

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6599132号
(P6599132)

(45) 発行日 令和1年10月30日(2019.10.30)

(24) 登録日 令和1年10月11日(2019.10.11)

(51) Int.Cl.

F 1

H05H	1/46	(2006.01)
H01L	21/3065	(2006.01)
H01L	21/31	(2006.01)
C23C	16/509	(2006.01)

H05H	1/46
H01L	21/302
H01L	21/31
C23C	16/509

M

1 O 1 G

C

請求項の数 22 外国語出願 (全 20 頁)

(21) 出願番号

特願2015-103332 (P2015-103332)

(22) 出願日

平成27年5月21日 (2015.5.21)

(65) 公開番号

特開2016-29642 (P2016-29642A)

(43) 公開日

平成28年3月3日 (2016.3.3)

審査請求日 平成30年5月17日 (2018.5.17)

(31) 優先権主張番号 62/005, 454

(32) 優先日 平成26年5月30日 (2014.5.30)

(33) 優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(31) 優先権主張番号 14/700, 749

(32) 優先日 平成27年4月30日 (2015.4.30)

(33) 優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(73) 特許権者 592010081

ラム リサーチ コーポレーション
LAM RESEARCH CORPORATIONアメリカ合衆国、カリフォルニア 945
38, フレモント, クッシング パークウ

エイ 4650

(74) 代理人 110000028

特許業務法人明成国際特許事務所

(72) 発明者 ジェレミー・タッカー

アメリカ合衆国 オレゴン州97202
ポートランド、サウスイースト・ディビジ

ョン・ストリート, 3810 ナンバー

305

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】中空陰極放電(HCD)を抑制するフェースプレートアセンブリ、プラズマ処理システム及びプラズマ処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

プラズマ処理チャンバのガス分配システムのためのフェースプレートアセンブリであつて、

第1の面、前記第1の面の反対側の第2の面、および、側面を有するフェースプレート本体と、

前記第1の面から前記第2の面まで伸びる、前記フェースプレート本体の第1の複数の孔と、

前記第1の面から前記第2の面まで伸びる、前記フェースプレート本体の第2の複数の孔と、

前記フェースプレート本体に配置され、空洞の供給部分、排気部分およびガスカーテン部分を規定する第1、第2および第3の環状金属シールと、
を備え、

前記第1の複数の孔の内の少なくとも一部は、前記第1の面と平行な平面に第1のサイズ寸法および第2のサイズ寸法を有し、

前記第1のサイズ寸法を規定する方向は、前記第2のサイズ寸法を規定する方向と直交し、

前記第1のサイズ寸法は、前記プラズマ処理チャンバによって生成されるプラズマのプラズマシース厚さの3倍よりも小さく、

前記第2のサイズ寸法は、前記第1のサイズ寸法の2倍よりも大きく、

10

20

前記第2の複数の孔は、基板が処理ガスに暴露された後に、前記処理ガスを排出し、
前記第1の複数の孔は、前記供給部分に配置され、
前記供給部分は、前記第1の環状金属シールの半径方向内側に配置され、
前記排気部分は、前記第1の環状金属シールと前記第2の環状金属シールの間に配置され、

前記第2の複数の孔は、前記排気部分に配置されている、
フェースプレートアセンブリ。

【請求項2】

請求項1に記載のフェースプレートアセンブリであって、前記第1のサイズ寸法は、前記プラズマ処理チャンバによって生成されるプラズマのプラズマシース厚さの2倍よりも小さい、フェースプレートアセンブリ。 10

【請求項3】

請求項1に記載のフェースプレートアセンブリであって、前記第2のサイズ寸法は、前記第1のサイズ寸法の9倍よりも大きい、フェースプレートアセンブリ。

【請求項4】

請求項1に記載のフェースプレートアセンブリであって、前記第2の複数の孔は、前記第1の複数の孔の半径方向外側に配置されている、フェースプレートアセンブリ。

【請求項5】

請求項4に記載のフェースプレートアセンブリであって、前記第2の複数の孔の内の少なくとも一部は、前記第1のサイズ寸法および前記第2のサイズ寸法を有する、フェースプレートアセンブリ。 20

【請求項6】

請求項4に記載のフェースプレートアセンブリであって、前記第2の複数の孔の内の少なくとも一部は、円形であり、前記プラズマのプラズマシース厚さの3倍よりも小さい直径を有する、フェースプレートアセンブリ。

【請求項7】

請求項1に記載のフェースプレートアセンブリであって、前記第1の複数の孔の内の少なくとも一部は、円形であり、前記プラズマのプラズマシース厚さの3倍よりも小さい直径を有する、フェースプレートアセンブリ。

【請求項8】

基板を処理するためのプラズマ処理システムであって、
処理チャンバと、
前記処理チャンバ内に配置され、上側部分、フェースプレート、および、前記上側部分と前記フェースプレートとの間の第2の空洞を備えたガス分配装置と、

前記基板を支持するために前記処理チャンバ内に配置された基板支持体と、
前記フェースプレートと前記基板支持体との間にプラズマを生成するためのプラズマ発生器と、

前記第2の空洞に配置され、前記第2の空洞の供給部分、排気部分、および、ガスカーテン部分を規定する第1、第2および第3の環状金属シールと、
を備え、 40

前記フェースプレートは、第1の面、前記第1の面の反対側の第2の面、および、側面を有するフェースプレート本体と、前記第1の面から前記第2の面まで伸びる前記フェースプレート本体の第2の複数の孔と、を備え、

前記第2の複数の孔の内の少なくとも一部は、スロット形状であり、前記第1の面と平行な平面に第1のサイズ寸法および第2のサイズ寸法を有し、

前記第1のサイズ寸法を規定する方向は、前記第2のサイズ寸法を規定する方向と直交し、

前記第1のサイズ寸法は、前記プラズマ発生器によって生成される前記プラズマのプラズマシース厚さの3倍よりも小さく、

前記第2のサイズ寸法は、前記第1のサイズ寸法の2倍よりも大きく、 50

前記第2の複数の孔は、前記基板が処理ガスに暴露された後に、前記処理ガスを排出し
、
前記フェースプレートは、前記供給部分に配置された第1の複数の孔を備え、
前記供給部分は、前記第1の環状金属シールの半径方向内側に配置され、
前記排気部分は、前記第1の環状金属シールと前記第2の環状金属シールの間に配置され、

前記第1の複数の孔は、前記排気部分に配置されている、
プラズマ処理システム。

【請求項9】

請求項8に記載のプラズマ処理システムであって、前記第1のサイズ寸法は、前記プラズマ発生器によって生成されるプラズマのプラズマシース厚さの2倍よりも小さい、10
プラズマ処理システム。

【請求項10】

請求項8に記載のプラズマ処理システムであって、前記第2のサイズ寸法は、前記第1のサイズ寸法の9倍よりも大きい、プラズマ処理システム。

【請求項11】

請求項8に記載のプラズマ処理システムであって、前記第2の複数の孔は、前記第1の複数の孔の半径方向外側に配置されている、プラズマ処理システム。

【請求項12】

請求項11に記載のプラズマ処理システムであって、前記第1の複数の孔の内の少なくとも一部は、スロット形状であり、前記第1のサイズ寸法および前記第2のサイズ寸法を有する、20
プラズマ処理システム。

【請求項13】

請求項11に記載のプラズマ処理システムであって、前記第1の複数の孔の内の少なくとも一部は、円形であり、前記プラズマ発生器によって生成される前記プラズマのプラズマシース厚さの3倍よりも小さい直径を有する、プラズマ処理システム。

【請求項14】

請求項8に記載のプラズマ処理システムであって、前記第1の複数の孔の内の少なくとも一部は、円形であり、前記プラズマ発生器によって生成される前記プラズマのプラズマシース厚さの3倍よりも小さい直径を有する、30
プラズマ処理システム。

