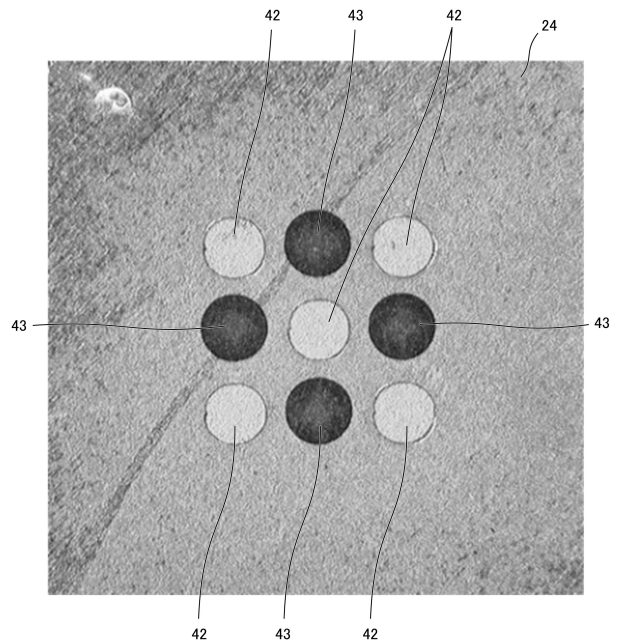
【 図 5 】

図5



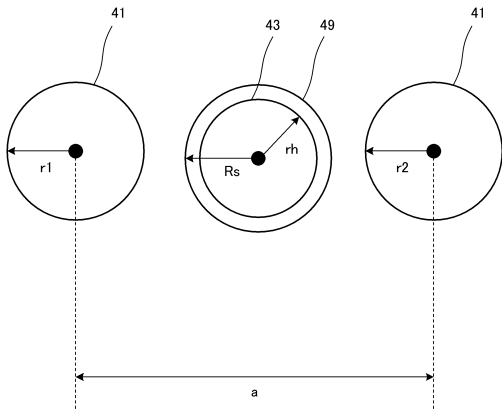
【 図 6 】

図6



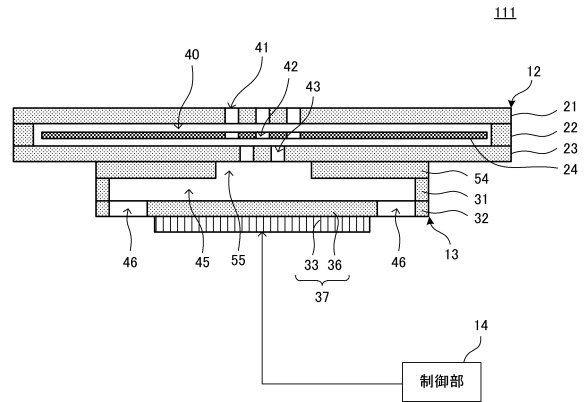
【図7】

図7



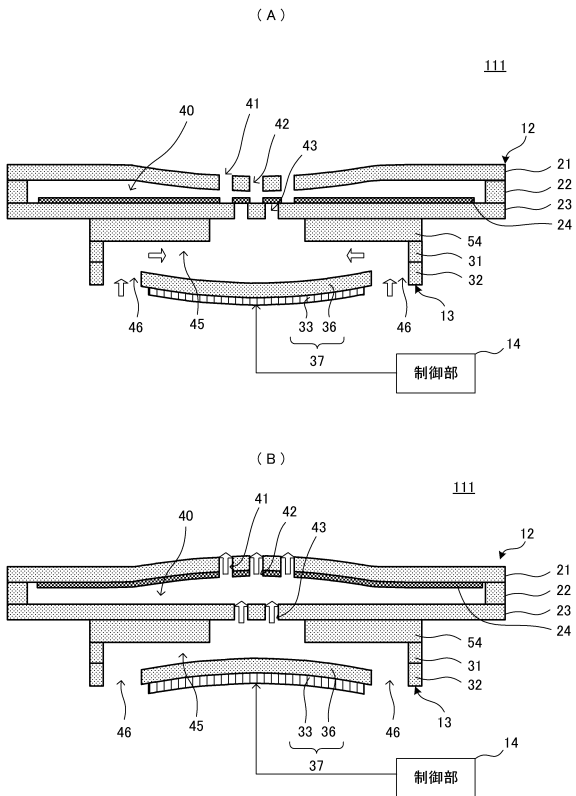
【図8】

図8



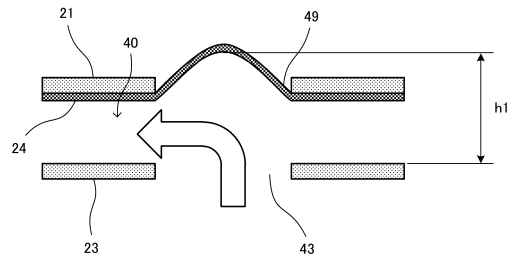
【図9】

図9



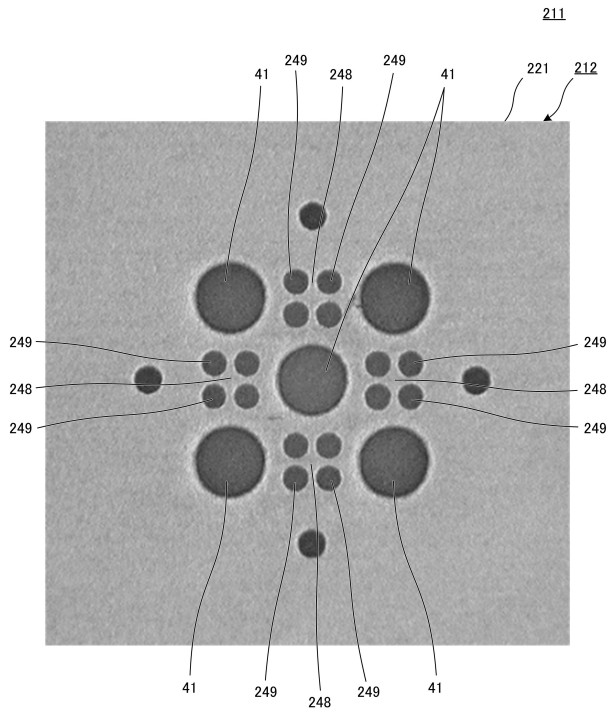
【図10】

図10



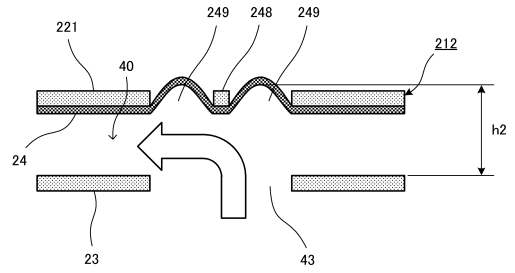
【図 1 1】

図11



