

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6310866号
(P6310866)

(45) 発行日 平成30年4月11日(2018.4.11)

(24) 登録日 平成30年3月23日(2018.3.23)

(51) Int.Cl.		F I			
H01L 21/3065 (2006.01)		H01L 21/302		1 O 3	
H05H 1/00 (2006.01)		H05H 1/00		A	
H05H 1/46 (2006.01)		H05H 1/46		M	

請求項の数 10 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2015-17642 (P2015-17642)	(73) 特許権者	501387839 株式会社日立ハイテクノロジーズ 東京都港区西新橋一丁目24番14号
(22) 出願日	平成27年1月30日(2015.1.30)	(74) 代理人	110001689 青稜特許業務法人
(65) 公開番号	特開2016-143738 (P2016-143738A)	(72) 発明者	朝倉 涼次 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
(43) 公開日	平成28年8月8日(2016.8.8)	(72) 発明者	玉置 研二 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
審査請求日	平成29年3月14日(2017.3.14)	(72) 発明者	白石 大輔 東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法並びに解析方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

フィードバック制御またはフィードフォワード制御によりプラズマ処理の変動を抑制する制御であるAPCを用いて試料にプラズマ処理を施し、前記APCを用いるための、発光波長と前記発光波長の時間区間と前記プラズマ処理用のパラメータの組み合わせを求め解析装置を備えるプラズマ処理装置において、

前記解析装置は、

前記プラズマ処理の経時変化データを用いて第一の発光強度と第一のプラズマ処理結果の相関関係を示す第一の回帰式を求め、

前記パラメータを変更することにより得られた第二の発光強度および第二のプラズマ処理結果を用いて前記第二の発光強度と前記第二のプラズマ処理結果の相関関係を示す第二の回帰式を求め、

前記第一の回帰式の傾きと前記第二の回帰式の傾きの差分に基づいて前記差分が所定値より小さくなる前記組み合わせを求めることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】

フィードバック制御またはフィードフォワード制御によりプラズマ処理の変動を抑制する制御であるAPCを用いて試料にプラズマ処理を施し、前記APCを用いるための、発光波長と前記発光波長の時間区間と前記プラズマ処理用のパラメータの組み合わせを求め解析装置に接続されたプラズマ処理装置において、

前記解析装置は、

10

20

前記プラズマ処理の経時変化データを用いて第一の発光強度と第一のプラズマ処理結果の相関関係を示す第一の回帰式を求め、

前記パラメータを変更することにより得られた第二の発光強度および第二のプラズマ処理結果を用いて前記第二の発光強度と前記第二のプラズマ処理結果の相関関係を示す第二の回帰式を求め、

前記第一の回帰式の傾きと前記第二の回帰式の傾きの差分に基づいて前記差分が所定値より小さくなる前記組み合わせを求めることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項3】

請求項1または請求項2に記載のプラズマ処理装置において、
前記パラメータは、複数であることを特徴とするプラズマ処理装置。

10

【請求項4】

フィードバック制御またはフィードフォワード制御によりプラズマ処理の変動を抑制する制御であるAPCを用いて試料にプラズマ処理を施し、前記APCを用いるための、発光波長と前記発光波長の時間区間と前記プラズマ処理用のパラメータの組み合わせを求める解析装置を備えるプラズマ処理装置において、

前記解析装置は、

前記プラズマ処理の経時変化データを用いて第一の発光強度と第一のプラズマ処理結果の相関関係を示す第一の回帰式を求め、

前記パラメータを変更することにより得られた第二の発光強度および第二のプラズマ処理結果を用いて前記第二の発光強度と前記第二のプラズマ処理結果の相関関係を示す第二の回帰式を求め、

20

前記第一の回帰式の残差と前記第二の回帰式の残差の重み付き和を求め、

前記第一の回帰式の傾きと前記第二の回帰式の傾きの差分と前記重み付き和に基づいて前記差分と前記重み付き和が所定値より小さくなる前記組み合わせを求めることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項5】

フィードバック制御またはフィードフォワード制御によりプラズマ処理の変動を抑制する制御であるAPCを用いて試料にプラズマ処理を施し、前記APCを用いるための、発光波長と前記発光波長の時間区間と前記プラズマ処理用のパラメータの組み合わせを求める解析装置に接続されたプラズマ処理装置において、

30

前記解析装置は、

前記プラズマ処理の経時変化データを用いて第一の発光強度と第一のプラズマ処理結果の相関関係を示す第一の回帰式を求め、

前記パラメータを変更することにより得られた第二の発光強度および第二のプラズマ処理結果を用いて前記第二の発光強度と前記第二のプラズマ処理結果の相関関係を示す第二の回帰式を求め、

前記第一の回帰式の残差と前記第二の回帰式の残差の重み付き和を求め、

前記第一の回帰式の傾きと前記第二の回帰式の傾きの差分と前記重み付き和に基づいて前記差分と前記重み付き和が所定値より小さくなる前記組み合わせを求めることを特徴とするプラズマ処理装置。

40

【請求項6】

フィードバック制御またはフィードフォワード制御によりプラズマ処理の変動を抑制する制御であるAPCを用いて試料にプラズマ処理を施し、前記APCを用いるための、発光波長と前記発光波長の時間区間と前記プラズマ処理用のパラメータの組み合わせを求める解析装置を備えるプラズマ処理装置において、

前記解析装置は、

前記プラズマ処理の経時変化データを用いて第一の発光強度と第一のプラズマ処理結果の相関関係を示す第一の回帰式を求め、

前記パラメータを変更することにより得られた第二の発光強度および第二のプラズマ処理結果を用いて前記第二の発光強度と前記第二のプラズマ処理結果の相関関係を示す第二

50

の回帰式を求め、

前記パラメータを変更することによって得られた前記第二の発光強度により前記第二の回帰式の残差の二乗平均値を除いた値である推定誤差を前記第一の回帰式の傾きと前記第二の回帰式の傾きの差分に加算し、

前記推定誤差が加算された前記差分に基づいて前記推定誤差が加算された前記差分が所定値より小さくなる前記組み合わせを求めることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 7】

フィードバック制御またはフィードフォワード制御によりプラズマ処理の変動を抑制する制御である A P C を用いて試料にプラズマ処理を施し、前記 A P C を用いるための、発光波長と前記発光波長の時間区間と前記プラズマ処理用のパラメータの組み合わせを求める解析装置に接続されたプラズマ処理装置において、

前記解析装置は、

前記プラズマ処理の経時変化データを用いて第一の発光強度と第一のプラズマ処理結果の相関関係を示す第一の回帰式を求め、

前記パラメータを変更することにより得られた第二の発光強度および第二のプラズマ処理結果を用いて前記第二の発光強度と前記第二のプラズマ処理結果の相関関係を示す第二の回帰式を求め、

前記パラメータを変更することによって得られた前記第二の発光強度により前記第二の回帰式の残差の二乗平均値を除いた値である推定誤差を前記第一の回帰式の傾きと前記第二の回帰式の傾きの差分に加算し、

前記推定誤差が加算された前記差分に基づいて前記推定誤差が加算された前記差分が所定値より小さくなる前記組み合わせを求めることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 8】

フィードバック制御またはフィードフォワード制御によりプラズマ処理の変動を抑制する制御である A P C を用いて試料に前記プラズマ処理を施し、前記 A P C に用いるための、発光波長と前記発光波長の時間区間と前記プラズマ処理用のパラメータの組み合わせを求める解析装置を備えるプラズマ処理装置を用いたプラズマ処理方法において、

前記プラズマ処理の経時変化データを用いて第一の発光強度と第一のプラズマ処理結果の相関関係を示す第一の回帰式を求め、

前記パラメータを変更することにより得られた第二の発光強度および第二のプラズマ処理結果を用いて前記第二の発光強度と前記第二のプラズマ処理結果の相関関係を示す第二の回帰式を求め、

前記第一の回帰式の傾きと前記第二の回帰式の傾きの差分に基づいて前記差分が所定値より小さくなる前記組み合わせを求め、

求められた前記組み合わせを適用した前記 A P C を用いて前記試料を前記プラズマ処理することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 9】

フィードバック制御またはフィードフォワード制御によりプラズマ処理の変動を抑制する制御に用いるための、発光波長と前記発光波長の時間区間と前記プラズマ処理用のパラメータの組み合わせを求める解析装置において、

前記プラズマ処理の経時変化データを用いて第一の発光強度と第一のプラズマ処理結果の相関関係を示す第一の回帰式を求め、

前記パラメータを変更することにより得られた第二の発光強度および第二のプラズマ処理結果を用いて前記第二の発光強度と前記第二のプラズマ処理結果の相関関係を示す第二の回帰式を求め、

前記第一の回帰式の傾きと前記第二の回帰式の傾きの差分に基づいて前記差分が所定値より小さくなる前記組み合わせを求めることを特徴とする解析装置。

【請求項 10】

フィードバック制御またはフィードフォワード制御によりプラズマ処理の変動を抑制する制御に用いるための、発光波長と前記発光波長の時間区間と前記プラズマ処理用のパラ

10

20

30

40

50

メータの組み合わせを求める解析方法において、
前記プラズマ処理の経時変化データを用いて第一の発光強度と第一のプラズマ処理結果の
相関関係を示す第一の回帰式を求め、

前記パラメータを変更することにより得られた第二の発光強度および第二のプラズマ処
理結果を用いて前記第二の発光強度と前記第二のプラズマ処理結果の相関関係を示す第二
の回帰式を求め、

前記第一の回帰式の傾きと前記第二の回帰式の傾きの差分に基づいて前記差分が所定値
より小さくなる前記組み合わせを求めることを特徴とする解析方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、プラズマを用いて半導体のウェハを加工するプラズマ処理装置及びプラズマ
処理方法並びに解析方法に関する。

【背景技術】

【0002】

ウェハ上に形成される半導体装置などの微細形状を得るために、物質を電離した状態（
プラズマ状態）にし、その物質の作用（ウェハ表面における反応）によりウェハ上の物質
を取り去るエッチング処理が行われる。

【0003】

半導体装置の微細形状の幅や深さなどの寸法や、エッチング装置が微細形状を加工する
際の加工速度（エッチレート）を以下ではエッチング結果と呼ぶ。エッチング装置では、
同一のエッチング処理条件（以下、レシピと呼ぶ）で処理を行っても様々な外乱やプラズ
マ状態の経時変化により同一のエッチング結果を得ることは困難になっている。
そのため、エッチング結果を安定化させるためにエッチング装置には、エッチング中に計
測された装置のモニタデータを用いてレシピを変更する制御技術（Advanced Process Con
trol：APC）が適用されている。モニタデータには、エッチング処理中のプラズマの発
光やウェハ表面の反射光などを分光器で計測した分光計測データが用いられる。
分光計測データを用いてレシピを調整する方法として、特許文献1、特許文献2に記載さ
れている方法が知られている。

20

【0004】

30

特許文献1には、分光計測データを含む装置のモニタデータのうちエッチング結果との
相関の高いデータ項目を用い、当該データ項目におけるモニタデータの値と目標値との偏
差を用いて、レシピを調整する方法が記載されている。

【0005】

特許文献2には、分光計測データのうちエッチング結果と相関の高いデータ項目（波長
や時間区間）における分光計測データ値を用いてエッチング結果を予測し、予測結果を用
いてレシピを調整する方法が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

40

【特許文献1】特開2013-105923号公報

【特許文献2】特開2013-161913号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら特許文献1、特許文献2に示す方法はともに、APCに用いるデータ項目
（分光計測データの波長や時間区間）を分光計測データとエッチング結果の相関のみを用
いて決定しており、レシピ変更による相関関係の変化を考慮していない。変更するレシピ
項目によってはプラズマの発光やウェハの表面状態が変化するため、当該データ項目にお
ける分光計測データとエッチング結果との相関関係も変化する可能性がある。APCでは

50

、レシピが変更された状態の分光計測データを用いてレシピの変更を繰返すため、レシピが変更された状態でも、A P Cに用いるデータ項目の分光計測データとエッチング結果との間には安定した相関関係が必要とされる。

【 0 0 0 8 】

そこで本発明は、レシピを変更しても相関関係の変化が小さい変更レシピ項目とデータ項目（分光計測データの波長と時間区間）の組合せを特定するプラズマ処理装置及びプラズマ処理方法並びに解析方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