【請求項15】

請求項8に記載のプラズマ処理システムであって、処理ガスが、前記上側部分の第1の空洞、前記フェースプレートを通して、前記第2の空洞の前記供給部分に流れ込む、
プラズマ処理システム。

【請求項16】

請求項8に記載のプラズマ処理システムであって、前記基板が処理ガスに暴露された後に、前記処理ガスは、前記フェースプレート、前記第2の空洞の前記排気部分、および、
前記上側部分を通って、戻る、プラズマ処理システム。

【請求項17】

請求項8に記載のプラズマ処理システムであって、バージガスが、前記上側部分を通して、前記第2の空洞の前記ガスカーテン部分に流れる、40
プラズマ処理システム。

【請求項18】

プラズマ処理で用いられるガス分配装置のフェースプレートにおける中空陰極放電を低減するための方法であって、

前記プラズマ処理のプラズマシース厚さを決定する工程と、
第1の面、前記第1の面の反対側の第2の面、および、側面を有するフェースプレート本体を備えた前記フェースプレートを準備する工程と、

前記第1の面から前記第2の面まで伸びる第1の複数の孔を前記フェースプレート本体に形成する工程であって、

前記第1の複数の孔の内の少なくとも一部は、前記第1の面と平行な平面に第1のサ50

イズ寸法および第2のサイズ寸法を有し、

前記第1のサイズ寸法を規定する方向は、前記第2のサイズ寸法を規定する方向と直交し、

前記第1のサイズ寸法は、前記プラズマ処理によって生成されるプラズマのプラズマシース厚さの3倍よりも小さく、

前記第2のサイズ寸法は、前記第1のサイズ寸法の2倍よりも大きい、工程と、

前記第1の面から前記第2の面まで伸びる第2の複数の孔を前記フェースプレート本体に形成する工程であって、

前記第2の複数の孔は、基板が処理ガスに暴露された後に、前記処理ガスを排出する工程と、

前記フェースプレート本体に配置され、空洞の供給部分、排気部分およびガスカーテン部分を規定する第1、第2および第3の環状金属シール形成する工程であって、

前記第1の複数の孔は、前記供給部分に配置され、

前記供給部分は、前記第1の環状金属シールの半径方向内側に配置され、

前記排気部分は、前記第1の環状金属シールと前記第2の環状金属シールの間に配置され、

前記第2の複数の孔は、前記排気部分に配置されている、工程と、

プラズマ処理チャンバの前記ガス分配装置の上側部分に隣接して、前記フェースプレートを配置する工程と、

プラズマを点火し、前記ガス分配装置の前記フェースプレートを通して処理ガスを流して前記基板を前記処理ガスに暴露させる工程と、

前記基板が処理ガスに暴露された後に、前記第2の複数の孔を介して、前記処理ガスを排出する工程と、

を備える、方法。

【請求項19】

請求項18に記載の方法であって、前記プラズマシース厚さは、プラズマ密度、電子温度、および、印加プラズマ駆動電圧に基づいて決定される、方法。

【請求項20】

請求項18に記載の方法であって、前記第2の複数の孔の内の少なくとも一部は、前記第1のサイズ寸法および前記第2のサイズ寸法を有する、方法。

【請求項21】

請求項18に記載の方法であって、前記第2の複数の孔の内の少なくとも一部は、円形であり、前記プラズマのプラズマシース厚さの3倍よりも小さい直径を有する、方法。

【請求項22】

請求項18に記載の方法であって、前記第1の複数の孔の内の少なくとも一部は、円形であり、前記プラズマのプラズマシース厚さの3倍よりも小さい直径を有する、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願への相互参照

本願は、2014年5月30日出願の米国仮特許出願第62/005,454号の利益を主張する。上記の出願の開示全体が、参照によって本明細書に組み込まれる。

【0002】

本開示は、基板処理システムに関し、特に、容量結合プラズマを用いた基板処理システムに関する。

【背景技術】

【0003】

本明細書で提供されている背景技術の記載は、本開示の背景を概略的に提示するためのものである。ここに名を挙げられている発明者の業績は、この背景技術に記載された範囲において、出願時に従来技術として通常見なされえない記載の態様と共に、明示的にも黙

10

20

30

40

50

示的にも本開示に対する従来技術として認められない。

【0004】

半導体ウエハなどの基板上に薄膜を蒸着および／またはエッティングするために、基板処理システムが利用されうる。基板処理システムは、通例、ペデスタル（台座）、静電チャック、プレートなどの基板支持体を備えた処理チャンバを備える。半導体ウエハなどの基板が、基板支持体上に配置されてよい。化学蒸着（CVD）、プラズマCVD（PECVD）、原子層蒸着（ALD）、または、PEALD処理では、1または複数の前駆体を含むガス混合物が、基板への薄膜の蒸着またはエッティングのために、処理チャンバに導入されうる。

【0005】

一部の処理は、シャワー・ヘッドなどのガス分配装置を用いる。ガス分配装置は、複数の円形の孔を有するフェースプレートを備えうる。円形の孔は、所望のガス流を提供するためのパターンに配置される。処理ガスが、ガス分配装置内に規定された空洞に供給され、フェースプレートの円形の孔によって基板全体に分配される。

【0006】

PECVDおよびPEALDでは、高周波（RF）プラズマが、化学反応を活性化するために利用されうる。例えば、容量結合プラズマ（CCP）発生器が、処理チャンバ内でプラズマを生成するために利用されうる。プラズマは、ガス分配装置のフェースプレートとペデスタルとの間の空間で点火されうる。ガス分配装置のフェースプレートは、CCP発生器の1つの電極として機能しうる。

【0007】

基板処理中にプラズマが用いられる時に、或る程度の寄生プラズマも処理チャンバ内で生成されうる。ほんの一例として、中空陰極放電（HCD：hollow cathode discharge）が、ガス分配装置のフェースプレートの円形孔で発生しうる寄生プラズマの一形態である。HCDは、小さい体積内で著しい電力を消散するので、ハードウェア（特に電極）に悪影響を与えうる。

【発明の概要】

【0008】

プラズマ処理チャンバのガス分配システムのためのフェースプレートが、第1の面、第1の面の反対側の第2の面、および、側面を有するフェースプレート本体を備える。フェースプレート本体の第1の複数の孔が、第1の面から第2の面まで伸びている。第1の複数の孔の内の少なくとも一部は、第1の面と平行な平面に第1のサイズ寸法および第2のサイズ寸法を有する。第1のサイズ寸法は、第2のサイズ寸法と直交する。第1のサイズ寸法は、プラズマ処理チャンバによって生成されるプラズマのプラズマシース厚さの3倍よりも小さい。第2のサイズ寸法は、第1のサイズ寸法の2倍よりも大きい。

【0009】

別の特徴において、第1のサイズ寸法は、プラズマ処理チャンバによって生成されるプラズマのプラズマシース厚さの2倍よりも小さい。第2のサイズ寸法は、第1のサイズ寸法の9倍よりも大きい。フェースプレート本体は、第1の複数の孔の半径方向外側に配置された第2の複数の孔を備える。第2の複数の孔の内の少なくとも一部は、第1のサイズ寸法および第2のサイズ寸法を有する。第2の複数の孔の内の少なくとも一部は、円形であり、プラズマのプラズマシース厚さの3倍よりも小さい直径を有する。

【0010】

別の特徴において、第1の複数の孔の内の少なくとも一部は、円形であり、プラズマのプラズマシース厚さの3倍よりも小さい直径を有する。

【0011】

基板を処理するためのプラズマ処理システムが、処理チャンバを備える。ガス分配装置が、処理チャンバ内に配置されており、上側部分、フェースプレート、および、上側部分とフェースプレートとの間の第1の空洞を備える。基板支持体が、基板を支持するために処理チャンバ内に配置されている。プラズマ発生器が、フェースプレートと基板支持体と

