

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5425361号
(P5425361)

(45) 発行日 平成26年2月26日(2014.2.26)

(24) 登録日 平成25年12月6日(2013.12.6)

(51) Int.Cl.

F I

HO 1 L 21/3065 (2006.01)

HO 1 L 21/302 1 O 1 H

HO 1 L 21/318 (2006.01)

HO 1 L 21/318 C

HO 1 L 21/302 1 O 1 D

請求項の数 10 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2006-205533 (P2006-205533)
 (22) 出願日 平成18年7月28日(2006.7.28)
 (65) 公開番号 特開2008-34579 (P2008-34579A)
 (43) 公開日 平成20年2月14日(2008.2.14)
 審査請求日 平成21年4月21日(2009.4.21)

前置審査

(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 100099944
 弁理士 高山 宏志
 (72) 発明者 ▲高▼橋 哲朗
 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放
 送センター 東京エレクトロン株式会社内

審査官 宮崎 園子

(56) 参考文献 国際公開第2005/081302 (W
 O, A1)

(58) 調査した分野(Int.Cl., DB名)
 HO 1 L 21/3065

(54) 【発明の名称】 プラズマ表面処理方法、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】

複数のスロットを有する平面アンテナを介して処理室内にマイクロ波を導入してプラズマを発生させるプラズマ処理装置において、前記処理室内のプラズマ曝露環境下で使用される石英製部材に対し、プラズマにより表面処理を行うプラズマ表面処理方法であって、

前記表面処理は、前記処理室内にArガスおよびN₂ガスを含む処理ガスを導入し、処理圧力を15Pa以下、前記処理室に導入するマイクロ波パワーを1500W以上にして前記処理室内に生成された5.3[eV]超のイオンエネルギーを有するプラズマによる30~300秒間の処理を25~2000回繰り返すことを特徴とする、プラズマ表面処理方法。

【請求項2】

前記石英製部材の表面近傍における前記プラズマの電子温度が2[eV]以上であることを特徴とする、請求項1に記載のプラズマ表面処理方法。

【請求項3】

複数のスロットを有する平面アンテナを介して処理室内にマイクロ波を導入してプラズマを発生させるプラズマ処理装置を用い、前記処理室内にArガスおよびN₂ガスを含む処理ガスを導入し、処理圧力を15Pa以下、前記処理室に導入するマイクロ波パワーを1500W以上にして前記処理室内に生成された5.3[eV]超のイオンエネルギーを有する第1のプラズマによる30~300秒間の処理を25~2000回繰り返し、前記処理室の石英製部材を該プラズマにより表面処理する表面処理工程と、

前記処理室内に被処理基板を搬入し、前記処理室内にArガスおよびN₂ガスを含む処理ガスを導入して第2のプラズマを形成し、被処理基板をプラズマ処理する基板処理工程と、
を含む、プラズマ処理方法。

【請求項4】

前記表面処理工程で用いる前記第1のプラズマは、前記石英製部材近傍でその電子温度が2[eV]以上であることを特徴とする、請求項3に記載のプラズマ処理方法。

【請求項5】

前記基板処理工程で用いる前記第2のプラズマは、前記処理室内で5.3[eV]未満のイオンエネルギーを有するプラズマである、請求項3または請求項4に記載のプラズマ処理方法。

10

【請求項6】

前記第2のプラズマは、電子温度が1.5[eV]以下のプラズマであることを特徴とする、請求項3から請求項5のいずれか1項に記載のプラズマ処理方法。

【請求項7】

前記基板処理工程は、プラズマ窒化処理またはプラズマ酸窒化処理であることを特徴とする、請求項3から請求項6のいずれか1項に記載のプラズマ処理方法。

【請求項8】

コンピュータ上で動作し、実行時に、請求項1または請求項2に記載のプラズマ表面処理方法が行なわれるように前記プラズマ処理装置を制御する、制御プログラム。

20

【請求項9】

コンピュータ上で動作する制御プログラムが記憶されたコンピュータ読み取り可能な記憶媒体であって、

前記制御プログラムは、実行時に、請求項1または請求項2に記載のプラズマ表面処理方法が行なわれるように前記プラズマ処理装置を制御するものである、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【請求項10】

プラズマを用いて被処理基板を処理するための真空排気可能な処理室と、
マイクロ波を発生するマイクロ波発生装置と、
前記マイクロ波発生装置で発生されたマイクロ波を前記処理室内に放射する複数のスロットを有する平面アンテナと、
前記処理室内で、請求項1または請求項2に記載のプラズマ表面処理方法が行なわれるように制御する制御部と、
を備えたことを特徴とする、プラズマ処理装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラズマ曝露環境下で使用される石英製部材をプラズマによって表面処理するプラズマ表面処理方法、該プラズマ表面処理方法を用いるプラズマ処理方法およびプラズマ処理装置に関する。

40

【背景技術】

【0002】

プラズマを利用して成膜やエッチング等の処理を行なうプラズマ処理装置は、例えば、シリコンや化合物半導体から作製される各種半導体装置、液晶表示装置(LCD)に代表されるFPD(フラット・パネル・ディスプレイ)などの製造過程で使用されている。このようなプラズマ処理装置においては、プラズマ処理空間を形成するチャンバー内部品として、石英などの誘電体を材質とする部材が多用されている。例えば、複数のスロットを有する平面アンテナにて処理室内にマイクロ波を導入してプラズマを発生させるマイクロ波励起プラズマ処理装置では、導波管を伝わってきたマイクロ波が、平面アンテナおよび石英製のマイクロ波透過板を介してチャンバー内に導入され、処理ガスと反応して高密度

50

プラズマを生成させる構成となっている（例えば特許文献1）。

【0003】

ところで、各種半導体装置やFPD等の製品を製造する際には、製品管理上許容されるパーティクル数の基準値（許容パーティクル数）が設定されているため、パーティクル数の低減を図ることは製品の歩留りを向上させる上で極めて重要である。しかし、上記のような構成のマイクロ波励起プラズマ処理装置を用い、被処理基板表面のシリコンを窒化処理するシリコン窒化膜形成プロセスにおいては、処理枚数が例えば1000枚を超えると、前記基準値を超えるパーティクルが発生し、処理枚数が増えるとともにパーティクル数も増加していく。また、パーティクル数は、長時間のアイドルタイム（すなわち、引き切り停止状態）の後で特に増加する。さらに、パーティクルの発生状況はプラズマ処理条件によっても違いがみられ、低圧力、高パワーで繰り返しプラズマ窒化処理を行なった場合には、パーティクルが発生しやすい傾向がある。

10

【特許文献1】特開2000-294550号公報（図3など）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記のように繰り返しプラズマ窒化処理を行なう場合には、パーティクル数が次第に増加することにより、製品の歩留りが低下してしまう、という問題があった。従って、プロセスの全体に亘ってパーティクル数を基準値（許容パーティクル数）以下に抑制することが必要であり、そのための対策が求められていた。

