

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4173311号
(P4173311)

(45) 発行日 平成20年10月29日 (2008.10.29)

(24) 登録日 平成20年8月22日 (2008.8.22)

(51) Int. Cl.	F I
H O 1 L 21/3065 (2006.01)	H O 1 L 21/302 I O 1 H
H O 5 H 1/00 (2006.01)	H O 5 H 1/00 A

請求項の数 12 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2002-66369 (P2002-66369)	(73) 特許権者	000219967
(22) 出願日	平成14年3月12日 (2002.3.12)		東京エレクトロン株式会社
(65) 公開番号	特開2003-264179 (P2003-264179A)		東京都港区赤坂五丁目3番1号
(43) 公開日	平成15年9月19日 (2003.9.19)	(74) 代理人	100096910
審査請求日	平成17年3月10日 (2005.3.10)		弁理士 小原 肇
		(72) 発明者	高山 直樹
			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
		(72) 発明者	王 斌
			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
		(72) 発明者	原田 智
			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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シーズニング終了検知方法及びプラズマ処理方法並びにプラズマ処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

処理装置の処理容器内に試験用被処理体を供給してシーズニングを行う際の上記シーズニングの終了を検知する方法において、上記処理容器内に上記試験用被処理体を一枚ずつ複数回に亘って供給してこれらの試験用被処理体それぞれに所定の処理を行った後、上記処理容器を直ぐに再起動できる状態で放置して上記処理容器内を冷却し、冷却後に再度上記処理容器内に上記試験用被処理体を一枚ずつ複数回に亘って供給してこれらの試験用被処理体それぞれに所定の処理を行い、上記の各処理に用いられるそれぞれの試験用被処理体から得られる複数の測定データを用いて多変量解析を行ない、上記シーズニングの終了を予測する予測式を作成する工程と、上記予測式に基づいて上記シーズニングを行なう際のシーズニングの終了を検知する工程とを有することを特徴とするシーズニング終了検知方法。

【請求項2】

上記多変量解析として主成分分析を用いることを特徴とする請求項1に記載のシーズニング終了検知方法。

【請求項3】

上記測定データとしてプラズマの発光スペクトルを用いることを特徴とする請求項1または請求項2に記載のシーズニング終了検知方法。

【請求項4】

上記発光スペクトルの波長のうち、残差への寄与率の高い波長を用いることを特徴とす

る請求項 3 に記載のシーズニング終了検知方法。

【請求項 5】

上記測定データとして V I プローブで得られる高周波電圧を用いることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のシーズニング終了検知方法。

【請求項 6】

上記測定データとして V I プローブで得られる高周波電流を用いることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のシーズニング終了検知方法。

【請求項 7】

上記測定データとして V I プローブで得られる高周波電圧と高周波電流の位相差を用いることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のシーズニング終了検知方法。

10

【請求項 8】

処理装置の処理容器内に試験用被処理体を供給してシーズニングを行う際の上記シーズニングの終了を検知する工程を含むプラズマ処理方法において、上記工程は、上記処理容器内に上記試験用被処理体を供給して得られる複数の測定データを用いて多変量解析を行い、上記シーズニングの終了を予測する予測式を作成する工程と、上記予測式に基づいて上記シーズニングを行う際のシーズニングの終了を検知する工程とを有し、上記予測式を作成する工程では、上記処理容器内に上記試験用被処理体を一枚ずつ複数回に亘って供給してこれらの試験用被処理体それぞれに所定の処理を行った後、上記処理容器を直ぐに再起動できる状態で放置して上記処理容器内を冷却し、冷却後に再度上記処理容器内に上記試験用被処理体を一枚ずつ複数回に亘って供給してこれらの試験用被処理体それぞれに所定の処理を行い、上記の各処理に用いられるそれぞれの試験用被処理体から得られる複数の測定データを用いて上記多変量解析を行うことを特徴とするプラズマ処理方法。

20

【請求項 9】

上記多変量解析として主成分分析を用いることを特徴とする請求項 8 に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 10】

上記測定データとしてプラズマの発光スペクトルを用いることを特徴とする請求項 8 または請求項 9 に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 11】

上記発光スペクトルの波長のうち、残差への寄与率の高い波長を用いることを特徴とする請求項 10 に記載のプラズマ処理方法。

30

【請求項 12】

被処理体を収容する処理容器と、この処理容器内のプラズマの発光スペクトルを測定する検出器と、この検出器に接続されたこの検出器からの測定データが入力される制御装置とを備え、上記制御装置は、上記処理容器内に試験用被処理体を供給してシーズニングを行う際に、上記処理容器内に上記試験用被処理体を一枚ずつ複数回に亘って供給してこれらの試験用被処理体それぞれに所定の処理を行った後、上記処理容器を直ぐに再起動できる状態で放置して上記処理容器内を冷却し、再度上記処理容器内に上記試験用被処理体を一枚ずつ複数回に亘って供給してこれらの試験用被処理体それぞれに所定の処理を行い、上記検出器を用いて上記の各処理に用いられるそれぞれの試験用被処理体から得られる複数の測定データを基に多変量解析プログラムを用いて多変量解析を行い、上記シーズニングの終了を予測する予測式を作成し、この予測式に基づいて上記シーズニングを行う際のシーズニングの終了を検知することを特徴とするプラズマ処理装置。

