

(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
2017 年 4 月 6 日(06.04.2017)



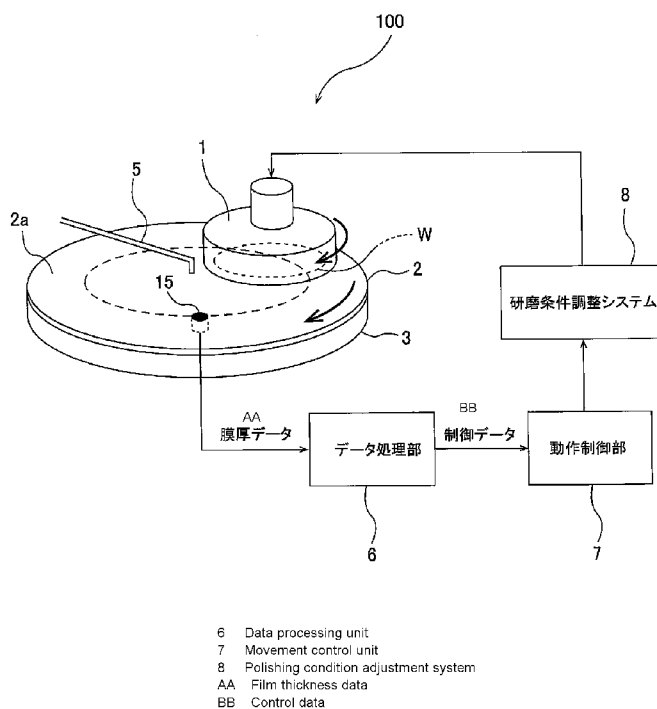
(10) 国際公開番号

WO 2017/056636 A1

- (51) 国際特許分類:
B24B 37/005 (2012.01) B24B 49/04 (2006.01)
B24B 37/30 (2012.01) H01L 21/304 (2006.01)
B24B 37/34 (2012.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/070654
- (22) 国際出願日: 2016 年 7 月 13 日(13.07.2016)
- (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 2015-189316 2015 年 9 月 28 日(28.09.2015) JP
- (71) 出願人: 株式会社 荏原製作所(EBARA CORPORATION) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 吉田 博(YOSHIDA, Hiroshi); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作所内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 渡邊 勇, 外(WATANABE, Isamu et al.); 〒1600023 東京都新宿区西新宿 7 丁目 5 番 8 号 GOWA 西新宿 4 階 Tokyo (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, 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:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: POLISHING METHOD AND POLISHING DEVICE

(54) 発明の名称: 研磨方法および研磨装置



(57) Abstract: The present invention relates to a method and a device for polishing the surface of a substrate having film thickness unevenness in the circumferential direction of the substrate. Disclosed is a polishing method whereby: film thickness distribution in the circumferential direction of a substrate (W) is acquired; a first region having the largest or smallest film thickness is determined on the basis of the film thickness distribution; a polishing table (3) holding a polishing pad (2) is rotated; the surface of the substrate (W) is pressed to the polishing pad (2), while rotating the substrate by means of a polishing head (1); and the first region is polished at a removing rate that is different from the removing rate for a second region within the surface of the substrate (W).

(57) 要約: 本発明は、基板の周方向に沿って膜厚のばらつきが存在する基板の表面を研磨する方法および装置に関する。研磨方法は、基板 (W) の周方向における膜厚の分布を取得し、膜厚の分布に基づいて、最も大きい、または最も小さい膜厚を有する第 1 の領域を決定し、研磨パッド (2) を保持した研磨テーブル (3) を回転させ、研磨ヘッド (1) で基板を回転させながら、基板 (W) の表面を研磨パッド (2) に押し付け、第 1 の領域を、基板 (W) の表面内の第 2 の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨する。

WO 2017/056636 A1

明 細 書

発明の名称：研磨方法および研磨装置

技術分野

[0001] 本発明は、ウェーハなどの基板の表面を研磨する研磨方法および研磨装置に関し、特に基板の周方向に沿って膜厚のばらつきが存在する基板の表面を研磨する方法および装置に関する。

