

(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
2013年8月29日(29.08.2013)



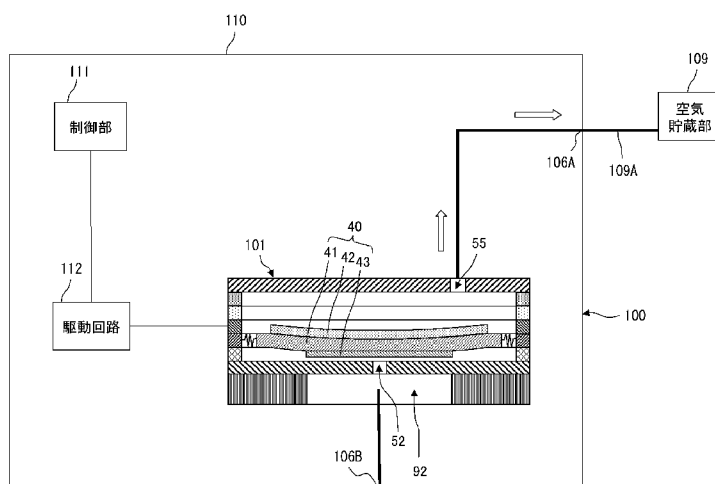
(10) 国際公開番号
WO 2013/125364 A1

- (51) 国際特許分類:
F04B 43/04 (2006.01) *F04B 45/047* (2006.01)
F04B 43/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/052988
- (22) 国際出願日: 2013年2月8日(08.02.2013)
- (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 2012-035229 2012年2月21日(21.02.2012) 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: 神谷岳(KAMITANI, Gaku); 〒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). 藤崎雅章(FUJISAKI, Masaaki); 〒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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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, 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, 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: FLUID CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: 流体制御装置

[図9]



109 AIR RESERVOIR
111 CONTROLLER
112 DRIVE CIRCUIT

(57) Abstract: The fluid control device (100) is provided with a piezoelectric pump (101), a controller (111), and a drive circuit (112). The fluid control device (100) is connected to an air reservoir (109). The drive circuit (112) applies a first drive voltage or a second drive voltage, obtained by superimposing each of different direct current bias voltages onto an alternating current voltage, to a piezoelectric element (42) of the piezoelectric pump (101). In the fluid control device (100), the height of the direct current bias voltage is switched by switching the voltage applied to the piezoelectric element (42) from the first drive voltage to the second drive voltage. The gap between a piezoelectric actuator (40) and a flexible plate (51) when the piezoelectric actuator (40) is at the center of oscillation is thereby switched from a first gap (K1) to a second gap (K2). Consequently, the PQ characteristics of the piezoelectric pump (101) in the fluid control device (100) can be varied dynamically during driving of the piezoelectric pump (101).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2013/125364 A1



流体制御装置（１００）は、圧電ポンプ（１０１）と制御部（１１１）と駆動回路（１１２）とを備えている。流体制御装置（１００）は、空気貯蔵部（１０９）に接続される。駆動回路（１１２）は、交流電圧におおの異なる直流バイアス電圧が重畳された第１駆動電圧または第２駆動電圧を、圧電ポンプ（１０１）の圧電素子（４２）に印加する。流体制御装置（１００）では、圧電素子（４２）に印加する電圧が第１駆動電圧から第２駆動電圧に切り替わることで、直流バイアス電圧の高さが切り替わる。これにより、圧電アクチュエータ（４０）が振動の中心にあるときにおいて、圧電アクチュエータ（４０）と可撓板（５１）との間隔が、第１の間隔（Ｋ１）から第２の間隔（Ｋ２）に切り替わる。したがって、流体制御装置（１００）は、圧電ポンプ（１０１）のＰＱ特性を圧電ポンプ（１０１）の駆動中に動的に変化させることができる。

明 細 書

発明の名称：流体制御装置

技術分野

[0001] この発明は、流体制御を行う流体制御装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、流体制御を行う流体制御装置が各種考案されている。例えば特許文献 1 には圧電ポンプが開示されている。

[0003] 図 1 8 は、特許文献 1 における円板状の圧電ポンプ 9 0 1 の外観斜視図である。図 1 9 は、図 1 8 に示す U-U 線における圧電ポンプ 9 0 1 の断面図である。図 1 9 の (a) は、流入口 9 1 2 から流体が吸い込まれ、圧電ポンプ 9 0 1 の周縁部に環状のポケット室 S が生成された状態を示している。図 1 9 の (b) は、圧電ポンプ 9 0 1 の周縁部に形成された環状のポケット室 S が圧電ポンプ 9 0 1 の中心側に移動し、流入口 9 1 2 および流出口 9 1 3 の双方がほぼ閉鎖された状態を示している。図 1 9 の (c) は、ポケット室 S がさらに中心側へ移動して中心部で合体し、流出口 9 1 3 から流体の吐出を開始した状態を示している。図 1 9 の (d) は、圧電素子 9 2 0 の屈曲変形がさらに中心側に移動し、中心部の変位が最大となった状態を示している。

[0004] この圧電ポンプ 9 0 1 は、基板 9 1 0 と、この基板 9 1 0 上に変位可能に配置された円板状の圧電素子 9 2 0 と、で構成されており、圧電素子 9 2 0 の外周端全周が接着剤で基板 9 1 0 に固定されている。

[0005] 基板 9 1 0 には、流体が流入する流入口 9 1 2 と、その流体が流出する流出口 9 1 3 とが形成されている。

[0006] 圧電素子 9 2 0 の表裏面には、隙間 G 9 1 ~ G 9 4 を介して 5 分割された複数の分割電極 9 2 3 a ~ 9 2 3 e が同心円状に形成されている。

[0007] 以上の構成において、それぞれの分割電極 9 2 3 a ~ 9 2 3 e に交流電圧を位相をずらして印加すると、圧電素子 9 2 0 は、図 1 9 の (a) ~ (d)

に示すように環状の波打ち状に周期的に屈曲振動する。

[0008] 詳述すると、圧電素子920は、図19の(a)に示すように、圧電素子920と基板910との間に環状のポケット室Sを形成する。そして、圧電素子920は、図19の(b)(c)に示すように、そのポケット室Sを半径方向に移動させ、流入口912から流入した流体を周縁部から中心部へと移送する。そして、圧電素子920は、図19の(d)に示すように、流出口913から流体を吐出する。その後、圧電素子920は図19の(a)に示す状態に戻る。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：国際公開第2008/111397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

[0010] 前述した圧電ポンプ901を含むポンプの圧力-流量特性（以降、PQ特性と称する。）は、流量を Q [L/min] とし、圧力を P [kPa] としたとき、「 $P = P_{\max} (1 - Q / Q_{\max})$ 」の式で表される。この式は、流量 Q が0の場合、得られる圧力 P は最大圧力 $P_{\max}$ になり、流量 Q が最大流量 $Q_{\max}$ の場合、得られる圧力 P は0になるという関係を表す。

[0011] そして、ポンプが流体に与えるエネルギーは、 $P \times Q$ で表され、前記式を満たす各動作点によって異なる。最大のエネルギーを流体に与えることができる動作点は、 $P = P_{\max} / 2$ 、 $Q = Q_{\max} / 2$ の動作点（以下、「最適動作点」という）であり、 $P_{\max} \times Q_{\max} / 4$ のエネルギーを流体に与えることができる。

[0012] この最適動作点以外の動作点では、流体に与えることができるエネルギーは少なくなり、ポンプ効率が低下する。しかし、実使用環境下でのポンプの動作点を常に前記最適動作点に一致させることは極めて困難であるので、現実には用途に応じた最適動作点に近い動作点にてポンプを動作させることが

一般的に行われている。

[0013] そこで、前述した圧電ポンプ 901 においても、用途に応じた最適動作点にできるだけ近い動作点になるように、流体が移送される流路の幅（例えば圧電素子 920 と基板 910 との間隔など）を調整して、圧電ポンプ 901 の最大圧力 $P_{\max}$ 及び最大流量 $Q_{\max}$ の設定を行っていた。

[0014] しかしながら、このような方法では、圧電ポンプ 901 の製造後、一度調整した流路の幅を変えることができない。圧電ポンプ 901 では、例えば圧電ポンプ 901 が駆動しているときの発熱による圧電ポンプ 901 の PQ 特性の変化、又は圧電ポンプ 901 の流出口 913 側に付与される圧力（背圧）の変化のような動作点そのものの变化などによって、動作点と最適動作点が遠く離れてしまう場合がある。よって、圧電ポンプ 901 では、ポンプ効率が低下してしまうという問題がある。

[0015] そこで、本発明の目的は、ポンプ効率を向上させることができる流体制御装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0016] 本発明の流体制御装置は、前記課題を解決するために以下の構成を備えている。

[0017] (1) 圧電体を有し、圧電体への電圧の印加により屈曲振動する圧電アクチュエータと、 圧電アクチュエータの一方の主面に対向して設けられ、孔が形成されている平板と、 交流電圧におのおの異なる直流バイアス電圧が重畳された第 1 駆動電圧または第 2 駆動電圧を圧電体に印加する駆動回路と、を備え、

第 1 駆動電圧が圧電体に印加され、圧電アクチュエータが振動の中心の位置にあるとき、圧電アクチュエータと平板との間隔が第 1 の間隔であり、第 2 駆動電圧が圧電体に印加され、圧電アクチュエータが振動の中心の位置にあるとき、圧電アクチュエータと平板との間隔が第 1 の間隔とは異なる第 2 の間隔である。

[0018] この構成では、駆動回路が圧電体に第 1 駆動電圧または第 2 駆動電圧を印

加することで、圧電アクチュエータと平板との間隔が第1の間隔または第2の間隔となる。ここで、圧電アクチュエータと平板との間隔（最短距離）は、ポンプのPQ特性に影響を与える重要な因子である。

[0019] よって、この構成によれば、圧電体に印加する電圧を第1駆動電圧から第2駆動電圧に切り替えることで、ポンプのPQ特性を動的に変化させることができる。

[0020] これにより、例えばポンプが駆動しているときの発熱によるポンプのPQ特性の変化、又は、背圧の変化のような動作点そのものの変化が発生しても、任意の駆動電圧を印加することでポンプのPQ特性を動的に変化させることができる。すなわち、最適動作点に近い動作点においてポンプを駆動させることができる。よって、この構成では、ポンプ効率を向上できる。

[0021] また、この構成では、ポンプのPQ特性を動的に変化させることで、ポンプの最大圧力と最大流量を変化させることができる。これにより、低ポンプ圧力下での大流量特性と、低流量下での高ポンプ圧力特性との両方を実現することができる。

[0022] また、第1駆動電圧から第2駆動電圧に切り替わる際の直流バイアス電圧の変化に併せた圧電アクチュエータの変位によって、ポンプのPQ特性が徐々に変化するため、大流量特性から高ポンプ圧力特性へスムーズに移行する。

[0023] (2) 圧電アクチュエータは、一方の主面に圧電体が接合され、圧電体の伸縮により屈曲振動する振動板をさらに有することが好ましい。

[0024] (3) 圧電アクチュエータは、直流バイアス電圧が高くなる程、圧電アクチュエータと平板との間隔が狭くなる方向に変位することが好ましい。

[0025] この構成では、直流バイアスを有する電圧が印加されているとき、圧電素子に対して圧縮応力がかかった状態で圧電アクチュエータを屈曲振動させることができる。ここで、圧電素子の圧電セラミックスは圧縮応力に強いものの引張応力に弱い。そのため、この構成によれば、圧電アクチュエータが屈曲振動するときの引張応力により圧電素子が破損されてしまうことを抑制で

きる。

[0026] (4) 平板は、可撓性を有する材料で構成されており、圧電アクチュエータの振動に伴って振動することが好ましい。

[0027] この構成では、圧電アクチュエータの振動に伴い平板が振動するため、実質的に振動振幅を増すことができ、そのことにより圧力と流量を増加させることができる。

[0028] (5) 駆動回路によって圧電体に印加される直流バイアス電圧の電界方向は、圧電体の分極方向と一致することが好ましい。

[0029] 駆動回路によって圧電素子に印加される直流バイアス電圧の電界方向が、圧電素子の分極方向と逆向きである場合、脱分極が生じるおそれがある。この構成では、直流バイアス電圧の電界方向と圧電体の分極方向とが一致するため、脱分極を防止できる。

[0030] (6) 駆動回路は、交流電圧を整流平滑し、直流バイアス電圧を生成する整流平滑回路を含むことが好ましい。

[0031] この構成では、直流バイアス電圧を生成する直流電源を設けなくとも済むため、流体制御装置の製造コストを削減できる。

[0032] (7) 駆動回路が圧電体に印加する電圧を、第1駆動電圧から第2駆動電圧に切り替える制御部を備えることが好ましい。

[0033] この構成では、圧電ポンプが効率よく駆動できるように、駆動の段階に応じて切り替えることができる。

発明の効果

[0034] 本発明によれば、ポンプのPQ特性を動的に変化させ、ポンプ効率を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0035] [図1]本発明の第1実施形態に係る流体制御装置100の主要部の構成を示すブロック図である。

