(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2025-509162
(P2025-509162A)
(43)公表日　令和7年4月11日(2025.4.11)

(51)国際特許分類		FI			テーマコード（参考）
Ｈ０５Ｈ	*1/46 (2006.01)*	Ｈ０５Ｈ	1/46	Ｒ	２Ｇ０８４
Ｈ０１Ｌ	*21/3065(2006.01)*	Ｈ０１Ｌ	21/302	１０１Ｂ	５Ｆ００４
Ｈ０１Ｌ	*21/31 (2006.01)*	Ｈ０１Ｌ	21/31	Ｃ	５Ｆ０４５

審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全26頁）

(21)出願番号　特願2024-552126(P2024-552126)
(86)(22)出願日　令和5年2月15日(2023.2.15)
(85)翻訳文提出日　令和6年10月29日(2024.10.29)
(86)国際出願番号　PCT/US2023/013166
(87)国際公開番号　WO2023/172384
(87)国際公開日　令和5年9月14日(2023.9.14)
(31)優先権主張番号　63/317,433
(32)優先日　令和4年3月7日(2022.3.7)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(81)指定国・地域　AP(BW,CV,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
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　ボウミック・ラナディープ
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９４
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　状態遷移の後の反射電力を低減するためのシステムおよび方法

(57)【要約】
【解決手段】遷移状態の後の、高周波数（ＨＦ）無線周波数（ＲＦ）生成器に関連する反射電力を低減するための方法が説明される。本方法は、ＨＦ　ＲＦ信号の状態を複数のサブ状態に分割するようにＨＦ　ＲＦ生成器を制御することを含む。複数のサブ状態は、第１のサブ状態と、第２のサブ状態と、を含む。本方法は、第１のサブ状態中の第１の基準高周波数値と、第２のサブ状態中の第２の基準高周波数値と、を適用するようにＨＦ　ＲＦ生成器を制御することをさらに含む。本方法は、第１のサブ状態中の第１の基準高周波数値からのＨＦオフセット値の第１のセットを適用することと、第２のサブ状態中の第２の基準高周波数値からのＨＦオフセット値の第２のセットを適用することと、を含む。
【選択図】図１

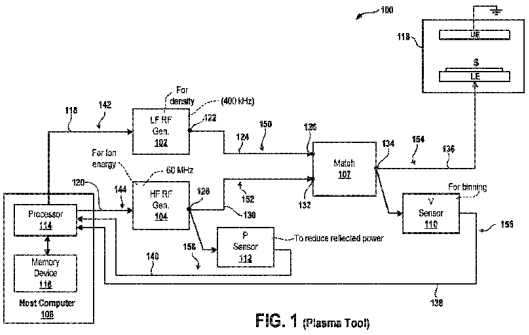


FIG. 1 (Plasma Tool)

【特許請求の範囲】
【請求項１】
遷移状態の後の、高周波数（ＨＦ）無線周波数（ＲＦ）生成器に関連する反射電力を低減するための方法であって、
ＨＦ　ＲＦ信号の状態を複数のサブ状態に分割するように前記ＨＦ　ＲＦ生成器を制御することであって、前記複数のサブ状態が、第１のサブ状態と、第２のサブ状態と、を含む、ことと、
前記第１のサブ状態中の第１の基準高周波数値と、前記第２のサブ状態中の第２の基準高周波数値と、を適用するように前記ＨＦ　ＲＦ生成器を制御することと、
前記第１のサブ状態中の前記第１の基準高周波数値からのＨＦオフセット値の第１のセットを適用することと、
前記第２のサブ状態中の前記第２の基準高周波数値からのＨＦオフセット値の第２のセットを適用することと、
を含む、方法。
【請求項２】
請求項１に記載の方法であって、前記状態が、前記遷移状態と、定常状態と、を含み、前記定常状態中に、前記ＨＦ　ＲＦ信号が、所定の範囲内の電力レベルを有し、前記遷移状態中に、前記ＨＦ　ＲＦ信号が、前記所定の範囲外の電力レベルを有する、方法。
【請求項３】
請求項１に記載の方法であって、前記状態を前記複数のサブ状態に分割するように前記ＨＦ　ＲＦ生成器を前記制御することは、
前記第１のサブ状態の第１のデューティサイクルと、前記第２のサブ状態の第２のデューティサイクルと、を前記ＨＦ　ＲＦ生成器に提供することと、
前記第１のデューティサイクル中に適用されるべき前記ＨＦ　ＲＦ信号の第１の電力レベルを提供することと、
前記第２のデューティサイクル中に適用されるべき前記ＨＦ　ＲＦ信号の第２の電力レベルを提供することであって、前記第１の電力レベルが、前記第２の電力レベルに等しい、ことと、
を含む、方法。
【請求項４】
請求項１に記載の方法であって、
前記複数のサブ状態の各々について、ホールドオフ期間と、アパーチャウィンドウと、にアクセスすることと、
前記アパーチャウィンドウ中に前記ＨＦ　ＲＦ信号の周波数を同調させることと、
をさらに含む、方法。
【請求項５】
請求項４に記載の方法であって、前記ホールドオフ期間中に前記ＨＦ　ＲＦ信号の前記周波数の同調を回避することをさらに含む、方法。
【請求項６】
請求項１に記載の方法であって、前記第１の基準高周波数値が、前記第２の基準高周波数値とは異なる、方法。
【請求項７】
請求項１に記載の方法であって、前記第１のサブ状態が、前記遷移状態と、定常状態の第１の部分と、を含み、前記第２のサブ状態が、前記定常状態の第２の部分を含む、方法。
【請求項８】
遷移状態の後の、高周波数（ＨＦ）無線周波数（ＲＦ）生成器に関連する反射電力を低減するためのコントローラであって、
ＨＦ　ＲＦ信号の状態を複数のサブ状態に分割するように前記ＨＦ　ＲＦ生成器を制御することであって、前記複数のサブ状態が、第１のサブ状態と、第２のサブ状態と、を

含む、ことと、
前記第１のサブ状態中の第１の基準高周波数値と、前記第２のサブ状態中の第２の基準高周波数値と、を適用するように前記ＨＦ　ＲＦ生成器を制御することと、
前記第１のサブ状態中の前記第１の基準高周波数値からのＨＦオフセット値の第１のセットを適用することと、
前記第２のサブ状態中の前記第２の基準高周波数値からのＨＦオフセット値の第２のセットを適用することと、
を行うように構成されたプロセッサと、
前記プロセッサに結合されたメモリデバイスと、
を備える、コントローラ。
【請求項９】
請求項８に記載のコントローラであって、前記状態が、前記遷移状態と、定常状態と、を含み、前記定常状態中に、前記ＨＦ　ＲＦ信号が、所定の範囲内の電力レベルを有し、前記遷移状態中に、前記ＨＦ　ＲＦ信号が、前記所定の範囲外の電力レベルを有する、コントローラ。
【請求項１０】
請求項８に記載のコントローラであって、前記状態を前記複数のサブ状態に分割するように前記ＨＦ　ＲＦ生成器を制御するために、前記プロセッサは、
前記第１のサブ状態の第１のデューティサイクルと、前記第２のサブ状態の第２のデューティサイクルと、を前記ＨＦ　ＲＦ生成器に提供することと、
前記第１のデューティサイクル中に適用されるべき前記ＨＦ　ＲＦ信号の第１の電力レベルを提供することと、
前記第２のデューティサイクル中に適用されるべき前記ＨＦ　ＲＦ信号の第２の電力レベルを提供することであって、前記第１の電力レベルが、前記第２の電力レベルに等しい、ことと、
を行うように構成された、コントローラ。
【請求項１１】
請求項８に記載のコントローラであって、前記プロセッサが、
前記複数のサブ状態の各々について、ホールドオフ期間と、アパーチャウィンドウと、にアクセスすることと、
前記アパーチャウィンドウ中に前記ＨＦ　ＲＦ信号の周波数を同調させることと、
を行うように構成された、コントローラ。
【請求項１２】
請求項１１に記載のコントローラであって、前記プロセッサが、前記ホールドオフ期間中に前記ＨＦ　ＲＦ信号の前記周波数の同調を回避するように構成された、コントローラ。
【請求項１３】
請求項８に記載のコントローラであって、前記第１の基準高周波数値が、前記第２の基準高周波数値とは異なる、コントローラ。
【請求項１４】
請求項８に記載のコントローラであって、前記第１のサブ状態が、前記遷移状態と、定常状態の第１の部分と、を含み、前記第２のサブ状態が、前記定常状態の第２の部分を含む、コントローラ。
【請求項１５】
遷移状態の後の、高周波数（ＨＦ）無線周波数（ＲＦ）生成器に関連する反射電力を低減するためのシステムであって、
低周波数（ＬＦ）ＲＦ信号を生成するように構成されたＬＦ　ＲＦ生成器と、
ＨＦ　ＲＦ信号を生成するように構成された前記ＨＦ　ＲＦ生成器と、
前記ＬＦ　ＲＦ生成器および前記ＨＦ　ＲＦ生成器に結合された整合器と、
前記ＬＦ　ＲＦ生成器および前記ＨＦ　ＲＦ生成器に結合されたコントローラと、
を備え、前記コントローラは、

前記ＨＦ　ＲＦ信号の状態を複数のサブ状態に分割するように前記ＨＦ　ＲＦ生成器を制御することであって、前記複数のサブ状態が、第１のサブ状態と、第２のサブ状態と、を含む、ことと、
前記第１のサブ状態中の第１の基準高周波数値と、前記第２のサブ状態中の第２の基準高周波数値と、を適用するように前記ＨＦ　ＲＦ生成器を制御することと、
前記第１のサブ状態中の前記第１の基準高周波数値からのＨＦオフセット値の第１のセットを適用することと、
前記第２のサブ状態中の前記第２の基準高周波数値からのＨＦオフセット値の第２のセットを適用することと、
を行うように構成された、システム。
【請求項１６】
請求項１５に記載のシステムであって、前記状態が、前記遷移状態と、定常状態と、を含み、前記定常状態中に、前記ＨＦ　ＲＦ信号が、所定の範囲内の電力レベルを有し、前記遷移状態中に、前記ＨＦ　ＲＦ信号が、前記所定の範囲外の電力レベルを有する、システム。
【請求項１７】
請求項１５に記載のシステムであって、前記状態を前記複数のサブ状態に分割するように前記ＨＦ　ＲＦ生成器を制御するために、前記コントローラは、
前記第１のサブ状態の第１のデューティサイクルと、前記第２のサブ状態の第２のデューティサイクルと、を前記ＨＦ　ＲＦ生成器に提供することと、
前記第１のデューティサイクル中に適用されるべき前記ＨＦ　ＲＦ信号の第１の電力レベルを提供することと、
前記第２のデューティサイクル中に適用されるべき前記ＨＦ　ＲＦ信号の第２の電力レベルを提供することであって、前記第１の電力レベルが、前記第２の電力レベルに等しい、ことと、
を行うように構成された、システム。
【請求項１８】
請求項１５に記載のシステムであって、前記コントローラが、
前記複数のサブ状態の各々について、ホールドオフ期間と、アパーチャウィンドウと、にアクセスすることと、
前記アパーチャウィンドウ中に前記高ＲＦ信号の周波数を同調させることと、
を行うように構成された、システム。
【請求項１９】
請求項１８に記載のシステムであって、前記コントローラが、前記ホールドオフ期間中に前記高ＲＦ信号の前記周波数の同調を回避するように構成された、システム。
【請求項２０】
請求項１５に記載のシステムであって、前記第１の基準高周波数値が、前記第２の基準高周波数値とは異なる、システム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示で説明される実施形態は、状態遷移の後の反射電力を低減するためのシステムおよび方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
本明細書で提供される背景技術の説明は、本開示のコンテキストを全般的に提示することを目的としている。現在名前が挙げられている発明者の研究は、この背景技術セクションにおいて説明されるその研究の範囲で、出願時に従来技術と別途見なされない可能性のある説明の態様と同様に、本開示に対する従来技術として明示的にも暗示的にも認められるものではない。

