

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6947510号
(P6947510)

(45) 発行日 令和3年10月13日 (2021. 10. 13)

(24) 登録日 令和3年9月21日 (2021. 9. 21)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/3065 (2006. 01)	HO 1 L 21/302 I O 1 G
HO 1 L 21/31 (2006. 01)	HO 1 L 21/31 C
HO 5 H 1/46 (2006. 01)	HO 5 H 1/46 L

請求項の数 27 外国語出願 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2017-23976 (P2017-23976)	(73) 特許権者	592010081
(22) 出願日	平成29年2月13日 (2017. 2. 13)		ラム リサーチ コーポレーション
(65) 公開番号	特開2017-175121 (P2017-175121A)		LAM RESEARCH CORPOR
(43) 公開日	平成29年9月28日 (2017. 9. 28)		ATION
審査請求日	令和2年2月12日 (2020. 2. 12)		アメリカ合衆国, カリフォルニア 945
(31) 優先権主張番号	62/294, 574		38, フレモント, クッシング パークウ
(32) 優先日	平成28年2月12日 (2016. 2. 12)		エイ 4650
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)	(74) 代理人	110000028
(31) 優先権主張番号	15/428, 585		特許業務法人明成国際特許事務所
(32) 優先日	平成29年2月9日 (2017. 2. 9)	(72) 発明者	ジェームズ・ユージン・カロン
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州953
			76 トレーシー, マウンテン・ビュー・
			ロード, 11591

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ源のチャンバ部材、および、基板Cーリングの平行移動のために半径方向外側に配置されたリフトピンを備えるペDESTAL

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラズマ源のチャンバ部材であって、
 基板処理チャンバの上側領域を囲む円筒形の側壁と、
 前記側壁に結合されている移行部材と、
 前記移行部材に結合されている上壁と、
 前記上壁に結合され、前記側壁よりも垂直方向に高く配置され、ガスインジェクタに接続するよう構成されているインジェクタ接続部材と、を備え、ガスが前記ガスインジェクタを介して前記インジェクタ接続部材を通して前記基板処理チャンバの前記上側領域内に入り、

前記側壁と前記上壁との間の角度は、100°～145°であり、

前記側壁、前記移行部材、前記上壁、および前記インジェクタ接続部材のうちの少なくとも1つの厚さは、0.4～0.6インチ(1.016～1.524cm)であり、

前記チャンバ部材の中心高さ対下方内径の比が、0.25～0.5であるか、または、
 前記チャンバ部材の外側高さ対中心高さの比が、0.4～0.85であるか、の少なくとも一方である、チャンバ部材。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のチャンバ部材であって、前記上壁は、半線形である、チャンバ部材。

【請求項 3】

請求項 1 に記載のチャンバ部材であって、前記上壁は、線形である、チャンバ部材。

【請求項 4】

請求項 1 に記載のチャンバ部材であって、前記チャンバ部材の前記中心高さ対下方内径の比は、 $0.35 \sim 0.45$ である、チャンバ部材。

【請求項 5】

請求項 1 に記載のチャンバ部材であって、前記チャンバ部材の前記外側高さ対中心高さの比は、 $0.5 \sim 0.6$ である、チャンバ部材。

【請求項 6】

プラズマ源であって、
請求項 1 に記載のチャンバ部材と、
前記チャンバ部材の中央部分の上方で前記インジェクタ接続部材の周りに配置されている第 1 コイルと、
前記側壁の周りに配置されている第 2 コイルと、
を備える、プラズマ源。 10

【請求項 7】

請求項 6 に記載のプラズマ源であって、前記第 1 コイルおよび前記第 2 コイルは、直列に接続されている、プラズマ源。

【請求項 8】

請求項 6 に記載のプラズマ源であって、前記第 1 コイルおよび前記第 2 コイルは、並列に接続されている、プラズマ源。

【請求項 9】

請求項 6 に記載のプラズマ源であって、さらに
前記第 1 コイルおよび前記第 2 コイルに電流を供給する発電機と、
前記第 1 コイルおよび前記第 2 コイルへの電流の供給を制御するよう構成されているコントローラと、
を備え、
前記第 1 コイルに供給される電流は、前記第 2 コイルに供給される電流と独立して制御される、プラズマ源。 20

【請求項 10】

請求項 6 に記載のプラズマ源であって、さらに、前記基板処理チャンバの前記上側領域内にガスを拡散させるよう構成されている拡散器を備える、プラズマ源。 30

【請求項 11】

請求項 10 に記載のプラズマ源であって、
前記拡散器は、複数の流路を備え、
前記複数の流路は、それぞれのガスを受け入れる、プラズマ源。

【請求項 12】

基板処理チャンバであって、
請求項 1 に記載のチャンバ部材と、
上方に向かって前記基板処理チャンバ内へガスを注入する第 2 インジェクタと、
を備える、基板処理チャンバ。

【請求項 13】

基板処理チャンバであって、
請求項 1 に記載のチャンバ部材と、
分配プレートまたはシャワーヘッドの下側であって、下方に向かって前記基板処理チャンバ内へガスを注入する第 2 インジェクタと、
を備える、基板処理チャンバ。 40

【請求項 14】

基板処理チャンバであって、
請求項 1 に記載のチャンバ部材と、
分配プレートと、
前記分配プレートを通して前記基板処理チャンバ内へガスを注入する第 2 インジェクタ 50

と、
を備える、基板処理チャンバ。

【請求項 15】

基板処理システムであって、
請求項 1 に記載のチャンバ部材と、
前記チャンバ部材を備えるプラズマ源と、
キャパシタンスを含む複数の高周波構成要素と、
接地シールドと、
保護筐体と、

を備え、

10

前記プラズマ源、前記複数の高周波構成要素、および、前記接地シールドは、前記保護筐体内に配置され、

前記接地シールドは、前記複数の高周波構成要素を前記プラズマ源から分離する、基板処理システム。

【請求項 16】

請求項 15 に記載の基板処理システムであって、前記保護筐体は、
上壁と、
前記保護筐体の前記上壁に結合されている絶縁体と、
前記絶縁体を通過するピンと、

前記ピンに接続し、前記複数の高周波構成要素に電流を供給するコントローラと、
を備える、基板処理システム。

20

【請求項 17】

請求項 15 に記載の基板処理システムであって、さらに、ペDESTALを備え、前記ペDESTALは、

高周波電極と、

前記高周波電極の半径方向外側に配置されている複数のリフトピンと、

基板を受ける c - リングと、を備え、前記複数のリフトピンは、前記 c - リングを前記ペDESTALに対して移動させる、基板処理システム。

【請求項 18】

請求項 1 に記載のチャンバ部材において、前記側壁、前記移行部材、前記上壁、および前記インジェクタ接続部材のうちの少なくとも 1 つの厚さは、0.5 インチ (1.270 cm) である、チャンバ部材。

30

【請求項 19】

請求項 1 に記載のチャンバ部材において、前記側壁、前記移行部材、前記上壁、および前記インジェクタ接続部材の厚さは、それぞれ、0.4 ~ 0.6 インチ (1.016 ~ 1.524 cm) である、チャンバ部材。

【請求項 20】

請求項 8 に記載のプラズマ源はさらに、前記第 1 コイルおよび前記第 2 コイルのいずれか一方と直列に接続されている第 3 コイルを備える、プラズマ源。

【請求項 21】

40

請求項 8 に記載のプラズマ源はさらに、

前記チャンバ部材の中央部分の上方で前記インジェクタ接続部材の周りに配置され、前記第 1 コイルと直列に接続されている第 3 コイルと、

前記側壁の周りに配置され、前記第 2 コイルと直列に接続されている第 4 コイル、とを備える、プラズマ源。

【請求項 22】

保護筐体であって、

請求項 6 に記載のプラズマ源と、

前記保護筐体の第 1 領域と前記保護筐体の第 2 領域とを分離する接地シールドと、

部分的に前記第 1 領域に配置され、前記第 1 領域に配置されているキャパシタおよび前

50

記第 1 コイルと接続されている接続ピンと、を備え、

前記プラズマ源は、前記第 2 領域に配置されている、保護筐体。

【請求項 2 3】

プラズマ源であって、

基板処理チャンバの上側領域を囲む円筒形の側壁と、

前記側壁に結合されている移行部材と、

前記移行部材に結合されている上壁と、

前記上壁に結合され、前記側壁よりも垂直方向に高く配置され、ガスインジェクタに接続するよう構成されているインジェクタ接続部材と、を備えるチャンバ部材であって、

ガスが前記ガスインジェクタを介して前記インジェクタ接続部材を通して前記基板処理チャンバの前記上側領域内に入り、

前記側壁と前記上壁との間の角度は、 $100 \sim 145^\circ$ であり、

前記チャンバ部材の中心高さ対下方内径の比が、 $0.25 \sim 0.5$ であるか、または、

前記チャンバ部材の外側高さ対中心高さの比が、 $0.4 \sim 0.85$ であるか、の少なくともいずれか一方である、チャンバ部材と、

前記チャンバ部材の中央部分の上方で前記インジェクタ接続部材の周りに配置されている第 1 コイルと、

前記側壁の周りに配置されている第 2 コイルと、

前記チャンバ部材または前記側壁のいずれか一方の周りに配置され、前記第 1 コイルおよび第 2 コイルのいずれか一方と直列に接続されている第 3 コイルと、を備えるプラズマ源。

