(19)日本国特許庁(JP)　　(12)公表特許公報(A)　　(11)公表番号
特表2022-537141
(P2022-537141A)
(43)公表日　令和4年8月24日(2022.8.24)

(51)国際特許分類			FI			テーマコード（参考）
Ｈ０１Ｊ	*49/06*	*(2006.01)*	Ｈ０１Ｊ	49/06	３００	２Ｇ０４１
Ｈ０１Ｊ	*49/10*	*(2006.01)*	Ｈ０１Ｊ	49/10	５００	５Ｃ０３８
Ｈ０１Ｊ	*49/40*	*(2006.01)*	Ｈ０１Ｊ	49/40		
Ｈ０１Ｊ	*49/16*	*(2006.01)*	Ｈ０１Ｊ	49/06	７００	
Ｈ０１Ｊ	*49/04*	*(2006.01)*	Ｈ０１Ｊ	49/06	８００	

審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全58頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2021-573447(P2021-573447)
(86)(22)出願日　令和2年5月13日(2020.5.13)
(85)翻訳文提出日　令和4年2月3日(2022.2.3)
(86)国際出願番号　PCT/CN2020/090016
(87)国際公開番号　WO2020/248757
(87)国際公開日　令和2年12月17日(2020.12.17)
(31)優先権主張番号　PCT/CN2019/091215
(32)優先日　令和1年6月14日(2019.6.14)
(33)優先権主張国・地域又は機関
中国(CN)
(81)指定国・地域　AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,
最終頁に続く

(71)出願人　521497372
シャンハイ ポラリス バイオロジー カンパニー， リミテッド
中華人民共和国 ２０１２０３ シャンハイ， プドン ニュー ディストリクト，ズチョンジ ロード， レーン １５０５，ナンバー １３８， フロア ６
(74)代理人　100078282
弁理士　山本 秀策
(74)代理人　100113413
弁理士　森下 夏樹
(74)代理人　100181674
弁理士　飯田 貴敏
(74)代理人　100181641
弁理士　石川 大輔

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　単一粒子分析のためのシステムおよび方法

(57)【要約】
本明細書に開示されるものは、金属同位体でタグ付けされた単一粒子を分析するように設計される、ＩＣＰ－ＴＯＦ　ＭＳに基づく器具および関連方法である。システムおよび方法が、誘導結合プラズマ飛行時間質量分析を用いた単一粒子の分析のために提供される。単一粒子が、全細胞、微生物、ウイルス等から単離され得る。本システムは、多極、角度付きまたは丸みを帯びた表面、およびイオントンネル、イオン漏斗（１３１３）、四重極（１１１２）、ならびに各要素の変形例等の要素を含む、イオン操作デバイス（０５）等の要素を含む、曲線状イオンガイド（０４ｂ）を含み得る。

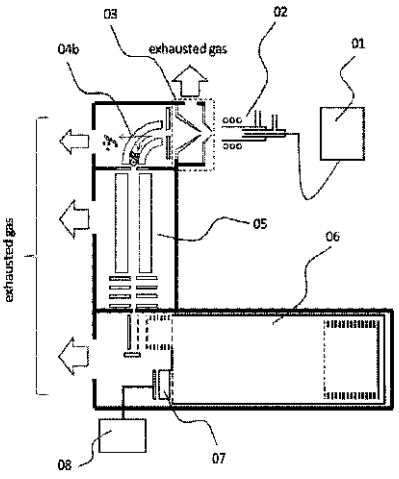


FIG. 3A

【特許請求の範囲】
【請求項１】
金属同位体でタグ付けされた単一粒子の分析のための誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計であって、前記質量分析計は、
前記単一粒子を連続的に発生させるように構成されるサンプル導入デバイスと、
前記サンプル導入デバイスを通して受容される前記単一粒子から前記金属同位体のイオンを発生させるためのイオン化デバイスと、
真空の助けを借りた前記イオンの輸送のための大気圧インターフェースと、
イオンガイド配列であって、前記イオンガイド配列は、前記大気圧インターフェースから前記イオンを受容し、前記イオンを輸送するように構成される、イオンガイド配列と、
イオン操作デバイスであって、前記イオン操作デバイスは、前記イオンガイドデバイスから前記イオンを受容するように構成され、（１）特定の質量を伴うイオンを選択的に濾過すること、（２）イオン集群を提供すること、および（３）イオン貯蔵を提供することのうちの１つ以上のものを実施するように構成される、イオン操作デバイスと、
飛行時間（ＴＯＦ）質量分析器であって、前記飛行時間（ＴＯＦ）質量分析器は、前記イオンを受容し、異なる時間にイオン検出器に到着するように異なる質量を伴うイオンを分離するように構成される、飛行時間（ＴＯＦ）質量分析器と、
信号処理デバイスであって、前記信号処理デバイスは、前記イオン検出器からのイオン流信号を処理し、前記金属同位体の識別のための質量スペクトルを形成するように構成される、信号処理デバイスと
を備える、質量分析計。
【請求項２】
前記イオンガイド配列は、静電レンズである、請求項１に記載の質量分析計。
【請求項３】
前記イオンガイド配列は、四重極配列である、請求項１に記載の質量分析計。
【請求項４】
前記イオンガイド配列は、多極配列である、請求項１に記載の質量分析計。
【請求項５】
前記イオンガイド配列は、イオントンネルである、請求項１に記載の質量分析計。
【請求項６】
前記イオンガイド配列は、第１の曲線状電極と、第２の曲線状電極とを備える、請求項１に記載の質量分析計。
【請求項７】
前記第１の曲線状電極は、第１の平面と、前記第１の平面に衝合し、前記第１の平面と平行ではない第２の平面とを備える、凹面を備える、請求項６に記載の質量分析計。
【請求項８】
前記第２の曲線状電極は、第３の平面と、前記第３の平面に衝合し、前記第４の平面と平行ではない第４の平面とを備える、凸面を備える、請求項７に記載の質量分析計。
【請求項９】
誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計を介して、金属同位体でタグ付けされた単一粒子を分析するための方法であって、前記方法は、
サンプル導入デバイスを介して、前記単一粒子を連続的に発生させることと、
イオン化デバイスの助けを借りて、前記サンプル導入デバイスを通して受容される前記単一粒子から前記金属同位体のイオンを発生させることと、
真空の助けを借りて、大気圧インターフェースを使用して前記イオンを輸送することと、
イオンガイド配列を介して、前記大気圧インターフェースから前記イオンを受容し、前記イオンを輸送することと、
イオン操作デバイスを介して、前記イオンガイドデバイスから前記イオンを受容し、（１）特定の質量を伴うイオンを選択的に濾過すること、（２）イオン集群を提供すること

、および（３）イオン貯蔵を提供することのうちの１つ以上のものを実施することと、
飛行時間（ＴＯＦ）質量分析器を介して、異なる時間にイオン検出器に到着するように異なる質量を伴う前記イオンを分離することと、
信号処理デバイスを介して、前記イオン検出器からのイオン流信号を処理し、前記金属同位体の識別のための質量スペクトルを形成することと
を含む、方法。
【請求項１０】
前記単一粒子は、単一細胞である、請求項２に記載の方法。
【請求項１１】
前記単一粒子は、生体分子である、請求項２に記載の方法。
【請求項１２】
前記単一粒子は、ポリマーミクロスフェアである、請求項２に記載の方法。
【請求項１３】
前記サンプル導入デバイスは、金属同位体でタグ付けされた前記単一粒子を連続的に発生させるように構成される、請求項２に記載の方法。
【請求項１４】
前記イオン化デバイスは、誘導結合プラズマ（ＩＣＰ）イオン化デバイスである、請求項２に記載の方法。
【請求項１５】
前記イオン化デバイスは、前記単一粒子を蒸発させる、霧化する、およびイオン化するように構成される、請求項１４に記載の方法。
【請求項１６】
前記イオン化デバイスは、前記単一粒子から単原子または多原子イオンを発生させるように構成される、請求項１４に記載の方法。
【請求項１７】
前記イオン化デバイスは、マイクロ波プラズマトーチ（ＭＰＴ）、グロー放電イオン化（ＧＤＩ）、またはレーザイオン化（ＬＩ）を使用する、請求項２に記載の方法。
【請求項１８】
前記大気圧インターフェースは、２つ以上の円錐形のコンポーネントを備える、請求項２に記載の方法。
【請求項１９】
前記２つ以上の円錐形のコンポーネントは、穿孔される、請求項１８に記載の方法。
【請求項２０】
前記大気圧インターフェースは、１つ以上の隣接する真空チャンバを備える、請求項２に記載の方法。
【請求項２１】
対応する真空ポンプが、前記真空チャンバ毎に提供される、請求項２０に記載の方法。
【請求項２２】
前記イオンガイド配列は、静電レンズを利用する、請求項２に記載の方法。
【請求項２３】
前記イオンガイド配列は、四重極配列を利用する、請求項２に記載の方法。
【請求項２４】
前記イオンガイド配列は、多極配列を利用する、請求項２に記載の方法。
【請求項２５】
前記イオンガイド配列は、イオントンネルを利用する、請求項２に記載の方法。
【請求項２６】
前記イオンガイド配列は、イオン漏斗を利用する、請求項２に記載の方法。
【請求項２７】
前記イオンガイド配列は、曲線状形状を有する、請求項２に記載の方法。
【請求項２８】

前記イオンガイド配列は、凹面を有する第１の曲線状電極であって、前記凹面は、第１の平面と、前記第１の平面に衝合し、前記第１の平面と平行ではない第２の平面とを備える、第１の曲線状電極と、凸面を有する第２の曲線状電極であって、前記凸面は、第３の平面と、前記第３の平面に衝合し、前記第４の平面と平行ではない第４の平面とを備える、第２の曲線状電極と、前記第１の曲線状電極と前記第２の曲線状電極との間の間隙であって、前記間隙は、前記第１の曲線状電極と前記第２の曲線状電極との間の標的イオンの通過を許容するように構成される、間隙とを備える、請求項２７に記載の方法。

【請求項２９】

前記イオンガイド配列は、第１の電極であって、前記第１の電極は、曲線状区分と、前記曲線状区分に隣接する１つ以上の線形区分とを備える、第１の電極と、第２の電極であって、前記第２の電極は、曲線状区分と、前記曲線状区分に隣接する１つ以上の線形区分とを備える、第２の電極と、前記第１の電極と前記第２の電極との間の間隙であって、前記間隙は、前記第１の電極と前記第２の電極との間の標的イオンの通過を許容するように構成される、間隙とを備える、請求項２７に記載の方法。

【請求項３０】

誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオンガイド配列であって、前記イオンガイドは、

凹面を有する第１の曲線状電極であって、前記凹面は、第１の平面と、前記第１の平面に衝合し、前記第１の平面と平行ではない第２の平面とを備える、第１の曲線状電極と、

凸面を有する第２の曲線状電極であって、前記凸面は、第３の平面と、前記第３の平面に衝合し、前記第４の平面と平行ではない第４の平面とを備える、第２の曲線状電極と、

前記第１の曲線状電極と前記第２の曲線状電極との間の間隙であって、前記間隙は、前記第１の曲線状電極と前記第２の曲線状電極との間の標的イオンの通過を許容するように構成される、間隙と

を備える、イオンガイド配列。

【請求項３１】

金属同位体でタグ付けされた単一粒子を分析するための方法であって、前記方法は、請求項３０に記載のイオンガイド配列を金属同位体でタグ付けされた単一粒子のサンプルに適用することを含む、方法。

【請求項３２】

誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオンガイド配列を通して、標的イオンを誘導するための方法であって、前記方法は、

凹面を有する第１の曲線状電極を提供することであって、前記凹面は、第１の平面と、前記第１の平面に衝合し、前記第１の平面と平行ではない第２の平面とを備える、ことと、

凸面を有する第２の曲線状電極を提供することであって、前記凸面は、第３の平面と、前記第３の平面に衝合し、前記第４の平面と平行ではない第４の平面とを備える、ことと

を含み、

間隙が、前記第１の曲線状電極と前記第２の曲線状電極との間に提供され、前記間隙は、前記第１の曲線状電極と前記第２の曲線状電極との間の前記標的イオンの通過を許容するように構成される、方法。

【請求項３３】

前記第１の平面は、前記第３の平面と平行であり、前記第２の平面は、前記第４の平面と平行である、請求項３２に記載の方法。

【請求項３４】

前記第１の平面は、前記第３の平面と平行ではなく、前記第２の平面は、前記第４の平面と平行ではない、請求項３２に記載の方法。

【請求項３５】

前記第１の曲線状電極の凹面は、前記第２の曲線状電極の凸面に直接面する、請求項３２に記載の方法。

【請求項３６】
前記第１の曲線状電極の凹面の長さは、内向きに湾曲する、請求項３２に記載の方法。
【請求項３７】
前記第２の曲線状電極の凸面の長さは、外向きに湾曲する、請求項３２に記載の方法。
【請求項３８】
第１の電圧が、前記第１の曲線状電極に印加され、前記第１の電圧と異なる第２の電圧が、前記第２の曲線状電極に印加される、請求項３２に記載の方法。
【請求項３９】
前記イオンガイド配列は、前記第１の電圧および前記第２の電圧の印加に応じて、半径方向にイオンを集束させるように構成される、請求項３８に記載の方法。
【請求項４０】
前記標的イオンの通過は、前記第１の曲線状電極および前記第２の曲線状電極の長さに沿った軸方向に沿って生じる、請求項３２に記載の方法。
【請求項４１】
前記標的イオンは、単一粒子をタグ付けするための金属同位体に由来する、請求項３２に記載の方法。
【請求項４２】
前記イオンガイド配列は、少なくとも９０度の角度の周囲にイオンを誘導するように構成される、請求項３２に記載の方法。
【請求項４３】
前記イオンガイド配列は、少なくとも１８０度の角度の周囲にイオンを誘導するように構成される、請求項３２に記載の方法。
【請求項４４】
前記イオンガイド配列は、上流の穿孔された円錐形のコンポーネントからイオンを受容するように構成される、請求項３２に記載の方法。
【請求項４５】
前記イオンガイド配列は、前記イオンをさらに処理するように構成されるイオン操作デバイスに標的イオンを輸送するように構成される、請求項３２に記載の方法。
【請求項４６】
前記イオンガイド配列は、イオンを処理するように構成されるイオン操作デバイスからイオンを受容するように構成される、請求項３２に記載の方法。
【請求項４７】
前記イオンガイド配列は、飛行時間（ＴＯＦ）質量分析器による後続のアクセスのために、標的イオンを輸送するように構成される、請求項３２に記載の方法。
【請求項４８】
誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオンガイド配列であって、前記方法は、
曲線状区分と、前記曲線状区分に隣接する１つ以上の線形区分とを備える第１の電極と、
曲線状区分と、前記曲線状区分に隣接する１つ以上の線形区分とを備える第２の電極と、
前記第１の電極と前記第２の電極との間の間隙であって、前記間隙は、前記第１の電極と前記第２の電極との間の標的イオンの通過を許容するように構成される、間隙と
を備える、イオンガイド配列。
【請求項４９】
金属同位体でタグ付けされた単一粒子を分析するための方法であって、前記方法は、請求項４８に記載のイオンガイド配列を金属同位体でタグ付けされた単一粒子のサンプルに適用することを含む、方法。
【請求項５０】
誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオンガイド配列を通して、標

的イオンを誘導するための方法であって、前記方法は、
曲線状区分と、前記曲線状区分に隣接する１つ以上の線形区分とを備える第１の電極に、第１の電圧を提供することと、
曲線状区分と、前記曲線状区分に隣接する１つ以上の線形区分とを備える第２の電極に、第２の電圧を提供することと
を含み、
間隙が、前記第１の電極と前記第２の電極との間に提供され、前記間隙は、前記第１の電極と前記第２の電極との間の標的イオンの通過を許容するように構成される、方法。
【請求項５１】
前記１つ以上の線形区分は、前記第１の電極または前記第２の電極の曲線状区分と直接接触して提供される、請求項４９に記載の方法。
【請求項５２】
前記第１の電極または前記第２の電極の曲線状区分は、少なくとも２つの線形区分の間に位置付けられる、請求項４９に記載の方法。
【請求項５３】
前記第１の電極および前記第２の電極は、前記曲線状区分と、前記１つ以上の線形区分とを含む、前記第１の電極および前記第２の電極の長さに沿って同一の断面形状を備える、請求項４９に記載の方法。
【請求項５４】
前記第１の電極は、凹面を備え、前記凹面は、第１の平面と、前記第１の平面に衝合し、前記第１の平面と平行ではない第２の平面とを備える、請求項４９に記載の方法。
【請求項５５】
前記凹面は、前記第１の電極の曲線状区分および前記曲線状区分に隣接する１つ以上の線形区分に沿って延在する、請求項５４に記載の方法。
【請求項５６】
前記第２の電極は、凸面を備え、前記凸面は、第３の平面と、前記第３の平面に衝合し、前記第４の平面と平行ではない第４の平面とを備える、請求項５４に記載の方法。
【請求項５７】
前記凹面は、前記第２の電極の曲線状区分および前記曲線状区分に隣接する１つ以上の線形区分に沿って延在する、請求項５６に記載の方法。
【請求項５８】
前記第１の曲線状電極の凹面は、前記第２の曲線状電極の凸面に直接面する、請求項５４に記載の方法。
【請求項５９】
前記第１の曲線状電極の凹面の長さは、内向きに湾曲する、請求項５４に記載の方法。
【請求項６０】
前記第２の曲線状電極の凸面の長さは、外向きに湾曲する、請求項５４に記載の方法。
【請求項６１】
第１の電圧が、前記第１の電極に印加され、前記第１の電圧と異なる第２の電圧が、前記第２の電極に印加される、請求項４９に記載の方法。
【請求項６２】
前記イオンガイド配列は、前記第１の電圧および前記第２の電圧の印加に応じて、半径方向にイオンを偏向および集束させるように構成される、請求項６１に記載の方法。
【請求項６３】
前記標的イオンの通過は、前記第１の電極および前記第２の電極の長さに沿った軸方向に沿って生じる、請求項４９に記載の方法。
【請求項６４】
前記標的イオンは、単一粒子をタグ付けするための金属同位体に由来する、請求項４９に記載の方法。
【請求項６５】

前記イオンガイド配列は、少なくとも９０度の角度の周囲にイオンを誘導するように構成される、請求項４９に記載の方法。
【請求項６６】
前記イオンガイド配列は、少なくとも１８０度の角度の周囲にイオンを誘導するように構成される、請求項４９に記載の方法。
【請求項６７】
前記イオンガイド配列は、上流の穿孔された円錐形のコンポーネントからイオンを受容するように構成される、請求項４９に記載の方法。
【請求項６８】
前記イオンガイド配列は、前記イオンをさらに処理するように構成されるイオン操作デバイスに標的イオンを輸送するように構成される、請求項４９に記載の方法。
【請求項６９】
前記イオンガイド配列は、イオンを処理するように構成されるイオン操作デバイスからイオンを受容するように構成される、請求項４９に記載の方法。
【請求項７０】
前記イオンガイド配列は、飛行時間（ＴＯＦ）質量分析器による後続のアクセスのために、標的イオンを輸送するように構成される、請求項４９に記載の方法。
【請求項７１】
誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオンガイド配列であって、前記イオンガイドは、
極の第１のセットを備える第１の曲線状区分であって、反対極性を伴うＲＦ電圧が、隣接する極の上に重畳される、第１の曲線状区分と、
極の第２のセットを備える第２の曲線状区分であって、反対極性を伴うＲＦ電圧が、隣接する極の上に重畳される、第２の曲線状区分と、
前記第１の曲線状区分と前記第２の曲線状区分との間の間隙であって、前記間隙は、前記第１の曲線状区分と前記第２の曲線状区分との間の標的イオンの通過を許容するように構成され、第１の電圧が、前記第１の曲線状区分に印加され、前記第１の電圧と異なる第２の電圧が、前記第２の曲線状区分に印加される、間隙と
を備える、イオンガイド配列。
【請求項７２】
誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオンガイド配列を通して、標的イオンを誘導するための方法であって、前記方法は、
極の第１のセットを備える第１の曲線状区分を提供することであって、反対極性を伴うＲＦ電圧が、隣接する極の上に重畳される、ことと、
極の第２のセットを備える第２の曲線状区分を提供することであって、反対極性を伴うＲＦ電圧が、隣接する極の上に重畳される、ことと
を含み、
間隙が、前記第１の曲線状区分と前記第２の曲線状区分との間に提供され、前記間隙は、前記第１の曲線状区分と前記第２の曲線状区分との間の標的イオンの通過を許容するように構成され、第１の電圧が、前記第１の曲線状区分に印加され、前記第１の電圧と異なる第２の電圧が、前記第２の曲線状区分に印加される、方法。
【請求項７３】
前記極の第１のセットは、凹状外形を形成するように配列され、前記凹状外形は、第１の平面区画と、前記第１の平面区画に衝合し、前記第１の平面区画と平行ではない第２の平面区画とを備える、請求項７２に記載の方法。
【請求項７４】
前記凹状外形は、前記第１の曲線状区分の長さに沿って延在する、請求項７３に記載の方法。
【請求項７５】
前記極の第２のセットは、凸状外形を形成するように配列され、前記凸状外形は、第３

の平面区画と、前記第３の平面区画に衝合し、前記第３の平面区画と平行ではない第４の平面区画とを備える、請求項７３に記載の方法。
【請求項７６】
前記凸状外形は、前記第２の曲線状区分の長さに沿って延在する、請求項７５に記載の方法。
【請求項７７】
前記第１の曲線状区分の凹状外形は、前記第２の曲線状区分の凸状外形に直接面する、請求項７３に記載の方法。
【請求項７８】
前記第１の曲線状区分の凹状外形の長さは、内向きに湾曲し、前記第２の曲線状区分の凸状外形の長さは、外向きに湾曲する、請求項７３に記載の方法。
【請求項７９】
前記第１の曲線状区分の凹状外形の長さは、側方に湾曲し、前記第２の曲線状区分の凸状外形の長さは、同一の方向に側方に湾曲する、請求項７３に記載の方法。
【請求項８０】
前記イオンガイド配列は、前記第１の電圧および前記第２の電圧の印加に応じて、半径方向にイオンを集束させるように構成される、請求項７２に記載の方法。
【請求項８１】
前記極の第１のセットおよび前記極の第２のセットは、円形断面を有する、請求項７２に記載の方法。
【請求項８２】
前記極の第１のセットおよび前記極の第２のセットは、四辺形断面を有する、請求項７２に記載の方法。
【請求項８３】
前記第１の曲線状区分と前記第２の曲線状区分との間の距離は、前記第２の曲線状区分に面する前記第１の曲線状区分の外形および前記第１の曲線状区分に面する前記第２の曲線状区分の外形に沿って同一のままである、請求項７２に記載の方法。
【請求項８４】
前記標的イオンの通過は、前記第１の曲線状区分および前記第２の曲線状区分の長さに沿った軸方向に沿って生じる、請求項７２に記載の方法。
【請求項８５】
前記標的イオンは、金属同位体イオンである、請求項７２に記載の方法。
【請求項８６】
前記イオンガイド配列は、少なくとも９０度の角度の周囲にイオンを誘導するように構成される、請求項７２に記載の方法。
【請求項８７】
前記イオンガイド配列は、少なくとも１８０度の角度の周囲にイオンを誘導するように構成される、請求項７２に記載の方法。
【請求項８８】
前記イオンガイド配列は、上流の穿孔された円錐形のコンポーネントからイオンを受容するように構成される、請求項７２に記載の方法。
【請求項８９】
前記イオンガイド配列は、前記イオンをさらに処理するように構成されるイオン操作デバイスに標的イオンを輸送するように構成される、請求項７２に記載の方法。
【請求項９０】
前記イオンガイド配列は、イオンを処理するように構成されるイオン操作デバイスからイオンを受容するように構成される、請求項７２に記載の方法。
【請求項９１】
前記イオンガイド配列は、飛行時間（ＴＯＦ）質量分析器による後続のアクセスのために、標的イオンを輸送するように構成される、請求項７２に記載の方法。

【請求項９２】
誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオン操作デバイスであって、前記イオン操作デバイスは、
極の間に空間を伴って平行様式で配列される極の第１のセットと、
平行様式で配列され、前記極の第１のセットに対して交互配列で位置付けられる極の第２のセットと
を備え、
前記極の第１のセットに印加される電圧は、貯蔵波形逆フーリエ変換（ＳＷＩＦＴ）電圧を含む、イオン操作デバイス。
【請求項９３】
誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオン操作デバイスを介して、標的イオンを操作するための方法であって、前記方法は、
極の間に空間を伴って平行様式で配列される極の第１のセットを提供することと、
平行様式で配列され、前記極の第１のセットに対して交互配列で位置付けられる極の第２のセットを提供することと、
電圧を前記極の第１のセットに印加することであって、前記電圧は、貯蔵波形逆フーリエ変換（ＳＷＩＦＴ）電圧を含む、ことと
を含む、方法。
【請求項９４】
前記極の第１のセットに印加される前記電圧は、ＳＷＩＦＴ電圧を加えたＲＦ電圧を含む、請求項９３に記載の方法。
【請求項９５】
前記極の第２のセットに印加される電圧は、マイナスＲＦ電圧を含む、請求項９４に記載の方法。
【請求項９６】
前記極の第２のセットに印加される電圧は、ＳＷＩＦＴ電圧を引いたマイナスＲＦ電圧を含む、請求項９４に記載の方法。
【請求項９７】
前記極の第１のセット内の第１の極に印加される第１の電圧は、ＳＷＩＦＴ電圧を加えたＲＦ電圧を含み、前記極の第１のセット内の第２の極に印加される第２の電圧は、ＳＷＩＦＴ電圧を引いたＲＦ電圧を含む、請求項９３に記載の方法。
【請求項９８】
前記極の第２のセットに印加される電圧は、マイナスＲＦ電圧を含む、請求項９７に記載の方法。
【請求項９９】
前記極の第１のセットは、一対の極を備え、前記極の第２のセットは、一対の極を備える。
【請求項１００】
前記標的イオンは、前記極の第１のセットおよび前記極の第２のセットの長さに沿った軸方向に沿って操作される、請求項９３に記載の方法。
【請求項１０１】
前記標的イオンは、金属同位体イオンである、請求項９３に記載の方法。
【請求項１０２】
前記イオン操作デバイスは、上流の穿孔された円錐形のコンポーネントを通して通過したイオンを受容するように構成される、請求項９３に記載の方法。
【請求項１０３】
前記イオン操作デバイスは、上流イオンガイド配列からイオンを受容するように構成される、請求項９３に記載の方法。
【請求項１０４】
前記イオン操作デバイスは、前記イオンをさらに誘導するように構成されるイオンガイ

