

(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
2025年5月15日(15.05.2025)



(10) 国際公開番号

WO 2025/100397 A1

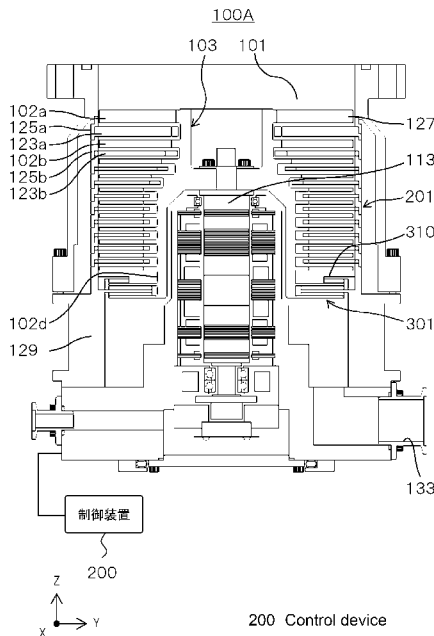
- (51) 国際特許分類:
F04D 19/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/039255
- (22) 国際出願日: 2024年11月5日(05.11.2024)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2023-190852 2023年11月8日(08.11.2023) JP
- (71) 出願人: エドワーズ株式会社(EDWARDS JAPAN LIMITED) [JP/JP]; 〒2768523 千葉県八千代市吉橋 1078番地1 (JP).
- (72) 発明者: 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 (JP). 坂口 祐幸(SAKAGUCHI Yoshiyuki); 〒2768523 千葉県八千代市吉橋 1078番地1 エドワーズ株式会社内 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF,

(54) Title: VACUUM PUMP AND INFLOW GUIDE COMPONENT USED IN SAME

(54) 発明の名称: 真空ポンプおよび該真空ポンプに用いられる流入ガイド部品

[図12]



(57) Abstract: [Problem] To improve back pressure dependency while suppressing a decrease in exhaust speed in a Siegbahn type exhaust mechanism. [Solution] A vacuum pump that is provided with: a casing having an intake port; a rotor shaft arranged in the casing; one or a plurality of rotary disks rotatable together with the rotor shaft; and one or a plurality of fixed disks arranged axially opposite each of the one or plurality of rotary disks and provided with spiral grooves having valleys and peaks on opposing surfaces, a gas flow passage being formed by the spiral grooves opposing the one or plurality of rotary disks, and gas introduced from the intake port being exhausted through interaction of the one or plurality of rotary disks and the one or plurality of fixed disks. The vacuum pump is characterized by comprising, further to the intake port side than a first rotary disk of the intake port side from among the one or plurality of rotary disks, an inflow guide part that guides inflow of the gas.



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)）

(57) 要約：【課題】シグバーン型の排気機構において、排気速度の低下を抑制しつつ背圧依存性を向上させる。【解決手段】吸気口を有するケーシングと、前記ケーシング内に配置されたロータ軸と、前記ロータ軸とともに回転可能な1又は複数の回転円板と、前記1又は複数の回転円板のそれぞれに対し、軸方向に対向して配置され、対向面に谷部と山部を有するスパイラル状溝が配設された1又は複数の固定円板と、を備え、前記1又は複数の回転円板と対向する前記スパイラル状溝によりガス流路を形成し、前記1又は複数の回転円板と前記1又は複数の固定円板の相互作用により前記吸気口から導入したガスを排気する真空ポンプであって、前記1又は複数の回転円板のうち前記吸気口側の第1の回転円板よりも前記吸気口側に、前記ガスの流入をガイドする流入ガイド部を備えたことを特徴とする、真空ポンプ。

明 細 書

発明の名称：

真空ポンプおよび該真空ポンプに用いられる流入ガイド部品

技術分野

[0001] 本発明は、真空ポンプおよび該真空ポンプに用いられる流入ガイド部品に関する。

背景技術

[0002] 本技術分野の背景技術として、特開 2 0 1 5 - 1 0 2 0 7 6 号公報（特許文献 1）がある。この公報には、「本発明の実施形態の真空ポンプは、排気作用のある管路と管路を効果的に繋ぐ真空ポンプ用部品およびシーグバーン型排気機構を備える複合型真空ポンプである。固定円板は、山部と谷部を有するスパイラル状溝（らせん溝）が形成され、回転円筒（回転体円筒部）に対向する側である内径部か、外周側に配設される固定円筒の内径側かの両方またはいずれか一方に、突起（突出）部を有する。また、回転円板は、山部と谷部を有するスパイラル状溝が形成され、内周側に配設される回転円筒の外径部か、当該回転円板がスペーサに対向する側である外径部かの両方またはいずれか一方に、突起（突出）部を有する。」と記載されている（要約参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献 1：特開 2 0 1 5 - 1 0 2 0 7 6 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 前記特許文献 1 には、シーグバーン型（シグバーンともいう）分子ポンプの折り返し流路において、排気作用のある吸気口側の管路と排気口側の管路とを繋ぐ突起を配設する構成が開示されている。特許文献 1 には、このような構成により、排気効率を改善できることが記載されている。

[0005] なおこのシグバーン型の排気機構は背圧依存性に優れ、例えば他の排気機構に組み合わせたり、その段数を増やしたりすることで、背圧依存性を向上できることが知られている。この「背圧依存性」とは、真空排気系において背圧（排気口の圧力）が吸圧（吸気口の圧力）に及ぼす影響の度合いを表す指標であり、この影響度合いが低いほど背圧依存性に優れる。しかしながら、シグバーン型の排気機構においては、背圧依存性が向上するにつれ、排気速度が低下するという背反がある。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するために、例えば特許請求の範囲に記載の構成を採用する。

本願は上記課題を解決する手段を複数含んでいるが、その一例を挙げるならば、

吸気口を有するケーシングと、

前記ケーシング内に配置されたロータ軸と、

前記ロータ軸とともに回転可能な1又は複数の回転円板と、

前記1又は複数の回転円板のそれぞれに対し、軸方向に対向して配置され、対向面に谷部と山部を有するスパイラル状溝が配設された1又は複数の固定円板と、

を備え、

前記1又は複数の回転円板と対向する前記スパイラル状溝によりガス流路を形成し、

前記1又は複数の回転円板と前記1又は複数の固定円板の相互作用により前記吸気口から導入したガスを排気する真空ポンプであって、

前記1又は複数の回転円板のうち前記吸気口側の第1の回転円板よりも前記吸気口側に、前記ガスの流入をガイドする流入ガイド部を備えたことを特徴とする。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、シグバーン型の排気機構において、排気速度の低下を抑

制しつつ背圧依存性を向上させることができる。

上記した以外の課題、構成および効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]図1は、ターボ分子ポンプの縦断面図の一例である。

[図2]図2は、ターボ分子ポンプのロータ軸制御のためのアンプ回路の回路図の例である。

[図3]図3は、電流指令値が検出値より大きい場合の制御を示すタイムチャートの例である。

[図4]図4は、電流指令値が検出値より小さい場合の制御を示すタイムチャートの例である。

[図5]図5は、他のターボ分子ポンプの縦断面図の一例である。

[図6]図6は、図5の部分拡大図である。

[図7]図7は、図5のVII-VII線概略断面図である。

[図8]図8は、固定円板の平面図の一例である。

[図9]図9は、固定円板の底面図の一例である。

[図10]図10は、固定円板の縦断面図の一例である。

[図11]図11は、シグバーン型の排気機構の吸圧と背圧との関係を概略的に示すグラフである。

[図12]図12は、一実施形態に係るターボ分子ポンプの縦断面図である。

[図13]図13は、図12の部分拡大図である。

[図14]図14は、一実施形態に係る流入ガイド部の底面図の一例である。

[図15]図15は、図14のXV-XV線断面図である。

[図16]図16は、流入ガイド部の山部の形状について説明する概略模式図である。

[図17]図17は、流入ガイド部の内側半径とシグバーン段入口圧力との関係のシミュレーション結果を示すグラフである。

[図18]図18は、他の実施形態に係る流入ガイド部の部分断面図の一例であ

る。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、一実施形態に係る真空ポンプについて、図面に基づいて説明する。一部の図面には、X軸、Y軸、およびZ軸を示しており、各軸は各図面で共通する方向となるように描かれている。ただし、これらは説明の便宜上の方向に過ぎず、真空ポンプの設置態様を何ら限定するものではない。また、同一部材について、一の図面において部材に符号を付して、他の図面において符号を省略することがある。

[0010] <ターボ分子ポンプの基本構成>

図1は、真空ポンプの一例である、ターボ分子ポンプ100の基本構成を示す。このターボ分子ポンプ100は、図1の上方が上流（吸気）側となっており、吸気口101には、例えば、半導体製造装置等の対象機器の真空チャンバ（図示略）が接続されるようになっている。また、ターボ分子ポンプ100は、図1の下方が下流（排気）側となっており、排気口133には、例えば、補助ポンプ（図示略）が接続されるようになっている。このターボ分子ポンプ100は、図1に示すような鉛直方向の垂直姿勢のほか、逆鉛直姿勢や水平姿勢、傾斜姿勢でも使用することができる。

[0011] このターボ分子ポンプ100の縦断面図を図1に示す。図1において、ターボ分子ポンプ100は、円筒状の外筒127の上端に吸気口101が形成されている。そして、外筒127の内方には、ガスを吸引排気するためのタービンブレードである複数の回転翼102（102a、102b、102c・・・）を周部に放射状かつ多段に形成した回転体103が備えられている。この回転体103の中心にはロータ軸113が取り付けられており、このロータ軸113は、例えば5軸制御の磁気軸受により空中に浮上支持かつ位置制御されている。回転体103は、一般的に、アルミニウム又はアルミニウム合金などの金属によって構成されている。

[0012] 上側径方向電磁石104は、4個の電磁石がX軸とY軸とに対をなして配置されている。この上側径方向電磁石104に近接して、かつ上側径方向電

磁石 104 のそれぞれに対応して 4 個の上側径方向センサ 107 が備えられている。上側径方向センサ 107 は、例えば伝導巻線を有するインダクタンスセンサや渦電流センサなどが用いられ、ロータ軸 113 の位置に応じて変化するこの伝導巻線のインダクタンスの変化に基づいてロータ軸 113 の位置を検出する。この上側径方向センサ 107 はロータ軸 113、すなわちそれに固定された回転体 103 の径方向変位を検出し、制御装置 200 に送るように構成されている。

[0013] この制御装置 200 においては、例えば P I D 調節機能を有する補償回路が、上側径方向センサ 107 によって検出された位置信号に基づいて、上側径方向電磁石 104 の励磁制御指令信号を生成し、図 2 に示すアンプ回路 150（後述する）が、この励磁制御指令信号に基づいて、上側径方向電磁石 104 を励磁制御することで、ロータ軸 113 の上側の径方向位置が調整される。

[0014] そして、このロータ軸 113 は、高透磁率材（鉄、ステンレスなど）などにより形成され、上側径方向電磁石 104 の磁力により吸引されるようになっている。かかる調整は、X 軸方向と Y 軸方向とにそれぞれ独立して行われる。また、下側径方向電磁石 105 及び下側径方向センサ 108 が、上側径方向電磁石 104 及び上側径方向センサ 107 と同様に配置され、ロータ軸 113 の下側の径方向位置を上側の径方向位置と同様に調整している。

[0015] さらに、軸方向電磁石 106 A、106 B が、ロータ軸 113 の下部に備えた円板状の金属ディスク 111 を上下に挟んで配置されている。金属ディスク 111 は、鉄などの高透磁率材で構成されている。ロータ軸 113 の軸方向変位を検出するために軸方向センサ 109 が備えられ、その軸方向位置信号が制御装置 200 に送られるように構成されている。

[0016] そして、制御装置 200 において、例えば P I D 調節機能を有する補償回路が、軸方向センサ 109 によって検出された軸方向位置信号に基づいて、軸方向電磁石 106 A と軸方向電磁石 106 B のそれぞれの励磁制御指令信号を生成し、アンプ回路 150 が、これらの励磁制御指令信号に基づいて、

軸方向電磁石 106 A と軸方向電磁石 106 B をそれぞれ励磁制御することで、軸方向電磁石 106 A が磁力により金属ディスク 111 を上方に吸引し、軸方向電磁石 106 B が金属ディスク 111 を下方に吸引し、ロータ軸 113 の軸方向位置が調整される。

[0017] このように、制御装置 200 は、この軸方向電磁石 106 A、106 B が金属ディスク 111 に及ぼす磁力を適当に調節し、ロータ軸 113 を軸方向に磁気浮上させ、空間に非接触で保持するようになっている。なお、これら上側径方向電磁石 104、下側径方向電磁石 105 及び軸方向電磁石 106 A、106 B を励磁制御するアンプ回路 150 については、後述する。

[0018] 一方、モータ 121 は、ロータ軸 113 を取り囲むように周状に配置された複数の磁極を備えている。各磁極は、ロータ軸 113 との間に作用する電磁力を介してロータ軸 113 を回転駆動するように、制御装置 200 によって制御されている。また、モータ 121 には図示しない例えばホール素子、レゾルバ、エンコーダなどの回転速度センサが組み込まれており、この回転速度センサの検出信号によりロータ軸 113 の回転速度が検出されるようになっている。

[0019] さらに、例えば下側径方向センサ 108 近傍に、図示しない位相センサが取り付けられてあり、ロータ軸 113 の回転の位相を検出するようになっている。制御装置 200 では、この位相センサと回転速度センサの検出信号を共に用いて磁極の位置を検出するようになっている。

[0020] 回転翼 102 (102 a、102 b、102 c・・・) とわずかの空隙を隔てて複数枚の固定翼 123 (123 a、123 b、123 c・・・) が配設されている。回転翼 102 (102 a、102 b、102 c・・・) は、それぞれ排気ガスの分子を衝突により下方向に移送するため、ロータ軸 113 の軸線に垂直な平面から所定の角度だけ傾斜して形成されている。固定翼 123 (123 a、123 b、123 c・・・) は、例えばアルミニウム、鉄、ステンレス、銅などの金属、又はこれらの金属を成分として含む合金などの金属によって構成されている。

[0021] また、固定翼１２３も、同様にロータ軸１１３の軸線に垂直な平面から所定の角度だけ傾斜して形成され、かつ外筒１２７の内方に向けて回転翼１０２の段と互い違いに配設されている。そして、固定翼１２３の外周端は、複数の段積みされた固定翼スペーサ１２５（１２５ａ、１２５ｂ、１２５ｃ・・・・）の間に嵌挿された状態で支持されている。

[0022] 固定翼スペーサ１２５はリング状の部材であり、例えばアルミニウム、鉄、ステンレス、銅などの金属、又はこれらの金属を成分として含む合金などの金属によって構成されている。固定翼スペーサ１２５の外周には、わずかの空隙を隔てて外筒１２７が固定されている。外筒１２７の底部にはベース部１２９が配設されている。ベース部１２９には排気口１３３が形成され、外部に連通されている。チャンバ（真空チャンバ）側から吸気口１０１に入ってベース部１２９に移送されてきた排気ガスは、排気口１３３へと送られる。

