

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5438260号
(P5438260)

(45) 発行日 平成26年3月12日(2014.3.12)

(24) 登録日 平成25年12月20日(2013.12.20)

(51) Int.Cl.	F I
HO 1 L 21/3065 (2006.01)	HO 1 L 21/302 I O 1 D
HO 1 L 21/205 (2006.01)	HO 1 L 21/205
C 2 3 C 16/511 (2006.01)	C 2 3 C 16/511
HO 5 H 1/46 (2006.01)	HO 5 H 1/46 B
	HO 5 H 1/46 C

請求項の数 13 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2007-88407(P2007-88407)
 (22) 出願日 平成19年3月29日(2007.3.29)
 (65) 公開番号 特開2008-251660(P2008-251660A)
 (43) 公開日 平成20年10月16日(2008.10.16)
 審査請求日 平成22年3月29日(2010.3.29)

(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6号 TBS放送センター 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】

マイクロ波を導入するための誘電体窓を有する真空排気可能な処理容器と、
 前記処理容器内で前記誘電体窓と対向して被処理基板を保持する保持台と、
 プラズマ励起用のマイクロ波を発生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前記処理容器に向けて伝送するための導波管と、
 前記導波管の終端に接続された導波管 - 同軸管変換器と、
 前記導波管 - 同軸管変換器から前記処理容器まで前記マイクロ波を伝送するための線路を形成し、その内部導体に中空部を有する同軸管と、
 処理ガス供給源より送出される前記処理ガスの一部を、前記同軸管の前記内部導体の中空部を介して前記誘電体窓の中央部より前記処理容器内に導入する第1のガス導入部と、
 前記第1のガス導入部と共通の処理ガス供給源より送出される前記処理ガスの他の一部を、前記処理容器の側壁に周回方向で等間隔に設けられる複数の側部ガス吐出口より前記処理容器内に導入する第2のガス導入部とを有し、前記基板上のプラズマ密度分布を制御するために、前記第1のガス導入部と前記第2のガス導入部との間で前記処理容器内に導入する前記処理ガスの流量比を制御する処理ガス供給部と
 を有するプラズマ処理装置。

【請求項2】

前記誘電体窓の外側面に、平板形アンテナが設けられる、請求項1に記載のプラズマ処

理装置。

【請求項 3】

前記アンテナは、スロットアンテナである、請求項 2に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 4】

前記スロットアンテナは、ラジアルラインスロットアンテナである、請求項 3に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】

前記アンテナは、前記同軸管の内部導体の周りに設けられる、請求項 2 ~ 4のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 6】

前記誘電体窓の上部中心ガス吐出口が複数の吐出口に分割されている、請求項 1 ~ 5のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 7】

前記導波管 - 同軸管変換器は、前記導波管の伝送モードを前記同軸管の T E M モードに変換する、請求項 1 ~ 6のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 8】

前記導波管は方形導波管であり、前記導波管 - 同軸管変換器内で前記同軸管から前記導波管の中に突き出ている前記内部導体の一端部が逆テーパ状に太くなっている、請求項 7に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 9】

前記同軸管の内部導体が、冷媒を流す冷媒流路を有する、請求項 1 ~ 8のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 10】

前記第 1 および第 2 のガス導入部が処理ガスの流量を個別に制御するための流量制御部をそれぞれ個別に有している、請求項 1 ~ 9のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 11】

前記保持台に自己バイアス電圧を発生させるための高周波を前記保持台に印加する高周波電源を有する、請求項 1 ~ 10のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 12】

前記処理容器内でプラズマに電子サイクロトロン共鳴を起こさせるための磁界を形成する磁界形成部を処理容器の周りに設ける、請求項 1 ~ 11のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 13】

前記処理ガスはエッチングガスである、請求項 1 ~ 12のいずれか一項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 (R F) やマイクロ波が使用される。 R F 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、 R F 放電方式は、低下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、低下下で電子温度の低い

10

20

30

40

50

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）。

【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】

【0003】

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

【0004】

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均一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。

