

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5808697号
(P5808697)

(45) 発行日 平成27年11月10日(2015.11.10)

(24) 登録日 平成27年9月18日(2015.9.18)

(51) Int.Cl.

H01L 21/3065 (2006.01)

F 1

H01L 21/302 101B

請求項の数 10 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2012-45400 (P2012-45400)
 (22) 出願日 平成24年3月1日 (2012.3.1)
 (65) 公開番号 特開2013-182996 (P2013-182996A)
 (43) 公開日 平成25年9月12日 (2013.9.12)
 審査請求日 平成26年9月18日 (2014.9.18)

(73) 特許権者 501387839
 株式会社日立ハイテクノロジーズ
 東京都港区西新橋一丁目24番14号
 (74) 代理人 110000350
 ポレール特許業務法人
 (72) 発明者 森 政士
 山口県下松市大字東豊井794番地 株式会社日立ハイテクノロジーズ 笠戸事業所内
 (72) 発明者 伊澤 勝
 山口県下松市大字東豊井794番地 株式会社日立ハイテクノロジーズ 笠戸事業所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ドライエッティング装置及びドライエッティング方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

減圧可能な真空容器内部の処理室に配置され、その上に被処理物が載置されるステージと、

前記ステージ上面の上方でこれと対向する位置に配置され、前記処理室内に導入されたガスを用いてプラズマを形成するための第1の高周波電力が供給されるアンテナ電極と、

前記アンテナ電極に前記第1の高周波電力を供給する第1の高周波電源と、前記アンテナ電極のプラズマが形成される側に配置され、前記ガスが前記処理室内に導入される孔を備えた誘電体製の板状部材と、

前記ステージに高周波バイアスを形成するための第2の高周波電力を印加する第2の高周波電源とを具備して、前記処理室内で前記被処理物をエッティングするドライエッティング装置において、

前記高周波バイアスを形成するための第2の高周波電力は周期的にオン状態とオフ状態とが繰返されるものであって、

前記アンテナ電極と接地位置との間に配置され当該アンテナ電極に前記第2の高周波電力が向かうように、このアンテナ電極に流れる前記第2の高周波電力の電流を調節するバイアス共振接地機構であって、当該第2の高周波電力の周波数に対して前記板状部材が形成する静電リアクタンスと直列に配置されて共振する共振回路と、前記アンテナ電極を流れる前記第2の高周波電力の電流を検出するアンテナバイアス電流検出器とを備えて、前記被処理体の処理中に前記共振回路により前記アンテナ電極の前記接地位置に対するイン

10

20

ピーダンスを前記アンテナバイアス電流検出器の時間的に平滑化された出力に基づいて調節する機能を有したバイアス共振接地機構を備えたドライエッチング装置。

【請求項 2】

減圧可能な真空容器内部の処理室に配置され、その上に被処理物が載置されるステージと、

前記ステージ上面の上方でこれと対向する位置に配置され、前記処理室内に導入されたガスを用いてプラズマを形成するための第1の高周波電力が供給されるアンテナ電極と、

前記アンテナ電極に前記第1の高周波電力を供給する第1の高周波電源と、前記アンテナ電極のプラズマが形成される側に配置され、前記ガスが前記処理室内に導入される孔を備えた誘電体製の板状部材と、

前記ステージに高周波バイアスを形成するための第2の高周波電力を印加する第2の高周波電源とを具備して、前記処理室内で前記被処理物をエッチングするドライエッチング装置において、

複数の電磁石を備えて前記処理室内の前記プラズマの分布を調節するプラズマ分布調節器と、

前記アンテナ電極と接地位置との間に配置され当該アンテナ電極に前記第2の高周波電力が向かうように、このアンテナ電極に流れる前記第2の高周波電力の電流を調節するバイアス共振接地機構であって、前記被処理体の処理中に前記複数の電磁石に流れる電流を前記アンテナ電極を流れる前記第2の高周波電力の電流と前記ステージに供給される前記第2の高周波電力の電流とに基づいて調節する機能を有したバイアス共振接地機構を備えたドライエッチング装置。

【請求項 3】

請求項1に記載のドライエッチング装置であって、

前記バイアス共振接地機構は、可変リアクタンス自動整合器を備え、

前記可変リアクタンス自動整合器は、前記第2の高周波電力のオンとオフとのパルス信号に同期して前記平滑化された前記アンテナバイアス電流検出器の出力に基づいて前記共振回路の前記リアクタンスを整合させるドライエッチング装置。

【請求項 4】

請求項1または3に記載のドライエッチング装置であって、

前記バイアス共振接地機構は、前記第2の高周波電力の電流と前記アンテナバイアス電流検出器の出力とを用いて前記アンテナ電極の前記接地位置に対するインピーダンスを調節するドライエッチング装置。

【請求項 5】

請求項2に記載のドライエッチング装置において、

前記ステージに供給される前記第2の高周波電力の電流と前記アンテナ電極を流れる前記第2の高周波電力の電流とに基づいて前記複数の電磁石の電流値を変化させて前記高周波バイアスの分布を調節するバイアス分布調節器を備えたドライエッチング装置。

【請求項 6】

請求項1乃至5の何れかに記載のドライエッチング装置において、

前記真空容器内部に配置され前記アンテナ電極と前記ステージとの間の前記処理室の側壁を構成する絶縁性部材から構成された内筒を備えたドライエッチング装置。

【請求項 7】

減圧可能な真空容器内部の処理室内に配置されたステージ上に処理対象の被処理物を載置し、

前記処理室内に処理用のガスを導入し、前記ステージの上面上方に配置されたアンテナ電極に第1の高周波電力を供給して前記ガスを用いて前記処理室内にプラズマを形成して、

前記ステージに第2の高周波電力を供給して前記被処理物に高周波バイアスを形成して、当該被処理物をエッチングするドライエッチング方法において、

前記第2の高周波電力は、周期的にオン状態とオフ状態とが繰返されるものであって、

10

20

30

40

50

前記アンテナ電極に前記第2の高周波電力が向かうように、当該アンテナ電極に流れる前記第2の高周波電力の電流を調節する工程であって、前記被処理体の処理中に前記電磁石に流れる電流を前記第2の高周波電力の周波数に対する接地位置との間の当該アンテナ電極のインピーダンスをこのアンテナ電極を流れる前記第2の高周波電力の時間的に平滑化された電流の値に基づいて調節する工程を備えたドライエッチング方法。

【請求項8】

請求項7に記載のドライエッチング方法において、

前記アンテナ電極のインピーダンスを調節する工程は、

前記第2の高周波電力の電流と前記アンテナ電極に流れる電流とを検出しそれらの変化量が許容値内になるようこのアンテナ電極の前記インピーダンスを調節する工程とを備えたドライエッチング方法。 10

【請求項9】

減圧可能な真空容器内部の処理室内に配置されたステージ上に処理対象の被処理物を載置し、

前記処理室内に処理用のガスを導入し、前記ステージの上面上方に配置されたアンテナ電極に第1の高周波電力を供給するとともに前記処理室外に配置された複数の電磁石から磁場を供給し前記ガスを用いて前記処理室内にプラズマを形成して、

前記ステージに第2の高周波電力を供給して前記被処理物に高周波バイアスを形成して、当該被処理物をエッチングするドライエッチング方法において、

前記アンテナ電極に前記第2の高周波電力が向かうように、当該アンテナ電極に流れる前記第2の高周波電力の電流を調節する工程であって、前記被処理体の処理中に前記アンテナ電極を流れる前記第2の高周波電力の電流と前記ステージに供給される前記第2の高周波電力の電流とに基づいて前記複数の電磁石に流れる電流値を調節する工程を備えたドライエッチング方法。 20

