(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7621802号
(P7621802)

(45)発行日　令和7年1月27日(2025.1.27)

(24)登録日　令和7年1月17日(2025.1.17)

(51)国際特許分類

Ｆ１６Ｋ　1/00　(2006.01)		Ｆ１６Ｋ	1/00	Ｐ
Ｆ１６Ｋ　31/02　(2006.01)		Ｆ１６Ｋ	31/02	Ａ

請求項の数　12　（全16頁）

(21)出願番号　特願2021-6276(P2021-6276)
(22)出願日　令和3年1月19日(2021.1.19)
(65)公開番号　特開2022-110705(P2022-110705A)
(43)公開日　令和4年7月29日(2022.7.29)
審査請求日　令和5年12月21日(2023.12.21)

(73)特許権者　000127961
株式会社堀場エステック
京都府京都市南区上鳥羽鉾立町１１番地５
(74)代理人　100121441
弁理士　西村 竜平
(74)代理人　100154704
弁理士　齊藤 真大
(74)代理人　100129702
弁理士　上村 喜永
(72)発明者　赤土 和也
京都府京都市南区上鳥羽鉾立町１１番地５ 株式会社堀場エステック内
審査官　所村 陽一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　流体制御弁、流体制御装置、弁体、及び弁体の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

弁座と、前記弁座に対向する対向面に形成された凹溝に樹脂層が設けられてなる弁体とを備える流体制御弁において、

前記弁体が、前記対向面とは反対側を向く裏面に流入口が開口するとともに、前記対向面における前記凹溝の周囲の凸条部に流出口が開口する内部流路を有し、

前記内部流路の前記流入口側に座繰り部が形成されていることを特徴とする流体制御弁。

【請求項２】

前記弁体が、前記内部流路として、第１の内部流路と、前記第１の内部流路よりも長い第２の内部流路とを有し、

前記座繰り部が、前記第１の内部流路に形成されることなく、前記第２の内部流路に形成されている、請求項１記載の流体制御弁。

【請求項３】

前記弁体の前記裏面に、当該裏面に直交する方向に沿った寸法である厚み寸法が周囲よりも大きい突出部が設けられており、

前記第１の内部流路が、前記突出部の周囲を貫通しており、

前記第２の内部流路が、前記突出部を貫通している、請求項２記載の流体制御弁。

【請求項４】

前記弁体を前記弁座に向かって付勢する環状の弁体戻しばねをさらに備え、

前記突出部が、前記弁体戻しばねに嵌まり込むものである、請求項３記載の流体制御弁。

【請求項５】
前記第１の内部流路が複数設けられるとともに、前記第２の内部流路が複数設けられており、
複数の前記第１の内部流路の流出口と、複数の前記第２の内部流路の流出口とが、前記対向面において同心円状に配置されている、請求項２乃至４のうち何れか一項に記載の流体制御弁。
【請求項６】
前記座繰り部が、前記流入口及び前記流出口の中心を通過する軸を回転軸とした回転体形状をなす、請求項１乃至５のうち何れか一項に記載の流体制御弁。
【請求項７】
１つの前記座繰り部が、複数の前記内部流路に跨って形成されている、請求項１乃至５のうち何れか一項に記載の流体制御弁。
【請求項８】
前記内部流路の全長に対する前記座繰り部の長さの占める割合が、５５％以上８０％以下である、請求項１乃至７のうち何れか一項に記載の流体制御弁。
【請求項９】
前記樹脂層が、架橋改質フッ素系樹脂で形成してある請求項１乃至８のうち何れか一項に記載の流体制御弁。
【請求項１０】
請求項１乃至９のうち何れか一項に記載の流体制御弁を備える流体制御装置。
【請求項１１】
弁座とともに流体制御弁を構成するとともに、前記弁座に対向する対向面に形成された凹溝に樹脂層が設けられてなる弁体であって、
前記対向面とは反対側を向く裏面に流入口が開口するとともに、前記対向面における前記凹溝の周囲の凸条部に流出口が開口する内部流路を有し、
前記内部流路の前記流入口側に座繰り部が形成されていることを特徴とする弁体。
【請求項１２】
弁座とととともに流体制御弁を構成する弁体の製造方法であって、
前記弁座に対向する対向面に凹溝を形成する工程と、
前記凹溝に樹脂層を設ける工程と、
前記対向面とは反対側を向く裏面に流入口が開口するとともに、前記対向面における前記凹溝の周囲の凸条部に流出口が開口する内部流路を形成する工程と、
前記内部流路の前記流入口側に座繰り部を設ける工程とを含むことを特徴とする弁体の製造方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、流体制御弁、流体制御装置、弁体、及び弁体の製造方法に関するものである。
【背景技術】
【０００２】
流体制御弁を構成する弁体としては、弁座との間のシール性を向上させるべく、着座面をＰＦＡ等の樹脂層により形成したものがある。
【０００３】
かかる弁体は、着座面を全体的に凹ませて、この凹みに樹脂層を形成することをもって嚆矢とするが、大流量化に対応するべく内部流路を形成しようとすると、樹脂層を貫通させることになる（特許文献１）。そうすると、内部流路の加工時に面だれが発生し、生産歩留まりの悪化やリーク性能の低下を招来したり、場合によっては樹脂層が内部流路に流れ込んで目詰まりを生じさせたりする。
【先行技術文献】
【特許文献】

