

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6273188号
(P6273188)

(45) 発行日 平成30年1月31日(2018.1.31)

(24) 登録日 平成30年1月12日(2018.1.12)

(51) Int.Cl.	F 1
HO 1 L 21/305 (2006.01)	HO 1 L 21/302 1 O 6
HO 5 H 1/46 (2006.01)	HO 1 L 21/302 1 O 1 H
HO 1 L 21/304 (2006.01)	HO 5 H 1/46 A
	HO 5 H 1/46 M
	HO 1 L 21/304 6 4 5 C

請求項の数 11 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2014-211142 (P2014-211142)	(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26年10月15日 (2014.10.15)	(74) 代理人	100089118 弁理士 酒井 宏明
(65) 公開番号	特開2015-201618 (P2015-201618A)	(72) 発明者	野中 龍 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27年11月12日 (2015.11.12)	(72) 発明者	佐藤 雅紀 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29年7月19日 (2017.7.19)	(72) 発明者	籐本 奈津紀 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
(31) 優先権主張番号	特願2013-227500 (P2013-227500)		
(32) 優先日	平成25年10月31日 (2013.10.31)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		
(31) 優先権主張番号	特願2014-78196 (P2014-78196)		
(32) 優先日	平成26年4月4日 (2014.4.4)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

早期審査対象出願

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

処理容器の内部に設けられた静電チャックに被処理体が載置されていない状態で、Ar、He、O₂及びN₂の少なくともいずれか一つを含む処理ガスのプラズマを生成し、該プラズマ中のイオンによりSiを含む部材をスパッタすることによって、C及びFを含む反応生成物が付着した前記静電チャックにSi含有物を付着させる付着工程と、

前記処理容器の内部に前記被処理体が搬入された場合に、前記Si含有物が付着した前記静電チャックによって前記被処理体を吸着する吸着工程と、

前記被処理体をプラズマ処理するプラズマ処理工程と、

前記Si含有物が付着した前記静電チャックからプラズマ処理された前記被処理体を離間させる離間工程と

を含むことを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 2】

処理容器の内部に設けられた静電チャックに被処理体が載置されていない状態で、N₂を含む処理ガスのプラズマにより、C及びFを含む反応生成物が付着した前記静電チャックの表面及び前記反応生成物を改質することによって、前記静電チャックにN含有物を付着させる付着工程と、

前記処理容器の内部に前記被処理体が搬入された場合に、前記N含有物が付着した前記静電チャックによって前記被処理体を吸着する吸着工程と、

前記被処理体をプラズマ処理するプラズマ処理工程と、

10

20

前記N含有物が付着した前記静電チャックからプラズマ処理された前記被処理体を離間させる離間工程と

を含むことを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項3】

前記静電チャックから離間された前記被処理体が前記処理容器の外部に搬出された後に、前記静電チャックに前記被処理体が載置されていない状態で、O2含有ガスのプラズマにより前記処理容器の内部に残存する、C及びFを含む付着物を除去するクリーニング工程をさらに含むことを特徴とする請求項1又は2に記載のプラズマ処理方法。

【請求項4】

処理容器の内部に設けられた静電チャックに被処理体が載置されていない状態で、他の被処理体のプラズマ処理に応じて前記処理容器の内部に生じた、C及びFを含む付着物をO2含有ガスのプラズマにより除去するクリーニング工程と、

前記静電チャックに被処理体が載置されていない状態で、前記付着物の除去に応じてC及びFを含む反応生成物が付着した前記静電チャックにSi含有物を付着させ、若しくは、前記付着物の除去に応じてC及びFを含む反応生成物が付着した前記静電チャックに当該静電チャックの表面及び前記反応生成物が改質されて得られるN含有物を付着させる付着工程と、

前記処理容器の内部に前記被処理体が搬入された場合に、前記Si含有物又は前記N含有物が付着した前記静電チャックによって前記被処理体を吸着する吸着工程と、

前記被処理体をプラズマ処理するプラズマ処理工程と、

前記Si含有物又は前記N含有物が付着した前記静電チャックからプラズマ処理された前記被処理体を離間させる離間工程と

を含むことを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項5】

前記付着工程は、前記クリーニング工程によって前記C及びFを含む付着物が除去されてからプラズマ処理されていない前記被処理体が前記処理容器の内部に搬入されるまでの期間に、前記C及びFを含む反応生成物が付着した前記静電チャックに前記Si含有物又は前記N含有物を付着させる

ことを特徴とする請求項4に記載のプラズマ処理方法。

【請求項6】

前記プラズマ処理方法は、

プラズマ処理されていない前記被処理体が前記処理容器の内部に搬入される度に、前記吸着工程、前記プラズマ処理工程、前記離間工程及び前記クリーニング工程を実行する

ことを特徴とする請求項4又は5に記載のプラズマ処理方法。

【請求項7】

前記吸着工程、前記プラズマ処理工程、前記離間工程及び前記クリーニング工程の各々が所定の回数実行された場合に、前記付着工程を再び実行する一連の処理を繰り返す

ことを特徴とする請求項6に記載のプラズマ処理方法。

【請求項8】

前記付着工程の処理時間は、所定時間以上であることを特徴とする請求項1～7のいずれか一つに記載のプラズマ処理方法。

【請求項9】

前記付着工程の処理時間は、5秒以上60秒以下であることを特徴とする請求項1～8のいずれか一つに記載のプラズマ処理方法。

【請求項10】

前記N2を含む処理ガスのプラズマの生成に用いられる高周波電力は、400W以上2000W以下であることを特徴とする請求項2に記載のプラズマ処理方法。

【請求項11】

前記付着工程が実行される場合に、前記処理容器の内部の圧力は、6.67Pa以上107Pa以下の範囲に維持されることを特徴とする請求項1～10のいずれか一つに記載

10

20

30

40

50

のプラズマ処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の種々の側面及び実施形態はプラズマ処理方法及びプラズマ処理装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、プラズマ処理装置は、例えば、処理容器の内部に設けられた静電チャックを用いて被処理体を吸着した上で、被処理体をプラズマ処理し、プラズマ処理済みの被処理体を静電チャックから離間させ、離間された被処理体を処理容器の外部に搬出する。

【0003】

ところで、プラズマ処理装置においては、被処理体がプラズマ処理されることによって処理容器の内部にC及びFを含む付着物が残存する。このため、処理容器の内部に残存する、C及びFを含む付着物を除去するクリーニング処理が行われる。例えば、プラズマ処理済みの被処理体を静電チャックから離間させ、被処理体を処理容器の外部に搬出した後に、静電チャックに被処理体が載置されていない状態で、O₂含有ガスのプラズマにより処理容器内の付着物を除去する技術が知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2006-210461号公報

【特許文献2】特開2012-109472号公報

【特許文献3】特開2007-67455号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上述した従来技術では、被処理体の離間を妨げる残留吸着力を低減することまでは考慮されていない。

【0006】

30

すなわち、従来技術では、処理容器内に残存する、C及びFを含む付着物がO₂含有ガスのプラズマによりC及びFを含む反応生成物として除去される際に、除去された付着物のC及びFを含む反応生成物が拡散して、静電チャックに再付着する。このため、プラズマ処理装置は、C及びFを含む反応生成物が再付着した静電チャックを用いて新規の被処理体を吸着し、吸着した新規の被処理体をプラズマ処理することとなる。すると、プラズマ処理された被処理体と、静電チャックに付着したC及びFを含む反応生成物との間で電荷の移動が発生し、その結果、静電チャックに向けて被処理体を引き寄せる力が残留吸着力として発生する。静電チャックに残留吸着力が発生すると、プラズマ処理済みの被処理体の離間が妨げられ、最悪の場合、被処理体が破損する恐れがある。従来技術では、被処理体の離間を妨げる残留吸着力を低減するという点で更なる改善の余地があった。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一側面に係るプラズマ処理方法は、処理容器の内部に設けられた静電チャックに被処理体が載置されていない状態で、Ar、He、O₂及びN₂の少なくともいずれか一つを含む処理ガスのプラズマを生成し、該プラズマ中のイオンによりSiを含む部材をスパッタすることによって、C及びFを含む反応生成物が付着した静電チャックにSi含有物を付着させる付着工程と、処理容器の内部に被処理体が搬入された場合に、Si含有物が付着した静電チャックによって被処理体を吸着する吸着工程と、被処理体をプラズマ処理するプラズマ処理工程と、Si含有物が付着した静電チャックからプラズマ処理された被処理体を離間させる離間工程とを含む。

50

【発明の効果】**【0008】**

本発明の種々の側面及び実施形態によれば、被処理体の離間を妨げる残留吸着力を低減することができるプラズマ処理方法及びプラズマ処理装置が実現される。

【図面の簡単な説明】**【0009】**

【図1】図1は、第1の実施形態に係るプラズマ処理方法が適用されるプラズマ処理装置の構成を概略的に示す断面図である。

【図2】図2は、第1の実施形態に係るプラズマ処理装置によるプラズマ処理方法の処理の流れの一例を示すフローチャートである。

10

【図3】図3は、第1の実施形態における付着工程について示す図である。

【図4A】図4Aは、第1の実施形態における付着工程を行う意義について説明するための説明図である。

【図4B】図4Bは、第1の実施形態における付着工程を行う意義について説明するための説明図である。

【図4C】図4Cは、第1の実施形態における付着工程を行う意義について説明するための説明図である。

【図5A】図5Aは、第1の実施形態における付着工程において用いられる諸条件と、トルク改善率との関係を示す図（その1）である。

【図5B】図5Bは、第1の実施形態における付着工程において用いられる諸条件と、トルク改善率との関係を示す図（その1）である。

20

【図6A】図6Aは、第1の実施形態における付着工程において用いられる諸条件と、トルク改善率との関係を示す図（その2）である。

【図6B】図6Bは、第1の実施形態における付着工程において用いられる諸条件と、トルク改善率との関係を示す図（その2）である。

【図7】図7は、第2の実施形態に係るプラズマ処理装置によるプラズマ処理方法の処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図8】図8は、第2の実施形態における付着工程について示す図である。

【図9】図9は、第2の実施形態における付着工程を行う意義について説明するための説明図である。

30

【図10】図10は、第2の実施形態における付着工程において用いられる諸条件と、トルク改善率との関係を示す図である。

【図11】図11は、第2の実施形態における付着工程による残留吸着力の低減を説明するための図である。

【図12A】図12Aは、クリーニング工程が行われた後に付着工程が行われない場合の電荷の移動を示す図である。

【図12B】図12Bは、第2の実施形態におけるN含有物による電荷の移動の遮断のメカニズムを説明するための図である。

【発明を実施するための形態】**【0010】**

以下、図面を参照して開示するプラズマ処理方法及びプラズマ処理装置について詳細に説明する。なお、各図面において同一又は相当の部分に対しては同一の符号を付すこととする。

