

明 細 書

発明の名称： クリーニング装置

技術分野

[0001] この発明は、半導体製造装置の真空処理室内における異物を除去するためのクリーニング装置に関し、詳しくは、吸着電極を絶縁体の内部に備えて、静電吸着力により異物を吸着して除去することができるクリーニング装置に関する。

背景技術

[0002] 例えば、イオン注入装置やエッチング装置、CVD装置やリソグラフィー装置など、各種の半導体製造プロセスで用いられる半導体製造装置の真空処理室内には、半導体の製造過程で発生した様々な異物が付着あるいは浮遊している。その一例として、シリコンウエハからの欠片やレジストの残留物、プラズマや機械的な摩擦により発生した真空処理室内の構成部材に由来するダストや塵、その他、ウエハの搬送により外部から持ち込まれたパーティクル等が挙げられる（本明細書では、これらを総称して異物と言う）。

[0003] このような異物が真空処理室内に堆積すると、例えば、シリコンウエハ等のような被処理物を吸着固定する静電チャックを使用する場合において、静電チャックの吸着面と被処理物との間に異物が介在し、静電チャックと被処理物との接触が不十分となって、静電チャックによる被処理物の冷却性能が低下してしまう問題がある。また、被処理物の裏面側の異物の存在により、被処理物の位置精度に狂いが生じ、例えばリソグラフィー装置では焦点距離が合わないといった問題も発生してしまう。更には、被処理物の表面（主面）側に異物が付着することで、配線不良等の不具合が発生してしまうおそれがある。

[0004] そのため、半導体製造装置は定期的にクリーニングが施されて、真空処理室内の異物を除去し、それらが堆積しないようにするのが通常である。ところが、このようなクリーニングは、専ら手作業が中心であり、それ故、新た

に人為的な汚染を引き起こす可能性を否定することはできない。また、クリーニングに際して、真空処理室内の真空を解除しなければならず、半導体製造装置の再立ち上げにおいて、必要な真空度にするのにその都度数時間程度掛かってしまうことから、経済的ではない。

[0005] そこで、真空処理室の真空を解除せずに、異物を除去するためのクリーニング装置がいくつか提案されている。例えば、特許文献1には、コロナチャージ等を行って帯電させたダミーウエハを半導体製造装置の真空処理室内に搬送して、ダミーウエハの静電力でダスト（異物）を吸着するダスト吸着用ウエハが開示されている。また、特許文献2には、コロナ法による電気エレクトレット化や熱エレクトレット化により電気分極させたポリエチレンテレフタレート等のクリーニングシートをクリーニング用ウエハに貼り付けて、半導体製造装置の真空処理室内に搬送して、異物を除去するクリーニング装置が開示されている。更に、特許文献3には、半導体製造装置のウエハステージに突出部を介して粘着性のポリマーからなるクリーニングウエハが載置されるようにして、突出部が圧縮されて押し潰されたときに、粘着性のクリーニングウエハによってウエハステージ上の異物を回収するクリーニング装置が開示されている。

[0006] しかしながら、これら従来のクリーニング装置は、粘着性のクリーニングポリマーを使用するものだと、使用するごとに粘着剤を交換する必要があるランニングコストがかかる。一方で、コロナチャージ等によりダミーウエハを帯電させるものだと、既存の設備に、帯電させるための設備を組み込む必要が出てくる。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2000-260671号公報

特許文献2：特開2002-28594号公報

特許文献3：特許第5956637号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] ところで、本発明者らは、表面を帯電させて真空処理室内の異物を静電的に吸着して除去するクリーニング装置について検討を行ったところ、大気圧下で帯電させて得られた静電吸着力は、真空状態に持ち込むことで劇的に減少してしまうという実験結果が得られた。つまり、従来のクリーニング装置のように、大気圧下で静電吸着力を発現させたダミーウエハ等を真空処理室内に搬送しても、実際には、真空処理室内での異物の吸着性能が十分に発揮されていないことが考えられる。

[0009] そこで、本発明者らは、更なる検討を重ねた結果、外部からの操作が可能な遠隔操作型の制御スイッチを用いて、真空状態にあるクリーニング装置を帯電させて静電吸着力を発現させることができるようにすることで、真空処理室内での異物の吸着の実効性が高められるようになることを見出し、本発明を完成させた。

[0010] したがって、本発明の目的は、静電吸着力の減少を抑えて真空処理室内の異物を除去することができるクリーニング装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0011] すなわち、本発明は、半導体製造装置の真空処理室内における異物を除去するためのクリーニング装置であって、一对の電極からなる吸着電極が絶縁体の内部に設けられた異物吸着部と、制御スイッチをオンにして前記吸着電極を帯電させ、前記絶縁体の表面に静電吸着力を発現させて異物を吸着可能にする吸着制御部とを備えており、前記吸着制御部の制御スイッチが外部操作可能な遠隔操作型のスイッチであり、真空状態で閉ざされた真空閉空間内の該クリーニング装置に対して制御スイッチをオンすることで、真空状態で発現させた静電吸着力により真空処理室内の異物を除去することができることを特徴とするクリーニング装置である。

[0012] 本発明におけるクリーニング装置は、一对の電極からなる吸着電極が絶縁体の内部に設けられた異物吸着部と、制御スイッチをオンにして吸着電極を帯電させ、絶縁体の表面に静電吸着力を発現させて異物を吸着可能にするた

めの吸着制御部とを備えており、吸着制御部の制御スイッチとしては、外部操作可能な遠隔操作型のスイッチを用いるようにする。

[0013] この遠隔操作型の制御スイッチについては、外部操作が可能であって、真空状態で閉ざされた真空閉空間内のクリーニング装置に対して、真空を切らずに真空状態を維持したまま、吸着制御部の回路接点をオンにすることができもの（すなわちリード線を有さずに無線で電氣的な接続を制御することができるもの）であればよく、例えば、タイマーが内蔵されて所定の時間が経過した後にスイッチがオン／オフするタイマー式スイッチをはじめ、外部からのレーザー光を感知して動作するレーザー感知式スイッチ、磁力で動作するリードスイッチ等を挙げることができ、これらの2以上を組み合わせる用いてもよく、他のスイッチとこれらのスイッチとを組み合わせる用いようにしてもよい。

