

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7148610号  
(P7148610)

(45)発行日 令和4年10月5日(2022.10.5)

(24)登録日 令和4年9月27日(2022.9.27)

(51)国際特許分類 F I  
H 0 5 H 1/46 (2006.01) H 0 5 H 1/46 L

請求項の数 19 (全13頁)

(21)出願番号	特願2020-531430(P2020-531430)	(73)特許権者	390040660 アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド APPLIED MATERIALS, INCORPORATED アメリカ合衆国 カリフォルニア 95054, サンタ クララ, パウアーズ アヴェニュー 3050
(86)(22)出願日	平成30年7月10日(2018.7.10)	(74)代理人	100101502 弁理士 安齋 嘉章
(65)公表番号	特表2020-532087(P2020-532087A)	(72)発明者	ロジャーズ ジェームズ アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95032 ロス ガトス ランスベリー コート 109
(43)公表日	令和2年11月5日(2020.11.5)	(72)発明者	ポウローズ ジョン
(86)国際出願番号	PCT/US2018/041499		
(87)国際公開番号	WO2019/074563		
(87)国際公開日	平成31年4月18日(2019.4.18)		
審査請求日	令和2年2月19日(2020.2.19)		
(31)優先権主張番号	15/727,998		
(32)優先日	平成29年10月9日(2017.10.9)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 基板処理装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板を処理するための装置であって、

遠隔場電力発生器に結合するように構成された1つ以上の導体であって、短絡部によって外部コイルに直列に結合された内部コイルを含み、外部コイルが第1の平面に配置され、コイル部分の第1のセットを含む内側コイルの第1のセグメントは、外側コイルと同一平面上にあり、外側コイルに結合されている導体と、

接地され、第1の平面と平行に配置されるように構成されたシールド部材であって、シールド部材の中央領域とシールド部材の外径との間に配置された複数の部材を含むシールド部材と、

シールド部材の上の1つ以上の導体の各々の内部コイルを支持する複数の内側支柱と、シールド部材の上の1つ以上の導体の各々の外部コイルを支持する複数の外側支柱を含み、

内側コイルは、第1のセグメントに直列に結合された第2のセグメントを有し、第2のセグメントは、コイル部分の第2のセットを含み、第2のセグメントは垂直螺旋配置で構成され、第2のセグメントの垂直螺旋配置は内側コイルの内径で終端し、

コイル部分の第2のセットの各々は、外側コイルから離れる方向に距離が増加するにつれて減少する巻き直径を有する、装置。

【請求項2】

複数の部材は、中央領域から放射状に延びる複数のスポークと、スポーク間に配置され

た複数のスロットとを備える、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

1 つ以上の導体が 4 つの導体を含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 4】

シールド部材は、シールド部材を形成するように結合された 4 つのセグメントを含み、4 つのセグメントは各々ギャップによって互いに分離されている、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 5】

コイル部分の第 1 のセットが複数の巻き数を含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 6】

基板を処理するための装置であって、

遠隔場電力発生器に結合するように構成された 1 つ以上の導体であって、短絡部によって外部コイルに直列に結合された内部コイルを含み、内部コイルが第 2 のセグメントに直列に結合された第 1 のセグメントを含み、外側コイルは第 1 の平面に配置され、コイル部分の第 1 のセットを含む内側コイルの第 1 のセグメントは複数の巻き数を含み、コイル部分の第 1 のセットは外側コイルと同一平面上にあり、第 2 のセグメントは、第 1 の平面に対して第 1 のセグメントからある角度で延在し、第 1 のセグメントによって外部コイルから分離され、第 2 のセグメントは内部コイルの内径で終端する導体と、

接地され、第 1 の平面と平行に配置されるように構成されたシールド部材であって、シールド部材の中央領域とシールド部材の外径との間に配置された複数の部材を含むシールド部材と、

シールド部材の上の 1 つ以上の導体の各々の内側コイルを支持する複数の内側支柱と、シールド部材の上の外側コイルの 1 つ以上の導体の少なくとも 1 つを支持する複数の外部支柱であって、外側支柱の 1 つの少なくとも 1 つは 1 つ以上の導体の 1 つの少なくとも一部を支持しない外側支柱と、

1 つ以上の独立ガイドであって、隣接する他のすべての外部支柱の間に配置され、各々が第 1 の平面において外部コイルを支持する独立ガイドを備える装置。

【請求項 7】

複数の内側支柱は 4 個の内側支柱を含み、

複数の外部支柱は 8 個の外部支柱を含む、請求項 6 に記載の装置。

【請求項 8】

複数の外部支柱の 7 個は、外部コイルの 1 つ以上の導体のうちの 2 つ以上を支持し、

8 番目の外側支柱は 1 つ以上の導体の少なくとも 1 つの少なくとも一部を支持しない、請求項 7 に記載の装置。

【請求項 9】

複数の外部支柱の各々は、1 つ以上の導体の 3 個又は 4 個を支持する、請求項 7 に記載の装置。

【請求項 10】

基板を処理するための装置であって、

遠隔場電力発生器に結合するように構成された 1 つ以上の導体であって、1 つ以上の導体の各々は短絡部によって外部コイルに直列に結合された内部コイルを含み、内部コイルは第 2 のセグメントに直列に結合された第 1 のセグメントを含み、第 1 のセグメントは第 1 の平面において第 1 の同心平面配置で構成され、第 2 のセグメントは、第 1 の平面の下で第 1 の平面から非平行に延在し、第 1 のセグメントによって外側コイルから分離され、第 2 のセグメントは内側コイルの直径の内側で終端し、外側コイルは、内側コイルの第 1 のセグメントと同一平面上にある第 1 の平面に配置され、外側コイルは短絡部によって第 1 のセグメントに直列に結合される導体と、