20

【0005】

本発明は、複数の被処理基板に対して繰り返しプラズマ処理を行なう場合においても、パーティクルの発生が抑制され、製品の歩留りを向上させることが可能なプラズマ表面処理方法、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をその課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するため、本発明の第1の観点は、複数のスロットを有する平面アンテナを介して処理室内にマイクロ波を導入してプラズマを発生させるプラズマ処理装置において、前記処理室内のプラズマ曝露環境下で使用される石英製部材に対し、プラズマにより表面処理を行うプラズマ表面処理方法であって、

30

前記表面処理は、前記処理室内にArガスおよびN₂ガスを含む処理ガスを導入し、処理圧力を15Pa以下、前記処理室に導入するマイクロ波パワーを1500W以上にして前記処理室内に生成された5.3[eV]超のイオンエネルギーを有するプラズマによる30~300秒間の処理を25~2000回繰り返すことを特徴とする、プラズマ表面処理方法を提供する。

【0007】

上記第1の観点において、前記石英製部材の表面近傍における前記プラズマの電子温度が2[eV]以上であることが好ましい。

【0011】

本発明の第2の観点は、複数のスロットを有する平面アンテナを介して処理室内にマイクロ波を導入してプラズマを発生させるプラズマ処理装置を用い、前記処理室内にArガスおよびN₂ガスを含む処理ガスを導入し、処理圧力を15Pa以下、前記処理室に導入するマイクロ波パワーを1500W以上にして前記処理室内に生成された5.3[eV]超のイオンエネルギーを有する第1のプラズマによる30~300秒間の処理を25~2000回繰り返し、前記処理室の石英製部材を該プラズマにより表面処理する表面処理工程と、

40

前記処理室内に被処理基板を搬入し、前記処理室内にArガスおよびN₂ガスを含む処理ガスを導入して第2のプラズマを形成し、被処理基板をプラズマ処理する基板処理工程と、

を含む、プラズマ処理方法を提供する。

50

【 0 0 1 2 】

上記第2の観点において、前記表面処理工程で用いる前記第1のプラズマは、前記石英製部材近傍でその電子温度が2 [e V] 以上であることが好ましい。

また、前記基板処理工程で用いる前記第2のプラズマは、前記処理室内で5 . 3 [e V] 未満のイオンエネルギーを有するプラズマであることが好ましい。

さらに、前記第2のプラズマは、電子温度が1 . 5 [e V] 以下のプラズマであることが好ましい。

また、前記基板処理工程は、プラズマ窒化処理またはプラズマ酸窒化処理であることが好ましい。

【 0 0 1 3 】

本発明の第3の観点は、コンピュータ上で動作し、実行時に、上記第1の観点のプラズマ表面処理方法が行なわれるように前記プラズマ処理装置を制御する、制御プログラムを提供する。

【 0 0 1 4 】

本発明の第4の観点は、コンピュータ上で動作する制御プログラムが記憶されたコンピュータ読み取り可能な記憶媒体であって、

前記制御プログラムは、実行時に、上記第1の観点のプラズマ表面処理方法が行なわれるように前記プラズマ処理装置を制御するものである、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体を提供する。

【 0 0 1 5 】

本発明の第5の観点は、プラズマを用いて被処理基板を処理するための真空排気可能な処理室と、

マイクロ波を発生するマイクロ波発生装置と、

前記マイクロ波発生装置で発生されたマイクロ波を前記処理室内に放射する複数のスロットを有する平面アンテナと、

前記処理室内で、上記第1の観点のプラズマ表面処理方法が行なわれるように制御する制御部と、

を備えたことを特徴とする、プラズマ処理装置を提供する。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 6 】

本発明によれば、プラズマ曝露環境下で使用される石英製部材に対し、5 . 3 [e V] 超のイオンエネルギーを有するプラズマを用いて表面処理を施すことよって、該石英製部材を例えばチャンパー構成部品としてプラズマ窒化処理する際に、パーティクルの発生を効果的に抑制することができる。

【 0 0 1 7 】

従って、チャンパー内石英製部材に対し、プラズマ窒化処理に先立ってプラズマ表面処理を実施することにより、パーティクルの発生を抑えながら繰り返しプラズマ窒化処理を行なうことが可能になり、形成されるシリコン窒化膜を例えばゲート絶縁膜として用いる場合に、信頼性の高い半導体装置を提供できる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 8 】

以下、適宜添付図面を参照して本発明の実施の形態について具体的に説明する。図1は、本発明のプラズマ処理方法に利用可能なプラズマ処理装置の一例を模式的に示す断面図である。このプラズマ処理装置100は、複数のスロットを有する平面アンテナ、特にRLSA (Radial Line Slot Antenna ; ラジアルラインスロットアンテナ) を用いて処理室内にマイクロ波を導入してプラズマを発生させることにより、高密度かつ低電子温度のマイクロ波励起プラズマを発生させ得るRLSAマイクロ波プラズマ処理装置として構成されており、 $1 \times 10^{10} \sim 5 \times 10^{12} / \text{cm}^3$ のプラズマ密度で、かつ0 . 7 ~ 2 [e V] の低電子温度のプラズマによる処理が可能である。従って、各種半導体装置の製造過程においてシリコンを窒化処理してシリコン窒化膜を形成するな

10

20

30

40

50

どの目的で好適に利用可能なものである。

【0019】

上記プラズマ処理装置100は、気密に構成され、接地された略円筒状のチャンバー1を有している。なお、チャンバー1は、角筒形状でもよい。チャンバー1の底壁1aの略中央部には円形の開口部10が形成されており、底壁1aにはこの開口部10と連通し、下方に向けて突出する排気室11が設けられている。この排気室11は、排気管23を介して排気装置24に接続されている。

【0020】

チャンバー1内には被処理基板であるシリコンウエハ（以下、単に「ウエハ」と記す）Wを水平に支持するため、熱伝導性の高いAlN等のセラミックスからなる載置台2が設けられている。この載置台2は、排気室11の底部中央から上方に延びる円筒状のAlN等のセラミックスからなる支持部材3により支持されている。載置台2には、その外縁部をカバーし、ウエハWをガイドするためのカバーリング4が設けられている。このカバーリング4は、例えば石英、AlN、Al₂O₃、SiN等の材質で構成された部材である。

10

【0021】

載置台2には抵抗加熱型のヒータ5が埋め込まれており、このヒータ5はヒータ電源5aから給電されることにより載置台2を加熱して、その熱で被処理基板であるウエハWを均一に加熱する。また、載置台2には、熱電対6が配備されており、ウエハWの加熱温度を、例えば室温から900までの範囲で温度制御可能となっている。載置台2には、ウエハWを支持して昇降させるためのウエハ支持ピン（図示せず）が載置台2の表面に対して突没可能に設けられている。

20

【0022】

チャンバー1の内周には、石英からなる円筒状のライナー7が設けられ、チャンバー構成材料による金属汚染を防止している。また、載置台2の外周側には、チャンバー1内を均一排気するための多数の貫通孔8aを備えたバッフルプレート8が環状に設けられている。このバッフルプレート8は、複数の支柱9により支持されている。