背景技術

[0002] 半導体デバイスの製造では、ウェーハ上に様々な種類の膜が形成される。成膜工程の後には、膜の不要な部分や表面凹凸を除去するために、ウェーハが研磨される。化学機械研磨（CMP）は、ウェーハ研磨の代表的な技術である。このCMPは、研磨面上にスラリーを供給しながら、ウェーハを研磨面に摺接させることにより行われる。ウェーハに形成された膜は、スラリーに含まれる砥粒による機械的作用と、スラリーの化学成分による化学的作用との複合効果により研磨される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2002-079454号公報
特許文献2：米国特許第7025658号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ウェーハに膜を形成する工程は、めっき、化学蒸着（CVD）、物理蒸着（PVD）などの種々の成膜技術を用いて行われる。これらの成膜技術では、ウェーハの全面に亘って膜が均一に形成されないことがある。例えば、ウェーハの周方向に沿って膜厚のばらつきがあったり、膜全体が斜めに形成されることもある。特に、複数の成膜装置を用いて複数のウェーハにそれぞれ膜を形成した場合には、膜厚分布がウェーハ間で異なることがある。しかしながら、従来のCMP技術では、このようなウェーハの周方向に沿った膜厚

のばらつきを解消することができなかった。

- [0005] 本発明は、ウェーハなどの基板の周方向に沿った膜厚のばらつきを解消することができ、さらに、膜厚分布の違いにかかわらず、複数の基板間で同じ膜厚分布が得られる研磨方法および研磨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

- [0006] 上述した目的を達成するために、本発明の一態様は、基板の周方向における膜厚の分布を取得し、前記膜厚の分布に基づいて、最も大きい、または最も小さい膜厚を有する第1の領域を決定し、研磨パッドを保持した研磨テーブルを回転させ、研磨ヘッドで基板を回転させながら、前記基板の表面を前記研磨パッドに押し付け、前記第1の領域を、前記基板の表面内の第2の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨することを特徴とする研磨方法である。

- [0007] 本発明の好ましい態様は、前記第1の領域および前記第2の領域は、前記基板の中心に関して対称であることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記基板の表面を前記研磨パッドに押し付ける工程は、前記研磨ヘッドで基板を回転させながら、前記研磨ヘッドの回転中心線からの前記第1の領域の距離が大きくなる、または小さくなる方向に前記研磨ヘッドを偏心させた状態で、前記研磨ヘッドで前記基板の表面を前記研磨パッドに押し付ける工程であることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記第1の領域を、前記基板の表面内の第2の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨する工程は、前記研磨テーブルの半径方向において前記第1の領域が前記第2の領域よりも外側に位置しているときに、前記研磨ヘッドから前記基板の表面全体に加えられる荷重を増加または低下させることにより、前記第1の領域を、前記基板の表面内の第2の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨する工程であることを特徴とする。

- [0008] 本発明の好ましい態様は、前記第1の領域を、前記基板の表面内の第2の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨する工程は、前記研磨テーブ

ルの半径方向において前記第１の領域が前記第２の領域よりも外側に位置しているときに、前記研磨ヘッドから前記第１の領域に加えられる局所荷重を増加または低下させることにより、前記第１の領域を、前記第２の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨する工程であることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記第１の領域を、前記基板の表面内の第２の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨する工程は、前記研磨テーブルの半径方向において前記第１の領域が前記第２の領域よりも外側に位置しているときに、前記研磨ヘッドを前記基板とともに前記研磨テーブルの半径方向において外側または内側に移動させることにより、前記第１の領域を、前記第２の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨する工程であることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記基板の表面を前記研磨パッドに押し付ける工程は、前記研磨ヘッドで基板を回転させながら、前記研磨ヘッドの弾性膜を保持する膜ホルダーを傾けた状態で、前記弾性膜で前記基板の表面を前記研磨パッドに押し付ける工程であり、前記膜ホルダーは、前記第１の領域から前記第２の領域に向かって上方または下方に傾いていることを特徴とする。

