

(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2014-222786

(P2014-222786A)

(43) 公開日 平成26年11月27日(2014.11.27)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H01L 21/3065 (2006.01)	H01L 21/302 I O I G	4 K O 3 O
H05H 1/46 (2006.01)	H05H 1/46 M	5 F O O 4
C23C 16/509 (2006.01)	C23C 16/509	
C23C 16/46 (2006.01)	C23C 16/46	
H01L 21/265 (2006.01)	H01L 21/265 F	

審査請求 有 請求項の数 20 O L 外国語出願 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2014-172502 (P2014-172502)
 (22) 出願日 平成26年8月27日 (2014. 8. 27)
 (62) 分割の表示 特願2011-522971 (P2011-522971)
 の分割
 原出願日 平成21年8月6日 (2009. 8. 6)
 (31) 優先権主張番号 12/222, 789
 (32) 優先日 平成20年8月15日 (2008. 8. 15)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 592010081
 ラム リサーチ コーポレーション
 LAM RESEARCH CORPOR
 ATION
 アメリカ合衆国, カリフォルニア 945
 38, フレモント, クッシング パークウ
 ェイ 4650
 (74) 代理人 110000028
 特許業務法人明成国際特許事務所
 (72) 発明者 デインドサ・ラジンダー
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州951
 48 サン・ホセ, ローリングサイド・ド
 ライブ, 3670

最終頁に続く

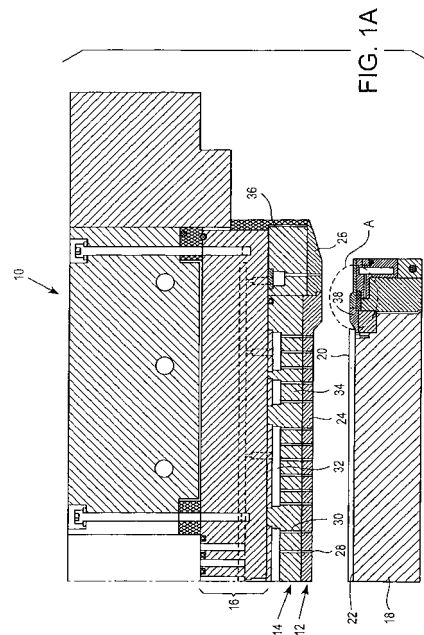
(54) 【発明の名称】 温度制御式ホットエッジリング組立体

(57) 【要約】

【課題】 プラズマ反応チャンバ内において支持された半
 導体基板を囲むように構成された温度制御式ホットエ
 ヅリング組立体を提供する。

【解決手段】 環状支持面を有する基板支持部は、基板支
 持面を囲む。高周波 (R F) 結合リングは、環状支持面
 の上に位置する。下部ガスケットは、環状支持面と R F
 結合リングとの間に位置する。下部ガスケットは、熱伝
 導性および電気伝導性を有する。ホットエッジリングは
 、 R F 結合リングの上に位置する。基板支持部は、基板
 の外縁部がホットエッジリングの上に張り出す状態で基
 板を支持するように構成される。上部熱伝導媒体は、ホ
 ットエッジリングと R F 結合リングとの間に位置する。
 ホットエッジリング、 R F 結合リング、および環状支持
 面は、機械的にクランプすることができる。加熱要素は
 、 R F 結合リング内に埋め込むことができる。

【選択図】 図 1 A



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラズマ反応チャンバ内において支持された半導体基板を囲むように構成された温度制御式ホットエッジリング組立体であって、

基板支持面を囲む環状支持面を有する基板支持部と、

前記環状支持面の上に位置する高周波（RF）結合リングと、

前記環状支持面と前記RF結合リングとの間に位置し、熱伝導性および電気伝導性を有する下部ガスケットと、

前記RF結合リングの上に位置するホットエッジリングであり、前記基板支持部は、基板を、前記基板の外縁部が前記ホットエッジリングの上に張り出す状態で支持するように構成される、ホットエッジリングと、

前記ホットエッジリングと前記RF結合リングとの間に位置する上部熱伝導媒体とを備える組立体。

10

【請求項 2】

請求項 1 記載の組立体であって、前記熱伝導媒体は、

同心状に配置された内側リングおよび外側リングを備え、前記内側リング、前記外側リング、前記ホットエッジリング、および前記RF結合リングは、加圧熱伝達ガスを収容するように構成された容積を定め、前記熱伝達ガスは、ヘリウム、ネオン、アルゴン、または窒素を含む組立体。

20

【請求項 3】

前記内側リングおよび外側リングは、前記RF結合リング内に形成された環状流路を囲み、前記内側リング、前記外側リング、および前記環状流路は、同心状に配置される請求項 2 記載の組立体。

【請求項 4】

請求項 2 記載の組立体であって、更に、

コントローラと、

プラズマ処理中に前記ホットエッジリングの温度を測定して前記コントローラに入力信号を供給するように構成された温度センサと、

前記容積に接続され、前記コントローラに応答して前記容積内のガス静圧を増加させる動作が可能な熱伝達ガス源および前記コントローラに応答して前記容積の排出を行う動作が可能な真空ポンプと

を備える組立体。

30

【請求項 5】

前記熱伝導媒体は、熱伝導性および電気伝導性を有する上部ガスケットである請求項 1 記載の組立体。

【請求項 6】

請求項 5 記載の組立体であって、

前記上部ガスケットおよび下部ガスケットは、

シリコンに基づくシート、

金属およびポリマ材料の積層材、

(a) アルミニウムまたはアルミニウム合金および (b) 充填シリコーンゴムの積層材

40

(a) ポリイミド材料および (b) 充填シリコーンゴムの積層材、または

フルオロエラストマ

から成る組立体。

【請求項 7】

前記基板支持部は、冷却液により能動的に冷却される請求項 1 記載の組立体。

【請求項 8】

前記RF結合リングは、前記環状支持面に機械的にクランプされ、前記ホットエッジリングは、前記RF結合リングに機械的にクランプされる請求項 1 記載の組立体。

50

【請求項 9】

請求項 1 記載の組立体であって、

前記 R F 結合リングは、前記環状支持面にボルト留めされ、更に、半径方向に延びるフランジを有するクランプリングを備え、前記ホットエッジリングは、前記フランジに接合して前記ホットエッジリングを前記 R F 結合リングに固定するように構成された周辺陥凹部を有し、前記クランプリングは前記 R F 結合リングにボルト留めされる組立体。

【請求項 10】

更に、前記クランプリングと前記ホットエッジリングとの間にポリイミドリングを備える請求項 9 記載の組立体。

【請求項 11】

前記 R F 結合リングは、酸化アルミニウム、シリコン、炭化ケイ素、または窒化アルミニウムにより構成され、前記ホットエッジリングは、シリコン、炭化ケイ素、または石英により構成され、前記クランプリングは、セラミック材料により構成される請求項 1 記載の組立体。

【請求項 12】

プラズマ処理チャンパ内の基板のプラズマ処理中に請求項 4 記載のホットエッジリング組立体の温度を制御する方法であって、

前記基板支持部上において前記基板を支持するステップと、

前記プラズマ処理チャンパ内に処理ガスを導入するステップと、

前記処理ガスを励起してプラズマ状態とするステップと、

前記ホットエッジリングの温度を測定するステップと、

前記ホットエッジリングの前記温度が目標温度を下回る場合、前記容積に対する熱伝達ガスの圧力を減少させるステップ、或いは、前記ホットエッジリングの前記温度が目標温度を上回る場合、前記容積に対する前記熱伝達ガスの前記圧力を増加させるステップと、

前記プラズマにより前記基板を処理するステップと

を備える方法。

【請求項 13】

前記基板を前記プラズマにより処理するステップは、(a) 半導体材料、金属、または誘電材料の層のプラズマエッチング、または (b) 導電または誘電材料の堆積を含む請求項 12 記載の方法。

【請求項 14】

請求項 1 の組立体を備えるプラズマ処理装置であって、前記プラズマ反応チャンパは、半導体、金属、または誘電材料をエッチングするように構成されたプラズマエッチャ、或いは導電または誘電材料を堆積させるように構成された堆積チャンパである、プラズマ処理装置。

【請求項 15】

プラズマ反応チャンパ内に指示された半導体基板を囲むように構成された温度制御式ホットエッジリング組立体であって、

基板支持面を囲む環状支持面を有する基板支持部と、

前記環状支持面上に位置し、前記環状支持面に機械的にクランプされる高周波 (R F) 結合リングと、

前記環状支持面と R F 結合リングとの間に位置する熱絶縁媒体と、

前記 R F 結合リングの上に位置し、前記 R F 結合リングに機械的にクランプされるホットエッジリングと、

前記ホットエッジリングと前記 R F 結合リングとの間に位置する熱伝導媒体と

を備える組立体。

【請求項 16】

請求項 15 記載の温度制御式ホットエッジリング組立体であって、前記熱絶縁媒体は、

同心状に配置された第 1 の内側 O リングおよび第 1 の外側 O リングであり、前記 R F 結合リングおよび前記環状支持面と共に、減圧状態でガスを収容するように構成された第

10

20

30

40

50

1の容積を画成する、前記第1の内側リングおよび第1の外側リング、または下部ガスケットを備える組立体。

【請求項17】

請求項15記載の温度制御式ホットエッジリング組立体であって、前記熱伝導媒体は、同心状に配置された第2の内側リングおよび第2の外側リングであり、前記ホットエッジリングおよび前記RF結合リングと共に、加圧熱伝達ガスを収容するように構成された第2の容積を画成する、前記第2の内側リングおよび第2の外側リング、または

熱伝導性および電気伝導性を有する上部ガスケットを備える組立体。

10

【請求項18】

請求項17記載の温度制御式ホットエッジリング組立体であって、更にコントローラと、プラズマ処理中に前記ホットエッジリングの温度を測定して前記コントローラに入力信号を供給するように構成された温度センサと、前記第1の容積および第2の容積に接続され、前記コントローラに応答して前記第1の容積および前記第2の容積内のガス静圧を増加させる動作が可能な熱伝達ガス源および前記コントローラに応答して前記第1の容積および前記第2の容積の排出を行う動作が可能な真空ポンプと、

20

前記RF結合リングに埋め込まれた加熱要素と、

前記コントローラに応答して、前記加熱要素に電力を供給するように構成された電源とを備える組立体。

【請求項19】

プラズマ処理チャンパ内の基板のプラズマ処理中に請求項15記載のホットエッジリング組立体の温度を制御する方法であって、

前記基板支持部上において前記基板を支持するステップと、

前記プラズマ処理チャンパ内に処理ガスを導入するステップと、

前記ホットエッジリングの温度を測定するステップと、

前記ホットエッジリングの前記温度が目標温度を下回る場合、前記ホットエッジリングの前記温度を上昇させるために前記加熱要素に電力を供給するステップ、或いは、前記ホットエッジリングの前記温度が目標温度を上回る場合、前記加熱要素への電力を停止すると共に前記容積内の熱伝達ガスの圧力を増加させるステップと、

30

前記処理ガスを励起してプラズマ状態とするステップと、

前記プラズマにより前記基板を処理するステップと

を備える方法。

【請求項20】

プラズマ反応チャンパ内において支持された半導体基板を囲むように構成された温度制御式ホットエッジリング組立体であって、

基板支持面を囲む環状支持面を有する基板支持部と、

40

前記環状支持面上に位置する高周波(RF)結合リングと、

前記環状支持面と、前記環状支持面に機械的にクランプされた前記RF結合リングとの間に位置する下部熱伝導媒体と、

前記RF結合リングの上に位置するホットエッジリングであり、前記基板支持部は、基板を、前記基板の外縁部が前記ホットエッジリングの上に張り出す状態で支持するように構成される、ホットエッジリングと、

