

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 7 部門第 1 区分

【発行日】平成30年6月28日 (2018.6.28)

【公表番号】特表2016-524277(P2016-524277A)

【公表日】平成28年8月12日 (2016.8.12)

【年通号数】公開・登録公報2016-048

【出願番号】特願2016-512969(P2016-512969)

【国際特許分類】

H 0 1 J 37/317 (2006.01)

H 0 1 J 27/02 (2006.01)

H 0 1 J 37/08 (2006.01)

H 0 1 L 21/265 (2006.01)

【F I】

H 0 1 J 37/317 Z

H 0 1 J 27/02

H 0 1 J 37/08

H 0 1 L 21/265 Z

H 0 1 L 21/265 6 0 3 A

【誤訳訂正書】

【提出日】平成30年5月17日 (2018.5.17)

【誤訳訂正 1】

【訂正対象書類名】特許請求の範囲

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

イオン注入システムにおける粒子汚染を低減するための方法であり、

イオン源と、抑制電極および接地電極を電氣的に絶縁するセラミック絶縁体によって隔てられる前記抑制電極および前記接地電極を含み、前記イオン源に近い位置に設けられる抽出電極アセンブリと、加工物に選択的にイオンを注入するために前記加工物をその内部と外部とに移動させるように構成されたエンドステーションと、を含む前記イオン注入システムを提供する工程と、

前記イオン源でイオンを生成するために前記イオン源にカソード電圧を印加し、かつ、イオンビーム中の電子が前記イオン源の内部に引き込まれることを防止するために前記イオン源に近い前記抽出電極アセンブリに抑制電圧を印加するようにして、前記イオン源に近い前記抽出電極アセンブリと連動して動作する前記イオン源でイオンビームを形成する工程と、

一度十分なイオン注入が完了した場合、処理された前記加工物を前記エンドステーションから外部環境に移動させ、かつ、未処理の加工物を前記外部環境から前記エンドステーション内にイオン注入のために移動させるように、前記加工物を、前記エンドステーションと前記外部環境との間で交換する工程と、

前記抽出電極アセンブリの表面の堆積物を除去するため及びその後の汚染を軽減するために、前記交換する工程中に前記抽出電極アセンブリの前記セラミック絶縁体を通じて電流を誘発するように、処理された前記加工物を前記エンドステーションから前記外部環境に移動させかつ未処理の加工物を前記外部環境から前記エンドステーションにイオン注入のために移動させる前記交換する工程とほぼ同時に、前記イオン源に近い前記抽出電極アセンブリに印加される前記抑制電圧を調整する工程とを含むことを特徴とする方法。

## 【請求項 2】

前記抑制電圧を調整する工程は、少なくとも 1 以上の周期において、前記イオン源に近い前記抽出電極アセンブリに印加される前記抑制電圧を周期的に変化させる工程を含んでいることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 3】

先行して蒸着された物質が、前記イオン源に近い前記抽出電極アセンブリから剥がれることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 4】

粒子汚染を低減する前記イオン注入システムであり、  
イオン源と、

抑制電極と接地電極とを電氣的に絶縁するセラミック絶縁体によって隔てられる前記抑制電極および前記接地電極を含み、前記イオン源に近い位置に設けられ前記イオン源からイオンを抽出する抽出電極アセンブリと、

加工物に選択的にイオンを注入するために、一度十分なイオン注入が完了した場合、処理された前記加工物をエンドステーションから外部環境に移動させ、未処理の加工物を前記外部環境から前記エンドステーション内にイオン注入のために移動させるように、前記加工物を前記エンドステーションと前記外部環境との間で交換するように構成された前記エンドステーションと、

前記抽出電極アセンブリの表面の堆積物を除去するため及びその後の汚染を軽減するために、前記加工物の交換中に前記抽出電極アセンブリの前記セラミック絶縁体を通じて電流を誘発するように、前記加工物の交換とほぼ同時に、前記イオン源に近い前記抽出電極アセンブリに印加される電圧の選択的な変調が可能のように構成されたコントローラとを備えることを特徴とするイオン注入システム。

## 【請求項 5】

前記コントローラは、前記イオンの形成を除去するために、前記イオン源に印加される前記電圧を選択的に変調するようにさらに構成されることを特徴とする請求項 4 に記載のイオン注入システム。

## 【誤訳訂正 2】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】イオン注入システムにおける抽出電極アセンブリの電圧変調

【技術分野】

【0001】

本発明は、イオン注入システムの操作の改良に関し、特に、イオン源抽出抑制電極近傍の堆積物を除去し、それにより、イオンビーム線に沿った汚染を抑制するために、非注入期間中の放電を生成するための、イオン源抽出抑制電極の構成における、電極電圧変調のためのシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

イオン注入装置は、イオンビームをウェハへ衝突させることで、シリコンウェハを処理するために使用されます。そのようなビーム処理の 1 つの用途は、集積回路の製造中に半導体材料を生成するために、所定のエネルギーレベルで、かつ制御された濃度で、特定のドーパント材料の不純物を、選択的にウェハを注入することである。

【0003】

典型的なイオン注入装置は、イオン源、イオン抽出装置、質量分析装置、ビーム輸送装置とウェハ処理装置を含む。イオン源は、所望の原子又は分子のドーパント種のイオンを

生成する。これらのイオンは、抽出システム、典型的には、電極のセットから抽出される。抽出システムは、イオンビームを整形しながら、イオン源からのイオンの流れを活性化し、方向付ける。所望のイオンは、質量分析装置のなかで、イオンビームから分離される。典型的には、磁気双極子が、抽出されたビームの質量分散と分離とを行う。ビーム輸送装置は、典型的には、一連の集束装置を含んでおり、イオンビームの所望の特性を維持しながら、イオンビームをウェハ処理装置に輸送する。最後に、半導体ウェハは、ウェハハンドリングシステムを介して、ウェハ処理装置に対して搬入及び搬出される。ウェハハンドリングシステムは、処理されるウェハをイオンビームの前に置き、処理されたウェハをイオン注入装置から除去するために、1つ以上のロボットアームを含んでいる。