【０００４】
【文献】特開２０１７－１９０８７２号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
そこで、本願発明者は、図１１に示す従来のように着座面を全体的に凹ませるのではなく、図１２に示すように、着座面に形成される内部流路の開口を避けるように例えばリング状の凹溝を同心円状に複数形成し、これらの凹溝に樹脂層を設ける構成を本発明の開発にあたって中間的に考えた。
【０００６】
このような構成であれば、複数本の内部流路を形成することにより大流量を流すことができ、しかも内部流路の加工時に樹脂層を貫通させる必要がないので、面だれを防ぐことができるかのように思われた。
【０００７】
ところが、実際のところは、リング状の凹溝に樹脂層を設ける構成であると、着座面を全体的に凹ませて樹脂層を設ける構成に比べて、内部流路の本数が同じままであれば、最大流量が低下してしまうということを新たに見出した。
この理由を以下に開陳する。
【０００８】
上述したリング状の凹溝に設けられる樹脂層は、弁座の弁座面に着座するとともに、この弁座に形成された内部流路の開口を封止する役割を担う。そして、弁座での圧力損失を抑えるべく、弁座の内部流路の径をある程度確保するためには、少なくともその径よりも樹脂層の幅、すなわちリング状の凹溝の幅を広くしておかなければならない。
【０００９】
そうすると、着座面において互いに隣り合うリング状の凹溝の間の領域は、その幅寸法に制限が課されることになり、この領域に開口させる弁体の内部流路は、少なくともこの領域の幅寸法よりも狭くなる。これにより、弁体の内部流路を従来よりも狭くせざるを得ず、その結果、最大流量が低下する。
【００１０】
なお、内部流路の本数を増やすことにより最大流量を増大させることが考えられるが、生産コスト・工数の増大や歩留まりの低下が生じる。
【００１１】
そこで本発明は、上述した問題を一挙に解決するべくなされたものであり、弁体の着座面が樹脂層により形成された流体制御弁において、弁体の内部流路を加工する際の面だれを防ぐことができ、しかも最大流量を担保できるようにすることをその主たる課題とするものである。
【課題を解決するための手段】
【００１２】
すなわち、本発明に係る流体制御弁は、弁座と、前記弁座に対向する対向面に形成された凹溝に樹脂層が設けられてなる弁体とを備える流体制御弁において、前記弁体が、前記対向面とは反対側を向く裏面に流入口が開口するとともに、前記対向面における前記凹溝の周囲に流出口が開口する内部流路を有し、前記内部流路の前記流入口側に座繰り部が形成されていることを特徴とするものである。
【００１３】
このような構成であれば、弁体に形成された内部流路が、対向面における凹溝の周囲に開口するので、この内部流路の加工時に樹脂層を貫通させる必要がなく、面だれを防ぐことができる。しかも、この内部流路の流入口側に座繰り部が設けられているので、最大流量を担保することができる。そのうえ、対向面における内部流路が開口する領域には樹脂層を設けないので、この領域の平面度を出しやすく、シール性の向上をも図れる。
【００１４】

最大流量を担保するためには、弁体により多くの内部流路を設けることが望まれるものの、それら全ての内部流路に座繰り部を設けるのでは、加工コスト・工数が増大する。
そこで、加工コスト・工数の増大を抑えつつ、座繰り部による作用効果をより顕著に発揮させるためには、前記弁体が、前記内部流路として、第１の内部流路と、前記第１の内部流路よりも長い第２の内部流路とを有し、前記座繰り部が、前記第１の内部流路に形成されることなく、前記第２の内部流路に形成されていることが好ましい。
このような構成であれば、流体に対してより高い抵抗となる第２の内部流路に座繰り部を設けているので、加工コスト・工数の増大を抑えつつ、座繰り部による作用効果をより顕著に発揮させることができる。

【００１５】

このように一部の内部流路（第１の内部流路）よりもその他の内部流路（第２の内部流路）の方が長くなってしまう具体的な構成としては、前記弁体の前記裏面に、当該裏面に直交する方向に沿った寸法である厚み寸法が周囲よりも大きい突出部が設けられており、前記第１の内部流路が、前記突出部の周囲を貫通しており、前記第２の内部流路が、前記突出部を貫通している構成を挙げることができる。

【００１６】

ここで、ノーマルクローズタイプの流体制御弁には、弁体を弁座に向かって付勢する弁体戻しばねが設けられている。この弁体戻しばねは、例えば環状をなすものであり、弁体の中心部にはこの弁体戻しばねの開口に嵌まり込む突出部が設けられている。
そこで、前記弁体を前記弁座に向かって付勢する環状の弁体戻しばねをさらに備え、前記突出部が、前記弁体戻しばねに嵌まり込むものであることが好ましい。
このような構成であれば、ノーマルクローズタイプの流体制御弁において、加工コスト・工数の増大を抑えつつ、座繰り部による作用効果をより顕著に発揮させることができる。

【００１７】

より具体的な実施態様としては、前記第１の内部流路が複数設けられるとともに、前記第２の内部流路が複数設けられており、複数の前記第１の内部流路の流出口と、複数の前記第２の内部流路の流出口とが、前記対向面において同心円状に配置されている態様を挙げることができる。

【００１８】

座繰り部の加工性を担保するためには、前記座繰り部が、前記流入口及び前記流出口の中心を通過する軸を回転軸とした回転体形状をなすことが好ましい。
このような構成であれば、内部流路を加工した際の中心軸をそのまま座繰り部の中心軸とすることができるので、加工性が良い。

【００１９】

最大流量をより確実に担保できるようにするためには、１つの前記座繰り部が、複数の前記内部流路に跨って形成されていることが好ましい。
このような構成であれば、内部流路と座繰り部とを一対一に対応させる場合に比べて、座繰り部の容積が大きくなるので、最大流量をより確実に担保することができる。

【００２０】

前記内部流路の全長に対する前記座繰り部の長さの占める割合が、５５％以上８０％以下であることが好ましい。
このような構成であれば、内部流路を従来の本数に留めつつ、最大流量を増大させることができる。なお、詳細な解析データは後述する。

【００２１】

前記樹脂層が、架橋改質フッ素系樹脂で形成してあることが好ましい。

【００２２】

また、本発明に係る流体制御装置は、上述した流体制御弁を備えることを特徴とするものである。

【００２３】

さらに、本発明に係る弁体は、弁座とともに流体制御弁を構成するとともに、前記弁座

に対向する対向面に形成された凹溝に樹脂層が設けられてなる弁体であって、前記対向面とは反対側を向く裏面に流入口が開口するとともに、前記対向面における前記凹溝の周囲に流出口が開口する内部流路を有し、前記内部流路の前記流入口側に座繰り部が形成されていることを特徴とするものである。

