

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4762835号  
(P4762835)

(45) 発行日 平成23年8月31日(2011.8.31)

(24) 登録日 平成23年6月17日(2011.6.17)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/304 (2006.01)

H O 1 L 21/304 6 5 1 L

H O 1 L 21/304 6 4 8 G

請求項の数 12 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2006-243276 (P2006-243276)  
 (22) 出願日 平成18年9月7日(2006.9.7)  
 (65) 公開番号 特開2008-66535 (P2008-66535A)  
 (43) 公開日 平成20年3月21日(2008.3.21)  
 審査請求日 平成21年1月14日(2009.1.14)

(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 100075812  
 弁理士 吉武 賢次  
 (74) 代理人 100091982  
 弁理士 永井 浩之  
 (74) 代理人 100096895  
 弁理士 岡田 淳平  
 (74) 代理人 100117787  
 弁理士 勝沼 宏仁  
 (74) 代理人 100127465  
 弁理士 堀田 幸裕

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板処理方法、基板処理装置、プログラムおよびプログラム記録媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

入口と、出口と、前記入口から前記出口へと流れる流体を加熱する複数の加熱機構と、  
 を有する加熱装置によって加熱された流体を用いて被処理基板を乾燥させる基板処理方法  
 であって、

処理室内に被処理基板を配置する工程と、

前記入口から前記加熱装置内に不活性ガスと処理液とを供給して、前記不活性ガスと前  
 記処理液とを含む混合流体を前記加熱装置内において加熱するとともに、前記加熱装置の  
 前記出口から排出される加熱された前記混合流体を、被処理基板が配置された処理室内へ  
 供給する工程と、を備え、

前記混合流体を処理室に供給する工程において、前記加熱装置の最も入口側に配置され  
 た加熱機構の出力は、前記加熱装置に前記処理液が供給され始めてから所定の時間が経つ  
 までの間、予め設定された一定の値を維持し、最も出口側に配置された加熱機構の出力は  
 、加熱中または加熱後の混合流体の温度を予め設定された値とすることを目的として、フ  
 ィードバック制御により決定される

ことを特徴とする基板処理方法。

【請求項2】

前記混合流体を処理室に供給する工程において、前記最も入口側に配置された加熱機構  
 の出力は、前記加熱装置に前記処理液が供給され始めてから前記所定の時間が経過した後  
 の少なくとも一期間、前記一定の値よりも低い第2の一定の値を維持する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の基板処理方法。

【請求項 3】

前記混合流体を処理室に供給する工程において、前記最も入口側に配置された加熱機構の出力は、一定の値に維持された後に、加熱中または加熱後の混合流体の温度を予め設定された値とすることを目的として、フィードバック制御により決定される

ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の基板処理方法。

【請求項 4】

前記混合流体を処理室に供給する工程において、前記最も入口側に配置された加熱機構の出力は、前記加熱装置に前記処理液が供給されている間にわたって、一定の値に維持される

10

ことを特徴とする請求項 1 に記載の基板処理方法。

【請求項 5】

前記混合流体を処理室に供給する工程の後に実施される工程であって、前記入口から前記加熱装置内に不活性ガスを供給して前記不活性ガスを前記加熱装置内において加熱するとともに、前記加熱装置の前記出口から排出される加熱された不活性ガスを前記処理室内へ供給する工程を、さらに備え、

前記加熱された不活性ガスを前記処理室内へ供給する工程において、前記加熱装置の加熱機構の出力は、加熱中または加熱後の不活性ガスの温度を予め設定された値とすることを目的として、フィードバック制御により決定される

ことを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の基板処理方法。

20

【請求項 6】

入口と、出口と、入口から出口まで延びる流路と、流路を加熱する複数の加熱機構と、を有する加熱装置と、

前記加熱装置の前記出口と連結され、前記加熱装置から加熱された流体を供給されることによって、内部に収容した被処理基板を乾燥させるようになされた処理室と、

前記複数の加熱機構の出力を制御する制御装置と、を備え、

前記制御装置は、

前記加熱装置によって加熱された不活性ガスと処理液とを含む混合流体を前記処理室に供給する工程を備えた被処理基板の乾燥処理を行う際に、

前記加熱装置の最も入口側に配置された加熱機構の出力を、前記加熱装置に前記処理液が供給され始めてから所定の時間が経つまでの間、予め設定された一定の値に維持し、

30

最も出口側に配置された加熱機構の出力を、加熱中または加熱後の混合流体の温度を予め設定された値とすることを目的として、フィードバック制御により決定する

ことを特徴とする基板処理装置。

【請求項 7】

前記制御装置は、

前記加熱装置によって加熱された不活性ガスと処理液とを含む混合流体を前記処理室に供給する工程を備えた被処理基板の乾燥処理を行う際に、

前記加熱装置の最も入口側に配置された加熱機構の出力を、前記加熱装置に前記処理液が供給され始めてから前記所定の時間が経過した後の少なくとも一期間、前記一定の値よりも低い第 2 の一定に値に維持する、

40

ことを特徴とする請求項 6 に記載の基板処理装置。

【請求項 8】

前記制御装置は、

前記加熱装置によって加熱された不活性ガスと処理液とを含む混合流体を前記処理室に供給する工程を備えた被処理基板の乾燥処理を行う際に、

前記加熱装置の最も入口側に配置された加熱機構の出力を、一定の値に維持した後に、加熱中または加熱後の混合流体の温度を予め設定された値とすることを目的として、フィードバック制御により決定する、

ことを特徴とする請求項 6 または 7 に記載の基板処理装置。

50

**【請求項 9】**

前記制御装置は、前記加熱装置に前記処理液が供給されている間にわたって、前記最も入口側に配置された加熱機構の出力を一定の値に維持することを特徴とする請求項 6 に記載の基板処理装置。

**【請求項 10】**

前記制御装置は、

前記加熱装置によって加熱された不活性ガスと処理液とを含む混合流体を前記処理室に供給する工程の後に、前記加熱装置によって加熱された不活性ガスを前記処理室に供給する工程が、被処理基板の乾燥処理として、行われる際に、

前記加熱装置の加熱機構の出力を、加熱中または加熱後の不活性ガスの温度を予め設定された値にすることを目的として、フィードバック制御により決定することを特徴とする請求項 6 ～ 9 のいずれか一項に記載の基板処理装置。

10

**【請求項 11】**

入口と、出口と、前記入口から前記出口へと流れる流体を加熱する複数の加熱機構と、を有する加熱装置を備えた基板処理装置を制御する制御装置によって実行されるプログラムであって、

前記制御装置によって実行されることにより、請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載された被処理基板の処理方法を基板処理装置に実施させることを特徴とするプログラム。

**【請求項 12】**

入口と、出口と、前記入口から前記出口へと流れる流体を加熱する複数の加熱機構と、を有する加熱装置を備えた基板処理装置を制御する制御装置によって実行されるプログラムが記録された記録媒体であって、

20

前記プログラムが前記制御装置によって実行されることにより、請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載された被処理基板の処理方法を基板洗浄装置に実施させることを特徴とする記録媒体。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、洗浄処理等の処理を施された被処理基板を乾燥させる基板処理方法および基板処理装置に係り、とりわけ、乾燥後の被処理基板に付着しているパーティクル数を低減することができる基板処理方法および基板処理装置に関する。

30

**【0002】**

また、本発明は、洗浄処理等の処理を施された被処理基板を乾燥させる基板処理方法であって、とりわけ、乾燥後の被処理基板に付着しているパーティクル数を低減することができる基板処理方法を実行するためのプログラムおよび当該プログラムを記録したプログラム記録媒体に関する。

**【背景技術】****【0003】**

シリコンウエハ等の被処理基板に対する処理の多くは、被処理基板を液体で濡らしながら行われる。このような処理の体表的なものとして、リンス処理を含む洗浄処理が挙げられる。そして、液体を経由して多数のパーティクルが被処理基板に付着してしまうことや、液体が乾燥する際にウォーターマーク等の乾燥マークが残ってしてしまうこと等を防止するため、液体を用いた処理が終了した後に、これらの不具合を防止するための乾燥処理が被処理基板に対して施される。

40

**【0004】**

なお、このような不具合の程度は、一般的に、パーティクルカウンタ等の計器による測定値によって評価される。すなわち、乾燥処理後の被処理基板に残存した付着物や色むら等であって、パーティクルとして計測され得る付着物や色むら等の数によって、評価されている。したがって、以降において、「パーティクル」という用語には、特筆されていない限りにおいて、粒状の付着物だけでなく、いわゆるウォーターマークのような白濁模様

50

や、その他の乾燥処理に起因すると考えられる欠陥を含むこととする。

【 0 0 0 5 】

このような被処理基板の乾燥方法として、揮発性および親液体性を有する処理液（例えばIPA）を蒸気化し、被処理基板の周囲に前記蒸気化した処理液の雰囲気を形成する方法が知られている（特許文献1）。この方法では、処理液の揮発性および親液体性によって、被処理基板から液体の膜や液滴が取り除かれるようになっている。特許文献1に開示されているように、この方法において、処理液は、キャリアガスとしても機能する不活性ガスとともに加熱装置内に供給され、加熱装置内において加熱されて蒸発する。

【特許文献1】特開平10-125649号公報

【発明の開示】

10

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

近年、ウエハ上に形成されるパターンの複雑化等にもともない、乾燥能力を向上させることが望まれている。この場合、蒸気化した処理液の供給量を増大させることが必要となる。ところが、本件発明者らが研究したところ、処理液の蒸気の供給量、つまり加熱装置内への処理液の供給量を増大させた場合、被処理基板上に残存するパーティクル数が増大し得ることが知見された。

