

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6275610号
(P6275610)

(45) 発行日 平成30年2月7日(2018.2.7)

(24) 登録日 平成30年1月19日(2018.1.19)

(51) Int.Cl.

H01L 21/3065 (2006.01)
H05H 1/46 (2006.01)

F 1

H01L 21/302
H05H 1/46
H05H 1/46101H
C
A

請求項の数 9 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2014-196467 (P2014-196467)
 (22) 出願日 平成26年9月26日 (2014.9.26)
 (65) 公開番号 特開2016-72264 (P2016-72264A)
 (43) 公開日 平成28年5月9日 (2016.5.9)
 審査請求日 平成29年1月23日 (2017.1.23)

(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 釜地 義人
 東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内
 (72) 発明者 角屋 誠浩
 東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内
 (72) 発明者 田中 基裕
 東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理方法およびプラズマ処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

金属元素を含有する膜が配置された第一の試料を処理室内にてプラズマ処理するプラズマ処理方法において、

プラズマを用いて被覆膜を前記処理室内に形成する第一の工程と、

前記第一の工程後、前記処理室内に配置された試料台に第二の試料を載置する第二の工程と、

前記第二の工程後、プラズマを用いて前記被覆膜を除去する第三の工程と、

前記第三の工程後、前記第二の試料を前記処理室から搬出する第四の工程と、

前記第四の工程後、前記第一の試料を前記試料台に載置するとともに前記第一の試料をプラズマ処理する第五の工程と、

前記第五の工程後、前記第一の試料のプラズマ処理により堆積した堆積膜を除去する第六の工程とを有することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のプラズマ処理方法において、

前記第六の工程は、前記被覆膜に対して選択的に前記堆積膜を除去するプラズマ処理であることを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 3】

請求項 1 に記載のプラズマ処理方法において、

前記第三の工程後の被覆膜の膜厚を Z、前記第一の試料の枚数を N、前記第六の工程にて

10

20

除去される被覆膜の膜厚をXとするとき、前記Zが $Z > N \times X$ を満たすように前記第一の工程により被覆膜が形成されることを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項4】

請求項1または請求項2に記載のプラズマ処理方法において、前記第一の試料の枚数をNとするとき、前記第五の工程と前記第六の工程を前記N回繰り返した後、プラズマを用いて前記試料台上の被覆膜を除去する第七の工程をさらに有することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項5】

請求項1ないし請求項4のいずれか一項に記載のプラズマ処理方法において、前記第六の工程は、プラズマを用いて前記処理室内に堆積し金属元素を含有する堆積膜を除去する第一のクリーニング工程と、前記第一のクリーニング工程後、プラズマを用いて前記処理室内に堆積し金属元素以外を含有する堆積膜を除去する第二のクリーニング工程を有することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項6】

請求項5に記載のプラズマ処理方法において、前記第一のクリーニング工程のプラズマは、 C_{12} ガスと SiC_{14} ガスの混合ガスまたは C_{12} ガスと BC_{13} ガスの混合ガスを用いて生成されることを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項7】

請求項1ないし請求項6のいずれか一項に記載のプラズマ処理方法において、前記被覆膜がシリコンを含有する膜であることを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項8】

試料がプラズマ処理される処理室と、前記処理室内にプラズマを生成するプラズマ生成手段と、前記試料が載置される試料台と、前記試料台に流れる電流を検知する電流検知手段と、前記試料台に印加される電圧を検知する電圧検知手段と、前記試料台上に被覆する被覆膜の膜厚をモニタする膜厚モニタ手段とを備えるプラズマ処理装置において、前記膜厚モニタ手段は、前記電流検知手段により検知された電流と前記電圧検知手段により検知された電圧を用いて求められたインピーダンスと、求められたインピーダンスとの差分に基づいて前記膜厚と、所望の膜厚との大小関係を求め、前記被覆膜が前記試料台上に被覆しているとき、前記求められた大小関係に基づいて前記試料のプラズマ処理を行う制御装置をさらに備えることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項9】

請求項8に記載のプラズマ処理装置において、前記制御装置は、前記膜厚が 10 nm 未満の場合、前記試料台上に被覆する被覆膜の厚さが前記所望の膜厚に到達するまで前記試料台上に被覆膜を被覆した後、次の試料のプラズマ処理を行うことを特徴とす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、プラズマ処理方法およびプラズマ処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年のLSIにおける急速な微細化に伴い、エッチング工程における加工寸法精度には高度な制御性と同時に、デバイスの特性ばらつき低減のため、プロセス性能の高い安定性が要求される。一般に、エッチング工程におけるプロセス性能の経時変化は、短期的なプロセス性能変動と長期的なプロセス性能変動に分類される。前者は、エッチングチャンバー内の部材等の温度変動により、チャンバー内壁等へのラジカル付着確率が変化すること等に起因する。後者は、エッチング処理の過程で発生した反応生成物等がチャンバー内壁に付着すること等に起因する。また、MOSFET (Metal Oxide Semi

