

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7068412号

(P7068412)

(45)発行日 令和4年5月16日(2022.5.16)

(24)登録日 令和4年5月6日(2022.5.6)

(51)国際特許分類	F I
H 0 1 J 37/317(2006.01)	H 0 1 J 37/317 Z
H 0 1 J 49/48 (2006.01)	H 0 1 J 49/48

請求項の数 10 外国語出願 (全15頁)

(21)出願番号	特願2020-166447(P2020-166447)	(73)特許権者	500239188
(22)出願日	令和2年9月30日(2020.9.30)		ヴァリアン セミコンダクター イクイッ
(62)分割の表示	特願2017-563593(P2017-563593)		ブメント アソシエイツ インコーポレイ
)の分割		テッド
原出願日	平成28年6月2日(2016.6.2)		アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 0
(65)公開番号	特開2021-9842(P2021-9842A)		1 9 3 0 グローチェスター ドリー ロ
(43)公開日	令和3年1月28日(2021.1.28)		ード 3 5
審査請求日	令和2年10月12日(2020.10.12)	(74)代理人	100147485
(31)優先権主張番号	62/174,906		弁理士 杉村 憲司
(32)優先日	平成27年6月12日(2015.6.12)	(74)代理人	230118913
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		弁理士 杉村 光嗣
(31)優先権主張番号	14/820,747	(74)代理人	100134577
(32)優先日	平成27年8月7日(2015.8.7)		弁理士 石川 雅章
(33)優先権主張国・地域又は機関		(72)発明者	ケビン アングリン
	最終頁に続く		アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 0
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 イオン注入システム及びその場 (i n s i t u) プラズマクリーニング方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

イオンビームを作るように構成されたイオン源と、
 ビームラインコンポーネントと、
 前記ビームラインコンポーネントにガスを供給するように構成されたガス源と、を備え、
 前記ガス源は、堆積物と前記ガスとの反応を介して、前記ビームラインコンポーネントの
 表面に存在する前記堆積物をエッチングするように構成される、
 前記ガス源は、前記イオンビームを介して前記ビームラインコンポーネントへのイオン照
 射中に前記ビームラインコンポーネントに前記ガスを供給するように構成され、前記イオ
 ン照射は、前記ビームラインコンポーネントの前記表面の加熱を引き起こし、該ビームラ
 インコンポーネントの前記表面に存在する前記堆積物の化学エッチング速度を促進する、
 イオン注入システム。

【請求項2】

前記ガス源がエッチャントガスを含む、請求項1記載のイオン注入システム。

【請求項3】

前記ビームラインコンポーネントは、静電フィルタ(EF)である、請求項1記載のイオン
 注入システム。

【請求項4】

前記ガス源は、前記ビームラインコンポーネントのチャンバ部分に前記ガスを供給するよ
 うに構成される、請求項1記載のイオン注入システム。

【請求項 5】

前記ガスが、H、He、N、O、F、Ne、Cl、Ar、Kr、およびXe、またはこれらの組み合わせを含む原子種または分子種を含む、請求項 1 記載のイオン注入システム。

【請求項 6】

前記ガスは、NF₃、O₂、ArとF₂の混合物、またはそれらの組み合わせを含む、請求項 1 記載のイオン注入システム。

【請求項 7】

前記ビームラインコンポーネントに関連付けられたチャンバをさらに備え、前記チャンバが 1 つまたは複数の電極を備え、前記チャンバが前記ガス源に結合され、前記 1 つまたは複数の電極に前記ガスを供給するように構成される、請求項 1 記載のイオン注入システム。

10

【請求項 8】

イオン注入システムのビームラインコンポーネント上の堆積物を除去するための方法であって、前記方法は、

イオンビームを介して前記ビームラインコンポーネントのイオン照射中に前記ビームラインコンポーネントに関連付けられた 1 つまたは複数の領域にガスを供給するステップを有し、

前記イオン照射が前記ビームラインコンポーネントの表面を加熱して、前記ガスと前記ビームラインコンポーネントの前記表面上の堆積物との化学反応を促進する、方法。

【請求項 9】

前記ガスを供給するステップは、前記ビームラインコンポーネントのチャンバ部分に前記ガスを供給するステップを有し、前記チャンバ部分は、前記ビームラインコンポーネントの少なくとも 1 つの電極を備える、請求項 8 記載の方法。

20

【請求項 10】

前記ガスが、H、He、N、O、F、Ne、Cl、Ar、Kr、およびXe、またはこれらの組み合わせを含む原子種または分子種を含む、請求項 8 記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【関連出願の相互参照】

【0001】

本願は 2015 年 6 月 12 日に出願された米国仮特許出願第 62 / 174,906 号の通常特許出願に基づいて優先権を主張し、その全内容が参照することにより本明細書に組み込まれる。

30

【技術分野】

【0002】

本発明は一般的に電子装置を製造する技術に関し、より詳しくは、プロセスチャンバ内の、性能を向上し、コンポーネントの耐用年限を延ばすための技術に関する。

【背景技術】

【0003】

イオン注入は、照射によりドーパント又は不純物を基板に導入するプロセスである。半導体製造において、ドーパントは、電気的、光学的又は機械的特性を変えるために、導入される。例えば、ドーパントは、基板の導電性のタイプ及びレベルを変えるために、真性半導体基板に導入することができる。集積回路 (IC) の製造において、正確なドーピングプロファイルは、向上した IC 性能を提供する。所望のドーピングプロファイルを達成するために、1 つ以上のドーパントは、様々なドーズで、及び、様々なエネルギーレベルで、イオンの形状で注入することができる。

40

【0004】

イオン注入システムは、イオン源及び一連のビームラインコンポーネントを備えることができる。イオン源は、所望のイオンが生成されるチャンバを備えることができる。イオン源は、また、チャンバの近くに配置される電力源及び引き出し電極アセンブリも備えることができる。ビームラインコンポーネントは、例えば、質量分析器、第 1 の加速又は減速ステージ、コリメータ、及び、第 2 の加速又は減速ステージを含むことができる。光ビ