[図2]図1に示す圧電ポンプ101の分解斜視図である。

[図3]図1に示す圧電ポンプ101の主要部の断面図である。

[図4]図 1 に示す駆動回路 1 1 2 の回路図である。

[図5]図 1 に示す圧電ポンプ 1 0 1 に印加される駆動電圧の波形図である。

[図6]直流バイアス電圧が印加された図 1 に示す圧電ポンプ 1 0 1 の主要部の断面図である。

[図7]図 1 に示す圧電ポンプ 1 0 1 の P Q 特性を示すグラフである。

[図8]図 1 に示す流体制御装置 1 0 0 のスイッチ S W がオフである間の空気の流れを示すブロック図である。

[図9]図 1 に示す流体制御装置 1 0 0 のスイッチ S W がオンである間の空気の流れを示すブロック図である。

[図10]図 4 に示す駆動回路 1 1 2 の変形例である駆動回路 2 1 2 の回路図である。

[図11]本発明の第 2 実施形態に係る流体制御装置 2 0 0 の主要部の構成を示すブロック図である。

[図12]本発明の第 3 実施形態に係る流体制御装置に備えられる圧電ポンプ 3 0 1 の外観斜視図である。

[図13]図 1 2 に示す圧電ポンプ 3 0 1 の分解斜視図である。

[図14]図 1 2 に示す S - S 線における圧電ポンプ 3 0 1 の断面図である。

[図15]本発明の第 4 実施形態に係る流体制御装置に備えられる圧電ポンプ 4 0 1 の外観斜視図である。

[図16]図 1 5 に示す圧電ポンプ 4 0 1 の分解斜視図である。

[図17]図 1 5 に示す T - T 線における圧電ポンプ 4 0 1 の断面図である。

[図18]特許文献 1 の圧電ポンプ 9 0 1 の外観斜視図である。

[図19]図 1 8 に示す U - U 線における圧電ポンプ 9 0 1 の断面図である。

発明を実施するための形態

[0036] 《第 1 実施形態》

本発明の第 1 実施形態に係る流体制御装置 1 0 0 について以下説明する。

[0037] 図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る流体制御装置 1 0 0 の主要部の構成を示すブロック図である。流体制御装置 1 0 0 は、圧電ポンプ 1 0 1 と制御

部 1 1 1 と駆動回路 1 1 2 とを備え、空気貯蔵部 1 0 9 に接続される。

[0038] 流体制御装置 1 0 0 の筐体 1 1 0 には、空気貯蔵部 1 0 9 のゴム管 1 0 9 A に接続される接続口 1 0 6 A と、筐体 1 1 0 外部の空気を筐体 1 1 0 内部へ吸引するための吸引口 1 0 6 B と、が形成されている。ここで、空気貯蔵部 1 0 9 は、例えばビーチボールやゴムボート、風船人形のような玩具やタイヤ、又は血圧測定用のカフである。

[0039] 圧電ポンプ 1 0 1 の吸引孔 5 2 は、筐体 1 1 0 の吸引口 1 0 6 B に連通し、圧電ポンプ 1 0 1 の吐出孔 5 5 は、筐体 1 1 0 の接続口 1 0 6 A に連通する。

[0040] 駆動回路 1 1 2 は、交流電圧におのこの異なる直流バイアス電圧が重畳された第 1 駆動電圧または第 2 駆動電圧を圧電ポンプ 1 0 1 に印加し、圧電ポンプ 1 0 1 を駆動する。

[0041] 制御部 1 1 1 は、例えばマイクロコンピュータで構成され、駆動回路 1 1 2 を含む装置本体の各部の動作を制御する。

[0042] ここで、圧電ポンプ 1 0 1 の構造について詳述する。図 2 は、図 1 に示す圧電ポンプ 1 0 1 の分解斜視図である。図 3 は、図 1 に示す圧電ポンプ 1 0 1 の主要部の断面図である。圧電ポンプ 1 0 1 は、基板 9 1、可撓板 5 1、スペーサ 5 3 A、補強板 4 3、振動板ユニット 6 0、圧電素子 4 2、スペーサ 5 3 B、電極導通用板 7 0、スペーサ 5 3 C 及び蓋板 5 4 を備え、それらを順に積層した構造を有している。

[0043] なお、可撓板 5 1 が、本発明の「平板」にする。

[0044] 円板状の振動板 4 1 の上面には圧電素子 4 2 が接着固定され、振動板 4 1 の下面には補強板 4 3 が貼着されて、振動板 4 1 と圧電素子 4 2 と補強板 4 3 とによって円板状の圧電アクチュエータ 4 0 が構成される。圧電素子 4 2 は、例えばチタン酸ジルコン酸鉛系セラミックスからなり、図 3 に示す矢印の方向に分極されている。

[0045] ここで、振動板 4 1 を圧電素子 4 2 および補強板 4 3 よりも線膨張係数の大きな金属板としておき、接着時に加熱硬化させることにより、全体が反る

ことなく、圧電素子 4 2 に適切な圧縮応力を残留させることができ、圧電素子 4 2 の割れを防止できる。例えば、振動板 4 1 をリン青銅 (C 5 2 1 0) やステンレススチール S U S 3 0 1 など線膨張係数の大きな材料とし、補強板 4 3 を 4 2 ニッケルまたは 3 6 ニッケルまたはステンレススチール S U S 4 3 0 などとするのがよい。

[0046] なお、振動板 4 1、圧電素子 4 2、補強板 4 3 については、上から圧電素子 4 2、補強板 4 3、振動板 4 1 の順に配置してもよい。この場合も圧電素子 4 2 に適切な圧縮応力が残留するように、補強板 4 3、振動板 4 1 の材質を逆にすることで線膨張係数が調整されている。

[0047] 振動板 4 1 の周囲には枠板 6 1 が設けられていて、振動板 4 1 は枠板 6 1 に対して連結部 6 2 で連結されている。連結部 6 2 は例えば細いリング状に形成されており、小さなバネ定数の弾性をもたせて弾性構造としている。

[0048] したがって振動板 4 1 は二つの連結部 6 2 で枠板 6 1 に対して 2 点で柔軟に支持されている。そのため、振動板 4 1 の屈曲振動を殆ど妨げない。すなわち、圧電アクチュエータ 4 0 の周縁部が（勿論中心部も）実質的に拘束されていない状態となっている。

[0049] なお、スペーサ 5 3 A は可撓板 5 1 と一定の隙間をあけて圧電アクチュエータ 4 0 を保持するために設けられる。枠板 6 1 には電氣的に接続するための外部端子 6 3 が形成されている。

[0050] 振動板 4 1、枠板 6 1、連結部 6 2 及び外部端子 6 3 は金属板の打ち抜き加工により成形されていて、これらによって振動板ユニット 6 0 が構成されている。

[0051] 枠板 6 1 の上面には、樹脂製のスペーサ 5 3 B が接着固定されている。スペーサ 5 3 B の厚みは圧電素子 4 2 と同じか少し厚く、枠板 6 1 は、ポンプ筐体 8 0 の一部を構成するとともに、次に述べる電極導通用板 7 0 と振動板ユニット 6 0 とを電氣的に絶縁する。

[0052] スペーサ 5 3 B の上には、金属製の電極導通用板 7 0 が接着固定されている。電極導通用板 7 0 は、ほぼ円形に開口した枠部位 7 1 と、この開口内に

突出する内部端子 7 3 と、外部へ突出する外部端子 7 2 とで構成されている。

[0053] 内部端子 7 3 の先端は圧電素子 4 2 の表面にはんだ付けされる。はんだ付け位置を圧電アクチュエータ 4 0 の屈曲振動の節に相当する位置とすることにより内部端子 7 3 の振動は抑制できる。

[0054] 電極導通用板 7 0 の上には、樹脂製のスペーサ 5 3 C が接着固定される。スペーサ 5 3 C はここでは圧電素子 4 2 と同程度の厚さを有する。スペーサ 5 3 C は、圧電アクチュエータ 4 0 が振動したときに、内部端子 7 3 のはんだ部分が、蓋板 5 4 に接触しないようにするためのスペーサである。また、圧電素子 4 2 表面が蓋板 5 4 に過度に接近して、空気抵抗により振動振幅の低下するのを防止する。そのため、スペーサ 5 3 C の厚さは、前述の通り、圧電素子 4 2 と同程度の厚さであればよい。

[0055] 蓋板 5 4 は吐出孔 5 5 を有しており、スペーサ 5 3 C の上部に被せられ、圧電アクチュエータ 4 0 の周囲を覆う。吐出孔 5 5 は蓋板 5 4 の中心に設けてもよいが、蓋板 5 4 を含むポンプ筐体 8 0 内の正圧を開放する吐出孔であるので、必ずしも蓋板 5 4 の中心に設ける必要はない。

[0056] 一方、可撓板 5 1 の中心には吸引孔 5 2 が形成されている。この可撓板 5 1 と振動板ユニット 6 0 との間に、補強板 4 3 の厚みへ数 10 μm 程度加えたスペーサ 5 3 A が挿入されている。このように、スペーサ 5 3 A が存在しても、振動板 4 1 は枠板 6 1 に拘束されているわけではないので、吐出孔 5 5 側に付与される圧力（背圧）の変動に応じて間隙は自動的に変化する。

[0057] 但し、振動板 4 1 は連結部 6 2 （バネ端子）の拘束の影響を多少は受けるので、このようにスペーサ 5 3 A を挿入することで、背圧が低いときには積極的に隙間を確保して流量を増大することができる。また、スペーサ 5 3 A を挿入した場合でも、背圧が高いときには連結部 6 2 （バネ端子）がたわんで、圧電アクチュエータ 4 0 と可撓板 5 1 との対向領域の隙間が自動的に減少し、高い圧力で動作することが可能である。

[0058] なお、図 5 に示した例では、連結部 6 2 を二箇所にしたが、三箇所以上

に設けてもよい。連結部 6 2 は圧電アクチュエータ 4 0 の振動を妨げるものではないが、振動に多少の影響を与えるため、例えば三箇所で連結（保持）することにより、より自然な保持が可能となり、圧電素子 4 2 の割れを防止することもできる。

[0059] 可撓板 5 1 の下部には、中心に円柱形の開口部 9 2 が形成された基板 9 1 が設けられている。可撓板 5 1 の一部は基板 9 1 の開口部 9 2 で露出する。この円形の露出部は、圧電アクチュエータ 4 0 の振動に伴う圧力変動により、圧電アクチュエータ 4 0 と実質的に同一周波数で振動することができる。この可撓板 5 1 と基板 9 1 との構成により、可撓板 5 1 の圧電アクチュエータ対向領域の中心又は中心付近は屈曲振動可能な可動部であり、周縁部は実質的に拘束された固定部となる。この円形の可動部の固有振動数は、圧電アクチュエータ 4 0 の駆動周波数と同一か、やや低い周波数になるように設計している。

[0060] 従って、外部端子 6 3, 7 2 に駆動電圧が印加されると、圧電アクチュエータ 4 0 が同心円状に屈曲振動し、圧電アクチュエータ 4 0 の振動に呼応して、吸引孔 5 2 を中心とした可撓板 5 1 の露出部も大きな振幅で振動する。可撓板 5 1 の振動位相が圧電アクチュエータ 4 0 の振動位相よりも遅れた（例えば 90° 遅れの）振動となれば、可撓板 5 1 と圧電アクチュエータ 4 0 との間の隙間空間の厚さ変動が実質的に増加する。そのことによってポンプの能力をより向上させることができる。

[0061] 次に、駆動回路 1 1 2 について詳述する。

[0062] 図 4 は、図 1 に示す駆動回路 1 1 2 の回路図である。図 5 は、図 1 に示す圧電ポンプ 1 0 1 に印加される駆動電圧の波形図である。

[0063] 制御部 1 1 1 は、スイッチ SW をオンオフし、駆動回路 1 1 2 が圧電素子 4 2 に印加する電圧を、第 1 駆動電圧または第 2 駆動電圧に切り替える。

[0064] 詳述すると、駆動回路 1 1 2 において、スイッチ SW がオフである間、交流電源 AC から出力された交流電圧は、コンデンサ C 1 を介して第 1 駆動電圧として圧電ポンプ 1 0 1 の圧電素子 4 2 に印加される（図 5 参照）。ここ

で、交流電源ACは、圧電ポンプ101の共振周波数と等しい周波数の第1駆動電圧を出力している。また、この実施形態において、第1駆動電圧の直流バイアス電圧は0Vである。

[0065] 一方、駆動回路112において、スイッチSWがオンである間、交流電源ACから出力された交流電圧は、コンデンサC1を介して圧電ポンプ101の圧電素子42に印加され、直流電源DCから出力された直流バイアス電圧（例えば9V）は、抵抗R1を介して圧電ポンプ101の圧電素子42に印加される。すなわち、直流バイアス電圧が交流電圧に重畳されて第2駆動電圧が生成され、圧電ポンプ101の圧電素子42に印加される（図5参照）。

[0066] 以上の回路構成により、駆動回路112は、直流バイアス電圧がおのこの異なる第1駆動電圧または第2駆動電圧を圧電ポンプ101の圧電素子42に印加することができる。

[0067] 図6は、直流バイアス電圧が印加された図1に示す圧電ポンプ101の主要部の断面図である。図7は、図1に示す圧電ポンプ101のPQ特性を示すグラフである。図7において圧電ポンプ101のPQ特性は、印加する直流バイアス電圧毎に示されている。

[0068] 圧電素子42に印加する電圧を第1駆動電圧から第2駆動電圧に切り替えることで、直流バイアス電圧の高さが切り替わる。これにより、圧電アクチュエータが振動の中心の位置にあるときにおいて、圧電アクチュエータ40と可撓板51との間隔が、第1の間隔K1（図3参照）から第2の間隔K2（図6参照）に切り替わる。

[0069] ここで、圧電アクチュエータ40は、直流バイアス電圧が高くなる程、圧電アクチュエータ40と可撓板51との間隔が狭くなる方向に変位する。反対に、圧電アクチュエータ40は、直流バイアス電圧が低くなる程、圧電アクチュエータ40と可撓板51との間隔が広くなる方向に変位する。