#### 【0004】

バッチ式のイオン注入装置が良く知られている。これは、典型的には、複数のシリコンウェハを、イオンビームを通過するように移動させるための回転ディスクサポートを含んでいる。回転ディスクサポートが、イオンビームを通過するようにウェハを回転させている間、イオンビームがウェハ表面を叩く。シリアル式のイオン注入装置も知られている。これは、一度に一枚のウェハを処理する。ウェハは、カセット内に保持され、一度に一枚が引き出され、ウェハサポートに配置される。ウェハは、その後、イオンビームが一枚のウェハを叩くように、注入方向に向けられる。これらのシリアル式のイオン注入装置は、イオンビームの初期の軌道からイオンビームを偏向させるために、ビーム成形電子装置を用いている。また、シリアル式のイオン注入装置は、しばしば、選択的なドーブをするため又はウェハの全表面を処理するために、ウェハサポートの協調した動きと連動して用いられる。ウェハがイオン注入装置を進行している間、ウェハは、特殊な処理チャンバと、ウェハ搬入／搬出ステーションとの間を輸送される。通常、ロボットが、ウェハの処理チャンバに対する搬入／搬出のために用いられる。

#### 【0005】

既存のイオン注入装置で用いられているイオンビームを発生するイオン源は、典型的には、アークイオン源と呼ばれており、ウェハ処理に適したイオンビームに整形されたイオンを生成するために、加熱されたフィラメントカソードを含み得る。スファアラゾ等の米国特許U.S. Pat. No. 5,497,006は、ベースによって支持され、イオン化電子をガス閉じ込めチャンバに噴出するために、ガス閉じ込めチャンバに対して位置決めされたカソードを有するイオン源に関する。米国特許U.S. Pat. No. 5,497,006のカソードは、部分的にガス封じ込めチャンバに延伸するエンドキャップを有する管状の導電体です。フィラメントは、管状の導電体内に支持され、電子衝撃を介してエンドキャップを加熱する電子を放出する。それにより、熱イオンの、ガス閉じ込めチャンバ内にイオン化電子を放出する。

#### 【0006】

例えば米国特許U.S. Pat. No. 6,501,078に開示されているように、抽出電極は、一般的に、イオン源からイオンのビームを抽出するために、イオン源と組み合わせて使用される。そこでは、ガス閉じ込めチャンバ内に形成されたイオンは、イオン源の正面の出射開口部を介して抽出される。イオン源の前面は、イオン源の電位の第一開口ソース電極を形成する。抽出電極は、典型的には、イオン源から出射したイオンビームが、そこを通過することができるように、第一開口ソース電極（時々、抽出電極と呼ばれる）に対して位置合わせされた、開口抑制電極と開口接地電極とを含む。好ましくは、各開口部は細長いスロットの構成を有する。セラミック絶縁体が、典型的には、抑制電極と接地電極との間に、これら2つの電極を電氣的に分離するために設けられる。接地電極は、接地電極とイオン源との間の電界が、接地電極の下流領域に広がることを抑制する。抑制電極は、接地に対して負の電位に電源によってバイアスされ、接地電極の下流のイオンビーム中の電子が、抽出領域及びイオン源に引き込まれることを防止するように作用する。典型的には、抑制及び接地電極は、抽出電極が、イオン源から抽出されてビームのエネルギーに応じて「調整」され得るように、イオンビームの進行方向におけるソースに対して相対的に移動することができるようにマウントされている。電極は、更には、互

いに側面に沿って、ソース20に対して、イオンビームの方向にほぼ垂直に移動可能なようにマウントされている。加えて、機構は、電極の開口部の大きさを変化させることが可能なようにもされている。

【0007】

抽出アセンブリから出射するイオンビーム30のエネルギーは、イオン源に供給される電圧によって決定される。この電圧の典型的な値は、20kVであり、20keVの抽出ビームのエネルギーを提供する。しかしながら、80keV以上又は0.5keV以下の抽出ビームエネルギーも、得られ得る。より高い又はより低いビームエネルギーを得るためには、ソース電圧を、各々に応じて、上昇させる又は下降させる。

【0008】

イオン化ソースガスの存在との組み合わせにおいて、イオン源と、典型的なイオン注入システムの抽出電極システムとに関連付けられる電圧バイアスが、抑制及び接地電極、並びに、それらの間に設けられる絶縁体上の堆積物の形成を導くことが知られている。これらの堆積物は、絶縁体、体積物及び絶縁体のコーティングの分解、特に、体積物及び絶縁体の分離や放出の原因となり、イオン注入システムの動作に有害な影響を及ぼす。それらは、イオンビームと共に、イオン注入システムの他の部分、究極には、イオン注入される加工物に運ばれる汚染微粒子を生成する。