40

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、エッチング処理装置等の処理装置についてのシーズニング終了検知方法及びこのシーズニング終了検知方法を用いたプラズマ処理方法並びにプラズマ処理装置に関する。

【0002】

50

【従来の技術】

例えばエッチング処理装置等の処理装置は、気密構造の処理容器と、この処理容器内に配設され且つ被処理体を保持する保持体とを備え、処理容器内でプラズマを発生させて被処理体に対して所定の処理を施すように構成されている。そして、被処理体の処理を継続すると、処理容器内が副生成物等によって汚染されたり、内部部品が消耗したりする。そのため、処理装置を一旦停止し、処理容器内のクリーニングや消耗品の交換等のメンテナンスを行う。そして、メンテナンス終了後には処理装置を再起動する。

【0003】

例えばエッチング処理装置の場合には、再起動する際に処理容器内に所定枚数のダミーウエハを供給してエッチングサイクルを繰り返し、処理容器内を生産時に要求される状態に整える、いわゆるシーズニングを行う。シーズニング終了後にエッチングレートやウエハ面内のエッチングの均一性等を調べる。シーズニングの際の複数枚のダミーウエハから得られる測定データ、例えば終点検出器によって得られる発光スペクトルの測定データを用いてデータ解析を行う。そして、この解析データの変化を観てシーズニングが終了したか否かを判断している。

10

【0004】**【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、従来の解析データではシーズニングの終了の判断基準となる変化がシーズニングによる変化、つまり処理容器内の状態変化に基づく変化であるのか、各ダミーウエハ間の温度の変化に基づく変化であるのかの見極めが難しく、ひいてはシーズニングが終了しているか否かの判断が難しいという課題があった。

20

【0005】

即ち、本発明者等は例えば測定データを多変量解析の一つである主成分分析を用いて後述のようにしてデータ解析を行ったが、この解析結果では変化を示す大きなピークが二つ認められ、シーズニングが終了しているのか否かの判断が難しい。そこで、この主成分分析について説明する。この場合従来と同様の手法により測定データを採取する。例えば、初日に130枚のダミーウエハを供給し、二日目には生産工程に入って30枚のダミーウエハを供給してエッチングを行った。初日の51～60枚目のダミーウエハ及び121～130枚目のダミーウエハからそれぞれ得られる発光スペクトルの測定データを用いて主成分分析を行い、図8の(a)、(b)及び図9の(a)、(b)に示す解析結果を得た。この主成分分析では、発光スペクトルのうち、193nm～419nmの短波長領域にある297種類の波長を使用して一枚のダミーウエハについて1分間で3秒毎に各波長強度を18回測定し、これらの測定データに基づいて主成分分析を行った。そして、各測定時の主成分得点及び残差をそれぞれ求め、HOTELLINGS T SQUARE (主成分得点の二乗和) をプロットしたものが各図の(a)であり、残差の二乗和(残差得点)をプロットしたものが各図の(b)である。これらの解析結果からも明らかなように、いずれのグラフにも初日のデータ及び二日目のデータ共に大きなピークが認められ、シーズニング終了の判断が難しい。尚、各グラフの横軸は測定回数を示している。

30

【0006】

本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、シーズニングの終了を明確に判断することができるシーズニング終了検知方法及びプラズマ処理方法並びにプラズマ処理装置を提供することを目的としている。

40

【0007】**【課題を解決するための手段】**

本発明者等は、二つのピークが認められる原因について種々検討した結果、データ解析に用いる測定データの採取方法に原因があることが判った。そこで、データを採取する際に処理容器に特定の処置を施すことで、ダミーウエハ間の温度変化による影響を排除し、シーズニングによる変化を確実に把握し、シーズニングの終了を確実に判断できるとの知見を得た。

【0008】

50

本発明は上記知見に基づいてなされたもので、本発明の請求項 1 に記載のシーズニング終了検知方法は、処理装置の処理容器内に試験用被処理体を供給してシーズニングを行う際の上記シーズニングの終了を検知する方法において、上記処理容器内に上記試験用被処理体を一枚ずつ複数回に亘って供給してこれらの試験用被処理体それぞれに所定の処理を行った後、上記処理容器を直ぐに再起動できる状態で放置して上記処理容器内を冷却し、冷却後に再度上記処理容器内に上記試験用被処理体を一枚ずつ複数回に亘って供給してこれらの試験用被処理体それぞれに所定の処理を行い、上記の各処理に用いられるそれぞれの試験用被処理体から得られる複数の測定データを用いて多変量解析を行ない、上記シーズニングの終了を予測する予測式を作成する工程と、上記予測式に基づいて上記シーズニングを行なう際のシーズニングの終了を検知する工程とを有することを特徴とするものである。

10

【 0 0 0 9 】

また、本発明の請求項 2 に記載のシーズニング終了検知方法は、請求項 1 に記載の発明において、上記多変量解析として主成分分析を用いることを特徴とするものである。

【 0 0 1 0 】

また、本発明の請求項 3 に記載のシーズニング終了検知方法は、請求項 1 または請求項 2 に記載の発明において、上記測定データとしてプラズマの発光スペクトルを用いることを特徴とするものである。