10

20

30

40

50

conductor Field Effect Transistor) の微細化に伴い、近年ではゲート酸化膜に高誘電率 (High-K) 材料を採用した Metal Gate / High-K (MG/HK) 構造が主流となっている。High-K ゲート酸化膜材料には、ハフニウム酸化膜 (HfO₂) などが用いられ、メタルゲート材料には、各種メタル材料が用いられる。MG/HK プロセスの導入により、エッティング工程にて高いプロセス安定性を確保するには、メタル系反応生成物に対する安定化手法が必要となる。非特許文献 1 に記載されているように、一般にメタル系反応生成物は、Si や C から構成される反応生成物を対象とするフッ素を主体とした従来のプラズマクリーニングでは、除去が困難な場合があり、処理室内に残留するメタル系反応生成物に対する効果的な抑制方法の検討が必要である。これまでにメタル系反応生成物起因のプロセス変動に対する安定化手法として下記に示すような技術が検討してきた。

【0003】

まず特許文献 1 に記載されるようなシーズニング手法を用いてチャンバー雰囲気を一定に保つ技術や、塩素を主体としたプラズマクリーニングが実施してきた。ただし、シーズニングや塩素を主体としたプラズマクリーニングには、プロセスの特性上、ノンプロダクトウェハ (非製品ウェハ、ダミーウェハ) が相当数必要となり、コスト面で問題となることがしばしばある。

【0004】

また特許文献 2 や特許文献 3 に記載される技術のように、製品ウェハ処理前に、チャンバー内壁に Si や O、C 等で構成された膜を形成し、製品ウェハ処理後に取り除くことと、チャンバー内壁状態を製品ウェハ処理毎にリセットする方法が知られている。さらに特許文献 2 に記載された技術は、上記膜形成プロセスに加えて、塩素を主体としたメタルクリーニングプロセスを有しており、電極上に形成された被覆膜による電極保護効果からメタルクリーニング中の電極自体の削れを抑制でき、ノンプロダクトウェハを不要とすることが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2010-177480 号公報

【特許文献 2】特開 2011-192872 号公報

【特許文献 3】米国特許第 7,767,584 号明細書

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献 1】A. Le Gouil 他4名 : J. Vac. Sci. Technol. B24(5) (2006) 2191

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

そこで発明者等は、上記従来技術を今後とも LSI 等の微細加工に適用していく場合の課題の有無について検討を行った。その結果、上記の従来技術では、以下の点についての考慮が十分なされていないことが分かった。

(1) エッティングプロセス中に壁面に形成された被覆膜が消耗されるため、エッティングプロセスの途中で壁面が部分露出してエッチャントの消耗量が変化する。これに起因するプロセス変動を防止するためには、ウェハ処理前において被覆膜はプロセス完了まで残存する膜厚として形成される必要がある。しかし、マスク (Si 系) エッティングプロセスなど被覆膜に対するエッティング選択比が低いウェハ処理条件が用いられる場合、壁面に形成された被覆膜の消耗量が多く、プロセス完了まで残存させるために必要となる被覆膜厚が膨大になり、被覆膜形成プロセスの時間が極めて長くなるため、著しくスループットが低下する。

(2) また、被覆膜は処理室内全体にある程度均一に形成されるため、ウェハ処理中は消耗されない電極上には塩素系プラズマクリーニングからの電極保護に必要となる膜厚より

10

20

30

40

50

はるかに厚い被覆膜が形成され、これをウェハ処理毎に完全に除去するために多くの時間を要し、これもスループットを低下させる要因となる。

(3) さらに、壁面に形成する被覆膜は温度や残留物といったチャンバー内壁の雰囲気により組成や膜厚が変化し、エッチング工程におけるプラズマ状態の変動要因になるという懸念がある。

(4) 最後に、被覆膜の組成はウェハ処理中のプラズマ状態に直接影響を及ぼすため、被覆膜形成条件を変更した場合、同時にウェハ処理条件の変更を要し、量産が開始された後、あるいは量産に近い時期にある工程に対して上記技術を新規に適用する、あるいは既存の被覆膜形成条件を変更することは極めて困難で、上記技術の適用可能な工程には制限がある。

10

【0008】

本発明の目的は、適用工程が制限されず、ウェハ処理中のプラズマ状態を安定化し、かつプラズマ処理の効率を向上するスループットの高いプラズマ処理方法および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】

