

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2021年8月12日(12.08.2021)



(10) 国際公開番号

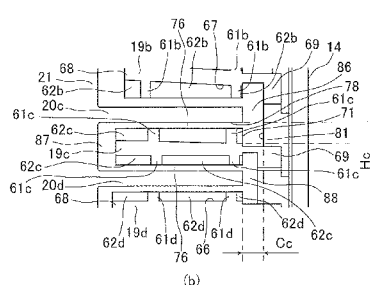
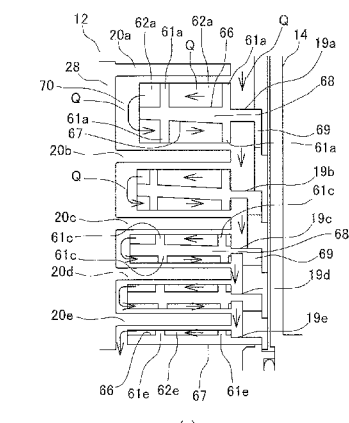
WO 2021/157497 A1

- (51) 国際特許分類:
F04D 19/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/003412
- (22) 国際出願日: 2021年1月29日(29.01.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2020-019630 2020年2月7日(07.02.2020) JP
- (71) 出願人: エドワーズ株式会社 (EDWARDS JAPAN LIMITED) [JP/JP]; 〒2768523 千葉県八千代市吉橋1078番地1 Chiba (JP).
- (72) 発明者: 鈴木 春樹(SUZUKI Haruki); 〒2768523 千葉県八千代市吉橋1078番地1 エドワーズ株式会社内 Chiba (JP). 樺澤 剛志(KABASAWA Takashi); 〒2768523 千葉県八千代市吉橋1078番地1 エドワーズ株式会社内 Chiba (JP).

- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,

(54) Title: VACUUM PUMP AND VACUUM PUMP COMPONENT

(54) 発明の名称: 真空ポンプ、及び、真空ポンプ構成部品



(57) Abstract: Provided is a vacuum pump that makes it possible to improve compressibility at a low cost. The vacuum pump is provided with a plurality of Siegbahn exhaust mechanisms (60) in which a fixed disc (19c) is equipped with a spiral groove (62c). The Siegbahn exhaust mechanisms are provided to both disc surfaces (66), (67) of the fixed disc (19c) on the upstream side and the downstream side and are positioned so that the terminal end (62c1) of the spiral groove (62c) provided on the upstream side and the beginning section (62c2) of the spiral groove (62c) provided on the downstream side at least partially overlap in the circumferential direction. In addition, the width Cc of a flow path in a folded back section on the upstream side and the downstream side is equal to or less than the depth Hc of the flow paths of the Siegbahn exhaust mechanisms.

(57) 要約: 低コストで圧縮性を向上することが可能な真空ポンプを提供する。固定円板(19c)に渦巻き状溝(62c)が設けられたシグバーン排気機構(60)を複数備え、シグバーン排気機構は、固定円板(19c)の上流側と下流側の両板面(66)、(67)に設けられ、上流側に設けられた渦巻き状溝(62c)の終端部(62c1)、及び、下流側に設けられた渦巻き状溝(62c)の開始部(62c2)が少なくとも一部において周方向に重なるよう位置し、且つ、上流側と下流側との折り返し部の流路の幅Ccは、シグバーン排気機構の流路の深さHcに対し、同等以下となっている。



SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

明 細 書

発明の名称：真空ポンプ、及び、真空ポンプ構成部品

技術分野

[0001] 本発明は、例えばターボ分子ポンプ等の真空ポンプやその構成部品に関する。

背景技術

[0002] 一般に、真空ポンプの一種としてターボ分子ポンプが知られている。このターボ分子ポンプにおいては、ポンプ本体内のモータへの通電によりロータ翼を回転させ、ポンプ本体に吸い込んだガス（プロセスガス）の気体分子を弾き飛ばすことによりガスを排気するようになっている。

[0003] また、このようなターボ分子ポンプには、シグバーン（「シーグバーン」ともいう）型のもの（特許文献1～3）がある。このシグバーン型分子ポンプにおいては、回転円板と固定円板の間隙間に、山部により仕切られた渦巻き状溝流路が複数形成されている。そして、シグバーン型分子ポンプは、渦巻き状溝流路内に拡散した気体分子に対し、回転円板により接線方向の運動量を与え、渦巻き状溝流路により排気方向へ向けて優位な方向性を与えて排気を行うようになっている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第6228839号公報

特許文献2：特許第6353195号公報

特許文献3：特許第6616560号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ところで、上述のシグバーン型分子ポンプのような真空ポンプにおいては、回転円板と固定円板の組を単段としたのでは、圧縮比が不足し易く、工業的に利用できない場合がある。このため、回転円板と固定円板の組を多段化

し、圧縮比の向上が図られている。しかし、前段の渦巻き状溝流路内の流れと次段（後段）の渦巻き状溝流路内の流れを適切に繋げない場合には、気体分子の運動量が失われて、良好な圧縮を行うことができなくなる。

[0006] したがって、従来は特許文献1～3に開示されているように、前段の渦巻き状溝流路と後段の渦巻き状溝流路との間に突出部（特許文献1の符号600など）や、連通孔（特許文献2の符号501など）を設けることにより、前段の流れと後段の流れを繋げ、気体分子に係る運動量の損失を防止していた。このため、回転円板や固定円板の形状が複雑化し、突出部や連通孔に係る加工コストが必要となっていた。本発明の目的とするところは、低コストで圧縮性を向上することが可能な真空ポンプや真空ポンプ構成部品を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] (1) 上記目的を達成するために本発明は、回転円板と固定円板の少なくともどちらか一方に渦巻き状溝が設けられたシグバーン排気機構を複数備え、前記シグバーン排気機構の少なくとも一部は、前記回転円板または前記固定円板の上流側と下流側の両面に設けられた真空ポンプにおいて、

前記上流側に設けられた渦巻き状溝の終端部、及び、前記下流側に設けられた渦巻き状溝の開始部が少なくとも一部において周方向に重なるよう位置し、且つ、前記上流側と前記下流側との折り返し部の流路の幅は、前記シグバーン排気機構の流路の深さに対し、同等以下となっていることを特徴とする真空ポンプにある。

(2) また、上記目的を達成するために他の本発明は、前記終端部における前記渦巻き状溝の側部と、前記開始部における前記渦巻き状溝の側部とが、少なくとも一部において同一直線上に位置することを特徴とする上記(1)に記載の真空ポンプにある。

(3) また、上記目的を達成するために他の本発明は、前記折り返し部が、前記回転円板の外周側及び前記固定円板の内周側のうち少なくとも一方に形成されていることを特徴とする上記(1)又は(2)に記載の真空ポンプに

ある。

(4) また、上記目的を達成するために他の本発明は、

回転円板と固定円板の少なくともどちらか一方に渦巻き状溝が設けられたシグバーン排気機構を複数備え、

前記シグバーン排気機構の少なくとも一部は、前記回転円板または前記固定円板の上流側と下流側の両面に設けられた真空ポンプに用いられる真空ポンプ構成部品において、

前記上流側に設けられた渦巻き状溝の終端部、及び、前記下流側に設けられた渦巻き状溝の開始部が少なくとも一部において周方向に重なるよう位置し、且つ、前記上流側と前記下流側との折り返し部の流路の幅は、前記シグバーン排気機構の流路の深さに対し、同等以下となっていることを特徴とする真空ポンプ構成部品にある。

(5) また、上記目的を達成するために他の本発明は、前記終端部における前記渦巻き状溝の側部と、前記開始部における前記渦巻き状溝の側部とが、少なくとも一部において同一直線上に位置することを特徴とする上記(4)に記載の真空ポンプ構成部品にある。

(6) また、上記目的を達成するために他の本発明は、前記折り返し部が、前記回転円板及び前記固定円板のうち少なくとも一方における内周側及び外周側のうち少なくとも一方に形成されていることを特徴とする上記(4)又は(5)に記載の真空ポンプ構成部品にある。

発明の効果

[0008] 上記発明によれば、低コストで圧縮性を向上することが可能な真空ポンプや真空ポンプ構成部品を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の実施形態に係るターボ分子ポンプの縦断面である。

[図2] (a) は図1中の一部を示す拡大図、(b) は(a)中の更に一部を示す拡大図である。

[図3] (a) は図1中のA-A線の部分における固定円板の上流側を概略的に

示す説明図、(b)は(a)の固定円板の下流側を斜めに見た状態を概略的に示す説明図である。

[図4]固定円板の内周部を一部拡大して示す斜視図である。

[図5](a)は本発明の実施形態に係る山部の位置関係を示す説明図、(b)は山部の位置関係に係る変形例を示す説明図、(c)は山部の位置関係に係る他の変形例を示す説明図、(d)は山部の位置関係に係る更に他の変形例を示す説明図である。

[図6](a)は本発明の実施形態に係る固定円板の圧縮作用のシミュレーション結果の一部を模式的に示す説明図、(b)は従来構造に係る固定円板の圧縮作用のシミュレーション結果の一部を模式的に示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本発明の一実施形態に係る真空ポンプについて、図面に基づき説明する。図1は、本発明の実施形態に係る真空ポンプとしてのシグバーン型ターボ分子ポンプ(以下では「ターボ分子ポンプ」と称する)10を縦断して概略的に示している。このターボ分子ポンプ10は、例えば、半導体製造装置等のような対象機器の真空チャンバ(図示略)に接続されるようになっている。

[0011] ターボ分子ポンプ10は、円筒状のポンプ本体11と、箱状の電装ケース(図示略)とを一体に備えている。これらのうちのポンプ本体11は、図1中の上側が対象機器の側に繋がる吸気部12となっており、下側が補助ポンプ(バックポンプ)等に繋がる排気部13となっている。そして、ターボ分子ポンプ10は、図1に示すような鉛直方向の垂直姿勢のほか、倒立姿勢や水平姿勢、傾斜姿勢でも用いることが可能となっている。