【０００３】
プラズマツールが、無線周波数（ＲＦ）生成器と、整合器（ｍａｔｃｈ）と、プラズマリアクタと、を含む。ＲＦ生成器は、整合器を介してプラズマリアクタに結合される。半導体ウエハが、処理のためにプラズマリアクタ中に配置される。ＲＦ生成器は、ＲＦ信号を生成し、ＲＦ信号は、整合器を介してプラズマリアクタに供給される。ＲＦ信号に加えて、プロセスガスが、半導体ウエハを処理するためにプラズマリアクタに提供される。しかしながら、電力が、プラズマリアクタからＨＦ　ＲＦ生成器のほうへ反射される。これは、半導体ウエハの処理の効率を低減する。
【０００４】
本開示で説明される実施形態が行われるのは、このコンテキストにおいてである。
【発明の概要】
【０００５】
本開示の実施形態は、状態遷移の後の反射電力のためのシステムおよび方法を提供する。本実施形態は、コンピュータ可読媒体上で、多数のやり方、たとえば、プロセス、装置、システム、１つのハードウェア、または方法で実装され得ることを諒解されたい。いくつかの実施形態が以下で説明される。
【０００６】
一実施形態では、遷移状態の後の、高周波数（ＨＦ）無線周波数（ＲＦ）生成器に関連する反射電力を低減するための方法が説明される。本方法は、ＨＦ　ＲＦ信号の状態を複数のサブ状態（ｓｕｂ－ｓｔａｔｅ）に分割するようにＨＦ　ＲＦ生成器を制御することを含む。複数のサブ状態は、第１のサブ状態と、第２のサブ状態と、を含む。本方法は、第１のサブ状態中の第１の基準高周波数値と、第２のサブ状態中の第２の基準高周波数値と、を適用するようにＨＦ　ＲＦ生成器を制御することをさらに含む。本方法は、第１のサブ状態中の第１の基準高周波数値からのＨＦオフセット値の第１のセットを適用することと、第２のサブ状態中の第２の基準高周波数値からのＨＦオフセット値の第２のセットを適用することと、を含む。
【０００７】
一実施形態では、遷移状態の後の、ＨＦ　ＲＦ生成器に関連する反射電力を低減するためのコントローラが説明される。本コントローラは、ＨＦ　ＲＦ信号の状態を複数のサブ状態に分割するようにＨＦ　ＲＦ生成器を制御するプロセッサを含む。複数のサブ状態は、第１のサブ状態と、第２のサブ状態と、を含む。プロセッサは、第１のサブ状態中の第１の基準高周波数値と、第２のサブ状態中の第２の基準高周波数値と、を適用するようにＨＦ　ＲＦ生成器をさらに制御する。プロセッサは、第１のサブ状態中の第１の基準高周波数値からのＨＦオフセット値の第１のセットを適用する。プロセッサは、第２のサブ状態中の第２の基準高周波数値からのＨＦオフセット値の第２のセットを適用する。本コントローラは、プロセッサに結合されたメモリデバイスを含む。
【０００８】
一実施形態では、遷移状態の後の、ＨＦ　ＲＦ生成器に関連する反射電力を低減するためのシステムが説明される。本システムは、低周波数（ＬＦ）ＲＦ信号を生成するＬＦ　ＲＦ生成器を含む。ＨＦ　ＲＦ生成器は、ＨＦ　ＲＦ信号を生成する。本システムは、ＬＦ　ＲＦ生成器およびＨＦ　ＲＦ生成器に結合された整合器を含む。本システムは、ＬＦ　ＲＦ生成器およびＨＦ　ＲＦ生成器に結合されたコントローラを含む。コントローラは、ＨＦ　ＲＦ信号の状態を複数のサブ状態に分割するようにＨＦ　ＲＦ生成器を制御する。複数のサブ状態は、第１のサブ状態と、第２のサブ状態と、を含む。コントローラは、第１のサブ状態中の第１の基準高周波数値と、第２のサブ状態中の第２の基準高周波数値と、を適用するようにＨＦ　ＲＦ生成器を制御する。コントローラは、第１のサブ状態中の第１の基準高周波数値からのＨＦオフセット値の第１のセットを適用する。コントローラは、第２のサブ状態中の第２の基準高周波数値からのＨＦオフセット値の第２のセットを適用する。
【０００９】

本明細書で説明されるシステムおよび方法のいくつかの利点は、状態遷移の後の反射電力を低減することを含む。状態遷移は、プラズマインピーダンスにおける乱れを生じる。乱れの結果として、状態遷移の直後に、より大きい量の電力が、ＨＦ　ＲＦ生成器のほうへ反射される。反射されたより大きい量の電力は、本明細書では電力グリッチ（ｐｏｗｅｒ　ｇｌｉｔｃｈ）と呼ばれることがある。正確で詳細な様式で反射電力の量を低減するために、状態遷移の直後にくる状態が、所定の数のサブ状態に分割される。その分割は、上記状態の期間にわたって発生するインピーダンス変化を考慮する。各サブ状態について、基準高周波数値および複数のＨＦオフセットが、状態遷移の後にＨＦ　ＲＦ生成器のほうへ反射される電力を低減するために決定される。上記状態を所定の数の状態に分割することによって、ならびに基準高周波数値およびＨＦオフセットをサブ状態の各々に別々に適用することによって、ＨＦ　ＲＦ生成器のほうへ反射される電力は、正確な様式で低減される。たとえば、サブ状態は、第１のサブ状態と、第２のサブ状態と、を含む。本例では、第２のサブ状態についての基準高周波数値を決定することによって、ＨＦ　ＲＦ生成器のほうへ反射される電力は、より正確な様式で考慮される。

【００１０】

いくつかの他の態様は、添付の図面とともに、以下の発明を実施するための形態から明らかになろう。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

実施形態は、添付の図面とともに以下の説明を参照することによって理解される。

【００１２】

【図１】低周波数（ＬＦ）無線周波数（ＲＦ）生成器および高周波数（ＨＦ）ＲＦ生成器の使用を示すための、プラズマシステムの一実施形態の図である。

【００１３】

【図２Ａ】クロック信号を示すためのグラフである。

【００１４】

【図２Ｂ】ＬＦ　ＲＦ生成器およびＨＦ　ＲＦ生成器によって生成されたＲＦ信号の多状態パルシングを示すためのグラフである。

【００１５】

【図２Ｃ】状態遷移の後の電力グリッチを低減するための方法を示すためのグラフである。

【００１６】

【図３】電圧（Ｖ）センサーによって生成された電圧信号を示すためのグラフである。

【００１７】

【図４】電力グリッチを低減するための方法の一実施形態を示すためのグラフである。

【発明を実施するための形態】

【００１８】

以下の実施形態は、詳細で正確な様式で状態遷移の後の高周波数（ＨＦ）無線周波数（ＲＦ）反射電力を低減するためのシステムおよび方法について説明する。本実施形態が、これらの具体的な詳細の一部または全部なしに実践され得ることは明らかであろう。他の事例では、よく知られているプロセス動作は、本実施形態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。

【００１９】

図１は、低周波数（ＬＦ）ＲＦ生成器１０２およびＨＦ　ＲＦ生成器１０４の使用を示すための、プラズマシステム１００の一実施形態の図である。システム１００は、ＬＦ　ＲＦ生成器１０２と、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４と、ホストコンピュータ１０６と、整合器１０７と、プラズマチャンバ１０８と、を含む。プラズマシステム１００は、電圧（Ｖ）センサー１１０と、電力（Ｐ）センサー１１２と、をさらに含む。

【００２０】

一例として、ＬＦ　ＲＦ生成器１０２は、４００キロヘルツ（ｋＨｚ）、または２メガ

ヘルツ（ＭＨｚ）の動作周波数を有する。また、一例として、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４は、２７ＭＨｚまたは６０ＭＨｚの動作周波数を有する。ホストコンピュータ１０６の例は、デスクトップ、ラップトップ、タブレット、コントローラ、およびスマートフォンを含む。整合器１０７の一例は、インピーダンス整合回路またはインピーダンス整合器または整合器回路またはインピーダンス整合ネットワークである。例示のために、整合器１０７は、第１の分岐回路と、第２の分岐回路と、を含む。各分岐回路は、１つまたは複数の整合器ネットワーク要素を含む。整合器ネットワーク要素の例は、キャパシタ、インダクタ、および抵抗器を含む。プラズマチャンバ１０８の一例は、容量結合プラズマ（ＣＣＰ）チャンバである。

【００２１】

ホストコンピュータ１０６は、プロセッサ１１４と、メモリデバイス１１６と、を含む。プロセッサ１１４の例は、中央処理ユニット（ＣＰＵ）、特定用途向け集積回路（ＡＳＩＣ）、およびプログラマブル論理デバイス（ＰＬＤ）を含む。メモリデバイス１１６の例は、読取り専用メモリおよびランダムアクセスメモリを含む。

【００２２】

プラズマチャンバ１０８は、下部電極ＬＥと、上部電極ＵＥと、を含む。下部電極ＬＥと、上部電極ＵＥと、の間に間隙が形成され、処理のために、その間隙内に、下部電極ＬＥの上面上に、基板Ｓが配置される。基板Ｓの一例は、集積回路が上に作製される半導体ウエハを含む。

【００２３】

プロセッサ１１４は、メモリデバイス１１６に結合される。プロセッサ１１４は、転送ケーブル１１８を介してＬＦ　ＲＦ生成器１０２に結合され、転送ケーブル１２０を介してＨＦ　ＲＦ生成器１０４に結合される。転送ケーブルの一例は、並列様式でまたは直列様式であるいはユニバーサルシリアルバス（ＵＳＢ）プロトコルを使用してデータを転送する電気ケーブルを含む。ＬＦ　ＲＦ生成器１０２は、出力１２２を有し、出力１２２は、ＲＦケーブル１２４を介して整合器１０７の入力１２６に結合される。同様に、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４は、出力１２８を有し、出力１２８は、ＲＦケーブル１３０を介して整合器１０７の入力１３２に結合される。整合器１０７は、出力１３４を有し、出力１３４は、ＲＦ伝送線路１３６を介して下部電極ＬＥに結合される。整合器１０７の第１の分岐回路は、入力１２６と、出力１３４と、の間に結合され、整合器１０７の第２の分岐回路は、入力１３２と、出力１３４と、の間に結合される。上部電極ＵＥは、接地電位に結合される。

