

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5701654号
(P5701654)

(45) 発行日 平成27年4月15日(2015.4.15)

(24) 登録日 平成27年2月27日(2015.2.27)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/3065 (2006.01)

H O 1 L 21/302 1 O 5 A

請求項の数 4 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2011-64496 (P2011-64496)	(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23年3月23日(2011.3.23)	(74) 代理人	100125254 弁理士 別役 重尚
(65) 公開番号	特開2012-204367 (P2012-204367A)	(74) 代理人	100118278 弁理士 村松 聡
(43) 公開日	平成24年10月22日(2012.10.22)	(72) 発明者	西村 栄一 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
審査請求日	平成26年3月14日(2014.3.14)	(72) 発明者	榑引 理人 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

処理チャンバと、前記処理チャンバ内で基板を水平に支持し、下部電極としての機能を有する載置台と、前記載置台の上方に前記載置台と平行に対向するように設けられ、上部電極としての機能を有するシャワーヘッドとを有するプラズマエッチング装置を用い、開口部を有するシリコンからなるマスク膜を用いてウエハに形成されたシリコン酸化膜をエッチングして前記シリコン酸化膜に高アスペクト比のホール又はトレンチを形成する基板処理方法であって、

C_4F_6 ガスおよび炭化水素ガスを含む処理ガスから生成されたプラズマで前記開口部に対応する前記シリコン酸化膜をエッチングするメインエッチングステップと、

酸素ガスを含む処理ガスから生成されたプラズマで前記メインエッチングにおいて生成された反応性生成物をアッシングするアッシングステップとを有し、

前記メインエッチングステップ及び前記アッシングステップをこの順で繰り返すことを特徴とする基板処理方法。

【請求項2】

前記処理ガスにおける前記炭化水素ガスの流量は前記 C_4F_6 ガスの流量の20%以下であることを特徴とする請求項1記載の基板処理方法。

【請求項3】

前記炭化水素ガスはメタンガスであることを特徴とする請求項1又は2記載の基板処理方法。

【請求項4】

前記メインエッチングステップの継続時間は15～30秒であり、前記アッシングステップの継続時間は3～5秒であることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の基板処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、シリコンのマスク膜を用いて酸化膜をエッチングする基板処理方法に関する。

【背景技術】

10

【0002】

二酸化珪素等の酸化物からなる酸化膜において高アスペクト比のホール又はトレンチをプラズマエッチング処理によって形成する際、反応性生成物を生じ易いフルオロカーボン系のガスやパーティクルフルオロカーボン系のガスを用いる（特許文献1参照。）。生じた反応性生成物はマスク膜やホール又はトレンチの内面に堆積するが、マスク膜に堆積した反応性生成物は該マスク膜のエッチングを抑制し、結果としてエッチングにおけるマスク膜に対する酸化膜の選択比の向上に寄与する。また、ホール又はトレンチの内面、特に、ホール又はトレンチの側面に堆積した反応性生成物は該側面のエッチングを抑制してホール又はトレンチの断面形状が膨らむ現象であるポーリングの発生を防止する。

【先行技術文献】

20

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2009-206444公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、高アスペクト比のホール又はトレンチをプラズマエッチング処理によって形成する場合、プラズマエッチング処理の継続時間が長くなるため、プラズマエッチング処理の後段までに生じる反応性生成物の発生量は多くなる。該反応性生成物の発生量が多くなると、ホール又はトレンチの底面に堆積する反応性生成物の量も増えるため、プラズマエッチング処理の後段においてホール又はトレンチのエッチングが抑制されてエッチングレートが低下するという問題がある。

30

【0005】

本発明の目的は、酸化膜へ高アスペクト比のホール又はトレンチを形成する際にエッチングレートが低下するのを防止することができる基板処理方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的を達成するために、請求項1記載の基板処理方法は、処理チャンバと、前記処理チャンバ内で基板を水平に支持し、下部電極としての機能を有する載置台と、前記載置台の上方に前記載置台と平行に対向するように設けられ、上部電極としての機能を有するシャワーヘッドとを有するプラズマエッチング装置を用い、開口部を有するシリコンからなるマスク膜を用いてウエハに形成されたシリコン酸化膜をエッチングして前記シリコン酸化膜に高アスペクト比のホール又はトレンチを形成する基板処理方法であって、 C_4F_6 ガスおよび炭化水素ガスを含む処理ガスから生成されたプラズマで前記開口部に対応する前記シリコン酸化膜をエッチングするメインエッチングステップと、酸素ガスを含む処理ガスから生成されたプラズマで前記メインエッチングにおいて生成された反応性生成物をアッシングするアッシングステップとを有し、前記メインエッチングステップ及び前記アッシングステップをこの順で繰り返すことを特徴とする。

