

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6930826号
(P6930826)

(45) 発行日 令和3年9月1日(2021.9.1)

(24) 登録日 令和3年8月16日(2021.8.16)

(51) Int.Cl.

H01L 21/683 (2006.01)
H02N 13/00 (2006.01)

F 1

H01L 21/68
H02N 13/00R
D

請求項の数 19 外国語出願 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2016-195343 (P2016-195343)
 (22) 出願日 平成28年10月3日 (2016.10.3)
 (65) 公開番号 特開2017-85089 (P2017-85089A)
 (43) 公開日 平成29年5月18日 (2017.5.18)
 審査請求日 令和1年10月1日 (2019.10.1)
 (31) 優先権主張番号 14/875,473
 (32) 優先日 平成27年10月5日 (2015.10.5)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(73) 特許権者 592010081
ラム リサーチ コーポレーション
LAM RESEARCH CORPORATION
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
エイ 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 マオリン・ロング
アメリカ合衆国 カリフォルニア州950
51 サンタ・クララ, モーリシア・アベ
ニュー, 3029

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】熱閉塞体を備える静電チャック

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

静電チャックであって、
ベースプレートと、
熱閉塞層にわたって配置された複数の第1のキャビティを含む熱閉塞層を有し、前記第1のキャビティが、静電チャックの通常動作中に液体を含まず、前記第1のキャビティが前記熱閉塞層の材料よりも低い熱伝導率を有するガスを充填されたキャビティと、前記熱閉塞層の材料よりも低い熱伝導率を有する固体材料を充填されたキャビティとからなる群から選択され、前記第1のキャビティ内部で伝熱流体を循環させないように構成された熱閉塞体と、

加熱器と、

上部プレートと、

セラミック層とを備え、

前記ベースプレートが、前記熱閉塞体に隣接し、

前記熱閉塞体が、前記ベースプレートと前記加熱器との間に介装され、

前記加熱器が、前記熱閉塞体と前記上部プレートとの間に介装され、

前記上部プレートが、前記加熱器と前記セラミック層との間に介装され、

前記セラミック層が、前記上部プレートに隣接し、

前記上部プレートと前記ベースプレートとがどちらも金属から形成され、

前記上部プレートと前記ベースプレートとが互いに導電接触する

10

20

静電チャック。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の静電チャックであって、前記第 1 のキャビティが、前記熱閉塞層を通って、前記セラミック層に垂直な軸に実質的に平行な方向に沿って配置されている、静電チャック。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の静電チャックであって、前記第 1 のキャビティが、実質的に前記熱閉塞層全体にわたって広がった位置に設けられた静電チャック。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の静電チャックであって、前記熱閉塞層の前記材料が金属である静電チャック。 10

【請求項 5】

請求項 4 に記載の静電チャックであって、前記熱閉塞層の前記材料がアルミニウムである静電チャック。

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の静電チャックであって、前記複数の第 1 のキャビティが、2 ミリメートル以下だけ互いに間隔を空けて配置された静電チャック。

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の静電チャックであって、第 1 のキャビティの 1 つまたは複数が、0.5 センチメートル以下の直径を有する静電チャック。 20

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の静電チャックであって、前記第 1 のキャビティが、セラミック材料、テフロン、シリコーン、およびポリイミドからなる群から選択される固体材料を充填される静電チャック。

【請求項 9】

請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の静電チャックであって、前記熱閉塞層にわたって配置された複数の第 2 のキャビティをさらに備え、前記第 2 のキャビティが、

前記静電チャックの通常動作中に液体を含まず、

前記熱閉塞層の材料よりも低い熱伝導率を有するガスを充填されたキャビティと、前記熱閉塞層の材料よりも低い熱伝導率を有する固体材料を充填されたキャビティとからなる群から選択され、 30

前記第 1 のキャビティとは異なるサイズに定められ、

前記第 1 のキャビティと交差しない

静電チャック。

【請求項 10】

システムであって、

半導体処理チャンバと、

前記半導体処理チャンバの内部に配置され、

ベースプレート、

上部プレート、および

セラミック層を含む静電チャックと、 40

前記半導体処理チャンバの外部から、前記静電チャックと導電接触する前記半導体処理チャンバの内部の位置まで延びる共通の導電性経路と、

静電クランプ電圧を提供するように構成された高電圧直流 (DC) 電源と、

R F エネルギーを提供するように構成された高電圧高周波 (RF) 発生器と、

前記静電チャックを支持する横方向支持アームと、

を備え、

前記横方向支持アームは、

前記上部プレートが、前記ベースプレートと前記セラミック層との間に介装され、

前記セラミック層が、前記上部プレートに隣接し、 50

前記上部プレートと前記ベースプレートとがどちらも金属から形成され、
 前記上部プレートと前記ベースプレートとが互いに導電接触し、
前記横方向支持アームが、前記半導体処理チャンバの内部の位置と前記半導体処理チャンバの外部の位置との間に渡っており、
前記半導体処理チャンバの前記内部と前記外部との間に渡っている前記横方向支持アームの少なくとも一部が、前記共通の導電性経路の一部として働き、
前記横方向支持アームが、前記半導体処理チャンバの壁から電気的に絶縁され、
前記高電圧直流電源と前記高電圧高周波発生器とが、前記半導体処理チャンバの外部に位置された前記横方向支持アームの前記一部の1つまたは複数の位置で、前記共通の導電性経路に電気的に接続される、システム。

10

【請求項11】

請求項10に記載のシステムであって、前記半導体処理チャンバの外部に位置されたコンデンサをさらに備え、
 前記コンデンサが、前記高電圧高周波発生器と前記高電圧直流電源との間に電気的に介装され、
 前記コンデンサが、前記高電圧直流電源と前記静電チャックとの間に電気的に介装されない
 システム。

【請求項12】

請求項11に記載のシステムであって、前記コンデンサが、21ナノファラド以下の静電容量を有するシステム。

20

【請求項13】

請求項10から請求項12のいずれか一項に記載のシステムであって、更に、
支持コラムを備え、
前記支持コラムが、前記静電チャックを支持し、前記ベースプレートと前記横方向支持アームとの間に介装され、
前記支持コラムが金属から形成され、
前記支持コラムと前記横方向支持アームとが電気的に接続され、
前記支持コラムが、共通の導電性経路の一部として働くシステム。

【請求項14】

30

請求項10に記載のシステムであって、前記静電チャックがさらに、
 热閉塞層にわたって配置された複数の第1のキャビティを含む热閉塞層を有する热閉塞体であって、前記第1のキャビティが、静電チャックの通常動作中に液体を含まず、前記热閉塞層の材料よりも低い热伝導率を有するガスを充填されたキャビティと、前記热閉塞層の材料よりも低い热伝導率を有する固体材料を充填されたキャビティとからなる群から選択された热閉塞体と、
 加熱器とを含み、

前記ベースプレートが、前記热閉塞体に隣接し、
 前記热閉塞体が、前記ベースプレートと前記加熱器との間に介装され、
 前記加熱器が、前記热閉塞体と前記上部プレートとの間に介装される
 システム。

40

【請求項15】

前記热閉塞層の一部分が金属であり、
 前記热閉塞体が、前記一部分を介して、前記ベースプレートと前記上部プレートとの両方に電気的に接続される
 請求項14に記載のシステム。

【請求項16】

請求項14または請求項15に記載のシステムであって、
加熱器電源ケーブルをさらに備え、
前記横方向支持アームが中空であり、

50

前記加熱器電源ケーブルが、前記半導体処理チャンバの外部の位置から前記横方向支持アームを通して前記加熱器に引き回されるシステム。

【請求項 17】

請求項 10 に記載のシステムであって、

前記セラミック層が、100ミクロン未満の厚さを有するシステム。

【請求項 18】

請求項 17 に記載のシステムであって、前記セラミック層が、3ミル以下の厚さを有するシステム。

10

【請求項 19】

請求項 17 に記載のシステムであって、前記セラミック層が、セラミックコーティングと、前記上部プレート上に積層されたセラミックシートとからなる群から選択されるシステム。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

半導体処理操作中、半導体ウェハは、典型的には処理チャンバ内部でペデスタル上に支持される。ウェハは、「チャック」を使用してペデスタルに対して定位置に保持されてよい。チャックは、ウェハとペデスタル／チャックとの間の相対運動を防止するために、重力を、ウェハとペデスタル／チャックとの間の摩擦負荷を増加させる何らかの他のタイプのクランプ力で補強するデバイスである。そのような操作で使用される1タイプのチャックは、「静電チャック」または ESC である。ESC 設計に関する改良を本明細書で論じる。

20

【発明の概要】

【0002】

本開示のシステム、方法、およびデバイスはそれぞれ、いくつかの進歩性のある態様を有し、そのうちのどれも、本明細書で開示する所望の属性を単独では担わない。これらの態様の中には、少なくとも以下の実装形態が含まれるが、さらなる実装形態が詳細な説明に記載されることもあり、または本明細書で提供される論述から明らかなこともある。

30

【0003】

いくつかの実施形態では、半導体処理ツール用の静電チャックが提供されてよい。静電チャックは、ベースプレートと、熱閉塞体とを含んでいてよく、熱閉塞体は、複数の第1のキャビティを含む熱閉塞層を含んでいてよい。第1のキャビティは、熱閉塞層にわたって配置されてよく、静電チャックの通常動作中に液体を含まなくてよく、かつ熱閉塞層の材料よりも低い熱伝導率を有するガスまたは固体材料を充填されてよい。また、静電チャックは、加熱器と、上部プレートと、セラミック層とを含んでいてよい。ベースプレートは、熱閉塞体に隣接してよく、熱閉塞体は、ベースプレートと加熱器との間に介装されてよく、加熱器は、熱閉塞体と上部プレートとの間に介装されてよく、上部プレートは、加熱器とセラミック層との間に介装されてよく、セラミック層は、上部プレートに隣接していてよく、上部プレートとベースプレートとはどちらも金属から形成されてよく、上部プレートとベースプレートとは互いに導電接触していてよい。

40

【0004】

いくつかのさらなる実施形態では、第1のキャビティは、熱閉塞層を通って、セラミック層に垂直な軸に実質的に平行な方向に延びていてよい。

【0005】

いくつかのさらなる実施形態では、第1のキャビティは、実質的に熱閉塞層全体にわたって広げられてよい。

【0006】

いくつかのそのような実施形態では、熱閉塞層の材料は金属でよい。

50

【0007】

いくつかのさらなるそのような実施形態では、熱閉塞層の材料はアルミニウムでよい。

【0008】

いくつかのさらなる実施形態では、第1のキャビティは、2ミリメートル以下だけ互いから離隔されてよい。

【0009】

いくつかのさらなるそのような実施形態では、第1のキャビティの1つまたは複数が、0.5センチメートル以下の直径を有していてよい。

【0010】

いくつかのさらなる実施形態では、第1のキャビティは、セラミック材料、テフロン(登録商標、以下同じ)、シリコーン、またはポリイミドなどの固体材料を充填されてよい。

【0011】

いくつかの実施形態では、静電チャックは、さらに、複数の第2のキャビティを含んでいてよく、それらのキャビティは、熱閉塞層にわたって配置されてよく、静電チャックの通常動作中には液体を含まなくてよく、熱閉塞層の材料よりも低い熱伝導率を有するガスまたは固体材料を充填されてよく、第1のキャビティとは異なるサイズでよく、かつ第1のキャビティと交差していてよい。

【0012】

いくつかの実施形態では、システムが提供されてよい。このシステムは、半導体処理チャンバと、静電チャックとを含んでいてよく、静電チャックが、半導体処理チャンバ内部に位置されてよく、ベースプレートと、上部プレートと、セラミック層とを含んでいてよく、システムはさらに、半導体処理チャンバの外部から、静電チャックと導電接触する半導体処理チャンバの内部の位置まで延びてよい共通の導電性経路と、静電クランプ電圧を提供するように構成された高電圧直流電源(以下、高電圧DC電源とも記載する)と、RFエネルギーを提供するように構成された高電圧高周波発生器(以下、高電圧RF発生器とも記載する)とを含む。上部プレートは、ベースプレートとセラミック層との間に介装されてよく、セラミック層は、上部プレートと隣接していてよく、上部プレートとベースプレートとはどちらも金属から形成されてよく、上部プレートとベースプレートとは互いに導電接触していてよく、高電圧DC電源と高電圧RF発生器とはどちらも、半導体処理チャンバの外部の1つまたは複数の位置で共通の導電性経路に電気的に接続されてよい。

