

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2009-529765

(P2009-529765A)

(43) 公表日 平成21年8月20日(2009.8.20)

|                                     |                 |             |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|
| (51) Int.Cl.                        | F I             | テーマコード (参考) |
| <b>H01J 49/40 (2006.01)</b>         | H01J 49/40      | 4K030       |
| <b>H05H 1/00 (2006.01)</b>          | H05H 1/00 A     | 5C038       |
| <b>H01L 21/205 (2006.01)</b>        | H01L 21/205     | 5F004       |
| <b>H01L 21/3065 (2006.01)</b>       | H01L 21/302 103 | 5F045       |
| <b>C23C 16/52 (2006.01)</b>         | C23C 16/52      |             |
| 審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 22 頁) 最終頁に続く |                 |             |

(21) 出願番号 特願2008-558441 (P2008-558441)  
 (86) (22) 出願日 平成19年3月9日 (2007.3.9)  
 (85) 翻訳文提出日 平成20年9月25日 (2008.9.25)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2007/006244  
 (87) 国際公開番号 W02007/106449  
 (87) 国際公開日 平成19年9月20日 (2007.9.20)  
 (31) 優先権主張番号 11/371, 907  
 (32) 優先日 平成18年3月10日 (2006.3.10)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)  
 (31) 優先権主張番号 11/678, 524  
 (32) 優先日 平成19年2月23日 (2007.2.23)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 500324750  
 バリアン・セミコンダクター・エクイップ  
 メント・アソシエイツ・インコーポレイテ  
 ッド  
 アメリカ合衆国マサチューセッツ州019  
 30, グロスター, ドリー・ロード35  
 (74) 代理人 100104156  
 弁理士 龍華 明裕  
 (74) 代理人 100118005  
 弁理士 飯山 和俊  
 (74) 代理人 100143502  
 弁理士 明石 英也  
 (74) 代理人 100138128  
 弁理士 東山 忠義

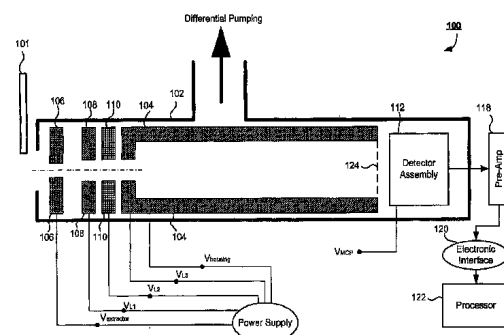
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマプロセスの監視制御技術

## (57) 【要約】

プラズマにおけるイオン種を監視する飛行時間型イオンセンサは、ハウジングを含む。ハウジング内にはドリフトチューブが配置される。プラズマからのイオンを引き付けるよう、ハウジング内のドリフトチューブの第1の端部に抽出器電極が配置される。抽出器電極の近傍のドリフトチューブの第1の端部には複数の電極が配置される。複数の電極は、引き付けられたイオンの少なくとも一部がドリフトチューブに入り、ドリフトチューブの第2の端部の方へ移動するようバイアスされる。ドリフトチューブの第2の端部の近傍にはイオン検出器が配置される。イオン検出器は、引き付けられたイオンの少なくとも一部に関連する到着時間を検出する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

プラズマにおけるイオン種を監視するための飛行時間型イオンセンサであって、  
ハウジングと、  
前記ハウジング内に配置されるドリフトチューブと、  
前記ハウジング内の前記ドリフトチューブの第 1 の端部に配置され、プラズマからのイオンを少なくとも引き付けるか、または、跳ね返す抽出器電極と、  
前記抽出器電極の近傍の前記ドリフトチューブの第 1 の端部に配置され、前記引き付けられたイオンの少なくとも一部が前記ドリフトチューブに入り、前記ドリフトチューブの第 2 の端部の方に移動するようバイアスされる複数の電極と、  
前記ドリフトチューブの前記第 2 の端部の近傍に配置され、前記引き付けられたイオンの前記少なくとも一部に関連する到着時間を検出するイオン検出器と、  
を備えるイオンセンサ。

10

## 【請求項 2】

前記抽出器電極は、電氣的にフロート状態になるか、または、プラズマからのイオンを少なくとも引き付けるかまたは跳ね返す電位でバイアスされる、請求項 1 に記載のイオンセンサ。

## 【請求項 3】

前記複数の電極の少なくとも 1 つは、前記イオンを集束する静電レンズを含む、請求項 1 に記載のイオンセンサ。

20

## 【請求項 4】

前記複数の電極の少なくとも 1 つは、前記イオンを偏向させるグリッドを含む、請求項 1 に記載のイオンセンサ。

## 【請求項 5】

前記抽出器電極に電氣的に接続される出力を有し、前記プラズマにおけるイオンを少なくとも引き付けるかまたは跳ね返す、前記抽出器電極における DC 電圧を生成する DC 電源をさらに備える、請求項 1 に記載のイオンセンサ。

## 【請求項 6】

前記抽出器電極に電氣的に接続される出力を有し、前記プラズマにおけるイオンを少なくとも引き付けるかまたは跳ね返す、前記抽出器電極におけるパルス電圧信号を生成するパルス電源をさらに備える、請求項 1 に記載のイオンセンサ。

30

## 【請求項 7】

前記パルス電圧信号は、周期信号である、請求項 6 に記載のイオンセンサ。

## 【請求項 8】

前記複数の電極の 1 つに電氣的に接続される出力を有し、イオンを引き付けるかまたは跳ね返す電圧パルス信号を生成するパルス電源をさらに備える、請求項 1 に記載のイオンセンサ。

## 【請求項 9】

前記電圧パルス信号は、前記複数の電極の前記 1 つから脱着させるか、または、前記複数の電極の前記 1 つに堆積させる、請求項 8 に記載のイオンセンサ。

40

## 【請求項 10】

前記電圧パルス信号は、前記プラズマにより処理されるウェハに印加される電圧と同期する、請求項 8 に記載のイオンセンサ。

## 【請求項 11】

前記電圧パルス信号は、前記イオンの時間分解測定を実現すべく、タイミング基準信号に関して遅延する、請求項 8 に記載のイオンセンサ。

## 【請求項 12】

前記電圧パルス信号における少なくともいくつかの電圧パルスは、特定のイオン質量を選択するために選ばれた幅を有する、請求項 8 に記載のイオンセンサ。

## 【請求項 13】

50

前記複数の電極の１つに電氣的に接続される出力を有し、ＲＦ信号を生成するＲＦ電源をさらに備える、請求項１に記載のイオンセンサ。

【請求項１４】

前記ＲＦ信号は、前記複数の電極の前記１つから脱着させるか、または、前記複数の電極の前記１つに堆積させる、請求項１３に記載のイオンセンサ。

【請求項１５】

前記ＲＦ電源は、パルスＲＦ電源を含む、請求項１３に記載のイオンセンサ。

【請求項１６】

前記ＲＦ電源は、ＣＷ

ＲＦ電源を含む、請求項１３に記載のイオンセンサ。

10

【請求項１７】

前記ドリフトチューブに電氣的に接続される出力を有する電源をさらに備える、請求項１に記載のイオンセンサ。

【請求項１８】

前記抽出器電極の近傍に配置されて前記抽出器電極の近傍にイオンを生成するイオン源をさらに備える、請求項１に記載のイオンセンサ。

【請求項１９】

エネルギー分析器をさらに備える、請求項１に記載のイオンセンサ。

【請求項２０】

前記ドリフトチューブは、前記エネルギー分析器として構成される、請求項１９に記載のイオンセンサ。

20

【請求項２１】

前記イオンセンサは、プラズマチャンバの側壁を通じて設置され、前記抽出器電極は、前記プラズマの一端の近傍に配置される、請求項１に記載のイオンセンサ。

【請求項２２】

前記イオン検出器からデータを受信し、制御信号および故障検出信号の少なくとも１つを生成するプロセッサをさらに備える、請求項１に記載のイオンセンサ。

【請求項２３】

プラズマにおけるイオン種を監視する方法であって、

前記プラズマからのイオンを少なくとも引き付けるかまたは跳ね返すバイアス電圧を抽出器電極に印加することと、

30

前記引き付けられたイオンの少なくとも一部をドリフトチューブを介し移動させる電圧信号を、前記抽出器電極の近傍に配置される複数の電極の少なくとも１つに印加することと、

