

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号

特表2024-543727

(P2024-543727A)

(43)公表日 令和6年11月22日(2024.11.22)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
H 0 5 H 1/46 (2006.01)	H 0 5 H 1/46 R	2 G 0 8 4
	H 0 5 H 1/46 L	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全25頁)

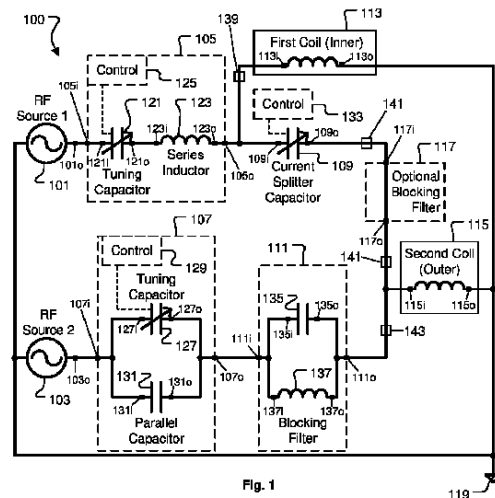
(21)出願番号	特願2024-534453(P2024-534453)	(71)出願人	592010081
(86)(22)出願日	令和4年12月12日(2022.12.12)		ラム リサーチ コーポレーション
(85)翻訳文提出日	令和6年8月6日(2024.8.6)		L A M R E S E A R C H C O R P O R A T I O N
(86)国際出願番号	PCT/US2022/052563		アメリカ合衆国, カリフォルニア 9 4 5 3 8, フレモント, クッシング パークウェイ 4 6 5 0
(87)国際公開番号	WO2023/114143	(74)代理人	110000028
(87)国際公開日	令和5年6月22日(2023.6.22)		弁理士法人明成国際特許事務所
(31)優先権主張番号	63/291,307	(72)発明者	タリー・マシュー・ローウェル
(32)優先日	令和3年12月17日(2021.12.17)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 3 8 フレモント, クッシング・パークウェイ, 4 6 5 0
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)	(72)発明者	バターソン・アレクサンダー・ミラー
(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		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 複数のコイル間でダイレクトドライブ無線周波数信号生成器から電流をスプリットするための装置および方法

(57)【要約】

【解決手段】無線周波数(RF)電力供給システムが、第1のコイルと、第2のコイルと、を含む。RF電力供給システムは、第1の周波数のRF信号を第1のコイルと第2のコイルの両方に供給するように接続された第1のRF電源をも含む。RF電力供給システムは、第1のコイルと、第2のコイルと、の間での第1の周波数のRF信号の分割を制御するように接続された電流スプリッタ可変キャパシタをも含む。RF電力供給システムは、第2の周波数のRF信号を第2のコイルに供給するように接続された第2のRF電源をも含む。いくつかの実施形態では、第1のRF電源および第2のRF電源は、それぞれ第1のリアクタンス回路および第2のリアクタンス回路を通して、それぞれ第1の周波数のRF信号および第2の周波数のRF信号を駆動する、それぞれ第1のダイレクトドライブRF電源および第2のダイレクトドライブRF電源である。

【選択図】図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

第 1 のコイルと、  
第 2 のコイルと、  
第 1 の周波数の無線周波数信号を前記第 1 のコイルと前記第 2 のコイルの両方に供給するように接続された第 1 の無線周波数電源と、  
前記第 1 のコイルと、前記第 2 のコイルと、の間での前記第 1 の周波数の前記無線周波数信号の分割を制御するように接続された電流スプリッタ可変キャパシタと、  
第 2 の周波数の無線周波数信号を前記第 2 のコイルに供給するように接続された第 2 の無線周波数電源と、  
を備える、無線周波数電力供給システム。

10

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載の無線周波数電力供給システムであって、  
第 1 のリアクタンス回路であって、前記第 1 の無線周波数電源が、前記第 1 の周波数の前記無線周波数信号を前記第 1 のリアクタンス回路を通して前記第 1 のコイルと前記第 2 のコイルの両方に供給するように接続された、第 1 のリアクタンス回路と、  
第 2 のリアクタンス回路であって、前記第 2 の無線周波数電源が、前記第 2 の周波数の前記無線周波数信号を前記第 2 のリアクタンス回路を通して前記第 2 のコイルに供給するように接続された、第 2 のリアクタンス回路と、  
をさらに備える、無線周波数電力供給システム。

20

**【請求項 3】**

請求項 2 に記載の無線周波数電力供給システムであって、前記第 1 のリアクタンス回路が、第 1 の同調可変キャパシタと、前記第 1 の同調可変キャパシタと直列に接続されたインダクタと、を含み、前記第 1 の同調可変キャパシタの入力端子が、前記第 1 の無線周波数電源の出力に接続され、前記インダクタの出力端子が、前記第 1 のコイルと前記電流スプリッタ可変キャパシタの入力端子の両方に接続された、無線周波数電力供給システム。

**【請求項 4】**

請求項 3 に記載の無線周波数電力供給システムであって、前記第 2 のリアクタンス回路が、第 2 の同調可変キャパシタと、前記第 2 の同調可変キャパシタと並列に接続された並列キャパシタと、を含む、無線周波数電力供給システム。

30

**【請求項 5】**

請求項 2 に記載の無線周波数電力供給システムであって、  
前記第 2 のリアクタンス回路と、前記第 2 のコイルと、の間に接続された遮断フィルタであって、前記遮断フィルタは、前記第 1 の周波数の前記無線周波数信号が、前記第 2 の無線周波数電源に進むのを遮断するように構成された、遮断フィルタ  
をさらに備える、無線周波数電力供給システム。

**【請求項 6】**

請求項 5 に記載の無線周波数電力供給システムであって、前記遮断フィルタが、インダクタと並列に接続されたキャパシタを含む、無線周波数電力供給システム。

**【請求項 7】**

請求項 5 に記載の無線周波数電力供給システムであって、前記遮断フィルタが、第 1 の遮断フィルタであり、前記無線周波数電力供給システムが、前記電流スプリッタ可変キャパシタと、前記第 2 のコイルと、の間に接続された第 2 の遮断フィルタを含み、前記第 2 の遮断フィルタは、前記第 2 の周波数の前記無線周波数信号が、前記第 1 の無線周波数電源に進むのを遮断するように構成された、無線周波数電力供給システム。

40

**【請求項 8】**

請求項 1 に記載の無線周波数電力供給システムであって、前記第 1 の無線周波数電源が、第 1 のダイレクトドライブ無線周波数電源であり、前記第 2 の無線周波数電源が、第 2 のダイレクトドライブ無線周波数電源である、無線周波数電力供給システム。

**【請求項 9】**

50

請求項 1 に記載の無線周波数電力供給システムであって、  
システムコントローラから受け取られた電気制御信号に従って前記電流スプリッタ可変キャパシタのキャパシタンス設定を制御するように接続された制御構成要素をさらに備える、無線周波数電力供給システム。

【請求項 1 0】

請求項 9 に記載の無線周波数電力供給システムであって、  
前記第 1 の無線周波数電源から前記第 1 のコイルに送出された無線周波数電力の第 1 の量を測定するように接続された第 1 のセンサーと、  
第 1 の無線周波数電源から前記第 2 のコイルに送出された無線周波数電力の第 2 の量を測定するように接続された第 2 のセンサーと、  
をさらに備える、無線周波数電力供給システム。

10

【請求項 1 1】

請求項 1 0 に記載の無線周波数電力供給システムであって、前記システムコントローラが、前記制御構成要素への伝送のために前記電気制御信号を生成するためのフィードバック信号として無線周波数電力の前記第 1 の量および無線周波数電力の前記第 2 の量のうちの少なくとも 1 つを使用するように構成された、無線周波数電力供給システム。

【請求項 1 2】

出力端子を有する第 1 の無線周波数電源と、  
入力端子と、出力端子と、を有する第 1 のリアクタンス回路であって、前記第 1 のリアクタンス回路の前記入力端子が、前記第 1 の無線周波数電源の前記出力端子に接続された、第 1 のリアクタンス回路と、  
前記第 1 のリアクタンス回路の前記出力端子に接続された第 1 のコイルと、  
入力端子と、出力端子と、を有する電流スプリッタ可変キャパシタであって、前記電流スプリッタ可変キャパシタの前記入力端子が、前記第 1 のリアクタンス回路の前記出力端子に接続された、電流スプリッタ可変キャパシタと、  
前記電流スプリッタ可変キャパシタの前記出力端子に接続された第 2 のコイルと、  
出力端子を有する第 2 の無線周波数電源と、  
入力端子と、出力端子と、を有する第 2 のリアクタンス回路であって、前記第 2 のリアクタンス回路の前記入力端子が、前記第 2 の無線周波数電源の前記出力端子に接続された、第 2 のリアクタンス回路と、  
入力端子と、出力端子と、を有する遮断フィルタであって、前記遮断フィルタの前記入力端子が、前記第 2 のリアクタンス回路の前記出力端子に接続され、前記遮断フィルタの前記出力端子が、前記第 2 のコイルに接続された、遮断フィルタと、  
を備える、無線周波数電力供給システム。

20

30

【請求項 1 3】

請求項 9 に記載の無線周波数電力供給システムであって、前記遮断フィルタが、入力端子と、出力端子と、を有するキャパシタを含み、前記キャパシタの前記入力端子が、前記遮断フィルタの前記入力端子に接続され、前記キャパシタの前記出力端子が、前記遮断フィルタの前記出力端子に接続され、前記遮断フィルタが、入力端子と、出力端子と、を有するインダクタを含み、前記インダクタの前記入力端子が、前記遮断フィルタの前記入力端子に接続され、前記インダクタの前記出力端子が、前記遮断フィルタの前記出力端子に接続された、無線周波数電力供給システム。

40

【請求項 1 4】

請求項 9 に記載の無線周波数電力供給システムであって、前記第 1 のリアクタンス回路が、入力端子と、出力端子と、を有する第 1 の同調可変キャパシタを含み、前記第 1 の同調可変キャパシタの前記入力端子が、前記第 1 のリアクタンス回路の前記入力端子に接続され、前記第 1 のリアクタンス回路が、入力端子と、出力端子と、を有するインダクタを含み、前記インダクタの前記入力端子が、前記第 1 の同調可変キャパシタの前記出力端子に接続され、前記インダクタの前記出力端子が、前記第 1 のリアクタンス回路の前記出力端子に接続され、

