

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7638930号
(P7638930)

(45)発行日 令和7年3月4日(2025.3.4)

(24)登録日 令和7年2月21日(2025.2.21)

(51)国際特許分類 F I
H 0 1 L 21/3065(2006.01) H 0 1 L 21/302 1 0 1 B
H 0 5 H 1/46 (2006.01) H 0 5 H 1/46 M

請求項の数 19 (全26頁)

(21)出願番号	特願2022-86242(P2022-86242)	(73)特許権者	000219967 東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂五丁目3番1号
(22)出願日	令和4年5月26日(2022.5.26)	(74)代理人	100088155 弁理士 長谷川 芳樹
(65)公開番号	特開2022-184788(P2022-184788 A)	(74)代理人	100113435 弁理士 黒木 義樹
(43)公開日	令和4年12月13日(2022.12.13)	(74)代理人	100122507 弁理士 柏岡 潤二
審査請求日	令和6年3月12日(2024.3.12)	(72)発明者	輿水 地塩 宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番 東京エレクトロン宮城株式会社内
(31)優先権主張番号	特願2021-91015(P2021-91015)	審査官	宇多川 勉
(32)優先日	令和3年5月31日(2021.5.31)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

プラズマ処理チャンバと、
前記プラズマ処理チャンバ内に配置され、バイアス電極を含む基板支持器と、
前記チャンバ内でプラズマを生成するためにRF電力を発生するように構成されたRF電源と、

前記基板支持器上の基板を囲むように配置されたエッジリングと、

前記エッジリングを囲むように配置されたリング電極と、

前記バイアス電極に第1のバイアスRF電力を供給するように構成された第1のバイアスRF電源であり、前記第1のバイアスRF電力は、第1の周波数及び第1の電力レベルを有する、該第1のバイアスRF電源と、

前記リング電極に第2のバイアスRF電力を供給するように構成された第2のバイアスRF電源であり、前記第2のバイアスRF電力は、前記第1の周波数及び第2の電力レベルを有し、前記第2のバイアスRF電力は、前記第1のバイアスRF電力と同期している、該第2のバイアスRF電源と、

を備える、プラズマ処理装置。

【請求項2】

前記第2の電力レベルは、前記第1の電力レベルと同じである、請求項1に記載のプラズマ処理装置。

【請求項3】

単一のバイアス R F 電源が、前記第 1 のバイアス R F 電源と前記第 2 のバイアス R F 電源を兼ねる、請求項 2 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 4】

前記第 2 の電力レベルは、前記第 1 の電力レベルとは異なる、請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】

前記第 2 の電力レベルは、前記第 1 の電力レベルよりも大きい、請求項 4 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 6】

前記第 2 の電力レベルは、前記第 1 の電力レベルよりも小さい、請求項 4 に記載のプラズマ処理装置。

10

【請求項 7】

プラズマ処理チャンバと、
前記プラズマ処理チャンバ内に配置され、バイアス電極を含む基板支持器と、
前記チャンバ内でプラズマを生成するために R F 電力を発生するように構成された R F 電源と、

前記基板支持器上の基板を囲むように配置されたエッジリングと、
前記エッジリングを囲むように配置されたリング電極と、
前記バイアス電極に第 1 の電圧パルス信号を印加するように構成された第 1 の電圧パルス電源であり、前記第 1 の電圧パルス信号は、繰り返し期間内の第 1 の期間において該繰り返し期間内の該第 1 の電圧パルス信号の第 1 の平均電圧よりも低い第 1 の電圧レベルを有し、前記繰り返し期間内の第 2 の期間において前記第 1 の平均電圧よりも高い第 2 の電圧レベルを有し、前記第 1 の電圧レベルの絶対値は、前記第 2 の電圧レベルの絶対値よりも大きい、該第 1 の電圧パルス電源と、

20

前記リング電極に第 2 の電圧パルス信号を印加するように構成された第 2 の電圧パルス電源であり、前記第 2 の電圧パルス信号は、前記第 1 の期間において該第 2 の電圧パルス信号の第 2 の平均電圧よりも低い第 3 の電圧レベルを有し、前記第 2 の期間において該第 2 の平均電圧よりも高い第 4 の電圧レベルを有し、前記第 3 の電圧レベルの絶対値は、前記第 4 の電圧レベルの絶対値よりも大きい、該第 2 の電圧パルス電源と、
を備える、プラズマ処理装置。

30

【請求項 8】

前記第 1 の電圧レベル及び前記第 3 の電圧レベルは、負極性を有する、請求項 7 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 9】

前記第 3 の電圧レベルは、前記第 1 の電圧レベルと同じであり、前記第 4 の電圧レベルは、前記第 2 の電圧レベルと同じである、請求項 8 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 10】

単一の電圧パルス電源が、前記第 1 の電圧パルス電源と前記第 2 の電圧パルス電源を兼ねる、請求項 9 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 11】

前記第 1 の期間は、前記第 2 の期間の長さと同じ長さを有する、請求項 7 に記載のプラズマ処理装置。

40

【請求項 12】

前記第 1 の期間は、前記第 2 の期間の長さとは異なる長さを有する、請求項 7 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 13】

前記第 1 の期間は、前記第 2 の期間の長さよりも長い、請求項 7 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 14】

前記第 1 の期間は、前記第 2 の期間の長さよりも短い、請求項 7 に記載のプラズマ処理

50

装置。

【請求項 15】

前記第3の電圧レベルは、前記第1の電圧レベルとは異なる、請求項7に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 16】

チャンバと、

前記チャンバ内に配置され、バイアス電極を含む基板支持器と、

前記チャンバ内でプラズマを生成するためにRF電力を発生するように構成されたRF電源と、

前記基板支持器上の基板を囲むように配置されたエッジリングと、

前記エッジリングを囲むように配置されたリング電極と、

前記バイアス電極に電氣的に接続された第1のバイアス電源と、

前記リング電極に電氣的に接続された第2のバイアス電源と、

を備え、

前記第1のバイアス電源及び前記第2のバイアス電源の各々は、バイアス周波数を有する電気バイアスエネルギーを発生するように構成されており、

前記バイアス周波数の逆数である時間長を有する前記電気バイアスエネルギーの1周期は、該電気バイアスエネルギーが該1周期内でのその平均電圧よりも低い電圧を有する負位相期間を含み、

前記第2のバイアス電源によって発生される前記電気バイアスエネルギーの前記負位相期間は、前記第1のバイアス電源によって発生される前記電気バイアスエネルギーの前記負位相期間と少なくとも部分的に重複する、
プラズマ処理装置。

【請求項 17】

前記第2のバイアス電源によって発生される前記電気バイアスエネルギーの位相は、前記第1のバイアス電源によって発生される前記電気バイアスエネルギーの位相と同期している、請求項16に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 18】

前記第1のバイアス電源及び前記第2のバイアス電源の各々によって発生される前記電気バイアスエネルギーは、前記バイアス周波数を有するRF電力であるか、前記バイアス周波数の逆数である時間間隔で周期的に発生されるDC電圧パルスのシーケンスである、請求項16又は17に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 19】

前記第1のバイアス電源、前記第2のバイアス電源、又は前記バイアス周波数を有する電気バイアスエネルギーを発生するように構成された別のバイアス電源が、前記エッジリングに結合されている、請求項16又は17に記載のプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示の例示的实施形態は、プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

プラズマ処理装置が、基板に対するプラズマ処理のために用いられている。プラズマ処理装置は、チャンバ、静電チャック、及び下部電極を備える。静電チャック及び下部電極は、チャンバ内に設けられている。静電チャックは、下部電極上に設けられている。静電チャックは、その上に載置されるエッジリングを支持する。エッジリングは、フォーカスリングと呼ばれることがある。静電チャックは、エッジリングによって囲まれた領域内に配置される基板を支持する。プラズマ処理装置においてプラズマ処理が行われるときには、ガスがチャンバ内に供給される。また、高周波電力が下部電極に供給される。プラズマ

10

20

30

40

50

が、チャンバ内のガスから形成される。基板は、プラズマからのイオン、ラジカルといった化学種により処理される。

【0003】

プラズマ処理が実行されると、エッジリングは消耗し、エッジリングの厚さが小さくなる。エッジリングの厚さが小さくなると、エッジリングの上方でのプラズマシース（以下、「シース」という）の上端の位置が低くなる。エッジリングの上方でのシースの上端の鉛直方向における位置と基板の上方でのシースの上端の鉛直方向における位置は等しくあるべきである。特開2008-227063号公報（以下、「特許文献1」という）は、エッジリングの上方でのシースの上端の鉛直方向における位置を調整することを可能としたプラズマ処理装置を開示している。特許文献1に記載されたプラズマ処理装置は、直流電圧をエッジリングに印加するように構成されている。また、特許文献1に記載されたプラズマ処理装置は、直流電圧をエッジリングに印加しているときに、下部電極に供給される高周波電力のパワーレベルを調整するように構成されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2008-227063号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本開示は、プラズマ処理装置の基板支持器のバイアス電極に供給される電気バイアスエネルギーの周期内でのプラズマの径方向における拡がりの変動を抑制する技術を提供する。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

一つの例示的实施形態において、プラズマ処理装置が提供される。プラズマ処理装置は、プラズマ処理チャンバ、基板支持器、RF電源、エッジリング、リング電極、第1のバイアスRF電源、及び第2のバイアスRF電源を備える。基板支持器は、プラズマ処理チャンバ内に配置され、バイアス電極を含む。RF電源は、チャンバ内でプラズマを生成するためにRF電力を発生するように構成されている。エッジリングは、基板支持器上の基板を囲むように配置されている。リング電極は、エッジリングを囲むように配置されている。第1のバイアスRF電源は、バイアス電極に第1のバイアスRF電力を供給するように構成されている。第1のバイアスRF電力は、第1の周波数及び第1の電力レベルを有する。第2のバイアスRF電源は、リング電極に第2のバイアスRF電力を供給するように構成されている。第2のバイアスRF電力は、第1の周波数及び第2の電力レベルを有する。第2のバイアスRF電力は、第1のバイアスRF電力と同期している。

30

【発明の効果】

【0007】

一つの例示的实施形態によれば、プラズマ処理装置の基板支持器のバイアス電極に供給される電気バイアスエネルギーの周期内でのプラズマの径方向における拡がりの変動を抑制することが可能となる。

40

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。

【図2】一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理装置における基板支持器及び複数の電源を示す図である。

