

明 細 書

発明の名称：洗淨装置及びロール洗淨部材

関連する出願

[0001] 本出願では、2014年7月4日に日本国に出願された特許出願番号2014-138685及び2015年6月29日に日本国に出願された特許出願番号2015-129639の利益を主張し、当該出願の内容は引用することによりここに組み込まれているものとする。

技術分野

[0002] 本技術は、基板の表面に接触して基板を洗淨するロール洗淨部材及びそれを備えた洗淨装置に関するものである。

背景技術

[0003] 半導体基板を製造する際には、基板上に物性の異なる様々な材料膜が形成されて加工される。例えば、基板に形成した配線溝を金属で埋めるダマシン配線形成工程においては、ダマシン配線形成後に基板研磨装置（CMP）により余分な金属を研磨除去する研磨工程が実行される。この研磨工程が終了すると、基板の表面には、CMP研磨にて使用されたスラリー残渣やCu研磨屑等の異物が残存する。よって、これらの異物を除去するために、CMPでは洗淨工程が設けられる。

[0004] CMPにおける洗淨が十分でなく異物が残存すると、その部分からリークが発生し、又は密着性不良の原因となるなど信頼性の点で問題となりうる。さらに、近年の半導体デバイスの微細化に伴い、洗淨に対する要求も高まっており、即ち、より小さな異物の存在も許されなくなっている。

[0005] 基板の洗淨方式としては種々の方式があるが、そのうちの一つに、洗淨部材を基板の表面に接触させた状態で洗淨部材と基板とを相対的に移動させることにより、基板の表面を洗淨するスクラブ洗淨がある。さらに、スクラブ洗淨として、ロール洗淨部材を用いたロール洗淨が知られている。ロール洗淨では、例えば、薬液で濡らした基板を回転させて、その基板の表面に、円

柱状の長尺状に延びるロールスポンジ、ロールブラシ等のロール洗浄部材を回転させながら擦り付けて、基板表面を洗浄する。

[0006] このロール洗浄部材も、洗浄の目的ないしは除去すべきパーティクルの特性（大きさ、物性等）に応じて種々の種類のものが採用される。そのうちの一つに、表面に複数のノジュール（「突起部材」ともいう。）が形成されたロール洗浄部材がある。

発明の概要

[0007] しかしながら、表面に複数のノジュールを有するロール洗浄部材を用いたロール洗浄では、以下の問題がある。図1は、ロール洗浄部材を備えた洗浄装置（以下、「ロール洗浄装置」という。）の模式図である。ロール洗浄装置50は、表面を上にした基板Wの周縁部を支持し基板Wを水平回転させる複数本（図1では4本）のスピンドル51と、図示しないロールホルダに回転自在に支承される上部ロール洗浄部材（ロールスポンジ）52と、図示しないロールホルダに回転自在に支承される下部ロール洗浄部材（ロールスポンジ）53とを備えている。

[0008] 上部ロール洗浄部材52及び下部ロール洗浄部材53は、円柱状であり、例えばPVAからなる。上部ロール洗浄部材52の表面には、複数のノジュールが形成されている。なお、上部ロール洗浄部材52は、そのロールホルダによって基板Wの表面に対して昇降自在であり、下部ロール洗浄部材53は、そのロールホルダによって基板Wの裏面に対して昇降自在である。また、スピンドル51は、水平方向に移動自在である。

[0009] 上部ロール洗浄部材52は、図示しない駆動機構によって、矢印F1に示すように回転し、下部ロール洗浄部材53は、図示しない駆動機構によって、矢印F2に示すように回転する。スピンドル51で支持して回転させる基板Wの上方に位置して、基板Wの表面に洗浄液を供給する2つの洗浄液供給ノズル54、55が配置されている。洗浄液供給ノズル54は、基板Wの表面にリンス液（例えば、超純水）を供給するノズルであり、洗浄液供給ノズル55は、基板Wの表面に薬液を供給するノズルである。

[0010] ロール洗浄装置50は、スピンドル51の上部に設けたコマ51aの外周側面に形成した嵌合溝内に基板Wの周縁部を位置させて内方に押し付けてコマ51aを回転（自転）させることにより、基板Wを水平に回転させる。この例では、4個のコマ51aのうち2個のコマ51aが基板Wに回転力を与え、他の2個のコマ51aは、基板Wの回転を受けるベアリングの働きをしている。なお、全てのコマ51aを駆動機構に連結して、基板Wに回転力を付与するようにしてもよい。

[0011] このように基板Wを水平に回転させた状態で、洗浄液供給ノズル54から基板Wの表面にリンス液を供給し、かつ洗浄液供給ノズル55から基板Wの表面に薬液を供給しつつ、上部ロール洗浄部材52を回転させながら下降させて回転中の基板Wの表面に接触させ、これによって、洗浄液（リンス液及び薬液）の存在下で、基板Wの表面を上部ロール洗浄部材52でスクラブ洗浄する。上部ロール洗浄部材52の長さは、基板Wの直径より僅かに長く設定されている。そして、上部ロール洗浄部材52は、その中心軸（回転軸）が、基板Wの中心軸（即ち回転中心）とほぼ直交し、かつ基板Wの直径の全長に亘って延びるように配置される。これによって、基板Wの全表面が同時に洗浄される。

[0012] 図2は、上部ロール洗浄部材52におけるノジュールの配置例を示す図である。図2の左右方向は上部ロール洗浄部材52の長手方向（「列方向」ともいう。）に対応しており、図2の上下方向は上部ロール洗浄部材52の周方向（長手方向に垂直な方向）に対応している。図2に示すように、隣り合う2つの列においてノジュールの位置は互いにずれている。上部ロール洗浄部材52と基板Wの表面とが相対的に移動すると、理論上は、ハッチングした部分においてノジュールの先端と基板Wの表面とが接触して、列方向（ロール洗浄部材の長手方向）に隙間なく洗浄ができる。

[0013] しかしながら、実際には、この洗浄において、上部ロール洗浄部材52の長手方向、即ち基板Wの表面の半径方向に洗浄むらが生じてしまう。図3は、基板Wの表面に上部ロール洗浄部材52のノジュールが接触している状態

を示す断面図である。図3に示すように、ノジュール $n1 \sim n5$ は、円柱形状に形成されており、先端面 $n41$ は円形であるが、基板 W の表面と接触するノジュール $n3$ は、基板 W の表面に押しつぶされ、さらに、ノジュールと基板 W の表面との相対移動によって変形し、先端面 $n31$ は楕円形になる。また、この接触面の上流側の中央部分（図3においてハッチングをした部分）に応力が集中し、この部分において強い押圧力で基板 W の表面に接触して洗浄力が強くなる。図4は、押しつぶされたノジュールの先端における圧力分布を計測した結果を示す図である。図4の計測結果から、確かに、接触面の上流側の中央部分において、洗浄力が高くなる高洗浄力領域が存在していることがわかる。この図4の例では、高洗浄領域の列方向の幅は、ノジュールの幅の約44%である。

[0014] これを上部ロール洗浄部材52の長手方向に見ると、図5に示すように、高い洗浄力で洗浄される領域（図5においてハッチングをした部分）が、互いに間隔をあけて帯状に形成される。このようなロール洗浄部材を用いて基板を回転させながら洗浄をすると、図6に示すように、高い洗浄力で洗浄される領域が間隔をあけて帯状に形成されることによって基板表面に同心円状の洗浄むらができるしまう。

[0015] 本技術は、上記の問題に鑑みてなされたものであり、ノジュールを有するロール洗浄部材を用いた基板の洗浄において、洗浄むらを防止ないし軽減することを目的とする。