40

【0008】

請求項2記載の基板処理方法は、請求項1記載の基板処理方法において、前記処理ガス

50

における前記炭化水素ガスの流量は前記 C_4F_6 ガスの流量の 20% 以下であることを特徴とする。

【0009】

請求項 3 記載の基板処理方法は、請求項 1 又は 2 記載の基板処理方法において、前記炭化水素ガスはメタンガスであることを特徴とする。

【0010】

請求項 4 記載の基板処理方法は、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の基板処理方法において、前記メインエッチングステップの継続時間は 15 ~ 30 秒であり、前記アッシングステップの継続時間は 3 ~ 5 秒であることを特徴とする。

【発明の効果】

10

【0012】

本発明によれば、フルオロカーボンガスを含む処理ガスから生成されたプラズマによる酸化膜のエッチングと、酸化膜のエッチングにおいて生成された反応性生成物のアッシングとをこの順で繰り返すので、酸化膜にエッチングで形成されたホール又はトレンチの内面に堆積した反応性生成物をアッシングによって除去し、該ホール又はトレンチの内面に反応性生成物が堆積していない状態で再び酸化膜に形成されたホール又はトレンチをエッチングすることができる。その結果、酸化膜へ高アスペクト比のホール又はトレンチを形成する際にエッチングレートが低下するのを防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

20

【図 1】本発明の実施の形態に係る基板処理方法が実行される基板処理装置の構成を概略的に示す図である。

【図 2】図 1 の基板処理装置によってプラズマエッチング処理が施されるウエハの構成を概略的に示す部分断面図である。

【図 3】本実施の形態に係る基板処理方法としての高アスペクト比エッチング処理を示す工程図である。

【図 4】本実施の形態に係る基板処理方法としての高アスペクト比エッチング処理を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0014】

30

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

【0015】

図 1 は、本実施の形態に係る基板処理方法が実行される基板処理装置の構成を概略的に示す図である。本基板処理装置は、基板としての半導体デバイス用のウエハ（以下、単に「ウエハ」という。）にプラズマエッチング処理を施す。

【0016】

図 1 において、基板処理装置 10 は、例えば、直径が 300 mm のウエハ W を收容するチャンバ 11 を有し、該チャンバ 11 内にはウエハ W を上面に載置する円柱状のサセプタ 12 が配置されている。基板処理装置 10 では、チャンバ 11 の内側壁とサセプタ 12 の側面とによって側方排気路 13 が形成される。この側方排気路 13 の途中には排気プレート 14 が配置される。

40

【0017】

排気プレート 14 は多数の貫通孔を有する板状部材であり、チャンバ 11 内部を上部と下部に仕切る仕切り板として機能する。排気プレート 14 によって仕切られたチャンバ 11 内部の上部（以下、「処理室」という。）15 の内部空間には後述するようにプラズマが発生する。また、チャンバ 11 内部の下部（以下、「排気室（マニホールド）」という。）16 にはチャンバ 11 内のガスを排出する排気管 17 が接続される。排気プレート 14 は処理室 15 に発生するプラズマを捕捉又は反射してマニホールド 16 への漏洩を防止する。

【0018】

50

排気管 17 には T M P (Turbo Molecular Pump) 及び D P (Dry Pump) (ともに図示しない) が接続され、これらのポンプはチャンバ 11 内を真空引きして減圧する。具体的には、D P はチャンバ 11 内を大気圧から中真空状態まで減圧し、T M P は D P と協働してチャンバ 11 内を中真空状態より低い圧力である高真空状態まで減圧する。なお、チャンバ 11 内の圧力は A P C バルブ (図示しない) によって制御される。

