明　細　書

発明の名称 ： 基板処理装置

技術分野

[0001]　本発明は、半導体ウエハなどの基板処理装置に関するものである。

背景技術

[0002]　処理槽に貯留したリン酸水溶液に半導体ウエハ等の基板を浸漬し、基板の表面に形成された例えばシリコン窒化膜等をウェットエッチングにより除去する基板処理装置がある。このようなウェットエッチングを行う基板処理装置として、複数枚の基板を所定のピッチで起立させて保持した状態で処理槽内のリン酸水溶液等の処理液に浸漬してエッチング処理を行うバッチ式のものが知られている。バッチ式の基板処理装置は、装置の小型化のために、複数枚の基板を保持するピッチが小さくされていることが多い。

[0003]　処理槽内の処理液中に不活性ガス（例えば窒素ガス）の気泡を形成することによって、処理液の上昇流を促進する基板処理装置が知られている（例えば、特許文献１を参照）。特許文献１の基板処理装置では、リン酸水溶液からなる処理液中に不活性ガスの気泡を形成するために、処理槽内において複数枚の基板の下方に、複数のガスノズルを配置し、各ガスノズルから不活性ガスを吐出させることによって、処理槽内の処理液に上昇流を生じさせる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０１９－５０３４９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005]　小さいピッチで複数枚の基板を処理液中に保持するバッチ式の基板処理装置において、処理液中に気泡を形成することによって、処理液の上昇流を促進することは有用である。しかしながら、処理槽内の処理液に気泡を形成しても、各々の基板の表面の処理の均一性、基板相互間における処理の均一性

については、十分なものとはいえず、向上が望まれている。特に、リン酸水溶液等のように粘度が高い処理液を用いて処理を行う場合には、基板の間を処理液が流れにくいため、処理の均一性が得られにくく、さらなる改善が望まれる。

[0006] 本発明は、上記事情を鑑みてなされたものであり、処理液中に形成する不活性ガスの気泡によって基板の処理の均一性を向上することができる基板処理装置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

[0007] 本発明の基板処理装置は、処理液を貯留するとともに、複数の基板を起立した状態で所定のピッチで配列させて収容する処理槽と、前記複数の基板の配列方向に延設された管状の第１吐出部とこの第１吐出部と同軸にされ前記配列方向に延設された管状の第２吐出部とに、前記複数の基板が配列する配列範囲内で区分され、前記第１吐出部及び前記第２吐出部の区分された側の一端が閉塞されるとともに、前記第１吐出部及び前記第２吐出部に前記配列方向に沿って複数のガス吐出孔が形成された複数の気泡管部を有し、前記処理槽内で、前記複数の気泡管部が収容される前記複数の基板の下方に、前記配列方向と直交する水平方向に間隔をあけて配置された気泡形成部と、前記第１吐出部のそれぞれ及び前記第２吐出部のそれぞれに対応して設けられ、対応する前記第１吐出部または前記第２吐出部に対する不活性ガスの流量を独立して調整する複数の流量調整部とを備えるものである。

[0008] また、本発明の基板処理装置は、処理液を貯留するとともに、複数の基板を起立した状態で所定のピッチで配列させて収容する処理槽と、前記処理槽内で、収容される前記複数の基板の下方に配置され、前記処理液を下方内向き及び下方外向きに吐出する複数の液吐出孔が前記複数の基板の配列方向に形成された液供給管と、前記処理槽内で、収容される前記複数の基板の下方に配置され、不活性ガスを斜め下方に吐出して前記不活性ガスの気泡を前記処理液中に形成する複数のガス吐出孔が前記配列方向に形成された気泡管部とを備えるものである。

発明の効果

[0009] 本発明の基板処理装置によれば、複数の気泡管部のそれぞれを複数の基板の配列範囲内で第１吐出部と第２吐出部とに区分し、それぞれに対する不活性ガスの流量を複数の流量調整部で独立して調整するので、処理液中に形成する不活性ガスの気泡によって基板の処理の均一性をより向上することができる。

[0010] 本発明の基板処理装置によれば、液供給管から処理液を下方内向き及び下方外向きに吐出するとともに、気泡管部から不活性ガスの気泡を下方内向きに吐出するので、効果的に処理液中に不活性ガスの気泡を形成することができ、基板の処理の均一性をより向上することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]基板処理装置の構成を示すブロック図である。

