

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6500009号
(P6500009)

(45) 発行日 平成31年4月10日(2019.4.10)

(24) 登録日 平成31年3月22日(2019.3.22)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 J 37/317 (2006.01)	HO 1 J 37/317 Z
HO 1 J 37/09 (2006.01)	HO 1 J 37/09 A

請求項の数 34 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2016-503455 (P2016-503455)	(73) 特許権者	515258697
(86) (22) 出願日	平成26年3月17日(2014.3.17)		グレン レイン ファミリー リミテッド
(65) 公表番号	特表2016-520951 (P2016-520951A)		ライアビリティ リミテッド パートナ
(43) 公表日	平成28年7月14日(2016.7.14)		ーシップ
(86) 国際出願番号	PCT/US2014/030744		アメリカ合衆国 34491 フロリダ州
(87) 国際公開番号	W02014/145898		, サマーフィールド, サウスイースト ワ
(87) 国際公開日	平成26年9月18日(2014.9.18)		ンハンドレッドセヴンティーセヴンス ブ
審査請求日	平成29年3月17日(2017.3.17)		レイス 10935, スイート 305
(31) 優先権主張番号	61/800,855	(74) 代理人	230104019
(32) 優先日	平成25年3月15日(2013.3.15)		弁護士 大野 聖二
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100106840
			弁理士 森田 耕司
		(74) 代理人	100117444
			弁理士 片山 健一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 調節可能な質量分析アパーチャ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

イオン源と、質量分析器と、質量分析アパーチャ(MRA)とを備えたイオン注入システムであって、

前記イオン源は、ビームラインに沿って伝播する複数のイオンを有するイオンビームを発生するように構成され、

前記質量分析器は、第1の質量対電荷比を有するイオンが第2の質量対電荷比を有するイオンよりも大きく曲げられるように、前記イオンビーム内の前記イオンの各々の軌道を曲げる磁場を生成するように構成され、前記第2の質量対電荷比が前記第1の質量対電荷比とは異なり、前記イオンの各々の前記軌道が対応する面内にあり、

前記MRAは、開口を有し、

前記イオンビーム中の前記イオンの第1の部分は、前記イオンビームが前記MRAに近づくときに前記開口を通過し、かつ前記イオンビームが前記MRAを出た後では前記イオンビーム中にあるように、前記MRAが配置され、前記イオンビームが前記MRAを出た後では前記イオンの第2の部分が前記イオンビーム中になく、前記MRAは、前記イオンビームが前記MRAに近づくときに前記イオンビーム中の前記イオンの前記第2の部分の動きを変え、

前記開口の端部の少なくとも一部分が、フィンを組み込み、前記フィンが前表面および後表面を有し、前記前表面に対する垂線は、前記イオンビームが前記MRAに近づくときに前記イオンビームに向かう成分を有し、前記後表面に対する垂線は、前記イオンビーム

10

20

が前記 M R A を出るときに前記イオンビームに向かう成分を有し、前記フィンが、ビームパスの方向に平行である垂線を有する前記前表面の上の先端部分を有し、

前記前表面が、前記先端部分から離れるにつれて前記開口の中心軸から離れる方向に湾曲して、

(i) 前記先端部分に隣接する前記前表面の外側凸セクションと、前記前表面の前記凸セクションに隣接する前記前表面の外側凹セクションと、を形成するか、

(i i) 前記先端部分に隣接する前記前表面の外側凹セクションを形成する、イオン注入システム。

【請求項 2】

前記外側凸セクションに衝突するイオンが、前記イオンビームの外へ偏向される、請求項 1 に記載のイオン注入システム。

10

【請求項 3】

前記前表面が、前記先端部分から離れるにつれて前記開口の中心軸に近づく方向に湾曲して、前記先端部分に隣接する前記前表面の内側凸セクションを形成する、請求項 1 に記載のイオン注入システム。

【請求項 4】

前記内側凸セクションに衝突するイオンが、前記イオンビームの外に偏向される、請求項 3 に記載のイオン注入システム。

【請求項 5】

前記フィンの少なくとも一部分は、前記フィンの第 1 のセグメントが前記フィンの第 2 のセグメントのものとは異なる電荷および/または異なる磁気極性を有するようにセグメント化される、請求項 1 に記載のイオン注入システム。

20

【請求項 6】

前記第 1 のセグメントは、前記外側凹セクションがイオンの前記第 2 の部分の前記イオンを引き付けるような電荷を有する、請求項 5 に記載のイオン注入システム。

【請求項 7】

前記フィンが、前記全体の開口の周りの前記端部から延びる、請求項 1 に記載のイオン注入システム。

【請求項 8】

前記開口の幅が調節可能であり、前記幅が、前記面内にある方向に測定され、前記開口の前記幅を調節することが、どのイオンが前記イオンの前記第 1 の部分内にあるかを変える、請求項 1 に記載のイオン注入システム。

30

【請求項 9】

前記 M R A が、

4 つの側面であって、少なくとも 1 つの側面が、直線的に移動可能であり、前記少なくとも 1 つの直線的に移動可能な側面のうちの 1 つまたは複数を直線的に移動させることが、高さおよび/または前記幅を調節する、4 つの側面を備える、請求項 8 に記載のイオン注入システム。

【請求項 10】

前記少なくとも 1 つの側面のうちの前記 4 つの側面の各々は、前記高さが測定される前記方向に平行な方向に直線的に移動可能であり、前記高さが測定される前記方向に平行な方向に直線的に移動可能であり、

40

開口サイズ動作範囲内の任意の開口サイズは、前記幅が測定される前記方向に平行な前記方向におよび/または前記高さが測定され前記開口の前記高さを調節する前記方向に平行な前記方向に前記 4 つの側面のうちの少なくとも 2 つを直線的に移動させることによって実現され得る、請求項 9 に記載のイオン注入システム。

【請求項 11】

前記開口の高さが調節可能であり、前記高さが前記面に垂直な方向に測定され、前記開口の前記高さを調節することは、どのイオンが前記イオンの前記第 1 の部分であるかを変える、請求項 1 に記載のイオン注入システム。

50

【請求項 1 2】

前記開口の幅が調節可能であり、前記幅が、前記面内にある方向に測定され、前記開口の前記幅を調節することが、どのイオンが前記イオンの前記第 1 の部分内にあるかを変える、請求項 1 に記載のイオン注入システム。

【請求項 1 3】

前記開口の高さが調節可能であり、前記高さが前記面に垂直な方向に測定され、前記開口の前記高さを調節することは、どのイオンが前記イオンの前記第 1 の部分であるかを変え、

前記 M R A が、

4 つの側面であって、少なくとも 1 つの側面が、直線的に移動可能であり、前記少なくとも 1 つの直線的に移動可能な側面のうちの 1 つまたは複数直線的に移動させることが、前記高さおよび/または前記幅を調節する、4 つの側面を備える、請求項 1 2 に記載のイオン注入システム。

10

【請求項 1 4】

前記少なくとも 1 つの側面のうちの第 1 の側面は、前記幅が測定される前記方向に平行な方向に直線的に移動可能であり、前記幅が測定される前記方向に平行な前記方向に前記第 1 の側面を直線的に移動させることが、前記開口の前記幅を調節する、請求項 1 3 に記載のイオン注入システム。

【請求項 1 5】

前記少なくとも 1 つの側面のうちの第 1 の側面は、前記高さが測定される前記方向に平行な方向に直線的に移動可能であり、

20

前記高さが測定される前記方向に平行な前記方向に前記第 1 の側面を直線的に移動させることが、前記開口の前記高さを調節する、請求項 1 3 に記載のイオン注入システム。

【請求項 1 6】

前記少なくとも 1 つの側面のうちの前記 4 つの側面の各々は、前記高さが測定される前記方向に平行な方向に直線的に移動可能であり、前記高さが測定される前記方向に平行な方向に直線的に移動可能である、請求項 1 3 に記載のイオン注入システム。

【請求項 1 7】

開口サイズ動作範囲内の任意の開口サイズは、前記幅が測定される前記方向に平行な前記方向におよび/または前記高さが測定され前記開口の前記高さを調節する前記方向に平行な前記方向に前記 4 つの側面のうちの少なくとも 2 つを直線的に移動させることによって実現され得る、請求項 1 3 に記載のイオン注入システム。

30

【請求項 1 8】

ある開口サイズに関して、前記あるサイズのための開口位置動作範囲内の任意の開口位置は、前記幅が測定される前記方向に平行な前記方向におよび/または前記高さが測定され前記開口の前記高さを調節する前記方向に平行な前記方向に前記 4 つの側面のうちの少なくとも 2 つを直線的に移動させることによって実現され得る、請求項 1 6 に記載のイオン注入システム。

【請求項 1 9】

ある開口サイズに関して、前記あるサイズのための開口位置動作範囲内の任意の開口位置は、前記幅が測定される前記方向に平行な前記方向におよび/または前記高さが測定され前記開口の前記高さを調節する前記方向に平行な前記方向に前記 4 つの側面のうちの少なくとも 2 つを直線的に移動させることによって実現され得る、請求項 1 7 に記載のイオン注入システム。

40

【請求項 2 0】

前記 4 つの側面の各々が、対応する端部の長さに沿って対応するフィンを有し、

その少なくとも 1 つのフィンが、前記開口の端部の少なくとも一部分が組み込む前記フィンである、請求項 1 3 に記載のイオン注入システム。

【請求項 2 1】

前記開口のパス位置が調節可能であり、前記パス位置がビームパスに沿った方向に測定

50

され、

前記開口の前記パス位置を調節することが、どのイオンが前記イオンの前記第 1 の部分内にあるかを変える、請求項 1 1 に記載のイオン注入システム。

【請求項 2 2】

前記開口のパス位置が調節可能であり、前記パス位置がビームパスに沿った方向に測定され、

前記開口の前記パス位置を調節することが、どのイオンが前記イオンの前記第 1 の部分であるかを変える、請求項 1 2 に記載のイオン注入システム。

【請求項 2 3】

前記複数のイオンが、同位元素を含む、請求項 1 1 に記載のイオン注入システム。

10

【請求項 2 4】

前記 M R A が、前記開口に隣接する端部を有し、前記端部がフェイス表面および側部表面を有し、前記フェイス表面に対する垂線が、ビームパスと平行であり、前記側部表面に対する垂線が、前記ビームパスに対して垂直であり、前記フェイス表面に隣接する前記 M R A の少なくとも一部分は、前記フェイス表面に隣接する前記 M R A の前記少なくとも一部分の第 1 のセグメントが、前記 M R A の前記少なくとも一部分の第 2 のセグメントとは異なる電荷および/または異なる磁気極性を有するようにセグメント化され、

前記開口に隣接する端部の少なくとも一部分が、前記フィンを組み込み、

前記フィンの少なくとも一部分が、前記フェイス表面に隣接する前記 M R A の前記少なくとも一部分の前記第 1 のセグメントが前記フィンの第 1 のセグメントとなるように、セグメント化され、

20

前記フィンの前記第 1 のセグメントが、前記フィンの第 2 のセグメントのものとは異なる電荷および/または異なる磁気極性を有する、請求項 1 に記載のイオン注入システム。

【請求項 2 5】

前記第 1 のセグメントは、前記第 1 のセグメントが複数のイオンの前記第 2 の部分のイオンを引き付けるような電荷を有する、請求項 2 4 に記載のイオン注入システム。

【請求項 2 6】

前記フィンの前記第 1 のセグメントは、前記前表面の前記外側凹セクションが前記複数のイオンの前記第 2 の部分のイオンを引き付けるような電荷を有する、請求項 2 4 に記載のイオン注入システム。

30

【請求項 2 7】

前記フィンの前記第 2 のセグメントが、前記複数のイオンの前記第 2 の部分のイオンのうちのイオンを反発するような電荷を有する、請求項 2 4 に記載のイオン注入システム。

【請求項 2 8】

前記前表面が、前記前表面の上の前記先端部分から離れるにつれて前記開口の中心軸から離れる方向に遠くへ湾曲して、前記前表面の前記先端部分と前記前表面の前記外側凹セクションとの間に、前記前表面の前記外側凹セクションに隣接する前記先端部分に隣接する前記前表面の外側凸セクションを形成する、請求項 2 4 に記載のイオン注入システム。

【請求項 2 9】

前記イオンビームが前記 M R A に近づくとときに前記質量分析器から出力された前記イオンビーム中の前記複数のイオンのうちのイオンであって、前記前表面の前記外側凸セクションに衝突するイオンが、前記イオンビームの外へ偏向される、請求項 2 8 に記載のイオン注入システム。

40

【請求項 3 0】

前記イオンビームが前記 M R A に近づくとときに前記質量分析器から出力された前記イオンビーム中の前記複数のイオンのうちのイオンであって、前記前表面の内側凸セクションに衝突するイオンが、前記イオンビームの外へ偏向される、請求項 2 4 に記載のイオン注入システム。

【請求項 3 1】

前記フィンの前記第 1 のセグメントが、前記フィンの前記第 2 のセグメントのものとは

50

異なる磁気極性を有する、請求項 2 4 に記載のイオン注入システム。

【請求項 3 2】

前記フィンの前記第 1 のセグメントが、前記フィンの前記第 2 のセグメントのものとは異なる電荷を有する、請求項 2 4 に記載のイオン注入システム。

【請求項 3 3】

前記フィンの前記第 3 のセグメントが、中性電荷を有する、請求項 3 2 に記載のイオン注入システム。

【請求項 3 4】

前記フィンの前記第 1 のセグメントが、正電荷を有し、前記フィンの前記第 2 のセグメントが、負電荷を有する、請求項 3 2 に記載のイオン注入システム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

