

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7600712号  
(P7600712)

(45)発行日 令和6年12月17日(2024.12.17)

(24)登録日 令和6年12月9日(2024.12.9)

(51)国際特許分類		F I		
H 0 2 K	5/10 (2006.01)	H 0 2 K	5/10	Z
H 0 2 K	5/128(2006.01)	H 0 2 K	5/128	
H 0 2 K	5/173(2006.01)	H 0 2 K	5/173	A
H 0 2 K	11/225 (2016.01)	H 0 2 K	11/225	

請求項の数 15 (全22頁)

(21)出願番号	特願2021-10145(P2021-10145)	(73)特許権者	000004204
(22)出願日	令和3年1月26日(2021.1.26)		日本精工株式会社
(65)公開番号	特開2021-118676(P2021-118676 A)	(74)代理人	110002147
(43)公開日	令和3年8月10日(2021.8.10)		弁理士法人酒井国際特許事務所
審査請求日	令和6年1月12日(2024.1.12)	(72)発明者	田口 俊文
(31)優先権主張番号	特願2020-10994(P2020-10994)		神奈川県藤沢市鵜沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内
(32)優先日	令和2年1月27日(2020.1.27)	(72)発明者	渡辺 逸男
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		神奈川県藤沢市鵜沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内
		(72)発明者	丸山 正幸
			神奈川県藤沢市鵜沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内
		(72)発明者	福山 健一
			神奈川県藤沢市鵜沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 モータ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

ハウジングベースと、前記ハウジングベースに設けられ、回転中心軸に沿った方向に延在するハウジング軸部と、を含むハウジングと、

前記ハウジング軸部の径方向外側に配置されたモータステータと、

前記モータステータと前記ハウジング軸部との間に設けられたモータロータと、

前記モータロータの径方向内側に設けられ、前記モータロータを前記ハウジング軸部に回転可能に支持する軸受と、

前記モータロータの軸方向で前記ハウジングベースと反対側に設けられ、前記モータロータと前記ハウジング軸部との間を密封するシール構造と、

前記モータロータの回転を検出するレゾルバと、

前記モータロータの軸方向で前記ハウジングベースと反対側に設けられ、前記軸受の外輪に固定される外輪押さえ部と、

前記ハウジング軸部の軸方向で前記ハウジングベースと反対側に設けられ、前記軸受の内輪に固定される内輪押さえ部と、を有し、

前記レゾルバは、前記モータロータに連結されたレゾルバロータと、前記レゾルバロータの径方向外側に設けられ、励磁コイルを有するレゾルバステータと、を有し、前記軸受よりも径方向外側であって、かつ、前記回転中心軸に沿った方向で、前記モータステータよりも軸方向で前記ハウジングベースと反対側に設けられ、

前記モータロータの外径は、前記レゾルバロータの外径よりも小さい

モータ。

【請求項 2】

前記モータステータと前記モータロータとの間に設けられ、前記モータステータの配置された空間と前記モータロータの配置された空間とを区分するモータ隔壁を有する請求項 1 に記載のモータ。

【請求項 3】

前記レゾルバロータと前記レゾルバステータとの間にレゾルバ隔壁が設けられる請求項 1 又は請求項 2 に記載のモータ。

【請求項 4】

前記モータロータは、ロータヨーク及び前記ロータヨークの外周に沿って設けられた複数の磁石を有し、

前記レゾルバ隔壁の内径は、前記磁石の外径よりも大きい

請求項 3 に記載のモータ。

10

【請求項 5】

前記回転中心軸に沿った方向で、前記モータステータと前記レゾルバとの間に設けられ、磁性体から構成される連結部を有し、

前記モータロータは、ロータヨーク及び前記ロータヨークの外周に沿って設けられた複数の磁石を有し、

前記連結部の内径は、前記磁石の外径よりも大きい

請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載のモータ。

20

【請求項 6】

前記軸受は、前記ロータヨークの径方向内側に配置される

請求項 4 又は請求項 5 に記載のモータ。

【請求項 7】

径方向で、前記軸受と前記ハウジング軸部との間に隙間が形成される

請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載のモータ。

【請求項 8】

前記モータロータの軸方向で前記ハウジングベースと反対側に設けられる出力軸を有し、前記モータロータの軸方向で前記ハウジングベースと反対側の端部には、軸方向に突出する突出部が設けられ、

前記出力軸は、前記突出部の径方向内側に固定される

請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載のモータ。

30

【請求項 9】

前記連結部は、前記モータロータの径方向外側に配置され、かつ、前記モータステータの前記レゾルバ側を覆って設けられ、前記モータステータに固定される

請求項 5 に記載のモータ。

【請求項 10】

前記軸受は、無潤滑であり、前記ハウジング軸部に設けられた内輪と、前記モータロータに設けられた外輪と、前記内輪と前記外輪との間に設けられた転動体と、を有し、

前記内輪、前記外輪及び前記転動体のうち、少なくとも前記転動体はセラミックス製である

請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載のモータ。

40

【請求項 11】

前記軸受は、無潤滑であり、前記ハウジング軸部に設けられた内輪と、前記モータロータに設けられた外輪と、前記内輪と前記外輪との間に設けられた転動体と、を有し、

前記内輪及び前記外輪は、磁性のある鉄系部材が使用される

請求項 1 から請求項 10 のいずれか 1 項に記載のモータ。

【請求項 12】

前記シール構造は、前記外輪押さえ部と前記内輪押さえ部とで形成されたラビリンス構造を有する

50

請求項 1 から請求項 1 1 のいずれか 1 項に記載のモータ。

【請求項 1 3】

前記モータステータは、前記モータロータの配置された空間よりも大気側の空間に配置される

請求項 1 から請求項 1 2 のいずれか 1 項に記載のモータ。

【請求項 1 4】

前記モータロータは、サマリウムコバルト永久磁石を含む

請求項 1 から請求項 1 3 のいずれか 1 項に記載のモータ。

【請求項 1 5】

前記レゾルバの検出信号に基づいて、前記モータステータの励磁コイルに駆動電流を供給するモータ制御回路を備える

10

請求項 1 から請求項 1 4 のいずれか 1 項に記載のモータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、モータに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 から特許文献 3 には、真空雰囲気等で用いられるモータが記載されている。特許文献 1 から特許文献 3 に記載されているモータでは、モータロータとモータステータとの間に隔壁が設けられる。隔壁により、モータロータが配置された空間と、モータステータが配置された空間とが遮断される。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2006 - 311649 号公報

【文献】特許第 4445075 号公報

【文献】特開 2001 - 339920 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0004】

例えば、半導体製造工程等において、モータが真空かつ高温の環境で使用される場合では、モータからの発塵や発ガスを抑制することが要求される。特許文献 1 に記載されているモータは、いわゆるアウターロータ型であり、モータロータが真空雰囲気側（チャンバ内）に設けられる。このため、モータロータからの発塵や発ガスが真空雰囲気側に流出する可能性がある。また、モータロータとモータステータとの間に隔壁が設けられているので、部品の交換等のメンテナンスの際に、回転部品であるモータロータと、非回転部品であるモータステータとを分解又は組み立てを行う工程が煩雑となる可能性がある。

【0005】

特許文献 2、3 のモータでは、モータロータ又はモータロータに連結された出力軸の外周に軸受が設けられている。このため、軸受が真空雰囲気側に曝されて、軸受からの発塵が真空側に流出する可能性がある。

40

【0006】

本発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであって、発塵の外部への流出を抑制することができるモータを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記の目的を達成するため、本発明の一態様に係るモータは、ハウジングベースと、前記ハウジングベースに設けられ、回転中心軸に沿った方向に延在するハウジング軸部と、を含むハウジングと、前記ハウジング軸部の径方向外側に配置されたモータステータと、

50

前記モータステータと前記ハウジング軸部との間に設けられたモーターロータと、前記モーターロータの径方向内側に設けられ、前記モーターロータを前記ハウジング軸部に回転可能に支持する軸受と、前記モーターロータの軸方向で前記ハウジングベースと反対側に設けられ（例えば、実施形態における出力軸17側）、前記モーターロータと前記ハウジング軸部との間を密封するシール構造と、前記モーターロータの回転を検出するレゾルバと、前記モーターロータの軸方向で前記ハウジングベースと反対側に設けられ、前記軸受の外輪に固定される外輪押さえ部と、前記ハウジング軸部の軸方向で前記ハウジングベースと反対側に設けられ、前記軸受の内輪に固定される内輪押さえ部と、を有し、前記レゾルバは、前記モーターロータに連結されたレゾルバロータと、前記レゾルバロータの径方向外側に設けられ、励磁コイルを有するレゾルバステータと、を有し、前記軸受よりも径方向外側であって、かつ、前記回転中心軸に沿った方向で、前記モータステータよりも軸方向で前記ハウジングベースと反対側（例えば、実施形態における出力軸17側）に設けられ、前記モーターロータの外径は、前記レゾルバロータの外径よりも小さい。

10

**【0008】**

これによれば、軸受は、モーターロータの径方向の内側に設けられる。モーターロータの出力軸側は、使用時に蓋等で封止されるため、軸受での発塵が外部の、例えば真空雰囲気側へ流出することを抑制できる。また、軸受の摩耗により発生した金属粉がモータ内部に回り込んだ場合でも、モータステータに金属粉が吸着される。したがって、モータは、内部で発生した発塵が外部に流出することを抑制することができる。また、レゾルバ側に金属粉が流出することが抑制されるので、レゾルバの検出精度の低下を抑制することができる。また、内輪押さえ部をハウジング軸部から取り外すことで、モーターロータ及びレゾルバロータを含む回転構造体を、出力軸側から一体に引き抜くことができるので、軸受の交換やメンテナンスが容易である。

