

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4460288号
(P4460288)

(45) 発行日 平成22年5月12日 (2010.5.12)

(24) 登録日 平成22年2月19日 (2010.2.19)

(51) Int. Cl. F I
 HO 1 L 21/3065 (2006.01) HO 1 L 21/302 I O 1 B
 HO 5 H 1/46 (2006.01) HO 5 H 1/46 M
 HO 5 H 1/46 R

請求項の数 14 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2003-522128 (P2003-522128)	(73) 特許権者	390040660
(86) (22) 出願日	平成14年8月15日 (2002.8.15)		アプライド マテリアルズ インコーポレ イテッド
(65) 公表番号	特表2005-500684 (P2005-500684A)		APPLIED MATERIALS, I NCORPORATED
(43) 公表日	平成17年1月6日 (2005.1.6)		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
(86) 国際出願番号	PCT/US2002/026008	(74) 代理人	100088155
(87) 国際公開番号	W02003/017318		弁理士 長谷川 芳樹
(87) 国際公開日	平成15年2月27日 (2003.2.27)	(74) 代理人	100107456
審査請求日	平成17年6月30日 (2005.6.30)		弁理士 池田 成人
(31) 優先権主張番号	09/931, 324	(74) 代理人	100094318
(32) 優先日	平成13年8月16日 (2001.8.16)		弁理士 山田 行一
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板処理装置及び電力分配方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板を処理する為の装置であって、
 内部に第 1 電極が配置されたチャンバと、
 前記チャンバ内に配置され、前記チャンバ内に第 2 電極を提供する基板支持体であって、
前記基板支持体は該基板支持体と電気的なグラウンドとの間において第 1 可変インピー
 ダンス素子に接続されている基板支持体と、
 前記第 1 電極又は第 2 電極と電気的に接続された高周波電源と、
 前記第 1 電極又は第 2 電極と電気的に接続された低周波電源と、
 前記チャンバ内に配置され、前記チャンバ内に第 3 電極を提供する壁電極と、
 前記壁電極と電気的なグラウンドとの間に接続された第 2 可変インピーダンス素子であ
 って、少なくとも一つの誘導子と少なくとも一つのコンデンサとを含む第 2 可変インピー
 ダンス素子と、
 を備える、装置。

【請求項 2】

第 1 電極と、第 2 電極を形成する基板支持体とを有する処理チャンバに電力を分配する
 為の装置であって、前記基板支持体は該基板支持体と電気的なグラウンドとの間において
 第 1 可変インピーダンス素子に接続されており、
 前記第 1 電極又は前記第 2 電極に電気的に接続された高周波電源と、
 前記第 1 電極又は前記第 2 電極に電気的に接続された低周波電源と、

第 3 の電極を形成する壁電極と、

前記壁電極と電氣的グラウンドとの間に接続された第 2 可変インピーダンス素子であって、少なくとも一つの誘導子と少なくとも一つのコンデンサを含む第 2 可変インピーダンス素子と、
を有する装置。

【請求項 3】

前記高周波電源は、13.56MHz と 500MHz との間で電力を分配するように適合されている、請求項 2 記載の装置。

【請求項 4】

前記低周波電源は、100kHz と 4MHz との間で電力を分配するように適合されている、請求項 2 記載の装置。

10

【請求項 5】

前記第 2 可変インピーダンス素子は、少なくとも一つの誘導子と少なくとも一つの可変コンデンサとを備える、請求項 2 記載の装置。

【請求項 6】

前記第 2 可変インピーダンス素子は、低周波で第 1 共振インピーダンス、高周波で第 2 共振インピーダンスを同調させるように適合されている、請求項 2 記載の装置。

【請求項 7】

前記第 1 電極は、ガス分配器を備える、請求項 2 記載の装置。

【請求項 8】

前記第 1 電極と前記基板支持体は、平行板電極を形成するように配置されている、請求項 2 記載の装置。

20

【請求項 9】

前記第 2 可変インピーダンス素子が、前記基板支持体に分配される前記電力を増減するように適合されている請求項 2 記載の装置。

【請求項 10】

前記第 2 可変インピーダンス素子が、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間のプラズマを拘束するように適合されている請求項 2 記載の装置。

【請求項 11】

前記第 2 可変インピーダンス素子が、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間に位置するプラズマの密度を増減するように適合されている請求項 2 記載の装置。

30

【請求項 12】

第 1 電極と、第 2 電極を形成する基板支持体と、第 3 電極を形成する壁電極とを有する処理チャンバに電力を分配する為の方法であって、前記基板支持体は該基板支持体と電氣的なグラウンドとの間において第 1 可変インピーダンス素子に接続されており、

前記第 1 電極又は前記第 2 電極に電氣的に接続された高周波電源から高周波電力を分配するステップと、

前記第 1 電極又は前記第 2 電極に電氣的に接続された低周波電源から低周波電力を分配するステップと、

前記壁電極と電氣的グラウンドとの間に第 2 可変インピーダンス素子を接続するステップであって、前記第 2 可変インピーダンス素子は少なくとも一つの誘導子と少なくとも一つのコンデンサを含む、ステップと、

40

前記基板支持体に分配される前記電力を増減するために、前記第 2 可変インピーダンス素子を調整するステップと、
を備える、前記方法。

【請求項 13】

第 1 電極と、第 2 電極を形成する基板支持体と、第 3 電極を形成する壁電極とを有する処理チャンバに電力を分配する為の方法であって、前記基板支持体は該基板支持体と電氣的なグラウンドとの間において第 1 可変インピーダンス素子に接続されており、