[0012] 電装ケース(図示略)には、図示は省略するが、ポンプ本体11に電力供給を行うための電源回路部や、ポンプ本体11を制御するための制御回路部が収容されている。そして、制御回路部は、後述するモータ16、磁気軸受(符号省略)、及び、ヒータ48等の各種の機器の制御を行うようになっている。

- [0013] ポンプ本体 11 は、略円筒状の筐体となる本体ケーシング 14 を備えている。本体ケーシング 14 は、図 1 中の上部に位置する吸気側部品としての吸気側ケーシング 14 a と、図 1 中の下側に位置する排気側部品としての排気側ケーシング 14 b とを軸方向に直列に繋げて構成されている。ここで、吸気側ケーシング 14 a を例えばケーシングなどと称し、排気側ケーシング 14 b を例えばベースなどと称することも可能である。
- [0014] 吸気側ケーシング 14 a と排気側ケーシング 14 b は、径方向（図 1 中の左右方向）に重ねられている。さらに、吸気側ケーシング 14 a は、軸方向一端部（図 1 中の下端部）における内周面を、排気側ケーシング 14 b の上端部 29 a における外周面に対向させている。そして、吸気側ケーシング 14 a と排気側ケーシング 14 b は、溝部に収容された Oリング（シール部材 41）を挟んで、複数の六角穴付きボルト（図示略）により、互いに気密的に結合されている。
- [0015] ここで、排気側ケーシング 14 b を、大きくは、筒状のベーススペーサと、このベーススペーサの軸方向一端部（図 1 中の下端部）を塞ぐベース体との 2 分割の構造とすることも可能である。ベーススペーサとベース体は、それぞれ上ベース、下ベースなどと称することも可能なものである。また、排気側ケーシング 14 b に、TMS（Temperature Management System）のためのヒータや水冷管を設けることも可能である。
- [0016] 本体ケーシング 14 内には、排気機構部 15 と回転駆動部（以下では「モータ」と称する）16 とが設けられている。これらのうち、排気機構部 15 は、ポンプ機構としてのターボ分子ポンプ機構部 17 を備えたものとなっている。以下に、ターボ分子ポンプ機構部 17 の基本構造について概略的に説明する。
- [0017] 図 1 中の上側に配置されたターボ分子ポンプ機構部 17 は、多数のタービンブレードにより、流体としてのガス（プロセスガス）の移送を行うものであり、所定の傾斜や曲面を有し放射状に形成された固定円板（「固定翼」や「ステータ翼」などともいう）19 a ~ 19 e と回転円板（「回転翼」や「

ロータ翼」などともいう) 20a~20eとを備えている。ターボ分子ポンプ機構部17において、固定円板19a~19eと回転円板20a~20eは、数組(ここでは5組)程度に亘って交互に並ぶよう配置されている。

[0018] 本実施形態では、シグバーン型の排気機構(シグバーン型排気機構)が採用されており、固定円板19a~19eと回転円板20a~20eとの間には、図2(a)に一部を拡大して示すように、断面形状が矩形状な多数の山部61a~61eにより渦巻き状溝部(渦巻き状溝)62a~62eが形成されているが、これらの山部61a~61eや、渦巻き状溝部62a~62eの詳細については後述する。また、「渦巻き状溝部」は、例えば「渦巻き状溝」や「渦巻き状溝流路」などとも称することが可能なものであるが、以下では、「渦巻き状溝部」を「溝部」と称する。

[0019] 固定円板19a~19eは、本体ケーシング14に一体的に組付けられており、上下の2段の固定円板(19a~19e)の間に、1段の回転円板(20a~20e)が入り込んでいる。回転円板20a~20eは、筒状のロータ28に一体に形成されており、ロータ28はロータ軸21に、ロータ軸21の外側を覆うよう同心的に固定されている。そして、回転円板20a~20eは、ロータ軸21の回転に伴い、ロータ軸21及びロータ28と同じ方向に回転する。

[0020] ここで、ポンプ本体11は、主だった部品の材質としてアルミニウム合金が採用されているものであり、排気側ケーシング14b、固定円板19a~19e、ロータ28などの材質もアルミニウム合金である。さらに、ロータ軸21や各種のボルト(図示略)などの材質はステンレス鋼である。また、図1や図2(a)、(b)では、図面が煩雑になるのを避けるため、ポンプ本体11における部品の断面を示すハッチングの記載を省略している。

[0021] ロータ軸21は、段付きの円柱状に加工されており、ターボ分子ポンプ機構部17から下側のネジ溝ポンプ機構部18に達している。さらに、ロータ軸21における軸方向の中央部には、モータ16が配置されている。このモータ16については後述する。

- [0022] また、ターボ分子ポンプ10においては、本体ケーシング14内にパージガス（保護ガス）が供給されるようになっている。このパージガスは、後述する軸受部分や、前述の回転円板20a～20e等の保護のために使用され、プロセスガスに因る腐食の防止や、回転円板20a～20eの冷却等を行うものである。このパージガスの供給は、一般的な手法により行うことが可能である。
- [0023] 例えば、図示は省略するが、排気側ケーシング14bの所定の部位（排気口25に対してほぼ180度離れた位置など）に、径方向に直線状に延びるパージガス流路を設ける。そして、このパージガス流路（より具体的にはガスの入り口となるパージポート）に対し、排気側ケーシング14bの外側からパージガスポンベ（N2ガスポンベなど）や、流量調節器（弁装置）などを介してパージガスを供給する。そして、軸受部分等を通ったパージガスは、排気口25を通して、本体ケーシング14の外へ排出される。
- [0024] 前述のモータ16は、ロータ軸21の外周に固定された回転子（符号省略）と、回転子を取り囲むように配置された固定子（符号省略）とを有している。モータ16を作動させるための電力の供給は、前述の電装ケース（図示略）に收容された電源回路部や制御回路部により行われる。
- [0025] ロータ軸21の支持には、磁気浮上による非接触式の軸受である磁気軸受が用いられている。磁気軸受としては、モータ16の上下に配置された2組のラジアル磁気軸受（径方向磁気軸受）30と、ロータ軸21の下部に配置された1組のアキシャル磁気軸受（軸方向磁気軸受）31とが用いられている。
- [0026] これらのうち各ラジアル磁気軸受30は、ロータ軸21に形成されたラジアル電磁石ターゲット30A、これに対向する複数（例えば2つ）のラジアル電磁石30B、およびラジアル方向変位センサ30Cなどにより構成されている。ラジアル方向変位センサ30Cはロータ軸21の径方向変位を検出する。そして、ラジアル方向変位センサ30Cの出力に基づいて、ラジアル電磁石30Bの励磁電流が制御され、ロータ軸21が、径方向の所定位置で

軸心周りに回転できるように浮上支持される。

[0027] アキシャル磁気軸受 31 は、ロータ軸 21 の下端側の部位に取り付けられた円盤形状のアーマチュアディスク 31A と、アーマチュアディスク 31A を挟んで上下に対向するアキシャル電磁石 31B と、ロータ軸 21 の下端面から少し離れた位置に設置したアキシャル方向変位センサ 31C などにより構成されている。アキシャル方向変位センサ 31C はロータ軸 21 の軸方向変位を検出する。そして、アキシャル方向変位センサ 31C の出力に基づいて、上下のアキシャル電磁石 31B の励磁電流が制御され、ロータ軸 21 が、軸方向の所定位置で軸心周りに回転できるように浮上支持される。

[0028] そして、これらのラジアル磁気軸受 30 やアキシャル磁気軸受 31 を用いることにより、ロータ軸 21 (及びロータ翼 20) が高速回転を行うにあたって摩耗がなく、寿命が長く、且つ、潤滑油を不要とした環境が実現されている。また、本実施形態においては、ラジアル方向変位センサ 30C やアキシャル方向変位センサ 31C を用いることにより、ロータ軸 21 について、軸方向 (Z 方向) 周りの回転の方向 (θ_z) のみ自由とし、その他の 5 軸方向である X、Y、Z、 θ_x 、 θ_y の方向についての位置制御が行われている。

[0029] さらに、ロータ軸 21 の上部及び下部の周囲には、所定間隔をおいて半径方向の保護ベアリング (「保護軸受」、「タッチダウン (T/D) 軸受」、「バックアップ軸受」などともいう) 32、33 が配置されている。これらの保護ベアリング 32、33 により、例えば万が一電気システムのトラブルや大気突入等のトラブルが生じた場合であっても、ロータ軸 21 の位置や姿勢を大きく変化させず、回転円板 20a~20e やその周辺部が損傷しないようになっている。

[0030] なお、ロータ軸 21 や、ロータ軸 21 と一体的に回転するロータ翼 20、ロータ円筒部 23、及び、モータ 16 の回転子 (符号省略) 等を、例えば「ロータ部」、或は「回転部」等と総称することが可能である。

[0031] 次に、前述した固定円板 19a~19e や、固定円板 19a~19e に設けられた山部 61a~61e、及び、溝部 62a~62e 等について説明す

る。まず、本実施形態では、前述したように、固定円板19a~19eと回転円板20a~20eが5組備えられている。

[0032] さらに、本実施形態では、固定円板19a~19eと回転円板20a~20eが、吸気部12の側から排気部13の側（図1中の上側から下側）に向かって、回転円板20a、固定円板19a、回転円板20b、固定円板19b、・・・、回転円板20e、固定円板19eの順で交互に配置されている。

[0033] 図2(a)は、図1中における固定円板19a~19eと回転円板20a~20eの一部を拡大して示している。さらに、図2(a)は、図1中におけるターボ分子ポンプ機構部17の右側の部位を拡大して示している。なお、固定円板19a~19eと回転円板20a~20eは、本体ケーシング14やロータ軸21等の軸心を中心として線対称（図1中では左右対称）の構造を有していることから、ここでは図1中の右側の部位のみを図示し、左側の部位については図示を省略する。