[0070] そして、圧電アクチュエータ40と可撓板51との間隔（最短距離）は、圧電ポンプ101のPQ特性に影響を与える重要な因子である。

- [0071] そのため、この実施形態によれば、圧電素子42に印加する電圧を第1駆動電圧から第2駆動電圧に切り替えることで、圧電ポンプ101のPQ特性を圧電ポンプ101の駆動中に動的に変化させることができる（図7参照）。
- [0072] 図7より、直流バイアス電圧が -5 V である場合、直流バイアス電圧が 0 V である場合と比較して、最大流量が増え、最大圧力が下がることが分かる。逆に、直流バイアス電圧が $5\text{ V} \sim 35\text{ V}$ である場合、図7より、直流バイアス電圧が 0 V である場合と比較して、直流バイアス電圧が高くなる程、最大流量は小さくなり、最大圧力は大きくなることが分かる。
- [0073] 以上より、例えば、圧電ポンプ101が駆動しているときの発熱によって温度が変化しても、又は環境温度が変化しても、PQ特性を動的に変化させることで、予め設定した $P = P_{\text{max}}/2$ 、 $Q = Q_{\text{max}}/2$ に近い動作点において圧電ポンプ101を駆動させることができる。
- [0074] よって、この実施形態によれば、圧電ポンプ101のポンプ効率を向上できる。
- [0075] また、駆動回路112によって圧電素子42に印加される直流バイアス電圧の電界方向が、圧電素子42の分極方向と逆向きである場合、負の直流バイアス電圧が高くなる程、脱分極が生じやすくなる。
- [0076] そこで、図3、図6に示すように、駆動回路112によって圧電素子42に印加される直流バイアス電圧の電界方向は、圧電素子42の分極方向と一致することが好ましい。また、負の直流バイアス電圧を印加する場合、脱分極が生じないよう所定電圧（この実施形態では -5 V ）以上にすることが好ましい。
- [0077] また、圧電アクチュエータ40は、直流バイアス電圧が高くなる程、圧電素子42が収縮し、圧電アクチュエータ40と可撓板51との間隔が狭くなる方向に変位する。そのため、正の直流バイアス電圧を印加する場合に、圧電素子42に対して圧縮応力がかかった状態で圧電アクチュエータ40を屈曲振動させることができる。そして、圧電素子42の圧電セラミックスは圧

縮応力に強いものの引張応力に弱い。そのため、この実施形態によれば、圧電アクチュエータ４０が屈曲振動するときの引張応力により圧電素子４２が破損されてしまうことを抑制できる。

[0078] ここで、空気貯蔵部１０９に空気を充填するときにおける流体制御装置１００の動作について説明する。

[0079] 図８は、図１に示す流体制御装置１００のスイッチＳＷがオフである間の空気の流れを示すブロック図である。図９は、図１に示す流体制御装置１００のスイッチＳＷがオンである間の空気の流れを示すブロック図である。

[0080] 流体制御装置１００は、空気貯蔵部１０９に圧縮空気を充填するとき、駆動回路１１２によって第１駆動電圧を圧電ポンプ１０１の圧電素子４２に印加し、図３に示すように圧電アクチュエータ４０を屈曲振動させる。圧電アクチュエータ４０が振動の中心の位置にあるとき、圧電アクチュエータ４０と可撓板５１との間隔は第１の間隔Ｋ１である。これにより、吸引口１０６Ｂから外気が吸引され、空気が圧電ポンプ１０１内のポンプ室４５を経由して圧電ポンプ１０１の吐出孔５５から空気貯蔵部１０９へ送出し、空気貯蔵部１０９内の圧力（空気圧）を高める（図８参照）。

[0081] 圧電アクチュエータ４０の駆動開始から一定時間経過すると、制御部１１１は、スイッチＳＷをオンする（図４参照）。そして、流体制御装置１００は、直流バイアス電圧を交流電圧に重畳した第２駆動電圧を駆動回路１１２によって圧電ポンプ１０１の圧電素子４２に印加し、図６に示すように圧電アクチュエータ４０を屈曲振動させる。圧電アクチュエータ４０が振動の中心の位置にあるとき、圧電アクチュエータ４０と可撓板５１との間隔は第２の間隔Ｋ２である。

[0082] これにより、吸引口１０６Ｂから外気が吸引され、空気が圧電ポンプ１０１内のポンプ室４５を経由して圧電ポンプ１０１の吐出孔５５から空気貯蔵部１０９へ送出し、空気貯蔵部１０９内の圧力（空気圧）を目標圧力まで高める（図９参照）。

[0083] ここで、空気貯蔵部１０９に空気が入っていないポンピング動作の初期に

は、ポンプ圧力は低くとも良いものの大きな流量が必要になる。この実施形態の流体制御装置 100 では、スイッチ SW をオフにすることにより、空気貯蔵部 109 のたるみが無くなるまで空気を大流量で空気貯蔵部 109 に送出することができる。

[0084] そして、空気が十分に入り、空気貯蔵部 109 の体積がほぼ一定で変化しなくなるポンピング動作の後期には、流量は少なくともよいものの高いポンプ圧力が必要になる。この実施形態の流体制御装置 100 では、スイッチ SW をオンにすることにより、高圧縮の空気を充填することができる。

[0085] よって、この実施形態の流体制御装置 100 によれば、低ポンプ圧力下での大流量特性と、低流量下での高ポンプ圧力特性との両方を実現することができる。

[0086] また、第 1 駆動電圧から第 2 駆動電圧に切り替わる際の直流バイアス電圧の変化に併せて、圧電アクチュエータ 40 が振動の中心の位置にあるときにおける圧電アクチュエータ 40 と可撓板 51 との距離が徐々に変化する。これにより圧電ポンプ 101 の PQ 特性が徐々に変化するため、大流量特性から高ポンプ圧力特性へスムーズに移行する。

[0087] なお、実施の際は、前述の可撓板 51 の代わりに可撓性を有しない平板を用いてもよい。

[0088] なお、前述の実施形態では直流電源 DC を有する駆動回路 112（図 4 参照）を用いたが、実施の際は、直流電源 DC の代わりに整流平滑回路を有する駆動回路 212（図 10 参照）を用いても構わない。

[0089] 詳述すると、駆動回路 212 において、スイッチ SW がオフである間、交流電源 AC から出力された交流電圧は、コンデンサ C1 を介して第 1 駆動電圧として圧電ポンプ 101 の圧電素子 42 に印加される（図 5 参照）。

[0090] 一方、駆動回路 212 において、スイッチ SW がオンである間、交流電源 AC から出力された交流電圧は、コンデンサ C1 を介して圧電素子 42 に印加され、その交流電圧がダイオード D、抵抗 R2、R3 及びコンデンサ C2 により整流平滑されて生成された直流バイアス電圧（例えば 9 V）は、抵抗

R 1 を介して圧電素子 4 2 に印加される。すなわち、駆動回路 2 1 2 においても、直流バイアス電圧が交流電圧に重畳されて第 2 駆動電圧が生成され、圧電素子 4 2 に印加される（図 5 参照）。

[0091] 以上の回路構成により、駆動回路 2 1 2 は、直流バイアス電圧のおの異なる第 1 駆動電圧または第 2 駆動電圧を圧電ポンプ 1 0 1 の圧電素子 4 2 に印加する。そのため、この変形例によれば、直流電源 D C を設けなくとも済むため、流体制御装置 1 0 0 の製造コストを削減できる。

[0092] 《第 2 実施形態》

図 1 1 は、本発明の第 2 実施形態に係る流体制御装置 2 0 0 の主要部の構成を示すブロック図である。この流体制御装置 2 0 0 が第 1 実施形態の流体制御装置 1 0 0 と相違する点は、圧力センサ 1 2 1 を備える点であり、その他の点については同じである。

[0093] 詳述すると、圧力センサ 1 2 1 は、空気貯蔵部 1 0 9 内の圧力（空気圧）を検知し、その検知信号を制御部 1 1 1 に出力する。

[0094] 制御部 1 1 1 は、圧力センサ 1 2 1 から出力される検知信号によって空気貯蔵部 1 0 9 内の圧力（空気圧）を監視する。制御部 1 1 1 は、圧電アクチュエータ 4 0 の駆動開始から空気貯蔵部 1 0 9 内の空気圧が一定圧力を超えるまでの間、スイッチ S W をオフし、空気貯蔵部 1 0 9 内の空気圧が一定圧力を超えている間、スイッチ S W をオンする（図 4 参照）。

[0095] この実施形態では、空気貯蔵部 1 0 9 内の空気圧に応じてスイッチ S W のオンオフを切り替えている。すなわち、この実施形態によれば、空気貯蔵部 1 0 9 内の空気圧に応じて圧電ポンプ 1 0 1 の P Q 特性を動的に変化させることができる。

[0096] 《第 3 実施形態》

図 1 2 は、本発明の第 3 実施形態の流体制御装置に備えられる圧電ポンプ 3 0 1 の外観斜視図である。図 1 3 は、図 1 2 に示す圧電ポンプの分解斜視図である。図 1 4 は、図 1 2 に示す S - S 線における圧電ポンプ 3 0 1 の断面図である。ここで、図 1 4 （A）は、直流バイアス電圧が印加されないス

イッチSWがオフである間の圧電ポンプ301の断面図であり、図14(B)は、直流バイアス電圧が印加されるスイッチSWがオンである間の圧電ポンプ301の断面図である。

[0097] この実施形態の流体制御装置は、第1実施形態の流体制御装置100の圧電ポンプ101の代わりに圧電ポンプ301を備える点で、図1に示す第1実施形態の流体制御装置100と相違する。その他の構成については同じである。

[0098] 詳述すると、圧電ポンプ301は、ポンプ本体を構成する平板310と、振動板320と、環状の押え板340とを順に積層した構造を有し、各板が接着剤で固定されている。

[0099] なお、振動板320及び圧電素子330の接合体が、本発明の「圧電アクチュエータ」に相当する。

[0100] 平板310は、剛性を有する金属板または樹脂板などで構成されている。平板310の中心部には、流出口311が形成され、流出口311を中心とする平板310の同一円周上には、8個の流入口312が形成されている。

[0101] 振動板320は、バネ弾性を持つ金属板で構成されている。振動板320には円弧状の複数のスリット321が形成され、スリット321より外側領域の表裏面に接着剤が塗布され、平板310と押え板340とで振動板320の外側領域が接着固定されている。接着剤の塗布領域がスリット321により隔てられているため、接着剤がスリット321より内側の円形領域322まで拡がることがない。

[0102] 振動板320は平板310の下面側に接触状態で配置されている。振動板320の下面であって、円形領域322の中央部には、円形の圧電素子330が貼り付けられている。

[0103] 振動板320の円形領域322の中心と圧電素子330の中心と平板310の流出口311の中心とは、同軸上に位置している。圧電素子330の半径は、流出口311と流入口312との距離Lより小さく、流入口312は圧電素子330より外周側に位置している。

- [0104] 押え板 340 は、圧電素子 330 の厚みと振動板 320 の変位量との合計より厚く形成されており、圧電ポンプ 301 を基板などに搭載した場合に、圧電素子 330 が基板と接触するのを防止する板である。押え板 340 の内周縁 341 は振動板 320 の円形領域 322 より僅かに小径であり、この内周縁 341 で囲まれた領域が振動板 320 の屈曲変形できる領域である。
- [0105] また、押え板 340 の一部には切溝 342 が形成されている。切溝 342 は、圧電ポンプ 301 を基板などに実装した場合に、振動板 320 の下面側が密閉空間になるのを防止するとともに、圧電素子 330 への配線を引き出すための溝である。
- [0106] 以上の構成において、圧電素子 330 への直流バイアス電圧が印加されていないときには、図 14 (A) に示すように平板 310 と振動板 320 とが全面で接触している。即ち平板 310 と振動板 320 との第 1 の間隔 K_1 は 0 である。
- [0107] ここで、圧電素子 330 に第 1 駆動電圧を印加すると、振動板 320 の円形領域 322 は、圧電素子 330 の伸縮により屈曲振動する。これにより、圧電ポンプ 301 は、流入口 312 から流体を吸引し、流体を外周部から中心部へと移送し、流出口 311 から流体を吐出する。
- [0108] 圧電素子 330 の駆動開始から一定時間経過すると、制御部 111 は、スイッチ SW をオンする (図 4 参照)。そして、駆動回路 112 が、直流バイアス電圧を交流電圧に重畳した第 2 駆動電圧を圧電素子 330 に印加する。振動板 320 の円形領域 322 が振動の中心の位置にあるとき、図 14 (B) に示すように振動板 320 と平板 310 との間隔が第 1 の間隔 K_1 より広くなる方向に変位し、第 2 の間隔 K_2 となる。
- [0109] これにより、圧電ポンプ 301 は、流入口 312 から流体を吸引し、流体を外周部から中心部へと移送し、流出口 311 から流体を吐出する。ここで、流体の最大流量は、第 1 駆動電圧が印加されているときにおける流体の最大流量と比べて、流路が広がっているため増加する。
- [0110] そのため、この実施形態においても、駆動回路 112 が圧電素子 330 に

第1駆動電圧または第2駆動電圧を印加することで、振動板320と平板310との間隔が第1の間隔K1または第2の間隔K2となる。

[0111] よって、この実施形態においても、圧電素子330に印加する電圧を第1駆動電圧から第2駆動電圧に切り替えることで、圧電ポンプ301のPQ特性を動的に変化させることができる（図7参照）。したがって、この実施形態によれば、第1実施形態と同様の効果を奏する。

[0112] なお、この実施形態においても、駆動回路112によって圧電素子330に印加される直流バイアス電圧の電界方向は、圧電素子330の分極方向と一致することが好ましい。

[0113] また、この実施形態においても、駆動回路112の代わりに駆動回路212（図10参照）を用いても構わない。同様に、図11に示す圧力センサ121をこの実施形態で用いても構わない。