【図3】図3の(a)及び図3の(b)の各々は、バイアス電極に供給される電気バイアスエネルギー及びリング電極に供給される電気バイアスエネルギーの例を示す図である。

【図4】別の例示的实施形態に係る基板支持器及び複数の電源を示す図である。

【図5】更に別の例示的实施形態に係る基板支持器及び複数の電源を示す図である。

【図6】更に別の例示的实施形態に係る基板支持器及び複数の電源を示す図である。

50

【図 7】更に別の例示的实施形態に係る基板支持器及び複数の電源を示す図である。
 【図 8】更に別の例示的实施形態に係る基板支持器及び複数の電源を示す図である。
 【図 9】更に別の例示的实施形態に係る基板支持器及び複数の電源を示す図である。
 【図 10】更に別の例示的实施形態に係る基板支持器及び複数の電源を示す図である。
 【図 11】更に別の例示的实施形態に係る基板支持器及び複数の電源を示す図である。
 【図 12】更に別の例示的实施形態に係る基板支持器及び複数の電源を示す図である。
 【図 13】更に別の例示的实施形態に係る基板支持器及び複数の電源を示す図である。
 【図 14】一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理方法の流れ図である。
 【発明を実施するための形態】

【0009】

10

以下、図面を参照して種々の例示的实施形態について詳細に説明する。なお、各図面において同一又は相当の部分に対しては同一の符号を附すこととする。

【0010】

図 1 は、一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。図 2 は、一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理装置の基板支持器及び複数の電源を示す図である。図 1 に示すプラズマ処理装置 1 は、容量結合型のプラズマ処理装置である。プラズマ処理装置 1 は、チャンバ 10 (プラズマ処理チャンバ) を備えている。チャンバ 10 は、その中に内部空間 10 s を提供している。内部空間 10 s の中心軸線は、鉛直方向に延びる軸線 A X である。

【0011】

20

一実施形態において、チャンバ 10 は、チャンバ本体 12 を含んでもよい。チャンバ本体 12 は、略円筒形状を有している。内部空間 10 s は、チャンバ本体 12 の中に提供されている。チャンバ本体 12 は、例えばアルミニウムから構成されている。チャンバ本体 12 は電氣的に接地されている。チャンバ本体 12 の内壁面、即ち内部空間 10 s を画成する壁面には、耐プラズマ性を有する膜が形成されている。この膜は、陽極酸化処理によって形成された膜又は酸化イットリウムから形成された膜といったセラミック製の膜であり得る。

【0012】

チャンバ本体 12 の側壁は、通路 12 p を提供している。基板 W は、内部空間 10 s とチャンバ 10 の外部との間で搬送されるときに、通路 12 p を通過する。この通路 12 p

30

の開閉のために、ゲートバルブ 12 g がチャンバ本体 12 の側壁に沿って設けられている。

【0013】

図 1 及び図 2 に示すように、プラズマ処理装置 1 は、基板支持器 16 を更に備えている。基板支持器 16 は、誘電体部 17 によって囲まれている。誘電体部 17 は、軸線 A X に対して径方向において基板支持器 16 の外側で周方向に延在している。誘電体部 17 は、石英といった誘電体から形成されている。誘電体部 17 は、基板支持器 16 を支持していてもよい。

【0014】

基板支持器 16 は、チャンバ 10 の中で、その上に載置された基板 W を支持するように構成されている。基板 W は、略円盤形状を有する。基板 W は、その中心が軸線 A X 上に位置するように基板支持器 16 上に載置される。基板支持器 16 は、エッジリング E R を更に支持するように構成されている。エッジリング E R は、環形状を有している。エッジリング E R は、プラズマ処理装置 1 において行われるプラズマ処理に応じて選択された材料から形成される。エッジリング E R は、例えばシリコン又は炭化ケイ素から形成される。エッジリング E R は、軸線 A X にその中心軸線が一致するように、基板支持器 16 上に載置される。基板 W は、基板支持器 16 上、且つ、エッジリング E R によって囲まれた領域内に配置される。即ち、エッジリング E R は、基板 W を囲むように配置される。なお、エッジリング E R の外縁部分は、誘電体部 17 上に載置されていてもよい。

40

【0015】

基板支持器 16 は、基台 18 及び静電チャック 20 を含んでもよい。基台 18 及び

50

静電チャック 20 は、チャンバ 10 の中に設けられている。基台 18 は、アルミニウムといった導電性材料から形成されており、略円盤形状を有している。基台 18 の中心軸線は、軸線 A X である。

【 0016 】

基台 18 は、その中に流路 18 f を提供している。流路 18 f は、熱交換媒体用の流路である。熱交換媒体は、例えば冷媒である。流路 18 f は、熱交換媒体の供給装置 22 に接続されている。供給装置 22 は、チャンバ 10 の外部に設けられている。流路 18 f は、供給装置 22 から供給される熱交換媒体を受ける。流路 18 f に供給された熱交換媒体は、供給装置 22 に戻される。

【 0017 】

静電チャック 20 は、基台 18 上に設けられている。静電チャック 20 は、接着剤等の接合部材 19 を介して基台 18 に固定されていてもよい。静電チャック 20 は、第 1 の領域 20 R 1 及び第 2 の領域 20 R 2 を含んでいる。第 1 の領域 20 R 1 は、その上に載置される基板 W を保持する領域であり、略円盤形状を有する。第 1 の領域 20 R 1 の中心軸線は、軸線 A X に略一致している。第 2 の領域 20 R 2 は、その上に載置されるエッジリング E R を保持する領域である。第 2 の領域 20 R 2 は、平面視では略環状を有しており、第 1 の領域 20 R 1 に対して径方向外側で周方向に延在している。なお、第 1 の領域 20 R 1 の上面は、高さ方向において第 2 の領域 20 R 2 の上面の高さ方向の位置よりも高い位置で延在している。

【 0018 】

静電チャック 20 は、本体 20 m 及びチャック電極 20 a を有している。本体 20 m は、酸化アルミニウム又は窒化アルミニウムといった誘電体から形成されている。本体 20 m は、略円盤形状を有している。静電チャック 20 及び本体 20 m の中心軸線は、軸線 A X である。チャック電極 20 a は、第 1 の領域 20 R 1 において本体 20 m の中に設けられている。チャック電極 20 a は、導電性材料から形成された膜である。チャック電極 20 a は、略円形の平面形状を有し得る。チャック電極 20 a の中心は、軸線 A X 上に位置していてもよい。チャック電極 20 a は、スイッチ 50 s を介して直流電源 50 p に電氣的に接続されている。直流電源 50 p からの電圧がチャック電極 20 a に印加されると、静電チャック 20 と基板 W との間で静電引力が発生する。発生した静電引力により、基板 W は静電チャック 20 に引き付けられ、静電チャック 20 によって保持される。

【 0019 】

静電チャック 20 は、チャック電極 20 b 及び 20 c を更に有していてもよい。チャック電極 20 b 及び 20 c は、第 2 の領域 20 R 2 において本体 20 m の中に設けられている。チャック電極 20 b 及び 20 c の各々は、導電性材料から形成された膜である。チャック電極 20 b 及び 20 c は、軸線 A X の周りで周方向に延在している。チャック電極 20 c は、チャック電極 20 b に対して径方向外側で延在している。チャック電極 20 b 及び 20 c の各々は、環形状を有していてもよい。チャック電極 20 b は、スイッチ 51 s を介して直流電源 51 p に電氣的に接続されている。チャック電極 20 c は、スイッチ 52 s を介して直流電源 52 p に電氣的に接続されている。直流電源 51 p からの電圧、直流電源 52 p からの電圧がそれぞれ、チャック電極 20 b、20 c に印加されると、静電チャック 20 とエッジリング E R との間で静電引力が発生する。発生した静電引力により、エッジリング E R は静電チャック 20 に引き付けられ、静電チャック 20 によって保持される。

【 0020 】

プラズマ処理装置 1 は、リング電極 D R を更に備えている。リング電極 D R は、エッジリング E R に対して径方向外側で延在している。リング電極 D R は、平面視では略環形状を有し得る。図 2 の実施形態では、リング電極 D R は、エッジリング E R を囲むように延在している。リング電極 D R は、誘電体部 17 上に配置され得る。図 2 の実施形態では、リング電極 D R は、シリコン、炭化ケイ素、ニッケル、ハステロイ等のような導電性材料から形成されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 1 】

図 1 に示すように、プラズマ処理装置 1 は、ガス供給ライン 2 4 を提供していてもよい。ガス供給ライン 2 4 は、ガス供給機構からの伝熱ガス、例えば He ガスを、静電チャック 2 0 の上面と基板 W の裏面（下面）との間の間隙に供給する。

【 0 0 2 2 】

プラズマ処理装置 1 は、上部電極 3 0 を更に備えている。上部電極 3 0 は、基板支持器 1 6 の上方に設けられている。上部電極 3 0 は、部材 3 2 と共にチャンバ本体 1 2 の上部開口を閉じている。部材 3 2 は、絶縁性を有している。上部電極 3 0 は、部材 3 2 を介してチャンバ本体 1 2 の上部に支持されている。

【 0 0 2 3 】

上部電極 3 0 は、天板 3 4 及び支持体 3 6 を含んでいてもよい。天板 3 4 の下面は、内部空間 1 0 s を画成している。天板 3 4 は、複数のガス孔 3 4 a を提供している。複数のガス孔 3 4 a の各々は、天板 3 4 をその板厚方向（鉛直方向）に貫通している。天板 3 4 は、例えばシリコンから形成されている。或いは、天板 3 4 は、アルミニウム製の部材の表面に耐プラズマ性の膜を設けた構造を有し得る。この膜は、陽極酸化処理によって形成された膜又は酸化イットリウムから形成された膜といったセラミック製の膜であり得る。

【 0 0 2 4 】

支持体 3 6 は、天板 3 4 を着脱自在に支持している。支持体 3 6 は、例えばアルミニウムといった導電性材料から形成されている。支持体 3 6 は、その中にガス拡散室 3 6 a を提供している。支持体 3 6 は、複数のガス孔 3 6 b を更に提供している。複数のガス孔 3 6 b は、ガス拡散室 3 6 a から下方に延びて、複数のガス孔 3 4 a にそれぞれ連通している。支持体 3 6 は、ガス導入ポート 3 6 c を更に提供している。ガス導入ポート 3 6 c は、ガス拡散室 3 6 a に接続している。ガス導入ポート 3 6 c には、ガス供給管 3 8 が接続されている。

【 0 0 2 5 】

ガス供給管 3 8 には、ガスソース群 4 0 が、バルブ群 4 1、流量制御器群 4 2、及びバルブ群 4 3 を介して接続されている。ガスソース群 4 0、バルブ群 4 1、流量制御器群 4 2、及びバルブ群 4 3 は、ガス供給部を構成している。ガスソース群 4 0 は、複数のガスソースを含んでいる。バルブ群 4 1 及びバルブ群 4 3 の各々は、複数のバルブ（例えば開閉バルブ）を含んでいる。流量制御器群 4 2 は、複数の流量制御器を含んでいる。流量制御器群 4 2 の複数の流量制御器の各々は、マスフローコントローラ又は圧力制御式の流量制御器である。ガスソース群 4 0 の複数のガスソースの各々は、バルブ群 4 1 の対応のバルブ、流量制御器群 4 2 の対応の流量制御器、及びバルブ群 4 3 の対応のバルブを介して、ガス供給管 3 8 に接続されている。プラズマ処理装置 1 は、ガスソース群 4 0 の複数のガスソースのうち選択された一つ以上のガスソースからのガスを、個別に調整された流量で、内部空間 1 0 s に供給することが可能である。

