(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
2023年2月2日(02.02.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/007820 A1

(51) 国際特許分類:
H01J 49/00 (2006.01) *H01J 49/24* (2006.01)
H01J 49/04 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/011509

(22) 国際出願日： 2022年3月15日(15.03.2022)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2021-125039 2021年7月30日(30.07.2021) JP

(71) 出願人: 株式会社島津製作所 (**SHIMADZU CORPORATION**) [JP/JP]; 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町１番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 松下 知義 (**MATSUSHITA, Tomoyoshi**); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町１番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人深見特許事務所 (**FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.**); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島三丁目２番４号 中之島フェスティバルタワー・ウエスト Osaka (JP).

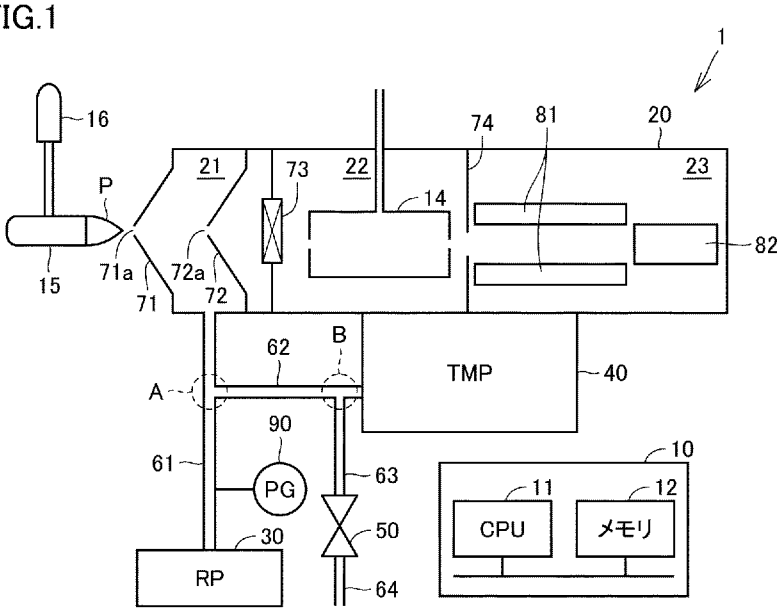
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,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

(54) Title: MASS SPECTROMETER

(54) 発明の名称： 質量分析装置

［図1］

FIG.1



12... MEMORY

(57) Abstract: This mass spectrometer (1) comprises: a roughing vacuum pump (30); a turbomolecular pump (40); a first chamber (21) in which exhausting is performed by the roughing vacuum pump (30); a second chamber (22) positioned at the rear stage of the first chamber (21), hydrogen gas being introduced into the second chamber (22); a third chamber (23) positioned at the rear stage of the second chamber (22), a detector (82) being provided in the third chamber (23); an exhaust pipe (61) that forms an exhaust flow from the first chamber (21) to the roughing vacuum pump (30); and an exhaust pipe (62) that forms an exhaust flow from the second chamber (22) and the third chamber (23) to the exhaust pipe

WO 2023/007820 A1

［続葉有］

MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

— 国際調査報告（条約第21条(3)）

(61) by the turbomolecular pump (40). The mass spectrometer (1) introduces into the exhaust pipe (62) an additional gas having a higher molecular weight than hydrogen gas.

(57) 要約：質量分析装置（１）は、粗引きポンプ（３０）と、ターボ分子ポンプ（４０）と、粗引きポンプ（３０）によって排気が行われる第１チャンバ（２１）と、第１チャンバ（２１）の後段に位置し、水素ガスが導入される第２チャンバ（２２）と、第２チャンバ（２２）の後段に位置し、検出器（８２）が設けられた第３チャンバ（２３）と、第１チャンバ（２１）から粗引きポンプ（３０）への排気流れを形成する排気管（６１）と、第２チャンバ（２２）および第３チャンバ（２３）からターボ分子ポンプ（４０）よって排気管（６１）への排気流れを形成する排気管（６２）と、を備える。質量分析装置（１）は、水素ガスよりも分子量の大きい追加ガスを排気管（６２）へ導入する。

明　細　書

発明の名称 ： 質量分析装置

技術分野

[0001]　本開示は、質量分析装置に関する。

背景技術

[0002]　一般的に、質量分析装置においては、試料がイオン源のプラズマ中に導かれることによりイオン化され、イオン化された試料は、サンプリングコーンおよびスキマーコーンを含む第１チャンバ、コリジョンセルを含む第２チャンバを通過して質量分析部を含む第３チャンバに導入される。第１チャンバは、主に粗引きポンプにより真空引きされ、第２チャンバおよび第３チャンバは、ターボ分子ポンプにより真空引きされる。

[0003]　第２チャンバに配置されるコリジョンセル内には、イオン源から侵入してきた目的元素と質量電荷比が干渉する干渉イオンを除去するために分子量の小さい反応ガスを導入することが知られている。反応ガスとしては、ヘリウム等を含む水素ガスまたはそれらを含まない水素ガスが用いられる。

[0004]　ターボ分子ポンプは、機械式真空ポンプの一種で、金属製のタービン翼を持った回転体であるロータが高速回転し、気体分子を弾き飛ばすことによりガスを排気するポンプである。ターボ分子ポンプは、このような構造上、質量が軽く運動速度の大きな分子を所定方向に誘導することに適しておらず、分子量の小さい水素ガスを排気する場合に排気性能が低下することが知られている。

[0005]　特許文献１には、多くの水素ガスを導入した場合にターボ分子ポンプの排気側端における水素ガスの分圧を低減するために、ターボ分子ポンプ排気側端により近い位置から追加ガスを導入する技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特許第５４５２８３９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 特許文献１に開示されている技術では、ターボ分子ポンプに直接追加ガスを導入するため、ターボ分子ポンプの排気ガス量と同程度、もしくはそれ以下の追加ガス流量しか追加ガスを導入することができない。また、特許文献１に開示されている技術では、追加ガスがターボ分子ポンプのロータ回転運動を抑制する方向に働くため、水素ガスの排気性能をさらに向上することができない。

[0008] 本開示は、かかる問題を解決するためになされたものであり、その目的は、水素ガスの排気性能を向上することのできる質量分析装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0009] 本開示は、プラズマを点灯し、試料をイオン化することで質量分析を行う質量分析装置に関する。質量分析装置は、粗引きポンプと、ターボ分子ポンプと、粗引きポンプによって排気が行われる第１チャンバと、第１チャンバの後段に位置し、水素ガスが導入される第２チャンバと、第２チャンバの後段に位置し、質量分析部が設けられた第３チャンバと、第１チャンバから粗引きポンプへの排気流れを形成する第１流路と、第２チャンバおよび第３チャンバからターボ分子ポンプよって第１流路への排気流れを形成する第２流路と、を備える。質量分析装置は、水素ガスよりも分子量の大きい追加ガスを第２流路へ導入する。