【0009】

上記目的を達成するための一実施形態として、金属元素を含有する膜が配置された第一の試料をプラズマ処理するプラズマ処理方法において、

前記第一の試料がプラズマ処理される処理室内にプラズマを用いて被覆膜を形成する第一の工程と、

20

前記第一の工程後、前記処理室内に配置された試料台に第二の試料を配置する第二の工程と、

前記第二の工程後、プラズマを用いて前記被覆膜を除去する第三の工程と、

前記第三の工程後、前記第二の試料を前記処理室から搬出する第四の工程と、

前記第四の工程後、前記第一の試料を前記試料台に載置するとともに前記処理室内で前記第一の試料をプラズマ処理する第五の工程と、

前記第五の工程後、プラズマを用いて前記処理室内の前記被覆膜上に堆積した堆積膜を除去する第六の工程とを有することを特徴とするプラズマ処理方法とする。

【0010】

また、金属元素を含有する膜が配置された試料をプラズマ処理するプラズマ処理方法において、

30

前記試料がプラズマ処理される処理室内にプラズマを用いて被覆膜を形成する第一の工程と、

前記第一の工程後、前記試料を前記試料台に載置するとともに前記処理室内で前記試料をプラズマ処理する第二の工程と、

前記第二の工程後、プラズマを用いて前記処理室内の金属元素を含有する堆積膜を除去する第三の工程と、

前記第三の工程後、プラズマを用いて前記処理室内の前記被覆膜上に堆積した堆積膜を除去する第四の工程と、

前記試料の所定の枚数だけ前記第二の工程ないし前記第四の工程を繰り返しした後、プラズマを用いて前記処理室内の被覆膜を除去する第五の工程とを有することを特徴とするプラズマ処理方法とする。

40

【0011】

また、試料がプラズマ処理される処理室と、前記処理室内にプラズマを生成するプラズマ生成手段と、前記試料が載置される試料台と、前記試料台に流れる電流を検知する電流検知手段と、前記試料台に印加される電圧を検知する電圧検知手段と、前記試料台上を被覆する被覆膜の膜厚をモニターする被覆膜厚モニター手段とを備えるプラズマ処理装置において、

前記被覆膜厚モニター手段は、前記電流検知手段により検知された電流と前記電圧検知手段により検知された電圧を用いて求められたインピーダンスと予め求められたインピー

50

ダンスとの差分に基づいて前記試料台上に被覆された被覆膜の膜厚と予め求められた所望の膜厚との大小関係を求める。

被覆膜が前記試料台上に被覆されているとき、前記試料のプラズマ処理を行う制御装置をさらに備えることを特徴とするプラズマ処理装置とする。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、適用工程が制限されず、ウェハ処理中のプラズマ状態を安定化し、かつプラズマ処理の効率を向上するスループットの高いプラズマ処理方法およびプラズマ処理装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

10

【0013】

【図1】本発明の第1の実施例に係るプラズマ処理装置の構成を説明するための縦断面図である。

【図2A】本発明の第1の実施例に係るプラズマ処理方法におけるエッチング処理シーケンス図である。

【図2B】図2Aに示すエッチング処理シーケンスを簡略化したシーケンス図である。

【図3】本発明の第1の実施例に係るプラズマ処理方法における塩素系プラズマクリーニング条件の一例を示す。

【図4】本発明の第1の実施例に係るプラズマ処理方法におけるフッ素系プラズマクリーニング条件の一例を示す。

20

【図5】本発明の第2の実施例に係るプラズマ処理装置の構成を示す縦断面図である。

【図6】塩素系プラズマクリーニングによる電極表面の削れ量と電極保護可能な被覆膜厚の関係を示すグラフである。

【図7】本発明の第2の実施例に係るプラズマ処理方法におけるエッチング処理シーケンス図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

発明者等は、上記課題について検討し、次のようなステップを採用した。即ち、プラズマ処理方法において、まず処理材のロット処理前に被覆膜を形成する。この被覆膜形成は塩素系プラズマによる電極ダメージから電極表面を保護することを目的としている。次にダミーウェハを電極上に載置した状態で電極表面以外に形成された被覆膜を除去し、ダミーウェハを搬出した後、製品ウェハ処理を実施する。最後に製品ウェハ処理で生じる反応生成物を除去するため、金属系反応生成物に対する塩素系プラズマクリーニング、金属系以外の反応生成物に対するフッ素系プラズマクリーニングを実施する。製品ウェハ処理から塩素系プラズマクリーニング、フッ素系プラズマクリーニングまでは、一度に連続処理される製品ウェハ枚数分だけ繰り返し実施され、すべての製品ウェハ処理が完了した後、残った電極上の被覆膜を除去する。上記手順により製品ウェハ処理中は被覆膜がプラズマに影響せず、塩素系プラズマクリーニング中には被覆膜により電極が保護されるといった状態を作ることができる。

30

以下、実施例を用いて本発明を説明する。なお、図中において同一符号は同一構成要素を示す。

40

【実施例1】

【0015】

本発明の第1の実施例に係るプラズマ処理方法及び装置について、図1から図4を用いて説明する。図1は、本実施例に係るプラズマ処理装置の一例であるマイクロ波E C R (Electron Cyclotron Resonance) プラズマエッチング装置の構成を説明するための縦断面図であり、処理室内部に設置された電極、真空容器外部に設置された電界、磁界の供給装置、および電源を模式的に示している。これら以外の機器、装置は、本実施例に係る技術分野の通常の知識を有する者により、本実施例に係る発明の作用、効果を著しく損なわないように、求められる性能或いは仕様に応じて配置または