【 0 0 0 7 】

本発明はこのような知見から蒸気を用いた乾燥方法および乾燥装置を改善しようとするものであり、乾燥後の被処理基板に付着しているパーティクル数を低減することができる基板処理方法および基板処理装置を提供することを目的とする。

20

【 0 0 0 8 】

また、本発明は、乾燥後の被処理基板に付着しているパーティクル数を低減することができる基板処理方法を実行するためのプログラムおよび当該プログラムを記録したプログラム記録媒体を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

本件発明者らは、処理液と不活性ガスとを含む混合流体を加熱する加熱装置の加熱機構の制御方法と、被処理基板に残留するパーティクル数と、の関係を検討した。この結果、本件発明者らは、加熱機構の制御方法が被処理基板に残留するパーティクル数に影響を与える、との知見を得た。そして、本発明はこのような知見に基づくものである。

30

【 0 0 1 0 】

本発明による第1の基板処理方法は、入口と、出口と、前記入口から前記出口へと流れる流体を加熱する一つ以上の加熱機構と、を有する加熱装置によって加熱された流体を用いて被処理基板を乾燥させる基板処理方法であって、前記入口から前記加熱装置内に不活性ガスと処理液とを供給して、前記不活性ガスと前記処理液とを含む混合流体を前記加熱装置内において加熱するとともに、前記加熱装置の前記出口から排出される加熱された前記混合流体を、被処理基板が配置された処理室内へ供給する第1工程と、前記入口から前記加熱装置内に不活性ガスを供給して前記不活性ガスを前記加熱装置内において加熱するとともに、前記加熱装置の前記出口から排出される加熱された不活性ガスを前記処理室内へ供給する第2工程と、を備え、前記第1工程において、前記加熱装置に前記処理液が供給され始めてから所定の時間が経つまでの間、前記加熱装置の少なくとも一つの加熱機構の出力は予め設定された一定の値を維持し、前記第2工程において、前記加熱装置の加熱機構の出力は、加熱中または加熱後の不活性ガスの温度を予め設定された値にすることを目的として、フィードバック制御により決定されることを特徴とする。

40

【 0 0 1 1 】

本発明による第1の基板処理方法によれば、不活性ガスと処理液とを含む混合流体を被処理基板の乾燥に適した状態で、被処理基板が収容された処理室内へ供給することができる。この結果、乾燥処理後の被処理基板に付着したパーティクル数を著しく低減することができる。また、処理液の供給量を増大させて乾燥能力を向上させることにも可能である

50

。また、既存の基板処理装置の制御方法を変更することのみによって、本発明による基板処理方法を実施することができる。

【 0 0 1 2 】

本発明による第 1 の基板処理方法において、前記加熱装置は入口から出口に向けて順に配置された複数の加熱機構を有し、前記第 1 工程において、最も入口側に配置された加熱機構の出力が、前記所定の時間の間、予め設定された一定の値に維持されるようになってい

【 0 0 1 3 】

また、本発明による第 1 の基板処理方法の前記第 1 工程において、前記少なくとも一つの加熱機構の出力は、前記加熱装置に前記処理液が供給されている間にわたって、一定の値に維持されるようにしてもよい。このような基板処理方法によれば、制御方法がより単純化することができる。あるいは、本発明による第 1 の基板処理方法の前記第 1 工程において、前記少なくとも一つの加熱機構の出力は、前記加熱装置に前記処理液が供給され始めてから所定の時間が経過した後の少なくとも一期間、加熱中または加熱後の混合流体の温度を予め設定された値とすることを目的として、フィードバック制御により決定されるようにしてもよい。

【 0 0 1 4 】

本発明による第 2 の基板処理方法は、入口と、出口と、前記入口から前記出口へと流れる流体を加熱する複数の加熱機構と、を有する加熱装置によって加熱された流体を用いて被処理基板を乾燥させる基板処理方法であって、処理室内に被処理基板を配置する工程と、前記入口から前記加熱装置内に不活性ガスと処理液とを供給して、前記不活性ガスと前記処理液とを含む混合流体を前記加熱装置内において加熱するとともに、前記加熱装置の前記出口から排出される加熱された前記混合流体を、被処理基板が配置された処理室内へ供給する工程と、を備え、前記混合流体を処理室に供給する工程において、前記加熱装置の最も入口側に配置された加熱機構の出力は、前記加熱装置に前記処理液が供給され始めてから所定の時間が経つまでの間、予め設定された一定の値を維持し、最も出口側に配置された加熱機構の出力は、加熱中または加熱後の混合流体の温度を予め設定された値とすることを目的として、フィードバック制御により決定されることを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

本発明による第 2 の基板処理方法によれば、不活性ガスと処理液とを含む混合流体を被処理基板の乾燥に適した状態で、被処理基板が収容された処理室内へ供給することができる。この結果、乾燥処理後の被処理基板に付着したパーティクル数を著しく低減することができる。また、処理液の供給量を増大させて乾燥能力を向上させることにも可能である。また、既存の基板処理装置の制御方法を変更することのみによって、本発明による基板処理方法を実施することができる。

【 0 0 1 6 】

本発明による第 2 の基板処理方法の前記混合流体を処理室に供給する工程において、前記最も入口側に配置された加熱機構の出力は、前記加熱装置に前記処理液が供給されている間にわたって、一定の値に維持されるようにしてもよい。このような基板処理方法によれば、制御方法がより単純化することができる。

【 0 0 1 7 】

本発明による第 1 の基板処理装置は、入口と、出口と、入口から出口まで延びる流路と、流路を加熱する一つ以上の加熱機構と、を有する加熱装置と、前記加熱装置の前記出口と連結され、前記加熱装置から加熱された流体を供給されることによって、内部に収容した被処理基板を乾燥させるようになされた処理室と、前記一つ以上の加熱機構の出力を制御する制御装置と、を備え、前記制御装置は、前記加熱装置によって加熱された不活性ガスと処理液とを含む混合流体を前記処理室に供給する第 1 工程と、前記加熱装置によって加熱された不活性ガスを前記処理室に供給する第 2 工程と、を備えた被処理基板の乾燥処

理を行う際に、前記第１工程において、前記加熱装置に前記処理液が供給され始めてから所定の時間が経つまでの間、前記加熱装置の少なくとも一つの加熱機構の出力を予め設定された一定の値に維持し、前記第２工程において、前記加熱装置の加熱機構の出力を、加熱中または加熱後の不活性ガスの温度を予め設定された値とすることを目的として、フィードバック制御により決定するようにしてもよい。

【００１８】

本発明による第１の基板処理装置によれば、不活性ガスと処理液とを含む混合流体を被処理基板の乾燥に適した状態で、被処理基板が収容された処理室内へ供給することができる。この結果、乾燥処理後の被処理基板に付着したパーティクル数を著しく低減することができる。また、処理液の供給量を増大させて乾燥能力を向上させることにも可能である。

10

【００１９】

本発明による第１の基板処理装置において、前記加熱装置は、入口から出口に向けて順に配置された複数の加熱機構を有し、前記制御装置は、前記乾燥処理の前記第１工程において、最も入口側に配置された加熱機構の出力を、前記所定の時間の間、予め設定された一定の値に維持するようにしてもよい。この場合、前記制御装置は、前記乾燥処理の前記第１工程において、最も出口側に配置された加熱機構の出力を、加熱中または加熱後の混合流体の温度を予め設定された値とすることを目的として、フィードバック制御により決定するようにしてもよい。

【００２０】

20

また、本発明による第１の基板処理装置において、前記制御装置は、前記乾燥処理の前記第１工程において、前記加熱装置に前記処理液が供給されている間にわたって、前記少なくとも一つの加熱機構の出力を一定の値に維持するようにしてもよい。あるいは、本発明による第１の基板処理装置において、前記制御装置は、前記乾燥処理の前記第１工程において、前記加熱装置に前記処理液が供給され始めてから所定の時間が経過した後の少なくとも一期間、前記少なくとも一つの加熱機構の出力を、加熱中または加熱後の混合流体の温度を予め設定された値とすることを目的として、フィードバック制御により決定するようにしてもよい。

【００２１】

本発明による第２の基板処理装置は、入口と、出口と、入口から出口まで延びる流路と、流路を加熱する複数の加熱機構と、を有する加熱装置と、前記加熱装置の前記出口と連結され、前記加熱装置から加熱された流体を供給されることによって、内部に収容した被処理基板を乾燥させるようになされた処理室と、前記複数の加熱機構の出力を制御する制御装置と、を備え、前記制御装置は、前記加熱装置によって加熱された不活性ガスと処理液とを含む混合流体を前記処理室に供給する工程を備えた被処理基板の乾燥処理を行う際に、前記加熱装置の最も入口側に配置された加熱機構の出力を、前記加熱装置に前記処理液が供給され始めてから所定の時間が経つまでの間、予め設定された一定の値に維持し、最も出口側に配置された加熱機構の出力を、加熱中または加熱後の混合流体の温度を予め設定された値とすることを目的として、フィードバック制御により決定することを特徴とする。

30

40

【００２２】

本発明による第２の基板処理装置によれば、不活性ガスと処理液とを含む混合流体を被処理基板の乾燥に適した状態で、被処理基板が収容された処理室内へ供給することができる。この結果、乾燥処理後の被処理基板に付着したパーティクル数を著しく低減することができる。また、処理液の供給量を増大させて乾燥能力を向上させることにも可能である。

