

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7018331号

(P7018331)

(45)発行日 令和4年2月10日(2022.2.10)

(24)登録日 令和4年2月2日(2022.2.2)

(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

請求項の数 17 (全18頁)

(21)出願番号	特願2018-30501(P2018-30501)	(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	平成30年2月23日(2018.2.23)	(74)代理人	100088155 弁理士 長谷川 芳樹
(65)公開番号	特開2019-145729(P2019-145729 A)	(74)代理人	100113435 弁理士 黒木 義樹
(43)公開日	令和1年8月29日(2019.8.29)	(74)代理人	100122507 弁理士 柏岡 潤二
審査請求日	令和2年9月30日(2020.9.30)	(72)発明者	永岩 利文 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
		審査官	宇多川 勉

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 プラズマ処理方法及びプラズマ処理装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

プラズマ処理装置のチャンバの中で支持台上に載置されたフォーカスリングの上面の高さ方向の位置を設定する工程と、

設定された前記フォーカスリングの前記上面の前記高さ方向の前記位置を維持した状態で、膜及び該膜上に設けられたマスクを有する第1の基板に対してプラズマ処理を行う工程であり、該第1の基板は、前記フォーカスリングによって囲まれた領域内に載置される、該工程と、

前記プラズマ処理によって前記第1の基板のエッジ領域内で前記膜に形成された開口の傾斜量を測定する工程であり、該傾斜量は、前記プラズマ処理装置に設けられた測定器によって測定される、該工程と、

設定された前記フォーカスリングの前記上面の前記高さ方向の前記位置を維持した状態で、前記膜及び該膜上に設けられた前記マスクを有する第2の基板に対してプラズマ処理を行うために前記チャンバの中でプラズマを生成する工程と、

前記プラズマの生成中に、設定された前記フォーカスリングの前記上面の前記高さ方向の前記位置を維持した前記状態において、前記フォーカスリングに負極性の直流電圧を印加する工程と、

を含み、

前記負極性の直流電圧の電圧値は前記傾斜量に応じて決定され、

設定する前記工程では、前記支持台上の搭載領域上に搭載された前記フォーカスリングの

前記上面の前記高さ方向の位置が前記支持台上に載置された前記第2の基板の上面の前記高さ方向の位置である基準位置よりも低くなるように設定された厚みを有する該フォーカスリングを、前記チャンバの中に運び入れて、前記搭載領域上に載置するか、又は、前記フォーカスリングの前記上面の前記高さ方向の前記位置が前記基準位置よりも低くなるように前記チャンバの中でフォーカスリングを移動させる、
プラズマ処理方法。

【請求項2】

前記傾斜量は、前記第1の基板の前記膜に形成された前記開口の垂直方向に対する傾斜角である、請求項1に記載のプラズマ処理方法。

【請求項3】

前記傾斜量は、前記第1の基板の前記膜に形成された前記開口の上端と下端との水平方向におけるずれ量である、請求項1に記載のプラズマ処理方法。

【請求項4】

前記第1の基板の前記エッジ領域内で前記膜に形成された前記開口が、垂直方向に対して内向きに傾斜した方向に延びている場合に、プラズマを生成する前記工程において処理される前記第2の基板の前記エッジ領域に対するイオンの入射方向が、外向きに傾斜した方向となるように、前記負極性の直流電圧の前記電圧値が決定される、請求項1～3の何れか一項に記載のプラズマ処理方法。

【請求項5】

前記第1の基板の前記エッジ領域内で前記膜に形成された前記開口が、垂直方向に対して外向きに傾斜した方向に延びている場合に、プラズマを生成する前記工程において処理される前記第2の基板の前記エッジ領域に対するイオンの入射方向が、内向きに傾斜した方向となるように、負極性の直流電圧の電圧値が決定される、請求項1～3の何れか一項に記載のプラズマ処理方法。

【請求項6】

前記負極性の直流電圧の前記電圧値は、前記傾斜量と前記負極性の直流電圧の前記電圧値との間の関係を予め定めたテーブル又は関数を用いて決定される、請求項1～5の何れか一項に記載のプラズマ処理方法。

【請求項7】

プラズマ処理装置のチャンバの中で支持台上に載置された基板のエッジを囲むフォーカスリングの上面の高さ方向の位置を設定する工程であり、該基板は、膜及び該膜上に設けられたマスクを有する、該工程と、

設定された前記フォーカスリングの前記上面の前記高さ方向の前記位置を維持した状態で、前記基板に対してプラズマ処理を行うために前記チャンバの中でプラズマを生成する工程と、

前記プラズマの生成中に、設定された前記フォーカスリングの前記上面の前記高さ方向の前記位置を維持した前記状態において、前記フォーカスリングに負極性の直流電圧を印加する工程と、

を含み、

前記基板のエッジ領域における前記マスクの開口の傾斜量を測定する工程を更に含み、前記負極性の直流電圧の電圧値は前記傾斜量に応じて決定され、

設定する前記工程では、前記支持台上の搭載領域上に搭載された前記フォーカスリングの前記上面の前記高さ方向の位置が前記支持台上に載置された前記基板の上面の前記高さ方向の位置である基準位置よりも低くなるように設定された厚みを有する該フォーカスリングを、前記チャンバの中に運び入れて、前記基板のエッジを囲むように前記搭載領域上に載置するか、又は、前記フォーカスリングの前記上面の前記高さ方向の前記位置が前記基準位置よりも低くなるように前記チャンバの中でフォーカスリングを移動させる、
プラズマ処理方法。

【請求項8】

前記傾斜量は、前記マスクの前記開口の垂直方向に対する傾斜角である、請求項7に記載

10

20

30

40

50

のプラズマ処理方法。

【請求項 9】

前記傾斜量は、前記マスクの前記開口の上端と下端との水平方向におけるずれ量である、請求項 7 に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 10】

前記基板の前記エッジ領域内で前記マスクの前記開口が垂直方向に対して内向きに傾斜した方向に延びている場合に、前記基板の前記エッジ領域に対するイオンの入射方向が、外向きに傾斜した方向となるように、前記負極性の直流電圧の前記電圧値が決定される、請求項 7 ~ 9 の何れか一項に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 11】

前記基板の前記エッジ領域内で前記マスクの前記開口が垂直方向に対して外向きに傾斜した方向に延びている場合に、前記基板の前記エッジ領域に対するイオンの入射方向が、内向きに傾斜した方向となるように、前記負極性の直流電圧の前記電圧値が決定される、請求項 7 ~ 9 の何れか一項に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 12】

前記負極性の直流電圧の前記電圧値は、前記傾斜量と前記負極性の直流電圧の前記電圧値との間の関係を予め定めたテーブル又は関数を用いて決定される、請求項 7 ~ 11 の何れか一項に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 13】

前記傾斜量は、前記プラズマ処理装置の外部に設けられた測定器によって測定される、請求項 7 ~ 12 の何れか一項に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 14】

前記傾斜量は、前記プラズマ処理装置に設けられた測定器によって測定される、請求項 7 ~ 12 の何れか一項に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 15】

前記マスクは、レジストマスクである、請求項 1 ~ 14 の何れか一項に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 16】