【請求項10】

請求項9に記載のドライエッチング方法において、

前記複数の電磁石に流れる電流値を調節する工程は、ステージに供給される第2の高周波電力の電流と前記アンテナ電極を流れる第2の高周波電力の電流との前記処理中の変化量が許容範囲となるように前記複数の電磁石に流れる電流の比を調節する工程を含むドライエッチング方法。 30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体装置やMEMS (Micro-Electro-Mechanical-Systems) を製造するためのドライエッチング装置及びドライエッチング方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、半導体メモリの容量の増加や半導体デバイスの高速化に伴い、シリコンと酸化シリコン、窒化シリコン等の積層膜をスペース幅10nm、アスペクト15以上に加工するための微細加工技術が必要とされている。また、そのような状況の中で、スループット(量産性)向上を維持するために、低圧力から高圧力で中密度のプラズマを発生させることのできるプラズマ源を用いたエッチング装置が必要とされている。 40

【0003】

このようなプラズマ源としては、上部電極と下部電極で挟まれた領域にプラズマを発生させる平行平板型のプラズマ源が適しており、200MHzのVHF波と分布制御用の磁場発生コイルを備えるドライエッチング装置としては有磁場VHFプラズマエッチング装置が存在する。

【0004】

有磁場VHFプラズマエッチング装置は、上下稼働式のウェハステージ(下部電極)とその対向に配置されたアンテナ電極(上部電極)を真空容器内に有する(特許文献1)。 50

アンテナ電極から周波数 2 0 0 M H z の V H F 波を放射し、真空容器内のガスをプラズマ化する。上下方向に磁力線を持つように配置された電磁石 A 、電磁石 B によりプラズマ生成分布とプラズマ拡散を制御することで均一なイオン分布を実現する。

【 0 0 0 5 】

アンテナ電極とウェハを載置するウェハステージの間に生成されるプラズマの高さ（以下、 G a p 距離）は、ウェハステージ昇降機構により 1 8 - 1 4 0 m m の範囲で可変である。また、ウェハステージには、エッチング反応促進のためのイオン引き込み用 4 M H z の R F バイアス電源とウェハ温度制御用の温調機を備える。

【 0 0 0 6 】

上記構成を持つ V H F プラズマエッチング装置は、低解離、高圧力プラズマを生成することができるため、フロロカーボン系ガスを用いるシリコン絶縁膜のエッチングに適している。プラズマ生成用のガスは、ガス導入口からアンテナ電極内部に導入され、ガス分配プレートでお互いが混在しないように同心円状に分配された後、シャワープレートからそれぞれ独立のガス組成比で真空容器内に放出される。

10

【 0 0 0 7 】

絶縁膜エッチング時のシャワープレートは多数の開口を有する低抵抗のシリコン板を使用しており、アンテナバイアス用高周波電源が発振するバイアスでシリコン板表面にイオンを引き込み、過剰なフッ素を消費して高選択性の絶縁膜エッチングを実現している。この際、アンテナバイアス用高周波電源と R F バイアス電源の位相は、それぞれ検知された位相に基づいて位相制御ユニットで、 1 8 0 度となるよう制御されている。

20

【 0 0 0 8 】

このような装置で C l ₂ や H B r などの腐食性ガスを使用する場合に、アンテナ電極とガス分配プレートの 5 0 P a 以上の圧力と接する表面に樹脂またはセラミック溶射し、シャワープレートに誘電体を使用することが開示されている。（特許文献 2 ）

また、容量結合型プラズマ（ C C P ）エッチング装置において、対向する上部電極部側に電気特性制御回路を設置することが開示されている（特許文献 3 ）。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 9 】

【 特許文献 1 】特開 2 0 0 5 - 7 9 4 1 6 号公報

30

【 特許文献 2 】特開 2 0 0 7 - 5 9 5 6 7 号公報

【 特許文献 3 】特開 2 0 1 1 - 8 2 1 8 0 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 0 】

本発明者等は、腐食性ガスを用いた有磁場 V H F プラズマによる S i エッチングを試みた。その際、有磁場 V H F プラズマにおいて、アンテナ電極やガス分配プレートとしては特許文献 2 に記載の構成とし、シャワープレートとしてシリコン絶縁膜のエッチングで使用されているシリコン（ S i ）製に代えて厚さ 1 0 m m の石英を用い、 4 M H z のバイアスをウェハステージに印加してエッチングを行った。しかしながら、導電膜をエッチングするための高バイアス、低パワー、 5 0 m m 以下の G a p 距離のプラズマ生成条件では、ウェハの端部でエッチング速度が中心部より早くなったり、 M 型や W 型の分布となったりして、均一性が悪化する、又樹脂やセラミック溶射がなされていない部分のガス分配プレートの腐食や被加工物の金属汚染という新たな課題が発生した。ガス分配プレートの腐食や被加工物の金属汚染等については、図 2 に示すように母材（例えば、 S U S 3 1 6 L ） 2 0 1 の表面をポリイミド樹脂 2 0 2 とアルミナ 2 0 3 で完全に覆うような構造のガス分配プレートを用いることにより母材の腐食や金属汚染等の問題は解決したが、均一性の改善は認められなかった。

40

【 0 0 1 1 】

そこで、特許文献 3 に記載の電気特性制御回路について検討した。しかしながら、 C C

50

Pで電気特性制御回路を使用した場合、上部電極が導体で金属汚染が発生しやすいだけでなく、ソース用高周波に関するプラズマ生成の面内分布とイオン引き込み用周波数に関するウェハ上のシース電圧の面内分布との独立制御が困難なため、電気特性回路だけではE R分布の均一化が困難であることが予想された。

【0012】

本発明は、平行平板型のVHFプラズマエッチング装置等のドライエッチング装置でフロロカーボン系ガス、塩素、HBrのハロゲンガス等の腐食性ガスを適用するためにシリコン製に代えて石英製のシャワープレートを用いるような場合であっても、高均一なエッチングが可能なドライエッチング装置及びドライエッチング方法を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0013】

上記目的を達成するための一実施形態として、減圧可能な真空容器内部の処理室に配置され、その上に被処理物が載置されるステージと、

前記ステージ上面の上方でこれと対向する位置に配置され、前記処理室内に導入されたガスを用いてプラズマを形成するための第1の高周波電力が供給されるアンテナ電極と、

前記アンテナ電極に前記第1の高周波電力を供給する第1の高周波電源と、前記アンテナ電極のプラズマが形成される側に配置され、前記ガスが前記処理室内に導入される孔を備えた誘電体製の板状部材と、

前記ステージに高周波バイアスを形成するための第2の高周波電力を印加する第2の高周波電源とを具備して、前記処理室内で前記被処理物をエッチングするドライエッチング装置において、

20

前記高周波バイアスを形成するための第2の高周波電力は周期的にオン状態とオフ状態とが繰返されるものであって、

前記アンテナ電極と接地位置との間に配置され当該アンテナ電極に前記第2の高周波電力が向かうように、このアンテナ電極に流れる前記第2の高周波電力の電流を調節するバイアス共振接地機構であって、当該第2の高周波電力の周波数に対して前記板状部材が形成する静電リアクタンスと直列に配置されて共振する共振回路と、前記アンテナ電極を流れる前記第2の高周波電力の電流を検出するアンテナバイアス電流検出器とを備えて、前記被処理体の処理中に前記共振回路により前記アンテナ電極の前記接地位置に対するインピーダンスを前記アンテナバイアス電流検出器の時間的に平滑化された出力に基づいて調節する機能を有したバイアス共振接地機構を備えたドライエッチング装置とする。

