(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7702588号
(P7702588)

(45)発行日　令和7年7月4日(2025.7.4)

(24)登録日　令和7年6月26日(2025.6.26)

(51)国際特許分類

Ｈ０１Ｊ　49/10　(2006.01)	Ｈ０１Ｊ	49/10	５００	
Ｇ０１Ｎ　27/62　(2021.01)	Ｇ０１Ｎ	27/62		Ｇ
Ｇ０１Ｎ　21/73　(2006.01)	Ｇ０１Ｎ	21/73		
Ｈ０１Ｊ　49/04　(2006.01)	Ｈ０１Ｊ	49/04	５００	
Ｈ０１Ｊ　49/26　(2006.01)	Ｈ０１Ｊ	49/10		

ＦＩ

請求項の数　17　（全28頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2021-558976(P2021-558976)
(86)(22)出願日　令和2年3月31日(2020.3.31)
(65)公表番号　特表2022-527350(P2022-527350A)
(43)公表日　令和4年6月1日(2022.6.1)
(86)国際出願番号　PCT/IB2020/053057
(87)国際公開番号　WO2020/202008
(87)国際公開日　令和2年10月8日(2020.10.8)
審査請求日　令和5年3月31日(2023.3.31)
(31)優先権主張番号　62/827,483
(32)優先日　平成31年4月1日(2019.4.1)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
前置審査

(73)特許権者　523252722
パーキンエルマー・サイエンティフィック・カナダ・ユーエルシー
カナダ国，オンタリオ州，ウッドブリッジ，ロウントゥリー・デイリー・ロード　５０１
(74)代理人　110001195
弁理士法人深見特許事務所
(72)発明者　パテル，プリテッシュ
カナダ、エル・１・ブイ　３・ティ・２
オンタリオ州、ピカリング、アスペン・ロード、６２９
審査官　後藤　慎平

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　元素種のバックグラウンド等価濃度を改善するためのデバイスおよび方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

トーチで維持されるプラズマの上流に窒素中心を含むガスを導入することを含む方法であって、前記トーチが、前記トーチに導入されるプラズマガスを使用して誘導結合プラズマを維持するように構成され、前記方法は、

イオン化しにくい元素が、誘導結合プラズマを使用して分析されているときに、前記窒素中心を含む前記ガスのスプレーチャンバへの導入をオフに切り替えることと、

イオン化しにくい元素以外の元素が、前記誘導結合プラズマを使用して分析されているときに、前記窒素中心を含む前記ガスの前記スプレーチャンバへの導入を選択的にオンに切り替えることとをさらに含み、

前記イオン化しにくい元素は、ベリリウム、亜鉛、セレン、またはヒ素を含む、方法。

【請求項２】

前記窒素中心を含む前記ガスが、前記トーチに提供される前記プラズマガスとは別個であり、かつ前記トーチのガス器具を冷却するために前記トーチに提供される任意の冷却ガスとも別個であるガス流で前記トーチに導入される、請求項１に記載の方法。

【請求項３】

前記窒素中心を含む前記ガスを、前記トーチの上流に配置され、かつ前記トーチの試料入口に流体的に結合された前記スプレーチャンバに導入することをさらに含む、請求項１に記載の方法。

【請求項４】

前記窒素中心を含む前記ガスが、前記スプレーチャンバの二次ポートを通して導入される、請求項３に記載の方法。
【請求項５】
前記スプレーチャンバの前記二次ポートが、前記スプレーチャンバの長手方向軸に対して垂直に配置される、請求項４に記載の方法。
【請求項６】
前記スプレーチャンバが、ネブライザに流体的に結合され、前記窒素中心を含む前記ガスの前記スプレーチャンバへのオンへの切り替えおよびオフへの切り替えが実施されるときに、前記ネブライザを通る試料の流量が実質的に一定である、請求項１に記載の方法。
【請求項７】
前記トーチに導入された総ガス流量の最大約５０体積％を占めるように前記窒素中心を含む導入されたガスを構成することをさらに含む、請求項３に記載の方法。
【請求項８】
前記窒素中心を含む前記ガスを、前記スプレーチャンバを通るバルクガス流の流れ方向に対して平行な流れ、垂直な流れ、または逆流れである流れで導入することをさらに含む、請求項３に記載の方法。
【請求項９】
前記窒素中心を含む前記ガスが、窒素ガス、アンモニアガス、亜酸化窒素、二酸化窒素、またはアンモニウムイオンを含むガスである、請求項１に記載の方法。
【請求項１０】
前記トーチが、アルゴンガスを前記プラズマガスとして使用して前記トーチで前記誘導結合プラズマを維持するように前記トーチに高周波エネルギーを提供するように構成された誘導デバイスの開口部に配置され、前記スプレーチャンバが、前記トーチに試料の層流を提供するように構成され、前記試料の層流が、前記窒素中心を含む前記導入されたガスも含む、請求項３に記載の方法。
【請求項１１】
約５００ワット～約１８００ワットの電力が、前記トーチで前記誘導結合プラズマを維持するために前記誘導デバイスに提供される、請求項１０に記載の方法。
【請求項１２】
前記トーチで前記プラズマを維持するために前記トーチに導入された前記アルゴンガスが、９９．９９％アルゴン～９９．９９９９％アルゴンの純度を含む、請求項１１に記載の方法。
【請求項１３】
前記トーチの出口に流体的に結合された質量分析器をさらに備える、請求項１０に記載の方法。
【請求項１４】
前記トーチ中の励起イオンから光学発光を受信するように構成された光学検出器をさらに備える、請求項１０に記載の方法。
【請求項１５】
前記窒素中心を含む前記ガスを、前記トーチで前記プラズマを維持するために前記プラズマガスを提供する前記トーチのポートに導入することをさらに含む、請求項１に記載の方法。
【請求項１６】
前記窒素中心を含む前記ガスが、窒素ガス、アンモニアガス、亜酸化窒素、二酸化窒素、またはアンモニウムイオンを含むガスである、請求項１５に記載の方法。
【請求項１７】
前記トーチが、アルゴンを前記プラズマガスとして使用して前記トーチで前記誘導結合プラズマを維持するために前記トーチに高周波エネルギーを提供するように構成された誘導デバイスの開口部に配置される、請求項１５に記載の方法。
【発明の詳細な説明】

【技術分野】
【０００１】
優先出願
本出願は、２０１９年４月１日に出願された米国仮出願第６２／８２７，４８３号に関連し、その優先権および利益を主張するものであり、その全開示は、すべての目的のために参照により本明細書に組み込まれる。
【０００２】
１つ以上の元素を検出するときにプラズマ干渉および／またはバックグラウンド信号を低減することができるデバイスおよび方法の特定の構成が記載されている。いくつかの例では、干渉種からの信号および／またはバックグラウンド信号を低減して、バックグラウンド等価濃度を改善することができる。
【背景技術】
【０００３】
試料中の元素種は、多くの異なる方式で分析することができる。バックグラウンド信号および干渉は、低レベルで特定の元素種を検出する能力を低下させることが多い。
【発明の概要】
【課題を解決するための手段】
【０００４】
化学分析において、窒素中心を含むガス、例えば、別の原子に結合した少なくとも１つの窒素原子を含む分子または化合物を含むガスを使用することができる様々な態様、実施形態、構成、および実施例が記載されている。窒素中心を含むガスの存在は、例えば、少なくとも特定の元素種の分析中にバックグラウンド信号および／または干渉種の存在を低減することができる。この低減は、少なくとも特定の元素種のバックグラウンド等価濃度を改善することができる。
【０００５】
ある態様では、方法は、窒素中心を含むガス、例えば、プラズマガスを使用して誘導結合プラズマを維持するように構成されたトーチの上流に、窒素中心を含むガスを導入することを含み、窒素中心を含むガスは、持続的誘導結合プラズマの上流に導入される。いくつかの実施形態では、窒素中心を含むガスは、試料導入デバイスに、試料導入デバイスとプラズマとの間の点で、プラズマの上流のトーチなどに導入される。いくつかの構成では、窒素中心を含むガスは、プラズマガス流からの別個のガス流およびトーチに提供される任意の冷却ガスからの別個のガス流で導入されて、トーチのガラス器具を冷却する。
【０００６】
いくつかの例では、窒素中心を含むガスは、トーチに提供されるプラズマガスとは別個であり、かつトーチのガス器具を冷却するためにトーチに提供される任意の冷却ガスとも別個であるガス流でトーチに導入される。
【０００７】
他の例では、この方法は、窒素中心を含むガスを、トーチの上流に配置され、かつトーチの試料入口に流体的に結合されたスプレーチャンバに導入することを含む。いくつかの実施形態では、窒素中心を含むガスは、スプレーチャンバの二次ポート、またはスプレーチャンバの一次ポート、またはスプレーチャンバのいくつかの他のポートを通して導入される。特定の場合では、スプレーチャンバの二次ポートは、スプレーチャンバの長手方向軸に対して垂直に配置される。他の実施形態では、この方法は、イオン化しにくい元素が誘導結合プラズマを使用して分析されているときに、窒素中心を含むガスのスプレーチャンバへの導入をオフに切り替えることを含む。いくつかの例では、この方法は、イオン化しにくい元素以外の元素が誘導結合プラズマを使用して分析されているときに、窒素中心を含むガスのスプレーチャンバへの導入をオンに切り替えることを含む。追加の例では、スプレーチャンバは、ネブライザに流体的に結合され、スプレーチャンバへの窒素中心を含むガスのオンへの切り替えおよびオフへの切り替えが実施されるとき、ネブライザを通る試料の流量は、実質的に一定である。

【０００８】
いくつかの例では、この方法は、窒素中心を含む導入ガスを、トーチに導入される総ガス流量の最大約５０体積％を占めるように構成することを含む。
【０００９】
特定の実施形態では、この方法は、窒素中心を含むガスを、スプレーチャンバを通るバルクガス流の流れ方向に平行な流れ、垂直な流れ、または逆流れである流れで導入することを含む。
【００１０】
場合によっては、窒素中心を含むガスは、窒素ガス、アンモニアガス、亜酸化窒素、二酸化窒素、またはアンモニウムイオンを含むガスである。
【００１１】
特定の実施形態では、トーチは、アルゴンをプラズマガスとして使用してトーチで誘導結合プラズマを維持するためにトーチに高周波エネルギーを提供するように構成された誘導デバイスの開口部に配置され、スプレーチャンバは、トーチに試料の層流を提供するように構成され、試料の層流は、窒素中心を含む導入ガスも含む。
【００１２】
いくつかの例では、約５００ワット～約１８００ワットの電力が、トーチで誘導結合プラズマを維持するために誘導デバイスに提供される。いくつかの実施形態では、トーチでプラズマを維持するためにトーチに導入されるアルゴンガスは、９９．９９％アルゴン～９９．９９９９％アルゴンの純度を含む。
【００１３】
いくつかの例では、トーチの出口に流体的に結合された質量分析器。他の例では、光学検出器が存在し、かつトーチ中の励起イオンから光学発光を受信するように構成される。
【００１４】
他の実施形態では、この方法は、窒素中心を含むガスを、プラズマの中央チャネルにガスを提供するトーチのポートに導入することを含む。いくつかの例では、窒素中心を含むガスは、窒素ガス、アンモニアガス、亜酸化窒素、二酸化窒素、またはアンモニウムイオンを含むガスである。他の実施形態では、トーチは、アルゴンをプラズマガスとして使用してトーチで誘導結合プラズマを維持するためにトーチに高周波エネルギーを提供するように構成された誘導デバイスの開口部に配置される。いくつかの例では、この方法は、イオン化しにくい元素が誘導結合プラズマを使用して分析されているときに、窒素中心を含むガスのトーチへの導入をオフに切り替えることを含む。他の実施形態では、この方法は、イオン化しにくい元素以外の元素が誘導結合プラズマを使用して分析されているときに、窒素中心を含むガスのトーチへの導入をオンに切り替えることを含む。
【００１５】
別の態様では、質量分析計システムは、第１のポートおよび第２のポートを備える試料導入デバイスであって、第１のポートが、第１のガスを受け取り、第２のポートが、第１のガスとは異なる第２のガスを受け取り、第２のガスが、窒素中心を含む、試料導入デバイスと、試料導入デバイスに流体的に結合され、かつトーチの試料入口で試料導入デバイスから試料を受け取るように構成されたトーチと、試料をイオン化するために、トーチに高周波エネルギーを提供して、トーチで誘導結合プラズマを維持するように構成された誘導デバイスと、トーチの試料出口に流体的に結合され、かつトーチからイオンを受け取るように構成された質量分析器と、質量分析器に流体的に結合された検出器と、イオン化しにくい元素を含む試料が、質量分析計システムを使用して分析されているときに、試料導入デバイスへの第２のガスの導入を防止し、かつイオン化しにくい元素以外の元素が、質量分析器を使用して分析されているときに、試料導入デバイスへ第２のガスが入るのを可能にするように構成されたプロセッサと、を備える。
【００１６】
特定の実施形態では、試料導入デバイスは、トーチの上流に配置され、かつトーチの試料入口に流体的に結合されたスプレーチャンバを備える。他の実施形態では、スプレーチ

