

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4971153号
(P4971153)

(45) 発行日 平成24年7月11日(2012.7.11)

(24) 登録日 平成24年4月13日(2012.4.13)

(51) Int.Cl.	F 1	
F 1 6 K 31/06 (2006.01)	F 1 6 K 31/06	3 0 5 J
H 0 1 F 7/16 (2006.01)	F 1 6 K 31/06	3 0 5 E
	F 1 6 K 31/06	3 0 5 G
	F 1 6 K 31/06	3 1 0 Z
	F 1 6 K 31/06	3 4 0
請求項の数 11 (全 23 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2007-522298 (P2007-522298)	(73) 特許権者	000106760
(86) (22) 出願日	平成18年6月20日(2006.6.20)		シーケーディ株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2006/312338		愛知県小牧市応時二丁目250番地
(87) 国際公開番号	W02006/137404	(74) 代理人	110000291
(87) 国際公開日	平成18年12月28日(2006.12.28)		特許業務法人コスモス特許事務所
審査請求日	平成21年4月13日(2009.4.13)	(72) 発明者	伊藤 彰浩
(31) 優先権主張番号	特願2005-185280 (P2005-185280)		愛知県小牧市応時二丁目250番地 シー
(32) 優先日	平成17年6月24日(2005.6.24)		ケーディ株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	世古 尚嗣
			愛知県小牧市応時二丁目250番地 シー
		(72) 発明者	松岡 芳宏
			愛知県小牧市応時二丁目250番地 シー
			ケーディ株式会社内
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 流量制御弁

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

入口流路と、出口流路と、前記入口流路と前記出口流路とを連通させる弁室と、前記弁室と前記出口流路との連通部に形成された弁座とを備える弁ボディと、

中空のコイルボビンに巻線が巻き付けられたコイルと、

前記コイルボビン上部に固定された第1固定鉄心と、

前記コイルボビン下部に固定されたブロック状の第2固定鉄心と、

前記第1固定鉄心に固定された円筒部と、その円筒部の下端外周に形成されて一部分が前記第2固定鉄心と前記弁ボディとに狭持された円板部とを備える非磁性体のフレアパイプと、

前記フレアパイプの円筒部内に摺動可能に設けられるとともに、その下端部に弁体が設けられた可動鉄心と、

前記可動鉄心を前記第1固定鉄心から離れる方向へ常時付勢して前記弁体を前記弁座に当接させるためのスプリングとを有し、

前記可動鉄心の下端部に、前記コイルボビンの内径よりも大きい径を有するブロック状の鏝部を形成して前記弁室内に収容するとともに、

前記弁体が前記弁座に当接した状態にて、前記第1固定鉄心と前記可動鉄心との間隔を、前記鏝部と前記フレアパイプの円板部との間隔よりも大きくし、

前記鏝部が前記フレアパイプを介して、前記第2固定鉄心に当接することにより、前記第2固定鉄心の吸引力が大きくなることを特徴とする流量制御弁。

【請求項 2】

請求項 1 に記載する流量制御弁において、
前記可動鉄心と前記固定鉄心との対向部分がテーパ状に形成されていることを特徴とする流量制御弁。

【請求項 3】

請求項 1 に記載する流量制御弁において、
前記スプリングの前記可動鉄心に対する付勢力を調整する調整機構を有することを特徴とする流量制御弁。

【請求項 4】

請求項 1 に記載する流量制御弁において、
前記フレアパイプと前記可動鉄心との間に樹脂部材を介在させていることを特徴とする流量制御弁。

10

【請求項 5】

請求項 4 に記載する流量制御弁において、
前記樹脂部材の長さは、前記可動鉄心のうち前記フレアパイプ内で摺動する部分の長さの半分以上に設定されていることを特徴とする流量制御弁。

【請求項 6】

請求項 4 または請求項 5 に記載する流量制御弁において、
前記樹脂部材は、前記弁体の全開状態にて、前記可動鉄心の前記第 1 固定鉄心側外周端部に接触するように配置されていることを特徴とする流量制御弁。

20

【請求項 7】

請求項 4 から請求項 6 に記載するいずれか 1 つの流量制御弁において、
前記樹脂部材がフッ化樹脂により形成されていることを特徴とする流量制御弁。

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 に記載するいずれか 1 つの流量制御弁と、
流量を測定する流量センサと、
前記流量センサで測定される測定値が目標値になるように、前記流量センサの出力に基づいて前記流量制御弁の開度を制御する制御手段とを有することを特徴とする流量コントローラ。

【請求項 9】

請求項 8 に記載する流量コントローラにおいて、
前記流量センサは、
流量を計測するための熱線が架設されたセンサ流路と、
前記センサ流路に対するバイパス流路と、
開口を有する薄板を積層して、その内部で流体を前記センサ流路と前記バイパス流路とに分岐させる積層体とを有することを特徴とする流量コントローラ。

30

【請求項 10】

請求項 8 または請求項 9 に記載する流量コントローラにおいて、
前記制御手段は、P W M 制御により前記流量制御弁の開度を制御することを特徴とする流量コントローラ。

40

【請求項 11】

請求項 10 に記載する流量コントローラにおいて、
前記 P W M 制御における搬送周波数が 2 0 0 H z 以上に設定されていることを特徴とする流量コントローラ。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、流量を制御するための流量制御弁に関する。さらに詳細には、流量を比例制御することができる流量制御弁に関するものである。

【背景技術】

50

【0002】

従来から、流量を制御するために電磁弁が広く使用されている。このような電磁弁では、固定鉄心の吸引力とスプリングの復元力とのつり合いにより、弁体のストローク制御がなされるようになってきている。この種の流量制御弁の1つとして、例えば図27に示すようなものが挙げられる(特許文献1)。

【0003】

この流量制御弁210では、ボディ232において、入口流路234と出口流路235とが形成されており、また、入口流路234と出口流路235とを連通させる弁室233が形成されている。さらに、弁室233において、出口流路235の端部である箇所弁座236が形成されている。

10

【0004】

また、ボディ232上方には、固定鉄心223を励磁するためのコイル222が設けられている。コイル222の上部に固定鉄心223が配置されるとともに、コイル222には、可動鉄心224がスライド可能に挿入されている。そして、可動鉄心224の端面には、弁体231が設けられるとともに、スプリング225が取り付けられている。このスプリング225は、可動鉄心224を下方へ付勢している。

【0005】

そして、流量制御弁210において、入口流路234に流体が流入した場合に、流体を入口流路234から出口流路235に流出させたいときは、コイル222に通電して、固定鉄心222を励磁する。すると、励磁された固定鉄心223は、スプリング225の付勢力に抗して、可動鉄心224を吸引移動させるので、弁体231が弁座236から離間する。これにより、入口流路234に流入した流制御体を、弁室233を介して、出口流路235から流出させることができるようになってきている。

20

【0006】

このとき、コイル222に流す電流を変化させれば、固定鉄心223の吸引力が変わって、可動鉄心224のストローク量が変化し、弁座236と弁体231との間隔が変わる。これにより、弁開度を調整することができるので、出口流路235から流出させる流体の流量を制御することができるようになってきている。

【0007】

ところが、上記した流量制御弁210では、可動鉄心224の線形ストローク領域(コイルへの印加電圧と可動鉄心のストローク量との比例域)が小さいため、精度良く流量制御を行うには不向きであった。

30

【0008】

そこで、図28に示すように、可動鉄心の線形ストローク領域(比例域)を大きくするために、固定鉄心と可動鉄心の対向部分をテーパ状に形成したものが実用化されている(特許文献2)。

【0009】

【特許文献1】実開昭63-180782号公報

【特許文献2】特開平7-19363号公報

【発明の開示】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、従来の流量制御弁では、弁全開状態において、可動鉄心が固定鉄心に密着してしまうという問題があった。このように弁全開時に可動鉄心が固定鉄心に密着してしまうと、全開時から弁閉方向に弁開度を制御する際、コイルに流れる電流が所定値になるまでは可動鉄心が固定鉄心から離れない。そして、コイルに流れる電流が所定値になったときに可動鉄心が固定鉄心から離れると、可動鉄心は一挙に所定のストローク位置まで移動してしまう。つまり、コイルに流れる電流が所定値になるまでは比例制御が不可能となるため比例特性が非常に悪化して、精度良く流量制御を行うことができなかつた(図3の破線参照)。

50

【 0 0 1 1 】

また、固定鉄心と可動鉄心の対向部分をテーパ形状にすると、弁開動作に必要な固定鉄心の可動鉄心に対する吸引力が小さくなってしまふという問題があった（図2の一点鎖線参照）。このように、固定鉄心の可動鉄心に対する吸引力が小さくなってしまふと、スプリングによる可動鉄心の付勢力を小さくしないと、可動鉄心を吸引することができなくなる。このため、固定鉄心の可動鉄心に対する吸引力が小さくなると、必然的にスプリングによる可動鉄心の付勢力が小さくなり、弁閉時のシール性能が低下してしまひ流量制御に悪影響を与える。

【 0 0 1 2 】

ここで、吸引力を上げるためには、コイルに流す電流を大きくすれば良いが、コイルに流す電流を大きくするとコイルの発熱量が大きくなってしまふという問題が発生する。また、コイルの容量を大きくすればコイルの発熱の問題は解消されるが、コイルが大型化してしまふという問題が発生する。