前記引き付けられたイオンの前記少なくとも一部に関連する到着時間を前記ドリフトチューブの一端で検出することと、

前記到着時間から前記プラズマに関する情報を決定することと、  
を含む方法。

【請求項２４】

前記電圧信号は、パルス電圧信号を含む、請求項２３に記載の方法。

40

【請求項２５】

前記電圧信号は、ＲＦ電圧信号を含む、請求項２３に記載の方法。

【請求項２６】

前記抽出器電極の近傍でイオンを生成することをさらに含む、請求項２３に記載の方法。

【請求項２７】

前記ドリフトチューブにバイアス電圧を印加することをさらに含む、請求項２３に記載の方法。

【請求項２８】

前記ドリフトチューブに印加される前記バイアス電圧は、パルス化されている、請求項

50

27に記載の方法。

【請求項29】

予め決められた時間内は前記ドリフトチューブ内にイオンが移動するのを阻止すべく、前記予め決められた時間に、前記電極の少なくとも1つに阻止電圧を印加することをさらに含む、請求項23に記載の方法。

【請求項30】

前記ドリフトチューブを介しイオンの伝達を調整することをさらに含む、請求項23に記載の方法。

【請求項31】

前記調整は周期的である、請求項30に記載の方法。

10

【請求項32】

前記複数の電極の少なくとも1つへの前記電圧信号は、前記複数の電極の前記少なくとも1つから脱着させるために選択される、請求項23に記載の方法。

【請求項33】

前記複数の電極の少なくとも1つへの前記電圧信号は、前記複数の電極の前記少なくとも1つに堆積させるよう選択される、請求項23に記載の方法。

【請求項34】

プラズマからのイオンを少なくとも引き付けるか、または、跳ね返すバイアス電圧を抽出器電極に印加する手段と、

前記引き付けられたイオンの少なくとも一部をドリフトチューブを介し移動させる電圧信号を、前記抽出器電極の近傍に配置される複数の電極の少なくとも1つに印加する手段と、

20

前記引き付けられたイオンの前記少なくとも一部に関連する到着時間を前記ドリフトチューブの一端で検出する手段と、

を備える飛行時間型イオンセンサ。

【発明の詳細な説明】

【関連出願】

【0001】

本出願は、2006年3月10日に出願された、米国特許出願第11/371、907号、「プラズマプロセスの監視制御技術」の一部継続出願であり、そのすべての開示内容は、参照により本願明細書に組み込まれる。

30

【背景技術】

【0002】

半導体製造において、例えば、薄膜を形成またはエッチングすべくさまざまなドーパントをウェハに注入するためにプラズマプロセスが広く用いられている。予測可能かつ再現可能なプロセス結果を得るためには、プラズマ特性を厳密に監視制御することが重要である。例えば、プラズマドーピング(PLAD)プロセスの研究は、プラズマのイオン組成がドーパント種、ドーパント深さプロフィール、プロセスに関連するコンタミネーションを決定付ける重要な情報であることを示している。イオン組成は、ガス比、総ガス圧力、および、放電などのPLADプロセスパラメータにより変化する。イオン組成は、また、プラズマチャンバの調整状態によっても著しく変化する。したがって、再現可能かつ予測可能なプロセス結果を得るためには、PLADプロセス中の、好ましくは、現場のリアルタイムのイオン組成を知ることが重要である。

40

【0003】

既存のプラズマツールでは、プラズマの詳細なリアルタイム情報(例えばイオン組成)を提供する能力に欠けることがよくある。典型的なPLADプロセスでは、プラズマは、ファラデーカップ電流に基づき注入線量を監視することにより制御される。しかしながら、ファラデーカップは、総電荷計測器に過ぎず、異なる荷電粒子を区別することはなく、あるいは、プラズマ特性のいかなる洞察も提供しない。いくつかの従来のビームラインイオン注入システムでは現場質量分析が用いられているが、スループットを高めるためには

50

、一般的にプラズマベースのイオン注入システムは避けられている。

【0004】

さらに、市販の質量／エネルギーアナライザ、および、四重極質量分析計などの従来のイオンセンサの大部分は、大きくて、製造ツールに実装するには場所を取り過ぎる。大きいイオンセンサは、測定下にあるプラズマをかき乱すので、正確なプロセス結果が出ない。さらに、従来のイオンセンサのサイズおよび重量は、多くの場合、半導体プロセスツールの配置の選択の余地を制限する。さらに、プラズマがオン／オフ状態に切り替わるパルスプラズマ処理では、プラズマの時間分解測定がしばしば要求される。しかしながら、既存のイオンセンサでは時間分解測定ができない。

【図面の簡単な説明】

10

【0005】

本発明の完全なる理解を促すべく、添付の図面を参照されたい。同様の構成要素は、同様の番号で示される。これらの図面は、例に過ぎず、本開示を限定するものとして解釈されるべきでない。

【0006】

【図1】本開示の一実施形態における典型的なイオンセンサを示す。

【0007】

【図2】本開示の一実施形態における1つの典型的な構成を有するイオンセンサを示す。

【0008】

【図2a】本開示の一実施形態におけるエネルギー分析器を有するイオンセンサを示す。

20

【0009】

【図3】本開示の一実施形態における他の典型的な構成を有するイオンセンサを示す。

【0010】

【図4】本開示の一実施形態におけるさらなる他の典型的な構成を有するイオンセンサを示す。

【0011】

【図5】本開示の一実施形態におけるイオンセンサの1つの設置オプションを示す。

【0012】

【図6】本開示の一実施形態におけるイオンセンサの他の設置オプションを示す。

【0013】

30

【図6a-c】本開示の実施形態におけるプラズマ処理チャンバの異なる例を示す。

【0014】

【図7】本発明の一実施形態におけるイオンセンサのさらなる他の設置オプションを示す。

【0015】

【図7a-b】本発明の一実施形態におけるプロセス制御用イオンセンサを用いる典型的なシステムを示す。

【0016】

【図8】本開示の一実施形態における典型的なイオンセンサを示す。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【0017】

以下、添付の図面に示されるような典型的な実施形態を参照しながら本開示を詳細に説明する。本開示を以下に典型的な実施形態を参照しながら説明するが、本開示はこれに制限されないことを理解されたい。本願明細書における教示に接する機会を有する当業者であれば、本願明細書中に記載される本開示の範囲内の他の使用分野のみ、本開示のいずれが重要な有用性を有するかに関して、追加の実装、修正、および実施形態が理解できるであろう。

【0018】

本開示の複数の実施形態は、プラズマプロセスのその場での監視制御に適した飛行時間型(TOF)イオンセンサの多数のコンパクト設計を提供する。これらの設計は、フレキ

50

シブルなイオン抽出およびイオン集束技術を用いてプラズマチャンバにおけるイオン組成を測定する。それぞれのTOFイオンセンサは、プラズマチャンバ内にさまざまな方法で設置されてよく、例えば、その場でのプロセス制御、チャンバの準備確認、故障検出、注入線量修正、および、注入の均一性の測定など、多くの機能のために構成され得る。各イオンセンサの感度およびサイズは、プラズマの時間分解測定および空間測定を可能にする。

#### 【0019】

図1を参照すると、本開示の一実施形態における典型的なイオンセンサ100が示されている。いくつかの実施形態では、イオンセンサ100は、イオンセンサ100の入口近傍でイオンを生成するイオン源101を含む。一実施形態では、イオン源101は、低エネルギー電子源を用いて電子雲を生成する。電子雲中の電子は、中性原子および分子のイオン化、および、電子付着によるイオンの変換を促進する電子衝撃を生ずる。他の多くの実施形態では、イオン源101は、イオン衝撃、および／または、フォトン衝撃によるイオン化によりイオンセンサ100の入口近傍にイオンを生成する。イオン源101は、連続的またはパルス化したイオン源である。イオン源101は、中性ガスまたはより速い中性種の従来のRGA型測定を提供するのに望ましいいくつかの用途に役立つ。

#### 【0020】

イオンセンサ100は、プラズマチャンバのビューポートに設置されることができ、差動ポンピングを収容し得るハウジング102を含む。ここまでこのハウジング102は、望ましい電位 $V_{\text{housing}}$ で個別にバイアスされうる。ハウジング102の左側は、プラズマから抽出されるイオンがハウジング102の左側の開口（ハウジング開口）を介しイオンセンサ100に入るので、「抽出器側」と称されうる。ハウジング102の右側は、ハウジング102の右側でイオン検出が行われるので、「検出器側」と称されうる。

#### 【0021】

イオンセンサ100は、例えば、望ましい電位 $V_{L3}$ で個別に同様にバイアスされうるハウジング102の内側のドリフトチューブ104を含む。ドリフトチューブ104は、通常、ごくわずかな電磁界による中空空間を有する。ドリフトチューブ104の抽出器側は、イオンが入る開口（ドリフトチューブ開口）を有しうる。ドリフトチューブ104の検出器側は、外部電界から遮蔽しつつイオンが出て行くのを許容するグリッド124を有しうる。プラズマチャンバの圧力は、一般的に1乃至3,000mTorrであり、一方、ドリフトチューブの圧力は、一般的に $2 \times 10^{-6}$ Torr以下である。差動ポンピングを用いることにより、圧力差を維持できる。