[図2]ホルダの構成を示す斜視図である。

[図3]液供給管及び気泡管部のレイアウトを模式的に示す説明図である。

[図4]液供給管に形成された液吐出孔を示す断面図である。

[図5]気泡管部に形成されたガス吐出孔を示す断面図である。

[図6]気泡管部の構造の一例を示す斜視図である。

[図7]液供給管及び気泡管部からの処理液及び窒素ガスの吐出方向を示す説明図である。

[図8]気泡管部への窒素ガスの流量の変化を示すタイミングチャートである。

[図9]６本の気泡管部を設けた基板処理装置の例を示す説明図である。

[図10]エッチング量を測定した基板上の測定点を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0012] 図１において、基板処理装置１０は、基板１１に形成された薄膜を処理液１２によって除去するものである。この例においては、基板１１は、シリコンウエハ（半導体基板）であり、この基板１１の表面に形成されたシリコン酸化膜（SiO_2膜）とシリコン窒化膜（Si_3N_4膜）とのうちシリコン窒化膜を、処理液１２を用いて選択的に除去（エッチング）するエッチング処理

を行う。処理液１２は、リン酸（H_3PO_4）を純水（脱イオン水）に溶解したリン酸水溶液である。

[0013] 基板処理装置１０は、槽部１４、循環機構１５、気泡発生機構１６を有している。槽部１４は、箱形状の処理槽１８と、この処理槽１８の上部外側に一体に設けられた外槽１９とを有している。処理槽１８は、処理液１２を貯留する。この処理槽１８には、循環機構１５によって処理液１２が供給される。外槽１９は、処理槽１８から溢れ出た処理液１２を受ける。外槽１９に溢れ出た処理液１２は、循環機構１５を介して処理槽１８に戻される。なお、基板処理装置１０には、槽部１４の上部を開閉する蓋部材（図示省略）が設けられている。

[0014] 基板処理装置１０は、バッチ式のものであり、処理槽１８内には、ホルダ２１に保持された複数の基板１１が収容され、それら基板１１が処理液１２に浸漬される。基板１１は、それぞれ起立した姿勢、すなわち基板表面（表面、裏面）が上下方向に沿った姿勢で、紙面に垂直な方向に配列されてホルダ２１に保持される。ホルダ２１は、図１に示すように、各基板１１を処理槽１８内の処理液１２に浸漬した下降位置と、下降位置から上昇して処理液１２から基板１１を引き上げた上昇位置との間で移動する。

[0015] 循環機構１５は、循環ポンプ２３、ダンパ２４、フィルタ２５、ヒータ２６、バブルカッタ２７、液供給管部２８を有している。外槽１９に循環ポンプ２３が接続されており、この循環ポンプ２３から順番にダンパ２４、フィルタ２５、ヒータ２６、バブルカッタ２７、液供給管部２８が接続されている。循環ポンプ２３、ダンパ２４、フィルタ２５、ヒータ２６及びバブルカッタ２７は、槽部１４の外に配されている。液供給管部２８は、２本の液供給管３１で構成されている。これらの２本の液供給管３１は、処理槽１８の底部に同じ高さすなわち同一水平面上に配されており、下降位置のホルダ２１よりも下方すなわち処理槽１８内に収容される基板１１よりも低い位置に設けられている。

[0016] 循環ポンプ２３は、外槽１９内の処理液１２を液供給管３１に向けて送る

。ダンパ２４は、適当な量の処理液１２を一時的に貯めておくことで循環機構１５内における処理液１２の流量変動を抑え、フィルタ２５は、処理液１２中のパーティクル等を除去する。ヒータ２６は、処理槽１８に供給する処理液１２を沸点以上に加熱し、バブルカッタ２７は、供給する処理液１２中の気泡を除去する。液供給管３１には、複数の液吐出孔３１ａ、３１ｂ（図３参照）が設けられており、循環機構１５からの処理液１２は、各液吐出孔３１ａ、３１ｂを介して処理槽１８内に吐出される。処理槽１８内の処理液１２は、例えば１５０℃～１６５℃程度とされる。

[0017] 上記のように構成される循環機構１５によって、処理槽１８から外槽１９に溢れ出た処理液１２は、濾過、加熱されて処理槽１８に戻される。なお、循環機構１５には、循環する処理液１２に加水する純水供給機構（図示省略）が設けられている。この純水供給機構は、処理液１２への加水量を調節することによって、処理槽１８内の処理液１２のリン酸の濃度を一定に保つ。