ャンバは、第２のガスが導入される第２のポートを備え、第１のガスが導入される第１のポートを備える。いくつかの例では、スプレーチャンバの第２のポートは、スプレーチャンバの長手方向軸に対して垂直に配置される。他の例では、第２のポートは、第１のポートに直交している。いくつかの実施形態では、プロセッサは、試料導入デバイスに導入される窒素中心を含む第２のガスの量を制御するようにさらに構成される。いくつかの実施形態では、プロセッサは、質量分析計を使用して分析される分析物に基づいて、窒素中心を含む複数のガスから窒素中心を含む特定のガスを選択するようにさらに構成される。

【００１７】

いくつかの例では、質量分析器システムは、スプレーチャンバに流体的に結合されたネブライザをさらに備える。他の実施形態では、スプレーチャンバは、トーチの試料入口に試料の層流を提供するように構成され、試料の層流は、窒素中心を含む第２のガスも含む。いくつかの実施形態では、第３のポートは、スプレーチャンバ上に存在し、第３のポートは、第１のガスおよび第２のガスとは異なるガスを受け取る。

【００１８】

別の態様では、光学発光分光器システムは、第１のポートおよび第２のポートを備える試料導入デバイスであって、第１のポートが、第１のガスを受け取り、第２のポートが、第１のガスとは異なる第２のガスを受け取り、第２のガスが、窒素中心を含む、試料導入デバイスと、試料導入デバイスに流体的に結合され、かつトーチの試料入口で試料導入デバイスから試料を受け取るように構成されたトーチと、試料をイオン化するために、トーチに高周波エネルギーを提供して、トーチで誘導結合プラズマを維持するように構成された誘導デバイスと、トーチで励起された分析物の光学発光を検出するように構成された光学検出器と、イオン化しにくい元素を含む試料が、光学発光分光器システムを使用して分析されているときに、試料導入デバイスへの第２のガスの導入を防止し、かつイオン化しにくい元素以外の元素が、光学発光分光器システムを使用して分析されているときに、試料導入デバイスへ第２のガスが入るのを可能にするように構成されたプロセッサと、を備える。

【００１９】

特定の実施形態では、試料導入デバイスは、トーチの上流に配置され、かつトーチの試料入口に流体的に結合されたスプレーチャンバを備える。いくつかの例では、スプレーチャンバは、第２のガスが導入される第２のポートを備え、第１のガスが導入される第１のポートを備える。他の例では、スプレーチャンバの第２のポートは、スプレーチャンバの長手方向軸に対して垂直に配置される。他の例では、第２のポートは、第１のポートに直交している。いくつかの例では、プロセッサは、試料導入デバイスに導入される窒素中心を含む第２のガスの量を制御するようにさらに構成される。いくつかの例では、プロセッサは、光学発光分光器を使用して分析される分析物に基づいて、窒素中心を含む複数のガスから窒素中心を含む特定のガスを選択するようにさらに構成される。他の例では、システムは、スプレーチャンバに流体的に結合されたネブライザをさらに備える。いくつかの実施形態では、スプレーチャンバは、トーチの入口に試料の層流を提供するように構成され、試料の層流は、窒素中心を含む第２のガスも含む。他の実施形態では、第３のポートは、スプレーチャンバ上に存在し、第３のポートは、第１のガスおよび第２のガスとは異なるガスを受け取る。

【００２０】

別の態様では、スプレーチャンバの入口端でネブライザに流体的に結合して、ネブライザから液体試料を受け取り、かつスプレーチャンバの出口端でエアロゾル化された試料スプレーを、スプレーチャンバの出口端に流体的に結合されたイオン化デバイスに提供するように構成されたスプレーチャンバが記載されている。いくつかの例では、スプレーチャンバは、入口端、出口端、および二重メイクアップガス入口ポートを備え、それぞれが外側チャンバ内にガスを受け取り、接線ガス流を提供するように構成された外側チャンバと、外側チャンバ内の内側チャンバであって、内側チャンバが、二重メイクアップガス入口ポートから外側チャンバに導入されたメイクアップガスを受け取るように構成された複数

の内部マイクロチャンネルを備え、内側チャンバが、内側チャンバ上の液滴堆積を低減するために内側チャンバの外面と外側チャンバの内面との間に層流を提供するようにサイズ設定および配設された、内側チャンバと、二重メイクアップガス入口ポートから分離されて、かつ窒素中心を含むガスを受け取るように構成されたガスポートと、を備え、スプレーチャンバは、窒素中心を含むガスが、スプレーチャンバの出口端でスプレーチャンバを出るエアロゾル化された試料スプレー中に存在するように、窒素中心を含む受け取ったガスと、二重メイクアップガス入口ポートに導入されたメイクアップガスとの混合を可能にするように構成される。

【００２１】

追加の態様、実施形態、実施例、および構成は、以下により詳細に記載される。

特定の具体的な構成を、図面を参照して以下に説明する：

【図面の簡単な説明】

【００２２】

【図１Ａ】いくつかの実施形態による、異なる部位に窒素中心を含むガスを受け取ることができるシステムの図である。

【図１Ｂ】いくつかの実施形態による、異なる部位に窒素中心を含むガスを受け取ることができるシステムの図である。

【図１Ｃ】いくつかの実施形態による、異なる部位に窒素中心を含むガスを受け取ることができるシステムの図である。

【図２Ａ】いくつかの実施形態による、異なる部位に窒素中心を含むガスを受け取ることができるシステムの図である。

【図２Ｂ】いくつかの実施形態による、異なる部位に窒素中心を含むガスを受け取ることができるシステムの図である。

【図２Ｃ】いくつかの実施形態による、異なる部位に窒素中心を含むガスを受け取ることができるシステムの図である。

【図３Ａ】いくつかの例による、窒素中心を含むガスを受け取ることができる２つの入口ポートを備える試料導入デバイスの図である。

【図３Ｂ】いくつかの例による、窒素中心を含むガスを受け取ることができる３つの入口ポートを備える試料導入デバイスの図である。

【図３Ｃ】いくつかの例による、３つの入口ポートを備える試料導入デバイスの別の図であって、そのうちの１つが、窒素中心を含むガスを受け取ることができる図である。

【図３Ｄ】いくつかの実施形態による、試料導入デバイスの出口に流体的に結合されたポートを備える試料導入デバイスの図である。

【図４】いくつかの例による、混合チャンバを備えるシステムの図である。

【図５】いくつかの実施形態による、窒素中心を含むガスに流体的に結合することができるスプレーチャンバの図である。

【図６】いくつかの実施形態による、トーチおよびコイル状誘導デバイスの図である。

【図７】特定の構成による、トーチおよびプレート電極の図である。

【図８】いくつかの実施形態による、トーチおよびフィン付き誘導デバイスの図である。

【図９】いくつかの例による、質量分析計中に存在し得る特定の構成要素のブロック図である。

【図１０】いくつかの実施形態による、光学発光システムのブロック図である。

【図１１】特定の構成による、原子吸収システムの図である。

【図１２】いくつかの実施形態による、２つ以上の構成要素に流体的に結合されたガス源を備えるシステムの図である。

【図１３】多数の元素についてのバックグラウンド等価濃度測定値を列挙した表３を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００２３】

本開示の利点を考慮すると、図に示される構成要素は、使用され得る特定の構成要素お

よび構成のみを例示するに過ぎないことが、当業者によって認識されるであろう。

【００２４】

少なくとも特定の元素種に対して改善された検出限界を提供するために、例えば、別の原子に共有結合された窒素原子を含むガスなどの窒素中心を含むガスを使用することができる特定の構成が説明される。場合によっては、窒素中心を含むガスは、イオン化源の上流に、イオン化源に直接、または窒素中心を含むガスをイオン化源に提供することができる他の方式で導入することができる。多くの異なるガスおよびガスの組み合わせを必要に応じて使用することができる。使用される窒素中心を含むガスの正確な量は、変動し得、典型的には、システムを通る総ガス流、例えば総ガス流の少量、例えば、５０体積％未満よりもはるかに低い。以下により詳細に記載されるように、試料中の特定の元素を検出するとき、窒素中心を含むガスの導入を除去または防止することが望ましい場合がある。場合によっては、ガスは、窒素中心を含むガスであるか、またはそれを含むが、他の例では、ガスは、窒素中心を含む分子または化合物であるか、またはそれを含む。以下で考察するように、検出は、質量分析計、光学発光デバイス、原子吸収デバイス、飛行時間デバイス、または他のデバイスおよびシステムを含む多数のデバイスおよびシステムを使用して達成することができる。特定の理論または構成にも束縛されることを望まないが、窒素中心を含むガスの使用は、バックグラウンド等価濃度（ＢＥＣ）を改善することができ、これは一般に、所与の波長または質量で測定される、バックグラウンドと同じ強度を示す所与の元素の濃度として定義される。ＢＥＣは、典型的には式［１］に従って計算される。

［１］

【００２５】

【数１】

$$BEC=\frac{I_{ブランク}}{I_{標準}-I_{ブランク}}+C_{標準}$$

【００２６】

式中、$C_{標準}$は、標準の濃度であり、$I_{ブランク}$は、ブランクの信号強度であり、$I_{標準}$は、標準の信号強度である。ＢＥＣの単位は、標準の単位と同じである。ＢＥＣは、検出限界ではなく、元素およびバックグラウンドからの信号の相対サイズである。一般に、ＢＥＣが低いほど検出限界は低くなる。干渉種からのバックグラウンド信号を、例えば、干渉種を除去することによって、または干渉種が形成されることを防止することによって低減することができる場合、ＢＥＣを改善することができる。

【００２７】

以下の特定の場合には、「イオン化しにくい元素」という語句は、イオン化源として誘導結合プラズマを使用することが困難である特定の元素種を指す。イオン化しにくい元素の例には、ベリリウム、亜鉛、セレン、およびヒ素が含まれるが、これらに限定されない。本明細書に記載された方法およびシステムは、窒素中心を含むガスを選択的に使用するか、または使用しないことによって、イオン化しにくい元素の分析を強化することができる。例えば、窒素中心を含むガスは、特定の元素種の分析中に存在し得る干渉および／またはバックグラウンド信号を低減するために選択的に導入することができる。特定の科学的理論に束縛されることも望まないが、窒素原子をイオン化源に導入することにより、特定の干渉イオンおよび／または干渉イオン生成物を低減して、特定の元素の検出限界を改善することができる。例えば、イオンが質量電荷（ｍ／ｚ）比に基づいて検出されるとき、対象となる特定の分析物と同じまたは同様のｍ／ｚ比を有する特定の干渉が生成され得る。窒素中心を含むガスを導入することによって、この干渉種の量は、任意の実質的な程度に低減されてもよく、そうでなければ全く形成されなくてもよい。他の場合では、窒素中心を含むガスの導入は、特定の元素の検出をより困難にする場合がある特定のｍ／ｚ比

での干渉または干渉種の生成を増加させる可能性がある。したがって、特定の元素の検出中に窒素中心を含むガスの選択的な導入、および他の元素の検出中に窒素中心を含むガスの除去（または非導入）は、一般に、分析試料中のすべてではないがほとんどの元素の検出限界を改善することができる。

【００２８】

特定の実施形態では、窒素中心を含むガスは、イオン化源の上流に、例えば、イオン化源に流体的に結合され、かつイオン化源の上流に配置された試料導入デバイスに導入することができる。図１Ａを参照すると、プラズマまたは他のイオン化源１２０を維持するために使用することができるチャンバまたはトーチに流体的に結合された試料導入デバイス１１０を備えるシステム１００が示されている。窒素中心を含むガスは、イオン化源１２０の上流に配置された試料導入デバイス１１０に導入することができる。イオン化源１２０が誘導結合プラズマである場合、ガス中の窒素原子は、プラズマを維持するために使用されるアルゴンガスから形成される特定の干渉種を低減し得る。場合によっては、アルゴンは、トーチでプラズマを維持するためにトーチに導入されており、９９．９９％アルゴン～９９．９９９９％アルゴンの純度を含む。以下でさらに考察されるように、プロセッサまたはコントローラは、システム１００中に存在し、検出される特定の元素に応じて、窒素中心を含むガスを導入するか、または導入しないようにプログラムすることができる。窒素中心を含むガスは、典型的には、少量、例えば、５０体積％未満で試料導入デバイス１１０に導入されるため、試料は、実質的な程度に希釈されない。窒素中心を含むガスは、断続的に導入され、継続的に導入され、パルスまたは他の方式で試料導入デバイス１１０に導入され得る。試料導入デバイス１１０は、ネブライザ、スプレーチャンバ、スプレー先端、スプレーノズル、またはエアロゾル化された試料をイオン化源１２０に導入することができる他の形態を含む、多くの形態をとり得る。イオン化源１２０で使用することができる様々な例示およびタイプのイオン化源を以下により詳細に説明する。

