

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7175162号
(P7175162)

(45)発行日 令和4年11月18日(2022.11.18)

(24)登録日 令和4年11月10日(2022.11.10)

(51)国際特許分類

H 01 L	21/3065(2006.01)	F I	H 01 L	21/302	1 0 5 A
H 05 H	1/46 (2006.01)		H 01 L	21/302	1 0 1 B
			H 05 H	1/46	M

請求項の数 13 (全17頁)

(21)出願番号 特願2018-208028(P2018-208028)
 (22)出願日 平成30年11月5日(2018.11.5)
 (65)公開番号 特開2020-77659(P2020-77659A)
 (43)公開日 令和2年5月21日(2020.5.21)
 審査請求日 令和3年8月24日(2021.8.24)

(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 100107766
 弁理士 伊東 忠重
 100070150
 弁理士 伊東 忠彦
 横山 政司
 宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番
 東京エレクトロン宮城株式会社内
 (72)発明者 岡野 太一
 宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番
 東京エレクトロン宮城株式会社内
 (72)発明者 及川 翔
 宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番
 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 被処理体のプラズマエッチング方法及びプラズマエッチング装置

(57)【特許請求の範囲】**【請求項1】**

処理容器と、前記処理容器内において被処理体を載置する載置台と、前記載置台の周囲に配置される外周部材と、前記外周部材に電圧を印加する第1電圧印加装置と、前記載置台に対向する上部電極と、前記上部電極に電圧を印加する第2電圧印加装置と、下部電極としての前記載置台に高周波電力を印加して前記下部電極と前記上部電極との間に容量結合プラズマを生成する高周波電源と、を備えるプラズマエッチング装置を用いて、被処理体を処理する被処理体のプラズマエッチング方法であって、

被エッティング膜と、前記被エッティング膜上に形成されたパターン化されたマスクと、を有する前記被処理体を準備する工程と、

前記マスクを処理する工程と、

前記マスクを処理する工程の後、前記被エッティング膜をエッティングするエッティング工程と、を含み、

前記マスクを処理する工程は、

第1の希ガスを含む第1の処理ガスを前記処理容器に供給する工程と、

前記外周部材に直流電圧を印加しながら、前記被処理体の外周部に位置する前記マスクを前記第1の処理ガスのプラズマにより処理する第1のプラズマ処理工程と、

第2の希ガスを含む第2の処理ガスを前記処理容器に供給する工程と、

前記上部電極に直流電圧を印加しながら、前記被処理体の中心部および外周部に位置する前記マスクを前記第2の処理ガスのプラズマにより処理する第2のプラズマ処理工程と、

—を含み、

前記マスクを処理する工程において、

前記第2のプラズマ処理工程が実行され、

前記第2のプラズマ処理工程が実行された後に、前記第1のプラズマ処理工程が実行され、

前記エッチング工程は、

第3の処理ガスを前記処理容器に供給する工程と、

前記第3の処理ガスのプラズマにより処理する工程と、を含む、

被処理体のプラズマエッチング方法。

【請求項2】

前記第1の処理ガスのプラズマによる処理は、前記第1の希ガスによりスパッタされた前記外周部材に含まれるシリコンを堆積させる、

請求項1に記載の被処理体のプラズマエッチング方法。

【請求項3】

前記第2の処理ガスのプラズマによる処理は、前記第2の希ガスによりスパッタされた前記上部電極に含まれるシリコンを堆積させる、

請求項1または請求項2に記載の被処理体のプラズマエッチング方法。

【請求項4】

前記第1の処理ガスと前記第2の処理ガスとは同じである、

請求項1乃至請求項3のいずれか1項に記載の被処理体のプラズマエッチング方法。

【請求項5】

前記第1の処理ガスと前記第2の処理ガスとは異なる、

請求項1乃至請求項3のいずれか1項に記載の被処理体のプラズマエッチング方法。

【請求項6】

前記第2のプラズマ処理工程と前記第1のプラズマ処理工程とは、1回以上の予め定められた回数を繰り返す

請求項1乃至請求項5のいずれか1項に記載の被処理体のプラズマエッチング方法。

【請求項7】

前記マスクを処理する工程と前記エッチング工程は、1回以上の予め定められた回数を繰り返す、

請求項1乃至請求項6のいずれか1項に記載の被処理体のプラズマエッチング方法。

【請求項8】

前記マスクは、有機膜である、

請求項1乃至請求項7のいずれか1項に記載の被処理体のプラズマエッチング方法。

【請求項9】

前記マスクは、有機膜であり、

前記第1の処理ガス及び前記第2の処理ガスは、水素を含むガスと希ガスとを含む混合ガスである、

請求項1乃至請求項6のいずれか1項に記載の被処理体のプラズマエッチング方法。

【請求項10】

前記水素を含むガスは、H₂、CH₄、CH₃F、HBrのうち少なくともいずれか一つを含む、

請求項9に記載の被処理体のプラズマエッチング方法。

【請求項11】

前記第1電圧印加装置は、前記外周部材に接続される第1の直流電源、または、プロッキング用のコンデンサを介して前記外周部材に接続される第1の交流電源のいずれか一方である、