【００２３】

本発明による第２の基板処理装置において、前記制御装置は、前記加熱装置に前記処理液が供給されている間にわたって、前記最も入口側に配置された加熱機構の出力を一定の値に維持するようにしてもよい。

50

## 【 0 0 2 4 】

本発明による第1のプログラムは、入口と、出口と、前記入口から前記出口へと流れる流体を加熱する一つ以上の加熱機構と、を有する加熱装置を備えた基板処理装置を制御する制御装置によって実行されるプログラムであって、前記制御装置によって実行されることにより、加熱装置によって加熱された流体を用いて被処理基板を乾燥させる被処理基板の処理方法であって、前記入口から前記加熱装置内に不活性ガスと処理液とを供給して、前記不活性ガスと前記処理液とを含む混合流体を前記加熱装置内において加熱するとともに、前記加熱装置の前記出口から排出される加熱された前記混合流体を、被処理基板が配置された処理室内へ供給する第1工程と、前記入口から前記加熱装置内に不活性ガスを供給して前記不活性ガスを前記加熱装置内において加熱するとともに、前記加熱装置の前記出口から排出される加熱された不活性ガスを前記処理室内へ供給する第2工程と、を備え、前記第1工程において、前記加熱装置に前記処理液が供給され始めてから所定の時間が経つまでの間、前記加熱装置の少なくとも一つの加熱機構の出力は予め設定された一定の値を維持し、前記第2工程において、前記加熱装置の加熱機構の出力は、加熱中または加熱後の不活性ガスの温度を予め設定された値にすることを目的として、フィードバック制御により決定される、被処理基板の処理方法を基板処理装置に実施させることを特徴とする。

10

## 【 0 0 2 5 】

本発明による第1の記録媒体は、入口と、出口と、前記入口から前記出口へと流れる流体を加熱する一つ以上の加熱機構と、を有する加熱装置を備えた基板処理装置を制御する制御装置によって実行されるプログラムが記録された記録媒体であって、前記プログラムが前記制御装置によって実行されることにより、加熱装置によって加熱された流体を用いて被処理基板を乾燥させる被処理基板の処理方法であって、前記入口から前記加熱装置内に不活性ガスと処理液とを供給して、前記不活性ガスと前記処理液とを含む混合流体を前記加熱装置内において加熱するとともに、前記加熱装置の前記出口から排出される加熱された前記混合流体を、被処理基板が配置された処理室内へ供給する第1工程と、前記入口から前記加熱装置内に不活性ガスを供給して前記不活性ガスを前記加熱装置内において加熱するとともに、前記加熱装置の前記出口から排出される加熱された不活性ガスを前記処理室内へ供給する第2工程と、を備え、前記第1工程において、前記加熱装置に前記処理液が供給され始めてから所定の時間が経つまでの間、前記加熱装置の少なくとも一つの加熱機構の出力は予め設定された一定の値を維持し、前記第2工程において、前記加熱装置の加熱機構の出力は、加熱中または加熱後の不活性ガスの温度を予め設定された値にすることを目的として、フィードバック制御により決定される、被処理基板の処理方法を基板洗浄装置に実施させることを特徴とする。

20

30

## 【 0 0 2 6 】

本発明による第2のプログラムは、入口と、出口と、前記入口から前記出口へと流れる流体を加熱する複数の加熱機構と、を有する加熱装置を備えた基板処理装置を制御する制御装置によって実行されるプログラムであって、前記制御装置によって実行されることにより、加熱装置によって加熱された流体を用いて被処理基板を乾燥させる被処理基板の処理方法であって、処理室内に被処理基板を配置する工程と、前記入口から前記加熱装置内に不活性ガスと処理液とを供給して、前記不活性ガスと前記処理液とを含む混合流体を前記加熱装置内において加熱するとともに、前記加熱装置の前記出口から排出される加熱された前記混合流体を、被処理基板が配置された処理室内へ供給する工程と、を備え、前記混合流体を処理室に供給する工程において、前記加熱装置の最も入口側に配置された加熱機構の出力は、前記加熱装置に前記処理液が供給され始めてから所定の時間が経つまでの間、予め設定された一定の値を維持し、最も出口側に配置された加熱機構の出力は、加熱中または加熱後の混合流体の温度を予め設定された値とすることを目的として、フィードバック制御により決定される、被処理基板の処理方法を基板処理装置に実施させることを特徴とする。

40

## 【 0 0 2 7 】

50

本発明による第2の記録媒体は、入口と、出口と、前記入口から前記出口へと流れる流体を加熱する複数の加熱機構と、を有する加熱装置を備えた基板処理装置を制御する制御装置によって実行されるプログラムが記録された記録媒体であって、前記プログラムが前記制御装置によって実行されることにより、加熱装置によって加熱された流体を用いて被処理基板を乾燥させる被処理基板の処理方法であって、処理室内に被処理基板を配置する工程と、前記入口から前記加熱装置内に不活性ガスと処理液とを供給して、前記不活性ガスと前記処理液とを含む混合流体を前記加熱装置内において加熱するとともに、前記加熱装置の前記出口から排出される加熱された前記混合流体を、被処理基板が配置された処理室内へ供給する工程と、を備え、前記混合流体を処理室内に供給する工程において、前記加熱装置の最も入口側に配置された加熱機構の出力は、前記加熱装置に前記処理液が供給され始めてから所定の時間が経つまでの間、予め設定された一定の値を維持し、最も出口側に配置された加熱機構の出力は、加熱中または加熱後の混合流体の温度を予め設定された値とすることを目的として、フィードバック制御により決定される、被処理基板の処理方法を基板洗浄装置に実施させることを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0028】

本発明によれば、乾燥処理後の被処理基板に付着したパーティクル数を著しく低減することができる。また、処理液の供給量を増大させて乾燥能力を向上させることも可能である。

【発明を実施するための最良の形態】

20

【0029】

以下、図面を参照して本発明の一実施の形態について説明する。なお、以下の実施の形態においては、本発明による基板処理装置を半導体ウエハの処理装置、さらに具体的には半導体ウエハの洗浄装置に適用した例を説明する。ただし、本発明による基板洗浄装置は、半導体ウエハの洗浄への適用に限られるものではなく、広く基板の処理に適用することができる。

【0030】

図1乃至図9は本発明による基板処理方法および基板処理装置の一実施の形態を示す図である。このうち図1は基板処理装置の構成を概略的に示す図であり、図2は基板処理方法を説明するための図である。

30

【0031】

まず、図1を参照して、基板処理装置10を説明する。図1に示すように、本実施の形態において、基板処理装置10は、収容した半導体ウエハ（被処理基板）Wを洗浄する洗浄室35と、洗浄室35に接続され洗浄室35から洗浄済のウエハWを受ける処理室30と、処理室30に接続された加熱装置40と、加熱装置40に接続された制御装置20と、を備えている。このような基板処理装置10は、半導体ウエハWを洗浄するとともに洗浄後のウエハWを乾燥させるようになされている。

【0032】

図1に示すように、本実施の形態において、洗浄室35は複数枚のウエハW、例えば50枚のウエハWを収容し得るようになっている。洗浄室は、純水源36に接続され、純水源36から純水（DIW）を受けるようになっている。そして、洗浄室35内において、何らかの洗浄処理を受けた複数枚のウエハWに対し、純水源36からの純水によって、リンス処理（濯ぎ処理）を施すことができるようになっている。なお、洗浄室35内で行われるウエハに対する洗浄処理としては、例えば、超音波洗浄が挙げられる。

40

【0033】

同様に図1に示すように、処理室30も複数枚のウエハW、例えば50枚のウエハWを収容し得るようになっている。処理室30内には吹き出し口31が設けられており、この吹き出し口31は加熱装置40に連結されている。後述するように、加熱された流体が加熱装置40から吹き出し口31を介して処理室30内に吹き込まれ、処理室30内に収容されたウエハWを乾燥させる。

50



## 【 0 0 3 4 】

また、処理室 3 0 にはドレン 3 2 が設けられている。ドレン 3 2 には弁 3 2 a が設けられ、弁を開閉操作することにより、処理室 3 0 の内圧を調整することができるようになっている。

## 【 0 0 3 5 】

なお、図 1 に示すように、洗浄室 3 5 と処理室 3 0 との間には開閉機構 3 4 が設けられている。この開閉機構 3 4 を閉鎖することにより、洗浄室 3 5 と処理室 3 0 との間は遮断されるようになる。開閉機構 3 4 としては、シャッター等の公知の開閉手段が用いられ得る。

## 【 0 0 3 6 】

次に、加熱装置 4 0 について詳述する。図 1 に示すように、本実施の形態において、加熱装置は、入口 4 1 a , 4 1 b と、出口 4 4 と、入口 4 1 a , 4 1 b から出口 4 4 まで延びる配管（流路）5 0 と、配管 5 0 を加熱する加熱機構 5 6 , 5 7 , 5 8 , 5 9 と、を有している。

## 【 0 0 3 7 】

図 1 に示すように、加熱装置 4 0 には二つの入口 4 1 a , 4 1 b が設けられている。一方の入口 4 1 a は不活性ガス源 2 7 に接続されており、他方の入口 4 1 b は処理液源 2 8 に接続されている。本実施の形態において、不活性ガス源 2 7 は、流量制御弁等の適切な機器類を介し、所定量の窒素を入口 4 1 a に供給し得るようになっている。一方、本実施の形態において、処理液源 2 8 は、流量制御弁等の適切な機器類を介し、所定量の IPA（イソプロピルアルコール）を流体として入口 4 1 b に供給し得るようになっている。二つの入口 4 1 a , 4 1 b は合流部 4 2 に接続されており、各入口 4 1 a , 4 1 b から供給された流体は合流し得るようになっている。合流部 4 1 は、例えば、ミキシングバルブや二流体ノズル等から構成され得る。