【0011】

開示するプラズマ処理方法は、1つの実施形態において、処理容器の内部に設けられた静電チャックに被処理体が載置されていない状態で、C及びFを含む反応生成物が付着した静電チャックにSi含有物又はN含有物を付着させる付着工程と、処理容器の内部に被処理体が搬入された場合に、Si含有物又はN含有物が付着した静電チャックによって被処理体を吸着する吸着工程と、被処理体をプラズマ処理するプラズマ処理工程と、Si含有物又はN含有物が付着した静電チャックからプラズマ処理された被処理体を離間させる

50

離間工程とを含む。

【0012】

また、開示するプラズマ処理方法は、1つの実施形態において、付着工程は、静電チャックに被処理体が載置されていない状態で、Ar、He、O₂及びN₂の少なくともいずれか一つを含む処理ガスのプラズマを生成し、該プラズマ中のイオンによりSiを含む部材をスパッタすることによって、C及びFを含む反応生成物が付着した静電チャックにSi含有物を付着させる。

【0013】

また、開示するプラズマ処理方法は、1つの実施形態において、付着工程は、静電チャックに被処理体が載置されていない状態で、N₂を含む処理ガスのプラズマを生成することによって、C及びFを含む反応生成物が付着した静電チャックにN含有物を付着させる。

10

【0014】

また、開示するプラズマ処理方法は、1つの実施形態において、静電チャックから離間された被処理体が処理容器の外部に搬出された場合に、静電チャックに被処理体が載置されていない状態で、O₂含有ガスのプラズマにより処理容器の内部に残存する、C及びFを含む付着物を除去するクリーニング工程をさらに含み、付着工程は、クリーニング工程によってC及びFを含む付着物が除去されてからプラズマ処理されていない被処理体が処理容器の内部に搬入されるまでの期間に、C及びFを含む反応生成物が付着した静電チャックにSi含有物を付着させる。

20

【0015】

また、開示するプラズマ処理方法は、1つの実施形態において、付着工程を実行した後に、プラズマ処理されていない被処理体が処理容器の内部に搬入される度に、吸着工程、プラズマ処理工程、離間工程及びクリーニング工程を実行し、吸着工程、プラズマ処理工程、離間工程及びクリーニング工程の実行回数が所定の回数に到達した場合に、付着工程を再び実行する一連の処理を繰り返す。

【0016】

また、開示するプラズマ処理方法は、1つの実施形態において、付着工程の処理時間は、所定時間以上である。

【0017】

30

また、開示するプラズマ処理方法は、1つの実施形態において、付着工程の処理時間は、5秒以上60秒以下である。

【0018】

また、開示するプラズマ処理方法は、1つの実施形態において、N₂を含む処理ガスのプラズマの生成に用いられる高周波電力は、400W以上2000W以下である。

【0019】

また、開示するプラズマ処理方法は、1つの実施形態において、付着工程が実行される場合に、処理容器の内部の圧力は、6.67Pa以上107Pa以下の範囲に維持される。

【0020】

40

また、開示するプラズマ処理装置は、1つの実施形態において、被処理体をプラズマ処理するための処理容器と、処理容器の内部に配置され、被処理体を吸着するための静電チャックと、処理容器の内部を減圧するための排気部と、処理容器の内部に処理ガスを供給するためのガス供給部と、静電チャックに被処理体が載置されていない状態で、Ar、He、O₂及びN₂の少なくともいずれか一つを含む処理ガスのプラズマを生成し、該プラズマ中のイオンによりSiを含む部材をスパッタすることによって、C及びFを含む反応生成物が付着した静電チャックにSi含有物を付着させる付着工程と、処理容器の内部に被処理体が搬入された場合に、Si含有物が付着した静電チャックによって被処理体を吸着する吸着工程と、被処理体をプラズマ処理するプラズマ処理工程と、Si含有物が付着した静電チャックからプラズマ処理された被処理体を離間させる離間工程とを実行する制

50

御部とを備えた。

【0021】

(第1の実施形態)

図1は、第1の実施形態に係るプラズマ処理方法が適用されるプラズマ処理装置の構成を概略的に示す断面図である。

【0022】

図1において、ウエハWにエッチング処理を施すエッチング処理装置として構成されるプラズマ処理装置1は、金属製、例えば、アルミニウム又はステンレス鋼製の円筒型チャンバ(処理チャンバ)10を有し、該チャンバ10内に、円柱状のサセプタ11が配設されている。サセプタ11は、下部電極を構成し、サセプタ11上には、被処理体であるウエハWが載置される。

10

【0023】

チャンバ10の側壁とサセプタ11との間には、サセプタ11上方の気体をチャンバ10の外へ排出する流路として機能する排気路12が形成される。この排気路12の途中には環状のバッフル板13が配設され、排気路12のバッフル板13より下流の空間は、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」という)14に連通する。APC14は、真空引き用の排気ポンプであるターボ分子ポンプ(以下「TMP」という)15に接続され、さらに、TMP15を介して排気ポンプであるドライポンプ(以下「DP」という)16に接続されている。APC14、TMP15及びDP16によって構成される排気流路を以下「本排気ライン」と称するが、この本排気ラインは、APC14によってチャンバ10内の圧力制御を行うだけでなくTMP15及びDP16によってチャンバ10内をほぼ真空状態になるまで減圧する。APC14、TMP15及びDP16は、チャンバ10の内部を減圧するための排気部の一例である。

20

【0024】

また、上述した排気路12のバッフル板13より下流の空間は、本排気ラインとは別の排気流路(以下「粗引きライン」という)に接続されている。この粗引きラインは、上記空間とDP16とを連通させる、直径が例えば、25mmである排気管17と、排気管17の途中に配設されたバルブV2とを備える。このバルブV2は、上記空間とDP16とを遮断することができる。粗引きラインはDP16によってチャンバ10内の気体を排出する。

30

【0025】

サセプタ11には、所定の高周波電力をサセプタ11に印加する高周波電源18が接続されている。また、サセプタ11の上方には、ウエハWを静電吸着力で吸着するための静電チャック20が配設されている。静電チャック20には、例えば絶縁層により挟まれた導電膜である電極21が設けられる。電極21には直流電源22が電気的に接続されている。静電チャック20では、直流電源22から静電チャック20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)力等の静電力によってウエハWがサセプタ11の上面に吸着保持される。ウエハWを吸着しないときには、静電チャック20は直流電源22との導通が絶たれてフローティング状態になる。また、シリコン(Si)等から成る円環状のフォーカスリング24は、サセプタ11の上方に発生したプラズマをウエハWに向けて収束させる。

40

【0026】

サセプタ11の内部には、例えば、円周方向に延在する環状の冷媒室25が設けられている。この冷媒室25には、チラーコニット(図示せず)から配管26を介して所定温度の冷媒、例えば、冷却水が循環供給され、当該冷媒の温度によってサセプタ11上のウエハWの処理温度が制御される。

【0027】

サセプタ11の上面においてウエハWが吸着される部分(以下、「吸着面」という)には、複数の伝熱ガス供給孔27及び伝熱ガス供給溝(図示せず)が配されている。吸着面

50

には、例えば、静電チャック 20 の上面が含まれる。伝熱ガス供給孔 27 等は、サセプタ 11 内部に配設された伝熱ガス供給ライン 28 を介して、バルブ V3 を有する伝熱ガス供給管 29 に連通し、伝熱ガス供給管 29 に接続された伝熱ガス供給部（図示せず）からの伝熱ガス、例えば、He ガスを、吸着面とウエハ W の裏面との間隙に供給する。これにより、ウエハ W とサセプタ 11 との熱伝達性が向上する。なお、バルブ V3 は、伝熱ガス供給孔 27 等と伝熱ガス供給部とを遮断することができる。

【0028】

また、サセプタ 11 の吸着面には、静電チャック 20 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ュアーピン 30 が配設されている。これらのプッシュアーピン 30 は、モータ（図示せず）の回転運動がボールねじ等によって直線運動に変換されることにより、図中上下方向に移動する。ウエハ W が吸着面に吸着保持されるときには、プッシュアーピン 30 はサセプタ 11 に収容され、エッチング処理が施される等してプラズマ処理が終了したウエハ W をチャンバ 10 から搬出するときには、プッシュアーピン 30 は静電チャック 20 の上面から突出してウエハ W を静電チャック 20 から離間させて上方へ持ち上げる。また、プッシュアーピン 30 が静電チャック 20 からウエハ W を離間させる際には、モータ（図示せず）の回転軸にトルクが発生する。以下では、プッシュアーピン 30 が静電チャック 20 からウエハ W を離間させる際にモータの回転軸に発生するトルクを「プッシュアーピントルク」と呼ぶ。

【0029】

チャンバ 10 の天井部には、シャワーヘッド 33 が配設されている。シャワーヘッド 33 には高周波電源 52 が接続されており、高周波電源 52 は、所定の高周波電力をシャワーヘッド 33 に印加する。これにより、シャワーヘッド 33 は上部電極として機能する。

【0030】

シャワーヘッド 33 は、多数のガス通気孔 34 を有する下面の電極板 35 と、該電極板 35 を着脱可能に支持する電極支持体 36 とを有する。電極支持体 36 は、導電性材料により形成され、例えば、表面が陽極酸化処理されたアルミニウムにより形成される。電極板 35 は、Si 含有物質により形成され、例えば、シリコン単結晶、アモルファスシリコン等の Si により形成される。また、シリコン含有物質は、電極板の比抵抗を下げる為の B、As、P 等のドーパントを含んでも良い。

【0031】

また、該電極支持体 36 の内部にバッファ室 37 が設けられ、このバッファ室 37 には処理ガス供給部（図示せず）からの処理ガス導入管 38 が接続されている。この処理ガス導入管 38 の途中にはバルブ V1 が配設されている。このバルブ V1 は、バッファ室 37 と処理ガス供給部とを遮断することができる。ここで、サセプタ 11 とシャワーヘッド 33 の間の電極間距離 D は例えば、27 ± 1 mm 以上に設定される。

【0032】

この処理ガス導入管 38 のバルブ V1 の上流側には、チャンバ 10 内に導入される処理ガス等の流量を制御する流量制御装置 39 が取付けられている。流量制御装置 39 は、後述する CPU (Central Processing Unit) 53 に電気的に接続されており、CPU 53 からの信号に基づいてチャンバ 10 内に導入される処理ガス及びバージガスの流量を制御する。

