

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4259048号  
(P4259048)

(45) 発行日 平成21年4月30日(2009.4.30)

(24) 登録日 平成21年2月20日(2009.2.20)

(51) Int. Cl.	F I
<b>B 2 4 B 37/00 (2006.01)</b>	B 2 4 B 37/00 A
<b>B 2 4 B 49/18 (2006.01)</b>	B 2 4 B 49/18
<b>B 2 4 B 53/02 (2006.01)</b>	B 2 4 B 53/02
<b>H O 1 L 21/304 (2006.01)</b>	H O 1 L 21/304 6 2 2 M

請求項の数 7 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2002-189264 (P2002-189264)	(73) 特許権者	000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(22) 出願日	平成14年6月28日(2002.6.28)	(74) 代理人	100096770 弁理士 四宮 通
(65) 公開番号	特開2004-25413 (P2004-25413A)	(72) 発明者	星野 進 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
(43) 公開日	平成16年1月29日(2004.1.29)	審査官	西村 泰英
審査請求日	平成17年4月25日(2005.4.25)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コンディショナの寿命判定方法及びこれを用いたコンディショナの判定方法、研磨装置、並びに半導体デバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被研磨物の研磨に用いられる研磨パッドのコンディショニングに用いられるコンディショナの寿命を判定する寿命判定方法であって、

前記研磨パッドを前記コンディショナを用いてある累積コンディショニング時間コンディショニングし、

前記累積コンディショニング時間のコンディショニングの前後で、前記研磨パッドの厚みを計測し、

前記累積コンディショニング時間のコンディショニングの前後で計測された前記研磨パッドの厚みに基づいて、前記研磨パッドの前記累積コンディショニング時間中の平均切削

10

レートを求め、前記平均切削レートが所定値より低い場合に、前記コンディショナの寿命が尽きたと判定することを特徴とするコンディショナの寿命判定方法。

【請求項2】

被研磨物の研磨に用いられる研磨パッドのコンディショニングに用いられるコンディショナの寿命を判定する寿命判定段階と、前記コンディショニングに用いられる新しいコンディショナの良否を判定する良否判定段階とを備えた、コンディショナの判定方法であって、

前記寿命判定段階は、請求項1記載のコンディショナの寿命判定方法により行われ、

前記良否判定段階は、前記研磨パッドを前記新しいコンディショナを用いてある累積コ

20

ンディショニング時間コンディショニングする段階と、前記累積コンディショニング時間のコンディショニングの前後で、前記研磨パッドの厚みを計測する段階と、前記累積コンディショニング時間のコンディショニングの前後で計測された前記研磨パッドの厚みに基づいて、前記研磨パッドの前記累積コンディショニング時間中の平均切削レートを求める段階と、前記平均切削レートが所定範囲外である場合に、前記新しいコンディショナが不良であると判定する段階とを有する、

ことを特徴とするコンディショナの判定方法。

【請求項 3】

前記不良であると判定する段階は、前記平均切削レートが前記所定範囲より大きい場合に、前記新しいコンディショナが不良であると判定することを特徴とする請求項 2 記載のコンディショナの判定方法。

10

【請求項 4】

研磨パッドと被研磨物との間に荷重を加えつつ、前記研磨パッドと前記被研磨物とを相対移動させることにより、前記被研磨物を研磨する研磨装置において、

コンディショナを有し該コンディショナで前記研磨パッドをコンディショニングするコンディショニング部と、

第 1 のタイミング及びその後の第 2 のタイミングで、前記研磨パッドの厚みを計測する計測部と、

前記第 1 のタイミングで計測された厚みと前記第 2 のタイミングで計測された厚みとに基づいて、前記第 1 のタイミングから前記第 2 のタイミングまでの期間内の、前記コンディショナによる前記研磨パッドの累積コンディショニング時間中の平均切削レートを演算する演算部と、

20

前記平均切削レートが所定値より低い場合に、前記コンディショナを新しいコンディショナに交換すべき旨の警報を発生するかあるいは前記コンディショナを自動的に新しいコンディショナに交換する手段と、

を備えたことを特徴とする研磨装置。

【請求項 5】

前記計測部は、前記コンディショニング部に新しいコンディショナが装着されて当該新しいコンディショナが前記研磨パッドのコンディショニングに用いられる前の第 3 のタイミング、及び、その後前記新しいコンディショナを用いて前記研磨パッドをコンディショニングした後の第 4 のタイミングで、前記研磨パッドの厚みを計測し、

30

前記演算部は、前記第 3 のタイミングで計測された厚みと前記第 4 のタイミングで計測された厚みとに基づいて、前記第 3 のタイミングから前記第 4 のタイミングまでの期間内の、前記新しいコンディショナによる前記研磨パッドの累積コンディショニング時間中の平均切削レートを演算し、

前記手段は、前記第 3 のタイミングから前記第 4 のタイミングまでの期間内の前記平均切削レートが所定範囲外である場合に、前記新しいコンディショナを更に新しいコンディショナに交換すべき旨の警報を発生するかあるいは前記新しいコンディショナを自動的に更に新しいコンディショナに交換する、

ことを特徴とする請求項 4 記載の研磨装置。

40

【請求項 6】

前記手段は、前記第 3 のタイミングから前記第 4 のタイミングまでの期間内の前記平均切削レートが前記所定範囲より大きい場合に、前記新しいコンディショナを更に新しいコンディショナに交換すべき旨の警報を発生するかあるいは前記新しいコンディショナを自動的に更に新しいコンディショナに交換することを特徴とする請求項 5 記載の研磨装置。

【請求項 7】

請求項 4 乃至 6 のいずれかに記載の研磨装置を用いて、半導体ウエハの表面を平坦化する工程を有することを特徴とする半導体デバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

50

**【発明の属する技術分野】**

本発明は、研磨技術に関し、特に、研磨パッドの寿命判定方法、コンディショナの寿命判定方法、コンディショナの良否判定方法、研磨パッドのコンディショニング方法、研磨装置、半導体デバイス及び半導体デバイス製造方法に関するものである。

**【0002】****【従来の技術】**

従来から、研磨パッドと被研磨物との間に荷重を加えつつ、前記研磨パッドと前記被研磨物とを相対移動させることにより、前記被研磨物を研磨する研磨装置が提供されている。

**【0003】**

このような研磨装置として、例えば、半導体デバイスウエハ等の表面のグローバル平坦化などのための化学的機械的研磨（Chemical Mechanical Polishing又はChemical Mechanical Planarization、以下ではCMPと称す）を行う研磨装置を、挙げることができる。CMPは、物理的研磨に、化学的な作用（研磨剤、溶液による溶かしだし）を併用して、ウエハの表面凹凸を除去していく工程で、スラリーと呼ばれる研磨剤を用い、適当な研磨パッドで、ウエハ表面を加圧し、相対運動させることにより研磨を進行させ、ウエハ面内での一様な研磨が可能になる。

10

**【0004】**

このような研磨装置では、研磨パッドの研磨面は、研磨時間に応じて目詰まりが進行して劣化するため、定期的なコンディショニング（ドレッシングともいう。）を行って良好な加工が継続されるようにメンテナンスされる。

20

**【0005】**

このコンディショニングは、研磨パッドの研磨面とコンディショナ（コンディショニング工具又はドレッシング工具ともいう。）のコンディショニング面とを当接させて、研磨パッドとコンディショナとを相対移動させることにより行われる。前記コンディショナとしては、例えば、円環状又は円状のコンディショニング面の全体に渡ってダイヤモンド粒子等の砥粒が分布された工具が用いられる。前記相対移動は、例えば、研磨パッド及びコンディショナを両方とも回転させることにより行われる。

**【0006】**

研磨パッドの厚さは、ウエハ等の被研磨物の研磨に伴う消耗や、前記コンディショニングに伴う消耗（切削）により、薄くなっていき、やがて所望の研磨特性を得ることができなくなって、寿命が尽きる。このため、研磨パッドを新しい研磨パッドに交換する必要がある。そこで、従来は、当該研磨パッドによる研磨の累積時間や、コンディショニングの累積時間や、研磨した被研磨物の数や、コンディショニングの回数によって、研磨パッドの寿命を判定し、その寿命が尽きたと判定したときに、研磨パッドを新しいものに交換していた。なお、研磨パッドは、作業者が手作業で交換する場合もあるし、研磨パッドを自動的に交換する装置も提供されている（例えば、特開2001-148361号公報）。

30

**【0007】**

また、前記コンディショニングを行うコンディショニング装置は、一般的に、前記コンディショナと、これを保持する保持部とを備えた構成とされている。前記コンディショナのコンディショニング面も研磨パッドのコンディショニングにより消耗等してしまい、やがて所望のコンディショニング特性が得られなくなって、寿命が尽きる。そこで、従来は、当該コンディショナによるコンディショニングの累積時間や回数によって、コンディショナの寿命を判定し、その寿命が尽きたと判定したときに、コンディショナを新しいものに交換していた。そして、新しいコンディショナは、常に所望のコンディショニング特性を有するものとして、特別なチェックを行うことなく、研磨パッドのコンディショニングに用いていた。

40

**【0008】**

さらに、従来は、研磨パッドのコンディショニングは、当該研磨パッドにより所定数の被研磨物を研磨する毎に行われていたが、毎回同じコンディショニング条件で行われていた。

50

## 【 0 0 0 9 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

しかしながら、従来の研磨パッドの寿命判定方法では、研磨やコンディショニングの累積時間や回数によって研磨パッドの寿命を判定していたので、研磨パッドの寿命を正確に判定することができなかった。このため、実際上は、かなりの余裕を見越して、実際には未だ十分に所望の研磨特性が得られるにも拘わらず、かなり早めに研磨パッドの寿命が尽きたと判定し、新しい研磨パッドに交換していた。したがって、前記研磨装置のランニングコストが増大していた。なお、十分に余裕を見越して早めに研磨パッドの寿命が尽きたと判定しない場合には、研磨パッドの寿命を正確に判定することができないことから、研磨パッドが所望の研磨特性が得られなくなっているにも拘わらず、被研磨物を研磨してしまい、被研磨物を精度良く研磨することができず、致命的な結果を招いてしまう。

