(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
2022年12月8日(08.12.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/255202 A1

(51) 国際特許分類:
F04D 19/04 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/021456

(22) 国際出願日： 2022年5月25日(25.05.2022)

(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 2021-091234 2021年5月31日(31.05.2021) 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).

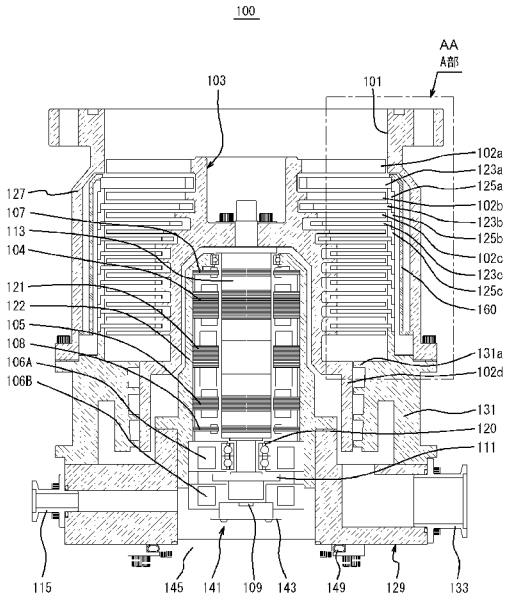
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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,

WO 2022/255202 A1

(54) **Title:** VACUUM PUMP, SPACER, AND CASING

(54) 発明の名称： 真空ポンプ、スペーサ及びケーシング

[図1]



AA Part A

(57) **Abstract:** [Problem] Proposed are a vacuum pump, a spacer, and a casing which can suppress an influence of heat from a to-be-exhausted device on a rotary wing while suppressing man hours and costs required for attachment to the to-be-exhausted device. [Solution] A vacuum pump 100 according to the present invention is characterized by having a rotary wing 102 and a fixed wing 123 which are axially arranged alternately in multiple stages in a casing 127 having an air intake port 101, and comprising a heat transfer suppression means which suppresses the transfer of heat, on the intake

［続葉有］

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, 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))

port 101 side, from the casing 127 to the fixed wing 123.

(57) 要約:【課題】被排気装置との取り付けに要する手間とコストを抑えつつ、被排気装置から伝わる熱が回転翼に及ぼす影響を抑制することが可能な真空ポンプ、スペーサ、ケーシングを提案する。【解決手段】本発明に係る真空ポンプ１００は、吸気口１０１を有するケーシング１２７の内部に軸方向に交互に多段配列された回転翼１０２及び固定翼１２３を有し、吸気口１０１側の熱がケーシング１２７から固定翼１２３に伝達されるのを抑制する熱伝達抑制手段を備えることを特徴とする。

明　細　書

発明の名称 ： 真空ポンプ、スペーサ及びケーシング

技術分野

[0001] 本発明は、真空ポンプ、及び真空ポンプに用いられるスペーサ並びにケーシングに関する。

背景技術

[0002] 半導体製造装置に設けられた真空チャンバ内の排気処理には、ターボ分子ポンプ等の真空ポプが使用される。半導体の製造工程では、半導体の基板に様々なプロセスガスを作用させる工程があり、真空ポンプは、半導体製造装置のチャンバ内を真空にする際に使用されるのみならず、チャンバ内からプロセスガスを排気する際にも使用される。

[0003] このようなプロセスガスは、蒸気圧曲線で示される圧力と温度の関係が気相から固相に移る箇所において固体化し、半導体製造装置等の被排気装置における流路の内壁面に堆積することがある。このような問題に対し、チャンバーヒータ等の加熱源を被排気装置の排気口付近に取り付けてプロセスガスの温度を高めることによって、生成物の堆積を抑制することが行われている。

[0004] ところで真空ポンプにおけるケーシングの内部には、回転軸の周囲に放射状に複数段設けられる回転翼と、回転翼の間に複数段設けられる固定翼とが設けられていて、回転軸が高速で回転することにより気体が吸引される。回転翼は、接触する気体との摩擦熱等によって温度が上昇すると、クリープ現象によって耐久性が損なわれることがあるため、輻射等によって固定翼に熱を逃がして温度上昇を抑えることが肝要である。しかし、被排気装置からの熱は、装置の排気口側に取り付けられる真空ポンプのケーシングにも伝わるため、ケーシングから伝達される熱によって固定翼の温度が上昇し、その結果、回転翼から固定翼へ効率よく放熱させることができずに回転翼の温度が上がりすぎるおそれがある。

[0005] 従来、このような不具合を解消することを目的として、特許文献１の真空ポンプが提案されている。この真空ポンプは、被排気装置の排気口側に設けられたフランジと真空ポンプの吸気口側に設けられたフランジとの間に熱伝導率が低いＯリング等を介在させることによって、真空ポンプに熱が伝わり難くなるようにしている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開２００２－２２７７６５号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 一方、特許文献１の真空ポンプでは、Ｏリング等が介在できるように被排気装置の排気口側の構造を変更する必要がある。すなわち、被排気装置との取り付けにあたって手間とコストが嵩むことになる。

[0008] このような点に鑑み、本発明は、被排気装置との取り付けに要する手間とコストを抑えつつ、被排気装置から伝わる熱が回転翼に及ぼす影響を抑制することが可能な真空ポンプ、及びこのような真空ポンプに用いられるスペーサ並びにケーシングを提供することを的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明は、吸気口を有するケーシングの内部に軸方向に交互に多段配列された回転翼及び固定翼を有する真空ポンプにおいて、

前記吸気口側の熱が前記ケーシングから前記固定翼に伝達されるのを抑制する熱伝達抑制手段を備えることを特徴とする。

[0010] このような真空ポンプにおいて、ガス流路の下流側に排気口を備え、前記熱伝達抑制手段として、前記ケーシングとの間に少なくとも前記軸方向の隙間が設けられ、前記吸気口に最も近い最上段固定翼又は前記吸気口に最も近い最上段固定翼スペーサに接触する接触部を有するスペーサを備えることが好ましい。

[0011] また、前記スペーサは、前記接触部よりも前記排気口側において薄肉部又は開口部を有することが好ましい。

[0012] そして前記熱伝達抑制手段として、前記ケーシングは、前記吸気口に最も近い最上段固定翼又は前記吸気口に最も近い最上段固定翼スペーサに接触する部位の近傍に凹部を備えることが好ましい。

[0013] また前記熱伝達抑制手段として、前記ケーシングは、前記吸気口に最も近い最上段回転翼の先端部に対向する対向部分よりも前記吸気口側において、前記ケーシングの肉厚を減少させる内周側凹部又は外周側凹部を備えることが好ましい。

[0014] また前記真空ポンプは、ガス流路の下流側に排気口を備え、前記熱伝達抑制手段として、前記吸気口に最も近い最上段固定翼スペーサは、前記排気口側で当該最上段固定翼スペーサに隣接する二段目固定翼スペーサよりも熱伝導率が低い金属材料で形成されていることが好ましい。

[0015] また本発明は、吸気口を有するケーシングの内部に軸方向に交互に多段配列された回転翼及び固定翼を有する真空ポンプに用いられるスペーサであって、前記吸気口側の熱が前記ケーシングから前記固定翼に伝達されるのを抑制する熱伝達抑制手段を備えることを特徴とするものでもある。

[0016] また本発明は、内部に軸方向に交互に多段配列された回転翼及び固定翼を有する真空ポンプに用いられるケーシングであって、吸気口側の熱が前記固定翼に伝達されるのを抑制する熱伝達抑制手段を備えることを特徴とするものでもある。