【請求項 2 4】

請求項 2 3 に記載のプラズマ源において、前記第 3 コイルは、前記チャンバ部材の中央部分の上方で前記インジェクタ接続部材の周りに配置され、前記第 1 コイルと直列に接続されている、プラズマ源。

【請求項 2 5】

請求項 2 3 に記載のプラズマ源において、前記第 3 コイルは、前記側壁の周りに配置され、前記第 2 コイルと直列に接続されている、プラズマ源。

【請求項 2 6】

請求項 2 3 に記載のプラズマ源はさらに、前記側壁の周りに配置され、前記第 2 コイルと直列に接続されている第 4 コイルを備え、

前記第 3 コイルは、前記チャンバ部材の中央部分の上方で前記インジェクタ接続部材の周りに配置され、前記第 1 コイルと直列に接続されている、プラズマ源。

【請求項 2 7】

保護筐体であって、

請求項 2 3 に記載のプラズマ源と、

前記保護筐体の第 1 領域と前記保護筐体の第 2 領域とを分離する接地シールドと、

部分的に前記第 1 領域に配置され、前記第 1 領域に配置されているキャパシタおよび前記第 1 コイルと接続されている接続ピンと、を備え、

前記プラズマ源は、前記第 2 領域に配置されている、保護筐体。

【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、2016 年 2 月 12 日出願の米国仮出願第 62 / 294,574 号の利益を主張する。当該出願の開示全体が、参照によって本明細書に組み込まれる。

【0002】

本開示は、基板処理に関し、特に、プラズマ源およびペDESTAL の構造に関する。

【背景技術】

【 0 0 0 3 】

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、明示的にも默示的にも本開示に対する従来技術として認められない。

【 0 0 0 4 】

半導体ウエハなどの基板上の膜をエッチングするために、基板処理システムが利用される。基板処理システムは、通例、基板処理チャンバ、ガス分配装置、および、基板支持体を備える。処理中、基板は、基板支持体の上に配置される。異なるガス混合物が基板処理チャンバに導入され、高周波（RF）プラズマが化学反応を活性化するために生成される。RFプラズマは、誘導結合プラズマ（ICP）またはトランス結合プラズマ（TCP）であってよい。ICPまたはTCPは、1または複数のコイルを荷電する結果として、プラズマ源によって提供される。プラズマ源は、基板処理チャンバの上側部分と、1または複数のコイルとを備える。

10

【 0 0 0 5 】

ICP源のチャンバ部材は、円筒形またはドーム形でありうる。TCP源のチャンバ部材は、平坦形状でありうる。ICP源の円筒形チャンバ部材は、チャンバ部材の外周に配置されたコイルを有する。ICP源のドーム形チャンバ部材は、球形であり、チャンバ部材の上方に配置されたコイルを有する。TCP源の平坦形チャンバ部材は、上にコイルが取り付けられた平坦な円形誘電体窓を備える。

20

【 0 0 0 6 】

円筒形、ドーム形、および、平坦形のチャンバ部材を備えるプラズマ源には、関連する不利点がある。円筒形チャンバ部材の不利点は、対応するコイルすべてが円筒の周囲に配置されることであり、中心（例えば、円筒形チャンバの中心を通して伸びる垂直中心線）から円筒形チャンバ部材の周縁部までの半径方向のプラズマ密度の調整が可能ではない。

【 0 0 0 7 】

ドーム形チャンバ部材は、中央に取り付けられたコイルと、外側に取り付けられたコイルとを有しうる。中央に取り付けられたコイルは、ドーム形チャンバ部材の上部および中心の近くに位置しうる。外側に取り付けられたコイルは、ドーム形チャンバの外周上およびその近くでさらに下に位置しうる。ドーム形チャンバ部材の不利点は、外側に取り付けられたコイルと基板との間の距離に比べて、中央に取り付けられたコイルと基板の中心との間の距離が長いことである。対応するプラズマ源の中央におけるこの長い距離により、外縁に比べて中央で生成されるプラズマ種の滞留時間が長くなりうる。この影響は、高密度プラズマを備える局所的な領域により、高圧ガスが供給された時および/または電氣的負性ガスが供給された時に、より顕著になる。

30

【 0 0 0 8 】

平坦形チャンバ部材の不利点は、対応するコイルが、通例、厚い誘電体窓（例えば、厚さ1～2インチ（2.54～5.08cm））により、プラズマから著しく離れた距離に位置することである。誘電体窓は、誘電体窓における圧力の差によって生じる機械力に耐えるために厚くなっている。チャンバ部材とプラズマとの間の物理的分離は、コイルとプラズマとの間の相互インダクタンスを減少させるため、対応するTCP源の効率を下げる。これは、コイルを通して流れる電流の増加および銅損失の増加（すなわち、磁場損失の増加）につながる。チャンバ部材の内部チャンバ領域からコイルが離れるほど、磁場損失が大きくなり、ひいては、内部チャンバ領域で必要な磁場を提供するのに必要な電流が増える。

40

【発明の概要】

【 0 0 0 9 】

プラズマ源のチャンバ部材が提供されており、側壁と、移行部材と、上壁と、インジェクタ接続部材と、を備える。側壁は、円筒形であり、基板処理チャンバの上側領域を囲む。移行部材は、側壁に結合されている。上壁は、移行部材に結合されている。インジェク

50

タ接続部材は、上壁に結合され、垂直方向に側壁よりも高く配置され、ガスインジェクタに接続するよう構成されている。ガスが、ガスインジェクタを介して、インジェクタ接続部材を通り、基板処理チャンバの上側領域に入る。チャンバ部材の中心高さ対下方内径の比が、 $0.25 \sim 0.5$ である、および/または、チャンバ部材の中心高さ対外側高さの比が、 $0.4 \sim 0.85$ である。

【0010】

別の特徴において、ペDESTALが提供されており、高周波電極と、リフトピンと、c - リングと、接地シールドと、を備える。リフトピンは、高周波電極の半径方向外側に配置されている。c - リングは、基板を受けて、リフトピンは、c - リングをペDESTALに対して移動させる。高周波電極、リフトピン、および、絶縁体は、接地シールド内に配置され、絶縁体は、高周波電極をリフトピンおよび接地シールドから絶縁する。

10

【0011】

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、本開示の範囲を限定するものではない。

【図面の簡単な説明】

【0012】

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。

【0013】

【図1】本開示の一実施形態に従う、基板処理システムの一例を示す機能ブロック図。

20

【0014】

【図2】本開示の一実施形態に従う、基板処理チャンバの上側部分を示す斜視断面図。

【0015】

【図3】従来のプラズマ源のドーム形チャンバ部分を示す断面図。

【0016】

【図4】図2の基板処理チャンバの上側部分において、いくつかの高さおよび直径を特定する断面図。

【0017】

【図5】本開示の一実施形態に従う、コイルの実施例を示す図2の基板処理チャンバの上側部分を備えるプラズマ源の断面図。

30

【0018】

【図6】本開示の一実施形態に従う、直列コイル構成を示す概略図。

【0019】

【図7】本開示の一実施形態に従う、並列コイル構成を示す概略図。

【0020】

【図8】本開示の一実施形態に従う、独立制御されるコイルを有するプラズマ源のチャンバ部分を示す機能ブロック/断面図。

【0021】

【図9】本開示の一実施形態に従う、プラズマ源および接地分離シールドを備えるチャンバの一部を示す断面図。

40

【0022】

【図10】本開示の一実施形態に従う、拡散器を備えるプラズマ源のチャンバ部分を示す断面図。

【0023】

【図11】本開示の一実施形態に従う、拡散器および側方上向きインジェクタを備えるプラズマ源のチャンバ部分を示す断面図。

【0024】

【図12】本開示の一実施形態に従う、拡散器および側方下向きインジェクタを備えるプラズマ源のチャンバ部分を示す断面図。

【0025】

50

【図 1 3】本開示の一実施形態に従う、拡散器および側方下向きインジェクタおよび分配プレートを備えるプラズマ源のチャンバ部分を示す断面図。

【0026】

【図 1 4】本開示の一実施形態に従う、シャワーヘッドを示す底面図。

【0027】

【図 1 5】本開示の一実施形態に従う、絶縁体および接地分離シールドを組み込んだペDESTALを示す断面図。

【0028】

【図 1 6】本開示の一実施形態に従う、リフトピンおよび c - リングを組み込んだペDESTALを示す断面図。

10

【0029】

【図 1 7】ペDESTALおよび基板の z 方向の動きを示すペDESTALシステムの機能ブロック / 断面図。

【0030】

【図 1 8】本開示の一実施形態に従う、基板処理システムを動作させる方法を示す図。

【0031】

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】

【0032】

20

エッジ均一性および調整可能な半径方向均一性など、基板のエッチング均一性の改善のための例が、本明細書に開示されている。エッチング均一性が改善すると、プラズマによる基板損傷のリスクが減少し、基板処理チャンバにガスを注入するための様々なオプションが可能になる。これらの例は、基板にわたって制御された均一なプラズマ生成を可能にする形状および対応するコイル構成を備えるプラズマ源のチャンバ部材を含む。プラズマ源は、ドーム形チャンバ部材を備える従来のプラズマ源と異なり、プラズマ源の中央付近でのプラズマの密度の制御を可能にする。開示されているプラズマ源は、ドーム形チャンバ部材を備える従来のプラズマ源よりも基板の近くに中央コイルを配置する。これは、開示のチャンバ部材の上部中央面と基板との間でのプラズマの滞留時間を減少させる。滞留時間とは、上部中央面に隣接する領域と、対応する基板の中央との間を、プラズマが通過するのにかかる時間のことである。

