(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2023-550342
(P2023-550342A)
(43)公表日　令和5年12月1日(2023.12.1)

(51)国際特許分類		FI			テーマコード（参考）
H05H 1/46 (2006.01)		H05H	1/46	M	2G084
H01L 21/3065(2006.01)		H01L	21/302	101C	5F004

審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全39頁）

(21)出願番号　特願2023-528590(P2023-528590)
(86)(22)出願日　令和3年11月2日(2021.11.2)
(85)翻訳文提出日　令和5年6月29日(2023.6.29)
(86)国際出願番号　PCT/US2021/057786
(87)国際公開番号　WO2022/108753
(87)国際公開日　令和4年5月27日(2022.5.27)
(31)優先権主張番号　63/116,748
(32)優先日　令和2年11月20日(2020.11.20)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(81)指定国・地域　AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,
最終頁に続く

(71)出願人　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 ９４５３８，フレモント，クッシング パークウェイ ４６５０
(74)代理人　110000028
弁理士法人明成国際特許事務所
(72)発明者　マラクタノフ・アレクセイ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州９４５３８ フレモント，クッシング・パークウェイ，４６５０
(72)発明者　ジ・ビング
アメリカ合衆国 カリフォルニア州９４
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　静磁場を使用するプラズマ一様性制御

(57)【要約】
ウェハに対してプラズマプロセスを実行するためのシステムであって、プラズマ処理のためのウェハを受け取るように構成されたチャンバであって、プラズマ処理領域を画定する内部を有し、プラズマ処理領域において、ウェハのプラズマ処理のためにプラズマが提供される、チャンバと、チャンバの上方に配設され、ウェハの表面平面に対して垂直な軸であって、ウェハの略中心を通る軸を中心とする、第１の磁気コイルと、プラズマ処理中に第１の磁気コイルに第１のＤＣ電流を印加するように構成された第１のＤＣ電源であって、印加された第１のＤＣ電流が、プラズマの非一様性を低減する磁界をプラズマ処理領域において生成する、第１のＤＣ電源と、を備える、システムが提供される。
【選択図】図２Ａ

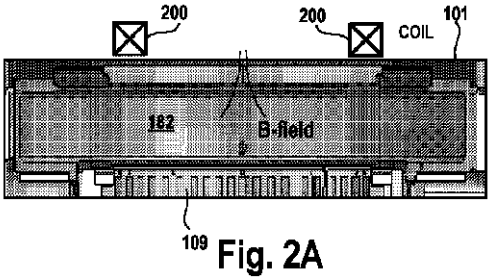


Fig. 2A

【特許請求の範囲】
【請求項１】
ウェハに対してプラズマプロセスを実行するためのシステムであって、
プラズマ処理のためのウェハを受け取るように構成されたチャンバであって、プラズマ処理領域を画定する内部を有し、前記プラズマ処理領域において、前記ウェハの前記プラズマ処理のためにプラズマが提供される、チャンバと、
前記チャンバの上方に配設され、前記ウェハの表面平面に対して垂直な軸であって、前記ウェハの略中心を通る軸を中心とする、第１の磁気コイルと、
前記プラズマ処理中に前記第１の磁気コイルに第１のＤＣ電流を印加するように構成された第１のＤＣ電源であって、前記印加された第１のＤＣ電流が、前記プラズマの非一様性を低減する磁界を前記プラズマ処理領域において生成する、第１のＤＣ電源と、
を備える、システム。
【請求項２】
請求項１に記載のシステムであって、
前記磁界は、前記プラズマ処理領域の中央領域を通って実質的に垂直であるように構成される、システム。
【請求項３】
請求項２に記載のシステムであって、
前記プラズマ処理領域の前記中央領域を通る前記磁界は、約１０ガウス未満である強度を有する、システム。
【請求項４】
請求項１に記載のシステムであって、
前記磁界は、前記プラズマ処理によって実行されるエッチングの半径方向非一様性を低減するように構成される、システム。
【請求項５】
請求項１に記載のシステムであって、
前記第１の磁気コイルは、形状が実質的に環状である、システム。
【請求項６】
請求項１に記載のシステムであって、
前記第１の磁気コイルは、前記ウェハの前記表面平面に平行な水平平面に沿って配向される、システム。
【請求項７】
請求項１に記載のシステムであって、
前記第１の磁気コイルの内径は、約１５～２０インチの範囲内にある、システム。
【請求項８】
請求項１に記載のシステムであって、
前記第１の磁気コイルは、複数巻のマグネットワイヤを含む、システム。
【請求項９】
請求項１に記載のシステムであって、
前記チャンバの上方に配設された第２の磁気コイルであって、前記第２の磁気コイルは、前記第１の磁気コイルと同心である、第２の磁気コイルと、
前記プラズマ処理中に前記第２の磁気コイルに第２のＤＣ電流を印加するように構成された第２のＤＣ電源であって、前記印加された第２のＤＣ電流は、前記プラズマの非一様性を低減する前記磁界を前記プラズマ処理領域において生成することに寄与する、第２のＤＣ電源と、
をさらに備える、システム。
【請求項１０】
請求項９に記載のシステムであって、
前記第２の磁気コイルは、実質的に、前記第１の磁気コイルと同じ水平平面に沿って配向される、システム。

【請求項１１】
請求項９に記載のシステムであって、
前記第１のＤＣ電流および前記第２のＤＣ電流は、同じ大きさまたは異なる大きさを有するように構成される、システム。
【請求項１２】
請求項９に記載のシステムであって、
前記第１のＤＣ電流および前記第２のＤＣ電流は、同じ方向に、または反対方向に印加されるように構成される、システム。
【請求項１３】
請求項９に記載のシステムであって、
前記第１の磁気コイルの内径は、約１０～１５インチの範囲内にあり、
前記第２の磁気コイルの内径は、約１５～２５インチの範囲内にある、
システム。
【請求項１４】
請求項１に記載のシステムであって、
前記プラズマ処理領域を側方から囲むように構成された第２の磁気コイルと、
前記プラズマ処理中に前記第２の磁気コイルに第２のＤＣ電流を印加するように構成された第２のＤＣ電源であって、前記印加された第２のＤＣ電流は、前記プラズマの非一様性を低減する前記磁界を前記プラズマ処理領域において生成することに寄与する、第２のＤＣ電源と、
をさらに備える、システム。
【請求項１５】
請求項１に記載のシステムであって、
前記プラズマ処理領域の下方に配設された第２の磁気コイルと、
前記プラズマ処理中に前記第２の磁気コイルに第２のＤＣ電流を印加するように構成された第２のＤＣ電源であって、前記印加された第２のＤＣ電流は、前記プラズマの非一様性を低減する前記磁界を前記プラズマ処理領域において生成することに寄与する、第２のＤＣ電源と、
をさらに備える、システム。
【請求項１６】
ウェハに対してプラズマプロセスを実行するための方法であって、
プラズマ処理のために構成されたチャンバの中にウェハを移動することであって、前記チャンバの内部は、プラズマ処理領域を画定する、ウェハを移動することと、
前記ウェハの前記プラズマ処理のために前記プラズマ処理領域においてプラズマを提供することと、
前記プラズマ処理中に磁気コイルにＤＣ電流を印加することであって、前記印加されたＤＣ電流が、前記プラズマの非一様性を低減する磁界を前記プラズマ処理領域において生成する、ＤＣ電流を印加することと、
を含み、
前記磁気コイルは、前記チャンバの上方に配設され、前記ウェハの表面平面に対して垂直な軸であって、前記ウェハの略中心を通る軸を中心とする、
方法。
【請求項１７】
請求項１６に記載の方法であって、
前記磁界は、前記プラズマ処理領域の中央領域を通って実質的に垂直であるように構成される、方法。
【請求項１８】
請求項１７に記載の方法であって、
前記プラズマ処理領域の前記中央領域を通る前記磁界は、約１０ガウス未満である強度を有する、方法。

【請求項１９】
請求項１６に記載の方法であって、
前記磁界は、前記プラズマ処理によって実行されるエッチングの半径方向非一様性を低減するように構成される、方法。
【請求項２０】
請求項１６に記載の方法であって、
前記磁気コイルは、形状が実質的に環状である、方法。
【請求項２１】
請求項１６に記載の方法であって、
前記磁気コイルは、前記ウェハの前記表面平面に平行な水平平面に沿って配向される、方法。
【請求項２２】
請求項１６に記載の方法であって、
前記第１の磁気コイルの内径は、約１５～２０インチの範囲内にある、方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
１．開示の分野
本開示は、半導体デバイス製造に関する。
【背景技術】
【０００２】
２．関連技術の説明
プラズマエッチングプロセスは、半導体ウェハ上の半導体デバイスの製造において使用されることが多い。プラズマエッチングプロセスでは、製造中の半導体デバイスを含む半導体ウェハが、プラズマ処理ボリューム内で生成されたプラズマに曝される。プラズマは、半導体ウェハから材料を除去するように、および／または、半導体ウェハから後で材料を除去することを可能にするためにその材料を改質するように、半導体ウェハ上の材料と相互作用する。プラズマは、特定の反応ガスを用いて生成されることができ、それによりプラズマの構成成分は、除去／改質されるべきでないウェハ上の他の材料と顕著に相互作用することなく、半導体ウェハから除去／改質されるべき材料と相互作用する。プラズマは、特定の反応ガスに電圧を加えるための無線周波数信号を使用することによって生成される。これらの無線周波数信号は、半導体ウェハがプラズマ処理ボリュームに曝された状態で、反応ガスを含むプラズマ処理ボリュームを通して伝送される。プラズマ処理ボリュームを通る無線周波数信号の伝送路は、プラズマがプラズマ処理ボリューム内でどのように生成されるかに影響を及ぼし得る。例えば、反応ガスは、より大量の無線周波数信号電力が伝送されるプラズマ処理ボリュームの領域ではより大きく電圧が加えられ得ることにより、プラズマ処理ボリューム全体でのプラズマ特性に空間的非一様性を引き起こす。プラズマ特性における空間的非一様性は、他のプラズマ特性のうちでもとりわけ、イオン密度、イオンエネルギー、および／または反応性構成成分密度における空間的非一様性として現れ得る。プラズマ特性における空間的非一様性は、対応して、半導体ウェハ上のプラズマ処理結果における空間的非一様性を引き起こす。したがって、無線周波数信号がプラズマ処理ボリュームを通して伝送される様態は、半導体ウェハ上のプラズマ処理結果の一様性に対して影響を有し得る。本開示が行われるのは、この文脈においてである。
【発明の概要】
【０００３】
大まかに言って、本開示の実施形態は、静磁場を使用するプラズマ一様性制御のための方法およびシステムを提供する。
【０００４】
いくつかの実施態様では、ウェハに対してプラズマプロセスを実行するためのシステムであって、プラズマ処理のためのウェハを受け取るように構成されたチャンバであって、

プラズマ処理領域を画定する内部を有し、プラズマ処理領域において、ウェハのプラズマ処理のためにプラズマが提供される、チャンバと、チャンバの上方に配設され、ウェハの表面平面に対して垂直な軸であって、ウェハの略中心を通る軸を中心とする、第１の磁気コイルと、プラズマ処理中に第１の磁気コイルに第１のＤＣ電流を印加するように構成された第１のＤＣ電源であって、印加された第１のＤＣ電流が、プラズマの非一様性を低減する磁界をプラズマ処理領域において生成する、第１のＤＣ電源と、を備える、システムが提供される。

【０００５】

いくつかの実施態様では、磁界は、プラズマ処理領域の中央領域を通って実質的に垂直であるように構成される。

【０００６】

いくつかの実施態様では、プラズマ処理領域の中央領域を通る磁界は、約１０ガウス未満である強度を有する。

【０００７】

いくつかの実施態様では、磁界は、プラズマ処理によって実行されるエッチングの半径方向非一様性を低減するように構成される。

【０００８】

いくつかの実施態様では、第１の磁気コイルは、形状が実質的に環状である。

【０００９】

いくつかの実施態様では、第１の磁気コイルは、ウェハの表面平面に平行な水平平面に沿って配向される。

【００１０】

いくつかの実施態様では、第１の磁気コイルの内径は、約１５～２０インチの範囲内にある。

【００１１】

いくつかの実施態様では、第１の磁気コイルは、複数巻のマグネットワイヤを含む。

【００１２】

いくつかの実施態様では、システムは、チャンバの上方に配設された第２の磁気コイルであって、第２の磁気コイルが、第１の磁気コイルと同心である、第２の磁気コイルと、プラズマ処理中に第２の磁気コイルに第２のＤＣ電流を印加するように構成された第２のＤＣ電源であって、印加された第２のＤＣ電流が、プラズマの非一様性を低減する磁界をプラズマ処理領域において生成することに寄与する、第２のＤＣ電源と、をさらに含む。

【００１３】

いくつかの実施態様では、第２の磁気コイルは、実質的に、第１の磁気コイルと同じ水平平面に沿って配向される。

【００１４】

いくつかの実施態様では、第１のＤＣ電流および第２のＤＣ電流は、同じ大きさまたは異なる大きさを有するように構成される。

【００１５】

いくつかの実施態様では、第１のＤＣ電流および第２のＤＣ電流は、同じ方向に、または反対方向に印加されるように構成される。

【００１６】

いくつかの実施態様では、第１の磁気コイルの内径は、約１０～１５インチの範囲内にあり、第２の磁気コイルの内径は、約１５～２５インチの範囲内にある。

【００１７】

いくつかの実施態様では、システムは、プラズマ処理領域を側方から囲むように構成された第２の磁気コイルと、プラズマ処理中に第２の磁気コイルに第２のＤＣ電流を印加するように構成された第２のＤＣ電源であって、印加された第２のＤＣ電流が、プラズマの非一様性を低減する磁界をプラズマ処理領域において生成することに寄与する、第２のＤＣ電源と、をさらに含む。

【００１８】
いくつかの実施態様では、システムは、プラズマ処理領域の下方に配設された第２の磁気コイルと、プラズマ処理中に第２の磁気コイルに第２のＤＣ電流を印加するように構成された第２のＤＣ電源であって、印加された第２のＤＣ電流が、プラズマの非一様性を低減する磁界をプラズマ処理領域において生成することに寄与する、第２のＤＣ電源と、をさらに含む。
【００１９】
いくつかの実施態様では、ウェハに対してプラズマプロセスを実行するための方法であって、プラズマ処理のために構成されたチャンバの中にウェハを移動することであって、チャンバの内部が、プラズマ処理領域を画定する、ウェハの移動と、ウェハのプラズマ処理のためにプラズマ処理領域においてプラズマを提供することと、プラズマ処理中に磁気コイルにＤＣ電流を印加することであって、印加されたＤＣ電流が、プラズマの非一様性を低減する磁界をプラズマ処理領域において生成する、ＤＣ電流の印加と、を含む。
【００２０】
磁気コイルが、チャンバの上方に配設され、ウェハの表面平面に対して垂直な軸であって、ウェハの略中心を通る軸を中心とする、方法が提供される。
【００２１】
いくつかの実施態様では、磁界は、プラズマ処理領域の中央領域を通って実質的に垂直であるように構成される。
【００２２】
いくつかの実施態様では、プラズマ処理領域の中央領域を通る磁界は、約１０ガウス未満である強度を有する。
【００２３】
いくつかの実施態様では、磁界は、プラズマ処理によって実行されるエッチングの半径方向非一様性を低減するように構成される。
【００２４】
いくつかの実施態様では、磁気コイルは、形状が実質的に環状である。
【００２５】
いくつかの実施態様では、磁気コイルは、ウェハの表面平面に平行な水平平面に沿って配向される。
【００２６】
いくつかの実施態様では、第１の磁気コイルの内径は、約１５～２０インチの範囲内にある。
【図面の簡単な説明】
【００２７】
【図１】いくつかの実施形態による、半導体チップ製造において使用するためのプラズマ処理システムを通る垂直断面図である。
【００２８】
【図２Ａ】本開示の実施態様による、プラズマ処理中に磁界を印加するための単一の磁気コイルを有するプロセスチャンバの断面図を概念的に示す図である。
【００２９】
【図２Ｂ】本開示の実施態様による、プラズマ処理中に磁界を印加するための２つの磁気コイルを有するプロセスチャンバの断面図を概念的に示す図である。
【００３０】
【図２Ｃ】本開示の実施態様による、プラズマ処理中に磁界を印加するための３つの磁気コイルを有するプロセスチャンバの断面図を概念的に示す図である。
【００３１】
【図２Ｄ】本開示の実施態様による、プラズマ処理中に磁界を印加するための４つの磁気コイルを有するプロセスチャンバの断面図を概念的に示す図である。
【００３２】