[0018] 気泡発生機構１６は、気泡形成部３３、ガス供給部３５を有し、気泡形成部３３は、処理槽１８の底部に設けられた複数（この例では４本）の気泡管部３７から構成される。気泡管部３７には複数のガス吐出孔３７ａ（図３参照）が設けられており、ガス吐出孔３７ａから不活性ガスとしての窒素（N_2）を吐出することで、処理液１２中に気泡を形成する。気泡発生機構１６は、このように窒素ガスの気泡を処理液１２中に形成することで、処理液１２の流動性を高め、また気泡の上昇によって、特に基板１１同士の間、基板１１と支持板４４（図２参照）との間における処理液１２の上方への流動を促進する。各気泡管部３７は、処理槽１８の底部に同じ高さに配されており、液供給管３１と同様に、下降位置のホルダ２１よりも下方に配され、処理槽１８内に収容される基板１１よりも低い位置に設けられている。

[0019] ガス供給部３５は、窒素ガスを気泡形成部３３に供給する。詳細を後述するように、気泡形成部３３の各気泡管部３７は、第１吐出部４１と第２吐出部４２（図３参照）とに区分されており、ガス供給部３５は、各気泡管部３７の第１吐出部４１及び第２吐出部４２に対する窒素ガスの流量を独立に調

整可能になっている。

[0020] 図２に示すように、ホルダ２１は、一対の支持板４４と、ボトムバー４５と、一対のサイドバー４６とを有している。一対の支持板４４は、基板１１の配列方向（以下、基板配列方向という、矢印Ｘ方向）に離して設けられている。ボトムバー４５及び一対のサイドバー４６は、基板配列方向に直交する水平方向である幅方向（矢印Ｙ方向）に互いに所定の間隔をあけて、それぞれの両端が一対の支持板４４に固定されている。ボトムバー４５及び一対のサイドバー４６には、基板配列方向に複数の溝が一定のピッチで形成されている。なお、図２では、図示の便宜上、溝を実際のものよりも少なく描いてあるが、この例では、実際には５０枚の基板１１をホルダ２１に保持するように溝を設けている。

[0021] ホルダ２１では、基板１１は、その最下端の周縁がボトムバー４５の溝に、また下側半分の両側の周縁が一対のサイドバー４６の各溝内に入り込んだ状態に保持される。これにより、ホルダ２１は、各基板１１を３点で起立した姿勢に保持し、複数枚の基板１１を表面同士、裏面同士、あるいは表面と裏面とを対面させた状態でそれらを所定の間隔で配列させて保持する。

[0022] 上記ように構成されるホルダ２１は、その底部が開口となっており、保持した基板１１同士の間及び基板１１と支持板４４との間への、下方からの処理液１２及び気泡の進入を阻害しない構成となっている。

[0023] 図３に上方から見た処理槽１８内のレイアウトを模式的に示す。なお、図３では、図面を簡略化するために基板１１の枚数を少なく描いてあり、また一部の部材の図示を省略している。液供給管３１及び気泡管部３７のレイアウトは、基板１１の中心を通る基板配列方向に平行な中心線を対照軸として線対称なものになっている。このように、液供給管３１及び気泡管部３７のレイアウトは、基板１１の中心を通る基板配列方向に沿った中心線に平行な直線を対照軸として線対称であることが好ましい。また、液供給管３１及び気泡管部３７は、基板配列方向に延在した管状、この例では管径が一定な円管状である。

[0024] 幅方向において、２本の液供給管３１は、幅方向に所定の距離だけ離されて配置されている。この例では、液供給管３１は、基板１１の幅方向の端部近傍の直下に配置されており、処理槽１８に収容されている基板１１の中心を通る鉛直線の幅方向の位置（以下、幅方向中心という）から液供給管３１までの距離が基板１１の半径よりも小さくなっている。

[0025] ４本の気泡管部３７のうちの２本の気泡管部３７が幅方向中心に近い位置に配置されて、互いに近接して設けられている。他の２本の気泡管部３７は、それぞれ液供給管３１の外側に液供給管３１に近接して配置されている。したがって、他の２本の気泡管部３７は、基板１１の幅方向の端部近傍の直下に配置されている。

[0026] なお、幅方向中心に近いほうが内側、遠いほうが外側である、また、以下では、幅方向中心に近い２本の気泡管部３７と他の２本の気泡管部３７を特に区別する場合には、前者を内側気泡管部３７、後者を外側気泡管部３７とそれぞれ称して説明する。