上記目的を達成するために、本発明では、フィードバック制御またはフィードフォワード制御によりプラズマ処理の変動を抑制する制御であるA P Cを用いて試料にプラズマ処理を施し、A P Cに用いるために適した、発光波長と発光波長の時間区間とプラズマ処理用パラメータ（レシピ）の組み合わせを求める解析装置を備えるプラズマ処理装置において、解析装置は、プラズマ処理の経時変化データから発光強度とプラズマ処理結果の相関関係を示す第一の回帰式を求め、パラメータを変更することにより発光強度とプラズマ処理結果の相関関係を示す第二の回帰式を求め、第一の回帰式の相関係数と、第一の回帰式の傾きと第二の回帰式の傾きの差分と、に基づいてA P Cに用いるために適した、発光波長と発光波長の時間区間とプラズマ処理用パラメータの組み合わせを求めようとした。

【 0 0 1 0 】

また、上記目的を達成するために、本発明では、フィードバック制御またはフィードフォワード制御によりプラズマ処理の変動を抑制する制御であるA P Cを用いて試料にプラズマ処理を施し、A P Cに用いるために適した、発光波長と発光波長の時間区間とプラズマ処理用パラメータの組み合わせを求める解析装置に接続されたプラズマ処理装置において、解析装置は、プラズマ処理の経時変化データから発光強度とプラズマ処理結果の相関関係を示す第一の回帰式を求め、パラメータを変更することにより発光強度とプラズマ処理結果の相関関係を示す第二の回帰式を求め、第一の回帰式の相関係数と、第一の回帰式の傾きと第二の回帰式の傾きの差分と、に基づいてA P Cに用いるために適した、発光波長と発光波長の時間区間とプラズマ処理用パラメータの組み合わせを求めようとした。

【 0 0 1 1 】

また、上記目的を達成するために、本発明では、フィードバック制御またはフィードフォワード制御によりプラズマ処理の変動を抑制する制御であるA P Cを用いて試料にプラズマ処理を施し、A P Cに用いるために適した、発光波長と発光波長の時間区間とプラズマ処理用パラメータの組み合わせを求める解析装置を備えるプラズマ処理装置を用いたプラズマ処理方法において、解析装置は、プラズマ処理の経時変化データから発光強度とプラズマ処理結果の相関関係を示す第一の回帰式を求め、パラメータを変更することにより発光強度とプラズマ処理結果の相関関係を示す第二の回帰式を求め、第一の回帰式の相関係数と、第一の回帰式の傾きと第二の回帰式の傾きの差分と、に基づいてA P Cに用いるために適した、発光波長と発光波長の時間区間とプラズマ処理用パラメータの組み合わせを求め、解析装置により求められた発光波長と発光波長の時間区間とプラズマ処理用パラメータの組み合わせを適用したA P Cを用いて試料にプラズマ処理を行うようにした。

【 0 0 1 2 】

また、上記目的を達成するために、本発明では、フィードバック制御またはフィードフォワード制御によりプラズマ処理の変動を抑制する制御に用いるために適した、発光波長と発光波長の時間区間とプラズマ処理用パラメータの組み合わせを求める解析装置において、プラズマ処理の経時変化データから発光強度とプラズマ処理結果の相関関係を示す第一の回帰式を求め、パラメータを変更することにより発光強度とプラズマ処理結果の相関関係を示す第二の回帰式を求め、第一の回帰式の相関係数と、第一の回帰式の傾きと第二の回帰式の傾きの差分と、に基づいて制御に用いるために適した、発光波長と発光波長の時間区間とプラズマ処理用パラメータの組み合わせを求めようとした。

更に、上記目的を達成するために、本発明では、フィードバック制御またはフィードフォ

10

20

30

40

50

ワード制御によりプラズマ処理の変動を抑制する制御に用いるために適した、発光波長と発光波長の時間区間とプラズマ処理用パラメータの組み合わせを求める解析方法において、プラズマ処理の経時変化データから発光強度とプラズマ処理結果の相関関係を示す第一の回帰式を求め、パラメータを変更することにより発光強度とプラズマ処理結果の相関関係を示す第二の回帰式を求め、第一の回帰式の相関係数と、第一の回帰式の傾きと第二の回帰式の傾きの差分と、に基づいて制御に用いるために適した、発光波長と発光波長の時間区間とプラズマ処理用パラメータの組み合わせを求めるようにした。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、レシピ変更時でも分光計測データとエッチング結果の相関関係の変化が小さい分光計測データの波長と時間区間と変更レシピ項目の組合せを特定でき、エッチング結果の安定化を実現できる。

10

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の一実施の形態に係るエッチング装置の概略の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の一実施の形態に係るエッチング装置のエッチング部の概略の構成を示すブロック図である。

【図3】分光計測データの例を説明するグラフである。

【図4】本発明の一実施の形態に係るAPC設定データのテーブル例を示す表である。

20

【図5】レシピを変更する制御（APC）の例を説明するフロー図である。

【図6】発光強度モニタ値とエッチング結果の相関関係の例を示す散布図である。

【図7A】APC実行時の発光強度モニタ値の推移の例を示す図である。

【図7B】APC実行時のエッチング結果の推移の例を示す図である。

【図8A】レシピ一定時の発光強度モニタ値とエッチング結果の相関関係の例を示す散布図である。

【図8B】レシピ変更時の発光強度モニタ値とエッチング結果の相関関係の例を示す散布図である。

【図9A】レシピ一定時とレシピ変更時で相関関係の変化が小さい場合の、レシピ一定時の発光強度モニタ値とエッチング結果の相関関係の例を示す散布図である。

30

【図9B】レシピ一定時とレシピ変更時で相関関係の変化が小さい場合の、レシピ変更時の発光強度モニタ値とエッチング結果の相関関係の例を示す散布図である。

【図10】本発明の一実施の形態に係るレシピ一定時エッチング結果データのテーブル例を示す表である。

【図11】本発明の一実施の形態に係るレシピ一定時分光計測データのテーブル例を示す表である。

【図12】本発明の一実施の形態に係るレシピ変更時エッチング結果データのテーブル例を示す表である。

【図13】本発明の一実施の形態に係るレシピ変更時レシピデータのテーブル例を示す表である。

40

【図14】本発明の一実施の形態に係るレシピ変更時分光計測データのテーブル例を示す表である。

【図15】本発明の一実施の形態に係るAPC設定データ候補のテーブル例を示す表である。

【図16】本発明の一実施の形態に係る装置管理者の作業手順を示すフロー図である。

【図17】本発明の一実施の形態に係る演算部の解析処理手順を示すフロー図である。

【図18】本発明の一実施の形態に係る発光強度モニタ値データのテーブル例を示す表である。

【図19】本発明の一実施の形態に係る発光強度モニタ値データにレシピ変更時のデータを格納したときのテーブル例を示す表である。

50

【図 2 0】発光強度モニタ値とエッチング結果の間の回帰式の例を示す散布図である。

【図 2 1 A】回帰式の係数の推定精度が高い場合の例を示す散布図である。

【図 2 1 B】回帰式の係数の推定精度が低い場合の例を示す散布図である。

【図 2 2 A】レシピ一定時の発光強度モニタ値の推移の例を示す図である。

【図 2 2 B】レシピ一定時のエッチング結果の推移の例を示す図である。

【図 2 3】本発明の一実施の形態に係る解析処理の入力画面の正面図である。

【図 2 4】本発明の一実施の形態に係る解析処理結果を表示する画面の正面図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

本発明は、エッチング処理などを行うプラズマ処理装置及びプラズマ処理装置並びに解析方法において、エッチング処理の際に得られる複数の波長及び時間における発光強度を示す分光計測データとエッチング結果を取得し、分光計測データの波長と時間区間および変更可能なレシピ項目の複数の異なる組合せについて、各々の波長と時間区間の組合せについてレシピ一定時の発光強度の平均値とエッチング結果の間の回帰式と、レシピ変更時の発光強度の平均値とエッチング結果の間の回帰式とを比較し、2つの回帰式の係数の差に基づいてAPCに用いる分光計測データの波長と時間区間および変更するレシピ項目の組合せを特定するようにしたものであり、またこれをエッチングなどのプラズマ処理方法及びプラズマ処理装置に適用したものである。

10

【0016】

すなわち、本発明では、プラズマ処理装置及びプラズマ処理装置並びに解析方法において以下の(1)(2)(3)の処理を行うようにした。

20

(1)分光器で計測した分光計測データの発光波長帯域を示す波長と、分光計測データが計測された時間を示す時間区間と、変更するレシピ項目との組合せを作成する。

(2)この作成したそれぞれの波長と時間区間と変更レシピ項目の組合せについて、レシピ一定時のデータを用いて、分光計測データの当該波長と時間区間における値とエッチング結果の相対関係を示す回帰式1と、当該レシピ項目を変更した時の分光計測データの当該波長と時間区間における値とエッチング結果の相対関係を示す回帰式2とを作成する。

(3)前記波長と時間区間と変更レシピ項目の組合せについて、それぞれ前記回帰式1の係数と前記回帰式2の係数との差分を算出し、組合せの中で前記差分の小さいものをAPCに用いる波長と時間区間と変更レシピ項目の組合せとして提示する。

30

【0017】

また、上記課題を解決するために、本発明ではエッチング処理を行うプラズマ処理方法において、前記(1)(2)(3)の処理を行い、前記処理で提示した波長と時間区間と変更レシピ項目の組合せのうち波長と時間区間を用いて分光計測データの当該波長と時間区間における値である発光強度モニタ値を算出し、当該発光強度モニタ値と当該発光強度モニタ値の目標値との差分に従って前記処理で特定した変更レシピ項目の値を変更するようにした。

【0018】

また、上記課題を解決するために、本発明ではエッチング処理を行うプラズマ処理装置において、前記(1)(2)(3)の処理を行い、前記処理で提示した波長と時間区間と変更レシピ項目の組合せのうち波長と時間区間を用いて分光計測データの当該波長と時間区間における値である発光強度モニタ値を算出し、当該発光強度モニタ値と当該発光強度モニタ値の目標値との差分に従って前期処理で特定した変更レシピ項目の値を変更するようにした。

40

【0019】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。なお、実施の形態を説明するための全図において、同一の部材には原則として同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。

【0020】

[エッチング装置]

50

本実施例におけるプラズマ処理装置の例として、エッチング装置の場合について説明する。本実施例におけるエッチング装置 1 は、図 1 の構成図に示すように、エッチング部 10 と解析部 20 と入力部 30 と出力部 31 と通信インタフェース部（通信 I F 部）32 とを有しこれらはバス 33 を介して相互に接続されている。

【0021】

エッチング部 10 はプラズマ加工部 11 と分光器 12 と制御部 13 と記憶部 14 とインタフェース部（I F 部）110 とを備える。プラズマ加工部 11 はプラズマを発生させてウェハを加工し、分光器 12 はエッチング処理が行われる間にプラズマの発光データやウェハ表面で反射光である分光計測データを取得する。分光計測データは I F 部 110 及び 210 を介して解析部 20 の有する記憶部 22 に格納される。制御部 13 はプラズマ加工部 11 での処理を制御する。記憶部 14 は制御部 13 のレシピを変更する制御（A P C）に用いる波長、時間区間、変更レシピ項目を記憶する A P C 設定データ記憶領域 15 を備えている。エッチング部 10 の詳細を後述の図 2 にて説明する。また制御部 13 の A P C の処理の詳細についても後述する。

10

【0022】

解析部 20 は、フィードバック制御またはフィードフォワード制御によりプラズマ処理の変動を抑制する制御である A P C に用いる波長と時間区間と変更レシピ項目の組合せを特定する処理を行う。解析部 20 は、データを分析する演算部 21 と、記憶部 22、インタフェース部（I F 部）210 を備えている。

20

【0023】

記憶部 22 は、レシピを一定にしてエッチング処理を行ったときのエッチング結果を記憶するレシピ一定時エッチング結果記憶領域 23 と、レシピを一定にしてエッチング処理を行ったときにエッチング処理中に得られた分光器の計測値を記憶するレシピ一定時分光計測データ記憶領域 24 と、レシピを変更してエッチング処理を行ったときのエッチング結果を記憶するレシピ変更時エッチング結果データ記憶領域 25 と、レシピを変更してエッチング処理を行ったときのレシピの設定値を記憶するレシピ変更時レシピデータ記憶領域 26 と、レシピを変更してエッチング処理を行ったときにエッチング処理中に得られた分光器の計測値を記憶するレシピ変更時分光計測データ記憶領域 27 と、A P C に用いる波長と時間区間と変更レシピ項目の組合せの候補とその評価結果を記憶する A P C 設定データ候補記憶領域 28 とを備えている。

