(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016 年 11 月 17 日(17.11.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/181833 A1

(51) 国際特許分類:
F04B 43/04 (2006.01) *F04B 45/047* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/063136

(22) 国際出願日: 2016 年 4 月 27 日(27.04.2016)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2015-095446 2015 年 5 月 8 日(08.05.2015) JP

(71) 出願人: 株式会社村田製作所 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足１丁目１０番１号 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 田中伸拓 (TANAKA, Nobuhira); 〒6178555 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 Kyoto (JP). 近藤大輔 (KONDO, Daisuke); 〒6178555 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 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人 楓国際特許事務所 (KAEDE PATENT ATTORNEYS' OFFICE); 〒5400011 大阪府大阪市中央区農人橋１丁目４番３４号 Osaka (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

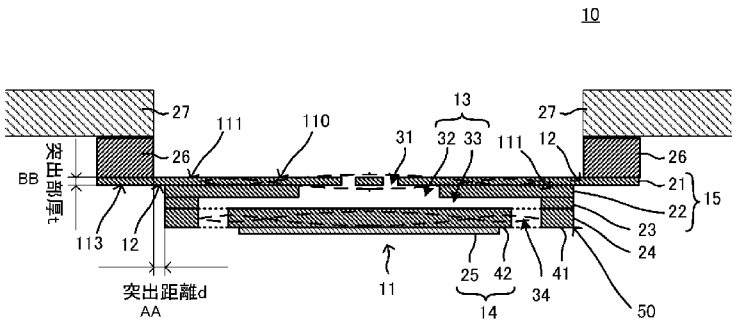
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: PUMP, AND FLUID CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称 : ポンプ、流体制御装置

図4



AA Distance of protrusion
BB Thickness of protrusion section

(57) **Abstract**: A fluid control device (10) is provided with a pump (50) and an external structure (27). The pump (50) is provided with an actuator (14), a top plate section (15) which faces the actuator (14) in the thickness direction with a gap therebetween, and a side wall plate (23) which extends in the thickness direction from the top plate section (15) and which supports a vibrating body (42). The actuator (14) is provided with the plate-shaped vibrating body (42) and a piezoelectric element (25) which vibrates the vibrating body (42) in the thickness direction. The top plate section (15) is provided with a protrusion section (12) and an affixation section (113), which protrude further outward in the direction perpendicular to the thickness direction than the side wall plate (23). The affixation section (113) is affixed to the external structure (27) through the protrusion section (12).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/181833 A1

流体制御装置（１０）は、ポンプ（５０）と外部構造体（２７）とを備える。ポンプ（５０）は、アクチュエータ（１４）と、アクチュエータ（１４）と厚み方向に間隔を空けて対向した天板部（１５）と、天板部（１５）から厚み方向に延び振動体（４２）を支持した側壁板（２３）と、を備える。アクチュエータ（１４）は、板状の振動体（４２）と、振動体（４２）を厚み方向に振動させる圧電素子（２５）と、を備える。天板部（１５）は、厚み方向に直交する外方向に側壁板（２３）よりも突出した突出部（１２）及び固定部（１１３）を備える。固定部（１１３）は、突出部（１２）を介して外部構造体（２７）に固定されている。

明　細　書

発明の名称 ： ポンプ、流体制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、流体の吸引と吐出とを行うポンプおよび流体の流れを制御する流体制御装置に関するものである。

背景技術

[0002] 図２２は、従来のポンプ９０１（例えば、特許文献１乃至３参照。）の構成を示す側面断面図である。図２２に示すように従来のポンプ９０１は、天板部９０２と側壁部９０３と振動部９０４とを備えている。天板部９０２と側壁部９０３と振動部９０４とは、内部に振動空間９１０を有する箱状をなしている。振動部９０４は、振動空間９１０を挟んで天板部９０２と対向している。側壁部９０３は、天板部９０２と一致する外形を有しており、天板部９０２から振動空間９１０の周囲を囲むように突出しており、振動部９０４の外周部を弾性支持している。該ポンプ９０１は、天板部９０２の天面側に固定用リング（シーリング）９１１が貼り付けられており、該固定用リング（シーリング）９１１を介して外部構造体９１２に固定されている。

[0003] 該ポンプ９０１を駆動すると、振動部９０４が厚み方向に振動する。この振動は、側壁部９０３を介して天板部９０２に伝わる。これにより、振動部９０４だけでなく天板部９０２とにも厚み方向の振動が生じ、振動部９０４と天板部９０２とに挟まれる振動空間９１０に流体の流れが生じる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０１４－０６６３６４号公報

特許文献2：特開２０１３－１６９３７４号公報

特許文献3：特開２０１２－１０７６３６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上述の構成のポンプは、天板部が外部構造体に固定された状態で使用されるため、天板部の振動が外部構造体に漏洩することで振動板や天板部の振動が大きく減衰することがあった。これにより、ポンプが吸引および吐出する流体の流量や流体圧が低下することがあった。発明者らが行った試験では、天板部を外部構造体に固定する場合には、固定しない場合と比べて、振動空間に生じる厚み方向の間隔変動が平均で約47%減少することが確認されている。

[0006] そこで、本発明は、天板部を外部構造体に固定する際の振動漏洩を抑制することができ、効率的に流体を制御することができるポンプ、および、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

[0007] 本発明のポンプおよび流体制御装置は、前記課題を解決するために以下の構成を備えている。

[0008] 本発明のポンプは、アクチュエータ、天板部、および、側壁部、を備えている。アクチュエータは、厚み方向に振動する。側壁部は、アクチュエータの端部を支持する。天板部は、側壁部に支持され、アクチュエータ及び側壁部とともに空間を構成する。天板部は、天面部と接合部と突出部と固定部とを有する。

[0009] 天面部は、アクチュエータと厚み方向に間隔を空けて対向している。接合部は、厚み方向に直交する外方向に天面部から延び、側壁部に接合する。突出部は、接合部から外方向に延び、側壁部よりも突出した。固定部は、突出部から外方向に延び、外部構造体に固定される。

[0010] この構成では、アクチュエータの駆動により生じる振動が側壁部を介して天板部に伝わって、アクチュエータとともに天板部が振動する。この天板部は側壁部よりも外方向に突出する突出部を介して固定部から外部構造体に固定される。そのため、この構成のポンプは、側壁部に対向する位置で外部構造体に固定される場合と比べて、天板部の振動が外部構造体に漏洩しにくくなる。したがって、この構成のポンプは、天板部とアクチュエータとに挟ま

れる空間（以下、振動空間と称する）での間隔変動の低減を防ぐことができ、振動空間で流体の流れを効率的に制御することができる。この構成のポンプは、高いポンプ効率を実現することができる。

[0011] 上述のポンプにおいて突出部は、接合部より薄い第１薄肉部を有することが好ましい。すなわち天板部の厚み方向の寸法は、突出部で局所的に薄いことが好ましい。第１薄肉部は例えば、環状に設けられている。これにより、この構成のポンプは、突出部の剛性を低減でき、突出部を介して振動が漏洩することを更に抑制できる。

[0012] なお、突出部は、接合部より薄い第２薄肉部を有してもよい。天面部の中心軸から第１薄肉部までの距離は、天面部の中心軸から第２薄肉部までの距離と異なる。ただし、突出部は、開口を有さないことが好ましい。 上述のポンプにおいて、突出部の外方向における寸法をdとし、突出部の厚み方向における寸法をtとして、

[0013] [数1]

$$d \geq 0.05 \cdot t^{(2/3)}$$

[0014] の条件式を満足することが好ましい。

[0015] 特には、

[0016] [数2]

$$d \geq 0.06 \cdot t^{(2/3)}$$

[0017] の条件式を満足することが更に好ましい。

[0018] これらの構成では、天板部が外部構造体に固定されていても、天板部が外部構造体に固定していない場合と比べて遜色のない効率で、流体を制御することができる。具体的には［数１］の場合には、外部構造体に固定された状態でも、外部構造体に固定されていない状態に比較して、振動空間に生じる厚み方向の間隔変動がおよそ９０％を超えることを発明者らは確認している。また、［数２］の場合には、振動空間に生じる厚み方向の間隔変動がおよそ９９％を超えることを発明者らは確認している。

[0019] また、

[0020] [数3]

$$0.06 \cdot t^{(2/3)} \leq d \leq 0.066 \cdot t^{(2/3)}$$

[0021] の条件式を満足することが更に好ましい。この構成では、十分な効率で流体を制御しながら、ポンプの外方向の寸法が過大になることを防ぐことができる。

[0022] また、この発明の流体制御装置は、上述のポンプと外部構造体とを備える。この構成の流体制御装置は、上述のポンプを備えるため、高いポンプ効率を実現することができる。

[0023] 上述の流体制御装置において、天面部は、振動空間に通じる複数の流路孔を有し、外部構造体は、複数の流路孔を開閉する弁を有する弁筐体であることが好ましい。この構成の流体制御装置は、弁によって、振動空間に流体が逆流することを防ぐことができる。

発明の効果

[0024] この発明によれば、天板部を外部構造体に固定する際の振動漏洩を抑制することができ、流体制御装置において効率的に流体を制御し、ポンプにおいて高いポンプ効率を実現することができる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]図１は、本発明の第１実施形態に係るポンプ５０を底面側から見た外観斜視図である。

[図2]図２は、図１に示すポンプ５０を天面側から見た外観斜視図である。

[図3]図３は、図１に示すポンプ５０の分解斜視図である。

[図4]図４は、図１に示すポンプ５０が３次モードで動作した時の流体制御装置１０の側面断面図である。

[図5]図５は、図４に示す外部構造体２７の外観斜視図である。

[図6]図６は、図１に示すポンプ５０が１次モードで動作した時の流体制御装置１０の側面断面図である。

[図7]図７は、突出部１２の長さと振動振幅との関係を説明するグラフである。

[図8]図８は、突出部１２の長さに対する突出部１２の厚みを独立変数とした回帰直線を説明するグラフである。

[図9]図９は、本発明の第２実施形態に係る流体制御装置１０Ａの分解斜視図である。

[図10]図１０は、図９に示すポンプ５０が３次モードで動作した時の流体制御装置１０Ａの側面断面図である。

[図11]図１１は、図９に示すポンプ５０が１次モードで動作した時の流体制御装置１０Ａの側面断面図である。

[図12]図１２は、本発明の第３実施形態に係るポンプ５０Ｂが３次モードで動作した時の流体制御装置１０Ｂの側面断面図である。

[図13]図１３は、図１２に示すポンプ５０Ｂが１次モードで動作した時の流体制御装置１０Ｂの側面断面図である。

[図14]図１４は、本発明の第４実施形態に係る流体制御装置４００の側面断面図である。

[図15]図１５は、図１４に示す天板部４１５の底面図である。

[図16]図１６は、本発明の第５実施形態に係る流体制御装置５００の側面断面図である。

[図17]図１７は、図１５に示す天板部４１５の第１変形例に係る天板部５１５の底面図である。

[図18]図１８は、図１５に示す天板部４１５の第２変形例に係る天板部６１５の底面図である。

[図19]図１９は、図１５に示す天板部４１５の第３変形例に係る天板部７１５の底面図である。

[図20]図２０は、図４に示す外部構造体２７の第１変形例に係る外部構造体１２７の外観斜視図である。

[図21]図２１は、図４に示す外部構造体２７の第２変形例に係る外部構造体

２２７の外観斜視図である。

[図22]図２２は、従来例に係るポンプ９０１の側面断面図である。

発明を実施するための形態

[0026] 以下、本発明に係る複数の実施形態について説明する。なお、本発明に係る流体制御装置は、気体の他、液体や、気液混合流体、気固混合流体、固液混合流体、ゲル、ゲル混合流体等の適宜の流体の流れを制御するように構成することができる。

[0027] 《第１実施形態》

以下、本発明の第１実施形態に係る流体制御装置１０について説明する。第１実施形態における流体制御装置１０は後述の図５に示すように、ポンプ５０と外部構造体２７とを備える。流体制御装置１０は、流体を吸引する吸引装置又は流体を吐出する吐出装置である。流体制御装置１０は例えば、カフを有する血圧計、搾乳器又は鼻水吸引器などを構成する。

[0028] 図１は、本発明の第１実施形態に係るポンプ５０を底面側から見た外観斜視図である。図２は、図１に示すポンプ５０を天面側から見た外観斜視図である。図３は、図１に示すポンプ５０を天面側から見た分解斜視図である。

[0029] ポンプ５０は、本体部１１と突出部１２とを有している。本体部１１は、天面と底面と周面とを有する円柱状の部位である。突出部１２は、本体部１１の天面側の端部に設けられ、本体部１１から厚み方向に直交する外方向（外周方向）に突出する円環状の部位である。該ポンプ５０は、本体部１１の内部に振動空間１３が設けられている。

