

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4827081号
(P4827081)

(45) 発行日 平成23年11月30日(2011.11.30)

(24) 登録日 平成23年9月22日(2011.9.22)

(51) Int.Cl. F I
 H O 1 L 21/3065 (2006.01) H O 1 L 21/302 I O 1 B
 H O 1 L 21/302 I O 4 H

請求項の数 6 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2005-378608 (P2005-378608)	(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17年12月28日(2005.12.28)	(74) 代理人	100099944 弁理士 高山 宏志
(65) 公開番号	特開2007-180358 (P2007-180358A)	(72) 発明者	佐藤 学 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
(43) 公開日	平成19年7月12日(2007.7.12)	(72) 発明者	五十嵐 義樹 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
審査請求日	平成20年11月17日(2008.11.17)	(72) 発明者	昆 泰光 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマエッチング方法およびコンピュータ読み取り可能な記憶媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被処理基板が収容され、真空排気可能な処理容器と、
 処理容器内に対向して配置される第1電極および被処理基板を支持する第2電極と、
 前記第2電極に相対的に周波数の高い第1の高周波電力を印加する第1の高周波電力印加ユニットと、
 前記第2電極に相対的に周波数の低い第2の高周波電力を印加する第2の高周波電力印加ユニットと、
 前記第1電極に直流電圧を印加する直流電源と、
 前記処理容器内に処理ガスを供給する処理ガス供給ユニットと
 を具備するプラズマエッチング装置を用いた前記被処理基板のプラズマエッチング方法であって、

前記被処理基板上の有機膜またはアモルファスカーボン膜を、シリコンを含むマスクを用いてエッチングする際、前記第2電極に前記第1の高周波電力および第2の高周波電力を印加して、前記処理ガス供給ユニットから吐出される、O₂、およびO₂、N₂の組み合わせ、およびO₂、N₂、COの組み合わせ、およびO₂、COの組み合わせ、およびO₂、CO₂の組み合わせ、およびO₂、CH₄の組み合わせ、およびO₂、NH₃の組み合わせのいずれかのCF系ガスを含まない処理ガスをプラズマ化し、かつ前記第1電極に直流電圧を印加することで、前記被処理基板のプラズマエッチングを行うことを特徴とするプラズマエッチング方法。

【請求項 2】

前記直流電源からの直流電圧値は、-100V～-1500Vの範囲内であることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマエッチング方法。

【請求項 3】

前記直流電源からの直流電圧値は、-100V～-1000Vの範囲内であることを特徴とする請求項 2 に記載のプラズマエッチング方法。

【請求項 4】

前記直流電源からの直流電圧値は、-100V～-600Vの範囲内であることを特徴とする請求項 3 に記載のプラズマエッチング方法。

【請求項 5】

前記第 1 電極は、接地電位に対して直流的にフローティング状態であることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載のプラズマエッチング方法。

【請求項 6】

コンピュータ上で動作する制御プログラムが記憶されたコンピュータ記憶媒体であって、前記制御プログラムは、実行時に、請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載のプラズマエッチング方法が行われるように、プラズマ処理装置を制御することを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体基板等の被処理基板にプラズマエッチング処理を施すプラズマエッチング方法、およびコンピュータ読み取り可能な記憶媒体に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば半導体デバイスの製造プロセスにおいては、被処理基板である半導体ウエハに形成された所定の層に所定のパターンを形成するために、レジストをマスクとしてプラズマによりエッチングするプラズマエッチング処理が多用されている。

【0003】

このようなプラズマエッチングを行うためのプラズマエッチング装置としては、種々のものが用いられているが、その中でも容量結合型平行平板プラズマ処理装置が主流である。

【0004】

容量結合型平行平板プラズマエッチング装置は、チャンバ内に一对の平行平板電極（上部および下部電極）を配置し、処理ガスをチャンバ内に導入するとともに、電極の一方に高周波を印加して電極間に高周波電界を形成し、この高周波電界により処理ガスのプラズマを形成して半導体ウエハの所定の層に対してプラズマエッチングを施す。

【0005】

具体的には、上部電極にプラズマ形成用の高周波を印加してプラズマを形成し、下部電極にイオン引き込み用の高周波を印加することにより、適切なプラズマ状態を形成するプラズマエッチング装置が知られており、これにより、高選択比で再現性の高いエッチング処理が可能である（例えば特許文献 1）。

【0006】

このような容量結合型平行平板プラズマエッチング装置を用いて、無機系材料膜をマスクとして有機系材料膜をエッチングする際に、高エッチングレートでかつ無機系材料膜に対して高エッチング選択比のエッチングを行うための手法として、下部電極に印加する高周波電力の周波数を 50～150MHz とすることが知られている（例えば特許文献 2）。

【0007】

しかしながら、特許文献 2 に開示されている技術であっても、有機系材料膜のさらなる

10

20

30

40

50

高エッチングレートを実現するために、下部電極に高い高周波電力を印加すると、無機系材料膜の肩落ち（ショルダーロス）が生じてしまい、高エッチング選択比を実現できない可能性がある。

【特許文献 1】特開 2000 - 173993 号公報

【特許文献 2】特開 2003 - 234331 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであって、被処理基板上の有機膜またはアモルファスカーボン膜を、シリコンを含むマスクを用いてエッチングする際に、高エッチングレートでかつ高エッチング選択比のエッチングを行うことができるプラズマ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】

【0009】

上記課題を解決するため、本発明の第 1 の観点では、被処理基板が収容され、真空排気可能な処理容器と、処理容器内に対向して配置される第 1 電極および被処理基板を支持する第 2 電極と、前記第 2 電極に相対的に周波数の高い第 1 の高周波電力を印加する第 1 の高周波電力印加ユニットと、前記第 2 電極に相対的に周波数の低い第 2 の高周波電力を印加する第 2 の高周波電力印加ユニットと、前記第 1 電極に直流電圧を印加する直流電源と、

20

前記処理容器内に処理ガスを供給する処理ガス供給ユニットとを具備するプラズマエッチング装置を用いた前記被処理基板のプラズマエッチング方法であって、前記被処理基板上の有機膜またはアモルファスカーボン膜を、シリコンを含むマスクを用いてエッチングする際、前記第 2 電極に前記第 1 の高周波電力および第 2 の高周波電力を印加して、前記処理ガス供給ユニットから吐出される、 O_2 、および O_2 、 N_2 の組み合わせ、および O_2 、 N_2 、 CO の組み合わせ、および O_2 、 CO の組み合わせ、および O_2 、 CO_2 の組み合わせ、および O_2 、 CH_4 の組み合わせ、および O_2 、 NH_3 の組み合わせのいずれかの CF 系ガスを含まない処理ガスをプラズマ化し、かつ前記第 1 電極に直流電圧を印加することで、前記被処理基板のプラズマエッチングを行うことを特徴とするプラズマエッチング方法を提供する。

【0010】

この場合に、前記直流電源からの直流電圧値は、 $-100V \sim -1500V$ の範囲内とすることが好ましく、 $-100V \sim -1000V$ であることがより好ましく、 $-100V \sim -600V$ であることがより一層好ましい。また、前記第 1 電極は、接地電位に対して直流的にフローティング状態であることが好ましい。

30

【0011】

本発明の第 2 の観点では、コンピュータ上で動作する制御プログラムが記憶されたコンピュータ記憶媒体であって、前記制御プログラムは、実行時に、上記第 1 の観点のプラズマエッチング方法が行われるように、プラズマ処理装置を制御することを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記憶媒体を提供する。

【発明の効果】

40

【0012】

本発明によれば、被処理基板上の有機膜またはアモルファスカーボン膜を、シリコンを含むマスクを用いてエッチングする際に、高エッチングレートでかつ高エッチング選択比のエッチングを行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態について具体的に説明する。

図 1 は、本発明の一実施形態に係るプラズマエッチング装置を示す概略断面図である。

【0014】

すなわち、下部電極であるサセプタ 16 に第 1 の高周波電源 88 からプラズマ生成用の

50

例えば40MHzの高周波(RF)電力を印加するとともに、第2の高周波電源90からイオン引き込み用の例えば2MHzの高周波(RF)電力を印加する下部RF2周波印加タイプのプラズマエッチング装置であって、図示のように上部電極34に可変直流電源50を接続して所定の直流(DC)電圧が印加されるプラズマエッチング装置である。このプラズマエッチング装置について、図2を使ってさらに詳述する。

【0015】

このプラズマエッチング装置は、容量結合型平行平板プラズマエッチング装置として構成されており、例えば表面が陽極酸化処理されたアルミニウムからなる略円筒状のチャンバ(処理容器)10を有している。このチャンバ10は保安接地されている。

【0016】

チャンバ10の底部には、セラミックス等からなる絶縁板12を介して円柱状のサセプタ支持台14が配置され、このサセプタ支持台14の上に例えばアルミニウムからなるサセプタ16が設けられている。サセプタ16は下部電極を構成し、その上に被処理基板である半導体ウエハWが載置される。

