

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7303723号
(P7303723)

(45)発行日 令和5年7月5日(2023.7.5)

(24)登録日 令和5年6月27日(2023.6.27)

(51)国際特許分類 F I
G 0 1 N 30/26 (2006.01) G 0 1 N 30/26 M

請求項の数 4 (全16頁)

(21)出願番号	特願2019-190312(P2019-190312)	(73)特許権者	501387839 株式会社日立ハイテク 東京都港区虎ノ門一丁目17番1号
(22)出願日	令和1年10月17日(2019.10.17)	(74)代理人	110002572 弁理士法人平木国際特許事務所
(65)公開番号	特開2021-67458(P2021-67458A)	(72)発明者	大坪 綾乃 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
(43)公開日	令和3年4月30日(2021.4.30)	(72)発明者	塚田 修大 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
審査請求日	令和4年6月14日(2022.6.14)	(72)発明者	稲波 久雄 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
		(72)発明者	富田 将司

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 流路切替バルブシステムおよび液体クロマトグラフ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

ステータと、前記ステータに対して回転可能に構成されるロータとを備える、流路切替バルブであって、

前記ステータは、第1ステータ流路、第2ステータ流路および第3ステータ流路を備え、

前記ロータは、第1ロータ流路および第2ロータ流路を備え、

前記流路切替バルブは、

前記第1ロータ流路が前記第1ステータ流路および前記第2ステータ流路を接続する、第1接続パターンと、

前記第1ロータ流路が前記第1ステータ流路および前記第3ステータ流路を接続する、第2接続パターンと、

前記第2ロータ流路が前記第1ステータ流路および前記第2ステータ流路を接続する、第3接続パターンと、

前記第2ロータ流路が前記第1ステータ流路および前記第3ステータ流路を接続する、第4接続パターンと、

を含む複数の接続パターンのいずれかを、前記ロータの回転状態に応じて実現する、流路切替バルブと、

前記ロータの回転を制御する制御装置と、

を備える、流路切替バルブシステムにおいて、

前記制御装置は、

10

20

2つの接続パターンを交互に実現する、第1モードと、
別の2つの接続パターンを交互に実現する、第2モードと、
のいずれかで動作可能である、流路切替バルブシステム。

【請求項2】

請求項1に記載の流路切替バルブシステムにおいて、
前記制御装置は、

前記ロータの総回転量、

前記ロータの総回転時間、

前記流路切替バルブシステムの総運転時間、

前記第1ステータ流路、前記第2ステータ流路、前記第3ステータ流路、前記第1ロ
ータ流路または前記第2ロータ流路における流体通過回数、

10

のうち少なくとも1つに基づいて、前記第1モードで動作するか、または前記第2モード
で動作するかを切り替える、流路切替バルブシステム。

【請求項3】

請求項1に記載の流路切替バルブシステムにおいて、
前記制御装置は、

前記第1ステータ流路、前記第2ステータ流路、前記第3ステータ流路、前記第1ロ
ータ流路または前記第2ロータ流路における圧力または圧力の変化量、

前記第1ステータ流路、前記第2ステータ流路、前記第3ステータ流路、前記第1ロ
ータ流路または前記第2ロータ流路における総流量、

20

前記第1ステータ流路、前記第2ステータ流路、前記第3ステータ流路、前記第1ロ
ータ流路または前記第2ロータ流路からのリーク量またはリーク量の変化、

前記第1ステータ流路、前記第2ステータ流路、前記第3ステータ流路、前記第1ロ
ータ流路または前記第2ロータ流路に係るキャリーオーバー量、

のうち少なくとも1つに基づいて、前記第1モードで動作するか、または前記第2モード
で動作するかを切り替える、流路切替バルブシステム。

【請求項4】

請求項1に記載の流路切替バルブシステムと、送液ポンプと、ニードルと、シリンジポ
ンプと、分離カラムと、検出器とを備える、液体クロマトグラフ。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

この発明は、流路切替バルブ、流路切替バルブシステムおよび液体クロマトグラフに関
する。

【背景技術】

【0002】

液体クロマトグラフなどの分析装置には、多数の流路を切り替える流路切替バルブが搭
載されている。流路切替バルブは、配管を接続するステータ、ロータシール、ロータシール
を回転させるロータ、それらを保持するハウジングなどから構成される。ロータシール
はばねなどによってステータに押しつけられており、ロータシールに形成された流路とス
テータに形成された流路との液密性が保たれている。ロータシールはピンでロータに固定
され、ロータをモータにより回転することでロータシールも回転し、ステータの流路対
してロータシールの流路が切り替わる。

40

【0003】

流路切替バルブのロータシールは、ステータに押しつけられながら回転し摺動する。そ
のため、ロータシールの回転時にロータシールとステータの摺動面が摩耗し、ある一定値
の摩耗量を超えると液漏れが発生してバルブとしての機能を果たさなくなる。

【0004】

この摺動面の摩耗を抑制する構造を備えた流路切替バルブが特許文献1に示されている
。特許文献1の流路切替バルブは、ステータとステータの一面と接触する面を有し、この

50

ステータの一面と接触する面を有し、接触面で摺動しつつ回転するロータとを備え、前記ステータは前記接触面に開口する複数の液体流通ポートを有し、前記ロータは前記液体流通ポートを連結する複数の流路溝を有し、ロータシールに圧力開放溝を備えることを特徴とする。この流路切替バルブは、ロータシールを十分に長い圧力開放範囲に伴って同心でそして円周上に延伸することで、圧力開放溝とステータのポート開口が重なり合ったときに発生する流体の流速が十分に小さくなり、ステータとロータシールの流路の損傷を回避するようになる。従って、ロータ回転時にポート開口部のエッジによって接触面が削り取られることを防止でき、流路の摩耗や損傷によって寿命が短くなることを防止することができる。

【0005】

また、このような流路切替バルブの例は、特許文献2にも記載される。特許文献2には、第1状態と第2状態を切り替えることができる流路切替バルブの構成が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特開2009-139376号公報
国際公開第2009/041442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】

【0007】

従来の流路切替バルブは、流路間の圧力差が存在する場合、ステータとロータの摺動面において摩耗する領域が局在化する。特許文献1および2に記載されるものについても同様である。本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、ステータとロータの摺動面において摩耗する領域を摺動面全体に分散させることで、長寿命な流路切替バルブを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