< 関連出願の相互参照 >

本発明は、2013年3月15日に提出した、米国特許仮出願番号第61/800,855号の権利を主張し、これは、すべての図、表、または図面を含むその全体が本明細書における引用により本明細書中に取り込まれている。

【0002】

20

本発明の実施形態は、例えば、図 1 A (先行技術) に示した注入システムなどの、イオン注入システムにおいて使用することができる質量分析アパーチャに関する。さらなる実施形態は、例えば、図 1 B (先行技術) に示したプラズマチャンネル (PC) などの、閉プラズマチャンネル (CPC) 超伝導体、またはボース粒子エネルギー伝送システムを通る荷電粒子および/または非荷電粒子の流れのフィルタリングに関する。

【背景技術】

【0003】

イオン注入は、集積回路の縮小比をより小さくさせ、半導体基板 (例えば、シリコンチップ) の計算能力を大きくさせるための半導体産業の好ましい方法である。従来のイオン注入装置は、基本的な共通性を有する。被加工物 335 (例えば、シリコンチップ) は、被加工物 335 が注入のために準備されている点へと進められてきているときに、外部供給源からシステム内へと回転される。イオン源 302 は、製造システムの他方の端部のところにある (イオン化用の供給原料を、n 型接合用にはアンチモン、ヒ素、リン、または p 型接合用にはホウ素、ガリウム、インジウムとすることができる)。一般に、正イオンが使用されるが、負イオンを同様に使用してもよい。ビームアセンブリおよびイオン注入プロセス中に、通常、システムの大部分またはすべてが、真空にされ、その結果、イオンビーム中のイオンは残留ガスと衝突しない。システム全体の電力 301、340、339 は、必要な場合に供給され、制御システム 338 および/または操作員は、全体のプロセスを管理する。イオン源供給原料を、p または n 型接合に基づいて選択する。そのイオン源は、様々な方法によりイオン化され、同様に帯電したイオンの空間電荷ブローアップの傾向に抗して緩和するために、一般に、比較的高エネルギーで放出されたイオンビーム 309 を付勢するようにバイアスされた電極 305、336 によってイオン化チャンバ 303 内の開口を通して引き出される。放出されたイオンは、元々の飛行経路からほぼ 90° の角度で、実際のエンベロープ内でイオンビームを曲げる二重極および/もしくは四重極磁場ならびに/または EM 場から構成され、質量分析器 310 を有するビームガイド 317 へと入る比較的密な (大電流の) ビーム 309 を形成する。イオンビーム中のイオン種は、異なる電荷対質量比を有する。ウェハ上の同じ集積回路は、注入されるイオンに関する電荷対質量比の設定したパラメータ内になる。放出されたイオンビーム 309 中の不適当な電荷対質量比の種は、質量分析器 310 および質量分析アパーチャ 314 による引き抜きの後では除去される。異なる質量は、そのイオン種についての異なるモーメントを有

30

40

50

し、これが質量分析器 3 1 0 を通る軌道を分離するであろう。システム内の磁場は、所望のものよりも大きな電荷対質量比のイオン種がビームガイド 3 1 1 の一方の壁に当たり、所望のものよりも小さな電荷対質量比のイオン種がビームガイド 3 1 1 の他方の側に当たるように制御され、両者とも存続するイオンビームから除去される。

【 0 0 0 4 】

引き続き、大部分の従来型のイオン注入システムでは、イオンビームは、質量分析アパーチャ 3 1 4 に到達する。質量分析器 3 1 0 によって選択されるビーム電流は、大部分が所望のイオン種を有するが、まったく同じではないが所望の質量対電荷比に近い何らかの種を依然として含有する。質量分析アパーチャ 3 1 4 は、質量分析器 1 2 6 から出てくるイオンビームエンベロープよりも小さな開口を有し、設定したアパーチャ開口を外れるイオン種を分離する（除去する）であろう、これらのイオン種は、質量分析アパーチャ 3 1 4 の側方にぶつかり、そこに堆積する。

10

【 0 0 0 5 】

製品ウェハ（または他の注入した表面）の検査可能な品質は、注入の一貫性に依存する。注入の前および/または実際の注入の両方で、ビームを、一般に、アパーチャ 3 1 4 から下流でスキャンし 3 2 2 そしてプロファイルを形成する 3 3 1。制御システム 3 3 8 は、ビームプロファイル情報を解釈することができ、ビーム診断システム 3 3 3 へ送って、特定の注入のための電荷対質量比の最善の設計パラメータ内で最大電流が可能であるように、最適な開口のところにアパーチャを調節する。本発明は、リアルタイムでの調節の能力を有し、不適当なイオンを徐々に除外することによって、質量分析アパーチャ 3 1 4 の点のところでビームを最適化する非常に柔軟な制御システム 3 3 8 およびコントローラを与える。

20

【 0 0 0 6 】

質量分析アパーチャ 3 1 4 から下流では、イオンビームを集束し、曲げ、偏向させ、集中させ、分散させ、スキャンし、平行化し、および/または汚染を除去するために利用することができる多数の他のプロセスおよび光学的効果がある。図 1 は、従来型のイオン注入装置の例として使用される。質量分析アパーチャは、3 1 4 であり、ビームエンベロープ 3 0 9 内の質量分析器 3 1 0 の直後に設置される。他のイオン注入システムは、知的所有権の使用に基づいて変わる。前に述べたように、質量分析アパーチャなどの基本原理は、ほぼすべてのこのようなシステムにおいて共通である。

30

【 0 0 0 7 】

米国本土における電気エネルギーに対する需要は、2 0 0 5 年には 7 4 6 , 4 7 0 メガワットであった。エネルギーの大部分は、石炭（4 9 . 7 %）、原子力エネルギー（1 9 . 3 %）、および天然ガス（1 8 . 7 %）によって作られた。残念ながら、発電の点から小売りの点までのエネルギーの伝送は、非常に非効率的なままである。2 0 0 5 年の 5 ~ 8 % の間のエネルギー損失は、損失歳入でほぼ 2 0 0 億ドル（\$ 2 0 , 0 0 0 , 0 0 0 , 0 0 0）に換算される。作られたエネルギーのほぼすべてが、高電圧送電線を通り、次いで、低い電圧に降圧された後で市街地、商業地域、および住宅地域へと配電される。

【 0 0 0 8 】

すべての高電圧送電線は、比較的安いコストおよび金属としてはよい $1 7 . 2 \times 1 0^{-5}$ m の電気抵抗率のために絶縁銅電線を使用する。これらのケーブルは 7 0 0 , 0 0 0 ボルトを超える送電が可能である一方で、銅を使用する送電線は、吊下げ式電線の機械的および電氣的制約のために、重大な欠点および限界を有する。例えば、銅ケーブルを介した送電は、信じられないほど非効率的であり、ケーブルを通過する電気の抵抗によって生み出される熱の形でとてつもない量のエネルギー損失をとまなう。その上、発生した熱は、特に、送電線が長すぎる場合には、送電線の変形および障害を引き起こすことがある。他の問題は、送電塔から吊下げられたケーブルと同様に美観上の欠点を示す送電塔のための土地の使用を確実にするために入手しなければならない費用のかかる線路用地を含む。

40

【 0 0 0 9 】

地下ケーブルは、吊下型電力ケーブルに対して、長い伝送距離、高い電気負荷、線路用

50

地所有権コストの減少、および美観的妨害のないことを含め、いくつかの利点を有する。埋設型銅電線はまた、最小荷重をサポートし、吊式電線と比較して電気の誘電損失を減少させる優れた誘電絶縁被覆を有する。しかしながら、抵抗からもたらされる効率損失は、依然として主要な問題である。低温ケーブルは、第2の地下伝送電線選択肢であるが、他のコストとともに冷却したままにするために液体窒素拠点を必要とする。超伝導電力伝送電線は、電気抵抗がないためにゼロ損失を示すはずであるという理由で、超伝導電力伝送電線は、魅力的な解決策である、しかしながら、任意の有用な長さの電線へと単結晶材料を処理することは、不可能ではないとしても相変わらず実行可能ではない。

【0010】

明らかに、長距離にわたってエネルギーを伝送するより効率的な手段に対する長期にわたる必要性が存在する。本技術におけるこの必要性を満足させるために、磁場および/または電磁場に曝された閉じ込められたプラズマを介した電力伝送のための方法および装置を提供する。

【0011】

各端部に電極を有し、希ガスを充填したガラス管は、電気を伝送できることが知られている。これらのガス管は、外部電場が印加されるときにはネオン管に類似している。ガスまたはガスの一部をイオン化させる高電圧の交流電場の下で、プラズマは管の内部に形成される。電子は、親分子から自由になり、電気伝導度は、電場が印加される前のガスの電気伝導度に対して増加する。これらの電子は、銅などの金属中の自由電子と同様に振る舞う。

【0012】

わずかに1%の粒子がイオン化されている部分的にイオン化されたガスでさえ、(すなわち、磁場および高い電気伝導度に対応して)プラズマの特性を有することができる。「プラズマ密度」という用語は、通常「電子密度」、すなわち、単位体積当たりの自由電子の数を呼ぶ。プラズマのイオン化の程度は、電子を失った(または得た)原子の割合であり、大体は温度によって制御される。プラズマは、ほぼ完全にイオン化されている場合には、「ホット」であると、またはガス分子の小さな割合(例えば、1%)がイオン化されるに過ぎない場合には、「コールド」であるとき呼ばれる。「技術的プラズマ」は、この意味で通常コールドである。「コールド」プラズマであってさえも、電子温度は、依然として典型的には摂氏数千度である。

【0013】

プラズマの電気伝導度は、その密度に関係する。より具体的に、部分的にイオン化されたプラズマでは、電気伝導度は、電子密度に比例し、中性ガス密度に反比例する。言い換えると、荷電粒子の再結合によって存在するイオン化されていないガス媒体のいずれかの部分は、絶縁体として作用し続け、そこを通る電気の伝送に対する抵抗を作り出す。主題の発明は、本明細書においてより完全に説明する方式でエネルギー伝送中にこの抵抗を実質的にまたは完全に除去するために、磁場に対するプラズマの応答性(ならびに常磁性ガス媒体の応答性)を利用する。したがって、伝送効率は、実質的に距離とは無関係であるが、むしろ、1)イオン化、2)真空品質、3)磁場成層化(stratification)の関数である。イオン化は、UV光飽和によって維持される最適な光-電子イオン化であるはずであり、真空品質は、存在するイオン化されていない分子のMFP(平均自由行程)である決定要因を用いると、高いから非常に高いはずであり、磁場飽和は、チャンパ内の関与していない分子および粒子を領域分けするための静磁場の効果であるはずである。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明の実施形態は、図1Aに示した従来型のイオン注入システムなどの、イオン注入システム、またはイオンビームアセンブリにおいて電荷対質量比(および/または質量対電荷比)に基づいて注入のために望ましくないイオン種を選択的に除外する他の装置において使用することができる質量分析アパーチャに関する。特定の実施形態は、図1Aに示

10

20

30

40

50

したイオンビームアセンブリ308プロセスにおいて使用することができるMRAに関する。イオン注入システムは、例えば、演算回路を作るために半導体産業によって使用される。これらのシステムの最も単純であり、しかも最も重要な構成要素の1つは、質量分析アパーチャ314である。質量分析アパーチャ314は、イオン引き出し部307および質量分析器ビームガイド310から下流に設置される。質量分析アパーチャ314は、具体的な注入のパラメータではないが、所望の電荷対質量比に近いイオン種を分離する。イオンの所望の種は、アパーチャ開口を通過するであろう、そして不要な種は、イオンビームに面しているアパーチャ表面に当たることによって除去されるであろう。不要なイオン種は、アパーチャと同じ高さの平面(flush)の表面に当たり、イオンビームへと一部をスパッタし、残留物蓄積を生じさせる。このような残留物蓄積は、離れることがあり、汚染をイオンビームに乗せさせ、被加工物335への道筋を見つけさせることがある。集積回路を小さくさせる意欲的なスケーリングの試みのために、より大きな電流を使用すること、より低いエネルギーで注入すること、より大きな質量のクラスタ分子を使用すること、(ビームガイド内で質量分散の小さな範囲を有する)ゲルマニウムなどの代替イオン源を使用すること、複数のイオン源を使用すること、およびイオン引き出しプロセスを改良して望ましいものにするその他の進歩などの、進化している方策がある。

10

【0015】

本発明の実施形態はまた、図1Bに示したPCなどの、閉プラズマチャネル(CPC)超伝導体、またはボース粒子エネルギー伝送システムを通る荷電粒子の流れのフィルタリングにも関する。特定の実施形態は、電荷および/または質量(質量対電荷比など)にしたがって細長いイオン化チャンバ内で、イオン化したまたは部分的にイオン化した媒体の構成要素などの、荷電粒子の領域で分離した流れをフィルタリングするための方法および装置に関し、ここでは、イオン化チャンバは、荷電粒子の伝送のための低抵抗または無抵抗伝導パスを提供する。主題のアパーチャの実施形態は、複数の用途を有し、低エネルギー粒子加速器としてやはり説明することができる。

20

【0016】

本発明の実施形態は、セグメント化され、調節可能であり、および/またはアパーチャにぶつかるであろう近づいてくるイオン種に対して湾曲した表面を示す質量分析アパーチャに関する。調節可能な質量分析アパーチャは、コントローラおよび/または制御システムが増加した多様な機能を実行することを可能にすることができる。注入サイクルの前に、間に、および/または後で質量分析アパーチャへの調節を行う能力を有する実施形態は、利益を提供することができる。湾曲した表面を組み込んでいる実施形態は、湾曲した表面の後ろでイオンビームから遠くに堆積した残留物を保持し、その結果、被加工物335に達するイオンビームの一部分は、このような残留物が下流のイオン内に乗るようになる可能性が少ない。除外されたイオン種は、湾曲した表面上で質量分析アパーチャに当たることができ、不適当なイオン種のスパッタリングに抗して軽減することができる。