【0017】

サセプタ16の上面には、半導体ウエハWを静電力で吸着保持する静電チャック18が設けられている。この静電チャック18は、導電膜からなる電極20を一对の絶縁層または絶縁シートで挟んだ構造を有するものであり、電極20には直流電源22が電氣的に接続されている。そして、直流電源22からの直流電圧により生じたクーロン力等の静電力により半導体ウエハWが静電チャック18に吸着保持される。

【0018】

静電チャック18(半導体ウエハW)の周囲でサセプタ16の上面には、エッチングの均一性を向上させるための、例えばシリコンからなる導電性のフォーカスリング(補正リング)24が配置されている。サセプタ16およびサセプタ支持台14の側面には、例えば石英からなる円筒状の内壁部材26が設けられている。

【0019】

サセプタ支持台14の内部には、例えば円周上に冷媒室28が設けられている。この冷媒室には、外部に設けられた図示しないチラーユニットより配管30a, 30bを介して所定温度の冷媒、例えば冷却水が循環供給され、冷媒の温度によってサセプタ上の半導体ウエハWの処理温度を制御することができる。

【0020】

さらに、図示しない伝熱ガス供給機構からの伝熱ガス、例えばHeガスがガス供給ライン32を介して静電チャック18の上面と半導体ウエハWの裏面との間に供給される。

【0021】

下部電極であるサセプタ16の上方には、サセプタ16と対向するように平行に上部電極34が設けられている。そして、上部および下部電極34, 16間の空間がプラズマ生成空間となる。上部電極34は、下部電極であるサセプタ16上の半導体ウエハWと対向してプラズマ生成空間と接する面、つまり対向面を形成する。

【0022】

この上部電極34は、絶縁性遮蔽部材42を介して、チャンバ10の上部に支持されており、サセプタ16との対向面を構成しかつ多数の吐出孔37を有する電極板36と、この電極板36を着脱自在に支持し、導電性材料、例えば表面が陽極酸化処理されたアルミニウムからなる水冷構造の電極支持体38とによって構成されている。電極板36は、ジュール熱の少ない低抵抗の導電体または半導体が好ましく、また、後述するようにレジストを強化する観点からはシリコン含有物質が好ましい。このような観点から、電極板36はシリコンやSiCで構成されるのが好ましい。電極支持体38の内部には、ガス拡散室40が設けられ、このガス拡散室40からはガス吐出孔37に連通する多数のガス通流孔41が下方に延びている。

【0023】

電極支持体38にはガス拡散室40へ処理ガスを導くガス導入口62が形成されており

10

20

30

40

50

、このガス導入口62にはガス供給管64が接続され、ガス供給管64には処理ガス供給源66が接続されている。ガス供給管64には、上流側から順にマスフローコントローラ(MFC)68および開閉バルブ70が設けられている。そして、処理ガス供給源66から、エッチングのための処理ガスとして、例えば C_4F_8 ガスのようなフロロカーボンガス(C_xF_y)がガス供給管64からガス拡散室40に至り、ガス通流孔41およびガス吐出孔37を介してシャワー状にプラズマ生成空間に吐出される。すなわち、上部電極34は処理ガスを供給するためのシャワーヘッドとして機能する。

【0024】

上記上部電極34には、ローパスフィルタ(LPF)48を介して可変直流電源50が電氣的に接続されている。可変直流電源50はバイポーラ電源であってもよい。この可変直流電源50は、オン・オフスイッチ52により給電のオン・オフが可能となっている。可変直流電源50の極性および電流・電圧ならびにオン・オフスイッチ52のオン・オフはコントローラ(制御装置)51により制御されるようになっている。

10

【0025】

ローパスフィルタ(LPF)48は、後述する第1および第2の高周波電源からの高周波をトラップするためのものであり、好適にはLRフィルタまたはLCフィルタで構成される。

【0026】

チャンバ10の側壁から上部電極34の高さ位置よりも上方に延びるように円筒状の接地導体10aが設けられている。この円筒状接地導体10aは、その上部に天壁を有している。

20

【0027】

下部電極であるサセプタ16には、整合器87を介して第1の高周波電源88が電氣的に接続され、また、整合器89を介して第2の高周波電源90が接続されている。第1の高周波電源88は、27MHz以上の周波数、例えば40MHzの高周波電力を出力する。第2の高周波電源90は、13.56MHz以下の周波数、例えば2MHzの高周波電力を出力する。

【0028】

整合器87, 89は、それぞれ第1および第2の高周波電源88, 90の内部(または出力)インピーダンスに負荷インピーダンスを整合させるためのもので、チャンバ10内にプラズマが生成されている時に第1および第2の高周波電源88, 90の内部インピーダンスと負荷インピーダンスが見かけ上一致するように機能する。

30

【0029】

チャンバ10の底部には排気口80が設けられ、この排気口80に排気管82を介して排気装置84が接続されている。排気装置84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内を所望の真空度まで減圧可能となっている。また、チャンバ10の側壁には半導体ウエハWの搬入出口85が設けられており、この搬入出口85はゲートバルブ86により開閉可能となっている。また、チャンバ10の内壁に沿ってチャンバ10にエッチング副生物(デポ)が付着することを防止するためのデポシールド11が着脱自在に設けられている。すなわち、デポシールド11がチャンバ壁を構成している。また、デポシールド11は、内壁部材26の外周にも設けられている。チャンバ10の底部のチャンバ壁側のデポシールド11と内壁部材26側のデポシールド11の間には排気プレート83が設けられている。デポシールド11および排気プレート83としては、アルミニウム材に Y_2O_3 等のセラミックスを被覆したものを好適に用いることができる。

40

【0030】

デポシールド11のチャンバ内壁を構成する部分のウエハWとほぼ同じ高さ部分には、グラウンドにDC的に接続された導電性部材(GNDブロック)91が設けられており、これにより後述するような異常放電防止効果を発揮する。

【0031】

50

プラズマエッチング装置の各構成部は、制御部（全体制御装置）95に接続されて制御される構成となっている。また、制御部95には、工程管理者がプラズマエッチング装置を管理するためにコマンドの入力操作等を行うキーボードや、プラズマ処理装置の稼働状況を可視化して表示するディスプレイ等からなるユーザーインターフェース96が接続されている。

【0032】

さらに、制御部95には、プラズマエッチング装置で実行される各種処理を制御部95の制御にて実現するための制御プログラムや、処理条件に応じてプラズマエッチング装置の各構成部に処理を実行させるためのプログラムすなわちレシピが格納された記憶部97が接続されている。レシピはハードディスクや半導体メモリーに記憶されていてもよいし、CDROM、DVD等の可搬性のコンピュータにより読み取り可能な記憶媒体に収容された状態で記憶部97の所定位置にセットするようになっていてもよい。

10

【0033】

そして、必要に応じて、ユーザーインターフェース96からの指示等にて任意のレシピを記憶部97から呼び出して制御部95に実行させることで、制御部95の制御下で、プラズマエッチング装置での所望の処理が行われる。なお、本発明の実施の形態で述べるプラズマ処理装置（プラズマエッチング装置）は、この制御部95を含むものとする。

【0034】

このように構成されるプラズマエッチング装置においてエッチング処理を行う際には、まず、ゲートバルブ86を開状態とし、搬入出口85を介してエッチング対象である半導体ウエハWをチャンバ10内に搬入し、サセプタ16上に載置する。そして、処理ガス供給源66からエッチングのための処理ガスを所定の流量でガス拡散室40へ供給し、ガス通流孔41およびガス吐出孔37を介してチャンバ10内へ供給しつつ、排気装置84によりチャンバ10内を排気し、その中の圧力を例えば0.1~150Paの範囲内の設定値とする。ここで、処理ガスとしては、従来用いられている種々のものを採用することができ、例えばC₄F₈ガスのようなフロロカーボンガス(C_xF_y)に代表されるハロゲン元素を含有するガスを好適に用いることができる。さらに、ArガスやO₂ガス等の他のガスが含まれていてもよい。

20

【0035】

このようにチャンバ10内にエッチングガスを導入した状態で、下部電極であるサセプタ16に、第1の高周波電源88からプラズマ生成用の高周波電力を所定のパワーで印加するとともに、第2の高周波電源90よりイオン引き込み用の高周波電力を所定のパワーで印加する。そして、可変直流電源50から所定の直流電圧を上部電極34に印加する。さらに、静電チャック18のための直流電源22から直流電圧を静電チャック18の電極20に印加して、半導体ウエハWをサセプタ16に固定する。

30

【0036】

上部電極34の電極板36に形成されたガス吐出孔37から吐出された処理ガスは、高周波電力により生じた上部電極34と下部電極であるサセプタ16間のグロー放電中でプラズマ化し、このプラズマで生成されるラジカルやイオンによって半導体ウエハWの被処理面がエッチングされる。

40

【0037】

このプラズマエッチング装置では、下部電極であるサセプタ16に第1の高周波電源から高い周波数領域（例えば、10MHz以上）の高周波電力を供給しているため、プラズマを好ましい状態で高密度化することができ、より低圧の条件下でも高密度プラズマを形成することができる。