#### 【0022】

さまざまな実施形態は、ハウジング開口とドリフトチューブ開口との間のドリフトチューブ104の抽出器側近傍にレンズまたは偏向器を形成する1つ以上の電極および／またはグリッドを含む。いくつかの実施形態では、イオンを抽出して集束させる一連の電極が存在する。例えば、ハウジング開口近傍に抽出器電極106が存在しうる。抽出器電極106は、直径10乃至500ミクロン（いくつかの実施形態では好ましくは50乃至200ミクロン）の開口を有してよいが、実際の開口サイズは、差動ポンピングの必要条件に応じて少なくとも部分的に変化しうる。抽出器電極106は、プラズマからの陽または陰イオンを引き付けるのに適した電位 $V_{\text{extractor}}$ でバイアスされうる。引き付けられたイオンは、さまざまな角度で進行してよい。

#### 【0023】

引き付けられたイオンが有限ビーム角範囲内（例えば $\pm 1.5$ 度以下）で検出器側に向かって進むことを確実にすべく、2つ以上の電極（例えば静電レンズ108および110）は、直列に配置されることができ、それらの開口は、ハウジング102、抽出器106、および、ドリフトチューブ104の開口と整列配置される。各静電レンズは、イオンの集束ビームを導く望ましい静電界を形成すべく個別にバイアスされうる。さまざまな動作モードにおいて、静電レンズは、正または負電圧のいずれかでバイアスされうる。静電レンズの1つに電圧パルスが設けられることにより、引き付けされたイオンの一部（一

10

20

30

40

50

束)をドリフトチューブ104に入れることができる。電圧パルスは、イオンの定期的またはほぼ連続したサンプリングのためのタイミングで繰り返されうる。

#### 【0024】

さまざまな実施形態では、リペラー電圧および抽出電圧パルスの組み合わせが任意の対の電極に印加されることにより、陽イオンがドリフトチューブ104に打ち込まれる。イオンの飛行時間は、抽出パルスが発生する時間に関連して決定される。例えば、一実施形態では、静電レンズ108は、正電圧パルス $V_{L1}$ でバイアスされる。正電圧パルスは、周期的、または、非周期的でありうる。静電レンズ110は、正のリペラー電圧 $V_{L2}$ でバイアスされる。一実施形態では、陽イオンがリペラー電極を介してドリフトチューブ104に打ち込まれるよう、正のリペラー電圧が静電レンズ110に印加され、正の電圧パルスが近くの静電レンズ108に印加される。正のリペラー電圧は、周期的であってもなくてもよい。ドリフトチューブ104は、 $V_{L3}$ にバイアスされると、直列の第3の静電レンズとして機能しうる。ドリフトチューブにおけるバイアス電圧は、パルス電圧でありうる。陰イオンも同じようにしてドリフトチューブ内に抽出されうる。

10

#### 【0025】

いくつかの実施形態では、電極の少なくとも2つ以上に電圧パルスが印加される。例えば、電圧パルスは、ドリフトチューブ104、抽出器106、静電レンズ108、および、静電レンズ110の少なくとも2つに印加されうる。少なくとも2つの電圧パルスは、イオンをドリフトチューブに入れるために、同時に、または、予め決められた時間遅れて印加されうる。

20

#### 【0026】

いくつかの実施形態では、イオンがドリフトチューブ104に進むのを効果的に阻止すべく、抽出器106、静電レンズ108、および、静電レンズ110の少なくとも1つに阻止電圧が印加される。いくつかの動作方法では、阻止電圧の大きさは、いくつかのイオンをドリフトチューブに入れるために周期的に変化する。ドリフトチューブ104を通過するイオンの飛行時間は、この阻止電圧が変化する時間に関連して決定される。

#### 【0027】

一旦ドリフトチューブ104に入ると、イオンは、いかなる電界にも実質的に影響されない検出器端の方へ移動する。イオンは、一般的に、同じ運動エネルギーを有する。重いイオンは比較的ゆっくり、軽いイオンは比較的速く移動する。十分な飛行時間が与えられると(すなわち、ドリフトチューブ104の長さが十分だと)、イオンは、そのイオン種のイオン質量に基づき、個別の束に分けられる。

30

#### 【0028】

いくつかの実施形態では、ドリフトチューブを介したイオンの伝達は、四重極子を用いて調整される。一実施形態では、調整は、周期的である。一実施形態では、調整は、非周期的である。変調は、個別の四重極子に関連してRFまたはDC電圧を変化させることによりなしうる。これらの実施形態では、イオンの飛行時間は、調整が起きる時間に関連して決定される。

#### 【0029】

さまざまな他の実施形態では、ドリフトチューブを介したイオン(陽または陰)の伝達は、多くの他の手段によって調整されうる。例えば、イオンの伝達は、イオンの静電偏向によって調整されうる。イオンの伝達は、例えば、機械的ゲート制御、多段チョッパなどの機械的手段、または、他のいかなるタイプの機械的断続器によっても調整されうる。例えば、一実施形態では、機械的断続器は、機械的シャッタである。機械的手段による調整は、低エネルギー用途にとって好都合な場合もある。これらの実施形態でも、イオンの飛行時間は、調整が起きる時間に関連して決定される。

40

#### 【0030】

検出器側では、イオンを検出するために検出器アセンブリ112が用いられうる。検出器アセンブリ112は、市販の、あるいは、特製の、いかなるタイプのイオン検出デバイス(例えばマイクロチャネルプレート(MCP)アセンブリ)でありうる。イオンの検出

50

および／または収集は、例えば、 $V_{MCP}$ などの1つ以上の電圧バイアスにより制御される。検出器アセンブリ112は、プリアンプ118に結合されてよく、プリアンプ118は、電子インターフェース120を介しプロセッサユニット122に結合される。電子インターフェース120は、例えば、速いデータ収集カードでありうる。プロセッサユニット122は、例えば、パソコン(PC)または、産業用コンピュータであってよい。

#### 【0031】

異なるイオン質量数を有する個別のイオンパケットが検出器により連続的に検出される。検出された信号は、プリアンプ118により増幅される。増幅された信号は、プロセッサユニット122により処理される。それぞれの個別のパケットに対応する信号は、質量スペクトルにおける質量ピークを生じる。質量スペクトルは、プラズマからのイオン種の1つ以上のサンプリングに基づき、プラズマのイオン組成を正確に反映する。

10

#### 【0032】

いくつかの実施形態では、検出器アセンブリ112は、特定の予め決められた位置でイオンを検出するのに用いられる位置検知型粒子検出器を含む。これらの位置検知型粒子検出器は、イオン質量またはイオンエネルギーを決定するのに用いられうるイオン位置情報を提供する。さまざまな実施形態では、イオン検出に用いられる検出器表面の一部は、電気、磁気、または、機械的手段により選択される。例えば、電氣的にアドレス指定可能な検出器アレイが位置の関数としてのイオンを検出すべく用いられうる。検出器信号から位置検知データを抽出すべく、ソフトウェアアルゴリズムが用いられうる。また、検出器に衝撃を与えるイオンの有効な発散を制御すべく、機械的手段が用いられよう。例えば、検出器の一部を遮蔽する機械的バリアが用いられうる。さらに、イオンを偏向または平行化することにより、検出器の望ましい部分にのみ衝撃を与えるよう、イオン偏向器またはイオンコリメータが用いられうる。

20

#### 【0033】

本開示の複数の実施形態によれば、イオンセンサ100は、電位の異なる組み合わせをハウジング102、ドリフトチューブ104、抽出器電極106、静電レンズ108、110、および、検出器アセンブリ112に印加することによりフレキシブルに構成される。図2乃至4に典型的な構成が示される。

#### 【0034】

図2は、本開示の一実施形態における1つの典型的な構成を有するイオンセンサ200を示す。イオンセンサ200は、図1に示されるイオンセンサ100と実質的に同じ構成要素を備える。この典型的な構成では、ハウジング104は、接地されるか、および／または、プラズマチャンバ壁に取り付けられる。

30

#### 【0035】

いくつかの実施形態では、抽出器電極106は、陽イオン抽出のための

#### 【数1】

$$V_{\text{extractor}} \approx -50V \text{ --- } 0V \text{ DC}$$

または、陰イオン抽出のための

#### 【数2】

$$V_{\text{extractor}} \approx 0V \text{ --- } 50V \text{ DC}$$

の抽出器電圧でバイアスされる。他の実施形態では、抽出器電極106にパルス電圧またはRF信号が印加されることにより、イオンを引き付けるか跳ね返す。他の実施形態では、抽出器電極106は、電氣的にフロート状態にある。さまざまな実施形態では、パルス電圧は、周期的または非周期的であり、RF信号は、パルスドまたはCWである。パルスドおよびRF電圧信号は、電極表面からの脱着あるいは電極表面への堆積を可能にすべく用いられうる。