[0114] 《第4実施形態》

図15は、本発明の第4実施形態の流体制御装置に備えられる圧電ポンプ401の外観斜視図である。図16は、図15に示す圧電ポンプ401の分解斜視図である。図17は、図15に示すT-T線における圧電ポンプ401の断面図である。ここで、図17（A）は、直流バイアス電圧が印加されないスイッチSWがオフである間の圧電ポンプ401の断面図であり、図17（B）は、直流バイアス電圧が印加されるスイッチSWがオンである間の圧電ポンプ401の断面図である。

[0115] この実施形態の流体制御装置は、第1実施形態の流体制御装置100の圧電ポンプ101の代わりに圧電ポンプ401を備える点で、図1に示す第1実施形態の流体制御装置100と相違する。その他の構成については同じである。

[0116] 詳述すると、この圧電ポンプ401は、平板410と、この平板410上に変位可能に配置された円板状の圧電素子420と、で構成されており、圧電素子420の外周部全周が接着剤で平板410に固定されている。

[0117] なお、圧電素子420が、本発明の「圧電アクチュエータ」に相当する。

- [0118] 平板410は、剛性を有する金属板または樹脂板などで構成されている。接着剤411が塗布された外周部よりやや内径側の平板410の部位には、流体が流入する流入口412が複数形成されている。また、圧電素子420の中心部と対向する平板410の部位には、その流体が流出する流出口413が形成されている。
- [0119] 圧電素子420の表裏面には、隙間G1～G4を介して5分割された複数の分割電極423a～423eが同心円状に形成されている。
- [0120] 以上の構成において、圧電素子420への直流バイアス電圧が印加されていないときには、図17（A）に示すように平板410と圧電素子420とが全面で接触している。即ち平板410と圧電素子420との第1の間隔K1は0である。ここで、それぞれの分割電極423a～423eに第1駆動電圧を位相をずらして印加すると、圧電素子420は、環状の波打ち状に屈曲振動する。
- [0121] これにより、圧電ポンプ401は、圧電素子420と平板410との間に形成される環状のポケット室を半径方向に移動させ、流入口412から流入した流体を外周部から中心部へと移送し、流出口413から流体を吐出する。
- [0122] 圧電素子420の駆動開始から一定時間経過すると、制御部111は、スイッチSWをオンする（図4参照）。そして、駆動回路112が、直流バイアス電圧を交流電圧に重畳した第2駆動電圧を圧電素子420に印加すると、圧電素子420は、環状の波打ち状に屈曲振動する。圧電素子420が振動の中心の位置にあるとき、図17（B）に示すように圧電素子420と平板410との間隔が第1の間隔K1より広くなる方向に変位し、第2の間隔K2となる。
- [0123] これにより、圧電ポンプ401は、圧電素子420と平板410との間に形成される環状のポケット室を半径方向に移動させ、流入口412から流入した流体を外周部から中心部へと移送し、流出口413から流体を吐出する。ここで、流体の最大流量は、第1駆動電圧が印加されているときにおける

流体の最大流量と比べて、流路が広がっているため増加する。

[0124] そのため、この実施形態においても、駆動回路 1 1 2 が圧電素子 4 2 0 に第 1 駆動電圧または第 2 駆動電圧を印加することで、圧電素子 4 2 0 と平板 4 1 0 との間隔が第 1 の間隔 K 1 または第 2 の間隔 K 2 となる。

[0125] よって、この実施形態においても、圧電素子 4 2 0 に印加する電圧を第 1 駆動電圧から第 2 駆動電圧に切り替えることで、圧電ポンプ 4 0 1 の P Q 特性を動的に変化させることができる（図 7 参照）。したがって、この実施形態によれば、第 1 実施形態と同様の効果を奏する。

[0126] なお、この実施形態においても、駆動回路 1 1 2 によって圧電素子 4 2 0 に印加される直流バイアス電圧の電界方向は、圧電素子 4 2 0 の分極方向と一致することが好ましい。

[0127] また、この実施形態においても、駆動回路 1 1 2 の代わりに駆動回路 2 1 2（図 1 0 参照）を用いても構わない。同様に、図 1 1 に示す圧力センサ 1 2 1 をこの実施形態で用いても構わない。

[0128] 《その他の実施形態》

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く、当該流体が、空気以外の気体や液体であっても適用できる。

[0129] また、前記実施形態では、圧電素子はチタン酸ジルコン酸鉛系セラミックスから構成しているが、これに限るものではない。例えば、ニオブ酸カリウムナトリウム系及びアルカリニオブ酸系セラミックス等の非鉛系圧電体セラミックスの圧電材料などから構成してもよい。

[0130] また、前記実施形態ではユニモルフ型で屈曲振動する圧電アクチュエータを設けたが、これに限るものではない。振動板の両面に圧電素子を貼着してバイモルフ型で屈曲振動するように構成してもよい。

[0131] また、前記実施形態では、第 1 駆動電圧の直流バイアス電圧が 0 V であるが、これに限るものではない。また、前記実施形態では、第 2 駆動電圧の直流バイアス電圧が 9 V であるが、これに限るものではない。第 2 駆動電圧の直流バイアス電圧は、第 1 駆動電圧の直流バイアス電圧よりも大きければよ

い。

[0132] 最後に、上述の実施形態の説明は、すべての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上述の実施形態ではなく、特許請求の範囲によって示される。さらに、本発明の範囲には、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

- [0133] 4 0…圧電アクチュエータ
4 1…振動板
4 2…圧電素子
4 3…補強板
4 5…ポンプ室
5 1…可撓板
5 2…吸引孔
5 3 A、5 3 B…スペーサ
5 3 C…スペーサ
5 4…蓋板
5 5…吐出孔
6 0…振動板ユニット
6 1…枠板
6 2…連結部
6 3…外部端子
7 0…電極導通用板
7 1…枠部位
7 2…外部端子
7 3…内部端子
8 0…ポンプ筐体
9 1…基板

9 2 …開口部
1 0 0 …流体制御装置
1 0 1 …圧電ポンプ
1 0 6 A …接続口
1 0 6 B …吸引口
1 0 9 …空気貯蔵部
1 0 9 A …ゴム管
1 1 0 …筐体
1 1 1 …制御部
1 1 2 …駆動回路
1 2 1 …圧力センサ
2 0 0 …流体制御装置
2 1 2 …駆動回路
3 0 1 …圧電ポンプ
3 1 0 …平板
3 1 1 …流出口
3 1 2 …流入口
3 2 0 …振動板
3 2 1 …スリット
3 2 2 …円形領域
3 3 0 …圧電素子
3 4 0 …押え板
3 4 1 …内周縁
3 4 2 …切溝
4 0 1 …圧電ポンプ
4 1 0 …平板
4 1 1 …接着剤
4 1 2 …流入口

4 1 3 …流出口

4 2 0 …圧電素子

4 2 3 a ～e …分割電極

9 0 1 …圧電ポンプ

9 1 0 …基板

9 1 2 …流入口

9 1 3 …流出口

9 2 0 …圧電素子

9 2 3 a ～e …分割電極

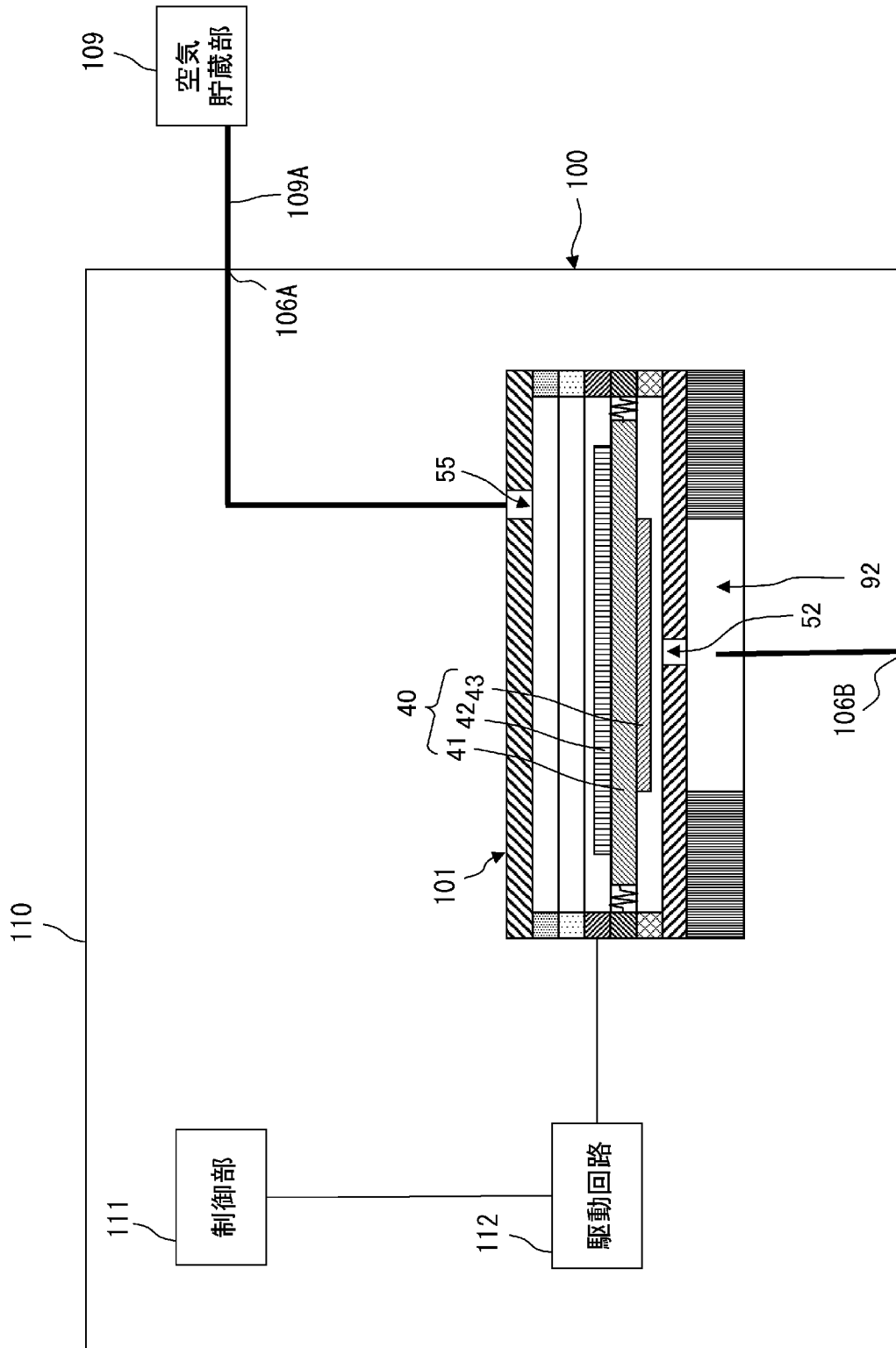
請求の範囲

- [請求項1] 圧電体を有し、前記圧電体への電圧の印加により屈曲振動する圧電アクチュエータと、
- 前記圧電アクチュエータの一方の主面に対向して設けられ、孔が形成されている平板と、
- 交流電圧におおの異なる直流バイアス電圧が重畳された第1駆動電圧または第2駆動電圧を前記圧電体に印加する駆動回路と、を備え、
- 前記第1駆動電圧が前記圧電体に印加され、前記圧電アクチュエータが振動の中心の位置にあるとき、前記圧電アクチュエータと前記平板との間隔が第1の間隔であり、
- 前記第2駆動電圧が前記圧電体に印加され、前記圧電アクチュエータが振動の中心の位置にあるとき、前記圧電アクチュエータと前記平板との間隔が前記第1の間隔とは異なる第2の間隔である、流体制御装置。
- [請求項2] 前記圧電アクチュエータは、一方の主面に前記圧電体が接合され、前記圧電体の伸縮により屈曲振動する振動板をさらに有する、請求項1に記載の流体制御装置。
- [請求項3] 前記圧電アクチュエータは、前記直流バイアス電圧が高くなる程、前記圧電アクチュエータと前記平板との間隔が狭くなる方向に変位する、請求項1又は2に記載の流体制御装置。
- [請求項4] 前記平板は、可撓性を有する材料で構成されており、前記圧電アクチュエータの振動に伴って振動する、請求項1から3のいずれか1項に記載の流体制御装置。
- [請求項5] 前記駆動回路によって前記圧電体に印加される前記直流バイアス電圧の電界方向は、前記圧電体の分極方向と一致する、請求項1から4のいずれか1項に記載の流体制御装置。
- [請求項6] 前記駆動回路は、前記交流電圧を整流平滑し、前記直流バイアス電