【0013】

1つのそのような実施形態では、システムは、半導体処理チャンバの外部に位置されたコンデンサをさらに含んでいてよい。コンデンサは、高電圧RF発生器と高電圧DC電源との間に電気的に介装されてよく、かつ高電圧DC電源と静電チャックとの間には電気的に介装されなくてよい。

【0014】

さらなるそのような実施形態では、コンデンサは、21ナノファラド以下の静電容量を有していてよい。

【0015】

いくつかの実施形態では、システムは、支持コラムと、横方向支持アームとをさらに含んでいてよい。支持コラムは、ベースプレートと横方向支持アームとの間に介装されてよく、横方向支持アームは、支持コラムと半導体処理チャンバの外部の位置との間に渡っていてよく、支持コラムと横方向支持アームとはどちらも金属から形成されてよく、支持コラムと横方向支持アームとは電気的に接続されてよく、支持コラムと横方向支持アームとは共通の導電性経路の少なくとも一部として働いてよい。

【0016】

いくつかのそのような実施形態では、静電チャックは、加熱器と、熱閉塞層を有する熱閉塞体とをさらに含んでいてよく、熱閉塞層は、複数の第1のキャビティを含んでいてよく、それらのキャビティは、熱閉塞層にわたって配置されてよく、静電チャックの通常動

10

20

30

40

50

作中には液体を含まなくてよく、かつ熱閉塞層の材料よりも低い熱伝導率を有するガスまたは固体材料を充填されてよい。ベースプレートは、熱閉塞体に隣接してよく、熱閉塞体は、ベースプレートと加熱器との間に介装されてよく、加熱器は、熱閉塞体と上部プレートとの間に介装されてよい。

【0017】

さらなるそのような実施形態では、熱閉塞層の一部分が金属でよく、熱閉塞体が、この部分を介して、ベースプレートと上部プレートとの両方に電気的に接続されてよい。

【0018】

さらなるそのような実施形態では、システムは、加熱器電源ケーブルと、支持コラムと、横方向支持アームとをさらに含んでいてよい。支持コラムは、ベースプレートと横方向支持アームとの間に介装されてよく、横方向支持アームは、支持コラムと、半導体処理チャンバの外部の位置との間に渡っていてよく、支持コラムと横方向支持アームとはどちらも金属から形成されてよく、支持コラムと横方向支持アームとは電気的に接続されてよく、支持コラムおよび横方向支持アームは、共通の導電性経路の少なくとも一部として働いてよく、支持コラムと横方向支持アームとはどちらも中空であってもよく、支持コラムと横方向アームとは接続されて、それにより、加熱器電源ケーブルが、半導体処理チャンバの外部の位置から支持コラムと横方向支持アームとの両方を通して加熱器に引き回されてよい。

10

【0019】

一実施形態では、半導体処理ツール用の静電チャックが提供されてよい。静電チャックは、ベースプレートと、上部プレートと、セラミック層とを含んでいてよい。上部プレートは、ベースプレートとセラミック層との間に介装されてよく、セラミック層は、上部プレートと隣接していてよく、上部プレートとベースプレートとはどちらも金属から形成されてよく、上部プレートとベースプレートとは互いに導電接触していてよく、セラミック層は、100ミクロン未満の厚さを有していてよい。

20

【0020】

いくつかの実施形態では、セラミック層は、3ミル以下の厚さを有していてよい。

【0021】

いくつかの実施形態では、セラミック層は、セラミックコーティング、または上部プレート上に積層されたセラミックシートとしてよい。

30

【0022】

いくつかのそのような実施形態では、静電チャックは、システムを形成するために半導体処理チャンバ内に設置されてよい。半導体処理チャンバは、半導体処理チャンバの外部から、静電チャックと導電接触する半導体処理チャンバの内部の位置まで延びていてよい。共通の導電性経路と、静電クランプ電圧を提供するように構成された高電圧直流(DC)電源と、RFエネルギーを提供するように構成された高電圧高周波(RF)発生器とを有していてよい。静電チャックは、半導体処理チャンバの内部に位置されてよく、高電圧DC電源と高電圧RF発生器とはどちらも、半導体処理チャンバの外部の1つまたは複数の位置で、共通の導電性経路に電気的に接続される。

40

【0023】

さらなるそのような実施形態では、システムは、半導体処理チャンバの外部に位置されたコンデンサをさらに含んでいてよい。コンデンサは、高電圧RF発生器と高電圧DC電源との間に電気的に介装されてよく、かつ高電圧DC電源と静電チャックとの間には電気的に介装されなくてよい。

【0024】

さらなるそのような実施形態では、静電チャックは、加熱器と、熱閉塞層を有する熱閉塞体とをさらに含んでいてよく、熱閉塞層は、複数の第1のキャビティを含んでいてよく、それらのキャビティは、熱閉塞層にわたって配置されてよく、静電チャックの通常動作中には液体を含まなくてよく、かつ熱閉塞層の材料よりも低い熱伝導率を有するガスまたは固体材料を充填されたキャビティでよい。ベースプレートは、熱閉塞体に隣接していて

50

よく、熱閉塞体は、ベースプレートと加熱器との間に介装されてよく、加熱器は、熱閉塞体と上部プレートとの間に介装されてよい。

【0025】

これらおよび他の実装形態を、図面および以下の詳細な説明を参照してさらに詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】ヘリウムガスに関するパッシェン曲線を示す図である。

【0027】

【図2】ボウル内部に電圧制御インターフェースワイヤを構造的に固定する前および後の、ウェハ間のばらつきを示す図である。 10

【0028】

【図3】本明細書で論じられる概念のいくつかによる例示的な静電チャックの側断面図を示す図である。

【0029】

【図4】図の左側に、図3におけるESCの簡略側断面図を示し、図の右側に、熱閉塞体の上面図を示す図である。

【0030】

【図5】複数の第1のキャビティの例示的構成を備える熱閉塞体の断面図である。

【0031】

【図6】複数の第1のキャビティの第2の例示的構成を備える熱閉塞体の断面図である。 20

【0032】

【図7】複数の第1のキャビティの第3の例示的構成を備える熱閉塞体の断面図である。

【0033】

【図8】複数の第1のキャビティと複数の第2のキャビティとを備える熱閉塞体の上面図である。

【0034】

【図9】ESCの例示的な電気的構成を示す図である。

【0035】

【図10】ESCの上部プレートとベースプレートとの間の1つの例示的な電気接続を示す図である。 30

【0036】

【図11】ESCの上部プレートとベースプレートとの間の第2の例示的な電気接続を示す図である。

【0037】

【図12】ESC、支持コラム、および横方向支持アームを有する半導体処理チャンバの断面図である。

【0038】

【図13】ガス分散穴とリフトピン穴とを含むESC300の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0039】

以下の説明では、本発明を完全に理解できるように、いくつかの特定の詳細を記載する。これらの特定の詳細のいくつかまたは全てを伴わずに、提示される概念が実施されてもよい。なお、説明する概念を不要に曖昧にしないように、周知のプロセス操作は詳細には述べていない。いくつかの概念を特定の実施形態に関連して説明するが、これらの実施形態が限定的なものとは意図されていないことを理解されたい。

【0040】

本明細書で説明して例示する多くの概念および実装形態が存在する。本明細書で論じる実装形態の特定の特徴、属性、および利点を説明して例示してきたが、その他諸々の事柄、ならびに本発明の異なるおよび/または同様の実装形態、特徴、属性、および利点が、 50

本説明および例示から明らかであることを理解すべきである。したがって、上の実装形態は例示にすぎない。それらは、包括的なものであり、開示される正確な形態、技法、材料、および／または構成に本開示を限定するものとは意図されていない。本開示に鑑みて、多くの修正および変形が可能である。本開示の範囲から逸脱することなく、他の実装形態が利用されてもよく、動作上の変更が成されてよいことを理解されたい。したがって、上の実装形態の説明は例示および説明の目的で提示されているので、本開示の範囲は上の説明だけには限定されない。

【 0 0 4 1 】

重要なことに、本開示は、任意の単一の態様および実装形態に限定されず、そのような態様および／または実装形態の任意の単一の組合せおよび／または置換にも限定されない。さらに、本開示の態様および／または本開示の実装形態はそれぞれ、単独で採用されても、本開示の他の態様および／または実装形態の1つまたは複数との組合せで採用されてもよい。簡潔にするために、それらの置換および組合せの多くは、本明細書で個々には論述および／または例示しない。

10

【 0 0 4 2 】

いくつかのタイプの半導体処理では、ウェハまたは基板は処理チャンバ内で処理され、処理チャンバは、ペデスタルまたは支持構造を含むことがあり、そのような処理中、ペデスタルまたは支持構造上にウェハが配置されてよい。本出願において、用語「ウェハ」、「基板」、または「半導体基板」は交換可能に使用されてよいことを理解すべきである。いくつかの半導体プロセス中、ウェハを定位置に保ち、特定の時点に移動するのを防止することが望ましいことがあり、そのような時点は、例えば原子層堆積、原子層エッ칭、化学気相成長、プラズマ化学気相成長などを含んでいてよい活性半導体プロセス中である。

20

【 0 0 4 3 】

ウェハは、静電チャック（E S C）によって半導体処理チャンバ内で定位置に固定されてよい。いくつかのE S Cは、クランプ電極（複数可）およびウェハが容量性回路として働くように、E S C内部の1つまたは複数のクランプ電極に単一の直流（「D C」）電圧を印加することによって、ウェハを定位置に保持する。ウェハは、処理操作により静電的に帯電されてよい。容量性回路は、チャンバ内部のプラズマの存在によって完成され、それにより、この設計は、ウェハ処理中にプラズマ環境が存在する処理チャンバ内での使用に制限される。クランプ電極（複数可）は、典型的には、ウェハの平面全体に平行な薄い平坦構造であり、大抵はウェハサイズに応じた領域にわたって広がる。容量効果により生じる静電力は、クランプ力を提供する。そのような構成は「単極」と呼ばれることがある。E S Cは、処理中にプラズマ環境を生成しないチャンバ内でも使用されて差し支えない。そのような実装形態では、容量性回路を完成させるためにプラズマに依拠することはなく、代わりに、E S C電極は、1つまたは複数のカソードと1つまたは複数のアノードとを含んでいてよい。アノードおよびカソードは、ウェハに向いて面するE S Cの様々な領域を占有してよく、例えば、ウェハの下の向かい合う半円形領域を占有するアノードおよびカソード、または、中央円形電極、およびアノードとしての役割を果たすウェハの下の同心外側電極として構成されたアノードもしくはカソードである。そのようなE S CでのアノードとカソードはE S C内部で互いに電気的に絶縁されるが、ウェハがE S C上に配置されるとき、ウェハは2つの容量性回路を完成させる。すなわち、1つは、ウェハがE S Cカソードに対するアノードであるような容量性回路であり、1つは、ウェハがE S Cアノードに対するカソードであるような容量性回路である。E S Cは、クランプ電極（複数可）とウェハとの間に介装された誘電層または他の絶縁体を有する。この誘電または絶縁層は、クランプ電極（複数可）と、容量性回路（複数可）の他方の半分、すなわちウェハとの間の短絡を防止する働きをし、E S Cとウェハとによって形成される容量性回路のキャパシタンス特性を定めるギャップを画定する。処理環境への露出から電極を保護するために、誘電性または絶縁性材料内部に電極を埋め込むことが一般的である。