40

#### 【0036】

説明の便宜上、以下の説明では、陽イオンのみがサンプリングされることとする。しかしながら、本開示の実施形態は、陰イオンに関しても容易に適合または構成されうることに留意されたい。さらに、説明を簡単にすべく、静電レンズ108はレンズ1、静電レン

50

ズ 1 1 0 はレンズ 2、ドリフトチューブ 1 0 4 は、レンズ 3 と称する。レンズ 1 およびレンズ 3 は、例えば  $-150\text{ V}$  乃至  $-300\text{ V}$  の固定値でありうる同じまたは同様の電位に保たれてよい。望ましい電位は、例えば、ドリフトチューブ 1 0 4 の長さ、および、望ましいイオン質量分解能などの因子によって決定される。

#### 【0037】

いくつかの実施形態では、レンズ 1 およびレンズ 3 は、異なる電位（例えば、 $V_{L1} = -400\text{ V}$  乃至  $-200\text{ V}$ 、 $V_{L3} = -200\text{ V}$ ）でバイアスされうる。レンズ 2 は、 $V_{L2} = -500\text{ V}$  乃至  $-900\text{ V}$  でバイアスされうる。レンズ 2 は、さらに、ドリフトチューブ 1 0 4 の「ゲート」として構成されてもよい。ゲートを開くには、短い電圧パルス（例えば  $50$  乃至  $500$  ナノ秒）をレンズ 2 に供給することによりイオンパケットがドリフトチューブ 1 0 4 に入るようにする。ゲートを閉じるには、比較的大きい陽電位をレンズ 2 にかけることにより、陽イオンがドリフトチューブ 1 0 4 に入るのを阻止するようにする。一実施形態によれば、レンズ 2（すなわちゲート電極）は、非常に短いゲート開閉期間以外は、通常、例えば  $+30\text{ V}$  以上の正電圧でバイアスされうる。例えば、ゲートパルス幅が  $100\text{ ns}$ 、ウェハのパルス周波数が  $5,000\text{ kHz}$ （期間 =  $200$  マイクロ秒）であり、ウェハのパルスごとにサンプルがとられると仮定すると、ゲート電極は、期間の  $99.95\%$ （ $199.9$  マイクロ秒）は閉じていて、期間の  $0.05\%$  のみ開いている。

#### 【0038】

ゲートパルスがウェハパルスと同期するとき、ウェハパルスに関しゲートパルスが開いている状態を制御すべく、遅延が導入されうる。この方法では、時空間における異なるポイントにおいて高分解能でプラズマをサンプリングすることができる。レンズ 1 乃至 3 へのバイアスの効果により、入ってくるイオンを限られた発散角のイオンビームに集束させる静電界を生じる。検出器側では、検出器アセンブリ 1 1 2 が高電圧  $V_{MCP}$  でバイアスされうる。グリッド 1 2 4 は、ドリフトチューブ 1 0 4 を高電圧  $V_{MCP}$  から静電的に遮蔽する。

#### 【0039】

イオンセンサ 2 0 0 は、プラズマの時間分解測定用にも構成されうる。多くの半導体処理用プラズマは、周期的にオンオフ（アフターグロー）状態が切り替わるパルスプラズマである。プラズマのオン状態は、各サイクルの  $1$  乃至  $50\%$ （以上）続いてよい。パルス動作は、プラズマ条件およびプロセス化学におけるダイナミックな変化をもたらしうる。イオン種のサンプリングは、プラズマパルスまたはウェハバイアスパルスのいずれかと同期してよく、あるいは、プラズマパルスとウェハパルスとが同期していればそれら両方と同期しうる。基準パルス（プラズマパルスおよび／またはウェハバイアス）に関するゲート遅延を変更することにより、すべての期間にわたって時間分解測定を実行することができる。

#### 【0040】

イオンの飛行時間は、スタート信号とストップ信号との間の時間差を観察することにより決定される。イオン調整イベント（電氣的または機械的イベント）は、スタート信号により開始される。ストップ信号は、イオンがイオン検出器に到着する時間により決定される。いくつかの実施形態では、スタートおよびストップ信号は、既知の周波数のパルス列をゲートで制御するために用いられることにより、飛行時間に比例するカウントを付与することができる。1つの特定の実施形態では、スタートおよびストップ信号は、コンデンサ全体の電圧を生成し、一定の速度で排出される。排出期間は、パルス列をゲート制御して飛行時間に比例したカウントを付与するよう用いられる。他の実施形態では、スタートおよびストップ信号は、飛行時間に比例する大きさを有するアナログパルスを生成することを可能とすべく用いられる。

#### 【0041】

イオンセンサ 2 0 0 は、イオンおよび／またはプラズマ電位のエネルギー分布を測定するようにも構成されうる。一実施形態では、抽出器電極 1 0 6、静電レンズ 1 0 8、およ

10

20

30

40

50

び、静電レンズ 110 などの電極またはグリッドは、遅延要素となるべくバイアスされる。その後、電極電圧の関数である伝達されたイオン数が測定される。エネルギー分布およびプラズマ電位はどちらも測定されたデータから決定されることができる。

#### 【0042】

他の実施形態では、イオンのエネルギー分布は、検出器アセンブリ 122 におけるイオンの到着時間の幅を観察することにより決定される。例えば、位置検知型粒子検出器は、図 1 に関連して説明したように、特定の予め決められた位置におけるイオンを検出するよう用いられうる。また、エネルギー分布は、周知の技術である方法により直接測定される。例えば、校正された粒子検出器は、該検出器により生成された信号の増幅を観察することにより、エネルギーまたは質量を測定するよう用いられうる。

10

#### 【0043】

さらなる他の実施形態では、ドリフトチューブ 104 は、エネルギー分析器の機能を実行するよう構成される。ドリフトチューブ 104 をエネルギー分析器として構成する多数の方法がある。例えば、一実施形態では、ドリフトチューブ 104 は湾曲形状に形成されて、静電または磁界偏向要素を含む。ドリフトチューブ 104 の形状は、異なるエネルギーを有するイオンが異なる角度で屈折するよう選択される。他の実施形態では、ドリフトチューブ 104 は、検出器アセンブリ 112 へのドリフト経路の一部として平行板エネルギー分析器を含む。例えば、エネルギー分析器は、45 度屈折タイプのエネルギー分析器であってよい。他の実施形態では、ドリフトチューブ 104 は、検出器アセンブリ 112 へのドリフト経路の一部としての円筒形ミラーまたは球面エネルギー分析器を含む。他の実施形態では、1 つ以上のグリッドがイオン経路に配置されることにより、逆電圧分析器としてのドリフトチューブ 104 が構成される。また、他の実施形態では、ドリフトチューブは、RF または DC 電圧を調整することにより異なるエネルギーのイオンを区別する能力を有する RF 四極子、または、1 つ以上の永久または電磁石を含みうる。永久磁石の位置は、調整できる。

20

#### 【0044】

図 2a は、本開示の一実施形態におけるエネルギー分析器 114 を有するイオンセンサ 200A を示す。エネルギー分析器 114 は、ドリフトチューブ 104 と検出器アセンブリ 112 との間に配置される。エネルギー分析器 114 は、望ましいエネルギー範囲内のイオンを選択すべく用いられうる。

30

#### 【0045】

図 3 は、本開示の一実施形態における他の典型的な構成を有するイオンセンサ 300 を示す。イオンセンサ 300 は、図 1 に示されるイオンセンサ 100 と実質的に同じ構成要素を備えうる。しかしながら、この典型的な構成では、抽出器電極 106 は、RF (1 乃至 300 MHz、典型的には 13.56 MHz) バイアスを受ける。RF バイアスの抽出器電極 106 は、二重機能として役立ちうる。すなわち、抽出器電極 106 は、イオンを抽出すると共に、堆積が優位な環境においては抽出器の開口から堆積物を取り除くことができる。

