

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6981781号
(P6981781)

(45) 発行日 令和3年12月17日 (2021. 12. 17)

(24) 登録日 令和3年11月22日 (2021. 11. 22)

(51) Int. Cl.	F I
H05H 1/46 (2006.01)	H05H 1/46 R
H01L 21/31 (2006.01)	H01L 21/31 C

請求項の数 67 外国語出願 (全 42 頁)

(21) 出願番号	特願2017-113989 (P2017-113989)	(73) 特許権者	592010081
(22) 出願日	平成29年6月9日 (2017. 6. 9)		ラム リサーチ コーポレーション
(65) 公開番号	特開2017-224601 (P2017-224601A)		LAM RESEARCH CORPOR
(43) 公開日	平成29年12月21日 (2017. 12. 21)		ATION
審査請求日	令和2年6月3日 (2020. 6. 3)		アメリカ合衆国, カリフォルニア 945
(31) 優先権主張番号	62/351, 879		38, フレモント, クッシング パークウ
(32) 優先日	平成28年6月17日 (2016. 6. 17)		エイ 4650
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)	(74) 代理人	110000028
(31) 優先権主張番号	15/254, 769		特許業務法人明成国際特許事務所
(32) 優先日	平成28年9月1日 (2016. 9. 1)	(72) 発明者	スニル・カプーア
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		アメリカ合衆国 オレゴン州97062
			チュラチン, サウスウエスト・レプトン・
			ドライブ, 11361

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複数のプラズマ処理ステーションにわたってインピーダンスまたは電力を調整するための結合器／分配器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

システムであって、

第1周波数を有する第1RF信号を生成するよう構成された第1高周波 (RF) 発生器と、

第2周波数を有する第2RF信号を生成するよう構成された第2RF発生器と、

前記第1RF信号を受信するために前記第1RF発生器に接続された第1整合回路網であって、前記第1RF信号を受信して第1変調RF信号を出力するよう構成されている、第1整合回路網と、

前記第2RF信号を受信するために前記第2RF発生器に接続された第2整合回路網であって、前記第2RF信号を受信して第2変調RF信号を出力するよう構成されている、第2整合回路網と、

前記第1整合回路網の出力および前記第2整合回路網の出力に接続された結合器／分配器であって、前記第1変調RF信号および前記第2変調RF信号を結合して、複数の結合RF信号を出力し、前記複数の結合RF信号を複数のプラズマ処理ステーションに供給するよう構成され、前記複数のプラズマ処理ステーションに接続された複数の出力を備え、前記結合器／分配器の前記複数の出力で測定されたパラメータに基づいて、前記複数のプラズマ処理ステーションに関連する複数のインピーダンスを調整するための前記第1および第2周波数用の複数の同調回路を備える、結合器／分配器と、

を備える、システム。

10

20

【請求項 2】

請求項 1 に記載のシステムであって、さらに、前記パラメータに基づいて、前記複数の同調回路のうちの 1 または複数の変数を調節するよう構成されたシステムコントローラを備える、システム。

【請求項 3】

請求項 1 に記載のシステムであって、さらに、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの 1 つに関連する前記複数のインピーダンスのうちの 1 つが、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの別の 1 つに関連する前記複数のインピーダンスのうちの別の 1 つからあらかじめ定められた範囲内になるように、前記複数の同調回路のうちの 1 または複数の同調回路の、一つの変数を調節するよう構成されたシステムコントローラを備える、システム。

10

【請求項 4】

請求項 1 に記載のシステムであって、

前記複数の同調回路のうちの 1 つが、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの 1 つに供給される前記第 1 周波数の電力のレベルを変更するために調整されるコンデンサを備え、前記複数の同調回路のうちの別の 1 つが、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの前記 1 つに供給される前記第 2 周波数の電力のレベルを変更するために調整されるコンデンサであり、

前記第 1 周波数の電力の前記レベルおよび前記第 2 周波数の電力の前記レベルは、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの別の 1 つに関連する前記複数のインピーダンスのうちの 1 つに基づいて変更される、システム。

20

【請求項 5】

請求項 1 に記載のシステムであって、前記結合器 / 分配器は、前記第 2 周波数が前記第 1 RF 発生器に影響を与えないように、前記第 2 周波数をフィルタリングするよう構成された遮断回路を備える、システム。

【請求項 6】

請求項 1 に記載のシステムであって、前記結合器 / 分配器は、

前記複数のプラズマ処理ステーションに対応する複数の擬似負荷と、

複数のスイッチであって、前記複数のスイッチの各々は、前記複数の擬似負荷の対応する 1 つまたは前記結合器 / 分配器の前記出力の対応する 1 つに接続されるよう構成され、複数のスイッチの 1 つが前記複数の擬似負荷の前記対応する 1 つに接続されているときに、前記複数の出力の 1 つに接続された前記複数のプラズマ処理ステーションの 1 つの中で、プラズマが使用不能になり、複数のスイッチの 1 つが前記結合器 / 分配器の前記複数の出力の前記 1 つに接続されているときに、前記複数の出力の前記 1 つに接続された前記複数のプラズマ処理ステーションの前記 1 つの中で、プラズマが使用可能になる、複数のスイッチと、

30

前記結合器 / 分配器の前記複数の出力への接続と前記複数の擬似負荷への接続との間で前記複数のスイッチの位置を変更するために、前記複数のスイッチに接続されたシステムコントローラと、

複数の直流 (DC) 遮断コンデンサであって、前記複数の DC 遮断コンデンサの各々は、DC 電力が前記複数の擬似負荷の対応する 1 つに印加されることを妨げるために、前記複数の擬似負荷の前記対応する 1 つに接続されている、複数の DC 遮断コンデンサと、を備える、システム。

40

【請求項 7】

請求項 1 に記載のシステムであって、さらに、

前記結合器 / 分配器の前記複数の出力で前記パラメータの複数の値を測定するために、前記結合器 / 分配器の前記複数の出力に接続された複数のパラメータプローブと、

前記パラメータの前記複数の値を前記複数のパラメータプローブから受信するために、前記複数のパラメータプローブに接続されたシステムコントローラと、を備え、

50

前記システムコントローラは、前記複数のパラメータプローブから受信した前記パラメータの前記複数の値に基づいて前記複数の同調回路を調整するために、前記複数の同調回路に接続されている、システム。

【請求項 8】

請求項 1 に記載のシステムであって、前記結合器 / 分配器は、複数のインダクタを備え、前記複数のインダクタの各々は、前記結合器 / 分配器の前記複数の出力のうちの対応する 1 つに接続され、前記複数のインダクタの各々は、動作周波数の達成を容易にするように前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの対応する 1 つの共振周波数を制御するために用いられる、システム。

【請求項 9】

請求項 1 に記載のシステムであって、前記結合器 / 分配器、前記第 1 整合回路網、および、第 2 整合回路網は、前記複数のプラズマ処理ステーションの動作を円滑にするために、前記複数のプラズマ処理ステーションから離して配置される、システム。

【請求項 10】

請求項 1 に記載のシステムであって、前記結合器 / 分配器は、複数の同軸ケーブルを介して前記複数のプラズマ処理ステーションに接続され、前記複数の同軸ケーブルの各々は、前記結合器 / 分配器の一部である、システム。

【請求項 11】

請求項 1 に記載のシステムであって、前記第 1 および第 2 周波数用の前記複数の同調回路は、RF 電力が前記複数のプラズマ処理ステーションに供給されていて、前記パラメータが変化しているときに、前記複数のプラズマ処理ステーションに関連する前記インピーダンスを調整するように構成されており、前記 RF 電力は、前記複数の結合 RF 信号が前記複数のプラズマ処理ステーションに供給されるときに、前記複数のプラズマ処理ステーションに供給される、システム。

【請求項 12】

請求項 1 に記載のシステムであって、前記第 1 および第 2 周波数用の前記複数の同調回路は、前記複数のプラズマ処理ステーションに関連するさらなるパラメータに基づいて、前記複数のプラズマ処理ステーションにわたる前記パラメータの変動を最小化するように調整される、システム。

【請求項 13】

請求項 1 に記載のシステムであって、前記複数の出力は、前記複数のプラズマ処理ステーションの複数のペDESTAL、または前記複数のプラズマ処理ステーションの複数のシャワーヘッドに、接続される、システム。

【請求項 14】

請求項 1 に記載のシステムであって、前記複数の同調回路は、複数の位置にあるように構成され、前記複数の位置は、前記複数のインピーダンスを調整するために監視および制御される、システム。

【請求項 15】

請求項 1 に記載のシステムであって、前記結合器 / 分配器は複数のスイッチを備え、前記複数のスイッチの各々は、複数の擬似負荷の対応する 1 つまたは前記結合器 / 分配器の前記複数の出力の対応する 1 つに接続されるよう構成され、前記スイッチの各々は複数の位置を有し、前記複数の位置は、前記複数のインピーダンスを調整するために監視および制御される、システム。

【請求項 16】

結合器 / 分配器であって、

第 1 周波数の第 1 変調 RF 信号を第 1 整合回路網から受信するために、前記第 1 整合回路網を介して第 1 高周波 (RF) 発生器に接続された第 1 周波数回路であって、前記第 1 変調 RF 信号を受信して複数の RF 信号を出力するよう構成されている、第 1 周波数回路と、

第 2 周波数の第 2 変調 RF 信号を第 2 整合回路網から受信するために、前記第 2 整合回

10

20

30

40

50

路網を介して第２ＲＦ発生器に接続された第２周波数回路であって、前記第２変調ＲＦ信号を受信して複数のＲＦ信号を出力するよう構成され、前記第１周波数回路に接続されている、第２周波数回路と、

前記第２周波数回路に接続された出力回路であって、前記第１周波数回路から出力された前記複数のＲＦ信号の各々を、前記第２周波数回路から出力された前記複数のＲＦ信号の対応する１つと結合して、複数の結合ＲＦ信号を複数のプラズマ処理ステーションに供給するよう構成されている、出力回路と、

を備え、

前記出力回路は、前記複数のプラズマ処理ステーションに接続されるように構成された複数の出力を有し、

10

前記第１周波数回路は、前記出力回路の前記複数の出力において測定されたパラメータに基づいて前記複数のプラズマ処理ステーションに関連する複数のインピーダンスを調整するために、前記第１周波数用の複数の第１周波数同調回路を備え、

前記第２周波数回路は、前記出力回路の前記複数の出力において測定された前記パラメータに基づいて前記複数のプラズマ処理ステーションに関連する前記複数のインピーダンスを調整するために、前記第２周波数用の複数の第２周波数同調回路を備える、結合器／分配器。

【請求項１７】

請求項１６に記載の結合器／分配器であって、前記複数の第１周波数同調回路は、前記パラメータに基づいて調節される変数を有し、前記複数の第２周波数同調回路は、前記パラメータに基づいて調節される前記変数を有する、結合器／分配器。

20

【請求項１８】

請求項１６に記載の結合器／分配器であって、前記複数の第１周波数同調回路は、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの１つに関連する前記複数のインピーダンスのうちの１つが、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの別の１つに関連する前記複数のインピーダンスのうちの別の１つからあらかじめ定められた範囲内になるように調節される変数を有し、前記複数の第２周波数同調回路は、前記複数のインピーダンスのうちの前記１つが、前記複数のインピーダンスのうちの前記別の１つから前記あらかじめ定められた範囲内になるように調節される変数を有する、結合器／分配器。

【請求項１９】

30

請求項１６に記載の結合器／分配器であって、

前記複数の第１周波数同調回路のうちの１つが、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの１つに供給される前記第１周波数の電力のレベルを変更するために調整されるコンデンサを備え、前記複数の第２周波数同調回路のうちの１つが、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの前記１つに供給される前記第２周波数の電力のレベルを変更するために調整されるコンデンサであり、

前記第１周波数の電力の前記レベルおよび前記第２周波数の電力の前記レベルは、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの別の１つに関連する前記複数のインピーダンスのうちの１つに基づいて変更される、結合器／分配器。

【請求項２０】

40

請求項１６に記載の結合器／分配器であって、前記第１周波数回路は、前記第２周波数が前記第１ＲＦ発生器に影響を与えないように、前記第２周波数をフィルタリングするよう構成された遮断回路を備える、結合器／分配器。

【請求項２１】

請求項１６に記載の結合器／分配器であって、前記出力回路は、

前記複数のプラズマ処理ステーションに対応する複数の擬似負荷と、

複数のスイッチであって、前記複数のスイッチの各々は、前記複数の擬似負荷の対応する１つまたは前記出力回路の前記複数の出力の対応する１つに接続されるよう構成されている、複数のスイッチと、

を備える、結合器／分配器。

50

【請求項 2 2】

請求項 1 6 に記載の結合器 / 分配器であって、さらに、

前記出力回路の前記複数の出力で前記パラメータの複数の値を測定するために、前記出力回路の前記複数の出力に接続された複数のパラメータプローブを備え、

前記複数の第 1 周波数同調回路は、前記パラメータの前記複数の値に基づいて調整されるよう構成され、

前記複数の第 2 周波数同調回路は、前記パラメータの前記複数の値に基づいて調整されるよう構成されている、結合器 / 分配器。

【請求項 2 3】

請求項 1 6 に記載の結合器 / 分配器であって、前記出力回路は、複数のインダクタを備え、前記複数のインダクタの各々は、前記出力回路の前記複数の出力のうちの対応する 1 つに接続され、前記複数のインダクタの各々は、動作周波数の達成を容易にするように前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの対応する 1 つの周波数を制御するために用いられる、結合器 / 分配器。

10

【請求項 2 4】

システムであって、

結合器 / 分配器であって、

第 1 周波数の第 1 変調 R F 信号を第 1 整合回路網から受信するために、前記第 1 整合回路網を介して第 1 高周波 (R F) 発生器に接続された第 1 周波数回路であって、前記第 1 変調 R F 信号を受信して複数の R F 信号を出力するよう構成されている、第 1 周波数回路と、

20

第 2 周波数の第 2 変調 R F 信号を第 2 整合回路網から受信するために、前記第 2 整合回路網を介して第 2 R F 発生器に接続された第 2 周波数回路であって、前記第 2 変調 R F 信号を受信して複数の R F 信号を出力するよう構成され、前記第 1 周波数回路に接続されている、第 2 周波数回路と、

前記第 2 周波数回路に接続された出力回路であって、前記第 1 周波数回路から出力された前記複数の R F 信号の各々を、前記第 2 周波数回路から出力された前記複数の R F 信号の対応する 1 つと結合して、複数の結合 R F 信号を複数のプラズマ処理ステーションに供給するよう構成されている、出力回路と、を備え、

前記出力回路は、前記複数のプラズマ処理ステーションに接続されるように構成された複数の出力を有し、

30

前記第 1 周波数回路は、前記第 1 周波数用の複数の第 1 周波数同調回路を備え、

前記第 2 周波数回路は、前記第 2 周波数用の複数の第 2 周波数同調回路を備える、結合器 / 分配器と、

前記結合器 / 分配器に接続されたシステムコントローラであって、

前記システムコントローラは、前記出力回路の前記複数の出力で測定されたパラメータに基づいて、前記複数の第 1 周波数同調回路を調整するよう構成され、

前記システムコントローラは、前記出力回路の前記複数の出力で測定された前記パラメータに基づいて、前記複数の第 2 周波数同調回路を調整するよう構成されている、システムコントローラと、
を備える、システム。

40

【請求項 2 5】

請求項 2 4 に記載のシステムであって、前記複数の第 1 周波数同調回路は、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの 1 つに関連する第 1 インピーダンスが、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの別の 1 つに関連する第 2 インピーダンスからあらかじめ定められた範囲内になるように、調節される変数を有し、前記複数の第 2 周波数同調回路は、前記第 1 インピーダンスが、前記第 2 インピーダンスから前記あらかじめ定められた範囲内になるように調節される前記変数を有する、システム。

【請求項 2 6】

請求項 2 4 に記載のシステムであって、

50

前記複数の第1周波数同調回路のうちの1つが、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの1つに供給される前記第1周波数の電力のレベルを変更するために調整されるコンデンサを備え、前記複数の第2周波数同調回路のうちの1つが、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの1つに供給される前記第2周波数の電力のレベルを変更するために調整されるコンデンサであり、

前記第1周波数の電力の前記レベルおよび前記第2周波数の電力の前記レベルは、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの別の1つに関連するインピーダンスに基づいて変更される、システム。

【請求項27】

請求項24に記載のシステムであって、さらに、

前記出力回路の前記複数の出力で前記パラメータの複数の値を測定するために、前記出力回路の前記複数の出力に接続された複数のパラメータプローブを備え、

前記複数の第1周波数同調回路は、前記パラメータの前記複数の値に基づいて調整されるよう構成され、

前記複数の第2周波数同調回路は、前記パラメータの前記複数の値に基づいて調整されるよう構成されている、システム。

【請求項28】

電力伝送システムであって、

第1周波数の第1変調高周波(RF)信号を第1整合回路網から受信するよう構成された第1周波数回路であって、前記第1周波数回路は、前記第1変調RF信号に基づいて複数のRF信号を出力するよう構成されている、第1周波数回路と、

前記第1周波数回路に接続された第2周波数回路であって、前記第2周波数回路は、第2周波数の第2変調RF信号を第2整合回路網から受信するよう構成され、前記第2周波数回路は、前記第2変調RF信号に基づいて複数のRF信号を出力するよう構成されている、第2周波数回路と、

前記第1周波数回路および前記第2周波数回路に接続された出力回路であって、前記出力回路は、複数の擬似負荷および複数のスイッチを備え、前記複数のスイッチは、第1スイッチおよび第2スイッチを含み、前記複数の擬似負荷は、第1擬似負荷および第2擬似負荷を含み、前記出力回路は、前記第1周波数回路から出力された前記複数のRF信号の各々を前記第2周波数回路から出力された前記複数のRF信号の対応する1つと結合して、複数の結合RF信号の対応する1つを出力するよう構成され、前記複数の結合RF信号は、第1結合RF信号および第2結合RF信号を含む、出力回路と、を備え、

前記出力回路は、複数のプラズマ処理ステーションに接続されるよう構成された複数の出力を有し、前記複数の出力は、第1出力および第2出力を含み、前記複数のプラズマ処理ステーションは、第1プラズマ処理ステーションおよび第2プラズマ処理ステーションを含み、

前記第1スイッチは、前記第1プラズマ処理ステーション内でプラズマを使用不能にするために、前記第1擬似負荷に接続されて前記第1結合RF信号を前記第1擬似負荷に供給し、

前記第2スイッチは、前記第2スイッチの第1位置を介して前記第2擬似負荷に、または、前記第2スイッチの第2位置を介して前記出力回路の前記第2出力に、接続されて、前記第2プラズマ処理ステーションでのプラズマ処理を制御するよう構成されている、電力伝送システム。