[0030] また、ポンプ５０は、図３に示すように、薄天板２１、厚天板２２、側壁板２３、振動板２４、および、圧電素子２５を、天面側から底面側にかけて順に積層して構成されている。なお、薄天板２１および厚天板２２は、「天板部１５」を構成するものである。圧電素子２５は、「駆動体」に相当するものである。

[0031] 薄天板２１は、円板状であり、本体部１１の天面を構成するとともに、突出部１２を構成している。薄天板２１は、平面視した中央付近に流路孔３１

が設けられている。流路孔３１は、ここでは複数（例えば本実施形態では４つ）を局所的に集合させて配している。流路孔３１は、本体部１１の天面側の外部空間に通じるとともに、本体部１１の内部に設けられた振動空間１３に通じている。流路孔３１は、本実施形態においては外部空間に気体を排出する排気孔である。

[0032] 厚天板２２は、本体部１１の一部を構成しており、薄天板２１よりも外周径が小さい円環状である。厚天板２２は、振動空間１３の一部を構成する開口３２が設けられている。開口３２は厚天板２２の平面視した中央に設けられている。開口３２は、前述した薄天板２１の流路孔３１よりは開口径が大きく、後述する側壁板２３の開口３３よりも開口径が小さい。このような開口径の開口３２を、側壁板２３の開口３３と薄天板２１の流路孔３１との間に介在させることにより、流路孔３１と振動空間１３との接続部分で流体の流れが渦を巻くことを抑制できる。すなわち、流体を層流状態で流すことができ、流体を流れやすくすることができる。

[0033] 側壁板２３は、本体部１１の一部を構成しており、厚天板２２と同じ外周径を有するとともに、厚天板２２の開口３２よりも開口径が大きい開口３３を有する円環状である。開口３３は、振動空間１３の一部を構成しており、厚天板２２の平面視した中央に設けられている。

[0034] 振動板２４は、枠部４１と振動体４２と連結部４３とを備えている。振動体４２は、円板状である。枠部４１は、振動体４２の周囲を間隔を空けて囲む円環状であり、側壁板２３と同じ外周径および開口径を有している。該枠部４１は側壁板２３の底面に接合されている。連結部４３は振動体４２から放射方向に延びて振動体４２と枠部４１とを繋ぐ梁状である。これにより、振動体４２は、連結部４３を介して枠部４１に弾性支持されている。また、振動板２４を平面視して枠部４１と振動体４２と連結部４３とに囲まれる領域には、流路孔３４が設けられている。流路孔３４は、本体部１１の底面側の外部空間に通じるとともに、本体部１１の内部に設けられた振動空間１３に通じている。流路孔３４は、本実施形態においては外部空間から気体を吸

気する吸気孔である。

[0035] 圧電素子２５は、円板状であり、振動体４２の底面に貼り付けられている。該圧電素子２５は、チタン酸ジルコン酸鉛系セラミックス等の圧電材料からなる円板の上面および下面に図示していない電極を設けてなる。なお、圧電素子２５の上面の電極は、金属製の振動板２４によって代替するようにしてもよい。この圧電素子２５は厚み方向に電界が印加されることにより、面内方向に面積が拡大または縮小するような圧電性を有している。このような圧電素子２５を用いることにより、後述するアクチュエータ１４を薄型に構成することが可能になる。なお、圧電素子２５は、振動体４２の天面に貼り付けられていてもよく、天面と底面のそれぞれに、合わせて２つ設けられていてもよい。

[0036] 振動体４２と圧電素子２５との積層体は、「アクチュエータ１４」を構成している。

[0037] 図４は、図１に示すポンプ５０が３次モードで動作した時の流体制御装置１０の側面断面図である。図４中の点線は、アクチュエータ１４及び天板部１５が３次モードで振動している様子を示している。また、図４は、ポンプ５０の外部構造体２７への取付状態も示している。図５は、図４に示す外部構造体２７の外観斜視図である。流体制御装置１０は、ポンプ５０と外部構造体２７と筐体（不図示）とを備える。

[0038] ポンプ５０は、本体部１１と突出部１２とを備え、本体部１１の内部に振動空間１３が設けられ、振動空間１３の底面側にアクチュエータ１４が配されている。ポンプ５０は、薄天板２１の天面に固定用リング（シーリング）２６が取り付けられることによって、該固定用リング２６を介して外部構造体２７に固定されている。

[0039] 外部構造体２７は、流体制御装置１０の筐体（不図示）に取り付けられる。外部構造体２７は、例えば図５に示すように円環状である。外部構造体２７の材料は、例えばＳＵＳ（ステンレススチール）である。

[0040] ポンプ５０は、側壁板２３に支持され、アクチュエータ１４及び側壁板２

３とともに振動空間１３を構成する天板部１５を備える。天板部１５は、アクチュエータ１４と厚み方向に間隔を空けて対向した天面部１１０と、天面部１１０から外方向に延び、側壁板２３に接合する接合部１１１と、接合部１１１から外方向に延び、側壁板２３よりも突出した突出部１２と、突出部１２から外方向に延び、固定用リング２６を介して外部構造体２７に固定される固定部１１３と、を有する。固定用リング２６は、本体部１１に対して外周方向に間隔を空けた位置で、固定部１１３に接合している。

[0041] なお、ポンプ５０の外部構造体２７への取り付けは、固定用リング２６を介さずに行ってもよく、例えば、薄天板２１を直接、外部構造体２７に圧着や接着させてもよい。その場合には、固定部１１３に圧着用のねじ穴等を設けたり、接着用の接着剤等を付着させることで、固定部１１３を外部構造体２７に取り付けるようにするとよい。 該ポンプ５０は、圧電素子２５に交流駆動信号が印加されることにより駆動する。圧電素子２５への交流駆動信号の印加により、圧電素子２５には面積振動が生じ、この圧電素子２５の面積振動が振動体４２に拘束されることによって、アクチュエータ１４には厚み方向の撓み振動が同心円状に生じる。

[0042] ここで、交流駆動信号の周波数は、アクチュエータ１４が有する３次の構造共振周波数となるように設定される。３次の構造共振周波は、アクチュエータ１４が３次モードで振動する周波数である。これにより、３次モードで振動するアクチュエータ１４には、中心部に第１の振動の腹が生じ、外周部に、第１の振動の腹とは位相が１８０°異なる第２の振動の腹が生じる。このように、アクチュエータ１４を高次（かつ奇数次）の共振周波数で振動させることで、アクチュエータ１４に上下方向に振れるような振動が生じにくくなる。また、アクチュエータ１４の外周部での振動振幅が小さくなって、アクチュエータ１４の振動が、枠部４１等を介して外部構造体２７に漏れにくくなる。

[0043] また、アクチュエータ１４の振動は、枠部４１および側壁板２３を介して、または、振動空間１３における流体圧の変動を介して、厚天板２２および

薄天板２１に伝わる。これにより、薄天板２１において、厚天板２２の開口３２に対向する領域にも、厚み方向に撓むような振動が生じることになる。薄天板２１に生じる振動は、アクチュエータ１４に生じる振動と同一の周波数で、一定の位相差を有するものになる。

[0044] これらの振動が連成されることにより、振動空間１３の厚み方向の間隔は、振動空間１３の外周方向に沿って内側に進行波状に変化するものになる。これにより、振動空間１３において、外周方向の内側に向けて流体の流れが生じ、流路孔３４から流体が吸引され、流路孔３１から流体が吐出されることになる。

[0045] ここで、該ポンプ５０において高いポンプ効率を実現するためには、アクチュエータ１４および薄天板２１に生じる振動の振幅が大きいことが望まれる。しかしながら、薄天板２１に生じる振動の一部は、固定用リング（シーリング）２６を介して外部構造体２７に漏洩することがあり、このことによってポンプ５０のポンプ効率は低減する恐れがある。

[0046] そこで、ポンプ５０の天板部１５は、側壁板２３よりも外方向に突出する突出部１２を有している。そして、天板部１５は、突出部１２を介して固定部１１３で外部構造体２７に固定される。そのため、側壁板２３に対向する位置で外部構造体２７に固定される場合と比べて、天板部１５の振動が外部構造体２７に漏洩しにくくなる。

[0047] したがって、ポンプ５０は、天板部１５とアクチュエータ１４とに挟まれる振動空間１３での間隔変動の低減を防ぐことができ、振動空間１３で流体の流れを効率的に制御することができる。よって、ポンプ５０は、高いポンプ効率を実現することができる。

[0048] なお、図４では交流駆動信号の周波数は、３次の構造共振周波数となるように設定されているが、これに限るものではない。本発明は、図６に示すようにアクチュエータ１４が１次モードで振動する場合により好適である。アクチュエータ１４が１次モードで振動する場合、アクチュエータ１４の中心位置の振動が大きく、天板部１５から外部構造体２７への振動漏えいも大き

いためである。

[0049] 図７は、突出部１２の長さと振動空間１３の中央での間隔変動（片側振幅）との関係を示すグラフである。なお、当該グラフの横軸は、突出部１２の起点部分（突出部１２における本体部１１との境界部分）から突出部１２の終点部分（突出部１２における固定用リング２６との境界部分）までの外周方向の距離（以下、突出距離dと称する。）を示している。また、当該グラフの縦軸は、ポンプ５０を外部構造体２７に取り付けていない状態での振動空間１３の中央での間隔変動によって正規化した、ポンプ５０を外部構造体２７に取り付けた状態での振動空間１３中央の間隔変動（以下、規格化振幅と称する。）を示している。また、図７は、突出部厚ｔを異ならせた複数の試料（凡例）ごとに、突出距離dと規格化振幅との関係を示している。

[0050] 図示するように、突出距離dと規格化振幅との間には一定の相関関係があり、突出距離dが短いほど規格化振幅は小さくなり、突出距離dが長くなるほど規格化振幅は１００％に近づく。すなわち、突出距離dが短ければ、ポンプ５０における振動の一部が外部構造体２７に漏出して、規格化振幅が小さくなる。一方、突出距離dが長ければ、ポンプ５０における振動の一部が外部構造体２７に漏出しにくくなり、規格化振幅が大きくなる。

[0051] 図８は、図７で示した複数の試料から同一の規格化振幅（９０％）が得られる試料を抽出し、抽出した複数の試料に基づいて算出した、突出部厚tを独立変数とする突出距離dの回帰直線（原点を通る回帰直線）について説明するグラフである。

[0052] 突出部厚t毎に同等の規格化振幅（約９０％）が得られる複数の試料からは、次式で示す回帰直線Ｌ１が得られた。

[0053] [数4]

$$d = 0.05 \cdot t^{(2/3)}$$

[0054] 先に示した図７において、同一の突出部厚tで試料を比べると、規格化振幅が９０％を超える全ての試料の突出距離dは、規格化振幅が９０％である試料の突出距離dよりも長い。このことから、規格化振幅が９０％を超える全ての

試料は、図８において回帰直線Ｌ１よりも上側の、突出距離dがより大きい領域に納まることになる。したがって、規格化振幅が９０％を超える全ての試料は、次の条件式を満足する。

[0055] [数5]

$$d \geq 0.05 \cdot t^{(2/3)}$$

[0056] すなわち、突出部１２の突出距離dを、突出部１２の厚みtに応じて上記条件式を満足するように設定することによって、ポンプ５０における振動の一部が外部構造体２７に殆ど漏出しないようにすることができる。すなわち、ポンプ５０を外部構造体２７に取り付けている状態での振動空間１３の中央での間隔変動を、ポンプ５０を外部構造体２７に取り付けていない状態での振動空間１３の中央での間隔変動と同等の大きさにすることができる。したがって、突出部１２の突出距離dを、上記条件式を満足するよう設定することにより、ポンプ５０のポンプ効率を高められる。

[0057] また、図７において突出部１２の厚み毎に同等の規格化振幅（約９９％）が得られる試料は、次式で示す条件式を満足している。

[0058] [数6]

$$0.05 \cdot t^{(2/3)} < d < 0.06 \cdot t^{(2/3)}$$

[0059] したがって、先に示した図７において規格化振幅が約９９％よりも大きくなる条件は、突出距離dが次式を満足することである。

[0060] [数7]

$$d \geq 0.06 \cdot t^{(2/3)}$$

[0061] したがって、突出部１２の突出距離dを、突出部１２の厚みtに応じて上記条件式を満足するように設定することによって、ポンプ５０における振動が外部構造体２７にほぼ完全に漏出しないようにすることができ、ポンプ５０のポンプ効率をより高められる。

[0062] なお、突出距離dを過大に大きくしたとしても、ポンプ効率の改善効果を一定以上は望むことはできない。このため、ポンプ５０のサイズを抑制するた

めにも、突出距離dはある程度までに抑制することが望ましい。例えば、ポンプ５０の突出距離dは、次式を満足するように設定するとよい。

[0063] [数8]

$$0.06 \cdot t^{(2/3)} \leq d \leq 0.066 \cdot t^{(2/3)}$$

[0064] すなわち、突出部１２の突出距離dを、ポンプ５０のポンプ効率をほぼ最大化できる大きさから、約１．１倍程度として、ポンプ５０の大型化を防ぐようにしてもよい。