[0014] ここで、真空状態で閉ざされた真空閉空間としては、異物を除去する対象である半導体製造装置の真空処理室がこれに該当し、それ以外としては、例えば、真空処理室に併設されたものであって、シリコンウエハ等のような被処理物を搬送ロボットで供給するための中間搬送室等を挙げることができる。

[0015] また、吸着制御部には、異物吸着部の吸着電極を帯電させて、絶縁体の表面に静電吸着力を発現させるための電源を内蔵させるようにしてもよく、あるいは、外部電源を利用して一旦コンデンサ等に電荷を蓄えさせるようにするなど、電気エネルギーを蓄積できる蓄電素子を内蔵させて、電源を内蔵させないようにすることもできる。

[0016] このうち、電源を内蔵する場合については、例えば、吸着制御部が、電圧を昇圧する昇圧回路と、この昇圧回路を作動させるための電池と、昇圧回路からの高電圧出力により吸着電極を帯電させるための電圧印加スイッチとを備えるようにして、この電圧印加スイッチが前述した遠隔操作型の制御スイッチを構成するのがよい。このようにすることで、クリーニング装置を真空閉空間内に配して電圧印加スイッチをオンにすれば、真空状態で静電吸着力

を発現させることができる。その際、昇圧回路と吸着電極との間にダイオードを有するようにしてもよい。これにより、昇圧回路からの高電圧出力による吸着電極の帯電が整流作用により維持されるため、昇圧回路の出力を常に維持しておく必要がなくなる。

[0017] 一方、電源を内蔵しない場合には、例えば、吸着制御部が、外部電源との接続端子と、この接続端子に接続された外部電源の電圧により充電されて電荷が蓄えられるコンデンサと、コンデンサに蓄えられた電荷を放電して吸着電極を帯電させるための放電スイッチとを備えるようにして、この放電スイッチが前述した遠隔操作型の制御スイッチを構成するのがよい。このようにすることで、大気圧下で外部電源に接続してコンデンサを充電した上で、該クリーニング装置を真空閉空間内に配して放電スイッチをオンにすれば、真空状態で静電吸着力を発現させることができる。また、電源を内蔵するかわりに、コンデンサ等の蓄電素子を内蔵させることにより、吸着制御部をより小型にできることから、例えばクリーニング装置自体の封止をより確実に行うことができる点でも好都合である。

[0018] 更に、吸着制御部には、帯電した吸着電極の電荷を逃がすためのGND端子と、吸着電極とGND端子との間を接続するGNDスイッチとを備えるようにしてもよい。真空処理室内の異物を吸着した後、このGNDスイッチをオンにしてGND端子から電荷を逃がすことで、異物吸着部の絶縁体の表面から異物を容易に取り除くことができるようになる。

[0019] ここで、異物吸着部の絶縁体の表面から異物を取り除くのは、半導体製造装置の真空処理室からクリーニング装置を搬出した後であればよく、例えば、クリーニング装置を前述の中間搬送室に移して、真空を維持したままGNDスイッチをオンにして、GND端子から電荷を逃がすようにしてもよく、中間搬送室からクリーニング装置を搬出して、大気下でGNDスイッチをオンにするようにしてもよい。真空下でGNDスイッチをオンすることができるようにするためには、このGNDスイッチについても、上述したような外部操作可能な遠隔操作型のスイッチで構成すればよい。

[0020] また、本発明におけるクリーニング装置の異物吸着部については、一对の電極からなる吸着電極が絶縁体の内部に設けられて、この絶縁体の表面に発生した静電吸着力により、半導体製造装置の真空処理室内の異物を吸着することができるものであればよい。ここで、真空処理室内でプラス帯電した異物とマイナス帯電した異物との両方に対応するために、吸着電極是一对の電極からなるようにして、一方がプラス側、他方がマイナス側に帯電するようにする。

[0021] この異物吸着部は、その形状やサイズ等については特に制限されないが、異物を除去する対象の半導体製造装置が取り扱うウエハやガラス基板等の被処理物の形状等に揃えるようにするのが望ましい。また、その材質や形成手段等についても特に制限されず、例えば、ポリイミド、ポリエチレンテレフタレート（PET）、フッ素樹脂等からなる2つの樹脂フィルムの間に、金属箔により形成された所定の形状の吸着電極が挟み込まれるようにして、これらが積層した樹脂製の絶縁体により異物吸着部を形成してもよく、2つのグリーンシート的一方に、所定の形状の吸着電極となるように金属層を形成して、これらを重ねて焼成したセラミックス製の絶縁体により異物吸着部を形成してもよく、これら以外の方法や材料等により異物吸着部を形成するようにしてもよい。

[0022] 更に、本発明におけるクリーニング装置は、異物吸着部及び吸着制御部が、ウエハやガラス基板のような半導体製造装置での被処理物を模した形状の基体部と一体的に設けられるようにしてもよい。これにより、被処理物の搬入手段や搬入経路を利用して、クリーニング装置を容易に真空処理室内に搬入することができる。その際、異物吸着部の絶縁体の表面が真空処理室内のウエハ載置台側に対向するように、基体部の裏面に異物吸着部を配することで、ウエハ載置台上の異物を除去するのに効果的である。また、ウエハ載置台側とは反対の真空処理室内の処理空間側に異物吸着部の絶縁体の表面を向けるように、基体部の表面に異物吸着部を配することで、真空処理室内の処理空間に漂うような異物を除去することが可能である。