【００２９】

特定の構成では、窒素中心を含むガスは、例えば、試料導入デバイスとイオン化源との間に配置されたポート、ガスライン、またはデバイスを通して、試料導入デバイスとイオン化源との間のある点で導入することができる。図１Ｂを参照すると、イオン化源１５０に流体的に結合された試料導入デバイス１４０を備えるシステム１３０が示されている。窒素中心を含むガスは、例えば、試料導入デバイス１４０とイオン化源１５０との間に配置されたポート、スプレーチャンバ、フローコントローラ、バルブ、マニホールドなどを通して、イオン化源１５０と試料導入デバイス１４０との間のシステム１３０に導入することができる。ガスは、例えば、試料導入デバイス１４０から出るガス流に、窒素中心を有する分子または化合物を添加することによって導入することができる。他の例では、窒素中心を含むガスは、試料導入デバイス１４０を出るガス流に導入することができる。所望により、混合チャンバまたは他のデバイスが、試料導入デバイス１４０とイオン化源１５０との間に存在して、窒素中心を含むガスと試料導入デバイス１４０から出る試料との混合を可能にし得るため、実質的に均質なガスがイオン化源１５０に導入される。以下でさらに考察されるように、プロセッサまたはコントローラは、システム１３０中に存在し、検出される特定の元素に応じて、窒素中心を含むガスを導入するか、または導入しないようにプログラムすることができる。窒素中心を含むガスは、典型的には、試料導入デバイス１４０を少量、例えば、５０体積％未満で出るガス流に導入されるため、試料は、実質的な程度に希釈されない。試料導入デバイス１４０は、ネブライザ、スプレーチャンバ、スプレー先端、スプレーノズル、またはエアロゾル化された試料をイオン化源１５０に導入することができる他の形態を含む、多くの形態をとり得る。イオン化源１５０で使用することができる様々な例示およびタイプのイオン化源を以下により詳細に説明する。

【００３０】

いくつかの構成では、窒素中心を含むガスをイオン化源に直接導入することが望ましい場合がある。図１Ｃを参照すると、イオン化源１８０に流体的に結合された試料導入デバイス１７０を備えるシステム１６０が示されている。窒素中心を含むガスは、特定の元素

の分析中に干渉の形成を低減する（または干渉の形成を防止する）ためにイオン化源１８０に直接導入することができる。ガスは、イオン化源１８０に流体的に結合されたポート、別個のスプレーチャンバ、フローコントローラ、バルブ、マニホールドなどを通してイオン化源１８０に直接導入することができる。例えば、イオン化源１８０が誘導結合プラズマ（ＩＣＰ）を含む場合、例えばＩＣＰを維持するように構成されたトーチの内側チューブに、窒素中心を含むガスを導入するか、またはプラズマガスと直接混合することができるため、ガスがプラズマガスと混合される。例えば、窒素中心を含むガスは、トーチ内でプラズマを維持するために１つ以上の誘導デバイスと組み合わせて使用されるアルゴンプラズマガス流と混合することができる。所望により、窒素中心を含むガスとプラズマガスとが混合され、実質的に均質なプラズマガス混合物がイオン化源１８０に導入されてプラズマを維持することができるように、混合チャンバまたは他のデバイスが存在し得る。窒素中心を含むガスは、典型的には、誘導結合プラズマを維持するプラズマトーチに関連して使用されることがある任意の冷却ガス、バリアガス、または他の補助ガスには提供されない。以下でさらに考察されるように、プロセッサまたはコントローラは、システム１６０中に存在し、検出される特定の元素に応じて、窒素中心を含むガスを導入するか、または導入しないようにプログラムすることができる。窒素中心を含むガスは、典型的には、少量、例えば、５０体積％未満でイオン化源１８０に導入されるため、プラズマガスは、実質的な程度に希釈されない。試料導入デバイス１７０は、ネブライザ、スプレーチャンバ、スプレー先端、スプレーノズル、またはエアロゾル化された試料をイオン化源１８０に導入することができる他の形態を含む、多くの形態をとり得る。イオン化源１８０で使用することができる様々な例示およびタイプのイオン化源を以下により詳細に説明する。

【００３１】

特定の構成は、窒素中心を含むガスを導入することができる異なる部位または点の図１Ａ～１Ｃに示されるが、所望により、窒素中心を含むガスは、２つ以上の異なる部位で導入することができるか、または異なる窒素中心を含む異なる流体は、２つ以上の異なる部位で導入することができる。加えて、以下により詳細に記載されるように、窒素中心を含むガスは、システムの他の構成要素、例えば、イオン化源の下流に配置された衝突セル、反応セル、または衝突反応セルによっても使用され得る。

【００３２】

他の例では、窒素中心を含むガスは、窒素原子を含む１つ以上の分子、化合物、または種を含むガスであり得る。例えば、ガスは、窒素ガス、アンモニアガス、亜酸化窒素、二酸化窒素、気体アセトニトリル、またはアンモニウムイオンを含むガスであり得る。窒素原子を含むガスの組み合わせも使用することができる。所望により、窒素中心を含む２つ以上の異なるガスを一緒にシステムに導入することもでき、または窒素中心を含む２つ以上の異なるガスをシステムの異なる部位もしくは点に導入することもできる。

【００３３】

特定の構成では、窒素中心を含むガスは、１つ以上のフローコントローラを使用してシステムに導入することができる。図２を参照すると、フローコントローラ２３０、例えば質量フローコントローラは、試料導入デバイス２１０、および窒素中心を含むガスを提供するように構成されたガス源２０５に流体的に結合されるシステム２００が示されている。フローコントローラ２３０は、試料導入デバイス２１０に導入される窒素中心を含むガスの量または体積を制御するために、プロセッサ２４０に電気的に結合される（または独自のプロセッサを備え得る）。ガス源２０５は、窒素中心を含むガスを導入し得、試料導入デバイス２１０に導入することができ、かつ下流のイオン化源２２０に提供される試料と混合することができる。プロセッサ２４０は、どの特定の元素が分析されるかに応じて、ガス源２０５からのガスが試料導入デバイス２１０に導入されることを可能にまたは防止することができる。図２Ｂおよび２Ｃに示されるように、フローコントローラ２３０は、代わりに、試料導入デバイス２１０とイオン化源２２０との間で流体的に結合され得（図２Ｂのシステム２５０を参照）、またはイオン化源２２０に直接結合され得る（図２Ｃのシステム２６０を参照）。あるいは、窒素中心を含むガスは、２つ以上の異なる部位で

導入することができ、または異なる窒素中心を含む異なるガスは、２つ以上の異なる部位で導入することができる。加えて、以下により詳細に記載されるように、窒素中心を含むガスを提供するガス源２０５は、システムの他の構成要素、例えば、イオン化源２２０の下流に配置された衝突セル、反応セル、または衝突反応セルによっても使用され得る。

【００３４】

特定の構成では、窒素中心を含むガスを試料導入デバイスのポートに導入することができる。試料導入デバイス３１０が、試料を受け取るように構成された入口３１２、および試料導入デバイス３１０からの試料の出口を可能にするように構成された出口３１４を備える、例示が図３Ａに示されている。試料は、一般に、デバイス３１０の本体内で入口３１２から出口３１４に流れる。ポート３２０は、試料導入デバイス３１０上に存在し、窒素中心を含むガスに流体的に結合することができる。ポート３２０は、デバイス３１０を通る試料の流れに対して垂直な方式で窒素中心を含むガスを導入する位置に示されているが、この配置は、必要ではない。窒素中心を含むガスは、試料流に対して垂直であるか、または他の角度で、平行流、対流で導入することができる。図示されていないが、バルブまたは他の作動デバイスは、ポート３２０に流体的に結合されて、ポート３２０を通る窒素中心を含むガスの流れを可能にまたは防止することができる。バルブは、例えば、電磁弁であり得、またはフローコントローラ中に存在し得る。

【００３５】

場合によっては、別個のポートが試料導入デバイス上に存在することができる。例えば、スプレーチャンバの場合、別個のポートは、メイクアップガス入口またはポートに流体的に結合され、可能になり得る。１つの一般化された例示は、図３Ｂに示されており、試料導入デバイス３３０は、入口３３２、出口３３４、第１のポート３４０、および第２のポート３４２を備える。窒素中心を含むガスは、ポート３４０からデバイス３３０の本体にバルクガスを導入する前に混合するために、ポート３４２を通ってポート３４０に導入することができる。例えば、第１のポート３４０は、デバイス３３０を通って試料分析物を運ぶために、および／または個々の粒子、セルなどの単離を支援するために使用されるガスを受け取り得る。窒素中心を含むガスは、第１のポート３４０を通って導入されたガスとともにデバイス３３０の本体に共同導入することができる。図示されていないが、バルブまたは他の作動デバイスは、第２のポート３４２に流体的に結合されて、第２のポート３４２を通る窒素中心を含むガスの流れを可能にまたは防止することができる。バルブは、例えば、電磁弁であり得、またはフローコントローラ中に存在し得る。

【００３６】

他の構成では、試料導入デバイスは、ポートのうちの１つが窒素中心を含むガスを受け取ることができる３つ以上の別個のポートを備え得る。試料導入デバイス３５０が入口３５２、出口３５４、ならびにポート３６２、３６４、および３６６を備える、例示が図３Ｃに示されている。ポート３６２、３６４、および３６６は、デバイス３５０の同じ側面または表面上に配置されるように示されているが、この配置は、必要ではない。ポート３６２、３６４、および３６６のうちの１つ以上は、代わりに、デバイス３５０の異なる表面または側面上に配置され得る。ポート３６２、３６４、および３６６のうちのいずれか１つ以上を使用して、窒素中心を含むガスをデバイス３５０に導入することができ、例えば、ポート３６２、３６４、３６６の直径、形状などは、同じであっても異なっていてもよい。図示されていないが、バルブまたは他の作動デバイス（または複数のバルブもしくは作動デバイス）は、ポート３６２、３６４、および３６６のうちの１つ以上に流体的に結合されて、それぞれのポートを通る窒素中心を含むガスの流れを可能にまたは防止することができる。バルブは、例えば、電磁弁であり得、またはフローコントローラ中に存在し得る。

【００３７】

いくつかの例では、試料導入デバイスの出口に窒素中心を含むガスを導入することが望ましい場合がある。試料導入デバイス３７０が、入口３７２、出口３７４、および出口３７４に流体的に結合されたポート３７６を備える、例示が図３Ｄに示されている。分析物

が出口３７４を通ってデバイス３７０から出るとき、それは、ポート３７６を通って窒素中心を含むガスを導入することによって、窒素中心を含むガスと混合することができる。図示されていないが、窒素中心を含むガスは、代わりに、デバイス３７０の入口３７２に導入することができる。あるいは、窒素中心は、試料導入デバイスに提供される前に既に試料と混合されるように、試料導入デバイスの上流に導入され得る。

【００３８】

いくつかの例では、窒素中心を含むガスを、試料導入デバイスとイオン化源との間に配置された混合チャンバに導入することが望ましい場合がある。図４を参照すると、試料導入デバイス４１０、混合チャンバ４２０、イオン化源４３０、および検出器４４０を備えるシステム４００が示されている。混合チャンバ４２０は、ポート、バルブ、マニホールド、または他のデバイスを通して、窒素中心を含むガスを受け取るように構成することができる。試料導入デバイス４１０から混合チャンバ４２０に入る試料は、試料の実質的に均質な混合物および窒素中心を含むガスが混合チャンバ４２０から出るように、窒素中心を含むガスと混合することができる。混合チャンバ４２０は、試料と窒素中心を含むガスとを混合することができる直線流、円形流、または他のガス流を可能にする本体または空洞を備え得る。場合によっては、混合チャンバ４２０は、本明細書に記載されるように、スプレーチャンバの形態をとることができる。イオン化源４３０は、プラズマまたは他のイオン化源であり得る。検出器４４０は、質量分析計、光学発光デバイス、原子吸収デバイス、飛行時間デバイス、または他の検出器であり得る。