10

## 【 0 0 1 0 】

また、前記従来のコンディショナの寿命判定方法では、コンディショニングの累積時間や回数によってコンディショナの寿命を判定していたので、コンディショナの寿命を正確に判定することができなかった。このため、実際上は、かなりの余裕を見越して、実際には未だ十分に所望のコンディショニング特性が得られるにも拘わらず、かなり早めにコンディショナの寿命が尽きたとして判定し、新しいコンディショナに交換していた。したがって、前記研磨装置のランニングコストが増大していた。なお、十分に余裕を見越して早めにコンディショナの寿命が尽きたと判定しない場合には、コンディショナの寿命を正確に判定することができないことから、コンディショナが所望のコンディショニング特性が得られなくなっているにも拘わらず、研磨パッドをコンディショニングしてしまい、その結果、研磨パッドが所望の研磨特性を発揮し得なくなり、ひいては、被研磨物を精度良く研磨することができず、致命的な結果を招いてしまう。

20

## 【 0 0 1 1 】

さらに、新しいコンディショナが常に所望のコンディショニング特性を有しているとは限らないことが、判明した。例えば、新しいコンディショナの場合、砥粒等による切削能力が高過ぎ、研磨パッドの目詰まり等を回復するという段階を越えて研磨パッドの研磨面が荒れ過ぎてしまい、これにより、コンディショニングした研磨パッドが所望の研磨特性を発揮し得なくなってしまう場合があることが、判明した。したがって、前記従来のように、新しいコンディショナを何らチェックすることなく研磨パッドのコンディショニングに用いると、研磨パッドが所望の研磨特性を発揮し得なくなり、ひいては、被研磨物を精度良く研磨することができず、致命的な結果を招いてしまうおそれがあった。ところが、従来は、新しいコンディショナの良否を判定する有効な方法がなかった。

30

## 【 0 0 1 2 】

また、従来は、研磨パッドのコンディショニングは、前述したように、当該研磨パッドにより所定数の被研磨物を研磨する毎に行われていたが、毎回同じコンディショニング条件で行われていた。ところが、コンディショナのコンディショニング面は徐々に消耗していくため、コンディショニング後の研磨パッドの研磨面の状態は徐々に変化していく。したがって、各被研磨物毎に、研磨パッドによる被研磨物の研磨状態も変化してしまい、好ましくなかった。

40

## 【 0 0 1 3 】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、研磨パッドの寿命を正確に判定することができる研磨パッドの寿命判定方法を提供することを目的とする。

## 【 0 0 1 4 】

また、本発明は、コンディショナの寿命を正確に判定することができるコンディショナの寿命判定方法を提供することを目的とする。

## 【 0 0 1 5 】

さらに、本発明は、新しいコンディショナの良否を適切に判定することができるコンディショナの良否判定方法を提供することを目的とする。

## 【 0 0 1 6 】

50

さらにまた、本発明は、各被研磨物について同じように研磨することができる研磨パッドのコンディショニング方法を提供することを目的とする。

【0017】

また、本発明は、ランニングコストを低減することができる研磨装置を提供することを目的とする。

【0018】

さらに、本発明は、各被研磨物について同じように研磨することができる研磨装置を提供することを目的とする。

【0019】

さらにまた、本発明は、従来の半導体デバイス製造方法に比べて、低コストで半導体デバイスを製造することができる半導体デバイス製造方法、及び低コストの半導体デバイスを提供することを目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するため、本発明の第1の態様による研磨パッドの寿命判定方法は、被研磨物の研磨に用いられる研磨パッドの寿命を判定する寿命判定方法であって、前記研磨パッドの厚みを計測し、前記計測された前記研磨パッドの厚みが所定値より薄い場合に、前記研磨パッドの寿命が尽きたと判定するものである。

【0021】

本発明の第2の態様によるコンディショナの寿命判定方法は、被研磨物の研磨に用いられる研磨パッドのコンディショニングに用いられるコンディショナの寿命を判定する寿命判定方法であって、前記研磨パッドを前記コンディショナを用いてある累積コンディショニング時間コンディショニングし、前記累積コンディショニング時間のコンディショニングの前後で、前記研磨パッドの厚みを計測し、前記累積コンディショニング時間のコンディショニングの前後で計測された前記研磨パッドの厚みに基づいて、前記研磨パッドの前記累積コンディショニング時間中の平均切削レートを求め、前記平均切削レートが所定値より低い場合に、前記コンディショナの寿命が尽きたと判定するものである。

【0022】

本発明の第3の態様によるコンディショナの良否判定方法は、被研磨物の研磨に用いられる研磨パッドのコンディショニングに用いられる新しいコンディショナの良否を判定する良否判定方法であって、前記研磨パッドを前記新しいコンディショナを用いてある累積コンディショニング時間コンディショニングし、前記累積コンディショニング時間のコンディショニングの前後で、前記研磨パッドの厚みを計測し、前記累積コンディショニング時間のコンディショニングの前後で計測された前記研磨パッドの厚みに基づいて、前記研磨パッドの前記累積コンディショニング時間中の平均切削レートを求め、前記平均切削レートが所定範囲外である場合に、前記新しいコンディショナが不良であると判定するものである。

【0023】

本発明の第4の態様による研磨パッドのコンディショニング方法は、被研磨物の研磨に用いられる研磨パッドをコンディショナでコンディショニングするコンディショニング方法であって、前記研磨パッドを前記コンディショナを用いて所定条件で1回以上コンディショニングし、前記1回以上のコンディショニングの前後で、前記研磨パッドの厚みを計測し、前記1回以上のコンディショニングの前後で計測された前記研磨パッドの厚みに基づいて、前記研磨パッドの前記1回以上のコンディショニングでの平均切削レートを求め、前記平均切削レートに基づいて、前記1回以上のコンディショニングの次の回のコンディショニング時のコンディショニング条件を設定し、前記次の回のコンディショニングを、前記設定したコンディショニング条件に従って行うものである。

【0024】

本発明の第5の態様による研磨パッドのコンディショニング方法は、前記第4の態様において、前記コンディショニング条件がコンディショニング時間であるものである。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 5 】

本発明の第 6 の態様による研磨装置は、研磨パッドと被研磨物との間に荷重を加えつつ、前記研磨パッドと前記被研磨物とを相対移動させることにより、前記被研磨物を研磨する研磨装置において、前記研磨パッドの厚みを計測する計測部と、前記計測部により計測された前記研磨パッドの厚みが所定値より薄い場合に、前記研磨パッドを新しい研磨パッドに交換すべき旨の警報を発生するかあるいは前記研磨パッドを自動的に新しい研磨パッドに交換する手段と、を備えたものである。

## 【 0 0 2 6 】

本発明の第 7 の態様による研磨装置は、研磨パッドと被研磨物との間に荷重を加えつつ、前記研磨パッドと前記被研磨物とを相対移動させることにより、前記被研磨物を研磨する研磨装置において、コンディショナを有し該コンディショナで前記研磨パッドをコンディショニングするコンディショニング部と、第 1 のタイミング及びその後の第 2 のタイミングで、前記研磨パッドの厚みを計測する計測部と、前記第 1 のタイミングで計測された厚みと前記第 2 のタイミングで計測された厚みとに基づいて、前記第 1 のタイミングから前記第 2 のタイミングまでの期間内の、前記コンディショナによる前記研磨パッドの累積コンディショニング時間中の平均切削レートを演算する演算部と、前記平均切削レートが所定値より低い場合に、前記コンディショナを新しいコンディショナに交換すべき旨の警報を発生するかあるいは前記コンディショナを自動的に新しいコンディショナに交換する手段と、を備えたものである。

## 【 0 0 2 7 】

本発明の第 8 の態様による研磨装置は、研磨パッドと被研磨物との間に荷重を加えつつ、前記研磨パッドと前記被研磨物とを相対移動させることにより、前記被研磨物を研磨する研磨装置において、コンディショナを有し該コンディショナで前記研磨パッドをコンディショニングするコンディショニング部と、前記コンディショニング部に新しいコンディショナが装着されて当該新しいコンディショナが前記研磨パッドのコンディショニングに用いられる前の第 1 のタイミング、及び、その後に前記新しいコンディショナを用いて前記研磨パッドをコンディショニングした後の第 2 のタイミングで、前記研磨パッドの厚みを計測する計測部と、前記第 1 のタイミングで計測された厚みと前記第 2 のタイミングで計測された厚みとに基づいて、前記第 1 のタイミングから前記第 2 のタイミングまでの期間内の、前記コンディショナによる前記研磨パッドの累積コンディショニング時間中の平均切削レートを演算する演算部と、前記平均切削レートが所定範囲外である場合に、前記コンディショナを更に新しいコンディショナに交換すべき旨の警報を発生するかあるいは前記コンディショナを自動的に新しいコンディショナに交換する手段と、を備えたものである。

## 【 0 0 2 8 】

本発明は、第 9 の態様による研磨装置は、研磨パッドと被研磨物との間に荷重を加えつつ、前記研磨パッドと前記被研磨物とを相対移動させることにより、前記被研磨物を研磨する研磨装置において、コンディショナを有し該コンディショナで前記研磨パッドをコンディショニングするコンディショニング部と、第 1 のタイミング及びその後の第 2 のタイミングで、前記研磨パッドの厚みを計測する計測部と、前記第 1 のタイミングで計測された厚みと前記第 2 のタイミングで計測された厚みとに基づいて、前記第 1 のタイミングから前記第 2 のタイミングまでの期間内の、前記コンディショナによる前記研磨パッドの累積コンディショニング時間中の平均切削レートを求める手段と、前記平均切削レートに基づいて、前記研磨パッドの前記期間後の次のコンディショニングのコンディショニング条件を設定するコンディショニング条件設定部と、を備えたものである。

