

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5740304号
(P5740304)

(45) 発行日 平成27年6月24日 (2015. 6. 24)

(24) 登録日 平成27年5月1日 (2015. 5. 1)

(51) Int. Cl.

F I

H05H 1/46 (2006.01)

H05H 1/46 L

H01L 21/3065 (2006.01)

H01L 21/302 I O I C

請求項の数 19 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2011-521185 (P2011-521185)
 (86) (22) 出願日 平成21年7月17日 (2009. 7. 17)
 (65) 公表番号 特表2011-530143 (P2011-530143A)
 (43) 公表日 平成23年12月15日 (2011. 12. 15)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2009/050916
 (87) 国際公開番号 W02010/014433
 (87) 国際公開日 平成22年2月4日 (2010. 2. 4)
 審査請求日 平成24年7月17日 (2012. 7. 17)
 (31) 優先権主張番号 12/182, 342
 (32) 優先日 平成20年7月30日 (2008. 7. 30)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 390040660
 アプライド マテリアルズ インコーポレ
 イテッド
 APPLIED MATERIALS, I
 NCORPORATED
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95
 054 サンタ クララ パウアーズ ア
 ベニュー 3050
 (74) 代理人 100101502
 弁理士 安齋 嘉章
 (72) 発明者 トドロウ バレンタイン エヌ
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94
 301 パラ アルト エマーソン スト
 リート 2473

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フィールド強化型誘導結合プラズマ処理システムおよびプラズマ形成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

フィールド強化型誘導結合プラズマ処理システムであって、
 誘電性の蓋を有するプロセスチャンバと、
 前記誘電性の蓋の上方に配置されるプラズマ源アセンブリとを含み、前記プラズマ源ア
 センブリは、

前記プロセスチャンバ内でプラズマを形成して維持するために、前記プロセスチャンバ
 内に R F エネルギーを誘導結合するために構成され、外側コイルと内側コイルを更に含む
2 以上のコイルと、

前記プロセスチャンバ内でプラズマを形成するために、前記プロセスチャンバ内に R F
 エネルギーを容量結合するために構成された 1 以上の電極であって、前記 1 以上の電極の
 各々が、前記外側コイルと前記内側コイルの間に配置され、電気コネクタを介して前記 2
 以上のコイルのうちの 1 つに電氣的に結合される 1 以上の電極と、

前記 2 以上の誘導コイル及び前記 1 以上の電極に結合される R F ジェネレータを含む
 システム。

【請求項 2】

前記 1 以上の電極は、等距離に離れて配置され、前記内側コイルと前記外側コイルの間に
 配置される 2 つの電極を更に含み、各電極は、前記外側コイルに電氣的に結合される請
 求項 1 記載のシステム。

【請求項 3】

10

20

前記 1 以上の電極は、等距離に離れて配置され、前記内側コイルと前記外側コイルの間に配置される 4 つの 4 分割されたリング状の電極を更に含み、各電極は、前記外側コイルに電氣的に結合される請求項 1 記載のシステム。

【請求項 4】

前記誘電性の蓋と前記 1 以上の電極の間で画定される垂直距離を独立して制御するための、前記 1 以上の電極に結合される 1 以上の位置制御機構を更に含む請求項 1 記載のシステム。

【請求項 5】

前記誘電性の蓋に対する前記 1 以上の電極によって画定される電極面の角度が調整可能である請求項 1 記載のシステム。

【請求項 6】

前記誘電性の蓋と前記プラズマ源アセンブリの前記 1 以上の電極との間に配置されるヒーター要素を更に含む請求項 1 記載のシステム。

【請求項 7】

前記ヒーター要素に結合される交流電源を更に含む請求項 6 記載のシステム。

【請求項 8】

前記ヒーター要素は、ノーブレイクヒーター要素である請求項 6 記載のシステム。

【請求項 9】

前記プロセスチャンバ内に配置されるサポート台を更に含み、バイアス電源が前記サポート台に結合される請求項 1 記載のシステム。

【請求項 10】

前記 1 以上の電極は、等距離に離れて配置される 2 つの電極を更に含む請求項 1 記載のシステム。

【請求項 11】

プラズマを形成する方法であって、

誘電性の蓋を有し、前記蓋の上方に配置される 2 以上のコイル及び 1 以上の電極を有するプロセスチャンバの内部容積にプロセスガスを供給するステップであって、前記 2 以上のコイルは、外側コイルと内側コイルを含み、前記 1 以上の電極は、前記外側コイルと前記内側コイルの間に配置され、前記 2 以上のコイルのうちの 1 つに電氣的に結合されているステップと、

R F 電源からの第 1 R F 電力量を前記 2 以上のコイルを介して前記プロセスガスに誘導結合させ、前記 R F 電源からの第 2 R F 電力量を前記 1 以上の電極を介して前記プロセスガスに容量結合させることによって、R F 電源から前記 2 以上のコイル及び前記 1 以上の電極に R F 電力を供給するステップと、

