

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5723397号
(P5723397)

(45) 発行日 平成27年5月27日 (2015. 5. 27)

(24) 登録日 平成27年4月3日 (2015. 4. 3)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/3065 (2006. 01)

H O 1 L 21/302 I O 1 D

H O 1 L 21/205 (2006. 01)

H O 1 L 21/302 I O 3

H O 1 L 21/31 (2006. 01)

H O 1 L 21/205

C 2 3 C 16/511 (2006. 01)

H O 1 L 21/31 C

H O 5 H 1/00 (2006. 01)

C 2 3 C 16/511

請求項の数 2 (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-28902 (P2013-28902)

(22) 出願日 平成25年2月18日 (2013. 2. 18)

(62) 分割の表示 特願2007-88407 (P2007-88407)
の分割

原出願日 平成19年3月29日 (2007. 3. 29)

(65) 公開番号 特開2013-118398 (P2013-118398A)

(43) 公開日 平成25年6月13日 (2013. 6. 13)

審査請求日 平成25年2月18日 (2013. 2. 18)

(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

(74) 代理人 100086564

弁理士 佐々木 聖孝

(72) 発明者 岩▲崎▼ 征英

東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i

zタワー 東京エレクトロン株式会社内

審査官 宮崎 園子

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】

真空排気可能な処理容器内に被処理基板を収容し、前記処理容器内に処理ガスとマイクロ波のパワーを供給して前記処理ガスのプラズマを生成し、前記基板に所望のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置であって、

前記マイクロ波を出力するマイクロ波発生器と；

前記マイクロ波発生器より出力された前記マイクロ波を T E モードで伝送する導波管と、前記処理容器の天井に設けられるマイクロ波導入用の誘電体板の上方で垂直に延びる同軸の内部導体と外部導体とを有し、前記マイクロ波を T E M モードで伝送する同軸管と、前記導波管と前記同軸管とを結合する導波管 - 同軸管変換器とを有するマイクロ波伝送線路と；

前記誘電体板の上で前記同軸管の終端に結合され、前記マイクロ波伝送線路より伝送されてきた前記マイクロ波を前記処理容器内に向けて放射するアンテナと；

を有し、

前記マイクロ波伝送線路の同軸管の内部導体を中空管に構成するとともに、前記誘電体板に前記中空管の管路と連通する貫通孔を設け、

前記中空管の管路および前記誘電体板の貫通孔をレーザ光路に用いて前記処理容器内のプロセスまたはプロセス条件の状態をモニタリングするモニタ部を備える、プラズマ処理装置。

【請求項 2】

真空排気可能な処理容器内に被処理基板を収容し、前記処理容器内に処理ガスとマイクロ波のパワーを供給して前記処理ガスのプラズマを生成し、前記基板に所望のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置であって、

前記マイクロ波を出力するマイクロ波発生器と；

前記マイクロ波発生器より出力された前記マイクロ波をＴＥモードで伝送する導波管と、前記処理容器の天井に設けられるマイクロ波導入用の誘電体板の上方で垂直に延びる同軸の内部導体と外部導体とを有し、前記マイクロ波をＴＥＭモードで伝送する同軸管と、前記導波管と前記同軸管とを結合する導波管－同軸管変換器とを有するマイクロ波伝送線路と；

前記誘電体板の上で前記同軸管の終端に結合され、前記マイクロ波伝送線路より伝送されてきた前記マイクロ波を前記処理容器内に向けて放射するアンテナと；

を有し、

前記マイクロ波伝送線路の同軸管の内部導体を中空管に構成し、

前記誘電体板に前記中空管の下端開口と連通する貫通孔を設け、

前記処理容器内の上部天板中心付近の温度を測定するために、前記中空管の中を通る温度測定系ラインと、この温度測定系ラインの先端に取り付けられる温度センサとを有するモニタ部を備える、プラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、プラズマプロセスにマイクロ波を利用するマイクロ波プラズマ処理装置に係り、特に電磁波結合によって処理容器内のプラズマにマイクロ波電力を供給する方式のプラズマ処理装置に関する。