【請求項29】

請求項28に記載の電力伝送システムであって、

前記第1擬似負荷は、前記第2プラズマ処理ステーションが前記第2プラズマ処理ステーションの入力でインピーダンスの変化をおこさないように、前記第1プラズマ処理ステーションのインピーダンスからあらかじめ定められた限度内にあるインピーダンスを有する、電力伝送システム。

【請求項30】

請求項 2 8 に記載の電力伝送システムであって、さらに、第 1 入力を備え、

前記第 1 周波数回路は、複数の直流 (D C) 遮断コンデンサの第 1 回路網を備え、前記複数の D C 遮断コンデンサは、前記第 1 入力を介して前記第 1 変調 R F 信号を受信するために、前記電力伝送システムの前記第 1 入力に接続され、前記複数の D C 遮断コンデンサは、前記複数のプラズマ処理ステーション内で生成されたプラズマから受信された D C 電力が前記第 1 整合回路網に到達するのを妨げるよう構成されている、電力伝送システム。

【請求項 3 1】

請求項 3 0 に記載の電力伝送システムであって、さらに、第 2 入力を備え、

前記第 2 周波数回路は、前記第 2 入力を介して前記第 2 整合回路網に接続されている複数のコンデンサの第 2 回路網を備え、前記第 2 回路網の前記複数のコンデンサは、前記複数のプラズマ処理ステーションにわたってプロセス変動をさらに達成するために、前記第 2 変調 R F 信号を処理するように調整されるよう構成されている、電力伝送システム。

10

【請求項 3 2】

請求項 2 8 に記載の電力伝送システムであって、

前記第 1 周波数は、前記第 2 周波数より低い、電力伝送システム。

【請求項 3 3】

請求項 2 8 に記載の電力伝送システムであって、

前記第 1 擬似負荷は、

第 1 コンデンサと、

前記第 1 擬似負荷の前記第 1 コンデンサに並列に接続されたインダクタと、

20

前記第 1 擬似負荷の前記第 1 コンデンサ、前記第 1 擬似負荷の前記インダクタ、および、前記第 1 擬似負荷のノーマルオープン端子に接続された第 2 コンデンサであって、前記第 1 擬似負荷の前記第 2 コンデンサは、前記第 1 プラズマ処理ステーション内で生成されたプラズマから受信された直流 (D C) 電力が、前記第 1 擬似負荷の前記第 1 コンデンサおよび前記第 1 擬似負荷の前記インダクタに印加されることを妨げるよう構成されている、第 2 コンデンサと、備え、

前記第 2 擬似負荷は、

第 1 コンデンサと、

前記第 2 擬似負荷の前記第 1 コンデンサに並列に接続されたインダクタと、

30

前記第 2 擬似負荷の前記第 1 コンデンサ、前記第 2 擬似負荷の前記インダクタ、および、前記第 2 擬似負荷のノーマルオープン端子に接続された第 2 コンデンサであって、前記第 2 擬似負荷の前記第 2 コンデンサは、前記第 2 プラズマ処理ステーション内で生成されたプラズマから受信された D C 電力が、前記第 2 擬似負荷の前記第 1 コンデンサおよび前記第 2 擬似負荷の前記インダクタに印加されることを妨げるよう構成されている、第 2 コンデンサと、を備える、電力伝送システム。

【請求項 3 4】

請求項 3 3 に記載の電力伝送システムであって、

前記第 1 スイッチは、前記第 1 擬似負荷の前記ノーマルオープン端子を介して前記第 1 擬似負荷に接続され、前記第 2 スイッチは、前記第 2 擬似負荷の前記ノーマルオープン端子を介して前記第 2 擬似負荷に接続されるよう構成されている、電力伝送システム。

40

【請求項 3 5】

請求項 2 8 に記載の電力伝送システムであって、

前記出力回路は、複数のインダクタを備え、前記複数のインダクタは、第 1 インダクタおよび第 2 インダクタを含み、前記第 1 スイッチは、ノーマルクローズ端子および前記第 1 インダクタを介して前記出力回路の前記第 1 出力に接続されるよう構成され、前記第 2 スイッチは、ノーマルクローズ端子および前記第 2 インダクタを介して前記出力回路の前記第 2 出力に接続されるよう構成されている、電力伝送システム。

【請求項 3 6】

請求項 2 8 に記載の電力伝送システムであって、

前記出力回路は、複数の平衡インダクタを備え、前記複数の平衡インダクタは、第 1 平

50

衡インダクタおよび第 2 平衡インダクタを含み、前記第 1 平衡インダクタは、前記出力回路の前記第 1 出力を介して前記第 1 プラズマ処理ステーションの回路の共振周波数を変更するよう構成され、前記第 2 平衡インダクタは、前記出力回路の前記第 2 出力を介して前記第 2 プラズマ処理ステーションの回路の共振周波数を変更するよう構成されている、電力伝送システム。

【請求項 37】

請求項 28 に記載の電力伝送システムであって、

前記第 1 スイッチは、前記第 1 プラズマ処理ステーション内でプラズマを生成するために、前記出力回路の前記第 1 出力を介して前記第 1 プラズマ処理ステーションに選択的に接続されて、前記第 1 結合 R F 信号を前記第 1 プラズマ処理ステーションに供給するよう構成されている、電力伝送システム。

10

【請求項 38】

方法であって、

第 1 周波数の第 1 変調高周波 (R F) 信号を第 1 整合回路網から受信して複数の第 1 R F 信号を出力する工程と、

第 2 周波数の第 2 変調 R F 信号を第 2 整合回路網から受信して複数の第 2 R F 信号を出力する工程と、

前記複数の第 2 R F 信号の各々を前記複数の第 1 R F 信号の対応する 1 つと結合して、複数の結合 R F 信号の対応する 1 つを出力する工程と、

前記複数の結合 R F 信号の 1 つを、複数のプラズマ処理ステーションの対応する 1 つではなく複数の擬似負荷の 1 つに供給する工程と、

20

前記複数の結合 R F 信号の残りの結合 R F 信号を前記複数のプラズマ処理ステーションの残りのプラズマ処理ステーションに供給する工程と、
を含む、方法。

【請求項 39】

請求項 38 に記載の方法であって、さらに、

前記複数のプラズマ処理ステーション内で生成されたプラズマから受信された直流 (D C) 電力が前記第 1 整合回路網に到達するのを妨げる工程を含む、方法。

【請求項 40】

請求項 38 に記載の方法であって、さらに、

前記複数のプラズマ処理ステーションにわたってプロセス変動をさらに達成するために、前記第 2 変調 R F 信号を処理するように複数のコンデンサを調整する工程を含む、方法。

30

【請求項 41】

システムであって、

電力伝送回路であって、

複数の高周波 (R F) 信号を出力するよう構成された第 1 周波数回路と、

前記第 1 周波数回路に接続された第 2 周波数回路であって、複数の R F 信号を出力するよう構成されている、第 2 周波数回路と、

前記第 1 周波数回路および前記第 2 周波数回路に接続された出力回路であって、前記出力回路は、複数の擬似負荷および複数のスイッチを備え、前記複数のスイッチは、第 1 スイッチおよび第 2 スイッチを含み、前記複数の擬似負荷は、第 1 擬似負荷および第 2 擬似負荷を含み、前記出力回路は、前記第 1 周波数回路から出力された前記複数の R F 信号の各々を前記第 2 周波数回路から出力された前記複数の R F 信号の対応する 1 つと結合して、複数の結合 R F 信号の対応する 1 つを出力するよう構成され、前記複数の結合 R F 信号は、第 1 結合 R F 信号および第 2 結合 R F 信号を含み、前記出力回路は、複数のプラズマ処理ステーションに接続されるよう構成された複数の出力を有し、前記複数の出力は、第 1 出力および第 2 出力を含み、前記複数のプラズマ処理ステーションは、第 1 プラズマ処理ステーションおよび第 2 プラズマ処理ステーションを含む、出力回路と、

40

前記第 1 プラズマ処理ステーション内でプラズマを使用不能にするために、前記第 1 ス

50

スイッチを前記第 1 擬似負荷に接続して前記第 1 結合 R F 信号を前記第 1 擬似負荷に供給するように前記第 1 スイッチを制御するよう構成されたコントローラであって、前記コントローラは、前記第 2 スイッチを、前記第 2 スイッチの第 1 位置を介して前記第 2 擬似負荷に、または、前記第 2 スイッチの第 2 位置を介して前記出力回路の前記第 2 出力に、接続して、前記第 2 プラズマ処理ステーションでのプラズマ処理を制御するように前記第 2 スイッチを制御するよう構成されている、コントローラと、
を備える、電力伝送回路を備える、システム。

【請求項 4 2】

請求項 4 1 に記載のシステムであって、

前記第 1 スイッチは、前記第 1 擬似負荷のノーマルオープン端子を介して前記第 1 擬似負荷に接続され、前記第 2 スイッチは、前記第 2 擬似負荷のノーマルオープン端子を介して前記第 2 擬似負荷に接続されるよう構成されている、システム。

10

【請求項 4 3】

請求項 4 1 に記載のシステムであって、

前記出力回路は、複数のインダクタを備え、前記複数のインダクタは、第 1 インダクタおよび第 2 インダクタを含み、前記第 1 スイッチは、ノーマルクローズ端子および前記第 1 インダクタを介して前記出力回路の前記第 1 出力に選択的に接続されるよう構成され、前記第 2 スイッチは、ノーマルクローズ端子および前記第 2 インダクタを介して前記出力回路の前記第 2 出力に接続されるよう構成されている、システム。

20

【請求項 4 4】

請求項 4 1 に記載のシステムであって、

前記コントローラは、プロセッサおよびメモリデバイスを含む、システム。

【請求項 4 5】

請求項 4 1 に記載のシステムであって、

前記第 1 擬似負荷は、

第 1 コンデンサと、

前記第 1 擬似負荷の前記第 1 コンデンサに並列に接続されたインダクタと、

前記第 1 擬似負荷の前記第 1 コンデンサ、前記第 1 擬似負荷の前記インダクタ、および、前記第 1 擬似負荷のノーマルオープン端子に接続された第 2 コンデンサと、を備え、

前記第 2 擬似負荷は、

第 1 コンデンサと、

前記第 2 擬似負荷の前記第 1 コンデンサに並列に接続されたインダクタと、

前記第 2 擬似負荷の前記第 1 コンデンサ、前記第 2 擬似負荷の前記インダクタ、および、前記第 2 擬似負荷のノーマルオープン端子に接続された第 2 コンデンサと、を備える、システム。

30

【請求項 4 6】

結合器および分配器であって、

第 1 周波数の変調高周波 (R F) 信号を受信するよう構成された複数の第 1 分岐回路であって、前記複数の第 1 分岐回路の各々は、前記第 1 周波数の前記変調 R F 信号の対応する一部を調整して、前記第 1 周波数の複数の R F 信号を出力するよう構成された同調要素を備える、複数の第 1 分岐回路と、

40

第 2 周波数の変調 R F 信号を受信するよう構成された複数の第 2 分岐回路であって、前記複数の第 2 分岐回路の各々は、前記第 2 周波数の前記変調 R F 信号の対応する一部を調整して、前記第 2 周波数の複数の R F 信号を出力するよう構成された同調要素を備える、複数の第 2 分岐回路と、

前記第 1 周波数の前記複数の R F 信号の各々を前記第 2 周波数の前記複数の R F 信号の対応する 1 つと結合して、複数の出力信号を出力し、前記複数の出力信号を複数のプラズマ処理ステーションに分配するよう構成された複数の出力分岐回路と、
を備える、結合器および分配器。

【請求項 4 7】

50

請求項 4 6 に記載の結合器および分配器であって、

前記複数の第 1 分岐回路の対応する 1 つの前記同調要素は、前記第 1 周波数の前記変調 R F 信号の前記対応する一部を調整して、前記複数のプラズマ処理ステーションの対応する 1 つに関連するプラズマインピーダンスを、前記複数のプラズマ処理ステーションの別の 1 つに関連する別のプラズマインピーダンスと、平衡化するように構成されている、結合器および分配器。

【請求項 4 8】

請求項 4 7 に記載の結合器および分配器であって、

前記複数の第 2 分岐回路の対応する 1 つの前記同調要素は、前記第 2 周波数の前記変調 R F 信号の前記対応する一部を処理して、前記複数のプラズマ処理ステーションの前記対応する 1 つに関連する前記プラズマインピーダンスを、前記複数のプラズマ処理ステーションの前記別の 1 つに関連する前記別のプラズマインピーダンスと、平衡化するように構成されている、結合器および分配器。

10

【請求項 4 9】

請求項 4 8 に記載の結合器および分配器であって、

前記複数のプラズマ処理ステーションの前記対応する 1 つに関連する前記プラズマインピーダンスが、前記複数のプラズマ処理ステーションの前記別の 1 つに関連する前記別のプラズマインピーダンスからあらかじめ定められた範囲内にあるときに、前記複数のプラズマ処理ステーションの前記対応する 1 つに関連する前記プラズマインピーダンスは、前記複数のプラズマ処理ステーションの前記別の 1 つに関連する前記別のプラズマインピーダンスと平衡化される、結合器および分配器。

20

【請求項 5 0】

請求項 4 6 に記載の結合器および分配器であって、

前記複数の第 1 分岐回路の対応する 1 つの前記同調要素は、可変コンデンサであり、前記複数の第 2 分岐回路の対応する 1 つの前記同調要素は、可変コンデンサである、結合器および分配器。

【請求項 5 1】

請求項 4 6 に記載の結合器および分配器であって、

前記第 1 周波数は、前記第 2 周波数よりも低い、結合器および分配器。

【請求項 5 2】

請求項 4 6 に記載の結合器および分配器であって、

前記複数の第 1 分岐回路は、第 1 インピーダンス整合回路網に接続されて、前記第 1 周波数の前記変調 R F 信号を受信するように構成され、前記複数の第 2 分岐回路は、第 2 インピーダンス整合回路網に接続されて、前記第 2 周波数の前記変調 R F 信号を前記第 2 インピーダンス整合回路網から受信するように構成されている、結合器および分配器。

30

【請求項 5 3】

請求項 4 6 に記載の結合器および分配器であって、

前記複数の第 1 分岐回路は、複数のインダクタおよび複数の遮断回路を備え、前記複数の遮断回路は、前記第 2 周波数の R F 信号を妨げるように構成されている、結合器および分配器。

40

【請求項 5 4】

請求項 5 3 に記載の結合器および分配器であって、

前記複数の遮断回路の各々は、並列に配置したインダクタおよびコンデンサを備える、結合器および分配器。

【請求項 5 5】

請求項 4 6 に記載の結合器および分配器であって、

前記複数の第 1 分岐回路の対応する 1 つの前記同調要素は、複数のインダクタの対応する 1 つに並列に接続されている、結合器および分配器。

【請求項 5 6】

請求項 4 6 に記載の結合器および分配器であって、

50

前記複数の第2分岐回路の対応する1つの前記同調要素は、複数のコンデンサの対応する1つに接続されている、結合器および分配器。

【請求項57】

請求項46に記載の結合器および分配器であって、

前記第1周波数の前記変調RF信号の前記対応する一部を調整するために、前記複数の第1分岐回路の対応する1つの前記同調要素は、前記複数の第1分岐回路の前記対応する1つの前記同調要素によって出力されたRF信号の振幅または位相またはその組み合わせを変更するよう構成されている、結合器および分配器。

【請求項58】

請求項46に記載の結合器および分配器であって、

前記第2周波数の前記変調RF信号の前記対応する一部を調整するために、前記複数の第2分岐回路の対応する1つの前記同調要素は、前記複数の第2分岐回路の前記対応する1つの前記同調要素によって出力されたRF信号の振幅または位相またはその組み合わせを変更するよう構成されている、結合器および分配器。

【請求項59】

プラズマシステムであって、

第1周波数の第1高周波(RF)信号を生成するよう構成された第1RF発生器と、

第2周波数の第2RF信号を生成するよう構成された第2RF発生器と、

前記第1RF信号を受信するために前記第1RF発生器に接続されて前記第1周波数の第1変調RF信号を供給する第1インピーダンス整合回路網と、

前記第2RF信号を受信するために前記第2RF発生器に接続されて前記第2周波数の第2変調RF信号を供給する第2インピーダンス整合回路網と、

前記第1インピーダンス整合回路網および前記第2インピーダンス整合回路網に接続された結合器および分配器と、

前記結合器および前記分配器に接続された複数のプラズマ処理ステーションと、を備え、

前記結合器および分配器は、

前記第1変調RF信号を受信するよう構成された複数の第1分岐回路であって、前記複数の第1分岐回路の各々は、前記第1変調RF信号の対応する一部を調整して前記第1周波数の複数のRF信号を出力するよう構成された同調要素を備える、複数の第1分岐回路と、

前記第2周波数の前記第2変調RF信号を受信するよう構成された複数の第2分岐回路であって、前記複数の第2分岐回路の各々は、前記第2変調RF信号の対応する一部を調整して前記第2周波数の複数のRF信号を出力するよう構成された同調要素を備える、複数の第2分岐回路と、

前記第1周波数の前記複数のRF信号の各々を前記第2周波数の前記複数のRF信号の対応する1つと結合して、複数の出力信号を前記複数のプラズマ処理ステーションに分配するよう構成された複数の出力分岐回路と、を備える、プラズマシステム。

【請求項60】

請求項59に記載のプラズマシステムであって、

前記複数の第1分岐回路の対応する1つの前記同調要素は、前記第1周波数の前記第1変調RF信号の前記対応する一部を調整して、複数のプラズマ処理ステーションの対応する1つに関連するプラズマインピーダンスを、前記複数のプラズマ処理ステーションの別の1つに関連する別のプラズマインピーダンスと、平衡化するよう構成されている、プラズマシステム。

【請求項61】

請求項60に記載のプラズマシステムであって、

前記複数の第2分岐回路の対応する1つの前記同調要素は、前記第2周波数の前記第2変調RF信号の前記対応する一部を調整して、前記複数のプラズマ処理ステーションの前

10

20

30

40

50

記対応する１つに関連する前記プラズマインピーダンスを、前記複数のプラズマ処理ステーションの前記別の１つに関連する前記別のプラズマインピーダンスと、平衡化するように構成されている、プラズマシステム。

【請求項 6 2】

請求項 6 1 に記載のプラズマシステムであって、

前記複数のプラズマ処理ステーションの前記対応する１つに関連する前記プラズマインピーダンスが、前記複数のプラズマ処理ステーションの前記別の１つに関連する前記別のプラズマインピーダンスからあらかじめ定められた範囲内にあるときは、前記複数のプラズマ処理ステーションの前記対応する１つに関連する前記プラズマインピーダンスは、前記複数のプラズマ処理ステーションの前記別の１つに関連する前記別のプラズマインピーダンスと平衡化される、プラズマシステム。

