(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2018-190978
(P2018-190978A)
(43)公開日　平成30年11月29日(2018.11.29)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H01L 21/3065	(2006.01)	H01L	21/302	101G	2G084
H01L 21/683	(2006.01)	H01L	21/68	R	5F004
H05H 1/46	(2006.01)	H01L	21/68	N	5F131
		H05H	1/46	M	

審査請求 未請求　請求項の数 15　OL　外国語出願　（全 38 頁）

(21)出願番号　特願2018-87886(P2018-87886)
(22)出願日　平成30年4月29日(2018.4.29)
(31)優先権主張番号　62/500,120
(32)優先日　平成29年5月2日(2017.5.2)
(33)優先権主張国　米国(US)

(71)出願人　390040660
アプライド　マテリアルズ　インコーポレイテッド
ＡＰＰＬＩＥＤ　ＭＡＴＥＲＩＡＬＳ，ＩＮＣＯＲＰＯＲＡＴＥＤ
アメリカ合衆国　カリフォルニア州　９５０５４　サンタ　クララ　バウアーズ　アベニュー　３０５０
(74)代理人　100101502
弁理士　安齋　嘉章
(72)発明者　ハイタオ　ワン
アメリカ合衆国　カリフォルニア州　９４５３８　フレモント　フロンテナック　パーク　コート　４６８９

最終頁に続く

(54)【発明の名称】対称的な給電構造を有する補助電極を用いてプラズマ処理チャンバ内のウェハエッジシースを変調する方法および受動的な方法で動作するとき制御可能なインピーダンスを接地し、能動的に電

(57)【要約】　（修正有）
【課題】基板エッジにおいて微細で局所的な処理調整を可能にする処理チャンバを提供する。
【解決手段】処理チャンバは、静電チャック２５９に隣接して配置される補助電極２６３を備える。補助電極は、等しい長さおよび等しいインピーダンスの供給を使用して電源から再帰的に給電される。補助電極は、垂直方向に作動可能であり、プラズマ発生の要因となる接地または他の周波数に関して調整可能である。
【選択図】図２Ａ

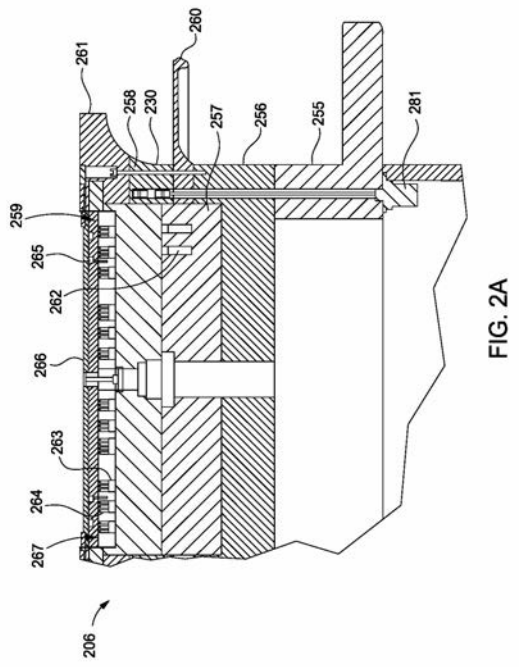


FIG. 2A

【特許請求の範囲】
【請求項１】
処理チャンバであって、
チャンバ本体と、
前記チャンバ本体内に配置された基板サポートと、
前記基板サポート内に配置された再帰的配電アセンブリと、
前記基板サポート内に配置され、前記再帰的配電アセンブリに結合されたエッジリングアセンブリであって、導電性電極を含むエッジリングアセンブリと、
前記電極の上方にある前記基板サポート上に配置された絶縁サポートと、
前記絶縁サポート上に配置された第１のシリコンリングとを備える処理チャンバ。
【請求項２】
前記基板サポートが１つ以上のチャッキング電極を有する静電チャックを備える、請求項１に記載の処理チャンバ。
【請求項３】
前記エッジリングアセンブリはセラミックキャップとセラミック基部とを備え、前記エッジリングアセンブリの前記電極は前記セラミックキャップと前記セラミック基部との間に配置される、請求項１に記載の処理チャンバ。
【請求項４】
前記エッジリングアセンブリ、前記伝導性リング、および前記絶縁サポートの半径方向外側に延在するバッフルリングを更に備える、請求項１に記載の処理チャンバ。
【請求項５】
前記再帰的配電アセンブリは複数の分岐型電気接続部を備え、前記分岐型電気接続部は等しい長さを有する、請求項１に記載の処理チャンバ。
【請求項６】
前記基板サポート内に配置されたリフト機構を更に備え、前記リフト機構は、前記シリコンリングおよび前記絶縁サポートを垂直方向に作動させるように構成される、請求項１に記載の処理チャンバ。
【請求項７】
前記再帰的配電コネクタは複数の半円形要素を備え、前記複数の半円形要素は軸方向に離間し垂直接続によって接続される、請求項１に記載の処理チャンバ。
【請求項８】
前記複数の半円形要素の周りに配置されたポリテトラフルオロエチレンを更に備える、請求項７に記載の処理チャンバ。
【請求項９】
前記電極に結合された回路を更に備え、前記回路は接地調整部、バイアス感知調整部、および電源感知調整部を備える、請求項１に記載の処理チャンバ。
【請求項１０】
前記回路は前記電極を前記接地調整部、前記バイアス感知調整部、および前記電源感知調整部に結合するスイッチング素子を含む、請求項１に記載の処理チャンバ。
【請求項１１】
処理チャンバであって、
チャンバ本体と、
前記チャンバ本体内に配置された基板サポートと、
前記基板サポート内に配置された再帰的配電アセンブリと、
前記基板サポート内に配置され、前記再帰的配電アセンブリに結合されたエッジリングアセンブリであって、導電性円形電極を含むエッジリングアセンブリと、
前記電極の上方にある前記基板サポート上に配置された絶縁サポートと、
前記絶縁サポート上に配置された第１のシリコンリングとを備える処理チャンバ。
【請求項１２】
前記エッジリングアセンブリは、セラミックキャップとセラミック基部とを備え、前記

セラミック基部と前記セラミックキャップは円形であり、前記電極は前記セラミック基部と前記セラミックキャップとの間に配置される、請求項１１に記載の処理チャンバ。
【請求項１３】
前記再帰的配電アセンブリは複数の分岐型電気的接続部を含み、前記再帰的配電アセンブリは複数の半円形要素を含む、請求項１２に記載の処理チャンバ。
【請求項１４】
再帰的配電コネクタであって、
第１の半円形要素と、
前記第１の半円形要素の中心部に結合された同軸構造と、
前記第１の半円形要素の第１の端部に配置され、前記第１の半円形要素の平面部分から直角に延在する第１の垂直継手と、
前記第１の半円形要素の第２の端部に配置され、前記第１の半円形要素の前記平面部分から直角に延在する第２の垂直継手と、
前記第１の垂直継手に接続された第２の半円形要素であり、前記第１の垂直継手が前記第２の半円形要素の中央部分に接続された前記第２の半円形要素と、
前記第２の垂直継手に接続された第３の半円形要素であり、前記第２の垂直継手が前記第３の半円形要素の中央部分に接続された前記第３の半円形要素とを含む再帰的配電コネクタ。
【請求項１５】
前記再帰的配電アセンブリは導電性材料を含む、請求項１４に記載の再帰的配電アセンブリ。
【発明の詳細な説明】
【背景】
【０００１】
（分野）
本開示の態様は、概して、基板エッジ近傍のプラズマシースを制御するための方法及び装置に関する。
【０００２】
（関連技術の説明）
現在の半導体製造業界では、構成は縮小し続け、トランジスタ構造はますます複雑になっている。処理要求を満たすために、高度な処理制御技術は、コスト管理及び基板及びダイの歩留まりの最大化にとって有用である。通常、基板エッジのダイは、歩留まりの問題（例えば、ミスアライメントを介した接触、ハードマスクに対する選択性の悪さなど）を抱えている。これらの問題の原因の１つは基板エッジ近傍のプラズマシースの屈曲である。
【０００３】
したがって、基板エッジにおいて微細で局所的な処理調整を可能にする方法及び装置が必要とされている。
【概要】
【０００４】
一態様において、処理チャンバは、チャンバ本体と、チャンバ本体内に配置された基板サポートと、基板サポート内に配置された再帰的配電アセンブリと、基板サポート内に配置され、再帰的配電アセンブリに結合されたエッジリングアセンブリであって、導電性電極を含むエッジリングアセンブリと、電極の上方にある基板サポート上に配置された絶縁サポートと、絶縁サポート上に配置された第１のシリコンリングとを備える。
【０００５】
一態様において、処理チャンバは、チャンバ本体と、チャンバ本体内に配置された基板サポートと、基板サポート内に配置された再帰的配電アセンブリと、基板サポート内に配置され、再帰的配電アセンブリに結合されたエッジリングアセンブリであって、導電性円形電極を含むエッジリングアセンブリと、電極の上方にある基板サポート上に配置された

絶縁サポートと、絶縁サポート上に配置された第１のシリコンリングとを備える。
【０００６】
別の態様では、再帰的配電アセンブリは、第１の半円形要素と、第１の半円形要素の中心部に結合された同軸構造と、第１の半円形要素の第１の端部に配置され第１の半円形要素の平面部分から直角に延在する第１の垂直継手と、第１の半円形要素の第２の端部に配置され第１の半円形要素の平面部分から直角に延在する第２の垂直継手と、第１の垂直継手に接続された第２の半円形要素であり第１の垂直継手が第２の半円形要素の中央部分に接続された第２の半円形要素と、第２の垂直継手に接続された第３の半円形要素であり第２の垂直継手が第３の半円形要素の中央部分に接続された第３の半円形要素とを備える。
【図面の簡単な説明】
【０００７】
上記で列挙された本開示の構成が詳細に理解され得るように、上で簡単に要約した本開示のより詳細な説明は態様を参照して行うことができ、そのいくつかの態様が添付の図面に示される。しかし、本開示は他の等しく有効な態様を認めることができるので、添付の図面は、例示的な態様のみを示しており、したがって、範囲の限定であると見なされるべきではないことに留意すべきである。
【図１】本開示の一態様による処理チャンバの断面図である。
【図２Ａ】～
【図２Ｂ】本開示の一態様によるサポートアセンブリの概略断面図である。
【図３Ａ】～
【図３Ｆ】本開示の態様による配電アセンブリの概略斜視図である。
【図４Ａ】～
【図４Ｃ】本開示の態様による回路構成の概略図である。
【０００８】
理解を容易にするために、可能な限り同一の参照番号を使用し、図面に共通の同一の要素を指定している。１つの態様の要素および特徴は、更なる説明なしに他の態様に有益に組み込むことができると考えられる。
【発明の詳細な説明】
【０００９】
本開示は、概して、基板エッジ近傍でプラズマシースを制御するための方法及び装置に関する。本装置は、静電チャックに隣接して配置され得る補助電極を備える。補助電極は、等しい長さ及び等しいインピーダンス電気接続を使用して、電源から再帰的に給電される。補助電極は、垂直方向に作動可能であり、プラズマ発生の要因である接地又は他の周波数に関して調整可能である。それを使用する方法もまた提供される。
【００１０】
図１は本開示の一態様による処理チャンバ１００の断面図である。図示の通り、処理チャンバ１００は基板（例えば、基板１０１など）をエッチングするのに適したエッチングチャンバである。本明細書に記載の態様から利益を受ける処理チャンバの例は、カリフォルニア州サンタクララにあるアプライドマテリアルズ社から入手可能である。他の製造業者からのものを含めて他の処理チャンバは、本開示の態様から利益を受けるように適合できると考えられる。
【００１１】
一実施形態では、処理チャンバ１００は、チャンバ本体１０５と、ガス分配プレートアセンブリ１１０と、サポートアセンブリ１０６とを備える。処理チャンバ１００のチャンバ本体１０５は、処理に適した１つ以上の材料（例えば、アルミニウム、陽極酸化アルミニウム、ニッケルメッキされたアルミニウム、ニッケルメッキされたアルミニウム６０６１－Ｔ６、ステンレス鋼、及びそれらの組み合わせ及び合金）から形成することができる。サポートアセンブリ１０６は、ガス分配プレートアセンブリ１１０と共に電極として機能することができ、ガス分配プレートアセンブリ１１０とサポートアセンブリ１０６の上面との間に画定された処理容積１２０内にプラズマが形成される。サポートアセンブリ１

