

(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10月5日(05.10.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/188410 A1

(51) 国際特許分類:
H01J 49/24 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/016938

(22) 国際出願日: 2022年3月31日(31.03.2022)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 株式会社日立ハイテク
(**HITACHI HIGH-TECH CORPORATION**) [JP/
JP]; 〒1056409 東京都港区虎ノ門一丁目
1 7 番 1 号 Tokyo (JP).

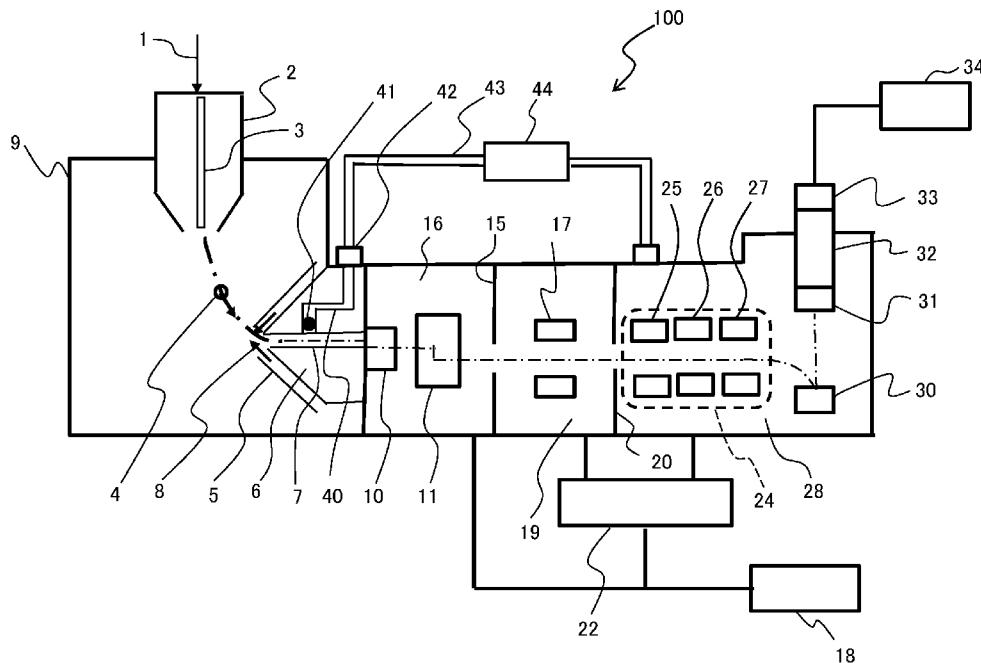
(72) 発明者: 石 黒 浩 二 (**ISHIGURO Kouji**);
〒1056409 東京都港区虎ノ門一丁目 1 7 番 1
号 株式会社日立ハイテク内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 弁 理 士 法 人 磯 野 国 際 特 許 商
標 事 務 所 (**ISONO INTERNATIONAL PATENT
OFFICE, P.C.**); 〒1020082 東京都千代田区一番
町 2 1 一番町東急ビル Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BH, 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: ANALYZING DEVICE

(54) 発明の名称: 分析装置



(57) Abstract: The present invention provides an analyzing device with which an inflow volume of a gas into a vacuum pump when a power supply to the vacuum pump is stopped can be reduced by means of a simple construction. This analyzing device (100) comprises a charged particle generation source (2) for generating charged particles, vacuum chambers (16, 19, 28) having an evacuated interior, a fine hole (7) for introducing the charged particles from the charged particle generation source (2) into the vacuum chamber (16), and vacuum pumps (18, 22) connected to the vacuum chambers (16,

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, SC, 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：

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

19, 28), wherein the analyzing device (100) is provided with a sealing plug (41) capable of sealing the fine hole (7), and the sealing plug (41) seals the fine hole (7) when conduction of electricity to the vacuum pump (18, 22) stops.

(57) 要約：本発明は、真空ポンプへの給電の停止時に真空ポンプへの気体の流入量を単純な構造によって低減することができる分析装置を提供するものである。荷電粒子を発生させる荷電粒子発生源（２）と、内部が真空にされる真空室（１６，１９，２８）と、荷電粒子を荷電粒子発生源（２）から真空室（１６）に導入する細孔（７）と、真空室（１６，１９，２８）に接続された真空ポンプ（１８，２２）と、を備えた分析装置（１００）において、細孔（７）を封止可能な封止栓（４１）を備え、封止栓（４１）は、真空ポンプ（１８，２２）への通電が停止したとき、細孔（７）を封止する。

明 細 書

発明の名称：分析装置

技術分野

[0001] 本発明は、質量分析装置等の分析装置に関する。

背景技術

[0002] 質量分析装置は、試料をイオン化するイオン源、イオンを質量に応じて分離する分離部、分離されたイオンを測定する測定部等を備えている。試料に含まれる成分は、電磁氣的に分離可能なイオンにイオン化された後、分離部に導入される。分離部は、イオンの飛程を確保するために真空室で構成されており、質量電荷比に応じてイオンを分離する。測定部では、質量毎に分離されたイオンの強度が電子増倍管等を利用して検出されている。

[0003] 真空室は、複数の部屋に区画されており、部屋毎に差動排気されている。前段側の真空室には、分離部が収容されており、荒引き用のドライポンプ等が接続されている。後段側の真空室には、分離部や測定部が収容されており、本引き用のターボ分子ポンプが接続されている。イオン源が収容された容器と真空室との間には、イオン導入電極が設けられている。

[0004] イオン導入電極には、イオン源が収容された容器の側に、電界を発生させるカウンタプレートが設けられている。また、イオン導入電極を貫通するように、イオン源が収容された容器と真空室との間を連通する細孔が形成されている。イオン源によって試料から生成されたイオンは、イオン源とカウンタプレートとの電位差や、イオン源が収容された容器と真空室との圧力差によって、細孔を通じて真空室に導入されている。

[0005] 近年、質量分析装置の感度の更なる向上が求められている。イオンの検出の感度は、真空室に収容された測定部へのイオンの導入量を増大させると向上する。しかし、従来は、イオン導入電極に形成された細孔が高い流路抵抗を持っている。細孔の孔径を拡大すれば、流路抵抗が抑制されるため、イオンの導入量が増大すると期待されている。但し、細孔の孔径を拡大すると、

ガスの流入量も増大するため、真空室の真空度が低下することになる。

[0006] イオンの検出の感度を向上させるためには、真空室の真空度についても高く維持する必要がある。高真空度は、排気速度が大きい真空ポンプによって実現することが可能である。しかし、排気速度が大きい真空ポンプは、装置が大型であり、機器コストがかかる。昨今は、このような問題に対し、細孔の孔径を拡大すると共に、真空ポンプの台数を増やして対処している。

[0007] 質量分析装置において、電力供給系統で停電が発生すると、真空ポンプへの給電が停止するという問題がある。真空ポンプへの給電が停止すると、差動排気が不能になり、荒引き用のポンプが停止して、本引き用のポンプに過大な圧力がかかる。真空ポンプへの給電の停止は、真空ポンプの損傷に繋がるため、真空系を保護する対策が採られている。

[0008] 特許文献1には、パイロット弁を備えた真空ポンプ遮断弁が開示されている。パイロット弁は、バックリングポンプが始動すると、閉じた状態になり、バックリングポンプの排出／排気側から真空ポンプ遮断弁を遮断している（段落0030参照）。一方、バックリングポンプが動力を失うと、開いた状態になり、バックリングポンプの排出／排気側に真空ポンプ遮断弁をさらしている（段落0031参照）。

[0009] 特許文献2には、中間圧力部にリークバルブを設けた大気圧イオン化質量分析計が開示されている。中間圧力部を排気する真空ポンプと分析部を排気する真空ポンプが停止すると、リークバルブが開き、中間圧力部に対して不活性ガスが導入されている。リークバルブは、第2細孔電極部に設けられる真空保持バルブや、ターボ分子ポンプの上部に設けられるバタフライバルブに代えて設けられている。

[0010] 特許文献3には、真空ポンプが破損しないようにインターロックで開閉されるバルブを備えた真空装置が開示されている。この真空装置では、ターボ分子ポンプの回転中にドライポンプが停止した時、排気側および吸気側のバルブを瞬時に閉じるというハードインターロックでターボ分子ポンプを保護している。

[0011] 特許文献4には、ターボ分子ポンプと電動弁を備えた排気装置が開示されている。この排気装置において、粗引きポンプとターボ分子ポンプの排気口との間に設けた電動弁と、ターボ分子ポンプとチャンバとの間に設けた電動弁は、停電発生時に閉じられている。

先行技術文献

特許文献

[0012] 特許文献1：特開2018-066370号公報

特許文献2：特開平06-068843号公報

特許文献3：特公平08-026857号公報

特許文献4：特開2002-147386号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0013] 分析装置の電力供給系統で停電が発生すると、真空ポンプへの給電が停止し、電力による駆動が行われなくなる。しかし、真空ポンプの回転翼は、慣性によって暫く回転を続ける。回転翼が停止するまでの間に、真空ポンプの吸気側には気体が流入し続けることになる。真空ポンプの吸気側は昇圧し、真空ポンプの回転翼に過大な圧力がかかるため、真空ポンプが損傷するという問題がある。真空ポンプの使用寿命が短くなったり、真空ポンプの回転翼が破損・破断したりする。

[0014] 特に、真空ポンプとして用いられるターボ分子ポンプは、回転翼の駆動が停止されると、数万rpm程度のフル回転から徐々に減速し、十数分程度の回転を続けてから停止する。ターボ分子ポンプは、作動圧力範囲が限定されており、荒引き用の真空ポンプと併用されるのが一般的である。停電発生時には、荒引き用の真空ポンプによるターボ分子ポンプの排気側の排気も停止するため、真空ポンプの回転翼に対する負荷が拡大することになる。

[0015] 近年、質量分析装置等の分野では、イオンの検出の感度を向上させるために、イオン源が収容された容器と真空室との間を連通する細孔の孔径を拡大

する動向がある。細孔の孔径を拡大した場合、真空室へのイオンの導入量が増大するが、停電発生時に真空ポンプの吸気側に流入する気体の流入速度や流入量も大きくなる。真空ポンプの回転翼に過大な圧力がかかるため、真空ポンプが損傷する可能性が高くなると想定される。