50

前記第 2 のリアクタンス回路が、入力端子と、出力端子と、を有する第 2 の同調可変キャパシタを含み、前記第 2 の同調可変キャパシタの前記入力端子が、前記第 2 のリアクタンス回路の前記入力端子に接続され、前記第 2 の同調可変キャパシタの前記出力端子が、前記第 2 のリアクタンス回路の前記出力端子に接続され、前記第 2 のリアクタンス回路が、入力端子と、出力端子と、を有する並列キャパシタを含み、前記並列キャパシタの前記入力端子が、前記第 2 のリアクタンス回路の前記入力端子に接続され、前記並列キャパシタの前記出力端子が、前記第 2 のリアクタンス回路の前記出力端子に接続された、無線周波数電力供給システム。

【請求項 15】

無線周波数電力をプラズマ処理システムに供給するための方法であって、  
第 1 の周波数の無線周波数信号を生成することと、  
前記第 1 の周波数の前記無線周波数信号の第 1 の部分を第 1 のコイルに供給することと、  
前記第 1 の周波数の前記無線周波数信号の第 2 の部分を第 2 のコイルに供給することと、  
第 2 の周波数の無線周波数信号を生成することと、  
前記第 2 の周波数の前記無線周波数信号を前記第 2 のコイルに供給することと、  
を含む、方法。

【請求項 16】

請求項 15 に記載の方法であって、  
前記第 1 の周波数の前記無線周波数信号の前記第 1 の部分の量と、前記第 1 の周波数の前記無線周波数信号の前記第 2 の部分の量と、を制御するために電流スプリッタ可変キャパシタを使用すること  
をさらに含む、方法。

【請求項 17】

請求項 16 に記載の方法であって、  
前記第 2 のコイルによって駆動されるプラズマの点火をサポートするために前記第 1 の周波数の前記無線周波数信号の前記第 2 の部分の前記量を増加させるように前記電流スプリッタ可変キャパシタのキャパシタンス設定を制御することと、  
前記プラズマの点火の後に、前記第 1 の周波数の前記無線周波数信号の前記第 2 の部分の前記量を減少させるように前記電流スプリッタ可変キャパシタの前記キャパシタンス設定を制御することと、  
をさらに含む、方法。

【請求項 18】

請求項 16 に記載の方法であって、  
前記第 2 のコイルによって駆動されるプラズマの安定性をサポートするために前記第 1 の周波数の前記無線周波数信号の前記第 2 の部分の前記量を制御するように前記電流スプリッタ可変キャパシタのキャパシタンス設定を制御すること  
をさらに含む、方法。

【請求項 19】

請求項 16 に記載の方法であって、  
前記第 1 の周波数の前記無線周波数信号の前記第 2 の部分によって前記第 2 のコイルに送出された無線周波数電力の量を測定することと、  
無線周波数電力のターゲット量が、前記第 1 の周波数の前記無線周波数信号の前記第 2 の部分によって前記第 2 のコイルに送出されるように、無線周波数電力の前記測定された量を、前記電流スプリッタ可変キャパシタのキャパシタンス設定を制御するためのフィードバック信号として使用することと、  
をさらに含む、方法。

【請求項 20】

請求項 15 に記載の方法であって、

10

20

30

40

50

前記第 1 の周波数の前記無線周波数信号が、前記第 2 の周波数の前記無線周波数信号の源に進むのを防ぐために、遮断フィルタを使用することをさらに含む、方法。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

プラズマ処理システムは、半導体デバイス、たとえば、半導体ウエハ上のチップ/ダイを製造するために使用される。プラズマ処理システムでは、半導体ウエハは、材料堆積および/または材料除去および/または材料注入および/または材料変更などによるものなど、半導体ウエハの状態の規定の変化を引き起こすために、様々なタイプのプラズマに曝される。半導体ウエハのプラズマ処理中に、無線周波数(RF)電力が、チャンバ内のプロセスガスを通して伝送されて、プロセスガスを、半導体ウエハに曝されるプラズマに変換する。ラジカルおよびイオンなど、プラズマの反応性成分は、半導体ウエハ上の材料と相互作用して、半導体ウエハ上での規定の効果を達成する。いくつかのプラズマ処理システムでは、生成されたRF電力が、プラズマ処理チャンバの外側に位置するコイルを介してプロセスガスに伝送される。本開示で説明される実施形態が行われるのは、この文脈においてである。

10

【発明の概要】

【0002】

例示的な一実施形態では、RF電力供給システムが開示される。RF電力供給システムは、第1のコイルと、第2のコイルと、を含む。RF電力供給システムは、第1の周波数のRF信号を第1のコイルと第2のコイルの両方に供給するように接続された第1のRF電源をも含む。RF電力供給システムは、第1のコイルと、第2のコイルと、の間での第1の周波数のRF信号の分割を制御するように接続された電流スプリッタ可変キャパシタをも含む。RF電力供給システムは、第2の周波数のRF信号を第2のコイルに供給するように接続された第2のRF電源をも含む。

20

【0003】

例示的な一実施形態では、RF電力供給システムが開示される。RF電力供給システムは、出力端子を有する第1のRF電源を含む。RF電力供給システムは、入力端子と、出力端子と、を有する第1のリアクタンス回路をも含む。第1のリアクタンス回路の入力端子は、第1のRF電源の出力端子に接続される。RF電力供給システムは、第1のリアクタンス回路の出力端子に接続された第1のコイルをも含む。RF電力供給システムは、入力端子と、出力端子と、を有する電流スプリッタ可変キャパシタをも含む。電流スプリッタ可変キャパシタの入力端子は、第1のリアクタンス回路の出力端子に接続される。RF電力供給システムは、電流スプリッタ可変キャパシタの出力端子に接続された第2のコイルをも含む。RF電力供給システムは、出力端子を有する第2のRF電源をも含む。RF電力供給システムは、入力端子と、出力端子と、を有する第2のリアクタンス回路をも含む。第2のリアクタンス回路の入力端子は、第2のRF電源の出力端子に接続される。RF電力供給システムは、入力端子と、出力端子と、を有する遮断フィルタをも含む。遮断フィルタの入力端子は、第2のリアクタンス回路の出力端子に接続される。遮断フィルタの出力端子は、第2のコイルに接続される。

30

40

【0004】

例示的な一実施形態では、RF電力をプラズマ処理システムに供給するための方法が開示される。本方法は、第1の周波数のRF信号を生成することを含む。本方法は、第1の周波数のRF信号の第1の部分を第1のコイルに供給することをも含む。本方法は、第1の周波数のRF信号の第2の部分を第2のコイルに供給することをも含む。本方法は、第2の周波数のRF信号を生成することをも含む。本方法は、第2の周波数のRF信号を第2のコイルに供給することをも含む。

【0005】

実施形態の他の態様および利点は、以下の発明を実施するための形態および添付の図面

50

からより明らかになる。

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】いくつかの実施形態による、RF電力供給システムを示す図である。

【0007】

【図2A】いくつかの実施形態による、ダイレクトドライブRF信号生成器の概略図である。

【0008】

【図2B】いくつかの実施形態による、時間の関数としての、第1の/第2のRF電源の出力端子において生成された例示的な整形増幅された矩形波形のパラメータのプロットを示す図である。

10

【0009】

【図2C】いくつかの実施形態による、時間の関数としての、第1の/第2のリアクタンス回路の出力端子において生成された例示的な整形正弦波形のパラメータのプロットを示す図である。

【0010】

【図2D】いくつかの実施形態による、図2Bの整形増幅された矩形波形に対応する整形正弦波形のプロットを示す図である。

【0011】

【図3A】いくつかの実施形態による、図1のRF電力供給システムを利用する例示的なプラズマ処理システムを示す図である。

20

【0012】

【図3B】いくつかの実施形態による、図3Aのプラズマ処理システム中の第1のコイルおよび第2のコイルの平面図である。

【0013】

【図4】いくつかの実施形態による、RF電力をプラズマ処理システムに供給するための方法のフローチャートである。

【0014】

【図5】いくつかの実施形態による、システムコントローラの図である。

【発明を実施するための形態】

30

【0015】

以下の説明では、本開示の完全な理解を提供するために、多数の具体的な詳細が記載される。しかしながら、これらの具体的な詳細の一部または全部なしに本開示の実施形態が実践され得ることは、当業者に明らかであろう。他の事例では、よく知られているプロセス動作は、本開示を不必要に不明瞭にしないために、詳細に説明されていない。

【0016】

基板、たとえば、半導体ウエハの処理のためにプラズマを駆動するために使用されるRF電力供給システムの複数のコイル間で第1の周波数のRF電流をスプリットすることを、その複数のコイルのうちのいくつかへの第2の周波数のRF電流の伝送と組み合わせて行うためのシステムおよび方法であって、それにより、その複数のコイルのうちの少なくとも1つが、第1の周波数のRF電流の部分と第2の周波数のRF電流の両方を受け取る、システムおよび方法が本明細書で開示される。これらのシステムおよび方法は、多くのプラズマ処理状況において有用であり、所与のコイルへの第2の周波数のRF電流の供給のみでは、規定の特性を有するプラズマを点火する(*ignite*)/点弧する(*strike*)および維持するのに十分でない状況において、特に有用である。そのような状況では、所与のコイルに伝送される第1の周波数のRF電流の部分は、第2の周波数のRF電流と組み合わせて、規定の特性を有するプラズマを点火すること/点弧することおよび維持することをサポートするように働く。上述の状況は、本明細書で開示するシステムおよび方法で可能である多くの使用および利点の一例にすぎない。

40

【0017】

50

図 1 は、いくつかの実施形態による、RF 電力供給システム 100 を示す。RF 電力供給システム 100 は、第 1 のコイル 113 と、第 2 のコイル 115 と、を含む。いくつかの実施形態では、第 1 のコイル 113 は内側コイルであり、第 2 のコイル 115 は外側コイルである。これらの実施形態のうちいくつかでは、第 1 のコイル 113 (内側コイル) および第 2 のコイル 115 (外側コイル) の各々は、平面タイプらせん形コイルであり、第 2 のコイル 115 は、第 1 のコイル 113 を囲む。第 1 のコイル 113 は、入力端子 113 i と、出力端子 113 o と、を有する。第 1 のコイル 113 の入力端子 113 i は、第 1 の RF 電源 101 から第 1 の周波数の RF 信号を受け取るように接続される。第 1 のコイル 113 の出力端子 113 o は、基準接地電位 119 に接続される。第 2 のコイル 115 は、入力端子 115 i と、出力端子 115 o と、を有する。第 2 のコイル 115 の入力端子 115 i は、第 2 の RF 電源 103 から第 2 の周波数の RF 信号を受け取るように接続される。第 2 の RF 電源 103 は、第 2 の周波数の RF 信号を第 2 のコイル 115 に供給するように接続される。さらに、第 2 のコイル 115 の入力端子 115 i は、第 1 の RF 電源 101 と、第 2 のコイル 115 と、の間に接続された電流スプリッタ可変キャパシタ 109 のキャパシタンス設定に従って、第 1 の RF 電源 101 から第 1 の周波数の RF 信号を受け取るようにも接続される。電流スプリッタ可変キャパシタ 109 は、第 1 のコイル 113 と並列に接続される。このようにして、第 1 の RF 電源 101 は、第 1 の周波数の RF 信号を第 1 のコイル 113 と第 2 のコイル 115 の両方に供給するように接続され、電流スプリッタ可変キャパシタ 109 は、第 1 のコイル 113 と、第 2 のコイル 115 と、の間での第 1 の周波数の RF 信号の分割を制御するように接続される。また、第 2 のコイル 115 の出力端子 115 o は、基準接地電位 119 に接続される。