[0027] 液供給管３１には、その下側の管壁部分に、複数の液吐出孔３１ａと、複数の液吐出孔３１ｂとが設けられている。液吐出孔３１ａ、３１ｂは、それぞれ基板配列方向に所定のピッチで直線状に列をなして形成されている。液吐出孔３１ａ、３１ｂは、液供給管３１の管壁を貫通している。

[0028] この例では、液吐出孔３１ａ及び液吐出孔３１ｂは、基板１１の配列ピッチの２倍のピッチで設けられ、隣り合う２枚の基板１１の間及び基板１１と支持板４４との間の間隙の直下に配されている。また、基板配列方向について、液供給管３１における液吐出孔３１ａと液吐出孔３１ｂの位置及び２本の液供給管３１の相互間における液吐出孔３１ａ、３１ｂの位置は同じにしてある。したがって、隣り合う２枚の基板１１の間の一部の間隙の直下には液吐出孔３１ａ、３１ｂは配されていない。

[0029] 液供給管３１は、先端（図面下側の端部）が閉塞されており、基端（図面上側の端部）が循環機構１５のバブルカッタ２７に接続されている。これにより、循環機構１５によって、基端側から液供給管３１内に処理液１２が供

給され、供給される処理液１２が各液吐出孔３１ａ、３１ｂから処理槽１８内に吐出される。

[0030] 気泡管部３７は、それらの一端と他端の間に設けた仕切り板４０によって、一端側の第１吐出部４１と他端側の第２吐出部４２とに区分されている。すなわち、第１吐出部４１と第２吐出部４２とは、その内部がつながっておらず別の空間になっている。このような気泡管部３７は、管状の第１吐出部４１と第２吐出部４２とが基板配列方向に沿って同軸に延設された構造である。

[0031] 各気泡管部３７には、その下側半分の管壁部分に、複数のガス吐出孔３７ａが基板配列方向に所定のピッチで直線状に列をなして形成されている。ガス吐出孔３７ａは、気泡管部３７の管壁を貫通している。ガス吐出孔３７ａを配列するピッチは、任意に設定することができるが、基板１１の配列ピッチと同じにすることが好ましく、図示されるように、隣り合う２枚の基板１１同士の間及び基板１１と支持板４４との間の間隙の直下に、各気泡管部３７のガス吐出孔３７ａをそれぞれ配置することが好ましい。したがって、ガス吐出孔３７ａは、第１吐出部４１と第２吐出部４２とを区切ることなく気泡管部３７の全体として同じピッチで設けることが好ましい。

[0032] また、仕切り板４０の気泡管部３７における基板配列方向の位置は、適宜設定することができるが、ガス吐出孔３７ａの位置を避けて、基板１１が配列する配列範囲のほぼ中央の位置に設定することが好ましい。基板１１の配列範囲のほぼ中央の位置に仕切り板４０を設けることによって、第１吐出部４１と第２吐出部４２との一方のガス吐出孔３７ａの個数が多くなることがなく、その第１吐出部４１または第２吐出部４２における先端（仕切り板４０側の端部）側とガス吐出孔３７ａと基端（仕切り板４０と反対側の端部）側のガス吐出孔３７ａとの窒素ガスの吐出量の差を小さくできる。これにより、第１吐出部４１及び第２吐出部４２に対する窒素ガスの流量の調整を容易にすることができる。この例では、基板１１の配列範囲の中央の位置にガス吐出孔３７ａがあるため、その位置よりも仕切り板４０の位置を気泡管部

３７の一端側に基板１１の配列ピッチ分だけずらしている。したがって、第１吐出部４１側のガス吐出孔３７ａの個数が第２吐出部４２側の個数より１つだけ少なくなっている。なお、基板１１の配列範囲の「ほぼ中央」とは、その配列範囲の中央位置からの距離が基板１１の配列ピッチの３倍以下の範囲内をいう。

[0033] 各気泡管部３７の第１吐出部４１及び第２吐出部４２は、互いに独立した供給パイプ５１を介してガス供給部３５にそれぞれ接続され、ガス供給部３５から独立して窒素ガスの供給を受ける。第１吐出部４１及び第２吐出部４２は、それぞれ基端側に供給パイプ５１が接続されている。