【0009】

電極の近傍に堆積物を除去するための、制御された放出及びそれによるイオン注入システムにおけるウエハ上及びイオンビームラインに沿った汚染の緩和を生じさせる、イオン源抽出電極装置における電極電圧変調のためのシステムを提供することが、この発明の目的である。ある意味では、この発明は、一般的に摘示される米国特許出願公開第20110240889に教示及び開示された概念に基づくものである。この米国特許出願公開の中では、イオン注入システムにおける粒子汚染を低減するために、方法が提供されている。その発明、すなわちイオン注入システムにおいては、イオン源及びイオン源周辺から、十分に下流であって、また、ウエハ処理エンドステーションの近傍にある、減速抑制プレートが提供されている。そこでは、イオンビームを拡大させたり収縮させたりするために、減速抑制プレートに適用される減速（デセル）抑制電圧が調整される。それにより、1つ以上のビームライン部品の表面に存在する、先行して蒸着させた物質より、加工物の引き続く汚染を抑制するために、当該1つ以上のビームライン部品が、イオンビームによって叩かれる。その特許出願人は、制御されたビームの変動を生じさせる電圧変調を通じて、汚染が抑制されることを教示している。そこでは、鋭利な打撃（ピーク ストライク）が、1つ以上の表面に先行して蒸着された物質又は先行して蒸着された物質に強く接着している蒸着物質を除去する。対照的に、本発明は、電極の近傍に堆積物を除去するために、電極間での制御された放電を生じさせるために、電極電圧変調を提供する。それにより、イオン注入システムにおける、イオンビームラインに沿った、ウエハ上の汚染を軽減する。

【発明の概要】

【0010】

以下は、本発明の1つ以上の態様の基本的な理解を提供するために、本発明の簡単な概要を示す。この概要は、本発明の広範な概観ではなく、また、本発明の主要な、或いは重要な要素を確定することや、本発明の射程を線引きすることを意図していない。むしろ、概要の主な目的は、後に示すより詳細な説明の前段として、簡略化した形で、本発明のいくつかの概念を提示することである。本発明の一態様についていえば、イオン注入システムにおける粒子汚染を低減するために提供される方法であり、その方法は、次のステップを含む。すなわち、イオン源、イオン源に近い位置に設けられる抽出電極アセンブリ、加工物へのイオンの選択的な注入のための、エンドステーションに対する加工物の出し入れが可能なように構成されたエンドステーションを含む、イオン注入システムを提供する。イオンビームは、抽出アセンブリと連動して動作するイオン源を介して生成される。そこでは、そこでイオンを生成するために、カソード電圧がイオン源に印加され、抑制電圧が

、イオンビーム中の電子が、イオン源の内部に引き込まれることを防止するために、抽出アセンブリに印加され、加工物が、エンドステーションと外部環境との間で運搬される。その間、抑制電圧が変調され、それにより、抽出電極アセンブリの表面の堆積物を除去するため及びその後の汚染を軽減するために、抽出アセンブリを通じて、電流又はアーク放電を誘発する。

【 0 0 1 1 】

本発明の別の態様によれば、そこでの粒子汚染を低減するイオン注入システムへの改善が提供される。そのイオン注入システムは、イオン源、イオン源に近い位置に設けられる抽出電極アセンブリ、加工物へのイオンの選択的な注入のための、エンドステーションに対する加工物の出し入れが可能ないように構成されたエンドステーションを含む。改善は、一般的に加工物の搬送と同期しての、予め定められた電圧及び予め定められた抑制電圧の間での電圧の選択的な変調が可能ないように構成されたコントローラを含む。それにより、抽出電極アセンブリの表面の堆積物を除去するため及びその後の汚染を軽減するために、抽出アセンブリを通じて、電流又はアーク放電を誘発する。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 2 】

【 図 1 】 図 1 は、従来技術のシステムとしての、例示的なイオン注入システムの水平視を示す。

【 図 2 】 図 2 は、本発明の一態様にかかる、従来技術のイオン源の抽出装置及び電極アセンブリの概略図である。

【 図 3 】 図 3 は、本発明の 1 つ以上の態様が実施される、例示的な高ドーズイオン注入システムの特定の構成要素の単純化したブロック概略図である。

【 図 4 】 図 4 は、本発明の一態様にかかる、電極アセンブリの斜視図である。

【 図 5 】 図 5 は、本発明の例示的な態様による、電極アセンブリの断面図である。

【 図 6 】 図 6 は、本発明の他の態様にかかる、粒子汚染を低減するための例示的な方法のブロック図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 3 】

最初に図 1 に示すように、従来技術のイオン注入システム 100 が示される。それは、従来技術の図 2 のそれと同様の抽出電極システム 200 を利用する。図 1 は、典型的なイオン注入システム 100 を示している。それは、イオンビームに対して、加工物 190（例えば、半導体基板又はウェハ）をスキャンするように動作可能であり、それにより、加工物 190 にイオンを注入する。図 2 は、注入のために、イオン源 20 からイオンビーム 30 を抽出する三極管型抽出電極システム 200 を利用する、従来技術の抽出電極システム 200 の概略図を表す。

【 0 0 1 4 】

従来技術のシステム 100（図 1）は、モジュラーガスボックス 164 と 166 及びガスボックス遠隔パージ制御パネル 168 を含む。ガスボックス 164 と 166 は、特に、ドーパント源材料の 1 つ以上のガスを含み、ボックス 164 と 166 は、ガス（複数可）の、システム 100 内部のイオン源 182 への選択的な配送を容易にする。そこでは、ガス（複数可）が、ウェハ又は加工物 190 への注入にふさわしいイオンを生成するために、イオン化され得る。ガスボックス遠隔制御パネル 168 は、ガス（複数可）又は他の物質の、システム 100 からの、「必要として」又は好ましいものとしての、排気又はパージを容易にする。

【 0 0 1 5 】

高電圧端子配電器 172 と高電圧絶縁変圧器 174 は、イオンを生成するため、エネルギーを電氣的に励起して、ドーパントガス（複数可）に与えるために、特に、含まれている。イオンビーム抽出アセンブリ 176 は、イオン源 182 からイオンを抽出し、図 1 の中に括弧で示されているビームライン領域 178 のなかへ、それらを、加速するために含まれている。ビームライン領域 178 は、質量分析磁石 180 を含んでいる。質量分析磁

