

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-103068  
(P2017-103068A)

(43) 公開日 平成29年6月8日(2017.6.8)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
 HO 1 J 49/06 (2006.01) HO 1 J 49/06 5 C 0 3 8  
 HO 1 J 49/40 (2006.01) HO 1 J 49/40

審査請求 未請求 請求項の数 19 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2015-234310 (P2015-234310)  
 (22) 出願日 平成27年11月30日(2015.11.30)

(71) 出願人 000001007  
 キヤノン株式会社  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
 (74) 代理人 100126240  
 弁理士 阿部 琢磨  
 (74) 代理人 100124442  
 弁理士 黒岩 創吾  
 (72) 発明者 岩崎 光太  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ  
 ノン株式会社内  
 Fターム(参考) 5C038 FF13

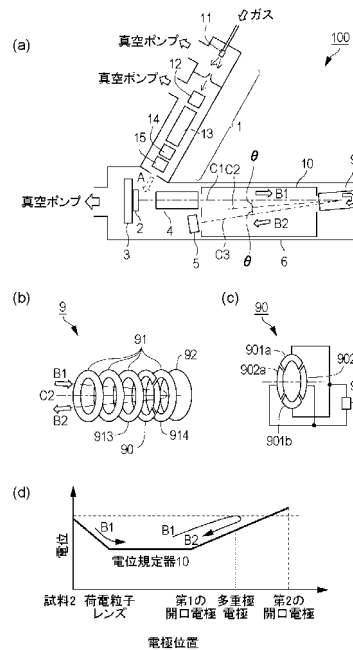
(54) 【発明の名称】 荷電粒子反射器、質量分析器、およびイメージング質量分析装置

(57) 【要約】

【課題】 空間分解能の低下を抑制することのできる荷電粒子反射器を提供する。

【解決手段】 荷電粒子反射器9は、荷電粒子が入射する開口部をそれぞれ有する複数の開口電極91を有し、荷電粒子を反射する。複数の開口電極91の少なくとも1つが、複数の開口電極91がそれぞれ有する開口部の中心軸を挟んで対向配置された2つの対向電極(901aおよび901b、902aおよび902b)からなる対電極(901、902)を、少なくとも2対有する多重電極である。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

荷電粒子が入射する開口部をそれぞれ有する複数の開口電極を有し、前記荷電粒子を反射する荷電粒子反射器であって、

前記複数の開口電極の少なくとも 1 つが、前記複数の開口電極がそれぞれ有する前記開口部の中心軸を挟んで対向配置された 2 つの対向電極からなる対電極を、少なくとも 2 対有する多重極電極であることを特徴とする荷電粒子反射器。

## 【請求項 2】

前記多重極電極が有する複数の前記対電極のうち、前記荷電粒子の飛行軌道を含む平面と交差する位置に配置されている対電極は、前記荷電粒子の電荷が正である場合にはその他の対電極のいずれよりも低い電位が印加され、前記荷電粒子の電荷が負である場合にはその他の対電極のいずれよりも高い電位が印加されることを特徴とする請求項 1 に記載の荷電粒子反射器。

10

## 【請求項 3】

前記複数の開口電極が、前記複数の開口電極がそれぞれ有する前記開口部の中心軸が同軸上になるように列をなして配置されていることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の荷電粒子反射器。

## 【請求項 4】

前記多重極電極が、前記複数の開口電極のうちの 2 つの開口電極の間に配置されており、

20

前記 2 つの開口電極の間に、前記荷電粒子の電荷と同じ極性を有し、前記 2 つの開口電極のうち上流側の開口電極に対する前記荷電粒子の加速電位の絶対値と同等以上の絶対値を有する電位差が印加されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一項に記載の荷電粒子反射器。

## 【請求項 5】

前記 2 つの開口電極の間であって、前記荷電粒子が前記多重極電極の開口部を少なくとも 1 回は通過する位置に、前記多重極電極が配置されていることを特徴とする請求項 4 に記載の荷電粒子反射器。

## 【請求項 6】

前記 2 つの開口電極の間であって、前記荷電粒子が前記多重極電極の開口部を 2 回通過する位置に、前記多重極電極が配置されていることを特徴とする請求項 5 に記載の荷電粒子反射器。

30

## 【請求項 7】

前記多重極電極が有する複数の前記対電極のそれぞれに含まれる 2 つの前記対向電極の電位が、それぞれの前記対電極ごとに等しいことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一項に記載の荷電粒子反射器。

## 【請求項 8】

前記多重極電極に含まれる前記対向電極に印加される電位の平均値が、前記多重極電極に隣接する 2 つの前記開口電極の電位の平均値と等しいことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか一項に記載の荷電粒子反射器。

40

## 【請求項 9】

前記 2 つの開口電極のうち上流側の開口電極である第 1 の開口電極と前記多重極電極との間に配置された第 3 の開口電極と、

前記 2 つの開口電極のうち下流側の開口電極である第 2 の開口電極と前記多重極電極との間に配置された第 4 の開口電極と、を備え、

前記第 3 の開口電極の電位と前記第 4 の開口電極の電位が等しいことを特徴とする請求項 4 乃至請求項 8 のいずれか一項に記載の荷電粒子反射器。

## 【請求項 10】

前記多重極電極に含まれる前記複数の対向電極の電位の平均値が、前記第 3 の開口電極および前記第 4 の開口電極の電位と等しいことを特徴とする請求項 9 に記載の荷電粒子反

50

射器。

【請求項 1 1】

前記開口電極がいずれも平板状の電極であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 1 0 のいずれか一項に記載の荷電粒子反射器。

【請求項 1 2】

前記多重極電極が、前記対電極を 2 対有することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 1 1 のいずれか一項に記載の荷電粒子反射器。

【請求項 1 3】

一方の前記対電極ともう一方の前記対電極との間の境界が、前記荷電粒子の入射方向と前記開口部の中心軸を含む平面に対して 4 5 度の角度をなすように配置されていることを特徴とする請求項 1 2 に記載の荷電粒子反射器。

10

【請求項 1 4】

前記 2 つの開口電極の間に、入射した前記荷電粒子を収束させる湾曲した等電位面が存在することを特徴とする請求項 4 乃至請求項 1 3 のいずれか 1 項に記載の荷電粒子反射器。

【請求項 1 5】

荷電粒子レンズと、

前記荷電粒子レンズに対向して配置された請求項 1 乃至請求項 1 4 のいずれか一項に記載の荷電粒子反射器と、

前記荷電粒子レンズを通過し、前記荷電粒子反射器によって反射された荷電粒子の飛行方向に配置された二次元検出器と、を備える質量分析器。

20

【請求項 1 6】

前記荷電粒子レンズの光軸と前記荷電粒子反射器の中心軸とがなす角が、 $0^\circ$  より大きく  $90^\circ$  より小さいことを特徴とする請求項 1 5 に記載の質量分析器。