## 【 0 0 2 9 】

本発明の第 1 0 の態様による研磨装置は、前記第 9 の態様において、前記コンディショニング条件がコンディショニング時間であるものである。

## 【 0 0 3 0 】

本発明の第 1 1 の態様による研磨装置は、研磨パッドと被研磨物との間に荷重を加えつつ

、前記研磨パッドと前記被研磨物とを相対移動させることにより、前記被研磨物を研磨する研磨装置において、コンディショナを有し、該コンディショナで前記研磨パッドを、前記研磨パッドで所定数の前記被研磨物を研磨する毎に、コンディショニングするコンディショニング部と、第1のタイミング及びその後の第2のタイミングで、前記研磨パッドの厚みを計測する計測部と、前記第1のタイミングで計測された厚みと前記第2のタイミングで計測された厚みとに基づいて、前記第2のタイミングの後に前記研磨パッドで研磨される前記被研磨物の数を、当該数の前記被研磨物を研磨したと仮定したときに予測される前記研磨パッドの厚みが所定値より薄くならない数以下に制限する手段と、を備えたものである。

【0031】

本発明の第12の態様による半導体デバイス製造方法は、前記第6乃至第11のいずれかの態様による研磨装置を用いて、半導体ウエハの表面を平坦化する工程を有するものである。

【0032】

本発明の第13の態様による半導体デバイスは、前記第12の態様による半導体デバイス製造方法により製造されるものである。

【0033】

【発明の実施の形態】

以下、本発明による研磨パッドの寿命判定方法、コンディショナの寿命判定方法、コンディショナの良否判定方法、研磨パッドのコンディショニング方法、研磨装置、半導体デバイス及び半導体デバイス製造方法について、図面を参照して説明する。

【0034】

[第1の実施の形態]

【0035】

図1は、本発明の第1の実施の形態による研磨装置1を模式的に示す概略上面図である。図2は、図1に示す研磨装置1のウエハの処理の様子を示す概略上面図である。図3は、図1に示す研磨装置1における第1の研磨ステージに位置している主要な要素を側方から見て模式的に示す概略断面図である。なお、図面表記の便宜上、図2では、後述する研磨状況モニタ装置50aを省略している。

【0036】

本実施の形態による研磨装置1は、被研磨物としての半導体ウエハを3ステージの研磨工程で精密に平坦研磨するCMP装置の例である。

【0037】

この研磨装置1は、図1及び図2に示すように、大きくカセットインデックス部100、ウエハ洗浄部200、研磨部300から構成されており、各部はそれぞれ仕切られてクリーンチャンバが構成される。なお、各室間には自動開閉式のシャッタを設けても良い。

【0038】

カセットインデックス部100は、複数枚のウエハを保持したカセット(キャリアとも称する)C1~C4を載置するウエハ載置テーブル120と、未加工ウエハをカセットから取り出して洗浄部200の洗浄機仮置き台211に搬入し、また研磨加工後にウエハ洗浄部200で洗浄された加工済みウエハをカセットに収納する第1搬送ロボット150とを有して構成されている。

【0039】

第1搬送ロボット150は2本の多関節アーム153a, 153bを有する多関節アーム型のロボットであり、基台151とこの基台151上に水平旋回及び昇降作動自在な旋回台152、旋回台152上に取り付けられた2本の多関節アーム153a, 153b、それぞれの多関節アーム153a, 153bの先端部に各アームに対して伸縮自在に取り付けられたAアーム155a及びBアーム155b(Bアーム155bはAアーム155aの下方にオフセット配置されており、図1及び図2において上下に重なって位置している)等から構成されている。Aアーム155a及びBアーム155bの先端部にはウエハを

10

20

30

40

50



11bが研磨ヘッド311aに真空吸着により保持されており、研磨パッド311cは、後述するパッド交換装置318により、支持部材311bごと自動交換されるようになっている。このような研磨ヘッド311a及びパッド交換装置318としては、例えば、特開2001-148361号公報に開示されたものを採用することができる。図面には示していないが、各研磨アーム321, 331の先端部にも、研磨アーム321, 331から垂下して水平面内に高速回転自在な研磨ヘッドが取り付けられており、その下端面にウエハとの相対回転によりウエハを平坦研磨する研磨体としての研磨パッドを有している。

【0047】

また、図1及び図2に示すように、各研磨ステージ310, 320, 330には、研磨パッドの厚みを計測するパッド厚み計測装置319, 329, 339と、研磨パッドの表面をコンディショニングするパッドコンディショニング装置317, 327, 337と、研磨パッドを自動交換するパッド交換装置318, 328, 338が取り付けられている。

10

【0048】

本実施の形態では、図3に示すように、パッド厚み計測装置319として、市販の接触触針式変位計が用いられ、触針319aが研磨パッド311cの研磨面に接触してその高さに応じて上下し、触針319aを研磨パッド311cの半径方向にスライドさせることにより、研磨パッド311cの半径方向の厚さ分布を測定できるようになっている。本実施の形態では、研磨パッド311cの厚さとして、半径方向の厚さ分布の平均値(最大値又は最小値等でもよい。)を採用するので、研磨パッド311cの半径方向の厚さ分布を測定するが、例えば、研磨パッド311cの研磨面の一点のみの厚さを計測するだけでもよい。なお、パッド厚み計測装置319として、接触触針式変位計に代えて、例えば、光学式変位計を用いてもよい。パッド厚み計測装置329, 339は、パッド厚み計測装置319と同様の構成を有している。

20

【0049】

また、本実施の形態では、パッドコンディショニング装置317は、図3に示すように、リング状のダイヤモンド砥粒等が分布されたリング状のコンディショニング面317aを有するコンディショナ317bと、コンディショナ317bを保持するコンディショナ保持部材317cと、コンディショナ保持部材317cを回転させる回転機構317dと、を有している。研磨パッド311cの研磨面とコンディショナ317bのコンディショニング面317aとを当接させて加重をかけ、それぞれ回転させることにより、研磨パッド311cの研磨面がコンディショニングされるようになっている。パッドコンディショニング装置327, 337は、パッドコンディショニング装置317と同様に構成されている。本実施の形態では、パッドコンディショニング装置317, 327, 337のコンディショナは、作業者が手作業で交換し得るようになっているが、研磨パッドの場合と同様に、コンディショナを自動交換するコンディショナ交換装置を設けてもよい。

30

【0050】

各研磨ステージ310, 320, 330における研磨アームとチャック、パッド厚み計測装置、パッドコンディショニング装置、パッド交換装置とは、研磨アーム先端の研磨ヘッドの揺動円周上に位置するように相対位置が規定されている。このため、例えば、第1研磨ステージ310において研磨加工を行うときには、研磨アーム311を揺動させて研磨ヘッドをチャックV4上に移動させ、研磨ヘッド及びチャックV4を相対回転させるとともに研磨アーム311を降下させることにより研磨パッドをウエハ上に押圧させて研磨加工を行う。なお、研磨加工の際に、研磨剤(スラリー)が研磨パッドとウエハとの間に介在されることは、言うまでもない。そして、研磨加工の最終段階には、不図示の水供給装置によって被研磨物上の研磨剤を洗い流した後、例えばチャックを回転することで水切りを行う。

40

【0051】

研磨加工をすべて終了して研磨アーム311をわずかに上昇させるとインデックステーブル340を回動させることができる。このとき、後述する所定タイミングで研磨アーム311を揺動させてパッド厚み計測装置319で研磨パッドの厚みを計測し、所定の研磨回

50

数ごと（すなわち、ウエハの枚数ごと）に研磨アーム 3 1 1 を更に揺動させてパッドコンディショニング装置 3 1 7 で研磨パッド 3 1 1 c の目詰まりや目の不揃いを修正する目立て（コンディショニング）を行い、また後述するタイミングで研磨アーム 3 1 1 を更に揺動させて研磨パッド 3 1 1 c をパッド交換装置 3 1 8 上方に移動させ、この装置により研磨パッド 3 1 1 c の自動交換を行う。

【 0 0 5 2 】

研磨アーム 3 1 1 にはアームの揺動角度位置を検出するアーム位置検出器（図示せず）が取り付けられており、研磨アーム 3 1 1 の研磨加工位置やパッド厚み計測位置やコンディショニング位置やパッド交換位置を検出している。

【 0 0 5 3 】

また、各研磨ステージには、図 1 に示すように、研磨加工中のウエハの研磨状況を光学的にモニタする研磨状況モニタ装置 5 0 a が取り付けられ、研磨加工中の膜厚減少などがリアルタイムで検出可能となっている。この研磨状況モニタ装置 5 0 a としては、例えば、特開 2 0 0 0 - 4 0 6 8 0 号公報に開示されている装置を用いることができる。本実施の形態では、研磨状況モニタ装置 5 0 a は、各研磨ステージの研磨アームとおおよそ平行に延び水平方向に揺動自在のアーム 6 1 を有している。このアーム 6 1 には光ファイバ等が内蔵され、アーム 6 1 の先端部から、チャックに保持されて研磨加工中のウエハ上にプローブ光を局所的に照射するとともにウエハからの反射光を受光して所定箇所に導かれるようになっている。アーム 6 1 は、研磨アームとの機械的な干渉を避けるために研磨加工中に研磨アームと同期して揺動されるようになっている。本実施の形態では、研磨状況モニタ装置 5 0 a は、アーム 6 1 の先端部がウエハ上に位置しているときに得られるウエハからの反射光に基づいて、研磨状況がモニタされる。

