

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6666470号
(P6666470)

(45) 発行日 令和2年3月13日 (2020.3.13)

(24) 登録日 令和2年2月25日 (2020.2.25)

(51) Int. Cl. F I
H05H 1/46 (2006.01) H05H 1/46 R

請求項の数 18 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2018-555490 (P2018-555490)	(73) 特許権者	519027693
(86) (22) 出願日	平成29年4月13日 (2017.4.13)		エーイーエス グローバル ホールディン
(65) 公表番号	特表2019-515429 (P2019-515429A)		グス, プライベート リミテッド
(43) 公表日	令和1年6月6日 (2019.6.6)		シンガポール国 068898 ロビンソ
(86) 国際出願番号	PCT/US2017/027385		ン ロード 80, ナンバー02-00
(87) 国際公開番号	W02017/184425	(74) 代理人	100078282
(87) 国際公開日	平成29年10月26日 (2017.10.26)		弁理士 山本 秀策
審査請求日	平成30年12月25日 (2018.12.25)	(74) 代理人	100113413
(31) 優先権主張番号	15/133,461		弁理士 森下 夏樹
(32) 優先日	平成28年4月20日 (2016.4.20)	(74) 代理人	100181674
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		弁理士 飯田 貴敏
		(74) 代理人	100181641
			弁理士 石川 大輔
		(74) 代理人	230113332
			弁護士 山本 健策

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 RF発生器における周波数同調のための装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

無線周波数 (RF) 発生器であって、
 初期周波数で発振する信号を生成する励振器と、
 前記信号を増幅させ、増幅された発振信号を産出するパワー増幅器と、
 前記増幅された発振信号をフィルタリングし、プラズマ処理チャンバ内のプラズマ負荷
 にパワーを供給する出力信号を産出するフィルタと、
 前記プラズマ負荷の少なくとも1つの特性を感知するセンサと、
 周波数同調サブシステムであって、前記周波数同調サブシステムは、
 励振器周波数の関数として、前記プラズマ負荷のインピーダンス軌道を産出すること
 と、

10

複素反射係数平面内の基準点を受信することであって、前記基準点は、前記複素反射
 係数平面の基準点および原点を通過する基準ベクトル上に置かれる、ことと、

前記センサから、前記プラズマ負荷のインピーダンスの測定値を受信することであ
 って、前記測定されるインピーダンスは、前記インピーダンス軌道に沿って置かれる、こ
 とと、

複素反射係数の観点から表現されるように、前記基準ベクトルと、前記基準点と前記
 測定されるインピーダンスに対応する前記複素反射係数平面内の点とを通過する線との間
 の測定角を決定することと、

事前決定される定数によって前記測定角をスケールリングし、周波数ステップを産出す

20

ることと、

前記初期周波数に前記周波数ステップを追加し、調節される周波数を産出することと

、

前記励振器に、前記調節される周波数で発振する信号を生成させることと
を行うように構成される、周波数同調サブシステムと
を備える、発生器。

【請求項 2】

前記 R F 発生器は、1 つ以上の整合ネットワークを通して前記プラズマ負荷にパワーを供給するように構成される、請求項 1 に記載の R F 発生器。

【請求項 3】

10

前記周波数同調サブシステムは、反復的に、
前記センサから、前記プラズマ負荷の測定されるインピーダンスを受信することと、
前記基準ベクトルと、前記基準点と前記測定されるインピーダンスに対応する前記複素
反射係数平面内の前記点とを通過する前記線との間の前記測定角を決定することと、
前記事前決定される定数によって前記測定角をスケーリングし、前記周波数ステップを
産出することと、

前記初期周波数に前記周波数ステップを追加し、前記調節される周波数を産出すること
と、

前記励振器に、前記調節される周波数で発振する前記信号を生成させることと
を行うように構成される、請求項 1 に記載の R F 発生器。

20

【請求項 4】

前記周波数同調サブシステムは、前記測定されるインピーダンスに対応する複素反射係
数の大きさが、事前決定される閾値より小さくなるまで、反復的に、

前記センサから、前記プラズマ負荷の測定されるインピーダンスを受信することと、
前記基準ベクトルと、前記基準点と前記測定されるインピーダンスに対応する前記複素
反射係数平面内の前記点とを通過する前記線との間の前記測定角を決定することと、
前記事前決定される定数によって前記測定角をスケーリングし、前記周波数ステップを
産出することと、

前記初期周波数に前記周波数ステップを追加し、前記調節される周波数を産出すること
と、

30

前記励振器に、前記調節される周波数で発振する前記信号を生成させることと
を行うように構成される、請求項 3 に記載の R F 発生器。

【請求項 5】

前記周波数同調サブシステムは、前記測定角から前記事前決定される離調角を減じ、か
つ前記事前決定される定数によって差異をスケーリングすることによって、前記周波数ス
テップを産出するように構成される、請求項 1 に記載の R F 発生器。

【請求項 6】

前記周波数同調サブシステムは、各反復において、前記測定角から前記事前決定される
離調角を減じ、かつ前記事前決定される定数によって前記差異をスケーリングすること
によって、前記周波数ステップを産出するように構成される、請求項 3 に記載の R F 発生器

40

【請求項 7】

前記周波数同調サブシステムは、前記複素反射係数平面内の複素反射係数の観点から表
現されるように、前記測定されるインピーダンスに対応する複素反射係数と、前記イン
ピーダンス軌道上の前記事前決定される離調点との間の差異の大きさが、事前決定される閾
値より小さいとき、反復周波数調整を終了させるように構成される、請求項 6 に記載の R
F 発生器。

【請求項 8】

前記周波数同調サブシステムは、前記測定角の冪指数を 1 よりも大きい値に上昇させ、
かつ前記事前決定される定数によって結果をスケーリングすることによって、前記周波数

50

ステップを産出するように構成される、請求項 1 に記載の R F 発生器。

【請求項 9】

前記周波数同調サブシステムは、前記インピーダンス軌道を産出し、前記基準点を受信し、前記測定されるインピーダンスを受信し、前記測定角を決定し、前記測定角をスケールリングし、前記周波数ステップを追加し、前記励振器に前記信号を生成させるための命令でエンコードされる、非一過性、有形、機械可読の媒体を含む、請求項 1 に記載の R F 発生器。

【請求項 10】

無線周波数 (R F) 発生器であって、
信号を生成するための手段であって、前記信号は、初期周波数で発振する、手段と、
前記信号を増幅させ、増幅された発振信号を産出するための手段と、
前記増幅された発振信号をフィルタリングし、プラズマ処理チャンバ内のプラズマ負荷にパワーを供給する出力信号を産出するための手段と、
前記プラズマ負荷の少なくとも 1 つの特性を感知するための手段と、
周波数同調のための手段であって、前記周波数同調のための手段は、
周波数の関数として、前記プラズマ負荷のインピーダンス軌道を産出するための手段と、

複素反射係数平面内の基準点を受信するための手段であって、前記基準点は、前記複素反射係数平面の基準点および原点を通過する基準ベクトル上に置かれる、手段と、

前記感知するための手段から、前記プラズマ負荷のインピーダンスの測定値を受信するための手段であって、前記測定されるインピーダンスは、前記受信されるインピーダンス軌道に沿って置かれる、手段と、

複素反射係数の観点から表現されるように、前記基準ベクトルと、前記基準点と前記測定されるインピーダンスに対応する前記複素反射係数平面内の点とを通過する線との間の測定角を決定するための手段と、

