

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4104098号
(P4104098)

(45) 発行日 平成20年6月18日 (2008. 6. 18)

(24) 登録日 平成20年4月4日 (2008. 4. 4)

(51) Int. Cl.

F I

F O 4 D 19/04 (2006. 01)

F O 4 D 19/04

D

F O 4 D 29/38 (2006. 01)

F O 4 D 29/38

A

F O 4 D 29/54 (2006. 01)

F O 4 D 29/54

C

請求項の数 4 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平11-91302

(22) 出願日 平成11年3月31日 (1999. 3. 31)

(65) 公開番号 特開2000-283086 (P2000-283086A)

(43) 公開日 平成12年10月10日 (2000. 10. 10)

審査請求日 平成17年7月13日 (2005. 7. 13)

(73) 特許権者 598021579

エドワーズ株式会社

東京都千代田区内神田一丁目2番8号 楠
本第2ビル

(74) 代理人 100096655

弁理士 川井 隆

(74) 代理人 100091225

弁理士 仲野 均

(72) 発明者 樺澤 剛志

千葉県習志野市屋敷4丁目3番1号 セイ
コー精機株式会社内

(72) 発明者 野中 学

千葉県習志野市屋敷4丁目3番1号 セイ
コー精機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 真空ポンプ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

気体を吸入する吸気口を備えたケーシングと、このケーシング内に收容され、多段に配置されて回転するロータ翼と、このロータ翼間に固定配置されたステータ翼とを有し前記ロータ翼を回転することで前記気体を移送する真空ポンプであって、

前記ケーシングを、前記吸気口の内径よりも内径が大きい円筒部と、この円筒部から前記吸気口に連続する円錐部とにより形成し、

前記各段のロータ翼は半径方向外方に放射状に延びる複数の翼であると共に、前記吸気口側最上段のロータ翼を前記円錐部に位置するように配置したことを特徴とする真空ポンプ

。

【請求項 2】

前記最上段のロータ翼の半径方向外方の端部の形状が、前記円錐部と同一の角度で傾斜し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 3】

前記 2 段目のロータ翼も前記円錐部に位置するように配置したことを特徴とする請求項 1 に記載の真空ポンプ。

【請求項 4】

前記ロータ翼は、高さ方向の中心よりも吸気口側上部を前記円錐部に位置させた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。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は真空ポンプに係り、詳細には、吸気口側にロータ翼が配置された真空ポンプに関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

真空ポンプは、例えば半導体製造装置におけるチャンバ内の気体を排気して真空状態にする装置等に広く使用されている。この真空ポンプは、全体を翼で構成されたものや、翼とネジ溝部とを組み合わせたもの等がある。

【 0 0 0 3 】

図 6 は従来の真空ポンプの構成について表したもので、(a) は上面から見た状態の一部を表す図、(b) は吸気口がストレートタイプの断面の一部を表す図、(c) は吸気口を絞ったタイプの断面の一部を表す図である。

この真空ポンプは、ケーシング 1 0 内に固定されたステータ 7 0 と、回転するロータ 6 0 とを備えている。各ステータ 7 0 とロータ 6 0 とは、軸方向に多段に配置されてタービン形成する。

このような真空ポンプでは、モータにより定常状態において数万 r p m でロータ 6 0 を高速回転させることで、真空（排気）処理を行うようになっている。

【 0 0 0 4 】

【発明が解決しようとする課題】

このような、真空ポンプによる気体分子の排気は、ロータ 6 0 の回転により吸気口 1 6 から吸入した気体分子をロータ翼 6 2 の回転方向に叩くことで排気口 1 7 側に流れる分子の量と、吸気口 1 6 と排気口 1 7 の圧力差により排気口 1 7 側から吸気口 1 6 側に逆流する分子の量との差が最終的な排気量、すなわち、ポンプの排気性能を決定することになる。

ところが、分子流領域における気体分子は、壁面への入射角度とは関係なく、衝突した壁面（衝突面）に垂直な方向に反射される。このため、ロータ翼 6 2 の先端付近で加速された分子の多くはその接線方向（ロータ翼 6 2 と垂直な方向）に進むことになる。一方、ケーシング 1 0 の内壁は通常、円筒形に作られており、その曲率によって、分子の進行方向（接線方向）に対して張出した形状となる。そのため、ロータ翼 6 2 の先端部に衝突した気体分子の多くはケーシング 1 0 の内壁に衝突することになる。