30

【0017】

セグメント化したアパーチャの実施形態は、任意の数のセグメントを組み込むことができる。簡単にするために、セグメントを機能により論ずることにする。ある実施形態では、アパーチャの本体の異なる領域、またはセグメントは、異なる電荷および/または磁気極性を有することができる、これが、イオンの選択を高めるために近くを進むイオンの動きに影響を及ぼすことができる。さらなる実施形態では、アパーチャの各側面は、他の側面に対して移動可能であり、その結果、各側面は、他の側面とは独立してまたは連動してのいずれかで移動するまたはスライドすることができる。このようにして、アパーチャ開口を、手動で、または手動で制御するアクチュエータによって、またはオペレーティングシステムによってなどで、制御することができる。このような調節は、リアルタイムで行うことができ、荷電粒子のビームの断面に関しておよび/または荷電粒子のビームの軸に関して所望の位置のところに所望の寸法にしたアパーチャ開口を形成することができる。リアルタイムで調節することによって、イオンビームを、注入中に調整ことができ、任意選択で、MRAから下流で取った測定値からのフィードバックに基づいて調節すること

40

50

ができる。所望の寸法にすることは、動作の前に予め決定した、もしくはそれ以外にはイオン源から発せられるビームエンベロープに基づいてなどで決定した、ビームプロファイルフィールドバックに、または所望の質量対電荷比および/もしくは分解能に基づくことができる。

【0018】

所望のアーチャ開口の寸法は、形状、高さ、および幅を含むことができる。加えて、アーチャのうちの1つまたは複数のフェイスを、セグメント化する（例えば、電荷および/または磁気極性もしくは他の磁気特性を有する）、磁気的に分離する、ならびに/または電氣的に分離することができ、その結果、フェイスは、機械的なインターフェイスに加えて1つまたは複数の機能を実行することができる。例として、入ってくるイオンビームに面するアーチャ表面（例えば、ビームパスに平行な成分を有し、イオンビームの進行に反対方向である垂線を有する）を、(i)このような表面がファラデーフラッグまたはビームプロファイラの機能を実行するようにセグメント化する；および/またはこのような表面がウィーンフィルタの機能を実行するように磁化することができる。例として、イオンビームがアーチャを出るのでイオンビームに面するアーチャ表面を、加速する/減速する、集光する/デフォーカスする、光学的に影響を及ぼすようにバイアスされた電極とすることができる、および/またはZFE制限素子とすることができる、および/またはある種のクリーニング処理中に利用することができる。特定の実施形態では、全体の質量分析アーチャ開口を、入ってくるイオンビームに対してX軸上で左右に、Y軸上で上下に、Z軸上で前後に動かすことができる（例えば、図1B参照）。

【0019】

本明細書において開示するように、主題の発明の実施形態は、荷電粒子のビームと接触するまたは動きに影響を及ぼす質量分析アーチャの一部分の湾曲した表面を含むことができる。例として、開口を形成するおよび/または近づいてくるイオンビームに面するアーチャの内側表面は、端部を形成することができる。表面を湾曲させることができ、その結果、端部は、近づいてくるビームに最も近い先端部分を有し、表面は、端部の先端部分から遠い方向でビームの外側部分に向けて凸である（例えば、ビームから遠くへ湾曲する）。さらなる実施形態は、開口から遠い方向に先端部分に隣接して凹表面を有することができる。先端部分から遠くへ湾曲する凸表面を有することは、除去したイオンが、平坦な表面上の同じ高さの表面に当たる代わりに湾曲した表面に当たるので、MRAに当たっている除去したイオン種のスパッタリングに抗して軽減することができる。さらなる実施形態は、凹部分に隣接して表面の凹セグメントを有することができる。アーチャ上の残留物は、そのときには端部の径方向に外側にあり、端部の軸方向に上流にあり、例えば、湾曲した表面の後にあり、イオンビームにほとんど乗ることができない。分離の点のこの端部の径方向に外側のアーチャ表面に当たるイオン種を、湾曲した表面によってイオンビームの外に偏向させることができる。アーチャのセグメント化および湾曲を、イオン注入プロセスの均一性および生産性、特に、より大きなビーム電流、被加工物のところでのより低いエネルギー、分子クラスタイオン、遠隔または複数のイオン源、および他の意欲的なスケールアップ方策を向上させるために一緒にまたは別々に利用することができる。

【0020】

本発明の実施形態は、閉プラズマチャネル(CPC)超伝導体として、またはボース粒子エネルギー伝送装置として特徴付けることができるシステムに関する。特定の実施形態は、米国特許第8,368,033号に開示されたシステムおよび方法の修正および改善に関し、このような教示についてその全体が参照によって本明細書に組み込まれている。第1の好ましい実施形態では、装置は、イオン化空間(本明細書においてはいくつかの実施形態では「プラズマ分離空間」ともやはり呼ばれる)を有するイオン化容器(本明細書においてはいくつかの実施形態では「プラズマ分離容器」ともやはり呼ばれる)を備えたイオン化チャンバ(本明細書においてはいくつかの実施形態では「プラズマ分離チャンバ」ともやはり呼ばれる)、およびイオン、電子、およびイオン化されていないガスまたは

10

20

30

40

50

蒸気（以降「プラズマ成分」）から構成されるプラズマへと真空下でイオン化空間内に閉じ込められたプラズマ前駆物質ガスまたは蒸気をイオン化するためのイオン化空間と関係付けられて動作する光イオン化手段から構成される。好ましくは、プラズマ前駆物質ガスまたは蒸気は、常磁性である。イオン化は、大部分の導電性伝送媒体を生成するために適した波長の光源の光電気効果によってもたらされ、維持される。

【0021】

第2の好ましい実施形態では、プラズマを、上記の容器それ自体の中で作るよりはむしろ上記の容器へと満たすことができる。いずれの事例においても、磁場生成手段が、伝送空間内に軸方向均一静磁場を生成するために利用されて、容器の中央長手軸に平行に位置する「領域」または「チャンネル」へとプラズマ成分を実質的に分離する。各チャンネルは、イオン化空間の全長さに沿って形成される。少なくとも1つのチャンネルが、主に自由電子から構成されて形成され、これは、主題の発明の1つの応用では、パスを通る電気の送電のために最小の抵抗のパスを提供する。他の実施形態では、振動磁場（電磁場または「摂動磁場」）が、コンジットを通る荷電粒子の動きを刺激するために伝送空間内に導入される。交流の送電用のハイブリッドシステム、または代替で、円柱状壁を通る多重極EM場、および領域分けしたチャンネルのうちの少なくとも1つを通る直流または荷電粒子を含む、主題の方法および装置の様々な追加の実施形態が説明され、そしてこのプロセスは、他のアプリケーションと同様に、超伝導体、低エネルギー粒子加速器として働くことができる。すべての実施形態では、前述の光イオン化手段を、プラズマを維持する（すなわち、プラズマの成分の再結合を防止する）ために利用することができる。伝送空間を通る荷電粒子の伝送の効率を高める方法を説明する。

【0022】

磁性または常磁性を有し組成および密度が変化するプラズマ成分は、導電性から絶縁性までの特性によって順番に並べられた「グラデーション」または領域への伝送空間内で、個別の磁気極性と反応するであろう。このプラズマ成分の各組成の質量/電化比は、静磁場に対する大きなまたは小さな応答のいずれかをそれ自体に与える。これによって、導電性層が主に磁場の中心のところにある1つの実施形態および導電性層が主にコンジットの内部壁表面に沿って配向するもう1つの実施形態を含む様々な磁場生成手段を使用して、導電性領域または階級の位置を操作することができる。

【0023】

導電性チャンネルが磁場の中心のところにあるこれらの実施形態では、交流磁場または多重極磁場といった、電磁（EM）場を印加することができる。この事例では、EM場は、コンジットの壁に沿った「摂動磁場」、および中心に向かって導電性チャンネルを集束する「階層場（stratum field）」としての第1の磁場と呼ばれる。この第2のEM場が元々の磁場の階層を摂動させるように作用することができる一方で、その影響は、荷電粒子（すなわち、DC電流）を引き付け、反発するように、またはコンジットの回収端のところに設置された受信側手段への流れを加速するもしくは強めるような方法で引く・押すように改良されるであろう。壁電荷は、受信側端のところに設置された同じまたは追加の受信側手段によってやはり回収されるであろう。さらなる実施形態は、様々な目的のために様々な組合せで同じ原理を使用することができる。

【0024】

本発明のもう1つの重要な態様は、コンジット内での光イオン化の使用である。プラズマ媒体は、プラズマが最も豊富な状態でありボース粒子エネルギーキャリアである自然に見られる光レベルおよび波長品質を有する最大導電性レベルで維持されるであろう。主題のアーチャおよび方法におけるプラズマ密度は、磁気流体力学（MHD）の分野における他のアプリケーションと比較して比較的希薄であり、動力学効果の抵抗を減少させる。主題のコンジットに維持されているプラズマ状態は、核融合プラズマよりも宇宙空間プラズマにより類似している。主題の装置および方法は、長大な距離にわたる効果的なエネルギー伝送媒体として証明されている、「宇宙空間」における、地球の大気の外側で優勢であるプラズマの自然状態を真似るように設計される。これを実現するために、CPCは、

10

20

30

40

50

高真空から極高真空である真空品質を必要としようとしている。決定要因は、チャンバ内の異種分子の「平均自由行程」(MFP)である。MFPは、十分に長くなければならず、妨害する分子を遠くへ引き付ける静磁場によって助けられ、電荷のパスを妨害する衝突によって生じるはずの抵抗に打ち勝つ。

【0025】

主題の発明の特定の実施形態は、CPC、または容器内の前駆物質をイオン化するためおよびイオンビームを形成するために得られたイオンに力を与えるためのシステムに関し、イオンビーム中のある種のイオンの動きに影響を与える(例えば、イオンビームからイオンをそらせる、イオンを偏向させる、および/またはイオンを取り除く)ための、フィン、湾曲した表面、またはセグメント化した突起などの、容器の内側表面上のフィルタを含む。

10

【0026】

このように、下記の本発明の詳細が説明をより良く理解できるように、そして技術に対する現在の寄与をより良く認識できるように、本発明のより重要な構成要素および特徴をむしろ幅広く概説してきている。当然のことながら、本明細書において以降に説明されるであろう発明の追加の特徴があり、これは、別記の特許請求の範囲の主題を形成するであろう。これに関して、詳細に本発明の少なくとも1つの実施形態を説明する前に、本発明は、下記の説明に記載されている、または図面に図示されている構成要素の構成および配置の詳細に本発明の応用では限定されないことが理解されるはずである。本発明は、他の実施形態で可能であり、様々な方法で実施され行われる。また、本明細書において使用される表現方法および用語は、説明の目的のためであり、限定するようには見なされるべきではないことが理解されるはずである。それはそうとして、この開示が基づいている概念を、本発明のいくつかの目的を行うために、他の構造、方法、およびシステムを設計するための基礎として容易に利用することができることを、当業者なら認識するであろう。これゆえ、等価な構成が本発明の精神および範囲から乖離しない限り、特許請求の範囲は、このような等価な構成を含むと見なされることが重要である。

20

【0027】

本発明、その利点、およびその使用によって得られる特定の目的をより良く理解するために、言及が、発明の好ましい実施形態を図説する添付の図面および説明的事項になされるはずである。

30

【0028】

本発明の下記の詳細な説明を考慮すると、本発明が、より良く理解され、上に記述したものの以外の目的が、明らかになるであろう。このような説明は、添付した図面を参照する。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1A】米国特許第8,637,838号から複写され、主題の発明の実施形態のためのサブシステムを提供することができおよび/または主題の発明の実施形態にしたがって修正されることが可能であるイオン注入システムの例として使用される図である。

【図1B】米国特許第8,368,033号から複写され、主題の発明の実施形態のためのサブシステムを提供することができおよび/または主題の発明の実施形態にしたがって修正されることが可能である閉プラズマチャネル装置の例として使用される図である。

40

【図2】米国特許第7,399,980号から複写され、主題の発明の実施形態のためのサブシステムを提供することができおよび/または主題の発明の実施形態にしたがって修正されることが可能である先行技術の質量分析アパーチャの図である。

【図3A】イオンビームエンベロープに比して任意の高さまたは幅へとアパーチャが徐々に移動することを可能にするスライド式側面を有する質量分析アパーチャを示す本発明の例示的な実施形態の図である。

【図3B】完全に開いた図3Aの質量分析アパーチャを示す図である。

【図3C】完全に閉じた図3Aの質量分析アパーチャを示す図である。

50

【図 4 A】ねじ駆動部および 2 つの空気駆動部を組み込んでいる主題の発明の特定の実施形態を示す図である。

【図 4 B】ねじ駆動部および歯車を組み込んでいる主題の発明の特定の実施形態を示す図である。

【図 5 A】本発明の実施形態にしたがったフィンを示す断面図である。

【図 5 B】質量分析アパーチャの内側端部として使用することができる湾曲した端部を図示する図である。

【図 6】スライド式側面とともに、湾曲した内側端部を組み込んでいる M R A の実施形態を図示する図である。

【図 7】図 5 A および / または図 5 B の湾曲した端部を組み込んでいる実施形態の長手方向断面を示す図である。

10

【図 8 A】本発明の実施形態にしたがった、湾曲した表面、または「フィン」の断面を示す図である。

【図 8 B】本発明の実施形態にしたがった、湾曲した表面、または「フィン」の断面を示す図である。

【図 8 C】本発明の実施形態にしたがった、湾曲した表面、または「フィン」の断面を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 3 0 】