【 0 0 1 9 】

チャンバ 11 内のサセプタ 12 には第 1 の高周波電源 18 が第 1 の整合器 19 を介して接続され、第 1 の高周波電源 18 は比較的低い周波数、例えば、2 M H z のイオン引き込み用の高周波電力をサセプタ 12 に供給する。これにより、サセプタ 12 は下部電極として機能する。また、第 1 の整合器 19 は、サセプタ 12 からの高周波電力の反射を低減して高周波電力のサセプタ 12 への供給効率を最大にする。

10

【 0 0 2 0 】

サセプタ 12 の上部周縁部には、該サセプタ 12 の中央部分が図中上方へ向けて突出するように段差が形成される。該サセプタ 12 の中央部分の先端には静電電極板 20 を内部に有するセラミックスからなる静電チャック 21 が配置されている。静電電極板 20 には直流電源 22 が接続されており、静電電極板 20 に正の直流電圧が印加されると、ウエハ W における静電チャック 21 側の面 (以下、「裏面」という。) には負電位が発生して静電電極板 20 及びウエハ W の裏面の間に電位差が生じ、該電位差に起因するクーロン力又はジョンソン・ラーベック力によってウエハ W は静電チャック 21 に吸着保持される。

【 0 0 2 1 】

20

また、サセプタ 12 は内部に冷媒流路からなる冷却機構 (図示しない) を有し、該冷却機構はプラズマと接触して温度が上昇するウエハ W の熱をサセプタ 12 を介して吸収することによってウエハ W の温度が所望の温度以上になるのを防止する。

【 0 0 2 2 】

サセプタ 12 は伝熱効率や電極機能を考慮して導電体、例えば、アルミニウムから構成されるが、導電体をプラズマが発生する処理室 15 へ晒すのを防止するために、該サセプタ 12 は側面を誘電体、例えば、石英 (S i O ₂) からなる側面保護部材 23 によって覆われる。

【 0 0 2 3 】

さらに、サセプタ 12 の上部には、静電チャック 21 に吸着保持されたウエハ W を囲むようにフォーカスリング 24 がサセプタ 12 の段差や側面保護部材 23 へ載置され、さらに、フォーカスリング 24 を囲むようにシールドリング 25 が側面保護部材 23 へ載置されている。フォーカスリング 24 は珪素 (S i) 又は炭化珪素 (S i C) からなり、プラズマの分布域をウエハ W 上だけでなく該フォーカスリング 24 上まで拡大する。

30

【 0 0 2 4 】

チャンバ 11 の天井部には、サセプタ 12 と対向するようにシャワーヘッド 26 が配置される。シャワーヘッド 26 は、上部電極板 27 と、該上部電極板 27 を着脱可能に釣支するクーリングプレート 28 と、該クーリングプレート 28 を覆う蓋体 29 とを有する。上部電極板 27 は厚み方向に貫通する多数のガス孔 30 を有する円板状部材からなる。クーリングプレート 28 の内部にはバッファ室 31 が設けられ、このバッファ室 31 には処理ガス導入管 32 が接続されている。

40

【 0 0 2 5 】

シャワーヘッド 26 の上部電極板 27 には第 2 の高周波電源 33 が第 2 の整合器 34 を介して接続され、第 2 の高周波電源 33 は比較的高い周波数、例えば、40 M H z のプラズマ生成用の高周波電力を上部電極板 27 に供給する。これにより、シャワーヘッド 26 は上部電極として機能する。また、第 2 の整合器 34 は、上部電極板 27 からの高周波電力の反射を低減して高周波電力の上部電極板 27 への供給効率を最大にする。

【 0 0 2 6 】

基板処理装置 10 はさらに制御部 35 を備え、該制御部 35 は内蔵するメモリ等に記憶されたプログラムに従って各構成要素の動作を制御し、プラズマエッチング処理を実行す

50

る。具体的に、制御部 35 は、各構成要素の動作を制御して処理ガス導入管 32 からバッファ室 31 へ供給された処理ガスを処理室 15 の内部空間へ導入し、該導入した処理ガスを、第 2 の高周波電源 33 から上部電極板 27 を介して処理室 15 の内部空間へ印加されたプラズマ生成用の高周波電力により、励起してプラズマを生成し、プラズマ中の陽イオンを第 1 の高周波電源 18 がサセプタ 12 に印加するイオン引き込み用の高周波電力によってウエハ W に向けて引き込み、該ウエハ W にプラズマエッチング処理を施す。