前記 2 以上のコイル及び前記 1 以上の電極によって前記プロセスガスに夫々誘導結合及び容量結合される前記 R F 電源によって供給される前記 R F 電力を使用して前記プロセスガスからプラズマを形成するステップとを含む方法。

【請求項 12】

前記 1 以上の電極と前記蓋の間の垂直距離を調節することによって、前記 R F 電源から前記プロセスガスに容量結合された前記第 2 R F 電力量を制御するステップを更に含む請求項 11 記載の方法。

【請求項 13】

前記プロセスチャンバは、前記蓋の上に配置されるノーブレイクヒーター要素を更に含む請求項 11 記載の方法。

【請求項 14】

前記プロセスチャンバの温度を制御するために A C 電源から前記ヒーター要素に電力を供給するステップを更に含む請求項 13 記載の方法。

【請求項 15】

前記 1 以上の電極のうちの少なくとも 1 つと前記蓋の間の垂直距離を調節するステップを更に含む請求項 11 記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 16】

前記 1 以上の電極の夫々と前記蓋の間の垂直距離を調節するステップを更に含む請求項 11 記載の方法。

【請求項 17】

前記 1 以上の電極の夫々と前記蓋の間の垂直距離が夫々の電極に対して異なる請求項 16 記載の方法。

【請求項 18】

前記 1 以上の電極によって画定される電極面の前記誘電性の蓋に対する角度を調節するステップを更に含む請求項 11 記載の方法。

【請求項 19】

プラズマの均一性又はイオン密度のうちの少なくとも 1 つを制御するために、前記 1 以上の電極の夫々と前記蓋の間の垂直距離を調節するステップ、又は前記 1 以上の電極によって画定される電極面の前記誘電性の蓋に対する角度を調節するステップを更に含む請求項 11 記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【背景】****【0001】**

(分野)

本発明の実施形態は、概して、半導体処理装置に関し、特に、誘導結合プラズマ処理システムに関する。

【0002】

(説明)

一般に誘導結合プラズマ (ICP) プロセリアクタは、プロセスチャンバの外側に配置される 1 以上の誘導コイルを通して、プロセスチャンバ内で処理されるプロセスガス内の誘導電流によってプラズマを形成する。誘導コイルは、例えば誘電性の蓋によって、チャンバの外部に配置され、チャンバから電氣的に分離されていてもよい。いくつかのプラズマプロセスにおいては、プロセス中及びプロセス間のチャンバの温度を一定に維持するのを促進するために、ヒーター (加熱) 要素を誘電性の蓋の上方に配置してもよい。

【0003】

ヒーターは、オープンプレークヒーター (例えば、電氣的非クローズドループ) 又はノーブレークヒーター (例えば、電氣的クローズドループ) であってもよい。ヒーター要素がオープンプレークヒーター要素である実施形態では、ヒーター要素は、プラズマの不均一性を招き、その結果、例えば、処理される基板の不均一なエッチング速度又はエッチングパターンの非対称性をもたらす可能性がある。このプラズマの不均一性は、オープンプレークヒーター要素をノーブレークヒーター要素に取り替えることによって除去可能である。しかしながら、ヒーター要素がノーブレークヒーター要素である実施形態では、誘導コイルに送られた RF 電力もノーブレークヒーター要素に誘導結合するので、それによってあいにく、プロセスチャンバ内でプラズマを形成するために利用可能なエネルギーを減少させる (例えば、ノーブレークヒーター要素はプラズマストライクウィンドウを減少させる)。

【0004】

そのため、改良された誘導結合プラズマリアクタへの必要性がある。

【概要】**【0005】**

フィールド強化型誘導結合プラズマリアクタ及びその利用法の実施形態が、本明細書に提供される。いくつかの実施形態では、フィールド強化型誘導結合プラズマ処理システムは、誘電性の蓋及び誘電性の蓋の上方に配置されるプラズマ源アセンブリを有するプロセスチャンバを含んでもよい。プラズマ源アセンブリは、プロセスチャンバ内でプラズマを形成して維持するために、プロセスチャンバ内に RF 電力を誘導結合するために構成される 1 以上のコイルと、プロセスチャンバ内でプラズマを形成するために、プロセスチャン

10

20

30

40

50

バ内に R F 電力を容量結合するために構成され、1 以上のコイルのうちの 1 つに電氣的に結合される 1 以上の電極と、1 以上の誘導コイル及び前記 1 以上の電極に結合される R F ジェネレータとを含む。いくつかの実施形態では、ヒーター要素は、誘電性の蓋とプラズマ源アセンブリの間に配置してもよい。

【0006】

いくつかの実施形態では、プラズマを形成する方法は、誘電性の蓋を有し、蓋の上方に配置される 1 以上のコイル及び 1 以上の電極を有するプロセスチャンバの内部容積にプロセスガスを供給するステップを含んでもよく、1 以上の電極は、1 以上のコイルのうちの 1 つと電氣的に結合されている。R F 電力は、R F 電源から 1 以上のコイル及び 1 以上の電極に供給される。プラズマは、1 以上のコイル及び 1 以上の電極によってプロセスガスに夫々誘導結合及び容量結合される R F 電源によって供給される R F 電力を使用してプロセスガスから形成される。