[0034] 図2(a)に示すように、各固定円板19a~19eにおける山部61a~61eは、固定円板19a~19eに一体に形成されている。さらに、図中の上方に示す吸気部12の側（以下では「吸気側」や「上流側」などと称する）から数えて1枚目~4枚目の固定円板19a~19dにおいては、山部61a~61dは、吸気側（上流側）の板面66と、排気部13の側（以下では「排気側」や「下流側」などと称する）の板面67の両方に形成されている。

[0035] また、吸気側（上流側）から数えて5枚目（排気側（下流側）から数えて1枚目）の固定円板19eにおいては、吸気側（上流側）の板面66のみに山部61eが形成されており、排気側（下流側）の板面67には、山部61eが形成されていない。

[0036] ここで、以下では、各固定円板19a~19eについて、板面66、67の符号は共通とし、異なる固定円板19a~19eに対して、共通の符号（ここでは符号66、67）を付して説明を行う。また、図2(a)では、図

面が煩雑になるのを避けるため、最も吸気側（上流側）に位置する固定円板 19 a と、最も排気側（下流側）に位置する固定円板 19 e についてのみ板面 66、67 の符号を付し、その他の固定円板 19 b ~ 19 d については、板面 66、67 の符号の記載を省略している。

[0037] また、各固定円板 19 a ~ 19 e の各々の板面 66、67（5枚目の固定円板 19 e では一方の板面 66 のみ）には、図 3（a）、（b）に 3 枚目の固定円板 19 c で例示するように、複数（ここでは 8 個）の山部（ここでは符号 61 c）が設けられている。

[0038] ここで、図 3（a）は、固定円板 19 c を、上流側の板面 66 の側から軸方向に見た状態を概略的に（模式的に）示している。また、図 3（b）は、固定円板 19 c を、下流側の板面 67 の側から斜めに見た状態を概略的に示している。

[0039] さらに、本実施形態では、個々の固定円板 19 a ~ 19 e については、板面 66、67 の違いに関わらず、すべての山部に共通の符号（符号 61 a ~ 61 e）を付している。また、溝部 62 a ~ 62 e についても同様に、板面 66、67 の違いに関わらず、すべての溝部に共通の符号（符号 62 a ~ 62 e）を付している。

[0040] 各固定円板 19 a ~ 19 e において、山部 61 a ~ 61 d は、円板状の本体部（円板状部）68 の両面である板面 66、67 から、それぞれ定められた所定の角度で突出している。また、詳細な説明は省略するが、本実施形態では、上流側から 1 枚目の固定円板 19 a について、本体部 68 の厚みは、基端側である外周側から、先端側である内周側に向かって、徐々に薄く変化している。

[0041] ここで、「外周側」は、固定円板 19 a ~ 19 c における本体部 68 の法線方向（径方向）に係る外側を意味しており、「内周側」は、同じく各本体部 68 の法線方向（径方向）に係る内側を意味している。さらに、固定円板 19 a ~ 19 e と回転円板 20 a ~ 20 e の相対的な回転方向は、直線的には「接線方向」、曲線的には「周方向」などとも称することが可能である。

- [0042] また、2枚目～5枚目の固定円板19b～19eについては、本体部68の厚みは、ほぼ一定となっている。また、5枚の固定円板19a～19eについて、山部61a～61eの、本体部68からの突出量は、一律ではなく、個々に異なっている。
- [0043] 各固定円板19a～19eや回転円板20a～20eについて、より具体的に説明すると、各固定円板19a～19eの本体部68は、すべてが同じ厚みや、均一な厚みを有するよう加工されているわけではなく、個々に固有な厚みや傾斜を持って形成されている。
- [0044] さらに、各固定円板19a～19dの本体部68は、例えば本体ケーシング14の内周面81を基準として説明すれば、すべてが内周面81から直角に張り出しているわけではない。そして、各本体部68の上流側の板面66や、下流側の板面67には、内周面81に対して、直角を下回る角度で傾斜しているものや、直角を上回る角度で傾斜しているものがある。
- [0045] さらに、本実施形態では、上流側から1枚目や2枚目の固定円板19a、19bについて、山部61a、61bに係る突出量は、3枚目～5枚目の固定円板19c～19eにおける山部61c～61eの突出量に比べ、総じて大きくなっている。また、3枚目～5枚目の固定円板19c～19eにおける山部61c～61eについても、互いに突出量は同じではなく、3枚目～5枚目へ行くほど、総じて突出量が少なくなっている。
- [0046] さらに、このように固定円板19a～19eにおける山部61a～61eの突出量が異なっていることから、固定円板19a～19eを間に受け入れる回転円板20a～20eの軸方向の間隔も、固定円板19a～19eのサイズに応じて、互いに異なっている。そして、回転円板20a～20eの間隔は、上流側から下流側へ行くほど小さくなっている。
- [0047] ここで、上述の「固定円板19a～19eのサイズ」は、例えば、『一方の板面66の山部61a～61eの先端から、他方の板面67の山部61a～61eの先端までの距離（軸方向の距離）』、或いは、『固定円板19a～19eにおける、本体部68の厚みと、両方の板面66、67（5枚目の

固定円板 19 e では一方の板面 66) の山部 61 a ~ 61 e の突出量の合計』などと定義することが可能なものである。

[0048] そして、本実施形態では、この「固定円板 19 a ~ 19 e のサイズ」は、各固定円板 19 a ~ 19 e 毎に、ロータ 28 に近い中央側から外周側の範囲に亘り、ほぼ同一（均一）となっている。

[0049] さらに、回転円板 20 a ~ 20 e については、各々の回転円板 20 a ~ 20 e の厚みは、ロータ 28 に近い中央側から外周側の範囲に亘り、ほぼ均一となっている。また、回転円板 20 a ~ 20 e の互いの厚みの関係は、ほぼ同一（共通）となっている。さらに、回転円板 20 a ~ 20 e の、ロータ 28 からの突出量も、互いにほぼ同一（共通）となっており、回転円板 20 a ~ 20 e は、外周の端面が全周に亘り軸方向に揃った状態となっている。

[0050] 次に、山部 61 a ~ 61 e や、溝部 62 a ~ 62 e について、更に具体的に説明する。なお、固定円板 19 a ~ 19 e は、前述のように細部の形状や寸法等において異なっているが、ガス(プロセスガス)の圧縮原理においては同様な機能を発揮する。このため、ここでは図 3 (a)、(b) に示す 1 つの固定円板（上流側から 3 枚目の固定円板 19 c）と、周囲の回転円板 20 c、20 d 等との関係についてのみ説明し、その他の固定円板 19 a、19 b、19 d、19 e については適宜説明を省略する。

[0051] 図 3 (a)、(b) に示す固定円板 19 c は、前述のように、円板状の本体部 68 や、複数（ここでは片面につき 8 個ずつ）の山部 61 c 及び溝部 62 c を有している。そして、固定円板 19 c には、山部 61 c や溝部 62 によって、シグバーン型排気機構 60 が形成されている。

[0052] ここで、本実施形態において「シグバーン型排気機構」の用語は、一方の板面 66 における 1 つの溝部 62 c を単位として用いることや、複数の溝部 62 c を単位として用いることができるものとなっている。

[0053] また、「シグバーン型排気機構」の用語は、1 つの固定円板 19 c における上流側及び下流側の両板面 66、67 に跨った流路により構成される排気機構について用いることも可能である。さらに、「シグバーン型排気機構」

の用語は、固定円板 19c と回転円板 20b（或いは回転円板 20d）との間の流路により構成される排気機構や、複数組の固定円板と回転円板とにより構成される排気機構について用いることも可能である。

[0054] さらに、図 3（b）に示すように、本体部 68 の外周縁部には、本体ケーシング 14 への固定に利用される立壁部（スペーサ） 69 が、本体部 68 に対してほぼ直角に均一な高さで形成されている。

[0055] 図 3（b）では、固定円板 19c を、立壁部 69 が本体部 68 から上向きに延びるよう示しているが、図 1 や図 2（a）、（b）では、立壁部 69 が本体部 68 から下向きに延びるよう示している。つまり、図 3（b）では、本体部 68 の上流側の板面 66 が下方に向いており、下流側の板面 67 が上方に向いているが、図 1 や図 2（a）、（b）では、本体部 68 の上流側の板面 66 が上方に向いており、下流側の板面 67 が下方に向いている。

[0056] 図 3（a）、（b）に示すように、本体部 68 の中央部には、ロータ 28 等を通すための貫通穴 70 が真円状に形成されている。さらに、山部 61c は、本体部 68 の板面 66、67 において、本体部 68 の中央を中心とした渦状に形成されている。そして、山部 61c は、貫通穴 70 の周縁部から、立壁部 69 の手前の部位に亘って滑らかな曲線を描きながら延びている。

[0057] ここで、図 3（a）は、固定円板 19c の上流側を正面から見た状態を、模式的に示している。これに対し、図 3（b）は、下流側から固定円板 19c を斜めに見た状態を模式的に示している。そして、固定円板 19c を上流側から見た状態を示す図 3（a）においては、上流側の板面 66 に形成された山部 61c が実線により示されており、下流側の板面 67 に形成された山部 61c が破線により示されている。また、図 3（a）においては、立壁部 69 の図示が省略されている。

[0058] 立壁部 69 は、本体ケーシング 14 に組み付けられて、本体ケーシング 14 の一部を構成している。さらに、立壁部 69 の内周面が、前述した本体ケーシング 14 の内周面 81 の一部を構成している。そして、立壁部 69 は、他の固定円板 19a、19b、19d、19e にも形成されており、本体ケ