【請求項 1 7】

前記荷電粒子レンズと前記荷電粒子反射器との間を飛行する前記荷電粒子の軌道と、前記荷電粒子反射器と前記二次元検出器との間を飛行する前記荷電粒子の軌道と、を包含する空間を覆う磁気シールドを有することを特徴とする請求項 1 5 または請求項 1 6 に記載の質量分析器。

【請求項 1 8】

試料を保持する試料ステージと、

前記試料ステージによって保持された前記試料に対してイオンビームを照射するイオン銃と、

請求項 1 5 乃至請求項 1 7 のいずれか一項に記載の質量分析器と、を有し、

前記荷電粒子レンズが前記試料に対向して配置されていることを特徴とするイメージング質量分析装置。

30

【請求項 1 9】

試料を保持する試料ステージと、

前記試料ステージによって保持された前記試料に対してレーザー光を照射するレーザー光源と、

請求項 1 5 乃至請求項 1 7 のいずれか一項に記載の質量分析器と、を有し、

前記荷電粒子レンズが前記試料に対向して配置されていることを特徴とするイメージング質量分析装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、荷電粒子反射器、質量分析器、およびイメージング質量分析装置に関する。

【背景技術】

【0002】

生体試料の物質分布を検出する手法として、「イメージング質量分析」が注目を集めて

50

いる。一般に質量分析とは、レーザー光、イオン、電子等の一次ビームを照射することによって試料をイオン化し、イオン化した試料を質量電荷比によって分離し、質量電荷比とその検出強度からなるスペクトルを得る方法である。イメージング質量分析においては、試料の表面を二次元的に質量分析し、それぞれの質量電荷比に対応する物質の二次元的な検出強度の分布を得ることにより、試料の表面における各物質の分布、すなわち「質量イメージ」を測定する。イメージング質量分析によれば、生体分子や薬剤分子などの同定が可能となつて、その空間的分布を測定することができる。

【0003】

イメージング質量分析におけるイメージングの方式としては、走査型と投影型の2つの方式がある。

10

【0004】

走査型は、試料上の微小領域を順次質量分析し、質量分析の結果と当該微小領域の位置情報とから、質量イメージを再構成する方式である。走査型において、空間分解能は微小領域のサイズ等に依存しており、一次ビームのビーム径や、一次ビームの走査位置精度によって決まる。

【0005】

投影型は、試料上の所定の領域内の試料を一括してイオン化し、放出されたイオンを荷電粒子レンズによって二次元検出器上に結像させることによって、それぞれのイオンの試料表面における位置を一括して検出しつつ、質量分析する方式である。投影型のイメージング質量分析における空間分解能は、二次元検出器におけるイオン到達位置の測定精度や、荷電粒子レンズの倍率や収差等によって決まる。

20

【0006】

また、質量分析は、イオン化した試料を質量電荷比によって分離して検出する方法によっても分類され、その一つに、飛行時間型質量分析がある。飛行時間型質量分析では質量電荷比によってイオンの飛行速度が異なることを利用し、イオンが試料から放出されてから検出器まで一定距離を飛行するために要する時間（いわゆる飛行時間）を計測することで、当該イオンの質量電荷比を測定する。質量分析においては質量電荷比の測定精度、すなわち質量分解能が高いことが望ましい。

【0007】

特許文献1には、イオンミラー（荷電粒子反射器）を用いたイメージング質量分析装置が記載されている。イオンミラーを用いることでイオンの飛行距離を延長してイオンの飛行時間を増大し、質量分解能を向上させることができる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特表2015-506537号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

イメージング質量分析においては空間分解能が高いことが要求され、投影型のイメージング質量分析においては、荷電粒子レンズの収差を抑制することによって空間分解能を向上させることができる。また、イメージング質量分析においては空間分解能が高いことに加えて、質量分解能が高いことも要求される。そこで、投影型のイメージング質量分析装置にイオンミラーを組み合わせることで、高い空間分解能と高い質量分解能を両立するイメージング質量分析装置を実現できる可能性がある。

40

【0010】

投影型のイメージング質量分析装置にイオンミラーを組み合わせる場合、試料から発生したイオンを二次元検出器上で結像させる荷電粒子レンズの光軸と、イオンミラーの中心軸とが交差するように、イオンミラーを配置する必要がある。したがって、イオンはイオンミラーに対して斜めに入射し、イオンミラーに対して斜めに出射するように反射される

50

。

【0011】

投影型のイメージング質量分析装置において、試料から発生したイオンは試料上におけるイオンの発生位置に応じた位置関係を保ったまま飛行し、イオンミラーにおいて反射され、二次元検出器上に結像される。そのため、イオンミラーで反射される際に、イオンミラーの中心軸近くに入射するイオンと、遠くに入射するイオンとで、イオンミラーを構成する電極との間に働くクーロン力に差が生じる。その結果、二次元検出器上に結像される質量イメージに歪みが生じ、空間分解能が低下してしまう。すなわち、従来の荷電粒子反射器を投影型のイメージング質量分析装置に適用すると、空間分解能が低下してしまうという課題があった。

10

【0012】

そこで本発明は上述の課題に鑑み、空間分解能の低下を抑制することのできる荷電粒子反射器を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明の荷電粒子反射器は、荷電粒子が入射する開口部をそれぞれ有する複数の開口電極と、2つの対向電極が前記複数の開口電極がそれぞれ有する前記開口部の中心軸を挟んで対向して配置された対電極を少なくとも2対有する多重極電極と、を有することを特徴とする。

【発明の効果】

20

【0014】

本発明の荷電粒子反射器によれば、空間分解能の低下を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】第1の実施形態に係るイメージング質量分析装置の、(a)構成を模式的に示す断面図、(b)荷電粒子反射器の構成を模式的に示す図、(c)多重極電極の構成を模式的に示す図、および(d)二次イオンの飛行軌道に沿った電位を模式的に示す図である。

【図2】第1の実施形態に係る荷電粒子レンズの構成を模式的に示す図であり、(a)荷電粒子レンズの一例、(b)円錐電極、(c)アパーチャー電極、(d)円筒電極を示す図である。

30

【図3】第1の実施形態に係る荷電粒子反射器の、(a)構成を模式的に示す図、(b)各電極に印加する電位の一例を示す図、および(c)多重極電極の変形例を模式的に示す図である。