10

【図面の簡単な説明】

【0007】

本発明の上述した構成を詳細に理解することができるように、上記に簡単に要約した本発明のより具体的な説明を実施形態を参照して行う。実施形態のいくつかは添付図面に示されている。しかしながら、添付図面は本発明の典型的な実施形態を示しているに過ぎず、したがってこの範囲を制限されていると解釈されるべきではなく、本発明は他の等しく有効な実施形態を含み得ることに留意すべきである。

【0008】

20

【図 1】本発明のいくつかの実施形態に係るフィールド強化型誘導結合プラズマリアクタの概略側面図である。

【図 2 A】～

【図 2 B】本発明のいくつかの実施形態に係るフィールド強化型誘導結合プラズマリアクタのコイル及び電極の概略上面図である。

【図 3】本発明のいくつかの実施形態に係るフィールド強化型誘導結合プラズマリアクタのヒーター要素の概略上面図である。

【図 4 A】～

【図 4 B】本発明のいくつかの実施形態に係る図 1 のフィールド強化型誘導結合プラズマリアクタのプラズマ源アセンブリの様々な構成の概略図である。

30

【図 5】本発明のいくつかの実施形態に係るプラズマを形成する方法に関するフローチャートである。

【0009】

理解を促進するために、図面に共通する同一の要素を示す際には可能な限り同一の参照番号を使用している。図面は、比例して描かれているわけではなく、明確にするために簡素化されているかもしれない。一実施形態の要素及び構成を更なる説明なしに他の実施形態に有益に組み込んでもよいと理解される。

【詳細な説明】

【0010】

フィールド強化型誘導結合プラズマリアクタ及びその利用法の実施形態が、本明細書に提供される。本発明の誘導結合プラズマリアクタは、プラズマ（例えば、増強した又は強化されたプラズマストライクウィンドウ）を点火するのに利用可能な増強した高周波（R F）エネルギーを有利に提供してもよい。更に、本発明の誘導結合プラズマリアクタは、均一性、密度、又はプラズマの他の望ましい特性を実質的に変えること無しに、優れたプラズマ点火能力を有利に提供するかもしれない。

40

【0011】

図 1 は、本発明のいくつかの実施形態に係るフィールド強化型誘導結合プラズマリアクタ（リアクタ 100）の概略側面図を示す。リアクタ 100 は、単独で利用してもよく、又は統合型半導体基板処理システムの処理モジュール、又はカリフォルニア州サンタクララのアプライドマテリアルズ（Applied Materials Inc.）から入

50

手可能であるCENTURA（商標名）統合型半導体ウェハ処理システムなどのクラスツールとして利用してもよい。本発明の実施形態に係る修正形態から有利に利益を得るかもしれない適当なリアクタの例は、アプライドマテリアルズから入手可能な半導体装置のDPS（商標名）ライン（DPS（商標名）、DPS（商標名）II、DPS（商標名）AE、DPS（商標名）G3ポリエッチャー、DPS（商標名）G5等）などの誘導結合プラズマエッチングリアクタを含む。上に列記した半導体装置は、単なる実例であり、他のエッチングリアクタ及び非エッチング装置（CVDリアクタ又は他の半導体処理装置など）も、本発明の開示に従って適当に変更してもよい。

【0012】

リアクタ100は、概して、伝導体（壁）130及び誘電性の蓋120（合わせて処理容積を画定する）を有するプロセスチャンバ110と、処理容積内に配置される基板サポート台116と、プラズマ源アセンブリ160と、コントローラ140とを含む。壁130は、通常、電氣的グラウンド134に結合される。いくつかの実施形態では、サポート台（カソード）116は、第1マッチングネットワーク124を通して、バイアス電源122に結合してもよい。バイアス電源122は、実例として連続又はパルス電力のいずれかを生成可能な約13.56MHzの周波数で最大1000Wの電源であってもよいが、特定用途向けのような他の周波数及び電力を供給してもよい。他の実施形態では、電源122は、DC又はパルスDC電源であってもよい。