## 【 0 0 3 8 】

本実施の形態において、加熱装置 4 0 には、入口 4 1 a , 4 1 b から出口 4 4 に向けて順に配置された第 1 乃至第 4 加熱機構 5 6 , 5 7 , 5 8 , 5 9 が設けられている。本実施の形態において、各加熱機構 5 6 , 5 7 , 5 8 , 5 9 は棒状に延びるハロゲンランプからなっている。図 1 に示すように各加熱機構 5 6 , 5 7 , 5 8 , 5 9 は、それぞれ別個の電力調整器 5 6 a , 5 7 a , 5 8 a , 5 9 a に接続され、電力調整器 5 6 a , 5 7 a , 5 8 a , 5 9 a から電力を供給されるようになっている。また、各電力調整器 5 6 a , 5 7 a , 5 8 a , 5 9 a は制御装置 2 0 に接続されている。そして、各加熱機構 5 6 , 5 7 , 5 8 , 5 9 の出力を決定するようになる、各電力調整器 5 6 a , 5 7 a , 5 8 a , 5 9 a からハロゲンランプへの電力供給量は、制御装置 2 0 によって別個に制御されるようになっている。

## 【 0 0 3 9 】

また、図 1 に示すように、配管 5 0 は、第 1 乃至第 4 加熱機構 5 6 , 5 7 , 5 8 , 5 9 のそれぞれに対応して入口 4 1 a , 4 1 b から出口 4 4 に向けて順に設けられた第 1 乃至第 4 スパイラル部 5 1 , 5 2 , 5 3 , 5 4 を含んでいる。各スパイラル部 5 1 , 5 2 , 5 3 , 5 4 は、それぞれ配管 5 0 の一部分をおおよそ隙間無く螺旋状に巻くことによって形成されており、この結果、円筒状の形状を有している。そして、図 1 に示すように、円筒形状を有するスパイラル部 5 1 , 5 2 , 5 3 , 5 4 の中心を貫くようにして、細長状に延びる加熱機構 5 6 , 5 7 , 5 8 , 5 9 が配置されている。言い換えると、対応する加熱機構 5 6 , 5 7 , 5 8 , 5 9 を外方から包囲するようにして、各スパイラル部 5 1 , 5 2 , 5 3 , 5 4 が配置されている。

## 【 0 0 4 0 】

このような構成からなる加熱装置 4 0 においては、ハロゲンランプからなる加熱機構 5 6 , 5 7 , 5 8 , 5 9 から照射されるエネルギーを、加熱機構 5 6 , 5 7 , 5 8 , 5 9 を取り囲むスパイラル部 5 1 , 5 2 , 5 3 , 5 4 が受け取る。そして、受け取ったエネルギーによってスパイラル部 5 1 , 5 2 , 5 3 , 5 4 が加熱され、結果として、スパイラル部 5 1

10

20

30

40

50

、 5 2 , 5 3 , 5 4 内を流れる流体が加熱されるようになっている。

【 0 0 4 1 】

なお、このような加熱装置 4 0 においては、加熱機構 5 6 , 5 7 , 5 8 , 5 9 からの光エネルギーを効率的に吸収し得るように、スパイラル部 5 1 , 5 2 , 5 3 , 5 4 が黒色に塗装されていることが好ましい。また、エネルギーの損失を防止すべく、加熱機構 5 6 , 5 7 , 5 8 , 5 9 を含むスパイラル部 5 1 , 5 2 , 5 3 , 5 4 が、断熱材によって形成された収容体内に配置されていることが好ましい。

【 0 0 4 2 】

図 1 に示すように、本実施の形態において、第 2 スパイラル部 5 2 と第 3 スパイラル部 5 3 との間に配管 5 0 内の温度を測定するための中間温度センサ 4 5 が設けられている。また、第 4 スパイラル部 5 4 と出口 4 4 との間に配管 5 0 内の温度を測定するための最終温度センサ 4 6 が設けられている。さらに、第 4 スパイラル部 5 4 と出口 4 4 との間に配管 5 0 内を流れる流体の流量を調整するマスフローメータ 4 7 が設けられている。これらの中間温度センサ 4 5 、最終温度センサ 4 6 、およびマスフローメータ 4 7 は、図 1 に示すように、制御装置 2 0 に接続されている。

【 0 0 4 3 】

また、配管 5 0 にはドレン 4 8 が設けられており、図 1 に示すように、このドレン 4 8 はマスフローメータ 4 7 の上流側に配置されている。ドレン 4 8 には弁 4 8 a が設けられ、弁 4 8 a を開閉操作することにより、配管 5 0 内を流れる流体を外部に開放することができるようになっている。

【 0 0 4 4 】

制御装置 2 0 は、基板処理装置 1 0 の各構成要素に接続され、各構成要素の動作を制御するようになっている。本実施の形態において、制御装置 2 0 は、コンピュータ 2 1 と、コンピュータ 2 1 によって読み取り可能なプログラム記録媒体 2 2 と、を含んでいる。コンピュータ 2 1 が記録媒体 2 2 に予め記憶されたプログラムを実行することによって、基板洗浄装置 1 0 を用いた被処理ウエハ W の処理が実行されるようになっている。

【 0 0 4 5 】

一例として、制御装置 2 0 は、予め設定されたプログラムに従い、各電力調整器 5 6 a , 5 7 a , 5 8 a , 5 9 a から対応する加熱機構 5 6 , 5 7 , 5 8 , 5 9 への電力供給量を個別に制御するようになっている。制御装置 2 0 は、配管 5 0 内を流れる流体の温度を所望の温度とすべく、各温度センサ 4 5 , 4 6 による検出値に基づいたフィードバック制御により、各加熱機構 5 6 , 5 7 , 5 8 , 5 9 の出力を算出することができる。この場合、各温度センサ 4 5 , 4 6 によって検出される温度に基づき、電力調整器 5 6 a , 5 7 a , 5 8 a , 5 9 a からの電力供給量が変動し、この結果、各加熱機構 5 6 , 5 7 , 5 8 , 5 9 の出力も変動するようになる。その一方で、本実施の形態において、制御装置 2 0 は、各加熱機構 5 6 , 5 7 , 5 8 , 5 9 の出力が一定値となるように、電力調整器 5 6 a , 5 7 a , 5 8 a , 5 9 a から各加熱機構 5 6 , 5 7 , 5 8 , 5 9 へ電力を供給することにもできる。この場合、各温度センサ 4 5 , 4 6 による検出値が変動したとしても、電力調整器 5 6 a , 5 7 a , 5 8 a , 5 9 a からの電力供給量は一定値に維持される。

【 0 0 4 6 】

次に、このような構成からなる基板処理装置 1 0 を用いたウエハ W の処理方法の一例について説明する。

【 0 0 4 7 】

図 2 に示すように、本実施の形態において、被処理ウエハ W は、洗浄室 3 5 内において、洗浄処理を施される（洗浄工程）。上述したように、洗浄処理としては、洗浄液を用いた超音波洗浄等が挙げられる。次に、洗浄室 3 5 内において、リンス処理を施される（リンス工程）。この工程において、被処理ウエハ W は、例えば、純水源 3 6 から供給される純水に浸され、洗浄処理で用いられた洗浄液が濯ぎ落とされる。

【 0 0 4 8 】

濯ぎ工程が終了すると、洗浄室 3 5 と処理室 3 0 とを区切る開閉機構 3 4 が開き、洗浄

10

20

30

40

50

室 3 5 と処理室 3 0 とが連通する。そして、複数のウエハ W が処理室 3 0 内へと上昇する。複数のウエハ W が処理室 3 0 内に移動すると、開閉機構 3 4 が再び閉じて、洗浄室 3 5 と処理室 3 0 とが区画される。このようにして処理室 3 0 内にウエハ W が配置される（配置工程）。

【 0 0 4 9 】

次に、処理室 3 0 内において、収容されたウエハ W を乾燥させる乾燥工程が開始される。

【 0 0 5 0 】

ところで、上述の洗浄工程、リンス工程およびウエハ配置工程と並行し、不活性ガス（例えば、窒素）が、不活性ガス源 2 7 から加熱装置 4 0 内に入口 4 1 a を介して供給されている。配管 5 0 内を流れる窒素は第 1 乃至第 4 スパイラル部 5 1 , 5 2 , 5 3 , 5 4 内を通過する際に、第 1 乃至第 4 加熱機構 5 6 , 5 7 , 5 8 , 5 9 から各スパイラル部 5 1 , 5 2 , 5 3 , 5 4 に加えられた熱によって加熱される。

10

【 0 0 5 1 】

このとき、制御装置 2 0 は、中間温度センサ 4 5 による測定値が所定の値となるよう、第 1 電力調整器 5 6 a から第 1 加熱機構 5 6 への電力供給量および第 2 電力調整器 5 7 a から第 2 加熱機構 5 7 への電力供給量を、記録媒体 2 2 に記録されたプログラムに従って制御する。つまり、制御装置 2 0 は、加熱中の不活性ガスの温度が予め設定された温度となるように、第 1 加熱機構 5 6 の出力および第 2 加熱機構 5 7 の出力を、中間温度センサ 4 5 の測定値を入力値としたフィードバック制御を用いて、決定する。同様に、制御装置 2 0 は、最終温度センサ 4 6 による測定値が所定の値となるよう、第 3 電力調整器 5 8 a から第 3 加熱機構 5 8 への電力供給量および第 4 電力調整器 5 9 a から第 4 加熱機構 5 9 への電力供給量を、記録媒体 2 2 に記録されたプログラムに従って制御する。つまり、制御装置 2 0 は、加熱後の不活性ガスの温度が予め設定された温度となるように、第 3 加熱機構 5 8 の出力および第 4 加熱機構 5 9 の出力を、最終温度センサ 4 6 の測定値を入力値としたフィードバック制御により、決定する。なお、制御装置 2 0 による制御方式としては、種々の公知な制御方法を採用することができるが、一般的に有効な方法として、P I D 制御が挙げられる。