30

【 0 0 4 4 】

40

50

E S C の他の共通の特徴は、半導体プロセスの特定の必要性に応じて、ガス分散穴およびリフトピン穴を含む。ガス分散穴は、処理中に、ヘリウムなど熱伝導性の不活性ガスをウェハとE S Cとの間のギャップ内に流すために使用されてよい。ウェハは静電力によってE S Cにクランプされるので、E S Cの表面は、多くの場合、完全には平坦でない。なぜなら、実際のウェハとE S Cとの接触量を減少することが望ましいことがあるからである。例えば、E S Cの上面は、1つまたは複数の薄い同心隆起リングと、1つまたは複数の薄い径方向隆起スパートとを有していてよく、これらの隆起リングおよびスパートはウェハと実際に接触するが、それらの間の隙間はウェハに接触しないことがある。真空環境または真空に近い環境内での処理中、これは、E S Cと実際に接触するウェハの領域を通る熱流の集中をもたらすことがあり、その結果、ウェハ内で不均一性が生じることがある。これを防止するために、熱伝導性の不活性ガスがこれらの隙間に流されてよく、分散された熱伝導性経路を提供し、これは、物理的な接触領域を通る熱流集中を低減させる。設計上は隆起／陥凹していない平坦な上面のE S Cにおいてさえ、微視的レベルでは、ウェハとE S Cとの間の物理的接触が間断的なことがあり、したがって、これらの場合でさえも、ウェハとE S Cとの間への熱伝導性ガスの導入は、伝熱面での利益があり得る。熱伝導性ガスは、プロセスガスに対する追加の保護層を提供する働きをしてよい。処理中に熱伝導性ガスがウェハとE S Cとの間のギャップ内に流れる場合、そのガスはウェハ縁部に向かって流れ逃げ、これは、プロセスガスが、ウェハの下面およびウェハの下のE S Cの部分に達するのを防止して、場合によっては、これらの領域を望ましくないエッティングまたは堆積から保護する。リフトピン穴は、リフトピンがE S Cを通って延出してウェハをE S Cから持ち上げることを可能にするために提供されてよい。E S Cリフトピンは、E S Cリフトピン穴内に完全に引っ込むように構成されてよく、それにより、1つの位置では、E S CリフトピンはE S Cを越えて延出しない。とりわけ、これらのリフトピンとそれらの対応する穴とにより、ロボットエンドエフェクタまたは他の機械的なデバイスは、E S Cと接触するおよび／または干渉することなくウェハを配置するおよび／またはウェハをE S Cから取り外すことができるようになる。

【 0 0 4 5 】

本発明者等は、既存のE S C設計に伴ういくつかの問題を認識しており、そのうちのいくつかを以下に述べる。また、本発明者等は、少なくともそれらの点で性能を高めることがある既存のE S C設計に対する様々な改良を認識している。これらの改良は、他の改良とは別個に、または1つまたは複数の他の改良と組み合わせて行われて差し支えないことを理解されたい。

【 0 0 4 6 】

多くの既存のE S C設計では、クランプ電極は誘電体プレート内部に埋め込まれ、その誘電体プレートが次いで、（時として抵抗加熱器層など他の層を間に挟んで）E S Cの金属ベースプレートに結合される。ベースプレートは、多くの場合、E S Cのための全体的な構造的フレームワークとしても、高周波（R F）電極としても働き、高周波電極は、処理チャンバ内部にプラズマ環境を発生するために使用される。そのような設計では、クランプ電極（複数可）は、電気コンタクトのために誘電体プレートの下面で露出されているクランプ電極（複数可）の部分（複数可）を除き、誘電体プレート内に完全に収容される。また、そのような設計での誘電体プレートは、クランプ電極（複数可）をR F電極から絶縁する。誘電体プレートが、ベースプレートに結合または他の方法で固着された（またはベースプレートの上にある他の層に結合／固着された）後、1つまたは複数のばね式の電気コンタクトピンが、クランプ電極（複数可）の下面での露出部分（複数可）に対応する位置（複数可）でベースプレート内に設置されてよい。次いで、ばね式の電気コンタクトピン（複数可）は、露出部分（複数可）でクランプ電極と導電接触するように圧縮されてよい。これらのばね式のコンタクトピンは、ベースプレートから電気的に絶縁され、高電圧D C電源ケーブルに接続される。R F電極は、別個の電気接続を介してバイアスR F発生器からR F電力を供給される。関連の非常に高い（例えば数キロボルトの）電圧により、そのようなばね式の電気コンタクトは、クランプ電極を損壊することがある生じ得る

アークを回避するように良好な電気コンタクトが生じることを保証するために、高いばね力を有していなければならないことが多い。それに対応して、そのような設計での誘電体プレートまたは層は、そのようなばね式の電気コンタクトによってそこに及ぼされる圧縮荷重に耐えるのに十分な厚さでなければならない。これは、例えば、ウェハとクランプ電極（複数可）との間に少なくとも 100 分の 1 乃至 100 分の 2 インチの誘電性材料がある誘電層を必要とすることがある。

【0047】

ESC の使用中に生じ得る 1 つの問題は、ガス分散穴とリフトピン穴を取り囲む領域内での高電圧破壊、「ライトアップ」、またはアークである。なぜなら、これらの穴は、埋込型電極（複数可）が自然な端点を有する領域だからである（例えば、電極（複数可）は、そのような機構を取り囲む円形開口部を有していてよく、そのような開口部の内周縁が、自然なアーク開始部位として働いてよい）。埋込型クランプ電極などの電極およびウェハとして働いてよい 2 つの構造がギャップによって分離されるとき、特定の環境下でアークまたは高電圧破壊が生じ得る。これらの環境は、典型的には、電極間の電圧差と、ギャップ内部のガスの組成と、それらのガスの圧力と、およびギャップのサイズとに依存する。これらの因子の間の相互作用は、パッシエンの法則によって特徴付けられ、この法則は、圧力、ギャップ距離、および 2 つのガス依存パラメータの関数として高圧破壊電圧を提供する。ライトアップまたはアークを開始するのに必要な電圧は、「破壊電圧」と呼ばれ、2 つの電極間のギャップを充填するガスと、そのガスの圧力と、および電気アークの電位端点間の距離との関数である。この関係は、パッシエンの法則によって規定され、この法則は、

$$V_B = a b d / (\ln(p d) + b)$$

と表される。ここで、「 V_B 」は破壊電圧であり、「 p 」は圧力であり、「 d 」は距離であり、「 a 」および「 b 」は、関連するガスに関連付けられる経験的に導出された定数である。

【0048】

図 1 は、ヘリウムガスに関するパッシエン曲線を示す。対数垂直軸が、ボルト単位で破壊電圧（すなわちアークを生成するのに必要な電圧）を表し、垂直対数軸が、Torr - cm 単位での圧力と距離の積を表す。図 1 で見られるように、約 150 V の最低または最小の破壊電圧が、パッシエン曲線の最低点であり、これは約 4 Torr - cm で生じている（パッシエンの法則に関するさらなる情報は、J. Rohan Lucas による「High Voltage Engineering」というタイトルの本（Copyright 2001, J R Lucas；限定はしないが第 1 章を含む）で見ることができる。この文献を参照により本明細書に援用する）。この特性は、最低破壊電圧に達する前に半導体処理が行われ得る 2 つの領域を生み出す。すなわち、曲線の最低点の「左側」と、曲線の最低点の「右側」である。図 1 での垂直な破線は、これらの 2 つの側の間の分割線を近似する。

【0049】

いくつかの ESCにおいて、セラミックパックにわたる高電圧破壊は、RF 電圧と高圧 DC との組合せによって引き起こされるが、多くの ESC 設計で高電圧破壊を引き起こす電圧のほとんどは、RF 発生器によって供給される高い電圧に起因する。RF 電力の破壊は、図 1 に示される DC 電圧と同様のパッシエン曲線に従う。

【0050】

上で論じた埋込型電極を有する誘電体プレートなど多くの典型的な ESC 設計では、ESC 内部、例えばクランプ電極（複数可）とウェハとの間の重要な距離が様々な他の因子によって制約される。そのような因子は、例えば誘電体プレートの製造可能性および様々な構造的考慮事項、例えば、ばね式の高圧電気コンタクトのばね力に特定の最小厚さまで耐えることが可能である必要性である。この最小厚さは、典型的に生じるガス圧と共に、多くの生じ得るプロセス環境に関して上記の曲線の最小点の近くに高圧破壊電圧を留める圧力・距離値をもたらしてよい。例えば、ウェハとクランプ電極（複数可）との間の距離

10

20

30

40

50

が約 0 . 0 1 3 インチであるとき、ヘリウム中の最小電圧破壊は、約 6 0 T o r r の圧力で生じる。そのような状況では、これは、高圧アークまたはライトアップのリスクなく半導体処理が実施され得る圧力および電圧を制限する。そのような高電圧破壊の可能性を低減するために、埋込型クランプ電極を有する誘電体プレートなどの設計は、典型的には、パッシエン曲線の「右側」に関連付けられる条件下で E S C を動作させる増加された全体厚さを有するように設計される。誘電体プレートの厚さの増加は、ウェハと、誘電体プレートの下に位置された R F 電極との間の距離を増加させ、これは、パッシエンの右側で E S C を動作させる。

【 0 0 5 1 】

しかし、そのような設計での誘電体プレートまたは層厚さが増加されるにつれて、バイアス R F システムの R F 電力効率は、(ベースプレートの形態での) R F 電極とウェハ/処理領域との間に存在する誘電性材料の厚さの増加により減少される。これは、さらに、より高い R F 電力スループットを必要とすることがある、そのようなより高い R F 電力スループットは、電力消費に影響を及ぼし、(より高い R F 電圧の使用により) 高電圧破壊の可能性をより高めることがあり、これは、半導体処理に悪影響を及ぼすことがある。

【 0 0 5 2 】

多くの半導体処理操作において、E S C は、ウェハを加熱および/または冷却するための熱管理構成要素を含んでいてもよい。いくつかの半導体プロセスでは、ウェハは、E S C 上にあるとき、特定の処理要件を満たすために、E S C 内部に埋め込まれた加熱要素を使用して約 3 0 ~ 1 5 0 の範囲内、またはそれよりも高い温度まで加熱されてよい。

【 0 0 5 3 】

いくつかの E S C では、加熱要素は小さいおよび/または低い出力でよく、これは、加熱器からウェハにできるだけ効果的に熱が移送されて向けられ、E S C の他の要素または周囲環境には熱が向けられず失われないことを必要とすることがある。さらに、E S C のいくつかの他の要素、および/または半導体処理チャンバの要素は、加熱器からの熱によって悪影響を及ぼされることがある。したがって、本発明者等は、加熱器の周りの層の熱伝導率の指向性を制御することが E S C 機能を高めることがあると判断した。例えば、加熱要素と熱接触する熱伝導層が存在し、熱をウェハに向けない場合、そのような層は、加熱器および E S C の効果および/または調整性を低下させることがある。別の例として、加熱器に直接隣接して配置される内部冷却チャネルを含む E S C ベースプレートは、加熱器から熱を放出しすぎ、それにより、加熱器によって上部プレート、セラミック層、およびウェハに送達される熱を減少させることがある。他方、そのような例示的な E S C がベースプレートと加熱器との間に熱閉塞体を含む場合、熱閉塞体は、加熱器からベースプレートに熱が放出される速度を制御してよく、代わりにその熱を加熱器の上方の層に向けてよい。さらに、上で論じたいいくつかの E S C では、E S C および/または処理チャンバ内部への加熱要素の配置は、とりわけ誘電層の厚さの増加を必要とすることにより、ライトアップのリスクを高めることがある。誘電層の厚さの増加は、所与の圧力に関する最小破壊電圧を低下させることがあり、および/またはライトアップが生じ得る追加の領域を生み出すことがある。

【 0 0 5 4 】

本発明者等が認識した別の問題は、ペデスタルおよび E S C 内部のケーブルの引き回しが E S C および半導体処理チャンバの性能に大きな影響を及ぼし得ることであった。E S C を有するペデスタルは、そこに引き回されたいいくつかの異なるケーブルを有していてよく、これらのケーブルは、例えばクランプ電極(複数可)、R F 電極(複数可)、および加熱器(存在する場合)を含めたペデスタル内部の様々な電気システムへのおよび/または電気システムからの出力または信号を伝達する。さらに、E S C を有するペデスタルは、場合によっては、温度センサ(複数可)および非電気的管路(例えばクーラントホースなど)用のケーブル敷設も含む。これらのケーブルまたは管路はそれぞれ、典型的には、処理チャンバの外部に位置されたデバイス(例えば、E S C クランプ用の高電圧 D C 電源、プラズマ発生用の高電圧 R F 電源、クーラント液を供給するための熱交換器システム、