[0016] 一般に、停電による真空ポンプの損傷は、それほど高い確率で起こるものではない。しかし、一度損傷を受けると、交換が必要になり、多大な機器コストがかかる。一般に、停電への対策としては、無停電電源装置の利用も考えられる。しかし、無停電電源装置を追加すると、分析装置全体が大型になるし、設備コストもかかる。そのため、停電発生時に分析装置の真空ポンプを保護するにあたり、低コストで単純な構造を用いた対策が望まれている。

[0017] 特許文献1の技術では、パイロット弁を境界として圧力差が生じるため、真空チャンバの急激な真空度の低下を抑制できる可能性がある。しかし、パイロット弁は、バックリングポンプと真空ポンプとの間に設けられている。このような構造であると、パイロット弁によって流路抵抗が大きくなるため、真空ポンプによる排気速度が遅くなり、真空チャンバの真空度が低くなる。高真空度が要求される場合、排気速度が大きい真空ポンプが必要になり、装置全体が大型になるし、設備コストもかかる。

[0018] 特許文献2の技術では、イオン検出器であるマルチプライヤ等の利得の低下を防ぐことができる。しかし、第2細孔電極部に真空保持バルブを設けると、第2細孔電極の細孔が汚れによって塞がれる問題やコストの問題を生じるだけでなく、電界の乱れが発生するという問題を生じる。また、真空保持バルブの動作による汚れの剥離が原因で、細孔が塞がれる問題が起こり易くなる。汚れを除去するメンテナンス作業が必要になり、質量分析の作業が妨げられる。電界の乱れが発生すると、荷電粒子の軌道に影響し、分離部におけるイオン透過率が低くなる虞がある。一方、ターボ分子ポンプの上部にバタフライバルブを設けると、機器コストの問題を生じる。通常の排気シーケンスであれば、荒引き用の真空ポンプによっても、本引き用のターボ分子ポンプへの負荷を軽減できる。そのため、停電発生時のためにバタフライバル

ブを設ける対策では、コストパフォーマンスに問題がある。

[0019] 特許文献3の技術では、ターボ分子ポンプの吸気側および排気側に、インターロックで開閉されるバルブを設けている。しかし、一般に、ターボ分子ポンプの吸気側や排気側の配管は、比較的大きい内径に設けられる。ターボ分子ポンプの排気速度を考慮すると、このような箇所にバルブを設けた場合、無視できない程度に流路抵抗が大きくなる。バルブを加味した合成コンダクタンスでは、実効排気速度が低くなる。また、バルブ自体の動作によって消費電力が増大する問題や、装置全体が大型になる問題を生じる。

[0020] 特許文献4の技術では、荒引きポンプとターボ分子ポンプの排気口との間や、ターボ分子ポンプとチャンバとの間に、電動弁を設けている。しかし、特許文献3の場合と同様に、ターボ分子ポンプの吸気側や排気側に電動弁を設けた場合、実効排気速度が低くなる。また、電動弁自体の動作によって消費電力が増大する問題や、装置全体が大型になる問題を生じる。

[0021] そこで、本発明は、真空ポンプへの給電の停止時に真空ポンプへの気体の流入量を単純な構造によって低減することができる分析装置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

[0022] 上記の課題を解決するため、本発明に係る分析装置は、荷電粒子を発生させる荷電粒子発生源と、内部が真空にされる真空室と、前記荷電粒子を前記荷電粒子発生源から前記真空室に導入する細孔と、前記真空室に接続された真空ポンプと、を備えた分析装置において、前記細孔を封止可能な封止栓を備え、前記封止栓は、前記真空ポンプへの通電が停止したとき、前記細孔を封止する。

発明の効果

[0023] 本発明によると、真空ポンプへの給電の停止時に真空ポンプへの気体の流入量を単純な構造によって低減することができる分析装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]本発明の実施形態に係る分析装置の構成を示す図である。

[図2A]分析装置における圧力式の封止栓の動作を示す図である。

[図2B]分析装置における圧力式の封止栓の動作を示す図である。

[図3]分析装置における栓孔の形成法を説明する図である。

[図4]分析装置における栓孔の構造例を示す図である。

[図5]分析装置における栓孔の構造例を示す図である。

[図6]分析装置における栓孔の構造例を示す図である。

[図7A]分析装置における電磁式の封止栓の動作を示す図である。

[図7B]分析装置における電磁式の封止栓の動作を示す図である。

発明を実施するための形態

[0025] 以下、本発明の一実施形態に係る分析装置について、図を参照しながら説明する。なお、以下の各図において共通する構成については同一の符号を付し、重複した説明を省略する。

[0026] 図1は、本発明の実施形態に係る分析装置の構成を示す図である。

図1に示すように、本実施形態に係る分析装置100は、イオン（荷電粒子）を発生させるイオン源（荷電粒子発生源）2や、内部が真空にされる真空室16、19、28や、真空ポンプ18、22等を備えている。分析装置100は、イオン源2が発生させたイオンをイオン源2から真空室16に導入する第1細孔7（導入孔）を封止可能な封止栓41を備えている。

[0027] 図1において、分析装置100としては、エレクトロスプレーイオン化法（Electro Spray Ionization：ESI）によるイオン源2を備えた質量分析装置が示されている。分析装置100では、試料溶液1に含まれる成分が質量分析される。封止栓41としては、気圧差と自重によって動作する圧力式が備えられている。

[0028] イオン源2は、試料溶液1に含まれる試料をイオン化してイオンを発生させる。イオン源2によって生成されたイオン4は、イオン源容器9の内部に放出される。イオン源2は、イオン源容器9に固定されている。イオン源容器9は、例えば、アルミニウム合金、ステンレス鋼等の金属で形成される。

イオン源容器 9 は、E S I において、大気圧霧囲気とされる。

[0029] 真空室 1 6, 1 9, 2 8 は、複数の部屋に区切られている。図 1 において、真空室 1 6, 1 9, 2 8 は、第 1 差動排気室 1 6 と、第 2 差動排気室 1 9 と、分析室 2 8 とによって構成されている。

[0030] イオン源容器 9 と第 1 差動排気室 1 6 とは、イオン導入電極 6 によって隔てられている。イオン導入電極 6 には、中心を貫通するように、第 1 細孔 7 が形成されている。イオン源容器 9 と第 1 差動排気室 1 6 とは、第 1 細孔 7 を通じて互いに連通している。

[0031] 第 1 差動排気室 1 6 と第 2 差動排気室 1 9 とは、第 1 細孔電極 1 5 によって隔てられている。第 1 細孔電極 1 5 には、中心を貫通するように、第 2 細孔が形成されている。第 1 差動排気室 1 6 と第 2 差動排気室 1 9 とは、第 2 細孔を通じて互いに連通している。

[0032] 第 2 差動排気室 1 9 と分析室 2 8 とは、第 2 細孔電極 2 0 によって隔てられている。第 2 細孔電極 2 0 には、中心を貫通するように、第 3 細孔が形成されている。第 2 差動排気室 1 9 と分析室 2 8 とは、第 3 細孔を通じて互いに連通している。

[0033] 真空室 1 6, 1 9, 2 8 には、真空ポンプ 1 8, 2 2 が接続されている。第 2 差動排気室 1 9 と分析室 2 8 には、ターボ分子ポンプ 2 2 の吸気側が接続されている。第 1 差動排気室 1 6 とターボ分子ポンプ 2 2 の排気側には、ドライポンプ 1 8 の吸気側が接続されている。ターボ分子ポンプ 2 2 は、回転翼を気体分子に衝突させて、気体分子を弾いて排気を行うポンプである。気体分子が多い気圧下では、回転翼に大負荷がかかるため、排気側がドライポンプ 1 8 によって排気されている。

[0034] 第 1 差動排気室 1 6 には、イオンガイド 1 1 が収容されている。第 2 差動排気室 1 9 には、イオンサーマライザ 1 7 が収容されている。分析室 2 8 には、マスフィルタ 2 4 が収容されている。イオンガイド 1 1、イオンサーマライザ 1 7、および、マスフィルタ 2 4 は、イオンを分離するイオン分析部を構成している。

- [0035] 分析室 28 には、コンバージョンダイノード 30、シンチレータ 31、光電子増倍管 32 が収容されている。コンバージョンダイノード 30、シンチレータ 31、および、光電子増倍管 32 は、イオンを検出するイオン検出部を構成している。
- [0036] イオン源 2 としては、エレクトロスプレーイオン化法（ESI）によって試料をイオン化する ESI イオン源が備えられている。イオン源 2 は、キャピラリー 3 や、不図示の試料導入管、電源等を備えている。試料導入管は、イオン源容器 9 の外部からイオン源 2 の内部まで、試料溶液 1 の通路を形成している。キャピラリー 3 は、イオン源 2 の内部からイオン源容器 9 の内部まで、試料溶液 1 の通路を形成している。
- [0037] キャピラリー 3 は、試料溶液 1 の液滴をイオン源容器 9 の内部に噴射する。キャピラリー 3 の先端部の内径は、例えば、数十～数百 μm に設けられる。キャピラリー 3 は、不図示の電源と電氣的に接続されている。キャピラリー 3 には、電源から数 kV の正電圧または負電圧が印加される。試料溶液 1 は、不図示のシリンジポンプ等によって試料導入管に導入された後、キャピラリー 3 に入る。そして、キャピラリー 3 で高電圧を印加されながら、イオン源容器 9 の内部に噴射される。
- [0038] イオン源 2 には、不図示のネブライザ管を設けることができる。ネブライザ管は、キャピラリー 3 の周囲を囲むように、キャピラリー 3 と同心に配置することができる。ネブライザ管は、窒素ガス、アルゴンガス等の不活性ガスを噴射する。試料溶液 1 がキャピラリー 3 から噴射されるとき、不活性ガスをネブライザ管から噴射すると、液滴を微細に霧化させることができる。
- [0039] イオン源 2 には、不図示の補助ヒーティングガス管を設けることができる。補助ヒーティングガス管は、ネブライザ管の周囲を囲むように、ネブライザ管と同心に配置することができる。補助ヒーティングガス管は、加熱された窒素ガス等の不活性ガスを噴射する。試料溶液 1 がキャピラリー 3 から噴射されるとき、不図示のヒータで数百℃に加熱された不活性ガスを補助ヒーティングガス管から噴射すると、イオン化や液滴の微細化を補助できる。

