

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5638682号  
(P5638682)

(45) 発行日 平成26年12月10日(2014.12.10)

(24) 登録日 平成26年10月31日(2014.10.31)

(51) Int.Cl. F I  
 HO 1 L 21/3065 (2006.01) HO 1 L 21/302 I O 5 A  
 HO 5 H 1/46 (2006.01) HO 1 L 21/302 I O 1 B  
 HO 5 H 1/46 M

請求項の数 12 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2013-220923 (P2013-220923)	(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25年10月24日(2013.10.24)	(74) 代理人	100125254 弁理士 別役 重尚
(62) 分割の表示	特願2006-168684 (P2006-168684) の分割	(74) 代理人	100118278 弁理士 村松 聡
原出願日	平成18年6月19日(2006.6.19)	(72) 発明者	本田 昌伸 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
(65) 公開番号	特開2014-39060 (P2014-39060A)	(72) 発明者	松井 裕 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
(43) 公開日	平成26年2月27日(2014.2.27)		
審査請求日	平成25年10月24日(2013.10.24)		
(31) 優先権主張番号	特願2006-79638 (P2006-79638)		
(32) 優先日	平成18年3月22日(2006.3.22)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置、プラズマ処理方法及び記憶媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板が搬入される処理空間を有し且つ該処理空間において前記基板にプラズマ処理を施す基板処理室と、該基板処理室内に配置され且つ高周波電源に接続された第1の電極と、前記処理空間に露出する露出部を有し且つ前記基板処理室及び前記第1の電極から電氣的に絶縁されている第2の電極とを備えるプラズマ処理装置において、

前記基板には無機膜及び有機膜が形成されており、

前記露出部はシリコン系の材料からなり、

前記基板の無機膜にプラズマ処理を施す際には、前記処理空間内に発生するプラズマ及び前記第2の電極の電位差を、当該第2の電極が有する露出部が前記プラズマによってスパッタリングされる値に設定し、

前記基板の有機膜にプラズマ処理を施す際には、前記第2の電極は電氣的に絶縁され、前記プラズマ及び前記第2の電極の電位差を、当該第2の電極が有する露出部が前記プラズマによってスパッタリングされない値に設定することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】

前記第2の電極は直流電源に接続されることを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

【請求項3】

前記第2の電極と前記直流電源との間に配され、前記基板の有機膜にプラズマ処理を施

す際に、当該第2の電極と当該直流電源との電氣的接続を遮断し、該第2の電極を電氣的に絶縁するスイッチ手段をさらに備えることを特徴とする請求項2記載のプラズマ処理装置。

【請求項4】

前記基板の無機膜にプラズマ処理を施す際には、前記第2の電極は接地されることを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

【請求項5】

前記基板の無機膜にプラズマ処理を施す際には、前記第2の電極に所望の直流電圧を発生させる27MHz以下の高周波電力が印加されることを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

10

【請求項6】

前記基板の有機膜にプラズマ処理を施す際には、前記第2の電極の電位をシリコン系の材料のスパッタイルドが立ち上がる閾値である50eV以下に設定することを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

【請求項7】

基板が搬入される処理空間を有し且つ該処理空間において前記基板にプラズマ処理を施す基板処理室と、該基板処理室内に配置され且つ高周波電源に接続された第1の電極と、前記処理空間に露出する露出部を有し且つ前記基板処理室及び前記第1の電極から電氣的に絶縁されている第2の電極とを備えるプラズマ処理装置におけるプラズマ処理方法であって、

20

前記基板には無機膜及び有機膜が形成されており、

前記露出部はシリコン系の材料からなり、

前記基板の無機膜にプラズマ処理を施す無機膜処理ステップと、

前記基板の有機膜にプラズマ処理を施す有機膜処理ステップとを有し、

前記無機膜処理ステップでは、前記処理空間内に発生するプラズマ及び前記第2の電極の電位差を、当該第2の電極が有する露出部が前記プラズマによってスパッタリングされる値に設定し、

前記有機膜処理ステップでは、前記第2の電極を電氣的に絶縁し、前記プラズマ及び前記第2の電極の電位差を、当該第2の電極が有する露出部が前記プラズマによってスパッタリングされることがない値に設定することを特徴とするプラズマ処理方法。

30

【請求項8】

前記第2の電極に直流電源を接続する直流電源接続ステップを有することを特徴とする請求項7記載のプラズマ処理方法。

【請求項9】

前記無機膜処理ステップでは、前記第2の電極を接地することを特徴とする請求項7記載のプラズマ処理方法。

【請求項10】

前記無機膜処理ステップでは、前記第2の電極に所望の直流電圧を発生させる27MHz以下の高周波電力を印加することを特徴とする請求項7記載のプラズマ処理方法。

【請求項11】

前記有機膜処理ステップでは、前記第2の電極の電位をシリコン系の材料のスパッタイルドが立ち上がる閾値である50eV以下に設定することを特徴とする請求項7記載のプラズマ処理方法。

40

【請求項12】

基板が搬入される処理空間を有し且つ該処理空間において前記基板にプラズマ処理を施す基板処理室と、該基板処理室内に配置され且つ高周波電源に接続された第1の電極と、前記処理空間に露出する露出部を有し且つ前記基板処理室及び前記第1の電極から電氣的に絶縁されている第2の電極とを備えるプラズマ処理装置におけるプラズマ処理方法をコンピュータに実行させるプログラムを格納するコンピュータで読み取り可能な記憶媒体であって、

50

前記基板には無機膜及び有機膜が形成されており、  
前記露出部はシリコン系の材料からなり、  
前記プラズマ処理方法は、  
前記基板の無機膜にプラズマ処理を施す無機膜処理ステップと、  
前記基板の有機膜にプラズマ処理を施す有機膜処理ステップとを有し、  
前記無機膜処理ステップでは、前記処理空間内に発生するプラズマ及び前記第2の電極の電位差を、当該第2の電極が有する露出部が前記プラズマによってスパッタリングされる値に設定し、

前記有機膜処理ステップでは、前記第2の電極を電氣的に絶縁し、前記プラズマ及び前記第2の電極の電位差を、当該第2の電極が有する露出部が前記プラズマによってスパッタリングされることがない値に設定することを特徴とすることを特徴とする記憶媒体。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラズマ処理装置、プラズマ処理方法及び記憶媒体に関し、特に、他の構成部品から電氣的に絶縁されている電極を有するプラズマ処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

基板としてのウエハが搬入される処理空間を有する基板処理室と、該基板処理室内に配置され且つ高周波電源に接続された下部電極と、該下部電極と対向するように配置された上部電極とを備える平行平板型のプラズマ処理装置が知られている。このプラズマ処理装置では、処理空間に処理ガスが導入され、上部電極及び下部電極が処理空間に高周波電力を印加する。また、ウエハが処理空間に搬入されて下部電極に載置されたときに、導入された処理ガスを高周波電力によってプラズマにしてイオン等を発生させ、該イオン等によってウエハにプラズマ処理、例えば、エッチング処理を施す。

20

【0003】

処理ガスとしてCF系処理ガスを処理空間に導入してプラズマにした場合、処理空間においてCF系の反応生成物が発生し、上部電極及び下部電極の表面や、基板処理室の内壁面にポリマーとして付着する。ここで、上部電極及び下部電極には高周波電力が供給されているため、上部電極及び下部電極の表面の電位が変動し、処理空間のプラズマと上部電極及び下部電極の表面との間に電位差が発生する。この電位差に応じてイオンが上部電極及び下部電極の表面に衝突して該表面に付着したポリマーが除去される。また、一般に、基板処理室の壁部は接地しているため、処理空間のプラズマと基板処理室の内壁面との間に電位差が発生する。したがって、内壁面に付着したポリマーもイオンの衝突によって除去される。

30

【0004】

また、上部電極及び下部電極の表面や、基板処理室の内壁面にポリマーが付着するのを確実に防止するために処理空間に集塵電極が配置されたプラズマ処理装置も知られている。このプラズマ処理装置では、集塵電極に直流電圧が印加され、該集塵電極は静電気力によって処理空間の反応生成物を引き寄せて捕捉する（例えば、特許文献1参照）。