ーシング14に組み込まれることによって、固定円板19a~19eの軸方向における互いの間隔を規定するスペーサとしても機能している。

[0059] 固定円板19cの上流側の板面66においては、実線の矢印Qでガス（プロセスガス）の移送方向を示すように、本体部68の外周側が開始部62c2の側（流体導入側）となっており、本体部68の内周側が終端部62c1の側（流体導出側）となっている。また、下流側の板面67においては、破線の矢印Qでガスの移送方向を示すように、本体部68の内周側が開始部62c2の側（流体導入側）となっており、本体部68の内周側が終端部62c1の側（流体導出側）となっている。

[0060] ここで、図3(a)、(b)における矢印Rは、相対的な回転変位に係る回転円板20d等の回転方向を示している。また、図3(a)では、図示が煩雑にならないよう、ロータ軸21の外周を囲んだロータ28の筒状部分（ロータ円筒部）にのみハッチングを付している。

[0061] さらに、本体部68の外周側と内周側には、図2(b)に示すように、ガスの流路に係る空間的な折り返し構造をもった折り返し部86~88が形成されている。まず、本体部68の上流側の板面66に関して、外周側の折り返し部86は、2枚目の固定円板19bにおける下流側の板面67の溝部62bと、上流側に面した回転円板（ここでは回転円板20c）と、3枚目の固定円板19cにおける上流側の板面66の溝部62cとに跨るよう形成されている。

[0062] また、3枚目の固定円板19cの内周側に関して、内周側の折り返し部87は、固定円板19cの本体部68を挟んで、両板面66、67の溝部62cを空間的に繋ぐように形成されている。

[0063] さらに、本体部68の下流側の板面67に関して、外周側の折り返し部88は、下流側の板面67の溝部62cと、下流側に面した回転円板（ここでは回転円板20d）と、4枚目の固定円板19dにおける上流側の板面66の溝部62dとに跨るよう形成されている。

[0064] 上述した3枚目の固定円板19cに係る外周側の折り返し部86（及び8

7)において、両板面66、67の各々の山部61cに係る端面(以下では「外側端面」と称する)71(図3(a)、(b))は、板面66、67上に突出して露出している。さらに、固定円板19cにおいて、山部61cや溝部62cは、それぞれの始点(開始部)を起点として、上流側の板面66と下流側の板面67とに、互いに同位相で形成されている。

[0065] このため、本体部68の両板面66、67において、山部61cの外側端面71は、本体部68の厚み方向に関して相互に逆向き突出しており、本体部68の周方向に関して同じ位置に形成されている。そして、山部61cにより仕切られた溝部62cも、上流側の板面66に設けられた溝部62cの終端部62c1、及び、下流側の板面67に設けられた溝部62cの開始部62c2が、全体として周方向に重なるよう(本体部68の厚さ方向に並ぶよう)位置し、互いに空間的に連続するよう形成されている。

[0066] さらに、この山部61cの外側端面71は、本体ケーシング14の内周面81に対向している。そして、各山部61cの外側端面71と、本体ケーシング14の内周面81との間隔Cc(図2(b)、図3(a))は、固定円板19cの本体部68とこれに対向する回転円板(ここでは回転円板20c)の表面(ここでは下流側の板面78)との距離(間隔)Hcと関連性をもって定められている。

[0067] つまり、各山部61cの外側端面71と、本体ケーシング14の内周面81との間隔Ccは、折り返し部87の流路の幅と言えるものである。また、固定円板19cに係る本体部68と回転円板20cとの距離Hcは、シグバーン排気機構の流路の深さと言えるものである。以下では、上記間隔Ccを「折り返し部の流路の幅Cc」と称し、山部の高さHcを、「シグバーン排気機構の流路の深さHc」と称することとする。なお、シグバーン排気機構の流路の深さ(固定円板19cに係る本体部68と回転円板20cとの距離)Hcは、山部61cの高さによって近似的に説明することも可能である。

[0068] 固定円板19cの全周に亘り、折り返し部の流路の幅Ccは、シグバーン排気機構の流路の深さHcと同一となる程度に形成されている。ここでいう

シグバーン排気機構の流路の深さ H_c としては、山部61cの外側端面71の高さ（上流側の板面66からの突出量）が採用されている。

[0069] そして、このシグバーン排気機構の流路の深さ H_c は2～3mm程度の範囲内の値（例えば2mm）となっており、折り返し部の流路の幅 C_c は、シグバーン排気機構の流路の深さ H_c と同一（同等）の値（例えば2mm）となっている。ここで、本発明は、必ずしも同一とすることに限られるわけではなく、後述するような効果的な圧縮作用が得られれば、例えば、 H_c を3mmとし、 C_c を2mmとするといったことなども可能である。

これらのような構造を実現することで、例えば前掲の特許文献3に記されるような、折返し部に突起を設ける場合と比較し、局所的な圧力上昇が抑制できることから生成物の低減の効果も期待できる。

[0070] さらに、本願発明は、シグバーン排気機構の流路の深さ H_c が幅方向（周方向或いは接線方向）に一定となるようにし、この深さ H_c と折り返し部の流路の幅 C_c を同一（同等）とすることに限定されない。例えば、同様な圧縮作用が得られれば、シグバーン排気機構の流路の深さ H_c が幅方向（周方向或いは接線方向）に変化するようし、一部の深さ（ H_c ）にのみ一致するようにする、といったことも可能である。

[0071] また、本実施形態において、本体部68の両板面66、67から突出している山部61cは、その先端面76を、全長に亘り、上流側の回転円板20cと、上流側の回転円板20dにそれぞれ対向させている。そして、山部61cの先端面76と、上流側の回転円板20cとの間隔（符号省略）は、1mm程度となっている。

[0072] なお、ターボ分子ポンプ10の運転時には、熱膨張により、折り返し部の流路の幅 C_c や、山部61cの先端面76と上流側の回転円板20cとの間隔（符号省略）は、変動する。また、シグバーン排気機構の流路の深さ H_c も、熱膨張により変動する。

[0073] 続いて、本体部68の内周側（法線方向に係る内側）について説明する。図4に一部を拡大して模式的に示すように、両板面66、67の各々の山部

61cにおける、本体部68の中央側の端面（以下では「内側端面」と称する）72は、貫通穴70の内周面（「本体部68の内周面」ともいう）73と段差なく滑らかに繋がっている。そして、2つの山部61cの内側端面72と、環状の本体部68の内周面73とが、滑らかに連続した十字状の曲面である連続面74を形成している。

[0074] なお、図4には一か所のみ示しているが、他の山部61cの内側端面72が位置する部位でも同様に、連続面74が形成されている。そして、本実施形態の固定円板19cにおいて、連続面74の数は8個となっている。

[0075] また、個々の連続面74において、上流側の板面66における山部61c（第1山部）の内側端面72と、下流側の板面67における山部61c（第2山部）の内側端面72とが、本体部68の厚み方向に関し、少なくとも一部において同一直線上に位置するよう配置されている。

[0076] ここでいう「少なくとも一部において同一直線上に位置する」の用語については、後述するような種々の態様を考えることができる。例えば、図5（a）に、例として、本体部68の内周部（貫通穴70に面した部分）の一部を内周側から外周側（法線方向の内側から外側）を見た状態を拡大して模式的に示すように、2つの山部61cの側面（渦巻き状溝の側部）75が、本体部68の厚み方向において同一直線上（直線S上）に位置するような態様を例示することができる。図1～図3等に示す本実施形態では、この態様が採用されている。

[0077] しかし、上述の「少なくとも一部において同一直線上に位置する」については、これに限らず、例えば図5（b）に示すように、両方の山部61cの側面75は、本体部68の厚み方向において同一直線上（直線S上）に位置していないが、互いに部分的に共通の直線上（直線T上）に位置している、といった態様を例示することができる。

[0078] また、例えば図5（c）に示すように、両方の山部61cの位置を周方向に厚み分程度移動（「シフト」や「偏倚」などともいう）させ、所定の山部61cの一方の側面（渦巻き状溝の側部）75Bと、反対側に突出した山部

61cの他方の側面（渦巻き状溝の側部）75Aが共通の直線上（直線U上）に位置している、といった態様を例示することができる。このような態様は、例えば、逆向きの山部61cの対角位置の側面（或いは稜線）が、固定円板19cに係る周方向の同位相に位置する態様などと表現することができるものである。

[0079] さらに、図5（d）に示すように、両方の山部61cの厚みを異ならせるようなことも考えることができる。そして、このようにした場合には、例えば、一方の側面75Aは同一直線上（直線S上）に位置しているが、他方の側面75Bは同一直線上（直線S上）に位置していない、といった態様を考えることが可能である。

[0080] また、図示は省略するが、3枚目の固定円板19cにおける下流側の板面67の外周側と、4枚目の固定円板19dにおける上流側の板面66の外周側との間でも、3枚目の固定円板19cにおける山部61c（第1山部）の外側端面71と、4枚目の固定円板19dにおける山部61d（第2山部）の外側端面71とが、同様に「少なくとも一部において同一直線上に位置する」よう配置されている。

[0081] 互いの外側端面71、71の位置関係としては、前述した図5（a）における山部61cと同様の態様が採用されている。そして、これに限らず、前述した図5（b）～（d）における山部61cの態様と同様の態様を採用することが可能である。

[0082] このような山部61cにより仕切られた溝部62cは、より詳細に説明すれば、図3（a）、（b）示すように、各板面66、67において、外周側が相対的に広幅（広い開口幅）となっている。さらに、溝部62cは、内周側が相対的に狭幅（狭い開口幅）となっている。そして、溝部62cは、いずれの板面66、67においても、2つの山部61cにより仕切られ、本体部68の中央を中心とした渦状に形成されている。

