

(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
2012 年 8 月 9 日(09.08.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/105109 A1

- (51) 国際特許分類:
F16K 1/32 (2006.01) *F16K 51/02* (2006.01)
F16K 1/00 (2006.01) *H01L 21/3065* (2006.01)
F16K 31/126 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/076756
- (22) 国際出願日: 2011 年 11 月 21 日(21.11.2011)
- (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 2011-020586 2011 年 2 月 2 日(02.02.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): シー
ケーディ株式会社(CKD CORPORATION) [JP/JP];
〒4858551 愛知県小牧市応時二丁目 2 5 0 番地
Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 額根 雅之
(KOUKETSU, Masayuki) [JP/JP]; 〒4858551 愛知県
小牧市応時二丁目 2 5 0 番地 シーケーディ株
式会社内 Aichi (JP). 板藤 寛(ITAFUJI, Hiroshi)

[JP/JP]; 〒4858551 愛知県小牧市応時二丁目 2 5
0 番地 シーケーディ株式会社内 Aichi (JP).

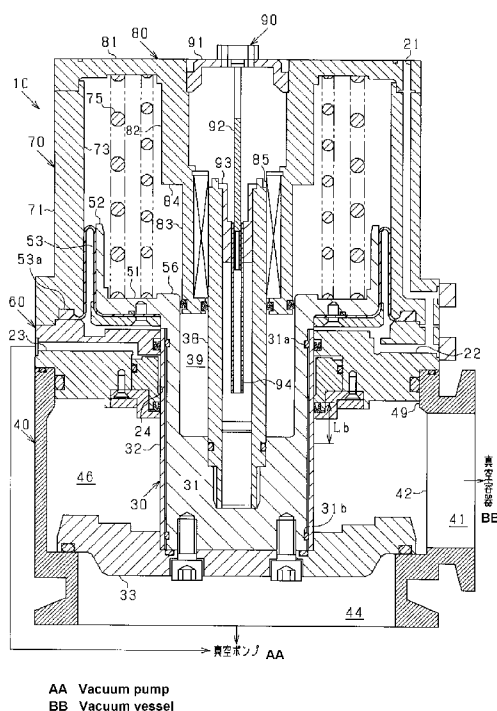
- (74) 代理人: 山田 強(YAMADA, Tsuyoshi); 〒4500002
愛知県名古屋市中村区名駅三丁目 1 3 番 2 4 号
第一はせビル 6 階 Aichi (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, 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,
QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST,
SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, 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 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

[続葉有]

(54) Title: VACUUM CONTROL VALVE, VACUUM CONTROL APPARATUS, AND COMPUTER PROGRAM

(54) 発明の名称: 真空制御バルブ、真空制御装置、およびコンピュータプログラム

[図1]



(57) Abstract: Provided is a poppet style vacuum control valve that controls the flow of gas inside a vacuum vessel that uses a plasma. The present invention provides a vacuum control valve (10) that is connected between the vacuum vessel where the plasma is generated and the vacuum pump and controls vacuum pressure inside the vacuum vessel by means of the degree to which the valve is opened. The vacuum control valve (10) is provided with the following: a control valve body (40) having a valve seat (43) formed in the vacuum flow path; a valve element (33) that controls the degree to which the valve is opened by adjusting by means of linear motion the degree of lift (La), that is, the distance between the valve element (33) and the valve seat (43); a rod that transmits the drive power from a linear drive unit that generates drive power; a sliding seal unit that causes the rod to slide and seal the vacuum flow path; and a cylindrical member (32) that sheathes the sliding range of the rod. The sliding range includes, depending on the degree of lift, the possible range of movement from the valve body flow path (46) side to the exterior side. The cylindrical member (32) has an outer peripheral surface with a lower degree of absorption of working fluid per unit of area than the exterior surface of the rod.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/105109 A1



MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 添付公開書類:
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

プラズマを使用する真空容器の気体の流れを制御するポペット方式の真空制御バルブを提供する。本発明は、プラズマを発生させる真空容器と真空ポンプとの間に接続され、弁開度の操作によって真空容器内の真空圧力を制御する真空制御バルブ 10 を提供する。真空制御バルブ 10 は、真空流路に形成されている弁座 43 を有する制御バルブ本体 40 と、直線運動によって弁座 43 との間の距離であるリフト量 L_a を調整して弁開度の操作を行う弁体 33 と、駆動力を発生させる直線駆動部からの駆動力を伝達させるロッドと、ロッドを摺動させて真空流路を封止する摺動封止部と、ロッドの摺動範囲を被覆する円筒型部材 32 とを備える。摺動範囲は、リフト量の操作によって、バルブボディ流路 46 側から外部側に移動可能な範囲を含む。円筒型部材 32 は、ロッドの外表面よりも単位面積当たりの作動流体の吸収量が少ない外周面を有する。

明 細 書

発明の名称：

真空制御バルブ、真空制御装置、およびコンピュータプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、プラズマを使用する真空装置に利用される真空容器内の気体の流れを制御する真空制御バルブに関する。

背景技術

[0002] 半導体デバイスの製造には、たとえばプラズマエッチングのようなプラズマを使用するプロセスがある。プラズマエッチングのプロセスでは、真空制御バルブを介してエッチングガスを流しつつ真空容器内の真空圧力が制御される。真空圧力の制御は、真空制御バルブのコンダクタンスを操作することによって行なわれる。コンダクタンスの操作は、プラズマエッチングに広く使用されている振り子型の真空制御バルブでは、振り子型の弁体を操作して弁開度を調整することによって行なわれる（特許文献1）。ところが、振り子型の弁体を操作して弁開度を調整する方法は、少量流領域（低コンダクタンス領域）での制御性が良くないので、エッチングガスの小流量化に対応することができないという問題を有していた。

[0003] 一方、真空圧力の制御には、エッチングガスの小流量化に対応することが可能なポペット方式の真空制御バルブも使用されている。ポペット方式は、ピストンの直線運動によって弁体と弁座の距離（リフト量）を操作してコンダクタンスを調整する方式である（特許文献2）。しかしながら、ポペット方式の真空制御バルブは、金属製のベローズが耐プラズマ性を有していないので、プラズマを使用する真空容器に使用することができなかった。金属製のベローズは、真空度を維持するためにピストンの直線運動に必要な摺動部分の封止に使用される構成部品である。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2009-117444号公報

特許文献2：特開2010-276096号公報

特許文献3：特開2003-194257号公報

特許文献4：特開2000-130635号公報

特許文献5：特開平03-260072号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] このように、従来の技術では、プラズマを使用する真空容器において少量流領域（低コンダクタンス領域）での制御性を改善することは各種の真空制御バルブの性質上の観点からは極めて困難であった。

[0006] 本発明は、上述の従来の課題を解決するために創作されたものであり、プラズマを使用する真空容器の気体の流れを制御するポペット方式の真空制御バルブ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] 以下、上記課題を解決するのに有効な手段等につき、必要に応じて効果等を示しつつ説明する。

[0008] 手段1. プラズマを発生させる真空容器と真空ポンプとの間に接続され、弁開度の操作によって前記真空容器内の真空圧力を制御する真空制御バルブであって、

前記真空容器と前記真空ポンプとを接続するバルブボディ流路と、前記バルブボディ流路に形成されている弁座とを有する制御バルブ本体と、

直線運動によって前記弁座との間の距離であるリフト量を調整して前記弁開度の操作を行う弁体と、前記弁体に直線運動を行わせるための駆動力を発生させる直線駆動部と、前記直線駆動部から前記弁体に前記駆動力を伝達させる円柱型のロッドと、前記ロッドの摺動範囲を覆う円筒型の円筒型部材と、前記円筒型部材を摺動させつつ、前記バルブボディ流路側と前記バルブボディ流路の外部側との間を封止する摺動封止部と、を有するアクチュエータと、