発明の効果

[0010] 本開示によれば、水素ガスの排気性能を向上することのできる質量分析装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]実施の形態１に係る質量分析装置の概略構成を示す図である。

[図2]比較例に係る質量分析装置の概略構成を示す図である。

[図3]プラズマ消灯時の水素ガス導入量と真空度との関係を示すグラフである。

[図4]プラズマ点灯時の水素ガス導入量と真空度との関係を示すグラフである。

[図5]実施の形態２に係る質量分析装置における制御装置が実行する処理を示すフローチャートである。

[図6]実施の形態３に係る質量分析装置の概略構成を示す図である。

[図7]実施の形態３に係る質量分析装置における制御装置が実行する処理を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0012] 本実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中の同一または相当部分については、同一の符号を付して、その説明は原則的に繰り返さない。

[0013] ＜実施の形態１＞

図１は、実施の形態１に係る質量分析装置１の概略構成を示す図である。質量分析装置１は、プラズマトーチ１５と、本体２０と、粗引きポンプ３０と、ターボ分子ポンプ４０と、真空計９０と、弁５０と、制御装置１０とを含む。

[0014] プラズマトーチ１５は、試料をイオン化する。プラズマトーチ１５は、特に図示しないが、試料管、プラズマガス管、冷却ガス管、および高周波誘導コイルを含む。プラズマガス管は、ガス供給源１６に接続されており、アルゴンガス等が供給される。高周波誘導コイルの動作によって、プラズマトーチ１５内にプラズマＰが発生する。

[0015] 本体２０は、プラズマトーチ１５側からサンプリングコーン７１およびスキマーコーン７２により仕切られた構造を有する。プラズマトーチ１５で発生したプラズマＰの一部は、サンプリングコーン７１およびスキマーコーン７２を介して、イオンビームとなる。

[0016] 本体２０は、相互に連通し得る第１チャンバ２１、第２チャンバ２２、第

３チャンバ２３の３つのチャンバを含む。第１チャンバ２１は、サンプリングコーン７１とスキマーコーン７２とに挟まれた空間を含む。第１チャンバ２１内には、サンプリングコーン７１のオリフィス７１ａを通過したプラズマＰの一部が入り込む。プラズマＰの一部は、スキマーコーン７２のオリフィス７２ａを通過してイオンビームの形でさらに後段へと導かれる。図示しないが、スキマーコーン７２の背後には、イオンビームを案内するためのイオン光学部品が配置される。

[0017] プラズマＰが点火された状態では、サンプリングコーン７１の外側は、略大気圧程度の圧力を有するので、第１チャンバ２１内は、比較的高い圧力となる。第１チャンバ２１は、第１流路としての排気管６１を介して粗引きポンプ（roughing vacuum pump）３０により減圧されるよう構成される。粗引きポンプ３０としては、例えば、油回転ポンプが使用される。

[0018] 第１チャンバ２１の後段には、ゲート弁７３によって第１チャンバ２１と隔てられるようにした第２チャンバ２２が設けられる。第２チャンバ２２内には、セル１４が配置される。セル１４は、スキマーコーン７２のオリフィス７２ａを通過して取り出されたイオンビームから、検出目的の元素と質量電荷比が干渉する多原子分子イオンを除去する。セル１４は、その中で反応ガスの分子と電荷移動反応等の反応を行う。反応ガスとしては、例えば水素ガスが用いられる。反応ガスは、セル１４の上部の導入口から導入される。なお、図示しないが、セル１４内には、多重極電極等を含む。

[0019] 第２チャンバ２２のさらに後段には、隔壁７４によって第２チャンバ２２と隔てられる第３チャンバ２３が設けられる。第３チャンバ２３内には、所定の質量電荷比を有するイオンを抽出するための分離部が設けられる。分離部は、四重極等の多重極電極８１により構成される。第３チャンバ２３内において、多重極電極８１の後側には、抽出されたイオンを検知するための検出器８２が配置される。検出器８２は、本体２０の外部に設けられる信号処理装置（図示省略）に向けて検出信号を出力する質量分析部として機能する。

[0020] 第２チャンバ２２および第３チャンバ２３は、共にターボ分子ポンプ（turbomolecular pump）４０によって減圧される。ターボ分子ポンプ４０は、内部に複数の回転翼を有している。ターボ分子ポンプ４０の排気側は、第２流路としての排気管６２を介して粗引きポンプ３０に向けて延び、排気管６１に結合される。排気管６１と、排気管６２とが交わる位置を位置Ａと称する。

[0021] 排気管６２へは、弁５０を介して追加ガスが導入する。追加ガスは、図示しないガス源から吸気管６４、弁５０、吸気管６３を通過し、排気管６２へ導入される。排気管６２と吸気管６３とが交わる位置を位置Ｂと称する。

[0022] 弁５０は、吸気管６４から導入する追加ガスが吸気管６３へ流れる流量を調整する弁として機能する。ターボ分子ポンプ４０の排気管６２は、減圧された状態にあるため、弁５０を開状態とすると、一定量の追加ガスが排気管６２内へ導入される。弁５０は、例えば、微少流量の制御を行うことが可能なニードル弁とすればよい。

[0023] 追加ガスは、水素ガス等の分子量の小さい分子を含まない大気成分のガス、アルゴンガス、窒素ガス、ヘリウムガス等が使用され得る。追加ガスは、これらのガスを２種類以上混合するガスを使用してもよい。追加ガスの導入は、プラズマＰの点灯中、分析が行われる間は継続して行われる。

[0024] 真空計９０は、第１流路である排気管６１に接続される。真空計９０は、例えば、真空中で通電加熱された金属線からの放熱量が圧力によって変わり、電気抵抗が変わる現象を利用したピラニ真空計（Pirani gauge）が用いられる。

[0025] 制御装置１０は、例えばＣＰＵ（Central Processing Unit）１１とメモリ１２とを含む。メモリ１２は、例えばＲＯＭ（Read Only Memory）およびＲＡＭ（Random Access Memory）により構成されており、制御プログラムの他、各種データを記憶することができる。ＣＰＵ１１は、メモリ１２に記憶された制御プログラムを実行することにより、反応ガス、追加ガスの導入等の動作を制御する。

[0026] 図２は、比較例に係る質量分析装置１Ａの概略構成を示す図である。図２の質量分析装置１Ａは、図１の質量分析装置１とは追加ガスの導入位置が異なり、その他の構成については同様である。以下では、質量分析装置１Ａにおいて、図１の質量分析装置１と同じ構成については、同じ符号を付して詳細な説明は繰り返さない。