【 0 0 2 6 】

プラズマ処理装置 1 は、バッフル部材 4 8 を更に備えていてもよい。バッフル部材 4 8 は、誘電体部 1 7 とチャンバ本体 1 2 の側壁との間で延在している。バッフル部材 4 8 は、例えば、アルミニウム製の部材に酸化イットリウム等のセラミックを被覆することにより構成され得る。バッフル部材 4 8 は、複数の貫通孔を提供している。バッフル部材 4 8 の上方の空間とバッフル部材 4 8 の下方の空間は、バッフル部材 4 8 の複数の貫通孔を介して接続される。

【 0 0 2 7 】

プラズマ処理装置 1 は、排気装置 5 0 を更に備え得る。排気装置 5 0 は、バッフル部材 4 8 の下方でチャンバ本体 1 2 の底部に排気管 5 2 を介して接続される。排気装置 5 0 は、自動圧力制御弁といった圧力制御器、及び、ターボ分子ポンプなどの真空ポンプを有しており、内部空間 1 0 s の圧力を減圧することができる。

【 0 0 2 8 】

図 1 及び図 2 に示すように、プラズマ処理装置 1 は、高周波電源 6 1（RF 電源）を更

10

20

30

40

50

に備えている。高周波電源 6 1 は、基板支持器 1 6 の上方でプラズマを生成するために高周波電極に供給される高周波電力 R F (R F 電力) を発生する。高周波電力 R F は、2 7 ~ 1 0 0 M H z の範囲内の周波数、例えば 4 0 M H z 又は 6 0 M H z の周波数を有する。一実施形態において、高周波電極は、基台 1 8 である。即ち、一実施形態において、基台 1 8 は、高周波電極である下部電極を提供している。

【 0 0 2 9 】

高周波電源 6 1 は、整合器 6 1 m を介して基台 1 8 に接続されている。整合器 6 1 m は、高周波電源 6 1 の負荷側 (基台 1 8 側) のインピーダンスを、高周波電源 6 1 の出力インピーダンスに整合させるように構成された整合回路を有している。一実施形態において、高周波電源 6 1 は、整合器 6 1 m 及びフィルタ 6 1 f を介して基台 1 8 に接続されてい

10

【 0 0 3 0 】

プラズマ処理装置 1 は、バイアス電源 6 2 (第 1 のバイアス電源) を更に備えている。バイアス電源 6 2 は、基板支持器 1 6 のバイアス電極に電氣的に結合されており、基板支持器 1 6 のバイアス電極に与えられる電気バイアスエネルギー B E を発生するように構成されている。図 2 の実施形態では、基板支持器 1 6 のバイアス電極は、基台 1 8 である。電気バイアスエネルギー B E は、基板 W にイオンを引き込むために用いられる。電気バイアスエネルギー B E は、バイアス周波数を有する。バイアス周波数は、高周波電力 R F の周波数と異なってもよく、同一であってもよい。バイアス周波数は、高周波電力 R F の周波数よりも低くてもよい。一実施形態において、バイアス周波数は、5 0 k H z ~ 2 7 M H z の範囲内の周波数であり、例えば 4 0 0 k H z である。

20

【 0 0 3 1 】

以下、図 1 及び図 2 と共に図 3 の (a) 及び図 3 の (b) を参照する。図 3 の (a) 及び図 3 の (b) の各々は、バイアス電極に供給される電気バイアスエネルギー及びリング電極に供給される電気バイアスエネルギーの例を示す図である。

【 0 0 3 2 】

一実施形態において、バイアス電源 6 2 (第 1 のバイアス電源又は第 1 のバイアス R F 電源) は、図 3 の (a) に示すように、電気バイアスエネルギー B E として、高周波電力、即ち高周波バイアス電力 (第 1 のバイアス R F 電力) を発生してもよい。電気バイアスエネルギー B E としての高周波バイアス電力 (及びその電圧波形) は、バイアス周波数を有する正弦波である。バイアス周波数の逆数は、周期 C P (繰り返し期間) の時間長である。

30

【 0 0 3 3 】

バイアス電源 6 2 (第 1 のバイアス電源又は第 1 のバイアス R F 電源) は、高周波バイアス電力をバイアス電極に供給するために、整合器 6 2 m 及びフィルタ 6 2 f を介してバイアス電極 (図 2 の実施形態では基台 1 8) に接続されている。整合器 6 2 m は、バイアス電源 6 2 の負荷側のインピーダンスを、バイアス電源 6 2 の出力インピーダンスに整合させるように構成された整合回路を有している。フィルタ 6 2 f は、電気バイアスエネルギー B E を選択的に通過させる周波数特性を有しており、高周波電力 R F を遮断するか低減させる特性を有する。

40

【 0 0 3 4 】

別の実施形態において、バイアス電源 6 2 (第 1 のバイアス電源又は第 1 の電圧パルス電源) は、図 3 の (b) に示すように、電気バイアスエネルギー B E として電圧のパルスを周期的にバイアス電極 (図 2 の実施形態では基台 1 8) に印加するように構成されてい

50

隔（即ち周期 CP ）で、バイアス電極（図 2 の実施形態では基台 18）に印加される。電圧のパルスは、負の電圧のパルスであってもよく、負の直流電圧のパルスであってもよい。電圧のパルスは、三角波、矩形波等のような任意の波形を有していてもよい。

【0035】

プラズマ処理装置 1 は、高周波電源 63（RF 電源）を更に備えていてもよい。高周波電源 63 は、基板支持器 16 の上方でプラズマを生成するために高周波電力 RF2（RF 電力）を発生する。高周波電力 RF2 は、高周波電力 RF の周波数と同じ周波数を有し得る。高周波電源 63 は、整合器 63m 及びフィルタ 63f を介してリング電極 DR に電氣的に接続されている。整合器 63m は、高周波電源 63 の負荷側のインピーダンスを、高周波電源 63 の出力インピーダンスに整合させるように構成された整合回路を有している。フィルタ 63f は、高周波電力 RF2 を選択的に通過させる特性を有しており、後述する電気バイアスエネルギー BE2 を遮断するか低減させる特性を有する。

10

【0036】

プラズマ処理装置 1 は、バイアス電源 64（第 2 のバイアス電源）を更に備えている。バイアス電源 64 は、リング電極 DR に電氣的に結合されており、リング電極 DR に与えられる電気バイアスエネルギー BE2 を発生するように構成されている。電気バイアスエネルギー BE2 は、電気バイアスエネルギー BE のバイアス周波数と同じバイアス周波数を有する。

【0037】

図 3 の（a）に示すように、電気バイアスエネルギー BE2 は、電気バイアスエネルギー BE と同様に、高周波バイアス電力（第 2 のバイアス RF 電力）であってもよい。この場合には、バイアス電源 64（第 2 のバイアス電源又は第 2 のバイアス RF 電源）は、整合器 64m 及びフィルタ 64f を介してリング電極 DR に接続される。整合器 64m は、バイアス電源 64 の負荷側のインピーダンスを、バイアス電源 64 の出力インピーダンスに整合させるように構成された整合回路を有している。フィルタ 64f は、電気バイアスエネルギー BE2 を選択的に通過させる周波数特性を有しており、高周波電力 RF2 を遮断するか低減させる特性を有する。

20

【0038】

図 3 の（b）に示すように、電気バイアスエネルギー BE2 は、電気バイアスエネルギー BE と同様に電圧のパルスのシーケンスであってもよい。即ち、バイアス電源 64（第 2 のバイアス電源又は第 2 の電圧パルス電源）によって発生される電気バイアスエネルギー BE2 は、第 2 の DC パルス信号又は DC 電圧パルスのシーケンスであってもよい。電気バイアスエネルギー BE2 の電圧のパルスは、バイアス周波数の逆数である時間間隔（即ち周期 CP ）で、周期的にリング電極 DR に印加される。電圧のパルスは、負の電圧のパルスであってもよく、負の直流電圧のパルスであってもよい。電圧のパルスは、三角波、矩形波等のような任意の波形を有していてもよい。

30

【0039】

図 3 の（a）及び図 3 の（b）に示すように、電気バイアスエネルギー BE の 1 周期（周期 CP 又は繰り返し周期）は、正位相期間 PP（第 2 の期間）及び負位相期間 PN（第 1 の期間）から構成される。また、電気バイアスエネルギー BE2 の 1 周期（周期 CP 又は繰り返し周期）は、正位相期間 PP（第 4 の期間）及び負位相期間 PN（第 3 の期間）から構成される。負位相期間 PN において、電気バイアスエネルギー BE 及び BE2 の各々は、1 周期（周期 CP ）内でのその平均電圧よりも低い電圧を有する。正位相期間 PP において、電気バイアスエネルギー BE 及び BE2 の各々は、1 周期（周期 CP ）内でのその平均電圧以上の電圧を有する。

40

【0040】

バイアス電源 64 によって発生される電気バイアスエネルギー BE2 の負位相期間 PN は、バイアス電源 62 によって発生される電気バイアスエネルギー BE の負位相期間 PN と少なくとも部分的に重複する。図 3 の（a）及び図 3 の（b）に示すように、電気バイアスエネルギー BE2 の負位相期間 PN は、電気バイアスエネルギー BE の負位相期間 P

50

Nと一致していてもよい。即ち、電気バイアスエネルギーBE2の位相は、電気バイアスエネルギーBEの位相と同期していてもよい。

【0041】

なお、電気バイアスエネルギーBE及びBE2がそれぞれ第1及び第2のバイアスRF電力である場合には、第1及び第2のバイアスRF電力それぞれの第1及び第2の電力レベルは、互いに同一であってもよく、互いから異なってもよい。第2の電力レベルは、第1の電力レベルより大きくても、小さくてもよい。

【0042】

電気バイアスエネルギーBEが第1の電圧パルス信号である場合には、第1の電圧パルス信号は、第1の期間において第1の電圧レベルを有し、第2の期間において第2の電圧レベルを有する。第1の電圧レベルの絶対値は、第2の電圧レベルの絶対値よりも大きい。また、電気バイアスエネルギーBE2が第2の電圧パルス信号である場合には、第2の電圧パルス信号は、第3の期間において第3の電圧レベルを有し、第4の期間において第2の電圧レベルを有する。第3の電圧レベルの絶対値は、第4の電圧レベルの絶対値よりも大きい。第1の電圧レベル及び第3の電圧レベルは、負のレベルであってもよい。第3の電圧レベルは第1の電圧レベルと同じであってもよく、第4の電圧レベルは第2の電圧レベルと同じであってもよい。或いは、第3の電圧レベルは第1の電圧レベルと異なってもよい。