[0023] さらに、ターボ分子ポンプ１００の用途によって、固定翼スペーサ１２５の下部とベース部１２９の間には、ネジ付スペーサ１３１が配設される。ネジ付スペーサ１３１は、アルミニウム、銅、ステンレス、鉄、又はこれらの金属を成分とする合金などの金属によって構成された円筒状の部材であり、その内周面に螺旋状のネジ溝１３１ａが複数条刻設されている。ネジ溝１３１ａの螺旋の方向は、回転体１０３の回転方向に排気ガスの分子が移動したときに、この分子が排気口１３３の方へ移送される方向である。回転体１０３の回転翼１０２（１０２ａ、１０２ｂ、１０２ｃ・・・・）に続く最下部には円筒部１０２ｄが垂下されている。この円筒部１０２ｄの外周面は、円筒状で、かつネジ付スペーサ１３１の内周面に向かって張り出されており、このネジ付スペーサ１３１の内周面と所定の隙間を隔てて近接されている。回転翼１０２および固定翼１２３によってネジ溝１３１ａに移送されてきた排気ガスは、ネジ溝１３１ａに案内されつつベース部１２９へと送られる。

[0024] ベース部１２９は、ターボ分子ポンプ１００の基底部を構成する円盤状の部材であり、一般には鉄、アルミニウム、ステンレスなどの金属によって構

成されている。ベース部 129 はターボ分子ポンプ 100 を物理的に保持すると共に、熱の伝導路の機能も兼ね備えているので、鉄、アルミニウムや銅などの剛性があり、熱伝導率も高い金属が使用されるのが望ましい。

[0025] かかる構成において、回転翼 102 がロータ軸 113 と共にモータ 121 により回転駆動されると、回転翼 102 と固定翼 123 の作用により、吸気口 101 を通じてチャンバから排気ガスが吸気される。回転翼 102 の回転速度は通常 20000 rpm ~ 90000 rpm であり、回転翼 102 の先端での周速度は 200 m/s ~ 400 m/s に達する。吸気口 101 から吸気された排気ガスは、回転翼 102 と固定翼 123 の間を通り、ベース部 129 へ移送される。このとき、排気ガスが回転翼 102 に接触する際に生ずる摩擦熱や、モータ 121 で発生した熱の伝導などにより、回転翼 102 の温度は上昇するが、この熱は、輻射又は排気ガスの気体分子などによる伝導により固定翼 123 側に伝達される。

[0026] 固定翼スペーサ 125 は、外周部で互いに接合しており、固定翼 123 が回転翼 102 から受け取った熱や排気ガスが固定翼 123 に接触する際に生ずる摩擦熱などを外部へと伝達する。

[0027] なお、上記では、ネジ付スペーサ 131 は回転体 103 の円筒部 102 d の外周に配設し、ネジ付スペーサ 131 の内周面にネジ溝 131 a が刻設されているとして説明した。しかしながら、これとは逆に円筒部 102 d の外周面にネジ溝が刻設され、その周囲に円筒状の内周面を有するスペーサが配置される場合もある。

[0028] また、ターボ分子ポンプ 100 の用途によっては、吸気口 101 から吸引されたガスが上側径方向電磁石 104、上側径方向センサ 107、モータ 121、下側径方向電磁石 105、下側径方向センサ 108、軸方向電磁石 106 A、106 B、軸方向センサ 109 などで構成される電装部に侵入することのないよう、電装部は周囲をステータコラム 122 で覆われ、このステータコラム 122 内はパージガスにて所定圧に保たれる場合もある。

[0029] この場合には、ベース部 129 には図示しない配管が配設され、この配管

を通じてパージガスが導入される。導入されたパージガスは、保護ベアリング120とロータ軸113間、モータ121のロータとステータ間、ステータコラム122と回転翼102の内周側円筒部の間の隙間を通じて排気口133へ送出される。

[0030] ここに、ターボ分子ポンプ100は、機種の特定と、個々に調整された固有のパラメータ（例えば、機種に対応する諸特性）に基づいた制御を要する。この制御パラメータを格納するために、上記ターボ分子ポンプ100は、その本体内に電子回路部141を備えている。電子回路部141は、EEPROM等の半導体メモリ及びそのアクセスのための半導体素子等の電子部品、それらの実装用の基板143等から構成される。この電子回路部141は、ターボ分子ポンプ100の下部を構成するベース部129の例えば中央付近の図示しない回転速度センサの下部に收容され、気密性の底蓋145によって閉じられている。

[0031] ところで、半導体の製造工程では、チャンバに導入されるプロセスガスの中には、その圧力が所定値よりも高くなり、或いは、その温度が所定値よりも低くなると、固体となる性質を有するものがある。ターボ分子ポンプ100内部では、排気ガスの圧力は、吸気口101で最も低く排気口133で最も高い。プロセスガスが吸気口101から排気口133へ移送される途中で、その圧力が所定値よりも高くなったり、その温度が所定値よりも低くなったりすると、プロセスガスは、固体状となり、ターボ分子ポンプ100内部に付着して堆積する。

[0032] 例えば、Alエッチング装置にプロセスガスとして SiCl_4 が使用された場合、低真空（ $760 [\text{torr}] \sim 10^{-2} [\text{torr}]$ ）かつ、低温（約 $20 [^\circ\text{C}]$ ）のとき、固体生成物（例えば AlCl_3 ）が析出し、ターボ分子ポンプ100内部に付着堆積することが蒸気圧曲線からわかる。これにより、ターボ分子ポンプ100内部にプロセスガスの析出物が堆積すると、この堆積物がポンプ流路を狭め、ターボ分子ポンプ100の性能を低下させる原因となる。そして、前述した生成物は、排気口133付近やネジ付スペーサ

131 付近の圧力が高い部分で凝固、付着し易い状況にあった。

[0033] そのため、この問題を解決するために、従来はベース部129等の外周に図示しないヒータや環状の水冷管149を巻着させ、かつ例えばベース部129に図示しない温度センサ（例えばサーミスタ）を埋め込み、この温度センサの信号に基づいてベース部129の温度を一定の高い温度（設定温度）に保つようにヒータの加熱や水冷管149による冷却の制御（以下TMSという。TMS ; Temperature Management System）が行われている。

[0034] 次に、このように構成されるターボ分子ポンプ100に関して、その上側径方向電磁石104、下側径方向電磁石105及び軸方向電磁石106A、106Bを励磁制御するアンプ回路150について説明する。このアンプ回路150の回路図を図2に示す。

[0035] 図2において、上側径方向電磁石104等を構成する電磁石巻線151は、その一端がトランジスタ161を介して電源171の正極171aに接続されており、また、その他端が電流検出回路181及びトランジスタ162を介して電源171の負極171bに接続されている。そして、トランジスタ161、162は、いわゆるパワーMOSFETとなっており、そのソースドレイン間にダイオードが接続された構造を有している。

[0036] このとき、トランジスタ161は、そのダイオードのカソード端子161aが正極171aに接続されるとともに、アノード端子161bが電磁石巻線151の一端と接続されるようになっている。また、トランジスタ162は、そのダイオードのカソード端子162aが電流検出回路181に接続されるとともに、アノード端子162bが負極171bと接続されるようになっている。

[0037] 一方、電流回生用のダイオード165は、そのカソード端子165aが電磁石巻線151の一端に接続されるとともに、そのアノード端子165bが負極171bに接続されるようになっている。また、これと同様に、電流回生用のダイオード166は、そのカソード端子166aが正極171aに接

続されるとともに、そのアノード端子 166b が電流検出回路 181 を介して電磁石巻線 151 の他端に接続されるようになっている。そして、電流検出回路 181 は、例えばホールセンサ式電流センサや電気抵抗素子で構成されている。

[0038] 以上のように構成されるアンプ回路 150 は、一つの電磁石に対応されるものである。そのため、磁気軸受が 5 軸制御で、電磁石 104、105、106A、106B が合計 10 個ある場合には、電磁石のそれぞれについて同様のアンプ回路 150 が構成され、電源 171 に対して 10 個のアンプ回路 150 が並列に接続されるようになっている。

[0039] さらに、アンプ制御回路 191 は、例えば、制御装置 200 の図示しないデジタル・シグナル・プロセッサ部（以下、DSP 部という）によって構成され、このアンプ制御回路 191 は、トランジスタ 161、162 の on/off を切り替えるようになっている。

[0040] アンプ制御回路 191 は、電流検出回路 181 が検出した電流値（この電流値を反映した信号を電流検出信号 191c という）と所定の電流指令値とを比較するようになっている。そして、この比較結果に基づき、PWM 制御による 1 周期である制御サイクル T_s 内に発生させるパルス幅の大きさ（パルス幅時間 T_{p1} 、 T_{p2} ）を決めるようになっている。その結果、このパルス幅を有するゲート駆動信号 191a、191b を、アンプ制御回路 191 からトランジスタ 161、162 のゲート端子に出力するようになっている。

[0041] なお、回転体 103 の回転速度の加速運転中に共振点を通過する際や定速運転中に外乱が発生した際等に、高速かつ強い力での回転体 103 の位置制御をする必要がある。そのため、電磁石巻線 151 に流れる電流の急激な増加（あるいは減少）ができるように、電源 171 としては、例えば 50V 程度の電圧が使用されるようになっている。また、電源 171 の正極 171a と負極 171b との間には、電源 171 の安定化のために、通常コンデンサが接続されている（図示略）。

- [0042] かかる構成において、トランジスタ161、162の両方をonにすると、電磁石巻線151に流れる電流（以下、電磁石電流 i_L という）が増加し、両方をoffにすると、電磁石電流 i_L が減少する。
- [0043] また、トランジスタ161、162の一方をonにし他方をoffにすると、いわゆるフライホイール電流が保持される。そして、このようにアンプ回路150にフライホイール電流を流すことで、アンプ回路150におけるヒステリシス損を減少させ、回路全体としての消費電力を低く抑えることができる。また、このようにトランジスタ161、162を制御することにより、ターボ分子ポンプ100に生じる高調波等の高周波ノイズを低減することができる。さらに、このフライホイール電流を電流検出回路181で測定することで電磁石巻線151を流れる電磁石電流 i_L が検出可能となる。
- [0044] すなわち、検出した電流値が電流指令値より小さい場合には、図3に示すように制御サイクル T_s （例えば $100\mu s$ ）中で1回だけ、パルス幅時間 T_{p1} に相当する時間分だけトランジスタ161、162の両方をonにする。そのため、この期間中の電磁石電流 i_L は、正極171aから負極171bへ、トランジスタ161、162を介して流し得る電流値 i_{Lmax} （図示せず）に向かって増加する。
- [0045] 一方、検出した電流値が電流指令値より大きい場合には、図4に示すように制御サイクル T_s 中で1回だけパルス幅時間 T_{p2} に相当する時間分だけトランジスタ161、162の両方をoffにする。そのため、この期間中の電磁石電流 i_L は、負極171bから正極171aへ、ダイオード165、166を介して回生し得る電流値 i_{Lmin} （図示せず）に向かって減少する。
- [0046] そして、いずれの場合にも、パルス幅時間 T_{p1} 、 T_{p2} の経過後は、トランジスタ161、162のどちらか1個をonにする。そのため、この期間中は、アンプ回路150にフライホイール電流が保持される。
- [0047] 以上のターボ分子ポンプ100においては、例えば、主として外筒127とベース部129等とが組み合わされて、1つの筐体（以下では「ケーシング

グ」という)を構成する。また、ケーシング内に設けられた排気機構は、回転翼102および固定翼123等により構成されるターボ分子ポンプ機構部と、円筒部102dおよびネジ付スペーサ131等により構成される溝排気機構部と、に分けることができる。溝排気機構部は、円筒部102dおよびネジ付スペーサ131等により構成されるものに限定されず、例えば、シグバーン型排気機構部301(後述する)や、ホルベック型排気機構部により構成されるものであってよい。ターボ分子ポンプ100の排気機構は、溝排気機構部のいずれか1つ、または2つ以上の組合せから構成されてもよい。

[0048] <シグバーン型排気機構部>

次に、前述した溝排気機構部の他の態様について、図5から図11に基づき説明する。図5は、ターボ分子ポンプ100Aの縦断面図であり、図6は、図5のロータ軸113の回転軸から右側を示す部分拡大図である。ターボ分子ポンプ100Aは、溝排気機構部として、上述したターボ分子ポンプ機構部201と、シグバーン型排気機構部301と、を備えている。シグバーン型排気機構部301は、ターボ分子ポンプ機構部201の次段(直後の下流側)に、空間的に連続するよう設けられている。

[0049] 図5は、溝排気機構部がシグバーン型排気機構部301である点で図1と異なるが、その他の基本的な構成は共通している。したがって、共通する部分の構成および作用効果について重ねての説明は省略する。ターボ分子ポンプ100Aは、用途によっては、例えば、シグバーン型排気機構部301の次段(直後の下流側)に、ホルベック型排気機構部(図示せず)等の他の溝排気機構部を備えていてもよい。

[0050] シグバーン型排気機構部301は、シグバーン型の排気機構であり、概して、回転円板320(320a、320b)と、固定円板330(330a)と、により構成される。回転円板320(320a、320b)や固定円板330(330a)は、例えばアルミニウム、鉄、ステンレス、銅などの金属、またはこれらの金属を成分として含む合金などの金属によって構成されている。

[0051] 回転円板 320 (320a、320b) は、概して円環状の板体であって、筒状の回転体 103 の外周に一体に形成されている。各回転円板 320a、320b は、回転体 103 と同軸に、かつ、軸方向に離間して設けられている。回転円板 320 (320a、320b) は、モータ 121 が回転駆動することによって、回転体 103 や回転翼 102 等とともに同じ方向（回転方向）に回転する。図 6 等において、シグバーン型排気機構部 301 は、2 つ（2 段）の回転円板 320a、320b を備えているが、固定円板との組み合わせによって、回転円板は 1 つ（1 段）であってもよいし、3 つ（3 段）以上であってもよい。以下では、1 つ（1 段）または複数（複数段）の回転円板 320 のうち、吸気口 101 に最も近い側に配置される回転円板 320 を、第 1 の回転円板 320a という場合がある。

[0052] 固定円板 330 (330a) は、概して円環状の板体であって、ケーシングに一体的に組付けられている。固定円板 330 (330a) は、1 つの円環状の板体によって構成されていてもよいし、この 1 つの円環状の板体が例えば円弧状に分割された複数の分割片によって構成されていてもよい。固定円板 330a は、2 つの回転円板 320a、320b の間に所定のクリアランスを介して配置される。図 5 等において、シグバーン型排気機構部 301 は、1 つ（1 段）の固定円板 330a を備えているが、回転円板との組み合わせによって、固定円板は 2 つ（1 段）以上であってもよい。以下では、1 つ（1 段）または複数（複数段）の固定円板 330 のうち、吸気口 101 に最も近い側に配置される固定円板を、第 1 の固定円板 330a という場合がある。

[0053] 図 5 に示したシグバーン型排気機構部 301 における固定円板 330 の段数は 1 段であり、回転円板 320 の段数は 2 段である。これら回転円板 320 および固定円板 330 は、吸気口 101 の側から、回転円板 320（第 1 の回転円板 320a）、固定円板 330（第 1 の固定円板 330a）、回転円板 320（第 2 の回転円板 320b）の順に、交互に配置されている。

[0054] シグバーン型排気機構部 301 においては、対向する回転円板 320 と固

定円板 330 の少なくともどちらか一方の対向面に、スパイラル状溝が設けられている。本実施形態において、回転円板 320 は略平板であり、固定円板 330 の両面に、すなわち上流側（吸気口 101 の側）の面と下流側（吸気口 101 の側）の面の両方に、スパイラル状溝 334 が設けられている。