【 0 0 5 4 】

以上の構成及び作動は、第 2 研磨ステージ 3 2 0、第 3 研磨ステージ 3 3 0 においても同様である。

【 0 0 5 5 】

搬送ステージ 3 5 0 には、第 2 搬送ロボット 3 6 0 と第 3 搬送ロボット 3 7 0 とが配設されている。第 2 搬送ロボット 3 6 0 は、前述した第 1 搬送ロボット 1 5 0 と同様の多関節アーム型のロボットであり、水平旋回及び昇降作動自在な旋回台 3 6 2 上に揺動自在に取り付けられた 2 本の多関節アーム 3 6 3 a、3 6 3 b 及び各多関節アーム 3 6 3 a、3 6 3 b の先端部に伸縮自在に取り付けられた A アーム 3 6 5 a 及び B アーム 3 6 5 b から構成されている。A アーム 3 6 5 a と B アーム 3 6 5 b とは上下にオフセットして配置されるとともに、両アーム 3 6 5 a、3 6 5 b の先端部にはウエハを載置して吸着保持する保持部が形成されている。

【 0 0 5 6 】

第 3 搬送ロボット 3 7 0 は、インデックステーブル 3 4 0 に対して水平方向に揺動自在かつ鉛直方向に上下動自在な揺動アーム 3 7 1 と、この揺動アーム 3 7 1 の先端部に揺動アーム 3 7 1 に対して水平旋回自在に取り付けられた回動アーム 3 7 2、回動アーム 3 7 2 の両端部に懸吊されてウエハの外周端部を把持する A クランプ 3 7 5 a 及び B クランプ 3 7 5 b などから構成されている。A クランプ 3 7 5 a と B クランプ 3 7 5 b とは回動アーム 3 7 2 の回動中心から同一距離の回動アーム端部に配設されている。また、図 1 に示す状態は第 3 搬送ロボット 3 7 0 の待機姿勢を示しており、図における A クランプ 3 7 5 a と B クランプ 3 7 5 b との下方には、それぞれ未加工のウエハを載置する A 仮置き台 3 8 1 と、研磨加工済みのウエハを載置する B 仮置き台 3 8 2 とが設けられている。

【 0 0 5 7 】

このため、第 3 搬送ロボット 3 7 0 の揺動アーム 3 7 1 を揺動作動させ、さらに回動アーム 3 7 2 を旋回作動させることにより A クランプ 3 7 5 a 又は B クランプ 3 7 5 b をインデックステーブル 3 4 0 のチャック V 1 上に移動させることができ、当該位置で揺動アーム 3 7 1 を下降させて A クランプ 3 7 5 a 又は B クランプ 3 7 5 b でチャック上のウエハを外周クランプして受け取り、あるいはチャック上に新たなウエハを載置保持させること

10

20

30

40

50

ができる。

【 0 0 5 8 】

なお、研磨加工後のウエハにはスラリを含んだ研磨加工液が付着していることから、研磨加工前のウエハを搬入するアーム及びクランプと、研磨加工後のウエハを搬出するアーム及びクランプとを区別し、上下にオフセットされた A , B アーム 3 6 5 a , 3 6 5 b のうち上方に位置する A アーム 3 6 5 a を未加工ウエハの搬入用アーム、下方に位置する B アーム 3 6 5 b を搬出用アームに、また、A クランプ 3 7 5 a を搬入用クランプ、B クランプ 3 7 5 b を搬出用クランプとして規定している。

【 0 0 5 9 】

次に、以上のように構成される研磨装置 1 の動作について、説明する。まず、ウエハの流れに着目し、パッド厚み計測、パッド交換、コンディショニング及びコンディショナ交換に関する動作については省略して、研磨装置 1 の動作について説明する。パッド厚み計測、パッド交換、コンディショニング及びコンディショナ交換に関する動作については、1 つの研磨ステージに着目して、後にフローチャートを参照して詳述する。

【 0 0 6 0 】

以下の説明では、研磨装置 1 による研磨加工前のウエハ（本明細書では未加工ウエハという）を、第 1 次研磨加工 P 1、第 2 次研磨加工 P 2、第 3 次研磨加工 P 3 の 3 段階の C M P による研磨加工で平坦に研磨する場合を例にして、説明する。以下の例では、第 1 次研磨加工 P 1、第 2 次研磨加工 P 2 及び第 3 次研磨加工 P 3 は、第 1 研磨ステージ 3 1 0、第 2 研磨ステージ 3 2 0、第 3 研磨ステージ 3 3 0 でそれぞれ行われるようになっている。

【 0 0 6 1 】

なお、第 2 次研磨加工 P 2 及び第 3 次研磨加工 P 3 では、研磨状況モニタ装置 5 0 a による研磨終点の検出で、一旦研磨加工を終了させる。一方、本例では、第 1 次研磨加工 P 1 は第 2 次研磨加工 P 2 の前段的研磨加工であり、終点検出を行うまでもないので、第 1 次研磨加工 P 1 は、時間管理で研磨加工を終了させることとし、所定の研磨加工時間 t p 1 で終了させる。

【 0 0 6 2 】

図 2 には、カセットインデックス部 1 0 0 のカセット C 1 にセットされた未加工ウエハ W d が、研磨部 3 0 0 で順次研磨処理されて加工済みウエハ W p となり、ウエハ洗浄部 2 0 0 で洗浄処理されてカセットインデックス部 1 0 0 のカセット C 4 に収納されるまでのウエハの流れを、点線と矢印を付して示している。なお、各搬送口ポット 1 5 0 , 3 6 0 , 3 7 0 やインデックステーブル 3 4 0、チャック V 1 ~ V 4、研磨アーム 3 1 1 , 3 2 1 , 3 3 1、研磨ヘッド等の作動は図示しないパーソナルコンピュータ等からなる制御部によって制御され、この制御部は予め設定された制御プログラムに基づいてこれらの作動制御を行う。なお、図面には示していないが、研磨装置 1 は、後述する警報を発する警報部、及び、オペレータが各種の指令等を与える入力装置も備えている。この警報部としては、視覚的な警報及び聴覚的な警報のいずれか一方を発生するものでもよいし、両方を発生するものでもよい。

【 0 0 6 3 】

まず、研磨装置 1 が起動され研磨加工が開始されると、第 1 搬送口ポット 1 5 0 がカセット C 1 の位置に移動し、旋回台 1 5 2 を水平旋回及び昇降作動させて B アーム 1 5 5 b を目的とするウエハのスロット高さに移動させ、多関節アーム 1 5 3 b 及び B アーム 1 5 5 b を伸長作動させて B アーム 1 5 5 b 先端の保持部でスロット内の未加工ウエハ W d を吸着保持し、両アームを縮長作動させて引き出す。そして、旋回台 1 5 2 を 1 8 0 度旋回作動させてウエハ洗浄部 2 0 0 に向かい、この洗浄部 2 0 0 に設けられた洗浄機仮置き台 2 1 1 上に未加工ウエハ W d を載置する。

【 0 0 6 4 】

ウエハ洗浄室 2 0 0 を挟んで対峙する搬入ステージ 3 5 0 の第 2 搬送口ポット 3 6 0 は、未加工ウエハ W d が仮置き台 2 1 1 に載置されると、旋回台 3 6 2 を作動させて A アーム

10

20

30

40

50

365 a 先端部が洗浄機仮置き台 211 に向かうように旋回し、多関節アーム 363 a 及び A アーム 365 a を伸長作動させて A アーム先端の保持部で洗浄機仮置き台 211 上の未加工ウエハ W d を吸着保持する。そして、未加工ウエハ W d を保持すると多関節アーム 363 a 及び A アーム 365 a を縮長作動させるとともに旋回台 362 を旋回作動させて反転し、再び多関節アーム 363 a 及び A アーム 365 a を伸長作動させて未加工ウエハ W d を A 仮置き台 381 上に載置する。

【0065】

未加工ウエハ W d が A 仮置き台 381 上に載置されると、第 3 搬送ロボット 370 が下降作動して A クランプ 375 a で未加工ウエハ W d を把持し、把持後所定高さまで上昇作動した待機位置でインデックステーブル 340 の位置決め完了するまで待機する（待機姿勢）  
10  
）。インデックステーブル 340 が位置決め停止すると揺動アーム 371 及び回動アーム 372 を揺動作動及び回動作動させて未加工ウエハをチャック V 1 上に載置し吸着保持させる。そして第 3 搬送ロボット 370 はクランプ解除後上昇し、揺動アーム 371 及び回動アーム 372 を揺動作動及び回動作動させて次の未加工ウエハ W d を A クランプ 375 a で把持し、所定高さの待機位置で次のインデックス作動まで待機する。

【0066】

以降、研磨部 300 における研磨加工が開始される。搬入ステージ 350 に搬入された未加工ウエハ W d が第 1 研磨ステージ 310 から第 2 研磨ステージ 320、第 3 研磨ステージ 330 を経て搬送ステージ 350 から搬出されるまでの流れは、以下の通りである。

【0067】

なお、以下の説明では 1 つの未加工ウエハ W d が各ステージで加工されて加工済みウエハとして収納されるまでの進行を時系列で説明するが、各ステージにはインデックステーブル 340 の回動作動ごとに順次新たなウエハが搬入され、インデックステーブル 340 の回動作動ごとに新たな加工済みウエハが搬出され、各ステージでは異なるウエハに関する動作が同時に並行して行われる。  
20

【0068】

未加工ウエハ W d がチャック V 1 上に吸着保持され、第 3 搬送ロボット 370 がインデックステーブル 340 の上方から待避すると、インデックステーブル 340 を図 1 及び図 2 中の右回り（時計回り）に 90 度回動作動させ、未加工ウエハ W d を第 1 研磨ステージ 310（図 1 及び図 2 における V 4 位置）に位置決めする。このとき、同時に、研磨アーム 311 を揺動作動させて研磨ヘッドを未加工ウエハ W d 上に移動させる。  
30