10

【0043】

電気バイアスエネルギーBE及びBE2がそれぞれ第1及び第2の電圧パルス信号である場合には、第1の期間は、第2の期間の長さと同じ長さを有していてもよい。或いは、第1の期間は、第2の期間の長さとは異なる長さを有していてもよい。第1の期間の長さは第2の期間の長さよりも長くてもよく、短くてもよい。

20

【0044】

一実施形態において、プラズマ処理装置1は、制御部MCを更に備え得る。制御部MCは、プロセッサ、記憶装置、入力装置、表示装置等を備えるコンピュータであり、プラズマ処理装置1の各部を制御する。具体的に、制御部MCは、記憶装置に記憶されている制御プログラムを実行し、当該記憶装置に記憶されているレシピデータに基づいてプラズマ処理装置1の各部を制御する。制御部MCによる制御により、レシピデータによって指定されたプロセスがプラズマ処理装置1において実行される。

30

【0045】

上述した正位相期間PPでは、基板W上のシースの厚さは小さく、基板Wとプラズマとの間のインピーダンスが小さいので、比較的多くの高周波電力RFが基板Wの上方でプラズマに結合される。一方、負位相期間PNでは、基板W上のシースの厚さは大きく、基板Wとプラズマとの間のインピーダンスは大きい。プラズマ処理装置1では、負位相期間PNにおいて基板Wのエッジの径方向外側でのシースの厚さを大きくしてリング電極DRとプラズマとの間のインピーダンスを高くするために、電気バイアスエネルギーBE2がリング電極DRに供給される。したがって、負位相期間PNにおいてリング電極DRの上方においてプラズマに結合する高周波電力RFが抑制される。その結果、バイアス電極に供給される電気バイアスエネルギーBEの周期CP内でのプラズマの径方向における拡がりの変動が抑制される。また、エッチングにより基板Wのエッジ及びその近傍に形成される形状の異常を抑制することが可能となる。

40

【0046】

以下、図4を参照する。図4は、別の例示的实施形態に係る基板支持器及び複数の電源を示す図である。以下、図2の実施形態に対する図4の実施形態の相違点について説明する。

【0047】

図4の実施形態の基板支持器16Bは、プラズマ処理装置1の基板支持器として採用可能である。図4の実施形態では、リング電極DRBが、エッジリングERに対して径方向外側で延在している。リング電極DRBは、平面視では略環形状を有し得る。リング電極

50

D R B は、エッジリング E R を囲むように延在しており、誘電体部 1 7 上に配置されている。リング電極 D R B は、シリコン、炭化ケイ素のような導電性材料から形成されている。

【 0 0 4 8 】

基板支持器 1 6 B では、補助電極 7 1 がリング電極 D R B の下方で誘電体部 1 7 の中に設けられている。補助電極 7 1 は、環形状を有し、軸線 A X の周りで周方向に延在していてもよい。基板支持器 1 6 B の他の構成は、図 2 に示す基板支持器 1 6 の対応の構成と同一である。図 4 の実施形態では、高周波電源 6 3 及びバイアス電源 6 4 は、補助電極 7 1 に電氣的に接続されており、補助電極 7 1 を介してリング電極 D R B に容量的に結合されている。

【 0 0 4 9 】

以下、図 5 を参照する。図 5 は、更に別の例示的实施形態に係る基板支持器及び複数の電源を示す図である。以下、図 3 の実施形態に対する図 4 の実施形態の相違点について説明する。

【 0 0 5 0 】

図 5 の実施形態の基板支持器 1 6 C は、プラズマ処理装置 1 の基板支持器として採用可能である。図 5 の実施形態では、リング部材 7 2 が、エッジリング E R に対して径方向外側で延在している。リング部材 7 2 は、平面視では略環形状を有し得る。リング部材 7 2 は、エッジリング E R を囲むように延在しており、誘電体部 1 7 上に配置されている。リング部材 7 2 は、石英又は酸化アルミニウムのような誘電体から形成されている。

【 0 0 5 1 】

基板支持器 1 6 C では、リング電極 D R C がリング部材 7 2 の中に設けられている。リング電極 D R C は、環形状を有し、軸線 A X の周りで周方向に延在していてもよい。基板支持器 1 6 C の他の構成は、基板支持器 1 6 B の対応の構成と同一である。図 5 の実施形態では、高周波電源 6 3 及びバイアス電源 6 4 は、リング電極 D R C に電氣的に接続されている。なお、リング電極 D R C は、リング部材 7 2 から離れた領域、例えば誘電体部 1 7 の中に設けられていてもよい。

【 0 0 5 2 】

以下、図 6 を参照する。図 6 は、更に別の例示的实施形態に係る基板支持器及び複数の電源を示す図である。以下、図 2 の実施形態に対する図 6 の実施形態の相違点について説明する。

【 0 0 5 3 】

図 6 の実施形態において、プラズマ処理装置 1 は、バイアス電源 6 6 を更に備えている。バイアス電源 6 6 は、エッジリング E R に電氣的に結合されており、エッジリング E R に与えられる電気バイアスエネルギー B E 3 を発生するように構成されている。電気バイアスエネルギー B E 3 は、電気バイアスエネルギー B E のバイアス周波数と同じバイアス周波数を有していてもよい。

【 0 0 5 4 】

電気バイアスエネルギー B E 3 は、電気バイアスエネルギー B E と同様に、高周波バイアス電力（第 3 のバイアス R F 電力）であってもよい。この場合には、バイアス電源 6 6 は、整合器 6 6 m 及びフィルタ 6 6 f を介してエッジリング E R に接続される。整合器 6 6 m は、バイアス電源 6 6 の負荷側のインピーダンスを、バイアス電源 6 6 （第 3 のバイアス R F 電源）の出力インピーダンスに整合させるように構成された整合回路を有している。フィルタ 6 6 f は、電気バイアスエネルギー B E 3 を選択的に通過させる周波数特性を有しており、高周波電力 R F を遮断するか低減させる特性を有する。

【 0 0 5 5 】

或いは、電気バイアスエネルギー B E 3 は、電気バイアスエネルギー B E と同様に電圧のパルスのシーケンス又は第 3 の電圧パルス信号であってもよい。電気バイアスエネルギー B E 3 の電圧のパルスは、バイアス周波数の逆数である時間間隔（即ち周期 C P ）で、周期的にリング電極 D R に印加される。

【 0 0 5 6 】

10

20

30

40

50

図 6 の実施形態によれば、エッジリング E R に与えられる電気バイアスエネルギーを独立的に制御して、エッジリング E R 上のシースの厚さを独立的に制御することが可能である。なお、基板支持器 1 6 B 及び基板支持器 1 6 C の各々においても、バイアス電源 6 6 がエッジリング E R に電氣的に結合されていてもよい。

【 0 0 5 7 】

以下、図 7 を参照する。図 7 は、更に別の例示的实施形態に係る基板支持器及び複数の電源を示す図である。以下、図 6 の実施形態に対する図 7 の実施形態の相違点について説明する。

【 0 0 5 8 】

図 7 に示す基板支持器 1 6 D は、プラズマ処理装置 1 の基板支持器として採用可能である。基板支持器 1 6 D の静電チャック 2 0 D は、電極 2 0 e を更に含んでいる。基板支持器 1 6 D の他の構成は、図 6 に示す基板支持器 1 6 の対応の構成と同一である。電極 2 0 e は、導電性材料から形成された膜であり、第 2 の領域 2 0 R 2 において本体 2 0 m の中に設けられている。電極 2 0 e は、環形状を有していてもよく、軸線 A X の周りで周方向に延在していてもよい。図 7 の実施形態では、バイアス電源 6 6 は、電極 2 0 e に電氣的に接続されており、電極 2 0 e を介してエッジリング E R に容量的に結合されている。

10

【 0 0 5 9 】

なお、基板支持器 1 6 B 及び基板支持器 1 6 C の各々においても、バイアス電源 6 6 が電極 2 0 e を介してエッジリング E R に電氣的に結合されていてもよい。また、バイアス電源 6 6 は、チャック電極 2 0 b 及びチャック電極 2 0 c に電氣的に接続されていてもよい。この場合には、基板支持器は、電極 2 0 e を含んでいなくてもよい。

20

【 0 0 6 0 】

以下、図 8 を参照する。図 8 は、更に別の例示的实施形態に係る基板支持器及び複数の電源を示す図である。以下、図 7 の実施形態に対する図 8 の実施形態の相違点について説明する。

【 0 0 6 1 】

図 8 に示す基板支持器 1 6 E は、プラズマ処理装置 1 の基板支持器として採用可能である。基板支持器 1 6 E の静電チャック 2 0 E は、電極 2 0 f を更に含んでいる。基板支持器 1 6 E の他の構成は、基板支持器 1 6 D の対応の構成と同一である。電極 2 0 f は、導電性材料から形成された膜であり、第 1 の領域 2 0 R 1 において本体 2 0 m の中に設けられている。電極 2 0 f は、略円形状を有していてもよく、その中心は軸線 A X 上に位置していてもよい。図 8 の実施形態では、バイアス電源 6 2 は、電極 2 0 f に電氣的に接続されている。即ち、電極 2 0 f は、基板支持器 1 6 E においてバイアス電極を構成している。

30

【 0 0 6 2 】

なお、基板支持器 1 6 B 及び基板支持器 1 6 C の各々においても、バイアス電源 6 2 が電極 2 0 f に電氣的に接続されていてもよい。また、バイアス電源 6 2 は、チャック電極 2 0 a に電氣的に接続されていてもよい。この場合には、チャック電極 2 0 a がバイアス電極を構成する。この場合には、基板支持器は、電極 2 0 f を含んでいなくてもよい。

【 0 0 6 3 】

以下、図 9 を参照する。図 9 は、更に別の例示的实施形態に係る基板支持器及び複数の電源を示す図である。以下、図 8 の実施形態に対する図 9 の実施形態の相違点について説明する。

40

【 0 0 6 4 】

図 9 の実施形態では、高周波電源 6 1 及びバイアス電源 6 2 は、電極 2 0 f に電氣的に接続されている。即ち、電極 2 0 f は、基板支持器 1 6 E において、高周波電極及びバイアス電極を構成している。

【 0 0 6 5 】

また、図 9 の実施形態では、プラズマ処理装置 1 は、高周波電源 6 5 を更に備えている。高周波電源 6 5 は、基板支持器 1 6 の上方でプラズマを生成するために高周波電力 R F 3 (R F 電力) を発生する。高周波電力 R F 3 は、高周波電力 R F の周波数と同じ周波数