[0055] 図 7 は、図 5 の VII－VII 線概略断面図であり、シグバーン型排気機構部 301 の固定円板 330 を吸気口 101 側から見た様子を概略的に示している。また、図 8～図 10 は、固定円板 330 の平面図、底面図、および部分断面図の一例である。固定円板 330 は、例えば、略円環状の円板部 331 と、円板部 331 から回転円板 320 に向かって突出する山部 332 と、を備えている。円板部 331 の中心の貫通孔に、回転体 103 やロータ軸 113 等が挿通される。また、必ずしもこれに限定されないが、本実施形態の固定円板 330 は、円板部 331 の一方の面（ここでは吸気口 101 の側の面）の外周縁部に、略円環状の固定スペーサ 335（図 10 等参照）を一体的に備えている。固定スペーサ 335 は、上述の固定翼スペーサ 125 と同様の機能を果たす要素である。

[0056] 固定円板 330 の両面にはそれぞれ、複数の山部 332 が、スパイラル線状（渦巻き線状）に延びるように設けられている。図 7 では、固定円板 330 の上流側の面に設けられた山部 332 を実線により示し、下流側の面に設けられた山部 332 を点線により示している。回転円板が矢印 R で示す回転方向に回転するとき、上流側の面に設けられた山部 332 は、軸方向に直交する半径方向において外側（外周側）から内側（内周側）に向かうにつれ、回転方向と同じ方向（順方向）に向かうように延びている。また、下流側の面に設けられた山部 332 は、半径方向において内側から外側に向かうにつれ、平面視においては上流側の面に設けられた山部 332 とは逆方向に向かうように延びている。ただし、図 9 に示すように、下流側の面に設けられた山部 332 は、底面視においては、半径方向において内側（内周側）から外側（外周側）に向かうにつれ、回転方向（矢印 R）と同じ方向（順方向）に向かうように延びている。

[0057] 円板部 331 のうち山部 332 が設けられていない表面は、相対的に、山部 332 に対して凹んだ谷部 333 となる。山部 332 と谷部 333 は、スパイラル状溝 334 を構築する。固定円板 330 のこのスパイラル状溝 334 と、これに対向する回転円板 320 とによって、ガスを移送するガス流路が形成される。なお、スパイラル状溝 334 は、例えば、下流側に向かうにつれて徐々に流路段面積が小さくなるように、幅および深さ等が調整されていてもよい。

[0058] このようなシグバーン型排気機構部 301 において、回転円板 320 が高速回転した場合、スパイラル状溝の内部に存在するガス分子が回転円板 320 に衝突することで、ガス分子に対して回転方向に沿う運動量が与えられる。ガス分子はガス流路の流路壁にも衝突しながら、この運動量のスパイラル状溝 334 の長手方向に沿う成分によって、排気口 133 に向かって移送される。これを分子ドラッグ効果という。なお、ガス分子は、例えば図 6 に点線で示すように、ターボ分子ポンプ機構部 201 においては、軸方向に沿って移送される。これに対し、ターボ分子ポンプ機構部 201 の下流側のシグバーン型排気機構部 301 においては、ガス分子は、半径方向に移送される。

[0059] 具体的には、シグバーン型排気機構部 301 において、ガス分子は、固定円板 330 の上流側に構築されたスパイラル状のガス流路を半径方向の外側から内側に向けて移動したのち、固定円板 330 の下流側に構築されたガス流路を半径方向の内側から外側に向けて移動して、排気口 133 へと送られる。図 7 を参照すると、ガス分子は、固定円板 330 の上流側では、実線矢印で示すように、スパイラル状のガス流路を半径方向の外側から内側に向けて移動し、固定円板 330 の下流側では、点線矢印で示すように、ガス流路を半径方向の内側から外側に向けて移送される。

[0060] なお、真空ポンプの排気性能を表すための指標として、一般的には、「排気速度」、「圧縮性能」、および「背圧性能」などが用いられる。これらの指標は、例えば、日本産業規格 J I S B 8329-1:2015 において

規定され、各指標値は、当該規格に準じて把握することができる。これらの指標のうち、「排気速度」は、単位時間あたりに吸気口を通過する気体の体積で表わされる指標である。また、「圧縮性能」は、ガスをどれだけ圧縮できるかの指標であり、流量が0（ゼロ）の状態における吸気口圧力に対する排気口圧力の比で表される。「背圧性能」は、上述したように、背圧の変化が吸圧に及ぼす影響の度合いを表す指標である。

[0061] 図11は、シグバーン型排気機構の排気性能について説明するための、吸圧と背圧の関係を概略的に示すグラフである。横軸には背圧（シグバーン型排気機構の排気口の圧力）が、縦軸には吸圧（シグバーン型排気機構の吸気口の圧力）が、いずれも対数目盛によって表されている。なお、排気口圧力の単位は[Torr]であり、この場合の吸気口圧力(Ps)の単位は、典型的には[mTorr]である。

[0062] 真空ポンプの排気速度は真空度によって変わるため、ポンプに適した真空度の領域で用いるために、排気（下流）側に補助ポンプを接続することが一般的である。ここで、目的の真空度にある真空ポンプについて、補助ポンプによる補助真空側の圧力（背圧）を一定の流量で徐々に上昇させる。すると、図11(a)に示すように、吸気口側の真空度（吸圧）はある圧力までは殆んど変化しないが、ある圧力を超えると急激に悪化してしまう。真空ポンプにおいては、吸圧を一定に保つ背圧の圧力範囲が広いほど（図中の「Good」参照）、背圧が吸圧に及ぼす影響が小さく、背圧依存性に優れるといえる。また、排気速度が速いほど、図11(b)に示すように、吸圧と背圧との関係を示す曲線が下側にシフトされる（図中の「Good」参照）。

[0063] ここで、シグバーン型排気機構は、他の排気機構と比較して、背圧性能が高いことが知られている。この背圧性能をより高めたい場合には、ガス流路長を長くすること、すなわち、シグバーン型排気機構部301の段数を増やすことが有効である。ガス流路長を長くすることは、圧縮性能を高める点においても有効である。しかしながら、シグバーン型排気機構部301の段数を増やすと、図11(c)に示すように、吸圧と背圧との関係を示す曲線が

右上方にシフトされる（図中の「多段」参照）。換言すると、背圧性能を高めようとする、排気速度が低下してしまうという背反がある。

[0064] <流入ガイド部>

次に、本技術に係るターボ分子ポンプ300について、図12から図18に基づき説明する。図12は、一実施形態に係るターボ分子ポンプ300の縦断面図であり、図13は、その部分拡大図である。ターボ分子ポンプ300は、ターボ分子ポンプ機構部201の下流側であって、シグバーン型排気機構部301の直前の上流側に、流入ガイド部310を備えている。図12は、流入ガイド部310を備えている点以外は図5と同じであり、共通する部分の構成および作用効果について重ねての説明は省略する。

[0065] 流入ガイド部310は、シグバーン型排気機構部301に流入するガスの流れをガイドする要素である。流入ガイド部310は、シグバーン型排気機構部301の第1の回転円板320aの直前の上流側に、所定のクリアランスを介して設けられている。流入ガイド部310は、概して円環状の板体であって、ケーシングに一体的に組付けられる静的要素である。流入ガイド部310は、例えばアルミニウム、鉄、ステンレス、銅などの金属、またはこれらの金属を成分として含む合金などの金属によって構成されている。

[0066] 図14は、流入ガイド部310の底面図（排気口133の側から見た図）の一例であり、図15はそのXV-XV線断面図である。図16は、流入ガイド部の山部の形状について説明する模式図である。

流入ガイド部310は、ガイド円板311と、山部312と、を備えている。また、必ずしもこれに限定されないが、本実施形態の流入ガイド部310は、第1の回転円板320aに対向する対向面311a（排気口133側の面）の外周縁部に、略円環状の固定スペーサ315を一体的に備えている。固定スペーサ315は、上述の固定翼スペーサ125と同様の機能を果たす要素である。

[0067] ガイド円板311は、略円環状をなす板体である。後で詳しく説明するが、ガイド円板311の内径は、典型的には第1の固定円板330aの内径よ

りも大きくなるように構成されている。また、例えば、ガイド円板 3 1 1 と第 1 の回転円板 3 2 0 a とは、第 1 の回転円板 3 2 0 a が回転した場合に分子ドラッグ効果が発揮されるように構成されている。ガイド円板 3 1 1 の板面は、平坦であってもよいし、例えば図 1 5 に示すように、中心から外周に向けて緩やかに厚みを増すように傾斜が設けられていてもよい。ガイド円板 3 1 1 の中心の貫通孔には、回転体 1 0 3 やロータ軸 1 1 3 等が挿通される。

[0068] 山部 3 1 2 は、ガイド円板 3 1 1 から第 1 の回転円板 3 2 0 a に向かって突出するように、ガイド円板 3 1 1 に対して一体的に設けられている。山部 3 1 2 は、ガイド円板 3 1 1 のうち、第 1 の回転円板 3 2 0 a に対向する対向面 3 1 1 a に設けられており、反対側（すなわち上流側）の面には設けられていない。本実施形態の山部 3 1 2 は、断面形状が略矩形の帯板状をなしている。本実施形態のガイド円板 3 1 1 には、複数の山部 3 1 2 が設けられているが、山部 3 1 2 の数は特に制限されず、1 つまたは複数であってもよい。

[0069] 山部 3 1 2 は、例えば図 1 4 に示すように、概して、スパイラル線状（渦巻き線状）をなしている。山部 3 1 2 は、第 1 の回転円板 3 2 0 a が矢印 R で示す方向に回転するとき、半径方向において内側から外側に向かうにつれ、回転方向と同じ方向（順方向）に向かうように延びている。より具体的には、例えば図 1 6 (a) ~ (c) に示されるように、山部 3 1 2 は、回転体 1 0 3 の回転軸に直交する半径方向に対して、外周側が回転方向（矢印 R）と順方向に、内周側が回転方向とは逆方向に、傾斜するように構成されている。

[0070] 一つの山部 3 1 2 は、例えば、図 1 6 (a) に示すように、直線状に形成されていてもよい。また、一つの山部 3 1 2 は、例えば、図 1 6 (b) に示すように、1 か所または 2 か所以上で折れ曲がる折れ線状に形成されていてもよい。さらに、一つの山部 3 1 2 は、例えば、図 1 6 (c) に示すように、滑らかに湾曲する曲線状に形成されていてもよい。一つの山部 3 1 2 は、

半径方向の内側から外側に向かうにつれて回転方向と同じ方向に向かう形態であれば、これらを任意に組み合わせた形状であってよい。一つのガイド円板 311 に複数の山部 312 が設けられる場合、それぞれの山部 312 は同じ形状であってもよいし、一部または全部が互いに異なる形状であってもよい。

[0071] ガイド円板 311 の対向面 311a のうち、山部 312 が設けられていない部分は、山部 312 に対して相対的に凹んだ谷部 313 となる（図 15 参照）。山部 312 と谷部 313 は、スパイラル状溝 314 を構築する。ガイド円板 311 のこのスパイラル状溝 314 と、これに対向する第 1 の回転円板 320a とによって囲まれる空間が、主としてシグバーン型排気機構部 301 にガスを導入するための導入ガス流路となり得る。

[0072] シグバーン型排気機構部 301 の前段（直前の上流側）にこのような流入ガイド部 310 が備えられることで、第 1 の回転円板 320a の外側からシグバーン型排気機構部 301 に流入するガスは、ドラッグ効果によって半径方向の内側から外側に向けて移送される。このとき、流入ガイド部 310 に流入したガス分子は、山部 312 によって半径方向の内側から外側に戻ることを抑制される。このことにより、シグバーン型排気機構部 301 における排気速度の低下を抑制しつつ、背圧依存性を向上させることができる。以下に、本技術に係るシグバーン型排気機構部 301 において、流入ガイド部 310 により排気速度の低下が抑制されるメカニズムについて、熱流体解析による検証を交えて説明する。

[0073] <流体解析>

真空ポンプにおいて、シグバーン型排気機構部 301 の上流側に流入ガイド部 310 を組み合わせた場合と組み合わせない場合と、で排気特性がどのように変化するかを、熱流体解析により評価した。また、流入ガイド部 310 を組み合わせた場合については、流入ガイド部 310（ガイド円板）の寸法を変化させた場合の排気特性についても評価した。解析には、市販の熱流体解析ソフトウェアを用いた。

[0074] シミュレーションのためのシグバーン型排気機構部の流路の解析モデルは、図6および図12等を示すターボ分子ポンプ300のCADモデルに基づいて、ターボ分子ポンプ機構部201を通過した位置からシグバーン型排気機構部301を通過した位置までのガス流路を抽出することによって作成した。なお、シグバーン型排気機構部301における排気特性をより詳細に評価するために、解析モデルのシグバーン型排気機構部301は、回転円板320を4枚、固定円板330を3枚備える、多段シグバーンとした。

[0075] そして、シグバーン型排気機構部を通過した位置の圧力（すなわち背圧）を所定の圧力に設定した場合の、シグバーン型排気機構部の前段の圧力（すなわち、吸圧）を算出した。乱流解析にはレイノルズ平均モデル（Reynolds Averaged Navier-Stokes: RANS）を用い、レイノルズ応力を評価するために $k-\varepsilon$ モデルを適用して、流路内の圧縮流体N₂の圧力分布をシミュレーションした。

[0076] なお、吸圧は、流入ガイド部310を設けない場合（基準）と、流入ガイド部310を設け、その内径を3通りに変化させた場合（No. 1～3）と、について算出した。以下に、図13を参照しつつ、流入ガイド部310の内径の変化の表現の仕方について説明する。

[0077] <回転円板基準>

流入ガイド部310の内径を変化させる場合、その形状は多様な観点から表すことができる。1つの指標として、流入ガイド部310の内周側の端部316（図13など参照）が、対向する第1の回転円板320aに対して、半径方向においてどのような位置にあるかで表すことができる。これは、流入ガイド部310が、第1の回転円板320aとの間に生じる分子ドラッグ効果によって、シグバーン型排気機構部301に向けてガスを好適にガイドできると考えられ、また、ガス分子に与える運動量は、流入ガイド部310と第1の回転円板320aの重畳割合に関連すると考えられるからである。

[0078] なお、本流体解析では、解析モデルの複数の回転円板320（320a…）の形状は本質的に同一であるため、以下の説明では、回転円板320を基

準に説明する。回転円板 320 (320a...) を複数設け、その形状が異なる場合は、以下の説明における「回転円板 320」を、「第 1 の回転円板 320a」に読み替えることができる。

[0079] この場合、例えば図 13 に示すように、回転円板 320 が回転体 103 に接続する位置（根本部）を回転円板 320 の基端部 321 とし、基端部 321 から回転円板 320 のどのくらいの割合の位置に、流入ガイド部 310 の内周側端部 316 が位置するかで表現することとする。また、回転円板 320 の外周側の端部を外周端部 322 とする。回転円板 320 の基端部 321 は、回転円板 320 の中心から回転体 103 の半径（以下、便宜上、「回転円板 320 の内周半径 R_{R1} 」という）だけ離れたところに位置する。したがって、回転円板 320 の半径方向の寸法 L_{R1} （円環の幅）は、次式： $L_{R1} = R_{R0} - R_{R1}$ ；で表される。ここで、 R_{R0} は回転円板 320 の外周の半径であり、回転円板 320 の中心から外周端部 322 までの寸法である。

[0080] 次に、流入ガイド部 310 の内周側端部 316 は、流入ガイド部 310 の中心から流入ガイド部 310 の内周半径 R_{G1} だけ離れたところに位置する。したがって、回転円板 320 の基端部 321 から、流入ガイド部 310 の内周側端部 316 までの寸法 L_{G1} は、流入ガイド部 310 の内周の半径 R_{G1} から、回転円板 320 の内周半径 R_{R1} を差し引いた寸法であり、次式： $L_{G1} = R_{G1} - R_{R1}$ ；で表される。