30

また、減圧可能な真空容器内部の処理室に配置され、その上に被処理物が載置されるステージと、

前記ステージ上面の上方でこれと対向する位置に配置され、前記処理室内に導入されたガスを用いてプラズマを形成するための第1の高周波電力が供給されるアンテナ電極と、

前記アンテナ電極に前記第1の高周波電力を供給する第1の高周波電源と、前記アンテナ電極のプラズマが形成される側に配置され、前記ガスが前記処理室内に導入される孔を備えた誘電体製の板状部材と、

前記ステージに高周波バイアスを形成するための第2の高周波電力を印加する第2の高周波電源とを具備して、前記処理室内で前記被処理物をエッチングするドライエッチング装置において、

40

複数の電磁石を備えて前記処理室内の前記プラズマの分布を調節するプラズマ分布調節器と、

前記アンテナ電極と接地位置との間に配置され当該アンテナ電極に前記第2の高周波電力が向かうように、このアンテナ電極に流れる前記第2の高周波電力の電流を調節するバイアス共振接地機構であって、前記被処理体の処理中に前記複数の電磁石に流れる電流を前記アンテナ電極を流れる前記第2の高周波電力の電流と前記ステージに供給される前記第2の高周波電力の電流とに基づいて調節する機能を有したバイアス共振接地機構とを備えたドライエッチング装置とする。

50

【0014】

また、減圧可能な真空容器内部の処理室内に配置されたステージ上に処理対象の被処理物を載置し、

前記処理室内に処理用のガスを導入し、前記ステージの上面上方に配置されたアンテナ電極に第1の高周波電力を供給して前記ガスを用いて前記処理室内にプラズマを形成して、

前記ステージに第2の高周波電力を供給して前記被処理物に高周波バイアスを形成して、当該被処理物をエッティングするドライエッティング方法において、

前記第2の高周波電力は、周期的にオン状態とオフ状態とが繰返されるものであって、

前記アンテナ電極に前記第2の高周波電力が向かうように、当該アンテナ電極に流れる前記第2の高周波電力の電流を調節する工程であって、前記被処理体の処理中に前記電磁石に流れる電流を前記第2の高周波電力の周波数に対する接地位置との間の当該アンテナ電極のインピーダンスをこのアンテナ電極を流れる前記第2の高周波電力の時間的に平滑化された電流の値に基づいて調節する工程を備えたドライエッティング方法とする。10

また、減圧可能な真空容器内部の処理室内に配置されたステージ上に処理対象の被処理物を載置し、

前記処理室内に処理用のガスを導入し、前記ステージの上面上方に配置されたアンテナ電極に第1の高周波電力を供給するとともに前記処理室外に配置された複数の電磁石から磁場を供給し前記ガスを用いて前記処理室内にプラズマを形成して、

前記ステージに第2の高周波電力を供給して前記被処理物に高周波バイアスを形成して、当該被処理物をエッティングするドライエッティング方法において、

前記アンテナ電極に前記第2の高周波電力が向かうように、当該アンテナ電極に流れる前記第2の高周波電力の電流を調節する工程であって、前記被処理体の処理中に前記アンテナ電極を流れる前記第2の高周波電力の電流と前記ステージに供給される前記第2の高周波電力の電流とに基づいて前記複数の電磁石に流れる電流値を調節する工程を備えたドライエッティング方法とする。20

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、平行平板型のVHF プラズマエッティング装置等のドライエッティング装置でフロロカーボン系ガス、塩素、HBr のハロゲンガス等の腐食性ガスを適用するためシリコン製に代えて石英製のシャワープレートを用いるような場合であっても、高均一なエッティングが可能なドライエッティング装置及びドライエッティング方法を提供することができる。30

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の第1の実施例に係るドライエッティング装置の概略断面図である。

【図2】課題の欄において発明者等が検討した、ポリイミドとセラミックでSUS表面をコーティングしたガス分配プレートのガス孔部分付近の概略断面図である。

【図3】本発明の第1の実施例に係るドライエッティング装置におけるバイアス共振接地機構の回路概略図である。40

【図4】本発明の第1の実施例に係るドライエッティング装置において、バイアス共振接地機構の可変容量を変化させた場合のER均一性の変化を示すグラフである。

【図5】本発明の第1の実施例に係るドライエッティング装置において、バイアス共振接地機構を働かせない場合のERの面内分布を示すグラフである。

【図6】本発明の第1の実施例に係るドライエッティング装置において、バイアス共振接地機構を用いた場合のERの面内分布を示すグラフである。

【図7】本発明の第1の実施例に係るドライエッティング装置において、バイアス共振接地機構を用い、かつ磁場調整を行った場合のERの面内分布を示すグラフである。

【図8】本発明の第2の実施例に係るドライエッティング方法の主要手順（多層膜エッティング時のバイアス共振接地機構の制御方法）を示すフロー図である。50

【図9】本発明の第2の実施例に係るドライエッティング方法の他の主要手順（N枚エッティング処理におけるバイアス共振接地機構の制御方法）を示すフロー図である。

【図10】本発明の第3の実施例に係るドライエッティング装置（内壁へ向かうバイアス電流の比率をより効率よく低下させるドライエッティング装置）の概略断面図である。

【図11】本発明の第3の実施例に係る他のドライエッティング装置（電磁石がない場合）の概略断面図である。

【図12】本発明の第3の実施例に係る他のドライエッティング装置における要部回路図であり、（a）はソース周波数接地回路、（b）は他のソース周波数設置回路、（c）はソース周波数可変接地機構を示す。

【発明を実施するための形態】

10

【0017】

発明者等は、シャワープレートの材料をシリコンから石英に替えたことによりエッティングの均一性が悪化した原因について検討した。その結果、シャワープレートがシリコン製のときには印加できていたバイアスが石英の場合には印加できないこと、これによりバイアス電流がプラズマ処理室の壁側に流れていることが分かった。そこで、アンテナ電極側へバイアス電流を流す方法について更に検討した。その結果、アンテナ電極側にインピーダンス制御手段（接地回路）を設け、アンテナ電極及びプラズマ処理室壁面へのプラズマ中のバイアス電流の流量比を制御することによりエッティングの均一性を改善できることが分かった。本発明はこの新たな知見により生まれたものである。

【0018】

20

以下、実施例により詳細に説明する。

【実施例1】

【0019】

本発明の第1の実施例に係るドライエッティング装置について、図1～図7を用いて説明する。図1は、本実施例1に係るドライエッティング装置の構成の概略を示す縦断面図である。本装置は、真空容器の内部に配置されたプラズマ処理室（エッティングチャンバー）の内側でプラズマを形成し、このプラズマを用いてプラズマ処理室内に載置された半導体ウェハ等の被エッティング材料である基板状の試料を処理するドライエッティング装置である。

【0020】

30

このドライエッティング装置における真空容器は、プラズマ処理室（エッティングチャンバー）108と、アース内筒107と、石英天板111と、アンテナ電極115とベースフレーム128と、真空ポンプ及び圧力制御バルブ（共に図示せず）とで構成されている。符号133は遮蔽板を示す。

【0021】

被エッティング材料である、シリコン酸化膜や窒化シリコン膜やSi（シリコン）が積層されたウェハ（被処理物）117を設置するウェハステージ120は、その上面であってSiウェハ117が載せられる載置面の外周側及び側壁を覆って配置されたリング形状のサセプタ119を備えている。符号118はフォーカスリングを示す。さらに、複数の温度制御手段等（図1中には未記載）を設置しており、ウェハステージ120の複数部分を、異なる所定の温度に制御することが可能である。エッティング処理中は、静電吸着（ES）用直流電源122で発生される-2000V～+2000Vの直流電圧を印加してウェハ117を静電吸着させ、Siウェハ117とウェハステージ120との間の隙間に熱伝達効率のよいHeを充填し、ウェハ裏面のHe圧力制御を行っている。符号125はウェハステージ120の昇降機構を示す。