０６は、伝導性材料（例えば、アルミニウム）、又はセラミック材料、あるいはその両方の組み合わせで作ることができる。チャンバ本体１０５は、ポンプ及びバルブを含む真空システム１３６に結合されてもよい。ライナ１３８は、処理容積１２０内のチャンバ本体１０５の表面上に配置されてもよい。

【００１２】

チャンバ本体１０５は、その側壁に形成されたポート１４０を含む。ポート１４０は、選択的に開閉され、基板ハンドリングロボット（図示せず）によってチャンバ本体１０５の内部にアクセスすることが可能になる。基板１０１は、処理チャンバ１００の内外に、ポート１４０を介して、隣接する搬送チャンバ及び／又はロードロックチャンバ、又はクラスタツール内の別のチャンバに搬送することができる。基板１０１は、処理のためにサポートアセンブリ１０６の上面１３０上に配置される。リフトピン（図示せず）を使用して基板１０１をサポートアセンブリ１０６の上面から離して配置し、基板搬送中に基板ハンドリングロボットで交換することができる。

【００１３】

ガス分配プレートアセンブリ１１０は、チャンバ本体１０５上に配置される。高周波（ＲＦ）電源１３２は、ガス分配プレートアセンブリ１１０に結合されて、サポートアセンブリ１０６に対してガス分配プレートアセンブリ１１０に電気的バイアスをかけて、処理チャンバ１００内のプラズマ生成を促進する。サポートアセンブリ１０６は静電チャック１５９を含み、当該チャックを電源１０９ａに接続して、基板１０１のチャッキングを容易にし、及び／又は処理容積１２０内に位置するプラズマに影響を与えることができる。電源１０９ａは、電源（例えば、ＤＣ又はＲＦ電源）を含み、静電チャック１５９の１つ以上の電極に接続される。バイアス電源１０９ｂは、サポートアセンブリ１０６と任意に結合されてもよく、プラズマの生成及び／又は制御を補助することができる。

【００１４】

バイアス電源１０９ｂは、例えば、約１３．５６ＭＨｚの周波数で約１０００Ｗ（しかし、約１０００Ｗに限定されるものではない）までのＲＦエネルギー源であり得るが、特定の用途に所望されるように他の周波数及び電力を供給してもよい。バイアス電源１０９ｂは、連続電力又はパルス電力のいずれか又は両方を生成することができる。いくつかの態様では、バイアス電源は複数の周波数（例えば、１３．５６ＭＨｚ及び２ＭＨｚ）を供給することができる。

【００１５】

処理チャンバ１００は、コントローラ１９１を含むこともできる。コントローラ１９１は、メモリ１９４および大容量記憶装置で動作可能なプログラマブル中央処理装置（ＣＰＵ）１９２、入力制御部、及び表示部（図示せず）を備え、例えば、電源、クロック、キャッシュ、入出力（Ｉ／Ｏ）回路、及びライナなど、処理システムの様々な構成要素に結合され、基板処理の制御を容易にする。

【００１６】

上述の処理チャンバ１００の制御を容易にするために、ＣＰＵ１９２は様々なチャンバ及びサブプロセッサを制御するための工業用環境で使用できる任意の形態の汎用コンピュータプロセッサ（例えば、プログラマブル論理コントローラ（ＰＬＣ）など）の１つであってもよい。メモリ１９４はＣＰＵ１９２に結合され、メモリ１９４は持続的であり、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（登録商標）ディスクドライブ、ハードディスク、又はローカルあるいはリモートの他の形式のデジタル記憶装置であってもよい。サポート回路１９６はＣＰＵ１９２に結合され、プロセッサをサポートする。荷電種生成、加熱、及び他の処理のためのアプリケーション又はプログラムは、一般に、メモリ１９４に、通常はソフトウェアルーチンとして記憶される。ソフトウェアルーチンは第２のＣＰＵ（図示せず）によって記憶され及び／又は実行されてもよく、当該第２のＣＰＵはＣＰＵ１９２によって制御される処理チャンバ１００から遠隔に位置する。

【００１７】

メモリ１９４はコンピュータ可読記憶媒体の形態であり、同媒体にはＣＰＵ１９２によって実行されると処理チャンバ１００の動作を容易にする命令が含まれる。メモリ１９４内の命令はプログラム製品（例えば、本開示の方法を実施するプログラム）を含む。プログラムコードは多数の異なるプログラミング言語のうちのいずれか１つに準拠することができる。一実施例では、本開示は、コンピュータシステムと共に使用するためのコンピュータ可読記憶媒体に記憶されたプログラム製品として実装されてもよい。プログラム製品のプログラムは、態様（本明細書に記載の方法を含む）の機能を定義する。例示的なコンピュータ可読記憶媒体には、（ｉ）書き込み不能な記憶媒体（例えば、コンピュータ内のリードオンリーメモリ装置（例えば、ＣＤ－ＲＯＭドライブによって読み出し可能なＣＤ－ＲＯＭディスク、フラッシュメモリ、ＲＯＭチップ、又は任意のタイプのソリッドステート不揮発性半導体メモリなど））で情報が永続的に記憶される媒体と、（ｉｉ）書き込み可能な記憶媒体（例えば、ディスケットドライブ又はハードディスクドライブ内のフロッピーディスク又は任意のタイプの固体ランダムアクセス半導体メモリ）で変更可能な情報が記憶される媒体とが含まれるが、これに限定されない。本明細書に記載の方法の機能を指示するコンピュータ可読命令を担持する場合、このようなコンピュータ可読記憶媒体は本開示の態様である。

【００１８】

図２Ａ、２Ｂは、本開示の一態様によるサポートアセンブリ２０６の概略断面図である。図２Ｂは図２Ａの拡大図である。サポートアセンブリ２０６はサポートアセンブリ１０６と同様であり、サポートアセンブリ１０６の代わりに使用されてもよい。サポートアセンブリ２０６は、基部２５５と、カソード基部２５６と、ファシリティーズプレート２５７と、誘電体プレート２５８と、垂直スタック内に配置された静電チャック２５９とを備える。垂直開口部２９７は、カソード基部２５６、ファシリティーズプレート２５７、及び誘電体プレート２５８を貫通して配置され、電源及び／又はバイアス電源との結合部を収容する。基部２５５には横方向に延在する部分が含まれ、この部分は下部チャンバライナとして機能することができる。石英パイプリング（図示せず）は誘電体プレート２５８を囲み、静電チャック２５９のカソード基部２５６からの電気絶縁を容易にすることができる。メッシュフローイコライザ２６０は、伝導性リング２３０の下面、及びカソード基部２５６の半径方向外側の上面に隣接して配置され、処理チャンバ１００（図１に示す）内でのプラズマ閉じ込めを容易にするが、ここで伝導性リング２３０は金属（例えば、アルミニウムなど）から形成され接地することができる。バッフルリング２６１は伝導性リング２３０の上面に配置され、メッシュフローイコライザ２６０の上方に半径方向外向きに延在するが、ここでバッフルリング２６１は金属（例えば、アルミニウムなど）から形成され電気的に接地することができる。一実施例では、バッフルリング２６１はその中に埋め込まれるヒータ（例えば、抵抗加熱要素など）を任意に含むことができる。一実施例では、伝導性リング２３０及びバッフルリング２６１は一体構成部品であってもよい。

【００１９】

ファシリティーズプレート２５７は、導電性材料から形成され、カソード基部２５６と誘電体プレート２５８との間に配置される。一実施例では、誘電体プレート２５８は、石英から形成される。ファシリティーズプレート２５７は、１つ以上のチャネル２６２（２つが示されている）を任意に含み、これを通して流体を供給し、基板サポート１０６（図１に示す）の温度制御を容易にする。静電チャック２５９は、伝導性プレート２６７と、伝導性プレート２６７の最上部に配置されたセラミックプレート２６６とを備える。電極２６３は、伝導性材料の薄片から形成され、１つ以上の電極２６３が伝導性プレート２６７のセラミック又は誘電体材料に埋め込まれる。高電圧ＤＣ電源は、１つ以上の電極２６３に結合されて基板１０１のチャッキングを容易にし、バイアスＲＦ電源は整合ネットワークを介して伝導性プレート２６７に結合されカソードに電力を供給する。

【００２０】

ヒータ２６５は、静電チャック２５９の上面に配置され、基板１０１の温度制御を容易にする。ヒータ２６５は、例えば、１つ以上の抵抗発熱体を含む抵抗ヒータであってもよ

い。セラミックプレート（例えば、炭化ケイ素又はアルミナなど）２６６は、ヒータ２６５の上方に配置され、ヒータ２６５及び／又は静電チャック２５９と基板１０１との間の保護用インタフェースを提供する。

【００２１】

図２Ｂを参照すると、誘電体リング（例えば、セラミック又はシリコンから形成され得る）２６８は、セラミックプレート２６６の半径方向外側の上面に配置され、静電的に所定の位置にチャックされるとき、基板を横方向から支持する。絶縁サポート２６９は、石英から形成することができ、誘電体リング２６８を囲む。絶縁サポート２６９は、その上面に埋め込まれた第２のシリコンリング２７０を含む。シリコンリング２７０は、プラズマ（図示せず）とエッジリングアセンブリ２７４との結合を容易にし、プラズマはサポートアセンブリ２０６の上方の処理容積１２０内に生成される。このような例では、第２のシリコンリング２７０は電極として機能し、エッジリングアセンブリ２７４に容量結合することができる。一実施例では、第２のシリコンリング２７０は単結晶シリコンである。しかし、他の形態のシリコン（例えば、ポリシリコンなど）を利用することも考えられる。