石 180 は、不適切な、質量に対する電荷の比を有するイオンを選別又は排除する動作をする。特に、質量分析磁石 180 は、好ましくない質量電化比のイオンが衝突する、湾曲した側壁を有するガイドを含んでいる。それらは、質量分析磁石 180 の磁石（複数可）によって生成された 1 つ以上の磁界によるビームガイドを通じて、伝搬される。

【0016】

コンポーネント 184 が、イオンビームの角度を制御することを支援するために含まれる。これは、特に、走査角度補正レンズを含み得る。加速 / 減速カラム 186 は、イオンビームの中のイオンの速度の制御及び調整及び / 又は集束を容易にする。コンポーネント 188 は、汚染微粒子の除去動作を行う。例えば、最終エネルギーフィルターが、エネルギー汚染イオンが加工物 190 に遭遇することを抑制するために含まれ得る。

【0017】

ウェハ及び / 又は加工物 190 は、加工物に対するイオンの選択的な注入のために、エンドステーションチャンバ 192 に搭載される。メカニカルスキャンドライブ 194 は、イオンビームとの選択的な遭遇を容易にするために、チャンバ 192 内の加工物 190 を操作する。ウェハ又は加工物 190 は、加工物処理システム 196 によって、エンドステーションチャンバ 192 の内部へ又はエンドステーションチャンバ 192 から外部に移動される。それは、例えば 1 つ以上の機械的又はロボットのアーム 197 を含む。典型的な注入作業では、ドーブされていない加工物又はウェハは、加工物を、注入チャンバ又はエンドステーションにおいて、正しい方向に移動させる、チャンバ外部のロボットによって、複数個のカセットの中の 1 つから取り出される。チャンバロボットのロボットアームは、加工物をつかみ、それを注入チャンバ内に運び、それをイオンビームの前の加工物の走査をサポートする、静電クランプ又はチャック支持機構の上に配置する。

【0018】

オペレータコンソール 198 は、オペレータが、システム 100 の 1 つ以上のコンポーネントを選択的に制御することによって、注入プロセスを調整することがでる。最終的に、配電ボックス 199 が、システム 100 の全体に電力を提供するために含まれている。

【0019】

再び従来技術の図 2 に示すように、三極管の抽出アセンブリを利用する、イオン源 20 と抽出電極とが、側断面図として概略的に示されてる。イオン源 20 は、ハウジング 15 に取り付けられたアークチャンバ 20A を備える。プッシング 20B は、イオン源 20 をハウジング 15 の残りから分離するための絶縁体として機能する。アークチャンバ 20A の内部に形成されたイオンは、イオン源 20 の前面 22 における出口開口部 21 を介して、イオン源 20 から抽出される。イオン源 20 の前面 22 は、第 1 開口ソース電極を形成する。それは、イオン源 20 の電圧と同じ電位の電圧でバイアスされる。抽出電極システムが、図 2 に示されるように、開口抑制電極 24 及び開口接地電極 25 によって与えられている。開口電極 24・25 の各々は、単一の導電性板を備え、それは、イオン源 20 から出射するイオンビームが通過可能なように、板を貫通する開口部を有している。好ましくは、各開口部は、図 2 の平面に対して垂直な伸長方向を有する、細長いスロット構造を有する。言い換えれば、図示されるように、正の z 軸を紙に刺さる方向として、スロットは、z 軸に沿って長い寸法を有する。

【0020】

正イオンのビームのために、イオン源 20 は、電圧供給によって、接地に対して正の電位に保たれる。接地電極 25 は、接地電極 25 とイオン源 20 との間の電界が、接地電極 25 の右側の領域（図 2）に侵入することを抑制します。抑制電極 24 は、電圧供給によって、接地に対して負の電位にバイアスされる。負にバイアスされた抑制電極 24 は、接地電極 25（図 2 の右側）の下流のイオンビーム中の電子が、抽出領域及びイオン源 20 に引き込まれることを抑制する。抑制及びグランド電極 24、25 は、矢印 X で示されるイオンビーム 30 の進行方向に、イオン光源 20 に対して相対的に移動可能なように設けられている。この装置は、ビームエネルギーが大きいとき、抽出及び抑制電極 24 との間のギャップが大きくなるように「調整」可能である。電極は、さらには、イオン源 20 に

対して、抑圧 2 4 及び接地電極 2 5 が、相対的に、矢印 y の方向に側面に沿って移動可能なように設けられている。すなわち紙面内であって、イオン源 2 0 に対して、イオンビームの方向に対してほぼ垂直な方向である。また、機構は、図 2 の矢印 y で示される横方向 y に、電極のスリットのサイズが調整することができるよう提供されている。図面を参照すると、図 1 は、イオンビーム注入装置 1 0 の概略図である。この注入装置は、イオンビーム 1 4 を形成するイオンを生成するイオン源 1 2 を含む。イオンビーム 1 4 は、ここでは注入ステーション 2 0 として示されている終了位置へのビーム経路を横断するように、形造られ、また、選択的に偏向される。この注入ステーションは、半導体ウエハ等の加工物が、イオンビーム 1 4 を構成するイオンによる注入のために配置される内部領域を画定する、パキューム又は注入チャンバ 2 2 を含む。

#### 【 0 0 2 1 】

先に述べたように、抽出電極アセンブリ（例えば、図 2）は、典型的には、抽出電極 2 2、開口抑制電極 2 4 及び開口接地電極 2 5 を含む。抑制電極 2 4 は、接地に対して負の電位に、電圧供給装置によって、バイアスされ得る。負にバイアスされた抑制電極は、接地電極 2 5 の下流のイオンビーム中の電子が、抽出領域内及びイオン源 2 0 内に引き込まれることを抑制するように動作する。

