

明 細 書

発明の名称：両頭研削装置及びワークの両頭研削方法

技術分野

[0001] 本発明は、半導体ウェーハ、露光原版用石英基板等の薄板状のワークの両面を同時に研削する両頭研削装置及びワークの両頭研削方法に関する。

背景技術

[0002] 例えば、直径300mmに代表される大直径のシリコンウェーハを採用する先端デバイスでは、ナノトポグラフィーと呼ばれる表面うねり成分を小さくすることが求められている。ナノトポグラフィーとは、ウェーハの表面形状の一種で、ソリやwarpよりも波長が短く、表面粗さより波長の長い、0.2～20mmの波長成分の凹凸を示すものであり、PV値は0.1～0.2μmの極めて浅いうねり成分である。このナノトポグラフィーはデバイス工程におけるSTI（Shallow Trench Isolation）工程の歩留まりに影響すると言われ、デバイス基板となるシリコンウェーハに対し、デザインルールの微細化と共に厳しいレベルが要求されている。

[0003] ナノトポグラフィーは、シリコンウェーハの加工工程で作り込まれるものである。特に基準面を持たない加工方法、例えばワイヤーソー切断や両頭研削で悪化しやすく、ワイヤーソー切断における相対的なワイヤーの蛇行や、両頭研削におけるウェーハのユガミの改善や管理が重要である。

[0004] ここで、従来の両頭研削方法について説明する。図10は従来の両頭研削装置の一例を示す概略図である。

図10に示すように、両頭研削装置101は、薄板状のワークWを支持する自転可能なリング状ホルダー102と、リング状ホルダー102を流体の静圧により非接触支持する一対の静圧支持部材103と、リング状ホルダー102により支持されたワークWの両面を同時に研削する一対の砥石104を備えている。一対の静圧支持部材103はリング状ホルダー102の側面

の両側にそれぞれ位置している。砥石１０４はモータ１１２に取り付けられており、高速回転できるようになっている。

[0005] この両頭研削装置１０１を用い、まず、リング状ホルダー１０２によりワークＷを径方向に沿って外周面側から支持する。次に、リング状ホルダー１０２を自転させることにより、ワークＷを自転させつつ、リング状ホルダー１０２とそれぞれの静圧支持部材１０３との間に流体を供給し、リング状ホルダー１０２を流体の静圧によって支持する。このようにしてリング状ホルダー１０２及び静圧支持部材１０３で支持されながら自転するワークＷの両面をモータ１１２により高速回転する砥石１０４を用いて研削する。

[0006] 従来の両頭研削において、ナノトポグラフィーを悪化させる要因は多々あるが、例えば特許文献１に示されるように、リング状ホルダーの自転軸に沿った位置の乱れが大きな要因であることがわかっている。そのため、リング状ホルダーを精度良く回転させるための支持方法として、リング状ホルダーの自転軸方向及び自転軸に垂直な方向の両方向から流体を供給することでリング状ホルダーを非接触支持する静圧軸受を用いることが好適であることが知られている（特許文献２）。

しかしながら、このような静圧軸受を用いても、ナノトポグラフィーが悪化してしまうことがあり、安定して高精度なナノトポグラフィーを得ることができないという問題がある。

先行技術文献

特許文献

- [0007] 特許文献１：特開２００９－１９０１２５号公報
特許文献２：特開２０１１－１６１６１１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0008] そこで、本発明者がナノトポグラフィーが悪化してしまう現象について詳細に調査したところ、特に原料ワークのロットが変わったり砥石交換を実施

したりすると、ナノトポグラフィーが大きく変わってしまう現象が起こることが判明した。

本発明は前述のような問題に鑑みてなされたもので、ワークのロットや砥石に依存して発生するナノトポグラフィーのばらつきを改善し、研削毎に安定して高精度なナノトポグラフィーを得ることができる両頭研削装置及びワークの両頭研削方法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