この発明に係る流路切替バルブの一例は、ステータと、前記ステータに対して回転可能に構成されるロータとを備える、流路切替バルブであって、

前記ステータは、第1ステータ流路、第2ステータ流路および第3ステータ流路を備え、

前記ロータは、第1ロータ流路および第2ロータ流路を備え、

前記流路切替バルブは、

前記第1ロータ流路が前記第1ステータ流路および前記第2ステータ流路を接続する、第1接続パターンと、

前記第1ロータ流路が前記第1ステータ流路および前記第3ステータ流路を接続する、第2接続パターンと、

前記第2ロータ流路が前記第1ステータ流路および前記第2ステータ流路を接続する、第3接続パターンと、

前記第2ロータ流路が前記第1ステータ流路および前記第3ステータ流路を接続する、第4接続パターンと、

を含む複数の接続パターンのいずれかを、前記ロータの回転状態に応じて実現する。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、ステータとロータの摺動面の摩耗する領域を分散させ、流路切替バルブの長寿命化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の実施例1に係る流路切替バルブの構成の例を示す図。とくに、(a)は(d)の破線に沿った断面図、(b)はロータシールの上面図、(c)はステータがロータシールと接触している部分の上面図、(d)はステータとロータシールの接触面の上面図

10

20

30

40

50

【図 2】従来の流路切替バルブの動作説明および摩耗領域の説明図

【図 3】本発明の実施例 1 に係る液体クロマトグラフの流路模式図。とくに、(a) は初期状態を表し、(b) は初期状態から流路切替バルブが時計回りに回転した状態を表す

【図 4】本発明の実施例 1 に係る流路切替バルブシステムの構成の例を示す図

【図 5】本発明の実施例 1 の流路切替バルブの動作説明および摩耗領域の説明図

【図 6】実施例 1 の変形例に係る動作を示す図

【図 7】本発明の実施例 2 に係る流路切替バルブの構成の例を示す図。とくに、(a) は流路切替バルブの断面図、(b) はロータシールの上面図、(c) は中間ステータシールがロータシールと接触している部分の上面図、(d) は中間ステータシールとロータシールの接触面の上面図

10

【図 8】本発明の実施例 2 の流路切替バルブの動作方法の説明図

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、添付図面を参照して本発明の実施例について説明する。なお、本発明は以下に説明する実施例に限定されるものではない。

【0012】

[実施例 1]

図 1 に、本発明の流路切替バルブ 5 の構成の例を示す。流路切替バルブ 5 の、軸（たとえば回転軸、以下同じ）に平行な平面による断面図を図 1 (a) に示す。図 1 (a) は、とくに図 1 (d) の破線に沿った断面によるものである。ロータシール 22 の上面図を図 1 (b) に、ステータ本体 21 のロータシール 22 と接触している部分の上面図を図 1 (c) に示す。なお、ステータ本体 21 の図 1 (c) に示す面は実際には下方に面しており、上側から見ることはできないが、ロータシール 22 との重ね合わせをわかりやすくするため上側から見た形状を示している。また図 1 (d) に、ステータ本体 21 の接触面とロータシール 22 の接触面を重ね合わせたときの、それぞれの流路の位置関係を示す。

20

【0013】

流路切替バルブ 5 は、ステータおよびロータを備える。ロータはステータに対して回転可能に構成され、たとえば所定の回転軸の周りに回転する。

【0014】

本実施例では、図 1 (a) に示すように、流路切替バルブ 5 は、配管を接続するステータ本体 21 と、ロータシール 22 と、ロータシール 22 を回転させるロータ本体 23 と、ステータ本体 21 およびロータ本体 23 を保持するハウジング 26 とを備える。ステータ本体 21 が本実施例におけるステータを構成し、ロータシール 22 およびロータ本体 23 が本実施例におけるロータを構成する。

30

【0015】

ロータ本体 23 は、バネなど（図示なし）によって、ロータシール 22 を介してステータ本体 21 に向かって押し付けられ、それによって、ロータシール 22 がステータ本体 21 に押し付けられる。ステータ本体 21 はたとえば、金属やセラミックからなり、ロータシール 22 はたとえば、金属、セラミック、または樹脂からなる。ステータ本体 21 とロータシール 22 には、耐摩耗性能を向上させるために、ダイヤモンドライクカーボンがコーティングされていてもよい。

40

【0016】

ステータ本体 21 には複数の固定ステータ流路が構成され、固定ステータ流路によってステータ本体 21 の内部を流体が流動することができる。本実施例では、図 1 (c) に示すように、ステータ本体 21 は 6 つの固定ステータ流路 31 ~ 36 を備え、これらの固定ステータ流路のそれぞれが、本実施例におけるステータ流路を構成する。とくに、本実施例では、固定ステータ流路 31 が第 1 ステータ流路であり、固定ステータ流路 32 が第 2 ステータ流路であり、固定ステータ流路 36 が第 3 ステータ流路である。

【0017】

なお、「固定ステータ流路」という名称は、本実施例において各流路がステータ本体 2

50

1 に対して固定されていることを表す。これは、後述の実施例 2 において中間ステータシール流路がステータ本体に対して移動する構成との対比を明確にするための表現であるが、この表現は、本発明の他の実施例において各流路が固定されていることを、いかなる意味においても要求するものではない。

【0018】

本実施例では、固定ステータ流路 3 1 ~ 3 6 は軸を中心とする円周上に設けられる。すなわち、ステータ本体 2 1 の軸から固定ステータ流路 3 1 ~ 3 6 までの距離はいずれも等しい。ただし、そうでない変形例も実施可能である。また、本実施例では、固定ステータ流路 3 1 ~ 3 6 の軸に垂直な断面はすべて同一形状かつ同一面積となるよう設けられる。とくに、本実施例では、固定ステータ流路 3 1 ~ 3 6 の軸に垂直な断面はすべて同一半径の円である。ただし、形状が異なる変形例や面積が異なる変形例も実施可能である。また、本実施例では、固定ステータ流路 3 1 ~ 3 6 は周方向に等間隔に設けられており、すなわち隣接する 2 つの固定ステータ流路は軸に対して互いに 6 0 度の角度をなす方向に配置される。ただし、周方向に等間隔とならない変形例も実施可能である。

10

【0019】

また、ロータにも複数のロータ流路が構成され、ロータ流路によってロータの内部を流体が流動することができる。本実施例では、図 1 (b) に示すように、ロータシール 2 2 は 3 つのロータ流路 2 4 1 ~ 2 4 3 を備える。とくに、本実施例では、ロータ流路 2 4 1 が第 1 ロータ流路であり、ロータ流路 2 4 2 が第 2 ロータ流路である。なお変形例としてロータはロータシール 2 2 を備えないものであってもよく、その場合にはロータ流路はロータ本体 2 3 に設けられてもよい。

20

【0020】

本実施例では、ロータ流路 2 4 1 ~ 2 4 3 は軸を中心とする円周上に設けられる。すなわち、ロータシール 2 2 の軸からロータ流路 2 4 1 ~ 2 4 3 までの距離はいずれも等しい。ただし、そうでない変形例も実施可能である。また、本実施例では、ロータ流路 2 4 1 ~ 2 4 3 の軸に垂直な断面はすべて同一形状かつ同一面積となるよう設けられる。ただし、形状が異なる変形例や面積が異なる変形例も実施可能である。また、本実施例では、ロータ流路 2 4 1 ~ 2 4 3 は周方向に等間隔に設けられており、すなわち隣接する 2 つのロータ流路は軸に対して 1 2 0 度の角度をなす。ただし、周方向に等間隔とならない変形例も実施可能である。