[0034] ガス供給部３５は、４本の気泡管部３７にそれぞれ設けられた第１吐出部４１と第２吐出部４２に対応した８個の流量調整部５２を有している。すなわち、１つの第１吐出部４１または第２吐出部４２に対して１つの流量調整部５２が設けられ、対応するもの同士が供給パイプ５１によって接続されている。各流量調整部５２は、それぞれ独立して流量の調整が可能な流量調整弁等で構成されている。第１吐出部４１、第２吐出部４２と流量調整部５２との間には窒素ガス中の異物を取り除くフィルタ５３が接続されている。

[0035] 流量調整部５２は、減圧レギュレータ５４を介してガス供給源（図示省略）からの窒素ガスの供給を受け、流量を調整して対応する第１吐出部４１または第２吐出部４２に窒素ガスを流す。これら流量調整部５２により、各第１吐出部４１及び各第２吐出部４２への窒素ガスの流量が独立して調整される。

[0036] ところで、基板１１が配列されている空間の処理液１２の流れを均一にしたり、処理液１２中に窒素ガスの気泡を均等に形成したりしても均一なエッチングが得られない場合がある。これは、処理槽１８内における処理液１２の流れや、基板１１同士の間や基板１１と支持板４４との間を流れている間における処理液１２のシリカ濃度の上昇によるエッチングレートの低下等の様々な要因で生じる。

[0037] 上記のように配した４本の気泡管部３７をそれぞれ第１吐出部４１と第２

吐出部４２に区分することで、ホルダ２１に保持されている基板１１の範囲の空間の処理液１２に供給される窒素ガスの気泡の量を、基板配列方向におよそ仕切り板４０の位置で２分割し、さらに幅方向に中央部と両側とに３分割した６領域におよそ分割して独立に調整することができる。

[0038] 例えば内側気泡管部３７に対する窒素ガスの流量の調整により、基板１１の範囲の幅方向の中央の領域の気泡量を増減できる。この内側気泡管部３７の第１吐出部４１側の領域と第２吐出部４２側の領域との気泡量を別々に増減することができる。また、外側気泡管部３７に対する窒素ガスの流量の調整により、基板１１の範囲の幅方向の中央よりも外側の一方ないし両方の領域の気泡量を増減でき、この場合にも第１吐出部４１側の領域と第２吐出部４２側の領域との気泡量を別々に増減することができる。

[0039] 第１吐出部４１及び各第２吐出部４２への窒素ガスの流量（各流量調整部５２の設定値）は、処理槽１８における処理液１２の流れの分布や、局所的な処理液１２のシリカ濃度の上昇によるエッチングレートの低下等を考慮して、各ホルダ２１に保持されている複数の基板１１の各部におけるエッチング量の差が小さくなるように、例えば実験等に基づいて予め決められる。

[0040] 図４に示すように、液吐出孔３１ａは、液供給管３１の管壁部分を下方内向きに貫通するように形成され、液吐出孔３１ｂは、液供給管３１の管壁部分を下方外向きに貫通するように形成されている。これにより、液吐出孔３１ａは、下方内向きに、液吐出孔３１ｂは、下方外向きに、処理液１２をそれぞれ吐出する。ここで、幅方向において、幅方向中心に向かう向きが内向きであり、これとは逆向きが外向きである。また、吐出する向きが下方内向きとは、下向きの成分と内向きの成分を有することを意味し、下方外向きとは下向きの成分と外向きの成分を有することを意味する。

[0041] 液吐出孔３１ａ、３１ｂの傾斜角度θ１（鉛直下向きに対する液吐出孔３１ａ、３１ｂの軸心の角度）は、適宜に決めることができる。この例では、液吐出孔３１ａ、３１ｂは、それらの軸心が液供給管３１の径方向と一致するように形成されており、傾斜角度θ１を５０°としている。なお、液吐出

孔３１ａ、３１ｂの径は、いずれも同じにしているが、これに限るものではない。

[0042] 図５に示すように、ガス吐出孔３７ａは、気泡管部３７の管壁部分を下方内向きに貫通するように形成されている。これにより、ガス吐出孔３７ａは、内向き成分を有する斜め下方すなわち下方内向きに窒素ガスを吐出する。ガス吐出孔３７ａの傾斜角度θ２は、適宜に決めることができる。この例では、ガス吐出孔３７ａは、その軸心が気泡管部３７の径方向と一致するように形成されており、ガス吐出孔３７ａの傾斜角度θ２を４５°としている。ガス吐出孔３７ａがこのように下方を向く構成では、気泡管部３７内にガス吐出孔３７ａを通して処理液１２が侵入しづらく、また気泡管部３７内に処理液１２が侵入しても抜きやすいという利点がある。なお、ガス吐出孔３７ａの径は、いずれも同じにしているが、これに限るものではない。