【００２４】

加えて、本発明に係る弁体製造方法は、弁座とともに流体制御弁を構成する弁体の製造方法であって、前記弁座に対向する対向面に凹溝を形成する工程と、前記凹溝に樹脂層を設ける工程と、前記対向面とは反対側を向く裏面に流入口が開口するとともに、前記対向面における前記凹溝の周囲に流出口が開口する内部流路を形成する工程と、前記内部流路の前記流入口側に座繰り部を設ける工程とを含むことを特徴とする方法である。

【発明の効果】

【００２５】

このように構成した本発明によれば、弁体の着座面が樹脂層により形成された流体制御弁において、弁体の内部流路を加工する際の面だれを防ぐことができ、しかも最大流量を担保することができる。

【図面の簡単な説明】

【００２６】

【図１】本発明の一実施形態における流体制御装置の全体縦断面図。
【図２】同実施形態における流体制御弁の縦断面図。
【図３】同実施形態の弁体の平面図及び縦断面図。
【図４】同実施形態の弁体の上方から視た斜視図。
【図５】同実施形態の弁体の下方から視た斜視図。
【図６】同実実施形態の座繰り部による作用効果を示す解析データ。
【図７】同実実施形態の座繰り部による作用効果を示す解析データ。
【図８】同実実施形態の座繰り部による作用効果を示す解析データ。
【図９】その他の実施形態における弁体の縦断面図及び下方から視た斜視図。
【図１０】その他の実施形態における弁体の縦断面図及び下方から視た斜視図。
【図１１】従来の弁体の構成の斜視図。
【図１２】本発明の開発に当たり中間的に検討した弁体の構成の斜視図。

【発明を実施するための形態】

【００２７】

以下に、本発明に係る流体制御弁を組み込んだ流体制御装置の一実施形態について、図面を参照して説明する。

【００２８】

本実施形態の流体制御装置は、図１に示すように、例えば半導体製造装置に用いられるマスフローコントローラであって、半導体プロセス用のガス等の流体が流れる流路５１を形成したボディ５と、このボディ５の流路５１を流れる流体の流量をセンシングする流量検知機構２と、前記流路５１を流れる流体の流量を制御する流体制御弁３と、前記流量検知機構２の出力する測定流量を予め定めた設定流量に近づけるべく流体制御弁３の弁開度を制御する制御部Ｃとを具備する。以下に各部を詳述する。

【００２９】

前記ボディ５は、前述した流路５１が貫通するブロック状をなすものであり、当該流路５１の上流端が、上流側ポート５Ａとして外部流入配管（図示しない）に接続されるとともに、下流端が下流側ポート５Ｂとして外部流出配管（図示しない）に接続されている。

【００３０】

流量検知機構２としては、熱式、差圧式、コリオリ式や超音波式など種々考えられるが、ここでは、いわゆる熱式流量検知機構を採用している。この熱式の流量検知機構２は、前記流路５１を流れる流体のうちの所定割合の流体が導かれるように当該流路５１と並列接続した細管２１と、この細管２１に設けたヒータ２４及びその前後に設けた一対の温度センサ２２、２３とを具備したものである。そして、前記細管２１に流体が流れると、二

つの温度センサ２２、２３の間にその質量流量に対応した温度差が生じることから、この温度差に基づいて流量を測定するように構成してある。

【００３１】

この実施形態では、前記細管２１、ヒータ２４、温度センサ２２、２３及びその周辺の電気回路を収容する長尺状の筐体２５を設ける一方、ボディ５の流路５１から一対の分岐流路２ａ、２ｂを分岐させ、この筐体２５を前記ボディ５に取り付けることによって、前記細管２１の導入口が上流側の分岐流路２ａに接続され、該細管２１の導出口が下流側の分岐流路２ｂに接続されるように構成してある。なお、流量センサはこの方式に限定されるものではない。

【００３２】

制御部Ｃは、物理的にはＣＰＵやメモリ等を備えたコンピュータであり、機能的には上述した一対の温度センサの出力値に基づいて流量を算出する流量算出部Ｃ１と、この流量算出部Ｃ１により算出された算出流量と所定の目標流量とを比較して、算出流量が目標流量に近づくように流体制御弁の弁開度を制御する弁制御部Ｃ２とを備えるものである。

【００３３】

流体制御弁３は、前記流路５１上に設けられたノーマルクローズタイプのもので、前記ボディ５内に収容された弁座部材４及び弁体部材６と、前記弁体部材６を駆動して弁開度、すなわち弁座部材４と弁体部材６との離間距離を設定する駆動機構たるアクチュエータ７とを備えたものである。

【００３４】

弁座部材４は、弁座となるものであり、図２に示すように、その下面に弁体部材６側に突出した弁座面４ａを有する金属製（ここでは、ステンレス鋼を素材として用いているが、その他ハステロイ等の高耐熱耐食合金を用いてもよい。）のものであり、その内部には内部流路４１が形成されている。なお、この弁座部材４の素材として、ハステロイ等の高耐熱耐食合金を用いてもよい。

【００３５】

本実施形態の内部流路４１は、一端が弁座面４ａに開口し、他端が弁座部材４の上面に開口する第１の内部流路４１１と、一端が弁座部材４の上面に開口し、他端が弁座部材４の側周面に開口する第２の内部流路４１２と、一端が弁座面４ａに開口し、他端が弁座部材４の側周面に開口する第３の内部流路４１３とからなる。また、第１の内部流路４１１は、後述するアクチュエータ７の駆動軸（当接軸部７２２）が挿入されている。なお、第１の内部流路４１１及び第２の内部流路４１２は、弁座部材４の上面に形成された凹部と当該凹部を塞ぐダイアフラム部材７２１により形成される空間を介して連通しており、第２の内部流路４１２及び第３の内部流路４１３は、弁座部材４の内部で連通しているが、これらの内部流路４１１～４１３の構成はこれに限らず、適宜変更して構わない。