40

【0022】

そして、ウェハステージ120には、プラズマ中からウェハ117にイオンを引き込み、そのイオンエネルギーを制御するための4MHzのRF（高周波）バイアス電源123とRFバイアス整合器121が接続されている。符号124はRF（高周波）電流検出部を示す。

【0023】

50

R F バイアス電源 1 2 3 の出力は、例えば、被処理物がシリコン膜、窒化シリコン膜、TiN 膜、レジスト膜、反射防止膜等の場合、1 2 インチ径の被処理物に対し最低 1 W 程度から最大電力 2 kW 程度（連続正弦波）である。

また、チャージアップダメージ（電子シェーディング）低減、垂直加工性の効果を得るために、1 Hz ~ 10 kHz の範囲で on-off 変調を行う、時間変調（Time Modulate：以下、TM と表記する）機能を備えているものを用いた。

【0024】

エッティング用のガスは、マスフローコントローラとストップバルブ（共に図示せず）からを経由して、アンテナ電極 1 1 5 上面のガス導入口 A 1 0 9 とガス導入口 B 1 1 2 の 10 2 系統で真空容器内に導入される。そして、ガス分配プレート 1 1 4 でそれぞれのガスが混入しないように、面内で均一になるようにガス分配プレート 1 1 4 で分散させた後、シャワープレート 1 1 6 の同心円状に 2 分割された領域から、2 系統でエッティングチャンバー 1 0 8 内に導入される。符号 1 3 1 は E P D (End Point Detector) 窓（孔部）を示す。この窓を透過した光を光ファイバー等により分光器に導いてモニタすることにより、エッティング終点を検出することができる。

【0025】

本ドライエッティング装置では、シャワープレート 1 1 6 とガス分配プレート 1 1 4 とアンテナ電極 1 1 5 とを面で密着させ、アンテナ電極 1 1 5 を温調することでシャワープレート 1 1 6 の過度な温度上昇を抑制している。符号 1 1 0 は冷媒導入口、符号 1 1 3 は冷媒出口を示す。同様にプラズマと接するアース内筒 1 0 7 も冷媒を流すことで温調をしている。また、シャワープレート 1 1 6 には、Cl₂、HBr、SF₆、NF₃ 等のガスに耐食性のある石英を用いた。

20

【0026】

このように導入されたガスは、プラズマ発生手段により照射された電磁波のエネルギーにより解離されてプラズマが生成、維持される。図 1 記載のドライエッティング装置のプラズマの発生手段は、200 MHz の VHF 波のソース用電源 1 0 1 と、ソース用電源 1 0 1 が接続され電場を発生するアンテナ電極と、磁場を発生する電磁石 A 1 0 5 、電磁石 B 1 0 6 (磁場発生手段) とを有し、電磁相互作用（電子サイクロトロン共振）を用いてプラズマを生成する。よって、電磁石 A 1 0 5 、電磁石 B 1 0 6 で形成される磁場は、200 MHz との電子サイクロトロン共振する磁束密度 7.1 mT を出力することができる。なお、プラズマ発生手段はプラズマを発生させることができればよく、磁場発生手段を省略することもできる。但し、この磁場発生手段を有することにより、より低圧でプラズマを発生させることができる。

30

【0027】

ソース用電源 1 0 1 から発振された VHF 波はソース電磁場用整合器 1 0 2 、ハイパスフィルタ 1 0 3 を経て、ウェハステージ 1 2 0 と対向位置にあるアンテナ電極 1 1 5 に導入される。VHF アンテナ（アンテナ電極）1 1 5 とエッティングチャンバー 1 0 8 は、石英天板 1 1 1 と石英リング 1 2 6 で電気的に絶縁されている。ハイパスフィルタ 1 0 3 は、200 MHz は透過させ、R F バイアス用の高周波に対してはハイインピーダンスとなるように構成されている。

40

【0028】

本実施例においては、腐食対策としてガス圧力 50 Pa 以上と接する部分や真空容器内にあるアンテナ電極部分の金属が露出しないような構造にしている。例えば、図 2 は本実施例で用いたガス分配プレート 1 1 4 のガス孔部と E P D 窓部付近の断面図である。母材 2 0 1 は S U S 3 1 6 L であるが、ガス孔、石英窓用孔にはアルミナスリーブ 2 0 3 を埋めている。そして、接合境界面と S U S 表面をポリイミド樹脂で被膜している。このような構造とすることで、S U S 表面やアルミナスリーブとの接触面からの金属汚染を低減しつつ、VHF 波のアンテナとしての機能と R F バイアスとしてのアース部品としての機能を維持することができる。母材 2 0 1 としては S U S 3 1 6 L に限定されるものではなく、導電性材料であれば用いることができる。なお、腐食対策は均一性向上の観点からは必

50

ずしも必要ではなく、母材として耐腐食性導電材料を用いることにより省略することができる。

【0029】

また、電磁石A 105を真空容器内に発散磁場を形成させるためにコイルヨーク132の上面側に配置し、垂直方向の磁場を形成させるため電磁石B 106をヨーク132の側面に配置した。電磁石A 105と電磁石B 106の全アンペア・ターン値を一定にすると、200MHzのアンテナ電極面内の生成効率が一定となり、同じイオン電流分布を維持できる特性がある。例えば、8Pa、ソースパワー400WのHBrプラズマでコイル巻き数が電磁石B 106の1/2の電磁石Aの場合、電磁石A 105/電磁石B 106電流値が0/5アンペアと2/4アンペアは同じイオン電流分布となる。したがって、電磁石A 105と電磁石B 106が形成する磁場の比率を変化させることで、イオン電流分布は一定にしながら、壁面へ向かう磁力線の方向、磁場勾配を変化させることができる。符号129は電磁石A用直流電源、符号130は電磁石B用直流電源を示す。これらの直流電源として両極性の電流を流せるような電源を使用すると、-2/6A、12/-1A等といった、より広い範囲の磁場勾配を形成することが可能となる。

【0030】

一方、RFバイアスに対しては、磁場の存在によりRFバイアスの伝搬媒体となる電子がラーモア周波数でらせん状に磁力線に拘束されるようになるため、磁力線と平行方向は低インピーダンスだが、磁力線と垂直方向では高インピーダンスといった非等方な誘電体となる。一般に、磁力線と垂直方向のインピーダンスは、磁場が強いほど、プラズマ密度が小さいほど大きくなり、伝搬させる周波数に対しては4-8MHzくらいに極大値を持つようなインピーダンス特性となる。

【0031】

このように、シャワープレート116に石英を用いた場合、アース内筒107やシャワープレート116上に形成されるプラズマシースが持つ静電容量(約数nF)に対して1桁以上小さい静電容量を持つため、RFバイアス電流はアンテナ電極115側ではなく、アース内筒107側に流れている。このとき、磁場による拘束も受けるため、小Gap距離、高圧力、高バイアス条件でウェハ上でのRFバイアスの面内不均一が発生しやすかった。

【0032】

そこで、本実施例においては、アンテナ電極115側にバイアス共振接地機構104を設置しRFバイアスの高周波を接地させる機構を備えた。このような回路を接続することで、汚染、腐食対策用の高インピーダンスの石英製シャワープレート116が存在していても、対向するアンテナ電極115側へRFバイアスを流すことが可能となる。これについて以下説明する。