[0043] 図６に、この例で用いた気泡管部３７を下側から見た状態を示す。この例の気泡管部３７は、仕切り板４０を挟んで、それぞれ直管状の第１吐出部４１と第２吐出部４２との各一端が接合されている。第１吐出部４１は、その基端の端面に気泡管部３７よりも小径の供給パイプ５１の一端を接続してある。この第１吐出部４１に接続されている供給パイプ５１は、Ｌ次状に屈曲しており他端側が上方に延びた形状となっている。一方の第２吐出部４２は、その基端側の管壁に、気泡管部３７よりも小径の供給パイプ５１の一端を接続してある。第２吐出部４２に接続された供給パイプ５１は、その一端側がＬ次状に屈曲し、中央部が気泡管部３７に沿って配され、他端側が上方に延びた形状となっている。なお、気泡管部３７としては、１本の直管内に仕切り板４０を設けた構造や、第１吐出部４１と第２吐出部４２とを一体化せずに、同軸に配した構成としてもよい。

[0044] 基板配列方向から見た各液供給管３１及び各気泡管部３７の配置と、処理液１２、窒素ガスの吐出方向を図７に示す。上述のように液供給管３１は、基板１１の幅方向の端部近傍の直下に配置され、液吐出孔３１ａから下方内向きに処理液１２を吐出し、液吐出孔３１ｂから下方外向きに処理液１２を

吐出する。一方、気泡管部３７は、中央部と幅方向の両側にそれぞれ配置されて、いずれもがガス吐出孔３７ａから下方内向きに窒素ガスを吐出する。

[0045] 各液吐出孔３１ａからの処理液１２は、下方内向きに吐出されることによって、処理槽１８の底面から幅方向に広がりつつ上昇する流れに転じる。処理槽１８の幅方向中心の近傍では一対の液吐出孔３１ａからの処理液１２の幅方向に広がる流れが合流することで、上昇する比較的に強い流れが形成され、基板１１の幅方向の中央部を通って上方に向かう流れを生じさせる。一方、各液吐出孔３１ｂからの処理液１２は、下方外向きに吐出されることによって、処理槽１８の底面から上昇する流れに転じ、外向きの広がりが処理槽１８の側壁面に規制されながら基板１１の幅方向の端部を通る上方に向かう流れを形成する。

[0046] 各気泡管部３７のガス吐出孔３７ａは、上述のように下方内向きに窒素ガスを吐出する。また、各気泡管部３７は、液供給管３１よりも低い位置に配されており、より詳細には液供給管３１の液吐出孔３１ａ、３１ｂよりも気泡管部３７のガス吐出孔３７ａの位置が低くなっている。

[0047] 液吐出孔３１ａ、３１ｂ及びガス吐出孔３７ａによる処理液１２、窒素ガスの吐出方向にそれぞれ下向き成分を持たせることにより、処理槽１８の底面付近で液吐出孔３１ａ、３１ｂから吐出される処理液１２に窒素ガスの気泡を効果的に含ませることができる。これにより、上記のような処理液１２の上昇する流れを、窒素ガスの気泡によって促進して、隣接する基板１１同士の間、支持板４４と基板１１との間に効果的に入り込ませる。また、窒素ガスの気泡を含む処理液１２により、隣接する基板１１同士の間、支持板４４と基板１１との間では、スラグ流的な処理液１２の流れを形成し、処理液１２の上昇する流れを促進する。処理液１２は、窒素ガスの気泡が処理液１２に混じることで流動性が高まる。また、処理液１２中に気泡が形成されると、浮力により気泡が上昇する際に、気泡がその上側の処理液１２を押し上げ、下側の処理液１２を引き込む。このため、処理液１２の上昇する流れ、処理液１２の撹拌が気泡によって促進される。

[0048] 内側気泡管部３７の吐出方向に内向き成分を持たせることにより、特に流れが悪くなる傾向にある幅方向中心付近の処理液１２に多くの窒素ガスの気泡を含ませることができ、基板１１の幅方向の中央部を通って上方に向かう処理液１２の流れを効果的に促進できる。また、液供給管３１の外側に近接して配した外側気泡管部３７からの窒素ガスの吐出方向を下方内向きとすることにより、液供給管３１からの下方外向きに吐出される処理液１２が外側気泡管部３７から吐出される窒素ガスを取り込むように流れるため、粘性の高い処理液１２に窒素ガスを容易に取り込んで気泡を形成することができ、外側気泡管部３７のガス吐出孔３７ａが液吐出孔３７ｂの下方にあるため、より効果的に処理液１２に窒素ガスを取り込むことができる。これにより、主として基板１１の幅方向の端部を通る上方に向かう流れが効果的に促進される。