請求項1乃至請求項10のいずれか1項に記載の被処理体のプラズマエッチング方法。

【請求項12】

前記第2電圧印加装置は、前記上部電極に接続される第2の直流電源、または、プロッ

10

20

30

40

50

キング用のコンデンサを介して前記上部電極に接続される第2の交流電源のいずれか一方である、

請求項1乃至請求項6のいずれか1項に記載の被処理体のプラズマエッティング方法。

【請求項13】

被処理体に対してプラズマ処理を行う処理容器と、

前記処理容器内において前記被処理体を載置する載置台と、

前記載置台の周囲に配置される外周部材と、

前記外周部材に電圧を印加する第1電圧印加装置と、

前記載置台に對向する上部電極と、

前記上部電極に電圧を印加する第2電圧印加装置と、

下部電極としての前記載置台に高周波電力を印加して前記下部電極と前記上部電極との間に容量結合
プラズマを生成する高周波電源と、

制御部と、を備え、

前記制御部は、

被エッティング膜と、前記被エッティング膜上に形成されたパターン化されたマスクと、を有する前記被処理体を準備する工程と、

前記マスクを処理する工程と、

前記マスクを処理する工程の後、前記被エッティング膜をエッティングするエッティング工程と、を制御可能に構成され、

前記マスクを処理する工程は、

第1の希ガスを含む第1の処理ガスを前記処理容器に供給する工程と、

前記外周部材に直流電圧を印加しながら、前記被処理体の外周部に位置する前記マスクを前記第1の処理ガスのプラズマにより処理する第1のプラズマ処理工程と、

第2の希ガスを含む第2の処理ガスを前記処理容器に供給する工程と、

前記上部電極に直流電圧を印加しながら、前記被処理体の中心部および外周部に位置する前記マスクを前記第2の処理ガスのプラズマにより処理する第2のプラズマ処理工程とを含み、

前記マスクを処理する工程において、

前記第2のプラズマ処理工程が実行され、

前記第2のプラズマ処理工程が実行された後に、前記第1のプラズマ処理工程が実行され、

前記エッティング工程は、

第3の処理ガスを前記処理容器に供給する工程と、

前記第3の処理ガスのプラズマにより処理する工程と、を含む、
プラズマエッティング装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、被処理体のプラズマエッティング方法及びプラズマエッティング装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、シャワーヘッドに直流負電圧を印加しながら、フォトレジスト層をマスクに用いて、有機膜を、エッティングする被処理体の処理方法が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2011-60916号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

10

20

30

40

50

一の側面では、本開示は、被処理体のマスクを処理する被処理体のプラズマエッチング方法及びプラズマエッチング装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記課題を解決するために、一の態様によれば、処理容器と、前記処理容器内において被処理体を載置する載置台と、前記載置台の周囲に配置される外周部材と、前記外周部材に電圧を印加する第1電圧印加装置と、前記載置台に對向する上部電極と、前記上部電極に電圧を印加する第2電圧印加装置と、下部電極としての前記載置台に高周波電力を印加して前記下部電極と前記上部電極との間に容量結合プラズマを生成する高周波電源と、を備えるプラズマエッチング装置を用いて、被処理体を処理する被処理体のプラズマエッチング方法であって、被エッチング膜と、前記被エッチング膜上に形成されたパターン化されたマスクと、を有する前記被処理体を準備する工程と、前記マスクを処理する工程と、前記マスクを処理する工程の後、前記被エッチング膜をエッチングするエッチング工程とを含み、前記マスクを処理する工程は、第1の希ガスを含む第1の処理ガスを前記処理容器に供給する工程と、前記外周部材に直流電圧を印加しながら、前記被処理体の外周部に位置する前記マスクを前記第1の処理ガスのプラズマにより処理する第1のプラズマ処理工程と、第2の希ガスを含む第2の処理ガスを前記処理容器に供給する工程と、前記上部電極に直流電圧を印加しながら、前記被処理体の中心部および外周部に位置する前記マスクを前記第2の処理ガスのプラズマにより処理する第2のプラズマ処理工程と、を含み、前記マスクを処理する工程において、前記第2のプラズマ処理工程が実行され、前記第2のプラズマ処理工程が実行された後に、前記第1のプラズマ処理工程が実行され、前記エッチング工程は、第3の処理ガスを前記処理容器に供給する工程と、前記第3の処理ガスのプラズマにより処理する工程と、を含む、被処理体のプラズマエッチング方法が提供される。

10

【発明の効果】

【0006】

一の側面によれば、被処理体のマスクを処理する被処理体のプラズマエッチング方法及びプラズマエッチング装置を提供することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0007】

30

【図1】一実施形態に係る基板処理装置の一例を示す図。

【図2】一実施形態に係る基板処理装置における希ガスイオンとスパッタされたシリコンの移動の一例を示す図。

【図3】被処理体であるウェハの構成の一例を説明する断面模式図である。

【図4】試験結果を示す表。

【図5】フォトレジスト層の上面のシリコン堆積量を示すグラフである。

【図6】上部電極及びエッジリングに印加する電圧の決定方法の一例を説明するフローチャートである。

【図7】他の実施形態に係る基板処理装置の一例を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0008】

40

以下、図面を参照して本開示を実施するための形態について説明する。各図面において、同一構成部分には同一符号を付し、重複した説明を省略する場合がある。

【0009】

<基板処理装置>

図1は、一実施形態に係る基板処理装置1の一例を示す図である。一実施形態に係る基板処理装置1は、容量結合型の平行平板処理装置であり、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円筒状の処理容器10を有している。処理容器10は接地されている。

【0010】

50

処理容器 10 の底部には、セラミックス等からなる絶縁板 12 を介して円柱状の支持台 14 が配置され、この支持台 14 の上に例えばアルミニウムからなる載置台 16 が設けられている。載置台 16 は、静電チャック 20 と基台 16a とエッジリング 24 とインシュレータリング 26 とを有する。静電チャック 20 は、基板の一例であるウェハWを載置する。静電チャック 20 は、導電膜からなる第1の電極 20a を絶縁層 20b で挟んだ構造を有し、第1の電極 20a には直流電源 22 が接続されている。静電チャック 20 は、ヒータを有し、温度制御が可能であってもよい。

【0011】

ウェハWの周囲には、例えばシリコンからなる導電性のエッジリング 24 が配置されている。エッジリング 24 は、フォーカスリングとも呼ぶ。静電チャック 20 、基台 16a 及び支持台 14 の周囲には、例えば石英からなる環状のインシュレータリング 26 が設けられている。