【0038】

本実施形態では、このようにしてプラズマが形成される際に、上部電極34に可変直流電源50から所定の極性および大きさの直流電圧が印加される。このとき、印加電極である上部電極34の表面つまり電極板36の表面に対する所定の（適度な）スパッタ効果が得られる程度にその表面の自己バイアス電圧V_{dc}が深くなるように、つまり上部電極3

50

4表面での V_{dc} の絶対値が大きくなるように、可変直流電源50からの印加電圧をコントローラ51により制御することが好ましい。第1の高周波電源88から高周波を印加してプラズマを生成した場合に、上部電極34にポリマーが付着することがあるが、可変直流電源50から適切な直流電圧を印加することにより、上部電極34に付着したポリマーをスパッタして上部電極34の表面を清浄化することができる。それとともに、半導体ウエハW上に最適な量のポリマーを供給してフォトレジスト膜の表面荒れを解消することができる。また、可変直流電源50からの電圧を調整して上部電極34自体をスパッタして電極材料自体を半導体ウエハW表面に供給するようにすることにより、フォトレジスト膜表面でカーバイドを形成してフォトレジスト膜が強化され、かつスパッタされた電極材料がフロロカーボン系の処理ガス中のFと反応して排気されることによりプラズマ中のF比率が減少してフォトレジスト膜がエッチングされ難くなる。電極板36がシリコンやSiC等のシリコン含有物質の場合には、電極板36表面でスパッタされたシリコンがポリマーと反応してフォトレジスト膜表面にSiCが形成され、フォトレジスト膜が極めて強固なものとなり、しかも、SiはFと反応しやすいため、上記効果が特に大きい。したがって、電極板36の材料としてはシリコン含有物質が好ましい。なお、この場合に、可変直流電源50からの印加電圧を制御する代わりに、印加電流または印加電力を制御するようにしてもよい。

【0039】

このように上部電極34に直流電圧を印加して自己バイアス電圧 V_{dc} が深くなった場合には、図3に示すように、上部電極34側に形成されるプラズマシースの厚さが大きくなる。そして、プラズマシースが厚くなると、その分だけプラズマが縮小化される。例えば、上部電極34に直流電圧を印加しない場合には上部電極側の V_{dc} が例えば-100Vであり、図3の(a)に示すようにプラズマは薄いシース厚 d_0 を有する状態である。しかし、上部電極34に-900Vの直流電圧を印加すると上部電極側の V_{dc} が-900Vとなり、プラズマシースの厚さは、 V_{dc} の絶対値の3/4に比例するから、図3の(b)に示すように、より厚いプラズマシース d_1 が形成され、その分プラズマが縮小化する。このように厚いプラズマシースを形成して、プラズマを適切に縮小化することにより、半導体ウエハW上の実効レジデンスタイムが減少し、かつプラズマがウエハW上に集中して拡散が抑えられ解離空間が減少する。これらにより、フロロカーボン系の処理ガスの解離が抑えられ、フォトレジスト膜がエッチングされ難くなる。したがって、可変直流電源50からの印加電圧は、上部電極34におけるプラズマシースの厚さが所望の縮小化されたプラズマが形成される程度に厚くなるようにコントローラ51により制御することが好ましい。この場合にも、可変直流電源50からの印加電圧を制御する代わりに、印加電流または印加電力を制御するようにしてもよい。

【0040】

また、プラズマが形成される際には、上部電極34近傍に電子が生成される。上部電極34に可変直流電源50から直流電圧を印加すると、印加した直流電圧値とプラズマ電位との電位差により、電子は処理空間の鉛直方向へ加速される。可変直流電源50の極性、電圧値、電流値を所望のものにすることにより、電子は半導体ウエハWに照射される。照射された電子は、マスクとしてのフォトレジスト膜の組成を改質させ、フォトレジスト膜は強化される。したがって、可変直流電源50の印加電圧値および印加電流値により上部電極34近傍で生成する電子の量と、このような電子のウエハWへの加速電圧を制御することで、フォトレジスト膜に対する所定の強化を図ることができる。

【0041】

特に、半導体ウエハW上のフォトレジスト膜がArFエキシマレーザー(波長193nm)用のフォトレジスト膜(以下、ArFレジスト膜と記す)である場合、ArFレジスト膜のポリマー構造は、以下の化学式(1)、(2)に示すような反応を経て、電子が照射されて化学式(3)の右辺のような構造となる。すなわち、電子が照射されると化学式(3)のd部に示すように、ArFレジスト膜の組成の改質が起こる(レジストの架橋反応)。このd部は、エッチング耐性(プラズマ耐性)を非常に強くする働きを有するので

10

20

30

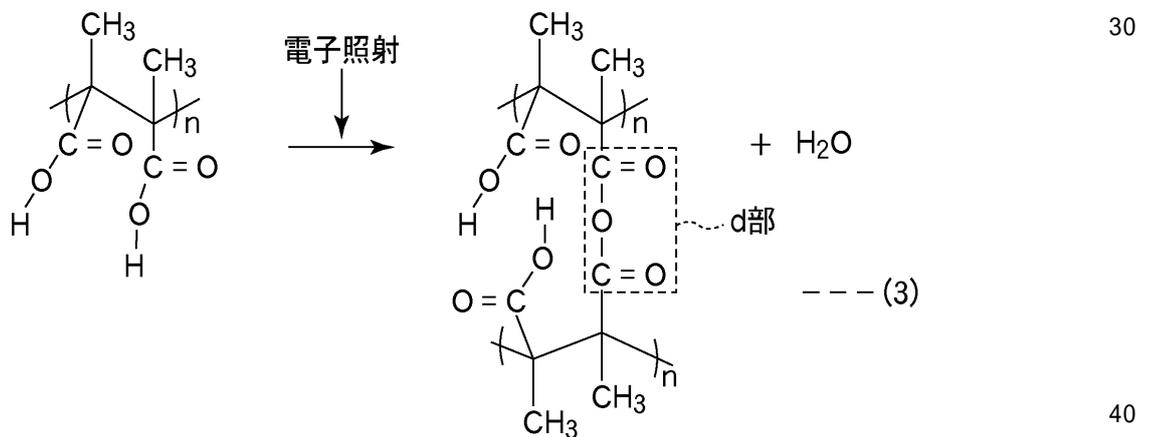
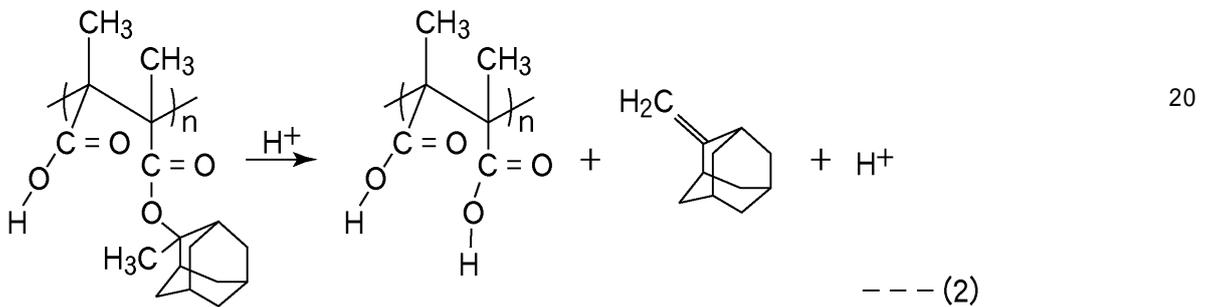
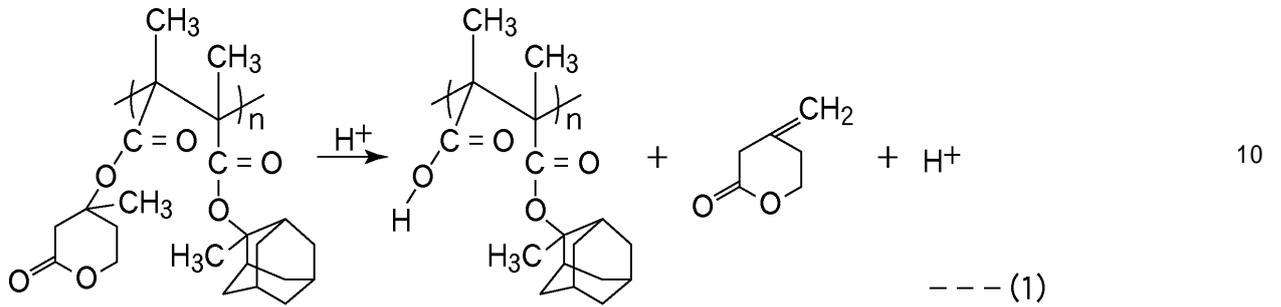
40

50

、ArFレジスト膜のエッチング耐性は飛躍的に増大する。このため、ArFレジスト膜の表面荒れを抑制することができ、ArFレジスト膜に対するエッチング対象層のエッチング選択比を高めることができる。