【 0 0 1 1 】

また、本発明の請求項 4 に記載のシーズニング終了検知方法は、請求項 3 に記載の発明において、上記発光スペクトルの波長のうち、残差への寄与率の高い波長を用いることを特徴とするものである。

20

【 0 0 1 2 】

また、本発明の請求項 5 に記載のシーズニング終了検知方法は、請求項 1 または請求項 2 に記載の発明において、上記測定データとして V I プローブで得られる高周波電圧を用いることを特徴とするものである。

【 0 0 1 3 】

また、本発明の請求項 6 に記載のシーズニング終了検知方法は、請求項 1 または請求項 2 に記載の発明において、上記測定データとして V I プローブで得られる高周波電流を用いることを特徴とするものである。

30

【 0 0 1 4 】

また、本発明の請求項 7 に記載のシーズニング終了検知方法は、請求項 1 または請求項 2 に記載の発明において、上記測定データとして V I プローブで得られる高周波電圧と高周波電流の位相差を用いることを特徴とするものである。

【 0 0 1 5 】

また、本発明の請求項 8 に記載のプラズマ処理方法は、処理装置の処理容器内に試験用被処理体を供給してシーズニングを行う際の上記シーズニングの終了を検知する工程を含むプラズマ処理方法において、上記工程は、上記処理容器内に上記試験用被処理体を供給して得られる複数の測定データを用いて多変量解析を行い、上記シーズニングの終了を予測する予測式を作成する工程と、上記予測式に基づいて上記シーズニングを行う際のシーズニングの終了を検知する工程とを有し、上記予測式を作成する工程では、上記処理容器内に上記試験用被処理体を一枚ずつ複数回に亘って供給してこれらの試験用被処理体それぞれに所定の処理を行った後、上記処理容器を直ぐに再起動できる状態で放置して上記処理容器内を冷却し、冷却後に再度上記処理容器内に上記試験用被処理体を一枚ずつ複数回に亘って供給してこれらの試験用被処理体それぞれに所定の処理を行い、上記の各処理に用いられるそれぞれの試験用被処理体から得られる複数の測定データを用いて上記多変量解析を行うことを特徴とするものである。

40

また、本発明の請求項 9 に記載のプラズマ処理方法は、請求項 8 に記載の発明において、上記多変量解析として主成分分析を用いることを特徴とするものである。

また、本発明の請求項 1 0 に記載のプラズマ処理方法は、請求項 8 または請求項 9 に記

50

載の発明において、上記測定データとしてプラズマの発光スペクトルを用いることを特徴とするものである。

また、本発明の請求項 1 1 に記載のプラズマ処理方法は、請求項 1 0 に記載の発明において、上記発光スペクトルの波長のうち、残差への寄与率の高い波長を用いることを特徴とするものである。

また、本発明の請求項 1 2 に記載のプラズマ処理装置は、被処理体を収容する処理容器と、この処理容器内のプラズマの発光スペクトルを測定する検出器と、この検出器に接続されたこの検出器からの測定データが入力される制御装置とを備え、上記制御装置は、上記処理容器内に試験用被処理体を供給してシーズニングを行う際に、上記処理容器内に上記試験用被処理体を一枚ずつ複数回に亘って供給してこれらの試験用被処理体それぞれに所定の処理を行った後、上記処理容器を直ぐに再起動できる状態で放置して上記処理容器内を冷却し、再度上記処理容器内に上記試験用被処理体を一枚ずつ複数回に亘って供給してこれらの試験用被処理体それぞれに所定の処理を行い、上記検出器を用いて上記の各処理に用いられるそれぞれの試験用被処理体から得られる複数の測定データを基に多変量解析プログラムを用いて多変量解析を行い、上記シーズニングの終了を予測する予測式を作成し、この予測式に基づいて上記シーズニングを行う際のシーズニングの終了を検知することを特徴とするものである。

【 0 0 1 6 】

【発明の実施の形態】

以下、図 1 ～ 図 7 に示す実施形態に基づいて本発明を説明する。

本実施形態のプラズマ装置 1 は、例えば図 1 に示すように、所望の高真空度を保持することができる、表面がアルマイト加工され且つ電氣的に接地された処理容器 2 と、この処理容器 2 内の底面中央に配設され且つ被処理体（例えば、ウエハ）W を載置する下部電極 3 と、この下部電極 3 を下方から支持し且つ処理容器 2 の底面に絶縁部材 2 A を介して配設された支持体 4 と、下部電極 3 と隙間を介して配設され且つ中空状に形成された上部電極 5 とを備えている。下部電極 3 には例えば 2 M H z の高周波電源 6 が整合器 6 A を介して接続され、上部電極 5 には下部電極 3 よりも周波数の高い、例えば 6 0 M H z の高周波電源 7 が整合器 7 A を介して接続されている。下部電極 3 にはハイパスフィルタ 8 が接続され、上部電極 5 にはローパスフィルタ 9 が接続されている。また、処理容器 2 の底面の排気口 2 B には排気装置 1 1 がガス排気管 1 1 A を介して接続され、この排気装置 1 1 は処理容器 2 内を真空排気して所望の真空度を維持する。尚、以下では、必要に応じて下部電極 3 と支持体 4 を纏めて載置台 1 0 と称して説明する。