- [0009] 上記目的を達成するために、本発明によれば、薄板状のワークを径方向に沿って外周側から支持する自転可能なリング状ホルダーと、該リング状ホルダーにより支持された前記ワークの両面を同時に研削する一対の砥石とを有する両頭研削装置であって、更に、前記リング状ホルダーの自転軸方向及び自転軸に垂直な方向の両方向から供給される流体の静圧により前記リング状ホルダーを前記両方向から非接触支持する静圧軸受を具備し、前記自転軸方向から供給される流体と前記自転軸に垂直な方向から供給される流体の供給圧力をそれぞれ独立して制御可能なものであることを特徴とする両頭研削装置が提供される。
- [0010] このような両頭研削装置であれば、リング状ホルダーの自転軸方向と自転軸に垂直な方向の支持剛性を独立に制御でき、ワークのロットの変更や砥石交換を行ったとしても、研削毎に安定して高精度なナノトポグラフィーを得ることができるものとなる。
- [0011] このとき、前記自転軸の一方向から前記流体を供給した状態で他方向から前記リング状ホルダーに加重をかけた際の加重／変位量を剛性Aとし、前記自転軸に垂直な方向から前記流体を供給した状態で反対方向から前記リング状ホルダーに加重をかけた際の加重／変位量を剛性Bとしたとき、前記剛性Aが $200\text{ gf}/\mu\text{m}$ 以下に、前記剛性Bが $800\text{ gf}/\mu\text{m}$ 以上になるように前記流体の供給圧力を制御可能なものであることが好ましい。
- [0012] このようなものであれば、より高精度なナノトポグラフィーを確実に安定して得ることができるものとなる。

[0013] また、本発明によれば、リング状ホルダーによって、薄板状のワークを径方向に沿って外周側から支持して自転させるとともに、一对の砥石によって、前記リング状ホルダーにより支持した前記ワークの両面を同時に研削するワークの両頭研削方法であって、前記リング状ホルダーの自転軸方向及び自転軸に垂直な方向の両方向から、供給圧力をそれぞれ独立して制御しながら流体を供給し、静圧軸受によって前記供給された流体の静圧により前記リング状ホルダーを前記両方向から非接触支持しながら前記ワークの両面を同時に研削することを特徴とするワークの両頭研削方法が提供される。

[0014] このような方法であれば、リング状ホルダーの自転軸方向と自転軸に垂直な方向の支持剛性を独立に制御でき、ワークのロットの変更や砥石交換を行ったとしても、研削毎に安定して高精度なナノトポグラフィーを得ることができる。

[0015] またこのとき、前記自転軸の一方向から前記流体を供給した状態で他方向から前記リング状ホルダーに加重をかけた際の加重／変位量を剛性Aとし、前記自転軸に垂直な方向から前記流体を供給した状態で反対方向から前記リング状ホルダーに加重をかけた際の加重／変位量を剛性Bとしたとき、前記剛性Aが $200\text{ gf} / \mu\text{m}$ 以下に、前記剛性Bが $800\text{ gf} / \mu\text{m}$ 以上になるように前記流体の供給圧力を制御することが好ましい。

[0016] このようにすれば、より高精度なナノトポグラフィーを確実に安定して得ることができる。

発明の効果

[0017] 本発明では、両頭研削装置において、リング状ホルダーの自転軸方向及び自転軸に垂直な方向の両方向から、供給圧力をそれぞれ独立して制御しながら流体を供給し、静圧軸受によって供給された流体の静圧によりリング状ホルダーを前記両方向から非接触支持しながらワークの両面を同時に研削するので、リング状ホルダーの自転軸方向と自転軸に垂直な方向の支持剛性を独立に制御でき、ワークのロットの変更や砥石交換を行ったとしても、研削毎に安定して高精度なナノトポグラフィーを得ることができる。

図面の簡単な説明

- [0018] [図1]本発明の両頭研削装置の一例を示す概略図である。
- [図2]本発明の両頭研削装置のリング状ホルダーの一例を示す概略図である。
- (A) リング状ホルダーの側面図である。(B) リング状ホルダーのキャリアの側面図である。
- [図3]静圧軸受によるリング状ホルダーの支持方法を説明する説明図である。
- [図4]供給する流体の供給圧力の調整方法を説明する説明図である。
- [図5]実施例1の結果を示す図である。
- [図6]実施例2の結果を示す図である。
- [図7]実施例3の結果を示す図である。
- [図8]実施例4の結果を示す図である。
- [図9]比較例の結果を示す図である。
- [図10]従来の両頭研削装置の一例を示す概略図である。