10

20

30

40

50

制御信号の提供またはセンサ信号の受信を行うことがある制御装置など)から、ペデスタルおよびE S Cを支持する何らかの構造を通して、ペデスタルの下面に引き回され、次いで、そのようなケーブルおよび管路は、処理チャンバの内部でペデスタルの下面での様々な接続点に接続される。処理チャンバは、ペデスタルおよびE S Cの下にあって、かつペデスタルおよびE S Cを少なくとも一部取り囲む領域を含むことがあり、時として「ボウル」と呼ばれる。

【0055】

本発明者等は以下のことを確認した: ボウル内部のケーブル位置および引き回しが、所与の半導体処理チャンバ内で処理されるウェハに関するウェハ間均一性、およびチャンバ間のばらつきに実際に直接影響を及ぼすことがある。ただし、E S C自体は、これらのケーブルとウェハとの間に介装されており、そのようなケーブル引き回しは、典型的にはチャンバ内部からは明らかでない。なぜなら、ケーブル引き回しは、ペデスタル/E S C内部またはペデスタル/E S Cの下で行われ、E S Cの上面からウェハを見たときには見えないからである。ウェハ間均一性は重要である。なぜなら、これは、半導体処理チャンバ内で使用される一定の1組のプロセス条件が所望の結果、すなわち低いフィーチャ損失を有する処理後のウェハをもたらす可能性を示すからである。チャンバ間のばらつきも重要である。なぜなら、これは、1つの半導体処理チャンバに関して開発されたプロセスパラメータが、同様の半導体処理チャンバで使用されるときに効果的である可能性を示すからである。

【0056】

本発明者等は、ペデスタルの周りの処理チャンバおよびボウル内へのおよびその内部でのいくつかのケーブルの引き回しおよび配置に対する改良が、とりわけウェハ間均一性およびチャンバ間の共鳴周波数の差に関して測定したときの、処理チャンバのウェハ間のばらつき、およびチャンバ間のばらつきに直接影響を及ぼすことを発見した。本発明者等は、処理チャンバおよびボウル内部で様々なケーブルおよび管路の位置を制約するように既存の半導体処理ツールを修正する実験を行った。元の半導体処理ツールにおいて、2つの平行な、垂直に積層された水平「トンネル」が、処理チャンバの外部からチャンバの内部に延びていた。底部水平トンネルは、R F導体を含んでいた。このR F導体は、E S Cのベースプレートに接続された垂直コラムの底部に接続されていた。他方の水平トンネルは、加熱器電力を加熱器要素に供給するため、および高電圧D C電力をE S Cクランプ電極(複数可)に供給するための個別のケーブルを含んでいた。これらのケーブルは、上側水平トンネルを通して引き回されていたが、それ以外にはトンネル内部での配置について制約されていなかった。すなわち、ケーブルは、それらそれぞれのトンネル内部での位置決めに関してチャンバ毎にわずかに異なることがあった。さらに、これらのケーブルは、トンネルから出てE S C/ペデスタルの下面へとボウルを横切ったとき、チャンバ毎に、トンネル出口からE S C/ペデスタルの下面への同じ経路に必ずしも従わなかった。

【0057】

本発明者等によってテストされた修正型の半導体処理ツールでは、トンネル内部のケーブル敷設は、プラスチックガイド(複数可)によって制約され、ガイドは、トンネル内部の特定の位置にケーブルを制約した。これは、トンネル内部でのケーブル配置についてチャンバ間のばらつきを減少させた。また、本発明者等は、ケーブル引き回しクランプを導入した。このクランプは、ケーブルの引き回しを、トンネル出口とペデスタル/E S Cへの各ケーブルの接続点との間でさらに制約した。これは、処理チャンバ/ペデスタルボウル内部でのケーブル引き回しのチャンバ毎のばらつきをさらに減少させた。

【0058】

そのような修正を行う様々な段階中、本発明者等は、ウェハ処理操作を行い、様々な有益な効果を観察した。例えば、チャンバ間の4次共鳴周波数のばらつきは、トンネルケーブルガイドを設置して上側トンネル内でのケーブルの位置を制約した後、それらの処理操作に関して、1.1 M H zから約0.5 M H zに減少された。次いで、本発明者等が、トンネル出口とペデスタル/E S Cとの間でケーブル位置をさらに制約したとき、チャンバ

10

20

30

40

50

間の4次共鳴周波数のばらつきは、0.1MHz未満に減少された。

【0059】

ケーブル配置がプロセスのばらつきに影響を及ぼすさらなる一例として、本発明者等は、特定のエッティングプロセスで、RFトンネルからESCへの緩い位置から固定位置へのケーブルの固定が、処理後のウェハ間のばらつきを減少することを見出した。この場合、本発明者等は、電圧制御インターフェースワイヤ（本明細書では以後「VICIワイヤ」；そのようなワイヤは、処理チャンバの外部からチャンバの内部に延び、ESCのRF電極のRF電圧を測定する）を、処理チャンバ内部の単一の固定された構成に固定した。これは、図2に示されるように、処理後のウェハのばらつきの減少をもたらした。

【0060】

図2は、ボウル内部に電圧制御インターフェースワイヤを固定する前および後の、ウェハ間のばらつきを示す。図2で見られるように、垂直軸は、オングストローム単位での酸化物エッティング深さであり、これは、エッティングプロセス後の最終的なエッティング深さである。水平軸は、2つのデータセットを含み、左側のセットは、「改良されていないVICIワイヤ引き回し」と題されており、固定されていないVICIワイヤを有するチャンバ内のウェハ処理を示し、右側のセットは、「改良されたVICIワイヤ引き回し」と題されており、上述したように、固定されたVICIワイヤを有するチャンバ内のウェハ処理を示す。図2で見られるように、改良されていないVICIワイヤ引き回しを有するチャンバによって処理されたウェハは、約435～約486の間、すなわち約50の範囲内のエッティング深さで変動する。他方、右側のデータは、エッティング深さのばらつきが、約5のはるかに小さい範囲内にあることを示す。前述の試験結果に基づいて、本発明者等は、ケーブル配置および引き回しがウェハおよびチャンバのばらつきに大きな影響を及ぼすことを確認した。これらの観察に基づいて、本発明者等は、さらに以下のことを確認した：ケーブル配置をより注意深く管理し、引き回しがチャンバ同士でより一貫して、かつ所与のチャンバ内部でより制約されて配置されるようにすることによって、ウェハおよびチャンバのばらつきの大幅な改良を行うことができるが、さらに効果的な手法は、1つまたは複数のケーブルをトンネルおよびボウル内部から完全に取り除かれることであり、この場合、取り除かれたケーブルに関連付けられるチャンバ間のばらつき、または取り除かれたケーブルがトンネルおよびボウルに対して動く可能性がなく、したがって、取り除かれたケーブルからの処理不均一性に対する寄与がない。

【0061】

本発明者等によって認識された上記の問題の少なくともいくつかを受けて、本発明者等は、処理後のウェハの性能および得られる均一性を大幅に改良するためにESCの設計を変更することができるいくつかの方法を考えた。この取組みの一部として、本発明者等は、以下に論じる設計オプションの1つまたは複数を実装するESCが、半導体処理性能を向上させることがあることを確認した。

【0062】

本発明者等によって識別された1つのそのような設計オプションは、共通のクランプ電極/RF電極を利用することであり、すなわち、クランプ電極機能とRF電極機能とがどちらも同じ導電性構造によって、例えばベースプレート/上部プレート（または均等な構造）によって提供されてよい。そのような実装形態では、プラズマ発生用の高電圧RF電力と、ESCクランプ機能用の高電圧DC電力とが、共通の導電性経路を通してESCに提供されてよく、それにより、通常はトンネルおよび/または支持コラムを通してペデスタル/ESCに引き回される別個のDC電源ケーブルをなくす。そのような共通のRF/DC電極を利用するさらなる利益は、前に論じられたDCクランプ電極、例えば埋込型クランプ電極を有する誘電体プレートの使用がなくされてよいことである。そのような誘電体プレート/埋込型クランプ電極構成要素は、製造コストが高く、多くの場合に壊れやすく、前に論じた様々な性能面の問題をもたらすことがある。そうではなく、共通のDC/RF電極（またはベースプレート）は、少なくとも処理中にウェハを支持する上面に、薄い誘電性または絶縁性材料コーティングまたは層を単に塗布されていてよい。この薄い誘

10

20

30

40

50

電性または絶縁性材料は、共通の D C / R F 電極をウェハから、および処理チャンバ環境から電気的に絶縁してよい。本発明者等は、さらに以下のことを確認した：クランプ電極が誘電体プレート内部に埋め込まれる設計にはしないことによって、クランプ電極（複数可）とウェハとの間の誘電層厚さの大幅な減少を実現することも可能であり、それにより、パッシエン曲線の一番「左側」で E S C 動作が行われるようにし、より広範囲の動作条件を可能にする。そのような動作条件は、とりわけ、最小破壊電圧に達する前より大きい電圧、より高い R F 電力、およびより低い周波数を含む。さらに、クランプ電極とウェハとの間でより薄い誘電層厚さを利用することによって、他の E S C 設計におけるよりも低い D C クランプ電圧を使用することができる。調整可能な E S C に関する加熱要素は、誘電層ではなく E S C 内部に埋め込まれてもよく、電圧ライトアップの危険が減少される。なぜなら、この場合、加熱要素が R F 電極とウェハとの間に介装されないからである。10

【 0 0 6 3 】

図 3 は、本明細書で論じられる概念のいくつかによる例示的な静電チャックの側断面図を示す。この図 3 は、E S C の全般的な例示的構成であり、E S C 要素は代表例であり、縮尺通りではない。図示されるように、E S C 3 0 0 は、複数の層を含み、この設計の「最上部」にある、上部プレート 3 0 4 の上に配置されたセラミック層 3 0 2 から始まり、上部プレート 3 0 4 の下に加熱器 3 0 6 があり、加熱器 3 0 6 の下に熱閉塞体 3 0 8 があり、底部層としてベースプレート 3 1 0 がある。見て分かるように、上部プレート 3 0 4 は、セラミック層 3 0 2 と加熱器 3 0 6 との間に介装され、加熱器 3 0 6 は、上部プレート 3 0 4 と熱閉塞体 3 0 8 との間に介装され、熱閉塞体 3 0 8 は、加熱器 3 0 6 とベースプレート 3 1 0 との間に介装される。加熱器 3 0 6 は、金属から形成されてよく、その金属はアルミニウムまたはアルミニウム合金でよく、加熱器 3 0 6 は、高温断熱性を有する加熱要素を含んでいてよい。例えば、加熱要素は、アルミニウムプレート内の蛇行チャネル（またはベースプレート内に機械加工されたチャネル）内に引き回されてよい。これらの前述の E S C 3 0 0 の層は、E S C 3 0 0 内部の要素の包括的な列挙でないことに留意されたい。他の層が E S C 3 0 0 内に含まれ、E S C 3 0 0 の前述の層の 1 つまたは複数の間に介装されてもよい。同様に、これらの層の 1 つまたは複数が E S C 3 0 0 内に含まれていなくてもよい。20

【 0 0 6 4 】

図 3 は、E S C 3 0 0 を通る第 1 の軸 3 1 2 も示し、第 1 の軸 3 1 2 は、少なくとも誘電層またはセラミック層 3 0 2 を含む E S C 3 0 0 の層に実質的に垂直（例えば垂直から ± 5 ° ）である。30