[0023] ここで、異物吸着部の絶縁体の表面を真空処理室内のウエハ載置台側に対向させるように、基体部の裏面に異物吸着部を配する場合には、異物吸着部における絶縁体の表面とウエハ載置台との間を互いに離間させるための突起部を設けるようにしてもよい。これにより、異物吸着部の絶縁体とウエハ載置台との間に異物が挟み込まれて、異物を碎いてしまったり、異物によって異物吸着部の絶縁体やウエハ載置台の表面に傷をつけてしまうおそれを排除することができる。

[0024] また、このような突起部を設けた上で、異物吸着部の絶縁体の表面には、粘着性を有した粘着層を備えるようにしてもよい。これにより、一旦吸着した異物をより確実に捕捉することができ、例えばクリーニング装置の搬送途中で異物を落下させてしまうなど、吸着した異物による再汚染のおそれを排除することができる。ここで、粘着層としては、例えば高純度シリコン系粘着剤等を塗布して形成することができるが、真空処理室内で何らかのガスが発生するおそれが少ないもの（デガスの少ないもの）を用いるようにするのが望ましい。

[0025] 本発明において、異物を除去する対象の半導体製造装置については特に制限はなく、半導体製造プロセスとして被処理物を真空下で処理する真空処理室を備えたものであれば適用可能であるが、なかでも、好適には、被処理物を静電吸着力により吸着保持する静電チャックを使用したものである。このような半導体製造装置としては、例えば、イオン注入装置、イオンドーピング装置、エッチング装置、CVD装置、アッシング装置、ステッパー装置、リソグラフィー装置、液晶基板製造装置、ウエハ検査装置を挙げることができる。また、除去する異物としては、冒頭で述べたとおりであり、半導体製造プロセスで発生した、或いは混入した真空処理室内での様々なものが対象となる。

発明の効果

[0026] 本発明のクリーニング装置によれば、外部からの操作が可能な遠隔操作型の制御スイッチを用いて、真空状態にあるクリーニング装置を帯電させて静

電吸着力を発現させることができることから、大気圧下で発生させた静電吸着力が真空状態で劇的に減少してしまうような問題がなく、実効性を高めて真空処理室内の異物を除去することができるようになる。

図面の簡単な説明

[0027] [図1] 図1は、本発明に係るクリーニング装置の説明図であり、図1（a）は平面図（表面）を示し、図1（b）は断面図（X-X'）を示し、図1（c）は平面図（裏面）を示している。

[図2] 図2は、真空処理室内でのクリーニング装置の使用形態を示した説明図である。

[図3] 図3は、クリーニング装置の変形例に基づく使用形態を示した説明図である。

[図4] 図4は、吸着制御部を形成する吸着制御回路の第一の例を示した説明図である。

[図5] 図5は、第一の例の吸着制御回路に外部電源を接続してコンデンサを充電する様子を示した説明図である。

[図6] 図6は、第一の例の吸着制御回路においてコンデンサを放電して吸着電極を帯電させる様子を示した説明図である。

[図7] 図7は、コンデンサから吸着電極への電荷の移動について計算するための説明図であり、図7（a）は外部電源を接続した状態を示し、図7（b）は外部電源を切り離してコンデンサと吸着電極とを接続した状態を示す。

[図8] 図8は、第一の例の吸着制御回路においてGND端子をGNDに接続して吸着電極の電荷を逃がす様子を示した説明図である。

[図9] 図9は、吸着制御部を形成する吸着制御回路の第二の例を示した説明図である。

[図10] 図10は、吸着制御部を形成する吸着制御回路の第三の例を示した説明図である。

[図11] 図11は、吸着制御部を形成する吸着制御回路の第四の例を示した説明図である。

[図12]図12は、試験例1で使用した試験装置を説明するための模式図である。

[図13]図13は、試験例1での測定条件及び圧力条件の概要を説明するための模式図である。

[図14]図14は、試験例1における吸着力の測定結果を示すグラフである。

[図15]図15は、試験例2で使用した試験装置を説明するための模式図である。

[図16]図16は、試験例2での測定条件及び圧力条件の概要を説明するための模式図である。

[図17]図17は、試験例2における表面電位の測定結果を示すグラフである（大気圧維持条件の場合）。

[図18]図18は、試験例2における表面電位の測定結果を示すグラフである（真空経由条件の場合）。

発明を実施するための形態

[0028] 以下、本発明についてより詳しく説明する。

図1には、本発明に係るクリーニング装置の一例が示されている。このクリーニング装置は、図1（b）の断面図で示したように、シリコンウエハやアルミナ等からなる円板状の基体部1の一方の面（裏面）に異物吸着部4が設けられ、もう一方の面（表面）に吸着制御部5が設けられている。また、基体部1の裏面には、異物吸着部4の外側において、基体部1を円周方向に略4等分する位置に4つの突起部6が備え付けられている。

[0029] このうち、異物吸着部4は、図1（b）の断面図や図1（c）の平面図（裏面）で示されるように、互いに貼り合わされて絶縁体を構成する2枚の円形ポリイミドフィルム2の間において、銅箔からなる一对の半円状の吸着電極3a、3bが介在してなる。また、吸着制御部5については、これらの吸着電極3a、3bを帯電させて静電吸着力を発現させる吸着制御回路を有してなり、図1（a）の平面図（吸着制御部5の表面）で示されるように、後述する外部電源との接続端子となる入力端子7a、7bと、帯電した吸着電極3a、3bの電

荷を逃がすためのGND端子8とを備えている。そして、これら異物吸着部4及び吸着制御部5は、それぞれボンディングシートによって基体部1に接合される。なお、この図1では半円状の吸着電極3a、3bの例を示したが、吸着電極3a、3bの形状はこれに制限されずに、例えば櫛歯型の吸着電極3a、3b等を用いるようにしてもよい。

[0030] また、図2には、図1に係るクリーニング装置の真空処理室内での使用形態が示されている。すなわち、異物吸着部4を形成する絶縁体の表面（ポリイミドフィルム2の表面）を真空処理室内の静電チャック等のウエハ載置台31と対向するように配することで、ウエハ載置台上の異物を除去することができる。その際、突起部6を設けたことから、異物吸着部4とウエハ載置台との間が距離dで互いに離間し、これらの間に異物が挟み込まれて異物を砕いてしまったり、異物によって異物吸着部4やウエハ載置台の表面に傷をつけてしまうおそれもない。