発明を実施するための形態

- [0019] 以下、本発明について実施の形態を説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

上記したように、ナノトポグラフィーの悪化の要因として、原料ワークや使用する砥石の影響があることが本発明者の調査により判明した。更に、本発明者は、リング状ホルダーの支持に静圧軸受方式を採用した方法において、原料ワークや使用する砥石の影響を低減する方法について鋭意検討を重ねた。その結果、以下のことを見出した。

- [0020] 従来の両頭研削においては、原料ワークの形状や表裏の面粗さ及び左右砥石の自生作用などの違いにより左右面の研削状態が異なり、ワークは左右より複雑な力を受けながら研削が進行すると考えられる。そのため、研削加工毎に左右の力のバランスが釣り合ったワーク回転面は微妙に異なり、このワーク回転面のリング状ホルダーの回転面に対する乖離が局所的な加工圧力差を生じさせて、微小なナノトポグラフィーの悪化を招いていると考えられる。

[0021] このナノトポグラフィーの悪化を防止するためには、リング状ホルダーの自転軸方向の支持剛性を低下させて支持の自由度を向上させることで、研削加工毎に異なる左右の力のバランスが釣り合ったワーク回転面に対し、リング状ホルダーがなって回転できるようにし、その結果、局所的な加工圧力差をなくすことが有効と考えられる。

しかし、従来の静圧軸受では、リング状ホルダーの自転軸方向及び自転軸に垂直な方向の両方向から供給する流体を1つの供給源から供給し、その供給圧力が全て同じになるように構成されているため、リング状ホルダーの自転軸方向の支持の自由度を向上させることにより、その自転軸に垂直な方向の支持剛性も同時に低下してしまう。そのため、リング状ホルダーの自転軸に垂直な方向の偏心回転が容易に発生するようになり、安定した研削加工を妨げてしまう。

[0022] そこで、本発明では、リング状ホルダーの自転軸方向と自転軸に垂直な方向に供給される流体をそれぞれ独立に供給可能にすることで、すなわち、その供給圧力を独立して制御可能に構成すれば、自転軸方向の支持の自由度を向上させると同時に、自転軸に垂直な方向の支持剛性を維持しながら研削を行うことができ、その結果、安定してより高精度なナノトポグラフィーを得ることが可能となる。

本発明者はこの検討結果を基に、更にこれらを実施するための最良の形態について精査し、本発明を完成させた。

[0023] まず、本発明の両頭研削装置について説明する。

図1に示すように、本発明の両頭研削装置1は、主に、ワークWを支持するリング状ホルダー2と、リング状ホルダー2を流体の静圧により非接触支持する静圧軸受3と、ワークWの両面を同時に研削する一对の砥石4を備えている。

[0024] リング状ホルダー2はワークWを径方向に沿って外周側から支持するものであり、自転軸周りに自転可能である。図2(A)に示すように、リング状ホルダー2は中央にウェーハWを挿入して支持するための保持孔を有するキ

キャリア５と、キャリア５を取り付けるホルダー部６と、取り付けたキャリア５を押さえるためのリンク部７から構成される。図２（Ａ）（Ｂ）に示すように、キャリア５にはホルダー部６にネジ等で取り付けるための取付穴８が設けられている。

[0025] リンク状ホルダー２を自転させるために、ホルダー用モータ９に接続された駆動歯車１０が配設されている。駆動歯車１０は内歯車部１１と噛合っており、駆動歯車１０をホルダー用モータ９により回転させることによって、内歯車部１１を通じてリンク状ホルダー２を自転させることが可能である。また、図２（Ａ）に示すように、キャリア５の保持孔の縁部に内側に向かつて突出した突起１４が形成されている。この突起はワークＷの周縁部に形成されたノッチと呼ばれる切り欠きの形状に適合し、リンク状ホルダー２の回転動作をワークＷに伝達することができるようになっている。

[0026] リンク状ホルダー２は、静圧軸受３により支持されることによって精度良く回転可能となっている。

ここで、静圧軸受３について述べる。図３に示すように、静圧軸受３はリンク状ホルダー２の両方の側面側に対向して配置される軸受部３ａと、リンク状ホルダー２の外周面に対向して配置される軸受部３ｂとで構成されている。軸受部３ａにはリンク状ホルダー２の両方の側面側に対向して流体を供給するための供給孔が設けられ、軸受部３ｂには外周面に対向して流体を供給するための供給孔が設けられている。

