(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第6299931号
(P6299931)

(45)発行日　平成30年3月28日(2018.3.28)　(24)登録日　平成30年3月9日(2018.3.9)

(51)Int.Cl.		F I		
H01J 49/04	(2006.01)	H01J	49/04	
H01J 49/06	(2006.01)	H01J	49/06	
H01J 49/24	(2006.01)	H01J	49/24	
G01N 27/62	(2006.01)	G01N	27/62	E

請求項の数 16　(全 13 頁)

(21)出願番号　特願2017-523231(P2017-523231)
(86)(22)出願日　平成27年11月19日(2015.11.19)
(65)公表番号　特表2017-534148(P2017-534148A)
(43)公表日　平成29年11月16日(2017.11.16)
(86)国際出願番号　PCT/CN2015/095000
(87)国際公開番号　WO2016/078602
(87)国際公開日　平成28年5月26日(2016.5.26)
審査請求日　平成29年4月28日(2017.4.28)
(31)優先権主張番号　201410664533.X
(32)優先日　平成26年11月19日(2014.11.19)
(33)優先権主張国　中国(CN)

(73)特許権者　000001993
株式会社島津製作所
京都府京都市中京区西ノ京桑原町１番地
(74)代理人　110001069
特許業務法人京都国際特許事務所
(72)発明者　ジャン　ゴンユ
中国、２０１２０１　シャンハイ、ハイ－テック　パーク　チャンジャン、カユアンアー　ロード　１０８、ビルディング　ナンバー６　、３フロア、シーオー　シマヅ　リサーチ　ラボラトリー（シャンハイ）　シーオー　エルティーディー

最終頁に続く

(54)【発明の名称】収束型イオンガイド装置及び質量分析装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

輸送軸ラインを通じて互いに接続されたイオンガイド入口及びイオンガイド出口であって、前記輸送軸ラインに沿ってイオンが軸方向に輸送される、少なくとも１つのイオンガイド入口及びイオンガイド出口と、収束電圧が印加される少なくとも１つの平滑な非凹面の収束電極又は収束電極アレイを含む収束電極構造体であって、前記収束電極又は収束電極アレイが前記輸送軸ラインに沿って配置され、且つ、該収束電極構造体が収束型イオンガイド装置内で輸送されるイオンを該収束電極構造体により形成される収束電場の作用の下で放射方向に多数回収束させる、少なくとも１グループの収束電極構造体と、前記軸方向に輸送される中性ガス流であって、前記軸方向に対して少なくとも部分的に放射方向へ向かう該ガス流の拡散経路が前記収束電極又はその支持基板により遮断されることで、前記軸方向における該ガス流の輸送速度を増大させるとともに前記輸送されるイオンの停滞又は乱れを低減する中性ガス流と、を備え、

前記イオンガイド出口を後端として前記軸方向に沿って延在する所定長さにわたり、前記放射方向への前記中性ガス流の拡散経路が前記収束電極又はその支持基板により完全に遮断されており、

前記収束型イオンガイド装置が真空室内に配置され、前記所定長さの出発点から前記真空室の前記イオンガイド入口までの距離ＬＡが前記イオンガイド入口に流れ込むガス流により形成されるマッハ面の距離ＬＭの倍数であり、該倍数が、ａ）０．５から０．８まで、ｂ）０．８から１まで、ｃ）１から１．２まで、ｄ）１．２から１．５まで、又は、ｅ

）１．５から２まで、のいずれかであることを特徴とする収束型イオンガイド装置。
【請求項２】
前記平滑な非凹面の収束電極及びその支持基板の表面が平面であることを特徴とする請求項１に記載の収束型イオンガイド装置。
【請求項３】
前記所定長さが全軸長の５０％を超えていることを特徴とする請求項１に記載の収束型イオンガイド装置。
【請求項４】
前記収束電極又はその支持基板により前記中性ガス流に適用される放射方向の遮断により該ガス流の軸方向の速度が加速され、前記イオンガイド入口から延在する所定長さにおいて前記軸方向の速度が増大又は一定に維持され、該所定長さが全軸長の５０％を超えていることを特徴とする請求項１に記載の収束型イオンガイド装置。
【請求項５】
前記収束型イオンガイド装置が第１の真空室内に配置され、該収束型イオンガイド装置の後端が第２の真空室に密に接続され、その結果、該収束型イオンガイド装置内の軸長の少なくとも一部分にわたって移動する前記中性ガス流の圧力が当該２つの真空室の平衡圧の間で変化することを特徴とする請求項１に記載の収束型イオンガイド装置。
【請求項６】
前記第２の真空室内の気圧が前記第１の真空室内の気圧よりも低く、前記軸長の前記少なくとも一部分が全軸長の５０％を超えており、前記軸長の前記部分における気圧が前記第１の真空室内の気圧よりも低いことを特徴とする請求項５に記載の収束型イオンガイド装置。
【請求項７】
前記収束電極構造体が複数グループの収束電極及びその支持基板を備え、少なくとも、ある１つの放射方向に略直交する他の複数の放射方向において、ガス流拡散経路が収束電極又はその支持基板のグループにより遮断されることを特徴とする請求項１に記載の収束型イオンガイド装置。
【請求項８】
前記イオンガイド装置が第１の真空室内に配置され、前記第１の真空室内に少なくとも１つの内径減少部が前記軸方向に沿って形成され、該内径減少部の最小内径が、Ａ）２～３ｍｍ、Ｂ）１～２ｍｍ、及び、ｃ）＜１ｍｍのいずれかであることを特徴とする請求項１に記載の収束型イオンガイド装置。
【請求項９】
イオン輸送時に、前記所定の連続した長さにわたって加速された前記中性ガス流の最終速度が、Ａ）５ｍ／ｓ、Ｂ）１０ｍ／ｓ、Ｃ）２０ｍ／ｓ、Ｄ）５０ｍ／ｓ、Ｅ）１００ｍ／ｓ、及び、Ｆ）現在の気圧下での前記中性ガス流の音速、のいずれかよりも大きくなることを特徴とする請求項４に記載の収束型イオンガイド装置。
【請求項１０】
前記中性ガス流が前記少なくとも部分的に軸に沿った方向において管状の絶縁体又は高抵抗材料体を介して遮断されることを特徴とする請求項１に記載の収束型イオンガイド装置。
【請求項１１】
前記イオンガイド装置が１つ以上のガス流入口及びガス流出口を備え、前記収束電極構造体が、１つのガス流入口を複数のガス流出口と連通させる分流構造、複数のガス流入口を１つのガス流出口と連通させる合流構造、曲線を通じて前記ガス流入口を前記ガス流出口と連通させる曲線状ガス流路、並びに、直線を通じて前記ガス流入口を前記ガス流出口と１対１で連通させる多重経路並列ガス流構造のうち１つ以上の組み合わせを備えるように形成されていることを特徴とする請求項１に記載の収束型イオンガイド装置。
【請求項１２】
前記収束電極構造体にその前段となる前記イオンガイド入口の方を向いた開口が形成さ