【0033】

チャンバ 10 の側壁には、ウエハ W の搬入出口 31 を開閉するゲートバルブ 32 が取り付けられている。このプラズマ処理装置 1 のチャンバ 10 内では、上述したように、サセプタ 11 及びシャワーヘッド 33 に高周波電力が印加され、該印加された高周波電力によって空間 S において処理ガスから高密度のプラズマが発生し、イオンやラジカルが生成される。

【0034】

また、プラズマ処理装置 1 は、その内部又は外部に配置された CPU 53 を備える。この CPU 53 は、バルブ V1, V2, V3, APC14, TMP15, DP16、高周波

10

20

30

40

50

電源 1 8 , 5 2 、流量制御装置 3 9 、及び直流電源 2 2 等の各構成部に接続され、ユーザのコマンドや所定のプロセスレシピに応じて各構成要素の動作を制御する。C P U 5 3 は、制御部の一例である。

【 0 0 3 5 】

例えば、C P U 5 3 は、後述するプラズマ処理方法を行うようにプラズマ処理装置 1 の各構成部を制御する。詳細な一例を挙げると、C P U 5 3 は、A r 、H e 、O 2 及びN 2 の少なくともいずれか一つを含む処理ガスのプラズマを生成し、プラズマ中のイオンによりS i を含む部材をスパッタすることによって、C 及びF を含む反応生成物が付着した静電チャック 2 0 にS i 含有物を付着させる。そして、C P U 5 3 は、S i 含有物が付着した静電チャック 2 0 によって被処理体を吸着し、吸着した被処理体をプラズマ処理する。そして、C P U 5 3 は、S i 含有物が付着した静電チャック 2 0 からプラズマ処理済みの被処理体を離間させる。ここで、静電チャック 2 0 に付着した、C 及びF を含む付着物は、例えば、チャンバ 1 0 内に残存する、C 及びF を含む付着物がO 2 含有ガスのプラズマによりC 及びF を含む反応生成物としてチャンバ外に排気されて除去される。しかし、一部C 及びF を含む反応生成物が拡散して、静電チャック 2 0 の表面に付着する。また、S i を含む部材は、例えば、上部電極としてのシャワーヘッド 3 3 を構成する。また、被処理体は、例えば、ウエハW である。

【 0 0 3 6 】

次に、第 1 の実施形態に係るプラズマ処理装置 1 によるプラズマ処理方法の処理の流れの一例について説明する。図 2 は、第 1 の実施形態に係るプラズマ処理装置によるプラズマ処理方法の処理の流れの一例を示すフローチャートである。なお、以下では、チャンバ 1 0 内に残存する、C 及びF を含む付着物をO 2 含有ガスのプラズマにより除去するクリーニング工程が前回行われることによって、C 及びF を含む反応生成物が静電チャック 2 0 に向けて拡散して、静電チャック 2 0 の表面に付着しているものとする。

【 0 0 3 7 】

図 2 に示すように、プラズマ処理装置 1 は、処理タイミングが到来するまで待機する（ステップ S 1 0 1 否定）。プラズマ処理装置 1 は、処理タイミングが到来すると（ステップ S 1 0 1 肯定）、静電チャック 2 0 に被処理体が載置されていない状態で、処理ガスのプラズマを生成し、プラズマ中のイオンによりS i を含むシャワーヘッド 3 3 をスパッタすることによって、静電チャック 2 0 にS i 含有物を付着させる付着工程を行う（ステップ S 1 0 2 ）。具体的には、プラズマ処理装置 1 は、前回のクリーニング工程によって、チャンバ 1 0 の内部に残存する、C 及びF を含む付着物が除去されてからプラズマ処理されていないウエハW がチャンバ 1 0 の内部に搬入されるまでの期間に、C 及びF を含む反応生成物が付着した静電チャック 2 0 にS i 含有物を付着させる。例えば、プラズマ処理装置 1 は、A r 、H e 、O 2 及びN 2 の少なくともいずれか一つを含む処理ガスを用いて、S i 含有物を付着させる。また、付着工程の処理時間は、所定時間以上であることが好ましく、例えば、1 0 秒以上であることが好ましく、2 0 秒以上であることがより好ましい。付着工程の処理時間が1 0 秒未満である場合、プラズマの生成が不安定となるため、S i 含有物の付着が不十分となり、残留吸着力が残存してしまう。

【 0 0 3 8 】

図 3 は、第 1 の実施形態における付着工程について示す図である。図 3 の例では、C 及びF を含む反応生成物 5 0 が静電チャック 2 0 に付着しているものとする。プラズマ処理装置 1 のC P U 5 3 は、シャワーヘッド 3 3 からチャンバ 1 0 内部にA r 、H e 、O 2 及びN 2 の少なくともいずれか一つを含む処理ガスを供給し、高周波電源 5 2 からシャワーヘッド 3 3 へプラズマ生成用の高周波電力を印加する。この際、C P U 5 3 は、高周波電源 1 8 からイオン引き込み用の高周波電力を印加しない。すなわち、図 3 の（1）に示すように、C P U 5 3 は、A r 、H e 、O 2 及びN 2 の少なくともいずれか一つを含む処理ガスのプラズマが生成される際に、シャワーヘッド 3 3 の表面に対する所定のスパッタ効果が得られる程度に電極板 3 5 の表面の自己バイアス電圧 V d c が深くなるように、つまり、シャワーヘッド 3 3 の表面での V d c の絶対値が大きくなるように、高周波電源 5 2

10

20

30

40

50

からシャワーヘッド33へプラズマ生成用の高周波電力を印加する。その上で、CPU53は、Ar、He、O2及びN2の少なくともいずれか一つを含む処理ガスをチャンバ10内に供給する。

【0039】

この結果、図3の(1)に示すように、シャワーヘッド33の電極板35の表面に対するイオンの衝突が加速し、シャワーヘッド33がスパッタされ、シャワーヘッド33を構成する電極板35に含まれるSiの降下量(スパッタ量)が増加する。例えば、図3の(1)に示す例では、プラズマ中のArイオンが電極板35の表面に衝突し、電極板35を形成するSiが静電チャック20に向けて堆積する。すると、図3の(2)に示すように、C及びFを含む反応生成物50が付着した静電チャック20の表面に、Si含有物60が堆積する。これにより、静電チャック20に付着した反応生成物50が静電チャック20と共にSi含有物60により覆われる。言い換えると、静電チャック20によって吸着されるウエハWと、静電チャック20に付着した反応生成物50との間の電荷の移動がSi含有物60により遮断される。その結果、静電チャック20からのウエハWの離間を妨げる残留吸着力を低減することが可能となる。

【0040】

なお、図3の例では、CPU53が、高周波電源18からイオン引き込み用の高周波電力を印加しない例を示したが、これに限らず、CPU53が、高周波電源18からイオン引き込み用の高周波電力を印加するようにしても良い。また、図3の例では、高周波電源52からシャワーヘッド33にプラズマ生成用の高周波電力を印加する例を示したが、これに限らず、図示しないDC電源からシャワーヘッド33に負の直流電圧を供給することによって、シャワーヘッド33をスパッタしても良い。

【0041】

図2の説明に戻る。続いて、プラズマ処理装置1は、チャンバ10の内部に被処理体を搬入する搬入工程を行う(ステップS103)。

【0042】

より詳細な一例を挙げて説明する。プラズマ処理装置1のCPU53は、ゲートバルブ32及び搬入出口31からチャンバ10の内部にウエハWを搬入し、搬入されたウエハWを静電チャック20上に載置する。

【0043】

続いて、プラズマ処理装置1は、Si含有物が付着した静電チャック20によって被処理体を吸着する吸着工程を行う(ステップS104)。

【0044】

より詳細な一例を挙げて説明する。プラズマ処理装置1のCPU53は、直流電源22から静電チャック20の電極板35へ直流電圧を印加することによって、ウエハWをサセプタ11上に吸着する。

【0045】

続いて、プラズマ処理装置1は、被処理体を処理ガスのプラズマによりプラズマ処理するプラズマ処理工程を行う(ステップS105)。例えば、プラズマ処理装置1は、処理ガスとして、例えば、CF系ガスを用いて、静電チャック20によって吸着されたウエハWをプラズマ処理する。すると、ウエハWがプラズマ処理されることによって、チャンバ10の内壁や、チャンバ10の内部のシャワーヘッド33等にC及びFを含む反応生成物が付着する。つまり、C及びFを含む反応生成物がチャンバ10の内部に残存する。

【0046】

より詳細な一例を挙げて説明する。プラズマ処理装置1のCPU53は、シャワーヘッド33からチャンバ10内部に処理ガスを供給し、高周波電源52からシャワーヘッド33へプラズマ生成用の高周波電力を印加するとともに、高周波電源18からサセプタ11へイオン引き込み用の高周波電力を印加する。これにより、ウエハWがプラズマ処理される。

【0047】

10

20

30

40

50

続いて、プラズマ処理装置1は、Si含有物が付着した静電チャック20からプラズマ処理された被処理体を離間させる離間工程を行う(ステップS106)。

【0048】

より詳細な一例を挙げて説明する。プラズマ処理装置1のCPU53は、静電チャック20の電極21への直流電圧の印加を停止するとともに、静電チャック20からプッシュアーピン30を突出させることによって、静電チャック20からウエハWを離間させる。

【0049】

続いて、プラズマ処理装置1は、チャンバ10の外部に被処理体を搬出する搬出工程を行う(ステップS107)。

【0050】

より詳細な一例を挙げて説明する。プラズマ処理装置1のCPU53は、静電チャック20から離間されたウエハWを、搬入出口31及びゲートバルブ32を介してチャンバ10の外部へ搬出する。

【0051】

続いて、プラズマ処理装置1は、被処理体がチャンバ10の外部へ搬出された場合に、静電チャック20に被処理体が載置されていない状態で、O2含有ガスのプラズマによりチャンバ10の内部(チャンバ側壁やサセプタ周辺等)に残存する、C及びFを含む付着物を除去するクリーニング工程を行う(ステップS108)。例えば、プラズマ処理装置1は、O2含有ガスとして、O2を用いて、C及びFを含む付着物をC及びFを含む反応生成物として除去する。すると、除去された、C及びFを含む付着物がC及びFを含む反応生成物として静電チャック20に向けて拡散して、その一部が静電チャック20表面に付着する。

