

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6461869号
(P6461869)

(45) 発行日 平成31年1月30日 (2019. 1. 30)

(24) 登録日 平成31年1月11日 (2019. 1. 11)

(51) Int. Cl.

F I

F 1 6 K 3/316 (2006. 01)

F 1 6 K 3/316

F 1 6 K 31/06 (2006. 01)

F 1 6 K 31/06 3 O 5 S

F 1 6 K 27/04 (2006. 01)

F 1 6 K 31/06 3 O 5 J

F 1 6 K 27/04

F 1 6 K 31/06 3 O 5 K

請求項の数 12 (全 25 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-145726 (P2016-145726)
 (22) 出願日 平成28年7月25日 (2016. 7. 25)
 (65) 公開番号 特開2017-187162 (P2017-187162A)
 (43) 公開日 平成29年10月12日 (2017. 10. 12)
 審査請求日 平成30年1月25日 (2018. 1. 25)
 (31) 優先権主張番号 特願2016-68379 (P2016-68379)
 (32) 優先日 平成28年3月30日 (2016. 3. 30)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000106760
 C K D株式会社
 愛知県小牧市応時二丁目2 5 O番地
 (74) 代理人 100121821
 弁理士 山田 強
 (74) 代理人 100125575
 弁理士 松田 洋
 (72) 発明者 伊藤 彰浩
 愛知県小牧市応時二丁目2 5 O番地 C K
 D株式会社内
 (72) 発明者 瀬織 雅之
 愛知県小牧市応時二丁目2 5 O番地 C K
 D株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 流路切替弁、及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

流体の流路を切り替える流路切替弁であって、
 所定面において所定方向に所定長で開口する開口流路が形成された弁体と、
 前記所定面に対向する対向面に開口する複数のポートが、前記所定方向に前記所定長よりも短い間隔で並んで形成され、且つ前記複数のポートにそれぞれ接続された接続流路が形成された本体と、

前記所定方向において前記弁体の両端部にそれぞれ取り付けられ、前記所定面と前記対向面との間に所定隙間が形成されるように前記弁体を支持し、前記所定方向への前記弁体の移動量に応じて前記弁体に弾性力を加える板ばねと、

前記弁体を前記所定方向に往復駆動するアクチュエータと、
 を備え、

前記弁体において、前記板ばねの間に位置する部分に可動子が固定されており、
 前記アクチュエータは、前記所定方向において前記板ばねの間で前記可動子に作用させる電磁力により、前記弁体を非接触で前記所定方向に往復駆動することを特徴とする流路切替弁。

【請求項 2】

前記アクチュエータにおいて、前記板ばねが自然状態で前記弁体を支持する状態における前記弁体の位置は、前記弁体を前記所定方向に往復駆動させる電磁力を作用させていない中立位置に設定されている請求項 1 に記載の流路切替弁。

【請求項 3】

前記弁体において、前記開口流路は、前記所定面と前記所定面の反対側の反対面とにおいて前記所定方向に前記所定長で開口しており、

前記本体は、前記所定面に対向する第 1 対向面に開口する複数のポートが、前記所定方向に前記所定長よりも短い間隔で並んで形成され、且つ前記複数のポートにそれぞれ接続された接続流路が形成された第 1 本体と、前記反対面に対向する第 2 対向面に開口する複数のポートが、前記所定方向に前記所定長よりも短い間隔で並んで形成され、且つ前記複数のポートにそれぞれ接続された接続流路が形成された第 2 本体と、を含み、

前記板ばねは、前記所定面と前記第 1 対向面との間に第 1 所定隙間が形成されるように前記弁体を支持し、前記反対面と前記第 2 対向面との間に第 2 所定隙間が形成されるように前記弁体を支持している請求項 1 又は 2 に記載の流路切替弁。

10

【請求項 4】

流体の流路を切り替える流路切替弁であって、

所定面において所定方向に所定長で開口する開口流路が形成された弁体と、

前記所定面に対向する対向面に開口する複数のポートが、前記所定方向に前記所定長よりも短い間隔で並んで形成され、且つ前記複数のポートにそれぞれ接続された接続流路が形成された本体と、

前記所定方向において前記弁体の両端部にそれぞれ取り付けられ、前記所定面と前記対向面との間に所定隙間が形成されるように前記弁体を支持し、前記所定方向への前記弁体の移動量に応じて前記弁体に弾性力を加える板ばねと、

20

前記弁体を前記所定方向に往復駆動するアクチュエータと、
を備え、

前記弁体において、前記開口流路は、前記所定面と前記所定面の反対側の反対面とにおいて前記所定方向に前記所定長で開口しており、

前記本体は、前記所定面に対向する第 1 対向面に開口する複数のポートが、前記所定方向に前記所定長よりも短い間隔で並んで形成され、且つ前記複数のポートにそれぞれ接続された接続流路が形成された第 1 本体と、前記反対面に対向する第 2 対向面に開口する複数のポートが、前記所定方向に前記所定長よりも短い間隔で並んで形成され、且つ前記複数のポートにそれぞれ接続された接続流路が形成された第 2 本体と、を含み、

前記板ばねは、前記所定面と前記第 1 対向面との間に第 1 所定隙間が形成されるように前記弁体を支持し、前記反対面と前記第 2 対向面との間に第 2 所定隙間が形成されるように前記弁体を支持していることを特徴とする流路切替弁。

30

【請求項 5】

前記板ばねは、最も面積の大きい主面が前記所定方向に垂直となるように、前記本体に取り付けられている請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の流路切替弁。

【請求項 6】

前記アクチュエータは、前記板ばね及び前記弁体を貫通して前記弁体に取り付けられた可動軸を備え、前記可動軸を前記所定方向に往復駆動する請求項 5 に記載の流路切替弁。

【請求項 7】

流体の流路を切り替える流路切替弁であって、

40

所定面において所定方向に所定長で開口する開口流路が形成された弁体と、

前記所定面に対向する対向面に開口する複数のポートが、前記所定方向に前記所定長よりも短い間隔で並んで形成され、且つ前記複数のポートにそれぞれ接続された接続流路が形成された本体と、

前記所定方向において前記弁体の両端部にそれぞれ取り付けられ、前記所定面と前記対向面との間に所定隙間が形成されるように前記弁体を支持し、前記所定方向への前記弁体の移動量に応じて前記弁体に弾性力を加える板ばねと、

前記弁体を前記所定方向に往復駆動するアクチュエータと、
を備え、

前記板ばねは、最も面積の大きい主面が前記所定方向に垂直となるように、前記本体に

50

取り付けられており、

前記アクチュエータは、前記板ばね及び前記弁体を貫通して前記弁体に取り付けられた可動軸を備え、前記可動軸を前記所定方向に往復駆動することを特徴とする流路切替弁。

【請求項 8】

前記アクチュエータは、電磁力により前記可動軸を非接触で往復駆動する請求項 6 又は 7 に記載の流路切替弁。

【請求項 9】

前記アクチュエータにおいて、前記板ばねが自然状態で前記弁体を支持する状態における前記可動軸の位置は、前記可動軸を前記所定方向に往復駆動させる電磁力を作用させていない中立位置に設定されている請求項 8 に記載の流路切替弁。

10

【請求項 10】

前記所定面及び前記対向面は、所定の平面度に仕上げられており、

前記板ばねは、前記所定面と前記対向面とが所定の平行度となるように、前記弁体を支持している請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の流路切替弁。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の流路切替弁を製造する方法であって、

前記所定面と前記対向面との間に、前記所定隙間の幅に基づいて設定された厚みの隙間治具を挿入した状態で、前記板ばねを前記本体に固定した後、前記隙間治具を取り外すことを特徴とする流路切替弁の製造方法。

【請求項 12】

20

所定面において所定方向に所定長で開口する開口流路が形成された弁体と、

前記所定面に対向する対向面に開口する複数のポートが、前記所定方向に前記所定長よりも短い間隔で並んで形成され、且つ前記複数のポートにそれぞれ接続された接続流路が形成された本体と、

前記所定方向において前記弁体の両端部にそれぞれ取り付けられ、前記所定面と前記対向面との間に所定隙間が形成されるように前記弁体を支持し、前記所定方向への前記弁体の移動量に応じて前記弁体に弾性力を加える板ばねと、

前記弁体を前記所定方向に往復駆動するアクチュエータと、
を備え、流体の流路を切り替える流路切替弁、を製造する方法であって、

前記所定面及び前記対向面は、所定の平面度に仕上げられており、

30

前記板ばねは、前記所定面と前記対向面とが所定の平行度となるように、前記弁体を支持しており、

前記所定面と前記対向面との間に、前記所定隙間の幅に基づいて設定された厚みの隙間治具を挿入した状態で、前記板ばねを前記本体に固定した後、前記隙間治具を取り外すことを特徴とする流路切替弁の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、流体の流路を切り替える流路切替弁に関する。

【背景技術】

40

【0002】

従来、この種の流路切替弁において、外周面に流体の流路が形成されたスプールと、流体を流入出させる複数のポートが形成され、スプールを摺動自在に収容するスリーブと、を備えるものがある（特許文献 1 参照）。特許文献 1 に記載のものでは、スプールを軸方向に往復駆動することにより、流体の流路を切り替えている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2007 - 211857 号公報

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】**【0004】**

ところで、特許文献1に記載のものでは、流体の流路を切り替える際に、スプールとスリーブとが擦れる。このため、スプールを駆動する際に摩擦力が発生し、流体の流路を切り替える応答性が低下することとなる。

【0005】

本発明は、こうした実情に鑑みてなされたものであり、その主たる目的は、流体の流路を切り替える応答性を向上させることのできる流路切替弁を提供することにある。

【課題を解決するための手段】**【0006】**

上記課題を解決するために、本発明は以下の手段を採用した。

【0007】

第1の手段は、流体の流路を切り替える流路切替弁であって、所定面において所定方向に所定長で開口する開口流路が形成された弁体と、前記所定面に対向する対向面に開口する複数のポートが、前記所定方向に前記所定長よりも短い間隔で並んで形成され、且つ前記複数のポートにそれぞれ接続された接続流路が形成された本体と、前記所定方向において前記弁体の両端部にそれぞれ取り付けられ、前記所定面と前記対向面との間に所定隙間が形成されるように前記弁体を支持し、前記所定方向への前記弁体の移動量に応じて前記弁体に弾性力を加える板ばねと、前記弁体を前記所定方向に往復駆動するアクチュエータと、を備えることを特徴とする。

【0008】

上記構成によれば、本体に形成された接続流路を通じて、各接続流路に接続された各ポートに対して流体を流入出させることができる。弁体には、所定面において所定方向に所定長で開口する開口流路が形成されている。本体には、上記所定面に対向する対向面に開口する複数のポートが、上記所定方向に上記所定長よりも短い間隔で並んで形成されている。このため、アクチュエータにより弁体を上記所定方向に往復駆動することで、複数のポートが弁体の開口流路を介して接続される状態、すなわち流体の流路を切り替えることができる。

【0009】

ここで、上記所定方向において弁体の両端部にそれぞれ板ばねが取り付けられており、板ばねは、上記所定面と上記対向面との間に所定隙間が形成されるように弁体を支持している。このため、弁体と本体とが擦れない状態で、弁体を往復駆動することができる。したがって、弁体を駆動する際に摩擦力が発生することを抑制することができ、流体の流路を切り替える応答性を向上させることができる。さらに、板ばねは、上記所定方向への弁体の移動量に応じて弁体に弾性力を加えるため、弁体の移動量を制御する際に板ばねによる弾性力を利用することができる。