50

ームを操作する一連の光学レンズによく似て、ビームラインコンポーネントは、所望の種類、形状、エネルギー及び他の属性を有するイオン又はイオンビームをフィルタし、集束し、及び、操作することができる。イオンビームは、ビームラインコンポーネントを通過し、プラテン又はクランプの上に搭載された基板の方へ向けることができる。基板は、ropl atとして呼ばれることもある装置により、1以上の次元(例えば、平行移動させる、回転させる及び傾ける)で、動かすことができる。

【0005】

イオン注入機システムは、様々な異なるイオン種及び引き出し電圧に対して、安定した、きちんと定められたイオンビームを生成する。ソースガス(AsH₃, PH₃, BF₃,及び他の種など)を用いる数時間の動作の後、ビーム構成物質は、ビーム光学系の上に堆積物を最終的に創生する。ウエハーの視線内のビーム光学系は、また、Si及びフォトレジスト化合物を含むウエハーからの残留物で覆われる。これらの残留物は、ビームラインコンポーネントの上に増大し、(例えば、電氣的にバイアスされたコンポーネントの場合に、)動作中、DC電位にスパイクを引き起こす。最終的に、残留物は、はがれ落ち、ウエハーの上に微粒子の汚染の可能性が高いことを引き起こす。

10

【0006】

材料の蓄積の効果を防ぐための1つの方法は、イオン注入システムのビームラインコンポーネントを断続的に交換することである。あるいは、ビームラインコンポーネントを、手作業で、きれいにすることができる。けれども、手作業のクリーニングは、イオン源の電源を切り、システム内の真空を解除することを伴う。ビームラインコンポーネントの交換又はクリーニングの後に、システムは、次いで、動作条件に達するために、排気され、電源が投入される。したがって、これらのメンテナンスプロセスは、非常に時間がかかり得る。さらに、ビームラインコンポーネントは、メンテナンスプロセス中、用いられない。そのようなものとして、頻繁なメンテナンスプロセスにより、IC製造に利用できる時間を低減し得て、したがって、全体の製造コストを増大する。

20

【発明の概要】

【0007】

前述に鑑みて、本明細書において、イオン注入システムコンポーネント(例えば、イオンビーム光学系)のその場(in situ)プラズマクリーニングのためのシステム及び方法が提供され、その場(in situ)プラズマクリーニングは、通風し、及び/又は、前記イオンビーム光学系を手動で洗浄する、必要性を避けて、短時間に実施することができる。さらに、本明細書において、イオンビーム光学系のその場(in situ)プラズマクリーニングのためのシステム及び方法が提供され、プラズマは、洗浄される、まさに、それらのコンポーネントの周りの領域に局所的に生成され、したがって、他のコンポーネントに対する意図的でないエッチングを低減する。

30

【0008】

本発明による例示的イオン注入システムは、該イオン注入システムのチャンバ内のコンポーネントと、該コンポーネントと連通する電源とを含んでもよい。該電源は、洗浄モード中、前記コンポーネントへ電圧及び電流を供給するように構成されてもよく、前記電圧及び前記電流が前記コンポーネントの導電ビーム光学系に印加され、該導電ビーム光学系の周りにプラズマを生成する。前記イオン注入システムは、前記導電ビーム光学系のエッチングを可能にするために、前記コンポーネントへ供給されるエッチャントガスを、さらに、含んでもよい。

40

【0009】

本発明による例示的システムは、プラズマの生成のためのチャンバを含み、イオンビームラインに沿って配置された複数の導電ビーム光学系を含むエネルギー純化モジュール(EPM)を含んでもよい。前記システムは、該EPMと連通する電源であって、該電源は、処理

モード中、前記複数の導電ビーム光学系へ第1の電圧及び第1の電流を供給するように構成され、洗浄モード中、前記複数の導電ビーム光学系へ第2の電圧及び第2の電圧及び第

50

2の電流を供給するように構成され、前記第2の電圧及び前記第2の電流が1つ以上の前記複数の導電ビーム光学系に供給され、前記1つ以上の前記複数の導電ビーム光学系の周りにプラズマを生成する、電源を、さらに、含んでもよい。前記システムは、前記1つ以上の前記複数の導電ビーム光学系のエッチングを可能にするために、前記EPMへ供給されるエッチャントガスと、前記EPMへ供給される前記エッチャントガスの注入速度を調整するための流れコントローラと、を、さらに、含んでもよい。前記システムは、前記EPMの周りの環境の圧力を調整するためのポンプを、さらに、含んでもよい。

【0010】

本発明による例示的方法は、プロセスチャンバのコンポーネントを提供するステップであって、前記プロセスチャンバはプラズマを生成するためである、ステップを含んでもよい。前記方法は、処理モード中、第1の電圧及び第1の電流を前記コンポーネントへ供給するステップと、洗浄モード中、第2の電圧及び第2の電流を前記コンポーネントへ供給するステップであって、前記第2の電圧及び前記第2の電流は、前記コンポーネントの導電ビーム光学系へ印加され、前記導電ビーム光学系の周りにプラズマを生成するステップと、をさらに、含んでもよい。

10

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の実施形態によるイオン注入システムを例示する概略図である。

【図2】図2Aは、本発明の実施形態による図1に示すイオン注入システムのコンポーネントを例示する半透明等角図である。図2Bは、本発明の実施形態による図1に示すイオン注入システムのコンポーネントを例示する半透明等角図である。

20

【図3】本発明の実施形態による処理モードの図2に示すイオン注入システムのコンポーネントを例示する側断面図である。

【図4】本発明の実施形態による洗浄モードの図2に示すイオン注入システムのコンポーネントを例示する側断面図である。

【図5】図5Aは、本発明の実施形態による図2に示すコンポーネントのイオンビーム光学系の回りのプラズマの生成の例示である。図5Bは、本発明の実施形態による図2に示すイオン注入システムのコンポーネントの回りのプラズマの生成の例示である。

【図6A】本発明の実施形態による図2に示すイオン注入システムのコンポーネントのイオンビーム光学系の回りのプラズマの生成の例示である。

30

【図6B】本発明の実施形態による図2に示すイオン注入システムのコンポーネントの回りのプラズマの生成の例示である。

【図7】本発明の実施形態による図2に示すイオン注入システムの電極グリッドの断面図である。

【図8】本発明の実施形態による例示的方法を例示するフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0012】

