

(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
2010 年 1 月 21 日(21.01.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/007975 A1

- (51) 国際特許分類:
F04D 19/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/062708
- (22) 国際出願日: 2009 年 7 月 14 日(14.07.2009)
- (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 2008-182364 2008 年 7 月 14 日(14.07.2008) JP
特願 2008-182365 2008 年 7 月 14 日(14.07.2008) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): エドワーズ株式会社(Edwards Japan Limited) [JP/JP]; 〒2768523 千葉県八千代市吉橋 1 0 7 8 番地 1 Chiba (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 大立 好伸(OHTACHI, Yoshinobu) [JP/JP]; 〒2768523 千葉県八千代市吉橋 1 0 7 8 番地 1 エドワーズ株式会社内 Chiba (JP). 野中 学(NONAKA, Manabu) [JP/JP]; 〒2768523 千葉県八千代市吉橋 1 0 7 8 番地 1 エドワーズ株式会社内 Chiba (JP).

前島 靖(MAEJIMA, Yasushi) [JP/JP]; 〒2768523 千葉県八千代市吉橋 1 0 7 8 番地 1 エドワーズ株式会社内 Chiba (JP).

(74) 代理人: 仲野 均, 外(NAKANO, Hitoshi et al.); 〒1600023 東京都新宿区西新宿 8-1 2-8 梅屋ビル B 1 Tokyo (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

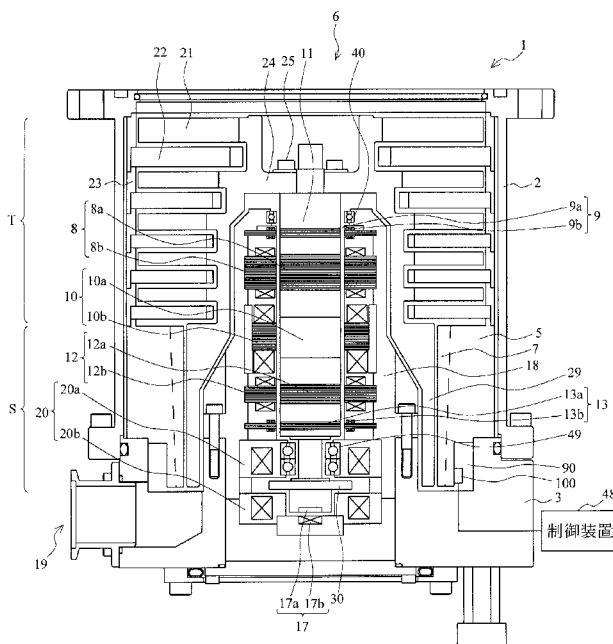
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL,

[続葉有]

(54) Title: VACUUM PUMP

(54) 発明の名称: 真空ポンプ

[図1]



48 CONTROL DEVICE

(57) Abstract: Provided is a vacuum pump which can detect precisely the physical contact between a rotary portion and a stationary portion and the arrival of the accumulation of a solid product at the clearance between the rotary portion and the stationary portion. A vibration sensor is mounted by making use of a clearance on the outer circumference of a thread groove spacer. The occurrence of a contact between the rotary portion and the stationary portion is decided, if specific vibrations to be caused by the contact between the rotary portion and the stationary portion exceed a predetermined threshold level. The vibration sensor is mounted on the outer circumference of the thread groove spacer at the end of the side of an exhaust port. The thread groove spacer is fixed on an armor through an elastic member (an O-ring) having attenuating characteristics of a cut-off frequency (fc1). A vibration signal outputted from the vibration sensor is converted into a digital vibration signal, and is inputted to a digital filter having a passing band of fc1 to fc2 [Hz]. If the vibration level of the vibration signal having passed through the digital filter exceeds a predetermined threshold value, it is detected that the contact between the rotary portion and the stationary portion has occurred in a turbo-molecular pump.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2010/007975 A1



NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, 添付公開書類:

CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
TD, TG).

回転部と固定部との物理的な接触、及び、固体生成物の堆積量が回転部と固定部とのクリアランスに達したことを精度よく検出する。ねじ溝スペーサの外周面上に空隙を利用して振動センサを設ける。回転部と固定部との接触に起因する特定振動が所定の閾値レベルを超える場合、回転部と固定部との接触が生じたと判断する。また、ねじ溝スペーサの外周面における排気口側の端に振動センサを設ける。遮断周波数 f_{c1} の減衰特性を有する弾性部材（Ｏリング）を介して、ねじ溝スペーサを外装体に固定する。振動センサから出力される振動信号は、デジタル振動信号に変換され、 $f_{c1} \sim f_{c2}$ [Hz] 帯域を通過帯域とするデジタルフィルタに入力される。デジタルフィルタを通過した振動信号の振動レベルが所定の閾値を超えた場合、ターボ分子ポンプにおいて回転部と固定部との接触が生じたと検知する。

明 細 書

発明の名称：真空ポンプ

技術分野

[0001] 本発明は、例えば、ターボ分子ポンプ等の真空容器の排気処理を行う真空ポンプに関する。

背景技術

[0002] ターボ分子ポンプなどの真空ポンプでは、高速で回転する回転翼等の回転部と固定部とのクリアランスが極めて小さい。そのため、排気ガスの凝固成分などの固体生成物が真空ポンプの内部に堆積した場合や、クリープ現象により回転体に変形した場合、また、保護ベアリングの摩耗が進行した場合などに回転部と固定部が接触する。

このような回転部と固定部が接触した状態を、メンテナンス（オーバーホール）を行わずに放置しておく、と、重大な不具合が生じるおそれがある。

[0003] そこで、従来、下記の特許文献1から特許文献3に記載されている技術を用いてメンテナンスの時期を予測していた。そして、適切な時期にメンテナンスの実行を促すことによって、未然に真空ポンプが再利用不可能な状態に至ることを防止していた。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平6－330885号公報

特許文献2：特開平6－101655号公報

特許文献3：特開2004－117091号公報

[0005] 特許文献1には、位置センサを用いてロータのふれ量を検出し、検出されたふれ量が基準ふれ量を超えた場合にアラームを出力し、ポンプを停止させる技術が提案されている。

特許文献2には、静電容量型膜圧センサを用いて、固体生成物（異物）の堆積量を直接測定する技術が提案されている。

特許文献 3 には、ガス流路の温度と、ガス流路でない部分の温度との温度差を測定し、この温度差に基づいてガス流路に堆積した固体生成物の量を計測する技術が提案されている。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献 1 に記載の技術では、回転体の経時的なアンバランス増大に起因する振動振幅の増加と、回転部と固定部との物理的な接触に起因する振動振幅の増加との違いを判別することができなかった。

また、ポンプが接続される真空バルブの開閉等に伴う機械的振動や、ポンプやポンプが接続される装置（真空容器等）に加えられた外部振動に起因する振動振幅の増加を、回転部と固定部との物理的な接触に起因する振動振幅の増加と区別することができなかった。

そこで本発明は、真空ポンプにおいて、回転部と固定部との物理的な接触を精度よく検出することを第 1 の目的とする。

[0007] また、特許文献 2 及び特許文献 3 に記載の技術では、測定誤差の影響により、固体生成物の堆積量が回転部と固定部とのクリアランスに達したことを正確に精度良く検知することが困難であった。

そこで本発明は、固体生成物の堆積量が、回転部と固定部とのクリアランスに達したことをより精度良く検知することを第 2 の目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 前記第 1 の目的を達成するために、請求項 1 に記載の発明では、吸気口と排気口を備えた外装体と、前記外装体内に設けられた固定部と、前記外装体内に回転自在に支持されたシャフトと、前記シャフトに配設され、前記吸気口から前記排気口へ気体を移送する気体移送機構が設けられたロータと、からなり、前記固定部との間に所定の空隙を介して配置された回転部と、前記シャフトを回転させるモータと、振動を検出する振動検出手段と、前記振動検出手段により検出された振動において、前記固定部と前記回転部との接触に起因する特定振動が所定の閾値を超えた場合、前記固定部と前記回転部と

の接触が発生したことを検知する接触検知手段と、を備えたことを特徴とする真空ポンプを提供する。

請求項 2 に記載の発明では、前記特定振動は、前記固定部を構成する部品の固有振動数を示す第 1 の周波数、前記回転部を構成する部品の固有振動数を示す第 2 の周波数、前記回転部の回転数（周波数）の通数倍の周波数を示す第 3 の周波数、前記第 1 から第 3 の周波数での振動のうなり周波数を示す第 4 の周波数、前記回転部と前記固定部とが接触する際に発生する特定範囲の第 5 の周波数のうちの少なくとも 1 の周波数の振動であることを特徴とする請求項 1 に記載の真空ポンプを提供する。

請求項 3 に記載の発明では、前記振動検出手段は、前記固定部における前記回転部と対向する部材に配設された振動センサからなることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の真空ポンプを提供する。

請求項 4 に記載の発明では、前記振動検出手段は、前記固定部の異なる部位に設けられた複数の振動センサで構成され、前記振動センサにより検出された振動の差分に基づいて、前記固定部と前記回転部との接触が発生したことを検知することを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 の請求項に記載の真空ポンプを提供する。

請求項 5 に記載の発明では、前記振動検出手段が設けられた固定部は、弾性部材を介して前記外装体に固定されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 の何れか 1 の請求項に記載の真空ポンプを提供する。

請求項 6 に記載の発明では、前記振動検出手段は、前記回転部の位置変位の時間的変化を振動として検出することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の真空ポンプを提供する。

請求項 7 に記載の発明では、前記振動検出手段は、前記回転部の変位を検出する非接触変位センサからなることを特徴とする請求項 6 に記載の真空ポンプを提供する。

請求項 8 に記載の発明では、前記接触検知手段により、前記固定部と前記回転部との接触が発生したことを検知した場合、メンテナンスの実施を促す

アラームを発するアラーム出力手段を備えたことを特徴とする請求項 1 から請求項 7 の何れか 1 の請求項に記載の真空ポンプを提供する。

また、本発明は、前記第 2 の目的を達成するために、請求項 9 に記載の発明では、吸気口と排気口を備えた外装体と、前記外装体内に設けられた固定部と、前記外装体内に回転自在に支持されたシャフトと、前記シャフトに配設され、前記吸気口から前記排気口へ気体を移送する気体移送機構が設けられたロータと、からなり、前記固定部との間に所定の空隙を介して配置された回転部と、前記シャフトを回転させるモータと、前記外装体と前記固定部との間に配設された、振動減衰特性を有する弾性部材と、前記固定部に配設された振動検出手段と、前記振動検出手段の出力が入力され、前記弾性部材の振動減衰特性における遮断周波数より高い周波数帯域を通過帯域とするフィルタと、前記フィルタの出力が所定の閾値を超えた場合、前記固定部と前記回転部との接触が発生したことを検知する接触検知手段と、を備えたことを特徴とする真空ポンプを提供する。

請求項 10 に記載の発明では、ターボ分子ポンプ部及びねじ溝ポンプ部を備えた複合型真空ポンプであって、前記振動検出手段は、前記ねじ溝ポンプ部の排気流路を形成するねじ溝スペーサに配設されていることを特徴とする請求項 9 に記載の真空ポンプを提供する。