前記RF結合リングに機械的にクランプされた前記ホットエッジリングと前記RF結合リングとの間に位置する上部熱伝導媒体と

を備える組立体。

【発明の詳細な説明】

50

【背景技術】

【0001】

プラズマ処理装置は、エッチング、物理蒸着（PVD）、化学蒸着（CVD）、イオン注入、およびレジスト剥離を含む手法により基板を処理するために使用される。プラズマ処理に使用されるプラズマ処理装置の一種は、上部および底部電極を有する反応チャンバを含む。電極間には電場を確立し、処理ガスを励起してプラズマ状態とし、反応チャンバ内の基板を処理する。

【発明の概要】

【0002】

一実施形態によれば、プラズマ反応チャンバ内において支持された半導体基板を囲むように構成された温度制御式ホットエッジリング組立体は、基板支持面を囲む環状支持面を有する基板支持部を含む。高周波（RF）結合リングは、環状支持面の上に位置する。下部ガスカートは、環状支持面とRF結合リングとの間に位置する。下部ガスカートは、熱伝導性および電気伝導性を有する。ホットエッジリングは、RF結合リングの上に位置する。基板支持部は、基板の外縁部がホットエッジリングの上に張り出す状態で基板を支持するように構成される。上部熱伝導媒体は、ホットエッジリングとRF結合リングとの間に位置する。

10

【0003】

他の実施形態によれば、プラズマ反応チャンバ内の半導体基板を囲むように構成された温度制御式ホットエッジリング組立体は、基板支持面を囲む環状支持面を有する基板支持部を含む。高周波（RF）結合リングは、環状支持面に機械的にクランプされ、熱絶縁媒体は、環状支持面とRF結合リングとの間に位置する。ホットエッジリングは、RF結合リングに機械的にクランプされ、熱伝導媒体は、ホットエッジリングとRF結合リングとの間に位置する。

20

【0004】

他の実施形態によれば、プラズマ反応チャンバ内において支持された半導体基板を囲むように構成された温度制御式ホットエッジリング組立体は、基板支持面を囲む環状支持面を有する基板支持部を含む。高周波（RF）結合リングは、環状支持面に機械的にクランプされ、下部熱伝導媒体は、環状支持面とRF結合リングとの間に位置する。ホットエッジリングは、RF結合リングに機械的にクランプされ、上部熱伝導媒体は、ホットエッジリングとRF結合リングとの間に位置する。基板支持部は、基板の外縁部がホットエッジリングの上に張り出す状態で基板を支持するように構成される。

30

【図面の簡単な説明】

【0005】

【図1A】ホットエッジリング組立体を含む、プラズマ処理装置用のシャワーヘッド電極組立体および基板支持部の実施形態の一部を示す図である。

【図1B】ホットエッジリング組立体を含む、プラズマ処理装置用のシャワーヘッド電極組立体および基板支持部の実施形態の一部を示す図である。

【0006】

【図2A】下部および上部熱伝導媒体を含む、ホットエッジリングと、RF結合リングと、環状支持部を有する基板支持部とを備えたホットエッジリング組立体の実施形態を示す図である。

40

【図2B】下部および上部熱伝導媒体を含む、ホットエッジリングと、RF結合リングと、環状支持部を有する基板支持部とを備えたホットエッジリング組立体の実施形態を示す図である。

【0007】

【図3A】熱伝導媒体として加圧熱伝達ガスを含む、ホットエッジリングと、RF結合リングと、基板支持部とを備えたホットエッジリング組立体の別の実施形態を示す図である。

【図3B】熱伝導媒体として加圧熱伝達ガスを含む、ホットエッジリングと、RF結合リ

50

ングと、基板支持部とを備えたホットエッジリング組立体の別の実施形態を示す図である。

【図 3 C】熱伝導媒体として加圧熱伝達ガスを含む、ホットエッジリングと、RF 結合リングと、基板支持部とを備えたホットエッジリング組立体の別の実施形態を示す図である。

【0008】

【図 4 A】熱伝導媒体として加圧熱伝達ガスを含む、ホットエッジリングと、加熱要素を有する RF 結合リングと、基板支持部とを備えたホットエッジリング組立体の別の実施形態を示す図である。

【図 4 B】熱伝導媒体として加圧熱伝達ガスを含む、ホットエッジリングと、加熱要素を有する RF 結合リングと、基板支持部とを備えたホットエッジリング組立体の別の実施形態を示す図である。

10

【図 4 C】熱伝導媒体として加圧熱伝達ガスを含む、ホットエッジリングと、加熱要素を有する RF 結合リングと、基板支持部とを備えたホットエッジリング組立体の別の実施形態を示す図である。

【0009】

【図 5】様々な下部および上部熱伝導媒体を使用した複数のプラズマ処理サイクル中のホットエッジリングの温度プロフィールを示すグラフである。

【0010】

【図 6 A】ヘリウム熱伝達ガスの変化する静圧の関数として、ホットエッジリングの温度プロフィールを示すグラフである。

20

【図 6 B】ヘリウム熱伝達ガスの変化する静圧の関数として、ホットエッジリングの温度プロフィールを示すグラフである。

【0011】

【図 7 A】環状流路におけるヘリウム熱伝達ガスの変化する静圧の関数として、ホットエッジリングの温度プロフィールを示すグラフである。

【図 7 B】環状流路におけるヘリウム熱伝達ガスの変化する静圧の関数として、ホットエッジリングの温度プロフィールを示すグラフである。

【0012】

【図 8】ホットエッジリングの温度プロフィールに対する Oリングの影響を示すグラフである。

30

【0013】

【図 9 A】様々な下部および上部熱伝導媒体を備えたホットエッジリング組立体を使用したフォトレジストのエッチング速度均一性を示すグラフである。

【図 9 B】様々な下部および上部熱伝導媒体を備えたホットエッジリング組立体を使用したフォトレジストのエッチング速度均一性を示すグラフである。

【図 9 C】様々な下部および上部熱伝導媒体を備えたホットエッジリング組立体を使用したフォトレジストのエッチング速度均一性を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0014】

40

集積回路デバイスの製造には、フォトレジストマスク内の開口部により画成された選択層をエッチング可能なプラズマエッチングチャンバの使用が含まれる。処理チャンバは、処理チャンバの 1 個以上の電極に高周波 (RF) 電力が印加される間に、処理ガス (即ち、エッチング化学物質) を受領するように構成される。処理チャンバ内部の圧力も、特定の処理のために制御される。所望の RF 電力を電極 (群) に印加すると、チャンバ内の処理ガスは、活性化され、プラズマが形成されるようになる。プラズマを、このようにして生成して、ウェーハ等の半導体基板の選択層において所望のエッチングを実行する。しかしながら、ウェーハのプラズマ処理に関連する課題の 1 つには、プラズマの不均一性によるプロセスドリフトが含まれる (即ち、一定の時間量に渡るプロセス性能の変化)。

【0015】

50

ウェーハ等の半導体基板上的エッチング速度均一性を制御するため、特に、ウェーハ中心部におけるエッチング速度を、ウェーハ縁部における速度に一致させるために、ウェーハ境界条件を設計して、ウェーハ縁部の化学物質への露出、プロセス圧力、およびRF電界強度について、ウェーハ全体での連続性を確保することが好ましい。公知であるように、静電クランプ電極の下にある電力供給電極により、プラズマ処理中のウェーハに対して、RFバイアスを印加することができる。しかしながら、電力供給電極から、静電クランプ電極およびウェーハを介してプラズマに至るRFインピーダンス経路は、電力供給電極の外側部分からプラズマに至るRFインピーダンス経路とは異なる場合があるため、ウェーハの縁部に生じる不均一なプラズマ密度が、ウェーハの不均一な処理につながる恐れがある。

10

【0016】

こうした不均一性を軽減するために、ウェーハの周囲に取り付けるホットエッジリングおよびRF結合リングが実装されてきた。プラズマ処理中のウェーハの中心部および縁部に同様のRFインピーダンス経路を提供することにより、プラズマ均一性を改善することができる。RFインピーダンス経路は、RF結合リングの材料の選択により操作することができる。上に位置するホットエッジリングは、RF結合リングをプラズマの浸食から保護する消耗部品である。

【0017】

エッジリングの材料は、より均一なRFインピーダンス経路をウェーハの中心部および縁部に提供して、より高いプラズマ密度均一性をウェーハ全体に提供するように選択することができる。しかしながら、RFプラズマ等の熱源に晒されると、エッジリングは、十分に冷却できず、温度の着実な上昇につながる。この温度上昇は、複数のウェーハを短期間に連続して処理する時に、ウェーハ縁部でのエッチング速度におけるプロセスドリフト（即ち、プロセス不均一性）につながる恐れがある。このように、プラズマ処理中にホットエッジリングおよびRF結合リングの温度を制御できないことは、問題となり、ウェーハ最外縁部（例えば、直径300mmのシリコンウェーハの外側5ないし7mm）におけるエッチング速度の増加、ポリマ堆積、または「第1のウェーハ効果」を発生させる場合がある。

20

【0018】

第1のウェーハ効果は、最初に処理されたウェーハの加熱により間接的に引き起こされる後続のウェーハの二次加熱を意味する。具体的には、第1のウェーハの処理の完了後、加熱された処理済みウェーハと、処理チャンバの側壁とは、上部電極に向けて熱を放射する。上部電極は、その後、チャンバにおいて処理される後続のウェーハに対して、間接的に二次加熱の作用をもたらす。結果として、システムにより処理された第1のウェーハは、システムにより処理された後続のウェーハに比べて、所望のものより大きな限界寸法（CD）の変化を示す恐れがあり、これは、ウェーハ温度の変化が高アスペクト比のコンタクトピアのエッチング中にCDに影響する場合があるためである。後続の処理済みウェーハは、チャンバ内の温度の安定化のため、第1の処理済みウェーハと比較して、CDの変化が異なるおよび/または小さい場合がある。したがって、複数のウェーハの処理に渡るエッジリング温度の着実な上昇によりプロセスドリフトが発生する恐れがあるため、次のウェーハが処理される前のエッジリングの冷却、或いは、エッジリングの温度制御を改善することが可能であり且つこれによりエッチング速度のドリフトを低減するホットエッジリング組立体は、望ましいものとなる。

30

40

【0019】

図1Aは、半導体基板、例えば、シリコンウェーハが処理されるプラズマ処理装置用のシャワーヘッド電極組立体10の実施形態例を示す。シャワーヘッド電極組立体10は、上部電極12、上部電極12に固定されたバックング部材14と、熱制御板16とを含むシャワーヘッド電極を含む。底部電極と静電クランプ電極（例えば、静電チャック）とを含む基板支持部18（図1に一部のみ図示）は、プラズマ処理装置の真空処理チャンバ内において、上部電極12の下方に位置決めされる。プラズマ処理を施される基板20は