事前決定される定数によって前記測定角をスケールリングし、周波数ステップを産出するための手段と、

前記初期周波数に前記周波数ステップを追加し、調節される周波数を産出するための手段と、

前記信号を生成するための手段に、前記調節される周波数で発振する信号を生成させるための手段と

を含む、手段と

を備える、発生器。

【請求項 11】

前記 R F 発生器は、1 つ以上の整合ネットワークを通して前記プラズマ負荷にパワーを供給するように構成される、請求項 10 に記載の R F 発生器。

【請求項 12】

前記周波数同調のための手段は、反復的に、

前記センサから、前記プラズマ負荷の測定されるインピーダンスを受信することと、

前記基準ベクトルと、前記基準点と前記測定されるインピーダンスに対応する前記複素反射係数平面内の前記点とを通過する前記線との間の前記測定角を決定することと、

前記事前決定される定数によって前記測定角をスケールリングし、前記周波数ステップを産出することと、

前記初期周波数に前記周波数ステップを追加し、前記調節される周波数を産出することと、

前記励振器に、前記調節される周波数で発振する前記信号を生成させることと

を行うための手段を含む、請求項 10 に記載の R F 発生器。

【請求項 13】

前記周波数同調のための手段は、前記測定されるインピーダンスに対応する複素反射係数の大きさが、事前決定される閾値より小さくなるまで、反復的に、

前記センサから、前記プラズマ負荷の測定されるインピーダンスを受信することと、
前記基準ベクトルと、前記基準点と前記測定されるインピーダンスに対応する前記複素
反射係数平面内の前記点とを通過する前記線との間の前記測定角を決定することと、
前記事前決定される定数によって前記測定角をスケールリングし、前記周波数ステップを
産出することと、

前記初期周波数に前記周波数ステップを追加し、前記調節される周波数を産出すること
と、

前記励振器に、前記調節される周波数で発振する前記信号を生成させることと
を行うための手段を含む、請求項 1 2 に記載の R F 発生器。

【請求項 1 4】

10

前記周波数同調のための手段は、前記測定角から事前決定される離調角を減じ、かつ前
記事前決定される定数によって前記差異をスケールリングすることによって、前記周波数ス
テップを産出するための手段を含む、請求項 1 0 に記載の R F 発生器。

【請求項 1 5】

前記周波数同調のための手段は、各反復において、前記測定角から事前決定される離調
角を減じ、かつ前記事前決定される定数によって前記差異をスケールリングすることによ
って、前記周波数ステップを産出するための手段を含む、請求項 1 2 に記載の R F 発生器。

【請求項 1 6】

前記周波数同調のための手段は、前記複素反射係数平面内の複素反射係数の観点から表
現されるように、前記測定されるインピーダンスに対応する複素反射係数と、前記インピ
ーダンス軌道上の事前決定される離調点との間の差異の大きさが、事前決定される閾値よ
り小さいとき、反復周波数調整を終了させるための手段を含む、請求項 1 5 に記載の R F
発生器。

20

【請求項 1 7】

前記周波数同調のための手段は、前記測定角の冪指数を 1 よりも大きい値に上昇させ、
かつ前記事前決定される定数によって前記結果をスケールリングすることによって、前記周
波数ステップを産出するための手段を含む、請求項 1 0 に記載の R F 発生器。

【請求項 1 8】

R F 発生器を周波数同調させるための命令でエンコードされた、非一過性、有形、機械
可読の媒体であって、前記命令は、

30

励振器周波数の関数として、前記プラズマ負荷のインピーダンス軌道を受信することと
、

複素反射係数平面内の基準点を受信することであって、前記基準点は、前記複素反射係
数平面の基準点および原点を通過する基準ベクトル上に置かれる、ことと、

センサから、前記プラズマ負荷のインピーダンスの測定値を受信することであって、前
記測定されるインピーダンスは、前記受信されるインピーダンス軌道に沿って置かれる、
ことと、

複素反射係数の観点から表現されるように、前記基準ベクトルと、前記基準点と前記測
定されるインピーダンスに対応する前記複素反射係数平面内の点とを通過する線との間の
測定角を決定することと、

40

事前決定される定数によって前記測定角をスケールリングし、周波数ステップを産出する
ことと、

前記初期周波数に前記周波数ステップを追加し、調節される周波数を産出することと、
励振器に、前記調節される周波数で発振する信号を生成させることと
を行わせるための命令を含む、媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、概して、無線周波数（R F）発生器に関し、より具体的には、プラズマ処理

50

チャンバにパワーを供給し、プラズマ負荷のインピーダンスを所望される様式で変更する、RF発生器の周波数を同調させるための装置と技術とに関する。

【背景技術】

【0002】

プラズマ処理では、無線周波数(RF)発生器は、プラズマ負荷にパワーを供給するために使用される。今日の進化したプラズマ処理は、負荷(プラズマ)インピーダンスが、動的に変化する、これまで以上に複雑な製法と、製法を変える手順とを含む。これは、効率的なパワー移送のための、プラズマの負荷インピーダンスを用いたRF発生器の源インピーダンスの整合を困難にさせ得る。そのようなインピーダンス整合は、整合ネットワークを使用して実施されることができ、このアプローチは、近代の短持続期間プラズマ処理の状況の中において、比較的遅い。代替アプローチは、プラズマ負荷のインピーダンスを改変するRF発生器の周波数を調節することである。本文脈内の「プラズマ負荷」とは、プラズマ自体と、任意の整合ネットワークとを含む。そのようなアプローチは、整合ネットワークを調節するステップよりも大幅により迅速である可能性を有する。2つの技術(1つ以上の整合ネットワークおよび周波数同調)を組み合わせることもまた、可能である。

10

【0003】

従来の周波数同調アルゴリズムは、周波数の安定性および迅速な周波数同調が両方とも、同時に要求されるため、これらの進化したプラズマ処理に関するパラメータの最適化に悩まされる。したがって、RF発生器内の周波数同調に対する改善された装置に関する技術の必要性がある。

20

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0004】

図面に示される、本発明の例示的实施形態が、以下に要約される。これらおよび他の実施形態は、発明を実施するための形態の節で、より完全に説明される。しかしながら、本発明を、発明の概要または発明を実施するための形態で説明される形式に限定する意図はないことを理解されたい。当業者は、請求項で表現されるように、本発明の精神および範囲に該当する、多数の修正、均等物、ならびに代替構成があることを認識することができる。

30

【0005】

ある側面は、初期周波数で発振する信号を生成する、励振器と、信号を増幅させ、増幅された発振信号を産出する、パワー増幅器と、増幅された発振信号をフィルタリングし、プラズマ処理チャンバ内のプラズマ負荷にパワーを供給する出力信号を産出する、フィルタと、プラズマ負荷の少なくとも1つの特性を感知する、センサと、周波数同調サブシステムとを含む、無線周波数(RF)発生器として特徴付けられ得る。

【0006】

周波数同調サブシステムは、励振器周波数の関数として、プラズマ負荷のインピーダンス軌道を受信するステップと、複素反射係数平面内の基準点を受信するステップであって、基準点は、複素反射係数平面の基準点および原点を通過する基準ベクトル上に置かれる、ステップと、センサから、プラズマ負荷の測定されるインピーダンスを受信するステップであって、測定されるインピーダンスは、インピーダンス軌道に沿って置かれる、ステップと、複素反射係数の観点から表現されるように、基準ベクトルと、基準点と測定されるインピーダンスに対応する複素反射係数平面内の点とを通過する線との間の測定角を決定するステップと、事前決定される定数によって測定角をスケールし、周波数ステップを産出するステップと、初期周波数に周波数ステップを追加し、調節される周波数を産出するステップと、励振器に、調節される周波数で発振する信号を生成させるステップとを含む、方法を実施するための命令でエンコードされる、非一過性、有形、かつ機械可読の媒体を含む。