チャンバと、
前記チャンバの中に設けられており、その上に載置される基板を支持するように構成された支持台と、

前記チャンバ内でのプラズマ生成の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、

前記支持台上に載置されるフォーカスリングに電気的に接続される直流電源と、
測定器と、

前記高周波電源及び前記直流電源を制御するように構成された制御部と、
を備え、

前記制御部は、
前記支持台上に載置された前記フォーカスリングの上面の高さ方向の位置を維持した状態で、膜及び該膜上に設けられたマスクを有し前記フォーカスリングによって囲まれた領域内に載置された第 1 の基板に対してプラズマ処理を行うために、前記高周波電力を供給するよう、前記高周波電源を制御し、

前記プラズマ処理によって前記第 1 の基板のエッジ領域内で前記膜に形成された開口の傾斜量を、前記測定器を用いて測定し、

前記フォーカスリングの前記上面の前記高さ方向の前記位置を維持した状態で、前記チャンバの中でプラズマを生成して、前記膜及び該膜上に設けられた前記マスクを有する第 2 の基板に対してプラズマ処理を行うために、前記高周波電力を供給するよう、前記高周波電源を制御し、

前記プラズマの生成中に、前記フォーカスリングの前記上面の前記高さ方向の前記位置を維持した前記状態において、前記傾斜量に応じて決定された電圧値を有する負極性の直

10

20

30

40

50

流電圧を前記フォーカスリングに印加するよう、前記直流電源を制御し、

前記支持台上の搭載領域上に搭載された前記フォーカスリングの前記上面の前記高さ方向の前記位置は、前記支持台上に載置された前記第2の基板の上面の前記高さ方向の位置である基準位置よりも低くなるように設定された厚みを有する該フォーカスリングを前記搭載領域上に載置するか、又は、前記フォーカスリングの前記上面の前記高さ方向の前記位置が前記基準位置よりも低くなるように前記チャンバの中でフォーカスリングが移動されることにより、設定される、

プラズマ処理装置。

【請求項17】

チャンバと、

前記チャンバの中に設けられており、その上に載置される基板を支持するように構成された支持台と、

前記チャンバ内でのプラズマ生成の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、

前記支持台上に載置されるフォーカスリングに電氣的に接続される直流電源と、

前記高周波電源及び前記直流電源を制御するように構成された制御部と、
を備え、

前記制御部は、

前記支持台上に載置された前記フォーカスリングの上面の高さ方向の位置を維持した状態で、前記チャンバの中でプラズマを生成して、膜及び該膜上に設けられたマスクを有し前記フォーカスリングによって囲まれた領域内に載置された基板に対してプラズマ処理を行うために、前記高周波電力を供給するよう、前記高周波電源を制御し、

前記プラズマの生成中に、前記フォーカスリングの前記上面の前記高さ方向の前記位置を維持した前記状態において、前記基板のエッジ領域における前記マスクの開口の測定された傾斜量に応じて決定された電圧値を有する負極性の直流電圧を前記フォーカスリングに印加するよう、前記直流電源を制御し、

前記支持台上の搭載領域上に搭載された前記フォーカスリングの前記上面の前記高さ方向の前記位置は、前記支持台上に載置された前記基板の上面の前記高さ方向の位置である基準位置よりも低くなるように設定された厚みを有する該フォーカスリングを前記搭載領域上に載置するか、又は、前記フォーカスリングの前記上面の前記高さ方向の前記位置が前記基準位置よりも低くなるように前記チャンバの中でフォーカスリングが移動されることにより、設定される、

プラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示の実施形態は、プラズマ処理方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

電子デバイスの製造においては、プラズマ処理装置を用いて基板に対してプラズマ処理が実行される。プラズマ処理装置は、チャンバ及び支持台を備える。支持台はチャンバの中に設けられている。プラズマ処理装置では、基板は、支持台上、且つ、フォーカスリングによって囲まれた領域内に配置される。フォーカスリングは、プラズマ処理の面内均一性を確保するために利用される。具体的に、フォーカスリングは、プラズマからのイオンを基板のエッジ領域に垂直に入射させるようシースの形状を調整するために、利用される。

【0003】

プラズマ処理はフォーカスリングの消耗をもたらす。プラズマ処理に起因する消耗によって、フォーカスリングの厚みは減少する。フォーカスリングの厚みが減少すると、シースの形状が変化して、プラズマからのイオンの基板のエッジ領域に対する入射方向が垂直方向に対して内向きに傾斜する。その結果、プラズマ処理の面内均一性が損なわれる。特許

10

20

30

40

50

文献 1 には、フォーカスリングの厚みの減少に起因して変化したシースの形状を補正するために、負極性の直流電圧をフォーカスリングに印加することが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開 2007 - 258417 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

基板のエッジ領域に対するイオンの入射方向は、必ずしも垂直方向であることが望まれるわけではない。例えば、基板の膜上に設けられたマスクが垂直方向に対して外向きの傾斜を有する開口を基板のエッジ領域において提供している場合に、プラズマエッチングによってエッジ領域において当該膜に垂直に延びる開口を形成するためには、垂直方向に対して内向きに傾斜した方向でイオンを基板のエッジ領域に入射させる必要がある。逆の場合には、垂直方向に対して外向きに傾斜した方向でイオンを基板のエッジ領域に入射させる必要がある。したがって、基板のエッジ領域に対するイオンの入射方向を、垂直方向に対して内向きに傾斜した方向と垂直方向に対して外向きに傾斜した方向との間で所望の方向に制御することが可能であることが求められる。

【課題を解決するための手段】

【0006】

一態様においては、プラズマ処理方法が提供される。一態様に係るプラズマ処理方法は、(i) プラズマ処理装置のチャンバの中で支持台上に載置された基板のエッジを囲むフォーカスリングの上面の高さ方向の位置を設定する工程と、(ii) 設定されたフォーカスリングの上面の高さ方向の位置を維持した状態で、基板に対してプラズマ処理を行うためにチャンバの中でプラズマを生成する工程と、(iii) プラズマの生成中に、設定されたフォーカスリングの上面の高さ方向の位置を維持した状態において、フォーカスリングに負極性の直流電圧を印加する工程と、を含む。設定する工程では、支持台上の搭載領域上に搭載されたフォーカスリングの上面の高さ方向の位置が支持台上に載置された基板の上面の高さ方向の位置である基準位置よりも低くなるように設定された厚みを有するフォーカスリングが、チャンバの中に運び入れられて、基板のエッジを囲むように搭載領域上に載置される。或いは、設定する工程では、フォーカスリングの上面の高さ方向の位置が基準位置よりも低くなるようにチャンバの中でフォーカスリングが移動される。