図面は必ずしも縮尺比に従っているとは限らない。図面は単に表現であり、本発明の特定のパラメータを描くことを意図していない。図面は、本発明の例示の実施形態を描写することを意図しており、従って、本発明の範囲を限定するものとして考慮されない。図面において、同様の番号は同様の要素を表す。

40

【0013】

本発明によるシステム及び方法を、システム及び方法の実施形態を示す添付図面を参照して本明細書の以下に、もっと十分に説明する。システム及び方法は、多くの異なった形態に具体化することが可能であり、本明細書に示す実施形態に限定されるものと解釈すべきではない。むしろ、これらの実施形態は、本発明を完全かつ完璧に、当業者に対してシステムと方法の範囲を十分に伝えられるように提供される。

【0014】

利便性及び明確性のために、「頂部」、「底部」、「上部」、「下部」、「垂直な」、「水平な」、「側部の」及び「長手方向の」などの用語が本明細書において用いられ、こ

50

これらのコンポーネント及びそれらの構成部品の各々の図に示す半導体製造装置のコンポーネントの形状及び方向付けに対する相対的な配置及び方向付けが説明される。用語は、特別に挙げた語、その派生語及び類似の意味の語を含む。

【0015】

本明細書で用いられるように、単数で挙げられ、語「a」又は「an」に続く要素又は動作は、そのような除外が明示的に挙げられるまで、複数の要素又は動作を除外するものではないとして、理解される。さらに、本発明の「一実施形態」への言及は、列挙した特徴も含む追加の実施形態の存在を除外するとして、解釈することを意図するものではない。

【0016】

上述のように、本明細書において提供するものは、イオン注入システムのコンポーネントのその場 (in situ) プラズマクリーニングのためのアプローチである。1つのアプローチにおいて、コンポーネントは、1つ以上の導電性ビーム光学系を有するビームラインコンポーネントを含む。システムは、さらに、処理モード中に第1の電圧及び第1の電流をコンポーネントへ供給し、クリーニングモード中に第2の電圧及び第2の電流をコンポーネントへ供給するための電源を含む。第2の電圧及び電流は、1つ以上の導電性ビーム光学系のうちの1つ以上の周りに選択的にプラズマを生成するために、コンポーネントの導電性ビーム光学系に、並行して(例えば、個々に)、印加することができる。システムは、さらに、コンポーネントに供給されるエッチャントガスの噴射率を調整するための流量制御器、及び、コンポーネントの環境の圧力を調整するための真空ポンプを含むことができる。圧力及び噴射率を最適化することにより、コンポーネントを包囲するプラズマのもっと制御した分布を達成することができ、したがって、イオン注入システム内の後続のエッチングの精度を増大する。

【0017】

さて、図1を参照するに、本発明によるイオン注入システムの1つ以上のコンポーネントのその場 (in situ) プラズマクリーニングを実施するためのシステム10を実証する例示的实施形態が示される。イオン注入システム(以下、「システム」)10は、数あるコンポーネントの中でも、イオンビーム18を作るためのイオン源14、イオン注入機及び一連のビームラインコンポーネントを含むプロセスチャンバを表す。イオン源14は、ガス24の流れを受け入れるためのチャンバを備えることができ、イオンを生成する。イオン源14は、また、チャンバの近くに配置される電源及び引き出し電極アセンブリも備えることができる。ビームラインコンポーネント16は、例えば、質量分析器34、第1の加速又は減速ステージ36、コリメータ38、及び、第2の加速又は減速ステージに対応するエネルギー純化モジュール(EPM)40を含むことができる。説明のために、ビームラインコンポーネント16のEPM40に対して、以下に記載したけれども、その場 (in situ) プラズマクリーニングのため、本明細書で説明した実施形態は、また、システム10の異なる/追加のコンポーネントに適用することもできる。

【0018】

例示的实施形態において、ビームラインコンポーネント16は、所望の種、形状、エネルギー及び他の性質を有するように、イオン又はイオンビーム18をフィルタし、集束し、操作することができる。ビームラインコンポーネント16を通過するイオンビーム18は、プロセスチャンバ46内のプラテン又はクランプの上に載せられた基板の方へ、向けることができる。基板は、1つ以上の次元で(例えば、平行移動させる、回転させる、及び、傾ける)動かすことができる。

【0019】

図示のように、イオン源14のチャンバと共に動作可能な1つ以上の供給源28があり得る。いくつかの実施形態において、供給源28から供給される材料は原料及び/又は追加の材料を含むことができる。原料は、イオンの形で基板に導入されるドーパント種を含むことができる。その一方で、追加の材料は、原料と共にイオン源14のイオン源チャンバに導入される希釈剤を含むことができ、イオン源14のチャンバの中の原料の濃度を希釈する。追加の材料は、また、イオン源14のチャンバに導入され、システム10内を運

10

20

30

40

50

ばれる洗浄剤（例えば、エッチャントガス）を含むことができ、1つ以上のビームラインコンポーネント16を洗浄する。

【0020】

様々な実施形態において、異なる種を、原料及び/又は追加の材料として用いることができる。原料及び/又は追加の材料の例は、ホウ素(B)、炭素(C)、酸素(O)、ゲルマニウム(Ge)、リン(P)、ヒ素(As)、シリコン(Si)、ヘリウム(He)、ネオン(Ne)、アルゴン(Ar)、クリプトン(Kr)、窒素(N)、水素(H)、フッ素(F)、塩素(Cl)を含む原子の又は分子の種を含むことができる。当業者は、上記に掲載された種は限定されず、他の原子の又は分子の種も用いることができることを認識するであろう。アプリケーションによって、種はドーパント又は追加の材料として用いることができる。特に、あるアプリケーションでドーパントとして用いられた種を、別のアプリケーションで追加の材料として用いることができ、又は、逆の場合も同じである。

10

【0021】

例示的实施形態において、原料及び/又は追加の材料は、ガス又は蒸気の形でイオン源14のイオン源チャンバの中へ供給される。原料及び/又は追加の材料がガスでない又は蒸気でない形である場合、気化器(図示せず)を供給源28の近くに備えることができ、材料をガス又は蒸気の形に変える。その量及び速度を制御するために、原料及び/又は追加の材料をシステム10の中に供給し、流速コントローラ30を提供することができる。