40

【0007】

50

別の側面は、センサから、測定されるインピーダンスを受信するステップと、決定するステップと、スケーリングするステップと、追加するステップと、生成させるステップとを反復的に繰り返すステップを含む方法として特徴付けられ、第1の反復に続く各反復内の初期周波数は、直前の反復の間に産出される調整される周波数であり得る。

【0008】

さらに別の側面は、測定角から事前決定される離調角を減じ、かつ事前決定される定数によって差異をスケーリングすることによって、周波数ステップを産出するステップを含む方法として特徴付けられ得る。

本発明は、例えば、以下の項目を提供する。

(項目1)

無線周波数(RF)発生器であって、
初期周波数で発振する信号を生成する励振器と、
前記信号を増幅させ、増幅された発振信号を産出するパワー増幅器と、
前記増幅された発振信号をフィルタリングし、プラズマ処理チャンバ内のプラズマ負荷にパワーを供給する出力信号を産出するフィルタと、
前記プラズマ負荷の少なくとも1つの特性を感知するセンサと、
周波数同調サブシステムであって、前記周波数同調サブシステムは、
励振器周波数の関数として、前記プラズマ負荷のインピーダンス軌道を産出することと、

複素反射係数平面内の基準点を受信することであって、前記基準点は、前記複素反射係数平面の基準点および原点を通過する基準ベクトル上に置かれる、ことと、

前記センサから、前記プラズマ負荷のインピーダンスの測定値を受信することであって、前記測定されるインピーダンスは、前記インピーダンス軌道に沿って置かれる、ことと、

複素反射係数の観点から表現されるように、前記基準ベクトルと、前記基準点と前記測定されるインピーダンスに対応する前記複素反射係数平面内の点とを通過する線との間の測定角を決定することと、

事前決定される定数によって前記測定角をスケーリングし、周波数ステップを産出することと、

前記初期周波数に前記周波数ステップを追加し、調節される周波数を産出することと、

前記励振器に、前記調節される周波数で発振する信号を生成させることと
を行うように構成される、周波数同調サブシステムと
を備える、発生器。

(項目2)

前記RF発生器は、1つ以上の整合ネットワークを通して前記プラズマ負荷にパワーを供給するように構成される、項目1に記載のRF発生器。

(項目3)

前記周波数同調サブシステムは、反復的に、
前記センサから、前記プラズマ負荷の測定されるインピーダンスを受信することと、
前記基準ベクトルと、前記基準点と前記測定されるインピーダンスに対応する前記複素反射係数平面内の前記点とを通過する前記線との間の前記測定角を決定することと、

前記事前決定される定数によって前記測定角をスケーリングし、前記周波数ステップを産出することと、

前記初期周波数に前記周波数ステップを追加し、前記調節される周波数を産出することと、

前記励振器に、前記調節される周波数で発振する前記信号を生成させることと
を行うように構成される、項目1に記載のRF発生器。

(項目4)

前記周波数同調サブシステムは、前記測定されるインピーダンスに対応する複素反射係

10

20

30

40

50

数の大きさが、事前決定される閾値より小さくなるまで、反復的に、

前記センサから、前記プラズマ負荷の測定されるインピーダンスを受信することと、
前記基準ベクトルと、前記基準点と前記測定されるインピーダンスに対応する前記複素
反射係数平面内の前記点とを通過する前記線との間の前記測定角を決定することと、

前記事前決定される定数によって前記測定角をスケーリングし、前記周波数ステップを
産出することと、

前記初期周波数に前記周波数ステップを追加し、前記調節される周波数を産出すること
と、

前記励振器に、前記調節される周波数で発振する前記信号を生成させることと
を行うように構成される、項目 3 に記載の R F 発生器。

10

(項目 5)

前記周波数同調サブシステムは、前記測定角から前記事前決定される離調角を減じ、か
つ前記事前決定される定数によって差異をスケーリングすることによって、前記周波数ス
テップを産出するように構成される、項目 1 に記載の R F 発生器。

(項目 6)

前記周波数同調サブシステムは、各反復において、前記測定角から前記事前決定される
離調角を減じ、かつ前記事前決定される定数によって前記差異をスケーリングすることによ
って、前記周波数ステップを産出するように構成される、項目 3 に記載の R F 発生器。

(項目 7)

前記周波数同調サブシステムは、前記複素反射係数平面内の複素反射係数の観点から表
現されるように、前記測定されるインピーダンスに対応する複素反射係数と、前記インピ
ーダンス軌道上の前記事前決定される離調点との間の差異の大きさが、事前決定される閾
値より小さいとき、反復周波数調整を終了させるように構成される、項目 6 に記載の R F
発生器。

20

(項目 8)

前記周波数同調サブシステムは、前記測定角を 1 乗よりも大きい幂に上昇させ、かつ前
記事前決定される定数によって結果をスケーリングすることによって、前記周波数ステッ
プを産出するように構成される、項目 1 に記載の R F 発生器。

(項目 9)

前記周波数同調サブシステムは、前記インピーダンス軌道を産出し、前記基準点を受信
し、前記測定されるインピーダンスを受信し、前記測定角を決定し、前記測定角をスケー
リングし、前記周波数ステップを追加し、前記励振器に前記信号を生成させるための命令
でエンコードされる、非一過性、有形、機械可読の媒体を含む、項目 1 に記載の R F 発生
器。

30

(項目 10)

無線周波数 (R F) 発生器であって、
信号を生成するための手段であって、前記信号は、初期周波数で発振する、手段と、
前記信号を増幅させ、増幅される発振信号を産出するための手段と、
前記増幅される発振信号をフィルタリングし、プラズマ処理チャンバ内のプラズマ負荷
にパワーを供給する出力信号を産出するための手段と、

40

前記プラズマ負荷の少なくとも 1 つの特性を感知するための手段と、
周波数同調のための手段であって、前記周波数同調のための手段は、

周波数の関数として、前記プラズマ負荷のインピーダンス軌道を産出するための手段
と、

複素反射係数平面内の基準点を受信するための手段であって、前記基準点は、前記複
素反射係数平面の基準点および原点を通過する基準ベクトル上に置かれる、手段と、

前記感知するための手段から、前記プラズマ負荷のインピーダンスの測定値を受信す
るための手段であって、前記測定されるインピーダンスは、前記受信されるインピーダ
ンス軌道に沿って置かれる、手段と、

複素反射係数の観点から表現されるように、前記基準ベクトルと、前記基準点と前記

50

測定されるインピーダンスに対応する前記複素反射係数平面内の点とを通過する線との間の測定角を決定するための手段と、

事前決定される定数によって前記測定角をスケーリングし、周波数ステップを産出するための手段と、

前記初期周波数に前記周波数ステップを追加し、調節される周波数を産出するための手段と、

信号を生成するための手段に、前記調節される周波数で発振する信号を生成させるための手段と

を含む、手段と

を備える、発生器。

10

(項目 1 1)

前記 R F 発生器は、1 つ以上の整合ネットワークを通して前記プラズマ負荷にパワーを供給するように構成される、項目 1 0 に記載の R F 発生器。

(項目 1 2)