30

【0033】

これらの例は、ペDESTALから基板を容易に除去することを可能にするペDESTAL設計も提供する。ペDESTAL設計は、RF電極および / またはプレートを通過しないリフトピンを備える。これは、ペDESTALおよび基板の背面（ペDESTALと対向する側）における熱およびRFの均一性を改善する。ペDESTAL設計は、RFエネルギーが放射される領域にリフトピンが配置されないため、リフトピン領域でのアーク放電のリスクも減少させる。

【0034】

ここで、図 1 を参照すると、本開示に従う、基板の膜層をエッチングするための基板処理チャンバ 101 を備える基板処理システム 100 の一例が示されている。特定の基板処理チャンバが図示および説明されているが、本明細書に記載の方法は、他のタイプの基板処理システムで実施されてもよい。図 1 は、様々なフィーチャを有する基板処理システムを示しているが、これらのフィーチャの内の 1 または複数が、異なってもよい、および / または、含まなくてもよい。別の実施形態の例が、図 2 ~ 図 17 に関して図示および説明されている。

40

【0035】

再び図 1 を参照すると、基板処理チャンバ 101 は、下側チャンバ領域 102 および上側チャンバ領域 104 を備える。下側チャンバ領域 102 は、チャンバ側壁面 108、チャンバ底面 110、および、ガス分配装置 114 の下面によって規定される。基板処理チャンバ 101 の上側部分（すなわち、チャンバ部材）118 は、対応するコイル（例を後

50

述する)と併せて、プラズマ源とみなされてよく、ICPを供給しうる。

【0036】

上側チャンバ領域104は、ガス分配装置114の上面および上側部分118の内面によって規定される。いくつかの例において、上側部分118は、第1環状支持体121の上にある。いくつかの例において、第1環状支持体121は、後に詳述するように、上側チャンバ領域104に処理ガスを供給するための1または複数の離間された穴123を備える。いくつかの例において、処理ガスは、ガス分配装置114を含む平面に対して鋭角に上方向に1または複数の離間した穴123によって供給されるが、その他の角度/方向が用いられてもよい。いくつかの例では、第1環状支持体121のガス流路134が、(i)1または複数の離間した穴123ならびに/もしくは(ii)1または複数の流路すなわちインジェクタ136へガスを供給し、インジェクタ136は、上側チャンバ領域104でガスおよび/またはプラズマと混合するために、(矢印138で示すように)上向きへガスを方向付ける。

10

【0037】

第1環状支持体121は、第2環状支持体125の上方および/またはその上に配置されてよい。第2環状支持体125は、ガス流路129から下側チャンバ領域102へ処理ガスを供給するための1または複数の離間した穴127を規定する。いくつかの例において、ガス分配装置114の穴131は、穴127と整列する。別の例において、ガス分配装置114は、より小さい直径を有しており、穴131は必要ない。いくつかの例において、処理ガスは、ガス分配装置114を含む平面に対して鋭角に基板126に向かって下方向に1または複数の離間した穴127によって供給されるが、その他の角度/方向が用いられてもよい。

20

【0038】

別の例において、上側チャンバ領域104は、平坦な上面を備える円筒形である。さらに別の例において、単一のチャンバが、シャワーヘッド128と基板支持体122との間に配置されたスペーサと共に用いられてもよい。

【0039】

基板支持体122は、下側チャンバ領域102内に配置されている。いくつかの例において、基板支持体122は、静電チャック(ESC)を備えるが、その他のタイプの基板支持体を用いられてもよい。基板126が、エッチング中に基板支持体122の上面に配置される。いくつかの例において、基板126の温度は、加熱素子(すなわち、ヒータプレート)133と、流体流路を備える任意選択的な冷却プレートと、1または複数のセンサ(図示せず)とによって制御されてよいが、任意のその他の適切な基板支持体温度制御システムが用いられてもよい。

30

【0040】

いくつかの例において、ガス分配装置114は、シャワーヘッドを備える(例えば、複数の離間した穴129を有するプレート128が示されている)。複数の離間した穴129は、プレート128の上面からプレート128の下面まで伸びる。いくつかの例において、離間した穴129は、0.4"から0.75"(1.016から1.905cm)の範囲の直径を有し、シャワーヘッドは、導電材料製の埋め込み電極を備える導電材料(アルミニウムなど)または非導電材料(セラミックなど)で製造される。

40

【0041】

1または複数の誘導コイル140が、上側部分118の外側部分の周りに配列されてよい。励起されると、1または複数の誘導コイル140は、上側部分118の内部に電磁場を生成する。いくつかの例では、上側コイルおよび下側コイルが用いられる。ガスインジェクタ142が、ガス供給システム150-1から1または複数のガス混合物を注入する。

【0042】

いくつかの例において、ガス供給システム150-1は、1または複数のガス源152と、1または複数のバルブ154と、1または複数のマスフローコントローラ(MFC)

50

１５６と、混合マニホールド１５８とを備えるが、その他のタイプのガス供給システムが用いられてもよい。ガススプリッタ（図示せず）が、ガス混合物の流量を変化させるために用いられてよい。別のガス供給システム１５０－２が、（ガスインジェクタ１４２からのエッチングガスに加えてまたはその代わりに）エッチングガスまたはエッチングガス混合物をガス流路１２９および／または１３４に供給するために用いられる。

【００４３】

適切なガス供給システムが、名称を「Gas Delivery System」とする、２０１５年１２月４日出願の同一出願人の米国特許出願第１４／９４５，６８０号に図示および記載されており、当該出願は、その全体が参照によって本明細書に組み込まれる。適切なシングルまたはデュアルガスインジェクタおよび他のガス注入位置が、名称を「Substrate Processing System with Multiple Injection Points and Dual Injector」とする、２０１６年１月７日出願の同一出願人の米国仮特許出願第６２／２７５，８３７号に図示および記載されており、当該出願は、その全体が参照によって本明細書に組み込まれる。

10

【００４４】

いくつかの例において、ガスインジェクタ１４２は、下方向にガスを方向付ける中央注入位置と、下方向に対して或る角度でガスを注入する１または複数の側方注入位置とを備える。いくつかの例において、ガス供給システム１５０－１は、中央注入位置に第１流量でガス混合物の第１部分を供給し、ガスインジェクタ１４２の側方注入位置へ第２流量でガス混合物の第２部分を供給する。別の例では、異なるガス混合物が、ガスインジェクタ１４２によって供給される。いくつかの例において、ガス供給システム１５０－１は、後述するように、ガス流路１２９および１３４ならびに／もしくは処理チャンバの他の位置へ調節ガスを供給する。

20

【００４５】

プラズマ発生器１７０が、１または複数の誘導コイル１４０に出力されるＲＦ電力を生成するために用いられる。プラズマ１９０が、上側チャンバ領域１０４で生成される。いくつかの例において、プラズマ発生器１７０は、ＲＦ発生器１７２および整合回路網１７４を備える。整合回路網１７４は、ＲＦ発生器１７２のインピーダンスを１または複数の誘導コイル１４０のインピーダンスに整合させる。いくつかの例において、ガス分配装置１１４は、接地などの基準電位に接続される。バルブ１７８およびポンプ１８０が、下側および上側チャンバ領域１０２、１０４の内部の圧力を制御すると共に、反応物質を排出するために用いられてよい。

30

【００４６】

コントローラ１７６が、ガス供給システム１５０－１および１５０－２、バルブ１７８、ポンプ１８０、ならびに／もしくは、プラズマ発生器１７０と通信して、処理ガス、パージガスの流量、ＲＦプラズマ、および、チャンバ圧を制御する。いくつかの例において、プラズマは、１または複数の誘導コイル１４０によって上側部分１１８内で維持される。１または複数のガス混合物が、ガスインジェクタ１４２（および／または穴１２３）を用いて基板処理チャンバ１０１の上部から導入され、プラズマは、ガス分配装置１１４を用いて上側部分１１８内に閉じこめられる。

40

【００４７】

上側部分１１８におけるプラズマの閉じこめは、プラズマ種の体積再結合を可能にし、ガス分配装置１１４を通して所望のエッチング種を放出する。いくつかの例において、基板１２６にはＲＦバイアスが印加されない。結果として、基板１２６上に活性シースはなく、イオンが任意の有限エネルギーで基板１２６に衝突することがない。或る程度の量のイオンが、ガス分配装置１１４を通してプラズマ領域から拡散する。しかしながら、拡散するプラズマの量は、上側部分１１８内に位置するプラズマよりも桁が小さい。プラズマ内のイオンのほとんどは、高圧で体積再結合によって失われる。ガス分配装置１１４の上面での表面再結合の損失も、ガス分配装置１１４の下側のイオン密度を低下させる。