[0016] 第1の態様の洗浄装置は、基板を支持して回転させる基板支持部材と、前記基板支持部材によって回転される前記基板の表面を回転しながらスクラブ洗浄するためのロール洗浄部材とを備え、前記ロール洗浄部材は、その長手方向に配列され、前記基板の表面に摺接する複数の突起部材を備え、前記突起部材における前記基板に摺接する部分のうちの高洗浄力領域の軌跡が前記基板の半径方向に隙間なく存在するように前記基板を洗浄する構成を有している。

[0017] この構成により、突起部材の高洗浄力領域が基板の半径方向に隙間なく存

在するように基板が洗浄されるので、基板に生じる同心円状の洗浄むらを軽減ないし防止できる。

[0018] 前記高洗浄力領域は、前記突起部材と前記基板の表面との接触領域の30%～60%のいずれかの幅として設定されてよい。

[0019] 高洗浄力領域は、実際に洗浄をしたときに発生する洗浄むらに基づいて決定してもよいし、上記のように突起部材と基板の表面との接触領域の所定の割合を高洗浄力領域として設定して、その軌跡が基板の半径方向に隙間なく存在するようにしてもよい。

[0020] 前記複数の突起部材は、前記ロール洗浄部材の長手方向に等間隔で配置されて複数の突起部材列を形成していてよく、かつ、前記ロール洗浄部材の周方向に隣り合う突起部材列の複数の突起部材の位置は、互いに前記突起部材列における前記突起部材のピッチの半分だけずれていてよい。

[0021] この構成により、突起部材を互い違いにして配置することができる。

[0022] 前記複数の突起部材の前記高洗浄力領域が前記基板に摺接したときの複数の軌跡の間には互いに半径方向に隙間があってよく、前記ロール洗浄部材と回転する前記基板とを洗浄中に相対的に揺動させることで、前記高洗浄力領域の複数の軌跡が前記基板の半径方向に隙間なく存在するように前記基板を洗浄してよい。

[0023] この構成により、ロール洗浄部材と基板との位置が相対的に変化するので、高洗浄領域の軌跡に隙間があったとしても、この隙間を小さくし、ないしはなくすることができる。

[0024] 前記ロール洗浄部材の揺動ピッチ s_p は、前記突起部材列における前記複数の突起部材のピッチを n_p 、前記高洗浄力領域の前記長手方向の幅を s_a とすると、 $s_p \geq (n_p / 2) - s_a$ を満たしてよい。

[0025] この構成により、ロール洗浄部材の揺動によって基板上の高洗浄力領域の軌跡の隙間をなくすることができる。

[0026] 第1のロール洗浄部材及び第2のロール洗浄部材を含む2つの前記ロール洗浄部材を備えていてよく、前記第1のロール洗浄部材及び前記第2のロー

ル洗浄部材において、前記複数の突起部材は、前記ロール洗浄部材の長手方向に等間隔で配置されて複数の突起部材列を形成してよく、かつ、前記ロール洗浄部材の周方向に隣り合う突起部材列の複数の突起部材の位置は、互いに前記突起部材列における前記突起部材のピッチの半分だけずれていてよい。

[0027] この構成により、一方のロール洗浄部材によってできた洗浄むらを少なく、ないしはなくすように他方のロール洗浄部材が基板を洗浄することができる。

[0028] 前記第1のロール洗浄部材及び前記第2のロール洗浄部材において、前記突起部材列における前記突起部材のピッチを $n p$ とすると、前記基板を洗浄するときの前記第1のロール洗浄部材の前記複数の突起部材の位置と前記基板を洗浄するときの前記第2のロール洗浄部材の前記複数の突起部材の位置とは、列方向に $n p / 4$ だけずれていてよい。

[0029] この構成により、第1のロール洗浄部材による高洗浄力領域の軌跡の隙間の中央に第2のロール洗浄部材による高洗浄力領域の中央が位置するようにできる。

[0030] 前記複数の突起部材は、前記長手方向の第1の列にピッチ $n p$ で並ぶ複数の突起部材と、前記長手方向の第2の列にピッチ $n p$ で並ぶ複数の突起部材と、前記長手方向の第3の列にピッチ $n p$ で並ぶ複数の突起部材と、前記長手方向の第4の列にピッチ $n p$ で並ぶ複数の突起部材とを含んでいてよく、前記第1の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向の位置と前記第2の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向とは、 $n p / 4$ だけずれており、前記第2の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向の位置と前記第3の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向とは、 $n p / 4$ だけずれていてよく、前記第3の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向の位置と前記第4の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向とは、 $n p / 4$ だけずれていてよい。

[0031] この構成により、第1の列の突起部材による高洗浄力領域の軌跡と第3の列突起部材による高洗浄力領域の軌跡との間の隙間の中央に第2の列の突起

部材による高洗浄力領域の軌跡及び第4の列の突起部材による高洗浄力領域の軌跡の中央が位置するようにできる。

[0032] 前記ロール洗浄部材は、回転する前記基板の回転中心を通過して前記回転中心から両側の基板の外周まで至る範囲で前記基板に摺接してよく、前記複数の突起部材は、前記回転中心に対応する位置を基準として両側に非対称に配置されてよい。

[0033] この構成により、ロール洗浄部材の長手方向の基準位置よりも一方の側の突起部材による高洗浄力領域と他方の側の突起部材による高洗浄力領域とがずれて、洗浄むらを防止ないし軽減できる。

[0034] 前記複数の突起部材は、前記回転中心に対応する位置より前記長手方向の一方側の複数の前記突起部材の、前記回転中心に対応する位置からの距離と、前記回転中心に対応する位置より前記長手方向の他方側の複数の前記突起部材の、前記回転中心に対応する位置からの距離とは、 $n p / 4$ だけずれていてよい。

[0035] ロール洗浄部材の長手方向の基準位置よりも一方の側の突起部材による高洗浄力領域の軌跡の間の隙間の中央に、他方の側の突起部材による高洗浄力領域の軌跡の中央が位置することができる。

[0036] 第2の態様の洗浄装置は、基板を支持して回転させる基板支持部材と、前記基板支持部材によって回転する前記基板の表面を回転しながらスクラブ洗浄するためのロール洗浄部材とを備え、前記ロール洗浄部材は、その長手方向に等間隔で配列され、前記基板の表面に摺接する複数の突起部材を備え、前記複数の突起部材は、前記ロール洗浄部材の長手方向に配置されて複数の突起部材列を形成しており、かつ、前記ロール洗浄部材の周方向に隣り合う突起部材列の複数の突起部材の位置は、互いに前記突起部材列における前記突起部材のピッチの半分だけずれており、前記複数の突起部材の前記高洗浄力領域が前記基板に摺接したときの軌跡の間には互いに隙間があり、洗浄中に、前記ロール洗浄部材と前記基板支持部材によって回転する前記基板とを相対的に揺動させる構成を有している。

[0037] この構成により、ロール洗浄部材と基板との位置が相対的に変化するので、高洗浄領域の軌跡に隙間があったとしても、この隙間を小さくし、ないしはなくすることができる。

[0038] 第3の態様の洗浄装置は、基板を支持して回転させる基板支持部材と、前記基板支持部材によって回転する前記基板の表面を回転しながらスクラブ洗浄するための第1のロール洗浄部材と、前記基板支持部材によって回転する前記基板の表面をスクラブ洗浄するための第2のロール洗浄部材とを備え、前記第1のロール洗浄部材及び前記第2のロール洗浄部材は、それぞれ、その長手方向に配列され、前記基板の表面に摺接する複数の突起部材を備え、前記第1のロール洗浄部材及び前記第2のロール洗浄部材において、前記複数の突起部材は、前記ロール洗浄部材の長手方向に等間隔で配置されて複数の突起部材列を形成しており、かつ、前記ロール洗浄部材の周方向に隣り合う突起部材列の複数の突起部材の位置は、互いに前記突起部材列における前記突起部材のピッチの半分だけずれている構成を有している。