を備え、

前記摺動範囲は、前記リフト量の操作によって、前記バルブボディ流路側から前記バルブボディ流路の外部側に移動可能な範囲を含み、

前記円筒型部材は、前記ロッドの外表面よりも単位面積当たりの気体の吸着量が少ない外周面を有する真空制御バルブ。

[0009] 手段1は、プラズマを発生させる真空容器と真空ポンプとの間に接続され、弁開度の操作によって真空容器内の真空圧力を制御する真空制御バルブである。本真空制御バルブは、リフト量の操作によってバルブボディ流路側からバルブボディ流路の外部側に移動可能な範囲を含む摺動範囲を覆う円筒型部材を有している。円筒型部材は、ロッドの外表面よりも単位面積当たりの気体の吸着量が少ない外周面を有するので、バルブボディ流路の外部側での気体の吸着に起因するバルブボディ流路（真空流路の一部を構成）への気体の運搬を抑制することができる。

[0010] これにより、耐プラズマ性の無い金属製のベローズを使用することなく、ポペット方式の真空制御バルブのプラズマを発生させる真空容器への適用が実現した。この結果、プラズマを発生させる真空容器におけるエッチングガスの小流量化への対応が可能となった。

[0011] このように、手段1の真空制御バルブは、ロッドへの気体の吸着を抑制することによって封止するという新たな封止技術を提供することによって、プラズマを発生させる真空容器におけるエッチングガスの小流量化への対応が可能としたのである。本封止技術は、従来の基本的な考え方であるバルブボディ流路（真空流路の一部を構成）を外部空間から物理的に隔離するという従来の封止技術と一線を画し、全く新しい考え方に基づくものである。

[0012] 本封止技術は、本発明者の実験と解析による新たな課題の発見に基づいて創作されたものである。本発明者の実験では、一例としてアノダイズ処理（陽極酸化処理）されたアルミニウム製のロッドの作動時に気体の漏洩が確認された。本漏洩は、ロッドの作動時に物理的な隔離が阻害されることに起因して発生するとも考えられたが、本発明者は、解析によってロッドへの気体

の吸着が主要因である可能性をも見出した。本発明者は、ロッドを覆う円筒型部材を装着して実験を行なうことによって、漏洩が顕著に低減されたことを確認して解析が正しかったことを検証したのである。手段１の真空制御バルブは、このような実験と解析とに基づいて新規に創作されたものである。

[0013] 手段２．前記円筒型部材は、絶縁性を有する非金属材料が熱処理によって焼き固められた絶縁性の焼結体を有する手段１記載の真空制御バルブ。

[0014] 手段２では、円筒型部材は、絶縁性を有する非金属材料が熱処理によって焼き固められた絶縁性の焼結体を有するので、高い絶縁性によって高いプラズマ耐性を実現するとともに高い剛性で封止構造の劣化を効果的に抑制して低表面積化にも寄与する。低表面積化は、滑らかな表面を実現し、凹凸に起因する表面積の増大を抑制することによって実現されている。具体的には、たとえばアルミニウム製のロッドの陽極酸化皮膜は、封孔処理が行われていても凹凸が多いので気体の吸着量が多いことが本発明者によって見出された。本発明者の実験によれば、焼結体は、陽極酸化皮膜に比較して凹凸が少ないので、顕著に吸着量を低減させることができることが確認された。

[0015] 手段３．前記焼結体は、酸化アルミニウムが焼き固められたセラミックスからなる手段２記載の真空制御バルブ。

[0016] 手段３では、酸化アルミニウムが焼き固められたセラミックスから焼結体が形成されるので、その材料特性によって高い構造強度と絶縁性を実現することができる。

[0017] 手段４．前記ロッドは、金属材料からなる手段２又は３記載の真空制御バルブ。

[0018] 手段５．前記ロッドは、アルミニウムからなる手段４記載の真空制御バルブ。

[0019] 手段６．前記円筒型部材は、陽極酸化皮膜の形成された前記ロッドの外表面よりも単位面積当たりの気体の吸着量が少ない外周面を有する手段４又は５記載の真空制御バルブ。

[0020] 手段６によれば、焼結体は、陽極酸化皮膜に比較して凹凸が少ないので、

顕著に吸着量を低減させることができる。

[0021] 手段 7. 前記円筒型部材は、

所定の隙間を空けて前記外表面を覆う円筒部材と、

前記ロッドの作動方向において離隔して配置され、前記所定の隙間を封止している弾性を有する 2 個の弾性封止部材と、

を有する手段 1 乃至 6 のいずれか 1 つに記載の真空制御バルブ。

[0022] 手段 7 では、所定の隙間を空けて外表面を覆う円筒部材とロッドとの間に、その隙間を封止している 2 個の弾性封止部材が備えられているので、環境温度の変化に起因する円筒部材とロッドの熱膨張量が相違しても弾性封止部材によって吸収することができる。これにより、円筒部材とロッドの材料選択の設計自由度が大きくなるので、たとえばロッドの材料として強度や靱性に優れる金属材料（たとえばアルミニウム）を選択する一方、円筒部材の材料として絶縁性に優れた酸化アルミニウムの焼結体を選択することもできる。

[0023] 手段 8. 前記摺動封止部は、

前記円筒型部材が摺動する摺動面を有する摺動部と、

前記摺動面のうち第 1 の摺動封止部材と第 2 の摺動封止部材とによって封止されている空間である真空摺動室と、

前記真空摺動室から真空引きを行なうための流路である真空引き流路と、を有し、

前記第 1 の摺動封止部材は、前記真空摺動室と前記バルブボディ流路との間を封止しており、

前記第 2 の摺動封止部材は、前記真空摺動室と前記外部との間を封止しており、

前記真空摺動室は、前記第 1 の摺動封止部材から前記第 2 の摺動封止部材まで前記ロッドの作動方向に渡って形成されている筒状の空間を有する手段 1 乃至 7 のいずれか 1 つに記載の真空制御バルブ。

[0024] 手段 8 のアクチュエータでは、円筒型部材が摺動する摺動面において真空

引きが可能な真空摺動室が形成されているので、リフト量の操作によってロッドが第1の摺動封止部材を越えても真空摺動室に挿入されることになる。真空摺動室には、真空引きを行なうための流路である真空引き流路が接続されているので、ロッドへの気体の吸着を抑制することができる。一方、真空摺動室は、第1の摺動封止部材から第2の摺動封止部材までロッドの作動方向に渡って形成されている筒状の空間を有するので、真空摺動室とバルブボディ流路との間を往復する作動状態となるリフト量の操作量を大きくすることができる。

[0025] さらに、仮に真空摺動室とバルブボディ流路との間を往復する作動状態となるリフト量を超えるリフト量の操作によって、ロッドが第2の摺動封止部材を越えても摺動面を中継点とする気体の運搬を抑制することができる。これにより、気体の吸着と脱離による外部から真空流路への気体の運搬をさらに抑制することができる。

[0026] 手段9. 前記真空摺動室は、前記リフト量の操作によって前記バルブボディ流路側から前記真空摺動室の外部側へ移動する領域を全て覆う範囲に形成されている手段8に記載の真空制御バルブ。

[0027] 手段9では、真空摺動室は、リフト量の操作によってバルブボディ流路側から真空摺動室の外部側へ移動する領域を全て覆う範囲に形成されているので、バルブボディ流路内に露出する範囲のロッドは、真空摺動室とバルブボディ流路との間を往復することになる。これにより、バルブボディ流路内に露出する範囲のロッドは、常に真空引きされた領域の範囲内となるので、気体の吸着に起因する漏洩を確実に抑制することができる。本構成は、真空摺動室の大きさ（ロッドの作動方向）の調整とリフト量の制限（たとえば機械的な制限）の調整の少なくとも一方によって実現することができる。

[0028] 手段10. 前記第1の摺動封止部材は、
二股に分岐することによって形成されている一对のリップを有する弾性部材と、
前記一对のリップを広げる方向に付勢する付勢部と、