#### 【0018】

いくつかの実施形態では、RF 電力供給システム 100 は、第 1 の RF 電源 101 の出力端子 101 o に接続された入力端子 105 i を有する第 1 のリアクタンス回路 105 を含む。このようにして、第 1 の RF 電源 101 は、第 1 の周波数の RF 信号を第 1 のリアクタンス回路 105 を通して第 1 のコイル 113 と第 2 のコイル 115 の両方に供給するように接続される。また、いくつかの実施形態では、RF 電力供給システム 100 は、第 2 の RF 電源 103 の出力端子 103 o に接続された入力端子 107 i を有する第 2 のリアクタンス回路 107 を含む。このようにして、第 2 の RF 電源 103 は、第 2 の周波数の RF 信号を第 2 のリアクタンス回路 107 を通して第 2 のコイル 115 に供給するように接続される。

#### 【0019】

いくつかの実施形態では、第 1 の RF 電源 101 および第 2 の RF 電源 103 の各々は、それぞれのダイレクトドライブ RF 信号生成器である。図 2 A は、いくつかの実施形態による、ダイレクトドライブ RF 信号生成器 200 概略図を示す。ダイレクトドライブ RF 信号生成器 200 は、入力セクション 201 と、出力セクション 203 と、を含む。入力セクション 201 は、出力セクション 203 に電氣的に結合される。第 1 の RF 電源 101 について、出力セクション 203 は、矢印 205 によって示されるように、出力端子 101 o に電氣的に接続される。このようにして、第 1 の RF 電源 101 について、出力セクション 203 は、矢印 205 によって示されるように、第 1 のリアクタンス回路 105 に電氣的に接続される。同様に、第 2 の RF 電源 103 について、出力セクション 203 は、矢印 205 によって示されるように、第 2 のリアクタンス回路 107 に電氣的に接続される。入力セクション 201 は、電気信号生成器 207 と、ゲートドライバ 209 の入力部分 209 A と、を含む。出力セクション 203 は、ゲートドライバ 209 の出力部分 209 B と、ハーフブリッジトランジスタ回路 211 と、を含む。入力セクション 201 は、複数の矩形波信号を生成し、それらの矩形波信号を出力セクション 203 に提供する。出力セクション 203 は、入力セクション 201 から受け取られた複数の矩形波信号から、増幅された矩形整形波形を生成する。出力セクション 203 はまた、増幅された矩形整形波形のピークツーピーク大きさなど、振幅包絡線を整形する。たとえば、整形制御信号が、振幅包絡線を生成するために、入力セクション 201 から出力セクション 203

に供給される。整形制御信号は、振幅包絡線内の整形増幅された矩形波形を生成するために、増幅された矩形整形波形を整形するための複数の電圧値を有する。第1のRF電源101について、整形増幅された矩形波形は、出力セクション203から第1のリアクタンス回路105に伝送される。第2のRF電源103について、整形増幅された矩形波形は、出力セクション203から第2のリアクタンス回路107に伝送される。

#### 【0020】

第1のリアクタンス回路105および第2のリアクタンス回路107の各々は、基本周波数を有する整形正弦波形を生成するために、整形増幅された矩形波形の高次高調波を、フィルタで除去するなど、除去する。整形正弦波形は、整形増幅された矩形波形と同じ振幅包絡線を有する。第1のRF電源101について、RF電力が、基本周波数および振幅包絡線を有する整形正弦波形の形態で、第1のリアクタンス回路105の出力端子105oを通して伝送される。同様に、第2のRF電源103について、RF電力が、基本周波数および振幅包絡線を有する整形正弦波形の形態で、第2のリアクタンス回路107の出力端子107oを通して伝送される。

10

#### 【0021】

図2Bは、いくつかの実施形態による、時間の関数としての、第1の/第2のRF電源101/103の出力端子101o/103oにおいて生成された例示的な整形増幅された矩形波形213のパラメータのプロットを示す。整形増幅された矩形波形213のパラメータは、電力、電圧、または電流のいずれかである。図2Bは、整形増幅された矩形波形213の(太い破線によって表される)振幅包絡線215をも示し、振幅包絡線215は、ダイレクトドライブRF信号生成器200の出力セクション203に伝送される整形制御信号によって示される電圧値に従って生成される。図2Bの例では、振幅包絡線215は、整形増幅された矩形波形213のパラメータの絶対値が、第1のレベルL1(下位レベル)と、第2のレベルL2(上位レベル)と、の間で遷移するように制御される。しかしながら、様々なプロセスでは、振幅包絡線215は、出力セクション203に伝送される整形制御信号に従う時間の関数として、出力セクション203中の電力レールに供給される電圧を制御することによって、本質的に任意の所望の形状を有するように制御され得ることを理解されたい。たとえば、様々なプロセスでは、整形制御信号は、振幅包絡線215に、連続波形状、三角形状、マルチレベルパルス形状、または本質的に任意の他の規定の制御された形状を有するように指示するために生成され得る。

20

30

#### 【0022】

図2Cは、いくつかの実施形態による、時間の関数としての、第1の/第2のリアクタンス回路105/107の出力端子105o/107oにおいて生成された例示的な整形正弦波形217のパラメータのプロットを示す。整形正弦波形217のパラメータは、電力、電圧、または電流のいずれかである。整形正弦波形217は、時間の関数としての、第1の/第2のリアクタンス回路105/107の入力端子105i/107iに伝送される整形増幅された矩形波形213に基づく。整形正弦波形217は、振幅包絡線215をも有する。整形増幅された矩形波形213は、基本周波数正弦波形213Aと複数の高次高調波周波数正弦波形213B、213Cなどとの合成である。たとえば、正弦波形213Bは、基本周波数正弦波形213Aの2次高調波周波数を表す。また、正弦波形213Cは、基本周波数正弦波形213Aの3次高調波周波数を表す。第1の/第2のリアクタンス回路105/107は、基本周波数正弦波形213Aだけが、時間の関数としての、第1の/第2のリアクタンス回路105/107の出力端子105o/107oにおける整形正弦波形217として提供されるように、整形増幅された矩形波形213から高次高調波周波数正弦波形213B、213Cなどを除去するように機能する。

40

#### 【0023】

図2Dは、いくつかの実施形態による、図2Bの整形増幅された矩形波形213に対応する整形正弦波形217のプロットを示す。第1のRF電源101について、リアクタンス回路105の出力端子105oにおける整形正弦波形217は、電流スプリッタ可変キャパシタ109のキャパシタンス設定に従って、第1のコイル113に、および第2のコ

50

イル 115 に伝送される。第 2 の RF 電源 103 について、リアクタンス回路 107 の出力端子 107o における整形正弦波形 217 は、第 2 のコイル 115 に伝送される。

【0024】

再び図 1 を参照すると、いくつかの実施形態では、第 1 のリアクタンス回路 105 は、第 1 の RF 電源 101 の出力端子 101o に接続された入力端子 105i を含む。第 1 のリアクタンス回路 105 は、第 1 のリアクタンス回路 105 の入力端子 105i に、および次には第 1 の RF 電源 101 の出力端子 101o に接続された、入力端子 121i を有する第 1 の同調可変キャパシタ 121 を含む。第 1 のリアクタンス回路 105 は、第 1 の同調可変キャパシタ 121 と直列に接続されたインダクタ 123 をも含む。詳細には、インダクタ 123 の入力端子 123i は、第 1 の同調可変キャパシタ 121 の出力端子 121o に接続される。インダクタ 123 の出力端子 123o は、第 1 のリアクタンス回路 105 の出力端子 105o に接続される。第 1 のリアクタンス回路 105 の出力端子 105o は、第 1 のコイル 113 の入力端子 113i と電流スプリッタ可変キャパシタ 109 の入力端子 109i の両方に接続される。このようにして、インダクタ 123 の出力端子 123o は、第 1 のコイル 113 と電流スプリッタ可変キャパシタ 109 の入力端子 109i の両方に接続される。

10

【0025】

いくつかの実施形態では、制御構成要素 125 が、第 1 の同調可変キャパシタ 121 のキャパシタンス設定の制御を提供するために接続される。いくつかの実施形態では、制御構成要素は、機械的シャフトの手動旋回のためにアクセス可能であるロケーションまで延びる機械的シャフトであり、機械的シャフトの手動旋回は、第 1 の同調可変キャパシタ 121 のキャパシタンス設定の変更を提供する。いくつかの実施形態では、制御構成要素 125 は、モーター、たとえば、ステッパモーターを含み、モーターと、第 1 の同調可変キャパシタ 121 と、の間に延びる機械的リンケージを含む。いくつかの実施形態では、機械的リンケージは、たとえば、互いに対する、第 1 の同調可変キャパシタ 121 の離間された導電性部材（たとえば、プレート）の移動を引き起こすことによってなど、モーターのシャフトの回転移動を第 1 の同調可変キャパシタ 121 のキャパシタンス設定の調整に変換する。いくつかの実施形態では、制御構成要素 125 は、制御構成要素 125 への電気信号の伝送を通して第 1 の同調可変キャパシタ 121 のキャパシタンス設定の遠隔制御を提供するように構成される。いくつかの実施形態では、制御構成要素 125 の動作が、第 1 の同調可変キャパシタ 121 のキャパシタンス設定が、システムコントローラ 311 によって遠隔でおよび / またはプログラムの設定され得るように、システムコントローラ 311（図 3A 参照）から伝送される電気信号によって指示される。いくつかの実施形態では、第 1 のリアクタンス回路 105 のリアクタンスが、Q ファクタ（quality factor）制御信号を制御構成要素 125 に伝送することによって修正され、Q ファクタ制御信号は、第 1 の同調可変キャパシタ 121 のキャパシタンス設定の変更の実装を指示することによってなど、第 1 のリアクタンス回路 105 のリアクタンスの特定の変更の実装を指示する。