【0042】

【化1】



【0043】

したがって、可変直流電源50からの印加電圧値・電流値は、電子の照射によってフォトレジスト膜（特にArFレジスト膜）のエッチング耐性が強くなるように、コントローラ51により制御することが好ましい。

【0044】

また、上述したように、上部電極34に直流電圧を印加すると、プラズマが形成される際に上部電極34近傍に生成された電子が処理空間の鉛直方向へ加速されるが、可変直流電源50の極性、電圧値、電流値を所望のものにすることにより、電子を半導体ウエハWのホール内に到達させることができ、シェーディング効果を抑制してボーイングのない良

好な加工形状を得ることができ、加工形状の均一性を良好にすることができる。

【0045】

加速電圧を制御された電子がウエハWに入射する電子量として、直流電圧による電子電流量 I_{DC} を用いた場合に、プラズマからウエハに入射するイオン電流量 I_{ion} とすると、 $I_{DC} > (1/2) I_{ion}$ を満たすことが好ましい。 $I_{ion} = Z n_{ion} v_{ion} e$ (ただし、 Z : 荷数、 n_{ion} : 流速密度、 v_{ion} : イオン速度、 e : 電子の電荷量 $1.6 \times 10^{-19} C$) であり、 n_{ion} は電子密度 N_e に比例するから I_{ion} は N_e に比例する。

【0046】

このように、上部電極34に印加する直流電圧を制御して、上記上部電極34のスパッタ機能またはプラズマの縮小化機能、さらには上記上部電極34で生成される多量の電子の半導体ウエハWへの供給機能が発揮されることにより、フォトレジスト膜の強化や最適ポリマーの供給、処理ガスの解離抑制等が図られ、フォトレジストの表面荒れ等を抑制することができる。それとともに、フォトレジストの開口部におけるCDの広がりを抑制することができる。より高精度のパターン形成を実現することができる。特に、これらスパッタ機能およびプラズマの縮小化機能および電子の供給機能の3つが適切に発揮されるように直流電圧を制御することにより、このような効果をより高めることができる。

10

【0047】

なお、上記各機能のうちいずれが優勢に生じるかは処理条件等により異なり、これら機能の一つ以上が発揮され、上記効果を有効に奏するように、可変直流電源50から印加される電圧をコントローラ51により制御することが好ましい。

20

【0048】

また、上部電極34に印加する直流電圧を調整することにより、プラズマポテンシャルを制御することができる。これにより、上部電極34やチャンバ壁を構成するデポシールド11、内壁部材26、絶縁性遮蔽部材42へのエッチング副生物の付着を抑制する機能を有する。

【0049】

エッチング副生物が上部電極34やチャンバ壁を構成するデポシールド11等に付着すると、プロセス特性の変化やパーティクルの懸念がある。特に、多層膜を連続してエッチングする場合、Si系有機膜(SiOC)、SiN膜、SiO₂膜、フォトレジストを半導体ウエハW上に順次積層した多層膜を連続してエッチングする場合には、各膜によってエッチング条件が異なるため、前の処理の影響が残存して次の処理に悪影響を与えるメモリー効果が生じてしまう。

30

【0050】

このようなエッチング副生物の付着はプラズマポテンシャルと上部電極34やチャンバ壁等との間のポテンシャル差によって影響するため、プラズマポテンシャルを制御することができれば、このようなエッチング生成物の付着を抑制することができる。

【0051】

以上、可変直流電源50から上部電極34に印加する電圧を制御することにより、プラズマポテンシャルを低下させることができ、上部電極34やチャンバ壁を構成するデポシールド11、さらにはチャンバ10内の絶縁材(部材26, 42)へのエッチング副生物の付着を抑制することができる。プラズマポテンシャル V_p の値としては、 $80V < V_p < 200V$ の範囲が好ましい。

40

【0052】

さらに、上部電極34に直流電圧を印加することによる他の効果として、印加した直流電圧によってプラズマが形成されることにより、プラズマ密度を高めてエッチングレートを上昇させることが挙げられる。

【0053】

これは、上部電極に負の直流電圧を印加すると、電子が上部電極に入り難くなり電子の消滅が抑制されることと、イオンが上部電極に加速されて入ると電子が電極から出ること

50

ができ、その電子がプラズマ電位と印加電圧値の差で高速に加速され中性ガスを電離（プラズマ化）することで、電子密度（プラズマ密度）が増加するからである。

【 0 0 5 4 】

このことを実験結果に基づいて説明する。

図 4 は、下部電極であるサセプタ 1 6 に印加する第 1 の高周波電力の周波数を 4 0 M H z、第 2 の高周波電力の周波数を 3 . 2 M H z とし、圧力：4 P a とした H A R C エッチングの条件で、上部電極に印加する負の直流電圧の絶対値を 0 V、3 0 0 V、6 0 0 V、9 0 0 V と変化させた際における、各高周波電力の出力と電子密度分布との関係を示す図である。また、図 5 は、同様の周波数の 2 つの高周波電力を印加し、圧力を 6 . 7 P a の V i a エッチングの条件で、同様に上部電極に印加する直流電圧の絶対値を 0 V、3 0 0 V、6 0 0 V、9 0 0 V と変化させた際における、各高周波電力の出力と電子密度分布との関係を示す図である。これらの図に示すように、印加する直流電圧の絶対値が大きくなるに従って、電子密度（プラズマ密度）が上昇しているのがわかる。図 6 は、上記 H A R C エッチングで、第 1 の高周波電力を 3 0 0 0 W、第 2 の高周波電力を 4 0 0 0 W にした場合のウエハ径方向の電子密度分布を示す図である。この図に示すように、印加する直流電圧の絶対値が大きくなるほど電子密度が高くなるのがわかる。

10

【 0 0 5 5 】

さらにまた、プラズマが形成された場合に、上部電極 3 4 に可変直流電源 5 0 から直流電圧を印加することにより、トレンチエッチング時に特に中心部のプラズマ密度を上昇させることができる。トレンチエッチング時の条件のような、チャンバ 1 0 内の圧力が高くかつ使用するエッチングガスが負性ガスの場合には、チャンバ 1 0 内の中心部のプラズマ密度が低くなる傾向にあるが、このように上部電極 3 4 に直流電圧を印加して中心部のプラズマ密度を上昇させることにより、プラズマ密度が均一化するようにプラズマ密度をコントロールすることができる。

20

【 0 0 5 6 】

このことを実験結果によって説明する。

図 2 の装置において、半導体ウエハをチャンバ内に装入してサセプタ上に載置し、処理ガスとして C F ₄ ガス、C H F ₃ ガス、A r ガス、N ₂ ガスをチャンバ内に導入し、チャンバ内の圧力を 2 6 . 6 P a とし、第 1 の高周波電力を 4 0 M H z で 3 0 0 W、第 2 の高周波電力を 3 . 2 M H z で 1 0 0 0 W とし、下部電極であるサセプタに印加するというトレンチエッチングの条件で、上部電極への直流電圧を印加しない場合と - 6 0 0 W 印加した場合とでウエハ径方向の電子密度（プラズマ密度）分布を測定した。その結果を図 7 に示す。この図に示すように、直流電圧を印加しない場合には、ウエハ中心部の電子密度が他の部分よりも低いのにに対し、直流電圧を印加することにより、ウエハ中心部の電子密度を上昇させて電子密度が均一化されていることが確認された。また、直流電圧を印加することにより、電子密度が全体的に上昇した。

30

【 0 0 5 7 】

以上のように、上部電極 3 4 に印加する直流電圧を制御することにより、上述の上部電極 3 4 のスパッタ機能、プラズマの縮小化機能、電子の供給機能、プラズマポテンシャル制御機能、電子密度（プラズマ密度）上昇機能、およびプラズマ密度コントロール機能の少なくとも一つを有効に発揮させることが可能である。

40

【 0 0 5 8 】

以上、上部電極 3 4 に直流（D C）電圧を印加した場合の広い意味における作用効果について説明した。

【 0 0 5 9 】

本実施形態では、上部電極に直流電圧を印加するプラズマエッチング装置として、下部電極にプラズマ形成用の第 1 の高周波（R F）電力およびイオン引き込み用の第 2 の高周波（R F）電力を印加する下部 R F 二周波印加型のプラズマエッチング装置を用いているが、下部 R F 二周波印加型のプラズマエッチング装置の他の容量結合型プラズマエッチング装置に対する優位点としては、以下に示す点を挙げるができる。

50

【 0 0 6 0 】

まず、本実施形態のように下部電極にプラズマ形成用の高周波電力を印加することで、ウエハにより近いところでプラズマを形成することができるので、またプラズマが広い領域に拡散せず処理ガスの解離を抑えることができるので、処理容器内の圧力が高くプラズマ密度が低いような条件であっても、ウエハに対するエッチングレートを上昇させることができる。また、プラズマ形成用の高周波電力の周波数が高い場合でも、比較的大きなイオンエネルギーを確保することができるので高効率である。これに対して、上部電極にプラズマ形成用の高周波電力を印加するタイプの装置では、上部電極近傍にプラズマが生成されるので、処理容器内の圧力が高くプラズマ密度が低いような条件では、ウエハに対するエッチングレートを上昇させることが困難である。