【 0 0 1 3 】

そこで、本発明は上記した課題を解決するためになされたものであり、固定鉄心と可動鉄心とを密着させないようにするとともに吸引力を増大させることにより精度良く流量制御を行うことができる流量制御弁を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 4 】

上記課題を解決するためになされた本発明に係る流量制御弁は、入口流路と、出口流路と、前記入口流路と前記出口流路とを連通させる弁室と、前記弁室と前記出口流路との連通部に形成された弁座とを備える弁ボディと、中空のコイルボビンに巻線が巻き付けられたコイルと、前記コイルボビン上部に固定された第1固定鉄心と、前記コイルボビン下部に固定されたブロック状の第2固定鉄心と、前記第1固定鉄心に固定された円筒部と、その円筒部の下端外周に形成されて一部分が前記第2固定鉄心と前記弁ボディとに狭持された円板部とを備える非磁性体のフレアパイプと、前記フレアパイプの円筒部内に摺動可能に設けられるとともに、その下端部に弁体が設けられた可動鉄心と、前記可動鉄心を前記第1固定鉄心から離れる方向へ常時付勢して前記弁体を前記弁座に当接させるためのスプリングとを有し、前記可動鉄心の下端部に、前記コイルボビンの内径よりも大きい径を有するブロック状の鏝部を形成して前記弁室内に収容するとともに、前記弁体が前記弁座に当接した状態にて、前記第1固定鉄心と前記可動鉄心との間隔を、前記鏝部と前記フレアパイプの円板部との間隔よりも大きくし、前記鏝部が前記フレアパイプを介して、前記第2固定鉄心に当接することにより、前記第2固定鉄心の吸引力が大きくなることを特徴とするものである。

【 0 0 1 5 】

この流量制御弁では、通常時（コイルへ通電しない状態）、スプリングにより可動鉄心が第1固定鉄心から離れる方向へ付勢されているため、弁体が弁座に当接して弁閉状態となっている。そして、コイルへ通電すると、可動鉄心が第1固定鉄心および第2固定鉄心により吸引されて、弁体が弁座から離間して弁開状態となる。このとき、コイルに流す電流を変化させることにより、第1固定鉄心および第2固定鉄心の吸引力が変わって、可動鉄心のスライド量が変化するので、弁座と弁体との間隔（弁開度）を変えることができる。これにより、出口流路から流出させる流体の流量を制御することができる。

【 0 0 1 6 】

ここで、本発明の流量制御弁では、可動鉄心の下端部に、コイルボビンの内径よりも大きい径を有する鏝部を形成して弁室内に収容するとともに、弁体が弁座に当接した状態にて、第1固定鉄心と可動鉄心との間隔を、鏝部とフレアパイプの円板部との間隔よりも大きくしているため、弁全開時には、可動鉄心が第1固定鉄心に接触する前に可動鉄心はフレアパイプの円板部に当接する。このため、可動鉄心が第1固定鉄心に密着することがない。なお、第2固定鉄心と可動鉄心との間には非磁性体のフレアパイプの円板部が介在するので、第2固定鉄心と可動鉄心とが密着することもない。このように、本発明の流量制

10

20

30

40

50

御弁では、可動鉄心が固定鉄心に密着することがないため、比例特性が悪化することがない。従って、精度良く流量制御を行うことができる。

【0017】

また、本発明の流量制御弁では、可動鉄心の下端部に鏝部を形成しているため、第2固定鉄心と可動鉄心とのギャップ間において磁束が通る面積を大きくすることができる。このため、コイルに同じ電流を流した場合、磁気特性が向上するので吸引力を増加させることができる。

【0018】

本発明に係る流量制御弁においては、前記可動鉄心と前記固定鉄心との対向部分がテーパ状に形成されていることが望ましい。

10

【0019】

こうすることにより、可動鉄心の線形ストローク領域（比例域）を大きくすることができるからである。そして、本発明の流量制御弁では、可動鉄心と固定鉄心との対向部分がテーパ状に形成されている従来品に比べて吸引力が増加するので、より精度良く流量制御を行うことができる。

【0020】

また、本発明に係る流量制御弁においては、前記スプリングの前記可動鉄心に対する付勢力を調整する調整機構を有することが望ましい。

【0021】

こうすることにより、弁組み立て時にスプリングのセット荷重を調整することができるため、スプリングのセット荷重が一定となる。その結果、流量制御弁の制御性が向上するので、より精度良く流量制御を行うことができる。

20

【0022】

また、本発明に係る流量制御弁においては、前記フレアパイプと前記可動鉄心との間に樹脂部材を介在させていることが望ましい。そして、前記樹脂部材は、フッ化樹脂等により形成すればよい。なお、樹脂としては、例えば、フッ化エチレンプロピレン、ポリアミド、あるいはポリプロピレンなどを使用することができる。

このような樹脂部材を設けることにより、可動鉄心の摺動抵抗が低減されるため可動鉄心をスムーズに移動させることができる。従って、流量制御弁の比例特性が向上するので、安定して精度良く流量制御を行うことができる。

30

【0023】

そして、前記樹脂部材の長さは、前記可動鉄心のうち前記フレアパイプ内で摺動する部分の長さの半分以上に設定されていることが好ましい。なお、可動鉄心のうち前記フレアパイプ内で摺動する部分とは、可動鉄心において鏝部を除いた部分に相当する。

【0024】

樹脂部材の長さを可動鉄心のうちフレアパイプ内で摺動する部分の長さの半分より短くと、樹脂部材が介在していない部分が大きくなって可動鉄心が微少ではあるが傾きながら移動する場合があるからである。そして、可動鉄心が微少に傾きながら移動すると、可動鉄心がスムーズに移動しなくなり、流量制御弁の制御性が悪化するからである（図21参照）。

40

【0025】

そして好ましくは、樹脂部材の長さは、前記可動鉄心のうち前記フレアパイプ内で摺動する部分の長さの3/4以上に設定されているのがよい。このように樹脂部材の長さを可動鉄心のうちフレアパイプ内で摺動する部分の長さの3/4以上に設定すると、可動鉄心をスムーズに移動させることができるため、流量制御弁のヒステリシスを小さくするとともに、応答性および制御性を向上させることができるからである（図21、図22参照）。

【0026】

ここで、前記樹脂部材は、前記弁体の全開状態にて、前記可動鉄心の前記第1固定鉄心側外周端部に接触するように配置されていることが望ましい。

50

つまり、樹脂部材を可動鉄心に取り付ける場合であれば、樹脂部材の一端部を可動鉄心の第1固定鉄心側外周端に揃えて配置し、樹脂部材をフレアパイプ内側に取り付ける場合であれば、樹脂部材の一端が弁全開時における可動鉄心の第1固定鉄心側外周端よりも第1固定鉄心側に位置するように配置すればよい。

【0027】

このように樹脂部材を配置することにより、樹脂部材が同じ長さであれば、可動鉄心が微少ではあるが傾きながら移動することを防止することができ、可動鉄心をよりスムーズに移動させることができるからである(図23参照)。その結果、流量制御弁の制御性をより向上させることができ、より安定して精度良く流量制御を行うことができる。

【0028】

上記課題を解決するためになされた本発明に係る流量コントローラは、上記したいずれか1つの流量制御弁と、流量を測定する流量センサと、前記流量センサで測定される測定値が目標値になるように、前記流量センサの出力に基づいて前記流量制御弁の開度を制御する制御手段とを有することを特徴とするものである。

【0029】

この流量コントローラでは、制御手段によって、流量センサで測定される測定値が目標値になるように流量センサの出力に基づいて流量制御弁の開度が制御されることにより流量調整が行われる。そして、この流量コントローラでは、上記したいずれか1つの流量制御弁によって流量調整が行われるので、高精度な流量制御を実施することができる。

【0030】

本発明に係る流量コントローラにおいては、前記流量センサは、流量を計測するための熱線が架設されたセンサ流路と、前記センサ流路に対するバイパス流路と、開口を有する薄板を積層して、その内部で流体を前記センサ流路と前記バイパス流路とに分岐させる積層体とを有することが望ましい。

【0031】

これにより、流量コントローラに組み込まれた流量センサでは、流体が積層体でセンサ流路とバイパス流路とに分流される。そして、センサ流路に流れ込んだ流体によって生じるセンサ流路に架設された熱線の抵抗変化を検知する(熱線を用いた計測原理を利用することにより、センサ流路を流れる流体の流量、ひいては、流量センサボディの内部を流れる流体の流量を測定することができる。そして、積層体を構成する薄板に例えばメッシュ等を使用することで積層体に整流機構を持たせることができる。その結果、センサ流路に流れ込む被測定流体の流れを整えることができるので測定出力を安定させることができる。

【0032】

そして、本発明の流量コントローラでは、このような流量センサにより流量が測定されて上記したいずれか1つの流量制御弁によって流量調整が行われる。このため、非常に高精度な流量制御を実施することができる。

【0033】

ここで、本発明の流量コントローラでは、前記制御手段は、PWM制御により前記流量制御弁の開度を制御することが望ましい。

【0034】

PWM制御では常にON/OFFが繰り返されるため、弁開度が一定であるとき、可動鉄心を微少に振動させることができる。これにより、可動鉄心を常に動摩擦状態にしておくことができるから、可動鉄心の微少なストローク量の変動に対して追従性を良くすることができる。その結果として、流量制御弁のヒステリシスを小さくすることができる。