50

を有し得る。高周波電源 6 5 は、整合器 6 5 m 及びフィルタ 6 5 f を介して電極 2 0 e に電氣的に接続されている。整合器 6 5 m は、高周波電源 6 5 の負荷側のインピーダンスを、高周波電源 6 5 の出力インピーダンスに整合させるように構成された整合回路を有している。フィルタ 6 5 f は、高周波電力 R F 3 を選択的に通過させる特性を有しており、電気バイアスエネルギー B E 3 を遮断するか低減させる特性を有する。

【 0 0 6 6 】

なお、基板支持器 1 6 B 及び基板支持器 1 6 C の各々においても、高周波電源 6 1 及びバイアス電源 6 2 が、電極 2 0 f に電氣的に接続されていてもよい。また、基板支持器 1 6 B 及び基板支持器 1 6 C の各々においても、高周波電源 6 5 及びバイアス電源 6 6 が、電極 2 0 e に電氣的に接続されていてもよい。

10

【 0 0 6 7 】

以下、図 1 0 を参照する。図 1 0 は、更に別の例示の実施形態に係る基板支持器及び複数の電源を示す図である。以下、図 2 の実施形態に対する図 1 0 の実施形態の相違点について説明する。

【 0 0 6 8 】

図 1 0 の実施形態において、プラズマ処理装置 1 は、高周波電源 6 3 及びバイアス電源 6 4 を備えていない。図 1 0 の実施形態では、高周波電源 6 1 は、基板支持器 1 6 の高周波電極（図 1 0 の実施形態では基台 1 8 ）に加えて、リング電極 D R に電氣的に接続されている。図 1 0 の実施形態では、高周波電力 R F が、基板支持器 1 6 の高周波電極とリング電極 D R に分配される。基板支持器 1 6 の高周波電極とリング電極 D R との間での高周波電力 R F の分配比率は、インピーダンス調整器 6 1 i によって調整される。インピーダンス調整器 6 1 i は、高周波電源 6 1 と基板支持器 1 6 の高周波電極とを接続する電氣的パス上のノードとリング電極 D R との間で接続されている。インピーダンス調整器 6 1 i は、可変インピーダンスを有する。インピーダンス調整器 6 1 i は、例えば可変容量コンデンサを含んでいてもよい。

20

【 0 0 6 9 】

また、図 1 0 の実施形態では、バイアス電源 6 2 は、基板支持器 1 6 のバイアス電極（図 1 0 の実施形態では基台 1 8 ）に加えて、リング電極 D R に電氣的に接続されている。即ち、図 1 0 の実施形態では、単一のバイアス R F 電源 6 2 が、第 1 のバイアス R F 電源及び第 2 のバイアス R F 電源を兼ねている。図 1 0 の実施形態では、電気バイアスエネルギー B E が、基板支持器 1 6 のバイアス電極とリング電極 D R に分配される。基板支持器 1 6 のバイアス電極とリング電極 D R との間での電気バイアスエネルギー B E の分配比率は、インピーダンス調整器 6 2 i によって調整される。インピーダンス調整器 6 2 i は、バイアス電源 6 2 と基板支持器 1 6 のバイアス電極とを接続する電氣的パス上のノードとリング電極 D R との間で接続されている。インピーダンス調整器 6 2 i は、可変インピーダンスを有する。インピーダンス調整器 6 2 i は、例えば可変容量コンデンサを含んでいてもよい。

30

【 0 0 7 0 】

図 1 0 の実施形態では、単一のバイアス電源 6 2 からの電気バイアスエネルギー B E が基板支持器 1 6 のバイアス電極とリング電極 D R に分配される。したがって、基板支持器 1 6 のバイアス電極に与えられる電気バイアスエネルギー位相とリング電極 D R に与えられる電気バイアスエネルギーの位相は互いに同期している。したがって、負位相期間 P N においてリング電極 D R の上方においてプラズマに結合する高周波電力 R F が抑制される。その結果、基板支持器 1 6 のバイアス電極に供給される電気バイアスエネルギー B E の周期内でのプラズマの径方向における拡がりの変動が抑制される。

40

【 0 0 7 1 】

なお、図 1 0 の実施形態と同様に、基板支持器 1 6 B においても、高周波電源 6 1 からの高周波電力 R F が、基板支持器 1 6 の高周波電極とリング電極 D R B に分配されてもよい。また、図 1 0 の実施形態と同様に、基板支持器 1 6 B においても、バイアス電源 6 2 からの電気バイアスエネルギー B E が、基板支持器 1 6 のバイアス電極とリング電極 D R

50

Bに分配されてもよい。また、図10の実施形態と同様に、基板支持器16Cにおいても、高周波電源61からの高周波電力RFが、基板支持器16の高周波電極とリング電極DR Cに分配されてもよい。また、図10の実施形態と同様に、基板支持器16Cにおいても、バイアス電源62からの電気バイアスエネルギーBEが、基板支持器16のバイアス電極とリング電極DR Cに分配されてもよい。

【0072】

以下、図11を参照する。図11は、更に別の例示の実施形態に係る基板支持器及び複数の電源を示す図である。以下、図10の実施形態に対する図11の実施形態の相違点について説明する。

【0073】

図11に示す実施形態において、プラズマ処理装置1は、基板支持器16Dを備えている。基板支持器16Dは、図7に示す基板支持器16Dと同一である。図11に示す実施形態において、バイアス電源62は、更に電極20eに電氣的に接続されている。図11の実施形態では、電気バイアスエネルギーBEが、基板支持器16のバイアス電極、リング電極DR、及び電極20eに分配される。基板支持器16のバイアス電極、リング電極DR、及び電極20eに対する電気バイアスエネルギーBEの分配比率は、インピーダンス調整器62i及びインピーダンス調整器62jによって調整される。インピーダンス調整器62jは、バイアス電源62と基板支持器16のバイアス電極とを接続する電氣的パス上のノードと電極20eとの間で接続されている。インピーダンス調整器62jは、可変インピーダンスを有する。インピーダンス調整器62jは、例えば可変容量コンデンサを含んでいてもよい。

【0074】

なお、図11の実施形態と同様に、基板支持器16Bにおいても、高周波電源61からの高周波電力RFが、基板支持器16の高周波電極とリング電極DR Bに分配されてもよい。また、図11の実施形態と同様に、基板支持器16Bにおいても、バイアス電源62からの電気バイアスエネルギーBEが、基板支持器16のバイアス電極、リング電極DR B、及び電極20eに分配されてもよい。また、図11の実施形態と同様に、基板支持器16Cにおいても、高周波電源61からの高周波電力RFが、基板支持器16の高周波電極とリング電極DR Cに分配されてもよい。また、図11の実施形態と同様に、基板支持器16Cにおいても、バイアス電源62からの電気バイアスエネルギーBEが、基板支持器16のバイアス電極、リング電極DR C、及び電極20eに分配されてもよい。

【0075】

以下、図12を参照する。図12は、更に別の例示の実施形態に係る基板支持器及び複数の電源を示す図である。以下、図11の実施形態に対する図12の実施形態の相違点について説明する。

【0076】

図12に示す実施形態において、プラズマ処理装置1は、基板支持器16Eを備えている。基板支持器16Eは、図8に示す基板支持器16Eと同一である。図12に示す実施形態において、バイアス電源62は、電極20fに電氣的に接続されている。

【0077】

なお、図12の実施形態と同様に、基板支持器16Bにおいても、高周波電源61からの高周波電力RFが、基板支持器16の高周波電極とリング電極DR Bに分配されてもよい。また、図12の実施形態と同様に、基板支持器16Bにおいても、バイアス電源62からの電気バイアスエネルギーBEが、電極20f、リング電極DR B、及び電極20eに分配されてもよい。また、図12の実施形態と同様に、基板支持器16Cにおいても、高周波電源61からの高周波電力RFが、基板支持器16の高周波電極とリング電極DR Cに分配されてもよい。また、図11の実施形態と同様に、基板支持器16Cにおいても、バイアス電源62からの電気バイアスエネルギーBEが、電極20f、リング電極DR C、及び電極20eに分配されてもよい。

【0078】

10

20

30

40

50

以下、図 1 3 を参照する。図 1 3 は、更に別の例示的实施形態に係る基板支持器及び複数の電源を示す図である。以下、図 1 2 の実施形態に対する図 1 3 の実施形態の相違点について説明する。

【 0 0 7 9 】

図 1 3 に示す実施形態において、高周波電源 6 1 は、電極 2 0 f に電氣的に接続されており、更に電極 2 0 e に電氣的に接続されている。図 1 3 の実施形態では、高周波電力 R F が、電極 2 0 f、リング電極 D R、及び電極 2 0 e に分配される。電極 2 0 f、リング電極 D R、及び電極 2 0 e に対する高周波電力 R F の分配比率は、インピーダンス調整器 6 1 i 及びインピーダンス調整器 6 1 j によって調整される。インピーダンス調整器 6 1 j は、高周波電源 6 1 と電極 2 0 f とを接続する電氣的パス上のノードと電極 2 0 e との間で接続されている。インピーダンス調整器 6 1 j は、可変インピーダンスを有する。インピーダンス調整器 6 1 j は、例えば可変容量コンデンサを含んでいてもよい。

10

【 0 0 8 0 】

なお、図 1 3 の実施形態と同様に、基板支持器 1 6 B においても、高周波電源 6 1 から高周波電力 R F が、電極 2 0 f、リング電極 D R B、及び電極 2 0 e に分配されてもよい。また、図 1 3 の実施形態と同様に、基板支持器 1 6 B においても、バイアス電源 6 2 から電気バイアスエネルギー B E が、電極 2 0 f、リング電極 D R B、及び電極 2 0 e に分配されてもよい。また、図 1 3 の実施形態と同様に、基板支持器 1 6 C においても、高周波電源 6 1 から高周波電力 R F が、電極 2 0 f、リング電極 D R C、及び電極 2 0 e に分配されてもよい。また、図 1 3 の実施形態と同様に、基板支持器 1 6 C においても、バイアス電源 6 2 から電気バイアスエネルギー B E が、電極 2 0 f、リング電極 D R C、及び電極 2 0 e に分配されてもよい。

20

【 0 0 8 1 】

以下、図 1 4 を参照する。図 1 4 は、一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理方法の流れ図である。図 1 4 に示すプラズマ処理方法（以下、「方法 M T」という）は、上述した種々のプラズマ処理装置のうち何れかを用いて実行され得る。

【 0 0 8 2 】

方法 M T は、工程 S T a で開始する。工程 S T a では、基板 W が、プラズマ処理装置 1 の基板支持器上に載置される。工程 S T a において、基板 W は、エッジリング E R によって囲まれた領域内に配置される。方法 M T は、工程 S T b ~ S T d を更に含む。工程 S T b ~ S T d は、基板 W が基板支持器上に載置された状態で行われる。