20

**【0009】**

モータの望ましい態様として、前記モータステータと前記モーターロータとの間に設けられ、前記モータステータの配置された空間と前記モーターロータの配置された空間とを区分するモータ隔壁を有する。これによれば、モータ隔壁により、モータステータが配置された大気雰囲気側の気体が、モーターロータが配置された真空雰囲気側に流出することを抑制することができる。

**【0010】**

モータの望ましい態様として、前記レゾルバロータと前記レゾルバステータとの間にレゾルバ隔壁が設けられる。これによれば、レゾルバ隔壁により、レゾルバロータが配置された空間とレゾルバステータが配置された空間とが区分され、レゾルバステータが配置された大気側の気体が、レゾルバロータが配置された真空雰囲気側に流出することを抑制することができる。また、角度検出器としてレゾルバが用いられ、モータ内に電子的な素子が配置されない。このため、モータが高温環境下で使用される場合であっても、良好に角度を検出できる。

30

**【0011】**

モータの望ましい態様として、前記モーターロータは、ロータヨーク及び前記ロータヨークの外周に沿って設けられた複数の磁石を有し、前記レゾルバ隔壁の内径は、前記磁石の外径よりも大きい。これによれば、レゾルバ隔壁やモータ隔壁を分解することなく、モーターロータ及びレゾルバロータを含む回転構造体を、出力軸側から一体に引き抜くことができる。

40

**【0012】**

モータの望ましい態様として、前記回転中心軸に沿った方向で、前記モータステータと前記レゾルバとの間に設けられ、磁性体から構成される連結部を有し、前記モーターロータは、ロータヨーク及び前記ロータヨークの外周に沿って設けられた複数の磁石を有し、前記連結部の内径は、前記磁石の外径よりも大きい。これによれば、連結部及びレゾルバステータを分解することなく、モーターロータ及びレゾルバロータを含む回転構造体を、出力軸側から一体に引き抜くことができる。

50

## 【 0 0 1 3 】

モータの望ましい態様として、前記軸受は、前記ロータヨークの径方向内側に配置される。これによれば、軸受を、モータロータ及びレゾルバロータとともに出力軸側から一体に引き抜くことができる。

## 【 0 0 1 4 】

モータの望ましい態様として、径方向で、前記軸受と前記ハウジング軸部との間に隙間が形成される。これによれば、モータが高温環境下で使用される場合であっても、軸受とハウジング軸部との熱膨張係数の違いによる軸ずれを抑制することができる。

## 【 0 0 1 5 】

モータの望ましい態様として、前記モータロータの軸方向で前記ハウジングベースと反対側に設けられる出力軸を有し、前記モータロータの軸方向で前記ハウジングベースと反対側の端部には、軸方向に突出する突出部が設けられ、前記出力軸は、前記突出部の径方向内側に固定される。これによれば、出力軸は、いわゆるインロー結合によりモータロータに固定される。このため、軸受の交換やメンテナンスの際に、出力軸の位置決めを容易に行うことができる。

10

## 【 0 0 1 6 】

モータの望ましい態様として、前記連結部は、前記モータロータの径方向外側に配置され、かつ、前記モータステータの前記レゾルバ側を覆って設けられ、前記モータステータに固定される。これによれば、連結部は、モータステータから発生する磁力（磁界）をシールドすることができるので、レゾルバの検出精度を向上させることができる。また、連結部は、摩耗により発生した金属粉を吸着することができる。

20

## 【 0 0 1 7 】

モータの望ましい態様として、前記軸受は、無潤滑であり、前記ハウジング軸部に設けられた内輪と、前記モータロータに設けられた外輪と、前記内輪と前記外輪との間に設けられた転動体と、を有し、前記内輪、前記外輪及び前記転動体のうち、少なくとも前記転動体はセラミックス製である。これによれば、軸受の転動体からの、摩耗による発塵や、高温環境下での発ガスを抑制することができる。

## 【 0 0 1 8 】

モータの望ましい態様として、前記軸受は、無潤滑であり、前記ハウジング軸部に設けられた内輪と、前記モータロータに設けられた外輪と、前記内輪と前記外輪との間に設けられた転動体と、を有し、前記内輪及び前記外輪は、磁性のある鉄系部材が使用される。これによれば、軸受の摩耗による発塵がモータ内部に回り込んだ場合でも、良好にモータステータやモータロータの永久磁石に金属粉が吸着される。

30

## 【 0 0 1 9 】

モータの望ましい態様として、前記シール構造は、前記外輪押さえ部と前記内輪押さえ部とで形成されたラビリンス構造を有する。これによれば、軸受の摩耗等で発生するモータからの発塵が、シール構造で遮蔽され、外部に流出することを抑制することができる。

## 【 0 0 2 0 】

モータの望ましい態様として、前記モータステータは、前記モータロータの配置された空間よりも大気側の空間に配置される。これによれば、モータステータがモータロータと同じ空間、例えば真空雰囲気配置された場合に比べて、モータステータの冷却効率を高めることができる。

40

## 【 0 0 2 1 】

モータの望ましい態様として、前記モータロータは、サマリウムコバルト永久磁石を含む。これによれば、モータが高温環境で使用された場合であっても減磁しないので、良好にモータロータを回転駆動させることができる。

## 【 0 0 2 2 】

モータの望ましい態様として、前記レゾルバの検出信号に基づいて、前記モータステータの励磁コイルに駆動電流を供給するモータ制御回路を備える。これによれば、モータ制御回路は、レゾルバの検出信号に基づいて、回転トルクや速度リップルを常時監視するこ

50

とができる。これにより、例えば軸受の異常の発生等を早期に発見することができ、あるいは、軸受の交換時期を把握することができる。

【発明の効果】

【0023】

本発明によれば、発塵の外部への流出を抑制することができるモータを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】図1は、実施形態に係るモータの使用状態を説明する説明図である。

【図2】図2は、実施形態に係るモータを模式的に示す断面図である。

10

【図3】図3は、図2のIII-III'断面図である。

【図4】図4は、実施形態に係るモータが有する第1軸受を拡大して示す断面図である。

【図5】図5は、実施形態に係るモータが有するモータステータ、モータロータ及びモータ隔壁を拡大して示す断面図である。

【図6】図6は、実施形態に係るモータが有するレゾルバ及びレゾルバ隔壁を拡大して示す断面図である。

【図7】図7は、変形例に係るモータを模式的に示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、本発明につき図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、下記の発明を実施するための形態（以下、実施形態という）により本発明が限定されるものではない。また、下記実施形態における構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のもの、いわゆる均等の範囲のものが含まれる。さらに、下記実施形態で開示した構成要素は適宜組み合わせることが可能である。

20

【0026】

図1は、実施形態に係るモータの使用状態を説明する説明図である。図1に示すように、モータ1が使用される製造装置の一例として、例えば半導体製造装置100について説明する。半導体製造装置100は、チャンバ101と、モータ1と、モータ制御回路90と、制御装置99と、搬送装置110と、を含む。モータ1は、回転中心軸AXを中心に出力軸17（図2参照）を回転駆動する。搬送テーブル111を含む搬送装置110は、チャンバ101の内部に配置されており、開口102を介してモータ1と連結される。半導体製造装置100は、モータ1の駆動により搬送テーブル111を回転させる。半導体製造装置100は、真空雰囲気Vaにあるワーク（被搬送物）120を搬送テーブル111に搭載して移動させる。ワーク120は、例えば、半導体基板、工作物又は工具等である。

30

【0027】

モータ1は、ギヤ、ベルト又はローラ等の伝達機構を介在させることなく搬送テーブル111及びワーク120に回転力をダイレクトに伝達し、ワーク120を回転させることができる。モータ1は、いわゆるダイレクトドライブモータである。なお、本実施形態において、軸方向とは、回転中心軸AXに沿った方向である。

40

【0028】

制御装置99は、入力回路と、中央演算処理装置であるCPU（Central Processing Unit）と、記憶装置であるメモリと、出力回路（いずれも不図示）とを含む。制御装置99は、メモリに記憶されたプログラムに応じて、モータ1を制御するモータ回転指令iを生成し、モータ制御回路90に出力する。

【0029】

制御装置99からモータ回転指令iが入力されたとき、モータ制御回路90は、CPU（Central Processing Unit）91から3相アンプ（以下、AMP（Amplifier）92と表す）に駆動信号を出力し、AMP92からモータ1に駆動電流Miが供給される。モータ1は、駆動電流Miにより回転駆動し、搬送テーブル111を回転させる。これにより、

50

搬送テーブル 111 に搭載されたワーク 120 を移動させるようになっている。なお、搬送装置 110 は、搬送テーブル 111 に加え、ウエハ搬送用のアーム等の他の部材を有していてもよく、ワーク 120 に応じた構成を適宜採用することができる。

#### 【0030】

搬送テーブル 111 が回転すると、回転角度を検出したレゾルバ 60 (図 2 参照) 等の角度検出器から検出信号 (レゾルバ信号)  $S_r$  が出力される。モータ制御回路 90 は、検出信号  $S_r$  をレゾルバデジタル変換器 (以下、RDC (Resolver to Digital Converter) 93 と表す) でデジタル変換する。RDC 93 からの検出信号  $S_r$  のデジタル情報に基づいて、CPU 91 はワーク 120 が指令位置に到達したか否かを判断し、指令位置に到達する場合、AMP 92 への駆動信号を停止する。

10

#### 【0031】

また、モータ制御回路 90 は、レゾルバ 60 の検出信号  $S_r$  に基づいて、回転トルクや速度リップルを常時監視することができる。これにより、モータ制御回路 90 は、例えば図 2 に示す第 1 軸受 21A 及び第 2 軸受 21B の異常の発生等を早期に発見することができる。あるいは、第 1 軸受 21A 及び第 2 軸受 21B の交換時期を把握することができる。