[0027] 図２に示すように、質量分析装置１Ａは、追加ガスが図示しないガス源から吸気管６８、弁５０、吸気管６７を通過し、排気管６１へ導入される。排気管６１と吸気管６７とが交わる位置を位置Ｃと称する。

[0028] 質量分析装置１または質量分析装置１Ａを用いる際には、必要に応じてセル１４内に反応ガスが導入される。反応ガスとしては、例えば、水素を含むガスが用いられる。水素ガスのような分子量の小さいガスの分子は、第２チャンバ２２内でセル１４の外側へと拡散し、さらに、第３チャンバ２３へも拡散し得る。第２チャンバ２２および第３チャンバ２３は、ターボ分子ポンプ４０を介して減圧されるが、ターボ分子ポンプ４０は、分子量の小さなガスの排気の際にその性能が制限される。

[0029] 第２チャンバ２２および第３チャンバ２３内に拡散した分子量の小さい水素等のガスを放置すると、真空度が低下し、気体分子の錯乱の影響により、分析の感度に悪影響を及ぼす可能性がある。逆にそのような現象を生じないように、単純に排気速度を高めようとすると、ターボ分子ポンプ４０に大きな負担が生じることになる。

[0030] 実施の形態１の質量分析装置１および比較例の質量分析装置１Ａは、水素ガス等を含まない追加ガスをゆっくりと導入（以下、スローリークとも称する）することにより、分子量の小さい水素等のガスを排気するようにしている。スローリークを実行して追加ガスが水素ガスに混入されることにより、気体分子同士が衝突し粘性流の排気流れを生じさせるためである。

[0031] 水素ガス導入量と真空度との関係について説明する。図３は、プラズマ消灯時の水素ガス導入量と真空度との関係を示すグラフであり、図４は、プラズマ点灯時の水素ガス導入量と真空度との関係を示すグラフである。

[0032] 図３および図４には、図１の位置Ｂ、図２の位置Ｃに対応する位置から追加ガスを導入した場合の水素ガス導入量と真空度との関係が示されている。図３および図４において、横軸は、水素ガス導入量［ｓｃｃｍ］を示し、縦軸は、真空度［Ｐａ］を示している。図３において、位置Ｃからスローリークを実行する場合が実線で示され、位置Ｂからスローリークを実行する場合が破線で示される。図４において、位置Ｃからのスローリークを終了する場合が実線で示され、位置Ｂからスローリークを実行する場合において追加ガスの導入量が多い場合が一点鎖線で示され、位置Ｂからスローリークを実行する場合において追加ガスの導入量が適量の場合が破線で示される。

[0033] 図３に示すように、プラズマ消灯時において位置Ｃからスローリークを実行する場合、真空度が５．００×１０$^{-4}$［Ｐａ］から２．２０×１０$^{-2}$［Ｐａ］まで真空度が悪化する。それに対し、図３に示すようにプラズマ消灯時において位置Ｂからスローリークを実行する場合、真空度は、位置Ｃからの場合に比べ真空度の高い状態が持続される。このように、排気管６１の位置Ｃに追加ガスを導入する場合よりも、排気管６２の位置Ｂに追加ガスを導入する場合の方が、水素ガスの排気を向上させることができる。

[0034] 位置Ｃにおいてスローリークを実行すると、粘性流の排気流れが第１チャンバ２１と粗引きポンプ３０とを結ぶ排気管６１上に形成される。この粘性流の排気流れによって排気管６１と排気管６２とが交差する位置Ａにおいて、ターボ分子ポンプ４０から排気される水素ガスが粗引きポンプ３０へと流れる際に水素ガスが押し戻され水素ガスの排気流れに淀みが生じる。このため、位置Ｃでは、ターボ分子ポンプ４０により圧縮された排気ガスが効率よく排気されない。

[0035] 一方、位置Ｂにおいてスローリークを実行すると、粘性流の排気流れがターボ分子ポンプ４０と位置Ａとを結ぶ排気管６２上に形成される。位置Ｂは、ターボ分子ポンプ４０の排気側に近い位置であるため、排気側に留まっている水素ガスを押し流すことができる位置である。押し流された水素ガスは、排気管６１と排気管６２とが交差する位置Ａを通過する際に、第１チャン

バ２１から粗引きポンプ３への排気流れに逆らうことなく粗引きポンプ３へ流れる。このため、位置Ｂからのスローリークにより、水素ガスの流れに淀みが生じることなく、ターボ分子ポンプ４０により圧縮された排気ガスが停滞せずに粗引きポンプ３０側へと効率良く流れる。これにより、質量分析装置１は、水素ガスの排気性能を向上することができる。

[0036] なお、位置Ｃにおいてスローリークを実行する質量分析装置１Ａは、油回転ポンプを粗引きポンプ３０として使用する際に、油が逆拡散して粗引きポンプ３０から排気管内に油が侵入する現象をスローリークにより防止する。さらに、粗引きポンプ３０は、負荷がかかっていない状態では、回転部の動作により振動が発生する場合がある。質量分析装置１Ａは、スローリークにより粗引きポンプ３０に負荷をかけることで回転部の動作を抑制し、振動による騒音を防止することができる。これらの効果は、位置Ｂにおいてスローリークを実行する質量分析装置１においても同様に得られる効果である。

[0037] 追加ガスの導入量は、０．５ｓｃｃｍから０．０５ｓｌｍ（＝０．０５×１０^{3}ｓｃｃｍ）の範囲とするのがよい。追加ガスの導入量が多すぎるとターボ分子ポンプ４０の背圧が高くなり、ターボ分子ポンプ４０の圧縮比が低くなる。これにより、第３チャンバ２３の高真空領域の真空度が低下する。逆に、追加ガスの導入量が少なすぎると粗引きポンプ３０から排気管内に油が侵入する現象を抑制する効果が薄れてしまう。追加ガスの導入量を上記範囲とすることにより、第３チャンバ２３の高真空領域の真空度の低下を防止することができるとともに、粗引きポンプから排気管内に油が侵入する現象を防止することができる。

[0038] 図４に示すように、プラズマ点灯時において位置Ｃからスローリークを実行する場合、真空度が８．５０×１０$^{-4}$［Ｐａ］から１．１０×１０$^{-3}$［Ｐａ］まで真空度が悪化する。このときのターボ分子ポンプ４０の背圧は、１３９［Ｐａ］である。それに対し、図４に示すようにプラズマ点灯時に位置Ｂからスローリークを実行する場合において追加ガスの導入量が多い場合、位置Ｃからの場合に比べ真空度が高い状態が持続される。このときのターボ

分子ポンプ４０の背圧は、１６０［Ｐａ］である。さらに、プラズマ点灯時に位置Ｂからスローリークを実行する場合において追加ガスの導入量が適量の場合、追加ガスの導入量が多い場合に比べ真空度が高い状態が持続される。このときのターボ分子ポンプ４０の背圧は、１４１［Ｐａ］である。