手始めに、類似の参照番号は、いくつかの図面、図の全体を通して一貫して同じ構造要素、部分、または表面を認識するものであることが明らかに理解されるはずであり、それはそうとして、要素、部分、または表面を、全体の明細書によってさらに記述するまたは説明することができ、明細書のうちのこの詳細な説明は、必須部分である。別段の指示がない限り、図面は、明細書とともに読まれる（例えば、クロスハッチング、部品の配置、部分、程度、等）はずのものであり、この発明の全体の書面による明細の一部と考えられるはずのものである。構成要素は、同じ縮尺ではまたは比例しては描かれていない。下記の説明において使用されるように、「水平な」および「垂直な」という用語は、水平な地面に対する対象物の向きを単純に呼び、「左」、「右」、「頂部」および「底部」、「上方に」および「下方に」という用語、ならびにこれらの形容詞的および副詞的派生語（例えば、「右方向に」、「上方に」、等）は、ふさわしいように、伸長の軸、または回転の軸に対する表面の向きを単純に呼ぶ。

20

30

【 0 0 3 1 】

既存の技術としてここで複写した米国特許第 8, 6 3 7, 8 3 8 号の図 1 である図 1 A は、従来型のイオン注入システムを図示する。従来型のイオン注入システムは、典型的には、質量分析アパーチャ 3 1 4 を有する。図 1 A は、M R A を組み込んでいるシステムを示す。主題の発明の実施形態は、図 1 A のシステム、図 1 A に示したサブシステム、ならびに米国特許第 8, 6 3 7, 8 3 8 号の図 1 に示したシステムおよびサブシステムに関して米国特許第 8, 6 3 7, 8 3 8 号に記述した実施形態および米国特許第 8, 6 3 7, 8 3 8 号に記述したこれらへの修正形態に関係し、これらの特許は、その全体が引用によって本明細書に組み込まれており、イオンパスの長さに沿ってイオンパスの 1 つまたは複数の位置のところにも本明細書において説明する M R A の実施形態のうちの 1 つにしたがった 1 つまたは複数の M R A を組み込んでいる。本発明は、質量分析アパーチャを有する他のシステムで機能するであろう。

40

【 0 0 3 2 】

主題の発明の実施形態に関して、図 1 A を参照すると、被加工物 3 3 5、例えば、シリコンウェハは、システムのエンドステーション 3 3 6 のところでイオンビームにより注入される。イオンビーム 3 0 9 は、始点部 3 0 7 のところで発生される。イオンビームは、エンドステーション 3 3 6 までビームラインアセンブリ 3 0 8 内のパスに沿って導かれる。

【 0 0 3 3 】

50

他の粒子とのイオンビームの衝突を軽減するために、システムをポンプ（図示せず）によって真空にすることができる。イオン源 302 を、発生チャンバ 304 内でイオン化されるドーパント材料（図示せず）のイオン化したガスとすることができる。イオン化の方法は、示さないが、例えば、熱陰極、RF、マイクロ波、電子線注入、または自由電子を励起してドーパントガス分子と十分に衝突させてイオンを発生させる他の機構であってもよい。イオンは、スリット 303 を通って移動し、イオン引き出しアセンブリ 305 によって引き出される。

【0034】

比較的高いエネルギーでイオンを引き出すために、引き出しアセンブリ 305 をバイアスする。一般に、システムは、比較的高いエネルギーでシステム全体を通してビームを送り、そのため粒子は、ビームブローアップに導かれることがある斥力に打ち勝つために十分な運動量を有する。次いで、被加工物 335 と衝突する前に、減速段 327 があり、イオンが小さな接合または極浅接合（USJ）のためにウェハと浅く衝突するようにイオンを減速する電極アセンブリまたは他の装置を含むことができる。減速段 327 をイオンビームに平行な電極板 328 および 330 として示すとはいえ、他の減速段は、ビームが通って進むアパーチャを有するビームパスに垂直な電極を利用することができることに、留意すること。

【0035】

励起すると、イオンビーム 309 は、始点部 307 からビームラインアセンブリ 308 へと入る。図 1B に示した実施形態では、質量分析器 310 が約 90 度の角度で形成され、ビーム 309 を曲げる磁場が存在する。磁石は、この図には示されていない。ビームラインアセンブリの残りは、ビームガイド 317、質量分析器 310、スキャンシステム（320、319、122）、電気素子 339、および平行化器 329 を含む。

【0036】

既存の技術としてここで複写した米国特許第 8,368,033 号の図 1 である図 1B は、閉プラズマチャンネル超伝導体、またはボース粒子エネルギー伝送装置として図示する。主題の発明の実施形態は、イオン化容器 12 の壁 14 の内側表面から突き出している湾曲した表面を有する 1 つまたは複数のフィンまたは突起を組み込むことが可能であり、その結果、1 つまたは複数のフィンが、イオンビームの動きに強い影響を与えるおよび/またはイオンビームからイオンを取り除く。

【0037】

既存の技術としてここで複写した米国特許第 7,399,980 号の図 4 である図 2 は、先行技術の質量分析アパーチャの例を示す。主題の MRA の実施形態は、イオンビームが通過するアパーチャに近接して配置したフィンを組み込む図 2 の MRA の修正形態を包含することができる。このようなフィンは、近づいてくるイオンビームに最も近い先端部分を有することができ、特定の実施形態では、先端部分に隣接して凸表面を形成するように先端部分から湾曲して、イオンビームからこのような凸部分で停止するイオンを偏向させる表面を有することができる。このようなフィンは、電荷および/または磁気特性を有する 2 つ以上のセグメント（例えば、フィンの体積の各セグメント）をやはり有することができる。このようなフィンを、イオンビームの幅を設定する側面の端部の一部分もしくは全体に沿って、および/またはイオンビームの高さを設定する上側面および底側面の端部の一部分もしくはすべてに沿って設置することができる。このような板の実施形態は、1 つ、2 つ、3 つ以上の開口を有することができ、高さおよび幅などの、所望の寸法を各々有する。分析アパーチャアセンブリ 400 の修正形態の実施形態は、3 つの分析アパーチャ 406、408、および 410 などの 1 つまたは複数の開口（1、2、3、4...n）を有する分析板 404 を保持するアセンブリアーム 402 を有することができる。実施形態は、例えば、アクチュエータを介してアセンブリが移動することを可能にでき、そのため選択したアパーチャは、選択したビームエンベロープおよび/または選択的質量分解能に対応する。アセンブリは、上流の（図示せず）、質量分析器の可能な角度調節の範囲に対応する変えられたビームパスに適応するようにやはり移動することができる。アパ

10

20

30

40

50

ーチャ開口の第1、第2、および第3の位置が動作中には並んでいるという理由で、一部の材料またはビームの一部分は、選択されなかったアパーチャのうちの1つを通過することができる。

【0038】

図3Aは、質量分析アパーチャアセンブリ30の実施形態を示す。図3Aのアパーチャ開口位置は、図2に(ページの面内に)示したアパーチャ開口410に一般に対応する。アセンブリは、側面31、32、33、および34を含み、側面はXおよびY方向にスライドして、多様な開口サイズおよび位置を作り出す。図3Aには、同じ幅を有しかつある長さを有する側面が示される。その長さは、開口の一部を遮るように、側面の端部から十分に遠くまで延びていない。図3Aでは側面が開口の一部を遮っている。図示の便宜を図るため、側面の動きの範囲が誇張されているが、図3Cに示した位置まで側面が移動すると、側面により開口が遮られる。歯車、軌道、リンケージ、アクチュエータ、およびモータなどの多様な機構を、側面の動きを制御するために使用することができる。側面31、32、33、および34は、それぞれ、アパーチャ内側端部41、42、43、および44に沿ってスライドする。アパーチャ側面31~34は、開口を有する裏板に対してスライドすることができ、側面31~34の動作範囲内の任意の開口サイズにアパーチャ開口が調節されることを可能にする。

10

【0039】

図3Bは、動作範囲内の最大開口アパーチャまで動いた側面31~34を示し、裏板の開口のサイズおよび場所に対応することができる。このような裏板を、側面を移動させるための構造への側面の相互接続用の装着具として使用することができる。この開口は、質量分析器310から出てくるビームエンベロープより大きくなることができ、その結果、側面をこの最大開口まで開口することによって、MRAをビームパスから「取り除く」ことができる。注入の前に最大開口を使用することは、質量分析アパーチャの下流のビーム診断のために有用であり得る。イオンビームまたは他のガスが質量分析板のシステム下流を通り急増する場合に、この最大開口設定を、ある種のクリーニング技術のためにやはり使用することができる。

20

【0040】

図3Cは、アパーチャが完全に閉じるように動いた側面31~34を示す。この設定は、イオンビームを遮り、磁場が質量分析器310内で依然として動作可能であるビームダンプ用に使用されることがある。質量分析アパーチャを含むまたはその上流の、イオンビームまたは他のガスが増加するシステムで、この設定は、ある種のクリーニング技術のためにやはり使用することができる。図3Cに見られるように、XおよびY方向、そして任意選択でZ方向に移動可能であるすべての4つの側面を有する実施形態に関して、4つの側面についての多様な位置は、閉じた位置を作り出すことができる。実施形態では、完全に閉じた位置は、イオンビームを完全に遮る。

30

【0041】

側面の他の位置を、選択することができる。動作範囲内の、例えば、開口の中心の位置に関するまたは開口の角に関するアパーチャ開口についての任意の位置を、選択することができる。また、裏板を有するアセンブリ30、裏板のないアセンブリ30、ならびに/またはアセンブリ、裏板、および他の構造を、任意選択で、イオンビーム309に対して開口を調節するために、左右に(X軸)、上下に(Y軸)、前後に(Z軸)動かすことができる。

40

【0042】

質量分析アパーチャアセンブリ30を、電源340、339につないで動作させることができる。イオン源302、質量分析器313、質量分析アパーチャアセンブリ30、スキニング素子322、平行化器329、およびビームプロファイリングシステム331、ならびに/または装置の他の動作可能な態様を制御するため、調節するため、および/または通信するために、制御システム337を使用することができる。ビーム診断システム338を、制御システム337に接続することができ、注入プロセスの前に、間に、

50

および/または後でビーム特性を管理するためにシステム内での繰返し変更を可能にする。その結果、例えば、制御システム337は、被加工物335をシステムエンドステーション336内へと回転する前に、質量分析アパーチャ側面31~34を全開アパーチャ図3Bのところ設定することができ、その結果、例えば、ビーム診断が完了し、パラメータが設定される。一旦、ビームパラメータが設定されると、制御システム337は、例えば、注入プロセスを開始する、修正する、および/または終わらせるために、所望のパラメータに一致する任意の所望のアパーチャ開口に側面31~34を移動することができる。次いで、注入プロセス中には、例えば、制御システム337は、質量分析アパーチャアセンブリ30または側面31~34を徐々に大きく移動させるためにビーム診断システム338からのデータを使用することができ、ビーム特性を管理するおよび/または最適化する。注入プロセスの後でまたは新しい被加工物(図示せず)をエンドステーション336内へと回転している時間中には、例えば、制御システム337は、クリーニングプロセスまたは他の目的のために、完全に閉じた位置、図3Cへと側面31~34を移動させてもよい。制御システム337は、質量分析器の磁場が動作している間に、ビームダンプのために側面31~34を完全に閉じた位置、図3Cへと移動させることが可能であるはずである。質量分析アパーチャアセンブリ30の機能を、リアルタイムで繰返し実行することができる。主題のMRAの実施形態は、各開口のまたは開口のサブセットについての、1つまたは複数の側面または側面の一部に湾曲した内側端部、例えば、フィンを組み込むことによって、その例が図2に示されている従来型の質量分析アパーチャを修正することができる。本明細書において図示し説明するような、湾曲した表面を、本発明の例示的な実施形態では、アパーチャ内側端部に対して使用することができる。本明細書において説明するような湾曲した表面を、例えば、図2に図示したような先行技術を含め、任意の従来型の質量分析アパーチャ用の内側端部として使用することができる。イオンビーム309が質量分析アパーチャアセンブリ(図2に示した先行技術システム内の314)に達するので、イオンビームは、空間電荷ブローアップに関する傾向を和らげるために比較的高いエネルギーで依然として進んでいる。減速段327は、アパーチャから下流であり、そのため除外されたイオン種は、比較的高速で質量分析アパーチャの先端部に当たり、イオンビーム中へと、予め存在する残留物を含め、汚染をスパッタリングする傾向をとめない、前記汚染は、ビーム中へと乗せられることがあり、被加工物335への道筋を見つけることができる。これは、高いビーム電流、重い質量のクラスタ分子、多重イオン源および狭い範囲の質量分散を有するイオン源において特に顕著である。湾曲した表面は、除外のときにぶつかる表面が少ない他の表面に対して利点を有し、除外したイオン種は、湾曲した表面と同じ高さの平面に衝突せず、偏向するときに、存続するイオンビームは下流に既に移動しており、そのため、被加工物を汚染するように乗せられている除外したイオン種から汚染物を持ち込む可能性を減少させる。除外したイオン種からの残留物は、注入実行時の間に、質量分析アパーチャ上に蓄積することがあるが、これはアパーチャ開口から十分に離れており、質量分析アパーチャの湾曲した端部の後方である。本明細書において説明するように、除外したイオン種、除外した中性に帯電したもしくは負に帯電した粒子、または摩損した上流システム部品からの汚染物が表面にぶつかるシステム内の他の表面に、湾曲した表面を使用することができる。本明細書において開示した方法で、被加工物335から上流のどこかの製造ラインに汚染物が再進入することを除外することは、製造の品質および効率に寄与するであろう。