30

【0024】

演算部 21 は、記憶部 22 のレシピ一定時エッチング結果記憶領域 23 に記憶されたエッチング結果データと、レシピ一定時分光計測データ記憶領域 24 に記憶された分光計測データと、レシピ変更時エッチング結果データ記憶領域 25 に記憶されたエッチング結果データと、レシピ変更時分光計測データ記憶領域 27 に記憶された分光計測データとを用いて、波長と時間区間と変更レシピ項目の組合せごとに、レシピ一定時の発光強度とエッチング結果の間の回帰式と、レシピ変更時の発光強度とエッチング結果の間の回帰式とを比較し、2つの回帰式の係数の差に基づいて A P C に用いる分光計測データの波長と時間区間および変更するレシピ項目の組合せを特定する処理を行う。演算部 21 の行う解析処理の詳細については、後述する。

40

【0025】

入力部 30 は、ユーザ操作による情報入力を受け付ける例えばマウスやキーボード等である。出力部 31 は、ユーザに対して情報を出力するディスプレイやプリンタ等である。通信 I F 部 32 は、バス 33 や外部ネットワーク等を介して他の装置（エッチング結果を計測する検査装置等とも接続可能である）やシステム（既存の生産管理システム等とも接続可能である）と接続し情報送受信を行うためのインタフェースである。バス 33 は、各部（10, 20, 30, 31, 32）を連結する。各部の I F 部（110, 210 等）は、バス 33 を介して情報送受信を行うためのインタフェースである。なお、解析部 20 を解析装置として独立させて、エッチング部 10 からなるエッチング装置に I F 部 210 を介して接続される形態としても良い。

50

【 0 0 2 6 】

[エッチング部]

エッチング部 1 0 はプラズマ加工部 1 1 と分光器 1 2 と制御部 1 3 と記憶部 1 4 と I F 部 1 1 0 とを備えている。プラズマ加工部 1 1 は、図 2 に示すように、図示していない真空排気手段で内部を真空に排気されるチャンバ 1 1 1 と、図示していない電源により高周波電力が印加されて真空に排気されたチャンバ 1 1 1 の内部にプラズマを発生させる 1 対の電極 1 1 2 a 及び 1 1 2 b と、チャンバ 1 1 1 の内部を外側から観察する窓 1 1 5 と、真空に排気されたチャンバ 1 1 1 の内部にウェハ 1 1 4 をエッチング処理するためのエッチングガスを供給するガス供給部 1 1 7 とを備えている。なおガス供給部 1 1 7 は、複数の種類のガス (C F 4 、 C H F 3 、 A r 等) をそれぞれ流量を制御して供給することが可能となっている。

10

【 0 0 2 7 】

このような構成において、制御部 1 3 からの指示によってプラズマ加工部 1 1 は、ウェハ 1 1 4 をチャンバ 1 1 1 の内部に格納してチャンバ 1 1 1 の内部を図示していない排気手段で真空に排気した状態で、ガス供給器 1 1 7 からエッチングガスを供給し、図示していない電源により電極 1 1 2 a 及び 1 1 2 b に高周波電力を印加することによって、電極 1 1 2 a と 1 1 2 b との間で高周波放電を発生させてエッチングガスをプラズマ化させる。プラズマ化したガス 1 1 3 をウェハ 1 1 4 に衝突させることでウェハ 1 1 4 を加工する。

【 0 0 2 8 】

プラズマ化したガス 1 1 3 は、ガス供給器 1 1 7 から供給されたエッチングガスに含まれるエレメントやウェハ 1 1 4 から加工の過程で発生したエレメントを含んでおり、プラズマ化したガス 1 1 3 に含まれているエレメントに応じた波長の光 1 1 6 を発生させる。発生した光 1 1 6 は窓 1 1 5 を通して分光器 1 2 にて計測され、 I F 部 1 1 0 を介して解析部 2 0 の記憶部 2 2 のレシピ一定時分光計測データ記憶領域 2 4 に記憶される。なお、図示していない外部光源を用いてチャンバ 1 1 1 の壁面やウェハ 1 1 4 に光を照射し、分光器 1 2 でその反射光を計測するようにしても良い。

20

【 0 0 2 9 】

制御部 1 3 は、プラズマ加工部 1 1 への指示に加えて、後述のレシピ変更制御 (A P C) に示す、分光器 1 2 で計測された分光計測データを入力としてレシピを変更する処理を行う。

30

【 0 0 3 0 】

記憶部 1 4 の A P C 設定データ記憶領域 1 5 には、制御部 1 3 が A P C で用いるデータが記憶される。

【 0 0 3 1 】

図 4 は、 A P C 設定データ記憶領域 1 5 の例である A P C 設定データテーブル 1 5 a を示す。本テーブルは、波長 1 欄 1 5 b 、時間区間 1 欄 1 5 c 、波長 2 欄 1 5 d 、時間区間 2 欄 1 5 e 、変更レシピ項目欄 1 5 f 、等の各フィールドを有する。

波長 1 欄 1 5 b には、発光強度の平均値を算出する分光計測データの波長を特定する情報が格納される。

40

時間区間 1 欄 1 5 c には、発光強度の平均値を算出する分光計測データの時間区間を特定する情報が格納される。

波長 2 欄 1 5 d には、発光強度の平均値を算出する分光計測データの波長を特定する情報が格納される。

時間区間 2 欄 1 5 e には、発光強度の平均値を算出する分光計測データの時間区間を特定する情報が格納される。

変更レシピ項目欄 1 5 f には、 A P C で変更するレシピの項目 (ガスの流量等) を特定する情報が格納される。

【 0 0 3 2 】

エッチング処理の終了後には、処理されたウェハ 1 1 4 はチャンバ 1 1 1 から取り出さ

50

れて別の装置（検査装置など）に搬送され、また新たな別のウェハ 1 1 4 がエッチング部 1 0 に格納され、エッチング処理が行われる。処理されたウェハ 1 1 4 は、別の装置（検査装置など）にてエッチング処理の結果として得られるパターンの形状の寸法などが計測される。この形状の寸法などはエッチング結果データとして、記憶部 2 2 のエッチング結果データ記憶領域 2 3 に記憶される。

【 0 0 3 3 】

[分光計測データ]

図 3 に分光器 1 2 にて計測されたプラズマ発光の分光計測データの例として波形信号 3 0 1 を示す。分光計測データの波形信号 3 0 1 は、波長と時間の 2 次元の要素を持ち、各波長、各時間についてそれぞれ計測された発光強度の値を表している。各波長、各時間についてそれぞれ計測された発光強度の値は、その分光計測データが計測されたウェハの ID と共に、後述の分光計測データ記憶領域 2 4 に格納される。

10

【 0 0 3 4 】

[レシピ変更制御 (APC)]

図 5 に制御部 1 3 にて行われる APC の処理の例を示す。

APC を実行するように設定されている場合にウェハのエッチング処理が完了すると、制御部 1 3 は、記憶部 1 4 の APC 設定データ記憶領域 1 5 に記憶されている波長、時間区間、変更レシピ項目の情報を読み出す (S 1 0 1)。なお、APC の処理の例では、複数のウェハについて APC 設定データ記憶領域 1 5 に記憶されている波長、時間区間、変更レシピ項目を用いて順次処理を行うが、最初のウェハについては、予め設定された条件を用いる。

20

【 0 0 3 5 】

次に、APC 設定データテーブル 1 5 a の分光計測データの波長 1 欄 1 5 b と時間区間 1 欄 1 5 c に格納された波長と時間区間の組合せに基づいてレシピ設定時分光計測データ記憶領域 2 4 に記憶された波形信号 3 0 1 から算出された発光強度の平均値を、分光計測データの波長 2 欄 1 5 d と時間区間 2 欄 1 5 e に格納された波長と時間区間の組合せに基づいてレシピ設定時分光計測データ記憶領域 2 4 に記憶された波形信号 3 0 1 から算出された発光強度の平均値で除した値を算出する (S 1 0 2)。この発光強度の平均値を別の発光強度の平均値で除した値を、以降では発光強度モニタ値と呼ぶ。なお、波長 1 欄 1 5 b と時間区間 1 欄 1 5 c に格納された波長と時間区間の組合せに基づいてレシピ設定時分光計測データ記憶領域 2 4 に記憶された波形信号 3 0 1 から算出された発光強度の平均値をそのまま発光強度モニタ値としてもよい。また、波長 1 欄 1 5 b と時間区間 1 欄 1 5 c に格納された波長と時間区間の組合せにおける波長と時間区間の組合せに基づいてレシピ設定時分光計測データ記憶領域 2 4 に記憶された波形信号 3 0 1 から抽出された発光強度の最大値や中央値を発光強度モニタ値としてもよい。

30

【 0 0 3 6 】

次に、制御部 1 3 は、S 1 0 2 で算出した発光強度モニタ値と装置管理者によって設定された発光強度モニタ値の目標値との差分を算出する (S 1 0 3)。

【 0 0 3 7 】

さらに制御部 1 3 は、S 1 0 3 で算出した発光強度モニタ値と発光強度モニタ値の目標値との差分に従って、レシピの変更量、例えばガス供給器 1 1 1 7 から供給するエッチングガスの流量 (ガス流量) を算出する (S 1 0 4)。ここで変更するレシピ項目は、変更レシピ項目 1 5 f に格納されたレシピ項目である。

40

【 0 0 3 8 】

S 1 0 4 にて行うレシピ変更量の算出処理の例を図 5 の右側の A 1 0 1 のグラフに示す。A 1 0 1 は、横軸にレシピ設定値を縦軸に発光強度モニタ値を取り、各ウェハの値 (A 1 0 2) をプロットした散布図である。A 1 0 1 に示した例では、レシピ設定値と発光強度モニタ値との間に相関があることがわかる。直線 A 1 0 3 は、複数の点 A 1 0 2 から作成した発光強度モニタ値とレシピ設定値との関係を示す回帰直線であり、例えば複数の点 A 1 0 2 の各点からの距離の二乗和が最小となるように直線 A 1 0 3 が引かれる。また、

50

A 1 0 1のグラフにおける e_{i1} は S 1 0 2 で算出した発光強度モニタ値を、 e_{it} は発光強度モニタ値の目標値を示している。

【 0 0 3 9 】

S 1 0 4 の処理では、A 1 0 3 の回帰直線を用いて、図中の点線に示すように発光強度モニタ値 (e_{i1}) および発光強度モニタ値の目標値 (e_{it}) の差分から、変更レシピ項目 1 5 f に格納されたレシピ項目のレシピ変更量 (drc) を算出する。制御部 1 3 は、次のウェハについては、この算出したレシピ変更量だけレシピを変更してエッチング処理を行う。このレシピ変更により、発光強度モニタ値は目標値 (e_{it}) に近づく方向に動く。

【 0 0 4 0 】

次に、図 6、図 7 A、図 7 B を用いて、発光強度モニタ値とエッチング結果の制御の例を説明する。

【 0 0 4 1 】

図 6 は、横軸に発光強度モニタ値を縦軸にエッチング結果を取り、各ウェハの値 (A 2 0 1) をプロットした散布図である。本図に示すように、発光強度モニタ値とエッチング結果の間に相関がある場合には、発光強度モニタ値 (例えば e_{i1}) を目標値 (e_{it}) に近づけるように制御すれば、エッチング結果 (例えば e_{r1}) も目標値 (e_{rt}) に近づけることができる。この性質を利用することで、経時変化や外乱によって発光強度モニタ値、エッチング結果が目標値から外れた場合であっても、A P C によって発光強度モニタ値を目標値 (e_{it}) に近づくように制御すれば、エッチング結果も目標値 (e_{rt}) に近づくように制御することができる。

【 0 0 4 2 】

A P C を行ってエッチング処理したときの発光強度モニタ値とエッチング結果の推移を図 7 A、図 7 B に示す。図 7 A、図 7 B の各点 (A 3 0 1, A 4 0 1) はエッチング処理したウェハごとの発光強度モニタ値とエッチング結果を示しており、それぞれ目標値 (e_{it} , e_{rt}) の周りに収束していることが分かる。

【 0 0 4 3 】

しかしながらレシピ一定時に経時変化によって発生した発光強度モニタ値とエッチング結果の変化の間の相関関係と、レシピ変更時にレシピの変更によって発生した発光強度モニタ値とエッチング結果の変化の間の相関関係との傾向が異なる場合には、エッチング結果を目標値の周りに収束させるための制御が困難になることがある。その理由を図 8 A、図 8 B を用いて説明する。

