

(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2009-76870

(P2009-76870A)

(43) 公開日 平成21年4月9日(2009.4.9)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H01L 21/3065 (2006.01)	H01L 21/302 I O 1 B	4 G 0 7 5
B01J 19/08 (2006.01)	B01J 19/08 H	5 F 0 0 4
H05H 1/46 (2006.01)	H05H 1/46 M	5 F 0 4 5
H01L 21/205 (2006.01)	H01L 21/205	

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L 外国語出願 (全 37 頁)

(21) 出願番号 特願2008-192135 (P2008-192135)
 (22) 出願日 平成20年7月25日 (2008.7.25)
 (31) 優先権主張番号 11/828,568
 (32) 優先日 平成19年7月26日 (2007.7.26)
 (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 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 シャヒド ラウフ
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94566 プレザントン コーテ パドレ 6167

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電氣的バイパス要素を用いて電氣的スキューの低減したプラズマリアクタ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 プラズマ均一性を改善したプラズマリアクタを提供する。

【解決手段】 RF接地リターン電流は、バイパス電流路を提供することにより、リアクタチャンバの非対称なフィーチャーからは迂回されている。1つのバイパス電流路は、チャンバ床のポンピングポート162を排除するものであり、側壁から接地台座ベースまで延在する導電性の対称グリル200を含んでいる。他のバイパス電流路は、ウェハスリットバルブを排除するものであり、スリットバルブ128の占める側壁部分を橋架けする列をなす導電性ストラップを含んでいる。

【選択図】 図1

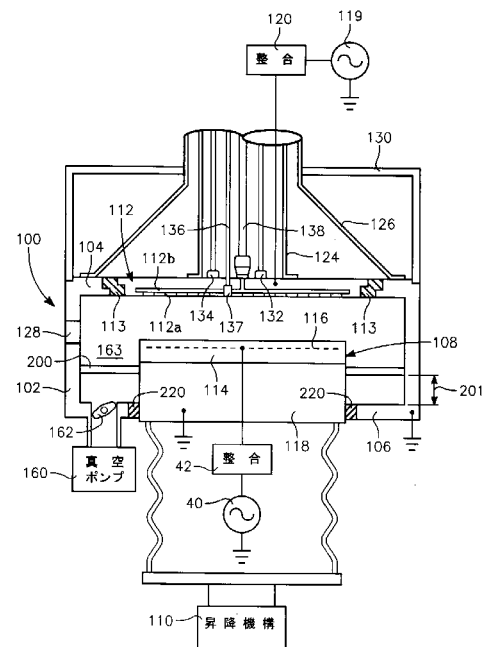


FIG. 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラズマリアクタであって、
円筒形側壁、天井及び床を有する真空チャンバと、
前記チャンバ中のワークピースサポート台座であって、前記台座と前記側壁の間のポンピングアニユラスが画定されていて、前記床に近接する接地表面を含むワークピースサポート台座と、
R F 電力印加装置及び前記天井と前記台座の間に画定されたプロセスゾーンと、
前記床を通るポンピングポートと、
前記台座の前記接地表面と前記床の間の誘電体要素と、
前記ポンピングアニユラス中で、グリルから床まで間隙をあけて前記床より上に配置された環形導電性グリルであって、前記側壁から前記台座の前記接地表面まで電流路を提供し、前記チャンバの対称軸に対して略対称であるグリルとを含むプラズマリアクタ。

10

【請求項 2】

前記台座が、前記床の中央開口部を通して延在しており、前記台座の前記接地表面が、前記中央開口部により画定された前記床の端部に対向する前記台座の外側円筒形表面を含む請求項 1 記載のリアクタ。

【請求項 3】

前記円筒形側壁の周囲部分を通るスリットバルブ開口部であって、前記円筒形側壁の環形部分内に軸方向に制限されたスリットバルブと、

20

前記側壁の前記環形部分の軸方向境界に近接する前記円筒形側壁にある少なくとも 1 つの第 1 の誘電体リングと、

前記円筒形側壁の前記環形部分をバイパスする軸方向電流流路を提供する列をなす導電性ストラップであって、前記導電性ストラップの夫々が一对の端部を有し、一方の端部は、前記環形部分の上の前記側壁に電氣的に接続されており、他方の端部は、前記環形部分の下の前記側壁に電氣的に接続されていて、前記ストラップは前記スリットバルブ開口部へのアクセスを妨げないように迂回されている導電性ストラップとを含む請求項 1 記載のリアクタ。

【請求項 4】

前記円筒形側壁に第 2 の誘電体リングを含み、前記第 1 の誘電体リングは、前記側壁の前記環形部分の上部軸方向境界に近接しており、前記第 2 の誘電体リングは、前記側壁の前記環形部分の下部軸方向境界に近接している請求項 3 記載のリアクタ。

30

【請求項 5】

前記ストラップが、均一な間隔で、前記側壁周囲に周期的に間隔をあけている請求項 3 記載のリアクタ。

【請求項 6】

前記ストラップが、R F 電流に均一なインダクタンスを与えるように構成されており、前記スリットバルブに近接するストラップが、前記スリットバルブの周囲を迂回するだけの十分な長さがあり、残りのストラップはこれより短い長さである請求項 5 記載のリアクタ。

40

【請求項 7】

前記ストラップが、前記側壁の周囲に沿って互いに間隔があいており、これは、前記台座のウェハサポート表面と前記複数のストラップの間の軸方向距離よりも短い周方向距離である請求項 3 記載のリアクタ。

【請求項 8】

前記周方向距離が、前記軸方向距離より少なくとも 3 倍短い請求項 7 記載のリアクタ。

【請求項 9】

ワークピースを処理するプラズマリアクタであって、
円筒形側壁、天井及び床を有する真空チャンバと、
前記チャンバ中のワークピースサポート台座であって、前記台座と前記側壁の間のポン

50

ピングアニュラスが画定されていて、接地表面を含むワークピースサポート台座と、
R F 電力印加装置及び前記天井と前記台座の間に画定されたプロセスゾーンと、
前記床を通るポンピングポート及び前記ポンピングポートに結合された真空ポンプと、
前記円筒形側壁にあるスリットバルブ開口部と、
前記台座から前記側壁に半径方向に延在していて、前記台座を通して接地に電氣的に結合された環形バッフルであって、前記プロセスゾーンの軸方向位置と前記スリットバルブの軸方向位置の間の軸方向位置にあるバッフルとを含むプラズマリアクタ。

【請求項 10】

前記環形バッフルが中空でなく、ガスが中を流れるのに十分な間隙で、前記側壁から分離された周囲端部を有する請求項 9 記載のリアクタ。

10

【請求項 11】

前記環形バッフルが、一列のガスフロー開口部を含み、周囲端を有し、前記リアクタが、前記周囲端と前記側壁の間に結合装置を含む請求項 9 記載のリアクタ。

【請求項 12】

前記結合装置が、
前記バッフルの前記周囲端から軸方向に延在するバッフル軸方向フランジと、
前記側壁の内側表面から半径方向に内側に延在する環形ショルダと、
前記ショルダから軸方向に延在する側壁軸方向フランジとを含み、前記側壁軸方向フランジと前記バッフル軸方向フランジは互いに向き合っていて、R F 周波数で容量結合を可能とするだけの十分に小さな間隙により間隔があいている請求項 11 記載のリアクタ。

20

【請求項 13】

前記環形ショルダが、前記プロセスゾーンの前記軸方向位置と前記スリットバルブの前記軸方向位置の間の軸方向位置にあり、これによって、前記側壁の R F 接地リターン電流を、前記スリットバルブを含む前記側壁の軸方向部分から迂回する請求項 12 記載のリアクタ。

【請求項 14】

前記スリットバルブが、円形上部と下部境界により画定される前記円筒形側壁の軸方向部分に含まれており、前記リアクタが、前記境界の一方に近接する前記側壁に第 1 の絶縁リングを含む請求項 9 記載のリアクタ。

【請求項 15】

30

前記境界の他方に近接する前記側壁に第 2 の絶縁リングを含み、これによって、R F 接地リターン電流が、前記スリットバルブを含む前記円筒形側壁の前記軸方向部分を通るのを防ぐ請求項 14 記載のリアクタ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