10

20

30

40

50

の間にプラズマを生成する。フェースプレートは、第1の面、第1の面の反対側の第2の面、および、側面を有するフェースプレート本体と、第1の面から第2の面まで伸びるフェースプレート本体の第1の複数の孔と、を備える。第1の複数の孔の内の少なくとも一部は、スロット形状であり、第1の面と平行な平面に第1のサイズ寸法および第2のサイズ寸法を有する。第1のサイズ寸法は、第2のサイズ寸法と直交する。第1のサイズ寸法は、プラズマ発生器によって生成されるプラズマのプラズマシース厚さの3倍よりも小さい。第2のサイズ寸法は、第1のサイズ寸法の2倍よりも大きい。

【0012】

別の特徴において、第1のサイズ寸法は、プラズマ処理チャンバによって生成されるプラズマのプラズマシース厚さの2倍よりも小さい。第2のサイズ寸法は、第1のサイズ寸法の9倍よりも大きい。フェースプレート本体は、第1の複数の孔の半径方向外側に配置された第2の複数の孔を備える。第2の複数の孔の内の少なくとも一部は、スロット形状であり、第1のサイズ寸法および第2のサイズ寸法を有する。第2の複数の孔の内の少なくとも一部は、円形であり、プラズマ発生器によって生成されるプラズマのプラズマシース厚さの3倍よりも小さい直径を有する。第1の複数の孔の内の少なくとも一部は、円形であり、プラズマ発生器によって生成されるプラズマのプラズマシース厚さの3倍よりも小さい直径を有する。

10

【0013】

別の特徴において、第1、第2、および、第3の環状金属シールが、第1の空洞の供給部分、排気部分、および、ガスカーテン部分を規定するために、第1の空洞内に配置されている。処理ガスが、上側部分の第2の空洞、フェースプレートを通して、第1の空洞の供給部分に流れ込む。基板が処理ガスに暴露された後に、処理ガスは、フェースプレート、第1の空洞の排気部分、および、上側部分を通して戻る。バージガスが、上側部分を通して、第1の空洞のガスカーテン部分に流れる。

20

【0014】

プラズマ処理で用いられるガス分配装置のフェースプレートにおける中空陰極放電を低減するための方法が：プラズマ処理のプラズマシース厚さを決定する工程と；第1の面、第1の面の反対側の第2の面、および、側面を有するフェースプレート本体を備えたフェースプレートを準備する工程と；第1の面から第2の面まで伸びる第1の複数の孔をフェースプレート本体に形成する工程と、を備える。第1の複数の孔の内の少なくとも一部は、第1の面と平行な平面に第1のサイズ寸法および第2のサイズ寸法を有する。第1のサイズ寸法は、第2のサイズ寸法と直交する。第1のサイズ寸法は、プラズマ処理によって生成されるプラズマのプラズマシース厚さの3倍よりも小さい。第2のサイズ寸法は、第1のサイズ寸法の2倍よりも大きい。方法は、さらに：プラズマ処理チャンバのガス分配装置の上側部分に隣接して、フェースプレートを配置する工程と；プラズマを点火し、ガス分配装置のフェースプレートを通して処理ガスを流して基板を処理ガスに暴露させる工程と、を備える。

30

【0015】

別の特徴において、プラズマシース厚さは、プラズマ密度、電子温度、および、印加プラズマ駆動電圧に基づいて決定される。方法は、さらに、第1の複数の孔の半径方向外側にフェースプレート本体の第2の複数の孔を形成する工程を備える。

40

【0016】

別の特徴において、第2の複数の孔の内の少なくとも一部は、第1のサイズ寸法および第2のサイズ寸法を有する。第2の複数の孔の内の少なくとも一部は、円形であり、プラズマのプラズマシース厚さの3倍よりも小さい直径を有する。第1の複数の孔の内の少なくとも一部は、円形であり、プラズマのプラズマシース厚さの3倍よりも小さい直径を有する。

【0017】

詳細な説明、特許請求の範囲、および、図面から、本開示を適用可能なさらなる領域が明らかになる。詳細な説明および具体的な例は、単に例示を目的としており、本開示の範

50

囲を限定するものではない。

【図面の簡単な説明】

【0018】

本開示は、詳細な説明および以下に説明する添付図面から、より十分に理解できる。

【0019】

【図1A】ガス分配装置のフェースプレート例の第1および第2の孔における中空陰極効果を示す図。

【図1B】ガス分配装置のフェースプレート例の第1および第2の孔における中空陰極効果を示す図。

【0020】

【図2】本開示に従って、フェースプレートを備えた処理チャンバの一例を示す断面図。

【0021】

【図3A】本開示に従って、フェースプレートの一例を示す図。

【図3B】本開示に従って、フェースプレートの一例を示す図。

【0022】

【図4】本開示に従って、フェースプレートの別の例を示す図。

【図5】本開示に従って、フェースプレートの別の例を示す図。

【0023】

【図6】ガス分配装置のフェースプレートおよび上側部分の一例を示す部分断面図。

【0024】

【図7】本開示に従って、プラズマ処理中にフェースプレートにおけるHCDを低減するための方法の一例を示す図。

【0025】

図面において、同様および／または同一の要素を特定するために、同じ符号を用いる場合がある。

【発明を実施するための形態】

【0026】

HCDは、ガス分配装置のフェースプレートの円形孔（中空陰極になる）の直径を増加または減少させることによって防止できる。一部の処理条件について、HCDを防ぐのに必要な円形孔のサイズは、基板にわたるガス分配が不均一になりうるほど大きい。さらに、円形孔の直径を大きく、数を少なくすると、噴出を引き起こす場合があり、膜均一性に悪影響を与える。孔の直径がHCDの閾値未満に縮小されると、伝導性が孔径の4乗の関数であることから、ガス流を維持するために必要な円形孔の数が著しく増加する。さらに、多数の孔を機械加工するには、通常、コストと時間がかかる。

【0027】

フェースプレートの孔の内の少なくとも一部の形状は、中空陰極効果を低減または排除するために本開示に従って変更できる。図1Aでは、フェースプレート12の孔10の直径を小さくして、プラズマが空洞に入ることができないように陰極壁を互いに近づけることにより、中空陰極効果を排除する。空洞内にプラズマがなければ、中空陰極効果は起こりえない。あるいは、図1Bにおいて、フェースプレート22の孔20の壁を十分に離して、電子がその長い距離にわたって振動するほどのエネルギーを持たないようにすることによっても、中空陰極効果を排除できる。

【0028】

陰極空洞内でのプラズマ効果は、プラズマシースと呼ばれるプラズマ境界層に対する陰極空洞のサイズに依存する。プラズマシースの厚さは、プラズマ密度、電子温度、および、印加駆動電圧によって決まる。例えば、CCPプラズマシースの厚さは、通常、1mm未満から数ミリメートルまで様々である。

【0029】

プラズマシースは、バルクプラズマ電子の潜在的な障壁として機能する。電子は、シースに入ろうとすると反発される。反発力は、電子を加速させてバルクプラズマ内に戻す。

10

20

30

40

50

2つの反発するシースが近接して互いに向かい合うと、電子は、それらの間で振動を開始しうる。ポテンシャル井戸に捕獲された電子のかかる振動は、背景ガスとの衝突によるイオン化率を高め、中空陰極効果を引き起こしうる。

【0030】

プラズマは、周りの表面でシースを発達させてるので、バルクプラズマおよび両側のシースを収容するのに十分な大きさの空洞にのみ入ることができる。プラズマシース幅の2から3倍に等しい開口部を有する空洞（孔など）が、しばしば、限界例であると考えられる。フェースプレートの円形孔がプラズマシース厚さの2から3倍よりも小さいと、プラズマは、孔の内部で形成されえない。結果として、HCDは、そのような小さい円形孔の中では引き起こされない。一方で、フェースプレートの円形孔がプラズマシース厚さの2から3倍よりも大きい場合、プラズマが孔に入りうる。10