30

【 0 0 8 3 】

工程 S T b では、高周波電力 R F が、基板支持器の上方でプラズマを生成するために供給される。なお、高周波電源 6 3 を備えるプラズマ処理装置 1 では、高周波電力 R F 2 が更に供給されてもよい。また、高周波電源 6 5 を備えるプラズマ処理装置 1 では、高周波電力 R F 3 が更に供給されてもよい。方法 M T では、工程 S T c 及び工程 S T d は、工程 S T b が行われている期間、即ちチャンバ 1 0 内でプラズマが生成されている期間において行われる。

【 0 0 8 4 】

工程 S T c では、基板支持器のバイアス電極（基台 1 8、電極 2 0 f、又はチャック電極 2 0 a）に電気バイアスエネルギー B E が供給される。工程 S T d では、リング電極（D R、D R B、又は D R C）に電気バイアスエネルギー（B E 又は B E 2）が供給される。

40

【 0 0 8 5 】

一実施形態の工程 S T d では、電気バイアスエネルギー B E 2 がリング電極に供給される。電気バイアスエネルギー B E 2 の負位相期間 P N は、基板支持器のバイアス電極に供給される電気バイアスエネルギー B E の負位相期間 P N と少なくとも部分的に重複する。電気バイアスエネルギー B E 2 の負位相期間 P N は、基板支持器のバイアス電極に供給される電気バイアスエネルギー B E の負位相期間 P N と一致していてもよい。電気バイアスエネルギー B E 2 の位相は、基板支持器のバイアス電極に供給される電気バイアスエネルギー B E の位相と同期していてもよい。

50

【 0 0 8 6 】

別の実施形態の工程 S T c 及び S T d では、単一のバイアス電源 6 2 からの電気バイアスエネルギー B E が、基板支持器のバイアス電極とリング電極に分配される。したがって、リング電極に供給される電気バイアスエネルギーの負位相期間 P N は、基板支持器のバイアス電極に供給される電気バイアスエネルギーの負位相期間 P N と一致している。即ち、リング電極に供給される電気バイアスエネルギーの位相は、基板支持器のバイアス電極に供給される電気バイアスエネルギーの位相と一致している。

【 0 0 8 7 】

ここで、本開示に含まれる種々の例示的实施形態を、以下の [E 1] ~ [E 1 2] 及び [F 1] ~ [F 1 9] に記載する。

【 0 0 8 8 】

[E 1]

チャンバと、

前記チャンバ内に設けられており、その上に載置される基板及び該基板を囲むようにその上に載置されるエッジリングを支持するように構成されており、バイアス電極を含む基板支持器と、

前記基板支持器の上方でプラズマを生成するために高周波電力を発生するように構成された高周波電源と、

前記エッジリングに対して径方向外側で延在するリング電極と、

前記バイアス電極に電氣的に結合された第 1 のバイアス電源と、

前記リング電極に電氣的に結合された第 2 のバイアス電源と、

を備え、

前記第 1 のバイアス電源及び前記第 2 のバイアス電源の各々は、バイアス周波数を有する電気バイアスエネルギーを発生するように構成されており、

前記バイアス周波数の逆数である時間長を有する前記電気バイアスエネルギーの 1 周期は、該電気バイアスエネルギーが該 1 周期内でのその平均電圧よりも低い電圧を有する負位相期間を含み、

前記第 2 のバイアス電源によって発生される前記電気バイアスエネルギーの前記負位相期間は、前記第 1 のバイアス電源によって発生される前記電気バイアスエネルギーの前記負位相期間と少なくとも部分的に重複する、

プラズマ処理装置。

【 0 0 8 9 】

電気バイアスエネルギーの 1 周期は、上述の負位相期間と正位相期間を含む。正位相期間において、電気バイアスエネルギーは、1 周期内でのその平均電圧以上の電圧を有する。正位相期間では、基板上のシースの厚さは小さく、基板とプラズマとの間のインピーダンスが小さいので、比較的多くの高周波電力が基板の上方でプラズマに結合される。一方、負位相期間では、基板上のシースの厚さは大きく、基板とプラズマとの間のインピーダンスは大きい。上記実施形態では、負位相期間において基板のエッジの径方向外側でのシースの厚さを大きくしてリング電極とプラズマとの間のインピーダンスを高くするために、第 2 のバイアス電源によって発生される電気バイアスエネルギーがリング電極に供給される。したがって、負位相期間においてリング電極の上方においてプラズマに結合する高周波電力が抑制される。その結果、上記実施形態によれば、バイアス電極に供給される電気バイアスエネルギーの周期内でのプラズマの径方向における拡がりの変動が抑制される。

【 0 0 9 0 】

[E 2]

前記第 2 のバイアス電源によって発生される前記電気バイアスエネルギーの位相は、前記第 1 のバイアス電源によって発生される前記電気バイアスエネルギーの位相と同期している、[E 1] に記載のプラズマ処理装置。

【 0 0 9 1 】

[E 3]

10

20

30

40

50

前記第 1 のバイアス電源及び前記第 2 のバイアス電源の各々によって発生される前記電気バイアスエネルギーは、前記バイアス周波数を有する高周波電力であるか、前記バイアス周波数の逆数である時間間隔で周期的に発生される電圧のパルスである、[E 1] 又は [E 2] に記載のプラズマ処理装置。

【 0 0 9 2 】

[E 4]

前記第 1 のバイアス電源、前記第 2 のバイアス電源、又は前記バイアス周波数を有する電気バイアスエネルギーを発生する別のバイアス電源が、前記エッジリングに電氣的に結合されている、[E 1] ~ [E 3] の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

【 0 0 9 3 】

[E 5]

チャンバと、

前記チャンバ内に設けられており、その上に載置される基板及び該基板を囲むようにその上に載置されるエッジリングを支持するように構成されており、バイアス電極を含む基板支持器と、

前記基板支持器の上方でプラズマを生成するために高周波電力を発生するように構成された高周波電源と、

前記エッジリングに対して径方向外側で延在するリング電極と、

バイアス周波数を有する電気バイアスエネルギーを発生し、該電気バイアスエネルギーを前記バイアス電極と前記リング電極に分配するよう前記バイアス電極及び前記リング電極に電氣的に結合されたバイアス電源と、
を備えるプラズマ処理装置。

【 0 0 9 4 】

上記実施形態では、単一のバイアス電源からの電気バイアスエネルギーが基板支持器のバイアス電極とリング電極に分配される。したがって、基板支持器のバイアス電極に与えられる電気バイアスエネルギー位相とリング電極に与えられる電気バイアスエネルギーの位相は互いに同期している。したがって、負位相期間においてリング電極の上方においてプラズマに結合する高周波電力が抑制される。その結果、上記実施形態によれば、バイアス電極に供給される電気バイアスエネルギーの周期内でのプラズマの径方向における拡がりの変動が抑制される。

【 0 0 9 5 】

[E 6]

前記電気バイアスエネルギーは、前記バイアス周波数を有する高周波電力であるか、前記バイアス周波数の逆数である時間間隔で周期的に発生される電圧のパルスである、[E 5] に記載のプラズマ処理装置。

【 0 0 9 6 】

[E 7]

前記バイアス電源又は前記バイアス周波数を有する電気バイアスエネルギーを発生する別のバイアス電源が、前記エッジリングに電氣的に結合されている、[E 5] 又は [E 6] に記載のプラズマ処理装置。

【 0 0 9 7 】

[E 8]

前記高周波電源は、前記バイアス電極又は前記基板支持器内に設けられた別の電極に電氣的に接続されており、前記高周波電力を前記バイアス電極又は前記別の電極に供給するように構成されている、[E 1] ~ [E 7] の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

【 0 0 9 8 】

[E 9]

前記高周波電源又は前記基板支持器の上方でプラズマを生成するために高周波電力を発生するように構成された別の高周波電源が前記リング電極に電氣的に結合されている、[E 1] ~ [E 8] の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 9 】

[E 1 0]

前記リング電極は、前記エッジリングを囲むように延在している、[E 1] ~ [E 9] の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

【 0 1 0 0 】

[E 1 1]

(a) プラズマ処理装置のチャンバ内に設けられた基板支持器上に基板を載置する工程であり、該基板支持器はバイアス電極を含み、前記基板は、前記基板支持器上に配置されたエッジリングによって囲まれた領域内に配置される、該工程と、

(b) 前記基板支持器の上方でプラズマを生成するために高周波電力を供給する工程と、

(c) 第 1 のバイアス電源から前記バイアス電極に電気バイアスエネルギーを供給する工程と、

(d) 第 2 のバイアス電源からリング電極に電気バイアスエネルギーを供給する工程であり、該リング電極は前記エッジリングの径方向外側で延在する、該工程と、

を含み、

前記第 1 のバイアス電源及び前記第 2 のバイアス電源の各々によって発生される電気バイアスエネルギーは、バイアス周波数を有し、

前記第 1 のバイアス電源及び前記第 2 のバイアス電源の各々によって発生される前記電気バイアスエネルギーの 1 周期は、前記バイアス周波数の逆数である時間長を有し、該電気バイアスエネルギーが該 1 周期内でのその平均電圧よりも低い電圧を有する負位相期間を含み、

前記第 2 のバイアス電源によって発生される前記電気バイアスエネルギーの前記負位相期間は、前記第 1 のバイアス電源によって発生される前記電気バイアスエネルギーの前記負位相期間と少なくとも部分的に重複する、

プラズマ処理方法。

【 0 1 0 1 】

[E 1 2]

(a) プラズマ処理装置のチャンバ内に設けられた基板支持器上に基板を載置する工程であり、該基板支持器はバイアス電極を含み、前記基板は、前記基板支持器上に配置されたエッジリングによって囲まれた領域内に配置される、該工程と、

(b) 前記基板支持器の上方でプラズマを生成するために高周波電力を供給する工程と、

(c) 前記バイアス電極に電気バイアスエネルギーを供給する工程と、

(d) リング電極に電気バイアスエネルギーを供給する工程であり、該リング電極は前記エッジリングの径方向外側で延在する、該工程と、

を含み、

前記 (c) 及び前記 (d) において、単一のバイアス電源によって発生される電気バイアスエネルギーが前記バイアス電極及び前記リング電極に分配される、プラズマ処理方法。

【 0 1 0 2 】

[F 1]

プラズマ処理チャンバと、

前記プラズマ処理チャンバ内に配置され、バイアス電極を含む基板支持器と、

前記チャンバ内でプラズマを生成するために R F 電力を発生するように構成された R F 電源と、

前記基板支持器上の基板を囲むように配置されたエッジリングと、

前記エッジリングを囲むように配置されたリング電極と、

前記バイアス電極に第 1 のバイアス R F 電力を供給するように構成された第 1 のバイアス R F 電源であり、前記第 1 のバイアス R F 電力は、第 1 の周波数及び第 1 の電力レベルを有する、該第 1 のバイアス R F 電源と、