20

【 0 0 5 2 】

ところでこの間、加熱された不活性ガスの一部は処理室 3 0 内に導入され、残りの不活性ガスはドレン 4 8 から配管 5 0 外に排出される。このようにして乾燥工程が開始される前に、配管 5 0 の温度が所望の温度に保たれ、乾燥工程の開始時に、加熱装置 4 0 の出口 4 4 から所望の温度あるいは所望の温度近傍に加熱された不活性ガスを供給し得る状態となっている。

30

【 0 0 5 3 】

図 2 に示すように、本実施の形態において、乾燥工程は第 1 工程と第 2 工程とを有している。第 1 工程においては、加熱装置 4 0 にて不活性ガスと I P A との混合流体が加熱され、加熱された混合流体が吹き出し口 3 1 を介して処理室 3 0 内に供給される。一方、第 2 工程においては、加熱装置 4 0 にて不活性ガスが加熱され、加熱された不活性ガスが吹き出し口 3 1 を介して処理室 3 0 内に供給される。以下、第 1 工程および第 2 工程について順に説明する。

40

【 0 0 5 4 】

第 1 工程において、まず、不活性ガスが不活性ガス源 2 7 から加熱装置 4 0 に入口 4 1 a を介して供給されるとともに、液体の I P A が処理液源 2 8 から加熱装置 4 0 に入口 4 1 b を介して供給される。加熱装置 4 0 に供給された不活性ガスと I P A とは合流部 4 2 にて合流し、その後、混合流体として配管 5 0 内を流れることになる。

【 0 0 5 5 】

混合流体は、配管 5 0 の第 1 乃至第 4 スパイラル部 5 1 , 5 2 , 5 3 , 5 4 内を通過する際、対応する各加熱機構 5 6 , 5 7 , 5 8 , 5 9 からの熱によって加熱される。ここで、表 1 を用いて、第 1 工程における各加熱機構 5 6 , 5 7 , 5 8 , 5 9 の出力について説

50

明する。

【表 1】

表1

	第1工程	第2工程
第1加熱機構	一定値	フィードバック制御
第2加熱機構	一定値	フィードバック制御
第3加熱機構	フィードバック制御	フィードバック制御
第4加熱機構	フィードバック制御	フィードバック制御

10

【 0 0 5 6 】

表 1 に示すように、制御装置 2 0 は、第 1 工程中、記録媒体 2 2 に記録されたプログラムに従い、第 1 電力調整器 5 6 a から第 1 加熱機構 5 6 への電力供給量および第 2 電力調整器 5 7 a から第 2 加熱機構 5 7 への電力供給量が一定値となるようにする。つまり、制御装置 2 0 は、第 1 加熱機構 5 6 の出力および第 2 加熱機構 5 7 の出力を一定とするよう、第 1 加熱機構 5 6 の出力および第 2 加熱機構 5 7 の出力を制御する。なお、第 1 加熱機構 5 6 の出力および第 2 加熱機構 5 7 の出力は、定格出力や定格出力の所定の割合（例えば 7 0 % や 8 0 % 等）等に設定され得る。一方、制御装置 2 0 は、最終温度センサ 4 6 による測定値が所定の値となるよう、第 3 電力調整器 5 8 a から第 3 加熱機構 5 8 への電力供給量および第 4 電力調整器 5 9 a から第 4 加熱機構 5 9 への電力供給量を、記録媒体 2 2 に記録されたプログラムに従って制御する。つまり、制御装置 2 0 は、加熱後の混合流体の温度が予め設定された温度となるように、第 3 加熱機構 5 8 の出力および第 4 加熱機構 5 9 の出力を、フィードバック制御を用いて決定する。したがって、第 1 工程中、中間温度センサ 4 5 は、単なる監視用センサとして機能する。

20

【 0 0 5 7 】

乾燥工程の第 1 工程が開始されると、加熱装置 4 0 内に液体の I P A が供給されるようになる。I P A の供給量は、通常で 2 m l / s e c 、多くて 4 m l / s e c 程度となる。そして、液体の I P A を供給することによって、混合流体の温度は、それまで配管 5 0 内を流れていた不活性ガスの温度よりも低くなってしまふ。また、配管 5 0 の温度も、それまで維持されていた所望の温度よりも低くなってしまふ。

30

【 0 0 5 8 】

その一方で、上述したように、第 1 加熱機構 5 6 の出力および第 2 加熱機構 5 7 の出力は一定の値をとるように維持される。したがって、第 2 加熱機構 5 7 によって加熱される第 2 スパイラル部 5 2 直後に配置された中間温度センサ 4 5 の測定値は、時間の経過に伴って上下を繰り返すようには変動しない。中間温度センサ 4 5 の測定値は、好ましくは、第 1 工程開始時にいったん降下し、その後、上昇を続けるように変動する。また、中間温度センサ 4 5 以降の第 3 スパイラル部 5 3 および第 4 スパイラル部 5 4 に加えられる加熱量は、最終温度センサ 4 6 の測定値に基づき、制御される。この結果、加熱装置 4 0 の出口 4 4 を通過する際、混合流体が所望の温度を有するようになり、混合流体中における I P A は蒸気化した状態となる。

40

【 0 0 5 9 】

このようにして、蒸気化した I P A と窒素とを含む混合流体が、吹き出し口 3 1 を介して処理室 3 0 内に供給されるようになる。そして、処理室 3 0 内の雰囲気、蒸気化した I P A と窒素とを含む混合流体によって置換されるようになる。このような I P A 蒸気を含む雰囲気によって、ウエハ W の表面に付着していた純水膜や純水滴をウエハ W の表面から迅速に取り除くことができる。このとき、純水膜や純水滴に含有されていたパーティクルは、ウエハ W の表面に残存することなく、純水膜や純水滴とともにウエハ W の表面から除去されるようになる。このような第 1 工程は、例えば 6 0 秒から 1 2 0 秒間継続され、I P A 源 2 8 からの I P A の供給が停止することによって終了する。

50

## 【 0 0 6 0 】

そして、IPA源28からのIPAの供給が停止することによって、乾燥工程の第2工程が開始される。すなわち、第2工程においては、IPAの供給が停止する一方で、不活性ガスが不活性ガス源27から加熱装置40に入口41aを介して供給され続ける。不活性ガスは、配管50の第1乃至第4スパイラル部51, 52, 53, 54内を通過する際、対応する各加熱機構56, 57, 58, 59から熱によって加熱される。

## 【 0 0 6 1 】

表2に示すように、制御装置20は、第2工程中、中間温度センサ45による測定値が所定の値となるよう、第1電力調整器56aから第1加熱機構56への電力供給量および第2電力調整器57aから第2加熱機構57への電力供給量を、記録媒体22に記録されたプログラムに従って制御する。つまり、制御装置20は、加熱中の不活性ガスの温度が予め設定された温度となるように、第1加熱機構56の出力および第2加熱機構57の出力を、フィードバック制御により決定する。一方、制御装置20は、最終温度センサ46による測定値が所定の値となるよう、第3電力調整器58aから第3加熱機構58への電力供給量および第4電力調整器59aから第4加熱機構59への電力供給量を、記録媒体22に記録されたプログラムに従って制御する。つまり、制御装置20は、加熱後の不活性ガスの温度が予め設定された温度となるように、第3加熱機構58の出力および第4加熱機構59の出力を、フィードバック制御により決定する。

10

## 【 0 0 6 2 】

この結果、加熱装置40の出口44を通過する際、不活性ガスが所望の温度を有するようになる。所望の温度まで加熱された不活性ガスは、吹き出し口31を介して処理室30内に供給され、これにより、処理室30内からIPA蒸気が排出されるようになる。この結果、処理室30内の雰囲気の不活性ガスによって置換され、ウエハWが完全に乾燥する。このような第2工程は、例えば60秒から240秒間継続される。

20

## 【 0 0 6 3 】

後述する実施例から明らかとなるように、以上のように第1工程中における第1加熱機構56の出力および第2加熱機構57の出力が一定の値をとるようにした場合、乾燥処理後にウエハWに残存するパーティクル数は非常に少なくなる。このような現象が生じるメカニズムは明らかではないが、その一要因と考えられ得るメカニズムについて説明する。ただし、本件発明は以下のメカニズムの限定されるものではない。

30

## 【 0 0 6 4 】

第1加熱機構56の出力および第2加熱機構57の出力をフィードバック制御によって決定するようにした場合、液体IPAの供給開始時から数十秒間、上流側のスパイラル部内における温度が上下変動を繰り返すようになる。ここで図3および図4は、液体IPAの供給時における、第1スパイラル部51の入側外表面温度、入側内部温度、中間外表面温度、出側外表面温度、出側内部温度（各位置は図1参照）、最終温度センサ測定値、並びに、第1加熱機構56の定格出力に対する出力の比を、時間経過とともに示している。図3および図4に示す例において、第1加熱機構56の出力は、第1スパイラル部51の出側外表面温度を所定の温度に維持するよう、PID制御によって決定されている。また、図4に示す例は、図3に示す例に比べてPID制御の入力値（出側外表面温度）に対する感度を高めたものである。