【0031】

孔サイズがプラズマシース厚さの2から3倍より少しだけ大きい場合、バルクプラズマは薄く、2つの対向するシースは、電子を跳ね返すことによって相互作用しうる。電子振動が、イオン化率の上昇およびプラズマの高密度化につながる。かかる局所的な高密度プラズマまたはHCDは、対向するシースの間でエネルギー電子が振動することによって主に維持される。孔サイズがプラズマシース厚さの2から3倍よりも大幅に大きい場合、バルクプラズマは、全く問題なく大きい空洞に入りうる。シースは十分に離れているので、放電強化は起こらない。より大きい孔の片側のシースによって加速された電子は、背景ガスとの衝突により、他方の側のシースに到達できない。振動運動が可能でないため、余分なイオン化が起こらない。したがって、HCDは引き起こされない。20

【0032】

本開示は、独特な形状を有するガス分配装置の孔を用いることによって、HCDの問題を解決する。ガス分配装置のガス孔の特定の形状は、具体的な処理条件に対して選択される。所与の処理条件に対して、HCDを維持するのに必要な最小および最大の直径が、分析的に推定または経験的に決定されうる。本開示によると、ガス分配装置のフェースプレートの孔は、(i) HCDを維持しうる最小直径よりも小さいガス孔を形成するか、または、(ii) HCDを維持しうる最大直径よりも大きいガス孔を形成するのではなく、複合型のアプローチを用いる。30

【0033】

本開示に従ったガス分配装置のフェースプレートの孔は、スロット形状であり、HCDを維持する最小サイズ寸法より小さい第1のサイズ寸法（幅など）と、HCDを維持する最小サイズ寸法より大きい第2のサイズ寸法（長さなど）とを有する。換言すると、サイズ寸法の一方は、HCDを防ぐために用いられ、サイズ寸法の他方は、円形孔を用いた場合に必要とされる孔の数を削減するために増大される。

【0034】

いくつかの例において、スロットの第1のサイズ寸法は、プラズマシース厚さの2または3倍よりも小さい。いくつかの例において、スロットの第2のサイズ寸法は、第1のサイズ寸法よりも大きい。いくつかの例において、スロットの第2のサイズ寸法は、第1のサイズ寸法より2から10倍大きい。ほんの一例として、スロットは、0.04インチの第1のサイズ寸法および0.4インチの第2のサイズ寸法を有してよい。40

【0035】

換言すると、本明細書に開示の特定の形状は、HCDを抑制するための第1の寸法の調整と、流れコンダクタンス (flow conductance) / 均一性を最適化するための第2の寸法の調整とを可能にする。例えば、或るセットの処理条件を用いると、第1の寸法は、HCDを抑制するために0.04インチになるが、必要な流れ伝導性 (flow conduction) を提供するために、この直径を有する2500個の円形孔が必要になる。形状を円形孔からスロット形状に変更すると共に、第2の寸法を0.4インチに増大させることにより、同じ流れコンダクタンスを提供するのに必要な孔数は、72に削減される。50

【 0 0 3 6 】

円形孔を通る流れ伝導性は、 $(1/256)d^4$ によっておおよそ近似でき、ここで、 d は円形孔の直径である。対照的に、層流および同じ厚さを有する狭いスロットの流れ伝導性は、 $(1/24)ab^3$ によっておおよそ近似でき、ここで、 a は長さであり、 b は幅である。第2のサイズ寸法が第1のサイズ寸法の2倍である場合、コンダクタンスは、第1の寸法の直径を備えた2つの孔のコンダクタンスの約2.4倍である。上記からわかるように、1つのスロットの第2のサイズ寸法を(円形孔と比べて)2倍にすると、同じ元々の幅を有する2つの円形孔に比べて、コンダクタンスは著しく改善する。第1のサイズ寸法に対して第2のサイズ寸法をさらに大きく増大させると、さらなる改善が見られる。

10

【 0 0 3 7 】

本開示に従ったフェースプレートの孔の内の少なくとも一部の形状は、対向する壁が近接しているためにプラズマシースが入れないように、スロット形状を有する。スロットの幅および長さは、利用される特定の処理のための圧力、反応種、および、プラズマ出力に基づいて、決定されてよい。いくつかの例において、スロットは、スロットの長さがフェースプレートの半径方向の線と整列するように配置される。他の例において、スロットは、スロットの長さが半径方向の線と直交するかまたは放射状の直線と他の角度をなすように配置される。

【 0 0 3 8 】

本明細書に記載のようにスロット形状の孔を備え H C D の起きないフェースプレートと同じ流れ伝導性を生み出すには、フェースプレートは、非常に多数の円形孔を必要とする(各々の孔が、プラズマシース厚さの2または3倍以下の直径を有する)。多数の孔は、通例、機械加工にコストが掛かるため、高価になる。多数の円形孔と同じ結果を生むために必要なスロットの数は少ないので、フェースプレートは、安価に製造され、また、様々な材料で製造できる。

20

【 0 0 3 9 】

ここで、図2を参照すると、処理チャンバ100の一例が示されている。処理チャンバ100は、基板支持体114に隣接して配置されたガス分配装置112を備える。いくつかの例において、処理チャンバ100は、別の処理チャンバの内部に配置されてよい。ペデスタルが、基板支持体114を所定位置に持ち上げて微小処理空間を作るために用いられてよい。ガス分配装置112は、後に詳述するように、フェースプレート124と、処理ガスおよびバージガスの供給および/または排気ガスの除去に用いられる様々な空洞を含む上側部分120とを備える。

30

【 0 0 4 0 】

いくつかの例において、フェースプレート124は、アルミニウムなどの導電材料製である。フェースプレート124は、第1の面126と、(第1の面の反対側で、使用中に基板と対向する)第2の面127と、側面128と、(第1の面126から第2の面127まで伸びる)第1の複数の孔130とを有するフェースプレート本体125を備える。フェースプレート124は、絶縁体132上に載置されてよい。いくつかの例において、絶縁体132は、A1₂O₃または別の適切な材料で製造されてよい。

40

【 0 0 4 1 】

他の例において、フェースプレート124は、セラミックなどの非導電材料で製造される。例えば、窒化アルミニウム(A1N)が用いられてよい。非導電材料が用いられる場合、フェースプレート124は、埋め込み電極138を備えてよい。いくつかの例において、基板支持体114は、接地または浮遊しており、フェースプレート124は、プラズマ発生器142に接続されている。プラズマ発生器142は、RF源146および整合・配電回路148を備える。

【 0 0 4 2 】

図2の例において、上側部分120は、第1の空洞156を規定する中央部分152を備えてよい。いくつかの例において、中央部分152は、A1₂O₃または別の適切な材

50

料で製造される。ガス供給システム 160 が、処理チャンバ 100 に 1 または複数の処理ガス、バージガスなどを供給するために設けられてよい。ガス供給システム 160 は、対応するマスフローコントローラ (MFC) 166、弁 170、および、マニホールド 172 と流体連通する 1 または複数のガス源 164 を備えてよい。マニホールド 172 は、第 1 の空洞 156 と流体連通する。ガス供給システムは、1 または複数の処理ガスを含むガス混合物のマニホールド 172 への供給を測定する。処理ガスは、処理チャンバ 100 に供給される前に、マニホールド 172 内で混合されてよい。

【0043】

上側部分 120 は、さらに、中央部分 152 の周りに配置された放射状外側部分 180 を含む。放射状外側部分 180 は、1 または複数の層 182-1、182-2、・・・、および、182-N (集合的に層 182) を備えてよく、ここで、N はゼロより大きい整数である。図 2 の例において、放射状外側部分 180 は、排気空洞およびガスカーテン空洞を規定する N = 3 つの層 182 を備えるが、他の数の層が用いられてもよい。