[0039] この構成により、一方のロール洗浄部材によってできた洗浄むらを少なく、ないしはなくすように他方のロール洗浄部材が基板を洗浄することができる。

[0040] 第4の態様の洗浄装置は、基板を支持して回転させる基板支持部材と、前記基板支持部材によって回転する前記基板の表面を回転しながらスクラブ洗浄するためのロール洗浄部材とを備え、前記ロール洗浄部材は、その長手方向に配列され、前記基板の表面に摺接する複数の突起部材を備え、前記複数の突起部材は、前記長手方向の第1の列にピッチ $n p$ で並ぶ複数の突起部材と、前記長手方向の第2の列にピッチ $n p$ で並ぶ複数の突起部材と、前記長手方向の第3の列にピッチ $n p$ で並ぶ複数の突起部材と、前記長手方向の第4の列にピッチ $n p$ で並ぶ複数の突起部材とを含み、前記第1の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向の位置と前記第2の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向とは、 $n p / 4$ だけずれており、前記第2の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向の位置と前記第3の列に並ぶ複数の突起部材の前記長

手方向とは、 $n p / 4$ だけずれており、前記第 3 の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向の位置と前記第 4 の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向とは、 $n p / 4$ だけずれている構成を有している。

[0041] この構成により、第 1 の列の突起部材による高洗浄力領域の軌跡と第 3 の列突起部材による高洗浄力領域の軌跡との間の隙間の中央に第 2 の列の突起部材による高洗浄力領域の軌跡及び第 4 の列の突起部材による高洗浄力領域の軌跡の中央が位置するようにできる。

[0042] 第 5 の態様の洗浄装置は、基板を支持して回転させる基板支持部材と、前記基板支持部材によって回転する前記基板の表面を回転しながらスクラブ洗浄するためのロール洗浄部材とを備え、前記ロール洗浄部材は、その長手方向に配列され、前記基板の表面に摺接する複数の突起部材を備え、前記ロール洗浄部材は、回転する前記基板の回転中心を通過して前記回転中心から両側の基板の外周まで至る範囲で前記基板に摺接し、前記複数の突起部材は、前記回転中心に対応する位置を境に両側に非対称に配置される構成を有している。

[0043] この構成により、ロール洗浄部材の長手方向の基準位置よりも一方の側の突起部材による高洗浄力領域と他方の側の突起部材による高洗浄力領域とがずれて、洗浄むらを防止ないし軽減できる。

[0044] 第 6 の態様の洗浄装置は、基板を支持して回転させる基板支持部材と、前記基板支持部材によって回転される前記基板の表面を回転しながらスクラブ洗浄するためのロール洗浄部材とを備え、前記ロール洗浄部材は、その長手方向に配列され、前記基板の表面に摺接する複数の突起部材を備え、前記複数の突起部材は、前記ロール洗浄部材の長手方向に配置されて複数の突起部材列を形成しており、かつ、前記ロール洗浄部材の周方向に隣り合う突起部材列の複数の突起部材の位置は互いに前記長手方向にずれており、前記ロール洗浄部材は、前記突起部材が突設される基礎面において、周方向に隣り合う突起部材列の複数の突起部材は、互いに一部が周方向に重なっており、かつ、前記突起部材の接触面において、周方向に隣り合う突起部材列の複数の

突起部材は、互いに周方向に離間している構成を有している。

[0045] この構成により、ロール洗浄部材の基礎面では、突起部材が長手方向に互い違いになるとともに周方向には一部で重なっているため、帯状の連続した薄肉部分ができず、突起部材が基板に摺接することによる薄肉部分の劣化を軽減できる。また、ロール洗浄部材の接触面では、突起部材が周方向に互いに離間しているため、洗浄液の流動性を確保できる。

[0046] 第1の態様のロール洗浄部材は、回転する基板の表面を回転しながらスクラブ洗浄するためのロール洗浄部材であって、前記ロール洗浄部材の長手方向に配列され、前記基板の表面に摺接する複数の突起部材を備え、前記複数の突起部材は、前記長手方向の第1の列にピッチ $n p$ で並ぶ複数の突起部材と、前記長手方向の第2の列に前記ピッチ $n p$ で並ぶ複数の突起部材と、前記長手方向の第3の列に前記ピッチ $n p$ で並ぶ複数の突起部材と、前記長手方向の第4の列に前記ピッチ $n p$ で並ぶ複数の突起部材とを含み、前記第1の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向の位置と前記第2の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向とは、 $n p / 4$ だけずれており、前記第2の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向の位置と前記第3の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向とは、 $n p / 4$ だけずれており、前記第3の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向の位置と前記第4の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向とは、 $n p / 4$ だけずれている構成を有している。

[0047] この構成により、第1の列の突起部材による高洗浄力領域の軌跡と第3の列突起部材による高洗浄力領域の軌跡との間の隙間の中央に第2の列の突起部材による高洗浄力領域の軌跡及び第4の列の突起部材による高洗浄力領域の軌跡の中央が位置するようにできる。

[0048] 第2の態様のロール洗浄部材は、回転する基板の表面を回転しながらスクラブ洗浄するためのロール洗浄部材であって、前記ロール洗浄部材の長手方向に配列され、前記基板の表面に摺接する複数の突起部材を備え、前記ロール洗浄部材は、回転する前記基板の回転中心を通過して前記回転中心から両側の基板の外周まで至る範囲で前記基板に摺接し、前記複数の突起部材は、前

記回転中心に対応する位置を境に両側に非対称に配置される構成を有している。

[0049] この構成により、ロール洗浄部材の長手方向の基準位置よりも一方の側の突起部材による高洗浄力領域と他方の側の突起部材による高洗浄力領域とがずれて、洗浄むらを防止ないし軽減できる。

[0050] 第3の態様のロール洗浄部材は、回転する基板の表面を回転しながらスクラブ洗浄するためのロール洗浄部材であって、前記ロール洗浄部材の長手方向に配列され、前記基板の表面に摺接する複数の突起部材を備え、前記複数の突起部材は、前記ロール洗浄部材の長手方向に配置されて複数の突起部材列を形成しており、かつ、前記ロール洗浄部材の周方向に隣り合う突起部材列の複数の突起部材の位置は互いに前記長手方向にずれており、前記ロール洗浄部材は、前記突起部材が突設される基礎面において、周方向に隣り合う突起部材列の複数の突起部材は、互いに一部が周方向に重なっており、かつ、前記突起部材の接触面において、周方向に隣り合う突起部材列の複数の突起部材は、互いに周方向に離間している構成を有している。

[0051] この構成により、基礎面では、突起部材が長手方向に互い違いになるとともに周方向には一部で重なっているため、帯状の連続した薄肉部分ができず、突起部材が基板に摺接することによる薄肉部分の劣化を軽減できる。また、接触面では、突起部材が周方向に互いに離間しているため、洗浄液の流動性を確保できる。