【００２２】

エッジリングアセンブリ２７４は、セラミック基部２７５と、セラミックキャップ２７６と、それらの間に埋め込まれた電極２７７とを備える。セラミック基部２７５、セラミックキャップ２７６、及び電極２７７のそれぞれは、円形の形状を有する。しかし、他の形状も考えられる。一実施例では、電極２７７は、その保護のために、セラミック基部２７５及びセラミックキャップ２７６の一方又は両方に埋め込まれるか、又は部分的に埋め込まれる。このような例では、セラミック基部２７５及びセラミックキャップ２７６の対向する表面、例えば、その半径方向内側及び半径方向外側のエッジで互いに接触してもよい。電極２７７は、導電性ワイヤ又は平坦化されたリング（例えば、箔など）であってもよい。一実施例では、電極２７７は、アルミニウムもしくは銅、又は他の導電性金属もしくは材料から形成することができる。一実施例では、電極２７７は、約０．２インチ～約０．４インチ（例えば、約０．３インチ）の幅を有する平らなリングであってもよい。電極２７７はセラミック基部２７５及びセラミックキャップ２７６の幅に対して中央に位置するように図示されているが、電極とセラミック基部２７５及びセラミックキャップ２７６の半径方向内向きのエッジと位置合わせしてもよい。一実施例では、電極２７７は基板（例えば、図１に示す基板１０１など）の外径から約１センチメートルのところに配置される。

【００２３】

セラミックキャップ２７６の上面は、処理中、絶縁サポート２６９の下面に接触して配置される。しかし、絶縁サポート２６９は、リフト機構２７８によってセラミックキャップ２７６の上に持ち上げられ、セラミックキャップ２７６から分離されてもよい。リフト機構２７８は、アクチュエータ２１７によって駆動される１つ以上のサポートピン２７９（一方が図示されている）を備える。絶縁サポート２６９を垂直に作動させることにより、第２のシリコンリング２７０の対応する作動がもたらされ、それによって、第２のシリコンリング２７０と処理チャンバ１００の処理容積１２０（図１に示す）に形成されたプラズマとの間の間隔が調整される。さらに、絶縁サポート２６９を垂直に作動させることにより、第２のシリコンリング２７０と電極２７７との間の間隔が調整され、それによって、それらの間の容量結合に影響を与える。第２のシリコンリング２７０の位置は、第２のシリコンリング２７０に隣接する、従って、基板エッジに隣接するプラズマシースに影響を及ぼす。したがって、第２のシリコンリング２７０を垂直方向に作動させることによって、基板エッジに隣接するプラズマシースを調整することができる。

【００２４】

電力は、ＲＦコネクタ２８１及び配電アセンブリ２８２を介してエッジリングアセンブリ２７４に印加される。ＲＦコネクタ２８１は、調整可能なＲＦ電源（例えば、バイアス電源１０９ｂ、又は、例えば図４Ａ～図４Ｃに示される）に結合され、エッジリングアセ

ンブリ２７４への電力の伝達を容易にする。しかし、いくつかの態様では、エッジリングアセンブリ２７４はＲＦ電力によって能動的に給電されないことがあると考えられる。このような例では、ＲＦコネクタ２８１は、外部ＲＦインピーダンス同調部、又は調整可能な負荷に接続される。同調部は、電源ＲＦ周波数（例えば、ＲＦ電源１３２）でのインピーダンスを調整しプラズマ密度分布を変化させるように、若しくはバイアスＲＦ周波数でインピーダンスを調整し基板エッジＲＦプラズマシースを同調させるように設計されるか、又は接地電極２７７及びそれに対応して結合されたシリコンリング２７０を介してＲＦコネクタ２８１を接地してもよく、したがって基板エッジにより近い接地点を配置することができる。

【００２５】

図３Ａ～３Ｅは、本開示の態様による配電アセンブリ２８２の概略斜視図である。配電アセンブリ２８２は再帰的配電アセンブリ２８４に接続された同軸構造２８３を含む。エッジリングアセンブリ２７４は再帰的配電アセンブリ２８４上に配置され、これに結合される。配電アセンブリ２８２は、エッジリングアセンブリ２７４の電極２７７（図２に示す）に電気的に接続される。

【００２６】

再帰的配電アセンブリ２８４は、２つ以上の等しい長さのセグメントに分岐することによって、電極２７７への均一な電力印加を促進する。各分岐セグメントは、別の等長セグメントに更に分割又は分岐されてもよい。したがって、電極２７７への電力の印加はより均一に分配され、それによって処理の均一性が改善される。例えば、再帰的配電アセンブリ２８４は第１の半円形要素２８５を含み、第１の半円形要素２８５の中心位置で同軸構造２８３に電気的に結合される。第１の半円形要素２８５の各半分は、互いに反対方向に延在する。第１の半円形要素２８５の終端部は、第１の半円形要素２８５の平面部分から直角に延在する垂直継手２８６を含む。垂直継手２８６は第１の半円形要素２８５を第２の半円形要素２８７に電気的に接続する。垂直継手２８６は第２の半円形要素２８７の中心位置で接続され、第２の半円形要素２８７の各端部は反対方向に延在する。追加の垂直継手２８８により、第２の半円形要素２８７はエッジリングアセンブリ２７４の電極２７７（図２Ｂに示す）に電気的に結合される。このようにして、単一の電源からの電力は、（例えば、ＲＦコネクタ２８１を通って）電極２７７の複数の接触点を介してより均一に分配される。さらに、ＲＦコネクタ２８１と、したがって電源と、電極２７７の各接続部との間の距離は実質的に同じである。一実施例では、第１の半円形要素２８５、第２の半円形要素２８７、及び垂直継手２８８は、金属（例えば銅又はアルミニウムなど）のような導電性材料から形成される。

【００２７】

本明細書で使用する再帰的配電アセンブリ２８４は、１回以上、同じ長さの複数のセグメントに分割する電気コネクタを指す。再帰的配電アセンブリ２８４は、本明細書では半円形の構成要素に関して記載されているが、必要に応じて、直線の構成要素を利用できると考えられる。さらに、電流の移動経路は、図示されているより多くの部分に分割されてもよい。例えば、移動経路は、１回以上、２回以上、３回以上、又は４回以上に分割されてもよい。一実施例では、第１の半円形要素２８５は約１８０度延在し、第２の半円形要素２８７のそれぞれは約９０度延在する。したがって、各セグメントは前のセグメントの約半分の長さを有する。しかし、他の長さも考えられる。第１の半円形要素２８５、垂直継手２８６、第２の半円形要素２８７及び垂直継手２８８に適した材料は電気材料（例えば、金属（例えば、アルミニウム及び銅））を含む。

【００２８】

図３Ｂは、再帰的配電アセンブリ２８４の導電性要素の上に配置された電気絶縁体２８９ａ、２８９ｂを有する配電アセンブリ２８２（例えば、第１の半円形要素２８５（図３Ａに示す）及び第２の半円形要素２８７（図３Ａに示す））の概略図である。電気絶縁体２８９ａ、２８９ｂは、ポリテトラフルオロエチレン（ＰＴＦＥ）又は他の電気絶縁材料であってもよい。図示の例では、電気絶縁体２８９ａ、２８９ｂは、その中に埋め込まれ

た構成要素（例えば、第１の半円形要素２８５及び第２の半円形要素２８７）を有する絶縁材料の完全なリングである。しかし、材料の不完全なリングを利用することが考えられる。

【００２９】

図３Ｃは、（図３Ｂに示す）電気絶縁体２８９ａ、２８９ｂの周りに配置されたハウジング２９０を備えた配電アセンブリ２８２の概略図である。ハウジング２９０は電気絶縁体２８９ａ、２８９ｂを有する円筒形の部分であり、したがって第１の半円形要素２８５及び第２の半円形要素２８７が埋め込まれている。ハウジングは、電気的接地点に結合され、電気絶縁体２８９ａ、２８９ｂによって第１の半円形要素２８５及び第２の半円形要素２８７から電気的に絶縁される。１つの例では、ハウジング２９０は半径方向外側の下面にハウジング２９０を取り囲むリップ２９１を備える。一実施例では、リップ２９１は、「Ｈ」字形状を有するか、さもなければ、径方向内側の構成要素よりも高い垂直高さを有する半径方向外側構成要素に結合された半径方向内側構成要素を含む。リップ２９１により、再帰的配電アセンブリの構成要素の組み立て及び／又は整列が容易になる。ハウジング２９０は、金属から形成されてもよく、電気的に接地されてもよい。

【００３０】

図３Ｄは、図３Ｃに示される配電アセンブリ２８２の断面図である。図示の通り、電気絶縁体（ゴム又はＰＴＦＥなど）２９２で囲まれた同軸構造２８３は第１の半円形要素２８５に接続される。第１の半円形要素２８５は、電気絶縁体２８９ａによって囲まれ、ハウジング２９０内に配置される。第１の半円形要素２８５の上方軸方向に配置されるのは電気絶縁体２８９ｂである。第２の半円形要素２８７は完全な円内に延在していないので、追加の電気絶縁体２９２を電気絶縁体２８９ｂ内に配置し、第２の半円形要素２８７によって占められていない空間を占めることができる。追加の電気絶縁体はＰＴＦＥから形成されてもよい。図示されていないが、第１の半円形要素２８５によって占められていない電気絶縁体２８９ｂ内の空間も、ＰＴＦＥによって占めてもよい。したがって、一実施例では、追加の電気絶縁体２９２及び第２の半円形要素２８７が一緒になって完全なリングを形成する。第１の半円形要素２８５も同様に構成することができる。

【００３１】

図３Ｅは、図３Ｃに示される配電アセンブリ２８２の別の断面図である。図３Ｅに示す断面図は、第２の半円形要素２８７をエッジリングアセンブリ２７４の電極２７７に電気的に接続する垂直継手２８８を示す。垂直継手２８８は、１つ以上の電気絶縁層（例えば、ＰＴＦＥなど）２９４ａ、２９４ｂ（２つが示されている）によって囲まれた導電性接続部２９３を備える。垂直継手はセラミック基部２７５の下面を貫通して電極２７７に接触する。

【００３２】

図３Ｆは、図３Ｃに示される配電アセンブリ２８２の別の断面図である。図３Ｆに示す断面図は、第２の半円形要素２８７を第１の半円形要素２８５に電気的に接続する垂直継手２８６を示す。垂直継手２８６、第１の半円形要素２８５、及び第２の半円形要素２８７は、それぞれハウジング２９０、電気絶縁体２８９ａ、及び電気絶縁体２８９ｂによって囲まれる。電気絶縁体２８９ａ及び電気絶縁体２８９ｂにより、垂直継手２８６、第１の半円形要素２８５、及び第２の半円形要素２８７のハウジング２９０からの電気的絶縁が容易になり、処理中にハウジング２９０を接地することができる。