[0065] 以上に説明したように、本実施形態に係るポンプ５０は、厚み方向に直交する外方向に突出する突出部１２を備え、固定部１１３を外部構造体２７に固定している。これにより、ポンプ５０は、ポンプ５０に生じる振動が外部構造体２７に漏洩することを抑制できる。したがって、ポンプ５０は、高いポンプ効率を実現することができる。

[0066] 《第２実施形態》

次に、本発明の第２実施形態に係る流体制御装置１０Ａについて説明する。

[0067] 図９は、本発明の第２実施形態に係る流体制御装置１０Ａの分解斜視図である。図１０は、図９に示すポンプ５０が３次モードで動作した時の流体制御装置１０Ａの側面断面図である。図１０中の点線は、アクチュエータ１４及び天板部１５が３次モードで振動している様子を示している。図１１は、図９に示すポンプ５０が１次モードで動作した時の流体制御装置１０Ａの側面断面図である。図１１中の点線は、アクチュエータ１４及び天板部１５が１次モードで振動している様子を示している。

[0068] 流体制御装置１０Ａは、第１実施形態で示したポンプ５０を備えるとともに、弁筐体５１と弁体５２とを更に備えている。

[0069] 弁筐体５１は、ポンプ５０の天面に積層して設けられており、弁体５２を内部に収容している。具体的には、弁筐体５１は、弁天板５３と弁枠板５４とを備えている。弁天板５３は、円板状であり、弁筐体５１の天面を構成している。弁枠板５４は、弁天板５３とポンプ５０の天面との間に積層して設

けられており、弁体５２を収容する弁室空間６２が設けられた円環状である。弁体５２は、概略円板状であり、弁枠板５４の厚みよりも薄く構成され、弁室空間６２において上下動可能に構成されている。弁体５２の外周面の一部と、弁室空間６２の内壁面の一部とには、互いに係合するように凹凸に設けられており、弁体５２は、弁室空間６２において回転不能に構成されている。

[0070] 弁天板５３には、平面視した中央付近に流路孔６１が設けられている。流路孔６１は、弁筐体５１の天面側の外部空間に通じるとともに、弁筐体５１の内部で弁室空間６２に通じている。また、流路孔６１は、ポンプ５０の薄天板２１に設けられた流路孔３１と対向することのないように位置をずらして配されている。

[0071] 弁体５２には、平面視した中央付近に流路孔６３が設けられている。流路孔６３は、弁天板５３に設けられた流路孔６１と対向する位置に配されている。すなわち、弁体５２の流路孔６３は、弁天板５３の流路孔６１と同様に、ポンプ５０の薄天板２１に設けられた流路孔３１と対向することのないように位置をずらして配されている。

[0072] 流体制御装置１０Ａがポンプ５０を駆動すると、ポンプ５０が弁室空間６２に流体を吐出する。この流体圧によって、弁室空間６２において弁体５２の底面側の流体圧が高まり、弁体５２は弁天板５３側に移動する。このとき、弁体５２の流路孔６３が弁天板５３の流路孔６１と重なり合うことで、弁筐体５１における流路が開通することになり、弁体５２の流路孔６３および弁天板５３の流路孔６１を介して、外部空間に流体が吐出されることになる。

[0073] 一方、ポンプ５０の駆動が停止する等の理由で、ポンプ５０の流体圧が低下し、弁筐体５１の天面側の外部空間の流体圧が相対的に高まると、弁天板５３の流路孔６１を介して外部空間から弁室空間６２に流体が逆流しようとする。この際には、外部空間から弁室空間６２に逆流しようとする流体によって、弁室空間６２において弁体５２の天面側の流体圧が高まり、弁体５２

はポンプ５０側に移動する。このとき、弁体５２の流路孔６３がポンプ５０の流路孔３１と重なり合わずに閉塞されることになり、外部空間から弁室空間６２への流体の逆流が阻止されることになる。

[0074] 以上より、ポンプ５０の天板部１５は、側壁板２３よりも外方向に突出する突出部１２を有している。そして、本実施形態に係る流体制御装置１０Ａにおいては、上記の弁筐体５１が、ポンプ５０に対する「外部構造体」として構成されている。すなわち、流体制御装置１０Ａは、第１実施形態で示した固定用リング２６および外部構造体２７に替えて弁筐体５１を備えている。そして、天板部１５は、突出部１２を介して固定部１１３で弁筐体５１に固定される。そのため、ポンプ５０は、側壁板２３に対向する位置で弁筐体５１に固定される場合と比べて、ポンプ５０で生じる振動が弁筐体５１に漏洩することを抑制できる。

[0075] したがって、ポンプ５０は、天板部１５とアクチュエータ１４とに挟まれる振動空間１３での間隔変動の低減を防ぐことができ、振動空間１３で流体の流れを効率的に制御することができる。よって、ポンプ５０は、高いポンプ効率を実現することができる。

[0076] 《第３実施形態》

次に、本発明の第３実施形態に係る流体制御装置１０Ｂについて説明する。

[0077] 図１２は、本発明の第３実施形態に係るポンプ５０Ｂが３次モードで動作した時の流体制御装置１０Ｂの側面断面図である。図１０中の点線は、アクチュエータ１４及び天板部１５Ｂが３次モードで振動している様子を示している。図１３は、図１２に示すポンプ５０Ｂが１次モードで動作した時の流体制御装置１０Ｂの側面断面図である。図１３中の点線は、アクチュエータ１４及び天板部１５Ｂが１次モードで振動している様子を示している。

[0078] 流体制御装置１０Ｂは、第２実施形態で示したポンプ５０とは、異なる構成のポンプ５０Ｂを備えている。ポンプ５０Ｂは、厚天板２２Ｂを備えており、該厚天板２２Ｂの外周径は、側壁板２３および振動板２４の外周径より

も大きく、薄天板２１の外周径よりも小さい。

[0079] 以上より、ポンプ５０Ｂの天板部１５は、側壁板２３よりも外方向に突出する突出部１２を有している。このような構成の流体制御装置１０Ｂにおいても、弁筐体５１が、ポンプ５０Ｂに対する「外部構造体」として構成されている。すなわち、流体制御装置１０Ｂは、第１実施形態で示した固定用リング２６および外部構造体２７に替えて弁筐体５１を備えている。そして、天板部１５は、突出部１２を介して固定部１１３で弁筐体５１に固定される。そのため、ポンプ５０Ｂは、側壁板２３に対向する位置で弁筐体５１に固定される場合と比べて、ポンプ５０Ｂで生じる振動が弁筐体５１に漏洩することを抑制できる。

[0080] したがって、ポンプ５０Ｂは、天板部１５とアクチュエータ１４とに挟まれる振動空間１３での間隔変動の低減を防ぐことができ、振動空間１３で流体の流れを効率的に制御することができる。よって、ポンプ５０Ｂは、高いポンプ効率を実現することができる。

[0081] ただし、該構成では、厚天板２２Ｂの外周径が側壁板２３および振動板２４の外周径よりも大きいために、突出部１２の実質的な剛性が高まる。このため、第１実施形態や第２実施形態に比べて、突出部１２を介してポンプ５０Ｂから弁筐体５１に振動が漏洩しやすくなる。このため、本実施形態のように構成する場合には、厚天板２２Ｂからの薄天板２１の突出距離をより大きくしたり、薄天板２１の厚みをより薄くしたりすることが好ましい。ただし、本実施形態の構成でも、外部構造体である弁筐体５１が固定部１１３で固定されることになるため、従来構成に比べれば、ポンプ５０Ｂからの振動の漏洩を抑制することができる。

[0082] 《第４実施形態》

次に、本発明の第４実施形態に係る流体制御装置４００について説明する。

[0083] 図１４は、本発明の第４実施形態に係る流体制御装置４００の側面断面図である。図１４中の点線は、アクチュエータ１４及び天板部４１５が１次モ

ードで振動している様子を示している。図１５は、図１４に示す天板部１５の底面図である。

[0084] 第４実施形態の流体制御装置４００が第１実施形態の流体制御装置１０と相違する点は、ポンプ４５０である。ポンプ４５０がポンプ５０と相違する点は、天板部４１５が薄天板２１、厚天板２２、及び円環状の枠板４２３で構成されている点である。天板部４１５は、天面部１１０と接合部１１１と突出部１２と固定部４１３とを有する。その他の構成については同じであるため、説明を省略する。

[0085] 枠板４２３は、固定用リング２６を介して外部構造体２７に固定される薄天板２１の領域の底面に接合している。そのため、固定部４１３の厚みは、固定部１１３の厚みより厚い。

[0086] 図１５に示すように、突出部１２は、接合部１１１より薄い薄肉部２１１を有する。薄肉部２１１は円環状である。薄肉部２１１は、本発明の第１薄肉部の一例に相当する。

[0087] 以上より、ポンプ５０の天板部４１５は、側壁板２３よりも外方向に突出する突出部１２を有している。そして、天板部４１５は、突出部１２を介して固定部４１３で外部構造体２７に固定される。そのため、ポンプ５０は、側壁板２３に対向する位置で外部構造体２７に固定される場合と比べて、ポンプ５０で生じる振動が外部構造体２７に漏洩することを抑制できる。

[0088] したがって、ポンプ５０は、天板部４１５とアクチュエータ１４とに挟まれる振動空間１３での間隔変動の低減を防ぐことができ、振動空間１３で流体の流れを効率的に制御することができる。よって、ポンプ５０は、高いポンプ効率を実現することができる。

[0089] また、突出部１２が薄肉部２１１を有するため、ポンプ５０は、突出部１２の剛性を低減できる。よって、ポンプ５０は、ポンプ５０で生じる振動が突出部１２を介して外部構造体２７に漏洩することを抑制できる。

[0090] なお、図１４ではポンプ４５０が１次モードで動作しているが、これに限るものではない。実施の際、ポンプ４５０が３次モードで動作してもよい。

[0091] 《第５実施形態》

次に、本発明の第５実施形態に係る流体制御装置５００について説明する。

図１６は、本発明の第５実施形態に係る流体制御装置５００の側面断面図である。

[0092] 第５実施形態の流体制御装置５００が第４実施形態の流体制御装置４００と相違する点は、ポンプ４５０の固定方法である。流体制御装置５００は、ポンプ４５０の固定部４１３の底面を、固定用リング２６を介して外部構造体２７に固定している。その他の構成については同じであるため、説明を省略する。

[0093] 流体制御装置４００及び流体制御装置５００においてポンプ４５０が動作している間、天板部４１５の両面には、大気圧と振動空間１３の圧力とが印加される。ポンプ４５０が動作している間、振動空間１３の圧力は大気圧より高くなる。

[0094] そのため、図１６に示す流体制御装置５００ではポンプ４５０が動作している間、天板部４１５の両面の圧力差により、天板部４１５には外部構造体２７から離間する方向へ力が働く。

[0095] これに対して図１４に示す流体制御装置４００では、ポンプ４５０が動作している間、天板部４１５の両面の圧力差により、天板部４１５が外部構造体２７に向けて押しつけられる。そのため、流体制御装置４００の固定力は、流体制御装置５００の固定力より強くなる。

[0096] したがって、図１４に示すようにポンプ４５０の固定部４１３の天面（即ち圧力が低い方の面）が、固定用リング２６を介して外部構造体２７に固定されることが好ましい。

[0097] 《その他実施形態》

図１５に示す天板部１５は、例えば以下のような変形例を採用することができる。

[0098] 図１７は、図１５に示す天板部４１５の第１変形例に係る天板部５１５の

底面図である。図１８は、図１５に示す天板部４１５の第２変形例に係る天板部６１５の底面図である。図１９は、図１５に示す天板部４１５の第３変形例に係る天板部７１５の底面図である。

[0099] 図１７に示す天板部５１５及び図１８に示す天板部６１５が天板部４１５と相違する点は、突出部１２に占める薄肉部２１１の割合である。その他の構成については同じであるため、説明を省略する。

[0100] 突出部１２が円環状であり、薄肉部２１１が円環状に配置されている場合、天板部４１５の振動の対称性が保たれる。これにより、天板部４１５では不要振動が生じにくく、エネルギー損失が軽減される。

[0101] さらに、突出部１２に占める薄肉部２１１の割合が高いほど、ポンプ５０は、突出部１２の剛性を低減できる。そのため、突出部１２に占める薄肉部２１１の割合が高いほど、ポンプ５０は、ポンプ５０で生じる振動が外部構造体２７に漏洩することを抑制できる。

[0102] そこで、突出部１２に占める薄肉部２１１の割合は、図１８に示すように５０％以上あれば良い。突出部１２に占める薄肉部２１１の割合は、図１７に示すように８０％以上あるとさらに良い。突出部１２に占める薄肉部２１１の割合は、図１５に示すように１００％であれば最も良い。