【図３Ａ】本開示の実施態様による、異なる印加された磁場の下での持続波プラズマについてのエッチレート結果を示すグラフである。
【００３３】
【図３Ｂ】図３Ａの実施態様による、印加された磁場によってもたらされるエッチレートの変化を示すグラフである。
【００３４】
【図４Ａ】本開示の実施態様による、異なる印加された磁場を用いたプラズマプロセスについてのウェハ半径に応じたエッチレートを示すグラフである。
【００３５】
【図４Ｂ】図４Ａの実施態様による、印加された磁場の結果としてのエッチレートの変化を示すグラフである。
【００３６】
【図５】本開示の実施態様による、特徴部傾斜に対する印加された磁場の影響を例証する、エッチングされた特徴部をその上に有するウェハの部分の断面画像を示す図である。
【００３７】
【図６Ａ】本開示の実施態様による、さまざまな単一コイル電流構成についての、３００ｍｍ直径ウェハに沿った半径方向位置に対する、ｚ方向（垂直方向、またはウェハ表面に対して垂直）でのウェハレベルにおける磁界強度を示す図である。
【００３８】
【図６Ｂ】図６Ａの実施態様による、さまざまな単一コイル電流構成についての、３００ｍｍ直径ウェハに沿った半径方向位置に対する、半径方向でのウェハレベルにおける磁界強度を（ガウスで）示す図である。
【００３９】
【図７Ａ】本開示の実施態様による、単一のコイルＡ（１２インチ）、Ｂ（１４インチ）、Ｃ（１７インチ）、およびＤ（２３インチ）に印加されたさまざまな正電流（反時計回り）についての、３００ｍｍウェハに沿った半径方向位置に対する熱酸化物エッチレートを示すグラフである。
【００４０】
【図７Ｂ】本開示の実施態様による、単一のコイルＡ（１２インチ）、Ｂ（１４インチ）、Ｃ（１７インチ）、およびＤ（２３インチ）に印加された負電流（時計回り）についての、３００ｍｍウェハに沿った半径方向位置に対する熱酸化物エッチレートを示すグラフである。
【００４１】
【図８Ａ】本開示の実施態様による、さまざまな２コイル電流構成についての、３００ｍｍ直径ウェハに沿った半径方向位置に対する、ｚ方向（垂直方向、またはウェハ表面に対して垂直）でのウェハレベルにおける磁界強度を示す図である。
【００４２】
【図８Ｂ】図８Ａの実施態様による、さまざまな２コイル電流構成についての、３００ｍｍ直径ウェハに沿った半径方向位置に対する、半径方向でのウェハレベルにおける磁界強度を（ガウスで）示す図である。
【００４３】
【図９Ａ】本開示の実施態様による、さまざまな３コイル電流構成についての、３００ｍｍ直径ウェハに沿った半径方向位置に対する、ｚ方向（垂直方向、またはウェハ表面に対して垂直）でのウェハレベルにおける磁界強度を示す図である。
【００４４】
【図９Ｂ】図９Ａの実施態様による、さまざまな３コイル電流構成についての、３００ｍｍ直径ウェハに沿った半径方向位置に対する、半径方向でのウェハレベルにおける磁界強度を（ガウスで）示す図である。
【００４５】
【図１０Ａ】本開示の実施態様による、２コイル組合せについての、３００ｍｍウェハに

沿った半径方向位置に応じたエッチレートを示すグラフである。
【００４６】
【図１０Ｂ】図１０Ａの実施態様による、ゼロ電流状態と比較したエッチレートデルタを示すグラフである。
【００４７】
【図１１】本開示の実施態様による、複数の磁気コイルへの電力を制御するためのシステムの概念概略図である。
【００４８】
【図１２】いくつかの実施形態による、図１の制御システムの例示的概略図である。
【発明を実施するための形態】
【００４９】
以下の説明では、本開示の実施形態の理解を提供するために、多くの具体的詳細が記載される。しかし、当業者には明らかとなるように、本開示は、これらの具体的詳細の一部または全部なしに実施され得る。他の場合には、本開示を不必要にわかりにくくしないために、周知のプロセス動作は詳細に記載されていない。
【００５０】
半導体ウェハ製造のためのプラズマエッチングシステムにおいて、半導体ウェハにわたるエッチング結果の空間的ばらつきは、半径方向エッチ一様性および方位角エッチ一様性によって特徴づけられ得る。半径方向エッチ一様性は、半導体ウェハの中心から半導体ウェハ上の所与の方位角位置における半導体ウェハのエッジまで外向きに延在する、半導体ウェハ上の半径方向位置に応じたエッチレートのばらつきによって特徴づけられ得る。また、方位角エッチ一様性は、半導体ウェハ上の所与の半径方向位置における、半導体ウェハの中心についての、半導体ウェハ上の方位角位置に応じたエッチレートのばらつきによって特徴づけられ得る。本明細書で説明されるシステムにおいてなど、いくつかのプラズマ処理システムにおいて、半導体ウェハは、半導体ウェハの上にあるプラズマ発生領域内にプラズマを生成するために無線周波数信号がそれから出る電極上に配置され、プラズマは、規定されたエッチングプロセスが、半導体ウェハ上で生じることを引き起こすように制御された特性を有する。
【００５１】
容量結合型プラズマ（ＣＣＰ）システムにおいて、定在波ならびに正イオンおよび負イオンの局所累積により、中心プラズマ非一様性を呈する傾向がある。これは、エッチレートの半径方向非一様性を生じる。例えば、多くのＣＣＰツールは、ウェハの中心に向かってエッチレートの劇的な増加を呈することがある。
【００５２】
その上、半径方向非一様性に関してツール間のばらつきがある。いくつかのツールは、中心においてエッチレートの顕著なスパイクを呈することがあるのに対して、他のツールは、そのようなスパイクを呈しないことがある。しばしば、これは、ツールごとに構成が異なり得るチャンバ部からの磁束が異なるので、磁界の存在または不在に相関する。さらに、所与のツールのローカル環境または特定のロケーション、および周囲のハードウェアは、存在しているローカル磁場に影響を及ぼし得、ローカル磁場は、エッチ半径方向非一様性に影響を及ぼす。
【００５３】
既存のＣＣＰシステムにおける上記の問題に鑑みて、本開示のいくつかの実施態様は、局所荷電種堆積を最小限に抑え、ウェハにわたってプラズマ／エッチ一様性を改善するための、プラズマへの静的磁場の印加を提供する。
【００５４】
いくつかの実施態様では、パルス磁界が、半径方向電子拡散、および、それゆえ、半径方向負および正イオン音響波を制御するために、磁場の時間変動半径方向勾配を作成するために印加される。
【００５５】

図１は、いくつかの実施形態による、半導体チップ製造において使用するためのプラズマ処理システム１００を通る垂直断面図を示す。システム１００は、壁１０１Ａ、上部部材１０１Ｂ、および下部部材１０１Ｃによって形成されたチャンバ１０１を含む。壁１０１Ａ、上部部材１０１Ｂ、および下部部材１０１Ｃは、チャンバ１０１内の内部領域１０３を集団的に形成する。下部部材１０１Ｃは、排気ポート１０５を含み、排気ポート１０５を通じて、プラズマ処理動作からの排気ガスが導かれる。いくつかの実施形態では、動作中に、チャンバ１０１の内部領域１０３からプロセス排気ガスを引き出すために、吸引力が、ターボポンプまたは他の真空デバイスによってなどで排気ポート１０５に印加される。いくつかの実施形態では、チャンバ１０１は、アルミニウムで形成される。しかし、さまざまな実施形態では、チャンバ１０１は、とりわけステンレススチールなどの、十分な機械的強度、受容可能な熱性能を提供する本質的に任意の材料であって、チャンバ１０１内のプラズマ処理動作中に接触し曝される他の材料と化学的に親和性の材料で形成され得る。チャンバ１０１の少なくとも１つの壁１０１Ａは、ドア１０７を含み、半導体ウェハＷは、ドア１０７を通ってチャンバ１０１の内外に移送される。いくつかの実施形態では、ドア１０７は、スリットバルブドアとして構成される。

【００５６】

いくつかの実施形態では、半導体ウェハＷは、製造手順を受ける半導体ウェハである。説明を簡単にするため、半導体ウェハＷは、以下ではウェハＷと称される。しかし、理解されるべきであるが、さまざまな実施形態では、ウェハＷは、プラズマ系製造プロセスを受ける本質的に任意の種類の基板であり得る。例えば、いくつかの実施形態では、本明細書で言及されるウェハＷは、シリコン、サファイア、ＧａＮ、ＧａＡｓもしくはＳｉＣ、または他の基板材料で形成される基板であることができ、ガラスパネル／基板、金属箔、金属シート、ポリマー材料などを含み得る。また、さまざまな実施形態では、本明細書で言及されるウェハＷは、形態、形状、および／またはサイズにおいて異なり得る。例えば、いくつかの実施形態では、本明細書で言及されるウェハＷは、その上に集積回路デバイスが製造される円形半導体ウェハに対応し得る。さまざまな実施形態では、円形ウェハＷは、直径２００ｍｍ（ミリメートル）、３００ｍｍ、４５０ｍｍ、または他のサイズを有し得る。また、いくつかの実施形態では、本明細書で言及されるウェハＷは、他の形状のうちでもとりわけ、フラットパネルディスプレイなどのための矩形基板のような非円形基板に対応し得る。

【００５７】

プラズマ処理システム１００は、設備プレート１１１上に配置された電極１０９を含む。いくつかの実施形態では、電極１０９および設備プレート１１１は、アルミニウムで形成される。しかし、他の実施形態では、電極１０９および設備プレート１１１は、十分な機械的強度を有し、親和性の熱的および化学的性能特性を有する、他の導電性材料で形成され得る。セラミック層１１０が、電極１０９の上面上に形成される。セラミック層１１０は、ウェハＷに対するプラズマ処理動作の実行中にウェハＷを受けて支持するように構成される。いくつかの実施形態では、セラミック層１１０の半径方向外側に位置する電極１９０の上面および電極１０９の周囲側面は、セラミックのスプレーコートで被覆される。

【００５８】

セラミック層１１０は、セラミック層１１０の上面にウェハＷを保持するための静電気力を生成するための１つまたは複数のクランプ電極１１２の配置を含む。いくつかの実施形態では、セラミック層１１０は、ウェハＷにクランプ力を与えるために双極的に動作する２つのクランプ電極１１２の配置を含む。クランプ電極１１２は、セラミック層１１０の上面に対してウェハＷを保持するための制御されたクランプ電圧を生成する直流（ＤＣ）電源１１７に接続される。電線１１９Ａ、１１９Ｂが、ＤＣ電源１１７と設備プレート１１１との間に接続される。電線１１９Ａ、１１９Ｂをクランプ電極１１２に電気的に接続するために、電線／導体が、設備プレート１１１および電極１０９を通って引き回される。ＤＣ電源１１７は、１つまたは複数の信号導体１２１を通じて制御システム１２０に

接続される。

【００５９】

電極１０９はまた、温度制御流体チャネル１２３の配置を含み、温度制御流体チャネル１２３を通じて、温度制御流体が、電極１０９の温度を制御し、ひいてはウェハＷの温度を制御するように流される。温度制御流体チャネル１２３は、設備プレート１１１上のポートに配管（流体的に接続）される。温度制御流体供給および復帰ラインが、矢印１２６によって示されるように、設備プレート１１１上のこれらのポートに、および温度制御流体循環システム１２５に接続される。温度制御流体循環システム１２５は、規定されたウェハＷ温度を取得および維持するために、電極１０９を通じて温度制御流体の制御された流れを提供するように、他のデバイスのうちでもとりわけ、温度制御流体供給源、温度制御流体ポンプ、および熱交換器を含む。温度制御流体循環システム１２５は、１つまたは複数の信号導体１２７を通じて制御システム１２０に接続される。さまざまな実施形態では、水または冷却液体／気体などのさまざまな種類の温度制御流体が使用され得る。また、いくつかの実施形態では、温度制御流体チャネル１２３は、ウェハＷを横切る２つの次元（ｘおよびｙ）においてなど、ウェハＷの温度の空間的に変化する制御を可能にするように構成される。

【００６０】

セラミック層１１０はまた、電極１０９内の対応する裏側ガス供給チャネルに流体的に接続された裏側ガス供給ポート（図示せず）の配置を含む。電極１０９内の裏側ガス供給チャネルは、電極１０９と設備プレート１１１との間の界面へ電極１０９を通って引き回される。１つまたは複数の裏側ガス供給ラインが、矢印１３０によって示されるように、設備プレート１１１上のポートに、および裏側ガス供給システム１２９に接続される。設備プレート１１１は、１つまたは複数の裏側ガス供給ラインから電極１０９内の裏側ガス供給チャネルに裏側ガスを供給するように構成される。裏側ガス供給システム１２９は、セラミック層１１０内の裏側ガス供給ポートの配置を通じて裏側ガスの制御された流れを提供するために、他のデバイスのうちでもとりわけ、裏側ガス供給源、マスフローコントローラ、およびフロー制御バルブを含む。いくつかの実施形態では、裏側ガス供給システム１２９はまた、裏側ガスの温度を制御するための１つまたは複数の構成要素を含む。いくつかの実施形態では、裏側ガスはヘリウムである。また、いくつかの実施形態では、裏側ガス供給システム１２９は、セラミック層１１０内の裏側ガス供給ポートの配置にクリーンドライエア（ＣＤＡ）を供給するために使用され得る。裏側ガス供給システム１２９は、１つまたは複数の信号導体１３１を通じて制御システム１２０に接続される。

【００６１】

３つのリフトピン１３２が、セラミック層１１０の上面に対するウェハＷの垂直移動に備えるために設備プレート１１１、電極１０９、およびセラミック層１１０を通って延在する。いくつかの実施形態では、リフトピン１３２の垂直移動は、設備プレート１１１に接続されたそれぞれの電気機械式および／または空気圧式の昇降デバイス１３３によって制御される。３つの昇降デバイス１３３は、１つまたは複数の信号導体１３４を通じて制御システム１２０に接続される。いくつかの実施形態では、３つのリフトピン１３２は、セラミック層１１０の上面に対して垂直に延在する電極１０９／セラミック層１１０の垂直中心線の周りに実質的に等しい方位角間隔を有するように配置される。理解されるべきであるが、リフトピン１３２は、ウェハＷをチャンバ１０１内に受け入れるため、およびチャンバ１０１からウェハＷを取り出すために上げられる。また、リフトピン１３２は、ウェハＷの処理中にウェハＷがセラミック層１１０の上面に載ることを可能にするために下げられる。

【００６２】

また、さまざまな実施形態では、電極１０９、設備プレート１１１、セラミック層１１０、クランプ電極１１２、リフトピン１３２、またはそれらに関連する本質的に任意の他の構成要素のうちの１つまたは複数は、とりわけ、温度測定、電圧測定、および電流測定のためのセンサなどの１つまたは複数のセンサを含むように装備され得る。電極１０９、

設備プレート１１１、セラミック層１１０、クランプ電極１１２、リフトピン１３２、またはそれらに関連する本質的に任意の他の構成要素内に配設される任意のセンサは、電線、光ファイバを介して、または無線接続を通じて、制御システム１２０に接続される。

【００６３】

設備プレート１１１は、セラミック支持体１１３の開口内に設置され、セラミック支持体１１３によって支持される。セラミック支持体１１３は、片持ちアームアセンブリ１１５の支持面１１４上に配置される。いくつかの実施形態では、セラミック支持体１１３は、実質的に円環の形状を有することにより、セラミック支持体１１３は、設備プレート１１１の半径方向外周に実質的に外接する一方で、設備プレート１１１の底部外周面が載る支持面１１６をも提供する。片持ちアームアセンブリ１１５は、チャンバ１０１の壁１０１Ａを通って延在する。いくつかの実施形態では、封止機構１３５が、チャンバ１０１の壁１０１Ａ内に設けられ、そこに、片持ちアームアセンブリ１１５は、チャンバ１０１の内部領域１０３の封止に備えるために配置される一方、片持ちアームアセンブリ１１５が、制御された方式でｚ方向に上下に移動することをも可能にする。

【００６４】

片持ちアームアセンブリ１１５は、開領域１１８を有し、それを通って、さまざまなデバイス、ワイヤ、ケーブル、および配管が、システム１００の動作をサポートするために引き回される。片持ちアームアセンブリ内の開領域１１８は、チャンバ１０１の外側の周囲大気条件、例えば空気組成、温度、圧力、および相対湿度に曝される。また、無線周波数信号供給ロッド１３７が、片持ちアームアセンブリ１１５の内側に配置される。より具体的には、無線周波数信号供給ロッド１３７が管１３９の内壁から離間されるように、無線周波数信号供給ロッド１３７は、導電性の管１３９の内側に配置される。無線周波数信号供給ロッド１３７および管１３９のサイズはさまざまであり得る。管１３９の内壁と無線周波数信号供給ロッド１３７との間の管１３９の内側の領域は、管１３９の全長に沿って空気によって占められる。