20

【0005】

本発明は、上記のような従来技術の問題点を解決するものであり、マイクロ波の伝送ないし放射経路で異常放電を起こすことなくプラズマ密度分布の均一性ないし制御性に優れた高密度・低電子温度のプラズマ生成を可能とし、マイクロ波プラズマプロセスの有用性ないし実用性を向上させるプラズマ処理装置を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記の目的を達成するために、本発明のプラズマ処理装置は、マイクロ波を導入するための誘電体窓を有する真空排気可能な処理容器と、前記処理容器内で前記誘電体窓と対向して被処理基板を保持する保持台と、プラズマ励起用のマイクロ波を発生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前記処理容器に向けて伝送するための導波管と、前記導波管の終端に接続された導波管 - 同軸管変換器と、前記導波管 - 同軸管変換器から前記処理容器まで前記マイクロ波を伝送するための線路を形成し、その内部導体に中空部を有する同軸管と、処理ガス供給源より送出される前記処理ガスの一部を、前記同軸管の前記内部導体の中空部を介して前記誘電体窓の中央部より前記処理容器内に導入する第1のガス導入部と、前記第1のガス導入部と共通の処理ガス供給源より送出される前記処理ガスの他の一部を、前記処理容器の側壁に周回方向で等間隔に設けられる複数の側部ガス吐出口より前記処理容器内に導入する第2のガス導入部とを有し、前記基板上のプラズマ密度分布を制御するために、前記第1のガス導入部と前記第2のガス導入部との間で前記処理容器内に導入する前記処理ガスの流量比を制御する処理ガス供給部とを有する。

40

【0008】

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、導波管 - 同軸管変換器および同軸管を有するマイクロ波伝送線路を通過して処理容器の中に導

50

入されると同時に、処理ガス供給部より処理容器内に処理ガスが導入されることにより、処理容器内で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。

上記の装置構成において、処理ガス供給部の第1のガス導入部は、処理ガス供給源からの処理ガスを同軸管の内部導体の中空部を介して（マイクロ波の通り道を避けて）誘電体窓の上部中心ガス吐出口より処理容器内に導入する。これによって、処理ガスのガス流路内での放電つまり異常放電を効果的に防止することができる。

また、第1のガス導入部により誘電体窓の中央部より導入される処理ガスが処理容器内で中心部から周辺部に向かって軸対象で放射状に拡散する一方で、第1のガス導入部と共通の処理ガス供給源を用いる第2のガス導入部により側部ガス吐出口より導入される処理ガスは処理容器内で周辺部から中心部に向かって軸対象で逆放射状に拡散する。そして、処理ガス供給部において、このように第1および第2のガス導入部により対称的な拡散形態で処理容器内に導入される処理ガスの流量比または分流比が制御されることにより、基板上のプラズマ密度分布を適切に制御することができる。

【0010】

また、好適な一態様によれば、誘電体窓の外側面に、同軸管の終端に電磁的に結合されたアンテナが配置される。このアンテナは、高密度のプラズマを効率よく生成するために、好ましくはスロットアンテナとして構成され、大面積または大口径のプラズマを生成するために、さらに好ましくはラジアルラインスロットアンテナとして構成される。この誘電体窓のアンテナは、同軸管の内部導体の周囲に設けられるのが好ましい。

【0011】

また、好適な一態様によれば、導波管 - 同軸管変換器は、導波管の基本モードを同軸管のTEMモードに変換する。好ましくは、導波管が方形導波管であり、導波管 - 同軸管変換器内で同軸管から導波管の中に突き出ている内部導体の一端部が逆テーパ状に太くなる構成が採られる。また、同軸管の内部導体の中空部は、好ましくは内部導体を貫通し、内部導体の逆テーパ状端部に形成されている入口から処理ガスを導入し、処理容器内の空間に臨む出口から処理ガスを吐出する。同軸管の内部導体に冷媒を流すための冷媒流路を設ける構成も可能である。

【0013】

また、好適な一態様として、保持台に自己バイアス電圧を発生させるための高周波電源を備える構成や、処理容器内でプラズマに電子サイクロトロン共鳴を起こさせるための磁界形成部を備える構成なども可能である。

【発明の効果】

【0017】

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、マイクロ波の伝送しないし放射経路で異常放電を起こすことなくプラズマ密度分布の均一性ないし制御性に優れた高密度・低電子温度のプラズマ生成を可能とし、マイクロ波プラズマプロセスの有用性ないし実用性を向上させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

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。

【0019】

図1に、本発明の一実施形態におけるマイクロ波プラズマエッチング装置の構成を示す。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。

【0020】

まず、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。

【 0 0 2 1 】

チャンバ 1 0 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 1 2 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 1 2 は、たとえばアルミニウムからなり、チャンバ 1 0 の底から垂直上方に延びる絶縁性の筒状支持部 1 4 に支持されている。