【００３６】

ここで、弁座面４ａの中央部に第１の内部流路４１１の一端が開口し、その中央部よりも径方向外側に第３の内部流路４１３の一端がしている。また、この実施形態では、複数本の第３の内部流路４１３が設けられており、これらの第３の内部流路４１３の一端開口が、弁座面４ａの複数箇所に開口している。より具体的には、弁座面４ａの中央部から径方向外側に所定距離隔てた箇所に複数の第３の内部流路４１３の一端が開口しており、その箇所からさらに径方向外側に所定距離隔てた箇所に複数の第３の内部流路の一端が開口している。

【００３７】

上述した構成において、弁座面４ａは、第１の内部流路４１１の一端開口や第３の内部流路４１３の一端開口を避けるように形成されており、具体的には平面視において同心円状の円環状をなす複数の領域からなる。

【００３８】

この弁座部材４は、ボディ５に設けた円柱状の収容凹部５２に収容されている。この収容凹部５２は、ボディ５の流路５１を分断するように配置してあり、この収容凹部５２に

よって分断された流路５１のうち、上流側の流路（以下、上流側流路とも言う）５１（Ａ）が、例えば当該収容凹部５２の底面中央部に開口し、この収容凹部５２より下流側の流路（以下、下流側流路とも言う）５１（Ｂ）が、例えばこの収容凹部５２の側面又は底面に開口する。

【００３９】

そして、弁座部材４を収容凹部５２に収容した状態では、当該弁座部材４の外側周面と収容凹部５２の内側周面との間に隙間が形成され、この隙間を介してボディ５の下流側流路５１（Ｂ）が前記内部流路４１に連通することとなる。

【００４０】

弁体部材６は、弁体となるものであり、ボディ５の収容凹部５２において前記弁座部材４に対向配置されるとともに、その表面（上面）に前記弁座部材４の弁座面４ａに着座する着座面６ａを有するものである。

【００４１】

この弁体部材６は、アクチュエータ７により駆動されて、弁座部材４に接触して上流側流路５１（Ａ）及び下流側流路５１（Ｂ）を遮断する閉状態から、弁座部材４から離間して上流側流路５１（Ａ）及び下流側流路５１（Ｂ）を連通させる開状態に移動する。このように閉状態から開状態に向かう方向、つまり、弁体部材６に対するアクチュエータ７の駆動力の作用方向が開弁方向である。一方、開状態から閉状態に向かう方向、つまり、弁体部材６に対するアクチュエータ７の駆動力の作用方向とは反対方向が閉弁方向である。

【００４２】

アクチュエータ７は、図１に示すように、例えば、ピエゾ素子を複数枚積層して形成されるピエゾスタック７１と、当該ピエゾスタック７１の伸長により変位する作動体７２とを備えたものである。

【００４３】

このピエゾスタック７１は、ケーシング部材７４内に収容されており、その先端部が作動体７２の基端部に例えば一体的に設けられた突起部７３に接続してある。なお、突起部７３は、作動体７２と別体であって構わない。

【００４４】

本実施形態の作動体７２は、ダイアフラム部材７２１と、当該ダイアフラム部材７２１の中心に設けられて、前記弁座部材４の中心（第１の内部流路４１１）を貫通して弁体部材６の上面に当接する当接軸部７２２とを有する。そして、所定の全開電圧が印加されるとピエゾスタック７１が伸長し、作動体７２が弁体部材６を開弁方向に付勢して、弁座面４ａが着座面６ａから離間して開状態となる。また、全開電圧を下回る電圧であれば、その電圧値に応じた距離だけ弁座面４ａと着座面６ａとが離間する。そして、この隙間を通じて上流側流路５１（Ａ）と下流側流路（Ｂ）とが連通する。

【００４５】

また、弁体部材６には、当該弁体部材６を閉弁方向に付勢する弁体戻しばね８が接触して設けられている。この弁体戻しばね８により、アクチュエータ７に電圧を印加しないノーマル状態においては、弁体部材６が閉状態となる。

【００４６】

この弁体戻しばね８は、環状をなすものであり、弁体部材６の中心部にはこの弁体戻しばね８に嵌まり込む突出部６ｚが設けられている。具体的に弁体戻しばね８は、ボディ５の収容凹部５２内に収容されたばねガイド部材１０に支持される板ばねであり、図２に示すように、弁体部材６の着座面６ａとは反対側を向く裏面（下面）６ｂに接触して設けられている。なお、弁体戻しばね８は、弁体部材６を付勢するものであれば板ばね以外の弾性体を用いても良い。弾性体は弁体部材６を直接的又は間接的に付勢しても良い。また、本実施形態では、この弁体戻しばね８よりも上方に位置するとともに、弁体部材６の傾きを抑制する傾き抑制用ばね８１が設けられている。この傾き抑制用ばね８１も環状をなすものであり、弁体部材６の裏面６ｂにおいて、弁体戻しばね８の接触箇所よりも外側に接触するものである。