【 0 0 1 7 】

上部電極 5 の上面中央にはガス導入管 5 A が形成され、このガス導入管 5 A は絶縁部材 2 C を介して処理容器 2 の上面中央を貫通している。そして、このガス導入管 5 A には処理ガス供給源 1 2 がガス供給管 1 3 を介して接続され、この処理ガス供給源 1 2 からエッチングガスを供給する。即ち、処理ガス供給源 1 2 は、C₅F₈ ガス供給源 1 2 A、O₂ ガス供給源 1 2 B 及び Ar ガス供給源 1 2 C を有し、これらの各ガス供給源 1 2 A、1 2 B、1 2 C がそれぞれガス供給管 1 3 の分岐管 1 3 A、1 3 B、1 3 C に接続されている。各分岐管 1 3 A、1 3 B、1 3 C には C₅F₈ ガス供給源 1 2 A、O₂ ガス供給源 1 2 B 及び Ar ガス供給源 1 2 C に対応する流量制御装置 1 2 D、1 2 E、1 2 F 及びバルブ 1 2 G、1 2 H、1 2 I が上流側から下流側に向けて順次設けられ、これらの流量制御装置 1 2 D、1 2 E、1 2 F 及びバルブ 1 2 G、1 2 H、1 2 I を介して処理容器 2 内へ供給するエッチングガスを所定流量に制御する。

【 0 0 1 8 】

上部電極 5 の下面には多数の孔 5 B が均等に分散されて形成され、各孔 5 B から処理容器 2 内へ処理ガスを均等に分散供給する。従って、排気装置 1 1 によって処理容器 2 内を真空引きすると共に処理ガス供給源 1 2 から所定のエッチングガスを所定の流量で供給した状態で、下部電極 3 及び上部電極 5 にそれぞれの高周波電力を印加し、処理容器 2 内でエッチングガスのプラズマを発生させ、下部電極 3 上のウエハ W に対して所定のエッチング

を施す。この下部電極 3 には温度センサ（図示せず）が装着され、温度センサを介して下部電極 3 上のウエハ W の温度を常時監視している。

【 0 0 1 9 】

載置台 1 0 内には所定の冷媒（例えば、従来公知のフッ素系流体、水等）が通る冷媒流路 1 0 A が形成され、冷媒が冷媒流路 1 0 A を流れる間に下部電極 3 が冷却され、下部電極 3 を介してウエハ W を冷却し、ウエハ W を所望の温度に制御する。また、下部電極 3 上には絶縁材材料からなる静電チャック 1 4 が配置され、静電チャック 1 4 内の電極板 1 4 A には高圧直流電源 1 5 に接続されている。静電チャック 1 4 は高圧直流電源 1 5 から電極板 1 4 A に印加された高電圧によって表面に発生する静電気によってウエハ W を静電吸着する。下部電極 3 の外周縁には静電チャック 1 4 を囲むフォーカスリング 1 6 が配置され、フォーカスリング 1 6 を介してプラズマがウエハ W に集束する。

10

【 0 0 2 0 】

載置台 1 0 には H e ガス等の熱伝導性ガスをバックサイドガスとして供給するガス流路 1 0 B が形成され、ガス流路 1 0 B は載置台 1 0 の上面の複数箇所で開口している。これらの開口部は載置台 1 0 上の静電チャック 1 4 に形成された貫通孔と一致している。従って、載置台 1 0 のガス流路 1 0 B にバックサイドガスを供給すると、バックサイドガスはガス流路 1 0 B を経由して静電チャック 1 3 の貫通孔から流出し、静電チャック 1 4 とウエハ W 間の隙間全体に均等に拡散し、隙間での熱伝導性を高めている。尚、図 1 において、1 7 は処理容器 2 に形成されたウエハ W の搬出入口を開閉するゲートバルブである。

【 0 0 2 1 】

20

プラズマ処理装置 1 には例えば終点検出器 1 8 が取り付けられ、この終点検出器 1 8 を用いて処理容器 2 内のプラズマの発光スペクトルを測定し、この測定値を制御装置 1 9 内に取り込むようにしている。この制御装置 1 9 には多変量解析プログラムとして例えば主成分分析用のプログラムが格納され、このプログラムを介して主成分分析を行うようにしている。この主成分分析用のプログラムは処理容器 2 をシーズニングする際に、シーズニング用のデータを解析するために用いられる。データ解析用のデータとしては終点検出器 1 8 の発光スペクトルの測定データを用いる。測定データとしては例えば 1 9 3 n m ~ 9 5 0 n m の範囲にある 1 0 2 4 種類の波長を使用する。

【 0 0 2 2 】

そこで、本実施形態のシーズニングデータ解析方法、いわゆるシーズニング終了を予測する予測式の作成に用いられる測定データの採取について説明する。即ち、処理容器 2 内のクリーニングやフォーカスリング（図示せず）等の消耗品を交換した後、処理容器 2 の安定化を図るために以下の手順でシーズニングを行う。まず、初日にプラズマ処理装置 1 を起動した後、処理容器 2 内へダミーウエハ（ベアシリコン）W を供給した後、ガス供給管 1 6 から処理容器 2 内へエッチングガスを供給して所定の真空度を保持した状態で高周波電源 6、7 から例えば 6 0 M H z 及び 2 M H z の高周波電力を印加してエッチングを行う。この処理を例えば 1 3 0 枚のダミーウエハ W について繰り返し行う。1 3 0 枚のダミーウエハ W の処理で一日目の処理を終了する。