[0039] このように、プラズマ点灯時においては、位置Ｃにおいてスローリークを実行する場合は、位置Ｂからスローリークを実行する場合に比べ真空度が悪くなってしまう。それに対し、位置Ｂにおいてスローリークを実行すると、粘性流の排気流れがターボ分子ポンプ４０と位置Ａとを結ぶ排気管６２上に形成される。位置Ｂは、ターボ分子ポンプ４０の排気側に近い位置であるため、排気側に留まっている水素ガスを押し流すことができる位置である。押し流された水素ガスは、排気管６１と排気管６２とが交差する位置Ａを通過する際に、第１チャンバ２１から粗引きポンプ３への排気流れに逆らうことなく粗引きポンプ３へ流れる。このため、位置Ｂからのスローリークにより、水素ガスの流れに淀みが生じることなく、ターボ分子ポンプ４０により圧縮された排気ガスが停滞せずに粗引きポンプ３０側へと効率良く流れる。これにより、質量分析装置１は、水素ガスの排気性能を向上することができる。

[0040] 追加ガスの流量が多い場合は、追加ガスの流量が適量の場合に比べ、ターボ分子ポンプ４０の背圧が高くなるため、ターボ分子ポンプ４０の圧縮比が低くなる。そのため、第３チャンバ２３の高真空領域の真空度が低下する。質量分析装置１では、プラズマ点灯時において位置Ｂから適量の追加ガスが導入されることにより、ターボ分子ポンプ４０の背圧が抑えられるため、ターボ分子ポンプ４０の良好な圧縮比を実現することができる。これにより、質量分析装置１は、水素ガスの排気性能を向上することができる。

[0041] 質量分析装置１は、プラズマ消灯時およびプラズマ点灯時に追加ガスを最適な導入位置でスローリークすることにより水素ガスの排気性能を向上することができる。これは、粗引きポンプ３０をドライポンプのような排気性能の高いポンプに交換する場合よりも効果が大きく、経済的である。

[0042] ＜実施の形態２＞

実施の形態２においては、弁５０に換えて流量を制御可能な電子制御弁を用いた構成について説明する。図５は、実施の形態２に係る質量分析装置における制御装置１０が実行する処理を示すフローチャートである。

[0043] 制御装置１０は、まずプラズマトーチ１５の稼働状態に基づいてプラズマ点灯中か否かを判定する（ステップＳ１）。制御装置１０は、プラズマ消灯中であると判定した場合（ステップＳ１のＮＯ）、電子制御弁を開放し、スローリークを実行する（ステップＳ２）。そして、制御装置１０は、処理をメインルーチンへ戻す。一方、制御装置１０は、プラズマ点灯中であると判定した場合（ステップＳ１のＹＥＳ）、電子制御弁を閉鎖し、スローリークを終了する（ステップＳ３）。そして、制御装置１０は、処理をメインルーチンへ戻す。

[0044] このように、プラズマ消灯時の状態では、制御装置１０が電子制御弁を開放し、スローリークを実行するため、粗引きポンプ３０から排気管内に油が侵入する現象と負荷の掛かっていない状態の粗引きポンプ３０の騒音を防止することができる。一方、プラズマ点灯時の状態では、サンプリングコーン７１からのプラズマガスの導入により粗引きポンプ３０から排気管内に油が侵入する現象と騒音とをある程度防止できるためスローリークを終了することができる。

[0045] ＜実施の形態３＞

実施の形態３においては、弁５０が三方弁５１に置き換えられた構成について説明する。図６は、実施の形態３に係る質量分析装置１Ｂの概略構成を示す図である。図６の質量分析装置１Ｂは、図１の質量分析装置１における弁５０が三方弁５１に置き換えられた構成となっており、その他の構成については同様である。以下では、質量分析装置１Ｂにおいて、図１の質量分析装置１と同じ構成については、同じ符号を付して詳細な説明は繰り返さない。

[0046] 図６に示すように、三方弁５１は、吸気管６３に接続される流路を、第１

吸気管６５と第２吸気管６６との間で切換えることが可能に構成されている。追加ガスは、図示しないガス源から第１吸気管６５または第２吸気管６６を通過し、三方弁５１を通過した後、吸気管６３を通過して排気管６２へ導入される。ここで、第１吸気管６５は、第２吸気管６６よりも内径が小さい。このため、第１吸気管６５から吸気管６３に導入される追加ガスの量は、第２吸気管６６から吸気管６３に導入される追加ガスの量よりも少ない。

[0047] 図７は、実施の形態３に係る質量分析装置１Ｂにおける制御装置１０が実行する処理を示すフローチャートである。

[0048] 制御装置１０は、まずプラズマトーチ１５の稼働状態に基づいてプラズマ点灯中か否かを判定する（ステップＳ１１）。制御装置１０は、プラズマ消灯中であると判定した場合（ステップＳ１１のＮＯ）、三方弁５１を制御して第２吸気管６６が吸気管６３と連通するように切換える（ステップＳ１２）。そして、制御装置１０は、処理をメインルーチンへ戻す。これにより、吸気管６３に導入される追加ガスの量が増加する。

[0049] 制御装置１０は、プラズマ点灯中であると判定した場合（ステップＳ１１のＹＥＳ）、三方弁５１を制御して第１吸気管６５が吸気管６３と連通するように切換える（ステップＳ１３）。そして、制御装置１０は、処理をメインルーチンへ戻す。これにより、吸気管６３に導入される追加ガスの量が低減する。

[0050] このように、プラズマ消灯時には、吸気管６３に導入される追加ガスの量を増加することによって粗引きポンプ３０の負荷を増加させ、粗引きポンプ３０から排気管内に油が侵入する現象を追加ガスの圧力により防止することができる。さらに、プラズマ消灯時には、追加ガスが増加されるため、負荷の掛かっていない状態における振動等により騒音が発生する粗引きポンプ３０に負荷をかけることで騒音を防止することができる。一方、プラズマ点灯時には、追加ガスの流量が低減されるため、ターボ分子ポンプ４０の背圧が低くなる。これにより、ターボ分子ポンプ４０の圧縮比を向上させることで第３チャンバ２３の高真空領域の真空度を良くすることができる。

[0051] ［態様］

上述した複数の例示的な実施の形態は、以下の態様の具体例であることが当業者により理解される。

[0052] （第１項） 一態様に係る質量分析装置は、プラズマを点灯し、試料をイオン化することで質量分析を行う。質量分析装置は、粗引きポンプと、ターボ分子ポンプと、粗引きポンプによって排気が行われる第１チャンバと、第１チャンバの後段に位置し、水素ガスが導入される第２チャンバと、第２チャンバの後段に位置し、質量分析部が設けられた第３チャンバと、第１チャンバから粗引きポンプへの排気流れを形成する第１流路と、第２チャンバおよび第３チャンバからターボ分子ポンプよって第１流路への排気流れを形成する第２流路と、を備える。質量分析装置は、水素ガスよりも分子量の大きい追加ガスを第２流路へ導入する。