#### 【0032】

一般に、半導体製造装置 100 は、半導体の集積度が高まり、それに伴って同時に IC のパターン幅の微細化による高密度化が進められている。この微細化に対応できるウエハ (半導体部品) を製造するために、ウエハ品質に対する高度の均一性が要求されている。その要求に応えるためには、真空雰囲気  $V_a$  における不純物ガス濃度の一層の低減が重要である。このため、チャンバ 101 の取り付け孔 (開口 102) に配置されるモータ 1 においては、真空雰囲気  $V_a$  の空間と外部の大気雰囲気  $A_t$  とを離隔することも必要となる。

20

#### 【0033】

なお、本実施形態では、チャンバ 101 内を真空雰囲気  $V_a$  としている。ただし、チャンバ 101 内は、真空環境に限定されず、例えば、減圧環境や、窒素ガス、希ガスなどのプロセスガス充填環境等、大気雰囲気  $A_t$  と異なる雰囲気としてもよい。また、チャンバ 101 内は、半導体製造に使用される拡散炉等の真空かつ高温の環境も適用可能である。また、本実施形態で「大気側」とは、「真空側」(真空雰囲気  $V_a$ ) よりも高圧の空間である。又は、「大気側」とは、「真空側」(真空雰囲気  $V_a$ ) よりもプロセスガスの比率が低い空間であってもよい。

30

#### 【0034】

図 2 は、実施形態に係るモータを模式的に示す断面図である。図 3 は、図 2 の III-III' 断面図である。なお、図 2 は、回転中心軸  $A_X$  を含む仮想平面でモータ 1 を切断した場合の断面図である。以下の説明では、回転中心軸  $A_X$  に沿った方向で、出力軸 17 側 (真空雰囲気  $V_a$  側) に向かう方向を「上側」又は単に「上」と表す場合がある。また、回転中心軸  $A_X$  に沿った方向で、ハウジングベース 11 側 (大気雰囲気  $A_t$  側) に向かう方向を「下側」又は単に「下」と表す場合がある。

#### 【0035】

図 2 から図 7 の各構成要素の寸法は、理解を容易にするために強調して模式的に示している。例えば、モータ隔壁 50 は、実際よりも厚く図示している。また、隙間  $G_0$  及び第 1 隙間  $G_1$  から第 4 隙間  $G_4$  の大きさは、実際よりも大きく示しているが、隙間  $G_0$  及び第 1 隙間  $G_1$  から第 4 隙間  $G_4$  は、いずれも微小隙間に形成されている。

40

#### 【0036】

図 2 に示すように、モータ 1 は、ハウジング 10 と、モータステータ 30 と、モータロータ 40 と、第 1 軸受 21A と、第 2 軸受 21B と、レゾルバ 60 と、モータ隔壁 50 と、レゾルバ隔壁 70 と、連結部 15 と、出力軸 17 と、を有する。なお、図 2 及び図 3 では、各構成要素の全体的な配置関係を説明し、各構成要素間の詳細な接続構造や、シール構造については後述する。

#### 【0037】

ハウジング 10 は、ハウジングベース 11 と、ハウジング軸部 12 と、ハウジングアウ

50

タ 1 3 と、蓋部 1 4 と、を含む。ハウジングベース 1 1 は、回転中心軸 A X と交差する方向に延在する平板状の部材であり、回転中心軸 A X と重なる位置に開口が設けられた環状に形成される。ハウジング軸部 1 2 及びハウジングアウト 1 3 は、それぞれ、回転中心軸 A X に沿った方向（以下、軸方向と表す）に延在する筒状の部材である。ハウジング軸部 1 2 の下端は、ハウジングベース 1 1 の内周縁側に連結され、ハウジングアウト 1 3 の下端は、ハウジングベース 1 1 の外周縁側に連結される。つまり、ハウジングアウト 1 3 は、径方向で、ハウジング軸部 1 2 の径方向外側に対向して配置される。

**【 0 0 3 8 】**

蓋部 1 4 は、ハウジングベース 1 1 の開口を覆って設けられる。蓋部 1 4 により、ハウジング軸部 1 2 の内部空間 S P が大気雰囲気 A t と遮断され、内部空間 S P への異物の流入が抑制される。

10

**【 0 0 3 9 】**

ハウジングベース 1 1、ハウジング軸部 1 2 及び蓋部 1 4 は、その一部が真空中に曝されるため、オーステナイト系ステンレス、アルミ合金等、真空中での放出ガスが少なく、かつ放出ガスの成分が既知の真空用材料を用いることができる。また、適用する真空度によっては、電解研磨、平滑化処理、酸化被膜などの表面処理が施されることで、表面積を低減させ、溶存気体の放出を低減させることがより好ましい。ハウジングアウト 1 3 は、本実施形態では、大気雰囲気 A t に曝され、真空中に曝されないため、鋳鉄、低炭素鋼など一般的な構造用材料を用いてもよく、もちろん、ステンレス鋼を用いてもよい。この構造により、モータ 1 は、構造用材料の使用の比率を高め、構造用材料よりも高価な、真空用材料の使用量を減らすことができる。

20

**【 0 0 4 0 】**

モータステータ 3 0 と、モータロータ 4 0 と、第 1 軸受 2 1 A と、第 2 軸受 2 1 B と、モータ隔壁 5 0 と、連結部 1 5 とは、ハウジング軸部 1 2 とハウジングアウト 1 3 との間に組み込まれる。

**【 0 0 4 1 】**

モータステータ 3 0 は、ハウジング軸部 1 2 及びモータロータ 4 0 の径方向外側に配置され、静止状態に維持される。具体的には、連結部 1 5 は、モータステータ 3 0 の上側（レゾルバ 6 0 側）を覆って設けられ、モータステータ 3 0 は、連結部 1 5 を介してハウジングアウト 1 3 に固定される。モータステータ 3 0 の固定方法として、例えば、モータステータ 3 0 のステータコア 3 1 は、ハウジング 1 0（ハウジングアウト 1 3）に対してボルトで締結される。これにより、非回転部品であるモータステータ 3 0 は、ハウジングベース 1 1 に対して位置決め固定される。また、モータロータ 4 0 は、モータステータ 3 0 とハウジング軸部 1 2 との間に設けられる。第 1 軸受 2 1 A 及び第 2 軸受 2 1 B は、モータロータ 4 0 を、ハウジング軸部 1 2 に回転可能に支持する。すなわち、モータロータ 4 0 は、モータステータ 3 0 に対して回転可能に配置される。

30

**【 0 0 4 2 】**

図 3 に示すように、モータステータ 3 0、モータロータ 4 0、第 1 軸受 2 1 A（図 3 では図示されない）及び第 2 軸受 2 1 B は、いずれも環状の構造体であり、回転中心軸 A X を中心に同心円状に配置される。ハウジング軸部 1 2 から、径方向外側に向かって、軸受（第 1 軸受 2 1 A 及び第 2 軸受 2 1 B）、モータロータ 4 0、モータ隔壁 5 0、モータステータ 3 0、ハウジングアウト 1 3 の順に配置される。すなわち、モータ 1 は、いわゆるインナーロータ型であり、モータロータ 4 0 がモータステータ 3 0 よりも回転中心軸 A X 側に位置する。言い換えると、モータロータ 4 0 が真空雰囲気 V a 側に配置され、モータステータ 3 0 が大気雰囲気 A t 側に配置される。

40

**【 0 0 4 3 】**

モータステータ 3 0 は、電磁鋼板を重ね合わせて形成され、ステータコア 3 1 と、インシュレータ 3 4（図 2 参照）と、励磁コイル 3 5（図 2 参照）とを含む。モータステータ 3 0 は、例えば、接着鋼板又は型内かしめにて形成される。これにより、ステータコア 3 1 の加工が容易であり、かつ、モータステータ 3 0 の良好な磁気特性が得られる。ステー

50

タコア 3 1 は、バックヨーク 3 2 とティース 3 3 とを有する。バックヨーク 3 2 は、環状の部材であり、ハウジングアウト 1 3 の内周面と空間を有して対向して配置される。ティース 3 3 は、バックヨーク 3 2 に周方向に複数配置され、等間隔で並ぶ。ティース 3 3 は、それぞれ、バックヨーク 3 2 から径方向内側に突出する。モータステータ 3 0 は、このような一体コアに限られず、複数の分割されたステータコア 3 1 が配置される分割コアであってもよい。励磁コイル 3 5 は、インシュレータ 3 4 を介してステータコア 3 1 のティース 3 3 にそれぞれ巻きつけられる。モータステータ 3 0 には、電源からの電力を供給するための配線が接続されており、この配線を通じて励磁コイル 3 5 に対してモータ制御回路 9 0 から駆動電流  $M_i$  が供給されるようになっている。

#### 【 0 0 4 4 】

図 2 に示す励磁コイル 3 5 を構成するモータ巻線及びインシュレータ 3 4 (絶縁材) は、いずれも耐熱性を有する材料で形成される。モータ巻線及びインシュレータ 3 4 (絶縁材) は、例えば 2 0 0 以上の耐熱性を有する。これにより、モータ 1 は、高温環境下で良好に動作することができる。モータ巻線は、例えばポリイミドからなるコーティングが施される。また、インシュレータ 3 4 の材料は、例えば、絶縁紙、又は樹脂材料、又は絶縁紙と樹脂材料との組み合わせで構成される。

