

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2024-69217

(P2024-69217A)

(43)公開日 令和6年5月21日(2024.5.21)

(51)国際特許分類

H 0 5 H 1/46 (2006.01)

F I

H 0 5 H 1/46

R

H 0 5 H 1/46

B

審査請求 有 請求項の数 40 O L 外国語出願 (全23頁)

(21)出願番号 特願2024-20914(P2024-20914)
 (22)出願日 令和6年2月15日(2024.2.15)
 (62)分割の表示 特願2019-77533(P2019-77533)の
 分割
 原出願日 平成31年4月16日(2019.4.16)
 (31)優先権主張番号 15/958,569
 (32)優先日 平成30年4月20日(2018.4.20)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 米国(US)

(71)出願人 390040660
 アプライド マテリアルズ インコーポレ
 イテッド
 APPLIED MATERIALS ,
 INCORPORATED
 アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 5 0
 5 4 , サンタ クララ , パウアーズ ア
 ヴェニュー 3 0 5 0
 3 0 5 0 Bowers Avenue
 Santa Clara CA 9 5 0 5 4
 U . S . A .
 (74)代理人 110002077
 園田・小林弁理士法人
 (72)発明者 クラウス , フィリップ アレン
 アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 5 1
 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 フェーズドアレイのモジュール型高周波源

(57)【要約】 (修正有)

【課題】プラズマの均一性を向上し、基板の均一な処理が得られるようにする。

【解決手段】本書に記載の実施形態は、複数の高周波発出モジュールと1つの位相コントローラとを備える、モジュール型高周波発出源を含む。一実施形態では、各高周波発出モジュールは、発振モジュールと、増幅モジュールと、アプリケーションとを備える。一実施形態では、各発振モジュールは、電圧制御回路と電圧被制御発振器とを備える。一実施形態では、各増幅モジュールは1つの発振モジュールに連結され、各アプリケーションは1つの増幅モジュールに連結される。一実施形態では、位相コントローラが、各発振モジュールと通信可能に連結される。

【選択図】なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の高周波発出モジュールであって、各高周波発出モジュールが、
電圧制御回路及び電圧被制御発振器を備える発振モジュール、
前記発振モジュールに連結されている増幅モジュール、及び、
前記増幅モジュールに連結されているアプリケーションを備える、複数の高周波発出モジュールと、
各発振モジュールと通信可能に連結された位相コントローラとを備える、
モジュール型高周波発出源。

【請求項 2】

各高周波発出モジュールの前記アプリケーションがフェーズドアレイの一部である、請求項 1 に記載のモジュール型高周波発出源。

【請求項 3】

前記位相コントローラが、前記フェーズドアレイによって発出される電磁放射パターンを形成するように、前記発振モジュールによって生成される電磁放射の位相関係を制御する、請求項 2 に記載のモジュール型高周波発出源。

【請求項 4】

前記電磁放射パターンが静止パターンである、請求項 3 に記載のモジュール型高周波発出源。

【請求項 5】

前記電磁放射パターンが動的パターンである、請求項 3 に記載のモジュール型高周波発出源。

【請求項 6】

高周波がマイクロ波周波数である、請求項 1 に記載のモジュール型高周波発出源。

【請求項 7】

前記高周波が 0 . 1 M H z ~ 3 0 0 G H z である、請求項 1 に記載のモジュール型高周波発出源。

【請求項 8】

処理チャンバと、
モジュール型高周波発出源とを備える、処理ツールであって、前記モジュール型高周波発出源が、

複数の高周波発出モジュールを備え、各高周波発出モジュールが、
電圧制御回路及び電圧被制御発振器を備える発振モジュール、
前記発振モジュールに連結されている増幅モジュール、及び、
前記増幅モジュールに連結されているアプリケーションであって、一又は複数の基板が処理される前記処理チャンバ内のチャックに対向して配置されているアプリケーションを備え、

前記モジュール型高周波発出源は更に、各発振モジュールと通信可能に連結された位相コントローラを備える、

処理ツール。

【請求項 9】

各高周波発出モジュールの前記アプリケーションがフェーズドアレイの一部である、請求項 7 に記載の処理ツール。

【請求項 10】

前記位相コントローラが、前記フェーズドアレイによって発出される電磁放射パターンを形成するように、前記発振モジュールによって生成される電磁放射の位相関係を制御する、請求項 9 に記載の処理ツール。

【請求項 11】

前記電磁放射がプラズマを励起する、請求項 10 に記載の処理ツール。

【請求項 12】

10

20

30

40

50

前記電磁放射パターンが動的パターンである、請求項 10 に記載の処理ツール。

【請求項 13】

前記電磁放射パターンが静的パターンである、請求項 10 に記載の処理ツール。

【請求項 14】

高周波がマイクロ波周波数である、請求項 8 に記載の処理ツール。

【請求項 15】

前記高周波が 0.1 MHz ~ 300 GHz である、請求項 8 に記載の処理ツール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

実施形態は、高周波発生源 (high-frequency emission sources) の分野に関し、ある特定の実施形態では、高周波発出モジュールのレイを含むモジュール型高周波発出源であって、各高周波発出モジュールが、増幅モジュールに連結された発振モジュールと、アプリケーションとを備えている、モジュール型高周波発出源に関する。

10

【背景技術】

【0002】

関連技術についての説明

高周波放射システムの、プラズマ処理に使用するためのものを含む用途は、数多くの異なるテクノロジー (例えば半導体産業、ディスプレイテクノロジー、微小電気機械システム (MEMS) におけるものなど) の製造において、広範囲に使用されている。現在、単一アンテナを有する無線周波数 (RF) 放射システムが、最もよく使用されている。しかし、高い (マイクロ波周波数を含む) 周波数でプラズマが生成される場合、プラズマ密度が高いプラズマ、及び / 又は中性励起種の濃度が高いプラズマが、形成される。残念ながら、単一アンテナにより作り出される高周波放射システム (例えば、プラズマを形成するために使用されるもの) は、それらに固有の欠点に悩まされる。

20

【0003】

典型的な高周波放射システム (例えばマイクロ波プラズマを形成するためのもの) では、単体の大型の高周波又はマイクロ波の放射源 (マグネトロンなど) と、マグネトロンから処理チャンバにマイクロ波放射を誘導するための伝送路とが使用される。例えば、半導体産業における典型的な大電力マイクロ波応用では、伝送路はマイクロ波導波管である。マイクロ波源の特定の周波数を搬送するよう設計された導波管の外部では、マイクロ波電力が距離と共に急速に減衰するので、導波管が使用される。マイクロ波放射を処理チャンバに伝送するには、更なる構成要素 (例えばチューナ、カプラ、モード変換器など) も必要になる。これらの構成要素により、システムの構築が大型の (すなわち、少なくとも導波管と関連構成要素とを合わせたのと同程度の大きさの) ものに制限され、かつ、その設計も大幅に制限される。これにより、プラズマを形成するために使用されうる高周波放射電磁界 (radiation field) の形状寸法も制約を受ける。高周波放射電磁界の形状寸法は導波管の形状に類似するからである。

30

【0004】

したがって、高周波放射電磁界の形状寸法と処理されている基板の形状寸法とを合致させることは困難である。詳細には、プラズマを形成することと基板を放射に曝露することのいずれのためであっても、プロセスが基板 (例えば、200 mm の、300 mm の、又はそれを上回る直径の、シリコンウエハ、ディスプレイ産業で使用されるガラス基板、又は、ロールツーロール製造で使用される連続基板など) の全面積に均一に実施される場合には、マイクロ波周波数の高周波放射電磁界を作り出すことは困難である。マイクロ波で生成されたプラズマの一部は、大表面全体にマイクロ波のエネルギーが広がることを可能にするために、スロットラインアンテナを使用しうる。しかし、かかるシステムは、複雑なものであり、特定の形状寸法を必要とし、かつ、プラズマに結合されうる電力密度に制限される。

40

50

【0005】

更に、高周波放射システムは、典型的には、非常に均一というわけではなく、かつ/又は空間的にチューニング可能な濃度を有しえない、放射電磁界及び/又はプラズマを生成する。処理される基板のサイズが大きくなり続けるにつれて、エッジ効果に対応することは、ますます困難になっている。加えて、放射電磁界及び/又はプラズマのチューニングが不可能であることは、入ってくる基板の不均一性に対応して処理レシピを改変し、設計的な補償を行うために不均一性が必要とされる処理システム(例えば、いくつかの処理チャンバにおける、回転するウエハの不均一な半径方向速度に適應するために不均一性が必要とされる処理システム)について放射電磁界密度及び/又はプラズマ密度を調整する能力を制限する。

10

【発明の概要】

【0006】

本書に記載の実施形態は、複数の高周波発出モジュールと1つの位相コントローラとを備える、モジュール型高周波発出源を含む。一実施形態では、各高周波発出モジュールは、発振モジュールと、増幅モジュールと、アプリケーションとを備える。一実施形態では、各発振モジュールは、電圧制御回路と電圧被制御発振器とを備える。一実施形態では、各増幅モジュールが1つの発振モジュールに連結される。一実施形態では、各アプリケーションが1つの増幅モジュールに連結される。一実施形態では、位相コントローラが、各発振モジュールと通信可能に連結される。