前記第 1 電極又は前記第 2 電極に接続された高周波電源から高周波電力を分配するステ

50

ップと、

前記第 1 電極又は前記第 2 電極に接続された低周波電源から低周波電力を分配するステップと、

前記壁電極と電氣的グラウンドとの間に第 2 可変インピーダンス素子を接続するステップであって、前記第 2 可変インピーダンス素子は少なくとも一つの誘導子と少なくとも一つのコンデンサとを含む、ステップと、

前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間のプラズマを拘束するために、前記第 2 可変インピーダンス素子を調整するステップと、
を備える、前記方法。

【請求項 14】

第 1 電極と、第 2 電極を形成する基板支持体と、第 3 電極を形成する壁電極とを有する処理チャンバに電力を分配する為の方法であって、前記基板支持体は該基板支持体と電氣的なグラウンドとの間において第 1 可変インピーダンス素子に接続されており、

前記第 1 電極又は前記第 2 電極に接続された高周波電源から高周波電力を分配するステップと、

前記第 1 電極又は前記第 2 電極に接続された低周波電源から低周波電力を分配するステップと、

前記壁電極と電氣的グラウンドとの間に第 2 可変インピーダンス素子を接続するステップであって、前記第 2 可変インピーダンス素子は少なくとも一つの誘導子と少なくとも一つのコンデンサとを含む、ステップと、

前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間に位置するプラズマの密度を増減するために、前記第 2 可変インピーダンス素子を調整するステップと、
を備える、前記方法。

【発明の詳細な説明】

【発明の内容】

【0001】

技術分野

本発明は、一般的に基板処理用チャンバに関する。より具体的には、本発明は、電力を処理用チャンバに分配する為の方法および装置に関する。

【0002】

背景技術

プラズマエッチング及び反応性イオンエッチング (RIE) は、半導体デバイスの製造における基板のような一定のワークピースを高精度にエッチングする際に重要な処理になってきた。プラズマエッチングと反応性イオンエッチングの差異は、一般的に同一設備内で実行可能であるが、この差異は、通常、使用される、異なる圧力範囲から生じ、更に、処理チャンバ内の励起された反応種の平均自由行程の必然的な差異から生じる。2つの処理は、本願では集散的に、プラズマエッチングと呼ぶ。プラズマエッチングは、「ドライエッチング」技術であり、従来のウェットエッチングに対し多くの利点を有するが、ウェットエッチングにおいて、ワークピースは一般的に液体のエッチャント材料の容器内に浸される。幾つかの利点には、低コスト、汚染問題の減少、危険化学物質との接触の減少、高い寸法制御、高い均一性、改善されたエッチングの選択性、高い処理のフレキシビリティを含む。

【0003】

集積密度が増加すると、デバイスの特徴部の大きさは 0.25 ミクロン以下に減少し、デバイスの特徴部のアスペクト比 (すなわち、特徴部の高さとの幅の比) は 10 : 1 以上に増加する。エッチング処理の改善された精度は、高いアスペクト比を有する、これらの小さなデバイス特徴部を形成するのに必要である。さらに、高いエッチング速度は、スループットを高め、集積回路を生産するコストを減少する為に望まれる。

【0004】

プラズマエッチング用チャンバの一つのタイプは、平行板電極を利用し、板電極間に処

10

20

30

40

50

理ガスのプラズマを発生させて維持する。通常、平行板のプラズマエッチング用チャンバは、頂部電極と底部電極を含む。底部電極は、通常、基板ホルダーとして機能し、基板（又はウエハ）は、その底部電極上に配置される。エッチング処理は、プラズマに晒される基板の表面上で実行される。

【 0 0 0 5 】

通常、一以上の電極が、電源に接続される。特定の平行板リアクタにおいて、これらの電極は、高周波電源に接続される。上部電極に接続される電源は、通常、下部電極に接続される電源より、高い周波数で操作される。この構成は、基板上に配置された材料に対する損傷を避けると考えられている。

【 0 0 0 6 】

他の平行板リアクタは、下部電極に接続された2つの電源を持つ。電源は、それぞれ、異なる周波数で操作され、処理される基板上に結果として生じるエッチング特性を制御する。

【 0 0 0 7 】

また、他の平行板リアクタは、3つの電極を含む。第1電極は、基板を支持するように適合され、低周波AC電源に接続されている。第2電極は、第1電極と平行な関係にあり、グラウンドに接続されている。第1電極と第2電極との間に配置された第3電極（すなわち、チャンバ本体）は、高周波AC電源により電力が供給される。

【 0 0 0 8 】

他の従来の装置は、単一電力が供給された電極のリアクタを提供する。高周波電源と低周波電源は、単一電極に結合され、処理の柔軟性、制御、残留物の除去を高めるように作用する。単一電極リアクタは、複数段階の受動フィルタネットワークを含む。ネットワークは、電極に両方の電源を結合させる機能と、高周波電源から低周波電源を隔離する機能と、リアクタにより表された非線形負荷において2つの周波数の混合により生み出された望ましくない周波数を減衰する機能と、を実行するように意図されている。

【 0 0 0 9 】

デュアル周波数平行板リアクタの、より詳細な説明は： Tegal社に譲渡され1984年8月7日に発行された「プラズマリアクタ装置および方法」という発明の名称の米国特許第4,464,223；テキサスインスルメンツ社に譲渡され1996年4月30日に発行された「半導体材料におけるクリーントレンチをエッチングする方法および装置」という発明の名称の米国特許第5,512,130号； Tegal社に譲渡され1986年4月1日に発行された「プラズマリアクタ装置」という発明の名称の米国特許第4,579,618号；1993年12月21日に発行され「プラズマ処理の為の装置」という発明の名称の米国特許第5,272,417号；で見つけることができる。