開示内容は、プラズマリアクタ、特に、半導体ウェハのようなワークピースの処理用のプラズマリアクタに関する。

【背景】

【0002】

40

プラズマリアクタは、例えば、プラズマエッチングプロセス、プラズマ堆積プロセス及びプラズマ浸漬イオン注入等の様々なプラズマプロセスにおける半導体ウェハ等のワークピースの処理に用いられている。半導体装置フィーチャーサイズを減じるには、プラズマリアクタ及びプロセスを改善して、プラズマ処理結果における不均一性を減じる必要がある。例えば、プラズマエッチングプロセスにおいては、ウェハ全体のエッチングレートの半径方向分布は、約 5 % 未満まで良好に減じている。装置フィーチャーサイズは、45 nm、更に 32 nm まで収縮し続けており、プラズマ均一性の更なる改善が望まれている。

【概要】

【0003】

本発明の実施形態は、プラズマ均一性の増大した、半導体ワークピース（例えば、ウェ

50

ハ) を処理するのに用いることのできる装置及び方法に関する。一態様において、プラズマリアクタが、ワークピースの処理のために提供される。リアクタは、円筒形側壁、天井及び床を有する真空チャンバを含む。チャンバのワークピースサポート台座は、台座と側壁の間でポンピングアニユラスを画定しており、ワークピースサポート台座は、床に近接する接地表面を有している。RF電力印加装置は、RF電力を、天井と台座の間で画定されたプロセスゾーンへ結合している。真空ポンプは、床を通してポンピングポートを通してチャンバに結合されている。リアクタは、台座の接地表面と床の間に誘電体要素を更に含む。リアクタはまた、グリルから床までの間隙をあけて、床の上に配置されたポンピングアニユラスに環形導電性グリルも有する。グリルは、側壁から台座の接地表面まで均一な電流路を提供する。グリルは、通常、チャンバの対称軸に対して対称である。

10

【0004】

一実施形態において、リアクタは、円筒形側壁の周囲部分を通るスリットバルブ開口部を更に含み、スリットバルブは、円筒形側壁の環形部分内に軸方向に制限されている。少なくとも第1の誘電体リングが、側壁の環形部分の軸方向境界近傍の円筒形側壁に配置されている。列をなす導電性ストラップが、円筒形側壁の環形部分をバイパスする軸方向電流流路を提供する。導電性ストラップは夫々、一对の端部を有し、一方の端部は、環形部分の上の側壁に電氣的に接続されており、他方の端部は、環形部分の下側の側壁に電氣的に接続されている。一実施形態において、ストラップはスリットバルブ開口部へのアクセスを妨げないように迂回されている。

【0005】

20

一実施形態において、第2の誘電体リングは、円筒形側壁に配置されており、第1の誘電体リングは、側壁の環形部分の上部軸方向境界に近接しており、第2の誘電体リングは、側壁の環形部分の下部軸方向境界に近接している。更なる実施形態において、ストラップは、均一な間隔で、側壁周囲に周期的に間隔をあけており、ストラップは、均一なインダクタンスをRF電流に与えるように構成されている。スリットバルブに近接するストラップは、スリットバルブの周囲を迂回するだけの十分な長さがあり、残りのストラップはこれより短い長さである。

【詳細な説明】

【0006】

プラズマリアクタの電界における周方向スキューは、プラズマプロセス不均一性を3%未満に減少させる制限因子である可能性があることを知見した。このような周方向スキューは、プラズマリアクタそのものの非対称なフィーチャーに起因する。これら非対称なフィーチャーによって、チャンバ壁と床を通るRF接地リターン電流に不均一性が形成される。このような不均一性は、ウェハ表面の電界分布に反映されて、プロセス不均一性に寄与する。例えば、あるリアクタチャンバにおいては、通常、ポンピングアニユラスの床にある円形開口部であるポンピングポートを通して、そのポンピングアニユラスの下部で、チャンバを排気する。他の例を挙げると、あるリアクタチャンバにおいては、ウェハスリットバルブが提供され、円筒形チャンバ側壁のウェハスリットバルブは、円筒形側壁周囲の約四分の一にわたって延在している。これらのフィーチャーによって、チャンバの導電性床及び壁に不連続性が生じ、RF接地リターン電流を進めて、不均一に分配し、これによって、ウェハ表面で電界に周方向スキューが生じる。これらのスキューは、ウェハのプラズマ処理結果において1%~2%の不均一性を示す。

30

40

【0007】

本発明の実施形態は、電流路を提供することに関し、一実施形態においては、RF接地リターン電流は、バイパス電流路を提供することにより、リアクタチャンバの非対称なフィーチャーから迂回される。あるバイパス電流路は、チャンバ床のポンピングポートを避け、側壁から接地台座基部まで延在する導電性対称グリルを含む。他のバイパス電流路は、ウェハスリットバルブを避け、スリットバルブの占める側壁の部分を橋架けする列をなす導電性ストラップを含む。

【0008】

50

図1を参照すると、プラズマリアクタは、円筒形側壁102、天井104及び床106により囲まれたチャンバ100を有する。ウェハサポート台座108は、床を貫くように延在しており、上昇機構110により、垂直軸に沿って動かすことができる。オーバーヘッドRF電力印加装置は、RF電力をチャンバ100の内側に結合する。図1の実施例において、オーバーヘッドRF電力印加装置は、天井104にある電極112である。電極112は、誘電体リング113により天井104からは電氣的に絶縁されている。他の実施形態において、オーバーヘッドRF電極印加装置は、天井を覆う、又は側壁102周囲に配置されたコイルアンテナ（図示せず）である。ウェハサポート台座108は、カソード電極116を囲む上部誘電体部分114と、RF接地に接続された下部導電性基部118とを有してよい。RFプラズマ電力は、RFインピーダンス整合120を通して、RFジェネレータ119からオーバーヘッド電極112に印加される。RFインピーダンス整合120は、同軸チューニングスタブ（図示せず）であってよい。オーバーヘッド電極112に対するRF供給構造は、同軸であってよく、中空円形中心導体124と、内側導体124と同軸の中空円形外側導体126とを含む。中空中心導体124は、オーバーヘッド電極112及びインピーダンス整合120のRFホット出力に接続されている。外側導体は、RF接地及び天井の接地部分に接続されている。同軸供給構造124及び126は、同軸チューニングスタブと一体化されていてもよい。ウェハの出入りを促すスリットバルブ128は、側壁102を通した浅い開口部として形成されており、図2の平面図に図示する通り、開口部は、側壁102の周囲の約四分の一にわたって延在している。RF電力は、RFインピーダンス整合42を通してRFジェネレータ40からカソード電極116に結合されている。チャンバ100は、チャンバ床のポンピングポート162を通して、真空ポンプ160により排気される。ポンピングアニュラス163は、ウェハサポート台座108と側壁102の間で画定されている。

10

20

【0009】

一実施形態において、オーバーヘッド電極112への全ての設備ラインは、導電性円筒形中空缶130で囲まれており、冷却剤入口ライン132、冷却剤出口ライン134、センサ137（光学発光分光センサ）に結合された光学センサライン136及びプロセスガス供給ライン138を含む。図1に示す実施形態において、オーバーヘッド電極112はまた、複数のガス注入オリフィス112aと内側プロセスガスマニホールド112bを含むガス分配シャワーヘッドでもある。ガス供給ライン138は、内側ガスマニホールド112bに結合されている。オーバーヘッド電極112は、内側冷却剤ジャケット（図示せず）を有することができ、そこでは、冷却剤が入口132から循環して、出口134に戻る。図1に示す実施形態において、全ての設備ライン132、134、136、138は、缶130の内側でもあり、中心同軸導体124内側でもある。

30

【0010】

プラズマ処理中、オーバーヘッド電極／シャワーヘッド112により注入されたプロセスガスは、チャンバ100に結合されたRF電力によりイオン化されて、天井電極112とウェハサポート108の間の処理ゾーンにプラズマを形成する。プラズマからのRF電力は、プラズマから側壁102及び上部電極112まで流されることにより接地に戻る。電流は、側壁102へ、側壁102の表面に沿って、床106周囲に下方に、更に、床106に沿って、ウェハサポート台座108の接地基部118まで半径方向に内側に流れる。図1及び2のリアクタは、概して、対称であって、ウェハサポート台座108周囲で一又は対称プロセス条件を促進するが、スリットバルブ128やポンピングポート162のような特定のフィーチャーは、側壁102及び半径方向経路に沿って、床の端部からウェハサポート台座の接地基部まで、軸方向下方RF電流リターン経路において、不連続である。これによって、電界分布が不均一となり、このような不均一性は、チャンバの下部ばかりでなく、台座にサポートされるウェハ表面の電界にも影響する。このような不均一性によって、プラズマ処理結果、例えば、ウェハ表面全体のエッチングレート分布に2%の不均一性が導入される。