【0010】

第2の手段では、前記弁体において、前記開口流路は、前記所定面と前記所定面の反対側の反対面とにおいて前記所定方向に前記所定長で開口しており、前記本体は、前記所定面に対向する第1対向面に開口する複数のポートが、前記所定方向に前記所定長よりも短い間隔で並んで形成され、且つ前記複数のポートにそれぞれ接続された接続流路が形成された第1本体と、前記反対面に対向する第2対向面に開口する複数のポートが、前記所定方向に前記所定長よりも短い間隔で並んで形成され、且つ前記複数のポートにそれぞれ接続された接続流路が形成された第2本体と、を含み、前記板ばねは、前記所定面と前記第1対向面との間に第1所定隙間が形成されるように前記弁体を支持し、前記反対面と前記第2対向面との間に第2所定隙間が形成されるように前記弁体を支持している。

【0011】

板ばねにより弁体の両端部が支持される構成では、ポートから弁体に向かって流れる流体の圧力により、弁体がポートから離れる方向へ変位するおそれがある。

【0012】

この点、上記構成によれば、弁体を挟んで両側に第1本体と第2本体とが設けられている。そして、第1本体及び第2本体には、同様の複数のポートがそれぞれ形成されている。このため、第1本体のポートと、そのポートに対応する第2本体のポートとに、同様の流体を流通させることにより、第1本体のポートから弁体に向かって流れる流体による圧力と、第2本体のポートから弁体に向かって流れる流体による圧力とを相殺することができる。したがって、ポートから弁体に向かって流れる流体の圧力により、弁体がポートから離れる方向へ変位することを抑制することができる。

【0013】

さらに、板ばねは、上記所定面と第1対向面との間に第1所定隙間が形成されるように弁体を支持し、上記反対面と第2対向面との間に第2所定隙間が形成されるように弁体を支持している。したがって、弁体と第1本体及び第2本体とが擦れない状態で、弁体を往復駆動することができる。

10

【0014】

具体的には、第3の手段のように、前記板ばねは、最も面積の大きい主面が前記所定方向に垂直となるように、前記本体に取り付けられているといった構成を採用することができる。こうした構成によれば、板ばねは、弁体の所定面と本体の対向面との間の所定隙間を維持するように弁体を支持し、且つ所定方向に沿った弾性力のみを弁体に作用させる構成を、容易に実現することができる。

【0015】

第4の手段では、前記弁体において、前記板ばねの間に位置する部分に可動子が固定されており、前記アクチュエータは、前記所定方向において前記板ばねの間に前記可動子に作用させる電磁力により、前記弁体を非接触で前記所定方向に往復駆動する。

20

【0016】

上記構成によれば、アクチュエータによって、弁体に固定された可動子に作用させられる電磁力により、弁体が非接触で所定方向へ駆動される。その結果、弁体を駆動する際に摩擦力が発生せず、弁体を駆動する応答性を向上させることができる。また、電磁力が作用させられる可動子と、弁体とを別体とすることができ、弁体の設計の自由度を向上させることができる。

【0017】

さらに、弁体の両端部が板ばねにより支持されており、上記所定方向において板ばねの間に電磁力が可動子に作用させられる。このため、駆動される際に弁体がぶれることを抑制することができる。

30

【0018】

第5の手段では、前記アクチュエータにおいて、前記板ばねが自然状態で前記弁体を支持する状態における前記弁体の位置は、前記弁体を前記所定方向に往復駆動させる電磁力を作用させていない中立位置に設定されている。

【0019】

上記構成によれば、板ばねが自然状態で弁体を支持し、且つアクチュエータにより電磁力を作用させていない状態において、弁体を所定方向の中立位置に維持することができる。このため、中立位置を基準として、可動子に作用させる電磁力を制御することにより、弁体を所定方向に容易に往復駆動することができる。

40

【0020】

第6の手段では、前記アクチュエータは、前記板ばね及び前記弁体を貫通して前記弁体に取り付けられた可動軸を備え、前記可動軸を前記所定方向に往復駆動する。

【0021】

上記構成によれば、アクチュエータの可動軸は、板ばね及び弁体を貫通して弁体に取り付けられているため、弁体の所定面と本体の対向面とを平行に維持し易くなる。

【0022】

第7の手段では、前記アクチュエータは、電磁力により前記可動軸を非接触で往復駆動する。

50

【 0 0 2 3 】

上記構成によれば、アクチュエータの可動軸は、電磁力により非接触で往復駆動される。したがって、弁体を駆動する際に摩擦力が発生することを、アクチュエータにおいても抑制することができ、流体の流路を切り替える応答性をさらに向上させることができる。

【 0 0 2 4 】

第 8 の手段では、前記アクチュエータにおいて、前記板ばねが自然状態で前記弁体を支持する状態における前記可動軸の位置は、前記可動軸を前記所定方向に往復駆動させる電磁力を作用させていない中立位置に設定されている。

【 0 0 2 5 】

上記構成によれば、板ばねが自然状態で弁体を支持し、且つアクチュエータにより電磁力を作用させていない状態において、可動軸を所定方向の中立位置に維持することができる。このため、中立位置を基準として、可動軸に作用させる電磁力を制御することにより、可動軸ひいては弁体を容易に往復駆動することができる。

【 0 0 2 6 】

第 9 の手段では、前記所定面及び前記対向面は、所定の平面度に仕上げられており、前記板ばねは、前記所定面と前記対向面とが所定の平行度となるように、前記弁体を支持している。

【 0 0 2 7 】

上記構成によれば、弁体の所定面及び本体の対向面の平面度及び平行度が管理されているため、所定面と対向面との間に形成される所定隙間の精度を向上させることができる。

【 0 0 2 8 】

第 10 の手段は、第 9 の手段の流路切替弁を製造する方法であって、前記所定面と前記対向面との間に、前記所定隙間の幅に基づいて設定された厚みの隙間治具を挿入した状態で、前記板ばねを前記本体に固定した後、前記隙間治具を取り外すことを特徴とする。

【 0 0 2 9 】

上記工程によれば、弁体の所定面と本体の対向面との間に、所定隙間の幅に基づいて設定された厚みの隙間治具が挿入されるため、所定面と対向面との間隔を所定隙間に容易に調節することができる。そして、その状態で板ばねが本体に固定された後に隙間治具が取り外されるため、所定面と対向面との間に所定隙間を容易に形成することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 0 】

【 図 1 】 流路切替弁を示す斜視断面図。

【 図 2 】 第 1 実施形態の弁体、本体、板ばねを示す斜視図。

【 図 3 】 第 1 実施形態の弁体、本体、板ばねを示す断面図。

【 図 4 】 第 1 実施形態の弁体、本体を示す模式図。

【 図 5 】 アクチュエータを示す斜視図。

【 図 6 】 非励磁状態のアクチュエータを示す斜視断面図。

【 図 7 】 正方向の励磁状態のアクチュエータを示す斜視断面図。

【 図 8 】 負方向の励磁状態のアクチュエータを示す斜視断面図。

【 図 9 】 第 1 実施形態の板ばねの変形状態を示す模式図。

【 図 10 】 第 1 実施形態のコイルに流す電流と弁体のストロークとの関係を示すグラフ。

【 図 11 】 第 1 実施形態のコイルに流す電流と空気の流量との関係を示すグラフ。

【 図 12 】 第 2 実施形態の弁体、本体、板ばねを示す斜視図。

【 図 13 】 第 2 実施形態の弁体、本体、板ばねを示す断面図。

【 図 14 】 第 2 実施形態の弁体、本体を示す模式図。

【 図 15 】 第 2 実施形態のコイルに流す電流と空気の流量との関係を示すグラフ。

【 図 16 】 第 2 実施形態の流量の入力値及び出力値を示すタイムチャート。

【 図 17 】 第 2 実施形態の流量の入力値及び出力値を示す他のタイムチャート。

【 図 18 】 第 2 実施形態の流量の入力値及び出力値を示す他のタイムチャート。

【 図 19 】 第 2 実施形態の流量の入力値及び出力値を示す他のタイムチャート。

10

20

30

40

50

- 【図 20】第 3 実施形態の流路切替弁を示す斜視断面図。
【図 21】第 3 実施形態の流路切替弁を示す斜視断面図。
【図 22】第 3 実施形態の弁機構を示す斜視断面図。
【図 23】第 3 実施形態の非励磁状態の弁機構を示す正面視断面図。
【図 24】第 3 実施形態における正方向の励磁状態の弁機構を示す正面視断面図。
【図 25】第 3 実施形態における負方向の励磁状態の弁機構を示す正面視断面図。
【図 26】第 3 実施形態における弁機構の変更例を示す斜視断面図。
【図 27】第 3 実施形態における駆動電流と流量との関係の一例を示すグラフ。
【図 28】第 3 実施形態における駆動電流と流量との関係の変更例を示すグラフ。
【図 29】第 3 実施形態における駆動電流と流量との関係の他の変更例を示すグラフ。

10

【発明を実施するための形態】

【0031】

(第 1 実施形態)

以下、負荷(容積)に対して空気を供給及び排出する流路を切り替える流路切替弁に具現化した第 1 実施形態について、図面を参照しつつ説明する。

【0032】

図 1 に示すように、流路切替弁 10 は、弁機構 20 とアクチュエータ 70 とを備えている。弁機構 20 とアクチュエータ 70 とは、接続部材 24 を介して接続されている。アクチュエータ 70 は、弁機構 20 を駆動する。

【0033】

20

弁機構 20 は、ハウジング 21、弁体 31、本体 41、板ばね 51、蓋 27 等を備えている。

【0034】

ハウジング 21 は、四角筒状に形成されている。ハウジング 21 には、加圧された空気(流体に相当)を供給する P0 ポート(加圧ポート)、負荷に対して空気を供給及び排出する A0 ポート(出力ポート)、空気を排出する R0 ポート(排気ポート)が形成されている。ハウジング 21 の内部には、P0 ポート、A0 ポート、R0 ポートにそれぞれ接続され、ハウジング 21 の内面でそれぞれ開口する加圧流路、出力流路、排気流路が形成されている。

【0035】

30

ハウジング 21 の内部には、弁体 31、本体 41、板ばね 51 等が収容されている。図 2 ~ 4 に示すように、本体 41 は、溝形状(一面が開いた四角筒状)に形成されている。本体 41 は、ハウジング 21 に固定されている。弁体 31 は、直方体状に形成されている。本体 41 の互いに対向する内側面 41b の間に、弁体 31 が配置されている。本体 41 の内側面 41b と弁体 31 の外側面との間には、隙間が形成されている。すなわち、本体 41 の内側面 41b と弁体 31 の外側面とは非接触状態になっている。

【0036】

図 4 に示すように、弁体 31 の所定面 31a(具体的には下面)には、弁体 31 の長手方向(所定方向に相当)に所定長 L1 で開口する開口流路 32 が形成されている。開口流路 32 は、長軸の長さが所定長 L1 の長穴状の凹部になっている。図 2, 3 に示すように、弁体 31 には、長手方向に貫通する貫通孔 33 が形成されている。弁体 31 には、上下方向に貫通するピン孔 34 及びねじ孔 35 が形成されている。なお、本体 41 の下底部には、ピン孔 34 及びねじ孔 35 に対応する位置に、それぞれピン孔及びねじ孔が形成されている。

40

【0037】

本体 41 の下底部には、弁体 31 の所定面 31a に対向する対向面 41a に開口する P1b ポート, A1b ポート, R1b ポート(複数のポートに相当)が形成されている。P1b ポート, A1b ポート, R1b ポートは、弁体 31 の長手方向に所定長 L1 よりも短い間隔で並んで形成されている。本体 41 の下底部には、P1b ポート, A1b ポート, R1b ポートにそれぞれ接続された接続流路 42, 43, 44 が形成されている。接続流