【0035】

そして、前記PWM制御における搬送周波数を200Hzより大きく設定すればよい。搬送周波数を200Hzより小さく設定すると、流量制御弁の制御性および応答性が大きく悪化するからである(図25、図26参照)。なお、搬送周波数の上限は、制御手段の性能によって異なるため、制御手段の性能に応じて設定すればよい。

10

20

30

40

50

【0036】

より好ましくは、PWM制御における搬送周波数を500～1000Hzに設定するのがよい。この範囲で搬送周波数を設定することにより、応答性を向上させるとともにオーバーシュートを抑えることができ、流量制御弁の制御性を非常に安定させることができるからである(図26参照)。

【発明の効果】

【0037】

本発明に係る流量制御弁によれば、固定鉄心と可動鉄心とを密着させないようにするとともに吸引力を増大させることにより精度良く流量制御を行うことができる。また、本発明に係る流量コントローラによれば、本発明に係る流量制御弁を用いているので、高精度な流量制御を実施することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】実施の形態に係る流量制御弁の概略構成を示す断面図である。

【図2】コイルに流す電流と流量との関係を示す図である。

【図3】可動鉄心のストローク量と固定鉄心の吸引力との関係を示す図である。

【図4】実施の形態に係る流量コントローラの概略構成を示す断面図である。

【図5】図4の流量コントローラの制御系の構成を示すブロック図である。

【図6】図4の流量コントローラに組み込まれた流量センサの概略構成を示す断面図である。

20

【図7】図6の流量センサに備わる積層フィルタの分解斜視図である。

【図8】定電流制御回路の回路図である。

【図9】本実施の形態に係る流量制御弁に対する通電制御を行うPWM制御回路の回路図である。

【図10】ワイヤーボンディングの金ワイヤーのテンションコントロールに本実施の形態に係る流量コントローラを使用した用途例を示す図である。

【図11】イオナイザーにおける窒素ガスの流量を調整に本実施の形態に係る流量コントローラを使用した用途例を示す図である。

【図12】ガラスの浮上搬送装置に本実施の形態に係る流量コントローラを使用した用途例を示す図である。

30

【図13】食品包装に本実施の形態に係る流量コントローラを使用した用途例を示す図である。

【図14】窒素ガスのパーセント量の調整に本実施の形態に係る流量コントローラを使用した用途例を示す図である。

【図15】溶接用アルゴンガスの流量管理に本実施の形態に係る流量コントローラを使用した用途例を示す図である。

【図16】バーナの火力制御の流量管理に本実施の形態に係る流量コントローラを使用した用途例を示す図である。

【図17】コイルに流す電流と流量との関係を示す図である。

【図18】制御時間とセンサ出力との関係を示す図である。

40

【図19】改良した流量制御弁の略構成を示す断面図である。

【図20】改良した流量制御弁を組み込んだ流量コントローラの概略構成を示す断面図である。

【図21】樹脂チューブの長さを変更した場合におけるコイルに流す電流と流量との関係を示す図である。

【図22】樹脂チューブの長さを変更した場合における制御時間とセンサ出力との関係を示す図である。

【図23】樹脂チューブの取付位置を変更した場合におけるコイルに流す電流と流量との関係を示す図である。

【図24】樹脂チューブの取付位置を変更した場合における制御時間とセンサ出力との関

50

係を示す図である。

【図 2 5】定電流制御から P W M 制御に変更した場合におけるコイルに流す電流と流量との関係を示す図である。

【図 2 6】P W M 制御の搬送周波数を変更した場合における制御時間とセンサ出力との関係を示す図である。

【図 2 7】従来の流量制御弁を示す断面図である。

【図 2 8】従来の別の流量制御弁を示す断面図である。

【符号の説明】

【 0 0 3 9 】

1 0 , 1 0 a	流量制御弁	10
2 1	コイルボビン	
2 2	コイル	
2 3 a	第 1 固定鉄心	
2 3 b	第 2 固定鉄心	
2 4	可動鉄心	
2 4 a	鏑部	
2 5	スプリング	
2 7	調整ネジ	
2 8	フレアパイプ	
2 8 a	円筒部	20
2 8 b	円板部	
2 9	樹脂チューブ	
3 1	弁体	
3 2	弁ボディ	
3 3	弁室	
3 4	入口流路	
3 5	出口流路	
3 6	弁座	

1 0 0 , 1 0 0 a 流量コントローラ

【発明を実施するための最良の形態】

30

【 0 0 4 0 】

以下、本発明の流量制御弁を具体化した最も好適な実施の形態について図面に基づいて詳細に説明する。そこで、まず、本実施の形態に係る流量制御弁の概略構成を図 1 に示す。図 1 は、流量制御弁の概略構成を示す断面図である。

【 0 0 4 1 】

この流量制御弁 1 0 は、図 1 に示すように、大別して駆動部 2 0 と弁部 3 0 とを備えている。駆動部 2 0 には、円筒状のコイルボビン 2 1 に導電性の巻線が巻き付けられ構成されたコイル 2 2 が設けられている。コイルボビン 2 1 の上端開口部には、中空形状の第 1 固定鉄心 2 3 a が装填され、その第 1 固定鉄心 2 3 a の下方に可動鉄心 2 4 がコイルボビン 2 1 の下端開口部から嵌挿されている。また、コイルボビン 2 1 の下部には第 2 固定鉄心 2 3 b が配設されている。そして、第 1 固定鉄心 2 3 a と可動鉄心 2 4 との対向部分がテーパ状（上向き凸状）に形成されている。

40

【 0 0 4 2 】

コイルボビン 2 1 と可動鉄心 2 4 との間には、非磁性体のフレアパイプ 2 8 が配置されている。このフレアパイプ 2 8 は、円筒部 2 8 a と円筒部 2 8 a の下端外周に形成された円板部 2 8 b とを備えている。そして、円筒部 2 8 a の上部が第 1 固定鉄心 2 3 a に溶接され、円板部 2 8 b の一部が第 2 固定鉄心 2 3 b と弁ボディ 3 2 とに挟持されている。

【 0 0 4 3 】

第 1 固定鉄心 2 3 a 内には、可動鉄心 2 4 を常に図中下向きに付勢するためのスプリング 2 5 およびスプリング押さえ 2 6 が配設されている。そして、スプリング押さえ 2 6 の

50

上部に調整ネジ 2 7 が設けられている。これにより、調節ネジ 2 7 を操作することにより、スプリング押さえ 2 6 の位置を調整してスプリング 2 5 による可動鉄心 2 4 の付勢力を調整することができるようになっている。従って、弁組み立て時にスプリング 2 5 のセット荷重を常に一定にすることができる。

【 0 0 4 4 】

また、可動鉄心 2 4 の下方端には、コイルボビン 2 1 の内径よりも大きい径を有する鏝部 2 4 a が形成されている。これにより、第 2 固定鉄心 2 3 b と可動鉄心 2 4 とのギャップ間において磁束が通る面積を大きくすることができる。このため、第 1 固定鉄心 2 3 a と可動鉄心 2 4 との対向部分をテーパ状に形成しているが、固定鉄心 2 3 a , 2 3 b による可動鉄心 2 4 の吸引力の低下が抑制されるようになっている。

10

【 0 0 4 5 】

一方、弁部 3 0 には、可動鉄心 2 4 の鏝部 2 4 a 内に組み込まれた弁体 3 1 と弁ボディ 3 2 とが備わっている。弁ボディ 3 2 には、弁体 3 1 を備える鏝部 2 4 a が配置される弁室 3 3 が形成されている。また、弁ボディ 3 2 には、入口流路 3 4 と、出口流路 3 5 とが形成されている。これら入口流路 3 4 と出口流路 3 5 とは、弁室 3 3 を介して連通している。そして、弁室 3 3 と出口流路 3 5 との連通部に弁座 3 6 が形成されている。

【 0 0 4 6 】

ここで、弁体 3 1 が弁座 3 6 に当接した状態において、第 1 固定鉄心 2 3 a と可動鉄心 2 4 との間隔 D 1 が、鏝部 2 4 a とフレアパイプ 2 8 の円板部 2 8 b との間隔 D 2 よりも大きくなるように、可動鉄心 2 4 が配置されている。これにより、弁全開時に、可動鉄心 2 4 が第 1 固定鉄心 2 3 a に密着しないようになっている。なぜなら、可動鉄心 2 4 は、第 1 固定鉄心 2 3 a に接触する前に鏝部 2 4 a の上面がフレアパイプ 2 8 の円板部 2 8 b に当接してしまうからである。また、鏝部 2 4 a の上面がフレアパイプ 2 8 の円板部 2 8 b に当接するので、可動鉄心 2 4 が第 2 固定鉄心 2 3 b に密着することもない。

20

【 0 0 4 7 】

上記した流量制御弁 1 0 は、通常時（コイル 2 2 に通電していない状態）には、スプリング 2 5 によって可動鉄心 2 4 が下方へ付勢されているので、可動鉄心 2 4 の下端に配置されている弁体 3 1 が弁座 3 6 に当接している。このため、入口流路 3 4 と出口流路 3 5 とが遮断されており弁閉状態となっている。