40

【0011】

50

一実施形態において、完全に対称な（非対称の不連続性がない）隆起した導電性グリル 200 が、ポンピングアニュラス 163 に提供される。導電性グリル 200 は、非対称性のない変形の電流路となることにより、RF 接地リターン電流路における周方向スキュー源として、ポンピングポート 162 の不連続性を排除することができる。導電性グリル 200 は、床からグリルまで間隙 201 をあけて床 106 より上にサポートされている。この間隙 201 は、グリル 200 を通してガスが流れ、間隙 201 内でポンピングポート 162 までスムーズに流れるだけの十分な長さがある。間隙 201 はまた、RF ジェネレータ 119 の周波数又は RF ジェネレータ 40 の周波数で、グリル 200 と床 106 の間の相当の容量結合を防ぐだけの十分な長さがある。

【0012】

導電性グリル 200 は、導電性側壁 102 からウェハサポート台座 108 の接地基部 108 までの電気路を提供する。図 2 に示す通り、グリル 200 は、導電性スポーク 210 と円形導体 215 の均一で対称分布パターンを有するため、側壁 102 から接地台座基部 118 までの接地リターン路を提供する。これには、周方向スキュー、不均一性、非対称性はない。一実施形態において、全ての接地リターン電流が確実に導電性グリル 200 を通るようにするために、導電性チャンバ床 106 を、誘電体リング 220 により台座基部 118 から電氣的に絶縁する（図 1）。リング 220 の半径方向厚さは、RF ジェネレータ 119 の周波数及び RF ジェネレータ 40 の周波数で容量結合を防ぐのに十分なものとする。スポーク 210 のあるグリルパターン及びグリル 200 の導体 215 は、十分な空間を与えて、チャンバ 100 からポンプ 160 までのガスフロー抵抗を最小にする。具体的には、スポーク 210 及び円形導体 215 の占める水平面積対グリルの占める合計面積の比率は、グリル 200 を通るガスフロー抵抗を最小にするのに十分に小さい。一方で、この比率は、RF 接地リターン電流のグリルパターンが、ウェハ表面（ワークピースサポート台座 108 の上部表面）の電界に現れないよう十分に大きい（グリル間隔は十分に小さい）。このため、スポーク 210 間の間隔は、ウェハサポート台座 108 の上部表面とグリル 200 の間の軸方向距離より遥かに狭い。具体的には、例えば、スポーク 210 間の最大間隔と、台座 108 の上部とグリル 200 の間の間隔の比率は、約 3 倍以上である。

【0013】

他の実施形態（図 3 に図示）において、スリットバルブ 128 の上下にある上下絶縁リング 240、245 が、側壁 102 に提供されている。一実施形態において、電氣的に絶縁された側壁部分 102a をバイパスする電流路が、図 4 に図示する通り、絶縁部分 102a を軸方向に横切るように接続された複数の導電性ストラップ 230 により提供されている。絶縁リング 240、245 は、接地リターン路電流分配において周方向スキューの源として、スリットバルブ 128 により生じる不連続性を排除することができる。導電性ストラップ 230 により提供される接地リターン路は、スリットバルブの占める側壁 102 の部分をバイパスする。このバイパス電流路は、チャンバ周囲に対称に分配されている。RF 接地リターン電流は、図 3 に示す通り、スリットバルブ 128 の占める側壁 102 の部分 102a において、スリットバルブ 128 の側壁部分 102a の夫々上下にある上部絶縁リング 240 と下部絶縁リング 245 により、流れが遮断される。誘電体リング 240、245 の両方がない場合でも、少なくとも 1 つは存在する。一実施形態において、図 4 に示す通り、複数の導電性ストラップ 230 が、側壁 102 周囲に均一な間隔で配置され、均一な長さ、幅及び厚さを有している。図 5 に示す通り、ストラップ 230 は、スリットバルブ 128 と重なるこれらのストラップ 230a、230b、230c、230d は、スリットバルブ 128 の前を迂回する経路に設けられていて、ウェハの出入りを妨げないようにしている。変形実施形態において、ストラップは、それらの及ぶ分離された側壁部分 102a の軸方向長さにより近付く対応する長さを有している。ただし、スリットバルブ 128 を迂回しなければならないストラップ 230a～230d は、それに対応して長くなっている。一実施形態において、ストラップの長さにおけるこのような差から生じる不均一な電流分布を排除するために、ストラップは全て、均一（又は略均一）な

10

20

30

40

50

インダクタンスを備えている。この場合、長めのストラップ 230a~230d は、残りの（短めの）ストラップとは異なる幅及び厚さを有しており、幅と厚さの違いは、両方の長さのストラップに同じインダクタンスを与えるように選択されている。2つの異なる長さについて同じインダクタンスを得るための式(1): $L = 0.00021 [\log_e (21 / (B + C)) + 1 / 2]$ (式中、Lは μH でのインダクタンスであり、lはcmでのストラップ長さであり、Bはcmでのストラップ幅であり、Cはcmでのストラップ厚さである)に制限することによりこれは達成される。

【0014】

近接するストラップ 230 間の間隔 d は、接地リターン電流路分布における不連続性を表している。一実施形態において、ストラップ間隔パターンが、ウェハサポート台座 108 の上部の電界と同様のパターンとならないように、ストラップ間の間隔は、スリットバルブ 128 の上部からウェハ台座 108 の上部までの距離より遥かに、例えば、約 3 倍短い。近接するストラップ 230 間の間隔は、ストラップ 230 の幅と周期的な間隔のストラップの数により決まる。ストラップの数は、少なくとも 4 であり、10 以上であってもよい。ストラップの幅は、例えば、円筒形側壁 102 の周囲の約 10 分の 1 であってもよい。

【0015】

一実施形態において、絶縁部材 400 (図 3) を側壁 102 に提供してもよい。絶縁部材は、本実施形態においては、スリットバルブ 128 を囲んでいる。絶縁部材 400 は、円筒形側壁の表面にボンドされた誘電体材料であってもよい。一実施形態において、絶縁部材 400 は、スリットバルブの占める側壁部分 102a を横断する短絡を防ぐ。短絡は、例えば、スリットバルブ 128 が、外部ウェハ搬送チャンバ (図示せず) のポートとインタフェースする時に生じる恐れがある。

【0016】

一実施形態において、図 3 に示す通り、高温の導電性グリル 200 及び周期的な間隔の列をなす導電性ストラップ 230 は、同じリアクタに含まれている。この組み合わせによって、ポンピングポート 162 とスリットバルブ 128 の RF 接地リターン電流路不連続性に起因するワークピース電界の周方向スキューが減少又は排除される。オーバーヘッド電極 112 に供給された設備に起因し得るワークピース電界における他のスキュー又は不均一性は、このような設備供給ラインを全て、円筒形導電性缶 130 に含めることにより排除される。

【0017】

他の実施形態において、図 6 に示す通り、導電性チャンバ側壁 102 の上部は、誘電体側壁部分 102' に替えられる。天井 104 全体が、図 6 に示す通り、誘電体天井 104' に替えられる。誘電体側壁部分 102' は、天井 104' から、プラズマが閉じ込められる傾向となる深さまで、下方に延在している。このフィーチャーによって、側壁 102 及び床 106 を通して流れる RF 接地リターン電流を防ぐことができる。その結果、スリットバルブ 128 及びポンピングポート 162 の不連続性は、電界に影響しない。図 6 の実施形態において、異なる経路が、導電性環形バッフル 260 により、プラズマから RF 接地リターン電流に提供されている。これは、ワークピースサポート台座の外側導電性ライナ 265 に接地されている。バッフル 260 は、プラズマシースと接触するレベルであり、RF 接地リターン電流をプラズマから伝導することができる。ライナ 265 自体は、台座基部 118 に接地されている。バッフル 260 と側壁 102 の間の半径方向間隙 270 によって、台座上の処理領域からポンピングアニユラス 163 ヘガスが流れる。誘電体側壁部分 102' は、チャンバの上下部分間での電流の流れを遮断するため、外側同軸導体 126 は、チャンバの下部、即ち、台座基部 118 に接地される必要がある。これは、外側同軸導体 126 と接地基部 118 の間で、同軸ケーブルの内側導体 164 を接続することによりなされる。