50

【 0 0 4 8 】

別の例において、基板処理システム 1 0 0 は、R F バイアス発生器 1 8 6 および整合回路 1 8 8 を備える。R F バイアス発生器 1 8 6 は、ガス分配装置 1 1 4 と基板支持体 1 2 2 との間でプラズマを生成するため、または、イオンを引きつけるために基板 1 2 6 上で自己バイアスを生成するために利用されうる R F バイアスを生成する。コントローラ 1 7 6 は、R F バイアスを制御してよい。R F バイアス発生器 1 8 6 および / または整合回路 1 8 8 の出力周波数は、0 . 5 ~ 6 0 メガヘルツ (M H z) であってよい。

【 0 0 4 9 】

基板処理システム 1 0 0 は、主に、I C P 源で動作するものとして記載されているが、追加的または代替的に容量結合プラズマ (C C P) リアクタおよび / または平行板リアクタとして動作してもよく、ここで、基板支持体 1 2 2 の R F 電極が、下側プレートとして機能し、シャワーヘッド 1 2 8 が含まれるか否かに応じて、シャワーヘッド 1 2 8 またはプラズマ源のチャンバ部材が、上側プレートとして機能する。

【 0 0 5 0 】

ここで、さらに図 2 を参照すると、基板処理チャンバの上側部分 2 0 0 の斜視断面図が示されている。上側部分 2 0 0 は、図 1 の上側部分 1 1 8 と置き換えられてよく、プラズマ源のチャンバ部分または部材と見なされてよい。上側部分 2 0 0 は、セラミック、石英、および / または、その他の適切な誘電材料で形成されてよい。上側部分 2 0 0 は、「押しつぶされた」チャンバ部分と呼んでもよい。上側部分 2 0 0 は、ドーム形、球形、または、半球形ではない。上側部分 2 0 0 は、側壁 2 0 2、移行部材 2 0 4、上壁 2 0 6、および、インジェクタ接続部材 2 0 8 を備える。単一の要素として示されているが、上側部分 2 0 0 は、複数の別個の要素を備えてもよい。例えば、要素 2 0 2、2 0 4、2 0 6、2 0 8 は、別個に形成されて結合されてもよいし、図に示すように、単一要素の一部として形成されてもよい。

【 0 0 5 1 】

側壁 2 0 2 は、円筒形であり、第 1 環状支持体 1 2 1、基板支持体 1 2 2、および / または、基板処理システム 1 0 0 のその他の水平向きの要素に対して垂直方向に向けられてよい。移行部材 2 0 4 は、側壁 2 0 2 を上壁 2 0 6 に接続し、側壁 2 0 2 と上壁 2 0 6 との間の角度 を設定する。角度 は、上壁のどの部分から角度 が決定されるのかに応じて、1 0 0 ~ 1 4 5 ° の間であってよい。一実施形態において、角度 は、1 1 5 ~ 1 3 5 ° である。上壁 2 0 6 の断面および / または上壁 2 0 6 の断面の一部は、半線形または線形であってよい。上壁 2 0 6 は、移行部材 2 0 4 とインジェクタ接続部材 2 0 8 との間に伸びる。上壁 2 0 6 は、凹形および / または半球形であってよい。上壁 2 0 6 は、球形ではない。要素 2 0 2、2 0 4、2 0 6、および / または、2 0 8 は、同じ厚さを有してよい。

【 0 0 5 2 】

別の実施形態において、側壁 2 0 2 と上壁 2 0 6 との間の角度 が、図 2 に示した角度 よりも小さくてもよい、および / または、上壁 2 0 6 の断面が、図 2 に示した断面よりも線形に近くてもよい。上壁の断面は、移行部材 2 0 4 とインジェクタ接続部材 2 0 8 との間で線形であってよい。結果として、上側部分 2 0 0 の上部は、図 2 に示したものよりも形状が平坦になりうる。

【 0 0 5 3 】

ここで、図 3 および図 4 を参照すると、従来のプラズマ源のドーム形チャンバ部分 2 2 0 および本明細書に開示のプラズマ源のチャンバ部分 2 3 0 の断面図が示されている。ドーム形チャンバ部分 2 2 0 は、中心高さ対下方内径の比が、0 . 6 であってよい。中心高さとは、(i) ドーム形チャンバ部分 2 2 0 の底面または支持プレート 2 2 2 の上面と、(i i) インジェクタ 2 2 4 の底面との間の高さのことである。下方内径とは、ドーム形チャンバ部分 2 2 0 の底部での内径のことである。下方内径は、矢印 2 2 5 で示されている。チャンバ部分 2 3 0 は、側壁 2 3 2 の高さに応じて、下方内径に対する中心高さの比 0 . 2 5 ~ 0 . 5 を有してよい。中心高さとは、(i) チャンバ部分 2 3 0 の底面または

支持プレート 234 の上面と、(i i) インジェクタ 236 の底面との間の高さのことである。下方内径は、矢印 235 で示されている。一実施形態において、チャンバ部分 230 の下方内径に対する中心高さの比は、 $0.35 \sim 0.45$ である。別の実施形態において、下方内径に対する中心高さの比は、 0.4 である。一実施形態において、下方内径 235 は、チャンバ部分 230 の下で処理される基板の直径以上である。

【0054】

ドーム形チャンバ部分 220 は、中心高さに対する外側高さの比 0.18 を有してよい。チャンバ部分 230 は、中心高さに対する外側高さの比 $0.4 \sim 0.85$ を有してよい。一実施形態において、チャンバ部分 230 は、中心高さに対する外側高さの比 $0.5 \sim 0.6$ を有する。別の実施形態において、チャンバ部分 230 は、中心高さに対する外側高さの比 0.55 を有する。ドーム形チャンバ部分 220 の外側高さとは、(i) ドーム形チャンバ部分 220 の底部または支持プレート 222 の上面と、(i i) ドーム形チャンバ部分 220 が内側に曲がり始めるドーム形チャンバ部分 220 の内面に沿った点（点の一例 237 が示されている）での高さとの間の高さのことである。外側高さおよび中心高さは、それぞれ、矢印 226 および 228 で表されている。チャンバ部分 230 の外側高さとは、(i) チャンバ部分 230 の底部または支持プレート 222 の上面と、(i i) チャンバ部分 230 が内側に曲がり始めるチャンバ部分 230 の内面に沿った点（点の一例 239 が示されている）での高さとの間の高さのことである。外側高さは、側壁 232 の高さに等しくてよい。外側高さおよび中心高さは、矢印 238、240 によって表されている。

【0055】

図 5 は、上側部分 200、中央（内側）コイル 252、および、外側（縁部）コイル 254 を備えるプラズマ源 250 を示す。中央コイル 252 は、チャンバ部材 251 の中央領域の上方、インジェクタ 256 およびインジェクタ接続部材 258 の周囲、かつ、プラズマ源 250 の上部付近に配置される。外側コイル 254 は、プラズマ源 250 の底面付近の側壁 260 の周りに配置される。コイル 252、254 は、プラズマ密度の半径方向の制御を提供する。符号 262 は、生成されたプラズマを表す。

【0056】

本明細書で開示されているプラズマ源のチャンバ部分の形状は、外側コイルを生成されるプラズマから半径方向外側に配置することによって、プラズマ源の外縁付近で良好なプラズマ生成を提供する。この形状は、プラズマ源の中央領域の近くで上方に配置された中央コイルを用いて、チャンバ部分の中央付近のプラズマ密度を良好に制御することも可能にする。また、これらの構成は、中央のプラズマを基板のより近くに配置して、(i) 中央領域でのプラズマの滞留時間、そして、結果として (i i) 中央領域のプラズマと基板縁部付近のプラズマとの間の滞留時間の差、を減少させる。中央領域で滞留時間が減少すると、より長い滞留時間中に発生しうるプラズマ内の変化が防止される。例えば、プラズマが生成される時に、原子が分離されうる。より長い滞留時間では、原子の一部が再結合することにより、プラズマの効果を低減させうる。

【0057】

また、開示されている押しつぶされた形状の設計では、より薄い壁厚の基板処理チャンバの上側部分への圧力を支えることができるため、平坦な T C P 構成に較べてコイルをプラズマに近づけることができる。例えば、図 2 の要素 202、204、206、208 は、平坦な T C P 構成の壁または誘電体窓の厚さよりも薄くてよい。要素 202、204、206、208 は、 $0.4 \sim 0.6$ インチ ($1.016 \sim 1.524$ cm) の厚さを有してよい。一実施形態において、要素 202、204、206、208 各々の厚さは、 0.5 インチ (1.27 cm) である。プラズマ源の上側部分が薄いと、コイルをプラズマのより近くに配置することができるため、コイルに供給されうる電流が小さくなるので、相互インダクタンスおよびプラズマ源出力効率が高くなる。