ド配列に標的イオンを輸送するように構成される、請求項９３に記載の方法。
【請求項１０５】
前記イオン操作デバイスは、飛行時間（ＴＯＦ）質量分析器による後続のアクセスのために、標的イオンを輸送するように構成される、請求項９３に記載の方法。
【請求項１０６】
誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオン操作デバイスであって、前記イオン操作デバイスは、
複数のスタック式リング電極であって、前記複数のスタック式リング電極は、一方の端部における入口と、別の端部における出口とを有するトンネルを形成し、反対極性のＲＦ電圧が、隣接するリング電極に印加される、複数のスタック式リング電極
を備え、
ＤＣ電圧が、前記リング電極を通して軸方向にイオン移動を制御するために各リング電極に別個に印加され、
前記リング電極に印加される前記ＲＦ電圧の振幅は、徐々に増加され、ＤＣ電圧は、前記入口から前記出口まで徐々に減少される、イオン操作デバイス。
【請求項１０７】
誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオン操作デバイスを介して、標的イオンを操作するための方法であって、前記方法は、
一方の端部における入口と、別の端部における出口とを有するトンネルを形成する複数のスタック式リング電極を提供することと、
反対極性のＲＦ電圧を隣接するリング電極に印加することと、
前記リング電極を通して軸方向にイオン移動を制御するために、ＤＣ電圧を各リング電極に別個に印加することと
を含み、
前記リング電極に印加される前記ＲＦ電圧の振幅は、徐々に増加され、ＤＣ電圧は、前記入口から前記出口まで徐々に減少される、方法。
【請求項１０８】
前記リング電極のそれぞれの間の軸方向空間は、実質的に同一である、請求項１０７に記載の方法。
【請求項１０９】
前記リング電極の間の軸方向空間は、前記トンネルの長さに沿って変化する、請求項１０７に記載の方法。
【請求項１１０】
前記リング電極のそれぞれの厚さは、実質的に同一である、請求項１０７に記載の方法。
【請求項１１１】
前記リング電極の厚さは、前記トンネルの長さに沿って変化する、請求項１０７に記載の方法。
【請求項１１２】
前記標的イオンは、前記複数のスタック式リング電極を通して軸方向に沿って操作される、請求項１０７に記載の方法。
【請求項１１３】
前記標的イオンは、金属同位体イオンである、請求項１０７に記載の方法。
【請求項１１４】
前記イオン操作デバイスは、上流の穿孔された円錐形のコンポーネントを通して通過したイオンを受容するように構成される、請求項１０７に記載の方法。
【請求項１１５】
前記イオン操作デバイスは、上流イオンガイド配列からイオンを受容するように構成される、請求項１０７に記載の方法。
【請求項１１６】

前記イオン操作デバイスは、前記イオンをさらに誘導するように構成されるイオンガイド配列に標的イオンを輸送するように構成される、請求項１０７に記載の方法。
【請求項１１７】
前記イオン操作デバイスは、飛行時間（ＴＯＦ）質量分析器による後続のアクセスのために、標的イオンを輸送するように構成される、請求項１０７に記載の方法。
【請求項１１８】
誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオン操作デバイスであって、前記イオン操作デバイスは、
複数のスタック式リング電極であって、前記複数のスタック式リング電極は、半径が徐々に減少し、最大半径のリング電極を伴う端部における入口と、最小半径のリング電極を伴う端部における出口とを有する漏斗を形成し、反対極性のＲＦ電圧が、隣接するリング電極に印加される、複数のスタック式リング電極
を備え、
ＤＣ電圧が、前記リング電極を通して軸方向にイオン移動を制御するために各リング電極に別個に印加される、イオン操作デバイス。
【請求項１１９】
誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオン操作デバイスを介して、標的イオンを操作するための方法であって、前記方法は、
複数のスタック式リング電極を提供することであって、前記複数のスタック式リング電極は、半径が徐々に減少し、最大半径のリング電極を伴う端部における入口と、最小半径のリング電極を伴う端部における出口とを有する漏斗を形成する、ことと、
反対極性のＲＦ電圧を隣接するリング電極に印加することと、
ＤＣ電圧を各リング電極に別個に印加し、それによって、前記リング電極を通して軸方向にイオン移動を制御することと
を含む、方法。
【請求項１２０】
前記リング電極に印加される前記ＲＦ電圧の振幅は、前記入口から前記出口まで実質的に一定である、請求項１１９に記載の方法。
【請求項１２１】
前記リング電極に印加される前記ＤＣ電圧の振幅は、前記入口から前記出口まで増加される、請求項１１９に記載の方法。
【請求項１２２】
前記リング電極に印加される前記ＤＣ電圧の振幅は、前記入口から前記出口まで減少される、請求項１１９に記載の方法。
【請求項１２３】
前記リング電極に印加される前記ＤＣ電圧の振幅は、前記入口から前記出口まで交互に増加または減少される、請求項１１９に記載の方法。
【請求項１２４】
前記リング電極のそれぞれの間の軸方向空間は、実質的に同一である、請求項１１９に記載の方法。
【請求項１２５】
前記リング電極の間の軸方向空間は、前記漏斗の長さに沿って変化する、請求項１１９に記載の方法。
【請求項１２６】
前記リング電極のそれぞれの厚さは、実質的に同一である、請求項１１９に記載の方法。
【請求項１２７】
前記リング電極の厚さは、前記漏斗の長さに沿って変化する、請求項１１９に記載の方法。
【請求項１２８】

前記標的イオンは、前記複数のスタック式リング電極を通して軸方向に沿って操作される、請求項１１９に記載の方法。
【請求項１２９】
前記標的イオンは、金属同位体イオンである、請求項１１９に記載の方法。
【請求項１３０】
前記イオン操作デバイスは、上流の穿孔された円錐形のコンポーネントを通して通過したイオンを受容するように構成される、請求項１１９に記載の方法。
【請求項１３１】
前記イオン操作デバイスは、上流イオンガイド配列からイオンを受容するように構成される、請求項１１９に記載の方法。
【請求項１３２】
前記イオン操作デバイスは、前記イオンをさらに誘導するように構成されるイオンガイド配列に標的イオンを輸送するように構成される、請求項１１９に記載の方法。
【請求項１３３】
前記イオン操作デバイスは、飛行時間（ＴＯＦ）質量分析器による後続のアクセスのために、標的イオンを輸送するように構成される、請求項１１９に記載の方法。
【請求項１３４】
誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオン操作デバイスであって、前記イオン操作デバイスは、
各極の長さに沿って複数の離間された区画を備える極の第１のセットであって、前記極の第１のセットは、前記極の間に空間を伴って平行様式で配列され、ＲＦ電圧が、前記極の第１のセットのうちの各極に印加される、極の第１のセットと、
各極の長さに沿って複数の離間された区画を備える極の第２のセットであって、前記極の第２のセットは、平行様式で配列され、前記極の第１のセットに対して交互配列で位置付けられ、マイナスＲＦ電圧が、前記極の第２のセットのうちの各極に印加される、極の第２のセットと
を備える、イオン操作デバイス。
【請求項１３５】
誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオン操作デバイスを介して、標的イオンを操作するための方法であって、前記方法は、
各極の長さに沿って複数の離間された区画を備える極の第１のセットを提供することであって、前記極の第１のセットは、前記極の間に空間を伴って平行様式で配列される、ことと、
ＲＦ電圧を前記極の第１のセットのうちの各極に印加することと、
各極の長さに沿って複数の離間された区画を備える極の第２のセットを提供することであって、前記極の第２のセットは、平行様式で配列され、前記極の第１のセットに対して交互配列で位置付けられる、ことと、
マイナスＲＦ電圧を前記極の第２のセットのうちの各極に印加することと
を含む、方法。
【請求項１３６】
ＤＣ電圧は、軸方向にＤＣ電位勾配を発生させるように各区画に印加される、請求項１３５に記載の方法。
【請求項１３７】
前記極の第１のセットの中の各区画に印加される前記ＲＦ電圧の振幅は、前記極の第１のセットの長さに沿って同一のままである、請求項１３５に記載の方法。
【請求項１３８】
前記極の第２のセットの中の各区画に印加される前記マイナスＲＦ電圧の振幅は、前記極の第２のセットの長さに沿って同一のままである、請求項１３７に記載の方法。
【請求項１３９】
前記極の第１のセットの中の前記区画に印加される前記ＲＦ電圧の振幅は、前記極の第

１のセットの長さに沿って変動され、それによって、軸方向にＲＦ擬電位勾配を発生させる、請求項１３５に記載の方法。
【請求項１４０】
前記極の第２のセットの中の前記区画に印加される前記マイナスＲＦ電圧の振幅は、前記極の第２のセットの長さに沿って変動され、それによって、軸方向にＲＦ擬電位勾配を発生させる、請求項１３９に記載の方法。
【請求項１４１】
前記極の第１のセットの一区画の断面は、円である、請求項１３５に記載の方法。
【請求項１４２】
前記極の第１のセットの一区画の断面形状は、円弧である、請求項１３５に記載の方法。
【請求項１４３】
前記極の第１のセットの一区画の断面形状は、三角形である、請求項１３５に記載の方法。
【請求項１４４】
前記極の第１のセットの一区画の断面形状は、台形である、請求項１３５に記載の方法。
【請求項１４５】
前記極の第１のセットの一区画の断面形状は、長方形棒である、請求項１３５に記載の方法。
【請求項１４６】
前記標的イオンは、前記複数のスタック式リング電極を通して軸方向に沿って操作される、請求項１３５に記載の方法。
【請求項１４７】
前記標的イオンは、金属同位体イオンである、請求項１３５に記載の方法。
【請求項１４８】
前記イオン操作デバイスは、上流の穿孔された円錐形のコンポーネントを通して通過したイオンを受容するように構成される、請求項１３５に記載の方法。
【請求項１４９】
前記イオン操作デバイスは、上流イオンガイド配列からイオンを受容するように構成される、請求項１３５に記載の方法。
【請求項１５０】
前記イオン操作デバイスは、前記イオンをさらに誘導するように構成される、イオンガイド配列に標的イオンを輸送するように構成される、請求項１３５に記載の方法。
【請求項１５１】
前記イオン操作デバイスは、飛行時間（ＴＯＦ）質量分析器による後続のアクセスのために、標的イオンを輸送するように構成される、請求項１３５に記載の方法。
【請求項１５２】
誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオン操作デバイスであって、前記イオン操作デバイスは、
ロッド電極の間に空間を伴って平行様式で配列されるロッド電極の第１のセットであって、ＲＦ電圧およびＤＣ電圧が、前記ロッド電極の第１のセットに印加される、ロッド電極の第１のセットと、
平行様式で配列され、前記ロッド電極の第１のセットに対して交互配列で位置付けられるロッド電極の第２のセットであって、ＤＣ電圧が、ＲＦ電圧の印加を伴わずに、前記ロッド電極の第２のセットに印加される、ロッド電極の第２のセットと
を備える、イオン操作デバイス。
【請求項１５３】
誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオン操作デバイスを介して、標的イオンを操作するための方法であって、前記方法は、

ロッド電極の間に空間を伴って平行様式で配列されるロッド電極の第１のセットを提供することと、
ＲＦ電圧およびＤＣ電圧を前記ロッド電極の第１のセットに印加することと、
平行様式で配列され、前記ロッド電極の第１のセットに対して交互配列で位置付けられる、ロッド電極の第２のセットを提供することと、
ＲＦ電圧の印加を伴わずに、ＤＣ電圧を前記ロッド電極の第２のセットに印加することと
を含む、方法。
【請求項１５４】
前記ロッド電極の第１のセットの端部に位置付けられるエンドキャップ電極のセットをさらに備える、請求項１５３に記載の方法。
【請求項１５５】
間隙が、前記エンドキャップ電極と前記ロッド電極の第１のセットとの間に提供される、請求項１５４に記載の方法。
【請求項１５６】
ＤＣ電圧が、前記エンドキャップ電極のセットに印加される、請求項１５４に記載の方法。
【請求項１５７】
前記ＲＦ電圧および前記ＤＣ電圧は、前記イオン操作デバイスを通して進行するイオンパケットの時間の長さを決定するイオンゲートを生成するように選択される、請求項１５４に記載の方法。
【請求項１５８】
前記ロッド電極の第１のセットの端部に位置付けられるより短いロッド電極のセットをさらに備える、請求項１５３に記載の方法。
【請求項１５９】
間隙が、前記より短いロッド電極と前記ロッド電極の第１のセットとの間に提供される、請求項１５８に記載の方法。
【請求項１６０】
ＤＣ電圧が、前記より短いロッド電極のセットに印加される、請求項１５８に記載の方法。
【請求項１６１】
前記ＲＦ電圧および前記ＤＣ電圧は、前記イオン操作デバイスを通して進行するイオンパケットの時間の長さを決定するイオンゲートを生成するように選択される、請求項１５８に記載の方法。
【請求項１６２】
前記標的イオンは、前記ロッド電極の第１のセットおよび前記ロッド電極の第２のセットの長さに沿った軸方向に沿って操作される、請求項１５３に記載の方法。
【請求項１６３】
前記標的イオンは、金属同位体イオンである、請求項１５３に記載の方法。
【請求項１６４】
前記イオン操作デバイスは、上流の穿孔された円錐形のコンポーネントを通して通過したイオンを受容するように構成される、請求項１５３に記載の方法。
【請求項１６５】
前記イオン操作デバイスは、上流イオンガイド配列からイオンを受容するように構成される、請求項１５３に記載の方法。
【請求項１６６】
前記イオン操作デバイスは、前記イオンをさらに誘導するように構成されるイオンガイド配列に標的イオンを輸送するように構成される、請求項１５３に記載の方法。
【請求項１６７】
前記イオン操作デバイスは、飛行時間（ＴＯＦ）質量分析器による後続のアクセスのた

めに、標的イオンを輸送するように構成される、請求項１５３に記載の方法。
【請求項１６８】
誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオン操作デバイスであって、前記イオン操作デバイスは、
各極の長さに沿って複数の離間された区画を備える極の第１のセットであって、前記極の第１のセットは、前記極の間に空間を伴って平行様式で配列され、ＲＦ電圧が、各区画に印加され、ＤＣ電圧が、前記極の第１のセットに対して軸方向にＤＣ電位勾配を形成するように、各区画に別個に印加される、極の第１のセットと、
各極の長さに沿って複数の離間された区画を備える極の第２のセットであって、前記極の第２のセットは、平行様式で配列され、前記極の第１のセットに対して交互配列で位置付けられ、ＤＣ電圧が、ＲＦ電圧の印加を伴わずに、前記極の第２のセットに対して軸方向にＤＣ電位勾配を形成するように、各区画に別個に印加される、極の第２のセットと
を備える、イオン操作デバイス。
【請求項１６９】
誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオン操作デバイスを介して、標的イオンを操作するための方法であって、前記方法は、
各極の長さに沿って複数の離間された区画を備える極の第１のセットを提供することであって、前記極の第１のセットは、前記極の間に空間を伴って平行様式で配列される、ことと、
ＲＦ電圧を各区画に、ＤＣ電圧を別個に各区画に印加し、前記極の第１のセットに対して軸方向にＤＣ電位勾配を形成することと、
各極の長さに沿って複数の離間された区画を備える極の第２のセットを提供することであって、前記極の第２のセットは、平行様式で配列され、前記極の第１のセットに対して交互配列で位置付けられる、ことと、
ＲＦ電圧の印加を伴わずに、ＤＣ電圧を各区画に別個に印加し、前記極の第２のセットに対して軸方向にＤＣ電位勾配を形成することと
を含む、方法。
【請求項１７０】
前記極の第１のセットの端部に位置付けられるエンドキャップ電極のセットをさらに備える、請求項１６９に記載の方法。
【請求項１７１】
間隙が、前記エンドキャップ電極と前記極の第１のセットとの間に提供される、請求項１７０に記載の方法。
【請求項１７２】
ＤＣ電圧が、前記エンドキャップ電極のセットに印加される、請求項１７０に記載の方法。
【請求項１７３】
前記ＲＦ電圧および前記ＤＣ電圧は、前記イオン操作デバイスを通して進行するイオンパケットの時間の長さを決定するイオンゲートを生成するように選択される、請求項１７０に記載の方法。
【請求項１７４】
前記極の第１のセットの端部に位置付けられるより短いロッド電極のセットをさらに備える、請求項１６９に記載の方法。
【請求項１７５】
間隙が、前記より短いロッド電極と前記極の第１のセットとの間に提供される、請求項１７４に記載の方法。
【請求項１７６】
ＤＣ電圧が、前記より短いロッド電極のセットに印加される、請求項１７４に記載の方法。
【請求項１７７】

前記ＲＦ電圧および前記ＤＣ電圧は、前記イオン操作デバイスを通して進行するイオンパケットの時間の長さを決定するイオンゲートを生成するように選択される、請求項１７４に記載の方法。
【請求項１７８】
前記標的イオンは、前記極の第１のセットおよび前記極の第２のセットの長さに沿った軸方向に沿って操作される、請求項１６９に記載の方法。
【請求項１７９】
前記標的イオンは、金属同位体イオンである、請求項１６９に記載の方法。
【請求項１８０】
前記イオン操作デバイスは、上流の穿孔された円錐形のコンポーネントを通して通過したイオンを受容するように構成される、請求項１６９に記載の方法。
【請求項１８１】
前記イオン操作デバイスは、上流イオンガイド配列からイオンを受容するように構成される、請求項１６９に記載の方法。
【請求項１８２】
前記イオン操作デバイスは、前記イオンをさらに誘導するように構成されるイオンガイド配列に標的イオンを輸送するように構成される、請求項１６９に記載の方法。
【請求項１８３】
前記イオン操作デバイスは、飛行時間（ＴＯＦ）質量分析器による後続のアクセスのために、標的イオンを輸送するように構成される、請求項１６９に記載の方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
（関連出願の相互参照）
本願は、それぞれの内容が、参照することによってそれらの全体として本明細書に組み込まれる、２０１９年６月１４日に出願された国際出願第ＰＣＴ／ＣＮ２０１９／０９１２１５号の優先権を主張する。
【背景技術】
【０００２】
細胞、微生物、ウイルス等の多くの単一生物学的粒子は、非常に複雑な組成および機能を有する。機能および表現型の識別のより良好な結果を取得するために、通常、同時に多重パラメータの定量的分析を実施することが要求される。
【０００３】
従来的フローサイトメータが、単一細胞の定性的および定量的分析のために使用される。これは、ある程度、上記の要件を満たすことができる。しかしながら、これまで、利用可能な蛍光色素の限界に起因して、フローサイトメータに基づく単一細胞に関する分析は、２０未満のパラメータのみを同時に検出することができる。
【０００４】
質量サイトメトリは、単一細胞の同時多重パラメータ分析のために近年開発された新しい技術である。これは、フローサイトメータと異なり、蛍光色素の代わりに金属同位体が、特定の抗体と結合するために使用される。金属同位体でタグ付けされた抗体は、通常、「染色」と呼ばれる、抗原・抗体反応を通して、細胞の対応する抗原と結合するために使用される。染色された細胞は、金属同位体の情報を取得するようにＩＣＰ－ＴＯＦ　ＭＳによって分析され、それに従って、抗原の情報もまた、導出されることができる。理論上、元素の周期表内に多くの利用可能な元素が存在するため、１００超の抗原が、単一細胞内で同時に検出されることができる。細胞および環境内の自然に存在した元素の干渉を回避するために、ランタニド元素が、通常、使用される。
【０００５】
現在の質量分析計の全ての中で、ＩＣＰ－ＴＯＦ　ＭＳが、単一細胞の同時多重パラメータ分析のための最良の選択肢である。これは、主に、ＩＣＰの優れた霧化およびイオン

化性能に起因する。ＩＣＰの中に導入されるサンプルは、可能な限り霧化およびイオン化されることができ、これは、非常に高いイオン化効率を生じる。ＴＯＦは、過渡信号検出のために極めて好適である、非常に高速の多重チャネル質量分析器である。

【０００６】

本発明では、ＩＣＰ－ＴＯＦ　ＭＳに基づく器具および関連方法が、金属同位体でタグ付けされた細胞、微生物、ウイルス等を含む、単一粒子の分析のために開示される。本器具は、サンプル導入デバイスと、ＩＣＰイオン化デバイスと、大気圧インターフェースと、イオンガイドデバイスと、イオン操作デバイスと、ＴＯＦ質量分析器と、イオン検出器と、信号処理デバイスとを備える。

【０００７】

サンプル導入デバイスは、金属同位体でタグ付けされた単一粒子をＩＣＰイオン化デバイスの中に輸送するために使用され、そこで、それらは、最終的に金属同位体のイオンを発生させるように蒸発、霧化、およびイオン化されるであろう。イオンは、大気圧インターフェースを通して真空の中に入り、イオンガイドデバイスによって下流イオン操作デバイスの中に輸送される。イオンは、ＴＯＦ質量分析器のデューティサイクル等の性能を改良するために、イオン操作デバイス内でさらに処理される。イオンは、ＴＯＦ質量分析器内で分離され、連続的にイオン検出器に到着する。イオン検出器から発生されるイオン信号は、質量スペクトルとして形成するために信号処理デバイスによって処理される。

【０００８】

イオンが、真空の中に進入する一方、多くの中性ガス分子もまた、それらとともにある。これらの中性ガス分子は、器具の信号対雑音比を減少させるだけではなく、次の段階の真空ポンプの負担も増加させる。本発明では、軸外イオンガイドデバイスが、イオンを効果的に輸送し、中性ガス分子を除去するように開示される。同時に、これはまた、イオンビームを半径方向に圧縮し、イオン透過効率をさらに増加させることもできる。加えて、軸外イオンガイドデバイスの利点は、器具レイアウト設計の高い融通性およびより小さい器具占有面積を含む。

【０００９】

アルゴンガスが、ＩＣＰイオン化デバイス内の作業ガスとして使用され、したがって、Ａｒ＋、ＡｒＣｌ＋、ＡｒＣ＋、ＡｒＡｒ＋、ＡｒＮ＋、ＡｒＮａ＋等を含む、アルゴンと関連する多くのイオンが、形成されるであろう。これらを除いて、多くのＣ＋、Ｎ＋、Ｏ＋、および他のイオンも存在する。通常、標的イオン、すなわち、金属同位体といずれの関係も伴わないこれらのイオンは、干渉イオンまたは雑音イオンと呼ばれる。これらの干渉イオンの存在量は、非常に高いため、標的イオンのものよりさらにはるかに高い。一方で、それらの質量は、標的イオンのものと非常に類似し得、これは、定性的および定量的結果の正確度に影響を及ぼすであろう。他方で、これらの干渉イオンは、イオン透過を大きく減少させ、より低い感度をもたらす、極めて深刻な空間電荷効果を発生させるであろう。特に、弱いイオン信号の場合に関して、空間電荷の問題は、器具の検出限界および再現性に影響を及ぼすであろう。単一細胞の分析では、異なる抗原の数量が、大きく変動し得、これらの高存在量の干渉イオンが、ダイナミックレンジを限定するであろう。本発明では、新規のイオン操作デバイスが、恣意的質量を伴うイオンを選択的に濾過するために開示される。標的イオンのイオン透過に影響を及ぼすことなく、これは、干渉イオンを効果的に除去し、空間電荷効果を低減させることができる。同時に、これはまた、イオン検出器への高存在量の干渉イオンの持続的衝撃を回避し、イオン検出器の耐用期間を有意に増加させる。

【００１０】

直交加速飛行時間は、パルス質量分析器である。イオンが、ＴＯＦ質量分析器の直交加速領域の中に飛行している間に、それらは、パルス加速電圧によって加速されるであろう。異なる質量を伴うイオンは、同一の運動エネルギーを取得したが、異なる速度を取得した。それらのための飛行時間は、同一の飛行経路を進行した後に異なる。それらの飛行時間に従って、対応する質量の情報が、推定されることができる。通常、イオンの第１のパ

ルスがＴＯＦ質量分析器内で飛行している間に、以降のイオンもまた、次のパルスの準備のために直交加速領域の中に充填されるであろう。しかしながら、直交加速領域内にいずれのイオン貯蔵デバイスも存在しないため、直交加速領域の中に持続的に飛行するイオンの大部分が、失われるであろう。概して、全イオンに対する加速されたイオンの比は、デューティサイクルと呼ばれる。従来的直交加速ＴＯＦ質量分析器に関して、典型的デューティサイクルは、わずか５％～３０％である。デューティサイクルが低くなるほど、検出されるイオンが少なくなる。本発明では、新規のイオン操作デバイスが、イオン集群および蓄積のために開示される。これは、持続的イオン流を分離されたイオン群に分割し、加速電圧のパルス周波数と同期化するように、隣接するイオン群の間の間隔時間を調節することができる。したがって、デューティサイクルは、大いに改良されることができる。

【００１１】

現在利用可能なイオン操作デバイスは、イオン集群または蓄積によってイオンを貯蔵するそれらの能力に関して限定される、平面を備える。加えて、そのような平面は、干渉イオンまたは雑音イオンを除外することに非効率的である。細胞等の複雑なサンプルを用いると、向上したイオン集群および蓄積能力ならびに干渉イオンまたは雑音イオンを除外することのより高い効率を伴うイオン操作デバイスの必要性が存在する。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【００１２】

本明細書に開示されるものは、金属同位体でタグ付けされた単一粒子を分析するように設計される、ＩＣＰ－ＴＯＦ　ＭＳに基づく器具および関連方法である。単一粒子は、全細胞、微生物、ウイルス等から単離されることができる。一実施形態では、本器具は、サンプル導入デバイスと、ＩＣＰイオン化デバイスと、大気圧デバイスと、イオンガイドデバイスと、イオン操作デバイスと、ＴＯＦ質量分析器と、イオン検出器と、信号処理デバイスとを備える。

【００１３】

本明細書に開示されるものは、金属同位体でタグ付けされた単一粒子の分析のための誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計であって、該質量分析計は、単一粒子を連続的に発生させるように構成される、サンプル導入デバイスと、サンプル導入デバイスを通して受容される単一粒子から金属同位体のイオンを発生させるためのイオン化デバイスと、真空の助けを借りたイオンの輸送のための大気圧インターフェースと、大気圧インターフェースからイオンを受容し、イオンを輸送するように構成される、イオンガイド配列と、イオンガイドデバイスからイオンを受容するように構成され、（１）特定の質量を伴うイオンを選択的に濾過するステップ、（２）イオン集群を提供するステップ、および（３）イオン貯蔵を提供するステップのうちの１つ以上のものを実施するように構成される、イオン操作デバイスと、イオンを受容し、異なる時間にイオン検出器に到着するように異なる質量を伴うイオンを分離するように構成される、飛行時間（ＴＯＦ）質量分析器と、イオン検出器からのイオン流信号を処理し、金属同位体の識別のための質量スペクトルを形成するように構成される、信号処理デバイスとを備える。

【００１４】

本明細書に開示されるものは、誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計を介して、金属同位体でタグ付けされた単一粒子を分析するための方法であって、該方法は、サンプル導入デバイスを介して、単一粒子を連続的に発生させるステップと、イオン化デバイスの助けを借りて、サンプル導入デバイスを通して受容される単一粒子から金属同位体のイオンを発生させるステップと、真空の助けを借りて、大気圧インターフェースを使用してイオンを輸送するステップと、イオンガイド配列を介して、大気圧インターフェースからイオンを受容し、イオンを輸送するステップと、イオン操作デバイスを介して、イオンガイドデバイスからイオンを受容し、（１）特定の質量を伴うイオンを選択的に濾過するステップ、（２）イオン集群を提供するステップ、および（３）イオン貯蔵を提供するステップのうちの１つ以上のものを実施するステップと、飛行時間（ＴＯＦ）質量分析器を介して、