50

削除可能である。

【0016】

図1に示すプラズマ処理装置では、上部が開放された円筒形状を有する処理室101の上方に、反応性ガスを導入するための複数の貫通孔を有する円板形状のシャワープレート102と誘電体窓103（石英製等）とが設置されており、処理室101は、その誘電体窓103によって気密に封止されている。反応性ガスは、ガス供給装置104によって流量を制御され、シャワープレート102を介して処理室101に供給される。処理室101の外周および上方には、処理室101内部に磁場を形成するソレノイドコイル105が配置されており、ソレノイドコイル105の電流によって処理室101内の磁場を制御することができる。また、処理室101上部の開放部には、電磁波を発生させるマグネットロン106と電磁波を伝送する導波管107（またはアンテナ）が設置され、誘電体窓103の上方にある円筒形状の空間（空洞共振部）に連結されている。本実施例で使用される電磁波は、マグネットロン106による2.45GHzのマイクロ波であるが、これは効果・作用によって、特に限定されない。マグネットロン106により発振されたマイクロ波は、導波管107内部を伝播して誘電体窓103を透過し、処理室101内部に導入される。処理室101の下部には、真空排気管108を通して真空排気ポンプ（図示省略）が接続され、処理室101の真空排気が可能である。また、処理室101上部のシャワープレート102に対向するように処理室101下部に設置された基板電極（試料台）109は、誘電体膜（図示省略）で被覆されている。ウェハ（試料）110は、ロボットアーム等（図示省略）の搬送装置によって処理室101内部に搬送される。そして、基板電極109上に載置され、直流電源111から基板電極109内部の電極（図示省略）に印加される直流電圧によって静電的に吸着される。高周波電源112は、高周波整合器113を介して、高周波を基板電極109に印加することができる。処理室101の中段には、グランドに接続されたアース114が設置されており、高周波電源112により基板電極109上に印加された高周波電流は、プラズマを介してアース114に流れる。また、アース114上部には円筒形状の内筒115（石英製）が設置され、絶縁されている。

【0017】

上記プラズマ処理装置におけるエッティング処理は、以下の流れで開始される。処理室101内にガス供給装置104よりプロセスガスが導入され、所望の圧力が制御される。マグネットロン106より発振されて処理室101内部に供給された電磁波と、処理室101内部に形成された磁場による電子サイクロトロン共鳴により、処理用ガスが励起され、処理室101内にプラズマが生成される。基板電極109に接続された高周波電源112から高周波電力が印加され、プラズマから基板電極109上に載置されたウェハ110上面へイオンが引き込まれ、エッティング処理が施される。

【0018】

図2Aは、本実施例に係るプラズマ処理方法におけるエッティングシーケンスを示す図である。本実施例に係るプラズマ処理方法では以下の6つの要素で構成され、図2Aに示す手順に従いエッティング処理が行われる。すなわち、（1）壁面への被覆膜形成、（2）基板電極109上以外の被覆膜除去、（3）製品ウェハ処理、（4）塩素を主体としたプラズマクリーニング、（5）フッ素を主体としたプラズマクリーニング、（6）基板電極109上の残留被覆膜の除去、である。

【0019】

尚、製品ウェハは任意の枚数が一度に連続処理され、製品ウェハ処理後には毎回必ず、塩素を主体としたプラズマクリーニングとフッ素を主体としたプラズマクリーニングが処理される。

【0020】

以下に、図2Aに示す処理シーケンスに従い各要素の詳細を述べる。まず、処理室101内壁にプラズマAにより被覆膜を形成する（ステップS201）。被覆膜は基板電極109表面および、処理室101内の上部・下部問わず壁面全体に形成される。この被覆膜は、Siを含有する被覆膜であり、炭素を主成分とする膜、Siを主成分とする膜、Si

10

20

30

40

50

と酸素 (O) を含有する膜、または Si と炭素 (C) を含有する膜、Si と窒素 (N) を含有する膜のいずれかである。これらの被覆膜を形成するためのプロセスガスには、例えば、Si と酸素 (O) を含有する膜には、SiCl₄ と O₂ の混合ガス、Si と炭素 (C) を含有する膜には、SiCl₄ と CH₄ の混合ガス、Si と窒素 (N) を含有する膜には、SiCl₄ と N₂ の混合ガスが使用され、また、それらは、Ar 等の希ガスによって希釈してもよい。これらのプロセスガスを使用し、プラズマを生成することにより被覆膜が形成される。本実施例では、SiCl₄ と O₂ の混合ガスによって SiO₂ を主成分とする膜を形成した場合について説明する。

【0021】

次に、ダミーウェハが処理室 101 内に搬送され基板電極 109 上に載置される (ステップ S202)。その後プラズマ B によるフッ素を主体としたプラズマクリーニングにより処理室 101 内の壁面に形成された被覆膜が除去される (ステップ S203)。この時基板電極 109 上にはダミーウェハが載置されているため、基板電極 109 上表面の被覆膜はダミーウェハに保護され、プラズマに晒されずエッチングされない。基板電極 109 上表面以外のすべての処理室 101 内壁の被覆膜が除去された後、ダミーウェハは搬出される (ステップ S204)。以上から、処理室 101 内には基板電極 109 上表面のみに被覆膜が形成された状態ができる。プラズマ B のプロセスガスとして、例えば、NF₃ や SF₆、または Ar 等の希釈ガスの混合ガスが用いられる。ここまでで、上記 (1) 壁面への被覆膜形成 (S201)、(2) 基板電極 109 上以外の被覆膜除去 (S202-S204) が終了する。