【0069】

インデックステーブル 340 が位置決め停止すると、研磨ヘッドとチャック V 1 とを例えば反対方向に高速回転させるとともに研磨アーム 311 を下降させて研磨ヘッド下端の研磨パッドをウエハ上に押圧させ、第 1 次研磨加工 P 1 を行う。研磨加工中には研磨ヘッドの軸心からスラリを供給しながら研磨パッドがウエハの回転中心と外周端部との間を往復動するように微小範囲で研磨アーム 311 を揺動作動させてウエハを均一に平坦研磨する。搬送ステージ 350 では、第 1 次研磨加工中に、新たな未加工ウエハが第 3 搬送ロボット 370 によりチャック V 2 上に搬入される。  
40

【0070】

第 1 研磨ステージ 310 での第 1 次研磨加工 P 1 は前述したように時間制御であり、所定の研磨加工時間  $t_{p1}$  が経過すると、研磨アーム 311 を上昇させて第 1 研磨ステージ 310 での研磨加工を停止する。その後、制御部は、インデックステーブル 340 の作動が可能であるか否か（すなわち、第 1 研磨ステージ 310 以外のステージでの動作が完了したか否か）を判定し、可能でなければ可能となるのを待つ。  
50

【0071】

インデックステーブル 340 の作動が可能であれば、インデックステーブル 340 を再び右回りに 90 度回動作動させ、第 1 次研磨加工 P 1 が終了したウエハを第 2 研磨ステージ 320（図 1 及び図 2 における V 3 位置）に位置決めする。このとき、同時に、研磨アーム 321 を揺動作動させて研磨ヘッドをウエハ上に移動させる。そして、研磨アーム 32  
50

1を下降させ、上記第1次研磨加工P1と同様の作動により、第2研磨ステージ320での研磨加工（第2次研磨加工P2）を行う。

【0072】

第2研磨ステージ320での第2次研磨加工P2は、いわゆる終点検出加工である。第2研磨ステージ320の研磨状況モニタ装置50aで検出される加工膜厚が予め設定された所定の膜厚まで減少したと判断されるときに、研磨アーム321を上昇させ第2研磨ステージ320での研磨加工を停止すると共に、被研磨物上の研磨剤（スラリー）を洗い流すための洗浄、水切りを行う。

【0073】

次に、制御部は、インデックステーブル340の作動が可能であるか否か（すなわち、第2研磨ステージ320以外のステージでの動作が完了したか否か）を判定し、可能でなければ可能となるのを待つ。

10

【0074】

インデックステーブル340の作動が可能であれば、インデックステーブル340を再び右回りに90度回動作動させ、第2次研磨加工P2が終了したウエハを第3研磨ステージ330（図におけるV2位置）に位置決めする。そして、研磨アーム331を下降させて上述したと同様の作動により第3研磨ステージ330での研磨加工（第3次研磨加工P3）を行う。

【0075】

第3研磨ステージ330での第3次研磨加工P3も、第2次研磨加工P2と同様に、いわゆる終点検出加工である。制御部は、第3研磨ステージ330の研磨状況モニタ装置50aで検出される加工膜厚が予め設定された所定の膜厚まで減少したと判断されるときに、研磨アーム331を上昇させて第3研磨ステージ330での研磨加工を停止する。

20

【0076】

次に、制御部は、インデックステーブル340の作動が可能であるか否か（すなわち、第3研磨ステージ330以外のステージでの動作が完了したか否か）を判定し、可能でなければ可能となるのを待つ。

【0077】

インデックステーブル340の作動が可能であれば、インデックステーブル340を再び右回りに90度回動作動させ、第3次研磨加工P3が終了したウエハを搬送ステージ350（図1及び図2におけるV1位置）に位置決めする。インデックステーブル340が位置決め停止すると、第3搬送口ポット370が揺動アーム371及び回動アーム372を揺動作動及び回動作動させて研磨加工が終了した加工済みウエハWpを搬出するとともに、次の未加工ウエハWdをチャックV1上に搬入してチャックV1に吸着保持させ、以上の動作を繰り返す。

30

【0078】

加工済みウエハWpがB仮置き台382に載置され第3搬送口ポット370が待機位置で停止すると、第2搬送口ポット360は旋回台362、多関節アーム363b及びBアーム365bを作動させてBアーム先端の保持部でB仮置き台382上の加工済みウエハWpを吸着保持し、旋回台362を旋回作動、多関節アーム363b及びBアーム365bを伸長作動させてさせて洗浄部200の洗浄機入口216に加工済みウエハWpを載置する。

40

【0079】

洗浄部200では、第1洗浄室210で回転ブラシによる両面洗浄、第2洗浄室220で超音波加振下での表面ペンシル洗浄、第3洗浄室230で純水によるスピナー洗浄、乾燥室240で窒素雰囲気下における乾燥処理が行われる。そして、このようにして洗浄された完成品ウエハは、カセットインデックス部100における第1搬送口ポット150のAアーム155aにより洗浄部200から取り出され、カセットC4の指定スロットに収納される。

【0080】

50

以上、カセットインデックス部 100 のカセット C 1 にセットされた未加工ウエハ W d が、研磨部 300 で順次研磨処理されて加工済みウエハ W p となり、ウエハ洗浄部 200 で洗浄処理されてカセットインデックス部 100 のカセット C 4 に収納されるまでのウエハの流れを、説明した。

【0081】

本実施の形態による研磨装置 1 では、制御部が、図示しない入力装置を介してオペレータから、複数枚のウエハ（例えば、カセット C 1 に收容されている複数枚のウエハ）についての自動的な連続した研磨（ここでは、「一連研磨」という。）を開始させる旨の指令を受けると、基本的には、これらのウエハの各々について、各ステージでは異なるウエハに関する動作が同時に並行して行われつつ、前述したウエハの流れに従った処理が行われる。

10

【0082】

次に、本実施の形態の特徴的な動作であるパッド厚み計測、パッド交換、コンディショニング及びコンディショナ交換に関する動作を中心にして、1つの研磨ステージ 310 に着目し、図 4 及び図 5 に示すフローチャートを参照して研磨装置 1 の動作について説明する。なお、図 1 乃至図 3 も参照されたい。

【0083】

なお、以下の説明では、理解を容易にするため、研磨ステージは第 1 研磨ステージ 310 のみしか存在しないものとして説明する。第 2 研磨ステージ 320 及び第 3 研磨ステージ 330 を考慮した実際の動作については、後述する。

20

【0084】

制御部は、まず、前記入力装置から、前記一連研磨の開始指令が得られたか否かを判定し（ステップ S 1）、この開始指令が得られなければ、得られるまで待つ。この指令により、何枚のウエハを連続して研磨するかが指定されるようになっている。ここでは、N 枚のウエハが連続して研磨するように指定されたものとする。

【0085】

一連研磨の開始指令が得られると、制御部は、研磨アーム 311 を揺動させて研磨ヘッド 311 a をパッド厚み計測装置 319 上方に移動させ、パッド厚み計測装置 319 に、研磨パッド 311 c の厚みを計測させる（ステップ S 2）。この厚みの値は、前述したように、半径方向の厚み分布の平均値、最大値、最小値、ある一点の値の、いずれでもよいが、平均値が好ましい。

30

【0086】

次に、制御部は、ステップ S 2 で計測されたパッド厚みが、研磨パッド 311 c の寿命を定める所定の最小管理値 d 1 以上の厚さであるか否かを判定することによって、研磨パッド 311 c の寿命が尽きたか否かを判定する（ステップ S 3）。

【0087】

ステップ S 2 で最小管理値 d 1 以上である（すなわち、研磨パッド 311 c の寿命が尽きていない）と判定されると、後述するステップ S 1 へ移行する。一方、ステップ S 2 で最小管理値 d 1 より薄い（すなわち、研磨パッド 311 c の寿命が尽きた）と判定されると、ステップ S 4 へ移行する。この場合には、実際にウエハが研磨されることはない。

40

【0088】

ステップ S 4 において、制御部は、研磨アーム 311 を揺動させて研磨ヘッド 311 a をパッド交換装置 318 上方に移動させ、この装置 318 により研磨パッド 311 c を新しい研磨パッドに交換させる。その後、制御部は、ステップ S 2 と同様に、パッド厚み計測装置 319 に、研磨パッド 311 c の厚みを計測させる（ステップ S 5）。

【0089】

次に、制御部は、研磨アーム 311 を揺動させて研磨ヘッド 311 a をパッドコンディショニング装置 317 上方に移動させ、研磨ヘッド 311 a を降下させるとともに研磨ヘッド 311 a 及びコンディショナ保持部材 317 c をそれぞれ回転させて相対回転させ、研磨パッド 311 c をブレークインコンディショニングする（ステップ S 6）。ブレークイ

50

ンコンディショニングは、通常は新しい研磨パッドに対して行われるコンディショニングであり、通常のコンディショニング（ステップS 1 2 , S 1 4で行われるコンディショニング）の場合に比べて例えばコンディショニング時間が長い一定時間とされ、コンディショナ3 1 7 bによる研磨パッド3 1 1 cの切削量は比較的大きい。

【0090】

次いで、制御部は、ステップS 2と同様に、パッド厚み計測装置3 1 9に、研磨パッド3 1 1 cの厚みを計測させる（ステップS 7）。その後、制御部は、ステップS 7で計測されたパッド厚みとステップS 5で計測されたパッド厚みとの差をステップS 6のブレイクインコンディショニングのコンディショニング時間で除算することにより、ステップS 6での研磨パッド3 1 1 cの平均切削レートを算出する（ステップS 8）。 10

【0091】

その後、制御部は、ステップS 8で算出した平均切削レートが、コンディショナ3 1 7 bの寿命を定める最小管理値R 1以上であるか否かを判定することによって、コンディショナ3 1 7 bの寿命が尽きたか否かを判定する（ステップS 9）。