請求項 11 に記載の発明では、前記外装体又はその内部に設けられた、前記振動検出手段の感度調整を行う感度調整手段を備えたことを特徴とする請求項 9 又は請求項 10 に記載の真空ポンプを提供する。

請求項 12 に記載の発明では、前記外装体又はその内部に設けられた、前記振動検出手段における出力レベルの補正值を記憶する記憶手段を備えたことを特徴とする請求項 9 又は請求項 10 に記載の真空ポンプを提供する。

請求項 13 に記載の発明では、前記弾性部材は、リング材料で形成されるか、又は、円周方向に連続するリングからなることを特徴とする請求項 9 から請求項 12 の何れか 1 の請求項に記載の真空ポンプを提供する。

請求項 14 に記載の発明では、前記振動検出手段は、振動検出値を変換し

たデジタル信号を出力し、前記フィルタは、デジタルフィルタで構成されていることを特徴とする請求項 9 から請求項 13 の何れか 1 の請求項に記載の真空ポンプを提供する。

請求項 15 に記載の発明では、前記接触検知手段により、前記固定部と前記回転部との接触が発生したことを検知した場合、メンテナンスの実施を促すアラーム、又は、接触通知信号を発するアラーム出力手段を備えたことを特徴とする請求項 9 から請求項 14 の何れか 1 の請求項に記載の真空ポンプを提供する。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、回転部と固定部との接触に起因する特定振動が所定の閾値を超えた場合、回転部と固定部との接触が発生したことを検知することにより、回転部と固定部との物理的な接触を精度よく検出することができる。

[0010] さらに、本発明によれば、弾性体を外装体と固定部との間に配設し、固定部に配設された振動検出手段の出力を高域通過型のフィルタに通すことにより、接触検知手段が受ける、回転部の加減速時に発生する共振や、真空ポンプの外部から伝播する衝撃や振動の影響を低減することができる。これにより、固体生成物の堆積量が、回転部と固定部とのクリアランスに達して、回転部と固定部との接触が発生したことをより精度良く検知することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本実施形態 1 に係るターボ分子ポンプの概略構成を示した図である。

[図2]本実施形態 1 に係る接触検知手段の、他の検知手段の構成例を示した図であり、(a)は 2 つの振動センサを用いた配置例を示した図であり、(b)は振動センサの他の配設例を示した図であり、(c)は振動センサの、振動緩衝部材を用いた配設例を示した図である。

[図3]本実施形態 2 に係るターボ分子ポンプの概略構成を示した図である。

[図4]図 3 に示す破線 A 部の拡大図である。

[図5]本実施形態 2 に係るねじ溝スペーサのベースへの取り付け状態を吸気口

側から見た平面図である。

[図6]本実施形態2に係るねじ溝スペーサの取り付け方法の変形例を示した図である。

[図7] (a) は弾性部材の振動伝播特性を示したグラフであり、(b) はスーパーバイザ回路におけるデジタルフィルタの振動信号の減衰特性を示したグラフである。

符号の説明

- [0012]
- 1 本実施形態1に係わる、ターボ分子ポンプ
 - 1' 本実施形態2に係わる、ターボ分子ポンプ
 - 2 ケーシング
 - 3 ベース
 - 5 ねじ溝スペーサ
 - 6 吸気口
 - 7 らせん溝
 - 8 ラジアル磁気軸受部
 - 9 変位センサ
 - 10 モータ部
 - 11 シャフト
 - 12 ラジアル磁気軸受部
 - 13 変位センサ
 - 17 変位センサ
 - 18 ステータコラム
 - 19 排気口
 - 20 スラスト磁気軸受部
 - 21 ロータ翼
 - 22 ステータ翼
 - 23 スペーサ
 - 24 ロータ部

- 2 5 ボルト
- 2 9 円筒部材
- 3 0 アーマチュアディスク
- 4 0 保護用ベアリング
- 4 8 制御装置
- 4 9 保護用ベアリング
- 5 0 取付部
- 6 0 梁
- 7 0、7 1 弾性部材
- 7 2 座金
- 8 0 ボルト
- 9 0 空隙
- 1 0 0、1 0 1、1 0 2 振動センサ
- 1 0 3 感度調整装置
- 1 0 4 ポンプ内部基板
- 1 0 5 裏蓋
- 1 0 6 フランジ部
- 1 0 7 取付部
- 1 0 8 ボルト孔
- 1 0 9 爪部
- 1 1 0 リング溝
- 2 0 0 Oリング
- 2 0 1 リング溝
- 2 0 2 弾性体
- 2 0 3 ボルト孔
- 3 0 0 ボルト
- 3 0 1 ブッシュ（ブッシング）

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本発明の好適な実施の形態について図 1 から図 7 を参照して詳細に説明する。

(1) 実施形態の概要

本実施形態 1 及び本実施形態 2 では、回転部と固定部との接触検知機能を有する真空ポンプの一例として、ターボ分子ポンプを用いて説明する。

[0014] (2) 実施形態の詳細

図 1 は、本実施形態 1 に係るターボ分子ポンプ 1 の概略構成を示した図である。なお、図 1 は、ターボ分子ポンプ 1 の軸線方向の断面を示している。

本実施形態 1 では、ターボ分子ポンプ 1 の一例としてターボ分子ポンプ部 T とねじ溝式ポンプ部 S を備えた、いわゆる複合翼タイプ（複合型）の真空ポンプを例にとり説明する。

なお、本実施形態 1 及び本実施形態 2 は、ターボ分子ポンプ部 T 又はねじ溝ポンプ部 S の、どちらか一方のみを有する真空ポンプや、ねじ溝が回転体側に設けられた真空ポンプに適用してもよい。

[0015] ターボ分子ポンプ 1 の外装体を形成するケーシング 2 は、円筒状の形状をしており、ケーシング 2 の底部に設けられたベース 3 と共にターボ分子ポンプ 1 の外装体を構成している。そして、ターボ分子ポンプ 1 の外装体の内部には、ターボ分子ポンプ 1 に排気機能を発揮させる構造物つまり気体移送機構が収納されている。

ターボ分子ポンプ 1 における気体移送機構は、吸気口 6 側のターボ分子ポンプ部 T と、排気口 19 側のねじ溝式ポンプ部 S とから構成されている。

これら排気機能を発揮する構造物は、大きく分けて回転自在に軸支された回転部とケーシング 2 に対して固定された固定部から構成されている。

また、ターボ分子ポンプ 1 の外装体の外部には、ターボ分子ポンプ 1 の動作を制御する制御装置 48 が専用線を介して接続されている。

[0016] 回転部は、後述するモータ部 10 によって回転されるシャフト 11 とロータ部 24 とによって構成されている。

シャフト 11 は、円柱部材の回転軸（ロータ軸）である。シャフト 11 の

上端にはロータ部 24 が複数のボルト 25 により取り付けられている。

ロータ部 24 は、シャフト 11 に配設された回転部材である。ロータ部 24 は、吸気口 6 側（ターボ分子ポンプ部 T）に設けられたロータ翼 21 と、排気口 19 側（ねじ溝式ポンプ部 S）に設けられた円筒部材 29 などから構成されている。

ロータ翼 21 は、シャフト 11 の軸線に垂直な平面から所定の角度だけ傾斜してロータ部 24 から放射状に伸びた複数のブレードから構成されている。ターボ分子ポンプ 1 には、ロータ翼 21 が軸線方向に複数段設けられている。

なお、ロータ部 24 は、ステンレスやアルミニウム合金などの金属により構成されている。

円筒部材 29 は、外周面が円筒形状をした部材から構成されている。

[0017] シャフト 11 の軸線方向中程には、シャフト 11 を回転させるモータ部 10 が配設されている。

本実施の形態では、一例としてモータ部 10 は、DC ブラシレスモータによって構成されているものとする。

シャフト 11 におけるモータ部 10 を構成する部位には、永久磁石 10a が固着されている。この永久磁石 10a は、例えば、シャフト 11 の周りに N 極と S 極が 180° ごとに配置されるように固定されている。

そして永久磁石 10a の周囲には、シャフト 11 から所定のギャップ（空隙）を経て、例えば 6 個の電磁石 10b が 60° ごとにシャフト 11 の軸線に対して対称的にかつ対向するように配置されている。

なお、永久磁石 10a は、モータ部 10 のロータ部（回転部）として機能し、電磁石 10b は、モータ部 10 のステータ部（固定部）として機能する。

[0018] ターボ分子ポンプ 1 は、シャフト 11 の回転数と回転角度（位相）を検出するセンサを備えており、このセンサによって制御装置 48 は、シャフト 11 に固着された永久磁石 10a の磁極の位置を検出することができるように

なっている。

制御装置 48 は、検出した磁極の位置に従って、モータ部 10 の電磁石 10b の電流を次々に切り替えて、シャフト 11 の永久磁石 10a の周囲に回転磁界を生成する。

シャフト 11 に固着した永久磁石 10a はこの回転磁界に追従し、これによってシャフト 11 は回転するように構成されている。

[0019] また、モータ部 10 の吸気口 6 側及び排気口 19 側には、シャフト 11 をラジアル方向に軸支する、即ち回転部の荷重をラジアル方向に支持するラジアル磁気軸受部 8 及びラジアル磁気軸受部 12 が設けられている。

さらに、シャフト 11 の下端には、シャフト 11 を軸線方向（スラスト方向）に軸支する、即ち回転部の荷重をスラスト方向に支持するスラスト磁気軸受部 20 が設けられている。

シャフト 11（回転部）は、ラジアル磁気軸受部 8、12 によってラジアル方向（シャフト 11 の径方向）に非接触で支持され、スラスト磁気軸受部 20 によってスラスト方向（シャフト 11 の軸方向）に非接触で支持されている。これらの磁気軸受は、いわゆる 5 軸制御型の磁気軸受を構成しており、シャフト 11 は軸線周りの回転の自由度のみ有している。

[0020] ラジアル磁気軸受部 8 には、例えば 4 つの電磁石 8b がシャフト 11 の周囲に 90° ごとに対向するように配置されている。これらの電磁石 8b は、シャフト 11 との間にギャップ（空隙）を介して配置されている。なお、このギャップ値は、シャフト 11 の定常時における振動量（ふれ量）、ロータ部 24 とステータ部（固定部）との空間距離、ラジアル磁気軸受部 8 の性能等を考慮した値となっている。

そして、電磁石 8b に対向するシャフト 11 には、ターゲット 8a が形成されている。ラジアル磁気軸受部 8 の電磁石 8b の磁力でこのターゲット 8a が吸引されることによって、シャフト 11 がラジアル方向に非接触で支持されるようになっている。

なお、ターゲット 8a は、ラジアル磁気軸受部 8 のロータ部として機能し

、電磁石 8 b は、ラジアル磁気軸受部 8 のステータ部として機能する。

ラジアル磁気軸受部 1 2 についても、ラジアル磁気軸受部 8 と同様の構成をとり、詳しくは、ラジアル磁気軸受部 1 2 の電磁石 1 2 b の磁力でターゲット 1 2 a が吸引されることによって、シャフト 1 1 がラジアル方向に非接触で支持されるようになっている。