【0023】

チャンバー1の側壁には環状をなすガス導入部15が設けられており、このガス導入部15にはガス供給系16が接続されている。なお、ガス導入部はノズル状またはシャワー状に配置してもよい。ガス供給系16は、例えばArガス供給源17およびN₂ガス供給源18を有しており、ArガスおよびN₂ガスが、それぞれガスライン20を介してガス導入部15に至り、ガス導入部15からチャンバー1内に導入される。ガスライン20の各々には、マスフローコントローラ21およびその前後の開閉バルブ22が設けられている。なお、Arガスに換えて、例えばKrガス、Xeガス、Heガスなどの希ガスを用いることもできる。

30

【0024】

上記排気室11の側面には排気管23が接続されており、この排気管23には高速真空ポンプを含む前述の排気装置24が接続されている。そしてこの排気装置24を作動させることによりチャンバー1内のガスが、バッフルプレート8を介して排気室11の空間11a内へ均一に排出され、排気管23を介して排気される。これにより、チャンバー1内を所定の真空度、例えば0.133Paまで高速に減圧することが可能となっている。

40

【0025】

チャンバー1の側壁には、プラズマ処理装置100に隣接する搬送室（図示せず）との間でウエハWの搬入出を行うための搬入出口25と、この搬入出口25を開閉するゲートバルブ26とが設けられている。

【0026】

チャンバー1の上部は開口部となっており、この開口部には環状のアッププレート27が接合される。アッププレート27の内周下部は、内側のチャンバー内空間へ向けて突出し、環状の支持部27aを形成している。この支持部27a上に、誘電体、例えば石

50

英や Al_2O_3 、 AlN 等のセラミックスからなり、マイクロ波を透過するマイクロ波透過板28がシールド部材29を介して気密に設けられている。したがって、チャンバー1内は気密に保持される。

【0027】

マイクロ波透過板28の上方には、載置台2と対向するように、円板状の平面アンテナ部材31が設けられている。なお、平面アンテナ部材の形状は、円板状に限らず、例えば四角板状でもよい。この平面アンテナ部材31はチャンバー1の側壁上端に係止されている。平面アンテナ部材31は、例えば表面が金または銀メッキされた銅板またはアルミニウム板からなり、マイクロ波を放射する多数のスロット状のマイクロ波放射孔32が所定のパターンで貫通して形成された構成となっている。

10

【0028】

マイクロ波放射孔32は、例えば図2に示すように長溝状をなし、典型的には隣接するマイクロ波放射孔32同士が「T」字状に配置され、これら複数のマイクロ波放射孔32が同心円状に配置されている。マイクロ波放射孔32の長さや配列間隔は、マイクロ波の波長(g)に応じて決定され、例えばマイクロ波放射孔32の間隔は、 $g/4$ 、 $g/2$ または g となるように配置される。なお、図2において、同心円状に形成された隣接するマイクロ波放射孔32同士の間隔を r で示している。また、マイクロ波放射孔32は、円形状、円弧状等の他の形状であってもよい。さらに、マイクロ波放射孔32の配置形態は特に限定されず、同心円状のほか、例えば、螺旋状、放射状に配置することもできる。

20

【0029】

この平面アンテナ部材31の上面には、真空よりも大きい誘電率を有する遅波材33が設けられている。この遅波材33は、真空中ではマイクロ波の波長が長くなることから、マイクロ波の波長を短くしてプラズマを調整する機能を有している。なお、平面アンテナ部材31とマイクロ波透過板28との間、また、遅波材33と平面アンテナ部材31との間は、それぞれ密着させても離間させてもよいが、密着させることが好ましい。

【0030】

チャンバー1の上面には、これら平面アンテナ部材31および遅波材33を覆うように、例えばアルミニウムやステンレス鋼等の金属材料からなるシールド蓋体34が設けられている。チャンバー1の上面とシールド蓋体34とはシールド部材35によりシールドされている。このシールド蓋体34と平面アンテナ部材31とによって導波路が形成され、マイクロ波が放射状に伝播される。シールド蓋体34には、冷却水流路34aが形成されており、そこに冷却水を通流させることにより、シールド蓋体34、遅波材33、平面アンテナ部材31、マイクロ波透過板28を冷却するようになっている。なお、シールド蓋体34は接地されている。

30

【0031】

シールド蓋体34の上壁の中央には、開口部36が形成されており、この開口部には導波管37が接続されている。この導波管37の端部には、マッチング回路38を介してマイクロ波を発生するマイクロ波発生装置39が接続されている。これにより、マイクロ波発生装置39で発生した、例えば周波数2.45GHzのマイクロ波が導波管37を介して上記平面アンテナ部材31へ伝搬されるようになっている。なお、マイクロ波の周波数としては、8.35GHz、1.98GHz等を用いることもできる。

40

【0032】

導波管37は、上記シールド蓋体34の開口部36から上方へ延出する断面円形状の同軸導波管37aと、この同軸導波管37aの上端部にモード変換器40を介して接続された水平方向に延びる矩形導波管37bとを有している。矩形導波管37bと同軸導波管37aとの間のモード変換器40は、矩形導波管37b内をTEモードで伝播するマイクロ波をTEMモードに変換する機能を有している。同軸導波管37aの中心には内導体41が延在しており、内導体41は、その下端部において平面アンテナ部材31の中心に接続固定されている。これにより、マイクロ波は、同軸導波管37aの内導体41を介して平

50

面アンテナ部材 3 1 へ放射状に効率よく均一に伝播される。

【 0 0 3 3 】

プラズマ処理装置 1 0 0 の各構成部は、CPU を備えたプロセスコントローラ 5 0 に接続されて制御される構成となっている。プロセスコントローラ 5 0 には、工程管理者がプラズマ処理装置 1 0 0 を管理するためにコマンドの入力操作等を行うキーボードや、プラズマ処理装置 1 0 0 の稼働状況を可視化して表示するディスプレイ等からなるユーザーインターフェース 5 1 が接続されている。

【 0 0 3 4 】

また、プロセスコントローラ 5 0 には、プラズマ処理装置 1 0 0 で実行される各種処理をプロセスコントローラ 5 0 の制御にて実現するための制御プログラム（ソフトウェア）や処理条件データ等が記録されたレシピが格納された記憶部 5 2 が接続されている。

10

【 0 0 3 5 】

そして、必要に応じて、ユーザーインターフェース 5 1 からの指示等にて任意のレシピを記憶部 5 2 から呼び出してプロセスコントローラ 5 0 に実行させることで、プロセスコントローラ 5 0 の制御下で、プラズマ処理装置 1 0 0 での所望の処理が行われる。また、前記制御プログラムや処理条件データ等のレシピは、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体、例えば CD - ROM、ハードディスク、フレキシブルディスク、フラッシュメモリなどに格納された状態のものを利用したり、あるいは、他の装置から、例えば専用回線を介して随時伝送させてオンラインで利用したりすることも可能である。

【 0 0 3 6 】

20

このように構成されたプラズマ処理装置 1 0 0 は、8 0 0 以下の低温で下地膜等へのダメージフリーなプラズマ処理を進めることができるとともに、プラズマ均一性に優れており、プロセスの均一性を実現できる。

【 0 0 3 7 】

このように構成された R L S A 方式のプラズマ処理装置 1 0 0 においては、例えば以下のような手順でウエハ W のシリコン酸化膜を窒化処理してシリコン酸窒化膜を形成する処理などを行うことができる。