50

、基板支持部 1 8 の基板支持面 2 2 上において静電的にクランプされる。

【 0 0 2 0 】

例示した実施形態において、シャワーヘッド電極の上部電極 1 2 は、内側電極部材 2 4 と、任意の外側電極部材 2 6 とを含む。内側電極部材 2 4 は、円筒プレート（例えば、シリコン製のプレート）であることが好ましい。内側電極部材 2 4 は、処理対象のウェーハ以上または以下の直径を有し、例えば、プレートがシリコン製である場合、1 2 インチ（3 0 0 mm 以下、またはそれ以上にすることができる。好適な実施形態において、シャワーヘッド電極組立体 1 0 は、直径 3 0 0 mm 以上の半導体ウェーハ等、大型の基板を処理する上で十分な大きさを有する。3 0 0 mm ウェーハ用として、上部電極 1 2 は、少なくとも 3 0 0 mm の直径を有する。しかしながら、シャワーヘッド電極組立体は、他のウェーハサイズ、或いは円形以外の形状を有する基板を処理するようにサイズを定めることも可能である。

10

【 0 0 2 1 】

例示した実施形態において、内側電極部材 2 4 は、基板 2 0 よりも幅が広い。3 0 0 mm ウェーハを処理するために、外側電極部材 2 6 を設けて、上部電極 1 2 の直径を約 1 5 インチから約 1 7 インチに拡張する。外側電極部材 2 6 は、連続した部材（例えば、連続したポリシリコンリング）またはセグメント化した部材（例えば、シリコン製のセグメント等、リング形状に配置された 2 ないし 6 個の別々のセグメントを含む）にすることができる。複合セグメントの外側電極部材 2 6 を含む上部電極 1 2 の実施形態において、セグメントは、下の接合材料をプラズマへの露出から保護するために互いに重複する縁部を有することが好ましい。

20

【 0 0 2 2 】

内側電極部材 2 4 は、上部電極 1 2 と基板支持部 1 8 との間の空間へプロセスガスを噴射するために、バックング部材 1 4 内に形成された複数のガス通路 3 0 を介して延びると共にこれらに対応する、複数のガス通路 2 8 を含むことが好ましい。バックング部材 1 4 は、内側電極部材 2 4 およびバックング部材 1 4 のそれぞれのガス通路 2 8 および 3 0 へ処理ガスを分配する複数のプレナム 3 2 を含む。

【 0 0 2 3 】

シリコンは、内側電極部材 2 4 および外側電極部材 2 6 のプラズマ露出面に好適な材料となる。高純度単結晶シリコンは、プラズマ処理中に基板の汚染を最小化すると共に、プラズマ処理中に円滑に摩耗することにより、微粒子を最小限に抑える。上部電極 1 2 のプラズマ露出面に使用可能な他の材料には、例えば、S i C または A l N が含まれる。

30

【 0 0 2 4 】

例示した実施形態において、バックング部材 1 4 は、バックングプレート 3 4 と、バックングプレート 3 4 の周囲を囲んで延びるバックングリング 3 6 とを含む。本実施形態において、内側電極部材 2 4 は、バックングプレート 3 4 と同一範囲に広がり、外側電極部材 2 6 は、周囲のバックングリング 3 6 と同一範囲に広がる。しかしながら、バックングプレート 3 4 は、単一のバックングプレートを使用して、内側電極部材 2 4 と外側電極部材 2 6 とに対応できるように、内側電極部材 2 4 を超えて延長可能である。内側電極部材 2 4 および外側電極部材 2 6 は、接合部材および/または機械的な留め具によりバックング部材 1 4 に取り付けられることが好ましい。

40

【 0 0 2 5 】

バックングプレート 3 4 およびバックングリング 3 6 は、プラズマ処理チャンバでの半導体基板の処理に使用される処理ガスと化学的に適合し、電気および熱伝導性を有する材料により作成することが好ましい。バックング部材 1 4 を作成するために使用可能な適切な材料の例には、アルミニウム、アルミニウム合金、グラファイト、および S i C が含まれる。

【 0 0 2 6 】

上部電極 1 2 は、熱応力に適應すると共に、上部電極 1 2 とバックングプレート 3 4 およびバックングリング 3 6 との間において熱および電気エネルギーを伝達する適切な熱およ

50

び電気伝導性のエラストマ接合材料により、バックングプレート34およびバックングリング36に取り付け可能である。電極組立体の表面を互いに接合するためのエラストマの使用は、例えば、出典を明記することによりその開示内容全体を本願明細書の一部とした、本願出願人所有の米国特許第6,073,577号において説明されている。

【0027】

300mmウェーハのような大型基板を処理するための容量結合RFプラズマチャンバでは、接地電極に加えて、二次接地を更に使用し得る。例えば、基板支持部18は、1つ以上の周波数でRFエネルギーが供給される底部電極を含むことが可能であり、処理ガスは、接地された上部電極であるシャワーヘッド電極12を介して、チャンバの内部へ供給することができる。基板支持部18内の底部電極の外側に配置された二次接地は、処理対象の基板20を含むがホットエッジリング38により分離された平面に全体として延びる、電氣的に接地された部分を含むことができる。ホットエッジリング38は、プラズマ生成中に加熱された状態となる導電性材料または半導体材料製にすることができる。

10

【0028】

図1Bは、ホットエッジリング38を囲む図1Aの領域Aの拡大図である。基板20上のエッチング速度均一性を制御し、基板中心部におけるエッチング速度を基板縁部における速度に一致させるために、基板境界条件を設計して、基板縁部の化学物質への露出、プロセス圧力、およびRF電界強度について、基板全体での連続性を確保することが好ましい。基板の汚染を最小化するために、ホットエッジリング38は、基板自体に適合する材料から作成される。一例において、ホットエッジリングの材料は、シリコン、グラファイト、炭化ケイ素等を含むことができる。別の例において、ホットエッジリングの材料は、石英を含むことができる。

20

【0029】

ホットエッジリング38は、基板支持部18の外周において基板支持面22を囲む環状支持面42上に設置されたRF結合リング40の上に位置する。基板支持部18は、基板の外縁部がホットエッジリング38の上に張り出す状態で基板20を支持するように構成される。基板支持部18は、基板支持部の内部(図1Aに図示せず)に配置した冷却通路内を循環する冷却液により、能動的に冷却することができる。RF結合リング40の材料は、基板20の縁部においてRF電界強度を漸減させて、エッチング速度均一性を高めるために選択される。例えば、RF結合リング40は、セラミック(例えば、石英、酸化アルミニウム、窒化アルミニウム)または伝導性材料(例えば、アルミニウム、シリコン、炭化ケイ素)により作成することができる。ホットエッジリング38は、誘電材料により構成されるホットエッジリングカバー44により囲まれる。ホットエッジリングカバー44は、基板20上方の領域にプラズマを閉じ込める、石英により構成可能なフォーカスリング46の上に位置する。

30

【0030】

ホットエッジリングカバー44は、基板20上方の領域にプラズマを閉じ込めるフォーカスリング46の上に位置し、ホットエッジリングカバー44は、石英により構成可能である。更に、ホットエッジリングカバー44は、接地リングカバー48により囲まれる。ホットエッジリングカバー44は、接地延長部をプラズマによる侵襲から保護する。例えば、ホットエッジリングカバー44および接地リングカバー48は、石英またはイットリアにより構成可能である。接地延長部49は、アルミニウムにより構成可能である。

40

【0031】

基板20のプラズマ処理中、ホットエッジリング38と、RF結合リング40と、基板支持部18とは、真空環境(即ち、50mTorr未満)に晒される。結果として、ホットエッジリング38とRF結合リング40との間の界面Bと、RF結合リング40と基板支持部18との間の界面Cにおいて、真空が形成される。RF電力に晒される間にホットエッジリング38の温度が上昇する際、ホットエッジリング38からRF結合リング40および基板支持部18への熱伝導による熱の移動は、適切な界面における真空の存在により、最小限となる。したがって、基板20のプラズマ処理中にホットエッジリング38の

50

温度を制御する能力に対する必要性が存在する。

【0032】

図2Aは、温度制御式ホットエッジリング組立体200の一実施形態を示す。基板支持部218は、基板支持部218の外周において基板支持面222を囲む環状支持面242を含む。RF結合リング240は、環状支持面242とRF結合リング240との間に下部熱伝導媒体250が存在する状態で、環状支持面242の上に位置する。ホットエッジリング238は、ホットエッジリング238とRF結合リング240との間に上部熱伝導媒体260が存在する状態で、RF結合リング240の上に位置する。基板支持部218は、基板220の外縁部がホットエッジリング238の上に張り出す状態で基板220を支持するように構成される。

10

【0033】

一実施形態において、下部熱伝導媒体250は、下部ガスケット252を備え、上部熱伝導媒体260は、上部ガスケット262を備える。下部ガスケット252および上部ガスケット262は、熱および電気伝導性ガスケットである。好適な実施形態において、下部ガスケット252および上部ガスケット262は、金属またはポリマ材料の積層材、シリコンに基づくシート（例えば、日本、東京のGELTECHから入手可能なGEL^(R)COH-4000）、アルミニウム（またはアルミニウム合金）および充填シリコンゴム（例えば、ミネソタ州チャンハッセンのBergquist Company製のQ-PAD^(R)II）の積層材、またはポリイミド材料および充填シリコンゴム（例えば、ミネソタ州チャンハッセンのBergquist Company製のSIL-PAD^(R)K-10）の積層材、或いは、ポリイミド材料（例えば、DUPONT^(R)製のKAPTON^(R)ポリイミドフィルム）から成る。

20

【0034】

下部ガスケット252および上部ガスケット262用の他の材料の例として、窒化ホウ素を充填したシリコン等のサーマルフィラー材料（例えば、CHOMERICCS製のCHO-THERM^(R)1671）、グラファイト材料（例えば、GRAFTECH製のeGRAF^(R)705）、インジウム箔、相変化材料（PCM）（例えば、THERMAGON製のT-pcm HP105）を含むことができる。

【0035】

図2Bは、ホットエッジリング238がRF結合リング240に機械的にクランプされ、RF結合リング240が環状支持面242に機械的にクランプされた、温度制御式ホットエッジリング組立体200の実施形態を示す。RF結合リング240は、下部ボルト（例えば、周方向に間隔を空けた2ないし12本のボルト）により、環状支持面242にボルト留めすることができる。ホットエッジリング238は、半径方向に延びるフランジ272Aを含むクランプリング272により、RF結合リング240に対して機械的にクランプされる。ホットエッジリング238は、周辺陥凹部238Aを含む。半径方向に延びるフランジ272Aは、周辺陥凹部に接合し、ホットエッジリング238をRF結合リング240に固定するように構成される。クランプリング272は、上部ボルト274（例えば、周方向に間隔を空けた2ないし12本のボルト）により、RF結合リングにボルト留めされる。クランプ中のクランプリング272およびホットエッジリング238への損傷を防止するために、平坦ポリイミドリング276（例えば、KAPTON^(R)ポリイミドフィルム）をクランプリング272とホットエッジリング238との間に設置することができる。ホットエッジリング238は、約1ft・lbないし約10ft・lbのトルクによりRF結合リング240に対してクランプすることができる。同様に、RF結合リング240は、約1ft・lbないし約10ft・lbのトルクにより環状支持面242に対してクランプすることができる。

30

40

【0036】

図3Aは、加圧熱伝達ガスが上部熱伝導媒体360として使用される、温度制御式ホットエッジリング組立体300の追加実施形態を示す。基板支持部318は、基板支持部318の外周において基板支持面322を囲む環状支持面342を含む。RF結合リング3

50

40は、環状支持面342とRF結合リング340との間に下部熱伝導媒体350として下部ガスケット352が存在する状態で、環状支持面342の上に位置する。ホットエッジリング338は、ホットエッジリング338とRF結合リング340との間に上部熱伝導媒体360が存在する状態で、RF結合リング340の上に位置する。