30

【0021】

各ロータ流路は、ロータの回転状態に応じて、2 つの固定ステータ流路を接続できるよう構成されている。ロータの回転状態とは、たとえばステータとロータとの回転位置関係を表す。より具体的には、ステータ本体 2 1 に対してロータシール 2 2 の基準回転位置が定義される場合に、その基準回転位置に対するロータシール 2 2 の相対的回転位置として定義してもよい。例として、図 1 (a) および図 1 (d) に示す状態では、ロータ流路 2 4 1 は固定ステータ流路 3 1 および 3 2 を接続し、ロータ流路 2 4 2 は固定ステータ流路 3 5 および 3 6 を接続し、ロータ流路 2 4 3 は固定ステータ流路 3 3 および 3 4 を接続する。

【0022】

前述したように、ロータシール 2 2 はロータ本体 2 3 によりステータ本体 2 1 に押しつけられており、これによって液密性が保たれている。すなわち、ロータ流路 2 4 1 と固定ステータ流路 3 1、3 2 が連結した流路、ロータ流路 2 4 2 と固定ステータ流路 3 5、3 6 が連結した流路、および、ロータ流路 2 4 3 と固定ステータ流路 3 3、3 4 が連結した流路から自身以外の流路へ、もしくは、流路切替バルブ 5 の外部へ、液が漏れないようになっている。

40

【0023】

ロータシール 2 2 はピン等 (図示せず) でロータ本体 2 3 に固定され、ロータ本体 2 3 に接続されたモータ (図示せず) により、ロータ本体 2 3 と一体に回転する。ロータの回転角度は、例えば、モータにエンコーダーを備えて測定される。また、例えば、ロータシ

50

ール 22 に設ける位置検知溝 28 を、ハウジング 26 に設ける位置検知窓 30 を通して外部から光学的に検出することで測定することができる。このとき、位置検知溝 28 や位置検知窓 30 は複数存在してもよい。

【0024】

図 2 を用いて、従来の流路切替バルブについて説明する。図 2 (a) の状態から、ロータシール 22 が摺動方向 29 (時計回り) に 60 度回転し、図 2 (b) の状態を経て、図 2 (c) の状態となる。ロータ流路 241 は、図 2 (a) の状態では固定ステータ流路 31、32 を連結していて、図 2 (c) の状態では固定ステータ流路 32、33 を連結している。同様に、ロータ流路 242 は、図 2 (a) の状態では固定ステータ流路 35、36 を連結していて、図 2 (c) では固定ステータ流路 36、31 を連結している。また、ロータ流路 243 は、図 2 (a) の状態では固定ステータ流路 33、34 を連結していて、図 2 (c) では固定ステータ流路 34、35 を連結している。図 2 (a) の状態から図 2 (c) の状態に切り替わった後は、図 2 (c) の状態から摺動方向 29 と反対方向に 60 度回転し、図 2 (b) の状態を経て、図 2 (a) の状態に戻る。このように、摺動方向 29 に 60 度の回転運動と、摺動方向 29 と反対方向 (反時計回り) に 60 度の回転運動とからなる往復動作をする。

10

【0025】

なお、本明細書において、回転方向および回転量の表現は便宜上のものであり、実際の回転方向および回転量をこれらと一致させる必要はない。たとえば、摺動方向 29 の 60 度の回転は、摺動方向 29 の 420 度の回転によっても実現することができるし、摺動方向 29 と反対方向の 300 度の回転によっても実現することができる。

20

【0026】

図 3 は、本発明の実施例 1 に係る液体クロマトグラフ 1 の流路模式図である。本発明の実施例 1 の流路切替バルブ 5 を搭載した液体クロマトグラフ 1 の流路模式図を図 3 (a)、図 3 (b) に示す。液体クロマトグラフ 1 は、送液ポンプ 2、ニードル 3、シリンジポンプ 4、流路切替バルブ 5、分離カラム 6、検出器 7、およびそれらを接続する配管を備える。流路切替バルブ 5 の固定ステータ流路 31、32、33、34、35、36 は、それぞれ送液ポンプ 2、分離カラム 6、ニードルポート 10、廃液タンク 11、シリンジポンプ 4、ニードル 3 に接続されている。

【0027】

まず、図 3 (a) の状態では、送液ポンプ 2 により送液される溶離液 9 は、固定ステータ流路 31、ロータ流路 241、固定ステータ流路 32 を通って、分離カラム 6、検出器 7、廃液タンク 11 に流れる。また、ニードルポート 10 が固定ステータ流路 33、ロータ流路 243、固定ステータ流路 34 を介して廃液タンク 11 に接続され、シリンジポンプ 4 が固定ステータ流路 35、ロータ流路 242、固定ステータ流路 36 を介してニードル 3 と接続される。この状態で、シリンジポンプ 4 を吸引することで、ニードル 3 内にサンプル 8 が吸引される。

30

【0028】

その後、ロータシール 22 を摺動方向 29 (時計回り) に 60 度回転させて流路を切り替え、図 3 (b) の状態にする。また、図 3 (b) の状態では、サンプル 8 を保持したニードル 3 を移動させてニードルポート 10 に接続し、この状態で、送液ポンプ 2 で溶離液を送液してニードル 3 内のサンプル 8 を分離カラム 6 に送液し、分離カラム 6 でサンプル 8 を分離し、分離されたサンプルを検出器 7 で検出する。その後、サンプルの流れた流路を洗浄するために溶離液を送液する。

40

【0029】

従来の流路切替バルブでは、図 3 (b) の状態からロータシール 22 を摺動方向 29 と反対方向 (反時計回り) に 60 度回転させて、図 3 (a) の状態に戻す。その状態で、送液ポンプ 2、シリンジポンプ 4 で溶離液を流して流路を洗浄する。以上の動作を、分析するサンプル毎に繰り返す。

【0030】

50

分離カラム 6 は内部に数マイクロメートルの粒子が充填されていて流体抵抗が大きい。そのため、送液ポンプ 2 は数十メガパスカル (MPa) の高い圧力で溶離液を送液する。一方、シリンジポンプ 4 につながる流路には流体抵抗の大きい部材が接続されていないので、シリンジポンプ 4 の送液圧力は大気圧 (0.1 MPa) に近い。したがって、図 3 (a) の状態では、ロータ流路 241 内の液圧が高く、ロータ流路 242, 243 内の液圧は低い状態となる。すると、ロータ流路 241 付近は、液圧によってロータシール 22 とステータ本体 21 が押し広げられ接触圧力が小さくなる。一方で、ロータ流路 242 および 243 の付近は液圧が小さいため、ロータ流路 241 付近に比べて接触圧力が大きい。したがって、ロータシール 22 の接触面全体としては、図 2 (a) に示した領域 200 の接触圧力が大きくなる。