#### 【 0 0 2 2 】

一般的に、抽出アセンブリの抑制及び接地電極は、ビーム方向に移動可能となるように設けられている。それにより、イオン源の抽出電極と抑制電極との間のギャップが、このギャップが増加又は減少のいずれかに調整することが可能となっている。抑制及び接地電極の間のギャップも、同様に、正及び負の y 方向に調整することができる。このように、抽出アセンブリを構成する電極は、その間のギャップの大きさを、選択的に、増加又は減少するように「調整」することができる。そこでは、例えば、望まれるビームエネルギーがより大きくなるにつれ、電極アセンブリ内に、より大きなギャップが設定され得る。

#### 【 0 0 2 3 】

次に図 3 を参照すると、図面は、簡略化された概略ブロック図の形式において、本発明の複数の態様が実施される、典型的な高ドーズイオン注入システム 3 0 0 を示している。システム 3 0 0 は、例えば、0 . 5 から 6 0 k e V の範囲内のイオンビーム 3 3 2 を生成するために示されている。システム 3 0 0 は、イオン源 3 0 2、ビームラインアセンブリ 3 0 5 及びエンドステーション 3 0 6 を含む。示されている例では、イオン源 3 0 2 は、プラズマ発生コンポーネント 3 0 8、カソード 3 1 0、フィラメント 3 1 3、アノード 3 1 2、リペラ 3 1 4、ガス供給源 3 1 6、ソースマグネットコンポーネント 3 1 8 と 3 2 0 及びイオン抽出電極アセンブリ 3 2 2 を備える。ドーパントガスは、例えば、導管 3 3 4 を通じて、ガス源 3 1 6 からチャンバ 3 0 4 に供給され得る。また、他のフィラメント電源 3 2 4 及びカソード電圧源 3 2 6 は、それぞれ、動作可能なように、フィラメント 3 1 3 とカソード 3 1 0 と結合されている。また、他の電力源 3 2 8 は、示される例では、ソースマグネットコンポーネント 3 1 8、3 2 0 に接続されている。

#### 【 0 0 2 4 】

動作時において、ガス供給源 3 1 6 は、イオンが生成されるイオン源 3 0 2 の領域 3 3 0 に（例えば、導管 3 3 4 を通じて）、1 つ以上の前駆体ガスを提供する。カソード 3 1 0 は、一例では、フィラメント 3 1 3（例えば、タングステン又はタングステン合金から形成された棒）を含む。このフィラメントは、フィラメント電源 3 2 4 によって加熱（例えば、約 2 5 0 0 度ケルビンまで）され、それにより、その中の電子を励起し、ドーパントガス分子に衝突させる。次に、カソード電圧源 3 2 6 は、カソード 3 1 0 に追加のエネルギーを提供することができる（例えば、カソード 3 1 0 を、約 2 5 0 0 ケルビンまで加熱するため）。これにより、電子を、カソード 3 1 0 からガスが配置された領域 3 3 0 内に飛び込ませる。アノード 3 1 2 は、電子を領域 3 3 0 の中に引き込むことを手助けし、例えば、イオン源 3 0 2 の側壁を含み得る。さらに、電源（図示せず）もまた、追加の電子が領域 3 3 0 に引き込まれるのを容易にするために、バイアスが、カソード 3 1 0 とアノード 3 1 2 との間に設定されるように、アノード 3 1 2 に結合され得る。

## 【 0 0 2 5 】

リペラ 3 1 4 はまた、電子を領域 3 3 0 内の維持することを手助けし得る。特に、ミラー電極リペラ 3 1 4 に付与されたバイアスが、カソード 3 1 0 からバック領域 3 3 0 に放出された電子を領域 3 3 0 に押し戻すことに役立つ。同様に、ソース磁石 3 1 8 及び 3 2 0 によってイオン源 3 0 2 内に誘起される磁界は、電子を、領域 3 3 0 の内部及びソース 3 0 2 の側壁から離れた位置に維持することに役立つ。図示の例では、ソース磁石の二つのソース磁石部品 3 1 8 と 3 2 0 とが示されている。これらは、例えば、電磁石の巻線及び / 又はヨークの断面図において示され得る。領域 3 3 0 内を移動する電子は、イオンを作成するために、領域 3 3 0 内の気体分子と衝突する。特に、気体分子と十分な力で衝突した電子は、1 つ以上の電子が、分子から除去される原因となり、その結果、正に帯電した気体状イオンを生成する。ソース磁石部品 3 1 8 と 3 2 0 とによって印加される磁界は、電子の経路長を増加させ、領域 3 3 0 内でのイオン及び電子の両者のプラズマを維持することに助けるため、y 方向 3 3 5 において、カソード 3 1 0 に対して垂直であることが好ましい。

## 【 0 0 2 6 】

本発明は、また、負に帯電したイオンを利用することができるアプリケーションを備えることを検討すること、又は、備えていることが好ましい。加えて、ビーム電流密度や強度は、イオン源 3 0 2 内で生成されるイオンの数に関連付けられることも好ましい。このように、本発明の一つ以上の態様によると、イオン源 3 0 2 の何れか 1 つ以上の構成要素は、ビーム電流を調整するために、選択的に調節される。ただ例示の目的であって限定を意図しないが、ソース磁石部品 3 1 8 と 3 2 0 とによって設定される磁場は、ソース 3 0 2 内で発生したイオンの数を増させたり、減少させたりし、それに伴って、ビーム電流を増減させるために、電源 3 2 8 を制御することによって代わられ得る。

## 【 0 0 2 7 】

本発明は、さらに上述のアーク放電源とは異なる種類のイオン源に適用する意図があり適用できると理解される。例えば、イオン源は、イオンを生成するための高周波 ( R F ) 励起手段を含み得る。このようなイオン源は、U . S . Pat . No . 5 , 6 6 1 , 3 0 8 に開示されており、参照によって本願に組み込まれる。他の例には、イオンを生成するための電子ビーム注入による励起手段を含み得るイオン源がある。これは「ソフトイオン化」タイプのイオン源として参照されることがある。このようなイオン源の例として、U . S . Pat . No . 6 , 4 5 2 , 3 3 8 がある。そのすべてが、参照によって本願に組み込まれる。本発明を適用できるイオン源の他の例には、複数のイオンを生成するためのマイクロ波励起手段を含むイオン源がある。