【 0 0 1 0 】

平行板プラズマエッチングチャンバにおいて通常遭遇する一つの問題は、チャンバ内のプラズマに晒される頂部電極の表面からの材料も、エッチング処理中にエッチされる点である。頂部電極はエッチング処理により浸食されるので、頂部電極の材料特性は、変化し、チャンバ内の処理パラメータの変動を引き起こし、それが、基板の不整合、不均一処理を生じる。さらに、頂部電極は、短い有用寿命を持ち、頻繁に交換される必要があり、半導体デバイスの製造に付随したコストを増加させる可能性がある。

【 0 0 1 1 】

そのため、頂部電極の浸食を大幅に減らし、処理均一性を維持できる平行板プラズマエッチングシステムが必要である。プラズマエッチングシステムが、高アスペクト比のサブクォータ・ミクロンの相互接続特徴部を形成する為のエッチング処理の精度を改善することが望ましいであろう。プラズマエッチングシステムが、集積回路の時間とコストを減少させる高いエッチング速度を提供することが更に望ましいであろう。

【 0 0 1 2 】

発明の開示内容

本発明は、一般的に、大幅に頂部電極の浸食を減らし、処理均一性を維持することがで

10

20

30

40

50

きる平行板プラズマエッチングシステムを提供する。プラズマエッチングシステムは、高いアスペクト比のサブオータ・ミクロンの相互接続特徴部を形成する為のエッチング処理の精度を改善する。プラズマエッチングシステムは、また、集積回路の生産時間とコストを減らす高いエッチング速度を提供する。

【 0 0 1 3 】

一態様において、本発明は、電極を有するチャンバと、上記チャンバ内に配置された基板支持体と、上記電極に電氣的に接続された高周波電源と、上記電極に電氣的に接続された低周波電源と、上記基板支持体と上記電氣的グラウンドとの間に接続された可変インピーダンス素子と、を備える基板を処理する為の装置を提供する。

【 0 0 1 4 】

一実施形態において、電極は、ガス分配器を備え、電極と基板支持体は平行板電極を形成する。高周波電源は、約 1 3 . 5 6 M H z と約 5 0 0 M H z との間の周波数で電力を分配するように適合され、低周波電源は、約 1 0 0 k H z と約 2 0 M H z との間の周波数で電力を分配するように適合されている。可変インピーダンス素子は、電極と基板支持体との間の自己バイアス電圧の分配に同調するように適合され、低周波及び高周波の少なくとも一つから選択された周波数で少なくとも一つの共振インピーダンスを同調させるように適合されている。

【 0 0 1 5 】

他の態様において、本発明は、第 1 電極と、第 2 電極を形成する基板支持体を有する処理チャンバに電力を分配する方法であって、第 1 電極に電氣的に接続された高周波電源から高周波電力を分配するステップと、第 1 電極に電氣的に接続された低周波電源から低周波電力を分配するステップと、基板支持体と電氣的グラウンドとの間に可変インピーダンス素子を接続するステップと、を備える。一実施形態において、上記方法は、第 1 電極と基板支持体との間で自己バイアス電圧の分配を制御する為に可変インピーダンス素子を同調するステップを更に備える。可変インピーダンス素子は、低周波数で第 1 共振インピーダンス、高周波数で第 2 共振インピーダンスを提供するように同調されてもよい。

【 0 0 1 6 】

上述した本発明の特徴、利点、目的が達成され、詳細に理解可能な方法、簡単に上で要約された、本発明のより具体的な説明は、添付図面内で例示された実施形態を参照して備えられている。

【 0 0 1 7 】

しかし、添付図面は、この発明の単なる典型的な実施形態を例示し、よって、本発明は他にも同様に効果的な実施形態を認めることができ、その範囲を限定するように考慮されるものではない。

【 0 0 1 8 】

発明を実行する為の最良の実施形態

図 1 は、本発明の平行板処理システム 1 0 0 の一実施形態の概略図である。処理システム 1 0 0 は、処理システム用プラットフォームに取り付けられ、特定処理（例えば、エッチング処理）を実行するように構成された多目的用チャンバを備えてもよい。本発明は、特定の構成について説明されているが、本発明は様々な構成及び設計において適用可能であることが分かる。さらに、当該システムは、簡略化された概略的表示であり、処理システム 1 0 0 の一部であってもよい幾つかの態様が示されていないことが分かる。例えば、アクチュエータ、バルブ、密閉アセンブリ等、は示されていない。当業者は、これら及び他の態様が処理システム 1 0 0 へと組み込まれてもよいことを容易に認識するであろう。

【 0 0 1 9 】

処理チャンバ 1 0 0 は、キャビティ 2 3 1 を画成するチャンバ本体 2 0 2 を一般的に含み、少なくとも、その一部は処理領域である。チャンバ本体 2 0 2 は、チャンバ壁 2 0 4 とチャンバ底 2 0 6 を含む。チャンバ壁 2 0 4 は、チャンバ底 2 0 6 の縁部から、実質的に直角に延びている。開口 2 3 0 は、チャンバ壁 2 0 4 に形成され、処理システム 1 0 0 内外へのチャンバの移送を容易にするように機能する。図示されていないが、スリットバ

10

20

30

40

50

ルブは、開口 230 を選択的に密閉する為に備えられてもよい。チャンバ底 206 は、チャンバからガスを排気する為に出口 208 を含む。排気システム 210 は、チャンバ底 206 の出口 208 に取り付けられている。排気システム 210 は、スロットルバルブと真空ポンプのような構成要素を含んでもよい。いったん、開口 230 が密閉されると、排気システム 210 は、キャビティ 231 内に真空を引いて維持する為に動作されてもよい。