[0031] 更に、図3には、上記クリーニング装置の変形例に基づく使用形態が示されている。すなわち、この図3に示したように、ウエハ載置台31とは反対の真空処理室内の処理空間側に向けて異物吸着部4を設けて、異物を除去するようにしてもよい。

[0032] ここで、吸着制御部5を形成する吸着制御回路について、図4～図8には、第一の例が示されている。この第一の例に係る吸着制御回路は、図4に示されるように、外部電源（図示外）との接続端子となる入力端子7a、7bと、外部電源の電圧により充電されて電荷が蓄えられるコンデンサ9と、このコンデンサ9に蓄えられた電荷を放電して吸着電極3（3a、3b）を帯電させるための放電スイッチ10a、10bとを備える。また、入力端子7aとコンデンサ9との間、及び、入力端子7bとコンデンサ9の間には、それぞれダイード11a、11bが設けられている。これによって、真空処理室内の圧力が易放電領域を通過するような場合でも、コンデンサ9から入力端子7a、7b側に向けて電流が流れることはなく、吸着電極3を帯電させる前にコンデンサ9が放電するのを防ぐことができる。更には、この吸着制御回路には、帯電した吸着電極

3 (3a、3b) の電荷を逃がすための GND 端子 8 と、吸着電極 3 と GND 端子 8 との間を接続する GND スイッチ 12a、12b とを備えている。

- [0033] このうち、放電スイッチ 10a、10b は、それぞれ外部操作が可能な遠隔操作型のスイッチ（制御スイッチ）であり、タイマー式スイッチ、レーザー感知式スイッチ、磁力で動作するリードスイッチ等を挙げることができる。なかでも、この図 4 の吸着制御回路における放電スイッチ 10a、10b には、コンデンサ 9 と吸着電極 3 との間での伝導電流が通電するため、少なくとも 1 kV 程度の電圧に耐え得る高耐圧仕様のものを用いる必要があり、現時点でこのような仕様のものが入手しやすいことから、好ましくはリードスイッチであるのがよい。具体的には、Standex Electronics 社製商品名 KSK-1A83-100150 等の市販品を例示することができる。なお、GND スイッチ 12a、12b についても同様に高耐圧仕様のものを用いるようにすればよい。
- [0034] そして、図 4 の吸着制御回路を備えたクリーニング装置を用いて、半導体製造装置の真空処理室内の異物を除去するにあたり、先ずは、図 5 に示したように、大気圧下で外部電源 13 の出力端子 13a、13b を入力端子 7a、7b にそれぞれ接続して、コンデンサ 9 を充電する。その際、外部電源 13 として高圧電源を用いるようにするのがよく、好ましくは、V+ の出力端子 13a から（+）1～5 kV 程度、V- の出力端子 13b から（-）1～5 kV 程度の高電圧が入力されるようにするのがよい。
- [0035] コンデンサ 9 を充電した後は、外部電源 13 から切り離れたクリーニング装置を真空閉空間内に移動させる。次いで、図 6 に示したように、外部操作によって放電スイッチ 10a、10b をそれぞれオンにすることで、コンデンサ 9 を放電して吸着電極 3 を帯電させる。この外部操作にあたって、例えば、リードスイッチを用いる場合には、半導体製造装置の真空処理室や搬送ロボットを使用する中間搬送室等の真空閉空間内もしくは、磁力を妨げないガラス製ビューポート等を介して外部に磁石等を取り付けておくようにすればよく、具体的には、中間搬送室内の壁面や中間搬送室と真空処理室とを結ぶ真空

処理室の入り口等に磁石等を設けておき、クリーニング装置が真空状態で配置されたときに、放電スイッチ10a、10bの回路を閉ざすことができるようにしておけばよい。また、レーザー感知式スイッチの場合には、中間搬送室や真空処理室等の真空閉空間のいずれかにレーザー照射窓を設けておくようにすればよく、タイマー式スイッチであれば、真空処理室内にクリーニング装置が配されるタイミングを見計らってタイマーを設定しておけばよい。

[0036] コンデンサ9については、一对の吸着電極3（3a、3b）をコンデンサと見立ててその静電容量を C_{ESC} とし、コンデンサ9の静電容量を C_C とすれば、コンデンサ9の静電容量 C_C は吸着電極3の静電容量を C_{ESC} よりも大きくなるようにするのがよく、好ましくは、コンデンサ9の静電容量 C_C が吸着電極3の静電容量 C_{ESC} の10倍以上（ $C_C \geq 10 \times C_{ESC}$ ）となるようにするのがよい。これによって、計算上では、外部電源13の出力電圧の9割以上の電圧を吸着電極3にかけることができ、吸着電極3（3a、3b）を帯電させた後は、特に、リードスイッチ10a、10bをオンの状態で維持する必要もない。吸着電極3を帯電させる上では、コンデンサ9の静電容量 C_C はできるだけ大きいものであればよく、その上限を規定するのは難しいが、コンデンサ9の静電容量 C_C をある程度以上の大きさにしても吸着電極3にかかる電圧の増加量は少なくなり、効果が飽和することから、静電容量 C_C が静電容量 C_{ESC} の50倍程度のコンデンサ9を用いれば十分であると言える。