[0052] 第4の態様のロール洗浄部材は、基板の表面に摺接し筒形状を有する複数の突起部材を備え、前記複数の突起部材は、前記ロール洗浄部材の長手方向に一直線上に配列された複数の突起部材列を形成するように配列され、複数の突起部材列を構成する各突起部材は、互いに、以下の(1)及び(2)の関係を満たす位置に配置され配置される構成を有している。

$$L_c > 2 R_c \quad \cdots (1)$$

ここで、 L_c は、接触面における、第1の突起部材列を構成する複数の突起部材の円の中心を通る直線と、第1の突起部材列と周方向に隣り合う第2

の突起部材列を構成する複数の突起部材の円の中心を通る直線との間の最短距離と定義される。

また、 R_c は、接触面における、複数の突起部材列を構成する複数の突起部材の半径の平均長と定義される。

$$L_b < 2 R_b \quad \cdots (2)$$

ここで、 L_b は、基礎面における、第1の突起部材列を構成する複数の突起部材の円の中心を通る直線と、第1の突起部材列と周方向に隣り合う第2の突起部材列を構成する複数の突起部材の円の中心を通る直線との間の最短距離と定義される。

また、 R_b は、基礎面における、複数の突起部材列を構成する複数の突起部材の半径の平均長と定義される。

[0053] この構成により、基礎面では、互いに隣り合う突起部材列どうしの距離が短くなり周方向には一部で重なることになるので、帯状の連続した薄肉部分ができず、突起部材が基板に摺接することによる薄肉部分の劣化を軽減できる。また、接触面では、互いに隣り合う突起部材列どうしの距離が長くなり、突起部材が周方向に互いに離間することになるので、洗浄液の流動性を確保できる。

[0054] 以下に説明するように、本発明には他の態様が存在する。したがって、この発明の開示は、本発明の一部の提供を意図しており、ここで記述され請求される発明の範囲を制限することは意図していない。

図面の簡単な説明

[0055] [図1]図1は、ロール洗浄部材を備えた洗浄装置（ロール洗浄装置）の模式図である。

[図2]図2は、上部ロール洗浄部材におけるノジュールの配置例を示す図である。

[図3]図3は、基板の表面にノジュールが接触している状態を示す断面図である。

[図4]図4は、押しつぶされたノジュールの先端における圧力分布を計測した

結果を示す図である。

[図5]図5は、高洗浄力領域を示す図である。

[図6]図6は、基板表面に生じる洗浄むらを示す図である。

[図7]図7は、本発明の第1の実施の形態におけるロール洗浄装置の模式図である。

[図8]図8は、本発明の第1の実施の形態における上部ロール洗浄部材の構成を示す模式図である。

[図9]図9は、本発明の第1の実施の形態におけるロール洗浄装置の変形例の模式図である。

[図10]図10は、本発明の第2の実施の形態における上部ロール洗浄部材の構成を示す模式図である。

[図11]図11は、本発明の第3の実施の形態における上部ロール洗浄部材の構成を示す模式図である。

[図12]図12は、本発明の第4の実施の形態における上部ロール洗浄部材の構成を示す模式図である。

[図13]図13は、従来の上部ロール洗浄部材の斜視図である。

[図14]図14は、従来の上部ロール洗浄部材の断面図である。

[図15]図15は、従来の上部ロール洗浄部材の基礎面での展開図である。

[図16]図16は、従来の上部ロール洗浄部材の接触面での展開図である。

[図17]図17は、本発明の第5の実施の形態の上部ロール洗浄部材の斜視図である。

[図18]図18は、本発明の第5の実施の形態の上部ロール洗浄部材の断面図である。

[図19]図19は、本発明の第5の実施の形態の上部ロール洗浄部材の基礎面での展開図である。

[図20]図20は、本発明の第5の実施の形態の上部ロール洗浄部材の接触面での展開図である。

実施の形態

[0056] 以下、本技術の実施の形態のロール洗浄装置について、図面を参照しながら説明する。なお、以下に説明する実施の形態は、本技術を実施する場合の一例を示すものであって、本技術を以下に説明する具体的構成に限定するものではない。本技術の実施にあたっては、実施の形態に応じた具体的構成が適宜採用されてよい。本技術の実施の形態のロール洗浄装置の基本的な構成は、図1に示し、上記で説明したものと同様である。以下では、洗浄むらを防止ないし軽減するための構成の例を説明する。

[0057] (第1の実施の形態)

図7は、第1の実施の形態のロール洗浄装置の模式図である。図7では、基板Wと上部ロール洗浄部材52のみを図示している。本実施の形態のロール洗浄装置501では、上部ロール洗浄部材52を図示しない駆動装置によってその軸方向に揺動（往復平行移動）させる。これによって、上部ロール洗浄部材52上のノジュール（突起部材）の基板Wの半径方向の位置が固定されず、図6に示したような同心円状の洗浄むらを防止できる。

[0058] 図8は、上部ロール洗浄部材52の構成を示す模式図である。図8を参照して、上部ロール洗浄部材52の揺動ピッチ（反復幅）を説明する。上部ロール洗浄部材52は、円柱形状を有しており、その表面には、複数の円柱形状のノジュールが形成されている。上部ロール洗浄部材52の複数のノジュールは、列方向に等間隔で配置されており、かつ、各列は上部ロール洗浄部材52の周方向に等間隔に配置されている。また、ある列のノジュールの位置とそれに隣り合う列のノジュールの位置とは、列方向のノジュールの間隔の半分だけずれている。即ち、ノジュールは列ごとに互い違いになって配置されている。

[0059] いま、ノジュールの径を n_w 、ノジュールの列方向の配置のピッチを n_p 、基板Wの表面に高い押圧力で接触することで高い洗浄力でスクラブ洗浄を行う領域（高洗浄力領域）の列方向の幅を s_a 、揺動ピッチ（往復平行移動の振幅）を s_p とすると、まず、図8の例の上部ロール洗浄部材52は、 $n_p - n_w < n_w$ 、即ち、 $n_p < 2n_w$ を満たす。即ち、上部ロール洗浄部材

52は、回転しながら基板Wに摺接するので、ノジュールは隙間なく基板Wの表面に接触することになる。しかしながら、図8に示すように、列方向に隣り合う高洗浄力領域の軌跡の間には隙間があり、このままでは洗浄むらが生じてしまう。そこで、本実施の形態では、上述のようにロール洗浄部材をその長手方向に揺動させる。

[0060] そして、その揺動ピッチ s_p が $s_p \geq (n_p / 2) - s_a$ を満たせば、上部ロール洗浄部材52の揺動によって、ノジュールの高洗浄力領域の軌跡が基板Wの半径方向に隙間なく位置することとなり、同心円状の洗浄むらを防止できる。なお、ノジュールの径 n_w に対する高洗浄力領域の幅 s_a の比を k （即ち、 $s_a / n_w = k$ ）とすると、高洗浄力領域の軌跡が基板Wの半径方向に隙間なく存在するためのノジュールの列方向のピッチ n_p の条件は、 $s_p \geq (n_p / 2) - (k \times n_w)$ となる。

[0061] 高洗浄力領域の幅 s_a は、 k を設定することで決定されてよく、実際に生じる洗浄むらに基づいて決定されてもよい。 k は、0.3～0.6のいずれかの値とすることができる。すなわち、高洗浄力領域の幅 s_a は、ノジュールの端面の列方向の幅（端面が円であるときは、端面の直径）の30%～60%の幅として設定することができる。高洗浄力領域の幅 s_a は、例えばノジュールの端面の列方向の幅の40%として設定することができる。また、高洗浄力領域の幅 s_a は、実際に洗浄をしたときに発生する洗浄むらに基づいて決定してもよい。

[0062] なお、図8では、上部ロール洗浄部材52の全体の大きさに対して各ノジュールを大きく描いているが、上記 n_w 、 n_p 、 s_a 、 s_p の互いの比は図8において正確に図示されている。また、図8では、上部ロール洗浄部材52に形成される複数のノジュールの一部のみを示し、列方向及び周方向の一部のノジュールの図示を省略している。また、高洗浄力領域の基板W上での軌跡は、基板Wが回転することで基板W状に同心円状に形成されるものであるが、図8ではこれを直線で示している。