40

## 【 0 0 6 5 】

図3および図4に示すように、液体IPAの供給開始時から数十秒間、第1スパイラル部51内における各位置の温度は激しく上下変動を繰り返すようになる。つまり、第1スパイラル部51内を通過する流体の温度は安定していない。その一方で、最終温度センサ46を通過する際の流体温度は、下流側の加熱機構を用いた温度制御により、所望の値に安定するようになっていく。

## 【 0 0 6 6 】

ところで、IPAを安定して蒸気化させるためには、混合流体を所定の温度以上に加熱するだけでなく、所定の温度以上に所定の時間維持することが有効であると考えられる。

50

すなわち、IPA供給による温度低下が著しい上流側の加熱機構の出力を、フィードバック制御（より具体的には、PID制御）により求められる変動出力として、流体温度が上下変動を繰り返すようにすることは、IPAを確実に蒸気化させるという点において好ましくないと考えられる。その一方で、加熱機構の出力を固定出力として、流体温度を早期に上昇させ始めるとともに安定して上昇させることは、IPAを確実に蒸気化させるという点において有効であると考えられる。

【0067】

また、IPA供給時に大きな温度変動が生じるのは、時間的にはIPAの供給を開始し始めた時期であり、位置的には最も上流側に配置された第1スパイラル部51内である。したがってこのような観点からすれば、少なくとも最上流側に配置された加熱機構51の出力を、少なくとも加熱装置40にIPAを供給し始めてから所定の時間が経過するまでの間、固定出力に設定しておくことにより、乾燥後のウエハWに残留するパーティクル数を低減することができる、と想定される。

10

【0068】

以上のような本実施の形態によれば、乾燥工程の第1工程の間、つまり加熱装置40にIPAが供給されている間にわたって、制御装置20は、上流側の加熱機構の出力を一定の値に維持するようになっている。したがって、この加熱装置40によって加熱される配管50内を流れる混合流体の温度が安定する。この結果、不活性ガスとIPAとを含む混合ガスをIPAが蒸気化した状態で処理室30内に供給し得ると予想される。このようなことから、処理室30内において、パーティクルの付着を効果的に防止しながら、ウエハの乾燥処理を行うことができる。また、固定出力時における加熱機構の出力を増大させることにより、IPAの供給量が多くなった場合にも対応することができる。また、このようなウエハの処理方法は、既存の設備の制御方法を変更することのみによって採用することができる。

20

【0069】

上述した実施の形態に関し、本発明の要旨の範囲内で種々の変更が可能である。以下、変形例の一例について説明する。

【0070】

上述した実施の形態における基板処理装置10に、上述した温度センサ等の機器類以外の機器、例えば、配管50内を流れる流体の状態や流量等を監視・制御するための機器類を種々の位置に設けるようにしてもよい。

30

【0071】

また、上述した実施の形態において、第2工程中、第1加熱機構56の出力および第2加熱機構57の出力が、中間温度センサ45による測定値に基づいたフィードバック制御によって、決定される例を示したが、これに限られない。加熱中または加熱後の流体の温度を予め設定された値にすることを目的として、種々の入力値に基づいたフィードバック制御により、第1加熱機構56の出力および第2加熱機構57の出力が決定されるようにしてもよい。ここで、種々の入力値とは、例えば、第1スパイラル部51や第2スパイラル部52のいずれかの位置における表面温度等が挙げられる。

40

【0072】

同様に、上述した実施の形態において、第1工程中および第2工程中、第3加熱機構58の出力および第4加熱機構59の出力が、最終温度センサ46による測定値に基づいたフィードバック制御によって、決定される例を示したが、これに限られない。加熱中または加熱後の流体の温度を予め設定された値にすることを目的として、種々の入力値に基づいたフィードバック制御により、第3加熱機構58の出力および第4加熱機構59の出力が決定されるようにしてもよい。ここで、種々の入力値とは、例えば、第3スパイラル部53や第4スパイラル部54のいずれかの位置における表面温度等が挙げられる。

【0073】

さらに、上述した実施の形態において、四つの加熱機構56、57、58、59を設けるとともに、これらに対応した四つのスパイラル部51、52、53、54を設けた例を

50

示したが、これに限られない。一つの加熱機構および一つのスパイラル部だけを設けるようにしてもよいし、二つの加熱機構および二つのスパイラル部を設けるようにしてもよいし、三つの加熱機構および三つのスパイラル部を設けるようにしてもよいし、五つ以上の加熱機構および五つ以上のスパイラル部を設けるようにしてもよい。

【 0 0 7 4 】

さらに、上述した実施の形態において、第 1 工程の間にわたって、第 1 加熱機構 5 6 の出力および第 2 加熱機構 5 7 の出力が一定の値となるようにした例を示したが、これに限られない。上述したように、少なくとも最上流側に配置された加熱機構 5 1 の出力を、少なくとも加熱装置 4 0 に I P A が供給され始めてから所定の時間が経過するまでの間、固定出力に設定しておくことにより、乾燥後のウエハ W に残留するパーティクル数を低減することができる、と想定される。したがって、表 2 に示すように、加熱装置 4 0 に I P A を供給し始めてから所定の時間が経過するまでの間（表 2 における「初期」）だけ、すなわち第 1 工程中の一期間のみ、第 1 加熱機構 5 6 の出力および第 2 加熱機構 5 7 の出力を固定出力とするようにしてもよい。

【表 2】

表2

	第1工程		第2工程
	初期	初期以降	
第1加熱機構	一定値	フィードバック制御	フィードバック制御
第2加熱機構	一定値	フィードバック制御	フィードバック制御
第3加熱機構	フィードバック制御	フィードバック制御	フィードバック制御
第4加熱機構	フィードバック制御	フィードバック制御	フィードバック制御

【 0 0 7 5 】

さらに、表 3 に示すように、加熱装置 4 0 に I P A を供給し始めてから所定の時間が経過するまでの間（表 2 における「初期」）だけ、第 1 加熱機構 5 6 の出力および第 2 加熱機構 5 7 の出力をある一定の値（例えば、定格出力の 8 0 % ）に維持し、その後の期間、第 1 加熱機構 5 6 の出力および第 2 加熱機構 5 7 の出力を前記一定の値とは異なる別の一定の値（例えば、定格出力の 5 0 % ）に維持するようにしてもよい。また、表 3 に示すように、第 1 工程を三つ以上の期間に区分けし、各期間において、加熱機構の出力を異なる方法で制御するようにしてもよい。さらに、表 3 に示すように、第 1 加熱機構 5 6 の出力値（例えば、定格値の 8 0 % ）と、第 2 加熱機構 5 7 の出力値（例えば、定格値の 6 0 % ）とを異なる値に設定してもよい。

【表 3】

表3

	第1工程			第2工程
	第1期	第2期	第3期	
第1加熱機構	一定値(80%)	一定値(50%)	フィードバック制御	フィードバック制御
第2加熱機構	一定値(60%)	フィードバック制御	フィードバック制御	フィードバック制御
第3加熱機構	フィードバック制御	フィードバック制御	フィードバック制御	フィードバック制御
第4加熱機構	フィードバック制御	フィードバック制御	フィードバック制御	フィードバック制御

【 0 0 7 6 】

さらに、加熱装置 4 0 に I P A を供給し始めてから所定の時間、最上流側の加熱機構の出力のみを固定出力とし、他の加熱機構の出力を P I D 制御によって決定される変動出力としてもよい。さらに、加熱装置 4 0 に I P A を供給し始めてから所定の時間、最下流側の

加熱機構以外の加熱機構の出力を固定出力とし、最下流側の加熱機構の出力のみをPID制御によって決定される変動出力としてもよい。

【0077】

さらに、上述した実施の形態についてのいくつかの変形例を説明してきたが、当然に、複数の変形例を適宜組み合わせることも可能である。

【0078】

ところで、上述のように、基板処理装置10はコンピュータ21を含む制御装置20を備えている。この制御装置20により、基板処理装置10の各構成要素が動作させられ、被処理ウエハWに対する処理が実行されるようになっている。そして、基板処理装置10を用いたウエハWの処理を実施するために、制御装置20のコンピュータ21によって実行されるプログラムも本件の対象である。また、当該プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体22も、本件の対象である。ここで、記録媒体22とは、フロッピーディスク（フレキシブルディスク）やハードディスクドライブ等の単体として認識することができるものの他、各種信号を伝搬させるネットワークも含む。

【0079】

なお、以上の説明においては、本発明による基板処理方法、基板処理装置、プログラム、および記録媒体を、ウエハWの処理に適用した例を示しているが、これに限られず、LCD基板やCD基板等の処理に適用することも可能である。

【実施例】

【0080】

本発明を実施例によってさらに詳細に説明する。

【0081】

図1に示す基板処理装置を用い、リンス処理後のウエハに対し、IPAと窒素とを含む混合流体を加熱して処理室に供給する第1工程と、窒素を加熱して処理室に供給する第2工程と、を有する乾燥処理を施した。第1乃至第4加熱機構の定格出力はそれぞれ2000Wであった。第1工程中における窒素の供給量を100l/minとし、第2工程中における窒素の供給量を100l/minとした。第2工程の総時間を150秒とした。