まず、ゲートバルブ 2 6 を開にして搬入出口 2 5 からウエハ W をチャンバー 1 内に搬入し、載置台 2 上に載置する。そして、ガス供給系 1 6 の Ar ガス供給源 1 7 および N₂ ガス供給源 1 8 から、Ar ガスおよび N₂ ガスを所定の流量でガス導入部材 1 5 を介してチャンバー 1 内に導入する。

30

【 0 0 3 8 】

次に、マイクロ波発生装置 3 9 からのマイクロ波を、マッチング回路 3 8 を経て導波管 3 7 に導き、矩形導波管 3 7 b、モード変換器 4 0、および同軸導波管 3 7 a を順次通過させて内導体 4 1 を介して平面アンテナ部材 3 1 に供給し、平面アンテナ部材 3 1 のスロット（マイクロ波透過板 2 8）を介してチャンバー 1 内におけるウエハ W の上方空間に放射させる。マイクロ波は、矩形導波管 3 7 b 内では TE モードで伝搬し、この TE モードのマイクロ波はモード変換器 4 0 で TEM モードに変換されて、同軸導波管 3 7 a 内を平面アンテナ部材 3 1 に向けて伝搬されていく。

【 0 0 3 9 】

40

平面アンテナ部材 3 1 からマイクロ波透過板 2 8 を経てチャンバー 1 内空間に放射されたマイクロ波によりチャンバー 1 内で電磁界が形成され、Ar ガスおよび N₂ ガスがプラズマ化する。このマイクロ波プラズマは、マイクロ波が平面アンテナ部材 3 1 の多数のマイクロ波放射孔 3 2 から放射されることにより、略 $1 \times 10^{10} \sim 5 \times 10^{12} / \text{cm}^3$ の高密度で、かつウエハ W 近傍では、略 1.5 [e V] 以下の低電子温度プラズマとなる。このようにして形成されるマイクロ波プラズマは、下地膜へのイオン等によるプラズマダメージが少ないものである。そして、プラズマ中の活性種、主として窒素ラジカル（N*）などの作用によって、シリコン酸化膜中に窒素（N）が導入され、シリコン酸窒化膜（SiON 膜）が形成される。

【 0 0 4 0 】

50

このプラズマ窒化処理に用いるプラズマとしては、 5.3 [eV] 未満好ましくは 4 [eV] 以下例えば $3 \sim 4$ [eV] のイオンエネルギーを有するプラズマを用いることが好ましい。さらに、窒化処理に用いるプラズマの電子温度は、 1.5 [eV] 以下が好ましく、 $0.5 \sim 1$ [eV] がより好ましい。具体的なプラズマ生成条件としては、例えば Ar などの希ガスを流量 $0 \sim 3000$ mL/min (sccm)、好ましくは $500 \sim 2000$ mL/min (sccm)、 N_2 ガスを流量 $1 \sim 500$ mL/min (sccm)、好ましくは $10 \sim 200$ mL/min (sccm) に設定してチャンパー 1 内に導入する。また、チャンパー内を $5 \sim 366$ Pa、好ましくは $5 \sim 133.3$ Pa の処理圧力に調整し、載置台 2 を $200 \sim 500$ の設定温度に加熱する。この際のマイクロ波出力は、例えば $500 \sim 4000$ W、好ましくは $500 \sim 2000$ W とすることができる。

10

【0041】

プラズマ窒化処理が終了した後は、マイクロ波の供給を停止し、次にガスの供給を停止する。そして、ゲートバルブ 26 を開にしてチャンパー 1 の搬入出口 25 から処理済みのウエハ W を搬出することにより、1 枚のウエハ W についての処理が終了する。

【0042】

プラズマ処理装置 100 は、上述したようにウエハ W の表面のシリコン酸化膜を窒化処理し、シリコン酸窒化膜を形成する窒化処理に好適に利用可能なものである。このようなシリコン酸窒化膜は、例えばトランジスタのゲート絶縁膜等として好適に利用可能である。また、シリコンを直接窒化処理してシリコン窒化膜を形成する場合にも利用できる。

20

【0043】

次に、本発明の基礎となった実験結果について説明を行なう。図 3 は、プラズマ処理装置 100 を用いて下記のプラズマ窒化処理条件でウエハ W 表面のシリコン酸化膜を窒化処理したときのウエハ W の累積の処理枚数 (横軸) と、パーティクル計測器で計測した 300 mm 径ウエハ W における表面のパーティクル数 (縦軸) を示している。なお、パーティクル数は、粒径 $0.16 \mu\text{m}$ 超のものを計測した数である。

【0044】

< プラズマ窒化処理条件 >

Ar ガス流量; 1000 mL/min (sccm)

N_2 ガス流量; 40 mL/min (sccm)

チャンパー内圧力; 6.7 Pa (50 Torr)

処理温度 (載置台 2 の温度); 400

マイクロ波パワー; 1500 W

処理時間; 30 秒

30

< アイドルタイム (有りの場合) >

250 回のプラズマ窒化処理毎に、 400 、 10 時間放置した。

【0045】

図 3 より、処理枚数の増加に伴ってパーティクル数も増加していき、半導体装置を製造する際に許容されるパーティクル数の基準値 (許容パーティクル数) の一例である 20 個を超えている。また、長時間のアイドルタイムを介在させた場合には、ウエハ W の処理枚数が 1000 枚付近からパーティクル数が急激に増加していくことがわかる。ここで、「アイドルタイム」とは、プラズマ処理装置 100 のチャンパーを引き切り状態で放置することを意味する。また、結果は示さないが、プラズマ処理条件によってもパーティクルの発生量に変化がみられ、低圧力、高パワー、長時間のプラズマ処理を行なった場合にパーティクルが発生しやすいことも判明した。

40

【0046】

このようなパーティクル発生メカニズムについて調査を行なった結果、パーティクルの主たる発生源は、プラズマ処理装置 100 におけるマイクロ波透過板 28 であることが判明した。そしてさらに調査を進めた結果、石英製のマイクロ波透過板 28 の表面付近には、多数のマイクロクラックを含む破碎層が存在しており、この破碎層にプラズマが作用し、スパッタリング、電界の局所的集中によるマイクロアーク、溶解等の現象が生じてパ

50

ーティクルが発生していることが判明した。また、アイドルタイム後にパーティクルが増加する現象は、チャンパー内温度が400前後で放置されるアイドルタイム中に発生する熱応力により、前記破碎層のマイクロクラックの角部が剥離することが原因と推測される。パーティクルの原因となる破碎層は、マイクロ波透過板28の材料となる石英材を所定の板形状に加工した後、機械研磨により表面加工する際にマイクロクラックが形成されて生じるものと考えられる。

【0047】

そこで本実施形態のプラズマ処理方法では、プラズマ処理装置100を用いてウエハWに対してプラズマ窒化処理を行なう前に、所定の条件でプラズマ処理装置100内のチャンパー構成部材の表面を高イオンエネルギーのプラズマにより処理する。このプラズマ表面処理は、プラズマ処理装置100を用い、プラズマのイオンエネルギーが5.3[eV]超例えば5.4~10[eV]、好ましくは5.4~6.7[eV]となる高エネルギー条件で行なうことが好ましい。また、プラズマの電子温度はチャンパー構成部材の表面近傍において高いことが好ましく、2[eV]以上例えば2~4[eV]であることがより好ましい。