【００６５】

いくつかの実施形態では、無線周波数信号供給ロッド１３７は、管１３９内で実質的に中心に配置されることにより、空気の実質的に一様な半径方向厚さが、管１３９の長さに沿って、無線周波数信号供給ロッド１３７と管１３９の内壁との間に存在する。しかし、いくつかの実施形態では、無線周波数信号供給ロッド１３７は、管１３９内で中心に配置されないが、管１３９内のエアギャップは、管１３９の長さに沿って、無線周波数信号供給ロッド１３７と管１３９の内壁との間のすべての位置で存在する。無線周波数信号供給ロッド１３７の送出端は、無線周波数信号供給シャフト１４１の下端に電気的および物理的に接続される。いくつかの実施形態では、無線周波数信号供給ロッド１３７の送出端は、無線周波数信号供給シャフト１４１の下端にボルト締めされる。無線周波数信号供給シャフト１４１の上端は、設備プレート１１１の底部に電気的および物理的に接続される。いくつかの実施形態では、無線周波数信号供給シャフト１４１の上端は、設備プレート１１１の底部にボルト締めされる。いくつかの実施形態では、無線周波数信号供給ロッド１３７および無線周波数信号供給シャフト１４１は、両方とも銅で形成される。いくつかの実施形態では、無線周波数信号供給ロッド１３７は、銅、またはアルミニウム、または陽極酸化アルミニウムで形成される。いくつかの実施形態では、無線周波数信号供給シャフト１４１は、銅、またはアルミニウム、または陽極酸化アルミニウムで形成される。他の実施形態では、無線周波数信号供給ロッド１３７および／または無線周波数信号供給シャフト１４１は、無線周波数電気信号の伝送に備える他の導電性材料で形成される。いくつかの実施形態では、無線周波数信号供給ロッド１３７および／または無線周波数信号供給シャフト１４１は、無線周波数電気信号の伝送に備える導電性材料（銀または他の導電性材料など）で被覆される。また、いくつかの実施形態では、無線周波数信号供給ロッド１３７は、中実なロッドである。しかし、他の実施形態では、無線周波数信号供給ロッド１３７は管である。また、理解されるべきであるが、無線周波数信号供給ロッド１３７と無線周波数信号供給シャフト１４１との間の接続を囲む領域１４０は、空気によって占めら

れる。

【００６６】

無線周波数信号供給ロッド１３７の供給端は、インピーダンス整合システム１４３に電気的および物理的に接続される。インピーダンス整合システム１４３は、第１の無線周波数信号生成器１４７および第２の無線周波数信号生成器１４９に接続される。インピーダンス整合システム１４３はまた、１つまたは複数の信号導体１４４を通じて制御システム１２０に接続される。第１の無線周波数信号生成器１４７はまた、１つまたは複数の信号導体１４８を通じて制御システム１２０に接続される。第２の無線周波数信号生成器１４９はまた、１つまたは複数の信号導体１５０を通じて制御システム１２０に接続される。インピーダンス整合システム１４３は、無線周波数電力が、無線周波数信号供給ロッド１３７に沿って、無線周波数信号供給シャフト１４１に沿って、設備プレート１１１を通じて、電極１０９を通じて、セラミック層１１０の上方のプラズマ処理領域１８２内に伝送され得るように、インピーダンス整合に備えるためにサイズ決めされ接続されたインダクタおよびキャパシタの配置を含む。いくつかの実施形態では、第１の無線周波数信号生成器１４７は、高周波数無線周波数信号生成器であり、第２の無線周波数信号生成器１４９は、低周波数無線周波数信号生成器である。いくつかの実施形態では、第１の無線周波数信号生成器１４７は、約５０メガヘルツ（ＭＨｚ）から約７０ＭＨｚまでにわたる範囲内で、または約５４ＭＨｚから約６３ＭＨｚまでにわたる範囲内で、または約６０ＭＨｚで、無線周波数信号を生成する。いくつかの実施形態では、第１の無線周波数信号生成器１４７は、約５キロワット（ｋＷ）から約２５ｋＷまでにわたる範囲内の、または約１０ｋＷから約２０ｋＷまでにわたる範囲内の、または約１５ｋＷから約２０ｋＷまでにわたる範囲内の、または約１０ｋＷの、または約１６ｋＷの無線周波数電力を供給する。いくつかの実施形態では、第２の無線周波数信号生成器１４９は、約５０キロヘルツ（ｋＨｚ）から約５００ｋＨｚまでにわたる範囲内で、または約３３０ｋＨｚから約４４０ｋＨｚまでにわたる範囲内で、または約４００ｋＨｚで、無線周波数信号を生成する。いくつかの実施形態では、第２の無線周波数信号生成器１４９は、約１５ｋＷから約１００ｋＷまでにわたる範囲内の、または約３０ｋＷから約５０ｋＷまでにわたる範囲内の、または約３４ｋＷの、または約５０ｋＷの無線周波数電力を供給する。一例示的実施形態では、第１の無線周波数信号生成器１４７は、約６０ＭＨｚの周波数を有する無線周波数信号を生成するように設定され、第２の無線周波数信号生成器１４９は、約４００ｋＨｚの周波数を有する無線周波数信号を生成するように設定される。

【００６７】

結合リング１６１が、電極１０９の半径方向外周の周りに延在するように構成および配置される。いくつかの実施形態では、結合リング１６１は、セラミック材料で形成される。石英リング１６３が、結合リング１６１およびセラミック支持体１１３の両方の半径方向外周の周りに延在するように構成および配置される。いくつかの実施形態では、結合リング１６１および石英リング１６３は、石英リング１６３が結合リング１６１およびセラミック支持体１１３の両方の周りに配置されるときに、実質的に整列した上面を有するように構成される。また、いくつかの実施形態では、結合リング１６１および石英リング１６３の実質的に整列した上面は、電極１０９の上面と実質的に整列し、前記上面は、セラミック層１１０の半径方向周囲の外側に存在する。また、いくつかの実施形態では、カバーリング１６５が、石英リング１６３の上面の半径方向外周の周りに延在するように構成および配置される。いくつかの実施形態では、カバーリング１６５は、石英で形成される。いくつかの実施形態では、カバーリング１６５は、石英リング１６３の上面の上方に垂直に延在するように構成される。このようにして、カバーリング１６５は、周囲境界を提供し、その内部にエッジリング１６７が配置される。

【００６８】

エッジリング１６７は、ウェハＷの周囲付近のプロセス結果を改善するために、ウェハＷの周囲エッジを越えて半径方向外側へのプラズマシースの延在を容易にするように構成される。さまざまな実施形態では、エッジリング１６７は、他の材料のうちでもとりわけ

、結晶シリコン、多結晶シリコン（ポリシリコン）、ホウ素添加単結晶シリコン、酸化アルミニウム、石英、窒化アルミニウム、窒化ケイ素、炭化ケイ素、もしくは酸化アルミニウム層上の炭化ケイ素層、もしくはシリコンの合金、またはその組合せなどの導電性材料で形成される。理解されるべきであるが、エッジリング１６７は、円環状構造体、例えば、リング状構造体として形成される。エッジリング１６７は、プラズマ処理領域１８２内に形成されるプラズマ１８０のイオンによって損傷されることからエッジリング１６７の下にある構成要素を遮蔽することを含む、多くの機能を実行することができる。また、エッジリング１６７は、ウェハWの外周領域において、およびそれに沿って、プラズマ１８０の一様性を改善する。

【００６９】

固定外側支持フランジ１６９が、片持ちアームアセンブリ１１５に取り付けられる。固定外側支持フランジ１６９は、セラミック支持体１１３の外側垂直側面の周りに、および石英リング１６３の外側垂直側面の周りに、およびカバーリング１６５の下部外側垂直側面の周りに、延在するように構成される。固定外側支持フランジ１６９は、セラミック支持体１１３、石英リング１６３、およびカバーリング１６５のアセンブリに外接する円環形状を有する。固定外側支持フランジ１６９は、垂直部分および水平部分を含むＬ字形垂直断面を有する。固定外側支持フランジ１６９のＬ字形断面の垂直部分は、セラミック支持体１１３の外側垂直側面に対して、および石英リング１６３の外側垂直側面に対して、およびカバーリング１６５の下部外側垂直側面に対して、配置された内側垂直面を有する。いくつかの実施形態では、固定外側支持フランジ１６９のＬ字形断面の垂直部分は、セラミック支持体１１３の外側垂直側面の全体にわたって、および石英リング１６３の外側垂直側面の全体にわたって、およびカバーリング１６５の下部外側垂直側面の全体にわたって、延在する。いくつかの実施形態では、カバーリング１６５は、固定外側支持フランジ１６９のＬ字形断面の垂直部分の上面の上方で半径方向外側に向かって延在する。また、いくつかの実施形態では、カバーリング１６５の上部外側垂直側面（固定外側支持フランジ１６９のＬ字形断面の垂直部分の上面の上方に位置する）は、固定外側支持フランジ１６９のＬ字形断面の垂直部分の外側垂直面と実質的に垂直方向に整列する。固定外側支持フランジ１６９のＬ字形断面の水平部分は、片持ちアームアセンブリ１１５の支持面１１４上に配置され、支持面１１４に固定される。固定外側支持フランジ１６９は、導電性材料で形成される。いくつかの実施形態では、固定外側支持フランジ１６９は、アルミニウムまたは陽極酸化アルミニウムで形成される。しかし、他の実施形態では、固定外側支持フランジ１６９は、銅またはステンレススチールなどの他の導電性材料で形成され得る。いくつかの実施形態では、固定外側支持フランジ１６９のＬ字形断面の水平部分は、片持ちアームアセンブリ１１５の支持面１１４にボルト締めされる。

【００７０】

関節式外側支持フランジ１７１が、固定外側支持フランジ１６９のＬ字形断面の垂直部分の外側垂直面１６９Ｄの周りに延在するように、およびカバーリング１６５の上部外側垂直側面の周りに延在するように、構成および配置される。関節式外側支持フランジ１７１は、固定外側支持フランジ１６９のＬ字形垂直断面の垂直部分およびカバーリング１６５の上部外側垂直側面の両方に外接する円環形状を有する。関節式外側支持フランジ１７１は、垂直部分および水平部分を含むＬ字形垂直断面を有する。関節式外側支持フランジ１７１のＬ字形断面の垂直部分は、固定外側支持フランジ１６９のＬ字形断面の垂直部分の外側垂直側面およびカバーリング１６５の上部外側垂直側面の両方に近接し、そこから離間して配置された内側垂直面を有する。このようにして、関節式外側支持フランジ１７１は、固定外側支持フランジ１６９のＬ字形垂直断面の垂直部分およびカバーリング１６５の上部外側垂直側面の両方に沿って垂直方向（ｚ方向）に移動可能である。関節式外側支持フランジ１７１は、導電性材料で形成される。いくつかの実施形態では、関節式外側支持フランジ１７１は、アルミニウムまたは陽極酸化アルミニウムで形成される。しかし、他の実施形態では、関節式外側支持フランジ１７１は、銅またはステンレススチールなどの他の導電性材料で形成され得る。

【００７１】
いくつかの導電性ストラップ１７３が、関節式外側支持フランジ１７１と固定外側支持フランジ１６９との間で、関節式外側支持フランジ１７１および固定外側支持フランジ１６９の両方の半径方向外周の周りに接続される。例示的実施形態では、導電性ストラップ１７３が固定外側支持フランジ１６９から離れて外向きに湾曲するという点で、導電性ストラップ１７３は、「外向き」構成を有するように示されている。いくつかの実施形態では、導電性ストラップ１７３は、ステンレススチールで形成される。しかし、他の実施形態では、導電性ストラップ１７３は、とりわけアルミニウムまたは銅などの他の導電性材料で形成され得る。
【００７２】
いくつかの実施形態では、４８の導電性ストラップ１７３が、関節式外側支持フランジ１７１および固定外側支持フランジ１６９の半径方向外周の周りに、実質的に等間隔に分布する。しかし、理解されるべきであるが、導電性ストラップ１７３の数は、異なる実施形態では異なり得る。いくつかの実施形態では、導電性ストラップ１７３の数は、約２４から約８０までにわたる範囲内、または約３６から約６０までにわたる範囲内、または約４０から約５６までにわたる範囲内にある。いくつかの実施形態では、導電性ストラップ１７３の数は、２４よりも少ない。いくつかの実施形態では、導電性ストラップ１７３の数は、８０よりも多い。導電性ストラップ１７３の数は、プラズマ処理領域１８２の周囲の周りの無線周波数信号に対する接地復帰経路に対する効果を有するため、導電性ストラップ１７３の数は、ウェハＷ全体にわたるプロセス結果の一様性に対する効果を有し得る。また、導電性ストラップ１７３のサイズは、異なる実施形態では異なり得る。
【００７３】
いくつかの実施形態では、導電性ストラップ１７３は、固定外側支持フランジ１６９のＬ字形断面の水平部分の上面にクランプリング１７５を固定することによって印加されるクランプ力によって、固定外側支持フランジ１６９に接続される。いくつかの実施形態では、クランプリング１７５は、固定外側支持フランジ１６９にボルト締めされる。いくつかの実施形態では、固定外側支持フランジ１６９にクランプリング１７５を固定するボルトは、導電性ストラップ１７３間の位置に配置される。しかし、いくつかの実施形態では、固定外側支持フランジ１６９にクランプリング１７５を固定する１つまたは複数のボルトが、導電性ストラップ１７３を通って延在するように配置され得る。いくつかの実施形態では、クランプリング１７５は、固定外側支持フランジ１６９と同じ材料で形成される。しかし、他の実施形態では、クランプリング１７５および固定外側支持フランジ１６９は、異なる材料で形成され得る。
【００７４】
いくつかの実施形態では、導電性ストラップ１７３は、関節式外側支持フランジ１７１のＬ字形断面の水平部分の底面にクランプリング１７７を固定することによって印加されるクランプ力によって、関節式外側支持フランジ１７１に接続される。代替的に、いくつかの実施形態では、複数の導電性ストラップ１７３の各々の第１の端部は、クランプリング１７７によって関節式外側支持フランジ１７１の水平部分の上面に接続される。いくつかの実施形態では、クランプリング１７７は、関節式外側支持フランジ１７１にボルト締めされる。いくつかの実施形態では、関節式外側支持フランジ１７１にクランプリング１７７を固定するボルトは、導電性ストラップ１７３間の位置に配置される。しかし、いくつかの実施形態では、関節式外側支持フランジ１７１にクランプリング１７７を固定する１つまたは複数のボルトが、導電性ストラップ１７３を通って延在するように配置され得る。いくつかの実施形態では、クランプリング１７７は、関節式外側支持フランジ１７１と同じ材料で形成される。しかし、他の実施形態では、クランプリング１７７および関節式外側支持フランジ１７１は、異なる材料で形成され得る。
【００７５】
支持ロッド２０１のセットが、固定外側支持フランジ１６９のＬ字形断面の水平部分１６９Ｂを通って垂直に延在するように、片持ちアームアセンブリ１１５の周りに配置され

る。支持ロッド２０１の上端は、関節式外側支持フランジ１７１のＬ字形断面の水平部分の底面と係合するように構成される。いくつかの実施形態では、支持ロッド２０１の各々の下端は、抵抗機構２０３と係合する。抵抗機構２０３は、支持ロッド２０１の多少の下方移動を可能にしながら、支持ロッド２０１の下方移動に抵抗する上向きの力を、対応する支持ロッド２０１に与えるように構成される。いくつかの実施形態では、抵抗機構２０３は、対応する支持ロッド２０１に上向きの力を与えるためのばねを含む。いくつかの実施形態では、抵抗機構２０３は、対応する支持ロッド２０１に上向きの力を与えるための十分なばね定数を有する材料、例えば、ばねおよび／またはゴムを含む。理解されるべきであるが、関節式外側支持フランジ１７１が、支持ロッド２０１のセットと係合するように下方に移動すると、支持ロッド２０１のセットおよび対応する抵抗機構２０３は、関節式外側支持フランジ１７１に上向きの力を与える。いくつかの実施形態では、支持ロッド２０１のセットは、３つの支持ロッド２０１および対応する抵抗機構２０３を含む。いくつかの実施形態では、支持ロッド２０１は、電極１０９の垂直中心線に対して実質的に等しい方位角間隔を有するように配置される。しかし、他の実施形態では、支持ロッド２０１は、電極１０９の垂直中心線に対して等しくない方位角間隔を有するように配置される。また、いくつかの実施形態では、３つよりも多くの支持ロッド２０１および対応する抵抗機構２０３が、関節式外側支持フランジ１７１を支持するように設けられる。

【００７６】

再び図１の参照を続けると、プラズマ処理システム１００は、電極１０９の上方に配置されたＣ覆い部材１８５をさらに含む。Ｃ覆い部材１８５は、関節式外側支持フランジ１７１に接触するように構成される。具体的には、シール１７９が、関節式外側支持フランジ１７１のＬ字形断面の水平部分の上面上に配設されることにより、関節式外側支持フランジ１７１がＣ覆い部材１８５に向かって上方に移動されるときに、シール１７９は、Ｃ覆い部材１８５と係合する。いくつかの実施形態では、シール１７９は、Ｃ覆い部材１８５と関節式外側支持フランジ１７１との間の電気伝導を確立することを支援するように導電性である。いくつかの実施形態では、Ｃ覆い部材１８５は、ポリシリコンで形成される。しかし、他の実施形態では、Ｃ覆い部材１８５は、プラズマ処理領域１８２内に形成されるプロセスと化学的に親和性があり、十分な機械的強度を有する他の種類の導電性材料で形成される。

