

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6425765号  
(P6425765)

(45) 発行日 平成30年11月21日(2018.11.21)

(24) 登録日 平成30年11月2日(2018.11.2)

(51) Int.Cl. F I  
 H05H 1/46 (2006.01) H05H 1/46 R  
 H01L 21/3065 (2006.01) H01L 21/302 I O I G

請求項の数 17 (全 26 頁)

|              |                               |           |                                  |
|--------------|-------------------------------|-----------|----------------------------------|
| (21) 出願番号    | 特願2017-91857 (P2017-91857)    | (73) 特許権者 | 597112542                        |
| (22) 出願日     | 平成29年5月2日(2017.5.2)           |           | アドバンスト・エナジー・インダストリー              |
| (62) 分割の表示   | 特願2016-53392 (P2016-53392)    |           | ズ・インコーポレイテッド                     |
| 原出願日         | 平成24年1月4日(2012.1.4)           |           | Advanced Energy Industries, Inc. |
| (65) 公開番号    | 特開2017-188464 (P2017-188464A) |           | アメリカ合衆国コロラド州80525・フ              |
| (43) 公開日     | 平成29年10月12日(2017.10.12)       |           | ォートコリンズ・シャープポイントドライ              |
| 審査請求日        | 平成29年5月2日(2017.5.2)           |           | ブ 1625                           |
| (31) 優先権主張番号 | 61/429,472                    | (74) 代理人  | 100078282                        |
| (32) 優先日     | 平成23年1月4日(2011.1.4)           |           | 弁理士 山本 秀策                        |
| (33) 優先権主張国  | 米国 (US)                       | (74) 代理人  | 100113413                        |
|              |                               |           | 弁理士 森下 夏樹                        |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理負荷へのシステムレベルの電力送達

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電力送達システムであって、前記電力送達システムは、  
 電力をプラズマ負荷に提供するように構成されている第1の発電機と、  
 前記第1の発電機の出力を前記プラズマ負荷に対してインピーダンス整合させるように  
 構成されている第1の整合ネットワークと、  
 前記第1の発電機の出力における電力の電圧、電流、位相、インピーダンス、および/  
 または電力を測定するように構成されている第1のセンサであって、電圧定在波比円上の  
 点によって表されるインピーダンスの値に対する線形応答を有している第1のセンサと、  
 電力をプラズマ負荷に提供するように構成されている第2の発電機と、  
 前記第2の発電機の出力を前記プラズマ負荷に対してインピーダンス整合させるように  
 構成されている第2の整合ネットワークと、  
 前記第2の発電機の出力における電力の電圧、電流、位相、インピーダンス、および/  
 または電力を測定するように構成されている第2のセンサであって、電圧定在波比円上の  
 点によって表されるインピーダンスの値に対する線形応答を有している第2のセンサと、  
ローカルコントローラと  
 を備え、  
 前記ローカルコントローラは、  
 前記測定された電圧、電流、位相、インピーダンス、および/または電力を前記第1  
 のセンサから受信することと、

前記測定された電圧、電流、位相、インピーダンス、および/または電力を前記第2のセンサから受信することと、

ユーザ電力送達要件を受信することと、

前記第1および第2のセンサからの前記測定された電圧、電流、位相、インピーダンス、および/または電力と、前記ユーザ電力送達要件とを分析することと、

前記第1および第2の発電機、および/または、前記第1および第2の整合ネットワークに、前記ユーザ電力送達要件を満たすために、1つ以上の動作パラメータを調節するように命令することと

を行うようにさらに構成されている、システム。

【請求項2】

前記1つ以上の動作パラメータは、第1の発電機周波数または第1の整合ネットワークインピーダンスを含む、請求項1に記載のシステム。

【請求項3】

前記第1の整合ネットワークは、第3のセンサを含み、前記第3のセンサは、電圧、電流、位相、インピーダンス、および/または電力を測定して、前記第1の発電機のローカルコントローラに対して電圧、電流、位相、インピーダンス、および/または電力を提供するように構成されている、請求項1に記載のシステム。

【請求項4】

電力を送達または制御する方法であって、前記方法は、

第1の発電機の電力出力の電気特性を第1のセンサを介して監視して、前記第1の発電機の電力出力の電気特性をローカルコントローラに提供することと、

第2の発電機の電力出力の電気特性を第2のセンサを介して監視して、前記第1および第2の発電機が、前記第1および第2の発電機の電力出力を前記プラズマ負荷に並行して提供することであって、前記第2のセンサは、前記第2の発電機の電力出力の電気特性を前記ローカルコントローラに提供する、ことと、

前記ローカルコントローラにおいて前記第1の発電機の識別を受信することと、

前記ローカルコントローラにおいて第1の整合ネットワークの識別を受信することと、

前記ローカルコントローラにおいて前記第2の発電機の識別を受信することと、

前記ローカルコントローラにおいて第2の整合ネットワークの識別を受信することと、

前記第1および第2の発電機の識別と前記第1および第2の整合ネットワークの識別、および、前記第1および第2の発電機の電力出力の電気特性を分析することと、

前記識別および前記電気特性の分析に基づいて、命令を前記第1および第2の発電機と前記第1および第2の整合ネットワークとに中継して、前記第1および第2の発電機の出力を前記プラズマ負荷に対してインピーダンス整合させるために、前記第1および第2の発電機と前記第1および第2の整合ネットワークとの同調を可能にすることと

を含む、方法。

【請求項5】

前記ローカルコントローラにおいて前記第1および第2の発電機の識別を受信することと、

前記ローカルコントローラにおいて前記第1および第2の整合ネットワークの識別を受信することと、

前記第1および第2の発電機の識別と前記第1および第2の整合ネットワークの識別と、前記第1および第2の発電機の前記電力出力の電気特性とを分析することと、

前記電気特性の分析に基づいて、命令を前記第1および第2の発電機と前記第1および第2の整合ネットワークとに中継して、前記第1および第2の発電機と前記第1および第2の整合ネットワークとの同調を可能にすることと

をさらに含む、請求項4に記載の方法。

【請求項6】

前記同調は、前記第1の発電機の第1の周波数、前記第2の発電機の第2の周波数、および前記第1および第2の整合ネットワークのインピーダンスを同調させることを含む、

10

20

30

40

50

請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記第 1 および第 2 の発電機の識別と前記第 1 および第 2 の整合ネットワークの識別とは、ブランド、モデル、または製造番号を含む、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 8】

前記第 1 および第 2 の発電機の識別と前記第 1 および第 2 の整合ネットワークの識別とは、動作特性を含む、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 9】

電力送達システムの電力制御システムであって、

第 1 の発電機の電力出力および前記第 1 の発電機の出力におけるインピーダンスを監視するように構成されている第 1 のセンサであって、前記第 1 の発電機は、第 1 の整合ネットワークを介して電力をプラズマ負荷に提供するように構成されており、前記第 1 のセンサは、電圧定在波比円上の点によって表されるインピーダンスの値に対する線形応答を有している、第 1 のセンサと、

第 2 の発電機の電力出力および前記第 2 の発電機の出力におけるインピーダンスを監視するように構成されている第 2 のセンサであって、前記第 2 の発電機は、第 2 の整合ネットワークを介して電力をプラズマ負荷に前記第 1 の発電機に並行して提供するように構成されており、前記第 2 のセンサは、電圧定在波比円上の点によって表されるインピーダンスの値に対する線形応答を有している、第 2 のセンサと、

前記第 1 および第 2 のセンサと通信するローカルコントローラであって、前記ローカルコントローラは、前記第 1 および第 2 の発電機と前記第 1 および第 2 の整合ネットワークとの同調を管理するように構成され、前記同調は、前記第 1 および第 2 の発電機の電力出力と、前記第 1 および第 2 の発電機の出力におけるインピーダンスとに依存する、ローカルコントローラと

を備える、電力制御システム。

【請求項 10】

前記ローカルコントローラは、前記第 1 の発電機のプロセッサおよびメモリ上で動作するように構成されたソフトウェアまたはファームウェアである、請求項 9 に記載の電力制御システム。

【請求項 11】

前記ローカルコントローラは、ソフトウェアまたはファームウェアを動作させるプロセッサであり、既存の電力送達システムへの追加のために構成されている、請求項 9 に記載の電力制御システム。

【請求項 12】

前記ローカルコントローラは、前記第 1 および第 2 のセンサの識別、前記第 1 および第 2 の発電機の識別、および前記第 1 および第 2 の整合ネットワークの識別を識別するように構成されている、請求項 9 に記載の電力制御システム。

【請求項 13】

前記同調は、前記第 1 および第 2 のセンサの前記識別、前記第 1 および第 2 の発電機の前記識別、および前記第 1 および第 2 の整合ネットワークの前記識別を考慮する、請求項 12 に記載の電力制御システム。

【請求項 14】

プラズマ負荷に送達される、前記第 1 の整合ネットワークの電力出力を特徴づけるように構成されている第 3 のセンサをさらに備えている、請求項 9 に記載の電力制御システム。

【請求項 15】

プラズマチャンバの特性を監視するように構成されている第 3 のセンサをさらに備え、前記プラズマチャンバ内のプラズマは、前記第 1 および第 2 の整合ネットワークから送達される電力によって維持される、請求項 9 に記載の電力制御システム。

【請求項 16】

10

20

30

40

50

前記ローカルコントローラは、前記第1の発電機の第1の周波数、前記第2の発電機の第2の周波数、前記第1の整合ネットワークの第1のインピーダンス、および前記第2の整合ネットワークの第2のインピーダンスの同調を管理するように構成されている、請求項9に記載の電力制御システム。

【請求項17】

前記ローカルコントローラは、前記第1および第2のセンサ、前記第1および第2の発電機、前記第1および第2の整合ネットワークへのユーザ入力、およびそれらからの出力とインターフェースをとる、請求項9に記載の電力制御システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

(関連出願の引用)

本願は、米国仮特許出願第61/429,472号(2011年1月4日出願)の利益を主張する。該出願第61/429,472号の詳細は、その全体が、あらゆる適切な目的のために参照により本明細書に引用される。

【0002】

(発明の分野)

本発明は、プラズマ処理負荷に対する一貫した電力送達の維持に関する。より具体的には、発電機、整合ネットワーク、センサのシステムレベル統合と、それらの監視および制御に関する。

20

【背景技術】

【0003】

半導体製造において、特徴を小型化することに対する継続的な努力は、ツール製造業者およびプロセス開発者等にとって、有意な課題を呈する。新しい材料の導入と組み合わせられた、より高い均一性、重要寸法のより厳しい制御、プラズマ損傷の低減、より薄い層、およびより短いプロセス時間等の要件は、半導体処理ツールの開発において、より高い精巧さを要求する。これらの要件は、プラズマチャンバに該当し、かつ電力送達システムにも及ぶ。

【0004】

人間オペレータは、典型的には、発電機および整合ネットワークからの複数のセンサ出力を監視し、不完全かつ比較的ゆっくりである試みにおいて、多数のパラメータを調節し、プラズマ負荷に対して一貫した電力送達を維持する。オペレータは、システムの種々の構成要素から情報を収集し、オペレータのために、この情報を表示し、オペレータからのコマンドをシステムの種々の構成要素に伝送する外部コントローラと相互作用し得る。この構成は、過去には機能していたが、電流システムに適切ではない場合があることが徐々に明白となっている。