【 0 0 4 4 】

図 8 A は、横軸に発光強度モニタ値を縦軸にエッチング結果を取り、レシピが一定のときの各ウェハの値 (A 5 0 1) をプロットした散布図である。後述の図 2 2 A は、レシピ一定時のウェハごとの発光強度モニタ値をプロットした図である。発光強度モニタ値が経時変化をしていることがわかる。図 2 2 B は、レシピ一定時のウェハごとのエッチング結果をプロットした図である。これも経時変化をしていることがわかる。図 8 A は、図 2 2 A、図 2 2 B のように発光強度モニタ値とエッチング結果が経時変化したときの両者の関係を表している。直線 A 5 0 2 は、複数の点 A 5 0 1 から作成した発光強度モニタ値とエッチング結果との相関関係を示す回帰直線であり、例えば複数の点 A 5 0 1 の各点からの距離の二乗和が最小となるように直線 A 5 0 2 が引かれる。

【 0 0 4 5 】

図 8 B は、横軸に発光強度モニタ値を、縦軸にエッチング結果を取り、レシピを変更した時の各ウェハの値 (A 6 0 1) をプロットした散布図である。図 8 B は、A P C を実行する前に実験などで収集したデータから作成される。レシピの変更によって発光強度モニタ値とエッチング結果が変化したときの両者の関係を表しており、直線 A 6 0 3 は、レシピ変更による発光強度モニタ値とエッチング結果の相関関係を示す回帰直線である。A 6 0 2 は発光強度モニタ値の目標値 (e_{it}) とエッチング結果の目標値 (e_{rt}) を示している。直線 A 5 0 2' は、図 8 A で説明したレシピ一定時の回帰直線 (A 5 0 2) を本

10

20

30

40

50

散布図上に記載したものである。

【0046】

レシピ一定時に経時変化によって発光強度モニタ値とエッチング結果がそれぞれ e_{i1} , e_{r1} に変化したときに、発光強度モニタ値 (e_{i1}) が目標値 (e_{it}) に一致するようにレシピを変更すると、エッチング結果 (e_{r1}) は直線 A603 に平行な直線 A603' に従って変化し制御時のエッチング結果は e_{r2} になる。直線 A603' と A502' の間の傾きの差が小さければ小さいほど、エッチング結果の目標値 (e_{rt}) と、発光を目標値に一致させたときのエッチング結果 (e_{r2}) との差が小さくなるため、APCを行う際には、図9A、図9Bに示すようにレシピ一定時とレシピ変更時で発光強度モニタ値とエッチング結果が同一の傾きを有する相関関係を有する(回帰直線の傾きが同じ)ことが必要となる。

10

【0047】

なお、ここまでは発光強度を一定に制御するAPCについての有効性を述べたが、発光強度を一定に制御せずに発光強度を用いてエッチング結果を予測し、エッチング結果の予測値に従ってレシピを制御する場合であっても、レシピ一定時における発光強度モニタ値とエッチング結果の相関関係を示す回帰直線 (A502) とレシピ変更時における発光強度モニタ値とエッチング結果の相関関係を示す回帰直線 (A603) の傾きの差が小さいことが望まれる。これは、2つの回帰直線の傾き及び切片の差が小さければ、レシピ一定時とレシピ変更時で同一の回帰直線を用いてエッチング結果を予測でき、少ない計算量で安定してエッチング結果を予測できるためである。

20

【0048】

[解析部]

図1に示した記憶部22のレシピ一定時エッチング結果データ記憶領域23および、レシピ一定時分光計測データ記憶領域24には、予め指定された基準となるレシピを変更せずにエッチング処理を行ったときの情報が格納される。

【0049】

図10はレシピ一定時エッチング結果データ記憶領域23の例であるレシピ一定時エッチング結果データテーブル23aを示す。本テーブルは、ウェハID欄23b、エッチング結果欄23c、等の各フィールドを有する。

【0050】

ウェハID欄23bには、ウェハ114を特定する情報が格納される。ウェハID欄23bに格納される値は、後述する分光計測データテーブル24aのウェハID欄24bに格納された値と対応付けられており、それぞれのウェハをエッチングする際に得られた分光計測データとエッチング結果とを対応付けられるようになっている。

30

【0051】

エッチング結果欄23cには、エッチング結果を特定する情報が格納される。例えば、エッチング処理後にエッチング装置1に接続された検査装置などを用いて、ウェハID欄23bにて特定されるウェハ114の表面形状を計測した結果(例えば、測長SEMで計測したウェハ114上に形成されたパターンの寸法、パターン間の寸法など)が格納される。ウェハ毎に表面形状の寸法情報が、通信IF部32を介してエッチング結果データ記憶領域23に格納される。

40

【0052】

図11は、レシピ一定時分光計測データ記憶領域24の例であるレシピ一定時分光計測データテーブル24aを示す。本テーブルは、ウェハID欄24bと、波長欄24c、時間欄24d、発光強度欄24e、等の各フィールドを有する。なお、本テーブルは分光計測データが計測されたウェハの数だけ存在する。

【0053】

ウェハID欄24bには、ウェハ114を特定する情報が格納される。ウェハID欄24bに格納される値は、前述の図10を用いて説明したレシピ一定時エッチング結果データテーブル23aのウェハID欄23bに格納される値と対応付けられている。

50

【 0 0 5 4 】

発光強度欄 2 4 e には、波長欄 2 4 c の各波長、時間欄 2 4 d の各時間についてそれぞれ計測された発光強度の値が格納される。

【 0 0 5 5 】

図 1 に示した記憶部 2 2 のレシピ変更時エッチング結果データ記憶領域 2 5、レシピ変更時レシピデータ記憶領域 2 6、レシピ変更時分光計測データ 2 7 には、予め指定された基準となるレシピを一部変更してエッチング処理を行ったときの情報が格納される。

図 1 2 は、レシピ変更時エッチング結果データ記憶領域 2 5 の例であるレシピ変更時エッチング結果データテーブル 2 5 a を示す。本テーブルは、ウェハ ID 欄 2 5 b、エッチング結果欄 2 5 c、等の各フィールドを有する。

10

【 0 0 5 6 】

ウェハ ID 欄 2 5 b には、ウェハ 1 1 4 を特定する情報が格納される。ウェハ ID 欄 2 5 b に格納される値は、後述するレシピ変更時レシピデータテーブル 2 6 a のウェハ ID 欄 2 6 b に格納された値および分光計測データテーブル 2 7 a のウェハ ID 欄 2 7 b に格納された値と対応付けられており、それぞれのウェハをエッチングするときのレシピの変更量とエッチングする際に得られた分光計測データとエッチング結果とを対応付けられるようになっている。

【 0 0 5 7 】

エッチング結果欄 2 5 c には、エッチング結果を特定する情報が格納される。例えば、エッチング処理後にエッチング装置 1 に接続された検査装置などを用いて、ウェハ ID 欄 2 5 b にて特定されるウェハ 1 1 4 の表面形状を計測した結果（例えば、測長 SEM で計測したウェハ 1 1 4 上に形成されたパターンの寸法、パターン間の寸法など）が格納される。ここに格納される情報は、レシピ一定時エッチング結果データ 2 3 a のエッチング結果欄 2 3 c と同一もしくは比較可能なウェハ上の箇所を計測した結果が格納される。例えば、エッチング結果欄 2 3 c にウェハ中央部のパターン間の寸法が格納される場合には、エッチング結果欄 2 5 c にもウェハ中央部のパターン間の寸法が格納される。

20

【 0 0 5 8 】

図 1 3 は、レシピ変更時レシピデータ記憶領域 2 6 の例であるレシピ変更時レシピデータテーブル 2 6 a を示す。本テーブルは、ウェハ ID 欄 2 6 b、レシピ変更量欄 2 6 c、等の各フィールドを有する。

30

【 0 0 5 9 】

ウェハ ID 欄 2 6 b には、ウェハ 1 1 4 を特定する情報が格納される。ウェハ ID 欄 2 6 b に格納される値は、前述の図 1 2 を用いて説明したレシピ変更時エッチング結果データテーブル 2 5 a のウェハ ID 欄 2 5 b に格納される値と、後述のレシピ変更時分光計測データテーブル 2 7 a のウェハ ID 欄 2 7 b に格納される値に対応付けられている。

【 0 0 6 0 】

レシピ変更量欄 2 6 c には、ウェハ ID 欄 2 6 b で特定されるウェハをエッチング処理したときに、基準となるレシピから変更した量がレシピの項目（例えばガス種類ごとの流量）ごとに格納される。なお、図 1 3 には、レシピ変更量 2 6 c としてガス流量の例を示したが、これだけに限らず、処理室内の圧力や処理時間、電極 1 1 2 a 又は 1 1 2 b への印加電力などのレシピ情報を一緒に格納するようによい。

40

【 0 0 6 1 】

図 1 4 は、レシピ変更時分光計測データ記憶領域 2 7 の例であるレシピ変更時分光計測データテーブル 2 7 a を示す。本テーブルは、ウェハ ID 欄 2 7 b と、波長欄 2 7 c、時間欄 2 7 d、発光強度欄 2 7 e、等の各フィールドを有する。なお、本テーブルは分光計測データが計測されたウェハの数だけ存在する。

【 0 0 6 2 】

ウェハ ID 欄 2 7 b には、ウェハ 1 1 4 を特定する情報が格納される。ウェハ ID 欄 2 7 b に格納される値は、前述の図 1 2 を用いて説明したレシピ変更時エッチング結果データテーブル 2 5 a のウェハ ID 欄 2 5 b に格納される値と、図 1 3 を用いて説明したレシ

50

ピ変更時レシピデータテーブル 26 a のウェハ ID 欄 26 b に格納される値に対応付けられている。

【0063】

発光強度欄 27 e には、波長欄 27 c の各波長、時間欄 27 d の各時間についてそれぞれ計測された発光強度の値が格納される。

【0064】

図 1 に示した記憶部 22 の APC 設定データ候補記憶領域 28 には、記憶部 14 の APC 設定データ記憶領域 15 に格納する APC 設定データの候補となる情報と、各候補の評価結果の情報が格納される。

【0065】

図 15 は、APC 設定データ候補記憶領域 28 の例である APC 設定データ候補テーブル 28 a を示す。本テーブルは、ID 欄 28 b、APC 設定候補欄 28 1、評価結果欄 28 2 を備えて構成されている。そして、APC 設定候補欄 28 1 はモニタ 1 欄 28 1 a とモニタ 2 欄 28 1 b、変更レシピ項目欄 28 g があり、モニタ 1 欄 28 1 a は波長 1 欄 28 c、時間区間 1 欄 28 d、またモニタ 2 欄 28 1 b は波長 2 欄 28 e、時間区間 2 欄 28 f、等の各フィールドを有する。また、評価結果欄 28 2 には、レシピ一定時残差欄 28 h、レシピ変更時残差欄 28 i、モデル差欄 28 j、総合評価値欄 28 k、等の各フィールドを有する。

【0066】

各フィールドには、後述する解析処理にて情報が格納される。

【0067】

ID 欄 28 b には、波長 1 欄 28 c、時間区間 1 欄 28 d、波長 2 欄 28 e、時間区間 2 欄 28 f、変更レシピ項目欄 28 g に格納されたデータの組合せを特定する情報が格納される。

波長 1 欄 28 c には、APC に用いる波長の候補を特定する情報が格納される。後述の説明のために、ここで波長 1 欄 28 c の行 i に格納された値を WL 1 と呼ぶ。

時間区間 1 欄 28 d には、APC に用いる時間区間の候補を特定する情報が格納される。時間区間 1 欄 28 d に格納された情報は、波長 1 欄 28 c に格納された情報と対応付く情報である。後述の説明のために、ここで時間区間 1 欄 28 d の行 i に格納された値を WLT 1 と呼ぶ。

波長 2 欄 28 e には、APC に用いる波長の候補を特定する情報が格納される。後述の説明のために、ここで波長 2 欄 28 e の行 i に格納された値を WL 2 と呼ぶ。

時間区間 2 欄 28 f には、APC に用いる時間区間の候補を特定する情報が格納される。時間区間 2 欄 28 f に格納された情報は、波長 2 欄 28 e に格納された情報と対応付く情報である。後述の説明のために、ここで時間区間 2 欄 28 f の行 i に格納された値を WLT 2 と呼ぶ。

【0068】

変更レシピ項目欄 28 g には、APC に用いるレシピ項目の候補を特定する情報が格納される。後述の説明のために、ここで変更レシピ項目欄 28 g の行 i に格納された値を Rcp と呼ぶ。