#### 【 0 0 4 5 】

モータロータ 4 0 は、ロータヨーク 4 1、マグネット 4 2 及び空間 4 3 (図 2 参照) を含む。ロータヨーク 4 1 は、円筒状の部材であり、ロータヨーク 4 1 の外径はステータコア 3 1 の内径よりも小さい。モータロータ 4 0 は、モータステータ 3 0 の径方向の内側に、磁気ギャップ  $M_G$  となる隙間を有して環状に設けられる。ロータヨーク 4 1 は、強磁性体の低炭素鋼で形成され、表面にニッケルめっきを施すことが好ましい。ニッケルめっきを施すことで、ロータヨーク 4 1 は錆を防ぐことができ、アウトガスを低減することができる。

#### 【 0 0 4 6 】

図 3 に示すように、複数のマグネット 4 2 は、ロータヨーク 4 1 の外周に沿って貼り付けられる。すなわち、モータステータ 3 0 (ステータコア 3 1) は、モータ隔壁 5 0 を介して、マグネット 4 2 の径方向外側に配置される。回転運動するモータロータ 4 0 と、非回転部品であるモータステータ 3 0 とが非接触に配置されるので、異物の発生を抑制することができる。マグネット 4 2 は、S 極及び N 極がロータヨーク 4 1 の周方向に交互に等間隔で配置される。モータロータ 4 0 の極数は、例えば 2 0 極である。なお、モータロータ 4 0 の極数及びモータステータ 3 0 のスロット数は、2 0 極 1 8 スロットの構成に限られず、必要に応じて適宜変更できる。

#### 【 0 0 4 7 】

本実施形態では、マグネット 4 2 は、サマリウムコバルト永久磁石を用いることが好ましい。これによれば、モータ 1 が高温環境で使用された場合であっても減磁しないので、良好にモータロータ 4 0 を回転駆動させることができる。なお、これに限定されず、マグネット 4 2 は、ネオジム系磁石等、他の材料を用いてもよい。

#### 【 0 0 4 8 】

図 2 に示す空間 4 3 は、マグネット 4 2 の端面での磁気の回り込みを防止する空間である。空間 4 3 を形成するロータヨーク 4 1 の段差寸法  $Y$  (図 4 参照) は、マグネット 4 2 の厚さ寸法  $X$  (図 4 参照) の  $1/3$  以上  $1/2$  以下程度が望ましい。この範囲を超えると、モータロータ 4 0 のマグネット 4 2 の上端面部で磁気の回り込みが発生し、ステータコア 3 1 の方に磁気が回らず、出力トルクが低下する。

#### 【 0 0 4 9 】

モータ隔壁 5 0 は、モータステータ 3 0 とモータロータ 4 0 との間の磁気ギャップ  $M_G$  に設けられ、モータロータ 4 0 の配置された空間 (真空雰囲気  $V_a$  側) とモータステータ 3 0 の配置された空間 (大気雰囲気  $A_t$  側) とを区分する。モータ隔壁 5 0 の詳細な構成については後述する。

#### 【 0 0 5 0 】

10

20

30

40

50

ロータヨーク 4 1 の上端には、出力軸 1 7 が連結される。出力軸 1 7 は、ロータヨーク 4 1 とともに回転し、モータ 1 の回転力を、外部（例えば、搬送テーブル 1 1 1）に伝達する。

**【 0 0 5 1 】**

第 1 軸受 2 1 A 及び第 2 軸受 2 1 B は、ハウジング軸部 1 2 の外周と、ロータヨーク 4 1 の内周との間に設けられる。第 1 軸受 2 1 A 及び第 2 軸受 2 1 B は、それぞれ、内輪 2 2、外輪 2 3 及び転動体 2 4 を有する転がり軸受である。転動体 2 4 は、内輪 2 2 と外輪 2 3 との間に設けられる。回転中心軸 A X に沿った方向で、第 1 軸受 2 1 A は出力軸 1 7 側に配置され、第 2 軸受 2 1 B は、ハウジングベース 1 1 側に配置される。第 1 軸受 2 1 A の内輪 2 2 及び第 2 軸受 2 1 B の内輪 2 2 は、ハウジング軸部 1 2 に固定される。第 1 軸受 2 1 A の外輪 2 3 及び第 2 軸受 2 1 B の外輪 2 3 は、モータロータ 4 0 のロータヨーク 4 1 に固定される。

10

**【 0 0 5 2 】**

第 1 軸受 2 1 A の内輪 2 2 と、第 2 軸受 2 1 B の内輪 2 2 との間に内輪間座 2 5 が設けられる。第 1 軸受 2 1 A の外輪 2 3 と、第 2 軸受 2 1 B の外輪 2 3 との間に外輪間座 2 6 が設けられる。これにより、軸方向での第 1 軸受 2 1 A と第 2 軸受 2 1 B との位置が規定される。ハウジング軸部 1 2 の上端（軸方向でハウジングベース 1 1 と反対側の端部）には、内輪押さえ部 1 6 が連結され、内輪押さえ部 1 6 により、第 1 軸受 2 1 A の内輪 2 2 の上端の位置が固定される。出力軸 1 7 は、外輪押さえ部を兼用しており、出力軸 1 7 により第 1 軸受 2 1 A の外輪 2 3 の上端の位置が固定される。

20

**【 0 0 5 3 】**

第 2 軸受 2 1 B の内輪 2 2 の下端は、ハウジングベース 1 1 に固定される。また、第 2 軸受 2 1 B の外輪 2 3 の下端は、ロータヨーク 4 1 に固定される。このような構成により、第 1 軸受 2 1 A、間座（内輪間座 2 5 及び外輪間座 2 6）及び第 2 軸受 2 1 B は、軸方向で隙間（がた）が生じないように位置決めされて、定位置予圧方式の回転支持構造が形成される。

**【 0 0 5 4 】**

モータロータ 4 0 の出力軸 1 7 側（軸方向でハウジングベース 1 1 と反対側）で、モータロータ 4 0 とハウジング軸部 1 2 との間を非接触で密封するシール構造 L S が設けられる。より具体的には、シール構造 L S は、第 1 軸受 2 1 A の出力軸 1 7 側で、出力軸 1 7 と内輪押さえ部 1 6 との間に形成された微小隙間で構成される。これにより、第 1 軸受 2 1 A 及び第 2 軸受 2 1 B の摩耗による発塵が真空雰囲気 V a 側に流出することを抑制することができる。

30

**【 0 0 5 5 】**

第 1 軸受 2 1 A 及び第 2 軸受 2 1 B の内輪 2 2、外輪 2 3 及び転動体 2 4 のうち、少なくとも転動体 2 4 はセラミックス製である。例えば、転動体 2 4 の材料は、窒化ケイ素、ジルコニア、アルミナ等が用いられる。これによれば、第 1 軸受 2 1 A 及び第 2 軸受 2 1 B の転動体 2 4 からの、摩耗による発塵や、高温環境下での発ガスを抑制することができる。

**【 0 0 5 6 】**

また、第 1 軸受 2 1 A 及び第 2 軸受 2 1 B の内輪 2 2 及び外輪 2 3 は、磁性のある鉄系部材が使用される。磁性のある鉄系部材は、例えばマルテンサイト系ステンレス鋼である。これによれば、軸受（第 1 軸受 2 1 A 及び第 2 軸受 2 1 B）の摩耗による発塵（金属粉）がモータ 1 の内部に回り込んだ場合でも、モータロータ 4 0 のマグネット 4 2 や（モータステータ 3 0 の磁力（磁界）が壁部 5 1（後述の図 5 参照）越しに作用する）モータ隔壁 5 0 に吸着される。

40

**【 0 0 5 7 】**

レゾルバ 6 0 は、第 1 軸受 2 1 A 及び第 2 軸受 2 1 B よりも径方向外側であって、かつ、軸方向で、モータステータ 3 0 よりも出力軸 1 7 側に設けられる。レゾルバ 6 0 はモータロータ 4 0 の回転を検出する角度検出器である。

50

## 【 0 0 5 8 】

レゾルバ60は、レゾルバステータ61A、61Bと、レゾルバロータ62A、62Bを備えている。レゾルバロータ62A、62Bは、レゾルバステータ61A、61Bと所定のギャップを隔てて対向配置され、レゾルバステータ61A、61Bに対して回転可能となっている。具体的には、レゾルバステータ61A、61Bは、ハウジングアウト13に固定される。これにより、レゾルバステータ61A、61Bは、モータステータ30及びハウジングベース11に対して位置決め固定され、静止状態に維持される。また、レゾルバロータ62A、62Bは、出力軸17の外周に固定されている。レゾルバロータ62A、62Bは、モータロータ40とともに回転する。

## 【 0 0 5 9 】

レゾルバロータ62A、62Bとレゾルバステータ61A、61Bとの間にレゾルバ隔壁70が設けられる。レゾルバ隔壁70は、レゾルバステータ61A、61Bを覆って設けられる。また、レゾルバ隔壁70は、チャンバ101（図1参照）との取付構造を兼用しており、ハウジングアウト13よりも径方向外側に張り出した部分で、チャンバ101に固定される。レゾルバ隔壁70の隔壁上面70aには溝部70bが設けられる。溝部70bは、回転中心軸AXを中心とした環状に形成される。溝部70bにはめ込まれたOリング等の密封部材（不図示）により、隔壁上面70aとチャンバ101との間がシールされる。

## 【 0 0 6 0 】

以上のような構成により、モータステータ30は、モータロータ40よりも大気雰囲気At側に配置される。また、軸受（第1軸受21A及び第2軸受21B）は、モータロータ40の径方向の内側に設けられる。また、レゾルバ60は、軸方向でモータステータ30よりも出力軸17側に設けられる。軸方向でモータロータ40の出力軸17側は、使用時に蓋等で封止されるため、軸受での発塵が外部（真空雰囲気Va側）へ流出することを抑制できる。また、軸受の摩耗により発生した金属粉がモータ1の内部に回り込んだ場合でも、（モータステータ30の磁力（磁界）が壁部51越しに作用する）モータ隔壁50に金属粉が吸着される。したがって、モータ1は、内部で発生した発塵が外部に流出することを抑制することができる。