を有する手段 8 又は 9 に記載の真空制御バルブ。

[0029] 手段 10 では、二股に分岐することによって形成されている一对のリップを広げる方向に付勢する付勢部が備えられているので、真空摺動領域が真空引きによって低圧となってもリップの面圧を高めて高い封止性能を実現することができる。

[0030] 手段 11. 真空制御バルブを制御する真空制御装置であって、手段 8 乃至 10 のいずれか 1 つに記載の真空制御バルブを制御する制御部を備え、

前記制御部は、前記バルブボディ流路側から前記真空摺動室の外部側へ移動する領域が前記真空摺動室の範囲内に入るように前記リフト量の操作が制限されているコンダクタンス操作モードを有する真空制御装置。

[0031] 手段 11 は、真空制御バルブを制御する真空制御装置を提供する。本真空制御装置では、バルブボディ流路側から真空摺動室の外部側への移動となるリフト量の操作が制限されているコンダクタンス操作モードを有するので、バルブボディ流路に露出する範囲は、真空摺動室とバルブボディ流路との間を往復させることになる。これにより、バルブボディ流路や真空摺動室の外部における吸着を防止して、漏洩を殆ど発生させることなく高い真空度を実現することができる。

[0032] 手段 12. 前記制御部は、前記コンダクタンス操作モードの開始前において前記バルブボディ流路側から前記真空摺動室の外部側へ移動した範囲を、前記真空摺動室内に予め設定された所定時間だけ配置する脱離モードを有する手段 11 記載の真空制御装置。

[0033] 手段 12 は、制御部は、コンダクタンス操作モードの開始前において、真空摺動室の外部側へ移動した範囲を真空摺動室内に予め設定された所定時間だけ配置する脱離モードを有するので、コンダクタンス操作モードは、気体を吸着した範囲からの脱離が完了した後に開始されることになる。これにより、コンダクタンス操作モードへの作動モードの遷移に起因する漏洩を防止することができる。

- [0034] 手段１３．前記直線駆動部は、
作動流体が流通するシリンダと、
前記シリンダ内に作動室を形成し、前記作動室の作動流体の圧力に応じて荷重を発生させるピストンと、
前記リフト量が小さくなる方向に前記ピストンを付勢する付勢部と、
を備え、
前記ロッドは、前記弁体と前記ピストンとを結合するピストンロッドである手段１乃至１０のいずれか１つに記載の真空制御バルブ。
- [0035] 手段１３では、直線駆動部は作動流体の圧力に応じて荷重を発生させるピストンで駆動されているので、防爆環境に適し、小型で大きな駆動力を発生させることができる。これにより、半導体製造装置に適した真空制御弁を実現することができる。

- [0036] なお、本発明は、真空制御バルブや真空制御システムだけでなく、たとえば真空制御方法やその方法を具現化するコンピュータプログラム、プログラム媒体といった形で具現化することもできる。

図面の簡単な説明

- [0037] [図１]非通電時（バルブ全閉）の真空制御バルブ１０の構成を示す断面図。
[図２]非通電時の真空制御バルブ１０が有する摺動部６０の構成を示す拡大断面図。
[図３]バルブ全開時の真空制御バルブ１０の構成を示す断面図。
[図４]真空制御バルブ１０の真空圧力の制御時の作動状態を示す断面図。
[図５]パッキン７０と内周面６３との間の摩擦面を示す拡大断面図。
[図６]真空制御バルブ１０の作動内容の一例を示すフローチャート。

発明を実施するための形態

- [0038] （本発明の実施形態）

以下、本発明を具体化した第１の実施形態を図面に従って説明する。本実施形態は、プラズマを使用するエッチングプロセスを実行する半導体製造装置にて使用される新規な真空制御バルブとその制御装置について具体化して

いる。

[0039] (真空制御バルブの基本構成)

図1は、非通電時（バルブ全閉）の真空制御バルブ10の構成を示す断面図である。図2は、非通電時の真空制御バルブ10が有する摺動部60の構成を示す拡大断面図である。図3は、バルブ全開時の真空制御バルブ10の構成を示す断面図である。真空制御バルブ10は、制御バルブ本体40と、シリンダ部70と、動作部30と、摺動部60とを備えている。なお、シリンダ部70、動作部30、および摺動部60は、アクチュエータとも呼ばれる。

[0040] 制御バルブ本体40は、動作部30の作動方向（軸線方向）に延びる円筒状の形状を有している。制御バルブ本体40には、その軸線方向においてシリンダ部70側に開口部49を有する略円柱状の凹部が形成されている。制御バルブ本体40には、その凹部を塞ぐ摺動部60が装着されてバルブボディ流路46が形成されている。バルブボディ流路46には、一次側ポート41と二次側ポート44とが接続されている。一次側ポート41には、プラズマを使用する真空容器が接続される。二次側ポート44には、真空ポンプが接続される。

[0041] バルブボディ流路46には、一次側ポート41と連通する一次側連通口42と、二次側ポート44と連通する二次側連通口45（図3参照）と、二次側連通口45の周囲に形成されている弁座43とが形成されている。一方、バルブボディ流路46には、二次側連通口45に対向する位置に摺動部60が装着されている。バルブボディ流路46の内部には、動作部30が有する弁体33が配置されている。弁体33には、弁体33からその一部が突出したリング35が装着されている。弁座43は、たとえば弁体33に対して軸線方向に対向する環状の領域であって、二次側連通口45の周囲に形成されている表面粗さが他の部分よりも小さな領域（面粗の良い領域）として形成される。

[0042] バルブボディ流路46では、一次側ポート41と二次側ポート44との間

を遮断する遮断機能と、一次側ポート４１と二次側ポート４４との間のコンダクタンスを操作するコンダクタンス調整機能とが実現されている。遮断機能とコンダクタンス調整機能は、いずれも弁体３３と弁座４３との間の距離であるリフト量 L_a を弁開度として操作することによって実現されている。リフト量 L_a は、弁座４３に対して円筒型部材３２の位置を相対的に直線移動させることによって調節される。

[0043] 遮断機能は、図１に示されるようにバルブボディ流路４６の内部において、弁体３３を弁座４３に当接（リフト量 L_a がゼロ）させて二次側ポート４４をバルブボディ流路４６から隔離することによって行われる。遮断時の封止は、弁体３３に到着されているＯリング３５を弁座４３に当接させて潰すことによって実現されている。一方、コンダクタンス調整機能は、弁体３３と弁座４３との間の距離であるリフト量 L_a （図３参照）を弁開度として調節することによって実現されている。コンダクタンスは、流路における気体の流れやすさを意味している。

[0044] 動作部３０は、弁体３３と、弁体３３に接続されているピストンロッド３１と、ピストンロッド３１の他端部に接続されているピストン５１とを備えている。弁体３３は、ピストンロッド３１を介してピストン５１によって駆動されている。ピストンロッド３１の外周方向の外表面は、円筒型部材３２で被覆されている。円筒型部材３２の詳細については後述する。なお、ピストンロッド３１は単にロッドとも呼ばれる。

[0045] ピストン５１は、シリンダチューブ７１の内周面７３に向かって半径方向に延びる環状の形状を有し、シリンダチューブ７１の内周面７３において密閉された弁開度操作室３６（図３参照）を形成している。ピストン５１の外周端部には、軸線方向において弁開度操作室３６の反対側に延びる円筒状の形状を有する筒状部材５２が接続されている。ピストン５１には、ベロフラムリテーナ５４によって弁開度操作室３６を密封するベロフラム５３が接続されている。ベロフラムリテーナ５４は、螺子５４ａでピストン５１に締結されている。なお、弁開度操作室３６は、作動室とも呼ばれる。