発明の効果

[0017] 本発明の真空ポンプは、吸気口側の熱がケーシングから固定翼に伝達されるのを抑制する熱伝達抑制手段を備えている。すなわち、被排気装置からケーシングに熱が伝達される場合でも固定翼の温度が抑えられるため、回転翼から固定翼への放熱性が維持されて回転翼の温度上昇を抑制することができる。また、被排気装置に真空ポンプを取り付けるにあたって、従来必要であった被排気装置の構造変更が不要になるため、被排気装置との取り付けに要

する手間とコストを抑えることができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明に係る真空ポンプの第一実施形態を概略的に示した縦断面図である。

[図2]図１に示した真空ポンプのアンプ回路の回路図である。

[図3]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である。

[図4]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である。

[図5]図１に示した真空ポンプのＡ部における部分拡大図である。

[図6]図５に示した真空ポンプの変形例を示した図である。

[図7]スペーサについて示した図である。

[図8]本発明に係る真空ポンプの第二実施形態を示した部分拡大図である。

[図9]本発明に係る真空ポンプの第三実施形態を示した部分拡大図である。

[図10]図９に示した真空ポンプの変形例を示した部分拡大図である。

[図11]本発明に係る真空ポンプの第四実施形態を示した部分拡大図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、図面を参照しながら本発明に係る真空ポンプの一実施形態であるターボ分子ポンプ１００について説明する。まず、図１～図４を参照しながらターボ分子ポンプ１００の全体的な構成について説明する。なお、上述した本発明に係る「ケーシング」は、本実施形態のターボ分子ポンプ１００では、外筒１２７がこれに相当する。また図１に示したターボ分子ポンプ１００は、上述した本発明に係る「熱伝達抑制手段」として、スペーサ１６０を備えている。

[0020] 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には、円筒状の外筒１２７の上端に被排気装置の排気ガスを吸引する吸気口１０１が備えられている。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１０

２（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。

[0021] 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、不図示の制御装置に送るように構成されている。

[0022] この制御装置においては、例えばＰＩＤ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。

[0023] 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。

[0024] さらに、軸方向電磁石１０６Ａ、１０６Ｂ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上記制御装置に送られるように構成されている。

[0025] そして、上記制御装置において、例えばＰＩＤ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１０６Ａと軸方向電磁石１０６Ｂ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１０６Ａと軸方向電磁石１０６Ｂをそれぞれ励磁制御することで、軸方向電磁石１０６Ａ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１０６Ｂ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。

[0026] このように、上記制御装置は、この軸方向電磁石１０６Ａ、１０６Ｂ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１０６Ａ、１０６Ｂを励磁制御するアンプ回路１５０については、後述する。

[0027] 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、上記制御装置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。

[0028] 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。上記制御装置では、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。

[0029] 回転翼１０２（１０２ａ、１０２ｂ、１０２ｃ・・・）とわずかの空隙を

隔てて複数枚の固定翼１２３（１２３ａ、１２３ｂ、１２３ｃ・・・）が配設されている。回転翼１０２（１０２ａ、１０２ｂ、１０２ｃ・・・）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（１２３ａ、１２３ｂ、１２３ｃ・・・）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。

[0030] 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。

[0031] 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。本実施形態において固定翼スペーサ１２５の径方向外側には、隙間を隔ててスペーサ１６０が配設されていて、スペーサ１６０の径方向外側には、隙間を隔てて外筒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、ガス流路下流側の排気口１３３へと送られる。

[0032] さらに、本実施形態のターボ分子ポンプ１００は、固定翼スペーサ１２５の下部とベース部１２９の間に、ネジ付スペーサ１３１を配設する。なお、ターボ分子ポンプ１００の用途によっては、外筒１２７とネジ付スペーサ１３１の一部とを一体的に形成した部材や、ネジ付スペーサ１３１とベース部１２９とを一体的に形成した部材を用いることもある。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。

[0033] 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。

[0034] 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２００００ｒｐｍ～９００００ｒｐｍであり、回転翼１０２の先端での周速度は２００ｍ／ｓ～４００ｍ／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。

[0035] 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筒１２７へと伝達する。

[0036] なお、上記では、ネジ付スペーサ１３１は回転体１０３の円筒部１０２ｄ

の外周に配設し、ネジ付スペーサ１３１の内周面にネジ溝１３１ａ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１０２ｄ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。

[0037] 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１０６Ａ、１０６Ｂ、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。

[0038] 本実施形態のベース部１２９には、パージガスポート１１５が配設され、このパージガスポート１１５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。

[0039] 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、ＥＥＰ－ＲＯＭ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収容され、気密性の底蓋１４５によって閉じられている。

[0040] 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。

[0041] 例えば、Ａｌエッチング装置にプロセスガスとしてＳｉＣｌ４が使用された場合、低真空（７６０［ｔｏｒｒ］～１０－２［ｔｏｒｒ］）かつ、低温（約２０［℃］）のとき、固体生成物（例えばＡｌＣｌ３）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。

[0042] 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。

[0043] 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。

[0044] 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

スー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。

[0045] 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。

[0046] 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。

[0047] 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。

[0048] さらに、アンプ制御回路１９１は、例えば、上記制御装置の図示しないディジタル・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。

[0049] 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Ｔｓ内に発生させるパルス幅の大きさ（パ

ルス幅時間Ｔｐ１、Ｔｐ２）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。

[0050] 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程度の高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）。

[0051] 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ｉＬという）が増加し、両方をｏｆｆにすると、電磁石電流ｉＬが減少する。

[0052] 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ｉＬが検出可能となる。

[0053] 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Ｔｓ（例えば１００μｓ）中で１回だけ、パルス幅時間Ｔｐ１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ｉＬ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ｉＬｍａｘ（図示せず）に向かって増加する。

[0054] 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Ｔｓ中で１回だけパルス幅時間Ｔｐ２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ｉＬ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ｉＬｍｉｎ（図示せず）に向かって減少する。

[0055] そして、いずれの場合にも、パルス幅時間Ｔｐ１、Ｔｐ２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。

[0056] 次に、スペーサ１６０について、図５、図７（ａ）を参照しながら詳細に説明する。上述したようにスペーサ１６０は、本発明に係る「熱伝達抑制手段」に相当するものであって、被排気装置から吸気口１０１側に伝わる熱が、外筒１２７から固定翼１２３に伝達されるのを抑制する機能を有する。

[0057] 本実施形態のスペーサ１６０は、図７（ａ）に示すように全体的に円筒状になるものであって、円環板状になる上側壁部１６０ａと、上側壁部１６０ａの外縁部から下方に向けて拡径するように延在した後に同径のまま下方に向けて延在する筒状部１６０ｂと、筒状部１６０ｂの下端部から径方向外側に向けて延在する円環板状のフランジ部１６０ｃを備えている。

[0058] このような形態になるスペーサ１６０は、図５に示すようにしてターボ分子ポンプ１００に取り付けられている。すなわちスペーサ１６０は、吸気口１０１に最も近い固定翼（以下、最上段固定翼１２３ａと称する）の上端部が上側壁部１６０ａの内縁部に接触し（上側壁部１６０ａは、本発明に係る「接触部」に相当する）、またフランジ部１６０ｃの外縁部が外筒１２７の内周面に設けた段部１２７ａに接触した状態で、ボルトＢ１で外筒１２７をネジ付スペーサ１３１に締結することによって固定されている。この状態においてスペーサ１６０と複数の固定翼１２３との間、及びスペーサ１６０と外筒１２７との間には、径方向の隙間が設けられている。また上側壁部１６０ａと外筒１２７との間には、軸方向の隙間も設けられている。すなわち、