【図4】第2の実施形態に係るイメージング質量分析装置の構成を模式的に示す断面である図。

【図5】第1の実施形態に係るシミュレーションモデルの、(a)斜視図、(b)断面図、(c)荷電粒子反射器の拡大図、および(d)多重極電極の拡大図である。

【図6】第1の実施形態に係る質量イメージの空間分解能の評価結果を示す図である。

【図7】第1の実施形態に係る質量イメージの歪みの評価結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

40

【0016】

以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。ただし、本発明は以下に説明する実施形態に限定されるものではない。また、本発明においては、その趣旨を逸脱しない範囲で、当業者の通常の知識に基づいて、以下に説明する実施形態に対して適宜変更、改良等が加えられたものについても本発明の範囲に含まれる。

【0017】

(第1の実施形態)

第1の実施形態に係る荷電粒子反射器を有するイメージング質量分析装置について、図1～図3を用いて説明する。

【0018】

50

図1(a)は、本実施形態に係る荷電粒子反射器を有するイメージング質量分析装置の構成を模式的に示す図である。図1(a)に示すように、本実施形態に係るイメージング質量分析装置100は、イオン銃1と、試料ステージ3と、荷電粒子レンズ4と、荷電粒子反射器9と、二次元検出器5と、を有する。以下、イメージング質量分析装置100を「分析装置100」、荷電粒子反射器9を「反射器9」と称する。各部は真空容器6を構成、または真空容器6に内包されている。また、図1(a)には示されていないが、分析装置100は、真空排気系、各電極の電位を規定する電源、および信号処理系を有する。真空排気系によって真空容器6の内部の気体は排気され、真空容器6の内部は高真空状態に保たれていることが好ましい。本実施形態では、荷電粒子レンズ4と、荷電粒子反射器9と、二次元検出器5と、によって飛行時間型質量分析器が構成される。

10

**【0019】**

以下、分析装置100が有する各構成要素について詳述する。

**【0020】****<イオン銃>**

イオン銃1は、試料ステージ3によって保持された試料2に対してイオンビームを照射する。本実施形態では一例として、各種のガスより生成されるクラスターイオンを照射するクラスターイオン銃を用いた場合について説明する。しかし、イオン銃1はこれに限定はされず、イオン銃1として液体金属イオン源や、デュオプラズマトロン、表面電離型イオン源等を用いてもよい。またイオン銃の代わりに電子銃や、他の荷電粒子源を用いてもよい。

20

**【0021】**

本実施形態では試料2に対してイオン銃1を用いてイオンビームを照射することで、試料2をイオン化し、試料2に由来するイオンを発生させる。一般に、試料2に対して照射するイオンは1次イオン、試料2に対して1次イオンを照射することで試料2から発生したイオンは2次イオンと呼ばれる。このようにして発生した2次イオンを質量分析計で検出して分析する方法は、二次イオン質量分析法(SIMS)と呼ばれる。すなわち、本実施形態に係る分析装置100は二次イオン質量分析装置である。

**【0022】**

図1(a)に示すように、イオン銃1は、ノズル11、イオン化部12、質量選別器13、チョッパー14、および一次イオン用レンズ15を有する。

30

**【0023】**

ノズル11にはガス導入配管を通じてAr、Ne、He、Kr等の希ガスや、CO<sub>2</sub>、CO、N<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、SF<sub>6</sub>、Cl<sub>2</sub>、NH<sub>4</sub>等の分子性ガス、エタノール、メタノール、イソプロピルアルコール等のアルコール、または水等が供給される。これらの水やアルコールには、酸や塩基を混ぜても良い。ガス導入圧は特に限定されないが、0.001気圧以上100気圧以下の範囲内であればよく、0.1気圧以上20気圧以下であるとさらによい。

**【0024】**

ノズル11からガスが真空中に噴射される際に、供給されたガスまたは液体は超音速に加速される。その際に断熱膨張によりガスが冷却され、原子または分子の集合体であるクラスターを含むガスが生成される。少なくともクラスターとガスのいずれかはイオン化部12に入射する。イオン化部12には、例えば熱フィラメントなどの電子源が配置されている。そして、電子源で発生した電子により、クラスターを構成する原子または分子がイオン化され、クラスターイオンが生成される。

40

**【0025】**

イオン化部12では様々なサイズを有するクラスターイオンおよびモノマーイオンが生成され、それらは適当に加速されてから質量選別器13に入射する。質量選別器13に入射したクラスターイオンおよびモノマーイオンは質量選別器13によって質量電荷比によって選別され、所望のサイズ(質量)を有するクラスターイオンビーム(イオンビームA)が生成される。なお、質量選別器13は、飛行時間型、四重極型、または磁場型のい

50

れの質量選別器であってもよい。

【0026】

さらに、イオンビームAはチョッパー14によってパルス化される。なお、チョッパー14に代えて、パルスのガスを噴射するノズル、またはパルスのクラスターをイオン化するイオン化部を用いても、パルス化されたイオンビームAを得ることができる。チョッパー14は、パルス幅が数十ns程度、あるいはパルス幅がそれより短くなるように、高速パルス駆動が可能であることが望ましい。

【0027】

イオンビームAの加速エネルギーは数keV～数十keVであるが、一次イオンビームの収束性や二次イオン発生効率を向上させる観点から、数十keV以上としてもよい。

10

【0028】

パルス化されたイオンビームAは上記のように加速された後、一次イオン用レンズ15で適当に収束され、試料2に照射される。その結果、試料2の表面からは中性粒子、電子、および二次イオン等が放出される。

【0029】

< 試料ステージ >

試料ステージ3は、分析装置100によって分析を行う試料2を保持する。試料ステージ3はイオン銃1に対して相対的に移動可能に構成されている。これにより、イオン銃1によってイオンビームAを照射する試料2上の領域の位置を移動させることができる。

【0030】

20

< 荷電粒子レンズ >

荷電粒子レンズ4は、試料2から発生した二次イオンBを二次元検出器5上に投影し、結像させる。荷電粒子レンズ4は試料ステージ3に対して対向して配置される。

【0031】

図2は、荷電粒子レンズ4の構成の一例を示す図である。荷電粒子レンズ4は図2(a)に示すように、引出し電極41と、第1のレンズ電極42と、第2のレンズ電極43と、を有する。

【0032】

荷電粒子レンズ4を構成する各電極の形状は、荷電粒子を通過させるための開口部を有していれば特に限定はされない。すなわち、円錐型の電極(図2(b))であってもよいし、円形の開口を有する平板状の電極(アパーチャー電極)(図2(c))や、円筒型の電極(図2(d))であってもよい。

30

【0033】

また荷電粒子レンズ4を駆動する際には、不図示の電源により荷電粒子レンズ4を構成する各々の電極に対して適当な電圧を印加する。特に、試料2に最も近い引出し電極41の試料2に対する電位は引出し電圧と呼ばれ、両者の間に形成されている電場は引出し電場と呼ばれる。試料2から放出された二次イオンBは引出し電場により加速され、荷電粒子レンズ4に入射する。その後、二次イオンBは引出し電極41、第1のレンズ電極42および第2のレンズ電極43によって形成された電場により収束される。収束された二次イオンBは荷電粒子レンズ4の光軸44上を、荷電粒子レンズ4に対して試料2の反対側に位置する反射器9に向かって飛行する。

