

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年4月30日(30.04.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/084944 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/306 (2006.01) *H01L 21/304* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/035767
- (22) 国際出願日: 2019年9月11日(11.09.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2018-198452 2018年10月22日(22.10.2018) JP
- (71) 出願人: 株式会社 S C R E E Nホールディングス(SCREEN HOLDINGS CO., LTD.) [JP/JP];
〒6028585 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る四丁目天神北町1番地の1 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 井上 正史 (INOUE Masafumi);
〒6028585 京都府京都市上京区堀川通寺之

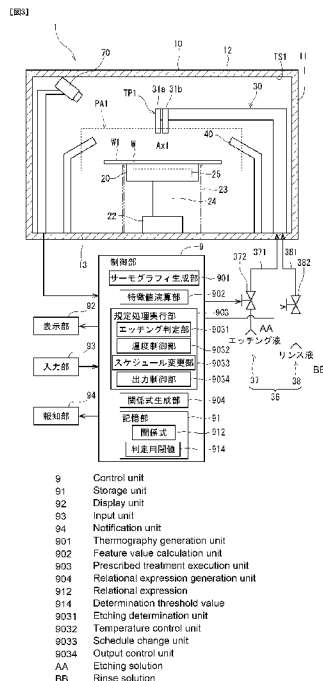
内上る四丁目天神北町1番地の1 株式会社 S C R E E Nセミコンダクターソリューションズ内 Kyoto (JP). 深津 英司(FUKATSU Eiji); 〒6028585 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る四丁目天神北町1番地の1 株式会社 S C R E E Nセミコンダクターソリューションズ内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 吉竹 英俊, 外(YOSHITAKE Hidetoshi et al.); 〒5400001 大阪府大阪市中央区域見1丁目4番70号住友生命OBPプラザビル10階 Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,

(54) Title: SUBSTRATE TREATMENT DEVICE AND SUBSTRATE TREATMENT METHOD

(54) 発明の名称: 基板処理装置および基板処理方法



(57) Abstract: The present invention provides a technology for suitably performing etching treatment of a substrate. A substrate holding stage 20 holds a substrate W at a predetermined position. An etching solution supply unit 37 and a nozzle 30 supply an etching solution to the substrate W at the predetermined position. A spin motor 22 rotates the substrate holding stage 20 around a predetermined rotation axis Ax1. A thermography camera 70 acquires a thermography (temperature distribution) of a peripheral area PA1 around a substrate area which the substrate W occupies when being disposed at the predetermined position in a treatment space TS1 inside a chamber 10. A feature value calculation unit 902 calculates, from the thermography, a feature value relating to the amount of etching by etching treatment using the etching solution. An etching determination unit 9031 determines the propriety of the etching treatment on the basis of the calculated feature value.

(57) 要約: 基板のエッチング処理を好適に行う技術を提供する。基板保持ステージ20は既定位置に基板Wを保持する。エッチング液供給部37およびノズル30は、既定位置の基板Wにエッチング液を供給する。スピนมータ22は基板保持ステージ20を既定の回転軸線Ax1まわりに回転させる。サーモグラフィカメラ70は、チャンバ10内の処理空間TS1のうち、既定位置に配された場合に基板Wが占有する基板領域の周りの周辺領域PA1のサーモグラフィ(温度分布)を取得する。特徴値演算部902は、サーモグラフィから、エッチング液を用いたエッチング処理によるエッチング量に関する特徴値を算出する。エッチング判定部9031は、算出された特徴値に基づいて、エッチング処理の可否を判定する。

KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：基板処理装置および基板処理方法

技術分野

[0001] 本発明は、基板をエッチングする技術に関する。処理対象となる基板には、例えば、半導体基板、液晶表示装置および有機ＥＬ（Electroluminescence）表示装置などのＦＰＤ（Flat Panel Display）用基板、光ディスク用基板、磁気ディスク用基板、光磁気ディスク用基板、フォトリソマスク用基板、セラミック基板、太陽電池用基板、プリント基板などが含まれる。

背景技術

[0002] 従来、エッチング液を基板の表面に供給して、エッチングすることが行われている。本願発明に関連する先行技術としては、例えば特許文献１，２に記載のものがある。特許文献１，２は、基板表面の温度を監視すること、および基板の温度が目標温度に到達するとエッチング処理液の供給を停止することによって、基板が適切な温度である状態でエッチング処理を行うことを開示している。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献１：特開２０１５－１９１８９５号公報
特許文献２：特開２０１７－２０１７２３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、エッチング処理は、基板の温度だけではなく、基板の周囲の温度の影響を受ける可能性があった。従来技術は、基板表面の温度のみ監視しており、基板周囲の環境温度がエッチングに与える影響が考慮されていない。このため、基板周囲の部材からの輻射熱などによって、エッチング処理に不良が発生するおそれがあった。

[0005] 本発明は、基板のエッチング処理を好適に行う技術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

- [0006] 上記課題を解決するため、第1態様は、基板をエッチング処理する基板処理装置であって、内部に処理空間を有するチャンバと、前記チャンバ内における既定位置に基板を保持する基板保持部と、前記基板保持部に保持された前記基板にエッチング液を供給するエッチング液供給部と、前記基板保持部を既定の回転軸線まわりに回転させる回転部と、前記チャンバ内のうち、前記既定位置に配された場合に前記基板が占有する基板領域の周りの周辺領域における温度分布を取得する温度分布取得部と、前記温度分布から、前記エッチング液を用いたエッチング処理による前記基板のエッチング量に関する特徴値を算出する特徴値演算部とを備える。
- [0007] 第2態様は、第1態様の基板処理装置であって、前記特徴値と予め定められた閾値との比較に基づいて、前記基板に対するエッチング処理の良否を判定するエッチング判定部をさらに含む。
- [0008] 第3態様は、第1態様または第2態様の基板処理装置であって、前記特徴値演算部は、前記温度分布と前記エッチング量との関係を示す関係式とから前記特徴値を算出する。
- [0009] 第4態様は、第3態様の基板処理装置であって、前記エッチング処理における規定タイミングでの前記温度分布、および当該エッチング処理が行われた前記基板のエッチング量に基づいて、前記関係式を生成する関係式生成部をさらに備える。
- [0010] 第5態様は、第4態様の基板処理装置であって、前記特徴値演算部は、前記エッチング処理における前記規定タイミングに対応するタイミングの前記温度分布を前記関係式に代入することによって、前記特徴値を算出する。
- [0011] 第6態様は、第3態様から第5態様のいずれか1つの基板処理装置であって、前記エッチング量は、前記回転軸線を中心とする、異なる半径の各円周上におけるエッチング量である。
- [0012] 第7態様は、第1態様から第6態様のいずれか1つの基板処理装置であっ

て、前記温度分布取得部は、前記基板保持部によって保持される基板が配置される領域を撮像領域に含むサーモグラフィカメラを有し、前記温度分布は、サーモグラフィである。

[0013] 第8態様は、第7態様の基板処理装置であって、前記関係式は、前記サーモグラフィを構成する各画素値が示す温度を独立変数とし、前記異なる半径の各円周上のエッチング量を従属変数とする回帰関数である。

[0014] 第9態様は、第1態様から第8態様のいずれか1つの基板処理装置であって、前記特徴値演算部は、前記基板保持部が前記基板を保持していない状態で取得される前記温度分布から前記特徴値を算出する。

[0015] 第10態様は、第9態様の基板処理装置であって、前記特徴値に応じて、前記既定位置に配された基板及び前記周辺領域の温度を変更する温度変更部をさらに備える。

[0016] 第11態様は、第9態様または第10態様の基板処理装置であって、前記特徴値に応じて、前記チャンバに前記基板が搬入される時間を規定したスケジュールを変更するスケジュール変更部をさらに備える。

[0017] 第12態様は、第1態様から第8態様のいずれか1つの基板処理装置であって、前記特徴値演算部は、前記基板保持部が前記基板を保持している状態で取得される前記温度分布から前記特徴値を算出する。

[0018] 第13態様は、第12態様の基板処理装置であって、前記特徴値に応じて、前記既定位置に配された基板及び前記周辺領域の温度を変更する温度変更部をさらに備える。

[0019] 第14態様は、第12態様または第13態様の基板処理装置であって、前記特徴値に応じて、前記チャンバに前記基板が搬入される時間を規定したスケジュールを変更するスケジュール変更部をさらに備える。

[0020] 第15態様は、基板処理方法であって、a)チャンバ内における既定位置に基板を保持することと、b)工程a)によって前記既定位置にある前記基板を回転軸線まわりに回転させることと、c)工程b)によって回転する前記基板の表面にエッチング液を供給することと、d)前記チャンバ内において、前記既定

位置に配された場合に前記基板が占有する基板領域の周りの周辺領域における温度分布を取得することと、e)工程d)によって取得された前記温度分布から、前記基板に対する前記エッチング液を用いたエッチング処理を評価するための特徴値を算出することを含む。

発明の効果

- [0021] 第1態様の基板処理装置によると、基板が配される領域周辺の温度分布から、基板のエッチング量に関する特徴値が算出される。このため、この特徴値に基づいて、基板の周囲の温度によってエッチング不良が発生するかどうかを適切に評価できる。
- [0022] 第2態様の基板処理装置によると、オペレータが閾値を適宜設定することによって、周辺領域の温度分布から、基板に対するエッチング処理の可否を適切に判定できる。
- [0023] 第3態様の基板処理装置によると、関係式に温度分布を代入することによって、エッチング量の予測値を算出できる。
- [0024] 第4態様の基板処理装置によると、規定タイミングの温度分布からエッチング量を予測する関係式を求めることができる。
- [0025] 第5態様の基板処理装置によると、特徴値を算出するために関係式に代入される温度分布の取得タイミングが、関係式生成に用いられた温度分布の規定タイミングに合わせられる。このため、関係式と温度分布とから、特徴値を適切に取得できる。
- [0026] 第6態様の基板処理装置によると、エッチング処理が基板を回転させながら行われるため、基板上における同一円周上のエッチング量はほぼ均一である。このため、異なる半径の各円周上のエッチング量を取得することによって、基板上のエッチング量の分布を効率的に取得できる。
- [0027] 第7態様の基板処理装置によると、サーモグラフィカメラで撮像することによって、基板が配される領域周辺の温度分布を容易に取得できる。
- [0028] 第8態様の基板処理装置によると、基板を回転させながらエッチング液で処理した場合、異なる半径の各円周上ではエッチング量がほぼ同じとなる。

このため、異なる半径の円周上のエッチング量を従属変数とすることによって、従属変数を減らすことができる。これにより、基板の各地点のエッチング量を求めるための関係式を適切かつ効率的に生成できる。

[0029] 第9態様の基板処理装置によると、基板保持部に基板が保持される前から、基板が配される領域周辺の温度分布がエッチングに適しているかどうかを、特徴値に基づき検査できる。

[0030] 第10態様の基板処理装置によると、基板が配される領域周辺の温度分布を、エッチング処理に適するように変更できるため、好適なエッチング処理を実施できる。

[0031] 第11態様の基板処理装置によると、基板が配される領域周辺の温度分布が適切な温度となるように基板の搬入を遅らせることができる。これにより、基板にエッチング処理の不良を抑制できる。

[0032] 第12態様の基板処理装置によると、基板保持部に基板が保持された後において、基板が配される領域周辺の温度分布がエッチングに適しているかどうかを、特徴値に基づいて検査できる。