【 0 0 6 5 】

熱閉塞体は、熱流を制限するように設計され、典型的には熱閉塞構造にわたって特定の熱抵抗を提供するように構成された構造である。あらゆる材料または構造がある程度は熱流を妨げるが、熱閉塞体は、伝熱経路に沿った熱流を、経路上の上流要素によって提供される熱流に対する制限と比べて約 2 : 1 よりも大きい比で実質的に制限するように設計される。熱閉塞体 3 0 8 は、第 1 の軸 3 1 2 と概して位置合わせされた方向で、例えば E S C 3 0 0 の層を通って垂直に、E S C 3 0 0 の層を通る熱伝導率を制御するように設計される。特に、熱閉塞体 3 0 8 は、ベースプレート 3 1 0 に向かう加熱器 3 0 6 からの熱流の量を制限するように設計され、それにより、加熱器 3 0 6 からの熱流を、上部プレート 3 0 4 およびセラミック層 3 0 2 に向けて垂直「上方向」に流れるように偏倚する。40

【 0 0 6 6 】

この設計は、そのような熱閉塞体を備えない設計に勝る多くの利益を実現し、そのような利益は、限定はしないが、セラミック層 3 0 2 上のウェハをより強くおよび／またはより効率の良く加熱すると同時に、加熱器 3 0 6 内でより低い電力を使用することを含む。さらに、この設計は、セラミック層 3 0 2 上に位置されたウェハのより正確な温度調整性を実現し、これは、上で論じたようにウェハ均一性を改良する。

【 0 0 6 7 】

前に論じたように、セラミック層 3 0 2 は、典型的には、ほとんどの E S C 設計の場合50

よりもはるかに薄くてよい。例えば、セラミック層 302 は、3 ミルよりも薄くてよく、例えば 1.5 ミルよりも薄い。前に論じたように、そのような薄い誘電層は、E S C 300 の動作レジームを、図 1 に示される破線の一番左に保つことがある。

【0068】

また、E S C 300 は、ベースプレート 310 と上部プレート 304 との間の電気接続 314 も示し、それにより、これら 2 つの層が電気的に接続される。いくつかの実施形態では、ベースプレート 310 および上部プレート 304 は、金属から形成されてよく、その金属は、例えばアルミニウムまたはその合金を含んでいてよい。図 3 に示されるそのような電気接続 314 は、これら 2 つの層間で電気接続がどこにおよび／またはどのように形成されているかについての実際の概略図ではなく、2 つの層が電気的に接続されていることを表すにすぎないことに留意されたい。電気接続 314 は、ベースプレート 310 と上部プレート 304 を同じ電位にする。したがって、例えば、高電圧 R F 電力および高電圧 D C 電力がベースプレート 310 に提供される場合、同じ R F および D C 電力が上部プレート 304 にも印加される。いくつかの実装形態では、上部プレート 304 とベースプレート 310 とは、単一の連続する構造を形成してよく、または少なくとも、構成部品から組み立てられて、例えば蝶付けによって一体に融合された構造を形成してよい。この電気接続および E S C の別の電気的構成は、以下でさらに詳細に論じる。

【0069】

次に、熱閉塞体の例示的実施形態を論じる。図 4 は、図の左側に、図 3 における E S C の簡略側断面図を示し、図の右側に、熱閉塞体の上面図を示す。見て分かるように、E S C 300 は、図 3 と同様に配置されたセラミック層 302 と、上部プレート 304 と、加熱器 306 と、熱閉塞体 308 と、ベースプレート 310 とを有するものとして示されている。熱閉塞体 308 の区域が、第 1 の軸 312 に平行な方向から見られている。図 4 に示されるように、熱閉塞体 308 は、熱閉塞層 316 を含み、熱閉塞層 316 は、複数の第 1 のキャビティ 318 を含む。第 1 のキャビティ 318 は、熱閉塞層 316 にわたって配置されてよい。また、第 1 のキャビティ 318 は、熱閉塞層 316 の体積の大部分が第 1 のキャビティ 318 を含むように、熱閉塞層 316 に実質的にわたって配置されてよい。いくつかの実施形態では、第 1 のキャビティ 318 は、熱閉塞層の 50 % 以上にわたって配置されてよい。一般に、第 1 のキャビティは、熱閉塞層の残りの部分の熱伝導率よりも低い熱伝導率を有する固体またはガスを充填されてよい。いくつかの実装形態では、キャビティを充填する材料の熱伝導率は、熱閉塞層の残りの部分を形成する材料の熱伝導率と比較して、大きさが 2 ~ 5 倍程度、またはそれよりも小さくてよい。

【0070】

いくつかの実施形態では、第 1 のキャビティ 318 はそれぞれ、熱閉塞層 316 内部で互いから流体的に隔離されてよい。いくつかの実施形態では、第 1 のキャビティ 318 は、ガスを充填されてよく、そのようなガス、例えばアルゴンは、熱閉塞層 316 の残りの部分の材料（例えばアルミニウム合金またはステンレス鋼合金）と比較して低い熱伝導率を有していてよい。いくつかの他の実施形態では、第 1 のキャビティ 318 は、低い熱伝導率を有する固体材料、例えばセラミック材料、テフロン、シリコーン、ポリイミド、および／またはカプトンを充填されてよい。第 1 のキャビティ 318 は、E S C の所望の半導体プロセスおよび／または熱調整に適した多くの組合せでガスおよび／または材料を充填されてよい。例えば、いくつかの第 1 のキャビティ 318 は、セラミックを充填されてよく、他の第 1 のキャビティ 318 は、シリコーンを充填されてよい。熱閉塞層 316 が受動熱管理構造であることを理解されたい。例えば、上部プレート 304 および誘電層 302 のガス分散穴へのキャビティ内部の伝熱流体の循環はない（ただし、例えば途中で第 1 のキャビティ 318 のいくつかを通過することがあるヘリウムなどの伝熱ガスは場合により例外となる）。そのようなガス分散穴は、通常の半導体処理操作中、例えば活性半導体処理中に、E S C と E S C によって支持されたウェハとの間にそのような伝熱ガスが導入されるようにすることがある。例えば、キャビティ内部の再循環熱交換システムの一部である伝熱流体の循環は存在しない。

【0071】

いくつかの実施形態では、熱閉塞層316は、金属を含む材料から形成されてよく、アルミニウムまたはアルミニウム合金を含んでいてよい。また、熱閉塞層316は、例えばセラミックなどの非金属材料から形成されてもよい。また、熱閉塞層316は、低い熱伝導率を有する材料から形成されてもよい。

【0072】

第1のキャビティ318は、様々な形状、サイズ、および／または体積でよく、様々な深さおよび／または角度で熱閉塞層316を通して延びていてよい。第1のキャビティ318の角度は、セラミック層302、第1の軸312、またはE S Cの任意の他の部分に對して測定されてよい。いくつかの実施形態では、複数の熱閉塞層316が存在してよい。
10 いくつかの実装形態では、第1のキャビティ318は、円筒形状でよく、0.5センチメートル以下の直径を有していてよい。いくつかのそのような実装形態では、第1のキャビティ318は、2ミリメートル以下だけ互いから離隔されてよい。いくつかの実施形態では、第1のキャビティ318は、様々な形状を有し、異なる距離だけ離隔されてよい。

【0073】

第1のキャビティ318は、様々な構成において、熱閉塞層316を通っておよび／またはその内部に延びていてよい。熱閉塞層316内部の第1のキャビティ318のいくつかの非限定的な例示的構成が、図5、図6、および図7に示されている。図5は、複数の第1のキャビティの例示的構成を備える熱閉塞体の断面図を示す。見て分かるように、熱閉塞体308は、熱閉塞層316を完全に通って延びる複数の第1のキャビティ318を含む。図6は、複数の第1のキャビティの第2の例示的構成を備える熱閉塞体の断面図を示す。図示されるように、図6での熱閉塞体308は、複数の第1のキャビティ318を含み、これらのキャビティ318は、熱閉塞層316内に延びるが、熱閉塞層316の端面を通っては延びない。図7は、複数の第1のキャビティの第3の例示的構成を備える熱閉塞体の断面図を示す。この図では、第1のキャビティ318は、熱閉塞層316の1つの端面を通って延びるが、反対側の端面を通っては延びない。図5～図7の3つの例すべてにおいて、第1のキャビティ318は、第1の軸312に実質的に平行な方向（例えば、第1の軸312の±5°）で熱閉塞層を通って延びる。
20

【0074】

熱閉塞体308は、熱閉塞層316内部に第1のキャビティ318を形成するための多くの方法で製造されてよく、そのような方法は、例えば、従来の製造技法、例えば鋳造、射出成型、もしくは機械加工を含み、またはより先進の技術、例えば3 D プリントを使用する。いくつかの実施形態では、熱閉塞体308は、2つ以上の部品を一体に組み立てるこことによって作成されてよい。例えば、図6に示される熱閉塞層316は、図5と同様の熱閉塞層316を作製し、熱閉塞層316の上部および底部に追加のより薄い層を配置して、第1のキャビティ318を「キャップ」または封止することによって構成されてよく、それにより、1つまたは複数の第1のキャビティは、他の第1のキャビティ318の1つまたは複数から流体的に隔離されてよい。また、熱閉塞層316は別の部品の一部でもよく、例えば、ベースプレート310が、第1のキャビティ318を形成するために上面に開けられたいくつかの穴を有していてよいことを理解されたい。
30 40

【0075】

いくつかの実施形態では、前述したように、第1のキャビティの1つまたは複数は、他のE S C層および／または処理チャンバの1つまたは複数から流体的に隔離されてよい。例えば、E S Cは、伝熱ガスが熱閉塞体、加熱器、上部プレート、およびセラミック層の一部を通って流れ得るように構成されてよい。

【0076】

いくつかの実装形態では、熱閉塞体308は、複数の第2のキャビティ320を含んでいてよく、これらのキャビティ320は、熱閉塞層316にわたって配置され、第1のキャビティ318とは異なるサイズである。図8は、複数の第1のキャビティと複数の第2のキャビティとを有する熱閉塞体の上面図を示す。見て分かるように、第2のキャビテ
50

イ 3 2 0 は、第 1 のキャビティ 3 1 8 よりも小さいサイズであり、どちらの複数のキャビティも、熱閉塞層 3 1 6 にわたって配置される。第 2 のキャビティ 3 2 0 は、様々なサイズおよび形状、例えば円形または長方形でよい。また、第 2 のキャビティ 3 2 0 は、第 1 のキャビティ 3 1 8 間の隙間、または第 1 のキャビティ 3 1 8 を嵌めることができない熱閉塞層 3 1 6 の周縁付近の領域内の隙間に嵌まるようにサイズおよび／または形状を定められてもよい。また、第 2 のキャビティ 3 2 0 は、互いに異なる形状およびサイズでもよい。第 2 のキャビティは、互いにおよび／または第 1 のキャビティから 2 mm 以下だけ間隔を空けて配置されてよい。また、第 2 のキャビティ 3 2 0 は、第 1 のキャビティ 3 1 8 に関して上述した、図 5～図 7 の非限定的な例で示したものと同様の様式で熱閉塞層 3 1 6 を通って延びていてもよい。

10

【 0 0 7 7 】

第 2 のキャビティ 3 2 0 は、第 1 のキャビティ 3 1 8 と同様に構成されてよい。いくつかの実施形態では、第 2 のキャビティ 3 2 0 は、ガスを充填されてよく、そのようなガスは、低い熱熱伝導率を有していてよい。いくつかの他の実施形態では、第 2 のキャビティ 3 2 0 は、低い熱伝導率を有する材料、例えばセラミック材料、テフロン、シリコーン、ポリイミド、および／またはカプトンを充填されてよく、いくつかの実施形態では、低い熱伝導率を有する材料は、熱閉塞層 3 1 6 の材料よりも低い熱伝導率を有していてよい。第 2 のキャビティ 3 2 0 は、第 1 のキャビティ 3 1 8 について上述したのと同様に、ESC の望みの半導体プロセスおよび／または熱的調整に適した多くの組合せでガスおよび／または材料を充填されてよい。

20

【 0 0 7 8 】

上記の例から分かるように、熱閉塞層 3 1 6 は、加熱器 3 0 6 とベースプレート 3 1 0 との間に介装され、したがって、第 1 の軸 3 1 2 に垂直な方向で加熱器 3 0 6 からの径方向熱流を主に閉塞するのではなく、第 1 の軸 3 1 2 に平行な方向で加熱器 3 0 6 からベースプレート 3 1 0 への軸方向熱流を主に閉塞するように構成される。