[0021] スラスト磁気軸受部 2 0 は、シャフト 1 1 に対して垂直に設けられた円板状の金属製のアーマチュアディスク 3 0 を介してシャフト 1 1 を軸方向に浮上させている。

スラスト磁気軸受部 2 0 には、例えば 2 つの電磁石 2 0 a、2 0 b がアーマチュアディスク 3 0 を介して対向するように配置されている。これらの電磁石 2 0 a、2 0 b は、アーマチュアディスク 3 0 との間にギャップを介して配置されている。なお、このギャップ値は、シャフト 1 1 の定常時における振動量、ロータ部 2 4 とステータ部との空間距離、スラスト磁気軸受部 2 0 の性能等を考慮した値となっている。

そして、スラスト磁気軸受部 2 0 の電磁石 2 0 a、2 0 b の磁力でアーマチュアディスク 3 0 が吸引されることによって、シャフト 1 1 がスラスト方向（軸線方向）に非接触で支持されるようになっている。

[0022] また、ラジアル磁気軸受部 8、1 2 の近傍には、それぞれ変位センサ 9、1 3 が形成されており、シャフト 1 1 のラジアル方向の変位が検出できるようになっている。さらに、シャフト 1 1 の下端には変位センサ 1 7 が形成されており、シャフト 1 1 の軸線方向の変位が検出できるようになっている。

変位センサ 9、1 3 は、シャフト 1 1 のラジアル方向の変位を検出する素子であって、本実施形態では、コイル 9 b、1 3 b を備えた渦電流センサなどのインダクタンス型センサによって構成されている。

[0023] 変位センサ 9、1 3 におけるコイル 9 b、1 3 b は、ターボ分子ポンプ 1 の外部に設置された制御装置 4 8 に形成された発振回路の一部となっている。変位センサ 9 は発振回路の発振に伴って高周波電流が流れ、シャフト 1 1 上に高周波磁界を発生するようになっている。

そして、変位センサ 9、13 とターゲット 9 a、13 a との距離が変化すると発振回路の発振振幅が変化し、これによってシャフト 11 の変位を検出することができるようになっている。

なお、シャフト 11 の変位を検出するセンサは、これに限定されるものではなく、例えば、静電容量式のものや光学式のものなどを用いるようにしてもよい。

[0024] 制御装置 48 は、変位センサ 9、13 からの信号によってシャフト 11 のラジアル方向の変位を検出すると、ラジアル磁気軸受部 8、12 の各電磁石 8 b、12 b の磁力を調節してシャフト 11 を所定の位置に戻すように動作する。

このように、制御装置 48 は変位センサ 9、13 の信号により、ラジアル磁気軸受部 8、12 をフィードバック制御する。これによってシャフト 11 は、ラジアル磁気軸受部 8、12 において電磁石 8 b、12 b から所定のギャップ（空隙）を隔ててラジアル方向に磁気浮上し、空間中に非接触で保持される。

[0025] 変位センサ 17 も変位センサ 9、13 と同様に、コイル 17 b を備えた構成となっている。そして、コイル 17 b と対向するシャフト 11 側に設けられたターゲット 17 a との距離を検出することによって、スラスト方向の変位を検出している。

制御装置 48 は、変位センサ 17 からの信号によってシャフト 11 のスラスト方向の変位を検出すると、スラスト磁気軸受部 20 の各電磁石 20 a、20 b の磁力を調節して、シャフト 11 を所定の位置に戻すように動作する。

このように、制御装置 48 は変位センサ 17 の信号によりスラスト磁気軸受部 20 をフィードバック制御する。これによってシャフト 11 はスラスト磁気軸受部 20 において各電磁石 20 a、20 b から所定の空隙を隔ててスラスト方向に磁気浮上し、空間中に非接触で保持される。

このようにして、シャフト 11 は、ラジアル磁気軸受部 8、12 によりラ

ジアル方向に保持され、スラスト磁気軸受部 20 によりスラスト方向に保持されるため、軸線周りに回転するようになっている。

[0026] ケーシング 2 及びベース 3 の内部には、気体移送機構、即ち排気機能を発揮する構造物におけるステータ部（固定部）が形成されている。このステータ部は、吸気口 6 側（ターボ分子ポンプ部 T）に設けられたステータ翼 22 と、排気口 19 側（ねじ溝式ポンプ部 S）に設けられたねじ溝スペーサ 5、ステータコラム 18 などから構成されている。

ステータ翼 22 は、シャフト 11 の軸線に垂直な平面から所定の角度だけ傾斜してケーシング 2 の内周面からシャフト 11 に向かって伸びたブレードから構成されている。ターボ分子ポンプ部 T では、これらステータ翼 22 が軸線方向に、ロータ翼 21 と互い違いに複数段形成されている。各段のステータ翼 22 は、円筒形状をしたスペーサ 23 により互いに隔てられている。

[0027] ねじ溝スペーサ 5 は、内周面にらせん溝 7 が形成され、排気口 19 側（ベース 3 近傍）の肉厚が薄く形成された円筒形の部材である。ねじ溝スペーサ 5 における肉厚が薄く形成された部位の外周面と、ベース 3（又はケーシング 2）との間には、空隙 90 が設けられている。

そして、ねじ溝スペーサ 5 の肉厚が薄く形成された部位における外周面上に空隙 90 を利用して振動センサ 100 が設けられている。

振動センサ 100 は、ターボ分子ポンプ 1 の内部における回転部と固定部との接触を検知する接触検知手段として機能するセンサであり、振動振幅を電気信号に変換する、例えば、加速度ピックアップ、圧電素子、ムービングコイル、歪みゲージなどで構成されている。

なお、図示されていないが、振動センサ 100 の感度調整装置（感度調整機能）は、ターボ分子ポンプ 1 に内蔵されている。振動センサ 100 には、個体差があるため、振動レベルから電気信号に変換する際の変換レート（変換感度）の調整が必要となる。

このように、感度調整装置をターボ分子ポンプ 1 の内部に設けることにより、制御装置 48 の組み合わせが変更された場合（他の制御装置 48 に接続

した場合)であっても、振動センサ100の感度をその都度調整する必要がなくなり、利便性が向上する。

[0028] ねじ溝スペーサ5の内周面は、所定の間隙を隔てて円筒部材29の外周面に対面するようになっている。

ねじ溝スペーサ5に形成されたらせん溝7の方向は、らせん溝7内をロータ部24の回転方向にガスが輸送された場合、排気口19に向かう方向である。らせん溝7の深さは排気口19に近づくにつれ浅くなるようになっている。そして、らせん溝7を輸送されるガスは排気口19に近づくにつれて圧縮されるようになっている。

[0029] ベース3は、ケーシング2と共にターボ分子ポンプ1の外装体を構成している。ベース3のラジアル方向中央には、回転部の回転軸線と同心に円筒形状を有するステータコラム18が、吸気口6方向に取り付けられている。

このステータコラム18の内部に、モータ部10及びラジアル磁気軸受部8、12が配設されている。

ターボ分子ポンプ1には、変位センサ9の吸気口6側に保護用ベアリング40、変位センサ13の排気口19側に保護用ベアリング49が設けられている。

保護用ベアリング40、49は、ターボ分子ポンプ1の起動時、停止時や、停電時等によりラジアル磁気軸受部8、12やスラスト磁気軸受部20が正常に動作しない非常時(タッチダウン時)にシャフト11を支持するための軸受である。

[0030] このような構成を有するターボ分子ポンプ1は、真空容器、例えば、半導体製造装置に設けられた内部が高真空状態に保たれたプロセスチャンバなどの排気処理を行う際の真空ポンプとして用いられている。

ターボ分子ポンプ1は、プロセスチャンバ内からプロセスガスの吸引排気を行う。これらのプロセスガスは、反応性を高めるため高温の状態でチャンバに導入される。しかし、これらのプロセスガスの一部は、ターボ分子ポンプ1において排気される過程で、ある圧力以上になることにより、又、冷却

されることにより、凝固して固体の生成物となり、ターボ分子ポンプ 1 の流路表面上に付着して堆積する。

[0031] ターボ分子ポンプ 1 内部における回転部と固定部との間隔、例えば、ロータ翼 2 1 とステータ翼 2 2 との間隔、円筒部材 2 9 とねじ溝スペーサ 5 との間隔は、極めて狭い。そのため、上述したような固体生成物が、回転部と固定部とのクリアランス（隙間）に所定量以上堆積すると、この固体生成物を介して、回転部と固定部が接触してしまう。

ターボ分子ポンプ 1 では、回転部が毎分数万回転の高速回転をしている。そのため、回転部と固定部とが接触した場合、変形や破損（破壊）等が生じるおそれがある。

[0032] そこで、本実施形態 1 及び本実施形態 2 では、振動センサを用いて、ターボ分子ポンプの内部における回転部と固定部との接触を検知するように構成されている。

[0033] まず、本実施形態 1（請求項 1 から請求項 9）について、図 1 から図 2 を用いて説明する。

[0034] 詳しくは、ターボ分子ポンプ 1（制御装置 4 8）では、振動センサ 1 0 0 で検出された振動が次の条件のいずれかを満たす場合に、ターボ分子ポンプ 1 において回転部と固定部との接触が生じたと検知する。

（１）固定部を構成する部品（ステータ翼 2 2、スペーサ 2 3、ねじ溝スペーサ 5）の固有振動数での振動レベル（振幅の大きさ）が所定の閾値を超えた場合。

（２）回転部の回転数（周波数）における、回転体を構成する部品（ロータ翼 2 1、円筒部材 2 9、シャフト 1 1、ロータ部 2 4）の固有振動数での振動レベルが所定の閾値を超えた場合。

（３）回転部の回転数（周波数）の通数倍の周波数での振動レベルが所定の閾値を超えた場合。

（４）上記（１）～（３）に記載の特定周波数での振動のうなり（合成振動）の振動レベルが所定の閾値を超えた場合。

(5) 回転部と固定部とが接触する際に発生する特定範囲（数百～数千 kHz）の弾性波（アコースティック・エミッション）の振動レベルが所定の閾値を超えた場合。

なお、振動センサ 100 における誤検知などを考慮して、これらの条件を満たす現象が、所定時間内に複数回発生した場合や、所定時間連続して発生した場合などに固定部と回転部との接触が生じたと検知するようにしてもよい。

[0035] 振動センサ 100 によって、上述した振動が検知（検出）された場合、制御装置 48 は、異常状態を示すアラーム信号を発するように構成されている。本実施形態に係るターボ分子ポンプ 1 は、このアラーム信号が発せられた場合、部品の破損を防止するために自動的に運転を停止する。

外部から加えられた衝撃（外乱）や振動センサ 100 の受けるノイズによる誤検知の影響を避けるために、制御装置 48 にタイマー機能を設け、アラーム信号が所定時間以上連続して発せられた場合に、ターボ分子ポンプ 1 の運転を停止させるようにしてもよい。

なお、振動センサ 100 における誤検知などを考慮して、振動センサ 100 によって、上述した振動が検知（検出）された時間間隔（検知タイミングの間隔）が、経時的に短くなり、所定の時間間隔（周期）より短くなった場合にアラーム信号を発するように構成してもよい。