【0033】

図3は、バイアス共振接地機構104の構成を示す図である。RFバイアスの最大電流に対応できる低抵抗な共振用コイル301と可変コンデンサ302からなる直列共振回路と、アンテナ部RF電流検知部303で構成される。ローパスフィルタ134は、ソース用の200MHzに対しては高インピーダンスで遮断し、RFバイアスの4MHzに対しては低インピーダンスで透過させる働きを持つ。共振コイル301と可変コンデンサ302は、直列共振回路である。石英製のシャワープレート116の電気容量(C_{sp})とシャワープレート上に形成されるシースの電気容量(C_{th})を考慮して、共振コイル301のインダクタンス(L)と可変コンデンサ302の静電容量(C_v)を選定する。

【0034】

この可変コンデンサ302等の可変のリアクタンスを使用することで、多層膜エッチング時に必要となる複数ステップ処理の際、異なるプラズマのガス種、圧力、密度等のためにシャワープレート上に形成されるシース容量(C_{sh})が変化する場合や実回路で発生する寄生リアクタンスに応じて、低インピーダンスにして接地することができる。設計の際は、式(1)の関係を用いて、可変コンデンサの可変リアクタンス(X_v)や共振コイ

10

20

30

40

50

ル 3 0 1 のインダクタンス (L) を決定すればよい。

【 0 0 3 5 】

【 数 1 】

$$X_v = \omega L - \frac{1}{\omega} \left(\frac{1}{C_{sh}} + \frac{1}{C_{sp}} \right) \quad \dots \quad (1)$$

【 0 0 3 6 】

ここで、 ω は R F バイアス周波数の角速度である。 X_v は、可変リアクタンス素子がコンデンサの場合は、その容量 C_v とすると式 (2) 、コイルの場合はそのインダクタンス L_v とすると式 (3) の関係となる。

【 0 0 3 7 】

【 数 2 】

$$X_v = \frac{1}{\omega C_v} \quad \dots \quad (2)$$

【 0 0 3 8 】

【 数 3 】

$$X_v = \omega L_v \quad \dots \quad (3)$$

【 0 0 3 9 】

このようなバイアス共振接地機構 1 0 4 にアンテナ部 R F 電流検知回路 3 0 3 の電流が最大となるように自動整合する機能を有すると多層膜エッチング時の再現性や安定性よくエッチング処理可能となる。

【 0 0 4 0 】

アンテナ部 R F 電流検知部 3 0 3 では、 T M 機能付き R F バイアス電源 1 2 3 から O n - O F F パルスのタイミング信号と同期して、 O n 時のピーク電流値を O F F 時も疑似的に継続させたモニタ電流値を自動整合手段 3 0 6 やバイアス分布制御回路 1 2 7 出力する機能を有している。この機能により、 O F F 時にゼロとなる電流モニタ値の変動を連続バイアス使用時と同様に平滑化でき、 T M バイアス印加時でもバイアス共振接地機構や、バイアス分布制御回路 1 2 7 を安定に動作させさせることが可能となる。このとき、自動整合手段 3 0 6 の制御基準信号としては、全バイアス電流のモニタ値も含めて判断されたバイアス分布制御回路 1 2 7 からの信号を用いてもよい。

【 0 0 4 1 】

また、共振用コイル 3 0 1 、可変コンデンサ 3 0 2 に対して並列に高調波次数に応じた高調波短絡用コイル 3 0 4 と高調波短絡用微調コンデンサ 3 0 5 のセットを複数挿入することで、アンテナ電極 1 1 5 上のプラズマシースを通過する際に発生する複数の高調波成分に対しても低インピーダンスできるため、より広いプラズマ条件に対して、 R F バイアスを均一化することが可能となる。さらに高調波電流検出回路 3 0 7 により複数の高調波成分の電流値をモニタすることでプラズマの密度や電子温度の情報も合わせて得ることができ、より精度の高い装置状態変化の検知が可能となる。また、図 3 に示す本回路にかぎらず、ソース周波数は遮断し、バイアス周波数とその 5 次高調波は透過させるような遮断周波数をもつローパスフィルタ回路とバイアス電流検知回路等を有する回路を使用しても同様な効果をえることができる。

【 0 0 4 2 】

図 4 は、可変コンデンサ 3 0 2 の容量を変化させた場合の p o l y - S i と酸化膜 (O X) の均一性の変化を示すグラフと面内分布である。電流値が最大の点で均一性が極小値となる。符号 4 0 1 は p o l y - S i の E R 均一性の可変容量依存性、符号 4 0 2 は酸化膜の E R 均一性の可変容量依存性、符号 4 0 3 は磁場調整後の p o l y - S i の E R 均一性、符号 4 0 4 は磁場調整後の酸化膜の E R 均一性を表わす。共振していない場合では R

10

20

30

40

50

Fバイアスは磁力線に沿って、チャンバー内壁側にのみ向かっており、図5に示すようなウェハ端部でERが大きくなる傾向があった。符号501はpoly-SiのERの面内分布、符号502は酸化膜のERの面内分布を示す。しかし、共振点を利用すると対向するアンテナ電極115側のインピーダンスが低下し、チャンバー内壁同様に電流が流れるようになるため、即ちアンテナ電極及びプラズマ処理室壁面へのプラズマ中のバイアス電流の流量比が変わり、図6に示すような端高傾向が緩和した分布となる。さらに、共振点で電磁石A105の電流割合を増加させると、図7に示すようにpoly-Siと酸化膜のERの均一性を2.5、3.0%に改善することが可能となった。

【0043】

以上、腐食対応シャワープレートを有する平行平板構造のエッチング装置（たとえば、実施例1の有磁場VHFプラズマエッチング装置や容量結合型プラズマエッチング装置等）において、アンテナ電極115にバイアス共振接地機構104を備えることで、ウェハステージ120からのRFバイアスがアンテナ電極115へと垂直方向へ向かうことでエッチングの均一性を向上することが可能となる。

【0044】

さらに、有磁場VHFプラズマにおいては電磁石A105、電磁石B106を備えているため、これらの電流比率制御による磁力線の方向を調整することで、ウェハ上のイオンフラックス分布とは独立に、RFバイアスが作るウェハシース電圧の面内分布を制御することが可能となり、小Gap距離、高圧力、高バイアス条件でも均一なER、加工形状が可能となる。特に、Gap距離50mm以下、エッチングチャンバー半径/Gap距離比5以上と壁面アースの面積が小さい場合で、均一なバイアス分布を得ることができる。

【0045】

上記実施例においては、4MHzのRF周波数を用いたが、より高周波、例えば、13.56MHzを用いると、石英シャワープレートのインピーダンスを約1/3に低減でき共振コイル301を小型化でき、共振周波数に対する半値幅（いわゆるQ値）もプロードになるためプラズマ状態に対してより安定にすることができる。加えて、エッチング性能に關しても、高周波化によるイオンエネルギー分布の狭帯域化によるより高選択性プロセスを実現できる。この場合、ローパスフィルタ134やハイパスフィルタ103を13.56MHzに対応に交換し、バイアス共振接地機構104内の共振用コイル301のインダクタンスや可変コンデンサ容量302も13.56MHz用に変更することで対応できる。さらに周波数の高いRFバイアスを使用する際も同様であるが、ローパスフィルタ134のカットオフ周波数の観点からプラズマソース用電源の周波数に対して1/10以下を上限とすることが好ましい。また、周波数の下限については、シャワープレート116のインピーダンスが100オーム以下となるような周波数、例えば石英厚さ4mmで2MHz以上が好ましい。