前記周波数同調のための手段は、反復的に、

前記センサから、前記プラズマ負荷の測定されるインピーダンスを受信することと、

前記基準ベクトルと、前記基準点と前記測定されるインピーダンスに対応する前記複素反射係数平面内の前記点とを通過する前記線との間の前記測定角を決定することと、

前記事前決定される定数によって前記測定角をスケーリングし、前記周波数ステップを産出することと、

20

前記初期周波数に前記周波数ステップを追加し、前記調節される周波数を産出することと、

前記励振器に、前記調節される周波数で発振する前記信号を生成させることと

を行うための手段を含む、項目 1 0 に記載の R F 発生器。

(項目 1 3)

前記周波数同調のための手段は、前記測定されるインピーダンスに対応する複素反射係数の大きさが、事前決定される閾値より小さくなるまで、反復的に、

前記センサから、前記プラズマ負荷の測定されるインピーダンスを受信することと、

前記基準ベクトルと、前記基準点と前記測定されるインピーダンスに対応する前記複素反射係数平面内の前記点とを通過する前記線との間の前記測定角を決定することと、

30

前記事前決定される定数によって前記測定角をスケーリングし、前記周波数ステップを産出することと、

前記初期周波数に前記周波数ステップを追加し、前記調節される周波数を産出することと、

前記励振器に、前記調節される周波数で発振する前記信号を生成させることと

を行うための手段を含む、項目 1 2 に記載の R F 発生器。

(項目 1 4)

前記周波数同調のための手段は、前記測定角から事前決定される離調角を減じ、かつ前記事前決定される定数によって前記差異をスケーリングすることによって、前記周波数ステップを産出するための手段を含む、項目 1 0 に記載の R F 発生器。

40

(項目 1 5)

前記周波数同調のための手段は、各反復において、前記測定角から事前決定される離調角を減じ、かつ前記事前決定される定数によって前記差異をスケーリングすることによって、前記周波数ステップを産出するための手段を含む、項目 1 2 に記載の R F 発生器。

(項目 1 6)

前記周波数同調のための手段は、前記複素反射係数平面内の複素反射係数の観点から表現されるように、前記測定されるインピーダンスに対応する複素反射係数と、前記インピーダンス軌道上の事前決定される離調点との間の差異の大きさが、事前決定される閾値より小さいとき、反復周波数調整を終了させるための手段を含む、項目 1 5 に記載の R F 発生器。

50

(項目 17)

前記周波数同調のための手段は、前記測定角を1乗よりも大きい冪に上昇させ、かつ前記事前決定される定数によって前記結果をスケーリングすることによって、前記周波数ステップを産出するための手段を含む、項目10に記載のRF発生器。

(項目 18)

RF発生器を周波数同調させるための命令でエンコードされた、非一過性、有形、機械可読の媒体であって、前記命令は、

励振器周波数の関数として、前記プラズマ負荷のインピーダンス軌道を受信することと

、
複素反射係数平面内の基準点を受信することであって、前記基準点は、前記複素反射係数平面の基準点および原点を通過する基準ベクトル上に置かれる、ことと、

センサから、前記プラズマ負荷のインピーダンスの測定値を受信することであって、前記測定されるインピーダンスは、前記受信されるインピーダンス軌道に沿って置かれる、ことと、

複素反射係数の観点から表現されるように、前記基準ベクトルと、前記基準点と前記測定されるインピーダンスに対応する前記複素反射係数平面内の点とを通過する線との間の測定角を決定することと、

事前決定される定数によって前記測定角をスケーリングし、周波数ステップを産出することと、

前記初期周波数に前記周波数ステップを追加し、調節される周波数を産出することと、

励振器に、前記調節される周波数で発振する信号を生成させることと

を行わせるための命令を含む、媒体。

【図面の簡単な説明】**【0009】**

【図1】図1は、本開示の実施形態による、プラズマ処理システムのブロック図である。

【図2】図2は、本開示の実施形態による、RF発生器のブロック図である。

【図3】図3は、本開示の実施形態による、複素反射係数平面の図である。

【図4】図4は、本開示の実施形態による、RF発生器の周波数を同調させるための方法のフローチャートである。

【図5】図5は、本開示の別の実施形態による、RF発生器の周波数を同調させるための方法のフローチャートである。

【図6】図6は、本開示のさらに別の実施形態による、RF発生器の周波数を同調させるための方法のフローチャートである。

【図7】図7は、本開示の実施形態による、複素反射係数平面の図である。

【図8】図8は、本開示の実施形態による、RF発生器の周波数を同調させるための方法のフローチャートである。

【図9】図9は、本開示の別の実施形態による、RF発生器の周波数を同調させるための方法のフローチャートである。

【図10】図10は、本開示のさらに別の実施形態による、RF発生器の周波数を同調させるための方法のフローチャートである。

【図11】図11は、本開示の実施形態による、周波数同調サブシステムを実装するために使用され得る、物理的構成要素を描写するブロック図である。

【発明を実施するための形態】**【0010】**

無線周波数(RF)発生器内の周波数同調のための装置は、(1)RF発生器の周波数が、各周波数調節反復において、正しい方向(上方または下方)に調節され、かつ(2)現在の周波数が標的周波数から遠いとき、大きいステップが印加され(迅速な同調を促進する)、かつ現在の周波数が、標的周波数に近接しているとき、小さいステップが印加さ

10

20

30

40

50

れる（安定性を助長する）ように、周波数ステップ（周波数内の調節）が、適応性のあるように成される場合、安定性および迅速な同調を両方とも提供することができる。さらに下記に説明されるように、いくつかの実施形態では、標的周波数は、最小 Γ （複素反射係数）に対応し、他の実施形態（離調実施形態）では、標的周波数は、最小 Γ 以外の意図的に選択される Γ に対応する。

【0011】

これらの目的を達成するための1つのキーは、プラズマ負荷のインピーダンスを発生器周波数の関数として事前に特徴付けることである。そのような特徴付けは、回路モデルの分析、予備的試験（測定）、またはこれらの技術の組み合わせを通して遂行されることができる。例えば、プラズマ負荷のインピーダンスは、特定の範囲（例えば、13 MHz ~ 14 MHz）にわたるいくつかの異なる周波数のそれぞれにおいて測定されることができる。そのような予備的な特徴付けは、発生器周波数の関数として負荷に対する「インピーダンス軌道」を産出することができる。さらに以下に議論されるように、インピーダンス軌道は、複素反射係数 Γ の観点から表現され得る。いったんこのインピーダンス軌道が既知になると、さらに以下に説明されるように、各周波数調節反復において、正しい周波数方向（正または負）および適切な周波数ステップサイズを計算することが、可能である。

【0012】

ここで図面を参照すると、いくつかの図全体を通して、同様または類似の構成要素が同じ参照番号を伴って示されており、特に、図1を参照すると、これは、本開示の実施形態によるプラズマ処理システムのブロック図である。図1では、プラズマ処理システム100は、プラズマ処理チャンバ115内のプラズマ（図示せず）に直接的に、または1つもしくはそれを上回る整合ネットワーク110を介して間接的にパワーを出力する、RF発生器105を含む。本明細書では、用語「プラズマ負荷」は、特定の実施形態（いくつかの実施形態は、整合ネットワーク110を含まない）に応じて、存在し得る任意の整合ネットワーク110との組み合わせのプラズマ処理チャンバ115内のプラズマを意味するために使用される。言い換えると、「プラズマ負荷」は、RF発生器105が駆動する出力である負荷全体を指す。