40

【0034】

なお、ここでは荷電粒子レンズ4を構成する電極の数が3個である場合について説明したが、荷電粒子レンズ4を構成する電極の数はこれに限定されるものではなく、4個、5個、あるいはそれ以上であってもよい。また、本実施形態では荷電粒子レンズ4を電場型の荷電粒子レンズとしたが、荷電粒子レンズ4は磁場型の荷電粒子レンズであってもよい。

【0035】

< 電位規定器 >

分析装置100は、荷電粒子レンズ4と反射器9の間に電位規定器10を有していても

50

よい。電位規定器 10 は、内部にイオンが飛行する空間を有し、当該空間の電位を一定に規定する。本実施形態では、電位規定器 10 は、内部にイオンが飛行する空間と、イオンが通過する開口部を有する導体制の直方体である。すなわち電位規定器 10 は、荷電粒子 4 と反射器 9 との間を飛行する荷電粒子の軌道と、反射器 9 と二次元検出器 5 との間を飛行する荷電粒子の軌道とを包含する空間を覆っている。電位規定器 10 は、不図示の電源によって適当な電圧を印加されていてもよい。なお、電位規定器 10 と真空容器 6 の電位を同電位にしてもよい場合は、電位規定器 10 を省略してもよい。

【0036】

電位規定器 10 または真空容器 6 の電位は、飛行する二次イオン B 1 および二次イオン B 2 が荷電粒子レンズ 4 と反射器 9 との間、および反射器 9 と二次元検出器 5 との間において等速運動を行うように設定される。本実施形態では、荷電粒子レンズ 4 と反射器 9 との間、および反射器 9 と二次元検出器 5 との間において、二次イオン B 1 および二次イオン B 2 は、少なくとも荷電粒子レンズ 4 の光軸方向には、加速または減速されない。

10

【0037】

電位規定器 10 を構成する材質は導体であれば特に限定はされず、ステンレス鋼、アルミ合金、無酸素銅、リン青銅等でもよく、ミュメタル、パーマロイ、電磁軟鉄等の高透磁率材でもよい。特に、高透磁率材を用いた場合は、電位規定器 10 は磁気シールドとしての機能も発揮できるため、外部から侵入する磁場によってイオンの軌道が変化することを抑制できる。その結果、外部磁場の存在により、ローレンツ力によって二次イオンの飛行方向に対して垂直な方向に質量イメージが移動することが抑制でき、質量イメージの画質を向上させることができる。また、磁場による荷電粒子レンズ 4 の収差を縮小でき、空間分解能の低下を抑制できる。なお、真空容器 6 を高透磁率材で製作し、磁気シールドとしてもよい。

20

【0038】

< 荷電粒子反射器 >

反射器 9 は、入射した荷電粒子を反射する。反射器 9 は、反射器 9 の中心軸 C 2 と荷電粒子レンズ 4 の光軸 C 1 とがなす角（チルト角）が、 $0^\circ$  より大きく  $90^\circ$  より小さくなるように配置されている。したがって、荷電粒子レンズ 4 を通過した二次イオン B 1 は反射器 9 に、反射器 9 の中心軸 C 2 に対して斜めに入射する。後述するように、二次イオンは反射器 9 の内部を飛行する過程で減速された後、反射器 9 の中心軸 C 2 に対してチルト角をもって反射される。

30

【0039】

図 1 (b) に示すように、反射器 9 は複数の開口電極 9 1 を有する。また、複数の開口電極 9 1 の少なくとも 1 つは、複数の開口電極 9 1 がそれぞれ有する開口部の中心軸を挟んで対向配置された 2 つの対向電極からなる対電極を、少なくとも 2 対有する多重極電極 9 0 である。

【0040】

開口電極 9 1 は荷電粒子が通過可能な開口部を有しており、それぞれの開口電極 9 1 が有する開口部が同軸上になるように列を成して配置されていることが好ましい。なお、反射器 9 は荷電粒子が入射してくる側とは反対側に、開口部を有さない終端部電極 9 2 を有していてもよい。

40

【0041】

開口電極 9 1 の形状は、開口部を有していれば特に限定はされず、円形、矩形、多角形、不定形のいずれであってもよい。開口電極 9 1 を板状電極とすることで、複数の開口電極 9 1 を高密度に配置できるので好ましい。また、反射器 9 が有する開口電極 9 1 の数は特に限定はされないが、反射器 9 は開口電極 9 1 を 10 個以上 20 個以下有することが好ましい。開口電極 9 1 の数を 10 個以上とすることで、反射器 9 の内部に形成される電場を制御しやすく、より効率的に荷電粒子を反射することができる。

【0042】

多重極電極 9 0、開口電極 9 1、および終端部電極 9 2 には適当な電圧が印加され、こ

50

れにより各電極の間には電場が形成されている。この電場は、反射器 9 に入射した荷電粒子である二次イオン B 1 が減速され、終端部電極 9 2 に至る途中で反射（二次イオン B 2）するように設定される。複数の開口電極 9 1 のうちの 2 つの開口電極の間には、二次イオンの電荷と同じ極性を有し、当該 2 つの開口電極のうち上流側の開口電極に対する二次イオンの加速電位の絶対値と同等以上の絶対値を有する電位差が印加されていけばよい。

#### 【0043】

ここで、開口電極に対する二次イオンの加速電位は、試料 2 に対する開口電極の電位差としてもよいし、二次イオンの運動エネルギーを電位によって表した値としてもよい。なお、隣接する開口電極 9 1 間の電位差は一定であってもよいが、異なってもよい。隣接する開口電極 9 1 間の電位差を一定としないことで、反射器 9 の内部に湾曲した等電位面を生じさせることができ、イオンを収束させる効果を有するため好ましい。

10

#### 【0044】

多重極電極 9 0 は、2 つの対向電極が開口電極 9 1 の開口部の中心軸を挟んで対向して配置された対電極を、少なくとも 2 対有する。換言すると、多重極電極 9 0 は、それぞれの対電極を構成する 2 つの対向電極によって規定される開口部を有する。

#### 【0045】

本実施形態に係る多重極電極 9 0 は、図 1 (c) に示すように、2 対の対電極（対電極 9 0 1 および対電極 9 0 2）を有する。それぞれの対電極は 2 つの対向電極、例えば対向電極 9 0 1 a と対向電極 9 0 1 b とを有し、これらが開口部の中心軸を挟んで対称的に、対向配置されている。本実施形態に係る多重極電極 9 0 は 2 対の対電極を有するので、4 つの対向電極を有する四重極電極である。2 対の対電極同士的位置関係は、一方の対電極を開口部の中心軸に関して 90 度回転させたときに重なり合う関係にある。