[0009] 本発明の他の態様は、基板の周方向における膜厚の分布を取得し、前記膜厚の分布に基づいて、最も大きい、または最も小さい膜厚を有する第１の領域を決定し、前記基板を保持した基板ステージを回転させ、研磨ディスクを回転させながら、該研磨ディスクを前記基板の表面に押し付け、前記第１の領域を、前記基板の表面内の第２の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨することを特徴とする研磨方法である。

[0010] 本発明の好ましい態様は、前記第１の領域および前記第２の領域は、前記基板の中心に関して対称であることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記第１の領域を、前記基板の表面内の第２の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨する工程は、前記研磨ディスクが前記第１の領域に接触しているときに、前記第１の領域と前記研磨ディ

スクとの相対速度を上げることにより、前記第 1 の領域を、前記基板の表面内の第 2 の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨する工程であることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記第 1 の領域を、前記基板の表面内の第 2 の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨する工程は、前記研磨ディスクが前記第 1 の領域に接触しているときに、前記研磨ディスクの荷重を増加させることにより、前記第 1 の領域を、前記基板の表面内の第 2 の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨する工程であることを特徴とする。

[0011] 本発明の他の態様は、基板の周方向における膜厚の分布を示す第 1 膜厚分布を取得し、前記第 1 膜厚分布に基づいて、最も大きい、または最も小さい膜厚を有する第 1 の領域を決定し、研磨パッドを保持した研磨テーブルを回転させ、研磨ヘッドで前記基板を回転させながら、前記基板の表面を前記研磨パッドに押し付け、前記第 1 の領域を、前記基板の表面内の第 2 の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨する第 1 段階研磨工程を行い、研磨された前記基板の周方向における膜厚の分布を示す第 2 膜厚分布を取得し、前記第 2 膜厚分布に基づいて、最も大きい、または最も小さい膜厚を有する第 3 の領域を決定し、前記基板を保持した基板ステージを回転させ、研磨ディスクを回転させながら、該研磨ディスクを前記基板の表面に押し付け、前記第 3 の領域を、前記基板の表面内の第 4 の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨する第 2 段階研磨工程を行うことを特徴とする研磨方法である。

本発明の好ましい態様は、前記第 1 の領域および前記第 2 の領域は、前記基板の中心に関して対称であり、前記第 3 の領域および前記第 4 の領域は、前記基板の中心に関して対称であることを特徴とする。

[0012] 本発明の他の態様は、研磨パッドを支持する研磨テーブルと、基板を前記研磨パッドに押し付ける研磨ヘッドと、前記研磨ヘッドを回転中心線の周りに回転させるヘッド回転モータと、前記研磨ヘッドを前記回転中心線に対して偏心させるヘッド偏心機構とを備えたことを特徴とする研磨装置である。

本発明の好ましい態様は、前記ヘッド偏心機構は、前記研磨ヘッドの回転中心線からの、前記基板の表面内の第1の領域の距離が大きくなる、または小さくなる方向に前記研磨ヘッドを偏心させることにより、前記研磨ヘッドは、前記第1の領域を、前記基板の表面内の第2の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨することができることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記第1の領域および前記第2の領域は、前記基板の中心に関して対称であることを特徴とする。

[0013] 本発明の他の態様は、研磨パッドを支持する研磨テーブルと、基板を前記研磨パッドに押し付ける研磨ヘッドとを備え、前記研磨ヘッドは、ヘッド本体と、前記基板を前記研磨パッドに押し付ける弾性膜と、前記弾性膜を保持する膜ホルダーと、前記ヘッド本体と前記膜ホルダーとの間に少なくとも3つの作動室を形成する少なくとも3つの隔壁膜と、前記少なくとも3つの作動室内の圧力をそれぞれ独立して制御することにより、前記膜ホルダーを所望の方向に傾けることができる少なくとも3つの圧力レギュレータとを備えたことを特徴とする研磨装置である。