40

【0005】

また、近年、半導体デバイスの高集積化に伴い、ウエハ上に形成されるパターンの微細化が進んでいる。半導体デバイスの微細化はフォトリソグラフィに用いられる露光装置の光源波長を短波長化することにより実現されており、現在では、光源として波長0.193 $\mu\text{m}$ のフッ化アルゴン(ArF)エキシマレーザが使用されるに至っている。

【0006】

ArFエキシマレーザを用いたフォトリソグラフィに使用されるフォトレジスト膜(ArFレジスト膜)は、半導体素子の構成材料に対するエッチング選択性が十分でないことから、ArFレジスト膜の単層をマスクとして構成材料にエッチングを正確に施すことは困難である。

50

## 【 0 0 0 7 】

また、パターンの微細化に伴いフォトレジスト膜を厚く形成することができず、半導体素子の構成材料に対する高エッチング選択比が要求されるが、当該高エッチング選択比の実現は困難である。

## 【 0 0 0 8 】

そこで、これらを解決するためのプロセスの一例として、多層レジストプロセスが開発されている。多層レジストプロセスは、構成材料のエッチングのマスク材としての機能を高めるためにレジストを多層にし、ターゲットの層を精密に加工するプロセスである。

## 【 0 0 0 9 】

多層レジストプロセスは、例えば、特許文献 2 に記載されている。以下、特許文献 2 に記載の多層レジストプロセスについて、簡単に説明する。

10

## 【 0 0 1 0 】

まず、半導体素子の構成材料（シリコン酸化膜系の絶縁膜、例えば  $\text{SiO}_2$ ）上に、この構成材料に対してエッチング選択性を有する下層レジスト膜（塗布型炭素膜、例えばアモルファスカーボン）と、下層レジスト膜上に対してエッチング選択性を有する酸化膜（ $\text{SiO}_2$ 膜、例えば  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiOC}$ ）と、フォトレジスト膜とを、順次形成する。

## 【 0 0 1 1 】

次いで、フォトリソグラフィによりフォトレジスト膜をパターンニングした後、このフォトレジスト膜をマスクとして酸化膜（無機膜）をエッチングし、フォトレジスト膜のパターンを酸化膜に転写する。次いで、パターンニングされた酸化膜をマスクとして下層レジスト膜（有機膜）をエッチングし、酸化膜のパターンを下層レジスト膜に転写する。そして、下層レジスト膜をマスクとして、構成材料（無機膜）の加工を行う。

20

## 【 0 0 1 2 】

ここで、絶縁膜エッチング装置においては、効率化の観点からシリコン酸化膜系の絶縁膜、例えば  $\text{SiO}_2$  等のシリコンベースの材料の無機膜エッチングと、塗布型炭素膜、例えばアモルファスカーボン等のカーボンベースの材料の有機膜エッチングとの両方が同一チャンバにおいて要求される。 $\text{SiO}_2$ 系材料のエッチングには、主に  $\text{CF}_4$  に代表される  $\text{CF}$ 系のガスが用いられ、高エッチング速度を実現するためには、高電子密度高バイアスエッチングを実現できるエッチング装置が要求される。一方、有機膜エッチングに際しては、 $\text{O}_2$  や  $\text{CO}$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$  等の  $\text{F}$  を含有しないガスが用いられ、高電子密度低バイアスエッチングを実現できるエッチング装置が要求される。

30

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 1 3 】

【 特許文献 1 】 特開平 7 - 1 0 6 3 0 7 号公報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 2 - 0 9 3 7 7 8 号公報

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 1 4 】

ところで、近年、処理空間におけるプラズマを所望の状態に制御するために、上部電極に高周波電力を供給しないプラズマ処理装置が開発されている。このプラズマ処理装置では上部電極が基板処理室の壁部から電氣的に絶縁されているため、下部電極に供給された高周波電力が接地されている壁部を介して上部電極に供給されることがない。また、該上部電極はプラズマから電荷を受け取るが、該電荷は上部電極から流失することがないため、該上部電極はチャージアップし、上部電極の表面と処理空間のプラズマとの電位差が小さくなる。したがって、上部電極の表面に衝突するイオンのエネルギーが低くなり、該表面に付着したポリマーは除去されない。

40

## 【 0 0 1 5 】

上部電極の表面に付着したポリマーが除去されない場合には、ポリマーが剥がれてパーティクルとなってウエハの表面に付着して、ウエハから製造される半導体デバイスの歩留

50

まりが悪化する等の問題が発生する。

【0016】

また、上述した多層レジストプロセスを実行するエッチング装置としてシリコン系の上部電極を有し上部電極及び下部電極から処理空間に高周波電力を印加する装置を使用した場合、無機膜加工において、シリコン系の上部電極をスパッタリングすると、高電子密度のプラズマを用いても、マスク膜であるフォトレジストに対して高選択比を実現できることが知られている。一方、有機膜加工において、上部電極に高周波電力を印加するとシリコン系の上部電極材料がスパッタリングによって飛び出しウエハ上に堆積するという問題が発生する。有機膜加工において処理空間に供給される処理ガスは、Fを含有しないガスであるため、ウエハ上に堆積したシリコン系材料を除去できず、これらが残渣として堆積する。

10

【0017】

下部電極からのみ高周波電力を印加する装置を使用した場合、上述した問題は生じないが、無機膜加工において、シリコン系の上部電極のスパッタリングの効果が得られないため、高電子密度のプラズマを用いた場合、フォトレジスト選択比が低下する問題が生じる。

【0018】

本発明の目的は、基板に無機膜加工及び有機膜加工の連続プロセスを施すことができるプラズマ処理装置、プラズマ処理方法及び記憶媒体を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

20

【0019】

上記目的を達成するために、本発明のプラズマ処理装置は、基板が搬入される処理空間を有し且つ該処理空間において前記基板にプラズマ処理を施す基板処理室と、該基板処理室内に配置され且つ高周波電源に接続された第1の電極と、前記処理空間に露出する露出部を有し且つ前記基板処理室及び前記第1の電極から電氣的に絶縁されている第2の電極とを備えるプラズマ処理装置において、前記基板には無機膜及び有機膜が形成されており、前記露出部はシリコン系の材料からなり、前記基板の無機膜にプラズマ処理を施す際には、前記処理空間内に発生するプラズマ及び前記第2の電極の電位差を、当該第2の電極が有する露出部が前記プラズマによってスパッタリングされる値に設定し、前記基板の有機膜にプラズマ処理を施す際には、前記第2の電極は電氣的に絶縁され、前記プラズマ及び前記第2の電極の電位差を、当該第2の電極が有する露出部が前記プラズマによってス

30

【0020】

上記目的を達成するために、本発明のプラズマ処理方法は、基板が搬入される処理空間を有し且つ該処理空間において前記基板にプラズマ処理を施す基板処理室と、該基板処理室内に配置され且つ高周波電源に接続された第1の電極と、前記処理空間に露出する露出部を有し且つ前記基板処理室及び前記第1の電極から電氣的に絶縁されている第2の電極とを備えるプラズマ処理装置におけるプラズマ処理方法であって、前記基板には無機膜及び有機膜が形成されており、前記露出部はシリコン系の材料からなり、前記基板の無機膜にプラズマ処理を施す無機膜処理ステップと、前記基板の有機膜にプラズマ処理を施す有機膜処理ステップとを有し、前記無機膜処理ステップでは、前記処理空間内に発生するプラズマ及び前記第2の電極の電位差を、当該第2の電極が有する露出部が前記プラズマによってスパッタリングされる値に設定し、前記有機膜処理ステップでは、前記第2の電極を電氣的に絶縁し、前記プラズマ及び前記第2の電極の電位差を、当該第2の電極が有する露出部が前記プラズマによってスパッタリングされることがない値に設定することを特徴とする。