10

【0048】

図1のプラズマ処理装置100を用いて上記高イオンエネルギー、高電子温度を有するプラズマを形成するための条件として、処理圧力は15Pa以下例えば0.133~15Pa、好ましくは10Pa以下例えば0.133~6.7Paである。マイクロ波パワーは1500W以上例えば1500~4000W、好ましくは2000W以上例えば2000~4000W、より好ましくは3000W以上例えば3000~4000Wの高パワーの条件を挙げることができる。

20

【0049】

また、処理ガスとしては、Arなどの希ガスと窒素ガスを含むガス系を用いることが好ましく、特にArガスと窒素ガスの混合ガスを用いることが好ましい。例えばArなどの希ガスとともに窒素を使用することにより、プラズマによるスパッタ作用を弱め、チャンパー内部品に与えるプラズマダメージを抑制できる。また、窒素ガスに替えて、例えばNH₃、MMH(モノメチルヒドラジン)などを用いることができる。

【0050】

例えばArなどの希ガスの流量は、0~3000mL/min(sccm)、好ましくは500~3000mL/min(sccm)、N₂ガスの流量は5~500mL/min(sccm)、好ましくは10~200mL/min(sccm)とすることができる。

30

また、プラズマ表面処理の際の処理温度は、高温の方が表面処理の繰り返し回数が少なく済むので好ましい。従って、載置台2の加熱温度は、例えば200~800に設定することが好ましく、400~800に設定することがより好ましい。

【0051】

上記プラズマによる表面処理において、1回のプラズマ処理の時間は、5~1000秒間とすることができ、30~300秒間が好ましい。また、プラズマ処理は、25回以上例えば25~2000回くり返すことが好ましく、500回以上例えば500~2000回くり返すことがより好ましく、1000回以上例えば1000回~2000回程度繰り返すことが望ましい。

40

【0052】

上記条件でプラズマ表面処理を行なうことにより、石英製のマイクロ波透過板28の表面付近の破碎層を効果的に除去できる。図4は、図1のプラズマ処理装置100において、プラズマ表面処理を実施した後で、プラズマ窒化処理を行なった場合のパーティクルの発生状況を示している。パーティクルは、粒径0.16μm超のものをカウントした。プラズマ表面処理は、Arガス流量1000mL/min(sccm)、N₂ガス流量40mL/min(sccm)、処理圧力6.7Pa(50mTorr)、マイクロ波パワー3000W、載置台2の加熱温度400の条件で行なった。プラズマ表面処理における

50

具体的な手順は表 1 に示すステップ 1 ~ ステップ 5 のとおりである。

なお、プラズマ表面処理を行なう際には、プラズマ処理装置 100 のチャンバー内の載置台 2 を保護するため、載置台 2 にダミーウエハ W d を載置した状態でプラズマ表面処理を実施することが好ましい。

【 0 0 5 3 】

【表 1】

	ステップ 1	ステップ 2	ステップ 3	ステップ 4	ステップ 5
時間 [秒]	20	5	5	210	3
Arガス流量 [mL/min (sccm)]	2000	2000	1000	1000	1000
N ₂ ガス流量 [mL/min (sccm)]	0	0	0	40	40
圧力 [Pa]	126.6	126.6	6.7	6.7	6.7
マイクロ波パワー [W]	0	2000	3000	3000	0

10

20

30

40

50

【 0 0 5 4 】

まず、ステップ1では、プラズマ処理装置100のチャンパー1内にArガスを200 mL/min (sccm)で導入しつつ、圧力を126.6 Paに調節した(20秒間)。次に、ステップ2では、Arガス流量および圧力を維持したままチャンパー1内にマイクロ波を導入してプラズマを生成した(5秒間)。この段階では、マイクロ波パワーを2000 Wに抑えておくことによって、プラズマを着火しやすくした。さらに、ステップ3では、Arガス流量をプラズマ表面処理の設定条件である1000 mL/min (sccm)まで下げ、かつ圧力を6.7 Paに低下させるとともにマイクロ波パワーを3000 Wに上昇させ、この条件でプラズマを安定化させた(5秒間)。

【 0 0 5 5 】

そして、ステップ4では、Arガス流量、圧力およびマイクロ波パワーを維持したまま、チャンパー1内にN₂ガスを流量40 mL/min (sccm)で導入した(210秒間)。そして、生成された高イオンエネルギーのマイクロ波励起窒素含有プラズマによりチャンパー1内の部材、特にマイクロ波透過板28を表面処理した。次に、ステップ5では、ガス流量および圧力を維持した状態でマイクロ波の供給を停止し、プラズマ表面処理を終了させた。その後、ガスの供給を停止し、チャンパー1内を一旦真空引きした。このように、ステップ1～ステップ5と真空引きを交互に1000回繰り返し行なった。

【 0 0 5 6 】

以上の工程を含むプラズマ表面処理は、連続的に繰り返してもよいが、プラズマの熱によりチャンパー1およびその構成部材特にマイクロ波透過板28や平面アンテナ部材31が破損したり、変形したりするおそれがあることから、間欠的にプラズマ表面処理を繰り返すことが好ましい。この際、ステップ1～5の処理と真空引きを含めて1サイクルとし、複数サイクルを間欠的に繰り返してもよい。

【 0 0 5 7 】

図4に示すように、ウエハWの累積処理枚数が3000枚を超えてもパーティクル数は基準値(許容パーティクル数)である20個以下に抑えられていた。図4と図3との比較から、プラズマ表面処理を実施することによって、その後のプラズマ窒化処理において発生するパーティクル数を大幅に低減できることが確認できた。

【 0 0 5 8 】

プラズマ表面処理を行なうことによりマイクロ波透過板28の表面にいかなる変化が生じたかを確認するため、プラズマ表面処理を実施する前後のマイクロ波透過板28の下面のラフネスをAFM(原子間力顕微鏡; Atomic Force Microscope)により測定した。その結果は図5～図7に示す通りである。図6は、プラズマ表面処理前のマイクロ波透過板28の下面の状態を示しており、表面に微細な凹凸が観られるが、プラズマ表面処理後の状態を示す図7では凹凸が消失している。このように、プラズマ表面処理を実施することにより、マイクロ波透過板のラフネスが大幅に低下し、表面が平滑化していることが確認された。つまり、プラズマ表面処理に用いた高イオンエネルギーのプラズマがマイクロ波透過板28の表面付近の破碎層に作用することによって破碎層が改質もしくは消失したものと考えられる。