【００４７】
ばねガイド部材１０は、収容凹部５２内にばね８を支持するための、断面凹形の概略回転体形状をなすものであり、その底壁には、収容凹部５２の底面に開口する上流側流路５１（Ａ）に連通する開口部１０ｘが形成されるとともに、その側周壁の上端部が弁座部材４の周縁部に接触する。そして、その内側周面に前記弁体戻しばね８が設けられている。このように本実施形態では、弁座部材４及びばねガイド部材１０により形成される空間内に弁体部材６が収容される構成としている。また、弁体部材６は、ばねガイド部材１０の内側周面から所定の間隔を介して配置されており、弁体部材６の外側周面は、当該外側周面に対向するばねガイド部材１０の内側周面から離間している。
【００４８】
上述した構成において、本実施形態の弁体部材６は、図３～図５に示すように、弁座部材４の弁座面４ａに対向する対向面６ｘ（上面）に形成された凹溝６１と、当該凹溝６１内に設けられて弁座部材４の弁座面４ａに接触する樹脂層６２と、裏面６ｂに流入口６ｐが開口するとともに、対向面６ｘに流出口６ｑが開口する内部流路６３とを有している。なお、弁体部材６は、耐熱性及び耐食性に優れた材料から形成されており、本実施形態では、主としてステンレス鋼から形成されている。なお、その他、ハステロイ等の高耐熱耐食合金から形成されるものとしても良い。
【００４９】
凹溝６１は、弁座面４ａに対応した形状をなすものであり、弁体部材６が弁座部材４に着座した状態において弁座面４ａの範囲を包含する範囲を有する形状である。本実施形態の凹溝６１は、平面視において概略円環形状をなすものであり、ここでは同心円状に設けられた複数の凹溝６１が形成されている。また、この凹溝６１は、断面概略上向きコの字状をなすものであり、その深さは、例えば５０～１５０μｍである。
【００５０】
互いに隣り合う凹溝６１の間や最も径方向外側に位置する凹溝６１のさらに外側には、凸条部６４が形成されている。これらの凸条部６４は、平面視において概略円環形状をなすものであり、凹溝６１と同心円状に形成されている。
【００５１】
樹脂層６２は、凹溝６１内に形成されており、その平面視形状は、前記凹溝６１と同一形状であり、本実施形態では概略円環形状である。そして、この凹溝６１に形成された樹脂層６２に弁座面４ａ全体が接触する。すなわち、樹脂層６２の上面が着座面６ａとなる。また、樹脂層６２の膜厚は、前記凹溝６１の深さと同じであり、例えば５０～１５０μｍである。このように樹脂層６２の膜厚が、凹溝６１の深さと同一であることから、凸条部６４の上面と、樹脂層６２の上面とは同一平面に位置する構成となる。さらに、樹脂層６２は、耐熱性、耐食性、耐薬品性及び低摩擦特性に優れた例えばフッ素系樹脂を用いて形成されており、本実施形態では架橋改質フッ素系樹脂を用いており、具体的にはＰＦＡ（ポリテトラフルオロエチレン）によい形成されている。
【００５２】
内部流路６３は、弁体部材６の対向面６ｘ及びその裏面６ｂを貫通させてなるものであり、裏面６ｂに形成された流入口６ｐが、上述した上流側流路５１（Ａ）やばねガイド部材１０の開口部１０ｘに連通するとともに、対向面６ｘに形成された流出口６ｑが、弁座面４ａが着座面６ａから離間した開状態において弁座部材４の内部流路４１に連通する。なお、この流出口６ｑは、弁座面４ａに形成された内部流路４１の開口とは互いに重なり合わないように形成されている。
【００５３】
本実施形態では、内部流路６３の流入口６ｐ及び流出口６ｑは円形状をなし、内部流路６３は、流入口及び流出口の中心を通過する軸を回転軸とした回転体形状をなすものであり、具体的には概略円柱状をなす。
【００５４】
また、ここでの弁体部材６には、複数の内部流路６３が設けられており、具体的には第

１の内部流路６３１と、第１の内部流路６３１よりも流路長の長い第２の内部流路６３２とが設けられている。

【００５５】

より具体的に説明すると、弁体部材６には上述したように裏面６ｂに突出部６ｚが設けられており、この突出部６ｚの厚み寸法が、突出部６ｚの周囲の厚み寸法よりも大きく、かかる構成において、複数本の第１の内部流路６３１が、突出部６ｚの外周部に設けられており、複数本の第２の内部流路６３２が、突出部６ｚに設けられている。なお、ここでの厚み寸法は、裏面６ｂに直交するする方向に沿った寸法である。

【００５６】

第１の内部流路６３１の流出口６ｑは、着座面６ａの中心周りに周方向に沿って間欠的に設けられており、ここでは円周状に等間隔に配置されている。

【００５７】

第２の内部流路６３２は、着座面６ａの中心周りに周方向に沿って間欠的に設けられており、ここでは円周状に等間隔に配置されている。また、これらの第２の内部流路６３２の流出口６ｑと、上述した第１の内部流路６３１の流出口６ｑとは、同心円状に配置されている。

【００５８】

然して、本実施形態の内部流路６３は、図３～図５に示すように、流入口６ｐ側に座繰り部６５が形成されており、流入口６ｐ側（上流側）が流出口６ｑ側（下流側）よりも流路径が大きい形状をなす。

【００５９】

ここでは、上述した第１の内部流路６３１には座繰り部６５を形成することなく、第２の内部流路６３２に座繰り部６５を形成してある。すなわち、第１の内部流路６３１は、流入口６ｐから流出口６ｑに亘って等断面形状をなし、第２の内部流路６３２は、流入口６ｐから流出口６ｑまでの途中で断面形状が小さくなるように構成されている。

【００６０】

この座繰り部６５は、第２の内部流路６３２それぞれに個別に対応して設けられた概略円柱形状をなすものであり、第２の内部流路６３２の圧力損失を低減させる機能を備えている。すなわち、座繰り部６５は、第２の内部流路６３２の流路方向に直交する断面の断面積が、第２の内部流路６３２の下流側の同断面の断面積よりも大きい領域である。より具体的には、座繰り部６５の径寸法（直径）は、第２の内部流路における座繰り部６５よりも下流側の径寸法（直径）よりも２倍以上であることが好ましく、換言すると、この実施形態では第２の内部流路６３２における流入口６ｐの径寸法が流出口６ｑの径寸法の２倍以上であることが好ましい。

【００６１】

ここで、図６の上段に示すように、従来の弁体部材、すなわち内部流路に座繰り部を設けていない構成であると、内部流路の本数を増やすことにより、ある本数を境にして流量が大きく増加することが分かる。しかしながら、この目標流量まで最大流量を増大させるためには、内部流路の本数を増やすことによる生産コスト・工数の増大や歩留まりの低下が生じる。