本発明の好ましい態様は、前記膜ホルダーは、前記基板の表面内の第1の領域から第2の領域に向かって上方または下方に傾いていることにより、前記研磨ヘッドは、前記第1の領域を、前記基板の表面内の第2の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨することができることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記第1の領域および前記第2の領域は、前記基板の中心に関して対称であることを特徴とする。

発明の効果

[0014] 本発明によれば、第1の領域を、第2の領域とは異なる除去レートで研磨することによって、第1の領域および第2の領域での膜厚の差異を小さくすることができる。典型的には、第1の領域および第2の領域での膜厚を同じくすることができる。したがって、本発明に係る研磨方法は、基板の周方向に沿った膜厚のばらつきを解消することができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]CMP（化学機械研磨）装置の一実施形態を示す斜視図である。

[図2]CMP装置の詳細な構成を示す図である。

[図3]研磨ヘッドの断面図である。

[図4]ウェーハのノッチを検出する切り欠き検出センサが研磨テーブルの横に配置されている実施形態を示す図である。

[図5]切り欠き検出センサの出力信号と、研磨ヘッドの回転角度との関係を示すグラフである。

[図6]研磨テーブルに配置された膜厚センサを切り欠き検出センサとして使用した実施形態を示す図である。

[図7]一度だけ膜厚センサをウェーハの表面を横切らせて、膜厚プロファイルを取得する実施形態を示す図である。

[図8]膜厚指標値から作成された膜厚プロファイルを示す図である。

[図9]研磨ヘッドの回転角度と、対応する膜厚指標値との関係を示すデータテーブルである。

[図10]研磨ヘッドの回転角度と、対応する膜厚指標値との関係を示す膜厚分布のグラフである。

[図11]膜厚センサをウェーハの表面を複数回横切らせて、膜厚プロファイルを取得する実施形態を示す図である。

[図12]膜厚指標値から作成された膜厚プロファイルを示す図である。

[図13]研磨テーブルの一回転ごとの、研磨ヘッドの回転角度と、対応する膜厚指標値との関係を示すデータテーブルである。

[図14]研磨ヘッドの回転角度と、対応する膜厚指標値との関係を示すグラフである。

[図15]ウェーハの第1の領域と第2の領域の一例を示す模式図である。

[図16]ウェーハの第1の領域と第2の領域の他の例を示す模式図である。

[図17]研磨ヘッドのウェーハ接触面上に予め定義された座標領域の一例を示す図である。

[図18]研磨ヘッドのウェーハ接触面上に予め定義された座標領域の他の例を

示す図である。

[図19]現在の膜厚分布と目標膜厚分布の一例を示すグラフである。

[図20]現在の膜厚分布と目標膜厚分布の他の例を示すグラフである。

[図21]研磨ヘッドを回転中心線に対して偏心させることができるヘッド偏心機構を示す断面図である。

[図22]図 2 1 に示すヘッド偏心機構の平面図である。

[図23]研磨ヘッドが偏心している状態を示す断面図である。

[図24]研磨ヘッドが偏心している状態を示す平面図である。

[図25]ウェーハの表面内にある第 1 の領域の、回転中心線からの距離が大きくなる方向に研磨ヘッドを偏心させた状態を示す模式図である。

[図26]研磨テーブル上の研磨パッドの研磨面に押し付けられているウェーハを示す模式図である。

[図27]研磨テーブル上の研磨パッドの研磨面に押し付けられているウェーハを示す模式図である。

[図28]研磨テーブル上の研磨パッドの研磨面に押し付けられているウェーハを示す模式図である。

[図29]第 1 の領域を、第 2 の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨する研磨方法の一実施形態に使用される研磨ヘッドの断面図である。