10

【0031】

一方、図 3 (b) の状態では、ロータ流路 242、241 内の液圧が高く、ロータ流路 243 内の液圧は低い状態となる。すると、ロータ流路 242、241 付近は、液圧によってロータシール 22 とステータ本体 21 が押し広げられ接触圧力が小さくなる。一方で、ロータ流路 243 の付近は液圧が小さいため、ロータ流路 242、241 付近に比べて接触圧力が大きい。したがって、ロータシール 22 の接触面全体としては、図 2 (c) に示した領域 201 の接触圧力が大きくなる。なお、領域 200 の位置は、ロータシール 22 の回転に伴い移動している。

【0032】

上述したように、従来の流路切替バルブでは、図 3 (a) (図 2 (a)) に示す状態と図 3 (b) (図 2 (c)) に示す状態との間を往復動作するので、ロータシール 22 においてステータ本体 21 との接触面で接触圧力が高い部分は領域 200、201 のみであり、その部分の摩耗が他の部分よりも早く進む。このため、摺動面において摩耗する領域が局在化し、流路切替バルブの寿命が短くなる。

20

【0033】

図 4 に、本発明の実施例 1 に係る流路切替バルブ 5 を含む流路切替バルブシステムの構成の例を示す。流路切替バルブシステムは、流路切替バルブ 5 と、流路切替バルブ 5 のロータの回転を制御する制御装置 500 とを含む。制御装置 500 はたとえば公知の構成を有するコンピュータを用いて構成することができ、演算を行う演算手段と、情報を記憶する記憶手段とを備える。演算手段はたとえばプロセッサを含み、記憶手段はたとえば半導体メモリを含む。記憶手段はプログラムを格納することができ、演算手段がこのプログラムを実行することにより、制御装置 500 はその処理を実現して流路切替バルブ 5 を制御する。

30

【0034】

図 5 を用いて、本発明の実施例 1 に係る流路切替バルブ 5 の動作を説明するとともに摩耗領域を説明する。本実施例では、流路切替バルブ 5 による流路の切り替えを、ロータシール 22 を同一方向に回転させ続けることで行い、バルブの長寿命化を実現する。

【0035】

流路切替バルブ 5 は、複数の接続パターンを切り替えて実現することができ、とくに、複数の接続パターンのいずれかを、ロータの回転に応じて実現することができる。本実施例では、図 5 に示す 6 つの接続パターンが可能である。本実施例では、図 5 (a) に示すパターンが第 1 接続パターンであり、図 5 (f) に示すパターンが第 2 接続パターンであり、図 5 (c) に示すパターンが第 3 接続パターンであり、図 5 (b) に示すパターンが第 4 接続パターンである。

40

【0036】

以下の説明において、図 5 (a) から図 5 (f) の固定ステータ流路 31 ~ 36 の位置は、図 3 (a)、図 3 (b) に示した位置に対応するものとする。

【0037】

図 5 (a) の接続パターンでは、ロータ流路 241 が固定ステータ流路 31 および固定ステータ流路 32 を接続し、ロータ流路 242 が固定ステータ流路 35 および固定ステー

50

タ流路 3 6 を接続し、ロータ流路 2 4 3 が固定ステータ流路 3 3 および固定ステータ流路 3 4 を接続する。上述した液圧と接触圧力の関係から、図 5 (a) ではロータシール 2 2 において領域 2 0 0 付近の接触圧力が高い。

【 0 0 3 8 】

この状態の後、ロータシール 2 2 を摺動方向 2 9 に 6 0 度回転して図 5 (b) の状態にする。図 5 (b) の接続パターンでは、ロータ流路 2 4 1 が固定ステータ流路 3 2 および固定ステータ流路 3 3 を接続し、ロータ流路 2 4 2 が固定ステータ流路 3 6 および固定ステータ流路 3 1 を接続し、ロータ流路 2 4 3 が固定ステータ流路 3 4 および固定ステータ流路 3 5 を接続する。この状態では、ロータシール 2 2 において領域 2 0 1 付近の接触圧力が高くなる。

10

【 0 0 3 9 】

この後、摺動方向 2 9 にさらに 6 0 度回転して図 5 (c) の状態にする。図 5 (c) の接続パターンでは、ロータ流路 2 4 1 が固定ステータ流路 3 3 および固定ステータ流路 3 4 を接続し、ロータ流路 2 4 2 が固定ステータ流路 3 1 および固定ステータ流路 3 2 を接続し、ロータ流路 2 4 3 が固定ステータ流路 3 5 および固定ステータ流路 3 6 を接続する。この状態では、ロータシール 2 2 において領域 2 0 2 付近の接触圧力が高くなる。このとき、ロータシール 2 2 上の領域 2 0 0 は元の位置には戻らず、摺動方向 2 9 に 1 2 0 度回転した位置、すなわち図 5 (c) における左上の位置に移動している。

【 0 0 4 0 】

この後、摺動方向 2 9 にさらに 6 0 度回転して図 5 (d) の状態にする。図 5 (d) の接続パターンでは、ロータ流路 2 4 1 が固定ステータ流路 3 4 および固定ステータ流路 3 5 を接続し、ロータ流路 2 4 2 が固定ステータ流路 3 2 および固定ステータ流路 3 3 を接続し、ロータ流路 2 4 3 が固定ステータ流路 3 6 および固定ステータ流路 3 1 を接続する。

20

【 0 0 4 1 】

この後、摺動方向 2 9 にさらに 6 0 度回転して図 5 (e) の状態にする。図 5 (e) の接続パターンでは、ロータ流路 2 4 1 が固定ステータ流路 3 5 および固定ステータ流路 3 6 を接続し、ロータ流路 2 4 2 が固定ステータ流路 3 3 および固定ステータ流路 3 4 を接続し、ロータ流路 2 4 3 が固定ステータ流路 3 1 および固定ステータ流路 3 2 を接続する。

【 0 0 4 2 】

この後、摺動方向 2 9 にさらに 6 0 度回転して図 5 (f) の状態にする。図 5 (f) の接続パターンでは、ロータ流路 2 4 1 が固定ステータ流路 3 6 および固定ステータ流路 3 1 を接続し、ロータ流路 2 4 2 が固定ステータ流路 3 4 および固定ステータ流路 3 5 を接続し、ロータ流路 2 4 3 が固定ステータ流路 3 2 および固定ステータ流路 3 3 を接続する。

30

【 0 0 4 3 】

この後、摺動方向 2 9 にさらに 6 0 度回転して、再び図 5 (a) の状態にする。このように、流路の切り替えにおいて、ロータシール 2 2 を常に摺動方向 2 9 に 6 0 度ずつ切り替えると、接触面圧が高い状態を経験した領域 2 0 0 から 2 0 6 がロータシール 2 2 上の全周に分散する。これによって、ロータシール 2 2 の摩耗領域が分散し、従来の駆動方法よりも寿命が長くなる。