【0037】

上部熱伝導媒体360は、同心状に配置された上部内側リング363Aおよび上部外側リング363Bを含む。ホットエッジリング338、RF結合リング340、上部内側リング363A、および上部外側リング363Bは、上部容積366を画成する。上部容積366は、ヘリウム、ネオン、アルゴン、または窒素を含む一定量の加圧熱伝達ガスを収容するように構成される。一実施形態において、上部容積366内のヘリウムの静圧は、約30 Torrまでにすることができる。好適な実施形態において、リングは、耐熱性フルオロエラストマ（例えば、DUPONT^(R)製のVITON^(R)フルオロエラストマ）により構成される。

10

【0038】

図3Bに示したように、上部内側リング363Aおよび上部外側リング363Bは、RF結合リング340およびホットエッジリング338に形成された溝365内に配置することができる。別の実施形態では、図3Cに示したように、上部内側リング363Aと、上部外側リング363Bと、溝365と、環状流路364とは、上部内側リング363Aおよび上部外側リング363Bが環状流路364を囲むように同心状に配置される。環状流路364は、ホットエッジリング338の熱伝達ガス露出面338AとRF結合リング340の熱伝達ガス露出面340Aとの間の表面接触を最小化して、上部容積366内の熱伝達ガスの圧力（例えば、30 Torr以下）を調整することによる熱伝導性制御をより正確なものとする。一実施形態において、環状流路364の高さは、約1ミルないし約5ミルにすることができる。

20

【0039】

図3Aの実施形態では、下部熱伝導媒体350を下部ガスケット352として示しており、上部熱伝導媒体360を、ホットエッジリング338と、RF結合リング340と、上部内側リング363Aと、上部外側リング363Bとにより画成された上部容積366として示しているが、下部熱伝導媒体350も加圧熱伝達ガスの下部容積（即ち、下部内側リングと、下部外側リングと、環状支持面342と、RF結合リング340とにより画成されるもの）にすることが可能であると理解される。同様に、上部熱伝導媒体360は、上部ガスケットにすることができる。

30

【0040】

図3Aは、更に、コントローラ380と、温度センサ382と、熱伝達ガス源384と、真空ポンプ386とを示している。温度センサ382は、プラズマ処理中にホットエッジリング338の温度を測定し、コントローラ380に入力信号を供給するように構成される。熱伝達ガス源384および真空ポンプ386は、上部容積366と流体連通する。ガス源384は、コントローラ380に应答して、上部容積366内の静圧を増加させる動作が可能である。同様に真空ポンプは、コントローラ380に应答して、容積366の排出を行う動作が可能である。

40

【0041】

温度制御式ホットエッジリング組立体300を備えたプラズマ処理チャンバ内での基板320のプラズマ処理中、基板320は、基板支持面322上で支持される。処理ガスを処理チャンバ内へ導入し、処理ガスを励起してプラズマ状態とする。ホットエッジリング338の温度を測定する。ホットエッジリング338の温度が目標温度を下回っている場合は、上部容積366内の熱伝達ガスの圧力を減少させる。この上部容積366内の熱伝達ガス圧の減少は、ホットエッジリング338からRF結合リング340への熱の移動を制限し（即ち、サーマルチョーク）、これにより、ホットエッジリング338の温度は、RFプラズマへの露出により上昇可能となる。ホットエッジリング338の温度が目標温度を上回っている場合は、上部容積366内の熱伝達ガスの圧力を増加させる。この上部

50

容積 3 6 6 内の熱伝達ガス圧の増加は、ホットエッジリング 3 3 8 から R F 結合リング 3 4 0、更に温度制御された基板支持部 3 1 8 への熱の移動を促進する。基板 3 2 0 のプラズマ処理中、ホットエッジリング 3 3 8 の温度は、連続的に監視可能であり、上部容積 3 6 6 内の熱伝達ガスの圧力は、これに応じて調整して、ホットエッジリング 3 3 8 を所望の目標温度に維持することが可能である。基板 3 2 0 のプラズマ処理は、半導体材料、金属、または誘電材料のプラズマエッチング、或いは導電または誘電材料の堆積を含むことができる。

【 0 0 4 2 】

図 4 A は、R F 結合リング 4 4 0 に埋め込まれた加熱要素 4 9 0 を含む能動的溫度制御式ホットエッジリング組立体 4 0 0 の追加実施形態を示す。基板支持部 4 1 8 は、基板支持部 4 1 8 の外周において基板支持面 4 2 2 を囲む環状支持面 4 4 2 を含む。R F 結合リング 4 4 0 は、環状支持面 4 4 2 と R F 結合リング 4 4 0 との間に下部熱伝導媒体 4 5 0 が存在する状態で、環状支持面 4 4 2 の上に位置する。ホットエッジリング 4 3 8 は、ホットエッジリング 4 3 8 と R F 結合リング 4 4 0 との間に上部熱伝導媒体 4 6 0 として上部ガスカート 4 6 2 が存在する状態で、R F 結合リング 4 4 0 の上に位置する。

10

【 0 0 4 3 】

下部熱伝導媒体 4 5 0 は、同心状に配置された下部内側リング 4 6 3 C および下部外側リング 4 6 3 D を含む。環状支持面 4 4 2、R F 結合リング 3 4 0、下部内側リング 4 6 3 C、および下部外側リング 4 6 3 D は、下部容積 4 6 8 を画成する。下部容積 4 6 8 は、ヘリウム、ネオン、アルゴン、または窒素を含む一定量の加圧熱伝達ガスを収容するように構成される。

20

【 0 0 4 4 】

図 4 B に示したように、下部内側リング 4 6 3 C および下部外側リング 4 6 3 D は、R F 結合リング 4 4 0 に形成された溝 4 6 5 内に配置することができる。別の実施形態では、図 4 C に示したように、下部内側リング 4 6 3 C と、下部外側リング 4 6 3 D と、溝 4 6 5 と、環状流路 4 6 4 とは、下部内側リング 4 6 3 C および下部外側リング 4 6 3 D が環状流路 4 6 4 を囲むように同心状に配置される。環状流路 4 6 4 は、環状支持面 4 4 2 の熱伝達ガス露出面 4 4 2 A と R F 結合リング 4 4 0 の熱伝達ガス露出面 4 4 0 A との間の表面接触を最小化して、上部容積 4 6 8 内の熱伝達ガスの圧力（例えば、3 0 T o r r 以下）を調整することによる熱伝導性制御をより正確なものとする。一実施形態において、環状流路 4 6 4 の高さは、約 1 ミルないし約 5 ミルにすることができる。

30

【 0 0 4 5 】

図 4 A は、更に、コントローラ 4 8 0 と、温度センサ 4 8 2 と、熱伝達ガス源 4 8 4 と、真空ポンプ 4 8 6 と、電源 4 8 8 とを示している。温度センサ 4 8 2 は、プラズマ処理中にホットエッジリング 4 3 8 の温度を測定し、コントローラ 4 8 0 に入力信号を供給するように構成される。熱伝達ガス源 4 8 4 および真空ポンプ 4 8 6 は、下部容積 4 6 8 と流体連通する。ガス源 4 8 4 は、コントローラ 4 8 0 に応答して、下部容積 4 6 8 内の静圧を増加させる動作が可能である。同様に真空ポンプ 4 8 6 は、コントローラ 4 8 0 に応答して、容積 4 6 8 の排出を行う動作が可能である。電源 4 8 8 は、加熱要素 4 9 0 に接続され、コントローラ 4 8 0 に応答して加熱要素 4 9 0 に電力を供給する。

40

【 0 0 4 6 】

能動的溫度制御式ホットエッジリング組立体 4 0 0 を備えたプラズマ処理チャンバ内の基板 4 2 0 のプラズマ処理中、基板 4 2 0 は、基板支持面 4 2 2 上で支持される。処理ガスを処理チャンバ内へ導入し、処理ガスを励起してプラズマ状態とする。ホットエッジリング 4 3 8 の温度を測定する。

【 0 0 4 7 】

ホットエッジリング 4 3 8 の温度が目標温度を下回っている場合は、電源 4 8 8 から加熱要素 4 9 0 へ電力を供給することにより、R F 結合リング 4 4 0 を加熱する。一実施形態において、目標温度は、約 4 0 ないし約 2 0 0 である。R F 結合リング 4 4 0 とホットエッジリング 4 3 8 との間の上部ガスカート 4 6 2 は、R F 結合リング 4 4 0 からホ

50

ットエッジリング 438 への熱の移動を促進する。電源 488 から加熱要素 490 へ電力を供給する一方で、下部容積 468 内の熱伝達ガスの圧力を減少させる。この下部容積 468 内の熱伝達ガス圧の減少は、加熱要素 490 から温度制御された基板支持部 418 への熱の移動を制限する（即ち、サーマルチョーク）。

【0048】

ホットエッジリング 438 の温度が目標温度を上回っている場合は、電源 488 からの電力を停止し（加熱要素 490 が稼働中の場合）、下部容積 468 内の熱伝達ガスの圧力を増加させる。この下部容積 468 内の熱伝達ガス圧の増加は、ホットエッジリング 438 から RF 結合リング 440、更に温度制御された基板支持部 418 への熱の移動を促進する。

【0049】

基板 420 のプラズマ処理中、ホットエッジリング 438 の温度は、連続的に監視可能であり、下部容積 468 内の熱伝達ガスの圧力および加熱要素 490 への電力は、これに応じて調整して、ホットエッジリング 438 を所望の目標温度に維持することが可能である。

【0050】

[実施例 1]

【0051】

一連の試験を実施して、プラズマ処理中にホットエッジリング 238 から熱を放散する際の図 2A の実施形態における下部熱伝導媒体 250 および上部熱伝導媒体 260 の有効性を判定した。

【0052】

試験は、カリフォルニア州フレモント所在の Lam Research Corporation 製の EXELAN^(R) FLEXTM エッチングシステムにおいて行った。各試験では、4 枚の 300 mm シリコンウェーハにプラズマ処理を約 1 分間施した。25 SCCM の O₂ / 35 SCCM の C₄F₈ / 500 SCCM の Ar のガス混合物を 45 m Torr の圧力でエッチングチャンバ内へ導入した。二重周波数の電力として、周波数約 2 MHz で約 100 W、周波数 27 MHz で約 100 W（総電力 2 kW）を底部電力に印加した。ホットエッジリング 238 の温度は、プラズマ処理中に光ファイバ温度プローブにより測定した。ホットエッジリング 238 および RF 結合リング 240 は、約 2 in · lb ないし約 6 in · lb のトルクで機械的にクランプした。下部熱伝導媒体 250 および上部熱伝導媒体 260 の材料には、GEL^(R) COH-4000 ガスケット、Q-PAD^(R) I I ガスケット、および KAPTON^(R) ガスケットを含めた。

【0053】

図 5 は、総電力 2 kW での 4 回のプラズマサイクルについてホットエッジリングの温度プロフィールを時間の関数として示している。図 5 では、次の 8 種類の熱伝導媒体を試験している：(A) Q-PAD^(R) 下部ガスケット、KAPTON^(R) 上部ガスケット、トルク 2 in · lb、(B) Q-PAD^(R) 下部ガスケット、KAPTON^(R) 上部ガスケット、トルク 4 in · lb、(C) Q-PAD^(R) 下部ガスケット、KAPTON^(R) 上部ガスケット、トルク 6 in · lb、(D) Q-PAD^(R) 下部および上部ガスケット、トルク 2 in · lb、(E) Q-PAD^(R) 下部および上部ガスケット、トルク 4 in · lb、(F) Q-PAD^(R) 下部および上部ガスケット、トルク 6 in · lb、(G) GEL^(R) 上部ガスケット、下部熱伝導媒体無し、および (H) 下部および上部熱伝導媒体無し。