【0013】

図2は、本開示の実施形態による、RF発生器105のブロック図である。RF発生器105は、励振器205と、パワー増幅器210と、フィルタ215と、センサ220と、周波数同調サブシステム225とを含む。励振器205は、RF周波数において、典型的には、三角波の形態で発振信号を生成する。パワー増幅器210は、励振器205によって産出される信号を増幅させ、増幅された発振信号を産出する。例えば、1つの実施形態では、パワー増幅器210は、1 mW ~ 3 kWの励振器出力信号を増幅させる。フィルタ215は、増幅された発振信号をフィルタリングし、単一RF周波数（正弦波）から構成される信号を産出する。

【0014】

センサ220は、プラズマ処理チャンバ115内のプラズマ負荷の1つ以上の特性を測定する。1つの実施形態では、センサ220は、プラズマ負荷のインピーダンス Z を測定する。特定の実施形態に応じて、センサ220は、例えば、限定ではないが、VIセンサまたは指向性結合器であり得る。そのようなインピーダンスは、代替として、多くの場合、当業者によって「 Γ 」（ガンマ）と示される複素反射係数として表現され得る。周波数同調サブシステム225は、センサ220からインピーダンス測定値を受信し、それらの測定値を処理し、周波数制御ライン230を介して励振器205にフィードされる周波数調節を産出し、励振器205によって生成される周波数を調整する。周波数同調サブシステム225によって実施される例証的周波数同調アルゴリズムが、図3-10に関連して下記に詳細に議論される。

【0015】

図2に示される実施形態では、周波数同調サブシステムは、負荷特徴付けモジュール226と、特徴付けデータストア227と、周波数ステップ発生器228とを含む。負荷特

10

20

30

40

50

微付けモジュール 226 は、特定のプラズマ負荷と関連付けられる予備的負荷インピーダンス特徴付けデータを受信するかまたはその取得を補助し、インピーダンス軌道を産出する（図 3 の要素 305 参照）。負荷特徴付けの間に得られるデータは、特徴付けデータストア 227 内に記憶されることができる。周波数ステップ発生器 228 は、計算を実施し、周波数制御ライン 230 を介して励振器 205 にフィードされる周波数調節（周波数ステップ）を生成する。周波数同調サブシステム 225 によって実施される具体的な例証的周波数同調アルゴリズムが、図 3-10 に関連して下記に議論される。

【0016】

さらに下記に議論されるように、いくつかの実施形態では、目的は、励振器 205 の周波数を調節し、それによって、 Γ を最小限にさせる（すなわち、可能な限りゼロに近接する Γ を達成する）様式で、プラズマ負荷のインピーダンスを変更することである。上記に述べられるように、この最小の Γ を達成する周波数は、標的周波数と称され得る。当業者が理解するように、理想的なゼロの複素反射係数は、源とプラズマ負荷インピーダンスとが、完全に整合される、整合状態に対応する。他の実施形態では、目的は、最小 Γ ではない。代わりに、周波数同調サブシステム 225 は、意図的に励振器 205 を同調させ、最小 Γ を産出するもの以外の周波数を生成する。そのような実施形態は、「離調」実装と称され得る。

【0017】

図 3 は、本開示の実施形態による、複素反射係数 (Γ) 平面 300 の図である。図 3 は、周波数同調サブシステム 225 によって実行されるアルゴリズムに関連する概念を図示する。図 3 では、複素反射係数 Γ が、単位円内にプロットされる。当業者は、 Γ がまた、標準的な Smith チャート上にもプロットされ得ることを認識するであろう。図 3 では、水平軸は、 Γ の実数部に対応し、垂直軸は、 Γ の虚数部に対応する。図 3 は、 Γ の観点から表現された、プラズマ負荷の事前特徴付けされたインピーダンス軌道 305 を示す。上記で議論されるように、インピーダンス軌道 305 は、分析、適切なユーザインターフェースを介した負荷特徴付けモジュール 226 の補助を用いて実施される試験、またはその組み合わせを通して事前に決定されることができる。当業者は、インピーダンス軌道 305 が、常時図 3 に示されるように原点 340 に交差するわけではないであろうことを認識するであろう。いくつかの実施形態では、インピーダンス軌道は、それが原点 340 を通過しないように偏移され、その場合、最小達成可能 Γ は、ゼロを上回る。

【0018】

周波数同調サブシステム 225 の周波数ステップ発生器 228 はまた、好適なユーザインターフェースを介して、 Γ 平面 300 内の基準点 315 を受信する。いくつかの実施形態では、基準点 315 は、基準角 320 と大きさ（原点 340 からの基準点の距離）との観点から規定される。当業者は、原点 340 が、 Γ 平面 300 内の単位円の中心における座標 (0, 0) を有する点に対応することを認識するであろう。当業者はまた、基準角 320 および大きさ M を前提として、基準点 315 に対する直交座標を計算することが、容易であることを理解するであろう。具体的には、座標は、 $\text{Real}(\Gamma) = M \cos(\theta_{\text{Ref}} + \pi)$ および $\text{Imag}(\Gamma) = M \sin(\theta_{\text{Ref}} + \pi)$ として計算され、基準角 θ_{Ref} (320) は、ラジアンで表現され、 M は、1 未満またはそれに等しい、正の実数であり得る。他の実施形態では、基準点 315 は、直角座標（実数部および虚数部）の観点から受信される。

【0019】

いったん基準点が、受信されると、周波数同調サブシステム 225 の周波数ステップ発生器 228 は、基準ベクトル 310 を決定することができる。基準ベクトル 310 は、図 3 に示されるように、 Γ 平面 300 の基準点 315 および原点 340 を通過する線である。基準ベクトル 310 の 1 つの重要な機能は、 Γ 平面 300 を、2 つの領域、すなわち、測定点 325 と関連付けられる周波数が、最適周波数より高い領域（図 3 内の基準ベクトル 310 の右側の領域）と、測定点 325 と関連付けられる周波数が、最適周波数より低い領域（図 3 内の基準ベクトル 310 の左側の領域）とに分割することである。点 325

が2つの領域のどちらの中にも置かれているかを決定することによって、正しい方向（正または負）の周波数調節が、あらゆる周波数調節反復において成され得る（以下の図5-6および9-10参照）。

【0020】

当業者は、基準ベクトル310が、 Γ の観点から表現されるように、インピーダンス軌道305に対して対称軸である必要がないことを認識するであろう。次いで、基準ベクトル310を決定する、基準点315を設置する場所の選択は、幾分、任意であるが、選択は、有効な周波数同調を支援する、有用な測定角330の計算を可能にするように成されるべきである。それは、励振器205周波数が、標的周波数に接近するにつれて、すなわち、標的周波数に対応するゼロの測定角330に接近するにつれて、測定角330が減少するように基準点315を選定することを意味する。

10

【0021】

センサ220は、プラズマ処理チャンバ115内のプラズマ負荷のインピーダンスの頻繁な測定を伴う周波数同調サブシステム225を提供する。図3の測定点325は、 Γ 平面300内に Γ （複素反射係数）の観点から表現されるように、インピーダンス軌道305上の1つの例証的インピーダンス測定値を表す。周波数同調サブシステム225の周波数ステップ発生器228は、測定点325に関して、基準ベクトル310に対する測定角330を決定する。この測定角330は、事前決定される比例定数K（ループ利得）によってスケールされ、周波数ステップを産出する（すなわち、それによって励振器205によって生成される周波数が調節されるべき量）。Kは、周波数同調アルゴリズムの周波数分解能（例えば、1kHz対1Hz）と、測定角計算の分解能と、プラズマ負荷の特定のインピーダンス特性とに基づいて選択される。ループ利得Kは、製法毎に異なり得、それは、負荷インピーダンス内の変化に従って所与の製法内で変化し得、その場合、製法内で採用される複数のKの値が、ルックアップテーブル内に記憶され得る。計算される周波数ステップが、初期または現在の励振器周波数に追加され、所望されるプラズマ負荷インピーダンスに対応する、所望されるまたは標的の周波数により近接する、調節される周波数を産出する。周波数同調サブシステム225は、次いで、励振器205に、周波数制御ライン230を介して、調節される周波数においてRF信号を生成させる。