[0049] なお、液吐出孔３１ａ、３１ｂに下向き成分を持たせることによって、処理液１２が基板１１の特定箇所に当たることが確実に防止され、エッチングレートの局所的な上昇や、ベベル部から基板１１の面内方向への異物の発生が効果的に抑制される。

[0050] 次に上記構成の作用について説明する。図８に示すように、基板１１が処理槽１８内の処理液１２に浸漬されていない時刻ｔ１以前のアイドル期間においても、各気泡管部３７の第１吐出部４１及び第２吐出部４２には、ガス供給部３５からの窒素ガスがそれぞれ供給されている。このアイドル期間における窒素ガスの流量Ｍ１は、エッチングしている期間よりも少なくされている。これにより、ガス吐出孔３７ａを通して第１吐出部４１及び第２吐出部４２の内部に処理液１２が入らないようにしている。なお、アイドル期間における各気泡管部３７の第１吐出部４１及び第２吐出部４２への窒素ガスの流量Ｍ１は、個別に調整されていなくてもよい。

[0051] 一方、循環機構１５によって、液供給管３１の各液吐出孔３１ａを通して継続的に処理液１２が処理槽１８に供給されている。液吐出孔３１ａから下方内向き、下方外向きにそれぞれ吐出された処理液１２は、処理槽１８の底

面で、その流れが上向きに転じ、幅方向に広がりつつ処理槽１８の上部に向かって流れる。このアイドル期間においても、少ない量であるが処理液１２中に窒素ガスの気泡が形成されている。

[0052] シリコン窒化膜を除去する基板１１は、ホルダ２１に保持された状態で、ホルダ２１が下降位置に移動することで処理槽１８内の処理液１２に浸漬される（時刻ｔ１）。基板１１が処理液１２に浸漬されると、処理液１２の温度回復を待ってから、通常の流量Ｍ２で各気泡管部３７の第１吐出部４１及び第２吐出部４２に窒素ガスが供給される（時刻ｔ２）。このときに、各気泡管部３７の第１吐出部４１及び第２吐出部４２のそれぞれには、対応する流量調整部５２によって予め調整された流量で窒素ガスが供給されるので、流量Ｍ２は、各第１吐出部４１及び各第２吐出部４２のそれぞれに対応した値である。

[0053] 第１吐出部４１及び第２吐出部４２は、それぞれに供給される流量に応じた流量で窒素ガスをガス吐出孔３７ａから吐出することにより、処理液１２中に窒素ガスの気泡を形成する。処理液１２は、上述のような処理液１２の流れと、窒素ガスの気泡の浮力とにより、基板１１同士の間、基板１１と支持板４４との間に入り込むように上昇して流れ、さらに基板１１の面に沿って上昇する。また、このときに処理液１２は、それに窒素ガスの気泡を含むことにより流動性が高くなる。このようにして、基板１１同士の間、基板１１と支持板４４との間における処理液１２の流れが気泡によって促進されるが、その程度は処理液１２中の窒素ガスの気泡の量に応じて変わる。

[0054] 基板１１が処理液１２に浸漬されてから所定の処理時間が経過した時刻ｔ３になると、ホルダ２１が下降位置から上昇位置に移動する。これにより、処理液１２から基板１１が引き上げられエッチング処理が終了し、再びアイドル期間となる。また、この時刻ｔ３になると、各気泡管部３７の第１吐出部４１及び第２吐出部４２への窒素ガスの流量がアイドル期間の流量Ｍ１へと減らされる。

[0055] ところで、上記のようにエッチング処理の期間に、処理液１２中に窒素ガ

スの気泡を均等に形成しても様々な要因から均一なエッチングが得られないことがある。しかしながら、この例の基板処理装置１０では、エッチング処理の期間では、上記のように各流量調整部５２に設定されている流量の窒素ガスを各気泡管部３７の第１吐出部４１及び第２吐出部４２にそれぞれ供給し、ホルダ２１に保持されている基板１１の範囲の空間をおよそ分割した６領域における気泡の量を独立に調整している。すなわち、およそ領域ごとに各基板１１の表面に沿った処理液１２の流れが基板１１の各部分の相互間、各基板１１の相互間においてエッチングレートに差が出ないよう調整されている。したがって、各々の基板１１の各部分の相互間、ホルダ２１に保持された各基板１１の相互間においてエッチングの均一性が向上している。