40

【0021】

上記目的を達成するために、本発明の記憶媒体は、基板が搬入される処理空間を有し且つ該処理空間において前記基板にプラズマ処理を施す基板処理室と、該基板処理室内に配置され且つ高周波電源に接続された第1の電極と、前記処理空間に露出する露出部を有し

50

且つ前記基板処理室及び前記第 1 の電極から電氣的に絶縁されている第 2 の電極とを備えるプラズマ処理装置におけるプラズマ処理方法をコンピュータに実行させるプログラムを格納するコンピュータで読み取り可能な記憶媒体であって、前記基板には無機膜及び有機膜が形成されており、前記露出部はシリコン系の材料からなり、前記プラズマ処理方法は、前記基板の無機膜にプラズマ処理を施す無機膜処理ステップと、前記基板の有機膜にプラズマ処理を施す有機膜処理ステップとを有し、前記無機膜処理ステップでは、前記処理空間内に発生するプラズマ及び前記第 2 の電極の電位差を、当該第 2 の電極が有する露出部が前記プラズマによってスパッタリングされる値に設定し、前記有機膜処理ステップでは、前記第 2 の電極を電氣的に絶縁し、前記プラズマ及び前記第 2 の電極の電位差を、当該第 2 の電極が有する露出部が前記プラズマによってスパッタリングされることがない値に設定することを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、無機膜及び有機膜が形成された基板の無機膜にプラズマ処理を施す際には、処理空間及び第 2 の電極の電位差を、当該第 2 の電極が有する露出部が当該処理空間内に発生するプラズマによってスパッタされる値に設定するが、シリコン系材料からなる電極板をスパッタリングすると無機膜加工における有機膜の高選択比の確保を実現することができる。また、基板の有機膜にプラズマ処理を施す際には、プラズマ及び第 2 の電極の電位差を、当該第 2 の電極が有する露出部がプラズマによってスパッタリングされることがない値に設定するので、第 2 の電極からシリコン系材料が飛び出すことがなく、基板上にシリコン系材料が堆積することもないため、基板上に残渣が発生するのを防止することができる。その結果、同一のプラズマ処理装置において基板の無機膜加工処理及び有機膜加工処理を連続プロセスで施すことができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態に係るプラズマ処理装置の概略構成を示す断面図である。

【図 2】処理条件と上部電極板の下面におけるデポ膜厚との関係を示すグラフである。

【図 3】本発明の第 1 の実施の形態に係るプラズマ処理方法のフローチャートである。

【図 4】本発明の第 2 の実施の形態に係るプラズマ処理装置の概略構成を示す断面図である。

30

【図 5】図 4 のプラズマ処理装置 55 によって処理が施されるウエハ W の断面形状を概略的に示す断面図である。

【図 6】本発明の第 2 の実施の形態に係るプラズマ処理方法のフローチャートである。

【図 7】図 6 のステップ S62、S64 の無機膜加工処理の手順を示すフローチャートである。

【図 8】図 6 のステップ S63 の有機膜加工処理の手順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】

【0024】

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。

40

【0025】

図 1 は、本実施の第 1 の形態に係るプラズマ処理装置の概略構成を示す断面図である。このプラズマ処理装置は基板としての半導体ウエハ W に R I E (Reactive Ion Etching) 処理やアッシング処理を施すように構成されている。

【0026】

図 1 において、プラズマ処理装置 10 は円筒形状の基板処理室 11 を有し、該基板処理室 11 は内部に処理空間 S を有する。また、基板処理室 11 内には、例えば、直径が 300 mm の半導体ウエハ W (以下、単に「ウエハ W」という。) を載置する載置台としての円柱状のサセプタ 12 (第 1 の電極) が配置されている。基板処理室 11 の内壁面は側壁部材 45 で覆われる。該側壁部材 45 はアルミニウムからなり、その処理空間 S に面する

50

面はイットリア ( $Y_2O_3$ ) でコーティングされている。また、基板処理室 11 は電氣的に接地するため、側壁部材 45 の電位は接地電位である。サセプタ 12 は基板処理室 11 の底部に絶縁性部材 29 を介して設置される。サセプタ 12 の側面はサセプタ側面被覆部材 50 で覆われる。

【0027】

プラズマ処理装置 10 では、基板処理室 11 の内側壁とサセプタ 12 の側面とによって、サセプタ 12 上方の気体分子を基板処理室 11 の外へ排出する流路として機能する排気路 13 が形成される。この排気路 13 の途中にはプラズマの漏洩を防止する環状の排気プレート 14 が配置される。また、排気路 13 における排気プレート 14 より下流の空間は、サセプタ 12 の下方へ回り込み、可変式バタフライバルブである自動圧力制御弁 (Automatic Pressure Control Valve) (以下、「APCバルブ」という。) 15 に連通する。APCバルブ 15 は、アイソレータ (Isolator) 16 を介して真空引き用の排気ポンプであるターボ分子ポンプ (Turbo Molecular Pump) (以下、「TMP」という。) 17 に接続され、TMP 17 は、バルブ V1 を介して排気ポンプであるドライポンプ (以下、「DP」という。) 18 に接続されている。APCバルブ 15、アイソレータ 16、TMP 17、バルブ V1 及び DP 18 によって構成される排気流路は、APCバルブ 15 によって基板処理室 11 内、より具体的には処理空間 S の圧力制御を行い、さらに TMP 17 及び DP 18 によって基板処理室 11 内をほぼ真空状態になるまで減圧する。

10

【0028】

また、配管 19 がアイソレータ 16 及び APCバルブ 15 の間からバルブ V2 を介して DP 18 に接続されている。配管 19 及びバルブ V2 は、TMP 17 をバイパスして、DP 18 によって基板処理室 11 内を粗引きする。

20

【0029】

サセプタ 12 には高周波電源 20 が給電棒 21 及び整合器 (Matcher) 22 を介して接続されており、該高周波電源 20 は、比較的高い周波数、例えば、40 MHz 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、整合器 22 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。サセプタ 12 は高周波電源 20 から供給された 40 MHz の高周波電力を処理空間 S に印加する。

【0030】

また、サセプタ 12 には、さらに他の高周波電源 46 が給電棒 35 及び整合器 36 を介して接続されており、該他の高周波電源 46 は、高周波電源 20 が供給する高周波電力より低い周波数、例えば、3.13 MHz の高周波電力をサセプタ 12 に供給する。整合器 36 は整合器 22 と同様の機能を有する。

30

【0031】

サセプタ 12 の表面やサセプタ側面被覆部材 50 の表面には供給された 3.13 MHz の高周波電力に起因して高周波 (3.13 MHz) の電位が発生する。したがって、サセプタ 12 の表面等には 3.13 MHz で変動する電位が発生するため、処理空間 S において発生するプラズマの陽イオンのうち処理空間 S におけるプラズマとサセプタ 12 の表面等との電位差に応じた数の陽イオンが、サセプタ 12 の表面に衝突する。サセプタ 12 の表面やサセプタ側面被覆部材 50 の表面に付着しているポリマーは陽イオンの衝突 (スパッタリング) によって除去される。なお、サセプタ 12 の表面やサセプタ側面被覆部材 50 の表面には 40 MHz の高周波電力にも起因して電位が発生するが、陽イオンは 40 MHz で変動する電位差に追従不可能であり、40 MHz の高周波電力に起因して生ずる電位差は小さいため、サセプタ 12 の表面等に衝突する陽イオンのエネルギーは低い。

40

【0032】

サセプタ 12 の内部上方には、導電膜からなる円板状の ESC 電極板 23 が配置されている。ESC 電極板 23 には ESC 直流電源 24 が電氣的に接続されている。ウエハ W は、ESC 直流電源 24 から ESC 電極板 23 に印加された直流電圧により発生するクーロン力又はジョンソン・ラーベック (Johnsen-Rahbek) 力によってサセプタ 12 の上面に吸着