異なる時間にイオン検出器に到着するように異なる質量を伴うイオンを分離するステップと、信号処理デバイスを介して、イオン検出器からのイオン流信号を処理し、金属同位体の識別のための質量スペクトルを形成するステップとを含む。単一粒子は、単一細胞、生体分子、またはポリマーミクロスフェアであり得る。サンプル導入デバイスは、金属同位体でタグ付けされた単一粒子を連続的に発生させるように構成されることができる。イオン化デバイスは、誘導結合プラズマイオン化デバイスであり得る。イオン化デバイスは、単一粒子を蒸発させる、霧化する、およびイオン化するように構成されることができる。イオン化デバイスは、単一粒子から単原子または多原子イオンを発生させるように構成されることができる。イオン化デバイスは、マイクロ波プラズマトーチ（ＭＰＴ）、グロー放電イオン化（ＧＤＩ）、またはレーザイオン化（ＬＩ）を使用することができる。大気圧インターフェースは、２つ以上の円錐形のコンポーネントを備えることができ、これらのコンポーネントは、穿孔されることができる。大気圧インターフェースは、１つ以上の隣接する真空チャンバを備えることができる。対応する真空ポンプが、真空チャンバ毎に提供されることができる。

【００１５】

イオンガイド配列は、静電レンズ、四重極配列、多極配列、イオントンネル、および／またはイオン漏斗を利用することができる。イオンガイド配列は、曲線状形状を有することができる。イオンガイド配列は、凹面を有する、第１の曲線状電極であって、該凹面は、第１の平面と、第１の平面に衝合し、第１の平面と平行ではない、第２の平面とを備える、第１の曲線状電極と、凸面を有する、第２の曲線状電極であって、該凸面は、第３の平面と、第３の平面に衝合し、第４の平面と平行ではない、第４の平面とを備える、第２の曲線状電極と、第１の曲線状電極と第２の曲線状電極との間の標的イオンの通過を許容するように構成される、第１の曲線状電極と第２の曲線状電極との間の間隙とを備えることができる。イオンガイド配列は、曲線状区分と、曲線状区分に隣接する１つ以上の線形区分とを備える、第１の電極と、曲線状区分と、曲線状区分に隣接する１つ以上の線形区分とを備える、第２の電極と、第１の電極と第２の電極との間の標的イオンの通過を許容するように構成される、第１の電極と第２の電極との間の間隙とを備えることができる。

【００１６】

本明細書に開示されるものは、誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオンガイド配列であって、該イオンガイドは、凹面を有する、第１の曲線状電極であって、該凹面は、第１の平面と、第１の平面に衝合し、第１の平面と平行ではない、第２の平面とを備える、第１の曲線状電極と、凸面を有する、第２の曲線状電極であって、該凸面は、第３の平面と、第３の平面に衝合し、第４の平面と平行ではない、第４の平面とを備える、第２の曲線状電極と、第１の曲線状電極と第２の曲線状電極との間の標的イオンの通過を許容するように構成される、第１の曲線状電極と第２の曲線状電極との間の間隙とを備える。イオンガイド配列は、金属同位体でタグ付けされた単一粒子のサンプルの分析のために使用されることができる。

【００１７】

さらに本明細書に開示されるものは、誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオンガイド配列を通して、標的イオンを誘導するための方法であって、該方法は、凹面を有する、第１の曲線状電極を提供するステップであって、該凹面は、第１の平面と、第１の平面に衝合し、第１の平面と平行ではない、第２の平面とを備える、ステップと、凸面を有する、第２の曲線状電極を提供するステップであって、該凸面は、第３の平面と、第３の平面に衝合し、第４の平面と平行ではない、第４の平面とを備える、ステップとを含み、間隙が、第１の曲線状電極と第２の曲線状電極との間に提供され、該間隙は、第１の曲線状電極と第２の曲線状電極との間の標的イオンの通過を許容するように構成され、第１の平面は、第３の平面と平行であり、第２の平面は、第４の平面と平行である。一実施形態では、第１の平面は、第３の平面と平行ではなく、第２の平面は、第４の平面と平行ではない。第１の曲線状電極の凹面は、第２の曲線状電極の凸面に直接面してもよい。第１の曲線状電極の凹面の長さは、内向きに湾曲してもよい。第２の曲線状電極の

凸面の長さは、外向きに湾曲してもよい。第１の電圧が、第１の曲線状電極に印加されてもよく、第１の電圧と異なる第２の電圧が、第２の曲線状電極に印加されてもよい。イオンガイド配列は、第１の電圧および第２の電圧の印加に応じて、半径方向にイオンを集束させるように構成されてもよい。標的イオンの通過は、第１の曲線状電極および第２の曲線状電極の長さに沿った軸方向に沿って生じてもよい。標的イオンは、単一粒子をタグ付けするための金属同位体イオンに由来してもよい。イオンガイド配列は、少なくとも９０度の角度、少なくとも１８０度の角度の周囲にイオンを誘導するように構成されてもよい。イオンガイド配列は、上流の穿孔された円錐形のコンポーネントからイオンを受容するように構成されてもよい。イオンガイド配列は、イオンをさらに処理するように構成される、イオン操作デバイスに標的イオンを輸送するように構成されてもよい。イオンガイド配列は、イオンを処理するように構成される、イオン操作デバイスからイオンを受容するように構成されてもよい。イオンガイド配列は、飛行時間（ＴＯＦ）質量分析器による後続のアクセスのために、標的イオンを輸送するように構成されてもよい。

【００１８】

本明細書に開示されるものは、誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオンガイド配列であって、該イオンガイド配列は、曲線状区分と、曲線状区分に隣接する１つ以上の線形区分とを備える、第１の電極と、曲線状区分と、曲線状区分に隣接する１つ以上の線形区分とを備える、第２の電極と、第１の電極と第２の電極との間の標的イオンの通過を許容するように構成される、第１の電極と第２の電極との間の間隙とを備える。イオンガイド配列は、金属同位体でタグ付けされた単一粒子のサンプルを分析するように適用されることができる。

【００１９】

本明細書に開示されるものは、誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオンガイド配列を通して、標的イオンを誘導するための方法であって、該方法は、曲線状区分と、曲線状区分に隣接する１つ以上の線形区分とを備える、第１の電極に、第１の電圧を提供するステップと、曲線状区分と、曲線状区分に隣接する１つ以上の線形区分とを備える、第２の電極に、第２の電圧を提供するステップとを含み、間隙が、第１の電極と第２の電極間隙との間に提供され、該間隙は、第１の電極と第２の電極との間の標的イオンの通過を許容するように構成される。１つ以上の線形区分は、第１の電極または第２の電極の曲線状区分と直接接触して提供されてもよい。第１の電極または第２の電極の曲線状区分は、少なくとも２つの線形区分の間に位置付けられてもよい。第１の電極および第２の電極は、曲線状区分と、１つ以上の線形区分とを含む、第１の電極および第２の電極の長さに沿って同一の断面形状を備えてもよい。第１の電極は、凹面を備えてもよく、該凹面は、第１の平面と、第１の平面に衝合し、第１の平面と平行ではない、第２の平面とを備える。凹面は、第１の電極の曲線状区分および曲線状区分に隣接する１つ以上の線形区分に沿って延在してもよい。第２の電極は、凸面を備えてもよく、該凸面は、第３の平面と、第３の平面に衝合し、第４の平面と平行ではない、第４の平面とを備える。凹面は、第２の電極の曲線状区分および曲線状区分に隣接する１つ以上の線形区分に沿って延在してもよい。第１の曲線状電極の凹面は、第２の曲線状電極の凸面に直接面してもよい。第１の曲線状電極の凹面の長さは、内向きに湾曲してもよい。第２の曲線状電極の凸面の長さは、外向きに湾曲してもよい。第１の電圧が、第１の電極に印加されてもよく、第１の電圧と異なる第２の電圧が、第２の電極に印加される。イオンガイド配列は、第１の電圧および第２の電圧の印加に応じて、半径方向にイオンを偏向および集束させるように構成されてもよい。標的イオンの通過は、第１の電極および第２の電極の長さに沿った軸方向に沿って生じてもよい。標的イオンは、金属同位体イオンであってもよい。イオンガイド配列は、少なくとも９０度の角度の周囲にイオンを誘導するように構成されてもよい。イオンガイド配列は、少なくとも１８０度の角度の周囲にイオンを誘導するように構成されてもよい。イオンガイド配列は、上流の穿孔された円錐形のコンポーネントからイオンを受容するように構成されてもよい。イオンガイド配列は、イオンをさらに処理するように構成される、イオン操作デバイスに標的イオンを輸送するように構成されてもよい。

イオンガイド配列は、イオンを処理するように構成される、イオン操作デバイスからイオンを受容するように構成されてもよい。イオンガイド配列は、飛行時間（ＴＯＦ）質量分析器による後続のアクセスのために、標的イオンを輸送するように構成されてもよい。

【００２０】

本明細書に開示されるものは、誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオンガイド配列であって、該イオンガイドは、極の第１のセットを備える、第１の曲線状区分であって、反対極性を伴うＲＦ電圧が、隣接する極の上に重畳される、第１の曲線状区分と、極の第２のセットを備える、第２の曲線状区分であって、反対極性を伴うＲＦ電圧が、隣接する極の上に重畳される、第２の曲線状区分と、第１の曲線状区分と第２の曲線状区分との間の標的イオンの通過を許容するように構成される、第１の曲線状区分と第２の曲線状区分との間の間隙であって、第１の電圧が、第１の曲線状区分に印加され、第１の電圧と異なる第２の電圧が、第２の曲線状区分に印加される、間隙とを備える。

【００２１】

本明細書に開示されるものは、誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオンガイド配列を通して、標的イオンを誘導するための方法であって、該方法は、極の第１のセットを備える、第１の曲線状区分を提供するステップであって、反対極性を伴うＲＦ電圧が、隣接する極の上に重畳される、ステップと、極の第２のセットを備える、第２の曲線状区分を提供するステップであって、反対極性を伴うＲＦ電圧が、隣接する極の上に重畳される、ステップとを含み、間隙が、第１の曲線状区分と第２の曲線状区分との間に提供され、該間隙は、第１の曲線状区分と第２の曲線状区分との間の標的イオンの通過を許容するように構成され、第１の電圧が、第１の曲線状区分に印加され、第１の電圧と異なる第２の電圧が、第２の曲線状区分に印加される。極の第１のセットは、凹状外形を形成するように配列されてもよく、該凹状外形は、第１の平面区画と、第１の平面区画に衝合し、第１の平面区画と平行ではない、第２の平面区画とを備える。凹状外形は、第１の曲線状区分の長さに沿って延在してもよい。極の第２のセットは、凸状外形を形成するように配列されてもよく、該凸状外形は、第３の平面区画と、第３の平面区画に衝合し、第３の平面区画と平行ではない、第４の平面区画とを備える。凸状外形は、第２の曲線状区分の長さに沿って延在してもよい。第１の曲線状区分の凹状外形は、第２の曲線状区分の凸状外形に直接面してもよい。第１の曲線状区分の凹状外形の長さは、内向きに湾曲してもよく、第２の曲線状区分の凸状外形の長さは、外向きに湾曲してもよい。第１の曲線状区分の凹状外形の長さは、側方に湾曲してもよく、第２の曲線状区分の凸状外形の長さは、同一の方向に側方に湾曲してもよい。イオンガイド配列は、第１の電圧および第２の電圧の印加に応じて、半径方向にイオンを集束させるように構成されてもよい。極の第１のセットおよび極の第２のセットは、円形断面または四辺形断面を有してもよい。第１の曲線状区分と第２の曲線状区分との間の距離は、第２の曲線状区分に面する第１の曲線状区分の外形および第１の曲線状区分に面する第２の曲線状区分の外形に沿って同一のままであってもよい。標的イオンの通過は、第１の曲線状区分および第２の曲線状区分の長さに沿った軸方向に沿って生じてもよい。標的イオンは、金属同位体イオンであってもよい。イオンガイド配列は、少なくとも９０度の角度の周囲にイオンを誘導するように構成されてもよい。イオンガイド配列は、少なくとも１８０度の角度の周囲にイオンを誘導するように構成されてもよい。イオンガイド配列は、上流の穿孔された円錐形のコンポーネントからイオンを受容するように構成されてもよい。イオンガイド配列は、イオンをさらに処理するように構成される、イオン操作デバイスに標的イオンを輸送するように構成されてもよい。イオンガイド配列は、イオンを処理するように構成される、イオン操作デバイスからイオンを受容するように構成されてもよい。イオンガイド配列は、飛行時間（ＴＯＦ）質量分析器による後続のアクセスのために、標的イオンを輸送するように構成されてもよい。

【００２２】

本明細書に開示されるものは、誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオン操作デバイスであって、該イオン操作デバイスは、極の間に空間を伴って平行様式

で配列される、極の第１のセットと、平行様式で配列され、極の第１のセットに対して交互配列で位置付けられる、極の第２のセットとを備える。極の第１のセットに印加される電圧は、貯蔵波形逆フーリエ変換（ＳＷＩＦＴ）電圧を含んでもよい。

【００２３】

本明細書に開示されるものは、誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオン操作デバイスを介して、標的イオンを操作するための方法であって、該方法は、極の間に空間を伴って平行様式で配列される、極の第１のセットを提供するステップと、平行様式で配列され、極の第１のセットに対して交互配列で位置付けられる、極の第２のセットを提供するステップと、電圧を極の第１のセットに印加するステップであって、該電圧は、貯蔵波形逆フーリエ変換（ＳＷＩＦＴ）電圧を含む、ステップとを含む。極の第１のセットに印加される電圧は、ＳＷＩＦＴ電圧を加えたＲＦ電圧を含んでもよい。極の第２のセットに印加される電圧は、マイナスＲＦ電圧を含んでもよい。極の第２のセットに印加される電圧は、ＳＷＩＦＴ電圧を引いたマイナスＲＦ電圧を含んでもよい。極の第１のセット内の第１の極に印加される第１の電圧は、ＳＷＩＦＴ電圧を加えたＲＦ電圧を含んでもよく、極の第１のセット内の第２の極に印加される第２の電圧は、ＳＷＩＦＴ電圧を引いたＲＦ電圧を含む。極の第２のセットに印加される電圧は、マイナスＲＦ電圧を含んでもよい。極の第１のセットは、一対の極を備えてもよく、極の第２のセットは、一対の極を備えてもよい。標的イオンは、極の第１のセットおよび極の第２のセットの長さに沿った軸方向に沿って操作されてもよい。標的イオンは、金属同位体イオンであってもよい。イオン操作デバイスは、上流の穿孔された円錐形のコンポーネントを通して通過したイオンを受容するように構成されてもよい。イオン操作デバイスは、上流イオンガイド配列からイオンを受容するように構成されてもよい。イオン操作デバイスは、イオンをさらに誘導するように構成される、イオンガイド配列に標的イオンを輸送するように構成されてもよい。イオン操作デバイスは、飛行時間（ＴＯＦ）質量分析器による後続のアクセスのために、標的イオンを輸送するように構成されてもよい。

【００２４】

本明細書に開示されるものは、誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオン操作デバイスであって、該イオン操作デバイスは、一方の端部における入口と、別の端部における出口とを有する、トンネルを形成する、複数のスタック式リング電極を備え、反対極性のＲＦ電圧が、隣接するリング電極に印加され、ＤＣ電圧が、リング電極を通して軸方向にイオン移動を制御するために各リング電極に別個に印加され、リング電極に印加されるＲＦ電圧の振幅は、徐々に増加され、ＤＣ電圧は、入口から出口まで徐々に減少される。

【００２５】

本明細書に開示されるものは、誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオン操作デバイスを介して、標的イオンを操作するための方法であって、該方法は、一方の端部における入口と、別の端部における出口とを有する、トンネルを形成する、複数のスタック式リング電極を提供するステップと、反対極性のＲＦ電圧を隣接するリング電極に印加するステップと、リング電極を通して軸方向にイオン移動を制御するために、ＤＣ電圧を各リング電極に別個に印加するステップとを含み、リング電極に印加されるＲＦ電圧の振幅は、徐々に増加され、ＤＣ電圧は、入口から出口まで徐々に減少される。リング電極のそれぞれの間の軸方向空間は、実質的に同一であり得る、またはトンネルの長さに沿って変化し得る。リング電極のそれぞれの厚さは、実質的に同一であり得る。リング電極の厚さは、トンネルの長さに沿って変化し得る。標的イオンは、複数のスタック式リング電極を通して軸方向に沿って操作されてもよい。標的イオンは、金属同位体イオンであってもよい。イオン操作デバイスは、上流の穿孔された円錐形のコンポーネントを通して通過したイオンを受容するように構成されてもよい。イオン操作デバイスは、上流イオンガイド配列からイオンを受容するように構成されてもよい。イオン操作デバイスは、イオンをさらに誘導するように構成される、イオンガイド配列に標的イオンを輸送するように構成されてもよい。イオン操作デバイスは、飛行時間（ＴＯＦ）質量分析器による後続

のアクセスのために、標的イオンを輸送するように構成されてもよい。

【００２６】

本明細書に開示されるものは、誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオン操作デバイスであって、該イオン操作デバイスは、半径が徐々に減少し、最大半径のリング電極を伴う端部における入口と、最小半径のリング電極を伴う端部における出口とを有する、漏斗を形成する、複数のスタック式リング電極であって、反対極性のＲＦ電圧が、隣接するリング電極に印加される、複数のスタック式リング電極を備え、ＤＣ電圧が、リング電極を通して軸方向にイオン移動を制御するために各リング電極に別個に印加される。

【００２７】

本明細書に開示されるものは、誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオン操作デバイスを介して、標的イオンを操作するための方法であって、該方法は、半径が徐々に減少し、最大半径のリング電極を伴う端部における入口と、最小半径のリング電極を伴う端部における出口とを有する、漏斗を形成する、複数のスタック式リング電極を提供するステップと、反対極性のＲＦ電圧を隣接するリング電極に印加するステップと、ＤＣ電圧を各リング電極に別個に印加し、それによって、リング電極を通して軸方向にイオン移動を制御するステップとを含む。リング電極に印加されるＲＦ電圧の振幅は、入口から出口まで実質的に一定であり得る。リング電極に印加されるＤＣ電圧の振幅は、入口から出口まで実質的に一定であり得る。リング電極に印加されるＤＣ電圧の振幅は、入口から出口まで増加され得る。リング電極に印加されるＤＣ電圧の振幅は、入口から出口まで減少され得る。リング電極に印加されるＤＣ電圧の振幅は、入口から出口まで交互に増加または減少され得る。リング電極のそれぞれの間の軸方向空間は、実質的に同一であり得る。リング電極の間の軸方向空間は、漏斗の長さに沿って変化し得る。リング電極のそれぞれの厚さは、実質的に同一であり得る。リング電極の厚さは、漏斗の長さに沿って変化し得る。標的イオンは、複数のスタック式リング電極を通して軸方向に沿って操作されてもよい。標的イオンは、金属同位体イオンであってもよい。イオン操作デバイスは、上流の穿孔された円錐形のコンポーネントを通して通過したイオンを受容するように構成されてもよい。イオン操作デバイスは、上流イオンガイド配列からイオンを受容するように構成されてもよい。イオン操作デバイスは、イオンをさらに誘導するように構成される、イオンガイド配列に標的イオンを輸送するように構成されてもよい。イオン操作デバイスは、飛行時間（ＴＯＦ）質量分析器による後続のアクセスのために、標的イオンを輸送するように構成されてもよい。

【００２８】

本明細書に開示されるものは、誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオン操作デバイスであって、該イオン操作デバイスは、各極の長さに沿って複数の離間された区画を備える、極の第１のセットであって、該極の第１のセットは、極の間に空間を伴って平行様式で配列され、ＲＦ電圧が、極の第１のセットのうちの各極に印加される、極の第１のセットと、各極の長さに沿って複数の離間された区画を備える、極の第２のセットであって、該極の第２のセットは、平行様式で配列され、極の第１のセットに対して交互配列で位置付けられ、マイナスＲＦ電圧が、極の第２のセットのうちの各極に印加される、極の第２のセットとを備える。

【００２９】

本明細書に開示されるものは、誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオン操作デバイスを介して、標的イオンを操作するための方法であって、該方法は、各極の長さに沿って複数の離間された区画を備える、極の第１のセットであって、極の間に空間を伴って平行様式で配列される、該極の第１のセットを提供するステップと、ＲＦ電圧を極の第１のセットのうちの各極に印加するステップと、各極の長さに沿って複数の離間された区画を備える、極の第２のセットであって、平行様式で配列され、極の第１のセットに対して交互配列で位置付けられる、該極の第２のセットを提供するステップと、マイナスＲＦ電圧を極の第２のセットのうちの各極に印加するステップとを含む。ＤＣ電圧

は、軸方向にＤＣ電位勾配を発生させるように各区画に印加されてもよい。極の第１のセットの中の各区画に印加されるＲＦ電圧の振幅は、極の第１のセットの長さに沿って同一のままであってもよい。極の第２のセットの中の各区画に印加されるマイナスＲＦ電圧の振幅は、極の第２のセットの長さに沿って同一のままであってもよい。極の第１のセットの中の区画に印加されるＲＦ電圧の振幅は、極の第１のセットの長さに沿って変動され、それによって、軸方向にＲＦ擬電位勾配を発生させてもよい。極の第２のセットの中の区画に印加されるマイナスＲＦ電圧の振幅は、極の第２のセットの長さに沿って変動され、それによって、軸方向にＲＦ擬電位勾配を発生させてもよい。極の第１のセットの一区画の断面は、円であってもよい。極の第１のセットの一区画の断面形状は、円弧、三角形、台形、または長方形棒であってもよい。標的イオンは、複数のスタック式リング電極を通して軸方向に沿って操作されてもよい。標的イオンは、金属同位体イオンであってもよい。イオン操作デバイスは、上流の穿孔された円錐形のコンポーネントを通して通過したイオンを受容するように構成されてもよい。イオン操作デバイスは、上流イオンガイド配列からイオンを受容するように構成されてもよい。イオン操作デバイスは、イオンをさらに誘導するように構成される、イオンガイド配列に標的イオンを輸送するように構成されてもよい。イオン操作デバイスは、飛行時間（ＴＯＦ）質量分析器による後続のアクセスのために、標的イオンを輸送するように構成されてもよい。

【００３０】

本明細書に開示されるものは、誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオン操作デバイスであって、該イオン操作デバイスは、ロッド電極の間に空間を伴って平行様式で配列される、ロッド電極の第１のセットであって、ＲＦ電圧およびＤＣ電圧が、ロッド電極の第１のセットに印加される、ロッド電極の第１のセットと、平行様式で配列され、ロッド電極の第１のセットに対して交互配列で位置付けられる、ロッド電極の第２のセットであって、ＤＣ電圧が、ＲＦ電圧の印加を伴わずに、ロッド電極の第２のセットに印加される、ロッド電極の第２のセットとを備える。

【００３１】

本明細書に開示されるものは、誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオン操作デバイスを介して、標的イオンを操作するための方法であって、該方法は、ロッド電極の間に空間を伴って平行様式で配列される、ロッド電極の第１のセットを提供するステップと、ＲＦ電圧およびＤＣ電圧をロッド電極の第１のセットに印加するステップと、平行様式で配列され、ロッド電極の第１のセットに対して交互配列で位置付けられる、ロッド電極の第２のセットを提供するステップと、ＲＦ電圧の印加を伴わずに、ＤＣ電圧をロッド電極の第２のセットに印加するステップとを含む。エンドキャップ電極のセットが、ロッド電極の第１のセットの端部に位置付けられてもよい。間隙が、エンドキャップ電極とロッド電極の第１のセットとの間に提供されてもよい。ＤＣ電圧が、エンドキャップ電極のセットに印加されてもよい。ＲＦ電圧およびＤＣ電圧は、イオン操作デバイスを通して進行するイオンパケットの時間の長さを決定する、イオンゲートを生成するように選択されてもよい。ロッド電極の第１のセットの端部に位置付けられる、より短いロッド電極のセットが、使用されてもよい。間隙が、より短いロッド電極とロッド電極の第１のセットとの間に提供されてもよい。ＤＣ電圧が、より短いロッド電極のセットに印加されてもよい。ＲＦ電圧およびＤＣ電圧は、イオン操作デバイスを通して進行するイオンパケットの時間の長さを決定する、イオンゲートを生成するように選択されてもよい。標的イオンは、ロッド電極の第１のセットおよびロッド電極の第２のセットの長さに沿った軸方向に沿って操作されてもよい。標的イオンは、金属同位体イオンであってもよい。イオン操作デバイスは、上流の穿孔された円錐形のコンポーネントを通して通過したイオンを受容するように構成されてもよい。イオン操作デバイスは、上流イオンガイド配列からイオンを受容するように構成されてもよい。イオン操作デバイスは、イオンをさらに誘導するように構成される、イオンガイド配列に標的イオンを輸送するように構成されてもよい。イオン操作デバイスは、飛行時間（ＴＯＦ）質量分析器による後続のアクセスのために、標的イオンを輸送するように構成されてもよい。

【００３２】
本明細書に開示されるものは、誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオン操作デバイスであって、該イオン操作デバイスは、各極の長さに沿って複数の離間された区画を備える、極の第１のセットであって、極の第１のセットは、極の間に空間を伴って平行様式で配列され、ＲＦ電圧が、各区画に印加され、ＤＣ電圧が、極の第１のセットに対して軸方向にＤＣ電位勾配を形成するように、各区画に別個に印加される、極の第１のセットと、各極の長さに沿って複数の離間された区画を備える、極の第２のセットであって、極の第２のセットは、平行様式で配列され、極の第１のセットに対して交互配列で位置付けられ、ＤＣ電圧が、ＲＦ電圧の印加を伴わずに、極の第２のセットに対して軸方向にＤＣ電位勾配を形成するように、各区画に別個に印加される、極の第２のセットとを備える。

【００３３】
本明細書に開示されるものは、誘導結合プラズマ飛行時間質量分析計で使用するためのイオン操作デバイスを介して、標的イオンを操作するための方法であって、該方法は、各極の長さに沿って複数の離間された区画を備える、極の第１のセットであって、極の間に空間を伴って平行様式で配列される、極の第１のセットを提供するステップと、ＲＦ電圧を各区画に、ＤＣ電圧を別個に各区画に印加し、極の第１のセットに対して軸方向にＤＣ電位勾配を形成するステップと、各極の長さに沿って複数の離間された区画を備える、極の第２のセットであって、平行様式で配列され、極の第１のセットに対して交互配列で位置付けられる、極の第２のセットを提供するステップと、ＲＦ電圧の印加を伴わずに、ＤＣ電圧を各区画に別個に印加し、極の第２のセットに対して軸方向にＤＣ電位勾配を形成するステップとを含む。エンドキャップ電極のセットが、極の第１のセットの端部に位置付けられてもよい。間隙が、エンドキャップ電極と極の第１のセットとの間に提供されてもよい。ＤＣ電圧が、エンドキャップ電極のセットに印加されてもよい。ＲＦ電圧およびＤＣ電圧は、イオン操作デバイスを通して進行するイオンパケットの時間の長さを決定する、イオンゲートを生成するように選択されてもよい。極の第１のセットの端部に位置付けられる、より短いロッド電極のセットが、使用されてもよい。間隙が、より短いロッド電極と極の第１のセットとの間に提供されてもよい。ＤＣ電圧が、より短いロッド電極のセットに印加されてもよい。ＲＦ電圧およびＤＣ電圧は、イオン操作デバイスを通して進行するイオンパケットの時間の長さを決定する、イオンゲートを生成するように選択されてもよい。標的イオンは、極の第１のセットおよび極の第２のセットの長さに沿った軸方向に沿って操作されてもよい。標的イオンは、金属同位体イオンであってもよい。イオン操作デバイスは、上流の穿孔された円錐形のコンポーネントを通して通過したイオンを受容するように構成されてもよい。イオン操作デバイスは、上流イオンガイド配列からイオンを受容するように構成されてもよい。イオン操作デバイスは、イオンをさらに誘導するように構成される、イオンガイド配列に標的イオンを輸送するように構成されてもよい。イオン操作デバイスは、飛行時間（ＴＯＦ）質量分析器による後続のアクセスのために、標的イオンを輸送するように構成されてもよい。