#### 【0046】

薄膜材料がプラズマチャンバに堆積される堆積優位環境においては多くの半導体製造プロセスが実行される。厚い絶縁膜が抽出器開口をふさぐ場合、抽出器電極 106 の DC バイアスは、もはや有効でない可能性がある。RF バイアスは、抽出器開口をスパッタ洗浄して堆積された材料を取り除くのに役立ちうる。このように、RF バイアスは、イオンセンサ 300 に「自己洗浄」能力を提供しうる。イオン抽出のために、RF バイアスは、-50 V 乃至 0 V の負の平均電位 (または RF セルフバイアス)、および、0 V 乃至 100 V のピークピーク値を有しうる。スパッタ洗浄のためには、RF セルフバイアスは、スパッタリング閾値より大きくてよく、ピークピーク値は、100 乃至 1000 V 以上でありうる。

40

#### 【0047】

図 4 は、本開示の一実施形態におけるさらなる他の典型的な構成を有するイオンセンサ

50

400を示す。イオンセンサ400は、図1に示されたイオンセンサ100と実質的に同じ構成要素を備える。しかしながら、本例の構成では、抽出器電極106は、ゲートとしても機能しうる。抽出器電極106にゲートパルスが供給されることにより、イオンパケットをイオンセンサ400へと引き込むことができる。レンズ2には、イオンビームを集束させるDCバイアスが設けられる。

#### 【0048】

本開示の実施形態におけるイオンセンサは、プラズマチャンバにおけるイオン種のフレキシブルな検出のために多数の方法で設置されうる。典型的な設置オプションが図5乃至7に示される。

#### 【0049】

図5は、本開示の一実施形態におけるイオンセンサ508の1つの設置オプションを示す。極めて単純化したプラズマチャンバ500がウェハ504を保持するプラテン/陰極502と共に示されている。プラテン/陰極502上に陽極506が配置される。陽極506は、必ずしも接地されていなくてもよいが、例えば、 $-1\text{ kV}$ 乃至 $+1\text{ kV}$ （他の電圧でもよい）の電圧でバイアスされうる。陽極シャフト507は、陽極506を垂直方向に移動させることができる。陰極バイアス電圧、または、追加のプラズマ源のいずれかにより、陽極506とプラテン/陰極502との間にプラズマ50が生成されうる。

#### 【0050】

イオン注入用途では、プラテン502に負の電圧パルスが印加されることにより、陽イオンがウェハ504に引き付けられうる。陰イオンには、正の電圧パルスが用いられうる。イオンセンサ508は、プラズマチャンバ500の側壁に設置されうる。設置は、ビューポートまたは同様の機構を通じて行われてよい。イオンセンサ508は、プラズマ50内、または、プラズマ50の端部近くにその抽出器チップが拡張した横道を有しうる。抽出器チップは、可動マウントに配置されうる。抽出器チップは小さいので、プラズマ50に深く挿入されてもあまり邪魔にならない。

#### 【0051】

図6は、本開示の一実施形態におけるイオンセンサの他の設置オプションを示す。この設置オプションでは、側壁に設置されたイオンセンサ508に代わってまたは追加して、イオンセンサ602が陽極側に設置される。すなわち、イオンセンサ602は、陽極506を貫通して縦向きに配置され、その抽出器チップは下向きかあるいはプラズマ50内へ入ってよい。イオンセンサ602は、陽極506と電氣的に接続されうる。イオンセンサ602またはその抽出器チップは、陽極506とは無関係に上下に移動することにより、プラズマチャンバ500内の異なる空間ポイントでイオンをサンプリングしうる。あるいは、イオンセンサ602またはその抽出器チップは、異なるプロセス条件をその場で診断するために陽極506と共に上下に移動しうる。水平に配置されたイオンセンサ508は、プラズマ50の空間測定のために同様に起動されうる。

#### 【0052】

図6a乃至6cは、本開示の実施形態におけるプラズマ処理チャンバの異なる例を示す。

#### 【0053】

図6aには、プラズマチャンバ600Aが示されている。イオンセンサ602は、陽極506を貫通して設置されうる。ベローシール604は、チャンバ壁を介したイオンセンサ602の設置および移動に適応しうる。プラズマ50は、ウェハ504またはプラテン502に印加される負のパルス電圧により生成されうる。一実施形態によれば、プラズマ50からイオンセンサ602へのイオン抽出は、プラズマの生成と同期するので、ウェハ504における電圧パルスと同期する。

#### 【0054】

図6bには、プラズマチャンバ600Bが示されている。図6bに示されているプラズマ生成技術は、図6aに示されたプラズマ生成技術とは異なる。プラズマチャンバ600Bは、例えば、ICPまたはヘリコンプラズマ源などの1つ以上の外部プラズマ源を有し

10

20

30

40

50

うる。例えば、一実施形態では、RF電源605、および、RFマッチングユニット607は、RFコイル606に結合される。誘電体インタフェース609を介し、RFコイル606は、RF電力をプラズマチャンバ600Bに供給しうる。プラテン502は、ウェハ504に衝撃を与えるイオンエネルギーを制御するようバイアスされうる。

#### 【0055】

図6cには、他のプラズマ生成技術を用いたプラズマチャンバ600Cが示されている。1つ以上のマイクロ波源がプラズマチャンバ600Cに結合されることにより、プラズマ50を生成しかつ維持する電力が供給される。例えば、マイクロ波供給源611は、チューナ613、および、導波路またはケーブルを介しマイクロ波キャビティ608に結合されうる。マイクロ波キャビティ608に供給されるマイクロ波パワーは、当該キャビティ内で「ソースプラズマ」を生成することができ、生成されたソースプラズマがプラズマチャンバ600C内に拡散することにより、プラズマ50が生じうる。あるいは、キャビティ608を介しマイクロ波パワーをプラズマチャンバ600Cに結合させることにより、プラズマ50は、プラズマチャンバ600C内で直接生成されうる。

#### 【0056】

図7は、本開示の一実施形態におけるイオンセンサのさらなる設置オプションを示す。この設置オプションでは、1つ以上のイオンセンサ702が陰極側に配置される。すなわち、イオンセンサ702は、プラテン／陰極502を介し垂直に配置され、抽出器チップは、ウェハ504の隣りに配置される。イオンセンサ702の設置位置は、ファラデーカップが通常配置されるであろう場所（またはその近く）である。抽出器チップはプラズマ50を向いているので、イオンセンサ702およびウェハ504は、プラズマ50に関し同じまたは同様の視点を共有しうる。その結果、イオンセンサ702は、ウェハ504が認識するものと同じイオンの組成および線量を認識するので、ウェハ504のプラズマ処理の制御をより正確にすることができる。プラズマドーピング（PLAD）システムでは、例えば、イオンセンサ702は、イオンがウェハ504に注入されるのを直接検出することができる。イオンセンサ702は、必要に応じて空間測定のために上下移動してもよい。

#### 【0057】

図7a乃至7bは、本開示の実施形態におけるプロセス制御のためにイオンセンサを用いる典型的なシステムを示す。

#### 【0058】

図7aは、ウェハ504の隣りに設置されるイオンセンサ702を示す。ファラデーカップ704は、ウェハ504のもう一方の側に設置されうるか、または、ウェハ504を部分的に囲んでもよい。イオンセンサ702およびファラデーカップ704は、どちらもウェハ504のようにプラズマ（図示せず）に面する。イオンセンサ702は、イオンセンサ702から受け取った検出データに基づき、その場のイオン組成を計算するユニット706に結合されうる。ファラデーカップ704は、ファラデーカップの電流に基づき、総イオン線量を計算する電荷計測器708に結合されうる。イオン組成情報、および、イオン線量データは、線量修正モジュール710に入力されうる。さらに、イオン組成データは、さらなるプロセス制御のためのシステムコントローラ712に入力されうる。

#### 【0059】

図7bは、ウェハ504のまわりに設置される2つ以上のイオンセンサ702を示す。これらのイオンセンサ702からのその場のイオン組成データは、システムコントローラ712に入力されうる。システムコントローラ712の出力機能714は、それに限定されないが、イオン線量修正、線量均一性制御、プラズマチャンバ調整、および／または、プロセス故障検出を含みうる。センサがウェハ504のまわりのプラテンに設置される実施形態では、ドリフトチューブ104（図1）は、プラテンから分離されるか、または、プラテン電位にある。

#### 【0060】

プラズマ50の陰極側（またはウェハ側）の測定では、イオンセンサ702は、図2乃

10

20

30

40

50

至 4 に示されるものとは異なる構成を有しうる。一例が図 8 に示される。

#### 【0061】

図 8 は、本開示の一実施形態における典型的なイオンセンサ 800 を示す。イオンセンサ 800 は、抽出器電極 106 が取り除かれたこと以外は図 2 に示すイオンセンサ 200 と実質的に同じ構成を備えうる。抽出器側におけるハウジング開口は、ほぼ 10 乃至 500 ミクロン（好ましくは 50 乃至 200 ミクロン）まで縮小されうる。ハウジング 102 は、ウェハ 504 と同じまたは同様の電位（例えば 0 V 乃至 −10 kV）でバイアスされうる。レンズ 1、レンズ 3（ドリフトチューブ 104）および検出器アセンブリ 112 も、同じまたは同様の電位でバイアスされてよい。レンズ 2 は、イオンパケットをドリフトチューブ 104 に律動的に送るゲートとして機能しうる。