【0007】

フォーカスリングの上面の高さ方向の位置が基板の上面の高さ方向の位置よりも低く、且つ、フォーカスリングに負極性の直流電圧が印加されていない状態では、プラズマからのイオンの基板のエッジ領域に対する入射方向は、垂直方向に対して内向きに傾斜した方向である。一態様に係るプラズマ処理方法では、フォーカスリングの上面の高さ方向の位置が、基板の上面の高さ方向の位置（即ち、基準位置）よりも低くなるように設定された状態で、フォーカスリングに負極性の直流電圧が印加される。この直流電圧の絶対値が、基板のエッジ領域に対して垂直にイオンを入射させるためにフォーカスリングに印加されるべき負極性の直流電圧の絶対値よりも小さい場合には、プラズマからのイオンの基板のエッジ領域に対する入射方向は、垂直方向に対して内向きに傾斜した方向である。フォーカスリングに印加される負極性の直流電圧の絶対値が、基板のエッジ領域に対して垂直にイオンを入射させるためにフォーカスリングに印加されるべき負極性の直流電圧の絶対値よりも大きい場合には、プラズマからのイオンの基板のエッジ領域に対する入射方向は、垂直方向に対して外側に傾斜した方向である。したがって、一態様に係るプラズマ処理方法によれば、フォーカスリングに印加される負極性の直流電圧の絶対値を調整することにより、基板のエッジ領域に対するイオンの入射方向を、垂直方向に対して内向きに傾斜した方向と垂直方向に対して外向きに傾斜した方向との間で所望の方向に制御することが可能である。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 8 】

一実施形態において、基板は、膜及び該膜上に設けられたマスクを有する。プラズマ処理方法は、当該膜及び当該マスクを有する別の基板に対してプラズマ処理を行う工程と、プラズマ処理によって別の基板のエッジ領域内で膜に形成された開口の傾斜量を測定する工程と、を更に含む。フォーカスリングに印加される負極性の直流電圧の電圧値は、測定された傾斜量に応じて決定される。

【 0 0 0 9 】

一実施形態において、基板は、膜及び該膜上に設けられたマスクを有する。プラズマ処理方法は、基板のエッジ領域におけるマスクの開口の傾斜量を測定する工程を更に含む。フォーカスリングに印加される負極性の直流電圧の電圧値は、測定された傾斜量に応じて決定される。

10

【 発明の効果 】

【 0 0 1 0 】

以上説明したように、基板のエッジ領域に対するイオンの入射方向を、垂直方向に対して内向きに傾斜した方向と垂直方向に対して外向きに傾斜した方向との間で所望の方向に制御することが可能となる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 1 】

【 図 1 】 一実施形態に係るプラズマ処理方法を示す流れ図である。

【 図 2 】 種々の実施形態に係るプラズマ処理方法において用いることが可能なプラズマ処理装置を概略的に示す図である。

20

【 図 3 】 図 2 に示すプラズマ処理装置の支持台とフォーカスリングの一部拡大断面図である。

【 図 4 】 図 4 は、シースの形状と基板のエッジ領域に対するイオンの入射方向との関係を示す図である。

【 図 5 】 図 5 の (a) は、種々の実施形態に係るプラズマ処理方法が適用され得る一例の基板の一部拡大断面図であり、図 5 の (b) は、プラズマ処理後の別の基板の状態を示す一部拡大断面図である。

【 図 6 】 負極性の直流電圧をフォーカスリングに印加しているときのイオンの入射方向の一例を示す図である。

30

【 図 7 】 負極性の直流電圧をフォーカスリングに印加しているときのイオンの入射方向の別の一例を示す図である。

【 図 8 】 別の実施形態に係るプラズマ処理方法を示す流れ図である。

【 図 9 】 種々の実施形態に係るプラズマ処理方法において用いることが可能な別のプラズマ処理装置を概略的に示す図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 2 】

以下、図面を参照して種々の実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ることとする。

【 0 0 1 3 】

40

図 1 は、一実施形態に係るプラズマ処理方法を示す流れ図である。図 1 に示すプラズマ処理方法（以下、「方法 M T 1 」）という）は、フォーカスリングに直流電圧を印加可能なプラズマ処理装置を用いて実行される。一実施形態において、方法 M T 1 は、図 2 に示すプラズマ処理装置を用いて実行することができる。図 2 は、種々の実施形態に係るプラズマ処理方法において用いることが可能なプラズマ処理装置を概略的に示す図である。図 2 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。

【 0 0 1 4 】

プラズマ処理装置 1 は、チャンバ 1 0 を備えている。チャンバ 1 0 は、その中に内部空間 1 0 s を提供している。一実施形態において、チャンバ 1 0 は、チャンバ本体 1 2 を含んでいる。チャンバ本体 1 2 は、略円筒形状を有している。内部空間 1 0 s は、チャンバ本

50

体 1 2 の中に提供されている。チャンバ本体 1 2 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 1 2 は電氣的に接地されている。チャンバ本体 1 2 の内壁面、即ち、内部空間 1 0 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。

【 0 0 1 5 】

チャンバ本体 1 2 の側壁には通路 1 2 p が形成されている。基板 W は、内部空間 1 0 s とチャンバ 1 0 の外部との間で搬送されるときに、通路 1 2 p を通過する。この通路 1 2 p の開閉のために、ゲートバルブ 1 2 g がチャンバ本体 1 2 の側壁に沿って設けられている。

【 0 0 1 6 】

内部空間 1 0 s の中には、支持台 1 6 が設けられている。支持台 1 6 は、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。支持台 1 6 は、支持部 1 5 によって支持されている。支持部 1 5 は、チャンバ本体 1 2 の底部から上方に延在している。支持部 1 5 は、略円筒形状を有している。支持部 1 5 は、石英といった絶縁材料から形成されている。

【 0 0 1 7 】

支持台 1 6 は、下部電極 1 8 及び静電チャック 2 0 を有し得る。支持台 1 6 は、電極プレート 2 1 を更に有していてもよい。電極プレート 2 1 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。下部電極 1 8 は、電極プレート 2 1 上に設けられている。下部電極 1 8 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。下部電極 1 8 は、電極プレート 2 1 に電氣的に接続されている。

【 0 0 1 8 】

下部電極 1 8 内には、流路 1 8 f が形成されている。流路 1 8 f は、熱交換媒体用の流路である。熱交換媒体としては、液状の冷媒、或いは、その気化によって下部電極 1 8 を冷却する冷媒（例えば、フロン）が用いられる。流路 1 8 f には、熱交換媒体の循環装置（例えば、チラーユニット）が接続されている。この循環装置は、チャンバ 1 0 の外部に設けられている。流路 1 8 f には、循環装置から配管 2 3 a を介して熱交換媒体が供給される。流路 1 8 f に供給された熱交換媒体は、配管 2 3 b を介して循環装置に戻される。

【 0 0 1 9 】

静電チャック 2 0 は、下部電極 1 8 上に設けられている。基板 W は、内部空間 1 0 s の中で処理されるときには、静電チャック 2 0 上に載置され、静電チャック 2 0 によって保持される。静電チャック 2 0 は、本体及び電極を有している。静電チャック 2 0 の本体は、絶縁体から形成されている。静電チャック 2 0 の電極は、膜状の電極であり、静電チャック 2 0 の本体内に設けられている。静電チャック 2 0 の電極には、直流電源が電氣的に接続されている。直流電源から静電チャック 2 0 の電極に電圧が印加されると、静電チャック 2 0 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 2 0 に引き付けられ、静電チャック 2 0 によって保持される。

【 0 0 2 0 】

プラズマ処理装置 1 は、ガス供給ライン 2 5 を更に備え得る。ガス供給ライン 2 5 は、ガス供給機構からの伝熱ガス、例えば H e ガスを、静電チャック 2 0 の上面と基板 W の裏面（下面）との間に供給する。