【００３３】

図４Ａ～４Ｃは、本開示の態様による回路構成の概略図である。図４Ａは、回路４５５ａの受動的構成を示し、基板サポート２０６を内部に有する処理チャンバ４００ａ内のプラズマ４５６を調整する。処理チャンバ４００ａは、処理チャンバ１００と同様である。プラズマ４５６は、電源１３２によって生成される。バイアス電源１０９ｂが基板サポート２０６に結合され、処理チャンバ４００ａ内のプラズマ処理を容易にする。回路４５５ａは、同軸ケーブル２８３及び再帰的配電アセンブリ２８４を介して電極２７７に結合される。回路４５５ａの同調により、電極２７７の電気的特性が影響を受け、これにより基

板に隣接するプラズマ４５６又はプラズマ４５６のシースが影響を受ける。本明細書に記載の態様を使用して、プラズマ４５６を調整し、結果として基板のより均一な処理が行われ、それによって基板エッジの不均一性を緩和することができる。

【００３４】

回路４５５ａは、接地調整部４５７、バイアス感知調整部４５８、及び電源感知調整部４５９を備える。接地調整部４５７、バイアス感知調整部４５８、及び電源感知調整部４５９のそれぞれは、 スイッチング素子４３７を介して同軸構造２８３に接続される。接地調整部４５７、バイアス感知調整部４５８、及び電源感知調整部４５９のそれぞれは、調整可能なキャパシタ及びインダクタを含む。接地調整部４５７、バイアス感知調整部４５８、及び電源感知調整部４５９の各コンデンサ及びインダクタを選択し、バイアス周波数又はバイアス周波数の範囲を調整して、プラズマ特性の調整を容易にすることができる。一実施例では、接地調整部４５７、バイアス感知調整部４５８、及び電源感知調整部４５９はそれぞれ、互いに異なる範囲で周波数調整を容易にするように構成される。

【００３５】

さらに、スイッチング素子４３７には、電源（例えば、ＤＣ電源など）４３３が追加的に接続される。スイッチング素子４３７は、コントローラ１９１（図１に示す）によって制御され、電極２７７を電源４３３、接地調整部４５７、バイアス感知調整部４５８、及び／又は電源感知調整部４５９のいずれかに選択的に結合することができる。したがって、スイッチング素子４３７の変調により、基板エッジに隣接する電極２７７でのプラズマ特性の制御が容易になる。

【００３６】

例えば、スイッチング素子４３７は、バイアス感知調整部４５８を電極２７７に結合させることができる。バイアス感知調整部４５８は、電極２７７をバイアス電源１０９ｂの基本周波数又は高調波周波数と直列又は並列にするように調整することができる。このような調整により、電極２７７（及び結果として図２Ｂに示す第２のシリコンリング２７０）に所望の電圧を課し、それによってプラズマ４５６の局部的なシースを変化させる。

【００３７】

同様に、電源感知調整部４５９はスイッチング素子４３７に対して選択されてもよい。このような例では、電極２７７は、バイアス感知調整部４５８及びバイアス電源１０９ｂに関して上述したやり方で、電源１３２に関して同調させることができる。電源感知調整部４５９を介したプラズマ４５６の同調により、プラズマ密度は増加（又は減少）する。プラズマ密度の増加はプラズマシースの圧縮をもたらす。

【００３８】

別の実施例では、スイッチング素子４３７は接地調整部４５７を電極２７７に結合させることができる。一実施例では、接地調整部はＲＦリレー及び／又はＰＩＮダイオードであってもよく、これらによって電極２７７の接地が容易になる。電極２７７の接地により、電極２７７でのプラズマ４５６のシースの終了が容易になる。プラズマ４５６にさらに影響を及ぼすために、電極２７７が接地されたときに第２のシリコンリング２７０（図２ｂに示す）を垂直に作動させることができ、それにより基板エッジに隣接するプラズマの同調性を高めることができる。一実施例では、ＰＩＮダイオードを利用する場合、ＰＩＮダイオードを順方向にバイアスして電極２７７でＤＣ短絡を形成してもよく、又は逆方向にバイアスして電気的遮断を容易にしてもよい。別の実施例では、電源４３３により、第２のシリコンリング２７０を電極２７７に向かって静電チャックすることが容易になり、したがって、第２のシリコンリング２７０と、絶縁サポート２６９（図２Ｂに示す）と、エッジリングアセンブリ２７４との間の熱接触が増加する。熱接触の増加により熱除去が増加し、それによって構成要素の寿命が改善され、隣接する基板エッジの熱的な不均一性が低減する。

【００３９】

図４Ｂは回路４５５ｂの能動的構成を示し、同回路は処理チャンバ４００ｂ内のプラズマ４５６を調整する。処理チャンバ４００ｂは、処理チャンバ１００及び処理チャンバ４

００ａと同様である。能動的構成では、回路４５５ｂは整合回路４２９を介して同軸ケーブル２８３に結合された補助電源（ＲＦ電源など）４２７を含む。回路４５５ｂは、また、整合回路４２９に結合された電源４３３を含む。電源４３３も、処理チャンバ４００ａに関して上述したように、同様に動作する。さらに、処理チャンバ４００ｂは、バイアス電源１０９ｂが基板サポート２０６に結合される第２の整合回路４０５を含む。整合回路４２９及び電源４２７を含めることにより、プラズマ特性をさらに制御することができる。

【００４０】

図４Ｃは、回路４５５ｃの能動的構成を示し、基板サポート２０６を内部に有する処理チャンバ４００ｃ内のプラズマ４５６を調整する。回路４５５ｃは、回路４５５ｂと同様であるが、同軸ケーブル２８３、したがって再帰的配電アセンブリ２８４は、整合回路４０５に接続される。したがって、処理チャンバ４００ｂとは対照的に、整合回路４２９及び電源４２７は除外される。一実施例では、ＲＦ分配器（図示せず）を、整合回路４０５と電源４３３の間又は整合回路４０５の内部に、同軸ケーブル２８３のラインに配置することができ、所望のチャンバ構成要素へのＲＦ電力の印加を容易にする。

【００４１】

任意に、図４Ａ～図４Ｃに示された構成のいずれかは、電極２７７に結合されたＤＣ電源を任意に利用できると考えられる。電極２７７へのＤＣ電力の印加により、基板エッジ近傍での熱伝達が高まる。このような例では、セラミックキャップ２７６は、窒化アルミニウムから形成することができる。

【００４２】

本開示の利益には、基板エッジに隣接するプラズマの制御性を向上させることが含まれる。プラズマ制御性の向上の結果、特に基板エッジ近傍での処理の均一性が向上する。さらに、本開示の態様によるプラズマ調整が基板エッジで局所的に発生するので、基板表面に亘るプラズマの均一性に悪影響を及ぼさない。

【００４３】

前述のものは本開示の態様に向けられているが、本開示の他の態様及び更なる態様はその基本的な範囲から逸脱することなく考案され、その範囲は以下の特許請求の範囲によって決定される。