【 0 0 4 8 】

そして、コイル 2 2 に通電すると、固定鉄心 2 3 a , 2 3 b が、スプリング 2 5 の付勢力に抗して、可動鉄心 2 4 を図中上方へ吸引して保持する。これにより、弁体 3 1 が弁座 3 6 から離間し、入口流路 3 4 と出口流路 3 5 とが連通して弁開状態となる。このとき、コイル 2 2 に流す電流を変化させれば、固定鉄心 2 3 a , 2 3 b の吸引力が変わる。コイル 2 2 に流す電流を増加させると吸引力が増し、コイル 2 2 に流す電流を減少させると吸引力が減る。そして、このように吸引力を変化させることにより、可動鉄心 2 4 のストローク量を変化させて、弁体 3 1 と弁座 3 6 の間隔（つまり弁開度）を制御することができる。これにより、出口流路 3 5 から流出させる流体の流量を制御することができる。具体的には、コイル 2 2 に流す電流を増加させると流量が多くなり、コイル 2 2 に流す電流を減少させると流量が減る。

30

40

【 0 0 4 9 】

ここで、流量制御弁 1 0 では、第 1 固定鉄心 2 3 a と可動鉄心 2 4 との対向部分をテーパ状に形成しているので、図 2 に示すように、従来品 A（固定鉄心と可動鉄心との対向部分がテーパ形状でないもの：図 2 7 参照）に比べ、固定鉄心 2 3 a , 2 3 b の吸引力と可動鉄心 2 4 のストローク量との線形比例領域が大きく比例特性が良い。

【 0 0 5 0 】

また、流量制御弁 1 0 では、可動鉄心 2 4 の下方端にコイルボビン 2 1 の内径よりも大きい径を有する鏝部 2 4 a を形成しているので、図 2 に示すように、従来品 B（固定鉄心と可動鉄心との対向部分がテーパ形状のもの：図 2 8 参照）に比べ、固定鉄心 2 3 a , 2 3 b の吸引力が大きく磁気特性が向上している。これにより、流量制御弁 1 0 では、第 1

50

固定鉄心 2 3 a と可動鉄心 2 4 との対向部分をテーパ状に形成したことによる固定鉄心 2 3 a , 2 3 b の吸引力の低下が抑制されている。

【 0 0 5 1 】

また、流量制御弁 1 0 では、第 1 固定鉄心 2 3 a と可動鉄心 2 4 との間隔 D 1 が、鏝部 2 4 a とフレアパイプ 2 8 の円板部 2 8 b との間隔 D 2 よりも大きくなるように、可動鉄心 2 4 が配置されているので、弁全開時において、可動鉄心 2 4 が固定鉄心 2 3 a に密着することがない。このため、流量制御弁 1 0 では、図 3 に実線で示すように、弁閉方向に開度を制御する際に、コイル 2 2 に流す電流が所定値になるまでは可動鉄心 2 4 が固定鉄心 2 3 a から離れなくなるということが防止されている。そして、コイル 2 2 に流す電流の減少量に比例して流量を減少させることができる。このように、流量制御弁 1 0 では、

10

従来品において生じていた全開時から弁閉方向への開度制御時における比例特性の悪化を防止することができる。

【 0 0 5 2 】

一方、コイル 2 2 への通電を停止すると、可動鉄心 2 4 が固定鉄心 2 3 a , 2 3 b に吸引されなくなるので、スプリング 2 5 の付勢力によって可動鉄心 3 4 が下方へ移動し、弁体 3 1 が弁座 3 6 に当接する。これにより、入口流路 3 4 と出口流路 3 5 とが遮断されて弁閉状態となる。

【 0 0 5 3 】

続いて、上記の流体制御弁 1 0 を組み込んだ流量コントローラについて、図 4 および図 5 を参照しながら説明する。図 4 は、流量コントローラの概略構成を示す断面図である。

20

図 5 は、流量コントローラの制御系を示すブロック図である。

【 0 0 5 4 】

この流量コントローラ 1 0 0 は、図 4 および図 5 に示すように、上記した流量制御弁 1 0 と、流量センサ 1 0 1 と、制御基板部 1 0 2 と、流量設定部 1 0 3 とを備えている。そして、流量センサ 1 0 1 の検出値に基づき流量制御弁 1 0 の弁開度を変化させることにより目標流量を得るようになっている。

【 0 0 5 5 】

ここで、流量センサ 1 0 1 は、図 6 に示すように、ボディ 1 4 1 と、センサ基板 1 2 1 と、積層フィルタ 1 5 0 とを備えている。そして、積層フィルタ 1 5 0 がボディ 1 4 1 の流路空間 1 4 4 に装着された状態で、センサ基板 1 2 1 がシールパッキン 1 4 8 を介しボディ 1 4 1 にネジ固定で密着されている。これにより、センサ流路 S、およびセンサ流路 S に対するバイパス流路である主流路 M が形成されている。

30

【 0 0 5 6 】

積層フィルタ 1 5 0 は、図 7 に示すように、4 種類の薄板を合計 1 1 枚積層したものである。すなわち、下から順に、メッシュ板 1 5 1、第 1 遮蔽板 1 5 2、1 5 2、1 5 2、1 5 2、メッシュ板 1 5 1、第 2 遮蔽板 1 5 3、メッシュ板 1 5 1、第 2 遮蔽板 1 5 3、メッシュ板 1 5 1、および第 3 遮蔽板 1 5 4 が積層されて接着されたものである。これらの各薄板 1 5 1 ~ 1 5 4 は、すべて厚さが 0 . 5 mm 以下であり、エッチングにより各形状の加工（マイクロマシニング加工）がなされたものである。

【 0 0 5 7 】

40

一方、センサ基板 1 2 1 には、複数の測定用熱線が設けられた測定チップ 1 1 1 が実装され、その裏面に電気素子 1 3 1、1 3 2、1 3 3、1 3 4 など構成される電気回路が設けられている。この電気回路は、基板制御部 1 0 2 と接続されている。そして、センサ基板 1 2 1 および測定チップ 1 1 1 には、実装時に互いに重なり合う溝が形成されている。これらにより、測定チップ 1 1 1 が実装されたセンサ基板 1 2 1 をボディ 1 4 1 にシールパッキン 1 4 8 を介して密着すると、ボディ 1 4 1 の流路空間 1 4 4 において、センサ基板 1 2 1 と測定チップ 1 1 1 との間にセンサ流路 S が形成されるとともに、センサ流路 S に測定用熱線が橋を渡すように設けられる。

【 0 0 5 8 】

このような流量センサ 1 0 1 では、被測定流体がメッシュ板 1 5 1 を含む積層フィルタ

50

150を通過した後にセンサ流路Sに流れ込む。これにより、センサ流路Sに流れ込む被測定流体の流れが整えられるので安定した測定出力を得ることができる。

【0059】

そして、上記した流量コントローラ100を使用して目標流量を得る場合には、まず、流量設定部103で目標流量を設定する。そうすると、その目標流量データが制御基板部102に入力される。また、制御基板部102には、流量センサ101で検出される流量データが入力される。そして、制御基板部102では、目標流量データと流量データとを比較して両者が等しくなるように、流量制御弁10の弁開度をフィードバック制御する。このフィードバック制御により、流量制御弁10の弁開度が調整されて目標流量を得ることができる。そして、流量コントローラ100においては、優れた比例制御特性を持つ流量制御弁10と安定した測定出力が得られる流量センサ101とを用いているため、非常に高精度な流量制御を行うことができる。

10

【0060】

ここで、制御基板部102において、従来のように図8に示す定電流回路を用いて定電流制御により、流量制御弁10に対する通電制御を行うと、トランジスタからの発熱量が大きいという問題があった。これは、定電流回路においてトランジスタが抵抗として機能するためである。また、定電流制御では、可動鉄心24の微小なストローク量の変動に対する追従性が悪いという問題もあった。なぜなら、定電流制御では弁開度が一定であるとき、可動鉄心24は停止状態(OFF状態)にあって静摩擦状態であり、可動時に動摩擦状態に変化するからである。なお、図8は、定電流制御回路の回路図である。

20

【0061】

そこで、本実施の形態では、流量制御弁10に対する通電制御はPWM制御により行う。具体的には、図9に示すPWM制御回路によって流量制御弁10の開閉動作を制御する。すなわち、デューティ比を変化させて流量制御弁10の弁開度を制御するのである。図9は、本実施の形態に係る流量制御弁に対する通電制御を行うPWM制御回路の回路図である。なお、搬送周波数は、200～5000Hz程度に設定すればよい。

【0062】

このようにPWM制御にて流量制御弁10の弁開度を制御することにより、トランジスタからの発熱量を抑制することができる。なぜなら、PWM制御回路においてトランジスタはON/OFFのスイッチとして機能するから発熱量が小さいためである。そして、トランジスタからの発熱量が小さくなるので、小型のトランジスタを使用することができる結果、流量コントローラ100の小型化を図ることができる。

30

【0063】

また、ディザ効果により流量制御弁10の弁開度の制御性が安定する。つまり、PWM制御では常にON/OFFが繰り返されているので、弁開度が一定であるとき、可動鉄心24は微小に振動している(但し、停止しているように見える)。このため、可動鉄心24は常に動摩擦状態にあるから、可動鉄心24の微小なストローク量の変動に対しても追従性が良いのである。

【0064】

次に、上記した流量コントローラ100は、例えば、ワイヤーボンディング、イオナイザー、ガラス浮上搬送、食品包装、半導体製造装置等のパージガス流量管理、溶接用アルゴンガスの流量管理、バーナの火力制御の流量管理など多様な用途で利用することができる。そして、流量コントローラ100を利用することにより、各用途での問題点を解消することができる。