【0007】

本書に記載の実施形態は、モジュール型高周波発出源を含む。一実施形態では、モジュール型高周波発出源は、複数の高周波発出モジュールと1つの位相コントローラとを備える。一実施形態では、各高周波発出モジュールは、発振モジュールと、増幅モジュールと、アプリケーションとを備える。一実施形態では、発振モジュールは、電圧制御回路と電圧非制御発振器とを備え、出力される高周波電磁放射を生成するために、電圧制御回路からの出力電圧が電圧被制御発振器の発振を駆動する。一実施形態では、増幅モジュールは、発振モジュールに連結され、かつ、電圧被制御発振器から出力された高周波電磁放射を増幅させる。一実施形態では、アプリケーションが増幅モジュールに連結される。一実施形態では、位相コントローラが、発振モジュールの各々と通信可能に連結される。一実施形態では、位相コントローラは、発振モジュールの各々により生成される、出力される高周波電磁放射の位相関係を制御する。

20

30

【0008】

本書に記載の実施形態は、処理チャンバとモジュール型高周波発出源とを備える、処理ツールを含む。一実施形態では、モジュール型高周波発出源は、複数の高周波発出モジュールと1つの位相コントローラとを備える。一実施形態では、各高周波発出モジュールは、発振モジュールと、増幅モジュールと、アプリケーションとを備える。一実施形態では、各発振モジュールは、電圧制御回路と電圧被制御発振器とを備える。一実施形態では、各増幅モジュールが1つの発振モジュールに連結される。一実施形態では、各アプリケーションが1つの増幅モジュールに連結される。一実施形態では、アプリケーションは、処理チャンバ内のチャック(その上で一又は複数の基板が処理される)に対向して配置される。一実施形態では、位相コントローラが、各発振モジュールと通信可能に連結される。

40

【0009】

上記の要約は、全ての実施形態の網羅的なリストを含むものではない。上記で要約した様々な実施形態の全ての好適な組合せにより実践可能なものだけでなく、以下の「発明を実施するための形態」において開示されている、特に、本出願と共に提出される特許請求の範囲において指摘されている、全てのシステム及び方法が含まれると、想定される。かかる組み合わせは、上記の要約において具体的に列挙されていない特定の利点も有する。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】一実施形態による、モジュール型高周波発出源を含む処理ツールの概略図である

50

。

【図 2 A】一実施形態による、フィードバック制御を伴う固体状態の高周波発出モジュールの概略ブロック図である。

【図 2 B】一実施形態による、1つの位相コントローラと電氣的に連結されている複数の発振モジュールとフィードバック制御とを含むモジュール型高周波発出源を有する処理ツールの、電子機器の一部分の概略ブロック図である。

【図 2 C】一実施形態による、1つの位相コントローラと電氣的に連結されている複数の発振モジュールを含むモジュール型高周波発出源を有する処理ツールの、電子機器の一部分の概略ブロック図である。

【図 3】一実施形態による、マイクロ波放射と処理チャンバとを連結するために使用されうる、アプリケーションの断面図である。 10

【図 4】一実施形態による、処理チャンバの一部である誘電体シートの上に配置された、アプリケーションのアレイの断面図である。

【図 5 A】一実施形態による、マイクロ波放射と処理チャンバとを連結するために使用されうる、アプリケーションのアレイの平面図である。

【図 5 B】更なる一実施形態による、マイクロ波放射と処理チャンバとを連結するために使用されうる、アプリケーションのアレイの平面図である。

【図 5 C】一実施形態による、アプリケーションのアレイと、プラズマの状態を検出するための複数のセンサとの平面図である。

【図 5 D】一実施形態による、多ゾーン処理ツールの2つのゾーン内に形成されている、アプリケーションのアレイの平面図である。 20

【図 6】一実施形態による、モジュール型マイクロ波放射源と併せて使用されうる、例示的なコンピュータシステムのブロック図を示す。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本書に記載の実施形態によるデバイスは、フェーズドアレイとして機能するよう構成されている高周波発出モジュールのアレイを備える、モジュール型高周波発出源を含む。以下の説明では、実施形態の網羅的な理解を提供するために、多数の具体的な詳細事項が明記される。当業者には、これらの具体的な詳細がなくとも実施形態は実践可能であることが、自明となろう。他の事例では、実施形態が不必要に不明瞭にならないように、周知の態様については詳しく説明しない。更に、添付の図面に示す様々な実施形態は例示的な表現であり、必ずしも縮尺どおりには描かれていないことを、理解されたい。 30

【0012】

実施形態は、高周波発出モジュールのアレイを備えるモジュール型高周波発出源を含む。本書で使用される場合、「高周波 (high-frequency)」電磁放射は、無線周波数 (radio frequency) 放射、超高周波放射、極超高周波放射、及びマイクロ波放射を含む。「高周波」とは、0.1 MHz ~ 300 GHz の周波数のことでありうる。一実施形態によれば、各高周波発出モジュールは、発振モジュールと、増幅モジュールと、アプリケーションとを備える。一実施形態では、発振モジュール及び増幅モジュールは、全て固体状態電子部品である複数の電気部品を備える。 40

【0013】

一実施形態では、位相コントローラ、発振モジュール、及び増幅モジュールは、全て固体状態電子部品である複数の電気部品を備える。例えば、マグネトロンに代わって固体状態電子機器を使用することで、高周波放射源のサイズ及び複雑性を大幅に低減することが可能になる。詳細には、固体状態部品は、上述のマグネトロンハードウェアよりもずっと小型である。加えて、固体状態部品を使用することで、高周波放射を処理チャンバに伝送するのに必要な、場所を取る導波管をなくすことが可能になる。その代わりに、高周波放射は、同軸配線を用いて伝送されうる。導波管をなくすことで、大面積のモジュール型高周波発出源を構築することも可能になり、この場合、形成されるプラズマのサイズが導波管のサイズによって制限されなくなる。代わりに、高周波発出モジュールのアレイは、い 50

かなる基板形状にも合致する、思い通りに大きな（かつ思い通りの形状の）プラズマの形成を可能にする、所与のパターンに構築されうる。更に、アプリケーションの断面形状は、アプリケーションのアレイが、可能な限り密に、ひとまとめにパッキングされうるように選ばれうる（すなわち最密アレイ）。

【 0 0 1 4 】

高周波発出モジュールのアレイを使用することで、各高周波発出モジュール向けの増幅モジュールの電力設定を個別に変更することによって放射電磁界及び／又はプラズマ密度を局所的に変更する能力における、より大きなフレキシビリティも提供される。これにより、放射電磁界曝露及び／又はプラズマ処理における均一性の最適化（例えば、ウエハエッジ効果に関して行われる調整、入ってくるウエハの不均一性に関して行われる調整など）が可能となり、また、設計的な補償を行うために不均一性が必要とされる処理システム（例えば、いくつかの処理チャンバにおいて回転するウエハの不均一な半径方向速度に適應するために不均一性が必要とされる処理システム）について放射電磁界曝露及び／又はプラズマ密度を調整する能力が可能になる。

10

【 0 0 1 5 】

更なる実施形態は、放射電磁界曝露及び／又はプラズマをモニタする一又は複数のセンサも含みうる。かかる実施形態により、プラズマの密度、電界強度、又は他の任意のプラズマ特性若しくは放射電磁界特性を各アプリケーションによって局所的に測定するため、及び、この測定をフィードバックループの一部として使用して各高周波発出モジュールに印加される電力を制御するための、方策がもたらされる。したがって、各高周波発出モジュールが個別のフィードバックを有しうる。又は、アレイの中の高周波発出モジュールのサブセットが、制御ゾーンごとにグループ化されてよく、この場合、フィードバックループは、ゾーン内の高周波発出モジュールのサブセットを制御する。

20

【 0 0 1 6 】

高周波発出モジュールを個別に使用することで、放射電磁界及び／又はプラズマのチューニング可能性が強化されることに加えて、既存の放射源及び／又はプラズマ源において現在使用可能なものよりも高い、電力密度が提供される。例えば、高周波発出モジュールにより、典型的なRFプラズマ処理システムのおよそ5倍かそれを上回る、電力密度が可能になりうる。例えば、プラズマ化学気相堆積プロセスでの典型的な電力は、およそ3,000Wであり、300mm直径のウエハにおよそ4W/cm²の電力密度を提供する。これに対して、実施形態による高周波発出モジュールは、およそ1のアプリケーションパッキング密度でおよそ24W/cm²の電力密度を提供するために、300Wの電力増幅器を、4cm直径のアプリケーションと共に使用しうる。1/3のアプリケーションパッキング密度で、かつ1000Wの電力増幅器を使用すると、27W/cm²の電力密度が提供される。1のアプリケーションパッキング密度で、かつ1000Wの電力増幅器を使用すると、80W/cm²の電力密度が提供される。