[0103] なお、図１５～図１８に示すように突出部１２は、円環状の薄肉部２１１を有するが、これに限るものではない。実施の際、薄肉部２１１は、円環状以外の形状（例えば多角形の環状）でもよい。

[0104] 次に、図１９に示す天板部７１５が天板部４１５と相違する点は、突出部７１２である。その他の構成については同じであるため、説明を省略する。

[0105] 突出部７１２は、接合部１１１より薄い薄肉部２１１と、接合部１１１より薄い薄肉部２１２を有する。薄肉部２１１は、円環状である。薄肉部２１２も、円環状である。天面部１１０の中心軸Ｃから薄肉部２１１までの距離は、天面部１１０の中心軸Ｃから薄肉部２１２までの距離と異なる。薄肉部２１１は本発明の第１薄肉部の一例に相当し、薄肉部２１２は本発明の第２薄肉部の一例に相当する。

[0106] なお、図１５～図１９に示す天板部４１５、天板部５１５、天板部６１５、及び天板部７１５において、突出部１２には開口が無いことが望ましい。この場合、ポンプ５０は、天板部１５の上下の空間を分断することができる。そのため、ポンプ５０は、流体の流路を振動空間１３に限定することができ、流体を正確に制御することができる。

[0107] 次に、図４に示す外部構造体２７は、例えば以下のような変形例を採用することができる。

[0108] 図２０は、図４に示す外部構造体２７の第１変形例に係る外部構造体１２７の外観斜視図である。図２１は、図４に示す外部構造体２７の第２変形例に係る外部構造体２２７の外観斜視図である。

[0109] 図２０に示す外部構造体１２７が図４に示す外部構造体２７と相違する点は、補強部１２９である。外部構造体１２７は、ポンプ５０の固定部１１３に接合する環状部１２８と、環状部１２８より内側に位置する補強部１２９と、を有する。その他の点については同じであるため、説明を省略する。

[0110] 以上より、外部構造体１２７の剛性が補強部１２９によって上がるため、外部構造体１２７の振動が抑制される。そのため、ポンプ５０で生じる振動が外部構造体１２７を介して流体制御装置１０の筐体（不図示）に伝達することを大幅に低減できる。

[0111] 同様に、図２１に示す外部構造体２２７が図４に示す外部構造体２７と相違する点は、補強部２２９である。外部構造体２２７は、ポンプ５０の固定部１１３に接合する環状部１２８と、環状部１２８より内側に位置する補強部２２９と、を有する。その他の点については同じであるため、説明を省略する。

[0112] 以上より、外部構造体２２７の剛性が補強部２２９によって上がるため、外部構造体２２７の振動が抑制される。そのため、外部構造体２２７は、ポンプ５０で生じる振動が外部構造体２２７を介して流体制御装置１０の筐体（不図示）に伝達することを大幅に低減できる。

[0113] なお、外部構造体２７及び環状部１２８のそれぞれは、円環状であるが、

これに限るものではない。実施の際、外部構造体２７及び環状部１２８のそれぞれは、円環状以外の形状（例えば多角形の環状）でもよい。

[0114] また、上述した各実施形態においては、ポンプの駆動源として圧電素子を設ける例を示したが、本発明はこれに限るものではなく、例えば、電磁駆動でポンピング動作を行うポンプとして構成されていても構わない。

[0115] また、上述した各実施形態では、圧電素子２５をチタン酸ジルコン酸鉛系セラミックスから構成する例を示したが、本発明は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。

[0116] また、上述した各実施形態では、圧電素子を、振動板の振動空間とは逆側の主面に接合する例を示したが、本発明は、これに限るものではない。例えば、圧電素子が振動板の振動空間側の主面に接合してもよいし、２枚の圧電素子を振動板の両主面に接合してもよい。

[0117] また、上述した各実施形態では、圧電素子や、振動体、振動空間等を平面視して円形状にする例を示したが、本発明は、これに限るものではない。例えば、これらの形状が矩形や多角形でもよい。

[0118] また、上述した各実施形態では、アクチュエータを３次の共振周波数で駆動する例を示したが、本発明は、これに限るものではない。例えば、アクチュエータを１次の共振周波数や、その他の共振周波数で駆動するようにしてもよい。

[0119] また、上述した各実施形態では、天板部や弁筐体、弁体の中央付近に、複数の円形の流路孔を集合させて設ける例を示したが、本発明は、これに限るものではない。例えば、１つの流路孔を設けるようにしたり、非円形の流路孔を設けたりしてもよく、また、側壁板に外方向に延びる流路孔を設けるようにしてもよい。

[0120] また、上述した各実施形態では、振動空間において天板部側の流路孔近傍に凹部を設ける例を示したが、本発明は、これに限るものではなく、凹部を設けなくてもよい。

[0121] また、上述した各実施形態では、天板部を、薄天板と厚天板との積層体として構成する例を示したが、本発明は、これに限るものではない。例えば、上述の形状の天板部を一体の部材で構成してもよい。また、天板部を、全体として一様な厚みで構成するようにしてもよい。

[0122] 最後に、前記実施形態の説明は、すべての点で例示であり、制限的なものではない。本発明の範囲は、実施形態ではなく、特許請求の範囲によって示される。本発明の範囲は、特許請求の範囲と均等の範囲を含む。

符号の説明

[0123] Ｃ…中心軸

１０、１０Ａ、１０Ｂ…流体制御装置

１１…本体部

１２…突出部

１３…振動空間

１４…アクチュエータ

１５…天板部

１５Ｂ…天板部

２１…薄天板

２２、２２Ｂ…厚天板

２３…側壁板

２４…振動板

２５…圧電素子

２６…固定用リング

２７…外部構造体

３１…流路孔

３２、３３…開口

３４…流路孔

４１…枠部

４２…振動体

４３…連結部

５０…ポンプ

５０Ｂ…ポンプ

５１…弁筐体

５２…弁体

５３…弁天板

５４…弁枠板

６１…流路孔

６２…弁室空間

６３…流路孔

１１０…天面部

１１１…接合部

１１３…固定部

１２７…外部構造体

１２８…環状部

１２９…補強部

２１１…薄肉部

２１２…薄肉部

２２７…外部構造体

２２９…補強部

４００…流体制御装置

４１３…固定部

４１５…天板部

４２３…枠板

４５０…ポンプ

５００…流体制御装置

５１５…天板部

６１５…天板部

７１２…突出部

７１５…天板部

９０１…ポンプ

９０２…天板部

９０３…側壁部

９０４…振動部

９１０…振動空間

９１２…外部構造体

請求の範囲

[請求項1] 厚み方向に振動するアクチュエータと、

前記アクチュエータの端部を支持する側壁部と、

前記側壁部に支持され、前記アクチュエータ及び前記側壁部とともに空間を構成する天板部と、を備え、

前記天板部は、前記アクチュエータと前記厚み方向に間隔を空けて対向した天面部と、前記厚み方向に直交する外方向に前記天面部から延び、前記側壁部に接合する接合部と、前記外方向に前記接合部から延び、前記側壁部よりも突出した突出部と、前記外方向に前記突出部から延び、外部構造体に固定される固定部と、を有する、

ポンプ。

[請求項2] 前記突出部は、前記接合部より薄い第１薄肉部を有する、

請求項１に記載のポンプ。

[請求項3] 前記第１薄肉部は、環状に設けられている請求項２に記載のポンプ。

[請求項4] 前記突出部は、前記接合部より薄い第２薄肉部を有し、

前記天面部の中心軸から前記第１薄肉部までの距離は、前記天面部の中心軸から前記第２薄肉部までの距離と異なる、請求項２に記載のポンプ。

[請求項5] 前記突出部は、開口を有さない、請求項１乃至４のいずれかに記載のポンプ。

[請求項6] 前記突出部の前記外方向における寸法をdとし、前記突出部の前記厚み方向における寸法をtとして、

[数1]

$$d \geq 0.05 \cdot t^{(2/3)}$$

の条件式を満足する、請求項１乃至請求項５のいずれかに記載のポンプ。

[請求項7]

[数2]

$$d \geq 0.06 \cdot t^{(2/3)}$$

の条件式を満足する、請求項６に記載のポンプ。

[請求項8] [数3]

$$0.06 \cdot t^{(2/3)} \leq d \leq 0.066 \cdot t^{(2/3)}$$

の条件式を満足する、請求項７に記載のポンプ。

[請求項9] 請求項１乃至請求項８のいずれかに記載のポンプと、

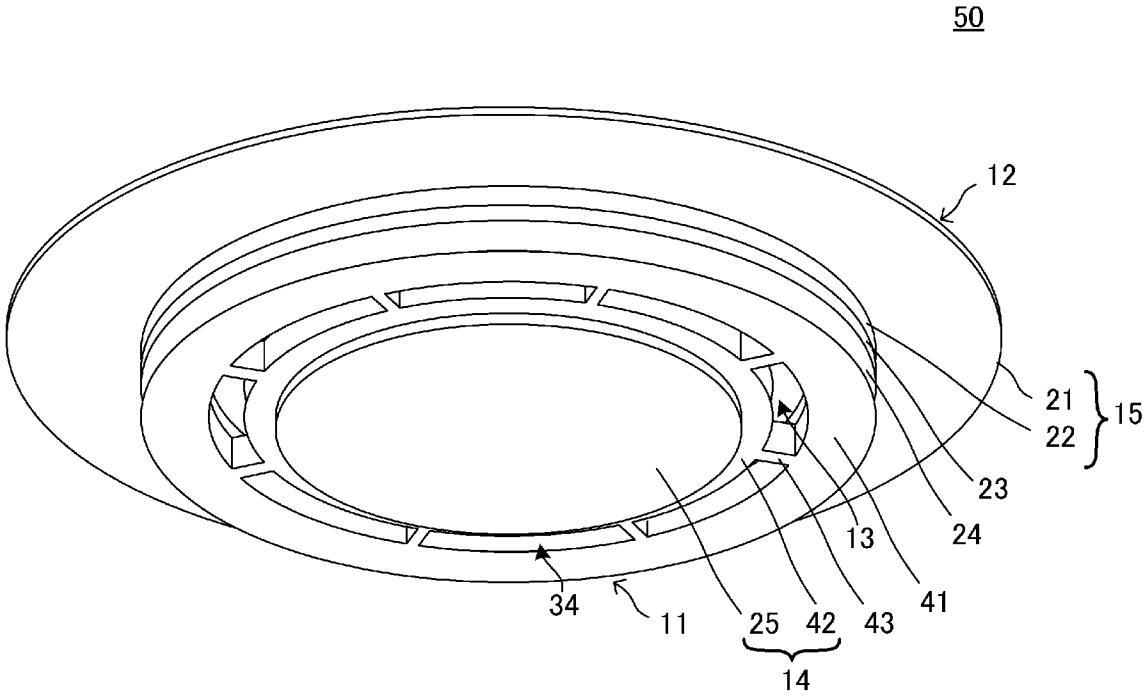
前記外部構造体と、を備える流体制御装置。

[請求項10] 前記天面部は、前記空間に通じる複数の流路孔を有し、

前記外部構造体は、前記複数の流路孔を開閉する弁を有する弁筐体である、請求項９に記載の流体制御装置。

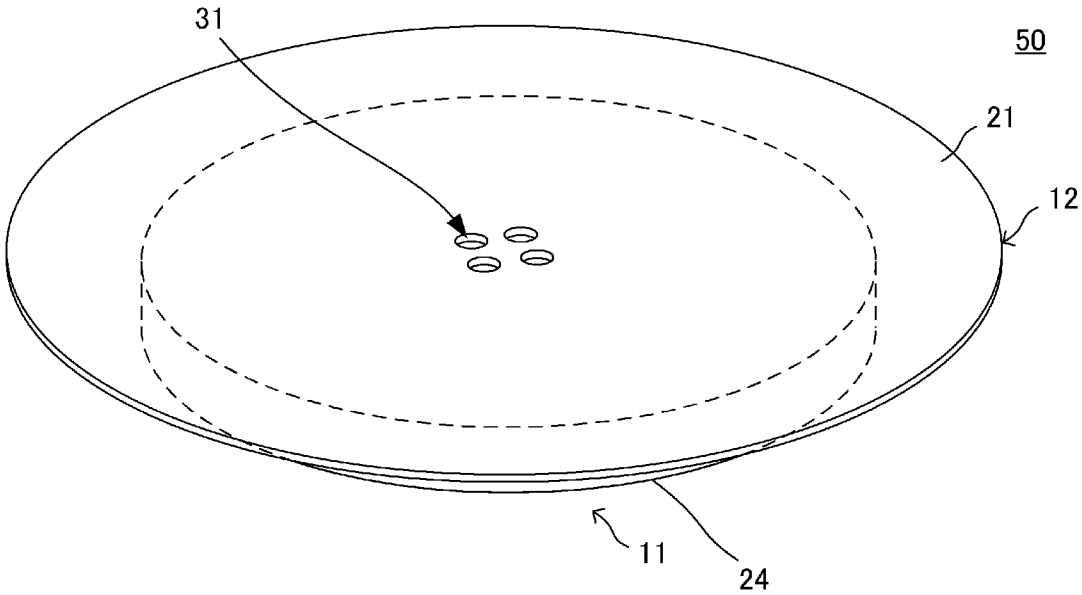
[図1]