1 つ以上の導体の各々の内部コイルを支持する複数の内側支柱と、

1 つ以上の導体の各々の外部コイルを支持する複数の外部支柱を含む装置。

【請求項 11】

10

20

30

40

50

1つ以上の独立ガイドであって、隣接する全ての外側支柱の間に配置され、各々が円周方向経路に沿って位置し、各々が第1の平面で外側のコイルを支持する、請求項10に記載の装置。

【請求項12】

各々の独立ガイドが上側部材と下側部材を含み、各々の上側部材と各々の下側部材がねじ締結具によって結合される、請求項11に記載の装置。

【請求項13】

各々の独立ガイドが上側部材と下側部材を含み、各々の上側部材が内側に延びる1つ以上の上部凹部を含み、各々の凹部はその中に個々の外部コイルを受け入れる、請求項11に記載の装置。

【請求項14】

各々の下側部材が1つ以上の下部凹部を含む、請求項13に記載の装置。

【請求項15】

第2のセグメントは垂直螺旋配置で構成される、請求項10に記載の装置。

【請求項16】

第1のセグメントから最も遠い端部の第2のセグメントの直径は、第1のセグメントに最も近い端部の第2のセグメントの直径よりも小さい、請求項6に記載の装置。

【請求項17】

コイル部分の第2のセットの各々のコイル部分は、異なる垂直位置に配置される、請求項1に記載の装置。

【請求項18】

第1のセグメントが、コイル部分の第1のセットに2つ以上のコイル部分を含む、請求項1に記載の装置。

【請求項19】

第1のセグメントはコイル部分の第1のセットに2つ以上のコイル部分を含む、請求項6に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【背景】

【0001】

(分野)

本開示の諸実施形態は、概して、基板を処理するための誘導結合プラズマソースに関する。

【0002】

(関連技術の説明)

マイクロエレクトロニクス製造では、誘導結合プラズマ(ICP)処理チャンバが一般的である。そのような反応器では、ガス内のガス原子から電子を分離する傾向があるガス内の電界を使用することにより、ガス内にプラズマが形成され、イオン、自由電子、中性分子、ラジカルのプラズマを生成する。プラズマを形成するICP法では、電界は、処理チャンバの外側に配置された1つ以上のコイルを流れるAC電流(例えば、RF)によって生成され、それにより、隣接するチャンバガス容積内のガスに電流を誘導する。電力伝達効率(すなわち、ガスへ効果的に伝達されてプラズマを形成した、コイルの通過電力量)は、ICP処理の重要な要素である。ICPソースは通常、容量性と誘導性の両方でチャンバ内のガスに結合しているが、容量結合はあまり効率的ではなく、このような理由から、プラズマが開始又は「点火」された後は望ましくない。容量結合により、プラズマの点火と低電力設定での動作が可能になり、この低電力設定では、低密度プラズマ(Eモードプラズマ)が生成される。一度プラズマが確立すると、誘導結合によりプラズマは高密度へ移行し(Hモードプラズマ)、容量結合の影響が最小限に抑えられる。

【0003】

上記のICPソースが直面する問題の1つは、Eモードプラズマ及びHモードプラズマには種々の負荷インピーダンスがあり、RF整合ネットワークがこれらの負荷インピーダ

10

20

30

40

50

ンスを調整しなければならないことである。電源とコイルの間でRF整合器を使用して、実効コイル回路インピーダンスをプラズマインピーダンスに「整合させる」。

【0004】

システムが2つのプラズマモードの間で切り替わると、プラズマが不安定になる。さらに、インピーダンスの低振幅振動は、特定のガス化学作用とウェハ型を使用する時に、不安定性を引き起こす可能性がある。プラズマインピーダンスの変化によって電源とコイル回路に加わる突然のインピーダンス変化により、プラズマへの出力電力が変化する。すると今度は、プラズマに供給される電力の変化により、プラズマインピーダンスが変化し、これにより、正のフィードバックループが生じて、プラズマコイルと電源電力結合回路内が不安定になる。

10

【概要】

【0005】

本開示は、概して、基板を処理するための装置に関する。一実施形態では、この装置は、コイル及びシールド部材に接続された遠隔場電力発生器を備える。シールド部材は、中心から外向きに延びる複数の半径方向スポークと、スポーク間の複数のスロットを含む。コイルは、内側コイル及び外側コイルを備えるように構成されてもよく、ここで、内側コイル及び外側コイルはそれぞれ、実質的に水平な部分を有している。

【0006】

さらなる諸実施形態では、この装置は、コイル及びシールド部材に接続された遠隔場電力発生器を備える。シールド部材は、繰り返しパターンで外径から内向きに延びる様々な長さの複数の半径方向スポークを含む。コイルを、内側コイル及び外側コイルを備えるように構成してもよく、ここで、内側コイル及び外側コイルはそれぞれ、実質的に水平な部分を有している。

20

【0007】

さらなる諸実施形態では、この装置は、コイル及びシールド部材に接続された遠隔場電力発生器を備える。シールド部材は、複数の半円形円弧状部材を備えており、これらの半円形円弧状部材は、半径方向部材から時計回りと反時計回りに交互配置で延在している。コイルを、内側コイル及び外側コイルを備えるように構成してもよく、ここで、内側コイル及び外側コイルはそれぞれ、実質的に水平な部分を有している。

【図面の簡単な説明】

30

【0008】

本開示の上記の構成を詳細に理解することができるように、上記に簡単に要約した本開示のより具体的な説明を、諸実施形態を参照して行う。そして、これら実施形態のいくつかは添付図面に示されている。しかしながら、添付図面は例示的な実施形態を示しているに過ぎず、従ってこの範囲を制限していると解釈されるべきではなく、他の同等に有効な実施形態を含み得ることに留意すべきである。