図３に示すように、これら供給孔を介し、流体供給手段２０から流体１３がリンク状ホルダー２の自転軸方向からリンク状ホルダー２の側面と軸受部３ａとの間に供給され、流体１３ｂが自転軸に垂直な方向からリンク状ホルダー２の外周面と軸受部３ｂとの間に供給される。

[0027] このようにして供給された流体の静圧により、軸受部３ａでその自転軸方向から、また、軸受部３ｂでその自転軸方向に垂直な方向からリンク状ホルダー２を非接触の状態で支持する。

流体供給手段２０は、自転軸方向から供給される流体１３ａと自転軸に垂

直な方向から供給される流体 1 3 b の供給圧力をそれぞれ独立して制御可能に構成される。これ以外、流体供給手段 2 0 は特に限定されず、例えば、流体の供給経路上に圧力調整弁を設けてそれぞれの供給圧力を調整したり、完全に独立した流体供給手段を 2 つ設けるようにしても良い。ここで静圧軸受 3 に供給する流体としては、特に限定されることはないが、例えば水や空気を用いることができる。

[0028] 図 1 に示すように、砥石 4 は砥石用モータ 1 2 に接続されており、高速回転できるようになっている。ここで、砥石 4 は特に限定されず、従来と同様のものを用いることができる。例えば、平均砥粒径が $4\ \mu\text{m}$ の番手 # 3 0 0 0 のものを用いることができる。さらには、番手 # 6 0 0 0 ~ 8 0 0 0 の高番手のものとすることも可能である。この例としては、平均粒径 $1\ \mu\text{m}$ 以下のダイヤモンド砥粒とビトリファイドボンド材からなるものが挙げられる。

[0029] このような両頭研削装置 1 であれば、静圧軸受 3 に供給する流体の供給圧力をそれぞれ独立して制御することで、リング状ホルダー 2 の自転軸方向と自転軸に垂直な方向の剛性を独立に制御できるものとなる。そのため、リング状ホルダー 2 の自転軸方向から供給する流体の供給圧力を低くしてこの方向のリング状ホルダー 2 の剛性を低下させ、すなわち、支持の自由度を向上させると同時に、リング状ホルダー 2 の自転軸に垂直な方向から供給する流体の供給圧力を高くしてこの方向のリング状ホルダー 2 の剛性を十分に高く維持した状態でリング状ホルダー 2 を支持することができる。このようにしてリング状ホルダー 2 を支持すれば、研削加工中に局所的な圧力差を抑制でき、ワークのロットの変更や砥石交換を行ったとしても、研削毎に安定して高精度なナノトポグラフィーを得ることができる。

[0030] ここで、上記した剛性の定義については、自転軸の一方向から流体を供給した状態で他方向からリング状ホルダー 2 に加重をかけ、リング状ホルダー 2 の変位量を測定した際の加重／変位量 ($\text{gf} / \mu\text{m}$) を自転軸方向の剛性 A とする。また、自転軸に垂直な方向から流体を供給した状態で反対方向からリング状ホルダー 2 に加重をかけ、リング状ホルダー 2 の変位量を測定し

た際の加重／変位量（ $gf/\mu m$ ）を自転軸に垂直な方向の剛性Bとする。

[0031] 流体供給手段20は、この剛性Aが $200gf/\mu m$ 以下に、剛性Bが $800gf/\mu m$ 以上になるように流体の供給圧力を制御可能なものであることが好ましい。

このようなものであれば、上記した局所的な圧力差をより確実に抑制でき、より高精度なナノトポグラフィーを確実に安定して得ることができる。

なお、供給水圧は特別な増圧手段を用いなければ通常 $0.30MPa$ 前後となり、この場合の剛性の上限は $1500gf/\mu m$ 前後である。また、リング状ホルダーの重さに依るが、静圧軸受として機能するには、 $50gf/\mu m$ 以上の剛性が必要である。