50

保持される。また、サセプタ 1 2 の上方には、サセプタ 1 2 の上面に吸着保持されたウエハ W の周りを囲うように円環状のフォーカスリング 2 5 が配設される。このフォーカスリング 2 5 は、処理空間 S に露出し、該処理空間 S においてプラズマをウエハ W の表面に向けて収束し、R I E 処理やアッシング処理の効率を向上させる。

【 0 0 3 3 】

また、サセプタ 1 2 の内部には、例えば、円周方向に延在する環状の冷媒室 2 6 が設けられる。この冷媒室 2 6 には、チラーユニット（図示せず）から冷媒用配管 2 7 を介して所定温度の冷媒、例えば、冷却水やガルデン（登録商標）液が循環供給され、当該冷媒の温度によってサセプタ 1 2 上面に吸着保持されたウエハ W の処理温度が制御される。

【 0 0 3 4 】

さらに、サセプタ 1 2 の上面のウエハ W が吸着保持される部分（以下、「吸着面」という。）には、複数の伝熱ガス供給孔 2 8 が開口している。これら複数の伝熱ガス供給孔 2 8 は、サセプタ 1 2 内部に配置された伝熱ガス供給ライン 3 0 を介して伝熱ガス供給部 3 2 に接続され、該伝熱ガス供給部 3 2 は伝熱ガスとしてのヘリウムガスを伝熱ガス供給孔 2 8 を介して吸着面及びウエハ W の裏面の間に供給する。

【 0 0 3 5 】

また、サセプタ 1 2 の吸着面には、サセプタ 1 2 の上面から突出自在なリフトピンとしての複数のプッシャーピン 3 3 が配置されている。これらのプッシャーピン 3 3 は、モータ（図示せず）とボールねじ（図示せず）を介して接続され、ボールねじによって直線運動に変換されたモータの回転運動に起因して吸着面から自在に突出する。ウエハ W に R I E 処理やアッシング処理を施すためにウエハ W を吸着面に吸着保持するときには、プッシャーピン 3 3 はサセプタ 1 2 に収容され、R I E 処理やアッシング処理が施されたウエハ W を基板処理室 1 1 から搬出するときには、プッシャーピン 3 3 はサセプタ 1 2 の上面から突出してウエハ W をサセプタ 1 2 から離間させて上方へ持ち上げる。

【 0 0 3 6 】

基板処理室 1 1 の天井部には、サセプタ 1 2 と対向するようにガス導入シャワーヘッド 3 4 が配置されている。ガス導入シャワーヘッド 3 4 はバッファ室 4 0 が内部に形成された、導電性材料からなる電極板支持体 3 9 と、該電極板支持体 3 9 に支持される上部電極板 3 8（第 2 の電極）とを備える。上部電極板 3 8 は処理空間 S にその下面（露出部）が露出する。また、上部電極板 3 8 はシリコン系の導電性材料、例えば、S i や S i C からなる円板状の部材である。上部電極板 3 8 の周縁部及び電極板支持体 3 9 の周縁部は絶縁性材料からなる環状の絶縁性部材 4 7 によって覆われる。すなわち、上部電極板 3 8 及び電極板支持体 3 9 は、接地電位である基板処理室 1 1 の壁部や高周波電力が供給されるサセプタ 1 2 から絶縁性部材 4 7 によって電氣的に絶縁されている。

【 0 0 3 7 】

電極板支持体 3 9 のバッファ室 4 0 には処理ガス供給部（図示せず）からの処理ガス導入管 4 1 が接続されている。この処理ガス導入管 4 1 の途中には配管インシュレータ 4 2 が配置されている。また、ガス導入シャワーヘッド 3 4 は、バッファ室 4 0 を処理空間 S に導通させる複数のガス穴 3 7 を有する。ガス導入シャワーヘッド 3 4 は、処理ガス導入管 4 1 からバッファ室 4 0 へ供給された処理ガスをガス穴 3 7 を経由して処理空間 S へ供給する。

【 0 0 3 8 】

上部電極板 3 8 は直流電源 4 9 と高周波フィルタ 5 1 を介して電氣的に接続されており、直流電源 4 9 は上部電極板 3 8 に負の直流電圧を印加する。直流電源 4 9 が上部電極板 3 8 に印加する直流電圧の値は後述する制御部 5 2 が決定する。

【 0 0 3 9 】

また、基板処理室 1 1 の側壁には、プッシャーピン 3 3 によってサセプタ 1 2 から上方へ持ち上げられたウエハ W の高さに対応する位置にウエハ W の搬出入口 4 3 が設けられ、搬出入口 4 3 には、該搬出入口 4 3 を開閉するゲートバルブ 4 4 が取り付けられている。

【 0 0 4 0 】

10

20

30

40

50

このプラズマ処理装置 10 の基板処理室 11 内では、上述したように、サセプタ 12 がサセプタ 12 及び上部電極板 38 の間の空間である処理空間 S に高周波電力を印加することにより、該処理空間 S においてガス導入シャワーヘッド 34 から供給された処理ガスを高密度のプラズマにして陽イオンやラジカルを発生させ、該陽イオンやラジカルによってウエハ W に R I E 処理やアッシング処理を施す。

【 0 0 4 1 】

また、プラズマ処理装置 10 は、さらに、各構成部品の動作を制御する制御部 52 と、各種データを格納するデータベース 53 と、操作者が処理条件等を入力するための入力部、例えば、オペレーションパネル（図示しない）とを有する。

【 0 0 4 2 】

上述したプラズマ処理装置 10 では、ウエハ W に R I E 処理を施すが、このとき、デポ性の処理ガス、例えば、 $C_4F_8$  ガスとアルゴンガスとの混合ガスを用いると、該処理ガスから生じた反応生成物が、上部電極板 38 の下面、サセプタ 12 の表面、側壁部材 45 の表面やサセプタ側面被覆部材 50 の表面にポリマーとして付着する。付着したポリマーは該表面においてデポ膜を形成する。ここで、上述したように、サセプタ 12 の表面やサセプタ側面被覆部材 50 の表面に付着したポリマーは陽イオンの衝突によって除去される。また、側壁部材 45 の電位が接地電位であるため、側壁部材 45 にも陽イオンが衝突する。したがって、側壁部材 45 の表面に付着したポリマーも除去される。しかしながら、上部電極板 38 に直流電圧を印加しない場合には、上部電極板 38 は電氣的に絶縁されているため、上部電極板 38 の下面と処理空間 S のプラズマとの電位差が小さくなり、上部電極板 38 の下面にイオンが衝突することがなく、該下面に付着したポリマーは除去されない。

【 0 0 4 3 】

本実施の形態では、上部電極板 38 の下面に付着したポリマーを陽イオンの衝突によって除去するために、上部電極板 38 の下面と処理空間 S のプラズマとの間に電位差を発生させる。具体的には、直流電源 49 が上部電極板 38 に負の直流電圧を印加する。

【 0 0 4 4 】

ところで、本発明者は、上部電極板 38 に印加する負の直流電圧の値を検討するために、まず、プラズマ処理装置 10 において上部電極板 38 に直流電圧を印加することなく、処理空間 S において処理ガスからプラズマを生じさせたところ、R I E 処理の処理条件、例えば、処理空間 S に導入される処理ガスの種類、サセプタ 12 に供給される高周波電力の大きさ及び処理空間 S の圧力の少なくとも 1 つに依りて上部電極板 38 の下面に付着するポリマーの量が変化することを確認した。具体的には、処理条件（条件 A ~ 条件 H）を変更したとき、上部電極板 38 の下面におけるデポ膜厚が変化することを確認した（図 2）。これは、処理条件を変化させる、具体的には、処理空間 S の圧力や高周波電力の大きさが変化すると、これに依りて上部電極板 38 の下面と処理空間 S のプラズマとの間に電位差が変化するためである。