## 【 0 0 2 8 】

イオンビーム 3 3 2 ( 例えば一点鎖線として明瞭に図示されているもの ) は、おおむねイオン源 3 0 2 に対して負にバイアスされた ( 陽イオンを引きつける ) 抽出電極 3 3 6 によってイオン源 3 0 2 から抽出される。抑制電極 3 3 8 は、それがおおむね正にバイアスされることにより、イオン源 3 0 2 へ引きつけられる電子の抑制をもたらす機能を果たす。さらに、X 正方向 3 3 3 において、ビーム 3 3 2 は、接地電極 3 4 0 に行き当たる。1 つ又は複数の実施形態では、固定された抽出電極 3 3 6 と移動可能な抑制電極 3 3 8 と接地電極 3 4 0 との間のギャップ 3 4 2 は、調整可能である。

## 【 0 0 2 9 】

この実施形態では、例えば、ギャップ ( g ) 3 4 2 のサイズは、より高エネルギーのビームを得るべく大きくされ得る、又は、より低エネルギーのビームを得るべく小さくされ得る。そして、抽出電極 3 3 6 と抑制電極 3 3 8 との間のギャップ 3 4 2 を調整することにより、電場は、アーク放電を回避する及び / 又は減らすように調整され得る。つまり、イオン注入システム 3 0 0 は、典型的により広いエネルギー範囲 ( 例えば 0 . 5 から 8 0 k e V ) において実現され得るものよりも、高いビーム電流において動作できる。対照的に、より低いビームエネルギーにおいては、空間電荷の反発作用を、ギャップ 3 4 2 を減らすことによって減らせる。さらに、ギャップ 3 4 2 を調整することにより、イオンビ



ーム 332 を、より強く焦点に集めるとともに制御できる。

【0030】

抽出電極 336 は、抽出開口 344 が形成された一枚のプレートを備え得る。抽出開口 344 は、イオン源出口開口 346 に向かい合っており並んでいる。抽出電極 336 は、上述の抽出ギャップ (g) 342 として参照される間隙により、抑制電極 338 に対して調整可能に離間している。抑制電極 338 には、可変の抑制開口 348 が設けられている。抑制電極 338 及び接地電極 340 は、可変の抑制開口 348 及び接地開口 350 を調整するために、それぞれ、さらに、2 つ又はそれ以上の分割プレート (非図示) を備え得る。それぞれ、可変開口電極 (V A E ; variable aperture electrode) として当業者に知られている。可変の接地開口 350 が形成された接地電極 340 は、抑制電極 338 の異なる側に位置している (図示されているとおり) とともに、例えば、抑制電極 338 に対して固定的に離間され得る。

【0031】

開口 348 及び 350 が、Y 方向 335 において抽出開口 344 に対して一直線にそろえられるように、抑制電極 338 及び接地電極 340 の双方は、調整され得る。他に、抽出開口 344 及び抑制開口 348 は、設定中において一直線にそろえられることもある。しかし、メカニズムは、Y 軸方向 335 における、すべての開口に対するアクティブ制御として用いられ得ると、当業者には理解されるべきである。

【0032】

抽出電極 336、抑制電極 338、及び接地電極 340 は、互いに電氣的に絶縁されている。そして、それぞれは、それぞれ別個の電圧源 352・354・356 に接続されている。電圧源 352・354・356 及びコントローラ 358 のそれぞれは、中央処理装置 360 に接続されている。中央処理装置 360 は、電極 336・338・340、イオン源アークチャンバ 304、及びギャップ 342 のそれぞれの電位を制御するための制御信号を生成する。そして、測定されたイオンエネルギーは、イオン生成におけるパラメータを制御するためのフィードバックループに用いられ得る。イオン生成のパラメータは、例えば、ギャップ 342、開口幅 / 寸法調節、開口配置、電極 (336・338・340) に与えられる電位等である。例えば、中央処理装置 360 は、測定されたエネルギーに依存するイオンビーム抽出パラメータを制御するための制御信号を生成できる。

【0033】

そして、イオンビーム 332 は、ビームラインアセンブリ 305 及び付随している分析磁石 364 に入射する。質量分析磁石 364 は、約 90° の角度に形成され得る。そして、その中に磁場が生成される。イオンビーム 332 が電磁石 364 に入射するときに、質量に対する電荷の比が不適切なイオンを排除するようにイオンビーム 332 は、その磁場によって相応に曲げられる。また特に、質量に対する電荷の比が大きすぎる又は小さすぎるイオンは、371 に示されるように磁石 364 の側壁 370 へそらされる。このように、磁石 364 は、完全に磁石 364 を通りこえるために望ましい質量に対する電荷の比を有するイオンのみを、ビーム 332 に残すことができる。

【0034】

制御電子機器又はコントローラ 358 は、他の特性によって磁場の強さ及び方向を調節できる。磁場は、例えば、磁石 364 の界磁巻線を通る電流の量を調整することによって制御され得る。コントローラ 358 は、(例えば、オペレータによって、前もって及び / 又はすぐに得られたデータによって、及び / 又はプログラムによって) システム 300 のすべてを制御するための、プログラム可能なマイクロコントローラ、プロセッサ、及び / 又は他の種類のコンピューティングメカニズム、を含み得ると理解される。