[0032] 次に、本発明のワークの両頭研削方法について説明する。ここでは、図1-3に示す本発明の両頭研削装置1を用いた場合について説明する。

まず、例えばシリコンウェーハなどの薄板状のワークWをリング状ホルダー2によって径方向に沿って外周側から支持する。このリング状ホルダー2を支持するための静圧軸受3を、上記したように、軸受部3aがリング状ホルダー2の両方の側面側に対向し、軸受部3bがリング状ホルダー2の外周面に対向するように配置する。

[0033] 次に、静圧軸受3の供給孔を介し、流体供給手段20から流体をリング状ホルダー2の自転軸方向からリング状ホルダー2の側面と軸受部3aとの間に供給し、また、流体を自転軸に垂直な方向からリング状ホルダー2の外周面と軸受部3bとの間に供給する。これら供給した流体の静圧により、軸受部3aでその自転軸方向から、また、軸受部3bでその自転軸方向に垂直な方向からリング状ホルダー2を非接触の状態で支持する。

[0034] このようにしてリング状ホルダー2を静圧軸受3によってリング状ホルダー2の自転軸方向及び自転軸に垂直な方向の両方向から支持しながら、ホルダー用モータ9によりリング状ホルダー2を自転させつつ、砥石用モータ12により砥石4を回転させ、ワークWの両面を同時に研削する。

本発明のワークの両頭研削方法によれば、上記した本発明の両頭研削装置

で説明したのと同様に、リング状ホルダーの自転軸方向と自転軸に垂直な方向の剛性を独立に制御できるので、研削加工中に局所的な圧力差を抑制するために、リング状ホルダー 2 の自転軸に垂直な方向の剛性を十分に高く維持しつつ、リング状ホルダー 2 の自転軸方向の支持の自由度を向上させることができる。その結果、ワークのロットの変更や砥石交換を行ったとしても、研削毎に安定して高精度なナノトポグラフィーを得ることができる。

[0035] このとき、リング状ホルダーの剛性は供給する流体の供給圧力を調整することで容易に制御できる。具体的には、供給圧力を高くすれば剛性を高く、供給圧力を低くすれば剛性を低く変化させることができる。例えば、好ましい流体の供給圧力は、上記した自転軸方向の剛性 A が $200 \text{ gf} / \mu\text{m}$ 以下に、自転軸に垂直な方向の剛性 B が $800 \text{ gf} / \mu\text{m}$ 以上にそれぞれなるような供給圧力である。

このようにすれば、より高精度なナノトポグラフィーを確実に安定して得ることができる。

実施例

[0036] 以下、本発明の実施例及び比較例を示して本発明をより具体的に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

[0037] (実施例 1 - 4)

図 1 に示す本発明の両頭研削装置 1 を用い、直径 300 mm のシリコンウェーハの両頭研削を行った。砥石として、ビトリファイドボンドからなる SD # 3000 砥石(株式会社アライドマテリアル製 ビトリファイド砥石)を用いた。研削量は $40 \mu\text{m}$ とした。リング状ホルダーの支持のために用いた流体として水を使用した。

リング状ホルダーの自転軸方向と自転軸に垂直な方向に供給する流体の供給圧力を以下のようにして調整した。

[0038] 図 4 に示すように、リング状ホルダーの変位量測定のため、渦電流タイプのセンサー 21、22 を設置した。そして、センサーの反対側からフォースゲージによって $10 \sim 30 \text{ N}$ の荷重をかけて、荷重／変位量 ($\text{gf} / \mu\text{m}$)

により算出される剛性A及び剛性Bが所望の値になるように静圧軸受へのそれぞれの供給水压を調整した。

[0039] 各実施例1－4において、剛性Bを $1200\text{ g f} / \mu\text{ m}$ （実施例1）、 $800\text{ g f} / \mu\text{ m}$ （実施例2）、 $600\text{ g f} / \mu\text{ m}$ （実施例3）、 $400\text{ g f} / \mu\text{ m}$ （実施例4）とし、剛性Aを変化させてシリコンウェーハの両頭研削を行った際のナノトポグラフィを評価した。