10

【 0 0 6 1 】

また、本実施形態のように下部電極にプラズマ形成用の高周波電力とイオン引き込み用の高周波電力を別々に印加することで、プラズマエッチングに必要なプラズマ形成の機能とイオン引き込みの機能とを独立に制御することが可能となる。これに対して、下部電極に一周波の高周波電力を印加するタイプの装置では、プラズマ形成の機能とイオン引き込みの機能とを独立に制御することが不可能であり、高い微細加工性が要求されるエッチングの条件を満たすのが困難である。

【 0 0 6 2 】

以上のように、ウエハに近いところでプラズマを形成することが可能でプラズマが広い領域に拡散せず、かつプラズマ形成の機能とイオン引き込みの機能とを独立に制御することが可能な、下部RF二周波印加型のプラズマエッチング装置に、上部電極へ直流電圧を印加することによって、さらに上部電極のスパッタ機能、プラズマの縮小化機能、ウエハへの電子の供給機能、プラズマポテンシャルの制御機能、プラズマ密度の上昇機能、プラズマ密度コントロール機能の少なくとも一つを併せ持つことが可能になるので、近年のエッチング微細加工に適合したより高いパフォーマンスを有するプラズマエッチング装置を提供することができる。

20

【 0 0 6 3 】

なお、上部電極34への直流電圧印加は選択的であってよい。上部電極34への直流電圧印加が必要なエッチング条件においては、可変直流電源50および図2に示したリレースイッチ52をオンにし、上部電極34への直流電圧印加が特に必要のないエッチング条件においては、可変直流電源50およびリレースイッチ52をオフにすればよい。

30

【 0 0 6 4 】

また、上部電極34へ直流電圧を印加する際、上部電極34が接地されていると直流電圧印加の機能がなくなるので、上部電極34はDC的にフローティングである必要がある。模式図として図8に示す。図8において電氣的にキャパシター501、502、503を形成している箇所は、実際には誘電体が入ることになり、上部電極34は誘電体を介して処理容器10および接地導体10aに対してDC的なフローティングとなっている。なお、高周波電源88、89から下部電極16に印加された高周波電力は、処理空間を介して上部電極34に到達し、キャパシター501、502、503を介して、接地された処理容器10および接地導体10aに到達する。

40

【 0 0 6 5 】

そして、可変直流電源50およびリレースイッチ52をオフにして、上部電極34へ直流電圧を印加しない場合は、上部電極34を接地状態またはDC的にフローティング状態のいずれに可変可能としてもよい。図9の例では、上部電極34へ直流電圧を印加しない場合は、接地導体10aと上部電極34をスイッチ(可変装置)504により短絡させて上部電極34を接地状態としているが、スイッチ(可変装置)504をオフにして上部電極34をDC的にフローティング状態としてもよい。

【 0 0 6 6 】

また、図10のように、電氣的にキャパシター501を形成している箇所を、電氣的にキャパシタンスが可変できるように構成しても良い。これにより、上部電極のポテンシャ

50

ルを可変することができる。

【0067】

また、図11に示すように、例えばプラズマ検出窓10aからプラズマの状態を検出する検出器55を設け、その検出信号に基づいてコントローラ51が可変直流電源50を制御するようにすることにより、上述した機能を有効に発揮するような直流電圧を自動的に上部電極34に印加することが可能である。また、シース厚を検出する検出器あるいは電子密度を検出する検出器を設け、その検出信号に基づいてコントローラ51が可変直流電源50を制御するようにしてもよい。

【0068】

ところで、上部電極34に直流電圧を印加すると、上部電極34に電子がたまり、チャンバ10の内壁との間等に異常放電が生じるおそれがある。このような異常放電を抑制するため、本実施形態ではDC的に接地されたパーツであるGNDブロック(導電性部材)91をチャンバ壁側のデポシールド11に設けている。このGNDブロック91はプラズマ面に露出しており、デポシールド11の内部の導電部に電氣的に接続されており、可変直流電源50から上部電極34に印加された直流電圧電流は、処理空間を経てGNDブロック91に到達し、デポシールド11を介して接地される。GNDブロック91は導電体であり、Si, SiC等のシリコン含有物質であることが望ましい。Cも好適に用いることができる。このGNDブロック91により、上記上部電極34にたまる電子を逃がすことができ、異常放電を防止することができる。GNDブロック91の突出長さは10mm以上であることが好ましい。

【0069】

また、異常放電を防止するために、上部電極34に直流電圧を印加する場合に、適宜の手段により直流電圧に重畳して図12に示すような極短い逆極性のパルスを周期的に与えて電子を中和する方法も有効である。

【0070】

上記GNDブロック91は、プラズマ形成領域に設けられていれば、その位置は図1の位置に限らず、例えば、図13に示すように、サセプタ16の周囲に設ける等、サセプタ16側に設けてもよく、また図14に示すように、上部電極34の外側にリング状に設ける等、上部電極34近傍に設けてもよい。ただし、プラズマを形成した際に、デポシールド11等に被覆されている Y_2O_3 やポリマーが飛翔し、それがGNDブロック91に付着すると、DC的に接地されなくなって、異常放電防止効果を発揮し難くなるため、これらが付着し難いことが重要となる。そのためには、GNDブロック91が Y_2O_3 等で被覆された部材から離れた位置であることが好ましく、隣接パーツとしてはSiや石英(SiO₂)等のSi含有物質であることが好ましい。例えば、図15の(a)に示すように、GNDブロック91の周囲にSi含有部材93を設けることが好ましい。この場合に、Si含有部材93のGNDブロック91の下の部分の長さLはGNDブロック91の突出長さM以上であることが好ましい。また、 Y_2O_3 やポリマーの付着による機能低下を抑制するために、図15の(b)に示すように、GNDブロック91として飛翔物が付着し難い凹所91aを設けることが有効である。また、GNDブロック91の表面積を大きくして、 Y_2O_3 やポリマーに覆われ難くすることも有効である。さらに、付着物を抑制するためには温度が高いことが有効であるが、上部電極34にはプラズマ形成用の高周波電力が供給され、その近傍の温度が上昇するため、温度を上昇させて付着物を付着させない観点から上記図14のように上部電極34の近傍に設けることも好ましい。この場合、特に、上記図14のように、上部電極34の外側にリング状に設けることがより好ましい。

【0071】

次に、上部電極に直流電圧を印加するプラズマエッチング装置として、下部電極にプラズマ形成用の第1の高周波(RF)電力およびイオン引き込み用の第2の高周波(RF)電力を印加する上記下部RF二周波印加型のプラズマエッチング装置を用い、ウエハW上の有機膜またはアモルファスカーボン膜を、シリコンを含むマスクを用いてエッチングする方法について具体的に説明する。

【 0 0 7 2 】

図 1 6 は、本発明のプラズマエッチングが適用されるウエハ W の断面構造図である。このウエハ W は、図 1 6 (a) に示すように、シリコン基板 4 0 1、有機系材料膜としての有機膜 4 0 2、無機系材料膜としてのシリコン窒化膜 (S i O N 膜) 4 0 3、反射防止膜としての B A R C 4 0 4 が下からその順で積層され、さらにその上層に所定の形状にパターンニングされたエッチングマスクとしての A r F レジスト膜 4 0 5 が形成されている。

【 0 0 7 3 】

なお、有機膜 4 0 2 はアモルファスカーボン膜に置き換えてもよい。また、シリコン窒化膜 4 0 3 に代えて、シリコンを含む膜、例えばシリコン酸化膜 (S i O₂ 膜) やシリコン窒化膜 (S i₃N₄ 膜) のような、一般的なハードマスクとして用いられる材料であつてもよい。さらに、シリコン基板 4 0 1 と有機膜 4 0 2 の間にシリコン酸化膜やシリコン窒化膜が介在されていてもよい。

【 0 0 7 4 】

このウエハ W に対し、処理ガス供給源 6 6 から C F₄ ガスをチャンバ 1 0 内に供給しつつ、下部電極であるサセプタ 1 6 に、第 1 の高周波電源 8 8 からプラズマ生成用の第 1 の高周波電力を所定のパワーで印加するとともに、第 2 の高周波電源 9 0 よりイオン引き込み用の第 2 の高周波電力を所定のパワーで印加し、B A R C 4 0 4 およびシリコン窒化膜 4 0 3 をエッチングする。これにより、図 1 6 (b) に示すように、A r F レジスト膜 4 0 5 に対応した凹部 (溝またはホール) を形成する。

【 0 0 7 5 】

この際の典型的なエッチング条件は以下の通りである。

チャンバ内圧力 = 1 0 P a

高周波電力 (第 1 / 第 2) = 4 0 0 W / 4 0 0 W

処理ガス流量 C F₄ = 1 8 0 s c c m (m L / m i n)