【0013】

いくつかの実施形態では、誘電性の蓋120は、実質的に平坦であってもよい。チャンバ110の他の修正形態は、例えば、ドーム型の蓋又は他の形状などの、他のタイプの蓋を有してもよい。プラズマ源アセンブリ160は、通常蓋120の上方に配置されており、RF電力をプロセスチャンバ110内へ誘電結合するために構成されている。プラズマ源アセンブリ160は、1以上の誘導コイルと、1以上の電極と、プラズマ電源を含む。1以上の誘導コイルは、誘電性の蓋120の上方に配置されてもよい。図1に示されるように、蓋120の上方に配置される2つのコイル（内側コイル109及び外側コイル111）が、実例として示されている。多重コイルが提供される場合、例えば、外側のコイル111の中に内側コイル109を配置するなど、コイルを同心状に配置してもよい。相対位置、各コイルの直径の比率、及び/又は、各コイルの巻数は、例えば、形成されるプラズマの形状又は密度を望ましく制御できるように夫々調整可能である。1以上の誘導コイル（例えば、図1に示されるコイル109、111）の各コイルは、第2マッチングネットワーク119を通して、プラズマ電源118に結合される。プラズマ電源118は、実例として50kHzから13.56MHzまでの範囲で調整可能な周波数で、4000Wまで出力可能であってもよいが、特定用途向けのような他の周波数及び電力を提供してもよい。

【0014】

いくつかの実施形態において、プラズマ電源118によって供給されるRF電力の相対量を夫々のコイルに制御するために、1以上の誘導コイルのコイル間に、分割コンデンサなどの電力分割器が提供されてもよい。例えば、図1に示されるように、電力分割器104は、各コイルへ供給されるRF電力量を制御する（これによって、内側及び外側コイルに対応するゾーン内のプラズマ特性の制御を促進する）ために、内側コイル109及び外側コイル111をプラズマ電源118に結合するライン内に配置してもよい。

【0015】

1以上の電極は、1以上の誘導コイルのうちの1つ（例えば、図1に示されるように、内側コイル109か外側コイル111のいずれか）と電氣的に結合される。例示的で非限定的な一実施形態では、図1に図示されるように、プラズマ源アセンブリ160の1以上の電極は、内側コイル109と外側コイル111の間に、及び誘電性の蓋120の近傍に配置される2つの電極112_A、112_Bであってもよい。各電極112_A、112_Bは、内側コイル109か外側コイル111のいずれかと電氣的に結合されてもよい。図1に示されるように、各電極112_A、112_Bは、夫々電気コネクタ113_A、113_Bを

10

20

30

40

50

通して、外側コイル 1 1 1 に結合されている。R F 電力は、プラズマ電源 1 1 8 を通して、これらが結合する誘導コイル（例えば、図 1 の内側コイル 1 0 9 又は外側コイル 1 1 1）を通して、1 以上の電極に供給されてもよい。

【0016】

いくつかの実施形態において、1 以上の電極は、誘電性の蓋 1 2 0 に対して、及び / 又は、互いに対して、1 以上の電極の相対位置決めを促進するために、1 以上の誘導コイルのうちの 1 つに可動に結合してもよく、これによってその位置を制御する。例えば、1 以上の位置決め機構は、少なくとも 1 つの電極のうちの 1 以上に結合してもよい。位置決め機構は、送りねじ、リニアベアリング、ステッピングモーター、ウェッジ等を含む装置などの、1 以上の電極の所望の位置決めを促進可能な、手動又は自動の、いかなる適した装置であってもよい。1 以上の電極を特定の誘導コイルに結合する電気コネクタは、そのような相対運動を促進するためにフレキシブルであってもよい。例えば、いくつかの実施形態では、電気コネクタは、編組線又は他の導体などの 1 以上のフレキシブルな機構を含んでもよい。

【0017】

いくつかの実施形態では、図 1 に示されるように、位置決め機構 1 1 5_A、1 1 5_B は、電極（例えば、電極 1 1 2_A、1 1 2_B）の夫々に結合してもよく、これによって、（垂直矢印 1 0 2 及び電極 1 1 2_A、1 1 2_B の点線の延長線で示されるように）その位置及び姿勢を独立して制御することができる。いくつかの実施形態では、位置決め機構は、1 以上の電極の各電極の垂直位置を独立して制御してもよい。例えば、図 4 A に示されるように、電極 1 1 2_A の位置は、位置決め機構 1 1 5_B によって制御される電極 1 1 2_B の位置とは独立して、位置決め機構 1 1 5_A によって制御してもよい。また、位置決め機構 1 1 5_A、1 1 5_B は、電極（又は 1 以上の電極によって画定される電極面）の角度又は傾斜を更に制御してもよい。例えば、図 4 B に示されるように、電極 1 1 2_A、1 1 2_B によって画定される平面 4 0 4 の角度を、位置決め機構 1 1 5_A、1 1 5_B のうちの 1 つ又は両方によって、（例えば、チャンバ蓋 1 2 0 に平行な）基準面 4 0 2 に対して制御してもよい。あるいはまた、電極の傾斜を制御するために、別々の機構（図示せず）が提供されてもよい。1 つの電極の他の電極に対する垂直位置の独立制御、及び / 又は、電極面の傾斜又は角度の制御は、電極によって提供される容量結合の相対量（例えば、プロセスチャンバの処理容積により近く配置された電極部分によるより多くの容量結合、及びプロセスチャンバの処理容積からより遠く配置された電極部分によるより少ない容量結合）を促進する。