【００２４】

Ｖセンサー１１０は、転送ケーブル１３８を介してプロセッサ１１４に結合され、Ｐセンサー１１２は、転送ケーブル１４０を介してプロセッサ１１４に結合される。Ｖセンサー１１０は、整合器１３４の出力１３４に結合される。また、Ｐセンサー１１２は、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４の出力１２８に結合される。

【００２５】

プロセッサ１１４は、レシピ信号１４２を生成し、レシピ信号１４２は、ＬＦ　ＲＦ生成器１０２によって生成されるべきＲＦ信号１５０の、低周波数と、１つまたは複数の電力レベルと、を含む。一例として、低周波数は、ＬＦ　ＲＦ生成器１０２の動作周波数に等しい。プロセッサ１１４は、レシピ信号１４２を転送ケーブル１１８を介してＬＦ　ＲＦ生成器１０２に送る。また、プロセッサ１１４は、レシピ信号１４４を生成し、レシピ信号１４４は、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４によって生成されるべきＲＦ信号１５２の、高周波数と、１つまたは複数の電力レベルと、を含む。一例として、高周波数は、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４の動作周波数に等しい。プロセッサ１１４は、レシピ信号１４４を転送ケーブル１２０を介してＨＦ　ＲＦ生成器１０４に送る。

【００２６】

レシピ信号１４２を受信すると、ＬＦ　ＲＦ生成器１０２は、レシピ信号１４２内で示される、低周波数と、１つまたは複数の電力レベルと、を有する、ＲＦ信号１５０を生成

する。ＬＦ　ＲＦ生成器１０２は、ＲＦ信号１５０を、出力１２２、ＲＦケーブル１２４、および入力１２６を介して整合器１０７に送る。同様に、レシピ信号１４４を受信すると、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４は、レシピ信号１４４内で示される、高周波数と、１つまたは複数の電力レベルと、を有する、ＲＦ信号１５２を生成する。ＨＦ　ＲＦ生成器１０４は、ＲＦ信号１５２を、出力１２８、ＲＦケーブル１３０、および入力１３２を介して整合器１０７に送る。

【００２７】

ＲＦ信号１５０を受信すると、整合器１０７の第１の分岐回路は、第１の修正ＲＦ信号を提供するためにＲＦ信号１５０のインピーダンスを修正するために、出力１３４に結合された負荷のインピーダンスを、入力１２６に結合されたソースのインピーダンスと整合させる。出力１３４に結合された負荷の一例は、ＲＦ伝送線路１３６およびプラズマチャンバ１０８を含む。入力１２６に結合されたソースの一例は、ＲＦケーブル１２４およびＬＦ　ＲＦ生成器１０２を含む。同様に、ＲＦ信号１５２を受信すると、整合器１０７の第２の分岐回路は、第２の修正ＲＦ信号を提供するためにＲＦ信号１５２のインピーダンスを修正するために、整合器１０７の出力１３４に結合された負荷のインピーダンスを、整合器１０７の入力１３２に結合されたソースのインピーダンスと整合させる。

【００２８】

整合器１０７は、出力１３４において修正ＲＦ信号１５４を出力するために、第１の修正ＲＦ信号と、第２の修正ＲＦ信号と、を加算するなど、組み合わせる。修正ＲＦ信号１５４は、出力１３４からＲＦ伝送線路１３６を介して下部電極ＬＥに送られる。修正ＲＦ信号１５４に加えて、フッ素含有ガス、酸素含有ガス、窒素含有ガスなど、１つまたは複数のプロセスガスが、下部電極ＬＥと、上部電極ＵＥと、の間の間隙に供給されたとき、間隙内でプラズマがストライクされるかまたは維持される。プラズマは基板Ｓを処理する。基板Ｓを処理することの例は、基板Ｓ内の特徴をエッチングすること、基板Ｓ上に材料を堆積させること、および基板Ｓを洗浄することを含む。

【００２９】

基板Ｓが処理されている間、Ｖセンサー１１０は、出力１３４における電圧を測定して、電圧信号１５６を出力し、電圧信号１５６を転送ケーブル１３８を介してプロセッサ１１４に送る。同様に、基板Ｓが処理されている間、Ｐセンサー１１２は、出力１３４における、送出電力または反射電力など、電力を測定して、電力信号１５８を出力し、電力信号１５８を転送ケーブル１４０を介してプロセッサ１１４に送る。

【００３０】

一実施形態では、Ｖセンサー１１０は、ＲＦ伝送線路１３６上の任意のポイントにおいて結合される。

【００３１】

一実施形態では、Ｐセンサー１１２は、ＲＦケーブル１３０上の任意のポイントにおいて結合される。

【００３２】

図２Ａは、クロック信号２０２を示すためのグラフ２００の一実施形態である。一例として、クロック信号２０２は、プロセッサ１１４（図１）によって生成される。グラフ２００のｘ軸が、時間ｔ０から時間ｔ３６にわたる時間ｔをプロットする。グラフ２００のｙ軸が、クロック信号２０２の電圧をプロットする。クロック信号２０２は、論理レベル１と、論理レベル０と、の間で周期的に遷移する。論理レベル１は、Ｖ５ボルトを表し、論理レベル０は、Ｖ０ボルトを表す。値Ｖ５は、値Ｖ０よりも大きい。

【００３３】

クロック信号２０２は、時間ｔ０において論理レベル０から論理レベル１に遷移し、時間ｔ０から時間ｔ１７まで論理レベル１にとどまる。時間ｔ１７において、クロック信号２０２は、論理レベル１から論理レベル０に遷移し、時間ｔ１７から時間ｔ３４まで論理レベル０にとどまる。論理レベル１と、論理レベル０と、の間の遷移は、時間ｔ３４から時間ｔ７８まで繰り返す。クロック信号２０２は、時間ｔ０から時間ｔ３４までのサイク

ルｎと、連続的に続く、時間ｔ３４から時間ｔ７８までのサイクル（ｎ＋１）と、を有し、ここで、ｎは、正の整数である。

【００３４】

プロセッサ１１４は、生成器１０２および１０４をクロック信号２０２と同期して動作させるために、クロック信号２０２を、転送ケーブル１１８を介してＬＦ　ＲＦ生成器１０２に、および転送ケーブル１２０を介してＨＦ　ＲＦ生成器１０４に送る。たとえば、クロック信号２０２を受信した後に、ＬＦ　ＲＦ生成器１０２は、サイクルｎ中にＲＦ信号１５０の状態のセットを生成し、サイクル（ｎ＋１）中に状態のセットを繰り返す。同様に、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４は、サイクルｎ中にＲＦ信号１５２の状態のセットを生成し、サイクル（ｎ＋１）中に状態のセットを繰り返す。

【００３５】

図２Ｂは、ＲＦ信号１５０および１５２（図１）の各々の多状態パルシングを示すためのグラフ２１０の一実施形態である。グラフ２１０は、ＲＦ信号１５０の電力レベル対時間ｔを有するエンベロープ２１２と、ＲＦ信号１５２の電力レベル対時間ｔを有するエンベロープ２１４と、をプロットする。ＲＦ信号１５０および１５２の電力レベルは、ｙ軸上にプロットされ、時間ｔは、ｘ軸上にプロットされる。グラフ２１０のｘ軸は、グラフ２００（図２Ａ）のｘ軸と同じである。グラフ２１０のｙ軸は、Ｐ０からＰ１２にわたる電力レベルを有する。グラフ１２０のｙ軸上にプロットされる電力レベルは、Ｐ０からＰ１２に増加する。一例として、電力レベルＰ０は０である。ＲＦ信号のエンベロープの例は、ＲＦ信号のピークツーピーク振幅、およびＲＦ信号のゼロツーピーク振幅を含む。

【００３６】

サイクルｎ中に、エンベロープ２１２は、時間ｔ０から時間ｔ４まで電力レベルＰ１２を有し、時間ｔ４において電力レベルＰ１２から電力レベルＰ０に遷移する。さらに、サイクルｎ中に、エンベロープ２１２は、時間ｔ６において電力レベルＰ０を達成し、時間ｔ６から時間ｔ２２まで電力レベルＰ０にとどまる。サイクルｎ中に、エンベロープ２１２は、時間ｔ２２において電力レベルＰ０から電力レベルＰ５に遷移し、時間ｔ２３において電力レベルＰ５を達成する。その上、サイクルｎ中に、エンベロープ２１２は、時間ｔ２３から時間ｔ２７まで電力レベルＰ５にとどまり、時間ｔ２７において電力レベルＰ５から電力レベルＰ８に遷移する。サイクルｎ中に、エンベロープ２１２は、時間ｔ２８において電力レベルＰ８を達成し、時間ｔ２８から時間ｔ３３まで電力レベルＰ８にとどまる。また、サイクルｎ中に、エンベロープ２１２は、時間ｔ３３において電力レベルＰ８から電力レベルＰ１２に遷移し、時間ｔ３４において電力レベルＰ１２を達成する。このようにして、クロック信号２０２（図２Ａ）の各サイクル中に、エンベロープ２１２の電力レベルＰ１２、Ｐ０、Ｐ５、およびＰ８は、繰り返す。

【００３７】

同様に、サイクルｎ中に、エンベロープ２１４は、時間ｔ０から時間ｔ４まで電力レベルＰ４を有し、時間ｔ４において電力レベルＰ４から電力レベルＰ０に遷移する。さらに、サイクルｎ中に、エンベロープ２１４は、時間ｔ６において電力レベルＰ０を達成し、時間ｔ６から時間ｔ２２まで電力レベルＰ０にとどまる。サイクルｎ中に、エンベロープ２１４は、時間ｔ２２において電力レベルＰ０から電力レベルＰ２に遷移し、時間ｔ２３において電力レベルＰ２を達成する。その上、サイクルｎ中に、エンベロープ２１４は、時間ｔ２３から時間ｔ２７まで電力レベルＰ２にとどまり、時間ｔ２７において電力レベルＰ２から電力レベルＰ１に遷移する。サイクルｎ中に、エンベロープ２１４は、時間ｔ２８において電力レベルＰ１を達成し、時間ｔ２８から時間ｔ３３まで電力レベルＰ１にとどまる。また、サイクルｎ中に、エンベロープ２１４は、時間ｔ３３において電力レベルＰ１から電力レベルＰ４に遷移し、時間ｔ３４において電力レベルＰ４を達成する。このようにして、クロック信号２０２（図２Ａ）の各サイクル中に、エンベロープ２１４の電力レベルＰ４、Ｐ０、Ｐ２、およびＰ１は、繰り返す。