[0033] 第13態様の基板処理装置によると、基板周辺の温度分布を、エッチング処理に適するように変更できるため、エッチング処理を好適に実施できる。

[0034] 第14態様の基板処理装置によると、基板周辺の温度分布がエッチング処理に適した温度となるまで基板の搬入を遅らせることができる。これにより、エッチング処理の不良を抑制できる。

[0035] 第15態様の基板処理方法によると、基板が配される領域周辺の温度分布から、基板のエッチング量に関する特徴値が算出される。このため、この特徴値に基づいて、基板の周囲の温度によってエッチング不良が発生するかどうかを適切に評価できる。

図面の簡単な説明

[0036] [図1]第1実施形態の基板処理装置100の全体構成を示す図である。

[図2]第1実施形態の洗浄処理ユニット1の概略平面図である。

[図3]第1実施形態の洗浄処理ユニット1および制御部9を示す図である。

[図4]サーモグラフィTH1を概念的に示す図である。

[図5]基板Wの上面W1を示す図である。

[図6]エッチング処理のシーケンスの前半部を示す図である。

[図7]エッチング処理のシーケンスの後半部を示す図である。

[図8]第2実施形態の洗浄処理ユニット1および制御部9Aを示す図である。

発明を実施するための形態

[0037] 以下、添付の図面を参照しながら、本発明の実施形態について説明する。
なお、この実施形態に記載されている構成要素はあくまでも例示であり、本発明の範囲をそれらのみに限定する趣旨のものではない。図面においては、理解容易のため、必要に応じて各部の寸法や数が誇張又は簡略化して図示されている場合がある。

[0038] 相対的または絶対的な位置関係を示す表現（例えば「一方向に」「一方向に沿って」「平行」「直交」「中心」「同心」「同軸」等）は、特に断らない限り、その位置関係を厳密に表すのみならず、公差もしくは同程度の機能が得られる範囲で相対的に角度または距離に関して変位された状態も表すものとする。等しい状態であることを示す表現（例えば「同一」「等しい」「均質」等）は、特に断らない限り、定量的に厳密に等しい状態を表すのみならず、公差もしくは同程度の機能が得られる差が存在する状態も表すものとする。形状を示す表現（例えば、「四角形状」または「円筒形状」等）は、特に断らない限り、幾何学的に厳密にその形状を表すのみならず、同程度の効果が得られる範囲で、例えば凹凸や面取り等を有する形状も表すものとする。一の構成要素を「備える」「具える」「具備する」「含む」又は「有する」という表現は、他の構成要素の存在を除外する排他的表現ではない。「A上のB」との表現は、特に断らない限り、2つの要素A、Bが接している場合のほか、2つの要素A、Bが離れている場合も含む。

[0039] <1. 第1実施形態>

図1は、第1実施形態の基板処理装置100の全体構成を示す図である。
基板処理装置100は、処理対象である基板Wを1枚ずつ処理する枚葉式の

処理装置である。基板処理装置１００は、円形薄板状であるシリコン基板である基板Wに対して、エッチング液および純水などのリンス液を用いて洗浄処理を行った後、乾燥処理を行う。エッチング液としては、フッ酸や硝酸などを含む各種の薬液を採用してもよい。リンス液としては、純水や超純水などの各種の液体を採用してもよい。以下の説明では、エッチング液とリンス液を総称して「処理液」と称する場合がある。

[0040] 基板処理装置１００は、複数の洗浄処理ユニット１、インデクサ１０２および主搬送ロボット１０３を備える。

[0041] インデクサ１０２は、装置外から受け取った処理対象の基板Wを装置内に搬送するとともに、洗浄処理が完了した処理済みの基板Wを装置外に搬出する。インデクサ１０２は、複数のキャリア（図示省略）を載置するとともに移送ロボット（図示省略）を備える。キャリアとしては、基板Wを密閉空間に収納するFOUP（Front Opening Unified Pod）やSMIF（Standard Mechanical InterFace）ポッド、あるいは、基板Wを外気にさらすOC（Open Cassette）を採用してもよい。移送ロボットは、キャリアと主搬送ロボット１０３との間で基板Wを移送する。

[0042] 洗浄処理ユニット１は、１枚の基板Wに対して液処理および乾燥処理を行う。基板処理装置１００には、１２個の洗浄処理ユニット１が配置されている。具体的には、各々が鉛直方向に積層された３個の洗浄処理ユニット１を含む４つのタワーが、主搬送ロボット１０３の周囲を取り囲むようにして配置されている。図１では、３段に重ねられた洗浄処理ユニット１の１つを概略的に示している。なお、基板処理装置１００における洗浄処理ユニット１の数量は、１２個に限定されるものではなく、適宜変更してもよい。

[0043] 主搬送ロボット１０３は、洗浄処理ユニット１を積層した４個のタワーの中央に設置されている。主搬送ロボット１０３は、インデクサ１０２から受け取った処理対象の基板Wを各洗浄処理ユニット１に搬入する。また、主搬送ロボット１０３は、各洗浄処理ユニット１から処理済みの基板Wを搬出してインデクサ１０２に渡す。

[0044] <洗浄処理ユニット１＞

以下、基板処理装置１００に搭載された１２個の洗浄処理ユニット１のうちの１つに説明するが、他の洗浄処理ユニット１についても、ノズル３０の配置関係が異なる点以外は、同一の構成を有する。

[0045] 図２は、第１実施形態の洗浄処理ユニット１の概略平面図である。図３は、第１実施形態の洗浄処理ユニット１および制御部９を示す図である。図２は基板保持ステージ２０に基板Ｗが保持されていない状態を示しており、図３は基板保持ステージ２０に基板Ｗが保持されている状態を示している。

[0046] 洗浄処理ユニット１は、チャンバ１０内に、基板Ｗを水平姿勢（基板Ｗの表面の法線が鉛直方向に沿う姿勢）に保持する基板保持ステージ２０と、基板保持ステージ２０に保持された基板Ｗの上面に処理液を供給するためのノズル３０と、基板保持ステージ２０の周囲を取り囲む処理カップ４０と、基板保持ステージ２０の上方空間を撮像するサーモグラフィカメラ７０とを備える。

[0047] チャンバ１０は、内部に基板を処理する処理空間ＴＳ１を有する。鉛直方向に沿って四方を取り囲む側壁、側壁の上側を閉塞する天井壁、側壁１１の下側を閉塞する床壁１３を備える。側壁１１、天井壁１２、および床壁１３に囲まれた空間が、処理空間ＴＳ１を形成する。チャンバ１０の側壁１１の一部には、チャンバ１０に対して主搬送ロボット１０３が基板Ｗを搬出入するための搬出入口およびその搬出入口（いずれも図示省略）を開閉するシャッターが設けられている。

[0048] 基板保持ステージ２０は、鉛直方向に沿って延びる回転軸２４の上端に固定されている。基板保持ステージ２０の下端中央部は、回転軸２４に接続されている。回転軸２４にはスピンモータ２２が接続されている。スピンモータ２２は、制御部９からの制御命令にしたがって、回転軸２４を回転軸線Ａ×１まわりに回転させる。スピンモータ２２は、回転軸２４を回転させることによって、基板保持ステージ２０を水平面内にて回転させる。基板保持ステージ２０は、チャンバ１０内における既定位置に基板Ｗを保持する基板保

持部の一例である。スピンモータ 22 および回転軸 24 は、基板保持部である基板保持ステージ 20 を既定の回転軸線 A x 1 まわりに回転させる回転部の一例である。基板保持ステージ 20、スピンモータ 22、および回転軸 24 の周囲は、カバー部材 23 によって取り囲まれている。

[0049] 基板保持ステージ 20 は、円盤形状を有している。基板保持ステージ 20 の外径は、基板保持ステージ 20 に保持される円形の基板 W の径よりも小さくなっている。基板保持ステージ 20 は、保持対象の基板 W の下面の一部と対向する上面 21 を有する。上面 21 には、複数の吸引孔が分散して設けられている。各吸引孔は真空ポンプなどの吸引手段に接続されている。基板 W が基板保持ステージ 20 の上面 21 に載置された状態で、吸引手段を動作させると、基板 W と上面 21 との間の雰囲気は各吸引孔に吸引される。これによって、基板 W が上面 21 に吸着される。基板保持ステージ 20 は、基板チャンバ内における既定位置に基板を保持する基板保持部の一例である。

[0050] なお、基板保持部が基板 W を吸着する基板保持ステージ 20 を備えていることは必須ではない。例えば、基板保持部が、基板 W の外縁部の異なる箇所を支持することによって、基板 W を挟持する複数のチャックピンを備えていてもよい。

[0051] 基板保持ステージ 20 が基板 W を保持した状態にて、スピンモータ 22 が回転軸 24 を回転させると、基板 W の中心を通る鉛直方向に沿った回転軸線 A x 1 まわりに基板 W が回転する。なお、スピンモータ 22 の駆動は制御部 9 によって制御される。以下の説明では、回転軸線 A x 1 に直交する水平方向を「径方向」という。また、径方向において回転軸線 A x 1 に向かう方向を「径方向内方」といい、径方向において回転軸線 A x 1 から離れる方向を「径方向外方」という。

[0052] ノズル 30 は、吐出ヘッド 31 a、31 b、およびノズルアーム 32 を備える。吐出ヘッド 31 a、31 b は、ノズルアーム 32 の先端に取り付けられている。ノズルアーム 32 の基端側はノズル基台 33 に固定して連結されている。ノズル基台 33 に設けられたモータ 332（ノズル移動部。図 2 参

照)によって鉛直方向に沿った軸のまわりで回転可能とされている。

[0053] ノズル基台33が回転することにより、図2中の矢印AR34にて示すように、ノズル30は、基板保持ステージ20の上方位置と処理カップ40よりも外側の待機位置との間で水平方向に沿って円弧状に移動する。ノズル基台33の回転によって、すなわち、ノズル30は基板保持ステージ20の上面21の上方にて揺動する。詳細には、基板保持ステージ20よりも上方において、水平方向に延びる既定の処理位置TP1に移動する。なお、ノズル30を処理位置TP1に移動させるとは、ノズル30の先端部の吐出ヘッド31a, 31bを処理位置TP1に移動させることと同意である。

[0054] ノズル30には、処理液供給部36が接続されている。処理液供給部36は、エッチング液供給部37と、リンス液供給部38を含む。エッチング液供給部37は、吐出ヘッド31aに接続されており、吐出ヘッド31aにエッチング液を供給する。吐出ヘッド31aは、回転中の基板Wの上面に向けてエッチング液を吐出する。リンス液供給部38は、吐出ヘッド31bに接続されており、吐出ヘッド31bにリンス液を供給する。吐出ヘッド31bは、回転中の基板Wの上面に向けてリンス液を吐出する。

[0055] エッチング液供給部37は、エッチング液の供給源と吐出ヘッド31aとを接続する配管371、および配管371に設けられたバルブ372を備える。リンス液供給部38は、リンス液の供給源と吐出ヘッド31bとを接続する配管381、および配管381に設けられたバルブ382を備える。供給バルブ372, 382は、制御部9からの制御信号に応じて、各配管371, 381を開閉する。これにより、各吐出ヘッド31a, 31bに対する処理液の供給がオン／オフ制御されると同時に、各吐出ヘッド31a, 31bから処理液の吐出がオン／オフ制御される。

[0056] なお、ノズル30に設けられる吐出ヘッドの数は、2つに限定されるものではなく、1つ、または3つ以上であってもよい。また、処理液の種類毎に吐出ヘッドが設けられていてもよいし、2種類以上の処理液が同じ吐出ヘッドから吐出されるようにしてもよい。また、ノズル30とは別に、基板Wに