30

【0005】

例として、エッチングプロセスにおける主要な進歩は、パルス発信および多重発電機同期パルス発信の間の発電機周波数同調を含む、高度な能力を伴う、最新世代型RF電源の導入によってもたらされた。しかし、この最先端の電力送達システムでさえ、システム構成要素は、独立して作用し、したがって、独立して、制御されるため、依然として、抑制されている。特に、発電機は、パルス状電力に同調可能周波数を提供するが、整合ネットワークは、パルス状信号を検出し、測定し、それに応答することが困難であって、したがって、発電機の利用することが困難である。オペレータは、整合ネットワーク内の最適可変キャパシタ位置を選択し、次いで、プロセスを起動する傾向がある(すなわち、リアルタイム電力反射を最小限にするための準最適解決策)。したがって、有意な改良が、プラズマ処理電源に行われたが、これらは、発電機および整合ネットワークの独立制御によって、抑制され続ける。

40

【0006】

図1は、当業者に周知の発電機、整合ネットワーク、およびプラズマ負荷を図示する。

50

発電機 102 は、整合ネットワーク 104 を介して、電力をプラズマ負荷 106 に提供し、その場合、整合ネットワーク 104 は、負荷 106 のインピーダンスが変化するにつれて、発電機 102 によって経験されるインピーダンスが、実質的に、一定（例えば、50）のままであるように、内部インピーダンスを変更し得る。整合ネットワーク 104 は、典型的には、整合ネットワーク 104 に入射する電力および整合ネットワーク 104 から発電機 102 に反射される電力を測定し、次いで、これらの値を使用して、プラズマ負荷 106 のインピーダンスを計算する、センサ 116 を含む。発電機 102 は、多くの場合、発電機 102 の電力出力を測定する、センサ 114 を含む。センサ 114、116 は、時として、外部ユーザインターフェース 130 を介して、その測定値をユーザに通信する。ユーザは、次いで、整合ネットワーク 104 および/または発電機 102 に、システムを同調させる試みにおいて、順応するように命令する。

10

**【0007】**

特に、発電機 102 は、特定の電気特性（例えば、電力または周波数）を発生するように命令されることができるか、またはプラズマ負荷 106 に送達される所望の電力が、選択されることができるか、発電機 102 は、その電力を達成するように同調することができる。同様に、整合ネットワーク 104 は、特定のインピーダンスで動作するように命令されることができるか、または所望の反射された電力を達成するために、同調するように命令されることができる。ある場合には、発電機 102 および整合ネットワーク 104 は両方とも、所望の電力出力特性を満たすために、同調するように命令されることができる。

**【0008】**

20

発電機 102 は、時として、センサ 114、無線周波数（RF）エンジン 113、およびユーザインターフェース 130 間の通信を促進する、通信および論理ボード 112 を含む。RF エンジン 113 は、RF 電力を生成し、発電機 102 によって生成される電力の振幅および波形を制御することができる。同様に、整合ネットワーク 104 は、時として、センサ 116、インピーダンス制御システム 115、およびユーザインターフェース 130 間の通信を促進する、通信および論理ボード 122 を含む。インピーダンス制御システム 115 は、例えば、モータ駆動ボードに整合ネットワーク 104 の可変キャパシタを調節させることによって、整合ネットワーク 104 のインピーダンスを制御することができる。

**【0009】**

30

この電力送達システム 100 は、プラズマ負荷 106 および発電機 102 からの動的電力プロファイル（電力精度または一貫性）の変化にゆっくりと適応することができる。例えば、センサ 114、116 のいずれかによる測定の瞬間と、測定された値がユーザインターフェース 130 に到達する瞬間との間には、遅延が存在する。また、命令が、発電機 102 および整合ネットワーク 104 に返信されるときにも、遅延が存在する。

**【0010】**

精度に関して、整合ネットワーク 104 のセンサ 116 は、閾値電流または電圧が検出された後のみ、サンプリングを行い、したがって、電力が閾値と比較されている間、サンプリングを行わない。より小さいサンプルサイズおよびパルス発信の開始からのサンプリング不能は、あまり正確ではないインピーダンス測定につながる。また、各センサ 114、116 を校正するにもかかわらず、センサ 114、116 は、依然として、あるレベルの誤差を有し、したがって、組み合わせて使用されるとき、正味の影響として、個々のセンサ 114、116 の誤差の和にほぼ相当する誤差を有する。最後に、インピーダンス測定は、測定されている電力の周波数が既知であるときに最も正確に行われる。整合ネットワーク 106 のセンサ 116 は、整合ネットワーク 104 に到達する電力の周波数を測定する必要があり、この測定値は、典型的には、ある程度の誤差を有するため、センサ 116 の測定値に基づいて計算されたインピーダンスもまた、典型的には、ある対応する程度の誤差を有する。明らかのように、速度および精度は、図 1 のものに類似する従来のシステムでは、制限される。

40

**【0011】**

50

電力送達システム100の不正確さおよび低速は、非一貫性の電力送達につながる可能性があるため、品質もまた、当技術分野において妨害され得る。ある場合には、複数の発電機が、複数の整合ネットワークを介して、単一プラズマ負荷に電力を送給する。各発電機および整合ネットワークは、プラズマ負荷のみならず、相互に可視である他の発電機も考慮する必要があるため、電力品質は、これらの場合において、特に問題である。言い換えると、インピーダンス整合の課題は、複数の発電機が関与する場合、増加し、したがって、電力品質は、複数の発電機が使用されるとき、さらに劣化される。

#### 【0012】

図1のシステムは、過去には、適切であり得たが、精度、安定性、および短処理ステップのより厳格な要件を伴う新しいプロセスの非線形動的プラズマ負荷特性に対する、迅速に順応する正確な一貫した電力を提供するために適切ではない場合がある。

10

#### 【発明の概要】

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0013】

本開示は、1つ以上のセンサを介して、発電機、整合ネットワーク、およびプラズマ負荷の特性を監視し、プラズマ負荷に対する電力送達精度および一貫性を改善するために、ローカルコントローラを介して、これらの構成要素を制御するように構成される電力送達システムおよび動作方法について論じる。

#### 【0014】

本開示の一側面は、電力送達システムとして特徴づけられ得る。本電力送達システムは、発電機と、整合ネットワークと、第1のセンサと、ローカルコントローラとを含むことができる。発電機は、電力をプラズマ負荷に提供するように構成することができる。整合ネットワークは、発電機の出力をプラズマ負荷に対してインピーダンス整合させるように構成することができる。第1のセンサは、発電機の出力における電力の電圧、電流、位相、インピーダンス、および/または電力を測定するように構成し、対応する測定された電圧、電流、位相、インピーダンス、および/または電力を生成するように構成することができる。ローカルコントローラは、測定された電圧、電流、位相、インピーダンス、および/または電力をセンサから受信し、ユーザ電力送達要件を受信し、測定された電圧、電流、位相、インピーダンス、および/または電力ならびにユーザ電力送達要件を分析し、発電機および/または整合ネットワークに、ユーザ電力送達要件を満たすために、1つ以上の動作パラメータを調節するよう命令するように構成することができる。

20

30

#### 【0015】

本開示の別の側面は、動作を監視、分析、および中継することを含む、方法として特徴づけられ得る。特に、本方法は、発電機の電力出力の電気特性を監視することと、電力出力の電気特性をローカルコントローラに提供することとを含むことができる。本方法はまた、電力出力の電気特性を分析することを含むことができる。本方法はさらに、分析に基づいて、命令を発電機および整合ネットワークに中継し、それによって、発電機および整合ネットワークの同時同調を可能にすることを含むことができる。

#### 【0016】

本開示のさらに別の側面は、電力送達システムの電力制御システムとして特徴づけられ得る。電力制御システムは、第1のセンサと、ローカルコントローラとを含むことができる。第1のセンサは、発電機の電力出力および発電機によって経験されるインピーダンスを監視するように構成することができる。発電機は、整合ネットワークを介して、電力をプラズマ負荷に提供するように構成することができる。ローカルコントローラは、第1のセンサと通信し、発電機および整合ネットワークの同調を管理するように構成されることができる。同調は、発電機の電力出力および発電機によって経験されるインピーダンスの原因となる。

40

例えば、本願発明は以下の項目を提供する。

#### (項目1)

電力送達システムであって、

50

電力をプラズマ負荷に提供するように構成されている発電機と、  
前記発電機の出力を前記プラズマ負荷に対してインピーダンス整合させるように構成されている整合ネットワークと、

前記発電機の出力における電力の電圧、電流、位相、インピーダンス、および/または電力を測定するように構成され、対応する測定された電圧、電流、位相、インピーダンス、および/または電力を生成するように構成されている、第1のセンサと、

ローカルコントローラと

を備え、

前記ローカルコントローラは、

前記測定された電圧、電流、位相、インピーダンス、および/または電力を前記センサから受信することと、

ユーザ電力送達要件を受信することと、

前記測定された電圧、電流、位相、インピーダンス、および/または電力と、前記ユーザ電力送達要件とを分析することと、

前記発電機および/または整合ネットワークに、前記ユーザ電力送達要件を満たすために、1つ以上の動作パラメータを調節するように命令することと

を行うように構成されている、システム。

(項目2)

前記1つ以上の動作パラメータは、発電機周波数または整合ネットワークインピーダンスを含む、項目1に記載のシステム。

(項目3)

前記センサは、前記発電機の電力出力および前記発電機によって経験されるインピーダンスを測定するように構成されている、項目1に記載のシステム。

(項目4)

前記ローカルコントローラは、前記発電機内に配置されている、項目1に記載のシステム。

(項目5)

前記ローカルコントローラは、前記整合ネットワーク内に配置されている、項目1に記載のシステム。

(項目6)

前記ローカルコントローラと通信する第2のセンサをさらに備え、前記第2のセンサは、前記整合ネットワークと前記プラズマ負荷との間の電圧、電流、位相、インピーダンス、および/または電力、プラズマチャンバの非電気特性、または、前記プラズマ負荷の非電気特性を測定するように構成されている、項目1に記載のシステム。

(項目7)

前記ローカルコントローラは、前記発電機、前記整合ネットワーク、および前記第1のセンサを識別する、項目1に記載のシステム。

(項目8)

前記ローカルコントローラは、前記電力送達システムの構成要素とのユーザ相互作用のための単独導管であるように構成されている、項目1に記載のシステム。

(項目9)

発電機の電力出力の電気特性を監視して、前記電力出力の電気特性をローカルコントローラに提供することと、

前記電力出力の電気特性を分析することと、

前記分析に基づいて、命令を前記発電機および前記整合ネットワークに中継し、それによって、前記発電機および前記整合ネットワークの同時同調を可能にすることと

を含む、方法。

(項目10)