【0018】

より経済的なアプローチは、図 1 の導電側壁 102 を完全に保持することであるが、図

10

20

30

40

50

6のバッフル260を提供することもある。この組み合わせの一例を、図7及び8に図示する。バッフル260が、台座108と側壁102の間の全距離に少なくとも略及んでいる。図7のバッフル260は、ガス透過性であり、例えば、ガス透過性グリルとして形成される。或いは、バッフル260のガス透過性という特徴は、バッフル260を通して、列をなす軸方向孔を形成することによっても得られる。バッフル260のガス透過性という特徴によって、処理ゾーンからポンピングアニユラス163までガスが流れる。変形実施例において、床106は、絶縁リング220により、台座基部プレート118から電氣的に絶縁されていてもよい。リング220は、図7の実施形態における任意のフィーチャーである。これは、RF接地リターン電流が、床106から台座108の接地基部118まで流れるのを防ぐ。一実施形態によれば、導電性側壁は、プラズマからバッフル260まで接地リターン電流を伝導する。このため、バッフル260は、側壁に電氣的に結合されている。一実施形態において、これは、導電性側壁102からバッフル260までの低インピーダンス容量結合路により、バッフル260と側壁102の間に機械的な接触を必要とせずに達成される。このフィーチャーによって、金属間の摩擦なしに、ワークピースサポート台座108が上下に動いて、汚染を防ぐことができる。側壁102からバッフル260までの容量結合は、バッフル260の周囲端にサポートされた導電性軸方向フランジ280及び側壁102の内側表面の導電性リッジ287にサポートされた導電性軸方向フランジ285により、図7の実施形態においては実施されている。軸方向フランジ280、285は、十分に小さな空隙290を超えて互いに向き合っており、RFジェネレータ119又はRFジェネレータ40のいずれかの周波数で、非常に低いインピーダンス容量結合を与える。その結果、RF接地リターン電流は、チャンバ100内側のプラズマから側壁102まで、そして、そこからバッフル260まで、バッフルから接地台座ベース118まで流れる。リング絶縁体220は、RF接地リターン電流が、側壁102から接地台座基部118まで流れるのを防ぐ。このように、RF接地リターン電流分布は、ポンピングポート163の存在に影響されないよう、スリットバルブ128を通過して流れず、且つ、スリットバルブ128の存在に影響されないよう、ポンピングポート162を通過して流れない。

【0019】

バッフル260は、スリットバルブ128の上の位置で、近い間隔のフランジ280、285を介して、側壁102に結合されている。一実施形態において、スリットバルブ128は、バッフル260のレベルの下の側壁102の一部にある。プラズマから側壁102までのRF接地リターン電流は、側壁102に沿って下方に流れるが、フランジ間の空隙290を横断して、バッフル260に引っ張られる（迂回する）ため、通常、バッフル260のレベルの下の側壁102を流れない。一実施形態において、RF接地リターン電流は、スリットバルブ128を含む側壁102の低部環形部分を流れない。その結果、バッフル260の空隙290を横断して、側壁102への結合によって、RF接地リターン電流が、スリットバルブ128に達するのを防ぐ。本実施形態によって、スリットバルブ128が、RF接地リターン電流分布に周方向スキューを形成する傾向を防ぐ又は減じる。

【0020】

RF接地に周方向スキューを形成する傾向は、図9に図示する通り、スリットバルブ128の上に誘電体リング300を取り付けることによって更に抑制することができる。誘電体リング300の存在によって、側壁102に沿って下方に流れるRF接地リターン電流が、スリットバルブ128により生じる不連続性に達するのを防ぐ。誘電体リング300は、このような不連続性が、RF接地リターン電流分布に影響するのを防ぐ。スリットバルブ不連続性が、電流分布に影響するのを防ぐことによって、電界がワークピースに影響するのを防ぎ、プラズマ処理中のスキュー又は不連続性を防ぐ。

【0021】

上記は本発明の実施形態を対象としているが、本発明の他の更なる実施形態は、その基本的範囲を逸脱することなしに創作することができ、その範囲は特許請求の範囲に基づい

10

20

30

40

50

て定められる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

本発明の上述の実施形態が達成され、詳細に理解できるように、上に簡単に要約した本発明について、添付図面に示した実施形態を参照して、より具体的に説明する。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すに過ぎないため、その範囲を限定するものとは考えられず、本発明は、その他の等しく有効な実施形態も含み得ることに留意すべきである。