【図１】

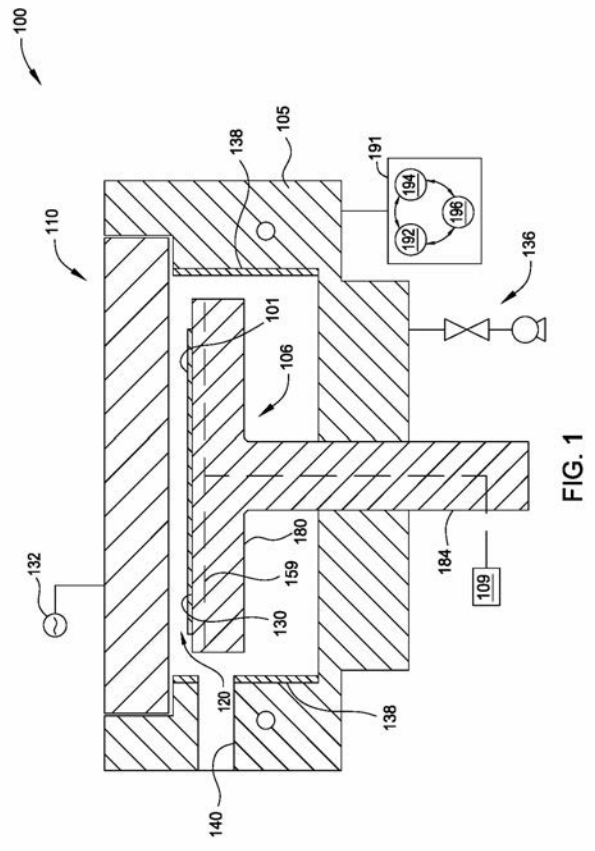


FIG. 1

【図２Ａ】

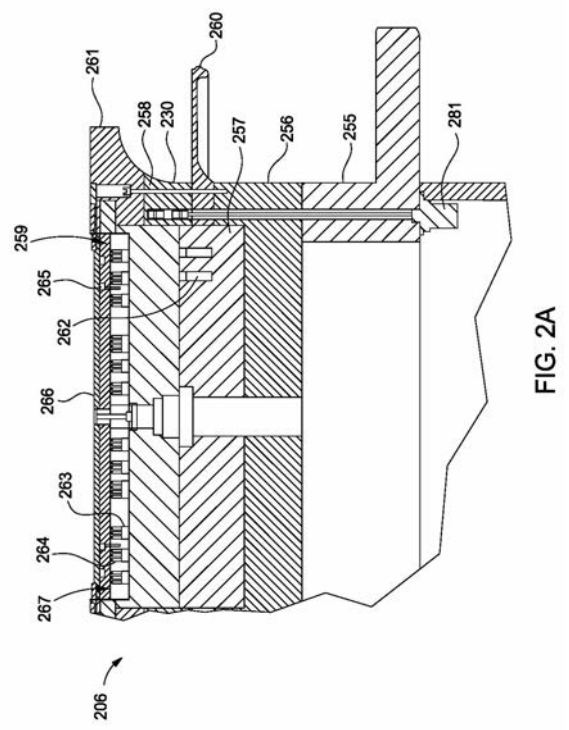


FIG. 2A

【図２Ｂ】

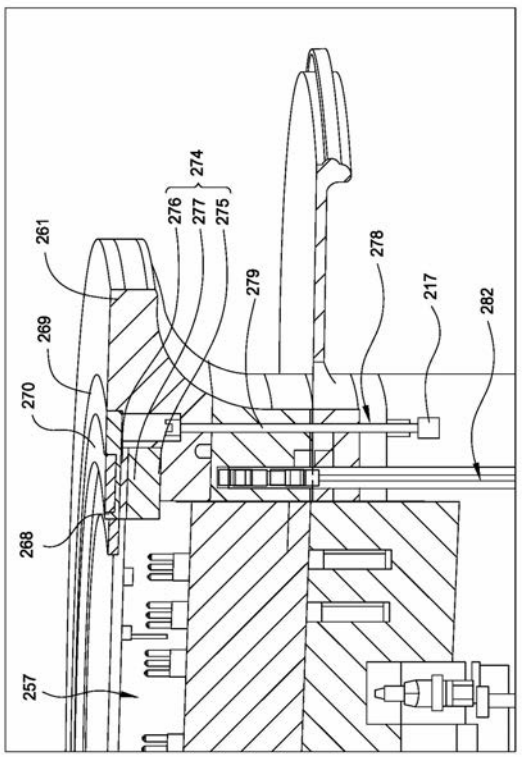


FIG. 2B

【図３Ａ】

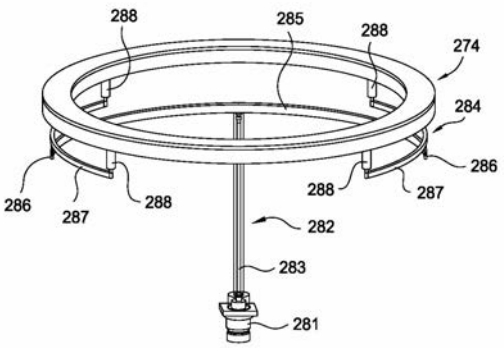


FIG. 3A

【図３Ｂ】

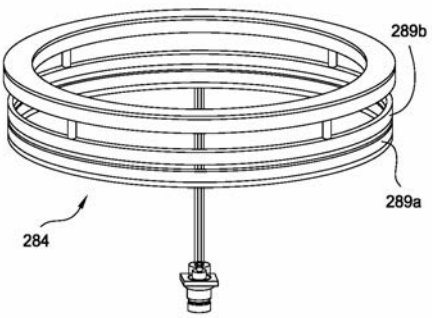


FIG. 3B

【図３Ｃ】

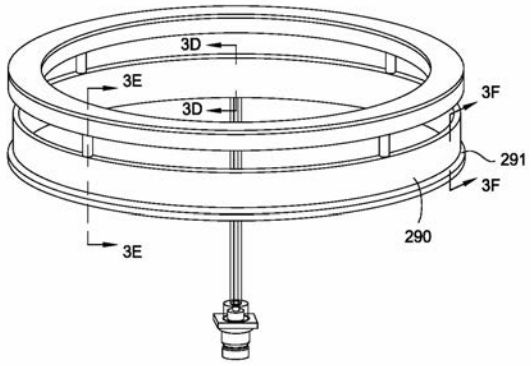


FIG. 3C

【図３Ｄ】

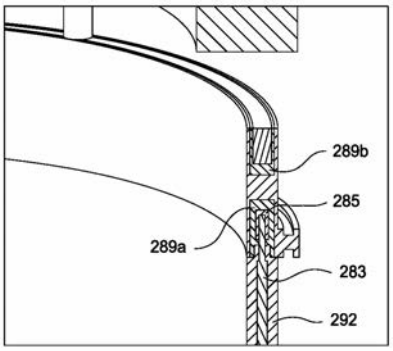


FIG. 3D

【図３Ｅ】

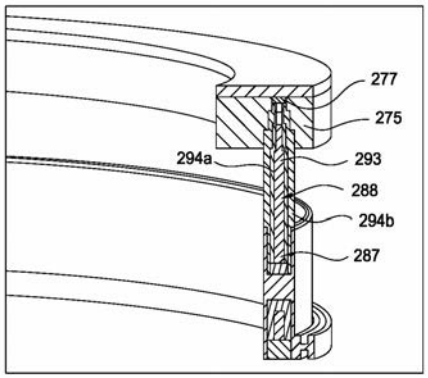


FIG. 3E

【図３Ｆ】

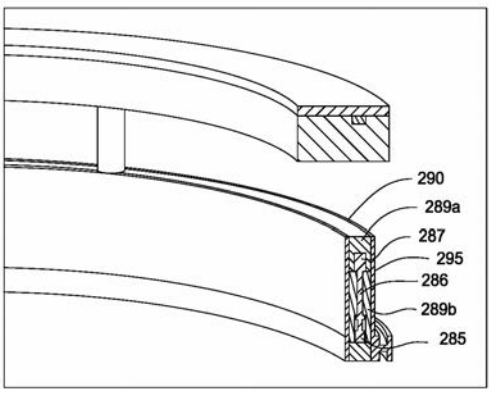


FIG. 3F

【図４Ａ】

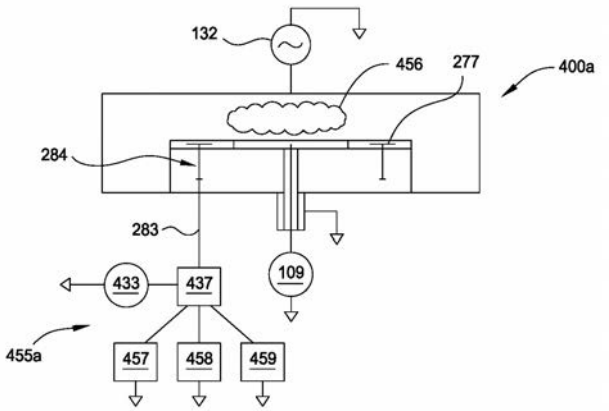


FIG. 4A

【図４Ｂ】

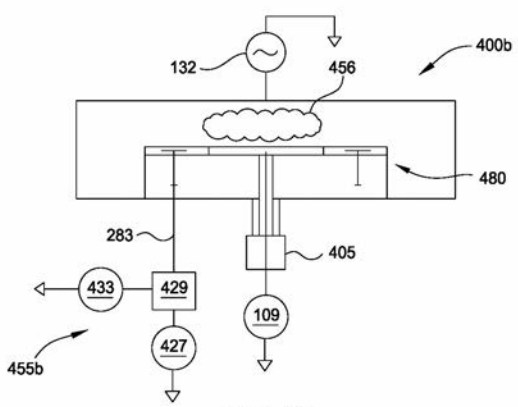


FIG. 4B

【図４Ｃ】

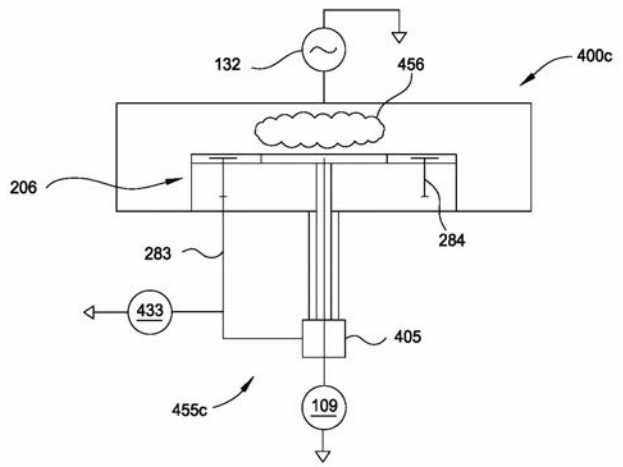


FIG. 4C

フロントページの続き

(72)発明者 アンワー フサイン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ９４５６６ プレザントン ラグナ クリーク レーン １１１５
(72)発明者 カーティク ラマスワミー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ９５１２０ サン ノゼ ビューポイント レーン １００２０
(72)発明者 ジェイソン エー ケニー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ９５００８ キャンベル サウス サン トーマス アキーノ ロード ２２８３
(72)発明者 ジェフリー ルドウィグ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ９５１１８ サン ノゼ パイン フォレスト レーン ４７７５
(72)発明者 チュンレイ ツァン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ９５０５１ サンタ クララ ヨーロッパ コート ３７０８
(72)発明者 ウォンソク リー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ９４５８８ プレザントン グレン アイル コート ２７２５

Ｆターム(参考) 2G084 AA02 BB05 BB14 CC12 CC33 DD02 DD15 DD37 DD38 FF07
FF23 FF31 FF39
5F004 AA01 BA09 BB13 BB18 BB22 BB23 BB26 CA04 CA06
5F131 AA02 BA19 BB03 BB04 CA06 CA18 CA68 DD03 EA03 EB12
EB16 EB17 EB18 EB28 EB78 EB81 HA22 HA28

(54)【発明の名称】対称的な給電構造を有する補助電極を用いてプラズマ処理チャンバ内のウェハエッジシースを変調する方法および受動的な方法で動作するとき制御可能なインピーダンスを接地し、能動的に電力を供給するときプラズマへの対称ＲＦ電力入力を可能とするドライブ

【外国語明細書】

024793JP01

TITLE OF THE INVENTION

METHOD TO MODULATE THE WAFER EDGE SHEATH IN A PLASMA PROCESSING CHAMBER USING AN AUXILIARY ELECTRODE WITH SYMMETRICAL FEED STRUCTURE AND DRIVE THAT ALLOWS CONTROLLABLE IMPEDANCE TO GROUND WHEN OPERATED IN A PASSIVE MANNER AND SYMMETRICAL RF POWER INPUT INTO PLASMA WHEN POWERED ACTIVELY

BACKGROUND

Field

[0001] Aspects of the present disclosure generally relate to methods of and apparatuses for controlling a plasma sheath near a substrate edge.

Description of the Related Art

[0002] In the current semiconductor manufacturing industry, feature size continues to decrease and transistor structures become increasingly complicated. To meet processing demands, advanced processing control techniques are useful to control cost and maximize substrate and die yield. Normally, the dies at the edge of the substrate suffer yield issues such as contact via misalignment, and poor selectivity to a hard mask. One of the causes of these issues is the bending of a plasma sheath near the substrate edge.

[0003] Therefore, there is a need for methods and apparatus to allow fine, localized process tuning at the edge of the substrate.

SUMMARY

[0004] In one aspect, a processing chamber comprises a chamber body; a substrate support disposed within the chamber body; a recursive distribution assembly disposed within the substrate support; an edge ring assembly disposed within the substrate support and coupled to the recursive distribution assembly,

the edge ring assembly including an electrically conductive electrode; an insulating support positioned on the substrate support above the electrode; and a first silicon ring disposed on the insulating support.

[0005] In another aspect, a processing chamber comprises a chamber body; a substrate support disposed within the chamber body; a recursive distribution assembly disposed within the substrate support; an edge ring assembly disposed within the substrate support and coupled to the recursive distribution assembly, the edge ring assembly including an electrically conductive circular electrode; an insulating support positioned on the substrate support above the electrode; and a first silicon ring disposed on the insulating support.

[0006] In another aspect, a recursive distribution assembly comprises a first semi-circular element; a coaxial structure coupled to the first semi-circular element at a central portion thereof; a first vertical coupling disposed at a first end of first semi-circular element and extending orthogonally from a plane of the first semi-circular element; a second vertical coupling disposed at a second end of first semi-circular element and extending orthogonally from the plane of the first semi-circular element; a second semi-circular element connected to the first vertical coupling, the first vertical coupling connected to a central portion of the second semi-circular element; and a third semi-circular element connected to the second vertical coupling, the second vertical coupling connected to a central portion of the third semi-circular element.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0007] So that the manner in which the above recited features of the present disclosure can be understood in detail, a more particular description of the disclosure, briefly summarized above, may be had by reference to aspects, some of which are illustrated in the appended drawings. It is to be noted, however, that the appended drawings illustrate only exemplary aspects and are therefore not to

be considered limiting of scope, as the disclosure may admit to other equally effective aspects.

[0008] Figure 1 illustrates a cross sectional view of a processing chamber, according to one aspect of the disclosure.

[0009] Figures 2A-2B are schematic sectional views of a support assembly, according to one aspect of the disclosure.