20

【0022】

Γ 閾値335が、図3に示され、その関数が、図6に関連して下記に説明されるであろう。

30

【0023】

図4は、本開示の実施形態による、RF発生器の周波数を同調させるための方法400のフローチャートである。図4に示される方法は、周波数同調サブシステム225によって実施される。ブロック405において、周波数同調サブシステム225が、負荷特徴付けモジュール226を介して、プラズマ処理チャンバ115内のプラズマ負荷に対するインピーダンス軌道305を受信する。上記に説明されるように、インピーダンス軌道305は、図3に示されるように、複素反射係数（ Γ ）の観点から表現されることができる。ブロック410において、周波数同調サブシステム225の周波数ステップ発生器228が、基準点315を受信する。ブロック415において、周波数ステップ発生器228が、センサ220からプラズマ負荷に対するインピーダンス測定値を受信する。ブロック420において、周波数ステップ発生器228が、受信されたインピーダンス測定値に対応する測定点325に関する測定角330を決定する。ブロック425において、周波数ステップ発生器228が、次いで、事前決定される定数Kによって測定角330をスケールし、周波数ステップを計算する。方法400が開始するにつれて、励振器205が、初期周波数において発振RF信号を生成することに留意されたい。ブロック430において、周波数ステップ発生器228が、励振器205によって生成される初期周波数に周波数ステップを追加し、調節される周波数を産出する。ブロック435において、周波数同調サブシステム225が、周波数制御ライン230を介して、励振器205に、調節される周波数において発振RF信号を生成するように信号伝達し、プラズマ負荷のインピーダ

40

50

ンスを、所望される負荷インピーダンスにより近接した値に変更させる。

【0024】

図5は、本開示の別の実施形態による、RF発生器の周波数を同調させるための方法500のフローチャートである。図5に示される方法は、周波数同調サブシステム225によって実施される。方法500は、方法500では、ブロック415、420、425、430、および435において実施される動作（周波数同調）が、ループ状に反復的に繰り返されることを除いて、方法400と同様である。当業者は、本実施形態では、第1の反復に続く各反復における初期励振器205周波数が、直前の反復の間に産出される調節される周波数であることを認識するであろう。これは、調節される周波数（すなわち、次の周波数）＝現在の周波数＋周波数ステップとして、数学的に表現され得る。本実施形態では、アルゴリズムが、最適周波数に収束するにつれて、ゼロまたはそれに非常に近傍の最小の Γ が、達成され得る。

10

【0025】

図6は、本開示のさらに別の実施形態による、RF発生器の周波数を同調させるための方法600のフローチャートである。図6に示される方法は、周波数同調サブシステム225によって実施される。方法600は、いったん励振器205によって生成される周波数が、所望される値に実質的に近接すると見なされるプラズマ負荷インピーダンスを産出する値に到達すると、方法600が、周波数調節を終了させるために Γ 閾値335（0と1との間の値）を追加することを含いて、方法400および500と同様である。方法600は、ブロック435を通して方法500におけるように進行する。決定ブロック605において、周波数ステップ発生器228は、現在の測定点325における Γ が、閾値335（原点340を圍繞する等しい大きさの円形場所として図3に示される）よりも大きさがより小さいかどうかを決定する。該当する場合、周波数ステップ発生器228は、ブロック610において励振器205周波数調節を終了させる。この状況において、励振器205周波数は、その現在の値で維持され、周波数に対するさらなる調節は、成されない。別様に、現在の測定点325における Γ の大きさが、閾値335を上回る、またはそれと等しい場合、制御は、ブロック415に戻り、励振器205周波数調節の別の反復が、実施される。

20

【0026】

図7-10は、目的が最小 Γ ではない、別の一群の実施形態を紹介する。上記に述べられたように、これらの実施形態は、「離調」実装と称され得る。いくつかの実装では、離調構成は、その特定のインピーダンス特性（インピーダンス軌道）に起因する特定のプラズマ負荷を伴う、より大きい周波数安定性を達成するように選定される。

30

【0027】

図7は、本開示の実施形態による、複素反射係数（ Γ ）平面700の図である。明確化のため、図3に示されるいくつかの要素は、図7内では反復されないが、図3および7は、下記に議論される離調実施形態に関連してともに使用されることが意図される。上記に議論される Γ 平面300と同様に、ガンマ平面700は、 Γ の観点から表現されるように、インピーダンス軌道305と、基準ベクトル310と、基準点315と、基準角320とを含む。基準点315が、図3内の実施形態に関連して上記に説明された同一の様式で受信される。図7に示されるもの等の離調実施形態は、加えて、インピーダンス軌道305上の事前決定される点である、離調点710を含む。基準点315および離調点710を通過する基準ベクトル310と「離調ベクトル」715との間の角は、「離調」角705と称され得る。離調実施形態では、周波数同調アルゴリズムの標的周波数は、離調点710（すなわち、 Γ 平面700内の離調点710に対応する負荷インピーダンスをもたらす周波数）に対応するものである。離調点710は、所望される周波数安定性を達成するように選定され得る。さらに下記に説明されるように、この離調角705は、測定角330（図3参照）から減じられ、結果として生じる差異が、事前決定される定数Kによってスケールされる。これは、周波数ステップ発生器228によって実行される周波数同調アルゴリズムを、原点340（図3参照）である最小 Γ 点以外のインピーダンス軌道3

40

50

05上の点（すなわち、離調点710）に収束させる。さらに下記に説明されるであろうように、離調実施形態はまた、 Γ 閾値720を使用し得る。

【0028】

図8は、本開示の実施形態による、RF発生器の周波数を同調させるための方法800のフローチャートである。図8に示される方法は、周波数同調サブシステム225によって実施される。方法800は、方法800では、周波数ステップ発生器228が、ブロック805において測定角330から離調角705を減ずる点を除いては、方法400と同様である。ブロック810において、周波数ステップ発生器228が、事前決定される定数Kによって結果として生じる差異をスケールリングする。残りの動作（ブロック430および435）は、図4に関連して上記に議論された方法400内のものと同一である。

10

【0029】

図9は、本開示の別の実施形態による、RF発生器の周波数を同調させるための方法900のフローチャートである。図9に示される方法は、周波数同調サブシステム225によって実施される。方法900は、方法900では、ブロック415、805、810、430、および435において実施される動作（周波数同調）が、ループ状に反復的に繰り返されることを除いて、方法800と同様である。本実施形態では、励振器205周波数は、 Γ の観点から表現されるように、インピーダンス軌道305上の離調点710に対応するプラズマ負荷インピーダンスを産出する周波数にまたはそれに近接するように収束する。