30

【 0 0 2 3 】

その後、エッチング処理を一旦停止し、電源の入ったまま、即ち、直ぐに再起動できる状態で処理容器 2 を数時間以上放置し、エッチング処理によって高温になった処理容器 2 自体及び下部電極 1 2 等の内部の部品を設定温度まで冷却する。

40

【 0 0 2 4 】

次いで、二日目に再度、生産工程の条件で例えば 3 0 枚のダミーウエハ W を一枚ずつ処理容器 2 内へ供給し、各ダミーウエハ W についてエッチングサイクルを繰り返す。エッチングサイクルの開始時点では処理容器 2 内は冷却されているため、一枚目のダミーウエハ W から 3 0 枚目までエッチングを行う間に処理容器 2 自体及び処理容器 2 内の下部電極 1 2、フォーカスリング等の部品の温度が徐々に昇温する。本実施形態では 3 0 枚のうち、最初から 2 0 枚目までの温度変化がある時点でのダミーウエハ W について発光スペクトルを約 1 分間で 1 8 回測定し、上述した 2 9 7 種類の波長の発光強度を主成分分析の測定デー

50

タとして用いる。従って、これらの測定データには処理容器 2 内の温度変化が反映されている。

【 0 0 2 5 】

而して、上記測定データを用いて主成分分析を行う。例えば、20枚のダミーウエハについてm回（本実施形態では $18 \times 20 = 360$ 回）の測定を行い、各測定毎にn個（本実施形態では297個の波長の発光強度）の測定データが存在すると、測定データが入った行列は数1で表される。この行列の行は一回の測定で得られる測定波長の測定データがその成分となり、その列は各波長の時間によって変化する測定データがその成分になっている。そして、制御装置19においてそれぞれの測定データに基づいて平均値、分散値、標準偏差を求めた後、平均値と標準偏差値で規格化する。これらの規格化された値に基づいた相関行列を用いて複数の測定データの主成分分析を行って固有値及びその固有ベクトルを求める。固有値は各測定データの分散の大きさを表し、固有値の大きさ順に、第1主成分、第2主成分、・・・第n主成分として定義されている。また、各固有値にはそれぞれに属する固有ベクトル（重み）がある。通常、主成分の次数が高いほどデータの評価に対する寄与率が低くなり、その利用価値が薄れる。

10

【 数 1 】

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{pmatrix}$$

20

【 0 0 2 6 】

本実施形態では20枚のダミーウエハに対してm回の測定を行い、各測定毎にそれぞれn個の測定データを取り、i番目の測定のj番目の固有値に対応する第j主成分は数2で表される。そして、この第j主成分 t_{ij} に具体的なi番目の測定によって得られる測定データ（ x_{i1} 、 x_{i2} 、・・・、 x_{in} ）を代入して得られた値がi番目の測定に対する第j主成分の得点になる。従って、第j主成分の得点 t_j は数3で定義され、第j主成分の固有ベクトル P_j は数4で定義される。そして、第j主成分の得点 t_j を行列Xと固有ベクトル P_j を用いると数5で表される。また、行列Xを主成分の得点とそれぞれの固有ベクトルを用いると数6で表される。

30

【 数 2 】

$$t_{ij} = x_{i1}P_{j1} + x_{i2}P_{j2} + \cdots + x_{in}P_{jn}$$

【 数 3 】

40

$$t_j = \begin{pmatrix} t_{1j} \\ t_{2j} \\ \vdots \\ t_{mj} \end{pmatrix}$$

【 数 4 】

$$P_j = \begin{pmatrix} P_{j1} \\ P_{j2} \\ \vdots \\ P_{jn} \end{pmatrix}$$

【数 5】

$$t_j = X P_j$$

10

【数 6】

$$X = t_1 P_1^T + t_2 P_2^T + \cdots + t_n P_n^T$$

但し、 P_n^T は P_n の転置行列である。

【0027】

従って、主成分分析では多種類の測定データがあっても例えば第1主成分及び第2主成分、多くても第3主成分までの少数の統計データとして纏め、少数の統計データを調べるだけでシーズニングの状況を把握し、シーズニングの終了を判断することができる。例えば一般的に第1、第2主成分の固有値の累積寄与率が90%を超えれば、第1、第2主成分に基づいた評価は信頼性の高いものになる。第1主成分は上述のように測定データが最も大きく分散する方向を示し、処理容器2のシーズニングの経時的変化の把握、シーズニング終了の判断に適している。第1、第2主成分で把握しきれない変化は残差得点によって把握することができる。本実施形態では第1主成分を求める。