【００３８】

ＲＦ信号の各電力レベルは、ＲＦ信号の定常状態である。たとえば、電力レベルＰ１２

は、ＲＦ信号１５０の定常状態Ｓ１ｘであり、電力レベルＰ０は、ＲＦ信号１５０の定常状態Ｓ２ｘであり、電力レベルＰ５は、ＲＦ信号１５０の定常状態Ｓ３ｘであり、電力レベルＰ８は、ＲＦ信号１５０の定常状態Ｓ４ｘである。同様に、別の例として、電力レベルＰ４は、ＲＦ信号１５２の定常状態Ｓ１ｙであり、電力レベルＰ０は、ＲＦ信号１５２の定常状態Ｓ２ｙであり、電力レベルＰ２は、ＲＦ信号１５２の定常状態Ｓ３ｙであり、電力レベルＰ１は、ＲＦ信号１５２の定常状態Ｓ４ｙである。

【００３９】

定常状態Ｓ２ｘから定常状態Ｓ３ｘへの遷移は、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４（図１）に関連する送出電力における電力グリッチを生じる。たとえば、定常状態Ｓ２ｘから定常状態Ｓ３ｘへの遷移によって生じる高周波数反射電力の増加がある。高周波数反射電力は、プラズマチャンバ１０８から、ＲＦ伝送線路１３６、整合器１０７、およびＲＦケーブル１３０を介してＨＦ　ＲＦ生成器１０４のほうへ反射された電力である。ＨＦ　ＲＦ生成器１０４の送出電力は、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４の供給電力と、高周波数反射電力と、の間の差である。ＨＦ　ＲＦ生成器１０４の供給電力は、ＲＦ信号１５２の電力であり、この電力は、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４から、ＲＦケーブル１３０、整合器１０７、およびＲＦ伝送線路１３６を介してプラズマチャンバ１０８に供給される。

【００４０】

定常状態Ｓ２ｙから定常状態Ｓ３ｙへの遷移は、本明細書では遷移状態Ｓ２３ｙまたは状態遷移と呼ばれる。一例として、遷移状態中に、ＲＦ信号のエンベロープの電力値が、定常状態中のＲＦ信号のエンベロープの電力値の変化と比較してより頻繁に変化する。別の例として、定常状態中に、ＲＦ信号の電力レベルの傾きが、実質的に０または０である。また別の例として、定常状態中のＲＦ信号のエンベロープの電力値は、所定の範囲内にあり、遷移状態中のＲＦ信号のエンベロープの電力値は、所定の範囲外にある。別の例として、定常状態Ｓ２ｙの電力値は、第１の所定の範囲内にあり、定常状態Ｓ３ｙの電力値は、第２の所定の範囲内にあり、遷移状態Ｓ２３ｙの電力値は、第１および第２の所定の範囲外にある。例示のために、遷移状態Ｓ２３ｙの電力値は、定常状態Ｓ２ｙの電力値よりも大きく、定常状態Ｓ３ｙの電力値よりも小さい。

【００４１】

図２Ｃは、電力グリッチを低減するための方法を示すためのグラフ２２０の一実施形態である。グラフ２２０は、エンベロープ２１４対時間ｔを含む。グラフ２２０は、ｙ軸上のＲＦ信号１５２のエンベロープ２１４の電力レベルと、ｘ軸上の時間ｔと、をプロットする。プロセッサ１１４は、遷移状態Ｓ２３ｙを、第１の所定の範囲または第２の所定の範囲など、所定の範囲外の値を有するものとして識別し、さらに、定常状態Ｓ３ｙを、遷移状態Ｓ２３ｙの直後にくる、および所定の範囲内の値を有する状態として識別する。

【００４２】

プロセッサ１１４は、定常状態Ｓ３ｙおよび遷移状態Ｓ２３ｙを、サブ状態Ｓ３ａｙおよびサブ状態Ｓ３ｂｙなど、所定の数のサブ状態に分割するように、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４を制御する。たとえば、プロセッサ１１４は、サブ状態Ｓ３ａｙの第１の電力レベル、サブ状態Ｓ３ｂｙの第２の電力レベル、サブ状態Ｓ３ａｙの発生の第１のデューティサイクル、およびサブ状態Ｓ３ｂｙの発生の第２のデューティサイクルなど、２つのサブ状態Ｓ３ａｙおよびＳ３ｂｙに関する情報を含む、レシピ信号１４４（図１）を生成する。その上、本例では、２つのサブ状態Ｓ３ａｙおよびＳ３ｂｙに関する情報は、サブ状態Ｓ３ａｙについての第１の基準高周波数値ＨＦ０と、サブ状態Ｓ３ｂｙについての第２の基準高周波数値ＨＦ０’と、第１の高基準周波数値に適用されるべき、サブ状態Ｓ３ａｙについてのＨＦオフセット値の第１のセットと、第２の高基準周波数値に適用されるべき、サブ状態Ｓ３ｂｙについてのＨＦオフセット値の第２のセットと、を含む。例示のために、値ＨＦ０は、値ＨＦ０’よりも大きいまたは小さいなど、値ＨＦ０’とは異なる。別の例示として、値ＨＦ０は、値ＨＦ０’に等しい。本例では、２つのサブ状態Ｓ３ａｙおよびＳ３ｂｙに関する情報は、第１の高基準周波数値ＨＦ０と、ＨＦオフセット値の第１のセットと、がＨＦ　ＲＦ生成器１０４によって適用されるべきである、第１のデューティサ

イクルを含む。さらに、本例では、２つのサブ状態Ｓ３ａｙおよびＳ３ｂｙに関する情報は、第２の高基準周波数値ＨＦ０’と、ＨＦオフセット値の第２のセットと、がＨＦ　ＲＦ生成器１０４によって適用されるべきである、第２のデューティサイクルを含む。本例では、第１のデューティサイクルは、サブ状態Ｓ３ａｙの発生のための時間期間であり、第２のデューティサイクルは、サブ状態Ｓ３ｂｙの発生のための時間期間である。また、本例では、サブ状態Ｓ３ａｙの第１の電力レベルは、サブ状態Ｓ３ｂｙの第２の電力レベルに等しい。

【００４３】

さらに、本例では、プロセッサ１１４は、メモリデバイス１１６から、第１のデューティサイクルと、第２のデューティサイクルと、第１の電力レベルと、第２の電力レベルと、第１の基準高周波数値ＨＦ０、およびＨＦオフセット値の第１のセットと、第２の基準高周波数値ＨＦ０’、およびＨＦオフセット値の第２のセットと、を読み取るなど、それらにアクセスする。本例では、第１の基準高周波数値と、ＨＦオフセット値の第１のセットと、の間の、１対１関係など、対応が、メモリデバイス１１６に記憶される。また、本例では、第２の基準高周波数値と、ＨＦオフセット値の第２のセットと、の間の、１対１関係など、対応が、メモリデバイス１１６に記憶される。

【００４４】

この例を続けると、レシピ信号１４４を受信したことに応答して、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４は、クロック信号２０２（図２）の各サイクルｎ、（ｎ＋１）などの第１のデューティサイクル中に、第１の基準高周波数値ＨＦ０と、第１の基準高周波数値ＨＦ０からのＨＦオフセット値の第１のセットと、を有する、ＲＦ信号１５２を生成する。また、本例では、レシピ信号１４４を受信したことに応答して、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４は、クロック信号２０２の各サイクルｎ、（ｎ＋１）などの第２のデューティサイクル中に、第２の基準高周波数値ＨＦ０’と、第２の基準高周波数値ＨＦ０’からのＨＦオフセット値の第２のセットと、を有する、ＲＦ信号１５２を生成する。本例では、レシピ信号１４４を受信したことに応答して、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４は、サブ状態Ｓ３ａｘおよびＳ３ａｙ中に同じ電力レベルを有するＲＦ信号１５２を生成する。

【００４５】

定常状態Ｓ３ｙと、遷移状態Ｓ２３ｙと、の組合せが、本明細書では状態と呼ばれることがあることに留意されたい。たとえば、状態は、定常状態Ｓ２ｙから定常状態Ｓ３ｙへの遷移を含み、定常状態Ｓ３ｙを含む。別の例として、定常状態Ｓ２ｙから定常状態Ｓ３ｙへの遷移が垂直または実質的に垂直であるとき、状態は、定常状態Ｓ３ｙと、遷移状態Ｓ２３ｙと、を含む。

【００４６】

デューティサイクルの一例は、時間期間または時間間隔または時間ウィンドウである。例示のために、第１のデューティサイクルは、１００マイクロ秒であり、第２のデューティサイクルは、１００マイクロ秒である。別の例示として、第１のデューティサイクルは、第２のデューティサイクルよりも小さいまたは大きい。さらなる例示のために、第１のデューティサイクルは、時間ｔ２２から時間ｔ２４．５までの時間間隔であり、第２のデューティサイクルは、時間ｔ２４．５から時間ｔ２７までの時間間隔である。また、一例として、所定の数のサブ状態は、プロセッサ１１４に結合された入力デバイスを介してユーザから受信される。入力デバイスの例は、キーボード、スタイラス、キーパッド、およびマウスを含む。さらに、一例として、第１および第２のデューティサイクルは、入力デバイスを介してユーザから受信される。別の例として、第１および第２のデューティサイクルは、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４のほうへ反射される電力を低減するためにプロセッサ１１４によって経験的に決定され、プロセッサ１１４によるアクセスのためにメモリデバイス１１６に記憶される。

【００４７】

また、一例として、第１の高基準周波数値ＨＦ０と、ＨＦオフセット値の第１のセットと、は、経験的に決定される。例示のために、プロセッサ１１４は、以下でさらに説明さ

れる、ビン０中に複数の基準高周波数値においてＨＦ　ＲＦ生成器１０４を動作させ、基準高周波数値の各々についてＰセンサー１１２（図１）から高周波数反射電力の値を取得する。例示において、プロセッサ１１４は、基準高周波数値の各々についての高周波数反射電力の値から、平均値または中央値など、統計値を計算する。例示において、プロセッサ１１４は、ビン０中の基準高周波数値の中の基準高周波数値ＨＦ０が、高周波数反射電力の統計値が高周波数反射電力のすべての統計値の中の最小値である、基準高周波数値であると決定する。さらに、例示において、ビン０はクロック信号２０２（図２）のサイクル（ｎ－ｍ）中に発生し、ここで、ｍは、ｎよりも小さい整数である。

【００４８】

別の例示として、ＨＦオフセット値の第１のセットのうちのいずれも、サイクル（ｎ－ｍ）の対応するビンについて決定されることを除いて、ＨＦオフセット値の第１のセットのうちのいずれも、第１の高基準周波数値ＨＦ０と同じ様式で経験的に決定される。さらなる例示のために、プロセッサ１１４は、以下でさらに説明される、ビン１中に複数のＨＦオフセット値においてＨＦ　ＲＦ生成器１０４を動作させ、ＨＦオフセット値の各々についてＰセンサー１１２から高周波数反射電力の値を取得する。また、さらなる例示において、ビン１は、クロック信号２０２のサイクル（ｎ－ｍ）中に発生する。さらなる例示において、ＨＦオフセット値の各々が、基準高周波数値ＨＦ０からの減算または基準高周波数値ＨＦ０への加算など、基準高周波数値ＨＦ０に関連するオフセットである。さらなる例示において、プロセッサ１１４は、ＨＦオフセット値の各々についての高周波数反射電力の値から、平均値または中央値など、統計値を計算する。さらなる例示において、プロセッサ１１４は、ビン１中のＨＦオフセット値の中のＨＦオフセット値のうちの１つが、高周波数反射電力の統計値が高周波数反射電力のすべての統計値の中の最小値である、ＨＦオフセット値であると決定する。さらなる例示において、ＨＦオフセット値のうちの１つは、サイクルｎ、（ｎ＋１）などのビン１中にＨＦ　ＲＦ生成器１０４を制御するためのプロセッサ１１４によるアクセスのために、ＨＦオフセット値の第１のセットのうちの１つとして、メモリデバイス１１６に記憶される。