10

#### 【0062】

この時点で、上記の本開示におけるイオンセンサは、一般的に、入力データの処理と、出力データの生成とをある程度含むことに留意されたい。さまざまな実施形態では、この入力データ処理および出力データ生成は、ハードウェアまたはソフトウェアに実装される。例えば、上記の本開示におけるイオン種のその場での監視に関連した機能を実装するプラズマ処理ツール、または、同様もしくは関連した回路内で特定の電子部品が用いられうる。または、格納された命令に従い動作する 1 つ以上のプロセッサが上記の本開示におけるイオン種のその場での監視に関連した機能を実装してもよい。そのような場合、上記命令が 1 つ以上のプロセッサ可読キャリア（例えば磁気ディスク）に格納されるか、または、1 つ以上の信号を介し 1 つ以上のプロセッサに伝達されうることは、本開示の範囲内である。

20

#### 【0063】

一実施形態では、線量またはプラズマ条件は、コントローラまたはコンピュータ、および、本発明に従う TOF センサから得られるデータに応答する電子回路系を含む自動または半自動閉制御ループの一部として変更されうる。検出器アセンブリ 112 から得られたデータは、測定された TOF スペクトルのさまざまな部分の絶対値または相対値を含みうる。検出器アセンブリ 112 からのデータは、FWHM における変化など、飛行時間のピークの形状も含みうる。また、検出器アセンブリ 112 からのデータは、小さな（汚染物質）のピークの有無、エネルギー分布、および、質量分布も含みうる。

#### 【0064】

TOF センサからのデータは、ガス不純物、残留汚染物、および、プラズマを制御するために用いられる機器の故障などの障害条件を検出するのに用いられうる。プラズマ条件は、気体流、ガス混合気、圧力、RF パワー、RF 周波数、注入電圧、デューティサイクルなどの TOF センサの動作パラメータ、または、他のプラズマ関連パラメータを調整することにより、データに応じて変更されうる。

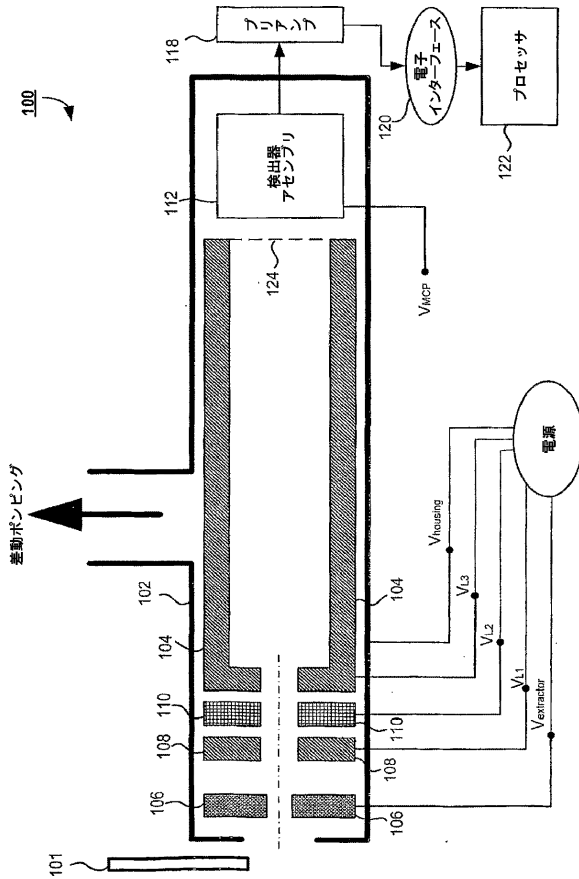
30

#### 【0065】

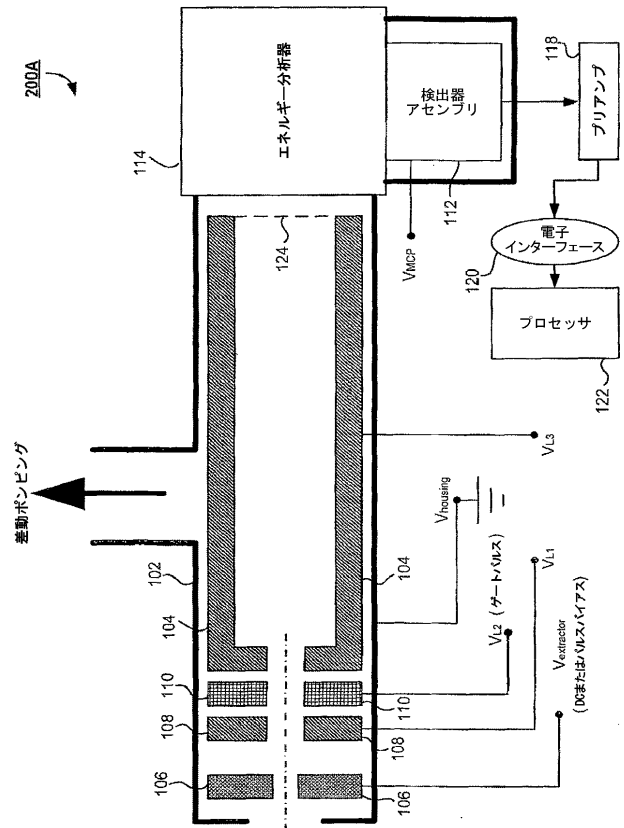
本開示は、本願明細書中に記載される特定の実施形態によって範囲を限定されない。実際には、本願明細書中に記載されているものに加えて、本開示の他のさまざまな実施形態および本開示への修正もありうることは、上記説明および添付の図面から当業者には明らかであろう。したがって、そのような他の実施形態および修正は、本開示の範囲内に含まれるものと意図される。さらに、本開示は、特定の目的のための特定の環境における特定の实装という状況で記載されてきたが、それに制限されることなく、本開示は、いかなる数の目的のためのいかなる数の環境においても有益に実施され得ることが当業者であれば理解できよう。したがって、添付の請求項の範囲は、本願明細書に記載される本開示の全範囲および趣旨に鑑み解釈されるべきである。