10

【0044】

中央部分 152 および放射状外側部分 180 は、第 2 の空洞 190 を規定するように、フェースプレート 124 に対して離間された関係に配置される。フェースプレート 124 は、絶縁体 132 上に載置されてよい。いくつかの例において、絶縁体 132 は、A1₂O₃ または別の適切な材料で製造されてよい。

【0045】

処理ガスが、ガス供給システム 160 から第 1 の空洞 156 を通して第 2 の空洞 190 に流れる。第 2 の空洞 190 内の処理ガスは、基板支持体 114 上に配置された基板にわたって処理ガスを均一に分配するために、フェースプレート 124 の第 1 の複数の孔 130 を通して流れる。いくつかの例において、基板支持体 114 は加熱される。

20

【0046】

いくつかの例において、フェースプレート 124 は、処理ガスが基板に触れた後に、フェースプレート 124 を通して処理ガスを戻す排気路を提供するために、第 2 の複数の孔 200 を備えてよい。第 2 の複数の孔 200 は、フェースプレート 124 の外周の周りに配置されてよい。いくつかの例において、第 1 の複数の孔 130 は、第 1 の半径を有する円の中に配置され、第 2 の複数の孔 200 は、円の外に配置される。

【0047】

30

1 または複数の環状シールが、第 2 の空洞の異なる部分を分離するために提供されてよい。いくつかの例において、環状シールは、ニッケルメッキされた環状シールである。例えば、第 1 および第 2 の環状シール 204 および 208 が、それぞれ、第 2 の空洞 190 の供給部分 210、第 2 の空洞 190 の排気部分 212、および、ガスカーテン部分 214 の間の境界を規定するために提供されてよい。バージガスが、ガス源 215 および弁 217 によって、ガスカーテン部分 214 に供給されてよい。

【0048】

この例において、第 1 の環状シール 204 は、供給部分 210 および排気部分 212 の間の境界を規定する。第 3 の環状シール 220 が (第 2 の環状シール 208 と共に)、第 2 の空洞 190 のガスカーテン部分 214 を規定するために提供されてよい。この例において、第 2 の環状シール 208 は、第 2 の空洞 190 の排気部分 212 およびガスカーテン部分 214 の間の境界を規定する。第 1、第 2、および、第 3 の環状シール 204、208、および、220 は、それぞれ、環状金属シールを含んでよい。

40

【0049】

放射状外側部分 180 は、さらに、第 2 の空洞 190 の排気部分 212 から排気ガスを受ける排気流入口 240 および排気空洞 242 を規定する。弁 250 およびポンプ 252 が、排気部分 212 を排気するために用いられてよい。放射状外側部分 180 は、さらに、第 2 の空洞 190 のガスカーテン部分 214 にバージガスを供給するガスカーテン空洞 260 およびガスカーテン流出口 262 を規定する。ガス源 270 および弁 272 が、ガスカーテン部分 214 に供給されるバージガスを制御するために用いられてよい。

50

【0050】

第3の環状シール220は、さらに、プラズマ発生器142からフェースプレート124に埋め込まれた電極138への電気的接続を提供してよいが、電極138と接続する他の方法が用いられてもよい。

【0051】

コントローラ280が、センサを用いてシステムパラメータを監視するため、ならびに、ガス供給システム160、プラズマ発生器142、および、処理のその他の構成要素を制御するために用いられてよい。

【0052】

ここで、図3Aおよび図3Bを参照すると、第1の半径を有する円300の中に配置された第1の複数の孔130を備えるフェースプレート124の一例が示されている。フェースプレート124は、さらに、円300の外側に配置された第2の複数の孔200を備える。理解できる通り、第1または第2の複数の孔130、200の内の少なくとも一部の孔は、それぞれ、図3Bに示されるようにスロット形状である。10

【0053】

スロットは、第2のサイズ寸法（この例では、長さ）よりも小さい第1のサイズ寸法（この例では、幅）を有する。いくつかの例において、スロットの第1のサイズ寸法は、プラズマシース厚さの2または3倍よりも小さく、スロットの第2のサイズ寸法は、第1のサイズ寸法よりも大きい。いくつかの例において、スロットの第2のサイズ寸法は、フェースプレートの所望の伝導性に応じて、第1のサイズ寸法より少なくとも2～10倍大きい。図3Aに示した第1の複数の孔130はすべて円形であり、図3Aの第2の複数の孔200はすべてスロット形状であるが、図4および図5に示す例に見られるように、円形孔およびスロット形状孔が、円300の内側および外側の両方に配置されてもよい。この例のフェースプレート124は、処理ガスを供給するために用いられる孔130と、排気ガスを受けるために用いられる孔200とを備えるが、排気ガスは、フェースプレート124と関わらずに、処理チャンバから除去されてもよい。20

【0054】

ここで、図4～図5を参照すると、フェースプレートにおけるさらに別の孔の配置が示されている。図4において、第1の複数の孔130は、スロット孔304および円形孔306の両方を含む。同様に、第2の複数の孔200は、スロット孔312および円形孔314の両方を含む。いくつかの例において、円形孔306、314は、HCDを防ぐために、プラズマシース厚さの2または3倍より小さい直径を有する。30

【0055】

図5において、第1の複数の孔130は、スロット孔320および円形孔322の両方を含む。同様に、第2の複数の孔200は、スロット孔330および円形孔332の両方を含む。スロット孔320、330の少なくとも一部は、フェースプレート124の半径方向の線と直交するかまたは他の角度をなすように配置される。いくつかの例において、円形孔322、332は、HCDを防ぐために、プラズマシース厚さの2または3倍より小さい直径を有する。

【0056】

ここで、図6を参照すると、フェースプレート124の一部および放射状外側部分180の拡大図が示されている。第1、第2、および、第3の環状シール204、208、および、220は、それぞれ、放射状外側部分180の表面330の対応する溝320、322、および、324の中に配置されてよい。第3の環状シール220は、金属接点340および342に向かって付勢されてよい。金属接点340は、プラズマ発生器に接続されている。金属接点342は、電極138と接触している。40

【0057】

ここで、図7を参照すると、プラズマ処理中にフェースプレートにおけるHCDを低減するための方法の一例が示されている。工程404で、プラズマシース厚さが、プラズマ処理に対して決定される。いくつかの例において、プラズマシース厚さは、プラズマ密度50

、電子温度、印加されるプラズマ駆動電圧などに基づいて決定できる。工程 408 で、フェースプレートの所望の流れ伝導性が、処理に対して選択される。

【0058】

工程 412 で、フェースプレートのスロット孔の数、幅、および、長さが選択される。スロットは、HCD を防ぐために、プラズマシース厚さの 2 または 3 倍より小さい幅を有する。長さは、幅の 2 ~ 10 倍より大きくなるように選択され、所望の流れ伝導性を提供するように選択される。工程 414 で、フェースプレートの円形孔（任意選択的）の数が選択される。いくつかの例において、任意選択的な円形孔は、プラズマシース厚さの 2 または 3 倍より小さい直径を有する。工程 416 で、選択された数のスロットおよび任意選択的な円形孔の流れ伝導性が決定され、所望の流れ伝導性と比較される。所望の流れ伝導性が提供されなかった場合、スロットの長さ、スロットの数、または、任意選択的な円形孔の数が調整され、方法は工程 416 に戻る。所望の流れ伝導性が提供された場合、フェースプレートは、それらのスロットおよび任意選択的な円形孔を有するように製造され、工程 422 で処理チャンバのガス分配装置に導入される。工程 428 で、プラズマが点火され、処理ガスがガス分配装置のフェースプレートを通して供給される。

10

【0059】

ほんの一例として、コントローラ 280 は、フェースプレートを通して処理ガス混合物およびバージガスを供給し、排気ガスを排出する。例えば、コントローラ 280 は、ALD サイクルの 1 つの段階中にガス分配装置のフェースプレートを通して第 1 の前駆体を供給する。コントローラ 280 は、フェースプレートの縁部にガスカーテンを生成するために、バージガスを供給する。コントローラ 280 は、例えば、ポンプおよび弁を用いて、フェースプレートを通して排気ガスを除去する。基板を第 1 の前駆体に暴露した後、コントローラ 280 は、第 1 の前駆体を除去するためにバージ工程を実行してよい。