【図1】従来技術のICPシステムの典型的な断面の概略断面図である。

【図2】一実施形態による誘導結合ソースの概略斜視図である。

【図3】図2の誘導結合ソースの概略断面図である。

【図4】一実施形態のコイル配置の断面図である。

40

【図5】一実施形態のコイル配置の断面図である。

【図6】一実施形態のシールドの平面図である。

【図7】一実施形態のシールドの平面図である。

【図8】一実施形態のシールドの平面図である。

【図9】誘導結合ソースの回路図である。

【0009】

理解を容易にするため、可能な場合には、同一の符号を使用して、これらの図面に共通の同一の要素を示す。ある実施形態の要素及び構成は、具体的な記述がなくとも、他の実施形態に有益に組み込まれ得る。

【詳細な説明】

50

## 【 0 0 1 0 】

本開示は、概して、誘導結合プラズマソースを使用して基板を処理するための装置に関する。誘導結合プラズマソースは、電源、シールド部材、及び電源に接続されたコイルを利用する。ある種の諸実施形態では、コイルの配置には、水平渦巻きグループと垂直に延びる螺旋グループがある。ある種の諸実施形態によれば、シールド部材は、接地部材を利用してファラデーシールドとして機能する。本明細書の諸実施形態は、基板処理システム内のプラズマにおける寄生損失及び不安定性を低減する。

## 【 0 0 1 1 】

図 1 は、典型的な処理チャンバ 1 0 0 の概略断面図である。諸実施形態は、プラズマを利用して基板を処理する任意の処理システムと共に実施され得ることが理解される。チャンバ 1 0 0 は、本体 1 0 2 と誘電体蓋 1 0 4 を備える。基板 1 0 6 は、本体 1 0 2 内の基板支持体 1 0 8 上に配置され得る。本明細書では、基板支持体には、RF 整合ネットワーク 1 1 4 を介して電源 1 1 2 に接続された電極 1 1 0 が配置されている。ガス源 1 2 8 は、入口ポート 1 3 0 を介して処理チャンバ 1 0 0 に処理ガスを供給する。真空ポンプ 1 3 4 及び弁 1 3 6 は、処理チャンバ 1 0 0 内外へのガスの圧力及び外向きの流れを制御する。

## 【 0 0 1 2 】

誘導結合ソース 1 1 6 は、蓋 1 0 4 に隣接してその上に配置される。誘導結合ソース 1 1 6 は、RF 電源 1 2 2 に接続されたコイル 1 1 8、1 2 0 を備える。RF 電源 1 2 2 はさらに、RF 整合ネットワーク 1 2 4 に接続されている。コイル 1 1 8、1 2 0 を、別個に電力供給される独立したコイル、又は直列配置で接続された従属コイルとしてもよい。誘導結合ソース 1 1 6 は、本体 1 0 2 の処理領域内に遠隔場を生成する。この遠隔場は、そこに導入された処理ガスをイオン化して、その中にプラズマ 1 3 2 を形成する。共振回路 1 2 6 は、RF 電源 1 2 2 とコイル 1 1 8、1 2 0 との間に配置され、各コイルに選択的に電力を分配して、プラズマ 1 3 2 の形成と維持の制御性、及びプラズマ 1 3 2 に曝された基板 1 0 6 の面全体でのプラズマの相対強度を高める。

## 【 0 0 1 3 】

シールド 1 3 8 は、誘導結合ソース 1 1 6 と蓋 1 0 4 との間に配置されている。抵抗加熱素子（図示せず）がシールド 1 3 8 内に配置され、電源 1 4 0 に接続されている。抵抗加熱素子は熱を供給して、シールド 1 3 8 及び蓋 1 0 4 の温度を制御する。シールド 1 3 8 をファラデーシールドとして構成して、誘導結合ソース 1 1 6 により生成される RF 場の制御性を高める。

## 【 0 0 1 4 】

図 2 は、一実施形態による誘導結合プラズマソース 2 0 0 の概略斜視図である。図 2 では、理解を容易にするために、ソース 2 0 0 は、チャンバ内にプラズマを形成するために使用される時の向きとは、上下逆に示されている。誘導結合プラズマソース 2 0 0 は、図 1 の誘導結合ソース 1 1 6 と同様であってもよく、上部プレート 2 0 2 を有する。上部プレート 2 0 2 を、アルミニウムなどの金属で製造してもよい。石英などの他の材料、又は誘電体セラミックなどの誘電材料も、上部プレート 2 0 2 の材料として使用し得る。上部プレート 2 0 2 は、それを貫通する複数の通気口（図示せず）を備える。通気口を、ファンユニット（図示せず）からの空気がコイルを通過してから開口部を通過するように構成して、誘導結合プラズマソース 2 0 0 を冷却する空気の流路を作り出してもよい。上部プレート 2 0 2 は、誘導結合プラズマソース 2 0 0 の構成要素の取り付け面として機能し、内側及び外側支柱 2 1 2、2 1 4 を備えて、処理チャンバ 1 0 0 の蓋 1 0 4 から離間した位置に相対的に固定してコイルを支持する。

## 【 0 0 1 5 】

複数のコイル 2 0 6（ここでは 4 つのコイル）が、内側及び外側支柱 2 1 2、2 1 4 によって上部プレート 2 0 2 に結合されている。コイル 2 0 6 の各々は、内側コイル部 2 0 8（内側コイル部 2 0 8 a ~ d）及び外側コイル部 2 1 0（外側コイル部 2 1 0 a ~ d）を備え、これらのコイル部は共にコイル短絡部 2 1 1（コイル短絡部 2 1 1 a ~ d）によって互いに接続されている。内側コイル部 2 0 8 a ~ d は、複数（ここでは 4 つ）の内側