[0081] 以上より、回転円板 320 に対する流入ガイド部 310 の内周側端部 316 の、基端部 321 からの位置は、次式で表すことができる。

$$\begin{aligned} & \text{流入ガイド部 310 の内周側端部 316 の位置} \\ &= (\text{基端部 321 から内周側端部 316 までの寸法 } L_{G1}) \div (\text{回転円板 320 の半径方向の寸法 } L_{R1}) \times 100 \\ &= (R_{G1} - R_{R1}) / (R_{R0} - R_{R1}) \times 100 \end{aligned}$$

[0082] このような回転円板基準に基づいて、3通りの解析モデルの流入ガイド部 310 の内周側端部 316 の位置を表すと、シミュレーション No. 1 : 26%、シミュレーション No. 2 : 57%、シミュレーション No. 3 : 8

0%となる。なお、この指標は、数値が大きくなるほど流入ガイド部310の内径（または内周半径）が大きくなり、回転円板320との重畳割合が少なくなることを意味する。

[0083] <流路領域基準>

その一方で、流入ガイド部310の形状の表し方の他の指標として、第1の回転円板320aを基準とするのではなく、流路の広がる領域を基準とすることも考えられる。というのは、例えば図13に示すように、回転円板320の外周端部322と固定スペーサ315、335との間には、折り返し流路のための寸法 L_{R2} が確保され、シグバーン型排気機構部301による排気特性には、このような折り返し流路の寸法 L_{R2} (L_{G3} , L_{S2}) について考慮することが合理的であるためである。

[0084] したがって、上述の回転円板基準における「回転円板320の半径方向の寸法 L_{R1} （円環の幅）」に代えて、「流路領域の半径方向における寸法 L_{G2} 」を用いることができる。ここで、流路領域とは、シグバーン型排気機構部301のうちガス流路となり得る領域のことであり、半径方向では、回転円板320の基端部321から流入ガイド部310または固定円板330の基端部317、337までの領域である。流入ガイド部310の基端部317は、ガイド円板311が固定スペーサ315に接続する位置（固定スペーサ315の内周面からガイド円板311が突出する位置）である。固定円板330の基端部337は、円板部331が固定スペーサ335に接続する位置（固定スペーサ335の内周面から円板部331が突出する位置）である。

[0085] 流路領域の半径方向における寸法は、次式： $L_{G2} = R_{GO} - R_{R1}$ ；で表される。ここで、 R_{GO} は流入ガイド部310のガイド円板311の外周半径であり、流入ガイド部310の中心から基端部317までの寸法である（つまり、固定スペーサ315部分を含まない）。また、流路領域の半径方向における寸法は、例えば、次式： $L_{G2} = R_{SO} - R_{R1}$ ；で表してもよい。ここで、 R_{SO} は固定円板330の円板部331の外周半径であり、固定円板330の中心から基端部337（つまり、固定スペーサ335部分を含まない）まで

の寸法である。

そして、流路領域に対する流入ガイド部 310 の内周側端部 316 の半径方向の位置は、次式で表すことができる。

$$\begin{aligned} \text{流入ガイド部 310 の内周側端部 316 の位置} &= (\text{基端部 321 から内周側端部 316 までの寸法 } L_{G1}) \div (\text{流路領域の半径方向における寸法 } L_{G2}) \times 100 \\ &= (R_{G1} - R_{R1}) / (R_{G0} - R_{R1}) \times 100 \end{aligned}$$

[0086] このような流路領域基準に基づいて、シミュレートした 3 通りの流入ガイド部 310 の内周側端部 316 の位置を表すと、シミュレーション No. 1 : 25%、シミュレーション No. 2 : 55%、シミュレーション No. 3 : 78% である。この指標は、数値が大きくなるほど流入ガイド部 310 の内径（または内周半径）が大きくなり、回転円板 320 との重畳割合が少なくなることを意味する。

[0087] <シミュレーション結果>

流路内の圧縮流体 N2 の圧力分布のシミュレーションの結果、シグバーン型排気機構部 301 の前段に流入ガイド部 310 を組み合わせることで（No. 1～3）、流入ガイド部 310 を組み合わせない場合（基準）と比較して、シグバーン型排気機構部 301 の前段の空間の圧力が全体的に低減されることがわかった。また、流入ガイド部 310 を組み合わせない場合（基準）は、シグバーン型排気機構部 301 の前段の圧力は概ね均一なのに対し、流入ガイド部 310 を設けた場合は（No. 1～3）、シグバーン型排気機構部 301 の前段に大きな圧力変化が生じることがわかった。圧力変化は、特に、流入ガイド部 310 内に生じることがわかった。

[0088] これは、以下の理由によるものと考えられる。例えば、図 13、図 14 等
に示すように、ターボ分子ポンプ 300 の運転中に回転円板 320 が所定の
回転方向（矢印 R）に回転すると、流入ガイド部 310 を設けたシグバーン
型排気機構部 301 の前段では、流入ガイド部 310 の山部 312 と山部 3
12 の間の導入ガス流路にガス流体が案内される。ガス流体は、導入ガス流

路に沿って半径方向の内側から外側に向かってスパイラル状に移動する。ガス流体は、導入ガス流路の外周側の端部において固定スペーサ 315 の内周面に衝突し、一部は導入ガス流路を下流側に向けて折り返してシグバーン型排気機構部 301 に送られる。そして、他の一部は導入ガス流路内を半径方向の内側に向かおうとする。しかしながら、半径方向の内側に向けて戻ろうとするガス流体は、流入ガイド部 310 の山部 312 の存在によってさらなる移動が妨げられる。

[0089] 流入ガイド部 310 の山部 312 は、半径方向の外側に向かうほど回転方向（矢印 R）に向かうように傾斜しているため、ガス流体を半径方向の外側に送ることを促進し、かつ、ガス流体が半径方向の内側に移動することを阻害する。その結果、流入ガイド部 310 内において、山部 312 よりも半径方向の内側にはガス流体の圧力が相対的に低い領域が形成され、山部 312 よりも半径方向の外側にはガス流体の圧力が相対的に高い領域が形成されることが考えられる。またこのことにより、流入ガイド部 310 の内周側に連続するより上流側の空間についても、流入ガイド部 310 を設けない場合（基準）と比較して、全体的に圧力が低減されることが考えられる。

[0090] このように、流入ガイド部 310 およびシグバーン型排気機構部 301 よりも上流側の空間の圧力（すなわち、シグバーン型排気機構部 301 の吸圧）が低減されることは、図 11（b）に示されるように、シグバーン型排気機構部 301 による排気速度が高くなることを意味している。例えば、流入ガイド部 310 およびシグバーン型排気機構部 301 よりも上流側の空間ではガス分子の密度が低下しており、ドラッグ効果によってガス分子をより高速で排気することができる。その結果、例えば、図 11（c）のグラフにおいて、多段のシグバーン型排気機構部 301 であっても、吸圧と背圧との関係を示す曲線をより下側に維持することができ、背圧性能の向上と排気速度の向上を両立させることができる。

[0091] 図 17 に、流入ガイド部の形状（回転円板基準）と、シミュレーション結果から得られたシグバーン型排気機構部 301 の吸圧と、の関係を示した。な

お、シグバーン型排気機構部 301 の吸圧は、流入ガイド部を設けない場合（基準）の吸圧を 100 として正規化した値（%）を示している。シグバーン型排気機構部 301 にもよるが、このシミュレーションの場合、流入ガイド部 310 を設けた場合のシグバーン型排気機構部 301 の吸圧（相対値）は、No. 1 で 78%、No. 2 で 74%、No. 3 で 86% であった。図 17 からも、シグバーン型排気機構部 301 の前段に（a）流入ガイド部 310 を組み合わせることで、（b）流入ガイド部 310 を組み合わせない場合と比較して、シグバーン型排気機構部 301 の前段の空間の圧力が大きく低減されることが確認できる。また、流入ガイド部 310 の内径を変化させることで、吸圧の低減度合いに変化がみられることがわかった。

[0092] 具体的には、シグバーン型排気機構部 301 に流入ガイド部 310 を組み合わせることで前段の圧力低減効果が得られるものの、流入ガイド部 310 の内径が小さすぎたり、大きすぎたりすると、その圧力の低減度合いが小さくなる傾向があることがわかる。例えば、流入ガイド部 310 の内径が小さすぎると、回転円板 320 に重畳する流入ガイド部 310 の割合が大きくなり、シグバーン型排気機構部 301 の前段の空間のガス流体を流入ガイド部 310 に取り込み難くなる。そのため、流入ガイド部 310 による圧力低減効果が抑えられてしまうと考えられる。したがって、流入ガイド部 310 の内径は、例えば、回転円板 320 に対する流入ガイド部 310 の内周側端部 316 の半径方向の位置が、回転円板 320 の基端部 321 側から、凡そ 10% 以上となるように設けることが好ましいといえる。流入ガイド部 310 の内周側端部 316 の位置は、回転円板 320 の基端部 321 側から、凡そ 20% 以上であることがより好ましく、例えば、凡そ 30% 以上、40% 以上などであってよい。

[0093] 一方で、例えば、流入ガイド部 310 の内径が大きすぎると、回転円板 320 に重畳する流入ガイド部 310 の割合が小さくなり、シグバーン型排気機構部 301 の前段の空間のガス流体を好適に流入ガイド部 310 に取り込んだり、取り込んだガス流体が半径方向の外側から内側に戻ることを好適に

抑制できなくなったりする。そのため、流入ガイド部 310 による吸圧低減効果が抑えられてしまうと考えられる。したがって、流入ガイド部 310 の内径は、例えば、回転円板 320 に対する流入ガイド部 310 の内周側端部 316 の半径方向の位置が、回転円板 320 の基端部 321 側から、凡そ 90% 以下となるように設けることが好ましいといえる。流入ガイド部 310 の内周側端部 316 の位置は、回転円板 320 の基端部 321 側から、凡そ 80% 以下であることがより好ましく、例えば、凡そ 70% 以下、60% 以下などであってよい。

[0094] 例えば、流入ガイド部 310 の内周側端部 316 は、軸方向に直交する半径方向において、第 1 の回転円板 320 a がロータ軸 113 に接続するロータ軸側の基端部 337 から、1 又は複数の固定円板 330 のうち第 1 の回転円板 320 a の外周端部 322 までの、10%~90% の範囲に配置されているとよい。流入ガイド部 310 の内周側端部 316 は、ロータ軸側の基端部 337 から、第 1 の回転円板 320 a の外周端部 322 までの、40%~60% の間に配置されていることがより好ましい。

[0095] なお、上述のように、回転円板 320 に対する流入ガイド部 310 の内周側端部 316 の位置は、基準とする指標を流路領域に変えても、その値は大きく変わらない。したがって、流入ガイド部 310 の内径は、例えば、流路領域に対する流入ガイド部 310 の内周側端部 316 の半径方向の位置が、回転円板 320 の基端部 321 側から、凡そ 10% 以上となるように設けることが好ましいといえる。流入ガイド部 310 の内周側端部 316 の位置は、流路領域に対して、回転円板 320 の基端部 321 側から、凡そ 20% 以上であることがより好ましく、例えば、凡そ 30% 以上、40% 以上などであってよい。また、流入ガイド部 310 の内径は、例えば、流路領域に対する流入ガイド部 310 の内周側端部 316 の半径方向の位置が、回転円板 320 の基端部 321 側から、凡そ 90% 以下となるように設けることが好ましいといえる。流入ガイド部 310 の内周側端部 316 の位置は、流路領域に対して、回転円板 320 の基端部 321 側から、凡そ 80% 以下であるこ

とがより好ましく、例えば、凡そ70%以下、60%以下などであってよい。

[0096] なお、図13に示すように、シグバーン型排気機構部301の固定円板330と、回転体103の外表面との間には、折り返し流路のための寸法 L_{s3} が確保されるが、この寸法 L_{s3} は通常数mmであって、回転円板320の半径方向の寸法 L_{R1} や流路領域の半径方向における寸法 L_{G2} に比べて、十分に小さい（例えば、10%には大きく及ばない）。したがって、流入ガイド部310は、1又は複数の固定円板330のうち第1の回転円板320aの下流側に対向して配置される第1の固定円板330aの内径よりも、大きい内径を有するガイド円板を備える構成であるとよいといえる。このような構成によっても、シグバーン型排気機構部301の背圧依存性と排気速度の両方を好適に改善することができる。

[0097] また、流入ガイド部310のガイド円板311の幅 L_{G4} （半径方向の寸法）は、固定円板330の幅 L_{s1} （半径方向の寸法）の凡そ10%以上であることが好ましいといえる。さらには、凡そ20%以上であることがより好ましく、例えば、凡そ30%以上、40%以上などであってよい。また、流入ガイド部310のガイド円板311の幅 L_{G4} （半径方向の寸法）は、固定円板330の幅 L_{s1} （半径方向の寸法）の90%以下となるように設けることが好ましいといえる。さらには、凡そ80%以下であることがより好ましく、例えば、凡そ70%以下、60%以下などであってよい。

[0098] また、流入ガイド部310のガイド円板311は、固定円板330（第1の固定円板330a）と比べ、ガス流路長さが短くなるスパイラル状溝314が設けられていてもよい。シグバーン型排気機構部301においては、ガス流路をできるだけ長く設けたほうが排気性能を向上させるとの観点において望ましいが、流入ガイド部310においては、長すぎる導入ガス流路は却ってガス流体を取り込み難くなる可能性があるためである。このような構成によると、背圧依存性と排気速度の両方をバランスよく改善することができる。

[0099] なお、このような構成の流入ガイド部 310 および第 1 の固定円板 330 a は、これに限定されるものではないが、例えば図 8 および図 14 に示されるように、流入ガイド部 310 の対向面 311 a に設けられるスパイラル状溝 314 と、第 1 の固定円板 330 a に設けられるスパイラル状溝 334 と、を同じ渦巻き状パターンで構成することで実現することができる。流入ガイド部 310 は第 1 の固定円板 330 a よりも内径が大きいことで、自ずと流路が短くなるためである。流入ガイド部 310 と第 1 の固定円板 330 a のスパイラル状溝 314、334 を同じパターンとすると、流入ガイド部 310 の設計と製造が容易になるというメリットがある。なおここでいう「ガス流路長さ」は、流入ガイド部 310 の一本の導入ガス流路あたりの流路長、または、第 1 の固定円板 330 a の一本のガス流路あたりの流路長である。

[0100] また、流入ガイド部 310 の谷部 313 と第 1 の回転円板 320 a との間の距離は、第 1 の固定円板 330 a の谷部 333 と第 1 の回転円板 320 a との間の距離よりも、大きくなるように構成されていることが好ましい。例えば、流入ガイド部 310 の谷部 313 は、第 1 の固定円板 330 a の谷部 333 よりも、深さ（軸方向の寸法）が大きくなるように構成されていることが好ましい。このような構成によると、流入ガイド部 310 において低下した圧力を流入ガイド部 310 より上流側の空間にまで及ぼしやすくなり、シグバーン型排気機構部 301 の前段の空間の圧力を好適に低減できる。また、流入ガイド部 310 にガス流体を取り込みやすくなる点や、流入ガイド部 310 からシグバーン型排気機構部 301 にガス流体をよりスムーズに送ることができる点においても好ましい。なお谷部 313、333 の深さは、一つの流入ガイド部 310 および第 1 の回転円板 320 a のうちでも、位置によって異なる場合がある。したがって、ここでいう流入ガイド部 310 の谷部 313 と第 1 の回転円板 320 a との間の「距離」や、「深さ」は、一つの流入ガイド部 310 または第 1 の回転円板 320 a におけるガス流路の長手方向における平均の「距離」や「深さ」であってもよい。