処理液を供給するノズルが設けられてもよい。

[0057] 以上のように、ノズル30（詳細には各吐出ヘッド31a, 31b）は、処理位置TP1にて停止して、処理液を吐出する。ノズル30から吐出された処理液は、基板保持ステージ20に保持された既定位置の基板Wの上面に着液する。

[0058] 基板保持ステージ20の内部には、熱源25が内蔵されている。熱源25は、制御部9からの制御信号に応じて熱を発生させる。これにより、基板保持ステージ20および基板保持ステージ20の周辺に配置された要素の温度が変更される。これによって、基板保持ステージ20に保持された基板Wを加熱できる。熱源25は、既定位置に配された基板Wおよびその周辺領域PA1の温度を変更する温度変更部を構成し得る。

[0059] 基板Wの温度を変更する温度変更部は、基板保持ステージ20に内蔵された熱源25に限定されない。例えば、温度変更部として、基板保持ステージ20外であって、かつチャンバ10の処理空間TS1内に設けられ、輻射熱を基板Wに与える熱源を採用してもよい。また、温度変更部として、基板保持ステージ20またはその周辺を冷却する冷却機構が設けられてもよい。

[0060] 処理カップ40は、基板保持ステージ20の外周を取り囲み可能な円筒状を有している。処理カップ40の上側部分は、鉛直上向き及び径方向内方に向けて傾斜する形状を有する。基板Wが基板保持ステージ20に保持されると、処理カップ40の上記上側部分が当該基板Wの周囲を取り囲む状態となる。

[0061] 基板保持ステージ20に保持された基板Wの上面に処理液が供給されると、当該処理液は基板Wの回転によって径方向外方に振り切られる。処理カップ40は、当該上側部分の内周面で、基板Wから振り切られた処理液を受け止める。内周面に受け止められた処理液は落下して、チャンバ10から適宜排出される。なお、基板Wは、処理カップ40における上側部分よりも下側の部分で取り囲まれるようにしてもよい。

[0062] 処理カップ40の上端部を鉛直方向に昇降させる機構が設けられてもよい

。この場合、基板Wを基板保持ステージ20上に搬入する際には処理カップ40の上端を上面21よりも下側に下降させることによって、基板Wが処理カップ40と干渉することを抑制できる。

[0063] サーモグラフィカメラ70は、赤外線センサなどの熱を検出する半導体センサ、集光レンズなどの光学系を備えている。サーモグラフィカメラ70の撮像方向（すなわち、撮像光学系の光軸方向）は、基板保持ステージ20に保持された基板Wの上面を撮像するため、基板W上面の回転中心（またはその近傍）に向かって斜め下向きに設定されている。水平方向については、図2において破線で囲まれた撮像領域PAがサーモグラフィカメラ70の視野に含まれる。

[0064] サーモグラフィカメラ70の撮像領域PAは、チャンバ10内の処理空間TS1のうち、基板Wが基板保持ステージ20に保持された場合に当該基板Wが占有する基板領域の周りの周辺領域PA1を含むように設定されている。

[0065] サーモグラフィカメラ70の半導体センサから出力される電気信号は、制御部9に入力される。制御部9のサーモグラフィ生成部901は、入力された電気信号に応じて、サーモグラフィを生成する。サーモグラフィは、サーモグラフィカメラ70の撮像領域PA（周辺領域PA1を含む。）における温度分布を示す情報の一例である。

[0066] 図3に示す例では、周辺領域PA1には、処理カップ40の上端部や、基板Wの上面W1（基板Wがない場合には、基板保持ステージ20の上面21）、処理位置TP1にあるノズル30の吐出ヘッド31a、31bの先端部など、基板Wの周囲に配置される部材が含まれる。なお、周辺領域PA1に、チャンバ10の側壁11、ノズルアーム32などの各要素の一部分が含まれてもよい。

[0067] 基板Wが基板保持ステージ20に保持されていない場合（すなわち、基板Wが既定位置に存在しない場合）、取得されるサーモグラフィには、基板保持ステージ20の上面21における温度分布が含まれる。基板Wが基板保持

ステージ２０に保持されている場合（すなわち、基板Ｗが既定位置に存在する場合）、基板保持ステージ２０の上面２１は基板Ｗの裏側に配された状態となる。このため、取得されるサーモグラフィには、上面２１の温度分布は含まれない。また、ノズル３０が処理位置ＴＰ１に配された場合、ノズル３０の一部（例えば、吐出ヘッド３１ａ，３１ｂ）などがサーモグラフィに含まれる。このように、状況に応じて、サーモグラフィカメラ７０の撮像領域ＰＡ内に含まれる要素が変わることによって、サーモグラフィに含まれる要素も変化する。

[0068] 制御部９は、基板処理装置１００の各要素の動作を制御する。制御部９のハードウェアとしての構成は、一般的なコンピュータと同様である。すなわち、制御部９は、各種演算処理を行うＣＰＵ、基本プログラムを記憶する読み出し専用のメモリであるＲＯＭ、各種情報を記憶する読み書き自在のメモリであるＲＡＭ、及び、制御用アプリケーションまたはデータ等を記憶する記憶部９１を備えている。

[0069] 制御部９には、表示部９２、操作部９３、報知部９４が接続されている。表示部９２は、制御部９からの画像表示信号に応じて、各種画像を表示する表示装置である。操作部９３は、オペレータの入力操作を受け付ける、マウスおよびキーボードなどの入力デバイスである。

[0070] 報知部９４は、各洗浄処理ユニット１において、オペレータに通知すべき異常が発生した場合に、それを報知する機能を備える。報知部９４として、ランプやブザーなど警報器を採用してもよい。例えば、報知部９４は、各洗浄処理ユニット１で行われたエッチング処理が不良であるとエッチング判定部９０３１が判定した場合に、それを外部に報知する。なお、表示部９２が、警告画面などの既定の画像を表示するようにしてもよい。このように、表示部９２を報知部として機能させてもよい。

[0071] ＣＰＵが記憶部９１等に保存された制御用アプリケーションプログラムに従って動作することにより、制御部９は、サーモグラフィ生成部９０１、特徴値演算部９０２、規定処理実行部９０３、関係式生成部９０４として機能

する。なお、これらの機能のうち一部または全部は、専用回路によってハードウェア的に実現されてもよい。

[0072] サーモグラフィ生成部 901 は、サーモグラフィカメラ 70 の出力信号に基づいて、サーモグラフィを生成する。サーモグラフィは、サーモグラフィカメラ 70 の撮像領域における温度分布を示す画像である。

[0073] 特徴値演算部 902 は、サーモグラフィ生成部 901 が示す温度分布から、特徴値を算出する。特徴値は、洗浄処理ユニット 1 において実行されるエッチング液を用いたエッチング処理による基板 W のエッチング量に関する値である。

[0074] 規定処理実行部 903 は、特徴値演算部 902 が算出した特徴値に応じて規定処理を実行する。規定処理実行部 903 は、エッチング判定部 9031、温度制御部 9032、スケジュール変更部 9033、出力制御部 9034 を含む。

[0075] 関係式生成部 904 は、周辺領域 PA1 における温度分布（サーモグラフィ）と、既定のエッチング処理が行われた後の基板 W のエッチング量との対応関係を示す関係式 912 を生成する。関係式 912 は、各洗浄処理ユニット 1 において実験的にエッチング処理が行うことによって取得されてもよい。また、シミュレーションによって関係式 912 が取得されてもよい。

[0076] エッチング判定部 9031 は、適宜定められた判定用閾値 914 と特徴値演算部 902 によって算出された特徴値との比較に基づいて、基板 W に対するエッチング処理の良否を判定する。温度制御部 9032 は、サーモグラフィカメラ 70 によって取得されたサーモグラフィに応じて、熱源 25 を制御する。

[0077] スケジュール変更部 9033 は、各洗浄処理ユニット 1 において実行される各処理の時間を規定したスケジュールを変更する。スケジュールには、例えば、各チャンバ 10 に基板 W が搬入される処理スケジュール、ノズル 30 から基板 W に吐出される処理液の吐出時間などが規定される。出力制御部 9034 は、出力装置である表示部 92 および報知部 94 の動作を制御する。

例えば、出力制御部 9034 は、エッチング判定部 9031 が行った判定の結果に応じて、各種画像を表示部 92 に表示させたり、あるいは、報知部 94 に報知を行わせたりする。

[0078] <関係式生成部 904 による関係式の生成処理>

関係式 912 は、基板 W 周辺の周辺領域 PA1 の温度分布から、その温度分布状況下でエッチング処理を行った場合のエッチング量の予測値を求めるための数式である。関係式 912 は、エッチング量を目的変数（従属変数）、サーモグラフィが示す温度分布を説明変数（独立変数）とする重回帰分析によって求められる。

[0079] 具体的には、洗浄処理ユニット 1 において、異なる条件でエッチング処理が行われ、そのときに得られるサーモグラフィ、および基板 W のエッチング量のデータセットがあらかじめ準備される。異なる条件とは、処理条件は同一で生産ロットが異なる場合のほか、基板 W の加熱温度および周辺領域 PA1 の少なくとも一方の温度条件が異なる場合であってもよい。

[0080] 関係式 912 の独立変数（説明変数）に対応するサーモグラフィは、エッチング処理における規定タイミングにて取得される。エッチング処理は、主搬送ロボット 103 がチャンバ 10 に搬入する搬入段階、基板保持ステージ 20 に保持された基板 W にエッチング液を供給して処理するエッチング液供給段階、基板 W にリンス液を供給して処理するリンス液供給段階を含む。搬入段階は、基板 W が基板保持ステージ 20 に保持されていない状態である。このため、規定タイミングを搬入段階とした場合、取得されるサーモグラフィには、基板 W の上面 W1 の温度分布情報は含まれず、基板保持ステージ 20 の上面 21 の温度分布情報が含まれる。搬入段階より後の段階は、基板 W が基板保持ステージ 20 に保持された状態である。規定タイミングを搬入段階より後とした場合、取得されるサーモグラフィには基板 W における上面 W1 の温度分布情報が含まれる。

[0081] 図 4 は、サーモグラフィ TH1 を概念的に示す図である。サーモグラフィ TH1 は、例えば横 640 画素、縦 480 画素で構成される。各画素 P_j (j

は1からNの自然数)が持つ画素値 X_j は、各画素に対応する実位置の温度を示している。

[0082] 図5は、基板Wの上面W1を示す図である。エッチング量は、異なる条件で行われた各エッチング処理の後に測定される。エッチング量は、基板Wの上面W1における特定の1地点のみで測定されてもよいし、あるいは、上面W1における異なる複数地点で測定されてもよい。また、例えば、図5に示すように、回転軸線 $A \times 1$ を中心として、異なる半径 r_i (i は1から n の自然数)の円周 C_i 各々についてエッチング量 Y_i が求められてもよい。この場合、各円周について、1つの円周 C_i 上の複数地点で測定されたエッチング量の平均値をその円周 C_i におけるエッチング量 Y_i としてもよい。あるいは、各円周について、1つの円周 C_i 上の1地点のみで測定されたエッチング量をその円周 C_i のエッチング量 Y_i としてもよい。