【図1】隆起した導電性グリルが、プラズマリアクタチャンバの床の上に配置された実施形態を示す図である。

【図2】図1に対応する平面図である。

【図3】複数の導電性ストラップが、プラズマリアクタのスリットバルブ周囲にバイパス電流路を提供する実施形態を示す図である。

【図4】図3に対応する平面図である。

【図5】図3に対応する側面図である。

【図6】誘電体チャンバ本体と台座周囲の接地された導電性フランジを有する他の実施形態によるプラズマリアクタを示す図である。

【図7】導電性チャンバ本体と、台座にあって、側壁に電氣的に結合された接地された導電性フランジとを有する更なる実施形態によるプラズマリアクタを示す図である。

【図8】図7に対応する平面図である。

【図9】誘電体リングが側壁に提供された図7の実施形態の変形例を示す図である。

【0023】

理解を促すために、可能な場合は、図面で共通の同一の要素を示すのに、同一の参照番号を用いてある。図面は概略であり、縮尺は合っていない。

【図1】

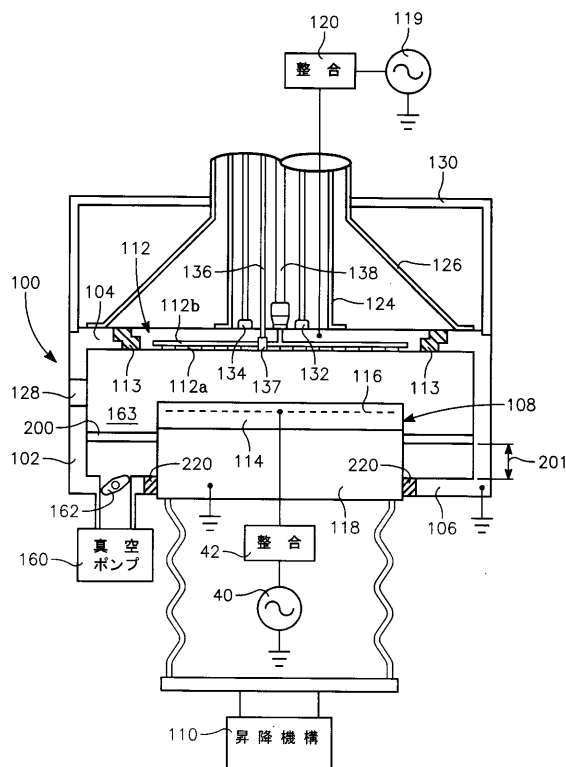


FIG. 1

【図2】

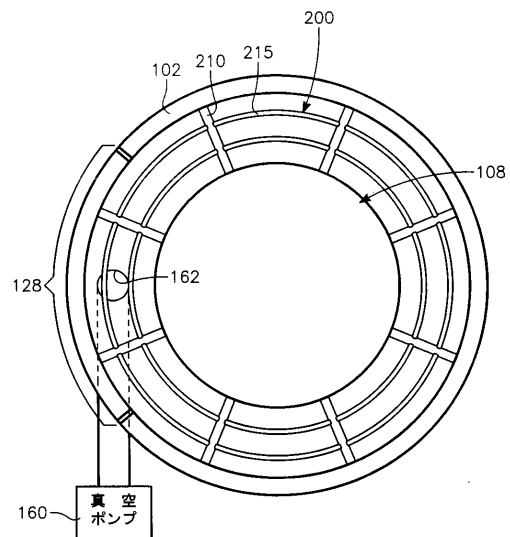


FIG. 2

【図 3】

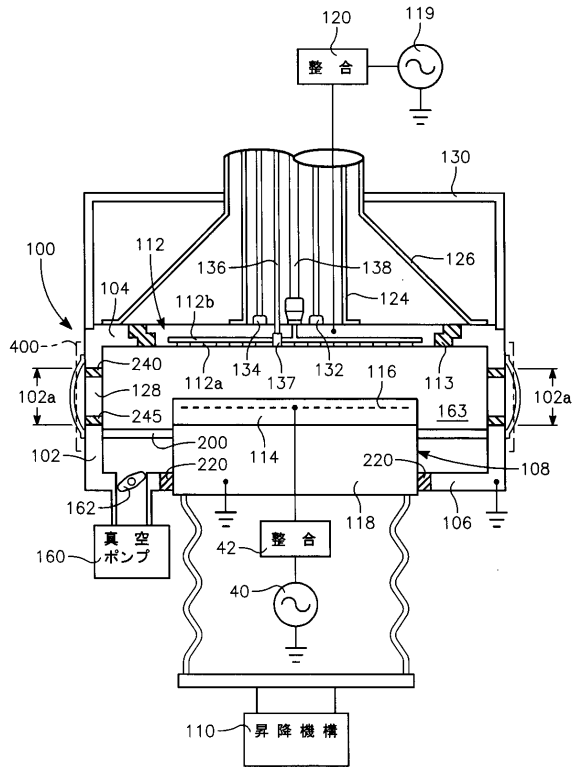


FIG. 3

【図 4】

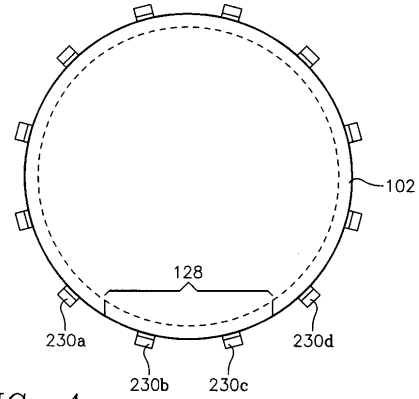


FIG. 4

【図 5】

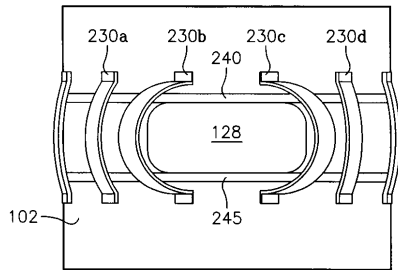


FIG. 5

【図 6】

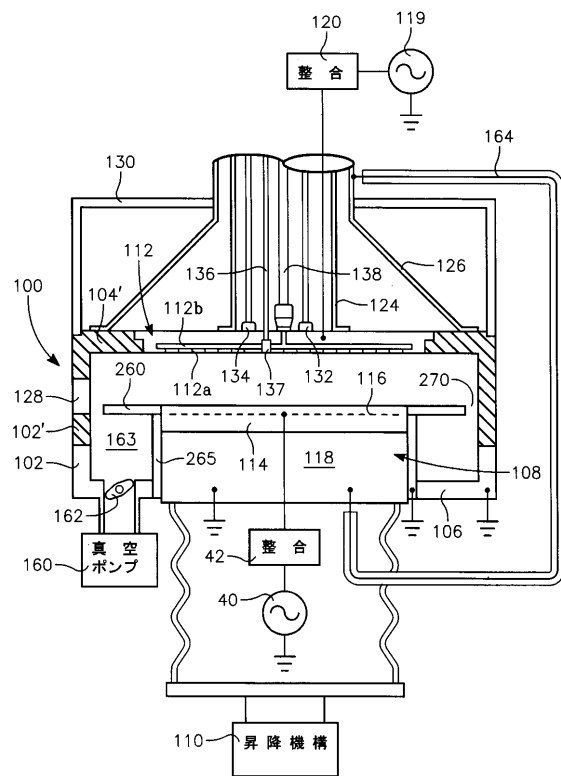


FIG. 6

【図 7】

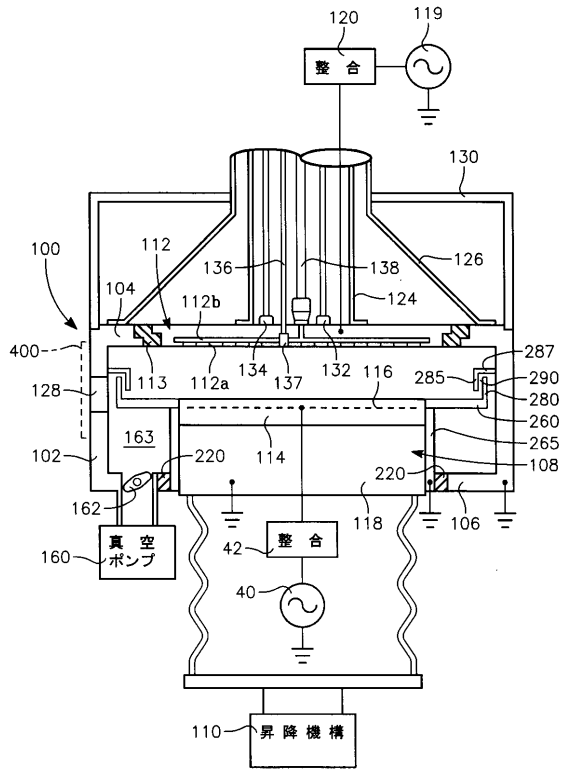


FIG. 7

【図 8】

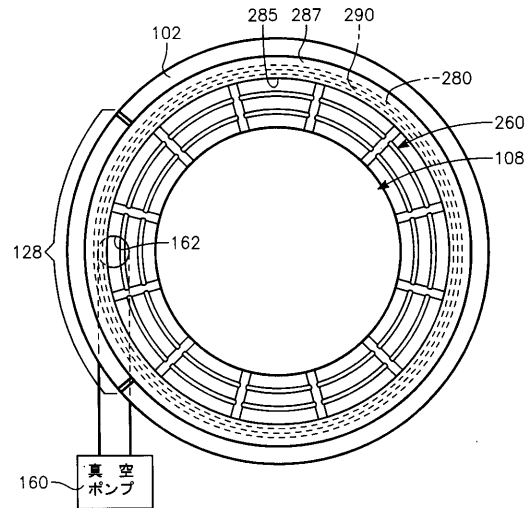


FIG. 8

【図 9】

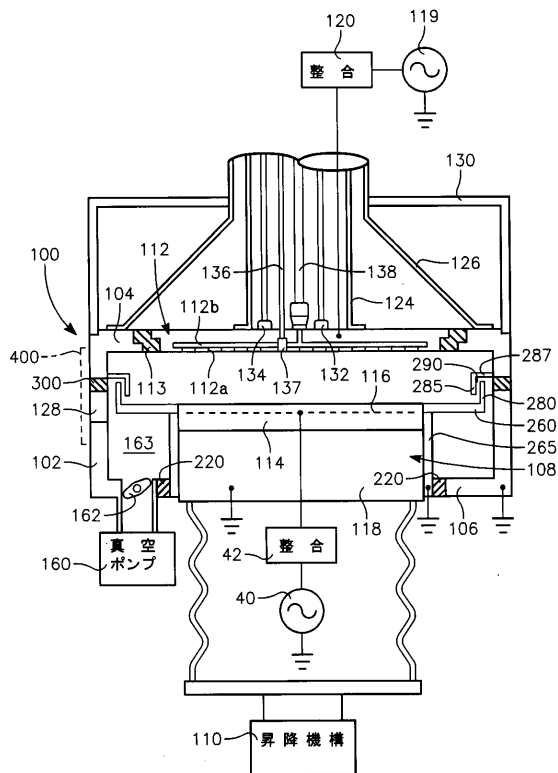


FIG. 9

フロントページの続き

- (72)発明者 ケネス エス コリンズ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 2 0 サンノゼ グレンビュー ドライブ 7 2 1 4
- (72)発明者 キャロル ベラ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 2 8 サンノゼ フルートデール アベニュー 2 1
0 0 # 6
- (72)発明者 カーティク ラマスワミ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 2 4 サンノゼ タウニーゲート ウェイ 1 6 4 6
- (72)発明者 塙 広二
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 8 6 サニーベール スプルース ドライブ 6 9 6
- (72)発明者 アンドリュー ヌグエン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 3 2 サンノゼ ホステッター ロード 3 1 4 8
- (72)発明者 スティーブン シー シャンノン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 4 0 1 サンマテオ エヌ デラウェア 8 0 0 # 3
0 8
- (72)発明者 ローレンス ワング
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 3 9 フリモント パークメドウ コート 4 5 5 8
7
- (72)発明者 コバヤシ サトル
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 4 0 マウンテン ビュー イースト エル カミノ
リアル 8 7 0 # 8 3
- (72)発明者 トロイ エス デトリック
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 2 4 ロス アルトス ラベンウッド ドライブ 1
4 8 2
- (72)発明者 ジェームズ ピー クルーズ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 0 6 2 サンタ クルーズ トレバザン アベニュー
4 2 2

Fターム(参考) 4G075 AA24 BC01 BC06 BC08 CA65 DA02 EB01 EB41 EC25 FC11

FC15

5F004 AA01 BA04 BB13 BB18 BC02 BC08

5F045 AA08 BB02 DP03 EH13 EH20

【外国語明細書】

PATENT

Atty. Docket No.: 011982 JAPA/ETCH/CHMBR/MDD

TITLE OF THE INVENTION

**PLASMA REACTOR WITH REDUCED ELECTRICAL SKEW
USING ELECTRICAL BYPASS ELEMENTS**

Inventors:

Shahid Rauf, Kenneth S. Collins, Kallol Bera,
Kartik Ramaswamy, Hiroji Hanawa, Andrew Nguyen,
Steven C. Shannon, Lawrence Wong, Satoru Kobayashi,
Troy S. Detrick and James P. Cruse

TECHNICAL FIELD

[001]The disclosure related to plasma reactors and in particular plasma reactors for processing a workpiece such as a semiconductor wafer.