10

【請求項 6 3】

請求項 5 9 に記載のプラズマシステムであって、

前記複数の第 1 分岐回路の対応する１つの前記同調要素は、可変コンデンサであり、前記複数の第 2 分岐回路の対応する１つの前記同調要素は、可変コンデンサである、プラズマシステム。

【請求項 6 4】

方法であって、

第 1 周波数の変調高周波 (R F) 信号を受信する工程と、

前記第 1 周波数の前記変調 R F 信号の一部を調整して、前記第 1 周波数の複数の R F 信号を出力する工程と、

20

第 2 周波数の変調 R F 信号を受信する工程と、

前記第 2 周波数の前記変調 R F 信号の一部を調整して、前記第 2 周波数の複数の R F 信号を出力する工程と、

前記第 1 周波数の前記複数の R F 信号の各々を前記第 2 周波数の前記複数の R F 信号の対応する１つと結合して、複数の出力信号を複数のプラズマ処理ステーションに分配する工程と、

を含む、方法。

【請求項 6 5】

請求項 6 4 に記載の方法であって、

30

前記第 1 周波数の前記変調 R F 信号の前記一部を調整する前記工程は、前記複数のプラズマ処理ステーションに関連する複数のプラズマインピーダンスを平衡化する工程を含む、方法。

【請求項 6 6】

請求項 6 5 に記載の方法であって、

前記第 2 周波数の前記変調 R F 信号の前記一部を調整する前記工程は、前記複数のプラズマ処理ステーションに関連する前記複数のプラズマインピーダンスを平衡化する前記工程を含む、方法。

【請求項 6 7】

請求項 6 6 に記載の方法であって、

40

平衡化する前記工程は、前記複数のプラズマインピーダンスが互いからあらかじめ定められた範囲内にあるときに達成される、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【 0 0 0 1】

本実施形態は、複数のプラズマ処理ステーションにわたってインピーダンスまたは電力またはそれらの組み合わせを調整するためのシステムおよび方法に関する。

【背景技術】

【 0 0 0 2】

一般に、処理リアクタは、ウエハ（例えば、シリコンウエハ）に対する動作を処理する

50

ために用いられる。これらのウエハは、通例、その上に集積回路を形成するために、様々なリアクタ内で何度も処理される。これらの処理動作の一部は、例えば、選択されたウエハの表面または層の上に材料を蒸着する工程を含む。1つのかかるリアクタは、プラズマ強化化学蒸着（PECVD）リアクタである。

【0003】

例えば、PECVDリアクタは、酸化シリコン（SiO）、窒化シリコン（SiN）、炭化シリコン（SiC）、オキシ炭化シリコン（SiOC）などの絶縁膜を蒸着するために利用されうる。かかる材料膜は、アルミニウム（Al）合金を含みうる。蒸着される膜のタイプに応じて、特定の反応ガスが、PECVDリアクタ内に運ばれ、一方で、高周波（RF）電力が、蒸着を可能にするプラズマを生成するために供給される。RF電力は、RF発生器によって生成され、PECVDリアクタの電極ヘマッパボックスを介して供給される。

10

【0004】

本開示の実施形態は、このような課題に対処するものである。

【発明の概要】

【0005】

本開示の実施形態は、複数のプラズマ処理ステーションにわたってインピーダンスまたは電力またはそれらの組み合わせを調整するためのシステムおよび方法を提供する。本実施形態は、処理、装置、システム、デバイス、または、コンピュータ読み取り可能な媒体に記録された方法など、種々の形態で実施できることを理解されたい。以下に、いくつかの実施形態を記載する。

20

【0006】

様々な実施形態において、真空環境を共有する複数の基板ステーションに複数の非50Ωのソース信号を選択的に分割して、基板ステーションのうちの特定のステーションに電力を迂回させ、基板ステーションのうちの特定の1つにおいてプラズマを点火、有効化、または、制御するためのシステムおよび方法が提供されている。これは、予め選択された基板ステーションのうちの特定のステーションでプラズマ処理を行うこと、および、容量結合プラズマシステム環境で能動的な同調可能要素を用いてステーション間の基板処理変動の制御のために高周波（RF）その場平衡化を行うことを含む。

【0007】

30

いくつかの実施形態において、同軸タイプおよび非同軸タイプの出力が、様々なインピーダンス範囲および様々な電力レベルで基板ステーションに供給される。

【0008】

様々な実施形態において、マルチステップ処理中に基板ステーション内での様々なインピーダンス変換に対応するのに十分な調整範囲を備えた複数周波数用の結合器/分配器が提供される。結合器/分配器は、能動調整整合回路網の出力からの入力として、様々なインピーダンス範囲および様々な電力レベルを備える複数の非50Ω電力信号を受信する。さらに、結合器/分配器内のスイッチ（例えば、真空リレーなど）が、電力を必要としない基板ステーションのための擬似インピーダンスに電力を迂回させる。結合器/分配器は、複数の周波数の信号を基板ステーションの各々に導入する。また、結合器/分配器は、基板ステーションの各々への複数の周波数の信号を変化させる。結合器/分配器は、周波数を互いに分離して、結合器/分配器の入力へのフィードバックを最小化するためのフィルタ（例えば、直流（DC）遮断コンデンサ、インダクタ、など）を備える。

40

【0009】

いくつかの実施形態において、結合器/分配器は、RF電力によるプラズマシースの静電容量の変化を管理すると共に、プラズマ点火および他の処理レシピの移行中に共振周波数シフトを制御するために、その出力の各々に平衡インダクタを備える。

【0010】

様々な実施形態において、能動RF処理中に基板ステーションの各々のための結合器/分配器の同調要素（例えば、コンデンサなど）の位置を変更して、インピーダンス変換を

50

提供するために、自動制御（例えば、プローブ制御／システム制御など）が提供される。

【 0 0 1 1 】

いくつかの実施形態において、可変インピーダンス変換で多層処理を実行することを可能にするために、プラズマ処理中に可変コンデンサ（例えば、真空コンデンサなど）を移動させて制御する方法が提供される。同調要素の能動的変更の自動制御は、R F 信号の振幅および位相を制御することによって能動的補償に役立つ。

【 0 0 1 2 】

様々な実施形態において、結合器／分配器は、離れて取り付けられ、結合器／分配器の出力は、基板ステーションの電極入力に同軸接続される。

【 0 0 1 3 】

いくつかの実施形態において、プローブ制御／システム制御へのフィードバックを監視および提供するために、パラメータプローブ（例えば、複素電圧／電流プローブなど）が、基板ステーションの各々に接続される。プローブ制御／システム制御は、電力制御のための閉ループシステムを実行するためのメカニズムを利用する。

【 0 0 1 4 】

いくつかの実施形態において、結合器／分配器は、R F 電力をオフにすることなしに、多層処理を行うことを可能にする。

【 0 0 1 5 】

様々な実施形態において、結合器／分配器は、基板ステーションの各々におけるステーション間の整合または所望の処理結果を改善するために、基板ステーションの各々への R F 信号レベルの能動的変更を可能にする。

【 0 0 1 6 】

いくつかの実施形態において、同調要素の変更の自動制御は、R F 信号の振幅および位相を制御することによって能動的補償に役立つ。

【 0 0 1 7 】

いくつかの実施形態において、複数のプラズマ処理ステーションにわたってインピーダンスまたは電力またはそれらの組み合わせを調整するためのシステムが開示されている。システムは、第 1 周波数を有する第 1 R F 信号を生成する第 1 R F 発生器と、第 2 周波数を有する第 2 R F 信号を生成する第 2 R F 発生器と、第 1 R F 信号を受信するために第 1 R F 発生器に接続された第 1 整合回路網と、を備える。第 1 インピーダンス整合回路網は、第 1 R F 信号を受信して、第 1 変調 R F 信号を出力する。システムは、さらに、第 2 R F 信号を受信するために第 2 R F 発生器に接続された第 2 整合回路網を備える。第 2 整合回路網は、第 2 R F 信号を受信して、第 2 変調 R F 信号を出力する。システムは、さらに、第 1 整合回路網の出力および第 2 整合回路網の出力に接続された結合器／分配器を備える。結合器／分配器は、第 1 変調 R F 信号および第 2 変調 R F 信号を結合して、結合 R F 信号をプラズマ処理ステーションに供給する。結合器／分配器は、プラズマ処理ステーションに接続された複数の出力を有する。結合器／分配器は、結合器／分配器の出力において測定されたパラメータに基づいてプラズマ処理ステーションに関連するインピーダンスを調整するために、第 1 および第 2 周波数用の複数の同調回路を備える。

【 0 0 1 8 】

いくつかの実施形態において、結合器／分配器が開示されている。結合器／分配器は、第 1 周波数の第 1 変調 R F 信号を第 1 整合回路網から受信するために第 1 整合回路網を介して第 1 R F 発生器に接続された第 1 周波数回路を備える。第 1 周波数回路は、第 1 変調 R F 信号を受信して、複数の R F 信号を出力する。結合器／分配器は、さらに、第 2 周波数の第 2 変調 R F 信号を第 2 整合回路網から受信するために第 2 整合回路網を介して第 2 R F 発生器に接続された第 2 周波数回路を備える。第 2 周波数回路は、第 2 変調 R F 信号を受信して、複数の R F 信号を出力する。第 2 周波数回路は、第 1 周波数回路に接続されている。結合器／分配器は、第 2 周波数回路に接続された出力回路を備える。出力回路は、第 1 周波数回路から出力された R F 信号の各々を第 2 周波数回路から出力された R F 信号の対応する 1 つと結合して、複数の結合 R F 信号をプラズマ処理ステーションに供給す

10

20

30

40

50

る。出力回路は、プラズマ処理ステーションに接続された複数の出力を有する。第1周波数回路は、出力回路の出力において測定されたパラメータに基づいてプラズマ処理ステーションに関連するインピーダンスまたは電力を調整するために、第1周波数用の複数の第1周波数同調回路を備える。第2周波数回路は、出力回路の出力において測定されたパラメータに基づいてプラズマ処理ステーションに関連するインピーダンスまたは電力を調整するために、第2周波数用の複数の第2周波数同調回路を備える。

【0019】

いくつかの実施形態において、複数のプラズマ処理ステーションにわたってインピーダンスを調整するためのシステムが開示されている。システムは、結合器/分配器を備える。結合器/分配器は、第1周波数の第1変調RF信号を第1整合回路網から受信するために第1整合回路網を介して第1RF発生器に接続された第1周波数回路を備える。第1周波数回路は、第1変調RF信号を受信して、複数のRF信号を出力する。結合器/分配器は、さらに、第2周波数の第2変調RF信号を第2整合回路網から受信するために第2整合回路網を介して第2RF発生器に接続された第2周波数回路を備える。第2周波数回路は、第2変調RF信号を受信して、複数のRF信号を出力する。第2周波数回路は、第1周波数回路に接続されている。結合器/分配器は、第2周波数回路に接続された出力回路を備える。出力回路は、第1周波数回路から出力されたRF信号の各々を第2周波数回路から出力されたRF信号の対応する1つと結合して、複数の結合RF信号をプラズマ処理ステーションに供給する。出力回路は、プラズマ処理ステーションに接続された複数の出力を有する。第1周波数回路は、第1周波数用の複数の第1周波数同調回路を備え、第2周波数回路は、第2周波数用の複数の第2周波数同調回路を備える。システムは、さらに、結合器/分配器に接続されたシステムコントローラ(例えば、プローブ制御/システム制御など)を備える。システムコントローラは、結合器/分配器の出力で測定されたパラメータに基づいて、第1周波数同調回路を調整する。システムコントローラは、出力回路の出力で測定されたパラメータに基づいて、第2周波数同調回路を調整する。

【0020】

結合器/分配器のいくつかの利点は、RF信号から基板ステーションに電力を供給するために複数の周波数のRF信号を生成するRF発生器をオフにする必要なしに、基板ステーションの1または複数へのプラズマ処理をオフにすることを含む。プラズマ処理をオフにすることは、基板ステーションの1または複数に対応する1または複数の疑似負荷に複数の周波数のRF信号を結合することによって達成される。

【0021】

結合器/分配器の別の利点は、様々なプラズマ処理を実行するために、同調要素を制御して、結合器/分配器の出力におけるパラメータの値を制御することを含む。同調要素は、結合器/分配器の出力から受信されたフィードバックに基づいて制御される。

【0022】

結合器/分配器のさらに別の利点は、プラズマチャンバ内のプラズマによって生成されたDC電力(例えば、ウエハDCバイアスに関連する電力など)を遮断することを含む。

【0023】

結合器/分配器のさらなる利点は、いくつかの実施形態において、周波数ごとのRF源がプラズマ処理ステーションを駆動することを含む。さらに、様々な実施形態において、すべてのプラズマ処理ステーションが同相で駆動される。さらに、いくつかの実施形態において、結合器/分配器は、真空チャンバ内のプラズマ処理ステーションが周波数うなりのリスクなしに動作することを可能にする。さらに、いくつかの実施形態において、オンオフの同期を達成するために、高周波電力および低周波電力が、プラズマ処理ステーションに対して同時にオンオフされる。例えば、より多くの電流を未点火のステーションに送って強制点火する電流平衡化による全プラズマ処理ステーションの同時点火がある。

【0024】

添付の図面を参照して行う以下の詳細な説明から、別の態様が明らかになる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 5 】

実施形態は、添付の図面に関連して行う以下の説明を参照することによって最も良好に理解できる。

【 0 0 2 6 】

【図 1】ウエハを処理するために用いられる基板処理システムを示す図。

【 0 0 2 7 】

【図 2】4つの処理ステーションが提供されたマルチステーション処理ツールの上面図。

【 0 0 2 8 】

【図 3】入口ロードロックおよび出口ロードロックを備えたマルチステーション処理ツールの一実施形態を示す概略図。

10

【 0 0 2 9 】

【図 4】高周波（RF）電力を結合してステーションに分配する際の結合器 / 分配器の利用を示すためのシステムの一実施形態の図。

【 0 0 3 0 】

【図 5】システムの一実施形態であり、結合器 / 分配器の一実施形態を示す回路図。

【 0 0 3 1 】

【図 6】プローブ制御 / システム制御による結合器 / 分配器の同調要素の制御を示すシステムの一実施形態の図。

【 0 0 3 2 】

【図 7】出力におけるパラメータの値が互いから所定の範囲内にあるような、結合器 / 分配器の出力におけるパラメータの値と、結合器 / 分配器の同調要素の変数の値との間の対応関係の一例である、テーブルリストを示す一実施形態の図。

20

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 3 3 】

以下の実施形態は、複数のプラズマ処理ステーションにわたってインピーダンスまたは電力またはそれらの組み合わせを調整するためのシステムおよび方法を記載する。本実施形態は、これらの具体的な詳細事項の一部またはすべてがなくとも実施可能であることが明らかである。また、本実施形態が不必要に不明瞭となることを避けるため、周知の処理動作の詳細な説明は省略した。

【 0 0 3 4 】

30

膜の蒸着は、プラズマ強化化学蒸着（PECVD）システム内で実施されることが好ましい。PECVDシステムは、多くの異なる形態を取りうる。PECVDシステムは、1または複数のウエハを収容すると共にウエハ処理に適した1または複数のプラズマチャンバまたは「リアクタ」（複数のステーションを含むことがある）を備える。各プラズマチャンバは、処理のために1または複数のウエハを収容する。1または複数のプラズマチャンバは、1または複数の所定の位置にウエハを維持し、例えば、回転、振動、または、その他の運動など、その位置内での運動がなされる場合と、なされない場合がある。蒸着を施されるウエハは、処理中にチャンバ内で或るステーションから別のステーションへ移送される。膜蒸着は、単一のステーションで全体が実行されるか、または、膜の任意の部分が、任意の数のステーションで蒸着される。処理中に、各ウエハは、プラズマチャンバのペDESTAL（例えば、ウエハチャックなど）、および / または、その他のウエハ保持装置によって所定の位置に保持される。

40

【 0 0 3 5 】

図 1 は、基板処理システム 100 を示す図であり、ウエハ 101 を処理するために用いられる PECVD システムの一例である。基板処理システム 100 は、下側チャンバ部分 102 b および上側チャンバ部分 102 a を有するプラズマチャンバ 102 を備える。中央柱が、ペDESTAL 140 を支持するように構成されており、ペDESTAL 140 は、一実施形態において、電力供給される下側電極を備える。ペDESTAL 140 は、結合器 / 分配器 121 に電氣的に接続され、結合器 / 分配器 121 は、複数の整合回路網 106 にさらに接続されている。整合回路網 106 は、複数の高周波（RF）発生器 104 に接続されて

50

いる。RF発生器104は、プローブ制御/システム制御110(例えば、コントローラなど)によって制御される。コントローラの例は、プロセッサおよびメモリデバイスを含む。プロセッサは、例えば、特定用途向け集積回路(ASIC)、プログラム可能論理デバイス(PLD)、中央処理装置(CPU)、または、マイクロプロセッサ、などである。メモリデバイスの例は、リードオンリーメモリ(ROM)、ランダムアクセスメモリ(RAM)記憶ディスクの冗長アレイ、ハードディスク、フラッシュメモリなどを含む。プローブ制御/システム制御110は、処理入力/制御108を実行することによって、基板処理システム100を動作させる。処理入力/制御108は、ウエハ101上に膜を蒸着または形成するために、電力レベル、タイミングパラメータ、処理ガス、ウエハ101の機械的移動などの処理レシピを備える。

10

【0036】

また、中央柱は、リフトピン120を備えることが図示されており、リフトピン120は、リフトピン制御122によって制御される。リフトピン120は、エンドエフェクタがウエハ101を持ち上げ、エンドエフェクタによって配置された後にウエハ101を降ろすことを可能にするように、ペDESTAL140からウエハ101を持ち上げるために用いられる。基板処理システム100は、さらに、処理ガス114(例えば、設備からのガス化学物質供給など)に接続されたガス供給マニホールド112を備える。実行される処理に応じて、プローブ制御/システム制御110は、ガス供給マニホールド112を通る処理ガス114の供給を制御する。次いで、選択されたガスは、シャワーヘッド150内に流され、ウエハ101に対向するシャワーヘッド150面と、ペDESTAL140との間に規定された空間(例えば、ギャップなど)に分配される。