【００３４】
本開示の付加的側面および利点は、本開示の例示的実施形態のみが、単に、本開示を実行するために検討される最良の様態の例証として示され、説明される、以下の発明を実施するための形態から当業者に容易に明白となるであろう。認識されるであろうように、本開示は、他の異なる実施形態が可能であり、そのいくつかの詳細は、全て本開示から逸脱することなく、種々の明白な点で修正が可能である。故に、図面および説明は、制限的ではなく、本質的に例証的と見なされるものである。

（参照による組み込み）

【００３５】
本明細書に述べられる全ての出版物、特許、および特許出願は、各個々の出版物、特許、または特許出願が、参照することによって組み込まれるように具体的かつ個別に示された場合と同一の程度に、参照することによって本明細書に組み込まれる。

【図面の簡単な説明】
【００３６】
本発明の新規の特徴が、添付の請求項で詳細に記載される。本発明の特徴および利点のさらなる理解は、本発明の原理が利用される例証的実施形態を記載する、以下の発明を実施するための形態、および付随する図面を参照することによって、得られるであろう。
【００３７】
【図１】図１は、本発明の実施形態による、金属同位体でタグ付けされた単一粒子の同時多重パラメータ分析のための本発明に開示されるＩＣＰ－ＴＯＦ質量分析計のブロック図を示す。
【００３８】
【図２Ａ】図２Ａおよび図２Ｂはそれぞれ、本発明の実施形態による、金属同位体でタグ付けされた単一粒子の同時多重パラメータ分析のための従来的器具レイアウトに基づくＩＣＰ－ＴＯＦ質量分析計の概略図を示す。
【図２Ｂ】図２Ａおよび図２Ｂはそれぞれ、本発明の実施形態による、金属同位体でタグ付けされた単一粒子の同時多重パラメータ分析のための従来的器具レイアウトに基づくＩＣＰ－ＴＯＦ質量分析計の概略図を示す。
【００３９】
【図３Ａ】図３Ａおよび図３Ｂはそれぞれ、本発明の実施形態による、中性ガス分子が、電場イオンガイドデバイスによって拘束されないため、それらの大部分が、真空ポンプによって直接拍出されるであろう、金属同位体でタグ付けされた単一粒子の同時多重パラメータ分析のための曲線状イオンガイドデバイスを使用する、ＩＣＰ－ＴＯＦ質量分析計の概略図を示す。
【図３Ｂ】図３Ａおよび図３Ｂはそれぞれ、本発明の実施形態による、中性ガス分子が、電場イオンガイドデバイスによって拘束されないため、それらの大部分が、真空ポンプによって直接拍出されるであろう、金属同位体でタグ付けされた単一粒子の同時多重パラメータ分析のための曲線状イオンガイドデバイスを使用する、ＩＣＰ－ＴＯＦ質量分析計の概略図を示す。
【００４０】
【図４Ａ】図４Ａおよび図４Ｂはそれぞれ、本発明の実施形態による、金属同位体でタグ付けされた単一粒子の同時多重パラメータ分析のための曲線状イオンガイドデバイスを使用する、ＩＣＰ－ＴＯＦ質量分析計の概略図を示す。
【図４Ｂ】図４Ａおよび図４Ｂはそれぞれ、本発明の実施形態による、金属同位体でタグ付けされた単一粒子の同時多重パラメータ分析のための曲線状イオンガイドデバイスを使用する、ＩＣＰ－ＴＯＦ質量分析計の概略図を示す。
【００４１】
【図５】図５は、ＩＣＰ－ＴＯＦ質量分析計内の曲線状イオンガイドデバイスとして使用される、静電セクタの比較を示す。本発明の実施形態によると、（ａ）では、２つの曲線状電極は、平面を有し、（ｂ）では、電極は、凸面および凹面の両方を有する。
【００４２】
【図６】図６は、本発明の実施形態による、２つの線形面積が２つの端部に位置し、１つの曲線状面積が中央に位置する、静電セクタの略図を示す。
【００４３】
【図７】図７は、半径方向に静電セクタで使用される電極の断面図を示す。パネル（ａ）および（ｂ）は、本発明の実施形態による、パネル（ｃ）および（ｄ）が本開示の非平行構造を示す、従来技術の平面を示す。
【００４４】
【図８】図８は、本発明の実施形態による、静電セクタを多極と組み合わせることによる、本発明に開示される曲線状イオンガイドの略図を示す。
【００４５】
【図９】図９は、本発明の実施形態による、静電セクタが多極と組み合わせられ、多極が

（ａ）丸い極または（ｂ）四角い極を伴って構築される、曲線状イオンガイドの半径方向断面図を示す。

【００４６】

【図１０】図１０は、本発明の実施形態による、静電セクタが多極と組み合わせられる、曲線状イオンガイドデバイスの変異型の略図を示す。

【００４７】

【図１１】図１１は、本発明の実施形態による、干渉イオンを除去するための四重極デバイス（ａおよびｂ）ならびに四重極およびＳＷＩＦＴ電圧技術に基づいて恣意的イオンを濾過するためのイオン操作デバイス（ｃ、ｄ、およびｅ）の比較を示す。

【００４８】

【図１２】図１２は、本発明の実施形態による、イオントンネルに基づくイオン操作デバイスを示す。

【００４９】

【図１３】図１３は、本発明の実施形態による、イオン漏斗に基づくイオン操作デバイスを示す。

【００５０】

【図１４】図１４は、本発明の実施形態による、（ａ）が、丸い断面を伴う電極を使用する、区画化された四重極デバイスであり、（ｂ）が、扇形を伴う電極を使用し、（ｃ）が、三角形を伴う電極を使用し、（ｄ）が、台形を伴う電極を使用し、（ｅ）が、四角い断面を伴う電極を使用する、軸方向に区画化された四重極に基づくイオン操作デバイスを示す。

【００５１】

【図１５】図１５は、本発明の実施形態による、ＴＯＦ質量分析器のデューティサイクルを増加させるための単一ＲＦ四重極に基づくイオン操作デバイスを示す。

【００５２】

【図１６】図１６は、本発明の実施形態による、ＴＯＦ質量分析器のデューティサイクルを増加させるための単一ＲＦ四重極に基づくイオン操作デバイスから発生される、２つの同等のイオンゲートの時系列を示す。

【００５３】

【図１７】図１７は、本発明の実施形態による、ＴＯＦ質量分析器のデューティサイクルを増加させるための単一ＲＦ区画化四重極に基づくイオン操作デバイスを示す。

【００５４】

【図１８】図１８は、本発明の実施形態による、ＴＯＦ質量分析器のデューティサイクルを増加させるための単一ＲＦ四重極および２つの短ＲＦ四重極に基づくイオン操作デバイスを示す。

【００５５】

【図１９】図１９は、本発明の実施形態による、ＴＯＦ質量分析器のデューティサイクルを増加させるための３つの単一ＲＦ四重極に基づくイオン操作デバイスを示す。

【００５６】

【図２０】図２０は、本発明の実施形態に従って提供される、コンピュータシステムの実施例を示す。

【発明を実施するための形態】

【００５７】

本発明の好ましい実施形態が、本明細書に示され、説明されているが、そのような実施形態は一例のみとして提供されることが、当業者に明白であろう。多数の変形例、変更、および代用が、本発明から逸脱することなく、ここで当業者に想起されるであろう。本明細書に説明される本発明の実施形態の種々の代替物が、本発明を実践する際に採用され得ることを理解されたい。

【００５８】

本発明は、全細胞、微生物、ウイルス等の被分析物から単離される、金属同位体でタグ

付けされた単一粒子の分析のためのシステムおよび方法を提供する。本明細書に説明される本発明の種々の側面は、下記に記載される特定の用途のうちのいずれかに適用され得る。本発明は、サンプル導入デバイス、ＩＣＰイオン化デバイス、大気圧インターフェース、イオンガイドデバイス、イオン操作デバイス、ＴＯＦ質量分析器、イオン検出器、信号処理デバイス、または他のデバイスを備える、質量分析システムの一部として適用され得る。本発明の異なる側面が、個別に、集合的に、または相互と組み合わせて理解され得ることを理解されたい。

【００５９】

図１は、金属同位体でタグ付けされた単一粒子の同時多重パラメータ分析のための本発明に開示されるＩＣＰ－ＴＯＦ質量分析計のブロック図を示す。ＩＣＰ－ＴＯＦ　ＭＳは、サンプル導入デバイスと、ＩＣＰイオン化デバイスと、大気圧インターフェースと、イオンガイドデバイスと、イオン操作デバイスと、ＴＯＦ質量分析器と、イオン検出器と、信号処理デバイスとを備える。

【００６０】

サンプル導入デバイスは、ＩＣＰ　ＴＯＦ　ＭＳサンプリングのために好適な単一粒子液滴を発生させて送達するために使用される、液滴発生器を備えることができる。単一粒子は、単一細胞、ビーズ、ポリマーミクロスフェア、生体分子、またはエアロゾルを含んでもよい。金属同位体タグ付き抗体が、細胞上または内で見出される抗原を結合するために使用されることができる。理論上、１００超の抗原が、対応する抗体上で一意の金属同位体タグを使用して、単一細胞内で同時に検出されることができる。細胞内で見出される元素への干渉を回避するために、ランタニド元素が、金属同位体タグとして好ましい。金属同位体タグの実施例は、ランタン、セリウム、プラセオジム、ネオジム、プロメチウム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、または任意の他の同位体を含むことができる。

【００６１】

単一粒子が、担体に被包化されてもよい。例えば、単一細胞が、担体に被包化されてもよい。担体は、粒子を部分的または完全に囲繞し得る、液滴を形成してもよい。粒子は、担体液滴内に懸濁されてもよい。

【００６２】

担体は、水、水および油の混合物、ならびに水および有機溶媒の混合物等の担体流体であってもよい。液滴発生器は、担体流体液滴内に粒子を含み得る、個々のサンプル液滴を生じさせてもよい。

【００６３】

サンプル導入デバイスは、金属同位体でタグ付けされた単一粒子をＩＣＰイオン化デバイスの中に輸送するために使用されることができ、それらは、金属同位体のイオンを発生させるように、蒸発、霧化、およびイオン化されることができる。

【００６４】

イオンは、それらが真空の中に設置される、大気圧／真空インターフェースの中に移動されることができる。イオンは、次いで、イオンガイドデバイスによって、下流のイオン操作デバイスの中に輸送されることができる。イオン操作デバイス内で、イオンはさらに、デューティサイクルを受けること等のＴＯＦ質量分析器に進入することに先立って、イオンを精製するように処理されることができる。ＴＯＦ質量分析器内で、イオンは、分離され、連続的にイオン検出器に到着する。イオン検出器から発生されるイオン信号は、質量スペクトルを発生させる信号処理デバイスによって処理される。

【００６５】

図２Ａは、ＩＣＰ－ＴＯＦ　ＭＳの例示的構造を示す。異なる金属同位体でタグ付けされた抗体が、粒子のサンプルと混合される。抗体は、標的抗原、以降では、粒子に特異的に結合し、それによって、粒子をタグ付けする。

【００６６】

タグ付き粒子は、サンプル導入デバイス０１によって、連続的にＩＣＰイオン化デバイス０２に輸送される。サンプル導入デバイス０１は、ＩＣＰイオン化デバイス０２への輸送の前に、気相において一連の単一粒子を発生させるために、金属同位体でタグ付けされた粒子のサンプルに必要なプロセスを実施するために使用される。

【００６７】

ＩＣＰイオン化デバイス内で、粒子は、単原子または多原子イオンを発生させるように、個別に蒸発、霧化、およびイオン化される。粒子をタグ付けするために使用される金属同位体のイオンが、ＩＣＰイオン化デバイス０２内で形成される。代替として、ＩＣＰイオン化デバイスは、とりわけ、マイクロ波プラズマトーチ（ＭＰＴ）、グロー放電イオン化（ＧＤＩ）、またはレーザイオン化（ＬＩ）によって、置換されることができる。

【００６８】

金属同位体イオンは、次いで、大気圧インターフェース０３を通して真空の中に設置される。大気圧インターフェース０３は、２～３つの円錐形のコンポーネントを備えることができる。大気圧インターフェース０３は、２つの隣接する真空チャンバを分離する、２つの穿孔された円錐形のコンポーネントを含有する。孔サイズは、各コンポーネントを通して通過し得る、ガスの体積を限定する。ガス圧力が上流から下流まで徐々に減少することを可能にする、真空チャンバ毎の対応する真空ポンプが存在し得る。圧力降下は、点線の長方形によって、穿孔された円錐形のコンポーネントの近傍の領域として留意される、２つのチャンバの境界の近傍で最大であり得る。本圧力降下は、超音速拡張と称される。形状、孔サイズ、離間距離、および真空チャンバに印加される電圧は、用途に応じて最適化されることができる。

【００６９】

その後、金属同位体イオンは、イオンガイドデバイス０４ａに輸送される。イオンガイドデバイス０４ａは、上流の穿孔された円錐形のコンポーネントから金属同位体イオンを受容することができる。イオンガイドデバイス０４は、静電レンズ、四重極、多極、イオントンネル、イオン漏斗等から選定されることができる。

【００７０】

線形イオンガイドデバイス０４ａが、示される。しかしながら、曲線状イオンガイドデバイスは、（１）環境内の種々のガス分子から中性雑音を除去し、信号対雑音比を増加させ、真空ポンプのガス負担を減少させること、および（２）器具占有面積を減少させることによって、器具設計の融通性を増加させることを含む、いくつかの利点を提供する。イオンガイドは、集束イオン経路内に９０度転換または１８０度転換を提供するように、成形されてもよい。任意の度数の転換が、本明細書に提供されるさらなる実施例とともに提供されてもよい。代替として、９０度転換または１８０度転換を伴うイオンガイドの直線状区分が、９０度転換または１８０度転換を伴うイオンガイドのイオン入口およびイオン出口に隣接する線形イオンガイド区分を提供することによって、延在されてもよい。代替として、２つの９０度イオンガイドが、イオン経路内で１８０度転換を実現するように、相互に隣接して位置付けられてもよい。代替として、１つのイオンガイドの曲率半径が、他方のイオンガイドのものと反対に指向され、それによって、Ｓ字形イオン経路を提供するように、２つの同様に成形された曲線状イオンガイドが、相互に隣接して位置付けられてもよい。

【００７１】

いったんイオンガイドデバイス０４ａに入ると、金属同位体イオンは、下流イオン操作デバイス０５の中に指向される。イオン操作デバイス０５は、以下のうちの少なくとも１つ、すなわち、（１）特定の質量を伴うイオンを選択的に濾過すること、（２）イオン集群、または（３）イオン貯蔵を含む、種々の実用的要件に従って、イオンガイドデバイス０４ａからの金属同位体イオンを処理するために使用される。イオンを処理することの目的は、下流デバイスのデューティサイクル、分解能、空間電荷等を含む、性能を改良することである。

【００７２】

下流イオン操作デバイス０５内の変調後、金属同位体イオンは、随意のイオン成形デバイスに指向される。イオン成形デバイスは、金属同位体イオンの断面形状およびサイズが調整され得るように、金属同位体イオンの発散角を調整するように構成されることができる。実施例では、金属同位体イオンの発散角は、金属同位体イオンの断面形状およびサイズを縮小するように、イオン成形デバイス内で縮小されることができる。調整された金属同位体イオンは、次いで、ＴＯＦ質量分析器０６に指向されることができる。処理されたイオンは、ＴＯＦ質量分析器０６内の直交加速領域０６ａの中に飛行し、それらは、パルス加速電圧によって加速されることができる。加速されたイオンは、空間内で分離し、イオン検出器０７に到着することができる。

【００７３】

異なる質量を伴うイオンが、ＴＯＦ質量分析器０６内で分離され、連続的にイオン検出器０７に到着し、イオン流信号を発生させる。

【００７４】

本開示は、質量スペクトルにおいて定性的および定量的の両方で、金属同位体および単一細胞の対応する抗原の効果的な識別を可能にする。イオン流信号は、最終質量スペクトルを発生させるように、信号処理デバイス０８によって処理される。信号処理デバイス０８は、イオン流信号を処理し、金属同位体の定性的および定量的識別のための最終質量スペクトルを発生させるために、使用されることができる。

【００７５】

図２Ｂは、ＩＣＰ－ＴＯＦ　ＭＳの別の例示的構造を示す。図２Ｂに示されるＩＣＰ－ＴＯＦ　ＭＳの構造は、図２ＢのＩＣＰ－ＴＯＦ　ＭＳの構造では、イオン成形デバイスがイオン操作デバイス０５を伴う同一の真空チャンバ内に位置付けられるが、しかしながら、図２Ａに示される構成では、イオン成形デバイスがＴＯＦ質量分析器０６を伴う同一の真空チャンバ内に位置付けられることを除いて、図２Ａに示されるものに実質的に類似し得る。イオン成形デバイスは、異なる部分に、またはＩＣＰ－ＴＯＦ　ＭＳの種々のコンポーネントに隣接して位置付けられることができ、構成は、本明細書に提供される例証に限定されない。

【００７６】

図３Ａは、大気圧インターフェース０３とイオン操作デバイス０５との間に設置される曲線状イオンデバイス０４ｂを使用する、器具レイアウトを示す。代替として、１つ以上の曲線状イオンガイドデバイスが、種々の曲率度とともに使用されることができる。曲率度は、９０度、９５度、１００度、１０５度、１１０度、１１５度、１２０度、１２５度、１３０度、１３５度、１４０度、１４５度、１５０度、１５５度、１６０度、１６５度、１７０度、１７５度、または１８０度未満もしくはそれと等しいものを含むことができる。

【００７７】

図３Ｂは、曲線状イオンデバイス０４ｂを使用する、器具レイアウトの別の実施例を示す。図３Ｂに示される構造は、図３Ｂの構造では、イオン成形デバイスがイオン操作デバイス０５を伴う同一の真空チャンバ内に位置付けられるが、しかしながら、図３Ａに示される構造では、イオン成形デバイスがＴＯＦ質量分析器０６を伴う同一の真空チャンバ内に位置付けられることを除いて、図３Ａに示されるものに実質的に類似し得る。

【００７８】

図４Ａは、イオン操作デバイス０５とＴＯＦ質量分析器０６との間に配列される曲線状器具ガイドデバイス０４ｂ、ならびに大気圧インターフェース０３とイオン操作デバイス０５との間に配列される線形イオンガイドデバイス０４ａを使用する、器具レイアウトの別の実施例である。代替として、１つ以上の曲線状イオンガイドデバイスが、種々の曲率度とともに使用されることができる。曲率度は、９０度、９５度、１００度、１０５度、１１０度、１１５度、１２０度、１２５度、１３０度、１３５度、１４０度、１４５度、１５０度、１５５度、１６０度、１６５度、１７０度、１７５度、または１８０度未満もしくはそれと等しいものを含む。

【００７９】
本明細書に開示されるものは、金属同位体イオンでタグ付けされた単一粒子の飛行経路のさらなる制御を可能にし得る、イオンガイド０４要素の実施例である。そのような制御は、金属同位体イオンでタグ付けされた単一粒子の多種多様の種から成る、複雑なサンプルを分析するときに望ましくあり得る。そのような要素は、線形電極、曲線状電極、四重極、イオントンネルデバイス、およびそれらの組み合わせを含んでもよい。印加される電圧は、直流（ＤＣ）、無線周波数（ＲＦ）、および貯蔵波形逆フーリエ変換（ＳＷＩＦＴ）を含んでもよい。曲線状電極は、線形表面と組み合わせて、凹面または凸面を備えてもよい。イオントンネルデバイスは、同一のサイズまたは異なるサイズのリングのセットから成ってもよい。イオントンネルデバイスは、同一のサイズまたは異なるサイズの軸方向に区画化された四重極もしくは多極から成ってもよい。四重極および多極は、曲線状構成、Ｖ字形構成、Ｓ字形構成、ならびに本明細書に説明される構成の任意の変形例で配列されてもよい。

【００８０】
図４Ｂは、イオン操作デバイス０５とＴＯＦ質量分析器０６との間に配列される曲線状器具ガイドデバイス０４ｂを使用する、器具レイアウトの別の実施例を示す。図４Ｂに示される構造は、図４Ｂの構造では、イオン成形デバイスがイオン操作デバイス０５を伴う同一の真空チャンバ内に位置付けられるが、しかしながら、図４Ａに示される構成では、イオン成形デバイスがＴＯＦ質量分析器０６を伴う同一の真空チャンバ内に位置付けられることを除いて、図４Ａに示されるものに実質的に類似し得る。

【００８１】
図５は、本発明の実施形態による、イオンガイドデバイスの実施例を示す。イオンガイドは、イオン集束の効率を改良し得る。イオンガイドデバイスは、曲線状静電セクタを備えてもよい。イオンガイドは、湾曲してもよい。イオンガイドは、曲線の外側表面（例えば、凸面）が右側にあるように、湾曲してもよい、またはイオンガイドは、曲線の内側表面（例えば、凹面）が右側にあるように、湾曲してもよい。いくつかの事例では、曲線は、側方方向に生じてもよい。随意に、曲線は、垂直方向に（例えば、上向きに、または下向きに）生じてもよい。曲線は、重力の方向に対して任意の方向に生じてもよい。静電セクタは、曲線状または平坦であり得る。

【００８２】
イオンガイドデバイスは、２つ以上の電極Ｕ１、Ｕ２を備えてもよい。電極は、相互と略平行であり得る。各電極は、１つ以上の作業表面を備えてもよい。電極の作業表面は、相互に面してもよい。間隙が、作業表面の間に提供されてもよい。作業表面の間の領域は、イオンチャネルであってもよい。当業者によって理解されるように、電極への電圧の適切な印加に応じて、電極は、概して、矢印によって表される曲線状経路に沿ってイオンを集束させる、電場を発生させる。イオンガイドの曲線状幾何学形状により、イオンガイド５１０の第１の端部およびイオンガイド５１１の第２の端部の個別の軸は、同一線上ではない。荷電粒子のみが、電場による影響を受け得る。粒子流は、イオンおよび中性粒子（例えば、ガス分子、液体の液滴等）を含有してもよい。イオンガイド５１０の第１の端部を通してイオンガイドに進入することに応じて、イオンが、電極の間の中心軸の近傍の運動に制約にされる一方、中性イオンは、概して、直線状経路上で継続してもよい。その結果として、イオンのみが、イオンガイド５１１の第２の端部を通してイオンガイドから退出してもよい。

【００８３】
イオンガイドデバイスは、平坦、曲線状、平滑、溝付き、粗い、凹状、凸状、またはそれらの任意の組み合わせであり得る、作業表面を備えることができる。図５ａは、平坦な作業表面を伴う一対の電極を備える、イオンガイドデバイスの実施例を示す。図５ｂは、凹状作業表面を伴う第１の電極Ｕ１と、凸状作業表面を伴う第２の電極Ｕ２とを備える、イオンガイドデバイスの実施例を示す。

【００８４】

イオンチャネル内のイオン透過の方向は、軸方向であり得る。イオン透過の方向は、曲線状イオンチャネルの放射軸と垂直であり得る。イオン透過の方向は、イオンチャネルの長さに沿ってあり得る。

【００８５】

本明細書に説明されるイオンガイドは、１～４０センチメートル（ｃｍ）の全長を有してもよい。例えば、全長は、約１～２、２～５、５～７．５、７．５～１０、１０～１５、１５～２０、２０～２５、２５～３０、３０～３５、または３５～４０ｃｍであり得る。いくつかの事例では、全長は、０．１ｃｍ、１ｃｍ、１０ｃｍ、または１００ｃｍの規模であり得る。イオンチャネルは、約０．５～３０ミリメートル（ｍｍ）の内接直径を有してもよい。例えば、イオンチャネルの内接直径は、約１～２、２～４、４～６、６～８、８～１０、１０～１２、１２～１４、１４～１６、１６～１８、１８～２０、２０～２２、２２～２４、２４～２６、２６～２８、または２８～３０ｍｍであってもよい。イオンガイドの電極の直径は、約０．５～２０ｍｍであってもよい。例えば、電極直径は、約０．５～１、１～２、２～４、４～６、６～８、８～１０、１０～１２、１２～１４、１４～１６、１６～１８、または１８～２０ｍｍであってもよい。これらの範囲外の寸法もまた、いくつかの用途では有用であり得る。

【００８６】

電極の間の距離は、イオンガイドデバイスの長さを通して同一であり得る。電極の間の距離は、イオンガイドデバイスの長さに沿って変動し得る。電極の間の距離は、イオンガイド５１０の第１の端部からイオンガイド５１１の第２の端部まで増加し得る。電極の間の距離は、イオンガイド５１０の第１の端部からイオンガイド５１１の第２の端部まで減少し得る。電極の間の距離は、代替として、イオンガイド５１０の第１の端部からイオンガイド５１１の第２の端部まで増加および減少し得る。電極の間の距離は、イオンガイドデバイスの上側から底側まで減少し得る。電極の間の距離は、イオンガイドデバイスの上側から底側まで増加し得る。電極の間の距離は、代替として、イオンガイドデバイスの上側から底側まで増加および減少し得る。

【００８７】

１つ以上の電圧が、イオンガイドの長さの少なくとも一部に沿ってイオンを押勢するために、複数の電極に印加されてもよい。１つ以上のゼロではないＤＣ電圧勾配が、イオンガイドの長さの少なくとも一部に沿って印加または維持されてもよい。１つ以上の過渡ＤＣ電圧もしくは過渡ＤＣ電圧波形が、イオンガイドの長さの少なくとも一部に沿って少なくともいくつかのイオンを押勢するために、電極のうちの少なくともいくつかに印加されてもよい。１つ以上のＤＣ電位井戸が、イオンガイドを通してイオン経路を制御するように、イオンガイド内の異なる位置に形成されてもよい。１つ以上のＤＣ電位井戸が、イオンガイドを通してイオン経路を制御するように、イオンガイド内で異なる時間に形成されてもよい。ＤＣ電位井戸の高さ、深度、および幅は、イオンガイドの長さに沿って、またはその周囲で、増加もしくは減少され得る。

【００８８】

図６は、２つの線形領域が２つの端部６１０および６１１にあり、１つの曲線状領域が中心にある、曲線状静電セクタを示す。端部において線形領域を追加する目的は、曲線状領域に侵入する前にイオンの運動エネルギーを調節し、それによって、曲線状領域を通り抜けることができない干渉イオンを除外することである。

【００８９】

中心軸は、曲率中心Ｃおよび曲率半径Ｒによって画定される円形区分の円弧に沿って同延に延設されるものとして概念化され得、曲率半径Ｒは、中心軸と曲率中心Ｃとの間の半径方向距離である。中心軸は、円形区分が一部である、円の円弧の任意の長さに沿って延在してもよい。曲率半径は、約１０ミリメートル（ｍｍ）～２０ｍｍ、２０～３０ｍｍ、３０ｍｍ～４０ｍｍ、４０ｍｍ～５０ｍｍ、５０ｍｍ～６０ｍｍ、６０ｍｍ～７０ｍｍ、７０ｍｍ～８０ｍｍ、８０ｍｍ～９０ｍｍ、９０ｍｍ～１００ｍｍ、１００ｍｍ～１１０ｍｍ、１１０ｍｍ～１２０ｍｍ、１２０ｍｍ～１３０ｍｍ、１３０ｍｍ～１４０ｍｍ、１