- [0040] 試料溶液 1 は、キャピラリ 3 の先端部からイオン源容器 9 の内部に向けて、液滴として噴射される。試料溶液 1 の液滴は、不活性ガスの噴射によって、溶媒の蒸発や衝突が促進される。溶媒の蒸発や衝突によって液滴の微細化が進むと、液滴の表面の電場が増大する。電荷同士の反発力が液滴の表面張力を超えると、液滴が分裂を起こす。噴射された液滴は、分裂を繰り返して微細化し、最終的に単分子レベルのイオン 4 が生成される。
- [0041] 図 1 において、イオン源 2 としては、エレクトロスプレーイオン化法（ESI）による ESI イオン源が備えられている。ESI によると、微量の液体に含まれる正負イオンを検出できる。フラグメント化を起こさず、高分子を質量分析することが可能である。但し、イオン源 2 としては、他のイオン化の方式を利用した装置を備えてもよい。
- [0042] 他のイオン化の方式としては、大気圧化学イオン化法（Atmospheric Pressure Chemical Ionization：APCI）、化学イオン化法（Chemical Ionization：CI）、電子衝撃イオン化法（Electron Impact：EI）等が挙げられる。イオン源 2 としては、マイクロ波を用いる ECR（Electron Cyclotron Resonance：電子サイクロトロン共鳴）プラズマイオン源、ICP（Inductively Coupled Plasma：誘導結合プラズマ）イオン源、ペニングイオン源、レーザーイオン源等を備えてもよい。
- [0043] イオン源容器 9 と第 1 差動排気室 16 との間には、イオン導入電極 6 が備えられている。イオン導入電極 6 は、上流側が円錐形状、下流側が円柱形状に設けられている。イオン導入電極 6 の中心軸付近には、第 1 細孔 7 が形成されている。第 1 細孔 7 は、イオン源容器 9 と第 1 差動排気室 16 とを連通している。
- [0044] イオン導入電極 6 の上流側は、カウンタプレート 5 によって覆われている。カウンタプレート 5 は、円錐形状に設けられている。カウンタプレート 5 には、中心を貫通するように、直径が数 mm の開口が形成されている。カウンタプレート 5 の開口は、第 1 細孔 7 と共に、イオン 4 の通路を形成している。

- [0045] カウンタプレート5は、不図示の電源と電氣的に接続されている。カウンタプレート5には、電源から正電圧または負電圧が印加される。イオン源2によって生成される霧化ガスには、試料がイオン化したイオン4や、イオン以外の中性粒子や、気化しなかった試料溶液1の液滴が含まれている。これらの成分は、キャピラリ3とカウンタプレート5との間に形成される電界や、イオン源容器9と第1差動排気室16との圧力差によって、イオン源容器9から第1細孔7に導入される。
- [0046] カウンタプレート5は、イオン導入電極6との間に、ガス流路を形成している。ガス流路には、第1細孔7の入口側からイオン源容器9の内部側に向けて、カウンタガス8が流される。カウンタガス8としては、窒素ガス等の不活性ガスが挙げられる。カウンタガス8が逆方向に噴射されることによって、イオン以外の中性粒子や試料溶液1の液滴が第1細孔7に侵入するのが防止される。
- [0047] カウンタプレート5やイオン導入電極6は、不図示のヒータによって、高温に加熱される。例えば、約200℃に加熱される。カウンタプレート5やイオン導入電極6が高温であると、これらに接近した試料溶液1の液滴を気化させることができる。カウンタプレート5やイオン導入電極6に対する試料溶液1の付着量が低減するため、汚れのキャリーオーバーによる測定誤差を低減できる。
- [0048] イオン源2によって生成されたイオン4等は、電界や圧力差によって、第1細孔7、および、第1細孔7の下流に設けられた軸ずらし部10を通じて、第1差動排気室16に導入される。第1細孔7は、例えば、断面が円形状の貫通孔として設けられる。第1細孔7の孔径は、0.5mm以上1.5mm以下程度に設けることができる。第1細孔7の長さは、数十mmに設けることができる。
- [0049] 軸ずらし部10は、第1細孔7と第1差動排気室16とを連通する細孔を備えている。軸ずらし部10の細孔の中心軸は、第1細孔7の中心軸に対して偏心している。偏心によって、第1細孔7の中心軸と交差する位置に衝突

壁が形成されている。軸ずらし部10の細孔は、衝突壁に対してオフセットされて開口している。軸ずらし部10によると、イオン等の軽い成分から、試料溶液1の液滴等の重い成分を分離できる。重い成分は、衝突壁に衝突して軸ずらし部10を通過できない一方で、軽い成分は、軸ずらし部10を通過して第1差動排気室16に流入できる。

[0050] 第1差動排気室16は、ドライポンプ18によって真空引きされる。第1差動排気室16は、ドライポンプ18の運転時において、数百Pa程度の真空度に維持される。第1差動排気室16には、イオンガイド11が収容されている。

[0051] イオンガイド11は、多重極電極等で構成され、イオン4を収束させながら透過させる。多重極電極は、金属、セラミック等の丸棒によって形成される。隣接する電極ロッド同士の間には、正負が逆の高周波電圧が印加される。イオン4は、電極ロッドで囲まれる空間を通り、電界によって収束されると共に、不要な成分が除去される。

[0052] イオンガイド11は、例えば、上流側を8重極、下流側を4重極で構成できる。上流側の電極群の中心軸と下流側の電極群の中心軸とは、イオンの進行方向と直交する方向に偏心させることができる。数mm程度のオフセットを設けると、所定のイオン4を透過させつつ、イオン以外の中性粒子等を効率的に除去できる。

[0053] 第1差動排気室16で収束されたイオン4等は、電界や圧力差によって、第2細孔を通じて、第2差動排気室19に導入される。第2細孔は、例えば、平板状に設けられた第1細孔電極15を貫通する貫通孔として設けられる。第2細孔の孔径は、数mmに設けることができる。第1細孔電極15の厚さは、数mmに設けることができる。

[0054] 第2差動排気室19は、ターボ分子ポンプ22によって真空引きされる。ターボ分子ポンプ22の排気側は、ドライポンプ18によって排気される。第2差動排気室19は、ターボ分子ポンプ22の運転時において、数Pa程度の真空度に維持される。第2差動排気室19には、イオンサーマライザ1

7が収容されている。

[0055] イオンサーマライザ17は、多重極電極等で構成され、イオン4を収束させながらイオン4の運動エネルギーを減衰させる。多重極電極は、金属、セラミック等の丸棒によって形成される。隣接する電極ロッド同士の間には、正負が逆の高周波電圧が印加される。また、ヘリウム、窒素等の中性ガスが導入される。イオン4は、電極ロッドで囲まれる空間を通り、中性ガス分子と衝突しながら電界によって収束される。イオン4の運動エネルギーが中性ガス分子との衝突によって低下するため、スペクトル干渉によるノイズが低減して、低質量数成分の感度が向上する。

[0056] 第2差動排気室19で収束されたイオン4等は、電界や圧力差によって、第3細孔を通じて、分析室28に導入される。第3細孔は、例えば、平板状に設けられた第2細孔電極20を貫通する貫通孔として設けられる。第3細孔の孔径は、数mmに設けることができる。第2細孔電極20の厚さは、数mmに設けることができる。

[0057] 分析室28は、ターボ分子ポンプ22によって真空引きされる。ターボ分子ポンプ22の排気側は、ドライポンプ18によって排気される。分析室28は、ターボ分子ポンプ22の運転時において、 10^{-3} Pa程度の真空度に維持される。分析室28には、マスフィルタ24、コンバージョンダイノード30、シンチレータ31、および、光電子増倍管32が収容されている。

[0058] マスフィルタ24は、第1マスフィルタ25と、衝突室26と、第2マスフィルタ27によって構成されている。第1マスフィルタ25と第2マスフィルタ27は、多重極電極で構成され、高周波電圧や直流電圧が制御される。衝突室26は、多重極電極が収容されたセルで構成され、ヘリウム、窒素等の中性ガスが導入される。

[0059] 第1マスフィルタ25は、電圧の制御によって、特定の質量電荷比 (m/z) を持つプリカーサイオンのみを通過させる。衝突室26は、プリカーサイオンを中性ガス分子と衝突させる。プリカーサイオンは、衝突誘起解離によって化学結合が弱い部位で開裂し、所定のプロダクトイオンを解離する。

第2マスフィルタ27は、電圧の制御によって、特定の質量電荷比 (m/Z) を持つプロダクトイオンのみを通過させる。

[0060] 多連式のマスフィルタ24によると、プリカーサイオンから解離した特定のプロダクトイオンのみが分離される。質量が近似した検出対象外のイオンの影響を排除できるため、検出対象のプロダクトイオンについて高感度な定量分析が可能になる。マスフィルタ24で分離されたプロダクトイオンは、コンバージョンダイノード30に入射する。

[0061] コンバージョンダイノード30は、二次電子増倍電極で構成される。二次電子増倍電極は、真空雰囲気におかれており、検出対象のイオンと異なる極性の高電圧が印加される。二次電子増倍電極は、イオンが衝突すると二次電子を生じる。コンバージョンダイノード30によると、プロダクトイオンから高効率で二次電子を発生させることができる。

[0062] シンチレータ31は、電子を光に変換する。コンバージョンダイノード30によって発生した電子は、シンチレータ31による逆光電子分光によって光に変換される。シンチレータ31によると、プロダクトイオンの検出信号が二次電子から光に変換される。光変換を行うと、分析室28の内部に存在する検出対象外のイオン等の影響を低減することができる。

[0063] 光電子増倍管32は、光を電子に変換すると共に、電子を増幅する。シンチレータ31によって変換された光は、光電子増倍管32において、光電効果によって電子に変換された後、複数の電子増倍電極によってカスケード状に増幅される。増幅された電子のアナログ信号は、アナログ／デジタルコンバータ33によってデジタル信号に変換される。

[0064] イオン検出部において検出されたイオンの検出結果は、マススペクトル等としてモニタ34に表示される。マススペクトルは、試料溶液1から分離されたイオンの質量電荷比 (m/Z) や、イオンの検出強度等の情報を含む。イオンの検出結果を、事前を取得された既知のデータと突き合わせることで、試料溶液1に含まれる成分の定性分析や定量分析が可能になる。

[0065] 図1に示すように、本実施形態に係る分析装置100において、イオン導

入電極 6 には、第 1 細孔 7 の中間部に接続するように栓孔 40 が設けられている。栓孔 40 の一端は、第 1 細孔 7 の中間部に開口している。栓孔 40 の他端は、イオン導入電極 6 の上部に開口している。栓孔 40 には、第 1 細孔 7 を封止可能な封止栓 41 が入れられている。