【0092】

ステップS 9で最小管理値R 1以上である（すなわち、コンディショナ3 1 7 bの寿命が尽きていない）と判定されると、次回の一連研磨（後述するステップS 1 2 , S 1 4）で行われる研磨パッド3 1 1 cの各1回のコンディショニングによる研磨パッド3 1 1 cの切削量が所定値となるようなコンディショニング時間（1回の時間）を、ステップS 8で算出した平均切削レートから求め、このコンディショニング時間を、次回の一連研磨時のコンディショニング時におけるコンディショニング時間として、制御部の内部メモリに再設定する（ステップS 1 0）。その後、ステップS 1へ戻る。 20

【0093】

ステップS 1 1において、制御部は、ステップS 1で指定された枚数（N枚）のウエハを研磨した後の研磨パッド3 1 1 cの厚さを、予測する。後述するステップS 1 2 , S 1 4では、例えば、2枚のウエハの研磨について1回コンディショニングを行うなど、ウエハの何枚あたりにコンディショニングを1回行うかが予め定められている。したがって、N枚のウエハを研磨した後は何回コンディショニングを行ったかを算出できる。そして、このコンディショニング回数と、現在設定されているコンディショニング時間（ステップS 1 0 , S 1 9 , S 3 0により最新に設定されたコンディショニング時間）と、最新に得られた平均切削レート（ステップS 8 , S 1 8 , S 2 8で得られた平均切削レートのうちの最新のもの）とを、乗算することにより、ステップS 1でN枚のウエハを研磨した後の研磨パッド3 1 1 cの厚さの予測値を得ることができる。 30

【0094】

次に、制御部は、ステップS 1 1で予測された研磨パッド3 1 1 cの厚みが、前記最小管理値d 1以上であるか否かを判定する。ステップS 1 1で予測された研磨パッド3 1 1 cの厚みが最小管理値d 1以上であれば、N枚のウエハを研磨しても研磨パッド3 1 1 cの寿命が尽きることがなく、ステップS 1 2へ移行する。

【0095】

一方、ステップS 1 1で予測された研磨パッド3 1 1 cの厚みが最小管理値d 1より薄ければ、N枚のウエハを研磨してしまうと途中で研磨パッド3 1 1 cの寿命が尽きることから、ステップS 1 3へ移行する。ステップS 1 3において、制御部は、ある枚数のウエハを研磨したと仮定したときに予測される研磨パッド3 1 1 cの厚みが前記最小管理値d 1より薄くならない当該枚数の最大値Mを求める。この最大値Mは、 $M < N$ の条件下で、ステップS 1 1のN枚のウエハの場合の算出と同様に、各枚数について研磨パッド3 1 1 cの予測値を算出し、最小管理値d 1と比較することで、求めることができる。そして、制御部は、実際の一連研磨で研磨すべきウエハの枚数を、ステップS 1で指定されたN枚から、M枚に設定し直し（ステップS 1 3）、ステップS 1 4へ移行する。 40

【0096】

ステップS 1 2において、制御部は、前述したウエハの流れで説明した動作を各部に行わ 50

せることにより、N枚のウエハを一連研磨し（すなわち、N枚のウエハを自動的に連続的に研磨し）、この一連研磨が終了すると、ステップS15へ移行する。本例では、この一連研磨が終了すると、カセットC1にセットされていたN枚の未加工ウエハWdが、それぞれN枚の加工済みウエハWpとなってカセットC4に収納される。

【0097】

ステップS14において、制御部は、ステップS13によるM枚の設定に従い、前述したウエハの流れで説明した動作を各部に行わせることにより、M枚のウエハを一連研磨し（すなわち、M枚のウエハを自動的に連続的に研磨し）、この一連研磨が終了すると、ステップS15へ移行する。本例では、この一連研磨が終了すると、カセットC1にセットされていたM枚の未加工ウエハWdが、それぞれM枚の加工済みウエハWpとなってカセ

10

【0098】

なお、制御部は、ステップS12、S14の一連研磨中に、研磨パッド311cによりウエハを研磨させるだけでなく、研磨パッド311cが予め定められた枚数（例えば、2枚など。勿論、1枚でもよいし、3枚以上でもよい。）のウエハを研磨するごとに、制御部は、研磨アーム311を揺動させて研磨ヘッド311aをパッドコンディショニング装置317上方に移動させ、研磨ヘッド311aを降下させるとともに研磨ヘッド311a及びコンディショナ保持部材317cをそれぞれ回転させて相対回転させ、研磨パッド311cをコンディショニングする。このステップS12、S14でのコンディショニングは、現在設定されているコンディショニング時間（ステップS10、S19、S30により最新に設定されたコンディショニング時間）に従って行われる。本実施の形態では、ステップS12、S14のコンディショニング条件は、コンディショニング時間を除き、ステップS6、S26のコンディショニング条件と同一にされている。もっとも、本発明ではこれに限定されるものではない。

20

【0099】

ステップS15において、制御部は、ステップS2と同様に、パッド厚み計測装置319に、研磨パッド311cの厚みを計測させる。次に、制御部は、ステップS3と同様に、ステップS15で計測されたパッド厚みが、研磨パッド311cの寿命を定める所定の最小管理値d1以上の厚さであるか否かを判定することによって、研磨パッド311cの寿命が尽きたか否かを判定する（ステップS16）。最小管理値d1より薄ければステップS4へ移行する一方、最小管理値d1以上であればステップS17へ移行する。

30

【0100】

ステップS17において、制御部は、ステップS15で計測されたパッド厚みとステップS3で計測されたパッド厚みとの差をステップS12又はステップS14（これはいずれのステップを経由してステップS17に到達したかによる）で行われたコンディショニングのコンディショニング累積時間で除算することにより、当該一連研磨での研磨パッド311cの平均切削レートを算出する。

【0101】

次に、制御部は、ステップS17で算出した平均切削レートが、コンディショナ317bの寿命を定める最小管理値R1以上であるか否かを判定することによって、コンディショナ317bの寿命が尽きたか否かを判定する（ステップS18）。

40

【0102】

ステップS18で最小管理値R1以上である（すなわち、コンディショナ317bの寿命が尽きていない）と判定されると、次回の一連研磨（ステップS12、S14）で行われる研磨パッド311cの各1回のコンディショニングによる研磨パッド311cの切削量が所定値となるようなコンディショニング時間を、ステップS8で算出した平均切削レートから求め、このコンディショニング時間（1回の時間）を、次回の一連研磨時のコンディショニング時におけるコンディショニング時間として、制御部の内部メモリに再設定する（ステップS19）。その後、ステップS1へ戻る。

【0103】

50

ステップS 9 , S 1 8で最小管理値R 1以下である(すなわち、コンディショナ3 1 7 bの寿命が尽きた)と判定されると、制御部は、前述した警報部に、コンディショナ3 1 7 bを交換すべき旨の警報をオペレータ等に発生させる(ステップS 2 0)。その後、制御部は、ステップS 2 1でコンディショナ3 1 7 bが交換されるのを待ち、コンディショナ3 1 7 bが交換されると、ステップS 2と同様に、パッド厚み計測装置3 1 9に、研磨パッド3 1 1 cの厚みを計測させる(ステップS 2 2)。なお、制御部は、コンディショナ3 1 7 bの交換検出センサ(図示せず)からの信号によってコンディショナ3 1 7 bの交換を知ってもよいし、そのようなセンサがない場合には、オペレータによる前記入力装置の所定の操作等によって知るようにしてもよい。

【0 1 0 4】

次に、制御部は、ステップS 3と同様に、ステップS 2 2で計測されたパッド厚みが、研磨パッド3 1 1 cの寿命を定める所定の最小管理値d 1以上の厚さであるか否かを判定することによって、研磨パッド3 1 1 cの寿命が尽きたか否かを判定する(ステップS 2 3)。最小管理値d 1より薄ければステップS 2 4へ移行する一方、最小管理値d 1以上であればステップS 2 6へ移行する。

【0 1 0 5】

ステップS 2 4において、制御部は、ステップS 4と同様に、パッド交換装置3 1 8により研磨パッド3 1 1 cを新しい研磨パッドに交換させる。次いで、制御部は、研磨パッド3 1 1 cの厚みを計測させ(ステップS 2 5)、その後ステップS 2 6へ移行する。

【0 1 0 6】

ステップS 2 6において、制御部は、ステップS 6と同様に、コンディショニング装置3 1 7に研磨パッド3 1 1 cをブレイクインコンディショニングさせる。ステップS 2 6の処理は、ステップS 2 5からステップS 2 6へ移行した場合には本来のブレイクインコンディショニングと言えるが、ステップS 2 3でYESからステップS 2 6へ移行した場合には、動作的には全く同じであるが、本来的なブレイクインコンディショニング(研磨パッド3 1 1 cの初期のコンディショニング)ではなく、新しいコンディショナ3 1 7 bの良否の判定等を行うための事前動作である。

【0 1 0 7】

次に、制御部は、研磨パッド3 1 1 cの厚みを計測させる(ステップS 2 7)。次いで、制御部は、ステップS 2 5又はステップS 2 2で計測されたパッド厚み(これはステップS 2 4 , 2 5を経由してステップS 2 5に到達したか否かによる)とステップS 2 7で計測されたパッド厚みとの差をステップS 2 6で行われたブレイクインコンディショニングのコンディショニング時間で除算することにより、ステップS 2 6での研磨パッド3 1 1 cの平均切削レートを算出する(ステップS 2 8)。

【0 1 0 8】

その後、制御部は、ステップS 2 8でした平均切削レートが、前記最小管理値R 1以上かつ所定の最大管理値R 2以下の範囲内であるか否かを判定することによって、コンディショナ3 1 7 bの良否を判定する(ステップS 2 9)。範囲内でなければ(コンディショナ3 1 7 bが不良であれば)、ステップS 2 0へ戻る。一方、範囲内であれば(コンディショナ3 1 7 bが良であれば)、ステップS 3 0へ移行する。