【0027】

図 2 は、図 1 の基板処理装置によってプラズマエッチング処理が施されるウエハの構成を概略的に示す部分断面図である。

【0028】

図 2 において、ウエハ W はシリコン基部（図示しない）上に、シリコンの酸化物、例えば、二酸化珪素（ SiO_2 ）からなる酸化膜 36、支持窒化珪素（ SiN ）膜 37 及びシリコンからなるハードマスク膜 38 を有する。本実施の形態では、ハードマスク膜 38 は所定のパターンに従って形成された開口部 39 を有し、支持窒化珪素膜 37 も開口部 39 に対応した開口部 40 を有しており、開口部 40 の底部には酸化膜 36 が露出している。

【0029】

二酸化珪素からなる酸化膜は、通常、フルオロカーボンガスを含む処理ガスから生成されたプラズマを用いてエッチングされる。ところがフルオロカーボンを構成するフッ素のプラズマ、特にフッ素のラジカルは反応性生成物を生じ易く、該反応性生成物は酸化膜に形成されるホールやトレンチの内面に堆積する。一方、反応性生成物はフッ素ラジカルによって除去されにくいいため、特にホールやトレンチの底面に堆積した反応性生成物が酸化膜のエッチングを阻害してエッチングレートを低下させる。

【0030】

そこで、本発明者は鋭意研究を行い、フルオロカーボンガスだけでなく炭化水素ガスを含む処理ガスから生成されたプラズマによるエッチングと、酸素ガスを含む処理ガスから生成されたプラズマによるアッシングとをこの順で繰り返すと、高アスペクト比のホール又はトレンチを形成する際にエッチングレートが低下することを防止することができることを見出した。本発明は本知見に基づくものである。

【0031】

図 3 は、本実施の形態に係る基板処理方法としての高アスペクト比エッチング処理を示す工程図である。

【0032】

まず、処理室 15 内にフルオロカーボンガス及び炭化水素ガスを含む処理ガスを導入し、該処理ガスからプラズマを生成し、該プラズマを用いて開口部 40 の底部に露出する酸化膜 36 をエッチングする。このとき、処理ガス中のフルオロカーボンガスからフッ素陽イオン 41 a 及びフッ素ラジカル 41 b が発生し、フッ素陽イオン 41 a はサセプタ 12 に印加されたイオン引き込み用の高周波電力によって酸化膜 36 に引き込まれて該酸化膜 36 をスパッタして物理的にエッチングし、フッ素ラジカル 41 b は酸化膜 36 の二酸化珪素と反応して該酸化膜 36 を化学的にエッチングする（図 3（A））。

【0033】

また、処理ガス中のフルオロカーボンガス及び炭化水素ガスから炭素ラジカル 42 や水素ラジカル 43 が生じ、これらの炭素ラジカル 42 や水素ラジカル 43 が結びついて炭化水素系の反応性生成物 44 を生成する。炭化水素系の反応性生成物 44 の付着形態はチャンバ 11 内の圧力によって左右されるが、本実施の形態ではチャンバ 11 内の圧力が所定の値へ制御され、反応性生成物 44 は開口部 39、40 に入り込まず、ハードマスク膜 38 上へ積極的に堆積する（図 3（B））。該ハードマスク膜 38 上に堆積した反応性生成物 44 は、フッ素陽イオン 41 a やフッ素ラジカル 41 b からハードマスク膜 38 を隠すので、フッ素陽イオン 41 a やフッ素ラジカル 41 b によるハードマスク膜 38 のエッチングを抑制し、結果として、エッチングにおけるハードマスク膜 38 に対する酸化膜 36 の選択比を向上させる。

10

20

30

40

50

【0034】

一方、開口部40内に進入したフッ素ラジカル41bは、酸化膜36をエッチングする際、炭素ラジカル42と反応してフルオロカーボン(CF)系の反応性生成物45を生成する。生成された反応性生成物45はデポとして酸化膜36のエッチングによって形成されつつあるホール46の内面に付着する(図3(B))。