【0082】

第1工程および第2工程の間、第3加熱機構の出力および第4加熱機構の出力は、最終温度センサの測定値が所定の値となるように、最終温度センサの測定値に基づいたフィードバック制御により、決定した。また、第2工程の間、第1加熱機構の出力および第2加熱機構の出力は、中間温度センサの測定値が所定の値となるように、中間温度センサの測定値に基づいたフィードバック制御により、決定した。なお、フィードバック制御の制御方式として、PID制御を用いた。

【0083】

以下、各実施例および各比較例について個別に設定した条件について、図5を参照しながら説明する。ここで図5は、各実施例における第1工程中の第1加熱機構および第2加熱機構の制御方法を説明するための図である。

【0084】

（実施例1A）

図5に示すように、実施例1Aでは、第1工程の総時間を90秒とした。第1工程の間に渡って、第1加熱機構の出力および第2加熱機構の出力を一定の値に設定した。第1加熱機構の出力値および第2加熱機構の出力値は、表4に示すように、定格出力の60%、70%、80%、90%および100%の五種類に設定した（それぞれ実施例1A-1乃至実施例1A-5とする）。

また、IPA液体の供給量を4ml/secとした。

【0085】

（実施例1B）

図5に示すように、実施例1Bでは、第1工程の総時間を90秒とした。第1工程の間に渡って、第1加熱機構の出力および第2加熱機構の出力を一定の値に設定した。第1加

10

20

30

40

50



熱機構の出力値および第 2 加熱機構の出力値は、定格出力の 70 % に設定した。

また、IPA 液体の供給量を 3 ml / sec とした。

【0086】

(実施例 1C)

図 5 に示すように、実施例 1C では、第 1 工程の総時間を 90 秒とした。第 1 工程の間に渡って、第 1 加熱機構の出力および第 2 加熱機構の出力を一定の値に設定した。第 1 加熱機構の出力値および第 2 加熱機構の出力値は、定格出力の 60 % に設定した。

また、IPA 液体の供給量を 2 ml / sec とした。

【0087】

(実施例 2A)

図 5 に示すように、実施例 2A では、第 1 工程の総時間を 60 秒とした。第 1 工程の間に渡って、第 1 加熱機構の出力および第 2 加熱機構の出力を一定の値に設定した。第 1 加熱機構の出力値および第 2 加熱機構の出力値は、定格出力の 80 % に設定した。

また、IPA 液体の供給量を 4 ml / sec とした。

【0088】

(実施例 2B)

図 5 に示すように、実施例 2B では、第 1 工程の総時間を 60 秒とした。第 1 工程の間に渡って、第 1 加熱機構の出力および第 2 加熱機構の出力を一定の値に設定した。第 1 加熱機構の出力値および第 2 加熱機構の出力値は、定格出力の 70 % に設定した。

また、IPA 液体の供給量を 3 ml / sec とした。

【0089】

(実施例 2C)

図 5 に示すように、実施例 2C では、第 1 工程の総時間を 60 秒とした。第 1 工程の間に渡って、第 1 加熱機構の出力および第 2 加熱機構の出力を一定の値に設定した。第 1 加熱機構の出力値および第 2 加熱機構の出力値は、定格出力の 60 % に設定した。

また、IPA 液体の供給量を 2 ml / sec とした。

【0090】

(実施例 3A)

図 5 に示すように、実施例 3A では、第 1 工程の総時間を 120 秒とした。第 1 工程の間に渡って、第 1 加熱機構の出力および第 2 加熱機構の出力を一定の値に設定した。第 1 加熱機構の出力値および第 2 加熱機構の出力値は、定格出力の 80 % に設定した。

また、IPA 液体の供給量を 4 ml / sec とした。

【0091】

(実施例 3B)

図 5 に示すように、実施例 3B では、第 1 工程の総時間を 120 秒とした。第 1 工程の間に渡って、第 1 加熱機構の出力および第 2 加熱機構の出力を一定の値に設定した。第 1 加熱機構の出力値および第 2 加熱機構の出力値は、定格出力の 70 % に設定した。

また、IPA 液体の供給量を 3 ml / sec とした。

【0092】

(実施例 3C)

図 5 に示すように、実施例 3C では、第 1 工程の総時間を 120 秒とした。第 1 工程の間に渡って、第 1 加熱機構の出力および第 2 加熱機構の出力を一定の値に設定した。第 1 加熱機構の出力値および第 2 加熱機構の出力値は、定格出力の 60 % に設定した。

また、IPA 液体の供給量を 2 ml / sec とした。

【0093】

(実施例 4A)

図 5 に示すように、実施例 4 では、第 1 工程の総時間を 90 秒とした。第 1 工程開始時からの 30 秒間、第 1 加熱機構の出力および第 2 加熱機構の出力を一定の値に設定した。第 1 加熱機構の出力値および第 2 加熱機構の出力値は、表 4 に示すように、定格出力の 60 % および 100 % の二種類に設定した (それぞれ実施例 4A - 1 および実施例 4A - 2

10

20

30

40

50

とする)。

一方、第1工程の残り60秒間、第1加熱機構の出力および第2加熱機構の出力は、中間温度センサの測定値が所定の値となるように、中間温度センサの測定値に基づいたフィードバック制御により、決定した。なお、フィードバック制御の制御方式として、PID制御を用いた。

また、IPA液体の供給量を4 ml / secとした。

【0094】

(比較例1A、1B、1C)

比較例1では、第1工程の総時間を90秒とした。第1工程の間に渡って、第1加熱機構の出力および第2加熱機構の出力は、中間温度センサの測定値が所定の値となるように、中間温度センサの測定値に基づいたフィードバック制御により、決定した。なお、フィードバック制御の制御方式として、PID制御を用いた。

また、IPA液体の供給量を4 ml / sec、3 ml / secおよび2 ml / secとした(それぞれ比較例1A、比較例1Bおよび比較例1Cとする)。

【0095】

(比較例2A、2B、2C)

比較例2では、第1工程の総時間を60秒とした。第1工程の間に渡って、第1加熱機構の出力および第2加熱機構の出力は、中間温度センサの測定値が所定の値となるように、中間温度センサの測定値に基づいたフィードバック制御により、決定した。なお、フィードバック制御の制御方式として、PID制御を用いた。

また、IPA液体の供給量を4 ml / sec、3 ml / secおよび2 ml / secとした(それぞれ比較例2A、比較例2Bおよび比較例2Cとする)。

【0096】

(比較例3A、3B、3C)

比較例3では、第1工程の総時間を120秒とした。第1工程の間に渡って、第1加熱機構の出力および第2加熱機構の出力は、中間温度センサの測定値が所定の値となるように、中間温度センサの測定値に基づいたフィードバック制御により、決定した。なお、フィードバック制御の制御方式として、PID制御を用いた。

また、IPA液体の供給量を4 ml / sec、3 ml / secおよび2 ml / secとした(それぞれ比較例3A、比較例3Bおよび比較例3Cとする)。

【0097】

(パーティクル数の計測)

上述の各実施例および各比較例について、パーティクルカウンタを用い、ウエハ一枚に残存するパーティクルの平均数を測定した。

【0098】

表4に、実施例1A-1乃至1A-5、実施例4A-1および4A-2、並びに、比較例1Aの測定結果を示す。表4中には、パーティクルカウンタによって、0.06 μm以上のパーティクル数を測定した場合の測定結果、0.09 μm以上のパーティクル数を測定した場合の測定結果、および、0.16 μm以上のパーティクル数を測定した場合の測定結果を示している。表4から明らかなように、実施例1A-1乃至1A-5、並びに、実施例4A-1および4A-2においては、比較例1Aに比べ、ウエハ一枚に残存する平均パーティクル数を格段に低減することができる。

【表 4】

表4

	一定値		FB制御	パーティクル数(pcs/wf)		
	時間	出力比	時間	0.06UP	0.09UP	0.16UP
実施例1A-1	90秒	60%	0秒	25.3	12.4	5.6
実施例1A-2	90秒	70%	0秒	19.3	7.2	1.3
実施例1A-3	90秒	80%	0秒	22.3	9.0	5.9
実施例1A-4	90秒	90%	0秒	27.0	10.3	4.3
実施例1A-5	90秒	100%	0秒	29.2	7.7	3.4
実施例4A-1	30秒	60%	60秒	33.9	17.8	10.6
実施例4A-1	30秒	100%	60秒	36.9	11.6	5.7
比較例1A	—	—	90秒	154.8	50.8	26.3

10

## 【 0 0 9 9 】

また、図 6 および図 7 には、比較例 1 A および実施例 1 A - 3 における、最終温度センサの測定値、中間温度センサの測定値、および第 1 スパイラル部の出側外表面（図 1 参照）の温度測定値を、時間の経過とともに示している。実施例だけでなく比較例においても、最終温度センサの測定値はほぼ一定値に安定していた。

20

## 【 0 1 0 0 】

一方、図 8 および図 9 には、各実施例のパーティクル測定結果（白抜き）を、対応する比較例（斜線）とともにグラフで表している。なお、図 8 はパーティクルカウンタによって  $0.16 \mu\text{m}$  以上のパーティクル数を測定した場合の測定結果を示し、図 9 は  $0.06 \mu\text{m}$  以上のパーティクル数を測定した場合の測定結果を示している。IPA の供給量が  $3 \text{ ml/sec}$  および  $4 \text{ ml/sec}$  の場合、実施例においても、比較例に比べ、第 1 工程の時間に関係無くウエハー一枚に残存する平均パーティクル数を格段に低減することができる。