【0046】

同じく、シャワープレートのインピーダンスを低下させる手段に、厚さを薄くする、誘電率を変える方法もある。例えば、汚染防止用のシャワープレートも石英に代えて、高誘電率で高いプラズマ耐性の材料（イットリア、アルミナ、サファイアガラス等）を用いてもよい。また、厚さについては、圧力差からくる応力に耐えられ、かつVHF波が中心部に伝搬できうる厚さ、例えば誘電率3.5の石英で3mm以上が好ましい。

【0047】

本実施例では、バイアス共振接地機構104に流れる電流をアンテナ部RF電流値検出回路303、高調波電流検出回路307で検知して、自動整合、もしくは可変容量の最適値を選択する指標としたが、バイアス共振接地機構104内の各素子（共振用コイル301、可変コンデンサ302）、もしくはそれら2つに印加される電圧、電流と電圧の位相差、インピーダンスでモニタすることも可能である。また、自動整合だけではなく、エッチングレシピから適当な均一性になるように可変リアクタンスの値を固定することも可能である。

【0048】

10

20

30

40

50

以上、本実施例によれば、バイアス共振接地機構を備えることにより、平行平板型のVHFプラズマエッチング装置等のドライエッチング装置でフロロカーボン系ガス、塩素、HBrのハロゲンガス等の腐食性ガスを適用するためにシリコン製に代えて石英製のシャワープレートを用いるような場合であっても、高均一なエッチングが可能なドライエッチング装置を提供することができる。また、有磁場とすることにより、より均一性を向上することができる。また、導電性母材表面を樹脂やセラミックで覆ったガス分配プレートを用いることにより、金属汚染等を抑制・防止することができる。

【実施例2】

【0049】

本発明の第2の実施例に係るドライエッチング方法について、図8及び図9を用いて説明する。なお、実施例1に記載され本実施例に未記載の事項は特段の事情が無い限り本実施例にも適用することができる。本実施例では実施例1記載のドライエッチング装置において、多層膜を処理する場合での形状の均一性を再現よく安定化する方法について説明する。

10

【0050】

図8は、図3に示すバイアス共振接地機構104を使用し、ガス種やソースパワー、RFバイアスパワー等が異なる複数のステップを有するエッチングをする際のフロー図である。エッチング処理のNステップ目に際して、高周波(RF)バイアスが印加され(S801)、RFバイアスの自動整合が完了(S802)すると、アンテナ部RF電流検知回路303でアンテナ部の電流 I_1 を検知する(S803)。次に、検知された I_1 が最大、またはあらかじめ設定された設定値(I_0)±許容値内であるかを判定し(S804)、Yes判定の場合は、RFバイアスがOFFされる(S806)。No判定の場合には、可変コンデンサ302を自動整合(S805)することで、Nステップでの均一条件の最適値になるようにステップS804とステップS805を繰り返してアンテナ側のインピーダンスを調整する。この際、許容値を外れると調整を行うが、ある程度の設定された時間内で調整できない場合は警告を発したり、処理を中断したりする。RFバイアスがOFFされると、次のN+1ステップ目に移行して、別途設定された値に基づき同様な動作を実施する。

20

【0051】

次に、図8のフローに従い、図1に示す装置を用いたドライエッチング方法の手順について説明する。先ず、被処理物117をウェハステージ120上に載置する。次に、被処理物117が載置されたウェハステージ120が設置されている真空容器内にエッチング用のガスを導入し、ガスの圧力を制御する。次に、被処理物117と対向する電極115に高周波を供給してガスをプラズマ化すると共に、複数の電磁石105、106でプラズマ分布を調整し、被処理物117に高周波バイアスを印加し、アンテナ電極側に配置した対向共振手段(バイアス共振接地機構)104によりRFバイアス周波数に対するインピーダンスを変化させ接地させ、アンテナ電極に流れる電流を検知し、プラズマ処理中にその変化量が変動許容値内になるよう、対向共振手段104を調整する。

30

上記方法で多結晶シリコン膜を含む被処理物をエッチングした結果、高均一なエッチングを行うことができた。

40

【0052】

図9は、さらにRF電流検出部124で検知したウェハ側から供給される4MHzの全電流値(I_t)も加えて、モニタしてN枚処理実施する場合のフロー図である。高周波(RF)バイアスが印加され(S901)、全電流値 I_t とアンテナ部の電流 I_1 を検知する(S902)。それぞれの値は、処理枚数に応じてバイアス分布制御回路127に入力され、それぞれの値、もしくはそれらの比率(I_1 / I_t)があらかじめ設定した設定値、もしくはN-1までの平均値に対して、許容値内であるかを判定する(S903)。

【0053】

判定がYesの場合には、RFバイアスがOFFされる(S905)。一方、判定がNoの場合には、処理警告信号を出力し処理停止させる。もしくは、アンテナ部RF電流検

50

知回路 303 のアンテナ電流値に対する R F 電流検出部 124 の全電流値との比が許容値内で一定となるように可変コンデンサ 302 の容量または電磁石 A 用直流電源 129 と電磁石 B 用直流電源 130 の電流比等を調節する (S904)。ステップ S903 とステップ 904 を繰り返す機能を有することで、シャワープレート消耗等によるインピーダンス変化 (薄化すると壁側へバイアス電流が流れやすくなる) を補正でき高均一な状態を再現性よく安定化することが可能となる。

【0054】

次に、図 9 のフローに従い、図 1 に示す装置を用いたドライエッティング方法の手順について説明する。先ず、被処理物 117 をウェハステージ 120 上に載置する。次に、被処理物 117 が載置されたウェハステージ 120 が設置されている真空容器内にエッティング用のガスを導入し、ガスの圧力を制御する。次に、被処理物 117 と対向する電極 115 に高周波を供給してガスをプラズマ化すると共に、複数の電磁石 105、106 でプラズマ分布を調整し、被処理物 117 に高周波バイアスを印加し、アンテナ電極側に配置した対向共振手段 (バイアス共振接地機構) 104 により R F バイアス周波数に対するインピーダンスを変化させ接地させ、R F バイアスの全電流とアンテナ電極に流れる電流を検知し、プラズマ処理中にその変化量が変動許容値内になるよう、対向共振手段 104 と複数存在する電磁石 105、106 への電流比の少なくともいづれかひとつを調整する。

上記方法で多結晶シリコン膜を含む被処理物をエッティングした結果、高均一で安定なエッティングを行うことができた。

【0055】

なお、分布調整ノブとしては、上記プラズマとバイアス分布を主に変化させるパラメータ以外に、シース用電源のパワーやソースガス導入の面内比やウェハステージの面内分布等、被エッティング処理物に対して感度の高いものを選択してもよい。

【0056】

上記アクティブフィードバックのような使用方法のほか、同じ方式の有磁場 V H F プラズマエッティング装置の複数台を出荷し立ち上げる際、基準となるプラズマで、均一性がすべての装置で同じになるよう、あらかじめ設定された設定値 I_0 とアンテナ部の電流 I_1 との I_1 / I_0 比が許容値内の値になるよう可変コンデンサの中心値を追加固定容量で微調整することで、装置間の均一性の差を補正することが可能となる。

【0057】

以上、本実施例によれば、アンテナ部の電流を検知し、それを用いてバイアス共振接地機構を調整することにより、平行平板型の V H F プラズマエッティング装置等のドライエッティング装置でフロロカーボン系ガス、塩素、HBr のハロゲンガス等の腐食性ガスを適用するためにシリコン製に代えて石英製のシャワープレートを用いるような場合であっても、高均一なエッティング方法を提供することができる。また、全バイアス電流とアンテナ部の電流とを検知し、それらを用いてバイアス共振接地機構の容量又は複数の電磁石の電流比を調整することにより、高均一な状態を再現性よく安定化することが可能となる。