20

【0060】

その後、コントローラ 280 は、ALD サイクルの別の段階中にガス分配装置のフェースプレートを通して第 2 の前駆体を供給する。コントローラ 280 は、フェースプレートの縁部にガスカーテンを生成するために、バージガスを供給する。コントローラ 280 は、例えば、ポンプおよび弁を用いて、フェースプレートを通して排気ガスを除去する。基板を第 2 の前駆体に暴露した後、コントローラ 280 は、第 2 の前駆体を除去するためにバージ工程を実行する。コントローラ 280 は、基板上に薄膜の層を生成するために、ALD サイクルを 1 回以上繰り返してよい。

30

【0061】

上述の記載は、本質的に例示に過ぎず、本開示、応用例、または、利用法を限定する意図はない。本開示の広範な教示は、様々な形態で実施されうる。したがって、本開示には特定の例が含まれるが、図面、明細書、および、以下の特許請求の範囲を研究すれば他の変形例が明らかになるため、本開示の真の範囲は、それらの例には限定されない。本明細書で用いられているように、「A、B、および、C の少なくとも 1 つ」という表現は、非排他的な論理和 OR を用いて、論理（A または B または C）を意味すると解釈されるべきであり、「A の少なくとも 1 つ、B の少なくとも 1 つ、および、C の少なくとも 1 つ」という意味であると解釈されるべきではない。方法に含まれる 1 または複数の工程が、本開示の原理を改変することなく、異なる順序で（または同時に）実行されてもよいことを理解されたい。

40

【0062】

本願では、以下の定義を含め、コントローラという用語は、回路という用語と交換可能である。コントローラという用語は、特定用途向け集積回路（ASIC）；デジタル、アナログ、または、アナログ / デジタル混合ディスクリート回路；デジタル、アナログ、または、アナログ / デジタル混合集積回路；組み合わせ論理回路；フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）；コードを実行する（共有、専用、または、グループ）プロセッサ回路；プロセッサ回路によって実行されるコードを格納する（共有、専用、または、グループ）メモリ回路；記述された機能を提供するその他の適切なハードウェアコンポ

50

ーネント；もしくは、システムオンチップなどの上記の一部または全部の組み合わせ、を指しうる、の一部でありうる、もしくは、を含みうる。

【0063】

コントローラは、1または複数のインターフェース回路を備えてよい。いくつかの例において、インターフェース回路は、ローカルエリアネットワーク（LAN）、インターネット、ワイドエリアネットワーク（WAN）、または、それらの組み合わせに接続された有線または無線のインターフェースを含みうる。本開示の任意のコントローラの機能は、インターフェース回路を介して接続された複数のコントローラ間に分散されてもよい。例えば、複数のコントローラは、負荷バランシングが可能であってよい。さらなる例において、サーバ（リモートまたはクラウドとしても知られる）コントローラが、クライアントコントローラの代わりにいくつかの機能を実現してもよい。10

【0064】

コードという用語は、上記で用いられているように、ソフトウェア、ファームウェア、および／または、マイクロコードを含んでよく、プログラム、ルーチン、関数、クラス、データ構造、および／または、オブジェクトを指しうる。共有プロセッサ回路という用語は、複数のコントローラからのコードの一部または全部を実行する単一のプロセッサ回路を含む。グループプロセッサ回路という用語は、さらなるプロセッサ回路と共に、1または複数のコントローラからのコードの一部または全部を実行するプロセッサ回路を含む。複数のプロセッサ回路とは、別個のダイ上の複数のプロセッサ回路、単一のダイ上の複数のプロセッサ回路、単一のプロセッサ回路の複数のコア、単一のプロセッサ回路の複数のスレッド、または、上記の組み合わせを含む。共有メモリ回路という用語は、複数のコントローラからのコードの一部または全部を格納する単一のメモリ回路を含む。グループメモリ回路という用語は、さらなるメモリと共に、1または複数のコントローラからのコードの一部または全部を格納するメモリ回路を含む。20

【0065】

メモリ回路という用語は、コンピュータ読み取り可能な媒体という用語のサブセットである。コンピュータ読み取り可能な媒体という用語は、本明細書で用いられているよう、「（搬送波上などで）媒体を通して伝搬する一時的な電気または電磁信号を含まないため、有形かつ非一時的なものと見なされてよい。非一時的な有形のコンピュータ読み取り可能な媒体の例は、不揮発性メモリ回路（フラッシュメモリ回路またはマスク読み出し専用メモリ回路など）、揮発性メモリ回路（ステイックランダムアクセスメモリ回路およびダイナミックランダムアクセスメモリ回路など）、ならびに、二次ストレージ（磁気ストレージ（磁気テープまたはハードディスクドライブなど）および光学ストレージなど）を含むが、これらに限定されない。30

【0066】

本願に記載の装置および方法は、コンピュータプログラム内に具現化された1または複数の特定の機能を実行するように汎用コンピュータを構成することによって作られた専用コンピュータによって部分的または完全に実施されてよい。コンピュータプログラムは、少なくとも1つの非一時的な有形のコンピュータ読み取り可能媒体に格納されたプロセッサ実行可能な命令を含む。また、コンピュータプログラムは、格納されたデータを含んでもよいし、格納されたデータに依存してもよい。コンピュータプログラムは、専用コンピュータのハードウェアと相互作用する基本入出力システム（BIOS）、専用コンピュータの特定のデバイスと相互作用するデバイスドライバ、1または複数のオペレーティングシステム、ユーザアプリケーション、バックグラウンドサービスおよびアプリケーションなどを含みうる。コンピュータプログラムは以下を含みうる：(i) アセンブリコード；(ii) コンパイラによってソースコードから生成されたオブジェクトコード；(iii) インタープリタによる実行のためのソースコード；(iv) 実行時コンパイラによるコンパイルおよび実行のためのソースコード；(v) HTML（ハイパーテキストマークアップ言語）またはXML（拡張マークアップ言語）など、構文解析のための記述テキストなど。単に例として、ソースコードは、C、C++、C#、Objectice-C、H4050

`askell`、`Go`、`SQL`、`Lisp`、`Java`（登録商標）、`ASP`、`Perl`、`JavaScript`（登録商標）、`HTML5`、`Ada`、`ASP`（アクティブサーバページ）、`Perl`、`Scala`、`Erlang`、`Ruby`、`Flash`（登録商標）、`Visual Basic`（登録商標）、`Lua`、または、`Python`（登録商標）で書かれてよい。

【0067】

要素が明確に「`means for`（ための手段）」という表現を用いて記載されていない限りは、もしくは、「`operation for`（ための動作）」または「`step for`（ための工程）」という表現を用いた方法請求項の場合には、請求項の要素は、米国特許法第112条(f)の意義の範囲内でミーンズ・プラス・ファンクション要素であることを意図されていない。
10

本発明は、たとえば、以下のような態様で実現することもできる。

適用例1：

プラズマ処理チャンバのガス分配システムのためのフェースプレートであって、第1の面、前記第1の面の反対側の第2の面、および、側面を有するフェースプレート本体と、

前記第1の面から前記第2の面まで伸びる、前記フェースプレート本体の第1の複数の孔と、を備え、

前記第1の複数の孔の内の少なくとも一部は、前記第1の面と平行な平面に第1のサイズ寸法および第2のサイズ寸法を有し、

前記第1のサイズ寸法は、前記第2のサイズ寸法と直交し、

前記第1のサイズ寸法は、前記プラズマ処理チャンバによって生成されるプラズマのプラズマシース厚さの3倍よりも小さく、

前記第2のサイズ寸法は、前記第1のサイズ寸法の2倍よりも大きい、フェースプレート。

20

適用例2：

適用例1のフェースプレートであって、前記第1のサイズ寸法は、前記プラズマ処理チャンバによって生成されるプラズマのプラズマシース厚さの2倍よりも小さい、フェースプレート。