【0020】

板電極 236 は、チャンバ本体 202 の上端部に配置される。一実施形態において、板電極 236 は、保護被膜 249 を含み、保護被膜 249 は、チャンバ内のプラズマに起因する板電極 236 の材料の浸食を防止あるいは減少させる。保護被膜は、石英、サファイヤ、アルミナ、SiC、SiN、Si のような材料を備えてもよい。板電極を有するチャンバが説明されているが、誘導性、容量性、誘導性及び容量性プラズマ源の組合せを有する他のチャンバ設計も同様に利用可能である。

10

【0021】

一実施形態において、板電極 236 は、ガス分配システムのシャワーヘッドである。このような構成において、板電極 236 は、リッドアセンブリの一部でもよく、リッドアセンブリは、ガスをキャビティ 231 内に分配するのに適合されている。したがって、図 1 は、板電極 236 に結合されたガス源 246 を示す。ガス源 246 は、チャンバ内の基板を処理する為に利用される前駆体ガスまたは処理ガスを含む。ガス源 246 は、1 以上の液体前駆体と、この液体前駆体をガス状態に気化させる為に 1 以上の蒸発器とを含む、一以上の液体アンプルを含んでもよい。

20

【0022】

板電極 236 は、電源 240 に接続され、電源 246 は、板電極に RF 電力を供給し、チャンバ内にプラズマを発生させ維持する。電源 240 は、低周波数用 RF 電源 250 と、高周波数用 RF 電源 252 とを含む。低周波数用 RF 電源 250 は、低周波整合回路網 254 を介して電極 236 に接続され、基板でイオンアシストエッチングを高める。高周波数用 RF 電源 252 は、高周波整合回路網 256 を介して板電極 236 に接続され、処理ガスとプラズマ密度の解離を高める。各々の整合回路網 254、256 は、1 以上のコンデンサ、誘導子、他の回路構成要素を含んでもよい。低周波数用 RF 電源 250 は、RF 電力を約 20 MHz 以下の周波数で板電極 236 に分配し、高周波数用 RF 電源 252 は、RF 電力を約 13.56 MHz 以上の周波数で板電極 236 に分配してもよい。一実施形態において、低周波数用 RF 電源 250 は、RF 電力を約 100 kHz 及び 20 MHz 間の周波数で板電極 236 に分配し、高周波数用 RF 電源 252 は、RF 電力を約 13.56 MHz 及び約 500 MHz 間の周波数で板電極 236 に分配してもよい。好ましくは、高周波数と低周波数は、動作中に重複しない。すなわち、低周波数用 RF 電源 250 は、常に、高周波数用 RF 電源 252 の周波数以下で操作される。

30

【0023】

板電極 236 は、平行板電極プラズマリアクタの頂部電極として機能する一方、基板支持体 216 は下部電極として機能する。基板支持体 216 は、キャビティ 231 内に配置され、ウエハを支持するのに適した構造（例えば、静電チャック又は真空チャック）であれば何でもよい。基板支持体 216 は、基板支持面を画成する支持板 219 を含み、基板支持面は、上部に支持される基板の形に合致するように全体的に形成されている。例示的に、基板支持面は、ほぼ円形になっており、実質的に円形の基板を支持する。一実施形態において、基板支持面は、基板温度制御システム（例えば、抵抗加熱コイル及び/又は加熱又は冷却流体システムに接続された流体通路）と熱的に接続されている。

40

【0024】

システム 100 は、ライナ又はリングであって、様々な機能の為に構成されたものを含んでもよい。例示的に、処理システム 100 は、3つの制限リング 250 A - C を含んでもよい。一実施形態において、各リングは、ニッケル、アルミニウム、他の金属、他の合金であって、プラズマ処理に適合するもので形成されてもよく、また、電気メッキ処理されたアルミニウム面を含んでもよい。リング 250 は、単一個の構成または複数個の構成

50

えもよい。

【0025】

第1リング250Aは、支持板219の周りに配置されている。第2リング250Bは、頂部電極の周りに配置されている。第3リング250Cは、第1リング250Aと第2リング250Bとの間に配置されている。操作において、リングは、板電極236と基板支持体216間、基板上方の領域内にプラズマを制限するように作用する。リングは、チャンバ内でプラズマを横方向に制限し、チャンバの壁に対する損失を最小にする。

【0026】

調整可能な頂部電極と底部電極間の電圧分配を提供するため、可変インピーダンス素子260が、基板支持体216と電氣的グラウンド又はグラウンド接続部との間に接続されている。可変インピーダンス素子260は、一以上のコンデンサ、誘導子、他の回路構成要素を有してもよい。可変インピーダンス素子260の一実施形態は、図2を参照して、以下に説明される。

【0027】

図2は、可変インピーダンス素子260の一実施例の概略図である。図2に示されるように、可変インピーダンス素子260は、誘導子LとコンデンサC2の直列結合と並列に接続されたコンデンサC1を含む。一実施形態において、コンデンサC1とC2は、可変インピーダンス素子260の共振周波数と共振インピーダンスを変えるように同調可能な可変コンデンサを備えてもよい。コンデンサC1と並列になっている浮遊容量Cstrayは、可変インピーダンス素子260の共振周波数と共振インピーダンスを決定するときに含まれてもよい。