20

30

【0026】

いくつかの実施形態では、電流スプリッタ可変キャパシタ 109 は、第 2 のコイル 115 の入力端子 115i に接続された出力端子 109o を有する。いくつかの実施形態では、制御構成要素 133 が、電流スプリッタ可変キャパシタ 109 のキャパシタンス設定の制御を提供するために接続される。いくつかの実施形態では、制御構成要素 133 は、モーター、たとえば、ステッパモーターを含み、モーターと、電流スプリッタ可変キャパシタ 109 と、の間に延びる機械的リンケージを含む。いくつかの実施形態では、機械的リンケージは、たとえば、互いに対する、電流スプリッタ可変キャパシタ 109 の離間された導電性部材（たとえば、プレート）の移動を引き起こすことによってなど、モーターのシャフトの回転移動を電流スプリッタ可変キャパシタ 109 のキャパシタンス設定の調整に変換する。いくつかの実施形態では、制御構成要素 133 は、制御構成要素 133 への電気信号の伝送を通して電流スプリッタ可変キャパシタ 109 のキャパシタンス設定の

40

50

遠隔制御を提供するように構成される。いくつかの実施形態では、制御構成要素 133 の動作が、電流スプリッタ可変キャパシタ 109 のキャパシタンス設定が、システムコントローラ 311 によって遠隔でおよび / またはプログラムの設定され得るように、システムコントローラ 311 ( 図 3 A 参照 ) から伝送される電気信号によって指示される。

【 0027 】

電流スプリッタ可変キャパシタ 109 のキャパシタンス設定は、第 2 のコイル 115 のインピーダンスに影響を及ぼす。電流スプリッタ可変キャパシタ 109 のキャパシタンス設定を調整することによって、第 1 のコイル 113 と、第 2 のコイル 115 と、の間のインピーダンスが変更される。電流スプリッタ可変キャパシタ 109 のキャパシタンス設定が、第 2 のコイル 115 のインピーダンスの増加を引き起こすとき、第 1 の RF 電源 101 によって生成された第 1 の周波数の RF 信号のうちより多くの RF 信号が、第 1 のコイル 113 に伝送されることになり、第 1 の RF 電源 101 によって生成された第 1 の周波数の RF 信号のうちより少ない RF 信号が、第 2 のコイル 115 に伝送されることになる。逆に、電流スプリッタ可変キャパシタ 109 のキャパシタンス設定が、第 2 のコイル 115 のインピーダンスの減少を引き起こすとき、第 1 の RF 電源 101 によって生成された第 1 の周波数の RF 信号のうちより多くの RF 信号が、第 2 のコイル 115 に伝送されることになり、第 1 の RF 電源 101 によって生成された第 1 の周波数の RF 信号のうちより少ない RF 信号が、第 1 のコイル 113 に伝送されることになる。このようにして、電流スプリッタ可変キャパシタ 109 は、第 1 のコイル 113 と、第 2 のコイル 115 と、の間での第 1 の RF 電源 101 によって生成された第 1 の周波数の RF 信号の分割 ( スプリッティング ) を制御する。

【 0028 】

いくつかの実施形態では、第 2 のリアクタンス回路 107 は、第 2 の RF 電源 103 の出力端子 103 o に接続された入力端子 107 i を含む。第 2 のリアクタンス回路 107 は、第 2 のリアクタンス回路 107 の入力端子 107 i に、および次には第 2 の RF 電源 103 の出力端子 103 o に接続された、入力端子 127 i を有する第 2 の同調可変キャパシタ 127 を含む。第 2 の同調可変キャパシタ 127 は、第 2 のリアクタンス回路 107 の出力端子 107 o に接続された出力端子 127 o を有する。第 2 のリアクタンス回路 107 は、第 2 の同調可変キャパシタ 127 と並列に接続されたキャパシタ 131 をも含む。詳細には、キャパシタ 131 の入力端子 131 i は、第 2 のリアクタンス回路 107 の入力端子 107 i に、および次には第 2 の RF 電源 103 の出力端子 103 o に接続される。キャパシタ 131 は、第 2 のリアクタンス回路 107 の出力端子 107 o に接続された出力端子 131 o を有する。キャパシタ 131 は、本明細書では、並列キャパシタとも呼ばれる。第 2 のリアクタンス回路 107 の出力端子 107 o は、第 2 の RF 電源 103 によって生成された第 2 の周波数の RF 信号を第 2 のコイル 115 の入力端子 115 i に伝達するように接続される。

【 0029 】

いくつかの実施形態では、制御構成要素 129 が、第 2 の同調可変キャパシタ 127 のキャパシタンス設定の制御を提供するために接続される。いくつかの実施形態では、制御構成要素 129 は、機械的シャフトの手動旋回のためにアクセス可能であるロケーションまで延びる機械的シャフトであり、機械的シャフトの手動旋回は、第 2 の同調可変キャパシタ 127 のキャパシタンス設定の変更を提供する。いくつかの実施形態では、制御構成要素 129 は、モーター、たとえば、ステッパモーターを含み、モーターと、第 2 の同調可変キャパシタ 127 と、の間に延びる機械的リンケージを含む。いくつかの実施形態では、機械的リンケージは、たとえば、互いに対する、第 2 の同調可変キャパシタ 127 の離間された導電性部材 (たとえば、プレート) の移動を引き起こすことによってなど、モーターのシャフトの回転移動を第 2 の同調可変キャパシタ 127 のキャパシタンス設定の調整に変換する。いくつかの実施形態では、制御構成要素 129 は、制御構成要素 129 への電気信号の伝送を通して第 2 の同調可変キャパシタ 127 のキャパシタンス設定の遠隔制御を提供するように構成される。いくつかの実施形態では、制御構成要素 129 の

動作が、第2の同調可変キャパシタ127のキャパシタンス設定が、システムコントローラ311によって遠隔でおよび/またはプログラマ的に設定され得るように、システムコントローラ311(図3A参照)から伝送される電気信号によって指示される。いくつかの実施形態では、第2のリアクタンス回路107のリアクタンスが、Qファクタ制御信号を制御構成要素129に伝送することによって修正され、Qファクタ制御信号は、第2の同調可変キャパシタ127のキャパシタンス設定の変更の実装を指示することによってなど、第2のリアクタンス回路107のリアクタンスの特定の変更の実装を指示する。

#### 【0030】

いくつかの実施形態では、第2のRF電源103によって生成された第2の周波数のRF信号は、途中の遮断フィルタ111を通して第2のコイル115の入力端子115iに伝達される。遮断フィルタ111は、第1のRF電源101によって生成された第1の周波数のRF信号が、第2のRF電源103に進むのを防ぐように構成される。このようにして、遮断フィルタ111は、電流スプリッタ可変キャパシタ109の出力端子109oを通して第2のコイル115に進む、第1のRF電源101によって生成された第1の周波数のRF信号の部分の伝達をサポートする。遮断フィルタ111は、入力端子111iと、出力端子111oとを含み、入力端子111iは、第2のリアクタンス回路107の出力端子107oに接続され、出力端子111oは、第2のコイル115の入力端子115iに接続される。いくつかの実施形態では、遮断フィルタ111は、遮断フィルタ111の入力端子111iと、出力端子111oと、の間に互いと並列に接続された、キャパシタ135と、インダクタ137と、を含む。詳細には、キャパシタ135は、遮断フィルタ111の入力端子111iに接続された入力端子135iと、遮断フィルタ111の出力端子111oに接続された出力端子135oと、を有する。また、インダクタ137は、遮断フィルタ111の入力端子111iに接続された入力端子137iと、遮断フィルタ111の出力端子111oに接続された出力端子137oと、を有する。様々な実施形態では、遮断フィルタ111は、遮断フィルタ111が、第1のRF電源101から第2のRF電源103への第1の周波数のRF信号の伝送を遮断する間、第2のRF電源103から第2のコイル115への第2の周波数のRF信号の伝送を提供する限り、図1の例に示されているものとは別様に構成され得る。

#### 【0031】

いくつかの実施形態では、オプションとして、遮断フィルタ117が、電流スプリッタ可変キャパシタ109と、第2のコイル115と、の間に接続される。詳細には、遮断フィルタの入力端子117iが、電流スプリッタ可変キャパシタ109の出力端子109oに接続され、遮断フィルタ117の出力端子117oが、第2のコイル115の入力端子115iに接続される。いくつかの実施形態では、遮断フィルタ117は、キャパシタ135およびインダクタ137と同様に、互いと並列に接続されたキャパシタおよびインダクタを含むように、遮断フィルタ111のように構成される。いくつかの実施形態では、電流スプリッタ可変キャパシタ109を通して伝達された第1のRF電源101によって生成された第1の周波数のRF信号の部分は、次には、途中の遮断フィルタ117を通して第2のコイル115の入力端子115iに伝達される。遮断フィルタ117は、第2のRF電源103によって生成された第2の周波数のRF信号が、第1のRF電源101に進むのを防ぐように構成される。このようにして、遮断フィルタ117は、第2のRF電源103によって生成された第2の周波数のRF信号の、第2のコイル115への伝達をサポートする。様々な実施形態では、遮断フィルタ117は、遮断フィルタ117が、第2のRF電源103から第1のRF電源101への第2の周波数のRF信号の伝送を遮断する間、第1のRF電源101から第2のコイル115への第1の周波数のRF信号の伝送を提供する限り、様々なやり方で構成され得る。

#### 【0032】

いくつかの実施形態では、RF電力供給システム100は、第1のコイル113に送出されたRF電力の量および/または第2のコイル115に送出されたRF電力の量を測定するための1つまたは複数のセンサーを含む。たとえば、いくつかの実施形態では、V /

10

20

30

40

50

I（電圧／電流）センサー 139 が、第 1 の RF 電源 101 から第 1 のコイル 113 に送出された量 RF 電力の測定値を提供するために接続される。いくつかの実施形態では、V / I センサー 139 は、第 1 のリアクタンス回路 105 の出力端子 105 o と、第 1 のコイル 113 の入力端子 113 i と、の間に接続される。いくつかの実施形態では、別の V / I センサー 141 が、第 1 の RF 電源 101 から第 2 のコイル 115 に送出された量 RF 電力の測定値を提供するために接続される。いくつかの実施形態では、V / I センサー 141 は、電流スプリッタ可変キャパシタ 109 の出力端子 109 o と、第 2 のコイル 115 の入力端子 115 i と、の間に接続される。また、いくつかの実施形態では、V / I センサー 141 は、遮断フィルタ 117 の出力端子 117 o と、第 2 のコイル 115 の入力端子 115 i と、の間に接続される。いくつかの実施形態では、別の V / I センサー 143 が、第 2 の RF 電源 103 から第 2 のコイル 115 に送出された量 RF 電力の測定値を提供するために接続される。いくつかの実施形態では、V / I センサー 143 は、遮断フィルタ 111 の出力端子 111 o と、第 2 のコイル 115 の入力端子 115 i と、の間に接続される。また、いくつかの実施形態では、V / I センサー 141 は、第 2 のリアクタンス回路 107 の出力端子 107 o と、第 2 のコイル 115 の入力端子 115 i と、の間に接続される。