[0083] このように、円周 C_i 毎にエッチング量を求める理由は、同一の円周 C_i 上ではエッチング量が均一になりやすいと考えられるためである。洗浄処理ユニット1では、エッチング液の供給は、回転中の基板Wに対して行われるため、基板Wの中心(回転軸線 $A \times 1$)付近に供給されたエッチング液は、基板Wの中心から同心円状に広がる。このため、エッチング処理中のエッチング液の厚さは、各円周において1周にわたりほぼ同じになりやすい。また、基板Wが回転するため、基板W周りの周辺領域 $PA1$ における温度分布がエッチングに与える影響は、各円周において1周にわたり均一になると考えられる。このため、基板Wにおけるエッチング量は、同一の円周 C_i 上では均一になる。したがって、異なる半径の円周毎にエッチング量を求めることによって、基板Wの上面W1におけるエッチング状況を適切に把握できる。

[0084] 以上のように、サーモグラフィの画素値 X_j およびエッチング量 Y_i のデータセットが準備されると、関係式生成部904は重回帰分析によって、回帰関数である関係式912を求める。具体的には、エッチング量 Y_i を目的変数(従属変数)とし、サーモグラフィの画素値 X_j を説明変数(独立変数)として、円周 C_i (半径距離 r_i)毎に次式(1)で示される回帰関数における α_i

(i は 1 から N の自然数) および β_{ij} (j は 1 から n の自然数) が重回帰分析によって求められる。重回帰分析として、 L_1 正規化 (Lasso) 回帰、 L_2 正規化 (Ridge) 回帰、 $L_1 + L_2$ (Elastic Net) 正規化回帰などの各種機械学習手法を採用してもよい。

[0085] [数1]

$$\text{回帰関数: } Y_i = \alpha_i + \sum_j (\beta_{ij} \times X_j) \cdots (1)$$

[0086] なお、規定タイミングは、1 つだけに限定されるものではない。例えば、複数の規定タイミングが設定されてもよい。この場合、規定タイミング毎に回帰関数を生成するとよい。この場合、各規定タイミングに対応する各タイミングで、エッチング量の予測値を算出できるため、各タイミングでエッチングの可否を検査できる。例えば、基板搬入前および基板搬入後の各段階のそれぞれに対して、複数の規定タイミングが設定されてもよい。

[0087] 特徴値演算部 902 は、洗浄処理ユニット 1 においてエッチング処理を行う際、規定タイミング (関係式 912 を生成するために使用されたサーモグラフィが取得される時間) に対応するタイミングで得られるサーモグラフィのデータを、関係式 912 に代入する。複数の規定タイミングのサーモグラフィを用いて関係式 912 が生成された場合、特徴値演算部 902 は、各規定タイミングに対応する各タイミングのサーモグラフィのデータを、関係式 912 に代入する。これによって算出される値は、円周 C_i 毎エッチング処理によって得られると期待される円周 C_i 毎のエッチング量の予測値を示している。このように、関係式 912 を利用することによって、基板 W 周囲の周辺領域 $PA1$ を含めた撮像によって得られるサーモグラフィから、基板 W のエッチング量を予測できる。

[0088] <判定用閾値>

判定用閾値 914 は、特徴値が示すエッチング量の予測値が予め適正かどうかをエッチング判定部 9031 が判定するために設定される。判定用閾値 914 は、例えば、次式 (2) で算出されるエッチング量の面内平均値 Y_{ave}

(基板Wの各円周 $C_1 \sim C_n$ のエッチング量 $Y_1 \sim Y_n$ の平均値)について良否基準値(最大値 $ST1_{max}$ および最小値 $ST1_{min}$)を含めてもよい。この場合、特徴値演算部902は、関係式912(回帰関数)から求められるエッチング量 $Y_1 \sim Y_n$ (予測値)から、面内平均値 Y_{Ave} を特徴値として算出するとよい。

[0089] [数2]

$$\text{面内平均: } Y_{Ave} = \sum_i Y_i / n \cdots (2)$$

[0090] また、判定用閾値914は、次式(3)で算出されるエッチング量の面内レンジ Y_{Ran} (基板Wの各円周 $C_1 \sim C_n$ のエッチング量 $Y_1 \sim Y_n$ における、最大値と最小値の差)についての良否基準値(最大値 $ST2_{max}$)を含めてもよい。この場合、特徴値演算部902は、関係式912(回帰関数)から求められるエッチング量 $Y_1 \sim Y_n$ (予測値)から、面内レンジ Y_{Ran} を特徴値として算出するとよい。

[0091] [数3]

$$\text{面内レンジ: } Y_{Ran} = \max_i \{Y_i\} - \min_i \{Y_i\} \cdots (3)$$

$\max_i \{Y_i\}$... 各円周 $C_1 \sim C_n$ のエッチング量 $Y_1 \sim Y_n$ うちの最大値

$\min_i \{Y_i\}$... 各円周 $C_1 \sim C_n$ のエッチング量 $Y_1 \sim Y_n$ うちの最小値

[0092] このように、判定用閾値として、エッチング量の面内平均値 Y_{Ave} 、および／または面内レンジ Y_{Ran} の良否基準を含むことにより、算出された特徴値からエッチング処理の良否を適切に判定できる。

[0093] <エッチング処理のシーケンス>

次に、基板処理装置100において実施されるエッチング処理のシーケンスについて説明する。図6は、エッチング処理のシーケンスの前半部を示す図である。図7は、エッチング処理のシーケンスの後半部を示す図である。図6および図7に示す各処理は、特に断らない限り、制御部9の制御下で行

われるものとする。図6および図7に示すシーケンスは、1つの洗浄処理ユニット1に対して、エッチング処理対象の基板Wが搬入される前の段階から、基板Wがエッチング液で処理された後搬出される段階までの一連の処理を示している。図6および図7に示す各処理が実行されることは必須ではなく、一部を省略してもよい。また、各処理は、矛盾が生じない限りにおいて、異なる順番で実行されてもよい。

[0094] まず、主搬送ロボット103によって基板Wが洗浄処理ユニット1のチャンバ10に搬入される前に、サーモグラフィが取得される（図6：ステップS101）。具体的には、サーモグラフィカメラ70が撮像領域PAを撮像し、その出力信号に基づいてサーモグラフィ生成部901がサーモグラフィを生成する。基板Wは基板保持ステージ20に保持されていないため、生成されたサーモグラフィは、基板保持ステージ20の上面21、および周辺領域PA1における温度分布の情報を含む。

[0095] サーモグラフィが生成されると、特徴値演算部902がそのサーモグラフィを関係式912に代入することによって特徴値を算出する（図6：ステップS102）。ここで使用される関係式912は、基板搬入前段階におけるサーモグラフィおよびエッチング量のデータセットから生成された回帰関数である。サーモグラフィをこの関係式912に代入することによって、基板搬入前段階でのエッチング量の予測値が求められる。さらに、特徴値演算部902は、関係式912から求めた予測値から、次ステップのエッチング判定のための特徴値を算出する。特徴値は、例えばエッチング量（予測値）の面内平均値 Y_{Ave} や面内レンジ Y_{Ran} である。

[0096] 特徴値が算出されると、エッチング判定部9031は、エッチング判定を行う（図6：ステップS103）。すなわち、エッチング判定部9031は、ステップS102で得られた特徴値と、判定用閾値914との比較に基づいて、エッチング処理の良否を判定する。

[0097] 例えば、判定用閾値914としてエッチング量の面内平均値 Y_{Ave} の良否基準値（最大値 $ST1_{max}$ および最小値 $ST1_{min}$ ）が設定されていた場合、特

徴値として算出された円周 $C_1 \sim C_n$ の面内平均値が、その良否基準値である最小値 $ST1_{min}$ から最大値 $ST1_{max}$ の範囲間にあるか否かが判定されるとよい。面内平均値 Y_{ave} が良否基準値の範囲内にある場合は肯定的な評価が与えられ、範囲画にある場合は否定的な評価が与えられる。

[0098] 判定用閾値914としてエッチング量の面内レンジ Y_{ran} の良否基準値（最大値 $ST2_{max}$ ）が設定されていた場合、特徴値として算出された面内レンジ Y_{ran} が良否基準値よりも小さいか否かが判定されるとよい。面内レンジ Y_{ran} が、良否基準値と同じかそれ以下の場合は肯定的な評価が与えられ、良否基準値を超える場合は否定的な評価が与えられる。

[0099] エッチング判定後、規定処理実行部903の出力制御部9034は、エッチング判定の結果に応じた肯定的／否定的評価を、表示部92に表示させる処理、あるいは報知部94に報知させる処理を実行する（図6：ステップS104）。ステップS104の処理は、規定処理の一例である。

[0100] エッチング判定後、スケジュール変更部9033は、基板Wの処理スケジュールを変更するかどうか判定する（図6：ステップS105）。具体的に、ステップS103のエッチング判定結果が肯定的評価であった場合、基板保持ステージ20の上面21および周辺領域PA1の温度分布が好ましい状態である。このため、スケジュール変更部9033は、ステップS105において、処理スケジュールの変更は不要と判定してもよい。この場合、次のステップS106、107がスキップされる。

[0101] ステップS103のエッチング判定結果が否定的評価であった場合、基板保持ステージ20の上面21および周辺領域PA1の温度分布がエッチング処理に向かない状態であると考えられる。このため、スケジュール変更部9033は、ステップS105において、処理スケジュールの変更が必要であると判定してもよい。この場合、次のステップS106が行われる。

[0102] ステップS106は、スケジュール変更部9033が、チャンバ10への搬入を禁止するか否かを判断する工程である。例えば、ステップS102において取得された特徴値が判定用閾値914から所定の大きさを超えて乖離

しているような場合、対応のチャンバ10への基板Wの搬入を禁止すると判断される。搬入を禁止する場合（ステップS106においてYES）、搬入されないように処理スケジュールが変更される（図6：ステップS106a）。また、スケジュール変更部9033は、搬入を禁止する旨の警告を、表示部92に表示させるとともに、報知部94に報知させる（図6：ステップS106b）。その後、制御部9は、エッチング処理のシーケンスを終了する。

[0103] ステップS106において、基板Wの搬入を禁止しない場合（ステップS106においてNO）、スケジュール変更部9033は、搬入時間を遅延させるように処理スケジュールを変更する（図6：ステップS107）。ステップS106a, 107のような搬送スケジュールを変更する各処理は、エッチング判定の結果に応じて実施される規定処理の例である。

[0104] なお、ステップS103のエッチング判定において否定的評価が与えられた場合に、スケジュール変更部9033が、一律に該当のチャンバ10への基板Wの搬入を禁止するように処理スケジュールを変更してもよい。

[0105] エッチング判定後、規定処理実行部903の温度制御部9032は、周辺領域PA1の温度を変更するかどうか判定する（図6：ステップS108）。この判定は、例えば、ステップS101で得られたサーモグラフィと、あらかじめ準備された基板搬入前段階の標準的なサーモグラフィとの比較（例えば、平均値どうしの比較）に基づいて行われるとよい。

[0106] 温度制御部9032は、温度を変更すると判定した場合（ステップS108においてYES）、サーモグラフィの状態に応じて温度を変更する（図6：ステップS109）。例えば、サーモグラフィが標準よりも高い温度を示す場合は熱源25が基板保持ステージ20に与える熱量を減らし、その逆の場合は熱源25が基板保持ステージ20に与える熱量を増大させる。このようにして、温度制御部9032は、周辺領域PA1および基板保持ステージ20の上面21の温度を変更する。周辺領域PA1の温度を変更する処理は、エッチング判定の結果に応じて実施される規定処理の例である。温度制御