10

20

30

40

50

支柱 2 1 2 によって支持され、外側コイル部 2 1 0 a ~ d は、複数（ここでは 8 個）の外側支柱 2 1 4 によって支持されている。本明細書の内側支柱 2 1 2 及び外側支柱 2 1 4 の各々は、電気絶縁体（例えば、デルリン（商標名）などのポリマー）で構成される。本明細書でさらに説明するように、支柱 2 1 2、2 1 4 は、上部プレート 2 0 2 に対するコイル部 2 0 6、2 0 8 の位置を支持及び固定する。また、本明細書の図 2 の構成では、各内側コイル部 2 0 8 a ~ d は、4 つの内側支柱 2 1 2 のすべてによって支持されているが、各外側コイル部 2 1 0 a ~ d は、8 つの外側支柱 2 1 4 のうちの 7 つのみによって支持され、各外側支柱は、少なくとも 3 つ、場合によっては 4 つの外側コイル部 2 1 0 a ~ d を支持していることに留意されたい。4 つの独立ガイド 2 1 6 も用意されている。そのうちの 1 つが、ほぼ周方向の経路に沿って置かれた、1 つおきの隣接する外側支柱 2 1 4 の間に配置される。独立ガイド 2 1 6 は、上側部材 2 1 8 と下側部材 2 2 0 を備える。上側部材 2 1 8 と下側部材 2 2 0 は、ねじ部品 2 1 3 などの留め具によって互いに連結されて、独立ガイド 2 1 6 を形成する。しかし、部材 2 1 8、2 2 0 を接合するのに適した任意の手段を利用してもよい。上側部材 2 1 8 は、上部プレート 2 0 2 に面して、ほぼ 形の外形を有し、下面から内部に延びる 4 つの凹部 2 2 2 a ~ d を備える。各凹部 2 2 2 は、外側コイル部 2 1 0 a ~ d をそれぞれ 1 つずつその中に受け入れる。凹部 2 2 2 a ~ d は、下側部材と協働して、各外側コイル部 2 1 0 の半径方向の位置を概ね固定し、異なる外側コイル部 2 1 0 を互いに電氣的に絶縁する。さらに、各独立ガイド 2 1 6 は、2 つの外側支柱 2 1 4 の間に円周方向に配置され、この配置位置は、コイル短絡部 2 1 1（コイル短絡部 2 1 1 a ~ d）が各コイル 2 0 6 の内側コイル部 2 0 8 から外側コイル部 2 1 0 へ延びる位置である。それ故、独立ガイド 2 1 6 は、固定垂直支持を提供して、外側コイル部 2 1 0 a ~ d とコイル短絡部 2 1 1 a ~ d が出会う位置を垂直方向に揃える。ここで、独立ガイド 2 1 6 は、外側支柱 2 1 4 の周方向の経路の周りに 90 度離れて配置され、ここで、コイル短絡部 2 1 1 a ~ d の各々は、それぞれの内側コイル部 2 0 8 a ~ d と外側コイル部 2 1 0 a ~ d との間に延在する。ある種の諸実施形態では、凹部 2 2 2 a ~ d は、下側部材 2 2 0 に、又は上側部材 2 1 8 と下側部材 2 2 0 の両方に形成されてもよい。独立ガイド 2 1 6 及び支柱 2 1 2、2 1 0 は、ポリマー又はセラミックなどの非導電性材料で構成される。

#### 【0016】

図 3 は、図 2 の矢視断面 A - A に沿って見た誘導結合プラズマソース 2 0 0 の断面図である。ここで、コイルの部分と、A - A 面の背後の内側及び外側支柱 2 0 8、2 1 0 は、説明の簡略化のために図示されていない。上部プレート 2 0 2 は、図の下端に示されている。外側コイル部 2 1 0 は、外側支柱 2 1 4 によって支持されている。内側コイル部 2 0 8 は、内側支柱 2 1 2 によって支持されている。任意の数及び構成のコイル 2 0 6、並びにそれに合わせた内側コイル部 2 0 8、外側コイル部 2 1 0、及びコイル短絡部 2 1 1 を利用してもよいことが理解される。

#### 【0017】

受座 3 1 2 が、ねじ部品 2 1 3 によって外側支柱 2 1 4 の各々に連結されている。しかし、ろう付け又は接着など、任意の手段を利用して支柱 2 1 4 と受座 3 1 2 を連結してもよい。受座 3 1 2 は、外側コイル 2 1 0 の巻線の一部を覆うように構成された 1 つ以上の凹部 3 1 4 を備える。1 つの外側コイル部 2 1 0 が、各凹部 3 1 4 の内部に延在している。受座 3 1 2 は、支柱 2 1 4 と協働して、各外側コイル部の位置を垂直方向に固定し、異なる外側コイル部 2 1 0 を互いに電氣的に絶縁する。さらなる諸実施形態において、凹部 3 1 4 は、支柱 2 1 4 に、又は受座 3 1 2 と支柱 2 1 4 の両方に形成されてもよい。受座 3 1 2 は、非導電性ポリマー又は非導電性セラミックなどの非導電性材料を含む。

#### 【0018】

同様に、受座 3 1 6 が、ねじ部品 2 1 3（影になって図示されている）によって各内側支柱 2 1 2 に連結されている。しかしながら、任意の手段を利用して受座 3 1 6 を支柱 2 1 2 に連結してもよい。凹部 3 1 8 は、受座 3 1 6 内に形成され、内側コイル部 2 0 8 a ~ d の各々を 1 つずつその中に受け入れるように構成される。受座 3 1 6 は、支柱 2 1 2