れ、該開口の内径が前記所定長さにわたって前記イオンガイド装置の空間的な内径よりも大きい、又は、前記開口における収束電場の半径が前記所定長さにわたって前記イオンガイド装置の収束電場の半径よりも大きいことを特徴とする請求項１に記載の収束型イオンガイド装置。

【請求項１３】

前記閉じ込め電極間の間隔又は異なる閉じ込め電極を支持する前記支持基板間の間隔が軸方向に沿って変化しており、その結果、イオン輸送時に移動する前記中性ガス流が周期的に発散及び収束させられ、その結果、前記イオンが前記中性ガス流により形成される気流場に基づいて複数回の収束工程を経ることを特徴とする請求項１２に記載の収束型イオンガイド装置。

【請求項１４】

前記収束電極構造体により形成される前記電場が、Ａ）四重極場、Ｂ）六重極場、Ｃ）八重極場、Ｄ）八より大きい偶数の多重極場、及び、Ｅ）奇数の多重極場、という複数の多重極場の１つ以上の組み合わせであることを特徴とする請求項１に記載の収束型イオンガイド装置。

【請求項１５】

前記収束電場が高周波収束場又は周期的収束場であることを特徴とする請求項１に記載の収束型イオンガイド装置。

【請求項１６】

請求項１～１５のいずれかに記載の収束型イオンガイド装置を備えることを特徴とする質量分析装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明はイオン案内技術の分野に関し、特に収束型イオンガイド装置及び質量分析装置に関する。

【背景技術】

【０００２】

一般に、質量分析システムでは気圧の異なる領域間でイオンを輸送するために様々なイオン案内装置が必要である。特に大気圧又は大気圧に近いインターフェイスを持つ質量分析システムでは、一般にイオンインターフェイスと質量分析器との間に７桁を超えるバックグラウンド気圧の差があり、そのことが気圧の異なる領域間でのイオンの効率的な輸送を困難にしている。従来の質量分析システムの設計において広く採用されている方式は多段式差動空間を利用するものである。これは、各段における2つの差動空間を流量制限オリフィスにより分離することで各段の差動空間内の気圧の分布をほぼ均一にし、この箇所において一般に誘導収束レンズ又は多段高周波イオンガイドを差動空間内に設けて該差動空間を通過するイオンの放出を制限することで、対応する差動ポンプとの組み合わせによりイオン輸送気圧がそれらイオン誘導構造体の動作要件を満たすことができるようにし、以て質量分析器のある領域までイオンを効率よく輸送して試料の質量分析に必要な感度を確保する。

【０００３】

しかし、質量分析装置の全体的な感度を確保する必要があるため、流量制限オリフィスの流れコンダクタンスを低くし過ぎることはできない。一般に、イオンビームは１００Ｐａを超える高圧領域にあるため、即ち、低真空ポンプで排気された領域では拡散が比較的激しいため、イオンビームを直径１ｍｍ未満に圧縮することは通常難しい。イオン輸送効率の低下を避けるため、低真空の部分から高真空の部分までの気圧差は一般に２桁を超えない。それでも、１００Ｌ／秒を超えるポンプ流量を持つ分子ポンプや拡散ポンプをその移行的な真空領域に配置しなければならない。加えて、同様のポンプ流量を持つ高真空ポンプが質量分析器の領域にも必要であるため、大気圧に近いインターフェイスを有する質量分析システムのコストは高価で大容量の高真空ポンプにより大きく制約され、また分析