【0028】

可変インピーダンス素子260は、板電極236と基板支持体216との間の自己バイアス電圧分配を、低周波数及び高周波数の一方または両方で変えるために変更可能である。高周波数(すなわち、高周波電源が作動する時の周波数)における低い共振インピーダンスは、高周波プラズマを発生させ、これは、両方の電極のプラズマシース間と等しいか、頂部電極で僅かに高められる。低周波数(すなわち、低周波電源が作動する時の周波数)における高い共振インピーダンスは、たとえ、基板支持体が電源と直接的に接続されていなくても電源により電力が与えられていなくても、底部電極(すなわち、基板支持体)にて、より多くの自己バイアスを提供する。底部電極において増加された自己バイアスは、底部電極に向かうイオンの加速を高め、これが、改良されたエッチング効果を、基板支持体上に配置された基板上に与える。さらに、底部電極上で増加された自己バイアスは、頂部電極または頂部電極の保護被膜の浸食を著しく減らす。

【0029】

プラズマエッチング処理を実行するため、基板は処理チャンバ内に移送され、基板支持体216上に位置決めされる。基板支持体216は、頂部電極と基板支持面との間の所望の処理間隔で処理位置に移動されてもよい。処理/前駆体ガスは、ガス分配器を通してチャンバ内に導入され、プラズマが発生され所定時間維持され、基板上のエッチング処理を終了する。プラズマエッチング処理は、1以上の不活性ガス(例えば、Ar、He)と共に、反応性ガス(例えば、O₂、N₂、Cl、HBr、SF₆、CF_y、C_xF_y、C_xH_yF_z、NF₃)と他のエッチング用前駆体を利用して実行されてもよい。その後、基板は、処理チャンバの外に移送される。

【0030】

以下の表は、本発明の一実施形態に係るチャンバ内で実行されるエッチング処理の為のチャンバ操作条件の例を提示する。

処理パラメータ	パラメータ値
頂部電極と底部電極間の距離	約0.5cmから約10cm
チャンバ圧	約20mTから約1T
電力密度	約1W/cmから約20W/cm
低周波電源の周波数	20MHz以下

10

20

30

40

50

高周波電源の周波数

13.56 MHz 以上

図3は、チャンバ構成と電力分配システムの他の実施形態を例示する概略横断面図である。この実施形態において、高低周波電力は、高周波整合256と低周波整合254を介して基板支持部材216に、それぞれ分配される。可変インピーダンス素子260は、シャワーヘッドアセンブリのような板電極236に接続され、板電極236用RFグラウンドパスインピーダンスを制御することにより、処理領域231に分配されたRF電力を調整する。可変インピーダンスが調整されるので、それに応じて、処理領域231を横切る電圧降下も変わる。例えば、可変インピーダンスがインピーダンス値を下げるように調整されると、可変インピーダンス素子260を通る電流は増加し、処理領域231を横切る電圧降下を増加させ、それによって、送信されるRFエネルギーを増やす。可変インピーダンス素子が高いインピーダンス値に調整されると、処理領域231を横切る電圧降下は減少し、それによって、より少ないRFエネルギーを向かわせる。一態様において、RF電力発生器250、252とチャンバ202との間で高周波整合256と低周波整合254に悪影響を与えることなく、所望のプラズマ密度を確立するために、可変インピーダンスは、低周波整合254と高周波整合256と組み合わせて調整可能である。一態様において、可変インピーダンス素子260のインピーダンスの同調は、シースインピーダンスと可変インピーダンス素子260が実質的に直列共振にあり、高周波信号または低周波信号のいずれか一方に対し実質的に低インピーダンスパスを提供するように調整されてもよい。あるいは、可変インピーダンス素子260は、この電極を通してグラウンドに流れるRF電流の量を変更する為に、どちらかのRF信号に対し共振を越えるか共振未満で同調可能である。

【0031】

図4は、チャンバ構成及び電力分配システムの他の実施形態を例示する概略横断面図である。この実施形態において、高周波電力は、高周波発生器252からシャワーヘッドのような板電極236に分配され、低周波電力は、低周波発生器250から基板支持部材216に分配される。上部可変インピーダンス素子260Bは、上部電極236に接続され、下部可変インピーダンス素子260Cは、基板支持部材216に接続されている。この実施形態において、下部可変インピーダンス素子260Cは、高周波発生器252から処理領域231に分配された高周波RF構成要素の為にグラウンドリターンパスを提供し、低周波発生器250の為に高インピーダンスパスを提供する。さらに、上部可変インピーダンス素子260Bは、低周波発生器250から処理領域231に分配された低周波RF構成要素の為にグラウンドリターンパスを提供し、高周波発生器252の為に高インピーダンスパスを提供する。そのため、分配された低周波RF電力に対する分配された高周波RF電力の比は、独立して調整可能であり、所望の処理パラメータに整合可能である。一態様において、低周波用可変インピーダンス素子260Cのインピーダンスの同調は、シースインピーダンスと可変インピーダンス素子260Cが実質的に直列共振にあり、低周波RF信号に対し実質的に低インピーダンスパスを提供するように調整されてもよい。一態様において、高周波用可変インピーダンス素子260Bのインピーダンスの同調は、シースインピーダンスと高周波用可変インピーダンス素子260Cが実質的に直列共振にあり、高周波RF信号に対し実質的に低インピーダンスパスを提供するように調整されてもよい。あるいは、可変インピーダンス素子260B、260Cは、この電極を通して流れるこれらの周波数で電流を減少させる為に、更に/又は、この周波数に対する自己バイアスを変更する為に、共振を越えるか共振未満で同調可能である。

【0032】

図5に例示された他の実施形態において、隔離された壁電極265が備えられ、壁同調素子265に接続されている。板電極236は、チャンバ壁204に隣接し、絶縁体(セラミクス、ポリマー、ガラス等であって板電極236に印加されるRF電力に耐えるように適合されたもの)から選択された絶縁材262を用いてチャンバ壁204から平行に間隔を開けて配置されている。絶縁材262は、板電極236をチャンバ壁204から電気的に絶縁し、プラズマを板電極236の下方へと、実質的に板電極236と適合するよう