前記ローカルコントローラにおいて前記発電機の識別を受信することと、

前記ローカルコントローラにおいて整合ネットワークの識別を受信することと、

10

20

30

40

50

前記発電機および前記整合ネットワークの識別と、前記電力出力の電気特性とを分析することと、

前記動作パラメータおよび前記電気特性の前記分析に基づいて、命令を前記発電機および整合ネットワークに中継し、前記発電機および前記整合ネットワークの同時同調を可能にすることと

をさらに含む、項目 9 に記載の方法。

(項目 11)

前記同時同調は、前記発電機の周波数および前記整合ネットワークのインピーダンスを同調させることを含む、項目 10 に記載の方法。

(項目 12)

前記発電機および前記整合ネットワークの識別は、ブランド、モデル、または製造番号を含む、項目 10 に記載の方法。

(項目 13)

前記発電機および前記整合ネットワークの識別は、動作特性を含む、項目 10 に記載の方法。

(項目 14)

電力送達システムの電力制御システムであって、

発電機の電力出力および前記発電機によって経験されるインピーダンスを監視するように構成されている第 1 のセンサであって、前記発電機は、整合ネットワークを介して電力をプラズマ負荷に提供するように構成されている、第 1 のセンサと、

前記第 1 のセンサと通信するローカルコントローラと

を備え、

前記ローカルコントローラは、前記発電機および前記整合ネットワークの同調を管理するように構成され、前記同調は、前記発電機の電力出力および前記発電機によって経験されるインピーダンスの原因となる、電力制御システム。

(項目 15)

前記ローカルコントローラは、前記発電機または前記整合ネットワークのプロセッサおよびメモリ上で動作するように構成されているソフトウェアまたはファームウェアである、項目 14 に記載の電力制御システム。

(項目 16)

前記ローカルコントローラは、ソフトウェアまたはファームウェアを動作させるプロセッサであり、既存の電力送達システムへの追加のために構成されている、項目 14 に記載の電力制御システム。

(項目 17)

前記ローカルコントローラは、前記第 1 のセンサの識別、前記発電機の識別、および前記整合ネットワークの識別を識別するように構成されている、項目 14 に記載の電力制御システム。

(項目 18)

前記同調は、前記第 1 のセンサの識別、前記発電機の識別、および前記整合ネットワークの識別を考慮する、項目 17 に記載の電力制御システム。

(項目 19)

プラズマ負荷に送達される、前記整合ネットワークの電力出力を特徴づけるように構成されている第 2 のセンサをさらに備えている、項目 14 に記載の電力制御システム。

(項目 20)

前記第 2 のセンサは、プラズマチャンバの特性を監視するように構成され、前記プラズマは、前記電力送達システムから送達される電力によって維持される、項目 18 に記載の電力制御システム。

(項目 21)

前記ローカルコントローラは、前記発電機の周波数および前記整合ネットワークのインピーダンスの同時同調を管理するように構成されている、項目 14 に記載の電力制御シス

10

20

30

40

50



テム。

(項目 2 2)

前記ローカルコントローラは、前記第 1 のセンサ、前記発電機、および前記整合ネットワークへのユーザ入力、およびそれらからの出力とインターフェースをとる、項目 1 4 に記載の電力制御システム。

(項目 2 3)

前記ローカルコントローラは、外部コントローラと通信するように構成され、ユーザは、前記外部コントローラを介して前記電力送達システムとインターフェースをとる、項目 2 2 に記載の電力制御システム。

(項目 2 4)

前記ローカルコントローラは、ユーザ電力送達要件を受信することと、前記ユーザ電力送達要件を達成するために、前記発電機および前記整合ネットワークのための命令を生成することと、前記命令を前記発電機および前記整合ネットワークにパスすることとを行うように構成されている、項目 2 2 に記載の電力制御システム。

【図面の簡単な説明】

【0017】

本発明の種々の目的と利点およびより完全なる理解は、付随の図面に関連して成される、以下の発明を実施するための形態ならびに添付の請求項を参照することによって、明白かつより容易に認識されるであろう。

【図 1】図 1 は、当業者に周知の発電機、整合ネットワーク、およびプラズマ負荷を図示する。

【図 2 A】図 2 a - 2 c は、電力を整合ネットワークに提供する発電機を含む、電力送達システムの実施形態を図示する。

【図 2 B】図 2 a - 2 c は、電力を整合ネットワークに提供する発電機を含む、電力送達システムの実施形態を図示する。

【図 2 C】図 2 a - 2 c は、電力を整合ネットワークに提供する発電機を含む、電力送達システムの実施形態を図示する。

【図 3】図 3 は、多重発電機電力送達システムのある実施形態を図示する。

【図 4】図 4 は、多重発電機電力送達システムの別の実施形態を図示する。

【図 5】図 5 は、多重発電機電力送達システムのさらに別の実施形態を図示する。

【図 6】図 6 は、本開示の一実施形態による、電力をプラズマ負荷に供給する方法を図示する。

【図 7】図 7 は、本開示の一実施形態による、機械のある実施形態を図示する。

【発明を実施するための形態】

【0018】

本開示は、従来および最先端システムさえ、依然として、その自律的設計によって制限されること、特に、発電機および整合ネットワークは、独立して、動作されることを認識することによって、従来技術において直面する課題を克服する。本開示は、電力送達システム（また、発電および送達システムとしても知られる）の構成要素の間の通信、測定、および制御を統合するためのシステム、方法、および装置について説明する。このアプローチのいくつかの利点として、パルス状および連続波（CW）両方の電力に対して、広範な動的範囲にわたる正確な発電、遷移中のより高速な電力安定化、および反射電力の低減を提供する能力が挙げられる。

【0019】

図 2 a - 2 c は、電力送達システム 200 の 3 つの実施形態を図示する。電力送達システム 200 は、電力をプラズマ負荷 206 に提供し、その場合、整合ネットワーク 204 は、反射電力を最小限にする。発電機 202 の電力出力は、第 1 の伝送媒体 208 を介して、整合ネットワーク 204 に、次いで、第 2 の伝送媒体 210 を介して、プラズマ負荷

10

20

30

40

50

206に提供される。第1のセンサ214および随意的第2のセンサ218は、電圧、電流、位相、インピーダンス、および電力のうちの一つ以上を測定することによって、電力の電気特性を監視し、この情報をローカルコントローラにパス（または、中継）する。ローカルコントローラ212は、発電機202または整合ネットワーク204内（図2b参照）、あるいは電力送達システム200内の任意の場所（図2c参照）のいずれかに常駐し、発電機202、整合ネットワーク204、およびセンサ214、218のうちの一つ以上間の通信を管理する。ローカルコントローラ212はまた、ユーザと電力送達システム200の任意の構成要素との間の通信を管理することができる。ローカルコントローラ212は、迅速に調節可能であって、一定かつおよび正確な電力が、一つ以上の電力送達要件に従って、プラズマ負荷206に送達されるように、電力送達システム200を管理

10

#### 【0020】

一つ以上のセンサ214、218は、ローカルコントローラ212に対する電力を監視する。特に、第1のセンサ214は、発電機202の電力出力ならびに発電機202によって経験されるインピーダンスを監視することができる。ローカルコントローラ212は、電力送達要件に照らして、第1のセンサ214（随意的に、また、第2のセンサ218）によって提供される測定値を分析する。これは、電力送達要件を満たすために十分であると判断される発電機202および整合ネットワーク204のための動作パラメータを決定することができ、発電機202および整合ネットワーク204に、電力送達要件を満たすために、それらの構成要素の内部パラメータを調節するように命令する（または、命令を中継する）ことができる。

20

#### 【0021】

この統合された電力送達システム200、すなわち、本明細書に開示されるローカルコントローラ212と第1のセンサ212（随意的に、第2のセンサ218）との使用は、従来技術に勝るいくつかの利点を有する。第1に、電力送達システム200の種々の構成要素の制御および動作を統合することによって、同時に、整合ネットワーク204および発電機202を同調させる能力、あるいは発電機202の出力の波形をパルス発信または変更しながら、整合ネットワーク204を同調させる能力等、新規電力送達方法が可能となる。第2に、本システムおよびアプローチは、プラズマ負荷206に対して迅速に調節可能な、正確な一貫した電力送達を可能にする。電力送達システム200の速度は、特に、動的電力用途（例えば、パルス状発電機202の出力）において有用である。

30

#### 【0022】

より迅速に電力送達を調節する能力は、一部には、センサが、インピーダンスを測定する前に、最初に、周波数を測定しなければならない従来のシステムが経験する遅延の回避に起因し得る。ローカルコントローラ214は、第1のセンサ214が、インピーダンスのサンプリングを開始する前に、周波数を測定する必要がないように、第1のセンサ214に、周波数等の発電機の動作パラメータを提供する。より早期のサンプリングは、インピーダンスが、当技術分野におけるものより高速に決定され得ることを意味する。ローカルコントローラ214はまた、第1のセンサ214に、パルス発信または電力波形の変化の開始の指標を提供し、したがって、第1のセンサ214が、サンプリング開始前に、そのような変化を検出する必要性を防止することができる。これはまた、第1のセンサ214が、当技術分野におけるセンサより早くインピーダンスの測定を開始することを可能にする。

40

#### 【0023】

電力送達システム200はまた、4つの方法において、電力送達の精度を改善する。第1に、複数のセンサを使用して、電力およびインピーダンスを測定する場合（例えば、それぞれ、114および116）、各センサは、各センサに対して行われる較正から生じる、そのセンサに関連付けられた誤差関数を有する。単一センサ214を使用して、電力およびインピーダンスを測定することによって、単回較正のみ行われ、したがって、誤差は、ほとんど導入されない。

50

## 【 0 0 2 4 】

第2に、より多くのサンプリング点を有することは、インピーダンス測定を改善することができる。当技術分野では、サンプリングは、典型的には、パルスまたは発電機波形の変化が検出された後のみ、開始することができるが、本明細書では、ローカルコントローラ212は、第1のセンサ214に、パルスまたは波形変化が生じる前またはその時点におけるパルスまたは発電機202の波形の変化の開始を指示する。したがって、第1のセンサ214は、当技術分野において可能であるよりも早期にサンプリングを開始し、したがって、より正確なインピーダンス測定を可能にすることができる。

## 【 0 0 2 5 】

第3に、インピーダンスの測定は、測定されている信号の周波数に依存し、したがって、周波数を測定する際の誤差は、測定されるインピーダンスの誤差につながる。従来技術のインピーダンス測定は、多くの場合、整合ネットワーク内のセンサ（例えば、116）が、周波数を測定した後に行われ、したがって、不必要な誤差を導入する。代替として、広帯域センサを使用するとき、誤差が、周波数の関数として、広帯域センサ内のアナログ変動によって導入される。第1のセンサ214に、整合ネットワーク（例えば、104）における周波数を測定することを要求するのではなく、第1のセンサ214に、発電機202が産生している周波数を認知させることによって、第1のセンサ214は、従来技術におけるセンサよりインピーダンス測定においてほとんど誤差を経験しない。また、第1のセンサ214は、周波数を測定する必要がないため、より多くのサンプルを採取することができ、より大きなサンプルサイズは、精度を改善する。