[0010] Figures 3A-3F are schematic perspective views of a power distribution assembly, according to aspects of the disclosure.

[0011] Figures 4A-4C are schematic views of circuit configurations, according to aspects of the present disclosure.

[0012] To facilitate understanding, identical reference numerals have been used, where possible, to designate identical elements that are common to the figures. It is contemplated that elements and features of one aspect may be beneficially incorporated in other aspects without further recitation.

DETAILED DESCRIPTION

[0013] The present disclosure generally relates to methods of and apparatuses for controlling a plasma sheath near a substrate edge. The apparatus includes an auxiliary electrode that may be positioned adjacent an electrostatic chuck. The auxiliary electrode is recursively fed from a power source using equal length and equal impedance electrical connections. The auxiliary electrode is vertically actuatable, and is tunable with respect to ground or other frequencies responsible for plasma generation. Methods of using the same are also provided.

[0014] Figure 1 is a cross sectional view of a processing chamber 100, according to one aspect of the disclosure. As shown, the processing chamber 100 is an etch chamber suitable for etching a substrate, such as substrate 101. Examples of processing chambers which benefit from aspects described herein

are available from Applied Materials, Inc., located in Santa Clara, California. It is contemplated that other processing chambers, including those from other manufacturers, may be adapted to benefit from aspects of the disclosure.

[0015] In one embodiment, the processing chamber 100 includes a chamber body 105, a gas distribution plate assembly 110, and a support assembly 106. The chamber body 105 of the processing chamber 100 may be formed from one or more process-compatible materials, such as aluminum, anodized aluminum, nickel plated aluminum, nickel plated aluminum 6061-T6, stainless steel, as well as combinations and alloys thereof, for example. The support assembly 106 may function as an electrode in conjunction with the gas distribution plate assembly 110 such that a plasma may be formed in a processing volume 120 defined between the gas distribution plate assembly 110 and an upper surface of the support assembly 106. The support assembly 106 may be made of conductive material, such as aluminum, or a ceramic material, or a combination of both. The chamber body 105 may also be coupled to a vacuum system 136 that includes a pump and a valve. A liner 138 may also be disposed on surfaces of the chamber body 105 in the processing volume 120.

[0016] The chamber body 105 includes a port 140 formed in a sidewall thereof. The port 140 is selectively opened and closed to allow access to the interior of the chamber body 105 by a substrate handling robot (not shown). A substrate 101 can be transferred in and out of the processing chamber 100 through the port 140 to an adjacent transfer chamber and/or load-lock chamber, or another chamber within a cluster tool. The substrate 101 is disposed on the upper surface 130 of the support assembly 106 for processing. Lift pins (not shown) may be used to space the substrate 101 away from the upper surface of the support assembly 106 to enable exchange with the substrate handling robot during substrate transfer.

[0017] The gas distribution plate assembly 110 is disposed on the chamber body 105. A radio frequency (RF) power source 132 may be coupled to distribution plate assembly 110 to electrically bias the gas distribution plate assembly 110

relative to the support assembly 106 to facilitate plasma generation within the processing chamber 100. The support assembly 106 includes an electrostatic chuck 159, which may be connected to a power source 109a to facilitate chucking of the substrate 101 and/or to influence a plasma located within the processing volume 120. The power source 109a includes a power supply, such as a DC or RF power supply, and is connected to one or more electrodes of the electrostatic chuck 159. A bias source 109b may optionally be coupled with the support assembly 106 to assist with plasma generation and/or control.

[0018] The bias source 109b may illustratively be a source of up to about 1000 W (but not limited to about 1000 W) of RF energy at a frequency of, for example, approximately 13.56 MHz, although other frequencies and powers may be provided as desired for particular applications. The bias source 109b is capable of producing either or both of continuous or pulsed power. In some aspects, the bias source may be capable of providing multiple frequencies, such as 13.56 MHz and 2 MHz.

[0019] The processing chamber 100 may also include a controller 191. The controller 191 includes a programmable central processing unit (CPU) 192 that is operable with a memory 194 and a mass storage device, an input control unit, and a display unit (not shown), such as power supplies, clocks, cache, input/output (I/O) circuits, and the liner, coupled to the various components of the processing system to facilitate control of the substrate processing.

[0020] To facilitate control of the processing chamber 100 described above, the CPU 192 may be one of any form of general purpose computer processor that can be used in an industrial setting, such as a programmable logic controller (PLC), for controlling various chambers and sub-processors. The memory 194 is coupled to the CPU 192 and the memory 194 is non-transitory and may be one or more of random access memory (RAM), read only memory (ROM), floppy disk drive, hard disk, or any other form of digital storage, local or remote. Support circuits 196 are coupled to the CPU 192 for supporting the processor. Applications or programs

for charged species generation, heating, and other processes are generally stored in the memory 194, typically as software routine. The software routine may also be stored and/or executed by a second CPU (not shown) that is remotely located from the processing chamber 100 being controlled by the CPU 192.

[0021] The memory 194 is in the form of computer-readable storage media that contains instructions, that when executed by the CPU 192, facilitates the operation of the processing chamber 100. The instructions in the memory 194 are in the form of a program product such as a program that implements the method of the present disclosure. The program code may conform to any one of a number of different programming languages. In one example, the disclosure may be implemented as a program product stored on a computer-readable storage media for use with a computer system. The program(s) of the program product define functions of the aspects (including the methods described herein). Illustrative computer-readable storage media include, but are not limited to: (i) non-writable storage media (e.g., read-only memory devices within a computer such as CD-ROM disks readable by a CD-ROM drive, flash memory, ROM chips, or any type of solid-state non-volatile semiconductor memory) on which information is permanently stored; and (ii) writable storage media (e.g., floppy disks within a diskette drive or hard-disk drive or any type of solid-state random-access semiconductor memory) on which alterable information is stored. Such computer-readable storage media, when carrying computer-readable instructions that direct the functions of the methods described herein, are aspects of the present disclosure.

[0022] Figures 2A-2B are schematic sectional views of a support assembly 206, according to one aspect of the disclosure. Figure 2B is an enlarged view of Figure 2A. The support assembly 206 is similar to, and may be used in place of, the support assembly 106. The support assembly 206 includes a base 255, a cathode base 256, a facilities plate 257, a dielectric plate 258, and an electrostatic chuck 259 arranged in a vertical stack. A vertical opening 297 is arranged through the cathode base 256, the facilities plate 257, and the dielectric plate 258 to

accommodate couplings to power and/or bias sources. The base 255 includes a laterally extending portion which may function as a lower chamber liner. A quartz pipe ring (not shown) may circumscribe the dielectric plate 258 to facilitate electrical insulation of the electrostatic chuck 259 from the cathode base 256. A mesh flow equalizer 260 is disposed adjacent a lower surface of a conductive ring 230, which may be formed from a metal such as aluminum and may be grounded, and a radially-outward upper surface of the cathode base 256 to facilitate plasma containment in the processing chamber 100 (shown in Figure 1). A baffle ring 261, which is formed from a metal such as aluminum and may be electrically grounded, is positioned on an upper surface of the conductive ring 230 and extends radially outward above the mesh flow equalizer 260. In one example, the baffle ring 261 may optionally include a heater, such as a resistive heating element, embedded therein. In one example, the conductive ring 230 and the baffle ring 261 may be a unitary component.

[0023] The facilities plate 257 is formed from an electrically conducting material positioned between the cathode base 256 and the dielectric plate 258. In one example, the dielectric plate 258 is formed form quartz. The facilities plate 257 optionally includes one or more channels 262 (two are shown) through which a fluid is provided to facilitate temperature control of the substrate support 106 (shown in Figure 1). An electrostatic chuck 259 includes a conductive plate 267 and a ceramic plate 266 disposed on top of conductive plate 267. One or more electrodes 263, formed from a thin section of conductive material, are embedded in a ceramic or dielectric material of the conductive plate 267. A high voltage DC source is coupled to the one or more electrodes 263 to facilitate chucking of a substrate 101, and a bias RF source is coupled to the conductive plate 267 through a matching network to power a cathode.

[0024] A heater 265 may disposed on an upper surface of the electrostatic chuck 259 to facilitate temperature control of the substrate 101. The heater 265 may be, for example, a resistive heater including one or more resistive heating

elements. A ceramic plate 266, such as silicon carbide or alumina, is disposed above the heater 265 and provides a protective interface between the heater 265 and/or the electrostatic chuck 259, and the substrate 101.

[0025] Referring, to Figure 2B, a dielectric ring 268, which may be formed from, for example, a ceramic or silicon, is positioned on the radially-outward upper surface of the ceramic plate 266 to provide lateral support to a substrate when electrostatically chucked into position. An insulating support 269, which may be formed from quartz, encircles the dielectric ring 268. The insulating support 269 includes a second silicon ring 270 embedded in an upper surface thereof. The silicon ring 270 facilitates coupling of a plasma (not shown), which is generated in a processing volume 120 above the support assembly 206, to an edge ring assembly 274. In such an example, the second silicon ring 270 functions as an electrode, and may be capacitively-coupled to the edge ring assembly 274. In one example, the second silicon ring 270 is mono-crystalline silicon. However, it is contemplated that other forms of silicon, such as polysilicon, may be utilized.

[0026] The edge ring assembly 274 includes a ceramic base 275, a ceramic cap 276, and an electrode 277 embedded therebetween. Each of the ceramic base 275, the ceramic cap 276, and the electrode 277 has a circular shape. However, other shapes are also contemplated. In one example, the electrode 277 may be embedded or partially embedded in one or both of the ceramic base 275 and the ceramic cap 276 to protect the electrode 277. In such an example, opposing surfaces of the ceramic base 275 and the ceramic cap 276 may contact one another, for example, at respective radially-inward and radially-outward edges thereof. The electrode 277 may be an electrically conductive wire or flattened ring, such as a foil. In one example, the electrode 277 may be formed from aluminum or copper, or other electrically conductive metals or materials. In one example, the electrode 277 may be a flattened ring having a width of about 0.2 inches to about 0.4 inches, such as about 0.3 inches. While the electrode 277 is illustrated as being centrally positioned with respect to the widths of the ceramic base 275 and

the ceramic cap 276, it is contemplated that the electrode may be aligned with a radially inward edge of the ceramic base 275 and the ceramic cap 276. In one example, the electrode 277 is positioned about 1 centimeter from the outer diameter of a substrate, such as substrate 101 shown in Figure 1.

[0027] An upper surface of the ceramic cap 276 is positioned in contact with a lower surface of the insulating support 269 during processing. However, the insulating support 269 may be elevated above and separated from the ceramic cap 276 by a lift mechanism 278. The lift mechanism 278 includes one or more support pins 279 (one is shown) driven by an actuator 217. Vertical actuation of the insulating support 269 results in corresponding actuation of the second silicon ring 270, thereby adjusting the spacing between second silicon ring 270 and a plasma formed in the processing volume 120 (shown in Figure 1) of the processing chamber 100. Additionally, vertical actuation of the insulating support 269 results in adjustment of the spacing the between the second silicon ring 270 and the electrode 277, thereby influencing capacitive coupling therebetween. The positon of the second silicon ring 270 affects a plasma sheath adjacent the second silicon ring 270, and thus, adjacent an edge of a substrate. Therefore, by vertically actuating the second silicon ring 270, the plasma sheath adjacent a substrate edge can be adjusted.