４０ｍｍ～１５０ｍｍ、１５０ｍｍ～１６０ｍｍ、１６０ｍｍ～１７０ｍｍ、１７０ｍｍ～１８０ｍｍ、１８０ｍｍ～１９０ｍｍ、または１９０ｍｍ～２００ｍｍであってもよい。曲率半径は、約１０ミリメートル（ｍｍ）、２０ｍｍ、３０ｍｍ、４０ｍｍ、５０ｍｍ、６０ｍｍ、７０ｍｍ、８０ｍｍ、９０ｍｍ、１００ｍｍ、１１０ｍｍ、１２０ｍｍ、１３０ｍｍ、１４０ｍｍ、１５０ｍｍ、１６０ｍｍ、１７０ｍｍ、１８０ｍｍ、１９０ｍｍ、または２００ｍｍを上回り得る。曲率半径は、約２００ｍｍ、１９０ｍｍ、１８０ｍｍ、１７０ｍｍ、１６０ｍｍ、１５０ｍｍ、１４０ｍｍ、１３０ｍｍ、１２０ｍｍ、１１０ｍｍ、１００ｍｍ、９０ｍｍ、８０ｍｍ、７０ｍｍ、６０ｍｍ、５０ｍｍ、４０ｍｍ、３０ｍｍ、２０ｍｍ、または１０ｍｍ未満であり得る。

【００９０】

１つ以上の線形領域は、第１の電極の曲線状区分と直接接触することができる。１つ以上の線形領域は、第２の電極の曲線状区分と直接接触することができる。第１の電極の曲線状区分は、少なくとも２つの線形区分の間に位置付けられることができる。第２の電極の曲線状区分は、少なくとも２つの線形区分の間に位置付けられることができる。代替として、または組み合わせて、第１の電極および第２の電極は、第１の電極および第２の電極の長さに沿って同一の断面形状を備えることができる。電極の曲線状長さ対電極の線形長さの比は、約１：１、１：２、１：３、１：４、１：５、１：６、１：７、１：８、１：９、１：１０であってもよい。電極の線形長さ対電極の曲線状長さの比は、約１：１、１：２、１：３、１：４、１：５、１：６、１：７、１：８、１：９、１：１０であってもよい。曲線状長さは、約２０ミリメートル（ｍｍ）～３０ｍｍ、３０ｍｍ～４０ｍｍ、４０ｍｍ～５０ｍｍ、５０ｍｍ～６０ｍｍ、６０ｍｍ～７０ｍｍ、７０ｍｍ～８０ｍｍ、８０ｍｍ～９０ｍｍ、９０ｍｍ～１００ｍｍ、１００ｍｍ～１１０ｍｍ、１１０ｍｍ～１２０ｍｍ、１２０ｍｍ～１３０ｍｍ、１３０ｍｍ～１４０ｍｍ、１４０ｍｍ～１５０ｍｍ、１５０ｍｍ～１６０ｍｍ、１６０ｍｍ～１７０ｍｍ、１７０ｍｍ～１８０ｍｍ、１８０ｍｍ～１９０ｍｍ、または１９０ｍｍ～２００ｍｍであってもよい。曲線状長さは、約１０ミリメートル（ｍｍ）、２０ｍｍ、３０ｍｍ、４０ｍｍ、５０ｍｍ、６０ｍｍ、７０ｍｍ、８０ｍｍ、９０ｍｍ、１００ｍｍ、１１０ｍｍ、１２０ｍｍ、１３０ｍｍ、１４０ｍｍ、１５０ｍｍ、１６０ｍｍ、１７０ｍｍ、１８０ｍｍ、１９０ｍｍ、または２００ｍｍを上回り得る。曲線状長さは、約２００ｍｍ、１９０ｍｍ、１８０ｍｍ、１７０ｍｍ、１６０ｍｍ、１５０ｍｍ、１４０ｍｍ、１３０ｍｍ、１２０ｍｍ、１１０ｍｍ、１００ｍｍ、９０ｍｍ、８０ｍｍ、７０ｍｍ、６０ｍｍ、５０ｍｍ、４０ｍｍ、３０ｍｍ、２０ｍｍ、または１０ｍｍ未満であり得る。線形長さは、約０ｍｍ～１０ｍｍ、１０ｍｍ～２０ｍｍ、２０ｍｍ～３０ｍｍ、３０ｍｍ～４０ｍｍ、４０ｍｍ～５０ｍｍ、５０ｍｍ～６０ｍｍ、６０ｍｍ～７０ｍｍ、７０ｍｍ～８０ｍｍ、８０ｍｍ～９０ｍｍ、または９０ｍｍ～１００ｍｍであってもよい。線形長さは、約１０ミリメートル（ｍｍ）、２０ｍｍ、３０ｍｍ、４０ｍｍ、５０ｍｍ、６０ｍｍ、７０ｍｍ、８０ｍｍ、９０ｍｍ、または１００ｍｍを上回り得る。線形長さは、約１００ｍｍ、９０ｍｍ、８０ｍｍ、７０ｍｍ、６０ｍｍ、５０ｍｍ、４０ｍｍ、３０ｍｍ、２０ｍｍ、または１０ｍｍ未満であり得る。

【００９１】

電極の１つ以上の領域は、線形または曲線状であり得る。各領域は、単一の一体的部品の一区分であり得る。各領域は、単一の電極を形成するようにともに結合される個々の電極であり得る。各個々の電極は、同一の材料から成ってもよい。各個々の電極は、相互に対して異なる材料から成ってもよい。

【００９２】

第１の電極は、凹面を備えることができる。凹面は、第１の平面と、第１の平面と平行であることなく第１の平面に衝合する、第２の平面とを備えることができる。凹面は、第１の電極の曲線状区分および曲線状区分に隣接する１つ以上の線形区分に沿って延在することができる。第２の電極は、凸面を備えることができ、表面は、第３および第４の平面を備える。第４の平面は、平行であることなく、第３の平面に衝合することができる。凹面は、第２の電極の曲線状区分に沿って延在することができ、１つ以上の線形区分は、曲

線状区分に隣接する。代替として、または組み合わせて、第１の曲線状電極の凹面は、第２の曲線状電極の凸面に直接面することができる。一実施形態では、第１の曲線状電極の凹面の長さは、内向きに湾曲することができる。代替として、または組み合わせて、第２の曲線状電極の凸面の長さは、外向きに湾曲することができる。代替として、または組み合わせて、第１の電極の表面は、凸形状と凹形状とを交互に繰り返す表面を備えることができる。第２の電極の表面は、第１の電極を補完する形状を備えてもよい、または第１の電極を補完する形状と第１の電極に酷似する形状とを交互に繰り返す表面を備えてもよい。電極は、限定ではないが、タングステン、モリブデン、ステンレス鋼、アルミニウム、銅、または金でコーティングされた石英を含む、金属から成ることができる。

【００９３】

イオンガイドは、第１および第２の電極への電圧の印加に応じて、半径方向にイオンを集束させることができる。イオンガイドは、少なくとも９０度、９５度、１００度、１０５度、１１０度、１１５度、１２０度、１２５度、１３０度、１３５度、１４０度、１４５度、１５０度、１５５度、１６０度、１６５度、１７０度、１７５度、または１８０度の角度の周囲にイオンを誘導するように構成されることができる。

【００９４】

図７のパネルａおよびｂは、作業表面が平坦である、従来的静電セクタの半径方向断面図を示す。作業表面との半径方向断面図との間の交差線は、平面が半径方向にイオンを集束させることなくイオンを偏向させることを示すための破線である。パネルｂに示される構成の半径方向断面図は、半径方向イオン集束に影響を及ぼすが、イオン容量は、限定される。パネルｃおよびｄは、作業表面が、半径方向にイオンを集束させるためのイオンガイドの性能を向上させる非平行構造から成る、本開示の半径方向断面図を示す。非平行構造の実施例は、第１の側Ｕ１が、反対側Ｕ２よりも大きい角度を備え、第２の側Ｕ２が、反対側Ｕ１よりも大きい角度を備える、構造を含んでもよい。代替として、または組み合わせて、Ｕ１は、Ｕ２よりも高い直線状対曲線状表面積の比を備えてもよい。Ｕ２は、Ｕ１よりも高い直線状対曲線状表面積の比を備えてもよい。

【００９５】

イオンガイドは、静電セクタおよび多極の組み合わせを備えることができる。多極は、限定ではないが、丸みを帯びた、台形、三角形、四角形、五角形、六角形、七角形、八角形、九角形、または十角形の極を含む、種々の形状を備えることができる。イオンガイドは、丸みを帯びた形状から三角形まで種々の角度で屈曲されることができる。イオンガイドは、少なくとも６０度、６５度、７０度、７５度、８０度、８５度、９０度、９５度、１００度、１０５度、１１０度、１１５度、１２０度、１２５度、１３０度、１３５度、１４０度、１４５度、１５０度、１５５度、１６０度、１６５度、１７０度、１７５度、または１７９度屈曲されることができる。電極の間の離間距離もまた、変動し得る。静電セクタの間の距離のうちの少なくとも２つは、同一であり得る。

【００９６】

図８は、破線に沿って平行に配列される、複数の静電セクタを示す。各セットの中の中央極は、オフセットされ、極８１２の間にＶ字形のイオン経路を生成する。静電セクタ毎に、各セクタの中に等しい数の極が存在するように、一対の曲線状電極が含まれる。２つの異なるＤＣ電圧は、電圧が隣接する極の間で交互に起こり得る、または代替では、各セクタが単一電圧をそれに印加させ得るように、全ての静電セクタの２つの曲線状電極の間に印加される。電圧レベルの実施例は、本明細書の他の場所に説明される任意の値として提供され得る。同時に、反対極性を伴う無線周波数（ＲＦ）電圧が、隣接する静電セクタの上に別個に重畳される。電圧レベルの実施例は、本明細書の他の場所に説明される任意の値として提供され得る。本用途性は、金属同位体タグ付き単一粒子の複雑なサンプル内の種のイオン経路のさらなる制御を可能にし得る。

【００９７】

図９は、直流（ＤＣ）およびＲＦ電圧が丸い極９１２および四角い極９１２に印加された、極９１２の間にＶ字形イオン経路を伴う静電セクタの半径方向断面図を示す。代替と

して、極は、限定ではないが、丸みを帯びた、台形、三角形、四角形、五角形、六角形、七角形、八角形、九角形、または十角形を含む、種々の断面形状を有することができる。

【００９８】

図１０は、屈曲方向が極１０１２のセットの間で異なる、前の実施形態の変形例を示す。極のセットは、２つの異なるＤＣ電圧を印加され、反対極性を伴うＲＦ電圧が、各セットの隣接する極の上に重畳される。開示される変形例の１つの利益は、電極が１つの面の上にないことである。セット毎の電極が１つの面の上に設置される実施形態では、イオン偏向および拘束が、本開示される構成よりも多くのＤＣ電力供給を要求する、異なる電極に印加されるＤＣ電圧を制御することによって実現される。要求されるＤＣ電力供給が多いほど、設定がより複雑かつ高価になる。したがって、本開示される構成は、単一面構成よりも単純かつ安価であるという点で、より効果的な設計である。

【００９９】

一実施形態では、極の第１のセットは、凹状外形を形成するように配列されることができる。凹状外形は、第１の平面区画と、第１の平面区画と平行であることなく第１の平面区画に衝合する、第２の平面区画とを備えることができる。凹状外形は、第１の曲線状区分の長さに沿って延在することができる。極の第２のセットは、凸状外形を形成するように配列されることができる。凸状外形は、第３および第４の平面区画を備えることができる。第４の平面区画は、第３の平面区画と平行であることなく第３の平面区画に衝合するように、設置されることができる。凸状外形は、第２の曲線状区分の長さに沿って延在し、Ｖ字形イオンチャネルを生成することができる。代替として、または組み合わせて、第１の曲線状区分の凹状外形は、第２の曲線状区分の凸状外形に直接面することができる。第１の曲線状区分の凹状外形の長さは、内向きに湾曲することができる。第２の曲線状区分の凸状外形の長さは、外向きに湾曲することができる。代替として、または組み合わせて、第１の曲線状区分の凹状外形の長さは、側方に湾曲することができる。第２の曲線状区分の凸状外形の長さは、同一の方向に側方に湾曲することができる。

【０１００】

図１１は、四重極１１１２および貯蔵波形逆フーリエ変換（ＳＷＩＦＴ）技術を組み合わせる、イオン操作デバイスを示す。ＳＷＩＦＴ技術は、特定のイオンを単離するためにフーリエ変換イオンサイクロトロン共鳴（ＦＴＩＣＲ）質量分析およびイオントラップ質量分析で使用される方法である。そのような組み合わせを使用することによって、イオン操作デバイスは、標的イオンの透過に影響を及ぼすことなく、恣意的質量を伴うイオンを選択的に除去することができる。したがって、従来技術に存在する上記に述べられる欠陥が、解決されることができる。イオン操作構造およびＳＷＩＦＴ電圧の３つの可能性として考えられる印加方法が、パネルｃ、ｄ、およびｅに示される。反対極性を伴うＳＷＩＦＴ電圧を四重極の一対の電極上に印加する１つの方法が、パネルｃに示される。代替として、反対極性を伴うＳＷＩＦＴ電圧は、パネルｄに示されるように、四重極の２対の電極の上に重畳されることができる。さらに、１つのＳＷＩＦＴ電圧が、パネルｅに示されるように、四重極の一対の電極のみに印加されることができる。

【０１０１】

一実施形態では、極の第１のセットに印加される電圧は、ＳＷＩＦＴ電圧を加えたＲＦ電圧を含むことができる。極の第２のセットに印加される電圧は、マイナスＲＦ電圧を含むことができる。代替として、極の第２のセットに印加される電圧は、ＳＷＩＦＴ電圧を引いたマイナスＲＦ電圧を含むことができる。別の実施形態では、極の第１のセット内の第１の極に印加される第１の電圧は、ＳＷＩＦＴ電圧を加えたＲＦ電圧を含む。極の第１のセット内の第２の極に印加される第２の電圧は、ＳＷＩＦＴ電圧を引いたＲＦ電圧を含むことができる。代替として、または組み合わせて、極の第２のセットに印加される電圧は、マイナスＲＦ電圧を含むことができる。

【０１０２】

ＲＦ電圧の頂点間振幅は、０ボルト（Ｖ）～１００Ｖ、１００Ｖ～２００Ｖ、２００Ｖ～３００Ｖ、３００Ｖ～４００Ｖ、４００Ｖ～５００Ｖ、５００Ｖ～６００Ｖ、６００Ｖ

～７００Ｖ、７００Ｖ～８００Ｖ、８００Ｖ～９００Ｖ、９００Ｖ～１，０００Ｖ、１，０００Ｖ～１，１００Ｖ、１，１００Ｖ～１，２００Ｖ、１，２００Ｖ～１，３００Ｖ、１，３００Ｖ～１，４００Ｖ、１，４００Ｖ～１，５００Ｖ、１，５００Ｖ～１，６００Ｖ、１，６００Ｖ～１，７００Ｖ、１，７００Ｖ～１，８００Ｖ、１，８００Ｖ～１，９００Ｖ、１，９００Ｖ～２，０００Ｖ、２，０００Ｖ～２，１００Ｖ、２，１００Ｖ～２，２００Ｖ、２，２００Ｖ～２，３００Ｖ、２，３００Ｖ～２，４００Ｖ、２，４００Ｖ～２，５００Ｖ、２，５００Ｖ～２，６００Ｖ、２，６００Ｖ～２，７００Ｖ、２，７００Ｖ～２，８００Ｖ、２，８００Ｖ～２，９００Ｖ、２，９００Ｖ～３，０００Ｖ、３，０００Ｖ～３，１００Ｖ、３，１００Ｖ～３，２００Ｖ、３，２００Ｖ～３，３００Ｖ、３，３００Ｖ～３，４００Ｖ、３，４００Ｖ～３，５００Ｖ、３，５００Ｖ～３，６００Ｖ、３，６００Ｖ～３，７００Ｖ、３，７００Ｖ～３，８００Ｖ、３，８００Ｖ～３，９００Ｖ、３，９００Ｖ～４，０００Ｖ、４，０００Ｖ～４，１００Ｖ、４，１００Ｖ～４，２００Ｖ、４，２００Ｖ～４，３００Ｖ、４，３００Ｖ～４，４００Ｖ、４，４００Ｖ～４，５００Ｖ、４，５００Ｖ～４，６００Ｖ、４，６００Ｖ～４，７００Ｖ、４，７００Ｖ～４，８００Ｖ、４，８００Ｖ～４，９００Ｖ、または４，９００Ｖ～５，０００Ｖであってもよい。ＲＦ電圧の頂点間振幅は、約０Ｖ、１００Ｖ、２００Ｖ、３００Ｖ、４００Ｖ、５００Ｖ、６００Ｖ、７００Ｖ、８００Ｖ、８００Ｖ、９００Ｖ、１，０００Ｖ、１，１００Ｖ、１，２００Ｖ、１，３００Ｖ、１，４００Ｖ、１，５００Ｖ、１，６００Ｖ、１，７００Ｖ、１，８００Ｖ、１，９００Ｖ、２，０００Ｖ、２，１００Ｖ、２，２００Ｖ、２，３００Ｖ、２，４００Ｖ、２，５００Ｖ、２，６００Ｖ、２，７００Ｖ、２，８００Ｖ、２，９００Ｖ、３，０００Ｖ、３，１００Ｖ、３，２００Ｖ、３，３００Ｖ、３，４００Ｖ、３，５００Ｖ、３，６００Ｖ、３，７００Ｖ、３，８００Ｖ、３，９００Ｖ、４，０００Ｖ、４，１００Ｖ、４，２００Ｖ、４，３００Ｖ、４，４００Ｖ、４，５００Ｖ、４，６００Ｖ、４，７００Ｖ、４，８００Ｖ、４，９００Ｖ、または５，０００Ｖを上回り得る。ＲＦ電圧の頂点間振幅は、約５，０００Ｖ、４，９００Ｖ、４，８００Ｖ、４，７００Ｖ、４，６００Ｖ、４，５００Ｖ、４，４００Ｖ、４，３００Ｖ、４，２００Ｖ、４，１００Ｖ、４，０００Ｖ、３，９００Ｖ、３，８００Ｖ、３，７００Ｖ、３，６００Ｖ、３，５００Ｖ、３，４００Ｖ、３，３００Ｖ、３，２００Ｖ、３，１００Ｖ、３，０００Ｖ、２，９００Ｖ、２，８００Ｖ、２，７００Ｖ、２，６００Ｖ、２，５００Ｖ、２，４００Ｖ、２，３００Ｖ、２，２００Ｖ、２，１００Ｖ、２，０００Ｖ、１，９００Ｖ、１，８００Ｖ、１，７００Ｖ、１，６００Ｖ、１，５００Ｖ、１，４００Ｖ、１，３００Ｖ、１，２００Ｖ、１，１００Ｖ、１，０００Ｖ、９００Ｖ、８００Ｖ、７００Ｖ、６００Ｖ、５００Ｖ、４００Ｖ、３００Ｖ、２００Ｖ、１００Ｖ、または１０Ｖ未満であり得る。ＲＦ電圧の頂点間振幅は、上記に提供される任意の値の間であってもよい。

【０１０３】

ＲＦ電圧の周波数は、１００キロヘルツ（ｋＨｚ）～１メガヘルツ（ＭＨｚ）、１ＭＨｚ～２ＭＨｚ、２ＭＨｚ～３ＭＨｚ、３ＭＨｚ～４ＭＨｚ、４ＭＨｚ～５ＭＨｚ、５ＭＨｚ～６ＭＨｚ、６ＭＨｚ～７ＭＨｚ、７ＭＨｚ～８ＭＨｚ、８ＭＨｚ～９ＭＨｚ、９ＭＨｚ～１０ＭＨｚ、１０ＭＨｚ～１１ＭＨｚ、１１ＭＨｚ～１２ＭＨｚ、１２ＭＨｚ～１３ＭＨｚ、１３ＭＨｚ～１４ＭＨｚ、１４ＭＨｚ～１５ＭＨｚ、１５ＭＨｚ～１６ＭＨｚ、１６ＭＨｚ～１７ＭＨｚ、１７ＭＨｚ～１８ＭＨｚ、１８ＭＨｚ～１９ＭＨｚ、１９ＭＨｚ～２０ＭＨｚ、２０ＭＨｚ～２１ＭＨｚ、２１ＭＨｚ～２２ＭＨｚ、２２ＭＨｚ～２３ＭＨｚ、２３ＭＨｚ～２４ＭＨｚ、２４ＭＨｚ～２５ＭＨｚ、２５ＭＨｚ～２６ＭＨｚ、２６ＭＨｚ～２７ＭＨｚ、２７ＭＨｚ～２８ＭＨｚ、２８ＭＨｚ～２９ＭＨｚ、２９ＭＨｚ～３０ＭＨｚ、３０ＭＨｚ～３１ＭＨｚ、３１ＭＨｚ～３２ＭＨｚ、３２ＭＨｚ～３３ＭＨｚ、３３ＭＨｚ～３４ＭＨｚ、３４ＭＨｚ～３５ＭＨｚ、３５ＭＨｚ～３６ＭＨｚ、３６ＭＨｚ～３７ＭＨｚ、３７ＭＨｚ～３８ＭＨｚ、３８ＭＨｚ～３９ＭＨｚ、３９ＭＨｚ～４０ＭＨｚ、４０ＭＨｚ～４１ＭＨｚ、４１ＭＨｚ～４２ＭＨｚ、４２ＭＨｚ～４３ＭＨｚ、４３ＭＨｚ～４４ＭＨｚ、４４ＭＨｚ～４５ＭＨｚ、４５ＭＨｚ～４６ＭＨｚ、

４６ＭＨｚ～４７ＭＨｚ、４７ＭＨｚ～４８ＭＨｚ、４８ＭＨｚ～４９ＭＨｚ、または４９ＭＨｚ～５０ＭＨｚであってもよい。ＲＦ電圧の周波数は、約１００キロヘルツ（ｋＨｚ）、１メガヘルツ（ＭＨｚ）、２ＭＨｚ、３ＭＨｚ、４ＭＨｚ、５ＭＨｚ、６ＭＨｚ、７ＭＨｚ、８ＭＨｚ、９ＭＨｚ、１０ＭＨｚ、１１ＭＨｚ、１２ＭＨｚ、１３ＭＨｚ、１４ＭＨｚ、１５ＭＨｚ、１６ＭＨｚ、１７ＭＨｚ、１８ＭＨｚ、１９ＭＨｚ、２０ＭＨｚ、２１ＭＨｚ、２２ＭＨｚ、２３ＭＨｚ、２４ＭＨｚ、２５ＭＨｚ、２６ＭＨｚ、２７ＭＨｚ、２８ＭＨｚ、２９ＭＨｚ、３０ＭＨｚ、３１ＭＨｚ、３２ＭＨｚ、３３ＭＨｚ、３４ＭＨｚ、３５ＭＨｚ、３６ＭＨｚ、３７ＭＨｚ、３８ＭＨｚ、３９ＭＨｚ、４０ＭＨｚ、４１ＭＨｚ、４２ＭＨｚ、４３ＭＨｚ、４４ＭＨｚ、４５ＭＨｚ、４６ＭＨｚ、４７ＭＨｚ、４８ＭＨｚ、４９ＭＨｚ、または５０ＭＨｚを上回り得る。ＲＦ電圧の周波数は、約５０ＭＨｚ、４９ＭＨｚ、４８ＭＨｚ、４７ＭＨｚ、４６ＭＨｚ、４５ＭＨｚ、４４ＭＨｚ、４３ＭＨｚ、４２ＭＨｚ、４１ＭＨｚ、４０ＭＨｚ、３９ＭＨｚ、３８ＭＨｚ、３７ＭＨｚ、３６ＭＨｚ、３５ＭＨｚ、３４ＭＨｚ、３３ＭＨｚ、３２ＭＨｚ、３１ＭＨｚ、３０ＭＨｚ、２９ＭＨｚ、２８ＭＨｚ、２７ＭＨｚ、２６ＭＨｚ、２５ＭＨｚ、２４ＭＨｚ、２３ＭＨｚ、２２ＭＨｚ、２１ＭＨｚ、２０ＭＨｚ、１９ＭＨｚ、１８ＭＨｚ、１７ＭＨｚ、１６ＭＨｚ、１５ＭＨｚ、１４ＭＨｚ、１３ＭＨｚ、１２ＭＨｚ、１１ＭＨｚ、１０ＭＨｚ、９ＭＨｚ、８ＭＨｚ、７ＭＨｚ、６ＭＨｚ、５ＭＨｚ、４ＭＨｚ、３ＭＨｚ、２ＭＨｚ、１ＭＨｚ、または１００ｋＨｚ未満であり得る。ＲＦ電圧の周波数は、上記に提供される任意の値の間であってもよい。

【０１０４】

ＳＷＩＦＴ電圧の振幅は、０ボルト（Ｖ）～１０Ｖ、１０Ｖ～２０Ｖ、２０Ｖ～３０Ｖ、３０Ｖ～４０Ｖ、４０Ｖ～５０Ｖ、５０Ｖ～６０Ｖ、６０Ｖ～７０Ｖ、７０Ｖ～８０Ｖ、８０Ｖ～９０Ｖ、９０Ｖ～１００Ｖであってもよい。ＳＷＩＦＴ電圧の振幅は、約１０Ｖ、２０Ｖ、３０Ｖ、４０Ｖ、５０Ｖ、６０Ｖ、７０Ｖ、８０Ｖ、９０Ｖ、または１００Ｖを上回り得る。ＳＷＩＦＴ電圧の振幅は、約１００Ｖ、９０Ｖ、８０Ｖ、７０Ｖ、６０Ｖ、５０Ｖ、４０Ｖ、３０Ｖ、２０Ｖ、または１０Ｖ未満であり得る。ＳＷＩＦＴ電圧の振幅は、上記に提供される任意の値の間であってもよい。