20

【0022】

EPM40は、イオンビーム18の、偏向、減速及び焦点を独立に制御するように構成されるビームラインコンポーネントである。一実施形態において、EPM40は垂直静電エネルギーフィルタ(VEEF)又は静電フィルタ(EF)である。以下にもっと詳細に説明するように、EPM40は、イオンビーム18の上に配置される一組の上部電極及びイオンビーム18の下に配置される一組の下部電極を備える電極構成を含むことができる。一組の上部電極及び一組の下部電極は、固定することができ、一定の位置を有する。一組の上部電極と一組の下部電極との間の電位の差は、また、中央イオンビームの軌道に沿って変えることができ、イオンビームの、偏向、減速及び/又は焦点を独立に制御するために、イオンビームのエネルギーを、中央イオンビームの軌道に沿う各点で、反射する。

30

【0023】

図2A~2Bを参照して、例示的实施形態によるEPM40をもっと詳細に説明する。図示のように、EPM40は、EPM40の上に延び、EPM40を部分的に包み込むEPMチャンバ5

0を含む。EPMチャンバ50は、ガスを受け、その中にプラズマを生成するように構成される。一実施形態において、図2Aに示すように、EPMチャンバ50は、側壁54を通り抜けるガス注入口52で、イオン源14からガス24(図1)の流れを受けすることができる。別の実施形態において、図2Bに示すように、EPMチャンバ50

の上部分60を通り抜けるガス注入口58で、ガス56の流れを受けすることができる。ガス56は、イオン源14からのガス24の流れから分離している補充ガス源62から供給することができる。本実施形態において、ガス56のEPMチャンバ50の中への注入速度を、流れコントローラ64(例えば、バルブ)により制御することができる。

40

【0024】

EPM40は、さらに、1つ以上の真空ポンプ66(図1)と共に動作して、EPMチャンバ50の圧力を調整する。例示的实施形態において、真空ポンプ66は処理チャンバ46に連結し、1つ以上の流路68により、EPMチャンバ50内の圧力を調整する。別の実施形態において、EPM40は、EPMチャンバ50にもっと直接に連結した1つ以上の追加のポンプを含むことができる。

50

【 0 0 2 5 】

図 3 ~ 4 を参照するに、本発明による EPM 4 0 の構造及び動作を実証する例示的实施形態が示される。図に示すように、EPM 4 0 は、イオンビームライン / 軌道 7 2 に沿って配置された複数の黒鉛ロッドを含む 1 つ以上の導電ビーム光学系 7 0 A ~ N を含む。本実施形態において、導電ビーム光学系 7 0 A ~ N は対称の構成で配置され、導電ビーム光学系 7 0 A ~ B は一組の入り口電極を表し、導電ビーム光学系 7 0 C ~ D は一組の出口電極を表し、残りのビーム光学系 7 0 E ~ N はいくつかの組の抑制 / 集束電極を表す。別の実施形態において、導電ビーム光学系 7 0 A ~ N は非対称の構成で配置することができる。図示のように、電極対の各組は、空間 / 開口を提供し、イオンビーム（例えば、リボンビーム）が通過することを可能にする。例示的实施形態において、導電ビーム光学系 7 0 A ~ N は、ハウジング 7 4 の中に設けられる。上記のように、真空ポンプ 6 6 は、ハウジング 7 4 に直接的に又は間接的に接続することができ、ハウジング 7 4 の中の環境 7 5 の圧力を調整する。

10

【 0 0 2 6 】

例示的实施形態において、導電ビーム光学系 7 0 A ~ N は互いに電氣的に連結される導電ピースの対を含む。あるいは、導電ビーム光学系 7 0 A ~ N は、各々がイオンビームが通過するためのアパーチャを含む一連の単一の構造であり得る。図示の実施形態において、各電極対の上部及び下部の部分は、各電極対を通過するイオンビームを偏向させるために、異なる電位 0（例えば、分離導電ピースにおける）を有することができる。導電ビーム光学系 7 0 A ~ N は、7 つの対（例えば、五組の抑制 / 集束電極を有する）として描かれるけれども、異なる数の要素（すなわち、電極）を利用することができる。例えば、導電ビーム光学系 7 0 A ~ N の構成は、3 から 1 0 の範囲の組の電極を利用することができる。

20

【 0 0 2 7 】

いくつかの実施形態において、イオンビームライン 7 2 に沿う電極を通過するイオンビームは、ホウ素又は他の元素を含むことができる。イオンビームの静電集束は、いくつかの薄い電極（例えば、導電ビーム光学系 7 0 E ~ N の抑制 / 集束電極）を用いることにより、達成することができ、イオンビームライン 7 2 に沿う電位の勾配を制御する。図示の導電ビーム光学系 7 0 A ~ N の構成において、高減速比も提供することができる。結果として、入力イオンビームの使用は、非常に低エネルギーの出力ビームに対してさえ、より高品質のビームを可能にするエネルギー範囲で使用することができる。1 つの限定されない例において、イオンビームは導電ビーム光学系 7 0 A ~ N の電極を通過するので、イオンビームは、6 keV から 0 . 2 keV へ減速することができ、1 5 ° に偏向させることができる。この限定されない例において、エネルギー比は 3 0 / 1 とすることができる。

30

【 0 0 2 8 】

上記のように、システム 1 0（図 1）の劣化の 1 つの原因は、使用中のビーム構成要素により生成される堆積物又は副生成物の過度の蓄積であり得る。例えば、堆積物は、システム 1 0 の他のコンポーネントの上だけでなく、EPM 4 0 の導電ビーム光学系 7 0 A ~ N の上にも蓄積し得る。いくつかの実施形態において、この物質の蓄積は、例えば、原料としてカルボラン、SiF₄ 又は Gef₄ が用いられるときに、もっと重大になり得る。過度の蓄積を防ぐために、本実施形態のシステム 1 0 は、処理モード及び洗浄モードの 2 つのモードで動作することができる。処理モード中、システム 1 0 は、イオンビーム 1 8 を生成するために、通常に動作することができる。洗浄モード中、EPM 4 0、又は、ビームラインコンポーネント 1 6 などのシステム 1 0 の任意の他のコンポーネントは、その場（in situ）洗浄することができる。