10

#### 【0033】

いくつかの実施形態では、V / I センサー 139 は、第 1 の RF 電源 101 から第 1 のコイル 113 への RF 信号送出経路中の電気導体上に存在する電圧および電流を測定するように接続される。また、いくつかの実施形態では、V / I センサー 141 は、第 1 の RF 電源 101 から第 2 のコイル 115 への RF 信号送出経路中の電気導体上に存在する電圧および電流を測定するように接続される。また、いくつかの実施形態では、V / I センサー 143 は、第 2 の RF 電源 103 から第 2 のコイル 115 への RF 信号送出経路中の電気導体上に存在する電圧および電流を測定するように接続される。いくつかの実施形態では、V / I センサー 139、141、および 143 の各々が、所与の時間における、2 乗平均（RMS）電圧（ $V_{rms}$ ）、RMS 電流（ $i_{rms}$ ）、および測定された RMS 電圧（ $V_{rms}$ ）と、測定された RMS 電流（ $i_{rms}$ ）と、の間の位相角（ $\theta$ ）を測定するように構成される。いくつかの実施形態では、V / I センサー 139、141、および 143 の各々はまた、所与の時間における、対応する電気導体を通して伝送される RF 電力（ $P$ ）を、所与の時間における、測定された RMS 電圧（ $V_{rms}$ ）、測定された RMS 電流（ $i_{rms}$ ）、および測定された RMS 電圧（ $V_{rms}$ ）と、測定された RMS 電流（ $i_{rms}$ ）と、の間の位相角（ $\theta$ ）を使用することによって、 $P = (V_{rms})(i_{rms})\cos(\theta)$  のように決定するように構成される。様々な実施形態では、V / I センサー 139、141、および 143 の各々は、本質的に任意の利用可能な電気測定または測定算出技法を使用して、所与の時間における、対応する電気導体を通して伝送されるリアルタイム RF 電力を決定するように構成され得ることを理解されたい。いくつかの実施形態では、所与の時間における、V / I センサー 139、141、143 によって決定された RF 電力（ $P$ ）を示す信号が、電気信号接続を通してシステムコントローラ 311（図 3A 参照）に伝達される。また、いくつかの実施形態では、所与の時間における、測定された RMS 電圧（ $V_{rms}$ ）、測定された RMS 電流（ $i_{rms}$ ）、および測定された RMS 電圧（ $V_{rms}$ ）と、測定された RMS 電流（ $i_{rms}$ ）と、の間の位相角（ $\theta$ ）を示す信号が、電気信号接続を通して V / I センサー 130、141、143 からシステムコントローラ 311 に伝達される。

20

30

40

#### 【0034】

いくつかの実施形態では、V / I センサー 139、141、143 は、第 1 のコイル 113 および第 2 のコイル 115 の各々に伝送されている RF 電力の量を決定するために使用され得る。いくつかの実施形態では、V / I センサー 139、141、143 から取得された情報は、第 1 のコイル 113 と、第 2 のコイル 115 と、の間のターゲット RF 電流比を達成するために、システムコントローラ 311 が、電流スプリッタ可変キャパシタ 109 のキャパシタンス設定をどのように調整すべきかを決定することを可能にする。い

50

くつかの実施形態では、システムコントローラ 311 は、第 1 の周波数の RF 信号に対応する RF 電力のターゲット量が、第 1 の RF 電源 101 から第 2 のコイル 115 に伝送されるように、制御構成要素 133 を介して、電流スプリッタ可変キャパシタ 109 のキャパシタンス設定を制御するためのフィードバック信号として、V/I センサー 139、141、143 によって提供された（1 つまたは複数の）RF 電力測定値のうちの 1 つまたは複数を使用するように構成される。たとえば、いくつかの実施形態では、プラズマ処理レシピが、電流スプリッタ可変キャパシタ 109 のキャパシタンス設定のための初期設定点と、第 1 のコイル 113 および第 2 のコイル 115 の各々のためのターゲット RF パラメータ（電圧、電流、および / または電力）と、を指定する。次いで、ウエハ上でのプラズマ処理レシピの実施中に、V/I センサー 139、141、および 143 によって提供された測定値は、第 1 のコイル 113 および第 2 のコイル 115 の各々のためのターゲット RF パラメータ（電圧、電流、および / または電力）を達成および維持するために電流スプリッタ可変キャパシタ 109 のキャパシタンス設定を制御するためのフィードバック信号として、システムコントローラ 311 によって使用される。このようにして、閉ループフィードバック制御プロセスが、システムコントローラ 311 と、制御構成要素 133 と、電流スプリッタ可変キャパシタ 109 と、V/I センサー 139、141、および / または 143 のうちの 1 つまたは複数と、を使用して実装される。

10

#### 【0035】

図 3A は、いくつかの実施形態による、RF 電力供給システム 100 を利用する例示的なプラズマ処理システム 300 を示す。図 3A は、例示的なプラズマ処理チャンバ 301 を通した例示的な縦断面図を示す。プラズマ処理チャンバ 301 は、外側構造 302、たとえば、側面および底面構造と、上側ウィンドウ構造 303 と、を含む。上側ウィンドウ構造 303 は、第 1 のコイル 113 および第 2 のコイル 115 からプラズマ処理チャンバ 301 内のプラズマ処理領域 310 への RF 電力の伝送を提供する材料、たとえば、石英または同様の材料から形成される。基板支持構造 305 が、基板 307 のプラズマ処理中に基板 307 を支持するを提供するために、プラズマ処理領域 310 内に配設される。基板支持構造 305 は、プラズマ処理動作中に基板 307 をプラズマ処理領域 310 に曝されるように保持するように構成される。プラズマ処理チャンバ 301 は、基準接地電位 119 に接続される。

20

#### 【0036】

プラズマ処理システム 300 は、RF 電力が第 1 のコイル 113 および第 2 のコイル 115 からプラズマ処理領域 310 に伝送される誘導結合システムである。例示的なプラズマ処理システム 300 では、第 1 のコイル 113 は内側コイルであり、第 2 のコイル 115 は外側コイルである。図 3B は、いくつかの実施形態による、プラズマ処理システム 300 中の第 1 のコイル 113 および第 2 のコイル 115 の平面図を示す。図 3B の例では、第 1 のコイル 113（内側コイル）は、交互配置されたらせん形コイル 113A および 113B のペアを含む。コイル 113A および 113B の各々は、第 1 のリアクタンス回路 105 の出力端子 105o から RF 信号を受け取るように接続されたそれぞれの第 1 の端部を有する。コイル 113A および 113B の各々は、基準接地電位 119 に接続されたそれぞれの第 2 の端部を有する。また、図 3B の例では、第 2 のコイル 115（外側コイル）は、第 1 のコイル 113（内側コイル）のコイル 113A および 113B を囲むように集合的に位置する交互配置されたらせん形コイル 115A および 115B のペアを含む。コイル 115A および 115B の各々は、遮断フィルタ 111 の出力端子 111o から、および電流スプリッタ可変キャパシタ 109 の出力端子 109o から（直接、または随意的遮断フィルタ 117 を介してのいずれかで）RF 信号を受け取るように接続されたそれぞれの第 1 の端部を有する。コイル 115A および 115B の各々は、基準接地電位 119 に接続されたそれぞれの第 2 の端部を有する。様々な実施形態では、第 1 のコイル 113 および第 2 のコイル 115 の各々は、RF 電力を上側ウィンドウ構造 303 を通しておよびプラズマ処理領域 310 に伝送するために好適である本質的に任意の構成を有することができる。様々な実施形態では、第 1 のコイル 113 および第 2 のコイル 115 の

30

40

50

各々は、上側ウィンドウ構造 303 を通したおよびプラズマ処理領域 310 への RF 電力の伝送を提供するために適宜に任意の巻数ならびに任意の断面サイズおよび形状（円形、楕円形、長方形、台形など）を有することができる。

#### 【0037】

プラズマ処理領域 310 は、1 つまたは複数のプロセスガスが、矢印 315 によって表されるように、制御された様式でプラズマ処理領域 310 に供給され得るように、プロセスガス供給システム 313 に流体接続される。プロセスガス供給システム 313 は、制御された流量でおよび制御された流れ時間で、プラズマ処理領域 310 への 1 つまたは複数のプロセスガスの提供を可能にするために、1 つまたは複数のプロセスガス源、ならびに弁およびマスフローコントローラの配置を含む。また、様々な実施形態では、1 つまたは複数のプロセスガスは、基板支持構造 305 およびその上に保持された基板 307 に対して、時間的に制御された様式で、および空間的に制御された様式での両方で、プラズマ処理領域 310 に送出される。プラズマ処理システム 300 は、矢印 317 によって示されるように、プラズマ処理領域 310 からのプロセスガスの制御された除去を提供する排気システムをも含む。プラズマ処理システム 300 は、プラズマ処理領域 310 中で 1 つまたは複数のプロセスガスを（破線の楕円領域によって表される）プラズマ 309 に変換するために、プロセスガス供給システム 313 に、1 つまたは複数のプロセスガスをプラズマ処理領域 310 に流させることによって、および RF 電力を第 1 のコイル 113 および / または第 2 のコイル 115 からプラズマ処理領域 310 に伝送することによって動作する。いくつかの実施形態では、システムコントローラ 311 は、プロセスガス供給システム 313 の動作を制御するように、および RF 電力供給システム 100 の動作を制御するように接続される。

10

20

#### 【0038】

プラズマ 309 は、制御された様式で基板 307 の変化を引き起こすために生成される。様々な作製プロセスでは、基板 307 の変化は、基板 307 上の材料または表面条件の変化であり得る。たとえば、様々な作製プロセスでは、基板 307 の変化は、基板 307 からの材料のエッチング、基板 307 上の材料の堆積、または基板 307 上に存在する材料の変更のうちの 1 つまたは複数を含むことができる。プラズマ処理システム 300 は、RF 電力が、プラズマ処理チャンバ 301 外に配設された第 1 のコイル 113 および第 2 のコイル 115 からプラズマ処理領域 310 内のプロセスガスに伝送されて、プラズマ処理領域 310 内でプラズマ 309 を生成する、任意のタイプのプラズマ処理システムであり得ることを理解されたい。

30

#### 【0039】

いくつかの実施形態では、基板 307 は、作製手順を経た半導体ウエハである。しかしながら、様々な実施形態では、基板 307 は、プラズマベースの作製プロセスを受ける、本質的に任意のタイプの基板であり得ることを理解されたい。たとえば、いくつかの実施形態では、本明細書で言及される基板 307 は、シリコン、サファイア、GaN、GaAs または SiC、あるいは他の基板材料から形成された基板であり得、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むことができる。また、様々な実施形態では、本明細書で言及される基板 307 は、形態、形状、および / またはサイズが変動し得る。たとえば、いくつかの実施形態では、本明細書で言及される基板 307 は、半導体ウエハサイズの中でも、直径 200 mm（ミリメートル）の半導体ウエハ、直径 300 mm の半導体ウエハ、または直径 450 mm の半導体ウエハに対応し得る。また、いくつかの実施形態では、本明細書で言及される基板 307 は、形状の中でも、フラットパネルディスプレイのための長方形基板など、非円形基板に対応し得る。