10

【0012】

静電チャック 20 のエッジリング 24 と対向する位置には、第2の電極 21 が埋め込まれている。第2の電極 21 には、直流電源 23 が接続されている。直流電源 22 および直流電源 23 は、それぞれ個別に直流電圧を印加する。静電チャック 20 の中央部は、直流電源 22 から第1の電極 20a に印加された電圧によりクーロン力等の静電力を発生させ、静電力により静電チャック 20 にウェハWを吸着保持する。また、静電チャック 20 の周辺部は、直流電源 23 から第2の電極 21 に印加された電圧によりクーロン力等の静電力を発生させ、静電力により静電チャック 20 にエッジリング 24 を吸着保持する。

20

【0013】

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。冷媒室 28 には、外部に設けられた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載置台 16 上のウェハWの温度が制御される。さらに、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 20 の上面とウェハWの裏面との間に供給される。

【0014】

載置台 16 の上方には、載置台 16 と対向して上部電極 34 が設けられている。上部電極 34 と載置台 16 の間はプラズマ処理空間となる。

30

【0015】

上部電極 34 は、絶縁性の遮蔽部材 42 を介して処理容器 10 の天井部の開口を閉塞するように設けられる。上部電極 34 は、載置台 16 との対向面を構成し、かつ多数のガス吐出孔 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電極支持体 38 とを有する。電極板 36 は、シリコンやSiC等のシリコン含有物で構成される。電極支持体 38 の内部には、ガス拡散室 40a 、40b が設けられ、このガス拡散室 40a 、40b からはガス吐出孔 37 に連通する多数のガス通流孔 41a 、41b が下方に延びている。

【0016】

電極支持体 38 には、ガス拡散室 40a 、40b へガスを導くガス導入口 62 が形成されており、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、処理ガス供給源 66 が配置された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、処理ガスがガス供給管 64 を介してガス拡散室 40a 、40b 、ガス通流孔 41a 、41b を通り、ガス吐出孔 37 からシャワー状に吐出される。

40

【0017】

載置台 16 には、給電棒 89 及び整合器 88 を介して第1の高周波電源 90 が接続されている。第1の高周波電源 90 は、HF (High Frequency) 電力を載置台 16 に印加する。整合器 88 は、第1の高周波電源 90 の内部インピーダンスと負荷インピーダンスとを整合させる。これにより、プラズマ処理空間においてガスからプラズマが生成される。

50

なお、第1の高周波電源90から供給されるHF電力を、上部電極34に印加してもよい。HF電力を載置台16に印加する場合、HFの周波数は、13MHz～100MHzの範囲であればよく、例えば40MHzであってもよい。

【0018】

載置台16には、給電棒47及び整合器46を介して第2の高周波電源48が接続されている。第2の高周波電源48は、LF(Low Frequency)電力を載置台16に印加する。整合器46は、第2の高周波電源48の内部インピーダンスと負荷インピーダンスとを整合させる。これにより、載置台16上のウェハWにイオンが引き込まれる。第2の高周波電源48は、400kHz～13.56MHzの範囲内の周波数の高周波電力を出力する。載置台16には、所定の高周波をグランドに通すためのフィルタが接続されてもよい。

10

【0019】

LFの周波数はHFの周波数よりも低い。LF及びHFの電圧又は電流は、連続波であってもよく、パルス波であってもよい。このように、ガスを供給するシャワーヘッドは、上部電極34として機能し、載置台16は下部電極として機能する。

【0020】

上部電極34には、可変直流電源50が接続され、可変直流電源50からの直流電圧が上部電極34に印加される。また、エッジリング24には、可変直流電源55が接続され、可変直流電源55からの直流電圧がエッジリング24に印加される。なお、可変直流電源55は第1電圧印加装置に相当し、可変直流電源50は第2電圧印加装置に相当する。

20

【0021】

図7は、他の実施形態に係る基板処理装置1の一例を示す図である。図7に示す基板処理装置1は、図1に示す基板処理装置1と比較して、第1電圧印加装置及び第2電圧印加装置の構成が異なっている。その他の構成は図1に示す基板処理装置1と同様であり、重複する説明を省略する。

【0022】

図7に示すように、上部電極34には、可変直流電源50の代わりに整合器52、ブロッキングコンデンサ53を介して交流電源51が接続されてもよい。また、エッジリング24には、可変直流電源55の代わりに整合器57、ブロッキングコンデンサ58を介して交流電源56が接続されてもよい。なお、この場合、交流電源56は第1電圧印加装置に相当し、交流電源51は第2電圧印加装置に相当する。

30

【0023】

交流電源51および交流電源56は、プラズマ中のイオンが追従できる周波数fを有する交流、つまりイオンプラズマ周波数よりも低い低周波または高周波の交流ACを出力し、そのパワー、電圧波高値または実効値を可変できるようになっている。

【0024】

エッティングプロセス中に交流電源51からの交流ACがブロッキングコンデンサ53を介して上部電極34に印加されると、上部電極34には自己バイアス電圧VBが発生する。即ち、上部電極34に負の直流電圧成分が印加され、この負の直流電圧成分に交流ACの電圧(瞬時値)が重畠される。同様に、交流電源56からの交流ACがブロッキングコンデンサ58を介してエッジリング24に印加されると、エッジリング24にも負の直流電圧成分が印加されたことになる。

40

【0025】

ここで、交流ACの周波数fがイオンプラズマ周波数f_{pi}よりも低く、上部電極34付近もしくはエッジリング24の電子温度は低いので、自己バイアス電圧VBは交流ACの電圧波高値に近い値になる。こうして、上部電極34もしくはエッジリング24の電位は、自己バイアス電圧VBに交流ACの電圧レベル(瞬時値)が重なって周期的に変化する。