40

【 0 0 2 9 】

再び図 3 を参照するに、処理モード中、電源 7 6（例えば、DC 電源）は、第 1 の電圧及び第 1 の電流を EPM 4 0 に供給する。もっと具体的に言うと、EPM チャンバ 5 0（図 2 A ~ 2 B）内にプラズマを生成するために、電圧 / 電流を導電ビーム光学系 7 0 A ~ N に供給

50

する。様々な実施形態において、電源 76 により供給される電圧及び電流は、一定又は変動とすることができる。一実施形態において、導電ビーム光学系 70A ~ N は、0.1 keV から 100 keV の一連の DC 電位に保持される。

【0030】

再び図 4 を参照するに、本発明の一実施形態による洗浄モード下で動作する EPM 40 を示す。本実施形態において、EPM 40 は処理モードから洗浄モードへ切り替えられる。これを達成するために、システム 10 は、手動で電力ケーブルを切り替えなければならないことを避けるために、処理モードと洗浄モードとの間を切り替えるためのリレースイッチ（図示せず）を含むことができる。一実施形態において、処理モードから洗浄モードへの切り替えは、例えば、所定の閾値（例えば、ビーム異常の設定回数）が得られた場合、自動的に実施される。別の実施形態において、切り替えはオペレータにより動作させることができる。

10

【0031】

洗浄モード中、第 2 の電圧及び第 2 の電流を EPM 40 の導電ビーム光学系 70A ~ N に供給する。一実施形態において、導電ビーム光学系 70A ~ N は、並列に（例えば、個々に）又は直列に電氣的に駆動することができ、それらの均一な及び / 又は独立の洗浄を可能にする。第 2 の電圧及び第 2 の電流は、DC 電源 76 又は無線周波（RF）電源 80 により供給することができる。処理モードの DC 電源 76 から洗浄モード中の RF 電源 80 への切り替えにより、洗浄サイクル中に破壊的にアーチ状に曲げる機会を最小にすることができる。

20

【0032】

例示的实施形態において、EPM 40 は、洗浄モード中、その場（in situ）洗浄することができる。これを達成するために、エッチャントガス（例えば、ガス 24、56）を、選択した流速 / 注入速度で EPM 40 に導入することができる。例えば、エッチャントガスを、約 25 立方センチメートル毎分（SCCM）から約 200 SCCM の流速で導入することができる。

一実施形態において、導電ビーム光学系 70A ~ N の回りの高圧流を保持するために、エッチャントガスを、約 50 SCCM から約 100 SCCM で導入することができる。

【0033】

様々な種を、エッチャントガスの洗浄剤として導入することができる。洗浄剤は、化学反応種を含む原子種又は分子種とすることができる。そのような種は、イオン化されると、1 つ以上の導電ビーム光学系 70A ~ N の上に蓄積された堆積物と化学反応を起こすことができる。化学反応種を有する洗浄剤を本明細書で説明するけれども、本発明は、化学不活性種を利用することを除外しない。別の実施形態において、洗浄剤は、イオン化された時に、高い原子質量単位（amu）を有するイオンを形成するために、重い原子種を含むことができる。洗浄剤の限定されない例は、H、He、N、O、F、Ne、Cl、Ar、Kr、及び Xe

30

、又はそれらの組合せを含む原子種又は分子種を含むことができる。一実施形態において、NF₃、O₂、又は、Ar 及び F₂ の混合物、又は、それらの組合せを洗浄剤として用いることができる。

40

【0034】

エッチャントガスの組成は、導電ビーム光学系 70A ~ N の上に形成される堆積物の組成に基づいて、化学エッチングを最適化するように選択することができる。例えば、フッ素ベースのプラズマは、B、P 又は As を含むビーム化学成分をエッチングするために用いることができ、一方、酸素ベースのプラズマは、フォトレジスト材料をエッチングするために用いることができる。一実施形態において、Ar 又は他の重い種をプラズマ混合物に加えることにより、イオンの照射を増大し、化学的に改良されたイオンスパッタリングプロセスを用いる時に、堆積物を導電ビーム光学系 70A ~ N から除去する速度の向上という結果になる。プラズマ又はイオンの照射は、また、化学エッチング速度を促進し、導電ビーム

50

光学系 70A ~ N の表面から堆積物をかき混ぜるのに役立つように、表面の加熱を引き起こす。

【0035】

図 4、5A ~ 5B を参照するに、例示的实施形態による EPM 40 内のプラズマ 82 の生成が示される。本実施形態において、プラズマ 82 は、連続の又はパルス状の AC/DC 電圧を導電ビーム光学系 70A ~ N の黒鉛電極へ供給することにより、ハウジング 74 により画定される容積の中に創生することができる。例えば、約 1A から約 5A の電流で約 400V から 1kV を、DC 電源 76 又は RF 電源 80 を用いて、導電ビーム光学系 70A ~ N へ供給することができる。電力は、導電ビーム光学系 70A ~ N に対する AC 電圧又はパルス状の DC 電圧の形にすることができる。上述のように、導電ビーム光学系 70A ~ N の各々は、プラズマ 82 の独立かつ選択的生成を可能にするために、並列に駆動することができる。

10

【0036】

EPM 40 内のプラズマ 82 の密度及び局所化を増大するために、EPM 40 内の圧力を増大することができる。具体的に言うと、図 5A ~ 5B に示すように、EPM 40 に対する、ガス注入速度を増大するか、それとも、ポンプを使う速度を低減するかにより、洗浄プロセスに対する圧力設定点を増大することにより、プラズマ 82 は、導電ビーム光学系 70A ~ N から、電圧/電流を受ける（'X' により示す）それらの電極ロッドの周りに局所化される。例えば、図 5A に示すプラズマ分布は 20mTorr での拡散プラズマ 82 を実証し、一方、図 5B に示すプラズマ分布は、導電ビーム光学系 70A ~ N の 4 つの電力を供給された電極ロッドの周りの領域 86 において、1Torr での局所プラズマ 82 を実証する。