また、接触を検知した回数が所定の回数（閾値）を超えた場合や、接触を検知した時間の積算値が所定の時間（閾値）を超えた場合にのみアラーム信号を発するように構成してもよい。

[0036] なお、アラーム信号を発するタイミングは上述した条件に限定されるものではない。

例えば、アラーム信号を複数回（例えば、2 段階）に分けて発することにより、メンテナンス時期が迫っていることを事前に告知し、ターボ分子ポンプ 1 が突然使用不能な状況に陥るようなことのないようにしてもよい。

詳しくは、回転部と固定部との接触の初期段階である旨を知らせるアラーム

ム信号を発した後、接触状態が進行しターボ分子ポンプ 1 を自動停止させる（または停止を促す）状況にある旨を知らせるアラーム信号を発するようにする。

なお、このような接触度合いのレベル差を示すアラーム信号を発するタイミングは、例えば、接触を検知した回数、接触を検知した時間の積算値、接触の検知間隔の変動値などに基づいて任意に設定することができる。

[0037] 常時接触に陥る（至る）までには、例えば、次のような断続的な接触現象が生じる。

固体生成物に起因する接触→接触部の摩耗→一時的な非接触状態→固体生成物の堆積や回転部の変形（例えば、円筒部材 2 9 の膨張）の進行→常時接触。このように、固体生成物の堆積や回転部の変形が進行すると接触箇所が増大し、上記サイクルが過渡的に短くなる。

そこで、このような接触サイクルの間隔、つまり接触検知間隔が過渡的に短くなるタイミングをモニタリングしながら接触レベルに応じたアラーム信号を発するようにしてもよい。

[0038] このように、上述したような回転部と固定部との接触時に発生する特有の振動を振動センサ 1 0 0 で検知（検出）した場合に、アラーム信号を発することにより、適切な時期（タイミング）でターボ分子ポンプ 1 の運転を停止させることができる。これにより、ターボ分子ポンプ 1 の部品の損傷（破損）を未然に防止することができ、ターボ分子ポンプ 1 のランニングコストの低減、安全性の向上を図ることができる。

[0039] 上述した（１）～（５）に示す判定条件は、振動振幅だけでなく、回転部と固定部との接触時に生じる特有の振動を捕らえ、経時変化によるアンバランス増大や外来振動に起因する振動との差別化（識別化）を図るためのものである。

回転部と固定部との接触が発生すると、その衝撃により、回転部及び固定部に振動が励起される。本実施形態では、この励起振動の成分に基づいて、回転部と固定部との接触の有無を判断する。

上記（１）、（２）に示す条件は、接触により各構成部品に励起される振動において、各部品のダンピングが極小となる固有振動数での振幅が極大となる性質（特徴）を利用して設定されている。

なお、外来振動による励振によっても、部品の固有振動数での振動は発生するが、接触により直接部品が励振される場合、この振動レベルは大きくなる。そのため、この振動レベルが所定の閾値を大きく超えた場合、接触が発生したと判定することができる。

[0040] なお、上記条件に示される部品の固有振動数とは、一体形成された部品の局所、全体、及び取付部の剛性に由来（起因）するものを含む。

部品の機械的寸法公差や温度による部品寸法の変化、取付部の剛性の変化によって部品の固有振動数は変化する。そのため、ある部品の固有振動数での振動検出に当たっては、ある程度のクリアランス（余裕幅）をもった周波数範囲に存在する振動のピーク値を捕らえるようにする。

そこで、本実施形態では、振動センサ１００などの検出手段により電気信号に変換された信号を、想定される周波数帯域を通過するバンドパスフィルタを用いて抽出し、その抽出された信号の大きさを所定の閾値と比較することによって、回転部と固定部との接触の有無を判断する。

[0041] 回転体を構成する部品の固有振動数での振動は、回転部と固定部との接触が生じていない場合であっても存在し、その振動は、シャフト１１等を介して、固定部側に伝達される。そのため、上記（２）に示す条件での所定の閾値は、このような正常時に固定部側に伝達される回転体を構成する部品の固有振動数での振動レベルを適切に排除できる値に設定されている。

回転体を構成する部品の固有振動数は、作用する遠心力やジャイロモーメントに起因して回転数により変化する。そこで、本実施形態では、予め回転部の回転数に応じて上述したバンドパスフィルタの特性（通過帯域特性）を変化させるように構成されている。例えば、制御装置４８には回転数に応じてフィルタ特性を変化させるマップ情報が予め記録されており、このマップ情報に基づいて使用するフィルタの設定を変更するように構成されている。

なお、検出精度は低下するが、想定される固有振動数の変化に応じて周波数帯域を広げたバンドパスフィルタを用いるようにしてもよい。

[0042] 上記（３）に示す条件は、次の理由を根拠として設定されている。

（ａ）回転部と固定部との接触によって励起される振動の主な加振力の周波数が回転周波数に起因し、その通数倍の振動が固定部側の部品に励起されるため。

（ｂ）回転体を構成する部品の機械加工精度や、シャフト１１とロータ翼２１との取付公差から、回転部の表面には、シャフト１１の理想の中心に対して複数の振れ（ずれ）が生じ、接触が１周の回転に対して複数度発生すると、回転数の通数倍の振動が生じるため。

（ｃ）接触の発生する部品のうち、回転部と固定部との隙間（クリアランス）が狭くなる部位を１円周の中に複数箇所（ n 箇所）有する部品においては、その箇所数（ n ）に応じて、回転数 $\times n$ の振動が発生するため。例えば、ねじ溝式ポンプ部Ｓにおいては、ねじ溝スペーサ５の周方向に沿ってねじ山が複数箇所に概ね等配置されている。

これらの理由を根拠に上記（３）に示す条件は設定されている。

[0043] なお、回転数の通数倍の振動は、回転部と固定部との接触が生じていない場合であっても存在し、その振動は、シャフト１１等を介して、固定部側に伝達される。そのため、上記（３）に示す条件での所定の閾値は、このような正常時に固定部側に伝達される振動レベルを適切に排除できる値に設定されている。

回転部と固定部とが接触する際には、単一の周波数の振動のみが励起されるのではなく、上記（１）～（３）に記載の特定周波数により励起される振動が同時に発生する。このことを根拠に、上記（４）に示す条件が設定されている。

[0044] （本実施形態１ 変形例１）

ターボ分子ポンプ１の内部における回転部と固定部との接触を検知する検知手段の構成は、上述した実施形態に限定されるものではない。

図 2 (a) は、他の検知手段の構成例を示した図である。

例えば、図 2 (a) に示すように、さらに、ベース 3 の外周面に振動センサ 101 を設け、振動センサ 100、及び、振動センサ 101 の 2 つのセンサを用いて振動検知を行うようにしてもよい。

詳しくは、ねじ溝スペーサ 5 に振動センサ 100 を配設し、さらに、ねじ溝スペーサ 5 が固定されているベース 3 に振動センサ 101 を配設する。このように、振動センサ 100 が配設された部品（ねじ溝スペーサ 5）に積み上げられた別の部品（ベース 3）に、振動センサ 101 を配設する。つまり、振動センサ 100、101 は、固定部を構成する同一部品上ではなく、それぞれ、部品の積み上げ数の異なる部品上に配設されている。

[0045] 図 2 (a) に示すように、ターボ分子ポンプ 1（ベース 3）の外周面上に設けられた振動センサ 101 は、外部から加えられた衝撃（外乱）による振動をより顕著に検知することができる。

ここでは、回転部（接触部）側に設けられた振動センサ 100 と、回転部（接触部）から物理的に離れた部位、つまり距離や積み上げ数に差を設けた部位に配設された振動センサ 101 とのそれぞれの検知結果（出力信号）の差分を算出する。そして、制御装置 48 では、この算出された差分信号に基づいて、固定部と回転部との接触が生じたか否かの判断を行う。

回転部と固定部との接触により発生した振動は、接触部で最も大きくなり、また、伝達部品での振動減衰により接触部から遠くなるほど小さくなる傾向にある。一方、外来振動では、この関係が逆になる。

そこで、本実施形態 1 の変形例 1 では、このような特性を利用して、接触部から物理的に離れた部品にさらに振動センサ 101 を設け、この振動センサ 101 と振動センサ 100 とから得られた信号の差分（差分信号）に基づいて、接触による振動を優位に捕らえる。

[0046] 詳しくは、算出された差分信号が、上述した（1）～（5）に示す判定条件のいずれかを満たすか否かを判断する。そして、本実施形態 1 と同様に、いずれかの条件を満たす場合にターボ分子ポンプ 1 において固定部と回転部

との接触が生じたと検知する。

なお、この変形例では、振動センサ 100 との差分信号を算出する比較信号を検出する振動センサ 101 をねじ溝スペーサ 5 に積み上げられたベース 3 に配設する場合について説明した。しかしながら、振動センサ 101 を配設する部位は、これに限定されるものではなく、ねじ溝スペーサ 5 に積み上げられた他の固定部（例えば、ケーシング 2）に設けるようにしてもよい。

[0047] （本実施形態 1 変形例 2）

上述した本実施形態 1 では、振動を検知する振動センサ 100 を、ねじ溝スペーサ 5 に直に配設する場合について説明した。しかしながら、振動センサ 100 の配設方法はこれに限定されるものではない。

図 2（b）は、振動センサ 100 の他の配設例を示した図である。

例えば、図 2（b）に示すように、ねじ溝スペーサ 5 に取り付けられた板状の梁 60 を介して、振動センサ 50 を固定部に配設するようにしてもよい。

詳しくは、ねじ溝スペーサ 5 の排気口 19 側に形成された段部に、断面 L 字状の梁 60 を L 字の縦棒部がねじ溝スペーサ 5 の外周壁に対して平行になるように取り付け、そして、この梁 60 の L 字の縦棒部の側面に振動センサ 100 を配設するようにしてもよい。

なお、梁 60 は、自身の固有振動数が上述した（1）～（5）に示す判定条件となる励起振動の周波数、または、この励起振動の通数倍近傍の周波数となるように構成する。

[0048] このように本実施形態 1 の変形例 2 では、固定部側の部位に励起される振動を拡大（増幅）して捕らえるために、梁 60 を介して振動センサ 100 を配設する。これにより、ターボ分子ポンプ 1 に生じる振動（振幅）を容易に増幅させることができるため、振動の検出精度を向上させることができる。

梁 60 を介して振動センサ 100 を配設することにより、抽出する振動周波数を適切に絞り込むことができるため、振動の検出精度をより向上させることができる。

また、ターボ分子ポンプ 1 の内部で回転部と固定部との接触が生じた場合、振動センサ 100 で検出された振動における梁 60 の固有振動数での振動レベルが、顕著に大きく現れる。そのため、固定部を構成する部品として、この梁 60 の固有振動数での振動レベル（振幅の大きさ）をモニタ（管理）するだけで、十分に回転部と固定部との接触の有無を判定することができる。

[0049] （本実施形態 1 変形例 3）

また、振動を検知する振動センサ 100 が受ける外部から加えられた衝撃（外乱）の影響を低減化させるために、振動センサ 100 を配設する固定部（ねじ溝スペーサ 5'）を、振動センサ 100 が配設されている固定部材よりも振動減衰率の高い（大きい）振動緩衝部材（エラストマ）を介して外装体（ケーシング 2、ベース 3）に固定するようにしてもよい。