[0028] Power is applied to the edge ring assembly 274 through an RF connector 281 and a power distribution assembly 282. The RF connector 281 is coupled to an adjustable RF source (for example, bias source 109b, or shown, for example, in Figures 4A-4C) to facilitate transfer of power to the edge ring assembly 274. It is contemplated, however, that in some aspects the edge ring assembly 274 may not be actively powered by RF power. In such an example, an RF connector 281 would be connected to an external RF impedance tuning unit, or tunable load. The tuning unit is designed to adjust impedance at a source RF frequency (e.g., RF power source 132) to vary plasma density distribution, or to adjust impedance at bias RF frequency to tune substrate edge plasma sheath, or

the RF connector 281 may be connected to ground and thus able to locate ground closer to the substrate edge, via a grounded electrode 277 and correspondingly coupled silicon ring 270.

[0029] Figures 3A-3E are schematic perspective views of a power distribution assembly 282, according to aspects of the disclosure. The power distribution assembly 282 includes a coaxial structure 283 connected to a recursive distribution assembly 284. The edge ring assembly 274 is positioned on and coupled to the recursive distribution assembly 284. The power distribution assembly 282 is electrically connected to the electrode 277 (shown in Figure 2) of the edge ring assembly 274.

[0030] The recursive distribution assembly 284 facilitates power application uniformity to the electrode 277 by diverging into two or more equal length segments. Each diverging segment may further split or diverge into additional equal length segments. Thus, power application to the electrode 277 is more evenly distributed, thereby improving process uniformity. For example, the recursive distribution assembly 284 includes a first semi-circular element 285 electrically coupled to the coaxial structure 283 at a central location of the first semi-circular element 285. Each half the first semi-circular element 285 extends oppositely from another. Terminal ends of the first semi-circular element 285 include vertical couplings 286 extending orthogonally from a plane of the first semi-circular element 285. The vertical couplings 286 electrically connect the first semi-circular element 285 to second semi-circular elements 287. The vertical couplings 286 are connected at central locations of the second semi-circular elements 287 such that each end of the second semi-circular elements 287 extends in opposite directions. Additional vertical couplings 288 electrically couple the second semi-circular elements 287 to the electrode 277 (shown in Figure 2B) of the edge ring assembly 274. In such a manner, power from a single source, *e.g.*, through the RF connector 281, is more evenly distributed through multiple contact points to the electrode 277. Additionally, the distance between the RF connector 281, and thus

a power source, to each connection at the electrode 277 is substantially the same. In one example, the first semi-circular element 285, the second semi-circular elements 287, and the vertical couplings 288 are formed form an electrically conductive material, such as a metal, for example copper or aluminum.

[0031] A recursive distribution assembly 284 as used herein refers to an electrical connector which splits one or more times into multiple segments of equal lengths. While recursive distribution assembly 284 is described herein with respect to semi-circular components, it is contemplated linear components may be utilized, where desired. Moreover, the travel path of the electrical current may be split into more sections than shown. For example, the travel path may be split one or more times, two or more times, three or more times, or four or more times. In one example, the first semi-circular element 285 extends about 180 degrees, while each of the second semi-circular elements 287 extend about 90 degrees. Thus, each segment may have a length of about half of a previous segment. However, other distances are also contemplated. Suitable materials for the first semi-circular element 285, the vertical couplings 286, the second semi-circular elements 287 and the vertical couplings 288 include electrical materials, such as metals, for example aluminum and copper.

[0032] Figure 3B is a schematic view of a power distribution assembly 282 having electrical insulators 289a, 289b disposed over electrically conductive elements of the recursive distribution assembly 284, such as the first semi-circular element 285 (shown in Figure 3A) and the second semi-circular element 287 (shown in Figure 3A). The electrical insulators 289a, 289b may be polytetrafluoroethylene (PTFE) or another electrically insulating material. In the illustrated example, the electrical insulators 289a, 289b are complete rings of insulating material having components (*e.g.*, the first semi-circular element 285 and the second semi-circular element 287) embedded therein. However, it is contemplated that incomplete rings of material may be utilized.

[0033] Figure 3C is a schematic view of a power distribution assembly 282 including a housing 290 disposed about the electrical insulators 289a, 289b (shown in Figure 3B). The housing 290 is a cylindrical section having the electrical insulators 289a, 289b, and thus the first semi-circular element 285 and the second semi-circular element 287 embedded therein. The housing may be coupled to an electrical ground, and is electrically isolated from the first semi-circular element 285 and the second semi-circular element 287 by electrical insulators 289a, 289b. In one example, the housing 290 includes a lip 291 at a radially outward lower surface thereof, circumscribing the housing 290. In one example, the lip 291 has an "H" shape, or otherwise includes a radially inward component coupled to a radially outward component have a larger vertical height than the radially inward component. The lip 291 facilitates assembly and/or alignment of components of the recursive distribution assembly. The housing 290 may be formed from a metal and may be electrically grounded.

[0034] Figure 3D is a sectional view of the power distribution assembly 282 as shown in Figure 3C. As illustrated, the coaxial structure 283, which is surrounded by an electrical insulator 292 such as rubber or PTFE, is connected to the first semi-circular element 285. The first semi-circular element 285 is surrounded by electrical insulator 289a and disposed in the housing 290. Positioned axially above the first semi-circular element 285 is the electrical insulator 289b. Because the second semi-circular element 287 does not extend in a complete circle, additional electrical insulator 292 may be positioned within the electrical insulator 289b to occupy space which is otherwise unoccupied by the second semi-circular element 287. The additional electrical insulator may also be formed from PTFE. Although not shown, space within the electrical insulator 289b which is unoccupied by the first semi-circular element 285 may also be occupied by PTFE. Thus, in one example, the additional electrical insulator 292 and the second semi-circular element 287 together form a complete ring. The first semi-circular element 285 may be similarly configured.

[0035] Figure 3E is another sectional view of the power distribution assembly 282 as shown in Figure 3C. The sectional view shown in Figure 3E illustrates a vertical coupling 288 electrically connecting the second semi-circular element 287 to an electrode 277 of the edge ring assembly 274. The vertical coupling 288 includes an electrically conductive connection 293 surrounded by one or more layers of electrical insulation 294a, 294b (two are shown), such as PTFE. The vertical coupling extends through a lower surface of the ceramic base 275 to contact the electrode 277.

[0036] Figure 3F is another sectional view of the power distribution assembly 282 as shown in Figure 3C. The sectional view shown in Figure 3F illustrates a vertical coupling 286 electrically connecting the second semi-circular element 287 to the first semi-circular element 285. The vertical coupling 286, the first semi-circular element 285, and the second semi-circular element 287 are surrounded by housing 290, electrical insulator 289a, and electrical insulator 289b, respectively. Electrical insulator 289a, and electrical insulator 289b facilitate electrical isolation of the vertical coupling 286, the first semi-circular element 285, and the second semi-circular element 287 from the housing 290, which may be grounded during processing.

[0037] Figures 4A-4C are schematic views of circuit configurations, according to aspects of the present disclosure. Figure 4A illustrates a passive configuration of a circuit 455a for adjusting plasma 456 in a processing chamber 400a having a substrate support 206 therein. Processing chamber 400a is similar to processing chamber 100. The plasma 456 is generated by the source 132. A bias source 109b is coupled to the substrate support 206 to facilitate plasma processing within the processing chamber 400a. A circuit 455a is coupled to an electrode 277 through the coaxial cable 283 and the recursive distribution assembly 284. Tuning of the circuit 455a affects electrical properties of the electrode 277, thereby influencing the plasma 456, or a sheath of the plasma 456, adjacent a substrate. Using aspects described herein, the plasma 456 may be adjusted to result in more

uniform processing of a substrate, thereby mitigating substrate edge non-uniformities.

[0038] The circuit 455a includes a ground adjustment 457, a bias-sensitive adjustment 458, and a source-sensitive adjustment 459. Each of the ground adjustment 457, the bias-sensitive adjustment 458, and the source-sensitive adjustment 459 are coupled to the coaxial structure 283 via a switching element 437. Each of the ground adjustment 457, the bias-sensitive adjustment 458, and the source-sensitive adjustment 459 include an adjustable capacitor and an inductor. Each capacitor and inductor of the ground adjustment 457, the bias-sensitive adjustment 458, and the source-sensitive adjustment 459 may be selected to adjust bias frequency, or range of bias frequencies, to facilitate adjustment of plasma characteristics. In one example, the ground adjustment 457, the bias-sensitive adjustment 458, and the source-sensitive adjustment 459, are each configured to facilitate frequency adjustment in different ranges from one another.

[0039] Additionally, a power source 433, such as a DC power source, is additionally coupled to the switching element 437. The switching element 437 can be controlled by a controller 191 (shown in Figure 1) to selectively couple the electrode 277 to any of the power source 433, the ground adjustment 457, the bias-sensitive adjustment 458, and/or the source-sensitive adjustment 459. Thus, modulation of the switching element 437 facilitates control of plasma characteristics at the electrode 277 adjacent a substrate edge.

[0040] For example, the switching element 437 may be caused to couple the bias-sensitive adjustment 458 to the electrode 277. The bias-sensitive adjustment 458 may be adjusted to bring the electrode 277 into series or parallel with a fundamental or harmonic frequency of the bias source 109b. Such adjustment imposes a desired voltage on the electrode 277 (and a consequently, the second silicon ring 270 shown in Figure 2B), thereby altering the local sheath of the plasma 456.

[0041] Similarly, the source-sensitive adjustment 459 may be selected relative to the switching element 437. In such an example, the electrode 277 may be tuned with respect to the power source 132, in a manner similarly described above with respect to the bias-sensitive adjustment 458 and the bias source 109b. Tuning of the plasma 456 via the source-sensitive adjustment 459 results in increased (or decreased) plasma density. Increased plasma density results in a compressed plasma sheath.

[0042] In another example, the switching element 437 may be caused to couple the ground adjustment 457 to the electrode 277. In one example, the ground adjustment may be an RF relay and/or PIN diode that facilitates grounding of the electrode 277. Grounding of the electrode 277 facilitates termination of a sheath of the plasma 456 at the electrode 277. To further influence the plasma 456, the second silicon ring 270 (shown in Figure 2b) may be vertically actuated when the electrode 277 is grounded, thereby providing increased plasma tunability adjacent a substrate edge. In one example, when utilizing a PIN diode, the PIN diode may be forward biased to form a DC short at the electrode 277, or may be reverse biased to facilitate electrical disconnection. In another example, the power source 433 facilitates electrostatic chucking of the second silicon ring 270 toward the electrode 277, thus increasing thermal contact between the second silicon ring 270, the insulating support 269 (shown in Figure 2B), and the edge ring assembly 274. The increased thermal contact results in increased heat removal, thereby improving component longevity and reducing thermal non-uniformities adjacent edges of a substrate.