被排気装置から外筒１２７に伝わる熱は、外筒１２７から最上段固定翼１２３ａには直接伝達されず、下方に位置するフランジ部１６０ｃに伝わった後、さらに筒状部１６０ｂと上側壁部１６０ａを介して最上段固定翼１２３ａに伝わることになる。このようにスペーサ１６０は、外筒１２７に伝わる被排気装置からの熱が固定翼１２３に伝わるまでの熱経路を長くする効果があるため、固定翼１２３の温度が抑えられ、惹いては回転翼１０２の温度上昇を抑制することができる。なお、本実施形態における固定翼スペーサ１２５のうち、最も吸気口１０１に近い固定翼（以下、最上段固定翼スペーサ１２５ａと称する）は、最上段固定翼１２３ａの下方に位置している。一方、ターボ分子ポンプ１００としては、最上段固定翼スペーサ１２５ａが最上段固定翼１２３ａの上方に位置している構成を採用することも可能であり、このような場合にスペーサ１６０を取り付けるにあたっては、最上段固定翼スペーサ１２５ａの上端部に上側壁部１６０ａの内縁部を接触させることが好ましい。

[0059] スペーサ１６０は、例えばアルミニウム、鉄、チタン、若しくはステンレス等の金属、又はこれらの金属を成分として含む合金により形成することができるが、特に熱伝導率が低い金属（ステンレス）で形成することにより、被排気装置からの熱に起因する固定翼１２３の温度上昇をさらに抑えることができる。

[0060] スペーサ１６０は、外筒１２７に対して接触するものに限られず、図６に示すようにネジ付スペーサ１３１に接触するものでもよい。図６に示したスペーサ１６０は、フランジ部１６０ｃを貫通する孔を有していて、この孔に挿通させたボルトＢ２によって、フランジ部１６０ｃがネジ付スペーサ１３１に接触して固定される。なお、図６に示した状態のスペーサ１６０は、ネジ付スペーサ１３１に対して軸方向に僅かな隙間をもっているが、ボルトＢ２を完全に締め付けることによって、フランジ部１６０ｃをネジ付スペーサ１３１に接触させることができる。

[0061] またスペーサ１６０は、上側壁部１６０ａよりも排気口１３３側に位置す

る筒状部１６０ｂにおいて、図７に示すように筒状部１６０ｂを貫通する開口部１６０ｄを備えるものでもよい。筒状部１６０ｂに開口部１６０ｄを設けることによって、筒状部１６０ｂの熱経路を狭めることができるため、被排気装置からの熱に起因する固定翼１２３の温度上昇を抑えることができる。なお、図示しないが、開口部１６０ｄに替えて、筒状部１６０ｂの少なくとも一部の肉厚を薄くした薄肉部を筒状部１６０ｂに設けることによって熱経路を狭めるようにしてもよい。

[0062] 本発明に係る「熱伝達抑制手段」は、上述したスペーサ１６０に限られず、「ケーシング」の上部を構成する外筒１２７により構成することも可能である。

[0063] 図８に示した外筒１２７は、複数の固定翼１２３のうち、吸気口１０１に最も近い最上段固定翼１２３ａに接触する外筒接触部１２７ｂの近傍に、外筒１２７を軸方向に切り欠くようにして形成した凹部１２７ｃを備えている。すなわち、凹部１２７ｃを設けることによって外筒１２７の厚みが減って、外筒１２７での熱経路が狭まるため、被排気装置から外筒１２７に伝達された熱が最上段固定翼１２３ａには伝わり難くなる。従って固定翼１２３の温度が抑えられ、回転翼１０２の温度上昇を抑制することができる。

[0064] また外筒１２７は、図９に示すように構成してもよい。図９に示した外筒１２７は、複数の回転翼１０２のうち、吸気口１０１に最も近い回転翼（以下、最上段回転翼１０２ａと称する）の先端部に対向する対向部分１２７ｄに対し、この対向部分１２７ｄよりも吸気口１０１側において、外筒１２７の内周側の肉厚を径方向内側から外側に向けて減少させる内周側凹部１２７ｅを備えている。すなわち、内周側凹部１２７ｅを設けることによって外筒１２７の厚みが減って、外筒１２７での熱経路を狭めることができる。このため、被排気装置から外筒１２７に伝達された熱が最上段固定翼１２３ａには伝わり難くなり、固定翼１２３の温度が抑えられて回転翼１０２の温度上昇を抑制することができる。

[0065] 上述した内周側凹部１２７ｅは、対向部分１２７ｄよりも吸気口１０１側

において、外筒１２７の内周側の肉厚を部分的に減少させるものに限られず、図１０に示すように対向部分１２７ｄよりも吸気口１０１側に位置する内周側の肉厚を全て減少させる（対向部分１２７ｄよりも上方に位置する内周側の肉厚が全て薄くなって、内周側凹部１２７ｅの内周面と吸気口１０１の内周面が同一面になる）ようにしてもよい。

[0066] なお図示は省略するが、外筒１２７の熱経路を狭めるにあたっては、その外周側の肉厚を径方向外側から内側に向けて減少させる外周側凹部を設けてもよい。

[0067] そして本発明に係る「熱伝達抑制手段」は、上述したスペーサ１６０に限られず、図１１に示すように固定翼スペーサ１２５により構成することも可能である。図１１においては、最上段固定翼スペーサ１２５ａが最上段固定翼１２３ａの上方に位置していて、外筒１２７は、最上段固定翼スペーサ１２５ａに接触している。また最上段固定翼スペーサ１２５ａは、下側（排気口１３３側）で最上段固定翼スペーサ１２５ａに隣接する二段目固定翼スペーサ１２５ｂよりも熱伝導率が低い金属材料で形成されている。例えば金属材料における熱伝導率は、銅、アルミニウム、鉄、チタン、ステンレスの順に低くなる。従って、例えば二段目固定翼スペーサ１２５ｂをアルミニウム（アルミニウムを成分として含む合金）で形成する場合、最上段固定翼スペーサ１２５ａは、鉄、チタン、若しくはステンレス、又はこれらを成分として含む合金により形成される。すなわち、最上段固定翼スペーサ１２５ａを熱伝導率が低い金属材料で形成することによって、被排気装置から外筒１２７に伝達された熱が最上段固定翼１２３ａに伝わり難くなるため、固定翼１２３の温度が抑えられて回転翼１０２の温度上昇を抑制することができる。

[0068] 以上、本発明の一実施形態について説明したが、本発明は係る特定の実施形態に限定されるものではなく、上記の説明で特に限定しない限り、特許請求の範囲に記載された本発明の趣旨の範囲内において、種々の変形・変更および組合せが可能である。また、上記の実施形態における効果は、本発明から生じる効果を例示したに過ぎず、本発明による効果が上記の効果に限定さ

れることを意味するものではない。

符号の説明

[0069] １００：ターボ分子ポンプ（真空ポンプ）

１０１：吸気口

１０２：回転翼

１０２ａ：最上段回転翼

１２３：固定翼

１２３ａ：最上段固定翼

１２５：固定翼スペーサ

１２５ａ：最上段固定翼スペーサ

１２５ｂ：二段目固定翼スペーサ

１２７：外筒（ケーシング）

１２７ｃ：凹部

１２７ｄ：対向部分

１２７ｅ：内周側凹部

１３３：排気口

１６０：スペーサ（熱伝達抑制手段）

１６０ａ：上側壁部（接触部）

１６０ｄ：開口部

請求の範囲

[請求項1] 吸気口を有するケーシングの内部に軸方向に交互に多段配列された回転翼及び固定翼を有する真空ポンプにおいて、

前記吸気口側の熱が前記ケーシングから前記固定翼に伝達されるのを抑制する熱伝達抑制手段を備えることを特徴とする真空ポンプ。

[請求項2] 前記真空ポンプは、ガス流路の下流側に排気口を備え、

前記熱伝達抑制手段として、前記ケーシングとの間に少なくとも前記軸方向の隙間が設けられ、前記吸気口に最も近い最上段固定翼又は前記吸気口に最も近い最上段固定翼スペーサに接触する接触部を有するスペーサ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] 前記スペーサは、前記接触部よりも前記排気口側において薄肉部又は開口部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4] 前記熱伝達抑制手段として、前記ケーシングは、前記吸気口に最も近い最上段固定翼又は前記吸気口に最も近い最上段固定翼スペーサに接触する部位の近傍に凹部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5] 前記熱伝達抑制手段として、前記ケーシングは、前記吸気口に最も近い最上段回転翼の先端部に対向する対向部分よりも前記吸気口側において、前記ケーシングの肉厚を減少させる内周側凹部又は外周側凹部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6] 前記真空ポンプは、ガス流路の下流側に排気口を備え、