処理時間 = 3 0 s e c

バックプレッシャー (ヘリウムガス : センター部 / エッジ部) = 2 0 0 0 P a / 4 0 0 0 P a

上部電極 3 4 の温度 = 1 2 0

チャンバ 1 0 側壁の温度 = 1 2 0

サセプタ 1 6 の温度 = 2 0

【 0 0 7 6 】

そして、図 1 6 (b) に示すウエハ構造に対して、処理ガス供給源 6 6 から C F 系ガスを含まない処理ガス、例えば O₂ ガスをチャンバ 1 0 内に供給しつつ、下部電極 1 6 に第 1 の高周波電力と第 2 の高周波電力とをそれぞれ所定のパワーで印加し、かつ上部電極 3 4 に直流電源 5 0 からの直流電圧を印加する。この場合、上部電極 3 4 へ印加する直流電圧値としては - 1 0 0 V ~ - 1 5 0 0 V の範囲内とすることが好ましく、- 1 0 0 V ~ - 1 0 0 0 V の範囲内がさらに好ましく、- 1 0 0 V ~ - 6 0 0 V の範囲内がより一層好ましい。このようにしてエッチング処理することにより、上記の凹部内の有機膜 4 0 2 がエッチングされるとともに、A r F レジスト膜 4 0 5 と B A R C 4 0 4 も同時にエッチングされ、シリコン窒化膜 4 0 3 がエッチングストップ層として機能し、結果として図 1 6 (c) のようなウエハ構造となる。

【 0 0 7 7 】

有機膜またはアモルファスカーボン膜をシリコンを含むマスクを用いてエッチングする際の F 系ガスを含まない処理ガスとしては、上記 O₂ 単ガスの他、例えば (O₂、N₂) または (O₂、N₂、C O) または (O₂、C O) または (O₂、C O₂) または (O₂、C H₄) または (O₂、N H₃) といった O₂ ガスと他のガスとの組み合わせを挙げることができ、この場合にも O₂ ガスと同様な効果を発揮することができる。

【 0 0 7 8 】

有機膜またはアモルファスカーボン膜をシリコンを含むマスクを用いてエッチングする際の典型的な条件は以下の通りである。

10

20

30

40

50

チャンバ内圧力 = 1 Pa

高周波電力 (第1 / 第2) = 400 W / 400 W

処理ガス流量 $O_2 = 150 \text{ sccm}$

処理時間 = 100 sec

バックプレッシャー (ヘリウムガス : センター部 / エッジ部) = 2000 Pa / 400 Pa

上部電極34の温度 = 120

チャンバ10側壁の温度 = 120

サセプタ16の温度 = 20

上部電極34への直流電圧値 = -250 V

10

【0079】

このように、図16(b)のようなウエハ構造に対して、有機膜402をエッチングしつつ、シリコン酸窒化膜403をマスクとして用いる場合、 O_2 ガスのようなCF系ガスを含まない処理ガスをチャンバ10内に供給して、下部電極16に第1の高周波電力と第2の高周波電力をそれぞれ所定のパワーで印加し、かつ上部電極34に直流電源50からの直流電圧を印加すると、有機膜402のエッチングレートを上昇させることができると同時に、シリコン酸窒化膜403の肩落ち(ショルダーロス)を防ぐことができ、シリコン酸窒化膜403に対する有機膜402のエッチング選択比を高くすることができる。

【0080】

ここで、図16(b)のようなウエハ構造に対して、上部電極34に直流電源50からの直流電圧を印加しない場合を考える。有機膜402のエッチングレートを上昇させるためには、第1の高周波電力の値を高くする必要がある。しかし、第1の高周波電力の値を高くすると、プラズマ密度が上昇するので有機膜402のエッチングレートを高くすることができるが、同時に下部電極16上の自己バイアス電圧(V_{dc})も上昇してしまう。自己バイアス電圧が上昇するという事は、言い換えればウエハWとプラズマ空間との間の電位差が大きくなるということなので、プラズマ中のイオンのシリコン酸窒化膜403への入射エネルギーが高くなり、シリコン酸窒化膜403のダメージが大きくなる。すると、図17に示すように、シリコン酸窒化膜403の凹部に近い部分が特に削れてしまい、シリコン酸窒化膜403の形状が山型となる、いわゆる肩落ち(ショルダーロス)という現象が生じてしまう。すなわち、第1の高周波電力の値を高くすると、有機膜402のエッチングレートは上昇するが、有機膜402のシリコン酸窒化膜403に対するエッチング選択比は低下してしまう。

20

30

【0081】

これに対して、上部電極34に直流電源50からの直流電圧を印加した場合、段落0052, 0053で述べた原理と同じ原理でプラズマ密度を上昇させることができるので、第1の高周波電力の値を高くせずとも、プラズマ密度を上昇させることができる。また、第1の高周波電力の値を高くしないので、自己バイアス電圧(V_{dc})が上昇してプラズマ中のイオンのシリコン酸窒化膜403への入射エネルギーが高くなることによるシリコン酸窒化膜403の肩落ちの現象を防止することができる。

【0082】

次に、上述したエッチングレート上昇の効果およびエッチング選択比上昇(肩落ち防止)の効果を実験例によって示す。

40

【0083】

図18は、横軸にウエハ位置(mm)をとり、縦軸にエッチングレート(nm/min)をとって、フォトリソ膜をエッチングした際のエッチングレート表す図である。また、図19は、横軸にウエハ位置(mm)をとり、縦軸にスパッタレート(nm/min)をとって、シリコン酸窒化膜をスパッタリング(エッチング)した際のスパッタレートを表す図である。これらにおいて、(a)は上部電極に直流電圧を印加しない場合、(b)は上部電極に-250Vの直流電圧を印加した場合を表している。なお、図19(b)におけるマイナスの値のスパッタレートとは、シリコン酸窒化膜がスパッタされず逆に堆積物

50

がシリコン酸化膜上に堆積したことを表している。

【0084】

図18と図19のエッチング条件は処理時間以外同じである。以下にこの際のエッチング条件を示す。

【0085】

<エッチング条件>

チャンバ内圧力 = 1 Pa

高周波電力 (第1 / 第2) = 400 W / 400 W

処理ガス流量 $O_2 = 150 \text{ sccm (mL/min)}$

処理時間 (図18) = 60 sec

処理時間 (図19) = 120 sec

バックプレッシャー (ヘリウムガス : センター部 / エッジ部) = 2000 Pa / 4000 Pa

上部電極34の温度 = 120

チャンバ10側壁の温度 = 120

サセプタ16の温度 = 20

10

【0086】

図18からわかるように、上部電極34に直流電圧を印加することで、フォトレジスト膜のエッチングレートは上昇する。また図19からわかるように、上部電極34に直流電圧を印加しても、シリコン酸化膜のスパッタレートは上昇しない (スパッタされずに逆に堆積する)。

20

【0087】

ここで、図18と図19のエッチング条件は処理時間以外同じであることから、図18におけるフォトレジスト膜を上記の図16で説明した有機膜402に、図19におけるシリコン酸化膜を上記の図16で説明したシリコン酸化窒化膜403に置き換えて考えることができ、したがって、上記図16に示す具体的なケースにおいて、上部電極34に直流電圧を印加することで、有機膜402のエッチングレートを上昇させることができると同時に、シリコン酸化窒化膜403に対する有機膜402のエッチング選択比を高くできることが実験によって実証されたことになる。

【0088】

なお、上記第1の高周波電力および第2の高周波電力の採り得る周波数を例示すると、第1の高周波電力としては、13.56 MHz、27 MHz、40 MHz、60 MHz、80 MHz、100 MHz、160 MHzを挙げることができ、第2の高周波電力としては、380 kHz、800 kHz、1 MHz、2 MHz、3.2 MHz、13.56 MHzを挙げることができ、プロセスに応じて適宜の組み合わせで用いることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0089】

【図1】本発明の一実施形態に係るプラズマエッチング装置を示す概略断面図。

【図2】本発明の一実施形態に係るプラズマエッチング装置を示す概略断面図。

【図3】図2のプラズマエッチング装置において、上部電極に直流電圧を印加した際の V_d およびプラズマシース厚の変化を示す図。

40

【図4】図2のプラズマエッチング装置において、HARCエッチングの条件を用い、印加する直流電圧を変化させた場合の電子密度の変化を示す図。

【図5】図2のプラズマエッチング装置において、Viaエッチングの条件を用い、印加する直流電圧を変化させた場合の電子密度の変化を示す図。

【図6】上記HARCエッチングで、第1の高周波電力を3000 W、第2の高周波電力を4000 Wにした場合のウエハ径方向の電子密度分布を示す図。

【図7】トレンチエッチングの条件を用い、直流電圧を印加した場合と印加しない場合とでウエハ径方向の電子密度分布を測定した結果を示す図。

【図8】図2のプラズマエッチング装置における、上部電極の電气的状態を表す図。

50

【図 9】図 2 のプラズマエッチング装置における、上部電極の電気的狀態を表す図。

【図 10】図 2 のプラズマエッチング装置における、上部電極の電気的狀態を表す図。

【図 11】図 2 のプラズマエッチング装置において、プラズマを検出する検出器を設けた状態を示す断面図。

【図 12】図 1 のプラズマエッチング装置において、上部電極へ直流電圧を印加する際に異常放電を抑制するための波形を示す図。

【図 13】GND ブロックの他の配置例を示す概略図。

【図 14】GND ブロックのさらに他の配置例を示す概略図。

【図 15】GND ブロックの付着物防止例を説明するための図。

【図 16】本発明のエッチング方法の工程を行っている過程のウエハの構造を示す断面構造図。 10

【図 17】図 16 (b) の構造のウエハに対して、上部電極に直流電圧を印加せずにエッチングを行ったときのウエハの状態を表す断面構造図。

【図 18】上部電極に直流電圧を印加しない場合と上部電極に - 250 V の直流電圧を印加した場合の、フォトリソ膜をエッチングしたときのエッチングレートを表す図。