【００４９】

また、さらなる例示において、ＨＦオフセット値の第１のセットは、電圧信号１５６との逆関係または実質的に逆の関係を有するように、プロセッサ１１４によって決定される。さらなる例示において、電圧信号１５６は、時間ｔ２２と、時間ｔ２４．５と、の間の時間期間中に正値を有し、ビン１～５についてのＨＦオフセットＨＦ（－２）、ＨＦ（－３）、ＨＦ（－４）、ＨＦ（－３）およびＨＦ（－２）は、基準高周波数値ＨＦ０に対して負の方向にオフセットされる。ＨＦオフセットＨＦ（－２）、ＨＦ（－３）、ＨＦ（－４）およびＨＦ（－２）は、基準高周波数値ＨＦ０から減算される。さらなる例示において、電圧信号１５６は、時間ｔ２４．５と、時間ｔ２７と、の間の時間期間中に負値を有し、ビン７～１２についてのＨＦオフセットＨＦ（１）、ＨＦ（２）、ＨＦ（３）、ＨＦ（４）、ＨＦ（２）、およびＨＦ（１）は、基準高周波数値ＨＦ０に対して正の方向にオフセットされる。ＨＦオフセットＨＦ（１）、ＨＦ（２）、ＨＦ（３）、ＨＦ（４）は、基準高周波数値ＨＦ０に加算される。

【００５０】

さらに、一例として、第２の高基準周波数値ＨＦ０’と、ＨＦオフセット値の第２のセットと、は、経験的に決定される。例示のために、プロセッサ１１４は、以下でさらに説明される、ビン０’中に複数の基準高周波数値においてＨＦ　ＲＦ生成器１０４を動作させ、基準高周波数値の各々についてＰセンサー１１２から高周波数反射電力の値を取得する。例示において、プロセッサ１１４は、基準高周波数値の各々についての高周波数反射電力の値から、平均値または中央値など、統計値を計算する。例示において、プロセッサ１１４は、ビン０’中の基準高周波数値の中の基準高周波数値ＨＦ０’が、高周波数反射電力の統計値が高周波数反射電力のすべての統計値の中の最小値である、基準高周波数値であると決定する。さらに、例示において、ビン０’は、クロック信号２０２のサイクル（ｎ－ｍ）中に発生する。

【００５１】
別の例示として、ＨＦオフセット値の第２のセットのうちのいずれも、サイクル（ｎ－ｍ）の対応するビンについて決定されることを除いて、ＨＦオフセット値の第２のセットのうちのいずれも、第２の高基準周波数値ＨＦ０’と同じ様式で、経験的に決定される。さらなる例示のために、プロセッサ１１４は、以下でさらに説明される、ビン１’中に複数のＨＦオフセット値においてＨＦ　ＲＦ生成器１０４を動作させ、ＨＦオフセット値の各々についてＰセンサー１１２から高周波数反射電力の値を取得する。さらなる例示において、ビン１’は、クロック信号２０２のサイクル（ｎ－ｍ）中に発生する。また、さらなる例示において、ＨＦオフセット値の各々が、基準高周波数値ＨＦ０’からの減算または基準高周波数値ＨＦ０’への加算など、オフセットである。さらなる例示において、プロセッサ１１４は、ＨＦオフセット値の各々についての高周波数反射電力の値から、平均値または中央値など、統計値を計算する。さらなる例示において、プロセッサ１１４は、ビン１’中のＨＦオフセット値の中のＨＦオフセット値のうちの１つが、高周波数反射電力の統計値が高周波数反射電力のすべての統計値の中の最小値である、ＨＦオフセット値であると決定する。さらなる例示において、ＨＦオフセット値のうちの１つは、サイクルｎ、（ｎ＋１）などのビン１’中にＨＦ　ＲＦ生成器１０４を制御するためのプロセッサ１１４によるアクセスのために、ＨＦオフセット値の第２のセットのうちの１つとして、メモリデバイス１１６に記憶される。

【００５２】
また、さらなる例示において、ＨＦオフセット値の第２のセットは、電圧信号１５６との逆関係または実質的に逆の関係を有するように、プロセッサ１１４によって決定される。さらなる例示において、ビン１’～５’についてのＨＦオフセットＨＦ（－１）、ＨＦ（－２）、ＨＦ（－３）、ＨＦ（－２）、およびＨＦ０は、基準高周波数値ＨＦ０’に対して負の方向にオフセットされる。ＨＦオフセットＨＦ（－２）、ＨＦ（－３）、ＨＦ（－２）、およびＨＦ０は、基準高周波数値ＨＦ０’から減算される。さらなる例示において、ビン７’～１２’についてのＨＦオフセットＨＦ（２）、ＨＦ（３）、ＨＦ（４）、ＨＦ（５）、ＨＦ（４）、およびＨＦ（１）は、基準高周波数値ＨＦ０’に対して正の方向にオフセットされる。ＨＦオフセットＨＦ（１）、ＨＦ（２）、ＨＦ（３）、ＨＦ（４）、およびＨＦ（５）は、基準高周波数値ＨＦ０’に加算される。

【００５３】
一実施形態では、２つのサブ状態Ｓ３ａｙおよびＳ３ｂｙに関する情報は、各サブ状態についてのホールドオフ期間（ｈｏｌｄ－ｏｆｆ　ｐｅｒｉｏｄ）を含む。たとえば、２つのサブ状態に関する情報は、サブ状態Ｓ３ａｙ中のホールドオフ期間２５２と、サブ状態Ｓ３ａｙ中のアパーチャウィンドウ（ａｐｅｒｔｕｒｅ　ｗｉｎｄｏｗ）２５８と、サブ状態Ｓ３ｂｙ中のホールドオフ期間２５４と、サブ状態Ｓ３ｂｙ中のアパーチャウィンドウ２６０と、を含む。本例では、ホールドオフ期間２５２および２５４、ならびにアパーチャウィンドウ２５８および２６０は、プロセッサ１１４によるアクセスのためにメモリデバイス１１６に記憶される。さらに、本例では、ユーザは、ホールドオフ期間２５２および２５４中にＨＦ　ＲＦ生成器１０４の周波数を同調させず、アパーチャウィンドウ２５８および２６０中にその周波数を同調させるために、プロセッサ１１４にコマンドを提供する。例示のために、ユーザは、プロセッサ１１４に、入力デバイスを介してホールドオフ期間２５２のための時間期間を提供する。例示において、時間期間を受信すると、プロセッサ１１４は、ホールドオフ期間２５２を識別し、第１のデューティサイクルの時間期間からホールドオフ期間２５２のための時間期間を減算することによってアパーチャウィンドウ２５８のための時間期間を計算する。また、本例では、ホールドオフ期間中に周波数同調がない。さらに、本例では、遷移状態Ｓ２３ｙが発生する、時間ｔ２２と、時間ｔ２３と、の間の時間期間が、ホールドオフ期間２５２である。本例では、周波数同調が適用されない時間期間が、本明細書ではホールドオフ期間と呼ばれ、周波数同調が適用される時間期間が、本明細書ではアパーチャウィンドウと呼ばれる。例示のために、ホールドオフ期間は、ＲＦ信号の定常状態の２つのアパーチャウィンドウ間の時間期間である

。さらなる例示のために、アパーチャウィンドウ２５８と、アパーチャウィンドウ２６０と、の間の時間間隔が、ホールドオフ期間２５４である。さらなる例示において、アパーチャウィンドウ２５８は、サブ状態Ｓ３ａｙの一部分と重複し、アパーチャウィンドウ２６０は、サブ状態Ｓ３ｂｙの一部分と重複する。さらなる例示において、ホールドオフ期間２５２の直後にくるアパーチャウィンドウ２５８は、時間ｔ２３と、時間ｔ２４．５と、の間の時間期間である。さらなる例示において、アパーチャウィンドウ２５８の直後に、時間ｔ２４．５と、時間ｔ２５．５と、の間の時間期間である、ホールドオフ期間２５４がくる。また、さらなる例示において、ホールドオフ期間２５４の直後に、時間ｔ２５．５と、時間ｔ２７と、の間の時間期間である、アパーチャウィンドウ２６０がくる。一例として、周波数同調は、基板Ｓの処理中にＰセンサー１１２によって測定される、反射電力を低減するかまたは送出電力を増加させるための、ＲＦ信号１５２の周波数値であるＨＦオフセット値の修正である。

【００５４】

一実施形態では、アパーチャウィンドウ２６０は、図２Ｃに示されている時間間隔よりも小さいまたは大きいなど、図２Ｃに示されている時間間隔とは異なる時間間隔を有する。

【００５５】

同様に、一実施形態では、アパーチャウィンドウ２５８は、図２Ｃに示されている時間間隔よりも小さいまたは大きいなど、図２Ｃに示されている時間間隔とは異なる時間間隔を有する。

【００５６】

また、一実施形態では、ホールドオフ期間２５２は、図２Ｃに示されている時間間隔よりも小さいまたは大きいなど、図２Ｃに示されている時間間隔とは異なる時間間隔を有する。

【００５７】

一実施形態では、ホールドオフ期間２５４は、図２Ｃに示されている時間間隔よりも小さいまたは大きいなど、図２Ｃに示されている時間間隔とは異なる時間間隔を有する。

【００５８】

一実施形態では、サブ状態の所定の数は、３つまたは４つである。

【００５９】

図３は、Ｖセンサー１１０（図１）によって生成された電圧信号１５６を示すためのグラフ３００の一実施形態の図である。グラフ３００は、電圧信号１５６の電圧値対時間ｔをプロットする。電圧値は、－Ｖ６からＶ０に、およびＶ０からＶ６にわたる。電圧値Ｖ０の一例は、０である。電圧値Ｖ０の別の例は、負の電圧値である。グラフ３００の電圧値は、ｙ軸上にプロットされ、時間ｔは、ｘ軸上にプロットされる。負の交差３０２が、時間ｔ２４．５において発生する。負の交差３０２の発生中に、電圧信号１５６は、負の傾きを有し、電圧値Ｖ０を有する。電圧信号１５６のサイクルが、時間ｔ２２から時間ｔ２７までの時間期間の間発生し、電圧信号１５６の各サイクルが、その後、等しい量の時間期間の間周期的に繰り返すように発生する。

【００６０】

図４は、電力グリッチを低減するための方法を示すためのグラフ４００である。グラフ４００は、ＲＦ信号１５２のＨＦオフセット値対時間ｔをプロットする。ＨＦオフセット値は、ｙ軸上にプロットされ、時間ｔは、ｘ軸上にプロットされる。グラフ４００のＨＦオフセット値は、ＨＦ（－４）からＨＦ０に、およびＨＦ０からＨＦ５にわたる。