【００６２】

これに対して、図６の下段に示すように、第２の内部流路６３２の全長に対する座繰り部６５の長さの占める割合が、５５％以上８０％以下であれば、内部流路６３の本数を増やすことなく、上述した目標流量又はそれと同等の流量まで最大流量を増大させることができる。

なお、座繰り部６５の流路長が、第２の内部流路６４２の全長に対して５５％を下回ると、座繰り部６５の下流側における流速が速くなり、流体と内部流路の内周面との摩擦による圧力損失が流速の二乗に比例して影響することから、圧力損失は大きくなると推測される。一方、座繰り部６５の流路長が、第２の内部流路６３２の全長に対して８０％を上回ると、この座繰り部６５の内周面における壁面損失が大きくなり、第２の内部流路６３

２の圧力損失が増大すると推測される。
【００６３】
　また、図７に示すように、１本の第２の内部流路６３２の全容積に対する座繰り部６５の容積の占める割合が、８６％以上９５％以下であれば、内部流路６３の本数を増やすことなく、上述した目標流量又はそれと同等の流量まで最大流量を増大させることが見て取れる。
　この現象に関しても、上述した要因と同様に、座繰り部６５の容積が、第２の内部流路６４２の全容積に対して８６％を下回ると、座繰り部６５の下流側における流速が速くなり、流体と内部流路の内周面との摩擦による圧力損失が流速の二乗に比例して影響することから、圧力損失は大きくなると推測され、座繰り部６５の容積が、第２の内部流路６３２の全容積に対して９５％を上回ると、この座繰り部６５の内周面における壁面損失が大きくなり、第２の内部流路６３２の圧力損失が増大すると推測される。
【００６４】
　次に本実施形態の弁体部材６の製造方法について説明する。
　まず、弁体部材６の上面に凹溝６１を形成する。この形成方法としては、切削加工等の機械加工である。このとき凹溝６１の底面を、粗面化処理により微小な凹凸形状とすることで、凹溝６１の内面と樹脂層６２との接着性を向上させることができる。
【００６５】
　次に、凹溝６１を含む弁体部材６の上面全体にプライマー樹脂であるＰＴＦＥを塗装して、プライマー層を形成する。その後、そのプライマー層の上面に例えばＰＦＡ等のフッ素系樹脂を数回にわたって薄膜コーティング等により塗装し、樹脂層６２となるトップコート層を形成する。このとき、前記プライマー層及び前記トップコート層の合計膜厚が、前記凹溝６１の深さ（例えば１２０μｍ）以上となるようにする。
【００６６】
　その後、上面に形成されたプライマー層及びトップコート層を平面ラップング等の研磨処理によって研磨する。このときの研磨量は、例えば５０μｍ程度である。つまり、弁体部材６の上面に形成されたプライマー層及びトップコート層を研磨するだけでなく、弁体部材６の上面に形成された凹溝６１の周辺部（凸条部６４として残存する部分）も併せて研磨する。このような研磨によって、凹溝６１内にのみ樹脂が残る構成となり、凹溝６１内に残った樹脂が樹脂層６２となる。このように凹溝６１の周辺部も併せて研磨することによって、凹溝６１内の樹脂を研磨しすぎることを防止するとともに、凹溝６１内の樹脂を均一の膜厚に研磨することができる。
【００６７】
　続いて、研磨処理を終えた弁体部材６に内部流路６３を形成する。具体的には、環状に形成された樹脂層６２に挟まれた凸条部６４からを切削加工等により貫通させることで内部流路６３を形成する。これにより、内部流路６３の流入口６ｐが裏面６ｂに開口し、流出口６ｑが凸条部６４の上面に開口する。
【００６８】
　本実施形態では、着座面６ａの外周部に複数本の第１の内部流路６３１を形成するとともに、これら第１の内部流路６３１よりも内側に複数本の第２の内部流路６３２を形成する。
【００６９】
　そして、内部流路６３の流入口６ｐ側を座繰ることにより、座繰り部６５を形成する。本実施形態では、第１の内部流路６３１には座繰り部６５を形成することなく、第２の内部流路６３２に座繰り部６５を形成しており、具体的には第２の内部流路６３２それぞれの流入口６ｐ側に概略円柱形状をなす座繰り部６５を形成している。
【００７０】
　このように構成した流体制御弁１００によれば、弁体部材６に形成された内部流路６３が、対向面６ｘにおける凹溝６１の周囲の凸条部６４に開口させているので、この内部流路６３の加工時に樹脂層６２を貫通させる必要がなく、面だれを防ぐことができる。しか

も、この内部流路６３の流入口６ｐ側に座繰り部６５が設けられているので、図８に示すように、従来の構成（具体的には図１１の下段に示す構成）に比べて、最大流量を増大させることができる。そのうえ、対向面６ｘにおける内部流路６３が開口する領域には樹脂層６２を設けないので、この領域の平面度を出しやすく、シール性の向上をも図れる。

【００７１】

また、突出部６ｚの周囲を貫通する第１の内部流路６３１には座繰り部６５を形成することなく、突出部６ｚを貫通して第１の内部流路６３１よりも長い第２の内部流路６３２に座繰り部６５を形成しているので、加工コスト・工数の増大を抑えつつ、座繰り部６５による圧力損失の低減効果をより顕著に発揮させることができる。

【００７２】

さらに、内部流路６３や座繰り部６５が回転体形状をなすので、加工性を担保することができる。

【００７３】

加えて、内部流路６３の全長に対する座繰り部６５の長さの占める割合が、５５％以上８０％以下であるので、内部流路６３を従来の本数に留めつつ、最大流量を増大させることができる。

【００７４】

なお、本発明は前記実施形態に限られない。

【００７５】

例えば、前記実施形態では、第２の内部流路６３２それぞれに個別に対応させて座繰り部６５を形成していたが、複数本の第２の内部流路６３２に跨って共通の座繰り部６５が形成されていても良い。