20

#### 【0046】

本実施形態において、2 対の対電極は、一方の対電極と他方の対電極との間の境界が、二次イオン B 1 の入射方向と反射器 9 の開口部の中心軸 C 2 を含む平面に対して 45 度の角度をなすように配置されている。なお、対向電極の形状を図 1 (c) に示すような扇型としたが、円形や矩形、多角形等の他の形状であってもよい。

#### 【0047】

1 つの対電極を構成する 2 つの対向電極には、対向電極電源 9 5 によって同じ電位が印加される。印加する電位を対電極ごとに変えることで、それぞれの対電極の間に適当な電位差を発生させることができる。対電極ごとに電位が異なることにより、多重極電極 9 0 の開口部を通過する荷電粒子と対向電極との間に働くクーロン力が、対電極ごとに異なることになる。これにより、例えば第 1 の対電極を構成する 2 つの対向電極よりも、第 2 の対電極を構成する 2 つの対向電極に接近するように、荷電粒子に引力または斥力を加えることができる。この結果、荷電粒子の飛行軌道を修正することができ、質量イメージの歪みを補正することができる。

30

#### 【0048】

例えば、図 1 (c) に示すように多重極電極 9 0 を 2 対の対電極から構成される四重極電極とし、四重極電場を発生させる場合を考える。ここで、一方の対電極 9 0 1 と他方の対電極 9 0 2 との間の境界が、荷電粒子（二次イオン B 1）の入射方向と反射器 9 の開口部の中心軸 C 2 を含む平面に対して 45 度の角度をなすように配置する。すなわち、当該平面は荷電粒子の飛行軌道を含む平面となる。このとき、当該平面に交差する位置に配置された一方の対電極 9 0 1 に荷電粒子が引き寄せられるように電位を印加する。換言すると、当該平面に交差する位置に配置されていない他方の対電極 9 0 2 から荷電粒子が遠ざかるように電位を印加する。すなわち、当該平面と交差する位置に配置されている対電極 9 0 1 には、他方の対電極 9 0 2 に対して荷電粒子とは逆極性の電位が印加されるように、それぞれの対電極に電位を印加する。例えば、二次イオン B 1 が正電荷を有する正イオンの場合、当該平面と交差する位置に配置されている一方の対電極 9 0 1 の電位が、他方の対電極 9 0 2 の電位よりも低くなるように、それぞれの対電極に電位を印加する。また、二次イオン B 1 が負電荷を有する負イオンの場合、前者の対電極 9 0 1 の電位が、後者の

40

50

対電極 902 の電位よりも高くなるように、それぞれの対電極に電位を印加する。これにより、荷電粒子（二次イオン）がイオンミラーに対して斜めに入射することに起因して発生する質量イメージの歪みを抑制するように、荷電粒子（二次イオン）の飛行軌道を修正することができる。

【0049】

なお、ここでは2対の対電極から構成される四重極電極について説明したが、これに限定はされず、3対以上の対電極から構成される多重極電極の場合でも同様である。すなわち、多重極電極が有する複数の対電極のうち、荷電粒子の飛行軌道を含む平面と交差する位置に配置されている対電極には、荷電粒子の電荷が正である場合にはその他の対電極のいずれよりも低い電位を印加する。また、多重極電極が有する複数の対電極のうち、荷電粒子の飛行軌道を含む平面と交差する位置に配置されている対電極には、荷電粒子の電荷が負である場合にはその他の対電極のいずれよりも高い電位を印加する。これにより、荷電粒子（二次イオン）が荷電粒子の飛行軌道を含む平面と交差する位置に配置されている対電極の方向へ引き寄せられるようになる。その結果、荷電粒子（二次イオン）がイオンミラーに対して斜めに入射することに起因して発生する質量イメージの歪みを抑制するように、荷電粒子（二次イオン）の飛行軌道を修正することができる。

10

【0050】

多重極電極 90 は、荷電粒子が少なくとも1回は通過する位置に配置されていることが好ましい。これにより、多重極電極 90 によって形成される電場により、荷電粒子の飛行軌道を修正することができる。また、多重極電極 90 は、荷電粒子が2回通過する位置に配置されていることがより好ましい。これにより、荷電粒子の飛行軌道を修正する効果を大きくすることができる。

20

【0051】

上述のように、二次イオンは荷電粒子反射器にチルト角  $\theta$  で斜めに入射し、荷電粒子反射器からチルト角  $\theta$  で中心軸に対して斜めに出射する。このため、通常の荷電粒子反射器を用いると、荷電粒子反射器を用いずにそのまま結像させたときに比べて、収差が増大し、空間分解能が低下してしまう。しかし本実施形態では上述のように多重極電極 90 を用いることで、四重極電場等の多重極電場を生じさせることができる。多重極電場が存在すると、反射器 9 の中心軸に対して垂直な方向に、収差が低減するように、荷電粒子の軌道を変化させることができる。そのため、二次元検出器 5 上に結像される質量イメージの空間分解能を向上させることができる。

30

【0052】

上述のように、本実施形態では反射器 9 に入射した荷電粒子である二次イオン B1 が先端部電極 92 に至る途中で反射（二次イオン B2）するような電場を形成するように、各開口電極 91 に電位が印加される。具体的には上述のように、2つの開口電極 91 間に荷電粒子の加速電位に相当する電位差が生じるように、電位が印加される。ここで図 3 (a) に示すように、この2つの開口電極 91 のうち、荷電粒子の入射方向について上流側の開口電極 91 を第1の開口電極 911、下流側の開口電極 91 を第2の開口電極 912 とする。このとき、多重極電極 90 を第1の開口電極 911 と第2の開口電極 912 の間に配置する。図 1 (b) のように、二次イオンが反射する位置よりも多重極電極 90 が上流側に設置すれば、二次イオンである荷電粒子が多重極電極 90 の開口部を2回通過することになる。

40

【0053】

ここで、第1の開口電極 911 と多重極電極 90 との間に配置された開口電極 91 を第3の開口電極 913、第2の開口電極 912 と多重極電極 90 との間に配置された開口電極 91 を第4の開口電極 914 とする。このとき、多重極電極 90 を構成する各対電極に印加する電位の平均値が、第3の開口電極 913 の電位および第4の開口電極 914 の電位の平均値と等しくなるように制御することが好ましい。

【0054】

このように構成することで、それぞれの対電極に印加する電位を変化させても、多重極

50

電極 90 を通過する荷電粒子の速度の、通過前後での変化量を低減できるように制御できる。したがって、反射器 9 内で荷電粒子が反射する位置が変動してしまうことを抑制できる。これにより、荷電粒子の飛行距離の変化による質量分析の精度が低下することを抑制できる。