[0101] さらに、流入ガイド部 310 の導入ガス流路の半径方向の外側の端部は、第 1 の固定円板 330 a のスパイラル状溝 334 の半径方向の外側の端部と対応する位置に配置されていてもよい。このような構成によると、流入ガイド部 310 の導入ガス流路と、シグバーン型排気機構部 301 におけるガス流路とを、より短い折り返し流路を介して連続させることができる。このような構成によると、ガス流体をよりスムーズにシグバーン型排気機構部 301 に送ることができる。なお、これに限定されるものではないが、例えば図 8 と図 14 に示されるように、流入ガイド部 310 の対向面 311 a に設けられるスパイラル状溝 314 と、第 1 の固定円板 330 a に設けられるスパイラル状溝 334 と、を同じ渦巻き状パターンで構成することで、流入ガイド部 310 の導入ガス流路の半径方向の外側の端部と、第 1 の固定円板 330 a のスパイラル状溝 334 の半径方向の外側の端部と、を対向する位置に容易に配置させることができる。なお、平面視で渦巻き状パターンを同一とする場合であっても、ガス流路深さについては異なるものとしてもよい。

[0102] 上記実施形態において、流入ガイド部 310 は、第 1 の回転円板 320 a との間で分子ドラッグ効果を発揮するように構成されていた。しかしながら、流入ガイド部 310 は、必ずしも第 1 の回転円板 320 a との間で分子ドラッグ効果を発揮するように構成されていなくてもよい。例えば、流入ガイド部 310 は、後段のシグバーン型排気機構部 301 による排気力によって流入ガイド部 310 に導入されるガスの流れにおいて、半径方向の内側から外側に向かうガスが、半径方向の外側から内側に戻ることを抑制するように構成されていればよい。このような構成の流入ガイド部 310 によっても、シグバーン型排気機構部 301 の前段の空間の圧力を低減し、排気速度の向上に寄与することができる。

[0103] 上記実施形態において、流入ガイド部 310 の山部 312 は、例えば、第 1 の回転円板 320 a と対向する領域に設けられており、折り返し流路には設けられていなかった。具体的には、図 13 等において、山部 312 と、流路領域の外周側の端部（すなわち、固定スペーサ 315 の内周面）との間に

は、所定のクリアランス L_{G3} が設けられていた。しかしながら、流入ガイド部310の山部312は、下流側に配置された第1の固定円板330aの山部332と連続して繋がる形状を有していてもよい。

[0104] 図18は、他の実施形態に係る流入ガイド部310Aの部分断面図の一例である。例えば、流入ガイド部310Aの山部312Aは、半径方向において固定スペーサ315の内周面にまで延設されているとともに、固定スペーサ315の内周面を軸方向にわたって下端まで延びている。この場合、具体的には図示しないが、流入ガイド部310の山部312Aのうち、下方に延出した部分の半径方向の内側には、第1の固定円板330aの山部332が配置される。これにより、折り返し流路において分子ドラッグ効果が損われるのを抑制することができる。また、流入ガイド部310の導入ガス流路と、シグバーン型排気機構部301におけるガス流路と、をより確実に連続させることができ、ガス流体をよりスムーズにシグバーン型排気機構部301に送ることができる。

[0105] また、上記実施形態における流入ガイド部は、真空ポンプの組換え部品等として単独で流通し得る。かかる観点において、本技術は、真空ポンプで用いられる、ガスの流入をガイドする流入ガイド部品を提供する。ここで、この真空ポンプとは、1又は複数の回転円板と、1又は複数の回転円板のそれぞれに対し、軸方向に対向して配置され、対向面に谷部と山部を有するスパイラル状溝が配設された1又は複数の固定円板と、を備え、1又は複数の回転円板と1又は複数の固定円板の相互作用によって、導入したガスを排気する、いわゆるシグバーン型の真空ポンプである。そして本技術に係る流入ガイド部品は、ガイド円板と、1又は複数の回転円板のうち真空ポンプの吸気口側の第1の回転円板よりも吸気口側に、ガイド円板から第1の回転円板に向けて突出する山部と、を備える。この流入ガイド部を、シグバーン型の真空ポンプの吸入口に最も近い回転円板の直前の上流側に配置することで、かかる真空ポンプの背圧依存性と排気速度の両方を好適に改善することができる。

[0106] なお、本発明は上記した実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施形態は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、一の実施形態の構成の一部を他の実施形態の構成に置き換えることが可能であり、また、一の実施形態の構成に他の実施形態の構成を加え組合せることも可能である。また、各実施形態の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

なお、上述の実施形態は少なくとも特許請求の範囲に記載の構成を開示している。

符号の説明

[0107] 100、100A、300…ターボ分子ポンプ、101…吸気口、102…回転翼、102d…円筒部（回転円筒）、103…回転体、113…ロータ軸、123…固定翼、125…固定翼スペーサ、127…外筒（ケーシング）、129…ベース部（ケーシング）、133…排気口、201…ターボ分子ポンプ機構部、301…シグバーン型排気機構部、310、310A…流入ガイド部、311…ガイド円板、311a…対向面、312、312A…山部、313…谷部、314…スパイラル状溝、315…固定スペーサ、316…内周側端部、317…基端部、320…回転円板、320a…第1の回転円板、321…基端部、322…外周端部、330…固定円板、330a…第1の固定円板、331…円板部、332…山部、333…谷部、334…スパイラル状溝、335…固定スペーサ、337…基端部

請求の範囲

- [請求項1] 吸気口を有するケーシングと、
前記ケーシング内に配置されたロータ軸と、
前記ロータ軸とともに回転可能な1又は複数の回転円板と、
前記1又は複数の回転円板のそれぞれに対し、軸方向に対向して配置され、対向面に谷部と山部を有するスパイラル状溝が配設された1又は複数の固定円板と、
を備え、
前記1又は複数の回転円板と対向する前記スパイラル状溝によりガス流路を形成し、
前記1又は複数の回転円板と前記1又は複数の固定円板の相互作用により前記吸気口から導入したガスを排気する真空ポンプであって、
前記1又は複数の回転円板のうち前記吸気口側の第1の回転円板よりも前記吸気口側に、前記ガスの流入をガイドする流入ガイド部を備えたことを特徴とする、
真空ポンプ。
- [請求項2] 前記流入ガイド部は、
前記1又は複数の固定円板のうち前記第1の回転円板の下流側に対向して配置される第1の固定円板の内径よりも、大きい内径を有するガイド円板を備え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] 前記ガイド円板は、
前記第1の回転円板に対向する対向面に、谷部と山部を有するスパイラル状溝であって、前記第1の固定円板と比べ、ガス流路長さが短くなるスパイラル状溝が設けられたことを特徴とする、
請求項2に記載の真空ポンプ。
- [請求項4] 前記流入ガイド部は、前記第1の回転円板に対向する対向面に、谷部と山部を有するスパイラル状溝を備え、

当該流入ガイド部の前記山部は、下流側に配置された前記第 1 の固定円板の山部と連続的に繋がる形状を有することを特徴とする、請求項 2 に記載の真空ポンプ。

[請求項5] 前記流入ガイド部は、ガイド円板と、前記ガイド円板から前記第 1 の回転円板に向けて突出する山部と、を備え、

前記流入ガイド部の前記山部と前記ガイド円板は、前記 1 又は複数の回転円板が回転した場合に前記ガスを前記軸方向に直交する半径方向の内側から外側に導く導入ガス流路を構築し、

前記導入ガス流路の前記半径方向の外側の端部は、前記 1 又は複数の固定円板のうち前記第 1 の回転円板の下流側に対向して配置される第 1 の固定円板の前記スパイラル状溝の前記半径方向の外側の端部と対応する位置に配置されている、ことを特徴とする請求項 1 に記載の真空ポンプ。

[請求項6] 前記軸方向に直交する半径方向において、

前記流入ガイド部の内側の端部は、前記第 1 の回転円板が前記ロータ軸に接続するロータ軸側基端部から、前記 1 又は複数の固定円板のうち前記第 1 の回転円板の外側の端部までの、10%～90%の範囲に配置されている、請求項 1 に記載の真空ポンプ。

[請求項7] 前記軸方向に直交する半径方向において、

前記流入ガイド部の内側の端部は、前記ロータ軸側基端部から、前記第 1 の回転円板の外側の端部までの、40%～60%の間に配置されている、請求項 6 に記載の真空ポンプ。

[請求項8] 前記流入ガイド部は、前記 1 又は複数の回転円板が回転した場合に前記第 1 の回転円板との間で前記ガスに対する分子ドラッグ効果を発揮するように構成されている、請求項 1 に記載の真空ポンプ。

[請求項9] 前記流入ガイド部は、前記第1の回転円板に対向する対向面に、谷部と山部を有するスパイラル状溝を備え、

前記流入ガイド部の前記谷部と前記第1の回転円板との間の距離は、前記1又は複数の固定円板のうち前記第1の回転円板の下流側に対向して配置される第1の固定円板の前記谷部と前記第1の回転円板との間の距離よりも、大きくなるように構成されている、
請求項1に記載の真空ポンプ。

[請求項10] 1又は複数の回転円板と、

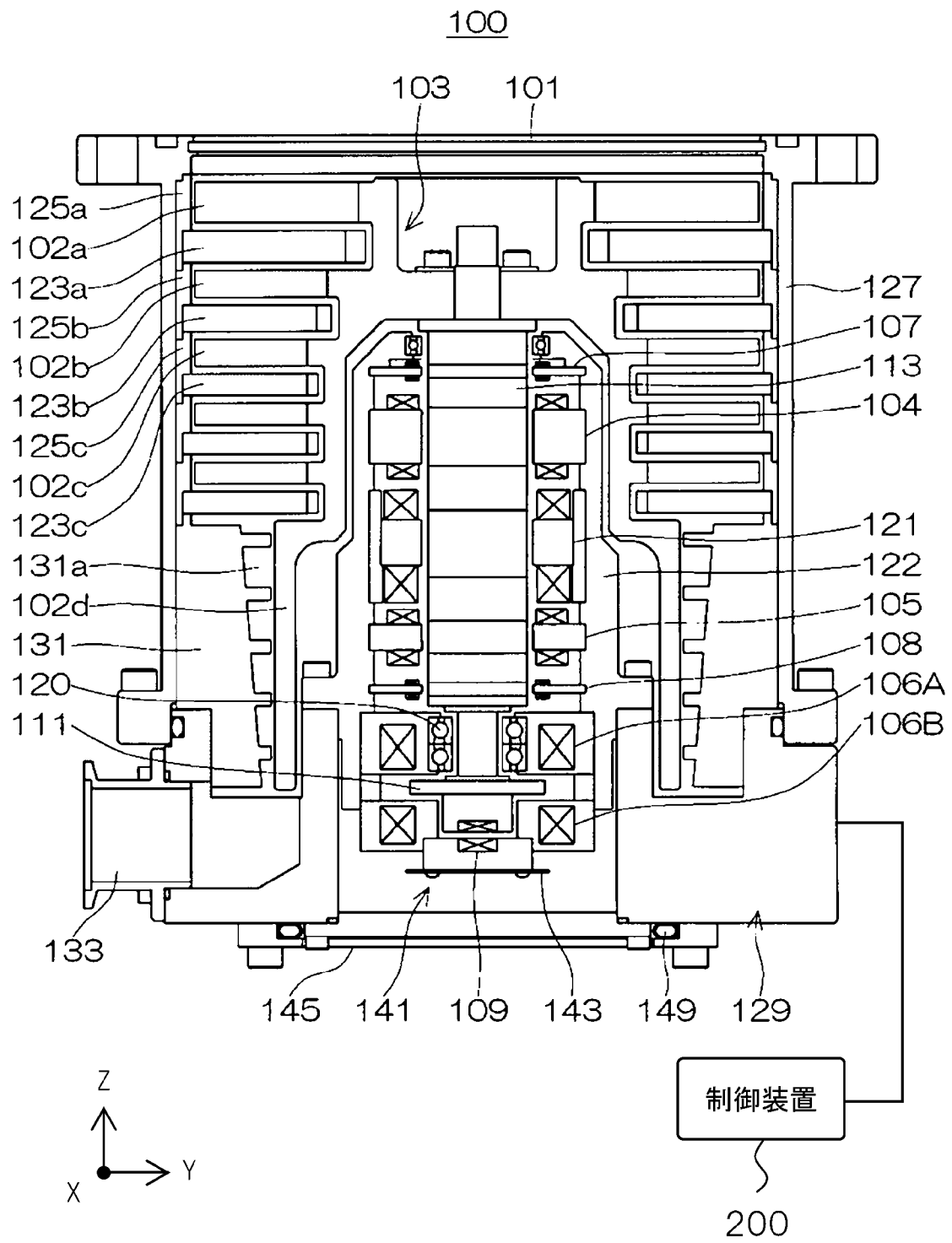
前記1又は複数の回転円板のそれぞれに対し、軸方向に対向して配置され、対向面に谷部と山部を有するスパイラル状溝が配設された1又は複数の固定円板と、を備え、

前記1又は複数の回転円板と前記1又は複数の固定円板の相互作用により導入したガスを排気する真空ポンプで用いられる、前記ガスの流入をガイドする流入ガイド部品であって、

前記流入ガイド部品は、ガイド円板と、
前記1又は複数の回転円板のうち前記真空ポンプの吸気口側の第1の回転円板よりも前記吸気口側に、前記ガイド円板から前記第1の回転円板に向けて突出する山部と、
を備えたことを特徴とする流入ガイド部品。

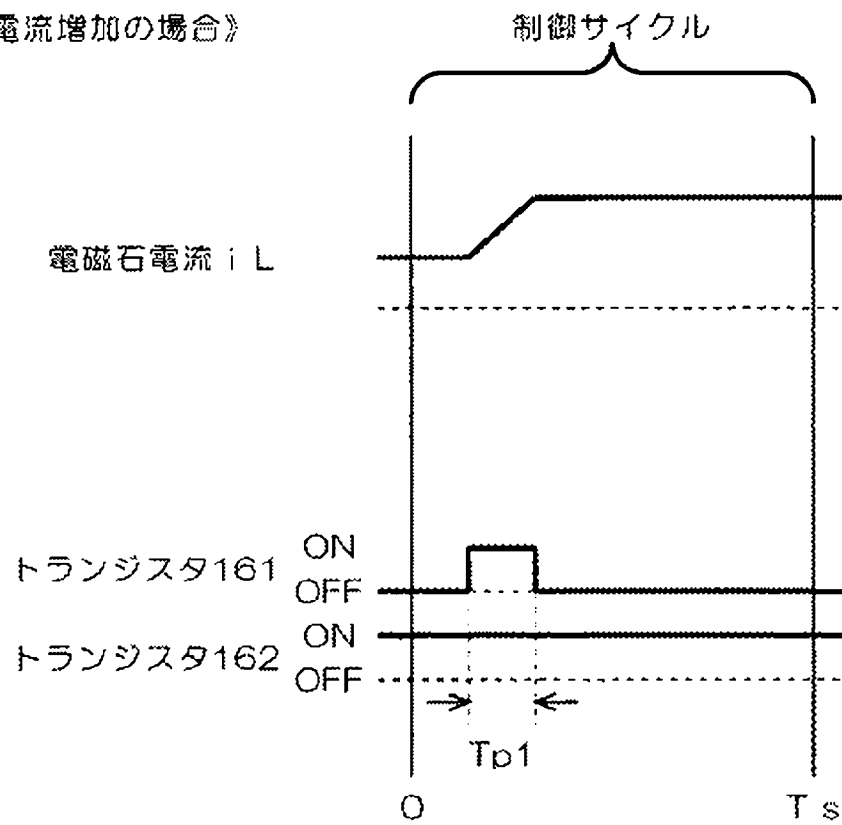
 

[図1]