【 0 0 5 9 】

上記試験では、プラズマ表面処理を行なうことにより、プラズマ処理装置100の一構成部材であるマイクロ波透過板28についてパーティクルを低減できることが確認された。このようなパーティクルの抑制効果は、プラズマ処理装置100と同様の構成のプラズマ表面処理装置を用いて、マイクロ波透過板28等の石英製部材に対して個別にプラズマ表面処理を行なうことによっても得られる。つまり、石英製部材に対するプラズマ表面処理は、必ずしもウエハW等の製品処理用のプラズマ処理装置100に組込まれた状態で行なう必要はない。例えば、専用のプラズマ表面処理装置を使用し、プラズマ処理装置100に組込まれる前のマイクロ波透過板28を被処理体として、個別にプラズマ表面処理することができる。その際の条件は、上記プラズマ表面処理と同様の条件で実施できる。また、プラズマ表面処理装置におけるプラズマ源としては、例えばリモートプラズマ方式、

10

20

30

40

50

ICPプラズマ方式、ECRプラズマ方式、表面反射波プラズマ方式、マグネトロンプラズマ方式等を採用することができる。

【0060】

さらに、未使用のものに限らず、使用された結果パーティクルの発生原因となったマイクロ波透過板28等の石英製部材に対してプラズマ表面処理を施すことにより、繰り返し再利用を図ることが可能である。

【0061】

次に、プラズマ表面処理のプロセス条件を決定するため、図1のプラズマ処理装置100を使用して以下の条件でプラズマを生成させてイオンエネルギーを測定した。

<条件1>

Arガス流量；1000mL/min (sccm)

N₂ガス流量；40mL/min (sccm)

処理圧力；6.7Pa (50mTorr) および10Pa (75mTorr)

マイクロ波パワー；1200W、1500W、2000W および3000W

載置台2の温度；室温

【0062】

<条件2>

Arガス流量；1000mL/min (sccm)

N₂ガス流量；200mL/min (sccm)

処理圧力；12Pa (90mTorr)

マイクロ波パワー；1200W、1500W、2000W および3000W

載置台2の温度；室温

【0063】

図8は、マイクロ波パワー（横軸）とプラズマのイオンエネルギーの大きさ（縦軸）との関係を処理圧力別にプロットした結果を示している。また、図9は、圧力（横軸）とプラズマのイオンエネルギーの大きさ（縦軸）との関係をマイクロ波パワー別にプロットした結果を示している。

【0064】

図8および図9より、設定した条件範囲の中で、処理圧力が低いほど、プラズマのイオンエネルギーが大きくなる。設定した範囲内では、マイクロ波パワーは処理圧力ほど大きな影響を与えるものではないが、マイクロ波パワーが増加するに伴い、イオンエネルギーも増加する傾向がみられた。これらの結果から、プラズマ表面処理の際に必要な高イオンエネルギー例えば5.3[eV]超のプラズマを得るためには、処理圧力を10Pa以下に設定することが好ましく、6.7Pa以下とすることがより好ましい。また、同様の目的で、マイクロ波パワーは、1500W以上とすることが好ましく、2000W以上とすることがより好ましく、3000W以上とすることがさらに好ましい。

【0065】

次に、図10は、マイクロ波透過板28の下端からの距離（mm）と、プラズマの電子温度（縦軸）との関係を処理圧力別にプロットしたものである。プラズマ処理の際の処理圧力は6.7Pa (50mTorr) または66.7Pa (500mTorr) とした。この図10より、マイクロ波透過板28からの距離が離れるほど、電子温度が低下する傾向がみられ、特にマイクロ波透過板28の下端から20mm程度までの間で急峻な電子温度の下降が生じていることがわかる。しかし、マイクロ波透過板28の直下では、処理圧力が6.7Pa以下であれば、1.5[eV]以上例えば2[eV]の電子温度のプラズマを形成できる。このことから、処理圧力を6.7Pa以下の低圧条件に制御することによって、マイクロ波透過板28の近傍において2[eV]以上、好ましくは2~4[eV]の高い電子温度でプラズマ表面処理を行なうことが好ましい。

【0066】

図11は、約4000枚のウエハWに対して繰り返しプラズマ窒化処理を実施する途中で、プラズマ表面処理を行なったランニング試験におけるパーティクル数（ウエハ1枚当

10

20

30

40

50

り)の推移を示している。パーティクルは、粒径0.16 μm超のものを計測した。この試験では、以下の条件でプラズマ窒化処理およびプラズマ表面処理を実施した。

<プラズマ窒化処理条件>

Arガス流量; 1000 mL/min (sccm)

N₂ガス流量; 40 mL/min (sccm)

チャンバー内圧力; 6.7 Pa (50 Torr)

処理温度(載置台2の温度); 400

マイクロ波パワー; 1500 W

処理時間; 30秒

<プラズマ表面処理条件>

Arガス流量; 1000 mL/min (sccm)

N₂ガス流量; 40 mL/min (sccm)

チャンバー内圧力; 6.7 Pa (50 Torr)

処理温度(載置台2の温度); 400

マイクロ波パワー; 3000 W

処理時間; 210秒

プラズマ表面処理は1000回繰り返し実施した。

【0067】

この図11から、プラズマ表面処理前には、ウエハWの処理枚数が増加していくに伴い、パーティクル数も増加し、処理枚数が約1000枚の付近で基準値(許容パーティクル数)である20個を超えている。しかし、プラズマ処理装置100のチャンバー1内でプラズマ表面処理を行なうことにより、パーティクル数は略プラズマ窒化処理前のレベルまで減少し、その後は、処理枚数が約4000枚に達する付近まで基準値(許容パーティクル数)以下で推移していることがわかる。従って、プラズマ窒化処理の途中でプラズマ表面処理を行なうことにより、プラズマ窒化処理を繰り返すことによって増加したパーティクル数を初期のレベルまで減少させることが可能であるとともに、その後のパーティクル数の増加を抑制できることが確認できた。

【0068】

次に、図1と同様の構成のプラズマ処理装置100を使用して行なわれる本発明のプラズマ処理の好ましい実施形態について説明する。図12は、パーティクル数の計測結果を元にプラズマ窒化処理の途中でプラズマ表面処理工程を設けたプラズマ処理方法の手順の概要を示すフロー図である。

【0069】

まず、図12のステップ11では、プラズマ処理装置100のチャンバー1内においてプラズマ窒化処理を行なう。このプラズマ窒化処理は、前記と同様の手順で行なうことができる。例えば、まず被処理基板であるウエハW(製品ウエハ)をチャンバー1内に搬入し、載置台2上に載置する。次に、ArガスおよびN₂ガスを所定の流量でガス導入部材15を介してチャンバー1内に導入する。次にマイクロ波発生装置39からのマイクロ波を、マイクロ波透過板28を介してチャンバー1内におけるウエハWの上方空間に放射させることによりプラズマを形成させる。ウエハWの表面には予め例えばシリコン酸化膜(SiO₂膜)が形成されており、プラズマ窒化処理により、シリコン酸化膜中に窒素が導入されてシリコン酸窒化膜(SiON膜)が形成される。なお、プラズマ窒化処理におけるガス流量、圧力、マイクロ波パワー、温度等の条件は前記と同様に実施できる。

【0070】

プラズマ窒化処理が終了した後は、マイクロ波の供給を停止し、次にガスの供給を停止する。そして、ゲートバルブ26を開にしてチャンバー1の搬入出口25から処理済みのウエハWを搬出することにより、1枚のウエハWについての処理が終了する。このステップ11のプラズマ窒化処理は、複数枚(例えば、通算で10000枚程度)のウエハWについて繰り返し実施される。