【0052】

より詳細な一例を挙げて説明する。プラズマ処理装置1のCPU53は、シャワーヘッド33からチャンバ10の内部にO2を供給し、高周波電源52からシャワーヘッド33へプラズマ生成用の高周波電力を印加するとともに、高周波電源18からサセプタ11へイオン引き込み用の高周波電力を印加する。これにより、O2のプラズマにより、C及びFを含む付着物がC及びFを含む反応生成物として除去され、C及びFを含む反応生成物として静電チャック20に向けて拡散して、静電チャック20表面に付着する。

【0053】

続いて、プラズマ処理装置1は、処理を終了するか否かを判定する(ステップS109)。プラズマ処理装置1は、処理を継続する場合には(ステップS109否定)、処理をステップS102へ戻し、ステップS102～S109を繰り返す。一方、プラズマ処理装置1は、処理を終了する場合には(ステップS109肯定)、処理を終了する。また、ウエハ処理毎に付着工程(ステップ102)を入れた場合は、処理を終了するか否かを判定する(ステップS109)工程を省いても良い。

【0054】

なお、図2に示す例では、クリーニング工程が前回行われることによって、C及びFを含む反応生成物が静電チャック20に向けて拡散して、静電チャック20の表面に付着していることが前提であったが、これには限られない。例えば、必要に応じて、ステップS108のクリーニング工程が省略されても良い。この場合、ステップS105のプラズマ処理工程が前回行われることによって、C及びFを含む反応生成物が静電チャック20の表面に付着し、静電チャック20の表面にC及びFを含む反応生成物が残存することとなる。例えば、プラズマ処理工程が前回行われた際に排気されなかった、C及びFを含む反応生成物が静電チャック20の表面に付着する。第1の実施形態では、ステップS108のクリーニング工程が省略された場合であっても、ステップS102の付着工程を行うことによって、静電チャック20に付着した反応生成物を静電チャック20と共にSi含有物により覆うことが可能となる。言い換えると、静電チャック20によって吸着されるウエハWと、静電チャック20に付着した反応生成物との間の電荷の移動がSi含有物により遮断される。その結果、静電チャック20からのウエハWの離間を妨げる残留吸着力を

10

20

30

40

50

低減することが可能となる。

【0055】

このように、第1の実施形態のプラズマ処理装置1は、Ar、He、O₂及びN₂の少なくともいずれか一つを含む処理ガスのプラズマを生成し、プラズマ中のイオンによりSiを含むシャワーヘッド33を構成する電極板35をスパッタすることによって、C及びFを含む付着物又は反応生成物が付着した静電チャック20にSi含有物を付着させる付着工程を行う。そして、プラズマ処理装置1は、Si含有物が付着した静電チャック20によって被処理体を吸着する吸着工程を行う。そして、プラズマ処理装置1は、被処理体をプラズマ処理するプラズマ処理工程を行う。そして、プラズマ処理装置1は、Si含有物が付着した静電チャック20からプラズマ処理済みの被処理体を離間させる離間工程を行う。これにより、静電チャック20に付着した付着物又は反応生成物を静電チャック20と共にSi含有物により覆った上で、静電チャック20によって被処理体を吸着することができる。言い換えると、静電チャック20によって吸着されるウエハWと、静電チャック20に付着した付着物又は反応生成物との間の電荷の移動をSi含有物により遮断することができる。その結果、静電チャック20からのウエハWの離間を妨げる残留吸着力を低減することが可能となる。

【0056】

次に、第1の実施形態における付着工程について更に詳細に説明する。図4A～図4Cは、第1の実施形態における付着工程を行う意義について説明するための説明図である。図4A～図4Cにおいて、縦軸は、プッシュアーピン30が静電チャック20からウエハWを離間させる際にモータの回転軸に発生するトルク（すなわち、プッシュアーピントルク）[N・m]を示し、横軸は、プッシュアーピントルクの計測対象であるウエハWのロット番号を示している。

【0057】

また、図4A～図4Cにおいて、計測ポイント110は、付着工程、搬入工程、吸着工程、プラズマ処理工程、離間工程、搬出工程及びクリーニング工程を順に行った場合に得られたプッシュアーピントルクを示している。また、図4A～図4Cにおいて、計測ポイント群120は、付着工程、搬入工程、吸着工程、プラズマ処理工程、離間工程、搬出工程及びクリーニング工程を順に行う前に、付着工程を行うことなく、付着工程を除く他の工程を順に行った場合に得られたプッシュアーピントルクを示している。また、図4A～図4Cにおいて、計測ポイント群130は、付着工程、搬入工程、吸着工程、プラズマ処理工程、離間工程、搬出工程及びクリーニング工程を順に行った後に、付着工程を行うことなく、付着工程を除く他の工程を順に行った場合に得られたプッシュアーピントルクを示している。また、付着工程では、条件として、圧力：3.99Pa(30mTorr)、高周波電力HF/高周波電力LF：500/100W、処理ガス：Ar=1200sccm、処理時間：20秒で処理した。

【0058】

図4A～図4Cに示すように、付着工程、搬入工程、吸着工程、プラズマ処理工程、離間工程、搬出工程及びクリーニング工程を順に行った場合、付着工程を行わない場合と比較して、プッシュアーピントルクが減少した。言い換えると、付着工程、搬入工程、吸着工程、プラズマ処理工程、離間工程、搬出工程及びクリーニング工程を順に行うロットを複数回繰り返した後に、付着工程を除く他の工程を順に行った場合、継続的にプッシュアーピントルクが減少した。すなわち、付着工程、搬入工程、吸着工程、プラズマ処理工程、離間工程、搬出工程及びクリーニング工程を順に行うロットを複数回繰り返すことによって、付着工程を行わない所定のロットに関して、残留吸着力の低減の効果が持続されることが分かった。

【0059】

また、図4B及び図4Cに示すように、付着工程、搬入工程、吸着工程、プラズマ処理工程、離間工程、搬出工程及びクリーニング工程を順に行うロットを複数回繰り返した後に、付着工程を除く他の工程を順に行った場合、継続的にプッシュアーピントルクが減少した。すなわち、付着工程、搬入工程、吸着工程、プラズマ処理工程、離間工程、搬出工程及びクリーニング工程を順に行うロットを複数回繰り返すことによって、付着工程を行わない所定のロットに関して、残留吸着力の低減の効果が持続されることが分かった。

【0060】

10

20

30

40

50

図 5 A 及び図 5 B は、第 1 の実施形態における付着工程において用いられる諸条件と、トルク改善率との関係を示す図（その 1）である。図 5 A 及び図 5 B において、「Pressure (mT)」は、付着工程において用いられた、チャンバ 10 の内部の圧力 (mT) を示し、「Power (W)」は、付着工程において用いられた、シャワーヘッド 33 に印加される高周波電力 (W) を示している。また、図 5 A 及び図 5 B において、トルク改善率 (%) とは、以下の式 (1) により表される指標値であり、トルク改善率の値が大きいほど、残留吸着力が低減されたことを示す。

【0061】

$$\text{トルク改善率 (\%)} = A / B \quad \dots \quad (1)$$

ただし、

10

A : 付着工程を行うことなく、搬入工程、吸着工程、プラズマ処理工程、離間工程、搬出工程及びクリーニング工程を順に行うロットを複数回繰り返した場合に得られた複数のブッシャーピントルクの平均値と、付着工程、搬入工程、吸着工程、プラズマ処理工程、離間工程、搬出工程及びクリーニング工程を順に行うロットを 1 回行った場合に得られたブッシャーピントルクの値との差分値

B : 付着工程を行うことなく、搬入工程、吸着工程、プラズマ処理工程、離間工程、搬出工程及びクリーニング工程を順に行うロットを複数回繰り返した場合に得られた複数のブッシャーピントルクの平均値と、予め定められたブッシャーピントルクの基準値との差分値

【0062】

20

また、図 5 A では、付着工程の処理ガスとして $A_r = 1200 \text{ sccm}$ を用い、かつ、付着工程の処理時間として 10 秒間処理した場合に得られたトルク改善率を示した。また、図 5 B では、付着工程の処理ガスとして $A_r = 1200 \text{ sccm}$ を用い、かつ、付着工程の処理時間として 20 秒間処理した場合に得られたトルク改善率を示した。

【0063】

図 5 A 及び図 5 B に示すように、チャンバ 10 の内部の圧力が低く、かつ、シャワーヘッド 33 に印加される高周波電力が大きいほど、トルク改善率が改善された。言い換えると、チャンバ 10 の内部の圧力が低く、かつ、シャワーヘッド 33 に印加される高周波電力が大きいほど、残留吸着力が低減された。従って、堆積処理の処理時の圧力は、25 mTorr (3.33 Pa) 以上 200 mTorr (26.6 Pa) 以下であり、かつ、高周波電力パワーは、300 W 以上 1500 W 以下であることが好ましい。また、堆積処理の処理時の圧力は、30 mTorr (3.99 Pa) 以上 200 mTorr (26.6 Pa) 以下であり、かつ、高周波電力パワーは、400 W 以上 1500 W 以下であることがより好ましい。更に、圧力は、30 mTorr (3.99 Pa) 以上 100 mTorr (13.3 Pa) 以下であり、かつ、高周波電力パワーは、400 W 以上 1200 W であることがより好ましい。

30

【0064】

40

また、図 5 A 及び図 5 B に示すように、付着工程の処理時間が 10 秒である場合に、付着工程において用いられる諸条件（チャンバ 10 の内部の圧力、及びシャワーヘッド 33 に印加される高周波電力）の範囲のうち比較的に広い範囲において、トルク改善率が 80 % 以上となった。すなわち、付着工程の処理時間が 10 秒である場合に、比較的に広い範囲において、残留吸着力が低減された。さらに、付着工程の処理時間が 20 秒である場合は、付着工程の処理時間が 10 秒である場合と比較して、トルク改善率が 80 % 以上である範囲が増大した。このことから、付着工程の処理時間は、例えば、10 秒以上であることが好ましく、20 秒以上であることがより好ましいことが分かった。従って、プラズマの安定時間とチャンバ内部材へのダメージを考慮すると、付着工程の処理時間は、5 秒以上 120 秒以下が好ましく、10 秒以上 30 秒以下がより好ましい。

【0065】

図 6 A 及び図 6 B は、第 1 の実施形態における付着工程において用いられる諸条件と、トルク改善率との関係を示す図（その 2）である。図 6 A 及び図 6 B において、トルク改