【００６１】

プロセッサ１１４は、遷移状態Ｓ２３ｙおよび状態Ｓ３ｙをサブ状態Ｓ３ａｙおよびサブ状態Ｓ３ｂｙに分割することを決定し、サブ状態Ｓ３ａｙおよびサブ状態Ｓ３ｂｙの各々中に、異なる基準高周波数値と、その基準高周波数値からのＨＦオフセット値と、が適用される。たとえば、プロセッサ１１４は、サブ状態Ｓ３ａｙの発生のための時間期間である第１のデューティサイクルを、ビン１およびビン２～１２など、第１の所定の数のビンに分割する。本

例では、ビン１～１２の各々が、同じ時間間隔を有する。例示のために、ビン１の時間間隔が、ビン２の時間間隔に等しい。本例では、ビン６は、本明細書ではビン０とも呼ばれる。この例を続けると、プロセッサ１１４は、ビン０の時間間隔と、各サイクルｎ、（ｎ＋１）などのサブ状態Ｓ３ａｙのビン０中に基準高周波数値ＨＦ０を適用するようにとの命令と、を含む、サブ状態Ｓ３ａｙに関する情報を、生成し、レシピ信号１４４（図１）内で送る。その上、プロセッサ１１４は、さらに、ビン１～５および７～１２の各々の時間間隔と、各サイクルｎ、（ｎ＋１）などのサブ状態Ｓ３ａｙのビン１～５および７～１２中に基準高周波数値ＨＦ０からのＨＦオフセット値の第１のセットを適用するようにとの命令と、を含む、サブ状態Ｓ３ａｙに関する情報を、生成し、レシピ信号１４４内で送る。例示のために、プロセッサ１１４は、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４が、ビン１２中のＨＦオフセットＨＦ１まで、ビン１中のＨＦオフセットＨＦ（－２）、ビン２中のＨＦオフセットＨＦ（－３）などを有するＲＦ信号１５２を生成するべきであることを、上記命令内に含める。

【００６２】

その上、この例を続けると、プロセッサ１１４は、サブ状態Ｓ３ｂｙの発生のための時間期間である第２のデューティサイクルを、ビン１’およびビン２’～１２’など、第２の所定の数のビンに分割する。例示として、ビンの第１の所定の数は、ビンの第２の所定の数に等しい。別の例示として、ビンの第１の所定の数は、ビンの第２の所定の数よりも大きいまたは小さい。本例では、ビン１’～１２’の各々が、同じ時間間隔を有する。例示のために、ビン１’の時間間隔が、ビン２’の時間間隔に等しい。本例では、ビン６’は、本明細書ではビン０’とも呼ばれる。この例を続けると、プロセッサ１１４は、ビン０’の時間間隔と、各サイクルｎ、（ｎ＋１）などのサブ状態Ｓ３ｂｙのビン０’中に基準高周波数値ＨＦ０’を適用するようにとの命令と、を含む、サブ状態Ｓ３ｂｙに関する情報を、生成し、レシピ信号１４４内で送る。その上、プロセッサ１１４は、さらに、ビン１’～５’および７’～１２’の各々の時間間隔と、各サイクルｎ、（ｎ＋１）などのサブ状態Ｓ３ｂｙのビン１’～５’および７’～１２’中に基準高周波数値ＨＦ０’からのＨＦオフセット値を適用するようにとの命令と、を含む、サブ状態Ｓ３ｂｙに関する情報を、生成し、レシピ信号１４４内で送る。例示のために、プロセッサ１１４は、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４が、ビン１２’中のＨＦオフセットＨＦ１まで、ビン１’中のＨＦオフセットＨＦ（－１）、ビン２’中のＨＦオフセットＨＦ（－２）などを有するＲＦ信号１５２を生成するべきであることを、上記命令内に含める。

【００６３】

この例をさらに続けると、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４は、基準高周波数値ＨＦ０と、ビン０中に基準高周波数値ＨＦ０を生成するようにとの命令と、を受信し、サイクルｎ、（ｎ＋１）などのビン０の時間間隔中に基準高周波数値ＨＦ０を有するＲＦ信号１５２を生成する。その上、本例では、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４は、ビン１～５および７～１２についてのＨＦオフセット値を適用するようにとの命令と、ビン１～５および７～１２の時間間隔と、を受信し、ビン１～５および７～１２のうちのそれぞれの１つ中にＨＦオフセット値のうちのそれぞれの１つを有するＲＦ信号１５２を生成する。例示のために、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４は、ビン１中にＨＦオフセットＨＦ（－２）を適用するようにとの命令を受信し、サイクルｎ、（ｎ＋１）などのビン１中にＨＦオフセット（－２）を有するＲＦ信号１５２を生成する。

【００６４】

また、本例では、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４は、基準高周波数値ＨＦ０’と、ビン０’中に基準高周波数値ＨＦ０’を生成するようにとの命令と、を受信し、サイクルｎ、（ｎ＋１）などのビン０’の時間間隔中に基準高周波数値ＨＦ０’を有するＲＦ信号１５２を生成する。その上、本例では、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４’は、ビン１’～５’および７’～１２’についてのＨＦオフセット値を適用するようにとの命令と、ビン１’～５’および７’～１２’の時間間隔と、を受信し、ビン１’～５’および７’～１２’のうちのそれぞれの１つ中にＨＦオフセット値のうちのそれぞれの１つを有するＲＦ信号１５２を生成する。例示のために

、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４は、ビン１’中にＨＦオフセットＨＦ（－１）を適用するようにとの命令を受信し、ビン１’中にＨＦオフセット（－１）を有するＲＦ信号１５２を生成する。

【００６５】

本例では、サブ状態Ｓ３ａｘおよびＳ３ａｙ中の基準高周波数値に基づいて、異なる基準高周波数値およびＨＦオフセット値を適用することによって、電力グリッチは、正確な様式で低減される。例示のために、第１のデューティサイクルおよび第２のデューティサイクルの各々中に、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４のほうへ反射される電力が、低減されるか、または、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４によって送出される電力が、増加される。

【００６６】

ユーザから受信されたコマンドに従って、ホールドオフ期間中に適用されるＨＦオフセット値は、基板Ｓの処理中にプロセッサ１１４によって、修正されないなど、同調されない。たとえば、プロセッサ１１４は、ホールドオフ期間中にＨＦオフセット値を修正することを回避する。本例では、サイクルｎ、（ｎ＋１）などのホールドオフ期間２５２中に適用されるＨＦオフセット値は、サイクルｎのホールドオフ期間２５２中にＰセンサー１１２（図１）によって測定された電力に基づいて、プロセッサ１１４によって修正されない。例示のために、プロセッサ１１４は、クロック信号２０２のサイクルｎのホールドオフ期間２５２のビン１～５中にＰセンサー１１２から測定された電力の値を受信する。例示において、プロセッサ１１４は、電力の値をメモリデバイス１１６に記憶する。さらに、例示において、プロセッサ１１４は、サイクルｎのビン１～５についての電力の値に基づいて、サイクル（ｎ＋１）などのビン１～５中に適用されるべきＨＦオフセット値を修正しない。例示において、プロセッサ１１４は、レシピ信号１４４（図１）内で、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４に、サイクル（ｎ＋１）など中に適用されるべき、サイクルｎ中に適用されるものと同じＨＦオフセット値を送る。例示において、ＨＦオフセット値を受信すると、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４は、サイクル（ｎ＋１）などのホールドオフ期間２５２中にＨＦオフセット値を有するＲＦ信号１５２を生成する。例示において、ＨＦオフセット値は、修正された場合、サイクル（ｎ＋１）など中にＨＦ　ＲＦ生成器１０４のほうへ反射される電力を低減する。また、例示において、ＨＦオフセット値は、サイクルｎ、（ｎ＋１）などのビン１～５中に適用されるべきＲＦ信号１５２の周波数値であり、ＨＦオフセット値の各々と、ホールドオフ期間２５２のビン１～５のうちのそれぞれの１つと、の間の、１対１関係など、対応が、メモリデバイス１１６に記憶される。例示において、プロセッサ１１４は、サイクルｎ、（ｎ＋１）などのサブ状態Ｓ３ａｙのホールドオフ期間２５２中にＨＦオフセット値を適用する。

【００６７】

別の例では、ホールドオフ期間２５４中に適用されるＨＦオフセット値は、Ｐセンサー１１２によって測定された電力に基づいて、プロセッサ１１４によって修正されない。例示のために、プロセッサ１１４は、クロック信号２０２のサイクルｎのホールドオフ期間２５４のビン１’～５’中にＰセンサー１１２から測定された電力の値を受信する。例示において、プロセッサ１１４は、電力の値をメモリデバイス１１６に記憶する。さらに、例示において、プロセッサ１１４は、サイクルｎのビン１’～５’についての電力の値に基づいて、サイクル（ｎ＋１）などのビン１’～５’中に適用されるべきＨＦオフセット値を修正しない。例示において、プロセッサ１１４は、レシピ信号１４４（図１）内で、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４に、サイクル（ｎ＋１）など中に適用されるべき、サイクルｎ中に適用されるものと同じＨＦオフセット値を送る。例示において、ＨＦオフセット値を受信すると、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４は、サイクル（ｎ＋１）などのホールドオフ期間２５４中にＨＦオフセット値を有するＲＦ信号１５２を生成する。例示において、ＨＦオフセット値は、修正された場合、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４のほうへ反射される電力を低減する。また、例示において、ＨＦオフセット値は、サイクルｎ、（ｎ＋１）などのホールドオフ期間２５４のビン１’～５’中に適用されるべきＲＦ信号１５２の周波数値であり、ＨＦオフセット値の各々と、ビン１’～５’のうちのそれぞれの１つと、の間の、１対１関係など、対

応が、メモリデバイス１１６に記憶される。例示において、プロセッサ１１４は、サイクルｎ、（ｎ＋１）などのサブ状態Ｓ３ｂｙのホールドオフ期間２５４中にＨＦオフセット値を適用する。

【００６８】

その上、ユーザから受信されたコマンドに従って、アパーチャウィンドウ中に適用されるＨＦオフセット値は、基板Ｓの処理中にプロセッサ１１４によって同調される。たとえば、アパーチャウィンドウ２５８中に適用されるＨＦオフセット値は、Ｐセンサー１１２によって測定された電力に基づいて、プロセッサ１１４によって修正される。例示のために、プロセッサ１１４は、クロック信号２０２のサイクルｎのアパーチャウィンドウ２５８のビン７～１２中にＰセンサー１１２から測定された電力の値を受信する。例示において、プロセッサ１１４は、電力の値をメモリデバイス１１６に記憶する。さらに、例示において、プロセッサ１１４は、サイクルｎのビン７～１２についての電力の値に基づいて、サイクル（ｎ＋１）などのビン７～１２中に適用されるべきＨＦオフセット値を修正する。例示において、プロセッサ１１４は、レシピ信号１４４（図１）内で、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４に、サイクル（ｎ＋１）など中に適用されるべき修正されたＨＦオフセット値を送る。例示において、ＨＦオフセット値を受信すると、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４は、サイクル（ｎ＋１）などのアパーチャウィンドウ２５８中に、修正されたＨＦオフセット値を有するＲＦ信号１５２を生成する。例示において、ＨＦオフセット値は、修正された場合、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４のほうへ反射される電力を低減する。また、例示において、ＨＦオフセット値は、サイクル（ｎ＋１）などのアパーチャウィンドウ２５８のビン７～１２中に適用されるべきＲＦ信号１５２の周波数値であり、ＨＦオフセット値の各々と、ビン７～１２のうちのそれぞれの１つと、の間の、１対１関係など、対応が、メモリデバイス１１６に記憶される。例示において、プロセッサ１１４は、サイクル（ｎ＋１）などのサブ状態Ｓ３ａｙのアパーチャウィンドウ２５８中に、修正されたＨＦオフセット値を適用する。