前記熱伝達抑制手段として、前記吸気口に最も近い最上段固定翼スペーサは、前記排気口側で当該最上段固定翼スペーサに隣接する二段目固定翼スペーサよりも熱伝導率が低い金属材料で形成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。

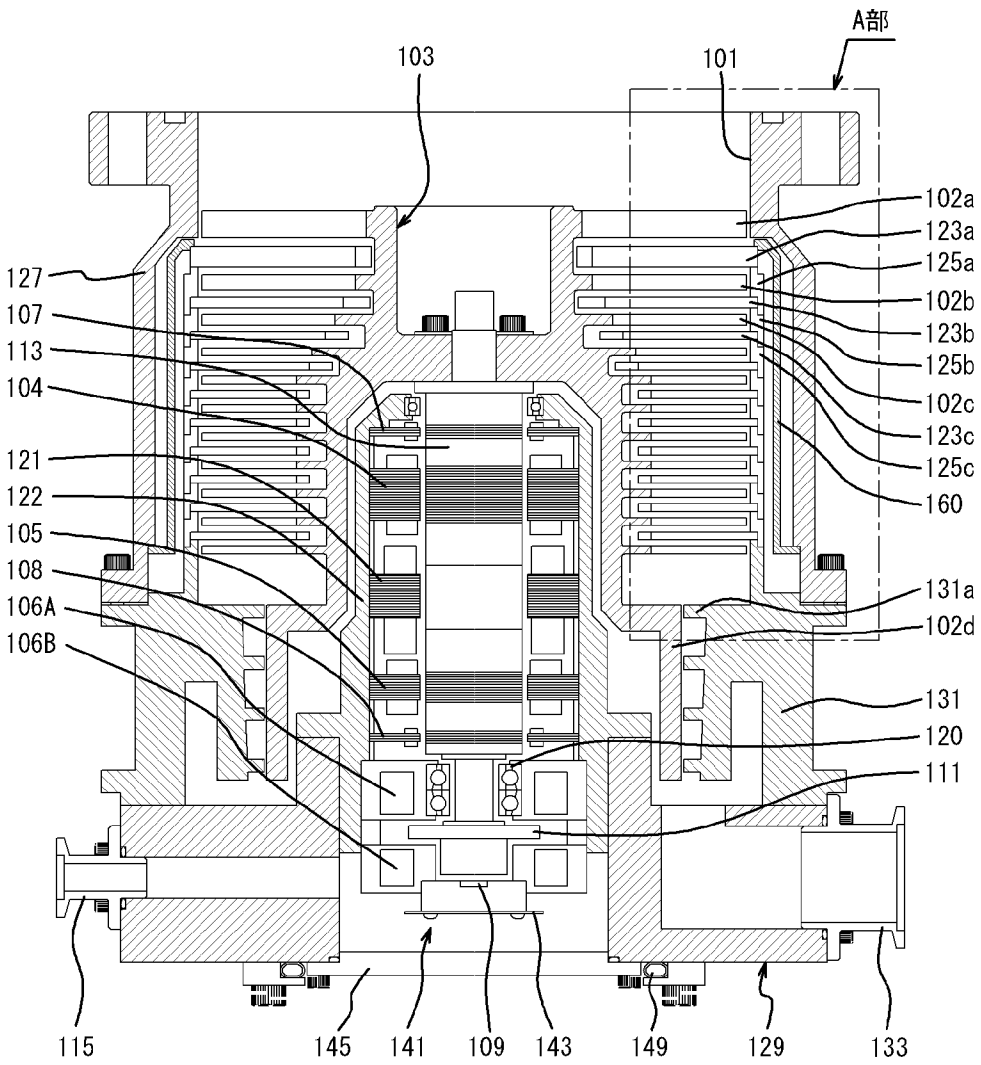
[請求項7] 吸気口を有するケーシングの内部に軸方向に交互に多段配列された回転翼及び固定翼を有する真空ポンプに用いられるスペーサであって、

前記吸気口側の熱が前記ケーシングから前記固定翼に伝達されるのを抑制する熱伝達抑制手段を備えることを特徴とするスペーサ。

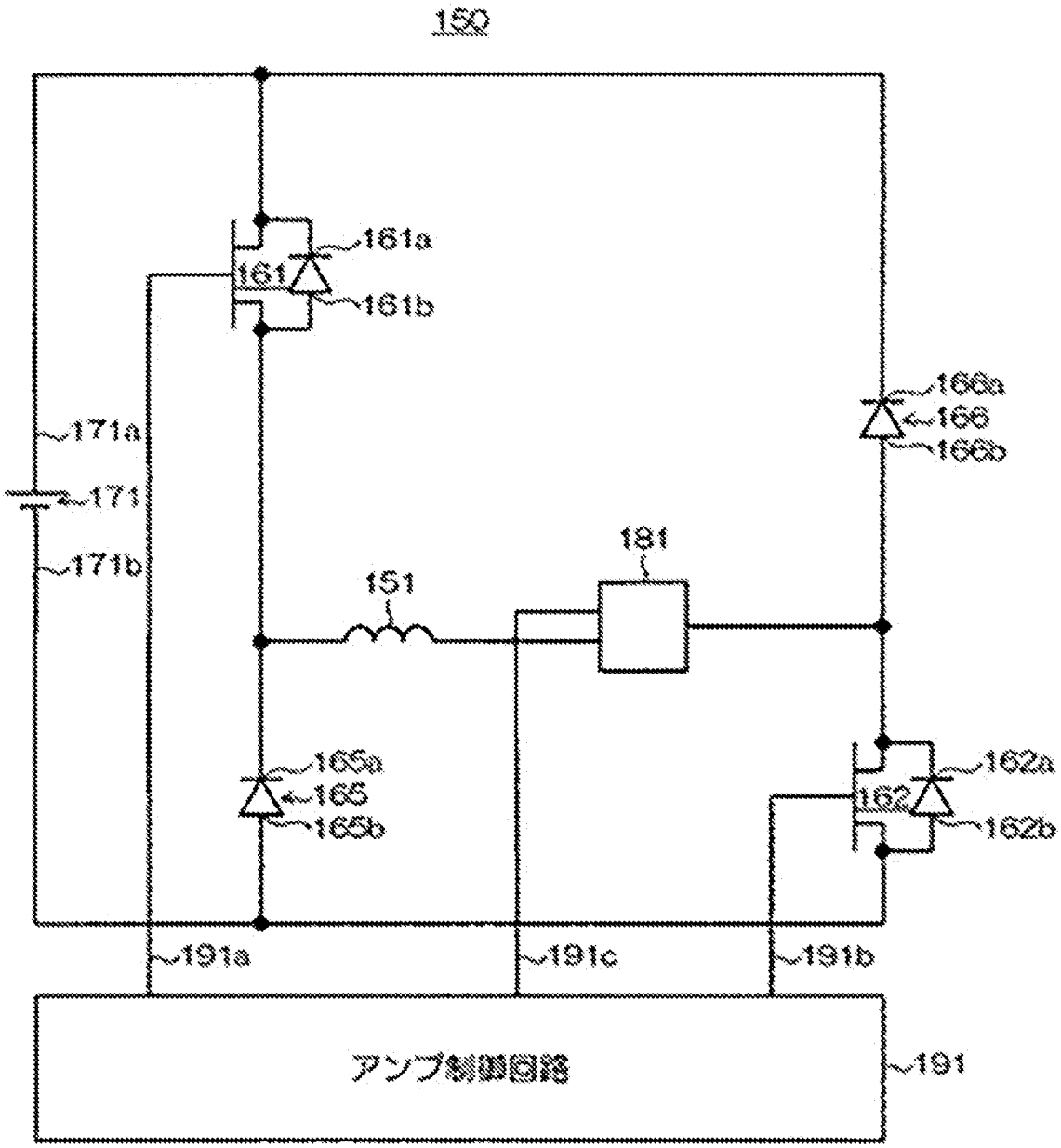
[請求項8] 内部に軸方向に交互に多段配列された回転翼及び固定翼を有する真空ポンプに用いられるケーシングであって、