【0018】

例えば、いくつかの実施形態では、図 1 に示されるように、電極は、コイルの土台の近傍に、及び誘電性の蓋 1 2 0 に実質的に平行な面内に配置されてもよく、これによって、電極によって提供される容量結合を増加させる。電極の他の構成は、異なる垂直距離に配置された、及び / 又は、誘電性の蓋 1 2 0 に対して及び互いに異なる角度で配置された電極を有するなどが可能である。プラズマ源アセンブリ 1 6 0 のうちの 1 以上の電極によって提供される R F 電力の容量結合量の制御は、チャンバ内でプラズマ特性の制御を促進する。例えば、誘導結合プラズマの望ましい特性を維持している間、プラズマ源アセンブリ 1 6 0 の 1 以上の電極によって提供される容量結合の増加は、プラズマストライクウィンドウを増加させる（処理条件のより広い範囲に亘ってプラズマストライク能力を高める）。1 以上の電極の位置の選択的制御は、一度形成されたプラズマの中にあまりにも多くの R F エネルギーを結合し、これによって、その特性（例えば、密度、解離率、イオン / 中性の比率等）に望ましくない変化を与えること無しに、プラズマストライクを促進させるのにまさに十分な容量結合を提供する。更に、1 以上の電極の相対位置又は傾斜の制御は、そうでなければ（非対称なガスの伝送及び / 又はポンピングによるチャンバ内の不均一なガス速度などの）不均一なプラズマにつながるかもしれないプロセス効果を補うことを更に促進する。例えば、より高いプラズマ密度の領域に対して低プラズマ密度の領域内において容量結合を増加させることによって、チャンバ内の全体的なプラズマ分布をより均

10

20

30

40

50

一にするかもしれず、これによって、より均一な処理を促進するかもしれない。

【0019】

プラズマ源アセンブリ160の1以上の電極は、RFエネルギーのプラズマへの均一な結合を促進するために、誘電性の蓋120の上に対称的に配置されてもよい。いくつかの実施形態では、1以上の電極は、1以上の電極内で誘導電流を発生させるかもしれない連続経路を提供しないように構成される。したがって、単一電極が使用される実施形態では、電極が導電性の環状リングを形成しないように、電極は誘電性のブレードを含んでもよい。しかしながら、そのような単一のブレードは、構成の非対称性によるプラズマの不均一につながるかもしれない。単一電極が使用される実施形態では、電極内の誘電性のブレードは、比較的高いプラズマ密度の領域又はチャンバのポンプポート近傍に調和するように、チャンバ内の自然なプラズマ分布を補うために配置してもよい。

10

【0020】

いくつかの実施形態では、少なくとも2つの電極が、電極間の誘電性の空間によって引き起こされるプラズマ効果をいずれも対称的に分配するのに使用される。例えば、図2Aは、実質的に互いに等距離にあり、内側コイル109と外側コイル111の間に配置される2つのアーチ形の電極112_A、112_Bを有するリアクタ100の例示的な実施形態の概略上面図を示す。電極の表面積は、電極によって提供される容量結合の制御の要因となる。電極は平面又は実質的に平面であってもよい。いくつかの実施形態では、電極は、誘導コイル間に適合し、電極間の誘電性の空間を維持するのに適したアーク長及び幅を有していてもよい。したがって、幅は、各電極の表面積、及びそれによってプロセスチャンバ110内に容量結合可能なRFエネルギーの度合いを画定するために選択されてもよい。

20

【0021】

図1及び2Aには1組の電極として示されているが、電極は、3、4、又はそれ以上など他の量及び形状も可能である。例えば、図2Bに示されるように、4つの4分割されたリング形電極117_A、117_B、117_C、117_Dは、円周に沿って実質的に内側コイル109を囲むように提供されてもよい。4つの4分割リング電極は、互いに実質的に等距離隔てて、内側コイル109と外側コイル111の間に配置してもよい。各電極117_{A-D}は、夫々の電気コネクタ125_{A-D}を通して外側コイル111（又は内側コイル109）に結合してもよい。電気コネクタ125_{A-D}は、図1に関連して以下で議論される電気コネクタ113A-Bと実質的に同等であってもよい。

30

【0022】

図1に戻って、ヒーター要素121は、プロセスチャンバ110の内部を加熱するのを促進するために、誘電性の蓋120の上に配置されてもよい。ヒーター要素121は、誘電性の蓋120と、誘導コイル109、111と、電極112_{A-B}の間に配置されてもよい。いくつかの実施形態では、ヒーター要素121は、抵抗ヒーター要素を含んでもよく、ヒーター要素121の温度を摂氏約50度から約100度の間に制御するのに十分なエネルギーを提供するように構成される交流電源のような電源123と結合してもよい。いくつかの実施形態では、ヒーター要素121はオーブンブレードヒーターであってもよい。いくつかの実施形態では、ヒーター要素121は環状要素などのノーブレードヒーターを含んでもよく、それによって、プロセスチャンバ110内の均一なプラズマ構成を促進する。