【0058】

押しつぶされたドーム形は、良好な均一性を備える効率的なプラズマ源と、プラズマ密

度を半径方向で調整する能力とを提供する。本明細書に開示されたプラズマ源は、均一性特性の改善により、製品歩留まりの高いより小さい装置フットプリントを提供する。

【0059】

図6は、直列コイル構成280を示す。直列コイル構成280は、1または複数の内側（または中央）コイル282と、第1キャパシタンス284と、1または複数の外側（または縁部）コイル286と、第2キャパシタンス288とを備える。内側コイル282は、図5の中央コイル252であってよい。外側コイル286は、図5の縁部コイル260であってよい。内側コイル282は、端子290で電源（図1のRF発生器172など）から電流を受けてよい。第2キャパシタンスは、接地端子292に接続されてよい。コイル282、286は、接地に対するコイル端部の近くの電圧を平衡化するために、キャパシタンス284、288と直列構成で接続される。端子290と接地端子292との間の構成要素の直列の順序は、変更されてもよい。

10

【0060】

代替例として、本明細書に開示されたプラズマ源のいずれかの内側および外側コイルは、図7に示すように、並列構成で接続されてもよい。外側コイル300は、第1キャパシタンス302と直列で接続されることが図示されている。内側コイル304は、第2キャパシタンス306と直列で接続されることが図示されている。並列構成は、外側コイル300が内側コイル304から独立して制御されることを可能にする。外側コイル300は、コイル304とは異なる電圧および/または電流量を受けてよい。供給端子310、312が示されており、図1の整合回路網174に接続されてよい。キャパシタンス302、306は、接地に接続されてよい。端末310、312と、接地端子314との間の構成要素の直列の順序は、変更されてもよい。

20

【0061】

図8は、独立的に制御されるコイル322、324を有するプラズマ源のチャンバ部分320を示す。コイル322および第1キャパシタンスC1は、直列に接続されてよい。コイル324および第2キャパシタンスC2は、直列に接続されてよい。コイル322およびキャパシタンスC1は、コイル324およびキャパシタンスC2と並列に接続されてよい。電源326が、図1のRF発生器172および整合回路網174を備えてよく、コイル322、324に独立的に電力を供給する。一実施形態において、コイル322、324は、コイル324を通る電力に対するコイル322を通る電力の比が、基板にわたるプラズマの半径方向密度を変えるために制御されるように、電力供給される。

30

【0062】

図9は、保護筐体340の一部を示す。プラズマ源342が、保護筐体340内に配置されており、上側チャンバ部分344を有する。保護筐体340は、接地分離シールド346を備える。接地分離シールド346は、保護筐体340の内部を第1領域350および第2領域352に分ける。キャパシタンスなどのRF構成要素（例えば、図6～図8のキャパシタンスおよび/またはその他のRF構成要素）が、第1領域350に配置される。上側チャンバ部分344と、コイル354、356とを備えるプラズマ源342が、第2領域352に配置される。

【0063】

図に示すように、キャパシタンスは、接地シールド346の上方に配置され、プラズマ源342は、接地シールド346の下方に配置される。接地シールド346は、接地シールド346の上方に配置されたRF構成要素および対応する接続によって生成された電磁場をプラズマ源342から隔離する。

40

【0064】

コネクタピン360が、第1領域350に備えられ、図1の整合回路網174および/または図8の電源326に接続および/またはプラグ接続されてよい。ピン360は、保護筐体340の上壁364にある絶縁体362を通して挿入されてよい。ピン360は、キャパシタンス（キャパシタンスの一例366が示されている）に接続しうる。

【0065】

50

図10は、拡散器372を備えるプラズマ源のチャンバ部分370を示す。拡散器372は、ガスを受け入れるための1または複数の流路を備え、受け入れたガスをチャンバ部分370に散布するための開口部を有してよい。1つだけの流路が含まれる場合、受け入れられたガスは、拡散器372の穴すべてに提供されてよい。2以上の流路が含まれる場合、流路の各々の中のガスは、拡散器372の穴の内の対応する穴に提供されてよい。拡散器372は、任意の数の穴を有してよい。結果として、注入された各ガスは、拡散器372の1または複数の穴からチャンバ部分370へ通されうる。

【0066】

図11は、拡散器382および側方上向きインジェクタ384を備えるプラズマ源のチャンバ部分380を示す。別の実施形態において、チャンバ部分380へのガス注入は、
10 拡散器382の1または複数の穴から、ならびに/もしくは、1または複数の側方上向きインジェクタ（例えば、側方上向きインジェクタ384）からの注入であってよい。

【0067】

図12は、拡散器392および側方下向きインジェクタ394を備えるプラズマ源のチャンバ部分390を示す。一実施形態において、プラズマ源の下方へのガス注入は、プラズマ源および/またはシャワーヘッド396の下方にガスを注入する側方下向きインジェクタ394から基板処理チャンバ内への注入であってよい。この構成は、基板の上方の異なる領域に注入するために、異なる角度での側方注入を可能にする。この構成は、プラズマ源へのガス注入の独立制御も可能にする。

【0068】

図13は、拡散器402、側方下向きインジェクタ404、および、分配プレート（またはシャワーヘッド）406を備えるプラズマ源のチャンバ部分400を示す。側方下向きインジェクタ404は、プラズマ源の下方、分配プレート406の下方、および、対応する基板処理チャンバ内へ、ガスを注入するのではなく、分配プレート406にガスを供給する。この構成は、プラズマ源および基板処理チャンバへのガス注入の独立制御も可能にする。

【0069】

図14は、シャワーヘッド420の底面図である。シャワーヘッド420は、本明細書に開示の他のシャワーヘッドと置き換わってもよく、穴422のパターンを有してよい。穴422は、所定の直径より大きい直径を有してもよい。規定の直径を有する穴のパターンは、（i）プラズマ源における領域と、（ii）シャワーヘッド420および基板の間の領域との間で、ガスおよび/またはプラズマの流れ抵抗を最小化する。

【0070】

図15は、絶縁体432、接地シールド434、RF電極436、および、基板438を備えるペDESTAL430を示す。RF電極は、静電チャックを備えてよい。オープン領域437は、大気圧であってよく、（i）絶縁体432の間、および、（ii）RF電極436と接地シールド434との間、に存在してよい。絶縁体432およびRF電極436は、接地シールド434内に配置される。結果として、RF電極436のペDESTAL側および底部は、接地シールド434によって基板処理チャンバの内部から分離され、これは、ペDESTAL430の側部または下側での寄生プラズマ形成を防止する。ペDESTAL430は、図1の基板支持体122と置き換わってもよい。

【0071】

図16は、リフトピン450およびc-リング452を組み込んだペDESTAL430の図である。リフトピン450は、ペDESTAL430に対してc-リング452を上下させるために用いられる。リフトピン450は、RF電極436の半径方向外側に配置され、絶縁体432の内の1または複数の中に配置されてよいガイド451内で摺動してよい。RF電極436、c-リング452、および、基板438は、ペDESTAL430の上または中で、ペDESTALを通して垂直に伸びる中心線455に対して中心があってよい。

【0072】

c-リング452は、ペDESTAL430に対して基板（例えば、基板438）を上下さ

10

20

30

40

50

せるために提供される。c - リング 4 5 2 は、基板以上の厚さを有してよく、基板が c - リング 4 5 2 上に配置された時に基板と接触するテーパ状または段状の内面 4 5 3 を有する。内面 4 5 3 は、基板を受け止めて保持するような形状であってよい。基板の外径は、内面 4 5 3 の内径と一致してよい。c - リング 4 5 2 ひいては基板をペDESTAL 4 3 0 に対して移動させるために、リフトピン 4 5 0 が、z 方向に（すなわち、垂直に）平行移動されてもよいし、ペDESTAL 4 3 0 が、z 方向に平行移動されてもよい。ペDESTAL 4 3 0 が、z 方向に移動される場合、リフトピン 4 5 0 の底部が、基板処理チャンバの底部と接触して、リフトピン 4 5 0 をペDESTAL 4 3 0 に対して上方に移動させ、それにより、基板 4 3 8 をペDESTAL から持ち上げてよい。ペDESTAL 4 3 0 に対する基板 4 3 8 の移動および c - リング 4 5 2 の形状は、基板移送プレート（すなわち、パドル）を介して、基板 4 3 8 をペDESTAL 4 3 0 に配置したりそこから取り除いたりすることを可能にする。リフトピン 4 5 0 は、R F 電極 4 3 6 の外側に配置され、基板 4 3 8 の下にはない。移送プレートは、c - リング 4 5 2 の開口端に側方から挿入されてよい。

10

【0073】

リフトピン 4 5 0 は、1 または複数の空気圧式、電気式、および / または、機械式アクチュエータ（1 つのアクチュエータ 4 6 0 が示されている）を用いて平行移動されてよく、アクチュエータは、ペDESTAL 4 3 0 内で、一例としては R F 電極 4 3 6 の下方に配置されてよい。コントローラ 1 7 6 は、リフトピン 4 5 0 に接続され、ペDESTAL 4 3 0 に対するリフトピン 4 5 0 の位置を制御してよい。アクチュエータおよび / または対応するアクチュエータアセンブリの各々は、低電圧ソレノイド、低電圧電気モータ、空気モータ、結合部などを備えてよい。