30

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 1 0 1 】

【図 1】図 1 は、本発明による基板処理装置の一実施の形態を示す概略構成図である。

【図 2】図 2 は、本発明による基板処理方法の一実施の形態を説明するための図である。

【図 3】図 3 は、液体 IPA の供給時における、第 1 スパイラル部の入側外表面温度、入側内部温度、中間外表面温度、出側外表面温度、出側内部温度、最終温度センサの測定値、並びに、第 1 加熱機構 5 6 の定格出力に対する出力の比を、時間経過とともに示す図である。

【図 4】図 4 は、液体 IPA の供給時における、第 1 スパイラル部の入側外表面温度、入側内部温度、中間外表面温度、出側外表面温度、出側内部温度、最終温度センサの測定値、並びに、第 1 加熱機構 5 6 の定格出力に対する出力の比を、時間経過とともに示す図である。

40

【図 5】図 5 は、各実施例における第 1 工程中の第 1 加熱機構および第 2 加熱機構の制御条件を説明するための図である。

【図 6】図 6 は、比較例 1 A および実施例 1 A - 3 における、最終温度センサの測定値、中間温度センサの測定値、および第 1 スパイラル部の出側外表面の温度測定値を、時間の経過とともに示す図である。

【図 7】図 7 は、比較例 1 A および実施例 1 A - 3 における、最終温度センサの測定値、中間温度センサの測定値、および第 1 スパイラル部の出側外表面の温度測定値を、時間の経過とともに示す図である。

50

【図 8】図 8 は、各実施例のパーティクル測定結果（白抜き）を、対応する比較例（斜線）とともにグラフで示している。

【図 9】図 9 は、各実施例のパーティクル測定結果（白抜き）を、対応する比較例（斜線）とともにグラフで示している。

【符号の説明】

【 0 1 0 2 】

1 0 基板処理装置

2 0 制御装置

2 1 コンピュータ

2 2 記録媒体

10

3 0 処理室

3 1 吹き出し口

4 0 加熱装置

4 1 a 入口

4 1 b 入口

4 4 出口

4 5 中間温度センサ

4 6 最終温度センサ

5 0 配管（流路）

5 1 第 1 スパイラル部

20

5 2 第 2 スパイラル部

5 3 第 3 スパイラル部

5 4 第 4 スパイラル部

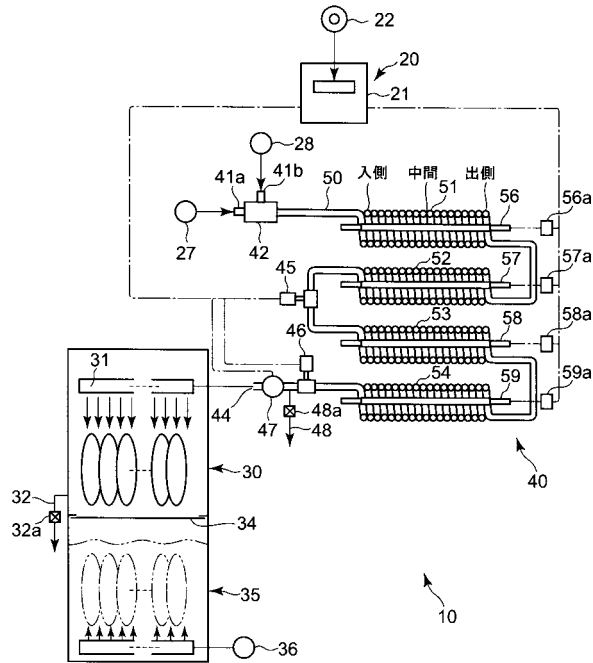
5 6 第 1 加熱機構

5 7 第 2 加熱機構

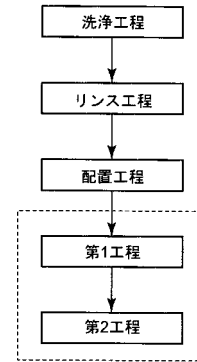
5 8 第 3 加熱機構

5 9 第 4 加熱機構

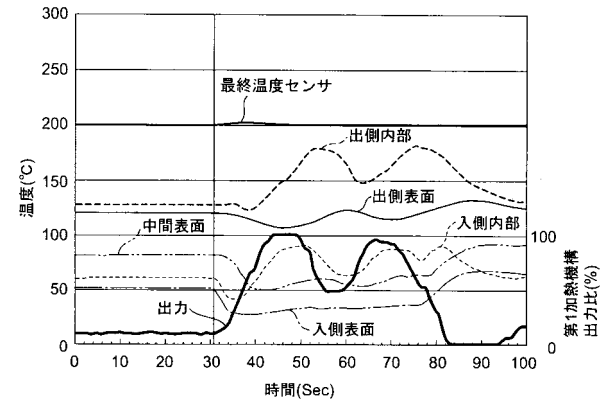
【図 1】



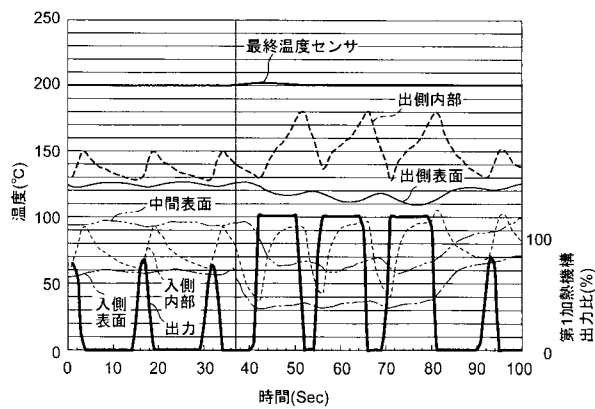
【図 2】



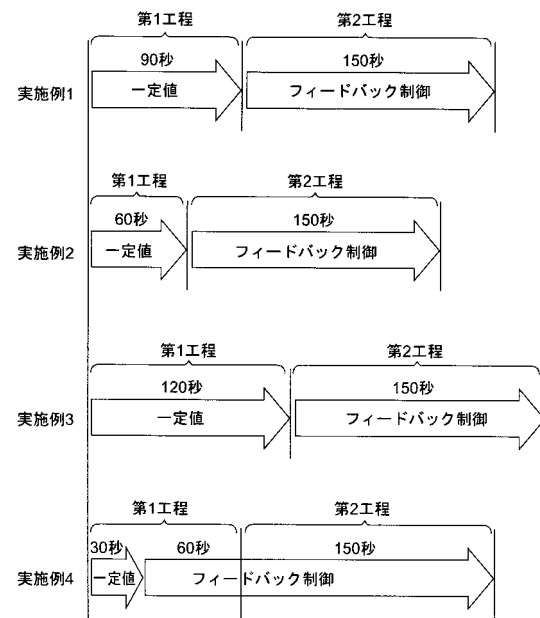
【図 3】



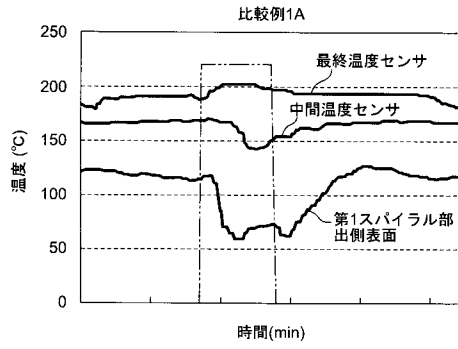
【図 4】



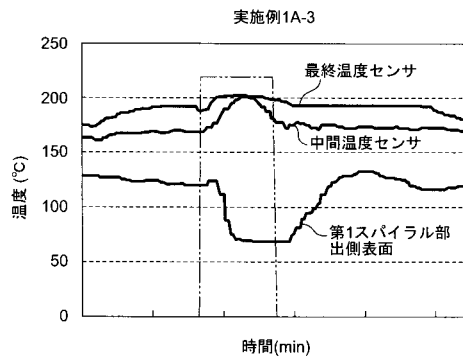
【図 5】



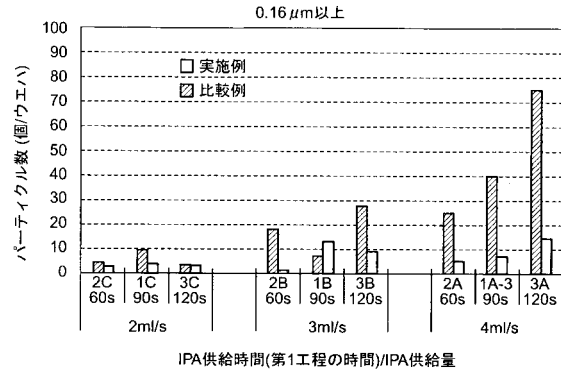
【図 6】



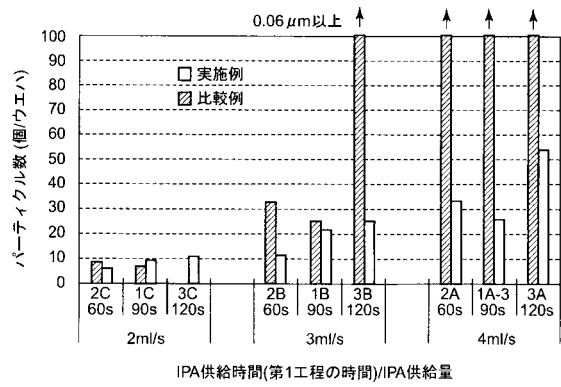
【図 7】



【図 8】



【図 9】



---

フロントページの続き

(72)発明者 西 村 英 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 中 島 幹 雄

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 遠藤 秀明

(56)参考文献 特開平10-125649(JP,A)

特開平11-154026(JP,A)

特開平11-305805(JP,A)

特開2005-064482(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/304