50

善率(%)とは、上記の式(1)により表される指標値であり、トルク改善率の値が大きいほど、残留吸着力が低減されたことを示す。図6A及び図6Bにおいて、「Press ure(mT)」は、付着工程において用いられた、チャンバ10の内部の圧力(mT)を示し、「Power(W)」は、付着工程において用いられた、シャワーHEAD33に印加される高周波電力(W)を示している。また、図6A及び図6Bにおいて、トルク改善率(%)とは、上記の式(1)により表される指標値であり、トルク改善率の値が大きいほど、残留吸着力が低減されたことを示す。

【0066】

また、図6Aでは、付着工程の処理ガスとして $O_2 = 1200\text{ sccm}$ を用い、かつ、付着工程の処理時間として10秒を用いた場合に得られたトルク改善率を示した。また、図6Bでは、付着工程の処理ガスとして $O_2 = 1200\text{ sccm}$ を用い、かつ、付着工程の処理時間として20秒を用いた場合に得られたトルク改善率を示した。

10

【0067】

図6A及び図6Bに示すように、チャンバ10の内部の圧力が低く、かつ、シャワーHEAD33に印加される高周波電力が大きいほど、トルク改善率が改善された。言い換えると、チャンバ10の内部の圧力が低く、かつ、シャワーHEAD33に印加される高周波電力が大きいほど、残留吸着力が低減された。

【0068】

また、図6A及び図6Bに示すように、付着工程の処理時間が10秒である場合に、付着工程において用いられる諸条件(チャンバ10の内部の圧力、及びシャワーHEAD33に印加される高周波電力)の範囲のうち比較的に広い範囲において、トルク改善率が80%以上となった。すなわち、付着工程の処理時間が10秒である場合に、比較的に広い範囲において、残留吸着力が低減された。さらに、付着工程の処理時間が20秒である場合は、付着工程の処理時間が10秒である場合と比較して、トルク改善率が80%以上である範囲が増大した。このことから、付着工程の処理時間は、例えば、10秒以上であることが好ましく、20秒以上であることがより好ましいことが分かった。従って、プラズマの安定時間とチャンバ内部材へのダメージを考慮すると、付着工程の処理時間は、5秒以上120秒以下が好ましく、10秒以上30秒以下がより好ましい。

20

【0069】

なお、付着工程の処理ガスとして $O_2 = 1200\text{ sccm}$ を用いた場合、付着工程の処理ガスとして $Ar = 1200\text{ sccm}$ を用いた場合と比較して、トルク改善率が80%以上である範囲が狭くなった。しかしながら、付着工程の処理ガスとして $O_2 = 1200\text{ sccm}$ を用いた場合に得られたトルク改善率は、予め定められたスペックを満足する値であった。

30

【0070】

上述したように、第1の実施形態のプラズマ処理装置1は、Ar、He、O₂及びN₂の少なくともいずれか一つを含む処理ガスのプラズマを生成し、プラズマ中のイオンによりSiを含むシャワーHEAD33をスパッタすることによって、C及びFを含む付着物又は反応生成物が付着した静電チャック20にSi含有物を付着させる付着工程を行う。そして、プラズマ処理装置1は、Si含有物が付着した静電チャック20によって被処理体を吸着する吸着工程を行う。そして、プラズマ処理装置1は、被処理体をプラズマ処理するプラズマ処理工程を行う。そして、プラズマ処理装置1は、Si含有物が付着した静電チャック20からプラズマ処理済みの被処理体を離間させる離間工程を行う。これにより、静電チャック20に付着した付着物又は反応生成物を静電チャック20と共にSi含有物により覆った上で、静電チャック20によって被処理体を吸着することができる。言い換えると、静電チャック20によって吸着されるウエハWと、静電チャック20に付着した付着物との間の電荷の移動をSi含有物により遮断することができる。その結果、静電チャック20からのウエハWの離間を妨げる残留吸着力を低減することができる。

40

【0071】

また、第1の実施形態のプラズマ処理装置1は、チャンバ10内に残存する、C及びF

50

を含む付着物がO₂含有ガスのプラズマにより除去されてからプラズマ処理されていない被処理体がチャンバ10の内部に搬入されるまでの期間に、C及びFを含む付着物又は反応生成物が付着した静電チャック20にSi含有物を付着させる。これにより、O₂含有ガスを用いたドライクリーニング(DC: Dry Cleaning)が実行された後に静電チャック20に付着した付着物を静電チャック20と共にSi含有物により覆うことができる。その結果、O₂含有ガスを用いたDCに起因して発生する残留吸着力を低減することができる。従って、プラズマ処理した後の基板を負荷なくスムーズにピンアップが出来、チャンバ内で基板を破損することなく搬出することが出来る。

【0072】

また、第1の実施形態のプラズマ処理装置1では、付着工程の処理時間は、所定時間以上である。その結果、静電チャック20からのウエハWの離間を妨げる残留吸着力を安定的に低減することが可能となる。

10

【0073】

(第2の実施形態)

上記第1の実施形態では、付着工程において、静電チャック20にSi含有物を付着させる例を説明した。しかしながら、付着工程において、静電チャック20にN含有物を付着させてもよい。そこで、第2の実施形態では、静電チャック20にN含有物を付着させる例を説明する。なお、第2の実施形態に係るプラズマ処理装置の構成は、第1の実施形態に係るプラズマ処理装置の構成と同様であるので、ここでは、第1の実施形態に係るプラズマ処理装置の構成との相違点のみを説明する。

20

【0074】

第2の実施形態に係るプラズマ処理装置1において、CPU53は、後述するプラズマ処理方法を行うようにプラズマ処理装置の各構成部を制御する。詳細な一例を挙げると、CPU53は、静電チャック20に被処理体が載置されていない状態で、N₂を含む処理ガスのプラズマを生成することによって、C及びFを含む反応生成物が付着した静電チャック20にN含有物を付着させる。そして、CPU53は、N含有物が付着した静電チャック20によって被処理体を吸着し、吸着した被処理体をプラズマ処理する。そして、CPU53は、N含有物が付着した静電チャック20からプラズマ処理済みの被処理体を離間させる。ここで、C及びFを含む付着物は、例えば、チャンバ10内に残存する、C及びFを含む付着物がO₂含有ガスのプラズマにより除去される場合に、C及びFを含む反応生成物の一部が拡散して、静電チャック20の表面に付着することによって、得られる。また、被処理体は、例えば、ウエハWである。

30

【0075】

次に、第2の実施形態に係るプラズマ処理装置1によるプラズマ処理方法の処理の流れの一例について説明する。図7は、第2の実施形態に係るプラズマ処理装置によるプラズマ処理方法の処理の流れの一例を示すフローチャートである。なお、以下では、チャンバ10内に残存する、C及びFを含む付着物をO₂含有ガスのプラズマにより除去するクリーニング工程が前回行われることによって、C及びFを含む反応生成物が静電チャック20に向けて拡散して、静電チャック20の表面に付着しているものとする。

40

【0076】

図7に示すように、プラズマ処理装置1は、処理タイミングが到来するまで待機する(ステップS201否定)。プラズマ処理装置1は、処理タイミングが到来すると(ステップS201肯定)、静電チャック20に被処理体が載置されていない状態で、N₂を含む処理ガスのプラズマを生成することによって、静電チャック20にN含有物を付着させる付着工程を行う(ステップS202)。具体的には、プラズマ処理装置1は、前回のクリーニング工程によって、チャンバ10の内部に残存する、C及びFを含む付着物が除去されてからプラズマ処理されていないウエハWがチャンバ10の内部に搬入されるまでの期間に、C及びFを含む反応生成物が付着した静電チャック20にN含有物を付着させる。例えば、プラズマ処理装置1は、N₂を含む処理ガスとして、N₂又はN₂/O₂を用いて、N含有物を付着させる。

50

【0077】

図8は、第2の実施形態における付着工程について示す図である。図8の例では、C及びFを含む反応生成物50が静電チャック20に付着しているものとする。プラズマ処理装置1のCPU53は、シャワーヘッド33からチャンバ10内部にN2を含む処理ガスを供給し、高周波電源18からサセプタ11へプラズマ生成用の高周波電力を印加する。この際、CPU53は、高周波電源52から高周波電力を印加しない。この結果、図8の(1)に示すように、N2を含む処理ガスのプラズマが生成される。すると、図8の(2)に示すように、C及びFを含む反応生成物50が付着した静電チャック20の表面に、N含有物70が付着する。これにより、静電チャック20に付着した反応生成物50が静電チャック20と共にN含有物70により覆われる。言い換えると、静電チャック20によって吸着されるウエハWと、静電チャック20に付着した反応生成物50との間の電荷の移動がN含有物70により遮断される。その結果、静電チャック20からのウエハWの離間を妨げる残留吸着力を低減することが可能となる。なお、N含有物70による電荷の移動の遮断のメカニズムについては、後述する。

【0078】

図7の説明に戻る。続いて、プラズマ処理装置1は、チャンバ10の内部に被処理体を搬入する搬入工程を行う(ステップS203)。

【0079】

より詳細な一例を挙げて説明する。プラズマ処理装置1のCPU53は、ゲートバルブ32及び搬入出口31からチャンバ10の内部にウエハWを搬入し、搬入されたウエハWを静電チャック20上に載置する。

【0080】

続いて、プラズマ処理装置1は、N含有物が付着した静電チャック20によって被処理体を吸着する吸着工程を行う(ステップS204)。

【0081】

より詳細な一例を挙げて説明する。プラズマ処理装置1のCPU53は、直流電源22から静電チャック20の電極21へ直流電圧を印加することによって、ウエハWをサセプタ11上に吸着する。

【0082】

続いて、プラズマ処理装置1は、被処理体を処理ガスのプラズマによりプラズマ処理するプラズマ処理工程を行う(ステップS205)。例えば、プラズマ処理装置1は、処理ガスとして、例えば、CF系ガスを用いて、静電チャック20によって吸着されたウエハWをプラズマ処理する。すると、ウエハWがプラズマ処理されることによって、チャンバ10の内壁や、チャンバ10の内部のシャワーヘッド33等にC及びFを含む反応生成物が付着する。つまり、C及びFを含む反応生成物がチャンバ10の内部に残存する。

【0083】

より詳細な一例を挙げて説明する。プラズマ処理装置1のCPU53は、シャワーヘッド33からチャンバ10内部に処理ガスを供給し、高周波電源18からサセプタ11へプラズマ生成用の高周波電力を印加する。この際、CPU53は、高周波電源52から高周波電力を印加しない。これにより、ウエハWがプラズマ処理される。