10

20

30

40

50

と協働して、内側コイル部 208 a ~ d を垂直方向に固定し、それらを互いに電氣的に絶縁する。ある種の諸実施形態では、受座 316 は、水平部材及び垂直部材などの複数の部材を備えてもよい。さらなる諸実施形態では、凹部 318 は、支柱 212 に、又は支柱 212 と受座 316 の両方に形成されてもよい。

#### 【0019】

リング 320、322 が、それぞれ内側支柱 212 及び外側支柱 214 に連結されている。内側リング 320 を、内側支柱 212 に連結することで、その外径が各内側支柱 212 の側面に当接し、こうして、内側支柱 212 が配置される周の直径を設定するのに役立つ。外側リング 322 は、ボルト円に沿って敷設された、ねじ部品 326 などの留め具によって外側支柱 214 と連結されている。こうして、外側支柱 214 をそこに連結することにより、外側支柱 214 が配置される周の直径を設定するのに役立つ。内側リング 320 及び外側リング 322 は、デルリン（登録商標）などのポリマー、又は他の絶縁材料、又はそれらの組み合わせで構成されてもよい。環状リングを形成するのに適した任意の材料を利用してよい。内側リング 320 及び外側リング 322 は、それと連結する支柱 212、214 を補強するのに役立つ。リング 320、322 は、ボルト締め、ろう付け、又は接着などの任意の適切な手段によって支柱 212、214 に連結される。

#### 【0020】

図 4 は、一実施形態による誘導結合ソースのコイル配置の概略図である。図 2 のコイル 206 などのコイル 400 は、内側コイル部 402 及び外側コイル部 404 を備える。外側コイル部 402 は、実質的に水平な面に沿った同心渦巻きとして構成される。内側コイル部 402 は、合わせて 2 つの面で構成される。内側コイル部 402 の各々の第 1 部分は、実質的に水平な面内に組重ねられた渦巻きとして延在している。内側コイル部 402 の各々の第 2 部分は、第 1 部分から上部プレート 202 の方向に実質的に直立する円筒面に沿って組重ねられて巻きつくように構成される。図 4 では、外側コイル部 404 は、4 つの外側コイル部を備える。内側コイル部 402 は、4 つの内側コイル部を備える。このように巻くコイル部に、他の数を利用してよいことが理解される。さらに、コイル巻線のグループ（コイル部）は、単一の長さの導体として内側部と外側部の両方を含む、複数の単一連続巻線であってもよいことが理解される。ある種の諸実施形態では、内側コイル部 402 及び外側コイル部 404 を、同じ又は異なる RF 電力発生器（図 1 の電源 122 など）に接続してもよい。同様に、内側と外側のコイル部 402、404 の接続部では、調整可能コンデンサなどのコンデンサを設け得る。ここでは、内側及び外側のコイル部は、それに並列に接続されている。

#### 【0021】

図 5 は、一実施形態による誘導結合ソースのさらなる代表的な概略コイル配置である。このコイル 500 は、内側コイル部 504 と外側コイル部 502 とを備える。外側コイル部 502 は、実質的に水平な面内で組重ねられた同心渦巻きとして構成される。内側コイル部 504 は、2 つの異なる幾何学的レイアウトに沿って構成される。内側コイル部 504 の第 1 部分は、実質的に水平な面に沿って渦巻き状に組重ねられている。内側コイル部 504 の第 2 部分は、軸中心の周りの想像上の円錐台表面に沿って上部プレート 202 の方向に延びている。内側コイル部 504 の水平な第 1 部分から離れて、軸中心に沿った距離  $D$  が増加するにつれて、内側コイル部 504 の第 2 部分の巻き半径  $R$  は減少する。したがって、内側コイル部 504 の円錐台は、内側コイル 504 の中心に形成される。

#### 【0022】

このように巻くコイル部に、他の数を利用してよいことが理解される。さらに、コイル巻線のグループ（コイル部）は、単一の長さの導体として内側部と外側部の両方を含む、複数の単一連続巻線であってもよいことが理解される。ある種の諸実施形態では、内側コイル部 504 及び外側コイル部 502 を、同じ又は異なる RF 電力発生器（図 1 の電源 122 など）に接続してもよい。同様に、内側と外側のコイル部 504、502 の接続部では、調整可能コンデンサなどのコンデンサを設け得る。ここでは、内側と外側のコイル部がそれに並列に接続される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 3 】

図 4 及び図 5 の実施形態は、図 1 の蓋 1 0 4 などの処理チャンバ蓋に隣接して配置される。このような構成では、蓋又は蓋に配置されたシールドの間の空隙が最小化されて、それにより、誘導結合ソースと処理チャンバ内のプラズマとの間の誘導結合を高める。図 4 及び図 5 の実施形態の水平コイルは、電力がコイルからプラズマに伝達されるフラックス領域を増加させる。フラックス領域が増加することで、より大きな電力分布により処理容積内のプラズマの均一性が向上し、誘導結合が高まる。誘導結合ソースとプラズマの間の誘導結合を高めることにより、RF 整合ネットワークのインピーダンスの変動は低減し、それによって、寄生電力損失は低減し、プラズマの均一性はさらに向上する。

## 【 0 0 2 4 】

図 6 ~ 8 は、ある種の諸実施形態による様々なシールドの平面図である。図 1 のシールド 1 3 8 のようなシールドが、誘導結合ソースと処理チャンバとの間に配置される。シールドは RF 場に影響を与えて、処理チャンバ内のプラズマに変更を加える。シールドは通常、アルミニウムなどの金属材料で作られている。ある種の諸実施形態では、シールドを電氣的に接地してファラデーシールドを形成してもよい。シールドは、電源に接続された加熱素子を備えることができ、それにより、蓋ヒーターとして同時に機能する。加熱素子を用いて、シールド及び処理チャンバの蓋の温度を制御してもよい。シールドは、電氣的に接続されてシールドを形成するセグメント（4 つ以上のセグメントなど）を備えてもよい。スロットのサイズや幅、貫通する間隙、シールドの厚さ、セグメントの数などのシールドの構成を、RF への望ましい影響レベルに基づいて調整してもよい。