40

【0065】

従来、ワイヤーボンディングの金ワイヤーのテンションコントロールは、金ワイヤーにエアを吹き付けることにより行っていた。そして近年、電子部品の小型化が進み、ワイヤーボンディングの金ワイヤーがどんどん細くなってきているため、繊細な流量コントロールが必要である。具体的には、流量センサで流量をモニタしながら、絞り(ニードルバルブ)で流量を調整する必要がある。しかしながら、この方法では、元圧が変動した場合

50

、流量が変化してしまい、テンションが一定に保てないという問題点があった。

【0066】

これに対して、図10に示すように、ワイヤーボンディングの金ワイヤーのテンションコントロールに流量コントローラ100を使用することにより、本発明の流量コントローラは、マイクロ加工したセンサチップにて流量を検出しているため、高速に制御ができ、元圧が変動した場合でも、即座に流量をコントロールし、上記問題点が解決できる。

【0067】

また、イオナイザーは、静電気防止（液晶などの製造工程でほこり、ゴミ等の付着を防ぐ）等の目的で使用されているが、ワークが変わると窒素ガスの流量を変える必要があり、従来は絞り（ニードルバルブ）で窒素ガスの流量を調整をしていた。しかしながら、この方法では、元圧が変動してしまうと流量が変化してしまい、安定した静電気防止ができなくなるという問題点があった。また、作業者は、ワークが変わる都度、窒素ガスの流量を調整する必要があった。

10

【0068】

これに対して、図11に示すように、イオナイザーにおける窒素ガスの流量調整を流量コントローラ100で行うことにより、元圧が変動した場合でも、即座に窒素ガスの流量を自動的にコントロールし、上記した問題点を解決することができる。また、ワークが変わっても、窒素ガスの流量は自動的にコントロールされるので、ワークが変わる都度、作業者が窒素ガスの流量を調整する必要がなくなる。

【0069】

また、液晶等のガラスの浮上搬送においては、従来は浮上量を絞り（ニードルバルブ）で流量を調整することにより行っていた。しかしながら、この方法では、元圧が変動してしまうと浮上量が変化してしまい、安定した浮上量制御ができなくなる問題点があった。また、作業者がワークが変わる都度、浮上量を調整する必要があった。

20

【0070】

これに対して、図12に示すように、液晶等のガラスの浮上搬送装置に流量コントローラ100を使用すると、元圧が変動した場合でも、即座に流量がコントロールされて浮上量が自動的に調整されるので、上記した問題点を解決することができる。また、ワークが変わっても、浮上量が自動的にコントロールされるので、ワークが変わる都度、作業者が調整する必要がなくなる。

30

【0071】

また、従来、食品包装では、不活性ガスの充填に従来は圧力センサを用いて、包装内部の圧力が規定圧力に達したら充填を完了していた。しかしながら、この方法では、大気圧が変動してしまうと、充填量が変化してしまい、安定した充填ができないという問題点があった。

【0072】

これに対して、図13に示すように、食品包装において流量コントローラ100を使用すると、大気圧が変動しても、充填流体の流量は変化しないため、上記した問題点を解決することができる。

【0073】

また、半導体レーザ、ステッパなどの光学機器のミラーやレンズは、ある一定量の窒素ガスをパージしないと曇ってしまう問題点があった。このため、従来は、窒素ガスのパージ量を絞り（ニードルバルブ）で調整していた。しかしながら、この方法では、元圧が変動してしまうとパージ量が変化してしまい問題となっていた。また、作業者は、ワークが変わる都度、パージ量を調整する必要があった。

40

【0074】

これに対して、図14に示すように、半導体レーザや半導体製造装置における窒素ガスのパージ量の調整を流量コントローラ100で行うことにより、元圧が変動した場合でも、即座に窒素ガスのパージ量が自動的にコントロールされるため、上記した問題点を解決することができる。また、ワークが変わっても、窒素ガスのパージ量が自動的にコントロ

50

ールされるので、ワークが変わる都度、作業者が調整する必要がなくなる。

【0075】

また、従来、溶接用アルゴンガスの流量管理には、ニードルバルブ付きの面積式流量計が用いられてきた。しかしながら、この方法では、元圧が変動してしまうと流量が変化してしまい流量管理をうまく行うことができないという問題点があった。また、作業者がワークが変わる都度、流量調整を行う必要があった。

【0076】

これに対して、図15に示すように、溶接用アルゴンガスの流量管理に流量コントローラ100を使用すると、元圧が変動した場合でも、即座に流量が自動的にコントロールされるので、上記した問題点を解決することができる。また、ワークが変わっても、流量が自動的にコントロールされるので、ワークが変わる都度、作業者が流量調整を行う必要がなくなる。

10

【0077】

また、従来、バーナの火力制御の流量管理には、ニードルバルブ付きの面積式流量計が用いられてきた。しかしながら、この方法では、元圧が変動してしまうと流量が変化してしまいバーナの火力制御をうまく行うことができないという問題点があった。また、作業者がワークが変わる都度、流量調整を行う必要があった。

【0078】

これに対して、図16に示すように、バーナの火力制御の流量管理に流量コントローラ100を使用すると、元圧が変動した場合でも、即座に流量が自動的にコントロールされるので、上記した問題点を解決することができる。また、ワークが変わっても、流量が自動的にコントロールされるので、ワークが変わる都度、作業者が流量調整を行う必要がなくなる。

20

【0079】

ここで、流量制御弁10において、第1固定鉄心23aと可動鉄心24との対向部分を、下向きに凸となるテーパ状に形成すると、可動鉄心24とフレアパイプ28の円筒部28aとの摺動抵抗が大きくなり、可動鉄心24がスムーズに移動しないことが判明した。そこで、このような流量制御弁の比例特性と制御性を調べた。その結果を図17および図18に示す。図17は、コイルに流す電流と流量との関係を示す図である。図18は、制御時間とセンサ出力との関係を示す図である。

30

【0080】

図17から明らかなように、第1固定鉄心23aと可動鉄心24との対向部分を、下向きに凸となるテーパ状に形成すると、流量制御弁における比例特性が大きく悪化することがわかる。また、図18から明らかなように、目標流量に達するまでの時間(一定誤差範囲内収まるまでの時間)が長くなっており、制御性が悪化していることがわかる。

【0081】

このため本出願人は、流量制御弁10に対して改良を加えて、図19に示す流量制御弁10a、および図20に示す流量コントローラ100aを開発した。なお、図19は、改良した流量制御弁の概略構成を示す断面図である。図20は、改良した流量制御弁を組み込んだ流量コントローラの概略構成を示す断面図である。この流量制御弁10aは、図19に示すように、流量制御弁10と基本的構成はほぼ同じであるが、可動鉄心24に樹脂チューブ29を取り付けている点、第1固定鉄心23aと可動鉄心24との対向部分を、下向きに凸となるテーパ状に形成している点が異なる。なお、本実施の形態では、樹脂チューブとしてフッ化エチレンプロピレン(FEP)熱収縮チューブを使用している。

40

【0082】

この流量制御弁10aでは、樹脂チューブ29を可動鉄心24に取り付けることにより、可動鉄心24が樹脂チューブ29を介してフレアパイプ28の円筒部28a内を摺動するため、可動鉄心24の摺動抵抗を小さくすることができた。これにより、可動鉄心24をスムーズに移動させることができるようになった。

【0083】

50

そして、図 20 に示すように、このような流量制御弁 10 a を用いて、流量コントローラ 100 a を開発した。なお、流量コントローラ 100 a に使用している流量センサ 10 は、流量コントローラ 100 で使用した流量センサと同じものである。この流量コントローラ 100 a でも、上記した流量コントローラ 100 と同様の効果を得ることができた。
【0084】

ここで、流量制御弁 10 a において追加した樹脂チューブの長さおよび取付位置について検討を行ったのでその結果を示す。まず、樹脂チューブ 29 の長さおよび流量制御弁 10 a における比例特性との関係を調べた結果を図 21 に示す。また、樹脂チューブ 29 の長さおよび流量コントローラ 100 a における制御性との関係を調べた結果を図 22 に示す。図 21 は、コイルに流す電流と流量との関係を示す図である。図 22 は、制御時間とセンサ出力との関係を示す図である。これらの実験では、鏝部 24 a を除いた長さが約 22 mm の可動鉄心 24 に対して、長さが 9.5 mm, 16.5 mm, 19 mm, 22 mm の樹脂チューブを取り付けた場合における比例特性および制御性を調べた。なお、樹脂チューブは、その下端を鏝部 24 a の上端に揃えて配置している。このため、樹脂チューブの長さが短くなるにつれて、可動鉄心 24 の上端側からチューブが介在しない部分が拡大していくことになる。

【0085】

図 17 と図 21 を比較すると明らかなように、樹脂チューブ 29 を可動鉄心 24 に取り付けることにより、流量制御弁 10 a における比例特性が向上している。但し、樹脂チューブ 29 の長さが 9.5 mm になると、流量制御弁 10 a における比例特性の向上が見られない。また、図 22 から明らかなように、樹脂チューブ 29 の長さが 9.5 mm になると、流量コントローラ 100 a の制御性が悪く、安定して目標流量で制御することができない。このため、樹脂チューブ 29 は 9.5 mm より長く、つまり可動鉄心 24 のうちフレアパイプ 28 内で摺動する部分（鏝部 24 a を除いた部分）の長さの半分より長く設定することが好ましいことがわかる。