【0043】

図5Bは、図5Aに示したリング形状ではなく、むしろ単一のアパーチャ開口での長方形形状の質量分析アパーチャを示す。新しい表面40内の側壁14に沿って、図5Aおよび図5Bに示される。図5Aおよび図5Bが側壁14を示すとはいえ、側壁を、図2に示したように平板になるように厚くすることができ、図は、平板から延びるフィンをさらに示す。フィンの詳細図200を、図5Aおよび図5Aの両方に示す。本発明の例示的な実施形態では、本明細書において開示したように、平坦なまたは同じ高さの平面の端部の代わりにおよび前から後への90°の端部の代わりに(すなわち、Z軸に平行に)湾曲した

10

20

30

40

50

端部を組み込むように、従来型の質量分析アパーチャを修正する。本明細書において開示したように、入射するイオンビーム309に面するアパーチャの内側端部上に湾曲した表面を有するいずれかの従来型の質量分析アパーチャの修正形態は、不適当なイオン種のスパッタリングおよび湾曲部の後方の堆積残留物、汚染物を低減する、これらは、そうでなければ、ビームに乗り、被加工物335を汚染することがある。動作中に、残留物蓄積は、アパーチャ開口から下流に含まれ、残留物が離れることおよびビームへの道筋を見つけることに抗してさらに軽減する。

【0044】

図8Aおよび図8Bは、MRAに組み込むことができるフィンの実施形態を示す。側壁14の表面40が前表面（近づいてくるビームに面する）を通り過ぎて延び、裏表面（近づいてくるビームから遠くに面する）を通り過ぎて延びるように図5Aおよび図5Bには示されるとはいえ、再び、側壁表面40を、平板を形成するように厚くすることができ、側壁表面40は、前表面から裏表面を超えて延びる、前表面から裏表面まで延びる、または前表面および裏表面に対して任意の他の所望の向きで延びることができる。領域205は、正電荷、負電荷、または中性電荷を有することができる。領域210は、領域215ができるように、正電荷、負電荷、または中性電荷を有することができる。帯電した領域を、不適切な質量の帯電したイオン種を除外するために使用することができる。実施形態を、寸法、領域の数、および/または領域の形状を含む異なる方法でセグメント化することができる。認識されるように、任意の数のセグメントを、役に立つという理由で利用することができる。簡単にするために、この実施形態では、3つのセグメントが205、210、および215で示される。やはり認識することができるように、役に立つという理由で利用することができる任意の数の湾曲した表面がある。ここで使用するように、この形状は、記述を限定するものではなく、簡単にするために使用するほんの1つである。セグメント205、210および215を、好ましくは、互いに電氣的に絶縁し、同様に磁氣的に分離し、その結果、各々は、静電的に役に立つまたは磁氣的に役に立つ負または正の異なる電荷/磁場を運ぶことができる、またはまったく電荷を運ばないことがある。図23Bに示したように、例として、セグメント205は、負の電荷/磁場であり、セグメント210は、正に帯電し、そしてセグメント215は、電荷を持たない。

【0045】

イオンビーム309に関連して、イオンビーム309がセグメント215に達するので、セグメント215は、電荷を持たず、また、セグメント205は、完全にパラメータ内を除き所望の電荷対質量比に近い正のイオン種を引き付けるのに十分な負の電荷/磁場を有し、これらのイオン種は、吸引負電荷/磁場のためにスパッタリングが減少した状態で、セグメント205の方向に動き、くっつく傾向がある。この同じ例では、セグメント215の表面、アパーチャの除外点にぶつかる正のイオン種に関して、これらの正のイオン種は、湾曲した表面のためにイオンビームの外に偏向される。さらにこの例では、イオンビームは、この点で、セグメント215を通っており、さらに開示されるように、セグメント210は、有利なことに、正の電荷/磁場、負の電荷/磁場または無電荷を分ける能力を有することによって、イオンビーム309に影響を及ぼすことができる。質量分析アパーチャの各セグメントを、ここで開示したように、別々に、そして多様な異なる組合せで利用することができることを認識することができる。例えば、負のイオン種が正のイオン種の代わりに引き出される場合には、質量分析アパーチャのセグメント電荷を、本明細書において開示したように、負イオン注入の注入パラメータに対応するように変更するはずである。または、例えば、水素化ホウ素クラスタイオンまたはゲルマニウムイオン種が使用される場合には、質量分析アパーチャは、本明細書において開示したように、製造に役に立つ調整可能な選択肢を制御システムおよびコントローラに提供する。

【0046】

図には図示していないとはいえ、開口の周りに90°端部を有するMRAを、電荷/磁場セグメントへとセグメント化することができる。特定の実施形態では、開口に近接するが、開口を通過するはずのイオンに影響を及ぼさないように開口から十分に離れているア

10

20

30

40

50

パーチャのフェイス表面のセグメントは、除外されるべきでありかつ端部に当たる可能性がありそしておそらくビームへと偏向されて戻るイオンを引き付ける電荷を有することができる。

【0047】

多様なフィン形状を、様々な実施形態に関連して使用することができる。特定の実施形態では、端部で始まりイオンビームへと曲がる湾曲した表面を有するフィンを使用することができる。

【0048】

図4Aおよび図4Bは、図の底部の移動可能側面および頂部の一緒に固定することができる3つの側面を示すとはいえ、図4Aおよび図4Bの教示にしたがった実施形態を、垂直方向に側面を移動させるために、または水平方向に側面を移動させるために使用することができる。3つの側面は、一緒に固定され、ユニットとして移動することができる、またはすべての4つの側面が接続されているベースを、移動させることができる。第4の側面をイオンビームの高さを調節するためにまたは幅を調節するために移動させるときに、ユニットおよび個々の側面を移動させることは、イオンビームに対する開口の中心を調節するために有用であり得る。

【0049】

図6は、質量分析アパーチャアセンブリ30の独立した移動可能な側面の使用を図示する、本発明のさらなる例示的な実施形態であり、ここでは、図5A~図5Bおよび図8A~図8Cで前に説明したようにフィン表面は、それぞれ、フィン端部61~64で41~44を置き換えるスライド式側面31~34の先端部として示される。この例示的な実施形態では、図3A~図3Cで説明した、調節可能な質量分析プレートアセンブリ30の先端部は、フィン端部61~64である。質量分析アパーチャ30についての移動の動作範囲は、動作空間内でX軸上の左右、Z軸上の内外、Y軸上の上下である。さらなる実施形態は、XおよびY方向の動きを可能にするだけである。X、YおよびZ軸に沿った質量分析アパーチャ30の動きは、ビーム診断センタ155と通信して動作する、制御システム337および/またはコントローラによって制御される。ビーム診断システム338から使用可能なデータを受信する制御システム337および/またはコントローラと通信して動作するフィン端部61~64を有するスライド式側面31~34は、リアルタイムで、全開、図3Bから全閉、図3Cまで、または全開と全閉との間の任意の開口まで徐々に移動する能力を有する。

【0050】

主題の発明の実施形態は、空洞内に一様な磁場を形成する永久磁石を使用して、質量によってイオンを分離するための方法および装置を利用することができる。これは、真空下でプラズマ前駆物質ガスまたは蒸気の光イオン化を介して閉じ込められた空間内で、好ましくは低密度プラズマの生成によって実現される。質量による、または質量対電荷比による分離は、大きな質量、または大きな質量対電荷比を有するイオンが、軽いイオン、または小さな質量対電荷比を有するイオンほど磁場による影響を受けず、分離される傾向があるという理由で生じる。

【0051】

最初に図1Bを参照して、主題の閉プラズマチャネル装置（以降、より簡単に「主題の装置」ともときには呼ばれる）の横断面模式図が図示され、全体として参照番号10によって示される。装置10の第1の主要な構成要素は、イオン化空間（本明細書においてはいくつかの実施形態では「プラズマ分離空間」ともやはり呼ばれる）を有するイオン化容器（本明細書においてはいくつかの実施形態では「プラズマ分離容器」ともやはり呼ばれる）を備えたイオン化チャンバ12（本明細書においてはいくつかの実施形態では「プラズマ分離チャンバ」ともやはり呼ばれる）である。好ましい実施形態では、イオン化チャンバ12は、第1の端部部分12Aおよび第2の端部部分12Bを有する半フレキシブルな細長いコンジットから構成され、コンジットが、長手軸16を有し、かつ貯蔵容器22から注入口20を介して供給されるプラズマ前駆物質ガスまたは蒸気100を収容するた

10

20

30

40

50

めの伝送空間 18 を画定する中空円柱状壁 14 を備えている。「チャンバ」および「コンジット」という用語は、具体的に区別しない限り、以降互換的に使用される。真空システム 24 は、壁 14 を貫通して配置された排出口 26 を通して伝送空間 18 から空気を真空化するためにコンジット 12 に取り付けられて動作する。コンジット 12 を、伝送空間 18 を画定するためにも結合される複数の別々の部品で作ることができる、またはユニボディ構成とすることができる。コンジット 12 および伝送空間 14 の断面形状は、円形、長円形、多角形、またはそれ以外であってもよく、実験を介して決定されるように、エネルギーがシステムを通り伝送される効率に基づいて選択される。

【0052】

イオン化手段は、コンジット 12 の内部でプラズマ前駆物質ガス 100 をイオン化するために設けられる。しかしながら、プラズマ前駆物質ガス 100 のイオン化をまた、別のチャンバ内で行うことができ、その後伝送空間 18 へと伝送することができることが、即座に認識されるはずである。この選択肢にもかかわらず、コンジット 12 内のイオン化は、継続的に荷電粒子の再結合に対処するために好まれる。好ましくないガスまたは蒸気の状態へと戻るある程度の再結合があり得、プラズマ前駆物質ガスは、イオン状態では導体であり、ガス状態では絶縁体であるというボース-アインシュタイン原理に普遍的に従うことが予想される。紫外光、X線、放射線、白熱金属、燃焼ガス、および電子衝突によるイオン化は、前者の手段が好ましいとはいえ、すべて想定される。

【0053】

適切な波長のレーザービームが、長い距離にわたってガスまたは蒸気媒体に侵入しイオン化させることができることが認識される。したがって、イオン化ビーム放出手段 28 は、プラズマ前駆物質ガス 100 で満たされている伝送空間 18 内へとイオン化ビーム 30 (「レーザービーム」) を放出するように設けられる。本明細書において使用するように「イオン化ビーム放出手段」という用語は、現在知られているレーザーおよびレーザーダイオードだけでなく、媒体中でイオン化を引き起こすであろう高いステラジアンシの他の光源もまた含む。レーザーは、1つまたは複数の別個の周波数の大きな強度でコヒーレントな電磁放射光のビームを発生させるためにエネルギー準位間での原子または分子の固有振動を利用する。プラズマ前駆物質ガス 100 をイオン化させるために使用するレーザー手段は、エネルギー、パルス幅および波長に関して選択されるはずである。伝送空間 18 は、清浄であり、乾燥しており、プラズマ前駆物質ガス 100 の完全なイオン化を妨げるはずのすべての触媒または不純物を落としたものでなければならない。

【0054】

パーセル鏡 32 が、コンジット 12 の第 1 の端部部分 12A の開口を横切って装着され、厚い反射鏡 34 が、反対の端部部分 12B の開口を横切って装着される。パーセル鏡 32 および厚い鏡 34 は、伝送空間 18 に面して、それぞれ反射面 36 および 38 を有する。パーセル鏡 32 は、イオン化ビーム放出手段 28 によって発生されたイオン化ビーム 30 の、コンジット 12 の伝送空間 18 中への通過を認めるが、反対方向へ光が通過することを認めず、代わりに反応空間 18 へと光を反射して戻す。伝送空間 18 内でのイオン化ビーム 30 の反射は、プラズマ前駆物質ガス 100 の一様な光イオン化を促進する。

【0055】

伝送空間 18 の全体にわたってプラズマ前駆物質ガス 100 の一様な光イオン化を確実にするために、壁 14 の内側表面 40 は、光、特に UV 領域内の短い波の光を反射する際に非常に効率的でなければならない。あるいは、光空洞技術または光共鳴技術を利用することができるが、光の波についての定在波空洞共鳴器を形成する鏡の配置から構成する。光空洞は、レーザーの主要構成要素であり、利得媒体を取り囲み、レーザー光のフィードバックを提供する。空洞内に閉じ込められた光は、複数回反射して、ある共鳴周波数用の定在波を形成する。

【0056】

一旦、プラズマ前駆物質ガス 100 が所望のプラズマ密度を実現するためにイオン化されると、プラズマ成分は、伝送空間 18 に印加される磁場に応じて長手軸 16 に平行に走

10

20

30

40

50

る領域分けされたチャンネルへと実質的に分離される。各チャンネルは、主として単一のプラズマ成分（すなわち、電子、イオンまたは中性粒子）から構成され、第1の端部部分12Aから第2の端部部分12Bまで伝送空間18の全体の長さに沿って形成される。1つのチャンネルは、主として自由電子（「電子チャンネル」または「電子パス」）から構成され、そこを通るエネルギーの伝送のための最も小さい抵抗のパスを提供する。磁場生成手段のいくつかの実施形態を、下記に説明する。一般に、均一軸磁場が、イオン化されたガスを含んでいる伝送空間全体に最初に形成され、プラズマをイオン、電子および中性粒子成分部分へと分離し、各成分タイプが長手軸16に平行な実質的に分離された領域を占有し、各領域は、伝導度の異なる度合いを有する。このプロセスを、プラズマの「成層化」と呼ぶことができる。