【 0 0 5 5 】

なお、第 3 の開口電極 913 の電位と第 4 の開口電極 914 の電位は図 3 ( b ) に示すように等しいことがより好ましい。すなわち、多重極電極 90 を構成する各対電極に印加する電位の平均値が、第 3 の開口電極 913 の電位および第 4 の開口電極 914 の電位と等しいことがより好ましい。これにより、上記効果をより発揮することができる。

【 0 0 5 6 】

なお、本実施形態では多重極電極 90 が 2 対の対電極を有する場合について説明したが、多重極電極 90 が有する対電極の数は特に限定はされない。多重極電極 90 が有する対電極の数は少なくとも 2 対であればよく、例えば 3 対や 4 対であってもよい。多重極電極 90 が有する対電極の数を増やすと、多重極電極 90 によって形成される電場を四重極電場以上の多重極電場とすることができるという効果を有する。一例として、4 対の対電極を有する多重極電極 900 の例を、図 3 ( c ) に示す。このとき、多重極電極 900 は八重極電場を生成することができる。

【 0 0 5 7 】

また、本実施形態では反射器 9 が多重極電極 90 を 1 つ有する場合について説明したが、これに限定はされない。すなわち、反射器 9 は 2 つ以上の多重極電極 90 を有していてもよい。

【 0 0 5 8 】

< 二次元検出器 >

二次元検出器 5 は、反射器 9 に対向して配置され、反射器 9 に入射し、反射器 9 から出射した荷電粒子である二次イオン B2 を検出する。反射器 9 から出射した二次イオン B2 は再び電位規定器 10 に入射し、等速運動を行った後、電位規定器 10 の出口に設置された二次元検出器 5 で検出される。二次元検出器 5 は二次元検出器 5 に到達した二次イオン B2 の二次元検出器 5 上における位置情報 ( 座標 ) と信号強度、および二次イオン B2 を検出した時間 ( 時刻 ) を信号処理系に送信する。

【 0 0 5 9 】

二次イオンが試料 2 から放出されてから、荷電粒子レンズ 4、電位規定器 10、および反射器 9 を経て二次元検出器 5 で検出されるまでに経過した時間 ( 飛行時間 ) は、二次イオンの発生時刻と二次元検出器 5 での検出時刻の差として測定できる。本実施形態では、クラスターイオン A が試料 2 に入射する時刻を二次イオンが放出される発生時刻として扱うことができる。また、二次イオンの飛行する距離と、二次イオンの加速電位は予め知ることができるため、二次イオンの質量分析が可能となる。特に、電位規定器 10 内部での二次イオンの飛行距離が十分に長い場合には、下記の式 ( 1 ) の L に対して当該飛行距離を代入し、上述の飛行時間を t に代入すれば、近似的に二次イオンの質量電荷比が求められることができる。

【 0 0 6 0 】

【 数 1 】

$$\frac{m}{z} = 2eV \left( \frac{t}{L} \right)^2 \quad \dots \text{式 (1)}$$

【 0 0 6 1 】

ここで、m はイオンの質量、z はイオンの価数、V はイオンの加速電位、e は素電荷である。

【 0 0 6 2 】

前述の通り、二次イオンが二次元検出器 5 に到達する際に、荷電粒子レンズ 4 の収束作用によって試料 2 から放出された二次イオンが二次元検出器 5 の表面で結像される。つま

10

20

30

40

50

り、試料 2 の表面上の一点と、二次元検出器 5 の表面上の一点とが一对一对応する。そのため、試料 2 上の各点に対して質量分析を行うことができる。その結果、一次イオンビームを走査することなくイメージング質量分析が可能となる。

【0063】

(イオン光学シミュレーション)

次に、本発明に係る反射器 9 の機能および効果を具体的に示すために、反射器 9 を含む分析装置 100 のイオン光学シミュレーションの結果を示す。

【0064】

(シミュレーションモデル)

試料 2、荷電粒子レンズ 4、反射器 9、検出器 5 が図 5 (a) および図 5 (b) のように配置された分析装置 100 のモデルを作成し、イオン光学シミュレーションを行った。

【0065】

試料 2 の表面から 10 [mm] の離れた位置に荷電粒子レンズ 4 を設置した。荷電粒子レンズ 4 は、外径は 50 [mm]、頂角 70 度の同軸の 3 個の円錐電極で構成されており、各々は直径 10 [mm] の開口部を有するものとした。ここで、この円錐電極の中心軸が荷電粒子レンズ 4 の光軸 C1 となる。荷電粒子レンズ 4 を構成する 3 個の円錐電極は上流側から順に引出し電極 41、第 1 のレンズ電極 42、第 2 のレンズ電極 43 であり、それぞれの間隔は 10 [mm] とした。なお、上記の各電極間の距離は、各々の開口部の位置を基準とした。

【0066】

さらに、第 2 のレンズ電極 43 から 410 [mm] 下流に反射器 9 を設置した。なお、荷電粒子レンズ 4 と反射器 9 の間は等電位空間とした。

【0067】

反射器 9 は、厚さ 2.5 [mm]、直径 50 [mm] の円板状の 12 枚の開口電極 (911 ~ 920、922 ~ 923) を備えるものとした。それぞれの開口電極は、中心に内径 30 [mm] の円形の開口部を設けた。各開口電極は、隣接する開口電極と同軸、かつ 2.5 [mm] 間隔になるよう設置した。したがって、各開口電極の開口部の中心軸が反射器 9 の中心軸 C2 となる。反射器 9 の中心軸 C2 は、荷電粒子レンズ 4 の光軸 C1 に対してチルト角 5 度で設置した。

【0068】

また、図 5 (c) のように、12 枚の開口電極の間に、多重極電極 921 を配置した。具体的には、イオン (荷電粒子) の入射側から順に、10 枚目の開口電極 920 と、図 5 (d) のように 2 対の対電極が配置された多重極電極 921 と、開口電極 922 を配置した。

【0069】

多重極電極 921 は 4 つの扇形の対向電極を有しており、各対向電極が中心軸 C2 を挟んで対称に設置されている。各対向電極は、中心角 45 度、外径 50 [mm]、内径 30 [mm]、厚さ 2.5 [mm] の扇型の電極とし、対向する 2 個の電極ごとに対をなしている。2 対の対電極は同一平面上に配置し、これによって形成される内径 30 [mm] の開口部が他の開口電極の開口部と同軸となるように、多重極電極 921 を配置した。なお、一方の対電極と他方の対電極との間には、電氣的に絶縁されるように 1.5 [mm] の隙間が設けた。

【0070】

また、図 5 (a) のように、光軸 C1 と中心軸 C2 を含む平面内で、中心軸 C2 から光軸 C1 とは反対側に 5 度傾いた直線 (反射光軸 C3) 上に二次元検出器 5 を設置した。反射器 9 と二次元検出器 5 との距離は 350 [mm] とした。なお、反射光軸 C3 が二次元検出器 5 の表面に垂直に入射するように、二次元検出器 5 を設置した。