装置を小型で洗練されたものにすることは難しい。

【０００４】

移行的な真空下でのイオン輸送にはイオンの冷却が速過ぎるという問題もある。即ち、１０Ｐａを超えるバックグラウンド気圧でイオンを輸送すると、熱運動速度を持つ周囲のガス分子との度重なる衝突によりイオンの元々の運動エネルギー又は輸送系において得られる電場加速の運動エネルギーが急速に奪われてしまう。それゆえ、これらのイオンガイド装置内でのイオンの滞留時間（ドゥエルタイム）は一般に非常に長い。特に、連続的に動作するパルスイオン源スキャン型の質量分析システムや、準連続的に動作する質量範囲の広い高速な飛行時間質量分析システムにとって、滞留時間が長いということは、大きな割合のイオンが各々の正しいイオン質量電荷比範囲条件の下で検出器に到達できず、以て質量分析計の感度に影響を与える、ということを意味する。一方で、不適切な時間に検出器に到達するイオンが相互汚染や空間電荷効果といった悪影響を及ぼし、質量分析計の性能を更に低下させる可能性もある。

【０００５】

これらの問題を解決するため、一般に、イオンの収束及び閉じ込めの間、空間内でのイオンの発散を制限するため、そして差動空間の間におけるバックグラウンドガスの流れコンダクタンスを低下させるために、他の手段を採用する必要があるが、他方で軸方向のイオンの輸送速度を上げる必要もある。このような問題は従来技術においても幾つかの研究で認識されている。例えば、特許文献１には、段と段の間でより良好に流れを制限する構造を形成するために、従来の流量制限オリフィスをキャピラリ円管構造で置き換えることが検討されている。しかし、この方式はそれらキャピラリ管内を輸送されるイオンの拡散損失を防ぐ対策を含んでいない。従って、このような実際の応用ではより高いイオン輸送率を達成できない。また他にも、特許文献２及び３に開示された高周波収束型イオンガイド等、幾つかの構造がイオンの閉じ込めに用いられている。しかし、これらのイオンガイドはいずれも側方に開いた開口があるため、イオンガイド内におけるガス流の運動をあまり閉じ込めることができない。イオン輸送中の滞留損失は軸方向に直流電圧又は直流進行波を印加することにより解決するのが一般的である。しかし、軸方向の直流電圧の導入には、電場調節電極の導入か、複数の収束電極を分離して複数の区間を形成する設計が必要であって、そのために電子設計作業が余分に増えるだけでなく、システムの電力消費が増大し、イオンガイドの安定性が低下する。

【０００６】

アジレント・テクノロジー社は特許文献４において、パイプ内に取り付けられた凹面型収束電極に高周波を印加することで形成される四重極閉じ込め場によってイオンを閉じ込める方法を提案している。同様に、特許文献５において、ファスマテック社もまた、重畳配置された複数の環状電極により内部にジェット気流が供給される類似の流れ誘導ダクトであって、隣接する環状電極に逆高周波電圧が印加されているために実質的な高周波閉じ込め状態が形成され得るものを提案している。しかし、これらの設計はいずれも、パイプ径の縮小によりガス流のコンダクタンスを更に制限したときに構造設計が難しくなる可能性がある。例えば、凹面型電極の凹面方向の擬似ポテンシャルは負の値になりやすいため、凹面付近で拡散するイオンが損失を被る。加えて、極めて小さいパイプ径（例えば２ｍｍ未満）を有する内壁電極は加工が非常に難しく、また重畳配置法でパイプチャネルが形成される場合にはパイプの内壁を平滑にできないため、壁面周辺のイオンが乱流により失われ易い。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００７】

【特許文献１】米国特許第７９８２１８３号
【特許文献２】米国特許第８１４８６７９号
【特許文献３】米国特許第８６４２９４９号
【特許文献４】米国特許第６６４６２５８号