[0066] 栓孔 40 の他端は、イオン導入電極 6 の上部において、真空ジョイント 42 を介して、バイパス配管 43 と接続されている。バイパス配管 43 の他端は、真空ジョイント 42 を介して、分析室 28 と接続されている。バイパス配管 43 としては、耐圧や柔軟性が真空対応とされた樹脂管や金属管を用いることができる。バイパス配管 43 の中間部には、真空バルブ 44 が備えられている。

[0067] 封止栓 41 は、バイパス配管 43 を通じて形成される圧力差と自重によって開閉動作する圧力式とされている。圧力差は、バイパス配管 43 を通じて、第 1 細孔 7 と分析室 28 との間に形成される。第 1 細孔 7 は、真空ポンプ 18, 22 への通電の有無にかかわらず、大気圧雰囲気とされるイオン源容器 9 と第 1 差動排気室 16 との間の中間的な圧力となる。分析室 28 は、真空室 16, 19, 28 のうちで最大の真空度に維持される。

[0068] 封止栓 41 は、停電発生時、真空ポンプ 18, 22 への通電が停止したとき、自重によって栓孔 40 の内部から第 1 細孔 7 に落下して、第 1 細孔 7 を閉塞させる。一方、封止栓 41 は、真空ポンプ 18, 22 への通電があるとき、バイパス配管 43 を通じて形成される圧力差によって第 1 細孔 7 から栓孔 40 の内部に浮上して、第 1 細孔 7 を開放させる。

[0069] 停電発生時、真空ポンプ 18, 22 への通電が停止すると、真空ポンプ 18, 22 の電力による駆動が停止する。しかし、真空ポンプ 18, 22 への通電が停止しても、真空ポンプ 18, 22 の回転翼は、慣性によって暫く回転を続ける。イオン源容器 9 は大気圧雰囲気とされるのに対し、第 1 差動排気室 16 は真空雰囲気とされる。そのため、真空ポンプ 18, 22 の回転翼が停止するまでの間に、イオン源容器 9 から第 1 差動排気室 16 に向けて気体の流入が起こる虞がある。

- [0070] イオン源容器 9 から第 1 差動排気室 16 に向けて気体の流入が起こると、第 1 差動排気室 16、第 2 差動排気室 19 および分析室 28 は、この順に、次第に圧力が上昇していく。第 1 差動排気室 16 や第 2 差動排気室 19 や分析室 28 の圧力が上昇すると、真空ポンプ 18、22 の吸気側が高圧になる。真空ポンプ 18、22 の回転翼に過大な圧力がかかるため、真空ポンプ 18、22 が損傷する可能性がある。
- [0071] 特に、ターボ分子ポンプ 22 は、作動圧力範囲が限定されており、荒引き用のドライポンプ 18 と併用されている。ターボ分子ポンプ 22 の排気側は、ドライポンプ 18 によって排気されている。しかし、停電発生時には、ドライポンプ 18 による排気も停止するため、ターボ分子ポンプ 22 の回転翼に対する負荷が大きくなり易い。
- [0072] 真空ポンプ 18、22 の吸気側が昇圧する速度や、真空ポンプ 18、22 の吸気側と排気側との圧力差が、或る閾値を超えると、回転翼が著しい損傷を受けることになる。真空ポンプ 18、22 の使用寿命が短くなったり、真空ポンプ 18、22 の回転翼が破損・破断したりする。真空ポンプ 18、22 の交換が必要になり、多大なコストがかかるという問題を生じる。損傷やコストの問題は、ドライポンプ 18 と比較して、ターボ分子ポンプ 22 において顕著である。
- [0073] これに対し、封止栓 41 を設けると、真空ポンプ 18、22 への通電が停止したとき、第 1 細孔 7 を無電力で封止できるため、イオン源容器 9 から第 1 差動排気室 16 に向けた気体の流入を大幅に低減することができる。真空ポンプ 18、22 への給電の停止時に、真空ポンプ 18、22 への気体の流入量を単純な構造によって低減することができる。真空ポンプ 18、22 への通電が停止しても、回転翼に対する負荷を軽減できるため、真空ポンプ 18、22 の損傷を低減して、使用寿命を延長することができる。
- [0074] 図 2 A および図 2 B は、分析装置における圧力式の封止栓の動作を示す図である。図 2 A は、分析装置 100 への給電が行われている真空ポンプ 18、22 の通電時の状態を示す。図 2 B は、分析装置 100 への給電が停止し

ている真空ポンプ 18, 22 の停電時の状態を示す。

図 2 A および図 2 B に示すように、圧力式の封止栓 41 は、バイパス配管 43 を通じて形成される圧力差を真空バルブ 44 によって切り替えて動作させる構成とすることができる。

[0075] 栓孔 40 は、L 字状に屈曲した構造に設けられることが好ましい。図 2 A および図 2 B において、栓孔 40 は、第 1 細孔 7 の中間部から上方に向けて延びる区間 40 a と、中間程度の高さで水平方向に延びる区間 40 b と、中間程度の高さから上方に向けて延びる区間 40 c と、を有している。区間 40 a と区間 40 b とは、L 字状に屈曲した部位で連通している。区間 40 b と区間 40 c とは、逆 L 字状に屈曲した部位で連通している。

[0076] 第 1 細孔 7 の中間部から上方に向けて延びる区間 40 a の孔径は、封止栓 41 の外径と同等に設けられている。中間程度の高さで水平方向に延びる区間 40 b の孔径は、第 1 細孔 7 の中間部から上方に向けて延びる区間 40 a の孔径や封止栓 41 の外径よりも小さく設けられている。中間程度の高さから上方に向けて延びる区間 40 c の孔径は、気体の通流が妨げられない程度に設けられる。

[0077] 封止栓 41 は、第 1 細孔 7 の中間部から上方に向けて延びる区間 40 a に入れられている。このような構造によると、第 1 細孔 7 の中間部から上方に向けて延びる区間 40 a において、封止栓 41 を圧力差と自重によって上下に移動させることができる。既存のイオン導入電極 6 の構造・配置において、栓孔 40 に対するバイパス配管 43 の接続を確保しつつ、第 1 細孔 7 の中間部に対して栓孔 40 を開口させることができる。

[0078] 真空バルブ 44 は、停電発生時、通電の停止によってバイパス配管 43 の流路を切り替える機能を有している。真空バルブ 44 は、弁体 45 と、コイル筐体 46 と、ソレノイドコイル 47 と、可動磁性部材 48 と、バネ 49 と、を備えている。

[0079] 弁体 45 は、可動性に設けられており、複数のポートと、ポート同士を連通する流路を備えている。コイル筐体 46 は、ソレノイドコイル 47 を収容

している。ソレノイドコイル４７は、不図示の電源と接続されており、通電によって電磁力を発生させる。

[0080] 可動磁性部材４８は、磁性を有しており、電磁力による可動性に設けられている。可動磁性部材４８の先端は、弁体４５を支持している。可動磁性部材４８の基端は、ソレノイドコイル４７の内側に対して進退自在に挿入されている。バネ４９は、弁体４５とコイル筐体４６との間を弾性的に連結している。バネ４９は、弁体４５がバイパス配管４３を連通させる連通位置となるように、弁体４５をコイル筐体４６の側に付勢している。

[0081] 真空バルブ４４は、バイパス配管４３の流路について、栓孔４０と分析室２８との接続、および、栓孔４０と大気圧環境の空間との接続を、相互に切り替え可能に設けられている。弁体４６には、２つの入口ポートと、２つの出口ポートが設けられている。

[0082] 一方の入口ポートは、バイパス配管４３の分析室２８側の区間に対する開放および閉塞が切り替えられる。他方の入口ポートは、大気圧環境の空間に対する開放および閉塞が切り替えられる。一方の出口ポートは、一方の入口ポートと弁体４５内で連通しており、バイパス配管４３の栓孔４０側の区間に対する開放および閉塞が切り替えられる。他方の出口ポートは、他方の入口ポートと弁体４５内で連通しており、バイパス配管４３の栓孔４０側の区間に対する開放および閉塞が切り替えられる。

[0083] 図２Ａに示すように、分析装置１００への給電が行われているときには、ソレノイドコイル４７への通電が行われる。ソレノイドコイル４７は、通電によって電磁力を発生し、可動磁性部材４８を電磁力で吸引して引き上げる。可動磁性部材４８に支持された弁体４５は、バネ４９による付勢に逆らって、バイパス配管４３を連通させる連通位置に維持される。

[0084] 連通位置では、栓孔４０と分析室２８とがバイパス配管４３を通じて互いに連通する。停電発生時、第１細孔７は、イオン源容器９と第１差動排気室１６との間の中間的な圧力となる。一方、分析室２８は、第１差動排気室１６よりも高い真空度に保たれる。そのため、栓孔４０において、封止栓４１

よりも下方は、大気圧に近い低真空度になり、封止栓４１よりも上方は、高真空度になる。

[0085] 連通位置に切り替えられると、封止栓４１の両側には、大きな圧力差がかかる。そのため、封止栓４１は、圧力差によって自重に逆らって浮上し、栓孔４０の内部に保持され、第１細孔７を開放させる。封止栓４１は、栓孔４０の屈曲した部位で内壁に衝突して止められる。

[0086] 一方、図２Ｂに示すように、分析装置１００への給電が停止したときには、ソレノイドコイル４７への通電が停止する。ソレノイドコイル４７は、電磁力を発生せず、可動磁性部材４８を引き上げない。可動磁性部材４８に支持された弁体４５は、バネ４９による付勢にしたがって、バイパス配管４３を大気圧環境に開放する開放位置に維持される。

[0087] 開放位置では、栓孔４０と分析室２８とがバイパス配管４３を通じて互いに連通せず、栓孔４０が大気圧環境の空間に対して開放される。停電発生時、第１細孔７は、イオン源容器９と第１差動排気室１６との間の中間的な圧力となる。一方、栓孔４０には、大気圧環境の空間から大気５０の流入が起こる。そのため、栓孔４０において、封止栓４１よりも下方は、大気圧に近い低真空度になり、封止栓４１よりも上方は、大気圧に近い圧力になる。

[0088] 開放位置に切り替えられると、封止栓４１の両側には、大きな圧力差がからなくなる。そのため、封止栓４１は、自重によって落下し、第１細孔７を閉塞させる。その後、分析装置１００への給電が再開されたときには、ソレノイドコイル４７への通電が行われるため、第１細孔７が再び開放される。真空ポンプ１８，２２を再起動させて、分析装置１００による分析を再開することができる。