【０１０５】

周波数成分は、１０キロヘルツ（ｋＨｚ）～１メガヘルツ（ＭＨｚ）、１ＭＨｚ～２ＭＨｚ、２ＭＨｚ～３ＭＨｚ、３ＭＨｚ～４ＭＨｚ、４ＭＨｚ～５ＭＨｚ、５ＭＨｚ～６ＭＨｚ、６ＭＨｚ～７ＭＨｚ、７ＭＨｚ～８ＭＨｚ、８ＭＨｚ～９ＭＨｚ、９ＭＨｚ～１０ＭＨｚ、１０ＭＨｚ～１１ＭＨｚ、１１ＭＨｚ～１２ＭＨｚ、１２ＭＨｚ～１３ＭＨｚ、１３ＭＨｚ～１４ＭＨｚ、１４ＭＨｚ～１５ＭＨｚ、１５ＭＨｚ～１６ＭＨｚ、１６ＭＨｚ～１７ＭＨｚ、１７ＭＨｚ～１８ＭＨｚ、１８ＭＨｚ～１９ＭＨｚ、１９ＭＨｚ～２０ＭＨｚ、２０ＭＨｚ～２１ＭＨｚ、２１ＭＨｚ～２２ＭＨｚ、２２ＭＨｚ～２３ＭＨｚ、２３ＭＨｚ～２４ＭＨｚ、２４ＭＨｚ～２５ＭＨｚ、２５ＭＨｚ～２６ＭＨｚ、２６ＭＨｚ～２７ＭＨｚ、２７ＭＨｚ～２８ＭＨｚ、２８ＭＨｚ～２９ＭＨｚ、２９ＭＨｚ～３０ＭＨｚ、３０ＭＨｚ～３１ＭＨｚ、３１ＭＨｚ～３２ＭＨｚ、３２ＭＨｚ～３３ＭＨｚ、３３ＭＨｚ～３４ＭＨｚ、３４ＭＨｚ～３５ＭＨｚ、３５ＭＨｚ～３６ＭＨｚ、３６ＭＨｚ～３７ＭＨｚ、３７ＭＨｚ～３８ＭＨｚ、３８ＭＨｚ～３９ＭＨｚ、３９ＭＨｚ～４０ＭＨｚ、４０ＭＨｚ～４１ＭＨｚ、４１ＭＨｚ～４２ＭＨｚ、４２ＭＨｚ～４３ＭＨｚ、４３ＭＨｚ～４４ＭＨｚ、４４ＭＨｚ～４５ＭＨｚ、４５ＭＨｚ～４６ＭＨｚ、４６ＭＨｚ～４７ＭＨｚ、４７ＭＨｚ～４８ＭＨｚ、４８ＭＨｚ～４９ＭＨｚ、４９ＭＨｚ～５０ＭＨｚであってもよい。周波数成分は、約１００キロヘルツ（ｋＨｚ）、１メガヘルツ（ＭＨｚ）、２ＭＨｚ、３ＭＨｚ、４ＭＨｚ、５ＭＨｚ、６ＭＨｚ、７ＭＨｚ、８ＭＨｚ、９ＭＨｚ、１０ＭＨｚ、１１ＭＨｚ、１２ＭＨｚ、１３ＭＨｚ、１４ＭＨｚ、１５ＭＨｚ、１６ＭＨｚ、１７ＭＨｚ、１８ＭＨｚ、１９ＭＨｚ、２０ＭＨｚ、２１ＭＨｚ、２２ＭＨｚ、２３ＭＨｚ、２４ＭＨｚ、２５ＭＨｚ、２６ＭＨｚ、２７ＭＨｚ、２８ＭＨｚ、２９ＭＨｚ、３０ＭＨｚ、３１ＭＨｚ、３２ＭＨｚ、３３ＭＨｚ、３４ＭＨｚ、３５ＭＨｚ、３６ＭＨｚ、３７ＭＨｚ、３８ＭＨｚ、３９ＭＨｚ、４０ＭＨｚ、４１ＭＨｚ、４２Ｍ

Ｈｚ、４３ＭＨｚ、４４ＭＨｚ、４５ＭＨｚ、４６ＭＨｚ、４７ＭＨｚ、４８ＭＨｚ、４９ＭＨｚ、または５０ＭＨｚを上回り得る。周波数成分は、約５０ＭＨｚ、４９ＭＨｚ、４８ＭＨｚ、４７ＭＨｚ、４６ＭＨｚ、４５ＭＨｚ、４４ＭＨｚ、４３ＭＨｚ、４２ＭＨｚ、４１ＭＨｚ、４０ＭＨｚ、３９ＭＨｚ、３８ＭＨｚ、３７ＭＨｚ、３６ＭＨｚ、３５ＭＨｚ、３４ＭＨｚ、３３ＭＨｚ、３２ＭＨｚ、３１ＭＨｚ、３０ＭＨｚ、２９ＭＨｚ、２８ＭＨｚ、２７ＭＨｚ、２６ＭＨｚ、２５ＭＨｚ、２４ＭＨｚ、２３ＭＨｚ、２２ＭＨｚ、２１ＭＨｚ、２０ＭＨｚ、１９ＭＨｚ、１８ＭＨｚ、１７ＭＨｚ、１６ＭＨｚ、１５ＭＨｚ、１４ＭＨｚ、１３ＭＨｚ、１２ＭＨｚ、１１ＭＨｚ、１０ＭＨｚ、９ＭＨｚ、８ＭＨｚ、７ＭＨｚ、６ＭＨｚ、５ＭＨｚ、４ＭＨｚ、３ＭＨｚ、２ＭＨｚ、１ＭＨｚ、または１００ｋＨｚ未満であり得る。周波数成分は、上記に提供される任意の値の間であってもよい。

【０１０６】

図１２は、イオントンネルデバイスを備える、イオン操作デバイスを示す。イオントンネルデバイスは、パネルａに示されるように、複数のスタック式リング電極１２１３を備えることができる。反対極性を伴うＲＦ電圧が、隣接するリング電極の間に印加されることができる。ＲＦ電圧は、半径方向にイオンを拘束するために使用されることができる。例えば、パネルｂのような異なるＤＣ電圧が、軸方向にイオン移動を制御するために、リング電極のそれぞれに別個に印加されることができる。しかしながら、本開示は、軸方向にＲＦ電位勾配を形成するように、異なる振幅のＲＦ電圧の印加を提供する。

【０１０７】

ＲＦ電圧の頂点間振幅は、０ボルト（Ｖ）～１００Ｖ、１００Ｖ～２００Ｖ、２００Ｖ～３００Ｖ、３００Ｖ～４００Ｖ、４００Ｖ～５００Ｖ、５００Ｖ～６００Ｖ、６００Ｖ～７００Ｖ、７００Ｖ～８００Ｖ、８００Ｖ～９００Ｖ、９００Ｖ～１，０００Ｖ、１，０００Ｖ～１，１００Ｖ、１，１００Ｖ～１，２００Ｖ、１，２００Ｖ～１，３００Ｖ、１，３００Ｖ～１，４００Ｖ、１，４００Ｖ～１，５００Ｖ、１，５００Ｖ～１，６００Ｖ、１，６００Ｖ～１，７００Ｖ、１，７００Ｖ～１，８００Ｖ、１，８００Ｖ～１，９００Ｖ、１，９００Ｖ～２，０００Ｖ、２，０００Ｖ～２，１００Ｖ、２，１００Ｖ～２，２００Ｖ、２，２００Ｖ～２，３００Ｖ、２，３００Ｖ～２，４００Ｖ、２，４００Ｖ～２，５００Ｖ、２，５００Ｖ～２，６００Ｖ、２，６００Ｖ～２，７００Ｖ、２，７００Ｖ～２，８００Ｖ、２，８００Ｖ～２，９００Ｖ、２，９００Ｖ～３，０００Ｖ、３，０００Ｖ～３，１００Ｖ、３，１００Ｖ～３，２００Ｖ、３，２００Ｖ～３，３００Ｖ、３，３００Ｖ～３，４００Ｖ、３，４００Ｖ～３，５００Ｖ、３，５００Ｖ～３６００Ｖ、３，６００Ｖ～３，７００Ｖ、３，７００Ｖ～３，８００Ｖ、３，８００Ｖ～３，９００Ｖ、３，９００Ｖ～４，０００Ｖ、４，０００Ｖ～４，１００Ｖ、４，１００Ｖ～４，２００Ｖ、４，２００Ｖ～４，３００Ｖ、４，３００Ｖ～４，４００Ｖ、４，４００Ｖ～４，５００Ｖ、４，５００Ｖ～４，６００Ｖ、４，６００Ｖ～４７００Ｖ、４，７００Ｖ～４，８００Ｖ、４，８００Ｖ～４，９００Ｖ、４，９００Ｖ～５，０００Ｖであってもよい。ＲＦ電圧の頂点間振幅は、約０Ｖ、１００Ｖ、２００Ｖ、３００Ｖ、４００Ｖ、５００Ｖ、６００Ｖ、７００Ｖ、８００Ｖ、８００Ｖ、９００Ｖ、１，０００Ｖ、１，１００Ｖ、１，２００Ｖ、１，３００Ｖ、１，４００Ｖ、１，５００Ｖ、１６００Ｖ、１，７００Ｖ、１，８００Ｖ、１，９００Ｖ、２，０００Ｖ、２，１００Ｖ、２，２００Ｖ、２，３００Ｖ、２，４００Ｖ、２，５００Ｖ、２，６００Ｖ、２，７００Ｖ、２，８００Ｖ、２，９００Ｖ、３，０００Ｖ、３，１００Ｖ、３，２００Ｖ、３，３００Ｖ、３，４００Ｖ、３，５００Ｖ、３，６００Ｖ、３，７００Ｖ、３，８００Ｖ、３，９００Ｖ、４，０００Ｖ、４，１００Ｖ、４，２００Ｖ、４，３００Ｖ、４，４００Ｖ、４，５００Ｖ、４，６００Ｖ、４，７００Ｖ、４，８００Ｖ、４，９００Ｖ、または５，０００Ｖを上回り得る。ＲＦ電圧の頂点間振幅は、約５，０００Ｖ、４，９００Ｖ、４，８００Ｖ、４，７００Ｖ、４，６００Ｖ、４，５００Ｖ、４，４００Ｖ、４，３００Ｖ、４，２００Ｖ、４，１００Ｖ、４，０００Ｖ、３，９００Ｖ、３，８００Ｖ、３，７００Ｖ、３，６００Ｖ、３，５００Ｖ、３，４００Ｖ、３，３００Ｖ、３，２００Ｖ、３，１００Ｖ、３，０

００Ｖ、２，９００Ｖ、２，８００Ｖ、２，７００Ｖ、２，６００Ｖ、２，５００Ｖ、２，４００Ｖ、２，３００Ｖ、２，２００Ｖ、２，１００Ｖ、２，０００Ｖ、１，９００Ｖ、１，８００Ｖ、１，７００Ｖ、１，６００Ｖ、１，５００Ｖ、１，４００Ｖ、１，３００Ｖ、１，２００Ｖ、１，１００Ｖ、１，０００Ｖ、９００Ｖ、８００Ｖ、７００Ｖ、６００Ｖ、５００Ｖ、４００Ｖ、３００Ｖ、２００Ｖ、１００Ｖ、または１０Ｖ未満であり得る。ＲＦ電圧の頂点間振幅は、上記に提供される任意の値の間であってもよい。

【０１０８】

ＲＦ電圧の周波数は、１００キロヘルツ（ｋＨｚ）～１メガヘルツ（ＭＨｚ）、１ＭＨｚ～２ＭＨｚ、２ＭＨｚ～３ＭＨｚ、３ＭＨｚ～４ＭＨｚ、４ＭＨｚ～５ＭＨｚ、５ＭＨｚ～６ＭＨｚ、６ＭＨｚ～７ＭＨｚ、７ＭＨｚ～８ＭＨｚ、８ＭＨｚ～９ＭＨｚ、９ＭＨｚ～１０ＭＨｚ、１０ＭＨｚ～１１ＭＨｚ、１１ＭＨｚ～１２ＭＨｚ、１２ＭＨｚ～１３ＭＨｚ、１３ＭＨｚ～１４ＭＨｚ、１４ＭＨｚ～１５ＭＨｚ、１５ＭＨｚ～１６ＭＨｚ、１６ＭＨｚ～１７ＭＨｚ、１７ＭＨｚ～１８ＭＨｚ、１８ＭＨｚ～１９ＭＨｚ、１９ＭＨｚ～２０ＭＨｚ、２０ＭＨｚ～２１ＭＨｚ、２１ＭＨｚ～２２ＭＨｚ、２２ＭＨｚ～２３ＭＨｚ、２３ＭＨｚ～２４ＭＨｚ、２４ＭＨｚ～２５ＭＨｚ、２５ＭＨｚ～２６ＭＨｚ、２６ＭＨｚ～２７ＭＨｚ、２７ＭＨｚ～２８ＭＨｚ、２８ＭＨｚ～２９ＭＨｚ、２９ＭＨｚ～３０ＭＨｚ、３０ＭＨｚ～３１ＭＨｚ、３１ＭＨｚ～３２ＭＨｚ、３２ＭＨｚ～３３ＭＨｚ、３３ＭＨｚ～３４ＭＨｚ、３４ＭＨｚ～３５ＭＨｚ、３５ＭＨｚ～３６ＭＨｚ、３６ＭＨｚ～３７ＭＨｚ、３７ＭＨｚ～３８ＭＨｚ、３８ＭＨｚ～３９ＭＨｚ、３９ＭＨｚ～４０ＭＨｚ、４０ＭＨｚ～４１ＭＨｚ、４１ＭＨｚ～４２ＭＨｚ、４２ＭＨｚ～４３ＭＨｚ、４３ＭＨｚ～４４ＭＨｚ、４４ＭＨｚ～４５ＭＨｚ、４５ＭＨｚ～４６ＭＨｚ、４６ＭＨｚ～４７ＭＨｚ、４７ＭＨｚ～４８ＭＨｚ、４８ＭＨｚ～４９ＭＨｚ、または４９ＭＨｚ～５０ＭＨｚであってもよい。ＲＦ電圧の周波数は、約１００キロヘルツ（ｋＨｚ）、１メガヘルツ（ＭＨｚ）、２ＭＨｚ、３ＭＨｚ、４ＭＨｚ、５ＭＨｚ、６ＭＨｚ、７ＭＨｚ、８ＭＨｚ、９ＭＨｚ、１０ＭＨｚ、１１ＭＨｚ、１２ＭＨｚ、１３ＭＨｚ、１４ＭＨｚ、１５ＭＨｚ、１６ＭＨｚ、１７ＭＨｚ、１８ＭＨｚ、１９ＭＨｚ、２０ＭＨｚ、２１ＭＨｚ、２２ＭＨｚ、２３ＭＨｚ、２４ＭＨｚ、２５ＭＨｚ、２６ＭＨｚ、２７ＭＨｚ、２８ＭＨｚ、２９ＭＨｚ、３０ＭＨｚ、３１ＭＨｚ、３２ＭＨｚ、３３ＭＨｚ、３４ＭＨｚ、３５ＭＨｚ、３６ＭＨｚ、３７ＭＨｚ、３８ＭＨｚ、３９ＭＨｚ、４０ＭＨｚ、４１ＭＨｚ、４２ＭＨｚ、４３ＭＨｚ、４４ＭＨｚ、４５ＭＨｚ、４６ＭＨｚ、４７ＭＨｚ、４８ＭＨｚ、４９ＭＨｚ、または５０ＭＨｚを上回り得る。ＲＦ電圧の周波数は、約５０ＭＨｚ、４９ＭＨｚ、４８ＭＨｚ、４７ＭＨｚ、４６ＭＨｚ、４５ＭＨｚ、４４ＭＨｚ、４３ＭＨｚ、４２ＭＨｚ、４１ＭＨｚ、４０ＭＨｚ、３９ＭＨｚ、３８ＭＨｚ、３７ＭＨｚ、３６ＭＨｚ、３５ＭＨｚ、３４ＭＨｚ、３３ＭＨｚ、３２ＭＨｚ、３１ＭＨｚ、３０ＭＨｚ、２９ＭＨｚ、２８ＭＨｚ、２７ＭＨｚ、２６ＭＨｚ、２５ＭＨｚ、２４ＭＨｚ、２３ＭＨｚ、２２ＭＨｚ、２１ＭＨｚ、２０ＭＨｚ、１９ＭＨｚ、１８ＭＨｚ、１７ＭＨｚ、１６ＭＨｚ、１５ＭＨｚ、１４ＭＨｚ、１３ＭＨｚ、１２ＭＨｚ、１１ＭＨｚ、１０ＭＨｚ、９ＭＨｚ、８ＭＨｚ、７ＭＨｚ、６ＭＨｚ、５ＭＨｚ、４ＭＨｚ、３ＭＨｚ、２ＭＨｚ、１ＭＨｚ、または１００ｋＨｚ未満であり得る。ＲＦ電圧の周波数は、上記に提供される任意の値の間であってもよい。

【０１０９】

ＲＦ電位勾配は、ＤＣ電位勾配からのものに対して反対の力をイオンに課すことができる。ＲＦ多極場の擬電位理論によると、異なる質量を伴うイオンに関する有効電位もまた、異なるであろう。これは、パネルｃに図示される。並行して、ＤＣ電圧によって発生される電位勾配は、パネルｄに示されるように、イオンの質量から独立して全てのイオンに等しい力を課す。本開示は、したがって、ＤＣ電圧によって発生される力およびＲＦ電位勾配によって発生される力を調節し、軸方向に異なるｍ／ｚ値を伴うイオンの運動状態を変化させる。例えば、ＤＣ電圧およびＲＦ電位勾配によって発生される、２つの対向する力が、等しい大きさでイオンの群に作用するとき、イオンは、その軸方向駆動力を失い、軸方向点において浮遊したままとなり、半径方向に前後に移動するであろう。しかしなが

ら、同一の状況下で、種々の質量を伴うイオンの別の群が、前方に駆動される、または軸方向に後方に押動されることができる。したがって、本開示に説明されるものは、それによって質量濾過、イオン貯蔵、および大まかな質量分離が実現され得る、機構である。

【０１１０】

パネルＢは、ＲＦ電圧の振幅が徐々に増加され、ＤＣ電圧が入口から出口まで徐々に減少される、実施形態を示す。したがって、イオンが、質量順によって軸方向の軸に沿って異なる場所に留まり、高質量イオンが、出口のより近傍にある。並行して、ある質量よりも低い質量を伴うイオンが、正味力によって後方に押進されるであろう。本正味力は、ある質量よりも低い質量を伴うイオンが操作デバイスに進入しないように防ぐことができる。正味力はまた、ある質量よりも高い質量を伴うイオンをイオン操作デバイスから押し出すことができる。本開示される正味力およびその使用は、正味力が、より低いエネルギーを伴う低質量イオンよりも高い射出エネルギーを用いて、高質量イオンを駆動するであろうという点で、改良されたデューティサイクルおよび感度等の利点を提供する。代替として、または組み合わせて、経時的にＲＦ電圧およびＤＣ電圧を制御することによって、イオンは、質量値の降順で、最初に貯蔵され、軸方向に分離され、次いで、放出されることができる。代替として、または組み合わせて、イオンを除去するための他の機構も、干渉イオン等のイオンを除去するために使用されることができる。

【０１１１】

図１３は、各リング電極の内径が徐々に変化される、イオン漏斗１３１３に基づくイオン操作デバイスを示す。軸方向へのＲＦ擬電位勾配もまた、形成されることができる。これは、使用されるＲＦ電圧の振幅が一定であり得るという点で、システム複雑性およびコストを低減させることができる。代替として、または組み合わせて、各リング電極の軸方向空間および厚さは、類似目的を達成するように調節されることができる。

【０１１２】

一実施形態では、イオン操作デバイスは、イオンが、一方の端部において進入し、別の端部において退出する、トンネルを形成するための複数のスタック式リング電極を備える。反対極性のＲＦ電圧が、隣接するリング電極に印加されることができる。ＤＣ電圧が、リング電極を通して軸方向にイオン移動を制御するように、各リング電極に別個に印加されることができる。印加されるＲＦ電圧の振幅は、入口から出口まで徐々に増加されることができる、または入口から出口まで実質的に一定であり得る。加えて、リング電極に印加されるＤＣ電圧の振幅は、入口から出口まで徐々に減少されることができる、または入口から出口まで実質的に一定であり得る。各リング電極の間の軸方向空間は、実質的に同一であり得る、またはトンネルの長さに沿って変化することができる、もしくはそれらの任意の組み合わせである。各リング電極の厚さは、実質的に同一であり得る、またはトンネルの長さに沿って変化することができる、もしくはそれらの任意の組み合わせである。

【０１１３】

図１４は、軸方向に区画化された四重極または多極を備え得る、イオン操作デバイスを示す。ＲＦ電圧が、類似様式で上記に説明される四重極および多極に印加されることができる。反対極性を伴うＲＦ電圧が、各四重極／多極区画内の隣接する電極上に印加されることができる。並行して、ＤＣ電圧が、軸方向にＤＣ電位勾配を発生させるように、各区画に印加されることができる。代替として、異なる区画上に印加されるＲＦ電圧の振幅は、軸方向にＲＦ擬電位勾配を発生させるように変動されることができる。代替として、または組み合わせて、ＳＷＩＦＴ電圧が、それによって干渉イオンが除去され得る機構を提供するように、区画化された四重極の上に重畳されることができる。示されるように、区画化された四重極の電極の断面は、限定ではないが、円形、扇形、三角形、台形、または長方形を含む、任意の形状であり得る。

【０１１４】

本開示されるものは、ＴＯＦ質量分析器のデューティ比を改良するためのイオン操作デバイス、単一ＲＦ四重極である。構造は、平行に設置される４つのロッド電極を備える、四重極であり得る。各対向ロッド対が、電気的に接続されることができる。ＲＦ電圧およ

びＤＣ電圧が、一方のロッド対に印加されることができる。ＤＣ電圧が、他方のロッド対に印加されることができる。２つのエンドキャップ電極が、単一ＲＦ四重極の反対端において、ＤＣ電圧を搬送して適用されることができる。発生される軸方向電場は、エンドキャップ電極と単一ＲＦ四重極との間の２つの領域内で変化されることができる。特定のＤＣ電圧およびＲＦ電圧の印加に応じて、領域内の軸方向電場の方向もまた、変化するであろう。変化の周波数は、ＲＦ電圧の周波数に関連する。持続的イオン流が領域を通して飛行するにつれて、周期的に変動する電場は、イオンゲートとして作用し、持続的イオン流を別個のイオンパケットに分割することができる。ＲＦの周波数およびＲＦまたはＤＣ電圧の振幅を制御することによって、イオンゲートの開放時間および間隔時間は、隣接するイオンパケットの時間の長さおよび時間間隔を制御するように調節されることができる。

【０１１５】

図１５は、単一ＲＦ四重極イオン操作デバイスから発生される２つの同等のイオンゲートの時系列を示す。２つのイオンゲートの間のイオンの飛行時間に合致するために、２つのイオンゲートの開放時間間隔を制御することは、イオン軸方向圧縮をもたらす。時間間隔は、約５マイクロ秒（μｓ）～１００μｓ、１００μｓ～２００μｓ、２００μｓ～３００μｓ、３００μｓ～４００μｓ、４００μｓ～５００μｓ、５００μｓ～６００μｓ、６００μｓ～７００μｓ、７００μｓ～８００μｓ、８００μｓ～９００μｓ、９００μｓ～１ミリ秒（ｍｓ）、１ｍｓ～２ｍｓ、２ｍｓ～３ｍｓ、３ｍｓ～４ｍｓ、４ｍｓ～５ｍｓであってもよい。時間間隔は、約５マイクロ秒（μｓ）、１００μｓ、２００μｓ、３００μｓ、４００μｓ、５００μｓ、６００μｓ、７００μｓ、８００μｓ、９００μｓ、１ミリ秒（ｍｓ）、２ｍｓ、３ｍｓ、４ｍｓ、または５ｍｓを上回り得る。時間間隔は、約５ｍｓ、４ｍｓ、３ｍｓ、２ｍｓ、１ｍｓ、９００μｓ、８００μｓ、７００μｓ、６００μｓ、５００μｓ、４００μｓ、３００μｓ、２００μｓ、１００μｓ、または５μｓ未満であり得る。時間間隔は、上記に提供される任意の値の間であってもよい。イオン軸方向圧縮は、イオンパケットの時間の長さを効果的に減少させる。

【０１１６】

図１６は、動作時系列を示す。時間ｔ１では、イオンゲート１が、開放し、イオンゲート２が、閉鎖される。持続的イオン流が、イオンゲート１を通してイオンゲート２まで飛行する。時間ｔ２では、イオンゲート１が、閉鎖され、イオンゲート２が、閉鎖される。したがって、イオンゲート１を通して通過するイオンは、イオンのパケットに束ねられる。時間ｔ３では、イオンゲート１が、閉鎖され、イオンゲート２が、閉鎖され、全ての束ねられたイオンをイオンゲート２の近傍に到達させ、緊密なイオンパケットの中に圧縮させる。時間ｔ４では、イオンゲート１が、閉鎖され、イオンゲート２が、開放し、イオンゲート２の近傍のイオンパケットを、イオンゲート２を通して下流デバイスまで通過させる。下流デバイスは、ＴＯＦ質量分析器の直交加速領域であってもよい。イオンゲート２を通したイオンパケットの通過を直交加速領域のパルス加速電圧と同期化することは、パルス加速電圧がＴＯＦ質量分析器のデューティサイクルを改良することを可能にし、それによって、感度を増加させることができる。

【０１１７】

図１７は、単一ＲＦ電圧を伴う区画化された四重極を示す。ＲＦ電圧の頂点間振幅は、０ボルト（Ｖ）～１００Ｖ、１００Ｖ～２００Ｖ、２００Ｖ～３００Ｖ、３００Ｖ～４００Ｖ、４００Ｖ～５００Ｖ、５００Ｖ～６００Ｖ、６００Ｖ～７００Ｖ、７００Ｖ～８００Ｖ、８００Ｖ～９００Ｖ、９００Ｖ～１，０００Ｖ、１，０００Ｖ～１，１００Ｖ、１，１００Ｖ～１，２００Ｖ、１，２００Ｖ～１，３００Ｖ、１，３００Ｖ～１，４００Ｖ、１，４００Ｖ～１，５００Ｖ、１，５００Ｖ～１，６００Ｖ、１，６００Ｖ～１，７００Ｖ、１，７００Ｖ～１，８００Ｖ、１，８００Ｖ～１９００Ｖ、１，９００Ｖ～２，０００Ｖ、２，０００Ｖ～２，１００Ｖ、２，１００Ｖ～２，２００Ｖ、２，２００Ｖ～２，３００Ｖ、２，３００Ｖ～２，４００Ｖ、２，４００Ｖ～２，５００Ｖ、２，５００Ｖ～２，６００Ｖ、２，６００Ｖ～２，７００Ｖ、２，７００Ｖ～２，８００Ｖ、２，８００Ｖ～２，９００Ｖ、２，９００Ｖ～３，０００Ｖ、３，０００Ｖ～３，１００Ｖ、３，

１００Ｖ～３，２００Ｖ、３，２００Ｖ～３，３００Ｖ、３，３００Ｖ～３，４００Ｖ、３，４００Ｖ～３，５００Ｖ、３，５００Ｖ～３，６００Ｖ、３，６００Ｖ～３，７００Ｖ、３，７００Ｖ～３，８００Ｖ、３，８００Ｖ～３，９００Ｖ、３，９００Ｖ～４，０００Ｖ、４，０００Ｖ～４，１００Ｖ、４，１００Ｖ～４，２００Ｖ、４，２００Ｖ～４，３００Ｖ、４，３００Ｖ～４，４００Ｖ、４，４００Ｖ～４，５００Ｖ、４，５００Ｖ～４，６００Ｖ、４，６００Ｖ～４，７００Ｖ、４，７００Ｖ～４，８００Ｖ、４，８００Ｖ～４，９００Ｖ、４，９００Ｖ～５，０００Ｖであってもよい。ＲＦ電圧の頂点間振幅は、約０Ｖ、１００Ｖ、２００Ｖ、３００Ｖ、４００Ｖ、５００Ｖ、６００Ｖ、７００Ｖ、８００Ｖ、８００Ｖ、９００Ｖ、１，０００Ｖ、１，１００Ｖ、１，２００Ｖ、１，３００Ｖ、１，４００Ｖ、１，５００Ｖ、１，６００Ｖ、１，７００Ｖ、１，８００Ｖ、１，９００Ｖ、２，０００Ｖ、２，１００Ｖ、２，２００Ｖ、２，３００Ｖ、２，４００Ｖ、２，５００Ｖ、２，６００Ｖ、２，７００Ｖ、２，８００Ｖ、２，９００Ｖ、３，０００Ｖ、３，１００Ｖ、３，２００Ｖ、３，３００Ｖ、３，４００Ｖ、３，５００Ｖ、３，６００Ｖ、３，７００Ｖ、３，８００Ｖ、３，９００Ｖ、４，０００Ｖ、４，１００Ｖ、４，２００Ｖ、４，３００Ｖ、４，４００Ｖ、４，５００Ｖ、４，６００Ｖ、４，７００Ｖ、４，８００Ｖ、４，９００Ｖ、または５，０００Ｖを上回り得る。ＲＦ電圧の頂点間振幅は、約５，０００Ｖ、４，９００Ｖ、４，８００Ｖ、４，７００Ｖ、４，６００Ｖ、４，５００Ｖ、４，４００Ｖ、４，３００Ｖ、４，２００Ｖ、４，１００Ｖ、４，０００Ｖ、３，９００Ｖ、３，８００Ｖ、３，７００Ｖ、３，６００Ｖ、３，５００Ｖ、３，４００Ｖ、３，３００Ｖ、３，２００Ｖ、３，１００Ｖ、３，０００Ｖ、２，９００Ｖ、２，８００Ｖ、２，７００Ｖ、２，６００Ｖ、２，５００Ｖ、２，４００Ｖ、２，３００Ｖ、２，２００Ｖ、２，１００Ｖ、２，０００Ｖ、１，９００Ｖ、１，８００Ｖ、１，７００Ｖ、１，６００Ｖ、１，５００Ｖ、１，４００Ｖ、１，３００Ｖ、１，２００Ｖ、１，１００Ｖ、１，０００Ｖ、９００Ｖ、８００Ｖ、７００Ｖ、６００Ｖ、５００Ｖ、４００Ｖ、３００Ｖ、２００Ｖ、１００Ｖ、または１０Ｖ未満であり得る。ＲＦ電圧の頂点間振幅は、上記に提供される任意の値の間であってもよい。