【図 19】上部電極に直流電圧を印加しない場合と上部電極に - 250 V の直流電圧を印加した場合の、シリコン酸化膜をスパッタしたときのスパッタレートを表す図。

【符号の説明】

【 0090 】

10 ... チャンバ (処理容器) 20

16 ... サセプタ (下部電極)

34 ... 上部電極

48 ... ローパスフィルタ

50 ... 可変直流電源

51 ... コントローラ

52 ... オン・オフスイッチ

66 ... 処理ガス供給源

84 ... 排気装置

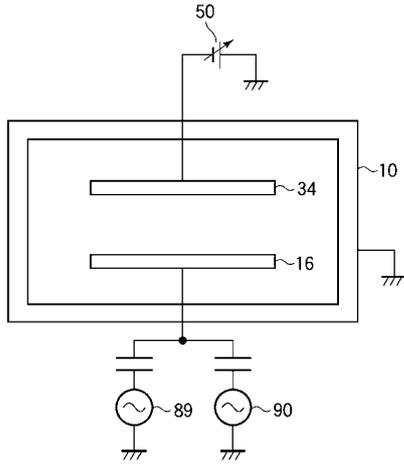
88 ... 第 1 の高周波電源

90 ... 第 2 の高周波電源 30

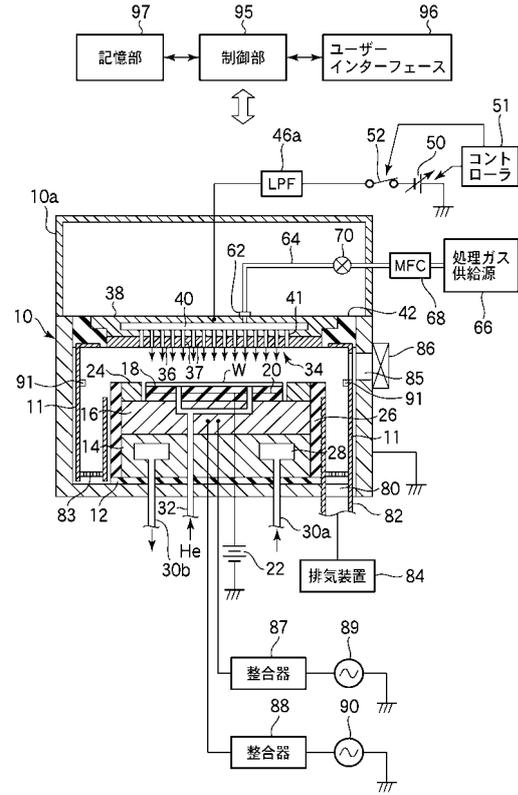
91 ... GND ブロック

W ... 半導体ウエハ (被処理基板)