## 【 0 0 6 1 】

また、ハウジング10には、外部と繋がる排気ポート80が設けられる。これにより、モータステータ30が配置された空間の気体を、外部に排気することができ、モータステータ30の冷却効率を高めることができる。また、図2に示すようにモータロータ40の外径は、レゾルバロータ62A、62Bの外径よりも小さい。このため、内輪押さえ部16をハウジング軸部12から外すのみで、モータロータ40及びレゾルバロータ62A、62Bを含む回転構造体を、出力軸17側から一体に引き抜くことができる。このため、軸受（第1軸受21A及び第2軸受21B）の交換やメンテナンスが容易である。

## 【 0 0 6 2 】

より詳細には、レゾルバ隔壁70の内径r2は、マグネット42（磁石）の外径r1よりも大きい。また、連結部15の内径r3は、マグネット42（磁石）の外径r1よりも大きい。なお、マグネット42（磁石）の外径r1とは、周方向に配列された複数のマグネット42（磁石）の外周を繋いで形成される仮想円の直径を示す。また、レゾルバ隔壁70の内径r2とは、径方向で、レゾルバステータ61A、61Bとレゾルバロータ62A、62Bとの間に配置される内側壁部71（図6参照）の内径r2である。連結部15の内径r3は、連結天板部15aの内周面15c（図5参照）の内径r3である。また、ロータヨーク41はマグネット42の径方向内側に配置され、軸受（第1軸受21A及び第2軸受21B）は、ロータヨーク41の径方向内側に配置される。このような構成により、レゾルバ隔壁70、モータ隔壁50、連結部15及びレゾルバステータ61A、61B等の非回転部品を分解することなく、軸受（第1軸受21A及び第2軸受21B）、モータロータ40及びレゾルバロータ62A、62Bを含む回転構造体を、出力軸17側から一体に引き抜くことができる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 3 】

次に、モータ 1 の各構成要素の詳細な構造を説明する。図 4 は、実施形態に係るモータが有する第 1 軸受を拡大して示す断面図である。図 4 に示すように、内輪押さえ部 1 6 は、ボルト B T 1 によりハウジング軸部 1 2 の上端に固定される。内輪押さえ部 1 6 は、内部空間 S P に繋がる開口を有する環状の部材である。ただし、内輪押さえ部 1 6 は、内部空間 S P を覆う平板状であってもよい。内輪押さえ部 1 6 の外周には、ハウジング軸部 1 2 よりも径方向外側に張り出した部分で段差部 1 6 a が形成される。第 1 軸受 2 1 A の内輪 2 2 の上端は、段差部 1 6 a に接する。第 1 軸受 2 1 A の内輪 2 2 の下端は、内輪間座 2 5 に接する。第 1 軸受 2 1 A の内輪 2 2 は、軸方向で段差部 1 6 a と内輪間座 2 5 とに挟まれて位置決めされる。

10

## 【 0 0 6 4 】

ここで、径方向で、第 1 軸受 2 1 A の内輪 2 2 とハウジング軸部 1 2 との間に第 4 隙間 G 4 が形成される。また、内輪間座 2 5 及び第 2 軸受 2 1 B の内輪 2 2 ( 図 5 参照 ) とハウジング軸部 1 2 との間にも第 4 隙間 G 4 が形成される。第 4 隙間 G 4 は、例えば、0 . 1 0 mm 以上 0 . 1 5 mm 以下程度である。これにより、モータ 1 が高温環境下で使用される場合であっても、軸受 ( 第 1 軸受 2 1 A 及び第 2 軸受 2 1 B ) とハウジング軸部 1 2 との熱膨張係数の違いによる軸ずれを抑制することができる。

## 【 0 0 6 5 】

出力軸 1 7 は、ボルト B T 2 によりモータロータ 4 0 のロータヨーク 4 1 の上端に固定される。ロータヨーク 4 1 の上端 ( 軸方向でハウジングベース 1 1 と反対側の端部 ) には、軸方向に突出する突出部 4 1 d が設けられる。突出部 4 1 d はロータヨーク 4 1 の外周に沿って設けられた環状の部材であり、ロータヨーク 4 1 の径方向での幅よりも小さい幅を有して形成される。出力軸 1 7 は、突出部 4 1 d の径方向内側に固定される。すなわち、出力軸 1 7 とロータヨーク 4 1 とは、いわゆるインロー結合により固定される。このため、軸受 ( 第 1 軸受 2 1 A 及び第 2 軸受 2 1 B ) の交換やメンテナンスの際に、出力軸 1 7 の位置決めを容易に行うことができる。また、出力軸 1 7 は、ロータヨーク 4 1 及び突出部 4 1 d よりも大きい熱膨張係数を有する材料が用いられることが好ましい。これにより、モータ 1 が高温環境下で使用される場合に、出力軸 1 7 の位置ずれを抑制することができる。

20

## 【 0 0 6 6 】

出力軸 1 7 は、ロータヨーク 4 1 の内周面よりも径方向内側に張り出した部分で段差部 1 7 b が形成される。第 1 軸受 2 1 A の外輪 2 3 の上端は、段差部 1 7 b に接する。第 1 軸受 2 1 A の外輪 2 3 の下端は、外輪間座 2 6 に接する。第 1 軸受 2 1 A の外輪 2 3 は、軸方向で段差部 1 7 b と外輪間座 2 6 とに挟まれて位置決めされる。

30

## 【 0 0 6 7 】

出力軸 1 7 は、さらにフランジ部 1 7 a を有する。フランジ部 1 7 a は、出力軸 1 7 の内周面から径方向内側に延在する環状の部材である。フランジ部 1 7 a は、第 1 軸受 2 1 A の内輪 2 2 と外輪 2 3 との間の空間を覆うように設けられる。また、フランジ部 1 7 a の内周面は、内輪押さえ部 1 6 の外周面と隙間 G 0 を有して対向して配置され、これによりシール構造 L S が形成される。シール構造 L S は、ラビリンス構造を採用することが好ましい。ラビリンス構造は、どのような構成であってもよいが、例えば、内輪押さえ部 1 6 のフランジ部 1 7 a と対向する位置に溝部が形成され、隙間 G 0 が断面視で略 C 型に形成されていてもよい。

40

## 【 0 0 6 8 】

また、出力軸 1 7 は、レゾルバロータ 6 2 A、6 2 B の支持構造も兼用する。つまり、出力軸 1 7 は、モータロータ 4 0 よりも径方向外側に張り出した張出部 1 7 d を有し、モータロータ 4 0 に固定される部分と、張出部 1 7 d とで段差部 1 7 c が形成される。レゾルバロータ 6 2 A、6 2 B は、段差部 1 7 c に組み込まれ、ボルト B T 3 で固定される。このような構造で、レゾルバロータ 6 2 A、6 2 B は、出力軸 1 7 及びモータロータ 4 0 と一体に回転する。

50

## 【 0 0 6 9 】

図 5 は、実施形態に係るモータが有するモータステータ、モータロータ及びモータ隔壁を拡大して示す断面図である。ハウジング 1 0 の蓋部 1 4 は、ハウジングベース 1 1 にボルト B T 4 で固定される。蓋部 1 4 は、ハウジング軸部 1 2 の内部空間 S P に突出する凸部が形成され、Oリング等の密封部材 S L 1 により、凸部の外周とハウジング軸部 1 2 の内周との間がシールされる。

## 【 0 0 7 0 】

ハウジングアウト 1 3 は、ハウジングベース 1 1 の外縁側にボルト B T 5 で固定される。ハウジングベース 1 1 の上面には、ハウジング軸部 1 2 とハウジングアウト 1 3 との間で、複数の段差部 1 1 a、1 1 b、1 1 c、1 1 d、1 1 e が形成される。ハウジング軸部 1 2 から径方向外側に向かって段差部 1 1 a、1 1 b、1 1 c、1 1 d、1 1 e の順に設けられ、段差部 1 1 a、1 1 b、1 1 c、1 1 d、1 1 e の順に上面の高さが低くなる。

10

## 【 0 0 7 1 】

段差部 1 1 a の上面に第 2 軸受 2 1 B の内輪 2 2 の下端が接する。第 2 軸受 2 1 B の内輪 2 2 の上端は、内輪間座 2 5 に接する。第 2 軸受 2 1 B の内輪 2 2 は、段差部 1 1 a と内輪間座 2 5 とに挟まれて軸方向の位置が固定される。ロータヨーク 4 1 の下端側には、内周面から径方向内側に突出するフランジ部 4 1 a が形成される。フランジ部 4 1 a の上面に第 2 軸受 2 1 B の外輪 2 3 の下端が接する。第 2 軸受 2 1 B の外輪 2 3 の上端は、外輪間座 2 6 に接する。第 2 軸受 2 1 B の外輪 2 3 は、フランジ部 4 1 a と外輪間座 2 6 とに挟まれて軸方向の位置が固定される。また、ハウジングベース 1 1 には、段差部 1 1 b、1 1 c が形成されているので、第 2 軸受 2 1 B の外輪 2 3 及びロータヨーク 4 1 の下端側は、ハウジングベース 1 1 と非接触に設けられる。また、ロータヨーク 4 1 の外周に形成された段差部 4 1 b に、マグネット 4 2 の上端が接して位置決めされる。