【特許文献５】国際公開第２０１４／００１８２７号
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００８】
従来技術における上記問題点に鑑み、本発明の目的は、従来技術においてイオン輸送時に直接的な障害物等によるガス流速度の急な低下によって生じる乱流及びイオンの抑留損失を解決するために、ガス流輸送を閉じ込めて効果的にイオン輸送に寄与する収束型イオンガイド装置を開発することである。
【課題を解決するための手段】
【０００９】
上記及び他の関連する目的を達成するため、本発明は、輸送軸ラインを通じて互いに接続されたイオンガイド入口及びイオンガイド出口であって、前記輸送軸ラインに沿ってイオンが軸方向に輸送される、少なくとも１つのイオンガイド入口及びイオンガイド出口と、収束電圧が印加される少なくとも１つの平滑な非凹面の収束電極又は収束電極アレイを含む収束電極構造体であって、前記収束電極又は収束電極アレイが前記輸送軸ラインに沿って配置され、且つ、該収束電極構造体が収束型イオンガイド装置内で輸送されるイオンを該収束電極構造体により形成される収束電場の作用の下で放射方向に多数回収束させる、少なくとも１グループの収束電極構造体と、前記軸方向に輸送される中性ガス流であって、前記軸方向に対して少なくとも部分的に放射方向へ向かう該ガス流の拡散経路が前記収束電極又はその支持基板により遮断されることで、前記軸方向における該ガス流の輸送速度を増大させるとともに前記輸送されるイオンの停滞又は乱れを低減する中性ガス流と、を備える収束型イオンガイド装置を提供する。
【００１０】
前記平滑な非凹面の収束電極及びその支持基板の表面が平面であるようにしてもよい。
【００１１】
前記イオンガイド出口を後端として前記軸方向に沿って延在する所定長さにわたり、前記放射方向への中性ガス流の拡散経路が前記収束電極又はその支持基板により完全に遮断されているようにしてもよい。
【００１２】
前記所定長さは全軸長の５０％を超えていてもよい。
【００１３】
前記収束電極又はその支持基板により前記中性ガス流に適用される放射方向の遮断により該ガス流の軸方向の速度が加速され、前記イオンガイド入口から延在する所定長さにおいて前記軸方向の速度が増大又は一定に維持され、該所定長さが全軸長の５０％を超えている、というようにしてもよい。
【００１４】
前記収束型イオンガイド装置が第１の真空室内に配置され、該収束型イオンガイド装置の後端が第２の真空室に密に接続され、その結果、該収束型イオンガイド装置内の軸長の少なくとも一部分にわたって移動する前記中性ガス流の圧力が当該２つの真空室の平衡圧の間で変化する、というようにしてもよい。
【００１５】
前記第２の真空室内の気圧が前記第１の真空室内の気圧よりも低く、前記軸長の前記少なくとも一部分が全軸長の５０％を超えており、前記軸長の前記部分における気圧が前記第１の真空室内の気圧よりも低い、というようにしてもよい。
【００１６】
前記収束電極構造体が複数グループの収束電極及びその支持基板を備え、少なくとも、ある１つの放射方向に略直交する他の複数の放射方向において、ガス流拡散経路が収束電極又はその支持基板のグループにより遮断される、というようにしてもよい。
【００１７】
前記イオンガイド装置が前記第１の真空室内に配置され、前記第１の真空室内に少なく

とも１つの内径減少部が前記軸方向に沿って形成され、該内径減少部の最小内径が、Ａ）２～３ｍｍ、Ｂ）１～２ｍｍ、及び、ｃ）＜１ｍｍのいずれかである、というようにしてもよい。

【００１８】

イオン輸送時に、前記所定の連続した長さにわたって加速された前記中性ガス流の最終速度が、Ａ）５ｍ／ｓ、Ｂ）１０ｍ／ｓ、Ｃ）２０ｍ／ｓ、Ｄ）５０ｍ／ｓ、Ｅ）１００ｍ／ｓ、及び、Ｆ）現在の気圧下での前記中性ガス流の音速、のいずれかよりも大きくなるようにしてもよい。

【００１９】

前記中性ガス流が前記少なくとも部分的に軸に沿った方向において管状の絶縁体又は高抵抗材料体を介して遮断されるようにしてもよい。

【００２０】

前記イオンガイド装置が１つ以上のガス流入口及びガス流出口を備え、前記収束電極構造体が、１つのガス流入口を複数のガス流出口と連通させる分流構造、複数のガス流入口を１つのガス流出口と連通させる合流構造、曲線を通じて前記ガス流入口を前記ガス流出口と連通させる曲線状ガス流溝、並びに、直線を通じて前記ガス流入口を前記ガス流出口と１対１で連通させる多重経路並列ガス流構造のうち１つ以上の組み合わせを備えるように形成されている、というようにしてもよい。

【００２１】

前記収束電極構造体にその前段となる前記イオンガイド入口の方を向いた開口が形成され、該開口の内径が前記所定長さにわたって前記イオンガイド装置の空間的な内径よりも大きい、又は、前記開口における収束電場の半径が前記所定長さにわたって前記イオン案内装置の収束電場の半径よりも大きい、というようにしてもよい。

【００２２】

前記閉じ込め電極間の間隔又は異なる閉じ込め電極を支持する前記支持基板間の間隔が前記軸方向に沿って変化しており、その結果、イオン輸送時に移動する前記中性ガス流が周期的に発散及び収束させられ、その結果、前記イオンが前記中性ガス流により形成される気流場に基づいて複数回の収束工程を経る、というようにしてもよい。

【００２３】

前記収束型イオンガイド装置が前記真空室内に配置され、前記所定長さの出発点から前記真空室の前記イオンガイド入口までの距離ＬＡが前記イオンガイド入口に流れ込むガス流により形成されるマッハ面の距離ＬＭの倍数であり、該倍数が、ａ）０．５から０．８まで、ｂ）０．８から１まで、ｃ）１から１．２まで、ｄ）１．２から１．５まで、又は、ｅ）１．５から２まで、のいずれかである、というようにしてもよい。

【００２４】

前記収束電極構造体により形成される前記電場が、Ａ）四重極場、Ｂ）六重極場、Ｃ）八重極場、Ｄ）八より大きい偶数の多重極場、及び、Ｅ）奇数の多重極場、という複数の多重極場の１つ以上の組み合わせであるようにしてもよい。