【 0 0 4 5 】

上述したように、上部電極板 38 の下面におけるデポ膜厚は R I E 処理の処理条件によって変化するため、本実施の形態では、上部電極板 38 に印加する負の直流電圧の値を処理条件に依りて決定する。具体的には、事前に、プラズマ処理装置 10 において各処理条件におけるデポ膜厚を計測して、処理条件とデポ膜厚との関係（以下、「処理条件 - デポ膜厚関係」という。）をデータベース 53 に格納し、さらに、複数のデポ膜厚について、デポ膜厚毎に、該デポ膜の除去が可能であり且つ上部電極板 38 そのものがスパッタされない負の直流電圧の値をプラズマ処理装置 10 によって求め、除去すべきデポ膜の膜厚と必要な負の直流電圧の値との関係（以下、「デポ膜厚 - 直流電圧値関係」という。）もデータベース 53 に格納する。そして、制御部 52 は、データベース 53 に格納された処理条件 - デポ膜厚関係及びデポ膜厚 - 直流電圧値に基づいて、実行する R I E 処理の処理条件から上部電極板 38 に印加すべき負の直流電圧の値を決定する。

【 0 0 4 6 】

次に、本発明の第 1 の実施の形態に係るプラズマ処理方法について説明する。

【 0 0 4 7 】

図 3 は、本発明の第 1 の実施の形態に係るプラズマ処理方法のフローチャートである。

【 0 0 4 8 】

図 3 において、まず、操作者がオペレーションパネルを介してプラズマ処理装置 1 0 で実行する R I E 処理の処理条件、例えば、所望の処理ガスの種類、高周波電力の大きさ及び処理空間 S の圧力を入力すると、制御部 5 2 は、データベース 5 3 に格納された処理条件 - デポ膜厚関係及びデポ膜厚 - 直流電圧値に基づいて、所望の処理ガスの種類、高周波電力の大きさ及び処理空間 S の圧力の少なくとも 1 つから上部電極板 3 8 に印加すべき負の直流電圧の値を決定する (ステップ S 3 1) (電圧値決定ステップ)。

10

【 0 0 4 9 】

次いで、ウエハ W を基板処理室 1 1 内に搬入し (ステップ S 3 2)、該ウエハ W をサセプタ 1 2 の吸着面に吸着保持させ、さらに、基板処理室 1 1 内の圧力が入力された処理条件における圧力まで減圧されると、直流電源 4 9 が決定された値の負の直流電圧の上部電極板 3 8 への印加を開始し (ステップ S 3 3) (直流電圧印加ステップ)、ガス導入シャワーヘッド 3 4 が処理ガスを処理空間 S に供給し (ステップ S 3 4)、高周波電源 2 0 及び他の高周波電源 4 6 がそれぞれ 4 0 M H z 及び 3 . 1 3 M H z の高周波電力をサセプタ 1 2 に供給し、該サセプタ 1 2 は 4 0 M H z 及び 3 . 1 3 M H z の高周波電力の処理空間 S への印加を開始する (ステップ S 3 5)。このとき、処理ガスが高密度のプラズマとなり、陽イオンやラジカルが処理空間 S において発生する。陽イオンやラジカルはウエハ W に R I E 処理を施す (ステップ S 3 6)。

20

【 0 0 5 0 】

また、処理空間 S にプラズマが生じている間、処理ガスから反応生成物が生じて上部電極板 3 8 の下面にポリマーとして付着するが、上部電極板 3 8 には負の直流電圧が印加されているので、上部電極板 3 8 の下面と処理空間 S のプラズマとの間に電位差が発生して該下面に陽イオンが衝突する。これにより、上部電極板 3 8 の下面に付着したポリマーが除去される。

【 0 0 5 1 】

ウエハ W の R I E 処理が終了すると、高周波電源 2 0 及び他の高周波電源 4 6 がそれぞれ高周波電力のサセプタ 1 2 への供給を停止して処理空間 S への高周波電力の印加を中止する (ステップ S 3 7)。このとき、処理空間 S におけるプラズマも消滅する。

30

【 0 0 5 2 】

次いで、直流電源 4 9 が負の直流電圧の上部電極板 3 8 への印加を中止し (ステップ S 3 8)、基板処理室 1 1 内の圧力を大気圧まで昇圧し、R I E 処理が施されたウエハ W を基板処理室 1 1 から搬出し (ステップ S 3 9)、本処理を終了する。

【 0 0 5 3 】

上述した図 3 の処理によれば、電氣的に絶縁されている上部電極板 3 8 に負の直流電圧が印加されるので、処理空間 S のプラズマと上部電極板 3 8 の下面との間に電位差が発生して、上部電極板 3 8 の下面に陽イオンが衝突する。したがって、上部電極板 3 8 の下面からポリマーを除去することができる。

40

【 0 0 5 4 】

図 3 の処理では、データベース 5 3 に格納された処理条件 - デポ膜厚関係及びデポ膜厚 - 直流電圧値に基づいて、処理空間 S に導入されるガスの種類、サセプタ 1 2 に供給される高周波電力の大きさ及び処理空間 S の圧力の少なくとも 1 つから上部電極板 3 8 に印加される負の直流電圧の値が決定される。上部電極板 3 8 の下面におけるデポ膜の膜厚は上記ガスの種類、上記高周波電力の大きさ及び上記圧力の少なくとも 1 つに関連する。また、データベース 5 3 が格納するデポ膜厚 - 直流電圧値関係における負の直流電圧の値は、当該デポ膜の除去が可能であり且つ上部電極板 3 8 そのものがスパッタされない負の直流電圧の値である。したがって、下面に衝突する陽イオンによるスパッタ量を適切に制御することができ、もって、上部電極板 3 8 からポリマーを適切に除去することができると共

50

に、上部電極板 38 の消耗を防止することができる。

【0055】

また、図 3 の処理では、高周波電源 20 及び他の高周波電源 46 がサセプタ 12 に高周波電力を供給している間は、上部電極板 38 に負の直流電圧が印加される。サセプタ 12 に高周波電力が供給されている間は、処理空間 S においてプラズマが発生し、処理ガスから反応生成物が生じて上部電極板 38 の下面にポリマーとして付着するが、上部電極板 38 に負の直流電圧が印加されているので、ポリマーは陽イオンの衝突によって除去される。したがって、上部電極板 38 からポリマーを確実に除去することができる。

【0056】

上述した図 3 の処理において、上部電極板 38 に印加される負の直流電圧の値は、プラズマに影響を与えない値である 0 V ~ 2000 V であるのがよく、より好ましくは、50 V ~ 200 V であるのがよい。

【0057】

なお、プラズマの分布等を制御するために、上部電極板 38 に印加される負の直流電圧を用いてもよく、この場合、負の直流電圧の値は上述した値に限られない。

【0058】

上述した本実施の形態では、負の直流電圧の印加によって上部電極板 38 の下面に付着するポリマーを除去したが、除去の対象はこれに限られない。例えば、上部電極板 38 の下面に形成される酸化膜も負の直流電圧の印加によって除去することができる。

【0059】

また、上述した本実施の形態では、ウエハ W に R I E 処理を施す前に、実行する R I E 処理の処理条件に応じて印加される負の直流電圧の値が決定されたが、R I E 処理中の処理空間 S におけるプラズマの発光量や上部電極板 38 の下面に付着するポリマーの量に応じて負の直流電圧の値を適宜変更してもよい。上部電極板 38 の下面に付着するポリマーの量を測定する方法としては、両端部が基板処理室 11 の外部に配置された光ファイバの一部を基板処理室 11 内に露出させ、光ファイバの透過率をモニタする方法等が該当する。光ファイバにポリマーが付着した場合に光ファイバの透過率が変化するため、当該方法で上部電極板 38 の下面に付着するポリマーの量を測定することができる。

【0060】

なお、上述した本実施の形態ではプラズマ処理装置 10 が制御部 52 及びデータベース 53 を有していたが、プラズマ処理装置 10 に接続された外部のサーバやデータベースが同様の機能を奏してもよい。

【0061】

次に、本発明の第 2 の実施の形態に係るプラズマ処理装置について説明する。

【0062】

本実施の形態は、その構成や作用が上述した第 1 の実施の形態と基本的に同じであり、直流電源及び高周波フィルタの間にスイッチを有する点が上述した第 1 の実施の形態と異なる。したがって、重複した構成、作用については説明を省略し、以下に異なる構成、作用についての説明を行う。