【００６９】

別の例として、アパーチャウィンドウ２６０中に適用されるＨＦオフセット値は、Ｐセンサー１１２によって測定された電力に基づいて、プロセッサ１１４によって修正される。例示のために、プロセッサ１１４は、クロック信号２０２のサイクルｎのアパーチャウィンドウ２６０のビン７’～１２’中にＰセンサー１１２から測定された電力の値を受信する。例示において、プロセッサ１１４は、電力の値をメモリデバイス１１６に記憶する。さらに、例示において、プロセッサ１１４は、サイクルｎのビン７’～１２’についての電力の値に基づいて、サイクル（ｎ＋１）などのビン７’～１２’中に適用されるべきＨＦオフセット値を修正する。例示において、プロセッサ１１４は、レシピ信号１４４（図１）内で、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４に、サイクル（ｎ＋１）など中に適用されるべき修正されたＨＦオフセット値を送る。例示において、ＨＦオフセット値を受信すると、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４は、サイクル（ｎ＋１）などのアパーチャウィンドウ２６０中に、修正されたＨＦオフセット値を有するＲＦ信号１５２を生成する。例示において、ＨＦオフセット値は、修正された場合、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４のほうへ反射される電力を低減する。また、例示において、ＨＦオフセット値は、サイクル（ｎ＋１）などのビン７’～１２’中に適用されるべきＲＦ信号１５２の周波数値であり、ＨＦオフセット値の各々と、ビン７’～１２’のうちのそれぞれの１つと、の間の、１対１関係など、対応が、メモリデバイス１１６に記憶される。例示において、プロセッサ１１４は、サイクル（ｎ＋１）などのサブ状態Ｓ３ｂｙのアパーチャウィンドウ２６０中にＨＦオフセット値を適用する。

【００７０】

一実施形態では、プロセッサ１１４は、メモリデバイス１１６に記憶された基準高周波数値ＨＦ０またはＨＦ０’を決定するために、動的周波数同調（ＤＦＴ）を適用する。たとえば、ＤＦＴにおいて、プロセッサ１１４は、ＨＦ　ＲＦ生成器１０４のほうへ反射される電力を最小化するようにスミスチャート上の高周波数インピーダンス軌道を回転することによって、高周波数値ＨＦ０またはＨＦ０’を決定する。

【００７１】
本明細書で説明される実施形態は、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施される分散コンピューティング環境において実践され得る。
【００７２】
いくつかの実施形態では、コントローラは、上記で説明された例の一部であり得る、システムの一部である。システムは、処理のための１つまたは複数の処理ツール、１つまたは複数のチャンバ、１つまたは複数のプラットフォーム、および／または特定の処理構成要素（ウエハペデスタル、ガス流システムなど）を含む、半導体処理機器を含む。システムは、半導体ウエハまたは基板の処理前に、処理中に、および処理後にそれの動作を制御するための電子機器と統合される。電子機器は、「コントローラ」と呼ばれ、これは、システムの様々な構成要素またはサブ部分を制御し得る。コントローラは、処理要件および／またはシステムのタイプに応じて、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、システムに接続されたまたはそれとインターフェースされたツールおよび他の移送ツールおよび／またはロードロックを出入りするウエハ移送を含む、本明細書で開示されるいずれかのプロセスを制御するようにプログラムされる。
【００７３】
概して、様々な実施形態では、コントローラは、命令を受信し、命令を発行し、動作を制御し、洗浄動作を可能にし、エンドポイント測定を可能にするなどを行う様々な集積回路、論理、メモリ、および／またはソフトウェアを有する電子機器として定義される。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）、ＡＳＩＣ、ＰＬＤとして定義されるチップ、１つまたは複数のマイクロプロセッサ、またはプログラム命令（たとえば、ソフトウェア）を実行するマイクロコントローラの形式のチップを含む。プログラム命令は、半導体ウエハ上でまたはそれのために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）の形式でコントローラに通信される命令である。動作パラメータは、いくつかの実施形態では、ウエハの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の一部である。
【００７４】
コントローラは、いくつかの実施形態では、システムと統合されるか、システムに結合されるか、さもなければシステム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、またはそのコンピュータに結合されるか、あるいはその組合せである。たとえば、コントローラは、「クラウド」の中に、あるいはウエハ処理のためのリモートアクセスを可能にす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中にある。コントローラは、現在の処理のパラメータを変更し、現在の処理の後にくる処理ステップを設定し、または新しいプロセスを開始するために、作製動作の現在の進行を監視するためにシステムへのリモートアクセスを可能にし、過去の作製動作の履歴を検査し、複数の作製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。
【００７５】
いくつかの実施形態では、リモートコンピュータ（たとえば、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むコンピュータネットワーク上でシステムにプロセスレシピを提供する。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、リモートコンピュータからシステムに通信される。いくつかの

例では、コントローラは、ウエハを処理するための設定の形式の命令を受信する。それらの設定は、ウエハ上で実施されるべきプロセスのタイプ、およびコントローラがインターフェースするまたは制御するツールのタイプに固有であることを理解されたい。したがって、上記で説明されたように、コントローラは、ともにネットワーク接続され、本明細書で説明される実現するプロセス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含むことによってなどで、分散される。そのような目的のための分散コントローラの一例が、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、またはリモートコンピュータの一部としてなどの）リモートに位置する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。

【００７６】

限定はしないが、様々な実施形態では、本明細書で説明されるプラズマシステムは、プラズマエッチングチャンバ、堆積チャンバ、スピンリンスチャンバ、金属めっきチャンバ、クリーンチャンバ、ベベルエッジエッチングチャンバ、物理気相堆積（ＰＶＤ）チャンバ、化学気相堆積（ＣＶＤ）チャンバ、原子層堆積（ＡＬＤ）チャンバ、原子層エッチング（ＡＬＥ）チャンバ、イオン注入チャンバ、トラックチャンバ、あるいは半導体ウエハの作製および／または製造において関連するまたは使用される任意の他の半導体処理チャンバを含む。

【００７７】

さらに、上記で説明された動作は、平行板プラズマチャンバ、たとえば、容量結合プラズマチャンバなどに関して説明されたが、いくつかの実施形態では、上記で説明された動作は、他のタイプのプラズマチャンバ、たとえば、誘導結合プラズマ（ＩＣＰ）リアクタ、変圧器結合プラズマ（ＴＣＰ）リアクタ、導体ツール、誘電体ツール、電子サイクロトロン共鳴（ＥＣＲ）リアクタを含むプラズマチャンバなどを含む、プラズマチャンバに適用されることに留意されたい。たとえば、Ｘ　ＭＨｚ　ＲＦ生成器、Ｙ　ＭＨｚ　ＲＦ生成器、およびＺ　ＭＨｚ　ＲＦ生成器が、ＩＣＰプラズマチャンバ内のインダクタに結合される。

【００７８】

上述のように、ツールによって実施されるべきプロセス動作に応じて、コントローラは、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、工場全体に位置するツール、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ウエ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する。

【００７９】

上記の実施形態を念頭に置いて、実施形態のうちのいくつかが、コンピュータシステムに記憶されたデータに関与する様々なコンピュータ実装動作を採用する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。

【００８０】

実施形態のうちのいくつかはまた、これらの動作を実施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る。特殊目的コンピュータとして定義される場合、コンピュータは、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施する。

【００８１】

いくつかの実施形態では、本明細書で説明される動作は、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るか、またはコンピュータメモリに記憶された１つまたは複数のコンピュータプログラムによって構成されるか、またはコンピュータネットワークを介して取得される。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。

【００８２】

本明細書で説明される１つまたは複数の実施形態はまた、非一時的コンピュータ可読媒体上にコンピュータ可読コードとして作製され得る。非一時的コンピュータ可読媒体は、データを記憶する、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読み取られる。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）、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。いくつかの実施形態では、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む。

【００８３】

上記で説明されたいくつかの方法動作は、特定の順序で提示されたが、様々な実施形態では、他のハウスキーピング動作が、方法動作の中間に実施されるか、あるいは方法動作は、それらが、わずかに異なる時間において行われるか、または、様々な間隔における方法動作の発生を可能にするシステムにおいて分散されるように、調整されるか、あるいは上記で説明された順序とは異なる順序で実施されることを理解されたい。

【００８４】

さらに、一実施形態では、上記で説明された任意の実施形態からの１つまたは複数の特徴が、本開示で説明される様々な実施形態において説明される範囲から逸脱することなく、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ることに留意されたい。

【００８５】

上記の実施形態は、理解の明確さの目的である程度詳細に説明されたが、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。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、それらの実施形態は、本明細書で与えられる詳細に限定されるべきでなく、添付の特許請求の範囲の範囲および均等物内で修正され得る。