【0071】

試料 2 には 0 [V]、引出し電極 41 には -2400 [V]、第 1 のレンズ電極 42 には -460 [V]、第 2 のレンズ電極 43 には -1600 [V] をそれぞれ印加した。ま

10

20

30

40

50

た、反射器 9 の有する開口電極 9 1 のうち最上流に配置される開口電極 9 1 1、二次元検出器 5 には、 $-1600$  [V] をそれぞれ印加した。また、反射器 9 の有する各開口電極、多重極電極 9 2 1 を構成する対電極 9 2 1 a および対電極 9 2 1 b、終端部電極 9 2 に対しては、表 1 に示す電圧をそれぞれ印加した。すなわち、本実施形態に係るモデルであるモデル 1 においては対電極 9 2 1 a に  $-164$  [V]、対電極 9 2 1 b に  $-156$  [V] をそれぞれ印加した。また、比較のためのモデルであるモデル 2 においては対電極 9 2 1 a および対電極 9 2 1 b に  $-160$  [V] をそれぞれ印加した。したがって、モデル 1 においては多重極電極 9 2 1 によって形成される電場は四重極電場となり、モデル 2 においては多重極電極 9 2 1 によって形成される電場は他の開口電極と同じ、通常の電場となる。

10

【0072】

【表 1】

表1

| 対向電極No |      | 911   | 912   | 913   | 914   | 915  | 916  | 917  | 918  |
|--------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| 電位(V)  | モデル1 | -1600 | -1440 | -1280 | -1120 | -960 | -800 | -640 | -480 |
|        | モデル2 | -1600 | -1440 | -1280 | -1120 | -960 | -800 | -640 | -480 |

| 対向電極No |      | 919  | 920  | 921  |      | 922  | 923 | 93  |
|--------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
|        |      |      |      | 921a | 921b |      |     |     |
| 電位(V)  | モデル1 | -320 | -160 | -164 | -156 | -160 | 60  | 100 |
|        | モデル2 | -320 | -160 | -160 | -160 | -160 | 60  | 100 |

20

【0073】

この条件で、試料 2 から放出された正イオンの飛行軌道を、イオン光学シミュレーションによって計算した。正イオンの運動エネルギーは  $10$  [eV] であり、正イオンの運動の方向は、試料 2 の法線を中心に有限の角度分布を有する。

【0074】

なお、試料 2 の法線と荷電粒子レンズ 4 の光軸は平行である。本シミュレーションでは、試料 2 上の点 P 1、P 2 からそれぞれ放出された二次イオンが二次元検出器 5 表面にそれぞれ形成するスポット Q 1、Q 2 を分離することができるか否かによって、質量イメージの空間分解能を評価した。この場合、試料 2 上の各点から放出されたそれぞれの二次イオンが有する運動の方向の角度分布は  $-15$  [deg] ~  $+15$  [deg] とした。

30

【0075】

また、試料 2 上の格子状の 9 個の点 P 3 ~ P 11 からそれぞれ放出された二次イオンが二次元検出器 5 表面にそれぞれ形成するスポット Q 3 ~ Q 11 の位置関係から、質量イメージの歪みの大小を判断した。なおこの場合、試料 2 上の各点から放出されたそれぞれの二次イオンが有する運動の方向の角度分布は  $-5$  [deg] ~  $+5$  [deg] とした。

【0076】

(空間分解能評価)

まず、質量イメージの空間分解能の評価について説明する。

40

【0077】

図 5 (b) の細い実線 B が示すように、試料 2 から放出されたイオンは荷電粒子レンズ 4、反射器 9 を経て二次元検出器 5 で検出される。図 6 (a) は試料 2 近傍の拡大図であり、二次イオンは試料 2 上の点 P 1、P 2 から  $-15$  [deg] ~  $+15$  [deg] の角度分布を持って放出される。図 6 (b) から、それぞれの点から放出された二次イオンは二次元検出器 5 上に収束していること、すなわち結像していることがわかった。

【0078】

試料 2 上の 2 点 (P 1 および P 2) の間の距離を変えて、空間分解能の評価を行った。

50

具体的には、P 1 および P 2 の Y 座標を同一としたまま X 座標を変えることにより、2 点の間の距離  $L_Y$  を 5 [  $\mu\text{m}$  ] ずつ変えていき、二次元検出器 5 上に形成されるスポットが重なるか否かで空間分解能を評価した。

【 0 0 7 9 】

図 6 ( c ) はモデル 2 において  $L_Y$  が 5 5 [  $\mu\text{m}$  ] の場合の二次元検出器 5 上に形成されるスポット、図 6 ( d ) はモデル 2 において  $L_Y$  が 5 0 [  $\mu\text{m}$  ] の場合の二次元検出器 5 上に形成されるスポットをそれぞれ示す。図 6 ( c ) および図 6 ( d ) から、 $L_Y$  が 5 5 [  $\mu\text{m}$  ] の場合には二次元検出器 5 上の 2 つのスポットが独立しているものの、 $L_Y$  が 5 0 [  $\mu\text{m}$  ] の場合には二次元検出器 5 上の 2 つのスポットが独立しておらず、一部が重なっていることがわかった。このことから、モデル 2 における空間分解能は 5 5 [  $\mu\text{m}$  ] であると評価できる。また、スポットの形状は楕円型であり、楕円度は 5 0 ~ 6 0 % であった。モデル 2 では楕円度が高いため、縦方向と横方向とで空間分解能が異なるという課題も存在する。

10

【 0 0 8 0 】

図 6 ( e ) はモデル 1 において  $L_Y$  が 4 0 [  $\mu\text{m}$  ] の場合の二次元検出器 5 上に形成されるスポット、図 6 ( f ) はモデル 1 において  $L_Y$  が 3 5 [  $\mu\text{m}$  ] の場合の二次元検出器 5 上に形成されるスポットをそれぞれ示す。図 6 ( e ) および図 6 ( f ) から、 $L_Y$  が 4 0 [  $\mu\text{m}$  ] の場合には二次元検出器 5 上の 2 つのスポットが独立しているものの、 $L_Y$  が 3 5 [  $\mu\text{m}$  ] の場合には二次元検出器 5 上の 2 つのスポットが独立しておらず、一部が重なっていることがわかった。このことから、モデル 1 における空間分解能は 4 0 [  $\mu\text{m}$  ] であると評価できる。また、モデル 1 においてはスポットの形状がほぼ円形となっており、縦方向と横方向とで空間分解能が異なるという課題を解決できたことが示された。