20

【0028】

そこで、本実施形態では下記条件でダミーウエハWにエッチングを施し、この時の測定データの主成分分析により、固有値は測定データの相関行列を用いて求めることができ、最も大きな固有値が第1主成分得点の分散になる。第1主成分の固有ベクトルは固有値及び相関行列を用いて求めることができる。そして、各測定データの主成分得点を算出し、それぞれの主成分得点の二乗和 (HOTELLING'S T SQUARE) をプロットしたものが図2の(a)に示すグラフである。このグラフからも明らかなように初日の測定データにだけ大きなピークが認められ、二日目の測定データには大きなピークは認められず、シーズニングの終了を確実に判断することができる。また、各測定データの残差の二乗和をプロットしたものが図2の(b)に示すグラフである。この図においても初日の測定データにのみ大きなピークが認められ、シーズニングの終了を確実に判断することができる。尚、各グラフの横軸は測定回数を示している。本実施形態では一枚のダミーウエハWについて18回の測定を行っており、しかも二日間で160枚のダミーウエハWを処理したことになるから、 $18 \times 160 = 2880$ まで目盛りがある。

30

【0029】

40

[処理条件]

処理装置：容量結合型平行平板プラズマ処理装置

ダミーウエハ（ベアシリコン）：300mm

下部電極の電源高周波数及び電力：2MHz、3800W

上部電極の電源高周波数及び電力：60MHz、3300W

処理圧力：25mTorr

エッチングガス： $C_5F_8=29\text{ sccm}$ 、

$Ar=750\text{ sccm}$ 、 $O_2=47\text{ sccm}$

バックサイドガス： $He=15\text{ Torr}$ （電極中央部）、

40 Torr （電極エッジ部）

処理温度：上部電極=60℃、側壁=60℃、下部電極=20℃

【0030】

以上説明したように本実施形態によれば、シーズニングの終了を予測する予測式を作成する際に、ダミーウエハWを用いて生産工程に入った段階の途中でプラズマ処理装置1を一旦停止した後、直ぐに再起動できる状態で処理容器2を数時間放置して処理容器2自体及びその内部の下部電極12等の部品を冷却した後、再度生産工程に入って20枚のダミーウエハWを処理する間にシーズニング終了を判断するための測定データを採取しているため、処理容器2自体及び下部電極3等の部品の温度変化が反映された測定データを得ることができ、その解析結果から温度変化に基づくピークを排除することができ、更にこの解析結果をシーズニング時に用いることにより、シーズニングの終了を確実に検知し、判断することができる。従って、シーズニングを確実に検知した後、プラズマ処理を行なうことによってウエハに対して安定したエッチング処理を施すことができる。

【0031】

図3は本発明の他の実施形態のデータ解析方法を示す図である。本実施形態では、上記実施形態とは異なり、各ダミーウエハWについて得られた18個の測定データ（297種類の波長）の平均値を求めた後、これらの平均値を用いて主成分分析を行って固有値及び固有ベクトルを求めた。そして、各ダミーウエハWの主成分得点の二乗和及び残差の二乗和をプロットしたものが図3の（a）及び（b）に示すグラフである。図3の（a）、（b）から明らかなように図2に示す上記実施形態のグラフと同様にシーズニングの終了を判断することができる。尚、横軸の数値はダミーウエハの枚数を示す。

【0032】

また、図4、図5は本発明の更に他の実施形態のデータ解析方法を示す図である。本実施形態では図4に示すように測定データの残差への寄与の大きな波長（例えば、図4の で囲んだ波長）を例えば10種類を選択し、これら10種類の波長について、上記実施形態と同様にダミーウエハW毎に平均値を求めた後、これらの平均値を用いて主成分分析を行って固有値及び固有ベクトルを求めた。そして、各ダミーウエハWの第1主成分得点及び残差得点をプロットしたものが図5の（a）及び（b）に示すグラフである。図5の（a）、（b）から明らかなように、図2に示す実施形態と比較してグラフのギザギザが減少して滑らかな曲線になり、シーズニングの終了をより簡単に判断することができる。

【0033】

また、図6は本発明の更に他の実施形態のデータ解析方法を示す図である。本実施形態では図5に示す実施形態と同様に残差への寄与率の高い10種類の波長を選択している。そして、図5に示す実施形態ではダミーウエハWについて各波長の測定データの時間平均値を採用しているが、本実施形態では測定データそのものを使用する点で図2に示す場合と同様である。しかしながら、図2の場合には行列の行は一回の測定で得られる測定波長の

10

20

30

40

50

測定データがその成分となり、その列は各波長の時間によって変化する測定データがその成分になっているが、本実施形態では各ダミーウエハWと各波長毎に行と列を転置している。一つの行は10波長につき16回測定しているため、 $10 \times 16 = 160$ の成分を持つ。一つの列はウエハ20枚を訓練集合に入れたため、20の成分を持つ主成分分析の訓練集合は20行、160列の行列である。この行列に基づいて上記各実施形態と同様に主成分分析を行い、主成分得点の二乗和及び残差の二乗和をプロットしたものが図6の(a)及び(b)に示すグラフである。図6の(a)、(b)から明らかなように、図5に示すグラフと比較してギザギザが減少してより一層滑らかな曲線になり、シーズニングの終了をより簡単に判断することができる。