【0086】

また、図 21 から明らかなように、樹脂チューブ 29 の長さを長くするに従って流量制御弁 10 a におけるヒステリシスが小さくなる。また、図 22 から明らかなように、流量コントローラ 100 a の制御性、つまり目標流量にて制御することができるまでの時間が、樹脂チューブ 29 の長さを長くするに従って短くなっている。そして、樹脂チューブ 29 の長さが 16.5 mm 以上であれば、流量制御弁 10 a におけるヒステリシスが小さくなるとともに、流量コントローラ 100 a における応答性および制御性が向上することがわかる。従って、流量制御弁 10 a におけるヒステリシスを小さくするとともに、流量コントローラ 100 a における応答性および制御性を向上させるためには、樹脂チューブ 29 の長さを可動鉄心 24 のうちフレアパイプ 28 内で摺動する部分の長さ（鏝部 24 a を除いた部分）の 3/4 以上に設定すればよい。

【0087】

次に、樹脂チューブ 29 の取付位置と流量制御弁 10 a における比例特性との関係を調べた結果を図 23 に示す。また、樹脂チューブ 29 の取付位置と流量コントローラ 100 a における制御性との関係を調べた結果を図 24 に示す。図 23 は、コイルに流す電流と流量との関係を示す図である。図 24 は、制御時間とセンサ出力との関係を示す図である。これらの実験では、9.5 mm の樹脂チューブを使用して、可動鉄心 24 の下半分に樹脂チューブ 29 を取付（チューブ 29 の下端を可動鉄心 24 の下端（鏝部 24 a の上端）に揃えて取付）した場合と、可動鉄心 24 の上半分にチューブを取付（チューブ 29 の上端を可動鉄心 24 の上端に揃えて取付）した場合とについて、それぞれ比例特性および制御性を調べた。

【0088】

図 23 および図 24 から明らかなように、可動鉄心 24 の下半分に樹脂チューブ 29 を取り付けた場合、流量制御弁 10 a における比例特性が悪く、流量コントローラ 100 a の制御性も悪いことがわかる。これに対して、可動鉄心 24 の上半分に樹脂チューブ 29

10

20

30

40

50

を取り付けた場合、流量制御弁 10 a の比例特性が良く、しかもヒステリシスも小さく、流量コントローラ 100 a の制御性も良いことがわかる。この実験結果から、樹脂チューブ 29 の上端を可動鉄心 24 の上端に揃えて取り付けることが望ましいことがわかる。

【0089】

続いて、流量制御弁 10 a の弁開度制御を PWM 制御で行った場合と定電流制御で行った場合における制御特性について調べた結果を図 25 に示す。図 25 は、コイルに流す電流と流量との関係を示す図である。図 26 は、制御時間とセンサ出力との関係を示す図である。

【0090】

図 25 から明らかなように、流量制御弁 10 a の開度制御を定電流制御から PWM 制御に変更することにより、流量制御弁 10 a におけるヒステリシスを小さくすることができる。そして、PWM 制御を行う場合には、PWM 制御における搬送周波数を大きくしていくと、流量制御弁 10 a におけるヒステリシスが大きくなる。従って、流量制御弁 10 a におけるヒステリシスを小さくするためには、流量制御弁 10 a の開度制御を PWM 制御で行い、その搬送周波数を小さくすればよいことがわかる。

一方、図 26 に示すように、PWM 制御における搬送周波数を小さくしていくと、流量コントローラ 100 a における応答性が悪くなる。従って、流量コントローラ 100 a における応答性を良くするためには、搬送周波数を大きくすればよいことがわかる。ところが、搬送周波数を大きくしていくと、オーバーシュート量が多くなっていく。

これらのことから、流量制御弁 10 a におけるヒステリシスを小さくして、オーバーシュート量を抑えつつ応答性を良くするためには、搬送周波数を 500 ~ 1000 Hz 程度に設定すればよいことがわかる。

【0091】

以上、詳細に説明したように本実施の形態に係る流量制御弁 10 では、可動鉄心 24 の下方端にコイルボビン 21 の内径よりも大きい径を有する鏝部 24 a を形成するとともに、第 1 固定鉄心 23 a と可動鉄心 24 との間隔 D1 が、鏝部 24 a とフレアパイプ 28 の円板部 28 b との間隔 D2 よりも大きくなるように可動鉄心 24 を配置しているため、弁全開時において、可動鉄心 24 が固定鉄心 23 a に密着することがない。このため、流量制御弁 10 では、従来品において生じていた全開時から弁閉方向への開度制御時における比例特性の悪化を防止することができる。

【0092】

また、流量制御弁 10 では、第 1 固定鉄心 23 a と可動鉄心 24 との対向部分をテーパ状に形成しているが、可動鉄心 24 の下方端にコイルボビン 21 の内径よりも大きい径を有する鏝部 24 a を形成しているため、固定鉄心 23 a , 23 b の吸引力を大きくして磁気特性を向上させることができる。これにより、流量制御弁 10 では、第 1 固定鉄心 23 a と可動鉄心 24 との対向部分をテーパ状に形成することによる固定鉄心 23 a , 23 b の吸引力の低下を抑制することができる。

【0093】

そして、流量制御弁 10 a では、可動鉄心 24 に樹脂チューブ 29 を取り付けているため、可動鉄心 24 の摺動抵抗を低減することができるため、可動鉄心 24 をよりスムーズに移動させることができる。その結果、流量制御弁 10 a の比例特性を向上させることができ、流量コントローラ 100 a では安定して精度良く流量制御を行うことができる。特に、流量コントローラ 100 a において、流量制御弁 10 a を PWM 制御して、その搬送周波数を 500 ~ 1000 Hz 程度に設定することにより、オーバーシュート量を抑えつつ応答性を良くすることができる。

【0094】

なお、上記した実施の形態は単なる例示にすぎず、本発明を何ら限定するものではなく、その要旨を逸脱しない範囲内で種々の改良、変形が可能であることはもちろんである。例えば、上記した実施の形態において、流量制御弁 10 a では、第 1 固定鉄心 23 a と可動鉄心 24 との対向部分を下向きに凸となるテーパ状に形成しているが、上向きに凸とな

10

20

30

40

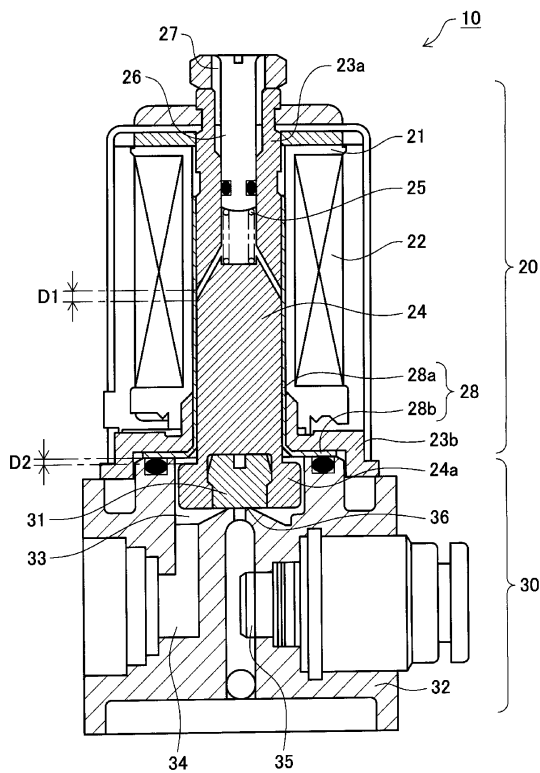
50

るテーパ状に形成することもできる。言い換えると、流量制御弁 10 における可動鉄心に樹脂チューブを取り付けることもできる。

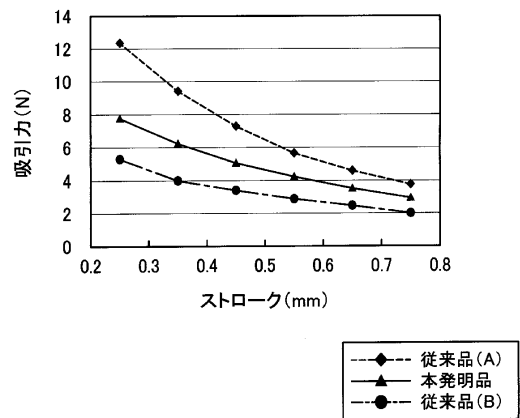
【 0 0 9 5 】

また、流量制御弁 10 a では、樹脂チューブ 29 を可動鉄心 24 に取り付けているが、樹脂チューブ 29 をフレアパイプ 28 の円筒部 28 a 内側に取り付けてもよい。また、樹脂チューブ 29 の材質として、上記した実施の形態では、フッ化エチレンプロピレンを使用しているが、ポリアミド、あるいは化ポリプロピレンなどを使用することができる。