【0035】

その後、反応性生成物45がホール46の内面を全て覆う頃に、処理室15内に酸素ガスを含む処理ガスを導入し、該処理ガスからプラズマを生成する。このとき、処理ガス中の酸素ガスから発生した酸素ラジカル47は反応性生成物45をアッシングし、該アッシングされた反応性生成物45は気化して除去される。その結果、ホール46内において酸化膜36が露出する。また、ハードマスク膜38上に堆積した反応性生成物44も酸素ラジカル47によるアッシングによって除去される(図3(C))。

10

【0036】

次いで、図3(A)の工程と同様に、ホール46内から反応性生成物45が除去されて酸化膜36が露出した後、再度、処理室15内にフルオロカーボンガス及び炭化水素ガスを含む処理ガスを導入し、該処理ガスから生成されたフッ素陽イオン41aやフッ素ラジカル41bを用いて酸化膜36をエッチングする。このときも、反応性生成物45が生成され、該反応性生成物45がデポとしてホール46の内面に付着する。なお、反応性生成物44もハードマスク膜38上に積極的に堆積する(図3(D))。

【0037】

次いで、図3(C)の工程と同様に、処理室15内に酸素ガスを含む処理ガスを導入し、該処理ガスから生成された酸素ラジカル47を用いて反応性生成物45をアッシングして除去する(図3(E))。

20

【0038】

その後、本実施の形態に係る基板処理方法では、ホール46の深さが所望の値に到達するまで図3(D)~図3(E)の工程が繰り返される。

【0039】

図4は、本実施の形態に係る基板処理方法としての高アスペクト比エッチング処理を示すフローチャートである。

【0040】

図4において、まず、処理室15内にフルオロカーボンガスであるヘキサフルオロ-1,3-ブタジエン(C₄F₆)ガス、炭化水素ガスであるメタン(CH₄)ガス、酸素ガス(O₂)及びアルゴン(Ar)ガスを含む処理ガスを導入し、プラズマ生成用の高周波電力を上部電極板27へ1800~2200W、好ましくは2000Wで供給し、イオン引き込み用の高周波電力をサセプタ12へ3800~4200W、好ましくは4000Wで供給し、処理室15内の圧力を30~40mTorr、好ましくは35mTorrに設定して処理ガスからプラズマを生成し、該プラズマを用いたエッチングをメインエッチングとして15~30秒間、好ましくは20秒間に亘って行う(ステップS41)(メインエッチングステップ)。

30

【0041】

メインエッチングにおけるC₄F₆ガス、メタンガス、酸素ガス及びアルゴンガスの流量はそれぞれ60~80sccm、好ましくは70sccm、5~15sccm、好ましくは10sccm、60~70sccm、好ましくは65sccm、及び800~1000sccm、好ましくは900sccmである。特に、メタンガスの流量はC₄F₆ガスの流量の20%以下に設定される。

40

【0042】

このとき、処理ガスから発生したフッ素陽イオン41aやフッ素ラジカル41bが、開口部40の底部に露出する酸化膜36をエッチングして酸化膜36にホール46を形成するが、同時にCF系の反応性生成物45が生成されてホール46の内面へデポとして付着し、該反応性生成物45はホール46の内面を覆う。

50

【0043】

次いで、処理室15内に酸素ガスからなる処理ガスを導入し、プラズマ生成用の高周波電力を上部電極板27へ1800~2200W、好ましくは2000Wで供給する一方、イオン引き込み用の高周波電力を0Wへ設定し、処理室15内の圧力を30~40mTorr、好ましくは35mTorrに設定して処理ガスからプラズマを生成し、該プラズマを用いたアッシングを3~5秒間、好ましくは5秒間に亘って行う(ステップS42)。アッシングにおける酸素ガスの流量は1000~1100sccm、好ましくは1065sccmである。

【0044】

このとき、処理ガスから発生した酸素ラジカル47が反応性生成物45をアッシングして除去する。その結果、ホール46内において酸化膜36が再度露出する。

10

【0045】

次いで、ホール46が所定の深さに到達したか否かを判別し(ステップS43)、所定の深さに到達していない場合にはステップS41へ戻り、所定の深さに到達していたら本処理を終了する。