【背景技術】

【０００２】

半導体デバイスや液晶ディスプレイ等を製造するためのプラズマプロセスにおいては、真空の処理容器内で処理ガスを放電または電離させるために、高周波（ＲＦ）やマイクロ波が使用される。ＲＦ放電方式は、処理容器内に一對の電極を適当なギャップを隔てて平行に配置し、一方の電極を接地して他方の電極にコンデンサを介して高周波を印加する容量結合形が主流になっている。しかしながら、ＲＦ放電方式は、低圧下で高密度のプラズマを生成するのが難しいうえ、電子温度が高いために基板表面の素子にダメージを与えやすいなどの問題を有している。その点、マイクロ波放電方式は、低圧下で電子温度の低い高密度のプラズマを生成できるという利点があり、平板状のマイクロ波導入窓構造を採ることにより、広い圧力範囲で大口径プラズマを効率的に生成できるうえ、磁場を必要としないためプラズマ処理装置の簡略化をはかれるという長所を有している（たとえば、特許文献１の図１（Ａ）、図２参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００３】

【特許文献１】国際公開ＷＯ２００５／０４５９１３

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

上記のような平板状マイクロ波導入窓を用いる従来のマイクロ波プラズマ処理装置は、処理容器内に処理ガスを導入する方法として、基板保持台（サセプタ）と対向する天井面の誘電体窓をシャワープレートに構成して、このシャワープレートに均一な分布で形成されている多数のガス吐出口から処理ガスを垂直下方に流し込む第１の方式か、あるいは処理容器の側壁に１つまたは複数のガス吐出口を設け、それら容器側壁のガス吐出口から処理ガスをプラズマ生成空間の中心部に向けて水平に流し込む第２の方式のいずれかを採用している。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

上記第 1 の方式は、基板保持台の上方に均一な密度分布でプラズマを形成するのに有利である反面、シャワープレートがマイクロ波（電磁波）の通り道であるため、プラズマ密度の減少を招いて非効率であるうえ、エッチングレートの均一性低下の原因となり、さらにはコンタミネーションの原因になる等の問題がある。他方、上記第 2 の方式は、容器側壁のガス吐出口がマイクロ波の通り道から外れているため異常放電を起こすことがない代わりに、基板保持台の上方で処理ガスを半径方向で一様に拡散させるのが難しく、プラズマ密度分布が不均一になりやすいという問題がある。特に、枚葉式のプラズマ処理装置は、基板保持台と容器壁との間の環状空間が容器底の排気口に通じる排気路になっているので、この排気路の上方を横断して導入される処理ガスは排気流の影響を受けて不均一な流れになりやすい。

10

【 0 0 0 6 】

本発明の目的は、マイクロ波プラズマの生成と同時にプラズマプロセスのモニタリングを簡易な構成で効率的に行えるようにしたプラズマ処理装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

本発明の第 1 のプラズマ処理装置は、真空排気可能な処理容器内に被処理基板を収容し、前記処理容器内に処理ガスとマイクロ波のパワーを供給して前記処理ガスのプラズマを生成し、前記基板に所望のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置であって、前記マイクロ波を出力するマイクロ波発生器と；前記マイクロ波発生器より出力された前記マイクロ波を T E モードで伝送する導波管と、前記処理容器の天井に設けられるマイクロ波導入用の誘電体板の上方で垂直に延びる同軸の内部導体と外部導体とを有し、前記マイクロ波を T E M モードで伝送する同軸管と、前記導波管と前記同軸管とを結合する導波管 - 同軸管変換器とを有するマイクロ波伝送線路と；前記誘電体板の上で前記同軸管の終端に結合され、前記マイクロ波伝送線路より伝送されてきた前記マイクロ波を前記処理容器内に向けて放射するアンテナと；を有し、前記マイクロ波伝送線路の同軸管の内部導体を中空管に構成するとともに、前記誘電体板に前記中空管の管路と連通する貫通孔を設け、前記中空管の管路および前記誘電体板の貫通孔をレーザ光路に用いて前記処理容器内のプロセスまたはプロセス条件の状態をモニタリングするモニタ部を備える。

20

【 0 0 0 8 】

上記の装置構成においては、マイクロ波発生器より出力されたマイクロ波が導波管 - 同軸管変換器までは導波管の中を T E モードで伝播し、導波管 - 同軸管変換器から処理容器の誘電体板上のアンテナまでは同軸管の中を T E M モードで伝播して、アンテナから処理容器内の処理空間に導入されることにより、このマイクロ波のパワーにより処理ガスのガス粒子が電離して、プラズマが生成され、このプラズマの下で被処理基板に所望のプラズマ処理が施される。そして、処理容器内でプラズマ処理が行われている最中に、モニタ部が同軸管の内部導体である中空管と誘電体板の貫通孔とをレーザ光路に用いて処理容器内のプロセスまたはプロセス条件の状態をモニタリングする。