すると、ケーシング 1 0 における、ロータ翼 6 2 が配置される部分の内径が軸方向に一定の場合には、ロータ翼 6 2 の先端付近で加速した分子の多くがケーシング 1 0 に衝突し、ケーシング 1 0 の壁面と垂直方向に反射されるため、流れ方向の速度を失う。これにより、ロータ翼 6 2 の先端付近には、流れ方向（軸方向）の速度を失った気体分子が滞留することで排気流量が減少することになり、部分的に圧力が上昇する。そのため、排気性能が低下していた。

この傾向は、ロータ翼 6 2 による排気方向の運動量がまだ与えられていない最上段部や、運動量が少ない 2 段目のロータ翼 6 2 の先端付近に生じやすかった。

【 0 0 0 5 】

また、図 6 (c) に示すように、回転翼外径より小さい口径のフランジに取り付けるために、ロータ翼 6 2 の上面より吸気口側（上流側）で所定の口径まで絞り、ケーシング内径を吸気口側で小さくしているターボ分子ポンプの場合、分子流領域における気体分子は直進性が高く、ほぼ吸気口 1 6 の口径と同一の範囲でしか気体分子が入射しないため、最上段部のロータ翼 6 2 では、周速が大きく排気効率の高い先端部（外周側）へ気体分子が回り込みにくいという問題があった。このため、最上段のロータ翼 6 2 の先端部分は、吸気口 1 6 からの気体分子に対しては死角となり、吸気口からの気体分子を排気する作用が小さく、逆流を防止する作用のみに使用される傾向にあり、排気作用に対する効率が低下していた。このようなことを避けるために、ケーシング 1 0 の絞り部分の内径の変化率を小さくすることで吸気口からの最上段のロータ翼 6 2 の先端部分に回り込む気体分子の

10

20

30

40

50

量を多くすることも考えられるが、吸気口 16 から最上段ロータ翼 62 までの距離が大きくなる結果、コンダクタンスが小さくなり、ポンプの吸気口 16 での排気速度（実効排気速度）は向上できなかった。

【0006】

本発明は以上のような従来の真空ポンプにおける課題を解決するためになされたもので、吸気口側に配置されるロータ翼の先端部における損失を少なくし、排気性能を向上させることが可能な真空ポンプを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明では、気体を吸入する吸気口を備えたケーシングと、このケーシング内に收容され、多段に配置されて回転するロータ翼と、このロータ翼間に固定配置されたステータ翼とを有し前記ロータ翼を回転することで前記気体を移送する真空ポンプであって、前記ケーシングを、前記吸気口の内径よりも内径が大きい円筒部と、この円筒部から前記吸気口に連続する円錐部とにより形成し、前記各段のロータ翼は半径方向外方に放射状に延びる複数の翼であると共に、前記吸気口側最上段のロータ翼を前記円錐部に位置するように配置することで、前記目的を達成する。

また本発明では、真空ポンプにおいて、前記最上段のロータ翼の半径方向外方の端部の形状を、前記円錐部と同一の角度で傾斜させる。

また本発明では、真空ポンプにおいて、前記２段目のロータ翼も前記円錐部に位置するように配置する。

また本発明では、真空ポンプにおいて、前記ロータ翼は、高さ方向の中心よりも吸気口側上部を前記円錐部に位置させる。

【0008】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に好適な実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

図１は、本発明の真空ポンプにおける一実施形態の全体構成の断面を表したものである。この真空ポンプ１は、例えば半導体製造装置内等に設置され、チャンバ等からプロセスガスの排出を行うものである。

【0009】

図１に示すように、真空ポンプ１は、略円筒形状のケーシング１０と、このケーシング１０の内部に配置される略円柱形状のロータ軸１８と、ロータ軸１８に固定配置されロータ軸１８とともに回転するロータ６０と、ステータ７０とを備えている。

ケーシング１０は、その上端部に半径方向外方へ延設されたフランジ１１を有しており、このフランジ１１をボルト等によって半導体製造装置等に留め付けてフランジ１１の内側に形成される吸気口１６とチャンバ等の容器の排出口とを接続し、容器の内部とケーシング１０の内部とを連通させるようになっている。