部 9 0 3 2 が温度変更しないと判定した場合（ステップ S 1 0 8 において N O）、ステップ S 1 0 9 はスキップされる。

[0107] 続いて、処理スケジュールにしたがって、主搬送ロボット 1 0 3 がエッチング処理対象の基板 W をチャンバ 1 0 に搬入する（図 6：ステップ S 1 1 0）。チャンバ 1 0 に搬入された基板 W は、基板保持ステージ 2 0 に保持される（図 6：ステップ S 1 1 1）。これによって、基板 W が既定位置に配置された状態となる。この状態で、制御部 9 がノズル 3 0 を処理位置 T P 1 に移動させることによって、基板 W の上面 W 1 に処理液を供給可能な状態とする。

[0108] 基板 W が基板保持ステージ 2 0 に保持されると、スピンモータ 2 2 が基板 W の回転を開始させる（図 7：ステップ S 1 1 2）。基板 W の回転速度が既定の回転速度（例えば、3 0 0 r p m）に到達すると、処理液供給部 3 6 のエッチング液供給部 3 7 がエッチング液をノズル 3 0 に供給する。これによって、ノズル 3 0 から基板 W の上面 W 1 にエッチング液が供給される（図 7：ステップ S 1 1 3）。基板 W に供給されたエッチング液は、基板 W の回転によって基板 W の上面 W 1 全体に広がり、液膜を形成する。これにより、上面 W 1 全体でエッチング反応が進行する。

[0109] エッチング液が供給されている間に、サーモグラフィが取得される（図 7：ステップ S 1 1 4）。サーモグラフィカメラ 7 0 の撮像データからサーモグラフィ生成部 9 0 1 がサーモグラフィを生成する。この段階で得られるサーモグラフィは、基板 W の上面 W 1、および周辺領域 P A 1 における温度分布の情報を含む。

[0110] サーモグラフィが取得されると、特徴値演算部 9 0 2 がそのサーモグラフィを関係式 9 1 2 に代入することによって特徴値を算出する（図 7：ステップ S 1 1 5）。ここで使用される関係式 9 1 2 は、基板搬入後のエッチング液供給段階におけるサーモグラフィおよびエッチング量のデータセットから生成された回帰関数である。サーモグラフィをこの関係式 9 1 2 に代入することによって、エッチング液供給段階でのエッチング量の予測値が求められる。さらに、特徴値演算部 9 0 2 は、関係式 9 1 2 から求めた予測値から、次

ステップのエッチング判定のため、特徴値を算出する。特徴値は、例えばエッチング量（予測値）の面内平均値 Y_{Ave} や面内レンジ Y_{Ran} である。

[0111] 特徴値が算出されると、エッチング判定部9031は、エッチング判定を行う（図7：ステップS116）。すなわち、エッチング判定部9031は、ステップS102で得られた特徴値と、判定用閾値914との比較に基づいて、エッチング処理の良否を判定する。この判定処理は、図6に示すステップS103と同様である。

[0112] エッチング判定後、規定処理実行部903の出力制御部9034は、エッチング判定の結果に応じた肯定的／否定的評価を、表示部92に表示させる処理、あるいは報知部94に報知させる処理を実行する（図7：ステップS117）。ステップS117の処理は、規定処理の一例である。

[0113] エッチング判定後、スケジュール変更部9033は、エッチング判定の結果に応じて処理スケジュールを変更するかどうかを判定する（図7：ステップS118）。ステップS103のエッチング判定結果が肯定的評価であった場合、基板Wの上面W1および周辺領域PA1の温度分布が好ましい状態である。この場合、スケジュール変更部9033は、ステップS118において、処理スケジュールの変更は不要と判定してもよい。この場合、次のステップS119がスキップされる。

[0114] ステップS116のエッチング判定結果が否定的評価であった場合、基板Wの上面W1および周辺領域PA1の温度分布がエッチング処理に向かない状態であると考えられる。このため、スケジュール変更部9033は、ステップS118において、処理スケジュールの変更が必要であると判定してもよい。この場合、スケジュール変更部9033は、エッチング液の供給時間が変更されるように、処理スケジュールを変更する（図7：ステップS119）。

[0115] エッチング判定後、規定処理実行部903の温度制御部9032は、周辺領域PA1の温度を変更するかどうか判定する（図7：ステップS120）。この判定は、例えば、ステップS114で得られたサーモグラフィと、あ

らかじめ準備されたエッチング液供給段階の標準的なサーモグラフィとの比較（例えば、平均値どうしの比較）に基づいて行われるとよい。

[0116] 温度制御部 9032 は、温度を変更すると判定した場合（ステップ S120 において YES）、サーモグラフィの状態に応じて温度を変更する（図 7：ステップ S121）。例えば、サーモグラフィが標準よりも高い温度を示す場合は熱源 25 が基板保持ステージ 20 に与える熱量を減らし、その逆の場合は熱源 25 が基板保持ステージ 20 に与える熱量を増大させる。このようにして、温度制御部 9032 は、周辺領域 PA1 および基板 W の上面 W1 の温度を変更する。周辺領域 PA1 の温度を変更する処理は、エッチング判定の結果に応じて実施される規定処理の例である。温度制御部 9032 が温度を変更しないと判定した場合（ステップ S120 において NO）、ステップ S121 はスキップされる。

[0117] ステップ S121 の後、処理スケジュールに従って、制御部 9 が、処理液供給部 36 を制御して、ノズル 30 へのエッチング液の供給を停止させるとともに、リンス液の供給を開始させる。これによって、ノズル 30 から基板 W の上面 W1 へリンス液が供給される（図 7：ステップ S122）。処理スケジュールに規定された時間が経過すると、制御部 9 は、ノズル 30 へのリンス液の供給を停止させる。

[0118] リンス液の供給を停止させると、制御部 9 はスピンドライ処理を行う（図 7：ステップ S123）すなわち、制御部 9 は、スピンモータ 22 を制御して、回転速度を上昇させる。これにより、基板 W の上面 W1 に残存するリンス液を径方向外方に飛散させる。これによって、基板 W の上面 W1 を乾燥させる。処理スケジュールに規定された時間が経過すると、制御部 9 は、基板 W の回転を停止させる。

[0119] スピンドライ処理が完了すると、基板保持ステージ 20 が基板 W の吸着を解除することによって、基板 W の保持を解除する。その後、主搬送ロボット 103 が基板 W をチャンバ 10 から搬出する（図 7：ステップ S124）。

[0120] <効果>

基板処理装置 100 によれば、基板 W が占有する占有領域の温度分布だけでなく、そのまわりの周辺領域 P A 1 の温度分布も取得される。この周辺領域 P A 1 の温度分布を関係式 912 に代入することによって、エッチング量の予測値に関する特徴値が算出される。このため、予測されるエッチング量を精度良く算出できる。

[0121] また、エッチング量に関する特徴値を求めることによって、エッチング処理の各段階で、周辺領域 P A 1 の温度分布に応じて、エッチング処理に適した各種規定処理を実行できる。

[0122] < 2. 第 2 実施形態 >

次に、第 2 実施形態について説明する。なお、以降の説明において、既に説明した要素と同様の機能を有する要素については、同じ符号又はアルファベット文字を追加した符号を付して、詳細な説明を省略する場合がある。

[0123] 図 7 は、第 2 実施形態の洗浄処理ユニット 1 および制御部 9 A を示す図である。第 2 実施形態の制御部 9 A は、特徴値演算部 902 A および既定処理実行部 903 A を備えている。既定処理実行部 903 A は、エッチング判定部 9031 A を備えている。

[0124] 特徴値演算部 902 A は、サーモグラフィ生成部 901 が生成したサーモグラフィから複数種類の特徴量の配列である特徴ベクトルを特徴値として算出する。特徴量としては、例えばサーモグラフィ画像の画素値の総和、画素値の標準偏差を採用できる。また、サーモグラフィの各画素の画素値をそのまま特徴ベクトルとして利用してもよい。

[0125] エッチング判定部 9031 A は、サーモグラフィから算出された特徴ベクトルに基づいて、エッチング良好クラスとエッチング不良クラスとの間で分類する分類器 K 2 を用いて、エッチング判定を行う。エッチング良好クラスはエッチング処理が良好であることを示すクラスであり、エッチング不良クラスはエッチング処理が不良であることを示すクラスである。分類対象のサーモグラフィがエッチング良好クラスに分類された場合、エッチング判定部 9031 A は肯定的評価を与える。分類対象のサーモグラフィがエッチング

不良クラスに分類した場合、エッチング判定部 9031A は否定的評価を与える。

[0126] 分類器 K2 は、第 1 実施形態の関係式 912 を得る場合と同様に、洗浄処理ユニット 1 において異なる条件でエッチング処理を行われ、そのときに得られるサーモグラフィ（温度分布）、および基板 W のエッチング量のデータセットを用いた機械学習により生成される。具体的には、各サーモグラフィに対して、エッチング量の結果に基づくクラスが教示された教師データが準備される。サーモグラフィにクラスを教示する場合、実際のエッチング量が良好であればエッチング良好クラスを教示し、その逆についてはエッチング不良クラスを教示するとよい。これによって、サーモグラフィ（詳細には、特徴ベクトル）と、教示されたクラスの複数組からなる教師データが事前に準備される。そして、教師データを用いた機械学習が行われることによって、分類器 K2 が生成される。機械学習としては、ニューラルネットワーク、決定木、サポートベクタマシン（SVM）、判別分析等の公知の手法を採用してもよい。

[0127] 分類器 K2 を機械学習によって生成する生成部は、基板処理装置 100 が備えられていてもよいし、あるいは基板処理装置 100 外の装置（サーバなど）に備えられていてもよい。後者の場合、分類器 K2 は、ネットワーク経由、または、各種可搬性メディアを通じて、基板処理装置 100 に提供されるとよい。

[0128] 本実施形態の基板処理装置 100 によると、周辺領域 PA1 を含む領域のサーモグラフィから特徴値として特徴ベクトルが算出され、その特徴ベクトルに基づいて、エッチング良好またはエッチング不良が判定される。このため、エッチング処理の各段階で、エッチングの良否を精度良く判定できる。また、エッチング判定の結果に応じて、エッチング処理に適した規定処理を行うことができる。

[0129] この発明は詳細に説明されたが、上記の説明は、すべての局面において、例示であって、この発明がそれに限定されるものではない。例示されてい

い無数の変形例が、この発明の範囲から外れることなく想定され得るものと解される。上記各実施形態及び各変形例で説明した各構成は、相互に矛盾しない限り適宜組み合わせたり、省略したりすることができる。

符号の説明

- [0130] 1 洗浄処理ユニット
- 1 0 チャンバ
- 1 1 側壁
- 2 0 基板保持ステージ
- 2 1 上面
- 2 2 スピンモータ
- 2 5 熱源
- 3 0 ノズル
- 3 6 処理液供給部
- 3 7 エッチング液供給部
- 4 0 処理カップ
- 7 0 サーモグラフィカメラ
- 9, 9 A 制御部
- 9 1 記憶部
- 9 2 表示部
- 9 3 操作部
- 9 4 報知部
- 9 0 1 サーモグラフィ生成部
- 9 0 2, 9 0 2 A 特徴値演算部
- 9 0 3, 9 0 3 A 規定処理実行部
- 9 0 3 1, 9 0 3 1 A エッチング判定部
- 9 0 3 2 温度制御部
- 9 0 3 3 スケジュール変更部
- 9 0 3 4 出力制御部