【実施例 3】

【0058】

本発明の第 3 の実施例について、図 10 ~ 図 12 を用いて説明する。なお、実施例 1 又は 2 に記載され本実施例に未記載の事項は特段の事情が無い限り本実施例にも適用することができる。図 10 は、本実施例に係るドライエッティング装置の概略断面図である。図 10 では、プラズマが内壁に接する面積が大きくなる場合 (例えばアンテナ電極とウェハステージとの間の Gap 間距離が 50 mm 以上) で、内壁へ向かうバイアス電流の比率をより効率よく低下させる実施例について説明する。図 10 に示すドライエッティング装置は、図 1 に示すドライエッティング装置のエッティングチャンバー 108 の内側のアース円筒 107 に代えて絶縁性の石英内筒 1001 が搭載され、エッティングチャンバー 108 には折返しアース部分 1002 が配置され、その長さを適当に調節することで、高 Gap の条件で磁場が存在する中でも、内壁へ向かうバイアス電流比率をより低下抑制させることができると。言い換えると、アンテナ電極に向かうバイアス電流比率を増大させることができ

10

20

30

40

50

となる。この場合でも、電磁石 A 105 と電磁石 B 106 の電流比率を変化させることで、プロセス条件に最適な均一性をえることが可能になる。

【0059】

次に、電磁石 A、B といった磁場による分布調整ができない場合の実施例について図 1 1 を用いて説明する。図 1 1 は電磁石を備えないドライエッティング装置の概略断面図を示す。遮蔽板 133 とエッティングチャンバー 108 を絶縁リング A 1101、絶縁リング B 1103 で、ベースフレーム 128 から絶縁させた上で、エッティングチャンバー 108 にソース周波数接地回路 1102 とバイアス共振接地機構 1104 を具備する。また、ウェハステージ側にも、ハイパスフィルタ 103 とソース周波数可変接地機構 1104 を備える。ソース周波数接地回路 1102 は、ソース周波数に対しては接地するがバイアス周波数に対しては透過させるような特性を、ソース周波数可変接地機構 1104 はソース周波数に対するリアクタンスを調整して接地する機構を有する。

【0060】

具体的なソース周波数接地回路 1102 の回路としては、図 12 (a) に示すように、適当な容量の貫通コンデンサ 1201 を通して接地させたり、図 12 (b) に示すように、ハイパスフィルタ 103 を介して接地させたりする回路を使用する。一方、ソース周波数可変接地機構 1104 には、図 12 (c) に示すように、ソース周波数に対して透過させるような容量を含む可変コンデンサ 1202 を備える。図 1 1 において、ソース周波数接地回路 1102 に代えてリアクタンス可変手段 1203 を備えたソース周波数可変接地機構 1104 に替えて制御してもよい。これらソース周波数接地回路 1102 は、図 1 1 のような電磁石を備えないドライエッティング装置だけでなく、磁場を使用する際の図 1、図 10 においても適用は可能である。

【0061】

図 1 1 に示すドライエッティング装置におけるバイアスの面内均一性の制御方法としては、アンテナ電極 115 とエッティングチャンバー 108 のそれぞれに接地したバイアス共振接地機構 104 内の可変コンデンサ 302 をそれぞれ調整して実施する。また、プラズマの均一性の制御は、ウェハステージ 120 とエッティングチャンバー 108 のソース周波数用可変コンデンサ 1202 の値をそれぞれ調整して実施する。以上のような機構を設置する装置にて、ER、形状均一化は制御可能となるが、エッティングチャンバー 108 側にもバイアス共振接地機構 104 を接地し、アース内筒側へのインピーダンスを変化させバイアスの均一性を制御することは、磁場が存在する場合でも適用可能で、さらに広い均一性制御性と安定性を提供することが可能となる。また、アンテナ電極及びプラズマ処理室壁面へのプラズマ中のバイアス電流の流量比を制御することにより、磁石を備えない場合であっても、低圧でのプラズマ着火の安定性や面内選択性の向上を図ることができる。

【0062】

本実施例によれば、実施例 1 や 2 と同様の効果を得ることができる。また、石英（絶縁性）内筒を備えることにより、Gap 間距離が大きな場合であっても高均一が得られる。また、電磁石を備えない場合は装置の小型化・簡素化が図れる。また、アンテナ電極側とエッティングチャンバー側にそれぞれバイアス共振接地機構を設けることにより、より広い範囲での均一性と安定性を得ることができる。

【0063】

なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることも可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

【符号の説明】

【0064】

101：ソース用電源、102：ソース電磁波用整合器、103：ハイパスフィルタ、1

10

20

30

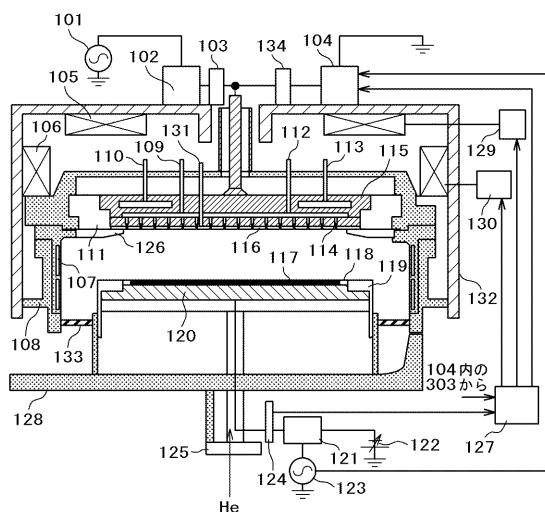
40

50

04 : バイアス共振接地機構、105 : 電磁石A、106 : 電磁石B、107 : アース内筒、108 : エッティングチャンバー、109 : ガス導入口A、110 : 冷媒導入口、111 : 石英天板、112 : ガス導入口B、113 : 冷媒出口、114 : ガス分配プレート、115 : アンテナ電極、116 : シャワープレート、117 : ウェハ、118 : フォーカスリング、119 : サセプタ、120 : ウェハステージ、121 : RFバイアス整合器、122 : ESC用直流電源、123 : RF(高周波)バイアス電源、124 : RF(高周波)電流検出部、125 : ウェハステージ昇降機構、126 : 石英リング、127 : バイアス分布制御回路、128 : ベースフレーム、129 : 電磁石A用直流電源、130 : 電磁石B用直流電源、131 : EPD窓、132 : ヨーク、133 : 遮蔽板、134 : ローパスフィルタ、201 : 母材 SUS316L、202 : ポリイミド、203 : アルミニウムスリーブ、301 : 共振用コイル、302 : 可変コンデンサ、303 : アンテナ部RF電流値検出回路、304 : 高調波短絡用コイル、305 : 高調波短絡微調用コンデンサ、306 : 自動整合手段、307 : 高調波電流検出回路、401 : poly-SiのER均一性の可変容量依存性、402 : 酸化膜のER均一性の可変容量依存性、403 : 磁場調整後のpoly-SiのER均一性、404 : 磁場調整後の酸化膜のER均一性、501 : poly-SiのERの面内分布、502 : 酸化膜のERの面内分布、1001 : 石英内筒、1002 : 折返しアース部分、1101 : 絶縁リングA、1102 : ソース周波数接地回路、1103 : 絶縁リングB、1104 : ソース周波数可変接地機構、1201 : 貫通コンデンサ、1202 : ソース周波数用可変コンデンサ、1203 : リアクタンス可変手段。

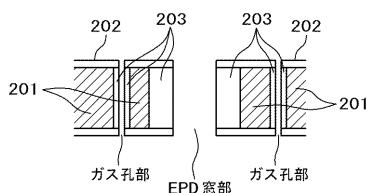
( 1)