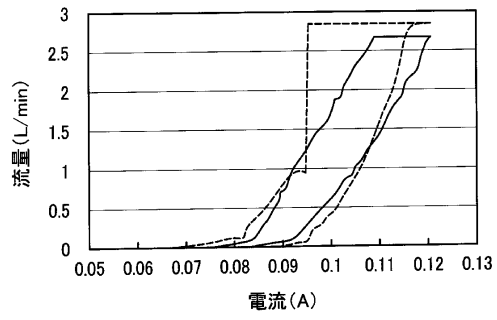
【 図 1 】



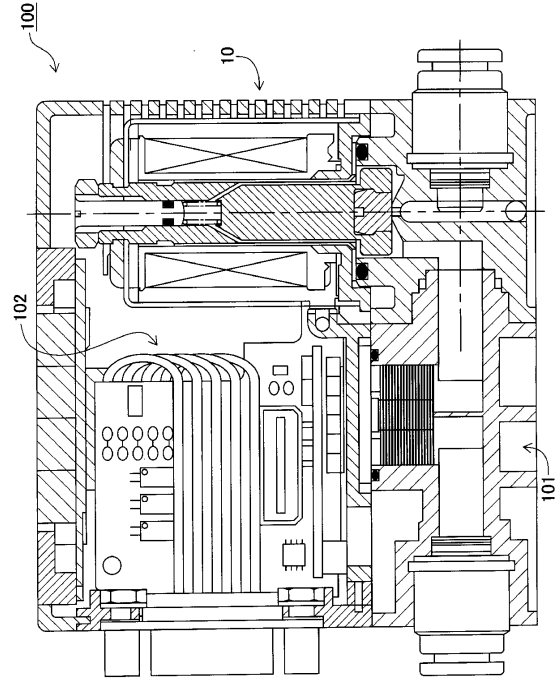
【 図 2 】



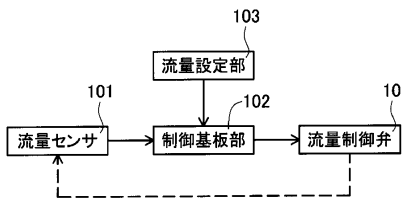
【図3】



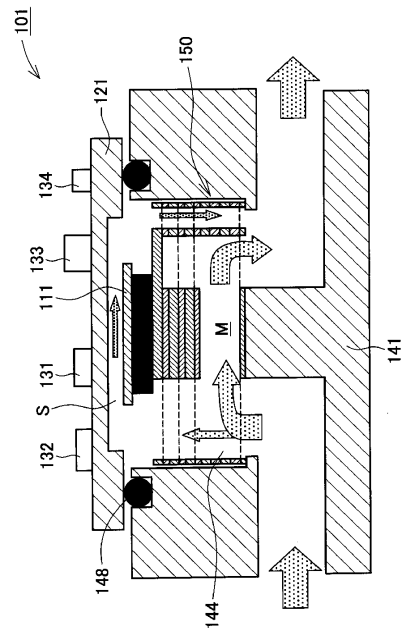
【図4】



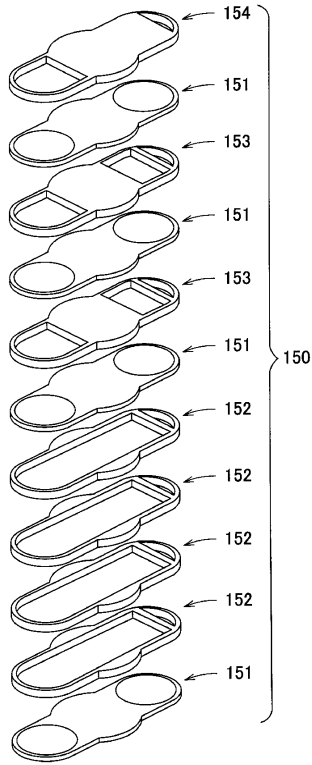
【図5】



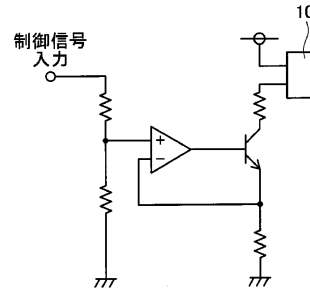
【図6】



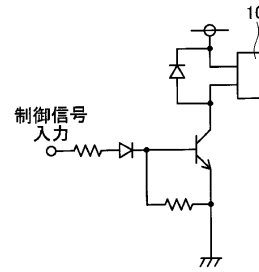
【図7】



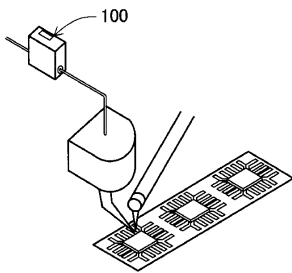
【図8】



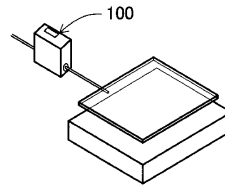
【図9】



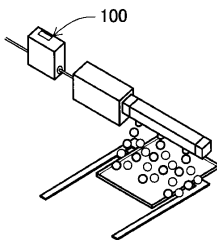
【図10】



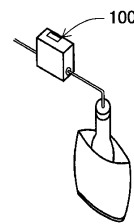
【図12】



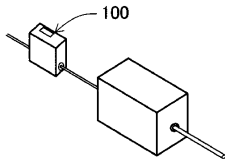
【図11】



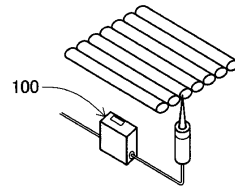
【図13】



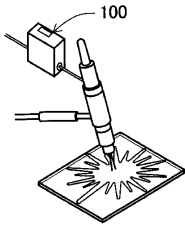
【図14】



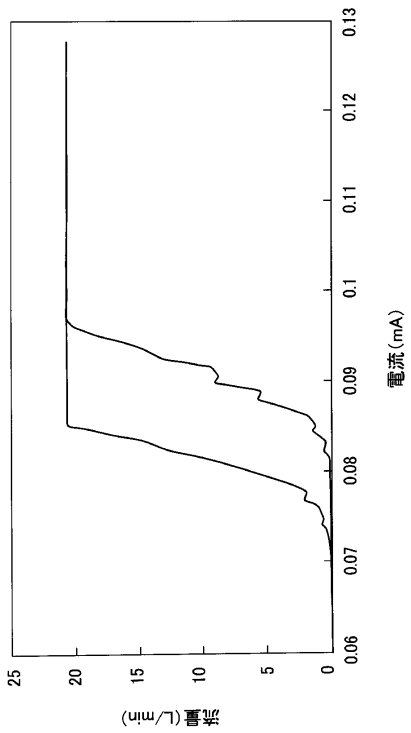
【図16】



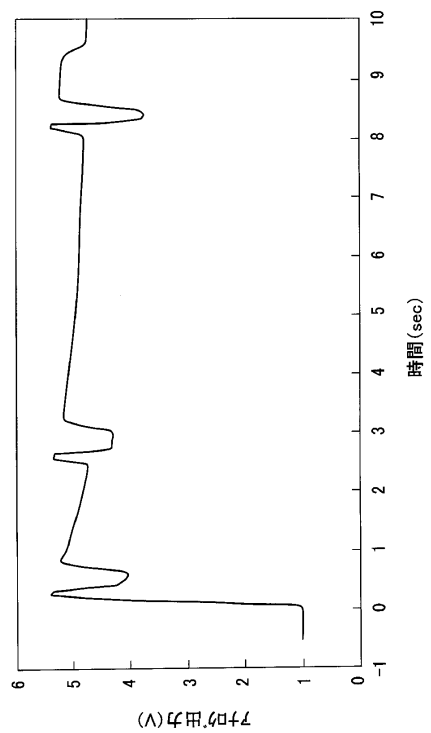
【図15】