【0046】

以上、本実施の形態に係る基板処理方法によれば、 C_4F_6 ガスを含む処理ガスから生成されたプラズマによる酸化膜36のエッチングと、酸化膜36のエッチングにおいて生成されたCF系の反応性生成物45のアッシングとをこの順で繰り返すので、酸化膜36にエッチングによって形成されてホール46の内面に堆積した反応性生成物45をアッシングによって除去し、該ホール46の内面に反応性生成物45が堆積していない状態で再び酸化膜36に形成されたホール46をエッチングすることができる。その結果、反応性生成物45が酸化膜36のエッチングを抑制することがないので、高アスペクト比のホール46を形成する際にエッチングレートが低下するのを防止することができる。

20

【0047】

上記本実施の形態に係る基板処理方法では、メインエッチングにおいて、処理ガスはさらにメタンガスを含む。処理ガスにメタンガスを含むと該処理ガスから生じる炭化水素系の反応性生成物44がホール46ではなくハードマスク膜38上へ積極的に堆積する。したがって、メインエッチングにおけるハードマスク膜38に対する酸化膜36の選択比を向上させることができる。

30

【0048】

また、上記本実施の形態に係る基板処理方法では、メインエッチングにおけるメタンガスの流量は C_4F_6 ガスの流量の20%以下である。メタンガスの流量が増加すると相対的に C_4F_6 ガスの流量が減少し、結果としてフッ素陽イオン41aやフッ素ラジカル41bの発生量が減少して酸化膜36のエッチングレートが低下するが、メタンガスの流量が C_4F_6 ガスの流量の20%以下であるので、酸化膜36のエッチングレートが低下するのを防止することができる。

【0049】

本実施の形態に係る基板処理方法では、メインエッチング及びアッシングのそれぞれにおける処理室15内の圧力が30~40mTorr、好ましくは35mTorrに設定されるので、メインエッチング及びアッシングにおける処理室15内の圧力を同じにすることができる。これにより、工程毎に処理室15内の圧力を変更する必要をなくすことができ、もって、ホール46の形成を効率よく行うことができる。また、処理室15内の圧力が高くなると、特に炭化水素系の反応性生成物44の構造が疎となり、フッ素陽イオン41a等によるハードマスク膜38のエッチングを抑制できなくなるため、本実施の形態に係る基板処理方法では、処理室15内の圧力が100mTorr以下、好ましくは30~40mTorrに設定される。これにより、反応性生成物44の構造を密とすることができ、フッ素陽イオン41a等によるハードマスク膜38のエッチングを抑制することができる。

40

【0050】

50

上記本実施の形態に係る基板処理方法では、メインエッチングの継続時間は15～30秒であり、アッシングの継続時間は3～5秒である。酸化膜36にエッチングで形成されたホール46の内面に堆積した反応性生成物45は構造が疎であるため、容易にアッシングによって除去することができる。したがって、アッシングの継続時間をメインエッチングの継続時間よりも短くしても十分にホール46の内面に堆積した反応性生成物45を除去することができる。また、アッシングの継続時間を短くすることにより、ホール46の形成に要する総時間を短くすることができる。

【0051】

上記本実施の形態に係る基板処理方法におけるメインエッチングの継続時間及びアッシングの継続時間のそれぞれは、本発明者が実験を通じて見出したメインエッチングにおいてホール46の内面が反応性生成物45によって全て覆われてしまうまでに要する時間、及びアッシングにおいてホール46内から反応性生成物45が除去されるのに要する時間に該当する。したがって、メインエッチングの継続時間、及びアッシングの継続時間の比を、15～30：3～5とすると、酸化膜36のエッチング及び反応性生成物45の除去をバランス良く行うことができ、効率的にホール46を形成することができる。

【0052】

また、本実施の形態に係る基板処理方法では、メインエッチング及びアッシングのそれぞれにおけるプラズマ生成用の高周波電力の出力値が1800～2200W、好ましくは2000Wに設定されるので、メインエッチング及びアッシングにおけるプラズマ生成用の高周波電力の出力値を同じにすることができる。これにより、工程毎にプラズマ生成用の高周波電力の出力値を変更する必要をなくすことができ、もって、ホール46の形成を効率よく行うことができる。