30

【 0 0 0 9 】

本発明の第 2 のプラズマ処理装置は、真空排気可能な処理容器内に被処理基板を収容し、前記処理容器内に処理ガスとマイクロ波のパワーを供給して前記処理ガスのプラズマを生成し、前記基板に所望のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置であって、前記マイクロ波を出力するマイクロ波発生器と；前記マイクロ波発生器より出力された前記マイクロ波を T E モードで伝送する導波管と、前記処理容器の天井に設けられるマイクロ波導入用の誘電体板の上方で垂直に延びる同軸の内部導体と外部導体とを有し、前記マイクロ波を T E M モードで伝送する同軸管と、前記導波管と前記同軸管とを結合する導波管 - 同軸管変換器とを有するマイクロ波伝送線路と；前記誘電体板の上で前記同軸管の終端に結合され、前記マイクロ波伝送線路より伝送されてきた前記マイクロ波を前記処理容器内に向けて放射するアンテナと；を有し、前記マイクロ波伝送線路の同軸管の内部導体を中空管に構成し、前記誘電体板に前記中空管の下端開口と連通する貫通孔を設け、前記処理容器内の

40

50

上部天板中心付近の温度を測定するために、前記中空管の中を通る温度測定系ラインと、この温度測定系ラインの先端に取り付けられる温度センサとを有するモニタ部を備える。

上記の装置構成においては、マイクロ波発生器より出力されたマイクロ波が導波管 - 同軸管変換器までは導波管の中をＴＥモードで伝播し、導波管 - 同軸管変換器から処理容器の誘電体板上のアンテナまでは同軸管の中をＴＥＭモードで伝播して、アンテナから処理容器内の処理空間に導入されることにより、このマイクロ波のパワーにより処理ガスのガス粒子が電離して、プラズマが生成され、このプラズマの下で被処理基板に所望のプラズマ処理が施される。そして、処理容器内でプラズマ処理が行われている最中に、モニタ部が同軸管の内部導体である中空管の中を通り抜ける温度測定系ラインの先端に取り付けられる温度センサを通じて、処理容器内の上部天板中心付近の温度を測定する。

10

【発明の効果】

【００１０】

本発明のプラズマ処理装置は、上記のような構成および作用により、マイクロ波プラズマの生成と同時にプラズマプロセスのモニタリングを簡易な構成で効率的に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

【図１】本発明の一構成例におけるマイクロ波プラズマ処理装置の全体構成を示す図である。

【図２】図１のマイクロ波プラズマ処理装置における要部の構成を示す縦断面図である。

20

【図３】図１のマイクロ波プラズマ処理装置で用いられるアンテナのスロットパターン構造を示す平面図である。

【図４】本発明の別の構成例におけるマイクロ波プラズマ処理装置の全体構成を示す図である。

【図５】本発明の一実施形態におけるマイクロ波プラズマ処理装置の全体構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００１２】

以下、添付図を参照して本発明の好適な実施形態を説明する。

【００１３】

30

図１に、本発明の一構成例におけるマイクロ波プラズマエッチング装置の全体構成を示す。このマイクロ波プラズマエッチング装置は、磁場を必要としない平板状ＳＷＰ型プラズマ処理装置として構成されており、たとえばアルミニウムまたはステンレス鋼等の金属製の円筒型真空チャンバ（処理容器）１０を有している。チャンバ１０は保安接地されている。

【００１４】

先ず、このマイクロ波プラズマエッチング装置においてプラズマ生成に関係しない各部の構成を説明する。

【００１５】

チャンバ１０内の下部中央には、被処理基板としてたとえば半導体ウエハＷを載置する円板状のサセプタ１２が高周波電極を兼ねる基板保持台として水平に配置されている。このサセプタ１２は、たとえばアルミニウムからなり、チャンバ１０の底から垂直上方に延びる絶縁性の筒状支持部１４に支持されている。

40

【００１６】

筒状支持部１４の外周に沿ってチャンバ１０の底から垂直上方に延びる導電性の筒状支持部１６とチャンバ１０の内壁との間に環状の排気路１８が形成され、この排気路１８の上部または入口に環状のパッフル板２０が取り付けられるとともに、底部に排気ポート２２が設けられている。チャンバ１０内のガスの流れをサセプタ１２上の半導体ウエハＷに対して軸対象に均一にするためには、排気ポート２０を円周方向に等間隔で複数設ける構成が好ましい。各排気ポート２０には排気管２４を介して排気装置２６が接続されている