【0063】

図 4 は、本発明の第 2 の実施の形態に係るプラズマ処理装置の概略構成を示す断面図である。

【0064】

図 4 において、プラズマ処理装置 55 は、直流電源 49 及び高周波フィルタ 51 の間に配されたスイッチ 54 (スイッチ手段) を備える。

【0065】

上部電極板 38 はスイッチ 54 がオンになると直流電源 49 と高周波フィルタ 51 を介して電氣的に接続され、直流電源 49 は上部電極板 38 に直流電圧を印加する。直流電源 49 が上部電極板 38 に印加する直流電圧の値は制御部 52 が決定する。また、上部電極板 38 はスイッチ 54 がオフになると電氣的に浮遊した状態 (以下、「フローティング状

10

20

30

40

50

態」という)になる。スイッチ54のオン/オフは後述する制御部52が制御する。

【0066】

図5は、図4のプラズマ処理装置55によって処理が施されるウエハWの断面形状を概略的に示す断面図である。本実施の形態では、ウエハWに多層レジスト膜が形成された場合について説明を行う。

【0067】

ウエハWの多層レジスト膜は、図5に示すように、まず、Si基板61上に形成された加工対象のSiO<sub>2</sub>膜62(無機膜)上に、該SiO<sub>2</sub>膜62に対してエッチング選択性を有するアモルファスカーボン膜63(有機膜)と、該アモルファスカーボン膜63に対してエッチング選択性を有するSOG膜64(無機膜)と、レジスト膜65とを、順次形成することによって作成される。SOG膜64は、例えばSiO<sub>2</sub>やSiOCからなる。

10

【0068】

本実施の形態では、上述した多層レジスト膜が形成されたウエハWにおける加工プロセスを同一のチャンバにおいて連続に実行する。具体的には、フォトリソグラフィによりレジスト膜65をパターンニングした後、このレジスト膜65をマスクとしてSOG膜64をエッチングし、レジスト膜65のパターンをSOG膜64に転写する。次いで、パターンニングされたSOG膜64をマスクとしてアモルファスカーボン膜63をエッチングし、SOG膜64のパターンをアモルファスカーボン膜63に転写する。そして、パターンニングされたアモルファスカーボン膜63をマスクとして加工対象のSiO<sub>2</sub>膜62の加工を行う。

20

【0069】

さらに詳細には、SOG膜64やSiO<sub>2</sub>膜62のエッチングにおいて、ウエハWが搬入された基板処理室11内の圧力がオペレーションパネル等に入力された処理条件における圧力に設定されると、入力された処理条件に基づいて決定された値の直流電圧を上部電極板38に印加し、処理空間Sにガス導入シャワーヘッド34から主にC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>に代表されるCF系の処理ガスを供給し、サセプタ12に高周波電源20及び他の高周波電源46からそれぞれ供給された40MHz及び3.13MHzの高周波電力を処理空間Sに印加し、供給された処理ガスが高密度のプラズマとなることにより発生する陽イオンやラジカルによってウエハWにRIE処理を施す。

30

【0070】

一方、アモルファスカーボン膜63のエッチングにおいては、入力された処理条件に基づいてスイッチ54をオフすることにより上部電極板38をフローティング状態にし、ウエハWが搬入された基板処理室11内の圧力が入力された処理条件における圧力に設定されると、処理空間Sにガス導入シャワーヘッド34からO<sub>2</sub>、CO、N<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>等のFを含有しない処理ガスを供給し、サセプタ12に高周波電源20から供給された40MHz以上の高周波電力を処理空間Sに印加し、供給された処理ガスが高密度のプラズマとなることにより発生する陽イオンやラジカルによってウエハWにRIE処理を施す。

【0071】

次に、本発明の第2の実施の形態に係るプラズマ処理方法について説明する。

【0072】

図6は、本発明の第2の実施の形態に係るプラズマ処理方法のフローチャートである。

40

【0073】

図6において、まず、操作者がオペレーションパネルを介してプラズマ処理装置55で実行するRIE処理の処理条件、例えば、所望の処理ガスの種類、高周波電力の大きさ及び処理空間Sの圧力を入力する。

【0074】

次いで、ウエハWを基板処理室11内に搬入し(ステップS61)、該ウエハWをサセプタ12の吸着面に吸着保持させ、後述する図7の無機膜加工処理(ステップS62)(無機膜処理ステップ)、図8の有機膜加工処理(ステップS63)(有機膜処理ステップ)、図7の無機膜加工処理(ステップS64)(無機膜処理ステップ)を順に施し、基板

50

処理室 11 内の圧力を大気圧まで昇圧させ、各加工処理において R I E 処理が施されたウエハ W を基板処理室 11 から搬出し (ステップ S 6 5)、本処理を終了する。

【 0 0 7 5 】

なお、ステップ S 6 2 の無機膜加工処理では S O G 膜 6 4 がエッチングされ、このとき、レジスト膜 6 5 のパターンが S O G 膜 6 4 に転写される。ステップ S 6 3 の有機膜加工処理ではアモルファスカーボン膜 6 3 がエッチングされ、S O G 膜 6 4 のパターンがアモルファスカーボン膜 6 3 に転写される。ステップ S 6 4 の無機膜加工処理では S i O<sub>2</sub> 膜 6 2 がエッチングされる。このとき、パターンングされたアモルファスカーボン膜 6 3 がマスクとして機能する。これにより、所望のパターンにパターンングされた S i O<sub>2</sub> 膜 6 2 が得られる。

10

【 0 0 7 6 】

図 7 は、図 6 のステップ S 6 2、6 4 の無機膜加工処理の手順を示すフローチャートである。

【 0 0 7 7 】

図 7 において、まず、操作者によって入力された R I E 処理の処理条件に基づいて制御部 5 2 は上部電極板 3 8 に印加すべき直流電圧の値を決定する (ステップ S 7 1)。

【 0 0 7 8 】

次いで、ウエハ W が搬入された基板処理室 11 内の圧力が入力された処理条件における圧力まで減圧又は昇圧されると、制御部 5 2 はスイッチ 5 4 をオンにし、直流電源 4 9 は上記決定された値の直流電圧の上部電極板 3 8 への印加を開始する (ステップ S 7 2) (直流電源接続ステップ)。次いで、ガス導入シャワーヘッド 3 4 が主に C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> に代表される C F 系の処理ガスを処理空間 S に供給し (ステップ S 7 3)、高周波電源 2 0 及び他の高周波電源 4 6 がそれぞれ 4 0 M H z 及び 3 . 1 3 M H z の高周波電力をサセプタ 1 2 に供給し、該サセプタ 1 2 は 4 0 M H z 及び 3 . 1 3 M H z の高周波電力の処理空間 S への印加を開始する (ステップ S 7 4)。このとき、処理ガスが高密度のプラズマとなり、陽イオンやラジカルが処理空間 S において発生する。陽イオンやラジカルはウエハ W に R I E 処理を施す (ステップ S 7 5)。

20

【 0 0 7 9 】

ステップ S 7 5 では、上部電極板 3 8 に直流電圧が印加されているので、上部電極板 3 8 の下面と処理空間 S のプラズマとの間に電位差が発生する。該電位差に起因して陽イオンが上部電極板 3 8 に引き込まれ、該上部電極板 3 8 がスパッタリングされる。先述したように、シリコン系材料からなる電極板をスパッタリングすると無機膜加工において無機膜のマスク膜に対する高選択比を実現することができる。したがって、ステップ S 7 5 では、S O G 膜 6 4 のエッチングにおけるレジスト膜 6 5 の高選択比の確保及び S i O<sub>2</sub> 膜 6 2 のエッチングにおけるアモルファスカーボン膜 6 3 の高選択比の確保を実現することができる。