具体的には、図９に示すように、突出部６ｚに環状の座繰り部を形成することで、この共通の座繰り部６５が第２の内部流路６３２の全て跨って設けられるようにしても良い。

また、別の態様としては、図１０に示すように、突出部６ｚにおける第２の内部流路６３２の全ての流入口６ｐを含む領域を一挙に座繰ることにより、この共通の座繰り部６５が第２の内部流路６３２の全て跨って設けられるようにしても良い。

【００７６】

さらに、前記実施形態の座繰り部は概略円柱形状をなすものであったが、例えば流出口に向かって徐々に縮径する形状など、内部流路の流出口側よりも流路径が大きい形状であれば種々の形状を採用して構わない。

【００７７】

加えて、座繰り部は、第２の内部流路のみならず、第１の内部流路にも形成しても良い。

【００７８】

また、内部流路としては、第１の内部流路及び第２の内部流路に加えて、第１の内部流路の径方向外側や、第２の内部流路の径方向内側などに第３の内部流路が形成されていても良い。なお、この第３の内部流路には、座繰り部を設けても良いし、設けなくても良い。

【００７９】

さらに、前記実施形態では、弁体部材の製造方法として、凹溝に樹脂層を設けた後に、内部流路を形成して座繰り部を設ける方法を説明したが、まずは内部流路を形成して座繰り部を設け、その後に、凹溝に樹脂層を設ける手順であっても良い。

【００８０】

樹脂層としては、架橋改質フッ素系樹脂のみならず、種々の樹脂、例えばポリアミド、ポリカーボネート、ＰＢＴなどのポリエステル樹脂や、エポキシ樹脂、不飽和ポリステル樹脂などでもよい。これらの場合、接着剤を不要とするため、例えば、金属基体の表面に特定の薬剤を使用するなどして反応性官能基を形成しておき、この反応性官能基と樹脂とを加熱するなどして化学結合させる。

【００８１】

また、フッ素系樹脂としては、テトラフルオロエチレン系共重合体、テトラフルオロエチレン‐パーフルオロ（アルキルビニルエーテル）系共重合体、テトラフルオロエチレン

‐ヘキサフルオロプロピレン系共重合体、テトラフルオロエチレン‐エチレン系共重合体、ポリクロロトリフルオロエチレン系共重合体から選ばれる１種又は２種以上を混合して得られたものを用いて構わない。

【００８２】

その他、前述した実施形態や変形実施形態の一部又は全部を適宜組み合わせてよいし、本発明は前記実施形態に限られず、その趣旨を逸脱しない範囲で種々の変形や実施形態の組合せが可能であるのは言うまでもない。

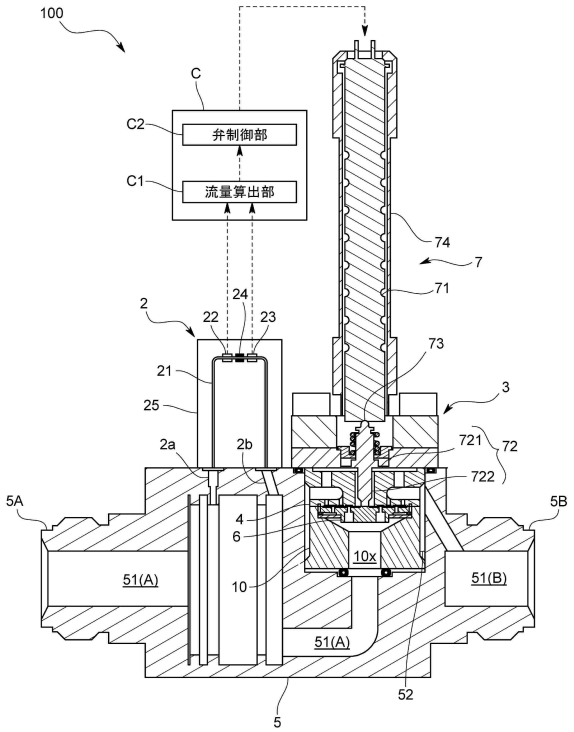
【符号の説明】

【００８３】

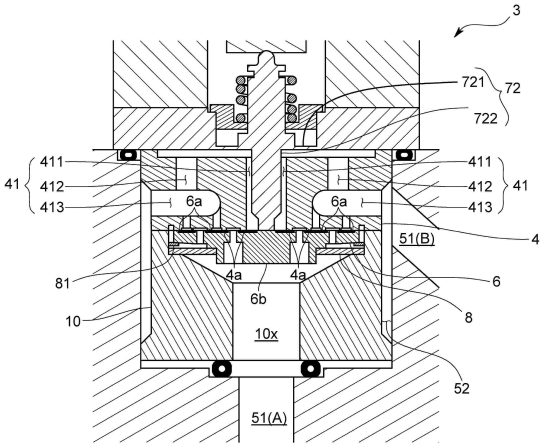
１００・・・流体制御装置
３　・・・流体制御弁
４　・・・弁座部材
６　・・・弁体部材
６ａ　・・・着座面
６ｂ　・・・裏面
６ｚ　・・・突出部
６ｘ　・・・対向面
６１　・・・凹溝
６２　・・・樹脂層
６３　・・・内部流路
６３１・・・第１の内部流路
６３２・・・第２の内部流路
６ｐ　・・・流入口
６ｑ　・・・流出口
６４　・・・凸条部
６５　・・・座繰り部