ケーシング１０は、さらに、フランジ１１により形成される吸気口１６の内径よりも大きな内径の円筒部１２（ここでは、スペーサ７１の内径）と、また円錐部１３は、大径の円筒部１２に対して、チャンバ等の排出口のサイズに合わせたフランジ１１のサイズに絞り込む機能も有している。

【0010】

ロータ６０は、ロータ軸１８の外周に配置された断面略逆Ｕ字状のロータ本体６１を備えている。このロータ本体６１は、ロータ軸１８の上部にボルト１９で取り付けられている。ロータ本体６１は、外周にロータ翼６２が多段に形成されている。各段のロータ翼６２は、外側が開放された複数の翼で構成されている。

本実施形態では、ロータ本体６１に形成される最上段のロータ翼６２aを、円錐部１３の位置に配置している。そして、ロータ翼６２aの先端を、円錐部１３の傾斜角度と同一の傾斜角度に形成することで、ロータ翼６２aと円錐部１３との軸方向、径方向の間隔が一定になっている。

【0011】

ステータ 70 は、スペーサ 71 と、このスペーサ 71、71 間に外周側が支持されることでロータ翼 62 の各段の間に配置されるステータ翼 72 とを備えている。

スペーサ 71 は段部を有する円筒状であり、ケーシング 10 の内側に積み重ねられている。

【0012】

真空ポンプ 1 は、更に、ロータ軸 18 を磁力により支持する磁気軸受 20 と、ロータ軸 18 にトルクを発生させるモータ 30 を備えている。

磁気軸受 20 は、5 軸制御の磁気軸受であり、ロータ軸 18 に対して半径方向の磁力を発生させる半径方向電磁石 21、24 と、ロータ軸 18 の半径方向の位置を検出する半径方向センサ 22、26 と、ロータ軸 18 に対して軸方向の磁力を発生させる軸方向電磁石 32、34 と、軸方向電磁石 32、34 による軸方向の磁力が作用するアーマチュアディスク 31、ロータ軸 18 の軸方向の位置を検出する軸方向センサ 36 とを備えている。

10

【0013】

半径方向電磁石 21 は、互いに直交するように配置された 2 対の電磁石で構成されている。各対の電磁石は、ロータ軸 18 のモータ 30 よりも上部の位置に、ロータ軸 18 を挟んで対向配置されている。

この半径方向電磁石 21 の上方には、ロータ軸 18 を挟んで対向する半径方向センサ 22 が 2 対設けられている。2 対の半径方向センサ 22 は、2 対の半径方向電磁石 21 に対応して、互いに直交するように配置されている。

さらに、ロータ軸 18 のモータ 30 よりも下部の位置には、同様に 2 対の半径方向電磁石 24 が互いに直交するように配置されている。

20

この半径方向電磁石 24 の下方にも、同様に半径方向電磁石 24 に隣接して半径方向センサ 26 が 2 対設けられている。

【0014】

これら半径方向電磁石 21、24 に励磁電流が供給されることによって、ロータ軸 18 が磁気浮上される。この励磁電流は、磁気浮上時に、半径方向センサ 22、26 からの位置検知信号に応じて制御され、これによってロータ軸 18 が半径方向の所定位置に保持されるようになっている。

【0015】

ロータ軸 18 の下部には、磁性体で形成された円板状のアーマチュアディスク 31 が固定されており、このアーマチュアディスク 31 を挟んで対向する一対の軸方向電磁石 32、34 が配置されている。さらにロータ軸 18 の下端部に対向して軸方向センサ 36 が配置されている。

30

この軸方向電磁石 32、34 の励磁電流は、軸方向センサ 36 からの位置検知信号に応じて制御され、これによりロータ軸 18 が軸方向の所定位置に保持されるようになっている。

【0016】

磁気軸受 20 は、制御系 45 として図示しない磁気軸受制御部を備えている。そしてこの磁気軸受制御部が半径方向センサ 22、26、および軸方向センサ 36 の検出信号に基づいて半径方向電磁石 21、24 および軸方向電磁石 32、34 などの励磁電流をそれぞれフィードバック制御することによって、ロータ軸 18 を磁気浮上させるようになっている。