図1



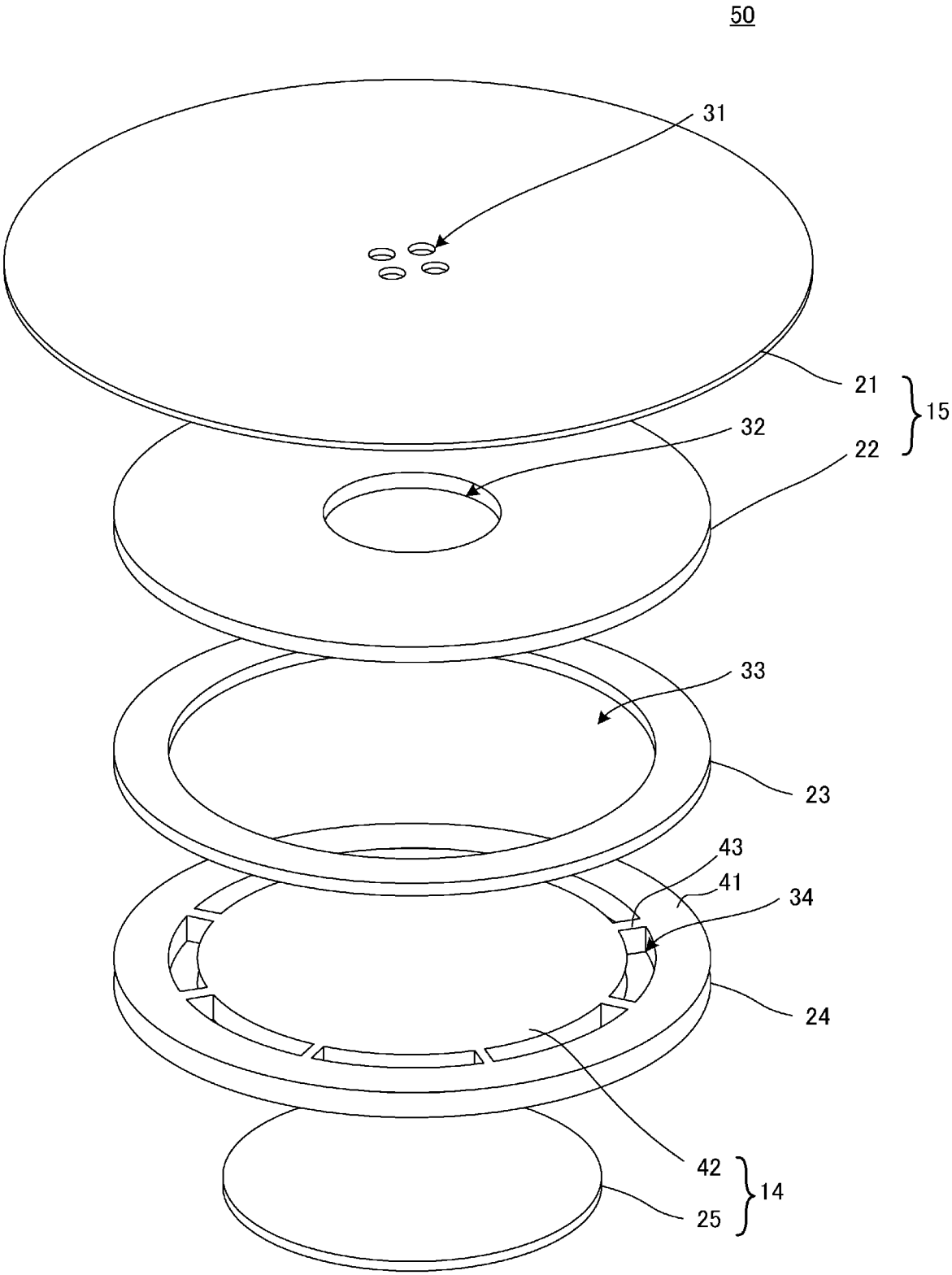
[図2]

図2



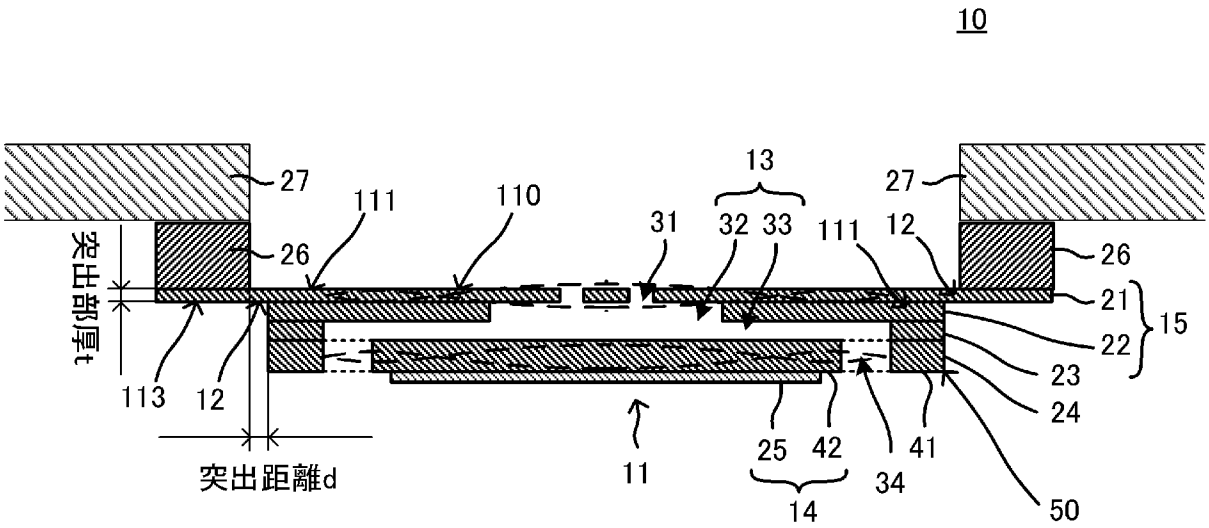
[図3]

図3



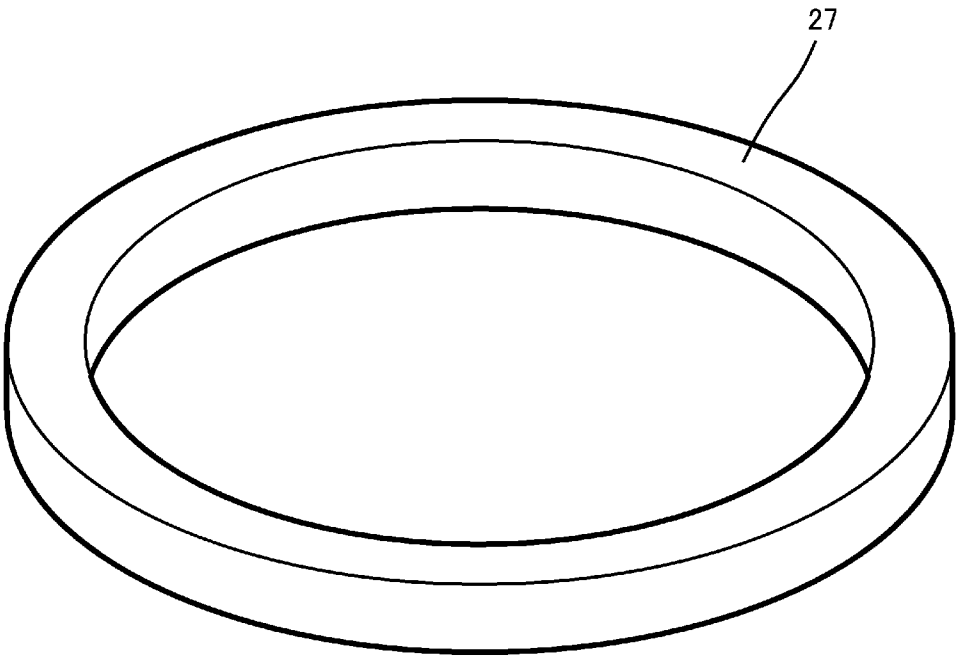
[図4]

図4


10
27
111
110
13
31
32
33
111
12
27
26
26
21
15
22
23
24
突出部厚t
113
12
突出距離d
11
25
42
34
41
14
50

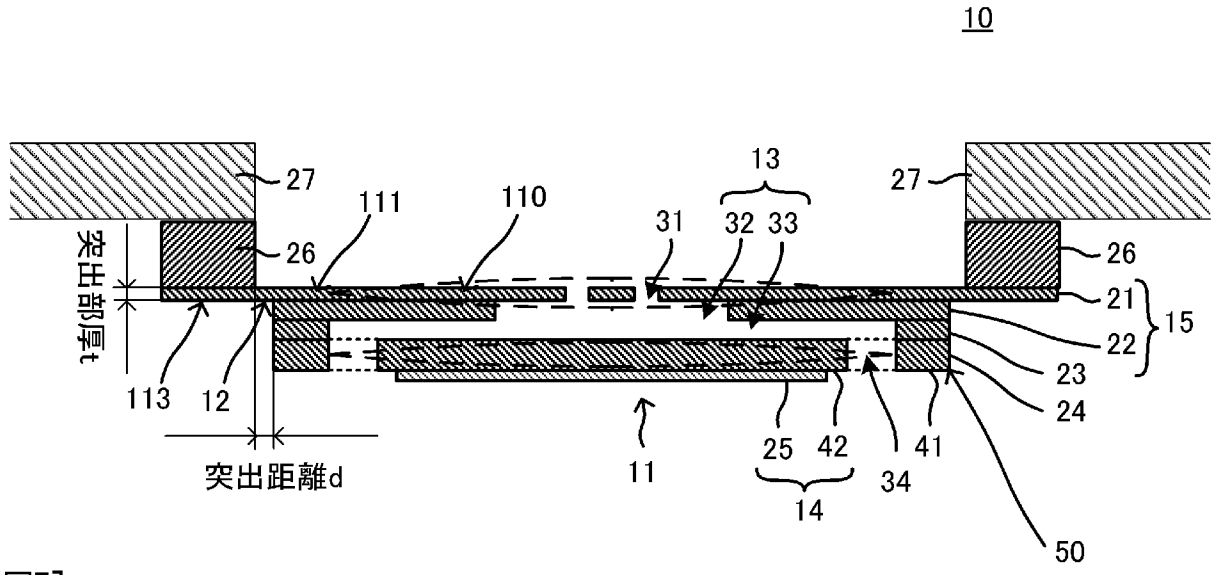
[図5]

図5


27

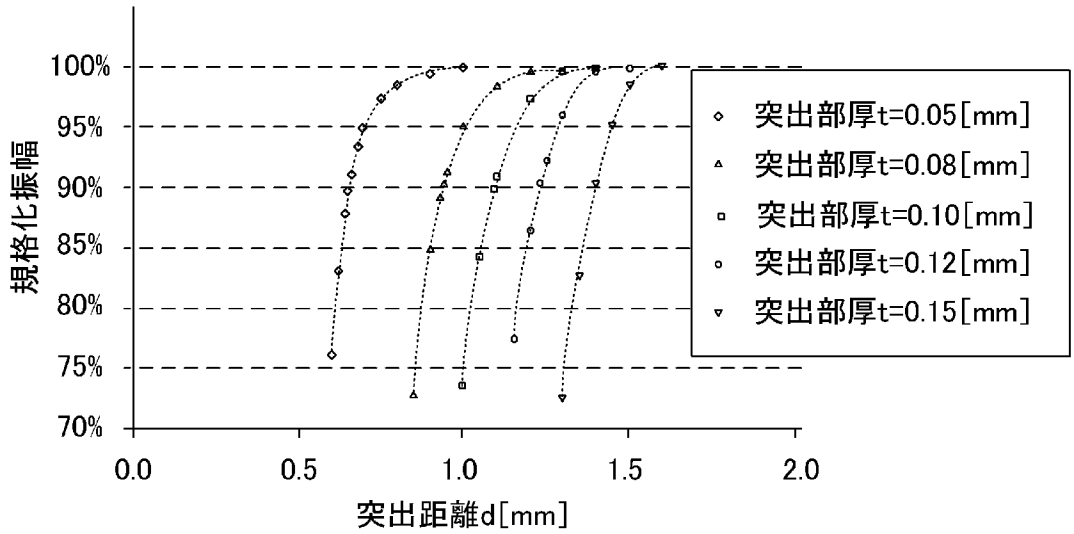
[図6]