10

【0022】

基板電極 109 上のみに被覆膜が形成されると、シリコン膜やカーボン膜、メタル膜などが積層された製品ウェハが基板電極 109 上に載置される (ステップ S205)。次に、プラズマが生成され、エッチング等のプラズマ処理がなされ (ステップ S206)。その後、製品ウェハは基板電極 109 上から搬出される (ステップ S207)。プラズマは単一または複数のステップによって構成された任意のプラズマである。これにより、上記 (3) 製品ウェハ処理が終了する。

20

【0023】

製品ウェハ処理が完了すると、プラズマ C を形成することにより塩素を主体としたプラズマクリーニングが実施され (ステップ S208)、製品ウェハ処理の過程で生じた処理室 101 内壁に堆積した反応生成物のうちメタルを含有した反応生成物が除去される。本クリーニングでは、Cl₂ ガスと SiCl₄ ガスの混合ガスまたは Cl₂ ガスと BC₁₃ ガスの混合ガスを用いることができる。引き続き、プラズマ D を形成することによりフッ素を主体としたプラズマクリーニング処理 (ステップ S209) によって、処理室 101 内壁に堆積した反応生成物のうちメタルを含有していないシリコンやカーボン等で構成された反応生成物が除去される。これにより、上記 (4) 塩素を主体としたプラズマクリーニング、(5) フッ素を主体としたプラズマクリーニングが終了する。

30

【0024】

これらの塩素を主体としたプラズマクリーニング処理、フッ素を主体としたプラズマクリーニング処理は、一度に連続処理される製品ウェハ処理枚数分だけ、製品ウェハ毎に繰り返し実施される。

40

【0025】

一度に連続処理された最後の製品ウェハ処理後に基板電極 109 上に残存した被覆膜は、プラズマ B によるフッ素を主体としたプラズマクリーニングにより完全に除去される (ステップ S210)。

【0026】

以上のエッチング処理シーケンスによりプロセスが実施される。また基板電極 109 上に形成された被覆膜はプラズマ C による塩素を主体としたプラズマクリーニングとプラズマ D によるフッ素を主体としたプラズマクリーニングにより消耗される (膜減りする)。ここで、一度に連続処理される製品ウェハ処理枚数を N、基板電極 109 上に形成される

50

被覆膜厚をZ、プラズマCによる塩素を主体とするプラズマクリーニングにより消耗される被覆膜厚をX、プラズマDによるフッ素を主体とするプラズマクリーニングにより消耗される被覆膜厚をYとすると被覆膜Zは、以下の式(1)を満たすように形成される。

【0027】

$$Z > N (X+Y) \quad \dots (1)$$

被覆膜Zが厚くなりすぎた場合、基板電極109へのウェハ吸着力やウェハへの熱伝導の低下により製品ウェハ表面温度に影響を与える可能性があるため、被覆膜厚Zを十分薄くできるよう一度に連続処理される製品ウェハ処理枚数Nは1ロット(25枚)程度が望ましい。

【0028】

図3は、上記プラズマCにおける塩素を主体としたプラズマクリーニング条件を示す。この塩素を主体としたプラズマクリーニングは、処理室101内壁に堆積したメタルを含有した反応生成物を効率的に除去し、かつ被覆膜に高いエッティング選択比を有する。この塩素を主体としたプラズマクリーニングにはC₁₂ガスに添加ガスが混合され、添加ガスには、SiC₁₄ガスあるいはBC₁₃ガスのいずれかが使用される。またC₁₂ガスに対する添加ガスの流量比は、0.2から0.5の範囲で使用可であり、0.3から0.4の範囲が好適である。処理室101内の圧力は0.3Paから3.0Paの範囲が望ましい。また、それらは添加ガスに加えてAr等の希ガスにより希釈してもよい。

【0029】

図4は、上記プラズマDにおけるフッ素を主体としたプラズマクリーニング条件を示す。このフッ素を主体としたプラズマクリーニングは、処理室101内壁に堆積したメタルを含有していないシリコンやカーボン等で構成された反応生成物を効率的に除去し、かつ被覆膜に高いエッティング選択比を有する。処理室101内の圧力は0.05Paから10Paの範囲で使用可であり、0.1Paから10Paが実用的な範囲、0.1Paから3.0Paが好適な範囲である。