## 【 0 0 2 5 】

図 6 は、一実施形態のシールドの平面図である。シールド 6 0 0 は、4 つの同一のセグメント 6 0 2 a、6 0 2 b、6 0 2 c、6 0 2 d で形成された円盤状の本体を備える。開口 6 0 4 がシールド 6 0 0 の中心に形成されている。間隙 6 0 6 が、隣接するシールドのセグメント 6 0 2 a ~ d の境界面に形成され、開口 6 0 4 からシールド 6 0 0 の幅にわたって半径方向に延びる。スポーク形状のスロット 6 0 8 が、開口 6 0 4 からシールド 6 0 0 の幅方向に部分的に、外側へ向かって半径方向に延びる。スロット 6 1 0 が、セグメント 6 0 2 a ~ d を通って延び、隣接するスポーク形状のスロット 6 0 8 の中間、並びにスポーク形状のスロット 6 0 8 及び隣接する間隙 6 0 6 の中間に配置される。スロット 6 1 0 は、スポーク形状のスロット 6 0 8 及び間隙 6 0 6 によって形成される V 形状の区画（すなわち、シールドのセグメント 6 0 2 a ~ d 内で半径方向の隆起（h e a v e）対向する端部）内に含まれる。

## 【 0 0 2 6 】

図 7 は、一実施形態のシールドの平面図である。シールド 7 0 0 は、シールド 7 0 0 の外周を画定する、概ね平坦な円形本体 7 0 2 を備える。様々な長さの複数のスポーク 7 0 4 a、7 0 4 b、7 0 4 c、7 0 4 d が第 1、第 2、第 3、及び第 4 の長さの繰り返しパターンで、シールド 7 0 0 の本体 7 0 2 の外周から半径方向内側に延びる。スポーク 7 0 4 a は、シールド 7 0 0 の外周から中心に向かって測定された第 1 長さを有する。スポーク 7 0 4 b は、スポーク 7 0 4 a の長さよりも短い、外周から中心に向かって測定された長さを有する。スポーク 7 0 4 c は、スポーク 7 0 4 b の長さよりも短い、外周からシールド本体 7 0 2 の中心に向かって測定された長さを有する。スポーク 7 0 4 d は、スポーク 7 0 4 c の長さよりも短い、シールド本体 7 0 2 の外周から中心に向かって測定された長さを有する。

## 【 0 0 2 7 】

図 8 は、別の一実施形態のシールドの平面図である。シールド 8 0 0 は、半径方向部材 8 0 4 及び半円形の円弧状部材 8 0 2 a、8 0 2 b を備える。半径方向部材 8 0 4 は、シールド 6 0 0 の中心 8 0 6 から半径方向に延びる。円弧状部材 8 0 2 a は、半径方向部材 8 0 4 から時計回り方向に、様々な曲率半径で延びている。円弧状部材 8 0 2 b は、半径方向部材 8 0 4 から反時計回り方向に、様々な曲率半径で半径方向部材 8 0 4 から延びている。円弧状部材 8 0 2 a、8 0 2 b は、中心 8 0 6 から外向きに、交互に織り交ぜて又

10

20

30

40

50



は入れ子になって構成されている。

【 0 0 2 8 】

図 9 は、図 1 の整合ネットワーク 1 2 4 及び誘導結合ソース 1 1 6 のような典型的な整合ネットワーク及びソース回路の回路図である。図 9 では、電源 1 1 2 は整合回路 1 1 4 に接続されている。整合回路 1 1 4 は、分岐点 9 2 0 に接続された 2 つの足に可変コンデンサ 9 0 2 及び可変コンデンサ 9 0 4 を備える。コンデンサ 9 0 4 を備える足は、ソース回路 9 0 0 に接続されている。ソース回路 9 0 0 は、第 1 インダクタ 9 1 0 と、第 2 インダクタ 9 1 2 とを備え、この第 1 インダクタ 9 1 0 を、外側コイル部（例えば、図 2 及び図 3 の 2 1 0 a ~ d のうちの 1 つ）としてもよい。第 2 インダクタ 9 1 2 は、可変コンデンサ 9 1 4 に直列に接続されている。固定コンデンサ 9 1 8 が、第 1 インダクタ 9 1 0 と第 2 インダクタ 9 1 2 との間の回路に接続されている。インダクタ 9 1 2 を、内側コイル部（例えば、図 2 及び図 3 の 2 0 8 a ~ d のうちの 1 つ）としてもよい。インダクタ 9 1 0、9 1 2 は、チャンバ蓋 1 0 4 を介して処理チャンバ 9 2 8 に電力を誘導結合し、その中に配置されたプラズマと電磁的に連通する。プラズマは、第 1 インダクタ 9 1 0 に接続された第 1 インダクタンス 9 2 2 と、第 2 インダクタ 9 1 2 に接続された第 2 インダクタンス 9 2 6 と、抵抗 9 2 4 とを有する。