[図30]図 2 9 の A - A 線断面図である。

[図31]ウェーハなどの基板の表面全体を仕上げ研磨するのに使用することができるバフ研磨装置の一実施形態を示す斜視図である。

[図32]図 3 1 に示す研磨ディスクおよびディスクアームを示す図である。

[図33]ウェーハの周縁部に形成されているノッチ（切り欠き）を検出する工程を説明する図である。

[図34]第 1 膜厚センサの出力信号と、ウェーハステージの回転角度との関係を示すグラフである。

[図35A]図 3 5 A は、第 1 膜厚センサのみが動作して、ウェーハの膜厚を測定する様子を示す図である。

[図35B]図35Bは、第1膜厚センサのみが動作して、ウェーハの膜厚を測定する様子を示す図である。

[図36A]図36Aは、第2膜厚センサのみが動作して、ウェーハの膜厚を測定する様子を示す図である。

[図36B]図36Bは、第2膜厚センサのみが動作して、ウェーハの膜厚を測定する様子を示す図である。

[図37]第1膜厚センサおよび第2膜厚センサの移動経路を示す図である。

[図38]膜厚分布の一例を示す図である。

[図39]膜厚分布の他の例を示す図である。

[図40]研磨ディスクがウェーハの表面上の一方側に位置しているときの平面図である。

[図41]研磨ディスクがウェーハの表面上の反対側に位置しているときの平面図である。

[図42]研磨ディスクが第1の領域に接触しつつ、研磨ディスクが第1の領域よりも内側に位置しているときに、研磨ディスクの回転速度を低下させる実施形態を示す図である。

[図43]研磨ディスクが第1の領域に接触しつつ、研磨ディスクが第1の領域よりも外側に位置しているときに、研磨ディスクの回転速度を増加させてウェーハステージおよびウェーハの回転速度に近づける実施形態を示す図である。

[図44]研磨ディスクがウェーハの表面上の一方側に位置しているときの平面図である。

[図45]研磨ディスクがウェーハの表面上の反対側に位置しているときの平面図である。

[図46]化学機械研磨（CMP）装置とバフ研磨装置とを備えた複合研磨システムを示す模式図である。

[図47]複合研磨システムの動作シーケンスを示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

図1は、ウェーハなどの基板の表面全体を化学機械的に研磨するための主研磨装置であるCMP（化学機械研磨）装置の一実施形態を示す斜視図である。主研磨装置としてのCMP装置100は、基板の一例であるウェーハWを保持し回転させる研磨ヘッド（基板保持装置）1と、研磨パッド2を支持する研磨テーブル3と、研磨パッド2にスラリーを供給するスラリー供給ノズル5とを備えている。研磨パッド2の上面は、ウェーハWを研磨するための研磨面2aを構成する。

[0017] 研磨ヘッド1は、その下面に真空吸引によりウェーハWを保持できるように構成されている。研磨ヘッド1および研磨テーブル3は、矢印で示すように同じ方向に回転しながら、研磨ヘッド1は、ウェーハWを研磨パッド2の研磨面2aに押し付ける。研磨面2aは、ウェーハWの表面よりも大きく、ウェーハWの表面全体が研磨面2aに押し付けられる。スラリー供給ノズル5からはスラリーが研磨パッド2上に供給され、ウェーハWは、スラリーの存在下で研磨パッド2の研磨面2aに摺接される。ウェーハWの表面は、スラリーに含まれる砥粒による機械的作用と、スラリーの化学成分による化学的作用との複合効果により研磨される。

[0018] 研磨テーブル3には、ウェーハWの膜厚を測定する膜厚センサ15が1つ以上配置されている。この膜厚センサ15は、渦電流センサまたは光学式センサであり、ウェーハWの膜厚に従って変化する膜厚指標値を出力するように構成されている。膜厚指標値は、膜厚を直接または間接に示す値である。膜厚センサ15は、研磨テーブル3とともに回転する。研磨テーブル3が一回転するたびに、膜厚センサ15は、ウェーハWの中心を含む複数の測定点で膜厚を測定し、上述した膜厚指標値を出力する。

[0019] 膜厚センサ15は、データ処理部6に接続されている。ウェーハWの表面上の複数の測定点で得られた膜厚指標値は、膜厚データとしてデータ処理部6に送られる。データ処理部6は、膜厚データから膜厚プロファイルを作成し、さらに膜厚プロファイルから膜厚分布を作成する。本明細書において、