40

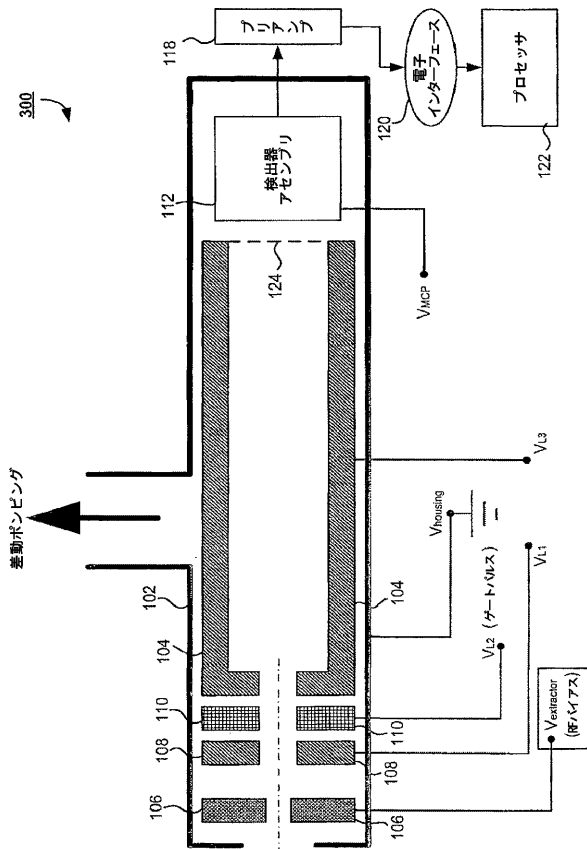
【図 1】



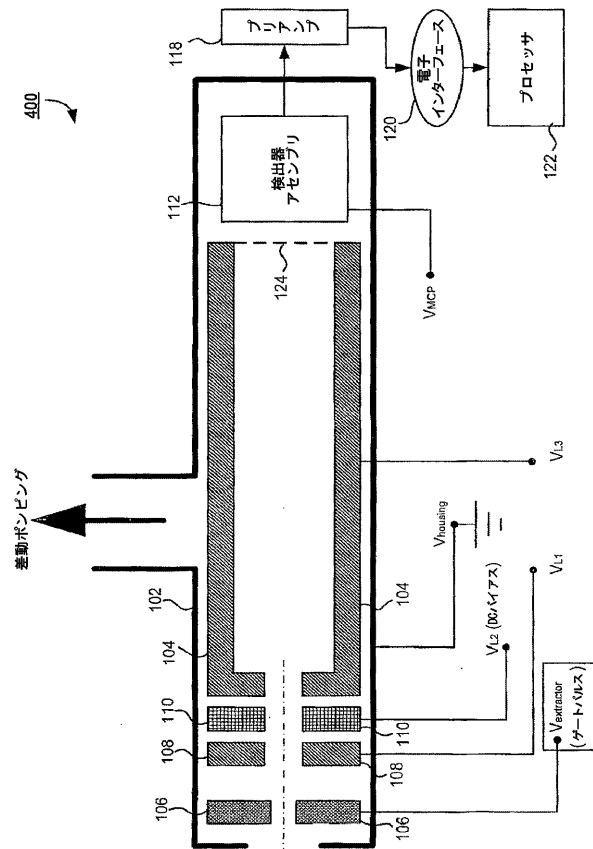
【図 2 a】



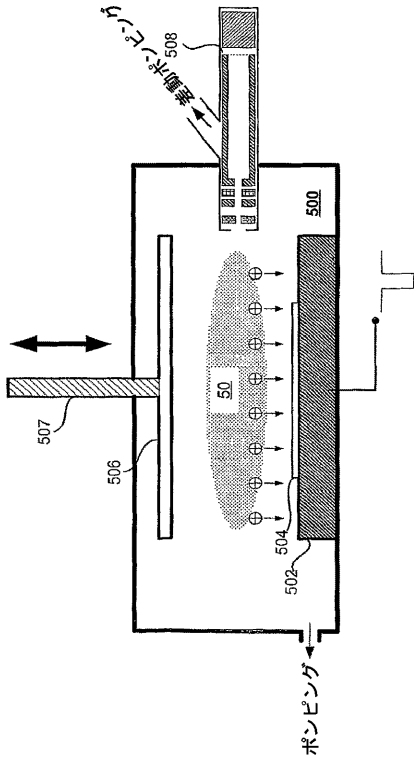
【図 3】



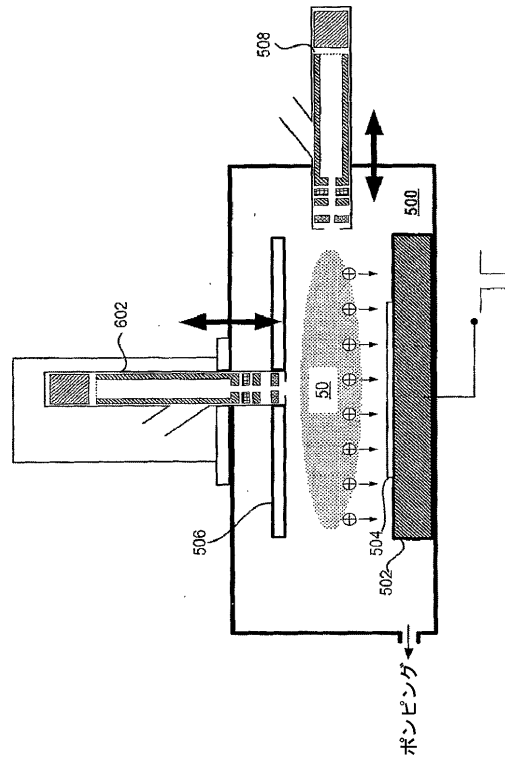
【図 4】



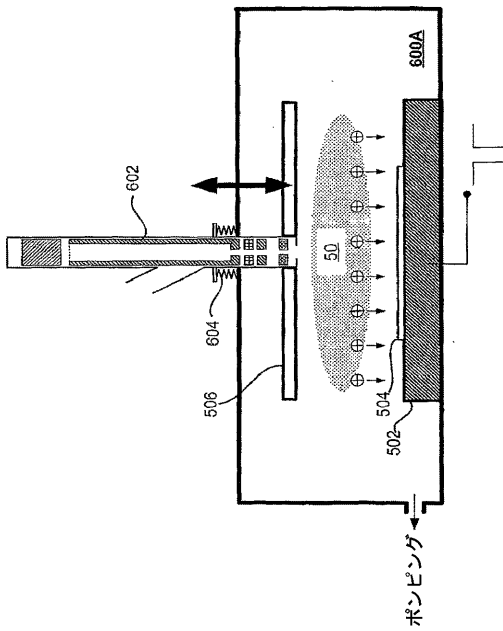
【図 5】



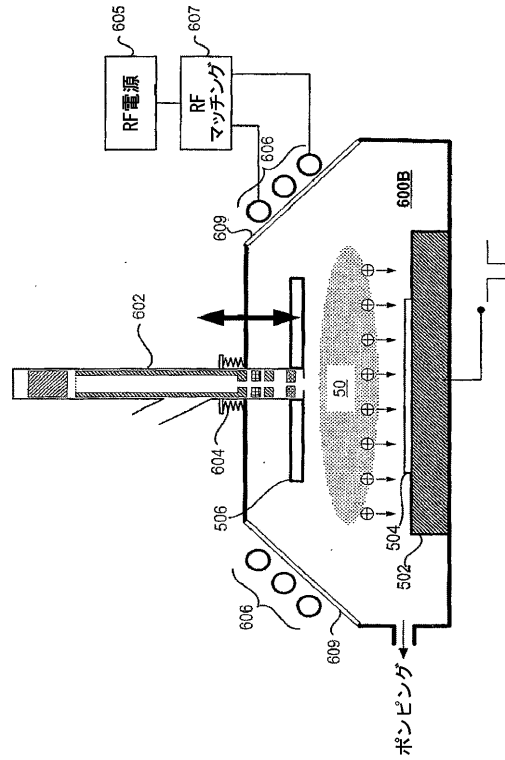
【图 6】



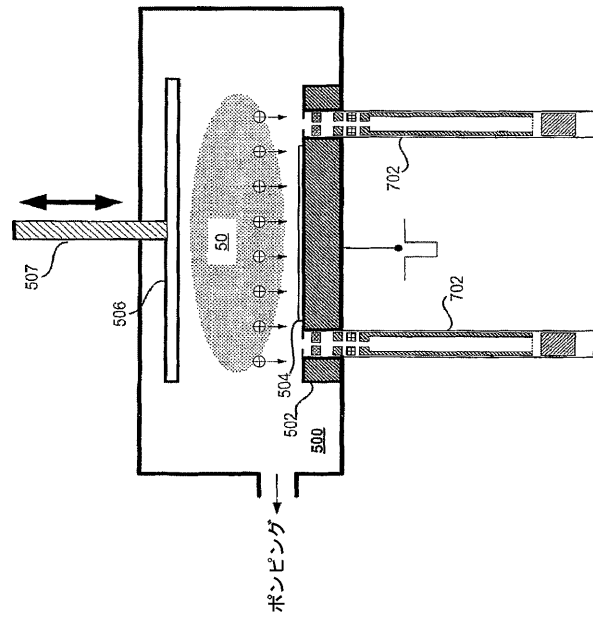
【図 6 a】



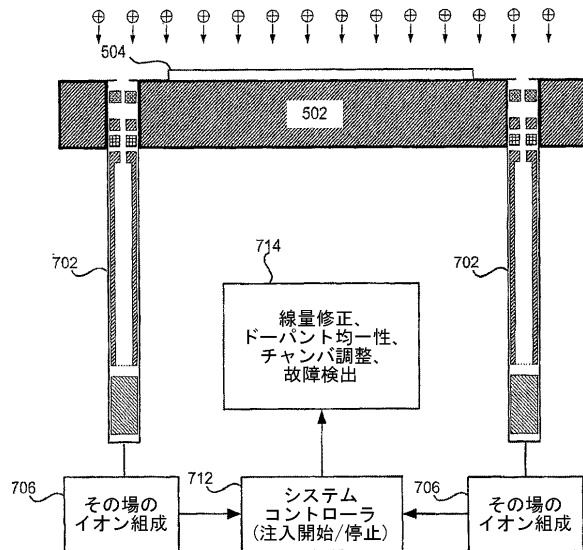
【 図 6 b 】



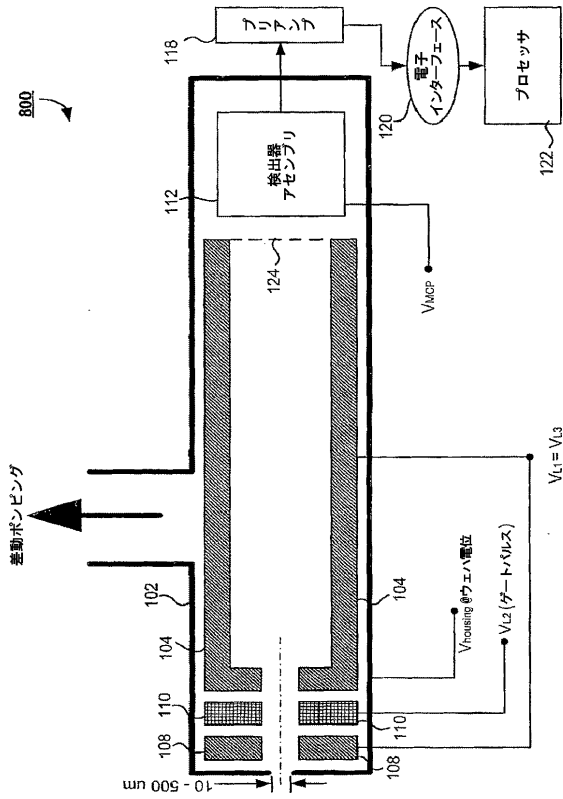
【図 7】



【 図 7 b 】



【図 8】



## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/US2007/006244

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. H01J37/32 H01J49/40

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
H01J

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

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

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category*           | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                                | Relevant to claim No.                                                                                                                     |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| X<br><br>Y<br><br>A | <p>US 5 614 711 A (LI GANGQIANG [US] ET AL)<br/>25 March 1997 (1997-03-25)</p> <p>column 6, lines 1-30<br/>column 7, line 37 - column 11, line 60;<br/>figures 3-5<br/>column 11, line 61 - column 13, line 52;<br/>figure 6</p> <p style="text-align: center;">-----<br/>-/-</p> | <p>1-4, 6-9,<br/>17, 18,<br/>23, 24,<br/>26,<br/>29-31, 34<br/>5, 13, 19,<br/>20, 25<br/>10-12,<br/>14-16,<br/>21, 27,<br/>28, 32, 33</p> |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 August 2007

Date of mailing of the international search report

03/09/2007

Name and mailing address of the ISA/  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hofmann, Kerrin

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2007/006244

| C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |
|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Category*                                            | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Relevant to claim No.            |
| X                                                    | WO 2004/051850 A (IONWERKS INC [US])<br>17 June 2004 (2004-06-17)<br><br>paragraphs [0004] - [0007]<br>paragraph [0057]<br>paragraphs [0059] - [0062]; figure 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 1,2,6,<br>18,<br>22-24,<br>26,34 |
| Y                                                    | WO 98/56029 A (INDIANA UNIVERSITY<br>FOUNDATION [US]; CLEMMER DAVID E [US];<br>REILLY JAMES)<br>10 December 1998 (1998-12-10)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 5                                |
| A                                                    | page 10, line 11 - page 16, line 25;<br>figure 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1,2,6,8,<br>22-24,34             |
| Y                                                    | US 6 373 052 B1 (HOYES JOHN B [GB] ET AL)<br>16 April 2002 (2002-04-16)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 13,25                            |
| A                                                    | <br><br>column 5, line 32 - column 6, line 42;<br>figure 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1-4,6,7,<br>18,23,<br>24,26,34   |
| Y                                                    | POLLARD J E ET AL: "TIME-RESOLVED MASS<br>AND ENERGY ANALYSIS BY POSITION-SENSITIVE<br>TIME- OF-FLIGHT DETECTION"<br>REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS, AIP,<br>MELVILLE, NY, US,<br>vol. 60, no. 10,<br>1 October 1989 (1989-10-01), pages<br>3171-3180, XP000071702<br>ISSN: 0034-6748<br>abstract<br>page 3171, left-hand column, paragraph 1<br>page 3172, left-hand column, paragraph 3 -<br>right-hand column, paragraph 1; figure 1<br>page 3173, right-hand column, paragraph 2;<br>figure 2                        | 19,20                            |
| A                                                    | JAHN P W ET AL: "COMBINED INSTRUMENT FOR<br>THE ON-LINE INVESTIGATION OF PLASMA<br>DEPOSITED OR ETCHED SURFACES BY<br>MONOCHROMATIZED X-RAY<br>PHOTOELECTRON SPECTROSCOPY AND<br>TIME-OF-FLIGHT SECONDARY ION MASS<br>SPECTROMETRY"<br>JOURNAL OF VACUUM SCIENCE AND TECHNOLOGY:<br>PART A, AVS /AIP, MELVILLE, NY, US,<br>vol. 12, no. 3, 1 May 1994 (1994-05-01),<br>pages 671-676, XP000442870<br>ISSN: 0734-2101<br>page 671, left-hand column, paragraph 1<br>page 674, left-hand column, paragraphs<br>1,2; figure 1 | 1,6,7,<br>23,34                  |