10

【 0 0 2 9 】

図 9 の回路は、ソースと負荷の間の電力伝達を最大化するために、ソース電力インピーダンスを負荷のインピーダンスに「整合させる」ように機能する。さらに、可変コンデンサ 9 0 2、9 0 4、9 1 4 を利用することにより、電力を、内側コイルセグメント（インダクタ 9 1 2）と外側コイルセグメント（インダクタ 9 1 0）に対して個別に制御し得る。個々のコイルセグメントへの電力を制御することにより、処理チャンバ内で形成されるプラズマの均一性が向上する。ある種の諸実施形態では、内側コイル及び外側コイルへの電力は同相であってもよい。他の諸実施形態では、内側コイル及び外側コイルへの電力は位相がずれていてもよい。図 9 の回路を、上記の諸実施形態で実施してもよい。図 9 の回路を、インダクタへの電力の制御性が高まると有利になる任意のコイルソースで実施できることを、さらに理解すべきである。

20

【 0 0 3 0 】

本明細書に記載される諸実施形態は、有益にもプラズマ処理システムにおいてより均一なプラズマ場を生成する。誘導結合を増加させ、容量結合を減少させることで、整合ネットワークによって整合されるインピーダンスの変動が小さくなり、これにより、プラズマへ伝達される電力の変動が減少する。さらに、システムの寄生損失を減らすことにより、電力伝達効率が向上する。

30

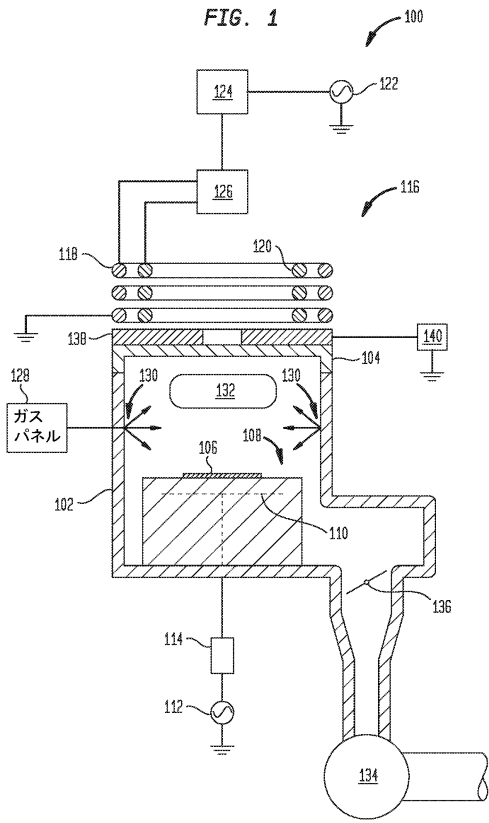
【 0 0 3 1 】

上記は本開示の実施形態を対象としているが、本開示の他のさらなる実施形態を、その基本的な範囲から逸脱することなく創作することができ、その範囲は以下の特許請求の範囲に基づいて定められる。