20

## 【 0 0 7 2 】

次に、モータ隔壁 5 0 の詳細な構成について説明する。図 5 に示すように、モータ隔壁 5 0 は、壁部 5 1 と、天板部 5 2 と、フランジ部 5 3 とを有する。モータ隔壁 5 0 は、モータロータ 4 0 の配置された空間（真空雰囲気 V a 側）に、モータステータ 3 0 の配置された空間（大気雰囲気 A t 側）の気体が流通しないように密閉する隔壁である。

## 【 0 0 7 3 】

具体的には、モータ隔壁 5 0 の壁部 5 1 は、軸方向に延在する筒状の部材であり、ステータコア 3 1 と、ロータヨーク 4 1 に固定されたマグネット 4 2 との間に配置される。壁部 5 1 は、マグネット 4 2 の外周と、第 1 隙間 G 1 を有して対向する。言い換えると、第 1 隙間 G 1 は、径方向でモータ隔壁 5 0 とモータロータ 4 0 との間に形成される隙間である。壁部 5 1 の径方向での厚さは、ステータコア 3 1 と、ロータヨーク 4 1 に固定されたマグネット 4 2 との間の隙間の長さの 4 0 % 以上 8 0 % 以下である。これにより、モータ隔壁 5 0 の強度を向上させることができ、モータ隔壁 5 0 の変形を抑制することができる。また、モータ隔壁 5 0 と、回転部品であるモータロータ 4 0 との接触を抑制することができる。

30

## 【 0 0 7 4 】

天板部 5 2 は、壁部 5 1 の上端側に連結され、径方向外側に延在して設けられる。天板部 5 2 は、モータステータ 3 0 の少なくとも一部を覆って設けられる。すなわち、天板部 5 2 は、軸方向で、ステータコア 3 1、インシュレータ 3 4 及び励磁コイル 3 5 よりも出力軸 1 7 側に配置される。

40

## 【 0 0 7 5 】

連結部 1 5 は、天板部 5 2 の上面及び径方向外側を覆って設けられる。具体的には、連結部 1 5 は、連結天板部 1 5 a 及び連結壁部 1 5 b を有する。連結壁部 1 5 b は、筒状の部材であり、軸方向に沿って延在し、ハウジングアウト 1 3 の内周面と、インシュレータ 3 4 及び天板部 5 2 の外周面との間に配置される。連結天板部 1 5 a は、連結壁部 1 5 b の上端側に連結され、径方向内側に延在する。連結天板部 1 5 a は、モータ隔壁 5 0 の天板部 5 2 と重なって設けられる。

50

## 【 0 0 7 6 】

ハウジングアウト 1 3 の内周面には、径方向内側に延在するフランジ部 1 3 a が設けられる。連結壁部 1 5 b の上端は、フランジ部 1 3 a の下面にボルト B T 6 で固定される。また、モータステータ 3 0 のステータコア 3 1 は、連結壁部 1 5 b の下端にボルト B T 7 で固定される。このような構成で、モータステータ 3 0 は、連結部 1 5 を介して、ハウジング 1 0 のハウジングアウト 1 3 に固定される。

## 【 0 0 7 7 】

連結天板部 1 5 a の内周面 1 5 c 側の一部は、天板部 5 2 と重なって設けられる。天板部 5 2 は、連結天板部 1 5 a にボルト B T 8 により固定される。これにより、天板部 5 2 は、連結部 1 5 を介してハウジングアウト 1 3 に固定される。また、連結天板部 1 5 a の下面と、天板部 5 2 の上面との間は、Oリング等の密封部材 S L 3 によりシールされる。

10

## 【 0 0 7 8 】

また、連結天板部 1 5 a の内周面 1 5 c は、ロータヨーク 4 1 の外周面 4 1 c と、第 3 隙間 G 3 を有して対向して設けられる。第 3 隙間 G 3 の大きさは、第 1 隙間 G 1 の大きさよりも小さい。これにより、第 1 軸受 2 1 A 及び第 2 軸受 2 1 B の摩耗による発塵が、第 3 隙間 G 3 を通ってレゾルバ 6 0 側に流出することを抑制できる。また、上述したように、連結部 1 5 がハウジングアウト 1 3 に固定されて位置決めされ、これにより、モータロータ 4 0 のロータヨーク 4 1 と、連結部 1 5 との間隔（第 3 隙間 G 3）を所定の範囲に確保することができる。

## 【 0 0 7 9 】

モータ隔壁 5 0 のフランジ部 5 3 は、壁部 5 1 の下端側に連結され、径方向内側に延在して設けられる。フランジ部 5 3 は、ハウジングベース 1 1 の段差部 1 1 d の上面にボルト B T 9 により固定される。フランジ部 5 3 の下面と、段差部 1 1 d の上面との間は、Oリング等の密封部材 S L 2 によりシールされる。このような構成により、モータ隔壁 5 0 と、ハウジングベース 1 1 と、ハウジングアウト 1 3 と、連結部 1 5 とで囲まれた空間が密閉される。モータステータ 3 0 は、モータ隔壁 5 0 と、ハウジングベース 1 1 と、ハウジングアウト 1 3 と、連結部 1 5 とで囲まれた空間に設けられる。モータロータ 4 0 及び軸受（第 1 軸受 2 1 A 及び第 2 軸受 2 1 B）は、モータ隔壁 5 0 と、ハウジングベース 1 1 と、ハウジング軸部 1 2 と、出力軸 1 7 とで囲まれた空間に設けられる。したがって、各構成部品の位置決め精度と、モータ 1 の剛性を高めることができる。

20

30

## 【 0 0 8 0 】

モータ隔壁 5 0 には非磁性体が用いられる。モータ隔壁 5 0 の材質として、例えばオーステナイト系ステンレスが適している。このため、壁部 5 1 越しにモータロータ 4 0 を駆動する際の磁力（磁界）の低下を抑制することができる。モータ隔壁 5 0 は、例えば非磁性ステンレス鋼板に深絞り加工を施すことで、円筒形状とした一体成形品として形成できる。壁部 5 1 は、天板部 5 2 及びフランジ部 5 3 よりも薄く形成される。具体的には、天板部 5 2 及びフランジ部 5 3 が数 mm の肉厚であるのに対し、壁部 5 1 は 0 . 2 mm 以上 0 . 5 mm 以下の肉厚まで引き延ばしている。これにより、モータ隔壁 5 0 の剛性及び気密性を確保しつつ、モータロータ 4 0 を駆動する際の磁気的な損失を抑制することができる。また、第 1 隙間 G 1 が小さいので、モータステータ 3 0 とモータロータ 4 0 との磁気的結合を向上させることができ、モータロータ 4 0 を良好に回転駆動させることができる。

40

## 【 0 0 8 1 】

また、連結部 1 5 は、磁性体から構成される。連結部 1 5 は、軟磁性体であり、例えば、炭素濃度 0 . 4 8 % 以下の低炭素鋼で形成される。低炭素鋼は、例えば、J I S 規格で規定された S 4 5 C 等が例示される。このため、連結部 1 5 はシールドとして機能し、モータステータ 3 0 から発生した磁力（磁界）がレゾルバ 6 0 側に達することを抑制することができる。なお、連結部 1 5 の一部（連結天板部 1 5 a の内周面 1 5 c）は、真空雰囲気 V a 側に曝されるので、モータロータ 4 0 のロータヨーク 4 1 と同様の材料を用いることが好ましい。

## 【 0 0 8 2 】

50

より詳細には、径方向で、連結部 15 の内周面 15 c と、ロータヨーク 41 の外周面 41 c との第 3 隙間 G 3 は、0.1 mm 以上 0.4 mm 以下程度である。また、連結部 15 の内周面 15 c と、ロータヨーク 41 の外周面 41 c との第 3 隙間 G 3 の、回転中心軸に沿った方向での長さは、1 mm 以上 4 mm 以下程度である。さらに、連結部 15 のロータヨーク 41 と対向する部分の厚さは、1 mm 以上である。ここで、厚さは、連結部 15 の、ボルト B T 10 (図 6 参照) よりも径方向内側 (ロータヨーク 41 側) での厚さである。

#### 【0083】

このような構成により、モータステータ 30 から発生した磁力 (磁界) が、ロータヨーク 41、第 3 隙間 G 3 及び連結部 15 を通ってモータステータ 30 側に戻る磁気回路が形成される。これにより、励磁コイル 35 を流れる駆動電流  $M_i$  により発生する磁力 (磁界) が、モータロータ 40 を伝搬しレゾルバ 60 側に達することを抑制することができる。この結果、モータ 1 は、レゾルバ 60 の位置情報の誤検出を抑制することができる。

10

#### 【0084】

以上のような構成により、第 1 軸受 21 A 及び第 2 軸受 21 B の摩耗により金属粉が発生した場合でも、第 1 軸受 21 A の出力軸側に設けられたシール構造 L S (図 4 参照) により金属粉が真空雰囲気 V a 側に流出することを抑制できる。また、金属粉が第 2 軸受 21 B の下側 (ハウジングベース 11 側) からモータ 1 の内部に回り込んだ場合でも、(モータステータ 30 から発生した磁力 (磁界) が壁部 51 (図 5 参照) 越しに作用する) モータ隔壁 50 に吸着されたり、(モータステータ 30 から発生した磁力 (磁界) が作用する) 連結部 15 に吸着されたりするため、外部に流出することを抑制することができる。

20

#### 【0085】

次に、レゾルバ 60 の構成について説明する。図 6 は、実施形態に係るモータが有するレゾルバ及びレゾルバ隔壁を拡大して示す断面図である。図 6 に示すように、レゾルバステータ 61 A、61 B は、ハウジングアウト 13 のフランジ部 13 a の上面に、ボルト B T 12 により固定される。