【 0 0 4 4 】

摩耗領域をロータシール 2 2 の全周に分散させるには、実施例 1 のようにロータシール 2 2 を常に同一方向に回転させる必要は必ずしもなく、条件に応じて逆方向に回転させるように変形してもよい。

40

【 0 0 4 5 】

図 6 に、このような変形例に係る動作の例を示す。この例では、制御装置 5 0 0 は複数のモードのいずれかで動作可能である。たとえば、図 5 (a) の接続パターンおよび図 5 (b) の接続パターンを交互に実現するモード (第 1 モード) と、図 5 (c) の接続パターンおよび図 5 (d) の接続パターンを交互に実現するモード (第 2 モード) と、図 5 (e) の接続パターンおよび図 5 (f) の接続パターンを交互に実現するモード (第 3 モード) と、のいずれかで動作可能である。

50

【 0 0 4 6 】

たとえば、所定の基準が満たされるまでは第 1 モードで動作して、図 5 (a) と図 5 (b) の間を往復運動する。その後、所定の基準が満たされた場合に 1 回だけロータシール 2 2 を 1 2 0 度回転させ、第 2 モードに遷移する (たとえば図 5 (c) の状態にする)。そこから再び所定の基準が満たされるまでは第 2 モードで動作して、図 5 (c) と図 5 (d) の間を往復運動する。さらにその後、再び所定の基準が満たされた場合に 1 回だけロータシール 2 2 を 1 2 0 度回転させ、第 3 モードに遷移する (たとえば図 5 (e) の状態にする)。そこからさらに所定の基準が満たされるまで第 3 モードで動作して、図 5 (e) と図 5 (f) の間を往復運動する。さらに所定の基準が満たされた場合に 1 回だけロータシール 2 2 を 1 2 0 度回転させ、再び第 1 モードに遷移する (たとえば図 5 (a) の状態に戻る)。このような動作によっても、摩耗領域をロータシール 2 2 の全周に分散させることができる。

10

【 0 0 4 7 】

なお、各モードに含まれる状態の組み合わせはこれに限らない。たとえば、第 1 モードが図 5 (f) および図 5 (a) の状態を含み、第 2 モードが図 5 (b) および図 5 (c) の状態を含み、第 3 モードが図 5 (d) および図 5 (e) の状態を含んでもよい。

【 0 0 4 8 】

ここで、モードを遷移させるための上記所定の基準は、任意に設計可能である。たとえば、制御装置 5 0 0 は、ロータの総回転量に基づいてモードを切り替えてもよい。総回転量とは、たとえばそれまでにロータシール 2 2 が回転した回数 (または角度の積算値) をいう。または、制御装置 5 0 0 は、ロータの総回転時間に基づいてモードを切り替えてもよい。総回転時間とは、たとえばそれまでにロータシール 2 2 が回転動作していた時間の積算値をいう。または、制御装置 5 0 0 は、流路切替バルブシステムの総運転時間に基づいてモードを切り替えてもよい。総運転時間とは、たとえばそれまでに流路切替バルブシステムの電源が入っていた時間の積算値をいう。または、制御装置 5 0 0 は、いずれかの流路 (すなわち、固定ステータ流路 3 1 ~ 3 6 およびロータ流路 2 4 1 ~ 2 4 3 のいずれか) における流体通過回数に基づいてモードを切り替えてもよい。流体通過回数は、たとえば液体クロマトグラフ 1 では分析動作の実行回数に対応する。

20

【 0 0 4 9 】

または、液体クロマトグラフ 1 は、いずれかの流路における流体の状態を測定する装置を備えてもよく、制御装置 5 0 0 は、そのような装置からの信号を受信し、これに基づいてモードを切り替えてもよい。たとえば、制御装置 5 0 0 は、いずれかの流路における圧力に基づいてモードを切り替えてもよく、いずれかの流路における圧力の変化量に基づいてモードを切り替えてもよく、いずれかの流路における総流量 (たとえば溶離液の総量) に基づいてモードを切り替えてもよく、いずれかの流路からのリーク量に基づいてモードを切り替えてもよく、いずれかの流路からのリーク量の変化に基づいてモードを切り替えてもよく、いずれかの流路に係るキャリアオーバー量に基づいてモードを切り替えてもよい。キャリアオーバー量は、たとえばあらかじめ決めておいた分析方法により検出器 7 を用いて検出することができる。

30

【 0 0 5 0 】

また、上記において説明した基準を複数またはすべて組み合わせて定義される条件を用いてもよい。このような基準を定義しておく、適切なタイミングでモードを切り替えることができ、より適切に摩耗領域を分散させることができる。

40

【 0 0 5 1 】

[実施例 2]

実施例 1 では、摺動面におけるステータ側の構造は常に固定されていた。実施例 2 は、摺動面におけるステータ側の構造についても一部を回転可能とするものである。以下、実施例 1 との相違を説明する。

【 0 0 5 2 】

図 7 に、本発明の実施例 2 に係る流路切替バルブ 5 の構成の例を示す。実施例 1 との差

50

分は、図7に示すステータ本体21とロータシール22との間に中間ステータシール330を設けたことである。実施例2において、ステータ本体21および中間ステータシール330がステータを構成する。

【0053】

流路切替バルブ5の、軸に平行な平面による断面図を図7(a)に、ロータシール22の上面図を図7(b)に、中間ステータシール330のロータシール22と接触している部分の上面図を図7(c)に示す。なお、中間ステータシール330の図7(c)に示す面は実際には下方に面しており、上側から見ることはできないが、ロータシール22との重ね合わせをわかりやすくするため上側から見た形状を示している。また図7(d)に、中間ステータシール330の接触面とロータシール22の接触面を重ね合わせたときの、それぞれの流路の位置関係を示す。

10

【0054】

本発明の実施例2の流路切替バルブ5を搭載した液体クロマトグラフを図3、図7、図8を用いて説明する。中間ステータシール330は、ステータ本体21に対して回転可能に固定される。中間ステータシール330の回転軸は、ロータの回転軸と同一である。中間ステータシール330をステータ本体21に対して回転させることで、ロータ側のみならず、ステータ側でも接触面の摩耗領域を分散することができる。

【0055】

中間ステータシール330は、中間ステータシール流路331~336を備え、中間ステータシール流路331~336は、それぞれ、固定ステータ流路31~36のいずれかに接続される。どの中間ステータシール流路がどの固定ステータ流路に接続されるかは、ステータ本体21に対する中間ステータシール330の回転位置に応じて異なる。中間ステータシール流路331~336は、それぞれ本実施例におけるステータ流路を構成する。

20

【0056】

図7に示すように、実施例2に示す流路切替バルブ5のロータシール22はロータ本体23により中間ステータシール330に押しつけられており、3つの流路の液密性が保たれている。3つの流路は、図7に示す状態では、ロータ流路241、固定ステータ流路31、32および中間ステータシール流路331、332によって構成される流路(図7(a)にはこの流路が現れている)と、ロータ流路242、固定ステータ流路35、36および中間ステータシール流路335、336によって構成される流路と、ロータ流路243、固定ステータ流路33、34および中間ステータシール流路333、334によって構成される流路である。