[0040] （比較例）

リング状ホルダーの自転軸方向と自転軸に垂直な方向の両方向から供給する流体をそれぞれ独立に制御できない従来の両頭研削装置を用い、両方向から供給する流体の供給圧力を同じにした以外、実施例1と同様の条件でシリコンウェーハの両頭研削を行った。そして、供給圧力を変化したときのナノトポグラフィを実施例1と同様に評価した。

[0041] （実施例1－4と比較例の結果）

実施例1－4の結果をそれぞれ図5－8に、比較例の結果を図9に示す。

図5－8に示すように、実施例1－4のいずれにおいても、剛性Aを剛性Bより小さくすることにより、ナノトポグラフィが改善されていることが分かる。特に、図5、図6に示すように、剛性Bが $800\text{ g f} / \mu\text{ m}$ 以上である場合において、剛性Aが $200\text{ g f} / \mu\text{ m}$ 以下になると、比較例の結果と比べナノトポグラフィが大幅に改善されていることが分かる。この傾向について実施例1と実施例2には明確な差は見られず、同等の改善効果を示した。

また、実施例1－4においては、ワークのロットの変更や砥石交換を行ったとしても、ナノトポグラフィが悪化することはなかった。

[0042] これに対し、比較例では、図9に示すように、剛性A及びBを変化させてもナノトポグラフィの改善は見られず、 $200\text{ g f} / \mu\text{ m}$ 以下になると、ナノトポグラフィが悪化傾向にあることが分かる。

以上のように、本発明の両頭研削装置及びワークの両頭研削方法は、ワークのロットや砥石に依存して発生するナノトポグラフィのばらつきを改善

し、研削毎に安定して高精度なナノトポグラフィーを得ることができることが確認できた。特に、剛性Aが $200\text{ gf}/\mu\text{m}$ 以下に、剛性Bが $800\text{ gf}/\mu\text{m}$ 以上になるような流体の供給圧力が本発明における好適な条件であることが分かった。

[0043] なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

請求の範囲

- [請求項1] 薄板状のワークを径方向に沿って外周側から支持する自転可能なリング状ホルダーと、該リング状ホルダーにより支持された前記ワークの両面を同時に研削する一対の砥石とを有する両頭研削装置であって、
- 更に、前記リング状ホルダーの自転軸方向及び自転軸に垂直な方向の両方向から供給される流体の静圧により前記リング状ホルダーを前記両方向から非接触支持する静圧軸受を具備し、前記自転軸方向から供給される流体と前記自転軸に垂直な方向から供給される流体の供給圧力をそれぞれ独立して制御可能なものであることを特徴とする両頭研削装置。
- [請求項2] 前記自転軸の一方向から前記流体を供給した状態で他方向から前記リング状ホルダーに加重をかけた際の加重／変位量を剛性Aとし、前記自転軸に垂直な方向から前記流体を供給した状態で反対方向から前記リング状ホルダーに加重をかけた際の加重／変位量を剛性Bとしたとき、前記剛性Aが $200\text{ g f} / \mu\text{ m}$ 以下に、前記剛性Bが $800\text{ g f} / \mu\text{ m}$ 以上になるように前記流体の供給圧力を制御可能なものであることを特徴とする請求項1に記載の両頭研削装置。
- [請求項3] リング状ホルダーによって、薄板状のワークを径方向に沿って外周側から支持して自転させるとともに、一対の砥石によって、前記リング状ホルダーにより支持した前記ワークの両面を同時に研削するワークの両頭研削方法であって、
- 前記リング状ホルダーの自転軸方向及び自転軸に垂直な方向の両方向から、供給圧力をそれぞれ独立して制御しながら流体を供給し、静圧軸受によって前記供給された流体の静圧により前記リング状ホルダーを前記両方向から非接触支持しながら前記ワークの両面を同時に研削することを特徴とするワークの両頭研削方法。
- [請求項4] 前記自転軸の一方向から前記流体を供給した状態で他方向から前記

リング状ホルダーに加重をかけた際の加重／変位量を剛性Aとし、前記自転軸に垂直な方向から前記流体を供給した状態で反対方向から前記リング状ホルダーに加重をかけた際の加重／変位量を剛性Bとしたとき、前記剛性Aが200 gf／ μ m以下に、前記剛性Bが800 gf／ μ m以上になるように前記流体の供給圧力を制御することを特徴とする請求項3に記載のワークの両頭研削方法。