40

【0023】

例えば、図3は、本発明のいくつかの実施形態に係るヒーター要素121の平面図を示す。ヒーター要素121は、内側に延びるフィン302を有する環状部分300を含んでもよい。いくつかの実施形態では、環状部分300は、図1及び3に示されるように、誘電性の蓋120の周囲に沿って配置されてもよい（例えば、環状部分300は、誘電性の蓋120の外径と実質的に等しい外径を有してもよい）。いくつかの実施形態では、環状部分300は、誘電性の蓋120の外径よりも大きい又は小さい外径を有してもよい。誘電性の蓋120を実質的に均一に加熱することができる環状部分300の他の適当な構

50

成を使用してもよい。フィン302は、プロセスチャンバ110に所望の熱量及び熱分布を提供するために、どんな適当な幅、長さ、数、及び/又は、環状部分300の周りの位置にあってもよい。図3に示されるように、フィン302は、ヒーター要素121の環状部分300に関して対称的に配置されてもよく、そこから放射状に内側に延びてもよい。

【0024】

図1に戻って、操作の間、基板114(半導体ウェハ又はプラズマ処理に適した他の基板など)は、台116上に配置されてもよく、プロセスチャンバ110内でガス混合物350を形成するために、プロセスガスをガスパネル138から入口126を通して供給してもよい。図5に関連して以下でより詳細に議論されるように、ガス混合物150は、プラズマ源118から誘導コイル109、111及び1以上の電極(例えば、112_Aと112_B)へ電力を印加することによって、プロセスチャンバ110内のプラズマ155に点火してもよい。いくつかの実施形態では、バイアス電源122からの電力もまた、台116へ供給してもよい。チャンバ110の内部の圧力は、スロットルバルブ127及び真空ポンプ136を使用して制御してもよい。チャンバ壁130の温度は、壁130を貫く液体含有コンジット(図示せず)を使用して制御してもよい。

【0025】

ウェハ114の温度は、サポート台116の温度を安定化させることによって制御してもよい。一実施形態では、ガス源148からのヘリウムガスは、ガスコンジット149を通して、ウェハ114の裏面と台の表面に配置される溝(図示せず)との間で画定されるチャンネルへ供給してもよい。ヘリウムガスは、台116とウェハ114の間の熱伝達を促進するために使用される。処理の間、台116は、台の中の抵抗ヒーター(図示せず)によって定常状態の温度まで加熱してもよく、ヘリウムガスは、ウェハ114の均一加熱を促進してもよい。そのような熱制御を利用して、ウェハ114は、実例として摂氏0度と500度の間の温度に維持してもよい。

【0026】

コントローラ140は、中央演算処理装置(CPU)144、メモリ142、及びCPU144のためのサポート回路146を含み、リアクタ100の部品の制御、及び、本明細書で議論されるようなプラズマを形成する方法の制御を促進する。コントローラ140は、様々なチャンバ及びサブプロセッサを制御する工業環境で使用可能ないかなる形態の汎用コンピュータプロセッサのうちの1つであってもよい。CPU144のメモリ又はコンピュータで読み出し可能な媒体142は、ランダムアクセスメモリ(RAM)、リードオンリーメモリ(ROM)、フロッピー(商標名)ディスク、ハードディスク、又はローカル又はリモートの他のいかなる形態のデジタルストレージなどの容易に利用可能な1以上のメモリであってもよい。サポート回路146は、従来する方法でプロセッサをサポートするためにCPU144に結合される。これらの回路は、キャッシュ、電源、クロック回路、入力/出力回路、サブシステム等を含む。本発明の方法は、上述のようにリアクタ100の操作を制御するために実行又は呼び出し可能なソフトウェアルーチンとしてメモリ142内に格納されてもよい。また、CPU144によって制御されるハードウェアから離れて位置する第2のCPU(図示せず)によって、ソフトウェアルーチンは、格納され、及び/又は、実行されてもよい。

【0027】

図5は、本発明のいくつかの実施形態に係る上述のリアクタ100と同様のフィールド強化型誘導結合リアクタ内でプラズマを形成する方法500を示す。一般に、この方法は、プロセスガス(又は、ガス)をプロセスチャンバ110に供給する502から始まる。プロセスガス又はガスは、ガスパネル138から入口126を通して供給され、チャンバ110内でガス混合物150を形成してもよい。壁130、誘電性の蓋120、及びサポート台116などのチャンバ部品は、プロセスガスを供給する前又は後に、上述のように所望の温度に加熱してもよい。誘電性の蓋120は、電源123からヒーター要素121へ電力を供給することによって加熱してもよい。処理の間、プロセスチャンバ110を所望の温度に維持するために、電源を制御してもよい。