【 0 0 2 1 】

プラズマ処理装置 1 は、筒状部 2 8 及び絶縁部 2 9 を更に備え得る。筒状部 2 8 は、チャンバ本体 1 2 の底部から上方に延在している。筒状部 2 8 は、支持部 1 5 の外周に沿って延在している。筒状部 2 8 は、導電性材料から形成されており、略円筒形状を有している。筒状部 2 8 は、電氣的に接地されている。絶縁部 2 9 は、筒状部 2 8 上に設けられている。絶縁部 2 9 は、絶縁性を有する材料から形成されている。絶縁部 2 9 は、例えば石英といったセラミックから形成されている。絶縁部 2 9 は、略円筒形状を有している。絶縁部 2 9 は、電極プレート 2 1 の外周、下部電極 1 8 の外周、及び静電チャック 2 0 の外周に沿って延在している。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 2 】

以下、図 2 と共に図 3 を参照する。図 3 は、図 2 に示すプラズマ処理装置の支持台とフォーカスリングの一部拡大断面図である。支持台 1 6 は、搭載領域 2 0 r を有している。搭載領域 2 0 r 上には、フォーカスリング F R が搭載される。搭載領域 2 0 r は、一例では、静電チャック 2 0 の外周領域である。フォーカスリング F R は、略環状板形状を有している。フォーカスリング F R は、導電性を有する。フォーカスリング F R は、例えばシリコン又は炭化ケイ素 (S i C) から形成されている。基板 W は、円形の平面形状を有し、静電チャック 2 0 上、且つ、フォーカスリング F R によって囲まれた領域内に、配置される。即ち、フォーカスリング F R は、支持台 1 6 上に載置された基板 W のエッジを囲む。

【 0 0 2 3 】

プラズマ処理装置 1 を用いて種々の実施形態に係るプラズマ処理方法が実行される場合には、フォーカスリング F R が、チャンバ 1 0 の中に運び入れられて、基板のエッジを囲むように搭載領域 2 0 r 上に載置される。チャンバ 1 0 の中に運び入れられるフォーカスリング F R は、支持台 1 6 上、即ち静電チャック 2 0 上に載置される基板 W の上面の高さ方向の位置 (以下、「基準位置 R H」という) よりも、搭載領域 2 0 r 上に搭載されたフォーカスリング F R の上面の高さ方向の位置 F H が低くなるように設定された厚みを有する。

【 0 0 2 4 】

図 2 に示すように、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、支持台 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、この部材 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 5 】

上部電極 3 0 は、天板 3 4 及び支持体 3 6 を含んでいる。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 には、複数のガス吐出孔 3 4 a が形成されている。複数のガス吐出孔 3 4 a の各々は、天板 3 4 を板厚方向 (鉛直方向) に貫通している。この天板 3 4 は、限定されるものではないが、例えばシリコンから形成されている。或いは、天板 3 4 は、アルミニウム製の母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 6 】

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 の内部には、ガス拡散室 3 6 a が設けられている。ガス拡散室 3 6 a からは、複数のガス孔 3 6 b が下方に延びている。複数のガス孔 3 6 b は、複数のガス吐出孔 3 4 a にそれぞれ連通している。支持体 3 6 には、ガス導入ポート 3 6 c が形成されている。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 7 】

ガス供給管 3 8 には、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、ガスソース群 4 0 が接続されている。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 8 】

筒状部 2 8 とチャンバ本体 1 2 の側壁との間には、バッフルプレート 4 8 が設けられている。バッフルプレート 4 8 は、例えば、アルミニウム製の母材に酸化イットリウム等のセ

10

20

30

40

50

ラミックを被覆することにより構成され得る。このバッフルプレート 48 には、多数の貫通孔が形成されている。バッフルプレート 48 の下方においては、排気管 52 がチャンバ本体 12 の底部に接続されている。この排気管 52 には、排気装置 50 が接続されている。排気装置 50 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 10 s 中の圧力を減圧することができる。

【0029】

プラズマ処理装置 1 は、第 1 の高周波電源 61 を更に備えている。第 1 の高周波電源 61 は、プラズマ生成用の第 1 の高周波電力を発生する電源である。第 1 の高周波電力は、27 ~ 100 MHz の範囲内の周波数、例えば 40 MHz 又は 60 MHz の周波数を有する。第 1 の高周波電源 61 は、第 1 の高周波電力を下部電極 18 に供給するために、第 1 の整合器 63 及び電極プレート 21 を介して下部電極 18 に接続されている。第 1 の整合器 63 は、第 1 の高周波電源 61 の出力インピーダンスと負荷側（下部電極 18 側）のインピーダンスを整合させるための整合回路を有している。なお、第 1 の高周波電源 61 は、下部電極 18 に電氣的に接続されていなくてもよく、第 1 の整合器 63 を介して上部電極 30 に接続されていてもよい。

10

【0030】

プラズマ処理装置 1 は、第 2 の高周波電源 62 を更に備えている。第 2 の高周波電源 62 は、基板 W にイオンを引き込むためのバイアス用の第 2 の高周波電力を発生する電源である。第 2 の高周波電力の周波数は、第 1 の高周波電力の周波数よりも低い。第 2 の高周波電力の周波数は、400 kHz ~ 13.56 MHz の範囲内の周波数であり、例えば、400 kHz である。第 2 の高周波電源 62 は、第 2 の高周波電力を下部電極 18 に供給するために、第 2 の整合器 64 及び電極プレート 21 を介して下部電極 18 に接続されている。第 2 の整合器 64 は、第 2 の高周波電源 62 の出力インピーダンスと負荷側（下部電極 18 側）のインピーダンスを整合させるための整合回路を有している。

20

【0031】

このプラズマ処理装置 1 では、内部空間 10 s にガスが供給される。そして、第 1 の高周波電力及び / 又は第 2 の高周波電力が供給されることにより、内部空間 10 s 中でガスが励起される。その結果、内部空間 10 s 中でプラズマが生成される。生成されたプラズマからのイオン及び / 又はラジカルにより、基板 W が処理される。

【0032】

プラズマ処理装置 1 は、直流電源 70 を更に備えている。直流電源 70 は、フォーカスリング FR に電氣的に接続されている。直流電源 70 は、内部空間 10 s 中で生成されるプラズマの状態を調整するために、フォーカスリング FR に印加される負極性の直流電圧を発生する。図 3 に示すように、一実施形態では、フォーカスリング FR は、導体 22 を介して下部電極 18 に電氣的に接続されている。導体 22 は、静電チャック 20 を貫通している。直流電源 70 は、電極プレート 21、下部電極 18、及び導体 22 を介してフォーカスリング FR に電氣的に接続されている。なお、直流電源 70 は、電極プレート 21、下部電極 18、及び導体 22 を介さずに、別の電氣的パスを介してフォーカスリング FR に電氣的に接続されていてもよい。

30

【0033】

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、プラズマ処理装置 1 は、レシピデータによって指定されたプロセスを実行することができる。また、制御部 MC による制御により、プラズマ処理装置 1 は、種々の実施形態に係るプラズマ処理方法を実行することができる。

40

【0034】

以下、プラズマ処理装置 1 を用いて実行される場合を例として、方法 MT 1 について詳細に説明する。図 1 に示すように、方法 MT 1 では、まず、工程 ST 11 が実行される。工