- [0046] 弁開度操作室 36 は、ベロフラム 53 と、摺動部 60 と、円筒型部材 32 と、ピストン 51（ベロフラムリテーナ 54）と、によって囲まれている容積が可変のドーナツ状の密閉空間として形成されている。ベロフラム 53 は、その外周側の端部 53a がシリンダチューブ 71 と摺動部 60 との間に挟まれている。これにより、ベロフラム 53 と摺動部 60 との間と、ベロフラム 53 とシリンダチューブ 71 との間と、が密閉（封止）されている。弁開度操作室 36 は、ベロフラム 53 によって内周面 73 によって形成されている内部空間を区画することによって形成されている。弁開度操作室 36 には、開弁用空気流路 21 と接続流路 22 とを介して操作エアを供給することができる。
- [0047] ピストン 51 は、付勢バネ 75 によって付勢されている。付勢バネ 75 は、動作部 30 のピストン 51 に対して、リフト量 L_a と弁開度操作室 36 の容積とがいずれも小さくなる方向に付勢力を印加している。付勢バネ 75 は、シリンダチューブ 71 の内周面 73 と環状の形状を有するヘッドカバー 81 とに囲まれた空間に收容されている。付勢バネ 75 の一方は、ピストン 51 に対して弁開度操作室 36 とは軸線方向に反対側（裏側）において当接している。付勢バネ 75 の他方は、ヘッドカバー 81 に当接している。
- [0048] ヘッドカバー 81 は、円筒状の外周形状を有する筒部 82 と、筒部 82 よりも小さな直径を有する円筒状の外周形状を有する摺動凸部 83 とを有している。ヘッドカバー 81 は、筒部 82 及び摺動凸部 83 と中心軸線を共有している。摺動凸部 83 と筒部 82 の直径差は、行程制限面 84 を形成している。行程制限面 84 は、ピストン 51 に形成されている行程制限端部 56 に当接することによってピストン 51 の上昇量を制限する当接面である。これにより、ピストン 51 の行程は、上昇方向（リフト量 L_a 増大方向）が行程制限面 84 によって制限される一方、下降方向（リフト量 L_a 減少方向）が弁座 43 によって制限されていることになる。
- [0049] 摺動凸部 83 は、ピストンロッド 31 の内部に形成されている遮断荷重発生室 39 に收容されている。遮断荷重発生室 39 は、ピストンロッド 31 の

動作方向に延びる中心線に対し、弁開度操作室 36 の内側に形成されている。遮断荷重発生室 39 は、摺動凸部 83 に装着されている V 字状のパッキン 39a, 39b (図 2 参照) によって封止されている。遮断荷重発生室 39 による遮断荷重は、真空制御バルブ 10 の製造性の向上に利用することもできる。製造時における付勢バネ 75 のセット時荷重 (遮断時の荷重) を軽減して製造を容易とすることができるからである。

[0050] 摺動凸部 83 の内側には、リニアベアリング 85 とガイドロッド 38 とを介してピストンロッド 31 が摺動可能に装着されている。リニアベアリング 85 は、動作部 30、シリンダ部 70、および摺動部 60 の相互間の軸線に垂直な方向の位置関係を正確に維持しつつ動作部 30 の円滑な移動を可能としている。

[0051] 真空制御バルブ 10 には、弁体位置センサ 90 が装着されている。弁体位置センサ 90 は、ヘッドカバー 81 にプローブ装着部材 91 を介して装着されているプローブ 92 と、ピストンロッド 31 にガイドロッド 38 と挿入管装着部材 93 とを介して装着されている挿入管 94 と、を備えている。弁体位置センサ 90 は、挿入管 94 へのプローブ 92 の挿入長さに応じた電気信号を発生させることができる。ヘッドカバー 81 に対するピストンロッド 31 の動作量は、挿入長さの変動量として図ることができるので、その変動量に応じてリフト量 L_a を計測することができる。弁体位置センサ 90 には、たとえばリニアパルスコーダ (登録商標) などが利用可能である。

[0052] (真空制御バルブの吸着運搬のメカニズムと封止構造)

次に、本発明者によって新たに見出された作動流体の吸着運搬のメカニズムを説明する。本実施形態では、作動流体として作動エア (空気) を例示して説明する。空気は、窒素と酸素とを主成分とし、図 3 (弁全開状態) に示されるように弁開度操作室 36 の内部で動作部 30 に対して吸着 (たとえば物理吸着や化学吸着) することになる。動作部 30 に吸着した空気は、弁閉時においては、図 1 に示されるようにバルブボディ流路 46 の内部で脱離することになる。

- [0053] 動作部 30 は、特定の摺動範囲 Lb (図 1、図 3 参照) を有している。特定の摺動範囲 Lb は、リフト量 La の操作 (全開と遮断) によって弁開度操作室 36 とバルブボディ 流路 46 の双方に露出可能な範囲の領域である。特定の摺動範囲 Lb は、たとえば動作部 30 と摺動部 60 の摺動面のうち、V パッキン 67 と封止部材 68 との間の摺動部分を超えて弁開度操作室 36 とバルブボディ 流路 46 の双方に露出する範囲の領域として定義することもできる。なお、封止部材 68 は、第 1 の摺動封止部材とも呼ばれる。
- [0054] 特定の摺動範囲 Lb は、仮に円筒型部材 32 が装備されていなければ、弁体 33 の全開と遮断との往復動作によって、弁開度操作室 36 での吸着とバルブボディ 流路 46 内部での脱離とを生じさせる領域である。このような弁開度操作室 36 からバルブボディ 流路 46 への空気の運搬が発生すると、不意に真空度が低下 (圧力は上昇) することが本発明者によって見出された。
- [0055] 従来は、動作部 30 の摺動部には、摺動部からの漏洩を防止する金属ペローズ (図示せず) が使用されていたので、漏洩のメカニズムについては十分な検討が行われていなかった。本発明者は、耐プラズマ性を有しない金属ペローズを排除するとともに、摺動部からの漏洩に関する実験と解析とを行なった。本実験では、円筒型部材 32 の外径を有し、アノダイズ処理されたピストンロッドが使用された。本ピストンロッドは、円筒型部材 32 が装着されていない構成である。
- [0056] 本発明者は、先ず真空制御バルブを全開状態とし、脱離のために真空容器を加熱した状態として真空ポンプで真空引きを行なった。本発明者は、予め設定されている目標状態 (超真空) に達した時点で、真空制御バルブを遮断した。本発明者は、真空制御バルブの遮断後に真空度の低下 (圧力上昇) を確認した。これにより、真空制御バルブの作動に起因する漏洩が確認できたことになる。
- [0057] 本漏洩は、一般的な考えとして、ピストンロッドの作動時に物理的な隔離が阻害されることに起因して発生するとも考えられる。しかし、本発明者は、解析によってピストンロッドへの気体の吸着が主要因である可能性をも見

出した。次に、本発明者は、気体の吸着が少ない材料で形成されている円筒型の円筒型部材 3 2 を創作し、ピストンロッドを覆って実験を行なった。

[0058] 本発明者は、次に低吸着性の円筒型部材 3 2 に覆われているピストンロッド 3 1 を使用し、真空制御バルブを全開状態とし、真空容器を加熱した状態として真空ポンプで真空引きを行なった。本実験においては、真空制御バルブの遮断後に真空度の低下（圧力上昇）が殆ど発生しないことが確認された。これにより、円筒型部材 3 2 に覆われているピストンロッド 3 1 を使用すれば、金属ベローズを使用しなくても、真空制御バルブの漏洩が殆ど発生しないことを確認できたことになる。

[0059] 円筒型部材 3 2 は、熱処理によって酸化アルミニウム（アルミナ）を焼き固めることによって成型された焼結体（セラミックス）として構成されている。円筒型部材 3 2 は、焼結体として高い絶縁性を有しているので、耐プラズマ性をも有している。円筒型部材 3 2 の低吸着性は、その滑らかな表面によって凹凸に起因する表面積の増大を抑制することによって実現されている。具体的には、たとえばアルミニウム製のロッドの陽極酸化皮膜は、封孔処理が行われていても凹凸が多いので、作動流体の吸着量が多いことが本発明者によって見出された。