【００３９】

試料導入デバイスが存在する構成では、試料導入デバイスは、ネブライザ、エアゾライザー、スプレーノズル、またはヘッド、または他のデバイスであり得る。いくつかの実施形態では、試料導入デバイスは、図５に示されるように、スプレーチャンバとして構成することができる。スプレーチャンバ５００は、一般に、外側チャンバまたはチューブ５１０および内側チャンバまたはチューブ５２０を備える。外側チャンバ５１０は、二重メイクアップガス入口５１２、５１４、およびドレイン５１８を備える。メイクアップガス入口５１２、５１４は、典型的には、共通のガス源に流体的に結合されるが、所望により、異なるガスを使用することができ、例えば、ガスポートのうちの１つは、窒素中心を含むガスを受け取ることができる。必須ではないが、メイクアップガス入口５１２、５１４は、入口端５１１に隣接して配置されるように示されているが、代わりに、それらは中央に、または出口端５１３に向かって配置され得る。内側チャンバまたはチューブ５２０は、ネブライザ先端５０５に隣接して配置され、試料が内側チャンバまたはチューブ５２０上に戻って流れるおよび／または堆積することを低減または防止するためにメイクアップガス流を提供するように構成された２つ以上のマイクロチャネル５２２、５２４を備え得る。内側チャンバまたはチューブ５２０の構成および配置は、外側チャンバ５１０の内面を任意の液滴堆積から遮蔽するように作用するエリア５４０、５４２に層流を提供する。入口５１２、５１４を通してスプレーチャンバ５００にガスを導入することによって提供される接線ガス流は、特定の液滴を選択するように作用することができる。内側チャンバまたはチューブ５２０中のマイクロチャネル５２２、５２４は、メイクアップガス入口５１２、５１４からのガス流を可能にして、内側チャンバまたはチューブ５２０の表面を液滴の堆積から遮蔽するように設計される。特定の例では、マイクロチャネル５２２、５２４は、同様の方式で構成することができ、例えば、同じサイズおよび／または直径を有するが、他の構成では、マイクロチャネル５２２、５２４は、異なるサイズまたは配設であってもよい。場合によっては、少なくとも２つ、３つ、４つ、５つ、またはそれ以上の別個のマイクロチャネルが、内側チャンバまたはチューブ５２０中に存在することができる。マイクロチャネルの正確なサイズ、形態、および形状は、変動する場合があり、各マイクロチャネルは、同じサイズ、形態、または形状を有する必要はない。いくつかの例では、異なる直径のマイクロチャネルは、所望の遮蔽効果を提供するために、内側チューブの長手方向軸Ｌ１に沿って異なる半径方向平面に存在し得る。例示的なスプレーチャンバは、例えば、２０１７年５月１７日に出願された米国出願第１５／５９７，６０８号に記載さ

れており、その全開示は、すべての目的のために参照により本明細書に組み込まれる。本明細書でより詳細に述べられるように、第３のポート（または追加のポート）が存在し、窒素中心を含むガスをスプレーチャンバ５００に導入するために使用され得る。

【００４０】

特定の実施形態では、スプレーチャンバ５００の正確な寸法は、変動し得る。特定の構成では、ネブライザ先端５０５からスプレーチャンバ５００の端までの長手方向の長さは、約１０ｃｍ～約１５ｃｍ、例えば、約１２ｃｍまたは１３ｃｍであり得る。外側チューブ５１０の直径は、約１ｃｍ～約５ｃｍ、例えば、約３ｃｍまたは４ｃｍまで変動し得る。内側チューブ５２０の最大直径は、約０．５ｃｍ～約４ｃｍで変動し得、内側チューブ５２０の外面と外側チューブ５１０の内面との間の距離は、所望の層状流量を提供するように選択することができ、例えば、距離は、約０．１ｃｍ～約０．７５ｃｍであり得る。特定の例では、内側チューブ５２０は、外側チャンバ５１０の長手方向軸に沿って、概して増加した内径を有するように示されるが、この寸法変化は、必要ではない。内側チューブ５２０の一部は、層流を増強するために「平坦」であってもよく、または長手方向軸Ｌ１と略平行であってもよく、または代替の構成では、内側チューブ５２０の一部は、少なくともある程度の長さで、外側チューブ５１０の表面に略平行であってもよく、層流を増強してもよい。外側チャンバ５１０の内径は、入口端５１１から出口端５１３に向かってある点まで増加し、次いで、外側チャンバ５１０の内径が出口端５１３において入口端５１１よりも小さくなるように、出口端５１３に向かって減少する。所望により、外側チャンバ５１０の内径は、入口端５１１から出口端５１３に向かって一定に維持してもよく、または入口端５１１から出口端５１３に向かって増加してもよい。所望により、同じまたは異なる２つ以上の異なるスプレーチャンバを互いに流体的に結合させて、個々のセルの選択を補助することができる。

【００４１】

特定の構成では、本明細書に記載されるシステムは、１つ以上のイオン化源を備えてもよく、これは、多くの異なる形態をとってもよく、一般に、試料中に存在する元素種をイオン化するように構成されている。いくつかの例では、イオン化源は、例えば、直流プラズマ、誘導結合プラズマ、アーク、火花、または他の高温イオン化源などの約４０００ケルビン以上の平均温度を有する高温イオン化源であり得る。使用される正確なイオン化源は、分析される特定の元素および／またはセルに応じて変動し得、例示的なイオン化源には、検出される元素種を噴霧および／またはイオン化することができるもの、例えば、金属、金属化物、ならびに他の無機種または有機種を噴霧および／またはイオン化することができるイオン化源が含まれる。他の例では、イオン化源は、電子衝撃源、化学イオン化源、電界イオン化源、例えば、高速原子爆弾、電界脱着、レーザ脱着、プラズマ脱着、熱脱着、電気流体力学的イオン化／脱着などのために構成されたそれらの源などの脱着源、熱噴霧もしくはエレクトロスプレーイオン化源、または他のタイプのイオン化源を含み得る。

【００４２】

特定の例では、イオン化源は、１つ以上のトーチおよび１つ以上の誘導デバイスを備え得る。イオン化源の特定の構成要素は、図６～８に示されている。例示的な誘導デバイスおよびトーチは、例えば、米国特許第９，４３３，０７３号および同第９，３６０，４０３号に記載されており、これらの開示の全体が、すべての目的のために参照により本明細書に組み込まれる。図６を参照すると、誘導コイル６２０と組み合わせてトーチ６１０を備えるデバイスが示されている。誘導コイル６２０は、典型的には、高周波発生器（図示せず）に電気的に結合され、トーチ６１０に高周波エネルギーを提供し、トーチ６１０のいくつかの部分内で誘導結合プラズマ６５０を維持する。試料導入デバイス（図示せず）を使用して、試料をプラズマ６５０に導入して、試料中に存在する元素種をイオン化および／または原子化することができる。本明細書に記載されるように、窒素中心を含むガスは、プラズマ６５０の上流、例えば、試料導入デバイスを通して、トーチのポートを通して、またはその間のどこかに導入することができる。例えば、窒素ガス、アンモニアガス

、亜酸化窒素、二酸化窒素、またはアンモニウムイオンを含むガスは、プラズマ６５０の上流に導入することができる。イオン化および／または噴霧された元素種は、軸方向または半径方向の検出を使用してトーチ内で検出されてもよく、または検出もしくはさらなる選択および／もしくはフィルタリングのために下流のチャンバまたは他のデバイス、例えば質量分析器に提供することができる。

【００４３】

代替の構成では、図６の誘導コイル６２０は、１つ以上のプレート電極で置き換えられ得る。例えば、図７を参照すると、第１のプレート電極７２０および第２のプレート電極７２１は、トーチ７１０を受け取ることができる開口部を備えるように示されている。例えば、トーチ７１０は、プレート電極７２０、７２１を備える誘導デバイスのいくつかの領域内に置くことができる。プラズマ７５０、または例えば、誘導結合プラズマなどの他のイオン化／噴霧源は、トーチ７１０およびプレート７２０、７２１からの誘導エネルギーを使用して維持することができる。高周波発生器７３０は、プレート７２０、７２１のそれぞれに電気的に結合される。所望により、代わりに単一のプレート電極のみを使用することができる。試料導入デバイスを使用して、個々の試料をプラズマ７５０に導入して、試料中の種をイオン化および／または噴霧することができる。本明細書に記載するように、窒素中心を含むガスは、プラズマ７５０の上流に導入することができる。例えば、窒素ガス、アンモニアガス、亜酸化窒素、二酸化窒素、またはアンモニウムイオンを含むガスは、プラズマ７５０の上流に導入することができる。例示的な高周波発生器は、例えば、米国特許第４，６２９，９４０号、同第６，３２９，７５７号、および同第９，４２０，６７９号に記載されている。

【００４４】

他の構成では、１つ以上の半径方向フィンを備える誘導デバイスは、代わりに、本明細書に記載される方法およびシステムで使用され得る。図８を参照すると、デバイスまたはシステムは、少なくとも１つの半径方向フィンおよびトーチ８１０を備える誘導コイル８２０を備え得る。例えば、誘導結合プラズマなどのプラズマまたは他のイオン化／噴霧源（図示せず）は、トーチ８１０および半径方向フィン誘導デバイス８２０からの誘導エネルギーを使用して維持することができる。高周波発生器（図示せず）は、誘導デバイス８２０に電気的に結合され、トーチ８１０に高周波エネルギーを提供することができる。試料導入デバイス（図示せず）を使用して、個々の試料をトーチ８１０に導入することができる。窒素中心を含むガスは、トーチ８１０で維持されるプラズマの上流に導入することができる。例えば、窒素ガス、アンモニアガス、亜酸化窒素、二酸化窒素、またはアンモニウムイオンを含むガスは、トーチ８１０で維持されるプラズマの上流に導入することができる。導入された試料中の元素種は、下流の質量分析器を使用してイオン化または噴霧し、分離することができる。他の場合では、例えば、静電容量コイルまたは静電容量プレートなどの１つ以上の静電容量デバイスをイオン化源で使用することができる。さらに、２つ以上の誘導デバイス、静電容量デバイス、またはプラズマなどの噴霧／電離源を維持するためにトーチにエネルギーを提供することができる他のデバイスも使用することができる。

【００４５】

特定の実施形態では、本明細書に記載されたシステムは、質量分析計として構成することができる。図９を参照すると、質量分析計９００は、イオン化源９３０に流体的に結合された試料導入デバイス９２０を備える。イオン化源９３０は、質量分析器９４０に流体的に結合される。質量分析器は、検出器９５０に流体的に結合され、検出器９５０は、質量分析器９４０と一体的であり得るか、または別個であり得る。プロセッサ９６０は、様々なサブシステムを制御するためにシステム９００の１つ以上の構成要素に電気的に結合することができる。本明細書で考察されるように、試料導入デバイス９２０は、ネブライザ、エアロゾルサー、スプレーノズルもしくはヘッド、またはセルをイオン化源９３０に提供することができる他のデバイスであり得る。試料導入デバイス９２０は、図５に示されるように、スプレーチャンバであってもよく、またはスプレーチャンバを備えてもよい

。イオン化源９３０は、本明細書に記載されたそれらのイオン化源、例えば、図６～８に示される誘導デバイスおよび／またはトーチのいずれかであり得る。質量分析器９４０は、一般に、試料の性質、所望の分解能などに応じて、多数の形態をとり得る。特定の実施形態では、質量分析器９４０は、走査質量分析器、磁気セクタ分析器（例えば、単一および二重焦点ＭＳデバイスで使用するためのもの）、四重極質量分析器、イオントラップ分析器（例えば、サイクロトロン、四重極イオントラップ）、飛行時間分析器、ならびに異なる質量電荷比で元素種を分離もしくは濾過（または両方）することができる他の好適な質量分析器であり得る。質量分析器９４０は、イオン化源９３０から受け取るイオンを選択および／または識別するために、直列に配設された２つ以上の異なるデバイス、例えば、タンデムＭＳ／ＭＳデバイスまたはトリプルクワドルポールデバイスを備え得る。

【００４６】

特定の例では、検出器９５０は、本開示の利点を考慮すると、既存の質量分析器、例えば、電子乗算器、ファラデーカップ、コーティングされた写真プレート、シンチレーション検出器などとともに使用することができる任意の好適な検出デバイス、および当業者によって選択される他の好適なデバイスであり得る。プロセッサ９６０は、典型的には、マイクロプロセッサおよび／またはコンピュータならびにシステム９００に導入された試料の分析のための好適なソフトウェアを含む。所望により、１つ以上のデータベースは、システム９００に導入された種の化学的同一性の決定のためにプロセッサ９６０によってアクセスすることができる。