【0054】

図 5 の温度プロフィール (A) ないし (H) のそれぞれにおいて、局所的な温度極小は、それぞれ次のプラズマ処理サイクルの開始を表す。温度プロフィール (H)（下部および上部熱伝導媒体無し）に示したように、各局所的極小（図 5 の矢印により示す）の温度は、反復される各プラズマ処理サイクルと共に、徐々に増加している。しかしながら、温度プロフィール (A) ないし (G) では、各局所的な温度極小は、より遅い速度で増加しているか、或いは一定に維持されている。図 5 は、下部熱伝導媒体 250 および上部熱伝導

10

20

30

40

50

媒体 260 が、ホットエッジリング 238 からの熱の放散と第 1 のウェーハ効果の低減とにおいて、より効果的であることを示している。更に高い RF 電力（例えば、3 kW および 4.5 kW）での試験も同様の傾向を示す。

【0055】

[実施例 2]

【0056】

一連の試験を実施して、プラズマ処理中にホットエッジリング 338 から熱を放散する際の図 3 B の実施形態における（上部熱伝導媒体 360 としての）上部容積 366 内の加圧ヘリウムの有効性を判定した。

【0057】

試験は、カリフォルニア州フレモント所在の Lam Research Corporation 製の EXELAN^(R) FLEXTM エッチングシステムにおいて行った。各試験では、4 枚の 300 mm シリコンウェーハにプラズマ処理を 1 分間施した。その後、第 5 の 300 mm シリコンウェーハを 6 分間プラズマ処理した。25 SCCM の O₂ / 35 SCCM の C₄F₈ / 500 SCCM の Ar のガス混合物を 45 m Torr の圧力でエッチングチャンバ内へ導入した。二重周波数の電力を底部電力に印加し、総 RF 電力は、約 1 kW から約 4.5 kW まで変化させ、総ヘリウム圧は、約 0 Torr から約 30 Torr まで変化させた。ホットエッジリング 338 の温度は、プラズマ処理中に光ファイバ温度プローブにより測定した。ホットエッジリング 338 および RF 結合リング 340 は、それぞれ約 4 in · lb および約 10 in · lb のトルクで機械的にクランプした。下部熱伝導媒体 350 の材料は、Q-PAD^(R) II ガasket とした。

【0058】

図 6 A は、(A) 約 0 Torr のヘリウム静圧および (B) 約 30 Torr のヘリウム静圧について、ホットエッジリング 338 の温度プロファイルを総 RF 電力の関数として示している。ホットエッジリング 338 の温度は、第 5 の 300 mm シリコンウェーハを約 6 分間処理した後で測定した。図 6 A に示したように、約 30 Torr の加圧ヘリウムは、RF 電力 4.5 kW において最大 20 まで、ホットエッジリング 338 の温度を低下させることができる。

【0059】

図 6 B は、ヘリウム静圧を 0 Torr から 30 Torr まで 5 Torr ずつ変化させた際のホットエッジリング 338 の温度応答を示している。最初に、4.5 kW の RF 電力を印加した状態で、上部容積 366 内のヘリウムの静圧を約 0 Torr とした。ホットエッジリング 338 の温度が約 93 を超えた後、ヘリウムの静圧を約 1 分間に渡り 5 Torr に増加させ、結果として、ホットエッジリングの温度は約 85 に降下した。静圧を約 1 分間、10 Torr に増加させると、温度は約 85 に降下した。静圧を約 1 分間、15 Torr に増加させると、温度は約 79 に降下した。静圧を約 1 分間、20 Torr に増加させると、温度は約 73 に降下した。静圧を約 1 分間、25 Torr に増加させると、温度は約 72 に降下した。静圧を約 1 分間、30 Torr に増加させると、温度は約 70 に降下した。

【0060】

図 6 B は、ホットエッジリング 338 の温度を 1 分間のタイムスケールで調整可能であることを示している。更に、より低い静圧（例えば、0 Torr、5 Torr、または 10 Torr）において、より大きな温度降下を達成することができる。加えて、図 3 B の実施形態は、ヘリウム静圧を約 0 Torr から約 30 Torr まで変化させることにより、総 RF 電力 4.5 kW において、ホットエッジリングの温度を最大約 20 ないし 25 まで調整する能力を提供する。

【0061】

[実施例 3]

【0062】

一連の試験を実施して、プラズマ処理中にホットエッジリング 338 から熱を放散する

10

20

30

40

50

際の図3Cの実施形態における上部熱伝導媒体360としての環状流路364内の加圧ヘリウムの有効性を判定した。この一連の試験の実験条件は、実施例2において説明したものと同一にした。環状流路364の高さは、約2ミルとした。

【0063】

図7Aは、(A)約0 Torrのヘリウム静圧および(B)約30 Torrのヘリウム静圧について、ホットエッジリング338の温度プロファイルを総RF電力の関数として示している。ホットエッジリング338の温度は、第5の300mmシリコンウェーハを約6分間処理した後で測定した。図7Aは、更に、図6Aの実施形態による温度プロファイルを含む。図7Aに示したように、環状流路364は、ホットエッジリング338から放散される熱を減少させ、これにより、図3Bの実施形態と比較してホットエッジリング338の温度を上昇させる上で効果的である。

10

【0064】

図7Aおよび7Bに示したように、図3Cの実施形態は、ヘリウム静圧を約0 Torrから約30 Torrまで変化させることにより、総RF電力4.5 kWにおいて、ホットエッジリング338の温度を最大約25 ないし30 まで調整する能力を提供する。加えて、ホットエッジリング338の温度は、図3Bの実施形態と比較して、総RF電力約4.5 kWにおいて、約20 ないし約50 増加している。特定のエッチング用途では、ホットエッジリング338の温度が約70 ないし約90 を下回ると、望ましくないポリマ堆積がホットエッジリング338上に形成される恐れがある。

20

【0065】

[実施例4]

【0066】

プラズマ処理中にホットエッジリング338から熱を放散する際の上部内側リング363Aおよび上部外側リング363Bの有効性を示すために試験を実施した。25 SCCMのO₂/35 SCCMのC₄F₈/500 SCCMのArのガス混合物を45 mTorrの圧力で、総RF電圧3 kWと共にエッチングチャンバ内へ導入した。ホットエッジリング338の温度は、300mmシリコンウェーハのプラズマ処理中に測定した。容積365内のヘリウムの静圧は、約0 Torrに維持した。内側リング363Aおよび外側リング363Bは、VITON^(R)フルオロエラストマにより構成した。

30

【0067】

図8は、総RF電力3 kWでのプラズマ処理中のホットエッジリングの温度プロファイルを時間の関数として示している。図8では、次の2種類の条件を試験している：(A)上部内側リングおよび上部外側リング、静圧約0 Torr、(B)リング無し、静圧約0 Torr。図8において確認されるように、VITON^(R)フルオロエラストマリングの効果として、総RF電力3 kWでの約3分間のプラズマ処理後、ホットエッジリングの温度は約25 降下した。

【0068】

[実施例5]

【0069】

一連のエッチング試験を実施して、300mmシリコンウェーハの直径に渡って均一なエッチング速度を達成する際の図2Aの実施形態における下部熱伝導媒体250および上部熱伝導媒体260の有効性を判定した。

40

【0070】

試験は、カリフォルニア州フレモント所在のLam Research Corporation製のEXELAN^(R) FLEXTMエッチングシステムにおいて行った。各試験では、300mmシリコンウェーハに対して有機フォトレジスト層によるブランケットコーティングを施した。25 SCCMのO₂/35 SCCMのC₄F₈/500 SCCMのArのガス混合物を45 mTorrの圧力でエッチングチャンバ内へ導入した。二重周波数の電力を底部電力に印加し、総RF電力は、約1 kWから約3 kWまで変化させた。ホットエッジリング238およびRF結合リング240は、約2 in・lbないし約5 in・

50

1 bのトルクで機械的にクランプした。下部熱伝導媒体250および上部熱伝導媒体260の材料には、SIL-PAD^(R)ガスケット、Q-PAD^(R)IIガスケット、およびKAPTON^(R)ガスケットを含めた。ブランケットフォトレジスト層のエッチングが完了した後、ウェーハの直径に渡ってエッチング速度(nm/分)を測定した。

【0071】

図9Aないし9Cは、それぞれ約1kW、約2kW、および約3kWの総RF電力に対するフォトレジストエッチング速度プロフィールを半径位置の関数として示す。図9Aないし9Cでは、次の5種類の熱伝導媒体を試験している：(A)Q-PAD^(R)下部および上部ガスケット、トルク2in・lb、(B)Q-PAD^(R)下部および上部ガスケット、トルク5in・lb、(C)2個のSIL-PAD^(R)下部ガスケット、KAPTON^(R)上部ガスケット、トルク5in・lb、(D)下部熱伝導媒体無し、2個のSIL-PAD^(R)上部ガスケット、および(E)下部および上部熱伝導媒体無し。

10

【0072】

図9Aないし9C(矢印で示した囲み領域)に示したように、下部熱伝導媒体250および/または上部熱伝導媒体260の存在(曲線AないしD)は、ウェーハの縁部近く(即ち、±150mm近くの半径位置)のフォトレジストのエッチング速度に影響する。図9Aないし9Cから、総RF電力2kWおよび3kWにおけるトルク2in・lbおよびトルク5in・lbのQ-PAD^(R)下部および上部ガスケットが、最も均一なフォトレジストエッチング速度を発生させると判定された。

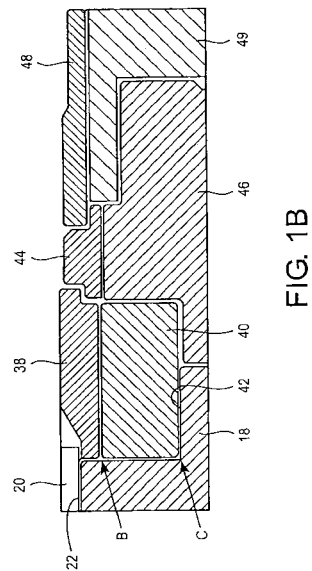
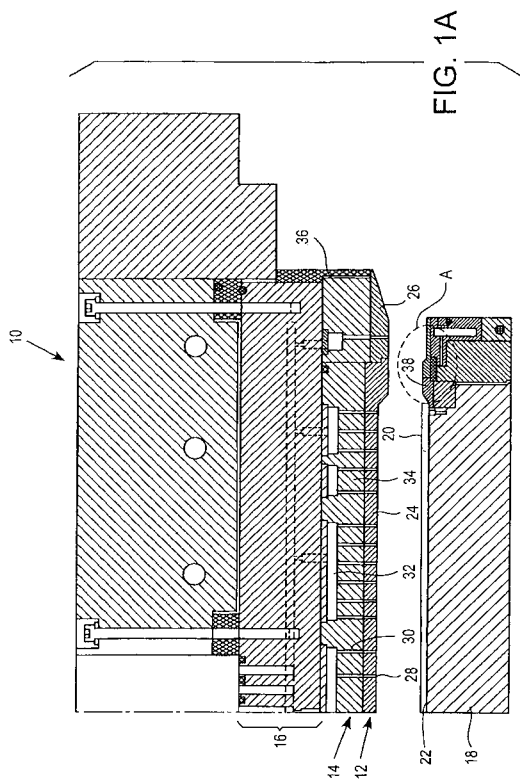
20