50

。排気装置 26 は、ターボ分子ポンプなどの真空ポンプを有しており、チャンバ 10 内のプラズマ処理空間を所望の真空度まで減圧することができる。チャンバ 10 の側壁の外には、半導体ウエハ W の搬入出口を開閉するゲートバルブ 28 が取り付けられている。

【0017】

サセプタ 12 には、RF バイアス用の高周波電源 30 がマッチングユニット 32 および給電棒 34 を介して電氣的に接続されている。この高周波電源 30 は、半導体ウエハ W に引き込むイオンのエネルギーを制御するのに適した比較的低い周波数たとえば 13.56 MHz の高周波を所定のパワーで出力する。マッチングユニット 32 は、高周波電源 30 側のインピーダンスと負荷（主に電極、プラズマ、チャンバ）側のインピーダンスとの間で整合をとるための整合器を収容しており、この整合器の中に自己バイアス生成用のプロ

10

【0018】

サセプタ 12 の上面には、半導体ウエハ W を静電吸着力で保持するための静電チャック 36 が設けられ、静電チャック 36 の半径方向外側に半導体ウエハ W の周囲を環状に囲むフォーカスリング 38 が設けられる。静電チャック 36 は導電膜からなる電極 36a を一対の絶縁膜 36b, 36c の間に挟み込んだものであり、電極 36a には直流電源 40 がスイッチ 42 を介して電氣的に接続されている。直流電源 40 より印加される直流電圧により、クーロン力で半導体ウエハ W を静電チャック 36 上に吸着保持することができる。

【0019】

サセプタ 12 の内部には、たとえば円周方向に延びる環状の冷媒室 44 が設けられている。この冷媒室 44 には、チラーユニット（図示せず）より配管 46, 48 を介して所定温度の冷媒たとえば冷却水が循環供給される。冷媒の温度によって静電チャック 36 上の半導体ウエハ W の処理温度を制御できる。さらに、伝熱ガス供給部（図示せず）からの伝熱ガスたとえば He ガスが、ガス供給管 50 を介して静電チャック 36 の上面と半導体ウエハ W の裏面との間に供給される。また、半導体ウエハ W のローディング／アンローディングのためにサセプタ 12 を垂直方向に貫通して上下移動可能なリフトピンおよびその昇降機構（図示せず）等も設けられている。

20

【0020】

次に、このマイクロ波プラズマエッチング装置においてプラズマ生成に関係する各部の構成を説明する。

30

【0021】

チャンバ 10 のサセプタ 12 と対向する天井面には、マイクロ波導入用の誘電体板として円形の石英板 52 が気密に取り付けられている。この石英板 52 の上面には平板型のスロットアンテナとして同心円状に分布する多数のスロットを有する円板形のラジアルラインスロットアンテナ 54 が設置されている。このラジアルラインスロットアンテナ 54 は、たとえば石英等の誘電体からなる遅延板 56 を介してマイクロ波伝送線路 58 に電磁的に結合されている。

【0022】

マイクロ波伝送線路 58 は、マイクロ波発生器 60 より出力されるマイクロ波をアンテナ 54 まで伝送する線路であり、導波管 62 と導波管 - 同軸管変換器 64 と同軸管 66 とを有している。導波管 62 は、たとえば方形導波管であり、TE モードを伝送モードとしてマイクロ波発生器 60 からのマイクロ波をチャンバ 10 に向けて導波管 - 同軸管変換器 64 まで伝送する。

40

【0023】

導波管 - 同軸管変換器 64 は、方形導波管 62 と同軸管 66 とを結合し、方形導波管 62 の伝送モードを同軸管 66 の伝送モードに変換するものであり、大出力のマイクロ波パワーを伝送する場合に電界集中を防止するために、同軸管 66 の内部導体 68 の上端部 68a を図示のような逆テーパ状に太くする構成（いわゆるドアノブ形の構成）を採るのが好ましい。

【0024】

50

同軸管 66 は、導波管 - 同軸管変換器 64 からチャンバ 10 の上面中心部まで垂直下方に延びて、その同軸線路の終端または下端が遅延板 56 を介してアンテナ 54 に結合されている。同軸管 66 の外部導体 70 は方形導波管 62 と一体形成された円筒体からなり、マイクロ波は内部導体 68 と外部導体 70 の間の空間を TEM モードで伝播する。