吸気口側の熱が前記固定翼に伝達されるのを抑制する熱伝達抑制手段を備えることを特徴とするケーシング。

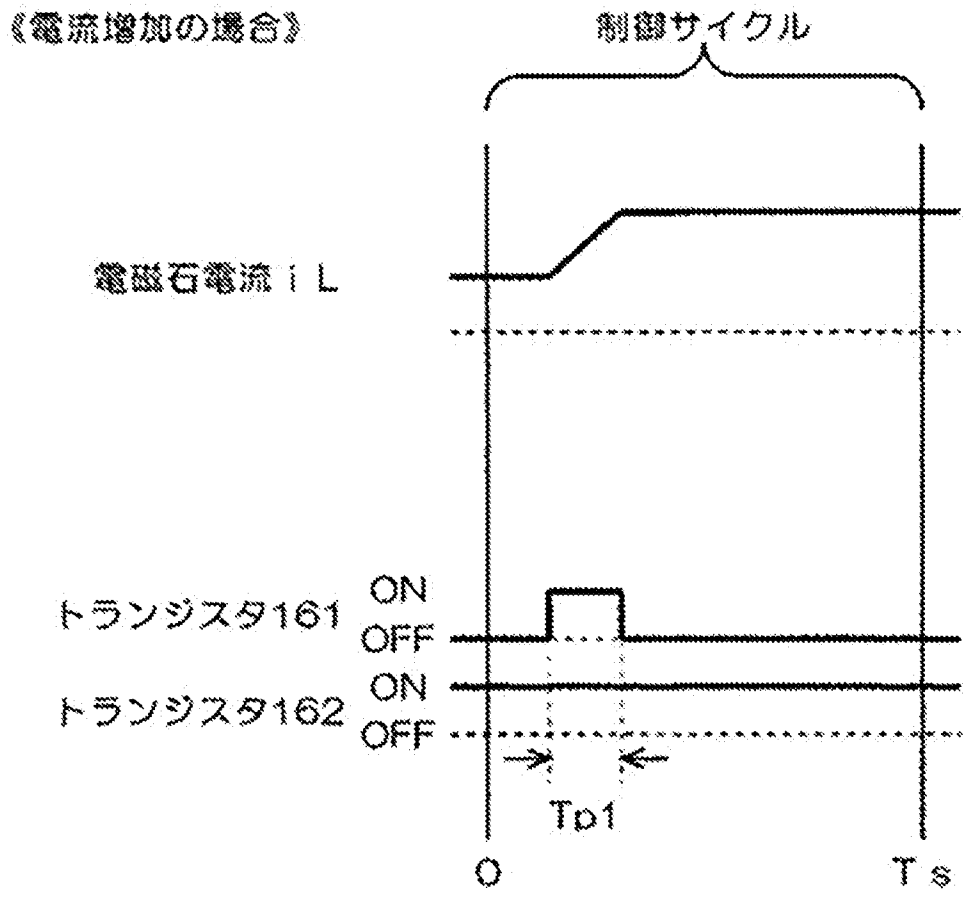
[図1]


100
A部
103
101
102a
123a
125a
102b
123b
125b
102c
123c
125c
160
127
107
113
104
121
122
105
108
106A
106B
131a
102d
131
120
111
115
145
141
109
143
149
129
133

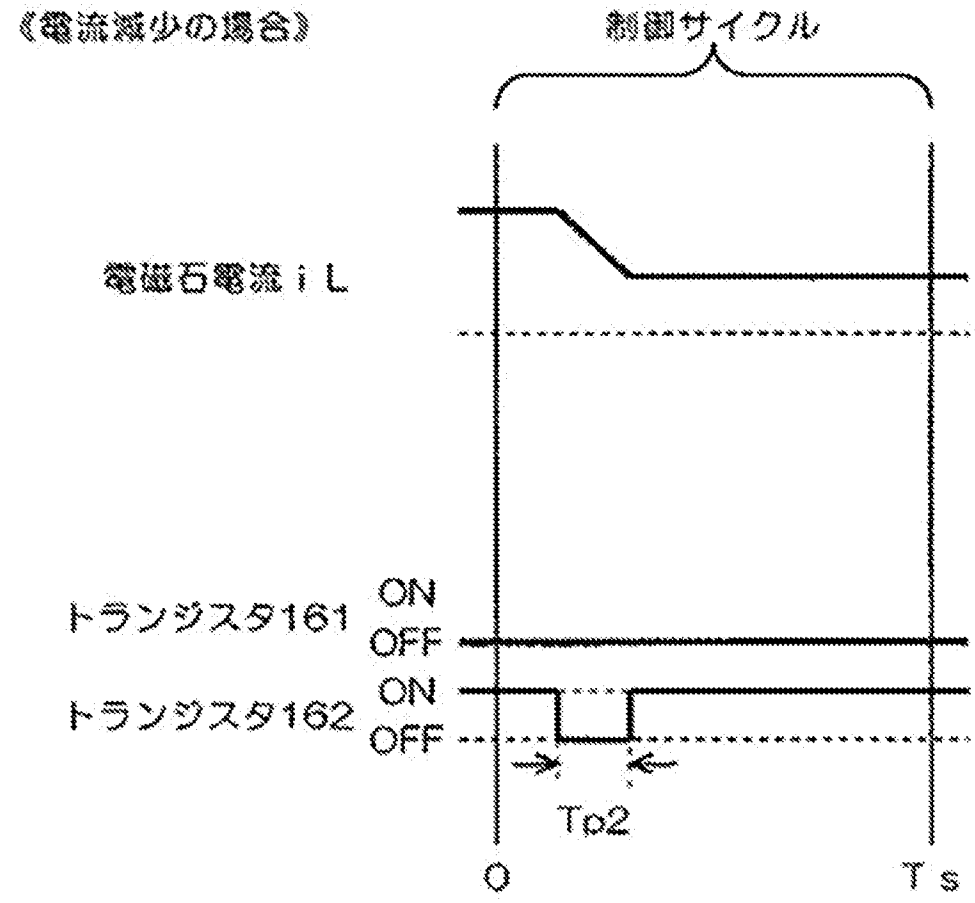
[図2]


150
161a
161
161b
171a
171
171b
151
181
166a
166
166b
165a
165
165b
162a
162
162b
191a
191c
191b
アンプ制御回路
191