40

このように、本実施形態の真空ポンプ 1 は、磁気軸受を使用することによって、機械的接触部分が存在しないため粉塵の発生がなく、また、シール用のオイル等が不要であるためガス発生もなく、クリーンな環境での駆動を実現している。このような真空ポンプは、半導体製造等の高いクリーン度が要求される場合に適している。

【0017】

また、本実施形態の真空ポンプ 1 では、ロータ軸 18 の上部及び下部側には保護用ベアリング 38、39 が配置されている。

通常、ロータ軸 18 及びこれに取り付けられている各部からなるロータ部は、モータ 30 により回転している間、磁気軸受 20 により非接触状態で軸支される。保護用ベアリン

50

グ 38、39 は、タッチダウンが発生した場合に磁気軸受 20 に代わってロータ部を軸支することで装置全体を保護するためのベアリングである。

従って保護用ベアリング 38、39 は、内輪がロータ軸 18 には非接触状態になるように配置されている。

【0018】

モータ 30 は、ケーシング 10 の内側の半径方向センサ 22 と半径方向センサ 26 との間で、ロータ軸 18 の軸方向ほぼ中心位置に配置されている。このモータ 30 に通電することによって、ロータ軸 18 および、これに固定されたロータ 60、ロータ翼 62 が回転するようになっている。このロータ 60 の回転数は回転数センサ 41 により検出され、この回転数センサ 41 からの信号に基づいて制御系によって制御されるようになっている。

10

【0019】

真空ポンプ 1 のケーシング 10 の下部には、気体を外部へ排出する排気口 17 が配置されている。

また、真空ポンプ 1 は、コネクタおよびケーブルを介して制御系に接続されている。

【0020】

次に、以上のように構成された本実施形態の動作について説明する。

図 2 は、気体分子の運動状態を説明するためのものである。

この図 2 (a) に示すように、ロータ翼 62 が矢印 A 方向 (吸気口側からロータ翼 62 をみて右周り方向) に高速回転することで、気体分子は、ロータ翼 62 により矢印 B で示す放線方向に加速する。また、気体分子は、同図 (c) に示すように、ロータ翼 62 の面と垂直方向に加速されるため、結果として、ロータ翼 62 に対して放線方向と下流方向 (排気方向) に加速されることになる。

20

そして、(a) の斜線で示すロータ翼 62 の先端部分に衝突した気体分子は、断面円形のケーシング 10 (2 点鎖線で示す) に衝突することになる。

ところが、図 2 (c) に示すように下流方向の運動成分をもって加速された気体分子であっても、壁面との衝突後は、主に壁面と垂直の方向に反射され、壁面と垂直方向の速度成分をもつことになる。

【0021】

本実施形態の真空ポンプにおいては、図 1 に示すように、最上段のロータ翼 62 a が円錐部 13 の位置に配置され、放線方向にケーシングが張り出してくることがないため、ロータ翼 62 a の先端部で加速された気体分子は、ケーシングに衝突しにくくなり、下流の翼に到達しやすくなる。また、ケーシングに衝突した場合でも、その内周面が軸方向下流側に傾斜した円錐部 13 に衝突するため、分子流領域においても下流方向の速度をもって垂直方向に移動する。このため、気体分子がロータ翼 62 a の先端部付近に滞留することが防止され、排気性能を向上させることができる。

30

【0022】

また、本実施形態における最上段のロータ翼 62 a は、円錐部 13 に配置され、径方向外方の速度成分を持つ分子が壁面に衝突することを防止できるため、吸気口 16 の面積とほぼ同一範囲で入射する気体分子を積極的に径方向外方に加速させることができ、円筒部 12 に対向して配置された 2 段目以降のロータ翼 62 の先端部にも吸気口 16 からの気体分子を移動させることができる。このように、円錐部 13 位置にロータ翼 62 a を配置し、吸気口 16 からの気体分子に対して死角となる部分をなくすことで、コンダクタンスを小さくすることなく、効率的に排気を行うことが可能になる。

40

【0023】

図 3 は、最上段のロータ翼半径方向位置と圧力との関係を表したものである。この図 3 (a) では、縦軸が圧力を表し、横軸がロータ翼の軸芯からの半径を表している。(b) はロータ翼の形状を表し、最上段のロータ翼 62 を円筒部 12 に配置した場合の半径方向の形状と、最上段のロータ翼 62 a を円錐部 13 に配置した場合の半径方向形状を表したものである。