[0063] なお、上記の実施の形態では、上部ロール洗浄部材52をその軸方向に揺

動させたが、これに代えて、図9に示すように、基板Wを上部ロール洗浄部材52の軸方向に揺動させてもよい。さらに、上部ロール洗浄部材52をその軸方向ではなく、他の方向に往復平行移動させてもよいし、基板Wに垂直な所定のピボット軸を中心に回転揺動させてもよい。

[0064] (第2の実施の形態)

図10は、第2の実施の形態の上部ロール洗浄部材の構成を示す模式図である。なお、図10でも、上部ロール洗浄部材の全体の大きさに対して各ノジュールを大きく描いている。また、図10でも、上部ロール洗浄部材に形成される複数のノジュールの一部のみを示し、列方向及び周方向の一部のノジュールの図示を省略している。

[0065] 本実施の形態では、1つのロール洗浄装置に対して、2つの上部ロール洗浄部材521、522を設け、これらを同一の基板に対して順に、又は同時に用いて基板の表面をスクラブ洗浄する。第1の上部ロール洗浄部材521及び第2の上部ロール洗浄部材522には、複数の円柱形状のノジュールが形成されている。第1の上部ロール洗浄部材521及び第2の上部ロール洗浄部材522の複数のノジュールは、列方向に等間隔で配置されており、かつ、各列は周方向に等間隔に配置されている。また、ある列のノジュールの位置とそれに隣り合う列のノジュールの位置とは、列方向のノジュールの間隔($n p$)の半分だけずれている。

[0066] さらに、第1の上部ロール洗浄部材521と第2の上部ロール洗浄部材522とでは、ノジュールの位置が列方向のノジュールの間隔($n p$)の $1/4$ ($n p/4$)だけずれている。この構成により、第1の上部ロール洗浄部材521の高洗浄力領域の隙間の中央に、第2の上部ロール洗浄部材522の高洗浄力領域の中央が位置することになる。よって、高洗浄力領域がノジュールの径の $1/4$ 以上の幅を有していれば、このような第1の上部ロール洗浄部材521と第2の上部ロール洗浄部材522を用いて基板を洗浄することで、第1の上部ロール洗浄部材521による高洗浄力領域の軌跡の隙間に、第2の上部ロール洗浄部材522による高洗浄力領域が位置して、基板

の半径方向に隙間なく高洗浄力領域の軌跡が存在することとなり、基板に同心円状の洗浄むらが発生することを防止できる。

[0067] (第3の実施の形態)

図11は、第3の実施の形態の上部ロール洗浄部材52の構成を示す模式図である。なお、図11でも、上部ロール洗浄部材の全体の大きさに対して各ノジュールを大きく描いている。また、図11でも、上部ロール洗浄部材に形成される複数のノジュールの一部のみを示し、列方向及び周方向の一部のノジュールの図示を省略している。

[0068] 上部ロール洗浄部材52には、複数の円柱形状のノジュールが形成されている。複数のノジュールは、列方向に等間隔で配置されており、かつ、各列は周方向に等間隔に配置されている。本実施の形態の上部ロール洗浄部材52は、ある列のノジュールの位置を基準として、それらのノジュールの位置から列方向のノジュールの間隔(n_p)の $1/m$ ずつずれた m 種類のノジュール列を有する。

[0069] k は、ノジュールの径 n_w 、ノジュールの列方向の配置のピッチ n_p 、高洗浄力領域の列方向の幅 s_a から次のようにして決定される。即ち、 $(n_p - s_a) / s_a + 1$ を切り上げた整数を m とする。こうすることで、ある列のノジュールの高洗浄力領域の隙間が、他の列の高洗浄力領域によってすべてカバーされることとなり、基板の半径方向に隙間なく高洗浄力領域の軌跡が存在することとなり、基板に同心円状の洗浄むらが発生することを防止できる。

[0070] 図11の例では、 $(n_p - s_a) / s_a + 1 = 3.64$ 程度となるので、 $m = 4$ とすることで、基板の半径方向に隙間なく高洗浄力領域の軌跡が存在することとなる。よって、本実施の形態の上部ロール洗浄部材52は、ある列のノジュールの位置を基準として、それらのノジュールの位置から列方向にノジュールの間隔(n_p)の $1/4$ だけずれた複数のノジュールを有する列と、その列からさらに列方向にノジュールの間隔(n_p)の $1/4$ だけずれた列と、その列からさらに列方向にノジュールの間隔(n_p)の $1/4$ だ

けずれた列の4種類の列を有する。

[0071] 図11の例では、ノジュール列 $n \mid 1$ と、ノジュール列 $n \mid 3$ とは $n p / 4$ だけずれており、ノジュール列 $n \mid 2$ はノジュール列 $n \mid 3$ からさらに $n p / 4$ だけずれており、ノジュール列 $n \mid 4$ はノジュール列 $n \mid 2$ からさらに $n p / 4$ だけずれている。この構成により、第1の列のノジュールによる高洗浄力領域の軌跡と第3の列のノジュールによる高洗浄力領域の軌跡との間の隙間の中央に第2の列のノジュールによる高洗浄力領域の軌跡及び第4の列のノジュールによる高洗浄力領域の軌跡の中央が位置することとなり、基板に同心円状の洗浄むらが発生することを防止できる。

[0072] なお、ノジュール列 $n \mid 1 \sim n \mid 4$ の周方向の配置順は図11の例に限られず、周方向に別の順（例えば、周方向にノジュール列 $n \mid 1$ 、ノジュール列 $n \mid 3$ 、ノジュール列 $n \mid 2$ 、ノジュール列 $n \mid 4$ の順）に配置されてもよい。

[0073] （第4の実施の形態）

図12は、第4の実施の形態の上部ロール洗浄部材52の構成を示す模式図である。図12でも、上部ロール洗浄部材の全体の大きさに対して各ノジュールを大きく描いている。また、図12でも、上部ロール洗浄部材に形成される複数のノジュールの一部のみを示し、列方向及び周方向の一部のノジュールの図示を省略している。

[0074] 本実施の形態の上部ロール洗浄部材52のノジュールの配置は、基板Wの中心に対応する位置Cを基準として長手方向に対称ではない。このように構成することで、上部ロール洗浄部材52の基板Wの回転中心に対応する位置（基準位置）よりも一方の側のノジュールによる高洗浄力領域と他方の側のノジュールによる高洗浄力領域とがずれて、洗浄むらを防止ないし軽減できる。すなわち、基板Wの表面は、上部ロール洗浄部材52の一方側に摺接してスクラブ洗浄される際にノジュールの高洗浄力領域に接触しない半径位置であっても、基板Wが半回転することによって上部ロール洗浄部材52の反対側に摺接してスクラブ洗浄される際には、ノジュールの高洗浄力領域に接

触することになる。よって、本実施の形態の上部ロール洗浄部材52によっても、基板Wの半径方向に隙間なく高洗浄力領域の軌跡が存在することとなり、基板に同心円状の洗浄むらが発生することを防止できる。

[0075] 具体的には、上部ロール洗浄部材52のノジュールは、位置Cから長手方向の一方側（図12の例では右側）に距離 r_a だけ離れた位置Aにノジュールの高洗浄力領域の中央が位置しているとする、その反対側（図12の例では左側）に距離 r_a だけ離れた位置A'には、隣り合う高洗浄力領域の間の隙間の中央が位置するように、配置される。すなわち、上部ロール洗浄部材52の基準位置より長手方向の一方側の複数のノジュールの基準位置からの距離と、基準位置より長手方向の他方側の複数のノジュールの基準位置からの距離とは、 $n_p/4$ だけずれている。これにより、上部ロール洗浄部材52の長手方向の基準位置よりも一方の側のノジュールによる高洗浄力領域の軌跡の間の隙間の中央に、他方の側のノジュールによる高洗浄力領域の軌跡の中央が位置することができる。