## 【 0 0 2 6 】

第4に、電力送達システム内の各構成要素（例えば、発電機202、第1のセンサ214、整合ネットワーク204、随意的第2のセンサ218）は、異なるため、電力送達システムの動作パラメータは、好ましくは、異なる構成要素が取り替えられるとき、調節される。従来の電源は、構成要素間の変動を考慮しない。対照的に、ローカルコントローラ212は、電力送達システム200の種々の構成要素を認知し、発電機202および整合ネットワーク204へのその命令を適宜調節する。

## 【 0 0 2 7 】

構成要素変動は、ローカルコントローラ212に対する構成要素の識別によって考慮されることができる。例えば、発電機202および整合ネットワーク204は、ブランド、モデル、製造番号、または他の識別情報を介して、ローカルコントローラ212に対してそれら自体を識別することができる。また、いくつか挙げると、ステータス、設定点、および構成等の動作特性を提供することができる。これは、それぞれ、RFエンジン213およびインピーダンス制御システム215を介して、行われることができる。第1のセンサおよび第2のセンサ214、218もまた、ローカルコントローラ212に対してそれら自体を識別することができる。認証は、認証アルゴリズムを介して行い得る。したがって、一実施形態では、伝送媒体208を介して接続された場合、発電機202および整合ネットワーク204の特定のタイプまたはブランドのみ動作可能である。ローカルコントローラ212はまた、発電機202、整合ネットワーク204、およびセンサ214、218にクエリを行い、そのユニットタイプ、製造番号、部品番号、または任意の他の識別情報を決定することができる。この知識によって、ローカルコントローラ212は、発電機202および整合ネットワーク204への命令を調整し、構成要素内の変動を考慮し、したがって、電力送達システム200が、当技術分野において可能であるより正確かつ一貫した電力を提供することを可能にすることができる。

## 【 0 0 2 8 】

電力送達システム100はまた、電力およびインピーダンスの両方を測定する能力のため、電力送達の一貫性（または、品質）を改善する。一部には、一貫性は、前述のより高い精度を介して改善される（例えば、誤差の蓄積の低減およびより早期かつより広範なサンプリング）。従来技術は、電力送達システムの複数の制御ループ内で安定性を維持することが困難であったが、単一コントローラ214が、複数の制御ループを制御し、制御ル

10

20

30

40

50

ープ間の安定性および同期を確保することができるため、一貫性もまた、改善される。

#### 【0029】

いくつかの設計側面は、これらの利点を可能にする。第1に、発電機202の電力出力および発電機202によって経験されるインピーダンスの両方を監視するための単一センサ214の使用である。第1のセンサ214は、発電機202の出力における電圧、電流、位相、インピーダンス、および電力を測定することができる。第1のセンサ214は、発電機202の出力に配置されることができる。第1のセンサ214は、インピーダンスを遠隔で測定する能力により、発電機202からの電力に加え、発電機202によって経験されるインピーダンスを測定することができ、これは、当技術分野では不可能な特徴である。遠隔インピーダンス測定は、第1のセンサ214から物理的に遠隔である場所（または、較正点）、例えば、第1のセンサ214から第1の伝送媒体208に沿ってある物理的距離にある場所（例えば、整合ネットワーク204の入力）において、インピーダンスを確認する。

10

#### 【0030】

従来のインピーダンス測定における不正確性は、インピーダンスの遠隔監視が、不可能ではないにしても、困難であったことを意味した。第1のセンサ214が、これらの課題を克服する2つの理由が存在する：（1）第1のセンサ214は、当技術分野におけるセンサより、較正インピーダンスと関連する増加する電圧定在波比に対して、よりすぐれた線形応答を有する、（2）第1のセンサ214は、発電機202出力電力の位相をより厳密に測定することができる。

20

#### 【0031】

典型的には、センサは、中心動作インピーダンス（例えば、50）の近くで最適に動作するように構成されることができるが、インピーダンス変動に対するその非線形応答により、インピーダンスが較正インピーダンスから離れるにつれて、センサ精度は、急激に劣化する。物理的に局所的な測定に対するこの不正確性は、大きな物理的距離にわたって測定を行うとき、増幅される。対照的に、センサ214は、電圧定在波比円上におけるよりすぐれた線形応答を有し、インピーダンス較正点から離れたインピーダンス、したがって、物理的に遠隔場所における正確なインピーダンス測定を可能にする。

#### 【0032】

加えて、第1のセンサ214は、以前の世代のセンサにおいて可能であったよりも、発電機202の出力の位相を厳密に測定することができる。特に、高位相角度において、位相角度測定精度に対して、したがって、結果として生じるインピーダンスおよび電力測定において、極端に感受性が高い。第1のセンサ214は、より正確に、位相角度を測定することができるため、インピーダンスを遠隔でより良好に測定可能である。

30

#### 【0033】

ある実施形態では、第1のセンサ214は、方向性連結器である。方向性連結器は、順方向および逆方向電力のスケーリングされた電力ならびにそれらの間の位相差異を測定することができる。方向性連結器は、次いで、スケーリングされた電力および位相差異をローカルコントローラ212に戻すことができる。スケーリングされた電力は、方向性連結器が測定システムに提供する電圧であり、その公称負荷条件（例えば、50）に動作する発電機202の出力電圧に比例する。

40

#### 【0034】

前述の利点は、第2に、単一ローカルコントローラ212を通した、電力送達システム200の統合された制御および監視によって可能にされる。ローカルコントローラ212は、発電機202、整合ネットワーク204、第1のセンサ214、および随意的第2のセンサ218から情報を受信し、それを分析することができる。ローカルコントローラ212は、1つ以上のアルゴリズムを起動し、電力送達システム200に関して受信した情報を分析し、プラズマ負荷206への一貫した電力送達を確保するために、行うべき手順を決定し得る。ローカルコントローラ212はまた、ある作用および手順を実施するために、発電機202および整合ネットワーク204等の電力送達システム200内の他の構

50

成要素に対する命令を発行することができる。

【 0 0 3 5 】

ローカルコントローラ 2 1 2 が、全測定を監視し、全制御信号および命令を配信するため、オペレータの責任の多くは、軽減され、発電機 2 0 2 および整合ネットワーク 2 0 4 が、電力およびインピーダンス変動に順応する速度は、向上される。そのような構成はまた、導線および信号線が、ほとんど要求されないため、電力送達システム 2 0 0 のハードウェア要件を簡略化する。導線および信号線の数を最小限にすることによって、発電機 2 0 2 および整合ネットワーク 2 0 4 は、より小型かつあまり複雑ではないソフトウェアおよびファームウェアを介して、制御されることができる。

【 0 0 3 6 】

ローカルコントローラ 2 1 2 は、発電機 2 0 2 および整合ネットワーク 2 0 4 の両方の動作を管理するため、それらの構成要素の同時同調が可能である。ローカルコントローラ 2 1 2 は、発電機 2 0 2 の R F エンジン 2 1 3 に、発電機 2 0 2 の電力出力の振幅、搬送周波数、電力周波数、パルス幅、パルスデューティサイクル、または波形を調節するように命令することができる。ローカルコントローラ 2 1 2 はまた、整合ネットワーク 2 0 4 のインピーダンス制御システム 2 1 5 に、例えば、モータ駆動ボードに、整合ネットワーク 1 0 4 の可変キャパシタを調節させることによって、整合ネットワーク 2 1 2 のインピーダンスを調節するように命令することができる。

【 0 0 3 7 】

利用可能な同調選択肢は、ローカルコントローラ 2 1 2 が、どのように電力送達システム 2 0 0 を管理するかを指図することができる。発電機 2 0 2 の周波数が固定される場合、ローカルコントローラ 2 1 2 は、命令を整合ネットワーク 2 0 4 にパスし、インピーダンスを調節することができる。発電機 2 0 2 の周波数が可変である場合、ローカルコントローラ 2 1 2 は、( 1 ) 命令を整合ネットワーク 2 0 4 にパスし、発電機 2 0 2 が経験するインピーダンスを変更すること、( 2 ) 命令を発電機 2 0 2 にパスし、電力出力周波数を変更すること、または( 3 ) 命令を整合ネットワーク 2 0 4 にパスし、発電機 2 0 2 が経験するインピーダンスを変更し、命令を発電機 2 0 2 にパスし、その電力出力周波数を変更することができる。発電機 2 0 2 の周波数は、整合ネットワーク 2 0 4 のインピーダンスより迅速に調節されるため、整合ネットワーク 2 0 4 のインピーダンス調節に加え、またはその代わりに、発電機 2 0 2 に、周波数を介して、同調させるように構成することは、高速同調が要求される場合、好ましくあり得る。言い換えると、インピーダンス整合は、発電機 2 0 2 および整合ネットワーク 2 0 4 の同時同調を介して、行われることができる。

【 0 0 3 8 】

ローカルコントローラ 2 1 2 が、随意の第 2 のセンサ 2 1 8 によって提供される情報を考慮する場合、より一貫し、かつ正確な電力が、送達され得る。例えば、随意の第 2 のセンサ 2 1 8 は、プラズマ負荷 2 0 6 に送達される電力を特性化するデータを提供し、したがって、ローカルコントローラ 2 1 2 が、より正確かつ一貫して、同調命令を発電機 2 0 2 および整合ネットワーク 2 0 4 に提供することを可能にすることができる。随意の第 2 のセンサ 2 1 8 からの測定はまた、チャンバ整合のために使用され、並行して動作するチャンバ間の一貫した電力送達を改善することができる(各チャンバは、異なる電力送達システムを有する)。ローカルコントローラ 2 1 2 はまた、これらの測定を使用して、ウエハ間の一貫性、ウエハ表面にわたる均一処理、終点検出(例えば、プラズマからの光放出の監視を介して)、およびアーク管理を改善することができる。図示されないが、いくつかの実施形態では、随意の第 2 のセンサ 2 1 8 は、プラズマチャンバ内に、またはウエハと接触して、配置されることができる。

【 0 0 3 9 】

ある実施形態では、プラズマ負荷 2 0 6 に提供される電力は、種々の設定点(例えば、第 1 の設定点から第 2 の設定点)に対して変更され得る。整合ネットワーク 2 0 4 は、発電機 2 0 2 が、電力設定点間で切り替わる場合、プラズマ負荷 2 0 6 への一貫した電力送

10

20

30

40

50

達を維持するために十分に高速に調節可能ではない場合がある。この課題を克服するために、試運転を使用して、各発電機 202 の設定点に対応する好ましい整合ネットワーク 204 の設定点を決定することができる。試運転は、処理されるべき素子、半導体、または任意の他の物体が、プラズマチャンバ内に設置される前に生じる。整合ネットワーク 204 および発電機 202 は、次いで、種々の発電機 202 の設定点に対して同調される。同調され得るパラメータとして、発電機 202 の周波数、パルス幅、および整合ネットワーク 204 のインピーダンスが挙げられる。この同調は、チャンバ内の素子に害を及ぼすことなく、低速同調が生じ得るように、チャンバ内に何も伴わずに実施される。種々の発電機 202 の設定点に対して好ましいことが決定されたパラメータは、メモリ内に記憶されることができる。実際のプラズマ処理中、ローカルコントローラ 212 は、発電機 202 および整合ネットワーク 204 に対して命令を発行し、種々の設定点に関連付けられた好ましいパラメータで動作させることができる。このように、整合ネットワーク 204 および発電機 202 は、処理中、同調する必要がなく、むしろ、試運転で決定されるような好ましいパラメータに迅速に設定されることができる。