30

【 0 0 1 7 】

高周波放射源及び／又はプラズマ（マイクロ波プラズマなど）を作り出すための一般的なアプローチは、単一の発振モジュール、並びに、高周波エネルギーと基板とを結合するため、及び／又は、プラズマを形成する場合には高周波エネルギーとプロセスガスとを結合するための、単一の電極又はアプリケーションの使用を伴う。しかし、複数の電極／アプリケーション構造体を、この複数の電極／アプリケーションの各々に電力供給するために分岐している単一の発振モジュールと共に使用することには、欠点がある。詳細には、電磁放射が単一の発振モジュールによって生成されることにより、各アプリケーションが発出する電磁放射が互いに同じ周波数に、かつ決まった位相になるので、干渉縞が必然的に生じることになる。この干渉縞により、不均一な放射電磁界及び／又はプラズマをもたらす、局所的な最大値及び最小値が発生する。

40

【 0 0 1 8 】

したがって、実施形態は高周波発出モジュールのアレイを含み、各高周波発出モジュールは専用の発振モジュールを有する。各発振モジュールによって生成される干渉縞を制御

50

するために、発振モジュールは、位相コントローラと通信可能に連結されうる。一実施形態では、位相コントローラは、均一な放射電磁界及び/又はプラズマを提供するために、各発振モジュールによって生成される電磁放射の位相をランダム化しうる。例えば、第1発振モジュールによって生成される電磁放射は、第2発振モジュールによって生成される電磁放射と干渉しないことがある。なぜなら、第1と第2の発振モジュールは、同じ周波数であるわけでも、それらの間に制御された位相差を有するわけでもなくなりうるからである。プラズマが形成される実施形態では、干渉縞は存在しないので、プラズマの均一性が向上する。同様に、プラズマが形成されない(例えばマイクロ波加熱又はマイクロ波硬化の)場合、干渉縞は回避され、一実施形態では、基板のより均一な加熱又は硬化が得られる。

10

【0019】

更なる一実施形態では、位相コントローラは、発振モジュールの各々により生成される電磁放射の干渉の制御を行うために使用されうる。周波数コントローラにより、複数の高周波発出モジュールがフェーズドアレイとして操作されることが可能になりうる。例えば、位相コントローラは、強め合う干渉及び弱め合う干渉をチャンパ内の望ましい場所に提供することによって放射電磁界及び/又はプラズマの形状の更なる制御を行うために、各発振モジュールによって生成される高周波電磁放射の位相及び周波数を制御しうる。一実施形態では、発振モジュールの位相制御により、チャンパの中で動的になり(例えば、スキャンされ、移動し、変調され)うる放射電磁界及び/又はプラズマも、可能になりうる。

20

【0020】

ここで図1を参照するに、一実施形態による、処理ツール100の断面図が示されている。一部の実施形態では、処理ツール100は、放射電磁界及び/又はプラズマを使用する任意の種類 of 処理工程に適した処理ツールでありうる。例えば、処理ツール100は、プラズマ化学気相堆積(PECVD)、プラズマ原子層堆積(PEALD)、エッチング及び選択的除去のプロセス、並びにプラズマ洗浄に使用される、処理ツールでありうる。本書で詳しく説明している実施形態はプラズマ処理ツールを対象としているが、更なる実施形態は、高周波電磁放射を利用する任意のツールを含む処理ツール100を含みうることを、認識されたい。例えば、プラズマを形成せずに高周波電磁放射を利用する処理ツール100は、産業上の加熱、脱ガス、表面活性化、及び/又は硬化を行う処理ツール100を含みうる。

30

【0021】

通常、実施形態は、チャンパ178を含む処理ツール100を含む。処理ツール100では、チャンパ178は真空チャンパでありうる。真空チャンパは、チャンパからガスを除去して望ましい減圧を提供するための、ポンプ(図示せず)を含みうる。更なる実施形態は、チャンパ178内に処理ガスを提供するための一又は複数のガスライン170と、チャンパ178から副生成物を除去するための排気ライン172とを含む、チャンパ178を含みうる。更なる一実施形態では、チャンパ178は、圧力を1気圧以上に維持するための、圧力容器でありうる。図示していないが、処理ツール100は、処理ガスを基板174全体に均一に分配するためのシャワーヘッドを含みうることを、認識されたい。一部の実施形態では、処理ツール100は、オプションで、チャンパを含まないことがある(すなわち、処理ツール100は無チャンパ型処理ツールでありうる)。

40

【0022】

一実施形態では、基板174は、チャック176上に支持されうる。例えば、チャック176は、静電チャックなどの任意の好適なチャックでありうる。このチャックは、処理中に基板174の温度制御を行うための、冷却ライン及び/又はヒータも含みうる。本書に記載の高周波発出モジュールがモジュール型構成であることにより、実施形態は、処理ツール100が任意のサイズの基板174に適應することを可能にする。例えば、基板174は、半導体ウエハ(例えば200mm、300mm、又は450mm以上)でありうる。代替的な実施形態は、半導体ウエハ以外の基板174も含む。例えば、実施形態は、

50

(例えばディスプレイテクノロジー向けの)ガラス基板を処理するよう構成された、処理ツール100を含みうる。

【0023】

一実施形態によれば、処理ツール100は、モジュール型高周波発出源104を含む。モジュール型高周波発出源104は、高周波発出モジュール105のアレイを備えうる。一実施形態では、各高周波発出モジュール105は、発振モジュール106と、増幅モジュール130と、アプリケーション142とを含みうる。一実施形態では、発振モジュール106及び増幅モジュール130は、固体状態電気部品である電気部品を備えうる。一実施形態では、複数の発振モジュール106の各々は、別個の増幅モジュール130と通信可能に連結されうる。一部の実施形態では、発振モジュール106と増幅モジュール130との間には1:1の比率がありうる。例えば、各発振モジュール106は、単一の増幅モジュール130に電氣的に連結されうる。

10

【0024】

一実施形態では、各発振モジュール106は電磁放射を生成し、この電磁放射が増幅モジュール130に伝送される。電磁放射は、増幅モジュール130によって処理された後に、アプリケーション142に伝送される。一実施形態によれば、アプリケーション142のアレイ140がチャンバ178に連結され、その各々は、チャンバ178内に電磁放射を発生させる。一部の実施形態では、アプリケーション142は、プラズマを発生させるために、チャンバ178内で電磁放射と処理ガスとを結合させる。

【0025】

ここで図2Aを参照するに、一実施形態による、モジュール型高周波発出源104の高周波発出モジュール105における電子機器の概略ブロック図が示されている。一実施形態では、各発振モジュール106は、望ましい周波数の高周波電磁放射を発生させるように電圧被制御発振器220に入力電圧を提供するための、電圧制御回路210を含む。実施形態は、およそ1V~10VDCの入力電圧を含みうる。電圧被制御発振器220は電子発振器であり、その発振周波数は入力電圧によって制御される。一実施形態によれば、電圧制御回路210からの入力電圧により、電圧被制御発振器220は望ましい周波数で発振することになる。一実施形態では、高周波電磁放射は、およそ0.1MHz~30MHzの周波数を有しうる。一実施形態では、高周波電磁放射は、およそ30MHz~300MHzの周波数を有しうる。一実施形態では、高周波電磁放射は、およそ300MHz~1GHzの周波数を有しうる。一実施形態では、高周波電磁放射は、およそ1GHz~300GHzの周波数を有しうる。一実施形態では、複数の発振モジュール106のうちの一又は複数は、別の周波数で電磁放射を発生しうる。

20

30

【0026】

一実施形態によれば、電磁放射は、電圧被制御発振器120から増幅モジュール130に伝送される。増幅モジュール130は、ドライバ/前置増幅器234と、主電力増幅器236であって、その各々が電力供給源239に連結されている主電力増幅器236とを含みうる。一実施形態によれば、増幅モジュール130はパルスモードで動作しうる。例えば、増幅モジュール130は、1%~99%のデューティサイクルを有しうる。より詳細な実施形態では、増幅モジュール130は、およそ15%~50%のデューティサイクルを有しうる。

40

【0027】

一実施形態では、電磁放射は、増幅モジュール130によって処理された後に、アプリケーション142に伝送されうる。しかし、出力インピーダンスの不整合により、アプリケーション142に伝送される電力の一部が反射されうる。したがって、一部の実施形態は、順方向電力283及び反射電力282のレベルを感知し、制御回路モジュール221にフィードバックすることを可能にする、検出モジュール281を含む。検出モジュール281は、システム内の一又は複数の別々の場所に配置されうることを、認識されたい。一実施形態では、制御回路モジュール221は、反射電力282及び順方向電力283をインタープリット(interprets)し、かつ、発振モジュール106と通信可能に連結さ

50

れている制御信号 285 のレベル、及び、増幅モジュール 130 と通信可能に連結されている制御信号 286 のレベルを決定する。一実施形態では、制御信号 285 は、増幅モジュール 130 に結合される放射の高周波数を最適化するように、発振モジュール 106 を調整する。一実施形態では、制御信号 286 は、アプリケーション 142 に連結される出力電力を最適化するように、増幅モジュール 130 を調整する。