#### 【0086】

レゾルバステータ 61 A、61 B は、複数のステータ磁極が円周方向に等間隔に形成された環状の積層鉄心を有し、各ステータ磁極にレゾルバコイルが巻回されている。各レゾルバコイルには、検出信号 (レゾルバ信号)  $S_r$  が出力される配線が接続されている。

#### 【0087】

レゾルバロータ 62 A、62 B は、中空環状の積層鉄心により構成されており、出力軸 17 の外側の段差部 17 c に固定されている。レゾルバ 60 の配設位置は、軸方向でモータステータ 30 よりも出力軸 17 側であればよく、モータロータ 40 (出力軸 17) の回転を検出することが可能であれば特に限定されない。

30

#### 【0088】

モータ 1 を制御するモータ制御回路 90 (図 1 参照) は、レゾルバ 60 の検出信号  $S_r$  に基づいて、モータステータ 30 の励磁コイル 35 に駆動電流  $M_i$  を供給する。具体的には、モータロータ 40 が回転すると、モータロータ 40 とともに出力軸 17 が回転し、連動してレゾルバロータ 62 A、62 B も回転する。これにより、レゾルバロータ 62 A、62 B と、レゾルバステータ 61 A、61 B との間のリラクタンスが連続的に変化する。レゾルバステータ 61 A、61 B は、リラクタンスの変化を検出し、R D C 93 によって検出信号  $S_r$  をデジタル信号に変換する。モータ 1 を制御するモータ制御回路 90 の C P U 91 は、R D C 93 の電気信号に基づいて、単位時間当たりのレゾルバロータ 62 A、62 B と連動する出力軸 17 及びモータロータ 40 の位置や回転角度を演算処理することができる。その結果、モータ制御回路 90 は、出力軸 17 の回転状態 (例えば、回転速度、回転方向あるいは回転角度など) を計測することが可能となる。

40

#### 【0089】

レゾルバ隔壁 70 は、内側壁部 71 と、レゾルバ天板部 72 と、取付部 73 と、フランジ部 74 とを有する。内側壁部 71 は、軸方向に延在する筒状の部材であり、径方向で、レゾルバステータ 61 A、61 B とレゾルバロータ 62 A、62 B との間に設けられる。

50

## 【 0 0 9 0 】

レゾルバ天板部 7 2 は、内側壁部 7 1 の上端に連結され、径方向外側に延在する。レゾルバ天板部 7 2 は、レゾルバステータ 6 1 A、6 1 B を覆って設けられる。また、レゾルバ天板部 7 2 の上面が、上述した隔壁上面 7 0 a となる。取付部 7 3 は、レゾルバ天板部 7 2 よりも径方向外側に設けられ、レゾルバ天板部 7 2 よりも肉厚に形成される。取付部 7 3 は、ボルト B T 1 1 により、ハウジングアウト 1 3 の上端に固定される。また、上述したように、取付部 7 3 は、ボルト等の固定部材により、チャンバ 1 0 1 の外壁に固定される。

## 【 0 0 9 1 】

フランジ部 7 4 は、内側壁部 7 1 の下端に連結され、径方向内側に延在する。フランジ部 7 4 は、連結部 1 5 の上面に重なって設けられ、ボルト B T 1 0 により連結部 1 5 に固定される。フランジ部 7 4 の下面と、連結部 1 5 の上面との間は、Oリング等の密封部材 S L 4 によりシールされる。

10

## 【 0 0 9 2 】

このような構成により、レゾルバ隔壁 7 0 は、レゾルバロータ 6 2 A、6 2 B の配置された空間（真空雰囲気 V a 側）に、レゾルバステータ 6 1 A、6 1 B の配置された空間（大気雰囲気 A t 側）の気体が流通しないように密閉することができる。すなわち、レゾルバステータ 6 1 A、6 1 B は、レゾルバ隔壁 7 0 と、ハウジングアウト 1 3 と、連結部 1 5 とで囲まれた空間に設けられる。レゾルバロータ 6 2 A、6 2 B は、レゾルバ隔壁 7 0 と、出力軸 1 7 との間の空間に設けられる。

20

## 【 0 0 9 3 】

内側壁部 7 1 の外周面 7 1 a は、出力軸 1 7 の張出部 1 7 d の外周面と、第 2 隙間 G 2 を有して対向して設けられる。言い換えると、第 2 隙間 G 2 は、径方向でレゾルバ隔壁 7 0 とレゾルバロータ 6 2 A、6 2 B との間に形成される隙間である。第 2 隙間 G 2 は、第 1 隙間 G 1 よりも大きく、かつ、第 3 隙間 G 3 よりも大きい。

## 【 0 0 9 4 】

これにより、第 1 軸受 2 1 A 及び第 2 軸受 2 1 B の摩耗により金属粉が発生した場合でも、金属粉が第 3 隙間 G 3 を通過する際に（モータステータ 3 0 から発生した磁力（磁界）が作用する）連結部 1 5 に吸着され、レゾルバ 6 0 側に流出することを抑制することができる。また、第 2 隙間 G 2 が大きく形成されるので、メンテナンス等において、回転部（モータロータ 4 0、レゾルバロータ 6 2 A、6 2 B、出力軸 1 7、第 1 軸受 2 1 A 及び第 2 軸受 2 1 B）を、出力軸 1 7 側に容易に取り外すことができる。

30

## 【 0 0 9 5 】

なお、上述したモータ 1 の各構成要素の形状や構成はあくまで一例であり、適宜変更してもよい。例えば、レゾルバ隔壁 7 0 は一体に形成される場合に限定されず、複数に分割されていてもよい。また、各構成要素の固定構造やシール構造も適宜変更してもよい。

## 【 0 0 9 6 】

以上説明したように、本実施形態のモータ 1 は、ハウジング 1 0 と、モータステータ 3 0 と、モータロータ 4 0 と、軸受（第 1 軸受 2 1 A 及び第 2 軸受 2 1 B）と、シール構造 L S と、レゾルバ 6 0 と、を有する。ハウジング 1 0 は、ハウジングベース 1 1 と、ハウジングベース 1 1 に設けられ、回転中心軸 A X に沿った方向に延在するハウジング軸部 1 2 と、を含む。モータステータ 3 0 は、ハウジング軸部 1 2 の径方向外側に配置される。モータロータ 4 0 は、モータステータ 3 0 とハウジング軸部 1 2 との間に設けられる。軸受は、モータロータ 4 0 の径方向内側に設けられ、モータロータ 4 0 をハウジング軸部 1 2 に回転可能に支持する。シール構造 L S は、モータロータ 4 0 の出力軸 1 7 側で、モータロータ 4 0 とハウジング軸部 1 2 との間を密封する。レゾルバ 6 0 は、モータロータ 4 0 の回転を検出する。レゾルバ 6 0 は、軸受よりも径方向外側であって、かつ、回転中心軸 A X に沿った方向で、モータステータ 3 0 よりも出力軸 1 7 側に設けられる。

40

## 【 0 0 9 7 】

これによれば、軸受は、モータロータ 4 0 の径方向内側に設けられる。モータロータ 4

50

0 の出力軸 17 側は、使用時に蓋等で封止されるため、軸受での発塵が外部の、例えば真空雰囲気 Va 側へ流出することを抑制できる。また、軸受の摩耗により発生した発塵（金属粉）がモータ 1 内部に回り込んだ場合でも、（モータステータ 30 の磁力（磁界）により）モータ隔壁 50 に金属粉が吸着される。したがって、モータ 1 は、内部で発生した発塵が外部に流出することを抑制することができる。また、レゾルバ 60 側に金属粉が流出することが抑制されるので、レゾルバ 60 の検出精度の低下を抑制することができる。

【0098】

また、モータ 1 は、モータステータ 30 とモータロータ 40 との間に設けられ、モータステータ 30 の配置された空間とモータロータ 40 の配置された空間とを区分するモータ隔壁 50 を有する。これによれば、モータ隔壁 50 により、モータステータ 30 が配置された大気雰囲気側の気体が、モータロータ 40 が配置された真空雰囲気側に流出することを抑制することができる。

10

【0099】

また、モータ 1 において、レゾルバ 60 は、モータロータ 40 に連結されたレゾルバロータ 62 A、62 B と、レゾルバロータ 62 A、62 B の径方向外側に設けられ、励磁コイルを有するレゾルバステータ 61 A、61 B と、を有し、レゾルバロータ 62 A、62 B とレゾルバステータ 61 A、61 B との間にレゾルバ隔壁 70 が設けられる。これによれば、レゾルバ隔壁 70 により、レゾルバロータ 62 A、62 B が配置された空間とレゾルバステータ 61 A、61 B が配置された空間とが区分され、レゾルバステータ 61 A、61 B が配置された大気側の気体が、レゾルバロータ 62 A、62 B が配置された真空雰囲気側に流出することを抑制することができる。また、角度検出器としてレゾルバ 60 が用いられ、モータ 1 内に電子的な素子が配置されない。このため、モータ 1 が高温環境下で使用される場合であっても、良好に角度を検出できる。

20

【0100】

また、モータ 1 において、モータロータ 40 の外径は、レゾルバロータ 62 A、62 B の外径よりも小さい。これによれば、モータロータ 40 及びレゾルバロータ 62 A、62 B を含む回転構造体を、出力軸 17 側から一体に引き抜くことができるので、軸受（第 1 軸受 21 A 及び第 2 軸受 21 B）の交換やメンテナンスが容易である。

【0101】

また、モータ 1 において、軸受（第 1 軸受 21 A 及び第 2 軸受 21 B）は、無潤滑であり、ハウジング軸部 12 に設けられた内輪 22 と、モータロータ 40 に設けられた外輪 23 と、内輪 22 と外輪 23 との間に設けられた転動体 24 と、を有し、内輪 22、外輪 23 及び転動体 24 のうち、少なくとも転動体 24 はセラミックス製である。これによれば、軸受の転動体 24 からの、摩耗による発塵や、高温環境下での発ガスを抑制することができる。