30

【 0 0 8 0 】

なお、シリコン系材料からなる電極板のスパッタリングによる効果のメカニズムについては、明りょうに説明するのが困難であるが、鋭意検討を行った結果、本発明者は以下に説明する 2 つの仮説を類推するに至った。

40

【 0 0 8 1 】

( 1 ) シリコン系材料からなる電極板のスパッタリングによってシリコン系材料が飛び出し、マスク膜上に堆積する。その後、プラズマの陽イオンやラジカルがマスク膜に到達しても堆積したシリコン系材料のエッチングに消費され、マスク膜が殆どエッチングされない。

【 0 0 8 2 】

( 2 ) C F 系ガスのプラズマによるエッチングでは、反応生成物としての C F 系のデポが発生してマスク膜に堆積し、デポ膜を形成する。また、電極板のスパッタリングの際、C F 系ガスのフッ素イオンやフッ素ラジカルが消耗される。したがって、発生する C F 系のデポは炭素を多く含有する (カーボンリッチとなる)。炭素を多く含有するとデポ膜が

50

強化されてエッチングされにくくなる。その結果、デポ膜がマスク膜を保護し、マスク膜が殆どエッチングされない。

【 0 0 8 3 】

次いで、ウエハWのR I E処理が終了すると、高周波電源20及び他の高周波電源46がそれぞれ高周波電力のサセプタ12への供給を停止して処理空間Sへの高周波電力の印加を中止する(ステップS76)。このとき、処理空間Sにおけるプラズマも消滅する。

【 0 0 8 4 】

次いで、直流電源49が直流電圧の上部電極板38への印加を中止し(ステップS77)、本処理を終了する。

【 0 0 8 5 】

図7の無機膜加工処理によれば、上部電極板38に直流電圧が印加されるので、処理空間Sのプラズマと上部電極板38の下面との間に電位差が発生して、上部電極板38の下面に陽イオンが衝突する。すなわち、上部電極板38がスパッタリングされるため、SOG膜64のエッチングにおけるレジスト膜65の高選択比の確保及びSiO<sub>2</sub>膜62のエッチングにおけるアモルファスカーボン膜63の高選択比の確保を実現することができる。

【 0 0 8 6 】

本実施の形態においては、上部電極板38に直流電圧を印加する構成としたが、上部電極板38をフローティング状態から接地状態に切り替える構成としてもよく、上部電極板38に高直流電圧(Vdc)を発生させることができる27MHz以下の高周波電力を印加する構成としてもよい。

【 0 0 8 7 】

図8は、図6のステップS63の有機膜加工処理の手順を示すフローチャートである。

【 0 0 8 8 】

図8において、まず、操作者によって入力されたR I E処理の処理条件に基づいて制御部52はスイッチ54をオフにし、上部電極板38をフローティング状態にする(ステップS81)。

【 0 0 8 9 】

次いで、基板処理室11内の圧力が入力された処理条件における圧力まで減圧又は昇圧されると、ガス導入シャワーヘッド34がO<sub>2</sub>、CO、N<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>等のFを含有しない処理ガスを処理空間Sに供給し(ステップS82)、高周波電源20が40MHz以上の高周波電力をサセプタ12に供給し、該サセプタ12は40MHz以上の高周波電力の処理空間Sへの印加を開始する(ステップS83)。このとき、処理ガスが高密度のプラズマとなり、陽イオンやラジカルが処理空間Sにおいて発生する。陽イオンやラジカルはウエハWにR I E処理を施す(ステップS84)。

【 0 0 9 0 】

本処理においては、処理空間Sに供給される処理ガスがFを含有しないガスであるので、処理空間Sにプラズマが生じている間、処理ガスから反応生成物が生ずることはなく、上部電極板38の下面にポリマーが付着することはない。

【 0 0 9 1 】

さらに、上部電極板38がフローティング状態にあるので、該上部電極板38は処理空間Sのプラズマから電荷を受け取り、該電荷は上部電極板38から流失することがなく、これにより、該上部電極板38はチャージアップし、上部電極板38の下面と処理空間Sのプラズマとの電位差が小さくなる。その結果、上部電極板38の下面に衝突する陽イオンのエネルギーが低くなり、上部電極板38の下面がスパッタリングされることがない。したがって、上部電極板38からシリコン系材料が飛び出すことがなく、ウエハW上にシリコン系材料が堆積することもないため、ウエハW上に残渣が発生するのを防止することができる。

【 0 0 9 2 】

ウエハWのR I E処理が終了すると、高周波電源20が高周波電力のサセプタ12への

10

20

30

40

50

供給を停止して処理空間 S への高周波電力の印加を中止する（ステップ S 8 5）。このとき、処理空間 S におけるプラズマも消滅する。そして、本処理を終了する。

【 0 0 9 3 】

図 8 の有機膜加工処理によれば、上部電極板 3 8 をフローティング状態にするので、処理空間 S のプラズマと上部電極板 3 8 の下面との間の電位差が小さくなり、上部電極板 3 8 の下面に衝突する陽イオンのエネルギーが低くなる。したがって、上部電極板 3 8 の下面がスパッタリングされることがないので、シリコン系の上部電極板 3 8 の材料がウエハ上に堆積することを防止することができる。

【 0 0 9 4 】

本実施の形態においては、上部電極板 3 8 をフローティング状態にする構成としたが、上部電極板 3 8 にかかる電位がシリコン系の上部電極板 3 8 の材料のスパッタイルドが立ち上がる閾値以下である 5 0 e V 以下になる構成としてもよい。

10

【 0 0 9 5 】

図 6 のプラズマ処理によれば、S O G 膜 6 4 のエッチングにおけるレジスト膜 6 5 の高選択比の確保及び S i O<sub>2</sub> 膜 6 2 のエッチングにおけるアモルファスカーボン膜 6 3 の高選択比の確保を実現することができると共に、アモルファスカーボン膜 6 3 のエッチングにおいてウエハ W 上に残渣が発生するのを防止することができる。すなわち、同一のプラズマ処理装置においてウエハ W の無機膜加工処理及び有機膜加工処理を連続プロセスで施すことができる。

【 0 0 9 6 】

なお、上述した本実施の形態ではプラズマ処理装置 5 5 が制御部 5 2 及びデータベース 5 3 を有していたが、プラズマ処理装置 5 5 に接続された外部のサーバやデータベースが同様の機能を奏してもよい。

20

【 0 0 9 7 】

なお、上述したプラズマ処理装置 1 0 , 5 5 において R I E 処理等が施される基板は半導体デバイス用の半導体ウエハに限られず、L C D (Liquid Crystal Display) や F P D (Flat Panel Display) 等に用いる各種基板や、フォトマスク、C D 基板、プリント基板等であってもよい。

【 0 0 9 8 】

また、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コードを記憶した記憶媒体を、システム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ（または C P U や M P U 等）が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出し実行することによっても達成される。

30

【 0 0 9 9 】

この場合、記憶媒体から読み出されたプログラムコード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、そのプログラムコード及び該プログラムコードを記憶した記憶媒体は本発明を構成することになる。

【 0 1 0 0 】

また、プログラムコードを供給するための記憶媒体としては、例えば、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、C D - R O M、C D - R、C D - R W、D V D - R O M、D V D - R A M、D V D - R W、D V D + R W 等の光ディスク、磁気テープ、不揮発性のメモ리카ード、R O M 等を用いることができる。または、プログラムコードをネットワークを介してダウンロードしてもよい。

40

【 0 1 0 1 】

また、コンピュータが読み出したプログラムコードを実行することにより、上述した実施の形態の機能が実現されるだけでなく、そのプログラムコードの指示に基づき、コンピュータ上で稼動している O S (オペレーティングシステム) 等が実際の処理の一部または全部を行い、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 1 0 2 】

50

さらに、記憶媒体から読み出されたプログラムコードが、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、そのプログラムコードの指示に基づき、その拡張機能を拡張ボードや拡張ユニットに備わるCPU等が実際の処理の一部または全部を行い、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。