この図 3 (a) に示されるように、円筒部 12 に最上段のロータ翼 62 を配置した場合に

50

は、実線 A で示すように、半径方向外方にいくに従って（半径が大きくなるにしたがって）、ロータ翼 6 2 の周速が大きくなり、排気効率が上がるため、即徐々に圧力が低下する。しかし、ロータ翼 6 2 の先端部では、ケーシング 1 0 の円筒部 1 2 内壁に衝突して下流方向の運動成分を失った気体分子の滞留が発生するために、圧力が逆に上昇している。

これに対して、本実施形態による最上段のロータ翼 6 2 a の先端で加速された気体分子は、ケーシング 1 0 に衝突しにくくなり、また、衝突した場合にも円錐部 1 3 で下流方向に反射され、滞留することがないため、図 3 (a) の 2 点鎖線 B で示されるように、ロータ翼 6 2 a の先端部での圧力が低下している。

また、本実施形態のロータ翼 6 2 a では、その先端部形状を、円錐部 1 3 の傾斜角度と同一の傾斜角度に形成し、ロータ翼 6 2 a と円錐部 1 3 との軸方向、径方向の間隔を一定にすることで、気体分子の逆流量を更に少なくすることも可能になる。

10

【 0 0 2 4 】

以上説明したように、本実施形態によれば、最上段のロータ翼 6 2 a の先端部での排気効率を向上させることができる。

すなわち、ロータ翼 6 2 a の先端部は、最も周速が速く、排気性能が期待できる部分であるが、従来のポンプでは、この部分で加速された分子がケーシング内壁に衝突し、流れ方向の速度を失うことによる損失が大きかった。

それに対し、本実施形態では、加速された分子の移動方向と平行あるいはさらに外側になるようにケーシング 1 0 に下流方向を向いて傾斜した円錐部 1 3 を設け、その位置に最上段のロータ翼 6 2 a を設けることにより、ケーシング 1 0 に衝突しにくくなる。また、先端付近で加速した分子が円錐部 1 3 の内壁に衝突しても、下流方向に反射され、下流方向の運動を維持できる。そのため、ロータ翼 6 2 a 先端部での流れの滞留（圧力上昇）を防止でき、排気性能が向上する。

20

また、従来ロータ翼が設けられていなかったケーシング 1 0 の円錐部 1 3 に最上段のロータ翼 6 2 a を設けることにより、2 段目以降のロータ翼 6 2 の外周側へ効率よく分子を輸送できる。この効果は、分子の平均自由行程が大きく、分子の直進性が高い分子流領域において特に効果が大きい。

また、ロータ翼 6 2 a の上面が吸気口 1 6 の直下に来るように設計することで、吸気口 1 6 とロータ翼 6 2 a との間のコンダクタンスを大きくすることができ、分子が入射する確率が増加する。

30

このように、本実施形態の真空ポンプによれば、吸気口径を絞った場合にも排気性能の著しい低下を防ぐことが可能になり、同じ口径の従来型ポンプと比較して、排気性能を向上できる。

【 0 0 2 5 】

以上本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明はかかる実施形態の構成に限定されるものではなく、各請求項に記載された発明の範囲において他の実施形態を採用し、また、変形することが可能である。

例えば、説明した実施形態では、円錐部 1 3 にロータ翼 6 2 a を 1 段設けるようにしたが、本発明の真空ポンプでは、円錐部 1 3 に 2 段設けるようにしてもよい。この場合、最上段のロータ翼 6 2 a と 2 段目のロータ翼との間に最上段のステータ翼 7 2 を設けるようにしてもよく、最上段のステータ翼 7 2 は 2 段目のロータ翼の下側（下流側）に配置するようにしてもよい。

40

【 0 0 2 6 】

また、説明した実施形態では、ロータ翼 6 2 a を円錐部 1 3 の位置に配置し、その先端の高さ方向全面にわたって、円錐部 1 3 の傾斜角度と同一の傾斜角度となるように形成した。

これに対して本発明では、図 4 に示すように、最上段のロータ翼 6 2 b の高さ方向の中心（図 4 では矢印 C で示す）を円筒部 1 2 と円錐部 1 3 との合流面に位置させ、円錐部 1 3 と対向する中心より上側（吸気口側）の半分を円錐部 1 3 の傾斜角度と同一の傾斜角度となるように形成するようにしてもよい。