【0030】

20

図10は、本開示のさらに別の実施形態による、RF発生器の周波数を同調させるための方法1000のフローチャートである。図10に示される方法は、周波数同調サブシステム225によって実施される。方法1000は、いったん励振器205周波数が、離調点710に対応するものに実質的に近接すると見なされるプラズマ負荷インピーダンスを産出する値に到達すると、方法1000が、周波数調節を終了させるために Γ 閾値720を追加することを除いて、方法800および900と同様である。方法1000は、ブロック435を通して方法900におけるように進行する。決定ブロック1005において、周波数ステップ発生器228は、現在の測定点325（図3に示されるように、 Γ の観点から表現される）と離調点710との間の差異の大きさが、閾値720未満であるかどうかを決定する。該当する場合、周波数ステップ発生器225は、ブロック1010において励振器205周波数調節を終了させる。そうでなければ、制御は、ブロック415に戻り、励振器205周波数調節の別の反復が、実施される。

30

【0031】

いくつかの実施形態では、周波数ステップ発生器228は、事前決定される定数（ループ利得）Kによって結果をスケールリングする前に、測定角330を1乗よりも大きい冪に上昇させる。この技術は、測定角330が小さいときには比較的小さく、測定角330が大きいときには比較的より大きい周波数ステップを提供するための1つの方法である。言い換えると、測定角330に対して非線形に変動する周波数ステップは、図4-6および8-10に関連して説明されるもの等の周波数同調アルゴリズムの性能をさらに改良する。

40

【0032】

本明細書に開示される実施形態と関連して説明される本方法は、直接的に、ハードウェア、非一過性機械可読の媒体にエンコードされたプロセッサ実行可能な命令、またはその2つの組み合わせの中で具現化され得る。例えば、図11を参照すると、本開示の例証の実施形態による、周波数同調サブシステム225と、その構成要素モジュールとを実現するために利用され得る物理的構成要素を描写するブロック図が、示されている。示されるように、本実施形態では、表示部1112および不揮発性メモリ1120は、ランダムアクセスメモリ（「RAM」）1124と、処理部（N個の処理構成要素を含む）1126と、フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）1127と、N個の送受信機を含む送受信機構成要素1128とにも結合される、バス1122に結合される。図11に

50

描写される構成要素は、物理的構成要素を表しているが、図 1 1 は、詳細ハードウェア図であるようには意図されてはならず、したがって、図 1 1 に描写される構成要素の多くのものは、一般的な構造体によって実現されるか、または付加的な物理的構成要素の中に分散されてもよい。そのうえ、他の既存および未開発の物理的構成要素ならびにアーキテクチャが、図 1 1 を参照して説明される機能的構成要素を実装するために利用され得ると考えられる。

【0033】

表示部 1 1 1 2 は、概して、ユーザのためのユーザインターフェースを提供するために動作し、いくつかの実装では、表示は、タッチスクリーンディスプレイによって実現される。例えば、表示部 1 1 1 2 は、プラズマ負荷の特徴付けに関連する負荷特徴付けモジュール 2 2 6 を制御しかつそれと相互作用し、関連付けられるインピーダンス軌道 3 0 5 を産出するために使用されることができる。そのようなユーザインターフェースはまた、基準点 3 1 5 を入力するために使用されてもよい。概して、不揮発性メモリ 1 1 2 0 は、データと、機械可読な（例えば、プロセッサ実行可能な）コード（本明細書に説明される方法の達成と関連付けられる、実行可能なコードを含む）とを記憶する（例えば、永続的に記憶する）ために機能する、非一過性メモリである。いくつかの実施形態では、例えば、不揮発性メモリ 1 1 2 0 は、上記に説明された図 4-6 および 8-10 を参照して説明された方法の実行を促進するための、ブートロードコードと、オペレーティングシステムコードと、ファイルシステムコードと、非一過性プロセッサ実行可能コードとを含む。

【0034】

多くの実装では、不揮発性メモリ 1 1 2 0 は、フラッシュメモリ（例えば、NAND または ONENAND メモリ）によって実現されるが、他のメモリタイプもまた、利用され得ると考えられる。不揮発性メモリ 1 1 2 0 からのコードを実行することが、可能であり得るが、不揮発性メモリ内の実行可能コードは、典型的には、RAM 1 1 2 4 内にロードされ、処理部 1 1 2 6 内の N 個の処理構成要素の 1 つ以上のものによって実行される。

【0035】

動作時、RAM 1 1 2 4 に関連する N 個の処理構成要素は、概して、周波数同調サブシステム 2 2 5 の機能性を実現するために、不揮発性メモリ 1 1 2 0 内に記憶された命令を実行するために動作する。例えば、図 4-6 および 8-10 を参照して説明される方法を達成させるための非一過性のプロセッサ実行可能な命令は、不揮発性メモリ 1 1 2 0 内に永続的に記憶され、RAM 1 1 2 4 に関連する N 個の処理構成要素によって実行されてもよい。当業者が理解するであろうように、処理部 1 1 2 6 は、ビデオプロセッサと、デジタル信号プロセッサ（DSP）と、グラフィック処理ユニット（GPU）と、他の処理構成要素とを含んでもよい。

【0036】

加えて、または代替として、フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）1 1 2 7 は、本明細書に説明される方法論（例えば、図 4-6 および 8-10 を参照して説明される方法）の 1 つ以上の側面を達成させるように構成されてもよい。例えば、非一過性の FPGA 構成命令は、不揮発性メモリ 1 1 2 0 内に永続的に記憶され、FPGA 1 1 2 7 によってアクセスされ（例えば、ブートアップの間）、周波数同調サブシステム 2 2 5 の機能を達成させるように FPGA 1 1 2 7 を構成してもよい。

【0037】

入力構成要素は、出力発生器パワーの 1 つ以上の特性およびプラズマ処理チャンバ 1 1 5 内のプラズマ負荷を指示する信号を受信する（例えば、センサ 2 2 0 から）ために動作してもよい。入力構成要素において受信される信号は、例えば、電圧と、電流と、順方向パワーと、反射パワーと、プラズマ負荷インピーダンスとを含み得る。出力構成要素は、概して、発生器の動作側面を達成させるために、1 つ以上のアナログもしくはデジタル信号を提供するために動作する。例えば、出力部は、周波数同調の間、周波数制御ライン 2 3 0 を介して励振器 2 0 5 に調節される周波数を伝送してもよい。

【0038】

描写された送受信機構成要素 1128 は、無線または有線ネットワークを介して外部デバイスと通信するために使用されてもよい、N 個の送受信機チェーンを含む。N 個の送受信機チェーンはそれぞれ、特定の通信スキーム（例えば、W i F i、イーサネット（登録商標）、P r o f i b u s 等）と関連付けられる送受信機を表し得る。

【0039】

開示された実施形態の上記説明は、任意の当業者が本発明を構成または使用することを可能にするために提供される。これらの実施形態への種々の修正は、当業者に容易に明白となり、本明細書に定義される一般的原理は、本発明の精神または範囲から逸脱することなく、他の実施形態に適用されてもよい。したがって、本発明は、本明細書に示される実施形態に限定されないことが意図され、本明細書に開示される原理と新しい特徴とに一貫した、最も幅広い範囲と調和されるべきである。