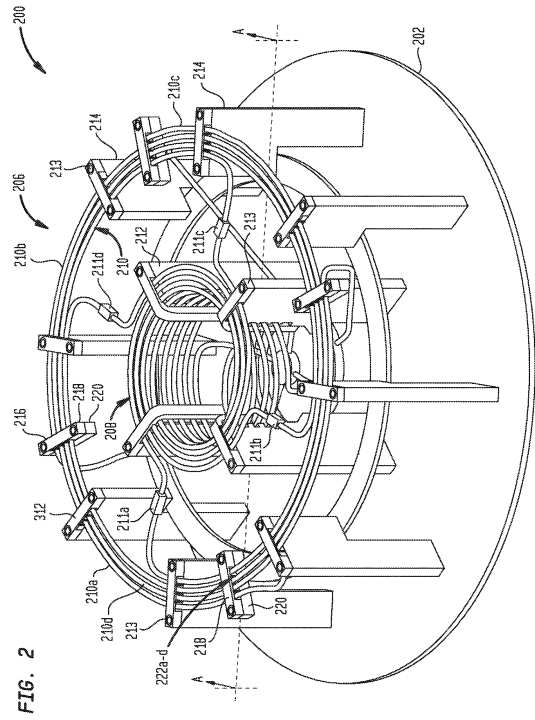
40

50

【図面】  
【図 1】



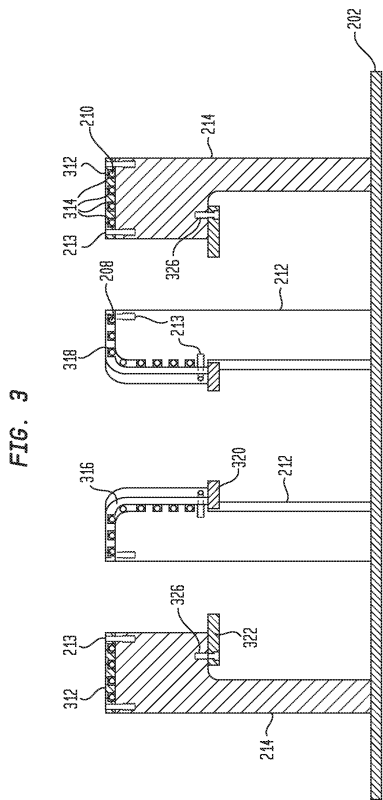
【図 2】



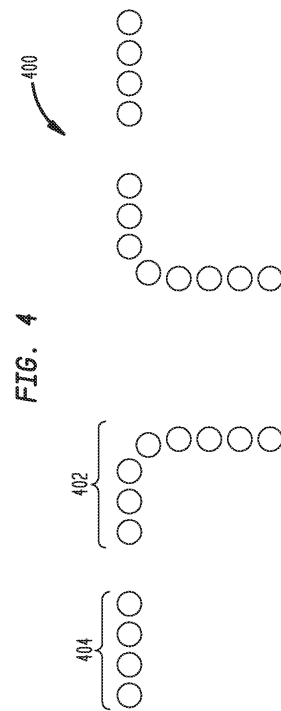
10

20

【図 3】



【図 4】

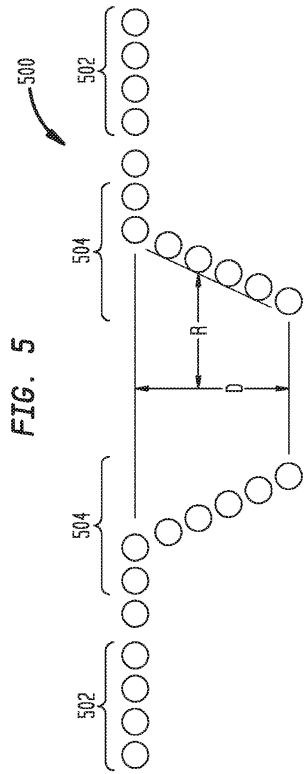


30

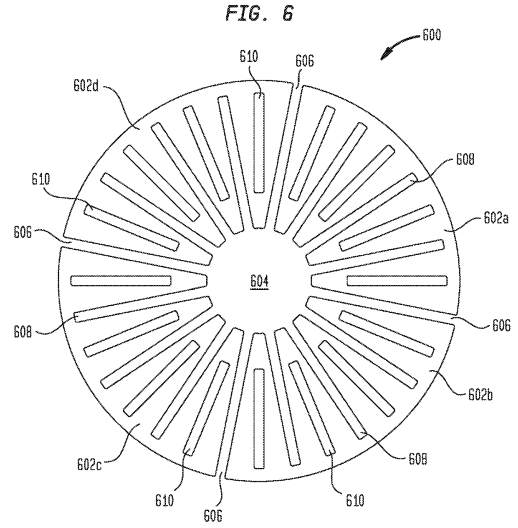
40

50

【 図 5 】



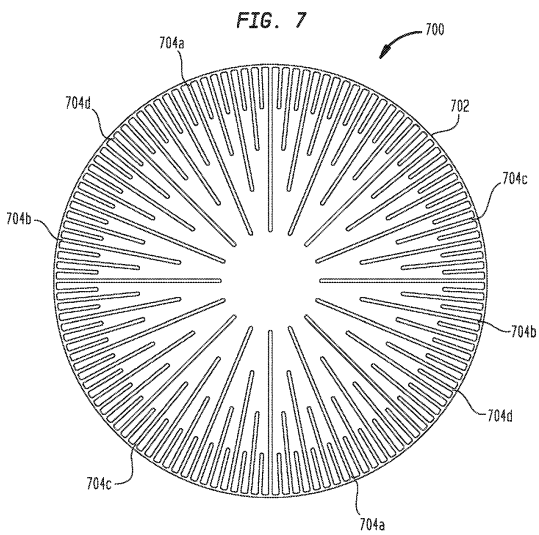
【 図 6 】



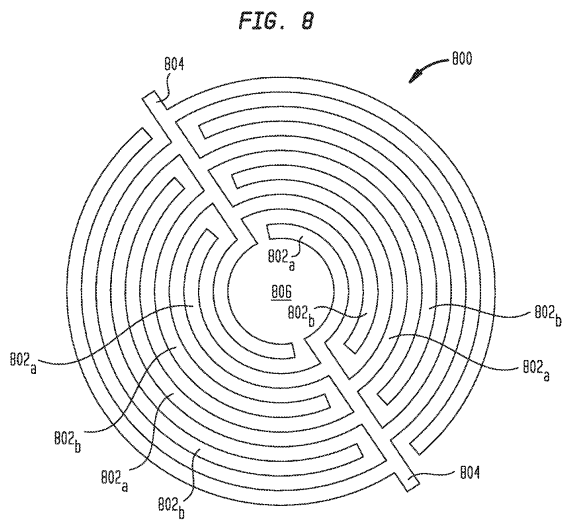
10

20

【 図 7 】



【 図 8 】

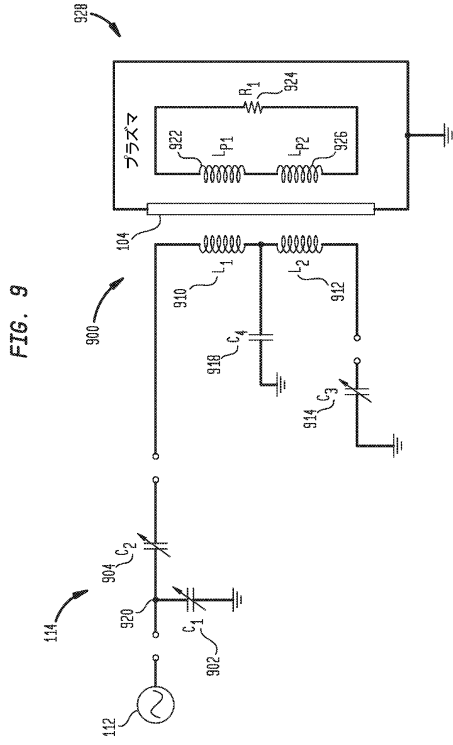


30

40

50

【 図 9 】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94089 サニーベール コンスタンズ テラス 1061

審査官 藤本 加代子

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2015/0191823(US, A1)  
特開2012-033960(JP, A)  
中国特許出願公開第104302084(CN, A)  
特開2016-143616(JP, A)  
米国特許出願公開第2016/0049279(US, A1)  
特開2005-011799(JP, A)  
米国特許出願公開第2007/0181257(US, A1)  
特開平10-256238(JP, A)  
特開平08-339897(JP, A)  
特開2011-253916(JP, A)  
特開平09-097783(JP, A)  
特開2014-239210(JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
H05H 1/46