【 0 0 2 2 】

筒状支持部 1 4 の外周に沿ってチャンバ 1 0 の底から垂直上方に延びる導電性の筒状支持部 1 6 とチャンバ 1 0 の内壁との間に環状の排気路 1 8 が形成され、この排気路 1 8 の上部または入口に環状のパッフル板 2 0 が取り付けられるとともに、底部に排気ポート 2 2 が設けられている。チャンバ 1 0 内のガスの流れをサセプタ 1 2 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 2 0 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 2 0 には排気管 2 4 を介して排気装置 2 6 が接続されている。排気装置 2 6 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 1 0 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 1 0 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 2 8 が取り付けられている。

10

【 0 0 2 3 】

サセプタ 1 2 には、R F バイアス用の高周波電源 3 0 がマッチングユニット 3 2 および給電棒 3 4 を介して電氣的に接続されている。この高周波電源 3 0 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 1 3 . 5 6 M H z 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 3 2 は、高周波電源 3 0 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ブロッキングコンデンサが含まれている。

20

【 0 0 2 4 】

サセプタ 1 2 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 3 6 が設けられ、静電チャック 3 6 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 3 8 が設けられる。静電チャック 3 6 は導電膜からなる電極 3 6 a を一対の絶縁膜 3 6 b , 3 6 c の間に挟み込んだものであり、電極 3 6 a には直流電源 4 0 がスイッチ 4 2 を介して電氣的に接続されている。直流電源 4 0 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 3 6 上に吸着保持することができる。

30

【 0 0 2 5 】

サセプタ 1 2 の内部には、たとえば円周方向に延びる環状の冷媒室 4 4 が設けられている。この冷媒室 4 4 には、チラーユニット（図示せず）より配管 4 6 , 4 8 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 3 6 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 5 0 を介して静電チャック 3 6 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 1 2 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。

【 0 0 2 6 】

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。

40

【 0 0 2 7 】

チャンバ 1 0 のサセプタ 1 2 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 5 2 が気密に取り付けられている。この石英板 5 2 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 5 4 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 5 4 は、たとえば石英等の誘電体からなる遅延板 5 6 を介してマイクロ波伝送線路 5 8 に電磁的に結合されている。

【 0 0 2 8 】

50

マイクロ波伝送線路 5 8 は、マイクロ波発生器 6 0 より出力されるマイクロ波をアンテナ 5 4 まで伝送する線路であり、導波管 6 2 と導波管 - 同軸管変換器 6 4 と同軸管 6 6 とを有している。導波管 6 2 は、たとえば方形導波管であり、T E モードを伝送モードとしてマイクロ波発生器 6 0 からのマイクロ波をチャンバ 1 0 に向けて導波管 - 同軸管変換器 6 4 まで伝送する。

【 0 0 2 9 】

導波管 - 同軸管変換器 6 4 は、方形導波管 6 2 と同軸管 6 6 とを結合し、方形導波管 6 2 の伝送モードを同軸管 6 6 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 6 6 の内部導体 6 8 の上端部 6 8 a 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。

10

【 0 0 3 0 】

同軸管 6 6 は、導波管 - 同軸管変換器 6 4 からチャンバ 1 0 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 5 6 を介してアンテナ 5 4 に結合されている。同軸管 6 6 の外部導体 7 0 は方形導波管 6 2 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 6 8 と外部導体 7 0 の間の空間を T E M モードで伝播する。

【 0 0 3 1 】

マイクロ波発生器 6 0 より出力されたマイクロ波は、上記のような導波管 6 2、導波管 - 同軸管変換器 6 4 および同軸管 6 6 からなるマイクロ波伝送線路 5 8 を伝播して、遅延板 5 6 を通ってアンテナ 5 4 に給電される。そして、遅延板 5 6 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 1 0 内に向けて放射され、石英板 5 2 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。

20

【 0 0 3 2 】

遅延板 5 6 の上には、アンテナ後面板 7 2 がチャンバ 1 0 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 7 2 は、たとえばアルミニウムからなり、石英板 5 2 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 7 4 にはチラーユニット(図示せず)より配管 7 6, 7 8 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。