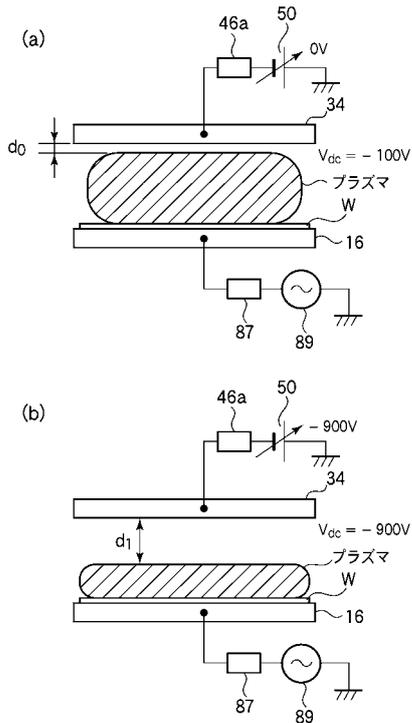
【図1】



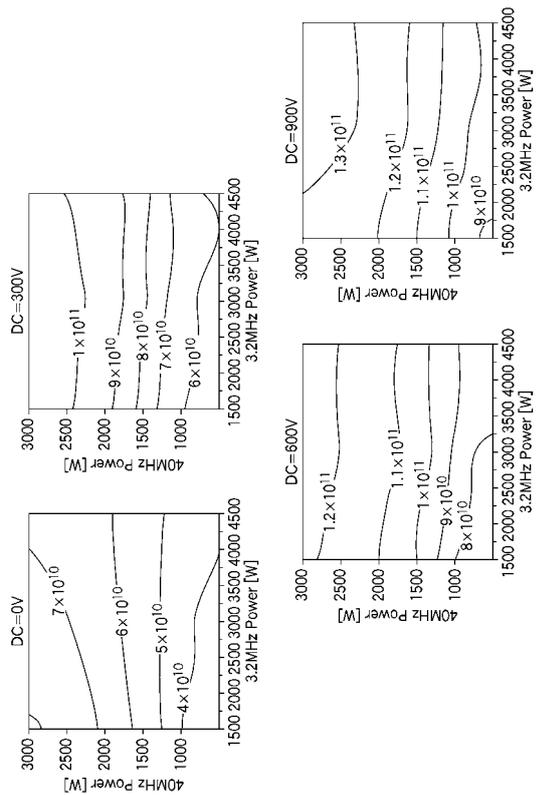
【図2】



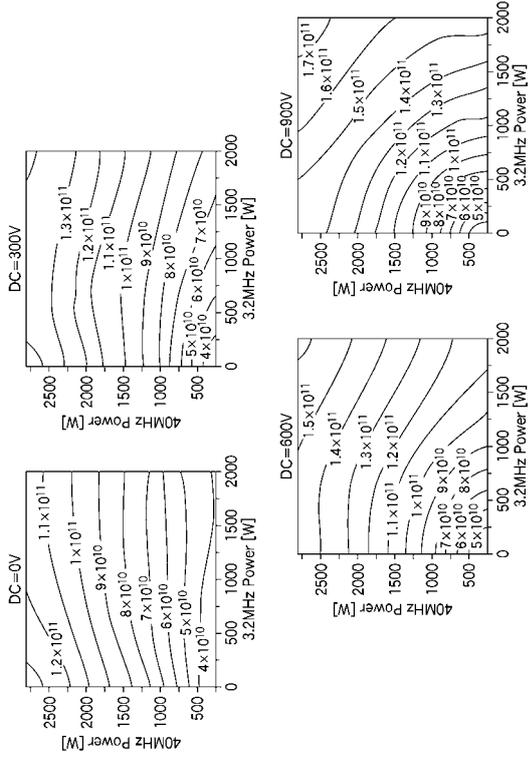
【図3】



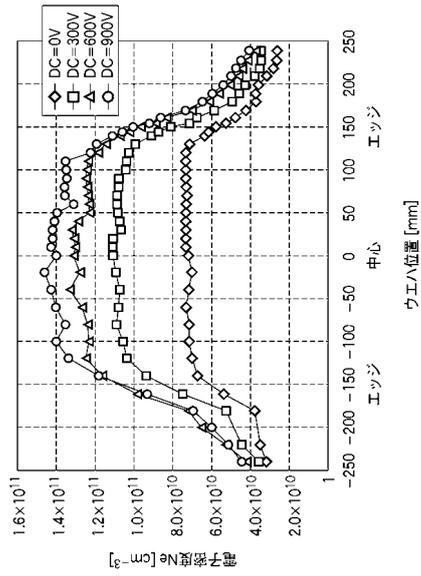
【図4】



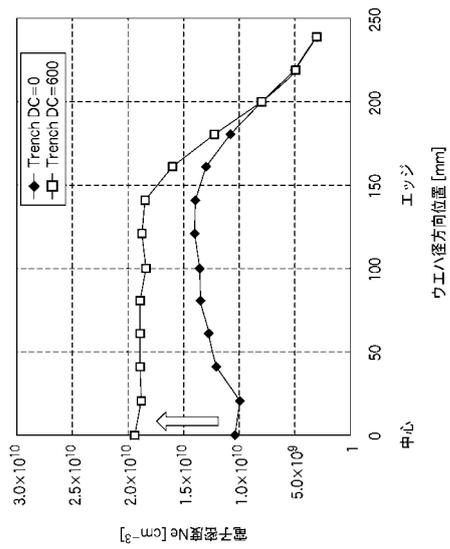
【図 5】



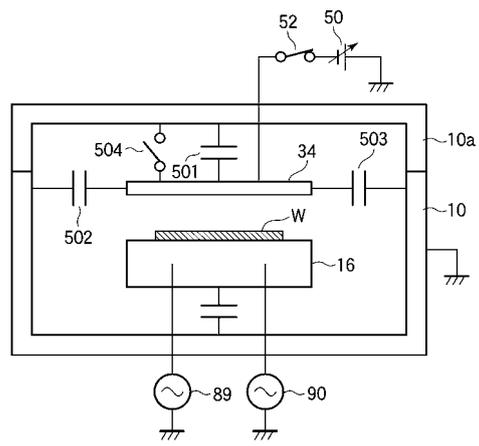
【図 6】



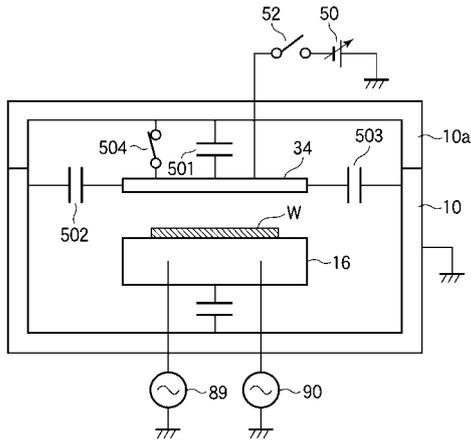
【図 7】



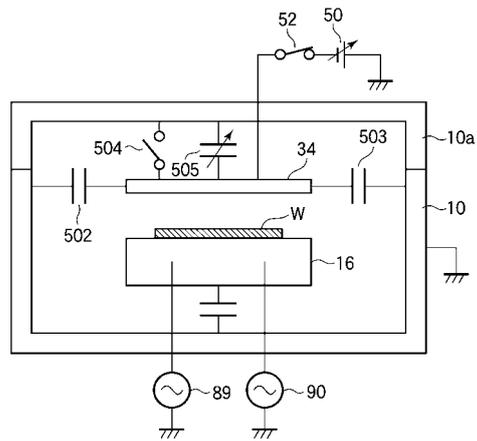
【図 8】



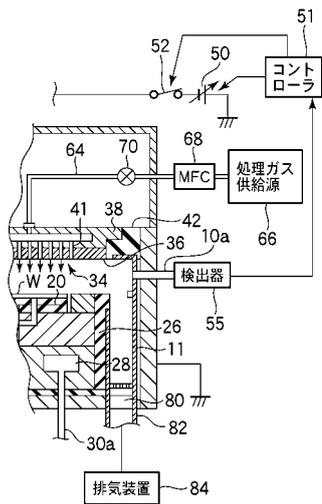
【図9】



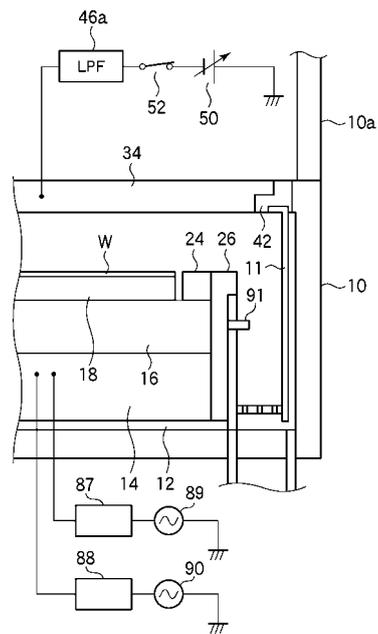
【図10】



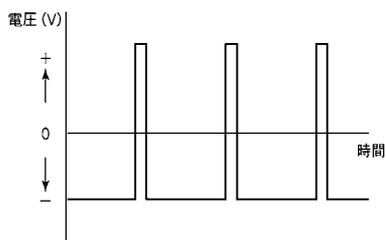
【図11】



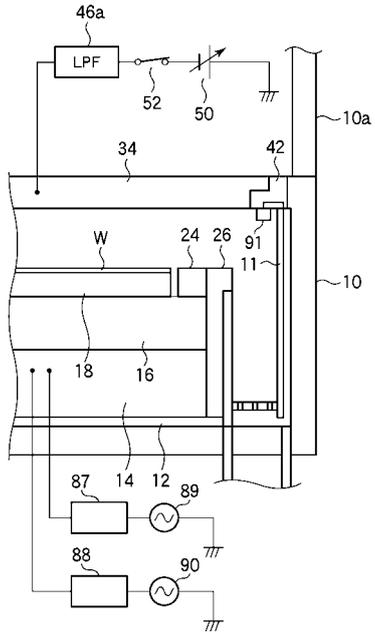
【図13】



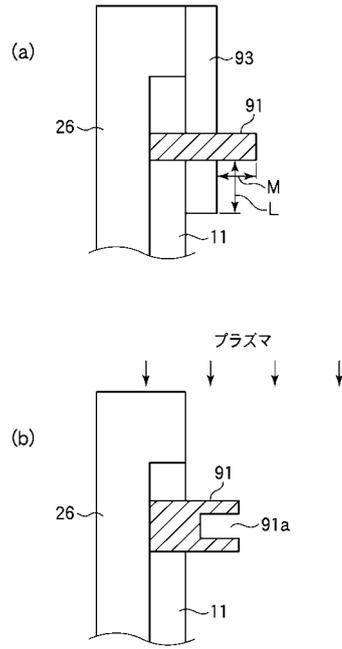
【図12】



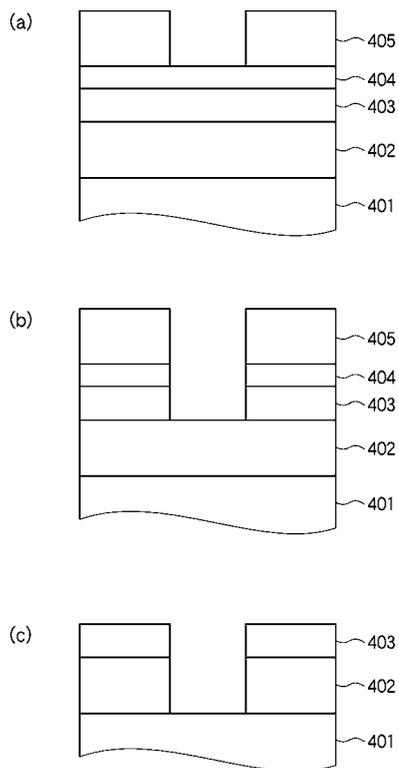
【図14】



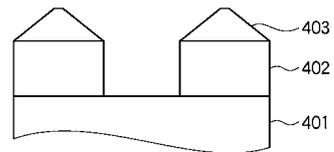
【図15】



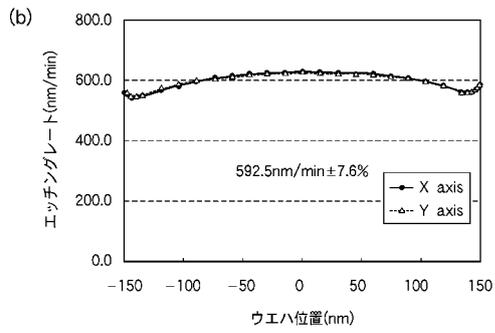
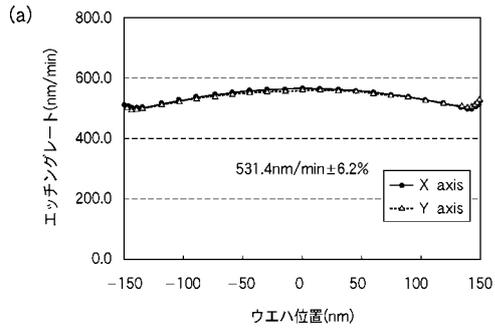
【図16】



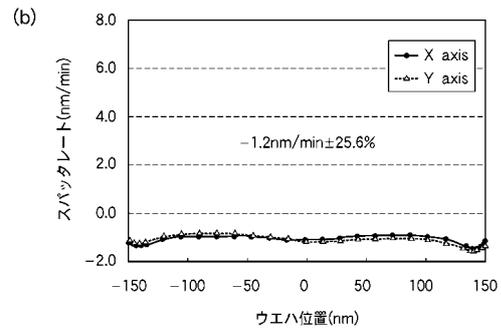
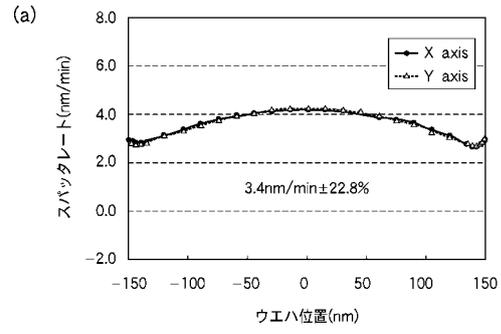
【図17】



【 図 18 】



【 図 19 】



フロントページの続き

(72)発明者 本田 昌伸

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

(56)参考文献 特開2003-234331(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065