【００７７】

Ｃシュラウドは、プラズマ処理領域１８２の周りに延在するように構成され、Ｃ覆い部材１８５内に画定される領域内へのプラズマ処理領域１８２ボリュームの半径方向の延在を提供するように構成される。Ｃ覆い部材１８５は、下部壁１８５Ａ、外側垂直壁１８５Ｂ、および上部壁１８５Ｃを含む。いくつかの実施形態では、Ｃ覆い部材１８５の外側垂直壁１８５Ｂおよび上部壁１８５Ｃは、中実な、孔のない部材であり、Ｃ覆い部材１８５の下部壁１８５Ａは、プラズマ処理領域１８２内からのプロセスガスが流れるいくつかの通気孔１８６を含む。いくつかの実施形態では、スロットル部材１９６が、通気孔１８６を通るプロセスガスの流れを制御するために、Ｃ覆い部材１８５の通気孔１８６の下方に配設される。より具体的には、いくつかの実施形態では、スロットル部材１９６は、通気孔１８６を通るプロセスガスの流れを制御するために、Ｃ覆い部材１８５に対してｚ方向に垂直に上下に移動するように構成される。いくつかの実施形態では、スロットル部材１９６は、通気孔１８６に係合および／または進入するように構成される。

【００７８】

Ｃ覆い部材１８５の上部壁１８５Ｃは、上部電極１８７Ａ／１８７Ｂを支持するように構成される。いくつかの実施形態では、上部電極１８７Ａ／１８７Ｂは、内側上部電極１８７Ａおよび外側上部電極１８７Ｂを含む。代替的に、いくつかの実施形態では、内側上部電極１８７Ａは存在し、外側上部電極１８７Ｂは存在せず、内側上部電極１８７Ａは、外側上部電極１８７Ｂによって占められていたであろう位置を覆うように半径方向に延在する。いくつかの実施形態では、内側上部電極１８７Ａは、単結晶シリコンで形成され、外側上部電極１８７Ｂは、ポリシリコンで形成される。しかし、他の実施形態では、内側

上部電極１８７Ａおよび外側上部電極１８７Ｂは、プラズマ処理領域１８２内で実行されるプロセスと構造的、化学的、電気的、および機械的に親和性の他の材料で形成され得る。内側上部電極１８７Ａは、内側上部電極１８７Ａの垂直方向全厚を通じて延在する孔として画定されるいくつかの貫通ポート１９７を含む。貫通ポート１９７は、上部電極１８７Ａ／１８７Ｂの上方のプレナム領域１８８から上部電極１８７Ａ／１８７Ｂの下方のプラズマ処理領域１８２へのプロセスガスの流れに備えるために、ｘ－ｙ平面に対して内側上部電極１８７Ａの全体にわたって分布する。

【００７９】

理解されるべきであるが、内側上部電極１８７Ａの全体にわたる貫通ポート１９７の分布は、異なる実施形態に対して異なる方法で構成され得る。例えば、内側上部電極１８７Ａ内の貫通ポート１９７の総数および／または内側上部電極１８７Ａ内の貫通ポート１９７の空間的分布は、異なる実施形態間で異なり得る。また、貫通ポート１９７の直径は、異なる実施形態間で異なり得る。一般的に、貫通ポート１９７の直径を、プラズマ処理領域１８２から貫通ポート１９７内へのプラズマ１８０の侵入を防ぐほどに十分に小さいサイズに縮小することが重要である。いくつかの実施形態では、貫通ポート１９７の直径が縮小するほど、プロセスガスプレナム領域１８８から内側上部電極１８７Ａを通ってプラズマ処理領域１８２へのプロセスガスの規定された全体的流量を維持するために、内側上部電極１８７Ａ内の貫通ポート１９７の総数は増大する。また、いくつかの実施形態では、上部電極１８７Ａ／１８７Ｂは、基準接地電位に電気的に接続される。しかし、他の実施形態では、内側上部電極１８７Ａおよび／または外側上部電極１８７Ｂは、対応するインピーダンス整合システムを介して、それぞれの直流（ＤＣ）電源またはそれぞれの無線周波数電源のいずれかに電気的に接続される。

【００８０】

プレナム領域１８８は、上部部材１８９によって画定される。１つまたは複数のガス供給ポート１９２が、プレナム領域１８８と流体連通するように、チャンバ１０１および上部部材１８９を通って形成される。１つまたは複数のガス供給ポート１９２は、プロセスガス供給システム１９１に流体的に接続（配管）される。プロセスガス供給システム１９１は、矢印１９３によって示されるように、１つまたは複数のガス供給ポート１９２を通ってプレナム領域１８８への１つまたは複数のプロセスガスの制御された流れを提供するために、他のデバイスのうちでもとりわけ、１つまたはプロセスガス供給源、１つまたは複数のマスフローコントローラ、１つまたは複数のフロー制御バルブを含む。いくつかの実施形態では、プロセスガス供給システム１９１はまた、プロセスガスの温度を制御するための１つまたは複数の構成要素を含む。プロセスガス供給システム１９１は、１つまたは複数の信号導体１９４を通じて制御システム１２０に接続される。

【００８１】

処理ギャップ（ｇ１）が、セラミック層１１０の上面と内側上部電極１８７Ａの底面との間で測定された垂直（ｚ方向）距離として定義される。処理ギャップ（ｇ１）のサイズは、垂直方向（ｚ方向）に片持ちアームアセンブリ１１５を移動することによって調節され得る。片持ちアームアセンブリ１１５が上向きに移動すると、関節式外側支持フランジ１７１は、Ｃ覆い部材１８５の下部壁１８５Ａと最終的に係合し、その点で関節式外側支持フランジ１７１は、固定外側支持フランジ１６９に沿って移動し、そのときに片持ちアームアセンブリ１１５は、支持ロッド２０１のセットが関節式外側支持フランジ１７１と係合し、規定された処理ギャップ（ｇ１）サイズが達成されるまで、上向きに移動し続ける。その後、チャンバからウェハＷを取り出すためにこの移動を逆転させるためには、片持ちアームアセンブリ１１５は、関節式外側支持フランジ１７１がＣ覆い部材１８５の下部壁１８５Ａから離れるまで、下向きに移動される。理解されるべきであるが、図１は、ウェハＷがプラズマ処理のためにセラミック層１１０上に位置する、閉じた構成におけるシステム１００を示す。

【００８２】

プラズマ処理システム１００内のプラズマ処理動作中に、１つまたは複数のプロセスガ

スは、プロセスガス供給システム１９１、プレナム領域１８８、および内側上部電極１８７Ａ内の貫通ポート１９７を介してプラズマ処理領域１８２に供給される。また、無線周波数信号が、第１および第２の無線周波数信号生成器１４７、１４９、インピーダンス整合システム１４３、無線周波数信号供給ロッド１３７、無線周波数信号供給シャフト１４１、設備プレート１１１、電極１０９を介して、セラミック層１１０を通じて、プラズマ処理領域１８２内に伝送される。無線周波数信号は、プラズマ処理領域１８２内でプロセスガスをプラズマ１８０に変換する。プラズマのイオンおよび／または反応性構成成分が、ウェハＷ上の１つまたは複数の材料と相互作用して、ウェハＷ上に存在する特定の材料の組成および／または形状における変化を引き起こす。プラズマ処理領域１８２からの排気ガスは、矢印１９５によって示されるように、排気ポート１０５に印加された吸引力の影響下で、Ｃ覆い部材１８５内の通気孔１８６を通り、チャンバ１０１内の内部領域１０３を通って、排気ポート１０５に流れる。

【００８３】

さまざまな実施形態では、電極１０９は、異なる直径を有するように構成され得る。しかし、いくつかの実施形態では、エッジリング１６７がその上に載る電極１０９の表面を増大させるために、電極１０９の直径が拡大される。いくつかの実施形態では、導電性ゲル２２６が、エッジリング１６７の底部と電極１０９の上部との間および／またはエッジリング１６７の底部と結合リング１６１の上部との間に配設される。これらの実施形態では、電極１０９の増大した直径は、エッジリング１６７と電極１０９との間で導電性ゲルが配設される表面積をより大きくする。

【００８４】

理解されるべきであるが、関節式外側支持フランジ１７１、導電性ストラップ１７３、および固定外側支持フランジ１６９の組合せは、電気的に基準接地電位にあり、電極１０９からセラミック層１１０を通ってプラズマ処理領域１８２内に伝送される無線周波数信号のための接地復帰経路を集団的に形成する。電極１０９の周囲の周りのこの接地復帰経路の方位角方向の一様性は、ウェハＷ上のプロセス結果の一様性に対する効果を有し得る。例えば、いくつかの実施形態では、ウェハＷ全体にわたるエッチレートの一様性は、電極１０９の周囲の周りの接地復帰経路の方位角方向の一様性によって影響され得る。この目的のために、理解されるべきであるが、電極１０９の周囲の周りの導電性ストラップ１７３の数、構成、および配置は、ウェハＷ全体にわたるプロセス結果の一様性に影響を及ぼし得る。

【００８５】

再び図１を参照すると、調整可能エッジシース（ＴＥＳ）システムが、結合リング１６１内に配設された（埋め込まれた）ＴＥＳ電極２２５を含むように実装される。ＴＥＳシステムはまた、ＴＥＳ電極２２５と物理的および電気的に接続されたいくつかのＴＥＳ無線周波数信号供給ピン２２３を含む。各ＴＥＳ無線周波数信号供給ピン２２３は、セラミック支持体１１３および片持ちアームアセンブリ１１５構造体からなど、周囲の構造体から、ＴＥＳ無線周波数信号供給ピン２２３を電気的に分離するように構成された対応する絶縁体フィードスルー部材２３１を通って延在する。いくつかの実施形態では、絶縁体フィードスルー部材２３１の内側の領域がプラズマ処理領域１８２内に存在する任意の材料／ガスに曝されないことを保証するように、Ｏリング２２７および２２９が配設される。いくつかの実施形態では、ＴＥＳ無線周波数信号供給ピン２２３は、とりわけ、銅、またはアルミニウム、または陽極酸化アルミニウムで形成される。

【００８６】

ＴＥＳ無線周波数信号供給ピン２２３は、片持ちアームアセンブリ１１５の内側の開領域１１８内へ延在し、そこでＴＥＳ無線周波数信号供給ピン２２３の各々は、対応するＴＥＳ無線周波数信号フィルタ２２１を通じて、ＴＥＳ無線周波数信号供給導体２１９に電気的に接続される。いくつかの実施形態では、３つのＴＥＳ無線周波数信号供給ピン２２３が、電極１０９の中心線の周りに実質的に等間隔の方位角位置でＴＥＳ電極２２５と物理的および電気的に接続するように配置される。しかし、理解されるべきであるが、他の

実施形態は、ＴＥＳ電極２２５と物理的および電気的に接続する３つよりも多くのＴＥＳ無線周波数信号供給ピン２２３を有し得る。また、いくつかの実施形態は、ＴＥＳ電極２２５と物理的および電気的に接続する１つまたは２つのいずれかのＴＥＳ無線周波数信号供給ピン２２３を有し得る。各ＴＥＳ無線周波数信号供給ピン２２３は、対応するＴＥＳ無線周波数信号フィルタ２２１に電気的に接続され、各ＴＥＳ無線周波数信号フィルタ２２１は、ＴＥＳ無線周波数信号供給導体２１９に電気的に接続される。いくつかの実施形態では、各ＴＥＳ無線周波数信号フィルタ２２１は、インダクタとして構成される。例えば、いくつかの実施形態では、各ＴＥＳ無線周波数信号フィルタ２２１は、誘電体コア構造体の周りに巻き付けられた金属コイルなどの巻回導体として構成される。さまざまな実施形態では、金属コイルは、とりわけ、中実な銅ロッド、銅管、アルミニウムロッド、またはアルミニウム管で形成され得る。また、いくつかの実施形態では、各ＴＥＳ無線周波数信号フィルタ２２１は、誘導性および容量性構造体の組合せとして構成され得る。ウェハＷ全体にわたるプラズマ処理結果一様性を改善するために、ＴＥＳ無線周波数信号フィルタ２２１の各々は、実質的に同じ構成を有する。

【００８７】

いくつかの実施形態では、ＴＥＳ無線周波数信号供給導体２１９は、方位角方向に分布したＴＥＳ無線周波数信号フィルタ２２１とＴＥＳ無線周波数信号供給導体２１９との物理的および電気的接続を可能にするために、片持ちアームアセンブリ１１５の内側の開領域１１８の周りに延在するように、リング状（円環状）構造体として形成される。いくつかの実施形態では、ＴＥＳ無線周波数信号供給導体２１９は、中実な（非管状の）構造体として形成される。代替的に、いくつかの実施形態では、ＴＥＳ無線周波数信号供給導体２１９は、管状構造体として形成される。いくつかの実施形態では、ＴＥＳ無線周波数信号供給導体２１９は、とりわけ、銅、またはアルミニウム、または陽極酸化アルミニウムで形成される。

【００８８】

ＴＥＳ無線周波数信号供給導体２１９は、ＴＥＳ無線周波数供給ケーブル２１７に電気的に接続される。また、キャパシタ２１８が、ＴＥＳ無線周波数信号供給導体２１９と、片持ちアームアセンブリ１１５の構造体などの基準接地電位との間に接続される。より具体的には、キャパシタ２１８は、ＴＥＳ無線周波数供給ケーブル２１７およびＴＥＳ無線周波数信号供給導体２１９の両方に電気的に接続された第１の端子を有し、キャパシタ２１８は、基準接地電位に電気的に接続された第２の端子を有する。いくつかの実施形態では、キャパシタ２１８は、可変キャパシタである。いくつかの実施形態では、キャパシタ２１８は、固定キャパシタである。いくつかの実施形態では、キャパシタ２１８は、約１０ピコファラドから約１００ピコファラドまでにわたる範囲内のキャパシタンスを有するように設定される。ＴＥＳ無線周波数供給ケーブル２１７は、ＴＥＳインピーダンス整合システム２１１に接続される。ＴＥＳインピーダンス整合システム２１１は、ＴＥＳ無線周波数信号生成器２１３に接続される。ＴＥＳ無線周波数信号生成器２１３によって生成される無線周波数信号は、ＴＥＳインピーダンス整合システム２１１を通じてＴＥＳ無線周波数供給ケーブル２１７に伝送された後、ＴＥＳ無線周波数信号供給導体２１９に伝送され、それからＴＥＳ無線周波数信号フィルタ２２１を通じてそれぞれのＴＥＳ無線周波数信号供給ピン２２３に伝送され、結合リング１６１内のＴＥＳ電極２２５に伝送される。いくつかの実施形態では、ＴＥＳ無線周波数信号生成器２１３は、約５０キロヘルツから約２７ＭＨｚまでにわたる周波数範囲内の無線周波数信号を生成するように構成され動作する。いくつかの実施形態では、ＴＥＳ無線周波数信号生成器２１３は、約５０ワットから約１０キロワットまでにわたる範囲内の無線周波数電力を供給する。ＴＥＳ無線周波数信号生成器２１３はまた、１つまたは複数の信号導体２１５を通じて制御システム１２０に接続される。

【００８９】

ＴＥＳインピーダンス整合システム２１１は、無線周波数電力が、ＴＥＳ無線周波数信号生成器２１３から、ＴＥＳ無線周波数供給ケーブル２１７に沿って、ＴＥＳ無線周波数

信号供給導体２１９に沿って、ＴＥＳ無線周波数信号フィルタ２２１を通じて、それぞれのＴＥＳ無線周波数信号供給ピン２２３を通じて、結合リング１６１内のＴＥＳ電極２２５に、およびエッジリング１６７の上方のプラズマ処理領域１８２内に伝送され得るように、インピーダンス整合に備えるためにサイズ決めされ接続されたインダクタおよびキャパシタの配置を含む。ＴＥＳインピーダンス整合システム２１１は、１つまたは複数の信号導体２１４を通して制御システム１２０にも接続される。