【0069】

各行の値は APC の設定値の組合せを示している。つまり、波長 1 欄 28 c、時間区間 1 欄 28 d、波長 2 欄 28 e、時間区間 2 欄 28 f に格納された値を用い、図 11 に示した分光計測データテーブル 24 a における波長欄 24 c の波長 WL 1 の時間欄 24 d の時間区間 WLT 1 における発光強度の平均値を、波長欄 24 c の波長 WL 2 の時間欄 24 d の時間区間 WLT 2 における発光強度の平均値で除した値を発光強度モニタ値と定義して、この発光強度モニタ値を用いて変更レシピ項目欄 28 g の行 i に格納された変更レシピ項目 Rcp で指定されたレシピ項目を変更することを表している。

【0070】

なお、図 14 に示した分光計測データテーブル 27 a における波長欄 27 c の波長 WL

10

20

30

40

50

1の時間欄27dの時間区間WLT1における発光強度の平均値を、波長欄27cの波長WL2の時間欄27dの時間区間WLT2における発光強度の平均値で除した値も、同様に発光強度モニタ値と定義される。

【0071】

レシピ一定時残差欄28hには、波長1欄28c、時間区間1欄28d、波長2欄28e、時間区間2欄28fに格納された値と図11の分光計測データテーブル24aの値で算出した発光強度モニタ値を用いたときの、レシピ一定時のデータにおける発光強度モニタ値とエッチング結果の相関の強さを特定する情報が格納される。本実施例では、値が小さいほど相関が強いことを表す。

【0072】

レシピ変更時残差欄28iには、波長1欄28c、時間区間1欄28d、波長2欄28e、時間区間2欄28fに格納された値と図14の分光計測データテーブル27aで算出した発光強度モニタ値を用いたときの、レシピ変更時のデータにおける発光強度モニタ値とエッチング結果の相関の強さを特定する情報が格納される。本実施例では、値が小さいほど相関が強いことを表す。

【0073】

モデル差欄28jには、波長1欄28c、時間区間1欄28d、波長2欄28e、時間区間2欄28fに格納された値と図11の分光計測データテーブル24aの値で算出した発光強度モニタ値を用いたときの発光強度モニタ値とエッチング結果の間の関係を表す関数と、波長1欄28c、時間区間1欄28d、波長2欄28e、時間区間2欄28fに格納された値と図14の分光計測データテーブル27aで算出した発光強度モニタ値を用いたときの発光強度モニタ値とエッチング結果の間の関係を表す関数、との差の大きさを特定する情報が格納される。本実施例では、値が小さいほど前述の2つの関数の間の差が小さいことを表す。

【0074】

総合評価値欄28kには、波長1欄28c、時間区間1欄28d、波長2欄28e、時間区間2欄28f、変更レシピ項目欄28gに格納された波長、時間区間、レシピの組合せがAPCに適している度合いを示す情報が格納される。本実施例では、レシピ一定時残差欄28h、レシピ変更時残差欄28i、モデル差欄28jの当該行に格納された値の重みつき和が格納される。この総合評価値欄28kの値が比較して小さい組合せが装置管理者に提示され、APCに適用される。

【0075】

[解析部20の解析処理]

本実施例による解析処理の方法は、プラズマを用いて半導体ウェハをエッチング処理する半導体エッチング処理において、APCに用いる分光計測データの波長、時間区間およびレシピ項目の組合せを特定する解析方法である。

【0076】

本実施例による解析処理の方法は、APCに用いる波長、時間区間、レシピ項目の候補それぞれについて、レシピが一定の時の発光強度モニタ値とエッチング結果との相関の強さと、レシピを変更した時の発光強度モニタ値とエッチング結果との相関の強さと、レシピが一定の時の発光強度モニタ値とエッチング結果と相関関係とレシピを変更した時の発光強度モニタ値とエッチング結果の相関関係との差分と、を評価し、APCに適した波長、時間区間、レシピ項目の組合せを特定する。

【0077】

なお本解析処理の方法は、波長と時間区間とレシピの組合せを特定する場合だけでなく、APCに用いる波長を特定する場合、APCに用いる時間区間を特定する場合、APCに用いるレシピを特定する場合にも、それぞれ利用できる。例えば、任意の要素(例えば時間区間やレシピ)を予め1つの候補に決めておくことで、残りの要素(例えば波長)についてAPCに用いるものを特定することができる。

【0078】

10

20

30

40

50

以下に、本実施例による解析処理の方法を、具体的に説明する。

生産工程でエッチング装置 1 を用いて複数のウェハを順次エッチング処理する前の段階として、エッチング装置 1 を扱う装置管理者が、A P C に用いる波長と時間区間とレシピ項目の組合せを決定するために、解析部 2 0 において解析処理を実行する。

A P C に適した波長と時間区間とレシピ項目の組合せは、エッチング処理の対象である半導体ウェハ表面上の膜の構成などによって変化するため、エッチング処理の立上げ時には、適宜、本解析処理を実行することが必要になる。本解析処理により決定したエッチング処理の条件を用いて、生産工程（量産工程）においてエッチング装置 1 を用いて複数のウェハが順次エッチング処理される。

【 0 0 7 9 】

解析部 2 0 において解析処理を実行する際の装置管理者の作業手順を、図 1 6 に示す。

【 0 0 8 0 】

装置管理者は、まず基準となるレシピに固定して複数のウェハに対して順次エッチング処理を行い、分光計測データとエッチング結果のデータを収集する（S 2 0 1）。これによって、図 1 0 に示したようなレシピ一定時エッチング結果データテーブル 2 3 a および図 1 1 に示したようなレシピ一定時分光計測データテーブル 2 4 a にデータが格納される。

【 0 0 8 1 】

次に装置管理者は、レシピを変更して複数のウェハに対して順次エッチング処理を行い、分光計測データとエッチング結果のデータを収集する（S 2 0 2）。ここでは、例えば装置管理者の指定したガス種類の流量を変更する。変更量は、装置管理者が指定してもよいし、予め定められた変化量だけ自動でガス流量を変更してもよい。また、本実施例では、一度に基準となるレシピから変更するレシピ項目は 1 つのみとするが、複数のレシピ項目を変更してデータを収集してもよい。またレシピの変更は、エッチング処理の後半のガス流量を変更するというように、エッチング処理の特定の時間のレシピを変更しても良い。これによって、図 1 2 に示したようなレシピ変更時エッチング結果データテーブル 2 5 a、図 1 3 に示したようなレシピ変更時レシピデータテーブル 2 6 a および図 1 4 に示したようなレシピ一定時分光計測データテーブル 2 7 a にデータが格納される。

【 0 0 8 2 】

次に装置管理者は、図 2 3 の入力画面にて波長と時間区間と変更レシピ項目の各候補の情報を入力し（S 2 0 3）、解析処理を開始させる（S 2 0 4）。

【 0 0 8 3 】

波長候補としては、例えば 2 0 1 nm、2 1 1 nm のように特定の数値幅の波長や、S i の発光を示す波長である 2 5 1 nm、A r の発光を示す波長である 6 7 5 nm など、エッチング処理に関わる元素の発光を示す波長が入力される。時間区間の候補としては、エッチング処理の後半の時間区間（5 1 - 1 0 0）やエッチング処理の全時間区間（1 - 1 0 0）など、エッチング処理の時間を示す情報が入力される。変更レシピ項目の候補としては、前述の S 2 0 2 のエッチング処理で変更したレシピ項目の情報が格納される。

【 0 0 8 4 】

装置管理者が、解析処理の実行を指示すると解析部 2 0 は解析処理を行う。装置管理者は、解析部 2 0 の解析結果を利用して A P C の設定を行い、エッチング処理を行う（S 2 0 5）。

【 0 0 8 5 】

次に、解析部 2 0 において実行される解析処理の流れを、図 1 7 を用いて説明する。

図 2 3 に示すような表示画面 D 1 0 0 上で解析処理の実行を指示するボタン D 1 0 6 上で図示していないカーソルがクリックされると、解析部 2 0 は解析処理を行う。はじめに、表示画面 D 1 0 0 上で入力された波長候補、時間区間候補、変更レシピ項目候補の情報をを用いて波長候補 D 1 0 1、D 1 0 3、時間区間候補 D 1 0 2、D 1 0 4、変更レシピ項目候補 D 1 0 5 の組合せを作成し、図 1 5 に示した A P C 設定データ候補テーブル 2 8 a に格納する（S 3 0 1）。次に、S 3 0 1 で作成した波長候補 D 1 0 1、D 1 0 3、時間

10

20

30

40

50

区間候補 D 1 0 2 , D 1 0 4、変更レシピ項目候補 D 1 0 5 の組合せのうち、波長候補 D 1 0 1 , D 1 0 3 と時間区間候補 D 1 0 2 , D 1 0 4 の情報を用いて、レシピ一定時データを用いて発光強度モニタ値を算出し (S 3 0 2)、レシピ一定の時の発光強度とエッチング結果の間の相関の強さを示す情報として発光強度モニタ値とエッチング結果の間の回帰式(回帰直線)の残差を算出する (S 3 0 3)。さらに発光強度モニタ値とエッチング結果の間の回帰式(回帰直線)の係数を算出する (S 3 0 4)。

【 0 0 8 6 】

次に S 3 0 1 で作成した波長、時間区間、変更レシピ項目の組合せにある変更レシピ項目候補 D 1 0 5 を変更した時のデータを用いて、この組合せの波長と時間区間におけるレシピ変更時の発光強度モニタ値を算出する (S 3 0 5)。この算出した発光強度モニタ値とレシピ変更時のエッチング結果の間の相関の強さを示す情報として、発光強度モニタ値とエッチング結果の間の回帰式(回帰直線)残差を算出する (S 3 0 6)。さらに発光強度モニタ値とエッチング結果の間の回帰式(回帰直線)の係数を算出し (S 3 0 7)、回帰式(回帰直線)の係数の推定誤差を算出する (S 3 0 8)。

【 0 0 8 7 】

この処理 S 3 0 4、S 3 0 7、S 3 0 8 で算出された回帰式(回帰直線)の係数と係数の推定誤差から、レシピ一定時の発光強度モニタ値とエッチング結果の相関関係と、レシピ変更時の発光強度モニタ値とエッチング結果の相関関係との差を示す情報として、回帰式(回帰直線)の係数差が算出される (S 3 0 9)。

【 0 0 8 8 】

そして、処理 S 3 0 3、S 3 0 6 で算出された回帰式(回帰直線)の残差と、S 3 0 9 で算出された回帰式(回帰直線)の係数差から波長、時間区間、変更レシピ項目の組合せの A P C に適切している度合いを示す総合評価値 2 8 k が算出される (S 3 1 0)。

【 0 0 8 9 】

波長候補 D 1 0 1 , D 1 0 3、時間区間候補 D 1 0 2 , D 1 0 4、変更レシピ項目候補 D 1 0 5 の全ての組合せについて S 3 0 2 から S 3 1 0 の処理を行い、処理が完了した場合には (S 3 1 1 で Y e s の場合)、総合評価値 2 8 k の小さい波長、時間区間、変更レシピ項目の組合せを A P C に用いる波長、時間区間、変更レシピ項目として装置管理者に提示する (S 3 1 2)。

【 0 0 9 0 】

次に、各ステップの詳細を説明する。

(S 3 0 1) : 演算部 2 1 は、図 2 3 に示す表示画面 D 1 0 0 上で波長 1 入力欄 D 1 0 1 と時間区間 1 入力欄 D 1 0 2 に入力された複数の波長候補と時間区間の候補と、波長 2 入力欄 D 1 0 3 と時間区間 2 入力欄 D 1 0 4 に入力された複数の波長候補と時間区間の候補と、変更レシピ項目候補入力欄 D 1 0 5 に入力された変更レシピ項目の候補とを用いて、2 つの波長と 2 つの時間区間と変更レシピ項目の組合せを複数作成し、波長と時間区間と変更レシピ項目の各組合せをそれぞれ図 1 5 に示した A P C 設定データ候補テーブル 2 8 a の波長 1 欄 2 8 c、時間区間 1 欄 2 8 d、波長 2 欄 2 8 e、時間区間 2 欄 2 8 f、変更レシピ項目欄 2 8 g に格納する。格納する組合せは、例えば、入力欄 D 1 0 1、D 1 0 2、D 1 0 3、D 1 0 4、D 1 0 5 に入力された全ての波長と時間区間と変更レシピ項目の組合せであっても良い。また演算部 2 1 は、I D 欄 2 8 b にも第 1 行から順に番号を付ける。

【 0 0 9 1 】

演算部 2 1 は、A P C 設定データ候補テーブル 2 8 a の各行に格納された波長、時間区間、変更レシピ項目の組合せについて、それぞれ S 3 0 2 から S 3 1 0 の処理を行う。以降では、処理の対象となっている行を当該行と呼ぶ。