50

工程 S T 1 1 では、フォーカスリング F R の上面の高さ方向の位置 F H が設定される。上述したように、プラズマ処理装置 1 が用いられる場合には、フォーカスリング F R が、チャンバ 1 0 の中に運び入れられて、基板のエッジを囲むように搭載領域 2 0 r 上に載置される。チャンバ 1 0 の中に運び入れられるフォーカスリング F R は、基準位置 R H よりも、搭載領域 2 0 r 上に搭載されたフォーカスリング F R の上面の高さ方向の位置 F H が低くなるように設定された厚みを有する（図 3 参照）。

【 0 0 3 5 】

方法 M T 1 は、工程 S T 1 5 及び工程 S T 1 6 を更に含んでいる。方法 M T 1 では、工程 S T 1 1 の実行後、工程 S T 1 5 の実行前に、基板 W が、内部空間 1 0 s に搬入されて、支持台 1 6（静電チャック 2 0）上、且つ、フォーカスリング F R によって囲まれた領域内に載置される。工程 S T 1 5 及び工程 S T 1 6 は、基板 W が支持台 1 6 上、且つ、フォーカスリング F R によって囲まれた領域内に載置されており、工程 S T 1 1 において設定された位置 F H が維持された状態で実行される。

10

【 0 0 3 6 】

工程 S T 1 5 では、基板 W に対してプラズマ処理を行うために、チャンバ 1 0 の中でプラズマが生成される。具体的には、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以上のガスソースからのガスが内部空間 1 0 s に供給されるよう、バルブ群 4 1、流量制御器群 4 2、及びバルブ群 4 3 が制御される。工程 S T 1 5 では、内部空間 1 0 s 中の圧力が指定された圧力に設定されるよう、排気装置 5 0 が制御される。工程 S T 1 5 では、内部空間 1 0 s 中のガスを励起させるために、第 1 の高周波電力及び / 又は第 2 の高周波電力が供給されるよう、第 1 の高周波電源 6 1 及び / 又は第 2 の高周波電源 6 2 が制御される。

20

【 0 0 3 7 】

工程 S T 1 6 は、工程 S T 1 5 の実行中、即ち、プラズマの生成中に実行される。工程 S T 1 6 では、フォーカスリング F R に負極性の直流電圧を印加するよう、直流電源 7 0 が制御される。

【 0 0 3 8 】

図 4 は、シースの形状と基板のエッジ領域に対するイオンの入射方向との関係を示す図である。図 4 において、文字「+」がその中に記載された円形の図形はイオンを示している。フォーカスリング F R の上面の高さ方向の位置 F H が基板 W の上面の高さ方向の位置、即ち基準位置 R H よりも低く、且つ、フォーカスリング F R に負極性の直流電圧が印加されていない状態では、シース S H は、図 4 において、実線で示す形状（シース S H とプラズマとの境界の形状）を有する。即ち、フォーカスリング F R の上面の高さ方向の位置 F H が基準位置 R H よりも低く、且つ、フォーカスリング F R に負極性の直流電圧が印加されていない状態では、基板 W の中央領域 C R の上方でのシース S H の高さ方向の位置よりも、フォーカスリング F R の上方でのシース S H の高さ方向の位置が低く、基板 W のエッジ領域 E R の上方では、シース S H の高さ方向の位置が基板 W の中心からの距離の増加につれて低くなる。したがって、フォーカスリング F R の上面の高さ方向の位置 F H が基準位置 R H よりも低く、且つ、フォーカスリング F R に負極性の直流電圧が印加されていない状態では、プラズマからのイオンの基板 W のエッジ領域に対する入射方向は、垂直方向に対して内向きに傾斜した方向である。

30

40

【 0 0 3 9 】

方法 M T 1 では、位置 F H が基準位置 R H よりも低くなるように設定された状態で、フォーカスリング F R に負極性の直流電圧が印加される。この直流電圧の絶対値が基板 W のエッジ領域 E R に対して垂直にイオンを入射させるためにフォーカスリング F R に印加されるべき負極性の直流電圧の絶対値よりも小さい場合には、プラズマからのイオンの基板 W のエッジ領域に対する入射方向は、垂直方向に対して内向きに傾斜した方向である。なお、フォーカスリング F R に印加される負極性の直流電圧の絶対値が調整されて、基板 W のエッジ領域 E R に対して垂直にイオンが入射する場合には、シース S H は、図 4 において一点鎖線で示す形状を有する。即ち、基板 W のエッジ領域 E R に対して垂直にイオンが入

50

射する場合には、シース S H の高さ方向の位置は、基板 W の中央領域からフォーカスリング F R の上方まで、一定である。

【 0 0 4 0 】

フォーカスリング F R に印加される負極性の直流電圧の絶対値が、基板 W のエッジ領域 E R に対して垂直にイオンを入射させるためにフォーカスリング F R に印加されるべき負極性の直流電圧の絶対値よりも大きい場合には、シース S H は、図 4 において破線で示す形状（シース S H とプラズマとの境界の形状）を有する。即ち、フォーカスリング F R に印加される負極性の直流電圧の絶対値が、基板 W のエッジ領域 E R に対して垂直にイオンを入射させるためにフォーカスリング F R に印加されるべき負極性の直流電圧の絶対値よりも大きい場合には、基板 W の中央領域 C R の上方でのシース S H の高さ方向の位置よりも、フォーカスリング F R の上方でのシース S H の高さ方向の位置が高く、基板 W のエッジ領域 E R の上方では、シース S H の高さ方向の位置が基板 W の中心からの距離の増加につれて高くなる。したがって、フォーカスリング F R に印加される負極性の直流電圧の絶対値が、基板 W のエッジ領域 E R に対して垂直にイオンを入射させるためにフォーカスリング F R に印加されるべき負極性の直流電圧の絶対値よりも大きい場合には、プラズマからのイオンの基板 W のエッジ領域 E R に対する入射方向は、垂直方向に対して外側に傾斜した方向である。

10

【 0 0 4 1 】

したがって、方法 M T 1 によれば、フォーカスリング F R に印加される負極性の直流電圧の絶対値を調整することにより、基板 W のエッジ領域 E R に対するイオンの入射方向を、垂直方向に対して内向きに傾斜した方向と垂直方向に対して外向きに傾斜した方向との間で所望の方向に制御することが可能である。なお、「内向きに傾斜した方向」とは、基板からの距離の減少に伴い基板の中心に近づく方向である。また、「外側に傾斜した方向」とは、基板からの距離の減少に伴い基板の中心から遠ざかる方向である。

20

【 0 0 4 2 】

図 1 に示すように、方法 M T 1 は、工程 S T 1 2、工程 S T 1 3、及び工程 S T 1 4 を更に含んでいてもよい。工程 S T 1 2、工程 S T 1 3、及び工程 S T 1 4 は、工程 S T 1 1 と工程 S T 1 5 との間で実行される。図 5 の (a) は、種々の実施形態に係るプラズマ処理方法が適用され得る一例の基板の一部拡大断面図である。図 5 の (a) に示す基板 W は、中央領域 C R 及びエッジ領域 E R を有する。中央領域 C R は、エッジ領域 E R に対して基板 W の径方向内側の領域である。図 5 の (a) に示す基板 W は、膜 T F 及びマスク M K を有している。膜 T F は、下地領域 U R 上に設けられている。マスク M K は、膜 T F 上に設けられている。マスク M K は、パターンニングされており、中央領域 C R 及びエッジ領域 E R の各々において開口 M K O を提供している。マスク M K は、例えばレジストマスクである。