20

【0074】

R F 電極 4 3 6 の外側にリフトピン 4 5 0 を組み込むと、R F 電極 4 3 6 における熱均一性および R F 均一性が改善する。これは、従来のペDESTAL と異なり、R F 電極 4 3 6 がリフトピンのための穴を持たず、リフトピンに関連する R f 電極 4 3 6 の穴の中でガスがイオン化されえないためである。リフトピン 4 5 0 が R F 電極 4 3 6 内になく、絶縁体 4 3 2 を介して R F 電極 4 3 6 から絶縁されているので、リフトピン領域でのアーク放電のリスクも少なくなる。これは、システムの信頼性を向上させる。

【0075】

図 1 7 は、ペDESTAL 4 3 0、モータ 4 7 2、および、駆動ネジアセンブリ 4 7 4 を備えるペDESTAL システム 4 7 0 を示す。図 1 の基板支持体 1 2 2 は、ペDESTAL 4 3 0 を備えてよい、および / または、ペDESTAL 4 3 0 として実装されてよい。ペDESTAL 4 3 0 は、モータ 4 7 2 および駆動ネジアセンブリ 4 7 4 を介して z 方向に移動されてよい。モータ 4 7 2 は、コントローラ 1 7 6 によって制御されてよい。R F 電極 4 3 6 は、整合回路網 4 7 6 に接続されてよく、整合回路網 4 7 6 は、図 1 の R F 発生器から R F 電力を受けてよい。リフトピン 4 5 0 は、ペDESTAL 4 3 0 が下方に移動された時に、レッジ 4 7 8 に当たることにより、c - リング 4 5 2 および基板 4 3 8 を持ち上げる。

30

【0076】

図 1 の基板処理システムのコントローラおよび / またはその他の装置のさらに明確な構造については、後述の図 1 8 の方法と、「コントローラ」という用語についての後述の定義とを参照すること。基板処理システム 1 0 0 は、多くの方法を用いて動作されてよく、方法の一例が図 1 8 に示されている。図 1 8 には、基板処理システムを動作させる方法が示されている。以下の工程は、主に図 1 ~ 図 1 7 の実施例に関して記載されているが、本開示のその他の実施例に適用するために容易に変形されうる。工程は、反復して実行されてもよい。

40

【0077】

方法は、工程 5 0 0 で開始しうる。工程 5 0 2 では、基板が、下側チャンバ領域 1 0 2 内の基板支持体（例えば、基板支持体 1 2 2 またはペDESTAL 4 3 0）上に配置される。これは、c - リング 4 5 2 がペDESTAL 4 3 0 および / または R F 電極 4 3 6 から離されて、基板を c - リング 4 5 2 上に設置することを可能にするように、ペDESTAL 4 3 0 お

50

よび／またはc - リング452をz方向に移動させることによって実行されてよい。基板がc - リング452上に設置されると、c - リング452は、ペDESTAL430および／またはRF電極436に向かって移動されてよい。基板は、1または複数の膜層を含む複数の層を備えてよい。複数の膜層は、SiNで形成された半導体膜層などである。

【0078】

工程504では、1または複数のエッチングガスおよび／または1または複数のエッチングガス混合物が、ガス供給システム150 - 1および／または150 - 2によってガスインジェクタ142を介して上側チャンバ領域104へ供給される。エッチングガス混合物は、四フッ化炭素(CF₄)、六フッ化硫黄(SF₆)、三フッ化窒素(NF₃)、および／または、その他のエッチング前駆体など、エッチング前駆体を含んでよい。

10

【0079】

工程506では、プラズマが、上側チャンバ領域104で点火される。工程508では、任意選択的に、RFバイアスが、RF発生器186および整合回路網188を介して基板支持体に供給される。工程510では、コントローラ176は、所定のエッチング期間が終了したか否かを判定してよい。エッチング期間が終了した場合、工程512が実行される。工程512では、プラズマは、所定のエッチング期間が終了した時に消される。工程514では、用いられた場合には、RFバイアスが終了される。工程515では、基板は、ペDESTAL430から取り除かれてよい。これは、ペDESTALおよび／またはc - リング452を作動させて、ペDESTAL430および／またはRF電極436から基板を移動させることを含んでよい。次いで、基板は、移送プレート(すなわち、パドル)を介してc - リング452から取り外されてよい。方法は、工程516で終了してよい。

20

【0080】

上述の工程は、例示を意図されており、工程は、応用例に応じて、順番に、同調して、同時に、連続的に、重複した期間内に、または、異なる順序で、実行されてよい。また、工程のいずれかが、実施例および／またはイベントの順序に応じて、実行されなくても飛ばされてもよい。

【0081】

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。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。さらに、実施形態の各々は、特定の特徴を有するものとして記載されているが、本開示の任意の実施形態に関して記載された特徴の内の任意の1または複数の特徴を、他の実施形態のいずれかに実装することができる、および／または、組み合わせが明確に記載されていないとしても、他の実施形態のいずれかの特徴と組み合わせることができる。換言すると、上述の実施形態は互いに排他的ではなく、1または複数の実施形態を互いに置き換えることは本開示の範囲内にある。

30

【0082】

要素の間(例えば、モジュールの間、回路要素の間、半導体層の間)の空間的關係および機能的關係性が、「接続される」、「係合される」、「結合される」、「隣接する」、「近接する」、「の上部に」、「上方に」、「下方に」、および、「配置される」など、様々な用語を用いて記載されている。第1および第2要素の間の關係性を本開示で記載する時に、「直接」であると明確に記載されていない限り、その關係性は、他に介在する要素が第1および第2の要素の間に存在しない直接的な關係性でありうるが、1または複数の介在する要素が第1および第2の要素の間に(空間的または機能的に)存在する間接的な關係性でもありうる。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。

40

50

【 0 0 8 3 】

いくつかの実施例において、コントローラは、システムの一部であり、システムは、上述の例の一部であってよい。かかるシステムは、1または複数の処理ツール、1または複数のチャンバ、処理のための1または複数のプラットフォーム、および/または、特定の処理構成要素（ウエハベデスタル、ガスフローシステムなど）など、半導体処理装置を備えうる。これらのシステムは、半導体ウエハまたは基板の処理前、処理中、および、処理後に、システムの動作を制御するための電子機器と一体化されてよい。電子機器は、「コントローラ」と呼ばれてもよく、システムの様々な構成要素または副部品を制御しうる。コントローラは、処理要件および/またはシステムのタイプに応じて、処理ガスの供給、温度設定（例えば、加熱および/または冷却）、圧力設定、真空設定、電力設定、高周波（RF）発生器設定、RF整合回路設定、周波数設定、流量設定、流体供給設定、位置および動作設定、ならびに、ツールおよび他の移動ツールおよび/または特定のシステムと接続または結合されたロードロックの内外へのウエハ移動など、本明細書に開示の処理のいずれを制御するようプログラムされてもよい。

10

【 0 0 8 4 】

概して、コントローラは、命令を受信する、命令を発行する、動作を制御する、洗浄動作を可能にする、エンドポイント測定を可能にすることなどを行う様々な集積回路、ロジック、メモリ、および/または、ソフトウェアを有する電子機器として定義されてよい。集積回路は、プログラム命令を格納するファームウェアの形態のチップ、デジタル信号プロセッサ（DSP）、特定用途向け集積回路（ASIC）として定義されるチップ、および/または、プログラム命令（例えば、ソフトウェア）を実行する1または複数のマイクロプロセッサまたはマイクロコントローラを含みうる。プログラム命令は、様々な個々の設定（またはプログラムファイル）の形態でコントローラに伝えられて、半導体ウエハに対するまたは半導体ウエハのための特定の処理を実行するための動作パラメータ、もしくは、システムへの動作パラメータを定義する命令であってよい。動作パラメータは、いくつかの実施形態において、ウエハの1または複数の層、材料、金属、酸化物、シリコン、二酸化シリコン、表面、回路、および/または、ダイの加工中に1または複数の処理工程を達成するために処理エンジニアによって定義されるレシピの一部であってよい。

20

【 0 0 8 5 】

コントローラは、いくつかの実施例において、システムと一体化されるか、システムに接続されるか、その他の方法でシステムとネットワーク化されるか、もしくは、それらの組み合わせでシステムに結合されたコンピュータの一部であってもよいし、かかるコンピュータに接続されてもよい。例えば、コントローラは、「クラウド」内であってもよいし、ウエハ処理のリモートアクセスを可能にできるファブホストコンピュータシステムの全部または一部であってもよい。コンピュータは、現在の処理のパラメータを変更する、現在の処理に従って処理工程を設定する、または、新たな処理を開始するために、システムへのリモートアクセスを可能にして製造動作の現在の進捗を監視する、過去の製造動作の履歴を調べる、複数の製造動作からの傾向または性能指標を調べる。いくつかの例では、リモートコンピュータ（例えば、サーバ）が、ネットワーク（ローカルネットワークまたはインターネットを含みうる）を介してシステムに処理レシピを提供してよい。リモートコンピュータは、パラメータおよび/または設定の入力またはプログラミングを可能にするユーザインターフェースを備えてよく、パラメータおよび/または設定は、リモートコンピュータからシステムに通信される。いくつかの例において、コントローラは、データの形式で命令を受信し、命令は、1または複数の動作中に実行される処理工程の各々のためのパラメータを指定する。パラメータは、実行される処理のタイプならびにコントローラがインターフェース接続するまたは制御するよう構成されたツールのタイプに固有であってよいことを理解されたい。したがって、上述のように、コントローラは、ネットワーク化されて共通の目的（本明細書に記載の処理および制御など）に向けて動作する1または複数の別個のコントローラを備えることなどによって分散されてよい。かかる目的のための分散コントローラの一例は、チャンバでの処理を制御するために協働するリモート