|                                                      | -----<br>-/--                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                  |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/US2007/006244

| C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                       |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Category*                                            | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                                                                                                    | Relevant to claim No. |
| A                                                    | <p>F.GOU, M.A.GLEESON, J.VILLETTE, A.W.KLEYN:<br/>"A new time-of-flight instrument capable<br/>of in situ and real-time studies of<br/>plasma-treated surfaces"<br/>VACUUM,<br/>vol. 81, 2006, pages 196-201, XP002445743<br/>abstract<br/>page 196, left-hand column, paragraph 1 -<br/>page 199, left-hand column, paragraph 4;<br/>figures 1,2</p> | 1,23,34               |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2007/006244

| Patent document<br>cited in search report |    | Publication<br>date | Patent family<br>member(s)                                                                                                                                                         | Publication<br>date                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------|----|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| US 5614711                                | A  | 25-03-1997          | NONE                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                        |
| WO 2004051850                             | A  | 17-06-2004          | AU 2003291176 A1<br>CA 2507491 A1<br>EP 1569741 A2                                                                                                                                 | 23-06-2004<br>17-06-2004<br>07-09-2005                                                                                                                 |
| WO 9856029                                | A  | 10-12-1998          | AU 736520 B2<br>AU 7712398 A<br>CA 2293483 A1<br>CN 1271462 A<br>CN 1536360 A<br>EP 0995221 A1<br>IL 133292 A<br>JP 3402614 B2<br>JP 2001503195 T<br>US 6323482 B1<br>US 5905258 A | 26-07-2001<br>21-12-1998<br>10-12-1998<br>25-10-2000<br>13-10-2004<br>26-04-2000<br>18-12-2005<br>06-05-2003<br>06-03-2001<br>27-11-2001<br>18-05-1999 |
| US 6373052                                | B1 | 16-04-2002          | CA 2283139 A1<br>DE 69918904 D1<br>DE 69918904 T2<br>EP 0970506 A2<br>WO 9938192 A2<br>JP 3430250 B2<br>JP 2000513494 T                                                            | 29-07-1999<br>02-09-2004<br>05-01-2005<br>12-01-2000<br>29-07-1999<br>28-07-2003<br>10-10-2000                                                         |

フロントページの続き

|                              |  |             |   |             |
|------------------------------|--|-------------|---|-------------|
| (51)Int.Cl.                  |  | F I         |   | テーマコード (参考) |
| <b>H01L 21/265 (2006.01)</b> |  | H01L 21/265 | T |             |
| <b>H01J 49/46 (2006.01)</b>  |  | H01L 21/265 | F |             |
|                              |  | H01J 49/46  |   |             |

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MT,NL,PL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RS,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,SV,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,ZA,ZM,ZW

(74)代理人 100112520

弁理士 林 茂則

(74)代理人 100156591

弁理士 高田 学

(72)発明者 クー、ボンソーウン

アメリカ合衆国、01810 マサチューセッツ州、アンドーバー、ジュニパー ロード 41

(72)発明者 ゴデ、ルードビック

アメリカ合衆国、01915 マサチューセッツ州、ベバリー、ブロートン ドライブ 1308

(72)発明者 ヴォーロミス、ヴァシリス、パナヨティス

アメリカ合衆国、01960 マサチューセッツ州、ピーボティ、アパートメント 2 レアー、セントラル ストリート 90

(72)発明者 シング、ヴィクラム

アメリカ合衆国、01845 マサチューセッツ州、ノース アンドーバー、アンバービル ロード 75

(72)発明者 ファング、ジウエイ

アメリカ合衆国、01915 マサチューセッツ州、ベバリー、ピルグリム ハイツ 6

(72)発明者 リンサー、バーナード、ジー.

アメリカ合衆国、01923 マサチューセッツ州、ダンバーズ、ニューベリー ストリート 180

Fターム(参考) 4K030 CA04 CA12 FA01 HA11 KA39 LA15

5C038 KK06 KK12

5F004 CB04

5F045 AA08 EH19 GB08