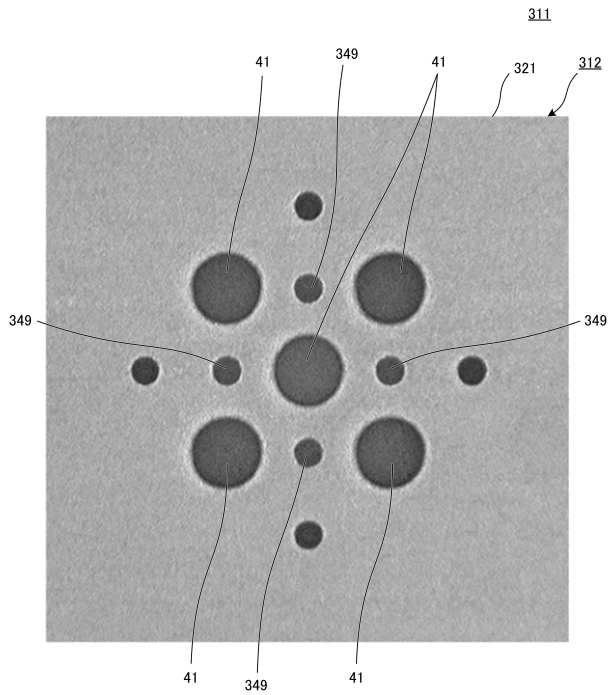
【図 1 2】

図12



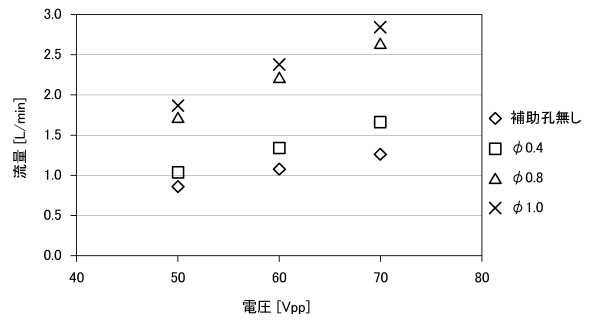
【図 1 3】

図13



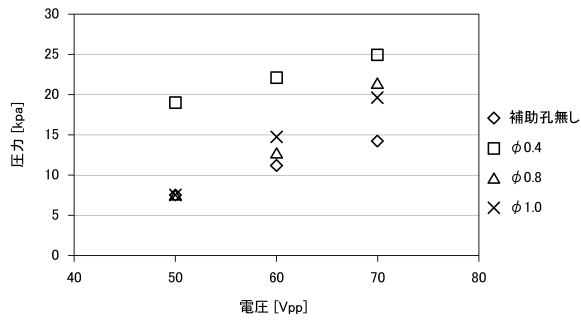
【図 1 4】

図14



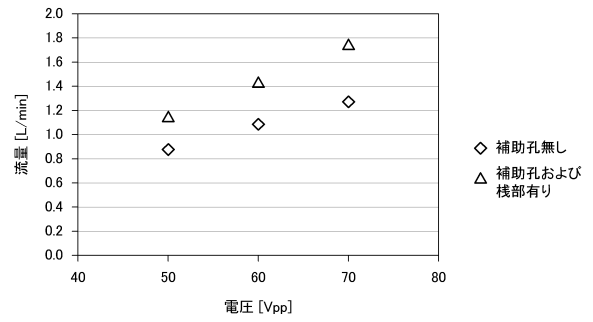
【図15】

図15



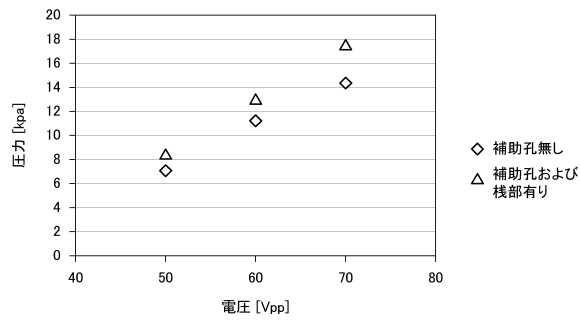
【図16】

図16



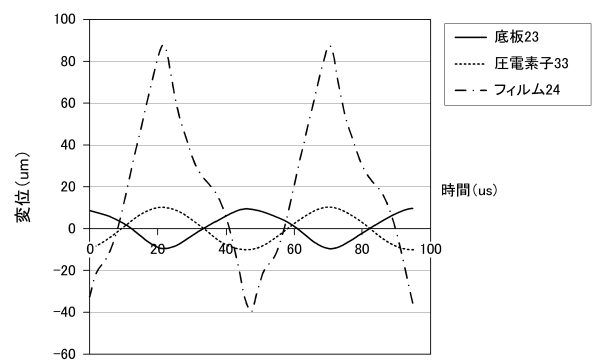
【図17】

図17



【図18】

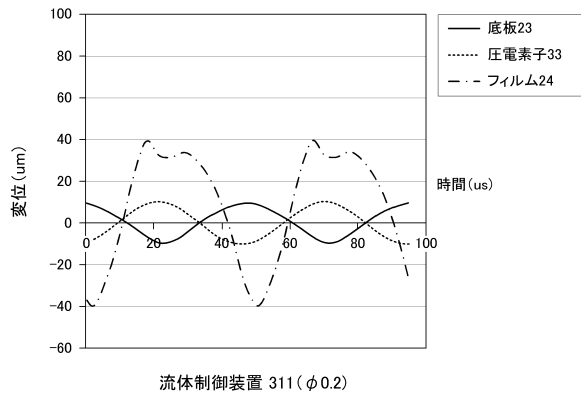
図18