[0060] 本発明者の実験によれば、円筒型部材 3 2 の焼結体は、陽極酸化皮膜に比較して顕著に吸着量が少ないことが確認された。円筒型部材 3 2 の焼結体として相対密度が 95% 以上の緻密アルミナのセラミックスを使用すると、100 分の一以下に漏洩量が低減することが確認された。ただし、相対密度が 90% 以上であれば、一定の効果を奏し、要求される真空度に応じて、たとえば 96%、97%、98%、99% といったより高い相対密度とするようにしてもよい。さらに、99% 以上の高純度緻密質アルミナを使用して漏洩量（気体運搬量）を限りなく小さくすることも可能である。

[0061] さらに、緻密アルミナのセラミックスの表面を 0.2 以下の平均表面粗さ（0.2 Ra）の鏡面仕上げとすれば、さらに吸着性を低下させることができるとともに高いシール性を確保し、ロッドと摺動封止部の摩擦を低減させ

ることができる。摩擦の低減は、真空制御バルブの低ヒステリシス特性に寄与することができる。平均表面粗さは、真空制御バルブ10の仕様に応じて0.1、0.3、0.4、0.5といった値に自由に設定することができる。

[0062] 円筒型部材32は、隙間Cr（図2参照）だけ空間を設けてピストンロッド31の外表面に装着されている。隙間Crは、一对の弾性封止部材としてのOリング31a、31bで封止されている。Oリング31a、31bは、ピストンロッド31の作動方向において円筒型部材32の両端部の近傍に配置されている。

[0063] これにより、環境温度の変化で円筒型部材32とピストンロッド31の熱膨張量が相違してもOリング31a、31bの弾性変形によって吸収することができる。この結果、円筒型部材32とピストンロッド31の材料選択の設計自由度が大きくなるので、たとえばピストンロッド31の材料として強度や靱性に優れる金属材料（たとえばアルミニウム）を選択する一方、円筒型部材32の材料として絶縁性に優れた酸化アルミニウムの焼結体を選択することが可能となっている。

[0064] このように、本発明者は、強度や靱性に優れる金属材料からなるピストンロッド31と、低吸着性の円筒型部材32と、Oリング31a、31bとからなる二重構造のロッドを創作し、これによりプラズマを使用する真空容器に利用可能なポペット式の真空制御バルブ10の開発に成功したのである。この結果、プラズマを発生させる真空容器におけるエッチングガスの小流量化（微小流量化）への対応が可能となったのである。

[0065] 本封止技術は、従来の基本的な考え方である真空流路を外部空間から物理的に隔離するという従来の封止技術と一線を画し、全く新しい考え方に基づくものである。本封止技術は、金属ベローズの排除によって、ピストンロッド31が直線運動を行うことによってバルブボディ流路46の外部に露出することに起因する新規な課題を本発明者が発見したことに基づくものである。

[0066] 本課題は、金属ベローズを使用しない場合には、回転式（たとえば振り子型の弁）を採用するという当業者の技術常識に反する構成によって新たに見出されたものである。回転型の弁では、可動部分を全て真空領域の内部に配置する簡易な構成が実現可能だからである。

[0067] しかしながら、本発明者は、これに止まらず技術の方向性、すなわち中真空から高真空化への要請の高まりを考慮し、高真空領域において実験を継続した。

[0068] 図4は、真空制御バルブ10の真空圧力の制御時（コンダクタンスの操作時）の作動状態を示す断面図である。本実験では、高真空領域では、円筒型部材32を使用しているコンダクタンスの操作時に微量な漏洩が発生することが見出された。本発明者は、この微量な漏洩が摺動領域における作動流体の吸着に起因していることを見出して、その漏洩を抑制する構造を創作した。

[0069] 本構成は、図2に示されるように真空摺動室Sにおいて効率的に真空引きを行なう構成である。真空摺動室Sは、たとえばVパッキン67と封止部材68との間の摺動部分で封止された領域である。本構成は、真空引き領域形成部材62と、支持部材63と、Vパッキン67と、封止部材68と、真空引き流路23と、接続流路24と、真空摺動流路25と、を備えている。真空引き領域形成部材62は、円筒型部材32の周囲に配置されたドーナツ状の形状を有するアルミニウム製の部材である。真空引き領域形成部材62には、円筒型部材32に対向する位置に環状の凹部である環状凹部62aが形成されている。環状凹部62aは、円筒型部材32の外周面との当接によって真空摺動流路25を形成している。

[0070] 真空摺動流路25は、接続流路24を介して真空引き流路23に接続されている。接続流路24は、軸線方向に薄型の円筒形状の流路である。接続流路24は、その外周部分で真空引き流路23に連通し、その底面部分で真空摺動流路25に連通している。

[0071] 真空摺動室Sの封止構造は、以下のように構成されている。Vパッキン6

7は、弁開度操作室36から真空摺動室Sを封止している。Vパッキン67は、弁開度操作室36からの作動流体の圧力印加に応じて、そのV型部分が広がって封止能力が大きくなる高い封止性能を有するパッキンである。なお、Vパッキン67は、第2の摺動封止部材とも呼ばれる。

[0072] 図5は、実施形態における封止部材68の構成を示す断面図である。封止部材68は、真空流路であるバルブボディ流路46を真空摺動室Sから封止している。封止部材68は、ロトバリシール（登録商標）68fと金属スプリング68eとを使用して構成されている。ロトバリシール68fには、一対のシールリップ68a、68bを有するU型断面を形成する凹部68dと、ヒールフランジ68cとが形成されている。ヒールフランジ68cは、支持部材63の内表面63aと真空引き領域形成部材62の内表面62bとの間に挟まれ、内表面63aと真空引き領域形成部材62の当接面62cとが当接するまでの量の潰し代で潰されている。なお、封止部材68は、第1の摺動封止部材とも呼ばれる。

[0073] 封止部材68の各部分は、以下のように機能する。凹部68dは、真空摺動室Sの圧力上昇時には、一対のシールリップ68a、68bを広げて封止能力を大きくすることができる。ただし、封止部材68は、金属スプリング68eによって一対のシールリップ68a、68bが相対的に広がるように付勢されているので、封止面圧を維持して真空摺動室Sが真空引きされている状態においても高い封止性能を実現することができる。一方、ヒールフランジ68cは、Oリング69とともに真空流路であるバルブボディ流路46を真空引き流路23側から封止している。

[0074] 本封止構造では、リフト量Laの操作によってピストンロッド31が封止部材68を越えて移動しても真空摺動室Sに挿入されることになるので、ピストンロッド31への気体の吸着を抑制することができる。これにより、円筒型部材32のうち真空摺動室Sとバルブボディ流路46との間を往復する領域が真空摺動室Sで作動流体を吸着しないので、作動流体の運搬現象が抑制されることになる。この結果、本封止構造を利用すれば、より高い真空状

態（たとえば高真空）にも対応できることが分る。

[0075] さらに、仮にリフト量の操作によってピストンロッド 3 1 が第 2 の摺動封止部材を越える操作が行なわれても摺動面を中継点とする気体の運搬を抑制することができる。摺動領域を中継点とした作動流体の運搬現象は、真空摺動室 S を中継点とする 2 段階の運搬として発生する。

[0076] 第 1 段階は、弁開度操作室 3 6 で円筒型部材 3 2 に吸着した微量の空気が真空摺動室 S で脱離して真空摺動室 S に蓄積する段階である。第 1 段階は、真空摺動室 S と弁開度操作室 3 6 との間を往復する領域（弁開度操作室 3 6 側の領域）の円筒型部材 3 2 によって行なわれる。第 2 段階は、V パッキン 6 7 と封止部材 6 8 との間の真空摺動室 S で吸着した空気がバルブボディ流路 4 6（真空流路）で脱離する段階である。第 2 段階は、真空摺動室 S とバルブボディ流路 4 6 との間を往復する領域（バルブボディ流路 4 6 側の領域）の円筒型部材 3 2 によって行なわれる。