【0071】

10

20

30

40

50

次に、ステップ12では、パーティクル計測を行なう。パーティクル計測は、被処理基板であるウエハW（製品ウエハ）に替えて測定用ウエハWmをチャンバー1内に搬入し、上記ステップ11と同様の条件で処理した後、この測定用ウエハWmをチャンバー1から取出し、パーティクル計測器（図示せず）を用いてウエハ表面のパーティクル数を計測することにより行なうことができる。このパーティクル数の計測は、例えばウエハW（製品ウエハ）を所定枚数処理する度に行なうことができる。

【0072】

次に、ステップ13では、ステップ12での計測結果に基づき、パーティクル数が基準値（許容パーティクル数；例えば20個）を超えたか否かを判定する。そして、パーティクル数が基準値を超えた（Yes）場合には、パーティクルを抑制するため、次にステップ14でマイクロ波透過板28を構成部材として含むプラズマ処理装置100のチャンバー1内をプラズマ表面処理する。このプラズマ表面処理は、マイクロ波透過板28をチャンバー1内に組込んだままの状態で行なうことができる。

10

【0073】

このステップ14のプラズマ表面処理は、例えば表1に示すステップ1～ステップ5と同様の手順で実施できる。

すなわち、プラズマ処理装置100のチャンバー1内にダミーウエハWdを搬入した後、Arガスを導入しつつ、圧力を調節し、次に、Arガス流量および圧力を維持したままチャンバー1内にマイクロ波を導入してプラズマを生成させる。次に、Arガス流量、圧力およびマイクロ波パワーをプラズマ表面処理の設定条件に調整してプラズマを安定化させる。そして、Arガス流量、圧力およびマイクロ波パワーを維持したまま、チャンバー1内にN₂ガスを導入し、生成された高イオンエネルギーのマイクロ波励起窒素含有プラズマによりチャンバー1内の部材例えばマイクロ波透過板28を表面処理する。次に、ガス流量および圧力を維持した状態でマイクロ波の供給を停止してプラズマ表面処理を終了させた後、必要に応じてチャンバー1内を一旦真空引きする。以上の工程をくり返し実施する。

20

【0074】

このステップ14のプラズマ窒化処理におけるガス流量、圧力、マイクロ波パワー、温度等の条件は前記と同様に実施できる。また、プラズマによる表面処理は、500回以上例えば500～2000回程度繰り返すことが好ましく、1000回以上例えば1000回～2000回程度繰り返し実施することがより好ましい。

30

【0075】

一方、ステップ13でパーティクル数が基準値を超えていない（No）と判断された場合には、引き続きウエハW（製品ウエハ）に対してステップ11のプラズマ窒化処理を行なう。この場合、ステップ11～ステップ13の処理はパーティクル数が基準値を超えるまで繰り返し行なうことができる。

【0076】

ステップ14でプラズマ表面処理を行なった後、ステップ15でパーティクル計測を行なう。このステップ15のパーティクル数の計測は、例えばステップ14のプラズマ表面処理を所定回数繰り返す度に行なうことができる。パーティクル計測は、ダミーウエハWdに替えて測定用ウエハWmをチャンバー1内に搬入し、上記ステップ11と同様の条件で処理した後、この測定用ウエハWmをチャンバー1から取出し、パーティクル計測器（図示せず）を用いてウエハ表面のパーティクル数を計測することにより行なうことができる。

40

【0077】

次に、ステップ16では、ステップ15での計測結果に基づき、パーティクル数が基準値（許容パーティクル数）以下であるか否かを判定する。そして、パーティクル数が基準値以下である（Yes）場合には、チャンバー1内が清浄な状態になっていることから、ステップ17で処理すべき次ロットが存在するか否かを判断する。ステップ17で次ロット有り（Yes）と判断された場合には、再びステップ11に戻り、ダミーウエハWd

50

をウエハW（製品ウエハ）に替えてプラズマ窒化処理を実施する。一方、ステップ17で次ロットなし（No）と判断された場合には、処理を終了する。

【0078】

また、ステップ16でパーティクル数が基準値以下でない（No）と判断された場合には、ステップ14のプラズマ表面処理を実施する。ステップ14～ステップ16の処理は、パーティクル数が基準値以下に減少するまで実施することができる。

【0079】

以上、本発明の実施形態を述べたが、本発明は上記実施形態に制約されることはなく、種々の変形が可能である。

例えば上記実施形態では、石英製部材として、図1のプラズマ処理装置100におけるマイクロ波透過板28を挙げたが、これに限るものではなく、他のチャンバー内部材として例えば石英ライナー、シャワープレート等についても、プラズマ表面処理を施すことにより、同様に石英部材からのパーティクルの発生を低減できる。

【0080】

また、上記実施形態では、RLSA方式のプラズマ処理装置100を例示したが、本発明は、他の方式のプラズマ処理装置、例えばリモートプラズマ方式、ICPプラズマ方式、ECRプラズマ方式、表面反射波プラズマ方式、マグネトロンプラズマ方式等のプラズマ処理装置にも適用できる。