に導く。アルミニウム、ニッケル、タングステン等であってRFエネルギーを受けるのに適合されたものから構成された壁電極265は、絶縁材262により電氣的に壁204及び板電極236から隔離されている。壁電極265は、チャンバ壁204に隣接し、処理領域231の周りに内壁を形成するチャンバ壁204から垂直方向に間隔を開けて配置されている。壁可変インピーダンス素子260Aは、壁電極265に結合され、板電極236からチャンバ壁204に近いRFエネルギーの為に、調整可能なグラウンドリターンパスを提供する。壁可変インピーダンス素子260Aは、支持部材216に関するRF用の交互のグラウンドパスを提供することにより、支持部材216に対するRFエネルギーを増減するのに適合されている。一態様において、壁可変インピーダンス素子260Aは、壁電極265と協力してプラズマの制限及び制御を提供する。プラズマを制限する為に、壁可変インピーダンス260Aを用いるのに十分に高い数値まで板電極236と壁電極265との間の有効インピーダンスを増加し、有効にグラウンドに対するRFパスを最小にし、それによって、板電極236と支持部材216との間のプラズマを拘束する。そのため、壁付近のプラズマは最小になり、壁204に対するプラズマ損傷の危険性を減らす。

【0033】

他の態様において、板電極236と壁インピーダンスは、グラウンドに対するRFパスインピーダンスを有効に減少するのに十分に低い数値まで調整し、板電極236と支持部材216との間でRF電力の一部を分流し、それにより、プラズマ密度を減らす。さらに、壁電極265と板電極236及び/又は支持部材216との間の間隔は、RFエネルギーの多少の制限及び制御を考慮に入れる為に調整されてもよい。したがって、得られるプラズマの制限及び制御が多くなればなる程、壁電極は板電極及び/又は支持体216の近くに置かれる。

【0034】

図6に例示される他の実施形態において、低周波整合回路網254は、板電極236に結合され、高周波整合回路網256は、支持部材216に結合されている。上部可変インピーダンス素子260Bは、板電極236に結合されている。下部可変インピーダンス素子260Cは、支持部材に結合され、それぞれ、高周波RF電源252と低周波RF電源250に対し可変RFパスを提供する。各可変インピーダンス素子260B-Cは、高周波インピーダンスパス又は低周波インピーダンスパスの各々に対し電圧及び電流を調整することが必要なとき、適切なRFリターンパスを提供するように調整されてもよい。上部可変インピーダンス素子260Bは、高周波発生器252の高周波RF構成要素の為にグラウンドリターンパスを提供し、低周波発生器250の為に高インピーダンスパスを提供するように適合されている。下部可変インピーダンス素子260Cは、低周波発生器250の低周波RF構成要素の為にグラウンドリターンパスを提供し、高周波発生器252の為に高インピーダンスパスを提供するように適合されている。上部インピーダンス素子260B及び下部インピーダンス素子260Cは、各RF発生器250、252から処理領域231に分配されたエネルギー量を釣り合わせるように別個に調整されてもよい。下部可変インピーダンス素子260Cのインピーダンスを増加することにより、処理領域を横切る電圧降下を減少させ、低周波整合254に関する全チャンパインピーダンスを増加させ、それによって、処理領域231に分配される低周波RF電流及び電力を減少させる。さらに、上部可変インピーダンス素子260Bのインピーダンスを増加することにより、処理領域231を横切る電圧降下を減少させ、高周波整合256に関する全チャンパインピーダンスを増加させ、それによって、処理領域231に分配される高周波RF電流及び電力を減少させる。例えば、上部可変インピーダンス素子260Bのインピーダンスは、基板支持部材216に、より高い周波数のRF電力が印加し得るように調整されてもよく、下部可変インピーダンス素子260Cのインピーダンスは、板電極236に分配される低周波電力を減少する為に増加されてもよい。そのため、分配された低周波RF電力に対する分配された高周波RF電力の比は、独立して調整可能であり、所望の処理パラメータに整合可能である。一態様において、上部可変インピーダンス素子260Bのインピーダ

10

20

30

40

50

ンスの同調は、シースインピーダンスと上部可変インピーダンス素子 260B が実質的に直列共振にあり、高周波 RF 信号に対し実質的に低いインピーダンスパスを提供するように調整されてもよい。一態様において、下部可変インピーダンス素子 260C のインピーダンスの同調は、シースインピーダンスと下部可変インピーダンス素子 260C が実質的に直列共振にあり、低周波 RF 信号に対し実質的に低インピーダンスパスを提供するように調整されてもよい。あるいは、可変インピーダンス素子 260B、260C は、必要なときにチャンバに RF 電力を反射する為に共振以上又は以下に同調可能である。

【0035】

図 7 に例示されているような他の実施形態において、低周波 RF 電源 250、低周波整合回路網 254、高周波電源 252、高周波整合回路網 256 は、単一装置へと組み合わせられ、結合及び接続損失を最小にする。高周波 / 低周波発生器 / 整合の組合せは、板電極に接続される。壁電極 265 と壁同調素子 260A は、プラズマを制限しチャンバの壁 204 を通るグラウンドに対するプラズマの損失を最小にする為に提供されている。基板同調素子 260C は、基板支持体 216 に接続されている。

10

【0036】

上記は、本発明の一定の実施形態に向けられているが、他の、更なる本発明の実施形態は、本発明の基本的範囲を逸脱することなく案出されてもよく、その範囲は添付請求項により決定される。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図 1】図 1 は、本発明の態様による処理チャンバの概略的横断面図である。