図6


10
27
111
110
13
31
32
33
27
26
26
21
15
22
23
24
突出部厚t
113
12
突出距離d
11
25
42
34
41
14
50

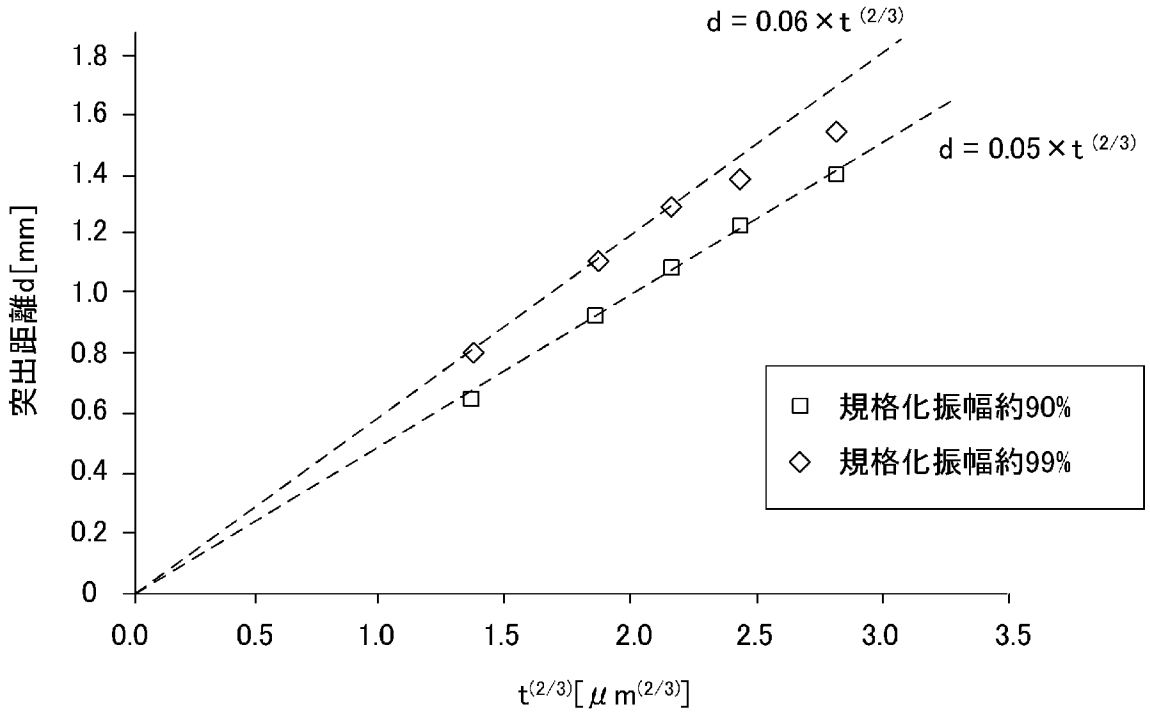
[図7]

図7


100%
95%
90%
85%
80%
75%
70%
規格化振幅
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
突出距離d[mm]
突出部厚t=0.05[mm]
突出部厚t=0.08[mm]
突出部厚t=0.10[mm]
突出部厚t=0.12[mm]
突出部厚t=0.15[mm]

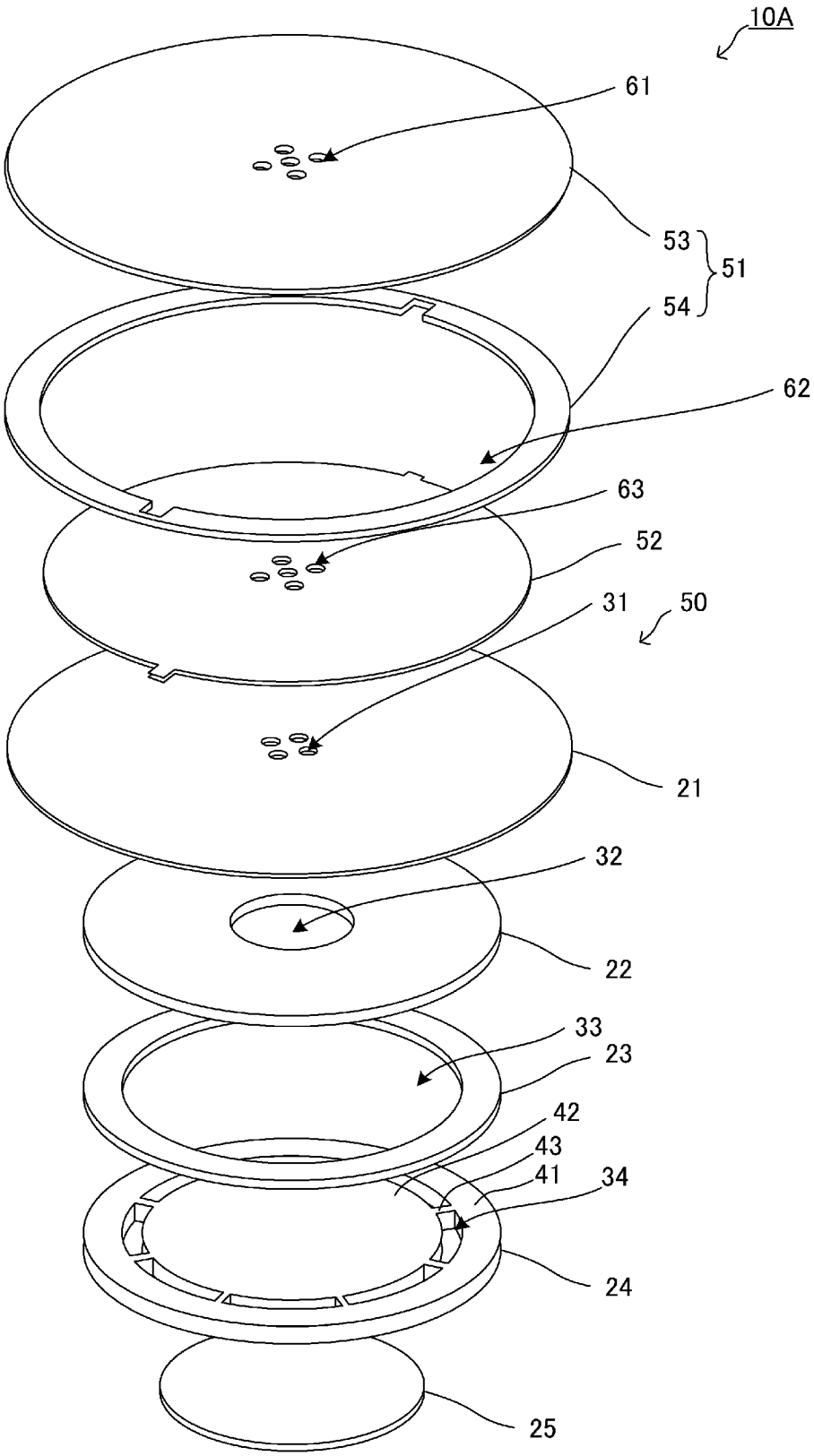
[図8]

図8


d = 0.06 × t (2/3)
d = 0.05 × t (2/3)
突出距離d[mm]
1.8
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
t(2/3)[μm(2/3)]
規格化振幅約90%
規格化振幅約99%

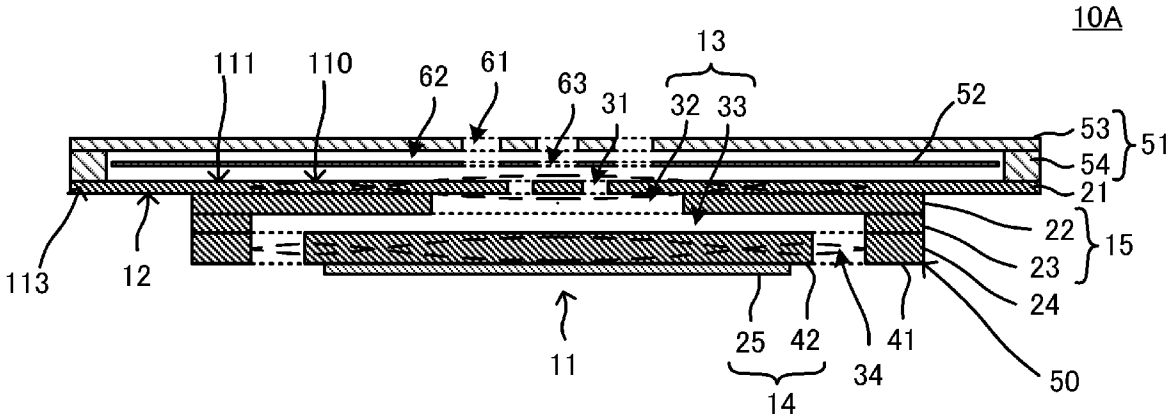
[図9]

図9



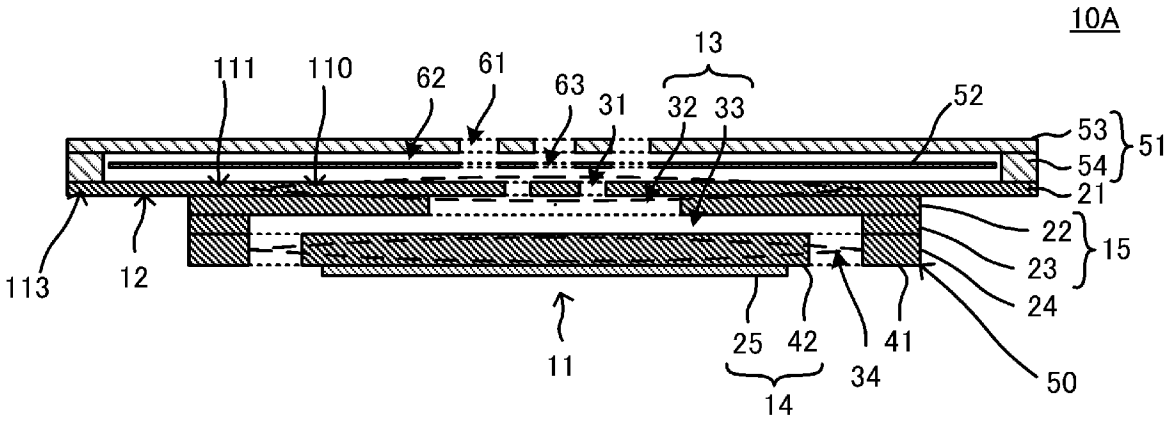
[図10]

図10



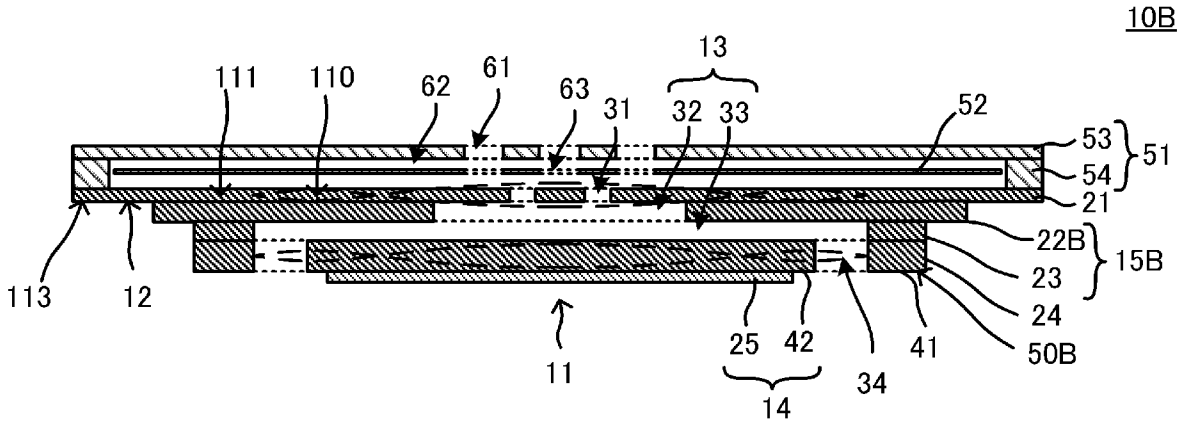
[図11]