【0035】

ビームラインアセンブリ 305 は、例えば、イオンビーム 332 を収束する、曲げる、及び / 又は除染するだけでなく、イオンを加速及び / 又は減速するために、構成された又はバイアスされた複数の電極 366 を備える加速器 / 減速器 374 を含んでもよい。電極 366 は、後述する手法により、ビーム 332 を曲げるとともにビーム 332 から混入

した粒子を分離することによってビーム 332 を除染する。

【0036】

さらに、イオンビームと他の粒子との衝突はイオンビームの完全性を低下させ、イオン源 302 からエンドステーション 306 までの全ビームラインアセンブリ 305 を、1つ以上のポンプ（図示しない）によって空にされることが理解される。加速器/減速機 307 の下流には、ビームラインアセンブリ 305 から質量分析されたイオンビーム 332 を受けるエンドステーション 306 が設けられている。エンドステーション 306 はスキャニングシステム 376 を含んでおり、スキャニングシステム 376 は、支持と、加工物 382 が選択的に移動するように取り付けられたエンドエフェクター 378 と、を備えている。エンドエフェクター 378 と加工物 382 とは、イオンビーム 332 のマイナス y 方向に対して概ね垂直な面（すなわち、x-z 平面）であるターゲット面に存在する。

【0037】

ビーム電流は、システム 300 の多くの構成要素によって影響を受けることが理解される。例えば、抽出電極 336、抑制電極 338、接地電極 340、および電極 366 の各バイアスが、ビーム電流に影響を及ぼし得る。したがって、ビーム電流は、選択的に制御する 1つ以上の抽出電源 352 および抑制電源 354 のそれぞれによって調整される。浮動グランド電源 356、電源 328、電源 324、および電源 326 は、様々な構成要素に加えられる各電圧を制御する。ここでは、連結した抽出電極 336 と抑制電極 338 のセットについて説明するが、本発明では、分離した抽出電極 336 と抑制電極 338 とが、これらの電極に加えられる各電圧を変えるために独立して変化し得る各電源を備えていてもよい。また、通常、接地電極 340 は、他の電極 336・338 とは異なる電圧に調整され、接地電位と同じか、または異なる電圧に調整される。

【0038】

前記電源は、例えば、イオン注入の間、利用されるビーム電流のスキャンの終わりを示す測定系 372（すなわち、測定系はファラデーカップ 384 を含む）からの測定値を取り込む他のコントローラによって制御される。同様に、コントローラ 358 は、イオンビーム 332 が受けるアクティブプラズマの量を選択的に規制することによってビーム電流を調整するように、ビーム中和システム 362 と連結して動作可能であってもよい。アクティブプラズマ中和は、典型的には、高エネルギーでの効果的なビーム輸送を要求されないため、プラズマソースを介してビーム電流を調整することは、低エネルギー（すなわち、約 3 keV 未満）においては、より効果的である。コントローラ 358 は、上述したように注入波形の生成を助け、また、イオンビーム電流への選択的な適合の促進においてこのような波形を利用する。

【0039】

今発明の少なくとも一つ以上の発明の実施形態に係れば、図 4 および 5 を参照すると、抽出電極プレートアセンブリはそれぞれ透視図、および断面図で描かれている。同種のようなギャップを有する電極 (VGE) は U.S. Pat. No. 7,915,597 で一般に開示されており、全体が参照として組み込まれている。図 3 によれば、抽出電極アセンブリ 900 は二つの整合黒鉛ディスクアセンブリ 902 および 904 を備える。整合黒鉛ディスクアセンブリ 902 および 904 はそれぞれ、前述する抑制電極と接地電極を構成する。ディスクアセンブリ 902 および 904 はそれぞれ、あらかじめ決められたビーム光路 x に垂直になるように、水平に組み立てられ整列し、それらはイオン源 302 から出てくるイオンがその間を通過する延長ギャップ 906 を定めるように、間隔をあけられている。抽出電極アセンブリはあらかじめ決められたビーム光路 x に沿って、精密に整列され得る。

【0040】

抑制ディスクアセンブリ 902 は抑制電極プレートディスク片 908 および 910 と、抑制プレート交換可能エッジ挿入部 911 および 913 と、を備える。同じく、接地ディスク片アセンブリ 904 はプレートディスク片 912 および 914 と、接地版ディスク片交換可能エッジ挿入部 915 および 916 と、を備える。ディスク片交換可能エッジ挿入部 911、913、915 および 916 はそれぞれ、ディスク片 908、910、912

および 914 に固定され、共に電極ギャップ 906 を定めている。挿入部 911、913、915 および 916 は加速しているイオンの衝撃によって引き起こされる電位的損傷を受けても交換可能であり、これにより構成機器の交換のコストが削減される。加えて、ディスク片 908、910、912 および 914 は必要に応じて交換できる。抑制電極プレートディスク片 908 は、例えば、ディスク片 908 と 912 の間に定められた、その間に絶縁体を形成するように平行につながっている、セラミックスパーサーや抑制絶縁体 918 と連結したばね式段付きねじによって、接地電極プレートディスク片 912 との繋がりを隔てるように固定されている。同様に、抑制電極プレートディスク片 910 は、セラミックスパーサーや抑制絶縁体 918 とともに、接地電極プレートディスク片 914 と繋がりを隔てるように固定されている。

#### 【0041】

プレートディスク片 908 および 912 によって形成される アセンブリ は、支持脚 アセンブリ 802 に接続され、支えられている。接続は、例えば、アセンブリ 802 および 912 をねじで貫く接続によってなされる。同様に、アセンブリ 910 および 914 は、脚 804 によって支持され、脚 804 は接地電極プレートディスク 914 に接続される。二つの支持脚 アセンブリ 802 および 804 の動きは、プレートディスク片 908 および 912 と、アセンブリ 910 および 914 を動かすだろう。このように、ギャップ 906 と孔は調整できる。支持脚 アセンブリ 802 および 804 は、プレートに取り付けられた支持フランジ 810 の溝開口部 806 および 808 を通って伸びている。支持脚 アセンブリ 802 および 804 および開口部の空間は、フレキシブルリボンベロー 922 および 924 に覆われている。