20

【0037】

さらに、いくつかの実施形態において、処理ガス114は、予混合されるか、または、予混合されない。処理の蒸着およびプラズマ処理の段階中に、正確な処理ガスが供給されることを保証するために、適切なバルブ操作およびマスフロー制御メカニズムが利用される。処理ガス114は、流出口を介してプラズマチャンバ102を出る。真空ポンプ(例えば、1または2段の機械的乾式ポンプ、ターボ分子ポンプなど)が、処理ガスを引き出し、スロットルバルブまたは振り子バルブなどの閉ループ制御された流量制限装置によって、プラズマチャンバ102内の適切な低圧を維持する。

【0038】

30

ペDESTAL140の外側領域を取り囲むキャリアリング151も図示されている。キャリアリング151は、ペDESTAL140の中央のウエハ支持領域から一段下がったキャリアリング支持領域にある。キャリアリング151は、そのディスク構造の外縁側(例えば、外径など)と、ウエハ101の載置される場所に最も近いそのディスク構造のウエハ縁部側(例えば、内径など)と、を備える。キャリアリング151のウエハ縁部側は、キャリアリング151が複数のスパイダフォーク180によって持ち上げられたときに、ウエハ101を持ち上げる複数の接触支持構造を備える。したがって、キャリアリング151は、ウエハ101と共に持ち上げられ、例えば、マルチステーションシステムにおける別のステーションに向かって回転される。

【0039】

40

一実施形態では、RF電力がRF発生器104からペDESTAL140内の下側電極へ供給される場合に、シャワーヘッド150内の上側電極が接地される。

【0040】

一実施形態では、ペDESTAL140が整合回路網106を介してRF発生器104に電気接続される代わりに、シャワーヘッド150内の上側電極が、RF発生器104から電力を受けるために、複数の整合回路網を介してRF発生器104に接続され、ペDESTAL140内の下側電極は接地される。

【0041】

いくつかの実施形態において、RF発生器104は、異なる周波数を有するRF信号を生成し、例えば、RF発生器104の1つが、低周波数を有するRF信号を生成し、RF

50

発生器 104 の別の 1 つが、低周波数より高い高周波数を有する RF 信号を生成する。

【0042】

図 2 は、マルチステーション処理ツールの上面図であり、ステーション 1、ステーション 2、ステーション 3、および、ステーション 4 である 4 つの処理ステーションが提供されている。4 つのステーションは、スパイダフォーク 180 によってアクセスされる。一実施形態では、1 つのステーションを別のステーションから隔離するための隔壁またはその他のメカニズムがない。各スパイダフォーク 180 は、第 1 および第 2 アームを備えており、各アームは、ペDESTAL 140 の各側の一部の周りに配置される。この図において、スパイダフォーク 180 は、キャリアリング 151 の下方にあることを示すために、点線で描かれている。スパイダフォーク 180 は、係合/回転メカニズム 220 を用いて、ステーション 1 ~ 4 から同時に、キャリアリング 151 の下面からキャリアリング 151 を持ち上げて、その後、キャリアリング 151 を降ろす前に、2 以上のステーション 1 ~ 4 の間で回転させる。回転中、キャリアリング 151 の少なくとも 1 つは、さらなるプラズマ処理、処理、および/または、膜蒸着がウエハ 101 に対して行われるように、次の位置までウエハ 101 を支持する。

10

【0043】

図 3 は、入口ロードロック 302 および出口ロードロック 304 を備えたマルチステーション処理ツール 300 の一実施形態を示す概略図である。大気圧下にあるロボット 306 が、ポッド 308 を通してロードされたカセットから大気ポート 310 を介して入口ロードロック 302 内に基板（例えば、ウエハ 101 など）を移動させる。入口ロードロック 302 は、大気ポート 310 が閉じられたときに、入口ロードロック 302 がポンプダウンされるように、真空源（図示せず）に接続されている。入口ロードロック 302 は、ステーション 1 ~ 4 の 1 つと結合されるチャンバ移動ポート 316 も備える。したがって、チャンバ移動ポート 316 が開いているときに、別のロボット（図示せず）が、ウエハ 101 を入口ロードロック 302 からステーション 1 のペDESTAL 140 へ処理のために移動させる。

20

【0044】

いくつかの実施形態では、基板が、真空の中断および/または空気への暴露を経験することなしに、ステーション 1 ~ 4 の間でキャリアリング 151 を用いて移動されるように、低圧環境が、ステーション 1 ~ 4 を囲む筐体内で維持される。ステーション 1 ~ 4 の各々は、処理ステーション基板ホルダおよび処理ガス供給ライン流入口を備える。

30

【0045】

スパイダフォーク 180 は、ステーション 1 ~ 4 の間で基板を移送する。スパイダフォーク 180 は回転して、ステーション 1 ~ 4 の 1 つからステーション 1 ~ 4 の別の 1 つへのウエハ 101 の移送を可能にする。移送は、スパイダフォーク 180 が、キャリアリング 151 を外底面から持ち上げることでウエハ 101 を持ち上げ、ウエハ 101 およびキャリアリング 151 を一緒に次のステーションまで回転させることによって行われる。一構成において、スパイダフォーク 180 は、処理中に高レベルの加熱に耐えるために、セラミック材料から製造される。

【0046】

様々な実施形態において、4 以外の数のステーションが用いられる。例えば、3 または 2 または 5 つのプラズマ処理ステーションが、ウエハ 101 を処理するために用いられる。

40

【0047】

図 4 は、RF 電力を結合してステーション 1 ~ 4 に分配する際の結合器/分配器 121 の利用を示すためのシステム 400 の一実施形態の図である。システム 400 は、低周波発生器 402 および高周波発生器 404 を備える。高周波発生器 404 の一例は、13 MHz または 27 MHz または 60 MHz の動作周波数を有する RF 発生器を含む。低周波発生器 402 の一例は、2 MHz または 400 KHz の動作周波数を有する発生器を含む。

50

【 0 0 4 8 】

システム 4 0 0 は、さらに、低周波整合回路網 4 0 6 および高周波整合回路網 4 0 8 を備える。低周波整合回路網 4 0 6 の入力、同軸ケーブル 4 1 0 を介して低周波発生器 4 0 2 の出力に接続され、高周波整合回路網 4 0 8 の入力、別の同軸ケーブル 4 1 2 を介して高周波発生器 4 0 4 の出力に接続される。整合回路網は、1 または複数のコンデンサ、1 または複数のインダクタ、ならびに / もしくは、1 または複数の抵抗器を有する回路を含む。

【 0 0 4 9 】

低周波整合回路網 4 0 6 の出力は、同軸ケーブル 4 1 4 を介して結合器 / 分配器 1 2 1 に接続され、高周波整合回路網 4 0 8 の出力は、結合器 / 分配器 1 2 1 に接続される。例えば、高周波整合回路網 4 0 8 の出力を結合器 / 分配器 1 2 1 の入力に接続する同軸ケーブルはない。いくつかの実施形態において、同軸ケーブルは、高周波整合回路網 4 0 8 の出力を結合器 / 分配器 1 2 1 の入力に接続する。

10

【 0 0 5 0 】

結合器 / 分配器 1 2 1 の第 1 出力 O U T # 1 は、同軸ケーブル 4 1 6 A を介してステーション 1 (例えば、ステーション 1 のシャワーヘッド 1 5 0 またはステーション 1 のペDESTAL 1 4 0 など) に結合される。さらに、結合器 / 分配器 1 2 1 の第 2 出力 O U T # 2 は、同軸ケーブル 4 1 6 B を介してステーション 2 (例えば、ステーション 2 のシャワーヘッド 1 5 0 またはステーション 2 のペDESTAL 1 4 0 など) に結合される。結合器 / 分配器 1 2 1 の第 3 出力 O U T # 3 は、同軸ケーブル 4 1 6 C を介してステーション 3 (例えば、ステーション 3 のシャワーヘッド 1 5 0 またはステーション 3 のペDESTAL 1 4 0 など) に結合される。さらに、結合器 / 分配器 1 2 1 の第 4 出力 O U T # 4 は、同軸ケーブル 4 1 6 D を介してステーション 4 (例えば、ステーション 4 のシャワーヘッド 1 5 0 またはステーション 4 のペDESTAL 1 4 0 など) に結合される。

20

【 0 0 5 1 】

パラメータプローブ 4 0 8 A が、O U T # 1 に結合され、パラメータプローブ 4 0 8 B が、O U T # 2 に結合され、パラメータプローブ 4 0 8 C が、O U T # 3 に結合され、パラメータプローブ 4 0 8 D が、O U T # 4 に結合される。パラメータプローブ 4 0 8 A ~ 4 0 8 D は、プローブ制御 / システム制御 1 1 0 に結合され、プローブ制御 / システム制御 1 1 0 は、結合器 / 分配器 1 2 1 にさらに結合される。パラメータプローブの例は、複素電圧 / 電流センサ、複素電圧センサ、複素電流センサ、インピーダンスセンサ、直流 (D C) バイアス電圧センサ、複素電圧プローブなどを含む。

30

【 0 0 5 2 】

低周波発生器 4 0 2 は、例えば、2 M H z 周波数、4 0 0 k H z 周波数などの周波数を有する R F 信号を発生し、同軸ケーブル 4 1 0 を介して低周波整合回路網 4 0 6 の入力に R F 信号を供給する。低周波整合回路網 4 0 6 は、低周波 R F 発生器 4 0 2 から R F 信号を受信した後に変調 R F 信号を生成するために、低周波整合回路網 4 0 6 の出力に接続された負荷 (例えば、同軸ケーブル 4 1 4 、結合器 / 分配器 1 2 1 、同軸ケーブル 4 1 6 A ~ 4 1 6 D 、および、ステーション 1 ~ 4 など) のインピーダンスを、低周波整合回路網 4 0 6 の入力に接続されたソース (例えば、同軸ケーブル 4 1 0 および低周波発生器 4 0 2 など) のインピーダンスと整合する。

40

【 0 0 5 3 】

同様に、高周波発生器 4 0 4 は、例えば、1 3 M H z 周波数、2 7 M H z 周波数、6 0 M H z 周波数などの周波数を有する R F 信号を生成し、同軸ケーブル 4 1 2 を介して高周波整合回路網 4 0 8 の入力に R F 信号を供給する。高周波整合回路網 4 0 8 は、高周波 R F 発生器 4 0 4 から R F 信号を受信した後に変調 R F 信号を生成するために、高周波整合回路網 4 0 8 の出力に接続された負荷 (例えば、結合器 / 分配器 1 2 1 、同軸ケーブル 4 1 6 A ~ 4 1 6 D 、および、ステーション 1 ~ 4 など) のインピーダンスを、高周波整合回路網 4 0 8 の入力に接続されたソース (例えば、同軸ケーブル 4 1 2 および高周波発生器 4 0 4 など) のインピーダンスと整合する。

50

【 0 0 5 4 】

結合器 / 分配器 1 2 1 は、低周波整合回路網 4 0 6 および高周波整合回路網 4 0 8 から変調 R F 信号を受信し、R F 信号を結合して結合 R F 信号を生成する。結合 R F 信号の 1 つは、O U T # 1 を介してステーション 1 へ送信され、結合 R F 信号の別の 1 つは、O U T # 2 を介してステーション 2 へ送信され、結合 R F 信号のさらに別の 1 つは、O U T # 3 を介してステーション 3 へ送信され、結合 R F 信号の別の 1 つは、O U T # 4 を介してステーション 4 へ送信される。

【 0 0 5 5 】

パラメータプローブ 4 0 8 A は、O U T # 1 でのパラメータの値（例えば、複素電圧および電流、D C バイアス電圧、複素インピーダンス、複素電力など）を測定し、その値をプローブ制御 / システム制御 1 1 0 に供給する。さらに、パラメータプローブ 4 0 8 B は、O U T # 2 でのパラメータの値を測定し、その値をプローブ制御 / システム制御 1 1 0 に供給する。パラメータプローブ 4 0 8 C は、O U T # 3 でのパラメータの値を測定し、その値をプローブ制御 / システム制御 1 1 0 に供給する。パラメータプローブ 4 0 8 D は、O U T # 4 でのパラメータの値を測定し、その値をプローブ制御 / システム制御 1 1 0 に供給する。

【 0 0 5 6 】

プローブ制御 / システム制御 1 1 0 のプロセッサは、パラメータプローブ 4 0 8 A ~ 4 0 8 D から受信したパラメータの値に基づいて、結合器 / 分配器 1 2 1 の対応する 1 または複数の同調回路の変数（例えば、静電容量など）の 1 または複数の値を決定する。例えば、プローブ制御 / システム制御 1 1 0 のプロセッサは、ステーション 1 に関連するパラメータの値が、ステーション 2 に関連するパラメータの値から所定の範囲内にある（例えば、同じである）ためには、結合器 / 分配器 1 2 1 の同調回路のうちの 1 回路の変数の値が V 1 であり、結合器 / 分配器 1 2 1 の同調回路のうちの別の回路の変数の値が V 2 であると決定する。プローブ制御 / システム制御 1 1 0 のプロセッサは、変数の値 V 1 および V 2 を達成してパラメータの値の間に所定の範囲を達成するように、結合器 / 分配器 1 2 1 の同調回路を制御する。別の例として、結合器 / 分配器 1 2 1 のすべての同調回路の変数の値と、出力 O U T # 1 ~ O U T # 4 でのパラメータの値との間の対応関係（例えば、一対一の対応、関連づけ、マッピング、ルックアップテーブル内の行、など）が、プロセッサに接続されたメモリデバイス内に格納される。パラメータプローブ 4 0 8 A からのパラメータの値およびパラメータプローブ 4 0 8 B からのパラメータの値を受信した後に、プロセッサは、それらの値が互いから所定の範囲内にはないと決定する。プロセッサは、O U T # 1 でのパラメータの値が、O U T # 2 に接続された別の同調回路のパラメータの値からの所定の範囲内になるように、O U T # 1 に接続された 1 つの同調回路の変数の値を決定するために、メモリデバイスからの対応関係にアクセスする。プロセッサは、O U T # 1 でのパラメータの値が O U T # 2 でのパラメータの値から所定の範囲内になるように、O U T # 1 に接続された同調回路の変数の値および / または O U T # 2 に接続された同調回路の変数の値を制御する。

【 0 0 5 7 】

結合器 / 分配器 1 2 1 の出力の数は、ステーションの数と一致することに注意されたい。例えば、ウエハ 1 0 1 を処理するために、3 つのステーションが用いられる場合、結合器 / 分配器 1 2 1 は、3 つの出力を有し、各出力は、対応する 1 つのステーションに接続される。

【 0 0 5 8 】

いくつかの実施形態では、低周波発生器 4 0 2 の代わりに、中間周波発生器が用いられる。中間周波発生器の一例は、1 M H z または 2 M H z の動作周波数を有する R F 発生器を含む。これらの実施形態において、中間周波発生器は、中間周波数を有する R F 信号を生成する。さらに、低周波整合回路網 4 0 6 の代わりに、中間周波整合回路網が用いられる。

【 0 0 5 9 】

様々な実施形態において、ツールコントローラが、プローブ制御/システム制御 110 によって実行される本明細書に記載の機能（例えば、電力分配機能など）を実行するための命令をプローブ制御/システム制御 110 に提供するために、プローブ制御/システム制御 110 に接続される。

【0060】

いくつかの実施形態において、プローブ制御/システム制御 110 は、プローブ制御/システム制御 110 によって実行される本明細書に記載の機能を実行するための任意の数のコントローラを備えており、機能は、コントローラの間に分けられる。例えば、ツールコントローラは、プローブ制御/システム制御 110 の一部である。

【0061】

様々な実施形態において、結合器/分配器 121、高周波整合回路網 408、および、低周波整合回路網 406 は、ステーション 1 ~ 4 から離れて配置される。例えば、同軸ケーブル 416 A ~ 416 D の各々の長さは、4 フィート ~ 6 フィートの範囲である。別の例として、同軸ケーブル 416 A ~ 416 D の各々の長さは、6 フィート ~ 8 フィートである。

【0062】

いくつかの実施形態において、同軸ケーブル 416 A ~ 416 D の各々は、結合器 ~ 分配器 121 の一部である。例えば、同軸ケーブル 416 A ~ 416 D の各々は、50 オーム RF 伝送線路ではない。説明すると、同軸ケーブル 416 A ~ 416 D の各々は、その入力および出力で 50 オームのインピーダンスを持たない。むしろ、同軸ケーブル 416 A ~ 416 D の各々を介して伝送される RF 電力は、同軸ケーブルの長さによって電圧および電流の変化を受ける。説明すると、同軸ケーブル 416 A ~ 416 D の各々は、対応する出力 OUT # 1、OUT # 2、OUT # 3、および、OUT # 4 から受信され、同軸ケーブルを通る RF 信号に、一連の静電容量および一連のインダクタンスを提供する。

【0063】

図 5 は、システム 500 の一実施形態であり、結合器/分配器 121 の一実施形態を示す回路図である。システム 500 は、プローブ制御/システム制御 110 を備え、結合器/分配器 121 をさらに備える。

【0064】

結合器/分配器 121 は、低周波回路 506、高周波回路 508、および、出力回路 510 を有する。低周波回路 506 は、高周波回路 508 に接続されており、高周波回路 508 は、さらに、出力回路 510 に接続されている。低周波回路 506 は、DC 遮断コンデンサ C1、C2、C3、および、C4 を備える。低周波回路 506 は、さらに、複数の同調回路 C5、C6、C7、および、C8 を備え、それらの同調回路は、可変コンデンサであり、低周波回路 506 は、さらに、インダクタ L1、L2、L3、および、L4 を備える。低周波回路 506 は、高周波遮断回路 504 A、高周波遮断回路 504 B、高周波遮断回路 504 C、高周波遮断回路 504 D を備える。高周波遮断回路 504 A は、コンデンサ C9 と並列に接続されたインダクタ L5 を備える。同様に、高周波遮断回路 504 B は、コンデンサ C11 と並列に接続されたインダクタ L6 を備え、高周波遮断回路 504 C は、コンデンサ C14 と並列に接続されたインダクタ L7 を備え、高周波遮断回路 504 D は、コンデンサ C15 と並列に接続されたインダクタ L8 を備える。低周波回路 506 は、さらに、コンデンサ C10、C12、C14、および、C16 を備える。

【0065】

高周波回路 508 は、コンデンサ C18、C20、C21、および、C23 を有する。高周波回路 508 は、さらに、可変コンデンサである同調回路 C17、C19、C22、および、C24 を備える。いくつかの実施形態において、可変コンデンサ C5、C6、C7、C8、C17、C19、C22、および、C24 の各々は、真空コンデンサである。

【0066】

出力回路 510 は、擬似負荷 DL1、DL2、DL3、および、DL4 を備え、さらに、平衡インダクタ L9、L11、L13、および、L15 を備える。出力回路 510 は、