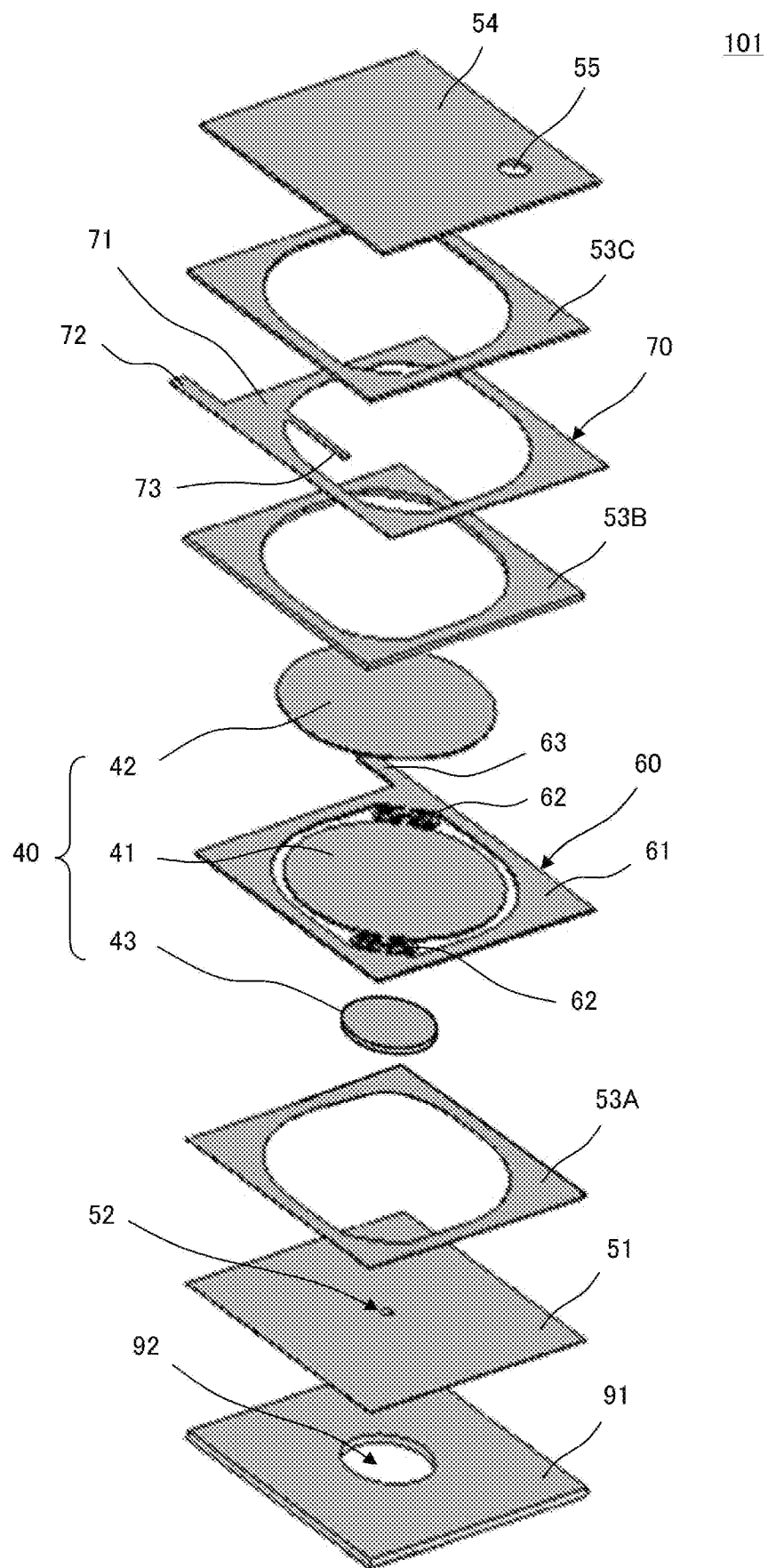
圧を生成する整流平滑回路を含む、請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の流体制御装置。

[請求項7] 前記駆動回路が前記圧電体に印加する電圧を、前記第 1 駆動電圧から前記第 2 駆動電圧に切り替える制御部を備える、請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の流体制御装置。

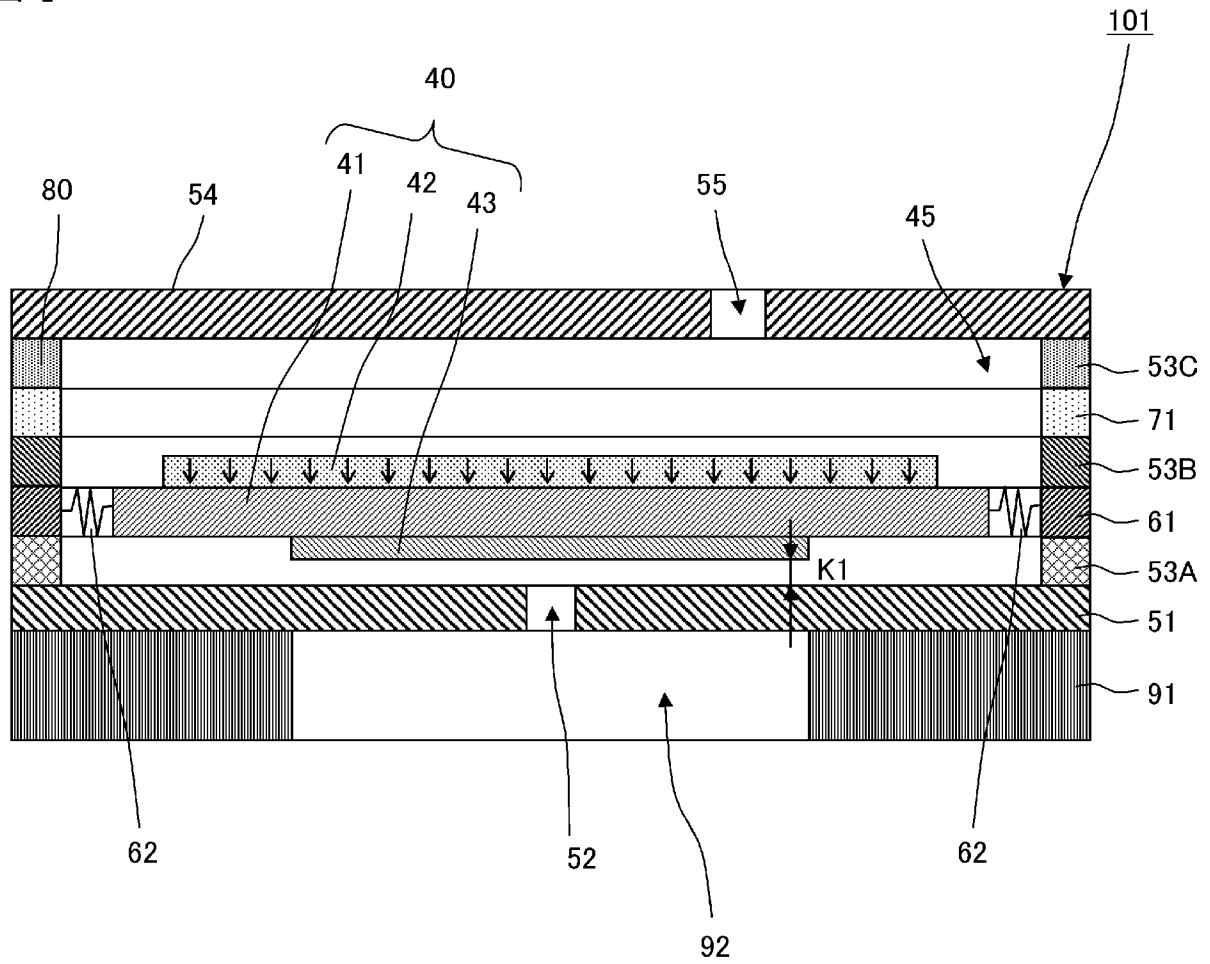
[図1]



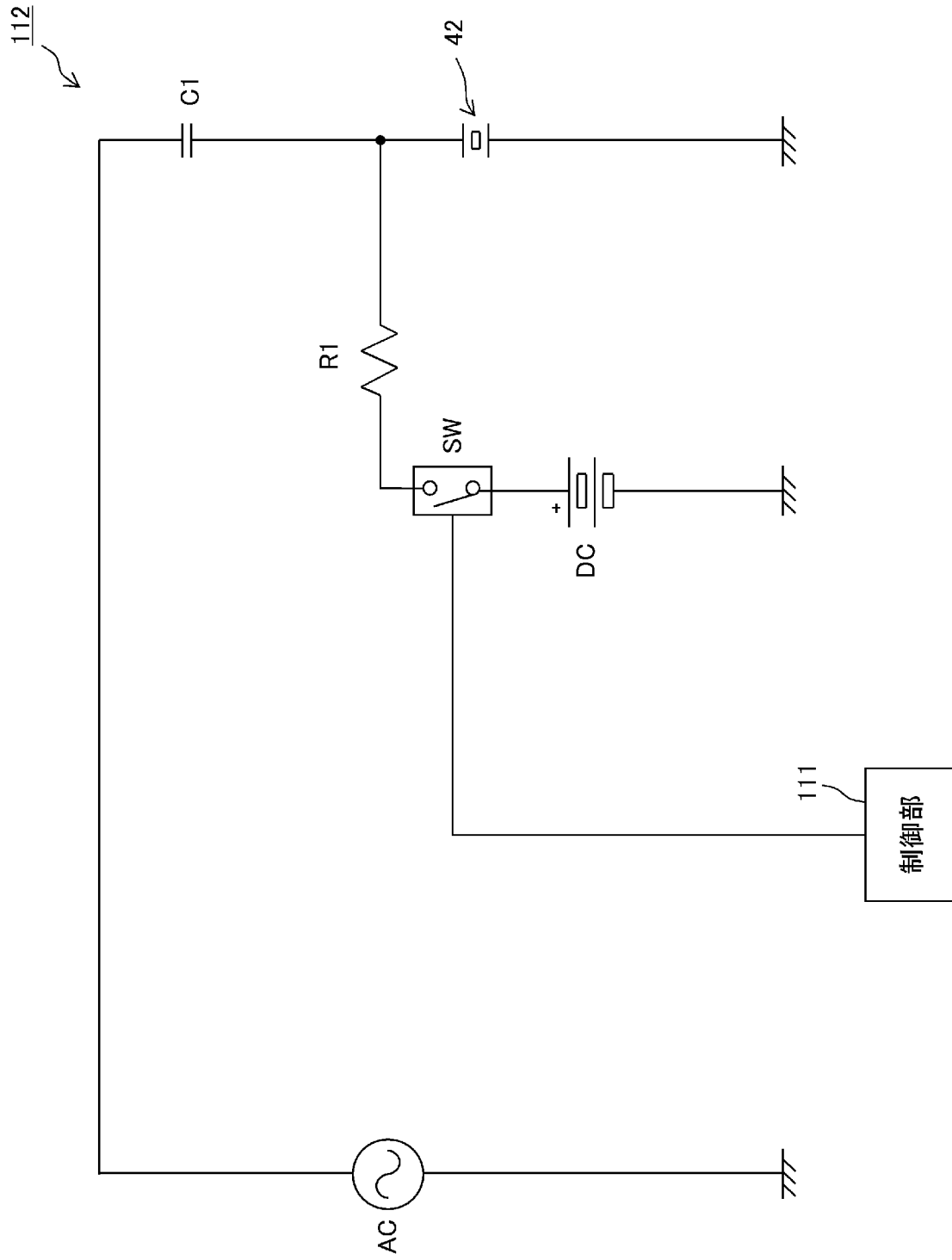
[図2]



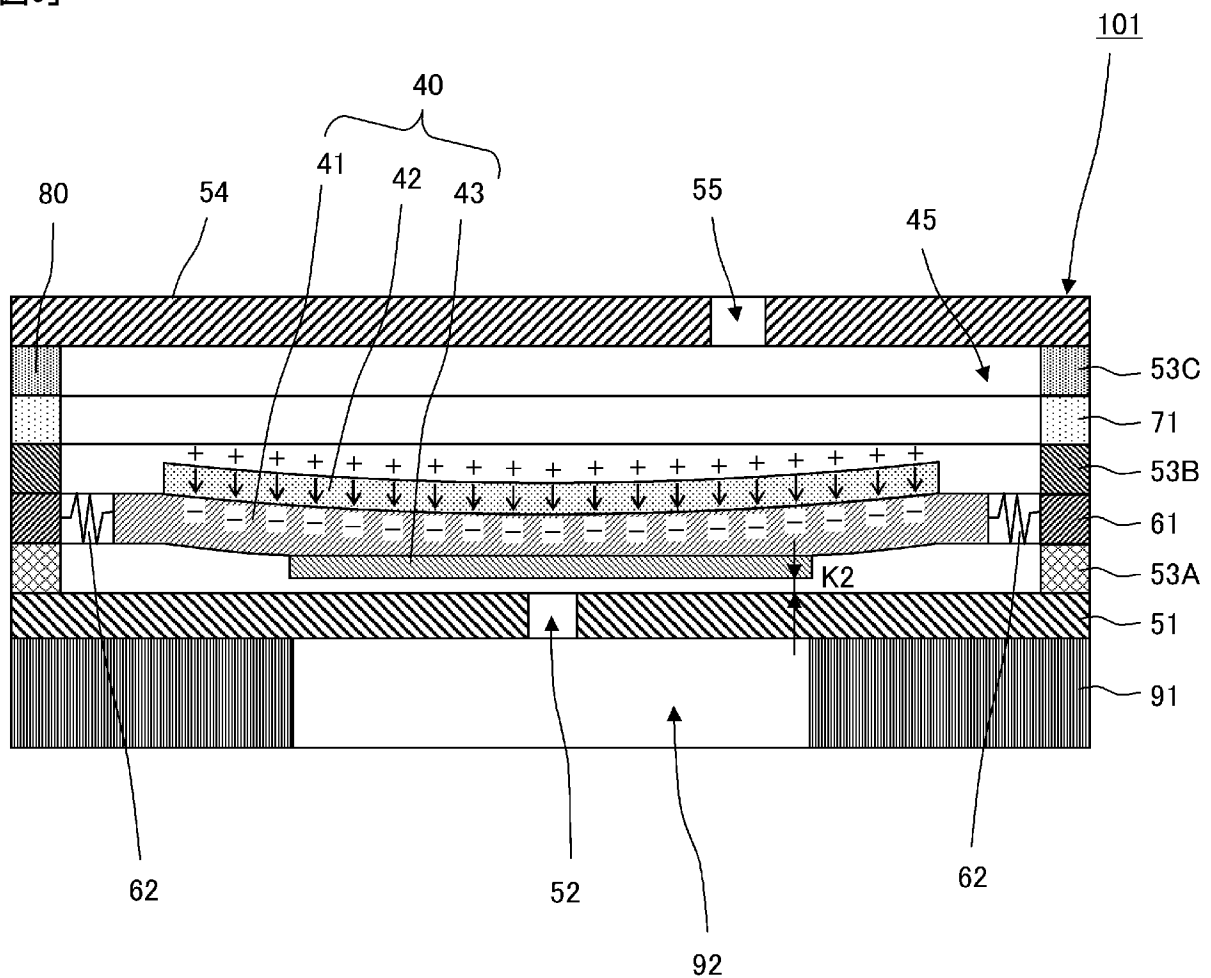
[図3]