#### 【0042】

図 5 に描かれるように、今発明の方法 200 はイオン注入システム（動作 205）を規定することで開始する。このイオン注入システムは、図 1 のイオン注入システムのように、イオンビームを用いて少なくとも一つ以上の製品にイオンを注入することを設定されている。図 1 のイオン注入システムは一つの例であるが、同種や異種の構成要素を持つ様々な他のイオン注入システムは、今回記述されているような方法の注入を提供していて、そのようなイオン注入システムは全て、今発明の範囲内に落ち着くと熟考される。イオン注入システム（動作 205）は、例えば少なくとも、イオン源と、イオン源に付随する抽出電極装置と、イオンの注入の間に製品を支持すると考えられるエンドステーションと、抽出電極装置に供給される電圧と電位を発生するタイミングを調節するコントロールシステムと、を備える。

#### 【0043】

一つの例と同様に、イオンビームがイオン源から形成される（動作 210）。さらに抑制電圧は抑制プレートに供給され、通常イオンビームを形成するためのイオン源から引き抜かれたイオンから、電子が選択的に引きはがされる。そのため、イオン源と抽出電極 アセンブリ の下流に配置された製品は、例えば、それによって形成されたイオンビームからイオンを注入される。一度 十分な 注入が完了すれば、製品はエンドステーションから外部環境へ移動され（動作 215）、別の製品を、イオン注入のために、外部環境からエンドステーションに移動させることができる。

#### 【0044】

発明と同様にして、イオン源に電圧が供給され、抑制電極が調節される（動作 220）。これは一般的に、動作 215 におけるエンドステーションの内部または外部への製品の移動と同時に発生する。好ましい実施形態として、抽出電極と抑制電極に、接地電位にドリフトする浮遊電位を実現させるために、イオン源の抽出電極と抽出電極 アセンブリ の抑制電極に付随する高電圧スイッチが開かれる。エンドステーションで支持されるウェハからウェハが移動させられるとき、この初めの工程は、注入サイクルの終わりとは一致するように発生のタイミングがとられる。これはイオン源からのイオンの抽出の停止にも影響を及ぼす。その後、それぞれフィラメント 313 とカソード 310 で効果的に連結されている、フィラメント電源 324 とカソード電圧源 326 を経るように、イオン源のカソード

に供給される電源は、例えば、イオン源制限チャンバのプラズマの形成を除去するための、アーク電流 / カソード電圧コントロール論理開回路を設定することで、除去される。よって、今回の例では、製品が移動している間にイオンビームを消去できる利点がある。そしてその後は、好ましくは、少なくとも 50 ms の誘導遅延の後、15 kV 程度の高電圧を抑制電極に供給するために、抑制電極と接地電極を絶縁する絶縁体を通して、定められた時間だけ（好ましくは 2 秒程度）電流を発生し、もしくはそれらを横切るアーク放電を引き起こす、抑制電極と結合する高電圧スイッチが閉じられる。この誘導電流かつ / もしくはアーク放電が、電極周囲の抽出電極アセンブリから剥がれる堆積物を除去し、イオンビームラインの周囲とイオン注入システムのウェハの汚染を低減することが知られている。

#### 【0045】

動作 220 を構成する上述したステップは、典型的には、上述したようにコントローラ 358 と中央処理装置 360 などによって、ソフトウェアおよび / またはファームウェアを介してコントローラおよび / またはコンピュータによって実行される。これらの処理ステップは、注入のための加工物の支持の上に未処理のウェハを配置するために処理したウェハをエンドステーションの外に移動させる間、割り当てられた回数ほど繰り返され得る。本発明において、抑制電極の電圧の調整は、加工物の移動の間、1 サイクルまたは複数サイクル繰り返される。このようにして、動作 220 は、エンドステーションと外部との間で加工物が移動する期間（すなわち、動作 215 で加工物を交換する間）に、繰り返し起こり、その結果、本発明の電圧調整によってイオンビームを介して加工物への運搬から放出される粒子による加工物の汚染の可能性を和らげる。

#### 【0046】

動作 220 において抑制電極の電圧を調整することによって、一般的に、予め抽出電極アセンブリと結び付いた 1 以上の表面に堆積された（すなわち、スパッタされた）材料は、後述するように、加工物を汚染することなく表面から放出される。本発明は、予め堆積された材料が、後のイオン注入の間、加工物に有害な影響を与える可能性を和らげる。

#### 【0047】

本発明について、ある好ましい実施例に関して示し、説明したが、本明細書および添付図面の解釈および理解の下で、他の技術への等価な変更や改良が生じ得ることは、当業者にとって明らかである。特に、上述した構成要素（アセンブリ、装置、回路など）が実行する様々な機能に関して、上記のような構成要素を説明するために用いた文言（「手段」の言及を含む）は、他の記載が無い限り、本発明の模範的な実施例に記載された機能を実行する構造と構造上同等でない場合であっても、記載された構成要素の特定の機能を有する（すなわち、機能的に同等な）どの構成要素にも対応するものと意図している。さらに、いくつかの実施例の中のひとつに関して、本発明の特別な特徴を開示したが、このような特徴は、1 つまたは 2 つ以上の好ましい他の実施例の他の特徴と、または、任意の出願または特定の出願の利点と、組み合わせることができる。上述した本発明の好ましい実施例の記載から、当業者は、これらの改良、変更、および改善に気付くことができる。当業者によるこれらの改良、変更、および改善は、添付する特許請求の範囲に含まれる。