10

【図 1】

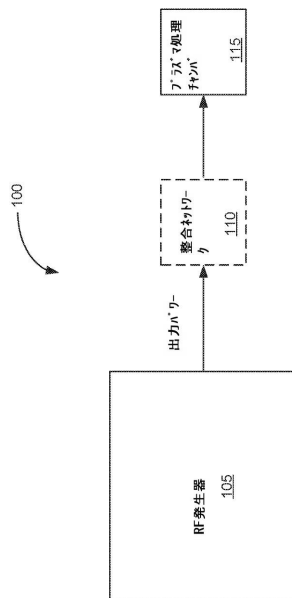


FIG. 1

【図 2】

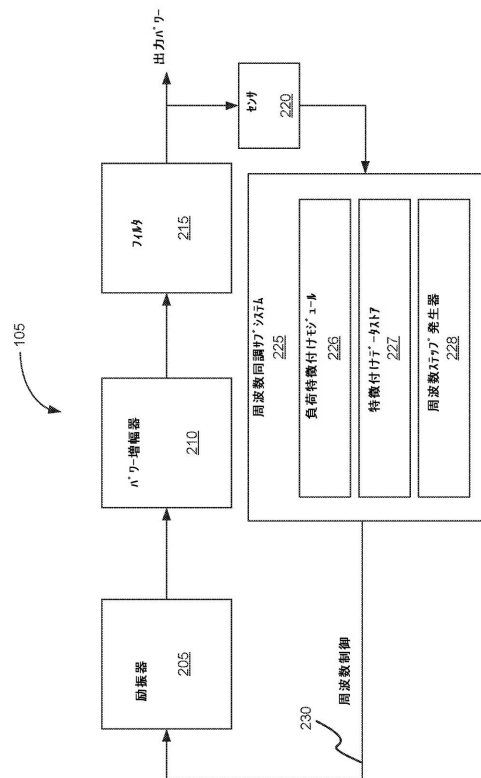


FIG. 2

【図 3】

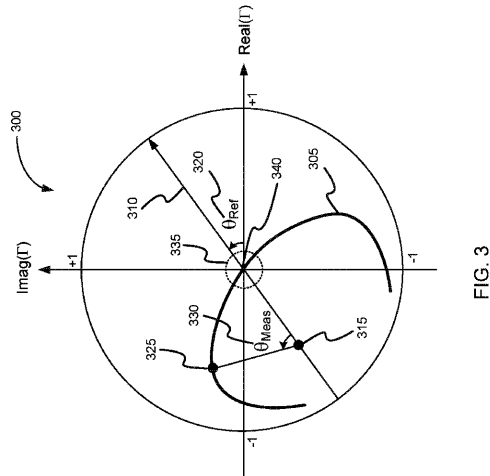


FIG. 3

【図 4】

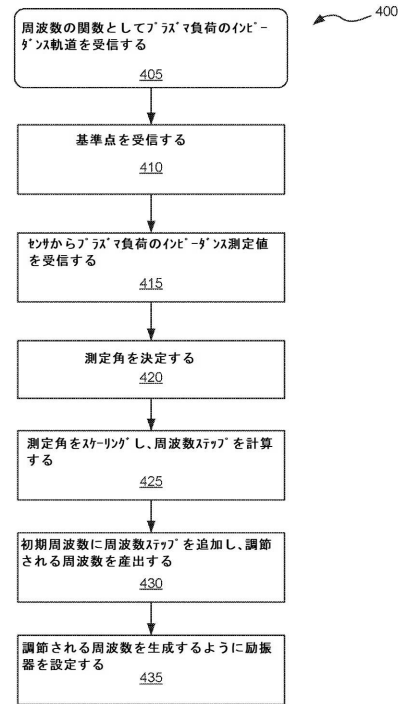


FIG. 4

【図 5】

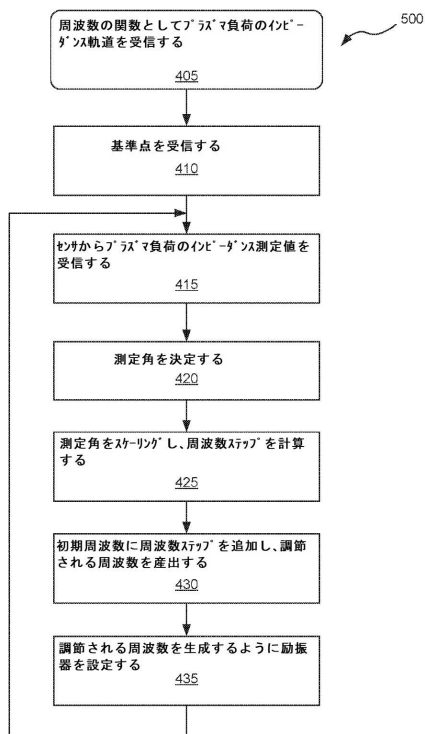


FIG. 5

【図 6】

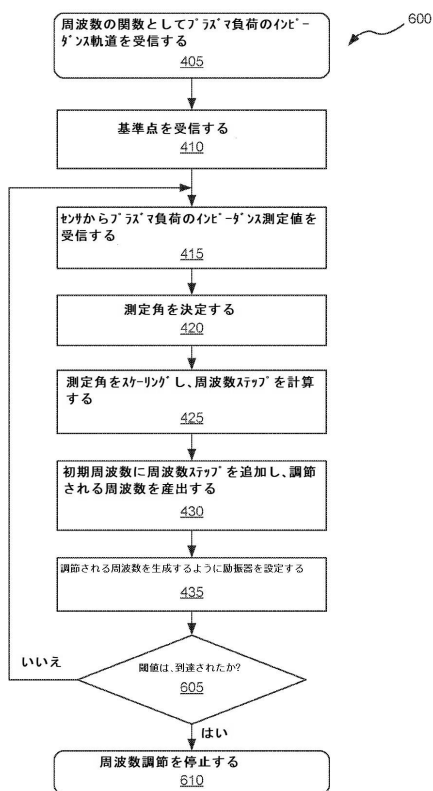


FIG. 6

【図 11】

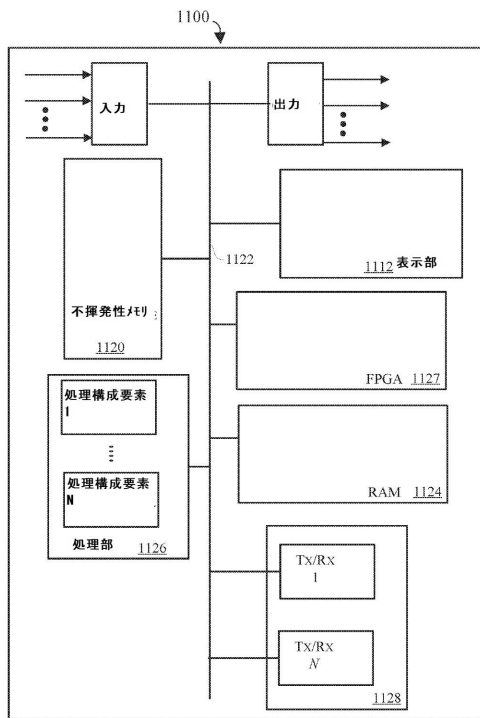


FIG. 11

フロントページの続き

- (72)発明者 チョイ, ミヨン ヨル
アメリカ合衆国 コロラド 80525, フォート コリンズ, アニカ ドライブ 3268
- (72)発明者 ショー, デニス
アメリカ合衆国 コロラド 80524, フォート コリンズ, ハースファイア ドライブ
3309
- (72)発明者 ミューラー, マイク
アメリカ合衆国 コロラド 80537, ラブランド, ポールド イーグル ウェイ 550
- (72)発明者 ロバーク, ジェフリー
アメリカ合衆国 コロラド 80501, ロングモント, ハーベスト ストリート 301
- (72)発明者 ジョーダン, スティーブ
アメリカ合衆国 コロラド 80513, バーサッド, メープル ドライブ 1404

審査官 右▲高▼ 孝幸

- (56)参考文献 国際公開第2013/132591 (WO, A1)
米国特許第06020794 (US, A)
特開平06-086464 (JP, A)
特表2016-507856 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H05H 1/46