【0084】

続いて、プラズマ処理装置1は、N含有物が付着した静電チャック20からプラズマ処理された被処理体を離間させる離間工程を行う(ステップS206)。

【0085】

より詳細な一例を挙げて説明する。プラズマ処理装置1のCPU53は、静電チャック20の電極21への直流電圧の印加を停止するとともに、静電チャック20からプッシュアーピン30を突出させることによって、静電チャック20からウエハWを離間させる。

【0086】

続いて、プラズマ処理装置1は、チャンバ10の外部に被処理体を搬出する搬出工程を行う(ステップS207)。

10

20

30

40

50

【0087】

より詳細な一例を挙げて説明する。プラズマ処理装置1のCPU53は、静電チャック20から離間されたウエハWを、搬入出口31及びゲートバルブ32を介してチャンバ10の外部へ搬出する。

【0088】

続いて、プラズマ処理装置1は、被処理体がチャンバ10の外部へ搬出された場合に、静電チャック20に被処理体が載置されていない状態で、O2含有ガスのプラズマによりチャンバ10の内部に残存する、C及びFを含む付着物を除去するクリーニング工程を行う(ステップS208)。例えば、プラズマ処理装置1は、O2含有ガスとして、O2を用いて、C及びFを含む付着物をC及びFを含む反応生成物として除去する。すると、除去された、C及びFを含む付着物がC及びFを含む反応生成物として静電チャック20に向けて拡散して、静電チャック20表面に付着する。

【0089】

より詳細な一例を挙げて説明する。プラズマ処理装置1のCPU53は、シャワーヘッド33からチャンバ10の内部にO2を供給し、高周波電源18からサセプタ11へプラズマ生成用の高周波電力を印加する。この際、CPU53は、高周波電源52から高周波電力を印加しない。これにより、O2のプラズマにより、C及びFを含む付着物がC及びFを含む反応生成物として除去され、C及びFを含む反応生成物として静電チャック20に向けて拡散して、静電チャック20表面に付着する。

【0090】

続いて、プラズマ処理装置1は、処理を終了するか否かを判定する(ステップS209)。プラズマ処理装置1は、処理を継続する場合には(ステップS209否定)、処理をステップS202へ戻し、ステップS202～S209を繰り返す。一方、プラズマ処理装置1は、処理を終了する場合には(ステップS209肯定)、処理を終了する。また、ウエハ処理毎に付着工程(ステップ202)を入れた場合は、処理を終了するか否かを判定する(ステップS209)工程を省いても良い。

【0091】

なお、図7に示す例では、クリーニング工程が前回行われることによって、C及びFを含む反応生成物が静電チャック20に向けて拡散して、静電チャック20の表面に付着していることが前提であったが、これには限られない。例えば、必要に応じて、ステップS208のクリーニング工程が省略されても良い。この場合、ステップS205のプラズマ処理工程が前回行われることによって、C及びFを含む反応生成物が静電チャック20の表面に付着し、静電チャック20の表面にC及びFを含む反応生成物が残存することとなる。例えば、プラズマ処理工程が前回行われた際に排気されなかった、C及びFを含む反応生成物が静電チャック20の表面に付着する。第2の実施形態では、ステップS208のクリーニング工程が省略された場合であっても、ステップS202の付着工程を行うことによって、静電チャック20に付着した反応生成物を静電チャック20と共にN含有物により覆うことが可能となる。言い換えると、静電チャック20によって吸着されるウエハWと、静電チャック20に付着した反応生成物との間の電荷の移動がN含有物により遮断される。その結果、静電チャック20からのウエハWの離間を妨げる残留吸着力を低減することが可能となる。

【0092】

このように、第2の実施形態のプラズマ処理装置1は、静電チャック20に被処理体が載置されていない状態で、N2を含む処理ガスのプラズマを生成することによって、C及びFを含む反応生成物が付着した静電チャック20にN含有物を付着させる付着工程を行う。そして、プラズマ処理装置1は、N含有物が付着した静電チャック20によって被処理体を吸着する吸着工程を行う。そして、プラズマ処理装置1は、被処理体をプラズマ処理するプラズマ処理工程を行う。そして、プラズマ処理装置1は、N含有物が付着した静電チャック20からプラズマ処理済みの被処理体を離間させる離間工程を行う。これにより、静電チャック20に付着した反応生成物を静電チャック20と共にN含有物により覆

った上で、静電チャック 20 によって被処理体を吸着することができる。言い換えると、静電チャック 20 によって吸着されるウエハWと、静電チャック 20 に付着した反応生成物との間の電荷の移動をN含有物により遮断することができる。その結果、静電チャック 20 からのウエハWの離間を妨げる残留吸着力を低減することが可能となる。

【0093】

次に、第2の実施形態における付着工程について更に詳細に説明する。図9は、第2の実施形態における付着工程を行う意義について説明するための説明図である。図9において、縦軸は、プッシュアーピン30が静電チャック20からウエハWを離間させる際にモータの回転軸に発生するトルク(すなわち、プッシュアーピントルク)[N・m]を示し、横軸は、プッシュアーピントルクの計測対象であるウエハWのロット番号を示している。

10

【0094】

また、図9において、計測ポイント210は、付着工程、搬入工程、吸着工程、プラズマ処理工程、離間工程、搬出工程及びクリーニング工程を順に行なった場合に得られたプッシュアーピントルクを示している。また、図9において、計測ポイント群220は、付着工程、搬入工程、吸着工程、プラズマ処理工程、離間工程、搬出工程及びクリーニング工程を順に行なう前に、付着工程を行なうことなく、付着工程を除く他の工程を順に行なった場合に得られたプッシュアーピントルクを示している。また、図9において、計測ポイント群230は、付着工程、搬入工程、吸着工程、プラズマ処理工程、離間工程、搬出工程及びクリーニング工程を順に行なった後に、付着工程を行なうことなく、付着工程を除く他の工程を順に行なった場合に得られたプッシュアーピントルクを示している。また、付着工程では、条件として、圧力:3.99Pa(30mTorr)、高周波電力:200W、処理ガス:N₂=300sccm、処理時間:20秒で処理した。

20

【0095】

図9に示すように、付着工程、搬入工程、吸着工程、プラズマ処理工程、離間工程、搬出工程及びクリーニング工程を順に行なった場合、付着工程を行なうことなく他の工程を行なった場合と比較して、プッシュアーピントルクが減少した。言い換えると、付着工程、搬入工程、吸着工程、プラズマ処理工程、離間工程、搬出工程及びクリーニング工程を順に行なった場合、付着工程を行わない場合と比較して、ウエハWの離間を妨げる残留吸着力が低減された。

【0096】

30

図10は、第2の実施形態における付着工程において用いられる諸条件と、トルク改善率との関係を示す図である。図10において、「Pressure(mT又はPa)」は、付着工程において用いられた、チャンバ10の内部の圧力(mT又はPa)を示し、「Power(W)」は、付着工程において用いられた、シャワーヘッド33に印加される高周波電力(W)を示している。また、図10において、トルク改善率(%)とは、上述した式(1)により表される指標値であり、トルク改善率の値が大きいほど、残留吸着力が低減されたことを示す。

【0097】

また、図10では、付着工程の処理ガスとしてN₂=200sccmを用い、かつ、付着工程の処理時間として20秒間処理した場合に得られたトルク改善率を示した。

40

【0098】

図10に示すように、チャンバ10の内部の圧力が低く、かつ、サセプタ11に印加される高周波電力が大きいほど、トルク改善率が改善された。言い換えると、チャンバ10の内部の圧力が低く、かつ、サセプタ11に印加される高周波電力が大きいほど、残留吸着力が低減された。

【0099】

図11は、第2の実施形態における付着工程による残留吸着力の低減を説明するための図である。図11では、O2ガスのプラズマを用いてクリーニング工程を行い、N₂ガスのプラズマを用いて付着工程を行い、その後、離間工程を行なった場合に得られたプッシュアーピントルクを示している。図11において、「Torque Max(V)」は、プッシュアーピントルクを示す。

50

シャーピントルク (N・m) から換算されるモータの電圧値 (V) である。なお、プシャーピントルクは、3回測定されたものとする。また、クリーニング工程では、条件として、圧力: 53.3 Pa (400 mTorr)、高周波電力 (HF/LF) : 800 W / 0 W、処理ガス: O₂ = 700 sccm、処理時間: 60秒又は120秒が用いられた。また、付着工程では、条件として、圧力: 4 Pa (30 mTorr)、26.7 Pa (200 mTorr) 又は 53.3 Pa (400 mTorr)、高周波電力 (HF/LF) : 700 W / 0 W、処理ガス: N₂ = 700 sccm、処理時間: 10秒、20秒又は30秒が用いられた。

【0100】

また、図11において、プッシュシャーピントルクの初期値は、0.249 (V) であるものとする。 10

【0101】

図11に示すように、付着工程の処理時間が長く、かつ、チャンバ10の内部の圧力が低いほど、プッシュシャーピントルクの値は減少した。言い換えると、付着工程の処理時間が長く、かつ、チャンバ10の内部の圧力が低いほど、ウエハWの離間を妨げる残留吸着力が低減された。発明者は、さらに鋭意検討を重ねた結果、付着工程の処理時間、プラズマ生成用の高周波電力、チャンバ10の内部の圧力が以下の範囲である場合に、プッシュシャーピントルクの値が予め定められた許容範囲内に収まることが分かった。

【0102】

すなわち、付着工程の処理時間は、5秒以上60秒以下であることが好ましい。付着工程の処理時間が5秒未満である場合には、N₂を含む処理ガスのプラズマが安定しない。一方、付着工程の処理時間が60秒を超える場合には、プロセスのスループットが低下する。 20

【0103】

また、N₂を含む処理ガスのプラズマの生成に用いられる高周波電力、すなわち、プラズマ生成用の高周波電力は、400 W以上2000 W以下であることが好ましい。プラズマ生成用の高周波電力が400 W未満である場合には、静電チャック20にN含有物が十分に付着されない。一方、プラズマ生成用の高周波電力が2000 Wを超える場合には、プラズマ生成用の高周波電力によって静電チャック20が破損する恐れがある。

【0104】

また、付着工程が実行される場合に、チャンバ10の内部の圧力は、5 mTorr (6.67 Pa) 以上 800 mTorr (107 Pa) 以下の範囲に維持されることが好ましい。チャンバ10の内部の圧力が 5 mTorr (6.67 Pa) 未満である場合には、N₂イオンのスパッタリングにより静電チャック20が破損する恐れがある。チャンバ10の圧力が 800 mTorr (107 Pa) を超える場合には、静電チャック20にN含有物が過度に付着し、静電チャック20による静電吸着力が低下してしまう。 30