【0073】

以上、具体的な実施形態を参照して本発明を詳細に説明してきたが、添付の特許請求の範囲から逸脱することなく、様々な変更および変形の実施および等価物の利用が可能であることは、当業者には明らかであろう。

【図1A】

【図1B】



【 図 2 A 】

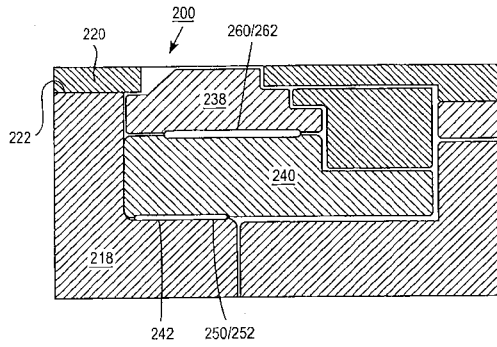


FIG. 2A

【 図 2 B 】

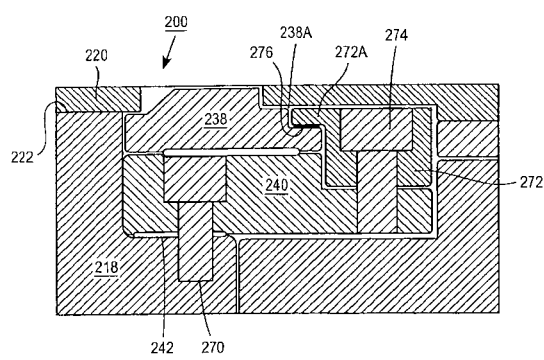


FIG. 2B

【 図 3 A 】

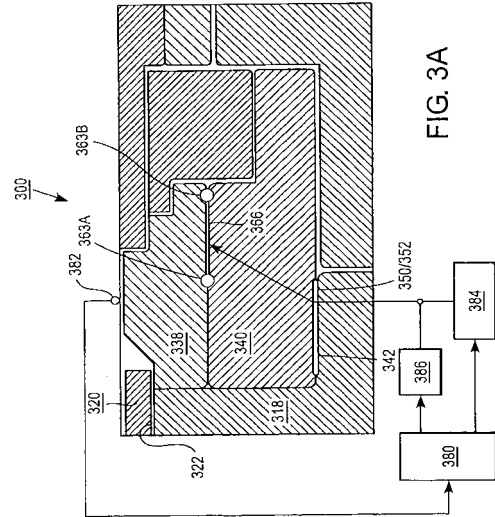


FIG. 3A

【 図 3 B 】

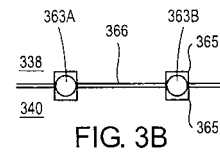


FIG. 3B

【 図 3 C 】

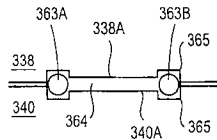


FIG. 3C

【 図 4 B 】

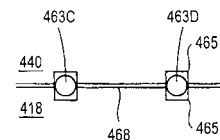


FIG. 4B

【 図 4 A 】

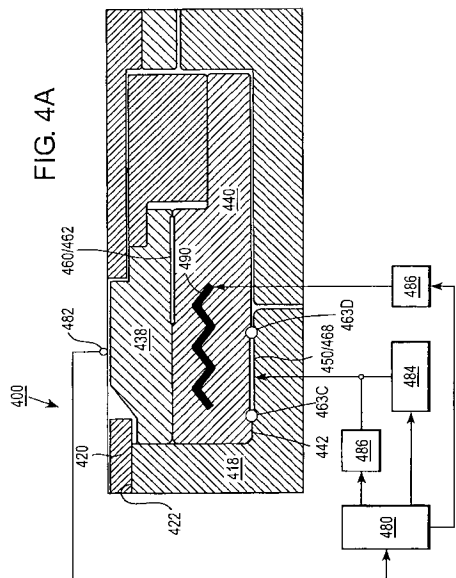


FIG. 4A

【 図 4 C 】

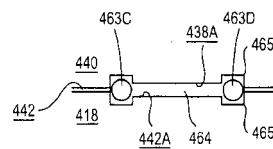


FIG. 4C

【 図 5 】

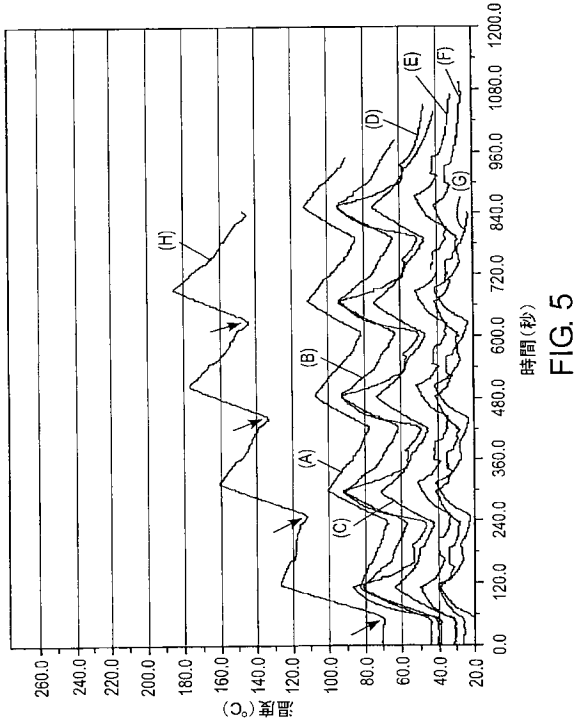


FIG. 5

【 図 6 A 】

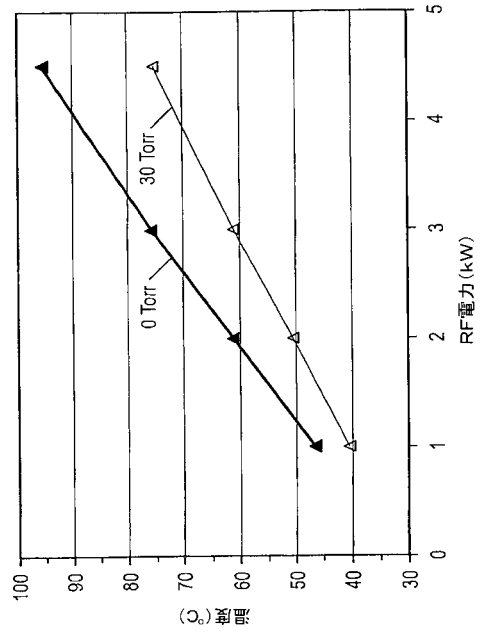


FIG. 6A

【 図 6 B 】

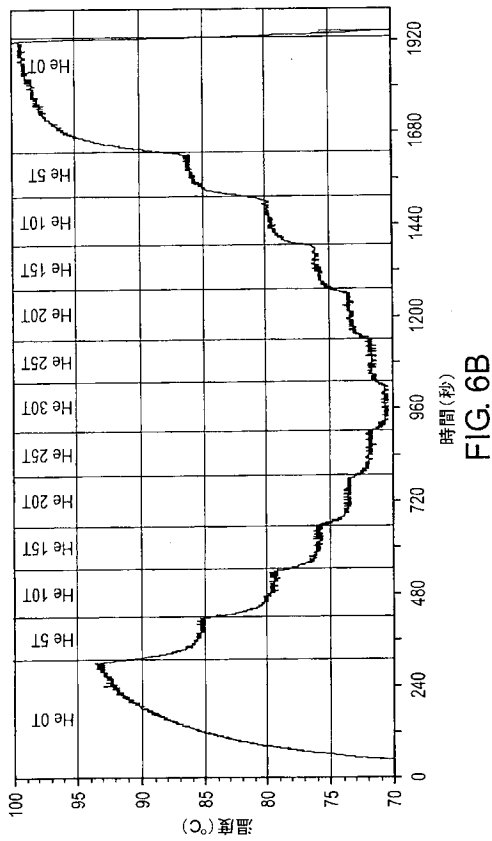


FIG. 6B

【 図 7 A 】

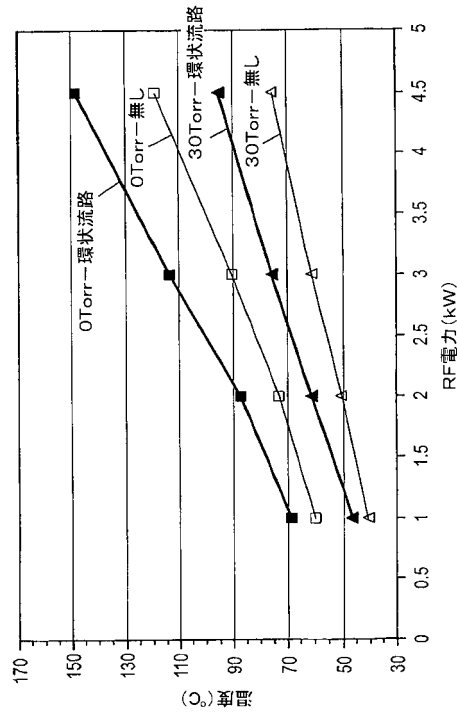
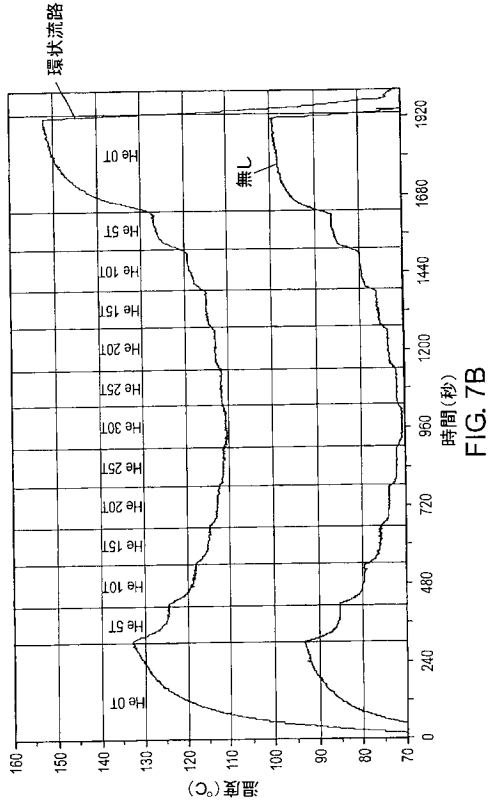
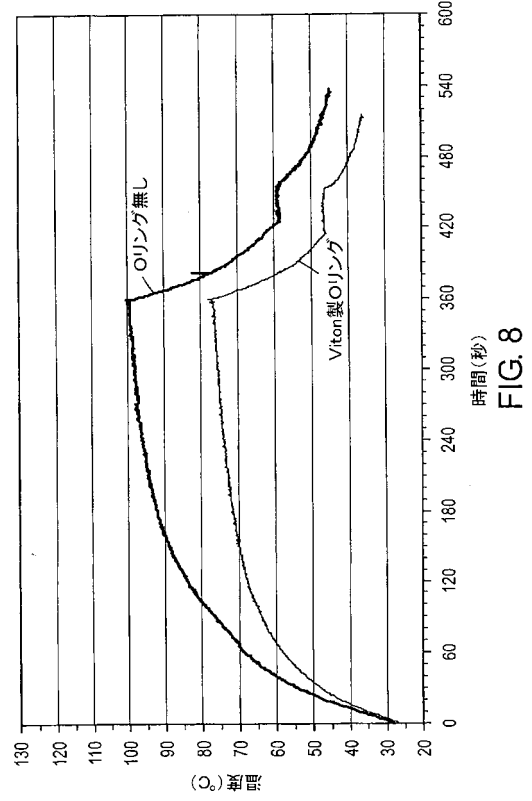