40

#### 【0040】

図 4 は、いくつかの実施形態による、RF 電力をプラズマ処理システムに供給するための方法のフローチャートを示す。本方法は、（たとえば、第 1 の RF 電源 101 を動作させることによってなど）第 1 の周波数の RF 信号を生成するための動作 401 を含む。本方法は、第 1 の周波数の RF 信号の第 1 の部分を第 1 のコイル（たとえば、113）に供

50

給するための動作403をも含む。本方法は、第1の周波数のRF信号の第2の部分を第2のコイル（たとえば、115）に供給するための動作405をも含む。いくつかの実施形態では、本方法は、第1の周波数のRF信号の第1の部分の量と、第1の周波数のRF信号の第2の部分の量と、を制御するために電流スプリッタ可変キャパシタ（たとえば、109）を使用することを含む。本方法は、（たとえば、第2のRF電源103を動作させることによってなど）第2の周波数のRF信号を生成するための動作407をも含む。本方法は、第2の周波数のRF信号を第2のコイル（たとえば、115）に供給するための動作409をも含む。いくつかの実施形態では、本方法は、第1の周波数のRF信号が、第2の周波数のRF信号のソースに進むのを防ぐために（たとえば、第1のRF電源101によって生成されたRF信号が、第2のRF電源103に進むのを防ぐために）遮断フィルタ（たとえば、111）を使用することを含む。

10

#### 【0041】

いくつかの実施形態では、本方法は、第2のコイル（たとえば、115）によって駆動されるプラズマの点火/点弧をサポートするために第2のコイル（たとえば、115）に伝送された、第1のRF電源（たとえば、101）によって生成された第1の周波数のRF信号の第2の部分の量を増加させるように電流スプリッタ可変キャパシタ（たとえば、109）のキャパシタンス設定を制御するための動作を含む。また、これらの実施形態のうちいくつかでは、本方法は、プラズマの点火/点弧の後に第2のコイル（たとえば、115）に伝送された、第1のRF電源（たとえば、101）によって生成された第1の周波数のRF信号の第2の部分の量を減少させるように電流スプリッタ可変キャパシタ（たとえば、109）のキャパシタンス設定を制御するための動作を含む。いくつかの実施形態では、本方法は、第2のコイル（たとえば、115）によって駆動されるプラズマの安定性をサポートするために第2のコイル（たとえば、115）に伝送された、第1のRF電源（たとえば、101）によって生成された第1の周波数のRF信号の第2の部分の量を制御するように電流スプリッタ可変キャパシタ（たとえば、109）のキャパシタンス設定を制御するための動作を含む。いくつかの実施形態では、本方法は、第1のRF電源（たとえば、101）によって生成された第1の周波数のRF信号の第2の部分によって第2のコイル（たとえば、115）に送出されたRF電力の量を測定するための動作を含む。また、これらの実施形態では、本方法は、RF電力のターゲット量が、第1のRF電源（たとえば、101）によって生成された第1の周波数のRF信号の第2の部分によって第2のコイル（たとえば、115）に送出されるように、RF電力の測定された量を、電流スプリッタ可変キャパシタ（たとえば、109）のキャパシタンス設定を制御するためのフィードバック信号として使用するための動作を含む。

20

30

#### 【0042】

いくつかの実施形態では、第1のRF電源101によって生成されたRF信号の第1の周波数は、約13メガヘルツ（MHz）であり、第2のRF電源103によって生成されたRF信号の第2の周波数は、約2MHzである。これらの実施形態では、電流スプリッタ可変キャパシタ109のキャパシタンス設定は、約5ピコファラド（pF）から約500pFに及ぶ範囲内に制御される。また、これらの実施形態のうちいくつかでは、第1の同調可変キャパシタ121のキャパシタンス設定は、約5pFから約1000pFに及ぶ範囲内に制御され、インダクタ123は、約300ナノヘンリー（nH）から約1000nHに及ぶ範囲内のインダクタンスを有する。また、これらの実施形態のうちいくつかでは、第2の同調可変キャパシタ127のキャパシタンス設定は、約5pFから約2000pFに及ぶ範囲内に制御され、キャパシタ131は、約2000pFから約3500pFに及ぶ範囲内のキャパシタンスを有する。また、これらの実施形態のうちいくつかでは、遮断フィルタ111は、約50pFから約500pFに及ぶ範囲内のキャパシタンスを有するキャパシタ135と、約200nHから約2000nHに及ぶ範囲内のインダクタンスを有するインダクタ137と、で構成される。また、これらの実施形態のうちいくつかでは、随意的遮断フィルタ117は、遮断フィルタ111と同様に構成される。

40

#### 【0043】

50

いくつかの実施形態では、プラズマ処理システム 300 は、システムコントローラ 311 を介して、第 1 のコイル 113 だけへの第 1 の周波数の RF 信号の伝送と組み合わせた第 2 のコイル 115 への第 2 の周波数の RF 信号だけの伝送を使用してプラズマ 309 を点火する / 点弧するおよび維持するのが困難であるプラズマモードにおけるプラズマ 309 の生成を含むプラズマ処理レシピを実施するようにプログラムされる。たとえば、いくつかのプラズマ処理レシピおよび規定のプラズマモードの場合、第 2 の RF 電源 103 によって生成された、第 2 の周波数、たとえば、2 MHz の RF 信号は、それら自体では、外側コイル 115 によって駆動されたプラズマを点火する / 点弧するおよび維持するのに十分な RF 電力を提供しない。したがって、これらのプラズマ処理レシピおよび規定のプラズマモードについて、電流スプリッタ可変キャパシタ 109 は、制御構成要素 133 を介して、外側コイル 115 によって駆動されるプラズマ 309 の点火 / 点弧および維持を支援するために、第 1 の周波数、たとえば、13 MHz の RF 信号のうちのいくつかを外側コイル 115 に転送するように制御される。

10

#### 【0044】

様々なプラズマ処理レシピでは、プラズマ 309 は、プラズマ 309 が、主に、コイル 113 / 115 と、プラズマ 309 と、の間の容量性電界によって駆動されている E モードにおいて、またはプラズマ 309 が主にコイル 113 / 115 によって生成された磁界によって駆動されている H モードにおいてのいずれかで生成され得る。いくつかの状況では、プラズマ 309 が H モードにおいて生成されるべきであるとき、第 2 の RF 電源 103 から第 2 のコイル 115 に伝送された第 2 の周波数の RF 信号によって供給された RF 電力は、プラズマ 309 を点火する / 点弧するおよび維持するのに十分でない。また、プラズマ 309 生成内の遷移領域により、プラズマ 309 を点火する / 点弧するおよび維持するために、第 2 の RF 電源 103 から第 2 のコイル 115 に伝送された第 2 の周波数の RF 信号によって供給された RF 電力を、桁違いに、たとえば、約 300 ワットから 2 キロワット超まで増加させることが必要であることになる。しかしながら、第 2 の周波数の RF 信号によって供給された RF 電力を、そのような高いレベルに増加させることは、第 2 のコイル 115 を通した極めて高い電流の駆動を生じることになり、これは可能にされない。たとえば、第 2 のコイル 115 を通した極めて高い電流の駆動は、第 2 のコイル 115 上の電圧を、上側ウィンドウ構造 303 の問題になるプラズマスパッタリングを引き起こす許容できないレベルまで増加させることがある。したがって、そのような状況では、H モードにおけるプラズマ 309 の生成は、第 2 の RF 電源 103 から第 2 のコイル 115 への第 2 の周波数の RF 信号によって供給された RF 電力を単純増加させることによって確実に行われ得ない。RF 電力供給システム 100 は、第 2 のコイル 115 を通して許容できないほど高い電流を駆動する必要なしに、H モードにおけるプラズマ 309 の信頼できる点火 / 点弧および維持を可能にする、この状況におけるソリューションを提供する。たとえば、この状況では、システムコントローラ 311 および制御構成要素 133 は、上側ウィンドウ構造 303 のスパッタリングを引き起こし得る、第 2 のコイル 115 上の許容できないほど高い電圧を生じることなしに、H モードにおけるプラズマ 309 の点火 / 点弧および維持をサポートするために、第 2 の RF 電源 103 から第 2 のコイル 115 に供給された第 2 の周波数の RF 信号によって提供された RF 電力を拡張するために、第 1 の RF 電源 101 によって生成された第 1 の周波数の RF 信号の十分な量を第 2 のコイル 115 に転送するために電流スプリッタ可変キャパシタ 109 のキャパシタンスを設定するように動作する。

20

30

40

#### 【0045】

様々な実施形態では、電流スプリッタ可変キャパシタ 109 のキャパシタンス設定は、必要に応じてプラズマ処理ステップ間で変更され得る。たとえば、プラズマ処理レシピは、第 1 の周波数の RF 信号の大部分が第 1 のコイル 113 に伝送される処理ステップと、その後続く、第 1 の周波数の RF 信号のうちのいくつかは、第 2 のコイル 115 からプラズマ 309 への第 2 の周波数の RF 信号の結合をサポートするために電流スプリッタ可変キャパシタ 109 を介して第 2 のコイル 115 に転送される別の処理ステップと、を含

50

むことができる。また、いくつかの実施形態では、システムコントローラ 311 は、第 1 の周波数の RF 信号の十分に大きい部分が、プラズマ 309 生成の点火 / 点弧フェーズのために第 1 の RF 電源 101 から第 2 のコイル 115 に伝送され、その後、第 2 のコイル 115 上の電圧が、上側ウィンドウ構造 303 のプラズマスパッタリングを引き起こし得るレベル、たとえば、1500V を下回って維持されるように、プラズマ 309 の点火 / 点弧の後の、第 1 の RF 電源 101 から第 2 のコイル 115 に伝送される第 1 の周波数の RF 信号の部分の低減が続くように、制御構成要素 133 を介して、電流スプリッタ可変キャパシタ 109 のキャパシタンス設定を制御するようにプログラムされる。RF 電力供給システム 100 によって、特に、電流スプリッタ可変キャパシタ 109 によって提供される、第 1 の周波数の RF 信号のうちいくつかを第 2 のコイル 115 に転送するプログラマブル能力は、プラズマ 309 の点火 / 点弧の増加された信頼性と、プラズマ処理動作中の改善されたプラズマ 309 の安定性と、上側ウィンドウ構造 303 のプラズマスパッタリングを防ぐ / 低減するためのコイル 115 上の十分に低い電圧とを提供する。