[0053] 第１項に記載の質量分析装置によれば、水素ガスよりも分子量の大きい追加ガスを第２流路へ導入するため、多くの水素ガスが導入された場合にも粘性流の排気流れを第２流路上に形成することができる。このため、質量分析装置１では、ターボ分子ポンプにより圧縮された排気ガスが停滞せずに粗引きポンプ側へと効率良く流れる。これにより、質量分析装置１は、水素ガスの排気性能を向上することができる。

[0054] （第２項） 第２流路へ導入される追加ガスの流量を調整する弁をさらに備える。弁は、プラズマの点灯時およびプラズマの消灯時には、最大開度よりも小さい開度に設定される。

[0055] 第２項に記載の質量分析装置によれば、プラズマ消灯時およびプラズマ点灯時に追加ガスを最適な導入位置でスローリークすることにより水素ガスの排気性能を向上することができる。

[0056] （第３項） 第２流路へ導入される追加ガスの流量を調整する弁をさらに備える。弁は、プラズマの点灯時に閉状態とされ、プラズマの消灯時に開状態とされる。

[0057] 第３項に記載の質量分析装置によれば、プラズマ消灯時には、弁を開放す

ることによってスローリークが実行されるため、粗引きポンプから排気管内に油が侵入する現象と負荷の掛かっていない状態の粗引きポンプの騒音とを防止することができる。一方、プラズマ点灯時には、プラズマガスの導入により粗引きポンプから排気管内に油が侵入する現象と騒音とをある程度防止できるためスローリークを終了することができる。

[0058] （第４項） 第２流路へ導入される追加ガスの流量を調整する弁をさらに備える。プラズマの点灯時に弁によって導入される追加ガスの流量は、プラズマの消灯時に弁によって導入される追加ガスの流量よりも少ない。

[0059] 第４項に記載の質量分析装置によれば、プラズマ消灯時には、追加ガスが増加されるため、粗引きポンプから排気管内に油が侵入する現象を追加ガスの圧力により防止することができる。さらに、プラズマ消灯時には、追加ガスが増加されるため、負荷の掛かっていない状態における振動等により騒音が発生する粗引きポンプに負荷をかけることで騒音を防止することができる。一方、プラズマ点灯時には、追加ガスの流量が低減されるため、ターボ分子ポンプの背圧が低くなる。これにより、ターボ分子ポンプの圧縮比を向上させることで第３チャンバの高真空領域の真空度を良くすることができる。

[0060] （第５項） プラズマ点灯時に第２流路へ導入される追加ガスの流量は、０．５ｓｃｃｍから０．０５ｓｌｍまでの範囲である。

[0061] 追加ガスの導入量が多すぎるとターボ分子ポンプの背圧が高くなり、ターボ分子ポンプの圧縮比が低くなる。これにより、第３チャンバの高真空領域の真空度が低下する。逆に、追加ガスの導入量が少なすぎると粗引きポンプから排気管内に油が侵入する現象を抑制する効果が薄れてしまう。第５項に記載の質量分析装置によれば、第３チャンバの高真空領域の真空度の低下を防止することができるとともに、粗引きポンプから排気管内に油が侵入する現象を防止することができる。

[0062] （第６項） 追加ガスは、大気成分を有するガス、窒素ガス、アルゴンガス、ヘリウムガスのいずれか、またはこれらのうち少なくとも２種を混合したガスである。

[0063] 第６項に記載の質量分析装置によれば、追加ガスとして様々なガスを用いることができる。

[0064] 今回開示された実施の形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本開示の範囲は、上記した実施の形態の説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

[0065] １，１Ａ，１Ｂ 質量分析装置、１０ 制御装置、１１ ＣＰＵ、１２ メモリ、１４ セル、１５ プラズマトーチ、１６ ガス供給源、２０ 本体、２１ 第１チャンバ、２２ 第２チャンバ、２３ 第３チャンバ、３０ 粗引きポンプ、４０ ターボ分子ポンプ、５０ 弁、５１ 三方弁、６１，６２ 排気管、６３，６４，６７，６８ 吸気管、６５ 第１吸気管、６６ 第２吸気管、７１ サンプリングコーン、７１ａ，７２ａ オリフィス、７２ スキマーコーン、７３ ゲート弁、７４ 隔壁、８１ 多重極電極、８２ 検出器、９０ 真空計、Ｐ プラズマ。