【 0 0 2 8 】

次に、504において、RF電源118からのRF電力が、プロセスガス混合物150に夫々誘導結合及び容量結合される1以上の誘導コイル及び1以上の電極に供給されてもよい。RF電力は、実例として最大4000Wで、50kHzから13.56MHzまでの範囲で調整可能な周波数で供給してもよいが、プラズマを形成するために他の電力及び周波数を利用してもよい。1以上の電極は、1以上の誘導コイルのうちの1つと電氣的に結合されているので、RF電力は、1以上の誘導コイル及び1以上の電極の両方に同時に供給される。

【 0 0 2 9 】

いくつかの実施形態では、第1RF電力量は、506に示されるように、1以上の誘導コイルを通してプロセスガスに誘導結合してもよい。第1RF電力量は、ヒーター要素121内に誘導結合される第1RF電力量の一部のため、ノーブレイクヒーター要素の存在によって（例えば、ヒーター要素121がノーブレイクヒーター要素である実施形態）、あいにく減少するかもしれない。しかしながら、第2RF電力量は、508に示されるように、電極112_A - _Bを通してプロセスガスに容量結合される。第2RF電力量は、プロセスガス内に容量結合され、ヒーター要素121に誘導結合することによる減少は無いので、第2RF電力量は、はるかに広い条件範囲のもとでプラズマを打ち出す能力を改善する。

【 0 0 3 0 】

プロセスガスに容量結合した第2RF電力量は、例えば、各電極（例えば、電極112_A、112_B）と誘電性の蓋120の間の距離を（容量結合を減少させるために）増加させる又は（容量結合を増加させるために）減少させることによって制御してもよい。上で議論されているように、1以上の電極の位置は、電極が誘電性の蓋から等間隔又は不等間隔となるように、独立して制御してもよい。また、各電極とヒーター要素121の間の距離は、その間でアークの発生を防ぐために制御してもよい。

【 0 0 3 1 】

また、例えば、電極面（例えば、電極112_A、112_Bの底）と誘電性の蓋120の間の傾斜又は角度を制御することによって、プロセスガスに容量結合する第2RF電力量を制御してもよい。1以上の電極（例えば、電極112_A、112_B）面の姿勢は、プロセスチャンバ110のある領域において、プロセスガス混合物150に容量結合される第2RF電力量を調整するのを促進するように制御してもよい（例えば、電極面が傾いているとき、1以上の電極のいくつかの部分は、他の部分よりも誘電性の蓋120により近くなるだろう）。

【 0 0 3 2 】

510において、プラズマ155は、誘導コイル109、111及び電極112_A - _Bによって夫々供給される第1及び第2RF電力量を使用して、プロセスガス混合物150から形成される。プラズマを打ち出し、プラズマの安定化を得ると、一般に、方法500は終了し、プラズマ処理を望むときは継続してもよい。例えば、標準のプロセスレシピ毎にRF電力設定及び他の処理パラメータを少なくとも一部で使用して、プロセスを継続してもよい。その代わりに又はそれに加えて、プロセスの間、RF電力のプロセスチャンバ110内への容量結合を減少させるために、1以上の電極を誘電性の蓋120からより遠くへ移動してもよい。その代わりに又はそれに加えて、RF電力のプロセスチャンバ110内への容量結合を増加させるために、又はプロセスチャンバ110の領域内へ容量結合されるRF電力の相対量を制御するために、1以上の電極を誘電性の蓋120のより近くに移動してもよく、又はある角度に傾けてもよい。

【 0 0 3 3 】

このように、本明細書は、フィールド強化型誘導結合プラズマリアクタ及びその使用法を提供してきた。本発明のフィールド強化型誘導結合プラズマリアクタは、プラズマの均一性又はイオン密度のような他のプラズマ特性を変えずに、チャンバ内でプラズマを打ち出すために利用可能なRF電力を有利に改善することができる。本発明のフィールド強化

10

20

30

40

50

型統合型プラズマリアクタは、処理の間、均一性及び／又は密度などのプラズマ特性を、更に有利に制御及び／又は調整することができる。

【 0 0 3 4 】

上記は本発明の実施形態を対象としているが、本発明の他の及び更なる実施形態は本発明の基本的範囲を逸脱することなく創作することができ、その範囲は以下の特許請求の範囲に基づいて定められる。