(S 3 0 2) : 演算部 2 1 は、図 1 8 に示すような、ウェハ I D 欄 2 9 b、発光強度モニタ値欄 2 9 c、エッチング結果欄 2 9 d を備えた発光強度モニタ値データテーブル 2 9 a を作成する。

【 0 0 9 2 】

発光強度モニタ値データテーブル 29 a のウェハ ID 欄 29 b はデータを取得したウェハを示す情報、例えば図 10 に示したレシピ一定時エッチング結果テーブル 23 a のウェハ ID 欄 23 b に格納された情報が格納される。

【0093】

発光強度モニタ値欄 29 c には、次に示す第 1 の発光強度平均値を第 2 の発光強度平均値で除した発光強度モニタ値が格納される。第 1 の発光強度平均値は、図 11 に示したレシピ一定時分光計測データテーブル 24 a の発光強度欄 24 e にて、図 15 の APC 設定データ候補テーブル 28 a の波長 1 欄 28 c の当該行に格納された波長にて特定される列で、かつ、時間区間 1 欄 28 d で特定される時間の行に格納された値の平均値である。第 2 の発光強度平均値は、レシピ一定時分光計測データテーブル 24 a の発光強度欄 24 e において、APC 設定データ候補テーブル 28 a の波長 2 欄 28 e の当該行に格納された波長にて特定される列で、かつ、時間区間 2 欄 28 f で特定される時間の行に格納された値の平均値である。

10

【0094】

図 18 の発光強度モニタ値データテーブル 29 a のエッチング結果欄 29 d は、レシピ一定時エッチング結果テーブル 23 a のエッチング結果欄 23 c に格納された情報が格納される。

【0095】

(S303) 演算部 21 は、発光強度モニタ値データテーブル 29 a に格納された情報と、以下の式(数1)～(数5)を用いて、レシピ一定時のデータにおける発光強度モニタ値とエッチング結果の相関の強さを示す情報である、回帰式の残差二乗平均値(AveSe₁)を算出する。

20

【0096】

【数1】

$$X_{11} = \sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n} \quad \dots (数1)$$

【0097】

【数2】

$$X_{12} = \sum y_i^2 - \frac{(\sum y_i)^2}{n} \quad \dots (数2)$$

30

【0098】

【数3】

$$X_{13} = \sum x_i y_i - \frac{(\sum x_i)(\sum y_i)}{n} \quad \dots (数3)$$

【0099】

【数4】

$$a_1 = \frac{X_{13}}{X_{11}} \quad \dots (数4)$$

40

【0100】

【数5】

$$AveSe_1 = \frac{(X_{12} - a_1 X_{13})}{n} \quad \dots (数5)$$

【0101】

上記した式において、 x_i は図 18 の発光強度モニタ値データテーブル 29 a の発光強度モニタ値欄 29 c の第 i 列に格納された値を示している。 y_i は発光強度モニタ値欄 29 c の第 i 列に格納された値を示している。 n は発光強度モニタ値データテーブル 29 a

50

の列数を示している。記号は、発光強度モニタ値データテーブル 29 a の全ての列についての和をとることを示している。

【 0 1 0 2 】

算出した値の意味を、図 20 を用いて説明する。図 20 に示すグラフは、図 18 の発光強度モニタ値データテーブル 29 a において、ウェハ ID 29 b ごとに発光強度モニタ値欄 29 c に格納された値と、エッチング結果欄 29 d に格納された値とに基づいてプロットした散布図である。

【 0 1 0 3 】

図 20 の A 6 0 1 などの各点は、発光強度モニタ値データテーブル 29 a の発光強度モニタ値 29 c の欄の各列に格納された値を示しており、発光強度モニタ欄 29 c に格納された値を横軸にとり、エッチング結果欄 29 d に格納された値を縦軸にしてプロットした点である。

【 0 1 0 4 】

(数 1) にて算出した値 (X_{11}) は、図 20 にプロットした点の横軸方向 (発光強度モニタ値) のばらつきを、(数 2) にて算出した値 (X_{12}) は、図 20 にプロットした点の縦軸方向 (エッチング結果) のばらつきを表している。(数 3) にて算出した値 (X_{13}) は、図 20 にプロットした点の縦軸方向と横軸方向の偏差積和であり、プロットした点が縦軸方向に大きな値をとるときに横軸方向にも大きな値をとる値である。

【 0 1 0 5 】

図 20 の直線 A 6 0 2 は、各点からの距離の二乗和の平均が最小となる直線 (回帰式) を示している。(数 5) にて算出した第 1 の残差二乗平均値 ($AveSe_1$) は、各点と直線との距離 (残差) の二乗の平均値を示している。

【 0 1 0 6 】

レシピ一定時のデータにおいて、発光強度モニタ値とエッチング結果との相関が強いほど残差二乗平均値 ($AveSe_1$) の値は小さくなる。(数 5) にて算出した第 1 の残差二乗平均値 ($AveSe_1$) は、図 15 に示した APC 設定データ候補テーブル 28 a の当該行の波長と時間区間の組合せの良し悪しを評価する情報として、レシピ一定時残差欄 28 h の当該行に格納される。

【 0 1 0 7 】

なお、ここで算出した残差二乗平均値以外の値であっても、発光強度モニタ値とエッチング結果の間の相関の強さを表す値であれば他の値を用いてもよい。たとえば、発光強度モニタ値とエッチング結果の間の相関係数の絶対値の逆数や相関係数の二乗の逆数などであってもよい。

【 0 1 0 8 】

(S 3 0 4) : 演算部 2 1 は、レシピ一定時のデータについて発光強度モニタ値とエッチング結果の間の回帰式 (回帰直線) の傾きを、発光強度モニタ値とエッチング結果の相関関係の方向を示す情報として算出する。

演算部 2 1 は、前述の式 (数 1)、(数 3)、(数 4) と図 18 の発光強度モニタ値データテーブル 29 a の発光強度モニタ欄 29 c とエッチング結果欄 29 d に格納された値を用いて、(数 4) の左辺の変数 (a_1) を算出する。この変数 (a_1) は図 20 の直線 A 6 0 2 の傾きを示している。演算部 2 1 は、この算出した傾き (a_1) を後述の処理 S 3 1 0 で利用する。

(S 3 0 5) : 演算部 2 1 は、レシピ変更時のデータを用いて図 18 に示した発光強度モニタ値データテーブル 29 a に相当するデータテーブルを作成する。その一例として、図 19 に、レシピ変更時のデータを用いた時の発光強度モニタ値データテーブル 29 - 2 a を示す。

【 0 1 0 9 】

図 15 に示した APC 設定データ候補テーブル 28 a の変更レシピ項目欄 28 g の当該行に格納された値を R c p とする。図 19 に示した発光強度モニタ値データテーブル 29 - 2 a には、エッチング結果および分光計測データが計測された各ウェハのうち、R c p

10

20

30

40

50

で特定するレシピ項目が変更されたウェハの値が格納される。

ウェハID欄29-2bはデータを取得したウェハを示す情報として、例えば図10に示したレシピ変更時エッチング結果テーブル23aのウェハID欄23bに格納された情報のうち、図13のレシピ変更時レシピデータテーブル26aに示したレシピ変更量欄26cのRcpに相当するレシピ項目の値が0ではないウェハの値が格納される。

【0110】

発光強度モニタ値欄29-2cには、次に示す第3の発光強度平均値を第4の発光強度平均値で除した発光強度モニタ値が格納される。第3の発光強度平均値は、図14に示したレシピ変更時分光計測データテーブル27aの発光強度欄27eにて、図15のAPC設定データ候補テーブル28aの波長1欄28cの当該行に格納された波長にて特定される列で、かつ、時間区間1欄28dで特定される時間の行に格納された値の平均値である。第4の発光強度平均値は、レシピ変更時分光計測データテーブル27aの発光強度欄27eにおいて、APC設定データ候補テーブル28aの波長2欄28eの当該行に格納された波長にて特定される列で、かつ、時間区間2欄28fで特定される時間の行に格納された値の平均値である。この平均値のうち、Rcpで特定するレシピ項目が変更されたウェハの値が格納される。

10

【0111】

図19の発光強度モニタ値データテーブル29-2aのエッチング結果欄29-2dは、図12に示したレシピ変更時エッチング結果テーブル25aのエッチング結果欄25cに格納された情報のうち、図13のレシピ変更量欄26cのRcpに相当するレシピ項目の値が0ではないウェハの値が格納される。

20

【0112】

(S306)：演算部21は、図19の発光強度モニタ値データテーブル29-2aに格納された情報を式(数1)～(数5)に代入した式である以下の式(数6)～(数10)を用いて、レシピ変更時のデータにおける発光強度モニタ値とエッチング結果の相関の強さを示す情報である、回帰式の残差二乗平均値(AveSe₂)を算出する。

【0113】

【数6】

$$X'_{11} = \sum x_i'^2 - \frac{(\sum x_i')^2}{n'} \quad \dots \text{(数6)}$$

30

【0114】

【数7】

$$X'_{12} = \sum y_i'^2 - \frac{(\sum y_i')^2}{n'} \quad \dots \text{(数7)}$$

【0115】

【数8】

$$X'_{13} = \sum x_i' y_i' - \frac{(\sum x_i')(\sum y_i')}{n'} \quad \dots \text{(数8)}$$

40

【0116】

【数9】

$$a_2 = \frac{X'_{13}}{X'_{11}} \quad \dots \text{(数9)}$$

【0117】

【数10】

$$\text{AveSe}_2 = \frac{(X'_{12} - a_2 X'_{13})}{n'} \quad \dots \text{(数10)}$$

50

【 0 1 1 8 】

上記した式において、 x'_i は図 19 の発光強度モニタ値データテーブル 29 - 2 a の発光強度モニタ値欄 29 - 2 c の第 i 列に格納された値を示している。 y'_i は発光強度モニタ値欄 29 - 2 c の第 i 列に格納された値を示している。 n' は発光強度モニタ値データテーブル 29 - 2 a の列数を示している。記号は、発光強度モニタ値データテーブル 29 - 2 a の全ての列についての和をとることを示している。

【 0 1 1 9 】

(数 10) にて算出した第 2 の残差二乗平均値 ($AveSe_2$) は、(数 5) と同様に直線との回帰式の距離 (残差) の二乗の平均値を示している。
レシビ変更時のデータにおいて、発光強度モニタ値とエッチング結果との相関が強いほど第 2 の残差二乗平均値 ($AveSe_2$) の値は小さくなる。算出した第 2 の残差二乗平均値 ($AveSe_2$) は、当該行の波長と時間区間の組合せの良し悪しを評価する情報として、図 15 に示した APC 設定データ候補テーブル 28 a のレシビ変更時残差欄 28 i の当該行に格納される。

【 0 1 2 0 】

なお、ここで算出した残差二乗平均値以外の値であっても、発光強度モニタ値とエッチング結果の間の相関の強さを表す値であれば、他の値を用いてもよい。たとえば、発光強度モニタ値とエッチング結果の間の相関係数の絶対値の逆数や相関係数の二乗の逆数などであってもよい。

【 0 1 2 1 】

(S 307) : 演算部 21 は、レシビ変更時のデータについて発光強度モニタ値とエッチング結果の間の回帰式 (回帰直線) の傾きを、発光強度モニタ値とエッチング結果の相関関係の方向を示す情報として算出する。

演算部 21 は、前述の式 (数 6)、(数 8)、(数 9) と図 19 の発光強度モニタ値データテーブル 29 - 2 a の発光強度モニタ欄 29 - 2 c とエッチング結果欄 29 - 2 d に格納された値を用いて、(数 9) の左辺の変数 (a_2) を算出する。この変数 (a_2) はレシビ変更時のデータから作成した回帰式 (回帰直線) の傾きを示している。

【 0 1 2 2 】

(S 308) : 演算部 21 は、レシビ変更時のデータから作成した回帰式 (回帰直線) の傾きの推定誤差を示す情報を、以下の式 (数 11) を用いて算出する。

【 0 1 2 3 】

【 数 11 】

$$\Delta a_2 = \frac{AveSe_2}{X'_{11}} \quad \dots (数 11)$$

【 0 1 2 4 】

算出した値の意味を図 21 A、図 21 B を用いて説明する。図 21 A、図 21 B に示すグラフは、図 19 の発光強度モニタ値データテーブル 29 - 2 a において、ウェハ ID 29 - 2 b ごとに発光強度モニタ値欄 29 - 2 c に格納された値と、エッチング結果欄 29 - 2 d に格納された値とに基づいてプロットした散布図である。