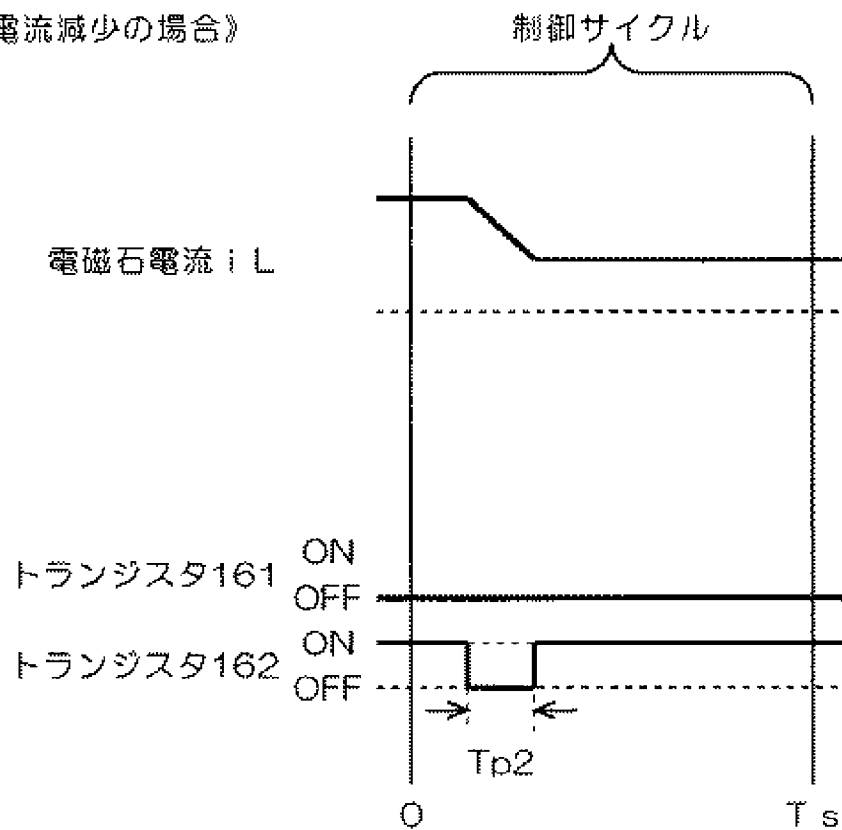
[図3]

《電流増加の場合》

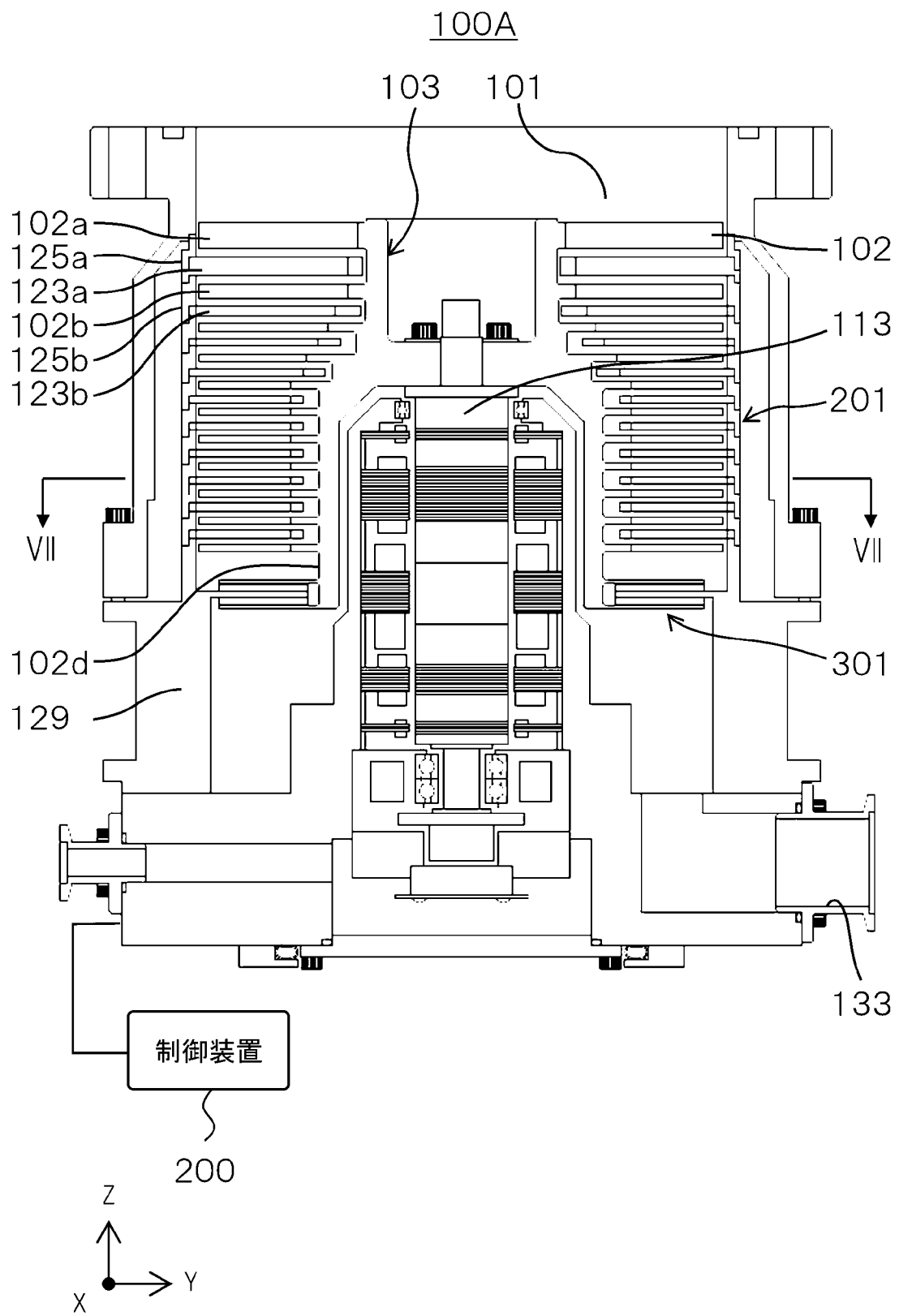


[図4]

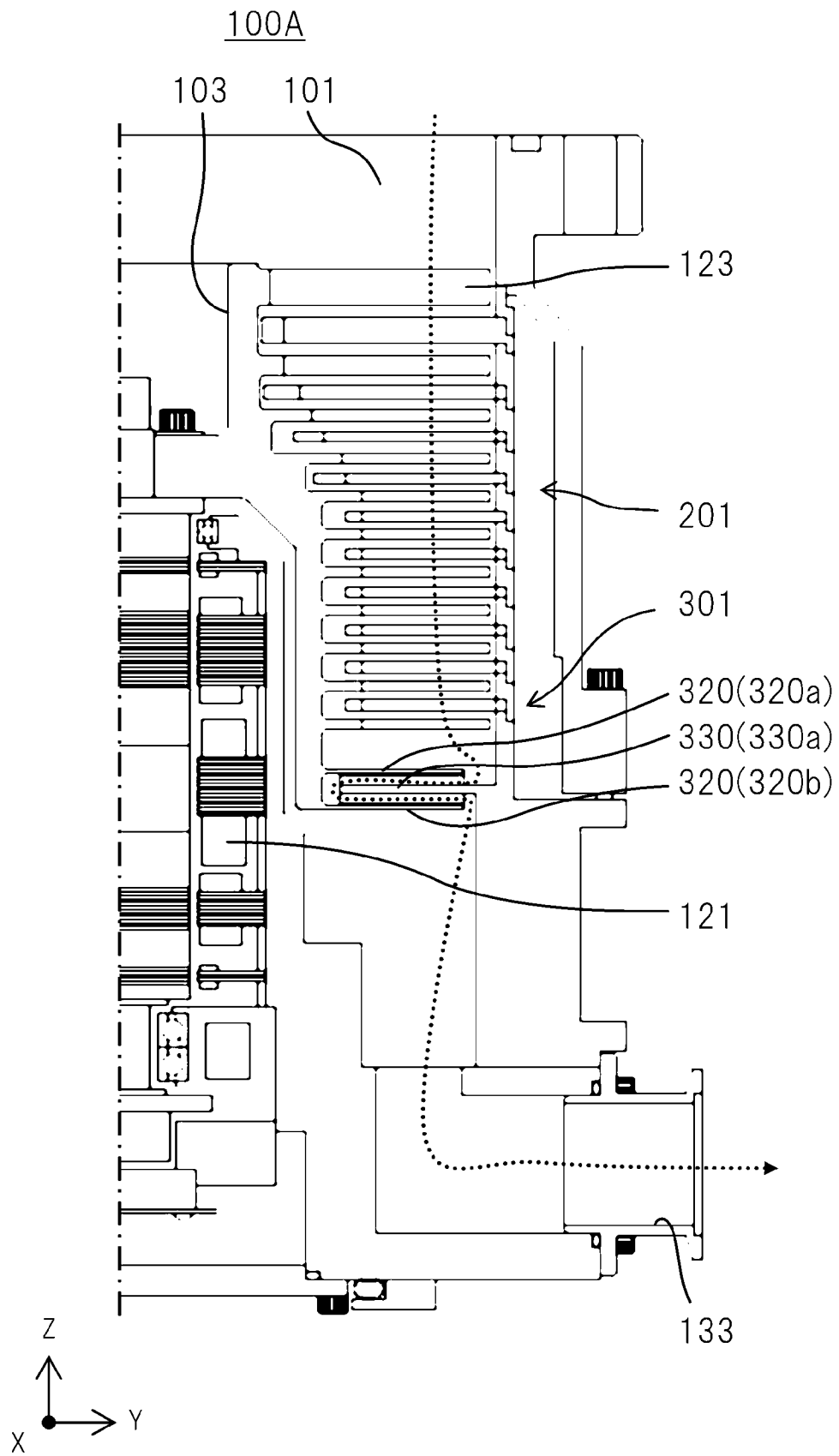
《電流減少の場合》



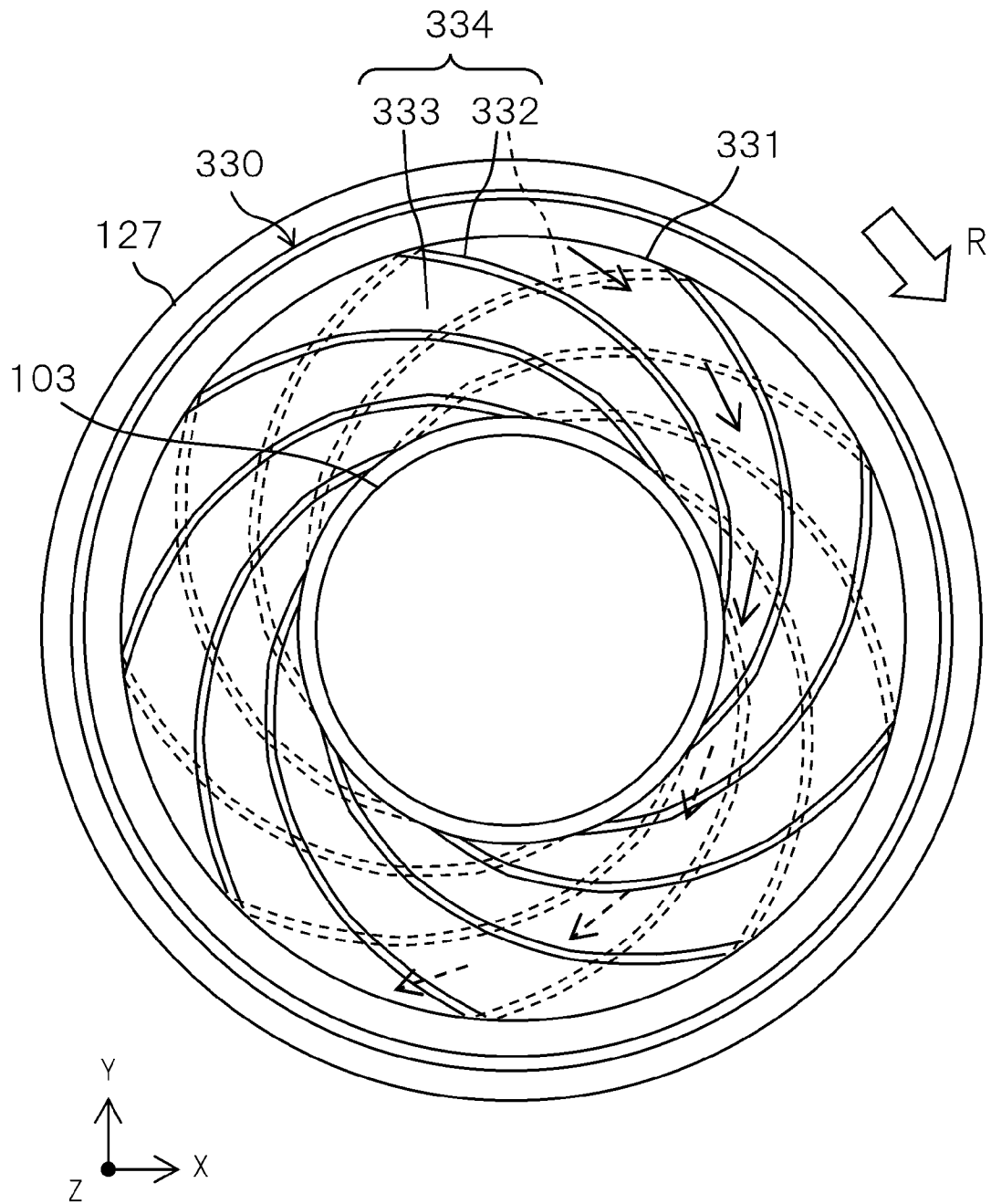
[図5]