【０１１８】

ＲＦ電圧の周波数は、１００キロヘルツ（ｋＨｚ）～１メガヘルツ（ＭＨｚ）、１ＭＨｚ～２ＭＨｚ、２ＭＨｚ～３ＭＨｚ、３ＭＨｚ～４ＭＨｚ、４ＭＨｚ～５ＭＨｚ、５ＭＨｚ～６ＭＨｚ、６ＭＨｚ～７ＭＨｚ、７ＭＨｚ～８ＭＨｚ、８ＭＨｚ～９ＭＨｚ、９ＭＨｚ～１０ＭＨｚ、１０ＭＨｚ～１１ＭＨｚ、１１ＭＨｚ～１２ＭＨｚ、１２ＭＨｚ～１３ＭＨｚ、１３ＭＨｚ～１４ＭＨｚ、１４ＭＨｚ～１５ＭＨｚ、１５ＭＨｚ～１６ＭＨｚ、１６ＭＨｚ～１７ＭＨｚ、１７ＭＨｚ～１８ＭＨｚ、１８ＭＨｚ～１９ＭＨｚ、１９ＭＨｚ～２０ＭＨｚ、２０ＭＨｚ～２１ＭＨｚ、２１ＭＨｚ～２２ＭＨｚ、２２ＭＨｚ～２３ＭＨｚ、２３ＭＨｚ～２４ＭＨｚ、２４ＭＨｚ～２５ＭＨｚ、２５ＭＨｚ～２６ＭＨｚ、２６ＭＨｚ～２７ＭＨｚ、２７ＭＨｚ～２８ＭＨｚ、２８ＭＨｚ～２９ＭＨｚ、２９ＭＨｚ～３０ＭＨｚ、３０ＭＨｚ～３１ＭＨｚ、３１ＭＨｚ～３２ＭＨｚ、３２ＭＨｚ～３３ＭＨｚ、３３ＭＨｚ～３４ＭＨｚ、３４ＭＨｚ～３５ＭＨｚ、３５ＭＨｚ～３６ＭＨｚ、３６ＭＨｚ～３７ＭＨｚ、３７ＭＨｚ～３８ＭＨｚ、３８ＭＨｚ～３９ＭＨｚ、３９ＭＨｚ～４０ＭＨｚ、４０ＭＨｚ～４１ＭＨｚ、４１ＭＨｚ～４２ＭＨｚ、４２ＭＨｚ～４３ＭＨｚ、４３ＭＨｚ～４４ＭＨｚ、４４ＭＨｚ～４５ＭＨｚ、４５ＭＨｚ～４６ＭＨｚ、４６ＭＨｚ～４７ＭＨｚ、４７ＭＨｚ～４８ＭＨｚ、４８ＭＨｚ～４９ＭＨｚ、４９ＭＨｚ～５０ＭＨｚであってもよい。ＲＦ電圧の周波数は、約１００キロヘルツ（ｋＨｚ）、１メガヘルツ（ＭＨｚ）、２ＭＨｚ、３ＭＨｚ、４ＭＨｚ、５ＭＨｚ、６ＭＨｚ、７ＭＨｚ、８ＭＨｚ、９ＭＨｚ、１０ＭＨｚ、１１ＭＨｚ、１２ＭＨｚ、１３ＭＨｚ、１４ＭＨｚ、１５ＭＨｚ、１６ＭＨｚ、１７ＭＨｚ、１８ＭＨｚ、１９ＭＨｚ、２０ＭＨｚ、２１ＭＨｚ、２２ＭＨｚ、２３ＭＨｚ、２４ＭＨｚ、２５ＭＨｚ、２６ＭＨｚ、２７ＭＨｚ、２８ＭＨｚ、２９ＭＨｚ、３０ＭＨｚ、３１ＭＨｚ、３２ＭＨｚ、３３ＭＨｚ、３４ＭＨｚ、３５ＭＨｚ、３６ＭＨｚ、３７ＭＨｚ、３８ＭＨｚ、３９ＭＨｚ、４０ＭＨｚ、４１ＭＨｚ、４２ＭＨｚ、４３ＭＨｚ、４４ＭＨｚ、４５ＭＨｚ、４６ＭＨｚ、４７ＭＨｚ、

４８ＭＨｚ、４９ＭＨｚ、または５０ＭＨｚを上回り得る。ＲＦ電圧の周波数は、約５０ＭＨｚ、４９ＭＨｚ、４８ＭＨｚ、４７ＭＨｚ、４６ＭＨｚ、４５ＭＨｚ、４４ＭＨｚ、４３ＭＨｚ、４２ＭＨｚ、４１ＭＨｚ、４０ＭＨｚ、３９ＭＨｚ、３８ＭＨｚ、３７ＭＨｚ、３６ＭＨｚ、３５ＭＨｚ、３４ＭＨｚ、３３ＭＨｚ、３２ＭＨｚ、３１ＭＨｚ、３０ＭＨｚ、２９ＭＨｚ、２８ＭＨｚ、２７ＭＨｚ、２６ＭＨｚ、２５ＭＨｚ、２４ＭＨｚ、２３ＭＨｚ、２２ＭＨｚ、２１ＭＨｚ、２０ＭＨｚ、１９ＭＨｚ、１８ＭＨｚ、１７ＭＨｚ、１６ＭＨｚ、１５ＭＨｚ、１４ＭＨｚ、１３ＭＨｚ、１２ＭＨｚ、１１ＭＨｚ、１０ＭＨｚ、９ＭＨｚ、８ＭＨｚ、７ＭＨｚ、６ＭＨｚ、５ＭＨｚ、４ＭＨｚ、３ＭＨｚ、２ＭＨｚ、１ＭＨｚ、または１００ｋＨｚ未満であり得る。ＲＦ電圧の周波数は、上記に提供される任意の値の間であってもよい。

【０１１９】

複数のＤＣ電圧が、イオンの飛行時間を制御するために軸方向にＤＣ電位勾配を形成するように、各区画の全てのロッド電極に別個に印加される。デバイスの利点は、イオンが時間ｔ３においてイオンゲート１からイオンゲート２まで飛行するために要求される時間が、２つのイオンゲートの開口部の間の時間間隔に合致するように柔軟に制御され得ることである。これは、軸方向のイオン圧縮を改良することができる。

【０１２０】

図１８は、上記に開示されるエンドキャップ電極が２つの短縮されたＲＦ四重極と置換される、区画化された四重極を示す。本実施形態では、イオンが、感度をさらに改良するように、時間ｔ２とｔ４との間のイオンゲート１の前に短縮された四重極内に貯蔵されることができる。代替として、短縮された四重極は、限定ではないが、多極デバイス、イオントンネル、またはイオン漏斗を含む、イオン貯蔵のための他のデバイスと置換されることができる。

【０１２１】

図１９は、３つの単一ＲＦ四重極デバイスから成るイオン操作デバイスを示す。隣接する四重極コンポーネント上に印加される単一ＲＦ電圧の極性は、異なる。同時に、単一ＲＦ電圧が、隣接する四重極コンポーネントの異なるロッド対上に印加される。本構成は、ゲーティング面積を通してイオンの移動を制御することによって、感度の増加およびイオン飛行時間の制御を可能にし得る。

【０１２２】

提供される方法およびシステムの適用は、基礎的コンピューティングインフラストラクチャまたはコンピューティング環境によって限定されないことに留意されたい。例えば、提供される制御システムは、メッシュコンピューティング、ピアツーピアコンピューティング、自立（自己復旧）コンピューティング、無線センサネットワーク、モバイルデータ入手、モバイルシグネチャ分析、協調的分散ピアツーピアアドホックネットワーキングおよび処理、ローカルクラウド／フォグコンピューティングおよびグリッド／メッシュコンピューティング、デューコンピューティング、モバイルエッジコンピューティング、クラウドレット、分散データ記憶および読出、遠隔クラウドサービス、拡張現実、ならびに同等物等の種々の技術を利用する、グリッドコンピューティングプラットフォームまたはシステムに適用されてもよい。本明細書は、クラウドコンピューティングの説明を含むが、本明細書に記載される教示の実装は、クラウドコンピューティング環境に限定されないことを事前に理解されたい。さらに、本発明の実施形態は、現在公知である、または後に開発される、任意の他のタイプのコンピューティング環境と併せて実装されることが可能である。

【０１２３】

本開示は、本開示の方法およびシステムを実装するようにプログラムされる、コンピュータシステムを提供する。図２０は、上記に説明されるような信号処理デバイスを実装するようにプログラムまたは別様に構成される、コンピュータシステム２００１を示す。コンピュータシステム２００１は、例えば、イオンゲーティングコンポーネントを制御すること、およびグラフィカルユーザインターフェースならびに本明細書の他の場所に説明さ

れるような他の機能をレンダリングすること等の本開示の種々の側面を調整することができる。コンピュータシステム２００１は、電子デバイスに対して遠隔に位置する、ユーザの電子デバイスまたはコンピュータシステムであり得る。電子デバイスは、随意に、モバイル電子デバイスであり得る。

【０１２４】

コンピュータシステム２００１は、シングルコアまたはマルチコアプロセッサ、もしくは並列処理のための複数のプロセッサであり得る、中央処理ユニット２００５（ＣＰＵ、また、本明細書では「プロセッサ」および「コンピュータプロセッサ」）を含む。コンピュータシステム２００１はまた、メモリまたはメモリ場所２０１０（例えば、ランダムアクセスメモリ、読取専用メモリ、フラッシュメモリ）と、電子記憶ユニット２０１５（例えば、ハードディスク）と、１つ以上の他のシステムと通信するための通信インターフェース２０２０（例えば、ネットワークアダプタ）と、キャッシュ、他のメモリ、データ記憶装置、および／または電子ディスプレイアダプタ等の周辺デバイス２０２５とを含む。メモリ２０１０、記憶ユニット２０１５、インターフェース２０２０、および周辺デバイス２０２５は、マザーボード等の通信バス（実線）を通してＣＰＵ２００５と通信する。記憶ユニット２０１５は、データを記憶するためのデータ記憶ユニット（またはデータリポジトリ）であり得る。コンピュータシステム２００１は、通信インターフェース２０２０の助けを借りて、コンピュータネットワーク（「ネットワーク」）２０３０に動作可能に結合されることができる。ネットワーク２０３０は、インターネット、イントラネットおよび／またはエクストラネット、もしくはインターネットと通信するイントラネットおよび／またはエクストラネットであり得る。

【０１２５】

ネットワーク２０３０は、ある場合には、電気通信および／またはデータネットワークである。ネットワーク２０３０は、クラウドコンピューティング等の分散コンピューティングを可能にし得る、１つ以上のコンピュータサーバを含むことができる。例えば、１つ以上のコンピュータサーバは、ネットワーク２０３０（「クラウド」）を経由するクラウドコンピューティングが、例えば、１つ以上の実験環境の構成を捕捉すること、製品（例えば、アプリケーション）の使用分析を実施すること、およびプロジェクトの統計の出力を提供すること等の本開示の分析、計算、ならびに発生の種々の側面を実施することを可能にし得る。そのようなクラウドコンピューティングは、例えば、Ａｍａｚｏｎ Ｗｅｂ Ｓｅｒｖｉｃｅｓ（ＡＷＳ）、Ｍｉｃｒｏｓｏｆｔ Ａｚｕｒｅ、Ｇｏｏｇｌｅ Ｃｌｏｕｄ Ｐｌａｔｆｏｒｍ、およびＩＢＭクラウド等のクラウドコンピューティングプラットフォームによって提供されてもよい。ネットワーク２０３０は、ある場合には、コンピュータシステム２００１の助けを借りて、コンピュータシステム２００１に結合されるデバイスが、クライアントまたはサーバとして挙動することを可能にし得る、ピアツーピアネットワークを実装することができる。

【０１２６】

ＣＰＵ２００５は、プログラムまたはソフトウェアで具現化され得る、機械可読命令のシーケンスを実行することができる。命令は、メモリ２０１０等のメモリ場所内に記憶されてもよい。命令は、ＣＰＵ２００５にダイレクトされることができ、これは、続いて、本開示の方法を実装するようにＣＰＵ２００５をプログラムまたは別様に構成することができる。ＣＰＵ２００５によって実施される動作の実施例は、フェッチ、デコード、実行、およびライトバックを含むことができる。

【０１２７】

ＣＰＵ２００５は、集積回路等の回路の一部であり得る。システム２００１の１つ以上の他のコンポーネントが、回路内に含まれることができる。ある場合には、回路は、特定用途向け集積回路（ＡＳＩＣ）である。

【０１２８】

記憶ユニット２０１５は、ドライバ、ライブラリ、および保存されたプログラム等のファイルを記憶することができる。記憶ユニット２０１５は、ユーザデータ、例えば、ユー

ザ選好およびユーザプログラムを記憶することができる。コンピュータシステム２００１は、ある場合には、イントラネットまたはインターネットを通してコンピュータシステム２００１と通信する遠隔サーバ上に位置する等、コンピュータシステム２００１の外部にある１つ以上の付加的データ記憶ユニットを含むことができる。

【０１２９】

コンピュータシステム２００１は、ネットワーク２０３０を通して１つ以上の遠隔コンピュータシステムと通信することができる。例えば、コンピュータシステム２００１は、ユーザ（例えば、実験環境のユーザ）の遠隔コンピュータシステムと通信することができる。遠隔コンピュータシステムの実施例は、パーソナルコンピュータ（例えば、ポータブルＰＣ）、スレートまたはタブレットＰＣ（例えば、Ａｐｐｌｅ（登録商標） ｉＰａｄ（登録商標）、Ｓａｍｓｕｎｇ（登録商標） Ｇａｌａｘｙ Ｔａｂ）、電話、スマートフォン（例えば、Ａｐｐｌｅ（登録商標） ｉＰｈｏｎｅ（登録商標）、Ａｎｄｒｏｉｄ対応デバイス、Ｂｌａｃｋｂｅｒｒｙ（登録商標））、もしくは携帯情報端末を含む。ユーザは、ネットワーク２０３０を介してコンピュータシステム２００１にアクセスすることができる。

【０１３０】

本明細書に説明されるような方法は、例えば、メモリ２０１０または電子記憶ユニット２０１５上等のコンピュータシステム２００１の電子記憶場所上に記憶される機械（例えば、コンピュータプロセッサ）実行可能コードを用いて実装されることができる。機械実行可能または機械可読コードは、ソフトウェアの形態において提供されることができる。使用の間、コードは、プロセッサ２００５によって実行されることができる。ある場合には、コードは、記憶ユニット２０１５から読み出され、プロセッサ２００５による迅速なアクセスのためにメモリ２０１０上に記憶されることができる。いくつかの状況では、電子記憶ユニット２０１５は、除外されることができ、機械実行可能命令は、メモリ２０１０上に記憶される。

【０１３１】

コードは、事前コンパイルされ、コードを実行するように適合されるプロセッサを有する機械との併用のために構成されることができる、またはランタイムの間にコンパイルされることができる。コードは、コードが事前コンパイルまたはアズコンパイルされた方式で実行されることを可能にするように選択され得る、プログラミング言語で供給されることができる。

【０１３２】

コンピュータシステム２００１等の本明細書に提供されるシステムおよび方法の側面は、プログラミングにおいて具現化されることができる。本技術の種々の側面は、典型的には、あるタイプの機械可読媒体上で搬送される、またはそれにおいて具現化される機械（もしくはプロセッサ）実行可能コードおよび／または関連付けられるデータの形態における「製品」もしくは「製造品」と考えられ得る。機械実行可能コードは、メモリ（例えば、読取専用メモリ、ランダムアクセスメモリ、フラッシュメモリ）またはハードディスク等の電子記憶ユニット上に記憶されることができる。「記憶」タイプ媒体は、ソフトウェアプログラミングのために任意の時点で非一過性記憶を提供し得る、コンピュータ、プロセッサ、または同等物の有形メモリ、もしくは種々の半導体メモリ、テープドライブ、ディスクドライブ、および同等物等のその関連付けられるモジュールのうちのいずれかまたは全てを含むことができる。ソフトウェアの全てまたは一部は、随時、インターネットまたは種々の他の電気通信ネットワークを通して通信されてもよい。そのような通信は、例えば、１つのコンピュータまたはプロセッサから別のものへの、例えば、管理サーバまたはホストコンピュータからアプリケーションサーバのコンピュータプラットフォームへのソフトウェアのロードを可能にし得る。したがって、ソフトウェア要素を搭載し得る別のタイプの媒体は、ローカルデバイスの間の物理的インターフェースを横断して、有線および光学固定ネットワークを通して、および種々のエアリンクを経由して使用される等、光学、電気、および電磁波を含む。有線または無線リンク、光学リンク、もしくは同等物等

のそのような波を搬送する物理的要素はまた、ソフトウェアを搭載する媒体と見なされてもよい。本明細書に使用されるように、非一過性の有形「記憶」媒体に制限されない限り、コンピュータまたは機械「可読媒体」等の用語は、実行のためにプロセッサに命令を提供することに関与する任意の媒体を指す。

【０１３３】

故に、コンピュータ実行可能コード等の機械可読媒体は、限定ではないが、有形記憶媒体、搬送波媒体、または物理的伝送媒体を含む、多くの形態をとってもよい。不揮発性記憶媒体は、例えば、図面に示されるデータベース等を実装するために使用され得る等、任意のコンピュータまたは同等物内の記憶デバイスのうちのいずれか等の光学もしくは磁気ディスクを含む。揮発性記憶媒体は、そのようなコンピュータプラットフォームの主要メモリ等のダイナミックメモリを含む。有形伝送媒体は、同軸ケーブル、すなわち、コンピュータシステム内のバスを備えるワイヤを含む、銅ワイヤおよび光ファイバを含む。搬送波伝送媒体は、電気または電磁信号、もしくは無線周波数（ＲＦ）および赤外線（ＩＲ）データ通信の間に発生されるもの等の音響または光波の形態をとってもよい。コンピュータ可読媒体の一般的な形態は、したがって、例えば、フロッピー（登録商標）ディスク、フレキシブルディスク、ハードディスク、磁気テープ、任意の他の磁気媒体、ＣＤ－ＲＯＭ、ＤＶＤまたはＤＶＤ－ＲＯＭ、任意の他の光学媒体、パンチカード、紙テープ、孔のパターンを伴う任意の他の物理的記憶媒体、ＲＡＭ、ＲＯＭ、ＰＲＯＭおよびＥＰＲＯＭ、ＦＬＡＳＨ－ＥＰＲＯＭ、任意の他のメモリチップまたはカートリッジ、データまたは命令を転送する搬送波、そのような搬送波を転送するケーブルまたはリンク、もしくはそれからコンピュータがプログラミングコードおよび／またはデータを読み取り得る任意の他の媒体を含む。コンピュータ可読媒体のこれらの形態のうちの多くは、１つ以上の命令の１つ以上のシーケンスを実行のためにプロセッサに搬送することに関与し得る。

【０１３４】

コンピュータシステム２００１は、例えば、モデル管理システムの種々のコンポーネント（例えば、ラボ、ランチパッド、制御センタ、ナレッジセンタ等）を提供するためのユーザインターフェース（ＵＩ）２０４０を備える、電子ディスプレイ１２３５を含む、またはそれと通信することができる。ＵＩの実施例は、限定ではないが、グラフィカルユーザインターフェース（ＧＵＩ）およびウェブベースのユーザインターフェースを含む。

【０１３５】

本開示の方法およびシステムは、１つ以上のアルゴリズムを用いて実装されることができる。アルゴリズムは、中央処理ユニット２００５による実行に応じて、ソフトウェアを用いて実装されることができる。アルゴリズムは、例えば、サンプル輸送システムの１つ以上のコンポーネントを動作させるための命令を発生させることができる。

【０１３６】

前述から、特定の実装が図示および説明されているが、種々の修正がそれに行われ得、本明細書で検討されることを理解されたい。また、本発明が本明細書内に提供される特定の実施例によって限定されることは意図されない。本発明は、前述の明細書を参照して説明されているが、本明細書の好ましい実施形態の説明および例証は、限定的な意味で解釈されるように意図されていない。さらに、本発明の全ての側面は、種々の条件および変数に依存する、本明細書に記載される特定の描写、構成、または相対的割合に限定されないことを理解されたい。本発明の実施形態の形態および詳細の種々の修正が、当業者に明白であろう。したがって、本発明はまた、任意のそのような修正、変形例、および均等物も網羅するべきであることが検討される。