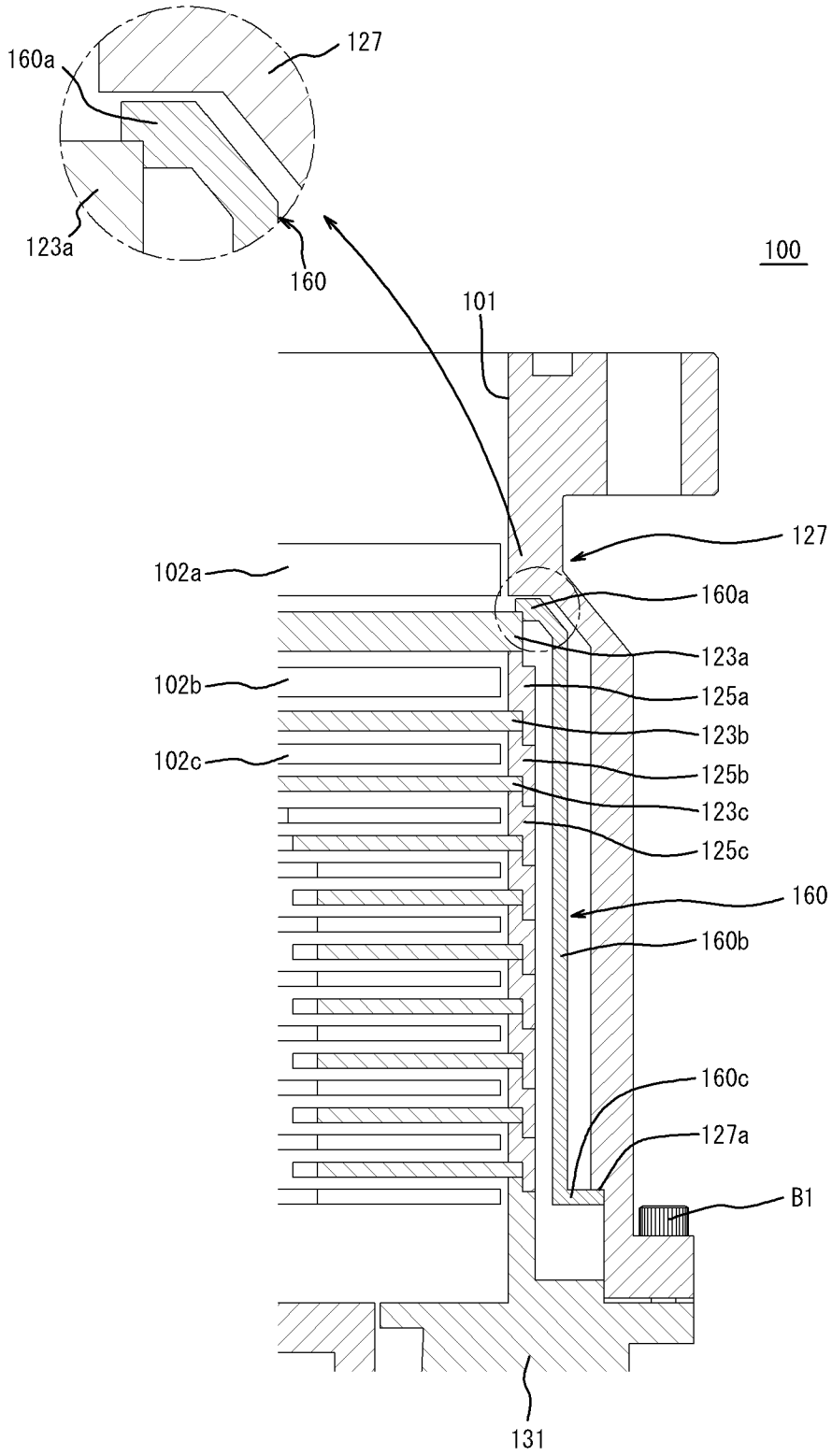
[図3]


《電流増加の場合》
制御サイクル
電磁石電流ｉL
トランジスタ161
ON
OFF
トランジスタ162
ON
OFF
Td1
O
T s

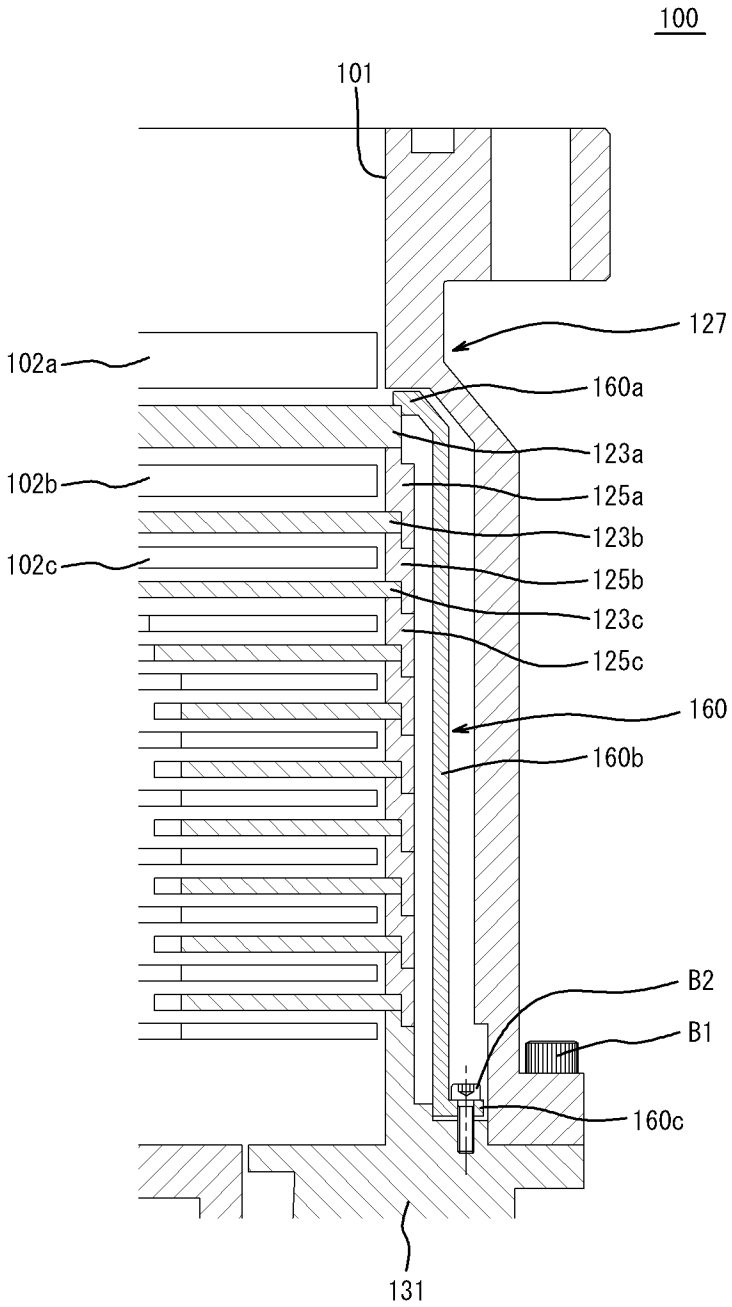
[図4]


《電流減少の場合》
制御サイクル
電磁石電流ｉL
トランジスタ161
ON
OFF
トランジスタ162
ON
OFF
Tc2
0
Ts

[図5]

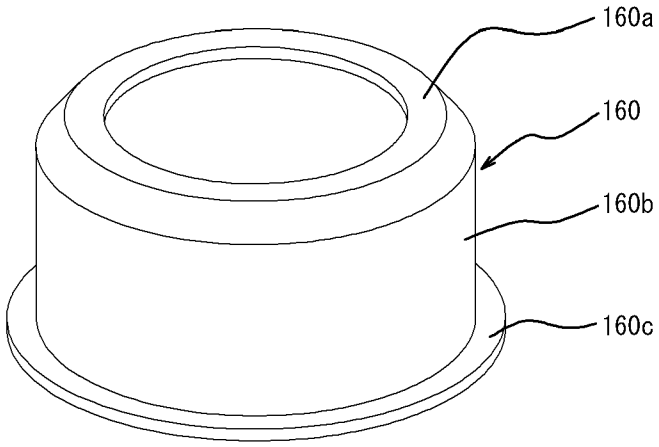

160a
127
123a
160
100
101
127
102a
160a
123a
102b
125a
123b
102c
125b
123c
125c
160
160b
160c
127a
B1
131