【0026】

図1に戻り、チャンバ10内で処理空間に面する適当な箇所として例えば上部電極34

50

の半径方向外側あるいはインシュレータリング 26 の頂部付近に、例えば Si, SiC 等の導電性部材からなるリング状の DC グランドパーツ（図示せず）が取り付けられている。この DC グランドパーツは、接地ライン（図示せず）を介して常時接地されている。プラズマエッチング中に第 2 電圧印加装置によって上部電極 34 に直流電圧が印加されると上部電極 34 と DC グランドパーツとの間でプラズマを介して直流の電子電流が流れようになっている。また、第 1 電圧印加装置によってエッジリング 24 に直流電圧が印加されるとエッジリング 24 と DC グランドパーツとの間でプラズマを介して直流の電子電流が流れようになっている。

【0027】

処理容器 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、処理容器 10 内を所望の真空中度まで減圧する。また、処理容器 10 の側壁にはウェハ 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 により開閉可能である。

10

【0028】

環状のインシュレータリング 26 と処理容器 10 の側壁との間には、環状のバッフル板 83 が設けられている。バッフル板 83 には、アルミニウム材に Y₂O₃ 等のセラミックスを被覆したものを用いることができる。

【0029】

かかる構成の基板処理装置 1 においてエッチング処理等の所定の処理を行う際には、まず、ゲートバルブ 86 を開状態とし、搬入出口 85 を介してウェハ W を処理容器 10 内に搬入し、載置台 16 の上に載置する。そして、処理ガス供給源 66 からエッチング等の所定の処理のためのガスを所定の流量でガス拡散室 40a, 40b へ供給し、ガス通流孔 41a, 41b およびガス吐出孔 37 を介して処理容器 10 内へ供給する。また、排気装置 84 により処理容器 10 内を排気する。これにより、内部の圧力は例えば 0.1 ~ 150 Pa の範囲内の設定値に制御される。

20

【0030】

このように処理容器 10 内に所定のガスを導入した状態で、第 1 の高周波電源 90 から HF 電力を載置台 16 に印加する。また、第 2 の高周波電源 48 から LF 電力を載置台 16 に印加する。また、直流電源 22 から直流電圧を第 1 の電極 20a に印加し、ウェハ W を載置台 16 に保持する。また、直流電源 23 から直流電圧を第 2 の電極 21 に印加し、エッジリング 24 を載置台 16 に保持する。また、可変直流電源 50 から直流電圧を上部電極 34 に印加してもよい。また、可変直流電源 55 から直流電圧を載置台 16 に印加してもよい。

30

【0031】

上部電極 34 のガス吐出孔 37 から吐出されたガスは、主に HF の高周波電力により解離及び電離しプラズマとなり、プラズマ中のラジカルやイオンによってウェハ W の被処理面にエッチング等の処理が施される。また、載置台 16 に LF の高周波電力を印加することで、プラズマ中のイオンを制御し、エッチング等の処理が促進される。

【0032】

基板処理装置 1 には、装置全体の動作を制御する制御部 200 が設けられている。制御部 200 に設けられた CPU は、ROM 及び RAM 等のメモリに格納されたレシピに従って、エッチング等の所望のプラズマ処理を実行する。レシピには、プロセス条件に対する装置の制御情報であるプロセス時間、圧力（ガスの排気）、HF の高周波電力（以下、HF 電力ともいう。）及び LF の高周波電力（以下、LF 電力ともいう。）や電圧、各種ガス流量が設定されてもよい。また、レシピには、処理容器内温度（上部電極温度、処理容器の側壁温度、ウェハ W 温度、静電チャック温度等）、チラーから出力される冷媒の温度などが設定されてもよい。なお、これらのプログラムや処理条件を示すレシピは、ハードディスクや半導体メモリに記憶されてもよい。また、レシピは、CD-ROM、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所定位置にセ

40

50

ットされ、読み出されるようにしてもよい。

【0033】

次に、図2及び図3を用いて、フォトレジスト層の改質処理について説明する。図2は、一実施形態に係る基板処理装置1における希ガスイオンとスパッタされたシリコンの移動の一例を示す図であり、(a)は上部電極34に直流負電圧を印加した場合を示し、(b)はエッジリング24に直流負電圧を印加した場合を示す。

【0034】

フォトレジスト層の改質処理において、処理ガス供給源66から希ガスを含む処理ガスがプラズマ処理空間に供給される。希ガスとしては、例えば、アルゴン、ヘリウム、クリプトン、キセノン等を用いることができる。また、処理ガスは、希ガスのみであってもよい。また、水素を含むガスと希ガスとを含む混合ガスであってもよい。水素を含むガスとしては、例えば、H₂、CH₄、CH₃F、HBr等を用いることができる。なお、以下の説明において、処理ガスは、H₂とArの混合ガスである場合を例に説明する。

10

【0035】

プラズマ処理空間に供給されたH₂ガス及びArガスは、主にHF電力により解離及び電離してプラズマとなる。プラズマ中には、水素ラジカル(H^{*})及びアルゴンイオン(Ar⁺)が含まれる。

【0036】

ここで、図2(a)に示すように、エッジリング24に電圧を印加していない状態で上部電極34に直流負電圧を印加すると、アルゴンイオン101は、矢印A1に示すように上部電極34へ向かって移動し、シリコンまたはSiCで構成される上部電極34へ衝突する。これにより、上部電極34のシリコンがスパッタされ、シリコン102がプラズマ処理空間に放出される。同時に、プラズマ処理空間に電子が放出される。シリコン102は、矢印A2に示すように降下する。これにより、ウェハW上にシリコン102が堆積する。ここで、上部電極34は、ウェハW全体を覆うように配置されている。また、上部電極34からウェハWまでのプラズマ処理空間内でシリコン102が拡散しながら降下する。このため、シリコン102は、ウェハWの全体(ウェハWの中心部及び外周部)に堆積する。