請求の範囲

[請求項1] プラズマを点灯し、試料をイオン化することで質量分析を行う質量分析装置であって、

粗引きポンプと、

ターボ分子ポンプと、

前記粗引きポンプによって排気が行われる第１チャンバと、

前記第１チャンバの後段に位置し、水素ガスが導入される第２チャンバと、

前記第２チャンバの後段に位置し、質量分析部が設けられた第３チャンバと、

前記第１チャンバから前記粗引きポンプへの排気流れを形成する第１流路と、

前記第２チャンバおよび前記第３チャンバから前記ターボ分子ポンプよって前記第１流路への排気流れを形成する第２流路と、を備え、

前記質量分析装置は、前記水素ガスよりも分子量の大きい追加ガスを前記第２流路へ導入する、質量分析装置。

[請求項2] 前記第２流路へ導入される前記追加ガスの流量を調整する弁をさらに備え、

前記弁は、前記プラズマの点灯時および前記プラズマの消灯時には、最大開度よりも小さい開度に設定される、請求項１に記載の質量分析装置。

[請求項3] 前記第２流路へ導入される前記追加ガスの流量を調整する弁をさらに備え、

前記弁は、前記プラズマの点灯時に閉状態とされ、前記プラズマの消灯時に開状態とされる、請求項１に記載の質量分析装置。

[請求項4] 前記第２流路へ導入される前記追加ガスの流量を調整する弁をさらに備え、

前記プラズマの点灯時に前記弁によって導入される前記追加ガスの

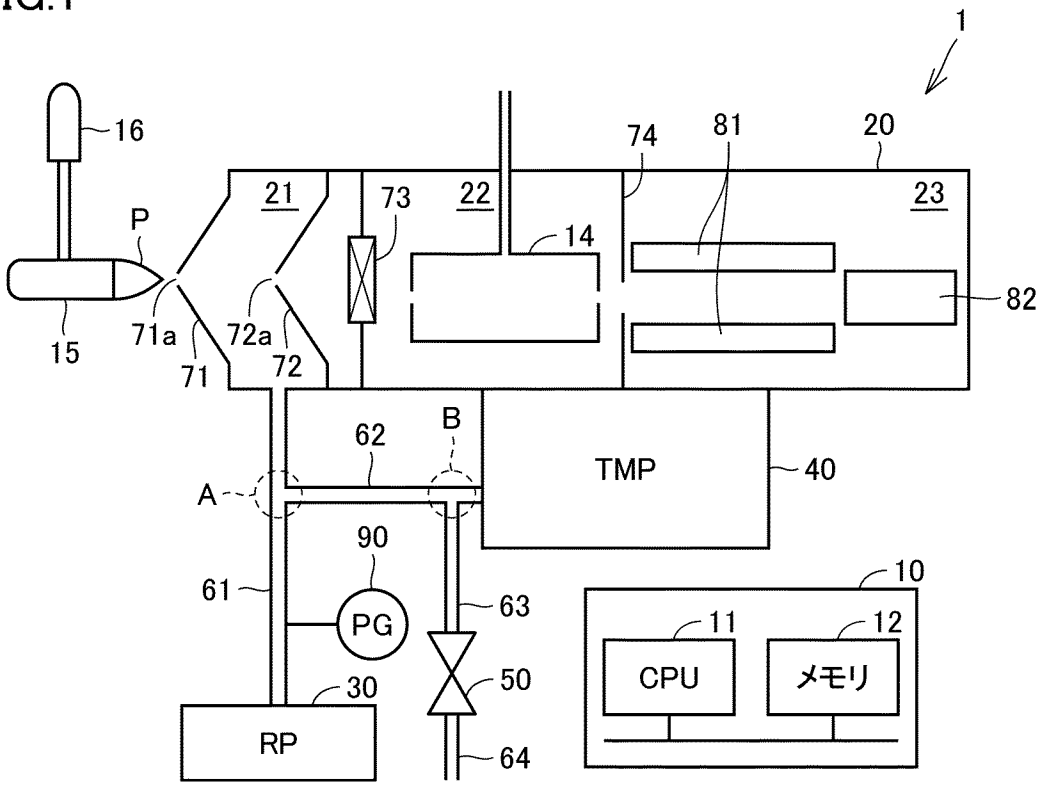
流量は、前記プラズマの消灯時に前記弁によって導入される前記追加ガスの流量よりも少ない、請求項１に記載の質量分析装置。

[請求項5] 前記プラズマ点灯時に前記第２流路へ導入される前記追加ガスの流量は、０．５ｓｃｃｍから０．０５ｓｌｍまでの範囲である、請求項２から請求項４のいずれか１項に記載の質量分析装置。

[請求項6] 前記追加ガスは、大気成分を有するガス、窒素ガス、アルゴンガス、ヘリウムガスのいずれか、またはこれらのうち少なくとも２種を混合したガスである、請求項１から請求項５のいずれか１項に記載の質量分析装置。

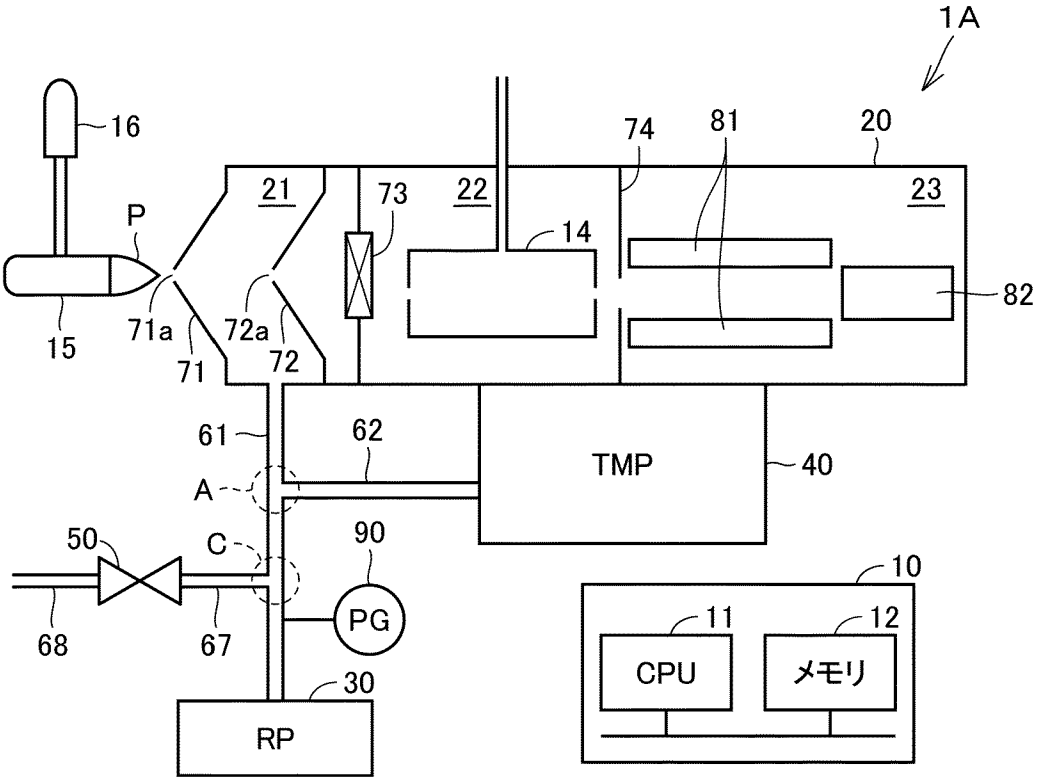
[図1]