[0077] 本封止構造では、上述の第 1 段階の運搬によって真空摺動室 S で離脱した作動流体が真空摺動流路 2 5、接続流路 2 4、および真空引き流路 2 3 を経て真空引きされるので、脱離した作動流体が真空摺動室 S に蓄積しないことになる。これにより、摺動面を中継点とする気体の運搬を抑制することができる。

[0078] なお、摺動部分に流路が形成されている構成も見られるが、その流路は、セットアップ時に使用される漏洩検査ポート（図示せず）への検査流路、あるいはバルブボディ流路 4 6 から外部への有毒ガスの漏洩防止用の吸引流路である。検査流路は、ヘリウムガスを利用した漏洩検知に利用される。すなわち、セットアップ時において、漏洩検査ポートの近傍にヘリウムガスを放出し、摺動部分への漏洩をバルブボディ流路 4 6 へのヘリウムガスの到達で検知するための構成である。一方、吸引流路は、有毒ガスを吸引するためのポートである。

[0079] したがって、本構成は、上述の各構成とは用途が本質的に相違するので、真空摺動室 S の形状も上述の各構成とは相違する、真空摺動室 S は、ピスト

ンロッド 31 の作動方向に渡って形成されている筒状の空間を有している。筒状の空間には、その中央部分に真空摺動流路 25 も形成されている。このような筒状の空間は、上述のいずれの構成とも整合しない形状を有するので、出願時の当業者の技術常識に反するものである。

[0080] 図 6 は、真空制御バルブ 10 の作動内容の一例を示すフローチャートである。ステップ S10 では、第 1 の真空引き工程が実行される。第 1 の真空引き工程は、真空引きの初期段階において、Oリング 35（図 1、図 3 参照）の潰し代を操作してゆっくりと排気する工程（スロー排気工程）である。スロー排気工程は、本発明者の一人によって提案され、真空容器内のパーティクルの巻き上がりを防止するために行なわれる排気工程である（特開 2000-163137 号公報）。

[0081] ステップ S20 では、第 2 の真空引き工程が実行される。第 2 の真空引き工程は、真空引きの終期段階において、全開状態（図 3 参照）として確率論的な流れである分子流としての排気を円滑に行なうための工程である。分子流としての排気は、一般に時間を要するので、リフト量 L_a と弁体 33 の外周長さの積（面積）を大きくして排気時間の短縮化が望まれることになる。

[0082] ステップ S30 では、脱離工程が実行される。脱離工程は、特定の摺動範囲 L_b を真空摺動室 S に配置させて予め設定されている所定時間だけ停止し、特定の摺動範囲 L_b から作動流体を脱離させる工程である。本工程は、さらに高い真空度（たとえば高真空）が要求される際に実行することが好ましい工程である。停止時間は、要求される真空度等によって決定される。

[0083] なお、本工程は、リフト量 L_a のストロークが大きく設定されていて、特定の摺動範囲 L_b が生じる構成で好ましい構成である。また、停止時間を短くするためにピストンロッド 31 の内部に脱離促進用のヒーターを装備するようにしてもよい。

[0084] ステップ S40 では、コンダクタンス操作工程が実行される。コンダクタンス操作工程は、エッチングガスを流しつつ真空容器内の真空度を制御する工程である。コンダクタンス操作工程では、特定の摺動範囲 L_b がバルブボ

ディ流路４６に露出しないような制御則（コンダクタンス操作モード）に基づいて真空制御が行なわれる。これにより、バルブボディ流路４６側から封止部材６８を越えてバルブボディ流路４６の外部側に移動可能な範囲Ｌｃが短くなるので、範囲Ｌｃを真空摺動室Ｓの範囲内とすることができる。

[0085] コンダクタンス操作は、必要に応じて弁体３３のＯリング３５の弁座４３への接触を含む範囲のリフト量Ｌａでの小流量の操作も可能である。これにより、真空流路としてのバルブボディ流路４６への作動流体の漏洩を防止しつつ、遮断から粘性流や分子流までの広い圧力範囲での境目の無い真空制御が実現される。

[0086] 以上詳述した本実施形態は以下の利点を有する。

（１）本実施形態の真空制御バルブ１０は、遮断機能を有し、プラズマを使用する真空容器の真空引きの初期段階から高真空領域までの真空制御を単一の真空制御バルブ１０で実現することができる。

（２）真空制御バルブ１０は、ポペット方式の真空制御弁なので、その特性を活かしてエッチングガスの小流量化（微小域）に対応することが可能である。

[0087] （他の実施形態）

本発明は上記実施形態に限らず、例えば次のように実施されてもよい。

[0088] （１）上記実施形態では、プラズマを使用するエッチング用真空容器に使用される真空制御弁を例示して本発明が説明されているが、これに限られず一般にプラズマを使用する真空容器に使用される真空制御弁に広く利用可能である。

[0089] （２）上記実施形態では、真空制御バルブは、作動エアで駆動力を発生させているが、電動モータを使用して駆動するような構成としても良い。本発明は、広くポペット式弁体を直線移動させる直線駆動部を有する発明に適用することができる。真空制御バルブの制御装置は、電動モータへの電力供給や弁開度操作室３６への作動流体の制御（電空制御弁の制御）を実行する制御部（ＣＰＵ、メモリ、及びコンピュータプログラム）として実装すること

ができる。

[0090] なお、作動流体は、作動エアに限られず、たとえば窒素ガス等の他の種類の気体（気体あるいは液体）を使用しても良い。

[0091] （３）上記実施形態では、ヘッドカバー ８１側の行程制限面 ８４と、動作部 ３０側の行程制限端部 ５６とが特定の摺動範囲 L_b が生じるような相対的な位置に形成されている。しかし、たとえば行程制限面 ８４と行程制限端部 ５６とを相互に近づけて特定の摺動範囲 L_b が生じないように構成しても良い。このようにしても、バルブボディ流路 ４６側から封止部材 ６８を越えてバルブボディ流路 ４６の外部側に移動可能な範囲 L_c が短くなるので、範囲 L_c を真空摺動室 S の範囲内とすることができる。

[0092] ただし、前者は、分子領域の真空引きを円滑化することができるという利点を有し、後者は、作動流体の漏洩を機械的に確実に防止することができるというフェイルセーフ性を有するという利点を有している。

[0093] さらに、行程制限面の位置が相互に相違する複数種類のヘッドカバーを用意し、ヘッドカバーの選択によってリフト量の制限範囲を自由に設定できるようにしてもよいし、あるいは行程制限面が手動あるいは電動で調整可能となるように構成しても良い。

[0094] （４）上記実施形態では、円筒型部材 ３２は、絶縁性を有する非金属材料の焼結体として酸化アルミニウムが焼き固められたセラミックスが使用されている。しかし、たとえば窒化アルミニウムやチタン酸アルミニウム、あるいは窒化ホウ素やジルコニアを使用するようにしてもよい。ただし、酸化アルミニウム（アルミナ）を使用すれば、簡易に高い剛性と絶縁性を実現することができる。

[0095] （５）上記実施形態では、円筒型部材 ３２は、ピストンロッド ３１の作動方向のほぼ全体にわたって覆っているが、少なくともリフト量 L_a の操作によって、バルブボディ流路 ４６側から封止部材 ６８を越えてバルブボディ流路 ４６の外部側に移動可能な範囲 L_c （図 ３参照）を覆うように構成されていれば良い。こうすれば、バルブボディ流路 ４６の外部（摺動面を含む）か

らバルブボディ 流路 4 6 への気体の運搬を抑制することができる。

符号の説明

[0096] 1 0…真空制御バルブ、2 1…開弁用空気流路、2 2…接続流路、2 3…真空引き流路、2 4…接続流路、2 5…真空領域形成流路、3 0…動作部、3 1…ピストンロッド、3 2…円筒型部材、3 3…弁体、3 4…ペロフラム、3 6…弁開度操作室、3 8…ガイドロッド、4 0…制御バルブ本体、4 1…一次側ポート、4 2…一次側連通口、4 3…弁座、4 4…二次側ポート、4 5…二次側連通口、4 6…弁箱、5 1…ピストン、5 3…ペロフラム、5 6…行程制限端部、6 0…摺動部、6 2…真空引き領域形成部材、6 8 e…金属スプリング、6 8 f…ロトバリシール。