20

【0037】

また、図2(b)に示すように、上部電極34に電圧を印加していない状態でエッジリング24に直流負電圧を印加すると、アルゴンイオン101は、矢印A3に示すようにエッジリング24へ向かって移動し、シリコンまたはSiCで構成されるエッジリング24へ衝突する。これにより、エッジリング24のシリコンがスパッタされ、シリコン102がプラズマ処理空間に放出される。同時に、プラズマ処理空間に電子が放出される。シリコン102は、矢印A4に示すように降下する。これにより、ウェハW上にシリコン102が堆積する。ここで、エッジリング24は、ウェハWの側面の近傍に配置されており、エッジリング24でスパッタされたシリコン102は、ウェハWの側面の近傍に局所的に堆積する。また、エッジリング24は、プラズマ処理空間の下側に配置されている。このため、プラズマ処理空間に放出されたシリコン102の降下距離も少なく、拡散は抑制される。このため、シリコン102は、ウェハWの外周部に堆積する。

30

【0038】

また、上部電極34に印加される直流負電圧の絶対値を大きくするほど、上部電極34へ衝突するアルゴンイオン101の衝突エネルギーが増加する。このため、スパッタによりプラズマ処理空間に放出されるシリコン102の量も増え、ウェハWの全体に堆積するシリコン102の量も増える。

40

【0039】

また、エッジリング24に印加される直流負電圧の絶対値を大きくするほど、エッジリング24へ衝突するアルゴンイオン101の衝突エネルギーが増加する。このため、スパッタによりプラズマ処理空間に放出されるシリコン102の量も増え、ウェハWの局所的に堆積するシリコンの量も増える。

50

【 0 0 4 0 】

このように、可変直流電源 5 0 及び可変直流電源 5 5 を制御して、上部電極 3 4 に印加する直流負電圧及びエッジリング 2 4 に印加する直流負電圧を制御することにより、ウェハWに堆積されるシリコン 1 0 2 の分布を調整することができる。

【 0 0 4 1 】

図 3 は、被処理体であるウェハWの構成の一例を説明する断面模式図である。

【 0 0 4 2 】

図 3 (a) に示すように、被処理体であるウェハWは、シリコン基板 3 0 1 上に、酸化シリコン層 3 0 2 、スピノンカーボン (Spin-On-Carbon) 層 3 0 3 、反射防止層 3 0 4 、フォトレジスト層 3 0 5 が順に積層されている。ここで、フォトレジスト層 3 0 5 は、例えば有機膜で形成されており、パターン化されたマスクである。反射防止層 3 0 4 は、マスクであるフォトレジスト層 3 0 5 を介してエッチングされる被エッチング膜である。
10

【 0 0 4 3 】

図 2 に示すように、アルゴンイオンにより上部電極 3 4 、エッジリング 2 4 のシリコンがスパッタされ、プラズマ処理空間にシリコン 1 0 2 放出される。同時に、プラズマ処理空間に電子が放出される。これにより、図 3 (b) に示すように、ウェハW上にシリコン 1 0 2 が堆積する。

【 0 0 4 4 】

図 3 (c) に示すように、堆積したシリコンが有機膜であるフォトレジスト層 3 0 5 と反応することにより、フォトレジスト層 3 0 5 の表面にシリコン化合物からなるシリコン層 3 0 6 が形成される。シリコン層 3 0 6 のシリコン化合物としては、例えば SiC が形成される。もしくは、シリコンがそのままフォトレジスト層 3 0 5 の表面に堆積され、シリコン層 3 0 6 が形成される。また、プラズマ処理空間に放出された電子がフォトレジスト層 3 0 5 に照射されることにより、架橋等の反応が進み、フォトレジスト層 3 0 5 が改質され硬化する。また、水素ラジカルがフォトレジスト層 3 0 5 と反応することにより、フォトレジスト層 3 0 5 が改質され硬化する。これにより、フォトレジスト層 3 0 5 の高さの減少を抑制しつつ、被エッチング層である反射防止層 3 0 4 、スピノンカーボン層 3 0 3 、酸化シリコン層 3 0 2 を順にエッチングすることができる。
20

【 0 0 4 5 】

本実施形態に係る基板処理装置 1 によれば、フォトレジスト層 3 0 5 を改質させることができる。また、可変直流電源 5 0 及び可変直流電源 5 5 を制御して、上部電極 3 4 に印加する直流負電圧及びエッジリング 2 4 に印加する直流負電圧を制御することにより、ウェハWに堆積されるシリコン 1 0 2 の分布を調整することができる。これにより、例えば、上部電極 3 4 に印加する直流負電圧及びエッジリング 2 4 に印加する直流負電圧を制御することにより、フォトレジスト層 3 0 5 を改質させる際の面均一性を向上させることができる。また、例えば、エッジリング 2 4 に直流負電圧を印加することにより、エッジリング 2 4 の近傍であるウェハWのエッジの近傍部分のみにシリコン 1 0 2 を堆積させて、局所的にフォトレジスト層 3 0 5 を改質させることができる。
30

【 0 0 4 6 】

また、本実施形態に係る基板処理装置 1 によれば、シリコン層 3 0 6 が形成されたフォトレジスト層 3 0 5 、および / または、改質されたフォトレジスト層 3 0 5 をマスクとして、被エッチング膜である反射防止膜 3 0 4 をエッチングすることができる。反射防止膜 3 0 4 のエッチングを実行した際、フォトレジスト層 3 0 5 表層のシリコン層 3 0 6 や改質層がエッチングによって除去されてしまう場合があるが、その時は、再度、フォトレジスト層の改質処理を行い、反射防止膜 3 0 4 のエッチングを継続するのがよい。なお、繰り返し回数は、例えば予め設定されていてもよい。
40

【 0 0 4 7 】

ここで、上部電極 3 4 、エッジリング 2 4 への直流負電圧印加によるフォトレジスト層 3 0 5 の改質を確認する試験を、以下の処理条件 (1) ~ (3) でそれぞれ行った。