【図面】

【図１】

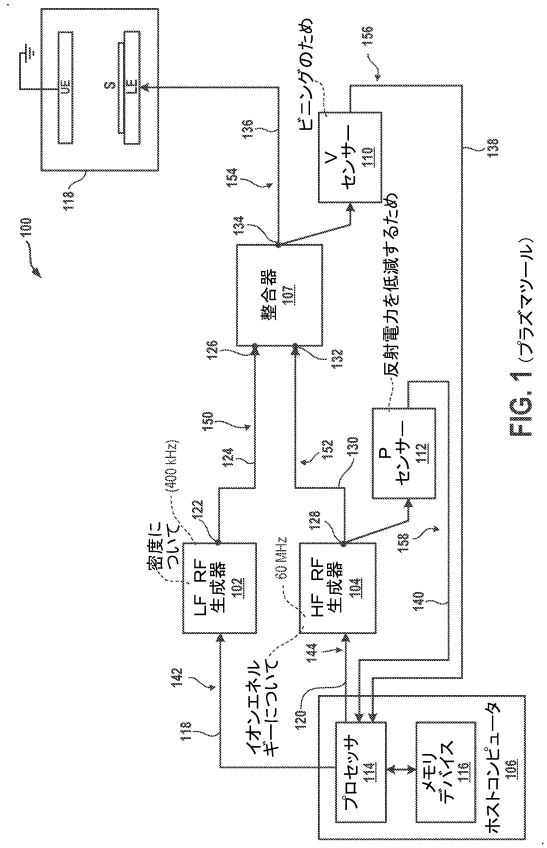


FIG. 1（プラズマツール）

【図２Ａ】

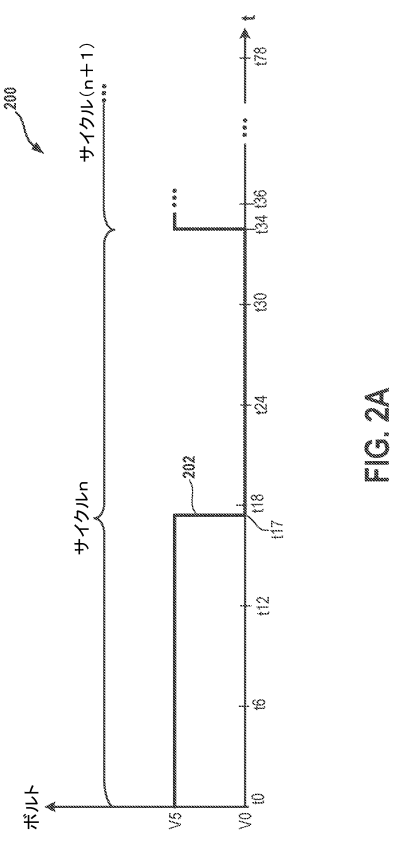


FIG. 2A

【図２Ｂ】

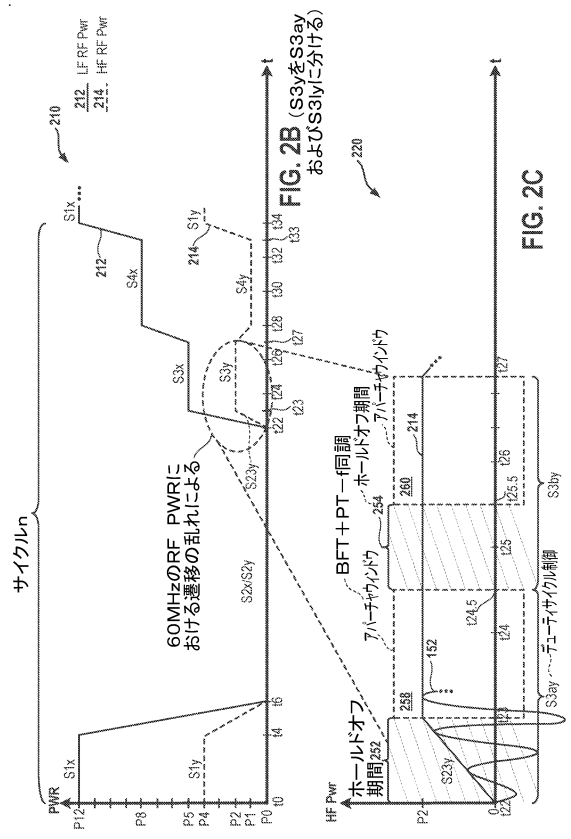


FIG. 2B（S3yをS3ayおよびS3lyに分ける）

FIG. 2C

【図２Ｃ】

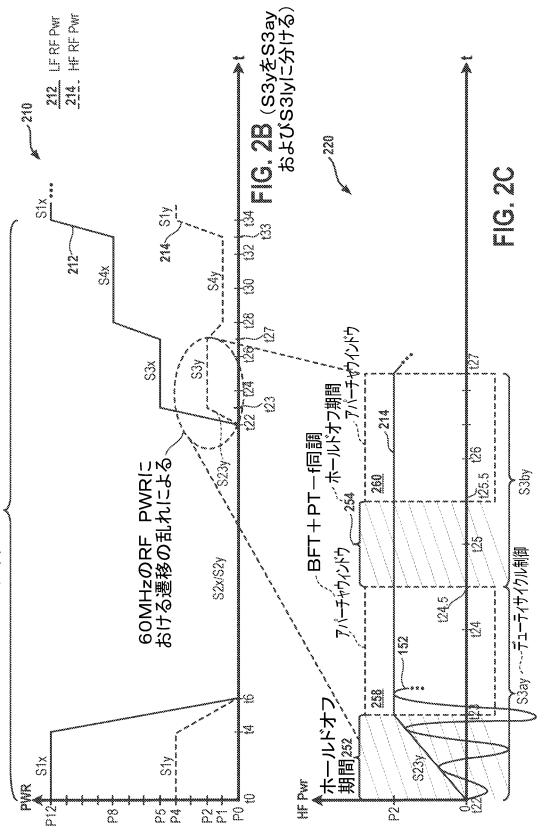
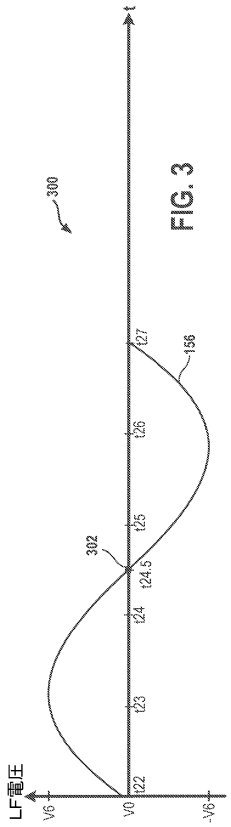


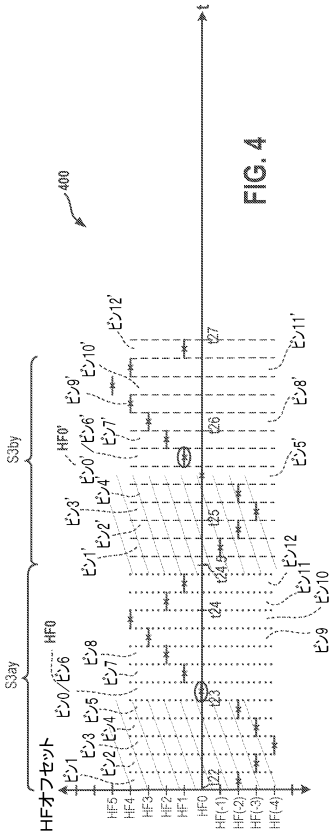
FIG. 2B（S3yをS3ayおよびS3lyに分ける）

FIG. 2C

【図３】


300
FIG. 3
t
t27
156
t26
t25
302
t24.5
t24
t23
t22
LF電圧
V6
V0
-V6

【図４】


400
FIG. 4
t
S3by
S3ay
HF0'
HF0
ピン0'/ピン6'
ピン0/ピン6
ピン1'
ピン2'
ピン3'
ピン4'
ピン5'
ピン7'
ピン8'
ピン9'
ピン10'
ピン11'
ピン12'
ピン1
ピン2
ピン3
ピン4
ピン5
ピン7
ピン8
ピン9
ピン10
ピン11
ピン12
HFオフセット
HF5
HF4
HF3
HF2
HF1
HF0
HF(-1)
HF(-2)
HF(-3)
HF(-4)
t27
t26
t25
t24.5
t24
t23
t22

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2023/013166

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); H01L 21/3065(2006.01); H01L 21/67(2006.01); H03B 5/12(2006.01); H03C 1/00(2006.01); H03F 3/189(2006.01); H03G 1/00(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: RF generator, plasma, sub-state, frequency value, power level, offset, hold-off

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 8952765 B2 (MKS INSTRUMENTS, INC.) 10 February 2015 (2015-02-10) Column 3, lines 1-3, 39-41, 59-62; column 5, lines 1-3; column 7, lines 2-4, 54-56, 67; column 8, lines 1-4; column 9, lines 64-67; column 10, lines 1-12; claim 12; and figures 2, 6.	1,3-6,8,10-13
Y		2,7,9,14-20
Y	US 9536749 B2 (LAM RESEARCH CORPORATION) 03 January 2017 (2017-01-03) Column 9, lines 50-58; and figures 3A-3D.	2,7,9,14,16
Y	WO 2022-010686 A1 (LAM RESEARCH CORPORATION) 13 January 2022 (2022-01-13) Paragraph 36; and figure 2.	15-20
A	US 2014-0306754 A1 (MKS INSTRUMENTS, INC.) 16 October 2014 (2014-10-16) Paragraphs 35-97; and figures 1-13B.	1-20

☑ 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
12 June 2023	**12 June 2023**
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 2022)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2023/013166

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-2018-0052778 A (APPLIED MATERIALS, INC.) 18 May 2018 (2018-05-18) Claims 1-15; and figures 1-6.	1-20

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/US2023/013166

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	8952765	B2	10 February 2015	CN	103327724	A	25 September 2013
				CN	103327724	B	31 August 2016
				EP	2642661	A2	25 September 2013
				EP	2642661	A3	09 August 2017
				EP	2642661	B1	15 September 2021
				JP	2013-240042	A	28 November 2013
				JP	5922053	B2	24 May 2016
				KR	10-1787501	B1	18 October 2017
				KR	10-2013-0108189	A	02 October 2013
				TW	201345326	A	01 November 2013
				TW	I555447	B	21 October 2016
				US	2014-0097908	A1	10 April 2014
US	9536749	B2	03 January 2017	CN	105702550	A	22 June 2016
				CN	105702550	B	17 August 2018
				CN	109103064	A	28 December 2018
				CN	109103064	B	18 August 2020
				KR	10-2016-0072786	A	23 June 2016
				TW	201643956	A	16 December 2016
				US	10755895	B2	25 August 2020
				US	2016-0172216	A1	16 June 2016
				US	2017-0084429	A1	23 March 2017
WO	2022-010686	A1	13 January 2022	KR	10-2023-0034970	A	10 March 2023
US	2014-0306754	A1	16 October 2014	CN	103324238	A	25 September 2013
				CN	103324238	B	20 January 2016
				EP	2632045	A1	28 August 2013
				EP	2632045	B1	27 May 2020
				EP	3696973	A1	19 August 2020
				EP	3716477	A1	30 September 2020
				EP	3723284	A1	14 October 2020
				JP	2013-176040	A	05 September 2013
				KR	10-2013-0097106	A	02 September 2013
				KR	10-2018-0081682	A	17 July 2018
				KR	10-2115424	B1	26 May 2020
				TW	201347615	A	16 November 2013
				TW	I584700	B	21 May 2017
				US	2013-0222055	A1	29 August 2013
				US	8773019	B2	08 July 2014
				US	9509266	B2	29 November 2016
KR	10-2018-0052778	A	18 May 2018	CN	108028165	A	11 May 2018
				CN	108028165	B	07 January 2020
				JP	2018-535505	A	29 November 2018
				JP	6800216	B2	16 December 2020
				TW	201724920	A	01 July 2017
				TW	I716436	B	21 January 2021
				US	10468233	B2	05 November 2019
				US	2017-0098527	A1	06 April 2017
				US	2017-0358428	A1	14 December 2017
				US	9741539	B2	22 August 2017
				WO	2017-062083	A1	13 April 2017

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

フロントページの続き

,MC,ME,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,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,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,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,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

Ｆターム（参考） 2G084 AA02 AA03 AA05 CC12 DD02 DD15 DD55 HH05 HH08 HH22
HH23 HH25 HH28 HH52 HH56
5F004 BA09 BB13 BB18 BD04 CA03 CA06 CB05
5F045 AA08 DP03 EH14 EH20 GB04