FIG. 7A

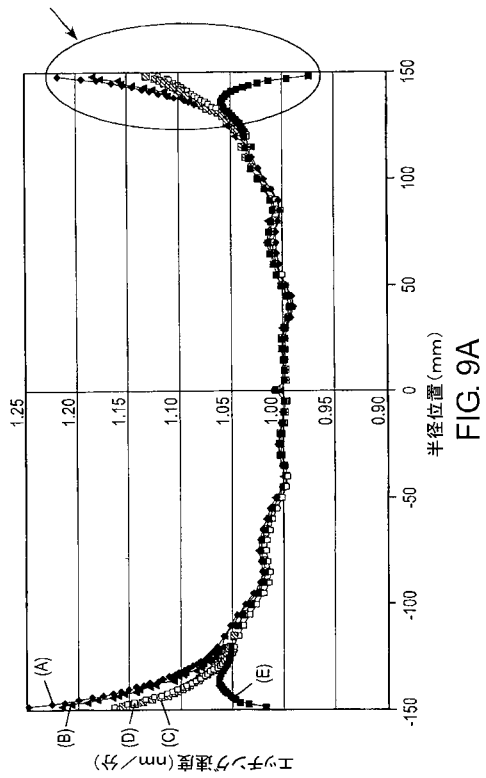
【 図 7 B 】



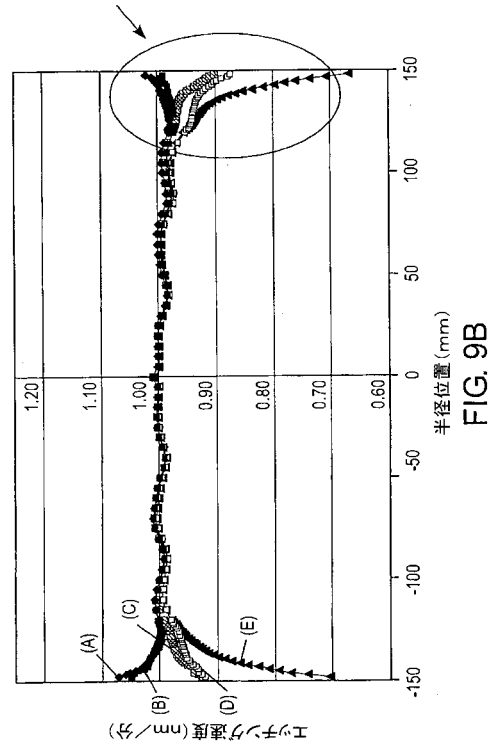
【 図 8 】



【 図 9 A 】



【 図 9 B 】



【図 9 C】

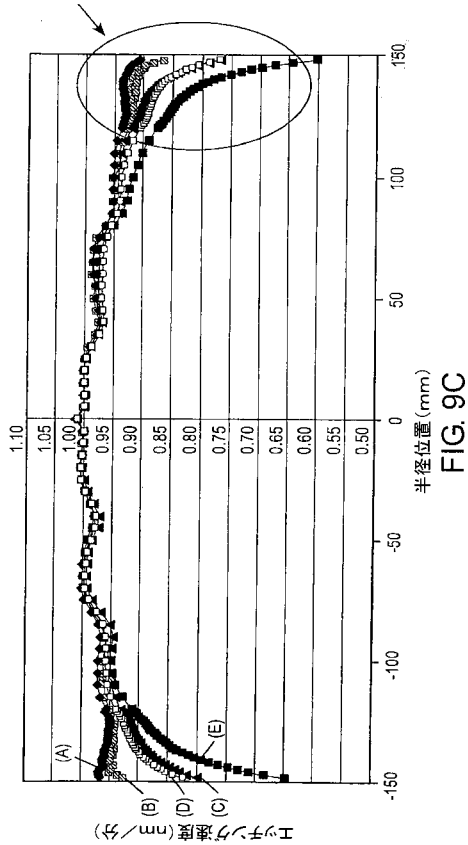


FIG. 9C

【手続補正書】

【提出日】平成26年9月24日(2014.9.24)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラズマ反応チャンバ内において支持された半導体基板を囲むように構成された温度制御式ホットエッジリング組立体であって、

基板支持面を囲む環状支持面を有する基板支持部と、

前記環状支持面の上に位置する高周波(RF)結合リングと、

前記環状支持面と前記RF結合リングとの間に位置し、熱伝導性および電気伝導性を有する下部ガスケットと、

プラズマを閉じ込めるフォーカスリングとは別体に、前記RF結合リングの上に位置するように設けられたホットエッジリングであり、前記基板支持部は、基板を、前記基板の外縁部が前記ホットエッジリングの上に張り出す状態で支持するように構成される、ホットエッジリングと、

前記ホットエッジリングと前記RF結合リングとの間に位置する上部熱伝導媒体とを備える組立体。

【請求項 2】

請求項 1 記載の組立体であって、前記熱伝導媒体は、

同心状に配置された内側リングおよび外側リングを備え、前記内側リング、前記外側リング、前記ホットエッジリング、および前記RF結合リングは、加圧熱伝達ガス

を收容するように構成された容積を定め、前記熱伝達ガスは、ヘリウム、ネオン、アルゴン、または窒素を含む組立体。

【請求項 3】

前記内側リングおよび外側リングは、前記 R F 結合リング内に形成された環状流路を囲み、前記内側リング、前記外側リング、および前記環状流路は、同心状に配置される請求項 2 記載の組立体。

【請求項 4】

請求項 2 記載の組立体であって、更に、
コントローラと、
プラズマ処理中に前記ホットエッジリングの温度を測定して前記コントローラに入力信号を供給するように構成された温度センサと、
前記容積に接続され、前記コントローラに応答して前記容積内のガス静圧を増加させる動作が可能な熱伝達ガス源および前記コントローラに応答して前記容積の排出を行う動作が可能な真空ポンプと
を備える組立体。

【請求項 5】

前記熱伝導媒体は、熱伝導性および電気伝導性を有する上部ガスケットである請求項 1 記載の組立体。

【請求項 6】

請求項 5 記載の組立体であって、
前記上部ガスケットおよび下部ガスケットは、
シリコンに基づくシート、
金属およびポリマ材料の積層材、
(a) アルミニウムまたはアルミニウム合金および (b) 充填シリコーンゴムの積層材、
、
(a) ポリイミド材料および (b) 充填シリコーンゴムの積層材、または
フルオロエラストマ
から成る組立体。

【請求項 7】

前記基板支持部は、冷却液により能動的に冷却される請求項 1 記載の組立体。

【請求項 8】

前記 R F 結合リングは、前記環状支持面に機械的にクランプされ、前記ホットエッジリングは、前記 R F 結合リングに機械的にクランプされる請求項 1 記載の組立体。

【請求項 9】

請求項 1 記載の組立体であって、
前記 R F 結合リングは、前記環状支持面にボルト留めされ、更に、半径方向に延びるフランジを有するクランプリングを備え、前記ホットエッジリングは、前記フランジに接合して前記ホットエッジリングを前記 R F 結合リングに固定するように構成された周辺陥凹部を有し、前記クランプリングは前記 R F 結合リングにボルト留めされる組立体。

【請求項 10】

更に、前記クランプリングと前記ホットエッジリングとの間にポリイミドリングを備える請求項 9 記載の組立体。

【請求項 11】

前記 R F 結合リングは、酸化アルミニウム、シリコン、炭化ケイ素、または窒化アルミニウムにより構成され、前記ホットエッジリングは、シリコン、炭化ケイ素、または石英により構成され、前記クランプリングは、セラミック材料により構成される請求項 1 記載の組立体。

【請求項 12】

プラズマ処理チャンバ内の基板のプラズマ処理中に請求項 4 記載のホットエッジリング組立体の温度を制御する方法であって、

前記基板支持部上において前記基板を支持するステップと、
前記プラズマ処理チャンバ内に処理ガスを導入するステップと、
前記処理ガスを励起してプラズマ状態とするステップと、
プラズマを閉じ込めるフォーカスリングとは別体にも受けられたホットエッジリングの
温度を測定するステップと、

前記ホットエッジリングの前記温度が目標温度を下回る場合、前記容積に対する熱伝達ガスの圧力を減少させるステップ、或いは、前記ホットエッジリングの前記温度が目標温度を上回る場合、前記容積に対する前記熱伝達ガスの前記圧力を増加させるステップと、
前記プラズマにより前記基板を処理するステップと
を備える方法。

【請求項 13】

前記基板を前記プラズマにより処理するステップは、(a) 半導体材料、金属、または誘電材料の層のプラズマエッチング、または (b) 導電または誘電材料の堆積を含む請求項 12 記載の方法。

【請求項 14】

請求項 1 の組立体を備えるプラズマ処理装置であって、前記プラズマ反応チャンバは、半導体、金属、または誘電材料をエッチングするように構成されたプラズマエッチャ、或いは導電または誘電材料を堆積させるように構成された堆積チャンバである、プラズマ処理装置。

【請求項 15】

プラズマ反応チャンバ内に指示された半導体基板を囲むように構成された温度制御式ホットエッジリング組立体であって、

基板支持面を囲む環状支持面を有する基板支持部と、

前記環状支持面上に位置し、前記環状支持面に機械的にクランプされる高周波 (RF) 結合リングと、

前記環状支持面と RF 結合リングとの間に位置する熱絶縁媒体と、

プラズマを閉じ込めるフォーカスリングとは別体に、前記 RF 結合リングの上に位置するように設けられたホットエッジリングであって、前記 RF 結合リングに機械的にクランプされるホットエッジリングと、

前記ホットエッジリングと前記 RF 結合リングとの間に位置する熱伝導媒体と
を備える組立体。

【請求項 16】

請求項 15 記載の温度制御式ホットエッジリング組立体であって、前記熱絶縁媒体は、同心状に配置された第 1 の内側リングおよび第 1 の外側リングであり、前記 RF 結合リングおよび前記環状支持面と共に、減圧状態でガスを収容するように構成された第 1 の容積を画成する、前記第 1 の内側リングおよび第 1 の外側リング、または

下部ガスケット

を備える組立体。

【請求項 17】

請求項 15 記載の温度制御式ホットエッジリング組立体であって、前記熱伝導媒体は、同心状に配置された第 2 の内側リングおよび第 2 の外側リングであり、前記ホットエッジリングおよび前記 RF 結合リングと共に、加圧熱伝達ガスを収容するように構成された第 2 の容積を画成する、前記第 2 の内側リングおよび第 2 の外側リング、または

熱伝導性および電気伝導性を有する上部ガスケット

を備える組立体。

【請求項 18】

請求項 17 記載の温度制御式ホットエッジリング組立体であって、更にコントローラと、

プラズマ処理中に前記ホットエッジリングの温度を測定して前記コントローラに入力信

号を供給するように構成された温度センサと、

前記第 1 の容積および第 2 の容積に接続され、前記コントローラに応答して前記第 1 の容積および前記第 2 の容積内のガス静圧を増加させる動作が可能な熱伝達ガス源および前記コントローラに応答して前記第 1 の容積および前記第 2 の容積の排出を行う動作が可能な真空ポンプと、