20

【0037】

重い金属（例えば、鋼）の部分の腐食及び損傷を防ぐために、選択的プラズマ生成は、有害なラジカル（例えば、フッ素）の EPM 40 の他の部分への影響を最小にするのに有用である。EPM 40 を通る流速をより高くすることにより、エッチング副生成物を新たな反応物質にもっと速く替えることができ、もっと効率的な洗浄プロセスを生じる。

【0038】

さらに、1つ以上の導電ビーム光学系 70A ~ N の近くで、プラズマを生成することにより、かつ、最適流速で EPM 40 へエッチャントガスを供給することにより、導電ビーム光学系 70A ~ N は、効率的に洗浄することができる。例えば、図 6A ~ 6B に示すように、プラズマ 82 に含まれる化学反応性ラジカルは、化学反応により、導電ビーム光学系 70E ~ N の 1 つの表面上に蓄積された堆積物 90 を除去することができる。例示的实施形態において、導電ビーム光学系 70E ~ N は、例えば、図 6A に示すように、Si、リン及びフォトレジストなどの表面堆積物 90 を含む黒鉛電極ロッドである。表面堆積物 90 は、例えば、図 6B に示すように、洗浄プロセスにより除去される。

30

【0039】

いくつかの実施形態において、プラズマ 82 の中のイオンは、イオンスパッタリングプロセスにより蓄積された堆積物 90 を除去することができる。洗浄プラズマ 82 から発生する熱は、導電ビーム光学系 70A ~ N の上に蓄積された堆積物が、熱により除去することができる。又は、温度の増大と共にもっと揮発性になることができるので、洗浄プロセスも向上することができる。例えば、上記のように、導電ビーム光学系 70A ~ N は、1A と 5A との間の電流で 400V と 1000V との間の電圧を有することができる。したがって、最大約 5kW までの熱を発生することができる。高度に反応性の及び/又は重い洗浄種を提供し、導電ビーム光学系 70A ~ N の近くでプラズマ 82 を生成することにより、効果的なプラズマ洗浄を実施することができる。上記のように、EPM 40 に導入される洗浄材料の高い流速は、洗浄プロセスを向上することができる。

40

【0040】

図 7 を参照して、ハウジング 74 内の導電ビーム光学系 70A ~ N の断面図をもっと詳しく説明する。本実施形態において、洗浄モード中、導電ビーム光学系 70A ~ N とハウジング 74 との間に配置された電極グリッド 92 に、第 2 の電圧（DC、AC、RF など）を

50

増

加的に又は交互に印加することができる。例えば、電極グリッド 9 2 は、ハウジング 7 4 と共に、処理モード中、接地されたグリッド入りライナーとすることができる。導電ビーム光学系 7 0 A ~ N は、洗浄モード中、電極グリッド 9 2 への電源 7 6、8 0 から供給される電力に対して、0 ボルト（又は、別の一定のボルト）にすることができる。処理モードが洗浄モードに切り替えられる時、図示のように、プラズマ 8 2 が生成される。

【 0 0 4 1 】

ハウジング 7 4 内のプラズマ 8 2 の密度及び局所化を増大するために、環境 7 5 の圧力を増大することができる。具体的に言うと、ハウジング 7 4 に対する、ガス注入速度を増大するか、それとも、ポンプを使う速度を低減するかにより、洗浄プロセスに対する圧力設定点を増大することにより、プラズマ 8 2 は、1 つ以上の導電ビーム光学系 7 0 A ~ N の周りに局所化することができる。

10

【 0 0 4 2 】

さて、図 8 を参照するに、本発明によるイオン注入システムの 1 つ以上のコンポーネントのその場 (in situ) プラズマクリーニングのための例示的方法 1 0 0 を例示するフロー図が示される。方法 1 0 0 を図 1 ~ 7 に示す表示と併せて説明する。

【 0 0 4 3 】

ブロック 1 0 1 に示すように、方法 1 0 0 は、プラズマを生成するためのイオン注入機のチャンバと共に動作できるコンポーネントを提供することを含む。いくつかの実施形態において、コンポーネントは、エネルギー純化モジュール (EPM) などのビームラインコンポーネントである。いくつかの実施形態において、EPM は 1 つの導電ビーム光学系を含む。いくつかの実施形態において、EPM は複数の導電ビーム光学系を含む。いくつかの実施形態において、複数の導電ビーム光学系は複数の電極ロッドを含む。

20

【 0 0 4 4 】

ブロック 1 0 3 に示すように、方法 1 0 0 は、さらに、処理モード中、コンポーネントに第 1 の電圧及び第 1 の電流を供給することを含む。いくつかの実施形態において、第 1 の電圧及び第 1 の電流は、直流 (DC) 電源により供給される。

【 0 0 4 5 】

ブロック 1 0 5 に示すように、方法 1 0 0 は、さらに、処理モードから洗浄モードへの切り替えを含む。いくつかの実施形態において、方法 1 0 0 は、所定の閾値（例えば、ビーム異常の最大許容数）が得られた場合、処理モードから洗浄モードへの自動切り替えを含む。

30

【 0 0 4 6 】

ブロック 1 0 7 に示すように、方法 1 0 0 は、さらに、洗浄モード中、コンポーネントに第 2 の電圧及び第 2 の電流を供給することを含む。いくつかの実施形態において、第 2 の電圧及び第 2 の電流は、導電ビーム光学系の周りにプラズマを生成するために、コンポーネントの導電ビーム光学系に印加される。いくつかの実施形態において、第 2 の電圧及び第 2 の電流は、直流 (DC) 電源又は無線周波 (RF) 電源から供給される。

【 0 0 4 7 】

ブロック 1 0 9 に示すように、方法 1 0 0 は、さらに、複数の導電ビーム光学系のエッチングを可能にするために、エッチャントガスをビームラインコンポーネントに供給することを含む。いくつかの実施形態において、エッチャントガスの注入速度が調整される。いくつかの実施形態において、コンポーネントの表面の上に形成された堆積物の組成に基づいて、コンポーネントのエッチングを最適にするように、エッチャントガスの組成を選択する。