30

【0057】

ロータシール22はピン(図示せず)でロータ本体23に固定され、ロータ本体23に接続されたモータ(図示せず)により回転する。

【0058】

実施例2に係る流路切替バルブ5の動作方法を図8で示す。図8(a)の状態は、第1モードにおいて実現される接続パターンの1つを示し、図7の状態に対応する。流路切替バルブ5は、図8(a)の接続パターンを含む2通りの接続パターンを切り替えつつ動作する。たとえば、図8(a)の接続パターンと、そこからロータを摺動方向29に60度回転させた状態の接続パターンとが、切り替えつつ実現される。

40

【0059】

図8(a)の状態から中間ステータシール330を摺動方向29に120度回転させると、図8(b)の状態となる。図8(b)の状態は、第2モードにおいて実現される接続パターンの1つを示す。流路切替バルブ5は、図8(b)の接続パターンを含む2通りの接続パターンを切り替えつつ動作する。たとえば、図8(b)の接続パターンと、そこからロータを摺動方向29に60度回転させた状態の接続パターンとが、切り替えつつ実現される。

【0060】

図8(b)の状態では、中間ステータシール流路335、ロータ流路241、中間ステ

50

ータシール流路 336 は図 3 の送液ポンプ 2 と分離カラム 6 に接続する。また、中間ステータシール流路 331、ロータ流路 243、中間ステータシール流路 332 はニードルポート 10 と廃液タンク 11 に接続する。また、中間ステータシール流路 333、ロータ流路 242、中間ステータシール流路 334 は図 3 のニードル 3 とシリンジポンプ 4 に接続する。

【0061】

また、図 8 (a) の状態から中間ステータシール 330 を摺動方向 29 に 240 度回転させると (すなわち、図 8 (b) の状態から中間ステータシール 330 を摺動方向 29 に 120 度回転させると)、図 8 (c) の状態となる。図 8 (c) の状態は、第 3 モードにおいて実現される接続パターンの 1 つを示す。流路切替バルブ 5 は、図 8 (c) の接続パターンを含む 2 通りの接続パターンを切り替えつつ動作する。たとえば、図 8 (c) の接続パターンと、そこからロータを摺動方向 29 に 60 度回転させた状態の接続パターンとが、切り替えつつ実現される。

10

【0062】

図 8 (c) の状態では、中間ステータシール流路 333、ロータ流路 241、中間ステータシール流路 334 は図 3 の送液ポンプ 2 と分離カラム 6 に接続する。また、中間ステータシール流路 335、ロータ流路 243、中間ステータシール流路 336 はニードルポート 10 と廃液タンク 11 に接続する。また、中間ステータシール流路 331、ロータ流路 242、中間ステータシール流路 332 は図 3 のニードル 3 とシリンジポンプ 4 に接続する。

20

【0063】

中間ステータシール 330 を回転させる方法および構成は、当業者が任意に設計することができる。たとえば液体クロマトグラフの使用者が手動で回転させてもよいし、制御装置 500 またはその他の装置が自動的に回転させてもよい。手動で回転させる場合には、例えば、図 7 の位置検知窓 30 などから中間ステータシール 330 の回転溝 328 に治具 (図示せず) を差し込み回転させるように構成することができる。たとえば、中間ステータシール 330 の回転中心に、軸方向に突出する凸部が形成されていて (図示せず)、ステータ本体 21 の中心に、軸方向に陥没する凹部が形成されていて (図示せず)、それらが物理的に組み合わせり回転可能に嵌合することで、中間ステータシールの回転軸を構成することができる。また、ロータシール 22 が回転する際に中間ステータシール 330 が共回りしないように、ステータ本体 21 に対して中間ステータシール 330 を固定保持する構造 (ロック機構等) を備えてもよい。

30

【0064】

このように中間ステータシール 330 を回転させることで、中間ステータシール流路 331 および 332 の液圧が高い状態と、中間ステータシール流路 333 および 334 の液圧が高い状態と、中間ステータシール流路 335 および 336 の液圧が高い状態とがよりバランスよく実現される。たとえば、中間ステータシール流路 331 および 332 に対向する領域の接触圧力が高い状態と、中間ステータシール流路 333 および 334 に対向する領域の接触圧力が高い状態と、中間ステータシール流路 335 および 336 に対向する領域の接触圧力が高い状態とが、よりバランスよく実現される。このため、中間ステータシール 330 の摩耗領域が分散し、従来の駆動方法よりも寿命が長くなる。

40

【0065】

中間ステータシール 330 を回転させるタイミングは、図 6 に示す変形例において説明したモードを切り替えるタイミングと同様の基準に基づいて決定することができる。また、図 6 のようなロータ回転のモード切り替えと、実施例 2 に係る中間ステータシール 330 の回転のモード切り替えとを組み合わせる実施してもよい。なお、これらを組み合わせる実施する場合には、双方の切り替えタイミングが一致しないようにすると、ロータシール 22 と中間ステータシール 330 との位置関係が固定されず好適である。

【0066】

[その他の変形例]

50

上述の実施例 1 および 2 において、流路および接続パターンの数は、流路切替バルブの用途に応じて適宜変更可能である。ステータ流路（実施例 1 では固定ステータ流路、実施例 2 では中間ステータシール流路）は少なくとも 3 つあればよく、ロータ流路は少なくとも 2 つあればよく、接続パターンは少なくとも 4 つあればよい。たとえば、ステータ流路として図 5 に示す固定ステータ流路 3 1、3 2、3 6 のみを有し、ロータ流路として図 5 に示すロータ流路 2 4 1、2 4 2 のみを有する流路構成の場合には、少なくとも図 5（a）、（b）、（c）、（d）に対応する 4 つの接続パターンが実現できればよい。そのような場合には、すべての接続パターンにおいてすべてのロータ流路がそれぞれ 2 つのステータ流路を接続するよう構成する必要はない（たとえば図 5（a）に示すパターンにおいて、固定ステータ流路 3 3～3 5 が存在しない場合には、ロータ流路 2 4 2 は固定ステータ流路 3 6 のみと連通することになり、2 つのステータ流路を接続するものではない）。

10

【0067】

また、構造上実現可能な接続パターンをすべて均等に実現する必要はない。たとえば、図 6 の例において、第 3 モードを省略し、第 1 モードおよび第 2 モードのみを切り替えて動作してもよい。その場合には図 5（e）および図 5（f）の接続パターンが実現されなくなるが、その場合でも、摩耗領域をある程度（すなわち、全周にはないが、少なくとも複数箇所に）分散させることができる。