【００９０】

結合リング１６１内に配設された（埋め込まれた）ＴＥＳ電極２２５を通じて無線周波数信号／電力を伝送することによって、ＴＥＳシステムは、ウェハＷの周囲エッジ付近におけるプラズマ１８０の特性を制御することが可能である。例えば、いくつかの実施形態では、ＴＥＳシステムは、プラズマ１８０シースの形状を制御することによって、および／またはサイズを制御する（シース厚さの増大またはシース厚さの減少のいずれか）ことによってなどで、エッジリング１６７付近のプラズマ１８０シースの性質を制御するように動作する。また、いくつかの実施形態では、エッジリング１６７付近のプラズマ１８０シースの形状を制御することによって、ウェハＷの上のバルクプラズマ１８０のさまざまな性質を制御することが可能である。また、いくつかの実施形態では、ＴＥＳシステムは、エッジリング１６７付近のプラズマ１８０の密度を制御するように動作する。例えば、いくつかの実施形態では、ＴＥＳシステムは、エッジリング１６７付近のプラズマ１８０の密度を増大させるか、または減少させるかのいずれかを行うように動作する。また、いくつかの実施形態では、ＴＥＳシステムは、エッジリング１６７上に存在するバイアス電圧を制御するように動作し、これは、ひいてはエッジリング１６７付近のプラズマ１８０内のイオンおよび他の荷電構成成分の移動を制御する／移動に影響を及ぼす。例えば、いくつかの実施形態では、ＴＥＳシステムは、プラズマ１８０からより多くのイオンをウェハＷのエッジに向かって引きつけるように、エッジリング１６７上に存在するバイアス電圧を制御するように動作する。また、いくつかの実施形態では、ＴＥＳシステムは、プラズマ１８０からのイオンがウェハＷのエッジから離れて反発するように、エッジリング１６７上に存在するバイアス電圧を制御するように動作する。理解されるべきであるが、ＴＥＳシステムは、とりわけ上記のようなさまざまな異なる機能を、別個に、または組合せでのいずれかで、実行するように動作し得る。

【００９１】

いくつかの実施形態では、結合リング１６１は、とりわけ、石英、またはセラミック、またはアルミナ（Al_2O_3）、またはポリマーなどの誘電体材料で形成される。

【００９２】

エッジリング１６７の底面は、結合リング１６１の熱をエッジリング１６７に放出するように、熱伝導性および導電性のゲルの層を通じて結合リング１６１の上面に結合された部分を有する。また、エッジリング１６７の底面は、熱伝導性および導電性のゲルの層を通じて電極１０９の上面に結合された他の部分を有する。熱伝導性および導電性のゲルの例は、とりわけ、ポリイミド、ポリケトン、ポリエーテルケトン、ポリエーテルスルホン、ポリエチレンテレフタレート、フルオロエチレンプロピレンコポリマー、セルロース、トリアセテート、およびシリコーンを含む。いくつかの実施形態では、熱伝導性および導電性のゲルの例は、両面テープとして形成される。いくつかの実施形態では、エッジリング１６７は、セラミック層１１０の外径に近接してサイズ決めされた内径を有する。

【００９３】

さまざまな実施形態では、ＴＥＳ電極２２５は、とりわけ、白金、スチール、アルミニウム、または銅などの導電性材料で形成される。動作中に、ＴＥＳ電極２２５とエッジリング１６７との間に容量性結合が生じることにより、エッジリング１６７は、ウェハＷの外周付近におけるウェハＷの処理に影響を及ぼすように電源供給される。

【００９４】

大まかに言って、本開示の実施態様は、チャンバ外に配置された少なくとも１つの磁気コイルを有するＣＣＰチャンバを提供する。いくつかの実施態様では、単一の磁気コイル

または複数の磁気コイルが、チャンバの上方に、またはチャンバ上に配置される。ＤＣ電流が、磁界（磁場）を生成するために、磁気コイルに印加される。これらの電流からの磁場を用いて、中心非一様性の制御が達成される。いくつかの実施態様では、異なるコイルの組合せを使用して、異なる磁界を提供し、全体的な一様性のさらなる制御を可能にする。

【００９５】

標準的なプラズマシステムは、正イオンおよび負イオンの密度が、電子密度によって、およびさらに、温度に基づいて少なくとも部分的に制御されるので、正イオンおよび負イオンの累積が存在する非一様性を起こしやすい。そのような非一様性に対処するために、本開示の実施態様は、局所荷電種堆積を最小限に抑え、それにより、一様性を改善するための、プラズマへの静的磁場の印加を企図する。

【００９６】

動作の任意の特定の理論によって縛られることなしに、本開示の実施態様によれば、磁場は、磁場がプラズマを完全に磁化しないように、比較的弱く構成されると考えられる。しかしながら、磁場に対して敏感である電子は、影響を及ぼされる。これにより、磁場は、電子が、磁力線にほぼ沿って進むように、電子の拡散の方向を変更するために使用されると考えられる。このようにして、磁場は、放電する中間において電子の量に影響を及ぼし、制御するために利用され得る。上から下へ、プラズマの中央部分においてほぼ垂直な磁場を提供することによって、中央に集まる傾向がある電子は、電子が磁場線にほぼ沿って移動するように、磁化することができる。それゆえに、上側の電子および下側の電子により多くの損失があることになり、それゆえ、中心部分における電子の量の、結果として生じる低減があることになる。

【００９７】

図２Ａは、本開示の実施態様による、プラズマ処理中に磁界を印加するための単一の磁気コイルを有するプロセスチャンバの断面図を概念的に示す。示されているように、単一の磁気コイル２００が、チャンバ１０１の上に配設される。磁気コイル２００は、実質的に、形状が円形であるか、またはリング形状であるか、または形状が環状であることが諒解されよう。さらに、磁気コイル２００は、ウェハの表面平面に平行である平面に沿って配設される。すなわち、磁気コイルの巻回／巻は、磁気コイルそれ自体が、水平方向に配向し、ウェハの中心を垂直に通る軸を中心とするように、ウェハの平面に平行である水平平面に実質的に沿う。いくつかの実施態様では、磁気コイル２００は、３００ｍｍウェハを処理するように構成されたチャンバについて、約１５～２０インチ（約３８～５１ｃｍ）の範囲内の直径（中心間直径、または内径、または外径）を有し、いくつかの実施態様では、直径は、約１６～１８インチ（約４１～４６ｃｍ）の範囲内にある。

【００９８】

いくつかの実施態様では、ウェハの表面レベルを超える磁気コイル２００の高さは、約３～１５インチ（約８～３８ｃｍ）の範囲内にあり、いくつかの実施態様では、約５～１２インチ（約１３～３０ｃｍ）の範囲内にあり、いくつかの実施態様では、約７～８インチ（約１８～２０ｃｍ）の範囲内にある。

【００９９】

本開示の実施態様によれば、ＤＣ電流が、チャンバ１０１において静的磁場を生成するために、磁気コイル２００に印加される。

【０１００】

図２Ｂは、本開示の実施態様による、プラズマ処理中に磁界を印加するための２つの磁気コイルを有するプロセスチャンバの断面図を概念的に示す。示されているように、第１の磁気コイル２００および第２の磁気コイル２０２は、チャンバ１０１の上に配設された同心コイルである。いくつかの実施態様では、第１の磁気コイル２００および第２の磁気コイル２０２は、ほぼ同一平面上にある。いくつかの実施態様では、第１の磁気コイル２００および第２の磁気コイル２０２は、同一平面上にないが、同じ中心軸について同心であると同時に、平行平面中に配置される。いくつかの実施態様では、第１の磁気コイル２

００は、図２Ａに関して上記で説明されたような直径を有する。

【０１０１】

いくつかの実施態様では、第２の磁気コイル２０２は、３００ｍｍウェハを処理するように構成されたチャンバについて、約２０～２５インチ（約５１～６３ｃｍ）の範囲内の直径（中心間直径、または内径、または外径）を有し、いくつかの実施態様では、第２の磁気コイル２０２の直径は、約２２～２４インチ（約５６～６１ｃｍ）の範囲内にある。

【０１０２】

本開示の実施態様によれば、ＤＣ電流が、チャンバ１０１において静的磁場を生成するために、磁気コイル２００および２０２に印加される。さまざまな実施態様では、コイルの各々に印加されるＤＣ電流は、ほぼ同じであることも、異なることもあり、同じ方向にあることも、反対の方向にあることもある。

【０１０３】

具体的には示されていないが、他の実施態様では、チャンバ１０１の上に配設された追加の磁気コイルがあり得ることが諒解されよう。例えば、いくつかの実施態様では、第３の磁気コイルが、提供され、同じくチャンバ１０１の上に配設され、第１の磁気コイル２００よりも小さい直径を有する。いくつかの実施態様では、そのような第３の磁気コイルは、３００ｍｍウェハを処理するように構成されたチャンバについて、約１０～１５インチ（約２５～３８ｃｍ）の範囲内の直径を有し、いくつかの実施態様では、第３の磁気コイルは、約１１～１３インチ（約２８～３３ｃｍ）の範囲内の直径を有する。

【０１０４】

いくつかの実施態様では、第１の磁気コイル、第２の磁気コイルおよび第３の磁気コイルは、ほぼ同一平面上にある。いくつかの実施態様では、第１の磁気コイル、第２の磁気コイル、および第３の磁気コイルは、同一平面上にないが、同じ中心軸について同心であると同時に、平行平面中に配置される。いくつかの実施態様では、磁気コイルのうちの２つは、同一平面上にあるが、他の磁気コイルは、同一平面上にある２つのいずれとも同一平面上にない。

【０１０５】

いくつかの実施態様では、チャンバ１０１の上に配設された追加の磁気コイルがあり得る。

【０１０６】

図２Ｃは、本開示の実施態様による、プラズマ処理中に磁界を印加するための３つの磁気コイルを有するプロセスチャンバの断面図を概念的に示す。示されている実施態様中に示されているように、２つの磁気コイル２００および２０２が、チャンバ１０１の上に配設される。いくつかの実施態様では、磁気コイル２００および２０２は、図２Ｂの実施態様と同様に構成される。その上、下部磁気コイル２０４が、プラズマ処理領域１８２の下方にあるように、電極１０９の下方に配設される。いくつかの実施態様では、下部磁気コイル２０４は、約１０～２５インチ（約２５～６３ｃｍ）の範囲内の直径（中心間直径、または内径、または外径）を有する。本開示の実施態様によれば、ＤＣ電流が、チャンバ１０１において静的磁場を生成するために、単独で、または他の磁気コイルに印加されるＤＣ電流と組み合わせて、磁気コイル２０４に印加される。

【０１０７】

単一の下部磁気コイル２０４が、示されている実施態様において示され、説明されるが、他の実施態様では、２つ以上の下部磁気コイルがあり得る。複数の下部磁気コイルの場合、そのような下部磁気コイルは、互いに同一平面上にあることも、互いに同一平面上にないこともある。

【０１０８】

図２Ｄは、本開示の実施態様による、プラズマ処理中に磁界を印加するための４つの磁気コイルを有するプロセスチャンバの断面図を概念的に示す。示されている実施態様中に示されているように、図２Ｃの構成と同様に、チャンバ１０１の上に配設された２つの磁気コイル２００および２０２、ならびに電極１０９の下方に配設された下部磁気コイル１

０４がある。その上、側部磁気コイル２０６が、プラズマ処理領域１８２を側方から囲むように、配置される。いくつかの実施態様では、側部磁気コイル２０６は、Ｃ覆い部材１８５に隣接して配置される。いくつかの実施態様では、側部磁気コイル２０６は、チャンバ１０１の壁１０１ａに隣接して配置される。いくつかの実施態様では、側部磁気コイル２０６は、プラズマ処理領域１８２の少なくとも一部分の高さにほぼあるように、垂直方向に配置される。いくつかの実施態様では、側部磁気コイル２０６は、３００ｍｍウェハを処理するように構成されたチャンバについて、約２５～３０インチ（約６３～７６ｃｍ）の範囲内の直径（中心間直径、または内径、または外径）を有する。本開示の実施態様によれば、ＤＣ電流が、チャンバ１０１において静的磁場を生成するために、単独で、または他の磁気コイルに印加されるＤＣ電流と組み合わせて、磁気コイル２０６に印加される。

【０１０９】

単一の側部磁気コイル２０６が、示されている実施態様において示され、説明されるが、他の実施態様では、２つ以上の側部磁気コイルがあり得る。いくつかの実施態様では、複数の側部磁気コイルが、提供され、同じ直径を有するように構成され、互いに垂直方向に整列される。いくつかの実施態様では、複数の側部磁気コイルは、異なる直径を有することができ、互いと同一平面上にあることも、互いと同一平面上にないこともある。

【０１１０】

説明されたように、さまざまな実施態様では、プラズマ処理領域１８２の上方に、プラズマ処理領域１８２の下方に、および／またはプラズマ処理領域１８２を囲んで配置された１つまたは複数の磁気コイルがあり得る。各磁気コイルは、プラズマ処理領域１８２において静的磁場を生成するために、ＤＣ電流を供給される。大まかに言って、いくつかの実施態様では、磁場は、中心エッチレートの抑制をもたらすように、プラズマ処理領域１８２の中央部分において実質的にｚ方向に作成される。これにより、所与のＣＣＰチャンバが、ウェハの中心部分においてエッチレートのピークを呈する場合、磁場は、中心ピークを抑制するために、プラズマに印加され得る。

【０１１１】

いくつかの実施態様では、本開示の実施態様による磁気コイルは、絶縁された銅線、またはマグネットワイヤから形成される。いくつかの実施態様では、マグネットワイヤは、約１６～１０ＡＷＧのマグネットワイヤである。いくつかの実施態様では、マグネットワイヤのコイリングは、所与の磁気コイルについて、約３０～６０巻を有するように構成される。いくつかの実施態様では、コイリングは、約４０～５０巻を有するように構成される。いくつかの実施態様では、磁気コイルは、約１～３ｃｍの断面幅または高さを有する。

【０１１２】

いくつかの実施態様では、本開示の実施態様による磁気コイルは、さらに、他の構成要素またはハードウェアから磁気コイルを絶縁するように、絶縁材料（例えば、プラスチック絶縁体）から形成された支持構造によって支持される。

【０１１３】

プラズマ処理のコンテキストにおける磁界の他の印加と比較すると、本開示の実施態様に従って生成される磁場は、低強度界であり、それにより、他の構成要素に対する影響は最小である。しかしながら、プラズマ中の電子は、荷電種の低減された局所堆積を促進し、それゆえ、プラズマおよびエッチ一様性を改善するような様式で、磁場によって影響を及ぼされる。いくつかの実施態様では、生成される磁場の強度は、約１０ガウス未満（ウェハレベルにおいて、およびほぼ中心で測定された）であるように構成され、いくつかの実施態様では、約５ガウス未満であるように構成される。

【０１１４】

それに応じて、本開示の実施態様によれば、弱い磁界を生成するために、低電流レベルが印加されることが諒解されよう。いくつかの実施態様では、所与の磁気コイルへの印加電流は、約１０アンペアまたはそれ以下、いくつかの実施態様では、約７アンペアまたは

それ以下、いくつかの実施態様では、約５アンペアまたはそれ以下、いくつかの実施態様では、約３アンペアまたはそれ以下である。

【０１１５】

低強度磁界が提供されるが、チャンバ壁は、一般的に、アルミニウムおよび／またはシリコン含有材料から構築され、それゆえ、磁場は、チャンバを浸透する。

【０１１６】

依然として、低強度磁界でさえ、近接デバイスに干渉し得る。それゆえに、いくつかの実施態様では、ニッケル含有材料から構築されたカバーが、磁界から近接デバイスを遮蔽するために、提供される。

【０１１７】

プラズマ処理における磁界のこれまでの印加は、はるかにより強力な磁界を採用し、ここで、界の方向は、ウェハに平行である。これは、ウェハの表面に平行な磁場線に沿った電子移動を促進し、全体的な一様性を制御するためのやり方として実行された。しかしながら、そのような印加は、デバイス上での電荷蓄積も存在するので、デバイス損傷を起こしやすく、強力な磁場の相互作用は、デバイス損傷を生成する傾向があった。

【０１１８】

しかしながら、強力な磁界のこれらの従来の使用とは対照的に、本開示の実施態様は、それと比較して極めて低い強度の磁場を採用する。磁化されたスチール部分によって生成された磁場、および非常に弱い電界でさえ、中心における一様性に対する影響を有することができることが観測された。さらに、デバイスサイズが小さくなり、非一様性についての許容差が低減される（例えば、１％を顕著に下回る）につれて、イオン密度の変化は、一様性に対する顕著な影響を有し得る。一般に、本開示の実施態様によれば、印加される磁場の強度が大きければ大きいほど、ウェハの中心部分におけるエッチレートの抑制も大きくなる。

【０１１９】

図３Ａは、本開示の実施態様による、異なる印加された磁場の下での持続波プラズマについてのエッチレート結果を示すグラフである。示されている実施態様では、半径に応じたエッチレートが、ブランケット酸化物ウェハに対して行われた持続波プラズマプロセスについて示されている。曲線３００は、上記の実施態様において説明されたような磁気コイルに対する印加電流がゼロである場合のエッチレート結果を示すプロットである。曲線３０２は、５アンペアの電流が磁気コイルに印加された場合のエッチレート結果を示すプロットである。曲線３０４は、１０アンペアの電流が磁気コイルに印加された場合のエッチレート結果を示すプロットである。結果からわかるように、曲線３００によって示されているように磁気コイルに印加された電流がゼロである場合）、ウェハの中央部分においてエッチレートの顕著なピーキングがある。しかしながら、磁気コイルにおける電流が、５アンペア（曲線３０２）に、および１０アンペア（曲線３０４）に増加されるにつれて、ウェハの中央部分におけるエッチレートは、低減される。この結果は、中心エッチレートピーキングを低減し、それにより、エッチレートの非一様性を低減するために磁場を増加させることの有効性を例証する。