40

【 0 0 4 8 】

ブロック 1 1 1 に示すように、方法 1 0 0 は、さらに、コンポーネントの環境の圧力を調整することを含む。いくつかの実施形態において、コンポーネントの周りの環境の圧力は、1 つ以上の導電ビーム光学系の周りの領域のプラズマを局所化するために、増大にする。

50

【 0 0 4 9 】

ブロック 1 1 3 に示すように、方法 1 0 0 は、さらに、処理モード中、導電ビーム光学系の上に形成された堆積物を除去するために、コンポーネントをエッチングすることを含む。いくつかの実施形態において、導電ビーム光学系はイオンパタリングプロセスを用いてエッチングされる。

【 0 0 5 0 】

前述に鑑みて、少なくとも以下の優位性が、本明細書で開示する実施形態により達成される。第 1 に、プラズマ洗浄は、通風し、及び / 又は、コンポーネントを手動で洗浄する、必要性を避けて、短時間に実施することができる。第 2 に、その場 (in situ) プラズマクリーニング中、プラズマ密度は、洗浄されるそれらのコンポーネントの周りよりも、
10
もっと大きく、したがって、ビームライン及び / 又はシステムの他のコンポーネントに対する意図的でないエッチングを低減する。

【 0 0 5 1 】

本発明の特定の実施形態を本明細書で説明したが、本発明は、技術が可能であり、本明細書が同様に読むことができるのと同じくらい範囲は広いので、本発明はそれらに限定されない。したがって、上記の説明は限定的であると解釈すべきではない。当業者は、本明細書に添付の特許請求の範囲及び精神内で他の変更を想定するであろう。