【0 1 0 9】

ステップS 3 0において、制御部は、次回の一連研磨(ステップS 1 2 , S 1 4)で行われる研磨パッド3 1 1 cの各1回のコンディショニングによる研磨パッド3 1 1 cの切削量が所定値となるようなコンディショニング時間を、ステップS 2 8で算出した平均切削レートから求め、このコンディショニング時間(1回の時間)を、次回の一連研磨時のコンディショニング時におけるコンディショニング時間として、制御部の内部メモリに再設定する。その後、ステップS 1へ戻る。

【0 1 1 0】

以上の動作説明では、研磨ステージは第1研磨ステージ3 1 0のみしか存在しないものとして説明した。しかし、第2研磨ステージ3 2 0及び第3研磨ステージ3 3 0を考慮した

10

20

30

40

50

実際の動作では、第1研磨ステージ310についての動作と同様の動作が各研磨ステージ320, 330についても行われ、それらの各ステージに関する判断や処理が連係して動作が行われる。例えば、ステップS3の判断は各研磨ヘッドの研磨パッドの厚みについて個々に行われた後、全ての研磨ヘッドについてその研磨パッドの厚みが最小管理値（各研磨ヘッドごとに異なってもよい。）以上である場合にのみ、ステップS11へ移行し、その他の場合には一連研磨が行われることはない。また、実際に一連研磨されるウエハの枚数は、各研磨ステージの研磨ヘッドに関するステップS11, S13の判断結果に応じて決定される。

#### 【0111】

本実施の形態によれば、ステップS2, S15, S22で研磨パッド311cの厚みが計測され、ステップS3, S16, S23で、その計測された厚みが所定値d1より薄い場合に、研磨パッド311cの寿命が尽きたと判定され、その場合に研磨パッド311cが新しい研磨パッドに交換される。したがって、本実施の形態によれば、研磨パッドの寿命を正確に判定することができ、適正に研磨パッドを交換することができる。したがって、ウエハを精度良く研磨することができ、しかも、かなり早めに研磨パッドの寿命が尽きたと判定するような事態を防止することができ、研磨パッドの交換頻度が少なくてすむので、ランニングコストが低減する。

10

#### 【0112】

また、本実施の形態によれば、ステップS17, S8で研磨パッド311cの平均切削レートが算出され、ステップS18, S9でその平均切削レートが所定値R1より低い場合に、コンディショナ317bの寿命が尽きたと判定され、コンディショナ317bが新しいコンディショナに交換される。したがって、本実施の形態によれば、コンディショナの寿命を正確に判定することができ、適正にコンディショナを交換することができる。したがって、研磨パッドを適切にコンディショニングしひいてはウエハを精度良く研磨することができ、しかも、かなり早めにコンディショナの寿命が尽きたと判定するような事態を防止することができ、コンディショナの交換頻度が少なくてすむので、ランニングコストが低減する。

20

#### 【0113】

さらに、本実施の形態によれば、新しいコンディショナがパッドコンディショニング装置に装着された場合に、ステップS26で所定のコンディショニングが行われ、その前後のステップS22, S27でパッド厚みが計測され、その計測結果に基づいて、ステップS28で研磨パッドの平均切削レートが算出され、ステップS29でその平均切削レートが所定範囲外である場合に当該新しいコンディショナが不良であると判定し、ステップS20が行われる。したがって、本実施の形態によれば、適切な切削能力を有するコンディショナで研磨パッドをコンディショニング（研磨用のコンディショニング）することができるので、研磨パッドに所望の研磨特性を発揮させることができ、ひいては、ウエハを精度良く研磨することができる。

30

#### 【0114】

さらにまた、本実施の形態によれば、ステップS18, S9, S29で算出された研磨パッドの平均切削レートが、ステップS19, S9, S29によって、次回の一連研磨におけるコンディショニング時のコンディショニング条件（本実施の形態では、コンディショニング時間であるが、必ずしもこれに限定されるものではない。）にフィードバックされるので、コンディショナのコンディショニング面は徐々に消耗していても、その影響が大幅に低減され、コンディショニング後の研磨パッドの研磨面の状態は各ウエハに対してほぼ一定の状態となり、ひいては、多数のウエハを安定して精度良く研磨することができる。

40

#### 【0115】

また、本実施の形態によれば、ステップS11, S13が行われ、一連研磨において、途中で研磨パッドの寿命が尽きてしまうような事態が防止される。したがって、この点からも、多数のウエハを安定して精度良く研磨することができる。

50

## 【 0 1 1 6 】

なお、前記実施の形態では、パッド交換装置 3 1 8 , 3 2 8 , 3 3 8 が設けられているが、本発明では、これらは必ずしも必要ではない。パッド交換装置 3 1 8 , 3 2 8 , 3 3 8 がない場合には、例えば、ステップ S 4 でオペレータに研磨パッドを交換すべき旨の警報を発生すればよい。また、前記実施の形態では、コンディショナは手作業で交換するようになっていたが、コンディショナの交換を自動的に行うコンディショナ交換装置を設けてもよい。この場合、ステップ S 2 0 で警報を発生する代わりに、当該コンディショナ交換装置でコンディショナを交換すればよい。

## 【 0 1 1 7 】

また、本発明では、C u - C M P プロセスにおける精密な研磨コントロールを行う場合の他、例えば、層間絶縁膜の加工プロセスや S T I プロセス等のようなウエハ加工の他、石英基板やガラス基板、セラミック基板等の加工プロセスについても同様に適用可能である。

10

## 【 0 1 1 8 】

さらにまた、本実施の形態による研磨装置 1 は、4 分割されたインデックステーブル 3 4 0 を用い、3 段階の研磨ステージ 3 1 0 , 3 2 0 , 3 3 0 で研磨加工を行う研磨装置の例であった。しかし、本発明は、これに限定ものではなく、例えば、2 段階の研磨ステージで研磨加工を行う構成や、4 段階以上の研磨ステージを設ける構成としてもよい。

## 【 0 1 1 9 】

[ 第 2 の実施の形態 ]

20

## 【 0 1 2 0 】

次に、本発明に係る半導体デバイスの製造方法の実施の形態について説明する。図 6 は、半導体デバイス製造プロセスを示すフローチャートである。半導体デバイス製造プロセスをスタートして、まずステップ S 2 0 0 で、次に挙げるステップ S 2 0 1 ~ S 2 0 4 の中から適切な処理工程を選択する。選択に従って、ステップ S 2 0 1 ~ S 2 0 4 のいずれかに進む。

## 【 0 1 2 1 】

ステップ S 2 0 1 はシリコンウエハの表面を酸化させる酸化工程である。ステップ S 2 0 2 は C V D 等によりシリコンウエハ表面に絶縁膜を形成する C V D 工程である。ステップ S 2 0 3 はシリコンウエハ上に電極膜を蒸着等の工程で形成する電極形成工程である。ステップ S 2 0 4 はシリコンウエハにイオンを打ち込むイオン打ち込み工程である。

30

## 【 0 1 2 2 】

C V D 工程 ( S 2 0 2 ) もしくは電極形成工程 ( S 2 0 3 ) の後で、ステップ S 2 0 9 に進み、C M P 工程を行うかどうかを判断する。行わない場合はステップ S 2 0 6 に進むが、行う場合はステップ S 2 0 5 に進む。ステップ S 2 0 5 は C M P 工程であり、この工程では、本発明に係る研磨装置を用いて、層間絶縁膜の平坦化や、半導体デバイスの表面の金属膜の研磨によるダマシン ( damascene ) の形成等が行われる。

## 【 0 1 2 3 】

C M P 工程 ( S 2 0 5 ) または酸化工程 ( S 2 0 1 ) の後でステップ S 2 0 6 に進む。ステップ S 2 0 6 はフォトリソグラフィ工程である。この工程では、シリコンウエハへのレジストの塗布、露光装置を用いた露光によるシリコンウエハへの回路パターンの焼き付け、露光したシリコンウエハの現像が行われる。さらに次のステップ S 2 0 7 は、現像したレジスト像以外の部分をエッチングにより削り、その後レジスト剥離を行い、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除くエッチング工程である。

40

## 【 0 1 2 4 】

次にステップ S 2 0 8 で必要な全工程が完了したかを判断し、完了していなければステップ S 2 0 0 に戻り、先のステップを繰り返して、シリコンウエハ上に回路パターンが形成される。ステップ S 2 0 8 で全工程が完了したと判断されればエンドとなる。

## 【 0 1 2 5 】

本発明に係る半導体デバイス製造方法では、C M P 工程において本発明に係る研磨装置を

50

用いているため、寿命が尽きた研磨パッドやコンディショナを使用することがなくCMP工程の加工精度が向上するとともに、ランニングコストを低減することができる。これにより、従来の半導体デバイス製造方法に比べて製造ばらつきの少ない半導体デバイスを、低コストで製造することができる。また、本発明による半導体デバイス製造方法により製造された半導体デバイスでは、歩留りが高く、かつ、安価な半導体デバイスとなる。なお、上記半導体デバイス製造プロセス以外の半導体デバイス製造プロセスのCMP工程に本発明による研磨装置を用いても良い。

【0126】

以上、本発明の各実施の形態及びその変形例について説明したが、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0127】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、研磨パッドまたはコンディショナの寿命を正確に判定することができる研磨パッドまたはコンディショナの寿命判定方法を提供することができる。