【 0 0 7 9 】

次に、ESC のいくつかの電気的構成の例示的実施形態を論じる。図 3 に示されるように、ESC 3 0 0 は、上部プレート 3 0 4 とベースプレート 3 1 0 とが互いに電気的に接続されるように構成される。図 9 は、ESC の例示的な電気的構成を示す。見て分かるように、ESC 9 0 0 が示されており、セラミック層 3 0 2 と、上部プレート 3 0 4 と、ベースプレート 3 1 0 とを含む。ESC 9 0 0 および／またはその層は、本明細書で論じた ESC 3 0 0 と同様に構成されてよく、および／または ESC 3 0 0 の同じ要素および機構のいくつかもしくはすべてを含んでいてよいが、図 9 では、例示の目的で、限られた数の層を有するものとして示されている。セラミック層 3 0 2 は、上部プレート 3 0 4 に配設され、上部プレート 3 0 4 は、セラミック層 3 0 2 とベースプレート 3 1 0 との間に介装され、上部プレート 3 0 4 とベースプレート 3 1 0 とは、電気接続 3 1 4 によって表されるように互いに電気的に接続される。ESC 9 0 0 は、半導体処理チャンバ 9 2 2 の内部に配置され、DC 電源 9 2 4 および RF 発生器 9 2 6 は、処理チャンバ 9 2 2 の外部に配置される。DC 電源 9 2 4 は、高電圧 DC 静電クランプ電圧を提供するように構成され、RF 発生器 9 2 6 は、高電圧 RF 電力を提供するように構成される。

30

【 0 0 8 0 】

DC 電源 9 2 4 と RF 発生器 9 2 6 との両方が、共通の導電性経路 9 2 8 によって ESC 9 0 0 に電気的に接続され、導電性経路 9 2 8 は、処理チャンバ 9 2 2 の外部から処理チャンバ 9 2 2 の内部の位置に延び、ESC 9 0 0 のベースプレート 3 1 0 と導電接触する。DC 電源 9 2 4 は、DC コネクタ 9 3 0 によって処理チャンバ外部の共通の導電性経路 9 2 8 に電気的に接続され、RF 発生器 9 2 6 は、RF コネクタ 9 3 2 によって処理チャンバ外部の共通の導電性経路 9 2 8 に接続される。DC コネクタ 9 3 0 と RF コネクタ 9 3 2 とはそれぞれ、処理チャンバ 9 2 2 外部の 1 つまたは複数の位置で共通の導電性経路 9 2 8 に接続されてよい。図 9 に示されるように、DC コネクタ 9 3 0 と RF コネクタ 9 3 2 とはそれぞれ、処理チャンバ 9 2 2 外部の個別位置で共通の導電性経路 9 2 8 に接

40

50

続されてよい。共通の導電性経路 928 は、とりわけ図 9 に示されるベースプレート 310 を含む 1つまたは複数の位置で ESC に電気的に接続されてよい。いくつかの実施形態では、共通の導電性経路は、処理チャンバ 922 内の ESC 900 への RF 発生器 926 の電気的経路でよい。

【0081】

いくつかの実施形態では、コンデンサ 934 は、RF 発生器 926 と DC 電源 924 との間に電気的に介装されてよく、DC 電源 924 と ESC 900との間には電気的に介装されないことがあり、DC 電圧が RF 発生器に入るのを防止する。いくつかの実施形態では、コンデンサ 934 は、図 9 に示されるように RF コネクタ 932 に沿って電気的に配置されてよい。いくつかのそのような実施形態は、DC 電圧が RF 発生器 926 に達して干渉するのを阻止すると共に、RF エネルギーと DC 電圧とがどちらも ESC 900 に達するようにしてよい。コンデンサ 934 の静電容量は、例えば 21 ナノファラド以下でよい。いくつかの実施形態では、コンデンサ 934 の静電容量は、RF 周波数および / またはチャンバインピーダンスによって決定されてよい。いくつかの他の実施形態では、複数のコンデンサ 934 は、RF 発生器 926 と DC 電源 924 との間に電気的に介装されてよく、DC 電源 924 と ESC 900 との間には電気的に介装されないことがある。さらに、1つまたは複数のコンデンサは、同じおよび / または異なる静電容量と並列に配置されてよい。

【0082】

上部プレート 304 とベースプレート 310 とは、多くの方法によって電気的に接続されてよいことを理解されたい。いくつかの実施形態では、加熱器 306 および / または熱閉塞体 308 が金属内に埋め込まれてよく、それにより、ESC 100 の層（限定はしないが、ベースプレート 310 、熱閉塞体 308 、加熱器 306 、および上部プレート 304 を含む）は、一体に蝶付けおよび / または結合され、ベースプレート 310 と上部プレート 304 とは、本来的に電気的に接続されてよい。いくつかの他の同様の実施形態では、加熱器 306 および熱閉塞体 308 は、以下に論じる図 11 と同様にベースプレート 310 内部に埋め込まれてよい。この構造もやはり、当然、ベースプレート 310 の層と上部プレート 304 の層とが互いに結合および / または蝶付けされるときには、これらの 2つの層を電気的に接続してよい。

【0083】

図 10 は、ESC の上部プレートとベースプレートとの間の 1つの例示的な電気接続を示す。図 10 に示されるように、前述したように構成されることがある ESC 300 は、セラミック層 302 と、上部プレート 304 と、加熱器 306 と、熱閉塞体 308 と、ベースプレート 310 と、電気接続 1014 を含み、これらは破線の楕円内に示されている。そのような例示的実施形態では、上部プレート 304 は、ESC 300 の内部に延びる電気接続 1014 を使用して、ベースプレート 310 に電気的に接続される。いくつかの実施形態では、電気接続 1014 は、スリープ 1038 内部に含まれる導電性ピン 1036 を含んでいてよく、ここで、導電性ピン 1036 は、上部プレート 304 をベースプレート 310 に電気的に接続し、スリープ 1038 は、必要であれば、導電性ピン 1036 を ESC 300 の他の要素から電気的に絶縁する（いくつかの実装形態では、スリープ 1038 は必要とされないことがある）。ESC 300 は、限定はしないが図 10 に示される 3つの電気接続 1014 を含む 1つまたは複数の電気接続 1014 を使用してよい。また、電気接続 1014 は、ESC 300 の 1つまたは複数の層を通して引き回されてもよく、1つまたは複数の第 1 のキャビティ 318 および / または 1つまたは複数の第 2 のキャビティ 320 を通って延びていてよい。

【0084】

図 11 は、ESC の上部プレートとベースプレートとの間の第 2 の例示的な電気接続を示す。見て分かるように、図 11 は ESC 300 を含み、ESC 300 は、前述したように構成されてよく、セラミック層 302 と、上部プレート 304 と、加熱器 306 と、熱閉塞体 308 と、ベースプレート 310 と、電気接続 1014 を含む。この図示される

10

20

30

40

50

実施形態では、電気接続 1114 は、ベースプレート 310 自体の一部材でよい。いくつかのそのような実施形態では、ベースプレート 310 は、上部プレート 304 と電気的に接続された 1つまたは複数の部材を含むことがあるように製造または構成されてよい。図 11 に示されるように、ベースプレート 310 の 1つまたは複数の部材、例えば円周外壁は、ESC300 の外縁部に沿って上部プレート 304 に向けて延びている。上部プレート 304 と電気的に接続されるベースプレート 310 の 1つまたは複数の部材は、ESC300 の 1つまたは複数の層および / または ESC300 内部の 1つまたは複数の領域を通っておよび / またはそこに沿って延びてよい。例えば、熱閉塞体 308 と加熱器 306 とは、図示されるように、1つまたは複数の部材によって取り囲まれてよく、上部プレート 304 によってキャップされてよい。いくつかの実装形態では、1つまたは複数の部材は、代替として、または追加として、上部プレート 304 から延び、ベースプレート 310 に向けて延びてよい。
10

【0085】

ESC300 が熱閉塞体 308 を含むいくつかの実施形態では、熱閉塞層 316 は、金属から形成されてよく、熱閉塞体 308 は、ベースプレート 310 および上部プレート 304 に電気的に接続されてよい。そのような実装形態では、熱閉塞体 308 は、電気接続 1014 として働いてよい。そのような要素間の電気接続は、本明細書で述べるものを含めた、当業者に知られている多くの方法によって形成されてよい。

【0086】

また、ESC300 は、支持コラムおよび横方向支持アーム上で半導体処理チャンバ内部に構成されてもよく、支持コラムと横方向支持アームはどちらも、処理チャンバの外部から処理チャンバの内部にホース、ワイヤ、ケーブル、管、もしくは他の管路、電流、および / または RF エネルギーを引き回すために使用されてよい。図 12 は、ESC、支持コラム、および横方向支持アームを有する半導体処理チャンバの断面図を示す。見て分かるように、ESC300 は、半導体処理チャンバ 1222 内部に配置され、セラミック層 302 と、上部プレート 304 と、加熱器 306 と、熱閉塞体 308 と、ベースプレート 310 と、電気接続 314 とを含む。ESC300 は、前述したように構成されてよい。
20

【0087】

また、図 12 は、支持コラム 1240 に接続された ESC300 を示し、支持コラム 1240 は、横方向支持アーム 1242 に接続される。いくつかの実施形態では、図 12 に示されるように、横方向支持アーム 1242 は、処理チャンバ 1222 外部の領域から処理チャンバ 1222 内部の領域に渡っていてよく、または延びていてよい。支持コラム 1240 は、第 1 の軸 312 に平行に向けられてよいが、他の実装形態では他の向きでもよい。同様に、横方向支持アーム 1242 は、支持コラム 1240 に垂直に、かつ ESC300 の層に平行に示されているが、他の実装形態では他の向きでもよい。
30

【0088】

また、支持コラム 1240 および横方向支持アーム 1242 は、例えば円筒形を含む様々なおよび / または異なる形状、サイズ、および断面で構成されてもよい。いくつかの実施形態では、支持コラム 1240 および横方向支持アーム 1242 は、図 12 に示されるように中空でよい。いくつかのそのような実施形態では、支持コラム 1240 と横方向支持アーム 1242 とは、同じまたは異なる断面形状および / または領域を有していてよい。いくつかの実施形態では、支持コラム 1240 と横方向支持アーム 1242 との一方または両方が中実でよい。いくつかの実施形態では、支持コラム 1240 と横方向支持アーム 1242 との一方または両方の一部分が中空でよく、1つまたは複数の他の部分は中実でよい。
40

【0089】

いくつかの実施形態では、支持コラム 1240 と横方向支持アーム 1242 とは、互いに電気的に接続されてよい。図 12 に示されるように、黒い矢印によって示される共通の導電性経路 1228 が、処理チャンバ 1222 の外部から処理チャンバ 1222 内部の ESC300 まで、横方向支持アーム 1242 および支持コラム 1240 に沿って延びる。
50

いくつかのそのような実施形態では、横方向支持アーム 1242 および支持コラム 1240 は、金属でよい導電性材料から少なくとも一部形成されてよく、支持コラム 1240 は、E S C 300 と電気的に接続されてよい。いくつかの実施形態では、横方向支持アーム 1242 および支持コラム 1240 は、共通の導電性経路 1228 の少なくとも一部として働いてよい。いくつかの他の実施形態では、共通の導電性経路 1228 は、横方向支持アーム 1242 および / または支持コラム 1240 に沿っておよび / またはそこを通って延びていてよいワイヤまたは他の電気的材料でよい。

【0090】

図 12 での E S C 300 の電気的構成は、前述したものと同じでよい。図 12 は、共通の導電性経路 1228 に電気的に接続された DC 電源 1224 と RF 発生器 1226 とを示す。図示されるように、DC 電源 1224 は、DC コネクタ 1230 によって横方向支持アーム 1242 に電気的に接続され、同様に、RF 発生器 1226 は、RF コネクタ 1232 によって横方向支持アーム 1242 に電気的に接続される。横方向支持アーム 1242 は、共通の導電性経路 1228 の一部として働く。また、コンデンサ 1234 は、RF 発生器 1226 と DC 電源 1224 との間に電気的に介装され、DC 電源 1224 と E S C 300 との間には電気的に介装されないことがある。