【 0 1 2 5 】

図 21 A、図 21 B の A701、A801 などの各点は、図 19 の発光強度モニタ値データテーブル 29 - 2 a の発光強度モニタ値 29 - 2 c の欄の各列に格納された値を示しており、発光強度モニタ欄 29 - 2 c に格納された値を横軸にとり、エッチング結果欄 29 - 2 d に格納された値を縦軸にしてプロットした点である。直線 A702、A802 は、各点からの距離の二乗和の平均が最小となる直線 (回帰式) を示している。点 A703、A803 は、(検査装置からのデータ転送ミスなどにより) 発光強度モニタ値データテーブル 29 - 2 a から欠損していたデータを示しており、直線 A704、A804 は A701、A801 の各点にそれぞれ点 A703、A803 を追加して作成した回帰式となっている。

10

20

30

40

50

【0126】

直線 A 7 0 4 は A 8 0 4 に比べて、元の直線 A 7 0 2 からの変化(傾きの変化)が小さいことがわかる。図 2 1 A に示す散布図の方が図 2 1 B に示す散布図よりも横軸方向のばらつき (X_{11}) が大きく、この場合の方がデータの欠損等の影響を受けずに傾きを推定することが出来る。(数 1 1) に示す傾きの推定誤差 (a_2) は、横軸方向のばらつき (X_{11}) が大きいほど値が小さく、傾きの推定誤差が小さいことを示す値である。

【0127】

(S 3 0 9) : 演算部 2 1 は、(数 4) 及び(数 9) で求めた傾きを示す変数 (a_1) (a_2) および(数 1 1) で求めた傾きの推定誤差を示す変数 (a_2) を用いて、レシピ一定時の相関関係の方向とレシピ変更時の相関関係の方向の差を評価する値を、以下の式 (数 1 2) を用いて算出する。

【0128】

【数 1 2】

$$E_a = \{|a_1 - a_2| + \Delta a_2\}^2 \times \Delta ei^2 \quad \dots (数 1 2)$$

【0129】

(数 1 2) は、レシピ一定時の回帰式の傾きとレシピ変更時の回帰式の傾きの差が大きい場合や、傾きの推定誤差が大きい場合には、左辺に示す傾き差の評価値 (E_a) が大きな値をとることを示す。また右辺の ei は、図 2 2 A に示すレシピ一定時の発光強度モニタ値における発光強度モニタ値の制御目標値 ei_t と発光強度モニタ値の最小値 ei_{min} の差分を示している。これは、制御目標値との差分が大きいほど、レシピの変更量が大きくなり傾き差の寄与度が大きくなることを示している。

なお、レシピ一定時のデータについても回帰式の傾きの推定誤差を算出し、(数 1 2) の括弧内に加えても良い。また、 a_2 を定数倍 (1.5 倍、2 倍等) しても良い。また ei^2 の代わりにレシピ一定時の発光強度モニタ値のばらつきである (X_{11}) を用いても良い。演算部 2 1 は、(数 1 2) で求めた傾き差の評価値 (E_a) を、図 1 5 に示した APC 設定データ候補テーブル 2 8 a のモデル差欄 2 8 j の当該行に格納する。

(S 3 1 0) : 演算部 2 1 は、波長、時間区間、変更レシピ項目の組合せの APC に適している度合いを示す値を、以下の式 (数 1 3) を用いて算出する。

【0130】

【数 1 3】

$$E_{all} = AveSe_1 \times \alpha_1 + AveSe_2 \times \alpha_2 + E_a \times \alpha_3 \quad \dots (数 1 3)$$

【0131】

(数 1 3) の右辺第 1 項はレシピ一定時の相関の強さを評価する項であり、第 2 項はレシピ変更時の相関の強さを評価する項であり、第 3 項はレシピ一定時のレシピ変更時の相関の傾向の差を評価する項である。係数 α_1 、 α_2 、 α_3 は装置管理者等が決定する各項の重み係数である。この(数 1 3) で算出した評価値 (E_{all}) が小さい場合の波長、時間区間、レシピの組合せは、レシピ一定時、レシピ変更時で相関が強く、レシピ一定時、レシピ変更時で相関の方向が変わらない組合せであることを表している。

【0132】

演算部 2 1 は、算出した評価値 (E_{all}) を、図 1 5 に示した APC 設定データ候補テーブル 2 8 a の総合評価値欄 2 8 k の当該行に格納する。

【0133】

(S 3 1 1) : 演算部 2 1 は、全ての波長、時間区間、変更レシピ項目の組合せについて総合評価値 (E_{all}) の算出が完了した場合には処理 S 3 1 2 に進み、処理が完了していない場合には処理 S 3 0 2 に戻り、次の波長、時間区間、変更レシピ項目の組合せについて処理を行う。

【0134】

(S 3 1 2) : 演算装置 2 1 は解析処理の結果として、図 1 5 の APC 設定データ候補

10

20

30

40

50

テーブル 2 8 a に格納された値と、散布図に関するデータを画面上に出力して処理を終了する。演算部 2 1 が操作者に提示する出力部 3 1 の出力画面の一例を図 2 4 に示す。

【 0 1 3 5 】

図 2 4 に示した出力画面 D 2 0 0 には、図 1 5 の A P C 設定データ候補テーブル 2 8 a の総合評価値欄 2 8 k に格納された値が小さい順に、波長 1 欄 2 8 c、時間区間 1 欄 2 8 d、波長 2 欄 2 8 e、波長 2 欄 2 8 f、変更レシピ項目欄 2 8 g、総合評価値欄 2 8 k 欄の各行に格納された値を D 2 0 1 の表として表示する。

【 0 1 3 6 】

また総合評価値欄 2 8 k の値が最小となる波長と時間区間と変更レシピ項目の組合せについては、当該波長と当該時間区間を用いて発光強度モニタ値を算出したときの、レシピ一定時のデータにおける発光強度モニタ値とエッチング結果の散布図を D 2 0 2 に表示する。また、同様に、当該変更レシピ項目の値が変更されたレシピ変更時のデータにおける発光強度モニタ値とエッチング結果の散布図を D 2 0 3 に表示する。

10

【 0 1 3 7 】

装置管理者は、図 2 4 に示す出力画面 D 2 0 0 を確認することで、A P C に用いる波長、時間区間、変更レシピ項目の組合せを把握することが出来る。

【 0 1 3 8 】

この図 2 4 に示した表 D 2 0 1 の総合評価値 2 4 0 7 が一番小さく、総合評価値順位 2 4 0 1 が 1 位の波長 2 4 0 2、2 4 0 4、時間区間 2 4 0 3、2 4 0 5、変更レシピ項目の組合せ 2 4 0 6 は、図 4 に示した A P C 設定データテーブル 1 5 a の各欄に格納される。装置管理者が画面 D 2 0 0 上で A P C 実行ボタン D 2 0 4 に図示していないカーソルを合わせクリックして順位 1 位の組合せで A P C 実行を承認すると、エッチング部 1 0 は、この A P C 設定データテーブル 1 5 a に格納されたデータを用いて、制御部 1 3 でプラズマ加工部 1 1 を制御してウェハ 1 1 4 に対して順次エッチング加工を行う。

20

【 0 1 3 9 】

以上説明したように、本実施の形態のエッチング装置 1 (解析部 2 0) が実行する解析方法を用いることによって、多数の波長、時間区間、変更レシピ項目の組合せの中から、A P C に用いる波長、時間区間、変更レシピ項目の組合せを把握することができる。

【 0 1 4 0 】

本実施例によれば、分光計測データから発光強度モニタ値を算出する波長や時間区間を適切に決定することができるようになった。また、複数のレシピ項目の中から A P C で変更するレシピ項目を適切に決定することが出来るようになった。これにより、レシピ変更時でも発光強度モニタ値とエッチング結果の間に、レシピ変更時でも傾向が変わらない安定した相関関係が得られるようになり、エッチング結果を高精度に制御することができるようになった。

30

【 0 1 4 1 】

以上、本発明を実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。

【 符号の説明 】

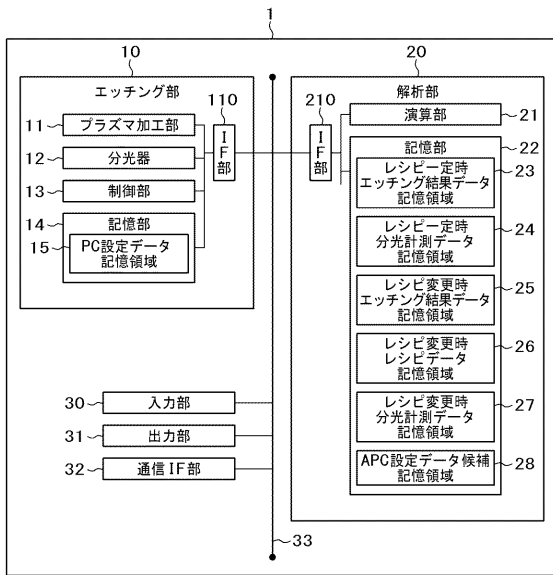
【 0 1 4 2 】

- 1 . . . エッチング装置
- 1 0 . . . エッチング部
- 1 1 . . . プラズマ加工部
- 1 2 . . . 分光器
- 1 3 . . . 制御部
- 1 4 . . . 記憶部
- 1 5 . . . A P C 設定データ記憶領域
- 1 1 0 . . . I F 部
- 2 0 . . . 解析部
- 2 1 . . . 演算部
- 2 2 . . . 記憶部
- 2 3 . . . レシピ一定時エッチング結果データ記憶領域
- 2 4 . . . レシピ一定時分光計測データ記憶領域
- 2 5 . . . レシピ変更時エッチング結果データ記憶領域
- 2 6 . . . レシピ変更時レシピデータ記憶領域
- 2 7 . . . レシピ変更時分光計測データ記憶領域
- 2 8 . . . A P C 設定データ候補記憶領域
- 2 1 0 . . . I F 部
- 3 0 . . . 入力部
- 3 1 . . . 出力部
- 3 2 . . . 通信 I F 部
- 3 3 . . . バス。