[0037] このような関係について、図7（a）に示したように、外部電源13と接続してコンデンサ9を充電させた状態における吸着制御回路の電圧を V_i 、コンデンサ9の電荷を Q_{ci} 、コンデンサ9の静電容量を C_C 、吸着電極3の静電容量を C_{ESC} とし、また、図7（b）に示したように、外部電源13を切り離れた上で、コンデンサ9と吸着電極3とを接続して吸着電極3を帯電させた状態での吸着制御回路の電圧を V_f 、コンデンサ9の電荷を Q_{cf} 、吸着電極3の電荷を Q_{ESC} とすれば、これらは次のように表すことができる。すなわち、電荷の総量はコンデンサ9と吸着電極3の接続の前後で変わらないことから、下記式（1）が成り立つ。

$$Q_{ci} = Q_{cf} + Q_{ESC} \quad \dots (1)$$

また、静電容量の関係式 $Q = CV$ を用いて上記式 (1) を書き換えると、下記式 (2) 及び (3) で表すことができる。

$$C_c V_i = C_c V_f + C_{ESC} V_f \quad \dots (2)$$

$$V_f = [C_c / (C_c + C_{ESC})] V_i \quad \dots (3)$$

[0038] ここで、静電容量 C_c が吸着電極 3 の静電容量 C_{ESC} の 10 倍のコンデンサ 9 を使う場合を想定すると、上記式 (3) に基づく計算では、下記式 (4) のとおり、吸着電極 3 に掛かる電圧は外部電源 13 の電圧の約 0.91 倍となることが分かる。

$$V_f = [10 C_{ESC} / (10 C_{ESC} + C_{ESC})] V_i = (10 / 11) V_i = 0.91 V_i \quad \dots (4)$$

一方で、実際に静電容量 C_c が吸着電極 3 の静電容量 C_{ESC} の約 11 倍のコンデンサ 9 を使って、コンデンサ 9 から吸着電極 3 に放電した場合の吸着電極 3 の表面電位を調べたところ、コンデンサ 9 を介さずに吸着電極 3 を直接外部電源 13 に接続したときの吸着電極 3 の表面電位の約 0.7 倍になることを確認した。コンデンサ 9 を介した場合の表面電位の低下について、その理由としては電荷の漏れや抵抗によるロス等が考えられるが、上記 (4) の計算結果を踏まえると、ほぼ想定したとおりに、コンデンサ 9 からの放電により吸着電極 3 を帯電させることができると言える。

[0039] 吸着電極 3 を帯電させて、異物吸着部 4 を成す絶縁体の表面に静電吸着力を発現させたクリーニング装置を半導体製造装置の真空処理室内に配して異物を吸着した後は、異物を吸着した状態でクリーニング装置を真空処理室の外部に取り出す。そして、図 8 に示したように、GND 端子 8 を GND (大地) に接地すると共に、GND スイッチ 12a、12b 及びリードスイッチ 10a、10b をそれぞれオンにすることで、吸着電極 3 に帯電した電荷を逃がして静電吸着力を解除し、異物吸着部 4 に吸着した異物を取り除く。その際、例えば中間搬送室等のような真空下でクリーニング装置の静電吸着力を解除するようにしてもよく、大気圧下でクリーニング装置の静電吸着力を解除するように

してもよい。異物を取り除いたクリーニング装置は、当然のことながら再び真空処理室内の異物の除去に使用することができる。

[0040] また、吸着制御部5を形成する吸着制御回路については、図9に示した第二の例のように構成することもできる。この第二の例に係る吸着制御回路は、コンデンサ9と吸着電極3とを接続する放電スイッチがスイッチング回路で形成されている点で第一の例と相違する。すなわち、この第二の例では、コンデンサ9に蓄えられた電荷を放電して吸着電極3を帯電させるための放電スイッチが、ソリッドステートリレー14a、14bと、これらソリッドステートリレー14a、14bを作動させるための電池15a、15bと、これらの電池とソリッドステートリレーとを接続するための回路スイッチ16a、16bとを有したスイッチング回路からなり、このうち回路スイッチ16a、16bとして、例えば、タイマー式スイッチ、レーザー感知式スイッチ、磁力で動作するリードスイッチ等の外部操作が可能な遠隔操作型のスイッチを用いるようにする。

[0041] ここで、ソリッドステートリレー14a、14bは可動接点部分がない無接点リレーであるため、電子回路の働きによりオン／オフを電子的に行うことができる。つまり、ソリッドステートリレー14a、14bにはコンデンサ9と吸着電極3との間での伝導電流が通電するため、第一の例で述べたような高耐圧仕様のものを用いるようにすればよく、外部操作が可能な遠隔操作型の回路スイッチ16a、16bについては高耐圧である必要はなく、汎用的なものを用いることができるようになる。このようなソリッドステートリレーとして、具体的には、Panasonic社製商品名AQV258A等の市販品を挙げることができる。

[0042] この第二の例に係る吸着制御回路は、スイッチング回路によって放電スイッチを構成する点以外は第一の例と同様である。すなわち、外部電源との接続による大気圧下でのコンデンサ9の充電、真空閉空間内でのコンデンサ9の放電による吸着電極3の帯電、真空処理室内の異物を吸着した後の静電吸着力の解除等については、第一の例で説明した内容と同様にして行うことができる。

[0043] また、吸着制御部 5 を形成する吸着制御回路は、図 10 に示した第三の例のように構成することもできる。この第三の例では、吸着制御部が静電吸着力を発現させるための電源を内蔵する点で先の第一、第二の例とは異なる。すなわち、この第三の例に係る吸着制御回路は、電圧を昇圧する昇圧回路 17 と、昇圧回路 17 を作動させる電池 18 と、昇圧回路 17 からの高電圧出力により吸着電極 3 を帯電させるための電圧印加スイッチ 19 とを備えている。

[0044] ここで、電圧印加スイッチ 19 としては、外部操作が可能な遠隔操作型のスイッチ（制御スイッチ）を用いるようにし、例えば、タイマー式スイッチ、レーザー感知式スイッチ、磁力で動作するリードスイッチ等を挙げることができるが、好ましくはリードスイッチである。但し、この場合には、電池 18 と昇圧回路 17 とを繋ぐためのスイッチであることから、特に高耐圧仕様のものを用いる必要はない。また、昇圧回路 17 については、吸着電極 3 を帯電させて静電吸着力を発現させる上で、V+ の出力端子 17a から（+）1 ～ 5 kV 程度、V- の出力端子 17b から（-）1 ～ 5 kV 程度の高電圧を出力できるものであるのがよい。このような昇圧回路 17 としては特に制限はなく、コッククロフト・ウォルトン回路等のような公知のものを用いることができる。