20

【 0 0 8 1 】

結果的に、モデル 1 ではモデル 2 に比べて空間分解能を 5 5 [  $\mu\text{m}$  ] から 4 0 [  $\mu\text{m}$  ] へと約 3 0 % 改善することができた。この効果は、反射器 9 に斜めに入射したことに起因する二次イオンの軌道の乱れが、多重極電極 9 2 1 が生じさせる四重極電場によって抑制された結果である。

【 0 0 8 2 】

( 質量イメージの歪み評価 )

次に、質量イメージの歪みの評価について説明する。

30

【 0 0 8 3 】

試料 2 上の 0 . 3 [ mm ] 間隔で格子状に並んだ点 P 1 ~ P 9 から放出された二次イオンが二次元検出器 5 上に形成したスポット Q 1 ~ Q 9 の位置関係によって、質量イメージの歪みの評価を行った。すなわち、点 P 1 ~ P 9 の各点は試料 2 上で等間隔の格子状に配置されているので、質量イメージに歪みが無ければ、スポット Q 1 ~ Q 9 も等間隔の格子状に配置される。そこからのずれを評価することで、質量イメージの歪みを評価した。図 7 ( a ) は試料 2 近傍の二次イオンの軌道を示す拡大図であり、図 7 ( b ) は二次元検出器 5 近傍の二次イオンの軌道を示す拡大図である。

【 0 0 8 4 】

図 7 ( c ) は、モデル 2 におけるスポット Q 1 ~ Q 9 を示す。図 7 ( c ) に示すように、X 方向の長さである Q 3 と Q 9、および Q 1 と Q 7 との間の距離は、いずれも 2 3 [ mm ] であった。また、Y 方向の長さである Q 1 と Q 3、および Q 7 と Q 9 との距離は、いずれも 2 7 [ mm ] であった。したがって、質量イメージは X 方向に縮小されていることがわかった。

40

【 0 0 8 5 】

図 7 ( d ) は、モデル 1 におけるスポット Q 1 ~ Q 9 を示す。図 7 ( d ) に示すように、X 方向の長さである Q 3 と Q 9、および Q 1 と Q 7 との間の距離、Y 方向の長さである Q 1 と Q 3、および Q 7 と Q 9 との距離は、いずれも 2 6 [ mm ] であった。したがって、本実施形態によれば質量イメージの歪みも改善できることがわかった。

【 0 0 8 6 】

50

## (第2の実施形態)

第2の実施形態に係る荷電粒子反射器を有するイメージング質量分析装置について、図4を用いて説明する。図4は、本実施形態に係るイメージング質量分析装置の構成を模式的に示す図である。

## 【0087】

本実施形態に係るイメージング質量分析装置101は、第1の実施形態に係る分析装置100の有するイオン銃1の代わりに、レーザー光源16を有する。レーザー光源16はレーザー光Lを発生し、レーザー光Lは光学窓17を介して真空容器6中の試料2に入射し、その表面よりイオンを放出させる。なおこのとき、試料2にマトリクス剤を付与してもよい。レーザー光源16の種類は特に限定はされず、紫外線レーザー、赤外レーザーや、可視レーザーのいずれであってもよい。これ以外の構成は、第1の実施形態と同様である。

10

## 【0088】

本実施形態では、レーザー光Lがパルス化されており、これによりパルスのようにイオンが放出される。したがって、レーザー光Lが試料2を照射する時刻を基準として、二次元検出器5でイオンが検出される時刻を測定することで、飛行時間を取得することができる。

## 【0089】

このように、本実施形態においてもレーザー光Lの照射によって試料2から放出されたイオンを二次元検出器5に結像させ、飛行時間を測定することにより、イメージング質量分析を行うことが可能となる。

20

## 【0090】

本実施形態における飛行時間型イメージング質量分析装置では、空間分解能の高い質量イメージを測定できることに加え、マトリクス剤を付与した試料をレーザー光で照射することにより、生体分子等の高分子を感度良く検出することができる。

## 【符号の説明】

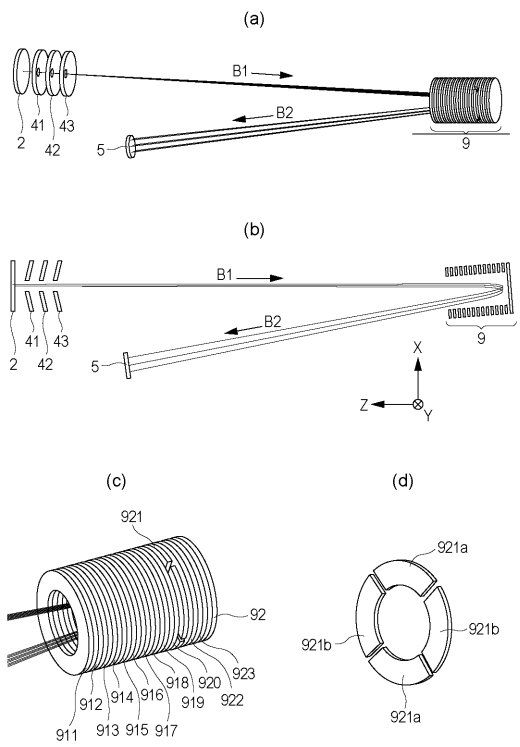
## 【0091】

- 9 荷電粒子反射器
- 90 多重極電極
- 901、902 対電極
- 901a、901b、902a、902b 対向電極
- 91 開口電極

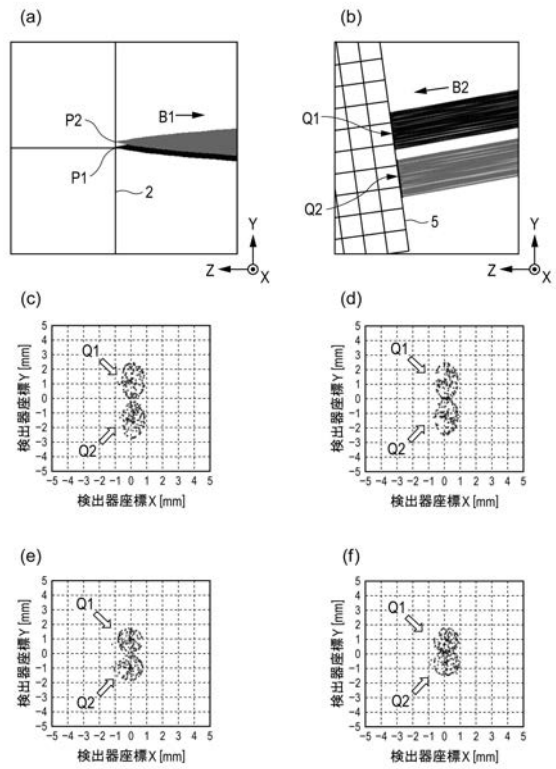
30



【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】