【００２５】

前記収束電場が高周波収束場又は周期的収束場であるようにしてもよい。

【００２６】

上記及び他の関連する目的を達成するため、本発明は更に上述したような収束型イオンガイド装置を備える質量分析装置を提供する。

【発明の効果】

【００２７】

上述したように、本発明は収束型イオンガイド装置及び質量分析装置を提供する。該収束型イオン案内装置は、輸送軸ラインを通じて互いに接続されたイオンガイド入口及びイオンガイド出口であって、前記輸送軸ラインに沿ってイオンが軸方向に輸送される、少なくとも１つのイオンガイド入口及びイオンガイド出口と、収束電圧が印加される少なくとも１つの平滑な非凹面の収束電極又は収束電極アレイを含む収束電極構造体であって、前

記収束電極又は収束電極アレイが前記輸送軸ラインに沿って配置され、且つ、該収束電極構造体が収束型イオンガイド装置内で輸送されるイオンを該収束電極構造体により形成される収束電場の作用の下で放射方向に多数回収束させる、少なくとも１グループの収束電極構造体と、前記軸方向に輸送される中性ガス流であって、前記軸方向に対して少なくとも部分的に放射方向へ向かう該ガス流の拡散経路が前記収束電極又はその支持基板により遮断されることで、前記軸方向における該ガス流の輸送速度を増大させるとともに前記輸送されるイオンの停滞又は乱れを低減する中性ガス流と、を備える。また、本発明に係る収束型イオンガイド装置は更に、中性ガス流に対する流れコンダクタンスを追加的に制限し、それにより流通する中性ガス流の流量を小さくし、後段にある装置のポンプ系の要件を緩和する。

【図面の簡単な説明】

【００２８】

【図１】本発明の一実施例に係る収束型イオンガイド装置を示す概略構造図。

【図２】本発明の一実施例に係る、複数の電極基板を用いてイオンガイド構造体を形成した収束型イオンガイド装置を示す概略構造図。

【図３】本発明の一実施例に係る、イオンが輸送される四重極場を形成する収束型イオンガイド装置を示す概略構成図。

【図４】本発明の一実施例に係る、イオンが輸送される六重極場を形成する収束型イオンガイド装置を示す概略構成図。

【図５】本発明の一実施例に係る、イオンが輸送される八重極場を形成する収束型イオンガイド装置を示す概略構成図。

【図６】本発明の一実施例に係る、ガス流及びイオンを曲線状に輸送する収束型イオンガイド装置を示す概略構成図。

【図７】本発明の別の実施例に係る、ガス流及びイオンを曲線状に輸送する収束型イオンガイド装置を示す概略構成図。

【図８】本発明の一実施例に係る、ガス流及びイオンを輸送するための収束型イオンガイド装置の分流構造を示す概略構造図。

【図９】本発明の一実施例に係る、ガス流及びイオンを輸送するための収束型イオンガイド装置の合流構造を示す概略構造図。

【図１０】本発明の一実施例に係る、多重経路でガス流及びイオンを輸送するための収束型イオンガイド装置の並列ガス流溝を示す概略構造図。

【図１１】本発明の一実施例に係る収束型イオンガイド装置の収束電極構造体に形成された開口を示す概略構造図。

【発明を実施するための形態】

【００２９】

本発明の実施例について具体例を参照して以下に説明する。当業者は本発明の明細書に開示された内容から本発明の他の利点及び効果を容易に理解し、知得することができるであろう。本発明は他の具体的な実施例を通じて実践又は応用してもよい。本明細書の様々な詳細は、異なる視点及び用途に基づき、本発明の精神から逸脱することなく修正又は変更してもよい。なお、本願の各実施例及び該実施例に含まれる各特徴は互いに対立することなく組み合わせることができる。

【００３０】

図１に示したように、本発明は、イオンガイド入口１１、イオンガイド出口１２、及び収束電極構造体を備えるイオンガイド装置を提供する。

【００３１】

少なくとも１つのイオンガイド入口１１とイオンガイド出口１２が輸送軸ラインを通じて互いに接続され、該輸送軸ラインに沿ってイオン２が軸方向に輸送される。

【００３２】

少なくとも１グループの収束電極構造体が、輸送軸ラインに沿って配置された少なくとも１つの平滑で非凹面の収束電極１３又は収束電極アレイを備えている。図には電極アレ

イが示されているが、本発明はこれに限らず、単一の電極でもよい。一実施例として、収束電極は輸送軸ラインの方を向いた１つの面が平面又は凸面（好ましくは平面状）である電極であり、その支持基板１４は例えばＰＣＢ基板であり、収束電極１３は該ＰＣＢ基板上にプリントされた金属層である、というようにしてもよい。収束電極１３には収束電圧（これは高周波電圧又は周期的なＡＣ電圧とすることができる）が印加される。収束電極１３又は収束電極アレイに収束電圧が印加されると高周波収束場又は周期的収束場が形成され、収束電極１３が収束型イオンガイド装置内で輸送されるイオン２を収束電極構造体により形成される収束電場の作用の下で放射方向（例えば図の方向Ｂ）に多数回収束させる。

【００３３】

軸方向（即ち図中で矢印Ａにより示した方向）に輸送される中性ガス流は収束型イオンガイド装置に導入される。軸方向に対して少なくとも部分的に放射方向へ向かうガス流の拡散経路は収束電極又はその支持基板により遮断される。即ち、図に示したように、ガス流は下側の収束電極１３又はその支持基板１４により遮断される。こうして、ガス流分子は漏出することなく軸方向に移動し続け、それにより軸方向のガス流の輸送速度を増大させるとともに、輸送されるイオン２の停滞や乱流を低減する。