[0045] 図 10 に示したような電源内蔵型の吸着制御回路を備えたクリーニング装置を用いて、半導体製造装置の真空処理室内の異物を除去するにあたっては、クリーニング装置を中間搬送室や真空処理室等の真空閉空間内に配して、真空状態で電圧印加スイッチ 19 をオンにする。これにより、異物吸着部 4 を成す絶縁体の表面に静電吸着力が発現するため、クリーニング装置を半導体製造装置の真空処理室内に配して異物を吸着する。真空処理室内の異物の吸着を終えた後には、異物を吸着した状態でクリーニング装置を真空処理室の外部に取り出し、電圧印加スイッチ 19 をオフにすることで、静電吸着力を解除して異物吸着部 4 から異物を取り除く。この電圧印加スイッチ 19 をオフにするのは真空状態であってもよく、大気圧状態であってもよい。

[0046] 更に、吸着制御部5を形成する吸着制御回路は、図11に示した第四の例のように構成することもできる。この第四の例は、先の第三の例と同様に吸着制御部が電源を内蔵するものであるが、昇圧回路17と吸着電極3との間にダイオード20a、20bを設けている点、及び、帯電した吸着電極3の電荷を逃がすためのGND端子21と、吸着電極3とGND端子21との間を接続するGNDスイッチ22a、22bとを設けている点で相違する。すなわち、ダイオード20a、20bを設けたことで、昇圧回路17からの高電圧出力による吸着電極3の帯電が整流作用により維持されるため、吸着電極3を帯電させた後は、電圧印加スイッチ19をオンの状態で維持し続ける必要がなくなる。また、GND端子21を設けたことで、真空処理室内の異物の吸着を終えた後には、GNDスイッチ22a、22bをオンにすることで、吸着電極3に帯電した電荷を逃がして静電吸着力を解除し、異物吸着部4に吸着した異物を取り除くことができる。これら以外については第三の例の場合と同様である。

実施例

[0047] (試験例1)

真空処理室内で発現する静電吸着力を比較するために、大気圧下で吸着電極を帯電させた場合の静電吸着力と、真空下で吸着電極を帯電させた場合の静電吸着力について、次のようにして吸着力を測定する試験を行った。図12には、この試験で使用した試験装置が示されており、図示外のロータリーポンプと接続した真空チャンバー23内に試験用クリーニング装置を配しており、試験用クリーニング装置の上方には、50mm×48mmサイズ(24cm²)に切り出したシリコンウエハ24が取り付けられたロードセル25が設けられている。試験用クリーニング装置は、約120mm×120mm、厚さ約5mmのアルミ製ベース(基体部)1の上面に異物吸着部4を備えており、反対側のアルミ製ベース1の下面には両面テープ26が貼られて、真空チャンバー23の内壁底面部に固定されている。なお、シリコンウエハ24については、破損を防ぐために(ウエハの割れや欠けによる真空チャンバー内の汚染を防ぐために)、試験用クリーニング装置に対向する面とは反対側に

ポリイミド製の保護フィルムを貼着した。

[0048] この試験用クリーニング装置を準備するにあたり、まず、厚さ約 $10\mu\text{m}$ の銅箔が積層した厚さ $50\mu\text{m}$ のポリイミドフィルムを用意し、銅箔部分をエッチングして、約 $58\text{mm}\times 110\text{mm}$ の2つの角型電極が対向した吸着電極を形成した。次いで、厚さ約 $10\mu\text{m}$ のボンディングシートを用いて、銅箔エッチング後のポリイミドフィルムと厚さ $50\mu\text{m}$ のポリイミドフィルムとを貼り合わせた後、吸着電極3の外周に沿って約 $120\text{mm}\times 120\text{mm}$ のサイズに切り出すことで、2枚のポリイミドフィルムからなる絶縁体の内部に吸着電極を備えた異物吸着部4を作製した。また、この異物吸着部4の吸着電極3を形成する一对の角型電極3a、3bには、それぞれシリコンケーブル27a、27bを繋いで、その先端を真空チャンバー23の外部に引き出し、それぞれにリードスイッチ（Standex Electronics社製商品名KSK-1A83-100150）28a、28bを接続した。なお、これらシリコンケーブル27a、27bは円筒状の金属部品（図示外）に通して、該金属部品を真空チャンバーに差し込み、その隙間はOリングで密封するようにした。

[0049] 上記のようにして準備した試験装置を用いて、大気圧下で吸着電極を帯電させる場合について、まずは、（1）予め、試験用クリーニング装置のリードスイッチ28a、28bをGNDに接続してスイッチをオンにし、吸着電極3の帯電を除去（リセット）した上で、再度リードスイッチ28a、28bをオフにした。次いで、（2）リードスイッチ28a、28bの入力端子側に図示外の高電圧電源を接続して、リードスイッチ28a、28bをオンにして吸着電極3（3a、3b）に直流 $\pm 400\text{V}$ を印加し、これを10秒間維持した（リードスイッチを10秒間オンにした）。次に、（3）リードスイッチ28a、28bをオフにした後（電圧印加終了後）、高電圧電源のスイッチをオフにしてから（リードスイッチがオンのまま高電圧電源をオフにすると、帯電が抜けてしまうためであり、また、リードスイッチをオフにした後、電源オンのまま切り離すと、リードスイッチの電源に繋がっていた側に帯電が残ってしまうため）、リードスイッチ28a、28bと高電圧電源とを切り離した。そして、（4）リードスイッ

チ28a、28bをオフにしてから2分後、図示外のロータリーポンプを稼働して真空引きを開始したところ、およそ3分後には真空チャンバー23内の圧力は40～50Pa程度まで減圧された。そこで、(5)リードスイッチ28a、28bをオフにしてから5分後、ロードセル25を下降させて、試験用クリーニング装置の異物吸着部4にシリコンウエハ24を載置した。次いで、(6)リードスイッチ28a、28bをオフにしてから5分30秒後、ロードセル25を上昇させてシリコンウエハ24を引き上げ、吸着力を測定した。