30

適用例3：

適用例1のフェースプレートであって、前記第2のサイズ寸法は、前記第1のサイズ寸法の9倍よりも大きい、フェースプレート。

適用例4：

適用例1のフェースプレートであって、前記フェースプレート本体は、前記第1の複数の孔の半径方向外側に配置された第2の複数の孔を備える、フェースプレート。

40

適用例5：

適用例4のフェースプレートであって、前記第2の複数の孔の内の少なくとも一部は、前記第1のサイズ寸法および前記第2のサイズ寸法を有する、フェースプレート。

適用例6：

適用例4のフェースプレートであって、前記第2の複数の孔の内の少なくとも一部は、円形であり、前記プラズマのプラズマシース厚さの3倍よりも小さい直径を有する、フェースプレート。

適用例7：

50

適用例 1 のフェースプレートであって、前記第 1 の複数の孔の内の少なくとも一部は、円形であり、前記プラズマのプラズマシース厚さの 3 倍よりも小さい直径を有する、フェースプレート。

適用例 8 :

基板を処理するためのプラズマ処理システムであって、

処理チャンバと、

前記処理チャンバ内に配置され、上側部分、フェースプレート、および、前記上側部分と前記フェースプレートとの間の第 1 の空洞を備えたガス分配装置と、

前記基板を支持するために前記処理チャンバ内に配置された基板支持体と、

前記フェースプレートと前記基板支持体との間にプラズマを生成するためのプラズマ発生器と、を備え、

前記フェースプレートは、第 1 の面、前記第 1 の面の反対側の第 2 の面、および、側面を有するフェースプレート本体と、前記第 1 の面から前記第 2 の面まで伸びる前記フェースプレート本体の第 1 の複数の孔と、を備え、

前記第 1 の複数の孔の内の少なくとも一部は、スロット形状であり、前記第 1 の面と平行な平面に第 1 のサイズ寸法および第 2 のサイズ寸法を有し、

前記第 1 のサイズ寸法は、前記第 2 のサイズ寸法と直交し、

前記第 1 のサイズ寸法は、前記プラズマ発生器によって生成される前記プラズマのプラズマシース厚さの 3 倍よりも小さく、

前記第 2 のサイズ寸法は、前記第 1 のサイズ寸法の 2 倍よりも大きい、プラズマ処理システム。

10

20

30

40

50

適用例 9 :

適用例 8 のフェースプレートであって、前記第 1 のサイズ寸法は、前記プラズマ処理チャンバによって生成されるプラズマのプラズマシース厚さの 2 倍よりも小さい、フェースプレート。

適用例 10 :

適用例 8 のフェースプレートであって、前記第 2 のサイズ寸法は、前記第 1 のサイズ寸法の 9 倍よりも大きい、フェースプレート。

適用例 11 :

適用例 8 のプラズマ処理システムであって、前記フェースプレート本体は、前記第 1 の複数の孔の半径方向外側に配置された第 2 の複数の孔を備える、プラズマ処理システム。

適用例 12 :

適用例 11 のプラズマ処理システムであって、前記第 2 の複数の孔の内の少なくとも一部は、スロット形状であり、前記第 1 のサイズ寸法および前記第 2 のサイズ寸法を有する、プラズマ処理システム。

適用例 13 :

適用例 11 のプラズマ処理システムであって、前記第 2 の複数の孔の内の少なくとも一部は、円形であり、前記プラズマ発生器によって生成される前記プラズマのプラズマシース厚さの 3 倍よりも小さい直径を有する、プラズマ処理システム。

適用例 14 :

適用例 8 のプラズマ処理システムであって、前記第 1 の複数の孔の内の少なくとも一部は、円形であり、前記プラズマ発生器によって生成される前記プラズマのプラズマシース厚さの 3 倍よりも小さい直径を有する、プラズマ処理システム。

適用例 15 :

適用例 8 のプラズマ処理システムであって、さらに、
前記第1の空洞の供給部分、排気部分、および、ガスカーテン部分を規定するために、
前記第1の空洞内に配置された第1、第2、および、第3の環状金属シールを備える、
プラズマ処理システム。

適用例 16 :

適用例 15 のプラズマ処理システムであって、処理ガスが、前記上側部分の第2の空洞
、前記フェースプレートを通して、前記第1の空洞の前記供給部分に流れ込む、
プラズマ処理システム。

10

適用例 17 :

適用例 15 のプラズマ処理システムであって、前記基板が前記処理ガスに暴露された後
に、前記処理ガスは、前記フェースプレート、前記第1の空洞の前記排気部分、および、
前記上側部分を通って、戻る、
プラズマ処理システム。

適用例 18 :

適用例 15 のプラズマ処理システムであって、バージガスが、前記上側部分を通して、
前記第1の空洞の前記ガスカーテン部分に流れる、
プラズマ処理システム。

20

適用例 19 :

プラズマ処理で用いられるガス分配装置のフェースプレートにおける中空陰極放電を低
減するための方法であって、

前記プラズマ処理のプラズマシース厚さを決定する工程と、
第1の面、前記第1の面の反対側の第2の面、および、側面を有するフェースプレート
本体を備えたフェースプレートを準備する工程と、
前記第1の面から前記第2の面まで伸びる第1の複数の孔を前記フェースプレート本体
に形成する工程であって、

前記第1の複数の孔の内の少なくとも一部は、前記第1の面と平行な平面に第1のサ
イズ寸法および第2のサイズ寸法を有し、

前記第1のサイズ寸法は、前記第2のサイズ寸法と直交し、
前記第1のサイズ寸法は、前記プラズマ処理によって生成されるプラズマの
プラズマシース厚さの3倍よりも小さく、

前記第2のサイズ寸法は、前記第1のサイズ寸法の2倍よりも大きい、
工程と、
プラズマ処理チャンバのガス分配装置の上側部分に隣接して、前記フェースプレートを
配置する工程と、

プラズマを点火し、前記ガス分配装置の前記フェースプレートを通して処理ガスを流し
て基板を前記処理ガスに暴露させる工程と、
を備える、方法。

30

40

適用例 20 :

適用例 19 の方法であって、前記プラズマシース厚さは、
プラズマ密度、電子温度、および、印加プラズマ駆動電圧に基づいて決定される、
方法。

適用例 21 :

適用例 19 の方法であって、さらに、前記第1の複数の孔の半径方向外側に前記フェー
スプレート本体の第2の複数の孔を形成する工程を備える、方法。

適用例 22 :

50

適用例 2 1 の方法であって、前記第 2 の複数の孔の内の少なくとも一部は、前記第 1 のサイズ寸法および前記第 2 のサイズ寸法を有する、方法。

適用例 2 3 :

適用例 2 1 の方法であって、前記第 2 の複数の孔の内の少なくとも一部は、円形であり、前記プラズマのプラズマシース厚さの 3 倍よりも小さい直径を有する、方法。

適用例 2 4 :

適用例 1 9 の方法であって、前記第 1 の複数の孔の内の少なくとも一部は、円形であり、前記プラズマのプラズマシース厚さの 3 倍よりも小さい直径を有する、方法。