【0091】

加熱器 306 は、加熱器電源 1244 を有していてよく、加熱器電源 1244 は、処理チャンバ 1222 の外部に位置されていてよい。加熱器電源 1244 は、加熱器電源ワイヤ 1246 を有していてよく、加熱器電源ワイヤ 1246 は、処理チャンバ 1222 の外部から、E S C 300 内の加熱器 306 、および処理チャンバ 1222 の内部に延びる。いくつかの実施形態では、加熱器電源ケーブル 1246 は、横方向支持アーム 1242 および支持コラム 1240 に沿っておよび / またはそこを通して引き回されてよく、E S C 300 を通して加熱器 306 に引き回されてよい。図 12 に示されるように、横方向支持アーム 1242 および支持コラム 1240 は中空であり、これは、加熱器電源ワイヤ 1246 が横方向支持アーム 1242 および支持コラム 1240 を通って延びることができるようとする。

【0092】

図 12 に示されるように、いくつかの実施形態は絶縁シールド 1248 を含んでいてよく、絶縁シールド 1248 は、横方向支持アーム 1242 を処理チャンバ 1222 のハウジングから電気的に絶縁し、それにより、横方向支持アーム 1242 によって伝導される任意の電流、例えば DC 電圧は、処理チャンバ 1222 (処理チャンバ 1222 のハウジングを含むこともある) に伝導されない。絶縁シールド 1248 は、1 つまたは複数の絶縁体 1250 を含んでいてよく、絶縁体 1250 は、絶縁シールド 1248 の外壁から横方向支持アーム 1242 を電気的に絶縁し、それにより、電流は、横方向支持アーム 1242 から絶縁シールド 1248 の外壁に伝達されない。絶縁体 1250 は、同心形状でよく、非導電性材料から形成されてよい。また、絶縁シールド 1248 は、処理チャンバ 1222 の外部に位置される横方向支持アーム 1242 の少なくとも一部分を電気的に絶縁してもよく、それにより、横方向支持アーム 1242 に接触するユーザまたは機器が、横方向支持アーム 1242 によって伝達される電流に露出されない。また、絶縁シールド 1248 は処理チャンバ 1222 内にさらに延びていてよく、この絶縁シールド 1248 は、処理チャンバのさらに内部にある横方向支持アーム 1242 を絶縁してよく、支持コラム 1240 の少なくとも一部を含んでいてよい。

【0093】

いくつかの実施形態では、E S C 300 は、支持コラム 1240 上で半導体処理チャンバ 1222 内部に支持されてよい。いくつかのそのような実施形態では、横方向支持アーム 1242 は存在しなくてもよく、支持コラム 1240 は、単に、処理チャンバ 1222 の「底部」を通って E S C 300 から垂直に延びていてよい。支持コラム 1240 は、上記の説明と同様に構成されてよく、それにより、例えば、RF 発生器 1226 および DC 電源 1224 は、処理チャンバ 1222 外部の支持コラム 1240 に電気的に接続されて

10

20

30

40

50

よく、これにより、支持コラム 1240 は、E S C 300への共通の導電性経路 1228 として働いてよい。支持コラム 1240 は、上で論じたように中空でもよく、いくつかのワイヤ、ケーブル、ホース、管、および／または管路が、支持コラムを通って E S C 300 に、および／または処理チャンバ 1222 の内部に延びていてよい。いくつかのそのような実施形態は、上述したように絶縁シールド 1248 と絶縁体 1250 とを含んでいてもよく、それらは、支持コラム 1240、ならびに処理チャンバ 1222 外部の支持コラム 1246 の少なくとも一部、および／または処理チャンバ内部の支持コラム 1240 の少なくとも一部を処理チャンバ 1222 のハウジングから電気的に絶縁してよい。

【0094】

本明細書で述べる電気的実施形態および構成は、少なくとも上部プレート 304 およびベースプレート 310 を含む E S C 900 の 1 つまたは複数の層が、セラミック層 302 上でウェハを定位置に保持するためのクランプ電極としても、プラズマを発生するための R F 電極としても働くことができるようとする。これらの実施形態は、上述したものを受け、多くの有益な結果を有することがある。上で論じたように、そのような実施形態は、セラミック層 902 からのクランプ電極の除去を可能にし、これはさらに、セラミック層 902 を通常使用され得るものよりもはるかに薄くし、これは、パッシエン曲線の「左側」でのより大きい動作範囲を可能にする。また、これらの実施形態は、埋込型クランプ電極およびそれらの所要の電気接続を含む誘電層の製造を省くことも可能にする。

【0095】

また、これらの電気的実施形態は、上部プレート 304 および／またはベースプレート 310 の表面積を含めた E S C の表面積に対するクランプ電極の面積を増加することもあり、それにより、得られるクランプ電極は、ウェハの表面積全体に及び、したがってとりわけウェハのより良いクランプを提供する。さらに、本明細書で論じる実施形態は、いくつかの現在の E S C よりもロバストな設計を提供し、より高い信頼性をもたらす。上で論じたように、そのような電気的構成のさらなる利益は、処理チャンバ 1222 内部の少なくとも 1 つのケーブルを省くことによる、均一性の向上およびチャンバ間の一致を含む。

【0096】

セラミック層 302 は、100ミクロン未満の厚さを有していてよく、いくつかの実装形態では 1.5 ミル以下でよい。セラミック層 302 は、上部プレート 304 に塗布されるコーティングでよい。また、セラミック層 302 は、上部プレート 304 上に積層され得る薄いセラミックシートでもよい。また、セラミック層 302 は、片面でメタライゼーションされてもよく、この面は次いで上部プレート 304 に蝕付けされてよい。また、セラミック層 302 は、化学気相成長（「CVD」）など乾式の方法によって、E S C の上部および／または側部に製造されてもよい。

【0097】

現在の E S C よりも薄いセラミック層を使用することによって、薄いセラミック層をメタライゼーションして E S C に蝕付けすることができるので、セラミック層を E S C に接続するために従来使用されることがあるエポキシは必要とされないことがある。そのようなエポキシは、高い誘電正接を引き起こす。いくつかの以前の E S C では、従来、エポキシが使用されていた。なぜなら、蝕付けは、多くのタイプの加熱器を電気的に絶縁するために使用されるカプトン絶縁材に損傷を及ぼすことがあるからである。

【0098】

限定はしないが上部プレート 304、加熱器 306、熱閉塞体 308、および／またはベースプレート 310 を含む本明細書において上で論じた E S C の層の 1 つまたは複数は、蝕付け、溶接、エポキシ、または他の接続法によって別の層に接続されてよい。いくつかの構成では、これらの層の 1 つまたは複数は、他の層の材料とは異なる材料から形成されてよい。さらに、いくつかの実施形態では、これらの層の 1 つまたは複数は、別の層の内部に埋め込まれてよく、または配置されてよい。例えば、加熱器 306 および熱閉塞体 308 は、図 11 に示されるようにベースプレート 310 内部に埋め込まれてよい。

10

20

30

40

50

【0099】

本明細書における図面には含まれていないが、いくつかの実施形態では、E S Cは、限定はしないが、ガス分散穴（そこを通って、ガスがE S Cの一部またはすべてを通って流れよい）、基板を持ち上げるためのリフトピン、水ホース、および／または冷却チャネルを含む、半導体処理のために使用されてよい機構を含んでいてよい。例えば、前に論じたE S C 3 0 0は、ガス分散穴と、リフトピンを含むリフトピン穴とを含んでいてよい。図13は、ガス分散穴とリフトピン穴とを含むE S C 3 0 0の断面を示す。見て分かるように、E S C 3 0 0は、前に論じた層を含み、セラミック層3 0 2、上部プレート3 0 4、加熱器3 0 6、熱閉塞体3 0 8、ベースプレート3 1 0、ベースプレート3 1 0と上部プレート3 0 4との間の電気接続3 1 4、第1の軸3 1 2、ならびにガス分散穴1 3 5 2、およびリフトピン1 3 5 6を含むリフトピン穴1 3 5 4を含む。図13におけるガス分散穴1 3 5 2は、例えば、上部プレート3 0 4内部の共通のマニホールドまたは分散経路に広がっていてよく、この共通のマニホールドまたは分散経路は、さらに、E S C 3 0 0の層すべてを通って延びる経路と接続されてよく、またヘリウム源などの伝熱ガス源と接続されてよい。リフトピン穴1 3 5 4はリフトピン1 3 5 6を含んでいてよく、リフトピン1 3 5 6は、セラミック層の上面よりも下に凹まれるように、かつセラミック層3 0 2を越えて延出可能であるように構成されてよく、それにより、リフトピン1 3 5 6は、セラミック層3 0 2の上および／または上方でウェハに接触し、セラミック層3 0 2からウェハを持ち上げてよい。また、E S Cは、E S Cを設置するため、および／または1つもしくは複数の半導体製造プロセスにとってE S Cを機能性のあるものにするために使用されてよい他の機構を含んでいてもよく、そのような機構は、処理チャンバ内部にE S Cを取り付けるための機構、R F発生器／D C電源への電気接続、および／またはヘリウムガス供給源を含む。本開示において論じたE S Cが任意のタイプの半導体処理に使用されて差し支えないと本発明者等が考えていることに留意されたい。そのような半導体処理は、限定はしないが、原子層堆積、原子層エッティング、化学気相成長、プラズマ化学気相成長などを含む。10 20

【0100】

本開示の文脈で明示的に要求されない限り、本明細書および特許請求の範囲を通して、語「備える」およびその活用変化は、排他的または網羅的な意味合いではなく包含的な意味合いと解釈されるべきであり、すなわち「限定しないが含む」の意味と解釈すべきである。単数または複数を用いた語は、一般に、それぞれ複数または単数も含む。さらに、語「本明細書において」、「本明細書では以下」、「上」、「下」、および同様の趣旨の語は、本出願を全体として表し、本出願の任意の特定の部分を表さない。語「または」が、2つ以上の項目のリストに言及して使用されるとき、その語は、その語の以下の解釈の全てを網羅する：リスト内の項目の任意のもの、リスト内の項目すべて、リスト内の項目の任意の組合せ。用語「実装形態」は、本明細書で述べる技法および方法の実装形態、ならびに、構造を具現化する、および／または本明細書で述べる技法および／または方法を組み込む物理的な物体を表す。30

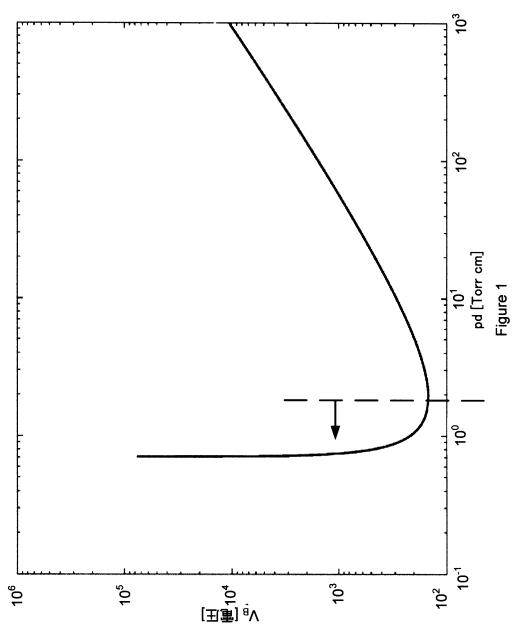
【0101】

本明細書で説明して例示する多くの概念および実装形態が存在する。本明細書で論じる実装形態の特定の特徴、属性、および利点を説明して例示してきたが、その他諸々の事柄、ならびに本発明の異なるおよび／または同様の実装形態、特徴、属性、および利点が、本説明および例示から明らかであることを理解すべきである。したがって、上記の実装形態は例示にすぎない。それらは、包括的なものであり、開示される正確な形態、技法、材料、および／または構成に本開示を限定するものとは意図されていない。本開示に鑑みて、多くの修正および変形が可能である。本開示の範囲から逸脱することなく、他の実装形態が利用されてもよく、動作上の変更が成されてよいことを理解されたい。したがって、上の実装形態の説明は例示および説明の目的で提示されているので、本開示の範囲は上の説明だけには限定されない。40