904 関係式生成部

912 関係式（回帰関数）

914 判定用閾値

100 基板処理装置

103 主搬送ロボット

Ax1 回転軸線

K2 分類器

PA 撮像領域

PA1 周辺領域

TH1 サーモグラフィ

TS1 処理空間

W 基板

W1 上面

Y_{Ave} 面内平均値（特徴値）

Y_{Ran} 面内レンジ（特徴値）

Y_i エッチング量

r_i 半径距離

請求の範囲

- [請求項1] 基板をエッチング処理する基板処理装置であって、
 内部に処理空間を有するチャンバと、
 前記チャンバ内における既定位置に基板を保持する基板保持部と、
 前記基板保持部に保持された前記基板にエッチング液を供給するエ
 ッチング液供給部と、
 前記基板保持部を既定の回転軸線まわりに回転させる回転部と、
 前記チャンバ内のうち、前記既定位置に配された場合に前記基板が
 占有する基板領域の周りの周辺領域における温度分布を取得する温度
 分布取得部と、
 前記温度分布から、前記エッチング液を用いたエッチング処理によ
 る前記基板のエッチング量に関する特徴値を算出する特徴値演算部と
 、
 を備える、基板処理装置。
- [請求項2] 請求項1の基板処理装置であって、
 前記特徴値と予め定められた閾値との比較に基づいて、前記基板に
 対するエッチング処理の良否を判定するエッチング判定部、をさらに
 含む、基板処理装置。
- [請求項3] 請求項1または請求項2の基板処理装置であって、
 前記特徴値演算部は、前記温度分布と前記エッチング量との関係を示
 す関係式とから前記特徴値を算出する、基板処理装置。
- [請求項4] 請求項3の基板処理装置であって、
 前記エッチング処理における規定タイミングでの前記温度分布、お
 よび当該エッチング処理が行われた前記基板のエッチング量に基づい
 て、前記関係式を生成する関係式生成部、
 をさらに備える、基板処理装置。
- [請求項5] 請求項4の基板処理装置であって、
 前記特徴値演算部は、前記エッチング処理における前記規定タイミ

ングに対応するタイミングの前記温度分布を前記関係式に代入することによって、前記特徴値を算出する、基板処理装置。

[請求項6] 請求項3から請求項5のいずれか1項の基板処理装置であって、
前記エッチング量は、前記回転軸線を中心とする、異なる半径の各円周上におけるエッチング量である、基板処理装置。

[請求項7] 請求項1から請求項6のいずれか1項の基板処理装置であって、
前記温度分布取得部は、前記基板保持部によって保持される基板が配置される領域を撮像領域に含むサーモグラフィカメラを有し、
前記温度分布は、サーモグラフィである、基板処理装置。

[請求項8] 請求項7の基板処理装置であって、
前記関係式は、前記サーモグラフィを構成する各画素値が示す温度を独立変数とし、前記異なる半径の各円周上のエッチング量を従属変数とする回帰関数である、基板処理装置。

[請求項9] 請求項1から請求項8のいずれか1項の基板処理装置であって、
前記特徴値演算部は、前記基板保持部が前記基板を保持していない状態で取得される前記温度分布から前記特徴値を算出する、基板処理装置。

[請求項10] 請求項9の基板処理装置であって、
前記特徴値に応じて、前記既定位置に配された基板及び前記周辺領域の温度を変更する温度変更部、
をさらに備える、基板処理装置。

[請求項11] 請求項9または請求項10の基板処理装置であって、
前記特徴値に応じて、前記チャンバに前記基板が搬入される時間を規定したスケジュールを変更するスケジュール変更部、
をさらに備える、基板処理装置。

[請求項12] 請求項1から請求項8のいずれか1項の基板処理装置であって、
前記特徴値演算部は、前記基板保持部が前記基板を保持している状態で取得される前記温度分布から前記特徴値を算出する、基板処理装

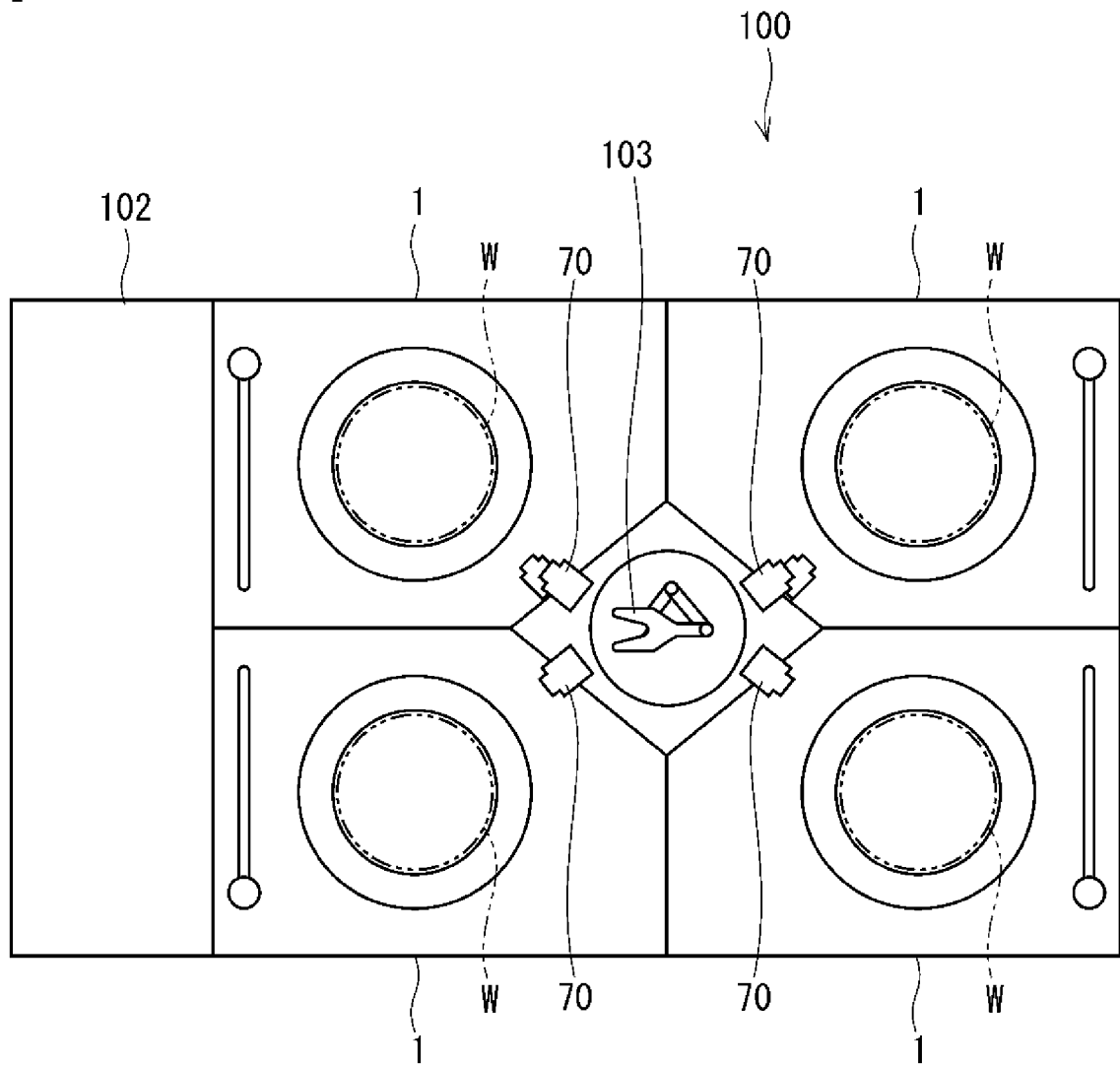
置。

[請求項13] 請求項12の基板処理装置であって、
前記特徴値に応じて、前記既定位置に配された基板及び前記周辺領域の温度を変更する温度変更部、
をさらに備える、基板処理装置。

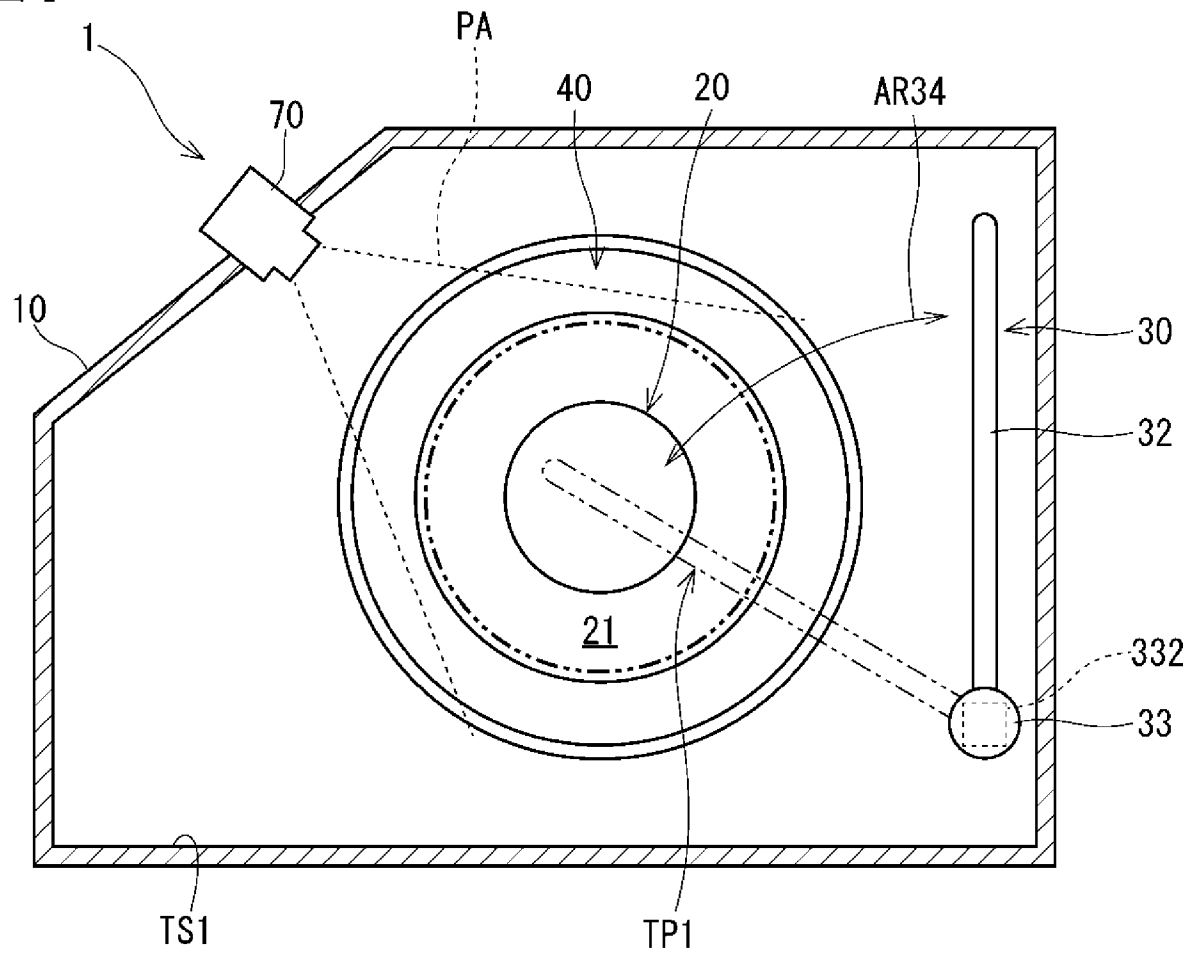
[請求項14] 請求項12または請求項13の基板処理装置であって、
前記特徴値に応じて、前記チャンバに前記基板が搬入される時間を規定したスケジュールを変更するスケジュール変更部、
をさらに備える、基板処理装置。