[0056] 上記実施形態では、４本の気泡管部を設けているが、気泡管部は複数設けられていれば、その本数は特に限定されない。例えば、図９は、６本の気泡管部３７、６７を設けた例を示しており、各液供給管３１の内側に液供給管３１に近接した気泡管部６７をさらに設けた構成である。気泡管部６７は、窒素ガスを下方外向きにするガス吐出孔６７ａが設けられている。その他の構成は、上記の基板処理装置１０のものと同じである。すなわち、液供給管３１の外側に近接して配される気泡管部３７は、下方内向きに窒素ガスを吐出し、内側に近接して配される気泡管部６７は、下方外向きに窒素ガスを吐出する構成である。これにより、気泡管部３７から下方内向きに吐出される窒素ガスは、液供給管３１からの下方外向きに吐出される処理液１２と、また気泡管部６７から下方外向きに吐出される窒素ガスは、液供給管３１からの下方内向きに吐出される処理液１２とそれぞれ効果的に混合される。このように気泡管部を多くすることにより、ホルダ２１に保持されている基板１１の範囲の空間をより細かく分割して気泡の量を独立に調整できる。

[0057] 上記では、処理液としてリン酸水溶液の例について説明しているが、処理液は限定されず、粘性の高い処理液に特に有用である。粘性の高い処理液としては、例えば硫酸と過酸化水素水との混合液であるＳＰＭ（Sulfuric Acid Hydrogen Peroxide Mixture：硫酸過酸化水素水混合液）を挙げることがで

きる。

[0058] また、処理液中に気泡が形成されると、上述のように気泡により処理液の上昇する流れ、処理液の撹拌が促進されるから、各々の基板の表面及び各基板の相互間における処理液の温度の均一性が向上する。このため、基板の処理に対する温度の影響の大きな処理液についても特に有用である、このような処理液としては、例えばＳＣ１（NH_4OHとH_2O_2との混合水溶液）等のアルカリ性の処理液が挙げられる。

[0059] 図１に示される基板処理装置１０において、各気泡管部３７の第１吐出部４１及び第２吐出部４２への窒素ガスの流量を調整して供給し、窒素ガスの気泡を処理液１２中に形成して基板１１のエッチングを行ったときのエッチングのばらつきの程度を測定した結果を表１に示す。

[0060] この測定では、基板１１を液供給管３１の先端側から順番に１枚目、２枚目、３枚目・・・５０枚目として、１枚目、２５枚目及び５０枚目の各基板１１について２５箇所の測定点についてのエッチング量を測定し、面内のばらつき、バッチ内のばらつきを求めた。図１０に示すように、測定点Ｍｐは、基板１１の中心と、周方向に４５°間隔で設定した径方向の各線上の中心から基板１１の半径の約１／３、２／３、３／３の各点とした。基板１１の面内のばらつきは、２５箇所について測定したエッチング量を用いて「エッチングばらつき（％）＝（最大エッチング量－最小エッチング量）／（２×平均エッチング量）×１００％」として求めた。バッチ内のばらつきは、３枚の基板１１の各２５箇所、計７５箇所のエッチング量を用いて、面内ばらつきと同じ式によって求めた。なお、基板１１の直径は３００ｍｍ、基板１１の配列ピッチは５ｍｍ、処理液温度は１６３℃、エッチング時間は６００ｓｅｃであった。

[0061] [表1]

		エッチングばらつき
基板面内	１枚目　基板	2.00%
	２５枚目　基板	2.20%
	５０枚目　基板	1.60%
バッチ内		2.20%

[0062] 表１からわかるように、窒素ガスの気泡を処理液１２中に形成することによって、面内ばらつき、バッチ内ばらつきが小さいことがわかる。これにより、面内ばらつき、バッチ内ばらつきが向上されていることがわかる。

符号の説明

[0063] １０　基板処理装置

１１　基板

１２　処理液

３１　液供給管

３１ａ、３１ｂ　液吐出孔

３５　ガス供給部

３７　気泡管部

３７ａ　ガス吐出孔

４１　第１吐出部

４２　第２吐出部

５２　流量調整部