10

20

30

40

50

スイッチ S 1、S 2、S 3、および、S 4 を備える。スイッチの例は、トランジスタ、もしくは、1 または複数のトランジスタの組み合わせを含む。

【 0 0 6 7 】

擬似負荷 D L 1 は、インダクタ L 1 0 と並列に接続されたコンデンサ C 2 6 を備え、さらに、D C 遮断コンデンサ C 2 5 を備える。同様に、擬似負荷 D L 2 は、インダクタ L 1 2 と並列に接続されたコンデンサ C 2 8 を備え、さらに、D C 遮断コンデンサ C 2 7 を備える。また、擬似負荷 D L 3 は、インダクタ L 1 4 と並列に接続されたコンデンサ C 3 0 を備え、さらに、D C 遮断コンデンサ C 2 9 を備える。擬似負荷 D L 4 は、インダクタ L 1 6 と並列に接続されたコンデンサ C 3 2 を備え、さらに、D C 遮断コンデンサ C 3 1 を備える。D C 遮断コンデンサ C 2 5、C 2 7、C 2 9、および、C 3 0 の各々は、D C 電力が、擬似負荷 D L 1 ~ D L 4 の対応するコンデンサ C 2 6、C 2 8、C 2 9、および、C 3 2 および対応するインダクタ L 1 0、L 1 2、L 1 4、および、L 1 6 に到達するのを妨げる。説明すると、D C 遮断コンデンサ C 2 5 は、D C 電力が、ステーション 1 のプラズマから O U T # 1 を介してコンデンサ C 2 6 およびインダクタ L 1 0 へ伝送されるのを妨げる。D C 電力は、対応するステーション 1 ~ 4 内で生成されたプラズマから受信される。例えば、D C 遮断コンデンサ C 2 5 によってブロックされる D C 電力は、ステーション 1 ~ 4 の 1 つの中でプラズマによって生成されたウエハ D C バイアスによって生成される。

10

【 0 0 6 8 】

コンデンサ C 1 ~ C 4 は、低周波回路 5 0 6 の入力 5 2 0 を介して低周波整合回路網 4 0 6 (図 4) に接続され、同軸ケーブル 4 1 4 (図 4) および入力 5 2 0 を介して低周波整合回路網 4 0 6 から低周波数の変調 R F 信号を受信する。コンデンサ C 1 ~ C 4 は、ステーション 1 ~ 4 内で生成されたプラズマから受けた D C 電力が、入力 5 2 0、同軸ケーブル 4 1 4、低周波整合回路網 4 0 6、および、同軸ケーブル 4 1 0 (図 4) を介して低周波 R F 発生器 4 0 2 (図 4) に到達するのを妨げる。

20

【 0 0 6 9 】

インダクタ L 1 ~ L 4 の各々は、高周波数でコンデンサとして機能する。高周波遮断回路 5 0 4 A ~ 5 0 4 D は、出力回路 5 1 0 の入力 5 2 2 を介して高周波整合回路網 4 0 8 (図 4) から受けた高周波数の変調 R F 信号の高周波数が、入力 5 2 0、同軸ケーブル 4 1 4、低周波整合回路網 4 0 6、および、同軸ケーブル 4 1 0 を介して低周波 R F 発生器 4 0 2 へ到達するのを妨げる。

30

【 0 0 7 0 】

コンデンサ C 1 0、C 1 2、C 1 4、および、C 1 6 は、対応する高周波遮断回路 5 0 4 A ~ 5 0 4 D から漏れた任意の剰余高周波数電力に、接地までの経路を提供する。可変コンデンサ C 5 ~ C 8 のうちの対応する 1 または複数のコンデンサの 1 または複数の静電容量は、出力 O U T # 1、O U T # 2、O U T # 3、および、O U T # 4 のうちの 2 以上でのパラメータの値が互いに所定の範囲内になるように変更される。同様に、可変コンデンサ C 1 7、C 1 9、C 2 2、および、C 2 4 のうちの対応する 1 または複数のコンデンサの 1 または複数の静電容量は、出力 O U T # 1、O U T # 2、O U T # 3、および、O U T # 4 のうちの 2 以上でのパラメータの値が互いに所定の範囲内になるように変更される。いくつかの実施形態において、可変コンデンサ C 5、C 6、C 7、C 8、C 1 7、C 1 9、C 2 2、および、C 2 4 のうちの対応する 1 または複数のコンデンサの静電容量のうちの 1 または複数は、出力 O U T # 1、O U T # 2、O U T # 3、および、O U T # 4 のうちの 2 以上でのパラメータの値が互いに所定の範囲内になるように変更される。コンデンサ C 1 8、C 2 0、C 2 1、および、C 2 3 は、同軸ケーブル 4 1 4 および入力 5 2 0 を介して低周波整合回路網 4 0 6 から受けた変調 R F 信号の低周波数をフィルタアウトする。

40

【 0 0 7 1 】

スイッチ S 1 ~ S 4 の各々は、スイッチのノーマルオープン端子に接続されることによって開くか (例えば、ノーマルオープン (N O) など)、または、スイッチのノーマルク

50

ローズ端子に接続されることによって閉じる（例えば、ノーマルクローズ（NC）など）。スイッチS1～S4の各々は、スイッチの共通端子（COM）に対して開閉される。例えば、オフ信号（例えば、予め指定された量よりも小さい電流量など）が、プロセッサからスイッチS1に送信されると、スイッチS1は、開位置（例えば、オフ状態など）になる。さらに、オン信号（例えば、予め指定された量より大きい電流量など）が、プロセッサからスイッチS1に送信されると、スイッチS1は、閉位置（例えば、オン状態など）になる。

【0072】

スイッチS1～S4は、プローブ制御/システム制御110によって制御されるように、プローブ制御/システム制御110に接続される。スイッチS1～S4は、プローブ制御/システム制御110のプロセッサから制御信号を受信すると、開位置または閉位置になるように制御される。例えば、スイッチS1は、プラズマがステーション1内で使用可能になる（例えば、生成される、維持される、など）ように、低周波回路506および高周波回路508の出力O1を出力回路510のOUT#1を介してステーション1に接続するために閉じる。別の例として、スイッチS2は、プラズマがステーション2内で使用可能になるように、低周波回路506および高周波回路508の出力O2を出力回路510のOUT#2を介してステーション2に接続するために閉じる。さらに別の例として、スイッチS3は、プラズマがステーション3内で使用可能になるように、低周波回路506および高周波回路508の出力O3を出力回路510のOUT#3を介してステーション3に接続するために閉じる。別の例として、スイッチS4は、プラズマがステーション4内で使用可能になるように、低周波回路506および高周波回路508の出力O4を出力回路510のOUT#4を介してステーション4に接続するために閉じる。別の例として、スイッチS1は、プラズマがステーション1内で使用不能になる（例えば、生成されない、オフにされる、など）ように、低周波回路506および高周波回路508の出力O1を擬似負荷DL1に接続するために開く。別の例として、スイッチS2は、プラズマがステーション2内で使用不能になるように、低周波回路506および高周波回路508の出力O2を擬似負荷DL2に接続するために開く。さらに別の例として、スイッチS3は、プラズマがステーション3内で使用不能になるように、低周波回路506および高周波回路508の出力O3を擬似負荷DL3に接続するために開く。別の例として、スイッチS4は、プラズマがステーション4内で使用不能になるように、低周波回路506および高周波回路508の出力O4を擬似負荷DL4に接続するために開く。

【0073】

RF電力をステーション1～4のうちの1または複数に切り替えることにより、ステーション1～4のうちの1または複数の中でプラズマを使用可能にするために、電力が、1または複数のステーション1～4に選択的に供給される。例えば、スイッチS1は、出力O1における結合RF信号のRF電力が、インダクタL9、OUT#1、および、同軸ケーブル416A（図4）を介してステーション1に送信されて、ステーション1内でプラズマを使用可能にするように、プローブ制御/システム制御110によって閉位置になるように制御される。別の例として、スイッチS2は、出力O2における結合RF信号のRF電力が、インダクタL11、OUT#2、および、同軸ケーブル416B（図4）を介してステーション2に送信されて、ステーション2内でプラズマを使用可能にするように、プローブ制御/システム制御110によって閉位置になるように制御される。さらに別の例として、スイッチS3は、出力O3における結合RF信号のRF電力が、インダクタL13、OUT#3、および、同軸ケーブル416C（図4）を介してステーション3に送信されて、ステーション3内でプラズマを使用可能にするように、プローブ制御/システム制御110によって閉位置になるように制御される。別の例として、スイッチS4は、出力O4における結合RF信号のRF電力が、インダクタL15、OUT#4、および、同軸ケーブル416D（図4）を介してステーション4に送信されて、ステーション4内でプラズマを使用可能にするように、プローブ制御/システム制御110によって閉位置になるように制御される。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 4 】

一方で、ステーション 1 がプラズマ処理（例えば、プラズマの点火、有効化、または、制御など）に用いられる場合、ステーション 1 への R F 電力は、擬似負荷 D L 1 からステーション 1 に迂回される。例えば、ステーション 1 がウエハ 1 0 1 を処理するために用いられる場合、スイッチ S 1 は、出力 O 1 における結合 R F 信号の R F 電力が、インダクタ L 9 および O U T # 1 を介してステーション 1 に回されるように、スイッチ S 1 を閉じるために、プローブ制御 / システム制御 1 1 0 によって制御される。他方で、ステーション 1 ~ 4 の 1 つがプラズマ処理に用いられない場合、ステーションへの R F 電力は、ステーションに対応する擬似負荷へ迂回される。例えば、ステーション 1 がウエハ 1 0 1 を処理するために用いられない場合、スイッチ S 1 は、出力 O 1 における結合 R F 信号の R F 電力が、擬似負荷 D L 1 に迂回されるように、スイッチ S 1 を開くために、プローブ制御 / システム制御 1 1 0 によって制御される。ステーション 1 への R F 電力を除去するために、低周波 R F 発生器 4 0 2 および高周波 R F 発生器 4 0 4 の一方または両方をオフにする（例えば、電源を切る、電力を除去する、など）必要はない。

10

【 0 0 7 5 】

様々な実施形態において、出力 O 1 ~ O 4 は、出力回路 5 1 0 の一部である。

【 0 0 7 6 】

いくつかの実施形態において、擬似負荷 D L 1 は、ステーション 1 のインピーダンスから所定の制限内にある（例えば、同じ）インピーダンスを有し、擬似負荷 D L 2 は、ステーション 2 のインピーダンスから所定の制限内にあるインピーダンスを有し、擬似負荷 D L 3 は、ステーション 3 のインピーダンスから所定の制限内にあるインピーダンスを有し、擬似負荷 D L 4 は、ステーション 4 のインピーダンスから所定の制限内にあるインピーダンスを有する。

20

【 0 0 7 7 】

低周波整合回路網 4 0 6（図 4）から入力 5 2 0 で受信された変調 R F 信号は、インダクタ L 1 ~ L 4、コンデンサ C 5 ~ C 8、高周波遮断回路 5 0 4 A ~ 5 0 4 D、ならびに、コンデンサ C 1 0、C 1 2、C 1 4、および、C 1 6 によって、出力 O 1 ~ O 4 での R F 信号を提供するために処理される。例えば、入力 5 2 0 で受信された変調 R F 信号の一部が、インダクタ L 1、コンデンサ C 5、高周波遮断回路 5 0 4 A、および、コンデンサ C 1 0 によって、出力 O 1 における低周波数の R F 信号を提供するために処理される。別の例として、入力 5 2 0 で受信された変調 R F 信号の一部が、インダクタ L 2、コンデンサ C 6、高周波遮断回路 5 0 4 B、および、コンデンサ C 1 2 によって、出力 O 2 における低周波数の R F 信号を提供するために処理される。さらに別の例として、入力 5 2 0 で受信された変調 R F 信号の一部が、インダクタ L 3、コンデンサ C 7、高周波遮断回路 5 0 4 C、および、コンデンサ C 1 4 によって、出力 O 3 における低周波数の R F 信号を提供するために処理される。また別の例として、入力 5 2 0 で受信された変調 R F 信号の一部が、インダクタ L 4、コンデンサ C 8、高周波遮断回路 5 0 4 D、および、コンデンサ C 1 6 によって、出力 O 4 における低周波数の R F 信号を提供するために処理される。

30

【 0 0 7 8 】

同様に、高周波整合回路網 4 0 8（図 4）から入力 5 2 2 で受信された変調 R F 信号は、結合器 / 分配器 1 2 1 内の出力 O 1 ~ O 4 における R F 信号を提供するために、コンデンサ C 1 7 ~ C 2 4 によって処理される。例えば、入力 5 2 2 で受信された高周波数の変調 R F 信号の一部が、出力 O 1 における高周波数の R F 信号を提供するために、コンデンサ C 1 7 および C 1 8 によって処理される。別の例として、入力 5 2 2 で受信された高周波数の変調 R F 信号の一部が、出力 O 2 における高周波数の R F 信号を提供するために、コンデンサ C 1 9 および C 2 0 によって処理される。さらに別の例として、入力 5 2 2 で受信された高周波数の変調 R F 信号の一部が、出力 O 3 における高周波数の R F 信号を提供するために、コンデンサ C 2 1 および C 2 2 によって処理される。また別の例として、入力 5 2 2 で受信された高周波数の変調 R F 信号の一部が、出力 O 4 における高周波数の R F 信号を提供するために、コンデンサ C 2 3 および C 2 4 によって処理される。

40

50

【 0 0 7 9 】

低周波回路 5 0 6 および高周波回路 5 0 8 から出力 O 1 ~ O 4 で受信された R F 信号は、出力 O 1 ~ O 4 における結合 R F 信号を提供するために、出力 O 1 ~ O 4 で結合される。例えば、低周波回路 5 0 6 から出力 O 1 で受信された R F 信号は、出力 O 1 における結合 R F 信号を生成するために、高周波回路 5 0 8 から出力 O 1 で受信された R F 信号と出力 O 1 で合計される。別の例として、低周波回路 5 0 6 から出力 O 2 で受信された R F 信号は、出力 O 2 における結合 R F 信号を生成するために、高周波回路 5 0 8 から出力 O 2 で受信された R F 信号と出力 O 2 で合計される。さらに別の例として、低周波回路 5 0 6 から出力 O 3 で受信された R F 信号は、出力 O 3 における結合 R F 信号を生成するために、高周波回路 5 0 8 から出力 O 3 で受信された R F 信号と出力 O 3 で合計される。別の例として、低周波回路 5 0 6 から出力 O 4 で受信された R F 信号は、出力 O 4 における結合 R F 信号を生成するために、高周波回路 5 0 8 から出力 O 4 で受信された R F 信号と出力 O 4 で合計される。

10

【 0 0 8 0 】

出力 O 1 で生成された結合 R F 信号は、ステーション 1 でのウエハ 1 0 1 のプラズマ処理に向けて、出力 O 1 から、閉位置のスイッチ S 1、平衡インダクタ L 9、および、O U T # 1 を介して、ステーション 1 に送信されるか、もしくは、開位置のスイッチ S 1 を介して擬似負荷 D L 1 に送信される。同様に、出力 O 2 で生成された結合 R F 信号は、ステーション 2 でのウエハ 1 0 1 のプラズマ処理に向けて、出力 O 2 から、閉位置のスイッチ S 2、平衡インダクタ L 1 1、および、O U T # 2 を介して、ステーション 2 に送信されるか、もしくは、開位置のスイッチ S 2 を介して擬似負荷 D L 2 に送信される。さらに、出力 O 3 で生成された結合 R F 信号は、ステーション 3 でのウエハ 1 0 1 のプラズマ処理に向けて、出力 O 3 から、閉位置のスイッチ S 3、平衡インダクタ L 1 3、および、O U T # 3 を介して、ステーション 3 に送信されるか、もしくは、開位置のスイッチ S 3 を介して擬似負荷 D L 3 に送信される。また、出力 O 4 で生成された結合 R F 信号は、ステーション 4 でのウエハ 1 0 1 のプラズマ処理に向けて、出力 O 4 から、閉位置のスイッチ S 4、平衡インダクタ L 1 5、および、O U T # 4 を介して、ステーション 4 に送信されるか、もしくは、開位置のスイッチ S 4 を介して擬似負荷 D L 4 に送信される。

20

【 0 0 8 1 】

平衡インダクタ L 9 は、回路（例えば、ステーション 1 のシャワーヘッド 1 5 0 およびステーション 1 のペDESTAL など）の共振周波数を変更することで、ステーション 1 内でプラズマを迅速に点火するために、回路が所定の動作周波数からの所定の範囲内で共振するようにする。同様に、平衡インダクタ L 1 1 は、回路（例えば、ステーション 2 のシャワーヘッド 1 5 0 およびステーション 2 のペDESTAL など）の共振周波数を変更することで、ステーション 2 内でプラズマを迅速に点火するために、回路が所定の動作周波数からの所定の範囲内で共振するようにする。同様に、平衡インダクタ L 1 3 は、回路（例えば、ステーション 3 のシャワーヘッド 1 5 0 およびステーション 3 のペDESTAL など）の共振周波数を変更することで、ステーション 3 内でプラズマを迅速に点火するために、回路が所定の動作周波数からの所定の範囲内で共振するようにする。さらに、平衡インダクタ L 1 5 は、回路（例えば、ステーション 4 のシャワーヘッド 1 5 0 およびステーション 4 のペDESTAL など）の共振周波数を変更することで、ステーション 4 内でプラズマを迅速に点火するために、回路が所定の動作周波数からの所定の範囲内で共振するようにする。所定の動作周波数は、動作時の低周波発生器 4 0 2 の動作周波数、もしくは、動作時の低周波発生器 4 0 2 の動作周波数および動作時の高周波発生器 4 0 4 の動作周波数の組み合わせである。平衡インダクタのさらなる記載が、米国特許第 6, 1 9 9, 5 0 6 号に提供されており、その特許は、参照によって本明細書にその全体が組み込まれる。

30

40

【 0 0 8 2 】

結合 R F 信号の 1 つがステーション 1 ~ 4 の 1 つに供給されない場合、出力 O 1 ~ O 4 の対応する 1 つが、擬似負荷 D L 1 ~ D L 4 の対応する 1 つに接続される。例えば、結合 R F 信号の 1 つが、ステーション 1 に提供されない時、プローブ制御 / システム制御 1 1

50

0のプロセッサは、スイッチS 1に信号を送信してスイッチS 1を開き、出力O 1を擬似負荷DL 1に接続する。擬似負荷DL 1は、出力OUT # 2 ~ OUT # 4を介して他の結合RF信号を受信する他のステーション2 ~ 4が、それらに対応する入力でインピーダンスの変化を経験しないように、ステーション1のインピーダンスから所定の制限内のインピーダンスを有する。