30

40

50

に配置された（プラットフォームレベルにある、または、リモートコンピュータの一部として配置されるなど）１または複数の集積回路と通信するチャンバ上の１または複数の集積回路である。

【 0 0 8 6 】

限定はしないが、システムの例は、プラズマエッチングチャンバまたはモジュール、蒸着チャンバまたはモジュール、スピンリンスチャンバまたはモジュール、金属メッキチャンバまたはモジュール、洗浄チャンバまたはモジュール、ベベルエッジエッチングチャンバまたはモジュール、物理蒸着（PVD）チャンバまたはモジュール、化学蒸着（CVD）チャンバまたはモジュール、原子層蒸着（ALD）チャンバまたはモジュール、原子層エッチング（ALE）チャンバまたはモジュール、イオン注入チャンバまたはモジュール、トラックチャンバまたはモジュール、ならびに、半導体ウエハの加工および／または製造に関連するかまたは利用されうる任意のその他の半導体処理システムを含みうる。

【 0 0 8 7 】

上述のように、ツールによって実行される１または複数の処理工程に応じて、コントローラは、他のツール回路またはモジュール、他のツール構成要素、クラスタツール、他のツールインターフェース、隣接するツール、近くのツール、工場の至る所に配置されるツール、メインコンピュータ、別のコントローラ、もしくは、半導体製造工場内のツール位置および／またはロードポートに向かってまたはそこからウエハのコンテナを運ぶ材料輸送に用いられるツール、の内の１または複数と通信してもよい。

適用例 1：プラズマ源のチャンバ部材であって、

基板処理チャンバの上側領域を囲む円筒形の側壁と、

前記側壁に結合されている移行部材と、

前記移行部材に結合されている上壁と、

前記上壁に結合され、前記側壁よりも垂直方向に高く配置され、ガスインジェクタに接続するよう構成されているインジェクタ接続部材と、を備え、ガスが前記ガスインジェクタを介して前記インジェクタ接続部材を通して前記基板処理チャンバの前記上側領域内に入り、

前記チャンバ部材の中心高さ対下方内径の比が、 $0.25 \sim 0.5$ であるか、または、

前記チャンバ部材の中心高さ対外側高さの比が、 $0.4 \sim 0.85$ であるか、の少なくとも一方である、チャンバ部材。

適用例 2：適用例 1 に記載のチャンバ部材であって、前記上壁は、半線形である、チャンバ部材。

適用例 3：適用例 1 に記載のチャンバ部材であって、前記上壁は、線形である、チャンバ部材。

適用例 4：適用例 1 に記載のチャンバ部材であって、前記チャンバ部材の前記中心高さ対下方内径の比は、 $0.35 \sim 0.45$ である、チャンバ部材。

適用例 5：適用例 1 に記載のチャンバ部材であって、前記チャンバ部材の前記中心高さ対外側高さの比は、 $0.5 \sim 0.6$ である、チャンバ部材。

適用例 6：プラズマ源であって、

請求項 1 に記載のチャンバ部材と、

前記チャンバ部材の中央部分の上方で前記インジェクタ接続部材の周りに配置されている第 1 コイルと、

前記側壁の周りに配置されている第 2 コイルと、

を備える、プラズマ源。

適用例 7：適用例 6 に記載のプラズマ源であって、前記第 1 コイルおよび前記第 2 コイルは、直列に接続されている、プラズマ源。

適用例 8：適用例 6 に記載のプラズマ源であって、前記第 1 コイルおよび前記第 2 コイルは、並列に接続されている、プラズマ源。

適用例 9：適用例 6 に記載のプラズマ源であって、さらに

前記第 1 コイルおよび前記第 2 コイルに電流を供給する発電機と、

前記第 1 コイルおよび前記第 2 コイルへの電流の供給を制御するよう構成されているコントローラと、

を備え、

前記第 1 コイルに供給される電流は、前記第 2 コイルに供給される電流と独立して制御される、プラズマ源。

適用例 10：適用例 6 に記載のプラズマ源であって、さらに、前記基板処理チャンバの前記上側領域内にガスを拡散させるよう構成されている拡散器を備える、プラズマ源。

適用例 11：適用例 10 に記載のプラズマ源であって、

前記拡散器は、複数の流路を備え、

前記複数の流路は、それぞれのガスを受け入れる、プラズマ源。

適用例 12：基板処理チャンバであって、

請求項 1 に記載のチャンバ部材と、

上方に向かって前記基板処理チャンバ内へガスを注入する第 2 インジェクタと、

を備える、基板処理チャンバ。

適用例 13：基板処理チャンバであって、

請求項 1 に記載のチャンバ部材と、

分配プレートまたはシャワーヘッドの下側であって、下方に向かって基板処理チャンバ内へガスを注入する第 2 インジェクタと、

を備える、基板処理チャンバ。

適用例 14：基板処理チャンバであって、

請求項 1 に記載のチャンバ部材と、

分配プレートと、

前記分配プレートを通して前記基板処理チャンバ内へガスを注入する第 2 インジェクタと、

を備える、基板処理チャンバ。

適用例 15：基板処理システムであって、

請求項 1 に記載のチャンバ部材と、

前記チャンバ部材を備えるプラズマ源と、

キャパシタンスを含む複数の高周波構成要素と、

接地シールドと、

保護筐体と、

を備え、

前記プラズマ源、前記複数の高周波構成要素、および、前記接地シールドは、前記保護筐体内に配置され、

前記接地シールドは、前記高周波構成要素を前記プラズマ源から分離する、基板処理システム。

適用例 16：適用例 15 に記載の基板処理システムであって、前記保護筐体は、

上壁と、

前記保護筐体の前記上壁に結合されている絶縁体と、

前記絶縁体を通過するピンと、

前記ピンに接続し、前記複数の高周波構成要素に電流を供給するコントローラと、

を備える、基板処理システム。

適用例 17：適用例 15 に記載の基板処理システムであって、さらに、ペDESTルを備え、前記ペDESTルは、

高周波電極と、

前記高周波電極の半径方向外側に配置されている複数のリフトピンと、

基板を受ける c - リングと、を備え、前記複数のリフトピンは、前記 c - リングを前記ペDESTルに対して移動させる、基板処理システム。

適用例 18：ペDESTルであって、

高周波電極と、

10

20

30

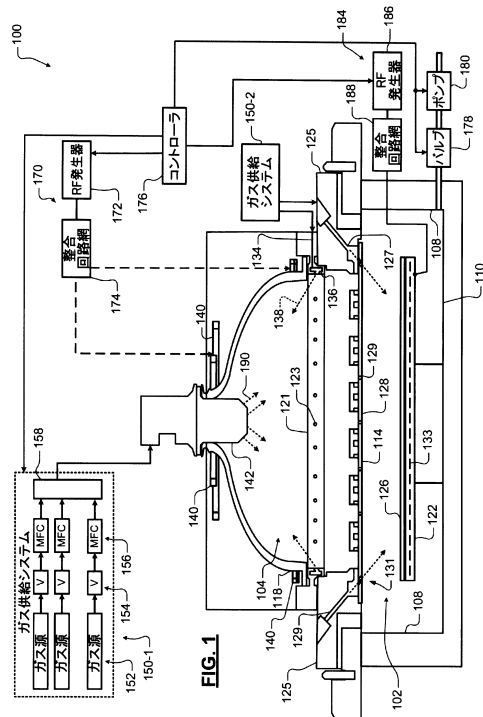
40

50

前記高周波電極の半径方向外側に配置されている複数のリフトピンと、
 基板を受けるc - リングと、前記複数のリフトピンは、前記c - リングを前記ペDESTAL
 ルに対して移動させ、
 複数の絶縁体と、
 接地シールドと、を備え、前記高周波電極、前記リフトピン、および、前記複数の絶縁
 体は、前記接地シールド内に配置され
 前記複数の絶縁体は、前記高周波電極を前記リフトピンおよび前記接地シールドから絶
 縁する、ペDESTAL。
 適用例 19：適用例 18に記載のペDESTALであって、前記c - リングは、前記基板が
 保持されるテーパ状または段状の内面を備える、ペDESTAL。
 適用例 20：基板処理システムであって、
 請求項 18に記載のペDESTALと、
 前記ペDESTALの上方に配置され、前記基板をエッチングするためにプラズマを生成す
 るプラズマ源と、
 を備える、基板処理システム。