10

【0057】

第1の実施形態では、磁場は、コンジット12それ自体によって伝送空間18内に作り出され、その円柱状壁14は、変化する磁化の方向44を有する磁気セグメント42のアレイ（すなわち、「ハルバッハシリンダ」）から構成され、これが、コンジット12の伝送空間18に閉じ込められる磁束を生成する。各磁化したセグメント42の数および磁化の方向が果たすように、コンジット12の内径に対する外径の比が、伝送空間18内に所望の磁束を実現する決定的な役割を果たすことを、当業者なら認識するであろう。図3を参照すると、 $K = 2$ 変種（variety）のシリンダによって生成される磁場の方向が、ベクトル場矢印46によって示されるように、底部から上部まで（上方向に横断的に）一様であることを観測することができる。 $K = 2$ ハルバッハ配置は、一様な磁場を形成する。この配置の変形形態を、図4に図示し、くさび48へと成形した複数の永久磁石を、所望の中空コンジット12へと組織する。アーベルおよびイェンセンによって提案されたこの配置は、伝送空間18内に一様場を形成する。各くさび48の磁化の方向は、アーベルによる一式の規則を使用して計算され、壁14および伝送空間18の形状の大きな自由度を可能にする。非一様磁場を用いる実施形態も、やはり使用することができる。異なるパターンへと磁化の方向44を変えることによって、伝送空間18内の磁束は、ベクトル場矢印46によって証明されるように、より複雑になることに留意すること。このような配置は、したがって、例えば、同じプラズマ成分の1つよりも多くのチャンネルを含んでいるチャンネルのより複雑な配置を作る。したがって、1つよりも多くの電子パスを、これらの配置を用いて1つの伝送空間18内に生成することができる。

20

30

【0058】

「磁気マングル」として知られている別の設計変形形態では、磁場生成手段は、コンジット12の外であり、一実施形態では、コンジット12の周囲の周りに、その長手軸16に平行に漸増的に間隔を空けて配置された複数の一様に磁化されたロッド50から構成される。ハルバッハシリンダの磁場生成効果を真似るように、相互に異なる磁化44の断面方向を持つ。観察することができるように、図示した配置は、 $k = 2$ ハルバッハシリンダに密接に関係する。相互に回転するロッド50は、絶えず変わることが可能な磁場および様々な双極子構成を含む多くの可能性をもたらす。コンジット12の外に磁場生成手段を設けた実施形態は、コンジットが導電性材料または非導電性材料から作られることを可能にするという利点を有する。半硬質ポリマ、セラミックおよびガラスが想定される。

40

【0059】

さらに別の実施形態では、コンジットの外部の電磁場生成手段は、プラズマ成分を所望の長手方向チャンネルへと分離するために伝送空間18内に電磁場を分けるように配置された少なくとも1つの電磁石から構成される。四重極電磁石は、例示的であるが、長距離送電用に適した長さのコンジットにとって理想的ではないことがある。

【0060】

図1Bをもう一度再び参照すると、一旦「領域分け」磁場が伝送空間18内に設けられ、プラズマ成分が軸方向に整列した領域へと分離されると、電流「I」が電源52から引き出され、磁場「B」に垂直にコンジット12を通過し、大きさおよび方向の両方を有する電磁力「F」（ロレンツ力）を作り出す。簡単にする目的で、磁場「B」は、上に説

50

明した磁場生成手段よりはむしろ2つの永久磁石54A、54Bの間に示される。力Fの方向は、フレミングの左手の法則にしたがって、磁場の方向8および電流Iの方向によって決められる。外部電磁力、ロレンツ力の印加は、プラズマ成分を相互に層状にし、実質的に分離するであろう。一旦、分離されると、印加した電磁力は、ほんの小さな抵抗でまたは抵抗なしに点と点との間の自由電子の通路を利用するであろう。利用されるプラズマ前駆物質ガスまたは蒸気100は、常磁性であり、電磁場に引き付けられるまたは排斥されることのどちらかである。質量/電荷比は、電子、イオンおよび中性粒子に対して異なり、外部場に対してより大きなまたはより小さな引力をもたらず。このようにして、各プラズマ成分は、力に応じて、大きなまたは小さな空間変位をとらなう。

【0061】

実施形態は、望ましくないイオンを引き抜くための1つまたは複数の質量フィルタを有する閉プラズマ導体(CPC)を形成することができる。図5A~図5Bおよび図8A~図8Cのフィン、質量分離フィルタとして使用することができ、ここでは40は、イオンビームが流れる容器の表面を表し、ビーム内のイオンの動きを制御するために磁場および/または電場を使用することができ、その結果、フィルタは、望ましくないイオンを取り除くことができる。フィン、表面から外へ延伸ことができ、多様なパス、例えば、らせん状、円形(図5A~図5B)、または他の所望のパスを有することができる。

【0062】

本出願において既に説明したハルバツハ磁力配置に基づいて、永久磁石の配置は、CPC内部の荷電粒子に影響を及ぼす。ある種の配置は、チャンバの壁に向けて異なる質量のイオンを引き付けることができる、または中心に向けてはじくことができる。不要なイオンがチャンバの壁に沿って動くように引き付けられている場合には、引き抜きを、本明細書において説明した方法によってフィルタを用いて実現することができる。次いで、CPCの次のセグメントでは、異なるハルバツハ配置が異なる質量のイオンを引き付けて、フィルタ処理し、そして必要なイオン(生成物)だけが進むまで、同じように続く。

【0063】

フィン型質量分離フィルタが、CPCに追加されてきている。ドーパント、供与体、受容体、「ゲルタ(gelters)」を、実施形態の変形形態で説明した方法でやはり使用することができる。好ましい実施形態は、図8A~図8Cに示したように、CPCの内側を輪のように取り囲み、フィン型イオンフィルタを成形するために成形性材料中に結合された強磁性材料から作られた「フィン」型フィルタである。ドーパントを適用することができる。特定の実施形態では、フィンは、やはりハルバツハ磁石であり、三次元面内の線束を強調するまたは打ち消すことのいずれかのために個別の磁場のセグメント化した極配置の複合体であることを意味する。

【0064】

また、従来の方法で生成されるイオン化を使用するように、CPCを構成することができる。米国特許第5,189,303号、タンジョーら、および米国特許第6,803,590号、ブライラブらは、このような従来型のイオン化方法を教示している。タンジョーおよびブライラブの両者は、従来型のイオン化チャンバを使用する。タンジョーは、チャンバとフィラメントとの間にアーク放電を誘起するためにフィラメントを使用する、ところが、ブライラブは、無線周波数装置を用いて電子をイオン化させるRFアンテナを使用する。したがって、タンジョーおよびブライラブのイオン化生成技術は、主題の質量分離方法で実施することができる。

【0065】

本発明の実施形態は、イオン化されたガスまたは蒸気から質量によってイオンを分離することができる。発明の生成物になるイオンから不要なイオンを除去する。タンジョー(図21)は、質量分離用にウィーンフィルタを使用し、ブライラブ(図22および図23)は、磁場が所望のイオンを放出するように調整され、一方でコリメータ壁との衝突を介して区別した質量の不必要なイオンを除去する独自に設計したコリメータ壁を使用する。

【0066】

10

20

30

40

50

上に説明した従来型の構成、すなわちブライラブを使用する本CPC発明は、従来型のイオン化源、従来型の電極のセット（電極が管状であるはずであることを除く）から構成されるはずであり、ウィーンフィルタ、および1つよりも多くの新規な特徴を有するブライラブコリメータ壁を置き換えるはずである。

【0067】

プラズマ電極の後で加速および接地電極の前に「フィン」を設置することにより従来型のCPC設計を修正することによって、主題の出願の全体を通して教示したような「フィン」を、質量分離フィルタとして使用することができる。「フィン」フィルタは、CPCそれ自体の内側に円柱状の棚またはくぼみを組み込むことができる。CPCへと延びる距離のこの測定は、イオン化されたガスまたは蒸気の測定した現在の性質および利用したハ

10

【0068】

例として、最大の質量を有するイオンを引き抜こうとする場合には、ハルバッハアレイは、その質量のイオンをチャンバの壁へと引き付けるように組み立てられ、「フィン」は、その質量の大量の密度分布が占めるはずの距離と同じ距離のところに設置されるはずである。

【0069】

ある実施形態において、CPC「フィン」では、第1のフィルタを通った後で、CPCの次のセクションを、チャンバの壁へと異なるイオンを引き付ける異なるハルバッハ構成、およびその位置に設置されたイオンを引き抜くための追加の適正に測定したフィルタで組み立てることができる。以下同様。

20

【0070】

「フィン」フィルタの概念が、任意の数の形状を受け入れることができることが理解され、好ましい実施形態がここで説明される。CPCを目的として、イルカが、イオンの流れのように同じ方向に泳いでいる場合に、フィンがイルカの背びれに（断面で）似ているという理由で、これを「フィン」フィルタと名付ける。そこで、CPCの壁とカップを形成するイオンビームに向かってフィンの後部を設置する。フィンの背中部分は、CPCの中心に最も近く、フィンドレインの前部が下流である。

【0071】

このフィンドレインデザインの断面を見ると、フィンを任意の数の部分へと分割することができる、理解される。好ましい実施形態では、フィンは、3つのセクション、後部、背部、および前部へと分割される。

30

【0072】

「フィン」を、結合剤中の強磁性材料、およびおそらくドーパントを用いて製造することができる。強磁性材料を、CPCの壁とは別個のそれ自体のハルバッハアレイ内で磁化することができ、磁束が所望の側面上に配置され、漂遊磁場が望ましくない側面上で打ち消すことを除く。様々な並べ替えを実施することができる。好ましい実施形態では、「フィン」磁場を、3つのセクションおよび3つの対応する磁場で説明することができる。フィン電荷/極性を、CPC磁場に加えることができるまたは同程度にやはり打ち消すこと

40

【0073】

一実施形態では、フィンの後部セクションは、CPCに付加する正磁場である。背部は、電荷を持たず、後部および前部が背部側を打ち消すように配置されていることを意味する。フィンの前部セクションは、負電荷を有する。任意の数の電荷または極性構成を、フィンに設計することができ、引き抜きのための最適解を作るためにバックグラウンドCPC磁場に対して微調整することができる。

【0074】

フィルタは、スリット、格子、または穴によって不要なイオンを引き抜くことができる

50

。イオンは、一体化された磁場内では円形の動きを有するであろう。好ましい実施形態では、フィンドレインの後部セクションの最下点に至るまで、ならびにフィンドレインの背部セクションの外へおよび上へと間隔を空けて設置された穴が、使用される。不要なイオンの引き抜きに適応するサイズにした穴だけでなく、パターンサイズおよび形状は、選択的に除去されるイオンの質量および円形の動きを選ぶように計算される。

【0075】

加えて、穴それ自体を、穴の内側に強磁性複合材料を使用してハルバツハ小磁束磁場を用いて強調することができ、穴自体を、引き抜こうとしているイオンをより引き付けるようにする。

【0076】

さらなる実施形態では、フィンドレインの前に、ドレイン中へと動き、同様に引き抜く「ゲッタ」を定期的にまたは連続的に放出するために、CPCの内壁の表皮の穿孔を、閉じる、開くことができる。

【0077】

本発明は、生成物イオンの要求を満足させるために最適な調整可能な変数を導入することを探し求めている。

【0078】

本発明の実施形態は、所望のイオンまたは不要なイオンを引き抜くための質量分離フィルタに関する。実施形態は、選択イオンの引き抜きのために壁14の内側表面40から突き出しており、選択イオンの引き抜き用の少なくとも1つの環状フィン200を組み込んでいる。第1の端部のところのプラズマ電極と第2の端部のところの加速および/または接地電極との間のイオン化チャンバの長さに沿った任意の点に、フィンを設置することができる。図8A～図8Cに示した実施形態では、フィン200は、フィンがコンジット12の第1の端部12Aの方向へと湾曲している特定の断面形状を有する。他のフィン断面形状は、ブロック形状のフィン、第1の端部12Aの方向へと鋭い仰角を有するフィン、およびカンチレバースタイルのフィンを含む。しかしながら、この列挙は、網羅的ではなく、当業者には自明であり主題の開示の利点を有する他のフィン断面が、考えられる。

【0079】

図5Aは、フィンがあるイオン化チャンバの長さに沿った点における実施形態の部分径方向断面を示す。図7は、少なくとも2つのフィンを有する実施形態の部分長手方向断面を示し、粒子 m_1 および m_2 は、質量が異なり、したがって磁場によって違ったふうに影響を受ける。これが、イオン化チャンバの長さに沿った様々な点のところに異なる質量のイオンの捕集を可能にする。さらなる実施形態では、フィンの数および/またはイオン化チャンバの長さは、所望の(または不要な)質量のイオンだけが、コンジット12の第2の端部12Bに達するときまでプラズマ内に留まるものである。

【0080】

フィンは、多様な方法でイオンを捕えることができる。ある実施形態では、フィンは、CPCの壁とは別個の、それ自体のハルバツハアレイ内で磁化される。図8Aに示した実施形態では、フィンは、コンジット12の第1の端部12Aに面する部分に正極性領域205、コンジット12の第2の端部12Bに面する部分に負極性領域210、および長手軸16に最も近いフィンの部分に磁化されていない領域215を有する。他の実施形態では、正の部分、負の部分、および磁化されていない部分は、違ったふうに配置される、またはすべてが存在するわけではない。

【0081】

ある実施形態では、フィンは、基質材料内に磁性材料を導入することによって製造される。さらなる実施形態では、材料は、ポリマ中に添加され、所望のフィン形状にいずれか圧縮成形されたまたは射出成形された強磁性材料である。特定の実施形態では、フィンは、 $Nd_2Fe_{14}B$ などのネオ磁石を包含する。他の実施形態では、フィンは、1つまたはいくつかのドーパント、供与体、受容体、および/またはゲッタを追加で包含することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 2 】