10

**【0040】**

ローカルコントローラ 212 はまた、電力送達システム 200 を特徴づける、以下の非限定的側面を考慮することができる：構成要素効率特性、制御アルゴリズムパラメータ、整合ネットワーク 204 内の可変キャパシタ位置、故障および警告等の診断、構成要素健全性基準、構成要素履歴ログ、および構成要素ステータス要求。

**【0041】**

20

ローカルコントローラ 212 はまた、発電機 202 および整合ネットワーク 204 の動作を管理する場合、プラズマ負荷 206 の非電気特性を考慮することができる。例えば、ローカルコントローラ 212 a は、非限定的実施例をいくつか挙げると、チャンバ圧力、チャンバ内のガスの化学的性質、プラズマのイオンエネルギー、プラズマの光強度、プラズマによって放出される光のスペクトル成分、およびプラズマアーク放電を考慮することができる。ある実施形態では、随意的第 2 のセンサ 218 は、非限定的実施例をいくつか挙げると、チャンバ圧力、チャンバ内のガスの化学的性質、プラズマのイオンエネルギー、プラズマの光強度、プラズマによって放出される光のスペクトル成分、およびプラズマアーク放電等のプラズマ負荷 206 またはプラズマ処理チャンバ（図示せず）の非電気特性を監視することができる。

30

**【0042】**

図示されるように、ローカルコントローラ 212 は、電力送達システム 200 とのユーザ相互作用のための単独の導管である。一実施形態では、ユーザは、ローカルコントローラ 212 と通信する外部コントローラ 220 とインターフェースをとることができる。発電機 202 および整合ネットワーク 204 のユーザ制御は、外部コントローラ 220 を経由して、ローカルコントローラ 212 を介して、行われる。しかしながら、当業者は、電力送達システムとのユーザ相互作用は、必ずしも、ローカルコントローラ 212 に限定されないことを認識するであろう。

**【0043】**

第 1 のセンサ 214 は、随意的に、随意的第 2 のセンサ 218（または、負荷センサ）とともに実装されることができる。随意的第 2 のセンサ 218 は、整合ネットワーク 204 の出力（218 a）に、または整合ネットワーク 204 とプラズマ負荷 206 との間かつそれらを含むある場所（218 b）に配置されることができる。随意的第 2 のセンサ 218 は、プラズマ負荷 206 に送達される電力を特性化するように構成され、整合ネットワーク 204 の出力または整合ネットワーク 204 とプラズマ負荷 206 との間の任意の場所における、電圧、電流、位相、インピーダンス、または電力を測定することができる。ある実施形態では、随意的第 2 のセンサ 218 は、プラズマ負荷 206 に連結されることができ、処理中、プラズマ処理チャンバ内に連結される、または、ウエハに連結されることができる。

40

**【0044】**

50

ローカルコントローラ 212 は、発電機 202 (特に、RF エンジン 213)、第 1 のセンサ 214、整合ネットワーク 204 (特に、インピーダンス制御システム 215)、および随意的第 2 のセンサ 218 の間、それ自体とこれらの構成要素との間、ならびにこれらの構成要素とユーザとの間の通信を管理すること (例えば、外部コントローラ 220 を介して) ができる。これらの通信は、それぞれ、発電機 202 および整合ネットワーク 204 内部の信号経路 225 a または 225 b を介して、あるいは、概して、発電機 202 および整合ネットワーク 204 の外部 (但し、発電機 202 および整合ネットワーク 204 の内部の一部を含むことができる) の信号経路 226 を介して、行われることができる。

#### 【0045】

図示される実施形態では、信号経路 226 は、バスである (信号は、両方向に進行することができ、複数の信号が、同一の経路に沿って進行することができる)。しかしながら、他の実施形態では、種々の構成要素は、ローカルコントローラ 212 へのそれらの独自の信号経路を有することができる。他の実施形態では、2 つ以上のバスタイプ信号経路が存在することができ、さらに他の実施形態では、バス様および非バスの信号経路の組み合わせであることができる。

#### 【0046】

いくつかの実施形態では、信号経路 226 は、伝送媒体 208 を介した信号によって置換されることができる。言い換えると、随意的第 2 のセンサ 218 からローカルコントローラ 212 への通信は、発電機 202 と整合ネットワーク 204 との間で伝送される電力信号上で変調されることができる。図示される種々の構成要素間の通信は、RS-485 等のシリアル通信プロトコルを介することができる。代替として、これらの通信のうちの 1 つ以上は、無線接続を介して、あるいは有線または無線ネットワークを介して、行われることができる。例えば、信号経路 226 は、ローカルエリアネットワーク (LAN) として実装されることができる。

#### 【0047】

図 2 b を参照すると、ローカルコントローラ 212 b は、電力送達システム 200 内に配置されるが、発電機 202 または整合ネットワーク 204 の一部ではないか、またはそれに接続されない。ローカルコントローラ 212 b は、バスとして構成される、信号経路 226 を介して、種々の構成要素と通信することができる。再び、バス構成は、必須ではなく、各構成要素は、ローカルコントローラ 212 b への分離された信号経路を有することができる。

#### 【0048】

図 2 c では、ローカルコントローラ 212 c は、整合ネットワーク 204 に連結される、またはその一部である。再び、バスタイプ信号経路または分離された信号経路の任意の組み合わせが、使用されることができる。図示されるように、第 1 の位置 218 a における随意的第 2 のセンサ 218 およびインピーダンス制御システム 215 は、整合ネットワーク 204 の内部の信号経路 625 b を介して、ローカルコントローラ 212 c と通信することができる。発電機 202 (特に、RF エンジン 213)、第 1 のセンサ 214、および代替位置 218 b における随意的第 2 のセンサ 218 は、バス構成における信号経路 226 を介して、ローカルコントローラ 212 c と通信する。

#### 【0049】

ローカルコントローラ 212、RF エンジン 213、第 1 のセンサ 214、インピーダンス制御システム 215、および随意的第 2 のセンサ 218 は、限定されないが、中央処理ユニット (CPU)、フィールドプログラマブルゲートアレイ (FPGA)、プログラマブル論理素子 (PLD)、デジタル信号プロセッサ (DSP)、または 1 つ以上の CPU、FPGA、PLD、および / または DSP の組み合わせ等、任意のプロセッサを含むことができる。これらの構成要素のいずれも、その独自のメモリまたは共有メモリを含む、またはそれと通信することができ、その場合、メモリは、発電機 202 および整合ネットワーク 204 の構成またはプラズマ負荷 206 に伝送される電力の傾向等の情報を記憶

10

20

30

40

50

するように構成することができる。メモリは、ローカルコントローラ 212 の一部であることができる、あるいは発電機 202 または整合ネットワーク 204 のいずれかの一部であることができる。ある実施形態では、メモリは、RF エンジン 213 またはインピーダンス制御システム 215 の一部であることができる。

【0050】

ローカルコントローラ 212 は、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、またはこれらの組み合わせを含むことができる。例えば、ローカルコントローラ 212 は、第 1 のセンサおよび第 2 のセンサ 214、218 からのデータを分析し、発電機 202 および整合ネットワーク 204 に、それらの構成要素の内部パラメータを調節するように命令する方法および命令すべき時を決定するように構成される、プロセッサ上で起動するプロセッサ、メモリ、およびソフトウェアを含むことができる。

10

【0051】

RF エンジン 213、第 1 のセンサ 214、インピーダンス制御システム 215、および随意的第 2 のセンサ 218 は、各々、命令を受信し、情報をローカルコントローラ 212 に伝送するプロセッサ等の論理を含むことができる。代替として、ローカルコントローラ 212 は、全論理を処理し、RF エンジン 213、第 1 のセンサ 214、インピーダンス制御システム 215、および随意的第 2 のセンサ 218 の各々に対する機能を制御することができる。

【0052】

電力送達要件は、ローカルコントローラ 212 内にプログラムされること、ローカルコントローラ 212 によってアクセス可能なメモリ上に常駐すること、またはユーザによって提供されることができる（ユーザ電力送達要件）。ある実施形態では、第 1 のセンサおよび第 2 のセンサ 214、218 は、V-I センサ（電圧、電流、および位相を測定可能）または位相を測定可能な方向性連結器のいずれかである。実際は、その 2 つの第 2 のセンサ 218 の位置（218a または 218b）のうちの 1 つのみが、実装される。

20

【0053】

伝送媒体 208、210 は、高電力ケーブルまたは伝送線として実装されることができる。それらはまた、隣接または接続される発電機 202 と整合ネットワーク 204 との間の電気接続であることができる。ある実施形態では、伝送媒体 208 が、単に、電力送達システム 200 の 2 つの下位構成要素間の内部電気接続であるように、発電機 202 は、統合された電力送達システム 200 の一部として、整合ネットワーク 204 に接続される。別の実施形態では、発電機 202 と整合ネットワーク 204 とは、伝送媒体 208 が存在しないように相互接続される。言い換えると、発電機 202 と整合ネットワーク 204 とは、単一ボックス、容器、パッケージ、またはユニットの一部であることができる。そのような実施形態は、下位構成要素（例えば、いくつか挙げると、電源、メモリ、およびプロセッサ）のより大きな統合と、発電機 202 と整合ネットワーク 204 との間の通信とを伴い得る。発電機 202 および整合ネットワーク 204 内のいくつかの下位構成要素は、共有されることができる。例えば、整合ネットワーク 204 は、発電機 202 および整合ネットワーク 204 の両方が、発電機 202 のフィルタおよび/または最終結合器を共有し得る、発電機 202 の一体部分のように作製され得る。

30

40

【0054】

ある実施形態では、電力制御システムは、ローカルコントローラ 212 と、第 1 のセンサ 214 と、随意的に、第 2 のセンサ 218 とを含むことができる。電力制御システムを使用して、前述のように、既存の電力送達システムを修正し、その電力送達能力を向上させることができる。

【0055】

図 3 は、多重発電機電力送達システム 300 の実施形態を図示する。電力送達システム 300 は、発電機 302a、302b、302c が、電力をプラズマ負荷 306 に提供するにつれて、各々が反射される電力を最小限にするために使用される、整合ネットワーク 304a、304b、304c を伴う、3 つの発電機 302a、302b、302c を含

50



む。センサ314a、314b、314cは、発電機302a、302b、302cの電圧、電流、位相、インピーダンス、および電力を監視するために含まれる。センサ314a、314b、314cは、各発電機302a、302b、302cの一部であるか、または、各発電機302a、302b、302cに連結されるかまたは各発電機302a、302b、302cの外部であることができる。センサ314a、314b、314cは、電圧、電流、位相、電力、およびインピーダンス測定値をローカルコントローラ312に中継する。