10

【図 1】



【図 2】

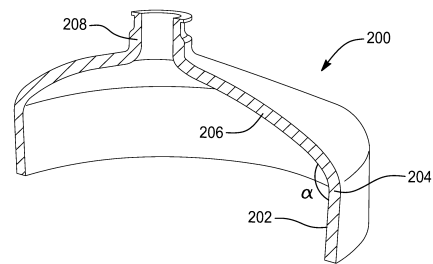


FIG. 2

【図 3】

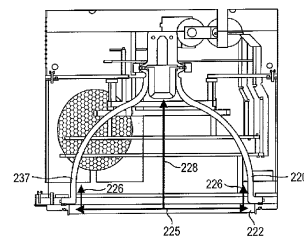


FIG. 3

【図 4】

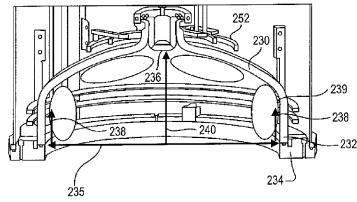


FIG. 4

【図 5】

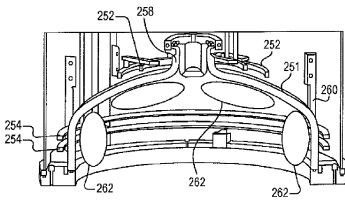


FIG. 5

【図 6】

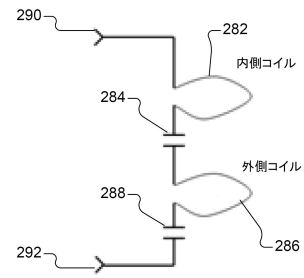


FIG. 6

【図 7】

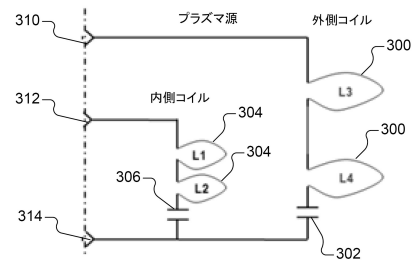


FIG. 7

【図 8】

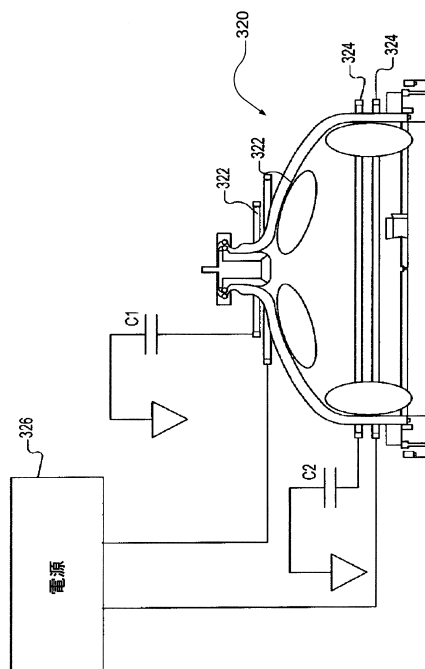


FIG. 8

【図 9】

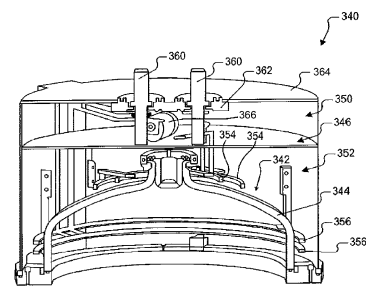


FIG. 9

【図 10】

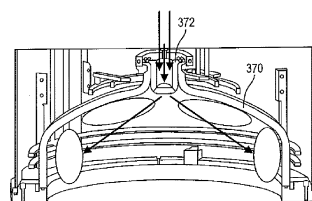


FIG. 10

【図 1 1】

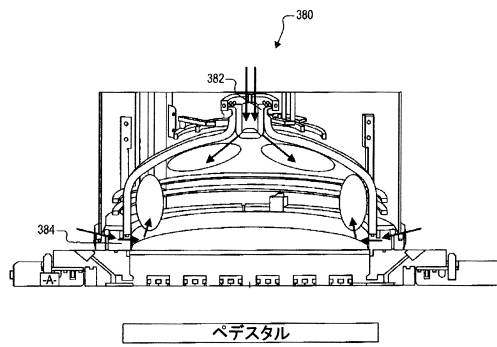


FIG. 11

【図 1 2】

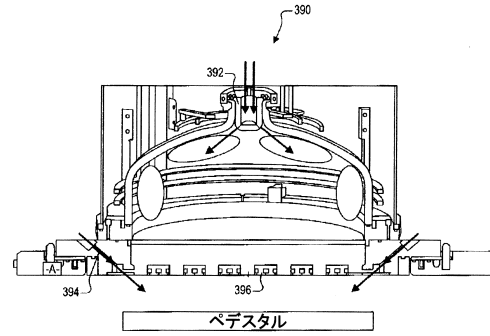


FIG. 12

【図 1 3】

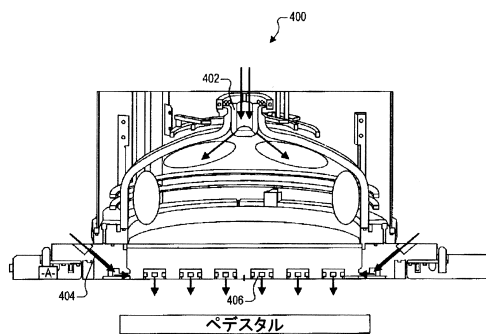


FIG. 13

【図 1 5】

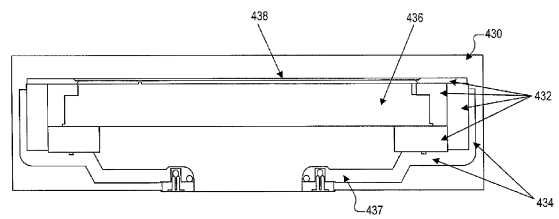


FIG. 15

【図 1 6】

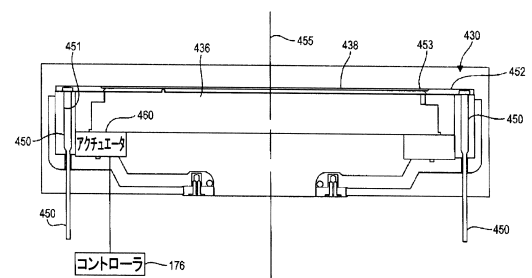


FIG. 16

【図 1 4】

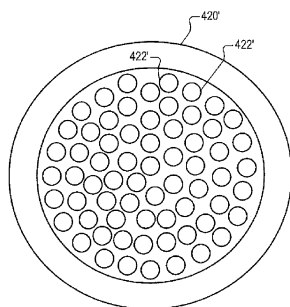


FIG. 14

【図 17】

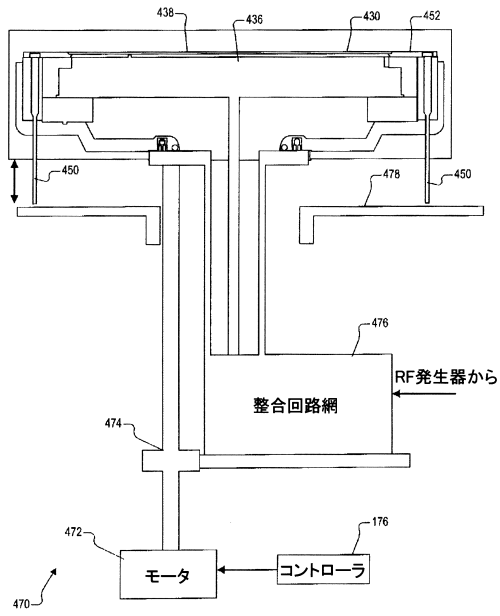


FIG. 17

【図 18】

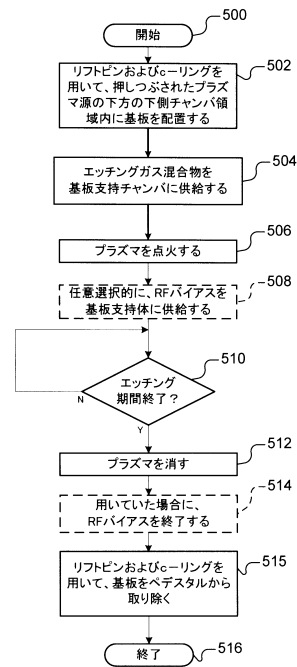


FIG. 18

フロントページの続き

- (72)発明者 イベリン・アンゲロフ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 3 8 サン・ホセ, キラーニー・サークル, 5 8 9 9
- (72)発明者 ジェーソン・リー・トレッドウェル
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 0 2 0 ギルロイ, カル・ウバス, 1 2 2 7 0
- (72)発明者 ユーン・ホン・パク
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 6 8 ダブリン, マドン・ウェイ, 3 1 1 3
- (72)発明者 カンフェン・ライ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 3 9 フレモント, シルバ・コート, 4 3 7 4 0

審査官 宇多川 勉

- (56)参考文献 特開平 1 0 - 2 5 8 2 2 7 (J P , A)
特開平 1 0 - 0 9 2 5 9 8 (J P , A)
特開平 0 9 - 1 2 0 8 9 8 (J P , A)
特開平 0 7 - 3 2 6 4 9 4 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 1 9 1 3 7 0 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 2 8 3 9 7 5 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 0 9 / 0 2 5 0 3 3 4 (U S , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 L 2 1 / 3 0 6 5
H 0 1 L 2 1 / 3 1
H 0 5 H 1 / 4 6