[0050] 一方の真空下で吸着電極を帯電させる場合については、先にチャンバー23内を真空状態にした上で、上記と同様に吸着力の測定を行った。すなわち、まず、(4)ロータリーポンプを稼働して真空チャンバー23内の圧力を40Pa程度まで減圧した後、(1)リードスイッチ28a、28bをGNDに接続してスイッチをオンにして吸着電極3の帯電を除去した上で、再度リードスイッチ28a、28bをオフにし、(2)リードスイッチ28a、28bの入力端子側に図示外の高電圧電源を接続して、リードスイッチ28a、28bをオンにして吸着電極3(3a、3b)に直流±400Vを印加し、これを10秒間維持した。次に、(3)リードスイッチ28a、28bをオフにした後、高電圧電源のスイッチをオフにしてから、リードスイッチ28a、28bと高電圧電源とを切り離した。そして、(5)リードスイッチ28a、28bをオフにしてから5分後、ロードセル25を下降させて、試験用クリーニング装置の異物吸着部4にシリコンウエハ24を載置し、(6)リードスイッチ28a、28bをオフにしてから5分30秒後、ロードセル25を上昇させてシリコンウエハ24を引き上げ、吸着力を測定した。

[0051] 図13には、大気圧下で発生させた静電吸着力と真空下で発生させた静電吸着力とを比較する上での測定条件及び圧力条件の概要を示している。また、図14には、これらの測定結果が示されている。吸着力の測定は、大気圧下、真空下ともに、それぞれ2回ずつ行っており、図14では、シリコンウエハ(Siウエハ)の単位面積あたりの吸着力を平均値で示している。このグラフから分かるように、真空下で発生させた静電吸着力の方が、大気圧下で

発生させた静電吸着力に比べて遥かに優れた結果（6～7倍）を示した。ちなみに、図14では、真空下で吸着電極を帯電させる場合の手順のうち、（2）の高電圧電源への接続を行わずに吸着力を測定したときの値を併せて示している。

[0052] （試験例2）

吸着電極を帯電させたときの表面電位について、大気圧で維持する大気圧維持条件の場合と、大気圧から真空にして再び大気圧に戻す真空経由条件の場合とを比較するために、次のようにして表面電位を測定する試験を行った。なお、使用した表面電位測定装置（春日電機社製KSD-3000）の都合上、真空下で表面電位を測定することができなかったため、ここでは上記のような条件を採用した。

[0053] 図15には、この試験で使用した試験装置が示されている。まず、試験用クリーニング装置は、約120mm×120mm、厚さ約5mmのアルミ製ベース（基体部）1の下面側に異物吸着部4を備えており、この異物吸着部4は試験例1の場合と同様にして作製したものである。また、異物吸着部4の吸着電極3を形成する一对の角型電極3a、3bには、それぞれシリコンケーブル27a、27bを繋いで、その先端にはリードスイッチ（Standex Electronics社製商品名KSK-1A83-100150）28a、28bを接続して、試験例1の場合と同様であるが、この試験例2では、後述するように、リードスイッチ28a、28bを含めて真空チャンバー23内に配することから、シリコンケーブル27a、27bとリードスイッチ28a、28bとを接続した部分のはんだや剥き出しの導線はEVA樹脂でポッティングして絶縁処理29を施している。更に、アルミ製ベース1の下面側周辺部にはアルミ製のスペーサー（突起部）30を設けており、真空チャンバー23内に試験用クリーニング装置を設置した際に、真空チャンバー23の内壁底面部と異物吸着部4との間に約5mmの距離dが空くようにしている。

[0054] 上記のようにして準備した試験例2に係るクリーニング装置を用いて、吸着電極を帯電させたときの表面電位を以下のようにして測定した。

先ず、クリーニング装置を終始大気圧で維持する場合について、(1) リードスイッチ28a、28bの入力端子側に図示外の高電圧電源を接続し、リードスイッチ28a、28bをオンにして吸着電極3 (3a、3b) に直流±3.5 kVを印加して、この電圧印加の状態で異物吸着部4の表面電位を測定した〔測定(i)〕。次に、(2) リードスイッチ28a、28bをオフにすると共に、高電圧電源をオフにしてから、リードスイッチ28a、28bから高電圧電源を切り離し、リードスイッチをオフにした直後の異物吸着部4の表面電位を測定した〔測定(ii)〕。次に、(3) この試験用クリーニング装置を図示外のロータリーポンプと接続した真空チャンバー23に入れて、大気圧状態のままで5分間待機した。最後に、(4) 試験用クリーニング装置を真空チャンバー23から取り出し、(2) でリードスイッチ28a、28bをオフにしてから10分経過したタイミングで異物吸着部4の表面電位を測定した〔測定(iii)〕。

[0055] 一方、大気圧状態のクリーニング装置を一旦真空状態にした後、再び大気圧に戻す場合については、先の(3)において、試験用クリーニング装置を真空チャンバー23に入れて5分間ロータリーポンプを稼働させるようにした以外は上記(1)～(4)と同様にした。すなわち、(1) 高電圧電源を接続して吸着電極3 (3a、3b) に直流±3.5 kVを印加した状態で異物吸着部4の表面電位を測定し〔測定(i)〕、次いで、(2) リードスイッチ28a、28bをオフにした直後の異物吸着部4の表面電位を測定し〔測定(ii)〕、次に、(3) 試験用クリーニング装置を真空チャンバー23に入れてロータリーポンプを稼働させ、5分間減圧して真空チャンバー23内の圧力が40 Pa程度の真空になった後、(4) 再び真空チャンバー23内を大気圧に戻して、試験用クリーニング装置を真空チャンバー23から取り出し、(2) でリードスイッチ28a、28bをオフにしてから10分経過したタイミングで異物吸着部4の表面電位を測定した〔測定(iii)〕。