【符号の説明】

【0103】

S 処理空間

W 半導体ウエハ

10 プラズマ処理装置

11 基板処理室

12 サセプタ

20 高周波電源

34 ガス導入シャワーヘッド

38 上部電極板

46 他の高周波電源

49 直流電源

52 制御部

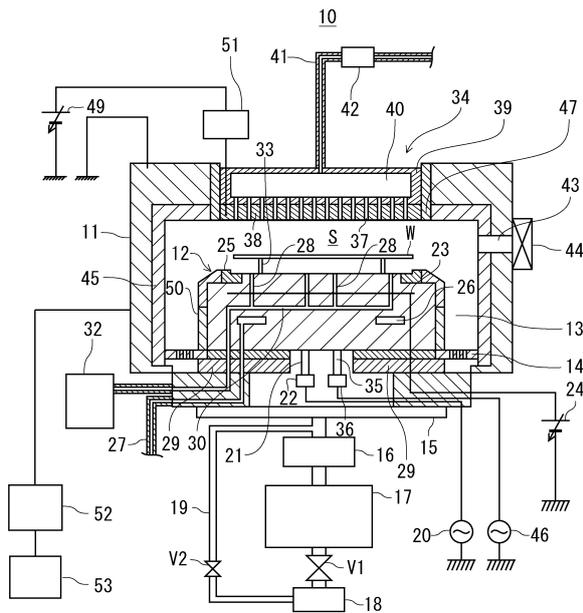
53 データベース

54 スイッチ

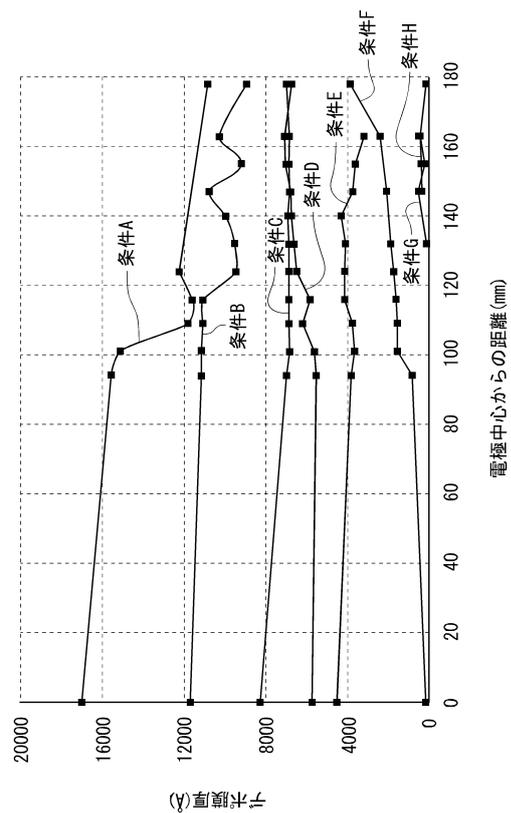
10

20

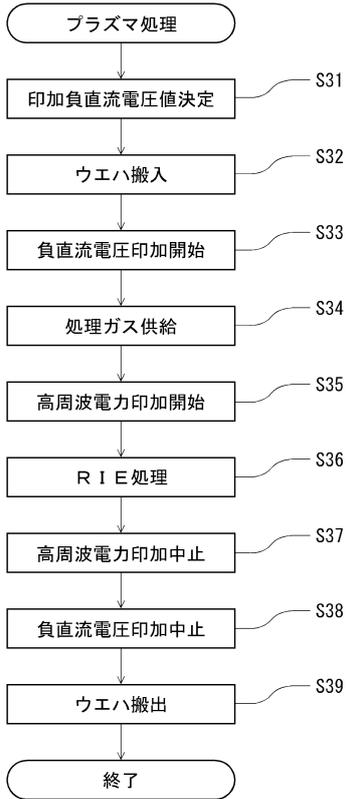
【図1】



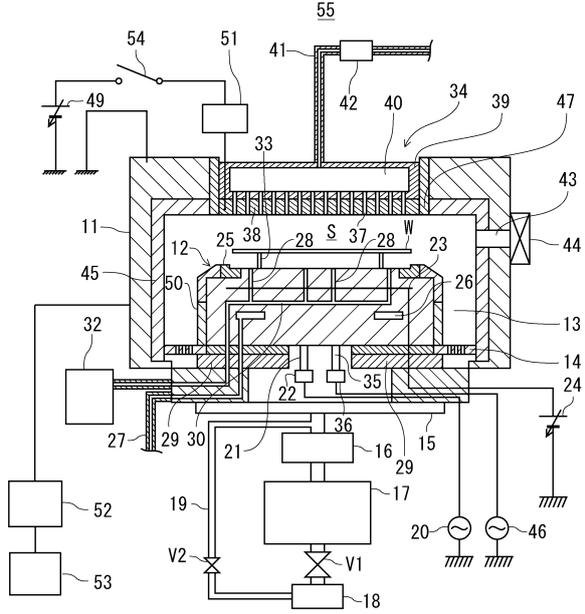
【図2】



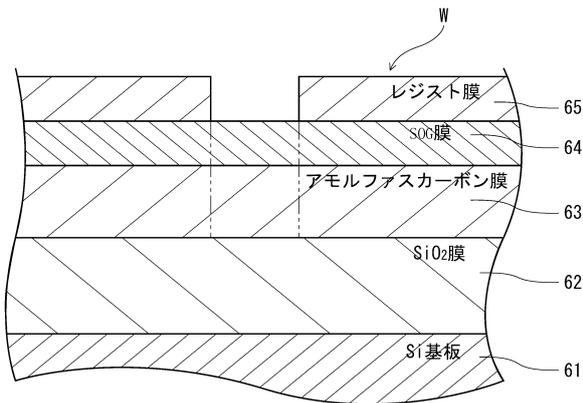
【図3】



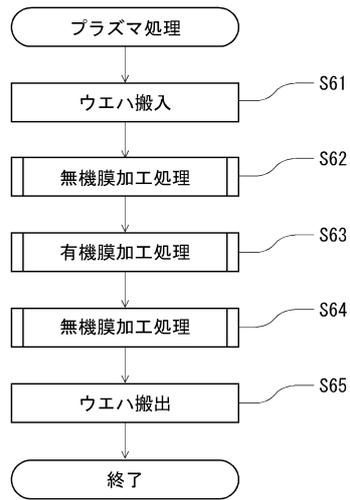
【図4】



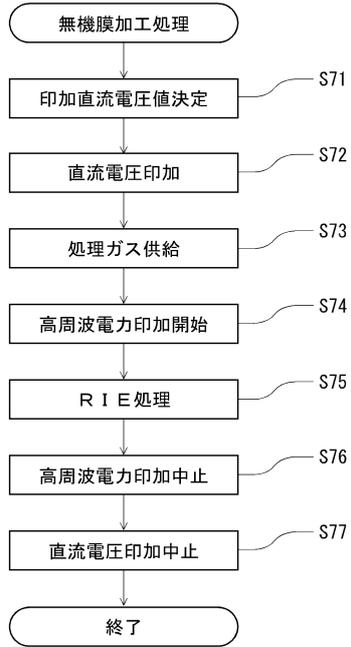
【図5】



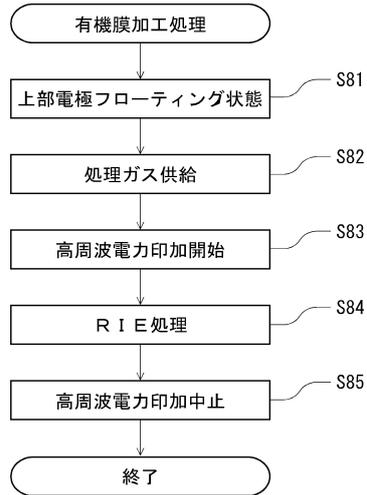
【図6】



【図7】



【図8】



---

フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 学

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 内田 正和

(56)参考文献 特開2001-156041(JP,A)

特開平07-273089(JP,A)

国際公開第2005/124844(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065

H05H 1/46