[請求項15] 基板処理方法であって、
a) チャンバ内における既定位置に基板を保持することと、
b) 工程a)によって前記既定位置にある前記基板を回転軸線まわりに回転させることと、
c) 工程b)によって回転する前記基板の表面にエッチング液を供給することと、
d) 前記チャンバ内において、前記既定位置に配された場合に前記基板が占有する基板領域の周りの周辺領域における温度分布を取得することと、
e) 工程d)によって取得された前記温度分布から、前記基板に対する前記エッチング液を用いたエッチング処理を評価するための特徴値を算出することと、
を含む、基板処理方法。

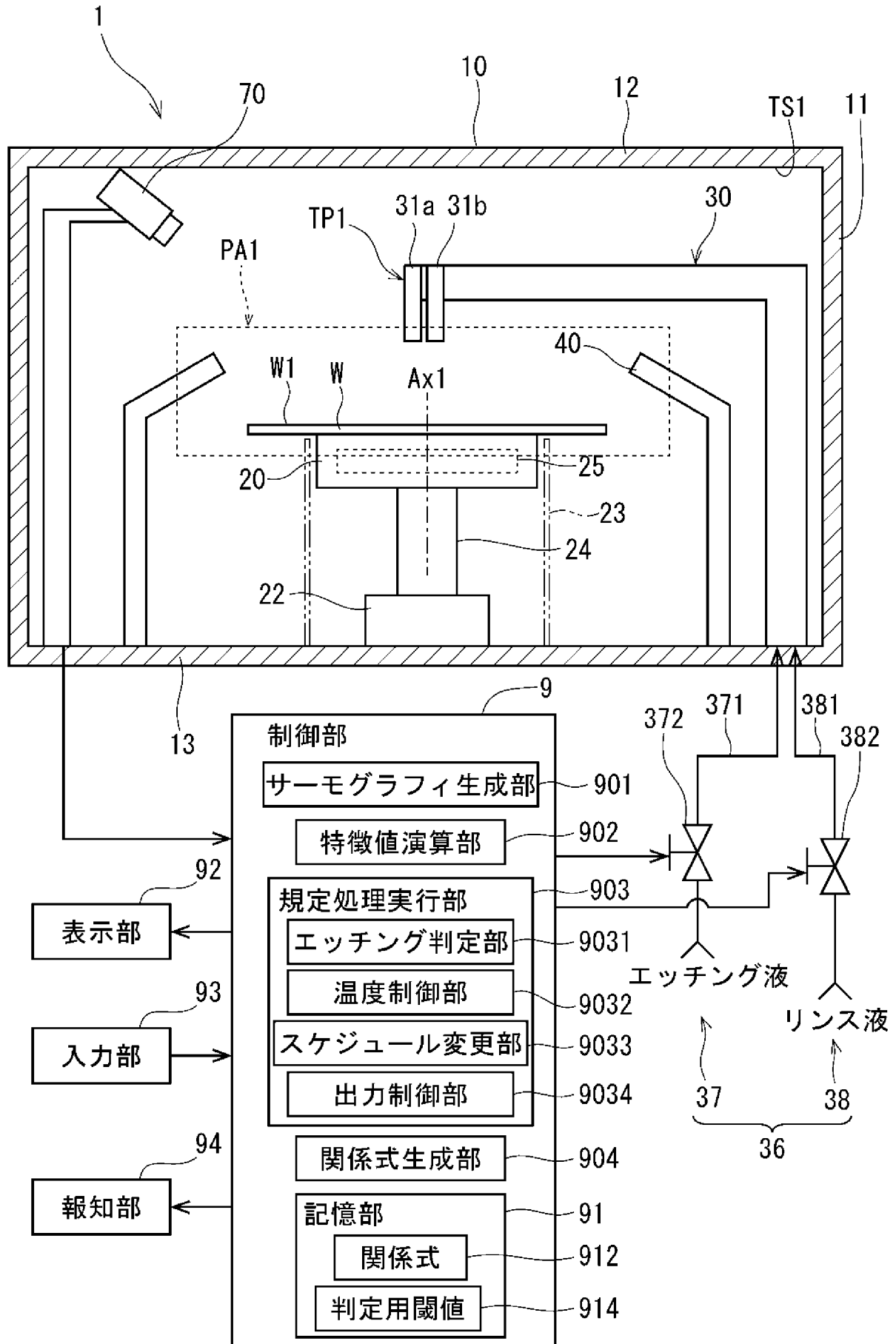
[図1]



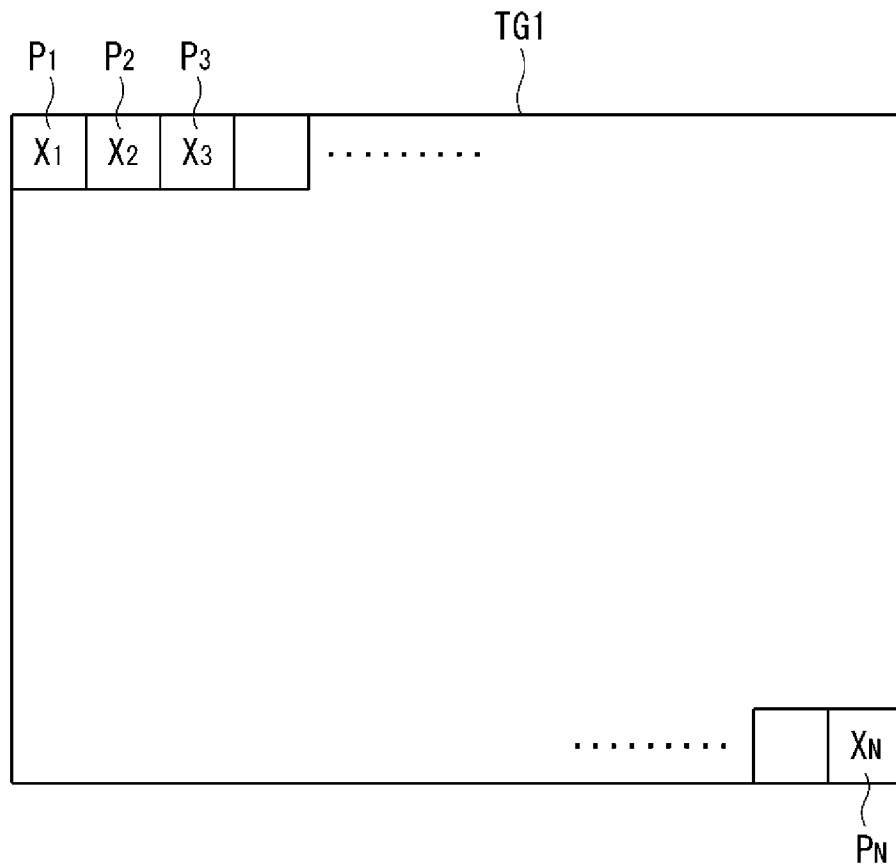
[図2]



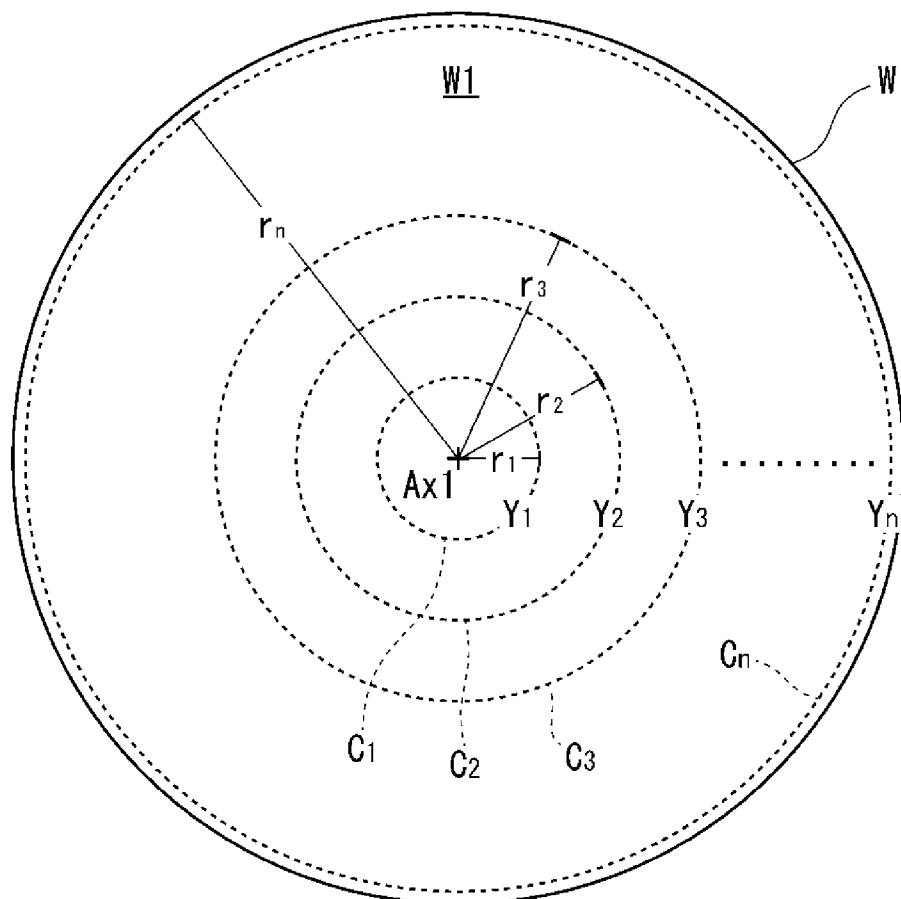
[図3]



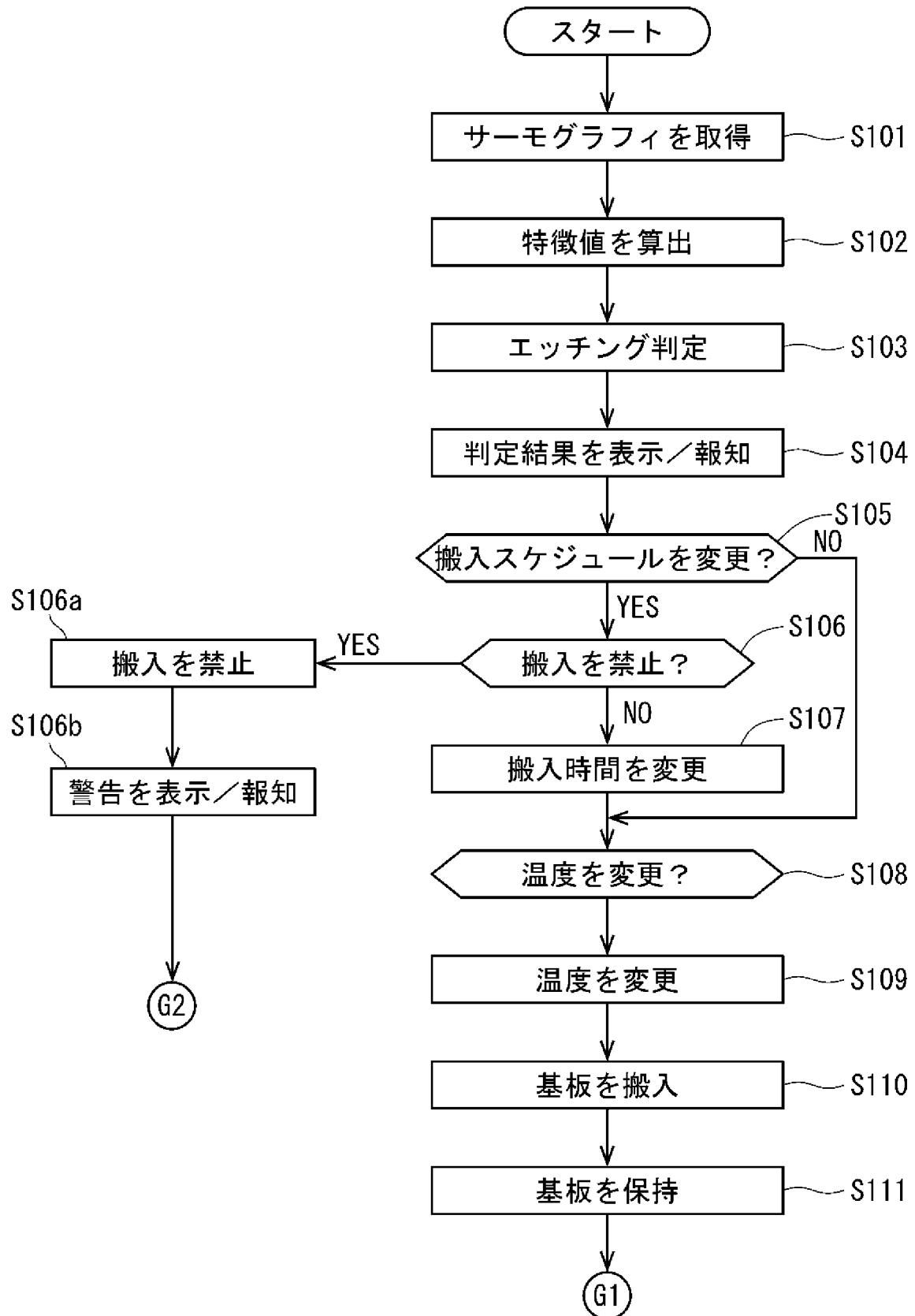
[図4]