[0076] （第5の実施の形態）

図13～図16は、いずれも従来のロール洗浄部材を示す図であり、図13は斜視図であり、図14は断面図であり、図15は基礎面における展開図であり、図16は接触面における展開図である。なお、図15及び図16において、図の左右方向がロール洗浄部材の長手方向を示し、図の上下方向がロール洗浄部材の周方向を表す。

[0077] 図14に示すように、上部ロール洗浄部材52'は、円筒形状の芯材521'と、芯材521'の表面に被せられたスクラブ部材522'とからなる。スクラブ部材522'はPVA等で構成され、その表面には複数のノジュールが形成されている。以下では、図14に示すように、スクラブ部材522'においてノジュールが形成されていない表面を基礎面BSといい、ノジュールの先端からなる面を接触面CSという。図14に示すように、ノジュールは、スクラブ部材522'の基礎面BSに突設されている。

[0078] 図14に示すように、基礎面BSにおいて隣り合うノジュール列の周方向

のノジュール間距離 L_1 は、接触面CSにおいて隣り合うノジュール列の周方向のノジュール間距離 L_2 より小さい。従来のノジュール洗浄部材52'では、図16に示すように、接触面CSにおいて隣り合うノジュール列のノジュールは周方向に互いに離間しており、これによってノジュール間での洗浄液の流動性（新鮮な洗浄液がノジュール間に入り込み、古い洗浄液がノジュール間から排出される）が確保される。しかしながら、従来のノジュール洗浄部材52'では、図15に示すように、基礎面BSにおいても、隣り合うノジュール列のノジュールは周方向に互いに離間している。

[0079] ロール洗浄部材に形成されたノジュールは、図3を参照して説明したように、基板の表面に摺接する際に、押しつぶされ、かつ基板の進行方向に応力を受けることで、変形する。この応力はスクラブ部材522'のノジュールが形成されていない部分（ノジュールの付け根付近を含む）にも及ぶことになる。すなわち、図15に示すハッチング部分も、ノジュールが基板に摺接することによる応力を受けることになる。

[0080] 図15のハッチング部分は、スクラブ部材522'において、ノジュールが形成されていない薄肉部分である。図15にはこの薄肉部分を一部のみしか示していないが、この薄肉部分は各ノジュール列の間に帯状に形成される。この薄肉部分に繰返し応力が加わることでこの部分に疲労が蓄積して劣化し、ひび割れ等につながる。

[0081] そこで、本実施の形態は、ノジュール間での洗浄液の流動性を確保しつつ、疲労による劣化を低減するロール洗浄部材を提供する。

[0082] 図17～図20は、本実施の形態のロール洗浄部材を示す図であり、図17は斜視図であり、図18は断面図であり、図19は基礎面における展開図であり、図20は接触面における展開図である。なお、図19及び図20でも、図の左右方向がロール洗浄部材の長手方向を示し、図の上下方向がロール洗浄部材の周方向を表す。上部ロール洗浄部材52''は、円筒形状の芯材521''と、芯材521''の表面に被せられたスクラブ部材522''とからなる。スクラブ部材522''はPVA等で構成され、その表面に

は複数のノジュールが形成されている。

[0083] 図17～図19に示すように、本実施の形態の上部ロール洗浄部材52'では、ノジュールが上部ロール洗浄部材52'の長手方向に等間隔で直線上に配置されて複数のノジュール列を形成している。上部ロール洗浄部材52'の周方向に隣り合うノジュール列の複数のノジュールの位置は、互いに長手方向にノジュール列におけるノジュールのピッチの半分だけずれて、かつ、基礎面BSにおいて、周方向に一部で重なっている。すなわち、図19に示すように、基礎面BSでは、第1のノジュール列N1の各ノジュールの外縁を結ぶ直線eb1と、第2のノジュール列N2の各ノジュールの外縁を結ぶ直線eb2の間の領域には、第1のノジュール列N1の各ノジュールの一部と第2のノジュール列N2の各ノジュールの一部が交互に存在している。換言すれば、各ノジュール列の複数のノジュールは、基礎面BSにおいて、周方向に隣り合うノジュール列間で長手方向にずれて互い違いになっており、かつ周方向に一部で重なっている。なお、図20に示すように、接触面CSでは、第1のノジュール列N1の各ノジュールの外縁を結ぶ直線ec1と、第2のノジュール列N2の各ノジュールの外縁を結ぶ直線ec2の間の領域には、第1のノジュール列N1のノジュールも第2のノジュール列N2の各ノジュールも存在しない領域が長手方向に帯状に形成されている。

[0084] 上記の関係については、別の表現をすることもできる。すなわち、長手方向に一直線上に並んだ複数の各ノジュール列のうち、互いに隣接する2つのノジュール列に着目して説明すると、例えば、図20のように、接触面CSにおける、(1)第1のノジュール列N1を構成する複数のノジュールの円の中心を通る直線lc1、及び、(2)第1のノジュール列N1と周方向に隣り合う第2のノジュール列N2を構成する複数のノジュールの円の中心を通る直線lc2との間の最短距離Lcと、第1のノジュール列N1及び第2のノジュール列N2を構成するノジュールの半径Rc(図20では、同じ半径を有するノジュールの場合が示されているが、異なる半径を有する複数のノジュールが設けられる場合は、接触面CSにおけるノジュール半径の平均長

を R_c として選定する)とは、 $L_c > 2 R_c$ の関係を有するようにされている。

[0085] 他方で、図19のように、基礎面BSにおける、第1のノジュール列N1を構成する複数のノジュールの円の中心を通る直線**1b1**と、第1のノジュール列N1と周方向に隣り合う第2のノジュール列N2を構成する複数のノジュールの円の中心を通る直線**1b2**との間の最短距離**Lb**と、基礎面BSにおける、第1のノジュール列N1及び第2のノジュール列N2を構成する複数のノジュールの半径**Rb**(図19では、同じ半径を有するノジュールの場合が示されているが、異なる半径を有する複数のノジュールが設けられる場合は、基礎面BSにおけるノジュール半径の平均長を**Rb**として選定する)とが、 $L_b < 2 R_b$ の関係を有するように構成されている。

[0086] このように、本実施の形態の上部ロール洗浄部材52''では、周方向のノジュールの間隔が従来の上部ロール洗浄部材52'よりも狭くなっており、同じ回転数でも基板の表面を摺接するノジュールの数が従来より増加しており、洗浄力が増加する。

[0087] さらに、本実施の形態の上部ロール洗浄部材52''は、応力による疲労に対する耐性も、従来の上部ロール洗浄部材52'と比較して良好であることが分かっている。これは、本実施の形態では、隣り合うノジュール列のノジュールどうしが周方向に一部で重なり合って配置されており、スクラブ部材522''においてノジュールが形成されていない薄肉部分は連続した帯状になっていないからであると考えられる。このような配置であると、ノジュールが基板の表面に摺接する際に変形して薄肉部分に応力が及んでも、そのような部分は不連続になり、列方向に隣り合うノジュールによる応力が分散される。

[0088] 一方、上記のとおり、接触面CSでは、周方向のノジュール間距離は、基礎面BSにおける周方向のノジュール間距離よりも大きくなる。その結果、本実施の形態では、上述のとおり基礎面BSでは、隣り合うノジュール列のノジュールは周方向に重なっているが、接触面CSでは、図20に示すよう