【0128】

さらに、本発明によれば、新しいコンディショナの良否を適切に判定することができるコンディショナの良否判定方法を提供することができる。

【0129】

さらにまた、本発明によれば、各被研磨物について同じように研磨することができる研磨パッドのコンディショニング方法を提供することができる。

【0130】

また、本発明によれば、ランニングコストを低減することができる研磨装置を提供することができる。

【0131】

さらに、本発明は、各被研磨物について同じように研磨することができる研磨装置を提供することができる。

【0132】

さらにまた、本発明は、従来の半導体デバイス製造方法に比べて、低コストで半導体デバイスを製造することができる半導体デバイス製造方法、及び低コストの半導体デバイスを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本明の第1の実施の形態による研磨装置を模式的に示す概略上面図である。

【図2】図1に示す研磨装置のウエハの処理の様子を示す概略上面図である。

【図3】図1に示す研磨装置における第1の研磨ステージに位置している主要な要素を側方から見て模式的に示す概略断面図である。

【図4】図1に示す研磨装置の動作を示す概略フローチャートである。

【図5】図1に示す研磨装置の動作を示す他の概略フローチャートである。

【図6】半導体デバイス製造プロセスを示すフローチャートである。

【符号の説明】

V1, V2, V3, V4 チャック

W ウエハ (Wd 未加工ウエハ、Wp 加工済みウエハ)

1 研磨装置

310, 320, 330 研磨ステージ

311, 321, 331 研磨アーム

311a 研磨ヘッド

311c 研磨パッド

317, 327, 337 パッドコンディショニング装置

318, 328, 338 パッド交換装置

319, 329, 339 パッド厚み計測装置

10

20

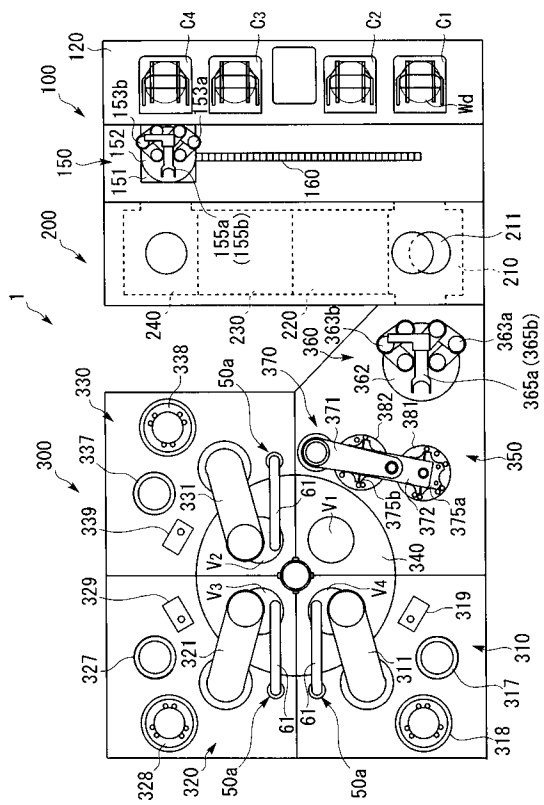
30

40

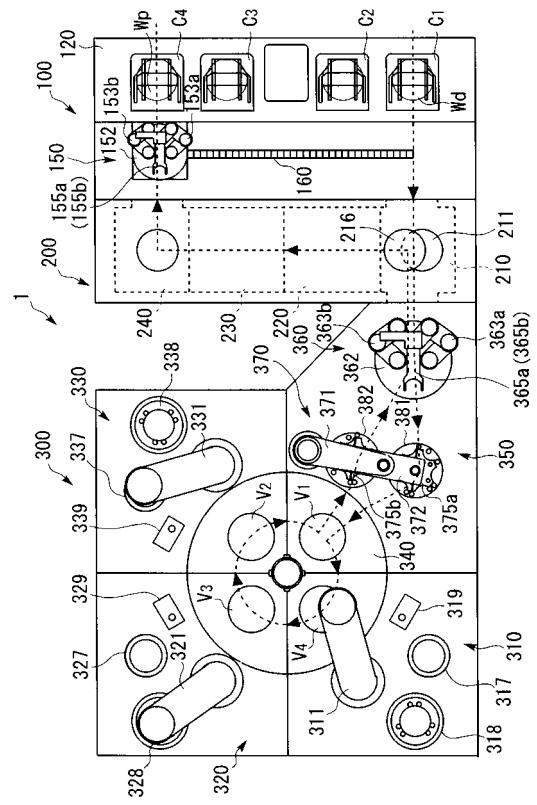
50

340 インデックステーブル  
350 搬送ステージ

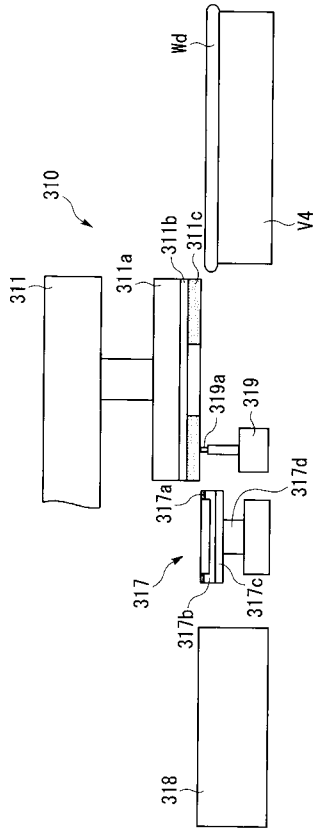
【図1】



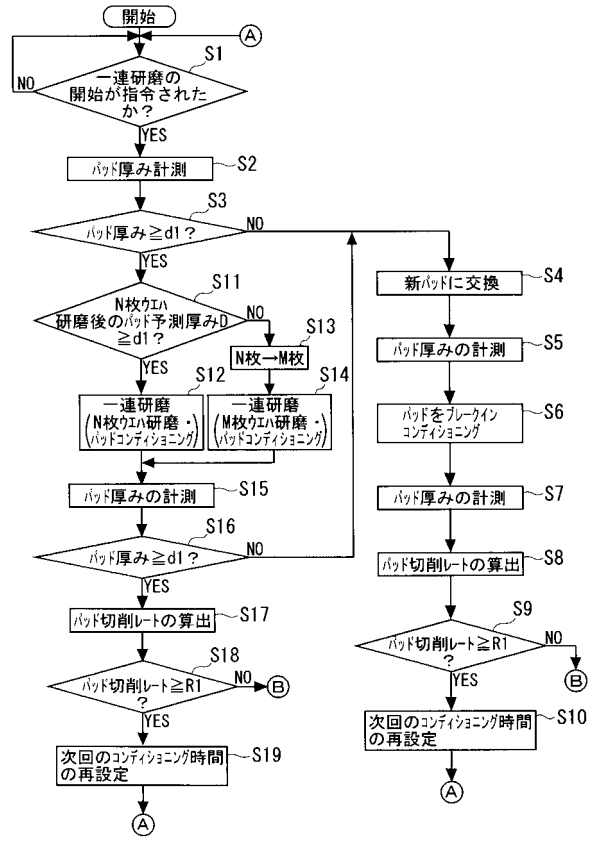
【図2】



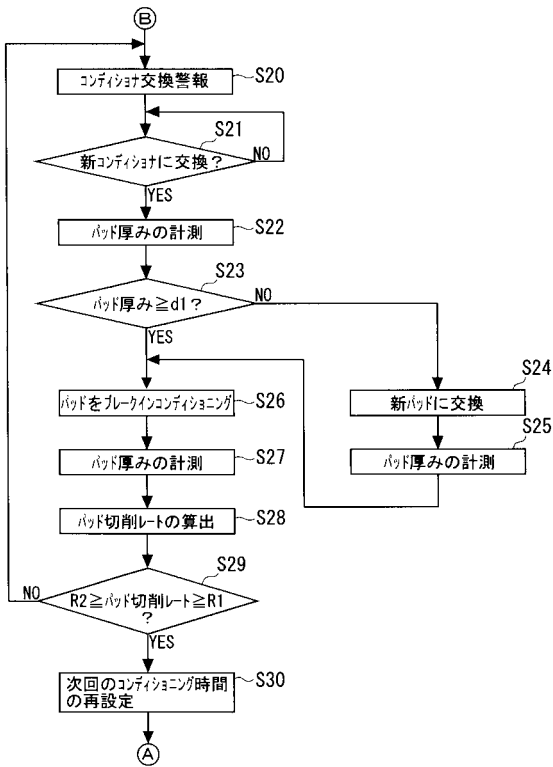
【図3】



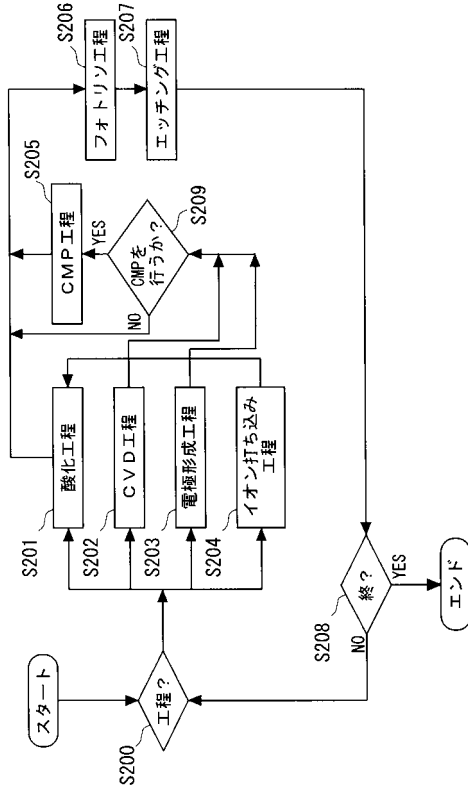
【図4】



【図5】



【図6】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平10-086056(JP,A)  
米国特許第06194231(US,B1)  
特開2003-117816(JP,A)  
特開2003-19657(JP,A)  
国際公開第03/462(WO,A1)  
特開2001-334461(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B24B 37/00  
B24B 49/18  
B24B 53/02  
H01L 21/304