[図6]

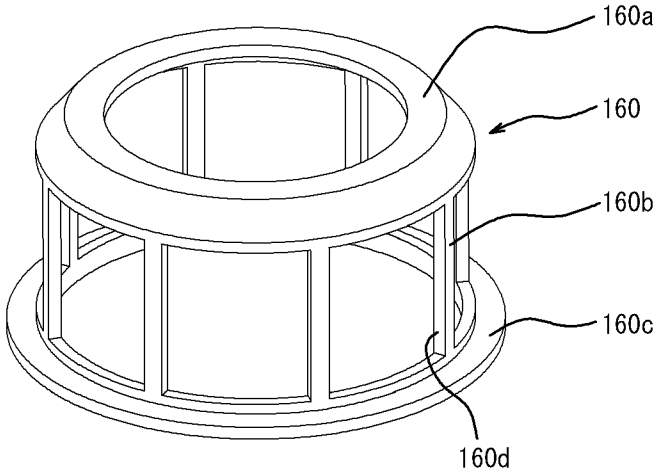

100
101
127
102a
160a
123a
102b
125a
123b
102c
125b
123c
125c
160
160b
B2
B1
160c
131

[図7]

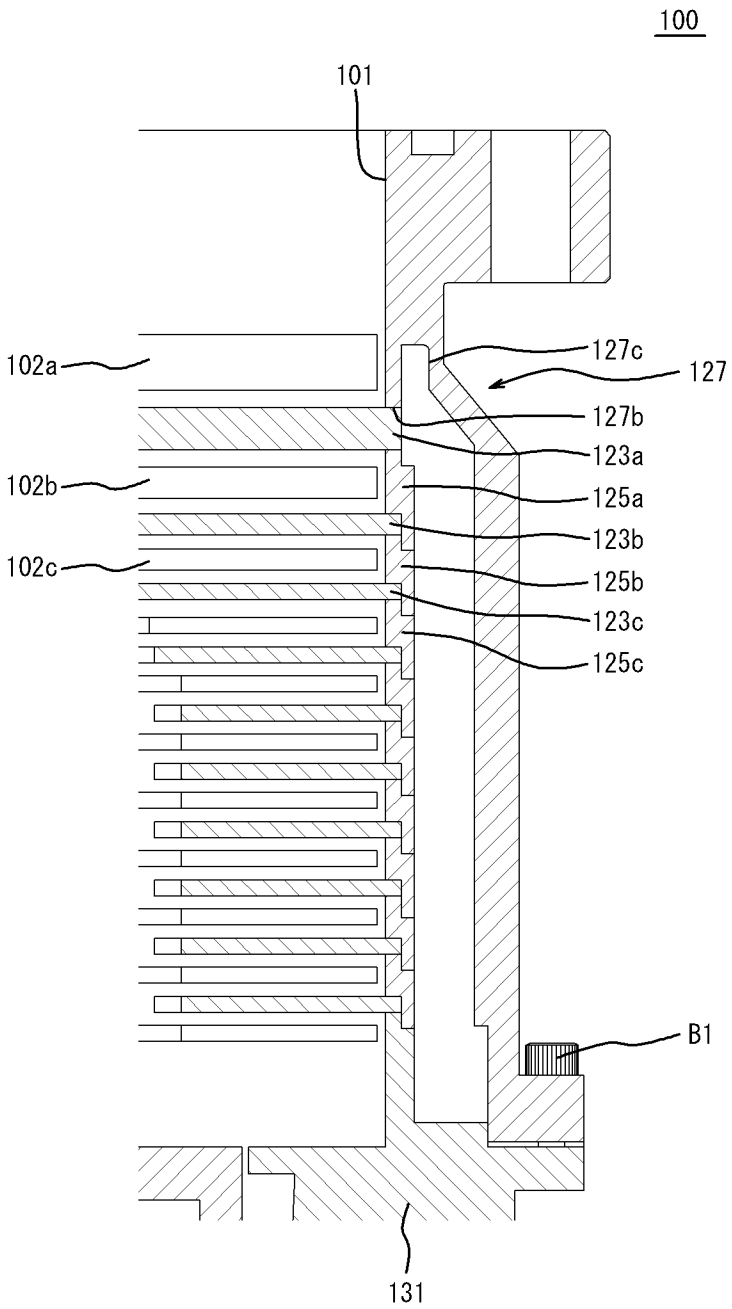
(a)



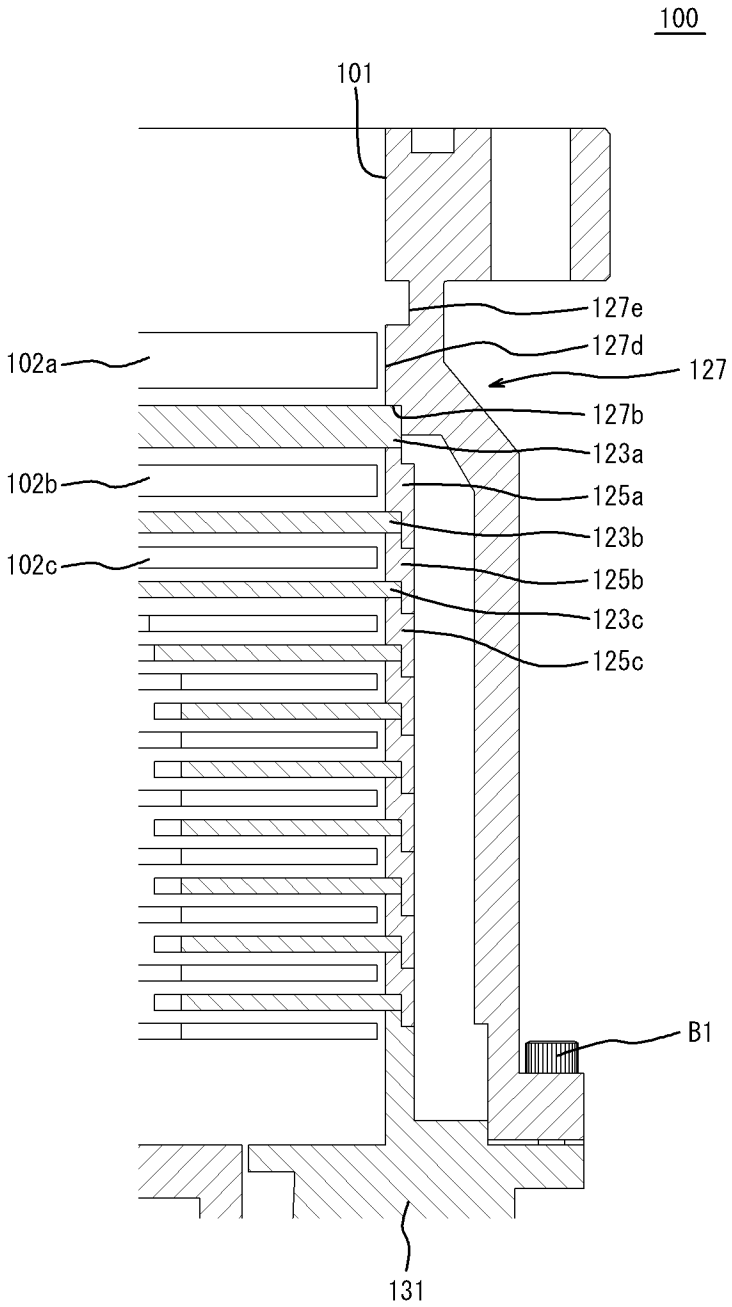
(b)