[0083] 前述したように、溝部62cは、本体部68の両板面66、67において、互いに同位相で空間的な連続するよう形成されている。また、2枚目の固

定円板 19 b と 3 枚目の固定円板 19 c の間は、同じく前述した折り返し部 8 6 を介して連続している。さらに、3 枚目の固定円板 19 c における上流側の板面 6 6 の溝部 6 2 c と、下流側の板面 6 7 に形成された溝部 6 2 c との間は、折り返し部 8 7 を介して連続している。また、3 枚目の固定円板 19 c と 4 枚目の固定円板 19 d の間は、折り返し部 8 8 を介して連続している。

[0084] このような構造のターボ分子ポンプ 10 の運転時には、前述のモータ 1 6 が駆動され、回転円板 20 a ~ 20 e が回転する。そして、各固定円板 19 a ~ 19 e と、各回転円板 20 a ~ 20 e との間での相対的な回転変位が行われる。さらに、図 1 や図 2 (a) 中に多数の矢印 Q (一部のみ符号を付す) で示すように、吸気部 1 2 からガス (プロセスガス) が吸引され、各固定円板 19 a ~ 19 e における上流側の板面 6 6 を上流領域とし、下流側の板面 6 6 を上流領域として、向かい合った回転円板 20 a ~ 20 e との間でガスが移送される。

[0085] このようなガスの移送は、固定円板 19 a ~ 19 e と回転円板 20 a ~ 20 e とに気体分子を衝突させながら行われる。そして、移送されながら圧縮されたガスが、排気部 1 3 から排気口 2 5 へ進入し、排気口 2 5 を介してポンプ本体 1 1 から排出される。

[0086] 具体的には、吸気部 1 2 から吸引されたガスは、1 枚目の回転円板 20 a と 1 枚目の固定円板 19 a の間、1 枚目の固定円板 19 a と 2 枚目の回転円板 20 b の間、2 枚目の回転円板 20 b と 2 枚目の固定円板 19 b の間、2 枚目の固定円板 19 b と 3 枚目の回転円板 20 c の間を通過して、3 枚目の固定円板 19 c に到達する。さらに、3 枚目の固定円板 19 c に到達したガスは、3 枚目の固定円板 19 c と 4 枚目の回転円板 20 d との間、4 枚目の回転円板 20 d と 5 枚目の固定円板 19 e との間を通り、排気部 1 3 に導出される。

[0087] また、3 段目の固定円板 19 c を例に挙げて説明すれば、移送されるガスは、固定円板 19 c の上流側の板面 6 6 において、外周側から溝部 6 2 c に

導入される。さらに、溝部62cに導入されたガスは、本体部68の外周側から内周側に向かって移送される。

[0088] 溝部62cは、前述したように外周側が相対的に広幅であり、内周側が相対的に狭幅となっている。そして、上流側の板面66においては、溝部62cは、流体導入側（開始部62c2である外周側）から流体導出側（終端部62c1である内周側）に向かって徐々に狭まるよう、山部61cにより区画されている。さらに、溝部62cは、山部61cに接近した3枚目の回転円板20cによっても、僅かな隙間（前述した1mm程度の間隔）を介在させながら区画されている。

[0089] また、上流側の板面67においては、溝部62cは、流体導入側（開始部62c2である内周側）から流体導出側（終端部62c1である外周側）に向かって徐々に狭まるよう、山部61cにより区画されている。さらに、溝部62cは、山部61cに接近した4枚目の回転円板20dによっても、僅かな隙間（前述した1mm程度の間隔）を介在させながら区画されている。

[0090] 図2(b)や図3(a)に示すように、3枚目の固定円板19cの下流側の板面67において、溝部62cの終端部62c1では、山部61cの外側端面71が、折り返し部(88)の流路の幅Ccを残して、本体ケーシング14の内周面81に対向している。そして、溝部62cは、この折り返し部(88)の流路の幅Ccの分の空間を介して、4枚目の固定円板19dに繋がる折り返し部88と、排気作用を途切れさせないよう、空間的に繋がっている。

[0091] このため、固定円板19cと回転円板20cとの間の相対的な回転変位に伴い、溝部62cにガスが導入され、溝部62cの内部では、拡散した気体分子に対し、回転円板20cにより接線方向の運動量が与えられる。さらに、溝部62cにより、気体分子に対し排気方向へ向けて優位な方向性が与えられて、排気が行われる。

[0092] そして、下流側の板面67における外周側では、本体ケーシング14の内周面81を利用してガスの移送方向が折り返され、次段の固定円板（ここで

は固定円板 19 d) の上流側の板面 6 6 における溝部 6 2 d に向けてガスが移送される。

[0093] このような構造のターボ分子ポンプ 10 により、図 6 (a) に示すような圧力分布に係るシミュレーション結果が得られた。図 6 (a) は、固定円板 19 c の下流側の板面 6 7 における一部分の圧力分布を拡大し、模式的に示している。さらに、図 6 (a) に係るシミュレーション結果は、コンピュータ演算により得られたカラー画像をトレースして得られたものであり、元のカラー画像において色分けされた各圧力領域の境界部分を実線により示している。

[0094] 圧力分布は、下流側の板面 6 7 における外周側が相対的に高く、内周側が相対的に低いものとなっている。図 6 (a) では、1 つの溝部 6 2 c に関し、圧力領域の境界を白黒の線で模式的に描き、各圧力領域に符号 $P_{c1} \sim P_{c13}$ を付したものである。このため、 P_{c1} で示す領域の圧力が最も低く、 P_{c1} 、 P_{c2} 、 \dots 、 P_{c12} 、 P_{c13} の順で徐々に（段階的に）圧力が高くなっている。そして、両端部の圧力領域 P_{c1} 、 P_{c13} の間には、概ね平行四辺形状や台形と言え形状の圧力領域 ($P_{c2} \sim P_{c12}$) がほぼ同等な幅で表れている。

[0095] 最も外周側に位置する圧力領域 P_{c13} の形状（投影形状）は、外周側に先鋭な楔型と表現できるものとなっている。この楔型の圧力領域 P_{c13} は、上述のように、固定円板 19 c の下流側の板面 6 7 における最大圧力の領域（最大圧力領域）となっており、すべての溝部 6 2 c に同様に表れている。そして、この最大圧力領域 P_{c13} は、本体ケーシング 14 の内周面 8 1 にまで及び、次段である 4 枚目の固定円板 19 d との間に形成された折り返し部 8 8 の位置に届いて（到達して）いる。

[0096] したがって、この楔型の最大圧力領域 P_{c13} の存在により、本実施形態のターボ分子ポンプ 10 では、溝部 6 2 c 内のガスが、折り返し部 8 8 での開放による圧力低下を生じることなく、次段の固定円板 19 d の上流側の板面 6 6 における溝部 6 2 d へ供給されることとなる。なお、図 6 (a) では

、図が煩雑になるのを防ぐため、1つの溝部62cに関してのみ圧力分布を示しているが、シミュレーション結果においては、他のすべての溝部62cについても同様な圧力分布が得られている。

[0097] これに対して、図6(b)は、従来の構造におけるシミュレーション結果を示している。また、図6(b)においては、本体ケーシング114の内径を、図6(a)における本体ケーシング14の内径とほぼ同じサイズとして示している。

[0098] この図6(b)に示す従来構造においても、内周側から外周側へ向けてガスが徐々に圧縮されている。しかし、固定円板119cにおける山部161cの外側端面171と、本体ケーシング114の内周面181との間隔(折り返し部の流路の幅に相当する)Cc0は、前述の実施形態における幅Cc(例えば2mm)に対して約5倍の10mm程度となっている。

[0099] そして、従来構造による圧力分布においては、山部161cの外側端面171よりも大幅に手前の部位(内周寄りの部位)に、最大圧力領域Pc100が表れている。この最大圧力領域Pc100は、図6(a)に示す本実施形態の楔型の最大圧力領域Pc13と比べると、形状が異なっている。さらに、最大圧力領域Pc100の外側には、本体ケーシング114の内周面181に面し、最大圧力領域Pc100よりも圧力が低下した領域(圧力低下領域)Pc101が発生している。

[0100] このため、従来構造においては、溝部162cの下流側端部(終端部に相当する)で、気体分子が散逸し、排気作用や圧縮作用が低下している。そして、溝部162cにおいてガスに与えられた「排気方向に優位な運動量」が、本実施形態に比べて、溝部162cの終端部において失われ易くなっている。ここで、「排気方向に優位な運動量」とは、溝部162cにおいて、排気方向(終端部方向)に優位になるよう気体分子に付与された運動量のことである。

[0101] 以上説明したような本実施形態のターボ分子ポンプ10によれば、例えば、固定円板19cの下流側の板面67において、溝部62cの終端部62c

1（流体導出側の端部）に、楔型の最大圧力領域 P_{c13} が形成される。このため、次段の溝部（ここでは4枚目の固定円板19cの上流側の板面66における溝部62d）にガスを流入させる前に、ガスの圧力が低下してしまうことを防止できる。そして、ガスの圧縮を、圧力損失が生じるのを防止しながら効果的に行うことができ、高い圧縮率を維持することが可能となる。

[0102] さらに、前掲の先行特許文献1～3で開示されているような、突出部（特許文献1の符号600など）や、連通孔（特許文献2の符号501など）を設けて圧縮率を高めるようにしたタイプの真空ポンプと比べれば、突出部や連通孔を加工する必要がなく、その分低コストで、高い圧縮性を実現することが可能である。

[0103] さらに、本実施形態のターボ分子ポンプ10によれば、運転時は熱膨張により、山部61cと本体ケーシング14との間隔 C_c が、状況によっては一層小さくなり、その場合には圧縮性能が高まることとなる。

[0104] また、シグバーン排気機構の流路の深さ H_c を基準として、折り返し部の流路の幅（山部61cと本体ケーシング14との間隔） C_c を決定するという技術思想により、幅 C_c の決定に明確な指針を与えることができる。そして、ターボ分子ポンプ10の開発や設計において試行錯誤を繰り返す必要がなくなり、開発期間や設計期間の短縮が可能となる。