FIG.1



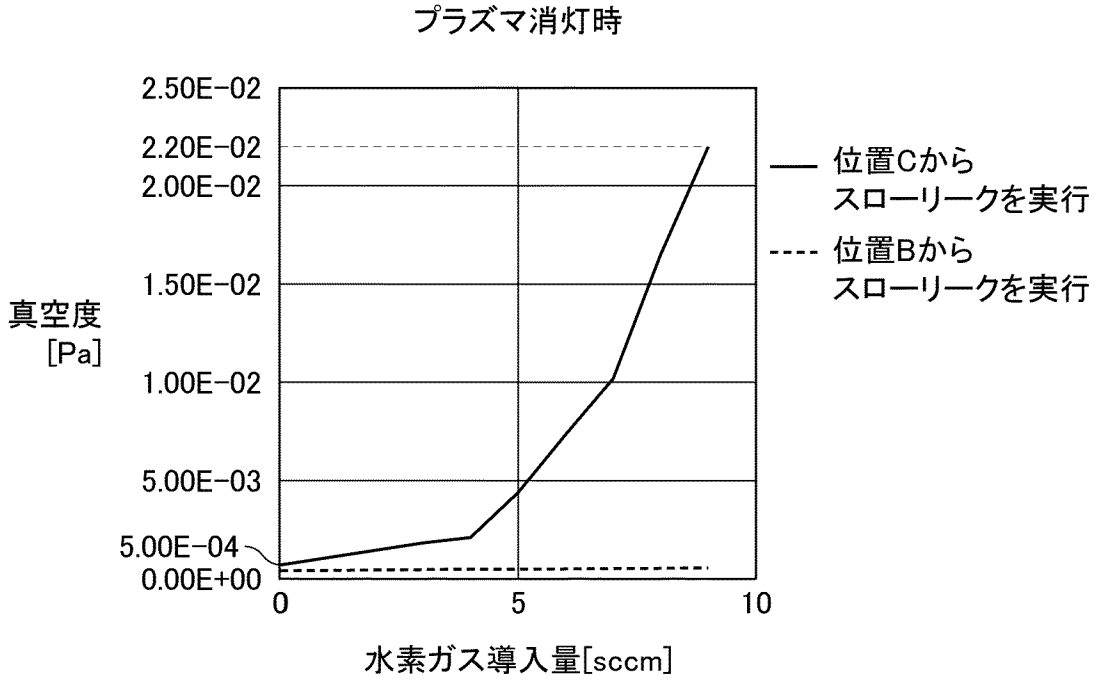
[図2]

FIG.2



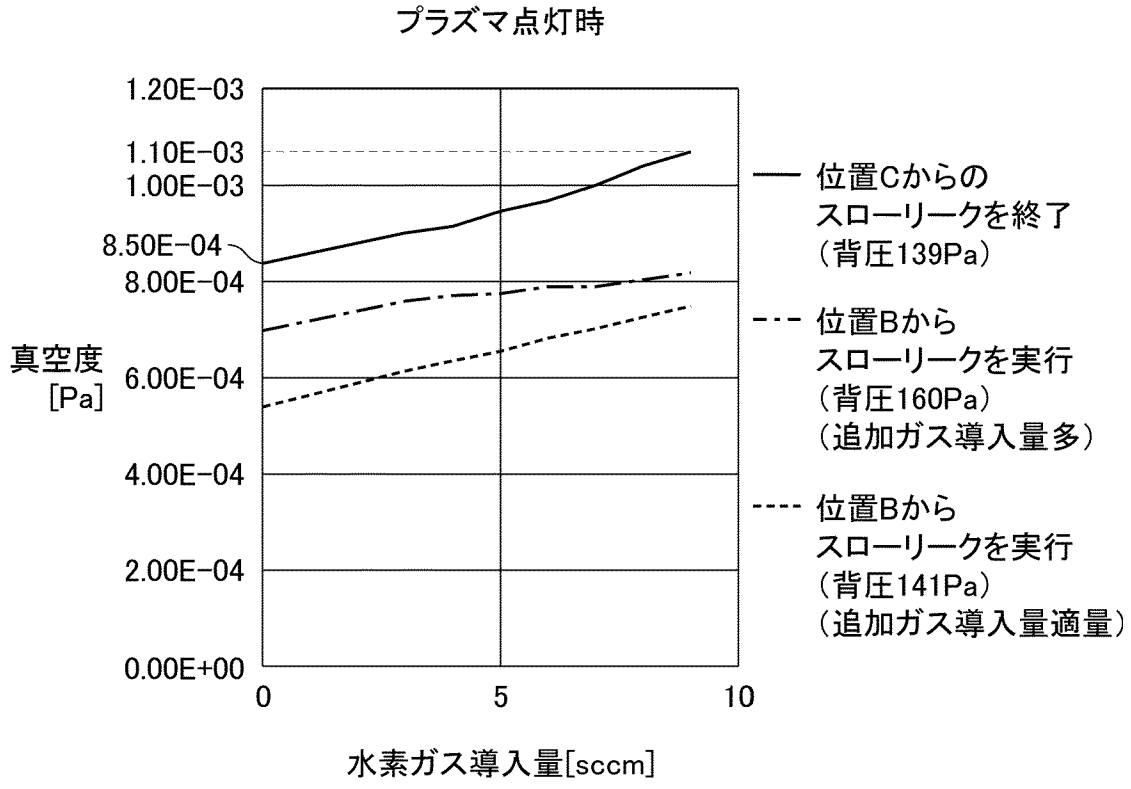
[図3]

FIG.3



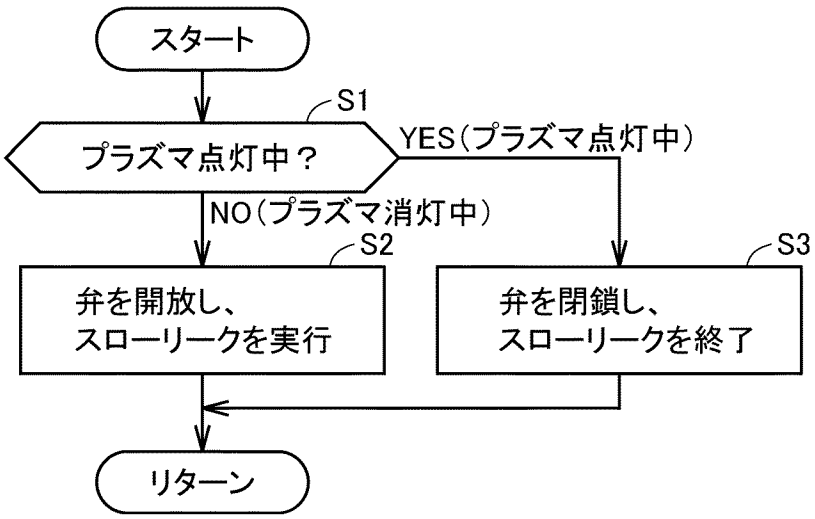
[図4]