図11



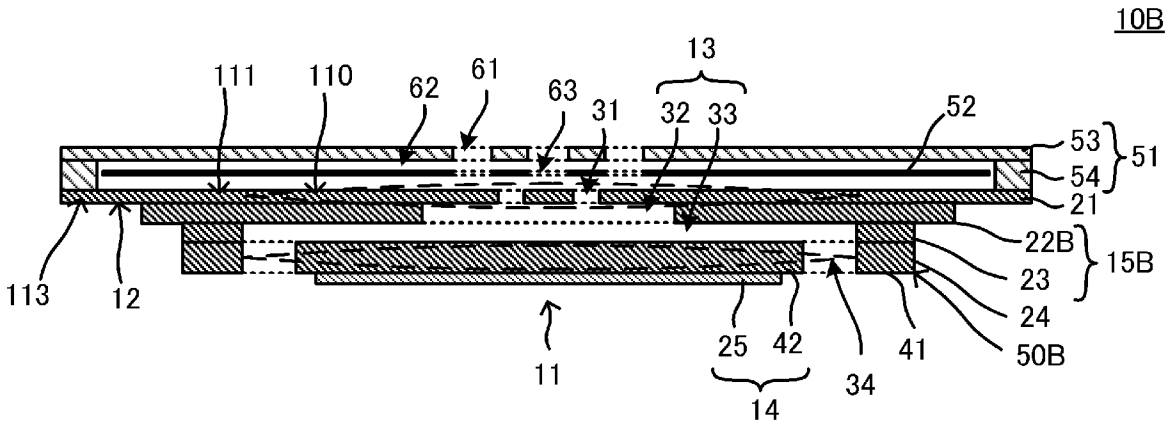
[図12]

図12



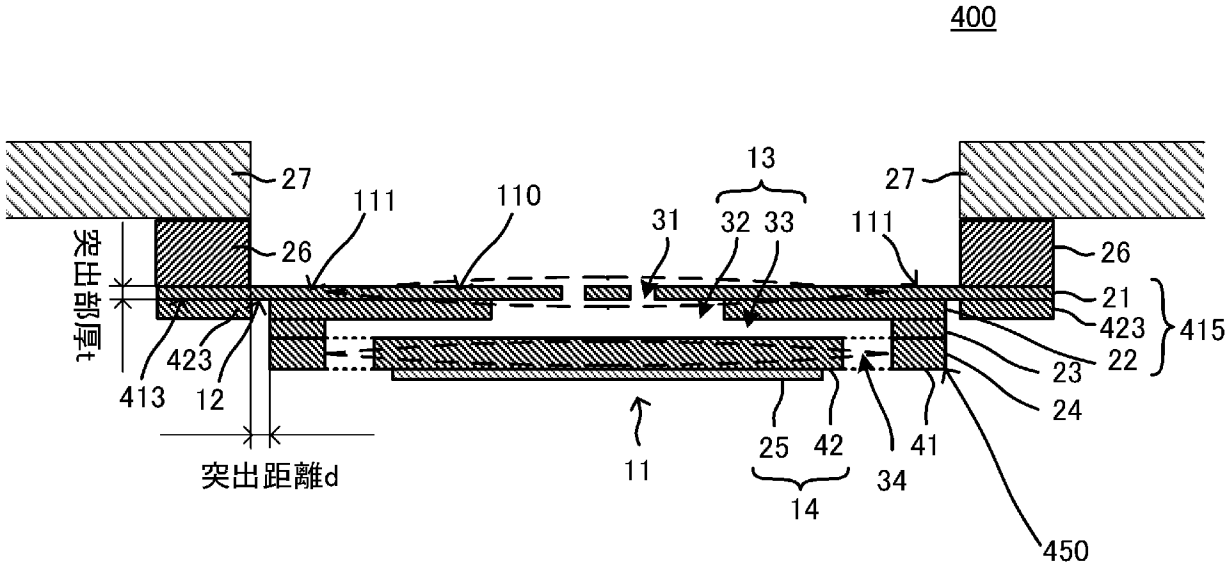
[図13]

図13



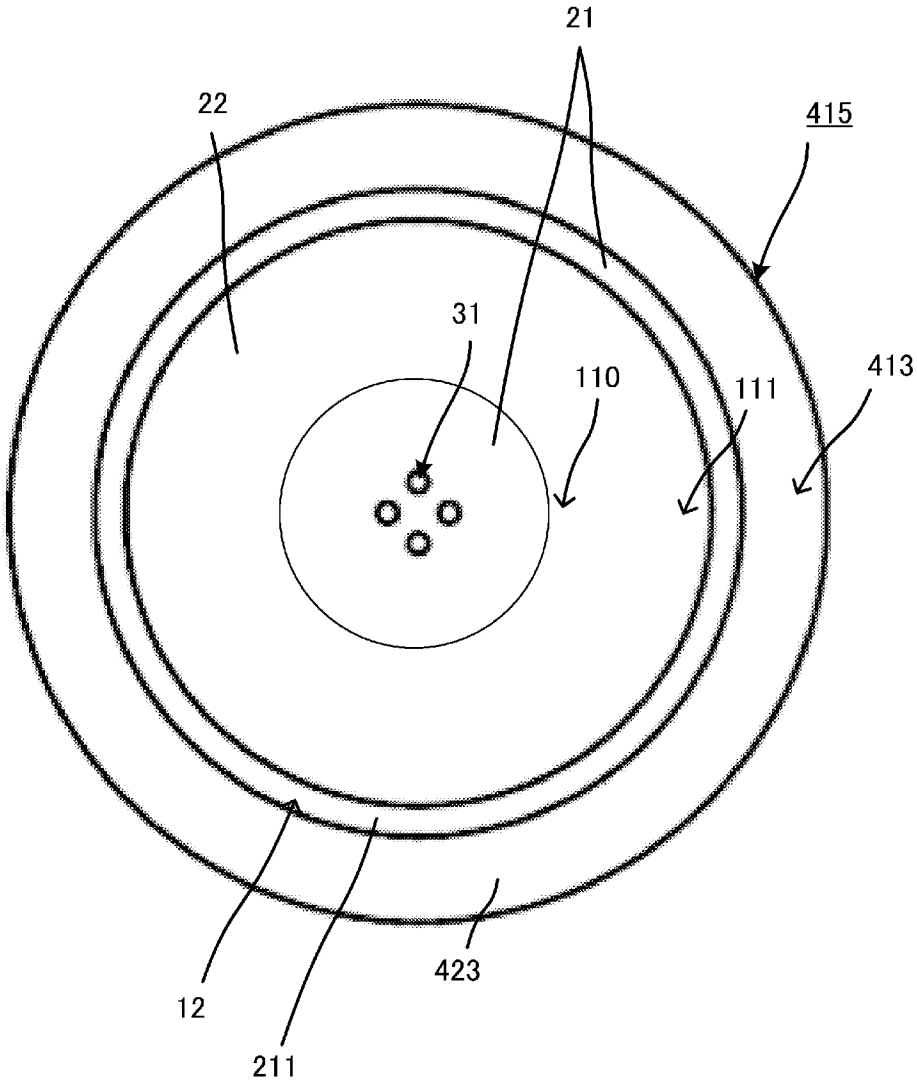
[図14]

図14


400
27
111
110
13
31
32
33
111
27
26
26
突出部厚t
21
423
415
423
12
413
22
23
24
突出距離d
11
25
42
41
34
14
450

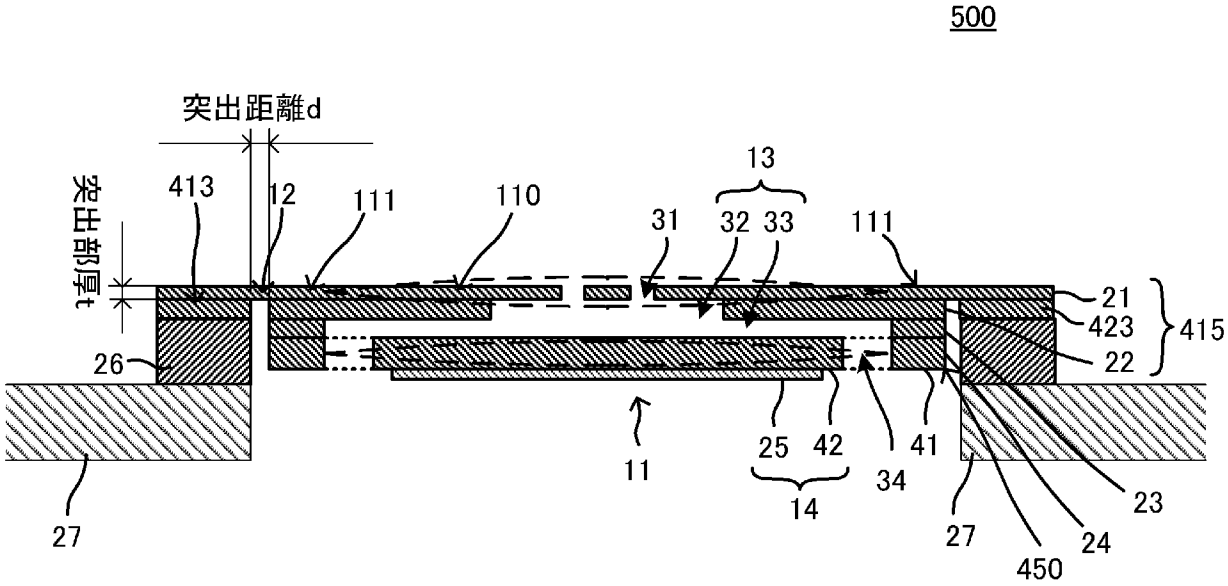
[図15]

図15



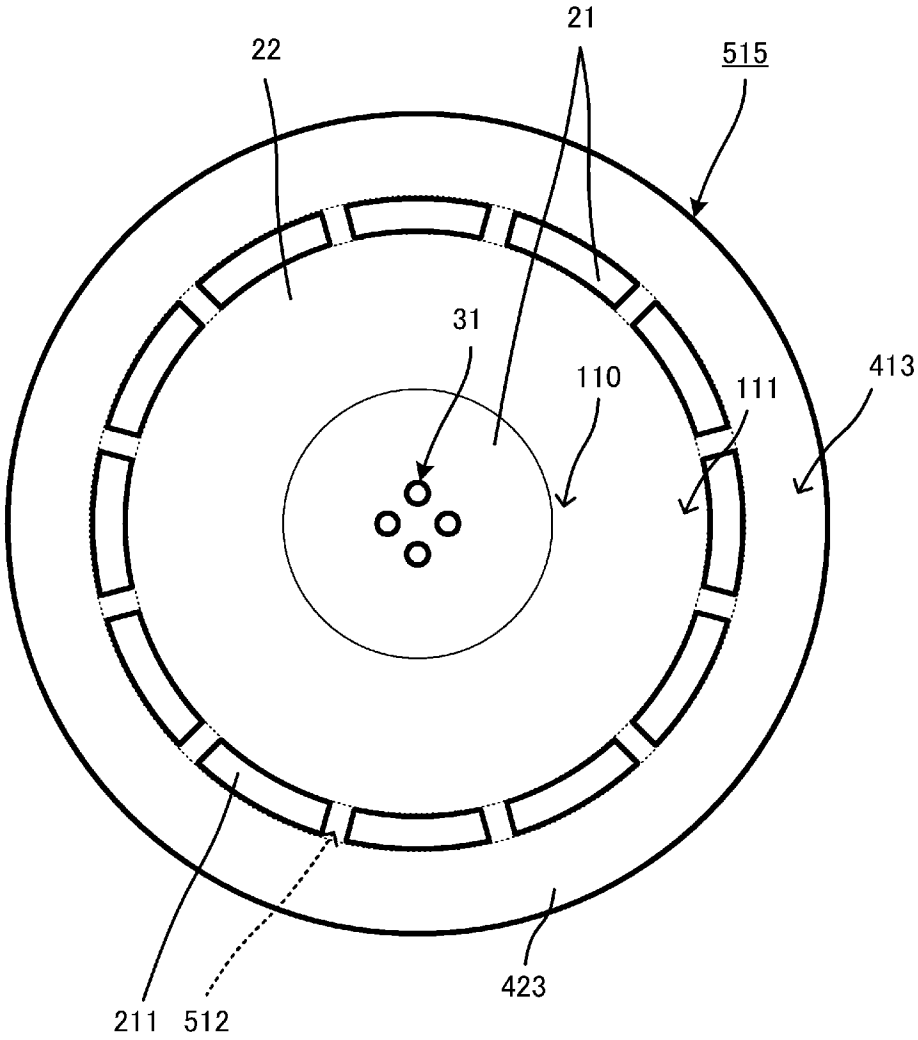
[図16]

図16


500
突出距離d
突出部厚t
413
12
111
110
13
31
32
33
111
21
423
415
22
26
11
25
42
41
34
14
27
27
23
24
450