に、上部ロール洗浄部材 5 2 の周方向に隣り合うノジュール列のノジュール同士は互いに離間している。これにより、基板の表面に供給された洗浄液のノジュール間での流動性が確保される。

[0089] 以上説明したように、本実施の形態の上部ロール洗浄部材 5 2 によれば、ノジュール間での洗浄液の流動性を確保しつつ、洗浄性能が向上し、かつ、疲労による劣化も軽減できる。

[0090] なお、上記の第 1 ないし第 5 の実施の形態では、ノジュールの形状が円柱形上であったが、ノジュールの形状はこれに限らず、例えば、四角柱形状等の他の形状であってもよい。また、上記の第 1 ないし第 4 の実施の形態では、上部ロール洗浄部材 5 2 にノジュールが形成され、基板 W の上面に生じる洗浄むらを防止ないし軽減するための構成を説明したが、下部ロール洗浄部材 5 3 にノジュールが形成されている場合にも、上記同様の構成とすることで、基板 W の下面に生じる洗浄むらを防止ないし軽減できる。さらに、上記の第 5 の実施の形態では、上部ロール洗浄部材 5 2 にノジュールが形成され、ノジュール間での洗浄液の流動性を確保しつつ、洗浄性能が向上し、かつ、疲労による劣化も軽減できる構成を説明したが、下部ロール洗浄部材 5 3 にノジュールが形成されている場合にも、上記同様の構成とすることができる。

[0091] 本技術は、ノジュールの高洗浄力領域が基板の半径方向に隙間なく存在するように基板が洗浄されるので、基板に生じる同心円状の洗浄むらを軽減ないし防止できるという効果を有し、基板の表面に接触して基板を洗浄するロール洗浄部材及びそれを備えた洗浄装置等として有用である。

[0092] 以上に現時点で考えられる本発明の好適な実施の形態を説明したが、本実施の形態に対して多様な変形が可能であり、そして、本発明の真実の精神と範囲内にあるそのようなすべての変形を添付の請求の範囲が含むことが意図されている。

符号の説明

[0093] 5 0 ロール洗浄装置

5 1 スピンドル

5 1 a コマ

5 2 上部ロール洗浄部材

5 2 1 第 1 の上部ロール洗浄部材

5 2 2 第 2 の上部ロール洗浄部材

5 2 ´、5 2 ´ ´ 上部ロール洗浄部材

5 2 1 ´、5 2 1 ´ ´ 芯材

5 2 2 ´、5 2 2 ´ ´ スクラブ部材

5 3 下部ロール洗浄部材

5 4 洗浄液供給ノズル

5 5 洗浄液供給ノズル

n w ノジュールの径

n p ノジュールの列方向の配置のピッチ

s a 高洗浄力領域の列方向の幅

s p 揺動ピッチ（往復平行移動の振幅）

B S 基礎面

C S 接触面

請求の範囲

- [請求項1] 基板を支持して回転させる基板支持部材と、
 前記基板支持部材によって回転される前記基板の表面を回転しながらスクラブ洗浄するためのロール洗浄部材とを備え、
 前記ロール洗浄部材は、その長手方向に配列され、前記基板の表面に摺接する複数の突起部材を備え、
 前記突起部材における前記基板に摺接する部分のうちの高洗浄力領域の軌跡が前記基板の半径方向に隙間なく存在するように前記基板を洗浄することを特徴とする洗浄装置。
- [請求項2] 前記高洗浄力領域は、前記突起部材と前記基板の表面との接触領域の30%～60%のいずれかの幅として設定されることを特徴とする請求項1に記載の洗浄装置。
- [請求項3] 前記複数の突起部材は、前記ロール洗浄部材の長手方向に等間隔で配置されて複数の突起部材列を形成しており、かつ、前記ロール洗浄部材の周方向に隣り合う突起部材列の複数の突起部材の位置は、互いに前記突起部材列における前記突起部材のピッチの半分だけずれていることを特徴とする請求項1又は2に記載の洗浄装置。
- [請求項4] 前記複数の突起部材の前記高洗浄力領域が前記基板に摺接したときの複数の軌跡の間には互いに半径方向に隙間があり、
 前記ロール洗浄部材と回転する前記基板とを洗浄中に相対的に揺動させることで、前記高洗浄力領域の複数の軌跡が前記基板の半径方向に隙間なく存在するように前記基板を洗浄することを特徴とする請求項3に記載の洗浄装置。
- [請求項5] 前記ロール洗浄部材の揺動ピッチ s_p は、前記突起部材列における前記複数の突起部材のピッチを n_p 、前記高洗浄力領域の前記長手方向の幅を s_a とすると、 $s_p \geq (n_p / 2) - s_a$ を満たすことを特徴とする請求項4に記載の洗浄装置。
- [請求項6] 第1のロール洗浄部材及び第2のロール洗浄部材を含む2つの前記

ロール洗浄部材を備え、

前記第1のロール洗浄部材及び前記第2のロール洗浄部材において、前記複数の突起部材は、前記ロール洗浄部材の長手方向に等間隔で配置されて複数の突起部材列を形成しており、かつ、前記ロール洗浄部材の周方向に隣り合う突起部材列の複数の突起部材の位置は、互いに前記突起部材列における前記突起部材のピッチの半分だけずれていることを特徴とする請求項1又は2に記載の洗浄装置。

[請求項7]

前記第1のロール洗浄部材及び前記第2のロール洗浄部材において、前記突起部材列における前記突起部材のピッチを $n p$ とすると、前記基板を洗浄するときの前記第1のロール洗浄部材の前記複数の突起部材の位置と前記基板を洗浄するときの前記第2のロール洗浄部材の前記複数の突起部材の位置とは、列方向に $n p / 4$ だけずれていることを特徴とする請求項6に記載の洗浄装置。

[請求項8]

前記複数の突起部材は、前記長手方向の第1の列にピッチ $n p$ で並ぶ複数の突起部材と、前記長手方向の第2の列にピッチ $n p$ で並ぶ複数の突起部材と、前記長手方向の第3の列にピッチ $n p$ で並ぶ複数の突起部材と、前記長手方向の第4の列にピッチ $n p$ で並ぶ複数の突起部材とを含み、

前記第1の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向の位置と前記第2の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向とは、 $n p / 4$ だけずれており、前記第2の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向の位置と前記第3の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向とは、 $n p / 4$ だけずれており、前記第3の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向の位置と前記第4の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向とは、 $n p / 4$ だけずれていることを特徴とする請求項1又は2に記載の洗浄装置。

[請求項9]

前記ロール洗浄部材は、回転する前記基板の回転中心を通過して前記回転中心から両側の基板の外周まで至る範囲で前記基板に摺接し、

前記複数の突起部材は、前記回転中心に対応する位置を基準として両側に非対称に配置されることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の洗浄装置。

[請求項10] 前記複数の突起部材は、前記回転中心に対応する位置より前記長手方向の一方側の複数の前記突起部材の、前記回転中心に対応する位置からの距離と、前記回転中心に対応する位置より前記長手方向の他方側の複数の前記突起部材の、前記回転中心に対応する位置からの距離とは、 $n p / 4$ だけずれていることを特徴とする請求項 9 に記載の洗浄装置。