40

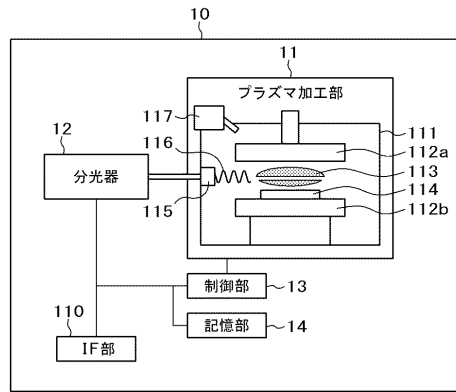
【図1】

図1



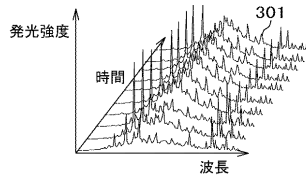
【図2】

図2



【図3】

図3



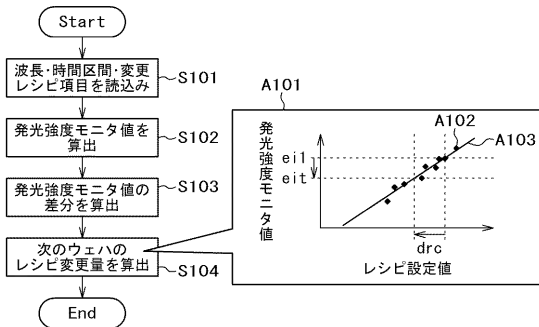
【図4】

図4

モニタ1		モニタ2		変更レシピ項目
波長1	時間区間1	波長2	時間区間2	
251	51-100	675	1-100	ガス1流量

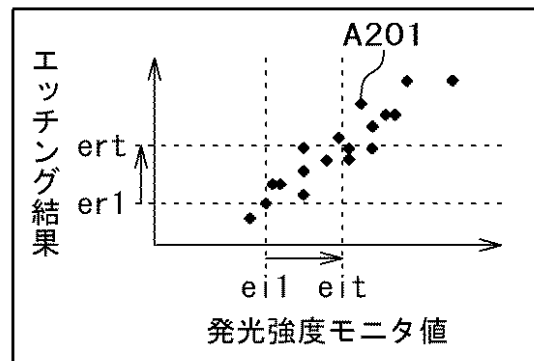
【図5】

図5



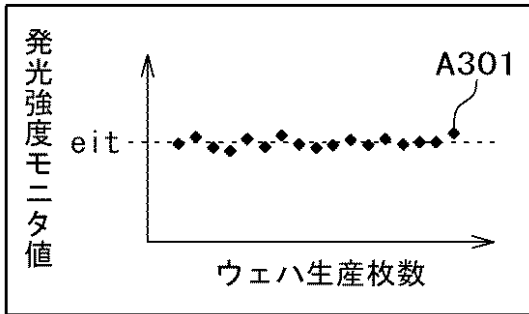
【図6】

図6



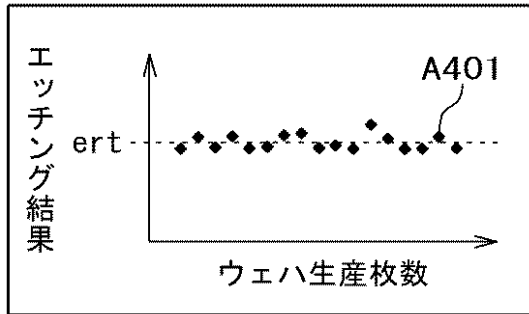
【図7A】

図7A



【図7B】

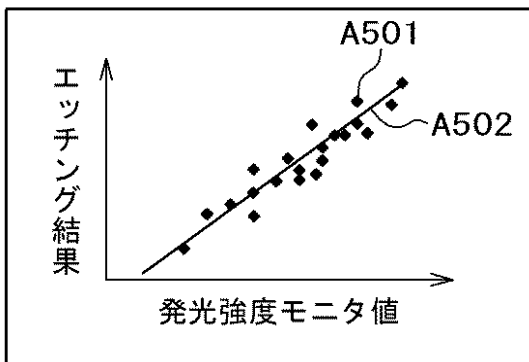
図7B



【図8A】

図8A

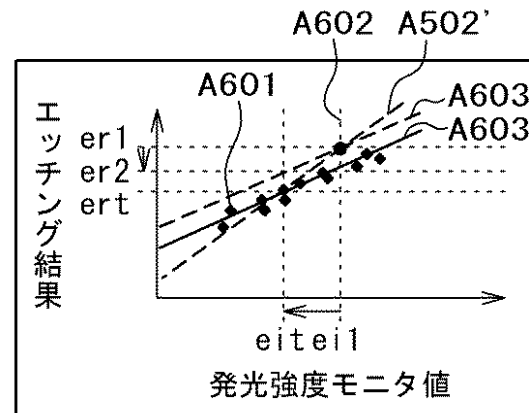
レシピ一定時



【図8B】

図8B

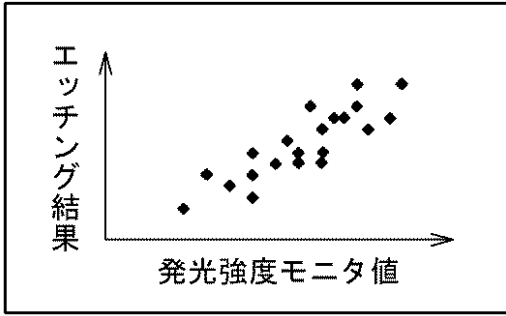
レシピ変更時(実験データ)



【図9A】

図9A

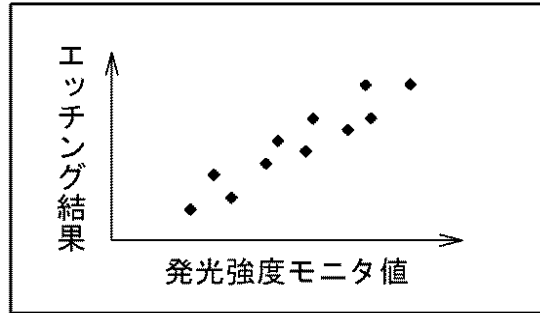
レシピ一定時



【図9B】

図9B

レシピ変更時



【図10】

図10

23b	ウェハID	p1	p2	...	p100
23c	エッチング結果	0.75	0.80	...	1.04

【図11】

図11

24a		ウェハID	p2				
24d		ウェハID	p1	24c			
				波長			
				201	202	...	800
時間	1	103	103	...	77		
	2	107	108	...	82		
		
	100	140	142	...	96		

【図14】

図14

27a		ウェハID	e2				
27d		ウェハID	e1	27c			
				波長			
				201	202	...	800
時間	1	121	125	...	91		
	2	123	126	...	98		
		
	100	154	158	...	105		

【図12】

図12

25b	ウェハID	e1	e2	...	e20
25c	エッチング結果	0.72	0.81	...	0.63

【図15】

図15

ID	281 APC設定候補				28a 282 評価結果				
	28b	28c	28d	28e	28f	28g	28h	28i	28j
	モニタ1	モニタ2	変更	レシピ	一定時	変更時	モデル	総合	
	波長1	時間区間1	波長2	時間区間2	項目	残差	残差	差	評価値
1	201	51-100	201	1-100	ガス1流量	0.024	0.027	0.073	0.124
2	211	51-100	201	1-100	ガス1流量	0.025	0.026	0.039	0.09
...
100	251	51-1000	675	1-100	ガス1流量	0.002	0.001	0.001	0.004
...
1001	201	51-100	201	1-100	ガス2流量	0.033	0.038	0.021	0.097
1002	211	51-100	201	1-100	ガス2流量	0.029	0.041	0.035	0.105
...

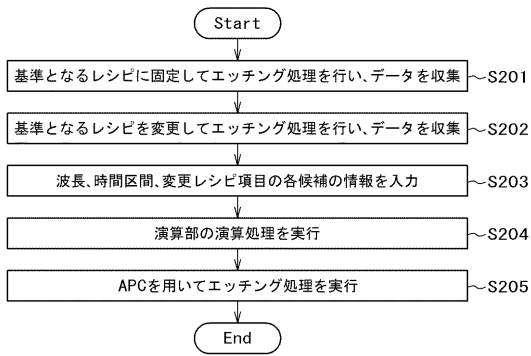
【図13】

図13

26b	ウェハID	e1	e2	...	e20	
26c	レシピ	ガス1流量	10	20	...	0
	変更量	ガス2流量	0	0	...	100

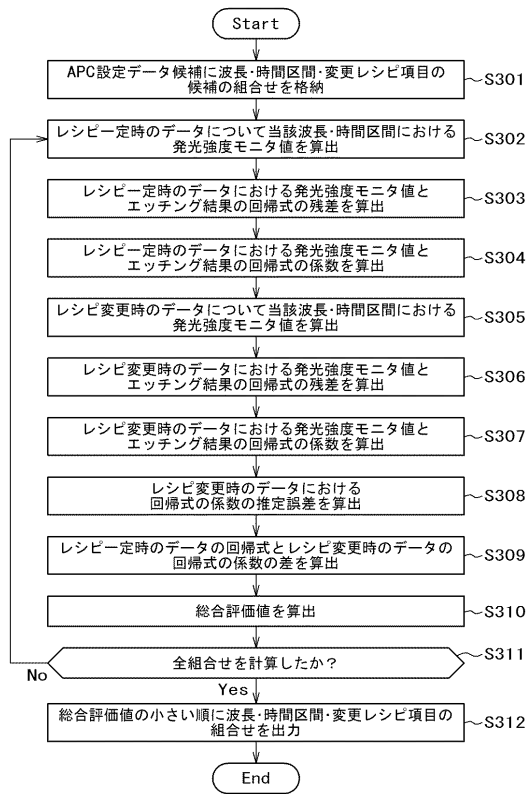
【図16】

図16



【図17】

図17



【図18】

図18

	29a				
29b	ウェハID	p1	p2	...	p100
29c	発光強度モニタ値	0.89	0.92	...	0.95
29d	エッチング結果	0.75	0.80	...	1.04

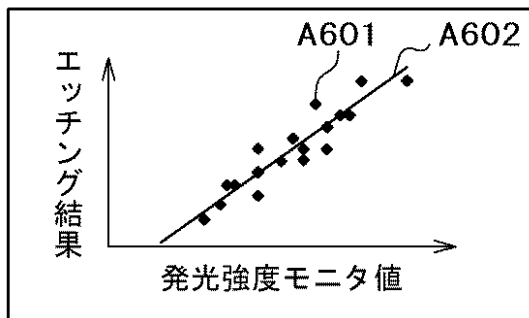
【図19】

図19

	29-2a				
29-2b	ウェハID	e1	e2	...	e10
29-2c	発光強度モニタ値	0.89	0.92	...	0.95
29-2d	エッチング結果	0.72	0.81	...	1.60

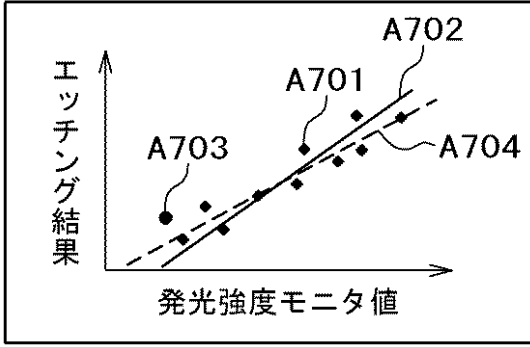
【図20】

図20



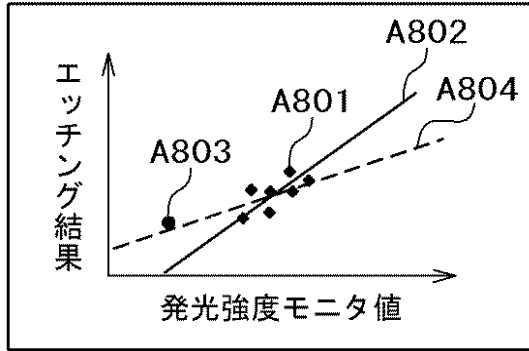
【図21A】

図21A



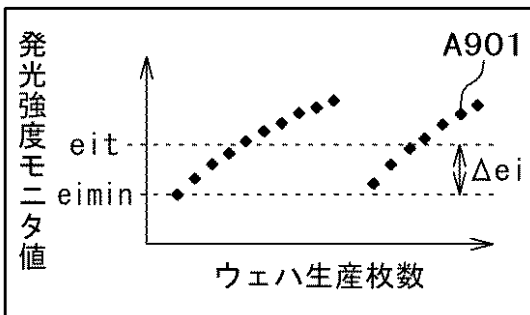
【図21B】

図21B



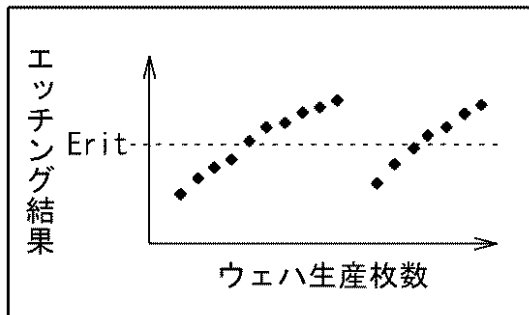
【図22A】

図22A



【図22B】

図22B



【図23】

図23

D100

波長と時間区間と変更レシピ項目の候補を確認、入力してください。

D101	D102	D103	D104	D105
モニタ 1		モニタ 2		変更レシピ項目候補
波長 1 時間区間候補		波長 2 時間区間候補		ガス 1 流量
201 51-100		201 1-100		ガス 2 流量
211		211		
...		...		
251		251		
...		...		
675		675		
...		...		

解析処理を行いますか？

D106

【 図 2 4 】

図 2 4

D200

下記の波長・時間・レジピが制御に用いる情報として特定されました。

D201						
総合 評価値 順位	モニタ 1		モニタ 2		変更 レジピ 項目	総合 評価値
	波長 1	時間区間 1	波長 2	時間区間 2		
1	251	51-100	201	1-100	ガス 1 流量	0.004
2	288	51-100	201	1-100	ガス 1 流量	0.009

順位 1 位の波長・時間区間・レジピの組合せによる発光強度モニタ値、エッチング結果の関係は下記の通りです。

レジピ定時 D202

レジピ変更時
(ガス 1 流量変更時) D203

順位 1 位の組合せで APC を行いますか？

D204

フロントページの続き

- (72)発明者 鹿子嶋 昭
東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内
- (72)発明者 井上 智己
東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内

審査官 桑原 清

- (56)参考文献 特開平08-330278(JP,A)
特開2013-105923(JP,A)
特開2012-190842(JP,A)
国際公開第99/040617(WO,A1)
特開2005-197503(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|---------|
| H01L | 21/3065 |
| H05H | 1/00 |
| H05H | 1/46 |