図 2（c）は、振動緩衝部材を用いた配設例を示した図である。

詳しくは、図 2（c）に示すように、ねじ溝スペーサ 5' の外周側面とベース 3 の内周側面との間に、弾性部材 70 を配設する。

また、ねじ溝スペーサ 5' の吸気口 6 側に設けられたベース 3 へのフランジ状の取付部 55 とベース 3 の取付面との間に弾性部材 71 を配設する。

さらに、ねじ溝スペーサ 5' の取付部 50 とベース 3 とを固定（締結）するボルト 80 の座金 72 を弾性体で構成するようにする。

[0050] このように、振動センサ 100 が取り付けられる固定部（ねじ溝スペーサ 5'）を振動吸収（振動減衰）機能を有する弾性部材 70、71 や弾性体の座金 72 を介して外装体に固定することにより、外部より伝わる振動レベルを低減させることができるため、回転部と固定部との接触時に発生する特有の振動の検知精度をより向上させることができる。

なお、振動吸収（振動減衰）部材は、例えば、ゴムやプラスチックなどの樹脂製の部材で構成することが好ましい。

このような振動緩衝部材（弾性部材・弾性体）を用いた構造は、本実施形態 1 の変形例 3 だけでなく上述した各変形例に適用させるようにしてもよい。

。

[0051] なお、上述した本実施形態 1 及び各変形例では、回転部と固定部との接触時に発生する特有の振動を検知するための振動センサ 100 を、回転部と固定部とが接触しやすい、つまり、固体生成物が堆積しやすい気体移送路の下流側（排気口 19 側）に近い部分に取り付けた場合について説明した。

しかしながら、振動センサ 100 の取り付け部位はこれに限定されるものではなく、回転部と対向する他の固定部、例えば、ステータ翼 22 やスペーサ 23 に振動センサ 100 を設けるようにしてもよい。

この場合も、上述した変形例と同様に、ベース 3 やケーシング 2 に配設した振動センサ 101 との差分信号に基づいて接触を検知したり、梁を介して振動センサ 100 を取り付けたり、また、外装体との間に振動緩衝部材を設けたりするようにしてもよい。

[0052] （本実施形態 1 変形例 4）

本実施形態 1 及び各変形例 1 から 3 では、ターボ分子ポンプ 1 の内部における回転部と固定部との接触の検知方法として、固定部側に配設した振動センサ 100 を用いた場合について説明した。しかしながら、回転部と固定部との接触時に発生する特有の振動の検知方法は、これらに限定されるものではない。

例えば、回転部の振動、即ち、回転部の変位の時間変化を検出することによって、回転部と固定部との接触の有無を検知するようにしてもよい。

詳しくは、シャフト 11、ロータ部 24（ロータ翼 21、円筒部材 29）などの回転部（回転体）の変位をモニタ（監視）するセンサを設け、このセンサの検出結果（検知結果）に基づいて、回転部と固定部との接触の有無を判断する。

[0053] このセンサは、回転部の振動振幅を電気信号に変換する、例えば、インダクタンス式、渦電流式、静電容量式、又は、光学式 of 非接触変位センサで構成する。なお、回転部と固定部との接触を検知するためのセンサ（非接触センサ）は、ラジアル磁気軸受部 8、12 を制御する際に用いられる変位セン

サ 9、13 と兼用するようにしてもよい。

そして、この回転部の変位のモニタ結果に基づいて、回転部の振動が、上述した（１）～（５）に示す判定条件のいずれかを満たすか否かを判断する。

[0054] このように、回転部の振動を直接モニタすることによっても回転部と固定部との接触の有無を判断することができる。

なお、この場合もまた、本実施形態 1 と同様に、センサにおける誤検知などを考慮して、上記条件を満たす現象が所定時間内に複数回発生した場合や、所定時間連続して発生した場合などに、回転部と固定部との接触が生じたと検知するようにしてもよい。

また、回転部に上述した梁 60 同様の梁部材を固定し、この梁部材の変位（振動）を検出するようにしてもよい。なお、この梁部材は、固定部との接触が予測される部位に設けることが好ましい。

[0055] このように梁部材を介して回転部の振動を検出することにより、ターボ分子ポンプ 1 に生じる振動（振幅）を容易に増幅させることができるため、振動の検出精度を向上させることができる。

[0056] 次に、本実施形態 2（請求項 9 から請求項 15）について、図 3 から図 7 を用いて説明する。なお、本実施形態 2 では、本実施形態 1 と重複する部位については同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。

[0057] 本実施形態 2 のターボ分子ポンプ 1' では、感度調整装置 103 は、略円筒形状のベース 3 の内周面に設けられている。なお、感度調整装置 103 の配設位置はこれに限定されるものではなく、例えば、スラスト磁気軸受部 20 に固定されたポンプ内部基板 104 や、ベース 3 の開口部を覆う裏蓋 105、また、外装体（ケーシング 2、ベース 3）の外周面など、外装体又はその内部に設けられていればよい。

このように、感度調整装置 103 をターボ分子ポンプ 1' の本体側に設けることにより、制御装置 48 の組み合わせが変更された場合（他の制御装置 48 に接続した場合）であっても、振動センサ 102 の感度をその都度調整

する必要がなくなる。そのため、ターボ分子ポンプ 1' の交換作業時に感度調整のための測定器等を帯同する必要もなく、交換作業の簡素化を図ることができ、利便性が向上する。

[0058] 図 4 は、図 3 に示す破線 A 部の拡大図である。

図 5 は、ねじ溝スペーサ 5 のベース 3 への取り付け状態を吸気口 6 側から見た平面図である。

ここで、ねじ溝スペーサ 5 の取り付け方法の詳細について説明する。ねじ溝スペーサ 5 は、Oリング 200 を介して複数のボルト 300 によってベース 3 に取り付けられている。

図 5 に示すように、ねじ溝スペーサ 5 には、内周面にらせん溝 7 が形成された円筒形の部位の吸気口 6 側端部に、外側へ張り出した固定用のための円環状のフランジ部 106 が設けられている。このフランジ部 106 の外周縁には、フランジ部 106 より厚みの小さい環状の取付部 107 が設けられている。取付部 107 には、図 4 に示すように、固定用のボルト 300 を挿通するためのボルト孔 108 が円周等分 4 箇所に形成されている。また、取付部 107 には、外周縁からケーシング 2 の方向に突出する、ねじ溝スペーサ 5 の位置決めのための爪部 109 が円周等分 4 箇所に形成されている。爪部 109 は、外装体（ケーシング 2、ベース 3）からねじ溝スペーサ 5 へ伝播する外来振動の影響を抑制するために、外装体との接触面積が十分に小さくなるように形成されている。

また、ねじ溝スペーサ 5 には、フランジ部 106 の排気口 19 側の面に、Oリング 200 を嵌め込み固定するためのリング溝 110 が円周方向に沿って形成されている。

[0059] リング溝 110 に Oリング 200 を嵌め込み固定（仮固定）した状態で、ボルト 300 によってフランジ部 106 をベース 3 の吸気口 6 側の端面に固定するように構成されている。

本実施形態 2 では、ボルト 300 を介して、外装体（ケーシング 2、ベース 3）からねじ溝スペーサ 5 へ伝播する外来振動の影響を抑制するために、

ボルト 300 を直にねじ溝スペーサ 5（取付部 107）と接触させないための円筒状のブッシュ（ブッシング）301 がボルト孔 108 に配設されている。即ち、ねじ溝スペーサ 5 は、ボルト 300 をブッシュ 301 に挿通した状態でベース 3 に取り付けられている。

また、リング 200 は、振動減衰特性を有する弾性部材、例えば、フッ素系樹脂で形成された、ねじ溝スペーサ 5 をベース 3 に固定した際にねじ溝スペーサ 5 とベース 3 が接触しない程度の十分な断面径を有する形状のものを用いる。なお、リング 200 は、JIS 規格において“4 種 D”に区分される材質で形成されていることが好ましい。

ブッシュ 301 もまた、振動減衰特性を有する弾性部材、例えば、ナイロンで形成されている。

このように、ねじ溝スペーサ 5 は、外装体（ケーシング 2、ベース 3）との間に弾性部材が配設された状態で固定されている。

[0060] なお、ねじ溝スペーサ 5 の取り付け方法は、上述した方法に限定されるものではない。

図 6（a）、（b）は、本実施形態 2 における、ねじ溝スペーサ 5 の取り付け方法の変形例を示した図である。なお、図 6 では、図 1 及び図 4 と重複する部位については同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。

（本実施形態 2 変形例 1）

例えば、図 6（a）に示すように、リング 200 を嵌め込み固定するためのリング溝 201 を、ねじ溝スペーサ 5 ではなく、ベース 3 の吸気口 6 側の端面に円周方向に沿って形成するようにしてもよい。

また、リング 200 を嵌め込み固定するためのリング溝 110（図 4）、201（図 6）を、ベース 3 の吸気口 6 側の端面とねじ溝スペーサ 5 の双方に設けるようにしてもよい。但し、この場合においても、リング 200 は、ねじ溝スペーサ 5 をベース 3 に固定した際にねじ溝スペーサ 5 とベース 3 が接触しない程度の十分な断面径を有する形状のものを用いる。

[0061] （本実施形態 2 変形例 2）

また、例えば、図 6 (b) に示すように、ねじ溝スペーサ 5 とベース 3 の吸気口 6 側の端面との間に、リング 200 に代えて、振動減衰特性を有する円環板状の弾性体 202 を配設するようにしてもよい。

詳しくは、ボルト 300 及びブッシュ 301 を挿通するためのボルト孔 203 が円周等分 4 箇所のボルト孔 108 と対応する位置に形成された円環板状の弾性体 202 を、ベース 3 の吸気口 6 側の端面と取付部 107 の排気口 19 側の面との間に挟み込んだ状態で、ねじ溝スペーサ 5 を固定するようにしてもよい。

なお、上述した本実施形態 2 及び本実施形態 2 の各変形例では、ねじ溝スペーサ 5 を 4 つのボルト 300 で固定する場合について説明したが、ボルト 300 の固定箇所数はこれに限定されるものではなく、固定時の安定性を考慮して、少なくとも 3 箇所以上あればよい。ただし、外装体（ケーシング 2、ベース 3）からねじ溝スペーサ 5 へ伝播する外来振動の影響を抑制するためにボルト 300 の固定箇所数は、少ないことが望ましい。

[0062] ここで、ねじ溝スペーサ 5 と外装体（ケーシング 2、ベース 3）との間に配設される弾性部材（リング 200、弾性体 202）の振動減衰特性（振動伝播特性）について説明する。

図 7 (a) は、弾性部材の振動伝播特性を示したグラフである。

図 7 (a) に示すように、弾性部材は、遮断周波数（カットオフ周波数）が f_{c1} [Hz] のローパスフィルタの周波数特性を有する。

つまり、弾性部材は、 f_{c1} [Hz] より小さな周波数をもった外装体に外部から加えられた衝撃（外乱）による振動（以下、外部振動とする）を減衰させることなくねじ溝スペーサ 5 側に伝播させ、一方、 f_{c1} [Hz] 以上の周波数をもった外部振動を、20 dB/decade で減衰させ、ねじ溝スペーサ 5 側に伝播させにくくするという特性を有する。