図 8 C に示した実施形態では、ゲッタを定期的にはまたは連続的に放出するために、閉じるまたは開くことができる CPC の内壁の表皮に複数の穿孔 2 2 0 があり、ゲッタは、フィンに向かって動きかつ引き抜かれる。図 8 C は、イオンの引き抜きに適應するようにフィン内に位置する複数の穴 2 3 0 をやはり示す。選択的に除去されるイオンの質量および円形の動きを選ぶように、穴のパターンサイズおよび形状を調節する。加えて、強磁性複合体を使用してハルバツハ小磁束磁場を用いて、穴を強調することができ、穴自体を、引き抜こうとしているイオンをさらに引き付けるようにする。伝送しようとするエネルギーを、第 1 の端部部分 1 2 A のところのまたは近くの伝送空間 1 8 と通信して動作するエネルギー入力手段を介して直接電子パスへと導入することができる。好ましい実施形態では、エネルギー入力手段は、特に電子パスによって占められた伝送空間 1 8 のその領域へと一般に乾燥した (a r i d) コンジット 1 2 の第 1 の端部部分 1 2 A のところで伝送空間 1 8 へと挿入された双曲線型送信側電極 5 6 から構成される。あるいは、電子パスが壁 1 4 の少なくとも一部分に隣接するときには、隣接する電子パスである最も小さい抵抗のパスへとジャンプすると直ぐに、エネルギーを、導電性壁 1 4 それ自体へと導入することができる。伝送しようとするエネルギーは、エネルギー源 5 2 から引き出される。一実施形態では、エネルギー源 5 2 を、変圧器またはコッククロフト - ウォルトン (連続波についての頭字語 C W と混同すべきではない) 発電機または「増幅器」とすることができ、これは、低電圧レベルからより高い DC 電圧レベルへと AC 電力またはパルス型 DC 電力を変換する基本的に電圧増幅器である。これは、高電圧を発生するためにキャパシタとダイオードとの電圧増幅器ラダーネットワークから作られる。変圧器とは違って、この方法は、重いコアおよび必要な絶縁物 / ポッティングの大部分についての必要条件を除去する。キャパシタおよびダイオードだけを使用すると、これらの電圧増幅器は、比較的低電圧から極めて高い値まで設定することができ、一方で同時に、変圧器よりもはるかに軽量で安価である。このような回路の最大の利点は、カスケードの各段をまたぐ電圧が、ピーク入力電圧のたった 2 倍に等しく、そのため、比較的低価格の構成部品を必要とし、絶縁することが容易であるという利点を有する。マルチタップ型変圧器のように、任意の段から出力をやはり取り出すことができる。

【 0 0 8 3 】

動作では、クリーンで、ドライで、気密のコンジットが提供される。コンジット 1 2 の内部は、媒体の完全なイオン化を妨げるはずのすべての汚染を除去するためにスクラビングしなければならない。すべての触媒を除去するために、セシウムなどのいわゆる「ゲッタ」を用いて、コンジット 1 2 を洗い流すことができる。すべての流体は、真空システム 2 4 を介して伝送空間 1 8 から排出される。プラズマ前駆物質ガス 1 0 0 は、次いで、貯蔵ユニット 2 2 から引き出され、注入口 2 0 を介してコンジット 1 2 へと導入され、圧力を確かめられる。多様なプラズマ前駆物質ガスまたは蒸気を利用することができる。例えば、チタンが、1 つだけの価電子を有するアルカリ金属であり、これゆえ非常に反応性が高いという理由で、チタン蒸気は、特に良く適している。リチウム蒸気もまた理想的である。イオン化ビーム放出手段 2 8 を、イオン化ビーム 3 0 を発生させるために作動させ、イオン化を、最大の持続可能なレベルまで持ち上げる。動作のために電力を必要とするすべての磁場発生手段 (例えば、電磁多重極など) に、電力を供給する。電位は、送信側電極 5 6 および双曲線型受信側電極 5 8 を介して磁束に直交する伝送空間 1 8 をはさんで軸方向に印加され、後者の電極は、コンジット 1 2 の第 2 の端部 1 2 B のところに設置される。それぞれ、双曲線型送信側電極 5 6 および受信側電極 5 8 の焦点は、互いに向かい合っている。2 つの電極の端部は、磁場の一様性に影響を及ぼす何らかの「端部効果」を説明するために十分である、第 1 の端部 1 2 A および第 2 の端部 1 2 B からの長さを伝送空間 1 8 内へと挿入される。一旦、電磁場が発生されると、プラズマをその成分部分へと分離することが生じ、長手軸 1 6 に平行な各成分の空間的に分離されたチャネルを生成する。電源 5 2 からの高次のエネルギーは、次いで、再び送信側電極 5 6 を介して伝送空間 1 8 へと導入され、点間で低抵抗または無抵抗である少なくとも 1 つの分離された電子パス

10

20

30

40

50

に沿って伝送空間を通過して伝送される。エネルギーは、コンジット 12 の端部 12 B のところにあり、例えば、キャパシタバンクなどのエネルギー回収手段 60 と通信する受信側電極 58 によって受信される。コンジット 12 は、動作中に漏れを絶えずモニタされる。

【0084】

装置 10 用の予備のシステムを提供する。装置 10 の動作は、エネルギー伝送ラインの端部のところに設置された 2 つの制御パネルにおいてモニタされ、制御パネルへ、イオン化レベル、真空品質について、コンジット 12 に沿っていくつかの点のところに据え付けられたプローブによってすべての必要な情報が提供される。モニタするため、観測するため、またはプラズマ密度を正すためのシステムに関する適切な場所は、セクション間の接合部のところにある。システムは、真空度の低下をとまなうコンジット 12 の破壊などの極端な事象から保護されるべきであり、これに対して、高速真空ゲートバルブを、コンジットに沿ったある距離のところのところに据え付けるべきである。0.5 秒以下のゲートバルブ応答時間に関して、そしてラインからエネルギーのすべてを排出するための時間を与えると、全エネルギー損失が、最小になるはずである。

10

【0085】

ここで認識されるはずであるように、主題の装置 10 は、設計によって室温導体である。装置 10 は、遠いエネルギー源から修正したプラズマを含有するコンジットを介してさらに配送するための負荷センタへと高次のエネルギーを伝送するための手段として働く。最も簡単な言い方では、この発明は、管内のボース粒子エネルギーキャリアである。磁場構成および EM 場構成の両者が、ほぼ無制限であり、変化するプラズマ媒体が、荷電粒子の広い範囲に対して導電性であり、管を通る動きを、有用な方法で巧みに操作することができる。

20

【0086】

質量分析アパーチャの開口を開閉すること、移動させること、および調節することを制御すること、ならびにビーム下流を解析することなどの、本発明の態様を、コンピュータによって実行されるプログラムモジュールなどの、コンピュータ実行可能な命令の一般的な文脈において説明することができる。一般に、プログラムモジュールは、特定のタスクを実行するまたは特定の抽象データタイプを実装するルーチン、プログラム、オブジェクト、コンポーネント、データ構造、等を含む。その上、本発明を、マルチプロセッサシステム、マイクロプロセッサベースのまたはプログラマブル家電製品、ミニコンピュータ、メインフレームコンピュータ、等を含む、多様なコンピュータシステム構成を用いて実行することができることを、当業者なら認識するであろう。任意の数のコンピュータシステムおよびコンピュータネットワークを、本発明での使用のために容認することができる。

30

【0087】

特定のハードウェア装置、プログラミング言語、コンポーネント、プロセス、プロトコル、およびオペレーティング環境を含む数多くのディテール、等が、本発明の完全な理解を提供するために記述されている。他の事例では、構造、装置、およびプロセスが、本発明を曖昧にすることを避けるために、詳細にというよりはむしろブロック図の形式で示される。しかし、本発明を、これらの特定のディテールを用いずに実行することができることを、当業者なら理解するはずである。コンピュータシステム、サーバ、ワークステーション、および他の装置を、例えば、1 つまたは複数のネットワークを含む通信媒体をはさんで相互に接続することができる。

40

【0088】

当業者なら認識するであろうように、本発明の実施形態を、とりわけ、方法、システム、またはコンピュータプログラム製品として具体化することができる。したがって、実施形態は、ハードウェア実施形態、ソフトウェア実施形態、またはソフトウェアとハードウェアとを組み合わせている実施形態の形態を取ることができる。ある実施形態では、本発明は、1 つまたは複数のコンピュータ可読媒体で具体化されたコンピュータ使用可能な命令を含むコンピュータプログラム製品の形態を取る。

【0089】

50

コンピュータ可読媒体は、揮発性および不揮発性媒体の両者、一時的および非一時的媒体、リムーバブルおよびノンリムーバブル媒体、ならびにデータベース、スイッチ、および様々な他のネットワーク装置によって読取り可能なコンテンプレート媒体を含む。例として、限定ではなく、コンピュータ可読媒体は、情報を記憶するためのいずれかの方法または技術において実装される媒体を含む。記憶される情報の例は、コンピュータ使用可能な命令、データ構造、プログラムモジュール、および他のデータ表現を含む。媒体の例は、情報配信媒体、RAM、ROM、EEPROM、フラッシュメモリ、または他のメモリ技術、CD-ROM、デジタル多目的ディスク(DVD)、ホログラフィック媒体もしくは他の光ディスク記憶装置、磁気カセット、磁気テープ、磁気ディスク記憶装置、および他の磁気記憶装置を含むが、これらに限定されない。これらの技術は、瞬間的に、一時的に、または恒久的にデータを記憶することができる。

10

【0090】

本発明を、タスクが通信ネットワークを介してリンクされた遠隔処理装置によって実行される分散型コンピューティング環境において実行することができる。分散型コンピューティング環境では、プログラムモジュールを、メモリ記憶装置を含むローカルおよびリモートコンピュータ記憶媒体の両方に置くことができる。コンピュータ使用可能な命令は、入力のソースにしたがってコンピュータが応答することを可能にするインターフェースを形成する。命令は、他のコードセグメントと協働して、受信したデータのソースとともに受信されるデータに応じて多様なタスクを始める。

【0091】

20

本発明を、通信ネットワークなどのネットワーク環境において実行することができる。このようなネットワークは、ルータ、サーバ、ゲートウェイ、等などの、様々なタイプのネットワーク要素を接続するために広く使用されている。さらに、本発明を、様々な接続された公衆ネットワークおよび/またはプライベートネットワークを有するマルチネットワーク環境において実行することができる。

【0092】

ネットワーク素子間の通信を、ワイアレスまたはワイアライン(有線)とすることができる。当業者により認識されるように、通信ネットワークは、いくつかの異なる形態を取ることができ、いくつかの異なる通信プロトコルを使用することができる。そして、本発明は、本明細書において説明した形態および通信プロトコルによって制限されない。

30

【0093】

本明細書において参照したまたは引用したすべての特許、特許出願、特許仮出願、および公開特許は、この明細書の明示的な教示と矛盾しない限りは、すべての図および表を含めその全体が参照によって組み込まれている。

【0094】

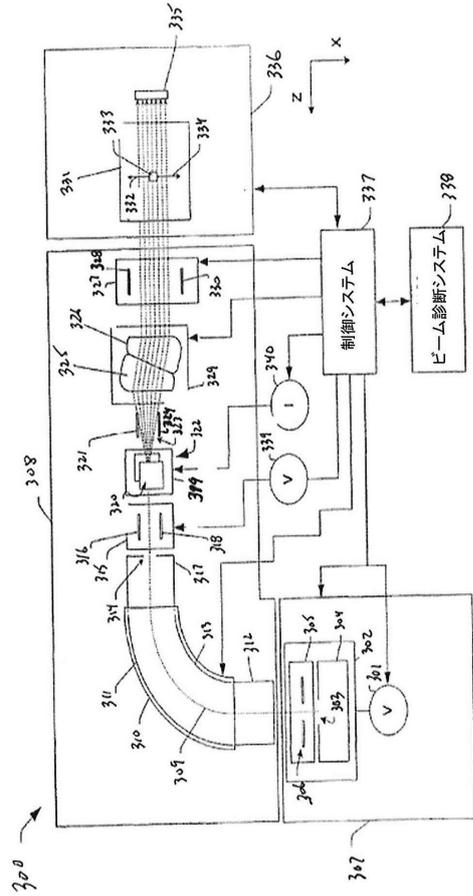
本明細書において説明した例および実施形態が、単に説明の目的のためであり、これらの観点からの様々な修正形態および変更形態が当業者に対して示唆され、この出願の精神および範囲内に含まれるはずであることを、理解すべきである。

【0095】

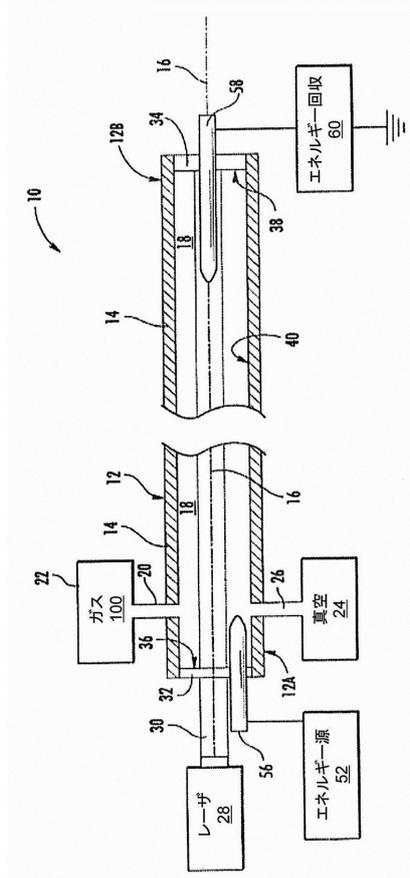
40

本発明を本明細書において記述した特定の実施形態を参照して説明してきているとはいえ、本開示が例としてのみ作成されてきており、構成の詳細における数多くの変更を、発明の精神および範囲から逸脱せずに行うことができることが理解される。このように、発明の範囲は、前述の明細書によって限定されるべきではなく、むしろ別記の特許請求の範囲によってのみ限定される。