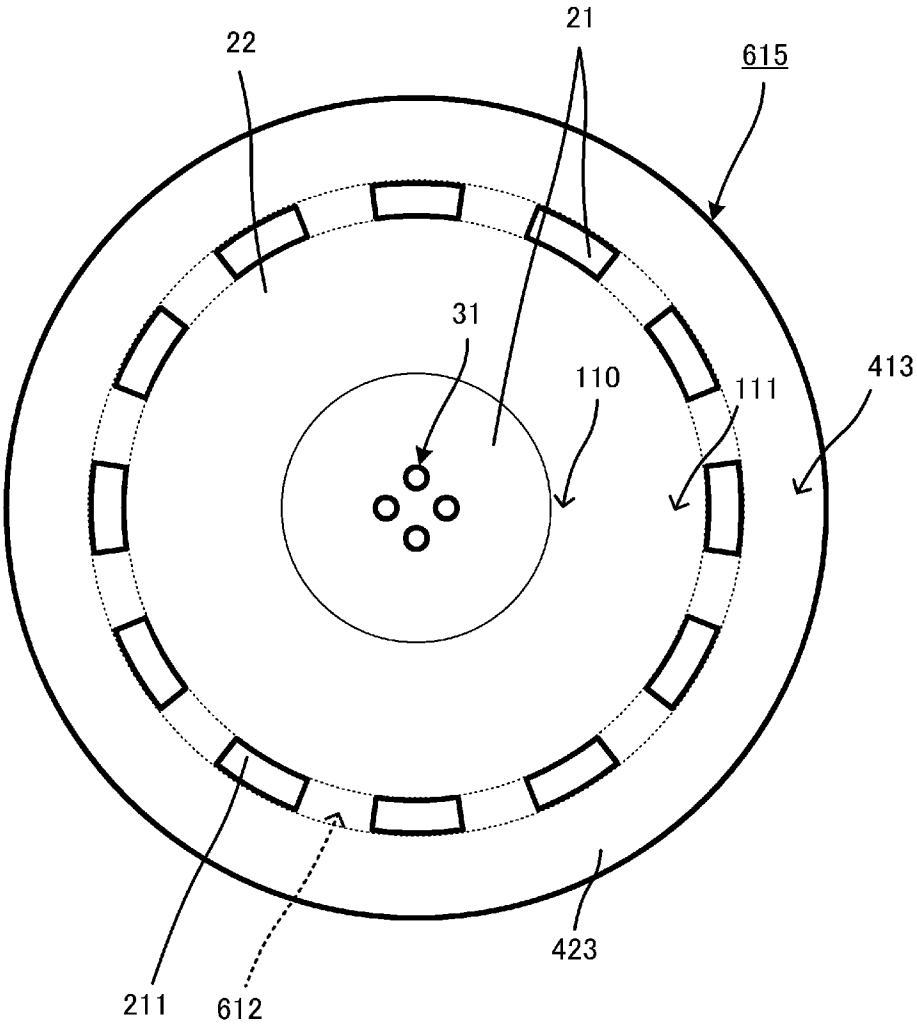
[図17]

図17



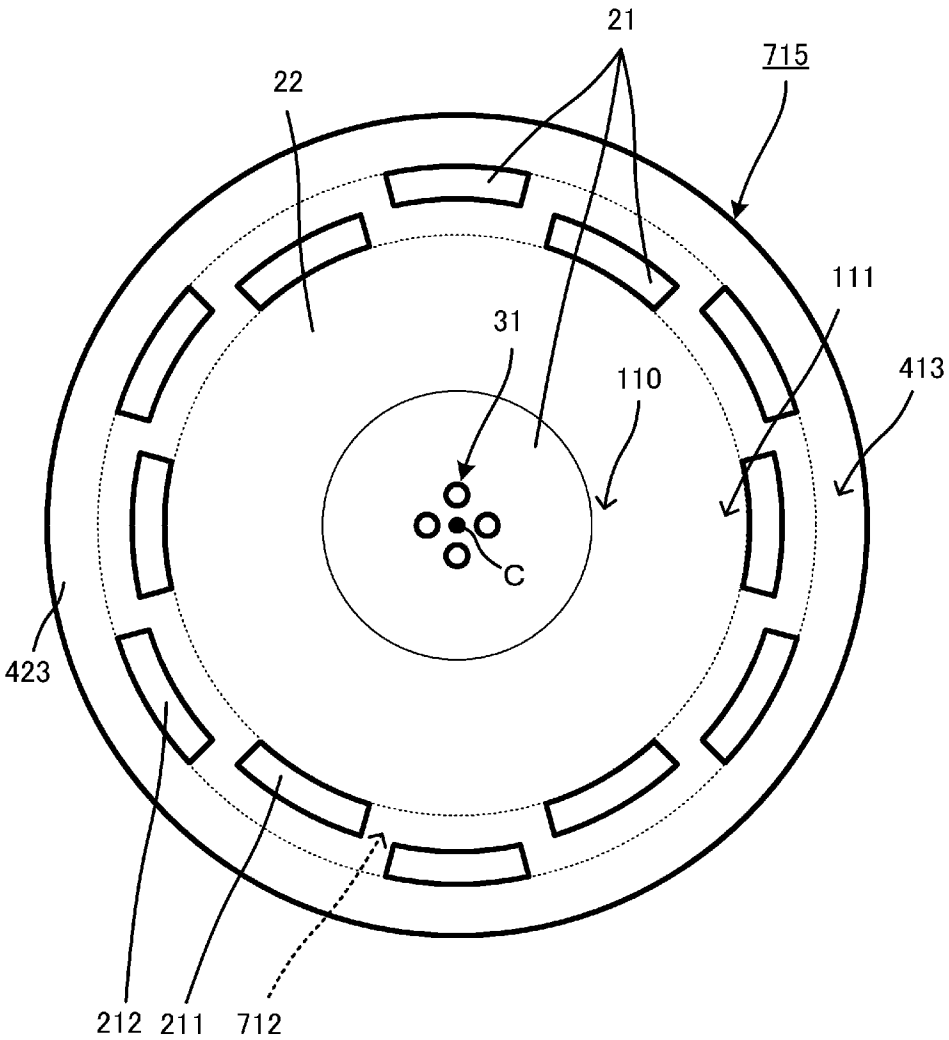
[図18]

図18



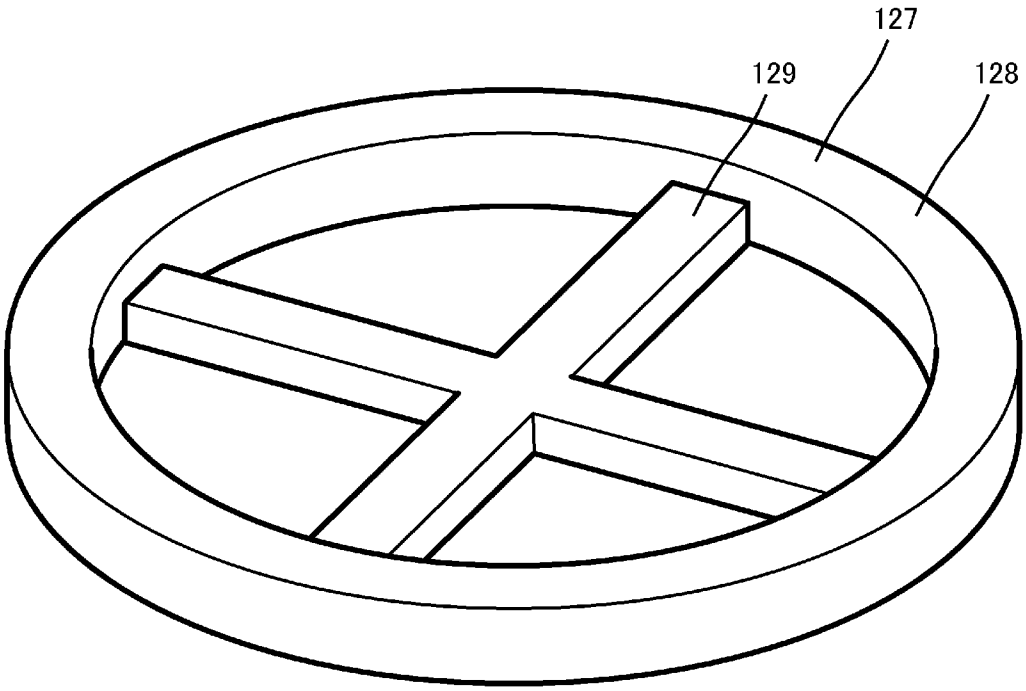
[図19]

図19



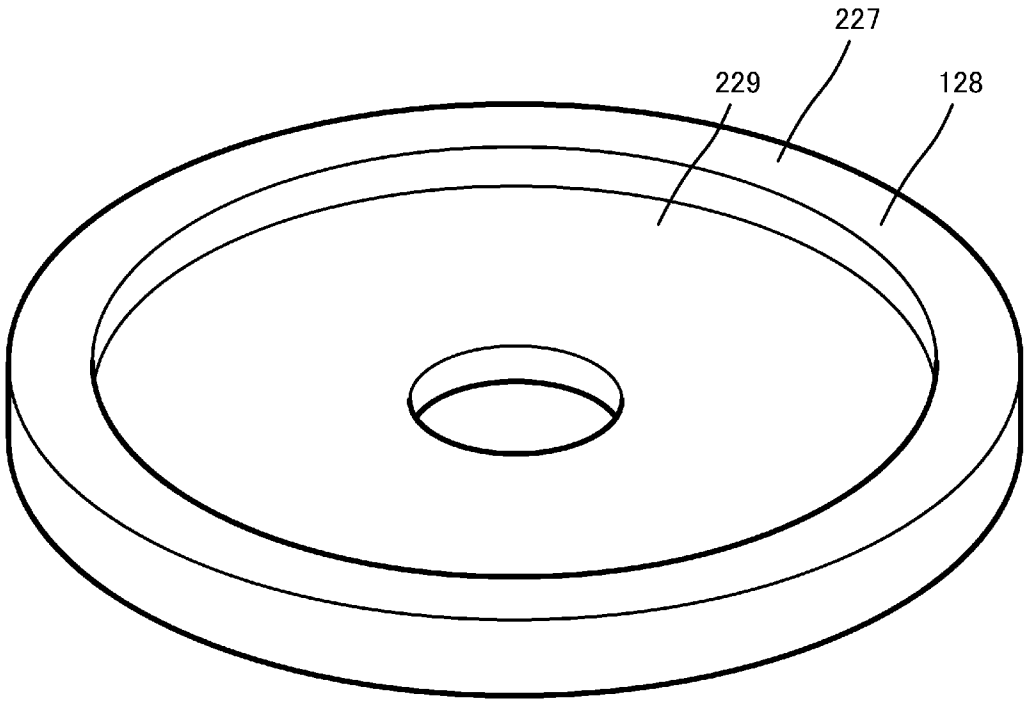
[図20]

図20



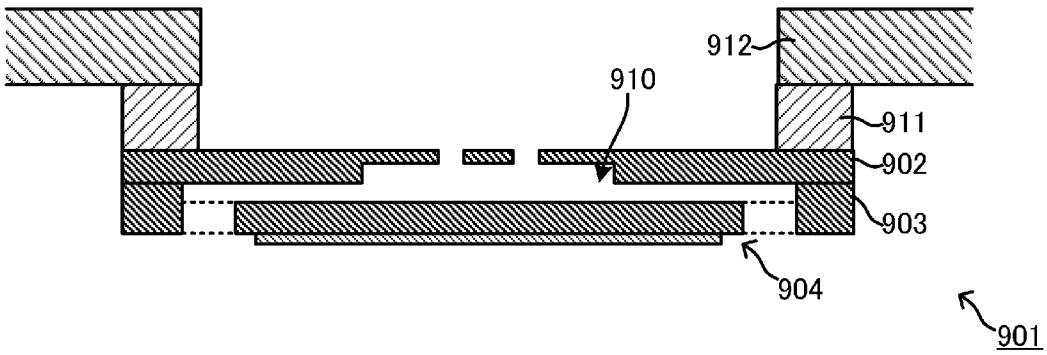
[図21]

図21



[図22]

図22



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/063136

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F04B43/04(2006.01)i, *F04B45/047*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F04B43/04, F04B45/047

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	WO 2014/024608 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 13 February 2014 (13.02.2014), paragraphs [0042] to [0076]; fig. 1 to 4 & JP 5692468 B2	1,5-7,9 2-4,8,10
A	JP 2009-250132 A (Sony Corp.), 29 October 2009 (29.10.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-10
A	US 2014/0044568 A1 (FOUILLET, Yves), 13 February 2014 (13.02.2014), entire text; all drawings & WO 2012/146753 A1 & FR 2974598 A1 & CN 103649541 A	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
13 July 2016 (13.07.16)	02 August 2016 (02.08.16)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１６／０６３１３６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F04B43/04(2006.01)i, F04B45/047(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F04B43/04, F04B45/047

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１６年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X A	WO 2014/024608 A1（株式会社村田製作所）2014.02.13, 段落００４２－００７６, 図１－４ & JP 5692468 B2	1,5-7,9 2-4,8,10
A	JP 2009-250132 A（ソニー株式会社）2009.10.29, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-10
A	US 2014/0044568 A1 (FOUILLET, Yves) 2014.02.13, 全文, 全図 & WO 2012/146753 A1 & FR 2974598 A1 & CN 103649541 A	1-10

☐　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
１３．０７．２０１６	０２．０８．２０１６

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｏ　９６１３
松浦　久夫
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３５８