50

路 4 2 , 4 3 , 4 4 は、それぞれ本体 4 1 の下底部の下面で開口している。本体 4 1 の下底部の下面における接続流路 4 2 , 4 3 , 4 4 の開口は、それぞれ P 1 a ポート , A 1 a ポート , R 1 a ポートになっている。P 1 a ポート , A 1 a ポート , R 1 a は、それぞれ上記加圧流路、出力流路、排気流路に接続されている。

【 0 0 3 8 】

図 1 , 2 に示すように、弁体 3 1 の長手方向の両端部 3 6 には、板ばね 5 1 がそれぞれ取り付けられている。板ばね 5 1 は、ばね鋼等のばね性材料により、矩形板状に形成されている。板ばね 5 1 の所定部分には、スリット 5 1 a が形成されている。板ばね 5 1 にスリット 5 1 a が形成されることにより、板ばね 5 1 は蛇行する所定パターンに形成されている。板ばね 5 1 の厚みは、板ばね 5 1 が所定の剛性を有し、板ばね 5 1 が所定の弾性力を発生するように設定されている。板ばね 5 1 の 2 つの短辺部分 5 1 b がそれぞれ本体 4 1 に固定されている。板ばね 5 1 は、最も面積の大きい主面（図 2 における垂直面）が弁体 3 1 の長手方向に垂直となるように、本体 4 1 に取り付けられている。

【 0 0 3 9 】

弁体 3 1 の所定面 3 1 a 及び本体 4 1 の対向面 4 1 a は、所定の平面度に仕上げられている。また、板ばね 5 1 は、所定面 3 1 a と対向面 4 1 a とが所定の平行度となるように、弁体 3 1 を支持している。詳しくは、弁体 3 1 の長手方向の両端部 3 6 が、板ばね 5 1 の中央を貫通してそれぞれ固定されている。図 4 に示すように、板ばね 5 1 は、弁体 3 1 の所定面 3 1 a と本体 4 1 の対向面 4 1 a との間に所定隙間 C 1 が形成されるように弁体 3 1 を支持している。所定隙間 C 1 は 5 μ m 程度である。弁体 3 1 において所定面 3 1 a と反対側の面と、本体 4 1 との間には、隙間が形成されている。すなわち、弁体 3 1 には、他の部材と摺動する部分が存在していない。

【 0 0 4 0 】

そして、板ばね 5 1 は、弁体 3 1 の長手方向（板ばね 5 1 の主面に垂直な方向）への弁体 3 1 の移動量に応じて、弁体 3 1 に弾性力を加える。詳しくは、板ばね 5 1 は、弁体 3 1 の長手方向への弁体 3 1 の移動量に比例した弾性力を弁体 3 1 に加える。

【 0 0 4 1 】

次に、弁機構 2 0（流路切替弁 1 0）の製造方法を説明する。

【 0 0 4 2 】

まず、本体 4 1 の下底部の上面（対向面 4 1 a）に隙間治具を載せる。隙間治具の厚みは、上記所定隙間 C 1 の幅に基づいて設定されている。すなわち、隙間治具の厚みは、弁機構 2 0 を組立後に、弁体 3 1 の所定面 3 1 a と本体 4 1 の対向面 4 1 a との間に所定隙間 C 1 が形成されるように設定されている。

【 0 0 4 3 】

続いて、本体 4 1 の対向面 4 1 a と弁体 3 1 の下面（所定面 3 1 a）とで隙間治具を挟むように、隙間治具の上に弁体 3 1 を載せる。このとき、本体 4 1 の内側面 4 1 b と弁体 3 1 の外側面との間に、隙間を形成する。

【 0 0 4 4 】

続いて、板ばね 5 1 の中央に形成された貫通孔に弁体 3 1 の長手方向の端部 3 6 を挿入する。そして、板ばね 5 1 の中央部を、弁体 3 1 の端部 3 6 に溶接により固定する。また、板ばね 5 1 の短辺部分 5 1 b を、本体 4 1 に溶接により固定する。

【 0 0 4 5 】

続いて、隙間治具を、本体 4 1 及び弁体 3 1 から外す。以上により、本体 4 1、弁体 3 1、及び板ばね 5 1 の組立が完了する。

【 0 0 4 6 】

次に、図 1 , 5 を参照して、アクチュエータ 7 0 の構成を説明する。アクチュエータ 7 0 は、コア 7 1、コイル 7 2、蓋 7 3、磁石 7 4 , 7 5、可動子 7 6、可動軸 8 1 等を備えている。

【 0 0 4 7 】

コア 7 1 は、常磁性体材料により、四角柱状に形成されている。コア 7 1 の外周には、

10

20

30

40

50

コイル 7 2 が取り付けられている。コア 7 1 及びコイル 7 2 は、平行（並列）に一对設けられている。一对のコア 7 1 は、蓋 7 3 により互いに連結されている。蓋 7 3 は、常磁性体材料により、板状に形成されている。

【 0 0 4 8 】

コア 7 1 の一端部は、コイル 7 2 の内部から突出している。一对のコア 7 1 の一端部には、互いに平行な平面である平行部 7 1 a が形成されている。

【 0 0 4 9 】

一对の平行部 7 1 a には、磁石 7 4 , 7 5 がそれぞれ取り付けられている。磁石 7 4 , 7 5 は、強磁性体材料により形成された永久磁石である。磁石 7 4 , 7 5 は、直方体状に形成されている。磁石 7 4 , 7 5 は、コア 7 1 の軸方向（弁体 3 1 の長手方向）に N 極と S 極とが並ぶように、コア 7 1 の平行部 7 1 a にそれぞれ取り付けられている。磁石 7 4 の N 極と磁石 7 5 の S 極とが対向しており、磁石 7 4 の S 極と磁石 7 5 の N 極とが対向している。すなわち、磁石 7 4 と磁石 7 5 とは、コア 7 1 の軸方向において互いの磁極の向きが反対になるように配置されている。磁石 7 4 , 7 5 の互いに対向する面は、平行になっている。

【 0 0 5 0 】

磁石 7 4 と磁石 7 5 との間には、上記接続部材 2 4 の一部分を介して可動子 7 6 が配置されている。接続部材 2 4 は、非磁性体材料により形成されている。接続部材 2 4 のうち磁石 7 4 と磁石 7 5 との間に配置される部分は、磁束を透過させ易いように薄く形成されている。可動子 7 6 は、常磁性体材料により、四角柱状に形成されている。可動子 7 6 には、弁体 3 1 の長手方向（可動子 7 6 の軸方向）に可動子 7 6 を貫通する貫通孔 7 6 a が形成されている。

【 0 0 5 1 】

可動子 7 6 の貫通孔 7 6 a には、アクチュエータ 7 0 の可動軸 8 1 が挿通されている。可動軸 8 1 は、非磁性体材料により、円柱状に形成されている。可動軸 8 1 は、小径部と中径部と大径部とを備えている。小径部が 2 つの板ばね 5 1 及び弁体 3 1 の貫通孔 3 3 に挿通されており、中径部が可動子 7 6 の貫通孔 7 6 a に挿通されている。小径部と中径部との段差部に、弁体 3 1 の端部 3 6 が当接している。

【 0 0 5 2 】

弁体 3 1 の長手方向において、可動子 7 6 は、磁石 7 4 , 7 5 の磁力により磁石 7 4 , 7 5 の中央位置（中立位置）に配置している。この状態で可動子 7 6 が可動軸 8 1 に固定されるように、可動子 7 6 と可動軸 8 1 との相対位置がスペーサ 8 2 により調節されている。そして、可動軸 8 1 の中径部と大径部との段差に可動子 7 6 又はスペーサ 8 2 を当接させ、中径部にナット 8 3 を締め付けることにより、可動軸 8 1 に可動子 7 6 が取り付けられている。

【 0 0 5 3 】

また、2 つの板ばね 5 1 が自然状態において、2 つの板ばね 5 1 及び弁体 3 1 を可動軸 8 1 の小径部が貫通している。この状態において、小径部の先端にナット 3 7 を締め付けることにより、小径部が弁体 3 1 に取り付けられている。すなわち、アクチュエータ 7 0 において、板ばね 5 1 が自然状態で弁体 3 1 を支持する状態における可動子 7 6 及び可動軸 8 1 の位置は、可動軸 8 1 （可動子 7 6 ）を弁体 3 1 の長手方向に往復駆動させる電磁力を作用させていない中立位置に設定されている。ナット 3 7 と蓋 2 7 との間には隙間が形成されており、ナット 3 7 と蓋 2 7 とは非接触状態になっている。

【 0 0 5 4 】

可動軸 8 1 の大径部の端部は、端部部材 8 4 により覆われている。端部部材 8 4 は、非磁性体材料により形成されている。上記蓋 2 7 、ハウジング 2 1 、接続部材 2 4 、及び端部部材 8 4 により、本体 4 1 、弁体 3 1 、及び可動軸 8 1 、可動子 7 6 等を収容する空間は、リング 8 5 , 8 6 , 8 7 （シール部材）により密閉（シール）されている。可動軸 8 1 、可動子 7 6 、スペーサ 8 2 、及びナット 8 3 と、接続部材 2 4 及び端部部材 8 4 との間には隙間が形成されている。すなわち、可動軸 8 1 、可動子 7 6 、スペーサ 8 2 、及

びナット 8 3 と、接続部材 2 4 及び端部部材 8 4 とは非接触状態になっている。

【 0 0 5 5 】

次に、図 6 ~ 8 を参照して、アクチュエータ 7 0 により、弁体 3 1 の長手方向に可動軸 8 1 及び弁体 3 1 を往復駆動する原理を説明する。

【 0 0 5 6 】

アクチュエータ 7 0 のコイル 7 2 に電流を流していない非励磁状態では、図 6 に示すように、磁石 7 4 の N 極から磁石 7 5 の S 極へ向かう磁界、及び磁石 7 5 の N 極から磁石 7 4 の S 極へ向かう磁界が発生する。この状態では、可動子 7 6 は、可動軸 8 1 の軸方向（弁体 3 1 の長手方向）において中立位置で釣り合って静止している。この状態では、板ばね 5 1 は自然状態になっており、板ばね 5 1 から可動軸 8 1 へ力が作用していない。また、この状態では、図 4 に示すように、本体 4 1 の P 1 b ポート及び R 1 b ポートは、弁体 3 1 により閉じられている。

10

【 0 0 5 7 】

アクチュエータ 7 0 のコイル 7 2 に正方向の電流を流した正方向の励磁状態では、図 7 に矢印 H 1 で示すように、上側のコア 7 1 の平行部 7 1 a から下側のコア 7 1 の平行部 7 1 a へ向かうコイル磁界が発生する。このため、磁石 7 4 の N 極から磁石 7 5 の S 極へ向かう磁界とコイル磁界とは強め合い、磁石 7 5 の N 極から磁石 7 4 の S 極へ向かう磁界とコイル磁界とは弱め合う。その結果、可動子 7 6 は、弁体 3 1 の方向へ引き付ける磁力を受ける。そして、矢印 F 1 で示すように、可動子 7 6 と共に可動軸 8 1 及び弁体 3 1 が矢印 F 1 の方向へ移動する。この際に、アクチュエータ 7 0 は電磁力により可動軸 8 1 を非接触で駆動し、弁体 3 1 も本体 4 1 と非接触で駆動される。これに対して、図 9 に矢印 F 3 で示すように、板ばね 5 1 は、弁体 3 1 の移動量に比例した抗力を弁体 3 1 に作用させる。図 4 において、弁体 3 1 が左方向（蓋 2 7 の方向）へ駆動されると、本体 4 1 の A 1 b ポートと R 1 b ポートとが、弁体 3 1 の開口流路 3 2 を介して接続される。すなわち、流路切替弁 1 0 の流路が切り替えられる。