【0025】

マイクロ波発生器 60 より出力されたマイクロ波は、上記のような導波管 62、導波管 - 同軸管変換器 64 および同軸管 66 からなるマイクロ波伝送線路 58 を伝播して、遅延板 56 を通ってアンテナ 54 に給電される。そして、遅延板 56 で半径方向に広げられたマイクロ波はアンテナの各スロットからチャンバ 10 内に向けて放射され、石英板 52 の表面に沿って伝播する表面波から放射されるマイクロ波電力によって付近のガスが電離して、プラズマが生成されるようになっている。

10

【0026】

遅延板 56 の上には、アンテナ後面板 72 がチャンバ 10 の上面を覆うように設けられている。このアンテナ後面板 72 は、たとえばアルミニウムからなり、石英板 52 で発生する熱を吸収（放熱）する冷却ジャケットを兼ねており、内部に形成されている流路 74 にはチラーユニット（図示せず）より配管 76, 78 を介して所定温度の冷媒たとえば冷却水が循環供給されるようになっている。

【0027】

このマイクロ波プラズマエッチング装置においては、図 2 に明示するように、同軸管 66 の内部導体 68 に、その中を貫通する中空のガス流路 80 が設けられている。そして、このガス流路 80 の上端開口 80a には処理ガス供給源 82 に通じる第 1 ガス供給管 84 が接続されており、石英板 52 の中心部には同軸管 66 のガス流路 80 の下端開口 80b と連続または連通する上部中心ガス吐出口 86 が形成されている。かかる構成の第 1 処理ガス導入部 88 において、処理ガス供給源 82 より送出された処理ガスは、第 1 ガス供給管 84 および同軸管 66 のガス流路 80 を通って上部中心ガス吐出口 86 から真下のサセプタ 12 に向けて吐出され、サセプタ 12 を囲む環状の排気路 18 側へ引かれるようにして軸対象に半径方向外側へ拡散するようになっている。なお、第 1 ガス供給管 84 の途中には、MFC（マス・フロー・コントローラ）90 および開閉弁 92 が設けられている。

20

【0028】

このマイクロ波プラズマエッチング装置は、チャンバ 10 内に処理ガスを導入するために、上記第 1 処理ガス導入部 88 とは別系統の第 2 処理ガス導入部 94 も備えている。この第 2 処理ガス導入部 94 は、石英板 52 より幾らか低い位置でチャンバ 10 の側壁の中に環状に形成されたバッファ室 96 と、円周方向に等間隔でバッファ室 96 からプラズマ生成空間に臨む多数の側部ガス吐出孔 98 と、処理ガス供給源 82 からバッファ室 96 まで延びるガス供給管 100 とを有している。ガス供給管 100 の途中には MFC 102 および開閉弁 104 が設けられている。

30

【0029】

この第 2 処理ガス導入部 94 において、処理ガス供給源 82 より送出された処理ガスは、第 2 ガス供給管 100 を通ってチャンバ 10 側壁内のバッファ室 96 に導入され、バッファ室 96 内で周回方向の圧力を均一化してから各側部ガス吐出孔 98 よりチャンバ 10 の中心に向かって略水平に吐出され、プラズマ処理空間へ拡散する。その際、各側部ガス吐出孔 98 より吐出された処理ガスは、環状排気路 18 の上方を横切る際に排気口 22 側へ引かれるため半導体ウエハ W 上に均一に供給され難い面がある。この実施形態では、上記のように第 1 処理ガス導入部 88 の上部中心ガス吐出口 86 より導入される処理ガスが中心部から軸対象に放射状に拡散するので、第 2 処理ガス導入部 88 より導入される処理ガスの不安定または不定な拡散を補い、半導体ウエハ W の直上で生成されるプラズマの密度を均一化させることができる。

40

【0030】

なお、第 1 処理ガス導入部 88 および第 2 処理ガス導入部 94 よりチャンバ 10 内にそれぞれ導入する処理ガスは、通常は同種のガスでよいが、別種類のガスであってもよく、

50

各MFC90, 102を通じて各々独立した流量で、あるいは任意の流量比で導入し、半径方向におけるガス密度ひいてはプラズマ密度の均一性を向上させることができる。

【0031】

図2に、このマイクロ波プラズマエッチング装置における導波管-同軸管変換器64および同軸管66の詳細な構成を示す。同軸管66の内部導体68は、たとえばアルミニウムからなり、その内部に中心軸に沿って貫通孔のガス流路80が形成されるとともに、ガス流路80と平行して冷媒流路106も形成されている。冷媒流路106は、垂直隔壁(図示せず)を介して往路106aと復路106bに分かれており、逆テーパ部68aの上端に図示しないチラーユニットに通じる配管108, 110が接続されている。供給配管108より冷媒流路106に導入された冷媒たとえば冷却水は、冷媒流路106において往路106aを垂直下方に流れて同軸管66の下端部に行き着き、そこから折り返して復路106bを垂直上方に流れて排出配管110に抜け出るようになっている。