10

【図 1 A】

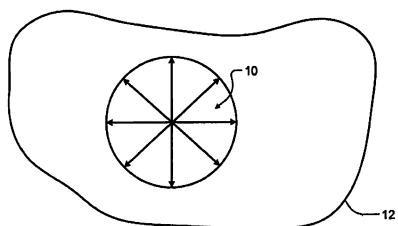


FIG. 1A

【図 1 B】

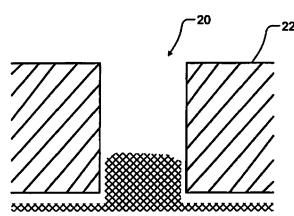


FIG. 1B

【図 2】

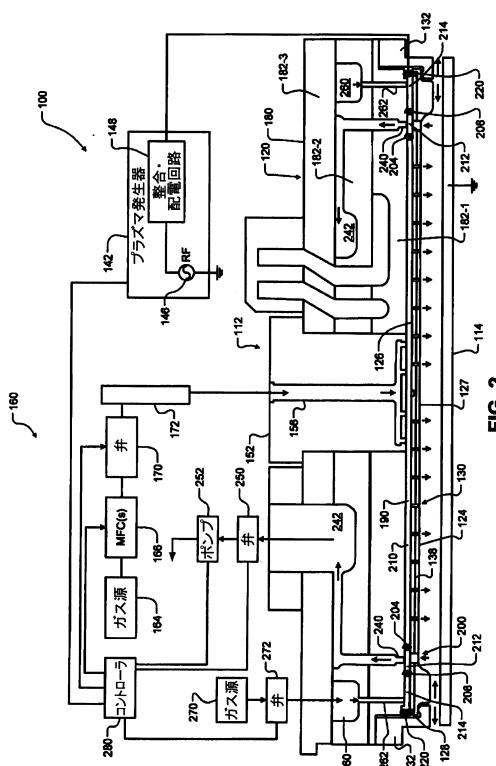
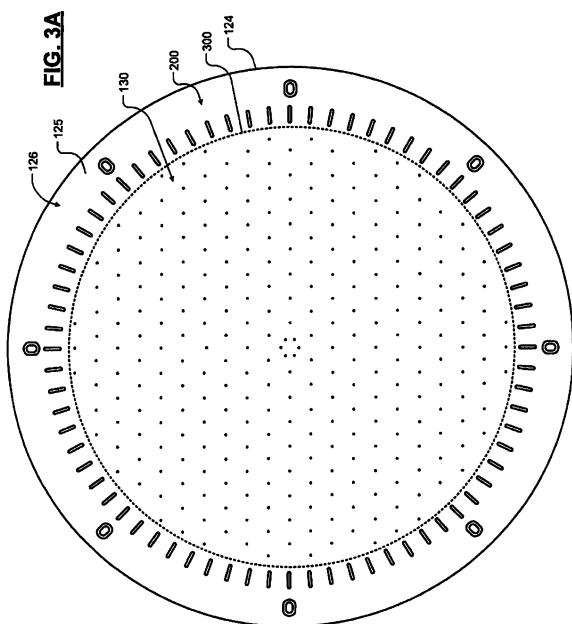
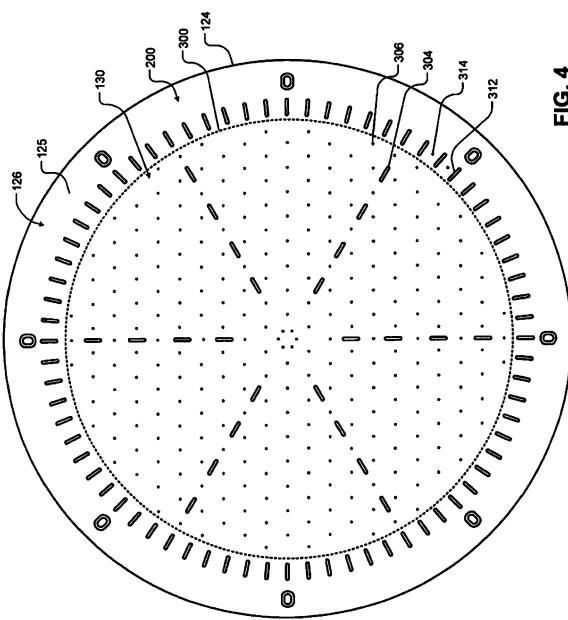


FIG. 2

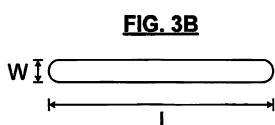
【図3A】



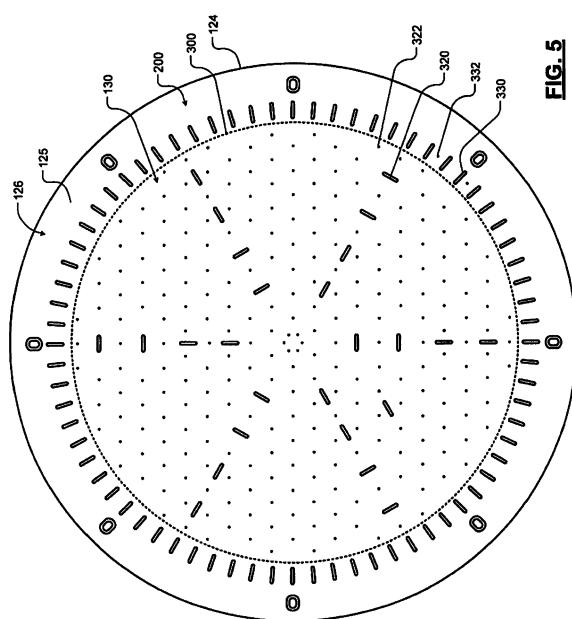
【図4】



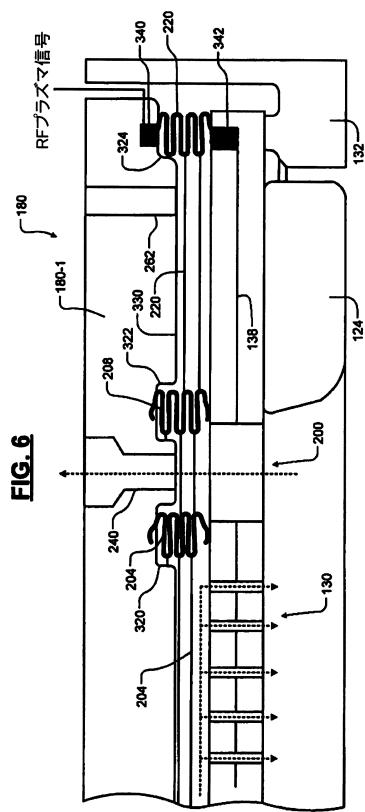
【図3B】



【図5】



【図6】



【図7】

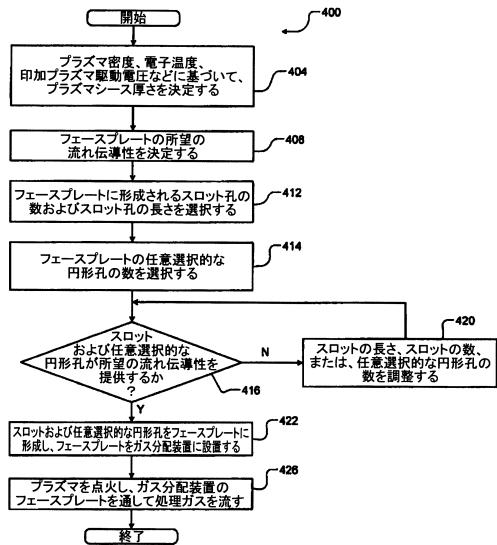


FIG. 7

フロントページの続き

(72)発明者 エドワード・アウグスティニヤック

アメリカ合衆国 オレゴン州 97062 チュラチン, サウスウェスト・パノック・コート, 10
555

審査官 大門 清

(56)参考文献 米国特許出願公開第2015/0011095(US, A1)

特開2013-102214(JP, A)

特表2007-507861(JP, A)

特開2005-033167(JP, A)

米国特許出願公開第2006/0236931(US, A1)

特表2008-539595(JP, A)

実開昭60-179033(JP, U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

IPC H05H 1/46

C23C 16/00

H01L 21/302

H01L 21/31

H01J 37/32