四 1



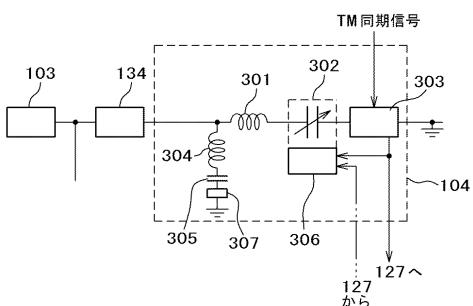
【 図 2 】

図 2



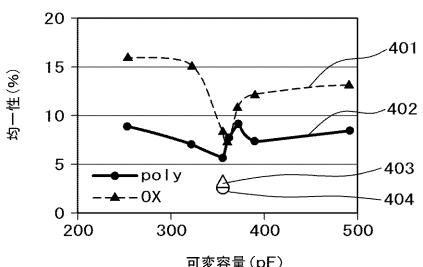
(3)

3



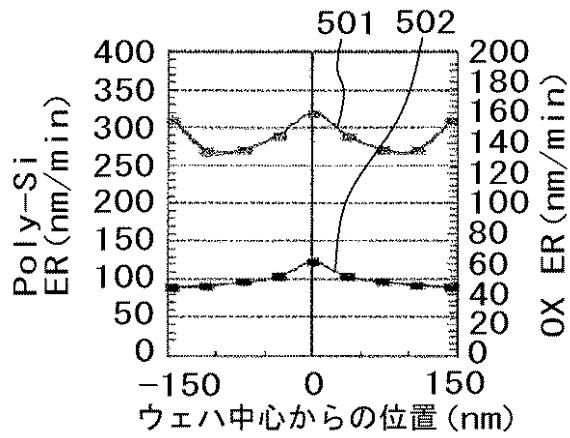
【图4】

4



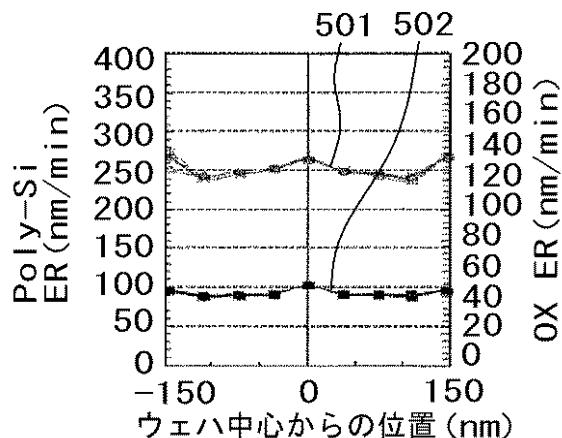
【図5】

図5



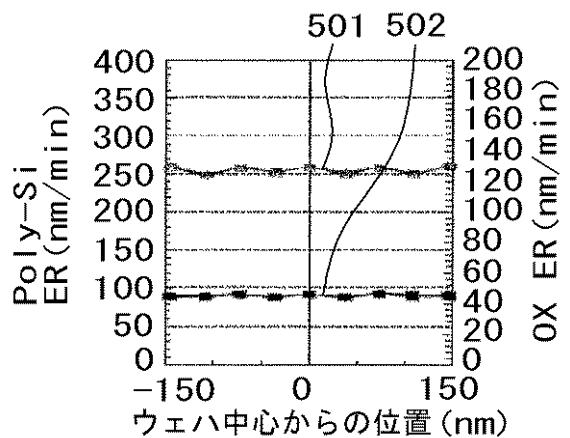
【図6】

図6



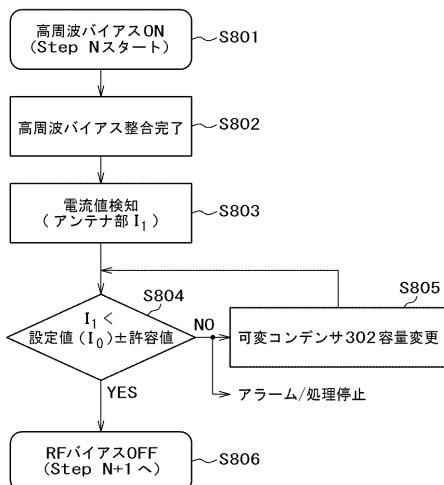
【図7】

図7



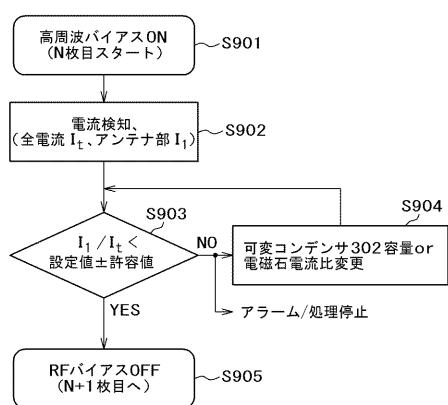
【図8】

図8



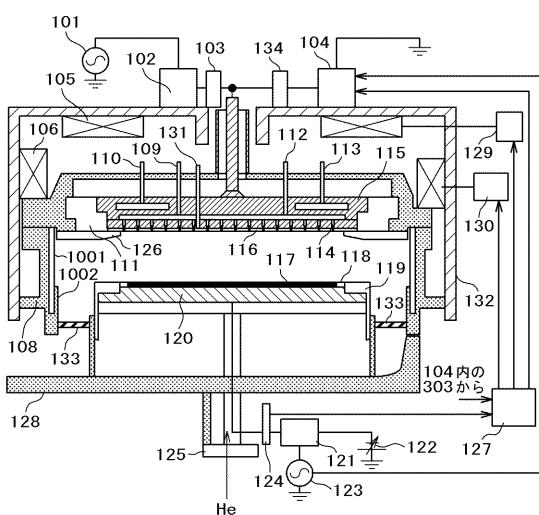
【図 9】

図 9



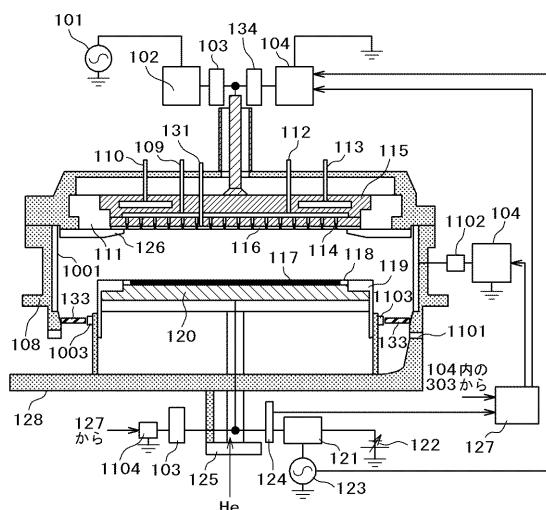
【図 10】

図 10



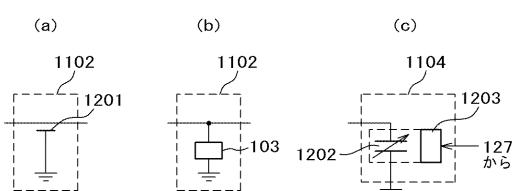
【図 11】

図 11



【図 12】

図 12



フロントページの続き

(72)発明者 八木 勝嗣

山口県下松市大字東豊井794番地 株式会社日立ハイテクノロジーズ 笠戸事業所内

審査官 正山 旭

(56)参考文献 特開2008-252067 (JP, A)

米国特許出願公開第2008/0178803 (US, A1)

特開2002-093784 (JP, A)

特開2006-066905 (JP, A)

米国特許出願公開第2009/0223933 (US, A1)

特開2011-082180 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065