【００４７】

特定の構成では、試料中に存在する元素種は、光学発光分光法（ＯＥＳ）を使用して検出することができる。図１０を参照すると、ＯＥＳデバイスまたはシステム１０００は、試料導入デバイス１０１０、イオン化源またはデバイス１０２０、および検出器または検出デバイス１０３０を含む。試料導入デバイス１０１０は、スプレーチャンバ、ネブライザ、または他の形態を備え得る。イオン化デバイス１０２０は、例えば、図６～８に示されるような１つ以上の構成要素、またはイオン化源を提供または維持することができる他のデバイスおよび構成要素を備え得る。検出器または検出デバイス１０３０は、多数の形態をとり得、光学発光１０２５などの、元素種からの光学発光を検出し得る任意の好適なデバイスであり得る。所望により、検出デバイス１０３０は、レンズ、ミラー、プリズム、窓、バンドパスフィルタなどのような好適な光学系を含み得る。検出デバイス１０３０はまた、マルチチャネルＯＥＳデバイスを提供するために、エシェル格子などの格子を含み得る。エシェル格子などの格子は、複数の発光波長の検出を可能にし得る。格子は、監視する１つ以上の特定の波長を選択するためのモノクロメータまたは他の好適なデバイス内に配置され得る。検出デバイス１０３０は、紫外線、可視、近赤外線、および遠赤外線などを含むが、これらに限定されない、大きな波長範囲にわたって発光波長を監視するように構成され得る。ＯＥＳデバイス１０００は、所望の信号を提供するためおよび／またはデータ取得のために、マイクロプロセッサおよび／またはコンピュータなどの好適な電子機器ならびに好適な回路をさらに含み得る。好適な追加のデバイスおよび回路は、当該技術分野で既知であり、例えば、市販のＯＥＳデバイス、例えば、Ｏｐｔｉｍａ ２１００ＤＶシリーズ、Ｏｐｔｉｍａ ５０００ＤＶシリーズＯＥＳデバイス、またはＰｅｒｋｉｎＥｌｍｅｒ Ｈｅａｌｔｈ Ｓｃｉｅｎｃｅｓ，Ｉｎｃ．から市販されているＯｐｔｉｍａ ８０００または８３００シリーズＯＥＳデバイスに見出され得る。読み出し、スクリーン、プリンタ、コンピュータなどであり得る任意選択の表示画面１０４０が存在して、元素種の検出を監視し得る。ＯＥＳデバイスは、ＰｅｒｋｉｎＥｌｍｅｒ Ｈｅａｌｔｈ Ｓｃｉｅｎｃｅｓ，Ｉｎｃ．から市販されているＡＳ９０およびＡＳ９３オートサンプラーなどのオートサンプラー、または他のサプライヤーから入手可能な同様のデバイスをさらに含み得る。ＯＥＳデバイス１０００は、例えば、既知のサイズの元素および粒子の標準濃度を使用して較正されて、各元素を定量化するために使用することができる元素ごとの較正曲線を提供することができる。所望により、ピーク高さ、ピーク面積、または両方を使用して、個々の粒子中に存在する各元素の量を決定することができる。

【００４８】
特定の実施形態では、検出される放出された光の正確な波長を使用して、試料中に存在する特定の元素種を識別することができる。多くの元素は、複数の単一の波長で光を放出することができる。原子種はまた、イオン化種とは異なる波長で光を放出し得る。いくつかの異なる元素種のための例示的な光学発光波長には、銀の３２８．０６６ｎｍまたは３３８．２８８ｎｍ、アルミニウムの３９６．１５１ｎｍまたは３０８．２１２ｎｍ、ヒ素の１８８．９８０ｎｍまたは１９３．６９６ｎｍ、ホウ素の２４９．７７２ｎｍまたは２４９．６７６ｎｍ、バリウムの４５５．４０２ｎｍまたは２３３．５２４ｎｍ、ベリリウムの３１３．１０４ｎｍまたは３１３．０４２ｎｍ、カルシウムの３１７．９３２ｎｍまたは４２２．６７３ｎｍ、カドミウムの２２６．５０２ｎｍまたは２１４．４３４ｎｍ、コバルトの２２８．６１５ｎｍまたは２３０．７８５ｎｍ、クロムの２０５．５６０ｎｍまたは２６７．７１１ｎｍ、銅の３２４．７５４ｎｍまたは３２７．３９３ｎｍ、鉄の２３８．２０１ｎｍまたは２３９．５６８ｎｍ、カリウムの７６６．４９０ｎｍ、リチウムの６７０．７８４ｎｍ、マグネシウムの２８５．２１２ｎｍまたは２７９．０７６ｎｍ、マンガンの２５７．６０７ｎｍまたは２９３．３０５ｎｍ、モリブデンの２０２．０３２ｎｍまたは２０３．８４６ｎｍ、ナトリウムの５８９．５８７ｎｍまたは３３０．２３７ｎｍ、ナトリウムの２３１．６０４ｎｍ、リンの２１３．６１７ｎｍまたは１７８．２２４ｎｍ、鉛の２２０．３５４ｎｍ、硫黄（硫酸塩として）の１８０．６７１ｎｍまたは１８１．９７５ｎｍ、アンチモンの２０６．８３４ｎｍまたは２１７．５８２ｎｍ、セレンの１９６．０２９ｎｍ、ケイ素の２５１．６０９ｎｍまたは２２１．６６３ｎｍ、ストロンチウムの４２１．５４９ｎｍまたは４６０．７３３ｎｍ、トリウムの２８３．７３０ｎｍまたは４０１．９１３ｎｍ、チタンの３３４．９４３ｎｍまたは３６８．５１９ｎｍ、タリウムの１９０．８０１ｎｍ、バナジウムの２９２．４０２ｎｍまたは２９０．８８０ｎｍ、ウランの４０９．０１４ｎｍ、タングステンの２０７．９１２ｎｍまたは２３９．７０８ｎｍ、亜鉛の２１３．８５８ｎｍまたは２０６．１９９ｎｍ、およびルテチウムの２９１．１３８ｎｍが含まれるが、これらに限定されない。本開示の利点を考慮すると、追加の適切な元素発光波長は、当業者によって選択され、選択された検出器、半径方向検出の使用、軸方向検出の使用などに応じる。

【００４９】
特定の例では、試料中に存在する元素種は、原子吸収分光計（ＡＡＳ）を使用して検出して、異なる元素種によって吸収される光を測定することができる。図１１を参照すると、単一のビームＡＡＳデバイス１１００は、光源１１１０、試料導入デバイス１１２０、イオン化デバイスまたは供給源１１３０、および検出デバイス１１４０を備える。試料導入デバイス１１２０は、本明細書に記載されたもののうちのいずれか１つ以上、例えば、スプレーチャンバ、または他の好適な試料導入デバイスであり得る。電源（図示せず）は、光源１１１０に電力を供給するように構成され得、光源１１１０は、イオン化源１１３０中の原子およびイオンによる吸収のために１つ以上の波長の光１１１２を提供する。好適な光源には、水銀ランプ、陰極線ランプ、レーザなどが含まれるが、これらに限定されない。光源１１１０は、好適なチョッパまたはパルス電源を使用してパルスされてもよく、またはレーザが実装される例では、レーザは、選択された周波数、例えば、５、１０、または２０回／秒でパルスされてもよい。光源１１１０の正確な構成は、変動し得る。例えば、光源１１１０は、イオン化デバイス１１３０のトーチに沿って軸方向に光を提供してもよく、またはイオン化デバイス１１３０のトーチに沿って半径方向に光を提供してもよい。図１１に示される例は、光源１１１０からの光の軸方向供給のために構成される。信号の軸方向観測を使用する信号対ノイズの利点があり得る。所望により、光源は、イオン化源１１３０とは別個のチャンバ、例えば、イオン化源１１３０の下流に配置されたチャンバに光を提供することができる。例えば、元素種は、イオン化源１１３０から光源１１１０に光学的に結合される下流のチャンバに提供することができる。多くの異なる構成が可能であるにもかかわらず、検出デバイス１１４０は、特定の元素種によって吸収された光量が検出されるように光源１１１０に光学的に結合される。いくつかの例では、光源

１１１０は、少なくとも２つの異なる波長の光を提供することができ、一方の波長は、第１の元素種によって吸収され、他方の波長の光は、第２の元素種によって吸収される。所望により、分光器は、元素種による吸収のための複数の異なる個々の光波長を提供するために、光源１１１０とイオン化源１１３０（または二次チャンバ）との間に存在することができる。イオン化源１１３０は、図６～８に例示されるような１つ以上の構成要素、またはイオン化源を提供もしくは維持することができる他のデバイスおよび構成要素を備え得る。試料がイオン化デバイス１１３０中で噴霧および／またはイオン化されるとき、光源１１１０からの入射光１１１２は、原子を励起し得る。すなわち、光源１１１０によって供給される光１１１２のいくつかの割合は、イオン化デバイス１１３０中の原子およびイオンによって吸収され得る。残りの割合の光は、波長１１３２として検出デバイス１１４０に透過され得る。検出デバイス１１４０は、例えば、プリズム、レンズ、格子、および例えば、ＯＥＳデバイスに関して上述したものなどの他の好適なデバイスを使用して、１つ以上の好適な波長を提供し得る。イオン化デバイス１１３０中の試料による吸収量を説明するために、試料導入の前に、水または任意の元素種を欠く粒子などのブランクを導入して、１００％の透過率基準値を提供し得る。試料がイオン化デバイス１１３０に導入されると透過する光の量を測定し得、試料により透過した光の量を基準値で割って透過率を得てもよい。透過率の負の対数$_{10}$は、吸光度に等しい。ＡＡＳデバイス１１００は、所望の信号を提供するためおよび／またはデータ取得のために、マイクロプロセッサおよび／またはコンピュータなどの好適な電子機器ならびに好適な回路をさらに含み得る。好適な追加のデバイスおよび回路は、例えば、ＰｅｒｋｉｎＥｌｍｅｒ　Ｈｅａｌｔｈ　Ｓｃｉｅｎｃｅｓ，Ｉｎｃ．から市販されているＡＡｎａｌｙｓｔシリーズ分光計またはＰｉｎＡＡｃｌｅ分光計などの市販のＡＡＳデバイスで見出され得る。ＡＡＳデバイスは、ＰｅｒｋｉｎＥｌｍｅｒ　Ｈｅａｌｔｈ　Ｓｃｉｅｎｃｅｓ，Ｉｎｃ．から市販されているＡＳ－９０Ａ、ＡＳ－９０ｐｌｕｓ、およびＡＳ－９３ｐｌｕｓオートサンプラーなどの当該技術分野で既知のオートサンプラーをさらに含み得る。イオン化源１１３０が誘導結合プラズマを維持するように構成されている場合、誘導デバイスに電気的に結合された高周波発生器が存在し得る。特定の実施形態では、単一のビームＡＡＳデバイスの代わりに、ダブルビームＡＡＳデバイスを使用することができる。

【００５０】

いくつかの例では、吸収光の波長を使用して、試料中に存在する元素種を識別することができる。多くの元素は、２つ以上の異なる波長で光を吸収し得る。加えて、原子種は、イオン化種とは異なる波長の光を吸収し得る。２つ以上の波長の光がイオン化された元素種に提供されているときに互いに重複しない監視波長を選択することが望ましい場合がある。さらに、軸方向検出および半径方向検出を使用するとき、選択された波長は、異なる場合がある。いくつかの異なる元素種の例示的な吸収波長には、銀の３２８．１ｎｍ、アルミニウムの３０９．３ｎｍ、ヒ素の１９３．７ｎｍ、金の２４２．８ｎｍ、ホウ素の２４９．７ｎｍ、バリウムの５５３．６ｎｍ、ベリリウムの２３４．９ｎｍ、ビスマスの２２３．１ｎｍ、カルシウムの４２２．７ｎｍ、カドミウムの２２８．８ｎｍ、コバルトの２４０．７ｎｍ、クロムの３５７．９ｎｍ、セシウムの８５２．１ｎｍ、銅の３２４．８ｎｍ、ジスプロシウムの４０４．６ｎｍ、エルビウムの４００．８ｎｍ、ユウロピウムの４５９．４ｎｍ、鉄の２４８．３ｎｍ、ガリウムの２８７．４ｎｍ、ガドリニウムの３６８．４ｎｍ、ゲルマニウムの２６５．１ｎｍ、ハフニウムの２８６．６ｎｍ、水銀の２５３．７ｎｍ、ホルムの４１０．４ｎｍ、インジウムの３０３．９ｎｍ、イリジウムの２６４．０ｎｍ、カリウムの７６６．５ｎｍ、ランタンの５５０ｎｍ、リチウムの６７０．８ｎｍ、ルテチウムの３３６．０ｎｍ、マグネシウムの２８５．２ｎｍ、マンガンの２７９．５ｎｍ、モリブデンの３１３．３ｎｍ、ナトリウムの５８９ｎｍ、ニオブの３３４．４ｎｍ、ネオジムの４９２．４ｎｍ、ニッケルの２３２．０ｎｍ、オスミウムの２９０．９ｎｍ、リンの２１３．６ｎｍ、鉛の２８３．３ｎｍ、パラジウムの２４４．８ｎｍ、プラスチウムの４９５．１ｎｍ、白金の２６５．１ｎｍ、ルビジウムの７８０．０ｎｍ、ルテニウムの３４６．９ｎｍ、ロジウムの３４３．５ｎｍ、ルテニウムの３４９．９ｎｍ、ア