【０１２０】

図３Ｂは、図３Ａの実施態様による、印加された磁場によってもたらされるエッチレートの変化を示すグラフである。図３Ｂ中に示されているように、曲線３０６は、（曲線３００によって前に示されたような）ゼロ電流状態に対する、（曲線３０２によって前に示されたような）磁気コイルに印加された５アンペアの電流を用いて実行された持続波プラズマプロセスのエッチレートの変化（またはデルタ）を示すプロットである。曲線３０８は、ゼロ電流状態に対する、（曲線３０４によって前に示されたような）磁気コイルに印加された１０アンペアの電流を用いて実行された持続波プラズマプロセスのエッチレートの変化を示すプロットである。

【０１２１】

エッチレートデルタ結果によって示されているように、本開示の実施態様による、磁場

の印加は、主に（例えば、略５０ｍｍ半径内の）ウェハの中央部分におけるエッチレートの顕著な低減を提供する。また、エッチレートの低減は、印加された磁場がより強力になるにつれて、より大きくなる。

【０１２２】

図４Ａは、本開示の実施態様による、異なる印加された磁場を用いたプラズマプロセスについてのウェハ半径に応じたエッチレートを示すグラフである。示されている実施態様では、ブランケット酸化物ウェハ上でのエッチレートが、パルスプラズマプロセスについて示されている。示されている実施態様では、曲線４００は、本開示の実施態様による、上記で説明されたような、磁気コイルに印加された電流がゼロである場合のパルスプラズマプロセスについてのウェハ半径に応じたエッチレートを示す。曲線４０２は、５アンペアの電流が磁気コイルに印加された場合のパルスプラズマプロセスについてのウェハ半径に応じたエッチレートを示す。曲線４０４は、１０アンペアの電流が磁気コイルに印加された場合のパルスプラズマプロセスについてのウェハ半径に応じたエッチレートを示す。示されているように、（存在する周囲界以外の）追加の磁場が印加されないような、ゼロ電流状態において、ウェハの中心に向かってエッチレートの顕著なピークがある。しかしながら、電流が、５アンペアで磁気コイルに印加されると、エッチレートの中心ピークは、低減される。また、電流が、１０アンペアで磁気コイルに印加されると、中心エッチレートは、さらに低減される。これ、印加された磁場が、増加されるにつれて、ウェハの中心部分におけるエッチレートは、より低下され、それにより、ウェハの中心にわたる非一様性を低減する。

【０１２３】

図４Ｂは、図４Ａの実施態様による、印加された磁場の結果としてのエッチレートの変化を示すグラフである。曲線４０６は、ゼロ電流状態と比較した、５アンペアの電流が磁気コイルに印加された場合のパルスプラズマプロセスについてのエッチレートの変化を示す。曲線４０８は、ゼロ電流状態と比較した、１０アンペアの電流が磁気コイルに印加された場合のパルスプラズマプロセスについてのエッチレートの変化を示す。わかるように、印加された磁場の影響は、主に、（例えば、中心の約５０ｍｍ半径内の）ウェハの中心部分においてエッチレートを低減する。

【０１２４】

図５は、本開示の実施態様による、特徴部傾斜に対する印加された磁場の影響を例証する、エッチングされた特徴部をその上に有するウェハの部分の断面画像を示す。上側の画像は、印加された磁場なしに処理された、エッチングされた特徴部を有するウェハ部分の断面図を提供する。それに対して、下側の画像は、（磁気コイルへの１アンペアの電流の印加から得られた）印加された磁場を用いて処理された、エッチングされた特徴部を有するウェハ部分の断面図を提供する。わかるように、印加された磁場の下でエッチングされた特徴部は、より小さい傾斜を呈し、印加された磁場の不在下でエッチングされた特徴部よりも垂直である。磁場を印加することは、印加された磁場が、ウェハにおけるプラズマシースの形状を変更するので、傾きを改善する。不均一なプラズマは、いくつかの半径において傾斜を生じ、それゆえ、非一様性を低減する磁界をプラズマに印加することはまた、傾斜を低減し、より垂直なエッチングを可能にすることができる。

【０１２５】

いくつかの実施態様によれば、チャンバの上方に配設された４つの磁気コイルを有するシステムが、提供される。４つの磁気コイルは、実質的に同一平面上にあり、ウェハの中心を通って実質的に垂直である同じ軸について同心である。４つの磁気コイルは、コイル「Ａ」、「Ｂ」、「Ｃ」、および「Ｄ」と参照符号をつけられる。コイルＡは、約１２インチ（約３０ｃｍ）の内径を有し、コイルＢは、約１４インチ（約３６ｃｍ）の内径を有し、コイルＣは、約１７インチ（約４３ｃｍ）の内径を有し、コイルＤは、約２３インチ（約５８ｃｍ）の内径を有する。どのコイルが電流を受けるかを変動させ、所与のコイルに印加される電流の量を変動させ、所与のコイルに印加される電流の方向を変動させることによって、さまざまな磁気プロファイルが、達成され得、それらの磁気プロファイルは

、例えば、半径方向エッチ非一様性を低減するようにチューニングされ得る。

【０１２６】

図６Ａは、本開示の実施態様による、さまざまな単一コイル電流構成についての、３００ｍｍ直径ウェハに沿った半径方向位置に対する、ｚ方向（垂直方向、またはウェハ表面に対して垂直）でのウェハレベルにおける磁界強度を示す。すなわち、電流が、コイルＡ、Ｂ、Ｃ、およびＤのうちの単一のコイルに印加され、ｚ方向の磁界の強度が、ガウス単位で測定された。

【０１２７】

正電流は、コイルの俯瞰図から考えると、反時計回り方向に印加された電流を示す。それに応じて、負電流は、時計回り方向に印加された電流を示す。

【０１２８】

示されている実施態様では、グラフの凡例は、以下の形態のものである：（ｃｏｉｌ＃）（電流）＿（ｃｏｉｌ＃）（電流）＿（ｃｏｉｌ＃）（電流）＿（ｃｏｉｌ＃）（電流）。これにより、「Ａ５＿Ｂ０＿Ｃ０＿Ｄ０」と示されている曲線は、５アンペアの電流が、コイルＡに印加され、ゼロ電流が、コイルＢ、Ｃ、およびＤに印加された場合の結果と理解され得る。「Ａ－５＿Ｂ０＿Ｃ０＿Ｄ０」と示されている曲線は、－５アンペアの電流が、コイルＡに印加され、ゼロ電流が、コイルＢ、Ｃ、およびＤに印加された場合の結果と理解され得る。「Ａ０＿Ｂ５＿Ｃ０＿Ｄ０」と示されている曲線は、５アンペアの電流が、コイルＢに印加され、ゼロ電流が、コイルＡ、Ｃ、およびＤに印加された場合の結果と理解され得、以下同様である。

【０１２９】

図６Ｂは、図６Ａの実施態様による、さまざまな単一コイル電流構成についての、３００ｍｍ直径ウェハに沿った半径方向位置に対する、半径方向でのウェハレベルにおける磁界強度を（ガウスで）示す。これらの結果からわかるように、ウェハエッジにおける半径方向磁場強度は、ｚ方向磁場強度と同等である。

【０１３０】

いくつかの実施態様では、ウェハレベルにおける磁界強度は、磁気コイルのレベルにおける磁界強度の約１／３であることが諒解されよう。

【０１３１】

図７Ａは、本開示の実施態様による、単一のコイルＡ（１２インチ）、Ｂ（１４インチ）、Ｃ（１７インチ）、およびＤ（２３インチ）に印加されたさまざまな正電流（反時計回り）についての、３００ｍｍウェハに沿った半径方向位置に対する熱酸化物エッチレートを示すグラフである。

【０１３２】

図７Ｂは、本開示の実施態様による、単一のコイルＡ（１２インチ）、Ｂ（１４インチ）、Ｃ（１７インチ）、およびＤ（２３インチ）に印加されたさまざまな負電流（時計回り）についての、３００ｍｍウェハに沿った半径方向位置に対する熱酸化物エッチレートを示すグラフである。

【０１３３】

図７Ａおよび図７Ｂの結果が例証するように、異なるコイルサイズおよび電流は、酸化物エッチレートに対する異なる影響を有することができる。同じコイルについて、反対の電流方向は、とりわけより低い電流の大きさにおいて、酸化物エッチレートに対する異なる影響を有することができる。これは、コイルが誘起した磁場が、より低いとき、周囲磁場オフセットは、より著しい影響を有すると理解され得る。

【０１３４】

図８Ａは、本開示の実施態様による、さまざまな２コイル電流構成についての、３００ｍｍ直径ウェハに沿った半径方向位置に対する、ｚ方向（垂直方向、またはウェハ表面に対して垂直）でのウェハレベルにおける磁界強度を示す。すなわち、電流が、コイルＡ、Ｂ、Ｃ、およびＤのうちの２つに印加され、ｚ方向の磁界の強度が、ガウス単位で測定された。

【０１３５】
図８Ｂは、図８Ａの実施態様による、さまざまな２コイル電流構成についての、３００ｍｍ直径ウェハに沿った半径方向位置に対する、半径方向でのウェハレベルにおける磁界強度を（ガウスで）示す。
【０１３６】
これらの結果が例証するように、同じまたは異なる方向をもつ異なるコイル電流を組み合わせることによって、ウェハ半径に沿って異なる磁場プロファイルを作成し、それにより、プラズマおよびエッチプロファイルに対する異なる影響を達成することが、可能である。
【０１３７】
図９Ａは、本開示の実施態様による、さまざまな３コイル電流構成についての、３００ｍｍ直径ウェハに沿った半径方向位置に対する、ｚ方向（垂直方向、またはウェハ表面に対して垂直）でのウェハレベルにおける磁界強度を示す。すなわち、電流が、コイルＡ、Ｂ、Ｃ、およびＤのうちの３つに印加され、ｚ方向の磁界の強度が、ガウス単位で測定された。
【０１３８】
図９Ｂは、図９Ａの実施態様による、さまざまな３コイル電流構成についての、３００ｍｍ直径ウェハに沿った半径方向位置に対する、半径方向でのウェハレベルにおける磁界強度を（ガウスで）示す。
【０１３９】
これらの結果が例証するように、同じまたは異なる方向をもつ異なるコイル電流を組み合わせることによって、ウェハ半径に沿って異なる磁場プロファイルを作成し、それにより、プラズマおよびエッチプロファイルに対する異なる影響を達成することが、可能である。
【０１４０】
図１０Ａは、本開示の実施態様による、２コイル組合せについての、３００ｍｍウェハに沿った半径方向位置に応じたエッチレートを示すグラフである。示されている実施態様では、特定の２コイル組合せは、コイルＡ（１２インチの直径）およびコイルＤ（２３インチの直径）を含む。
【０１４１】
図１０Ｂは、図１０Ａの実施態様による、ゼロ電流状態と比較したエッチレートデルタを示すグラフである。
【０１４２】
示されているように、１２インチコイルと２３インチコイルとの間での異なる電流組合せは、エッチレート一様性に影響を及ぼす調節可能性を提供することができる。
【０１４３】
図１１は、本開示の実施態様による、複数の磁気コイルへの電力を制御するためのシステムの概念概略図である。示されている実施態様では、制御システム１２０は、数個のＤＣ電源１１００、１１０２、１１０４、および１１０６に動作可能に接続され、ＤＣ電源１１００、１１０２、１１０４、および１１０６の動作を制御する。ＤＣ電源は、それぞれ、磁気コイル１１０８、１１１０、１１１２、および１１１４にＤＣ電流を印加する。制御システム１２０は、ＤＣ電源のうちの所与のＤＣ電源によって供給される、ＤＣ電流の大きさ／強度（例えば、アンペア数）と、ＤＣ電流の極性（例えば、正または負、あるいは反時計回りまたは時計回り）と、を制御することができる。
【０１４４】
いくつかの実施態様では、磁気コイル１１０８、１１１０、１１１２、および１１１４は、上記で説明されたコイルＡ、Ｂ、Ｃ、およびＤである。いくつかの実施態様では、磁気コイル１１０８、１１１０、１１１２、および１１１４は、本開示のさまざまな実施態様に従って説明された磁気コイルのうちのいずれかであり得る。４つの磁気コイルおよび４つの対応するＤＣ電源が示されているが、他の実施態様では、追加の磁気コイルおよび

ＤＣ電源があり得ることが、諒解されよう。

【０１４５】

いくつかの実施態様では、任意の所与のＤＣ電源について、ＤＣ電流の大きさおよびその極性の調節のための設定を提供することなどによって、オペレータが、ＤＣ電源のパラメータを調節することを可能にするために、ユーザインタフェースが、提供される。

【０１４６】

論じられたように、いくつかの実施態様では、プラズマ非一様性を低減し、それにより、エッチ非一様性を低減するために、プラズマ処理中の磁場の印加が、使用され得る。その上、いくつかの実施態様では、磁場の印加は、環境磁界によるツール間のばらつきを補償するために、チャンバ整合のために使用され得る。周囲磁界は、ツールごとに異なることがあり、それゆえ、印加された磁場は、そのような周囲環境界を無効にし／オフセットし、それにより、ツール間の一貫性を提供するために使用され得る。

【０１４７】

理解されるべきであるが、本開示に記載される方法のいずれも、制御システム１２０によって自動的に動作するように実施され得る。

【０１４８】

図１２は、いくつかの実施形態による、図１の制御システム１２０の例示的概略図を示す。いくつかの実施形態では、制御システム１２０は、プラズマ処理システム１００内で実行される半導体製造プロセスを制御するためのプロセスコントローラとして構成される。さまざまな実施形態では、制御システム１２０は、プロセッサ１４０１と、記憶ハードウェアユニット（ＨＵ）１４０３（例えば、メモリ）と、入力ＨＵ１４０５と、出力ＨＵ１４０７と、入出力（Ｉ／Ｏ）インタフェース１４０９と、Ｉ／Ｏインタフェース１４１１と、ネットワークインタフェースコントローラ（ＮＩＣ）１４１３と、データ通信バス１４１５と、を含む。プロセッサ１４０１、記憶ＨＵ１４０３、入力ＨＵ１４０５、出力ＨＵ１４０７、Ｉ／Ｏインタフェース１４０９、Ｉ／Ｏインタフェース１４１１、およびＮＩＣ１４１３は、データ通信バス１４１５を介して互いにデータ通信をする。入力ＨＵ１４０５は、いくつかの外部デバイスからデータ通信を受信するように構成される。入力ＨＵ１４０５の例は、データ収集システム、データ収集カードなどを含む。出力ＨＵ１４０７は、いくつかの外部デバイスにデータを送信するように構成される。出力ＨＵ１４０７の例は、デバイスコントローラである。ＮＩＣ１４１３の例は、ネットワークインタフェースカード、ネットワークアダプタなどを含む。Ｉ／Ｏインタフェース１４０９および１４１１の各々は、Ｉ／Ｏインタフェースに結合された異なるハードウェアユニット間に互換性を提供するように規定される。例えば、Ｉ／Ｏインタフェース１４０９は、入力ＨＵ１４０５から受信される信号をデータ通信バス１４１５と互換性のある形式、振幅、および／または速度に変換するように規定され得る。また、Ｉ／Ｏインタフェース１４０７は、データ通信バス１４１５から受信される信号を出力ＨＵ１４０７と互換性のある形式、振幅、および／または速度に変換するように規定され得る。さまざまな動作は、制御システム１２０のプロセッサ１４０１によって実行されるように本明細書に記載されるが、理解されるべきであるが、いくつかの実施形態では、さまざまな動作は、制御システム１２０の複数のプロセッサによって、および／または制御システム１２０とデータ通信する複数のコンピューティングシステムの複数のプロセッサによって、実行され得る。

【０１４９】

いくつかの実施形態では、制御システム１２０は、検知された値に部分的に基づいてさまざまなウェハ製造システム内のデバイスを制御するために使用される。例えば、制御システム１２０は、検知された値および他の制御パラメータに基づいて、バルブ１４１７、フィルタヒータ１４１９、ウェハ支持構造体ヒータ１４２１、ポンプ１４２３、および他のデバイス１４２５のうちの１つまたは複数を制御し得る。バルブ１４１７は、裏側ガス供給システム１２９、プロセスガス供給システム１９１、および温度制御流体循環システム１２５の制御に関連づけられたバルブを含み得る。制御システム１２０は、例えば、圧力マノメータ１４２７、流量計１４２９、温度センサ１４３１、および／または他のセン