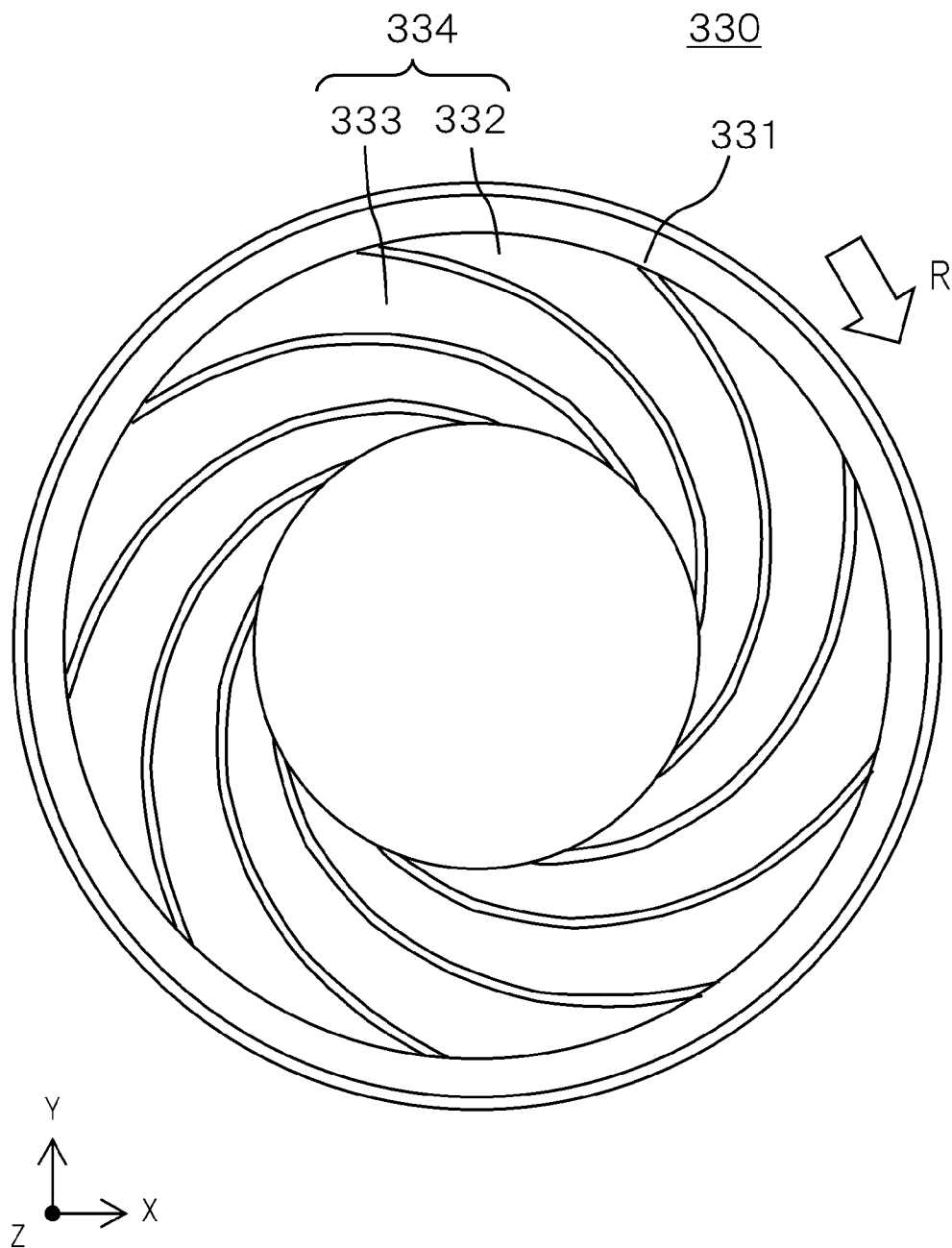
[図6]



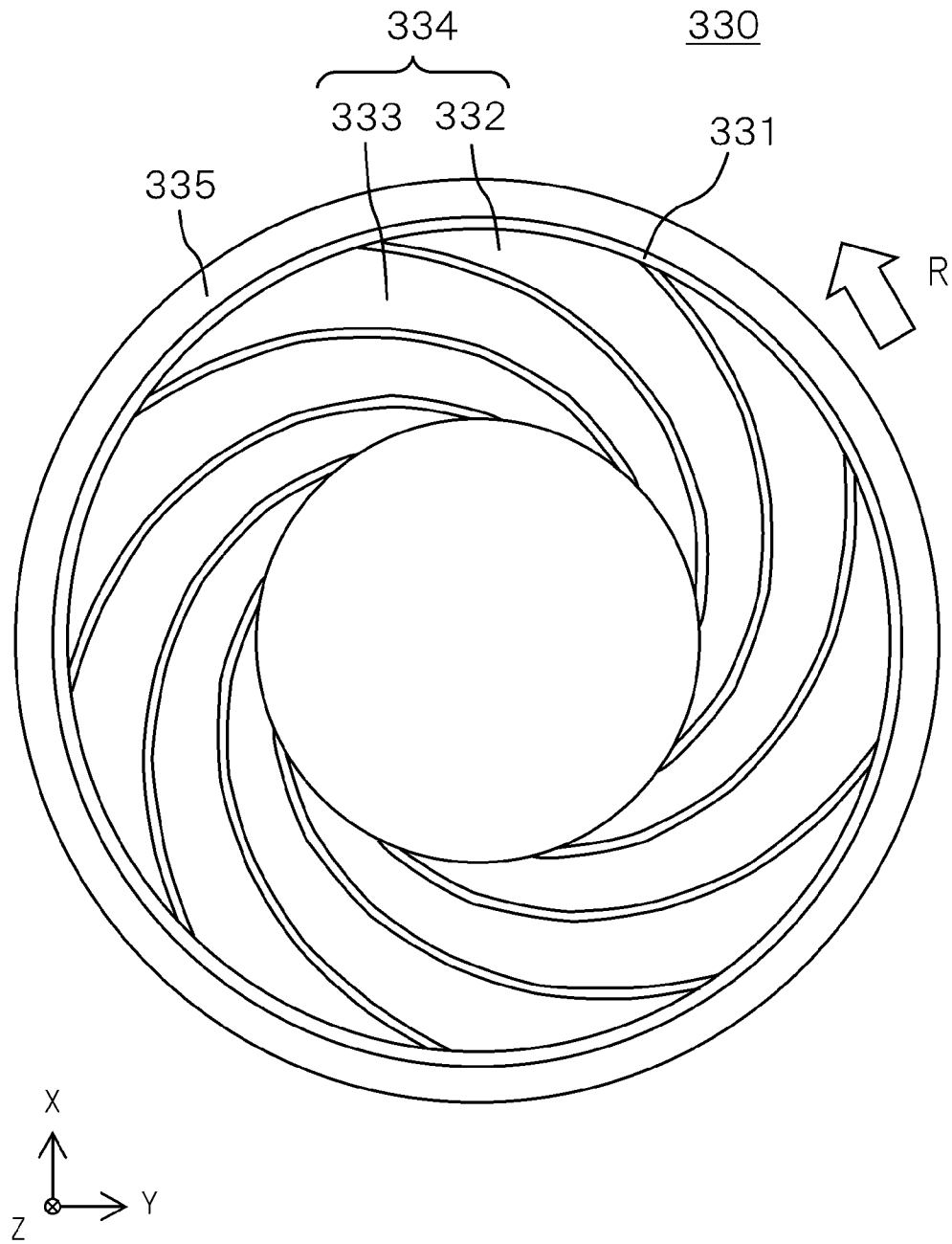
[図7]



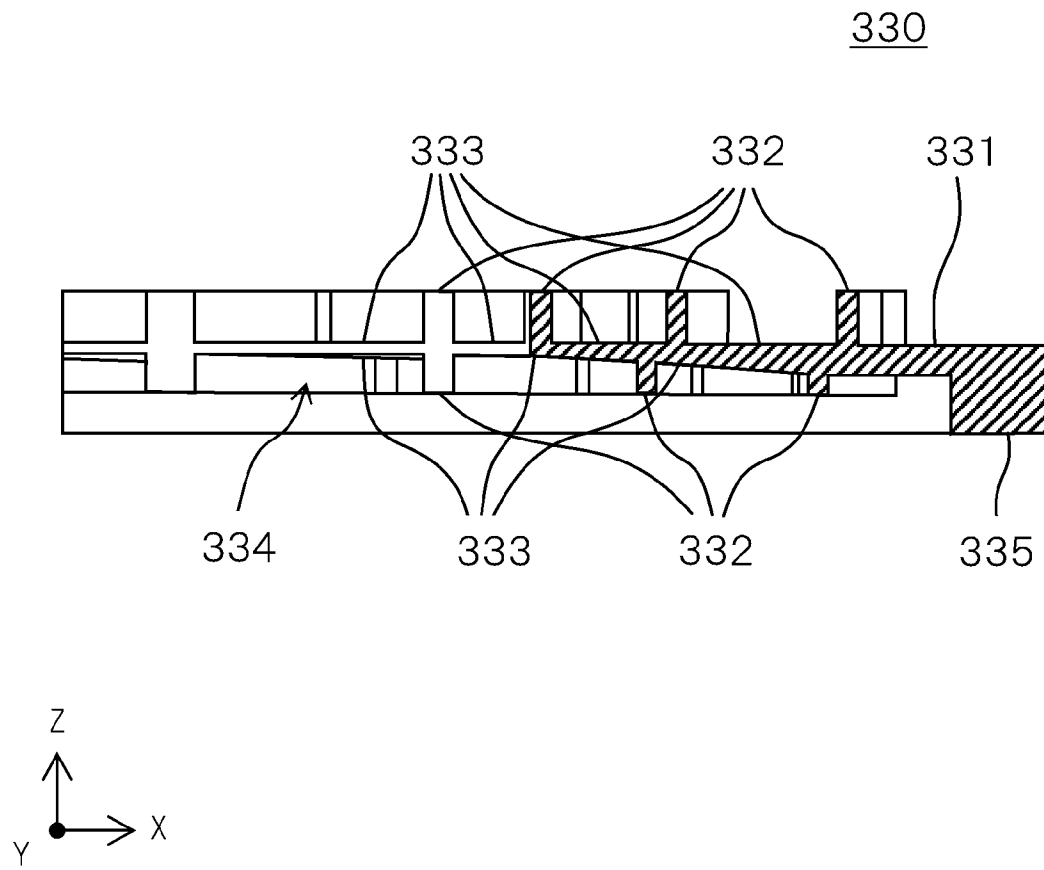
[図8]



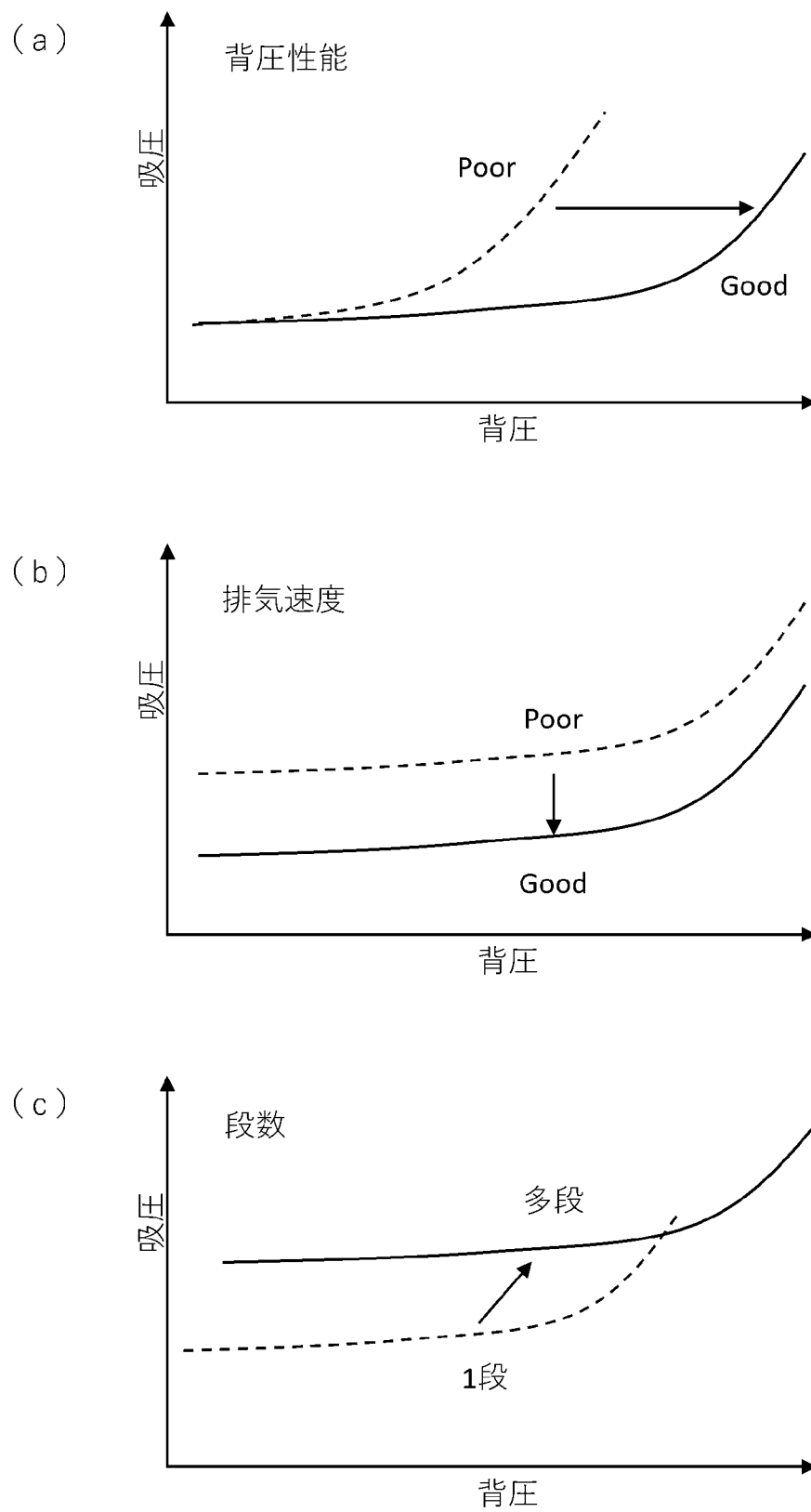
[図9]



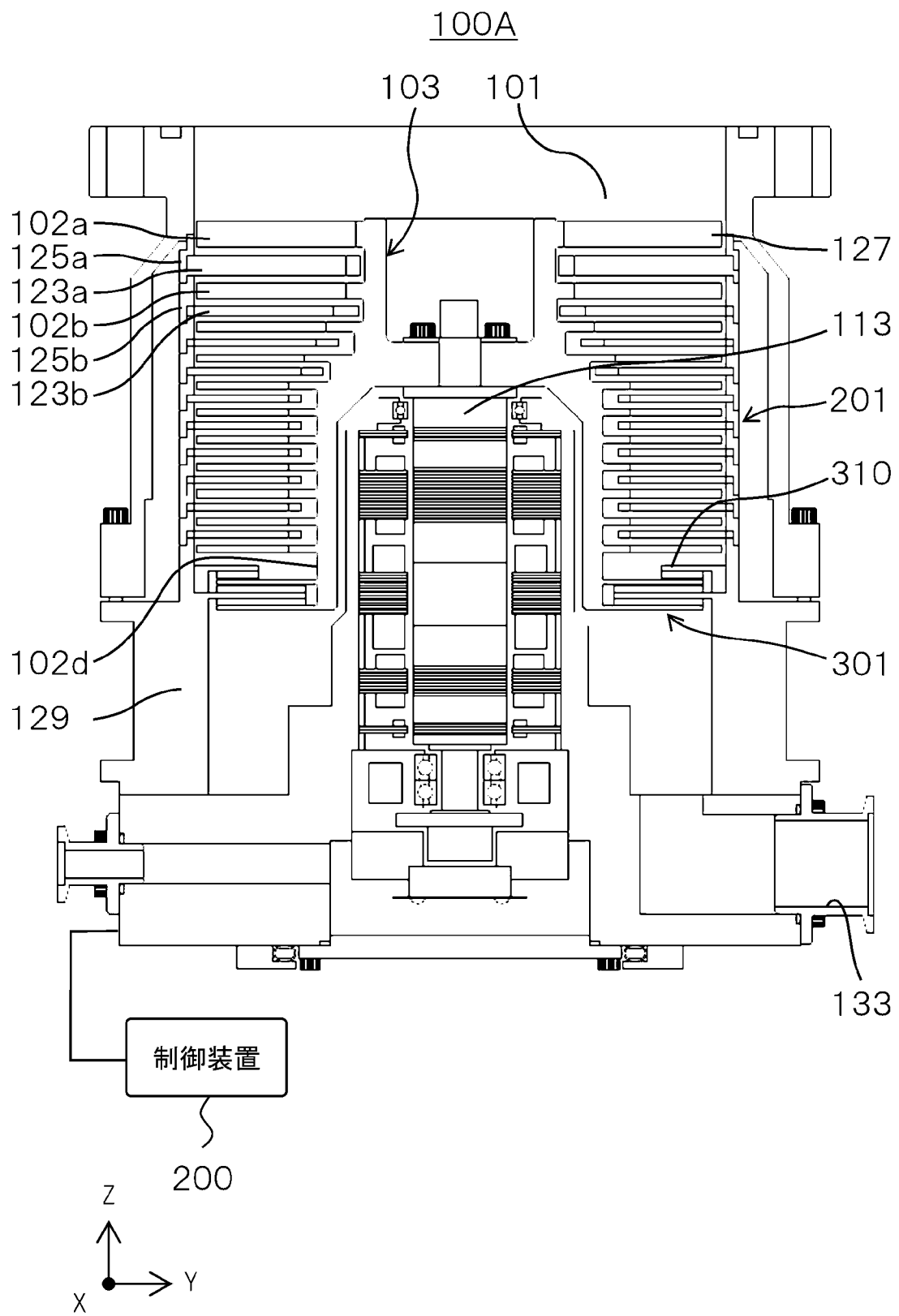
[図10]