【0068】

また、図 6 の例では 3 つのモードが定義されているが、モードの数は少なくとも 2 つであればよい。たとえば、モードの数を 2 とし、第 1 モードにおいて 2 つの接続パターンを交互に実現し、第 2 モードにおいて別の 2 つのパターンを交互に実現するようにしてもよい。図 5 の例に沿って言えば、第 1 モードにおいて、図 5（a）の接続パターンと、図 5（b）または図 5（f）の接続パターンのうち一方とが交互に実現され、第 2 モードにおいて、第 1 モードで実現されない特定の 2 つの接続パターンが実現されればよい。この「第 1 モードで実現されない特定の 2 つの接続パターン」は、図 5（c）の接続パターンと、別の接続パターンとを含む。この「別の接続パターン」は、たとえば図 5（b）または図 5（f）の接続パターンのうち第 1 モードにおいて実現されない一方であるが、図 5（d）の接続パターンであってもよく、これら以外の適切に構成された接続パターンであってもよい。

20

【符号の説明】

30

【0069】

- 1 ... 液体クロマトグラフ
- 2 ... 送液ポンプ
- 3 ... ニードル
- 4 ... シリンジポンプ
- 5 ... 流路切替バルブ
- 6 ... 分離カラム
- 7 ... 検出器
- 8 ... サンプル
- 9 ... 溶離液
- 10 ... ニードルポート
- 11, 16 ... 廃液タンク
- 21 ... ステータ本体（ステータ）
- 22 ... ロータシール（ロータ）
- 23 ... ロータ本体（ロータ）
- 26 ... ハウジング
- 28 ... 位置検知溝
- 29 ... 摺動方向
- 30 ... 位置検知窓
- 31 ... 固定ステータ流路（第 1 ステータ流路）

40

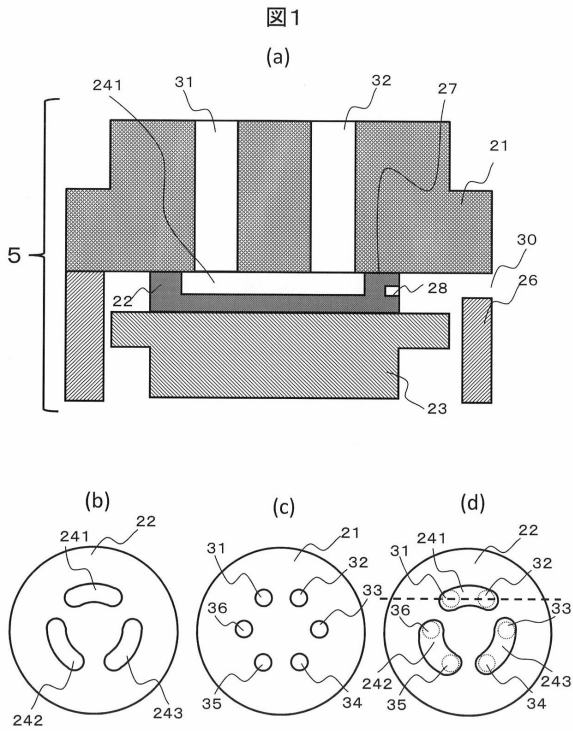
50

- 3 2 ... 固定ステータ流路 (第 2 ステータ流路)
- 3 3 , 3 4 , 3 5 ... 固定ステータ流路
- 3 6 ... 固定ステータ流路 (第 3 ステータ流路)
- 2 0 0 , 2 0 1 , 2 0 2 ... 領域
- 2 4 1 ... ロータ流路 (第 1 ロータ流路)
- 2 4 2 ... ロータ流路 (第 2 ロータ流路)
- 2 4 3 ... ロータ流路
- 3 2 8 ... 回転溝
- 3 3 0 ... 中間ステータシール
- 3 3 1 ... 中間ステータシール流路 (第 1 ステータ流路)
- 3 3 2 ... 中間ステータシール流路 (第 2 ステータ流路)
- 3 3 3 , 3 3 4 , 3 3 5 ... 中間ステータシール流路
- 3 3 6 ... 中間ステータシール流路 (第 3 ステータ流路)
- 5 0 0 ... 制御装置