【 0 0 4 8 】

10

20

30

40

50

処理条件(1)は、上部電極34のみに直流負電圧を印加する。

【0049】

処理容器内圧力：50mT

処理ガス： H_2 ガス + Arガス

処理ガス流量： $H_2 / Ar = 100 \text{ sccm} / 800 \text{ sccm}$

HF電力：40MHz 300W

上部電極直流電圧：-900V

エッジリング直流電圧：0V

処理時間：60sec

【0050】

10

処理条件(2)は、エッジリング24のみに直流負電圧を印加する。

【0051】

処理容器内圧力：50mT

処理ガス： H_2 ガス + Arガス

処理ガス流量： $H_2 / Ar = 100 \text{ sccm} / 800 \text{ sccm}$

HF電力：40MHz 300W

上部電極直流電圧：0V

エッジリング直流電圧：-515V

処理時間：60sec

【0052】

20

処理条件(3)は、上部電極34及びエッジリング24に直流負電圧を印加する。

【0053】

処理容器内圧力：50mT

処理ガス： H_2 ガス + Arガス

処理ガス流量： $H_2 / Ar = 100 \text{ sccm} / 800 \text{ sccm}$

HF電力：40MHz 300W

上部電極直流電圧：-900V

エッジリング直流電圧：-515V

処理時間：60sec

【0054】

30

また、ウェハWの直径を300mmとし、ウェハWの中心(Center)、ウェハWのエッジから75mm(Middle 75mm)、ウェハWのエッジから20mm(Edge 20mm)、ウェハWのエッジから10mm(Edge 10mm)、ウェハWのエッジから5mm(Edge 5mm)の5点について、計測を行った。

【0055】

試験結果を図4及び図5に示す。図4は、試験結果を示す表である。図4において、EDX(Energy dispersive X-ray spectrometry)画像では、膜中のシリコンを表示させる。ここでは、シリコンを含有する反射防止層304及びフォトトレジスト層305の上に堆積したシリコン層306が画像上に表示される。なお、図4において、反射防止層304及びシリコン層306の境界を明示して図示している。また、Top Depositionとはフォトトレジスト層305の上面のシリコン堆積量を示し、Side Depositionとはフォトトレジスト層305の側面のシリコン堆積量を示す。

40

【0056】

図5は、フォトトレジスト層305の上面のシリコン堆積量を示すグラフである。なお、図5において、処理条件(1)～(3)に加えて、上部電極34及びエッジリング24に直流負電圧を印加しない場合も示す。

【0057】

図4及び図5に示すように、上部電極34のみに直流負電圧を印加する処理条件(1)では、ウェハWの中心からミドル及びエッジから20mmまで(ウェハWの中央部)において、フォトトレジスト層305の上面のシリコン堆積量を均一にできることが確認できた

50

。一方、ウェハWのエッジから5mm～20mm(ウェハWのエッジの近傍)においてフォトレジスト層305の上面のシリコン堆積量が減少していることが確認できた。

【0058】

これに対し、上部電極34及びエッジリング24に直流負電圧を印加する処理条件(3)では、ウェハWの中央部において、フォトレジスト層305の上面のシリコン堆積量を均一にできることが確認できた。また、ウェハWのエッジの近傍においてフォトレジスト層305の上面のシリコン堆積量を増加させることができることが確認できた。

【0059】

このように、上部電極34に直流負電圧を印加しながらエッジリング24に直流負電圧を印加することにより、ウェハWの中央部におけるシリコン堆積量の均一性を維持しつつ、ウェハWのエッジ付近におけるシリコン堆積量を増加させることができることが確認できた。これにより、ウェハW全体のシリコン堆積量の均一性、即ちウェハW面内でのシリコン堆積量の分布の制御性を向上させることができることが確認できた。

10

【0060】

また、図4に示すように、フォトレジスト層305の側面のシリコン堆積量についても、上部電極34のみに直流負電圧を印加する処理条件(1)と比較して、上部電極34及びエッジリング24に直流負電圧を印加する処理条件(3)では、シリコン堆積量の均一性を向上させることができることが確認できた。

【0061】

また、上部電極34に直流負電圧を印加せず、エッジリング24に直流負電圧を印加する処理条件(2)を行うことで、ウェハWのエッジの近傍のシリコン堆積量を制御できることが確認できた。よって、上部電極34へ印加する直流電圧と、エッジリングへ印加する直流電圧とのバランスを制御することで、ウェハWの中央部と外周部におけるシリコンの堆積量の制御性を向上させることができる。

20

【0062】

なお、処理条件(3)において、同時に上部電極34及びエッジリング24に直流負電圧を印加しているが、これに限定されるものではない。例えば、上部電極34のみに直流負電圧を印加する処理、即ち処理条件(1)を実行した後、エッジリング24のみに直流負電圧を印加する処理、即ち処理条件(2)を実行してもよい。この場合でも、ウェハW面内でのシリコン堆積量の分布の制御性を向上させることができる。

30

【0063】

また、処理条件(1)と処理条件(2)を複数回繰り返してもよい。なお、繰り返し回数は、例えば予め設定されていてもよい。この場合でも、ウェハW面内でのシリコン堆積量の分布の制御性を向上させることができる。

【0064】

また、図4及び図5に示す試験結果では、上部電極直流電圧とエッジリング直流電圧以外のパラメータは揃えているが、処理条件(1)と処理条件(2)を連続に処理する場合、これに限定されるものではない。処理条件(1)と処理条件(2)ごとに処理ガスの種類や流量、圧力、HF電力などのパラメータを調整することによって、よりウェハWの中央部と外周部におけるシリコンの堆積量の分布の制御性を向上させることができることが期待できる。

40

【0065】

例えば、処理条件(1)と処理条件(2)を連続に処理する場合、処理条件(1)の処理ガスと処理条件(2)の処理ガスは同じであってもよい。この場合、処理ガスの切り替えを不要とすることができます、基板処理装置1の構成を簡易にすることができる。

【0066】

また、処理条件(1)と処理条件(2)を連続に処理する場合、処理条件(1)の処理ガスと処理条件(2)の処理ガスは異なってもよい。この場合、処理ガスの切り替えることで、ウェハW面内でのシリコン堆積量の分布の制御性をさらに向上させることができる。