ンチモンの２１７．６ｎｍ、スカンジウムの３９１．２ｎｍ、セレンの１９６．０ｎｍ、ケイ素の２５１．１６ｎｍ、サマリウムの４２９．７ｎｍ、スズの２８６．３ｎｍ、ストロンチウムの４６０．７ｎｍ、タンタルの２７１．５ｎｍ、トリウムの４３２．６ｎｍ、テクネチウムの２６１．４ｎｍ、テルルの２１４．３ｎｍ、チタンの３６４．３ｎｍ、タリウムの２６７．８ｎｍ、トゥリウムの３７１．８ｎｍ、ウランの３５１．５ｎｍ、バナジウムの３１８．４ｎｍ、タングステンの２５５．１ｎｍ、イットリウムの４１０．２ｎｍ、イッテルビウムの３９８．８ｎｍ、亜鉛の２１３．９ｎｍ、およびジルコニウムの３６０．１ｎｍが含まれるが、これらに限定されない。

【００５１】

特定の実施形態では、窒素中心を含む流体は、検出されている特定の元素に応じて選択的にオンまたはオフに切り替えられ得る。本明細書に記載されるように、特定の「イオン化しにくい」元素の分析中に、窒素中心を含むガスの導入は、イオン化しにくい元素の検出を困難にする可能性のあるバックグラウンド信号を増加させる干渉を生成し得る。分析物試料は、イオン化しにくい元素および非イオン化しにくい元素の両方を含み得るので、非イオン化しにくい元素の検出限界を改善すると同時に、イオン化しにくい元素の検出限界を変更または低減しないことが望ましい可能性がある。特定の元素について窒素中心を含むガスを他の元素ではなく選択的に導入することにより、目的の分析物を、改善された信号対雑音比および／または低減された干渉種からのバックグラウンド信号で検出することができる。プロセッサを使用して、特定の元素の検出を窒素中心を含むガスの選択的導入（または選択的停止）と相関させることができる。例えば、システムは、イオン化しにくい元素が検出されない限り、窒素中心を含むガスをガス試料に連続的に導入するように設計することができる。そのような場合、プロセッサは、イオン化源に導入された任意の窒素中心の不在下でイオン化しにくい元素の検出を可能にするために、フローコントローラをオフに切り替えてもよく、またはそうでなければ、窒素中心を含むガスの流れを停止してもよい。次いで、プロセッサは、他の元素の検出中に窒素中心を含むガスの流れをオンに戻して切り替え得る。代替の構成では、特定の元素について、検出限界が窒素中心を含むガスの存在下で改善される場合を除き、システムは、窒素中心を含むガスを用いずに動作するように構成することができる。そのような場合、ガスは、これらの元素の分析中にオンに切り替え、次いで、他の元素の分析中にオフに戻して切り替えることができる。窒素中心を含むガスは、典型的には、イオン化しにくい元素の検出中に導入されないが、信号の差分比較を提供するために導入することができる。例えば、イオン化しにくい元素は、窒素中心を含む任意のガスの非存在下、および窒素中心を含むガスの存在下で検出することができる。得られた信号は、例えば、存在し得る干渉種の尺度を得るために、または干渉信号のバックグラウンド増強のいくつかの指示を提供するために比較することができる。加えて、差動信号は、異なる窒素中心を有する流体を使用して比較して、特定の窒素含有種が、特定の元素について他の種よりも良好に働き得るかどうかを決定することができる。

【００５２】

特定の例では、本明細書における方法およびシステムは、プロセッサを備えても使用してもよく、プロセッサは、システムもしくは器具の一部であってもよく、または器具とともに使用される関連付けられたデバイス、例えばコンピュータ、ラップトップ、モバイルデバイスなどに存在してもよい。例えば、プロセッサを使用して、システムの異なる構成要素を制御することができる。特定の構成では、プロセッサは、例えば、試料導入デバイス、イオン化源、検出器などを制御するために、例えば、マイクロプロセッサおよび／またはシステムを動作するための好適なソフトウェアを含む１つ以上のコンピュータシステムおよび／または一般的なハードウェア回路に存在し得る。いくつかの例では、検出デバイスまたは検出器自体は、それ自体のそれぞれのプロセッサ、オペレーティングシステム、および他の機能を備えて、様々な元素種の検出を可能にし得る。プロセッサは、システムに統合することができ、またはシステムの構成要素に電気的に結合された１つ以上のアクセサリボード、プリント回路基板、またはコンピュータ上に存在し得る。プロセッサは

、典型的には、システムの他の構成要素からデータを受信し、必要または所望に応じて様々なシステムパラメータを調整できるように、１つ以上のメモリユニットに電気的に結合される。プロセッサは、Ｕｎｉｘ（登録商標）、Ｉｎｔｅｌ ＰＥＮＴＩＵＭ（登録商標）タイプのプロセッサ、Ｍｏｔｏｒｏｌａ ＰｏｗｅｒＰＣ、Ｓｕｎ ＵｌｔｒａＳＰＡＲＣ、Ｈｅｗｌｅｔｔ－Ｐａｃｋａｒｄ ＰＡ－ＲＩＳＣプロセッサ、または任意の他のタイプのプロセッサに基づくものなどの汎用コンピュータの一部であり得る。技術の様々な実施形態に従って、任意のタイプのコンピュータシステムのうちの１つ以上を使用し得る。さらに、システムは、単一のコンピュータに接続されてもよく、または通信ネットワークによって取り付けられた複数のコンピュータ間で分散されてもよい。ネットワーク通信を含む他の機能を実施することができ、この技術が、いかなる特定の機能または一連の機能を有することに限定されないことを理解すべきである。様々な態様が、汎用コンピュータシステムで実行される専用ソフトウェアとして実装され得る。コンピュータシステムは、ディスクドライブ、メモリ、またはデータを記憶するための他のデバイスなどの１つ以上のメモリデバイスに接続されたプロセッサを含み得る。メモリは、典型的には、システムの動作中に、プログラム、キャリブレーション曲線、発光または吸収波長、およびデータ値を記憶するために使用される。コンピュータシステムの構成要素は、１つ以上のバス（例えば、同じ機械内に統合されている構成要素間）および／またはネットワーク（例えば、別個の不連続の機械にある構成要素間）を含み得る相互接続デバイスによって結合され得る。相互接続デバイスは、システムの構成要素間で交換される通信（例えば、信号、データ、命令）を提供する。コンピュータシステムは、典型的には、例えば、数ミリ秒、数マイクロ秒以下の処理時間内にコマンドを受信および／または発行して、システムを迅速に制御することが可能になり得る。例えば、コンピュータ制御は、試料導入、窒素中心を含むガスの流れ、検出器パラメータなどを制御するために実装することができる。プロセッサは、典型的には、例えば、直流電源、交流電源、バッテリ、燃料電池、もしくは他の電源、または電源の組み合わせであり得る電源に電気的に結合される。電源は、システムの他の構成要素によって共有することができる。システムはまた、１つ以上の入力デバイス、例えば、キーボード、マウス、トラックボール、マイクロフォン、タッチスクリーン、手動スイッチ（例えば、オーバーライドスイッチ）、および１つ以上の出力デバイス、例えば、印刷デバイス、表示画面、スピーカを含んでもよい。さらに、システムは、コンピュータシステムを通信ネットワークに接続する１つ以上の通信インターフェースを含有してもよい（相互接続デバイスに加えて、またはその代替として）。システムはまた、システム中に存在する様々な電気デバイスから受信した信号を変換するための好適な回路を含んでもよい。そのような回路は、プリント回路基板上に存在することができ、または例えば、シリアルＡＴＡインターフェース、ＩＳＡインターフェース、ＰＣＩインターフェースなどの好適なインターフェースを通じて、または１つ以上の無線インターフェース、例えば、Ｂｌｕｅｔｏｏｔｈ（登録商標）、Ｗｉ－Ｆｉ、Ｎｅａｒ Ｆｉｅｌｄ Ｃｏｍｍｕｎｉｃａｔｉｏｎ、または他の無線プロトコルおよび／もしくはインターフェースを通じて、プリント回路基板に電気的に結合された別個の基板またはデバイス上に存在してもよい。

【００５３】

特定の実施形態では、本明細書に記載のシステムで使用される記憶システムは、典型的には、プロセッサによって実行されるプログラムによって使用できるソフトウェアのコード、またはプログラムが処理する媒体上もしくは媒体中に記憶された情報を記憶できる、コンピュータで読み取りおよび書き込み可能な不揮発性記録媒体を含む。媒体は、例えば、ハードディスク、ソリッドステートドライブ、またはフラッシュメモリであってもよい。プロセッサによって実行されるプログラムまたは命令は、ローカルまたはリモートに位置してもよく、必要に応じて相互接続機構、通信ネットワーク、または他の手段を介してプロセッサによって取り出すことができる。典型的には、動作において、プロセッサは、不揮発性記録媒体から、媒体よりもプロセッサによる情報への高速アクセスを可能にする別のメモリにデータを読み込ませる。このメモリは、典型的には、ダイナミック・ランダ

ム・アクセス・メモリ（ＤＲＡＭ）またはスタティック・メモリ（ＳＲＡＭ）などの揮発性のランダム・アクセス・メモリである。記憶システム中またはメモリシステム中に位置してもよい。プロセッサは、一般に、集積回路メモリ内でデータを操作し、処理が完了した後に媒体にデータをコピーする。媒体と集積回路メモリ素子との間のデータ移動を管理するための種々の機構が知られており、本技術はこれに限定されるものではない。技術はまた、特定のメモリシステムまたは記憶システムに限定されない。特定の実施形態では、システムはまた、特別にプログラムされた専用ハードウェア、例えば、アプリケーション固有の集積回路（ＡＳＩＣ）、または電場プログラマブルゲートアレイ（ＦＰＧＡ）を含んでもよい。技術の態様は、ソフトウェア、ハードウェア、ファームウェア、または任意のそれらの組み合わせで実装されてもよい。さらに、そのような方法、行為、システム、システム要素、およびそれらの構成要素は、上述のシステムの一部として、または独立した構成要素として実装されてもよい。特定のシステムは、本技術の様々な態様が実践され得るシステムの１つのタイプとしての例として記載されているが、態様が記載されたシステム上で実装されることに限定されないことが理解されるべきである。様々な態様は、異なるアーキテクチャまたは構成要素を有する１つ以上のシステム上で実践されてもよい。システムは、高レベルのコンピュータプログラミング言語を使用してプログラム可能な汎用コンピュータシステムを備えてもよい。システムはまた、特別にプログラムされた専用ハードウェアを使用して実装されてもよい。システムでは、プロセッサは、典型的には、Ｉｎｔｅｌ Ｃｏｒｐｏｒａｔｉｏｎから入手可能な周知のＰｅｎｔｉｕｍクラスのプロセッサなどの市販のプロセッサである。他の多くのプロセッサも市販されている。そのようなプロセッサは、通常、例えば、Ｍｉｃｒｏｓｏｆｔ Ｃｏｒｐｏｒａｔｉｏｎから入手可能なＷｉｎｄｏｗｓ ９５、Ｗｉｎｄｏｗｓ ９８、Ｗｉｎｄｏｗｓ ＮＴ、Ｗｉｎｄｏｗｓ ２０００（Ｗｉｎｄｏｗｓ ＭＥ）、Ｗｉｎｄｏｗｓ ＸＰ、Ｗｉｎｄｏｗｓ Ｖｉｓｔａ、Ｗｉｎｄｏｗｓ ７、Ｗｉｎｄｏｗｓ ８またはＷｉｎｄｏｗｓ １０オペレーティングシステム、Ａｐｐｌｅから入手可能なＭＡＣ ＯＳ Ｘ、例えば、Ｓｎｏｗ Ｌｅｏｐａｒｄ、Ｌｉｏｎ、Ｍｏｕｎｔａｉｎ Ｌｉｏｎ、または他のバージョン、Ｓｕｎ Ｍｉｃｒｏｓｙｓｔｅｍｓから入手可能なＳｏｌａｒｉｓオペレーティングシステム、または様々な供給元から入手可能なＵＮＩＸもしくはＬｉｎｕｘ（登録商標）オペレーティングシステムであり得るオペレーティングシステムを実行する。他の多くのオペレーティングシステムが使用されてもよく、特定の実施形態では、単純な一連のコマンドまたは命令がオペレーティングシステムとして機能し得る。さらに、プロセッサは、１つ以上の量子ビットを使用して１つ以上の機能を実施するように設計された量子プロセッサとして設計することができる。