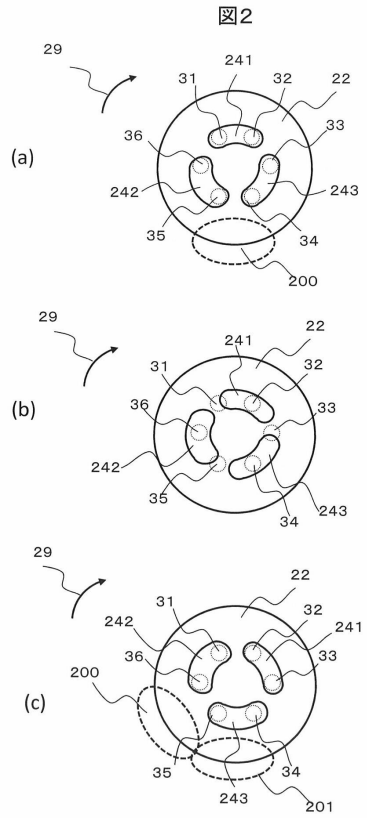
10

【図面】

【図 1】



【図 2】



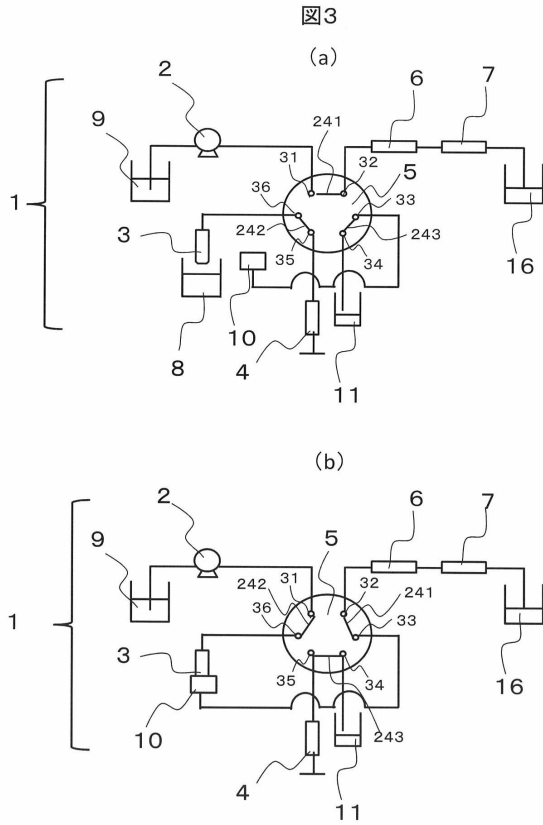
20

30

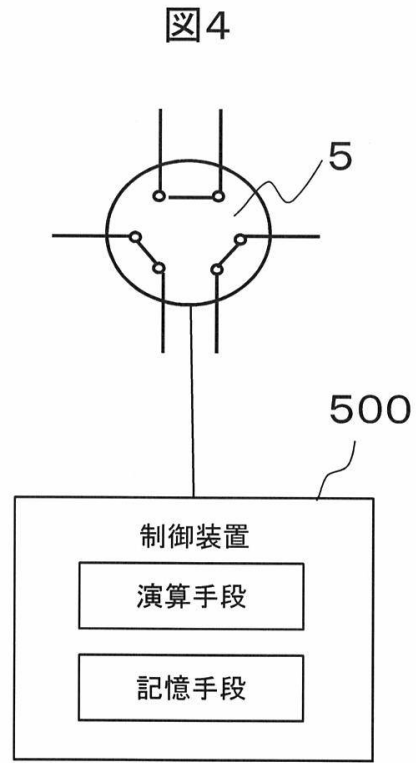
40

50

【図3】



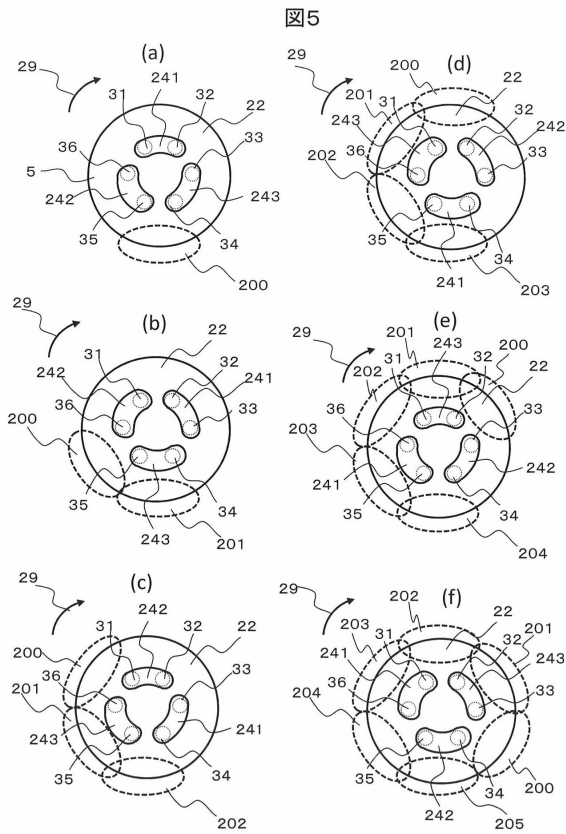
【図4】



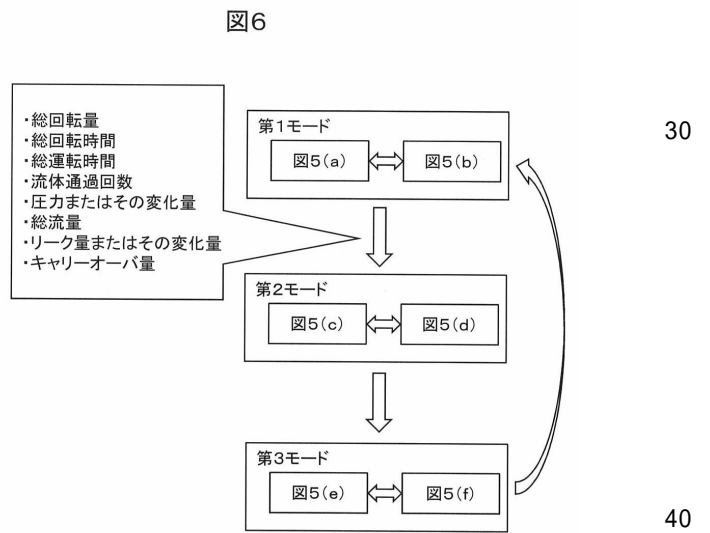
10

20

【図5】



【図6】

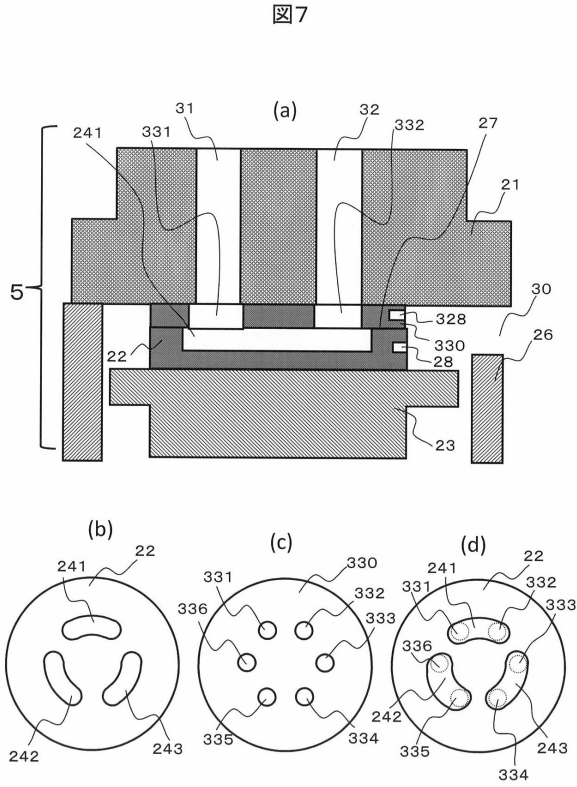


30

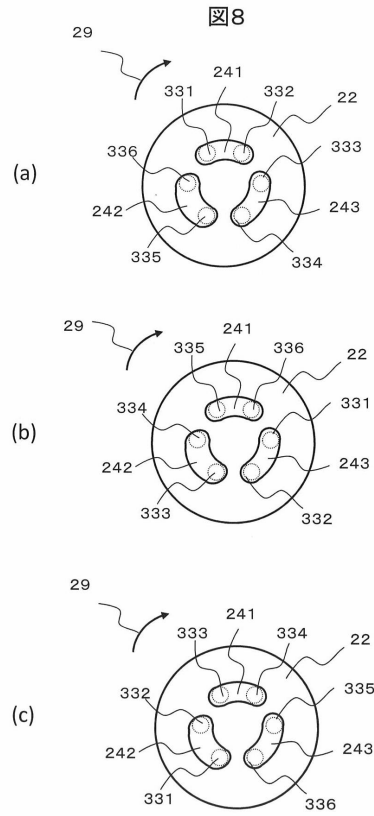
40

50

【 図 7 】



【 図 8 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内
(72)発明者 植田 充彦
- 東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内
(72)発明者 秋枝 大介
- 東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内
(72)発明者 西木 健一郎
- 東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内
審査官 小澤 理
- (56)参考文献 米国特許出願公開第2008/0000353 (US, A1)
特開2009-139376 (JP, A)
国際公開第2009/041442 (WO, A1)
特開昭51-096391 (JP, A)
特表2015-517093 (JP, A)
WILL, M.E., et al., New rotary valves for pulse-tube refrigerators, Cryogenics, 2004年,
Vol.44, p.793-800, ISSN 0011-2275
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G01N 30/26
F16K 11/074
JSTPlus / JMEDPlus / JST7580 (JDreamIII)
Scopus