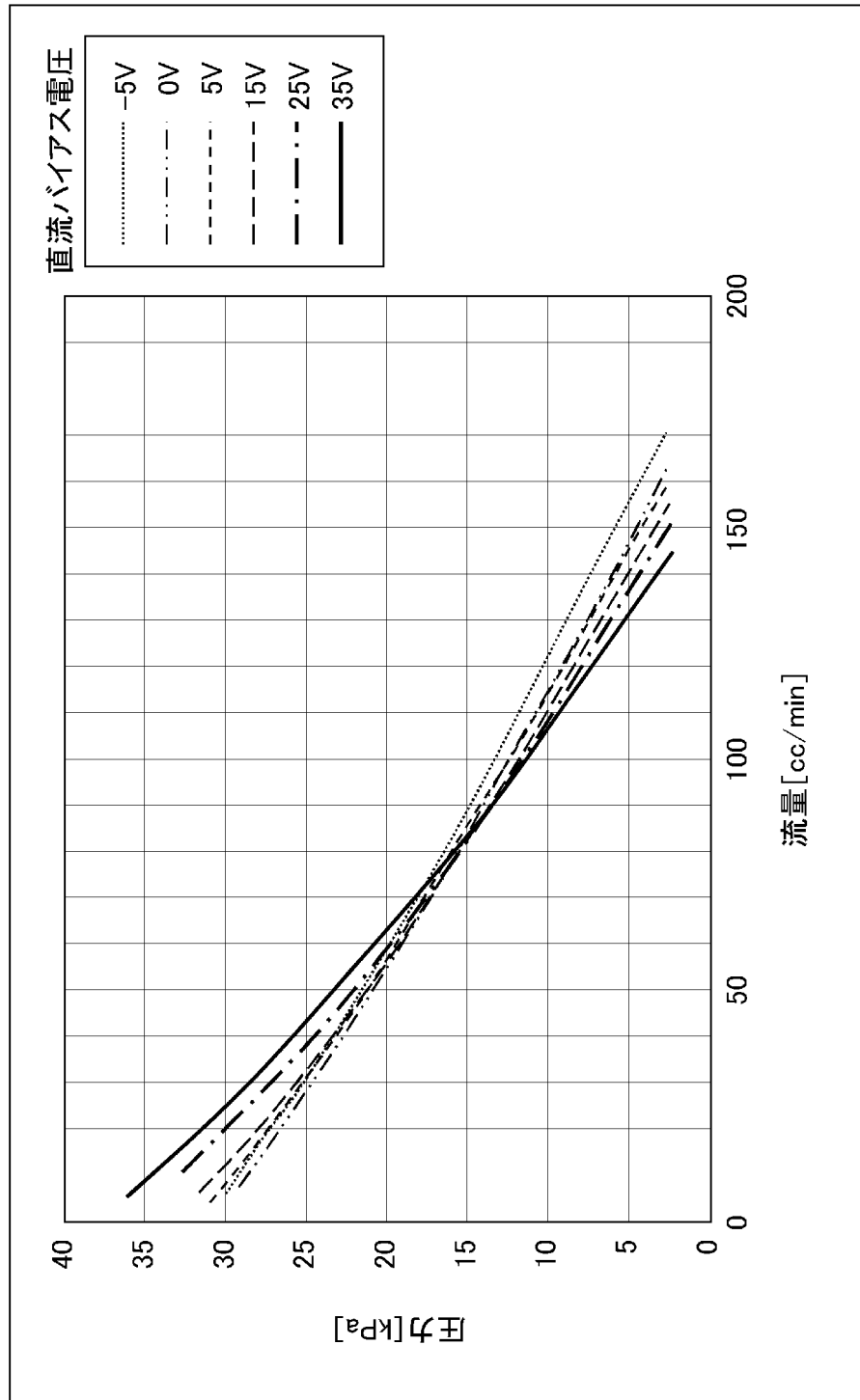
[図4]



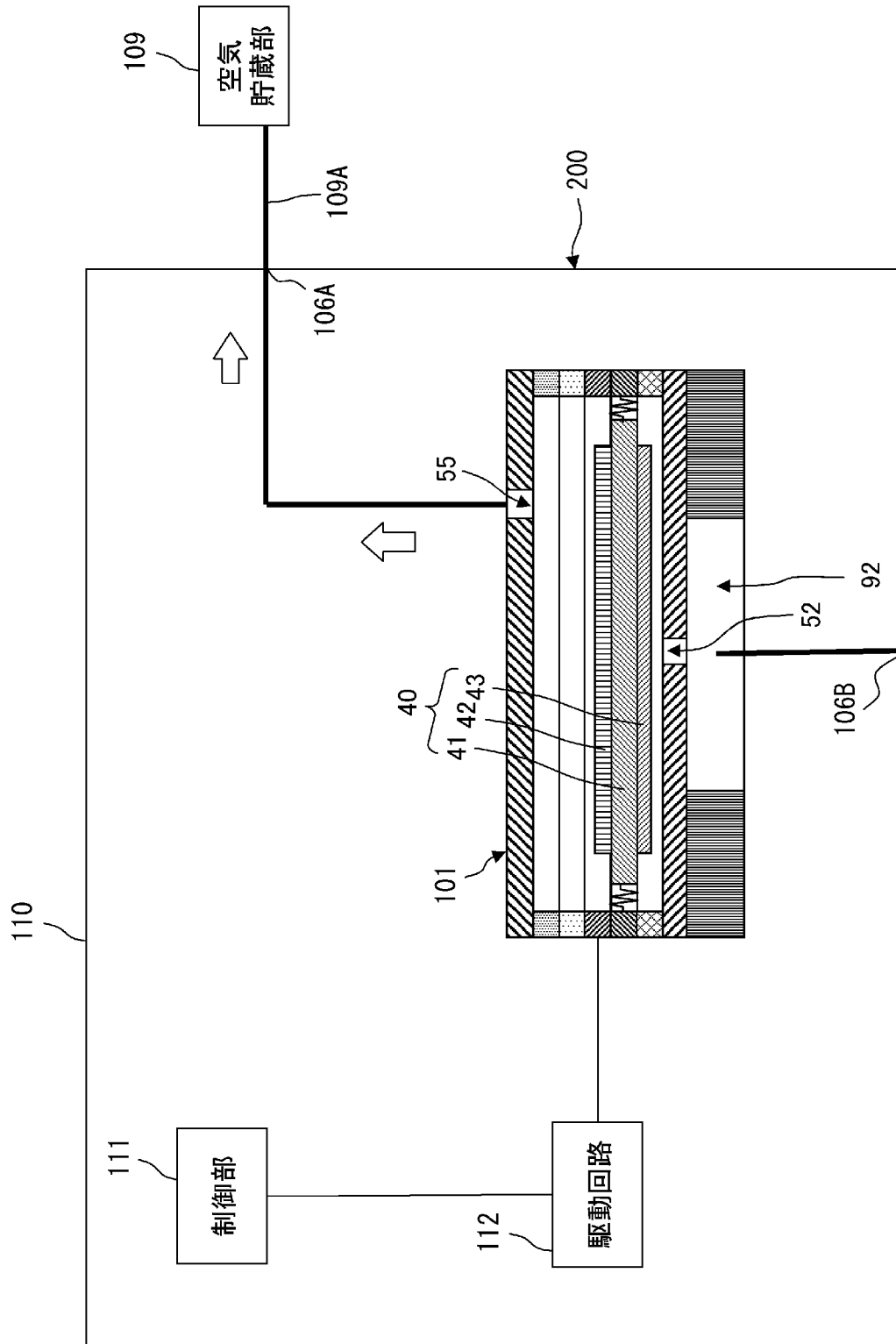
スイッチオフ時 - - - - -
 スイッチオン時 —————



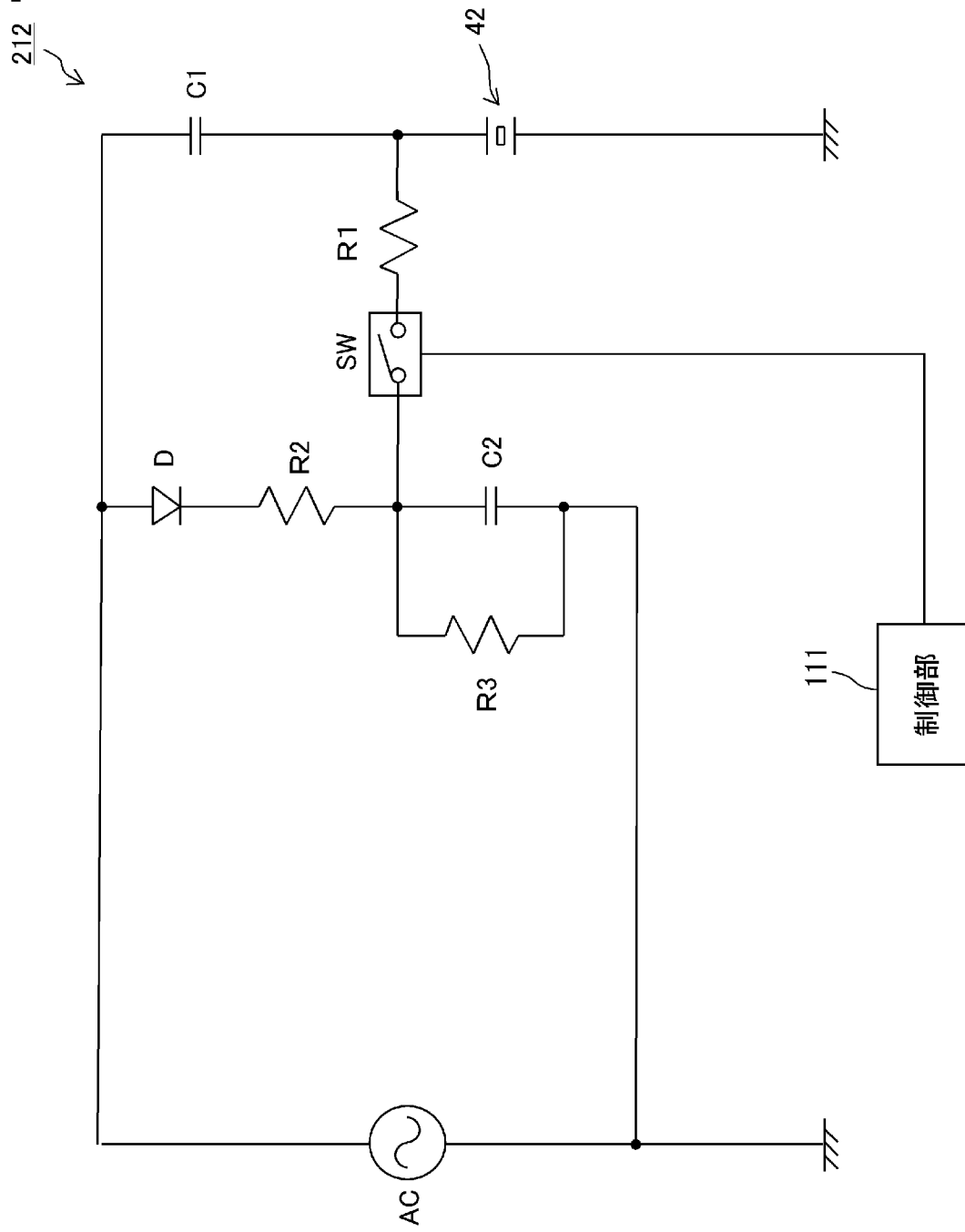
[図7]