[0089] このような圧力式の封止栓４１によると、分析装置１００への給電が停止して、真空ポンプ１８，２２への通電が停止したとき、ソレノイドコイル４７への通電も停止するため、無電力で第１細孔７を閉塞させることができる。第１細孔７が閉塞するため、真空ポンプ１８，２２の吸気側への気体の流入を防ぐことができる。なお、第１細孔７を完全に閉塞させなくとも、封止

栓 4 1 を第 1 細孔 7 に侵入させると、気体の流入速度を、ターボ分子ポンプ 2 2 の減速時における許容流入速度よりも小さくすることが可能である。そのため、真空ポンプ 1 8, 2 2 の回転翼に対する負荷を軽減して、真空ポンプ 1 8, 2 2 を保護できる。

[0090] なお、図 1、図 2 A および図 2 B において、封止栓 4 1 は、イオン源容器 9 と分析室 2 8 との圧力差によって動作する構成とされている。分析室 2 8 は、真空室 1 6, 1 9, 2 8 の中でも、最大の真空度に維持される空間である。そのため、バイパス配管 4 3 が栓孔 4 0 と分析室 2 8 との間に接続されていると、封止栓 4 1 を圧力差で容易に浮上させることができる。

[0091] 但し、封止栓 4 1 は、動作に必要な圧力差が確保される限り、イオン源容器 9 と第 2 差動排気室 1 9 との圧力差によって動作する構成とされてもよいし、イオン源容器 9 と第 1 差動排気室 1 6 との圧力差によって動作する構成とされてもよい。バイパス配管 4 3 は、栓孔 4 0 と分析室 2 8 との間に代えて、栓孔 4 0 と第 2 差動排気室 1 9 との間や、栓孔 4 0 と第 1 差動排気室 1 6 との間に接続されてもよい。

[0092] 図 3 は、分析装置における栓孔の形成法を説明する図である。

図 3 に示すように、栓孔 4 0 は、イオン導入電極 6 に穴加工を施すことによって形成することができる。直線的な貫通孔を組み合わせると、屈曲した部位で互いに連通した区間 4 0 a, 4 0 b, 4 0 c を形成できる。

[0093] イオン導入電極 6 には、第 1 細孔 7 の中間部から上方に向けて延びる区間 4 0 a に相当する貫通孔、中間程度の高さで水平方向に延びる区間 4 0 b に相当する貫通孔、および、中間程度の高さから上方に向けて延びる区間 4 0 c に相当する貫通孔を、旋盤加工等によって形成する。第 1 細孔 7 の中間部から上方に向けて延びる区間 4 0 a には、封止栓 4 1 を入れる。各貫通孔に閉塞部材 5 2 を圧入すると、栓孔 4 0 が形成される。

[0094] 閉塞部材 5 2 としては、200℃程度の高温に対する耐熱性や、圧入に耐える強度が確保される限り、炭素鋼、ステンレス鋼等の適宜の材料を用いることができる。イオン導入電極 6 は、例えば、ステンレス鋼等で形成するこ

とができる。イオン導入電極 6 と第 1 差動排気室 16 との間は、Oリング 51 によって気密に封止されている。

[0095] 封止栓 41 は、炭素鋼、ステンレス鋼等の金属や、窒化ケイ素等のセラミックスで形成することができる。封止栓 41 は、第 1 細孔 7 を通じた気体の流入速度を、真空ポンプ 18, 22 の減速時における許容流入速度よりも小さくすることができる限り、球状、円柱状、錘状等の適宜の形状に設けることができる。但し、封止栓 41 は、封止栓 41 の自重、バイパス配管 43 を通じて形成される圧力差による浮力、栓孔 40 の内壁との摩擦力等を考慮して設ける必要がある。

[0096] 例えば、封止栓 41 に作用する重力 F_1 は、封止栓 41 を直径 $\phi = 2 \text{ mm}$ の炭素鋼製の球体としたとき、 $F_1 \div 0.032 \text{ gf}$ となる。封止栓 41 に作用する浮力 F_2 は、停電発生時の封止栓 41 の下方の真空度を大気圧の半分と仮定したとき、 $F_2 \div 15.7 \text{ gf}$ となる。封止栓 41 に作用する摩擦力 F_3 は、封止栓 41 と栓孔 40 の内壁との摩擦係数 μ を 0.5 と仮定したとき、 $F_3 \div 0.016 \text{ gf}$ となる。摩擦係数 μ は、高真空度において異種金属同士の接触であっても大きくなることが知られている。

[0097] この条件では、 $F_1 + F_3 (\div 0.048 \text{ gf}) \ll F_2 (\div 15.7 \text{ gf})$ となる。封止栓 41 は、想定される栓孔 40 の内壁との摩擦係数 μ の下で、停電発生時の第 1 細孔 7 と分析室 28 との圧力差で浮上し、停電発生時の第 1 細孔 7 と大気圧との圧力差で自重で落下するように設けることができる。

[0098] 封止栓 41 と栓孔 40 の内壁との間には、微小な隙間が形成されていてもよい。隙間が形成されている場合、第 1 細孔 7 から分析室 28 に向けて気体の流出が起こる。しかし、封止栓 41 と栓孔 40 の内壁との間の隙間が $10 \mu\text{m}$ 程度以下であれば、気体の流出量が無視できる程度に小さくすることができる。 $10 \mu\text{m}$ 程度以下であれば、分析装置 100 への給電が行われているとき、封止栓 41 を圧力差によって浮上させることができる。

[0099] 例えば、栓孔 40 として、直径 $\phi = 2 \text{ mm}$ 、公差クラス F8 (公差 : 0.

0.06～0.020 mm)を形成すると共に、封止栓41として、直径 $\phi=2$ mmの精密炭素鋼球（公差：0～0.005 mm）を用いると、最大隙間が20 μ m、平均隙間が約10.5 μ m（13 μ m－2.5 μ m）となる。

[0100] 炭素鋼の熱膨張係数は、約 $12 \times 10^{-6}/K$ である。ステンレス鋼の熱膨張係数は、約 $17 \times 10^{-6}/K$ である。イオン導入電極6が200℃に加熱された場合、常温である20℃の場合と比較して、栓孔40の孔径は、炭素鋼球の直径よりも約1.8 μ mだけ大きくなる。栓孔40の孔径と封止栓41の直径との差は、常温時よりも熱膨張時に小さくなる。熱膨張時の平均隙間は、約12.3 μ m（10.5 μ m＋1.8 μ m）となる。熱膨張時の平均隙間と、栓孔40の孔径との比は、約163：1となり、隙間比を十分に小さくすることができる。

[0101] 栓孔40の第1細孔7側の開口は、第1細孔7の中間部のうち、イオン源容器9がある上流側に設けることが好ましい。例えば、加工上の問題やガス流路等との干渉が無い限り、円錐形状に設けられたイオン導入電極6の上流側に設けることが好ましい。第1細孔7は、イオン源容器9がある上流側ほど大気圧に近くなる。一方、第1差動排気室16がある下流側ほど真空度が高くなる。バイパス配管43を通じて形成される圧力差は、栓孔40が第1細孔7の上流側に開口しているほど大きくなるため、封止栓41の浮力の確保が容易になる。

[0102] 封止栓41とイオン導入電極6は、ステンレス鋼等の互いに同種の金属で形成することもできる。熱膨張時、栓孔40の孔径が拡大すると、栓孔40と封止栓41との間の隙間を通じて気体の流出が起こる虞がある。しかし、封止栓41とイオン導入電極6が同じ材質であれば、熱伸びの差が抑制されるため、このような気体の漏洩を防止できる。但し、互いに同種の金属で形成する場合、摩擦係数 μ が大きくなるため、潤滑を行うことが好ましい。

[0103] 封止栓41と接触する栓孔40の内壁には、必要に応じて、液体潤滑剤を塗布してもよいし、固体潤滑剤を成膜してもよい。液体潤滑剤としては、蒸気圧が低い種類が好ましい。液体潤滑剤としては、フロン等

ルオロポリエーテルや、ポリテトラフルオロエチレン等のフッ素系潤滑剤等を用いることができる。固体潤滑剤としては、二硫化モリブデン、二硫化タングステン、窒化ホウ素、ホウ酸、ポリテトラフルオロエチレン、クロム、銀、鉛合金等を用いることができる。固体潤滑剤は、スパッタリング、イオンプレーティング、メッキ等で成膜できる。

[0104] 封止栓 4 1 と接触する栓孔 4 0 の内壁には、必要に応じて、表面粗さを小さくする鏡面仕上げを施してもよい。例えば、栓孔 4 0 の内壁に、機械研磨、電解研磨、化学研磨等を施すことができる。栓孔 4 0 の内壁の表面粗さを小さくすると、封止栓 4 1 との摩擦係数 μ が小さくなると共に、汚れが付着し難くなってキャリーオーバーが低減される

[0105] 図 4、図 5 および図 6 は、分析装置における栓孔の構造例を示す図である。図 4、図 5 および図 6 は、図 3 の I-I 線断面図に相当する。

図 4 および図 5 において、符号 d 1 は、第 1 細孔 7 の孔径、符号 d 2 は、封止栓 4 1 の直径、符号 d 3 は、栓孔 4 0 の孔径を示す。図 4、図 5 および図 6 において、左図は、封止栓 4 1 が浮上した状態、右図は、封止栓 4 1 が落下した状態を示す。

[0106] 図 4 に示すように、封止栓 4 1 の直径 d 2 は、第 1 細孔 7 の孔径 d 1 よりも大きく設けることができる。すなわち、栓孔 4 0 の孔径 d 3 は、第 1 細孔 7 の孔径 d 1 よりも大きく設けることができる。また、封止栓 4 1 の下端の高さは、封止栓 4 1 が浮上した状態において、第 1 細孔 7 の上端の高さよりも高く設けることができる。

[0107] 栓孔 4 0 は、第 1 細孔 7 を通過するイオン等の進行方向に対して、第 1 細孔 7 の周囲に段差状の壁を形成し得る。栓孔 4 0 と第 1 細孔 7 とが接続する箇所では、イオン等の流れが停滞し易くなる。このような場所では、栓孔 4 0 の内壁に異物 5 4 が付着し易くなる。異物 5 4 は、試料がイオン化したイオン 4 である場合もあるし、イオン以外の中性粒子等である場合もある。

[0108] 異物 5 4 は、試料溶液 1 毎や分析対象のイオン毎に異なり、クロスコンタミネーションの要因となる。異物 5 4 は、封止栓 4 1 が動作すると擦られて