請求の範囲

- [請求項1] プラズマを発生させる真空容器と真空ポンプとの間に接続され、弁開度の操作によって前記真空容器内の真空圧力を制御する真空制御バルブであって、
- 前記真空容器と前記真空ポンプとを接続するバルブボディ流路と、前記バルブボディ流路に形成されている弁座とを有する制御バルブ本体と、
- 直線運動によって前記弁座との間の距離であるリフト量を調整して前記弁開度の操作を行う弁体と、前記弁体に直線運動を行わせるための駆動力を発生させる直線駆動部と、前記直線駆動部から前記弁体に前記駆動力を伝達させる円柱型のロッドと、前記ロッドの摺動範囲を覆う円筒型の円筒型部材と、前記円筒型部材を摺動させつつ、前記バルブボディ流路側と前記バルブボディ流路の外部側との間を封止する摺動封止部と、を有するアクチュエータと、
- を備え、
- 前記摺動範囲は、前記リフト量の操作によって、前記バルブボディ流路側から前記バルブボディ流路の外部側に移動可能な範囲を含み、
- 前記円筒型部材は、前記ロッドの外表面よりも単位面積当たりの気体の吸着量が少ない外周面を有する真空制御バルブ。
- [請求項2] 前記円筒型部材は、絶縁性を有する非金属材料が熱処理によって焼き固められた絶縁性の焼結体を有する請求項1記載の真空制御バルブ。
- [請求項3] 前記焼結体は、酸化アルミニウムが焼き固められたセラミックスからなる請求項2記載の真空制御バルブ。
- [請求項4] 前記ロッドは、金属材料からなる請求項2又は3記載の真空制御バルブ。
- [請求項5] 前記ロッドは、アルミニウムからなる請求項4記載の真空制御バルブ。

[請求項6] 前記円筒型部材は、陽極酸化皮膜の形成された前記ロッドの外表面よりも単位面積当たりの気体の吸着量が少ない外周面を有する請求項4又は5記載の真空制御バルブ。

[請求項7] 前記円筒型部材は、
所定の隙間を空けて前記外表面を覆う円筒部材と、
前記ロッドの作動方向において離隔して配置され、前記所定の隙間を封止している弾性を有する2個の弾性封止部材と、
を有する請求項1乃至6のいずれか1項に記載の真空制御バルブ。

[請求項8] 前記摺動封止部は、
前記円筒型部材が摺動する摺動面を有する摺動部と、
前記摺動面のうち第1の摺動封止部材と第2の摺動封止部材とによって封止されている空間である真空摺動室と、
前記真空摺動室から真空引きを行なうための流路である真空引き流路と、
を有し、
前記第1の摺動封止部材は、前記真空摺動室と前記バルブボディ流路との間を封止しており、
前記第2の摺動封止部材は、前記真空摺動室と前記外部との間を封止しており、
前記真空摺動室は、前記第1の摺動封止部材から前記第2の摺動封止部材まで前記ロッドの作動方向に渡って形成されている筒状の空間を有する請求項1乃至7のいずれか1項に記載の真空制御バルブ。

[請求項9] 前記真空摺動室は、前記リフト量の操作によって前記バルブボディ流路側から前記真空摺動室の外部側へ移動する領域を全て覆う範囲に形成されている請求項8に記載の真空制御バルブ。

[請求項10] 前記第1の摺動封止部材は、
二股に分岐することによって形成されている一対のリップを有する弾性部材と、

前記一对のリップを広げる方向に付勢する付勢部と、
を有する請求項 8 又は 9 に記載の真空制御バルブ。

[請求項11] 真空制御バルブを制御する真空制御装置であって、
請求項 8 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の真空制御バルブを制御する制御部を備え、
前記制御部は、前記バルブボディ流路側から前記真空摺動室の外部側へ移動する領域が前記真空摺動室の範囲内に入るように前記リフト量の操作が制限されているコンダクタンス操作モードを有する真空制御装置。

[請求項12] 前記制御部は、前記コンダクタンス操作モードの開始前において前記バルブボディ流路側から前記真空摺動室の外部側へ移動した範囲を、前記真空摺動室内に予め設定された所定時間だけ配置する脱離モードを有する請求項 11 記載の真空制御装置。

[請求項13] 前記直線駆動部は、
作動流体が流通するシリンダと、
前記シリンダ内に作動室を形成し、前記作動室の作動流体の圧力に応じて荷重を発生させるピストンと、
前記リフト量が小さくなる方向に前記ピストンを付勢する付勢部と、
を備え、

前記ロッドは、前記弁体と前記ピストンとを結合するピストンロッドである請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の真空制御バルブ。

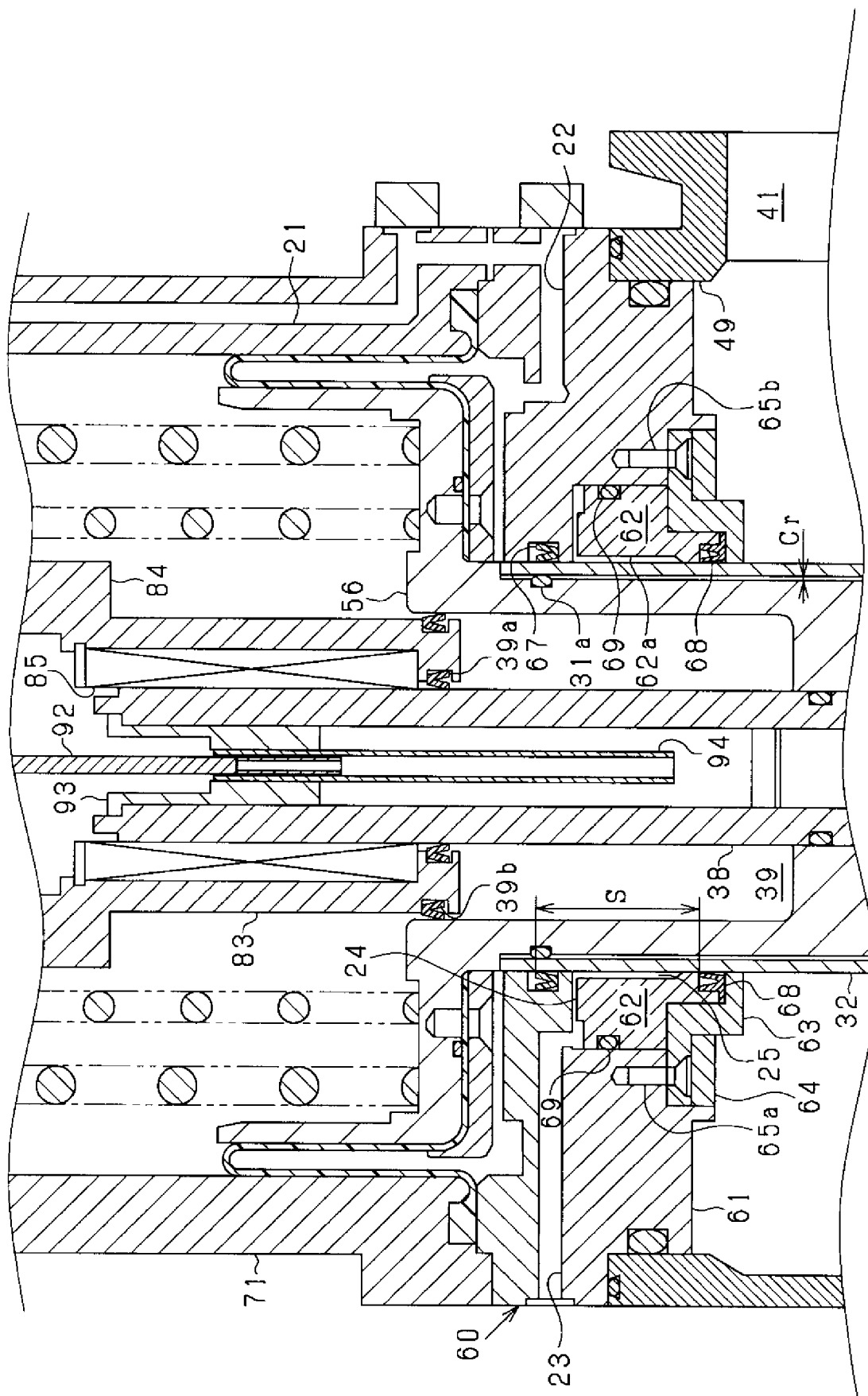
[請求項14] 真空制御バルブの制御を制御装置に実現させるコンピュータプログラムであって、