サ１４３３、例えば、電圧センサ、電流センサなどから、検知された値を受信する。制御システム１２０はまた、ウェハＷに対するプラズマ処理動作の実行中にプラズマ処理システム１００内のプロセス条件を制御するために使用され得る。例えば、制御システム１２０は、プロセスガス供給システム１９１からプラズマ処理領域１８２に供給されるプロセスガスの種類および量を制御することができる。また、制御システム１２０は、第１の無線周波数信号生成器１４７、第２の無線周波数信号生成器１４９、インピーダンス整合システム１４３、ＴＥＳ無線周波数信号生成器２１３、およびＴＥＳインピーダンス整合システム２１１の動作を制御することができる。また、制御システム１２０は、クランプ電極１１２に対するＤＣ電源１１７の動作を制御することができる。制御システム１２０はまた、リフトピン１３２に対する昇降デバイス１３３の動作およびドア１０７の動作を制御することができる。制御システム１２０はまた、裏側ガス供給システム１２９および温度制御流体循環システム１２５の動作を制御する。制御システム１２０はまた、片持ちアームアセンブリ１１５の垂直移動を制御する。制御システム１２０はまた、スロットル部材１９６と、排気ポート１０５での吸引を制御するポンプと、の動作を制御する。制御システム１２０はまた、ＴＥＳシステム１０００の抑制ロッド９１１の抑制制御機構９１３の動作を制御する。制御システム１２０はまた、ＴＥＳシステム１０００の温度プローブからの入力を受信する。理解されるべきであるが、制御システム１２０は、プラズマ処理システム１００内の任意の機能のプログラム制御および／または手動制御に備えるように装備される。

【０１５０】

いくつかの実施形態では、制御システム１２０は、特定のプロセスのプロセスタイミング、プロセスガス送出システム温度、および圧力差、バルブ位置、プロセスガスの混合、プロセスガス流量、裏側冷却ガス流量、チャンバ圧力、チャンバ温度、ウェハ支持構造体温度（ウェハ温度）、ＲＦ電力レベル、ＲＦ周波数、ＲＦパルシング、インピーダンス整合システム１４３設定、片持ちアームアセンブリ位置、バイアス電力、ならびに他のパラメータを制御するための命令のセットを含むコンピュータプログラムを実行するように構成される。制御システム１２０に関連づけられたメモリデバイス上に記憶される他のコンピュータプログラムが、いくつかの実施形態で使用され得る。いくつかの実施形態では、制御システム１２０に関連づけられたユーザインタフェースがある。ユーザインタフェースは、ディスプレイ１４３５（例えば、装置および／またはプロセス条件の表示画面および／またはグラフィカルソフトウェア表示）と、ポインティングデバイス、キーボード、タッチスクリーン、マイクロフォンなどのユーザ入力デバイス１４３７と、を含む。

【０１５１】

制御システム１２０の動作を指令するためのソフトウェアは、多くの異なる方法で設計または構成され得る。プロセスシーケンスにおけるさまざまなウェハ製造プロセスを実行するために制御システム１２０の動作を指令するためのコンピュータプログラムは、任意の従来のコンピュータ可読プログラミング言語、例えば、アセンブリ言語、Ｃ、Ｃ＋＋、Ｐａｓｃａｌ、Ｆｏｒｔｒａｎなどで書かれ得る。コンパイルされたオブジェクトコードまたはスクリプトが、プログラム内で識別されるタスクを実行するためにプロセッサ１４０１によって実行される。制御システム１２０は、例えば、とりわけ、フィルタ圧力差、プロセスガス組成および流量、裏側冷却ガス組成および流量、温度、圧力、ＲＦ電力レベルおよびＲＦ周波数などのプラズマ条件、バイアス電圧、冷却ガス／流体圧力、ならびにチャンバ壁温度などのプロセス条件に関連するさまざまなプロセス制御パラメータを制御するようにプログラムされ得る。ウェハ製造プロセス中に監視され得るセンサの例は、以下のものに限定されないが、マスフロー制御モジュール、圧力マノメータ１４２７などの圧力センサおよび温度センサ１４３１を含む。適切にプログラムされたフィードバックおよび制御アルゴリズムが、所望されるプロセス条件を維持するための１つまたは複数のプロセス制御パラメータを制御／調節するために、これらのセンサからのデータとともに使用され得る。

【０１５２】

いくつかの実施態様では、制御システム１２０は、より広範な製造制御システムの一部である。このような製造制御システムは、ウェハ処理のための処理ツール、チャンバ、および／またはプラットフォーム、および／またはウェハペデスタル、ガスフローシステムなどのような特定の処理構成要素を含む半導体処理設備を含み得る。これらの製造制御システムは、ウェハの処理前、処理中、および処理後にそれらの動作を制御するための電子機器と統合され得る。制御システム１２０は、製造制御システムのさまざまな構成要素またはサブ部分を制御し得る。制御システム１２０は、ウェハ処理要件に応じて、処理ガスの送出、裏側冷却ガスの送出、温度設定（例えば、加熱および／または冷却）、圧力設定、真空設定、電力設定、無線周波数（ＲＦ）生成器設定、ＲＦ整合回路設定、周波数設定、流量設定、流体送出設定、位置および動作設定、ツールおよび他の移送ツールおよび／または特定のシステムに接続または接触するロードロックを出入りするウェハ移送を含む、本明細書に開示されるプロセスのいずれかを制御するようにプログラムされ得る。

【０１５３】

概して、制御システム１２０は、命令を受け取り、命令を発行し、動作を制御し、ウェハ処理動作を可能にし、終点測定を可能にするなどを行うさまざまな集積回路、ロジック、メモリ、および／またはソフトウェアを有する電子機器として規定され得る。集積回路は、プログラム命令を記憶したファームウェア、デジタル信号プロセッサ（ＤＳＰ）、特定用途向け集積回路（ＡＳＩＣ）として規定されるチップ、および／またはプログラム命令（例えば、ソフトウェア）を実行する１つまたは複数のマイクロプロセッサ、もしくはマイクロコントローラの形態のチップを含み得る。プログラム命令は、システム１００内のウェハＷに対して特定のプロセスを実行するための動作パラメータを規定する、さまざまな個別の設定（またはプログラムファイル）の形態で、制御システム１２０に通信される命令であり得る。動作パラメータは、いくつかの実施形態では、ウェハの１つまたは複数の層、材料、金属、酸化物、シリコン、二酸化シリコン、表面、回路、および／またはダイの製造中に１つまたは複数の処理ステップを遂行するために、プロセス技術者によって規定されたレシピの一部であり得る。

【０１５４】

制御システム１２０は、いくつかの実施態様では、プラズマ処理システム１００に統合、結合され、もしくはさもなければシステム１００にネットワーク接続されたコンピュータの一部であるか、もしくはそのコンピュータに結合されるか、またはその組合せであり得る。例えば、制御システム１２０は、ウェハ処理のリモートアクセスを可能にし得るファブホストコンピュータシステムの全部または一部の「クラウド」内にあり得る。コンピュータは、現在の処理のパラメータを変更し、現在の処理に後続する処理ステップを設定し、または新たなプロセスを開始するために、製造動作の現在の進行を監視し、過去の製造動作の履歴を検査し、複数の製造動作からトレンドまたはパフォーマンスメトリックを検査するように、システム１００へのリモートアクセスを可能にし得る。いくつかの例では、リモートコンピュータ（例えば、サーバ）が、ローカルネットワークまたはインターネットを含み得るネットワークを通じてシステム１００にプロセスレシピを提供することができる。

【０１５５】

リモートコンピュータは、パラメータおよび／または設定の入力またはプログラミングを可能にするユーザインタフェースを含むことができ、パラメータおよび／または設定は、その後、リモートコンピュータからシステム１００に通信される。いくつかの例では、制御システム１２０は、データの形態で命令を受信し、データは、１つまたは複数の動作中に実行される処理ステップの各々に対するパラメータを指定する。理解されるべきであるが、パラメータは、プラズマ処理システム１００内で実行されるプロセスの種類に固有であり得る。したがって、上記のように、制御システム１２０は、まとめてネットワーク接続され、本明細書に記載されるプロセスおよび制御などの共通の目的に向かって機能する１つまたは複数の個別のコントローラを備えることによるなどで分散され得る。このような目的のための分散されたコントローラの例は、プラズマ処理システム１００に対して

実行されるプロセスを制御するように組み合わされた、（プラットフォームレベルで、またはリモートコンピュータの一部としてなどで）リモートに配置された１つまたは複数の集積回路と通信するプラズマ処理システム１００の１つまたは複数の集積回路であり得る。

【０１５６】

限定なしに、制御システム１２０がインタフェース接続し得る例示的なシステムは、プラズマエッチングチャンバまたはモジュール、堆積チャンバまたはモジュール、スピン洗浄チャンバまたはモジュール、金属めっきチャンバまたはモジュール、クリーンチャンバまたはモジュール、面取りエッジエッチングチャンバまたはモジュール、物理気相堆積（ＰＶＤ）チャンバまたはモジュール、化学気相堆積（ＣＶＤ）チャンバまたはモジュール、原子層堆積（ＡＬＤ）チャンバまたはモジュール、原子層エッチング（ＡＬＥ）チャンバまたはモジュール、イオン注入チャンバまたはモジュール、トラックチャンバまたはモジュール、ならびに半導体ウェハの製造および／または製作において関連づけまたは使用され得る任意の他の半導体処理システムを含み得る。上記のように、ツールによって実行される１つまたは複数のプロセスステップに応じて、制御システム１２０は、他のツール回路またはモジュール、他のツール構成要素、クラスタツール、他のツールインタフェース、隣接ツール、近隣ツール、工場全体に配置されたツール、メインコンピュータ、他のコントローラ、または半導体製造工場内のツール位置および／またはロードポートとの間でウェハのコンテナを運ぶ材料移送において使用されるツールのうちの１つまたは複数と通信し得る。

【０１５７】

本明細書に記載される実施形態はまた、携帯型ハードウェアユニット、マイクロプロセッサシステム、マイクロプロセッサに基づく、またはプログラム可能な、消費者向け電子機器、ミニコンピュータ、メインフレームコンピュータなどを含むさまざまなコンピュータシステム構成とともに実施され得る。本明細書に記載される実施形態はまた、ネットワークを通じて連結されたリモート処理ハードウェアユニットによってタスクが実行される分散コンピューティング環境とともに実施され得る。理解されるべきであるが、本明細書に記載される実施形態、特に制御システム１２０に関連する実施形態は、コンピュータシステムに記憶されたデータに関連するさまざまなコンピュータ実装された動作を使用し得る。これらの動作は、物理量の物理的操作を必要とする動作である。実施形態の一部を形成する本明細書に記載された動作のいずれも、有用な機械動作である。実施形態はまた、これらの動作を実行するためのハードウェアユニットまたは装置に関する。装置は、特殊目的コンピュータのために特別に構築され得る。特殊目的コンピュータとして規定される場合、コンピュータはまた、その特殊目的のための動作が依然として可能である一方で、その特殊目的の一部ではない他の処理、プログラム実行またはルーチンを実行し得る。いくつかの実施形態では、動作は、コンピュータメモリ、キャッシュに記憶され、またはネットワークを通じて取得される１つまたは複数のコンピュータプログラムによって選択的に起動または構成される汎用コンピュータによって処理され得る。データがネットワークを通じて取得される場合、データは、ネットワーク上の他のコンピュータ、例えば、コンピューティングリソースのクラウドによって処理され得る。

【０１５８】

本明細書に記載されるさまざまな実施形態は、非一時的コンピュータ可読媒体上のコンピュータ可読コードとして実体化されたプロセス制御命令を通じて実装され得る。非一時的コンピュータ可読媒体は、データを記憶することができる任意のデータ記憶ハードウェアユニットであり、データは、その後にコンピュータシステムによって読み出され得る。非一時的コンピュータ可読媒体の例は、ハードドライブ、ネットワークアタッチトストレージ（ＮＡＳ）、ＲＯＭ、ＲＡＭ、コンパクトディスクＲＯＭ（ＣＤ－ＲＯＭ）、ＣＤレコーダブル（ＣＤ－Ｒ）、ＣＤリライタブル（ＣＤ－ＲＷ）、磁気テープ、ならびに他の光学的および非光学的なデータ記憶ハードウェアユニットを含む。非一時的コンピュータ可読媒体は、コンピュータ可読コードが分散された方式で記憶および実行されるように、

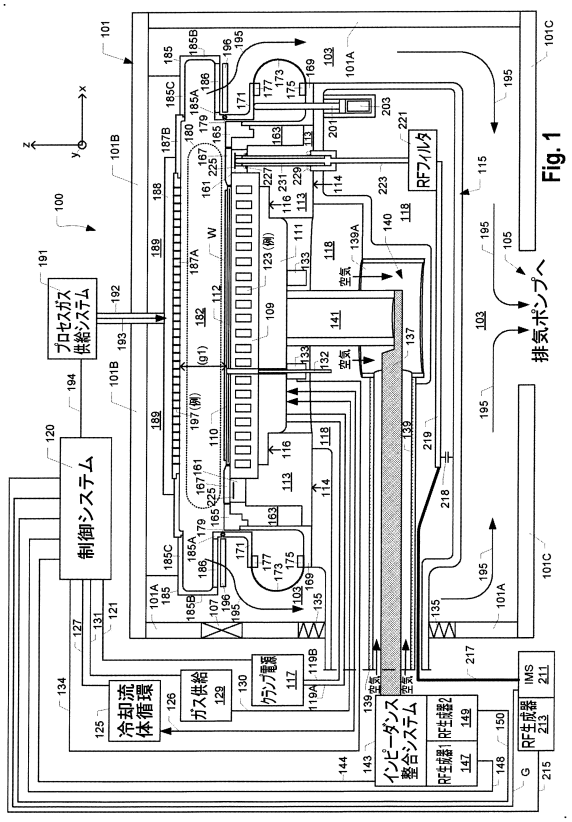
ネットワーク結合コンピュータシステムにわたって分散されるコンピュータ可読有形媒体を含み得る。

【０１５９】

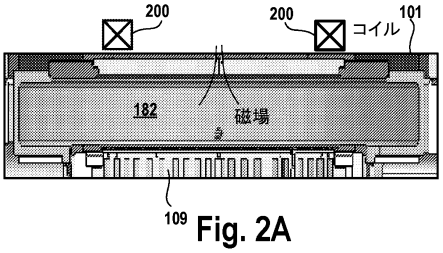
上記の開示は、理解を明確にする目的のための何からの詳細を含むが、明らかなように、特定の変更および修正が、添付の特許請求の範囲内で実施され得る。例えば、理解されるべきであるが、本明細書に開示された任意の実施形態からの１つまたは複数の特徴が、本明細書に開示された任意の他の実施形態の１つまたは複数の特徴と組み合わされ得る。したがって、本実施形態は、例示的であって制限的でないとみなされるべきであり、特許請求の範囲は、本明細書に与えられた詳細に限定されるべきでなく、記載された実施形態の範囲および均等物の範囲内で変更され得る。