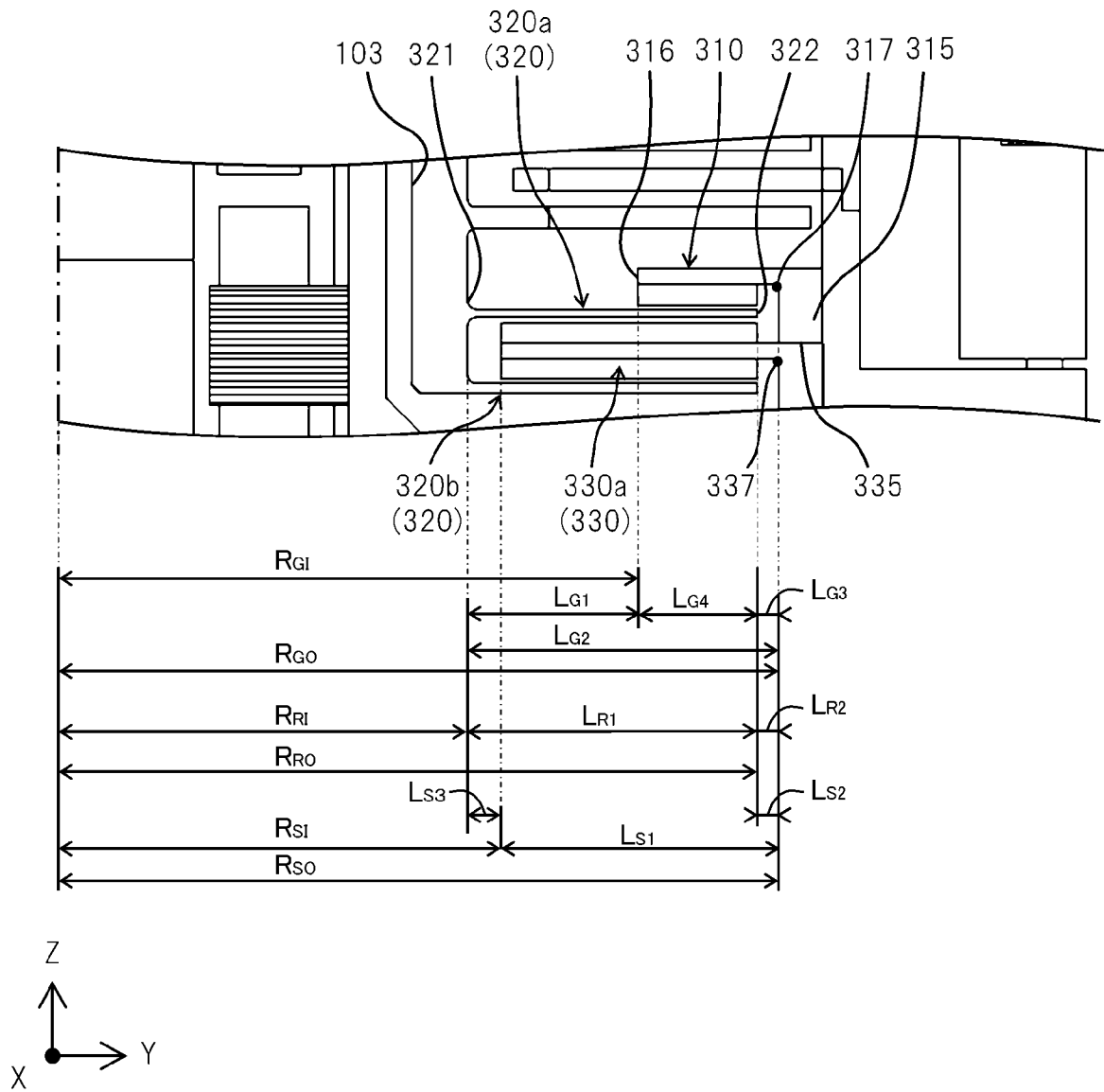
[図11]



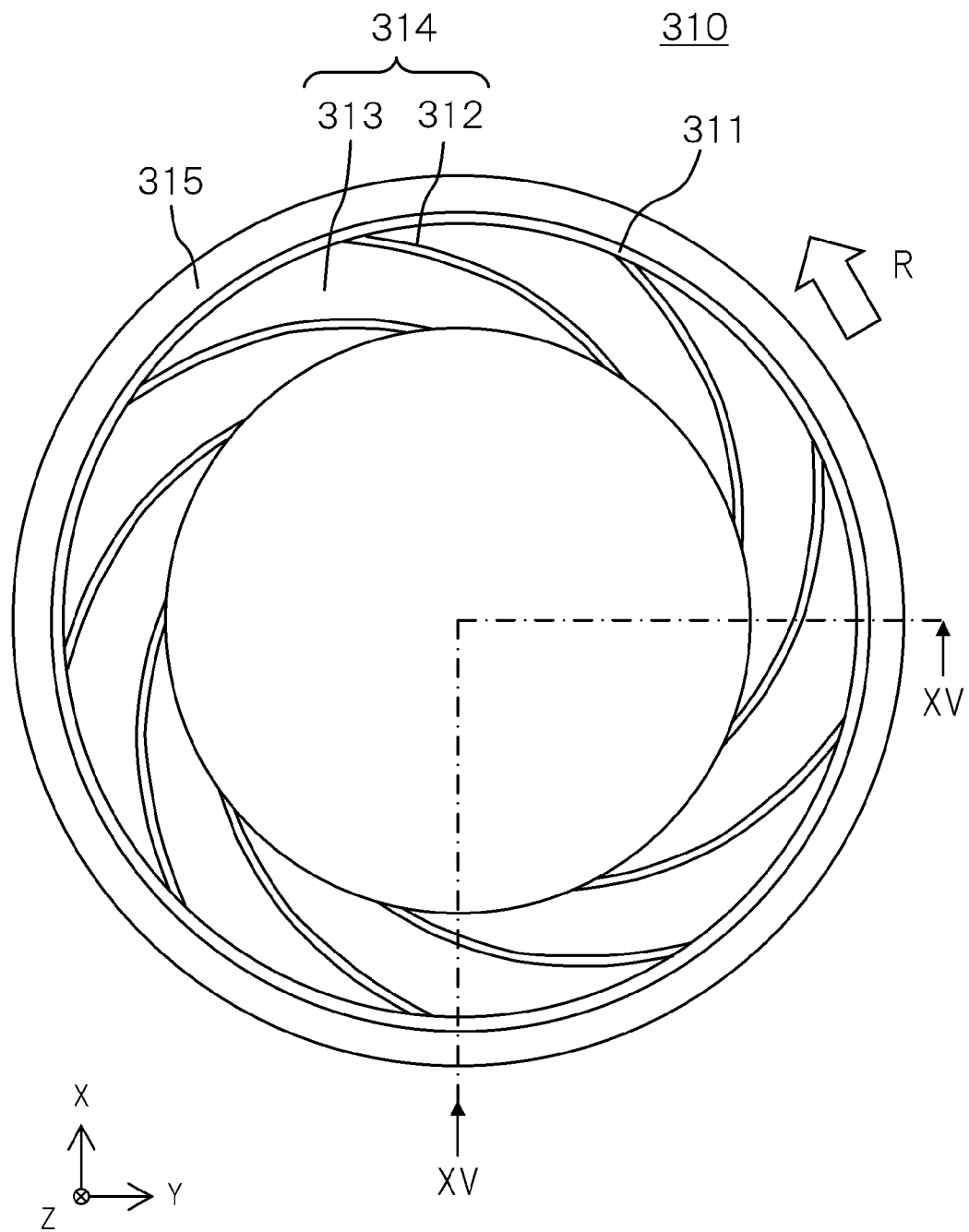
[図12]



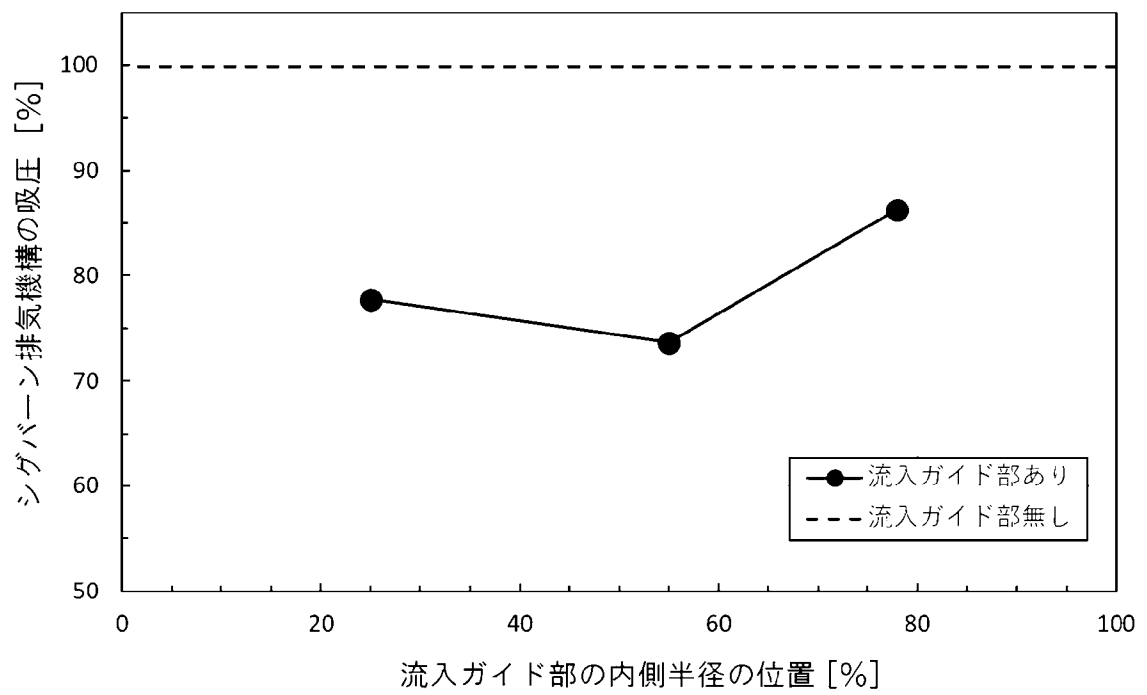
[図13]



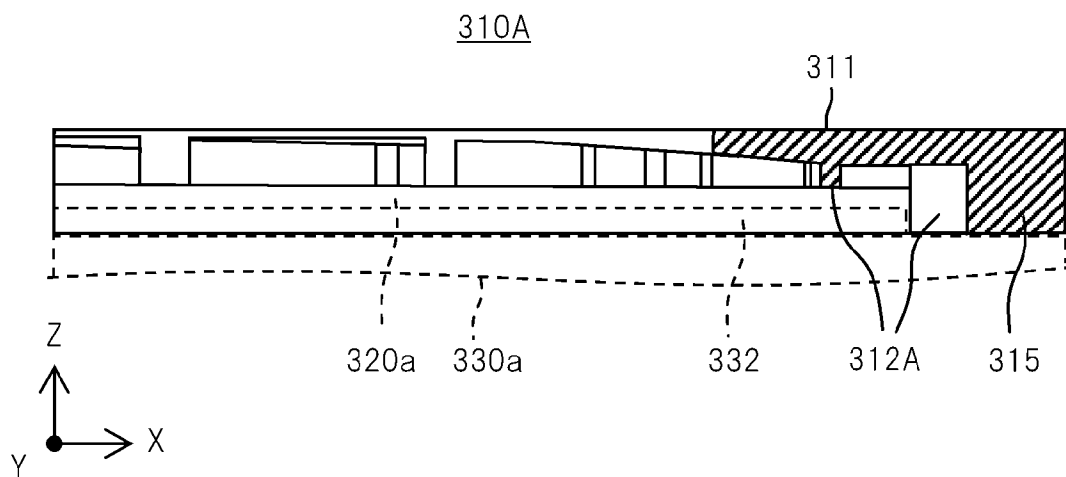
[図14]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/039255

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER F04D 19/04 (2006.01)i FI: F04D19/04 D According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F04D19/04 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2020-070749 A (EDWARDS JAPAN LIMITED) 07 May 2020 (2020-05-07) paragraphs [0013]-[0078], [0108]-[0111], fig. 8	1, 3, 10
Y		2, 6-9
A		4-5
Y	JP 2021-124091 A (EDWARDS JAPAN LIMITED) 30 August 2021 (2021-08-30) paragraphs [0010]-[0117], fig. 2	2, 6-9
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance “D” document cited by the applicant in the international application “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “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) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed “T” 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 “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 “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 “&” document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 16 December 2024		Date of mailing of the international search report 07 January 2025
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2024/039255

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	2020-070749	A	07 May 2020	US	2021/0388840	A1	
				paragraphs [0028]-[0094],			
				[0124]-[0127], fig. 8			
				EP	3875769	A1	
				CN	112867867	A	
JP	2021-124091	A	30 August 2021	KR	10-2021-0082165	A	
				US	2023/0053298	A1	
				paragraphs [0028]-[0136], fig.			
				2			
				WO	2021/157497	A1	
JP	2021-124091	A	30 August 2021	EP	4102079	A1	
				CN	114846242	A	
				KR	10-2022-0130128	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 - 2024年

日本国実用新案登録公報

1996 - 2024年

日本国登録実用新案公報

1994 - 2024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 2020-070749 A（エドワーズ株式会社）07.05.2020（2020 - 05 - 07） 段落0013 - 0078、0108 - 0111、図8	1, 3, 10
Y		2, 6-9
A		4-5
Y	JP 2021-124091 A（エドワーズ株式会社）30.08.2021（2021 - 08 - 30） 段落0010 - 0117、図2	2, 6-9

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☒ 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、一般的技术水準を示すもの

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“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

16. 12. 2024

国際調査報告の発送日

07. 01. 2025

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）

山崎 孔徳 30 4025

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/JP2024/039255

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2020-070749	A	07.05.2020	US 2021/0388840 A1	
				段落 0 0 2 8 - 0 0 9 4、	
				0 1 2 4 - 0 1 2 7、図 8	
				EP 3875769 A1	
				CN 112867867 A	
JP	2021-124091	A	30.08.2021	KR 10-2021-0082165 A	

				US 2023/0053298 A1	
				段落 0 0 2 8 - 0 1 3 6、	
				図 2	
WO	2021/157497	A1		EP 4102079 A1	
				CN 114846242 A	
				KR 10-2022-0130128 A	