前記 R F 結合リングに埋め込まれた加熱要素と、

前記コントローラに応答して、前記加熱要素に電力を供給するように構成された電源とを備える組立体。

【請求項 19】

プラズマ処理チャンパ内の基板のプラズマ処理中に請求項 15 記載のホットエッジリング組立体の温度を制御する方法であって、

前記基板支持部上において前記基板を支持するステップと、

前記プラズマ処理チャンパ内に処理ガスを導入するステップと、

前記ホットエッジリングの温度を測定するステップと、

前記ホットエッジリングの前記温度が目標温度を下回る場合、前記ホットエッジリングの前記温度を上昇させるために前記加熱要素に電力を供給するステップ、或いは、前記ホットエッジリングの前記温度が目標温度を上回る場合、前記加熱要素への電力を停止すると共に前記容積内の熱伝達ガスの圧力を増加させるステップと、

前記処理ガスを励起してプラズマ状態とするステップと、

前記プラズマにより前記基板を処理するステップと

を備える方法。

【請求項 20】

プラズマ反応チャンパ内において支持された半導体基板を囲むように構成された温度制御式ホットエッジリング組立体であって、

基板支持面を囲む環状支持面を有する基板支持部と、

前記環状支持面上に位置する高周波 (R F) 結合リングと、

前記環状支持面と、前記環状支持面に機械的にクランプされた前記 R F 結合リングとの間に位置する下部熱伝導媒体と、

プラズマを閉じ込めるフォーカスリングとは別体に、前記 R F 結合リングの上に位置するように設けられたホットエッジリングであり、前記基板支持部は、基板を、前記基板の外縁部が前記ホットエッジリングの上に張り出す状態で支持するように構成される、ホットエッジリングと、

前記 R F 結合リングに機械的にクランプされた前記ホットエッジリングと前記 R F 結合リングとの間に位置する上部熱伝導媒体と

を備える組立体。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0073

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0073】

以上、具体的な実施形態を参照して本発明を詳細に説明してきたが、添付の特許請求の範囲から逸脱することなく、様々な変更および変形の実施および等価物の利用が可能であることは、当業者には明らかであろう。例えば、本発明は以下の適用例としても実施可能である

[適用例 1] プラズマ反応チャンパ内において支持された半導体基板を囲むように構成された温度制御式ホットエッジリング組立体であって、

基板支持面を囲む環状支持面を有する基板支持部と、

前記環状支持面上に位置する高周波 (R F) 結合リングと、

前記環状支持面と前記 R F 結合リングとの間に位置し、熱伝導性および電気伝導性を有

する下部ガスケットと、

前記 R F 結合リングの上に位置するホットエッジリングであり、前記基板支持部は、基板を、前記基板の外縁部が前記ホットエッジリングの上に張り出す状態で支持するように構成される、ホットエッジリングと、

前記ホットエッジリングと前記 R F 結合リングとの間に位置する上部熱伝導媒体とを備える組立体。

[適用例 2] 適用例 1 記載の組立体であって、前記熱伝導媒体は、

同心状に配置された内側リングおよび外側リングを備え、前記内側リング、前記外側リング、前記ホットエッジリング、および前記 R F 結合リングは、加圧熱伝達ガスを収容するように構成された容積を定め、前記熱伝達ガスは、ヘリウム、ネオン、アルゴン、または窒素を含む組立体。

[適用例 3] 前記内側リングおよび外側リングは、前記 R F 結合リング内に形成された環状流路を囲み、前記内側リング、前記外側リング、および前記環状流路は、同心状に配置される適用例 2 記載の組立体。

[適用例 4] 適用例 2 記載の組立体であって、更に、コントローラと、

プラズマ処理中に前記ホットエッジリングの温度を測定して前記コントローラに入力信号を供給するように構成された温度センサと、

前記容積に接続され、前記コントローラに応答して前記容積内のガス静圧を増加させる動作が可能な熱伝達ガス源および前記コントローラに応答して前記容積の排出を行う動作が可能な真空ポンプと

を備える組立体。

[適用例 5] 前記熱伝導媒体は、熱伝導性および電気伝導性を有する上部ガスケットである適用例 1 記載の組立体。

[適用例 6] 適用例 5 記載の組立体であって、

前記上部ガスケットおよび下部ガスケットは、シリコンに基づくシート、

金属およびポリマ材料の積層材、

(a) アルミニウムまたはアルミニウム合金および (b) 充填シリコーンゴムの積層材

(a) ポリイミド材料および (b) 充填シリコーンゴムの積層材、またはフルオロエラストマ

から成る組立体。

[適用例 7] 前記基板支持部は、冷却液により能動的に冷却される適用例 1 記載の組立体。

[適用例 8] 前記 R F 結合リングは、前記環状支持面に機械的にクランプされ、前記ホットエッジリングは、前記 R F 結合リングに機械的にクランプされる適用例 1 記載の組立体。

[適用例 9] 適用例 1 記載の組立体であって、

前記 R F 結合リングは、前記環状支持面にボルト留めされ、更に、半径方向に延びるフランジを有するクランプリングを備え、前記ホットエッジリングは、前記フランジに接合して前記ホットエッジリングを前記 R F 結合リングに固定するように構成された周辺陥凹部を有し、前記クランプリングは前記 R F 結合リングにボルト留めされる組立体。

[適用例 10] 更に、前記クランプリングと前記ホットエッジリングとの間にポリイミドリングを備える適用例 9 記載の組立体。

[適用例 11] 前記 R F 結合リングは、酸化アルミニウム、シリコン、炭化ケイ素、または窒化アルミニウムにより構成され、前記ホットエッジリングは、シリコン、炭化ケイ素、または石英により構成され、前記クランプリングは、セラミック材料により構成される適用例 1 記載の組立体。

[適用例 12] プラズマ処理チャンバ内の基板のプラズマ処理中に適用例 4 記載のホッ

トエッジリング組立体の温度を制御する方法であって、
前記基板支持部上において前記基板を支持するステップと、
前記プラズマ処理チャンバ内に処理ガスを導入するステップと、
前記処理ガスを励起してプラズマ状態とするステップと、
前記ホットエッジリングの温度を測定するステップと、
前記ホットエッジリングの前記温度が目標温度を下回る場合、前記容積に対する熱伝達
ガスの圧力を減少させるステップ、或いは、前記ホットエッジリングの前記温度が目標温
度を上回る場合、前記容積に対する前記熱伝達ガスの前記圧力を増加させるステップと、
前記プラズマにより前記基板を処理するステップと
を備える方法。

[適用例 1 3] 前記基板を前記プラズマにより処理するステップは、(a) 半導体材料
、金属、または誘電材料の層のプラズマエッチング、または(b) 導電または誘電材料の
堆積を含む適用例 1 2 記載の方法。

[適用例 1 4] 適用例 1 の組立体を備えるプラズマ処理装置であって、前記プラズマ反
応チャンバは、半導体、金属、または誘電材料をエッチングするように構成されたプラズ
マエッチャ、或いは導電または誘電材料を堆積させるように構成された堆積チャンバであ
る、プラズマ処理装置。

[適用例 1 5] プラズマ反応チャンバ内に指示された半導体基板を囲むように構成され
た温度制御式ホットエッジリング組立体であって、
基板支持面を囲む環状支持面を有する基板支持部と、
前記環状支持面上に位置し、前記環状支持面に機械的にクランプされる高周波(R F)
結合リングと、
前記環状支持面と R F 結合リングとの間に位置する熱絶縁媒体と、
前記 R F 結合リングの上に位置し、前記 R F 結合リングに機械的にクランプされるホッ
トエッジリングと、
前記ホットエッジリングと前記 R F 結合リングとの間に位置する熱伝導媒体と
を備える組立体。

[適用例 1 6] 適用例 1 5 記載の温度制御式ホットエッジリング組立体であって、前記
熱絶縁媒体は、
同心状に配置された第 1 の内側 O リングおよび第 1 の外側 O リングであり、前記 R F
結合リングおよび前記環状支持面と共に、減圧状態でガスを収容するように構成された第
1 の容積を画成する、前記第 1 の内側 O リングおよび第 1 の外側 O リング、または
下部ガスケット
を備える組立体。

[適用例 1 7] 適用例 1 5 記載の温度制御式ホットエッジリング組立体であって、前記
熱伝導媒体は、
同心状に配置された第 2 の内側 O リングおよび第 2 の外側 O リングであり、前記ホッ
トエッジリングおよび前記 R F 結合リングと共に、加圧熱伝達ガスを収容するように構成
された第 2 の容積を画成する、前記第 2 の内側 O リングおよび第 2 の外側 O リング、また
は
熱伝導性および電気伝導性を有する上部ガスケット
を備える組立体。

[適用例 1 8] 適用例 1 7 記載の温度制御式ホットエッジリング組立体であって、更に
コントローラと、
プラズマ処理中に前記ホットエッジリングの温度を測定して前記コントローラに入力信
号を供給するように構成された温度センサと、
前記第 1 の容積および第 2 の容積に接続され、前記コントローラに応答して前記第 1 の
容積および前記第 2 の容積内のガス静圧を増加させる動作が可能な熱伝達ガス源および前
記コントローラに応答して前記第 1 の容積および前記第 2 の容積の排出を行う動作が可能
な真空ポンプと、

前記 R F 結合リングに埋め込まれた加熱要素と、

前記コントローラにตอบสนองして、前記加熱要素に電力を供給するように構成された電源とを備える組立体。

[適用例 1 9] プラズマ処理チャンパ内の基板のプラズマ処理中に適用例 1 5 記載のホットエッジリング組立体の温度を制御する方法であって、

前記基板支持部上において前記基板を支持するステップと、

前記プラズマ処理チャンパ内に処理ガスを導入するステップと、

前記ホットエッジリングの温度を測定するステップと、

前記ホットエッジリングの前記温度が目標温度を下回る場合、前記ホットエッジリングの前記温度を上昇させるために前記加熱要素に電力を供給するステップ、或いは、前記ホットエッジリングの前記温度が目標温度を上回る場合、前記加熱要素への電力を停止すると共に前記容積内の熱伝達ガスの圧力を増加させるステップと、

前記処理ガスを励起してプラズマ状態とするステップと、

前記プラズマにより前記基板を処理するステップと

を備える方法。

[適用例 2 0] プラズマ反応チャンパ内において支持された半導体基板を囲むように構成された温度制御式ホットエッジリング組立体であって、

基板支持面を囲む環状支持面を有する基板支持部と、

前記環状支持面上に位置する高周波 (R F) 結合リングと、

前記環状支持面と、前記環状支持面に機械的にクランプされた前記 R F 結合リングとの間に位置する下部熱伝導媒体と、

前記 R F 結合リングの上に位置するホットエッジリングであり、前記基板支持部は、基板を、前記基板の外縁部が前記ホットエッジリングの上に張り出す状態で支持するように構成される、ホットエッジリングと、

前記 R F 結合リングに機械的にクランプされた前記ホットエッジリングと前記 R F 結合リングとの間に位置する上部熱伝導媒体と

を備える組立体。

フロントページの続き

Fターム(参考) 4K030 CA04 CA12 DA04 FA03 GA02 JA09 JA10 JA16 JA18 KA23
KA26 KA28 KA30 KA39 KA41 KA45 KA46 LA01 LA02 LA15
5F004 AA01 BA04 BA06 BA07 BB13 BB18 BB22 BB23 BB26 BB28
BB29 CA04 CB12 DA00 DA21 DA22 DA26 DB01

【外国語明細書】

2014222786000001.pdf

2014222786000002.pdf

2014222786000003.pdf

2014222786000004.pdf