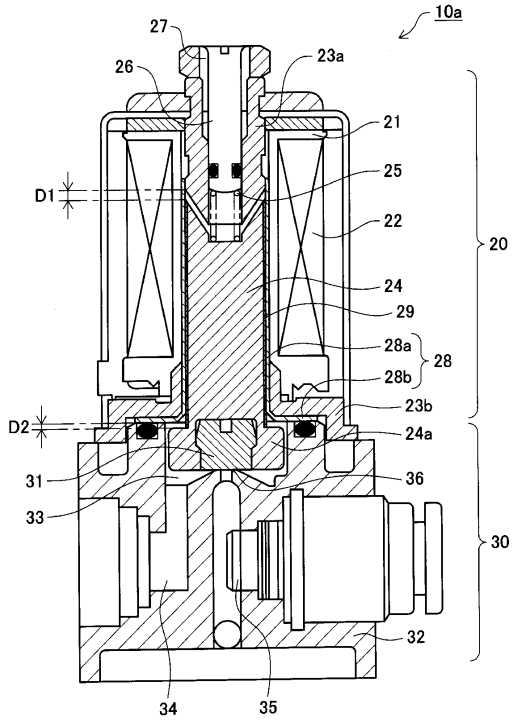
【図17】



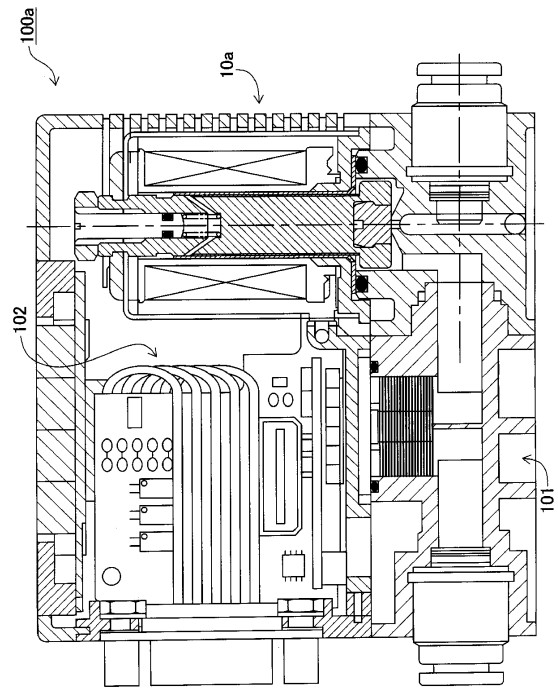
【図18】



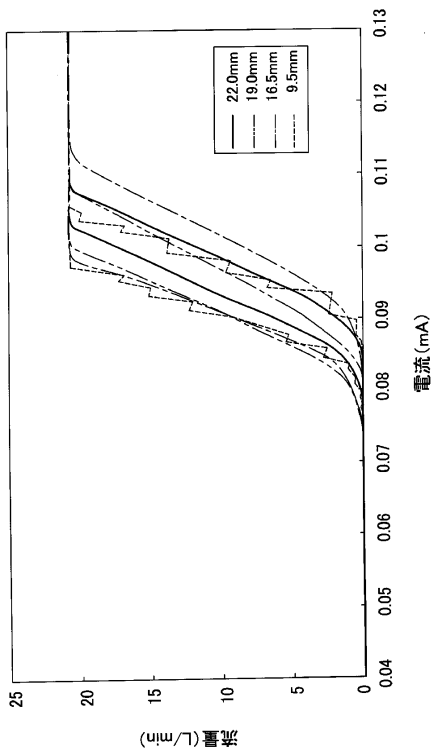
【図19】



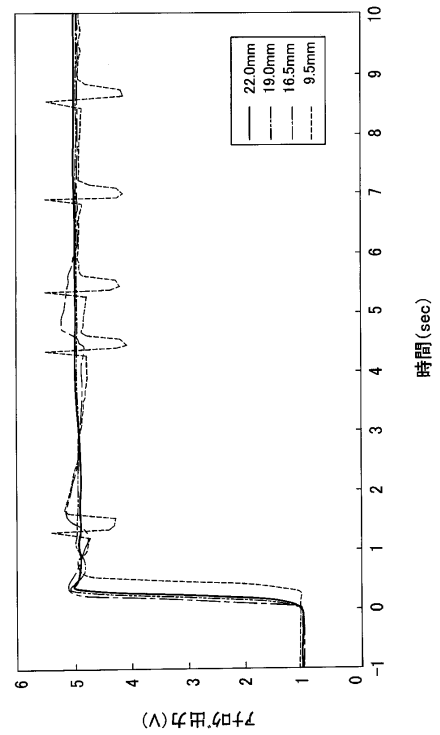
【図20】



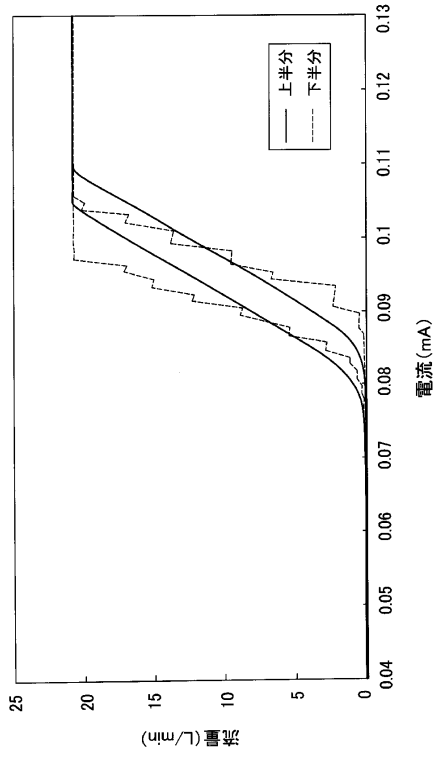
【図21】



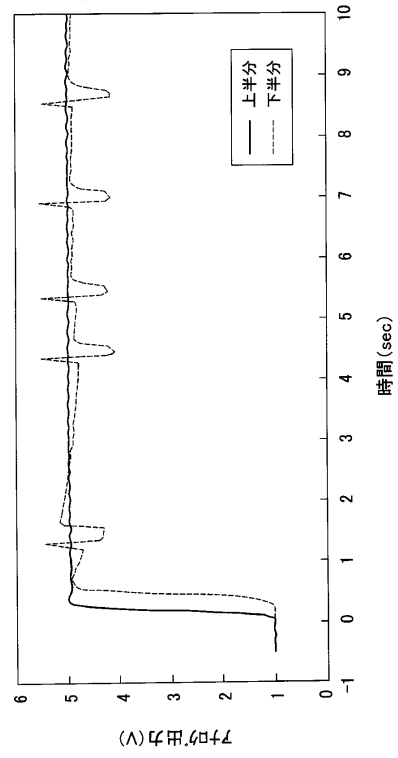
【図22】



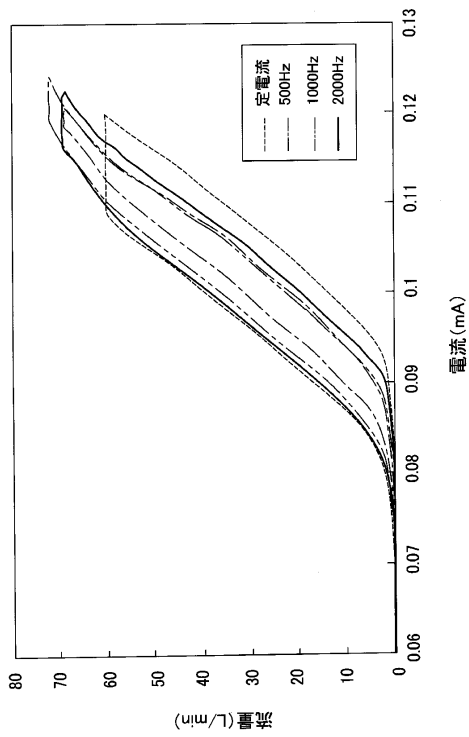
【図 2 3】



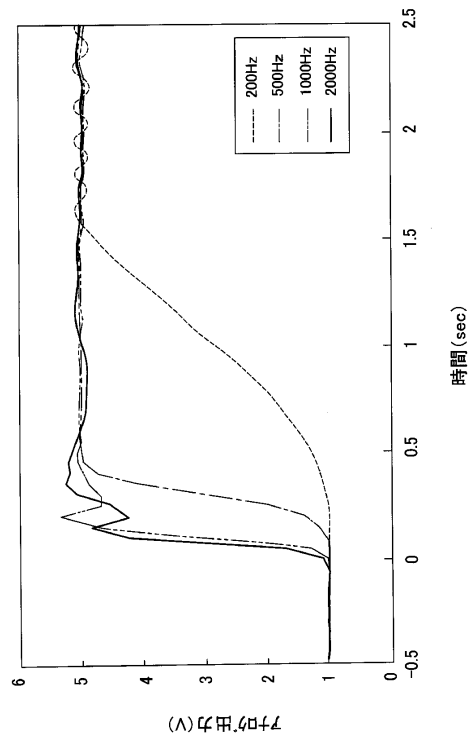
【図 2 4】



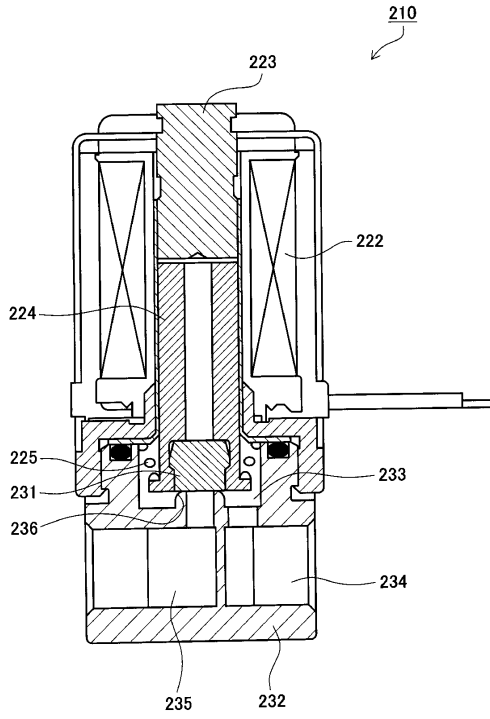
【図 2 5】



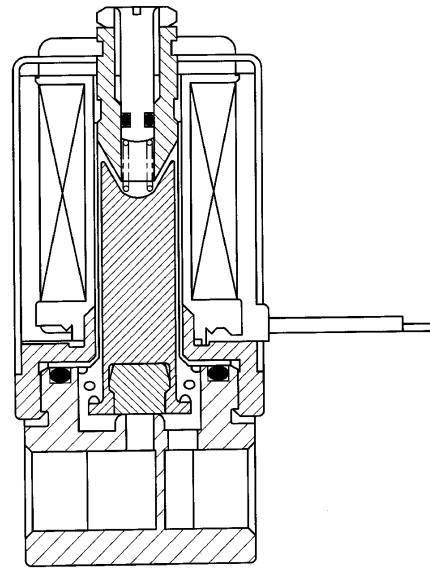
【図 2 6】



【 図 27 】



【 図 28 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 F 7/16 R

(72)発明者 丹羽 真奈美
愛知県小牧市応時二丁目250番地 シーケーディ株式会社内

審査官 関 義彦

(56)参考文献 実開昭59-7974(JP,U)
実開昭58-69174(JP,U)
実開昭57-65273(JP,U)
特開平9-317927(JP,A)
特開2004-286112(JP,A)
特開2000-250633(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F16K 31/06
G05D 7/06