【0028】

一実施形態では、発振モジュール 106 及び増幅モジュール 130 のフィードバック制御により、反射電力のレベルが順方向電力のおよそ 5% を下回ることが可能になりうる。一部の実施形態では、発振モジュール 106 及び増幅モジュール 130 のフィードバック制御により、反射電力のレベルが順方向電力のおよそ 2% を下回ることにも可能になりうる。したがって、実施形態により、処理チャンバ 178 内に連結される順方向電力のパーセンテージの増大、及び、プラズマに結合される使用可能電力の増大が、可能になる。更に、フィードバック制御を使用するインピーダンスチューニングは、典型的なスロットプレートアンテナにおけるインピーダンスチューニングよりも優れている。スロットプレートアンテナでは、インピーダンスチューニングは、アプリケーション内に形成された 2 つの誘電体スラグを移動させることを伴う。これはアプリケーション内の 2 つの別個の構成要素の機械的運動を伴い、これにより、アプリケーションの複雑性が増大する。更に、この機械的運動は、電圧被制御発振器 220 によって提供されうる周波数の変化ほどには精密ではないことがある。

10

【0029】

ここで図 2B を参照するに、一実施形態による、高周波発出モジュール 105 のアレイを有する、モジュール型高周波発出源 104 の固体状態電子機器の一部分の概略図が示されている。図示している実施形態では、各高周波発出モジュール 105 は、別個の増幅モジュール 130 と通信可能に連結されている、1 つの発振モジュール 106 を含む。増幅モジュール 130 の各々は、別々のアプリケーション 142 に連結されうる。一実施形態では、制御回路 221 は、発振モジュール 106 及び増幅モジュール 130 と通信可能に連結されうる。

20

【0030】

一実施形態では、複数の発振モジュール 106 の各々は、位相コントローラ 295 と通信可能に連結される。一実施形態では、位相コントローラ 295 は、発振モジュール 106 の各々により生成される電磁放射の位相関係及び周波数を制御するために使用されうる。例えば、位相コントローラ 295 は、各発振モジュール 106 に送信される信号を生成するプロセッサを含みうる。この信号は、種々の位相を生成するために、別々のタイミングで発振モジュール 106 を起動させうる。

30

【0031】

かかる一実施形態では、位相コントローラ 295 により、各高周波発出モジュール 105 のアプリケーション 142 がフェーズドアレイの一部として操作されることが可能になる。フェーズドアレイにより、アプリケーション 142 の各々によって発出される電磁放射が、ひとつにまとまって（すなわち強め合う干渉）チャンバの望ましい場所における放射を増大させると共に、打ち消し合って（すなわち弱め合う干渉）チャンバ 178 の望ましくない場所における放射を抑制することが、可能になる。アプリケーション 142 同士の空間的關係、及び発振モジュール 106 によって生成される電磁放射の周波数は、処理チャンバ 178 内で望ましい電磁放射パターンを形成するのに必要な電磁放射の位相関係を決定するために位相コントローラ 295 によって使用される、入力でありうる。

40

【0032】

一実施形態では、位相コントローラ 295 は、チャンバ 178 内に静電磁放射パターンを提供するように操作されうる。例えば、静電磁放射パターンとは、チャンバ 178 における強め合う又は弱め合う干渉の比較的不変のパターンのことでありうる。一実施形態では、位相コントローラ 295 は、チャンバ 178 内に動電磁放射パターンを提供するように操作されうる。例えば、動電磁放射パターンとは、局所的な最大値及び / 又は最小値がチャ

50

ンバ 178 の空間全体にわたって移動する、パターンのことでありうる。かかる一実施形態は、種々の処理ゾーンを通過して移動する基板を含む処理ツールにおいて使用される場合、有利でありうる。

【0033】

図示している実施形態では、発振モジュール 106 及び増幅モジュール 130 の各々は、単一の基板 290 (プリント基板 (PCB) など) 上に形成される。しかし、発振モジュール 106 及び増幅モジュール 130 は、2 つ以上の別々の基板 290 の上にも形成されうることを、認識されたい。図示している実施形態では、4 つの高周波発出モジュール 105 が示されている。しかし、モジュール型高周波発出源 104 は、2 つ以上の高周波発出モジュール 105 を含むうることを、認識されたい。例えば、モジュール型高周波発出源 104 は、2 つ以上の高周波発出モジュール、5 つ以上の高周波発出モジュール、10 以上の高周波発出モジュール、又は 25 以上の高周波発出モジュールを含むうる。

10

【0034】

更なる一実施形態によれば、フェーズドアレイを形成するために単一の発振モジュール 106 が使用されることもある。かかる一実施形態では、単一の発振器 106 からの高周波電磁放射が、分岐して、各高周波発出モジュール 105 に伝送されうる。各高周波発出モジュール 105 は、移相器、又はその他の、単一の発振器 106 からの高周波電磁放射を変換しうる信号変換器 (signal modifier) を含むうる。したがって、各高周波発出モジュール 105 によって生成される高周波電磁放射は同一になってよく、複数の高周波発出モジュール 105 によって生成される高周波電磁放射は制御された位相関係を有しうる。

20

【0035】

ここで図 2C を参照するに、一実施形態による、高周波発出モジュール 105 のアレイを有する、モジュール型高周波発出源 104 の固体状態電子機器の一部分の概略図が示されている。図 2C は、制御回路が省略されていることを除けば、図 2B に示したシステムと実質的に類似している。詳細には、一部の実施形態では、検出器によって提供されるフィードバック制御、及び制御回路は必要ではないことがある。

【0036】

ここで図 3 を参照するに、一実施形態による、アプリケーション 142 の切り欠き図が示されている。一実施形態では、電磁放射は、アプリケーション 142 を通って軸方向に延在する単極子 357 に連結している同軸ケーブル 351 によって、アプリケーション 142 に伝送される。電磁放射がマイクロ波放射である一実施形態では、単極子 357 は、誘電体共振キャビティ 353 の中央内部に形成されたチャンネル 358 内に延在していることもある。誘電体共振キャビティ 353 は、誘電体材料 (例えば石英、酸化アルミニウム、酸化チタンなど) でありうる。更なる実施形態は、材料を含まない共振キャビティ 353 を含むこともある (すなわち、誘電体共振キャビティ 353 は空気又は真空でありうる)。一実施形態によれば、この誘電体共振器は、マイクロ波放射の共振をサポートするように寸法設定される。通常、誘電体共振キャビティ 353 のサイズは、誘電体共振キャビティ 353 を形成するのに使用される材料の誘電率、及びマイクロ波放射の周波数に依拠する。例えば、誘電率が高い材料であれば、形成される共振キャビティ 353 の小型化が可能になる。誘電体共振キャビティ 353 が円形断面を含む一実施形態では、誘電体共振キャビティ 353 の直径は、およそ 1 cm ~ 15 cm になりうる。一実施形態では、単極子 357 に対して垂直な平面に沿った誘電体共振キャビティ 353 の断面は、誘電体共振キャビティ 353 が共振をサポートするよう寸法設定されている限り、任意の形状でありうる。図示している実施形態では、単極子 357 に対して垂直な平面に沿った断面は円形であるが、多角形 (例えば三角形や長方形など)、対称多角形 (例えば正方形、五角形、六角形など)、楕円形等といった、他の形状も使用されうる。

30

40

【0037】

一実施形態では、誘電体共振キャビティ 353 の断面は、単極子 357 に対して垂直な全ての平面において同じではないことがある。例えば、アプリケーションハウジング 355 の

50

開放端部に近い底部拡張部の断面は、チャンネル 358 に近い誘電体共振キャビティの断面よりも広くなる。誘電体共振キャビティ 353 は、種々の寸法の断面を有することに加えて、種々の形状の断面を有しうる。例えば、誘電体共振キャビティ 353 のチャンネル 358 に近い部分が円形形状の断面を有しうる一方で、誘電体共振キャビティ 353 のアプリケーションハウジング 355 の開放端部に近い部分は、対称多角形（例えば五角形や六角形など）でありうる。しかし、実施形態は、単極子 357 に対して垂直な全ての平面において均一な断面を有する誘電体共振キャビティ 353 も含みうることを、認識されたい。

【0038】

一実施形態によれば、アプリケーション 353 は、インピーダンスチューニングバックショート 356 も含みうる。バックショート 356 は、アプリケーションハウジング 355 の外表面上で摺動する、変位可能型包囲体 (displaceable enclosure) でありうる。インピーダンスの調整が行われる必要がある場合、アクチュエータ (図示せず) が、バックショート 356 の表面と誘電体共振キャビティ 353 の上面との間の距離 D を変化させるよう、アプリケーションハウジング 355 の外表面に沿ってバックショート 356 を摺動させうる。これにより、実施形態は、システム内のインピーダンスを調整するための、1 を上回る数の方策を提供する。一実施形態によれば、インピーダンスチューニングバックショート 356 は、インピーダンス不整合に対応するために、上述したフィードバックプロセスと併せて使用されうる。あるいは、インピーダンス不整合を調整するために、フィードバックプロセス又はインピーダンスチューニングバックショート 356 が独立的に使用されうる。

【0039】

一実施形態によれば、アプリケーション 142 は、マイクロ波電磁界を処理チャンバ 178 内に直接連結させる、誘電体アンテナとして機能する。誘電体共振キャビティ 353 に入っている単極子 357 の特定の軸方向配置により、 TM_{01} モード励起が発生しうる。しかし、種々のアプリケーション構成により、種々のモードの励起が可能になりうる。例えば、図 3 ではある軸方向配置を図示しているが、単極子 357 は、それ以外の配向からも誘電体共振キャビティ 353 に入りうることを、認識されたい。かかる一実施形態では、単極子 357 は、誘電体共振キャビティ 353 に横方向に (すなわち、誘電体共振キャビティ 353 の側壁を通して) 入りうる。