20

【 0 0 5 8 】

アクチュエータ 7 0 のコイル 7 2 に負方向の電流を流した負方向の励磁状態では、図 8 に矢印 H 2 で示すように、下側のコア 7 1 の平行部 7 1 a から上側のコア 7 1 の平行部 7 1 a へ向かうコイル磁界が発生する。このため、磁石 7 4 の N 極から磁石 7 5 の S 極へ向かう磁界とコイル磁界とは弱め合い、磁石 7 5 の N 極から磁石 7 4 の S 極へ向かう磁界とコイル磁界とは強め合う。その結果、可動子 7 6 は、端部部材 8 4（弁体 3 1 と反対）の方向へ引き付ける磁力を受ける。そして、矢印 F 2 で示すように、可動子 7 6 と共に可動軸 8 1 及び弁体 3 1 が矢印 F 2 の方向へ移動する。この際に、アクチュエータ 7 0 は電磁力により可動軸 8 1 を非接触で駆動し、弁体 3 1 も本体 4 1 と非接触で駆動される。これに対して、板ばね 5 1 は、弁体 3 1 の移動量に比例した抗力を弁体 3 1 に作用させる。図 4 において、弁体 3 1 が右方向（端部部材 8 4 の方向）へ駆動されると、本体 4 1 の A 1 b ポートと P 1 b ポートとが、弁体 3 1 の開口流路 3 2 を介して接続される。すなわち、流路切替弁 1 0 の流路が切り替えられる。

30

【 0 0 5 9 】

板ばね 5 1 が発生する荷重と弁体 3 1 のストロークとは比例している。また、板ばね 5 1 が薄いほど、同一の板ばね荷重に対するストロークが長くなる。

40

【 0 0 6 0 】

図 1 0 は、コイル 7 2 に流す電流と弁体 3 1 のストロークとの関係を示すグラフである。正方向の電流を大きくするほど正方向のストロークが大きくなり、負方向の電流を大きくするほど負方向のストロークが大きくなっている。

【 0 0 6 1 】

図 1 1 は、コイル 7 2 に流す電流と空気の流量との関係を示すグラフである。実線は空気の圧力が 0 . 1 M P a の実験結果を示しており、破線は空気の圧力が 0 . 2 M P a の実験結果を示している。0 . 1 M P a 及び 0 . 2 M P a のいずれの圧力においても、正方向の電流を大きくするほど A ポート（A 0 ポート）から R ポート（R 0 ポート）への流量が

50

大きくなり、負方向の電流を大きくするほどPポート（P0ポート）からAポート（A0ポート）への流量が大きくなっている。0.2MPaの圧力では、0.1MPaの圧力と比較して、同一の電流に対する流量が大きくなっている。

【0062】

以上詳述した本実施形態は、以下の利点を有する。

【0063】

・弁体31の長手方向（所定方向）において、弁体31の両端部36にそれぞれ板ばね51が取り付けられている。板ばね51は、弁体31の所定面31aと本体41の対向面41aとの間に所定隙間C1が形成されるように弁体31を支持している。このため、弁体31と本体41とが擦れない状態で、弁体31を往復駆動することができる。したがって、弁体31を駆動する際に摩擦力が発生することを抑制することができ、空気の流路を切り替える応答性を向上させることができる。さらに、板ばね51は、上記所定方向への弁体31の移動量に応じて弁体31に弾性力を加えるため、弁体31の移動量を制御する際に板ばね51による弾性力を利用することができる。

10

【0064】

・板ばね51は、最も面積の大きい主面が所定方向に垂直となるように、本体41に取り付けられている。このため、板ばね51は、弁体31の所定面31aと本体41の対向面41aとの間の所定隙間C1を維持するように弁体31を支持し、且つ所定方向に沿った弾性力のみを弁体31に作用させる構成を、容易に実現することができる。

20

【0065】

・アクチュエータ70は、板ばね51及び弁体31を貫通して弁体31に取り付けられた可動軸81を備え、可動軸81を所定方向に往復駆動する。こうした構成によれば、アクチュエータ70の可動軸81は、板ばね51及び弁体31を貫通して弁体31に取り付けられているため、弁体31の所定面31aと本体41の対向面41aとを平行に維持し易くなる。

【0066】

・アクチュエータ70の可動軸81は、電磁力により非接触で往復駆動される。したがって、弁体31を駆動する際に摩擦力が発生することを、アクチュエータ70においても抑制することができ、空気の流路を切り替える応答性をさらに向上させることができる。

30

【0067】

・アクチュエータ70において、板ばね51が自然状態で弁体31を支持する状態における可動軸81（可動子76）の位置は、可動軸81を所定方向に往復駆動させる電磁力を作用させていない中立位置に設定されている。こうした構成によれば、板ばね51が自然状態で弁体31を支持し、且つアクチュエータ70により電磁力を作用させていない状態において、可動軸81を所定方向の中立位置に維持することができる。このため、中立位置を基準として、可動軸81に作用させる電磁力を制御することにより、可動軸81については弁体31を容易に往復駆動することができる。

【0068】

・弁体31の所定面31a及び本体41の対向面41aは、所定の平面度に仕上げられている。板ばね51は、所定面31aと対向面41aとが所定の平行度となるように、弁体31を支持している。こうした構成によれば、弁体31の所定面31a及び本体41の対向面41aの平面度及び平行度が管理されているため、所定面31aと対向面41aとの間に形成される所定隙間C1の精度を向上させることができる。

40

【0069】

・弁体31の所定面31aと本体41の対向面41aとの間には所定隙間C1が形成されているため、図4に示すように、P1bポートが開口流路32に接続されていない状態であっても、P1bポートから弁体31に向かって流れる空気が所定隙間C1を介して漏れることとなる。この点、所定隙間C1は5μm程度であるため、所定隙間C1を介して漏れる空気の量を少なくすることができる。

【0070】

50

・所定面 3 1 a と対向面 4 1 a との間に、所定隙間 C 1 の幅に基づいて設定された厚みの隙間治具が挿入されるため、所定面 3 1 a と対向面 4 1 a との間隔を所定隙間 C 1 に容易に調節することができる。そして、その状態で板ばね 5 1 が本体 4 1 に固定された後に隙間治具が取り外されるため、所定面 3 1 a と対向面 4 1 a との間に所定隙間 C 1 を容易に形成することができる。

【 0 0 7 1 】

・図 6 に示すように、磁石 7 4 , 7 5 は直方体状に形成されている。このため、図 8 , 9 に示すように、アクチュエータ 7 0 を励磁状態にした場合に、可動子 7 6 及び可動軸 8 1 には矢印 F 1 , F 2 に示す方向の磁力のみが作用し、弁体 3 1 の所定面 3 1 a (図 8 , 9 における紙面) に垂直な方向の磁力が作用しない。したがって、可動軸 8 1 が所定面 3 1 a に垂直な方向へずれることを抑制することができる。これに対して、磁石 7 4 , 7 5 を半円筒状に形成した場合は、可動子 7 6 及び可動軸 8 1 に所定面 3 1 a に垂直な方向の磁力が作用し、その磁力の不釣り合いにより可動軸 8 1 が所定面 3 1 a に垂直な方向へずれるおそれがある。

【 0 0 7 2 】

上記第 1 実施形態では、所定隙間 C 1 を 5 μ m 程度とすることにより、所定隙間 C 1 を介して漏れる空気の量を少なくしている。しかしながら、図 1 1 に示すように、電流 0 においても、空気の漏れによる流量が発生している。特に、空気の圧力が 0 . 2 M P a の場合は、空気の圧力が 0 . 1 M P a の場合と比較して、空気の漏れによる流量が大きくなっている。

【 0 0 7 3 】

この原因として、板ばね 5 1 により弁体 3 1 の両端部 3 6 が支持される構成では、図 4 に示すように、P 1 b ポート , A 1 b ポートから弁体 3 1 に向かって流れる空気の圧力により、弁体 3 1 が P 1 b ポート , A 1 b ポートから離れる方向へ変位することが考えられる。すなわち、弁体 3 1 の所定面 3 1 a と本体 4 1 の対向面 4 1 a との間の所定隙間 C 1 が、空気の圧力により広がることが考えられる。

【 0 0 7 4 】

(第 2 実施形態)

そこで、本実施形態では、図 1 2 ~ 1 4 に示すように、弁体 3 1 を挟んで両側に第 1 本体 4 1 A と第 2 本体 4 1 B とを設けている。以下、第 1 実施形態との相違点を中心に説明する。なお、第 1 実施形態の部材と対応する部材については、同一の符号を付すことにより説明を省略する。

【 0 0 7 5 】

弁体 3 1 において、開口流路 3 2 は、弁体 3 1 の所定面 3 1 a と所定面 3 1 a の反対側の反対面 3 1 b とにおいて弁体 3 1 の長手方向 (所定方向に相当) に所定長 L 1 で開口している。開口流路 3 2 は、弁体 3 1 において所定面 3 1 a から反対面 3 1 b まで貫通している。なお、開口流路 3 2 が、弁体 3 1 の所定面 3 1 a 側と反対面 3 1 b 側とにそれぞれ形成されており、所定面 3 1 a から反対面 3 1 b まで貫通していない構成を採用することもできる。

【 0 0 7 6 】

第 1 本体 4 1 A には、所定面 3 1 a に対向する第 1 対向面 4 5 a に開口する P 1 b ポート , A 1 b ポート、R 1 b ポートが、弁体 3 1 の長手方向に所定長 L 1 よりも短い間隔で並んで形成されている。第 2 本体 4 1 B には、反対面 3 1 b に対向する第 2 対向面 4 5 b に開口する P 1 b ポート , A 1 b ポート、R 1 b ポートが、弁体 3 1 の長手方向に所定長 L 1 よりも短い間隔で並んで形成されている。第 1 本体 4 1 A の P 1 b ポート , A 1 b ポート、R 1 b ポートは、それぞれ第 2 本体 4 1 B の P 1 b ポート , A 1 b ポート、R 1 b ポートに対向している。P 1 b ポート , A 1 b ポート、R 1 b ポートには、それぞれ接続流路 4 2 , 4 3 , 4 4 が接続されている。

【 0 0 7 7 】

第 1 本体 4 1 A と第 2 本体 4 1 B との間には、第 3 本体 4 1 C が設けられている。板ば

ね 5 1 の短辺部分 5 1 b が、第 3 本体 4 1 C の長手方向の両端部にそれぞれ溶接により固定されている。第 1 本体 4 1 A 及び第 2 本体 4 1 B は、ねじ 4 5 により第 3 本体 4 1 C にそれぞれ固定されている。そして、板ばね 5 1 は、所定面 3 1 a と第 1 対向面 4 5 a との間に第 1 所定隙間 C 1 が形成されるように弁体 3 1 を支持し、反対面 3 1 b と第 2 対向面 4 5 b との間に第 2 所定隙間 C 2 が形成されるように弁体 3 1 を支持している。本実施形態では、第 1 所定隙間 C 1 と第 2 所定隙間 C 2 とは等しく設定されている。なお、本体 4 1 A , 4 1 B , 4 1 C 、弁体 3 1 、及び板ばね 5 1 は、第 1 実施形態の組立方法に準じた組立方法により組み立てられる。