【図面】

【図１】



【図２Ａ】



【図２Ｂ】

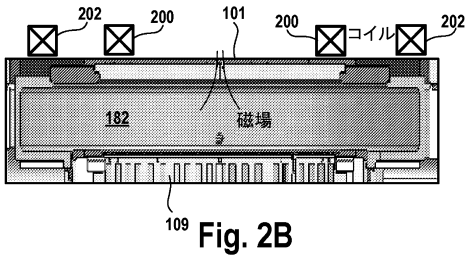


Fig. 2B

【図２Ｃ】

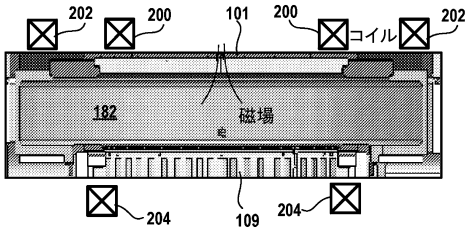


Fig. 2C

【図２Ｄ】

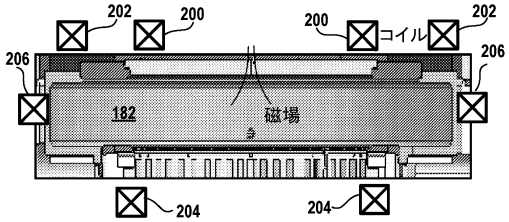


Fig. 2D

【図３Ａ】

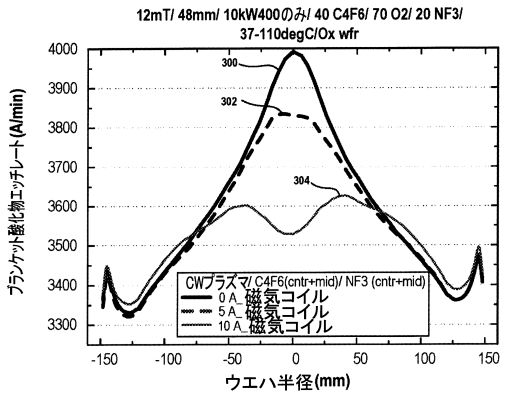


Fig. 3A

【図３Ｂ】

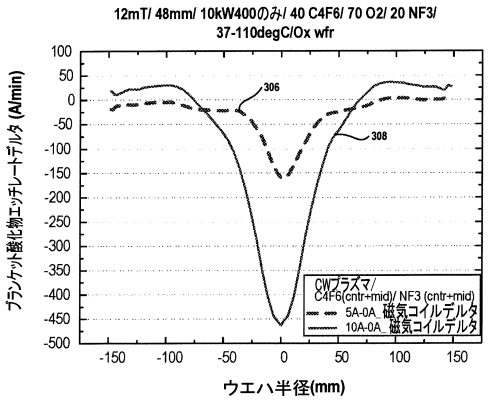


Fig. 3B

【図４Ａ】

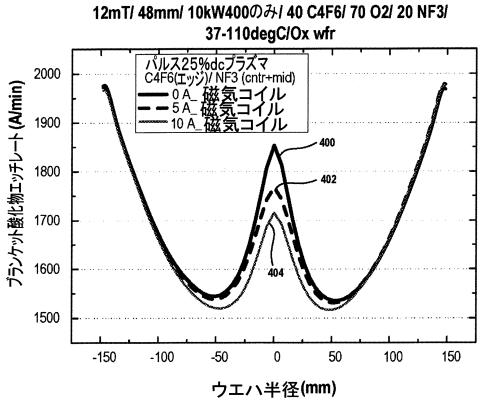


Fig. 4A

【図４Ｂ】

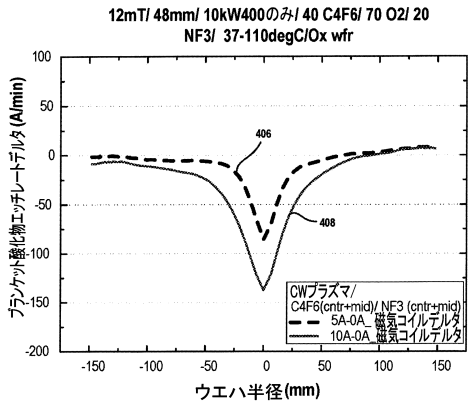


Fig. 4B

【図５】

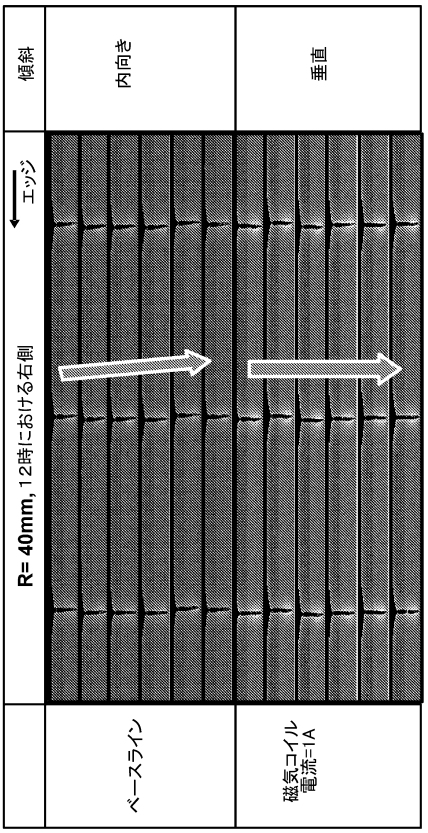


Fig. 5

【図６Ａ】

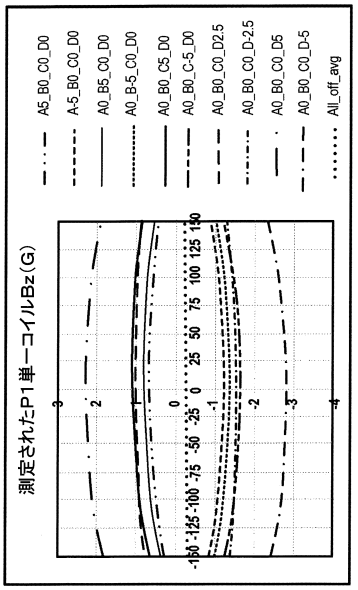


Fig. 6A

【図６Ｂ】

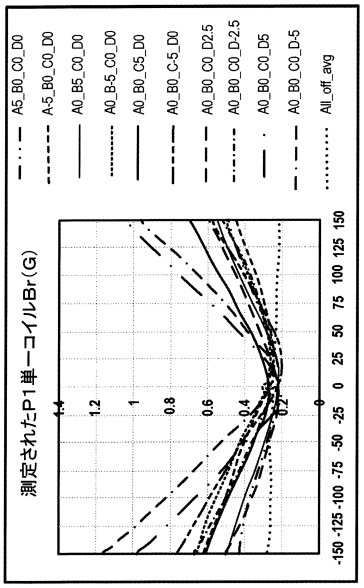


Fig. 6B

【図７Ａ】

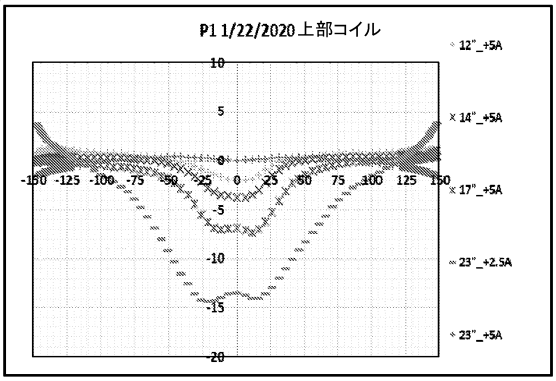


Fig. 7A

【図７Ｂ】

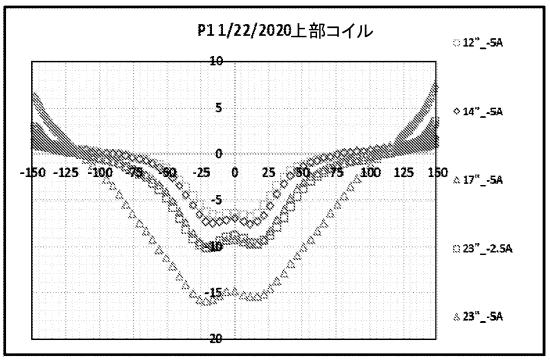


Fig. 7B

【図８Ａ】

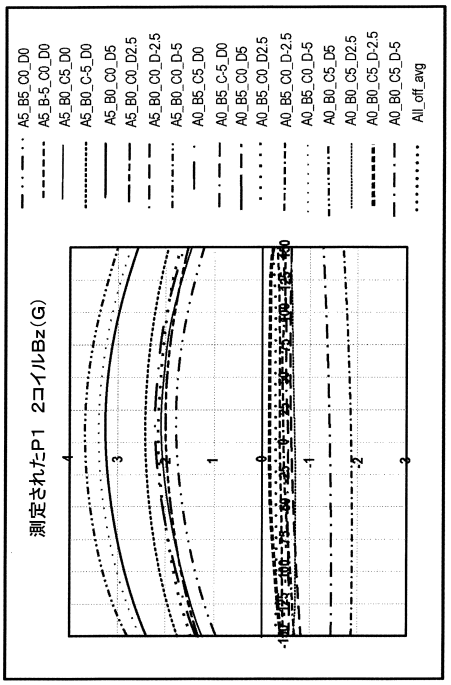


Fig. 8A

【図８Ｂ】

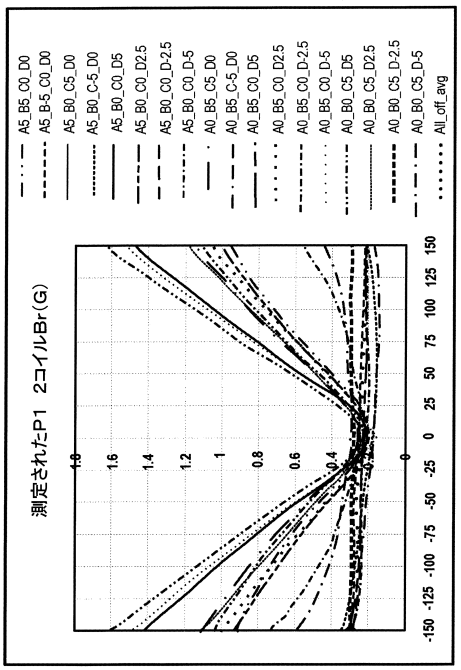


Fig. 8B

【図９Ａ】

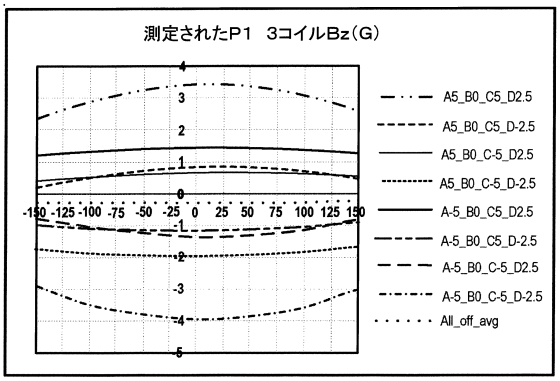


Fig. 9A

【図９Ｂ】

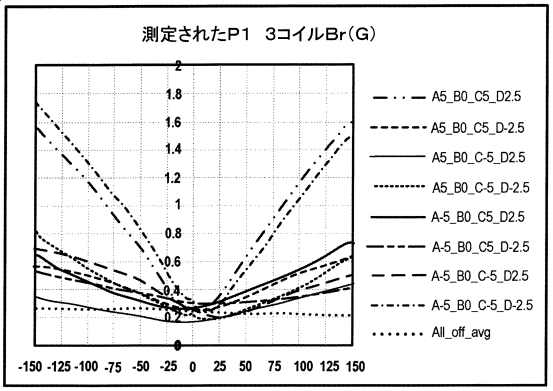


Fig. 9B

【図１０Ａ】

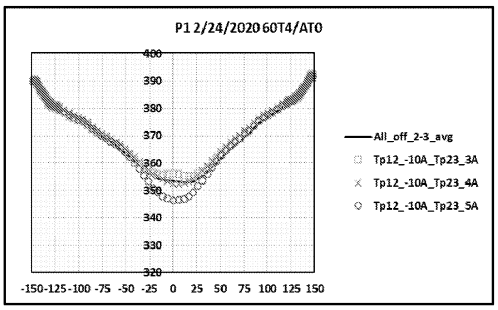


Fig. 10A

【図１０Ｂ】

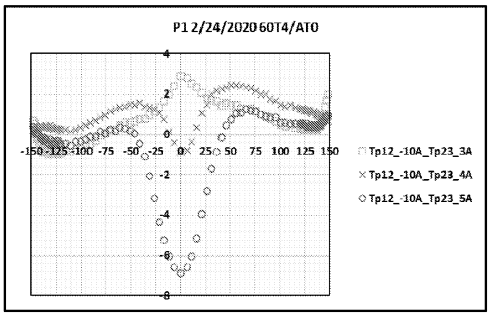


Fig. 10B

【図１１】

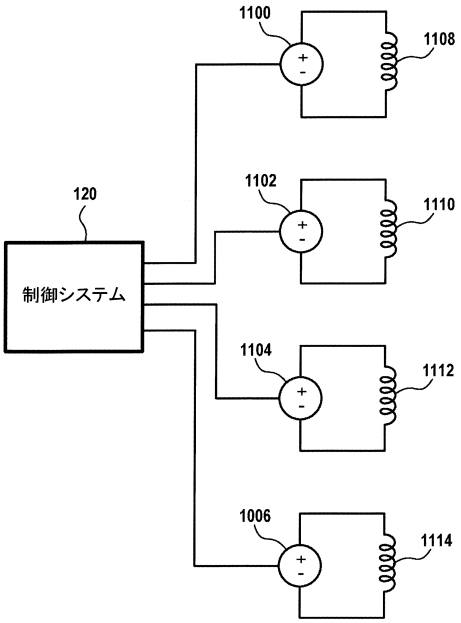


Fig. 11

【図１２】

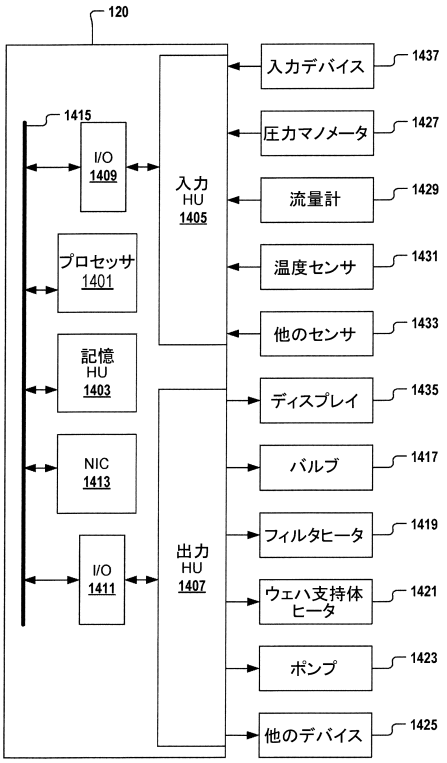


Fig. 12

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2021/057786

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J 37/32(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01J 37/32(2006.01); C23C 16/50(2006.01); H01L 21/3065(2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models
Japanese utility models and applications for utility models

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: plasma, uniformity, control, magnetic field, chamber, coil

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2019-0006153 A1 (HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION) 03 January 2019 (2019-01-03) See paragraphs 37-55, 140; and figure 1.	1-22
Y	US 6245190 B1 (TOSHIO MASUDA et al.) 12 June 2001 (2001-06-12) See column 12, lines 21-41, column 23, lines 40-59; and figure 1.	1-22
A	US 2003-0006008 A1 (KEIJI HORIOKA et al.) 09 January 2003 (2003-01-09) See the entire document.	1-22
A	JP 2003-523483 A (EURPOEAN COMMUNITY(EC)) 05 August 2003 (2003-08-05) See the entire document.	1-22
A	KR 10-1997-0015781 A (CANON KABUSHIKI KAISHA) 28 April 1997 (1997-04-28) See the entire document.	1-22

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
28 February 2022	**28 February 2022**
Name and mailing address of the ISA/KR **Korean Intellectual Property Office** **189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon** **35208, Republic of Korea** Facsimile No. **+82-42-481-8578**	Authorized officer **PARK, Hye Lyun** Telephone No. **+82-42-481-3463**

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2019)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/US2021/057786

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2019-0006153	A1	03 January 2019	JP	6788680	B2	25 November 2020
				KR	10-1953596	B1	04 March 2019
				KR	10-2018-0051429	A	16 May 2018
				TW	201830457	A	16 August 2018
				TW	I655666	B	01 April 2019
				US	10460913	B2	29 October 2019
				WO	2018-061235	A1	05 April 2018
US	6245190	B1	12 June 2001	CN	1215912	A	05 May 1999
				EP	0867913	A1	30 September 1998
				JP	10-270423	A	09 October 1998
				JP	3582287	B2	27 October 2004
				KR	10-1998-0080686	A	25 November 1998
				SG	70631	A1	22 February 2000
				TW	367556	B	21 August 1999
US	2003-0006008	A1	09 January 2003	JP	2003-086580	A	20 March 2003
				JP	4009087	B2	14 November 2007
				US	2003-0085000	A1	08 May 2003
				US	7316199	B2	08 January 2008
				US	7374636	B2	20 May 2008
JP	2003-523483	A	05 August 2003	CA	2399951	A1	23 August 2001
				CA	2399951	C	23 June 2009
				EP	1126504	A1	22 August 2001
				US	2003-0006130	A1	09 January 2003
				US	6649223	B2	18 November 2003
				WO	01-61726	A1	23 August 2001
KR	10-1997-0015781	A	28 April 1997	EP	0764969	A2	26 March 1997
				EP	0764969	A3	12 November 1997
				EP	0764969	B1	04 December 2002
				JP	09-087851	A	31 March 1997
				KR	10-0220132	B1	01 September 1999
				US	5985091	A	16 November 1999

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2019)

フロントページの続き

MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,IT,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

５３８ フレモント，クッシング・パークウェイ，４６５０
(72)発明者 ルッケージ・ケン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州９４５３８ フレモント，クッシング・パークウェイ，４６５０
(72)発明者 ホランド・ジョン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州９４５３８ フレモント，クッシング・パークウェイ，４６５０

Ｆターム（参考） 2G084 AA02 BB05 BB14 CC12 CC33 DD02 DD15 DD23 DD37 DD55
FF15 FF27 FF29
5F004 AA01 BA20 BB07 BB12 BB13 BB22 BB23 BB25 BD03 CA03
DA00 DA17 DA26