【0083】

いくつかの実施形態において、スイッチS 1 ~ S 4の位置（例えば、開位置、閉位置など）は、処理パラメータ（後に例を挙げる）を達成するために、監視および制御される。例えば、スイッチが開位置にあるか閉位置にあるかを判定するために、センサ（例えば、電圧センサ、電流センサなど）が、スイッチのノーマルクローズ端子またはノーマルオープン端子に接続される。センサは、伝送ケーブルを介してプローブ制御/システム制御110のプロセッサに接続される。センサは、伝送ケーブルを介してスイッチの位置をプロセッサに提供する。プロセッサは、位置が、所定の処理パラメータ（例えば、圧力、温度、エッチング速度、蒸着速度、複素電力、など）に対応するか否かを判定する。位置が所定の処理パラメータに対応しないと判定すると、プロセッサは、位置が所定の処理パラメータに対応するように、スイッチの位置を変更する。所定の処理パラメータとスイッチの位置との間の対応関係（例えば、一対一の関係、マッピングなど）が、メモリデバイスに格納される。このように、スイッチS 1 ~ S 4のうちの1または複数の位置に対応する所定の処理パラメータを達成するために、スイッチS 1 ~ S 4のうちの1または複数の位置が監視および制御される。

【0084】

いくつかの実施形態において、ステーション1 ~ 4への電力を同期的にオンオフするために、スイッチS 1 ~ S 4の開閉が同期される（例えば、同時に起きる、所定の時間範囲内に起きる、など）。例えば、スイッチを同期的に開閉するために、プロセッサは、スイッチS 1 ~ S 4のうちの1または複数の位置に信号を同期的に（例えば、同時に、所定の時間範囲内に、など）送信する。

【0085】

図6は、プローブ制御/システム制御110による結合器/分配器121の同調要素の制御を示すシステム600の一実施形態の図である。システム600は、結合器/分配器121（一部が図示されている）と、パラメータプローブ408A ~ 408Dと、複数のモータM 1、M 2、M 3、M 4、M 5、M 6、M 7、および、M 8と、を備える。モータM 1は、接続メカニズム602Aを介してコンデンサC 5に接続される。同様に、モータM 2は、接続メカニズム602Bを介してコンデンサC 6に接続され、モータM 3は、接続メカニズム602Cを介してコンデンサC 7に接続され、モータM 4は、接続メカニズム602Dを介してコンデンサC 8に接続される。さらに、モータM 5は、接続メカニズム602Eを介してコンデンサC 17に接続され、モータM 6は、接続メカニズム602Fを介してコンデンサC 19に接続され、モータM 7は、接続メカニズム602Gを介してコンデンサC 22に接続され、モータM 8は、接続メカニズム602Hを介してコンデンサC 24に接続される。接続メカニズムの例は、1または複数のロッド、複数のロッドと1または複数のギアとの組み合わせ、などを含む。

【0086】

パラメータプローブ408Aは、伝送ケーブル604A（例えば、シリアル伝送ケーブル、パラレル伝送ケーブル、ユニバーサルシリアルバス（USB）などを介して、プローブ制御/システム制御110に接続される。同様に、パラメータプローブ408Bは、伝送ケーブル604Bを介してプローブ制御/システム制御110に接続され、パラメータプローブ408Cは、伝送ケーブル604Cを介してプローブ制御/システム制御110に接続され、パラメータプローブ408Dは、伝送ケーブル604Dを介してプローブ制御/システム制御110に接続される。

【0087】

パラメータプローブ408Aは、OUT # 1に結合され、パラメータプローブ408B

10

20

30

40

50

は、OUT # 2 に結合され、パラメータプローブ 408C は、OUT # 3 に結合され、パラメータプローブ 408D は、OUT # 4 に結合される。パラメータプローブ 408A は、OUT # 1 でパラメータプローブ 408A によって測定されたパラメータの値を、伝送ケーブル 604A を介してプローブ制御 / システム制御 110 へ提供する。同様に、パラメータプローブ 408B は、OUT # 2 でパラメータプローブ 408B によって測定されたパラメータの値を、伝送ケーブル 604B を介してプローブ制御 / システム制御 110 へ提供する。さらに、パラメータプローブ 408C は、OUT # 3 でパラメータプローブ 408C によって測定されたパラメータの値を、伝送ケーブル 604C を介してプローブ制御 / システム制御 110 へ提供する。パラメータプローブ 408D は、OUT # 4 でパラメータプローブ 408D によって測定されたパラメータの値を、伝送ケーブル 604D を介してプローブ制御 / システム制御 110 へ提供する。

10

【0088】

RF 電力がオンの時、例えば、出力 OUT # 1、OUT # 2、OUT # 3、および、OUT # 4 などを介してステーション 1 ~ 4 に提供されている時、処理パラメータ（例えば、上述のパラメータ、ステーション 1 ~ 4 内の圧力、ステーション 1 ~ 4 内の温度など）が、その場で変化する。さらに、RF 電力がオンの時、プラズマがステーション 1 ~ 4 内で生成および維持され、プローブ制御 / システム制御 110 のプロセッサは、パラメータプローブ 408A ~ 408D からパラメータの値を受信し、OUT # 1、OUT # 2、OUT # 3、および、OUT # 4 におけるパラメータの値が最小化される（例えば、互いから所定の範囲内にある、など）ように、コンデンサ C5、C6、C7、C8、C17、C19、C22、および、C24 のうちの対応する 1 または複数の静電容量のうちの 1 または複数が変更されるか否かを決定する。例えば、プロセッサは、パラメータプローブ 408A から受信したパラメータの値をパラメータプローブ 408B から受信したパラメータの値と比較し、それらの値が互いから所定の範囲内にあるか否かを判定する。値が所定の範囲内ないと判定すると、プロセッサは、プローブ制御 / システム制御 110 のメモリデバイスに格納された対応関係にアクセスして、対応する 1 または複数のコンデンサ C5、C6、C17、および、C19 の 1 または複数の静電容量の値を特定する。1 または複数の値を特定すると、プロセッサは、コンデンサ C5 の特定された静電容量値が実現されるようにモータ M1 を駆動する量の電流を生成する。説明すると、或る量の駆動電流が、プロセッサからモータ M1 の固定子へ送られる。駆動電流を受けると、固定子は、モータ M1 の回転子を回転させてモータ M1 を駆動するために、電場を生成する。モータ M1 は、コンデンサ C5 の特定された静電容量値を達成するために、コンデンサ C5 のプレートを回転させるように、または、コンデンサ C5 のプレート間の距離を変更するように駆動される。コンデンサ C5 の静電容量の変更は、コンデンサ C5 から出力される低周波数の RF 信号の電力のレベル（例えば、量、ピーク間振幅、二乗平均平方根（RMS）値など）を変化させ、さらに、出力 O1 における低周波数の RF 信号の電力のレベルを変化させ、さらに、OUT # 1 からステーション 1 へ供給される結合 RF 信号の電力のレベルを変化させる。いくつかの実施形態において、コンデンサ C5 の静電容量の変更は、コンデンサ C5 から出力される低周波数の RF 信号の位相を変化させ、さらに、出力 O1 における低周波数の RF 信号の位相を変化させ、さらに、OUT # 1 からステーション 1 へ供給される結合 RF 信号の位相を変化させる。様々な実施形態において、コンデンサ C5 の静電容量の変更は、コンデンサ C5 から出力される低周波数の RF 信号の電力レベルおよび位相を変化させ、さらに、出力 O1 における低周波数の RF 信号の電力レベルおよび位相を変化させ、さらに、OUT # 1 からステーション 1 へ供給される結合 RF 信号の電力レベルおよび位相を変化させる。

20

30

40

【0089】

同様に、対応する 1 または複数のコンデンサ C5、C6、C17、および、C19 の 1 または複数の静電容量値を特定すると、プロセッサは、コンデンサ C6 の特定された静電容量値が実現されるようにモータ M2 を駆動する量の電流を生成する。コンデンサ C6 の静電容量の変更は、コンデンサ C6 から出力される低周波数の RF 信号の電力のレベルを

50

変化させ、さらに、出力O2における低周波数のRF信号の電力のレベルを変化させ、さらに、OUT#2からステーション2へ供給される結合RF信号の電力のレベルを変化させる。いくつかの実施形態において、コンデンサC6の静電容量の変更は、コンデンサC6から出力される低周波数のRF信号の位相を変化させ、さらに、出力O2における低周波数のRF信号の位相を変化させ、さらに、OUT#2からステーション2へ供給される結合RF信号の位相を変化させる。様々な実施形態において、コンデンサC6の静電容量の変更は、コンデンサC6から出力される低周波数のRF信号の電力レベルおよび位相を変化させ、さらに、出力O2における低周波数のRF信号の電力レベルおよび位相を変化させ、さらに、OUT#2からステーション2へ供給される結合RF信号の電力レベルおよび位相を変化させる。

10

【0090】

さらに、同様に、対応する1または複数のコンデンサC5、C6、C17、および、C19の1または複数の静電容量値を特定すると、プロセッサは、コンデンサC17の特定された静電容量値が実現されるようにモータM5を駆動する量の電流を生成する。コンデンサC17の静電容量の変更は、コンデンサC17から出力される高周波数のRF信号の電力のレベルを変化させ、さらに、出力O1における高周波数のRF信号の電力のレベルを変化させ、さらに、OUT#1からステーション1へ供給される結合RF信号の電力のレベルを変化させる。いくつかの実施形態において、コンデンサC17の静電容量の変更は、コンデンサC17から出力される高周波数のRF信号の位相を変化させ、さらに、出力O1における高周波数のRF信号の位相を変化させ、さらに、OUT#1からステーション1へ供給される結合RF信号の位相を変化させる。様々な実施形態において、コンデンサC17の静電容量の変更は、コンデンサC17から出力される高周波数のRF信号の電力レベルおよび位相を変化させ、さらに、出力O1における高周波数のRF信号の電力レベルおよび位相を変化させ、さらに、OUT#1からステーション1へ供給される結合RF信号の電力レベルおよび位相を変化させる。

20

【0091】

さらに、同様に、対応する1または複数のコンデンサC5、C6、C17、および、C19の1または複数の静電容量値を特定すると、プロセッサは、コンデンサC19の特定された静電容量値が実現されるようにモータM6を駆動する量の電流を生成する。コンデンサC19の静電容量の変更は、コンデンサC19から出力される高周波数のRF信号の電力のレベルを変化させ、さらに、出力O2における高周波数のRF信号の電力のレベルを変化させ、さらに、OUT#2からステーション2へ供給される結合RF信号の電力のレベルを変化させる。いくつかの実施形態において、コンデンサC19の静電容量の変更は、コンデンサC19から出力される高周波数のRF信号の位相を変化させ、さらに、出力O2における高周波数のRF信号の位相を変化させ、さらに、OUT#2からステーション2へ供給される結合RF信号の位相を変化させる。様々な実施形態において、コンデンサC19の静電容量の変更は、コンデンサC19から出力される高周波数のRF信号の電力レベルおよび位相を変化させ、さらに、出力O2における高周波数のRF信号の電力レベルおよび位相を変化させ、さらに、OUT#2からステーション2へ供給される結合RF信号の電力レベルおよび位相を変化させる。このように、OUT#1およびOUT#2におけるパラメータの値が、互いから所定の範囲内になるまで、コンデンサC5、C6、C17、および、C19の静電容量のうちの1または複数が変更される。

30

40

【0092】

様々な実施形態において、結合器/分配器121のコンデンサに接続されたモータを駆動するための電流の量と、その電流量で実現されるコンデンサの静電容量との間の関係（例えば、一対一の関係、マッピングなど）が、メモリデバイスに格納された対応関係に格納される。

【0093】

いくつかの実施形態において、プローブ制御/システム制御110のプロセッサは、パラメータプローブ408A~408Dからパラメータの値を受信し、OUT#1における

50

パラメータの値が第 1 所定範囲内にあり、OUT # 2 におけるパラメータの値が第 2 所定範囲内にあり、OUT # 3 におけるパラメータの値が第 3 所定範囲内にあり、OUT # 4 におけるパラメータの値が第 4 所定範囲内にあるように、コンデンサ C 5、C 6、C 7、C 8、C 17、C 19、C 22、および、C 24 のうちの対応する 1 または複数のコンデンサの静電容量の 1 または複数が変更されるか否かを決定する。例えば、プロセッサは、パラメータプローブ 408 A から受信したパラメータの値を受信し、その値が第 1 所定範囲内にあるか否かを判定する。値が第 1 所定範囲内ないと判定すると、プロセッサは、プローブ制御 / システム制御 110 のメモリデバイスに格納された対応関係にアクセスして、値が第 1 所定範囲内になるまで、対応する 1 または複数のコンデンサ C 5 および C 17 の 1 または複数の静電容量の値を特定する。

10

【0094】

これらの実施形態において、対応する 1 または複数のコンデンサ C 5 および C 17 の 1 または複数の静電容量値を特定すると、プロセッサは、コンデンサ C 5 の特定された静電容量値が実現されるようにモータ M 1 を駆動する量の電流を生成する。説明すると、或る量の駆動電流が、プロセッサからモータ M 1 の固定子へ送られる。この量の駆動電流は、コンデンサ C 5 の静電容量を変化させ、コンデンサ C 5 から出力される低周波数の RF 信号の電力のレベルおよび / または位相を変化させ、さらに、出力 O 1 における低周波数の RF 信号の電力のレベルおよび / または位相を変化させ、さらに、OUT # 1 からステーション 1 へ供給される結合 RF 信号の電力のレベルおよび / または位相を変化させて、第 1 所定範囲を達成する。同様に、1 または複数の値を特定すると、プロセッサは、コンデンサ C 17 の特定された静電容量値が実現されるようにモータ M 5 を駆動する量の電流を生成する。コンデンサ C 17 の静電容量の変更は、コンデンサ C 17 から出力される高周波数の RF 信号の電力のレベルおよび / または位相を変化させ、さらに、出力 O 1 における高周波数の RF 信号の電力のレベルおよび / または位相を変化させ、さらに、OUT # 1 からステーション 1 へ供給される結合 RF 信号の電力のレベルおよび / または位相を変化させる。このように、OUT # 1 におけるパラメータの値が OUT # 2 におけるパラメータの値から第 1 所定範囲内になるまで、コンデンサ C 5 および C 17 の静電容量のうちの 1 または複数が変更される。OUT # 1 におけるパラメータの値が第 1 所定範囲内にある、および / または、OUT # 2 におけるパラメータの値が第 2 所定範囲内にある、および / または、OUT # 3 におけるパラメータの値が第 3 所定範囲内にある、および / または、OUT # 4 におけるパラメータの値が第 4 所定範囲内にあることを実現することによって、プロセス変動が達成される。

20

30

【0095】

様々な実施形態において、OUT # 1 におけるパラメータの値が第 1 所定範囲内にあり、OUT # 2 におけるパラメータの値が第 2 所定範囲内にある時、OUT # 1 および OUT # 2 におけるパラメータの値は、互いから所定の範囲内にある。再び、OUT # 1 および OUT # 2 におけるパラメータの値が互いから所定の範囲内にあるときに、プロセス変動が達成される。同様に、いくつかの実施形態において、OUT # 1 および OUT # 2 におけるパラメータの値が所定の範囲を外れているが、OUT # 1 におけるパラメータの値が第 1 所定範囲内にあり、OUT # 2 におけるパラメータの値が第 2 所定範囲内にある時、プロセス変動が達成される。

40

【0096】

様々な実施形態において、パラメータプローブ 408 D は、OUT # 4 での第 1 電力量を測定し、パラメータプローブ 408 C は、OUT # 3 での第 2 電力量を測定し、パラメータプローブ 408 B は、OUT # 2 での第 3 電力量を測定し、パラメータプローブ 408 A は、OUT # 1 での第 4 電力量を測定する。第 1 量は、第 2 量よりも大きく、第 2 量は、第 3 量よりも大きい。第 3 量は、第 4 量よりも大きい。測定された電力量は、パラメータプローブ 408 A ~ 408 D からプローブ制御 / システム制御 110 へ提供される。プローブ制御 / システム制御 110 は、互いから所定の範囲内の OUT # 1 ~ OUT # 4 における電力量を達成しようとする。プローブ制御 / システム制御 110 は、第 4 電力量

50

がOUT # 4における第1電力量から所定の範囲内になるように、コンデンサC 1 7の静電容量を減少させて、コンデンサC 1 7から出力O 1への電力量を増加させ、さらに、OUT # 1での結合RF信号の第4電力量を増加させるために、モータM 5に制御信号を送信する。

【0097】

いくつかの実施形態において、パラメータのインライン測定を提供するパラメータプローブ408A～408Dの代わりまたは追加として、コンデンサC 5、C 6、C 7、C 8、C 1 7、C 1 9、C 2 2、および、C 2 4のうちの対応する1または複数のコンデンサの1または複数の静電容量が、ウエハ測定（例えば、ウエハ測定装置を用いて取得された測定など）に基づいて上述のように修正される。ウエハ測定の例は、エッチング速度および蒸着速度を含む。エッチング速度または蒸着速度は、本明細書で処理速度と呼ばれる。ウエハ測定装置の例は、エッチング速度測定装置、蒸着速度測定装置などを含む。説明すると、ウエハ測定装置（例えば、4つのウエハ測定装置など）は、対応する伝送ケーブルを介してプローブ制御/システム制御110のプロセッサに接続され、対応するステーション1～4への見通し線を有する。見通し線は、対応するステーション1～4内でプラズマが生成される空間に方向づけられる。例えば、ウエハ測定装置は、プラズマによって放射される放射強度を測定するためにステーション1内でプラズマを監視する分光光度計を備える。強度は、ステーション1のプラズマによって処理されるウエハ101の層のエッチング速度または蒸着速度に正比例する。プローブ制御/システム制御110のプロセッサは、伝送ケーブルを介して測定した強度を受信して、強度に正比例する処理速度を決定する。別の例として、既知のレシピについて、ウエハ測定装置は、ウエハ101の処理（例えば、材料のエッチング、材料の蒸着など）の前または間の時間 t_{m1} にウエハ101の厚さを測定し、ウエハ101の処理後の時間 t_{m2} にウエハ101の厚さを測定する。ウエハ測定装置は、時間 t_{m2} と t_{m1} との間の差に対する時間 t_{m2} の厚さと時間 t_{m1} の厚さとの間の差の比として、ウエハ101の処理速度を決定する。処理速度は、ウエハ測定デバイスによって伝送ケーブルを介してプローブ制御/システム制御110のプロセッサに提供される。いくつかの実施形態において、ウエハ測定装置が処理速度を決定する代わりに、プローブ制御/システム制御110のプロセッサが、測定強度から処理速度を決定し、格納のためにメモリデバイスに処理速度を提供する。これらの実施形態において、エッチング速度および蒸着速度は、さらなるパラメータの例である。これらの実施形態において、プロセッサは、処理速度が所定の処理速度に一致するかまたは所定の処理速度から所定の範囲内にあるか否かを判定する。処理速度が所定の範囲内ないと判定すると、プロセッサは、処理速度が所定の処理速度から所定の範囲内になるように、コンデンサC 5、C 6、C 7、C 8、C 1 7、C 1 9、C 2 2、および、C 2 4のうちの対応する1または複数のコンデンサの静電容量のうちの1または複数を変更すると決定する。所定の処理速度と、コンデンサC 5、C 6、C 7、C 8、C 1 7、C 1 9、C 2 2、および、C 2 4のうちの対応する1または複数のコンデンサの静電容量のうちの1または複数との間の対応関係が、メモリデバイスに格納される。このように、コンデンサC 5、C 6、C 7、C 8、C 1 7、C 1 9、C 2 2、および、C 2 4のうちの対応する1または複数のコンデンサの静電容量のうちの1または複数が、ステーション1～4のうちの1または複数に関連する所定の処理速度を達成するために変更される。