、栓孔40の内壁から剥離する。剥離した異物54は、検出部に到達してマススペクトルのノイズとなり、分析精度を悪化させる虞がある。このような異物54の付着量は、封止栓41よりも下方において、栓孔40の内壁の表面積が大きいほど多くなる。

[0109] そのため、図5に示すように、封止栓41の直径 d_2 は、第1細孔7の孔径 d_1 よりも僅かに大きく設けることが好ましい。すなわち、栓孔40の孔径 d_3 は、第1細孔7の孔径 d_1 よりも僅かに大きく設けることが好ましい。例えば、封止栓41の直径 d_2 と第1細孔7の孔径 d_1 との差は、1mm以下であることが好ましく、 $500\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましく、 $100\mu\text{m}$ 以下であることが更に好ましい。封止栓41の直径 d_2 は、常温時および熱膨張時において、封止栓41が第1細孔7に侵入しない長さとすることが好ましい。

[0110] また、封止栓41の下端の高さは、封止栓41が浮上した状態において、第1細孔7の上端の高さに近いことが好ましい。例えば、封止栓41の下端の高さと第1細孔7の上端の高さとの差が、5mm以下であることが好ましく、1mm以下であることがより好ましい。

[0111] このような構造であると、栓孔40の内壁に対する異物54の付着量を低減することができる。そのため、高い分析精度を確保することができる。封止栓41が動作しても、栓孔40の内壁から多量の異物54が剥離しないため、停電発生後の分析再開時だけでなく、分析装置100への給電が行われている状態においても、キャリアオーバを抑制できる。

[0112] 図6に示すように、封止栓41は、浮上した状態において、封止栓41の下面と第1細孔7の上面とが略面一になる形状に設けることもできる。図6において、封止栓41は、下部が凹状に切り欠かれた円柱形状に設けられている。封止栓41の下部は、断面視で第1細孔7と同等の曲率の円弧状に切り欠かれている。

[0113] このような構造であると、封止栓41が浮上した状態において、栓孔40の内壁への異物54の付着量を低減できる。停電発生時においては、第1細

孔 7 を完全に塞ぐことはできないが、ターボ分子ポンプ 22 の破損を防止できる程度まで、気体の流入を抑制することができる。このような構造において、栓孔 40 の底部には、座ぐりを設けてもよいし、座ぐりを設けなくてもよい。イオン等の流れを停滞し難くする観点からは、座ぐりを設けないことが好ましい。

[0114] なお、図 4、図 5 および図 6 において、栓孔 40 の底部は、矩形状を呈しているが、栓孔 40 の底部は、第 1 細孔 7 の底面と一致させることもできる。停電発生後の分析再開時において、落下した封止栓 41 に作用する浮力を確保できる限り、封止栓 41 が第 1 細孔 7 の底面に着地する構造に設けることもできる。

[0115] 図 7 A および図 7 B は、分析装置における電磁式の封止栓の動作を示す図である。図 7 A は、分析装置 100 への給電が行われている真空ポンプ 18, 22 の通電時の状態を示す。図 7 B は、分析装置 100 への給電が停止している真空ポンプ 18, 22 の停電時の状態を示す。

図 7 A および図 7 B に示すように、分析装置 100 に備えられる封止栓 41 は、電磁アクチュエータ 55 によって駆動される電磁式に設けることもできる。

[0116] 図 7 A および図 7 B において、イオン導入電極 6 には、第 1 細孔 7 に接続するように直孔状の栓孔 40 が設けられている。栓孔 40 の一端は、第 1 細孔 7 の中間部に開口している。栓孔 40 の他端は、イオン導入電極 6 の上部に開口している。直孔状の栓孔 40 には、電磁アクチュエータ 55 に支持された封止栓 41 が入れられている。

[0117] 電磁アクチュエータ 55 は、停電発生時、通電の停止によって封止栓 41 で第 1 細孔 7 を閉塞させる機能を有している。電磁アクチュエータ 55 は、コイル筐体 56 と、ソレノイドコイル 57 と、可動磁性部材 58 と、バネ 59 と、軸封部材 60 と、リング 61 と、を備えている。

[0118] 封止栓 41 は、可動磁性部材 58 の一端に固定されている。電磁アクチュエータ 55 に支持される封止栓 41 は、球状、円柱状、錘状等の適宜の形状

に設けることができる。コイル筐体 56 は、ソレノイドコイル 57 を収容している。ソレノイドコイル 57 は、不図示の電源と接続されており、通電によって電磁力を発生させる。

[0119] 可動磁性部材 58 は、磁性を有しており、電磁力による可動性に設けられている。可動磁性部材 58 の先端は、栓孔 40 に挿入されており、封止栓 41 を支持している。可動磁性部材 58 の基端は、ソレノイドコイル 57 の内側に対して進退自在に挿入されている。バネ 59 は、コイル筐体 56 と可動磁性部材 58 との間を弾性的に連結している。バネ 59 は、電磁力に対する反力が可動磁性部材 58 に加わるように、可動磁性部材 58 を第 1 細孔 7 の側に付勢している。

[0120] 軸封部材 60 は、栓孔 40 の上部に開口に備えられている。軸封部材 60 は、可動磁性部材 58 が挿入された栓孔 40 を、可動磁性部材 58 を進退自在な状態で軸封している。リング 61 は、軸封部材 60 に収容されている。リング 61 は、可動磁性部材 58 との摺動部を気密に封止している。軸封部材 60 やリング 61 によって、栓孔 40 を通じた気体の漏洩が防止されている。

[0121] 電磁アクチュエータ 55 に支持された封止栓 41 は、停電発生時、真空ポンプ 18, 22 への通電が停止したとき、第 1 細孔 7 を閉塞させる。一方、電磁アクチュエータ 55 に支持された封止栓 41 は、真空ポンプ 18, 22 への通電があるとき、電磁アクチュエータ 55 の電磁力によって第 1 細孔 7 から栓孔 40 の内部に引き上げられて、第 1 細孔 7 を開放させる。

[0122] 図 7 A に示すように、分析装置 100 への給電が行われているときには、ソレノイドコイル 57 への通電が行われる。ソレノイドコイル 57 は、通電によって電磁力を発生し、可動磁性部材 58 を電磁力で吸引して引き上げる。可動磁性部材 58 に支持された封止栓 41 は、第 1 細孔 7 から引き上げられて、栓孔 40 の内部に保持され、第 1 細孔 7 を開放させる。

[0123] 一方、図 7 B に示すように、分析装置 100 への給電が停止したときには、ソレノイドコイル 57 への通電が停止する。ソレノイドコイル 57 は、電

磁力を発生せず、可動磁性部材 58 を引き上げない。可動磁性部材 58 に支持された封止栓 41 は、可動磁性部材 58 に加わるバネ 59 の反発力にしたがって、栓孔 40 から第 1 細孔 7 に侵入して、第 1 細孔 7 を閉塞させる。

[0124] 電磁アクチュエータ 55 は、イオン導入電極 6 が高温に加熱される場合、耐熱性に設けられることが好ましい。耐熱性の O リング 61 としては、バイトン等のパーフルオロポリエーテルゴムや、ポリフッ化ビニリデン共重合体ゴム等のフッ素系エラストマを用いることができる。また、可動磁性部材 58 や、可動磁性部材 58 とコイル筐体 56 との近接部や、可動磁性部材 58 とバネ 59 との接合部を、熱抵抗が高い構造に設けることが好ましい。例えば、セラミックス、耐熱性樹脂等の熱伝導率が高い耐熱材を、可動磁性部材 58 の中間部や、可動磁性部材 58 とコイル筐体 56 との間や、可動磁性部材 58 とバネ 59 との間に設けることができる。

[0125] このような電磁式の封止栓 41 によると、分析装置 100 への給電が停止して、真空ポンプ 18, 22 への通電が停止したとき、ソレノイドコイル 57 への通電も停止するため、無電力で第 1 細孔 7 を閉塞させることができる。第 1 細孔 7 が閉塞するため、真空ポンプ 18, 22 の吸気側への気体の流入を防ぐことができる。電磁式の封止栓 41 は、圧力式の封止栓 41 と比較して、電磁アクチュエータ 55 の配置や構造に制約があるが、封止栓 41 や栓孔 40 の設計の自由度が拡大される。

[0126] 以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は、前記の実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。例えば、本発明は、必ずしも前記の実施形態が備える全ての構成を備えるものに限定されない。或る実施形態の構成の一部を他の構成に置き換えたり、或る実施形態の構成の一部を他の形態に追加したり、或る実施形態の構成の一部を省略したりすることができる。

[0127] 例えば、前記の分析装置 100 は、質量分析装置とされている。しかし、荷電粒子を荷電粒子発生源から真空室に導入する細孔を封止可能な封止栓を備える分析装置は、荷電粒子を発生させる荷電粒子発生源と、内部が真空に

される真空室と、荷電粒子を荷電粒子発生源から真空室に導入する細孔と、真空室に接続された真空ポンプと、を備える限り、他の分析装置に適用されてもよい。他の分析装置としては、走査電子顕微鏡（Scanning Electron Microscope : S E M）、透過電子顕微鏡（Transmission Electron Microscope : T E M）、集束イオンビーム（Focused Ion Beam : F I B）装置等が挙げられる。

符号の説明

[0128]	1 0 0	分析装置
	2	イオン源（荷電粒子発生源）
	6	イオン導入電極
	7	第1細孔7（細孔）
	9	イオン源容器
	1 1	イオンガイド
	1 5	第1細孔電極
	1 6	第1差動排気室（真空室）
	1 7	イオンサーマライザ
	1 8	ドライポンプ（真空ポンプ）
	1 9	第2差動排気室（真空室）
	2 0	第2細孔電極
	2 2	ターボ分子ポンプ（真空ポンプ）
	2 4	マスフィルタ
	2 5	第1マスフィルタ
	2 6	衝突室
	2 7	第2マスフィルタ
	2 8	分析室（真空室）
	3 0	コンバージョンダイノード
	3 1	シンチレータ
	3 2	光電子増倍管

- 4 0 栓孔
- 4 1 封止栓
- 4 2 真空ジョイント
- 4 3 バイパス配管
- 4 4 真空バルブ
- 4 5 弁体
- 4 6 コイル筐体
- 4 7 ソレノイドコイル
- 4 8 可動磁性部材
- 4 9 バネ
- 5 0 大気
- 5 1 オリング
- 5 2 閉塞部材
- 5 5 電磁アクチュエータ
- 5 6 コイル筐体
- 5 7 ソレノイドコイル
- 5 8 可動磁性部材
- 5 9 バネ
- 6 0 軸封部材
- 6 1 オリング