30

【0102】

また、モータ 1 において、軸受（第 1 軸受 21 A 及び第 2 軸受 21 B）は、無潤滑であり、ハウジング軸部 12 に設けられた内輪 22 と、モータロータ 40 に設けられた外輪 23 と、内輪 22 と外輪 23 との間に設けられた転動体 24 と、を有し、内輪 22 及び外輪 23 は、磁性のある鉄系部材が使用される。これによれば、軸受の摩耗による発塵がモータ 1 の内部に回り込んだ場合でも、良好にモータステータ 30 やモータロータ 40 の永久磁石に金属粉が吸着される。

40

【0103】

また、モータ 1 において、回転中心軸 Ax に沿った方向で、モータステータ 30 とレゾルバ 60 との間に磁性体から構成される連結部 15 が配置されている。これによれば、連結部 15 は、モータステータ 30 から発生する磁力（磁界）をシールドすることができるので、レゾルバ 60 の検出精度を向上させることができる。また、連結部 15 は、摩耗により発生した金属粉を吸着することができる。

【0104】

また、モータ 1 は、モータロータ 40 の出力軸 17 側に設けられ、軸受の外輪 23 に固

50

定される外輪押さえ部（段差部 17b）と、ハウジング軸部 12 の出力軸 17 側に設けられ、軸受の内輪 22 に固定される内輪押さえ部 16 と、を有し、シール構造 LS は、外輪押さえ部と内輪押さえ部 16 とで形成されたラビリンス構造を有する。これによれば、軸受の摩耗等で発生するモータ 1 からの発塵が、シール構造 LS で遮蔽され、外部に流出することを抑制することができる。

【0105】

また、モータ 1 において、モータステータ 30 は、モータロータ 40 の配置された空間よりも大気側の空間に配置される。これによれば、モータステータ 30 がモータロータ 40 と同じ空間、例えば真空雰囲気 Va に配置された場合に比べて、モータステータ 30 の冷却効率を高めることができる。

10

【0106】

また、モータ 1 において、モータロータ 40 は、サマリウムコバルト永久磁石を含む。これによれば、モータ 1 が高温環境で使用された場合であってもマグネット 42 が減磁しないので、良好にモータロータ 40 を回転駆動させることができる。

【0107】

また、モータ 1 において、レゾルバ 60 の検出信号 Sr に基づいて、モータステータ 30 の励磁コイル 35 に駆動電流 Mi を供給するモータ制御回路 90 を備える。これによれば、モータ制御回路 90 は、レゾルバ 60 の検出信号 Sr に基づいて、回転トルクや速度リップルを常時監視することができる。これにより、例えば軸受の異常の発生等を早期に発見することができ、あるいは、軸受の交換時期を把握することができる。

20

【0108】

（変形例）

図 7 は、変形例に係るモータを模式的に示す断面図である。図 7 に示すように、変形例に係るモータ 1A は、上述した実施形態と比べて、ハウジング 10 のハウジング軸部 12A が中実の柱状である構成が異なる。すなわち、ハウジング軸部 12A の内部には内部空間 SP が形成されていない。これにより、変形例に係るモータ 1A は、ハウジング 10 の構成を簡易にすることができる。また、内輪押さえ部 16A も開口を有さない円板状とすることができる。また、本変形例では、内部空間 SP を密封するための蓋部 14（図 2 参照）を設ける必要がない。このため、内部空間 SP と大気雰囲気 At との間のシール構造（図 5 の符号 SL1 参照）も省略することができる。

30

【符号の説明】

【0109】

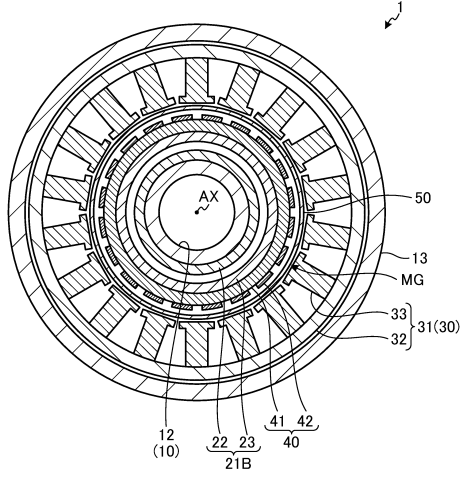
- 1、1A モータ
- 10 ハウジング
- 11 ハウジングベース
- 12 ハウジング軸部
- 15 連結部
- 17 出力軸
- 21A 第 1 軸受
- 21B 第 2 軸受
- 22 内輪
- 23 外輪
- 24 転動体
- 30 モータステータ
- 40 モータロータ
- 41 ロータヨーク
- 50 モータ隔壁
- 60 レゾルバ
- 61A、61B レゾルバステータ
- 62A、62B レゾルバロータ

40

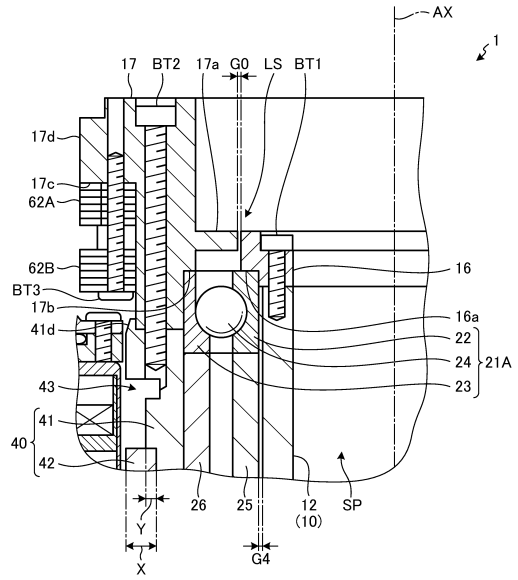
50



【 図 3 】



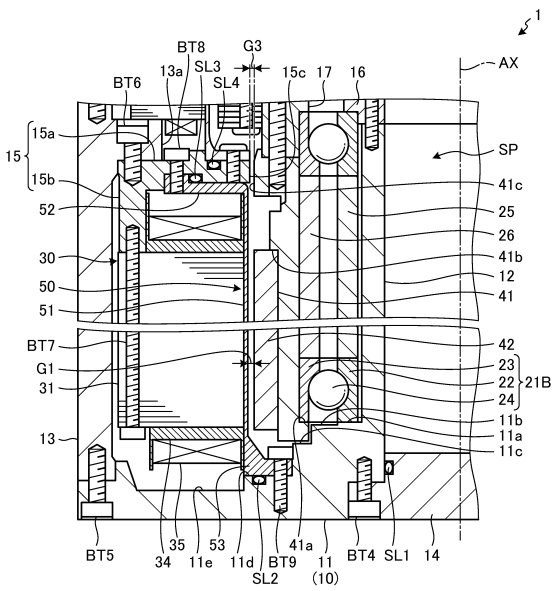
【 図 4 】



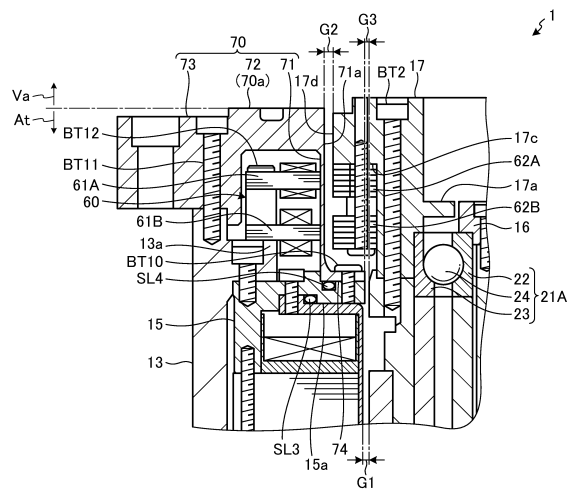
10

20

【 図 5 】



【 図 6 】

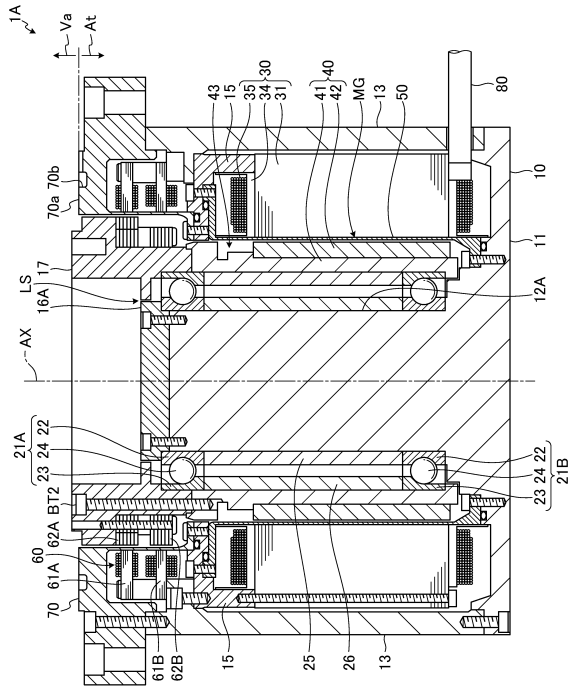


30

40

50

【 図 7 】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内

審査官 谿花 正由輝

- (56)参考文献 特開2014-014209(JP,A)  
特開2002-233109(JP,A)  
特開2009-038911(JP,A)  
特開2013-230031(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
H02K 5/10  
H02K 5/128  
H02K 5/173  
H02K 11/225