【0053】

なお、本発明者は、上述した図4の処理におけるステップS41の処理のみを160秒に亘って継続した場合において形成された複数のホール46の形状を観察し、さらに、上述した図4の処理に従ってステップS41の処理及びステップS42の処理を8回繰り返し、該8回繰り返しに160秒を要した場合において形成された複数のホール46の形状を観察し、前者と後者におけるホール46の形状を比較したところ、前者では幾つかのホール46の深さが所定の深さに到達していないが、後者では全てのホール46が所定の深さに到達していることを確認した。これは、後者においてメインエッチング中にホール46の内面が反応性生成物45によって覆われても、該反応性生成物45はアッシングによって除去されて再度ホール46の内面が露出した状態で酸化膜36がエッチングされるためであると考えられた。

【0054】

また、前者における幾つかのホール46ではポーリングが発生していたが、後者では全てのホール46でポーリングが発生していないことを確認した。これは、前者では反応性生成物45がホール46の内面だけでなく開口部39の入口近傍にも堆積して該入口をほぼ塞いで入口の形状を変形させるため、該開口部39へフッ素陽イオン41aが斜めに入射する一方、後者では開口部39の入口近傍に堆積する反応性生成物45もアッシングによって除去されるため、入口の形状が変形することがなく開口部39へ斜めに入射するフッ素陽イオン41aよりも開口部39の深さ方向に沿って入射するフッ素陽イオン41aが優勢になるためであると考えられた。

【0055】

以上、本発明について、上記実施の形態を用いて説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではない。例えば、上記実施の形態では酸化膜36にホール46が形成されたが、酸化膜36にトレンチを形成する場合にも、本発明を適用することができる。

【0056】

本発明の目的は、上述した実施の形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムを記録した記憶媒体を、コンピュータ等に供給し、コンピュータのCPUが記憶媒体に格納されたプログラムを読み出して実行することによっても達成される。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 7 】

この場合、記憶媒体から読み出されたプログラム自体が上述した実施の形態の機能を実現することになり、プログラム及びそのプログラムを記憶した記憶媒体は本発明を構成することになる。

【 0 0 5 8 】

また、プログラムを供給するための記憶媒体としては、例えば、RAM、NV-RAM、フロッピー（登録商標）ディスク、ハードディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、CD-R、CD-RW、DVD（DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-RW、DVD+RW）等の光ディスク、磁気テープ、不揮発性のメモ리카ード、他のROM等の上記プログラムを記憶できるものであればよい。或いは、上記プログラムは、インターネット、商用ネットワーク、若しくはローカルエリアネットワーク等に接続される不図示の他のコンピュータやデータベース等からダウンロードすることによりコンピュータに供給されてもよい。

10

【 0 0 5 9 】

また、コンピュータのCPUが読み出したプログラムを実行することにより、上記実施の形態の機能が実現されるだけでなく、そのプログラムの指示に基づき、CPU上で稼動しているOS（オペレーティングシステム）等が実際の処理の一部又は全部を行い、その処理によって上述した実施の形態の機能が実現される場合も含まれる。

【 0 0 6 0 】

更に、記憶媒体から読み出されたプログラムが、コンピュータに挿入された機能拡張ボードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書き込まれた後、そのプログラムの指示に基づき、その機能拡張ボードや機能拡張ユニットに備わるCPU等が実際の処理の一部又は全部を行い、その処理によって上述した実施の形態の機能が実現される場合も含まれる。

20

【 0 0 6 1 】

上記プログラムの形態は、オブジェクトコード、インタプリタにより実行されるプログラム、OSに供給されるスクリプトデータ等の形態から成ってもよい。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 2 】