【００３４】

一実施例として、次段へのガスの流れコンダクタンスを更に制限するため、収束電極は、イオンガイド出口を後端として軸方向に沿って延在する所定長さ（例えば軸長の一部又は全体。前者の場合、該所定長さは全軸長の５０％を超えていることが好ましい）にわたり、放射方向への中性ガス流の拡散経路を該収束電極又はその支持基板により完全に遮断するようにしてもよい。即ち、支持基板（これは、三角形、円形、四角形又は多角形の横断面を持つ中空管の形状とすることができる）が流量制限管として働き、その管は電荷の蓄積を減らすための絶縁性又は高抵抗の材料（例えば、ＰＣＢ基板の樹脂材料）から成るものとすることができる。ガス流は支持基板の中空部分を軸方向に通る。支持基板は放射方向には密閉されているため、放射方向の拡散経路をすべて遮断することができる。図２では、３枚の平らな電極基板３を用いてガス流を閉じ込めるためのイオンガイド構造体を作っている。もちろん、それは不連続な構造体でもよく、間隔をおいて配置された複数の部分から成る形状やくり抜かれた中空の形状、即ち、放射方向の拡散経路の一部のみを遮断するものでもよい。図３では、４枚の電極基板４が用いられ、これら４枚の基板４上の収束電極が四重極電場を形成することでイオンの収束と案内が成される。

【００３５】

別の実施例として、収束電極構造体により形成される電場を、Ａ）図３に示したような構造体により形成される四重極場、Ｂ）図４に示したような構造体により形成される六重極場、Ｃ）図５に示したような構造体により形成される八重極場、Ｄ）八より大きい偶数の多重極場、及び、Ｅ）奇数の多重極場、という複数の多重極場の１つ以上の組み合わせとしてもよい。加えて、閉じ込め電極間又はその支持基板間の間隔を空気力学的な構成と連動させて軸方向に沿って変化させ、その結果、イオン案内時に移動する中性ガス流が周期的に発散及び収束し、その結果、イオンが中性ガス流により形成される気流場に基づいて複数回の収束工程を経るようにしてもよい。

【００３６】

ガス流が通るパイプのサイズの変更により、流れを誘導する閉じ込め作用が変化する可能性があるため、更に別の実施例として、そのようなイオン案内の際のイオンの滞留損失を減らすために、収束電極又はその支持基板が中性ガス流を放射方向に閉じ込めるように設計されており、それにより（放射方向の運動が制限されているために）ガイド入口から所定長さまでガス流の軸速度が加速及び増大する又は（超高真空の場合）一定に維持される、というようにしてもよい。好ましくは、前記所定長さはイオンガイド軸長の５０％以上である。一実施例では、収束型イオンガイド装置が第１の真空室内に配置され、収束型イオンガイド装置の後端が第２の真空室に密に接続され、それにより収束型イオンガイド装置内の軸長の少なくとも一部分にわたって移動する中性ガス流の圧力が２つの真空室の

平衡圧の間で変化する。第２の真空室内の気圧は第１の真空室内の気圧よりも低いため、この応用例を差動排気方式のポンプ系の負荷の軽減に利用した場合に状況が改善する。例えば、前記軸長の少なくとも前記一部分が全軸長の５０％を超え、軸長の該部分における気圧が第１の真空室内の気圧より低く、その結果、第１の真空室における差動ポンプ負荷がパイプ内での減圧の間に軽減され、ポンプに関する要件の緩和とコスト削減をもたらす。好ましくは、より良好にイオン流を圧縮し且つガス流の案内輸送を閉じ込めるために、第１の真空室内に少なくとも１つの内径減少部が軸方向に沿って形成され、該内径減少部の最小内径が、Ａ）２～３ｍｍ、Ｂ）１～２ｍｍ、及び、ｃ）＜１ｍｍのいずれかであり、また該内径減少部が連続的に狭くなる部分（例えば角状）又は平坦な部分（例えば階段状）である、というようにしてもよい。

【００３７】

別の実施例では、収束電極構造体が複数グループの収束電極及びその支持基板を複数備え、少なくとも、ある１つの放射方向に略直交する他の複数の放射方向において、ガス流拡散経路が収束電極又はその支持基板のグループにより遮断される。即ち、平坦な複数の放射方向における中性ガスの直進的な拡散経路がそれぞれイオンガイド装置の輸送軸ライン上において複数の収束電極及びその支持基板により完全に遮断され、その結果、中性ガス流がイオンガイドの輸送軸ラインから逸れる。この収束型イオンガイド装置が開放型チャンバ内にある場合は、次段のポンプの負荷が効果的に軽減される。

【００３８】

一実施例として、イオン輸送時のイオン輸送速度をより大きくするために、イオン輸送時に遮断部分において構造設計により中性ガス流が膨張してより高い速度に加速されるようにしてもよい。イオン輸送時に、前記所定長さにわたって加速された中性ガス流の最終速度が、Ａ）５ｍ／ｓ、Ｂ）１０ｍ／ｓ、Ｃ）２０ｍ／ｓ、Ｄ）５０ｍ／ｓ、Ｅ）１００ｍ／ｓ、及び、Ｆ）現在の気圧条件下で断熱膨張が起きる程度の中性ガス流の音速、のいずれかよりも大きくなるようにする。