【 0 0 3 3 】

30

この実施形態においては、図 2 に明示するように、同軸管 6 6 の内部導体 6 8 に、その中を貫通する中空のガス流路 8 0 が設けられている。そして、このガス流路 8 0 の上端開口 8 0 a には処理ガス供給源 8 2 に通じる第 1 ガス供給管 8 4 が接続されており、石英板 5 2 の中心部には同軸管 6 6 のガス流路 8 0 の下端開口 8 0 b と連続または連通する上部中心ガス吐出口 8 6 が形成されている。かかる構成の第 1 処理ガス導入部 8 8 において、処理ガス供給源 8 2 より送出された処理ガスは、第 1 ガス供給管 8 4 および同軸管 6 6 のガス流路 8 0 を通って上部中心ガス吐出口 8 6 から真下のサセプタ 1 2 に向けて吐出され、サセプタ 1 2 を囲む環状の排気路 1 8 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 8 4 の途中には、M F C (マス・フロー・コントローラ) 9 0 および開閉弁 9 2 が設けられている。

40

【 0 0 3 4 】

この実施形態においては、チャンバ 1 0 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 8 8 とは別系統の第 2 処理ガス導入部 9 4 も備えている。この第 2 処理ガス導入部 9 4 は、石英板 5 2 より幾らか低い位置でチャンバ 1 0 の側壁の中に環状に形成されたバッファ室 9 6 と、円周方向に等間隔でバッファ室 9 6 からプラズマ生成空間に臨む多数の側部ガス吐出孔 9 8 と、処理ガス供給源 8 2 からバッファ室 9 6 まで延びるガス供給管 1 0 0 とを有している。ガス供給管 1 0 0 の途中には M F C 1 0 2 および開閉弁 1 0 4 が設けられている。

【 0 0 3 5 】

この第 2 処理ガス導入部 9 4 において、処理ガス供給源 8 2 より送出された処理ガスは

50

、第2ガス供給管100を通過してチャンバ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口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、各側部ガス吐出口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。

【0036】

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、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。

【0037】

図2に、この実施形態における導波管-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。

【0038】

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。

【0039】

図3に、この実施形態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。かかる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。

【0040】

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。

【0041】

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

10

20

30

40

50

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。

【0042】

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の下で拡散し、石英板52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52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。

【0043】

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0.7～1.5 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54を使用してマイクロ波電力を大面積で均一にチャンバ10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58の最終区間を構成する同軸管66の内部導体68に貫通孔のガス流路80を設け、このガス流路80を通してチャンバ天井（石英板52）中心部のガス吐出口86からチャンバ10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。

【0044】

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10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。

【0045】

図4のECRプラズマ処理装置は、チャンバ10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112を設け、この磁界形成機構112によりチャンバ10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。

【0046】

なお、図4に示すように、チャンバ10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88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94（図1）を省くことも可能である。

【0047】

さらに、本発明の別の実施形態として、図5に示すように、同軸管66の内部導体68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68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10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114で分光して特定の反

10

20

30

40

50

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 68 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 68 の中空部に通してチャンバ 10 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。

【0048】

本発明においては、同軸管 66 の内部導体 68 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 68 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 10 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 88, 94 とは別系統の第 3 の処理ガス導入部を内部導体 68 の中に設けることも可能である。

10

【0049】

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 54 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 58 においても、マイクロ波発生器 60 と方形導波管 62 との間に他の伝送線路を挿入したり、方形導波管 62 をたとえば円形導波管に代えたり、導波管 - 同軸管変換器 64 においてインピーダンス変換部 64a 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。

20

【0050】

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 CVD (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、CD 基板、プリント基板等も可能である。

【図面の簡単な説明】

【0051】

【図 1】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構成を示す図である。

30

【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。

【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】本発明の別の実施形態におけるマイクロ波プラズマ処理装置の構成を示す図である。

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

【符号の説明】

【0052】

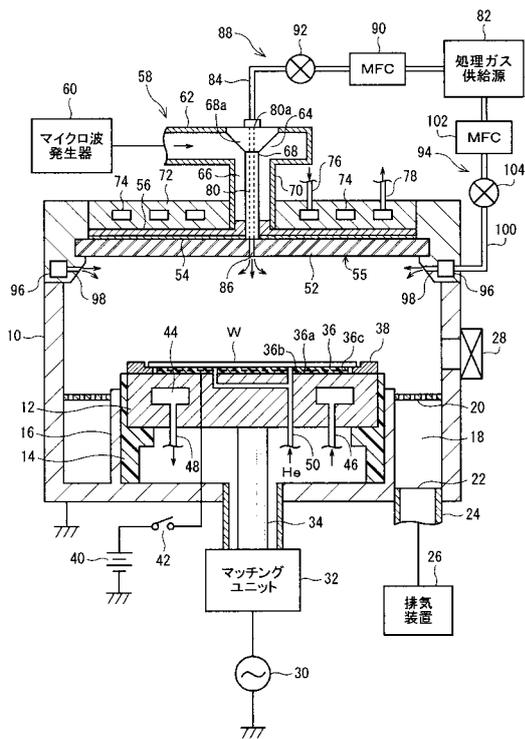
- 10 チャンバ
- 12 サセプタ (基板保持台)
- 26 排気装置
- 30 高周波電源
- 52 石英板 (誘電体窓)
- 54 ラジアルラインスロットアンテナ
- 58 マイクロ波伝送線路
- 60 マイクロ波発生器
- 62 導波管
- 64 導波管 - 同軸管変換器