【0034】

また、図7に示すプラズマ処理装置20についても上記プラズマ処理装置1と同様に本発明を適用することができ、上記プラズマ処理装置1と同様の作用効果を期することができる。このプラズマ処理装置20は、図7に示すように、アルミニウム等の導電性材料からなる処理容器21と、この処理容器21内の底面に配設され且つウエハWを載置する載置台を兼ねた下部電極22と、この下部電極22の上方に所定の間隔を隔てて配設され且つエッチングガスの供給部を兼ねた中空状の接地された上部電極23と、回転磁場を付与する磁場形成手段24とを備え、制御装置25の制御下で処理容器21の上下両電極間で発生する電界に磁場形成手段24による回転磁界Bが作用し、高密度プラズマでウエハWに対して均一なプラズマ処理を行う。

【0035】

処理容器21の上面には上部電極23に連通させたガス供給管26が接続され、ガス供給管26及び上部電極23を介してガス供給源(図示せず)から処理容器21内へエッチングガスを供給する。処理容器21の側面には図示しない真空排気装置に連結されたガス排出管27が接続され、真空排気装置及びガス排出管27を介して処理容器21内を減圧して所定の真空度に保持する。下部電極22には高周波電源28が接続され、高周波電源28から下部電極22へ高周波電力を印加し両電極22、23間でエッチングガスのプラズマを発生させ、下部電極22上の半導体ウエハW表面に例えば所定のエッチング処理を施す。

【0036】

プラズマ処理装置20には例えば終点検出器29が取り付けられ、この終点検出器29を用いて処理容器21内のプラズマの発光スペクトルを測定し、この測定値を制御装置25内に取り込むようにしている。この制御装置25には多変量解析プログラムとして例えば主成分分析用のプログラムが格納され、このプログラムを介して主成分分析を行うようにしている。この主成分分析用のプログラムは処理容器21をシーズニングする際に、シーズニング用のデータを解析するために用いられる。データ解析用のデータとしては終点検出器29の発光スペクトルの測定データを用いる。測定データとしては例えば193nm~950nmの範囲にある1024種類の波長を使用する。

【0037】

尚、上記各実施形態では、シーズニングの終了を判断するデータの解析手法として主成分分析を例に挙げて説明したが、その他の多変量解析を用いても良い。また、上記各実施形態ではプラズマの発光スペクトルを用いた場合について説明したが、その他の測定データ、例えばプラズマ処理装置内に設けられたVプローブによって検出される高周波電圧、高周波電流、高周波電圧と高周波電流の位相差等の処理容器内の温度変化の影響を受け易い測定データを用いることができる。また、上記各実施形態ではエッチング処理装置を例に挙げて説明したが、その他のプラズマ処理装置にも本発明を適用することができる。

【0038】

【発明の効果】

本発明の請求項1~請求項7に記載の発明によれば、試験用被処理体を用いて処理装置のシーズニングの終了を予測する予測式を作成する際に、シーズニングの途中でシーズニングを中断し、直ぐに再起動できる状態のまま処理容器を放置して冷却した後、再度シー

10

20

30

40

50

ズニングを行い、それぞれのシーズニングによって得られた測定データを用いて予測式を作成するため、試験用被処理体の温度変動の影響を排除してシーズニングの終了を確実に判断することができるシーズニング終了検知方法を提供することができる。

【0039】

また、本発明の請求項8～請求項12に記載の発明によれば、プラズマ処理に先立って、試験用被処理体を用いて処理装置のシーズニングの終了を予測する予測式を作成する際に、シーズニングの途中でシーズニングを中断し、直ぐに再起動できる状態のまま処理容器を放置して冷却した後、再度シーズニングを行い、それぞれのシーズニングによって得られた測定データを用いて予測式を作成するため、試験用被処理体の温度変動の影響を排除してシーズニングの終了を確実に検知した後、プラズマ処理を行なうことによって被処理体に対して安定したプラズマ処理を施すことができるプラズマ処理方法及びプラズマ処理装置を提供することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のシーズニングデータの解析方法及びシーズニング終了検知方法を適用するプラズマ処理装置の一例を示す構成図である。

【図2】本発明の一実施形態によって得られた図1に示すプラズマ処理装置に関する測定データの解析結果を示す図で、(a)は測定データの主成分得点の二乗和の変動を示すグラフ、(b)は測定データの残差得点の変動を示すグラフである。

【図3】(a)、(b)は本発明の他の実施形態によって得られた解析結果を示す図で、図2の(a)、(b)に相当するグラフである。

20

【図4】本発明の更に他の実施形態で用いられる発光スペクトルの測定データの残差への寄与率を示すグラフである。

【図5】図4に示す波長の平均値を用いて得られた解析結果を示す図で、図2の(a)、(b)に相当するグラフである。

【図6】図4に示す波長を用いて得られた解析結果を示す図で、図2の(a)、(b)に相当するグラフである。

【図7】本発明のシーズニングデータの解析方法及びシーズニング終了検知方法を適用するプラズマ処理装置の他の一例を示す構成図である。

【図8】従来の解析手法で得られた解析結果を示す図で、シーズニング初日の51～60枚目のダミーウエハを用いた時の図2の(a)、(b)に相当するグラフである。

30

【図9】従来の解析手法で得られた他の解析結果を示す図で、シーズニング初日の121～130枚目のダミーウエハを用いた時の図2の(a)、(b)に相当するグラフである。