【図 2】図 2 は、本発明の可変インピーダンス素子の、一例の概略図である。

【図 3】図 3 は、本発明の態様による他の処理チャンバの概略横断面図である。

【図 4】図 4 は、本発明の態様による他の処理チャンバであって、高周波及び低周波 RF 電力の為に代わってグラウンド戻しを含む、概略横断面図である。

【図 5】チャンバ整合を備えた低周波及び高周波電源の組合せを含む本発明の態様による処理チャンバの、他の実施形態の概略横断面図である。

【図 6】本発明の態様による処理チャンバの、他の実施形態の概略横断面図である。

【図 7】本発明の態様による処理チャンバの、他の実施形態の概略横断面図である。

【符号の説明】

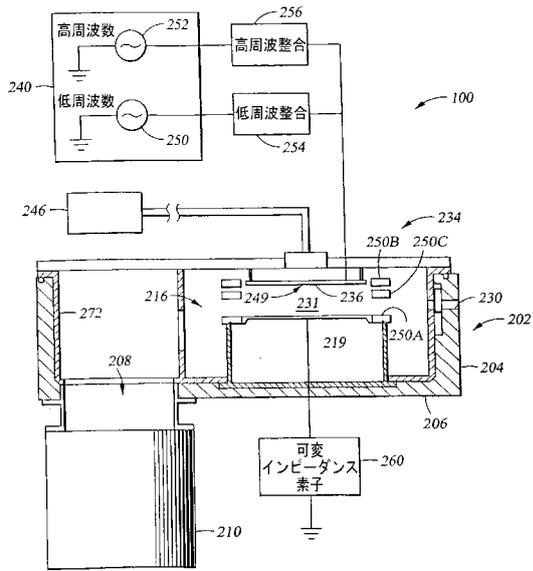
【0038】

100 ... 平行板処理システム、202 ... チャンバ、204 ... チャンバ壁、206 ... チャンバ底、208 ... 出口、210 ... 排気システム、216 ... 基板支持体、219 ... 支持板、230 ... 開口、231 ... キャピティ、処理領域、236 ... 板電極、240 ... 電源、246 ... ガス源、249 ... 保護被膜、250 ... 低周波用 RF 電源、250A ... 第 1 リング、250B ... 第 2 リング、250C ... 第 3 リング、252 ... 高周波用 RF 電源、254 ... 整合回路、256 ... 整合回路、260 ... 可変インピーダンス素子、260A、260B、260C ... 可変インピーダンス素子、262 ... 絶縁材、265 ... 壁同調素子。

20

30

【図1】



【図2】

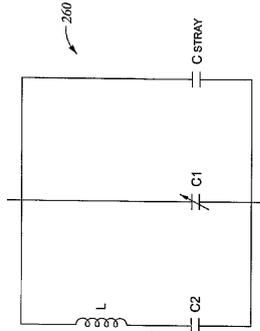
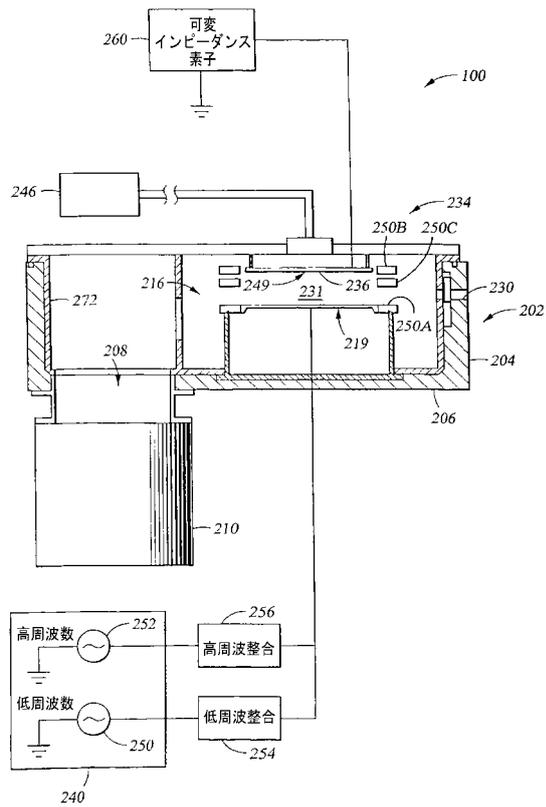
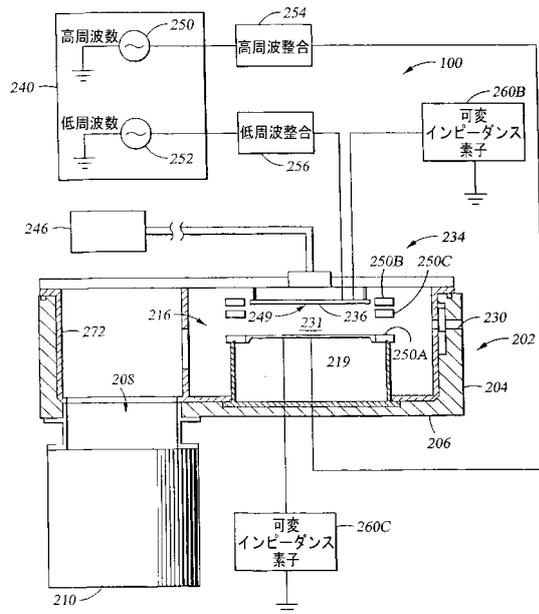