W ウエハ

30

10 基板処理装置

36 酸化膜

38 ハードマスク膜

39 開口部

41 a フッ素陽イオン

41 b フッ素ラジカル

42 炭素ラジカル

43 水素ラジカル

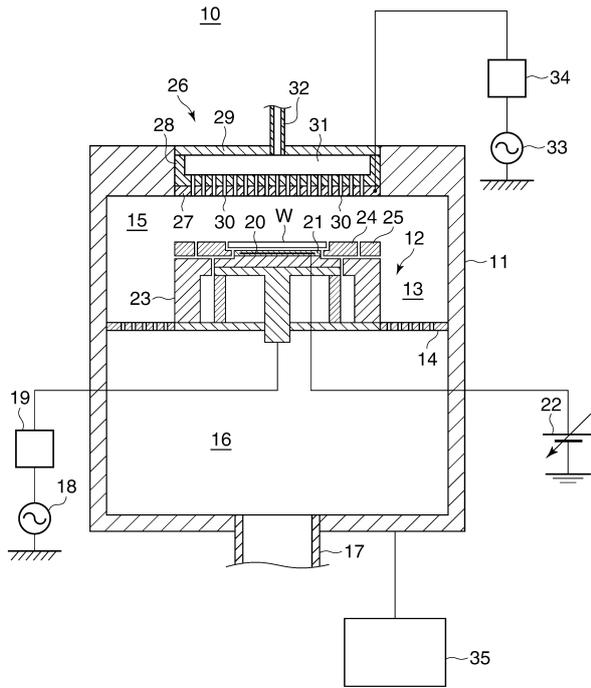
44 , 45 反応性生成物

46 ホール

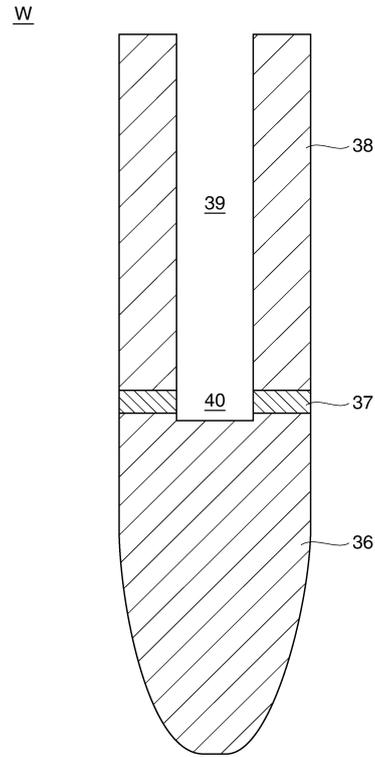
40

47 酸素ラジカル

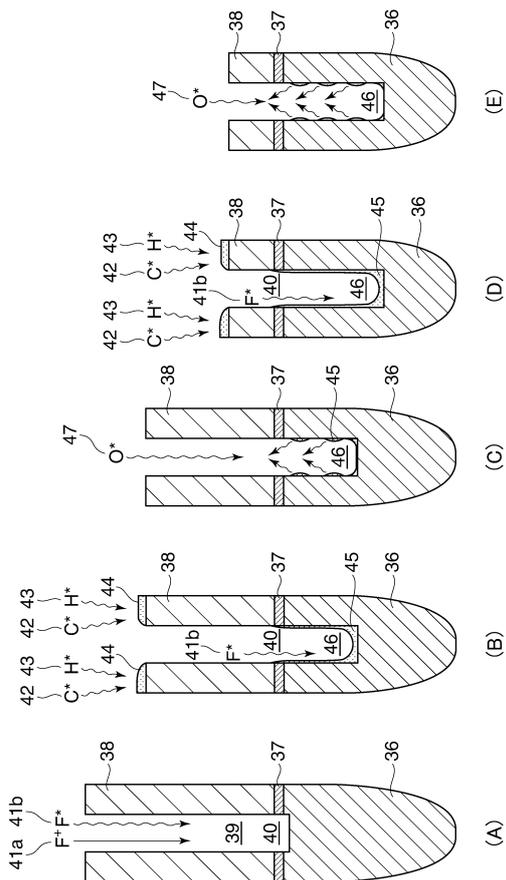
【図1】



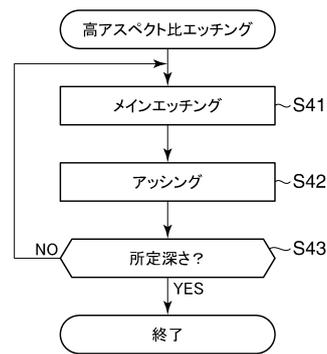
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 山下 扶美子

東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂Bizタワー 東京エレクトロン株式会社内

審査官 空 哲次

(56)参考文献 特開平10-261713(JP,A)

特開2005-251814(JP,A)

特開2009-206401(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065