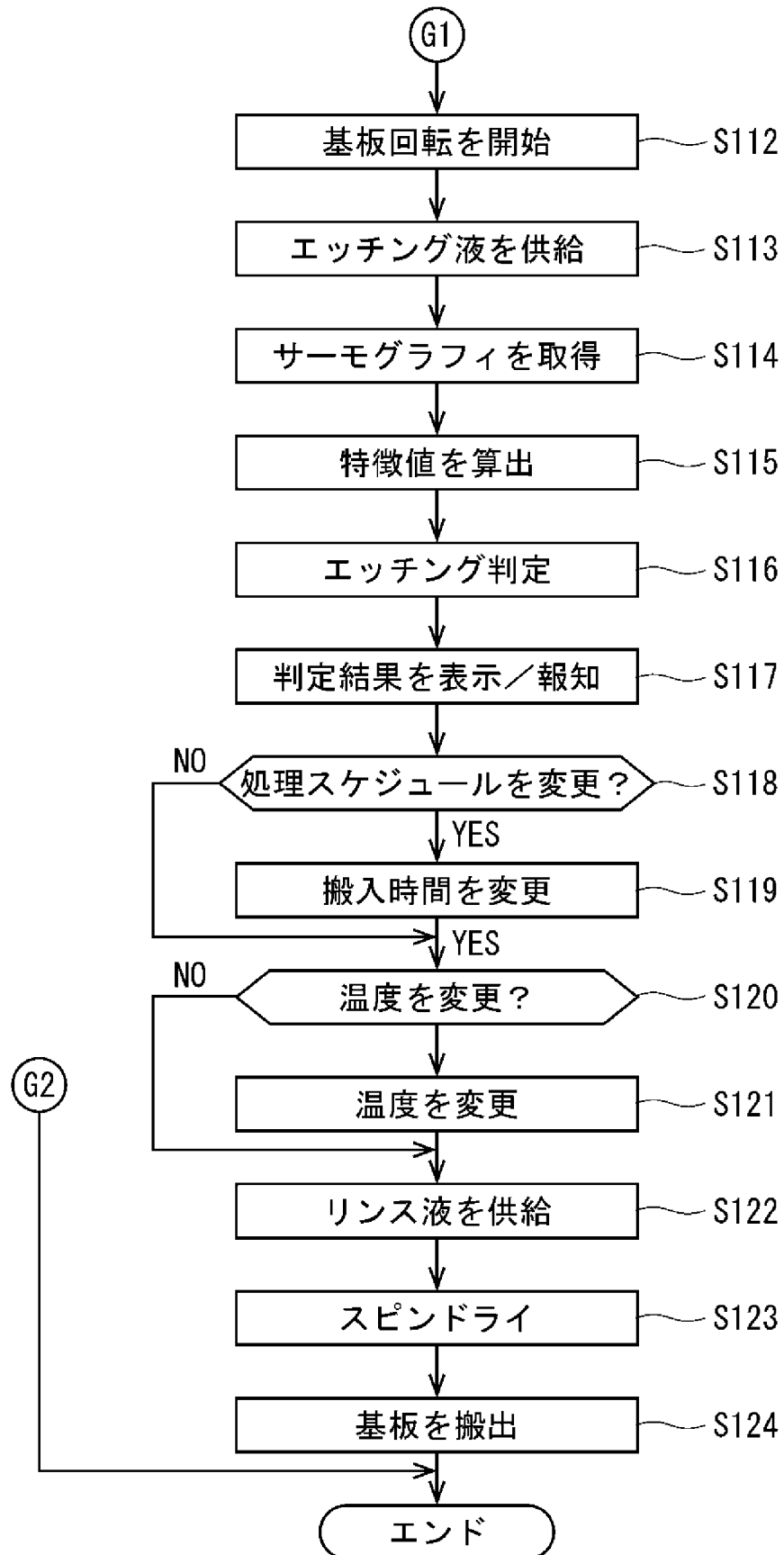
[図5]



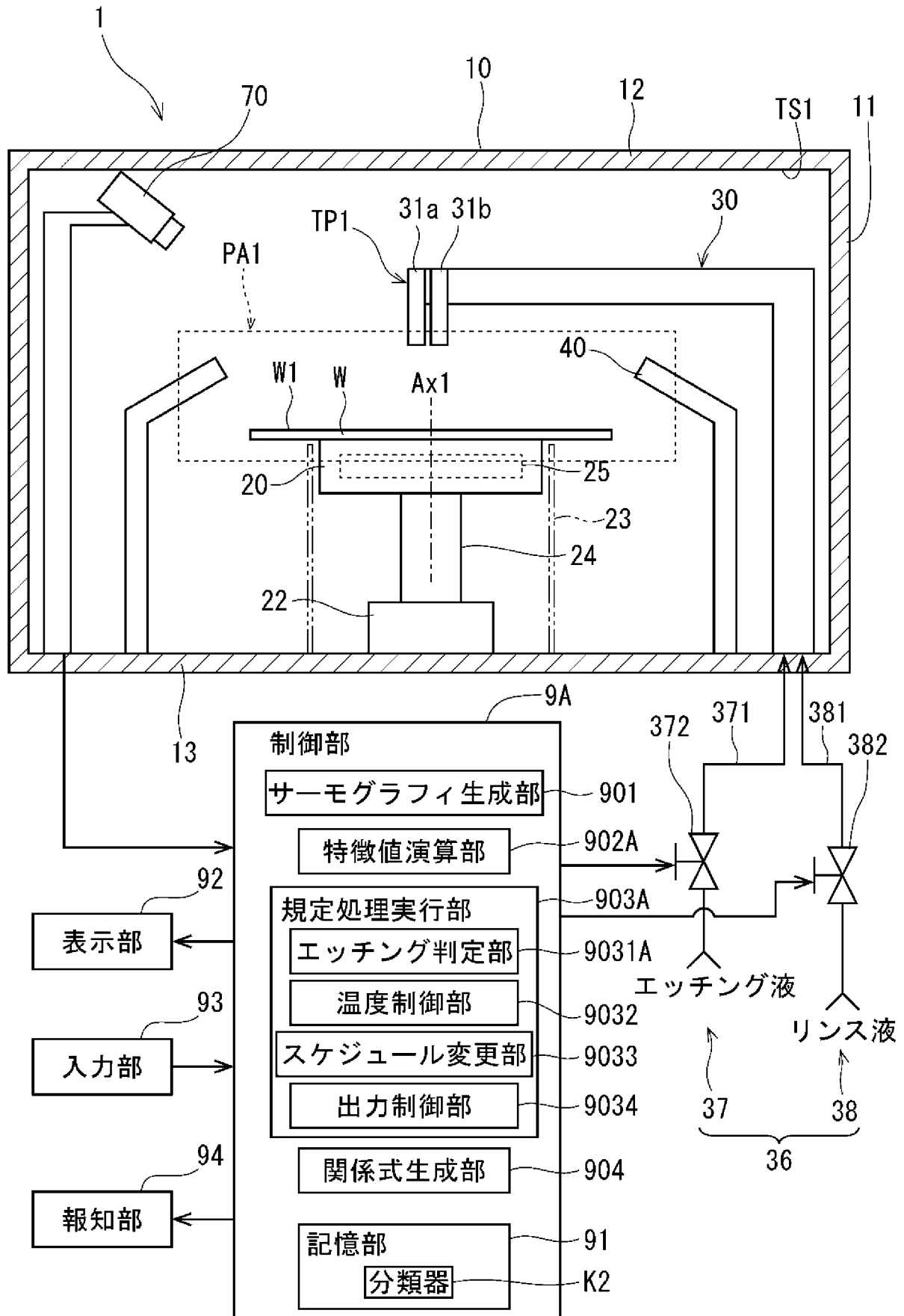
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/035767

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H01L21/306 (2006.01) i, H01L21/304 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. H01L21/306, H01L21/304

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2018/110301 A1 (TOKYO ELECTRON LTD.) 21 June 2018 & CN 110073473 A & KR 10-2019-0094363 A & TW 201834047 A	1-15
A	JP 2016-15395 A (SCREEN HOLDINGS CO., LTD.) 28 January 2016 & US 2016/0005630 A1 & CN 105244299 A & KR 10-2016-0004209 A & TW 201606911 A	1-15
A	JP 4-348513 A (NEC YAMAGATA LTD.) 03 December 1992 (Family: none)	1-15
A	WO 2015/37035 A1 (TOHOKU UNIVERSITY) 19 March 2015 (Family: none)	1-15

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
14.11.2019

Date of mailing of the international search report
26.11.2019

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/035767

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-231732 A (DAINIPPON SCREEN MFG. CO., LTD.) 08 October 2009 (Family: none)	1-15
A	JP 2007-335709 A (DAINIPPON SCREEN MFG. CO., LTD.) 27 December 2007 (Family: none)	1-15

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L21/306(2006.01)i, H01L21/304(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L21/306, H01L21/304

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2018/110301 A1 (東京エレクトロン株式会社) 2018.06.21, & CN 110073473 A & KR 10-2019-0094363 A & TW 201834047 A	1-15
A	JP 2016-15395 A (株式会社SCREENホールディングス) 2016.01.28, & US 2016/0005630 A1 & CN 105244299 A & KR 10-2016-0004209 A & TW 201606911 A	1-15
A	JP 4-348513 A (山形日本電気株式会社) 1992.12.03, (ファミリーなし)	1-15

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

14.11.2019

国際調査報告の発送日

26.11.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

宇多川 勉

50

3125

電話番号 03-3581-1101 内線 3559

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	W0 2015/37035 A1 (国立大学法人東北大学) 2015. 03. 19, (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2009-231732 A (大日本スクリーン製造株式会社) 2009. 10. 08, (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2007-335709 A (大日本スクリーン製造株式会社) 2007. 12. 27, (ファミリーなし)	1-15