【0040】

図 3 に示しているアプリケーション 142 は本来例示的なものであり、実施形態は説明されている設計に限定されるわけではないことを、認識されたい。例えば、図 3 のアプリケーション 142 は、マイクロ波放射を発生することに特に適している。しかし、実施形態は、任意の高周波電磁放射を発生するよう構成されている、任意のアプリケーション設計を含みうる。

【0041】

ここで図 4 を参照するに、一実施形態による、アプリケーション 142 のアレイ 140 がチャンバ 178 に連結されている処理ツール 100 の一部分の図が示されている。図示している実施形態では、アプリケーション 142 から的高周波電磁放射は、誘電体プレート 450 の近くに配置されることによって、チャンバ 178 内に連結される。アプリケーション 142 が誘電体プレート 450 の近くにあることによって、誘電体共振キャビティ 353 (図 4 には図示していない) 内で共振する高周波放射が誘電体プレート 450 と連結することが可能になる。高周波放射は次いでチャンバ内の処理ガスと結合して、プラズマが生成されうる。プラズマが誘起されない一の実施形態では、高周波放射は、放射電磁界を生成するためにチャンバ空間内に結合される。一実施形態では、誘電体共振キャビティ 353 は、誘電体プレート 350 に直接接触していることがある。更なる一実施形態では、誘電体共振キャビティ 353 は、マイクロ波放射が誘電体プレート 450 に伝送されうる限り、誘電体プレート 450 の表面から離間していてもよい。更なる実施形態では、アプリケーション 142 が、誘電体プレート 450 内のキャビティの中に設置されうる。また更なる実施形態では、誘電体共振キャビティ 353 がチャンバ 178 の内部に露出するように、アプ

リケータ 142 が誘電体プレート 450 を通過していることもある。

【0042】

一実施形態では、アプリケーション 142 は、任意の周波数の高周波電磁放射を発生するよう構成されている、任意のアンテナ設計を含みうる。一実施形態では、アプリケーションのレイ 140 は、1 を上回る数のアプリケーション 142 の設計を含みうる。例えば、アプリケーション 142 のレイ 140 は、第 1 高周波放射を発生するための第 1 アプリケーションと、第 1 高周波放射とは異なる第 2 高周波放射を発生するための第 2 アプリケーションとを、含みうる。

【0043】

一実施形態によれば、アプリケーション 142 のレイ 140 は、チャンバ 178 から誘電体プレート 350 を取り外すことを必要とせず、(例えば、メンテナンスのため、寸法が異なる基板に適應するようアプリケーションのレイを再配置するため、又は他の任意の理由のために、) 誘電体プレート 450 から取り外し可能でありうる。したがって、アプリケーション 142 は、チャンバ 178 内の真空を開放することを必要とせず、処理ツール 100 から取り外されうる。更なる一実施形態によれば、誘電体プレート 450 は、ガス注入プレート又はシャワーヘッドとしても機能しうる。

【0044】

上述したように、アプリケーションのレイ 140 は、任意に成形された基板 174 に対応するように配置されうる。図 5 A は、円形基板 174 に合致するパターンに配置されている、アプリケーション 142 のレイ 140 の平面図である。複数のアプリケーション 142 を基板 174 の形状にほぼ合致するパターンに形成することによって、放射電磁界及び/又はプラズマが、基板 174 の表面全体に対してチューニング可能になる。例えば、基板 174 の表面全体にわたってプラズマ密度が均一なプラズマが形成され、かつ/又は、基板 174 の表面全体にわたって均一な放射電磁界が形成されるように、アプリケーション 142 の各々が制御されうる。あるいは、基板 174 の表面全体において変動可能なプラズマ密度を提供するよう、アプリケーション 142 のうちの一又は複数が個別に制御されうる。これにより、基板上にもたらされる不均一性が補正されうる。例えば、基板 174 の外周に近いアプリケーション 142 は、基板 174 の中心に近いアプリケーションとは異なる電力密度を有するよう、制御されうる。更に、(上述したように) 位相コントローラと通信可能に連結されている複数の高周波発生モジュール 105 の使用はフェーズドアレイとして機能すること、及び、かかる使用により、制御された干渉が、望ましい場所に静止した最大値及び最小値を有する放射電磁界及び/又はプラズマ、動的な最大値及び最小値を有する放射電磁界及び/又はプラズマ、並びに/又は、均一な放射電磁界及び/又はプラズマを提供することが、可能になりうることを、認識されたい。

【0045】

図 5 A では、レイ 140 のアプリケーション 142 は、基板 174 の中心から外側に延在している一連の同心リング状に、ひとまとめにパッキングされている。しかし、実施形態はかかる構成に限定されるわけではなく、処理ツール 100 の必要性に応じて、任意の好適な間隔及び/又はパターンが使用されうる。更に、実施形態により、上述したような、任意の対称断面を有するアプリケーション 142 が可能になる。したがって、アプリケーション向けに選ばれる断面形状は、パッキング効率を向上させるよう選ばれうる。

【0046】

ここで図 5 B を参照するに、一実施形態による、非円形断面を有するアプリケーション 142 のレイ 140 の平面図が示されている。図示している実施形態は、六角形の断面を有するアプリケーション 142 を含む。かかるアプリケーションを使用することで、パッキング効率の向上が可能になりうる。各アプリケーション 142 の周縁が、隣り合ったアプリケーション 142 とほぼ完全に接合しうるからである。したがって、アプリケーション 142 の各々同士の間隔が最小化されうることから、プラズマの均一性がより一層向上しうる。図 5 B は、側壁面を共有している隣り合った複数のアプリケーション 142 を示しているが、実施形態は、隣り合ったアプリケーション 142 同士の間隔を含む、対称的に成形された非円形の A

10

20

30

40

50

アプリケーションも含みうることを、認識されたい。

【0047】

ここで図5Cを参照するに、一実施形態による、アプリケーション142のレイ140の更なる平面図が示されている。図5Cのレイ140は、複数のセンサ590も含まれていることを除けば、図5Aに関連して上述したレイ140に実質的に類似している。複数のセンサにより、モジュール型マイクロ波源105の各々の更なるフィードバック制御を提供するために使用されうる、プロセスモニタ能力が向上する。一実施形態では、センサ590は、一又は複数の異なるセンサタイプ590（例えばプラズマ密度センサ、プラズマ発出センサ、放射電磁界密度センサ、放射発出センサなど）を含みうる。センサを基板174の表面全体にわたるように配置することで、処理チャンバ100の所与の場所における放射電磁界及び/又はプラズマの特性をモニタすることが可能になる。

10

【0048】

一実施形態によれば、全部のアプリケーション142が、別個のセンサ590と対にされうる。かかる実施形態では、各センサ590からの出力が、そのセンサ590が対にされているアプリケーション142のそれぞれにフィードバック制御を提供するために使用されうる。更なる実施形態は、各センサ590と複数のアプリケーション142とを対にすることを含みうる。例えば、各センサ590は、そのセンサ590の近くに配置されている複数のアプリケーション142に、フィードバック制御を提供しうる。更に別の実施形態では、複数のセンサ590からのフィードバックが、多入力多出力(MIMO)制御システムの一部として使用されうる。かかる一実施形態では、各アプリケーション142は、複数のセンサ590からのフィードバックに基づいて調整されうる。例えば、第1アプリケーション142の直近にある第1センサ590は、第1センサ590よりも第1アプリケーション142から遠くに配置されている第2センサ590が第1アプリケーション142に作用させる制御作動力(control effort)を上回る制御作動力を、第1アプリケーション142に提供しよう、重み付けされうる。

20

【0049】

ここで図5Dを参照するに、一実施形態による、多ゾーン処理ツール100内に配置されたアプリケーション142のレイ140の更なる平面図が示されている。一実施形態では、多ゾーン処理ツール100は任意の数のゾーンを含みうる。例えば、図示している実施形態はゾーン575₁~575_nを含む。各ゾーン575は、種々のゾーン575を通過して回転する基板174に、別々の処理動作を実施するよう構成されうる。図示しているように、第1レイ140₂はゾーン575₂内に配置され、第2レイ140_nはゾーン575_n内に配置されている。しかし、実施形態は、デバイスの必要性に応じて種々のゾーン575のうちの一又は複数にアプリケーション142のレイ140を有する、多ゾーン処理ツール100を含みうる。実施形態によって提供される、空間的にチューニング可能なプラズマ及び/又は放射電磁界の密度により、回転する基板174が種々のゾーン475を通過する際の、基板174の不均一な径方向速度に適應することが可能になる。

30

【0050】

ここで図6を参照するに、一実施形態による、処理ツール100の例示的なコンピュータシステム660のブロック図が示されている。一実施形態では、コンピュータシステム660は、処理ツール100に連結され、かつ、処理ツール100における処理を制御する。コンピュータシステム660は、ローカルエリアネットワーク(LAN)、イントラネット、エクストラネット、又はインターネットにおいて、他の機械に接続(例えば、他の機械とネットワーク化)されうる。コンピュータシステム660は、クライアント-サーバネットワーク環境においてはサーバ若しくはクライアントマシンの役割で、又は、ピアツーピア(若しくは分散型)ネットワーク環境においてはピアマシンとして、動作しうる。コンピュータシステム660は、パーソナルコンピュータ(PC)、タブレットPC、セットトップボックス(STB)、パーソナルデジタルアシスタント(PDA)、携帯電話、ウェブアプライアンス、サーバ、ネットワークルータ、スイッチ若しくはブリッジでありうるか、又は、任意の機械であって、その機械によって行われるアクションを特定