流体制御装置 111 (φ0.6)

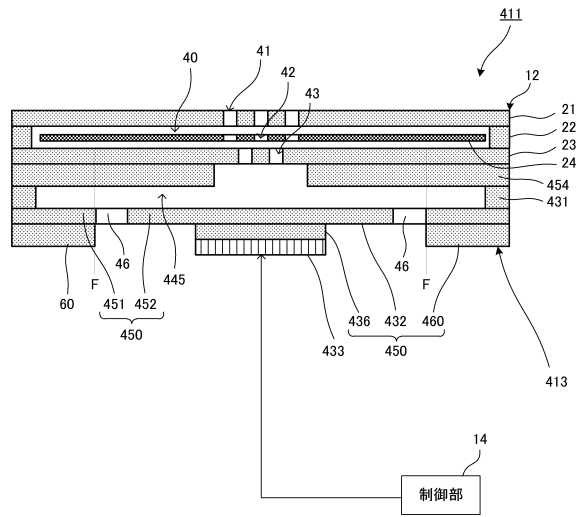
【図19】

図19



【図20】

図20



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 1 6 K 31/02 (2006.01) F 1 6 K 31/02 A

審査官 所村 陽一

(56)参考文献 国際公開第2009/148008(WO, A1)
特表2012-528981(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F 0 4 B 4 5 / 0 4 7
F 1 6 K 7 / 1 2
F 1 6 K 7 / 1 4
F 1 6 K 3 1 / 0 2
F 1 6 K 3 1 / 1 2 6
F 1 6 K 3 1 / 4 2