請求項 11 又は 12 に記載の真空制御バルブの制御機能を前記制御装置に実現させるコンピュータプログラムを含み、

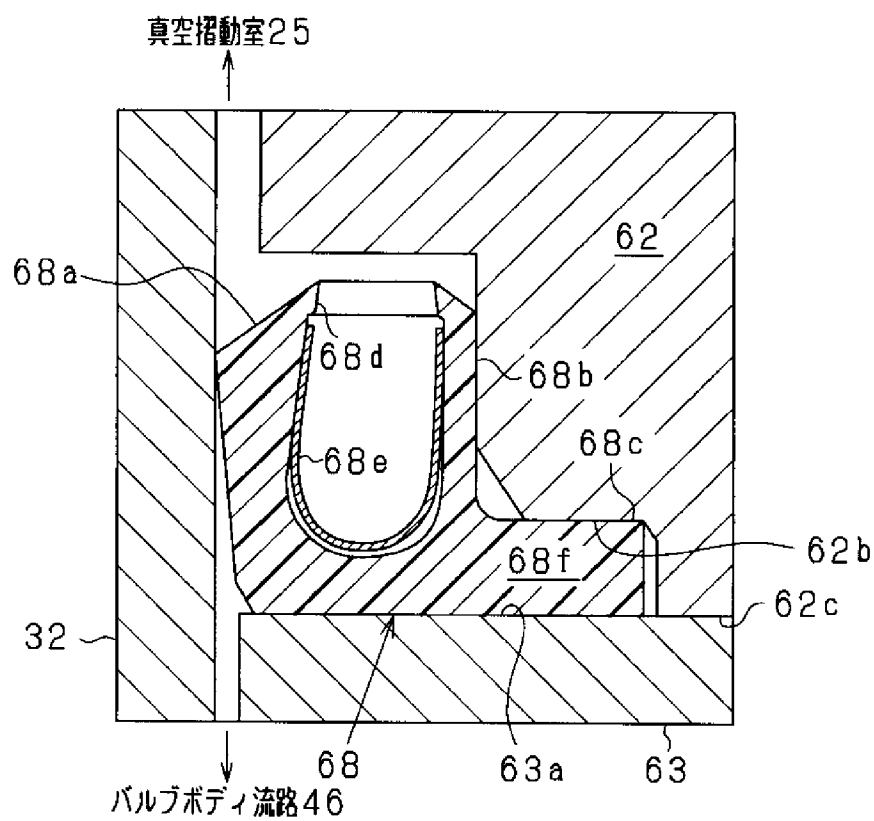
前記コンピュータプログラムは、前記バルブボディ流路側から前記真空摺動室の外部側への移動となるリフト量の操作が制限されている

コンダクタンス操作機能を前記制御装置に実現させるプログラムを備えるコンピュータプログラム。

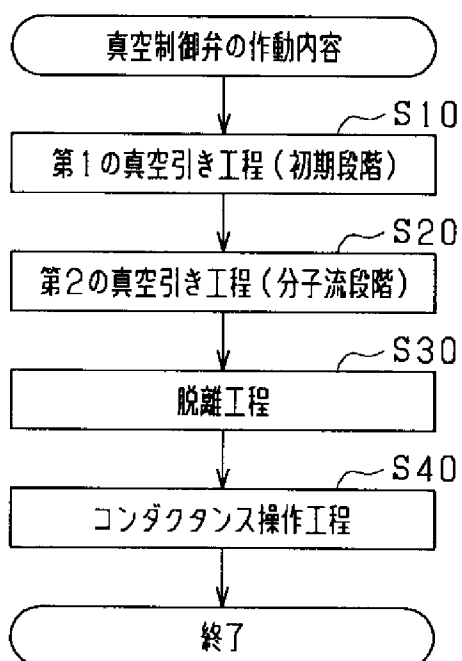
[図2]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/076756

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F16K1/32(2006.01)i, F16K1/00(2006.01)i, F16K31/126(2006.01)i, F16K51/02(2006.01)i, H01L21/3065(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)

F16K1/00-1/54, F16K31/126, F16K51/02, H01L21/3065

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	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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.
A	JP 2008-275119 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 13 November 2008 (13.11.2008), paragraph [0015]; fig. 1 & US 2010/0032607 A1 & EP 2146121 A1 & WO 2008/139950 A1 & CN 101548120 A & KR 10-2009-0096409 A	1-14
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 100639/1974 (Laid-open No. 27930/1976) (Kubota Tekko Kabushiki Kaisha), 28 February 1976 (28.02.1976), entire text; all drawings (Family: none)	1-14



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
19 December, 2011 (19.12.11)

Date of mailing of the international search report
27 December, 2011 (27.12.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/076756

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 1-117905 A (Suzuki Motor Co., Ltd.), 10 May 1989 (10.05.1989), page 3, upper left column, line 1 to upper right column, line 11; fig. 5 (Family: none)	1-14
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 168390/1983 (Laid-open No. 77703/1985) (Toshiba Corp.), 30 May 1985 (30.05.1985), entire text; fig. 2 to 5 (Family: none)	1-14
A	CD-ROM of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 45537/1992 (Laid-open No. 6835/1994) (Sekisui Chemical Co., Ltd.), 28 January 1994 (28.01.1994), paragraph [0016]; fig. 1 (Family: none)	1-14

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. F16K1/32(2006.01)i, F16K1/00(2006.01)i, F16K31/126(2006.01)i, F16K51/02(2006.01)i,
H01L21/3065(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 (I P C))

Int.Cl. F16K1/00-1/54, F16K31/126, F16K51/02, H01L21/3065

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 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
A	JP 2008-275119 A (三菱重工業株式会社) 2008. 11. 13, 【0015】, 図 1 & US 2010/0032607 A1 & EP 2146121 A1 & WO 2008/139950 A1 & CN 101548120 A & KR 10-2009-0096409 A	1 - 1 4
A	日本国実用新案登録出願 49-100639 号 (日本国実用新案登録出願公開 51-27930 号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマ イクロフィルム (久保田鉄工株式会社) 1976. 02. 28, 全文、全図 (フ ァミリーなし)	1 - 1 4

☒ 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

1 9 . 1 2 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

2 7 . 1 2 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

北村 一

3 0

3 7 3 4

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 8

C (続き) . 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
A	JP 1-117905 A (鈴木自動車工業株式会社) 1989.05.10, 第3ページ 左上欄第1行ー同第3ページ右上欄第11行, 第5図 (ファミリー なし)	1 - 1 4
A	日本国実用新案登録出願58-168390号(日本国実用新案登録出願公開 60-77703号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマ イクロフィルム (株式会社東芝) 1985.05.30, 全文、第2-5図 (フ ァミリーなし)	1 - 1 4
A	日本国実用新案登録出願4-45537号(日本国実用新案登録出願公開 6-6835号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録した CD-ROM (積水化学工業株式会社) 1994.01.28, 【0016】、図1 (フ ァミリーなし)	1 - 1 4