40

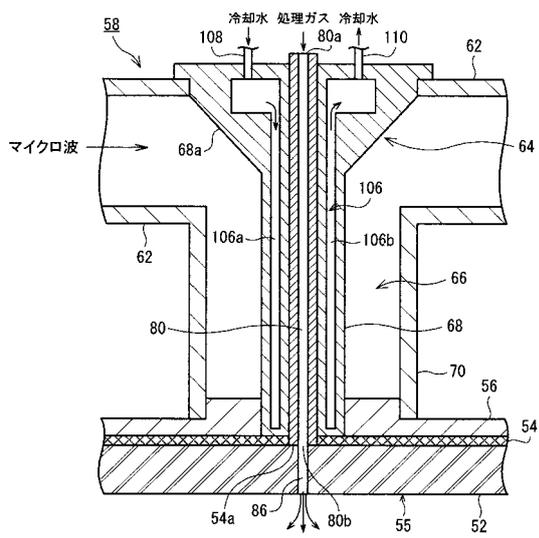
50

- 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

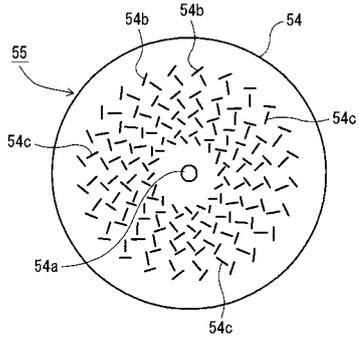
【図1】



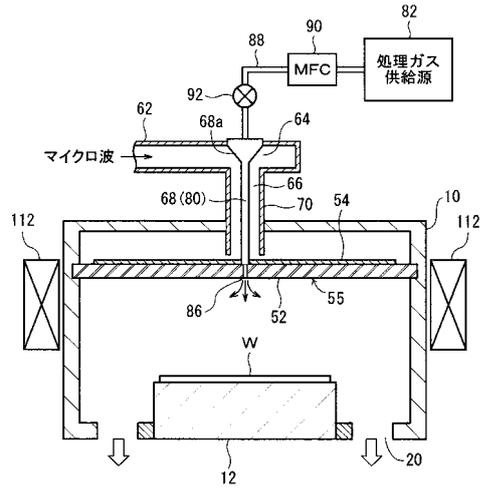
【図2】



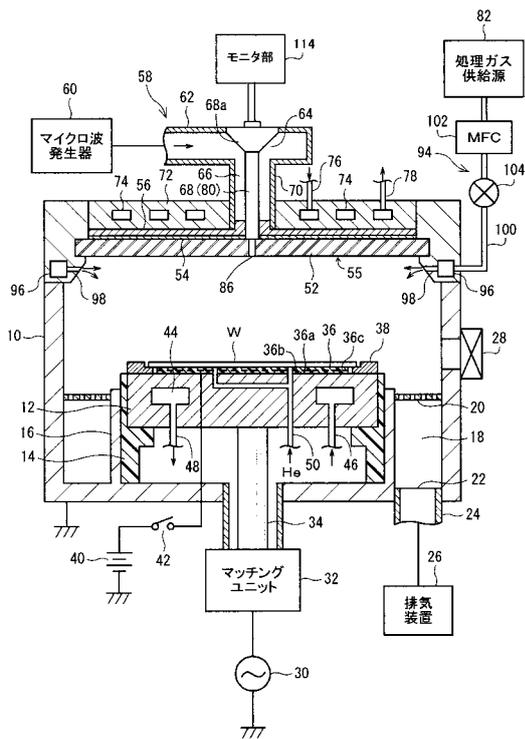
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第99/049705(WO,A1)

特開2003-332326(JP,A)

特開2001-060557(JP,A)

特開2002-203844(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

H01L 21/3065