40

50

する（連続した又は別様な）命令セットを実行可能な機械でありうる。更に、コンピュータシステム 660 として単一の機械のみを示しているが、「機械（machine）」という語は、本書に記載の方法のうちの一又は複数の任意のものを実施するために、命令セット（又は複数の命令セット）を個別に又は連携的に実行する機械（コンピュータなど）の任意の集合体を含むとも、解釈すべきである。

【0051】

コンピュータシステム 660 は、命令が記憶されている非一過性の機械可読媒体を有する、コンピュータプログラム製品又はソフトウェア 622 を含んでよく、命令は、実施形態によるプロセスを実施するコンピュータシステム 660（又はその他の電子デバイス）をプログラムするために使用されうる。機械可読媒体は、機械（コンピュータなど）が可読な形態で情報を記憶又は伝送するための、任意の機構を含む。例えば、機械可読（例えばコンピュータ可読）媒体は、機械（コンピュータなど）が可読な記憶媒体（例えば、読み出し専用メモリ（ROM）、ランダムアクセスメモリ（RAM）、磁気ディスク記憶媒体、光記憶媒体、フラッシュメモリデバイスなど）や、機械（コンピュータなど）が可読な伝送媒体（電氣的形態、光学的形態、音響的形態、又はその他の形態の、例えば赤外線信号やデジタル信号といった伝播信号）等を、含む。

10

【0052】

一実施形態では、コンピュータシステム 660 は、バス 630 を介して互いに通信する、システムプロセッサ 602 と、メインメモリ 604（例えば、読み出し専用メモリ（ROM）、フラッシュメモリ、シンクロナス DRAM（SDRAM）又はランバス DRAM（RDRAM）といったダイナミックランダムアクセスメモリ（DRAM）など）と、スタティックメモリ 606（例えばフラッシュメモリやスタティックランダムアクセスメモリ（SRAM）など）と、二次メモリ 618（データ記憶デバイスなど）とを、含む。

20

【0053】

システムプロセッサ 602 は、一又は複数の汎用処理デバイス（例えばマイクロシステムプロセッサや中央処理装置など）のことである。より詳細には、システムプロセッサは、複合命令セット演算（CISC）マイクロシステムプロセッサ、縮小命令セット演算（RISC）マイクロシステムプロセッサ、超長命令語（VLIW）マイクロシステムプロセッサ、その他の命令セットを実装するシステムプロセッサ、又は、命令セットの組み合わせを実装するシステムプロセッサでありうる。システムプロセッサ 602 は、特定用途向け集積回路（ASIC）、フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）、デジタル信号システムプロセッサ（DSP）、ネットワークシステムプロセッサなどといった、一又は複数の特殊用途処理デバイスでもありうる。システムプロセッサ 602 は、本書に記載の動作を実施するための処理論理 626 を実行するよう設定される。

30

【0054】

コンピュータシステム 660 は、その他のデバイス又は機械と通信するためのシステムネットワークインターフェースデバイス 608 を、更に含む。コンピュータシステム 660 は、ビデオディスプレイユニット 610（液晶ディスプレイ（LCD）、発光ダイオードディスプレイ（LED）、又は陰極線管（CRT）など）、英数字入力デバイス 612（キーボードなど）、カーソル制御デバイス 614（マウスなど）、及び信号生成デバイス 616（スピーカなど）も含みうる。

40

【0055】

二次メモリ 618 は、本書に記載の方法又は機能のうちの一又は複数の任意ものを具現化する、一又は複数の命令セット（例えばソフトウェア 622）が記憶されている、機械アクセス可能記憶媒体 631（又は、より具体的には、コンピュータ可読記憶媒体）を含みうる。ソフトウェア 622 は、コンピュータシステム 660 によって実行されている間、完全に又は少なくとも部分的に、メインメモリ 604 及び/又はシステムプロセッサ 602 内に常駐していてもよく、メインメモリ 604 及びシステムプロセッサ 602 は更に、機械可読記憶媒体を構成する。ソフトウェア 622 は更に、システムネットワークインターフェースデバイス 608 を介して、ネットワーク 620 経由で送信又は受信されうる

50

【 0 0 5 6 】

例示的な実施形態では、機械アクセス可能記憶媒体 6 3 1 を単一の媒体として示しているが、「機械可読記憶媒体 (machine - readable storage medium) 」という語は、一又は複数の命令セットを記憶する単一の媒体又は複数の媒体 (例えば、集中データベース若しくは分散データベース、並びに / 又は、関連のキャッシュ及びサーバ) を含むと、解釈すべきである。「機械可読記憶媒体」という語は、機械によって実行される命令セットを記憶すること又は符号化することが可能であり、かつ、方法のうちの一又は複数の任意のものを機械に実施させる、任意の媒体を含むとも、解釈すべきである。したがって、「機械可読記憶媒体」という語は、固体状態メモリと、光媒体及び磁気媒体とを含むがそれらに限定されるわけではないと、解釈すべきである。

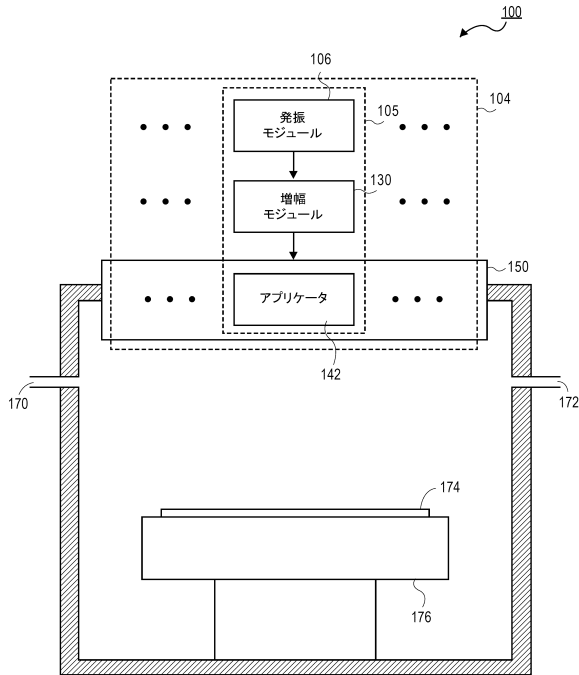
10

【 0 0 5 7 】

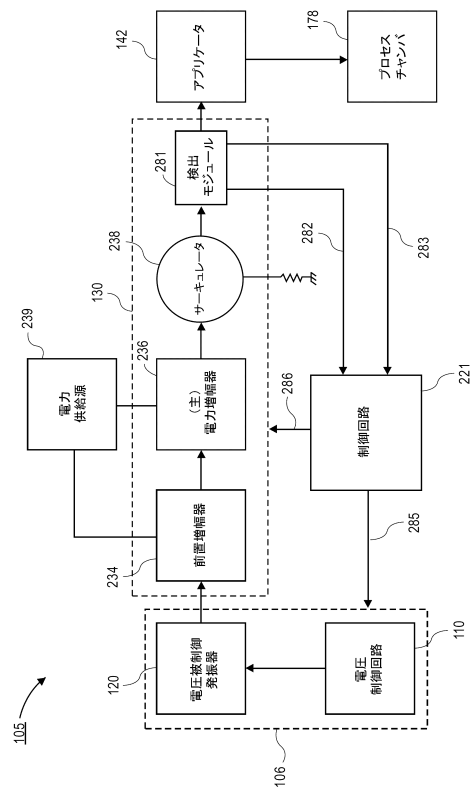
前述の明細書において、特定の例示的な実施形態について説明してきた。以下の特許請求の範囲から逸脱しなければ、かかる実施形態に様々な改変が加えられうるものが、自明となろう。したがって、本明細書及び図面は、限定を意味するのではなく、例示を意味すると見なすべきである。