【図面】

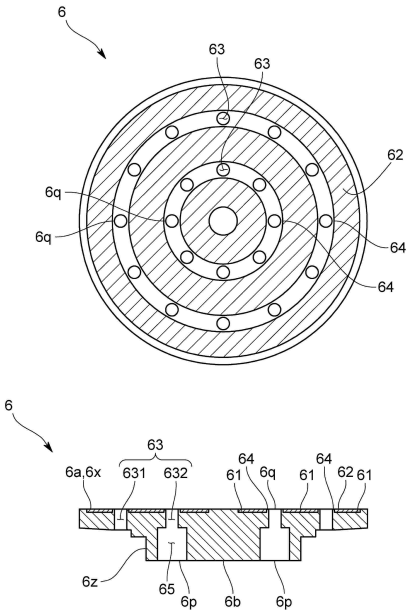
【図１】


100
C
C2
弁制御部
C1
流量算出部
74
7
71
2
24
22
23
73
21
3
25
721
72
2a
2b
722
5A
5B
4
6
10x
51(A)
10
51(B)
51(A)
52
5

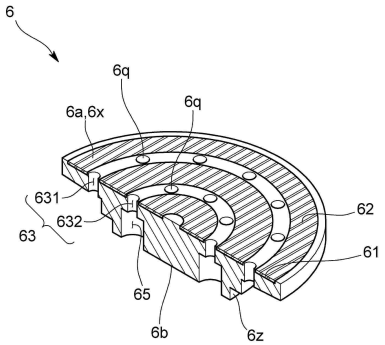
【図２】


3
721
72
722
411
412
413
41
411
412
413
41
6a
6a
51(B)
4
81
4a
4a
6
6b
10
8
10x
52
51(A)

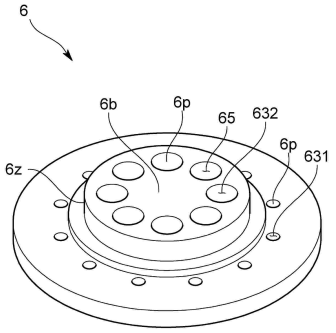
【図３】


6
63
63
62
6q
6q
64
64
6
63
64
64
6a,6x
631
632
61
6q
61
62
61
6z
65
6p
6b
6p

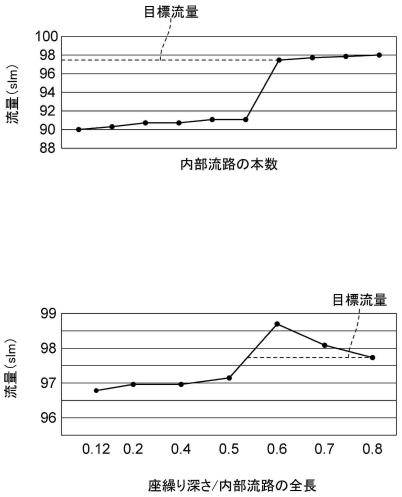
【図４】


6
6q
6q
6a,6x
631
632
63
62
61
65
6b
6z

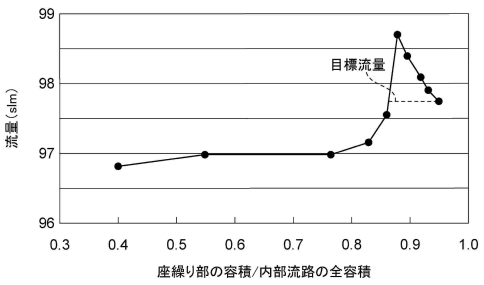
【図５】


6
6b
6p
65
632
6p
631
6z

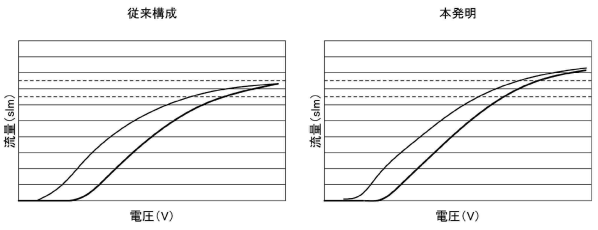
【図６】


目標流量
流量（slm）
100
98
96
94
92
90
88
内部流路の本数
目標流量
流量（slm）
99
98
97
96
0.12 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8
座繰り深さ/内部流路の全長

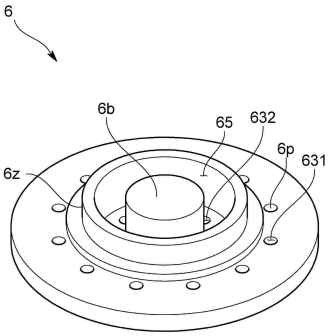
【図７】


99
98
97
96
流量（slm）
目標流量
0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0
座繰り部の容積/内部流路の全容積

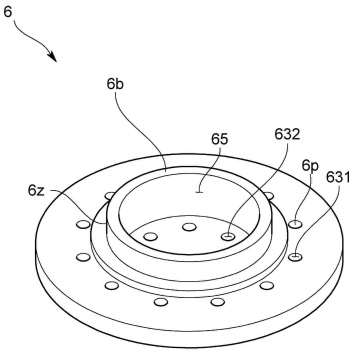
【図８】


従来構成
本発明
流量（slm）
電圧（V）
流量（slm）
電圧（V）

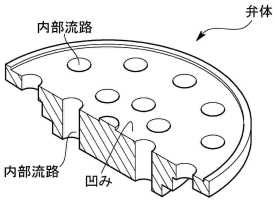
【図９】



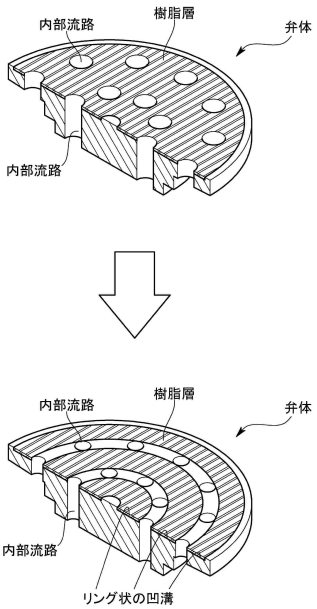
【図１０】



【図１１】



【図１２】



フロントページの続き

(56)参考文献　　特開２０１７－１９０８７２（ＪＰ，Ａ）
(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｆ１６Ｋ　１／００
Ｆ１６Ｋ　３１／０２