30

【 0 0 4 3 】

図 1 に示す方法 M T 1 では、工程 S T 1 1 の実行後、工程 S T 1 2 の実行前に、基板 A W が、内部空間 1 0 s に搬入されて、支持台 1 6（静電チャック 2 0）上、且つ、フォーカスリング F R によって囲まれた領域内に載置される。基板 A W は、工程 S T 1 5 においてプラズマ処理が適用される基板 W と同じ構成を有する。即ち、基板 A W は、膜 T F 及びマスク M K を有する。工程 S T 1 2 では、工程 S T 1 1 において設定されたフォーカスリング F R の位置 F H が維持された状態で、プラズマ処理が基板 A W に対して実行される。工程 S T 1 2 において基板 A W に対して実行されるプラズマ処理は、工程 S T 1 5 において基板 W に対して実行されるプラズマ処理と同じである。図 5 の (b) は、プラズマ処理後の別の基板の状態を示す一部拡大断面図である。工程 S T 1 2 が実行されると、図 5 の (b) に示すように、別の基板 A W の膜 T F に開口 T F O が形成される。即ち、工程 S T 1 2 及び工程 S T 1 5 のプラズマ処理は、プラズマエッチングである。

40

【 0 0 4 4 】

続く工程 S T 1 3 では、別の基板 A W のエッジ領域 E R 内で膜 T F に形成された開口 T F O の傾斜量が測定される。傾斜量は、例えば光学的に取得された別の基板 A W の画像から

50

求められる。傾斜量は、別の基板 A W のエッジ領域 E R 内で膜 T F に形成された開口 T F O の垂直方向に対する傾斜の程度を表す量であれば任意の量であることができる。傾斜量は、例えば別の基板 A W のエッジ領域 E R 内で膜 T F に形成された開口 T F O の垂直方向に対する傾斜角であってもよい。或いは、傾斜量は、別の基板 A W のエッジ領域 E R 内で膜 T F に形成された開口 T F O の上端の中心位置と下端の中心位置との間の水平方向におけるずれ量であってもよい。なお、傾斜量は、プラズマ処理装置 1 に設けられた測定器によって測定されてもよく、プラズマ処理装置 1 の外部に存在する測定器によって測定されてもよい。

【 0 0 4 5 】

工程 S T 1 4 では、工程 S T 1 6 においてフォーカスリング F R に印加される負極性の直流電圧の電圧値が決定される。負極性の直流電圧の電圧値は、工程 S T 1 3 において測定された傾斜量に応じて決定される。例えば、制御部 M C が、傾斜量と負極性の直流電圧の電圧値との間の関係を予め定めたテーブル又は関数を用いて、測定された傾斜量に応じた負極性の直流電圧の電圧値を特定する。

10

【 0 0 4 6 】

工程 S T 1 4 では、例えば基板 W のエッジ領域 E R 内の膜 T F に垂直に延びる開口が形成されるよう、負極性の直流電圧の電圧値が、測定された傾斜量に応じて決定される。図 6 は、負極性の直流電圧をフォーカスリングに印加しているときのイオンの入射方向の一例を示す図である。図 7 は、負極性の直流電圧をフォーカスリングに印加しているときのイオンの入射方向の別の一例を示す図である。図 6 及び図 7 において、文字「+」がその中に記載された円形の図形はイオンを表しており、当該図形から延びる矢印はイオンの入射方向を表している。

20

【 0 0 4 7 】

一例では、別の基板 A W のエッジ領域 E R 内で膜 T F に形成された開口 T F O が垂直方向に対して内向きに傾斜した方向に延びている場合に、基板 W のエッジ領域 E R に対するイオンの入射方向が、図 6 に示すように外向きに傾斜した方向となるように、工程 S T 1 3 において測定された傾斜量から負極性の直流電圧の電圧値が決定される。その結果、工程 S T 1 5 のプラズマ処理によって基板 W のエッジ領域 E R 内で膜 T F に略垂直に延びる開口が形成される。図 6 に示すイオンの入射方向を得るために、負極性の直流電圧の絶対値は、基板 W のエッジ領域 E R に対して垂直にイオンを入射させるためにフォーカスリング F R に印加されるべき負極性の直流電圧の絶対値よりも大きい値に設定される。

30

【 0 0 4 8 】

別の一例では、別の基板 A W のエッジ領域 E R 内で膜 T F に形成された開口 T F O が垂直方向に対して外向きに傾斜した方向に延びている場合に、基板 W のエッジ領域 E R に対するイオンの入射方向が、図 7 に示すように内向きに傾斜した方向となるように、工程 S T 1 3 において測定された傾斜量から負極性の直流電圧の電圧値が決定される。その結果、工程 S T 1 5 のプラズマ処理によって基板 W のエッジ領域 E R 内で膜 T F に略垂直に延びる開口が形成される。図 7 に示すイオンの入射方向を得るためには、負極性の直流電圧の絶対値は、基板 W のエッジ領域 E R に対して垂直にイオンを入射させるためにフォーカスリング F R に印加されるべき負極性の直流電圧の絶対値よりも小さい値に設定される。

40

【 0 0 4 9 】

なお、工程 S T 1 4 では、基板 W のエッジ領域 E R 内で膜 T F に形成される開口の傾斜量が指定された量になるように、負極性の直流電圧の電圧値が決定されてもよい。

【 0 0 5 0 】

方法 M T 1 では、工程 S T 1 5 の実行前に、工程 S T 1 4 において決定された電圧値を有する直流電圧をフォーカスリング F R に印加した状態で工程 S T 1 2 のプラズマ処理、即ちエッチングが更に別の基板に対して実行されてもよい。そして、更に別の基板に対して実行されたエッチングの特性が所望の特性になっている場合に、工程 S T 1 5 が基板 W に対して実行されてもよい。なお、エッチングの特性は、上述した傾斜量によって表されてもよい。或いは、エッチングの特性は、更に別の基板に対して実行されたエッチングの状

50

態を表す特性であって、シースの状態を表す特性であれば、任意の特性であってもよい。そのような特性としては、エッチングの面内均一性を表す特性が例示される。

【 0 0 5 1 】

以下、別の実施形態に係るプラズマ処理方法について説明する。図 8 は、別の実施形態に係るプラズマ処理方法を示す流れ図である。図 8 に示すプラズマ処理方法（以下、「方法 M T 2」という）も、フォーカスリングに直流電圧を印加可能なプラズマ処理装置、例えばプラズマ処理装置 1 を用いて実行される。方法 M T 2 は、工程 S T 1 1 と同様の工程 S T 2 1、工程 S T 1 5 と同様の工程 S T 2 5、及び工程 S T 1 6 と同様の工程 S T 2 6 を含んでいる。工程 S T 2 1、工程 S T 2 5、及び工程 S T 2 6 についての詳細については、工程 S T 1 1、工程 S T 1 5、及び工程 S T 1 6 の説明を参照されたい。

10

【 0 0 5 2 】

方法 M T 2 は、図 5 の (a) に示した基板 W に対して適用され得る。方法 M T 2 は、工程 S T 2 3 及び工程 S T 2 4 を更に含んでいる。工程 S T 2 3 及び工程 S T 2 4 は、工程 S T 2 1 と工程 S T 2 5 との間で実行される。工程 S T 2 3 は、工程 S T 2 1 の前に実行されてもよい。