BACKGROUND

[002]Plasma reactors are used in processing a workpiece such as a semiconductor wafer in various plasma processes such as plasma etch processes, plasma deposition processes and plasma immersion ion implantation, for example. Reduction in semiconductor device feature size has required improvement of plasma reactors and processes to reduce non-uniformities in plasma processing results. For example, in plasma etch processes, radial distribution of etch rate across the wafer has been successfully reduced below about 5%. As device feature size continues to shrink to 45 nm and then to 32 nm, further improvement in plasma uniformity is needed.

SUMMARY

[003]Embodiments of the present invention pertain to an apparatus and method that can be used for processing a semiconductor workpiece (e.g., a wafer) with enhanced

plasma uniformity. In one aspect, a plasma reactor is provided for processing a workpiece. The reactor includes a vacuum chamber having a cylindrical side wall, a ceiling and a floor. A workpiece support pedestal in the chamber defines a pumping annulus between the pedestal and the side wall, the workpiece support pedestal having a grounded surface adjacent the floor. An RF power applicator couples RF power into a process zone defined between the ceiling and the pedestal. A vacuum pump is coupled to the chamber through a pumping port through the floor. The reactor further includes a dielectric element between the grounded surface of the pedestal and the floor. The reactor also includes an annular conductive grill in the pumping annulus that is displaced above the floor by a grill-to-floor gap. The grill provides a uniform current path from the side wall to the grounded surface of the pedestal. The grill is generally symmetrical relative to an axis of symmetry of the chamber.

[004] In one embodiment, the reactor further includes a slit valve opening through a circumferential portion of the cylindrical side wall, the slit valve being axially confined within an annular section of the cylindrical side wall. At least a first dielectric ring is disposed in the cylindrical side wall adjacent an axial boundary of the annular section of the side wall. An array of conductive straps provide axial current paths bypassing the annular section of the cylindrical side wall. Each of the conductive straps has a pair of ends, one end being electrically connected to the side wall above the annular section and the other end being electrically

connected to the side wall below the annular section. In one embodiment, the straps are routed to avoid blocking access to the slit valve opening.

[005]In one embodiment, a second dielectric ring is disposed in the cylindrical side wall, the first dielectric ring being adjacent a top axial boundary of the annular section of the side wall and the second dielectric ring being adjacent a bottom axial boundary of the annular section of the side wall. In a further embodiment, the straps are periodically spaced around the circumference of the side wall at uniform intervals, and the straps are configured to provide uniform inductances to RF current. The straps adjacent the slit valve are of a sufficient length to permit routing around a periphery of the slit valve, while the remaining straps are of a shorter length.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[006]So that the manner in which the above recited embodiments of the invention are attained and can be understood in detail, a more particular description of the invention, briefly summarized above, may be had by reference to the embodiments thereof which are illustrated in the appended drawings. It is to be noted, however, that the appended drawings illustrate only typical embodiments of this invention and are therefore not to be considered limiting of its scope, for the invention may admit to other equally effective embodiments.

[007] FIG. 1 illustrates an embodiment in which a raised conductive grill is disposed over the floor of a plasma reactor chamber.

[008] FIG. 2 is a top view corresponding to FIG. 1.

[009] FIG. 3 illustrates an embodiment in which plural conductive straps provide a bypass current path around the slit valve of a plasma reactor.

[0010] FIG. 4 is a top view corresponding to FIG. 3, and FIG. 5 is a corresponding side view.

[0011] FIG. 6 illustrates a plasma reactor in accordance with another embodiment having a dielectric chamber body and a grounded conductive flange around the pedestal.

[0012] FIG. 7 illustrates a plasma reactor in accordance with a further embodiment having a conductive chamber body and a grounded conductive flange on the pedestal and electrically coupled to the side wall.

[0013] FIG. 8 is a top view corresponding to FIG. 7.

[0014] FIG. 9 illustrates a modification of the embodiment of FIG. 7 in which a dielectric ring is provided in the side wall.

[0015] To facilitate understanding, identical reference numerals have been used, where possible, to designate identical elements that are common to the

figures. The drawings in the figures are all schematic and not to scale.

DETAILED DESCRIPTION

[0016] We have discovered that azimuthal skew in the electrical field in a plasma reactor may be a limiting factor in reducing plasma process non-uniformity below 3%. Such azimuthal skew arises from asymmetrical features of the plasma reactor itself. These asymmetrical features may create non-uniformities in the RF ground return currents through the chamber walls and floor. Such non-uniformities may be reflected in the electrical field distribution at the wafer surface, which contributes to process non-uniformities. For example, in a certain reactor chamber, the chamber is evacuated at the bottom of its pumping annulus through a pumping port which is generally a circular opening in the floor of the pumping annulus. Another example is in some reactor chamber, a wafer slit valve is provided and the wafer slit valve in the cylindrical chamber sidewall that extends around about one quarter of the circumference of the cylindrical side wall. These features may cause discontinuities in the conductive floor and wall of the chamber, forcing RF ground return currents to distribute in a non-uniform manner, giving rise to azimuthal skews in the electrical field at the wafer surface. These skews represent a 1% to 2% non-uniformity in plasma processing results on the wafer.

[0017] Embodiments of the present invention pertain to providing a current flow path so that in one embodiment, RF ground return current flow is diverted away from

asymmetrical features of the reactor chamber by providing bypass current flow paths. One bypass current flow path avoids the pumping port in the chamber floor, and comprises a conductive symmetrical grill extending from the side wall to the grounded pedestal base. Another bypass current flow path avoids the wafer slit valve, and comprises an array of conductive straps bridging the section of the sidewall occupied by the slit valve.

[0018] Referring to FIG. 1, a plasma reactor includes a chamber 100 enclosed by a cylindrical side wall 102, a ceiling 104 and a floor 106. A wafer support pedestal 108 extends through the floor and may be movable along the vertical axis by a lift mechanism 110. An overhead RF power applicator couples RF power into the interior of the chamber 100. In the example of FIG. 1, the overhead RF power applicator is an electrode 112 in the ceiling 104. The electrode 112 is electrically insulated from the ceiling 104 by a dielectric ring 113. In another embodiment, the overhead RF power applicator is a coil antenna (not shown) overlying the ceiling or placed around the side wall 102. The wafer support pedestal 108 may have a top dielectric section 114 enclosing a cathode electrode 116, and a bottom conductive base 118 that is connected to RF ground. RF plasma power is applied to the overhead electrode 112 from an RF generator 119 through an RF impedance match 120. The RF impedance match 120 may be a coaxial tuning stub (not shown). The RF feed structure to the overhead electrode 112 may be coaxial, including a hollow circular center conductor 124 and a hollow circular outer conductor 126 that is coaxial with the inner conductor 124. The hollow center

conductor 124 is connected to the overhead electrode 112 and to the RF hot output of the impedance match 120. The outer conductor is connected to RF ground and to the grounded portion of the ceiling. The coaxial feed structure 124 and 126 may be integrated with the coaxial tuning stub. A slit valve 128 that facilitates wafer ingress and egress is formed as a shallow opening through the side wall 102, the opening extending around about one quarter of the circumference of the side wall 102, as shown in the top view of FIG. 2. RF power is coupled to the cathode electrode 116 from an RF generator 40 through an RF impedance match 42. The chamber 100 is evacuated by a vacuum pump 160 through a pumping port 162 in the chamber floor. A pumping annulus 163 is defined between the wafer support pedestal 108 and the side wall 102.

[0019] In one embodiment, all facility lines to the overhead electrode 112 are enclosed by a conductive cylindrical hollow can 130, including a coolant inlet line 132, a coolant outlet line 134, an optical sensor line 136 coupled to a sensor 137 (such as an optical emission spectroscopy sensor), and process gas supply line(s) 138. In the embodiment depicted in FIG. 1, the overhead electrode 112 is also a gas distribution showerhead containing plural gas injection orifices 112a and an internal process gas manifold 112b. The gas supply line 138 is coupled to the internal gas manifold 112b. The overhead electrode 112 can have internal coolant jackets (not shown) in which coolant is circulated from the inlet 132 and returned to the outlet 134. In the embodiment depicted in FIG. 1, all the facility lines 132, 134, 136, 138 are not only inside the

can 130 but are also inside the center coaxial conductor 124.