【００３９】

イオンガイド装置は、イオンガイド入口に対応する複数のガス流入口と、イオンガイド出口に対応する複数のガス流出口とを備えていてもよく、その収束電極構造体は以下の幾つかのやり方で形成され、その際、ガス流の流れる方向は図中の白い矢印で示した方向とすることができる。

【００４０】

図６及び７に示したように、実際のイオンガイド長さを短くするために、ガス流及びその中のイオン流をガス流溝の設計により折り畳んだり曲げたりしてもよい。この箇所において中性ガス流の流れる方向が、曲線を通じてガス流入口をガス流出口と連通させる曲線状ガス流溝となる。

【００４１】

図８及び９に示したように、イオンガイド装置のイオン捕捉面積を広げるため、イオンガイド装置が１つ以上のガス流入口及びガス流出口を備えていてもよい。同様に、次段の光学装置の入口における空間電荷を減らすために、１つのガス流入口を複数のガス流出口と連通させる分流構造、及び複数のガス流入口を１つのガス流出口と連通させる合流構造を形成してもよい。

【００４２】

本装置の次段に複数のイオン分析装置又は分析チャネルがある場合、図１０に示したように、イオンガイド装置を並べてもよい。例えば、複数のガス流入口及びそれと同数のガス流出口をイオンガイド装置内に設計するとともに、図中に白い矢印で示したように、複数の並行ガス流を通すための複数の並行ガス流溝が形成されるように収束電極又はその基板構造を変形してもよい。

【００４３】

図１１に示したように、イオン収束ガイド装置のイオン捕捉面積を広げるために、幅の狭い受容領域を持つ管状の装置を含むイオンガイド方式において、収束電極構造体にその

前段となるイオンガイド入口の方を向いた開口５を形成することができる。この開口５の内径は前記所定長さにおけるイオンガイド装置の空間的な内径よりも大きくする、又は、開口５における収束電場の半径が所定長さにおけるイオンガイド装置の収束電場の半径よりも大きくなるようにする。原理的には、開口５は、収束電極間の間隔又は異なる閉じ込め電極を支持する支持基板間の間隔が軸方向に沿って変化する場合に形成されることがある。具体的な実装では、図示したように電極の長さを変えることで、イオンガイド時に移動する中性ガス流を周期的に発散及び収束させ、その結果、イオンがイオンガイド時に気流場に基づいて複数回の収束工程を経るようにすることにより、開口の形成を実現することができる。なお、図１１に示したような原理によれば、支持基板を変えることによっても開口構造を形成することができることが分かる。設計が簡単になるように、管状部及び開口部内の収束電極群を同一の平面状又は凹面状の電極基板上に作製し、それらを流量制限フィンにより分離してもよい。

【００４４】

一実施例として、上述のように、収束型イオンガイド装置を真空室内に配置してもよい。イオン輸送経路全体にわたってガスの安定性を高めるためには、イオンガイド出口を後端とする軸方向に沿った所定長さにわたり中性ガス流を遮断する、管状閉じ込めにより形成された構造体が、イオンガイド入口においてガス流により形成されたマッハ面内に挿入されている必要がある。しかし、収束電極構造体の滑らかな表面が流出後のガスビームの輸送に与える案内又は遮断効果を考慮すると、前記所定長さの出発点から真空室内におけるイオンガイド入口までの距離ＬＡは、イオンガイド入口に流れ込むガスにより形成されるマッハ面の距離ＬＭの倍数になるように設定する必要があり、その倍数は、ａ）０．５から０．８まで、ｂ）０．８から１まで、ｃ）１から１．２まで、ｄ）１．２から１．５まで、又は、ｅ）１．５から２まで、のいずれかである。

【００４５】

本発明に係る収束型イオンガイド装置は、構成要素として、質量分析計等の質量分析装置に応用することができる。

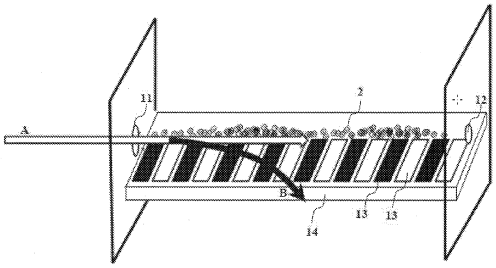
【００４６】

結論として、本発明は収束型イオンガイド装置及び質量分析装置を提供する。該収束型イオンガイド装置は、輸送軸ラインを通じて互いに接続されたイオンガイド入口及びイオンガイド出口であって、前記輸送軸ラインに沿ってイオンが軸方向に輸送される、少なくとも１つのイオンガイド入口及びイオンガイド出口と、収束電圧が印加される少なくとも１つの平滑な非凹面の収束電極又は収束電極アレイを含む収束電極構造体であって、前記収束電極又は収束電極アレイが前記輸送軸ラインに沿って配置され、且つ、該収束電極構造体が収束型イオンガイド装置内で輸送されるイオンを該収束電極構造体により形成される収束電場の作用の下で放射方向に多数回収束させる、少なくとも１グループの収束電極構造体と、前記軸方向に輸送される中性ガス流であって、前記軸方向に対して少なくとも部分的に放射方向へ向かう該ガス流の拡散経路が前記収束電極又はその支持基板により遮断されることで、前記軸方向における該ガス流の輸送速度を増大させるとともに前記輸送されるイオンの停滞又は乱れを低減する中性ガス流と、を備える。また、本発明に係る収束型イオンガイド装置は更に、中性ガス流に対する流れコンダクタンスを追加的に制限し、それにより流通する中性ガス流の流量を小さくし、後段にある装置のポンプ系の要件を緩和する。