【 0 0 7 8 】

ここで、第 1 本体 4 1 A の P 1 b ポートと、その P 1 b ポートに対応する第 2 本体 4 1 B の P 1 b ポートとに、同様の加圧した空気を流通させる。これにより、第 1 本体 4 1 A の P 1 b ポートから弁体 3 1 に向かって流れる空気による圧力と、第 2 本体 4 1 B の P 1 b ポートから弁体 3 1 に向かって流れる空気による圧力とが相殺される。

【 0 0 7 9 】

図 1 5 は、コイル 7 2 に流す電流と空気の流量との関係を示すグラフである。図 1 5 では、図 1 1 と比較して空気の漏れによる流量が減少している。さらに、空気の漏れ量が減少していることから、より低い圧力の空気であっても流量の最大値を大きくすることができる。

【 0 0 8 0 】

図 1 6 ~ 1 9 は、流量の入力値 (i n p u t) 及び出力値 (o u t p u t) を示すタイムチャートである。

【 0 0 8 1 】

図 1 6 は、流路切替弁 1 0 が空気を供給及び排出する対象の負荷 (容積) が 3 c c であり、ステップ状の入力値 (指令値) を与えた場合を示している。入力値が変わった瞬間に若干のオーバーシュートはあるが、それを除いて入力値に出力値が一致している。

【 0 0 8 2 】

図 1 7 は、対象の負荷が 3 c c であり、正弦波状の入力値を 1 0 H z の周波数で与えた場合を示している。正弦波の極大値及び極小値付近において若干のオーバーシュートがあるが、それを除いて入力値に出力値が一致している。

【 0 0 8 3 】

図 1 8 は、対象の負荷が 3 c c であり、正弦波状の入力値を 2 H z の周波数で与えた場合を示している。この場合は入力値に出力値が精度良く一致している。

【 0 0 8 4 】

図 1 9 は、対象の負荷が 8 0 c c であり、ステップ状の入力値を与えた場合を示している。この場合は入力値に出力値が精度良く一致している。

【 0 0 8 5 】

以上詳述した本実施形態は、以下の利点を有する。ここでは、第 1 実施形態と相違する利点のみを述べる。

【 0 0 8 6 】

・弁体 3 1 を挟んで両側に第 1 本体 4 1 A と第 2 本体 4 1 B とが設けられている。そして、第 1 本体 4 1 A 及び第 2 本体 4 1 B には、同様の複数の P 1 b ポート , A 1 b ポート , R 1 b ポートがそれぞれ形成されている。このため、第 1 本体 4 1 A の P 1 b ポート , A 1 b ポート , R 1 b ポートと、そのポートに対応する第 2 本体 4 1 B の P 1 b ポート , A 1 b ポート , R 1 b ポートとに、同様の空気を流通させることにより、第 1 本体 4 1 A の P 1 b ポート , A 1 b ポートから弁体 3 1 に向かって流れる空気による圧力と、第 2 本体 4 1 B の P 1 b ポート , A 1 b ポートから弁体 3 1 に向かって流れる空気による圧力とを相殺することができる。したがって、P 1 b ポート , A 1 b ポートから弁体 3 1 に向かって流れる空気の圧力により、弁体 3 1 がポート P 1 b ポート , A 1 b ポートから離れる方向へ変位することを抑制することができる。

【 0 0 8 7 】

・第1本体41Aのポートから弁体31に向かって流れる空気による圧力と、第2本体41Bのポートから弁体31に向かって流れる空気による圧力とを相殺することができる。このため、板ばね51に要求される剛性を低下させることができ、第1実施形態と比較して薄い板ばね51を採用することができる。

【0088】

・板ばね51は、弁体31の所定面31aと第1対向面45aとの間に第1所定隙間C1が形成されるように弁体31を支持し、弁体31の反対面31bと第2対向面45bとの間に第2所定隙間C2が形成されるように弁体31を支持している。したがって、弁体31と第1本体41A及び第2本体41Bとが擦れない状態で、弁体31を往復駆動することができる。

10

【0089】

なお、上記第1、第2実施形態を、以下のように変更して実施することもできる。

【0090】

・本体41(41A、41B、41C)、弁体31、及び板ばね51を組み立てる際に用いる隙間治具の個数や形状は、任意に変更することができる。要するに、隙間治具の厚みが、弁体31の所定面31aと本体41の対向面41a(45a)との間の所定隙間C1の幅に基づいて設定されていればよい。

【0091】

・所定隙間C1の幅は、5 μ m程度に限らず、1~5 μ mであったり、6~10 μ mであったり、10~20 μ mであってもよい。

20

【0092】

・可動軸81が弁体31を途中まで貫通する構成や、可動軸81が弁体31の一方の端部36に固定された構成を採用することもできる。

【0093】

・アクチュエータ70において、板ばね51が自然状態で弁体31を支持する状態における可動軸81(可動子76)の位置を、可動軸81を弁体31の長手方向に往復駆動させる電磁力を作用させていない中立位置以外に設定することもできる。

【0094】

・弁体31の両端部36にそれぞれ取り付けられた板ばね51の弾性力が、互いに等しくない構成を採用することもできる。

30

【0095】

・板ばね51の最も面積の大きい主面が、弁体31の長手方向に垂直ではなく、傾斜した状態で本体41に取り付けられている構成を採用することもできる。

【0096】

・アクチュエータ70として、モータや、ピエゾ素子、サーマルアクチュエータ等を採用することもできる。ただし、アクチュエータ70においても、弁体31を駆動する際に摩擦力が発生しない構成が望ましい。なお、アクチュエータ70において、弁体31を駆動する際に摩擦力が発生したとしても、弁体31と本体41とが擦れない状態で弁体31を往復駆動することにより、従来と比較して流路切替弁10において流路を切り替える応答性を向上させることができる。

40

【0097】

・本体41に形成されるポートの数は3つに限らず、2つや4つ以上であってもよい。

【0098】

・流路切替弁10により流路を切り替える流体は空気に限らず、空気以外の気体や、液体を採用することもできる。

【0099】

(第3実施形態)

本実施形態では、上記可動軸81を省略し、弁体31と可動子76とを一体に構成している。以下、第2実施形態との相違点を中心に説明する。なお、第1、第2実施形態の部材と対応する部材については、同一の符号を付すことにより説明を省略する。

50

【 0 1 0 0 】

図 2 0 ~ 2 2 に示すように、弁機構 2 0 は、ハウジング 2 1、弁体 3 1、第 3 本体 4 1 C、第 4 本体 4 1 D、板ばね 5 1、蓋 2 7 等を備えている。ハウジング 2 1、弁体 3 1、第 3 本体 4 1 C、第 4 本体 4 1 D、板ばね 5 1、蓋 2 7 は、非磁性体により形成されている。

【 0 1 0 1 】

ハウジング 2 1 は、四角筒状に形成されている。ハウジング 2 1 には、加圧された空気（流体に相当）を供給する P 0 ポート（加圧ポート）、負荷に対して空気を供給及び排出する A 0 ポート（出力ポート）、空気を排出する R 0 ポート（排気ポート）が設けられている。P 0 ポート、A 0 ポート、R 0 ポートは、非磁性体により形成されている。P 0 ポート、A 0 ポート、R 0 ポートには、それぞれ加圧流路、出力流路、排気流路が接続されている。加圧流路及び排気流路は、第 3 本体 4 1 C に接続されている。出力流路は、ハウジング 2 1 の内面で開口している。

10

【 0 1 0 2 】

ハウジング 2 1 の内部には、弁体 3 1、本体 4 1 C、4 1 D、板ばね 5 1、磁石 7 4 A、7 4 B、7 5 A、7 5 B 等が収容されている。本体 4 1 C、4 1 D は、直方体状（平板状）に形成されている。第 3 本体 4 1 C は、ハウジング 2 1 に固定されている。第 4 本体 4 1 D は、第 3 本体 4 1 C に固定されている。弁体 3 1 は、直方体状（平板状）に形成されている。

【 0 1 0 3 】

並列に配置された第 4 本体 4 1 D の間に、弁体 3 1 が配置されている。第 4 本体 4 1 D と弁体 3 1 との間には、隙間が形成されている。すなわち、第 4 本体 4 1 D と弁体 3 1 とは非接触状態になっている。

20

【 0 1 0 4 】

弁体 3 1 は、板ばね 5 1 を介して第 4 本体 4 1 D に固定されている。板ばね 5 1 の 2 つの短辺部分 5 1 b がそれぞれ第 4 本体 4 1 D に固定されている。板ばね 5 1 は、最も面積の大きい主面（図 2 0、2 1 における垂直面）が弁体 3 1 の長手方向に垂直となるように、第 4 本体 4 1 D に取り付けられている。こうした構成により、弁体 3 1（可動部材に相当）は、一対の板ばね 5 1 により弁体 3 1 の長手方向（所定方向に相当）に移動可能に支持されている。

30

【 0 1 0 5 】

弁体 3 1 の所定面 3 1 a と第 4 本体 4 1 D の第 1 面 4 1 d とは同一平面上に位置している。図 2 2 に示すように、弁体 3 1 の所定面 3 1 a に第 3 本体 4 1 C の対向面 4 1 a が対向している。そして、第 4 本体 4 1 D の第 1 面 4 1 d は、第 3 本体 4 1 C の対向面 4 1 a に対向している。第 4 本体 4 1 D の第 1 面 4 1 d と第 3 本体 4 1 C の対向面 4 1 a との間に所定厚みのシム 4 6（スペーサ）が並んで 2 つ挿入された状態で、第 3 本体 4 1 C と第 4 本体 4 1 D とが固定されている。シム 4 6 の厚みは 10 μ m 程度である。すなわち、弁体 3 1 の所定面 3 1 a と第 3 本体 4 1 C の対向面 4 1 a との間には、シム 4 6 の厚みに相当する隙間（所定隙間）が形成されている。このように、弁体 3 1 には、他の部材と摺動する部分が存在していない。なお、シム 4 6 の数は 2 つに限らず、1 つや、3 つ以上であってもよい。

40

【 0 1 0 6 】

図 2 2 に示すように、弁体 3 1 の所定面 3 1 a には、弁体 3 1 の長手方向（所定方向）に所定長 L 1 で開口する開口流路 3 2 が 2 つ形成されている。開口流路 3 2 は、弁体 3 1 を所定面 3 1 a に垂直な方向へ貫通し、長軸の長さが所定長 L 1 の長孔になっている。なお、開口流路 3 2 が、弁体 3 1 の所定面 3 1 a 側にそれぞれ形成された凹部になっており、弁体 3 1 を貫通していない構成を採用することもできる。

【 0 1 0 7 】

それぞれの第 3 本体 4 1 C には、対向面 4 1 a に開口する P 1 b ポート、A 1 b ポート、R 1 b ポート（複数のポートに相当）が形成されている。P 1 b ポート、A 1 b ポート

50

、R 1 bポートは、弁体 3 1 の長手方向に所定長 L 1 よりも短い間隔 L 2 で並んで形成されている。第 3 本体 4 1 C には、P 1 bポート、A 1 bポート、R 1 bポートにそれぞれ接続された接続流路 4 2、4 3、4 4 が形成されている。接続流路 4 2、4 3、4 4 は、それぞれ上記加圧流路、出力流路、排気流路に接続されている。なお、接続流路 4 3 は、ハウジング 2 1 内の空間を介して出力流路に接続されている。ハウジング 2 1 内の空間は、シール部材 4 7 によりシールされている。

【 0 1 0 8 】

そして、板ばね 5 1 は、弁体 3 1 の長手方向（板ばね 5 1 の主面に垂直な方向）への弁体 3 1 の移動量に応じて、弁体 3 1 に弾性力を加える。詳しくは、板ばね 5 1 は、弁体 3 1 の長手方向への弁体 3 1 の移動量、すなわち板ばね 5 1 の変形量に比例した弾性力を弁体 3 1 に加える。