【0056】

センサ314a、314b、314cはまた、ローカルコントローラ312に、構成および動作パラメータ等の情報を含む、それ自体の識別を中継することができる。発電機302a、302b、302cおよび整合ネットワーク315a、315b、315cはまた、それぞれ、例えば、RFエンジン313a、313b、313cおよびインピーダンス制御システム315a、315b、315cを介して、ローカルコントローラ312に対してそれ自体を識別することができる。

10

【0057】

ローカルコントローラ312は、発電機302a、302b、302c、整合ネットワーク304a、304b、304c、およびセンサ314a、314b、314c間の通信を管理することができる。ローカルコントローラ312はまた、内部パラメータを調節する方法および調節すべき時に関する命令を、発電機302a、302b、302cおよび整合ネットワーク304a、304b、304cにパスするように構成される。このように、ローカルコントローラ312は、発電機302a、302b、302cおよび整合ネットワーク304a、304b、304cが、統合して、かつ構成要素間の変動ならびに他の構成要素の動作を考慮するように、動作することを可能にする。いくつかの事例では、電力送達システム300のこの統合された動作はまた、プラズマチャンバガスの化学的性質または処理終点等の非電氣的要因を考慮することができる。ある実施形態では、発電機302a、302b、302cの周波数は、整合ネットワーク304a、304b、304cも同調させながら、同調されることができる。

20

【0058】

この多重発電機実施形態では、各発電機302a、302b、302cは、伝送媒体310a、310b、310cまたはプラズマ負荷306（構成に応じて）を通して、他の発電機302a、302b、302cを認識するので、当技術分野における特定の課題は、一貫した電力の生成である。言い換えると、従来の多重発電機システムは、発電機302a、302b、302c間のクロストーク相互作用によって悩まされる。発電機302a、302b、302cおよび整合ネットワーク304a、304b、304cが、ローカルコントローラ312を介して、相互に通信し、これらの構成要素の全部の動作を考慮して、ローカルコントローラ312によって制御されることを可能にすることによって、同時に、一貫し、かつ正確な電力が、プラズマ負荷306に提供されることができる。

30

【0059】

ある実施形態では、ユーザは、ローカルコントローラ312と通信する外部コントローラ320とインターフェースをとることができる。外部コントローラ320は、ローカルコントローラ412へおよびそこから、命令とデータの両方を送受信することができる。発電機302a、302b、302cおよび整合ネットワーク304a、304b、304cのユーザ制御は、外部コントローラ320を経由して、ローカルコントローラ312を介して行われる。

40

【0060】

ローカルコントローラ312は、発電機302aの一部として図示されるが、また、発電機302bまたは発電機302cの一部であることもできる。代替として、電力送達システム300内のあらゆる他の場所もまた、使用されることができる。

【0061】

さらに、ローカルコントローラ312は、各発電機302a、302b、302cのR

50

Fエンジン313a、313b、313cおよび各整合ネットワーク304a、304b、304cのインピーダンス制御システム315a、315b、315cと通信することができる。特に、ローカルコントローラ312は、これらの下位構成要素と通信し、命令をパスすることができる。このように、ローカルコントローラ312は、発電機302a、302b、302cおよび整合ネットワーク304a、304b、304cに、2つの非限定的実施例を挙げると、パルス周波数および可変キャパシタ位置等の動作パラメータを変更するように命令することができる。

【0062】

図4は、多重発電機電力送達システム400の別の実施形態を図示する。図4は、センサ414a、414b、414cが、発電機の出力402a、402b、402cの代わりに、整合ネットワーク404a、404b、404cの出力に配置されるという点において、図3と異なる。センサ414a、414b、414cは、整合ネットワーク404a、404b、404cの出力において、またはプラズマ負荷406への途中において、電圧、電流、位相、インピーダンス、および/または電力を測定することによって、各発電機402a、402b、402cおよび整合ネットワーク404a、404b、404cに対する電力を特徴づけるように構成される。

10

【0063】

センサ414a、414b、414cおよび発電機402a、402b、402cは、それぞれ、RFエンジンおよびインピーダンス制御システム415a、415b、415cを介して、ローカルコントローラ412に対してそれ自体を識別することができる。

20

【0064】

電力送達システム400は、外部コントローラ420を介して、ユーザとインターフェースをとることができる。外部コントローラ420は、ローカルコントローラ412と通信し、ローカルコントローラ412へおよびそこから、命令とデータの両方を送受信することができる。

【0065】

前述の実施形態におけるように、ローカルコントローラ412は、図示されるように、発電機402aの一部として、あるいは、電力送達システム400内にある他の構成要素のいずれかの一部として、または、これらの構成要素のいずれかに隣接し、依然として電力送達システム400内に配置されることができる。

30

【0066】

インピーダンス制御システム415a、415b、415cは、各整合ネットワーク404a、404b、404cに対して図示されるが、当業者は、これらが、別個のハードウェア（または、ソフトウェアまたはファームウェア）構成要素、または各整合ネットワーク404a、404b、404cに対して別個の論理ブロックを備えている単一ハードウェア構成要素のいずれかを表すことができることを認識するであろう。代替実施形態では、単一インピーダンス制御システム（図示せず）が、全3つの整合ネットワーク404a、404b、404cの動作パラメータを制御し得る。

【0067】

別の実施形態では、センサ414a、414b、414cは、整合ネットワーク404a、404b、404cとプラズマ負荷406との間に位置する、単一センサによって置換されることができる。単一センサは、図示される3つのセンサ414a、414b、414cが構成されるように、電圧、電流、位相、インピーダンス、および電力を測定することができる。

40

【0068】

発電機402a、402b、402cおよび整合ネットワーク404a、404b、404cは、同一の信号経路（バス構成において）を介して、ローカルコントローラ412と通信するように図示されるが、他の実施形態では、各構成要素は、ローカルコントローラへの別個の信号経路を有し得る。代替として、発電機402a、402b、402cは、ローカルコントローラ412への1つの信号経路を有し得る一方、整合ネットワーク4

50

04 a、04 b、04 cは、ローカルコントローラ412への別の信号経路を有する。センサ414 a、414 b、414 cはまた、ローカルコントローラ412へのそれらの独自の信号経路を有することができる。

【0069】

図5は、多重発電機電力送達システム500のさらに別の実施形態を図示する。図5は、それらの図のセンサが、プラズマ負荷506の入力として配置される単一センサ514によって、ここでは置換されるという点において、図3および4とは異なる。センサ514は、各発電機502 a、502 b、502 cおよび整合ネットワーク504 a、504 b、504 cに対する電力を特徴づけるように構成される。

【0070】

電力送達システム500は、外部コントローラ520を介して、ユーザとインターフェースをとることができる。外部コントローラ520は、ローカルコントローラ512と通信し、ローカルコントローラ512へおよびそこから、命令とデータの両方を受信することができる。

【0071】

発電機502 a、502 b、502 cおよび整合ネットワーク504 a、504 b、504 cは、同一の信号経路（バス構成において）を介して、ローカルコントローラ512と通信するように図示されるが、他の実施形態では、各構成要素は、ローカルコントローラへの別個の信号経路を有し得る。代替として、発電機502 a、502 b、502 cは、ローカルコントローラ512への1つの信号経路を有し得る一方、整合ネットワーク504 a、504 b、504 cは、ローカルコントローラ512への別の信号経路を有する。センサ514 a、514 b、514 cはまた、ローカルコントローラ512へのそれらの独自の信号経路を有することができる。

【0072】

図3 - 5の各外部コントローラは、ローカルコントローラへのそれらの独自の信号経路を有するように図示されるが、代替実施形態では、各外部コントローラは、センサ発電機によって使用され、整合ネットワークがローカルコントローラと通信するために使用する同じ信号経路を共有することができる。

【0073】

実施形態図3 - 5に図示される多重発電機は、発電機、整合ネットワーク、およびセンサの3組を示すが、他の実施形態では、これらの構成は、発電機、整合ネットワーク、およびセンサの2つ以上の組によって実装されることができる。一実施形態では、発電機および整合ネットワークの各組ごとに1つのセンサではなく、単一センサが存在することができる。単一センサは、1つの発電機に対してローカルで、2つの発電機に対して遠隔で、電力出力を測定し得る。単一センサはまた、全3つの整合ネットワークに対するインピーダンスを遠隔で特徴づけ得る。

【0074】

図6は、本開示の一実施形態による、電力をプラズマ負荷に供給する方法600を図示する。方法600は、監視動作602、分析動作604、および中継動作606を含む。監視動作602は、発電機（例えば、202）の電力出力の電気特性を監視し、電力出力の電気特性をローカルコントローラ（例えば、212）に提供することを伴う。分析動作604は、電力出力の電気特性（例えば、電圧、電流、位相、インピーダンス、電力）を分析することを含むことができる。分析動作604はまた、電力送達システム（例えば、200）が、監視された電気特性に照らして、電力送達要件を満たすために、どのように動作され得るかを決定することを伴うことができる。中継動作606は、命令を電力送達システムの発電機および整合ネットワークに中継（パスまたは伝送）することを伴うことができ、その場合、命令は、分析動作604に基づくことができる。命令は、発電機および整合ネットワークの同時同調を可能にすることができる。

【0075】

本明細書に説明されるシステムおよび方法は、本明細書に説明される具体的物理的素子

10

20

30

40

50

に加え、コンピュータシステム等の機械内で実装されることができる。図7は、一組の命令が、素子に、本開示の側面および/または方法論のうちの任意の1つ以上を実施あるいは実行させるために実行することができる、コンピュータシステム700の例示的形態における機械の一実施形態の概略表現を示す。図7における構成要素は、実施例にすぎず、任意のハードウェア、ソフトウェア、埋込論理構成要素、または特定の実施形態を実装する2つ以上のそのような構成要素の組み合わせの使用あるいは機能性の範囲に限定するものではない。

#### 【0076】

コンピュータシステム700は、バス740を介して、互におよび他の構成要素と通信する、プロセッサ701と、メモリ703と、記憶装置708とを含み得る。バス740はまた、ディスプレイ732、1つ以上の入力素子733(例えば、キーパッド、キーボード、マウス、スタイラス等を含み得る)、1つ以上の出力素子734、1つ以上の記憶素子735、および種々の有形記憶媒体736をリンクし得る。これらの要素はすべて、直接、あるいはバス740への1つ以上のインターフェースまたはアダプタを介して、インターフェースをとり得る。例えば、種々の有形記憶媒体736は記憶媒体インターフェース726を介して、バス740とインターフェースをとることができる。コンピュータシステム700は、1つ以上の集積回路(IC)、印刷回路基板(PCB)、モバイルハンドヘルド素子(携帯電話またはPDA等)、ラップトップまたはノートブックコンピュータ、分散型コンピュータシステム、コンピューティンググリッド、あるいはサーバを含むが、それらに限定されない、任意の好適な物理的形態を有し得る。