【0098】

いくつかの実施形態において、出力OUT # 1、OUT # 2、OUT # 3、および、OUT # 4におけるパラメータの検知の代わりまたは追加として、OUT # 1、OUT # 2、OUT # 3、および、OUT # 4におけるパラメータの値が最小化されるように、コンデンサC 5、C 6、C 7、C 8、C 1 7、C 1 9、C 2 2、および、C 2 4の位置（例えば、プレート間の距離、プレート間の角度など）を決定するために、位置センサが用いられる。位置センサの例は、線形センサおよび回転センサを含む。説明すると、位置センサは、電位差計または誘導位置センサまたは回転エンコーダを含む。各位置センサは、コンデンサの位置を測定するために、コンデンサC 5、C 6、C 7、C 8、C 1 7、C 1 9、

10

20

30

40

50

C 2 2、および、C 2 4の対応する1つに近接して配置される。位置は、位置センサから伝送ケーブルを介してプローブ制御/システム制御 1 1 0のプロセッサに提供される。プローブ制御/システム制御 1 1 0は、位置が所定の処理パラメータに対応するか否かを判定する。位置が所定の処理パラメータに対応しないと判定すると、プロセッサは、位置が所定の処理パラメータに対応する（例えば、一対一の関係を有する、対応関係を有する、など）ように、上述のようにコンデンサの位置を変化させる。コンデンサの位置と、所定の処理パラメータとの間の対応関係は、メモリデバイスに格納される。このように、コンデンサC 5、C 6、C 7、C 8、C 1 7、C 1 9、C 2 2、および、C 2 4のうちの1または複数のコンデンサの位置が、コンデンサC 5、C 6、C 7、C 8、C 1 7、C 1 9、C 2 2、および、C 2 4のうちの1または複数のコンデンサの位置に対応する所定の処理パラメータを達成するために、監視および制御される。

10

【 0 0 9 9 】

図7は、出力OUT # 1、OUT # 2、OUT # 3、および、OUT # 4におけるパラメータの値が互いから所定の範囲内にあるような、出力OUT # 1、OUT # 2、OUT # 3、および、OUT # 4におけるパラメータの値と、結合器/分配器 1 2 1の同調要素の変数の値との間の対応関係の一例である、テーブルリスト7 0 0を示す一実施形態の図である。テーブルリスト7 0 0は、結合器/分配器 1 2 1のメモリデバイスに格納される。テーブルリスト7 0 0は、出力OUT # 1 ~ OUT # 4におけるパラメータの値ならびに結合器/分配器 1 2 1のコンデンサC 5、C 6、C 7、C 8、C 1 7、C 1 9、C 2 2、および、C 2 4の変数の値の行を備える。

20

【 0 1 0 0 】

テーブルリスト7 0 0の第1行は、OUT # 1におけるパラメータの値V L 1、OUT # 2におけるパラメータの値V L 2、OUT # 3におけるパラメータの値V L 3、OUT # 4におけるパラメータの値V L 4、コンデンサC 5の静電容量の値V 1、コンデンサC 6の静電容量の値V 2、コンデンサC 7の静電容量の値V 3、コンデンサC 8の静電容量の値V 4、コンデンサC 1 7の静電容量の値V 5、コンデンサC 1 9の静電容量の値V 6、コンデンサC 2 2の静電容量の値V 7、および、コンデンサC 2 4の静電容量の値V 8、の間の対応関係である。例えば、OUT # 1におけるパラメータの値がV L 1と測定され、OUT # 2におけるパラメータの値がV L 2以外である時、OUT # 2において値V L 2を達成するために、コンデンサC 5の静電容量の値がV 1に変更される、および/または、コンデンサC 6の静電容量の値がV 2に変更される、および/または、コンデンサC 1 7の静電容量の値がV 5に変更される、および/または、コンデンサC 1 9の静電容量の値がV 6に変更される。値V L 1およびV L 2は、互いから所定の範囲内にある。同様に、テーブルリスト7 0 0の第2行は、OUT # 1におけるパラメータの値V L 5、OUT # 2におけるパラメータの値V L 6、OUT # 3におけるパラメータの値V L 7、OUT # 4におけるパラメータの値V L 8、コンデンサC 5の静電容量の値V 9、コンデンサC 6の静電容量の値V 1 0、コンデンサC 7の静電容量の値V 1 1、コンデンサC 8の静電容量の値V 1 2、コンデンサC 1 7の静電容量の値V 1 3、コンデンサC 1 9の静電容量の値V 1 4、コンデンサC 2 2の静電容量の値V 1 5、および、コンデンサC 2 4の静電容量の値V 1 6、の間の対応関係である。

30

40

【 0 1 0 1 】

本明細書に記載の実施形態は、ハンドヘルド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ム可能な家電、ミニコンピュータ、メインフレームコンピュータなど、様々なコンピュータシステム構成で実施されてもよい。実施形態は、ネットワークを通して接続された遠隔処理ハードウェアユニットによってタスクが実行される分散コンピューティング環境で実施されてもよい。

【 0 1 0 2 】

一部の実施形態において、コントローラは、システムの一部であり、システムは、上述の例の一部であってよい。かかるシステムは、1または複数の処理ツール、1または複数のチャンバ、処理のための1または複数のプラットフォーム、および/または、特定の処

50

理構成要素（ウエハペデスタル、ガスフローシステムなど）など、半導体処理装置を備える。これらのシステムは、半導体ウエハまたは基板の処理前、処理中、および、処理後に、システムの動作を制御するための電子機器と一体化される。電子機器は、「コントローラ」と呼ばれてもよく、1または複数のシステムの様々な構成要素または副部品を制御する。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、処理ガスの供給、温度設定（例えば、加熱および/または冷却）、圧力設定、真空設定、電力設定、RF発生器設定、RF整合回路設定、周波数設定、流量設定、流体供給設定、位置および動作設定、ならびに、ツールおよび他の移動ツールおよび/またはシステムと接続または結合されたロードロックの内外へのウエハ移動など、本明細書に開示の処理のいずれを制御するようプログラムされる。

10

【0103】

概して、様々な実施形態において、コントローラは、命令を受信する、命令を発行する、動作を制御する、洗浄動作を可能にする、エンドポイント測定を可能にすることなどを行う様々な集積回路、ロジック、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、プログラム命令を格納するファームウェアの形態のチップ、デジタル信号プロセッサ(DSP)、ASICとして定義されるチップ、PLD、および/または、1または複数のマイクロプロセッサ、もしくは、プログラム命令（例えば、ソフトウェア）を実行するマイクロコントローラを含む。プログラム命令は、様々な個々の設定（またはプログラムファイル）の形態でコントローラに伝えられて、半導体ウエハに対するまたは半導体ウエハのための特定の処理を実行するための動作パラメータ、もしくは、システムへの動作パラメータを定義する命令である。動作パラメータは、一部の実施形態において、ウエハの1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、ダイの加工中に1または複数の処理工程を達成するために処理エンジニアによって定義されるレシピの一部である。

20

【0104】

コントローラは、一部の実施形態において、コンピュータの一部であるか、または、コンピュータに接続されており、かかるコンピュータは、システムと一体化されるか、システムに接続されるか、その他の方法でシステムとネットワーク化されるか、または、それらの組み合わせでシステムに結合されている。例えば、コントローラは、「クラウド」内にあるか、もしくは、ウエハ処理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である。コンピュータは、現在の処理のパラメータを変更する、現在の処理に従って処理工程を設定する、または、新たな処理を開始するために、システムへのリモートアクセスを可能にして、製造動作の現在の進捗を監視する、過去の製造動作の履歴を調べる、もしくは、複数の製造動作からの傾向または性能指標を調べる。

30

【0105】

一部の実施形態では、リモートコンピュータ（例えば、サーバ）が、ネットワーク（ローカルネットワークまたはインターネットを含む）を介してシステムに処理レシピを提供する。リモートコンピュータは、パラメータおよび/または設定の入力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備え、パラメータおよび/または設定は、リモートコンピュータからシステムに通信される。いくつかの例において、コントローラは、データの形式で命令を受信し、命令は、1または複数の動作中に実行される処理工程の各々のためのパラメータを指定する。パラメータは、実行される処理のタイプならびにコントローラがインターフェース接続するまたは制御するよう構成された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、上述のように、コントローラは、ネットワーク化されて共通の目的（本明細書に記載の処理および制御など）に向けて動作する1または複数の別個のコントローラを備えることなどによって分散される。かかる目的のための分散コントローラの一例は、チャンバでの処理を制御するために協働するリモートに配置された（プラットフォームレベルにある、または、リモートコンピュータの一部として配置されるなど）1または複数の集積回路と通信するチャンバ上の1または複数の集積回

40

50

路を含む。

【0106】

限定はしないが、様々な実施形態において、システムの例は、プラズマエッチングチャンバまたはモジュール、蒸着チャンバまたはモジュール、スピンリンスチャンバまたはモジュール、金属メッキチャンバまたはモジュール、洗浄チャンバまたはモジュール、ベベルエッジエッチングチャンバまたはモジュール、物理蒸着（PVD）チャンバまたはモジュール、化学蒸着（CVD）チャンバまたはモジュール、原子層蒸着（ALD）チャンバまたはモジュール、原子層エッチング（ALE）チャンバまたはモジュール、イオン注入チャンバまたはモジュール、トラックチャンバまたはモジュール、ならびに、半導体ウエハの加工および/または製造に関連するかまたは利用されうる任意のその他の半導体処理システムを含む。

10

【0107】

一部の実施形態において、上述の動作は、いくつかのタイプのプラズマチャンバ、例えば、誘導結合プラズマ（ICP）リアクタ、トランス結合プラズマチャンバ、容量結合プラズマリアクタ、導体ツール、誘電体ツールを備えるプラズマチャンバ、電子サイクロトロン共鳴（ECR）リアクタを備えるプラズマチャンバなど、に適用されることにも注意されたい。例えば、1または複数のRF発生器が、ICPリアクタ内のインダクタに接続される。インダクタの形状の例は、ソレノイド、ドーム形コイル、平坦形コイルなどを含む。

【0108】

20

上述のように、ツールによって実行される1または複数の処理工程に応じて、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、隣接するツール、近くのツール、工場の至る所に配置されるツール、メインコンピュータ、別のコントローラ、もしくは、半導体製造工場内のツール位置および/またはロードポートに向かってまたはそこからウエハのコンテナを運ぶ材料輸送に用いられるツール、のうちの1または複数と通信する。

【0109】

上述の実施形態を念頭に置いて、実施形態の一部は、コンピュータシステムに格納されたデータを含め、コンピュータによって実行される様々な動作を用いることを理解されたい。これらの動作は、物理量を物理的に扱う動作である。本実施形態の一部を形成する本明細書で説明した動作はいずれも、有用な機械動作である。

30

【0110】

実施形態の一部は、さらに、これらの動作を実行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、専用コンピュータ向けに特別に構成される。専用コンピュータとして規定された場合、コンピュータは、特定の目的に含まれない他の処理、プログラム実行、または、ルーチンを実行しつつ、特定の目的のために動作することができる。

【0111】

一部の実施形態において、動作は、コンピュータメモリ、キャッシュに格納されたまたはコンピュータネットワークを介して取得された1または複数のコンピュータプログラムによって選択的にアクティベートまたは構成されたコンピュータで処理されてもよい。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、そのデータは、コンピュータネットワーク（例えば、コンピューティングリソースのクラウド）上の他のコンピュータによって処理されてもよい。

40

【0112】

1または複数実施形態は、非一時的なコンピュータ読み取り可能媒体上にコンピュータ読み取り可能なコードとして製造されてもよい。非一時的なコンピュータ読み取り可能媒体は、データを格納する任意のデータ記憶ハードウェアユニット（例えば、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出される。非一時的なコンピュータ読み取り可能媒体の例としては、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）

50

、ＣＤ－レコーダブル（ＣＤ－Ｒ）、ＣＤ－リライタブル（ＣＤ－ＲＷ）、磁気テープ、および、その他の光学式および非光学式のデータ記憶ハードウェアユニットが挙げられる。一部の実施形態において、非一時的なコンピュータ読み取り可能媒体は、コンピュータ読み取り可能なコードが分散的に格納および実行されるように、ネットワーク接続されたコンピュータシステム上に分散されたコンピュータ読み取り可能なタンジブル媒体を含む。

【０１１３】

上述の方法動作は、特定の順序で提示されているが、様々な実施形態において、その他のハウスキーピング処理が動作の合間に実行される、もしくは、方法動作が、若干異なる時間に実行される、様々な間隔で方法動作が起きることを許容するシステムに方法動作が分散される、または、上述したのとは異なる順序で実行されるように調整されることを理解されたい。

【０１１４】

さらに、一実施形態において、本開示に記載された様々な実施形態に記載された範囲を逸脱することなしに、本明細書に記載の任意の実施形態の１または複数の特徴が、任意の他の実施形態の１または複数の特徴と組み合わせられることに注意されたい。

【０１１５】

理解を深めるために、本実施形態について、ある程度詳しく説明したが、添付の特許請求の範囲内でいくらかの変更および変形を行ってもよいことは明らかである。したがって、本実施形態は、例示的なものであって、限定的なものではないとみなされ、実施形態は、本明細書に示した詳細に限定されず、添付の特許請求の範囲および等価物の範囲内で変形されてよい。

本発明は、たとえば、以下のような態様で実現することもできる。

適用例１：

システムであって、

第１周波数を有する第１ＲＦ信号を生成するよう構成された第１高周波（ＲＦ）発生器と、

第２周波数を有する第２ＲＦ信号を生成するよう構成された第２ＲＦ発生器と、

前記第１ＲＦ信号を受信するために前記第１ＲＦ発生器に接続された第１整合回路網であって、前記第１ＲＦ信号を受信して第１変調ＲＦ信号を出力するよう構成されている、第１整合回路網と、

前記第２ＲＦ信号を受信するために前記第２ＲＦ発生器に接続された第２整合回路網であって、前記第２ＲＦ信号を受信して第２変調ＲＦ信号を出力するよう構成されている、第２整合回路網と、

前記第１整合回路網の出力および前記第２整合回路網の出力に接続された結合器／分配器であって、前記第１変調ＲＦ信号および前記第２変調ＲＦ信号を結合して、結合ＲＦ信号を複数のプラズマ処理ステーションに供給するよう構成され、前記複数のプラズマ処理ステーションに接続された複数の出力を備え、前記結合器／分配器の前記複数の出力で測定されたパラメータに基づいて、前記複数のプラズマ処理ステーションに関連する複数のインピーダンスを調整するための前記第１および第２周波数用の複数の同調回路を備える、結合器／分配器と、

を備える、システム。

適用例２：

適用例１に記載のシステムであって、さらに、前記パラメータに基づいて、前記同調回路のうちの１または複数の変数を調節するよう構成されたシステムコントローラを備える、システム。

適用例３：

適用例１に記載のシステムであって、さらに、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの１つに関連する前記複数のインピーダンスのうちの１つが、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの別の１つに関連する前記複数のインピーダンスのうちの別の１つ

10

20

30

40

50

から所定の範囲内になるように、前記複数の同調回路のうちの 1 または複数の同調回路の、一つの変数を調節するよう構成されたシステムコントローラを備える、システム。

適用例 4 :

適用例 1 に記載のシステムであって、

前記複数の同調回路のうちの 1 つが、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの 1 つに供給される前記第 1 周波数の電力のレベルを変更するために調整されるコンデンサを備え、前記同調回路のうちの別の 1 つが、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの前記 1 つに供給される前記第 2 周波数の電力のレベルを変更するために調整されるコンデンサであり、

前記第 1 周波数の電力の前記レベルおよび前記第 2 周波数の電力の前記レベルは、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの別の 1 つに関連する前記複数のインピーダンスのうちの 1 つに基づいて変更される、システム。

10

適用例 5 :

適用例 1 に記載のシステムであって、前記結合器 / 分配器は、前記第 2 周波数が前記第 1 RF 発生器に影響を与えないように、前記第 2 周波数をフィルタリングするよう構成された遮断回路を備える、システム。

適用例 6 :

適用例 1 に記載のシステムであって、前記結合器 / 分配器は、

前記複数のプラズマ処理ステーションに対応する複数の擬似負荷と、

複数のスイッチであって、前記複数のスイッチの各々は、前記複数の擬似負荷の対応する 1 つまたは前記結合器 / 分配器の前記出力の対応する 1 つに接続されるよう構成され、複数のスイッチの 1 つが前記擬似負荷の 1 つに接続されているときに、前記複数の出力の 1 つに接続された前記複数のプラズマ処理ステーションの 1 つの中で、プラズマが使用不能になり、複数のスイッチの 1 つが前記結合器 / 分配器の前記複数の出力の前記 1 つに接続されているときに、前記複数の出力の前記 1 つに接続された前記複数のプラズマ処理ステーションの 1 つの中で、プラズマが使用可能になる、複数のスイッチと、

20

前記結合器 / 分配器の前記複数の出力への接続と前記複数の擬似負荷への接続との間で前記複数のスイッチの位置を変更するために、前記複数のスイッチに接続されたシステムコントローラと、

複数の直流 (DC) 遮断コンデンサであって、前記複数の DC 遮断コンデンサの各々は、DC 電力が前記複数の擬似負荷の対応する 1 つに印加されることを妨げるために、前記複数の擬似負荷の前記対応する 1 つに接続されている、複数の DC 遮断コンデンサと、を備える、システム。

30

適用例 7 :