【００５４】

特定の例では、プロセッサおよびオペレーティングシステムは、高レベルプログラミング言語でのアプリケーションプログラムが記述されるプラットフォームを一緒に定義してもよい。技術は、特定のシステムプラットフォーム、プロセッサ、オペレーティングシステム、またはネットワークに限定されないことが理解されるべきである。また、本開示の利点を考慮すると、本技術が特定のプログラミング言語またはコンピュータシステムに限定されないことは、当業者には明らかであるべきである。さらに、他の適切なプログラミング言語および他の適切なシステムも使用され得ることが理解されるべきである。特定の例では、ハードウェアまたはソフトウェアは、認知アーキテクチャ、ニューラルネットワーク、または他の好適な実装形態を実装するように構成され得る。所望により、コンピュータシステムのうちの１つ以上の部分は、通信ネットワークに結合された１つ以上のコンピュータシステムに分散されてもよい。これらのコンピュータシステムはまた、汎用コンピュータシステムであってもよい。例えば、様々な態様は、１つ以上のクライアントコンピュータにサービス（例えば、サーバ）を提供し、または分散システムの一部として全体的なタスクを実施するように構成された１つ以上のコンピュータシステムの間で分散されてもよい。例えば、様々な態様は、様々な実施形態に従って様々な機能を実施する１つ以上のサーバシステムの間で分散された構成要素を含むクライアント－サーバまたは多階層

システム上で実施されてもよい。これらの構成要素は、通信プロトコル（例えば、ＴＣＰ／ＩＰ）を使用して通信ネットワーク（例えば、インターネット）で通信する実行可能なコード、中間コード（例えば、ＩＬ）、または解釈可能なコード（例えば、Ｊａｖａ（登録商標））であってもよい。また、技術は、任意の特定のシステムまたはシステムの群上で実行することに限定されないことを理解すべきである。また、技術が特定の分散アーキテクチャ、ネットワーク、または通信プロトコルに限定されないことも理解すべきである。

【００５５】

場合によっては、様々な実施形態は、例えば、ＳＱＬ、ＳｍａｌｌＴａｌｋ、Ｂａｓｉｃ、Ｊａｖａ、Ｊａｖａｓｃｒｉｐｔ、ＰＨＰ、Ｃ＋＋、Ａｄａ、Ｐｙｔｈｏｎ、ｉＯＳ／Ｓｗｉｆｔ、Ｒｕｂｙ　ｏｎ　Ｒａｉｌｓ、またはＣ＃（Ｃ－Ｓｈａｒｐ）などのオブジェクト指向プログラミング言語を使用してプログラムされてもよい。また、他のオブジェクト指向プログラミング言語を使用してもよい。あるいは、関数型、スクリプト型、および／または論理型のプログラミング言語が使用されてもよい。様々な構成は、非プログラミング環境（例えば、ブラウザプログラムのウィンドウ内で見たときに、グラフィカルユーザインターフェース（ＧＵＩ）の態様をレンダリングするか、または他の機能を実施する、ＨＴＭＬ、ＸＭＬ、または他のフォーマットで作成された文書）で実装されてもよい。特定の構成は、プログラムされた要素もしくは非プログラムされた要素、または任意のそれらの組み合わせとして実装されてもよい。場合によっては、システムは、モバイルデバイス、タブレット、ラップトップコンピュータ、または他のポータブルデバイスに存在するものなどのリモートインターフェースを備えてもよく、これは、有線または無線インターフェースによって通信することができ、所望のようにシステムの動作を遠隔で可能にすることができる。

【００５６】

特定の例では、プロセッサはまた、元素種などに関する情報のデータベースを含んでもよく、またはこれらにアクセスしてもよく、これらは、光学発光波長、光学吸収波長、および他の一般的な情報を含むことができる。例えば、異なる元素種についての較正曲線の集合は、データベースに記憶され、ユーザが元素ごとの較正曲線を実施する必要なく、試料中の元素濃度を推定するために使用することができる。そのような方法は、試料の量が制限されている場合に特に望ましくなり得る。メモリに記憶された命令は、システムのためのソフトウェアモジュールまたは制御ルーチンを実行することができ、これは、実質的にシステムの制御可能なモデルを提供することができる。プロセッサは、データベースからアクセスされた情報を、プロセッサで実行される１つまたはソフトウェアモジュールと一緒に使用して、システムの異なる構成要素、例えば、異なるガス流量、監視される異なる光の波長などの制御パラメータまたは値を決定することができる。制御命令を受信するための入力インターフェースおよびシステムでの異なるシステム構成要素にリンクされた出力インターフェースを使用して、プロセッサは、システムに対する能動的な制御を実施することができる。例えば、プロセッサは、検出デバイス、試料導入デバイス、イオン化源、フローコントローラなどを制御することができる。

【００５７】

いくつかの実施形態では、窒素中心を含むガスはまた、イオン化源の下流にあるシステムの別の構成要素に導入され得る。図１２を参照すると、窒素中心を有するガスを含むガス源１２３０が、試料導入デバイス１２１０およびイオン化源１２２０の下流のセル１２４０に流体的に結合されるシステム１２００が示されている。所望により、任意選択のフローコントローラ１２３５が存在し、ガス源１２３０からの試料導入デバイス１２１０およびセル１２４０に独立してガスの流れを制御するために使用することができる。いくつかの例では、セル１２４０は、例えば、米国特許第８，４２６，８０４号に記載されているように、衝突セル、反応セル、または衝突反応セルの形態をとり得る。特定の例では、ガス源１２３０からのガスはまた、または代わりに、セル１２４０以外の下流の構成要素に提供され得、例えば、それは、イオン化源１２２０から下流の検出器、質量分析器、または他の構成要素に提供され得る。

【００５８】
特定の具体例は、本明細書に記載された技術の新規および発明的な態様の一部を例示するために、以下に記載される。
【００５９】
実施例１
ＰｅｒｋｉｎＥｌｍｅｒ Ｈｅａｌｔｈ Ｓｃｉｅｎｃｅｓ，Ｉｎｃから市販されているスプレーチャンバ、例えば、Ａｌｌ Ｍａｔｒｉｘ Ｓｏｌｕｔｉｏｎスプレーチャンバを備える誘導結合質量分析計システム（ＮｅｘＩＯＮ ＩＣＰ－ＭＳ）を使用して、信号（バックグラウンド信号およびエレメント信号）を測定した。以下の表１は、検出された元素ごとのカウント毎秒（ｃｐｓ）を表す値を伴う結果を示す。各元素の１００ｐｐｔを、別個に質量分析計に導入した。窒素中心ガスをスプレーチャンバに導入しなかった。分析は、反応セル中のアンモニア存在下のＤＲＣモードで実施した。
【００６０】
【表１】

表１

検出された元素	元素信号(cps)	平均バックグラウンド信号(cps)	検出限界(ppt)	BEC(ppt)
鉄	7042.04	643.9	0.60	10.06
カルシウム	6890.0	527.3	0.64	8.29
カリウム	6710.9	409.9	0.93	6.51

【００６１】
検出限界は、分析信号で割ったブランク信号の標準偏差（ブランク信号の３倍の標準偏差）を使用して計算した。所望の検出限界は、１ｐｐｔ以下である。鉄、カルシウム、およびカリウムについてのバックグラウンド当量濃度は、それぞれ１０．６、８．２９、および６．５１ｐｐｔであった。
【００６２】
実施例２
実施例１で使用したのと同じシステムを使用して、スプレーチャンバに導入された窒素ガス（１体積％）の存在下で信号（バックグラウンド信号および元素信号）を測定した。以下の表２は、検出された元素ごとのカウント毎秒（ｃｐｓ）を表す値を伴う結果を示す。各元素の１００ｐｐｔを、別個に質量分析計に導入した。
【００６３】
【表２】

表２

検出された元素	元素信号(cps)	平均バックグラウンド信号(cps)	検出限界(ppt)	BEC(ppt)
鉄	4304.0	25.2	0.33	0.59
カルシウム	3361.4	223.9	1.64	7.13
カリウム	3136.0	409.9	0.93	1.18

【００６４】
結果は、アンモニアガスで反応セルを動作しながら、スプレーチャンバに導入された窒素ガスの存在下で改善したバックグラウンド当量濃度（ＢＥＣ）と一致した。主要干渉は

、Ａｒ＋であり、窒素が本種に影響を与えなかったため、カルシウム検出限界は、改善しなかった。ＢＥＣ、したがって、窒素が導入されたときにＡｒＸ＋種が形成されない（またはより低い程度に形成される）ために、他の元素の検出限界が改善された。実施例１で測定したバックグラウンド信号と比較して、バックグラウンド信号は、有意に減少した。すべての元素についての信号強度（分析信号およびバックグラウンド信号）も、実施例１における信号強度と比較して減少したが、バックグラウンド信号と比較して速度が減少した。鉄、カルシウム、およびカリウムについての窒素ガスの存在下でのバックグラウンド当量濃度（ＢＥＣ）は、それぞれ０．５９、７．１３、および１．１８ｐｐｔであった。ＢＥＣは、３つの元素すべてで改善された。

【００６５】

実施例３

実施例１におけるシステムを使用して、図１３における表３に示される元素ごとに、窒素ガスの非存在下および存在下でのバックグラウンド当量濃度（ＢＥＣ）を決定した。元素は、１３％硝酸の水溶液中に存在した。窒素ガスの添加は、多くの元素、特に酸化しやすい元素（ウラン、バナジウム）についてのＢＥＣを改善した。表３における値は、（Ｌｏｇ　ＢＥＣ）／ｐｐｔとして表される。

【００６６】

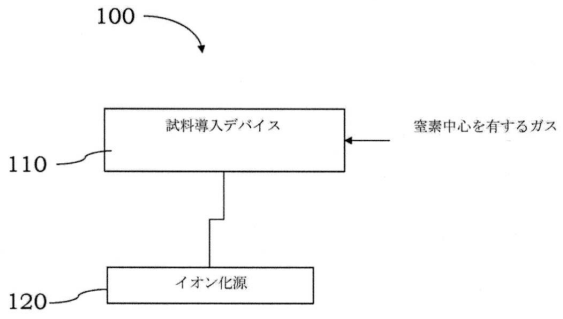
本明細書に開示された実施例の要素を導入する場合、冠詞「ａ」、「ａｎ」、「ｔｈｅ」、および「ｓａｉｄ」は、要素のうちの１つ以上で存在することを意味すると意図されている。用語「ｃｏｍｐｒｉｓｉｎｇ」、「ｉｎｃｌｕｄｉｎｇ」、および「ｈａｖｉｎｇ」は、オープンエンドであることが意図されており、記載された要素以外の追加要素が存在してもよいことを意味する。本開示の利点を考慮すると、実施例の様々な構成要素が、他の実施例での様々な構成要素と交換または置換され得ることは、当業者によって認識されるであろう。

【００６７】

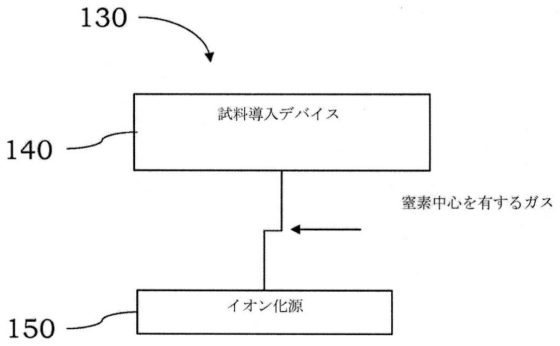
特定の態様、実施例、および実施形態を上述してきたが、本開示の利点を考慮すると、開示された例示的な態様、実施例、および実施形態の追加、置換、修正、および変更が可能であることは、当業者によって認識されるであろう。