なお、上述した弾性部材の遮断周波数は、ねじ溝スペーサ 5 と外装体との間に配設された状態の剛性などに基づいて設定される値を示す。

[0063] 次に、本実施形態 2 における制御装置 48 の有する接触検知機能について

説明する。

制御装置 48 には、振動センサ 102 から出力されるアナログ振動信号をデジタル（ディジタル）振動信号に変換する、図示しない A/D 変換回路が設けられている。

また、制御装置 48 にはさらに、A/D 変換回路からのデジタル化された振動信号を受ける DSP を基にした、図示しないスーパーバイザ回路が設けられている。このスーパーバイザ回路は、ターボ分子ポンプ 1' における回転部と固定部との接触を検出するようにプログラムされている。

[0064] 詳しくは、スーパーバイザ回路には、デジタルフィルタが組み込まれており、デジタル振動信号をデジタルフィルタに入力することによって、所定の通過帯域周波数の振動信号が抽出されるように構成されている。

スーパーバイザ回路は、デジタルフィルタを通過した振動信号（抽出された振動信号）の振動レベルが所定の閾値を超えた場合、ターボ分子ポンプ 1' において固定部と回転部との接触が生じたと検知するようにプログラムされている。

[0065] ここで、スーパーバイザ回路におけるデジタルフィルタの振動信号の減衰特性について説明する。

図 7（b）は、スーパーバイザ回路におけるデジタルフィルタの振動信号の減衰特性を示したグラフである。

図 7（b）に示すように、デジタルフィルタは、 $f_{c1} \sim f_{c2}$ [Hz] 帯域を通過帯域とするバンドパスフィルタの周波数特性を有する。

デジタルフィルタは、入力された振動信号のうち f_{c1} [Hz] より小さな周波数をもった振動信号、及び f_{c2} [Hz] より大きな周波数をもった振動信号を減衰させて出力させる特性を有する。つまり、 f_{c1} [Hz] 以上 f_{c2} [Hz] 以下の振動信号のみを出力させる特性を有する。

[0066] 本実施形態 2 では、デジタルフィルタの通過帯域の下限を示す f_{c1} [Hz] は、上述したねじ溝スペーサ 5 と外装体（ケーシング 2、ベース 3）との間に配設される弾性部材（オリング 200、弾性体 202）における遮断

周波数と一致するように設定されている。

このような、デジタルフィルタを用いることにより、弾性部材で減衰せずにねじ溝スペーサ5に伝播した外部振動やターボ分子ポンプ1'の加減速時に生ずる共振振動の成分を減衰させることができる。

なお、弾性部材の遮断周波数 (f_{c1}) は、ターボ分子ポンプ1'の加減速時に生ずる共振振動の帯域を考慮して、100 [Hz] 程度に設定されている。

[0067] このように、本実施形態2では、デジタルフィルタを通過した振動信号を所定の閾値と比較することによって、固定部と回転部との接触の有無を判断するように構成されている。

本実施形態2では、ねじ溝スペーサ5と外装体との間に配設される弾性部材の作用により、外部振動の成分が含まれていない（少ない）帯域における振動信号、即ち、外部振動の影響を受けない（受けにくい）帯域における振動信号に基づいて固定部と回転部との接触の有無を判断するように構成されている。つまり、本実施形態では、固定部と回転部との接触による衝撃又は振動の成分が残る（抽出された）帯域の振動信号に基づいて固定部と回転部との接触の有無を判断するように構成されている。

従って、外部振動の影響による誤検知等を抑制することができるため、より精度よく固定部と回転部との接触の有無を判断することができる。

本実施形態2では、上述したような簡素な構成で固定部と回転部との接触の有無、即ち、固体生成物の堆積量が回転部と固定部とのクリアランスに達したことを検知することができる。

[0068] なお、本実施形態2では、固定部と回転部との接触による衝撃又は振動の成分が残る（抽出された）帯域を抽出する方法として、バンドパスフィルタを用いているが、バンドパスフィルタの代わりに、少なくとも、外部振動やターボ分子ポンプ1'の加減速時に生ずる共振振動の成分を排除することができる遮断周波数（カットオフ周波数）が f_{c1} [Hz] のハイパスフィルタを用いるようにしてもよい。

[0069] 制御装置 48（スーパーバイザ回路）によって、ターボ分子ポンプ 1' における固定部と回転部との接触が検知（検出）された場合、制御装置 48 は、異常状態を示すアラーム信号を発するように構成されている。

本実施形態 2 に係るターボ分子ポンプ 1' は、このアラーム信号が発せられた場合、部品の破損を防止するために自動的に運転を停止する。

外部から加えられた衝撃（外乱）や振動センサ 102 の受けるノイズによる誤検知の影響を避けるために、制御装置 48 にタイマー機能を設け、アラーム信号が所定時間以上連続して発せられた場合に、ターボ分子ポンプ 1' の運転を停止させるようにしてもよい。

なお、振動センサ 102 における誤検知などを考慮して、振動センサ 102 によって、上述した振動が検知（検出）された時間間隔（検知タイミングの間隔）が、経時的に短くなり、所定の時間間隔（周期）より短くなった場合にアラーム信号を発するように構成してもよい。

また、接触を検知した回数が所定の回数（閾値）を超えた場合や、接触を検知した時間の積算値が所定の時間（閾値）を超えた場合にのみアラーム信号を発するように構成してもよい。

[0070] なお、アラーム信号を発するタイミングは上述した条件に限定されるものではない。

例えば、アラーム信号を複数回（例えば、2 段階）に分けて発することにより、メンテナンス時期が迫っていることを事前に告知し、ターボ分子ポンプ 1' が突然使用不能な状況に陥るようなことのないようにしてもよい。

詳しくは、回転部と固定部との接触の初期段階である旨を知らせるアラーム信号（接触通知信号）を発した後、接触状態が進行し、ターボ分子ポンプ 1' を自動停止させる（又は停止を促す）状況にある旨を知らせるアラーム信号を発するようにする。

なお、このような接触度合いのレベル差を示すアラーム信号を発するタイミングは、例えば、接触を検知した回数、接触を検知した時間の積算値、接触の検知間隔の変動値などに基づいて任意に設定することができる。

[0071] 常時接触に陥る（至る）までには、例えば、次のような断続的な接触現象が生じる。

固体生成物に起因する接触→接触部の摩耗→一時的な非接触状態→固体生成物の堆積や回転部の変形（例えば、円筒部材 29 の膨張）の進行→常時接触。このように、固体生成物の堆積や回転部の変形が進行すると接触箇所が増大し、上記サイクルが過渡的に短くなる。

そこで、このような接触サイクルの間隔、つまり接触検知間隔が過渡的に短くなるタイミングをモニタリングしながら接触レベルに応じたアラーム信号を発するようにしてもよい。

[0072] 上述したような回転部と固定部との接触時に発生する特有の振動を振動センサ 102 で検知（検出）した場合に、アラーム信号、又は、接触通知信号を発することにより、適切な時期（タイミング）でターボ分子ポンプ 1' の運転を停止させることができる。これにより、ターボ分子ポンプ 1' の部品の損傷（破損）を未然に防止することができ、ターボ分子ポンプ 1' のランニングコストの低減、安全性の向上を図ることができる。

[0073] 上述した実施形態 2 では、振動センサ 102 の感度調整装置 103 をターボ分子ポンプ 1' の本体側に内蔵することによって、振動センサ 102 の感度をその都度調整する必要をなくすように構成している。しかしながら、振動センサ 102 の感度をその都度調整する必要をなくす方法はこれに限定されるものではない。

感度調整装置 103 をターボ分子ポンプ 1' の本体側に内蔵する代わりに、例えば、工場出荷時に設定された振動センサ 102 の検出信号レベルの調整値を、ターボ分子ポンプ 1' の本体側に内蔵された記憶装置に記憶しておき、制御装置 48 の組み合わせが変更された場合、制御装置 48 がこの記憶装置から振動センサ 102 の検出信号レベルの調整値を読み出して補正するようにしてもよい。なお、振動センサ 102 の検出信号レベルの調整値は、例えば、ポンプ内部基板 104 に搭載したメモリに記憶させることが好ましい。

このように、振動センサ 102 の検出信号レベルの調整値をターボ分子ポンプ 1' の本体側に内蔵された記憶装置に記憶させることにより、例えば、制御装置 48 を交換する場合であっても、振動センサ 102 の検出信号レベルをその都度調整する必要がなくなり、利便性が向上する。

[0074] 本実施形態 2 では、振動センサ 102 の出力信号をデジタル信号に変換しているが、振動センサ 102 の出力信号の処理方法は、これに限定されるものではない。デジタル信号に変換せずに、アナログ信号のままで、回転部と固定部との接触検知のための処理を行うようにしてもよい。但し、この場合には、上述したデジタルフィルタの代わりに、同様の特性を有するアナログフィルタを用いるようにする。

[0075] なお、上述した本実施形態 2 及び本実施形態 2 の各変形例では、回転部と固定部との接触時に発生する特有の振動を検知するための振動センサ 102 を、回転部と固定部とが接触しやすい、つまり、固体生成物が堆積しやすい気体移送路の下流側（排気口 19 側）に近い部分に取り付けた場合について説明した。

しかしながら、振動センサ 102 の取り付け部位はこれに限定されるものではなく、回転部と対向する他の固定部、例えば、ステータ翼 22 やスペーサ 23 に振動センサ 102 を設けるようにしてもよい。この場合も、振動センサ 102 が設けられる固定部と外装体との間に、弾性部材を配設する。

請求の範囲

[請求項1]

吸気口と排気口を備えた外装体と、
前記外装体内に設けられた固定部と、
前記外装体内に回転自在に支持されたシャフトと、前記シャフトに
配設され、前記吸気口から前記排気口へ気体を移送する気体移送機構
が設けられたロータと、からなり、前記固定部との間に所定の空隙を
介して配置された回転部と、
前記シャフトを回転させるモータと、
振動を検出する振動検出手段と、
前記振動検出手段により検出された振動において、前記固定部と前
記回転部との接触に起因する特定振動が所定の閾値を超えた場合、前
記固定部と前記回転部との接触が発生したことを検知する接触検知手
段と、を備えたことを特徴とする真空ポンプ。

[請求項2]

前記特定振動は、
前記固定部を構成する部品の固有振動数を示す第1の周波数、
前記回転部を構成する部品の固有振動数を示す第2の周波数、
前記回転部の回転数（周波数）の逡数倍の周波数を示す第3の周波数
、
前記第1から第3の周波数での振動のうなり周波数を示す第4の周波
数、
前記回転部と前記固定部とが接触する際に発生する特定範囲の第5の
周波数
のうちの少なくとも1の周波数の振動であ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]

前記振動検出手段は、前記固定部における前記回転部と対向する部
材に配設された振動センサからなることを特徴とする請求項1または
請求項2に記載の真空ポンプ。

[請求項4]

前記振動検出手段は、前記固定部の異なる部位に設けられた複数の

振動センサで構成され、前記振動センサにより検出された振動の差分に基づいて、前記固定部と前記回転部との接触が発生したことを検知することを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 の請求項に記載の真空ポンプ。