[0105] ここで、前述のような楔型の最大圧力領域 P_{c13} が形成されることについては、以下のように説明することも可能である。例えば、仮に、折り返し部の流路の幅 C_c を、図6（b）に示す従来構造のように10mm程度とした場合は、この幅 C_c が、山部61cの先端面76と、下流側の回転円板20dとの間隔（例えば1mm以下）と比べて過大となる。そして、溝部62cの外周側において、ガス分子の拡散が生じ易くなり、折り返し部88での圧力低下の度合いが大きくなる。

[0106] しかし、本実施形態のように、折り返し部の流路の幅 C_c を、シグバーン排気機構の流路の深さ H_c を基準として定め、幅 C_c と深さ H_c を同程度とすることにより、溝部62cと、下流側に面する回転円板20dとの間の気

密性に近い気密性を、折り返し部の流路の幅 C_c についても確保できる。この結果、溝部 62c の流体導出側端部（終端部 62c1）に楔型の圧力領域が形成され、良好な圧縮性を実現することが可能となる。

[0107] また、本実施形態では、保護ベアリング 32、33 によりロータ軸 21 の姿勢を維持するようになっているので、山部 61c と本体ケーシング 14 との間隔 C_c を狭めても、間隔 C_c を容易に保つことができる。

[0108] また、本実施形態のターボ分子ポンプ 10 によれば、図 5 (a) に示すように、固定円板 19c の上流側の板面 66 と、下流側の板面 67 のそれぞれに、山部 61c が突出するよう形成されている。さらに、溝部 62c の流体導出側の端部（ここでは外周側の端部）において、上流側の板面 66 の山部 61c（第 1 山部）と、下流側の板面 67 の山部 61c（第 2 山部）とが、本体部 68 の厚み方向において同一直線上（直線 S 上）に位置するよう配置されている。

[0109] このため、3 枚目の固定円板 19c の、内周側の折り返し部 87 において、上流側の板面 67 で圧縮されたガスの、下流側の板面 67 への受け渡しを、圧力損失が生じるのを防止しながら良好に行うことが可能である。

[0110] なお、本発明は、上述の実施形態に限定されず、要旨を逸脱しない範囲で種々に変形することが可能である。例えば、ここでは 3 枚目の固定円板 19c を中心として説明した。そして、3 枚目の固定円板 19c についてのみ、これまでに説明したような各種の構造を採用することが可能である。

[0111] しかし、これに限らず、他の固定円板（ここでは 1 枚目、2 枚目、4 枚目の固定円板 19a、19b、19d）のいずれか一部、又はすべてについても、同様な構成を採用することが可能である。そして、折り返し部の流路の幅 (C_a 、 C_b 、 C_d (図示略)) を、対応するシグバーン排気機構の流路の深さ (H_a 、 H_b 、 H_d (図示略)) と関係付け、当該関係を、前述した幅 C_c や深さ H_c と同様（少なくとも部分的に同一）とすることが可能である。

[0112] また、1 つの固定円板の 1 つの板面（例えば、3 枚目の固定円板 19c の

下流側の板面 67 など) についてのみ、本願の発明に係る構造を採用することも可能である。

[0113] また、前述したような、折り返し部の流路の幅 Cc と、シグバーン排気機構の流路の深さ Hc との関係を、固定円板 19c の内周側に適用することも可能である。つまり、折り返し部が、回転円板の外周側及び固定円板の内周側のうち少なくとも一方に形成されているようにすることが可能である。そして、幅 Cc と深さ Hc の関係を固定円板 19c の内周側に適用した場合には、前述した連続面 74 と、ロータ 28 の外周面 (符号省略) との間隔を、山部 61c の内側端面 72 の高さに関連付け、同程度 (少なくとも部分的に同一) となるように、2~3mm 程度とすることが可能である。

[0114] さらに、このような折り返し部の流路の幅の狭小化を、外周側のみ (或いは内周側のみ) で行うことや、外周側と内周側とで併用することなども可能である。

[0115] また、山部 61c や溝部 62c を形成する対象は、固定円板 (ここでは固定円板 19c) に限らず、回転円板とすることも可能である。さらに、山部 61c や溝部 62c が形成された固定円板と、回転円板とを混在させることも可能である。例えば、回転円板の片方の板面と、固定円板の片方の板面に、それぞれ山部 61c や溝部 62c を形成することも可能である。さらに、回転円板を挟んだ上下 (上流側及び下流側) の固定円板の、回転円板を向いた片面のみに山部 61c や溝部 62c を設けることなども可能である。

[0116] また、排気機構部 15 を、ポンプ機構としてのターボ分子ポンプ機構部 17 と、ネジ溝排気機構であるネジ溝ポンプ機構部 (図示略) とにより構成された複合型のものとするのが可能である。この場合、ネジ溝ポンプ機構部 (図示略) としては一般的な種々のものを採用可能である。

[0117] 例えば、ネジ溝ポンプ機構部 (図示略) は、ロータ円筒部 (図示略) とネジステータ (図示略) を備えたものとするができる。そして、回転円板 20a~20e の回転に伴い、ネジ溝ポンプ機構部 (図示略) の側へガスの移送が行われ、ネジ溝ポンプ機構部 (図示略) においてガスが圧縮され、圧

縮されたガスが排気部 1 3 から排気口 2 5 へ進入し、排気口 2 5 を介してポンプ本体 1 1 から排出されるようにすることが可能である。

符号の説明

- [0118] 1 0 ターボ分子ポンプ（真空ポンプ）
1 4 本体ケーシング
1 9 c 3 枚目の固定円板
2 0 d 4 枚目の回転円板
2 8 ロータ
6 0 シグバーン排気機構
6 1 c 山部
6 2 c 渦巻き状溝部（渦巻き状溝）
6 2 c 1 渦巻き状溝部の終端部
6 2 c 2 渦巻き状溝部の開始部
6 6 本体部の上流側の板面（上流側の面）
6 7 本体部の下流側の板面（下流側の面）
6 8 本体部
7 1 山部の外側端面（山部の端面）
7 2 山部の内側端面（山部の端面）
7 5、7 5 A、7 5 B 山部の側面（渦巻き状溝の側部）
8 1 本体ケーシングの内周面（対向部品の周面）
8 7 折り返し部
C c 折り返し部の流路の幅
H c シグバーン排気機構の流路の深さ