【 図 1 】

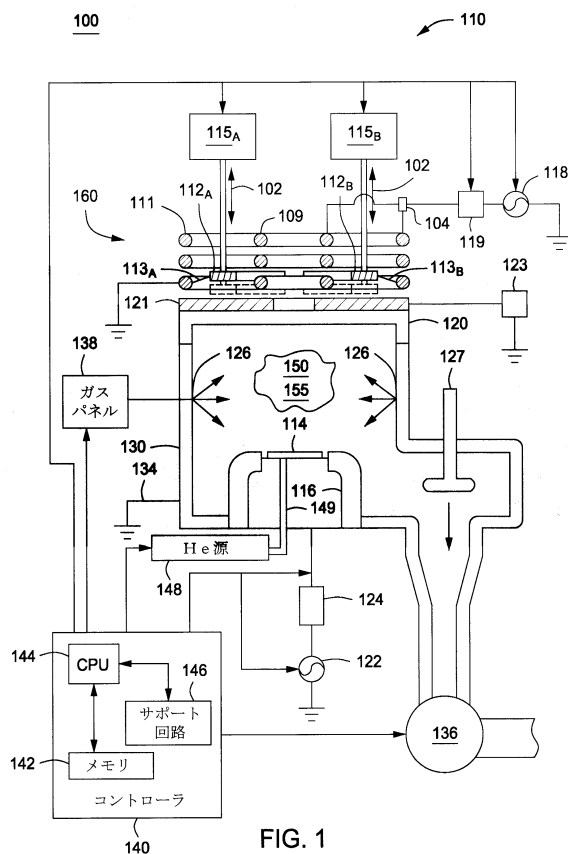


FIG. 1

【 図 2 A 】

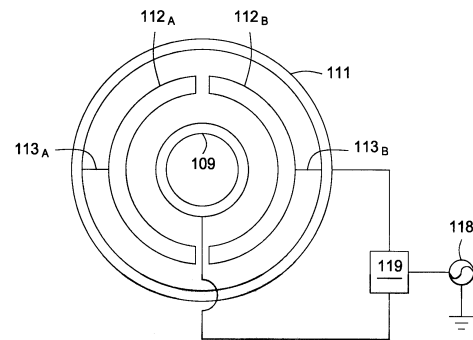


FIG. 2A

【図 2 B】

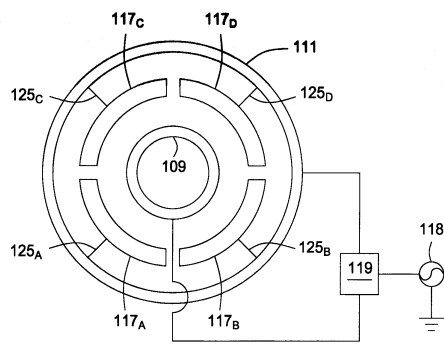


FIG. 2B

【図 3】

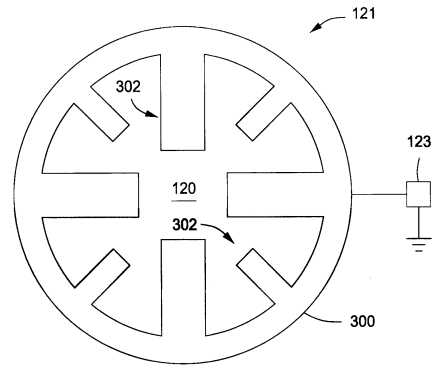


FIG. 3

【図 4 A】

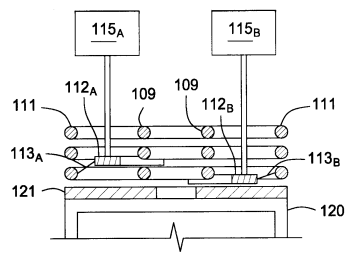


FIG. 4A

【図 4 B】

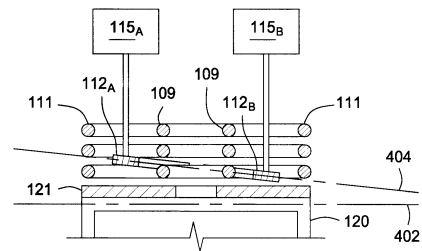


FIG. 4B

【図 5】

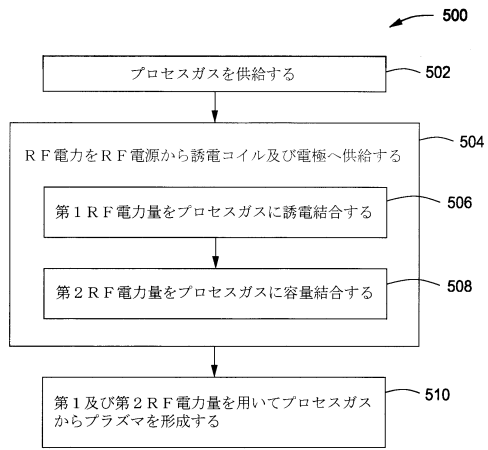


FIG. 5

フロントページの続き

(72)発明者 バンナ サマー

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95110 サン ノゼ テクノロジー ドライブ 155
0 ナンバー 3059

(72)発明者 ラマスワミ カーティク

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95124 サン ノゼ タウニーゲート ウェイ 164
6

(72)発明者 ウィルワース マイケル ディー

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95008 キャンプベル リンコン アベニュー 384
7

審査官 藤本 加代子

(56)参考文献 特開2000-323298(JP, A)

国際公開第2006/031010(WO, A1)

特開2004-165674(JP, A)

特開2001-144076(JP, A)

特開2001-085398(JP, A)

特開2007-317661(JP, A)

国際公開第99/034399(WO, A1)

特開平10-149899(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H05H 1/46

H01L 21/3065

H01L 21/205

C23C 16/00-16/56