[請求項5] 前記振動検出手段が設けられた固定部は、弾性部材を介して前記外装体に固定されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 の請求項に記載の真空ポンプ。

[請求項6] 前記振動検出手段は、前記回転部の位置変位の時間的变化を振動として検出することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の真空ポンプ。

[請求項7] 前記振動検出手段は、前記回転部の変位を検出する非接触変位センサからなることを特徴とする請求項 6 に記載の真空ポンプ。

[請求項8] 前記接触検知手段により、前記固定部と前記回転部との接触が発生したことを検知した場合、メンテナンスの実施を促すアラームを発するアラーム出力手段を備えたことを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 の請求項に記載の真空ポンプ。

[請求項9] 吸気口と排気口を備えた外装体と、
前記外装体内に設けられた固定部と、
前記外装体内に回転自在に支持されたシャフトと、前記シャフトに配設され、前記吸気口から前記排気口へ気体を移送する気体移送機構が設けられたロータと、からなり、前記固定部との間に所定の空隙を介して配置された回転部と、
前記シャフトを回転させるモータと、
前記外装体と前記固定部との間に配設された、振動減衰特性を有する弾性部材と、
前記固定部に配設された振動検出手段と、
前記振動検出手段の出力が入力され、前記弾性部材の振動減衰特性における遮断周波数より高い周波数帯域を通過帯域とするフィルタと

、

前記フィルタの出力が所定の閾値を超えた場合、前記固定部と前記回転部との接触が発生したことを検知する接触検知手段と、を備えたことを特徴とする真空ポンプ。

[請求項10] ターボ分子ポンプ部およびねじ溝ポンプ部を備えた複合型真空ポンプであって、

前記振動検出手段は、前記ねじ溝ポンプ部の排気流路を形成するねじ溝スペースに配設されていることを特徴とする請求項9に記載の真空ポンプ。

[請求項11] 前記外装体又はその内部に設けられた、前記振動検出手段の感度調整を行う感度調整手段を備えたことを特徴とする請求項9又は請求項10に記載の真空ポンプ。

[請求項12] 前記外装体又はその内部に設けられた、前記振動検出手段における出力レベルの補正値を記憶する記憶手段を備えたことを特徴とする請求項9又は請求項10に記載の真空ポンプ。

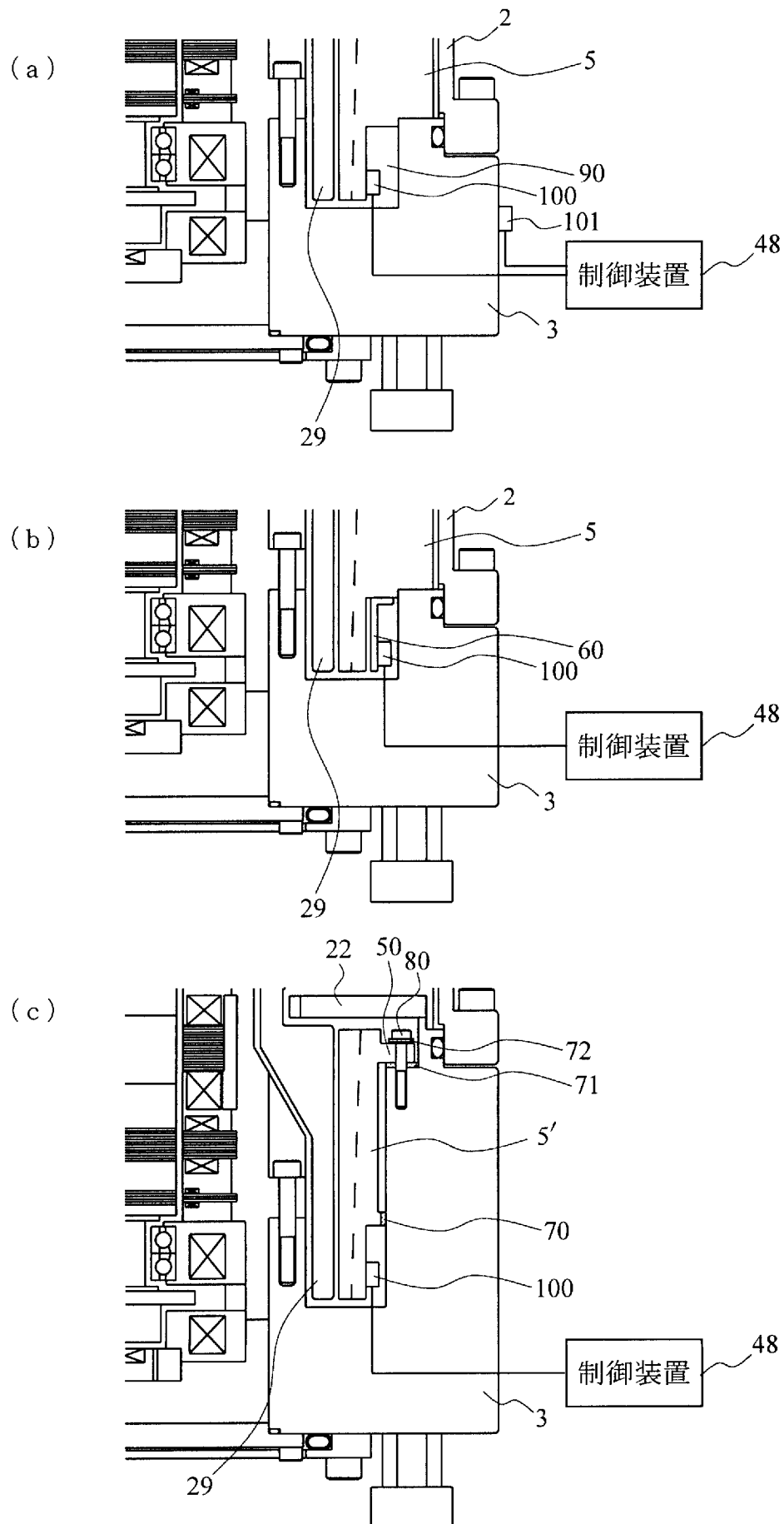
[請求項13] 前記弾性部材は、Ｏリング材料で形成されるか、又は、円周方向に連続するＯリングからなることを特徴とする請求項9から請求項12の何れか1の請求項に記載の真空ポンプ。

[請求項14] 前記振動検出手段は、振動検出値を変換したデジタル信号を出力し、

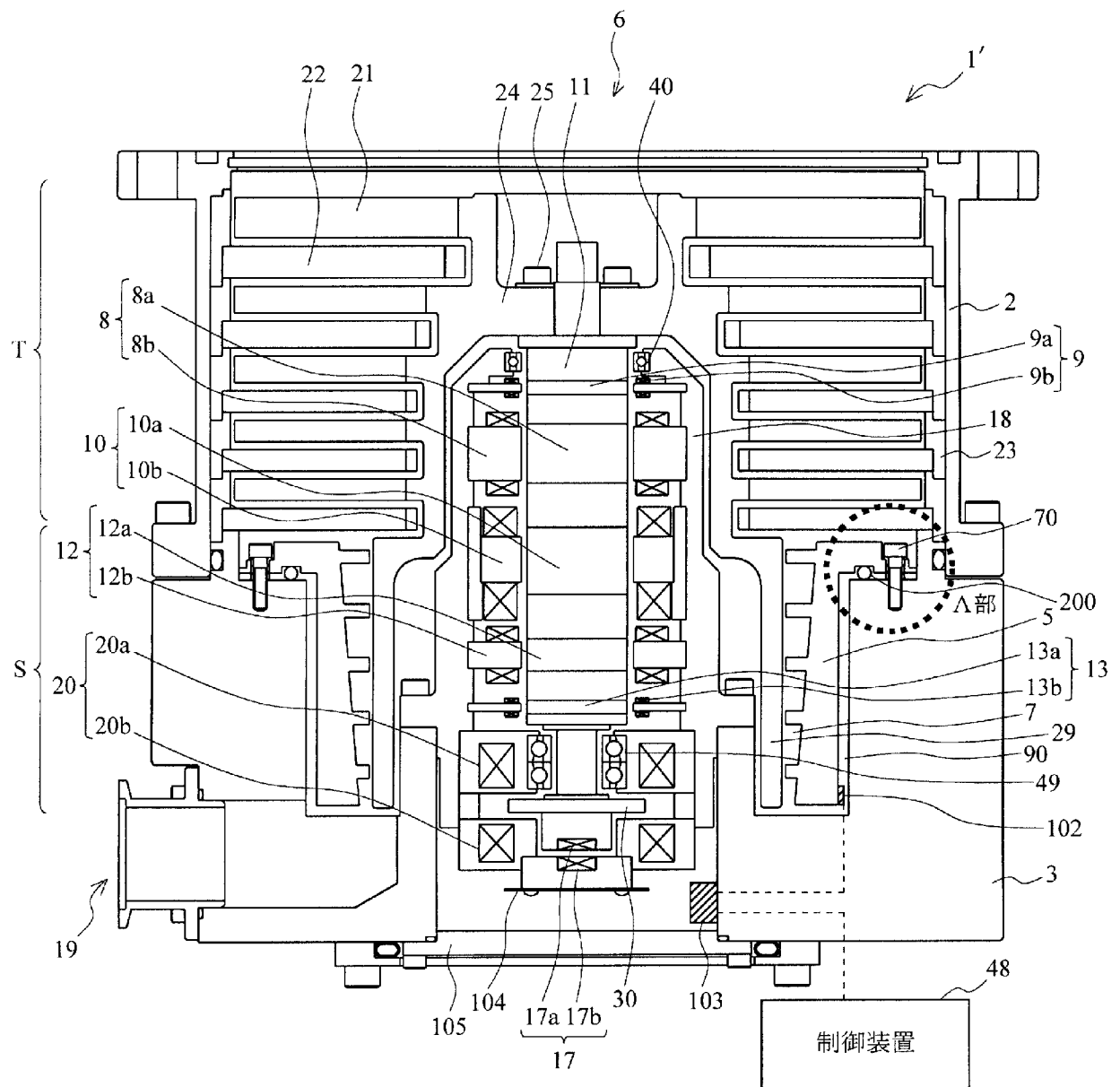
前記フィルタは、デジタルフィルタで構成されていることを特徴とする請求項9から請求項13の何れか1の請求項に記載の真空ポンプ。

[請求項15] 前記接触検知手段により、前記固定部と前記回転部との接触が発生したことを検知した場合、メンテナンスの実施を促すアラーム、又は、接触通知信号を発するアラーム出力手段を備えたことを特徴とする請求項9から請求項14の何れか1の請求項に記載の真空ポンプ。