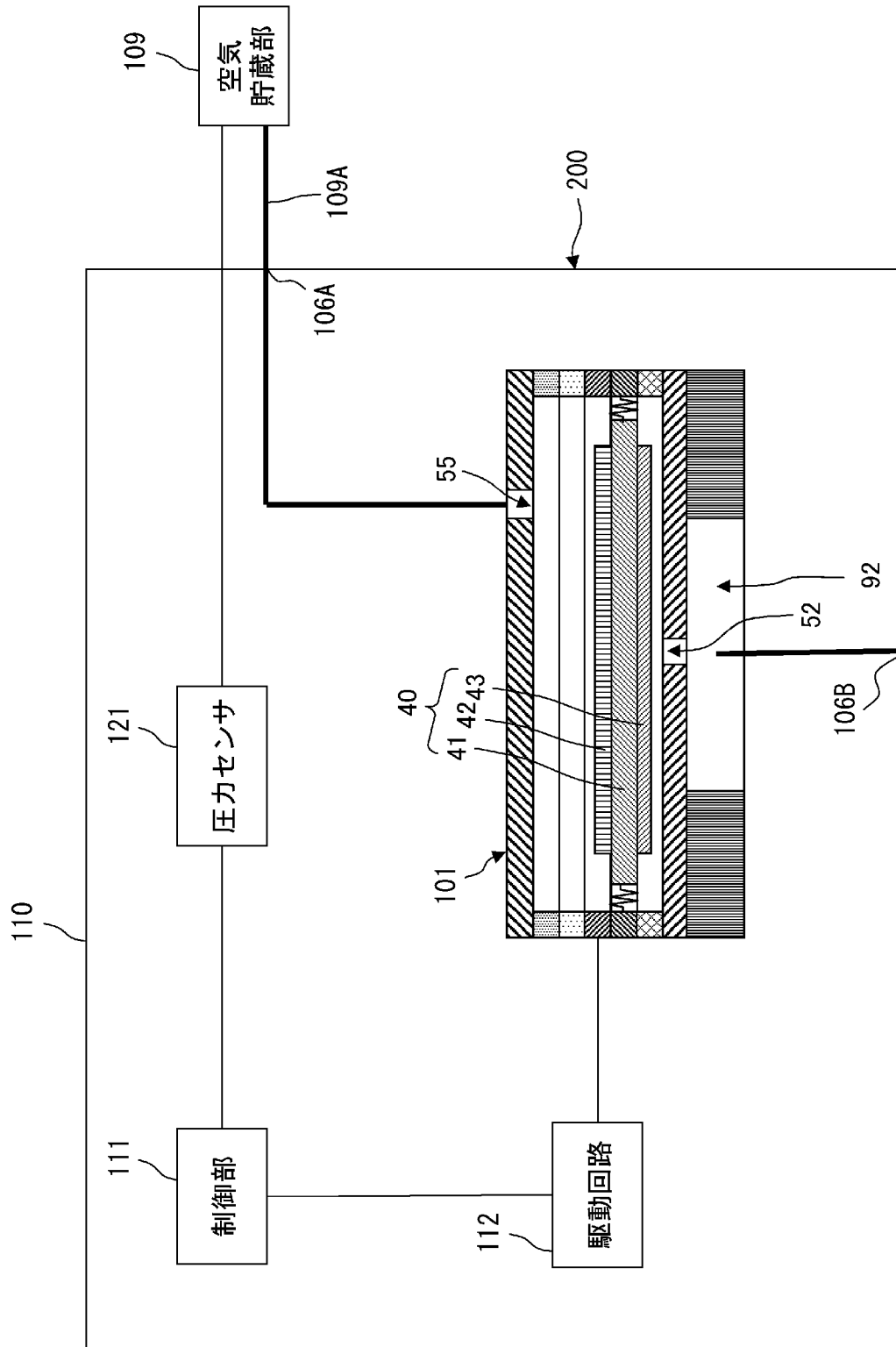
[図8]



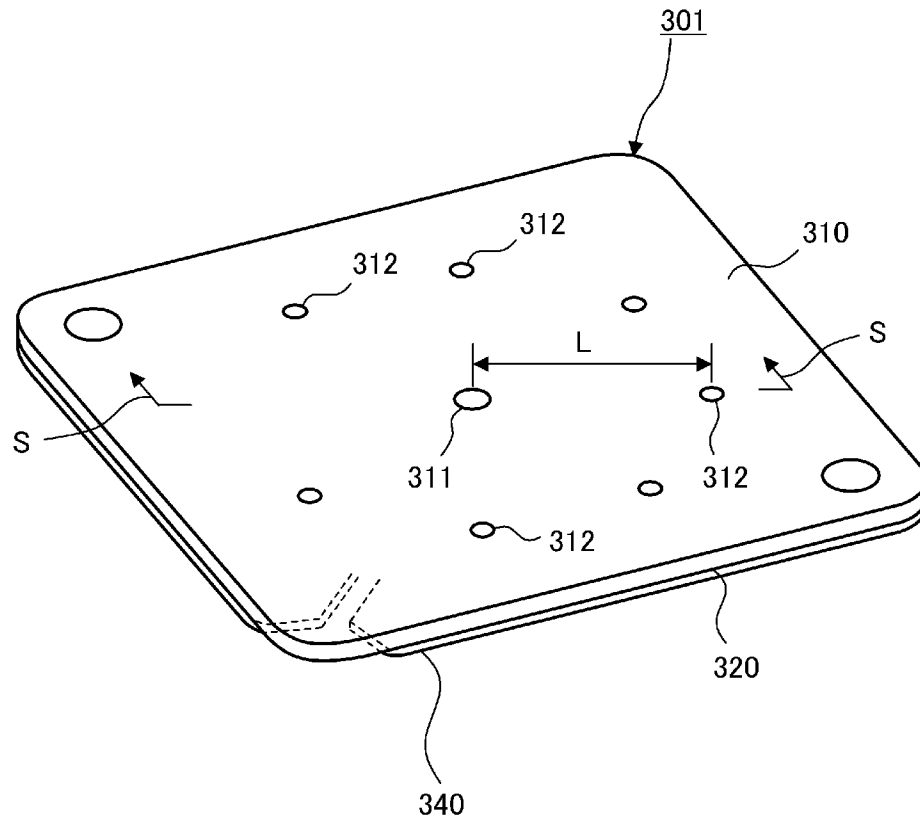
[図10]



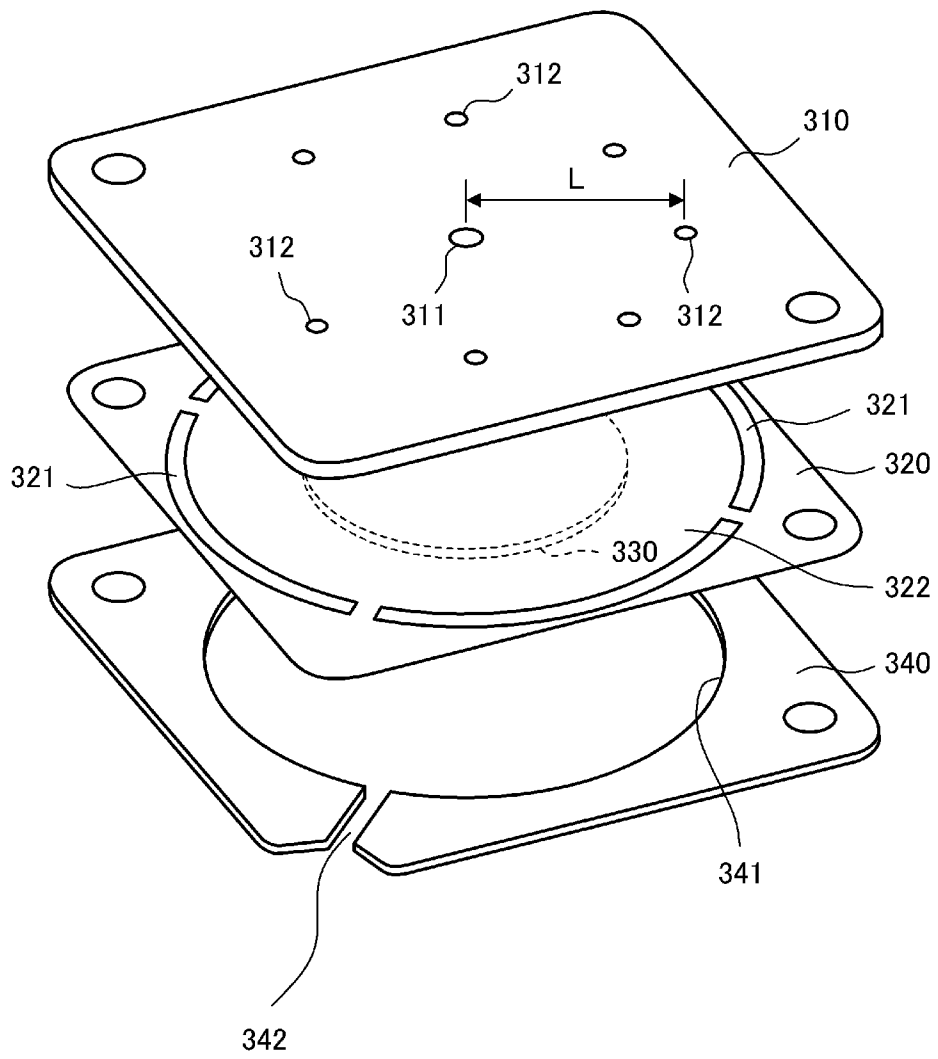
[図11]



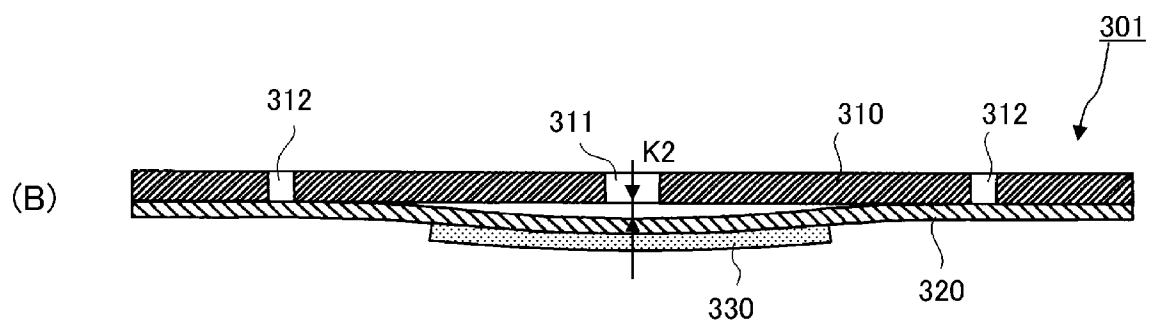
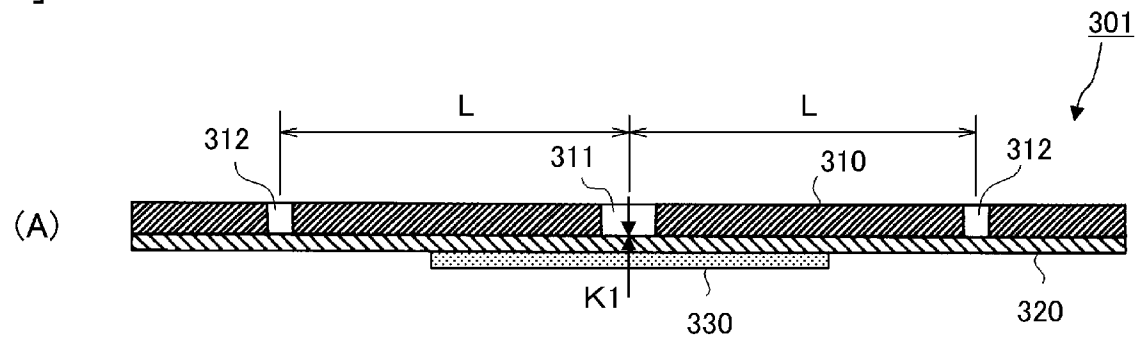
[図12]



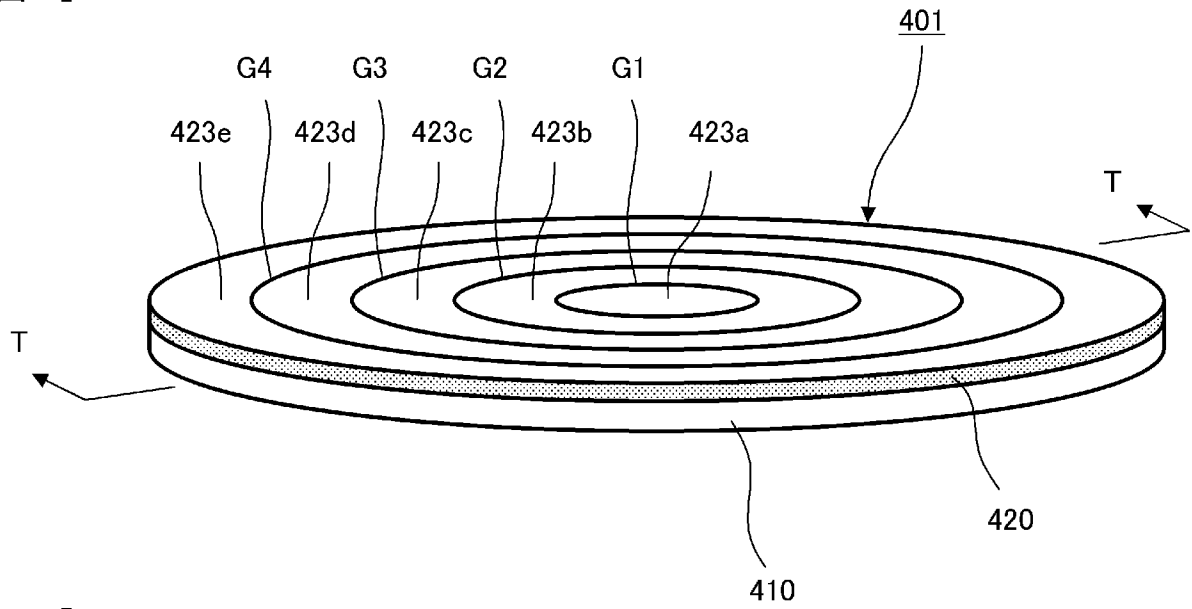
[図13]