50

このように、ロータ翼 6 2 b の高さ方向の上半分のみ円錐部 1 3 に対向させて傾斜させるのは、次の理由による。すなわち、一般に、ロータ翼 6 2 b は、根本から先端まで、仰角が一定になるように設計されている。そのため、図 5 に示すように、ロータ翼 6 2 b の前面（下流側を向いた面）は、中心線 D を境に上半分は放線方向に対してやや後退角を持ち、下半分はやや前進角を持つ。このため、中心線 D を境に上流側でロータ翼 6 2 b に衝突した気体分子は矢印 E、F で示されるように外側を向いて加速されるが、下流側で衝突した気体分子は矢印 G で示されるように内側を向いて加速される。したがって、ロータ翼の下流側で衝突し、反射した分子はケーシングに衝突しにくい。ロータ翼 6 2 b の中心線 D から上流側だけに本発明を利用して効果がある。また、円錐部 1 3 の高さ方向の長さを短くする（絞り角度を大きくする）ことも可能になり、全体としてコンダクタンスを大きくすると共に、小型化することも可能になる。

10

【 0 0 2 7 】

【発明の効果】

以上説明したように本発明の真空ポンプによれば、吸気口側に配置されるロータ翼の先端部における損失を少なくし、排気性能を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施形態における真空ポンプの全体構成を表した断面図である。

【図 2】同上、真空ポンプにおけるロータ翼と衝突した気体分子の加速方向を表した説明図である。

【図 3】同上、真空ポンプにおける最上段ロータ翼の半径方向位置と圧力との関係を表した説明図である。

20

【図 4】本発明の変形例における最上段のロータ翼形状を表した図である。

【図 5】同上、変形例における気体分子の動きを説明するための説明図である。

【図 6】従来のターボ分子ポンプの構成をあらわした図である。

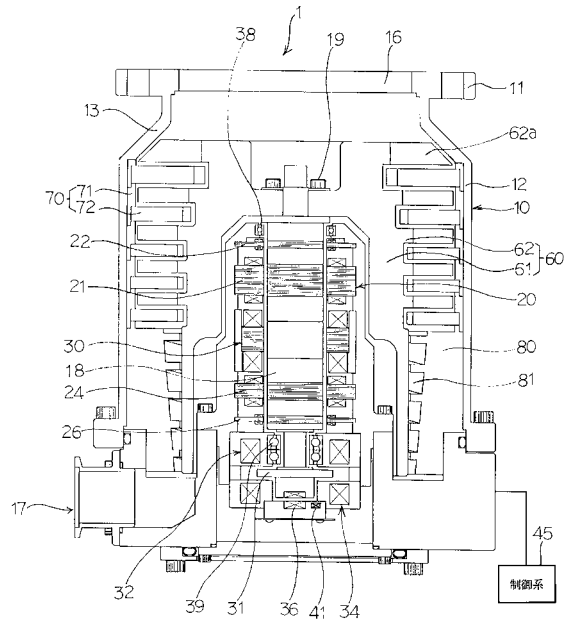
【符号の説明】

- 1 真空ポンプ
- 1 0 ケーシング
- 1 1 フランジ
- 1 2 円筒部
- 1 3 円錐部
- 1 6 吸気口
- 1 7 排気口
- 1 8 ロータ軸
- 2 0 磁気軸受
- 3 0 モータ
- 3 1 アーマチュアディスク
- 4 5 制御系
- 6 1 ロータ本体
- 6 0 ロータ
- 6 2、6 2 a、6 2 b ロータ翼
- 7 0 ステータ
- 7 1 スペーサ
- 7 2 ステータ翼