適用例 1 に記載のシステムであって、さらに、

前記結合器 / 分配器の前記複数の出力で前記パラメータの複数の値を測定するために、前記結合器 / 分配器の前記複数の出力に接続された複数のパラメータプローブと、

前記パラメータの前記複数の値を前記複数のパラメータプローブから受信するために、前記複数のパラメータプローブに接続されたシステムコントローラと、

を備え、

40

前記システムコントローラは、前記複数のパラメータプローブから受信した前記パラメータの前記複数の値に基づいて前記同調回路を調整するために、前記複数の同調回路に接続されている、システム。

適用例 8 :

適用例 1 に記載のシステムであって、前記結合器 / 分配器は、複数の平衡インダクタを備え、前記複数の平衡インダクタの各々は、前記結合器 / 分配器の前記複数の出力のうちの対応する 1 つに接続され、前記複数の平衡インダクタの各々は、動作周波数の達成を容易にするように前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの対応する 1 つの共振周波数を制御するために用いられる、システム。

適用例 9 :

50

適用例 1 に記載のシステムであって、前記結合器 / 分配器、前記第 1 整合回路網、および、第 2 整合回路網は、前記複数のプラズマ処理ステーションの動作を円滑にするために、前記複数のプラズマ処理ステーションから離して配置される、システム。

適用例 1 0 :

適用例 1 に記載のシステムであって、前記結合器 / 分配器は、複数の同軸ケーブルを介して前記複数のプラズマ処理ステーションに接続され、前記複数の同軸ケーブルの各々は、前記結合器 / 分配器の一部である、システム。

適用例 1 1 :

適用例 1 に記載のシステムであって、前記第 1 および第 2 周波数用の前記複数の同調回路は、R F 電力が前記複数のプラズマ処理ステーションに供給されていて、前記パラメータが変化しているときに、前記複数のプラズマ処理ステーションに関連する前記インピーダンスを調整し、前記 R F 電力は、前記結合 R F 信号が前記複数のプラズマ処理ステーションに供給されるときに、前記複数のプラズマ処理ステーションに供給される、システム。

10

適用例 1 2 :

適用例 1 に記載のシステムであって、前記第 1 および第 2 周波数用の前記複数の同調回路は、前記複数のプラズマ処理ステーションに関連するさらなるパラメータに基づいて、前記複数のステーションにわたる前記パラメータの変動を最小化するように調整される、システム。

適用例 1 3 :

適用例 1 に記載のシステムであって、前記複数の出力は、前記複数のプラズマ処理ステーションの複数のペDESTAL、または前記複数のプラズマ処理ステーションの複数のシャワーヘッドに、接続される、システム。

20

適用例 1 4 :

適用例 1 に記載のシステムであって、前記複数の同調回路は、複数の位置にあるように構成され、前記複数の位置は、前記複数のインピーダンスを調整するために監視および制御される、システム。

適用例 1 5 :

適用例 1 に記載のシステムであって、前記結合器 / 分配器は複数のスイッチを備え、前記複数のスイッチの各々は、前記複数の擬似負荷の対応する 1 つまたは前記結合器 / 分配器の前記複数の出力の対応する 1 つに接続されるよう構成され、前記スイッチの各々は複数の位置を有し、前記複数の位置は、前記複数のインピーダンスを調整するために監視および制御される、システム。

30

適用例 1 6 :

結合器 / 分配器であって、

第 1 周波数の第 1 変調 R F 信号を第 1 整合回路網から受信するために、前記第 1 整合回路網を介して第 1 高周波 (R F) 発生器に接続された第 1 周波数回路であって、前記第 1 変調 R F 信号を受信して複数の R F 信号を出力するよう構成されている、第 1 周波数回路と、

第 2 周波数の第 2 変調 R F 信号を第 2 整合回路網から受信するために、前記第 2 整合回路網を介して第 2 R F 発生器に接続された第 2 周波数回路であって、前記第 2 変調 R F 信号を受信して複数の R F 信号を出力するよう構成され、前記第 1 周波数回路に接続されている、第 2 周波数回路と、

40

前記第 2 周波数回路に接続された出力回路であって、前記第 1 周波数回路から出力された前記複数の R F 信号の各々を、前記第 2 周波数回路から出力された前記複数の R F 信号の対応する 1 つと結合して、複数の結合 R F 信号を複数のプラズマ処理ステーションに供給するよう構成されている、出力回路と、

を備え、

前記出力回路は、前記複数のプラズマ処理ステーションに接続された複数の出力を有し、

50

前記第 1 周波数回路は、前記出力回路の前記複数の出力において測定されたパラメータに基づいて前記複数のプラズマ処理ステーションに関連する複数のインピーダンスを調整するために、前記第 1 周波数用の複数の第 1 周波数同調回路を備え、

前記第 2 周波数回路は、前記出力回路の前記複数の出力において測定された前記パラメータに基づいて前記複数のプラズマ処理ステーションに関連する前記複数のインピーダンスを調整するために、前記第 2 周波数用の複数の第 2 周波数同調回路を備える、結合器 / 分配器。

適用例 17 :

適用例 16 に記載の結合器 / 分配器であって、前記複数の第 1 周波数同調回路は、前記パラメータに基づいて調節される変数を有し、前記複数の第 2 周波数同調回路は、前記パラメータに基づいて調節される前記変数を有する、結合器 / 分配器。

10

適用例 18 :

適用例 16 に記載の結合器 / 分配器であって、前記複数の第 1 周波数同調回路は、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの別の 1 つに関連する前記複数のインピーダンスのうちの 1 つが、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの別の 1 つに関連する前記複数のインピーダンスのうちの別の 1 つから所定の範囲内になるように調節される変数を有し、前記複数の第 2 周波数同調回路は、前記複数のインピーダンスのうちの前記 1 つが、前記複数のインピーダンスのうちの前記別の 1 つから前記所定の範囲内になるように調節される変数を有する、結合器 / 分配器。

適用例 19 :

20

適用例 16 に記載の結合器 / 分配器であって、

前記複数の第 1 周波数同調回路のうちの 1 つが、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの 1 つに供給される前記第 1 周波数の電力のレベルを変更するために調整されるコンデンサを備え、前記複数の第 2 周波数同調回路のうちの 1 つが、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの前記 1 つに供給される前記第 2 周波数の電力のレベルを変更するために調整されるコンデンサであり、

前記第 1 周波数の電力の前記レベルおよび前記第 2 周波数の電力の前記レベルは、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの別の 1 つに関連する前記複数のインピーダンスのうちの 1 つに基づいて変更される、結合器 / 分配器。

適用例 20 :

30

適用例 16 に記載の結合器 / 分配器であって、前記第 1 周波数回路は、前記第 2 周波数が前記第 1 RF 発生器に影響を与えないように、前記第 2 周波数をフィルタリングするよう構成された遮断回路を備える、結合器 / 分配器。

適用例 21 :

適用例 16 に記載の結合器 / 分配器であって、前記出力回路は、

前記複数のプラズマ処理ステーションに対応する複数の擬似負荷と、

複数のスイッチであって、前記複数のスイッチの各々は、前記複数の擬似負荷の対応する 1 つまたは前記出力回路の前記複数の出力の対応する 1 つに接続されるよう構成されている、複数のスイッチと、

を備える、結合器 / 分配器。

40

適用例 22 :

適用例 16 に記載の結合器 / 分配器であって、さらに、

前記出力回路の前記複数の出力で前記パラメータの複数の値を測定するために、前記出力回路の前記複数の出力に接続された複数のパラメータプローブを備え、

前記複数の第 1 周波数同調回路は、前記パラメータの前記複数の値に基づいて調整されるよう構成され、

前記複数の第 2 周波数同調回路は、前記パラメータの前記複数の値に基づいて調整されるよう構成されている、結合器 / 分配器。

適用例 23 :

適用例 16 に記載の結合器 / 分配器であって、前記出力回路は、複数の平衡インダクタ

50

を備え、前記複数の平衡インダクタの各々は、前記出力回路の前記複数の出力のうちの対応する１つに接続され、前記複数の平衡インダクタの各々は、動作周波数の達成を容易にするように前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの対応する１つの周波数を制御するために用いられる、結合器／分配器。

適用例 2 4 :

システムであって、

結合器／分配器であって、

第 1 周波数の第 1 変調 R F 信号を第 1 整合回路網から受信するために、前記第 1 整合回路網を介して第 1 高周波 (R F) 発生器に接続された第 1 周波数回路であって、前記第 1 変調 R F 信号を受信して複数の R F 信号を出力するよう構成されている、第 1 周波数回路と、

10

第 2 周波数の第 2 変調 R F 信号を第 2 整合回路網から受信するために、前記第 2 整合回路網を介して第 2 R F 発生器に接続された第 2 周波数回路であって、前記第 2 変調 R F 信号を受信して複数の R F 信号を出力するよう構成され、前記第 1 周波数回路に接続されている、第 2 周波数回路と、

前記第 2 周波数回路に接続された出力回路であって、前記第 1 周波数回路から出力された前記複数の R F 信号の各々を、前記第 2 周波数回路から出力された前記複数の R F 信号の対応する 1 つと結合して、複数の結合 R F 信号を複数のプラズマ処理ステーションに供給するよう構成されている、出力回路と、を備え、

前記出力回路は、前記複数のプラズマ処理ステーションに接続された複数の出力を有し、

20

前記第 1 周波数回路は、前記第 1 周波数用の複数の第 1 周波数同調回路を備え、

前記第 2 周波数回路は、前記第 2 周波数用の複数の第 2 周波数同調回路を備える、結合器／分配器と、

前記結合器／分配器に接続されたシステムコントローラであって、

前記システムコントローラは、前記出力回路の前記複数の出力で測定されたパラメータに基づいて、前記複数の第 1 周波数同調回路を調整するよう構成され、

前記システムコントローラは、前記出力回路の前記複数の出力で測定された前記パラメータに基づいて、前記複数の第 2 周波数同調回路を調整するよう構成されている、システムコントローラと、

30

を備える、システム。

適用例 2 5 :

適用例 2 4 に記載のシステムであって、前記複数の第 1 周波数同調回路は、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの 1 つに関連する第 1 インピーダンスが、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの別の 1 つに関連する第 2 から所定の範囲内になるように、調節される変数を有し、前記複数の第 2 周波数同調回路は、前記第 1 インピーダンスが、前記第 2 インピーダンスから前記所定の範囲内になるように調節される前記変数を有する、システム。

適用例 2 6 :

適用例 2 4 に記載のシステムであって、

40

前記複数の第 1 周波数同調回路のうちの 1 つが、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの 1 つに供給される前記第 1 周波数の電力のレベルを変更するために調整されるコンデンサを備え、前記複数の第 2 周波数同調回路のうちの 1 つが、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの前記 1 つに供給される前記第 2 周波数の電力のレベルを変更するために調整されるコンデンサであり、

前記第 1 周波数の電力の前記レベルおよび前記第 2 周波数の電力の前記レベルは、前記複数のプラズマ処理ステーションのうちの別の 1 つに関連するインピーダンスに基づいて変更される、システム。

適用例 2 7 :

適用例 2 4 に記載のシステムであって、さらに、

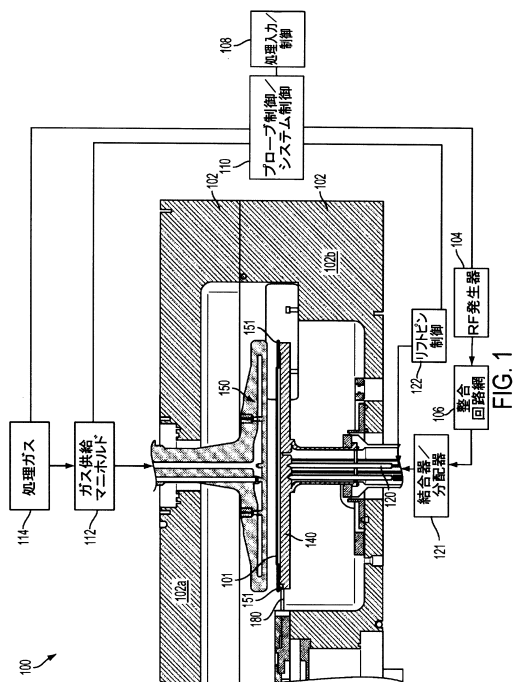
50

前記出力回路の前記複数の出力で前記パラメータの複数の値を測定するために、前記出力回路の前記複数の出力に接続された複数のパラメータプローブを備え、

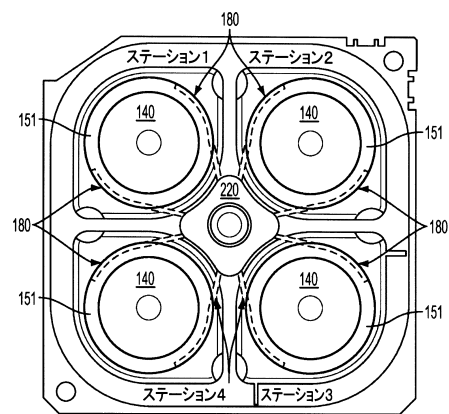
前記複数の第 1 周波数同調回路は、前記パラメータの前記複数の値に基づいて調整されるよう構成され、

前記複数の第2周波数同調回路は、前記パラメータの前記複数の値に基づいて調整されるよう構成されている、システム。

【 図 1 】



【圖 2】



【図 3】

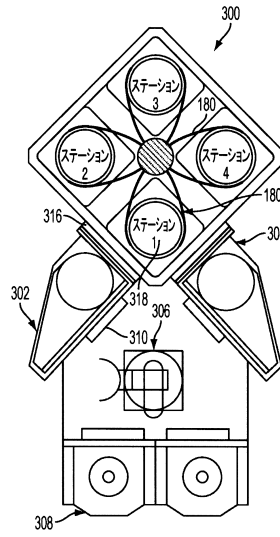


FIG. 3

【図 4】

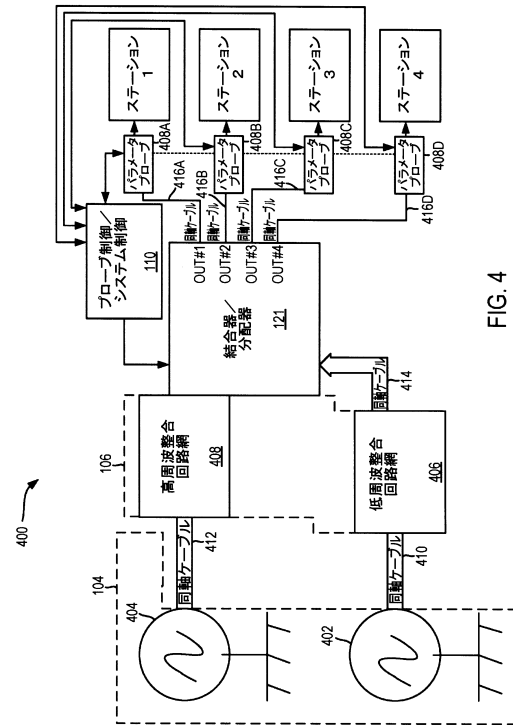


FIG. 4

【図 5】

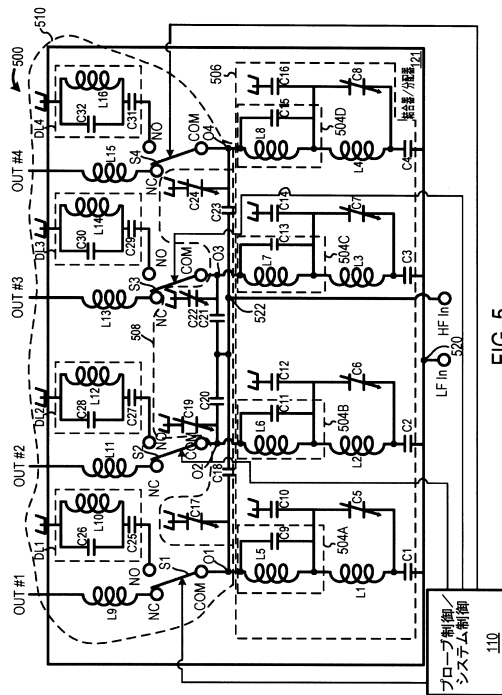


FIG. 5

【図 6】

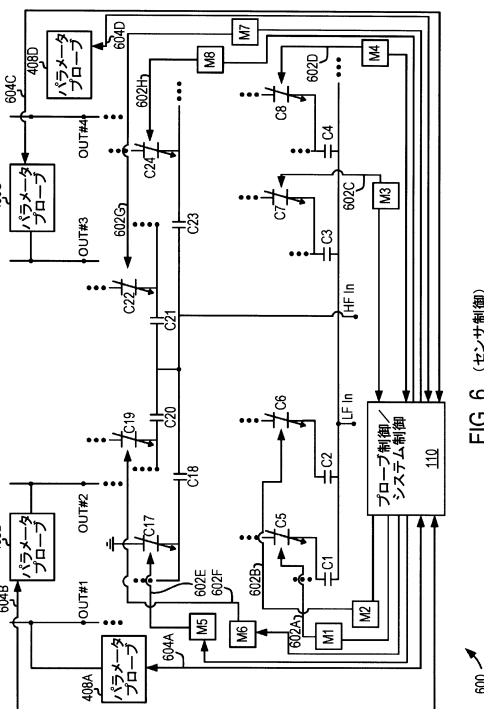


FIG. 6 (センサ制御)

【 図 7 】

700

OUT #1	OUT #2	OUT #3	OUT #4	C5	C6	C7	C8	C17	C19	C22	C24
V11	V12	VL3	VL4	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
V15	V16	VL7	VL8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

FIG. 7

フロントページの続き

- (72)発明者 ジョージ・トーマス
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 3 8 フレモント, クッシング・パークウェイ, 4 6 5
0
- (72)発明者 ヤスワンス・ランジネニ
アメリカ合衆国 オレゴン州 9 7 0 6 2 チュラチン, サウスウェスト・レプトン・ドライブ, 1
1 3 6 1
- (72)発明者 エドワード・アウグスティニャック
アメリカ合衆国 オレゴン州 9 7 0 6 2 チュラチン, サウスウェスト・レプトン・ドライブ, 1
1 3 6 1

審査官 右▲高▼ 孝幸

- (56)参考文献 米国特許第 0 7 0 4 2 3 1 1 (U S , B 1)
特表平 0 8 - 5 1 0 6 1 1 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 0 8 / 0 2 5 1 2 0 7 (U S , A 1)
特開 2 0 0 7 - 0 8 0 8 1 1 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
- | | |
|---------|-----------|
| H 0 5 H | 1 / 4 6 |
| H 0 1 L | 2 1 / 3 1 |