【0030】

図2Bは、図2Aに示すエッティング処理シーケンスを簡略化したシーケンス図である。図2Bに示す本実施例に係る他のプラズマ処理方法では以下の5つの要素で構成され、図2Aに示す手順に対し、スループット向上を目的に“基板電極109上以外の被覆膜除去”の要素を省略してプロセスを簡略化したものである。すなわち、(1)壁面への被覆膜形成、(2)製品ウェハ処理、(3)塩素を主体としたプラズマクリーニング、(4)フッ素を主体としたプラズマクリーニング、(5)基板電極109上の残留被覆膜の除去、である。図2AにおけるステップS201、S205からS210が、図2BにおけるステップS211、S212からS217に対応する。図2Aの処理手順同様、製品ウェハは任意の枚数が一度に連続処理され、製品ウェハ処理後には毎回必ず、塩素を主体としたプラズマクリーニングとフッ素を主体としたプラズマクリーニングが処理される。

【0031】

図1に示すプラズマ処理装置及び、図3と図4に示すクリーニング条件を用い、図2Aに示すエッティング処理シーケンスに従って、品種の異なるウェハの処理を、1ロット25枚として複数回繰り返したところ、被覆膜に対するエッティング選択比が高く、被覆膜厚を薄くでき、被覆膜除去に要する時間も低減でき、かつウェハ処理中のプラズマ状態を安定化でき、プラズマ処理効率を向上させることができた。

【0032】

また、図1に示すプラズマ処理装置及び、図3と図4に示すクリーニング条件を用い、図2Bに示すエッティング処理シーケンスに従って、1ロット25枚のウェハの処理を複数回繰り返したところ、上記効果の他、工程を省略することにより、よりスループットの向上を図ることができた。

【0033】

以上、本実施例によれば、適用工程が制限されず、ウェハ処理中のプラズマ状態を安定化し、かつプラズマ処理の効率を向上するスループットの高いプラズマ処理方法およびブ

10

20

30

40

50

ラズマ処理装置を提供することができる。

【実施例 2】

【0034】

本発明の第 2 の実施例に係るプラズマ処理方法及び装置について図 5 から図 7 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。図 5 は、本発明の第 2 の実施例に係るプラズマ処理装置の構成を示す縦断面図である。本実施例では実施例 1 に示すプラズマ処理装置の構成に加えて、以下の構成を具備又は実施することにより、基板電極（試料台）109 上の被覆膜を常にモニターし、塩素を主体としたプラズマクリーニングによる基板電極 109 にダメージが生じない被覆膜厚を維持・管理することができる。図 6 は、塩素を主体としたプラズマクリーニングによる基板電極 109 表面の削れ量と基板電極 109 表面の保護可能な被覆膜厚の関係を示したグラフである。図 6 から分かるとおり、電極上の被覆膜が 10 nm 以上であれば被覆膜による保護効果によって塩素プラズマクリーニング処理中の電極表面に対するエッティングを無視できる程度に小さくできる。そこで、電極上の被覆膜を 10 nm 以上に維持していればノンプロダクトウェハ（ダミーウェハ）による基板電極 109 の保護無しに塩素を主体としたプラズマクリーニングが実施できる。

【0035】

以下、主に実施例 1 と異なる点について説明する。高周波電源 112 と基板電極 109 間には、高周波電流値または電圧値を測定することができる電圧/電流プローブ（以下 V/I プローブ）201 が接続されており、測定値からインピーダンスを算出できる演算部 202、基板電極 109 上の被覆膜が 10 nm のときのインピーダンス値を格納しているリファレンスデータ格納部 203、処理手順を制御するプロセスシーケンス制御部 204 が接続されている。

【0036】

一般に、基板電極 109 に高周波電力が印加された場合、高周波電流は基板電極 109 および処理室 101 内に形成されたプラズマを介し、アース 114 へ流れる。また、プラズマとアース 114 および基板電極 109 表面にはシースが形成される。処理室 101 内壁に図 2 A に示すステップ S201 のように被覆膜を形成する場合、基板電極 109 上に被覆膜が形成される。例えば本実施例にて SiCl₄ と O₂ の混合ガスにより形成される被覆膜の主成分は SiO₂ であり絶縁膜が形成される。ここで、絶縁膜の高周波インピーダンス Z は以下の式（2）で記述される。C は静電容量、ω は角周波数、ε は絶縁膜の比誘電率、d は被覆膜厚、S は被覆膜面積である。

【0037】

$$Z = 1 / j \omega C = d / j \omega S \quad \dots \quad (2)$$

異なる被覆膜厚に対して、形成されるプラズマ密度が一定であると仮定すると、被覆膜の比誘電率 ε、面積 S が既知の場合には、基板電極 109 から、プラズマおよびアース 114 間の合成高周波インピーダンスを測定することで、被覆膜の厚み変化をインピーダンス変化として測定することが可能である。