【 図 面 】

【 図 1 】



【 図 2 A 】



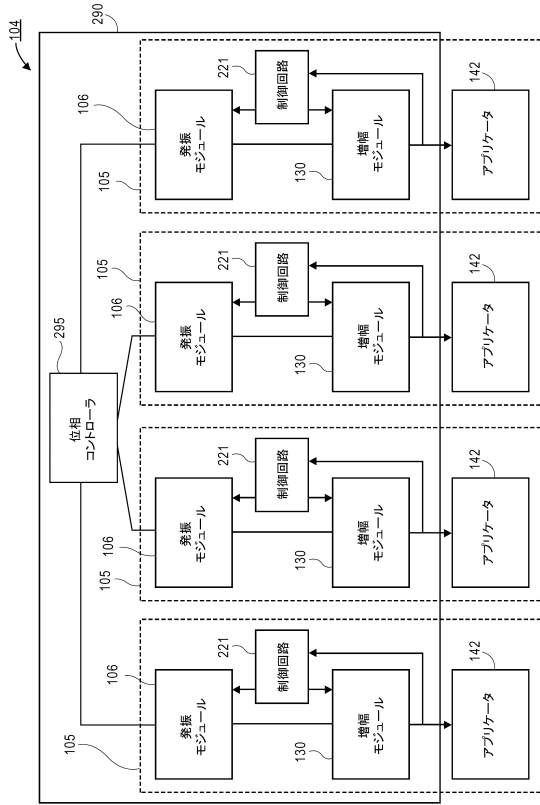
20

30

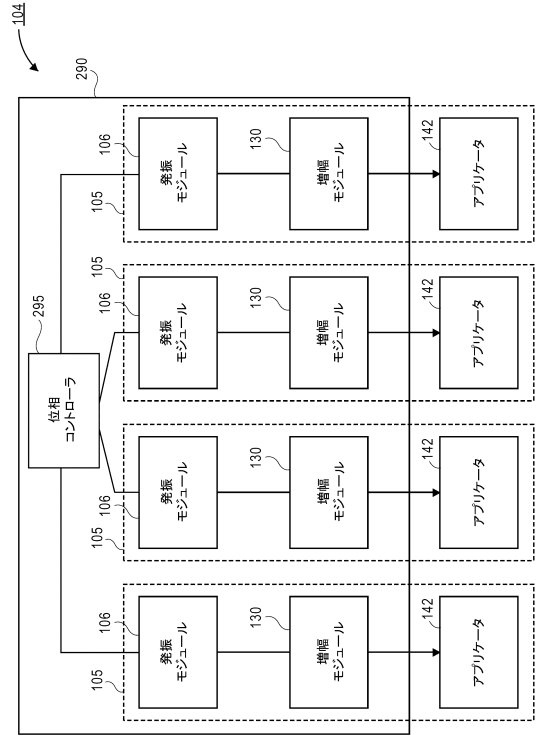
40

50

【図 2 B】



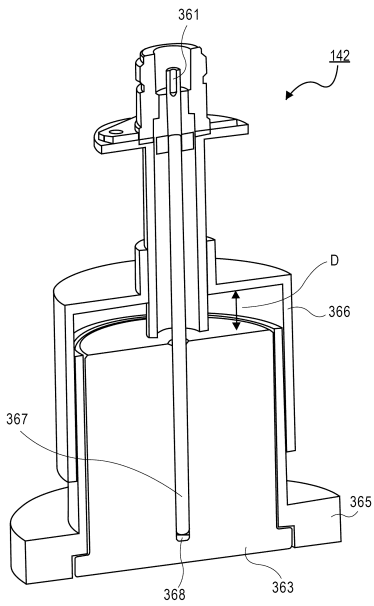
【図 2 C】



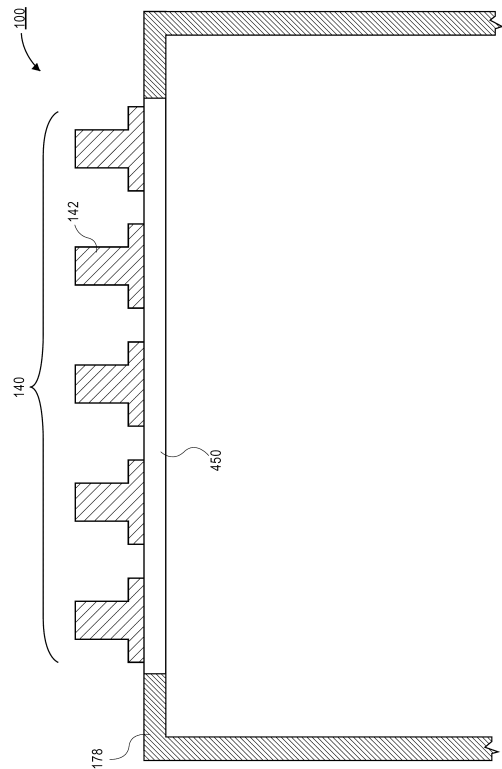
10

20

【図 3】



【図 4】

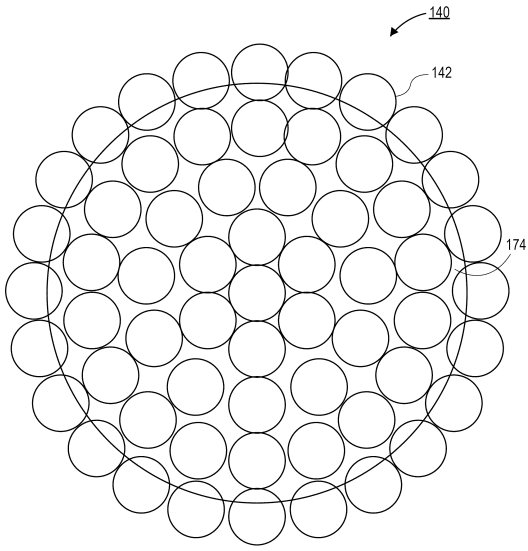


30

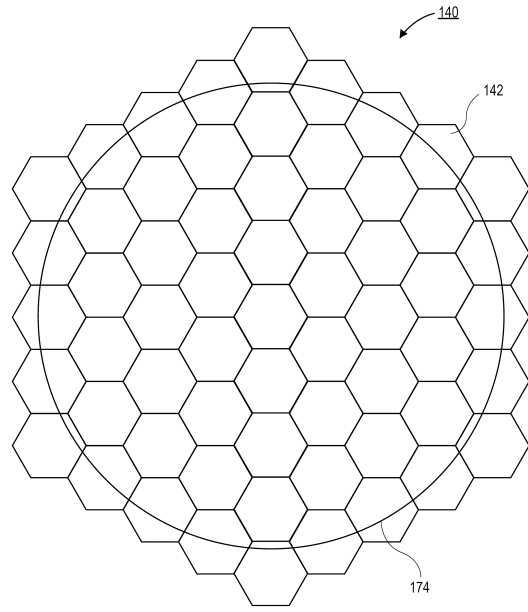
40

50

【 5 A 】



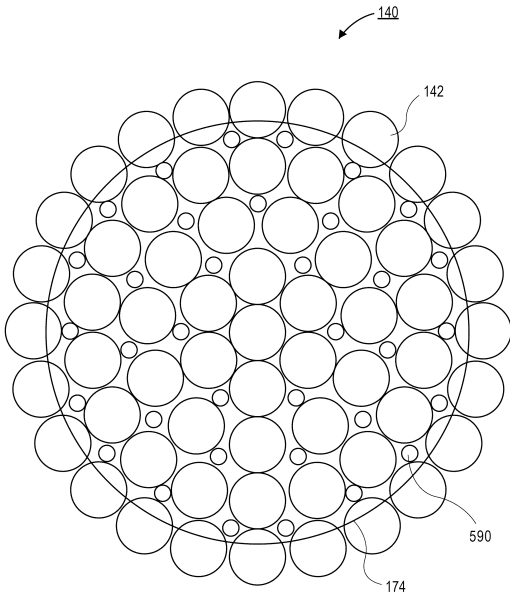
【 5 B 】



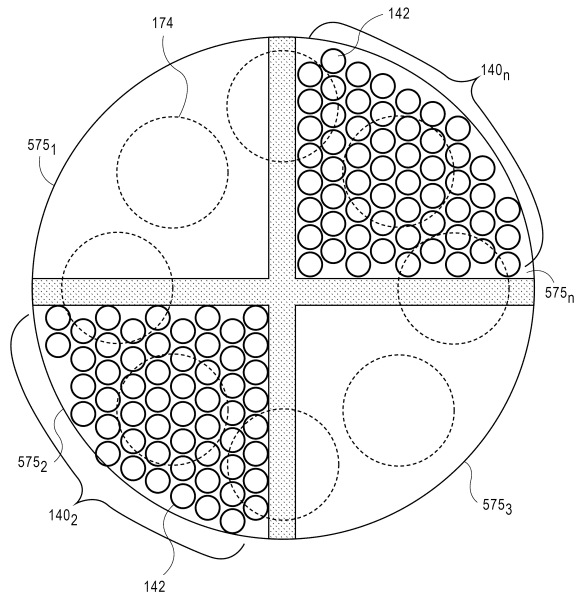
10

20

【 5 C 】



【 5 D 】

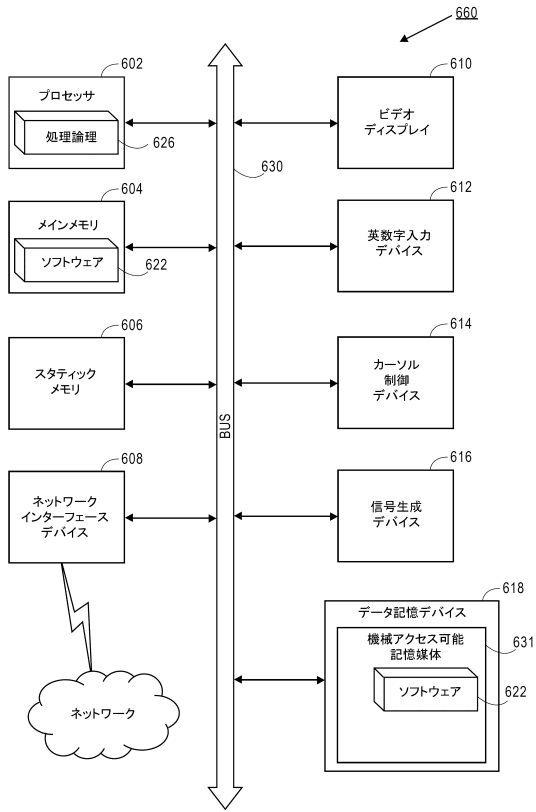


30

40

50

【図6】



10

20

30

40

50

【 手 続 補 正 書 】

【 提 出 日 】 令 和 6 年 3 月 1 8 日 (2 0 2 4 . 3 . 1 8)