【図面の簡単な説明】

【0081】

【図1】本発明方法の実施に適したプラズマ処理装置の一例を示す概略断面図。

【図2】平面アンテナ部材の構造を示す図面。

【図3】プラズマ表面処理をしなかった場合のプラズマ窒化処理におけるパーティクル数と処理枚数との関係を示すグラフ図。

【図4】プラズマ表面処理をした場合のプラズマ窒化処理におけるパーティクル数と処理枚数との関係を示すグラフ図。

【図5】プラズマ表面処理前後のラフネスの違いを示すグラフ図。

【図6】AFM測定によるプラズマ表面処理前のマイクロ波透過板の表面状態を示す図面

。

【図7】AFM測定によるプラズマ表面処理後のマイクロ波透過板の表面状態を示す図面

。

【図8】マイクロ波パワーとイオンエネルギーとの関係を処理圧力別にプロットしたグラフ図。

【図9】処理圧力とイオンエネルギーとの関係をマイクロ波パワー別にプロットしたグラフ図。

【図10】プラズマ生成部からの距離と電子温度との関係を示すグラフ図。

【図11】ランニング試験におけるパーティクル数の推移を示すグラフ図。

【図12】プラズマ処理方法の手順の一例を示すフロー図。

【符号の説明】

【0082】

1；チャンバー（処理室）

2；載置台

3；支持部材

5a；ヒータ

15；ガス導入部

16；ガス供給系

17；Arガス供給源

18；N₂ガス供給源

23；排気管

24；排気装置

10

20

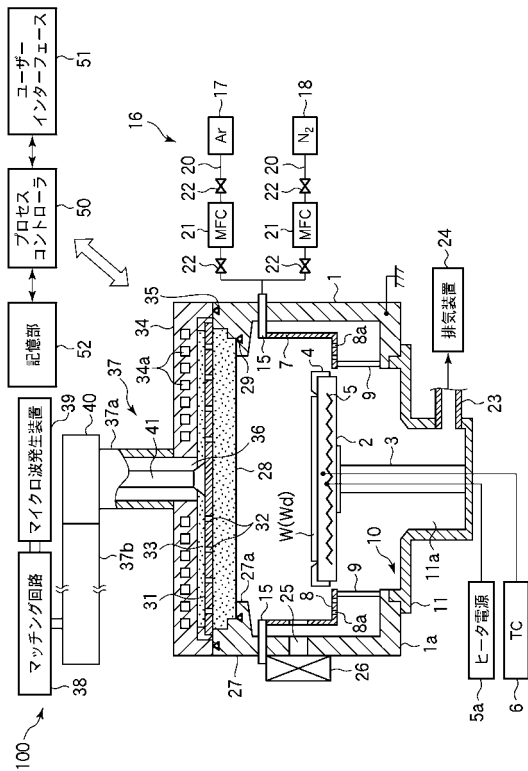
30

40

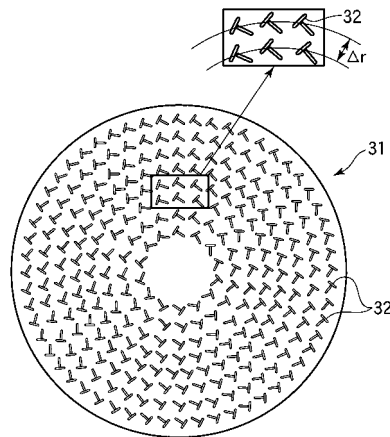
50

- 25 ; 搬入出口
- 26 ; ゲートバルブ
- 28 ; マイクロ波透過板
- 29 ; シール部材
- 31 ; 平面アンテナ部材
- 32 ; マイクロ波放射孔
- 37 ; 導波管
- 37a ; 同軸導波管
- 37b ; 矩形導波管
- 39 ; マイクロ波発生装置
- 40 ; モード変換器
- 50 ; プロセスコントローラ
- 100 ; プラズマ処理装置
- W ; ウエハ (基板)

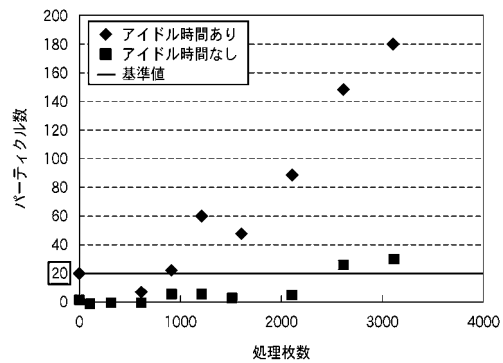
【 図 1 】



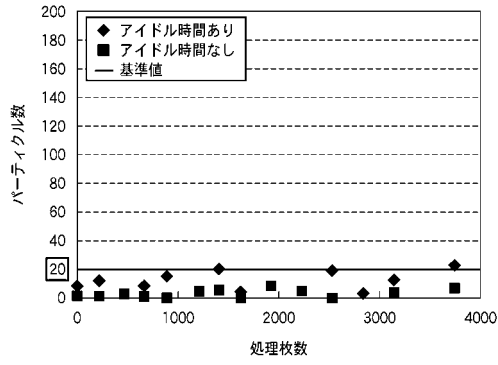
【 図 2 】



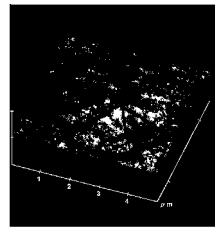
【 図 3 】



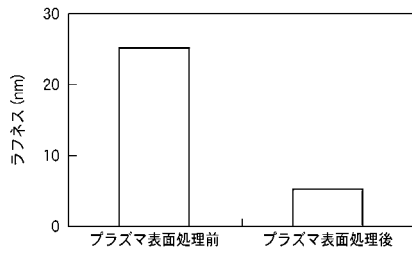
【 図 4 】



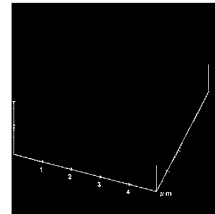
【 図 6 】



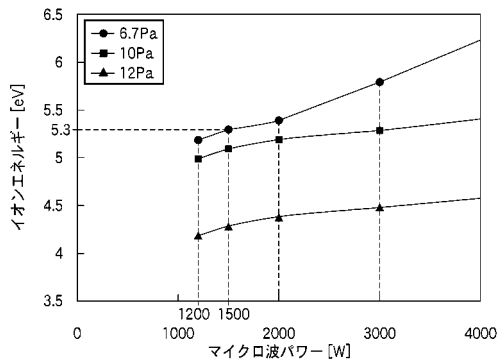
【 図 5 】



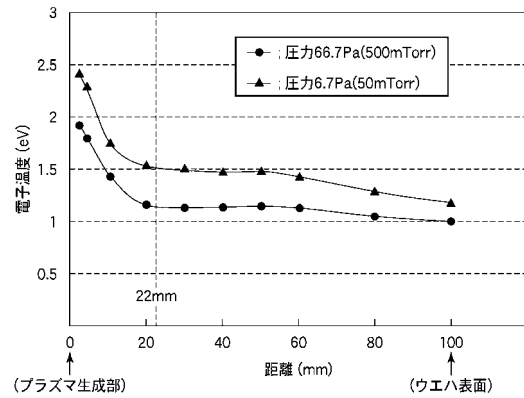
【 図 7 】



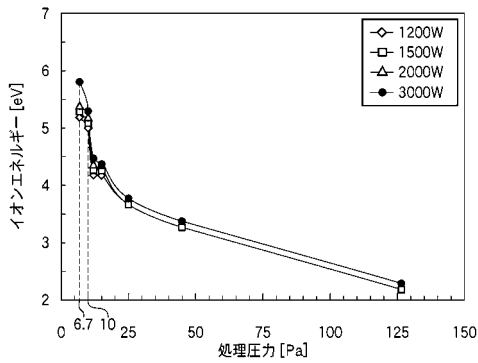
【 図 8 】



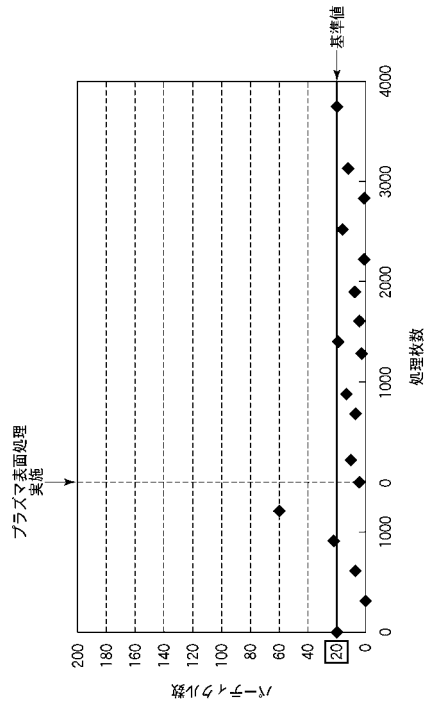
【 図 10 】



【 図 9 】



【図11】



【図12】