10

**【0046】**

本明細書で開示される RF 電力供給システム 100 は、第 1 のコイル 113、たとえば、内側コイルと、第 2 のコイル 115、たとえば、外側コイルと、の間での、第 1 の周波数、たとえば、13MHz の RF 信号によって提供された RF 電力をスプリットするためのやり方を提供する。RF 電力供給システム 100 は、第 1 の RF 電源 101 および第 2 の RF 電源 103 の各々が、それぞれのダイレクトドライブ RF 信号生成器 200 であるとき、特に有用である。第 2 のコイル 115 への第 1 の周波数の RF 信号の部分のスプリッティングは、第 2 の周波数の RF 信号によって第 2 のコイル 115 に提供された RF 電力が、プラズマ 309 の点火を生じない、プラズマ 309 の不安定性を生じる、および / または H モードプラズマ 309 の持続可能性問題を生じる状況における、第 1 の RF 電源 101 および第 2 の RF 電源 103 の各々についての、ダイレクトドライブ RF 信号生成器 200 の使用を可能にする。

20

**【0047】**

いくつかの実施形態では、第 1 の周波数、たとえば、13MHz の RF 信号に対応する少量の RF 電流を、第 2 のコイル 115 に加えることによって、プラズマ 309 の点火 / 点弧の両方が、より可能性が高く、プラズマ 309 安定性ウィンドウが増加される。また、いくつかの実施形態では、第 2 のコイル 115 に供給された、第 1 の周波数、たとえば、13MHz の RF 信号に対応する RF 電流が、プラズマ 309 を H モードに入れることを助け、第 2 のコイル 115 に供給された、第 2 の周波数、たとえば、2MHz の RF 信号に対応する RF 電流が、単独でプラズマ 309 を H モードに入れることができないので、プラズマ 309 の H モード維持は、より可能性が高い。さらに、第 1 の周波数、たとえば、13MHz の RF 信号に対応する少量の RF 電流を、第 2 のコイル 115 に加えることによって、プラズマ 309 の特性の中でも、イオン密度、電子密度、および電子温度など、プラズマ 309 特性の空間分布を制御することが可能である。

30

**【0048】**

図 5 は、いくつかの例示的な実施形態による、システムコントローラ 311 の図を示す。いくつかの実施形態では、システムコントローラ 311 は、プロセッサ 509 と、記憶ハードウェアユニット (HU) 511 (たとえば、メモリ) と、入力 HU 501 と、出力 HU 505、入出力 (I/O) インターフェース 503 と、I/O インターフェース 507 と、ネットワークインターフェースコントローラ (NIC) 515 と、データ通信バス 513 と、を含む。プロセッサ 509 と、記憶 HU 511 と、入力 HU 501 と、出力 HU 505 と、I/O インターフェース 503 と、I/O インターフェース 507 と、NIC 515 とは、データ通信バス 513 を介して互いとデータ通信している。入力 HU 501 の例は、マウス、キーボード、スタイラス、データ収集システム、データ収集カードなどを含む。出力 HU 505 の例は、ディスプレイ、スピーカー、デバイスコントローラなどを含む。NIC 515 の例は、ネットワークインターフェースカード、ネットワークアダプタなどを含む。様々な実施形態では、NIC 515 は、特に、イーサネット (登録商

40

50

標) および/または Ethernet (登録商標) など、1つまたは複数の通信プロトコルおよび関連する物理層に従って動作するように構成される。I/Oインターフェース503および507の各々は、I/Oインターフェースに結合された異なるハードウェアユニット間の互換性を提供するように定義される。たとえば、I/Oインターフェース503は、入力HU501から受信される信号をデータ通信バス513と互換性がある形式、振幅、および/または速度に変換するように定義され得る。また、I/Oインターフェース507は、データ通信バス513から受信される信号を出力HU505と互換性がある形式、振幅、および/または速度に変換するように定義され得る。本明細書で説明される様々な動作は、システムコントローラ311のプロセッサ509によって実施されるが、いくつかの実施形態では、様々な動作は、システムコントローラ311の複数のプロセッサによって、および/またはシステムコントローラ311に接続された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施され得ることを理解されたい。

10

#### 【0049】

様々な実施形態では、プラズマ処理システム300は、基板307の処理前に、処理中に、および処理後にその動作を制御するためのエレクトロニクスと統合され、それらのエレクトロニクスは、RF電力供給システム100を含む、プラズマ処理システム300の様々な構成要素および/または下位部分を制御するように構成および接続された、システムコントローラ311内で実装される。プラズマ処理システム300の基板307処理要件および/または特定の構成に応じて、システムコントローラ311は、特に、プロセスガス供給システム313による(1つまたは複数の)プロセスガスの送出、温度設定(たとえば、加熱および/または冷却)、圧力設定、真空設定、電力設定、RF電力供給システム100設定、電気信号周波数設定、ガス流量設定、流体送出設定、位置および動作設定、プラズマ処理チャンバ301へのおよびそこからのならびに/あるいはプラズマ処理システム300に接続されたまたはそれとインターフェースされたロードロックへのおよびそこから基板307移送を含む、本明細書で開示される任意のプロセスおよび/または構成要素を制御するようにプログラムされる。

20

#### 【0050】

様々な実施形態では、システムコントローラ311は、タスク/動作の中でも、命令を受信すること、命令を発行すること、デバイス動作を制御すること、洗浄動作を可能にすること、終点測定を可能にすること、計測学測定(光、熱、電気、など)を可能にすることなど、様々なタスク/動作を指示および制御する様々な集積回路、論理、メモリ、および/またはソフトウェアを有するエレクトロニクスとして定義される。いくつかの実施形態では、システムコントローラ311内の集積回路は、プログラム命令を記憶するファームウェア、コンピューティングデバイスの中でも、プログラム命令(たとえば、ソフトウェア)を実行する、デジタル信号プロセッサ(DSP)、特定用途向け集積回路(ASIC)チップ、プログラマブル論理デバイス(PLD)、1つまたは複数のマイクロプロセッサ、および/または1つまたは複数のマイクロコントローラのうちの1つまたは複数を含む。いくつかの実施形態では、プログラム命令は、プラズマ処理システム300内で基板307上でプロセスを行うための動作パラメータを定義する、様々な個々の設定(またはプログラムファイル)の形式で、システムコントローラ311に通信される。いくつかの実施形態では、動作パラメータは、基板307上の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/またはダイの作製中に1つまたは複数の処理ステップを達成するために、プロセス技術者によって定義されたレシピ中に含まれる。

30

40

#### 【0051】

いくつかの実施形態では、システムコントローラ311は、プラズマ処理システム300と統合される、またはプラズマ処理システム300に接続される、あるいはさもなければプラズマ処理システム300にネットワーク接続される、コンピュータの一部であるか、あるいはコンピュータに接続されるか、あるいはその組合せである。たとえば、いくつかの実施形態では、システムコントローラ311は、「クラウド」あるいはファブホスト

50

コンピュータシステムの全部または一部中で実装され、これは、プラズマ処理システム 300 による基板 307 処理の制御のための遠隔アクセスを可能にする。システムコントローラ 311 は、作製動作の現在の進行の監視を提供すること、過去の作製動作の履歴の検査を提供すること、複数の作製動作からの傾向または性能メトリックの検査を提供すること、処理パラメータの変更を提供すること、後続の処理ステップの設定を提供すること、RF 電力供給システム 100 動作パラメータの仕様を提供すること、および / あるいは新しい基板作製プロセスの開始を提供することを行うために、プラズマ処理システム 300 への遠隔アクセスを可能にする。

#### 【0052】

いくつかの実施形態では、サーバコンピュータシステムなど、遠隔コンピュータが、ローカルネットワークおよび / またはインターネットを含むコンピュータネットワークを介してシステムコントローラ 311 にプロセスレシビを提供する。遠隔コンピュータは、パラメータおよび / または設定のエントリまたはプログラミングを可能にするユーザインターフェースを含み、パラメータおよび / または設定は、次いで、遠隔コンピュータからシステムコントローラ 311 に通信される。いくつかの例では、システムコントローラ 311 は、プラズマ処理システム 300 内で基板 307 を処理するための設定の形態の命令を受信する。それらの設定は、基板 307 上で実施されるべきプロセスのタイプ、およびシステムコントローラ 311 がインターフェースするまたは制御するツール / デバイス / 構成要素のタイプに固有であることを理解されたい。いくつかの実施形態では、システムコントローラ 311 は、ともにネットワーク接続され、基板 307 上で規定のプロセスを実施するためにプラズマ処理システム 300 を動作させることなどの共通の目的に向かって機能するように同期された、1 つまたは複数の個別システムコントローラ 311 を含むことなどによって、分散される。そのような目的のための分散システムコントローラ 311 の一例が、チャンバ中のプロセスを制御するように組み合わせた、(プラットフォームレベルにおいて、または遠隔コンピュータの一部としてなどの) 遠隔にある 1 つまたは複数の集積回路と通信しているチャンバ上の 1 つまたは複数の集積回路を含む。また、プラズマ処理システム 300 によって実施されるべきプロセス動作に応じて、システムコントローラ 311 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、他のツールインターフェース、隣接ツール、近隣ツール、分散ツール、メインコンピュータ、別のコントローラ、あるいは半導体製造工場におけるツールロケーションおよび / またはロードポートとの間で基板 307 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 つまたは複数となど、半導体製造工場を通して様々なエンティティと通信する。

#### 【0053】

本明細書で説明される様々な実施形態は、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ベースまたはプログラマブルコンシューマーエレクトロニクス、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様々なコンピュータシステム構成とともに実践され得る。本明細書で説明される様々な実施形態はまた、コンピュータネットワークを通してリンクされた遠隔処理ハードウェアユニットによってタスクが実施される分散コンピューティング環境とともに実践され得る。また、本明細書で開示される様々な実施形態は、コンピュータシステムに記憶されたデータに関する様々なコンピュータ実装動作の実施を含むことを理解されたい。これらのコンピュータ実装動作は、物理量を操作するものである。様々な実施形態では、コンピュータ実装動作は、汎用コンピュータまたは専用コンピュータのいずれかによって実施される。いくつかの実施形態では、コンピュータ実装動作は、選択的にアクティブにされたコンピュータによって実施され、および / あるいはコンピュータメモリに記憶され、またはコンピュータネットワークを介して取得される 1 つまたは複数のコンピュータプログラムによって指示される。コンピュータプログラムおよび / またはデジタルデータがコンピュータネットワークを介して取得されるとき、デジタルデータは、コンピュータネットワーク上の他のコンピュータ、たとえば、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。コン