【 手 続 補 正 1 】

【 補 正 対 象 書 類 名 】 特 許 請 求 の 範 囲

【 補 正 対 象 項 目 名 】 全 文

【 補 正 方 法 】 変 更

【 補 正 の 内 容 】

【 特 許 請 求 の 範 囲 】

【 請 求 項 1 】

モジュール型高周波発出源であって、
複数の高周波発出モジュール、並びに、各発振モジュールと通信可能に連結された位相コントローラを備え、
各高周波発出モジュールが、
発振モジュール、
増幅モジュール、及び
アプリケーションを備える、モジュール型高周波発出源。

10

【 請 求 項 2 】

各高周波発出モジュールの前記アプリケーションがフェーズドアレイの一部である、請求項1に記載のモジュール型高周波発出源。

【 請 求 項 3 】

前記位相コントローラが、前記フェーズドアレイによって発出される電磁放射パターンを形成するように、前記発振モジュールによって生成される電磁放射の位相関係を制御する、請求項2に記載のモジュール型高周波発出源。

20

【 請 求 項 4 】

前記電磁放射パターンが静止パターンである、請求項3に記載のモジュール型高周波発出源。

【 請 求 項 5 】

前記電磁放射パターンが動的パターンである、請求項3に記載のモジュール型高周波発出源。

【 請 求 項 6 】

前記高周波がマイクロ波周波数である、請求項1に記載のモジュール型高周波発出源。

30

【 請 求 項 7 】

前記高周波が 0 . 1 M H z ~ 3 0 0 G H z である、請求項1に記載のモジュール型高周波発出源。

【 請 求 項 8 】

モジュール型高周波発出源であって、
複数の高周波発出モジュール、並びに、各発振モジュールと通信可能に連結された位相コントローラを備え、
各高周波発出モジュールが、
発振モジュール、及び
増幅モジュール、
を備え、
前記位相コントローラが、前記発振モジュールの各々により生成される、出力される高周波電磁放射の位相関係を制御する、モジュール型高周波発出源。

40

【 請 求 項 9 】

前記出力される高周波電磁放射がプラズマを励起する、請求項8に記載のモジュール型高周波発出源。

【 請 求 項 1 0 】

各高周波発出モジュールがアプリケーションをさらに備え、前記アプリケーションがフェーズドアレイの一部である、請求項8に記載のモジュール型高周波発出源。

50

【請求項 1 1】

前記位相コントローラが、前記フェーズドアレイによって発出される電磁放射パターンを生成する、請求項 1 0 に記載のモジュール型高周波発出源。

【請求項 1 2】

前記電磁放射パターンが静止パターンである、請求項 1 1 に記載のモジュール型高周波発出源。

【請求項 1 3】

前記電磁放射パターンが動的パターンである、請求項 1 1 に記載のモジュール型高周波発出源。

【請求項 1 4】

前記高周波がマイクロ波周波数である、請求項 8 に記載のモジュール型高周波発出源。

【請求項 1 5】

処理チャンバとモジュール型高周波発出源とを備える処理ツールであって、前記モジュール型高周波発出源が、

複数の高周波発出モジュール、並びに、各発振モジュールと通信可能に連結された位相コントローラを備え、各高周波発出モジュールが、

発振モジュール、

前記発振モジュールに連結されている増幅モジュール、及び、

前記処理チャンバ内にあり、処理される一又は複数の基板が載置されるチャックに対向して配置されたアプリケータを備える、処理ツール。

【請求項 1 6】

各高周波発出モジュールの前記アプリケータがフェーズドアレイの一部である、請求項 1 5 に記載の処理ツール。

【請求項 1 7】

前記位相コントローラが、前記フェーズドアレイによって発出される電磁放射パターンを形成するように、前記発振モジュールによって生成される電磁放射の位相関係を制御する、請求項 1 6 に記載の処理ツール。

【請求項 1 8】

前記電磁放射がプラズマを励起する、請求項 1 7 に記載の処理ツール。

【請求項 1 9】

前記電磁放射パターンが動的パターンである、請求項 1 7 に記載の処理ツール。

【請求項 2 0】

前記高周波がマイクロ波周波数である、請求項 1 5 に記載の処理ツール。

【請求項 2 1】

モジュール型高周波発出源であって、

複数の高周波発出モジュールを備え、

各高周波発出モジュールが、

発振モジュール、

増幅モジュール、及び

アプリケータ

を備え、

前記アプリケータが誘電体を備え、単極アンテナが前記誘電体の軸中心に延在する、モジュール型高周波発出源。

【請求項 2 2】

各高周波発出モジュールの前記アプリケータがフェーズドアレイの一部である、請求項 2 1 に記載のモジュール型高周波発出源。

【請求項 2 3】

位相コントローラをさらに備え、前記位相コントローラが、前記フェーズドアレイによって発出される電磁放射パターンを形成するように、前記発振モジュールによって生成される電磁放射の位相関係を制御する、請求項 2 2 に記載のモジュール型高周波発出源。

10

20

30

40

50

【請求項 2 4】

前記電磁放射パターンが静止パターンである、請求項 2 3 に記載のモジュール型高周波発出源。

【請求項 2 5】

前記電磁放射パターンが動的パターンである、請求項 2 3 に記載のモジュール型高周波発出源。

【請求項 2 6】

前記高周波がマイクロ波周波数である、請求項 2 1 に記載のモジュール型高周波発出源。

【請求項 2 7】

前記高周波が 0 . 1 M H z ~ 3 0 0 G H z である、請求項 2 1 に記載のモジュール型高周波発出源。

【請求項 2 8】

モジュール型高周波発出源であって、
 複数の高周波発出モジュール、並びに、各発振モジュールと通信可能に連結された位相コントローラを備え、
 各高周波発出モジュールが、
 発振モジュール、
 増幅モジュール、及び
 アプリケータ

を備え、
 前記アプリケータが誘電体を備え、単極アンテナが前記誘電体の軸中心に延在し、
 前記位相コントローラが、前記発振モジュールの各々により生成される、出力される高周波電磁放射の位相関係を制御する、モジュール型高周波発出源。

【請求項 2 9】

前記出力される高周波電磁放射がプラズマを励起する、請求項 2 8 に記載のモジュール型高周波発出源。

【請求項 3 0】

各高周波発出モジュールの前記アプリケータがフェーズドアレイの一部である、請求項 2 8 に記載のモジュール型高周波発出源。

【請求項 3 1】

前記位相コントローラが、前記フェーズドアレイによって発出される電磁放射パターンを生成する、請求項 3 0 に記載のモジュール型高周波発出源。

【請求項 3 2】

前記電磁放射パターンが静止パターンである、請求項 3 1 に記載のモジュール型高周波発出源。

【請求項 3 3】

前記電磁放射パターンが動的パターンである、請求項 3 1 に記載のモジュール型高周波発出源。

【請求項 3 4】

前記高周波がマイクロ波周波数である、請求項 2 8 に記載のモジュール型高周波発出源。

【請求項 3 5】

処理チャンバとモジュール型高周波発出源とを備える処理ツールであって、前記モジュール型高周波発出源が、
 複数の高周波発出モジュールを備え、各高周波発出モジュールが、
 発振モジュール、
 前記発振モジュールに連結されている増幅モジュール、及び、
 前記処理チャンバ内にあり、処理される一又は複数の基板が載置されるチャックに対向して配置されたアプリケータを備える、処理ツール。

10

20

30

40

50

【請求項 36】

各高周波発出モジュールの前記アプリケーションがフェーズドアレイの一部である、請求項 35 に記載の処理ツール。

【請求項 37】

位相コントローラをさらに備え、前記位相コントローラが、前記フェーズドアレイによって発出される電磁放射パターンを形成するように、前記発振モジュールによって生成される電磁放射の位相関係を制御する、請求項 36 に記載の処理ツール。

【請求項 38】

前記電磁放射がプラズマを励起する、請求項 37 に記載の処理ツール。

【請求項 39】

前記電磁放射パターンが動的パターンである、請求項 37 に記載の処理ツール。

【請求項 40】

前記高周波がマイクロ波周波数である、請求項 35 に記載の処理ツール。

【外国語明細書】

2024069217000012.pdf

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 25, サン ノゼ, ブロードウェイ アヴェニュー 1006
(72)発明者 チョア, タイ チョン
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95014, クパチーノ, カーレ デ バルセローナ 19351
(72)発明者 アモルミノ, クリスチャン
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95128, サン ノゼ, アリータ アヴェニュー 527
(72)発明者 ジルノ, ドミートリイ エー.
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94087, サニーベール, グレンコー コート 712