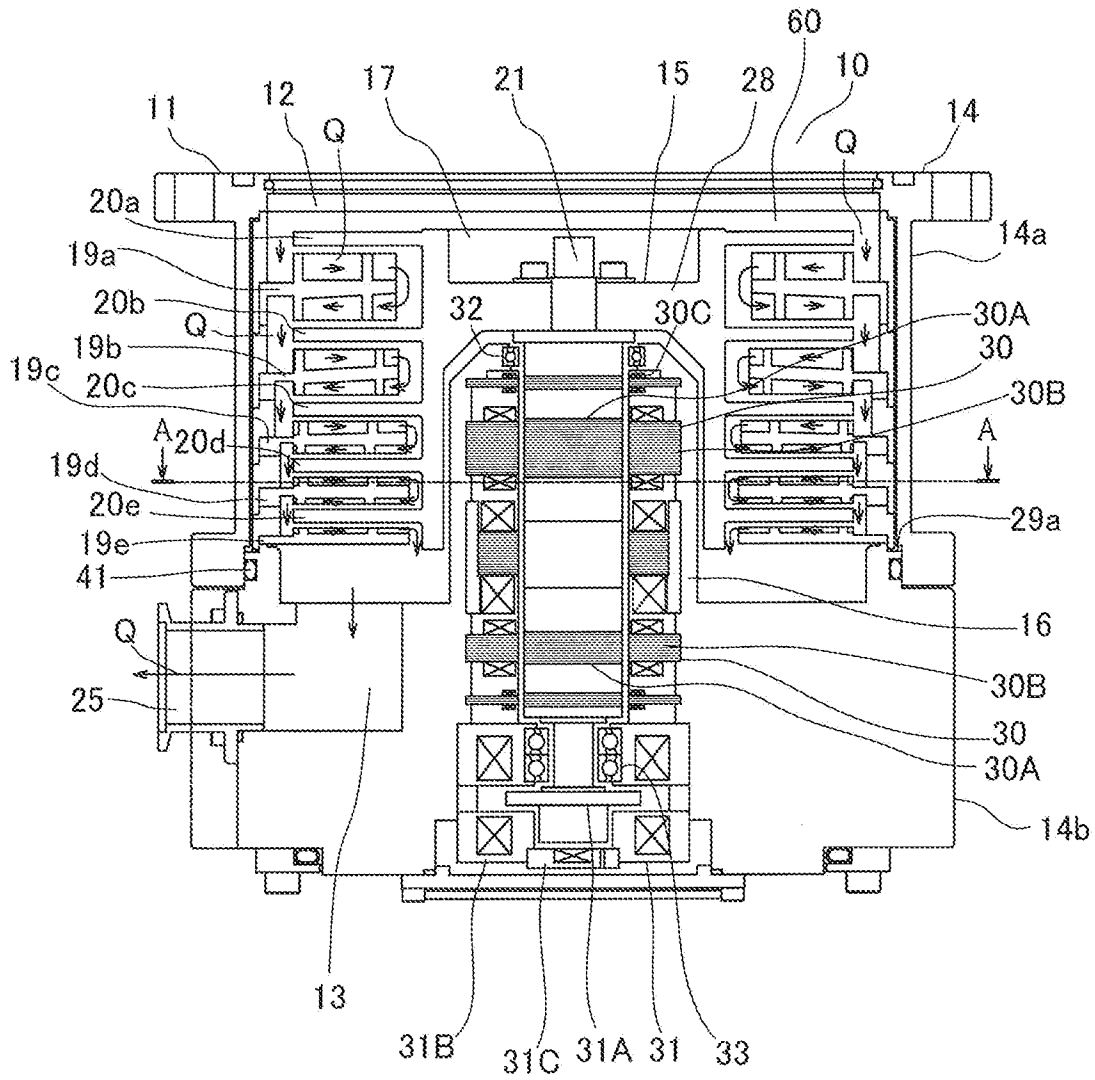
請求の範囲

- [請求項1] 回転円板と固定円板の少なくともどちらか一方に渦巻き状溝が設けられたシグバーン排気機構を複数備え、
- 前記シグバーン排気機構の少なくとも一部は、前記回転円板または前記固定円板の上流側と下流側の両面に設けられた真空ポンプにおいて、
- 前記上流側に設けられた渦巻き状溝の終端部、及び、前記下流側に設けられた渦巻き状溝の開始部が少なくとも一部において周方向に重なるよう位置し、且つ、前記上流側と前記下流側との折り返し部の流路の幅は、前記シグバーン排気機構の流路の深さに対し、同等以下となっていることを特徴とする真空ポンプ。
- [請求項2] 前記終端部における前記渦巻き状溝の側部と、前記開始部における前記渦巻き状溝の側部とが、少なくとも一部において同一直線上に位置することを特徴とする請求項1に記載の真空ポンプ。
- [請求項3] 前記折り返し部が、前記回転円板の外周側及び前記固定円板の内周側のうち少なくとも一方に形成されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の真空ポンプ。
- [請求項4] 回転円板と固定円板の少なくともどちらか一方に渦巻き状溝が設けられたシグバーン排気機構を複数備え、
- 前記シグバーン排気機構の少なくとも一部は、前記回転円板または前記固定円板の上流側と下流側の両面に設けられた真空ポンプに用いられる真空ポンプ構成部品において、
- 前記上流側に設けられた渦巻き状溝の終端部、及び、前記下流側に設けられた渦巻き状溝の開始部が少なくとも一部において周方向に重なるよう位置し、且つ、前記上流側と前記下流側との折り返し部の流路の幅は、前記シグバーン排気機構の流路の深さに対し、同等以下となっていることを特徴とする真空ポンプ構成部品。
- [請求項5] 前記終端部における前記渦巻き状溝の側部と、前記開始部における

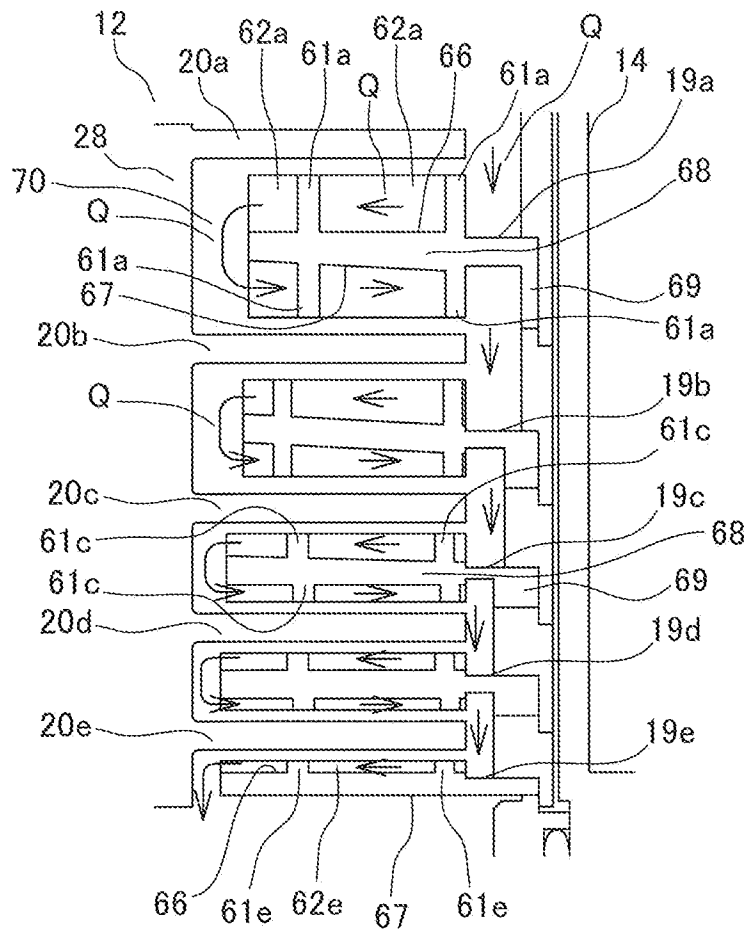
前記渦巻き状溝の側部とが、少なくとも一部において同一直線上に位置することを特徴とする請求項4に記載の真空ポンプ構成部品。

[請求項6] 前記折り返し部が、前記回転円板及び前記固定円板のうち少なくとも一方における内周側及び外周側のうち少なくとも一方に形成されていることを特徴とする請求項4又は5に記載の真空ポンプ構成部品。

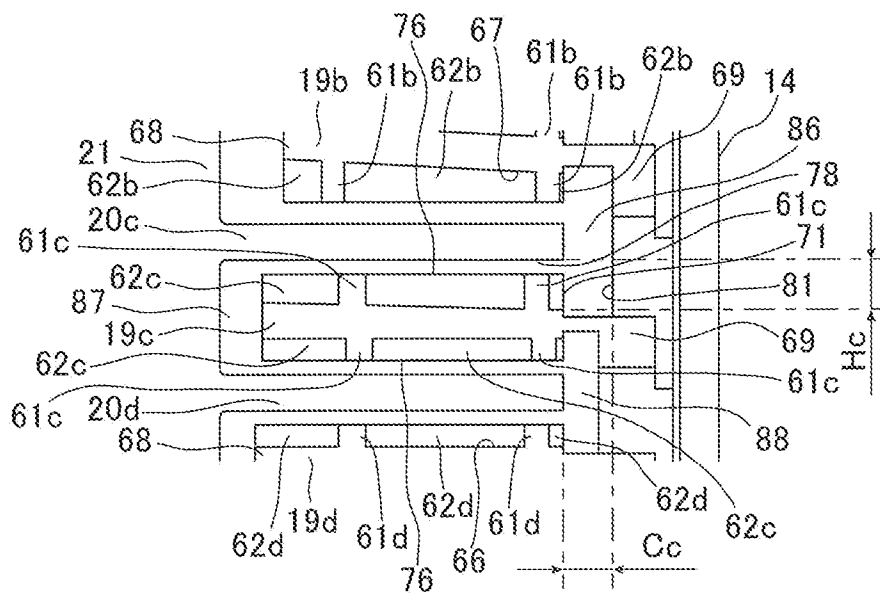
[図1]



[図2]

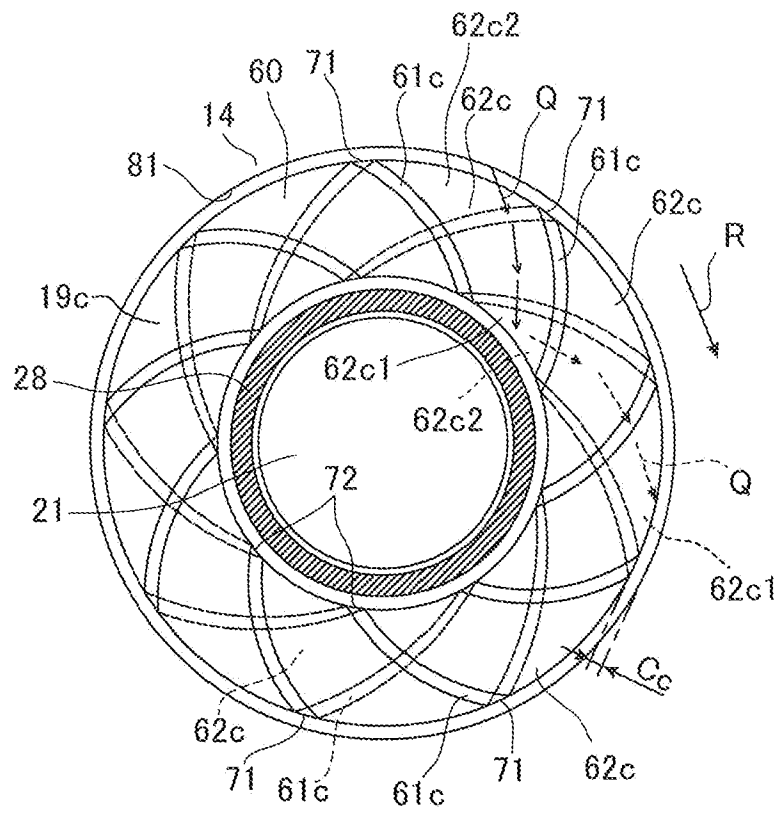
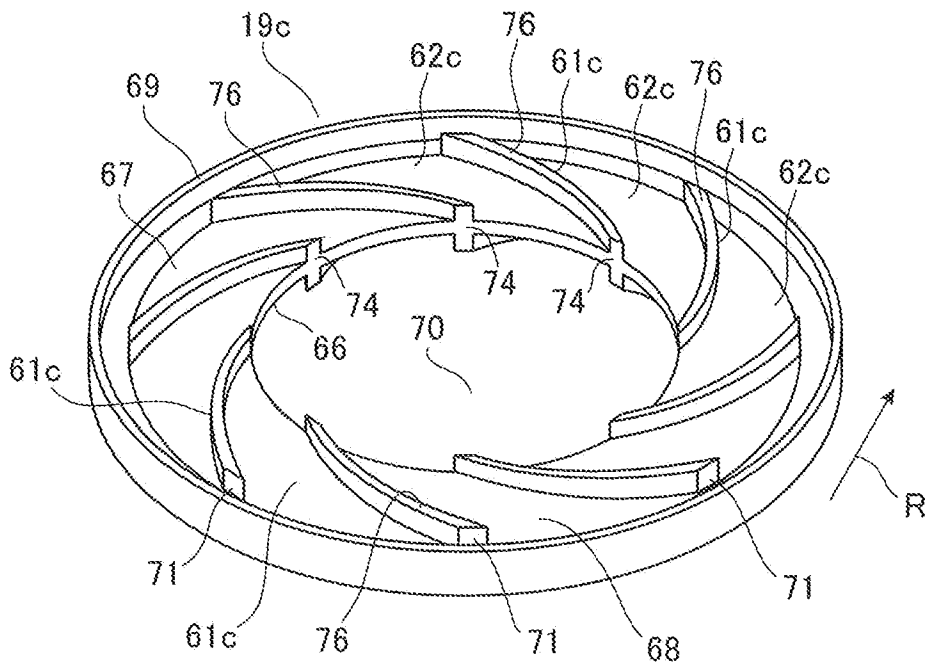