請求の範囲

- [請求項1] 荷電粒子を発生させる荷電粒子発生源と、内部が真空にされる真空室と、前記荷電粒子を前記荷電粒子発生源から前記真空室に導入する細孔と、前記真空室に接続された真空ポンプと、を備えた分析装置において、
- 前記細孔を封止可能な封止栓を備え、
- 前記封止栓は、前記真空ポンプへの通電が停止したとき、前記細孔を封止する分析装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の分析装置であって、
- 前記封止栓は、前記真空ポンプへの通電があるとき、前記細孔と前記真空室との圧力差によって動作して、前記細孔を開放する分析装置。
- [請求項3] 請求項2に記載の分析装置であって、
- 前記細孔の中間部に接続された栓孔と、
- 前記栓孔と前記真空室とを接続するバイパス配管と、を備え、
- 前記封止栓は、前記栓孔に保持される分析装置。
- [請求項4] 請求項3に記載の分析装置であって、
- 前記栓孔と前記真空室との接続と、前記栓孔と大気圧環境の空間との接続と、を切り替えるバルブを備え、
- 前記バルブは、前記真空ポンプへの通電が停止したとき、前記栓孔と前記大気圧環境の空間との接続を開放し、前記真空ポンプへの通電があるとき、前記栓孔と前記真空室との接続を開放する分析装置。
- [請求項5] 請求項4に記載の分析装置であって、
- 前記真空室は、差動排気される複数の部屋で構成されており、
- 前記バイパス配管は、前記栓孔と、前記真空室のうち、最大の真空度である部屋と接続されている分析装置。
- [請求項6] 請求項1に記載の分析装置であって、
- 前記封止栓は、前記真空ポンプへの通電があるとき、電磁力によっ

て動作して、前記細孔を開放する分析装置。

[請求項7]

請求項6に記載の分析装置であって、

前記細孔の中間部に接続された栓孔と、

前記栓孔に設けられた電磁アクチュエータと、を備え、

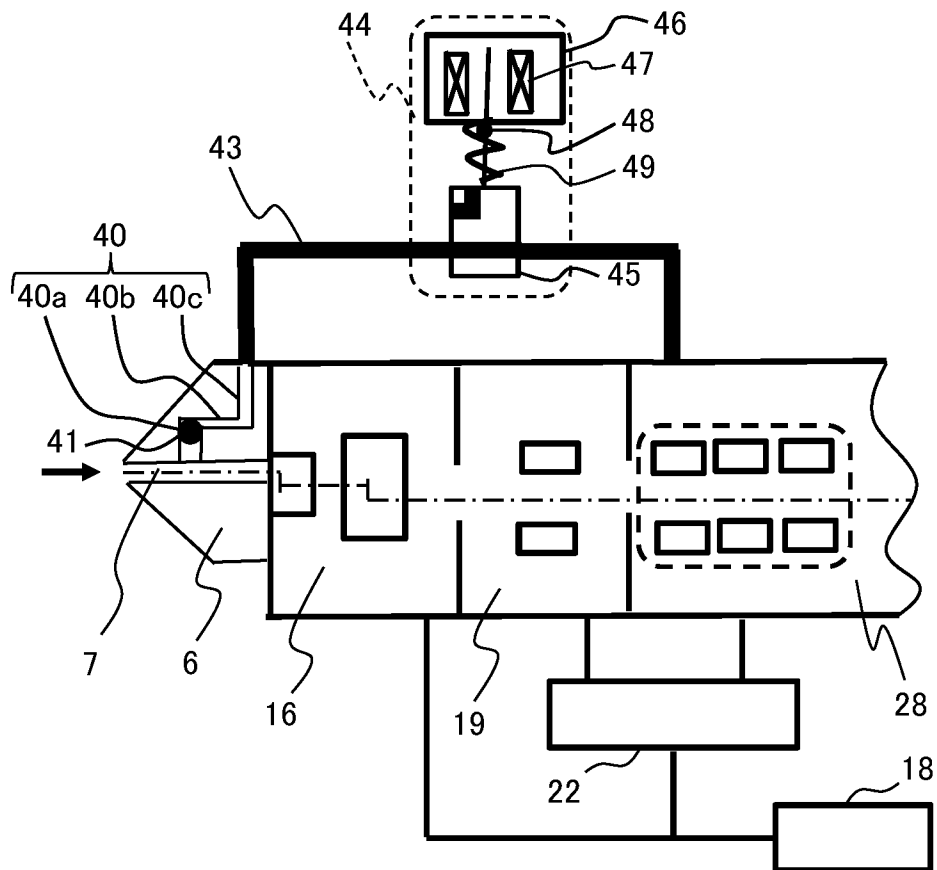
前記封止栓は、前記電磁アクチュエータに支持されて前記栓孔に保持される分析装置。

[請求項8]

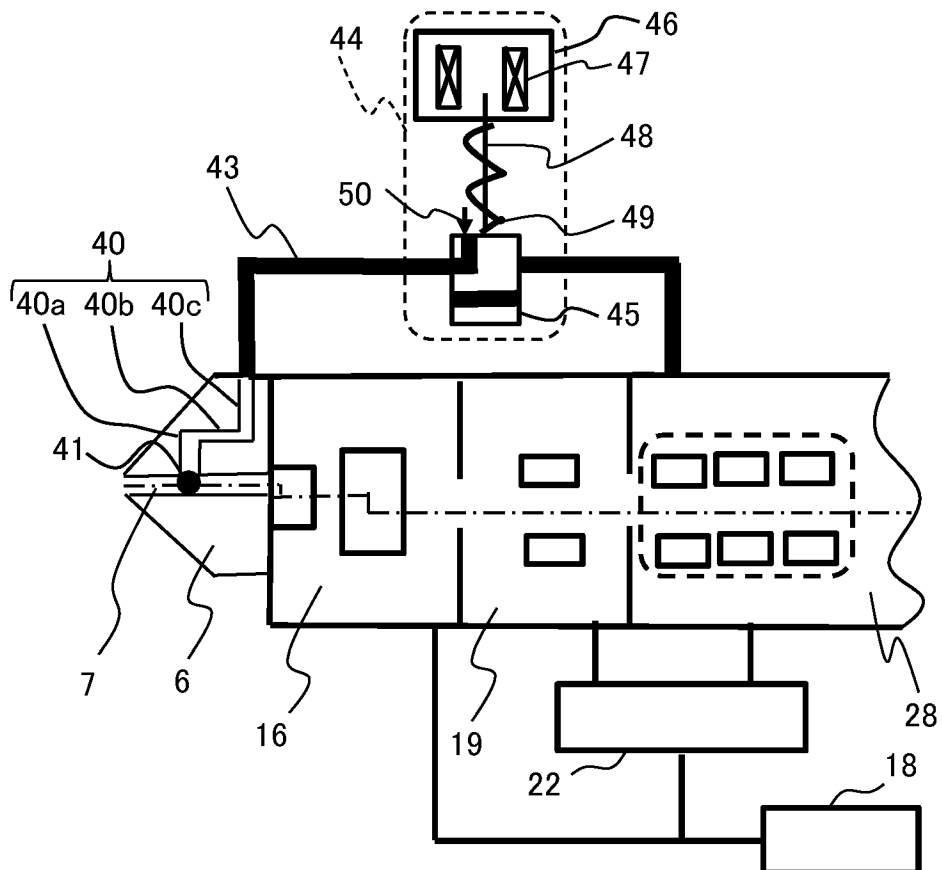
請求項1に記載の分析装置であって、

前記真空ポンプが、ターボ分子ポンプである分析装置。

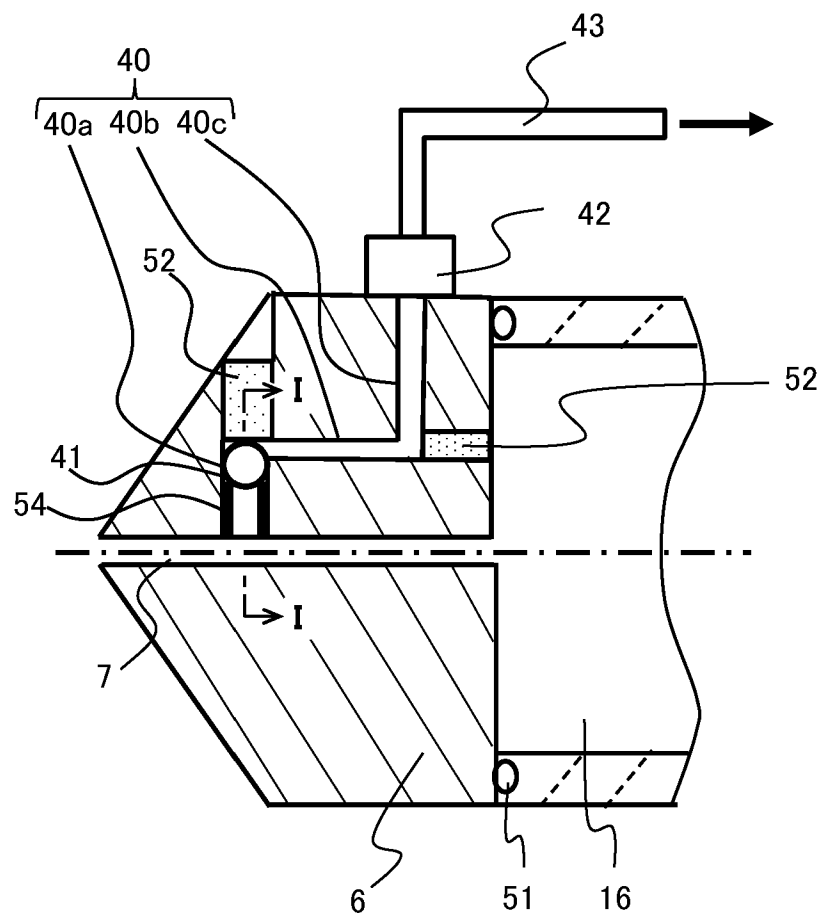
[図2A]