301

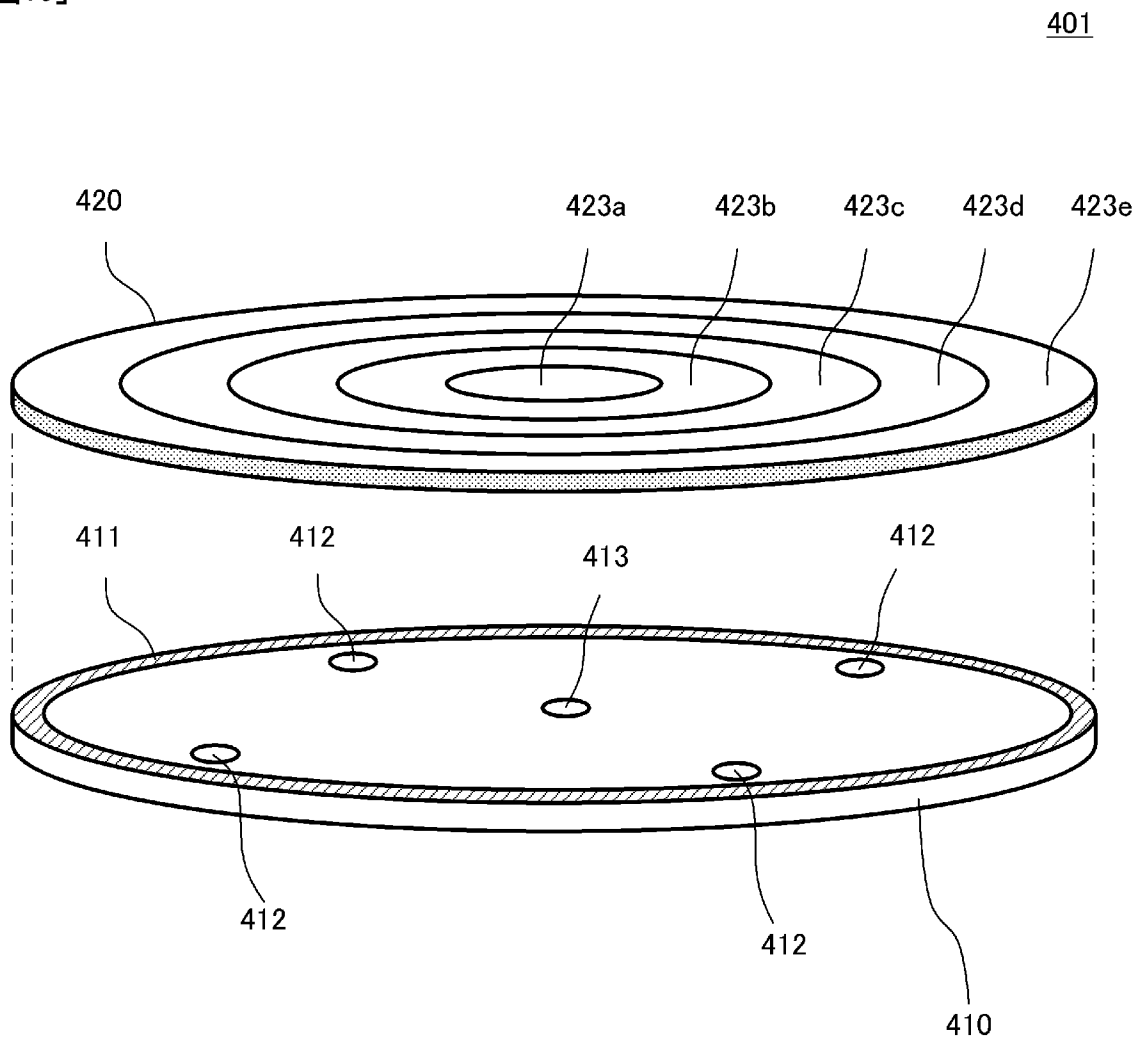
[図14]



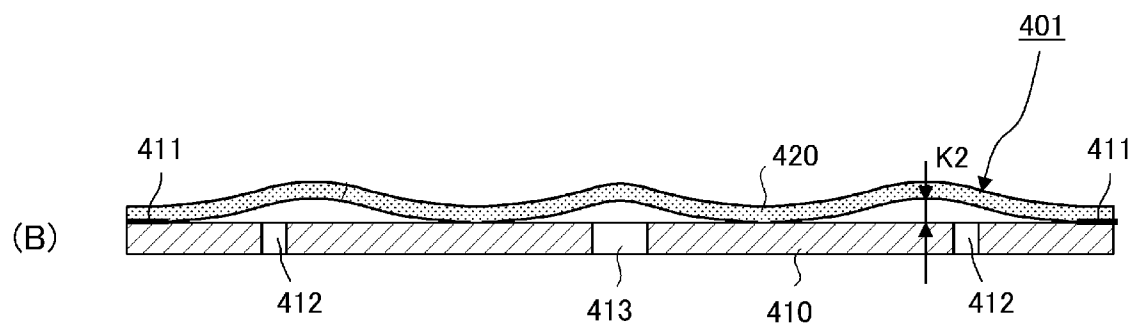
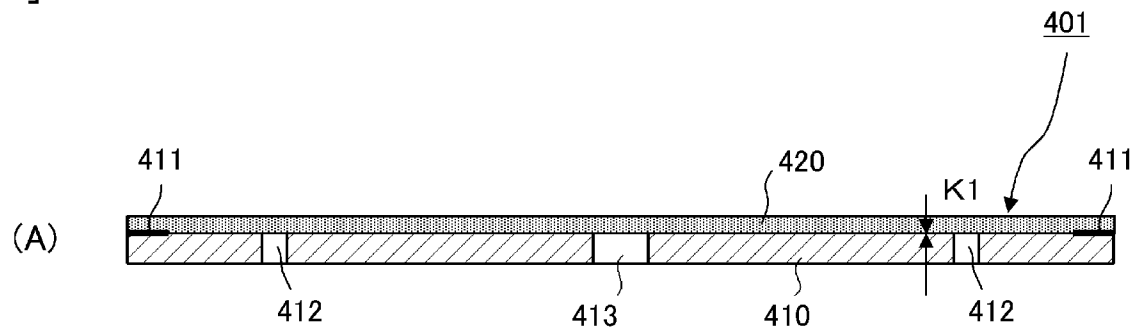
[図15]



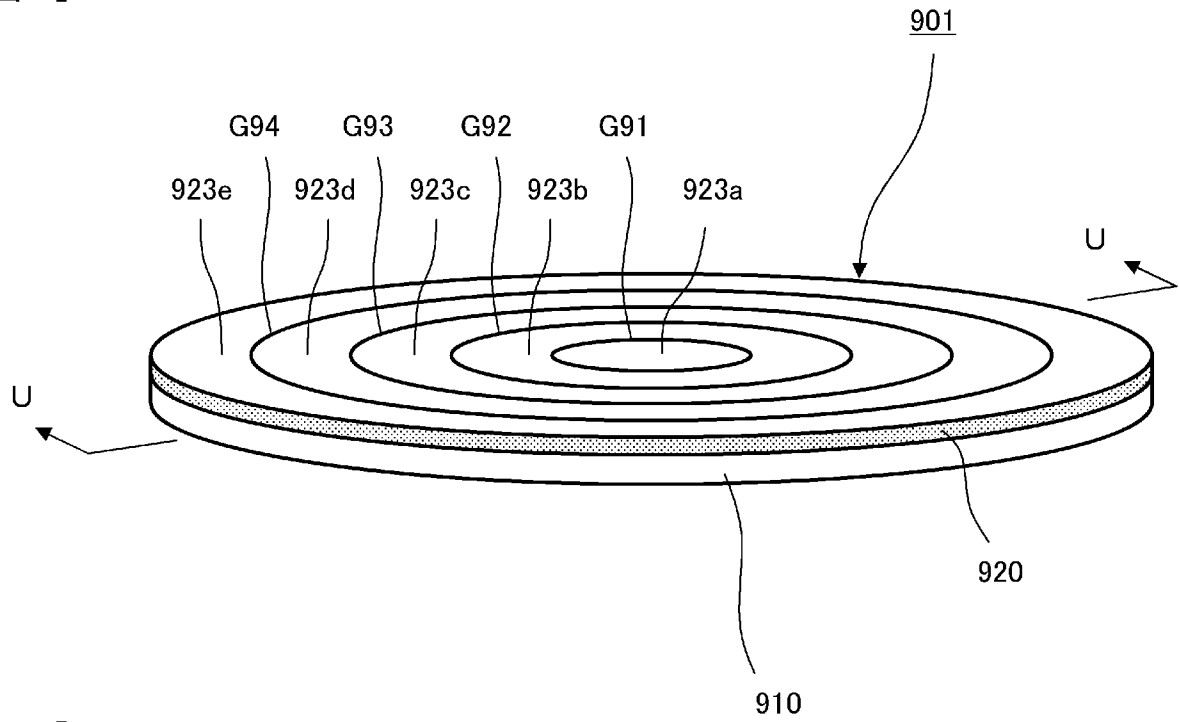
[図16]



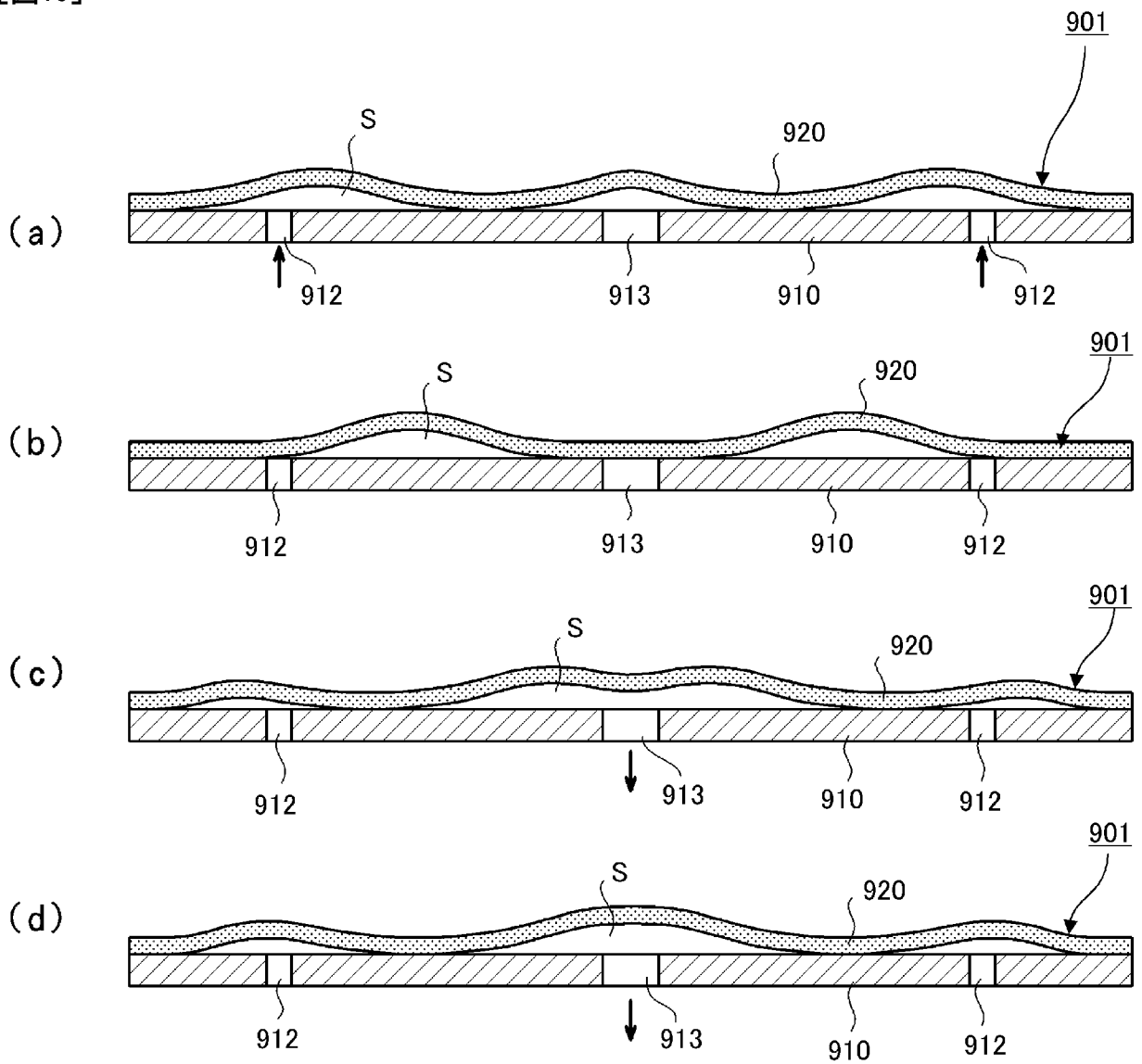
[図17]



[図18]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/052988

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F04B43/04(2006.01)i, F04B43/02(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, F04B43/02, 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 1996-2013

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2013 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2013

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 Y A	JP 2009-108715 A (Alps Electric Co., Ltd.), 21 May 2009 (21.05.2009), paragraphs [0011], [0023] to [0024], [0031] to [0033]; fig. 1 to 6, 8 to 10 (Family: none)	1-3, 5, 7 6 4
Y	JP 2011-259640 A (Sharp Corp.), 22 December 2011 (22.12.2011), paragraph [0025]; fig. 2 (Family: none)	6
Y	JP 2011-199996 A (Yaskawa Electric Corp.), 06 October 2011 (06.10.2011), paragraph [0020]; fig. 1 (Family: none)	6

☒ 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
01 May, 2013 (01.05.13)Date of mailing of the international search report
14 May, 2013 (14.05.13)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/052988

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2009/145064 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 03 December 2009 (03.12.2009), paragraphs [0030], [0031]; fig. 5 & US 2011/0070110 A1 & EP 2306019 A1	4-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F04B43/04(2006.01)i, F04B43/02(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（I P C））

Int.Cl. F04B43/04, F04B43/02, 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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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	JP 2009-108715 A（アルプス電気株式会社）2009.05.21, 【0011】、【0023】～【0024】、【0031】～【0033】、図1	1-3, 5, 7
Y	～6, 8～10（ファミリーなし）	6
A		4
Y	JP 2011-259640 A（シャープ株式会社）2011.12.22, 【0025】、図2（ファミリーなし）	6

☒ 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

0 1 . 0 5 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

1 4 . 0 5 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

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）

柏原 郁昭

30

3113

電話番号 03-3581-1101 内線 3358

C (続き) . 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
Y	JP 2011-199996 A (株式会社安川電機) 2011. 10. 06, 【0020】, 図1 (ファミリーなし)	6
A	WO 2009/145064 A1 (株式会社村田製作所) 2009. 12. 03, 【0030】, 【0031】, 図5 & US 2011/0070110 A1 & EP 2306019 A1	4 - 7