10

20

30

40

50

コンピュータプログラムおよびデジタルデータは、非一時的コンピュータ可読媒体にコンピュータ可読コードとして記憶される。非一時的コンピュータ可読媒体は、データを記憶する、任意のデータ記憶ハードウェアユニット、たとえば、メモリデバイスなどであり、データは、その後、コンピュータシステムによって可読である。非一時的コンピュータ可読媒体の例は、ハードドライブ、ネットワーク接続ストレージ(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)、デジタルビデオ/汎用ディスク(DVD)、磁気テープ、ならびに他の光学および非光学的数据記憶ハードウェアユニットを含む。いくつかの実施形態では、コンピュータプログラムおよび/またはデジタルデータは、コンピュータプログラムおよび/またはデジタルデータが分散された様式で実行および/または記憶されるように、結合されたコンピュータシステムのネットワーク内の異なるコンピュータシステム中にある複数のコンピュータ可読媒体の間で分散される。

10

【0054】

上記の開示は、理解の明確さの目的で何からの詳細を含むが、いくつかの変更および修正が、添付の特許請求の範囲内で実践され得ることは明らかであろう。たとえば、本明細書で開示される任意の実施形態からの1つまたは複数の特徴が、本明細書で開示される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せられ得ることを理解されたい。したがって、本実施形態は、限定的ではなく例示的であると見なされるべきであり、特許請求の範囲は、本明細書で与えられる詳細に限定されるべきでなく、説明される実施形態の範囲および均等物の範囲内で修正され得る。

20

【0055】

特許請求の範囲は以下の通りである。

【図面】

【図1】

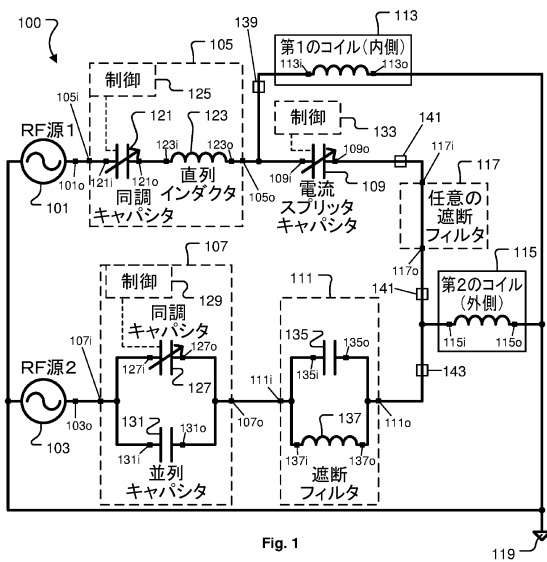


Fig. 1

【図2A】

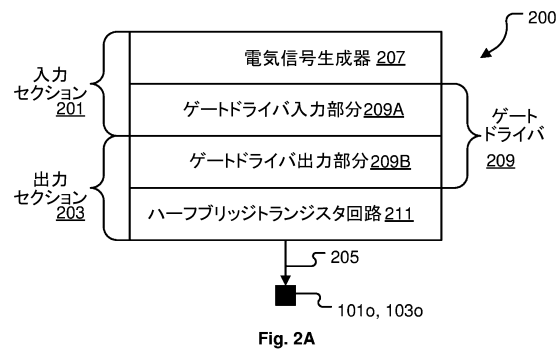


Fig. 2A

30

40

50



【 図 3 B 】

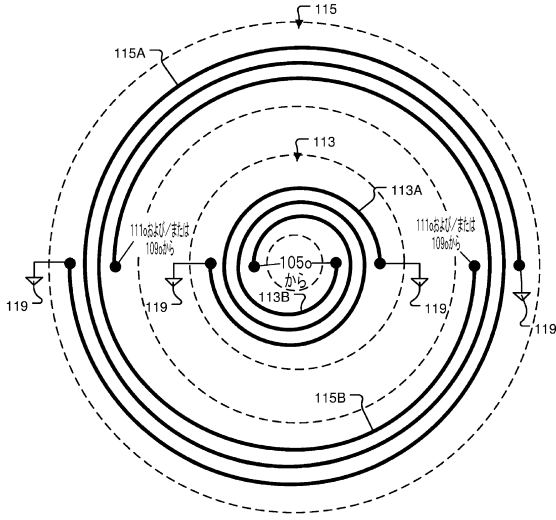


Fig. 3B

【 図 4 】

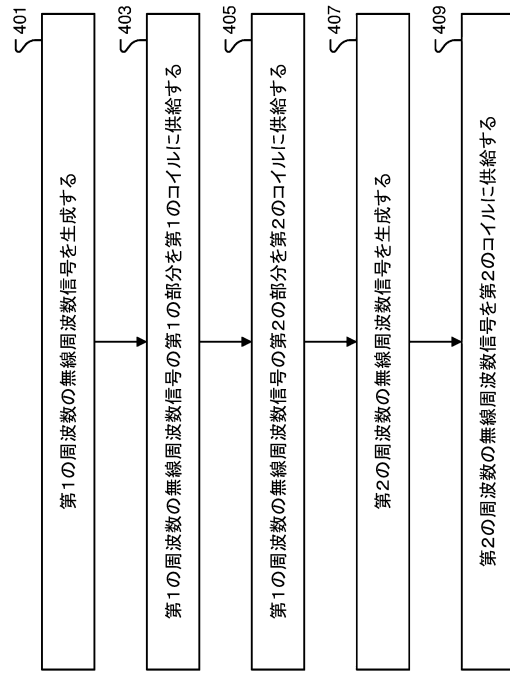


Fig. 4

【 図 5 】

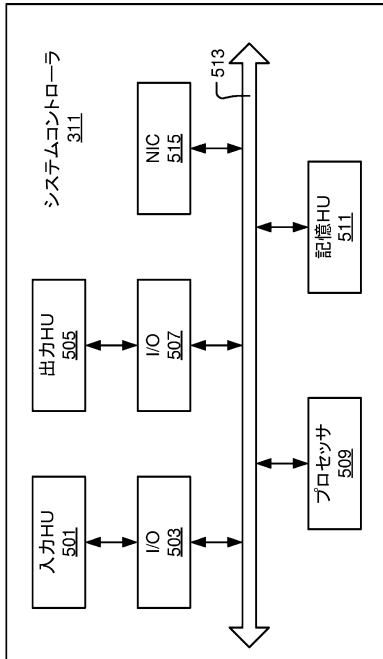


Fig. 5

10

20

30

40

50

## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. <b>PCT/US2022/052563</b>
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> H01J 37/32(2006.01)i  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>  Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01J 37/32(2006.01); C23C 16/458(2006.01); H01L 21/205(2006.01); H01L 21/3065(2006.01); H05H 1/46(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, RF-power, multiple-coil, current-splitter		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2015-0311038 A1 (SEMES CO., LTD.) 29 October 2015 (2015-10-29) Paragraphs 57, 66, 69; and figures 1-3.	1-20
A	KR 10-1817210 B1 (SEMES CO., LTD. et al.) 15 January 2018 (2018-01-15) Paragraphs 65, 71-73; and figure 5.	1-20
A	WO 2014-014568 A1 (APPLIED MATERIALS, INC.) 23 January 2014 (2014-01-23) The entire document.	1-20
A	US 2017-0125218 A1 (LAM RESEARCH CORPORATION) 04 May 2017 (2017-05-04) The entire document.	1-20
A	JP 2012-186197 A (TOKYO ELECTRON LTD.) 27 September 2012 (2012-09-27) The entire document.	1-20
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 <b>04 May 2023</b>		Date of mailing of the international search report <b>04 May 2023</b>
Name and mailing address of the ISA/KR <b>Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon 35208, Republic of Korea</b> Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer <b>HONG, Kee Wan</b> Telephone No. +82-42-481-5003

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2022)

10

20

30

40

50

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

PCT/US2022/052563

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2015-0311038	A1	29 October 2015	CN	105023823	A	04 November 2015
				CN	108321073	A	24 July 2018
				KR	10-1522891	B1	27 May 2015
				US	11456154	B2	27 September 2022
KR	10-1817210	B1	15 January 2018	None			
WO	2014-014568	A1	23 January 2014	CN	104412717	A	11 March 2015
				CN	104412718	A	11 March 2015
				JP	2015-529938	A	08 October 2015
				JP	2015-531163	A	29 October 2015
				KR	10-2015-0036707	A	07 April 2015
				KR	10-2015-0038130	A	08 April 2015
				US	10131994	B2	20 November 2018
				US	10170279	B2	01 January 2019
				US	10249470	B2	02 April 2019
				US	10811226	B2	20 October 2020
				US	2014-0020835	A1	23 January 2014
				US	2014-0020836	A1	23 January 2014
				US	2014-0020837	A1	23 January 2014
				US	2014-0020838	A1	23 January 2014
				US	2014-0020839	A1	23 January 2014
				US	2014-0021861	A1	23 January 2014
				US	2014-0232263	A1	21 August 2014
				US	2014-0265832	A1	18 September 2014
				US	2014-0312766	A1	23 October 2014
				US	2017-0350017	A1	07 December 2017
				US	2017-0350018	A1	07 December 2017
				US	2018-0138014	A1	17 May 2018
				US	2018-0211811	A1	26 July 2018
				US	2018-0218873	A1	02 August 2018
				US	2019-0085467	A1	21 March 2019
				US	2019-0330748	A1	31 October 2019
				US	9082590	B2	14 July 2015
				US	9449794	B2	20 September 2016
				US	9745663	B2	29 August 2017
US	9870897	B2	16 January 2018				
US	9896769	B2	20 February 2018				
US	9928987	B2	27 March 2018				
WO	2014-014566	A1	23 January 2014				
US	2017-0125218	A1	04 May 2017	KR	10-2017-0054284	A	17 May 2017
				US	10297422	B2	21 May 2019
JP	2012-186197	A	27 September 2012	CN	102686005	A	19 September 2012
				CN	102686005	B	25 May 2016
				JP	5800532	B2	28 October 2015
				KR	10-1873485	B1	02 July 2018
				KR	10-2012-0100835	A	12 September 2012
				KR	10-2017-0124481	A	10 November 2017
				KR	10-2031198	B1	11 October 2019
				US	2012-0223060	A1	06 September 2012
				US	9119282	B2	25 August 2015

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2022)

10

20

30

40

50

---

 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,N  
 E,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,  
 CV,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,I  
 T,JM,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

5 3 8 フレモント , クッシング・パークウェイ , 4 6 5 0

(72)発明者 ワン・ユホウ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 3 8 フレモント , クッシング・パークウェイ , 4 6 5 0

(72)発明者 マーシュ・リチャード・エイ .

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 3 8 フレモント , クッシング・パークウェイ , 4 6 5 0

F ターム ( 参考 ) 2G084 BB06 BB28 CC13 CC33 DD03 DD25 DD34 EE23 EE25 HH05

HH21 HH22 HH24