10

【0032】

図2に示すように、アンテナ54は、その中心部に同軸管66の内部導体68を通す開口54aを有しており、スロット板が内部導体68の周り(半径方向外側)に延在している。内部導体68のガス流路80と同軸上で連続する石英板52の上部中心ガス吐出口86は、アンテナ54より放射される電磁波(マイクロ波)の通り道から外れており、異常放電は起こらないようになっている。なお、半径方向の限定された範囲内で上部中心ガス吐出口86を複数の吐出口に分岐または分割することも可能である。

【0033】

20

図3に、このマイクロ波プラズマエッチング装置におけるラジアルラインスロットアンテナ54のスロットパターン構造を示す。図示のように、アンテナ54のスロット板には同心円状に多数のスロットが形成されている。より詳細には、互いに向きが直交する2種類のスロット54b, 54cが交互に同心円状に配列され、半径方向では遅延板56で伝送されてくるマイクロ波の波長に応じた間隔で配置されている。このスロットパターン構造においては、マイクロ波は2つの直交する偏波成分を含む円偏波の略平面波となってスロット板から放射される。このタイプのスロットアンテナは、スロット板の略全面からマイクロ波を均一に放射するのに優れており、均一で安定なプラズマの生成に適している。

【0034】

このマイクロ波プラズマエッチング装置においては、上述した各部たとえば排気装置26、高周波電源30、直流電源40のスイッチ42、マイクロ波発生器60、各処理ガス導入部88, 94、各チラーユニット(図示せず)、伝熱ガス供給部(図示せず)等の個々の動作および装置全体の動作が、たとえばマイクロコンピュータからなる制御部(図示せず)によって制御される。

30

【0035】

このマイクロ波プラズマエッチング装置において、エッチングを行なうには、まずゲートバルブ28を開状態にして加工対象の半導体ウエハWをチャンバ10内に搬入して、静電チャック36の上に載置する。そして、第1および第2処理ガス導入部88, 94よりエッチングガス(一般に混合ガス)を所定の流量および流量比でチャンバ10内に導入し、排気装置26によりチャンバ10内の圧力を設定値に減圧する。さらに、高周波電源30をオンにして所定のパワーで高周波を出力させ、この高周波を整合器34および給電棒34を介してサセプタ12に印加する。また、スイッチ42をオンにして直流電源44より直流電圧を静電チャック36の電極36aに印加して、静電チャック36の静電吸着力により半導体ウエハWを静電チャック36上に固定する。そして、マイクロ波発生器60をオンにし、マイクロ波発生器60より出力されるマイクロ波をマイクロ波伝送線路58を介してアンテナ54に給電し、アンテナ54から放射されるマイクロ波を石英板52を介してチャンバ10内に導入する。

40

【0036】

第1処理ガス導入部88の上部中心ガス吐出口86および第2処理ガス導入部94の側部ガス吐出口98よりチャンバ10内に導入されたエッチングガスは石英板52の下で拡

50

散し、石英板 5 2 の下面（プラズマと対向する面）に沿って伝播する表面波から放射されるマイクロ波電力によってガス粒子が電離し、表面励起のプラズマが生成される。こうして、石英板 5 2 の下で生成されたプラズマは下方に拡散し、半導体ウエハ W の主面の被加工膜に対してプラズマ中のラジカルによる等方性エッチングおよびイオン照射による垂直エッチングが行われる。

【 0 0 3 7 】

このマイクロ波プラズマエッチング装置においては、高密度プラズマを表面波励起で生成するので、半導体ウエハ W 付近の電子温度はたとえば $0.7 \sim 1.5 \text{ eV}$ 程度と非常に低く、これによってイオン照射のエネルギーを抑制し、被加工膜に対するダメージを防ぐことができる。また、ラジアルラインスロットアンテナ 5 4 を使用してマイクロ波電力を大面積で均一にチャンバ 1 0 内に注入するので、ウエハの大口径化にも容易に対応することができる。そして、マイクロ波伝送線路 5 8 の最終区間を構成する同軸管 6 6 の内部導体 6 8 に貫通孔のガス流路 8 0 を設け、このガス流路 8 0 を通してチャンバ天井（石英板 5 2）中心部のガス吐出口 8 6 からチャンバ 1 0 内に処理ガスを導入するので、プラズマ密度の均一性の向上、ひいてはエッチング加工の面内均一性の向上をはかれると同時に、アンテナ性能への悪影響はなく、異常放電を起こすおそれもない。