【0038】

図 7 は、インピーダンスを用いた基板電極 109 上の被覆膜厚モニターを応用した本実施例に係るプラズマ処理方法におけるエッティング処理シーケンス図である。以下、主に実施例 1 で示したエッティング処理シーケンスと異なる点について説明する。なお、図 2 A におけるステップ S201 から S204 が図 7 におけるステップ S701 から S704 に対応する。また、ステップ S205 から S207 がステップ S705 に対応する。また、ステップ S208 から S209 がステップ S706 から S707 に対応する。図 7 においては、基板電極 109 上以外の被覆膜が除去され（ステップ S703）、製品ウェハ処理が実施され（ステップ S705）、前記プラズマ D によるフッ素を主体としたプラズマクリーニングが処理（ステップ S707）された直後に、Ar 等の希ガスによるプラズマが形成されると同時に、1 W ~ 50 W の範囲で高周波バイアスが印加される（ステップ S708）。このプラズマ放電中に V/I プローブ 201 による高周波電流値または電圧値を測

10

20

30

40

50

定し（ステップS709）、この測定値から演算部202にてインピーダンス値が算出され、リファレンスデータ格納部203に保存されている基板電極109上被覆膜が10nmのときのインピーダンス値と比較され（ステップS710）、差分の正負から基板電極109上の被覆膜厚が10nm以上であるか、否かが決定される（ステップS711）。インピーダンス値比較結果から基板電極109上の被覆膜厚が10nm以上の場合は次の製品ウェハ処理が実施され（ステップS705）、10nm未満の場合は基板電極109上に残存する被覆膜を前記プラズマBによるフッ素を主体としたプラズマクリーニングにて除去し（ステップS712）、処理室101内への被覆膜厚形成（ステップS701）へ戻って処理シーケンスが再度開始される。以上の構成は、全てプロセスシーケンス制御部204に接続され、適切なシーケンスで動作するよう、そのタイミング、動作量がコントロールされる。本実施例に係るプラズマ処理装置において、これらの手順は、自動的に実施されるような装置構成となっており、自動シーケンス化が可能である。本手法により、基板電極109上の被覆膜厚を10nm以上に常に維持し、基板電極109のダメージが生じないノンプロダクトウェハ載置が不要な塩素を主体としたプラズマクリーニングが実施できる。
10

【0039】

図5に示すプラズマ処理装置及び、図3と図4に示すクリーニング条件を用い、図7に示すエッチング処理シーケンスに従って、品種の異なるウェハの処理を、1ロット25枚として複数回繰り返したところ、被覆膜に対するエッチング選択比が高く、被覆膜厚を薄くでき、被覆膜除去に要する時間も低減でき、かつウェハ処理中のプラズマ状態を安定化でき、プラズマ処理効率を向上することができた。また、基板電極上に形成された被覆膜の厚さを求めるによりダミーウェハを不要とすることができる。
20

【0040】

以上、本実施例によれば、適用工程が制限されず、ウェハ処理中のプラズマ状態を安定化し、かつプラズマ処理の効率を向上するスループットの高いプラズマ処理方法およびプラズマ処理装置を提供することができる。

【0041】

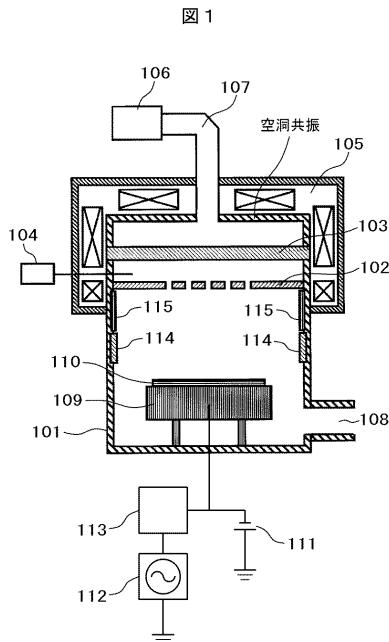
なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記の本実施例では、特にECRプラズマ装置についての実施例を述べたが、本発明は他のプラズマ生成装置または方法、例えば誘導結合型プラズマ（ICP）、容量結合型プラズマ（CCP）を用いても同様の効果がある。また、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることも可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。
30

【符号の説明】

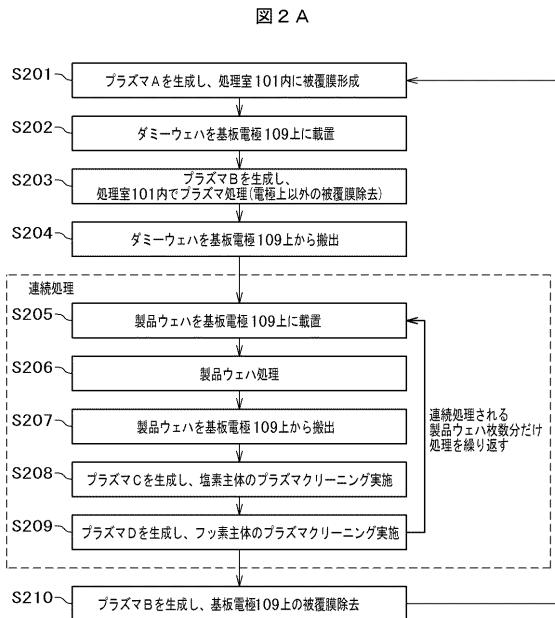
【0042】

101…処理室、102…シャワープレート、103…誘電体窓、104…ガス供給装置、105…ソレノイドコイル、106…マグネットロン、107…導波管、108…真空排気管、109…基板電極（試料台）、110…ウェハ（試料）、111…直流電源、112…高周波電源、113…高周波整合器、114…アース、115…内筒、201…V/Iプローブ、202…演算部、203…リファレンスデータ格納部、204…プロセスシーケンス制御部。
40