[0043] Figure 4B illustrates an active configuration of a circuit 455b for adjusting plasma 456 in a processing chamber 400b. Processing chamber 400b is similar to processing chamber 100 and processing chamber 400a. In the active a configuration, the circuit 455b includes an auxiliary power source 427, such as an RF source, coupled to the coaxial cable 283 through a matching circuit 429. The circuit 455b also includes a power source 433 coupled to the matching circuit 429.

The power source 433 operates similarly as described above with respect to the processing chamber 400a. In addition, the processing chamber 400b includes a second matching circuit 405 through which the bias source 109b is coupled to the substrate support 206. The inclusion of the matching circuit 429 and the power source 427 provide additional control over plasma characteristics.

[0044] Figure 4C illustrates an active configuration of a circuit 455c for adjusting plasma 456 in a processing chamber 400c having a substrate support 206 therein. The circuit 455c is similar to the circuit 455b, however, the coaxial cable 283, and thus the recursive distribution assembly 284, are connected to the matching circuit 405. Thus, in contrast to the processing chamber 400b, the matching circuit 429 and the power source 427 are excluded. In one example, an RF divider (not shown) may be positioned in line of the coaxial cable 283 between the matching circuit 405 and the power source 433, or inside the matching circuit 405, to facilitate application of RF power to desired chamber components.

[0045] Optionally, it is contemplated that any of the configurations illustrated in Figures 4A-4C may optionally utilize a DC power supply coupled to the electrode 277. Application of DC power to the electrode 277 enhances thermal transfer near the edge of a substrate. In such an example, the ceramic cap 276 may be formed from aluminum nitride.

[0046] Benefits of the present disclosure include increased control of plasma adjacent edges of a substrate. The increased plasma control results in increased processing uniformity, particularly near edges of the substrate. Additionally, plasma adjustment according to aspects of the present disclosure occurs locally at the substrate edge, thus not adversely affecting plasma uniformity across the substrate surface.

[0047] While the foregoing is directed to aspects of the present disclosure, other and further aspects of the disclosure may be devised without departing from

the basic scope thereof, and the scope thereof is determined by the claims that follow.

024793JP01

What is claimed is:

1. A processing chamber, comprising:
a chamber body;
a substrate support disposed within the chamber body;
a recursive distribution assembly disposed within the substrate support;
an edge ring assembly disposed within the substrate support and coupled to the recursive distribution assembly, the edge ring assembly including an electrically conductive electrode;
an insulating support positioned on the substrate support above the electrode; and
a first silicon ring disposed on the insulating support.

2. The processing chamber of claim 1, wherein the substrate support comprises an electrostatic chuck having one or more chucking electrodes.

3. The processing chamber of claim 1, wherein the edge ring assembly comprises a ceramic cap and a ceramic base, and wherein the electrode of the edge ring assembly is disposed between the ceramic cap and the ceramic base.

4. The processing chamber of claim 1, further comprising a baffle ring extending radially outward of the edge ring assembly, the conductive ring, and the insulating support.

5. The processing chamber of claim 1, wherein the recursive distribution assembly includes a plurality of diverging electrical connections, and wherein the diverging electrical connections have equal lengths.

6. The processing chamber of claim 1, further comprising a lift mechanism disposed within the substrate support, the lift mechanism configured to vertically actuate the silicon ring and the insulating support.

7. The processing chamber of claim 1, wherein the recursive distribution connector includes a plurality of semi-circular elements, and wherein the plurality of semi-circular elements are axially spaced and connected by vertical connections.

8. The processing chamber of claim 7, further comprising polytetrafluoroethylene disposed around the plurality of semi-circular elements.

9. The processing chamber of claim 1, further comprising a circuit coupled to the electrode, the circuit comprising a ground adjustment, a bias-sensitive adjustment, and a source-sensitive adjustment.

10. The processing chamber of claim 1, wherein the circuit comprises a switching element coupling the electrode to the ground adjustment, the bias-sensitive adjustment, and the source-sensitive adjustment.

11. A processing chamber, comprising:

a chamber body;

a substrate support disposed within the chamber body;

a recursive distribution assembly disposed within the substrate support;

an edge ring assembly disposed within the substrate support and coupled to the recursive distribution assembly, the edge ring assembly including an electrically conductive circular electrode;

an insulating support positioned on the substrate support above the electrode; and

a first silicon ring disposed on the insulating support.

12. The processing chamber of claim 11, wherein the edge ring assembly comprises a ceramic cap and a ceramic base, and wherein the ceramic base and the ceramic cap are circular, and wherein the electrode is disposed between the ceramic base and the ceramic cap.

13. The processing chamber of claim 12, wherein the recursive distribution assembly includes a plurality of diverging electrical connections, and wherein the recursive distribution assembly includes a plurality of semi-circular elements.

14. A recursive distribution connector, comprising:

a first semi-circular element;

a coaxial structure coupled to the first semi-circular element at a central portion thereof;

a first vertical coupling disposed at a first end of the first semi-circular element and extending orthogonally from a plane of the first semi-circular element;

a second vertical coupling disposed at a second end of the first semi-circular element and extending orthogonally from the plane of the first semi-circular element;

a second semi-circular element connected to the first vertical coupling, the first vertical coupling connected to a central portion of the second semi-circular element; and

a third semi-circular element connected to the second vertical coupling, the second vertical coupling connected to a central portion of the third semi-circular element.

15. The recursive distribution assembly of claim 14, wherein the recursive distribution assembly comprises an electrically conductive material.

024793JP01

ABSTRACT OF THE DISCLOSURE

1. ABSTRACT

The present disclosure generally relates to methods of and apparatuses for controlling a plasma sheath near a substrate edge. The apparatus includes an auxiliary electrode that may be positioned adjacent an electrostatic chuck. The auxiliary electrode is recursively fed from a power source using equal length and equal impedance feeds. The auxiliary electrode is vertically actuatable, and is tunable with respect to ground or other frequencies responsible for plasma generation. Methods of using the same are also provided.

2. REPRESENTATIVE DRAWING

FIG. 2B

1/8

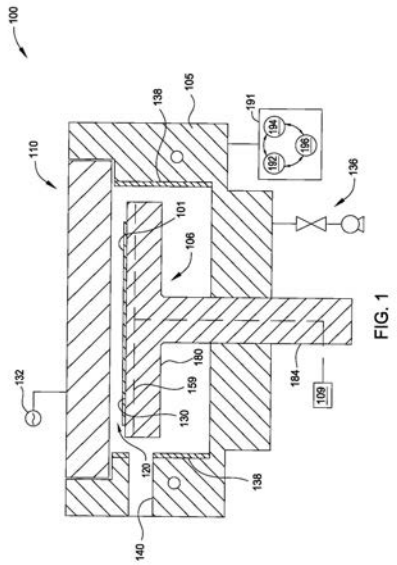


FIG. 1

2/8

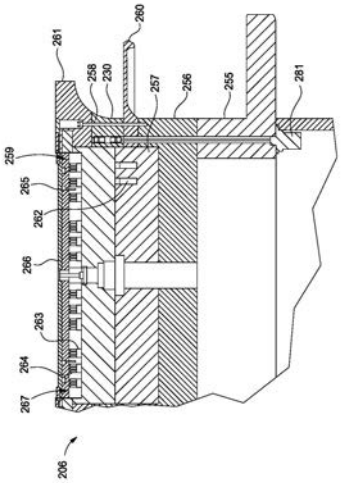


FIG. 2A

3/8

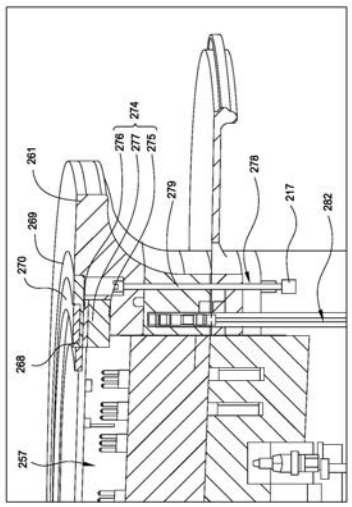


FIG. 2B

4/8

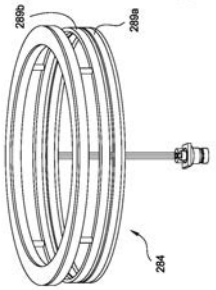


FIG. 3B

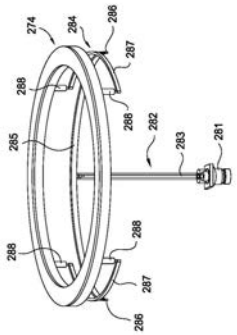


FIG. 3A

5/8

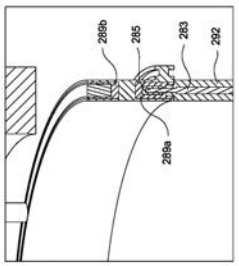


FIG. 3D

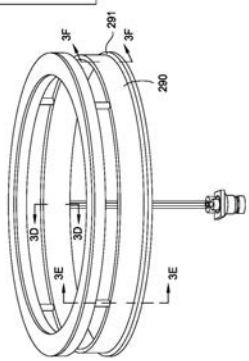


FIG. 3C

6/8

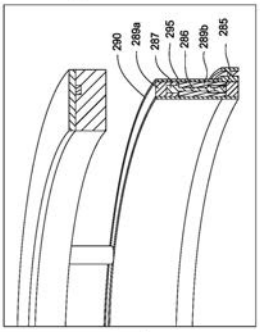


FIG. 3F

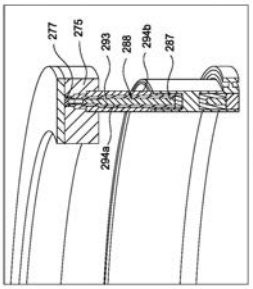


FIG. 3E

7/8

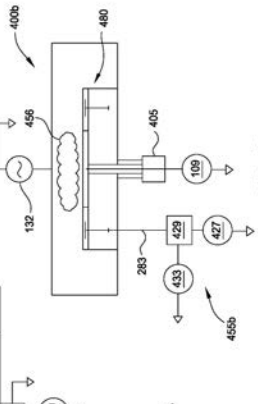


FIG. 4B

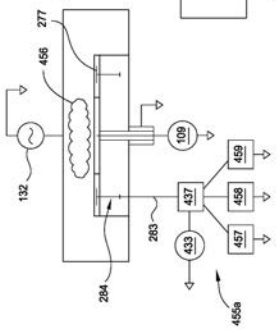


FIG. 4A

8/8

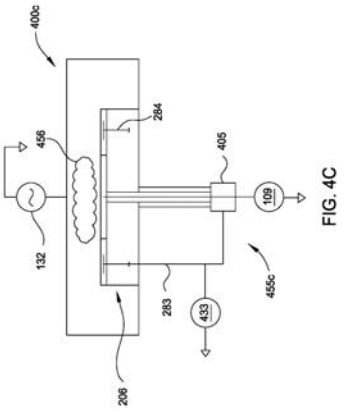


FIG. 4C