【 0 0 5 3 】

工程 S T 2 3 では、基板 W のエッジ領域 E R におけるマスク M K の開口 M K O の傾斜量が測定される。傾斜量は、例えば光学的に取得された別の基板 A W の画像から求められる。傾斜量は、基板 W のエッジ領域 E R におけるマスク M K の開口 M K O の垂直方向に対する傾斜の程度を表す量であれば任意の量であることができる。傾斜量は、例えば基板 W のエッジ領域 E R におけるマスク M K の開口 M K O の垂直方向に対する傾斜角であってもよい。或いは、傾斜量は、基板 W のエッジ領域 E R におけるマスク M K の開口 M K O の上端の中心位置と下端の中心位置との間の水平方向におけるずれ量であってもよい。

20

【 0 0 5 4 】

工程 S T 2 4 では、工程 S T 2 6 においてフォーカスリング F R に印加される負極性の直流電圧の電圧値が決定される。負極性の直流電圧の電圧値は、工程 S T 2 3 において測定された傾斜量に応じて決定される。例えば、制御部 M C が、傾斜量と負極性の直流電圧の電圧値との間の関係を予め定めたテーブル又は関数を用いて、測定された傾斜量に応じた負極性の直流電圧の電圧値を特定する。

【 0 0 5 5 】

工程 S T 2 4 では、例えば基板 W のエッジ領域 E R 内の膜 T F に垂直に延びる開口が形成されるよう、負極性の直流電圧の電圧値が、測定された傾斜量に応じて決定される。一例では、図 6 に示すように、基板 W のエッジ領域 E R 内でマスク M K の開口 M K O が垂直方向に対して内向きに傾斜した方向に延びている場合に、基板 W のエッジ領域 E R に対するイオンの入射方向が、外向きに傾斜した方向となるように、工程 S T 2 3 において測定された傾斜量から負極性の直流電圧の電圧値が決定される。その結果、工程 S T 2 5 のプラズマ処理によって基板 W のエッジ領域 E R 内で膜 T F に略垂直に延びる開口が形成される。図 6 に示すイオンの入射方向を得るためには、負極性の直流電圧の絶対値は、基板 W のエッジ領域 E R に対して垂直にイオンを入射させるためにフォーカスリング F R に印加されるべき負極性の直流電圧の絶対値よりも大きい値に設定される。

30

40

【 0 0 5 6 】

別の一例では、図 7 に示すように、基板 W のエッジ領域 E R 内でマスク M K の開口 M K O が垂直方向に対して外向きに傾斜した方向に延びている場合に、基板 W のエッジ領域 E R に対するイオンの入射方向が、内向きに傾斜した方向となるように、工程 S T 2 3 において測定された傾斜量から負極性の直流電圧の電圧値が決定される。その結果、工程 S T 2 5 のプラズマ処理によって基板 W のエッジ領域 E R 内で膜 T F に略垂直に延びる開口が形成される。図 7 に示すイオンの入射方向を得るためには、負極性の直流電圧の絶対値は、基板 W のエッジ領域 E R に対して垂直にイオンを入射させるためにフォーカスリング F R に印加されるべき負極性の直流電圧の絶対値よりも小さい値に設定される。

【 0 0 5 7 】

50

なお、工程 S T 2 4 では、基板 W のエッジ領域 E R 内で膜 T F に形成される開口の傾斜量が指定された量になるように、負極性の直流電圧の絶対値が決定されてもよい。

【 0 0 5 8 】

以下、方法 M T 1 及び方法 M T 2 の双方においてプラズマ処理装置 1 の代わりに用いることが可能な別のプラズマ処理装置について説明する。図 9 は、種々の実施形態に係るプラズマ処理方法において用いることが可能な別のプラズマ処理装置を概略的に示す図である。図 9 に示すプラズマ処理装置 1 B は、フォーカスリング F R の昇降機構を有する点で、プラズマ処理装置 1 と異なっている。

【 0 0 5 9 】

プラズマ処理装置 1 B におけるフォーカスリング F R の昇降機構は、支持体 8 0 及び駆動部 8 2 を有している。支持体 8 0 は、支持台 1 6 の上方でフォーカスリング F R を支持するように構成されている。支持体 8 0 は、一つ以上の柱状体から構成され得る。支持体 8 0 は、支持台 1 6 の下方から、支持台 1 6 を垂直方向に貫通する貫通孔を通して、支持台 1 6 の上方まで延びている。支持台 1 6 の下方では、支持体 8 0 は駆動部 8 2 に接続されている。駆動部 8 2 は、支持体 8 0 を介してフォーカスリング F R を昇降させるための動力を発生する。駆動部 8 2 は、例えばモータから構成される。或いは、駆動部 8 2 は、エアシリンダであり得る。

【 0 0 6 0 】

プラズマ処理装置 1 B を用いて方法 M T 1 が実行される場合には、工程 S T 1 1 において、フォーカスリング F R の上面の高さ方向の位置 F H が基準位置 R H よりも低くなるようにチャンバ 1 0 の中でフォーカスリング F R が移動される。工程 S T 1 1 では、プラズマ処理装置 1 B におけるフォーカスリング F R の昇降機構により、フォーカスリング F R が移動される。プラズマ処理装置 1 B を用いて方法 M T 2 が実行される場合には、工程 S T 2 1 において、フォーカスリング F R の上面の高さ方向の位置 F H が基準位置 R H よりも低くなるようにチャンバ 1 0 の中でフォーカスリング F R が移動される。工程 S T 2 1 では、プラズマ処理装置 1 B におけるフォーカスリング F R の昇降機構により、フォーカスリング F R が移動される。

【 0 0 6 1 】

以上、種々の実施形態について説明してきたが、上述した実施形態に限定されることなく種々の変形態様を構成可能である。例えば、方法 M T 1 及び方法 M T 2 の各々において用いることが可能なプラズマ処理装置は、容量結合型のプラズマ処理装置に限定されない。方法 M T 1 及び方法 M T 2 の各々において用いることが可能なプラズマ処理装置は、誘導結合型のプラズマ処理装置又はマイクロ波といった表面波を用いるプラズマ処理装置であってもよい。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 2 】

1 , 1 B ... プラズマ処理装置、 1 0 ... チャンバ、 1 6 ... 支持台、 2 0 r ... 搭載領域、 7 0 ... 直流電源、 F R ... フォーカスリング、 W ... 基板。