【図1】

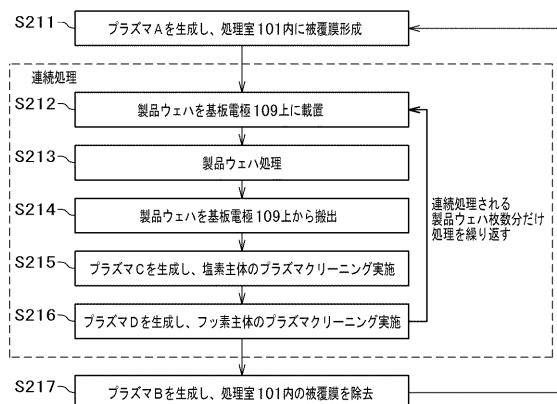


【図2A】



【図2B】

図2B



【図3】

図3

| | C12ガスへの添加ガス比 | 処理圧力 (Pa) |
|---------------|--------------|-----------|
| 塩素系プラズマクリーニング | 0.3-0.4 | 0.3-3.0 |

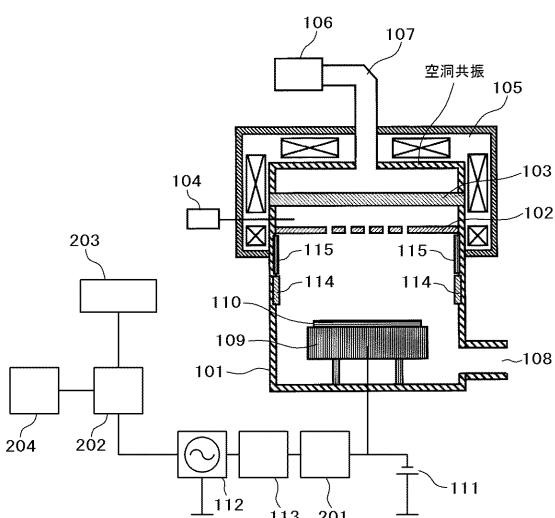
【図4】

図4

| | 処理圧力 (Pa) |
|----------------|-----------|
| フッ素系プラズマクリーニング | 0.1-10 |

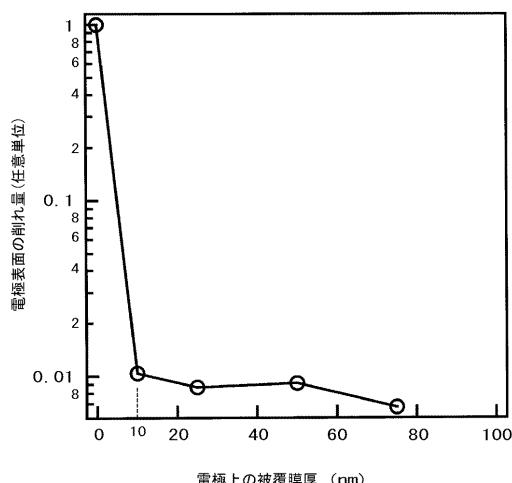
【図5】

図5



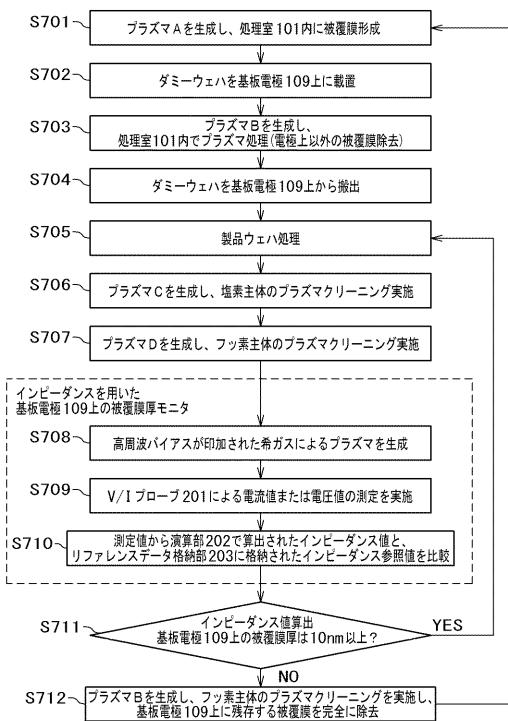
【図6】

図6



【図7】

図7



フロントページの続き

審査官 正山 旭

(56)参考文献 特開2011-192872(JP,A)

特開2008-244292(JP,A)

特開2011-249405(JP,A)

特開2013-214584(JP,A)

特開2009-105412(JP,A)

特開2014-116566(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065

H05H 1/46