【図面】

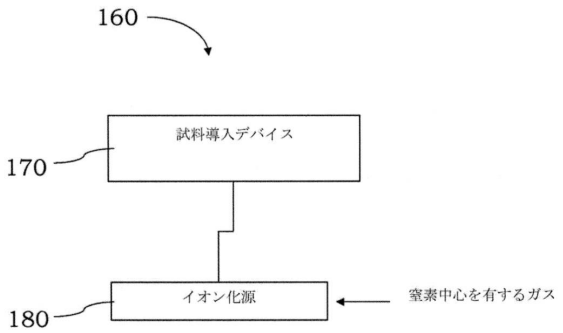
【図１Ａ】



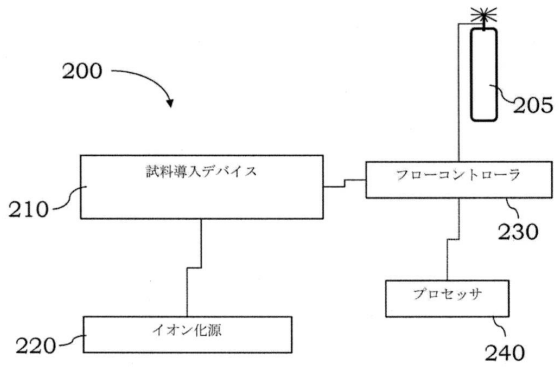
【図１Ｂ】



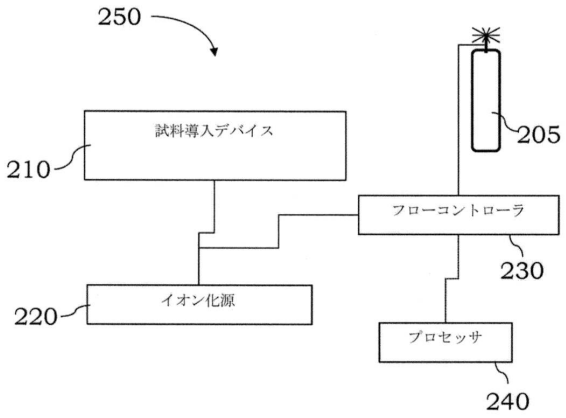
【図１Ｃ】



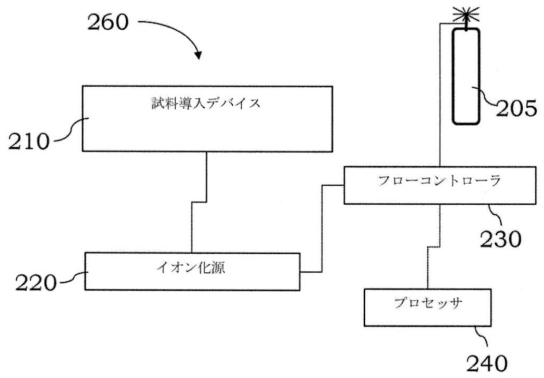
【図２Ａ】



【図２Ｂ】



【図２Ｃ】



【図３Ａ】

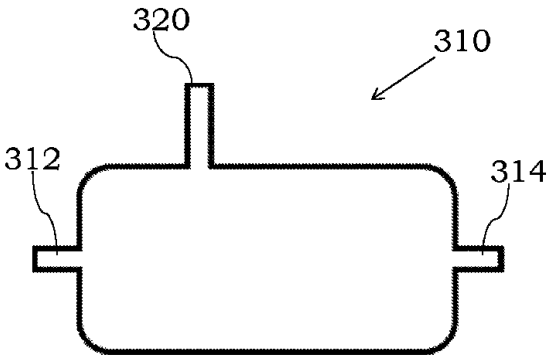


FIG. 3A

【図３Ｂ】

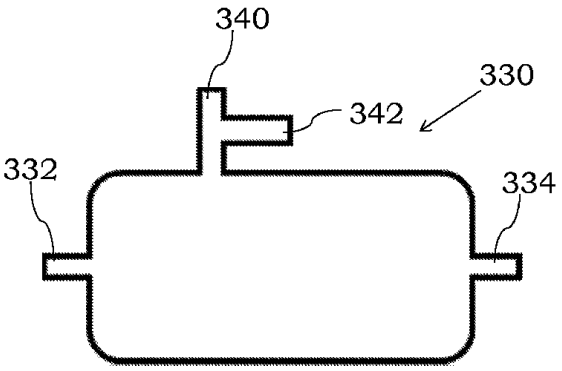


FIG. 3B

【図３Ｃ】

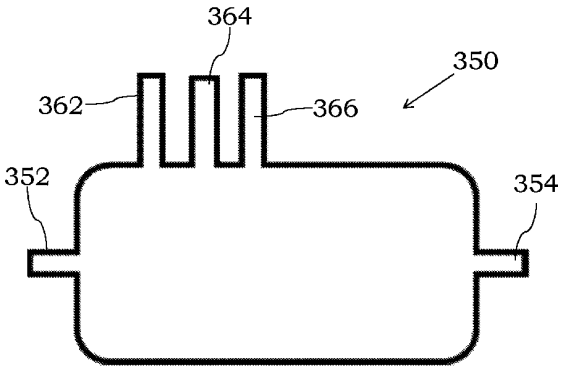


FIG. 3C

【図３Ｄ】

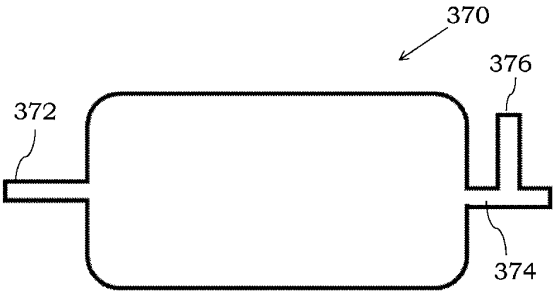
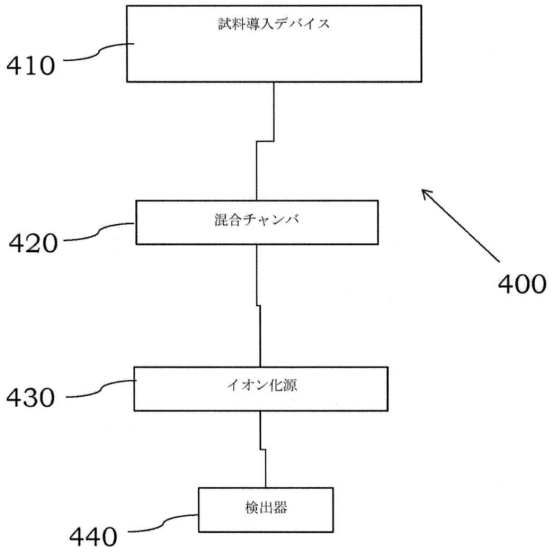


FIG. 3D

【図４】



【図５】

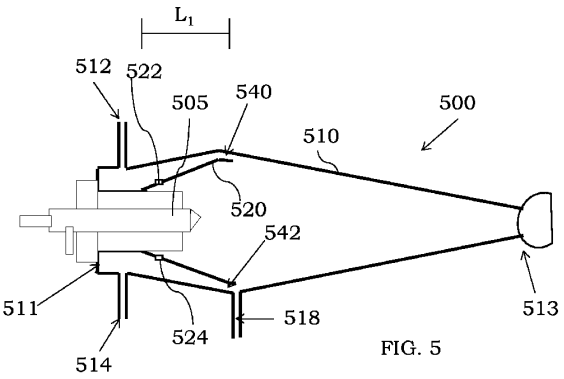


FIG. 5

【図６】

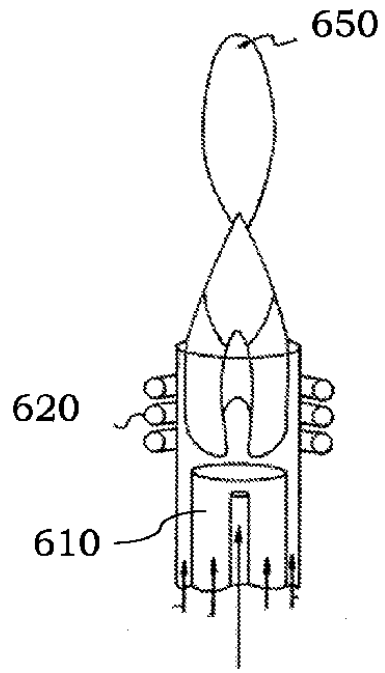
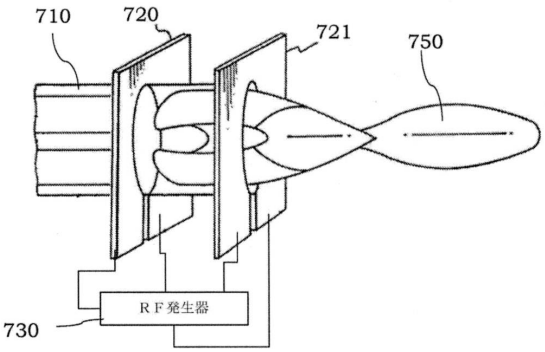


FIG. 6

【図７】



【図８】

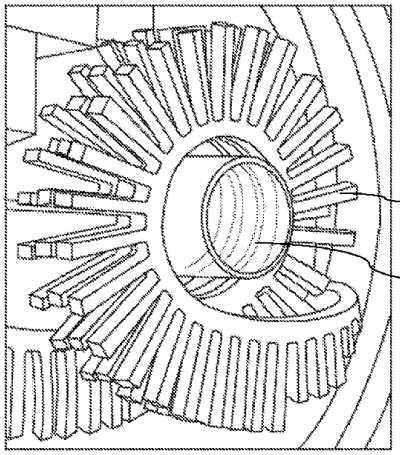
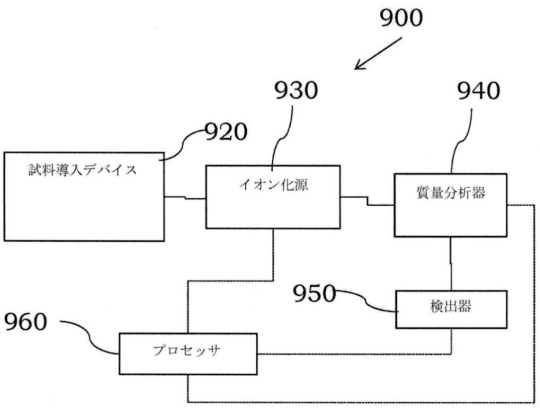
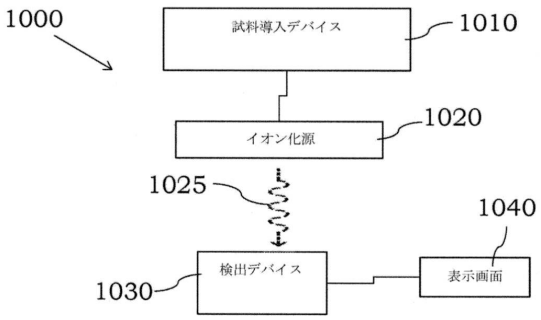


FIG. 8

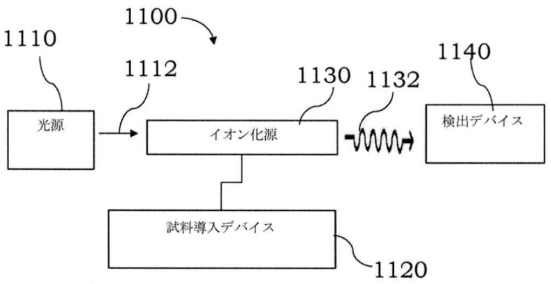
【図９】



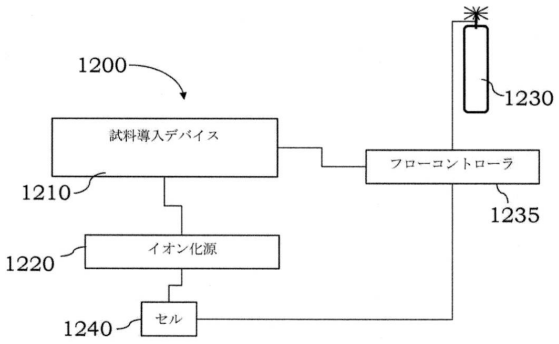
【図１０】



【図１１】



【図１２】



【図１３】

表３

元素	窒素ガスなし	窒素ガスを添加
Li7	0.03	0.04
Be9	0.08	0.07
Na23	0.86	0.36
Mg24	0.82	0.93
K39	0.62	0.26
Ca40	4.72	6.24
Ti48	0.53	1.62
V51	1.27	0.87
Cr52	0.69	0.26
Mn55	0.20	0.16
Fe56	2.24	1.59
Ni58	0.58	0.15
Co59	0.46	0.15
Ni60	0.50	0.14
Cu63	0.26	0.08
Zn64	0.15	0.45
Cu65	0.25	0.10
Zn66	0.09	0.28
As75	0.95	0.38
Se82	0.00	0.00
Rb85	0.30	0.07
Sr88	0.01	0.01
Ag107	0.20	0.66
Cd111	0.00	0.01
In115	0.01	0.00
Cs133	0.02	0.01
Ba138	0.01	0.02
Ce140	0.00	0.00
Tl205	2.02	0.99
Pb208	0.02	0.01
Bi209	0.03	0.04
U238	0.06	0.04

フロントページの続き

(51)国際特許分類

Ｈ０５Ｈ	*1/30*	*(2006.01)*
Ｈ０５Ｈ	*1/42*	*(2006.01)*

ＦＩ

Ｈ０１Ｊ	49/26
Ｈ０５Ｈ	1/30
Ｈ０５Ｈ	1/42

(56)参考文献 実開昭６４－０２３８６６（ＪＰ，Ｕ）
特開２０００－１００３７４（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－３５６０９４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野 (Int.Cl.，ＤＢ名)

Ｈ０１Ｊ　４０／００－４９／４８
Ｇ０１Ｎ　２７／６０－２７／７０
Ｇ０１Ｎ　２１／７３
Ｈ０５Ｈ　１／３０
Ｈ０５Ｈ　１／４２