[0056] 図16には、圧力環境を変化させたときの表面電位を比較する上での測定条件及び圧力条件の概要を示している。また、図17及び図18には、これらの測定結果が示されている。このうち、図17は、クリーニング装置を終

始大気圧で維持した大気圧維持条件での表面電位の測定結果であり、いずれにおいてもほぼ同程度の表面電位を示し、特に、リードスイッチをオフにして10分経過後の表面電位は、電圧印加状態での約92%に相当する高い値を示した。これに対して、図18は、真空経由条件での結果であり、リードスイッチをオフにして10分経過後の表面電位は、電圧印加状態での約14%に相当する値まで低下していた。

[0057] 図18に示されるような表面電位低下の原因は、大気圧から真空への環境変化によるものと、真空から大気圧への環境変化によるものの2通りが挙げられるが、先の試験例1の結果を考慮すると、少なくとも大気圧から真空への環境変化の場合にも表面電位が低下していることが考えられる。つまり、これらの試験例から分かるように、大気圧下で帯電させて得られた静電吸着力は、真空状態に持ち込まれることで劇的に減少してしまう（この理由については現時点で十分に明らかになっていない）。なお、この試験例2における表面電位は、吸着電極における一対の角型電極3a、3bでの表面電位の差を表す。

符号の説明

[0058] 1：基体部、2：ポリイミドフィルム、3：吸着電極、4：異物吸着部、5：吸着制御部、6：突起部、7：入力端子（接続端子）、8：GND端子、9：コンデンサ、10：放電スイッチ、11：ダイオード、12：GNDスイッチ、13：外部電源、14：ソリッドステートリレー、15：電池、16：回路スイッチ、17：昇圧回路、18：電池、19：電圧印加スイッチ、20：ダイオード、21：GND端子、22：GNDスイッチ、23：真空チャンバー、24：シリコンウエハ、25：ロードセル、26：両面テープ、27：シリコンケーブル、28：リードスイッチ、29：絶縁処理、30：スペーサー、31：ウエハ載置台。

請求の範囲

- [請求項1] 半導体製造装置の真空処理室内における異物を除去するためのクリーニング装置であって、
- 一対の電極からなる吸着電極が絶縁体の内部に設けられた異物吸着部と、制御スイッチをオンにして前記吸着電極を帯電させ、前記絶縁体の表面に静電吸着力を発現させて異物を吸着可能にする吸着制御部とを備えており、
- 前記吸着制御部の制御スイッチが外部操作可能な遠隔操作型のスイッチであり、真空状態で閉ざされた真空閉空間内の該クリーニング装置に対して制御スイッチをオンにすることで、真空状態で発現させた静電吸着力により真空処理室内の異物を除去することができることを特徴とするクリーニング装置。
- [請求項2] 前記吸着制御部が、外部電源との接続端子と、外部電源の電圧により充電されて電荷が蓄えられるコンデンサと、コンデンサに蓄えられた電荷を放電して吸着電極を帯電させるための放電スイッチとを備えていると共に、該放電スイッチが前記制御スイッチを構成し、
- 大気圧下で前記接続端子に外部電源を接続して前記コンデンサを充電した上で、該クリーニング装置を真空閉空間内に配して前記放電スイッチをオンにすることで、真空状態で静電吸着力を発現させる請求項1に記載のクリーニング装置。
- [請求項3] 前記放電スイッチが、磁力で動作するリードスイッチであり、該リードスイッチにはコンデンサと吸着電極との間での伝導電流が通電する請求項2に記載のクリーニング装置。
- [請求項4] 前記放電スイッチが、ソリッドステートリレーと、ソリッドステートリレーを作動させる電池と、これらを接続する回路スイッチとを有したスイッチング回路からなり、該回路スイッチが、タイマー式スイッチ、レーザー感知式スイッチ、及び磁力で動作するリードスイッチからなる群から選ばれたいずれかの遠隔操作型スイッチである請求項

2に記載のクリーニング装置。

- [請求項5] 前記吸着制御部が、電圧を昇圧する昇圧回路と、昇圧回路を作動させる電池と、昇圧回路からの高電圧出力により吸着電極を帯電させるための電圧印加スイッチとを備えていると共に、該電圧印加スイッチが前記制御スイッチを構成し、
- 該クリーニング装置を真空閉空間内に配して電圧印加スイッチをオンにすることで、真空状態で静電吸着力を発現させる請求項1に記載のクリーニング装置。
- [請求項6] 前記電圧印加スイッチが、タイマー式スイッチ、レーザー感知式スイッチ、及び磁力で動作するリードスイッチからなる群から選ばれたいずれかの遠隔操作型スイッチである請求項5に記載のクリーニング装置。
- [請求項7] 前記吸着制御部が、昇圧回路と吸着電極との間にダイオードを有して、昇圧回路からの高電圧出力による吸着電極の帯電が整流作用により維持される請求項5又は6に記載のクリーニング装置。
- [請求項8] 前記吸着制御部が、帯電した吸着電極の電荷を逃がすためのGND端子と、吸着電極とGND端子との間を接続するGNDスイッチとを備えており、真空処理室内の異物を吸着した後、GNDスイッチをオンにすることで、異物吸着部の絶縁体の表面から異物を取り除くことができる請求項1～7のいずれかに記載のクリーニング装置。
- [請求項9] 前記異物吸着部及び吸着制御部が、基体部の一方の面に一体的に設けられており、異物吸着部の絶縁体を真空処理室内のウエハ載置台と対向するように配して、ウエハ載置台上の異物を除去する請求項1～8のいずれかに記載のクリーニング装置。
- [請求項10] 前記異物吸着部における絶縁体の表面とウエハ載置台との間が互いに離間するための突起部を更に備える請求項9に記載のクリーニング装置。
- [請求項11] 前記異物吸着部における絶縁体の表面が、粘着性を有した粘着層を

備える請求項 10 に記載のクリーニング装置。