[0020] During plasma processing, process gas injected by the overhead electrode/showerhead 112 is ionized by the RF power coupled into the chamber 100, to form a plasma in a processing zone between the ceiling electrode 112 and the wafer support 108. RF current from the plasma is returned to ground by flowing from the plasma to sidewall 102 and top electrode 112. The current flows to the side wall 102, and then downward along a surface of the side wall 102 to the perimeter of the floor 106, and radially inwardly along the floor 106 to the grounded base 118 of the wafer support pedestal 108. While the reactor of FIGS. 1 and 2 is symmetrical in general and therefore promotes uniform or symmetrical process conditions around the wafer support pedestal 108, certain features such as the slit valve 128 and the pumping port 162 are discontinuities in the axially downward RF current return path along the side wall 102 and along the radial path from the edge of the floor to the grounded base of the wafer support pedestal. This may make the electrical field distribution non-uniform, such non-uniformity affecting the electric field not only at the bottom of the chamber but also at the surface of a wafer supported on the pedestal. Such non-uniformity could introduce a 2% non-uniformity in plasma processing results, such as the distribution of etch rate across the surface of the wafer.

[0021] In one embodiment, a raised conductive grill 200 having complete symmetry (and no asymmetrical

discontinuities) is provided in the pumping annulus 163. The conductive grill 200 can eliminate the discontinuity of the pumping port 162 as a source of azimuthal skew in the RF ground return current path, by presenting an alternative current path free of asymmetries. The conductive grill 200 is supported above the floor 106 with a floor-to-grill gap 201 that is sufficiently long for gas flow through the grill 200 to smoothly flow to the pumping port 162 within the gap 201. The gap 201 is also sufficiently long to prevent appreciable capacitive coupling between the grill 200 and the floor 106 at the frequency of the RF generator 119 or the frequency of the RF generator 40.

[0022] The conductive grill 200 provides an electrical path from the conductive side wall 102 to the grounded base 118 of the wafer support pedestal 108. As illustrated in FIG. 2, the grill 200 has a uniformly and symmetrically distributed pattern of conductive spokes 210 and circular conductors 215, and therefore provides a ground return path from the side wall 102 to the ground pedestal base 118 that is free of any azimuthal skew, non-uniformities or asymmetries. In one embodiment, to ensure that all ground return current flows through the conductive grill 200, the conductive chamber floor 106 is electrically isolated from the pedestal base 118 by a dielectric ring 220 (FIG. 1). The radial thickness of the ring 220 is sufficient to prevent capacitive coupling at the frequency of the RF generator 119 and at the frequency of the RF generator 40. The grill pattern with the spokes 210 and conductors 215 of the grill 200 leaves sufficient open space to minimize gas flow resistance

from the chamber 100 to the pump 160. Specifically, the ratio of the horizontal area occupied by the spokes 210 and circular conductors 215 to the total area occupied by the grill is sufficiently small to minimize gas flow resistance through the grill 200. On the other hand, this ratio is sufficiently great (the grill spacing is sufficiently small) to avoid a grill pattern in the RF ground return current flow from manifesting itself in the electric field at the wafer surface (at the top surface of the workpiece support pedestal 108). For this purpose, the spacing between spokes 210 is much less than the axial distance between the top surface of the wafer support pedestal 108 and the grill 200. Specifically, for example, the ratio between the maximum spacing between spokes 210 and the space between the top of the pedestal 108 and the grill 200 is about three or more.

[0023] In another embodiment (as illustrated in FIG. 3), upper and lower insulating rings 240, 245 above and below the slit valve 128 are provided in the side wall 102. In one embodiment, a current path bypassing the electrically isolated sidewall section 102a is provided by plural conductive straps 230 connected axially across the isolated section 102a as illustrated in FIG. 4. The insulating rings 240, 245 can eliminate the discontinuity presented by the slit valve 128 as a source of azimuthal skew in the ground return path current distribution. The ground return path provided by the conductive straps 230 bypasses the section of the side wall 102 occupied by the slit valve. This bypass current path is symmetrically distributed around the chamber. The RF ground return current is blocked from flowing in the section 102a of

the side wall 102 occupied by the slit valve 128 by the upper insulating ring 240 and a lower insulating ring 245 above and below, respectively, the side wall section 102a of the slit valve 128, as shown in FIG. 3. At least one if not both of the dielectric rings 240, 245 is present. In one embodiment, the plural conductive straps 230 are placed at uniform intervals around the side wall 102 and have a uniform length, width and thickness, as shown in FIG. 4. The straps 230 are sufficiently long so that those straps 230a, 230b, 230c, 230d coinciding with the slit valve 128 run in paths that circumvent the front of the slit valve 128 so as to not interfere with wafer ingress and egress, as shown in FIG. 5. In an alternative embodiment, the straps have a length more closely corresponding with the axial length of the isolated sidewall section 102a which they span, with the exception of the straps 230a-230d which must be routed around the slit valve 128, which are correspondingly longer. In one embodiment, to avoid a non-uniform current distribution arising from such differences in strap length, the straps are all provided with a uniform (or approximately uniform) inductance. In this case, the longer straps 230a-230d have a different width and thickness than the remaining (shorter) straps, the differences in width and thickness being selected to provide the same inductance for both lengths of straps. This is accomplished by constraining the following equation to yield the same inductance for the two different lengths:

$$\text{Equation (1): } L = 0.0002l \left[\log_e \left(\frac{2l}{B+C} \right) + \frac{1}{2} \right]$$

Where L is inductance in μH , l is strap length in cm, B is strap width in cm, and C is strap thickness in cm.

[0024] The spacing d between adjacent straps 230 presents a discontinuity in the ground return current path distribution. In one embodiment, to avoid the strap spacing pattern from imposing a like pattern in the electric field at the top of the wafer support pedestal 108, the strap-to-strap spacing is much less than the distance from the top of the slit valve 128 to the top of the wafer pedestal 108, by a factor of about 3, for example. The spacing between adjacent straps 230 is determined by the width of the straps 230 and the number of periodically spaced straps. The number of straps is at least 4 and may be as great as ten or more. The strap width may be about one tenth of the circumference of the cylindrical side wall 102, for example.

[0025] In one embodiment, an insulating member 400 (FIG. 3) may be provided on the sidewall 102. The insulating member surrounds the slit valve 128 in the present embodiment. The insulating member 400 may be a dielectric material bonded to the surface of the cylindrical side wall. In one embodiment, the insulating member 400 prevents shorting across the side wall section 102a occupied by the slit valve that may occur when the slit valve 128 interfaces with the port of an external wafer transfer chamber (not shown), for example.

[0026] In one embodiment, the elevated conductive grill 200 and the array of periodically spaced conductive straps 230 are included together in the same reactor, as

depicted in FIG. 3. This combination reduces or eliminates azimuthal skews in the workpiece electric field attributable to the RF ground return current path discontinuities of the pumping port 162 and the slit valve 128. Other skews or non-uniformities in the workpiece electrical field attributable to facilities supplied to the overhead electrode 112 are avoided by containing all such facilities supply lines within the cylindrical conductive can 130.

[0027] In another embodiment, as illustrated in FIG. 6, an upper portion of the conductive chamber sidewall 102 is replaced by a dielectric sidewall portion 102'. The entire ceiling 104 is replaced by a dielectric ceiling 104', as shown in FIG. 6. The dielectric sidewall portion 102' extends downwardly from the ceiling 104' to depth above which plasma tends to be confined. This feature can prevent RF ground return currents from flowing through the sidewall 102 and the floor 106. As a result, the discontinuities of the slit valve 128 and pumping port 162 have no effect upon the electric field. In the embodiment of FIG. 6, a different path is provided for RF ground return current from the plasma by a conductive annular baffle 260 that is grounded to an outer conductive liner 265 of the workpiece support pedestal. The baffle 260 is at the level where it is in contact with the plasma sheath, and can conduct the RF ground return current from the plasma. The liner 265 itself is grounded to the pedestal base 118. A radial gap 270 between the baffle 260 and the side wall 102 permits gas flow from the processing region above the pedestal into the pumping annulus 163. Because the

dielectric sidewall portion 102' blocks current flow between the top and bottom portions of the chamber, the outer coaxial conductor 126 needs to be grounded to the bottom of the chamber, namely to the pedestal base 118. This may be accomplished by connecting the inner conductor 164 of a coaxial cable between the outer coaxial conductor 126 and the grounded base 118.