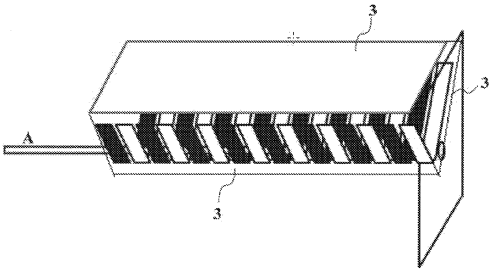
【００４７】

上記の各実施例は単に本発明の原理及び効果を模範例で説明するために用いたものであり、本発明を制限することを意図したものではない。当業者であれば本発明の精神及び範囲から逸脱することなく上記実施例を修正又は変形することができる。それゆえ、当該技術分野における通常の技能を有する者により、本発明に開示された精神及び技術思想から逸脱することなく成された等価な修正又は変形もやはり本発明の請求の範囲に含まれるものである。

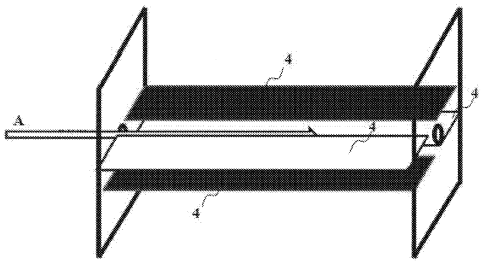
【図１】



【図２】



【図３】



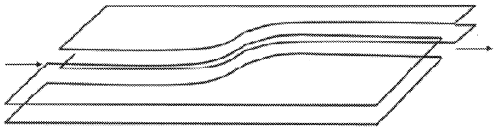
【図４】



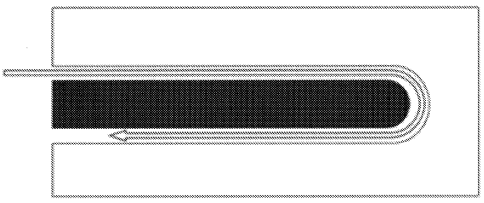
【図５】



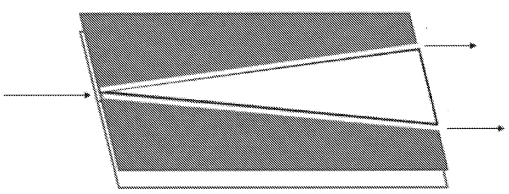
【図６】



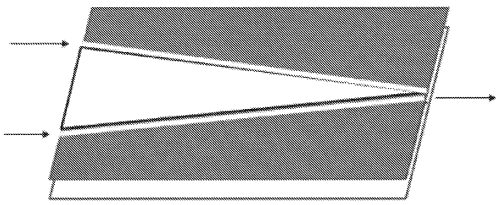
【図７】



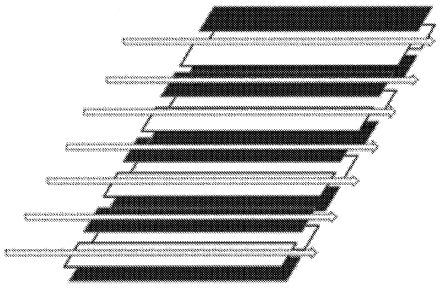
【図８】



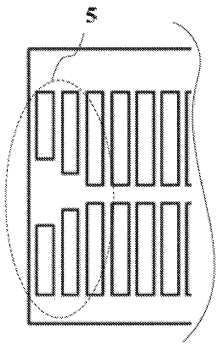
【図９】



【図１０】



【図１１】



フロントページの続き

(72)発明者　シェン　ジャーチー
中国、２０１２０１　シャンハイ、ハイ‐テック　パーク　チャンジャン、カユアンアー　ロード　１０８、ビルディング　ナンバー６　、３フロア、シーオー　シマヅ　リサーチ　ラボラトリー（シャンハイ）　シーオー　エルティーディー
(72)発明者　スン　ウェンジャン
中国、２０１２０１　シャンハイ、ハイ‐テック　パーク　チャンジャン、カユアンアー　ロード　１０８、ビルディング　ナンバー６　、３フロア、シーオー　シマヅ　リサーチ　ラボラトリー（シャンハイ）　シーオー　エルティーディー

審査官　右▲高▼　孝幸

(56)参考文献　特表２００８－５２２３７７（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２０１２／０２６１５７０（ＵＳ，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｊ　４９／０４
Ｇ０１Ｎ　２７／６２
Ｈ０１Ｊ　４９／０６
Ｈ０１Ｊ　４９／２４