前記リング電極に第 2 のバイアス R F 電力を供給するように構成された第 2 のバイアス R F 電源であり、前記第 2 のバイアス R F 電力は、前記第 1 の周波数及び第 2 の電力レベ

10

20

30

40

50

ルを有し、前記第 2 のバイアス R F 電力は、前記第 1 のバイアス R F 電力と同期している、該第 2 のバイアス R F 電源と、
を備える、プラズマ処理装置。

【 0 1 0 3 】

[F 2]

前記第 2 の電力レベルは、前記第 1 の電力レベルと同じである、[F 1] に記載のプラズマ処理装置。

【 0 1 0 4 】

[F 3]

前記第 2 の電力レベルは、前記第 1 の電力レベルとは異なる、[F 1] に記載のプラズマ処理装置。 10

【 0 1 0 5 】

[F 4]

前記第 2 の電力レベルは、前記第 1 の電力レベルよりも大きい、[F 3] に記載のプラズマ処理装置。

【 0 1 0 6 】

[F 5]

前記第 2 の電力レベルは、前記第 1 の電力レベルよりも小さい、[F 3] に記載のプラズマ処理装置。

【 0 1 0 7 】

[F 6]

単一のバイアス R F 電源が、前記第 1 のバイアス R F 電源と前記第 2 のバイアス R F 電源を兼ねる、[F 1] ~ [F 5] の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

【 0 1 0 8 】

[F 7]

プラズマ処理チャンバと、
前記プラズマ処理チャンバ内に配置され、バイアス電極を含む基板支持器と、
前記チャンバ内でプラズマを生成するために R F 電力を発生するように構成された R F 電源と、

前記基板支持器上の基板を囲むように配置されたエッジリングと、 30

前記エッジリングを囲むように配置されたリング電極と、

前記バイアス電極に第 1 の電圧パルス信号を印加するように構成された第 1 の電圧パルス電源であり、前記第 1 の電圧パルス信号は、繰り返し期間内の第 1 の期間において該繰り返し期間内の該第 1 の電圧パルス信号の第 1 の平均電圧よりも低い第 1 の電圧レベルを有し、前記繰り返し期間内の第 2 の期間において前記第 1 の平均電圧よりも高い第 2 の電圧レベルを有し、前記第 1 の電圧レベルの絶対値は、前記第 2 の電圧レベルの絶対値よりも大きい、該第 1 の電圧パルス電源と、

前記リング電極に第 2 の電圧パルス信号を印加するように構成された第 2 の電圧パルス電源であり、前記第 2 の電圧パルス信号は、前記第 1 の期間において該第 2 の電圧パルス信号の第 2 の平均電圧よりも低い第 3 の電圧レベルを有し、前記第 2 の期間において該第 2 の平均電圧よりも高い第 4 の電圧レベルを有し、前記第 3 の電圧レベルの絶対値は、前記第 4 の電圧レベルの絶対値よりも大きい、該第 2 の電圧パルス電源と、
を備える、プラズマ処理装置。 40

【 0 1 0 9 】

[F 8]

前記第 1 の電圧レベル及び前記第 3 の電圧レベルは、負極性を有する、[F 7] に記載のプラズマ処理装置。

【 0 1 1 0 】

[F 9]

前記第 3 の電圧レベルは、前記第 1 の電圧レベルと同じであり、前記第 4 の電圧レベル 50

は、前記第 2 の電圧レベルと同じである、[F 7] 又は [F 8] に記載のプラズマ処理装置。

【 0 1 1 1 】

[F 1 0]

単一の電圧パルス電源が、前記第 1 の電圧パルス電源と前記第 2 の電圧パルス電源を兼ねる、[F 9] に記載のプラズマ処理装置。

【 0 1 1 2 】

[F 1 1]

前記第 3 の電圧レベルは、前記第 1 の電圧レベルとは異なる、[F 7] 又は [F 8] に記載のプラズマ処理装置。

10

【 0 1 1 3 】

[F 1 2]

前記第 1 の期間は、前記第 2 の期間の長さと同じ長さを有する、[F 7] ~ [F 1 1] の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

【 0 1 1 4 】

[F 1 3]

前記第 1 の期間は、前記第 2 の期間の長さとは異なる長さを有する、[F 7] ~ [F 1 1] の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

【 0 1 1 5 】

[F 1 4]

前記第 1 の期間は、前記第 2 の期間の長さよりも長い、[F 7] ~ [F 1 1] の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

20

【 0 1 1 6 】

[F 1 5]

前記第 1 の期間は、前記第 2 の期間の長さよりも短い、[F 7] ~ [F 1 1] の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

【 0 1 1 7 】

[F 1 6]

チャンバと、

前記チャンバ内に配置され、バイアス電極を含む基板支持器と、

前記チャンバ内でプラズマを生成するために R F 電力を発生するように構成された R F 電源と、

30

前記基板支持器上の基板を囲むように配置されたエッジリングと、

前記エッジリングを囲むように配置されたリング電極と、

前記バイアス電極に電氣的に接続された第 1 のバイアス電源と、

前記リング電極に電氣的に接続された第 2 のバイアス電源と、

を備え、

前記第 1 のバイアス電源及び前記第 2 のバイアス電源の各々は、バイアス周波数を有する電気バイアスエネルギーを発生するように構成されており、

前記バイアス周波数の逆数である時間長を有する前記電気バイアスエネルギーの 1 周期は、該電気バイアスエネルギーが該 1 周期内でのその平均電圧よりも低い電圧を有する負位相期間を含み、

40

前記第 2 のバイアス電源によって発生される前記電気バイアスエネルギーの前記負位相期間は、前記第 1 のバイアス電源によって発生される前記電気バイアスエネルギーの前記負位相期間と少なくとも部分的に重複する、
プラズマ処理装置。

【 0 1 1 8 】

[F 1 7]

前記第 2 のバイアス電源によって発生される前記電気バイアスエネルギーの位相は、前記第 1 のバイアス電源によって発生される前記電気バイアスエネルギーの位相と同期して

50

いる、[F 1 6] に記載のプラズマ処理装置。

【 0 1 1 9 】

[F 1 8]

前記第 1 のバイアス電源及び前記第 2 のバイアス電源の各々によって発生される前記電気バイアスエネルギーは、前記バイアス周波数を有する R F 電力であるか、前記バイアス周波数の逆数である時間間隔で周期的に発生される D C 電圧パルスのシーケンスである、[F 1 6] 又は [F 1 7] に記載のプラズマ処理装置。

【 0 1 2 0 】

[F 1 9]

前記第 1 のバイアス電源、前記第 2 のバイアス電源、又は前記バイアス周波数を有する電気バイアスエネルギーを発生するように構成された別のバイアス電源が、前記エッジリングに結合されている、[F 1 6] ~ [F 1 8] の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

10

【 0 1 2 1 】

以上、種々の例示的实施形態について説明してきたが、上述した例示的实施形態に限定されることなく、様々な追加、省略、置換、及び変更がなされてもよい。また、異なる実施形態における要素を組み合わせることで他の実施形態を形成することが可能である。

【 0 1 2 2 】

以上の説明から、本開示の種々の実施形態は、説明の目的で本明細書で説明されており、本開示の範囲及び主旨から逸脱することなく種々の変更をなし得ることが、理解されるであろう。したがって、本明細書に開示した種々の実施形態は限定することを意図しておらず、真の範囲と主旨は、添付の特許請求の範囲によって示される。

20

【 符号の説明 】

【 0 1 2 3 】

1 ... プラズマ処理装置、1 0 ... チャンバ、1 6 ... 基板支持器、1 8 ... 基台、2 0 ... 静電チャック、6 1 , 6 3 ... 高周波電源、6 2 , 6 4 ... バイアス電源、W ... 基板、E R ... エッジリング、D R ... リング電極。