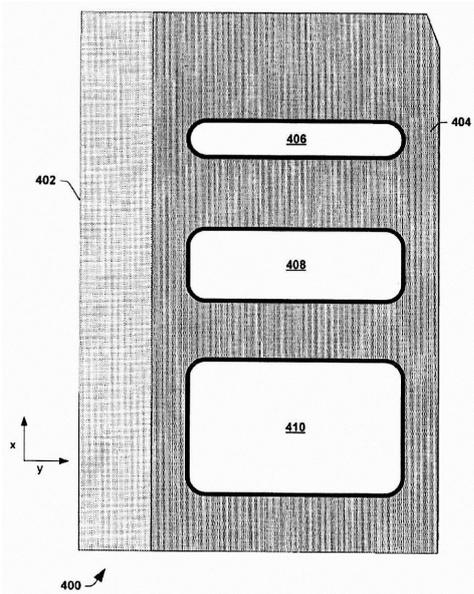
【図1A】



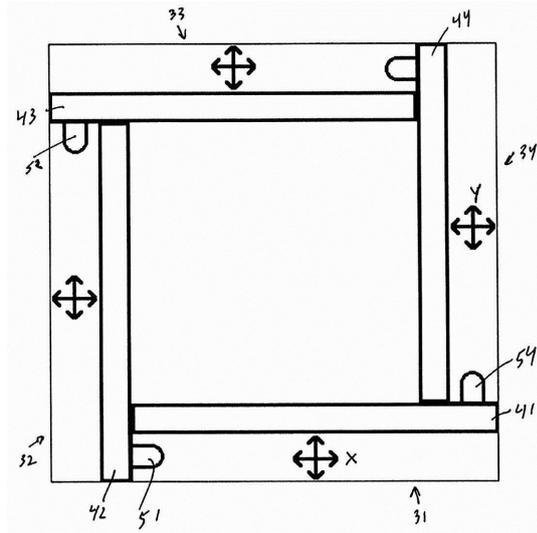
【図1B】



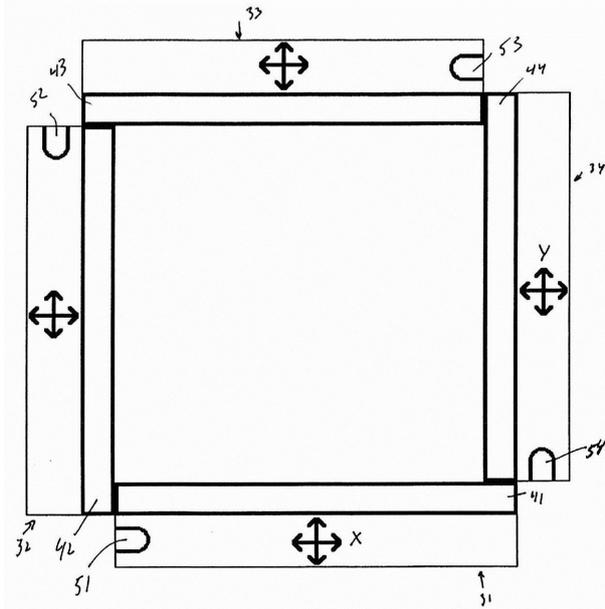
【図2】



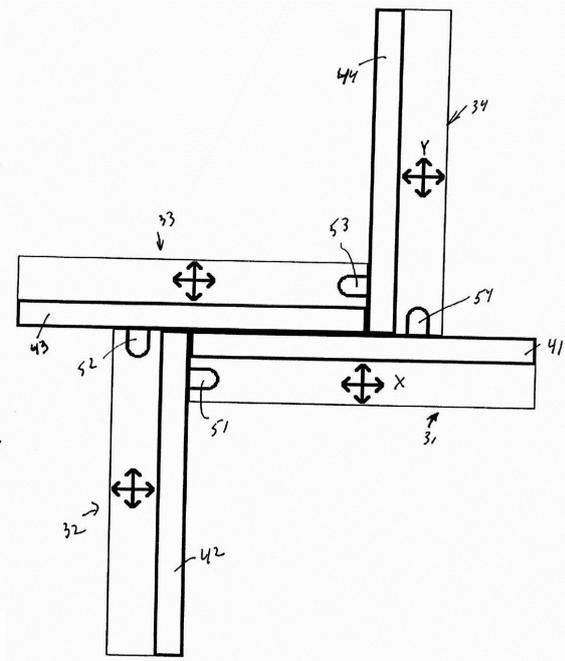
【図3A】



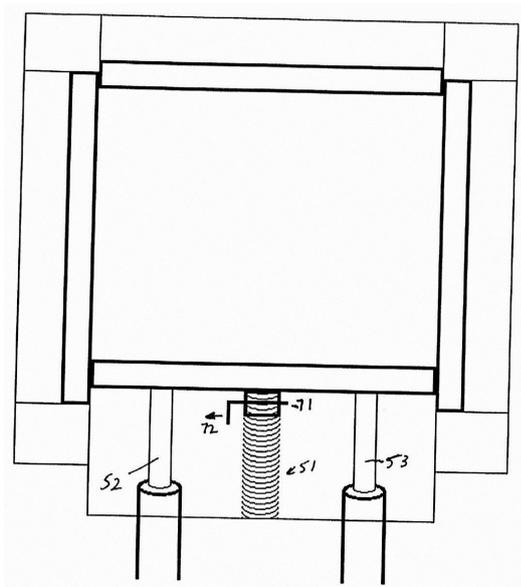
【図 3 B】



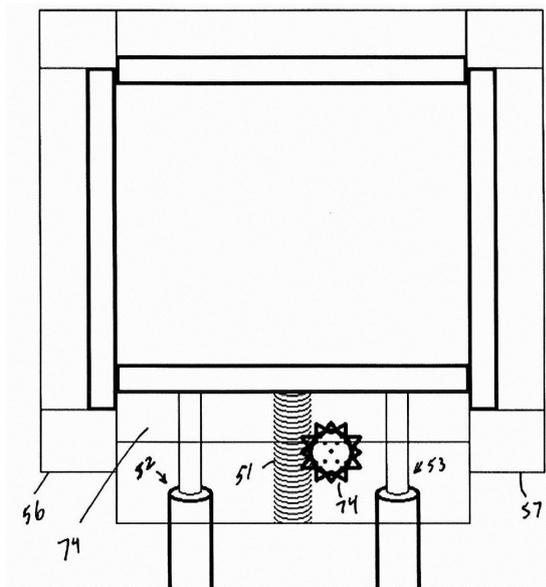
【図 3 C】



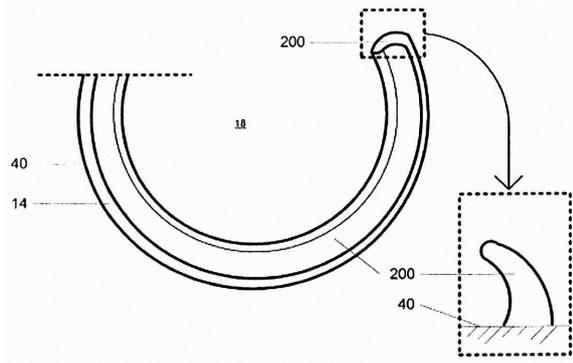
【図 4 A】



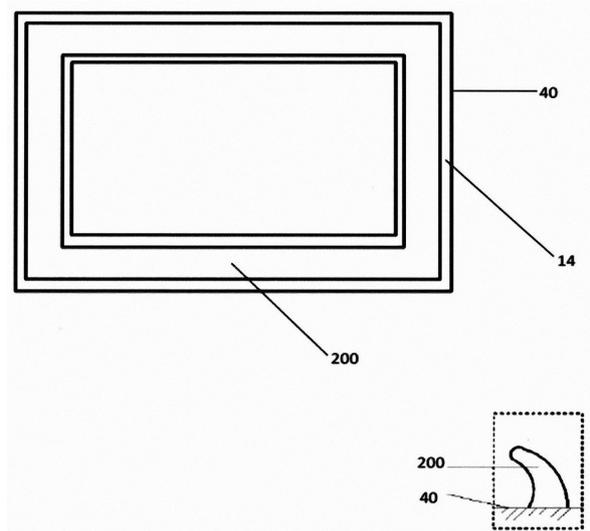
【図 4 B】



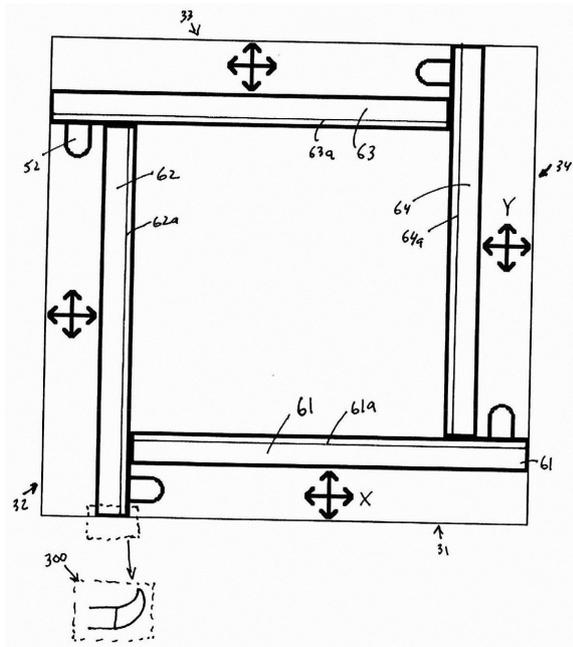
【図 5 A】



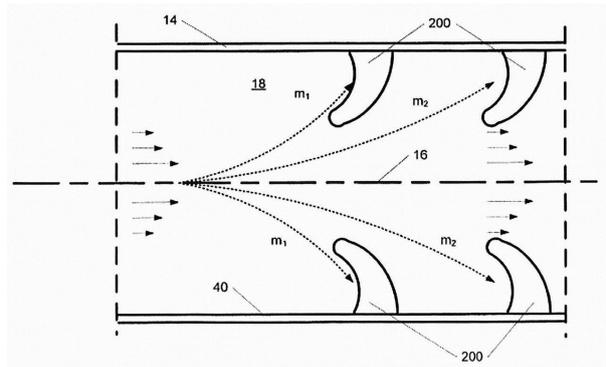
【図 5 B】



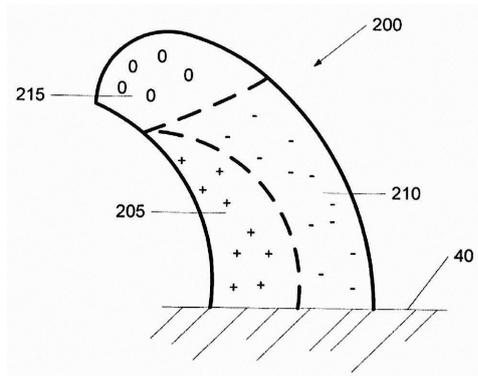
【図 6】



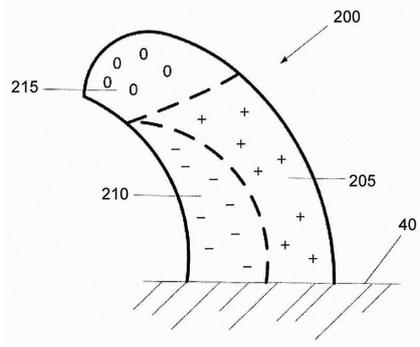
【図 7】



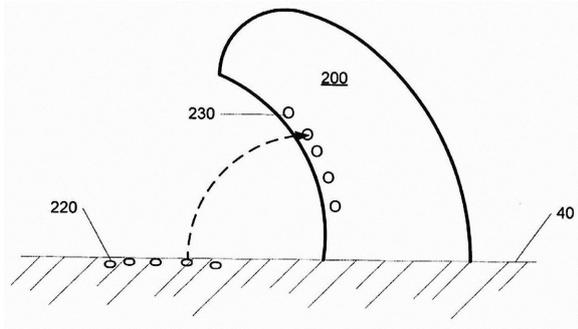
【図 8 A】



【 図 8 B 】



【 図 8 C 】



フロントページの続き

- (74)代理人 100113549
弁理士 鈴木 守
- (74)代理人 100115808
弁理士 加藤 真司
- (74)代理人 100131451
弁理士 津田 理
- (74)代理人 100167933
弁理士 松野 知紘
- (74)代理人 100174137
弁理士 酒谷 誠一
- (74)代理人 100184181
弁理士 野本 裕史
- (72)発明者 レイン, グレン, イー.
アメリカ合衆国 34491 フロリダ州, サマーフィールド, サウスイースト ワンハンドレッ
ドセブンティーセヴンス ブレイス 10935, スイート 305

審査官 道祖土 新吾

- (56)参考文献 特開平03-219544(JP, A)
特開平01-132038(JP, A)
特開2008-084834(JP, A)
特表2004-508668(JP, A)
国際公開第2012/161745(WO, A2)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01J 37/317
H01J 37/09
H01J 49/06