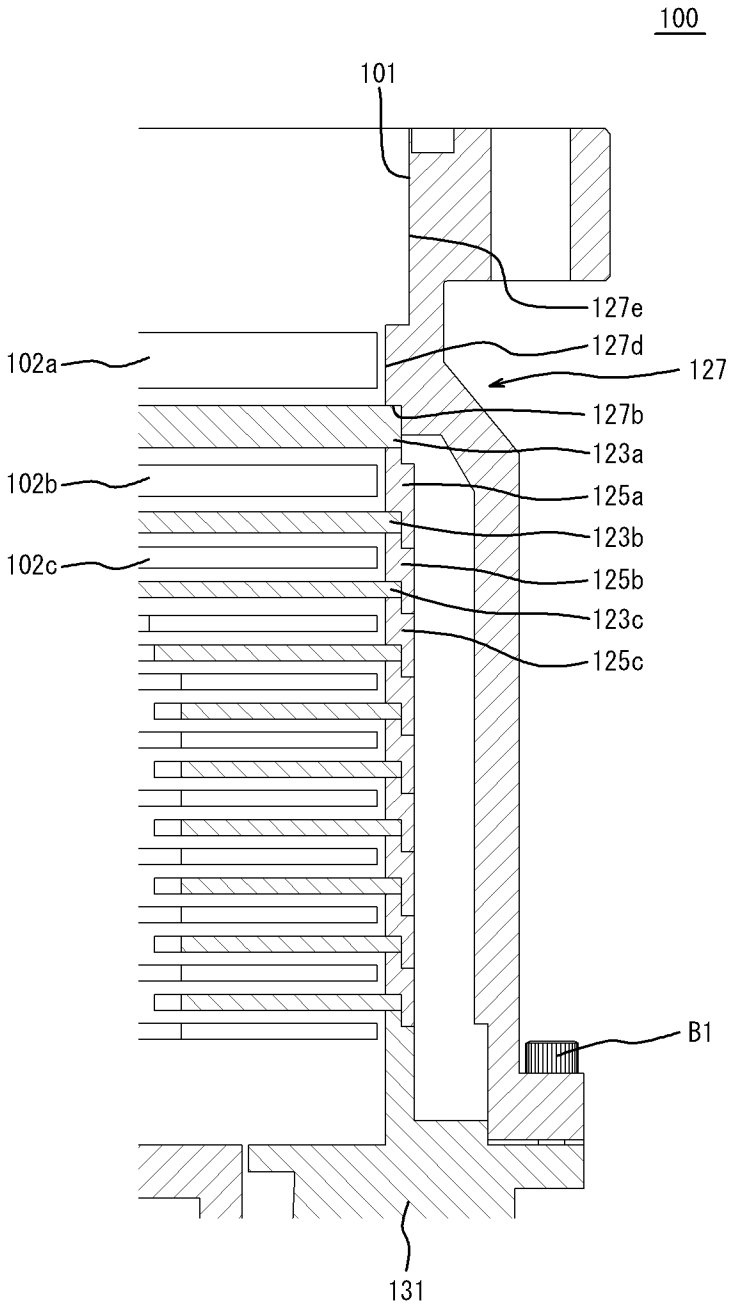
[図8]


100
101
102a
102b
102c
127c
127
127b
123a
125a
123b
125b
123c
125c
B1
131

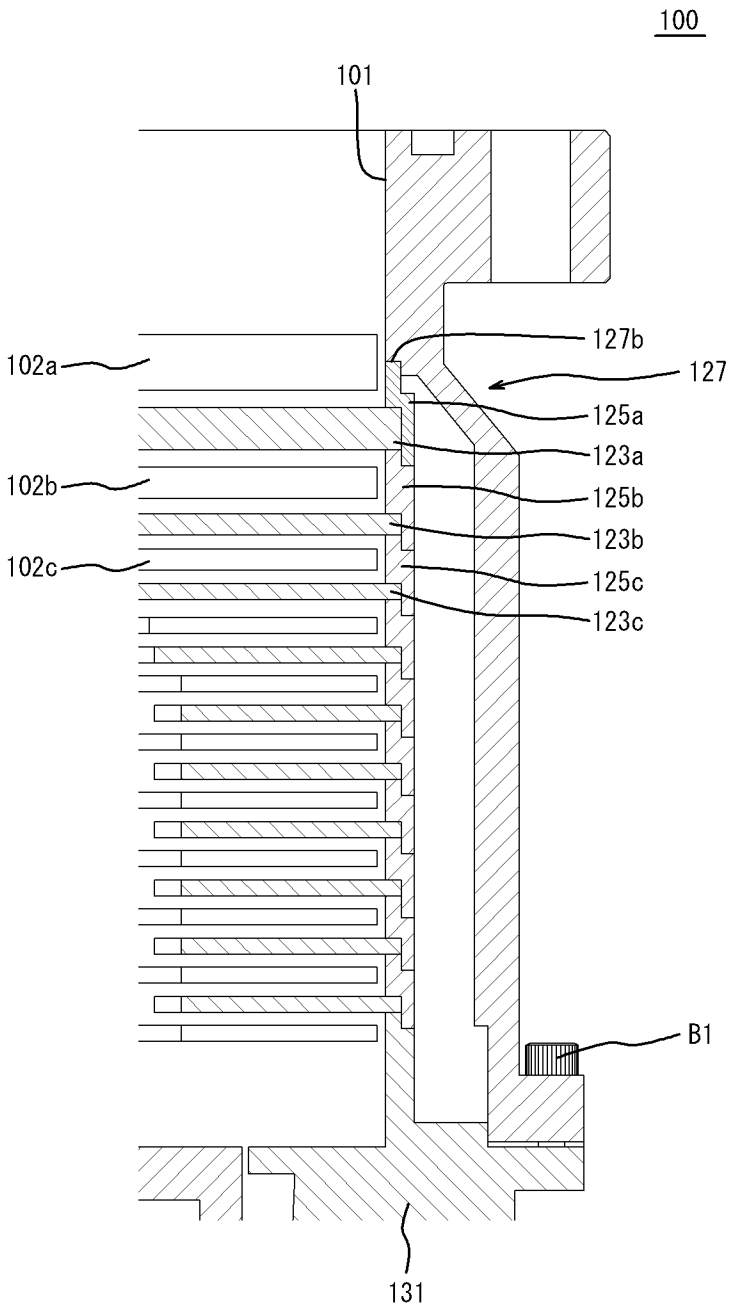
[図9]


100
101
127e
127d
127
127b
123a
125a
123b
125b
123c
125c
102a
102b
102c
B1
131

[図10]


100
101
127e
127d
127
102a
127b
123a
102b
125a
123b
102c
125b
123c
125c
B1
131

[図11]


100
101
102a
102b
102c
127b
127
125a
123a
125b
123b
125c
123c
B1
131

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/021456

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F04D 19/04(2006.01)i
FI: F04D19/04 E; F04D19/04 D; F04D19/04 Z

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 1971-2022
Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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 2002-180988 A (EBARA CORP.) 26 June 2002 (2002-06-26) paragraphs [0029]-[0051], fig. 5	1, 4-5, 7-8
A		2-3, 6

☐ 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
"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	Date of mailing of the international search report
21 July 2022	**09 August 2022**
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/JP2022/021456

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2002-180988 A	26 June 2002	US 2002/0039533 A1 paragraphs [0045]-[0067], fig. 5	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/021456

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 E; F04D19/04 D; F04D19/04 Z

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	１９７１－２０２２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２２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 2002-180988 A (株式会社荏原製作所) 26.06.2002 (2002-06-26) 段落 [0029] - [0051], 図5	1,4-5,7-8
A		2-3,6

☐ 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	国際調査報告の発送日
21.07.2022	09.08.2022

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）
吉田　昌弘 30 2551

電話番号 03-3581-1101 内線 3356

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/JP2022/021456

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2002-180988 A	26.06.2002	US 2002/0039533 A1 段落 [0045] - [0067] ,図5	