#### 【0077】

プロセッサ701(または、中央処理ユニット(CPU))は、随意に、命令、データ、またはコンピュータアドレスの一時的ローカル記憶のためのキャッシュメモリユニット702を含む。プロセッサ701は、コンピュータ可読命令の実行を支援するように構成される。コンピュータシステム700は、プロセッサ701が、メモリ703、記憶装置708、記憶素子735、および/または記憶媒体736等の1つ以上の有形コンピュータ可読記憶媒体において具現化されるソフトウェアを実行する結果として、機能性を提供し得る。コンピュータ可読媒体は、特定の実施形態を実装するソフトウェアを記憶し得、プロセッサ701は、ソフトウェアを実行し得る。メモリ703は、1つ以上の他のコンピュータ可読媒体(大容量記憶素子735、736等)から、またはネットワークインターフェース720等の好適なインターフェースを通して、1つ以上の他のソースから、ソフトウェアを読み取り得る。ソフトウェアは、プロセッサ701に、本明細書に説明または図示される、1つ以上のプロセスあるいは1つ以上のプロセスの1つ以上のことを実施させ得る。そのようなプロセスまたはことの実施は、メモリ703内に記憶されるデータ構造を定義し、ソフトウェアによって指示されるように、データ構造を修正することを含み得る。

#### 【0078】

メモリ703は、限定されないが、ランダムアクセスメモリ構成要素(例えば、RAM704)(例えば、静的RAM「SRAM」、動的RAM「DRAM」等)、読取専用構成要素(例えば、ROM705)、および任意のそれらの組み合わせを含む、種々の構成要素(例えば、機械可読媒体)を含み得る。ROM705は、データおよび命令を、単方向性に、プロセッサ701に通信するように作用し得、RAM704は、データおよび命令を、双方向性に、プロセッサ701と通信するように作用し得る。ROM705およびRAM704は、以下に説明される任意の好適な有形コンピュータ可読媒体を含み得る。一実施例では、起動の間等、コンピュータシステム700内の要素間の情報を転送するのに有用である、基本ルーチンを含む、基本入力/出力システム706(BIOS)が、メモリ703内に記憶され得る。

#### 【0079】

固定記憶装置708は、随意に、記憶制御ユニット707を通して、双方向性に、プロセッサ701に接続される。固定記憶装置708は、追加のデータ記憶容量を提供し、ま

10

20

30

40

50

た、本明細書に説明される任意の好適な有形コンピュータ可読媒体を含み得る。記憶装置 708 を使用して、オペレーティングシステム 709、EXEC 710 (実行可能ファイル)、データ 711、APV アプリケーション 712 (アプリケーションプログラム)、および同等物を記憶し得る。多くの場合、常時ではないが、記憶装置 708 は、一次記憶装置 (例えば、メモリ 703) より低速の二次記憶装置媒体 (ハードディスク等) である。記憶装置 708 はまた、光ディスクドライブ、固体メモリ素子 (例えば、フラッシュベースのシステム)、または前述のいずれかの組み合わせを含むことができる。記憶装置 708 内の情報は、適切な場合、メモリ 703 内の仮想メモリとして組み込まれ得る。

#### 【0080】

一実施例では、記憶素子 735 は、記憶素子インターフェース 725 を介して、コンピュータシステム 700 と (例えば、外部ポートコネクタ (図示せず) を介して) 可撤性にインターフェースがとられ得る。特に、記憶素子 735 および関連付けられた機械可読媒体は、機械可読命令、データ構造、プログラムモジュール、および/またはコンピュータシステム 700 のための他のデータの揮発性ならびに/あるいは揮発性記憶装置を提供し得る。一実施例では、ソフトウェアは、完全にまたは部分的に、記憶素子 735 上の機械可読媒体内に常駐し得る。別の実施例では、ソフトウェアは、完全にまたは部分的に、プロセッサ 701 内に常駐し得る。

#### 【0081】

バス 740 は、種々のサブシステムを接続する。本明細書では、バスへの言及は、必要に応じて、共通機能を果たす、1つ以上のデジタル信号線を包含し得る。バス 740 は、限定されないが、種々のバスアーキテクチャのいずれかを使用する、メモリバス、メモリコントローラ、周辺バス、ローカルバス、および任意のそれらの組み合わせを含む、いくつかのタイプのバス構造のうちいずれかであり得る。限定ではなく、実施例として、そのようなアーキテクチャとして、業界標準アーキテクチャ (ISA) バス、拡張 ISA (EISA) バス、マイクロチャネルアーキテクチャ (MCA) バス、ビデオエレクトロニクススタンダードアソシエーションローカルバス (VLB)、ペリフェラルコンポーネントインターコネクタ (PCI) バス、PCI-エクスプレス (PCI-X) バス、アクセラレーテッドグラフィックスポート (AGP) バス、ハイパートランスポート (HTX) バス、シリアルアドバンスドテクノロジーアタッチメント (SATA) バス、および任意のそれらの組み合わせが挙げられる。

#### 【0082】

コンピュータシステム 700 はまた、入力素子 733 を含み得る。一実施例では、コンピュータシステム 700 のユーザは、入力素子 733 を介して、コマンドおよび/または他の情報をコンピュータシステム 700 に入力し得る。入力素子 733 の実施例として、英数字入力素子 (例えば、キーボード)、ポインティング素子 (例えば、マウスまたはタッチパッド)、タッチパッド、ジョイスティック、ゲームパッド、オーディオ入力素子 (例えば、マイクロホン、音声応答システム等)、光学スキャナ、動画または静止画像捕捉素子 (例えば、カメラ)、および任意のそれらの組み合わせが挙げられるが、それらに限定されない。入力素子 733 は、限定されないが、シリアル、パラレル、ゲームポート、USB、FIREWIRE、THUNDERBOLT、または前述の任意の組み合わせを含む、種々の入力インターフェース 723 (例えば、入力インターフェース 723) のいずれかを介して、バス 740 に対してインターフェースがとられ得る。

#### 【0083】

特定の実施形態では、コンピュータシステム 700 が、ネットワーク 730 に接続されると、コンピュータシステム 700 は、他の素子、具体的には、ネットワーク 730 に接続されたモバイル素子および企業システムと通信し得る。コンピュータシステム 700 へおよびそこからの通信は、ネットワークインターフェース 720 を通して送信され得る。例えば、ネットワークインターフェース 720 は、1つ以上のパケット (インターネットプロトコル (IP) パケット等) の形態において、ネットワーク 730 から、着信通信 (他の素子からの要求または応答等) を受信し得、コンピュータシステム 700 は、処理の

10

20

30

40

50

ために、メモリ703内に着信通信を記憶し得る。コンピュータシステム700は、同様に、メモリ703内に、1つ以上のパケットの形態において、ネットワークインターフェース720からネットワーク730に通信される、発信通信（他の素子への要求または応答等）を記憶し得る。プロセッサ701は、処理のために、メモリ703内に記憶されたこれらの通信パケットにアクセスし得る。

【0084】

ネットワークインターフェース720の実施例として、ネットワークインターフェースカード、モデム、およびそれらの任意の組み合わせが挙げられるが、それらに限定されない。ネットワーク730またはネットワークセグメント730の実施例として、広域ネットワーク（WAN）（例えば、インターネット、企業ネットワーク）、ローカルエリアネットワーク（LAN）（例えば、オフィス、建物、キャンパス、または他の比較的小さい地理的空間に関連付けられたネットワーク）、電話網、2つのコンピューティング素子間の直接接続、およびそれらの任意の組み合わせが挙げられるが、それらに限定されない。ネットワーク730等のネットワークは、有線および/または無線通信モードを採用し得る。一般に、任意のネットワークトポロジーが、使用され得る。

10

【0085】

情報およびデータは、ディスプレイ732を通して表示されることができる。ディスプレイ732の実施例として、液晶ディスプレイ（LCD）、有機液晶ディスプレイ（OLED）、ブラウン管（CRT）、プラズマディスプレイ、およびそれらの任意の組み合わせが挙げられるが、それらに限定されない。ディスプレイ732は、バス740を介して、プロセッサ701、メモリ703、および固定記憶装置708、ならびに入力素子733等の他の素子とインターフェースをとることができる。ディスプレイ732は、ビデオインターフェース722を介して、バス740にリンクされ、ディスプレイ732とバス740間のデータの転送は、グラフィック制御721を介して、制御されることができる。

20

【0086】

ディスプレイ732に加え、コンピュータシステム700は、限定されないが、オーディオスピーカ、プリンタ、およびそれらの任意の組み合わせを含む、1つ以上の他の周辺出力素子734を含み得る。そのような周辺出力素子は、出力インターフェース724を介して、バス740に連結され得る。出力インターフェース724の実施例として、シリアルポート、パラレル接続、USBポート、FIREWIREポート、HUNDERBOLTポート、およびそれらの任意の組み合わせが挙げられるが、それらに限定されない。

30

【0087】

加えて、または代替として、コンピュータシステム700は、ソフトウェアの代わりに、またはそれとともに、本明細書に説明または図示される1つ以上のプロセスまたは1つ以上のプロセスの1つ以上のことを実行するように動作し得る、回路内に有線接続または別様に具現化される論理の結果として、機能性を提供し得る。本開示におけるソフトウェアの参照は、論理を包含し得、論理の参照は、ソフトウェアを包含し得る。さらに、コンピュータ可読媒体の参照は、必要に応じて、実行のためのソフトウェアを記憶する回路（IC等）、実行のための論理を具現化するための回路、または両方を包含し得る。本開示は、ハードウェア、ソフトウェア、または両方の任意の好適な組み合わせを包含する。

40

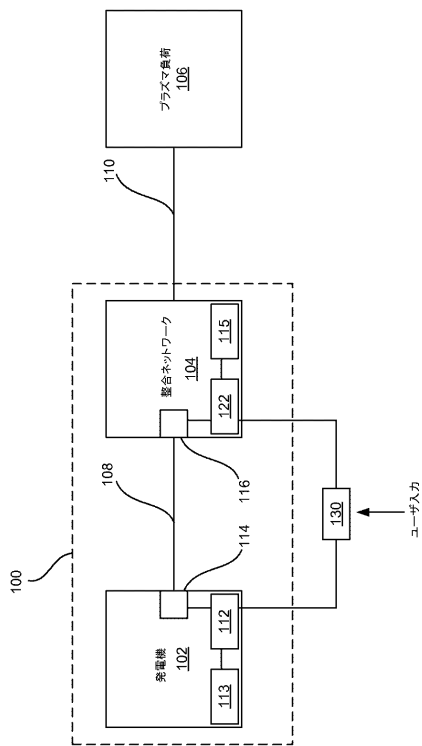
【0088】

結論として、本発明は、とりわけ、特に、発電およびチャンバ条件が動的である場合のプラズマ処理のために、一貫し、かつ正確な電力をプラズマ負荷に提供するためのシステムおよび方法を提供する。本明細書に開示されるシステムおよび方法のいくつかの利点として、チャンバ整合、チャンバ特徴づけ、チャンバ診断、チャンバ故障予測、およびトラブルシューティングが挙げられる。当業者であれば、本明細書で説明される実施形態によって達成されるものと実質的に同じ結果を達成するために、多数の変形例および置換が、本発明、その用途、およびその構成において行われ得ることを容易に認識できる。故に、本発明を開示された例示的形態に限定する意図は全くない。多くの変形例、修正、および