10

20

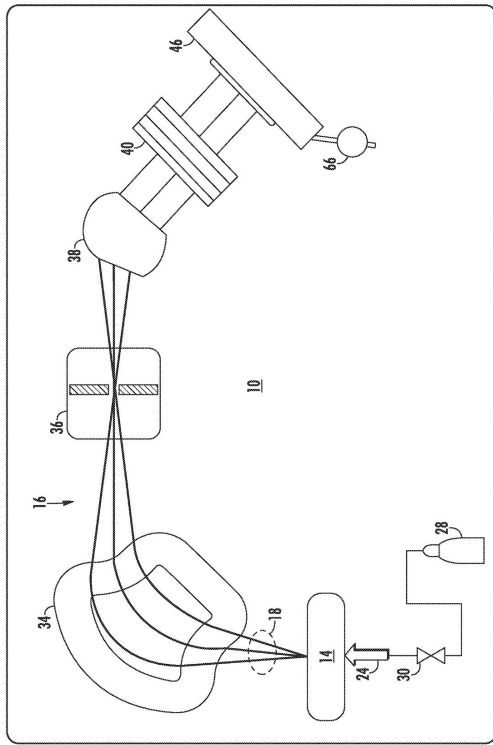
30

40

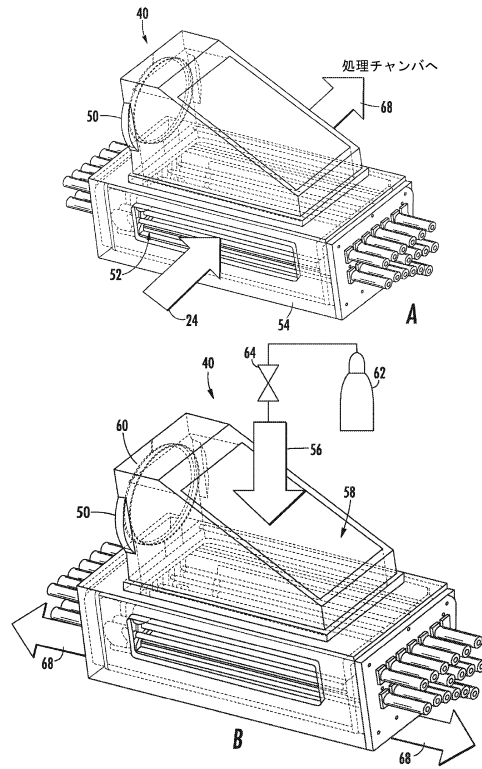
50

【図面】

【図 1】



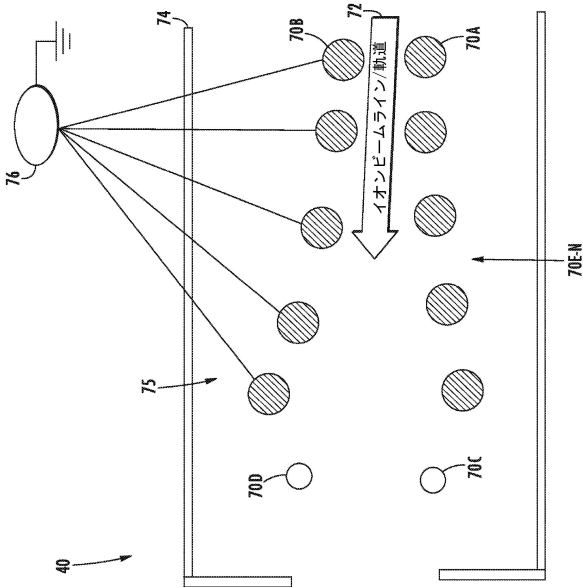
【図 2】



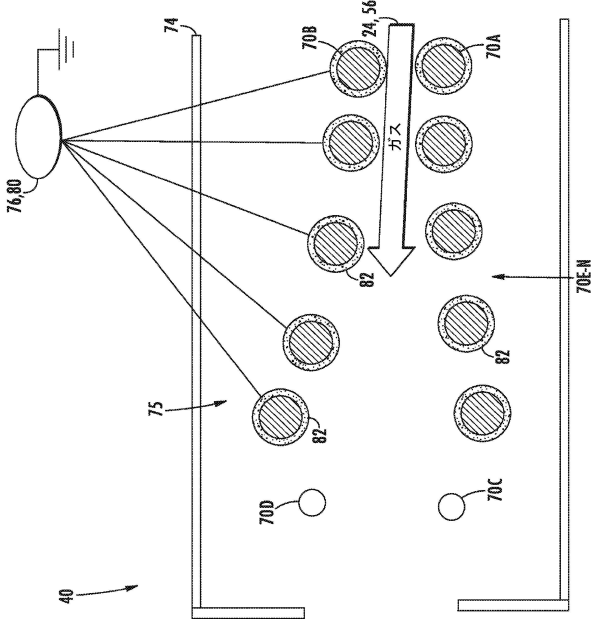
10

20

【図 3】



【図 4】

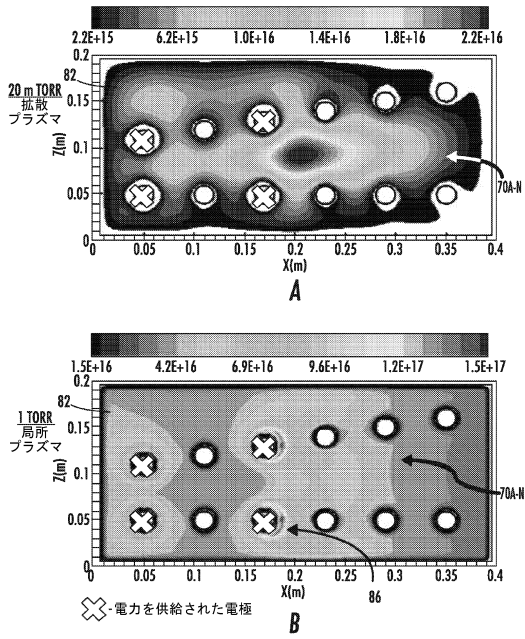


30

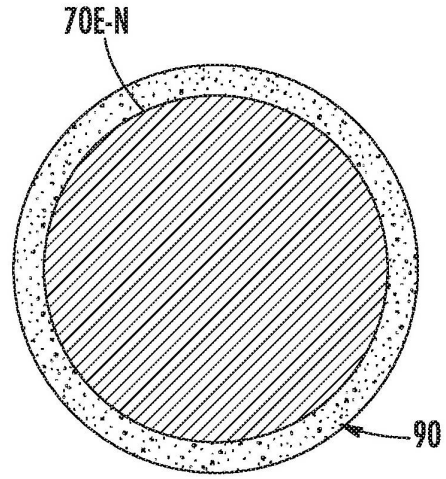
40

50

【 図 5 】



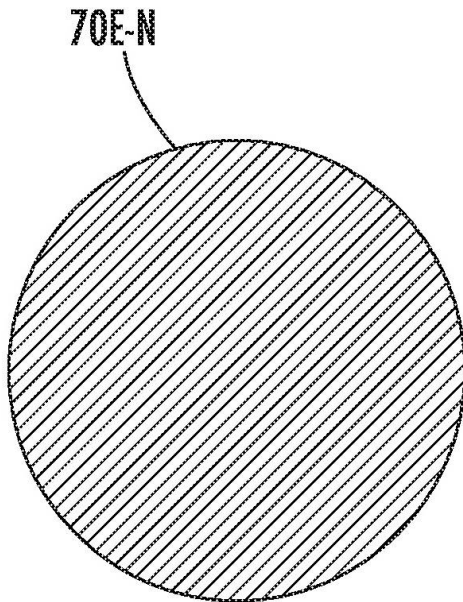
【 図 6 A 】



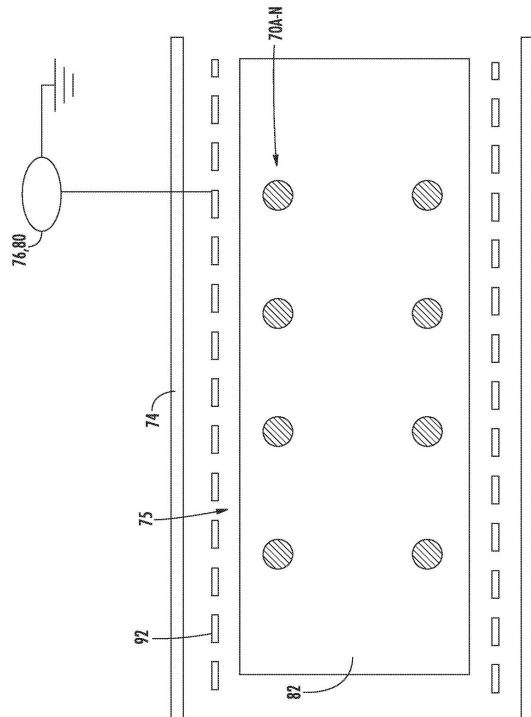
10

20

【 図 6 B 】



【 図 7 】

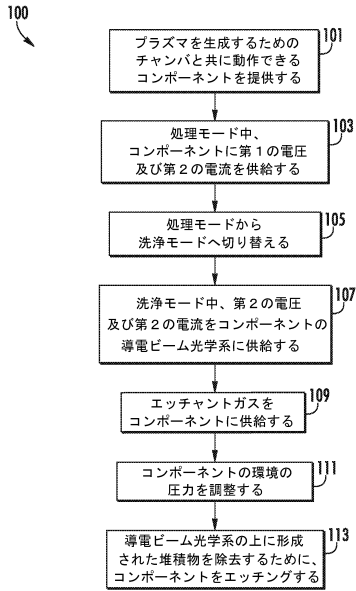


30

40

50

【 図 8 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 米国(US)
1930 グローチェスター ドリー ロード 35
- (72)発明者 ウィリアム デイビス リー
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01930 グローチェスター ドリー ロード 35
- (72)発明者 ピーター クルンツィ
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01930 グローチェスター ドリー ロード 35
- (72)発明者 ライアン ドウニー
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01930 グローチェスター ドリー ロード 35
- (72)発明者 ジェイ ティ シェアー
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01930 グローチェスター ドリー ロード 35
- (72)発明者 アレクサンダー リクハンスキ
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01930 グローチェスター ドリー ロード 35
- (72)発明者 ウィリアム エム ホルバー
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01930 グローチェスター ドリー ロード 35
- 審査官 大門 清
- (56)参考文献 特表2008-518482(JP,A)
特表2014-506385(JP,A)
米国特許出願公開第2006/0086376(US,A1)
特開2008-252099(JP,A)
特開平11-317174(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01J 37/30-37/36
H01J 49/48