【0102】

重要なことに、本開示は、任意の単一の態様および実装形態に限定されず、そのような態様および／または実装形態の任意の単一の組合せおよび／または置換にも限定されない。さらに、本開示の態様および／または本開示の実装形態はそれぞれ、単独で採用されても、本開示の他の態様および／または実装形態の1つまたは複数との組合せで採用されてもよい。簡潔にするために、それらの置換および組合せの多くは、本明細書で個々には論述および／または例示しない。

【図1】



【図2】

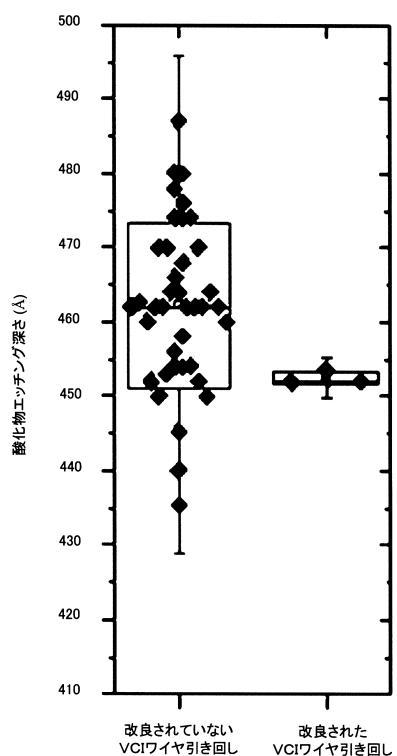


Figure 2

【図3】

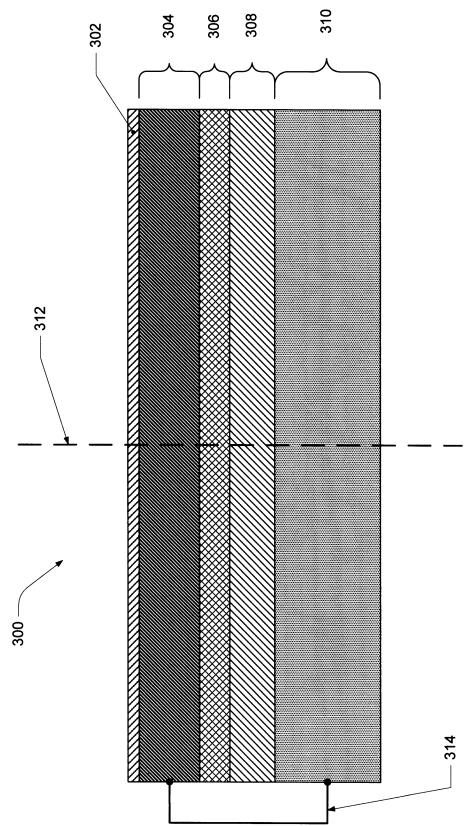


Figure 3

【図4】

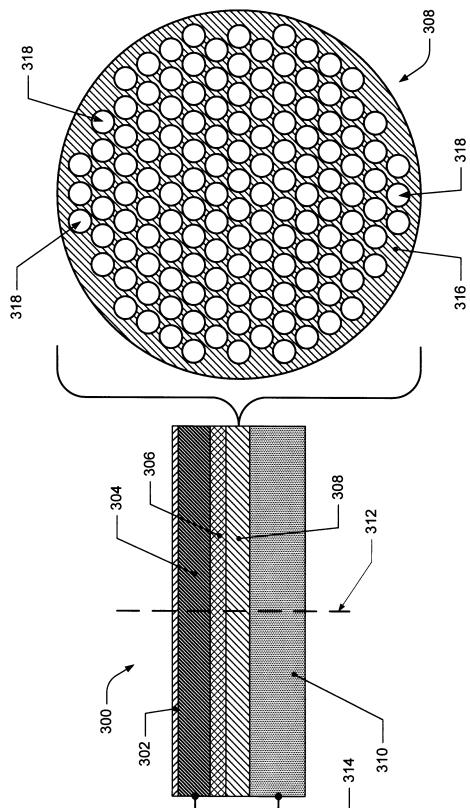


Figure 4

【図5】

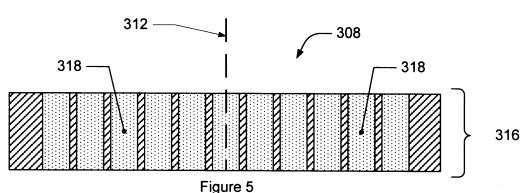


Figure 5

【図8】

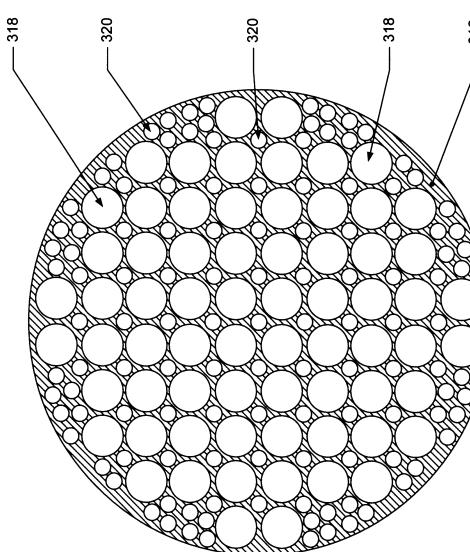


Figure 8

【図6】

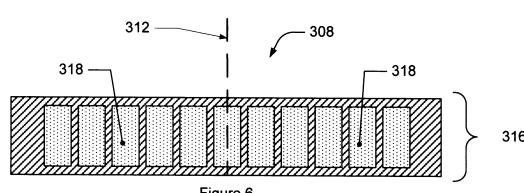


Figure 6

【図7】

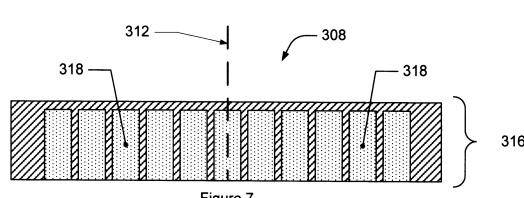
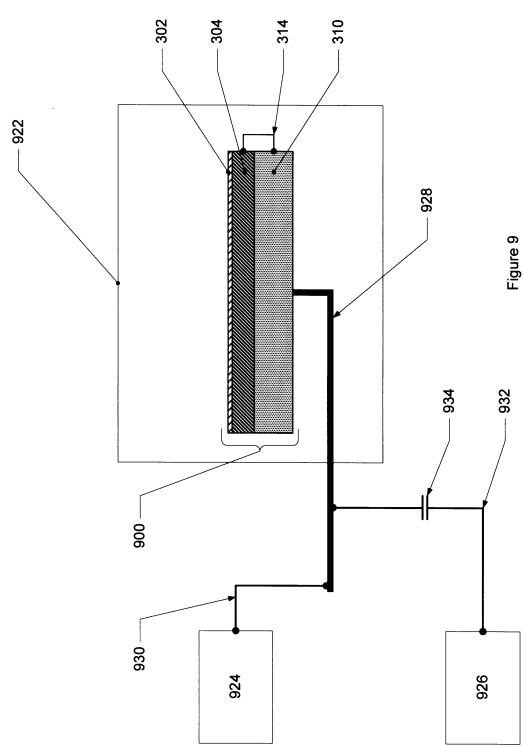
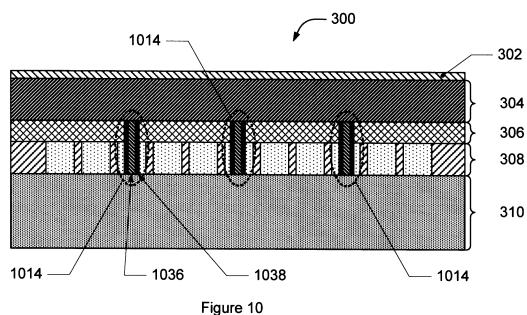


Figure 7

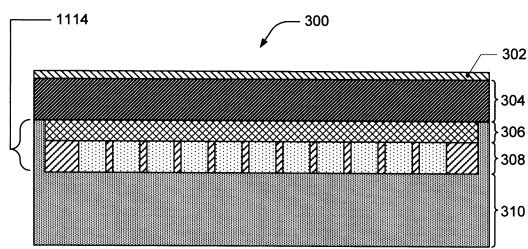
【図9】



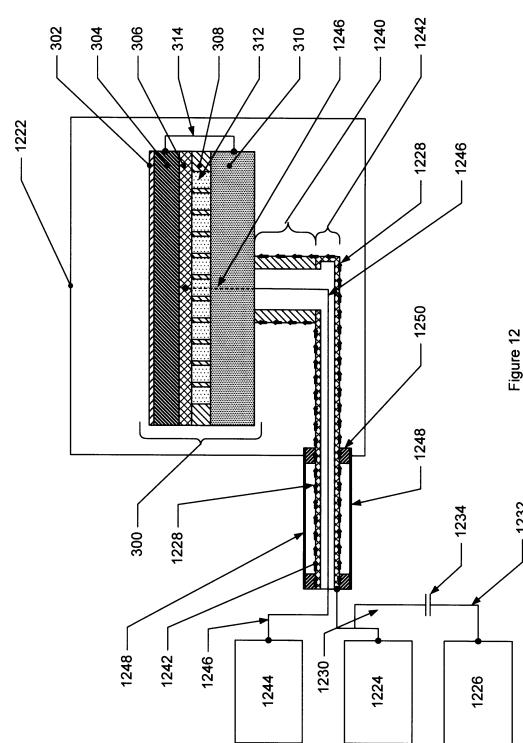
【図10】



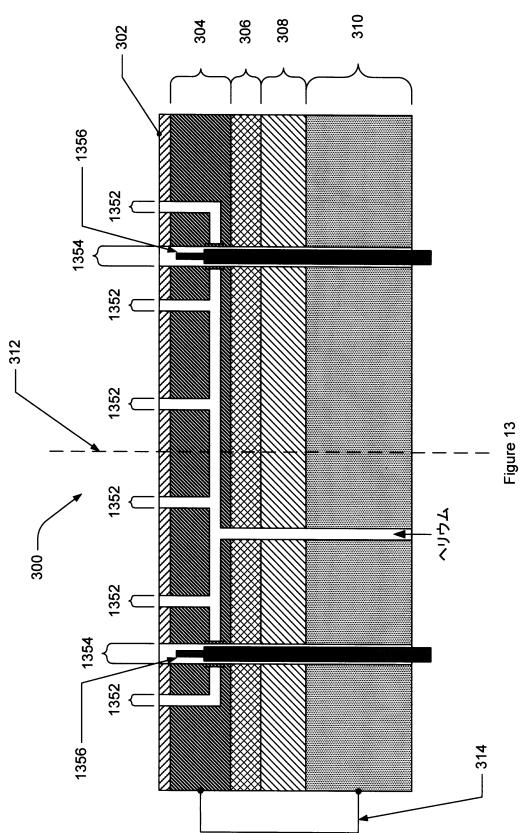
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 アレックス・パターソン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州95120 サン・ホセ, バールウッド・ドライブ, 1008
(72)発明者 イン・ワー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州94568 ダブリン, フィニアン・ウェイ, 3439
(72)発明者 チュエン・チャウ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州95128 サン・ホセ, サウス・ベイウッド・アベニュー,
636

審査官 中田 剛史

(56)参考文献 特開2010-123809(JP,A)
特表2016-526303(JP,A)
特開2014-130908(JP,A)
特開2003-249541(JP,A)
特表2009-512193(JP,A)
特開平07-183277(JP,A)
特表2001-502116(JP,A)
特開平07-130826(JP,A)
特開平09-069555(JP,A)
特開2008-177285(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/683

H02N 13/00