【 0 0 3 8 】

加えて、このマイクロ波プラズマエッチング装置は、無磁場でマイクロ波プラズマを生成するので、チャンバ 1 0 の周りに永久磁石や電子コイル等の磁界形成機構を設ける必要がなく、簡易な装置構成となっている。もっとも、本発明は、図 4 に示すように、電子サイクロトロン共鳴（ECR : Electron Cyclotron Resonance）を利用するプラズマ処理装置にも適用可能である。

【 0 0 3 9 】

図 4 の ECR プラズマ処理装置は、チャンバ 1 0 の周囲に永久磁石または電子コイルからなる磁界形成機構 1 1 2 を設け、この磁界形成機構 1 1 2 によりチャンバ 1 0 内のプラズマ生成空間に外部磁場を印加し、プラズマ生成空間内のある場所でマイクロ波の周波数が電子サイクロトロン周波数に等しくなるような磁界（ 2.45 GHz の場合は 875 Gauss ）を形成し、高密度のプラズマを生成することができる。

【 0 0 4 0 】

なお、図 4 に示すように、チャンバ 1 0 の上部天板中心から処理ガスを導入する第 1 処理ガス導入部 8 8 のみを設け、チャンバ側壁から処理ガスを導入する第 2 処理ガス導入部 9 4（図 1）を省くことも可能である。

【 0 0 4 1 】

さらに、本発明の一実施形態として、図 5 に示すように、同軸管 6 6 の内部導体 6 8 の中に形成される中空部をガス流路に代えて、モニタリング用の光学測定ラインに利用することも可能である。たとえば、プラズマエッチングの終点検出を行う場合は、同軸管内部導体 6 8 の中空部の中に光ファイバプローブ（図示せず）を挿入して、チャンバ 1 0 の上部天板中心の位置でプラズマからの発光を採光し、モニタ部 1 1 4 で分光して特定の反応種に起因する発光スペクトルの増減からエッチング終点を検出することができる。また、同軸管内部導体 6 8 の中空部をレーザ光路に用いて、半導体ウエハ W 上の反射防止膜やレジスト膜等の膜厚測定を行うことも可能である。さらには、先端に熱電対等を取り付けた温度センサのラインを同軸管内部導体 6 8 の中空部に通してチャンバ 1 0 内の上部天板中心付近の温度を測定することも可能である。

【 0 0 4 2 】

本発明においては、同軸管 6 6 の内部導体 6 8 の中空部の構成または機能については他にも種々の変形が可能である。たとえば、図示省略するが、同軸管の内部導体 6 8 の中空部をたとえば 2 重管等の複数管構造に形成し、各管を独立したライン（ガス供給系ライン、測定系ライン）に用いることもできる。チャンバ 1 0 内に処理ガスを導入するために、第 1 および第 2 処理ガス導入部 8 8 , 9 4 とは別系統の第 3 の処理ガス導入部を内部導体 6 8 の中に設けることも可能である。

【 0 0 4 3 】

また、上記した実施形態における各部の構成や機能も種々変形可能である。たとえば、ラジアルスロットラインアンテナ 5 4 に代えて他の形式のスロットアンテナを用いることも可能であり、特に大口径のプラズマを必要としない場合はアンテナを用いないマイクロ波注入方式も可能である。マイクロ波伝送線路 5 8 においても、マイクロ波発生器 6 0 と方形導波管 6 2 との間に他の伝送線路を挿入したり、方形導波管 6 2 をたとえば円形導波管に代えたり、導波管 - 同軸管変換器 6 4 においてインピーダンス変換部 6 4 a をドアノブ形に代えてリッジガイド形に構成することも可能である。さらには、導波管 - 同軸管変換器を用いずに円形導波管の終端をチャンバに電磁的に結合する構成も可能である。

【 0 0 4 4 】

10

本発明は、上記実施形態におけるマイクロ波プラズマエッチング装置に限定されるものではなく、プラズマ C V D (Chemical Vapor Deposition)、プラズマ酸化、プラズマ窒化、スパッタリング等の処理装置にも適用可能である。また、本発明における被処理基板は半導体ウエハに限るものではなく、フラットパネルディスプレイ用の各種基板や、フォトマスク、C D 基板、プリント基板等も可能である。