50

代替構造は、請求項で明示されるような開示された発明の範囲および精神内にある。

【図 1】



従来技術  
Figure 1

【図 2 A】

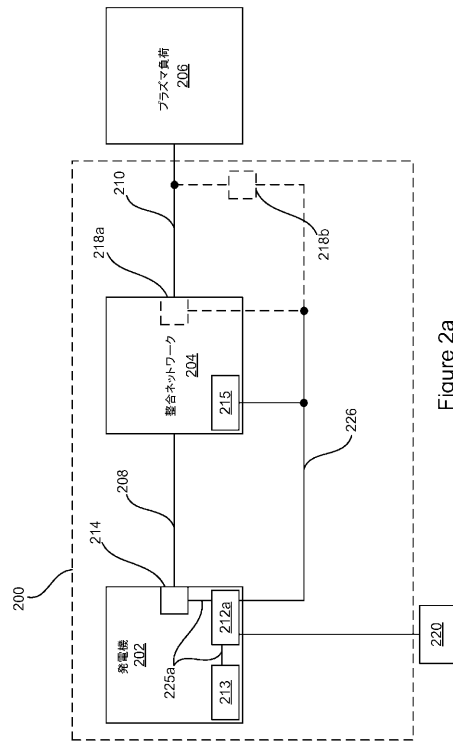


Figure 2a

【図 2 B】

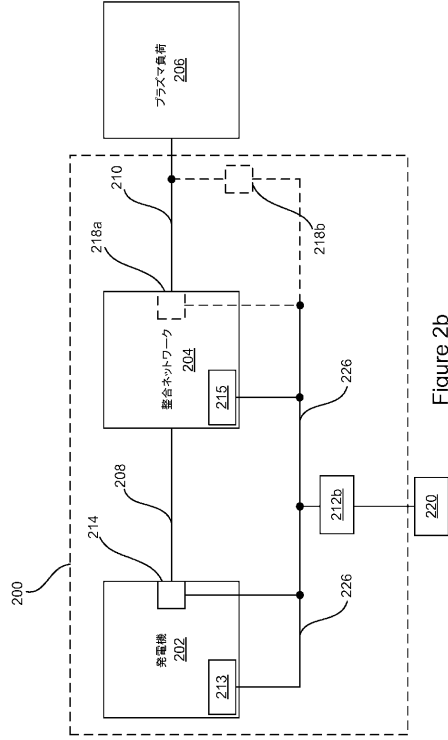


Figure 2b

【図 2 C】

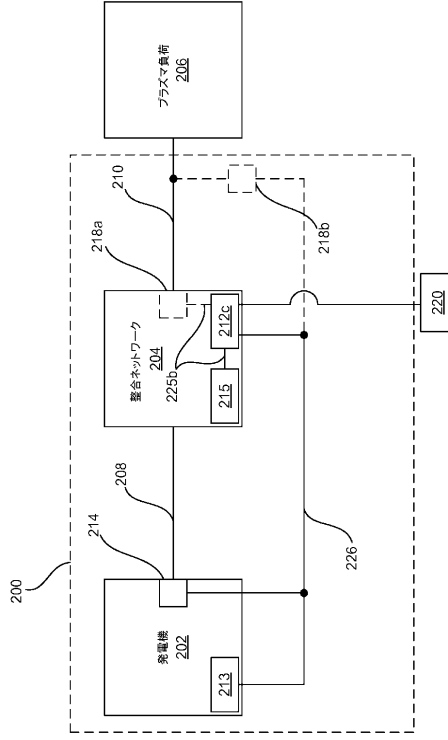


Figure 2c

【図 3】

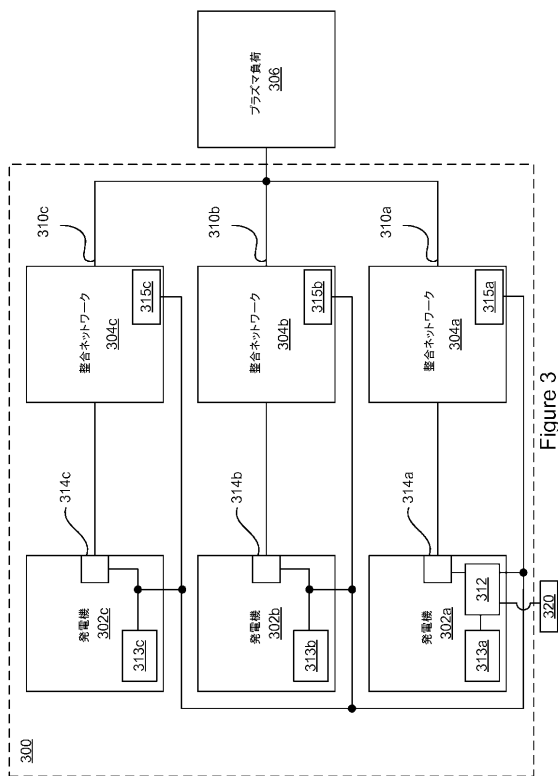


Figure 3

【図 4】

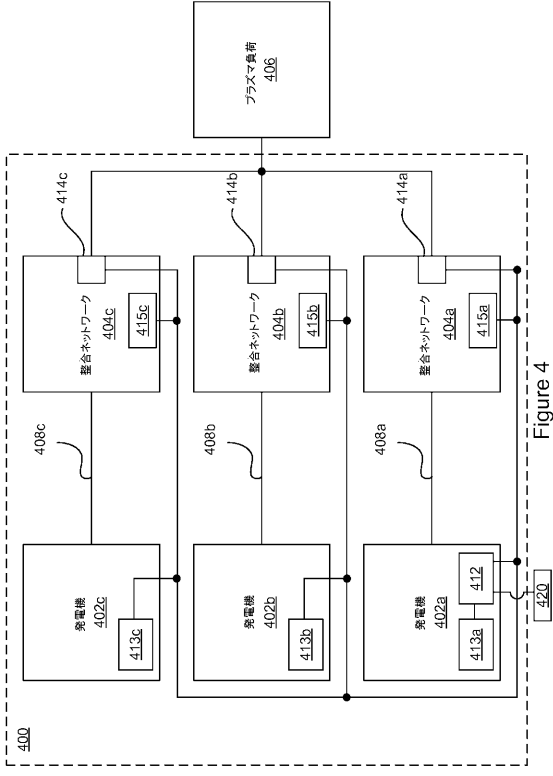
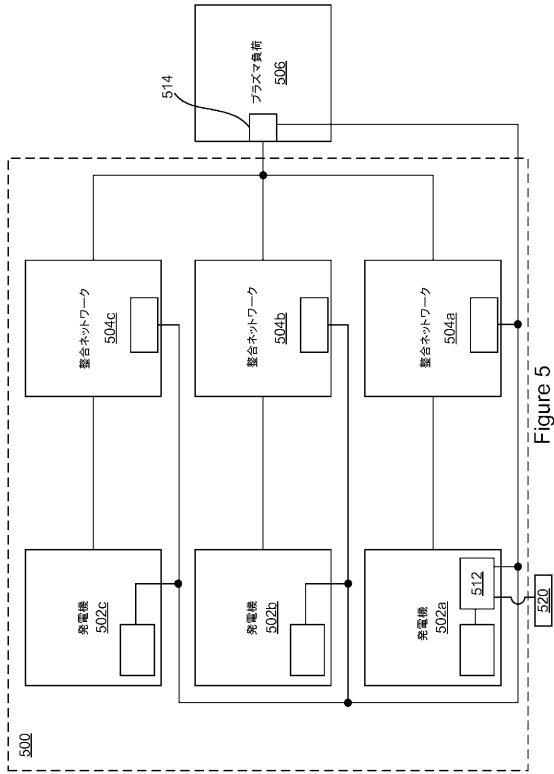


Figure 4



【図5】



【図6】

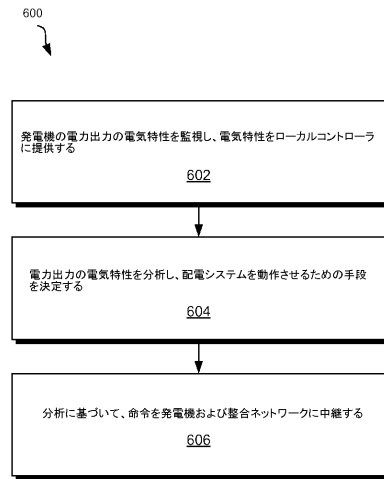


FIG. 6

【図7】

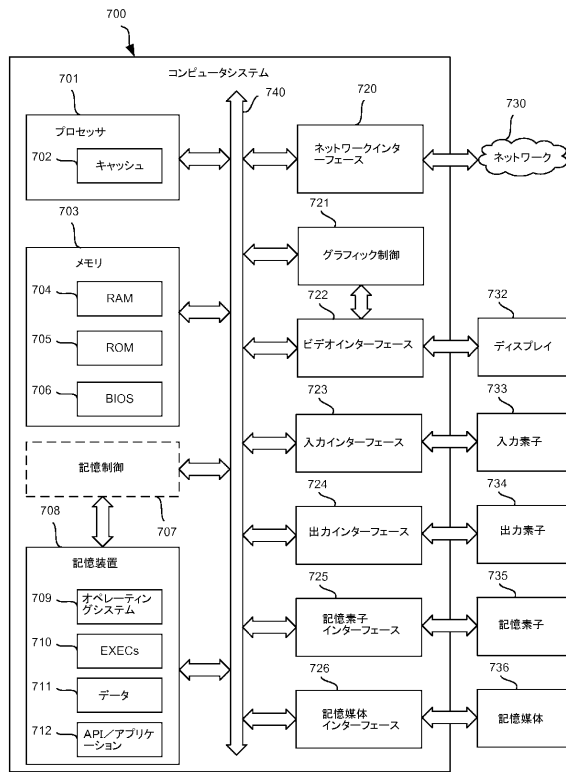


FIGURE 7

## フロントページの続き

- (72)発明者 トーマス ジョエル ブラックバーン  
アメリカ合衆国 コロラド 80525, フォート コリンズ, シャープ ポイント ドライ  
ブ 1625
- (72)発明者 トーマス マッキンタイアー  
アメリカ合衆国 コロラド 80525, フォート コリンズ, シャープ ポイント ドライ  
ブ 1625
- (72)発明者 フェルナンド グスターボ トマセル  
アメリカ合衆国 コロラド 80526, フォート コリンズ, ウィンドクリーク コート  
1544

審査官 道祖土 新吾

- (56)参考文献 特許第6141478(JP, B2)  
特開2006-286254(JP, A)  
特表2009-514176(JP, A)  
特開平11-087097(JP, A)  
特表2008-501224(JP, A)  
特開2010-219026(JP, A)  
特開平06-243992(JP, A)  
国際公開第2004/012220(WO, A1)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H05H 1/00 - 1/46  
H01J 37/32  
H03H 7/40  
H01L 21/00