【図面】

【図１】

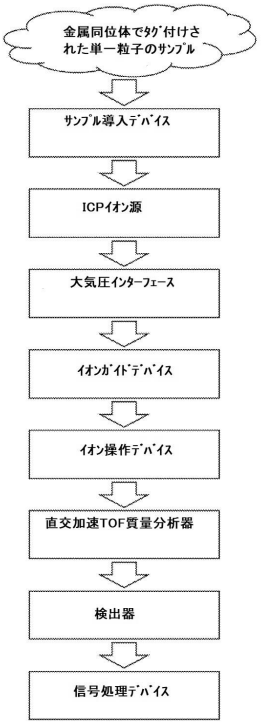


FIG. 1

【図２Ａ】

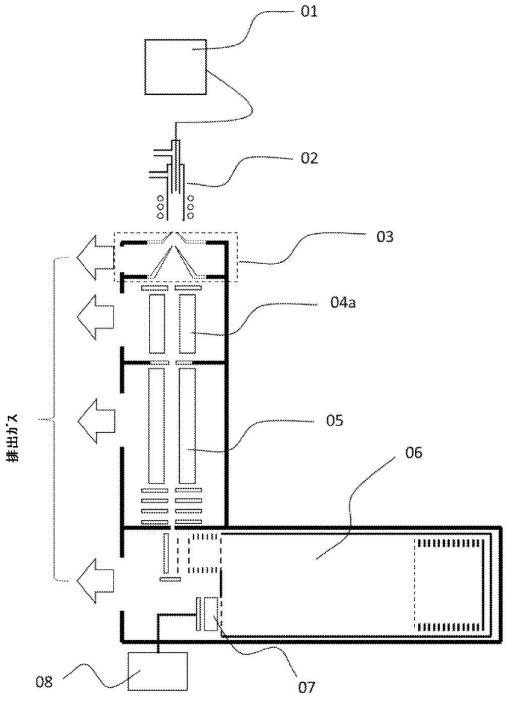


FIG. 2A

【図２Ｂ】

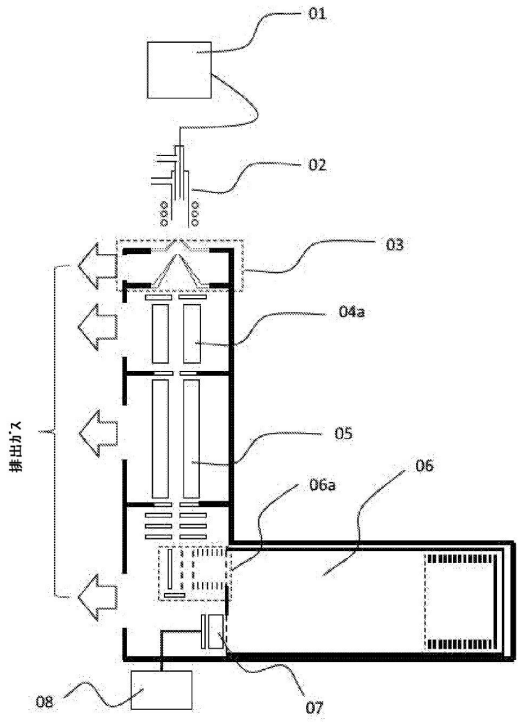


FIG. 2B

【図３Ａ】

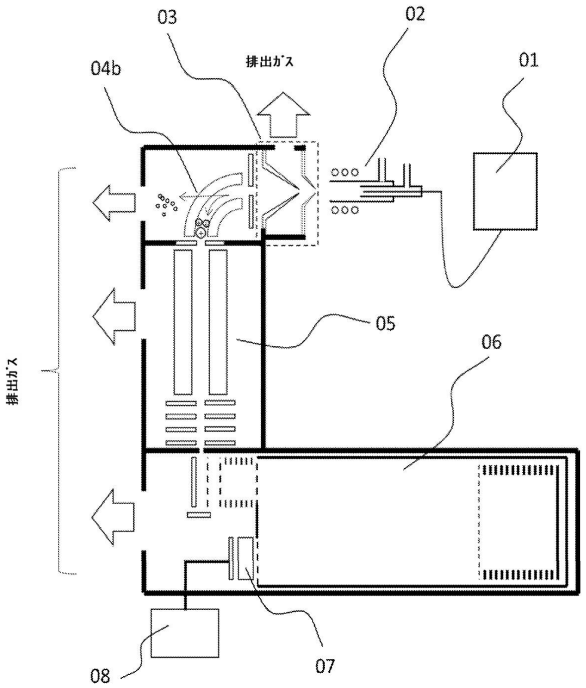


FIG. 3A

【図３Ｂ】

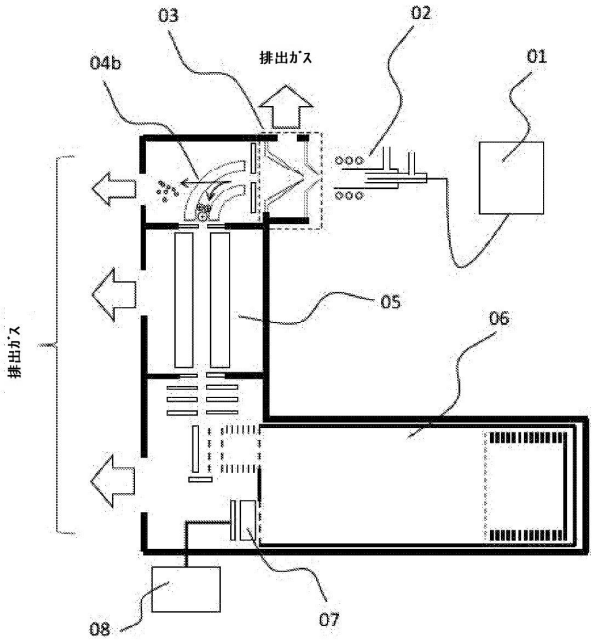


FIG. 3B

【図４Ａ】

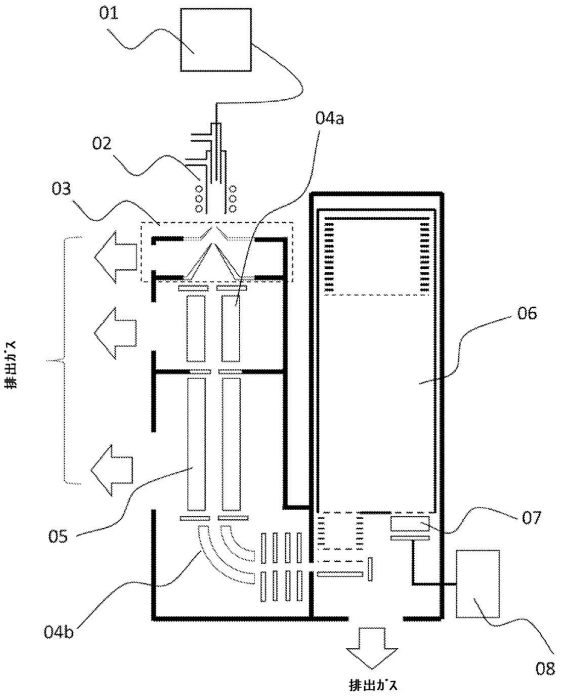


FIG. 4A

【図４Ｂ】

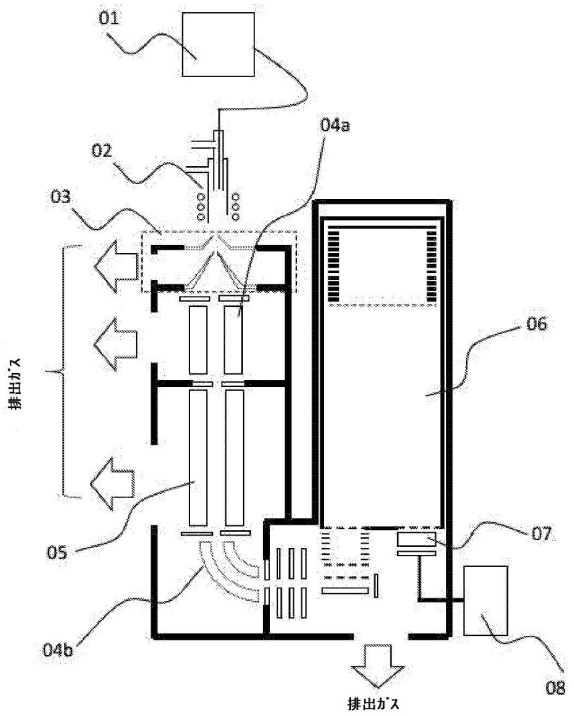
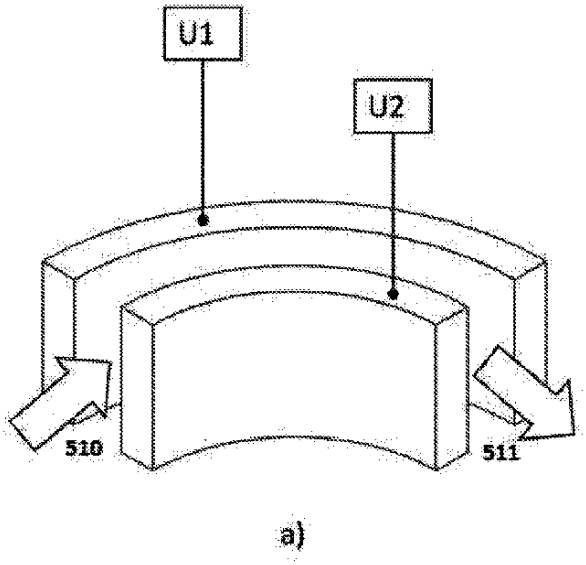
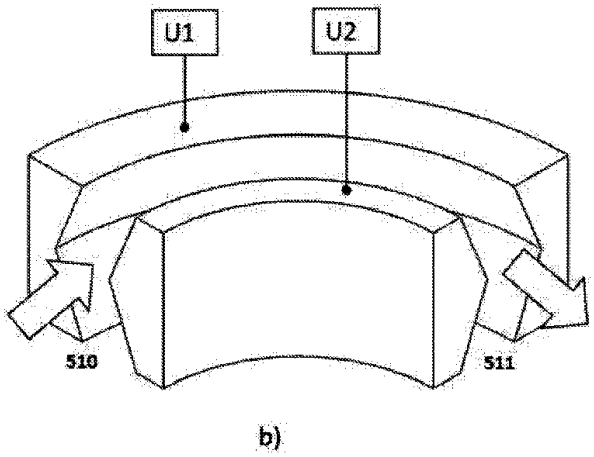


FIG. 4B

【図５ａ）】



【図５ｂ）】



【図６】

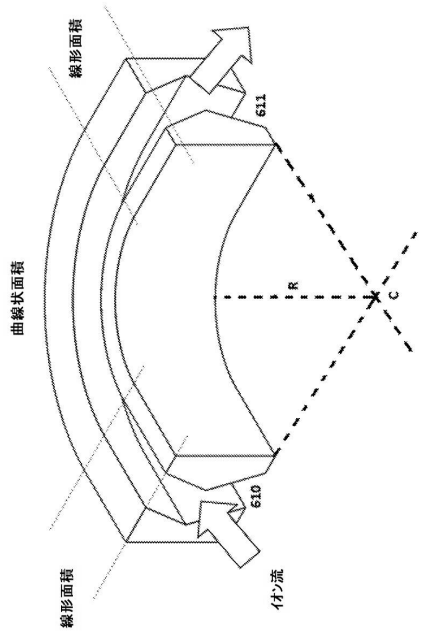


FIG. 6

【図７】

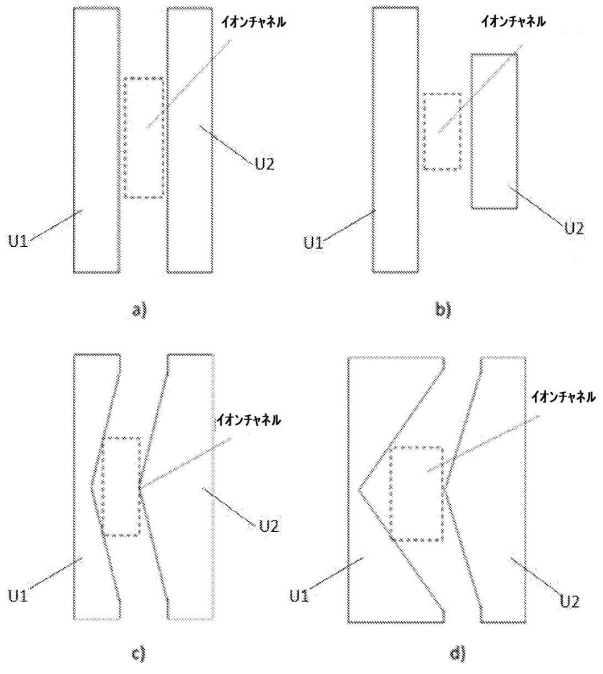


FIG. 7

【図８】

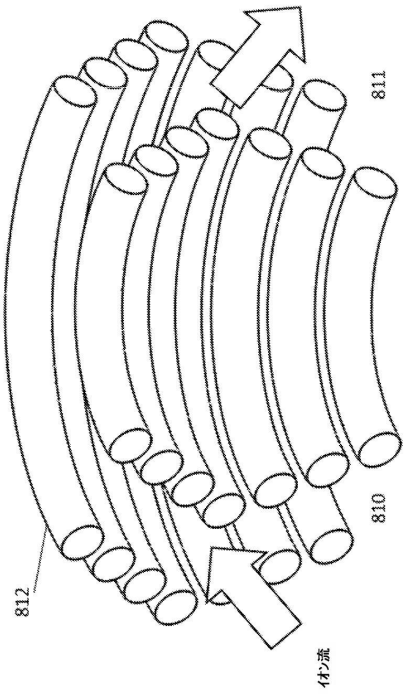
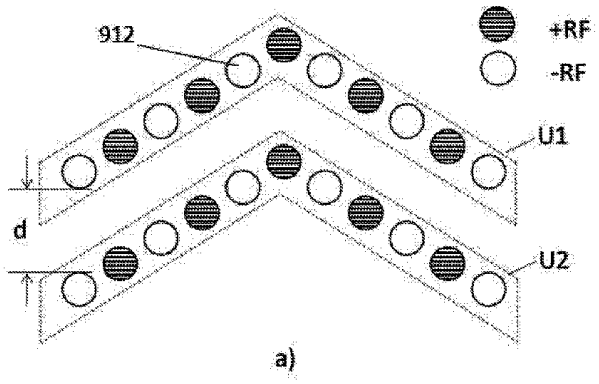
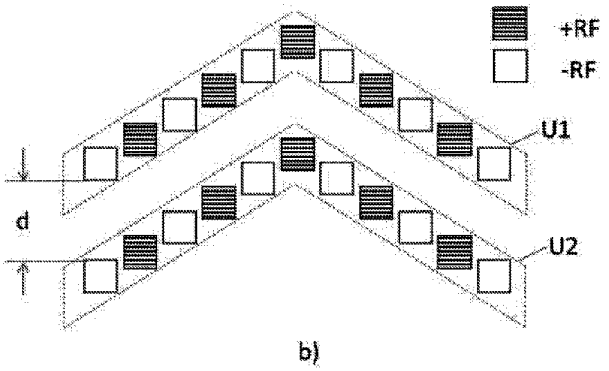


FIG. 8

【図９ａ）】



【図９ｂ）】



【図１０】

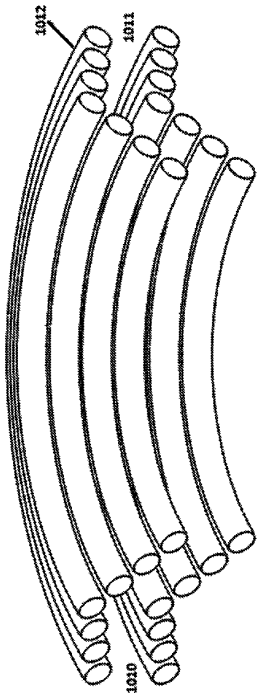


FIG. 10

【図１１】

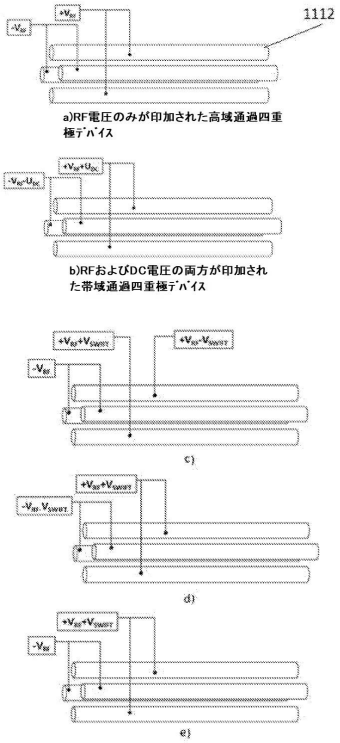


FIG. 11

【図１２】

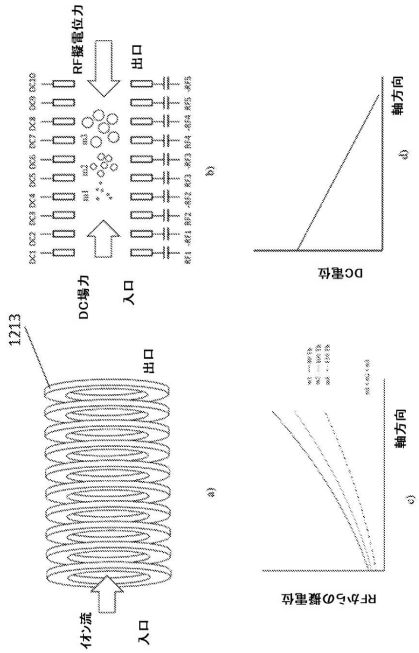


FIG. 12

【図１３】

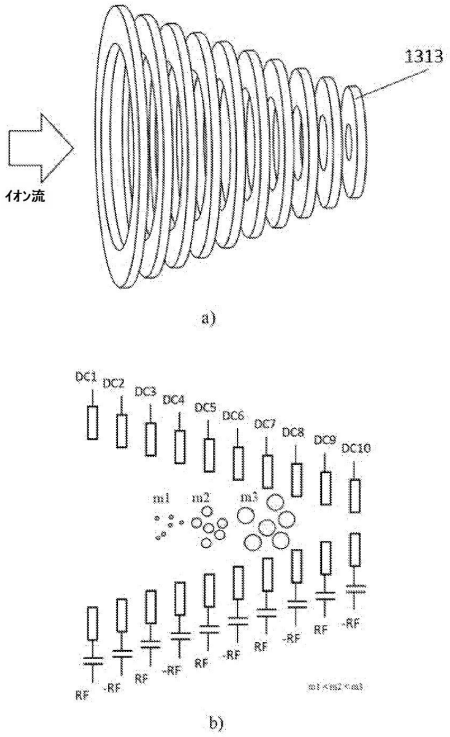


FIG. 13

【図１４】

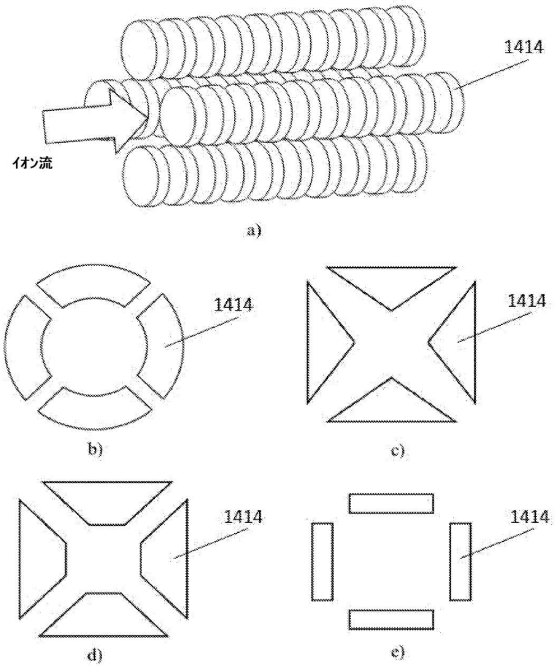


FIG. 14

【図１５】

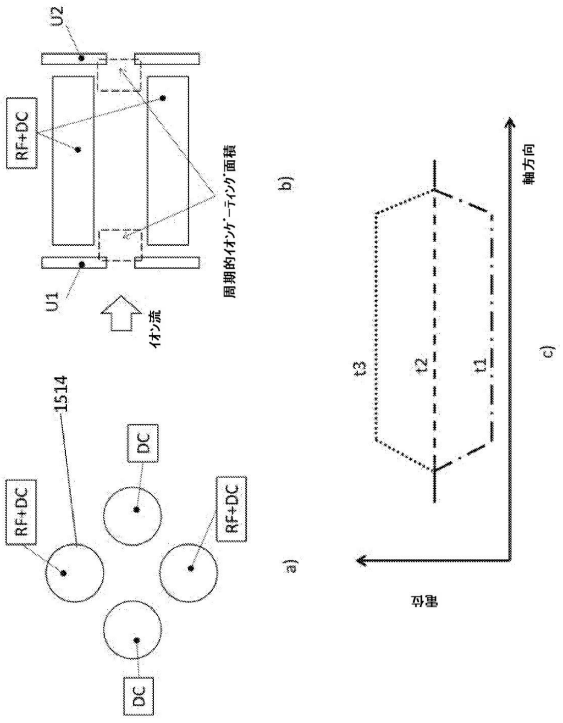


FIG. 15

【図１６】

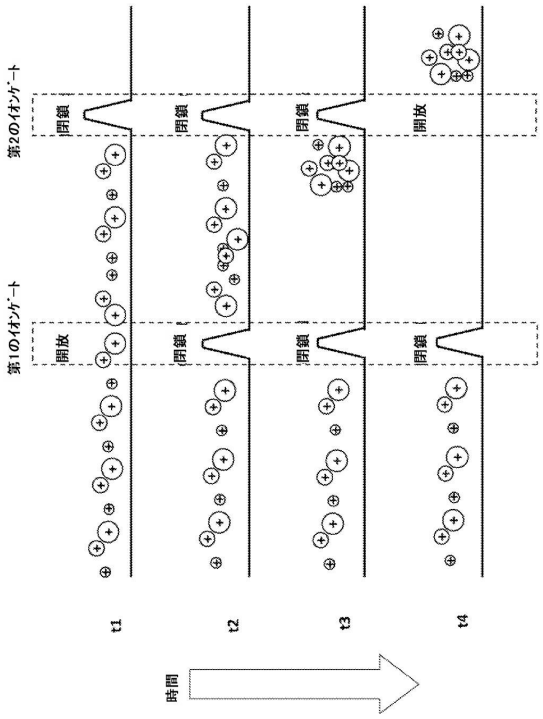


FIG. 16

【図１７】

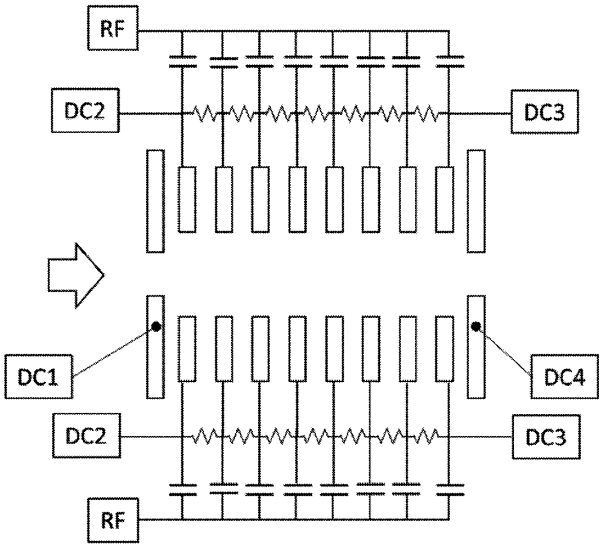


FIG. 17

【図１８】

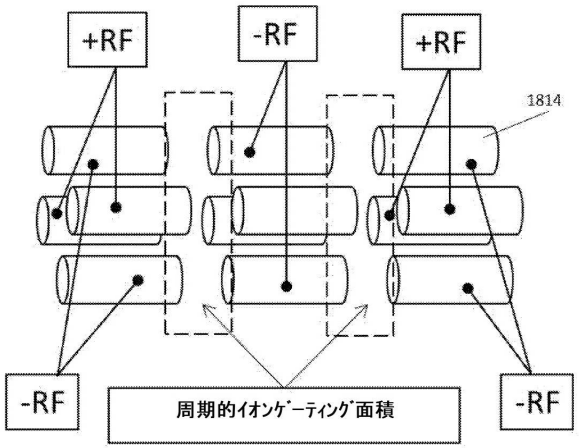


FIG. 18

【図１９】

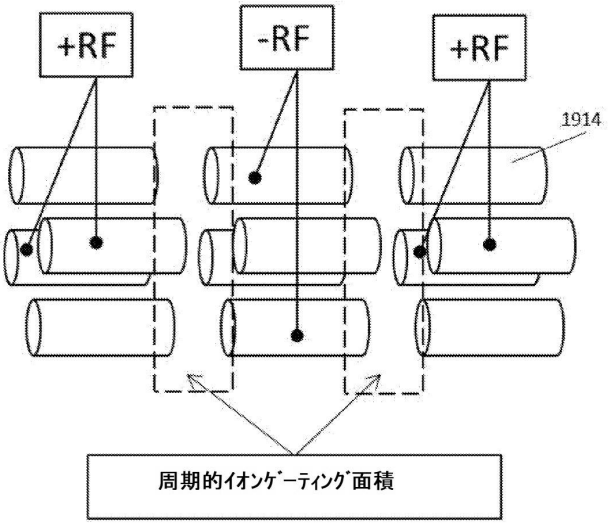


FIG. 19

【図２０】

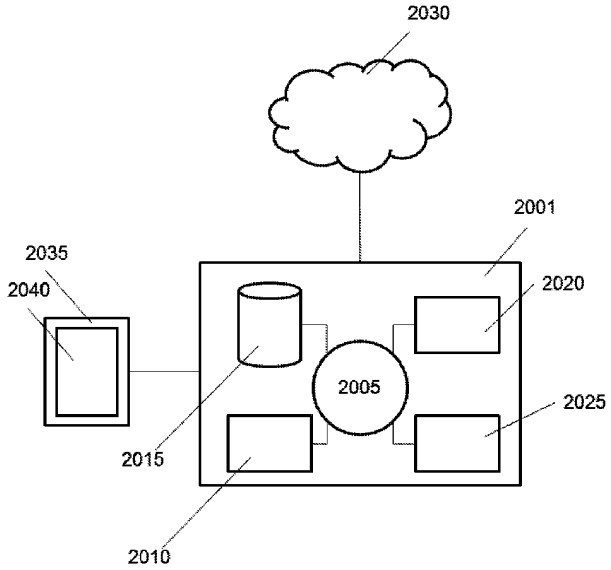


FIG. 20

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2020/090016

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 33/68(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)

G01N

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

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

CNPAT, WPI, EPODOC, CNKI: SHANGHAI POLARIS BIOLOGY, CHENG Yupeng, time-of-flight mass spectrometer, TOF, OTOF, plasma, single particle, metal isotopes, ionization, ions, atmospheric pressure, vacuum, guide, filter, bunch, storage, detector, different time, spectrum

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 107037118 A (BRUKER DALTONIK G.M.B.H.) 11 August 2017 (2017-08-11) description, paragraphs [0011]-[0012], [0036]-[0038] and figure 1	1-5, 9-26
Y	CN 107037118 A (BRUKER DALTONIK G.M.B.H.) 11 August 2017 (2017-08-11) description, paragraphs [0011]-[0012], [0036]-[0038] and figure 1	6-8, 27-29
Y	CN 106373854 A (SHIMADZU CORPORATION) 01 February 2017 (2017-02-01) description, paragraphs [0090]-[0116] and figures 8-17	6-8, 27-29
X	CN 108987238 A (THERMO FISHER SCIENTIFIC BREMEN G.M.B.H.) 11 December 2018 (2018-12-11) description, paragraphs [0036]-[0120] and figures 1-4	1-5, 9-26
X	CN 104067116 A (LECO CORPORATION) 24 September 2014 (2014-09-24) description, paragraphs [0030]-[0068] and figures 1-8	1-5, 9-26
X	CN 109003877 A (SHIMADZU RESEARCH LABORATORY SHANGHAI CO., LTD.) 14 December 2018 (2018-12-14) description, paragraphs [0047]-[0059] and figures 1-7	1-5, 9-26

☑ 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
21 July 2020	**12 August 2020**
Name and mailing address of the ISA/CN **National Intellectual Property Administration, PRC** **6, Xitucheng Rd., Jimen Bridge, Haidian District, Beijing** **100088** **China** Facsimile No. **(86-10)62019451**	Authorized officer **JIA,Jingjing** Telephone No. **86-(10)-53962442**

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2015)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2020/090016

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 101915800 A (HEFEI INSTITUTES OF PHYSICAL SCIENCE, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 15 December 2010 (2010-12-15) the whole document	1-29
A	US 2018374693 A1 (HALL LABS, LLC.) 27 December 2018 (2018-12-27) the whole document	1-29

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2015)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2020/090016

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

[1] There are three inventions covered by the claims indicated as follows:

[2] I: Independent claims 1,9 direct to a mass spectrometer and a method for analyzing single particles tagged with metal isotopes via an inductively-coupled plasma time-of-flight;

[3] II: Independent claims 30,31,32,48,49,50,71,72 direct to an ion guide arrangement and an ion guide method for use in an inductively coupled plasma time-of-flight mass spectrometer;

[4] III: Independent claims 92,93,106,107,118,119,134,135,152,153,168,169 direct to an ion manipulation device and an ion manipulation method for use in an inductively coupled plasma time-of-flight mass spectrometer.

[5] The common corresponding technical features among the inventions above do not make a contribution over the prior art and can not be considered as special technical features within the meaning of Rule 13.2 PCT. The application, hence does not meet the requirements of unity of invention as defined in Rule 13.1 PCT.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☑ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: **1-29**

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2020/090016

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	107037118	A	11 August 2017	GB	201616028	D0	02 November 2016
				GB	2543414	A	19 April 2017
				US	10504708	B2	10 December 2019
				DE	102015117635	B4	11 January 2018
				DE	102015117635	A1	20 April 2017
				US	2017110302	A1	20 April 2017
CN	106373854	A	01 February 2017	JP	2018520481	A	26 July 2018
				WO	2017013832	A1	26 January 2017
				EP	3326194	A1	30 May 2018
				US	2018174812	A1	21 June 2018
				US	10515790	B2	24 December 2019
				JP	6485557	B2	20 March 2019
				CN	106373854	B	21 December 2018
CN	108987238	A	11 December 2018	GB	2563077	A	05 December 2018
				GB	2563148	B	30 October 2019
				GB	2563148	A	05 December 2018
				DE	102018208553	A1	06 December 2018
				GB	201808458	D0	11 July 2018
				US	2018350575	A1	06 December 2018
				US	10593525	B2	17 March 2020
				GB	201708855	D0	19 July 2017
CN	104067116	A	24 September 2014	US	2015115151	A1	30 April 2015
				US	8921772	B2	30 December 2014
				DE	112012004563	T5	21 August 2014
				JP	2014532878	A	08 December 2014
				CN	104067116	B	08 March 2017
				US	9417211	B2	16 August 2016
				US	2014284472	A1	25 September 2014
				JP	5923175	B2	24 May 2016
				WO	2013067366	A2	10 May 2013
CN	109003877	A	14 December 2018	US	2019164737	A1	30 May 2019
				JP	2019525203	A	05 September 2019
				WO	2018224050	A1	13 December 2018
				EP	3637454	A1	15 April 2020
CN	101915800	A	15 December 2010	CN	101915800	B	31 October 2012
US	2018374693	A1	27 December 2018	US	10163614	B1	25 December 2018

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (January 2015)

フロントページの続き

(51)国際特許分類			FI			テーマコード（参考）
H01J	*49/26*	*(2006.01)*	H01J	49/16	100	
H01J	*49/22*	*(2006.01)*	H01J	49/04	950	
H01J	*49/42*	*(2006.01)*	H01J	49/26		
G01N	*27/62*	*(2021.01)*	H01J	49/06	500	
			H01J	49/22		
			H01J	49/06	100	
			H01J	49/42	250	
			G01N	27/62	E	

MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),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,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,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

（特許庁注：以下のものは登録商標）

１．ＡＮＤＲＯＩＤ

(74)代理人 230113332
弁護士 山本 健策
(72)発明者 チェン， ユーペン
中華人民共和国 ２０１２０３ シャンハイ， プドン ニュー ディストリクト， ズチョンジ ロード， レーン １５０５， ナンバー １３８， フロア ６

Ｆターム（参考） 2G041 CA01 DA14 DA18 EA03 FA10 FA16 FA21 GA03 GA06 GA13
GA19 GA28 GA29 JA04
5C038 GG07 GG09 HH28 JJ04 JJ05 JJ06