[0028] A more economic approach is to retain the entirely conductive side wall 102 of FIG. 1, but also provide the baffle 260 of FIG. 6. One implementation of this combination is depicted in FIGS. 7 and 8, in which the baffle 260 spans at least nearly the entire distance between the pedestal 108 and the side wall 102. The baffle 260 of FIG. 7 is gas permeable, and may be formed as a gas-permeable grill, for example. Alternatively, the gas permeable feature of the baffle 260 may be implemented by forming an array of axial holes through the baffle 260. The gas permeable characteristic of the baffle 260 permits gas flow from the processing zone to the pumping annulus 163. In an alternative implementation, the floor 106 may be electrically isolated from the pedestal base plate 118 by an insulating ring 220, the ring 220 being an optional feature in the embodiment of FIG. 7. This can prevent RF ground return current flow from the floor 106 to the grounded base 118 of the pedestal 108. In accordance with one embodiment, the conductive sidewall conducts ground return currents from the plasma to the baffle 260. For this purpose, the baffle 260 is electrically coupled to the sidewall. In one embodiment, this is accomplished without requiring mechanical contact between the baffle

260 and the side wall 102, by a low impedance capacitively coupled path from the conductive sidewall 102 to the baffle 260. This feature permits up and down movement of the workpiece support pedestal 108 without metal-on-metal friction, to prevent contamination. The capacitive coupling from the sidewall 102 to the baffle 260 is implemented in the embodiment of FIG. 7 by a conductive axial flange 280 supported on the peripheral edge of the baffle 260 and a conductive axial flange 285 supported on a conductive ledge 287 on the interior surface of the side wall 102. The axial flanges 280, 285 face one another across a sufficiently small gap 290 to provide very low impedance capacitive coupling at the frequency of either the RF generator 119 or the RF generator 40. As a result, RF ground return current flows from the plasma inside the chamber 100 to the sidewall 102 and from there to the baffle 260 and from the baffle to the ground pedestal base 118. The ring insulator 220 prevents RF ground return current flow from the sidewall 102 to the grounded pedestal base 118. In this way, RF ground return current distribution does not flow past the slit valve 128 and does not flow past the pumping port 162, so as to be unaffected by the presence of the pumping port 163 and by the presence of the slit valve 128.

[0029] The baffle 260 is coupled to the sidewall 102 via the closely spaced flanges 280, 285 at a location above the slit valve 128. In one embodiment, the slit valve 128 is in a portion of the sidewall 102 that is below the level of the baffle 260. RF ground return current from the plasma to the sidewall 102 flows

downwardly along the sidewall 102 but is pulled off (diverted) to the baffle 260 across the flange-to-flange gap 290 and therefore does not, generally, flow through the sidewall 102 below the level of the baffle 260. In one embodiment, the RF ground return current does not flow through the lower annular section of the sidewall 102 that contains the slit valve 128. As a result, the coupling across the gap 290 of the baffle 260 to the sidewall 102 prevents RF ground return current from reaching the slit valve 128. The present embodiment prevents or reduces the tendency of the slit valve 128 to create an azimuthal skew in the RF ground return current distribution.

[0030] The tendencies to create an azimuthal skew in the RF ground may be further suppressed by installing a dielectric ring 300 above the slit valve 128 as depicted in FIG. 9. The presence of the dielectric ring 300 prevents RF ground return currents flowing downwardly along the sidewall 102 from reaching the discontinuity presented by the slit valve 128. The dielectric ring 300 prevents such discontinuity from affecting the RF ground return current distribution. Preventing the slit valve discontinuity from affecting the current distribution prevents it from affecting the electric field at the workpiece and prevents skew or non-uniformities in the plasma processing.

[0031] While the foregoing is directed to embodiments of the invention, other and further embodiments of the invention may be devised without departing from the basic

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

What is claimed is:

1. A plasma reactor comprising:

a vacuum chamber having a cylindrical side wall, a ceiling and a floor;

a workpiece support pedestal in said chamber defining a pumping annulus between said pedestal and said side wall, said workpiece support pedestal comprising a grounded surface adjacent said floor;

an RF power applicator, and a process zone defined between said ceiling and said pedestal;

a pumping port through said floor;

a dielectric element between said grounded surface of said pedestal and said floor; and

an annular conductive grill in said pumping annulus and displaced above said floor by a grill-to-floor gap, and providing a current path from said side wall to said grounded surface of said pedestal, said grill being generally symmetrical relative to an axis of symmetry of said chamber.

2. The reactor of Claim 1 wherein said pedestal extends through a center opening in said floor, said grounded surface of said pedestal comprising an outer cylindrical surface of said pedestal facing an edge of said floor defined by said center opening.

3. The reactor of Claim 1 further comprising:

a slit valve opening through a circumferential portion of said cylindrical side wall, said slit valve being axially confined within an annular section of said cylindrical side wall;

at least a first dielectric ring in said cylindrical side wall adjacent an axial boundary of said annular section of said side wall; and

an array of conductive straps providing axial current paths bypassing said annular section of said cylindrical side wall, each of said conductive straps having a pair of ends, one end being electrically connected to said side wall above said annular section and the other end being electrically connected to said side wall below said annular section, said straps being routed to avoid blocking access to said slit valve opening.

4. The reactor of Claim 3 further comprising:

a second dielectric ring in said cylindrical side wall, said first dielectric ring being adjacent a top axial boundary of said annular section of said side wall and said second dielectric ring being adjacent a bottom axial boundary of said annular section of said side wall.

5. The reactor of Claim 3 wherein said straps are periodically spaced around the circumference of said side wall at uniform intervals.

6. The reactor of Claim 5 wherein:

said straps are configured to provide uniform inductances to RF current; and

straps adjacent said slit valve are of a sufficient length to permit routing around a periphery of said slit valve, while the remaining straps are of a shorter length.

7. The reactor of Claim 3 wherein said straps are spaced from one another along the circumference of said side wall by an azimuthal distance that is less than an axial distance between a wafer support surface of said pedestal and said plural straps.

8. The reactor of Claim 7 wherein said azimuthal distance is less than said axial distance by at least a factor of three.

9. A plasma reactor for processing a workpiece, comprising:

- a vacuum chamber having a cylindrical side wall, a ceiling and a floor;

- a workpiece support pedestal in said chamber defining a pumping annulus between said pedestal and said side wall, said workpiece support pedestal comprising a grounded surface;

- an RF power applicator and a process zone defined between said ceiling and said pedestal;

- a pumping port through said floor and a vacuum pump coupled to said pumping port;

- a slit valve opening in said cylindrical side wall; and

- an annular baffle extending radially from said pedestal toward said side wall and being electrically coupled to ground through said pedestal, said baffle being at an axial position that is between the axial position of said process zone and the axial position of said slit valve.

10. The reactor of Claim 9 wherein said annular baffle is solid and has a peripheral edge separated from said sidewall by a gap sufficiently large to permit gas flow therethrough.

11. The reactor of Claim 9 wherein said annular baffle comprises a uniform array of gas flow openings, said baffle having a peripheral edge, said reactor further comprising coupling apparatus between said peripheral edge and said side wall.

12. The reactor of Claim 11 wherein said coupling apparatus comprises:

a baffle axial flange extending axially from said peripheral edge of said baffle;

an annular shoulder extending radially inward from an interior surface of said sidewall; and

a sidewall axial flange extending axially from said shoulder, said sidewall axial flange and said baffle axial flange facing one another and being spaced apart by a gap that is sufficiently small to enable capacitive coupling thereacross at an RF frequency.

13. The reactor of Claim 12 wherein said annular shoulder is at an axial position that is between the axial position of said process zone and the axial position of said slit valve, whereby to divert RF ground return current flow in said side wall from an axial section of said side wall containing said slit valve.

14. The reactor of Claim 9 wherein said slit valve is contained in an axial section of said cylindrical side

wall defined by circular top and bottom boundaries, said reactor further comprising a first insulating ring in said side wall adjacent one of said boundaries.

15. The reactor of Claim 14 further comprising a second insulating ring in said side wall adjacent the other one of said boundaries, whereby to prevent RF ground return current flow through said axial section of said cylindrical side wall containing said slit valve.

ABSTRACT OF THE DISCLOSURE

1 Abstract

RF ground return current flow is diverted away from asymmetrical features of the reactor chamber by providing bypass current flow paths. One bypass current flow path avoids the pumping port in the chamber floor, and comprises a conductive symmetrical grill extending from the side wall to the grounded pedestal base. Another bypass current flow path avoids the wafer slit valve, and comprises an array of conductive straps bridging the section of the sidewall occupied by the slit valve.

2 Representative Drawing

Fig. 1