【 符号の説明 】

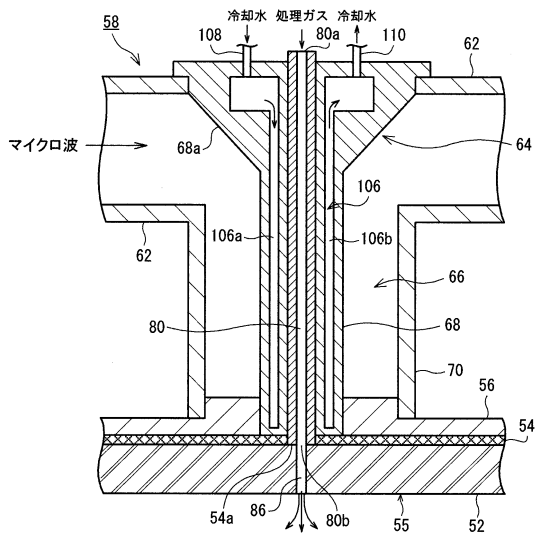
【 0 0 4 5 】

1 0	チャンバ
1 2	サセプタ (基板保持台)
2 6	排気装置
3 0	高周波電源
5 2	石英板 (誘電体窓)
5 4	ラジアルラインスロットアンテナ
5 8	マイクロ波伝送線路
6 0	マイクロ波発生器
6 2	導波管
6 4	導波管 - 同軸管変換器
6 6	同軸管
6 8	内部導体
7 0	外部導体
8 2	処理ガス供給源
8 4	第 1 ガス供給管
8 6	上部中央ガス吐出孔
8 8	第 1 処理ガス導入部
9 4	第 2 処理ガス導入部
9 8	側部ガス吐出孔
1 0 0	第 2 ガス供給管
1 1 2	磁界形成部
1 1 4	モニタ部

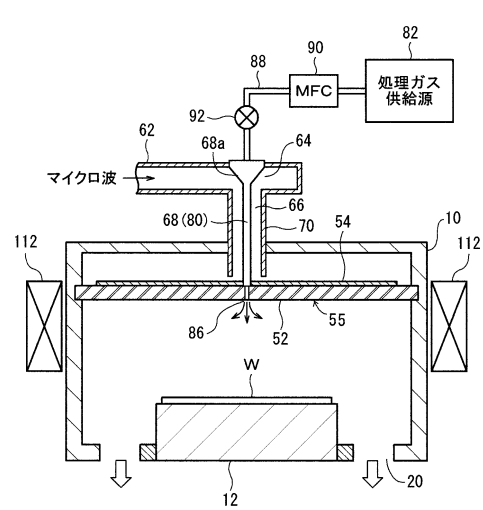
20

30

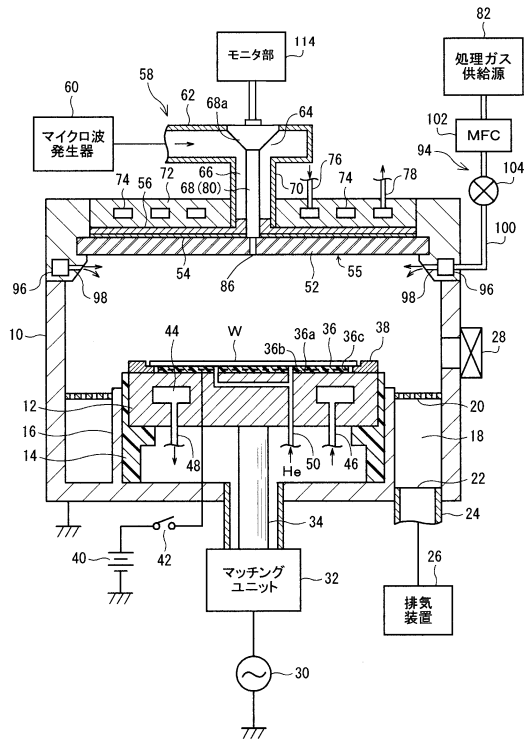
【 図 2 】



【 図 4 】



【図 5】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
H 0 5 H	1/46	(2006.01)	H 0 5 H	1/00	A
			H 0 5 H	1/46	B

(56)参考文献 特表2 0 0 6 - 5 0 2 5 5 6 (J P , A)
特開2 0 0 6 - 2 1 0 9 2 9 (J P , A)
再公表特許第9 9 / 0 4 9 7 0 5 (J P , A 1)

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