【0067】

図6は、上部電極34及びエッジリング24に印加する電圧の決定方法の一例を説明す

50

るフローチャートである。なお、図6のフローでは面内均一性を向上させる場合を例に説明する。

【0068】

ステップS601において、上部電極34に直流負電圧を印加し、基板処理装置1によるウェハWの処理を実行して、フォトレジスト層305上にシリコン化合物を堆積させる。

【0069】

ステップS602において、フォトレジスト層305の残膜及びシリコン層306の面内均一性を確認する。例えば、ウェハWの中央部における面内均一性を確認する。確認方法としては、例えば、EDX画像を撮像して計測する。面内均一性が所定の条件を満たす場合(S602・Yes)、ステップS604に進む。面内均一性が所定の条件を満たさない場合(S602・No)、ステップS603に進む。

10

【0070】

ステップS603において、上部電極34に印加する直流負電圧を変更する。そして、ステップS601に戻り、変更した直流負電圧で再度フォトレジスト層305上にシリコン化合物を堆積させる。

【0071】

ステップS604において、フォトレジスト層305の残膜及びシリコン層306のウェハWのエッジ部位における制御の必要性の有無を判定する。エッジ部位における制御の必要性がある場合(S604・Yes)、ステップS605に進む。エッジ部位における制御の必要性がない場合(S604・No)、フローを終了する。

20

【0072】

ステップS605において、エッジリング24に直流負電圧を印加し、基板処理装置1によるウェハWの処理を実行して、フォトレジスト層305上にシリコン化合物を堆積させる。

【0073】

ステップS606において、フォトレジスト層305の残膜及びシリコン層306の面内均一性を確認する。例えば、ウェハWの中央部における面内均一性を確認する。

【0074】

ステップS607において、ウェハWのエッジ側(外周部)におけるフォトレジスト層305の残膜及びシリコン層306の不均一性を確認する。例えば、EDX画像を撮像して計測する。エッジ側における不均一性がある場合(S607・Yes)、ステップS608に進む。エッジ側における不均一性がない場合、フローを終了する。

30

【0075】

ステップS608において、エッジリング24に印加する直流負電圧を変更する。そして、ステップS605に戻り、変更した直流負電圧で再度フォトレジスト層305上にシリコン化合物を堆積させる。

【0076】

このように、上部電極34に印加する直流負電圧及びエッジリング24に印加する直流負電圧を決定することができる。なお、図6に示す例では、面内均一性の場合を例に説明したが、これに限られるものではない。フォトレジスト層305の残膜及びシリコン層306の所望の分布を設定し、その分布となるように上部電極34に印加する直流負電圧及びエッジリング24に印加する直流負電圧を決定してもよい。

40

【0077】

また、例えば、ウェハWの外周部にシリコンを堆積させたい場合には、エッジリング24にのみ電圧を印加する構成としてもよい。この場合、図6のステップS605からの処理を行うことにより、エッジリング24に印加する電圧を決定することができる。

【0078】

以上、基板処理装置1の実施形態等について説明したが、本開示は上記実施形態等に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本開示の要旨の範囲内において、種々の変形、改良が可能である。

50

【符号の説明】

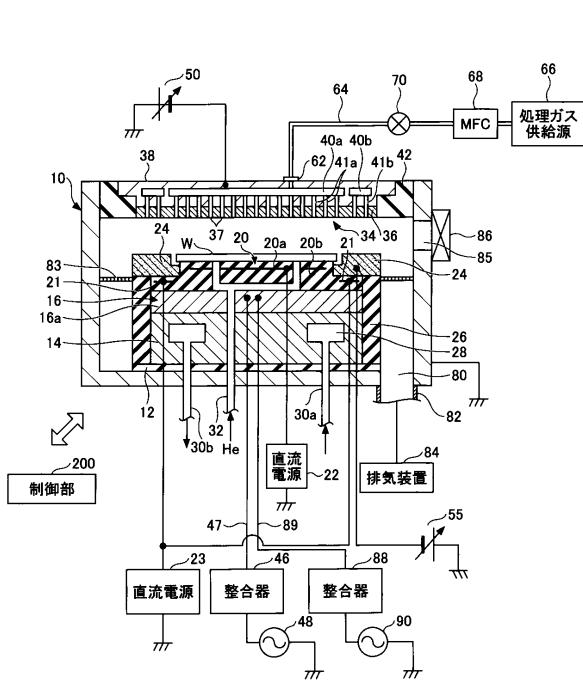
【0079】

1	基板処理装置（プラズマ処理装置）	
1 0	処理容器	
1 6	載置台	
2 4	エッジリング（外周部材）	
3 4	上部電極	
5 0	可変直流電源（第2電圧印加装置）	
5 1	交流電源（第2電圧印加装置）	
5 2、5 7	整合器	10
5 3、5 8	プロッキングコンデンサ	
5 5	可変直流電源（第1電圧印加装置）	
5 6	交流電源（第1電圧印加装置）	
6 6	処理ガス供給源（ガス供給部）	
1 0 1	アルゴンイオン	
1 0 2	シリコン	
3 0 1	シリコン基板	
3 0 2	酸化シリコン層	
3 0 3	スピノンカーボン層	
3 0 4	反射防止層（被エッチング膜）	20
3 0 5	フォトレジスト層（マスク）	
3 0 6	シリコン層	
W	ウェハ（被処理体）	