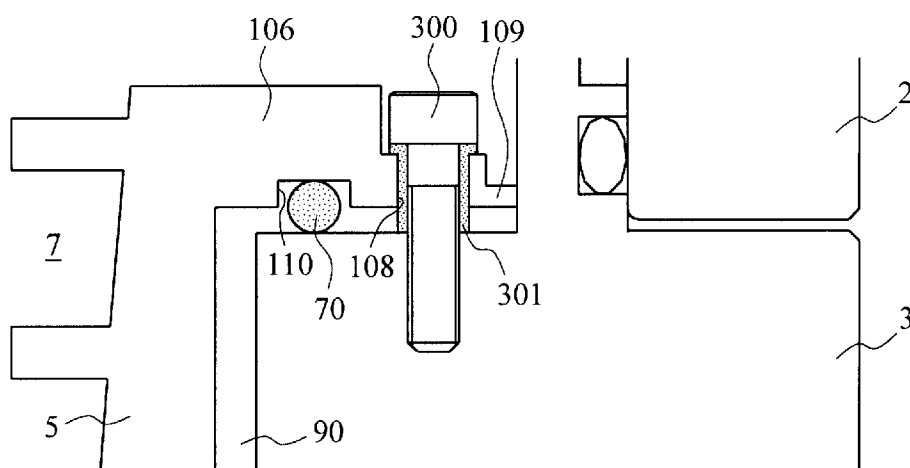
[図2]



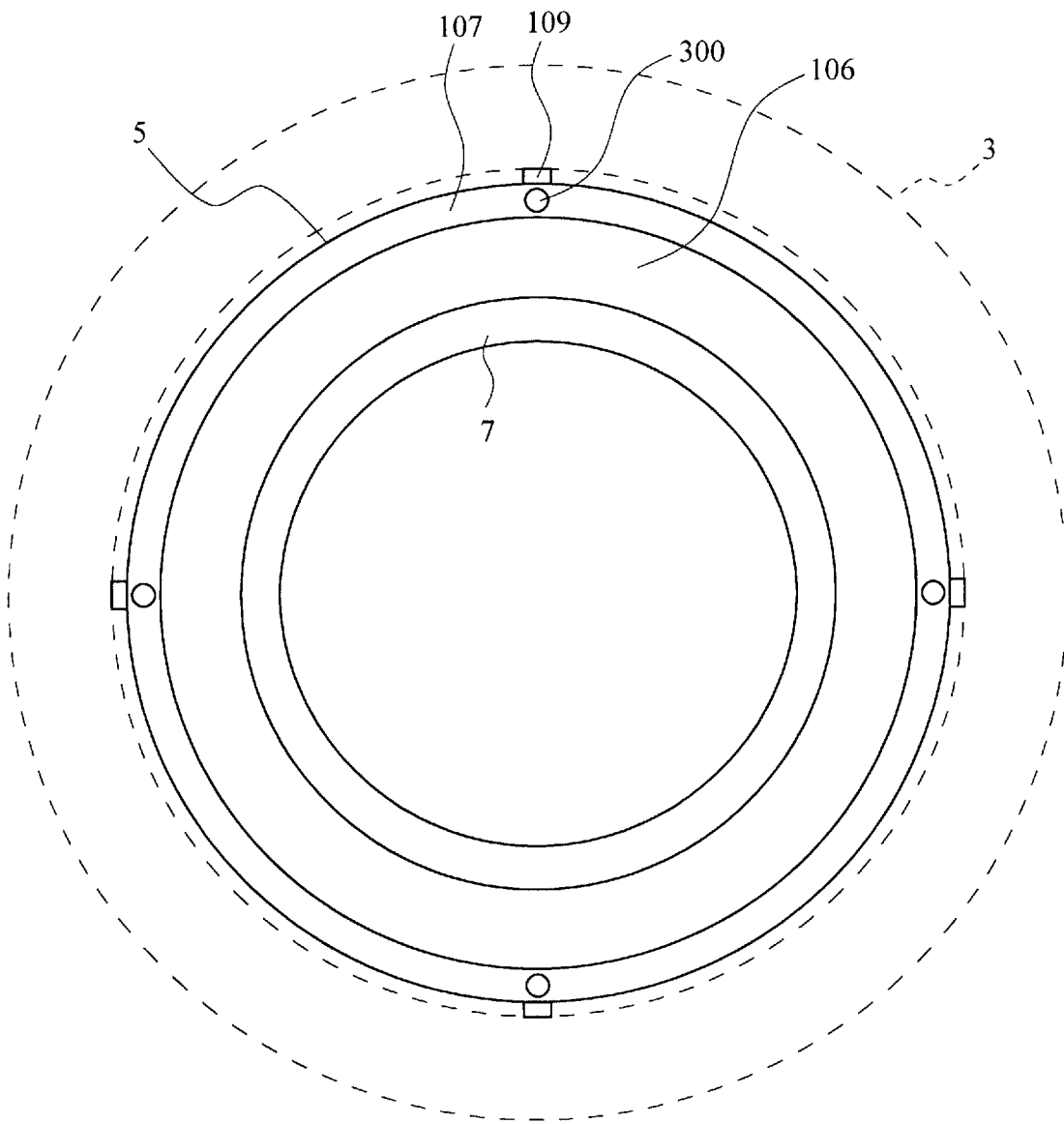
[図3]



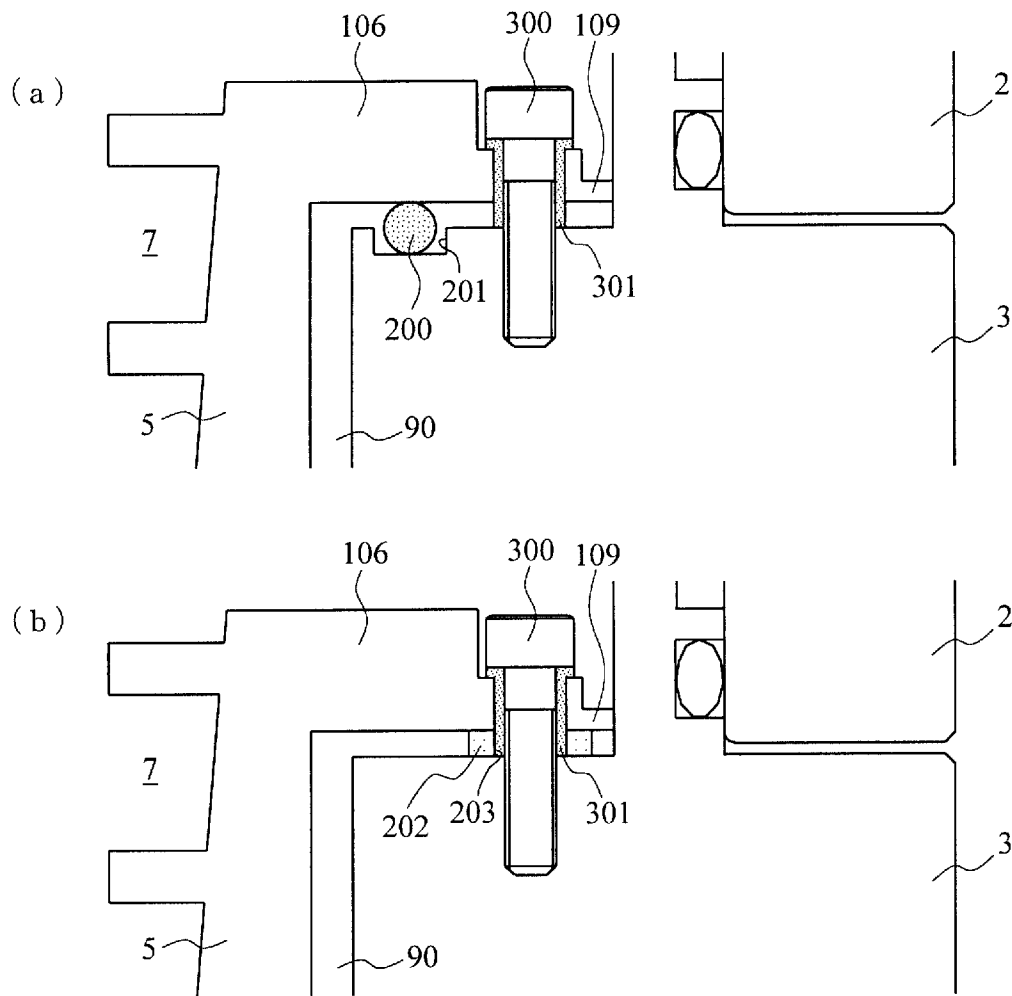
[図4]



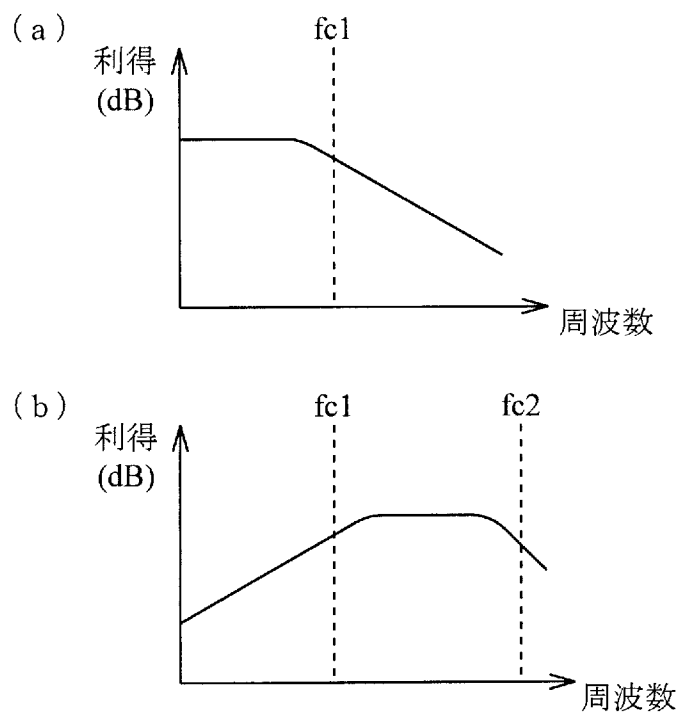
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/062708

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F04D19/04(2006.01) i

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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 6-330885 A (Seiko Instruments Inc.), 29 November, 1994 (29.11.94), Claims 1 to 2; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1-15
X	JP 2003-97554 A (Ebara Corp.), 03 April, 2003 (03.04.03), Claims 1 to 5; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1-15
X	JP 2004-150340 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 27 May, 2004 (27.05.04), Claims 1 to 4; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1-15

☐ 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
18 August, 2009 (18.08.09)

Date of mailing of the international search report
01 September, 2009 (01.09.09)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F04D19/04 (2006.01) i

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))

Int.Cl. 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	1971-2009年
日本国実用新案登録公報	1996-2009年
日本国登録実用新案公報	1994-2009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 6-330885 A (セイコー精機株式会社) 1994. 11. 29, 【請求項1】 - 【請求項2】, 【図1】 乃至 【図4】 (ファミリーなし)	1-15
X	JP 2003-97554 A (株式会社荏原製作所) 2003. 04. 03, 【請求項1】 - 【請求項5】, 【図1】 - 【図3】 (ファミリーなし)	1-15
X	JP 2004-150340 A (三菱重工業株式会社) 2004. 05. 27, 【請求項1】 - 【請求項4】, 【図1】 - 【図4】 (ファミリーなし)	1-15

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矛盾するものではなく、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

18.08.2009

国際調査報告の発送日

01.09.2009

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

種子 浩明

30

9028

電話番号 03-3581-1101 内線 3356