【0105】

次に、第2の実施形態におけるN含有物による電荷の移動の遮断のメカニズムについて説明する。N含有物70による電荷の移動の遮断のメカニズムを説明する前に、その前提として、クリーニング工程が行われた後に付着工程が行われない場合の電荷の移動を説明する。図12Aは、クリーニング工程が行われた後に付着工程が行われない場合の電荷の移動を示す図である。 40

【0106】

O₂含有ガスのプラズマを用いたクリーニング工程が行われると、チャンバ10の内部に残存する、C及びFを含む反応生成物50が、図12Aの(1)に示すように、静電チャック20の表面に付着する。静電チャック20の表面は、反応生成物50によって、比較的に抵抗が低い物質に改質される。その後、搬入工程及び吸着工程が行われる。以下の説明では、吸着工程において、直流電源22から静電チャック20の電極21へ印加される直流電圧は、例えば2.5 kVとする。

【0107】

10

20

30

40

50

続いて、プラズマ処理工程が行われる。すると、図12Aの(2)-1に示されるように、静電チャック20に付着した反応生成物50を介して静電チャック20の表面にリーク電流が発生する。そうすると、静電チャック20の表面電位は、図12Aの(2)-2に示されるように、リーク電流の発生に起因して2.5kVから低下する。また、静電チャック20の基台(絶縁層)の電位は、図12Aの(2)-2に示されるように、2.5kVに維持される。

【0108】

その後、離間工程が開始される。離間工程において静電チャック20の電極21への直流電圧の印加が停止されると、静電チャック20の基台(絶縁層)の電位は、図12Aの(2)-2に示されるように、2.5kVから0Vに低下する。一方、静電チャック20の表面電位は、リーク電流の発生に起因した低下量分だけ負側に低下する。このため、静電チャック20の表面電位の低下量に対応する負電荷が静電チャック20の表面に発生する。静電チャック20の表面に発生した負電荷は残留電荷として残留し、残留電荷によって静電チャック20の表面に向けてウエハWを引き寄せる力、すなわち、残留吸着力が発生する。

【0109】

その後、静電チャック20からプッシュアーピン30が突出されると、静電チャック20から離れる方向に沿った外力がウエハWに作用し、一方で、ウエハWには、静電チャック20の表面に近づく向きに沿った残留吸着力が作用する。このため、ウエハWの離間が残留吸着力によって妨げられる。すると、ウエハWは、図12Aの(3)に示されるように、プッシュアーピン30のモータにトルクが付加されるため、プッシュアーピン30の突出に伴って破損する。

【0110】

これに対して、第2の実施形態におけるN含有物による電荷の移動の遮断のメカニズムを説明する。図12Bは、第2の実施形態におけるN含有物による電荷の移動の遮断のメカニズムを説明するための図である。

【0111】

N2含有ガスのプラズマを用いた付着工程が行われると、N含有物70が、図12Bの(1)に示すように、静電チャック20に付着する。静電チャック20の表面は、N含有物70によって、比較的に抵抗が高い物質に改質される。その後、搬入工程及び吸着工程が行われる。以下の説明では、吸着工程において、直流電源22から静電チャック20の電極21へ印加される直流電圧は、例えば、2.5kVとする。

【0112】

続いて、プラズマ処理工程が行われる。静電チャック20の表面は、比較的に抵抗が高い物質に改質されているため、図12Bの(2)-1に示されるように、静電チャック20の表面にリーク電流は、発生しない。このため、静電チャック20の表面電位と、静電チャック20の基台(絶縁層)の電位とは、共に2.5kVに維持される。

【0113】

その後、離間工程が開始される。離間工程において静電チャック20の電極21への直流電圧の印加が停止されると、静電チャック20の表面電位と、静電チャック20の基台(絶縁層)の電位とは、共に2.5kVから0Vに低下する。このため、静電チャック20の表面は帯電されず、結果として、静電チャック20によって吸着されるウエハWと、静電チャック20に付着した反応生成物との間の電荷の移動がN含有物70により遮断される。

【0114】

その後、静電チャック20からプッシュアーピン30が突出されると、静電チャック20から離れる方向に沿った外力がウエハWに作用する。すると、ウエハWは、図12Bの(3)に示されるように、破損することなく静電チャック20から離間される。

【0115】

上述したように、第2の実施形態のプラズマ処理装置1は、静電チャック20に被処理

10

20

30

40

50

体が載置されていない状態で、N₂を含む処理ガスのプラズマを生成することによって、C及びFを含む反応生成物が付着した静電チャック20にN含有物を付着させる付着工程を行う。そして、プラズマ処理装置1は、N含有物が付着した静電チャック20によって被処理体を吸着する吸着工程を行う。そして、プラズマ処理装置1は、被処理体をプラズマ処理するプラズマ処理工程を行う。そして、プラズマ処理装置1は、N含有物が付着した静電チャック20からプラズマ処理済みの被処理体を離間させる離間工程を行う。これにより、静電チャック20に付着した反応生成物を静電チャック20と共にN含有物により覆った上で、静電チャック20によって被処理体を吸着することができる。言い換えると、静電チャック20によって吸着されるウエハWと、静電チャック20に付着した反応生成物との間の電荷の移動をN含有物により遮断することができる。その結果、静電チャック20からのウエハWの離間を妨げる残留吸着力を低減することが可能となる。

【0116】

また、第2の実施形態のプラズマ処理装置1は、チャンバ10内に残存する、C及びFを含む付着物がO₂含有ガスのプラより除去されてからプラズマ処理されていない被処理体がチャンバ10の内部に搬入されるまでの期間に、C及びFを含む反応生成物が付着した静電チャック20にN含有物を付着させる。これにより、O₂含有ガスを用いたドライクリーニング(DC: Dry Cleaning)が実行された後に静電チャック20に付着した反応生成物を静電チャック20と共にN含有物により覆うことができる。その結果、O₂含有ガスを用いたDCに起因して発生する残留吸着力を低減することができる。従って、プラズマ処理済みの被処理体を負荷なくスムーズにピンアップすることができ、チャンバ内から被処理体を破損することなく搬出することができる。

【0117】

また、第2の実施形態のプラズマ処理装置1では、付着工程の処理時間は、所定時間以上である。その結果、静電チャック20からのウエハWの離間を妨げる残留吸着力を安定的に低減することができる。

【0118】

なお、Ar、He、O₂及びN₂の少なくとも1つを含むプラズマにより付着させることで、トルクが低減される条件の範囲が広い順は、N₂ > Ar (He) > O₂である。つまり、より好ましいガスはN₂である。

【0119】

(他の実施形態)

以上、第1及び第2の実施形態に係るプラズマ処理方法及びプラズマ処理装置について説明したが、開示の技術はこれに限定されるものではない。以下では、他の実施形態について説明する。

【0120】

例えば、上述の実施形態では、付着工程、吸着工程、プラズマ処理工程及びクリーニング工程をこの順に繰り返す例を説明したが、これに限定されるものではない。例えば、付着工程を実行した後に、プラズマ処理されていない被処理体がチャンバ10の内部に搬入される度に、吸着工程、プラズマ処理工程、離間工程及びクリーニング工程を実行し、吸着工程、プラズマ処理工程、離間工程及びクリーニング工程の実行回数が所定の回数に到達した場合に、付着工程を再び実行する一連の処理を繰り返しても良い。すなわち、プラズマ処理されていない被処理体がチャンバ10の内部に搬入される前に、付着工程が毎回実行されなくても良い。この結果、被処理体をプラズマ処理する際のスループットを向上可能である。

【0121】

また、上述の実施形態では、プラズマ処理装置1が平行平板型容量結合プラズマ処理装置である例を説明したが、これに限定されるものではない。例えば、プラズマ処理装置1は、静電チャック搭載の誘導結合プラズマICP(Inductively Coupled Plasma)を用いたプラズマ処理装置、RLSA(Radial Line Slot Antenna)プラズマを用いたプラズマ処理装置、マグネットロンプラズマを用いたプラズマ処理装置も適用可能である。

10

20

30

40

50

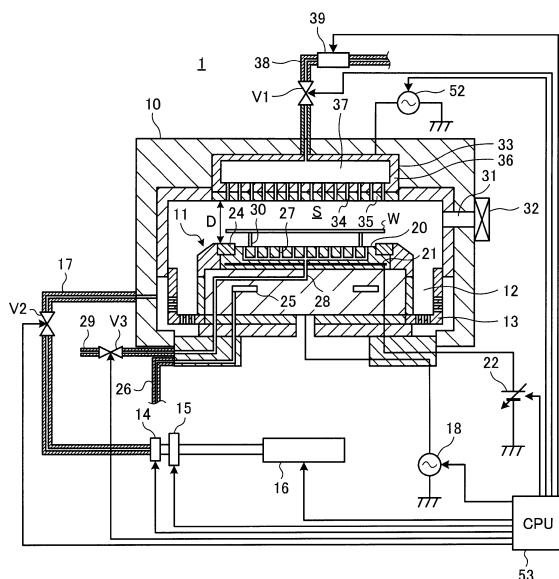
【符号の説明】

【0122】

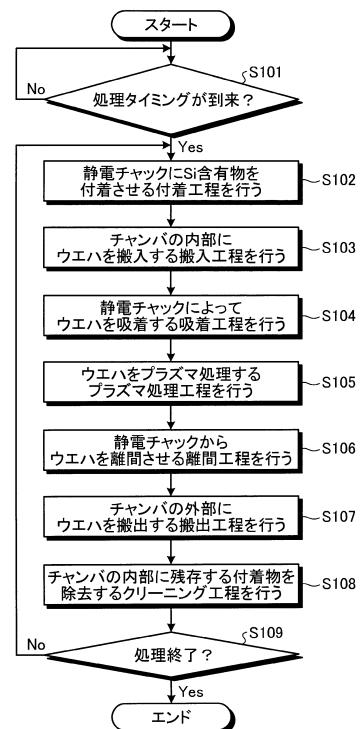
- 1 プラズマ処理装置
 10 チャンバ (処理容器)
 14 APC
 15 TMP
 16 DP
 20 静電チャック
 33 シャワー ヘッド
 38 処理ガス導入管
 39 流量制御装置
 52 高周波電源
 53 CPU