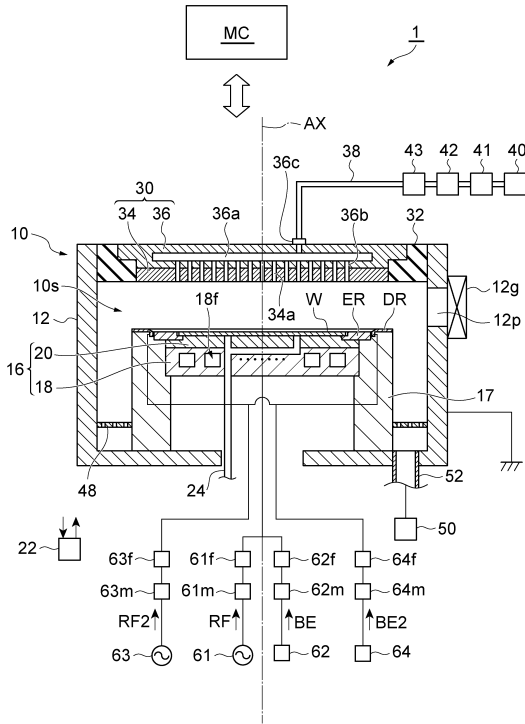
30

40

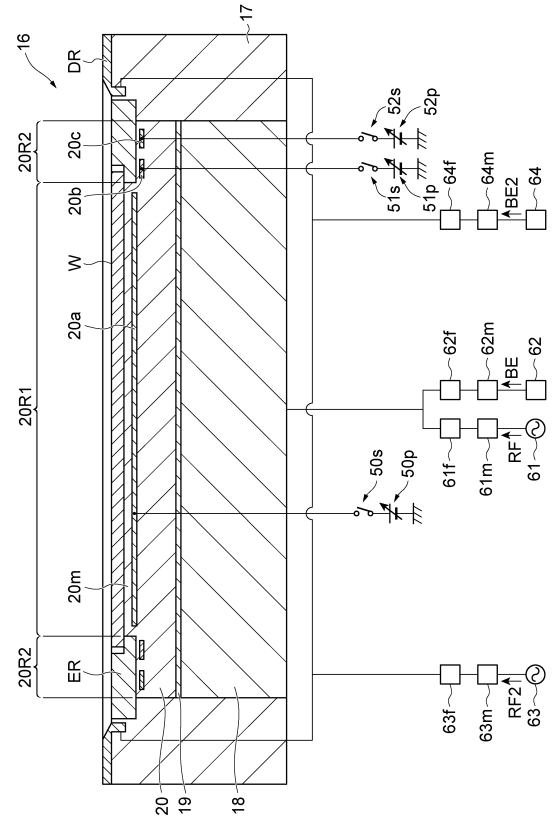
50

【図面】

【図 1】



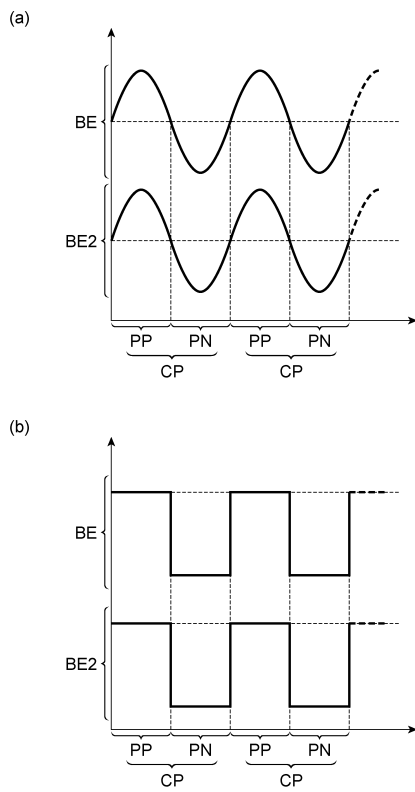
【図 2】



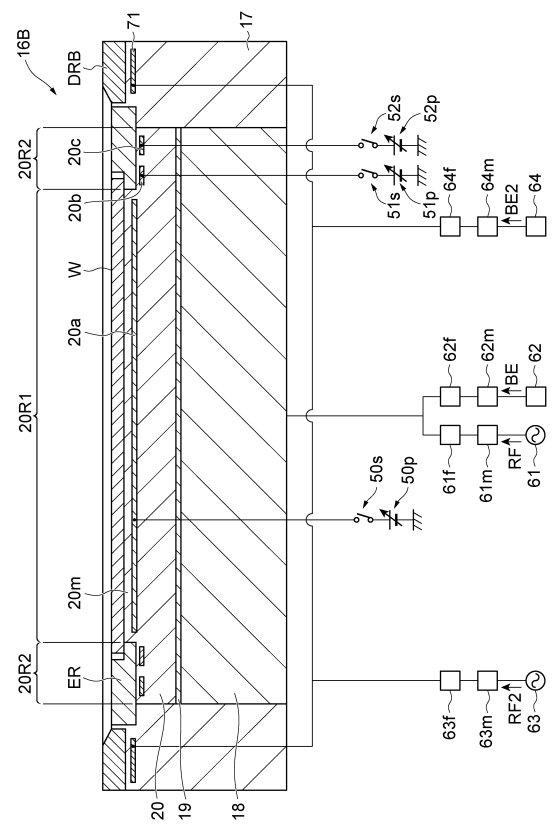
10

20

【図 3】



【図 4】

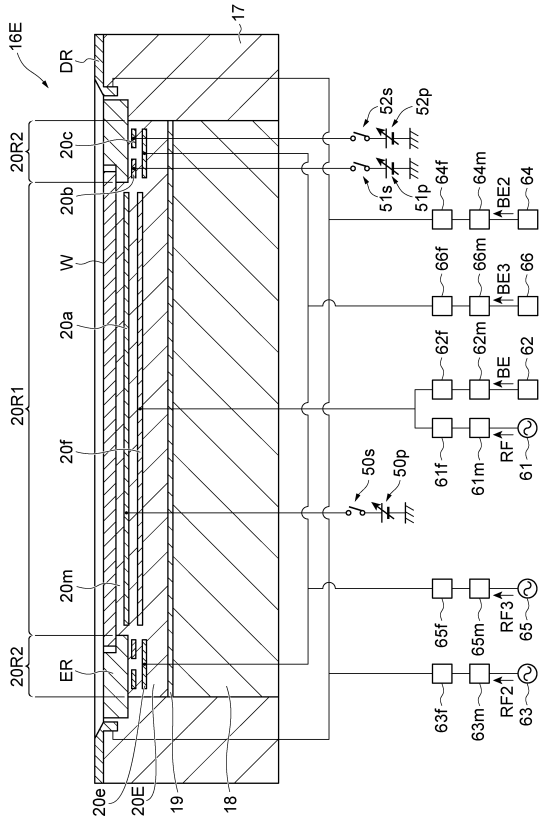


30

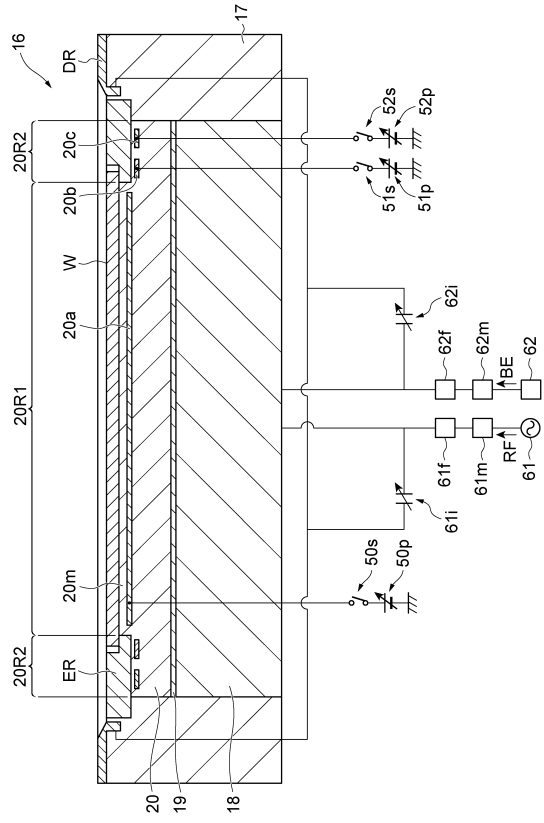
40

50

【図 9】



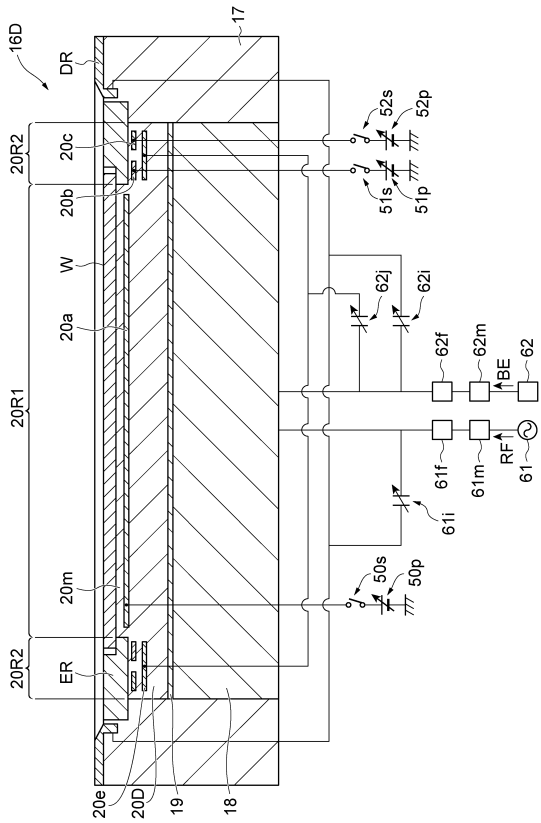
【図 10】



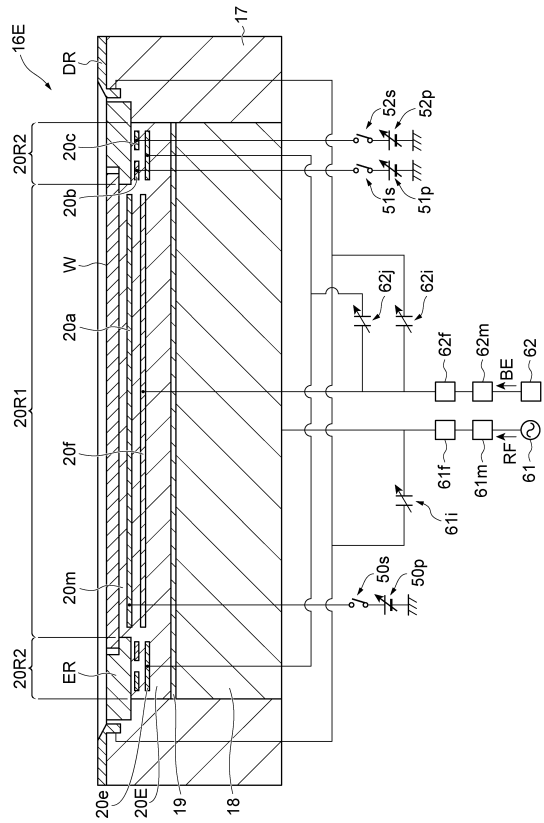
10

20

【図 11】



【図 12】

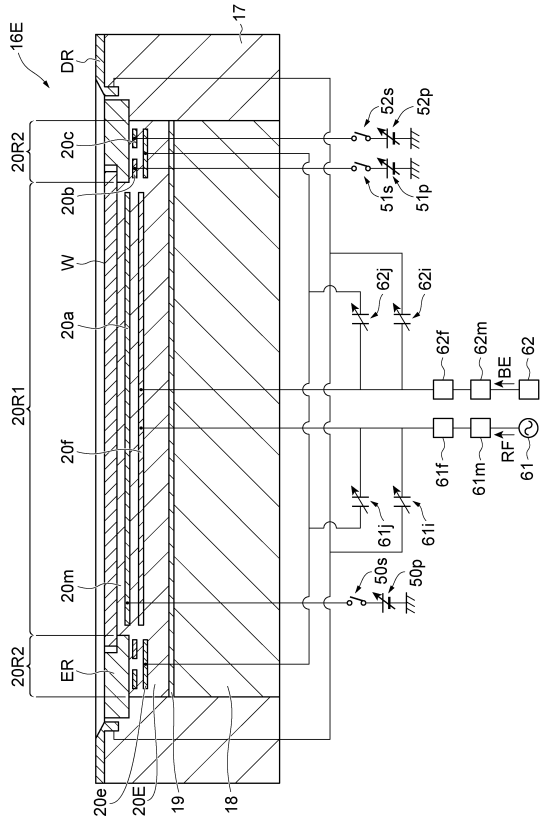


30

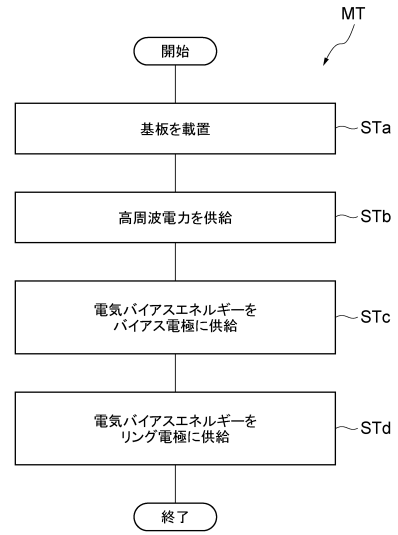
40

50

【図 13】



【図 14】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2009-231692(JP,A)
特開2020-096176(JP,A)
特開2020-004780(JP,A)
特開2021-015930(JP,A)
特開2008-147659(JP,A)
特開2021-061390(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01L 21/3065
H05H 1/46