【 0 1 0 9 】

次に、図 2 0、2 1 を参照して、アクチュエータ 7 0 の構成を説明する。アクチュエータ 7 0 は、コア 7 1（7 1 c、7 1 d）、コイル 7 2、磁石 7 4 A、7 4 B、7 5 A、7 5 B 等を備えている。

【 0 1 1 0 】

コア 7 1 は、常磁性体材料により、「U」字形状に形成されている。コア 7 1 における「U」字形状の底部 7 1 c の外周には、コイル 7 2 が取り付けられている。コア 7 1 における「U」字形状の一对の直線部 7 1 d は、互いに平行になっている。

【 0 1 1 1 】

一对の直線部 7 1 d には、磁石 7 4 A、7 5 A と磁石 7 4 B、7 5 B とがそれぞれ取り付けられている。磁石 7 4 A ~ 7 5 B は、強磁性体材料により形成された永久磁石である。磁石 7 4 A ~ 7 5 B は、直方体状に形成されている。磁石 7 4 A、7 5 B は、コア 7 1 の直線部 7 1 d 側に S 極が位置し、弁体 3 1（可動子 7 6）側に N 極が位置するように、コア 7 1 の直線部 7 1 d にそれぞれ取り付けられている。磁石 7 4 B、7 5 A は、コア 7 1 の直線部 7 1 d 側に N 極が位置し、弁体 3 1（可動子 7 6）側に S 極が位置するように、コア 7 1 の直線部 7 1 d にそれぞれ取り付けられている。磁石 7 4 A の N 極と磁石 7 4 B の S 極とが対向しており、磁石 7 5 A の S 極と磁石 7 5 B の N 極とが対向している。磁石 7 4 A、7 4 B の互いに対向する面は平行になっており、磁石 7 5 A、7 5 B の互いに対向する面は平行になっている。弁体 3 1 の長手方向（以下、「所定方向」という）において、磁石 7 4 A と磁石 7 5 A とが所定間隔で配置されており、磁石 7 4 B と磁石 7 5 B とが同じく所定間隔で配置されている。

【 0 1 1 2 】

磁石 7 4 A、7 5 A と磁石 7 4 B、7 5 B との間には、上記ハウジング 2 1 の一部分を介して可動子 7 6 が配置されている。ハウジング 2 1 のうち、磁石 7 4 A と磁石 7 4 B との間に配置される部分、及び磁石 7 5 A と磁石 7 5 B との間に配置される部分は、磁束を透過させ易いように薄く形成されている。可動子 7 6 は、常磁性体材料により、四角筒状に形成されている。上記所定方向における可動子 7 6 の幅 L 3 は、磁石 7 4 B（7 4 A）の接続部材 2 4 側の端面と磁石 7 5 B（7 5 A）の蓋 2 7 側の端面との間隔 L 4 よりも短くなっている。可動子 7 6 の中空部には、弁体 3 1 が挿通されている。所定方向において、弁体 3 1 の中央に可動子 7 6 が固定されている。すなわち、弁体 3 1 において、一对の板ばね 5 1 の間に位置する部分に可動子 7 6 が固定されている。可動子 7 6 は、弁体 3 1 以外の部材とは接触していない。

【 0 1 1 3 】

所定方向において、可動子 7 6 は、磁石 7 4 A、7 4 B、7 5 A、7 5 B の磁力により磁石 7 4 A（7 4 B）と磁石 7 5 A（7 5 B）との中央位置（中立位置）に配置している。この状態で、自然状態の一对の板ばね 5 1 により支持された弁体 3 1 に、可動子 7 6 が固定されている。すなわち、アクチュエータ 7 0 において、板ばね 5 1 が自然状態で弁体 3 1 を支持する状態における可動子 7 6 の位置は、弁体 3 1（可動子 7 6）を所定方向に往復駆動させる電磁力を作用させていない中立位置に設定されている。そして、アクチュ

エータ70は、所定方向において一对の板ばね51の間で可動子76に作用させる電磁力により、弁体31を非接触で所定方向へ駆動する。

【0114】

次に、図23～25を参照して、アクチュエータ70により、弁体31の長手方向（所定方向）に弁体31を往復駆動する原理を説明する。

【0115】

アクチュエータ70のコイル72に電流を流していない非励磁状態では、図23に示すように、磁石74AのN極から磁石74BのS極へ向かう磁界、及び磁石75BのN極から磁石74BのS極へ向かう磁界が発生する。この状態では、可動子76は、上記所定方向において中立位置で釣り合って静止している。この状態では、一对の板ばね51は自然状態になっており、一对の板ばね51から弁体31へ力が作用していない。また、この状態では、図22に示すように、第3本体41CのP1bポート及びR1bポートは、弁体31により閉じられている。

10

【0116】

アクチュエータ70のコイル72に正方向の電流を流した正方向の励磁状態では、図24に矢印H3で示すように、コア71の上側の直線部71dから下側の直線部71dへ向かうコイル磁界が発生する。このため、磁石74AのN極から磁石74BのS極へ向かう磁界とコイル磁界とは強め合い、磁石75BのN極から磁石75AのS極へ向かう磁界とコイル磁界とは弱め合う。その結果、可動子76は、接続部材24の方向へ引き付ける磁力を受ける。そして、矢印F4で示すように、可動子76と共に弁体31が矢印F4の方向へ移動する。この際に、アクチュエータ70は電磁力により弁体31を非接触で駆動し、弁体31は本体41C、41Dと非接触で駆動される。これに対して、一对の板ばね51は、弁体31の移動量に比例した抗力を弁体31に作用させる。図22において、弁体31が接続部材24の方向へ駆動されると、第3本体41CのA1bポートとP1bポートとが、弁体31の開口流路32を介して接続される。すなわち、流路切替弁10の流路が切り替えられる。

20

【0117】

ここで、それぞれの第3本体41CのP1bポートに、同様の加圧した空気を流通させる。これにより、それぞれの第3本体41CのP1bポートから弁体31に向かって流れる空気による圧力が相殺される。

30

【0118】

また、アクチュエータ70のコイル72に負方向の電流を流した負方向の励磁状態では、図25に矢印H4で示すように、コア71の下側の直線部71dから上側の直線部71dへ向かうコイル磁界が発生する。このため、磁石74AのN極から磁石74BのS極へ向かう磁界とコイル磁界とは弱め合い、磁石75BのN極から磁石75AのS極へ向かう磁界とコイル磁界とは強め合う。その結果、可動子76は、蓋27の方向へ引き付ける磁力を受ける。そして、矢印F5で示すように、可動子76と共に弁体31が矢印F5の方向へ移動する。この際に、アクチュエータ70は電磁力により弁体31を非接触で駆動し、弁体31は本体41C、41Dと非接触で駆動される。これに対して、一对の板ばね51は、弁体31の移動量に比例した抗力を弁体31に作用させる。図22において、弁体31が蓋27の方向へ駆動されると、第3本体41CのA1bポートとR1bポートとが、弁体31の開口流路32を介して接続される。すなわち、流路切替弁10の流路が切り替えられる。

40

【0119】

以上詳述した本実施形態は、以下の利点を有する。

【0120】

・一对の板ばね51により、板ばね51の変形量に応じた弾性力が所定方向へ加えられる。弁体31は、一对の板ばね51により上記所定方向へ移動可能に支持されているため、弁体31を非摺動で移動可能に支持することができる。そして、アクチュエータ70によって作用させられる電磁力により、弁体31が非接触で所定方向へ駆動される。その結

50

果、弁体 3 1 を駆動する際に摩擦力が発生せず、弁体 3 1 を駆動する応答性を向上させることができる。さらに、弁体 3 1 を非摺動で駆動するため、弁体 3 1 に摩耗が生じず、摺動を伴う一般的な弁体と比較して半永久的に使用することができる。

【 0 1 2 1 】

・弁体 3 1 は一对の板ばね 5 1 により支持されており、上記所定方向において一对の板ばね 5 1 の間で電磁力が作用させられる。このため、駆動される際に弁体 3 1 がぶれることを抑制することができる。

【 0 1 2 2 】

・弁体 3 1 に固定された可動子 7 6 に電磁力が作用させられる。このため、電磁力が作用させられる可動子 7 6 と、弁体 3 1 とを別体にすることができ、弁体 3 1 の設計の自由度を向上させることができる。

10

【 0 1 2 3 】

・第 3 本体 4 1 C に形成された接続流路を通じて、各接続流路に接続された各ポートに対して流体を流入出させることができる。弁体 3 1 には、所定面 3 1 a において所定方向に所定長 L 1 で開口する開口流路 3 2 が形成されている。第 3 本体 4 1 C には、上記所定面 3 1 a に対向する対向面 4 1 a に開口する複数のポートが、上記所定方向に上記所定長 L 1 よりも短い間隔 L 2 で並んで形成されている。このため、アクチュエータ 7 0 により弁体 3 1 を上記所定方向に駆動することで、複数のポートが弁体 3 1 の開口流路 3 2 を介して接続される状態、すなわち流体の流路を切り替えることができる。

20

【 0 1 2 4 】

・弁体 3 1 の所定面 3 1 a と第 4 本体 4 1 D の第 1 面 4 1 d とは同一平面上に位置しており、第 3 本体 4 1 C の対向面 4 1 a と第 4 本体 4 1 D の第 1 面 4 1 d との間に所定厚みのシム 4 6 が挿入された状態で、第 3 本体 4 1 C と第 4 本体 4 1 D とが固定されている。このため、弁体 3 1 の所定面 3 1 a と第 3 本体 4 1 C の対向面 4 1 a との間に、シム 4 6 の厚み分の隙間を容易に形成することができる。

【 0 1 2 5 】

・アクチュエータ 7 0 において、板ばね 5 1 が自然状態で弁体 3 1 を支持する状態における弁体 3 1 (可動子 7 6) の位置は、弁体 3 1 を所定方向に往復駆動させる電磁力を作用させていない中立位置に設定されている。こうした構成によれば、板ばね 5 1 が自然状態で弁体 3 1 を支持し、且つアクチュエータ 7 0 により電磁力を作用させていない状態において、弁体 3 1 を所定方向の中立位置に維持することができる。このため、中立位置を基準として、可動子 7 6 に作用させる電磁力を制御することにより、弁体 3 1 を容易に再現性よく往復駆動することができる。さらに、アクチュエータ 7 0 により電磁力を作用させていない状態における流体の流量を、一定に安定させることができる。

30

【 0 1 2 6 】

・弁体 3 1 を挟んで両側に第 3 本体 4 1 C が設けられている。そして、それぞれの第 3 本体 4 1 C には、同様の複数の P 1 b ポート, A 1 b ポート, R 1 b ポートが形成されている。このため、それぞれの第 3 本体 4 1 C の P 1 b ポート, A 1 b ポート, R 1 b ポートに、同様の空気を流通させることにより、それぞれの第 3 本体 4 1 C の P 1 b ポート, A 1 b ポートから弁体 3 1 に向かって流れる空気による圧力を相殺することができる。したがって、P 1 b ポート, A 1 b ポートから弁体 3 1 に向かって流れる空気の圧力により、弁体 3 1 が P 1 b ポート, A 1 b ポートから離れる方向へ変位することを抑制することができる。また、板ばね 5 1 に要求される剛性を低下させることができ、より薄い板ばね 5 1 を採用することができる。