(a)



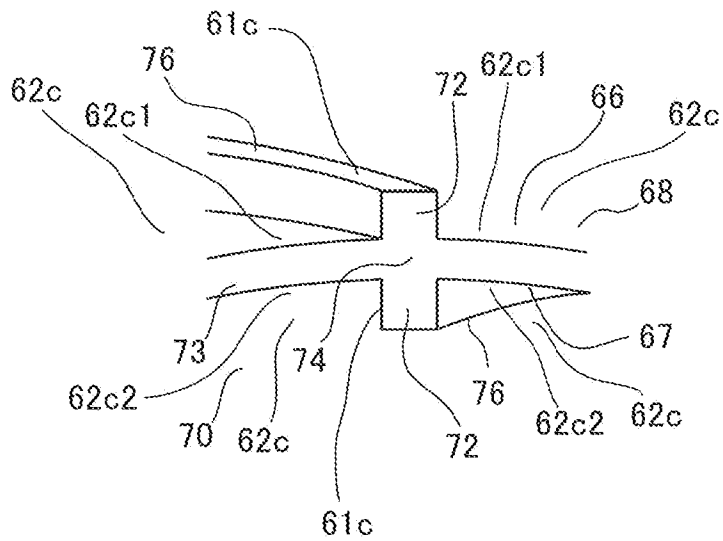
(b)

[図3]

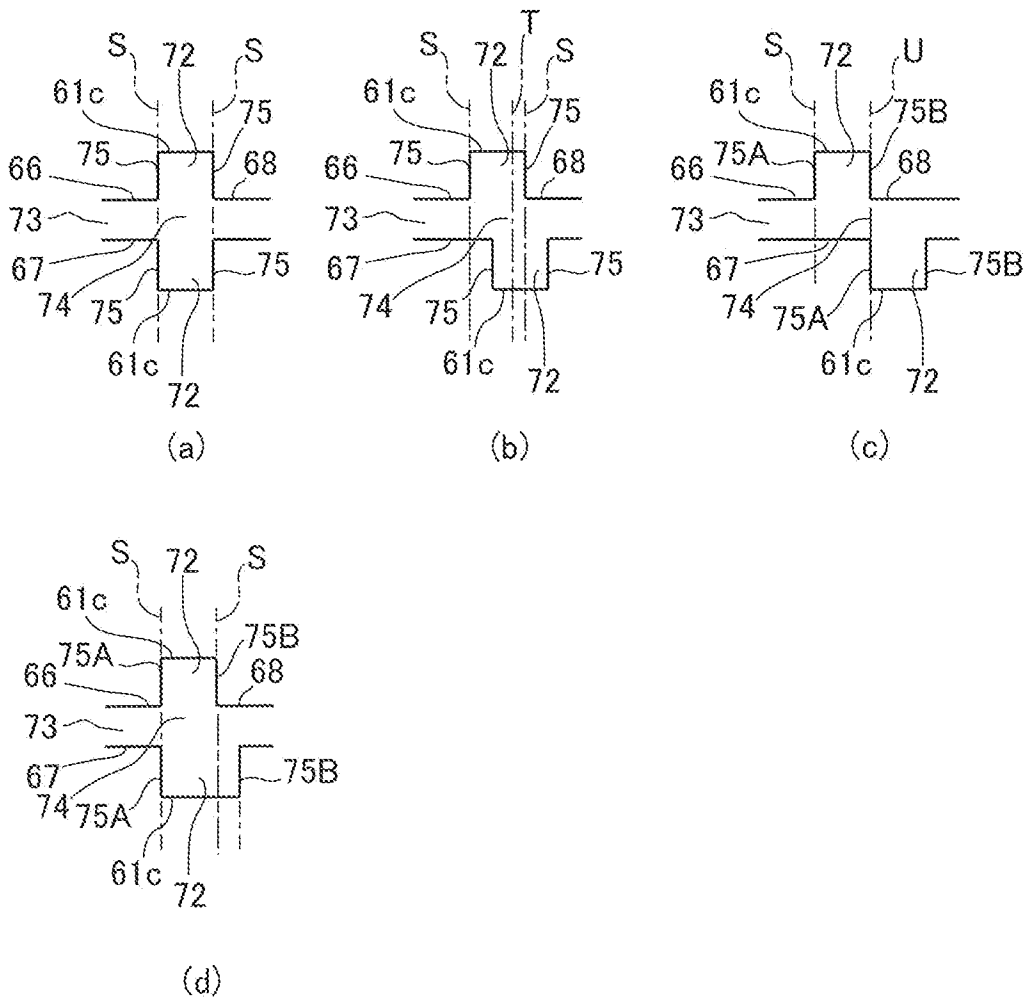
(a) A-A

(b)

[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/003412

<p>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER F04D 19/04 (2006.01) i FI: F04D19/04 D</p> <p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>											
<p>B. FIELDS SEARCHED</p> <p>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F04D19/04</p> <p>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched</p> <table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Published examined utility model applications of Japan</td> <td style="text-align: right;">1922-1996</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Published unexamined utility model applications of Japan</td> <td style="text-align: right;">1971-2021</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Registered utility model specifications of Japan</td> <td style="text-align: right;">1996-2021</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Published registered utility model applications of Japan</td> <td style="text-align: right;">1994-2021</td> </tr> </table> <p>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)</p>			Published examined utility model applications of Japan	1922-1996	Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021	Registered utility model specifications of Japan	1996-2021	Published registered utility model applications of Japan	1994-2021	
Published examined utility model applications of Japan	1922-1996										
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021										
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021										
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021										
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:10%;">Category*</th> <th style="width:70%;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="width:20%;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td align="center">X</td> <td>JP 6616560 B2 (EDWARDS LIMITED) 04 December 2019 (2019-12-04) paragraphs [0014]-[0021], [0033]-[0034], [0052]-[0053], fig. 1-4, 11-13</td> <td align="center">1-6</td> </tr> <tr> <td align="center">X</td> <td>JP 6353195 B2 (EDWARDS LIMITED) 04 July 2018 (2018-07-04) paragraph [0027], fig. 5-6</td> <td align="center">1, 3-4, 6</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	JP 6616560 B2 (EDWARDS LIMITED) 04 December 2019 (2019-12-04) paragraphs [0014]-[0021], [0033]-[0034], [0052]-[0053], fig. 1-4, 11-13	1-6	X	JP 6353195 B2 (EDWARDS LIMITED) 04 July 2018 (2018-07-04) paragraph [0027], fig. 5-6	1, 3-4, 6
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.									
X	JP 6616560 B2 (EDWARDS LIMITED) 04 December 2019 (2019-12-04) paragraphs [0014]-[0021], [0033]-[0034], [0052]-[0053], fig. 1-4, 11-13	1-6									
X	JP 6353195 B2 (EDWARDS LIMITED) 04 July 2018 (2018-07-04) paragraph [0027], fig. 5-6	1, 3-4, 6									
<p><input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.</p>											
<table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> <p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </td> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> <p>“I” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p> </td> </tr> </table>			<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“I” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>							
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“I” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>										
<p>Date of the actual completion of the international search 29 March 2021 (29.03.2021)</p>		<p>Date of mailing of the international search report 06 April 2021 (06.04.2021)</p>									
<p>Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan</p>		<p>Authorized officer</p> <p>Telephone No.</p>									

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/003412

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 6616560 B2	04 Dec. 2019	US 2016/0298645 A1 paragraphs [0083]- [0111], [0162]- [0171], [0250]- [0253], fig. 1-4, 11- 13 WO 2015/079801 A1 EP 3076021 A1 CN 105765232 A KR 10-2016-0090289 A JP 2015-102076 A	
JP 6353195 B2	04 Jul. 2018	US 2016/0069350 A1 paragraphs [0096]- [0101], fig. 5-6B WO 2014/181575 A1 EP 2995819 A1 CN 105121859 A KR 10-2016-0005679 A JP 2014-218941 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F04D 19/04(2006.01)i FI: F04D19/04 D		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） F04D19/04 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 6616560 B2（エドワーズ株式会社）04.12.2019（2019-12-04） 段落0014-0021, 0033-0034, 0052-0053, 図1-4, 11-13	1-6
X	JP 6353195 B2（エドワーズ株式会社）04.07.2018（2018-07-04） 段落0027, 図5-6	1, 3-4, 6
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	29.03.2021	国際調査報告の発送日 06.04.2021
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 岸 智章 30 9327 電話番号 03-3581-1101 内線 3358	

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/003412

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	6616560	B2	04.12.2019	US	2016/0298645	A1	
					段落0083-0111, 0162-0171, 0250-0253, 図1-4, 11-13		
				WO	2015/079801	A1	
				EP	3076021	A1	
				CN	105765232	A	
				KR	10-2016-0090289	A	
				JP	2015-102076	A	

JP	6353195	B2	04.07.2018	US	2016/0069350	A1	
					段落0096-0101, 図5-6B		
				WO	2014/181575	A1	
				EP	2995819	A1	
				CN	105121859	A	
				KR	10-2016-0005679	A	
				JP	2014-218941	A	