【符号の説明】

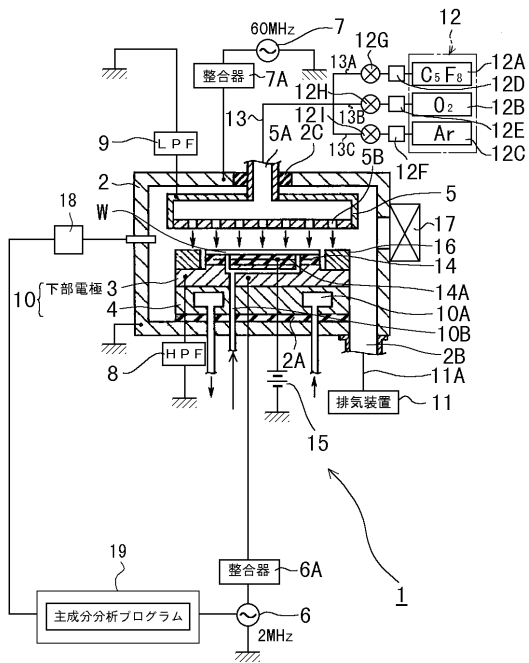
10 プラズマ処理装置(処理装置)

11 処理容器

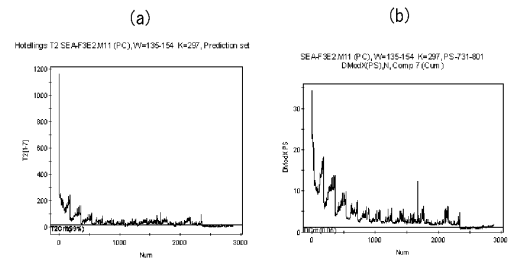
12 下部電極

W ダミーウエハ(試験用被処理体)

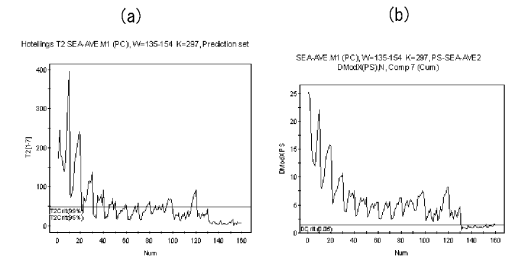
【図 1】



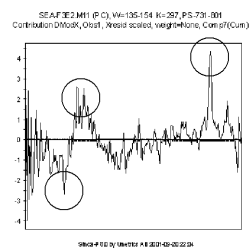
【図 2】



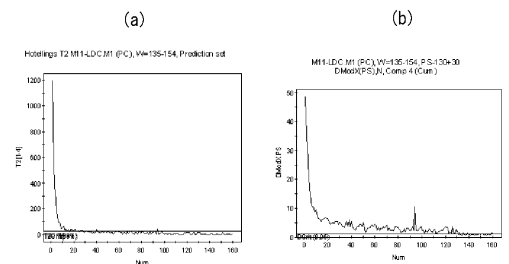
【図 3】



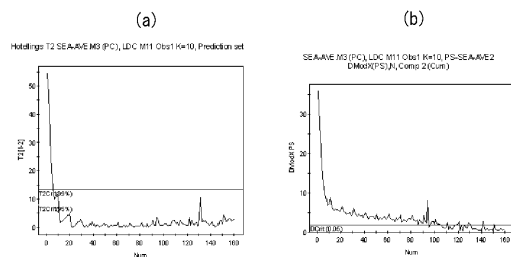
【図 4】



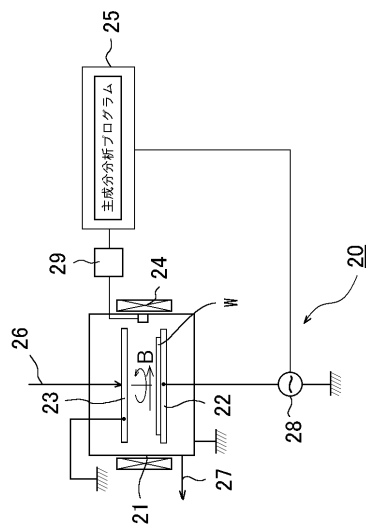
【図 6】



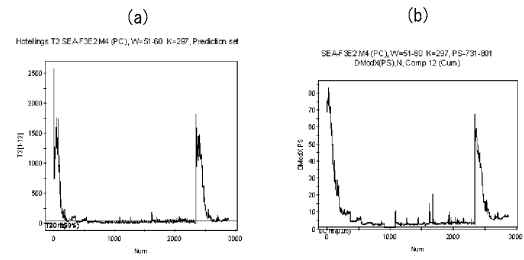
【図 5】



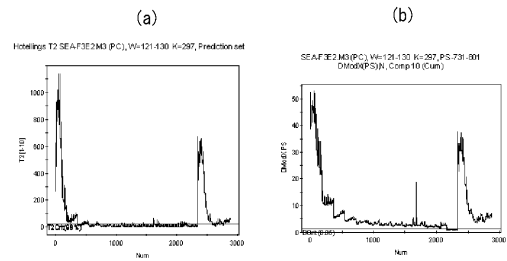
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

審査官 今井 淳一

(56)参考文献 特開平 1 1 - 0 3 1 5 9 9 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 0 6 0 5 8 5 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 0 2 5 9 8 1 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H01L 21/3065
H05H 1/00