[請求項11] 基板を支持して回転させる基板支持部材と、
前記基板支持部材によって回転する前記基板の表面を回転しながらスクラブ洗浄するためのロール洗浄部材とを備え、
前記ロール洗浄部材は、その長手方向に等間隔で配列され、前記基板の表面に摺接する複数の突起部材を備え、
前記複数の突起部材は、前記ロール洗浄部材の長手方向に配置されて複数の突起部材列を形成しており、かつ、前記ロール洗浄部材の周方向に隣り合う突起部材列の複数の突起部材の位置は、互いに前記突起部材列における前記突起部材のピッチの半分だけずれており、
前記複数の突起部材の前記高洗浄力領域が前記基板に摺接したときの軌跡の間には互いに隙間があり、
洗浄中に、前記ロール洗浄部材と前記基板支持部材によって回転する前記基板とを相対的に揺動させることを特徴とする洗浄装置。

[請求項12] 基板を支持して回転させる基板支持部材と、
前記基板支持部材によって回転する前記基板の表面を回転しながらスクラブ洗浄するための第 1 のロール洗浄部材と、
前記基板支持部材によって回転する前記基板の表面をスクラブ洗浄するための第 2 のロール洗浄部材とを備え、
前記第 1 のロール洗浄部材及び前記第 2 のロール洗浄部材は、それ

ぞれ、その長手方向に配列され、前記基板の表面に摺接する複数の突起部材を備え、

前記第1のロール洗浄部材及び前記第2のロール洗浄部材において、前記複数の突起部材は、前記ロール洗浄部材の長手方向に等間隔で配置されて複数の突起部材列を形成しており、かつ、前記ロール洗浄部材の周方向に隣り合う突起部材列の複数の突起部材の位置は、互いに前記突起部材列における前記突起部材のピッチの半分だけずれていることを特徴とする洗浄装置。

[請求項13]

基板を支持して回転させる基板支持部材と、

前記基板支持部材によって回転する前記基板の表面を回転しながらスクラブ洗浄するためのロール洗浄部材とを備え、

前記ロール洗浄部材は、その長手方向に配列され、前記基板の表面に摺接する複数の突起部材を備え、

前記複数の突起部材は、前記長手方向の第1の列にピッチ np で並ぶ複数の突起部材と、前記長手方向の第2の列にピッチ np で並ぶ複数の突起部材と、前記長手方向の第3の列にピッチ np で並ぶ複数の突起部材と、前記長手方向の第4の列にピッチ np で並ぶ複数の突起部材とを含み、

前記第1の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向の位置と前記第2の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向とは、 $np/4$ だけずれており、前記第2の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向の位置と前記第3の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向とは、 $np/4$ だけずれており、前記第3の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向の位置と前記第4の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向とは、 $np/4$ だけずれていることを特徴とする洗浄装置。

[請求項14]

基板を支持して回転させる基板支持部材と、

前記基板支持部材によって回転する前記基板の表面を回転しながらスクラブ洗浄するためのロール洗浄部材とを備え、

前記ロール洗浄部材は、その長手方向に配列され、前記基板の表面に摺接する複数の突起部材を備え、

前記ロール洗浄部材は、回転する前記基板の回転中心を通して前記回転中心から両側の基板の外周まで至る範囲で前記基板に摺接し、

前記複数の突起部材は、前記回転中心に対応する位置を境に両側に非対称に配置されることを特徴とする洗浄装置。

[請求項15]

基板を支持して回転させる基板支持部材と、

前記基板支持部材によって回転される前記基板の表面を回転しながらスクラブ洗浄するためのロール洗浄部材とを備え、

前記ロール洗浄部材は、その長手方向に配列され、前記基板の表面に摺接する複数の突起部材を備え、

前記複数の突起部材は、前記ロール洗浄部材の長手方向に配置されて複数の突起部材列を形成しており、かつ、前記ロール洗浄部材の周方向に隣り合う突起部材列の複数の突起部材の位置は互いに前記長手方向にずれており、

前記ロール洗浄部材は、前記突起部材が突設される基礎面において、周方向に隣り合う突起部材列の複数の突起部材は、互いに一部が周方向に重なっており、かつ、前記突起部材の接触面において、周方向に隣り合う突起部材列の複数の突起部材は、互いに周方向に離間していることを特徴とする洗浄装置。

[請求項16]

回転する基板の表面を回転しながらスクラブ洗浄するためのロール洗浄部材であって、

前記ロール洗浄部材の長手方向に配列され、前記基板の表面に摺接する複数の突起部材を備え、

前記複数の突起部材は、前記長手方向の第1の列にピッチ $n p$ で並ぶ複数の突起部材と、前記長手方向の第2の列に前記ピッチ $n p$ で並ぶ複数の突起部材と、前記長手方向の第3の列に前記ピッチ $n p$ で並ぶ複数の突起部材と、前記長手方向の第4の列に前記ピッチ $n p$ で並ぶ

ぶ複数の突起部材とを含み、

前記第1の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向の位置と前記第2の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向とは、 $n p / 4$ だけずれており、前記第2の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向の位置と前記第3の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向とは、 $n p / 4$ だけずれており、前記第3の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向の位置と前記第4の列に並ぶ複数の突起部材の前記長手方向とは、 $n p / 4$ だけずれていることを特徴とするロール洗浄部材。

[請求項17]

回転する基板の表面を回転しながらスクラブ洗浄するためのロール洗浄部材であって、

前記ロール洗浄部材の長手方向に配列され、前記基板の表面に摺接する複数の突起部材を備え、

前記ロール洗浄部材は、回転する前記基板の回転中心を通して前記回転中心から両側の基板の外周まで至る範囲で前記基板に摺接し、

前記複数の突起部材は、前記回転中心に対応する位置を境に両側に非対称に配置されることを特徴とするロール洗浄部材。

[請求項18]

回転する基板の表面を回転しながらスクラブ洗浄するためのロール洗浄部材であって、

前記ロール洗浄部材の長手方向に配列され、前記基板の表面に摺接する複数の突起部材を備え、

前記複数の突起部材は、前記ロール洗浄部材の長手方向に配置されて複数の突起部材列を形成しており、かつ、前記ロール洗浄部材の周方向に隣り合う突起部材列の複数の突起部材の位置は互いに前記長手方向にずれており、

前記ロール洗浄部材は、前記突起部材が突設される基礎面において、周方向に隣り合う突起部材列の複数の突起部材は、互いに一部が周方向に重なっており、かつ、前記突起部材の接触面において、周方向に隣り合う突起部材列の複数の突起部材は、互いに周方向に離間して

いることを特徴とするロール洗浄部材。

[請求項19]

回転する基板の表面を洗浄するためのロール洗浄部材であって、
前記基板の表面に摺接し筒形状を有する複数の突起部材を備え、
前記複数の突起部材は、前記ロール洗浄部材の長手方向に一直線上
に配列された複数の突起部材列を形成するように配列され、

複数の突起部材列を構成する各突起部材は、

$L_c > 2 R_c$ 、及び

$L_b < 2 R_b$

を満たす位置に配置され、

ここで、 L_c は、前記突起部材の接触面における、第1の突起部材
列を構成する複数の突起部材の円の中心を通る直線と、第1の突起部
材列と周方向に隣り合う第2の突起部材列を構成する複数の突起部材
の円の中心を通る直線との間の最短距離であり、

R_c は、前記突起部材の接触面における、第1の突起部材列を構成
する複数の突起部材の半径の平均長であり、

L_b は、前記突起部材が突設される基礎面における、複数の突起部
材列を構成する複数の突起部材の円の中心を通る直線と、第1の突起
部材列と周方向に隣り合う第2の突起部材列を構成する複数の突起部
材の円の中心を通る直線との間の最短距離であり、

R_b は、前記突起部材が突設される基礎面における、複数の突起部
材列を構成する複数の突起部材の半径の平均長である

ことを特徴とするロール洗浄部材。