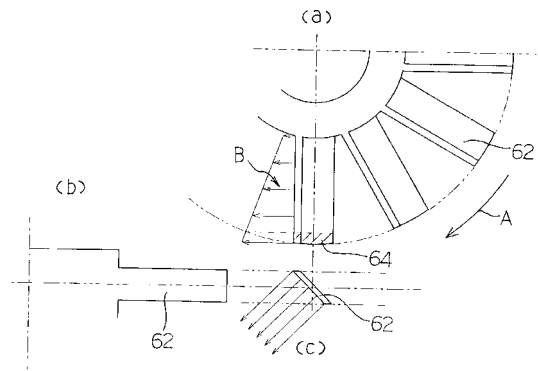
30

40

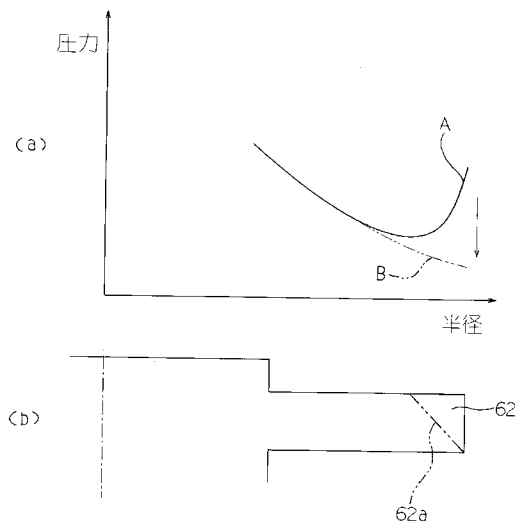
【図 1】



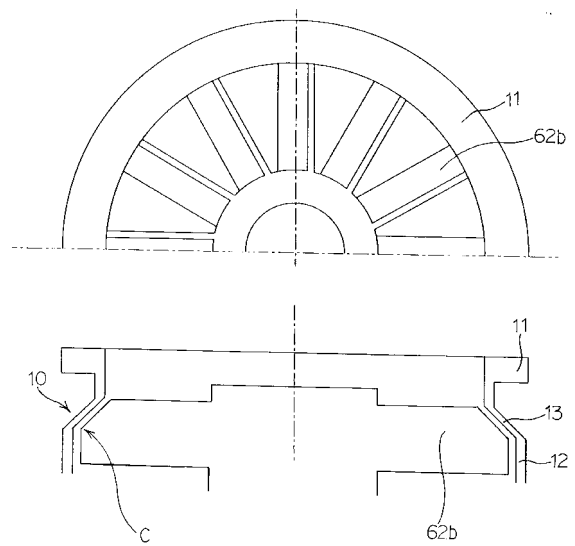
【図 2】



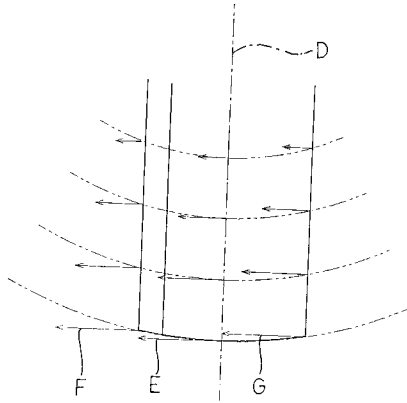
【図 3】



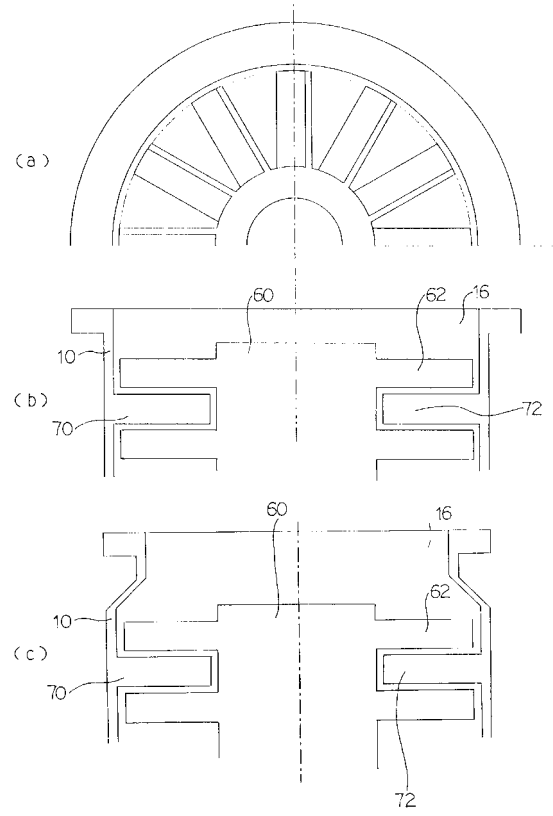
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

審査官 田谷 宗隆

(56)参考文献 特開平09-068190(JP,A)
実開平01-053498(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F04D 19/04