10

20

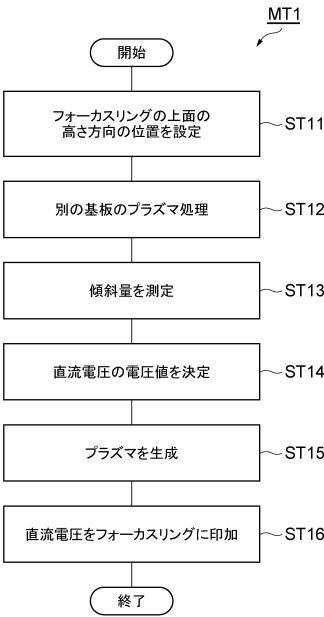
30

40

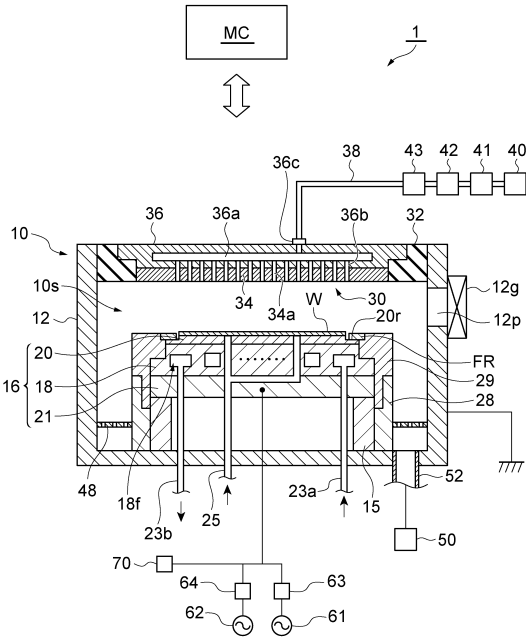
50

【図面】

【図 1】



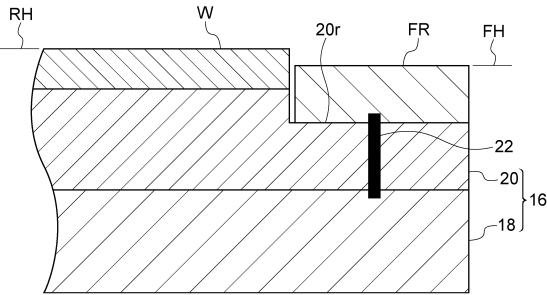
【図 2】



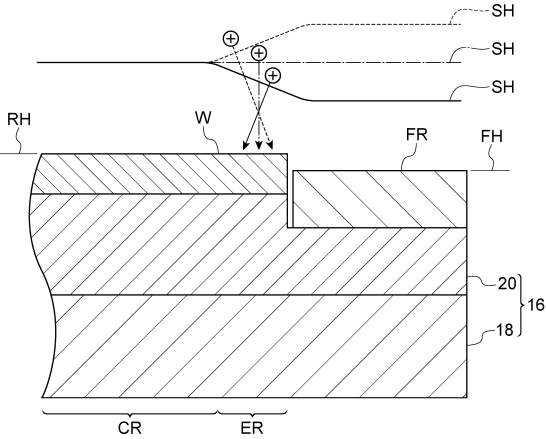
10

20

【図 3】



【図 4】

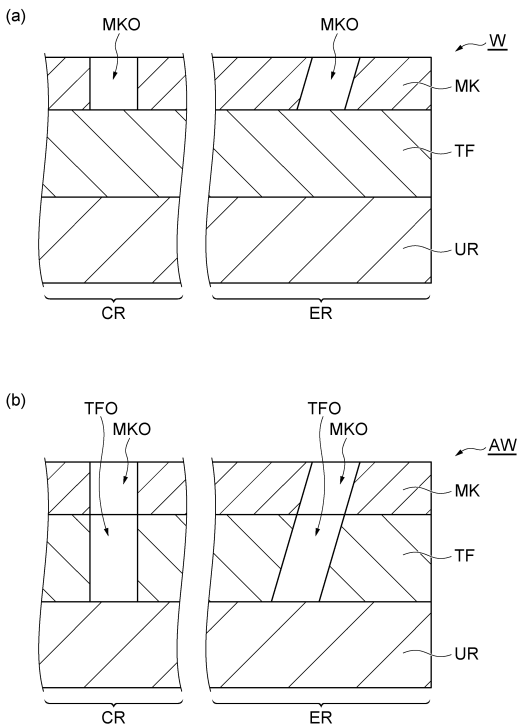


30

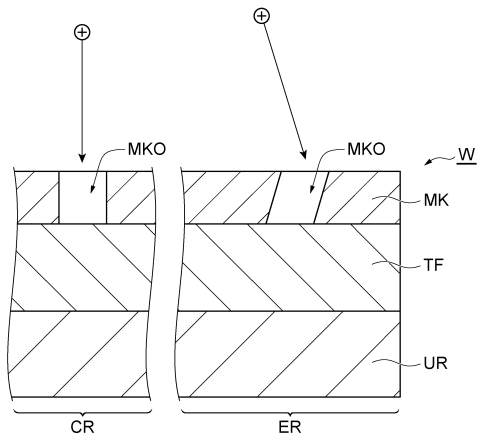
40

50

【図 5】



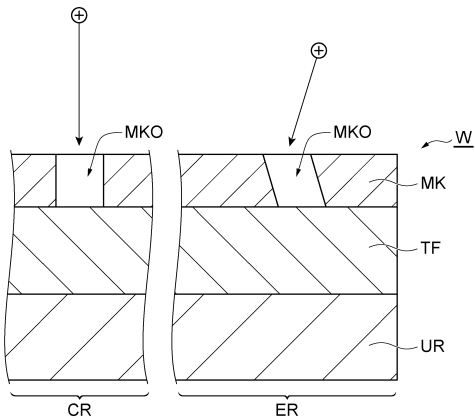
【図 6】



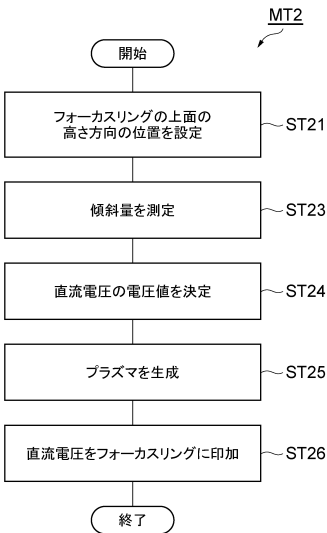
10

20

【図 7】



【図 8】

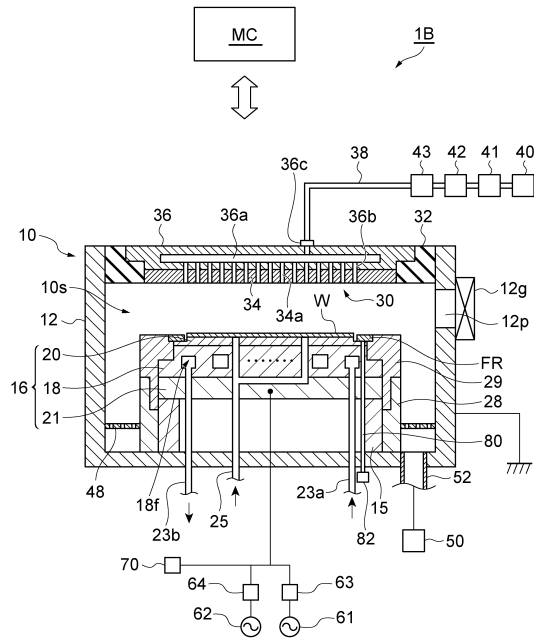


30

40

50

【圖 9】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 0 8 - 2 2 7 0 6 3 (J P , A)
 特開 2 0 1 2 - 1 8 6 4 9 7 (J P , A)
 特開 2 0 0 6 - 2 4 5 5 1 0 (J P , A)
 特開 2 0 0 7 - 2 5 8 4 1 7 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
 H 0 1 L 2 1 / 3 0 6 5