40

【 0 1 2 7 】

なお、上記第 3 実施形態を、以下のように変更して実施することもできる。

【 0 1 2 8 】

・一对の板ばね 5 1 が、弁体 3 1 の両端部 3 6 以外の部分、例えば若干中央寄りの部分を支持する構成を採用することもできる。

【 0 1 2 9 】

50

・シム４６の厚みは、 $10\mu\text{m}$ 程度に限らず、 $5\sim 10\mu\text{m}$ であったり、 $10\sim 15\mu\text{m}$ であったり、 $15\sim 20\mu\text{m}$ であってもよい。

【０１３０】

・図２６に示すように、所定方向において、２つの開口流路３２の互いに離れた側の端同士の間隔 $L5$ と、 $P1b$ ポートと $R1b$ ポートとの間隔 $L6$ との関係を、以下のように変更することができる。(１) $L6 = L5$ 。この場合は、図２７に示すように、電流 0mA 付近に不感帯を有する流路切替弁１０として使用することができ、流体の流れ始めを安定させることができる。(２) $L6 < L5$ 。この場合は、図２８に示すように、電流 0mA 付近にコンスタントブリード流量を有する流路切替弁１０として使用することができ、流体の流量を変更する応答性を向上させることができる。(３) $L6 \ll L5$ 。この場合は、図２９に示すように、ポート P からポート A へ流す流体と、ポート R からポート A へ流す流体とを混合する混合弁として使用することができる。

10

【０１３１】

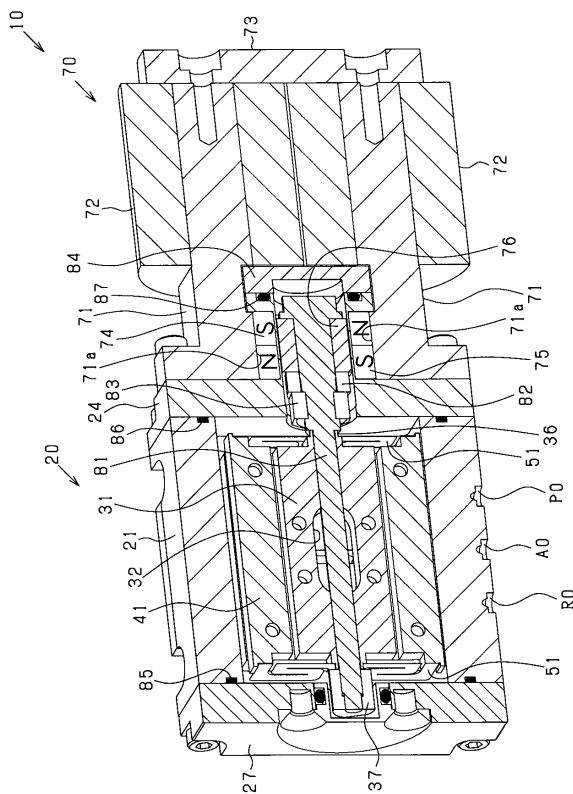
・可動子７６と弁体３１とを常磁性体材料により、一体に形成することもできる。この場合、可動子そのものにより弁体３１（可動部材）が構成され、可動子に開口流路３２が形成される。

【符号の説明】

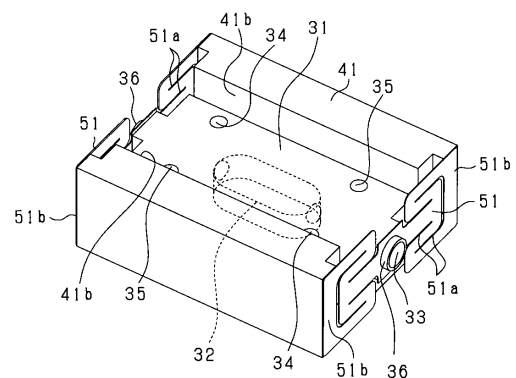
【０１３２】

１０…流路切替弁、２０…弁機構、３１…弁体、３１ａ…所定面、３１ｂ…反対面、３２…開口流路、３６…両端部、４１…本体、４１Ａ…第１本体、４１Ｂ…第２本体、４１ 20
 Ｃ…第３本体、４１Ｄ…第４本体、４１ａ…対向面、４１ｄ…第１面、４２…接続流路、４３…接続流路、４４…接続流路、４５ａ…第１対向面、４５ｂ…第２対向面、４６…シム、５１…板ばね、７０…アクチュエータ、７６…可動子、８１…可動軸。