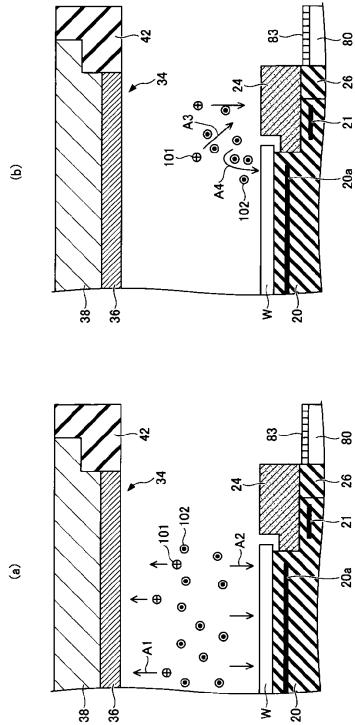
【図面】

【図1】

1



【図2】



10

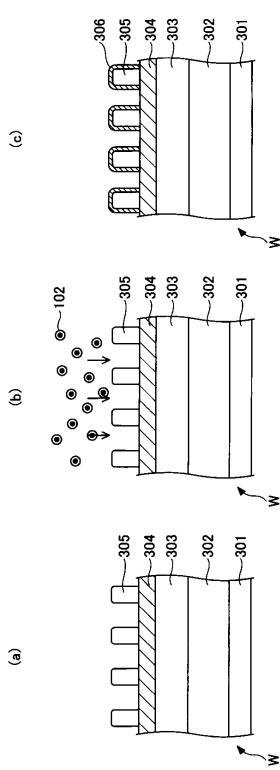
20

30

40

50

【図3】



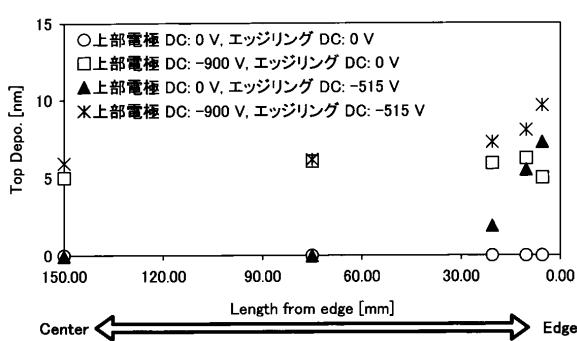
【図4】

10

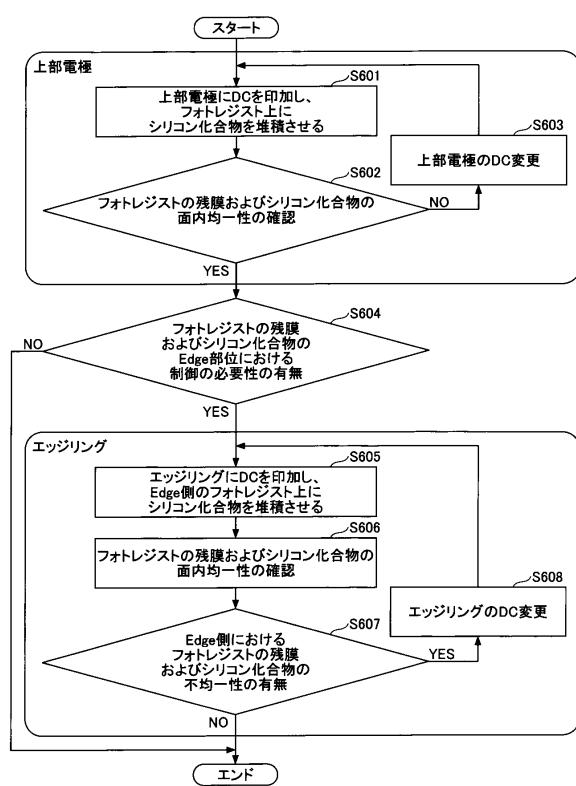
	Position	Center	Middle 75 mm	Edge 20 mm	Edge 10 mm	Edge 5 mm
上部電極 DC: -900 V エッジリング DC: 0 V	EDX Image	Top Deposition (nm) 5.0 nm	6.1 nm	6.0 nm	6.3 nm	5.0 nm
		Side Deposition (nm) 5.6 nm	5.7 nm	4.8 nm	5.6 nm	5.8 nm
上部電極 DC: 0 V エッジリング DC: -515 V	EDX Image	Top Deposition (nm) 0 nm	0 nm	0 nm	1.9 nm	7.3 nm
上部電極 DC: -900 V エッジリング DC: -515 V	EDX Image	Top Deposition (nm) 6.0 nm	6.2 nm	7.3 nm	8.1 nm	9.6 nm
		Side Deposition (nm) 5.0 nm	8.9 nm	8.8 nm	9.4 nm	9.2 nm

20

【図5】

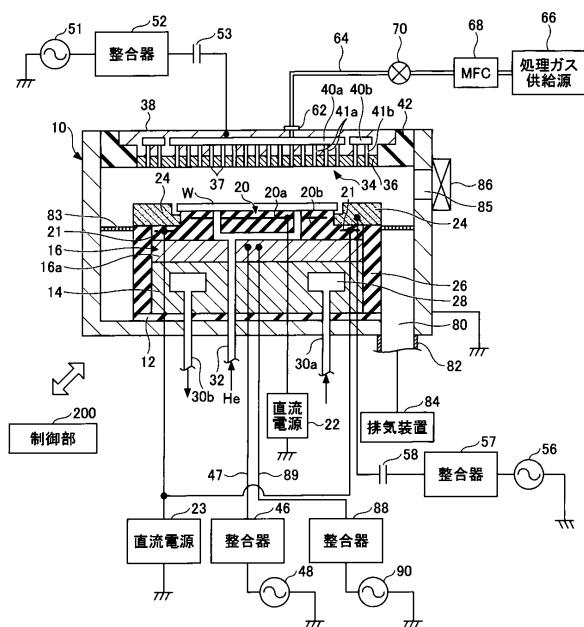


【図6】



【 四 7 】

1



10

20

30

40

50

フロントページの続き

東京エレクトロン宮城株式会社内

(72)発明者 河崎 俊一

宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番 東京エレクトロン宮城株式会社内

(72)発明者 永岩 利文

宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番 東京エレクトロン宮城株式会社内

審査官 鈴木 智之

(56)参考文献 米国特許出願公開第2010/0081285(US, A1)

国際公開第2004/003988(WO, A1)

特開2005-303099(JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065

H05H 1/46