Fig. 2

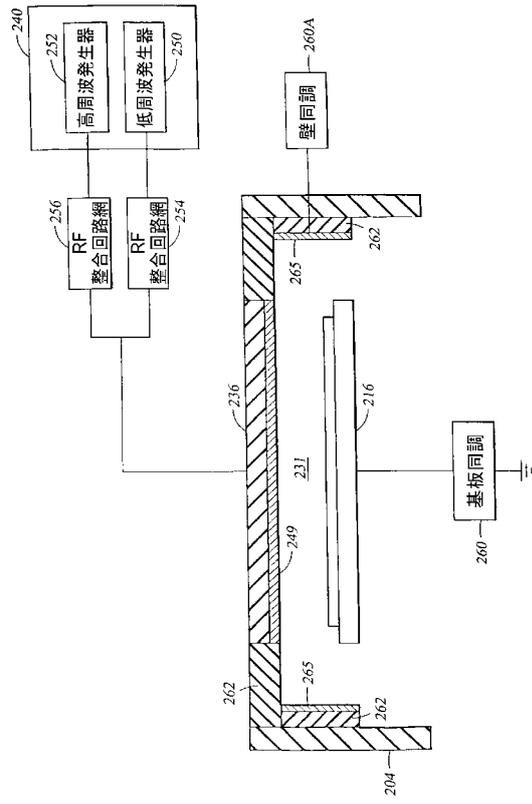
【図3】



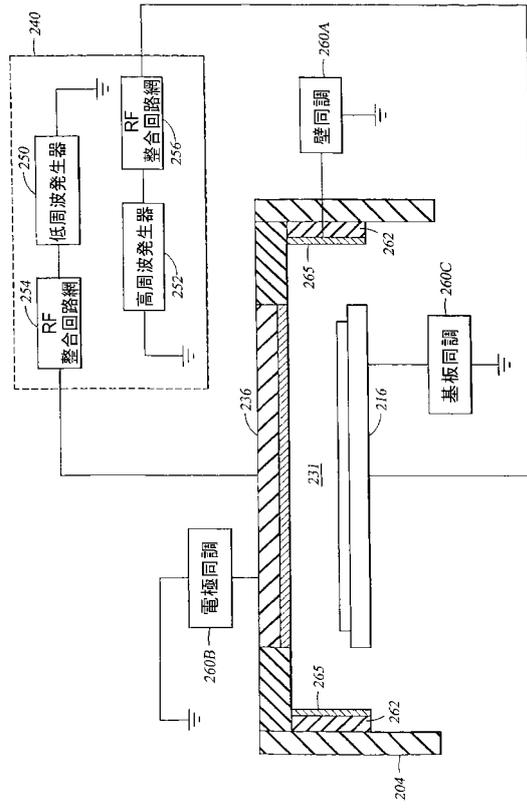
【図4】



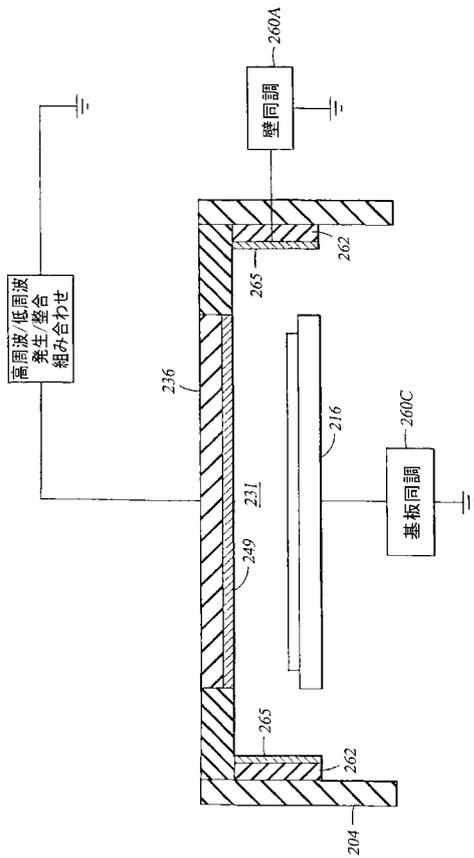
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

- (74)代理人 100104282
弁理士 鈴木 康仁
- (72)発明者 バーンズ, マイケル, エス.
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, サン ラモン, サンタ テレサ ドライブ 1 2 2 1
5
- (72)発明者 ホーランド, ジョン
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, サン ノゼ, カラヴェラス アヴェニュー 1 5 6 5
- (72)発明者 パターソン, アレキサンダー
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, サン ノゼ, コールマン ロード 1 0 3 5 ナンバ
ー 7 2 0 7
- (72)発明者 トドロフ, ヴァレンティン
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, フリーモント, ウォルコット コモン 3 3 0 0 ナ
ンバー 2 0 2
- (72)発明者 モグハダム, ファルハド
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, サラトガ, ヴィア コリーナ ドライブ 1 5 4 4 0

審査官 酒井 英夫

- (56)参考文献 特開平 1 1 - 1 8 5 9 9 8 (J P , A)
特開平 0 3 - 2 0 4 9 2 5 (J P , A)
特開平 0 4 - 3 1 3 2 7 1 (J P , A)
特開平 0 6 - 2 7 5 2 2 2 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 3 5 7 6 0 0 (J P , A)
特開昭 6 0 - 1 8 7 0 2 5 (J P , A)
特開昭 5 8 - 1 5 8 9 2 9 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 0 4 3 2 8 6 (J P , A)
特開昭 6 1 - 0 6 3 0 2 1 (J P , A)
特開平 0 7 - 2 1 1 7 0 8 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl., D B名)

H01L 21/3065
H05H 1/46