10

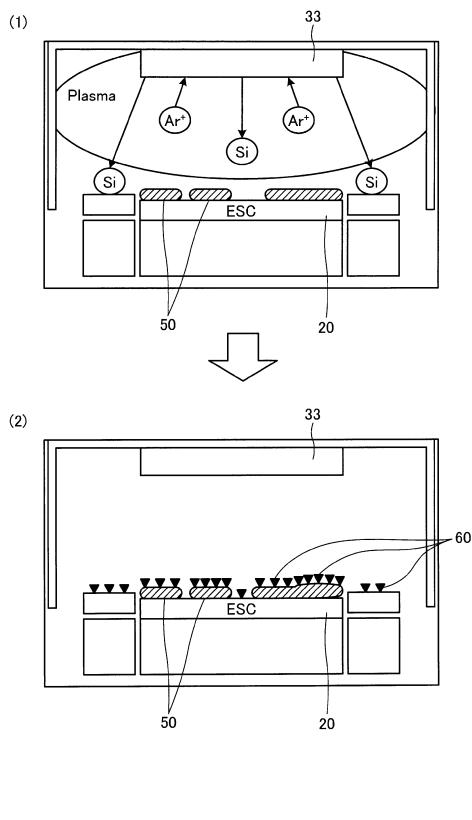
【図1】



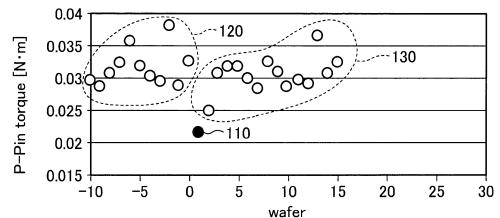
【図2】



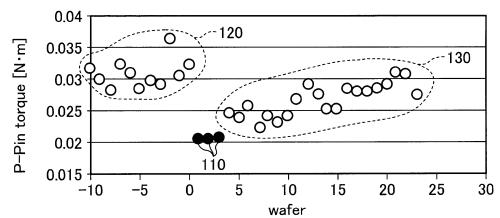
【図3】



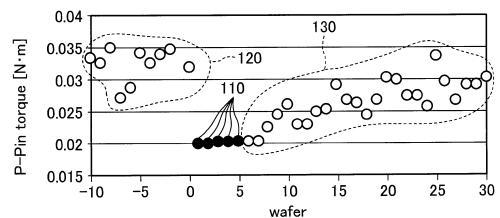
【図4 A】



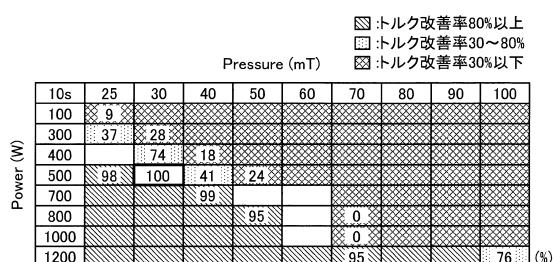
【図4 B】



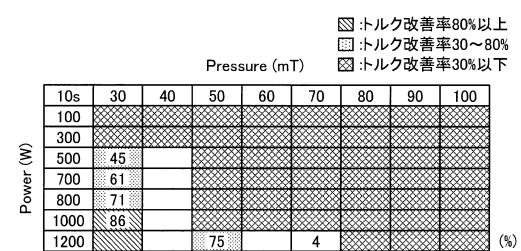
【図4 C】



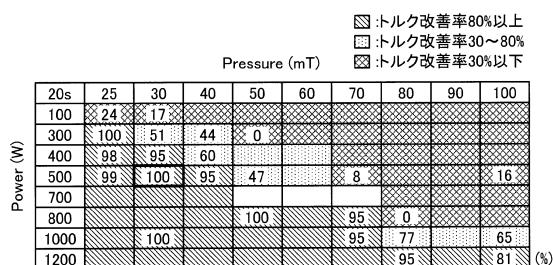
【図5 A】



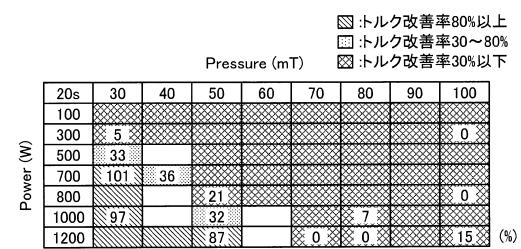
【図6 A】



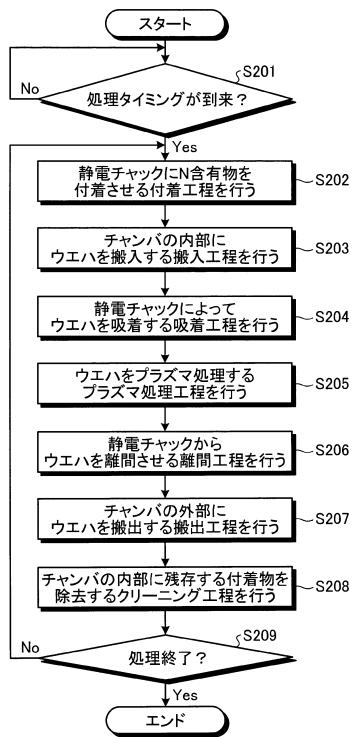
【図5 B】



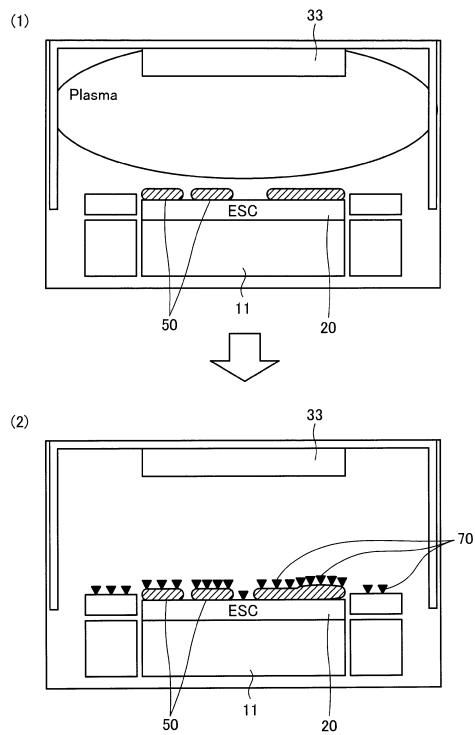
【図6 B】



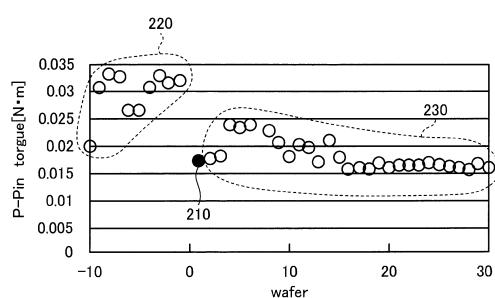
【図7】



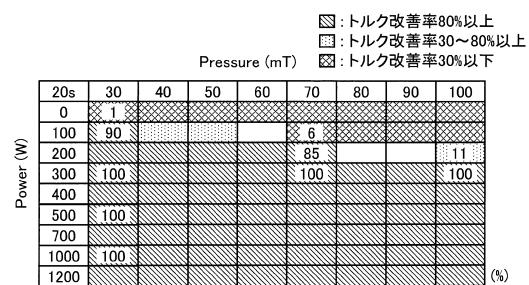
【 四 8 】



〔 図 9 〕



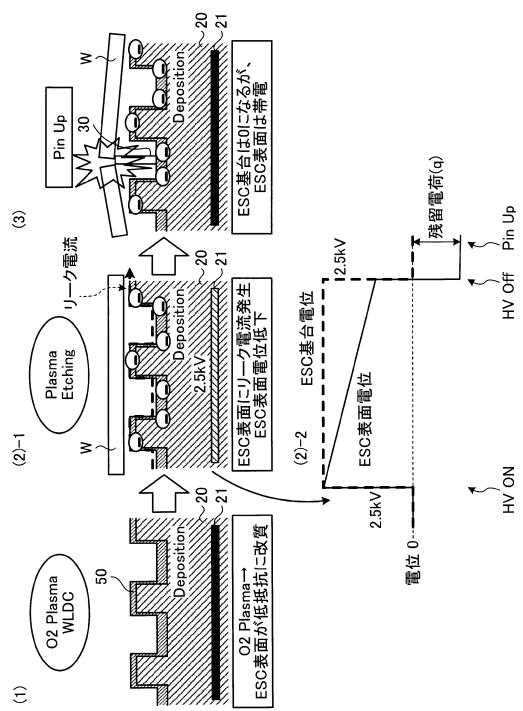
〔 四 10 〕



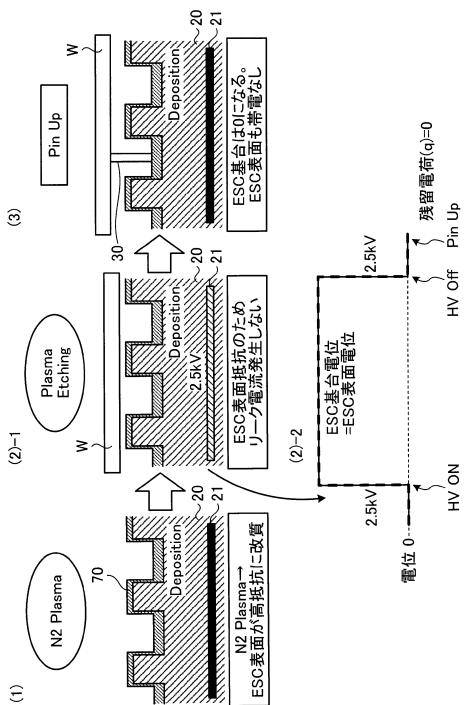
【図 1 1】

Pres	WLDC	O2 60sec		O2 120sec			
		N2 10sec	N2 10sec	N2 20sec	N2 30sec		
400mT							
200mT		Torque Max(V) 0.221 0.285 0.226	Torque Max(V) 0.231 0.243 0.263	Torque Max(V) 0.167 0.203 0.205	Torque Max(V) 0.261 0.260 0.214		
30mT		Torque Max(V) 0.194 0.227 0.222	Torque Max(V) 0.177 0.213 0.253	Torque Max(V) 0.196 0.223 0.218			
		トルク減少					

【図 1 2 A】



【図 1 2 B】



フロントページの続き

(72)発明者 高山 貴光
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

(72)発明者 原田 彰俊
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

(72)発明者 佐々木 淳一
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

(72)発明者 花岡 秀敏
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 齊田 寛史

(56)参考文献 特開2004-221397(JP,A)
特開2011-192872(JP,A)
特開2011-054825(JP,A)
特開2010-199475(JP,A)
特開2009-105412(JP,A)
特開平07-074233(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065
H01L 21/304
H05H 1/46