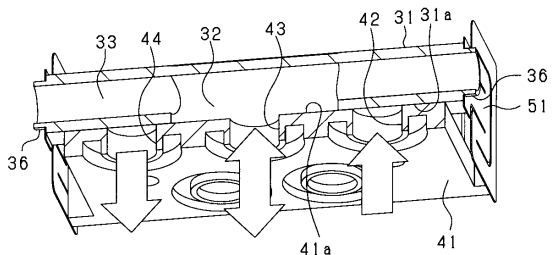
【図１】



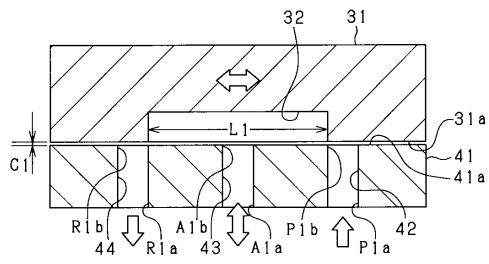
【図２】



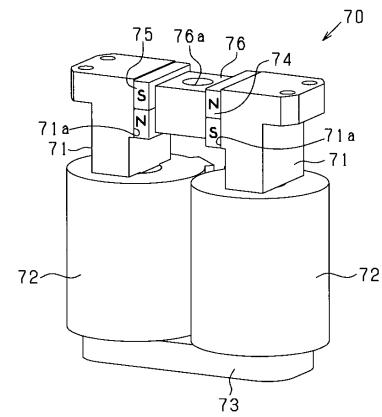
【図３】



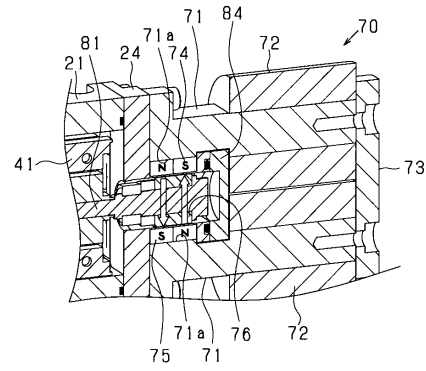
【図 4】



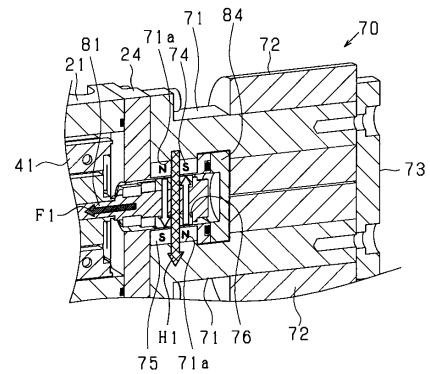
【図 5】



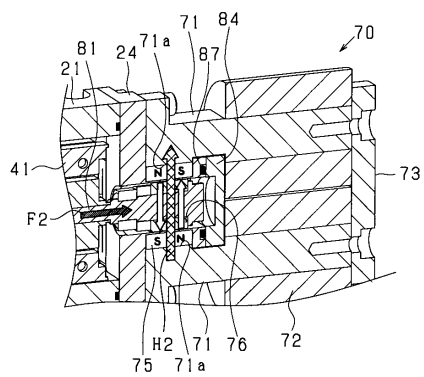
【図 6】



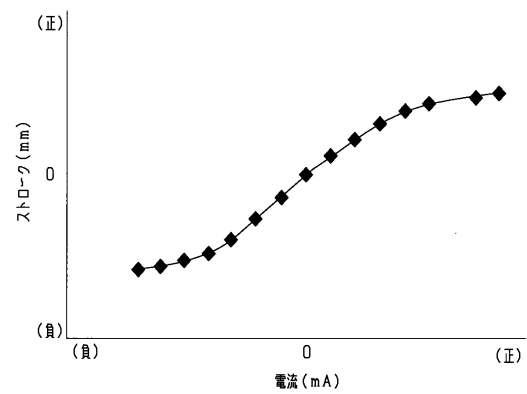
【図 7】



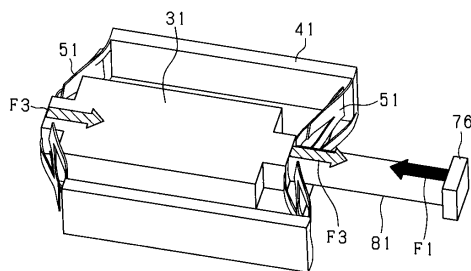
【図 8】



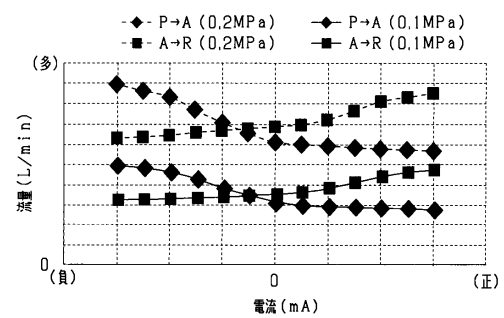
【図 10】



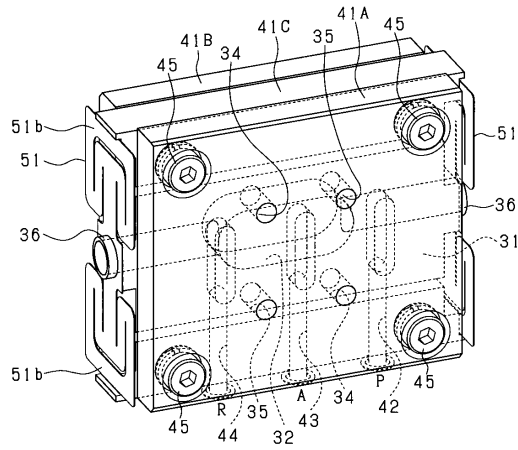
【図 9】



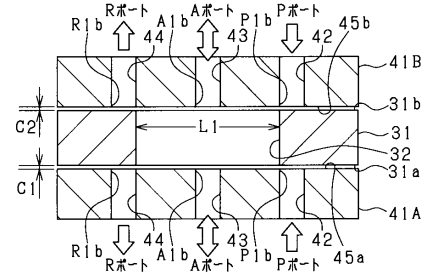
【図 11】



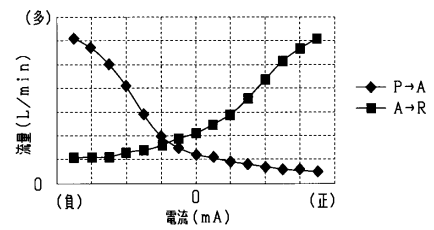
【図 12】



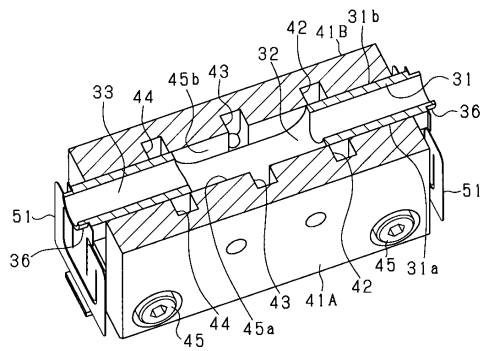
【図 14】



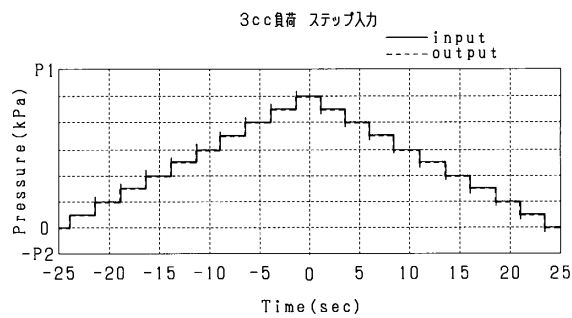
【図 15】



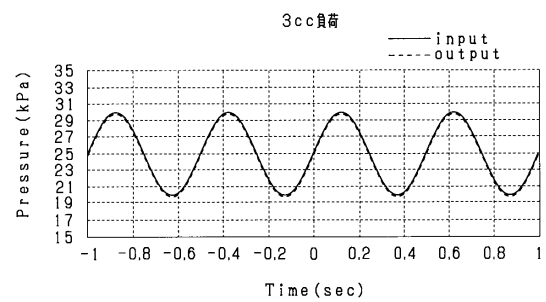
【図 13】



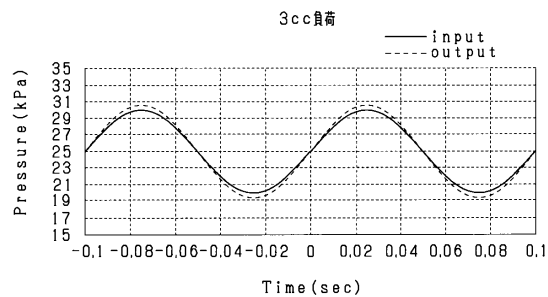
【図 16】



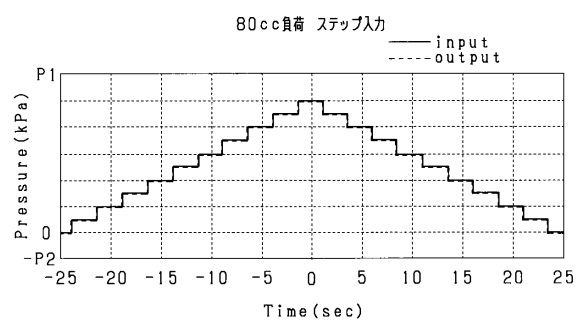
【図 18】



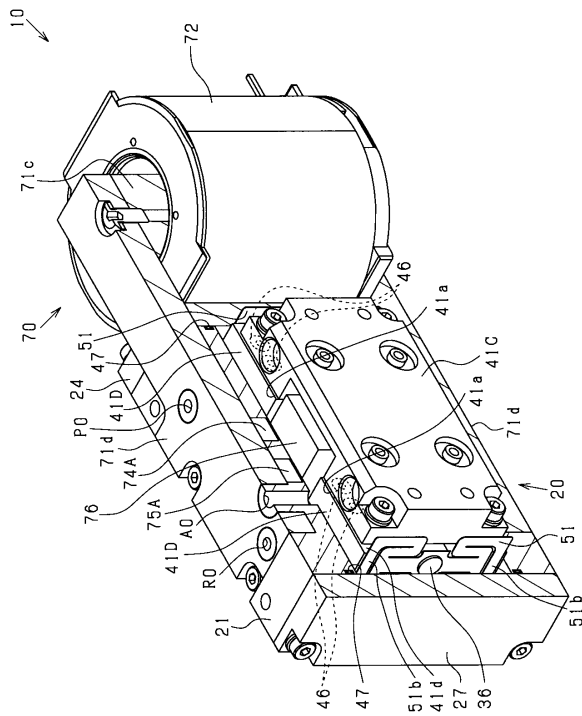
【図 17】



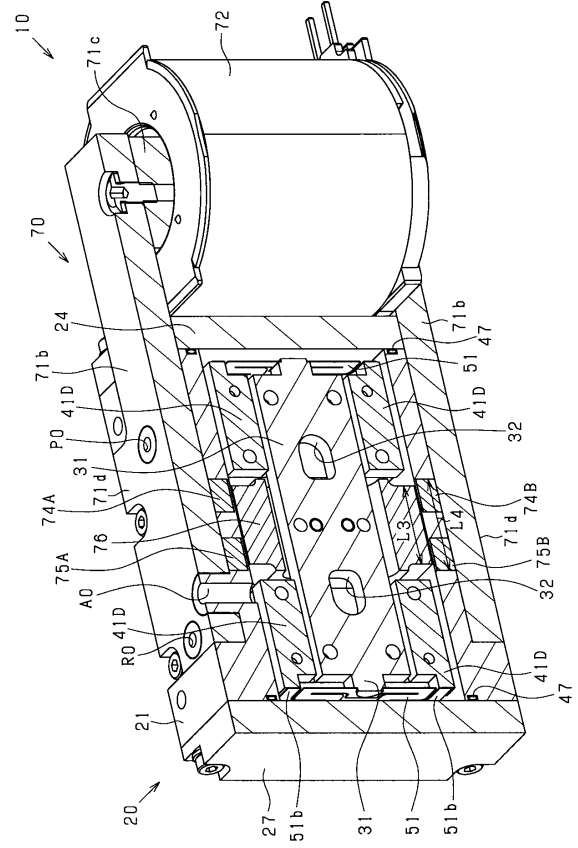
【図 19】



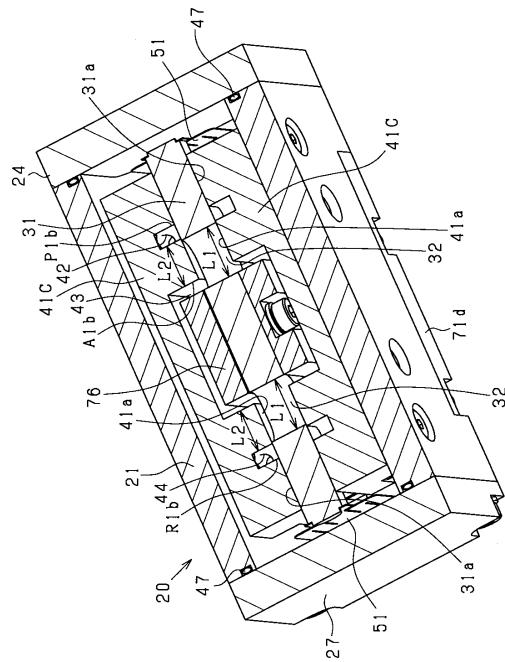
【図 20】



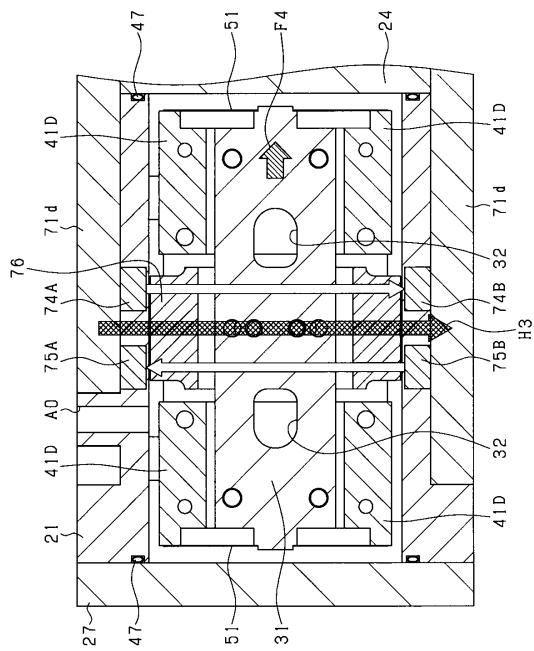
【図 21】



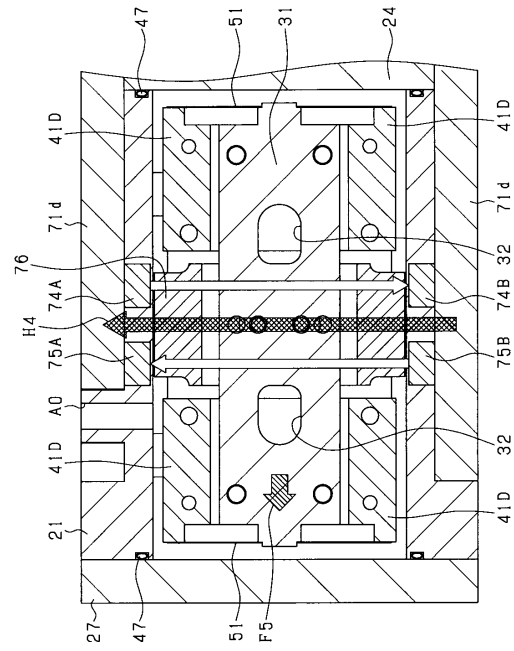
【図 22】



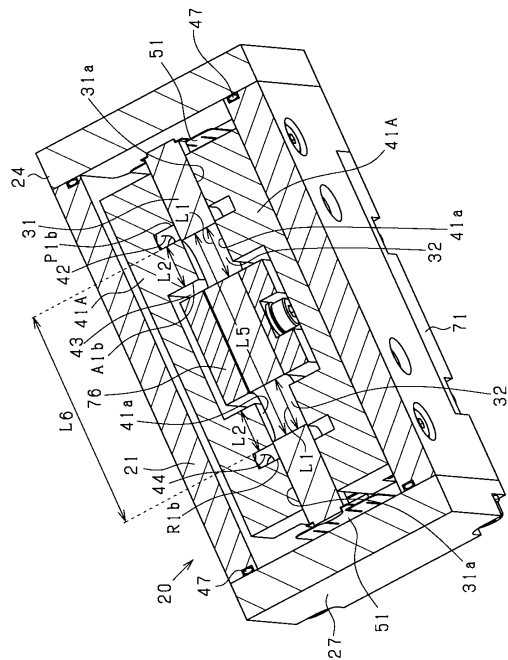
【 図 2 4 】



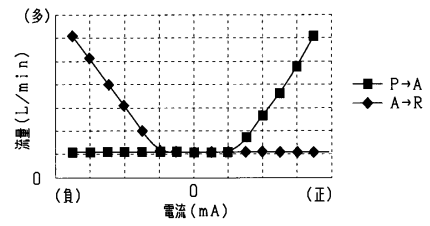
【 図 2 5 】



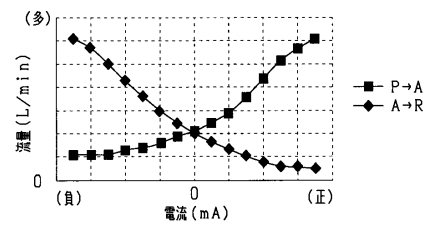
【 図 2 6 】



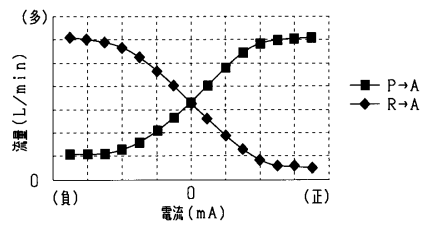
【 図 2 7 】



【 図 2 8 】



【図 29】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 1 6 K 31/06 3 0 5 L

(72)発明者 西川 桂一
愛知県小牧市応時二丁目250番地 C K D株式会社内
(72)発明者 廣瀬 泰久
愛知県小牧市応時二丁目250番地 C K D株式会社内
(72)発明者 南谷 隆弘
愛知県小牧市応時二丁目250番地 C K D株式会社内

審査官 岡崎 克彦

(56)参考文献 実開昭62-60780(J P, U)
特開平10-196831(J P, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., D B名)
F 1 6 K 3 / 0 2
F 1 6 K 3 / 1 8
F 1 6 K 3 / 3 1 6
F 1 6 K 2 7 / 0 4
F 1 6 K 3 1 / 0 6