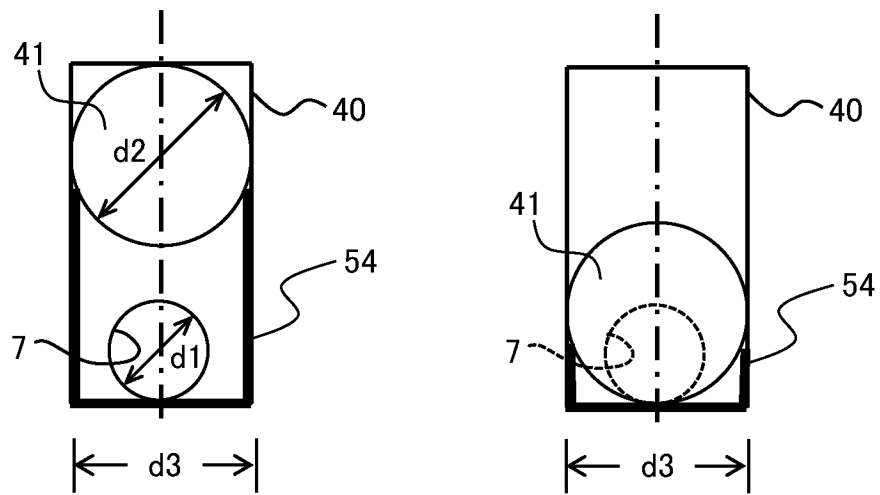
[図2B]



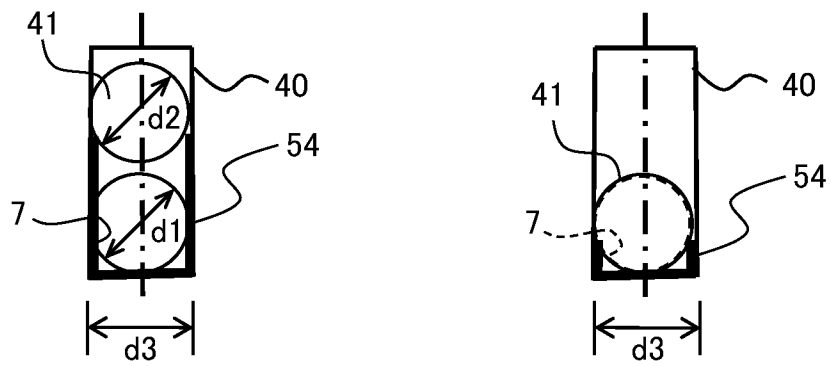
[図3]



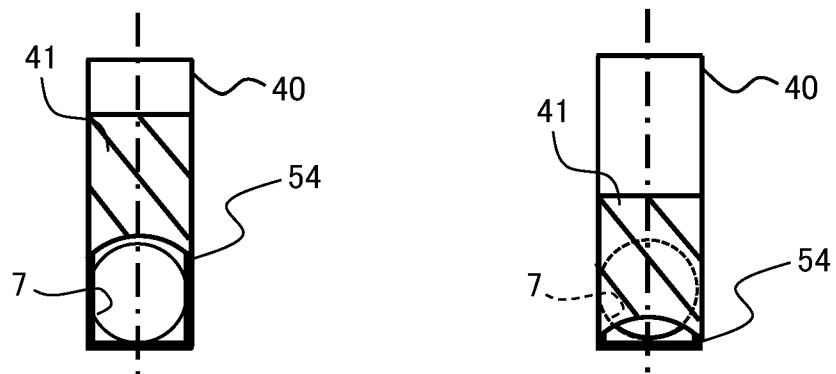
[図4]



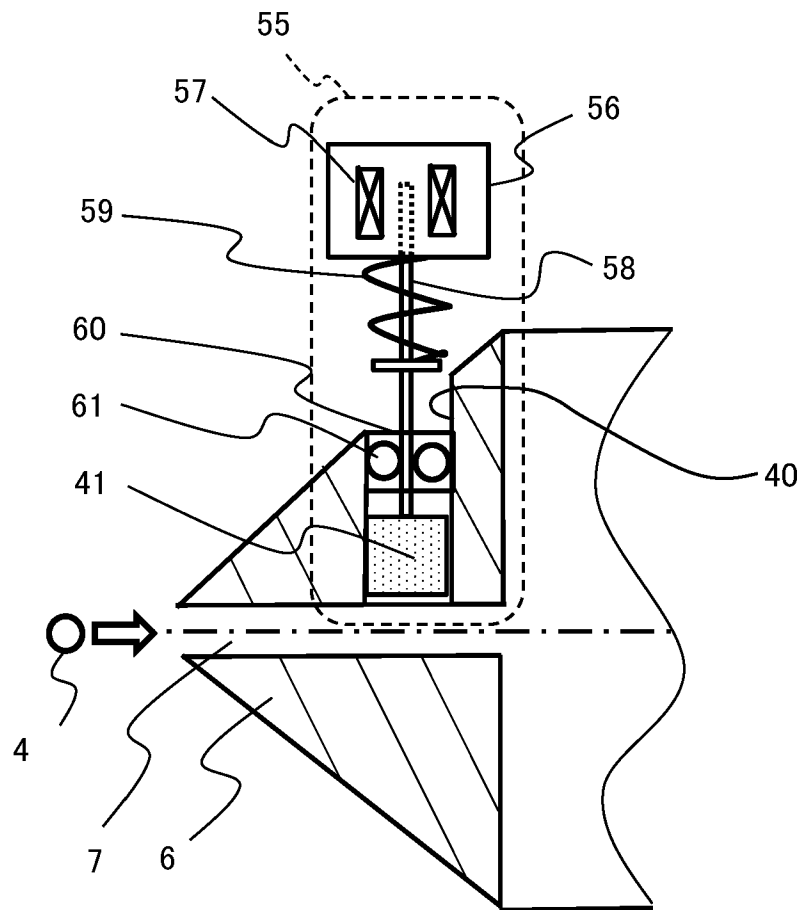
[図5]



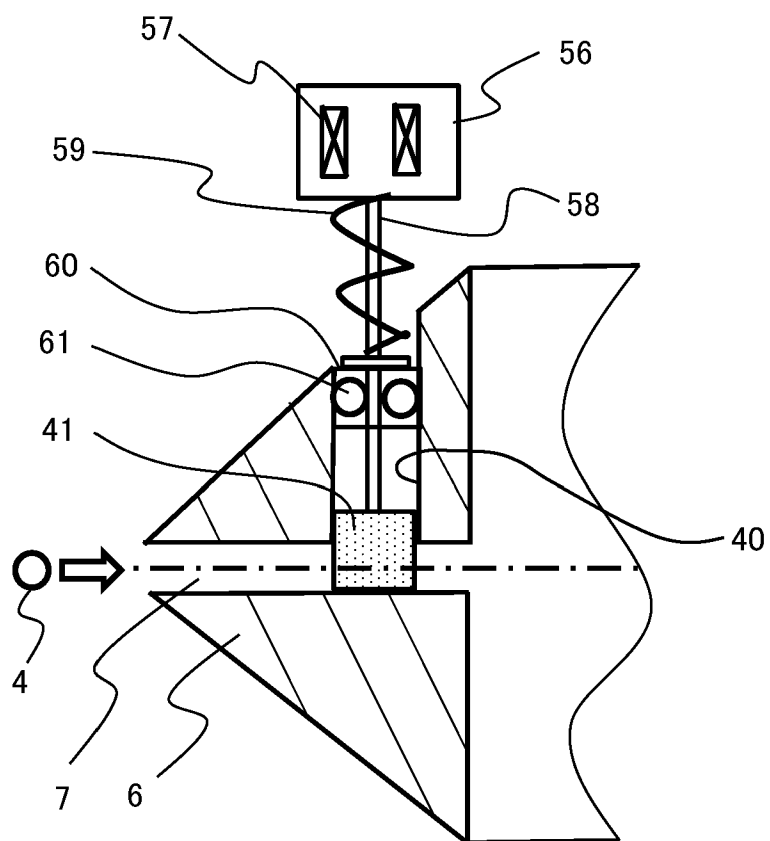
[図6]



[図7A]



[図7B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/016938

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01J 49/24**(2006.01)i

FI: 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)

H01J49/24

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 2011-512639 A (VARIAN, INC.) 21 April 2011 (2011-04-21) paragraphs [0011]-[0013], [0016], fig. 1	1
Y		6-8
A		2-5
Y	JP 9-210965 A (SHIMADZU CORP.) 15 August 1997 (1997-08-15) paragraph [0009], fig. 1	6-8
A		1-5
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 202262/1983 (Laid-open No. 113551/1985) (SHIMADZU CORP.) 01 August 1985 (1985-08-01), fig. 2	7
A		1-6, 8
A	WO 2017/010163 A1 (SHIMADZU CORP.) 19 January 2017 (2017-01-19) paragraph [0023], fig. 1-5	1-8



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

02 June 2022

Date of mailing of the international search report

21 June 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/JP2022/016938

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2011-512639	A	21 April 2011	US 2009/0206249 A1 paragraphs [0021]-[0023], [0026], fig. 1 WO 2009/105389 A1 EP 2248146 A	
JP	9-210965	A	15 August 1997	(Family: none)	
JP	60-113551	U1	01 August 1985	(Family: none)	
WO	2017/010163	A1	19 January 2017	US 2018/0204713 A1 paragraph [0032], fig. 1-5 EP 3324422 A1 CN 107851550 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01J 49/24(2006.01)i FI: 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）） H01J49/24 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2022年</td> </tr> </table> 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）			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				
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													
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 2011-512639 A（パリアン・インコーポレイテッド）21.04.2011（2011-04-21） [0011]-[0013], [0016], 図1	1												
Y		6-8												
A		2-5												
Y	JP 9-210965 A（株式会社島津製作所）15.08.1997（1997-08-15） [0009], 図1	6-8												
A		1-5												
Y	日本国実用新案登録出願58-202262号（日本国実用新案登録出願公開60-113551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（株式会社島津製作所）01.08.1985（1985-08-01）第2図	7												
A		1-6, 8												
A	WO 2017/010163 A1（株式会社島津製作所）19.01.2017（2017-01-19） [0023], 図1-5	1-8												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 02.06.2022	国際調査報告の発送日 21.06.2022													
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） 中尾 太郎 2G 1765 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/JP2022/016938

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2011-512639	A	21.04.2011	US 2009/0206249 A1 [0021]-[0023], [0026], Fig. 1 WO 2009/105389 A1 EP 2248146 A	
JP	9-210965	A	15.08.1997	(ファミリーなし)	
JP	60-113551	U1	01.08.1985	(ファミリーなし)	
WO	2017/010163	A1	19.01.2017	US 2018/0204713 A1 [0032], Figs. 1-5 EP 3324422 A1 CN 107851550 A	