FIG.4



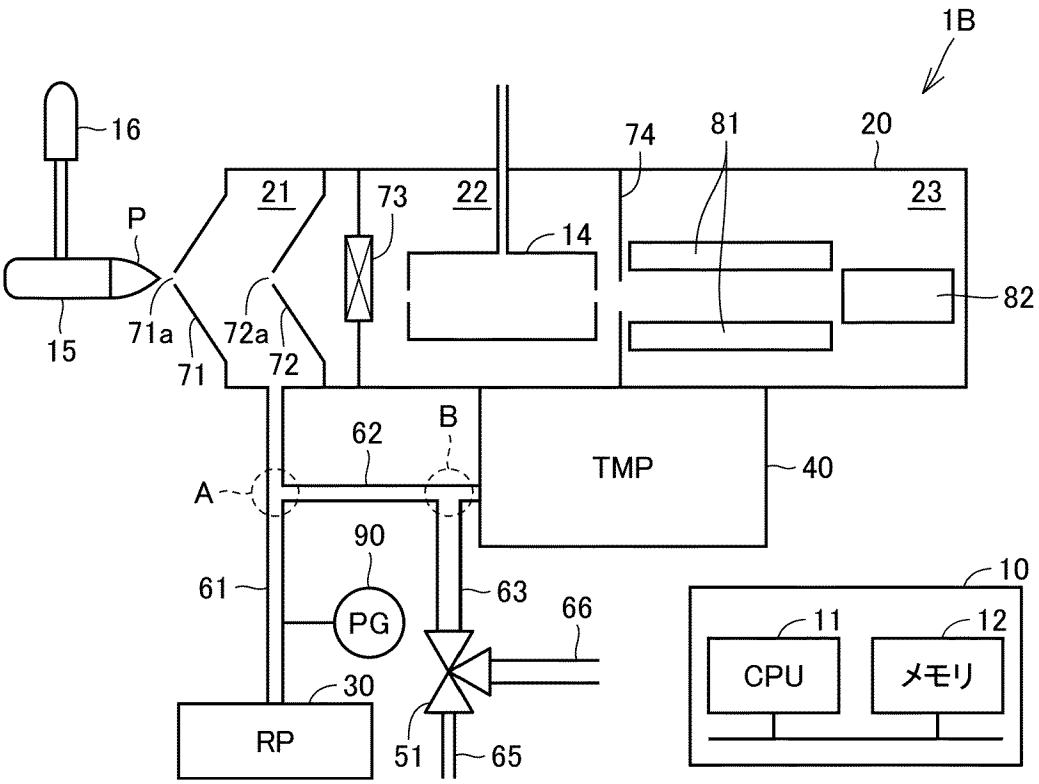
[図5]

FIG.5



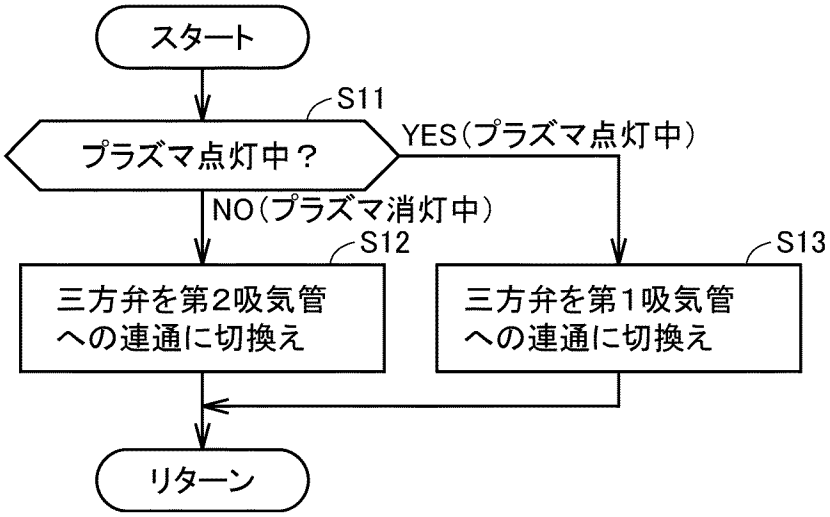
[図6]

FIG.6



[図7]

FIG.7


スタート
S11
プラズマ点灯中？
YES（プラズマ点灯中）
NO（プラズマ消灯中）
S12
三方弁を第2吸気管への連通に切換え
S13
三方弁を第1吸気管への連通に切換え
リターン

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/011509

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J 49/00(2006.01)i; ***H01J 49/04***(2006.01)i; ***H01J 49/24***(2006.01)i
FI: H01J49/00 500; H01J49/04 950; H01J49/24

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)

H01J49/00; H01J49/04; H01J49/24

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022
Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2008-95504 A (AGILENT TECHNOLOGIES, INC.) 24 April 2008 (2008-04-24) paragraphs [0025]-[0041], fig. 1	1-2, 5-6
A	entire text, all drawings	3-4
A	JP 7-27089 A (OSAKA VACUUM, LTD.) 27 January 1995 (1995-01-27) entire text, all drawings	1–6
A	JP 2007-538197 A (THE BOC GROUP PLC) 27 December 2007 (2007-12-27) entire text, all drawings	1–6
A	JP 2013-143196 A (AGILENT TECHNOLOGIES, INC.) 22 July 2013 (2013-07-22) entire text, all drawings	1–6
A	CN 111128671 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 08 May 2020 (2020-05-08) entire text, all drawings	1–6

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
10 May 2022	**24 May 2022**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2022/011509

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2008-95504 A	24 April 2008	(Family: none)	
JP 7-27089 A	27 January 1995	(Family: none)	
JP 2007-538197 A	27 December 2007	US 2008/0063541 A1 entire text, all drawings GB 411426 D0 WO 2005/113986 A1 EP 1756429 A CA 2563248 A CN 1957182 A AT 462081 T	
JP 2013-143196 A	22 July 2013	US 2013/0175442 A1 entire text, all drawings CN 203339108 U	
CN 111128671 A	08 May 2020	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/011509

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01J 49/00(2006.01)i; H01J 49/04(2006.01)i; H01J 49/24(2006.01)i
FI: H01J49/00 500; H01J49/04 950; H01J49/24

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））

H01J49/00; H01J49/04; H01J49/24

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２２年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 2008-95504 A (アジレント・テクノロジーズ・インク) 24.04.2008 (2008-04-24) 段落[0025]-[0041],図1	1-2,5-6
A	全文,全図	3-4
A	JP 7-27089 A (株式会社大阪真空機器製作所) 27.01.1995 (1995-01-27) 全文,全図	1-6
A	JP 2007-538197 A (ザ ビーオーシー グループ ピーエルシー) 27.12.2007 (2007-12-27) 全文,全図	1-6
A	JP 2013-143196 A (アジレント・テクノロジーズ・インク) 22.07.2013 (2013-07-22) 全文,全図	1-6
A	CN 111128671 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 08.05.2020 (2020-05-08) 全文,全図	1-6

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
"E" 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
"L" 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
"P" 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
"T" 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
"X" 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
"Y" 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
"&" 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
10.05.2022	24.05.2022

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）

大門　清 2G 8355

電話番号 03-3581-1101 内線 3226

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2022/011509

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2008-95504 A	24.04.2008	（ファミリーなし）	
JP 7-27089 A	27.01.1995	（ファミリーなし）	
JP 2007-538197 A	27.12.2007	US 2008/0063541 A1 全文,全図 GB 411426 D0 WO 2005/113986 A1 EP 1756429 A CA 2563248 A CN 1957182 A AT 462081 T	
JP 2013-143196 A	22.07.2013	US 2013/0175442 A1 全文,全図 CN 203339108 U	
CN 111128671 A	08.05.2020	（ファミリーなし）	