膜厚プロファイルは、膜厚指標値（すなわち膜厚）と、ウェーハW上の半径方向の位置との関係を示し、膜厚分布は、ウェーハWの周方向における膜厚指標値の分布（すなわち膜厚の分布）を示す。

[0020] データ処理部6は、動作制御部7に接続されている。動作制御部7は、膜厚分布に基づいて研磨条件を決定する。より具体的には、動作制御部7は、現在の膜厚分布を目標の膜厚分布に近づけるための研磨条件を決定する。動作制御部7は、研磨条件調整システム8に接続されており、研磨条件調整システム8の動作を制御するように構成されている。この研磨条件調整システム8は、後述する圧力レギュレータ、ヘッド旋回モータ、ヘッド偏心機構などから構成される。

[0021] 図2は、CMP装置100の詳細な構成を示す図である。研磨テーブル3は、テーブル軸3aを介してその下方に配置されるテーブルモータ13に連結されており、そのテーブル軸3aを中心に回転可能になっている。研磨テーブル3の上面には研磨パッド2が貼付されている。テーブルモータ13により研磨テーブル3を回転させることにより、研磨面2aは研磨ヘッド1に対して相対的に移動する。したがって、テーブルモータ13は、研磨面2aを水平方向に移動させる研磨面移動機構を構成する。

[0022] 研磨ヘッド1は、ヘッドシャフト11に接続されており、このヘッドシャフト11は、上下動機構27によりヘッドアーム16に対して上下動するようになっている。このヘッドシャフト11の上下動により、研磨ヘッド1の全体をヘッドアーム16に対して昇降させ、位置決めするようになっている。ヘッドシャフト11の上端にはロータリージョイント25が取り付けられている。

[0023] ヘッドシャフト11および研磨ヘッド1を上下動させる上下動機構27は、軸受26を介してヘッドシャフト11を回転可能に支持するブリッジ28と、ブリッジ28に取り付けられたボールねじ32と、支柱30により支持された支持台29と、支持台29上に設けられたサーボモータ38とを備えている。サーボモータ38を支持する支持台29は、支柱30を介してヘッ

ドアーム 16 に固定されている。

[0024] ボールねじ 32 は、サーボモータ 38 に連結されたねじ軸 32a と、このねじ軸 32a が螺合するナット 32b とを備えている。ヘッドシャフト 11 は、ブリッジ 28 と一体となって上下動するようになっている。したがって、サーボモータ 38 を駆動すると、ボールねじ 32 を介してブリッジ 28 が上下動し、これによりヘッドシャフト 11 および研磨ヘッド 1 が上下動する。

[0025] ヘッドシャフト 11 はキー（図示せず）を介して回転筒 12 に連結されている。この回転筒 12 はその外周部にタイミングプーリ 14 を備えている。ヘッドアーム 16 にはヘッド回転モータ 18 が固定されており、上記タイミングプーリ 14 は、タイミングベルト 19 を介してヘッド回転モータ 18 に設けられたタイミングプーリ 20 に接続されている。したがって、ヘッド回転モータ 18 を回転駆動することによってタイミングプーリ 20、タイミングベルト 19、およびタイミングプーリ 14 を介して回転筒 12 およびヘッドシャフト 11 が一体に回転し、研磨ヘッド 1 がその軸心を中心として回転する。ヘッド回転モータ 18、タイミングプーリ 20、タイミングベルト 19、およびタイミングプーリ 14 は、研磨ヘッド 1 をその軸心を中心として回転させる研磨ヘッド回転機構を構成する。ヘッドアーム 16 は、フレーム（図示せず）に回転可能に支持されたヘッドアームシャフト 21 によって支持されている。

[0026] ヘッド回転モータ 18 には、回転角度検出器であるロータリエンコーダ 22 が取り付けられている。このロータリエンコーダ 22 は、ヘッド回転モータ 18 に連結された研磨ヘッド 1 の回転角度を検出するように構成されている。ロータリエンコーダ 22 は図 1 に示すデータ処理部 6 に接続されており、ロータリエンコーダ 22 によって検出された研磨ヘッド 1 の回転角度は、データ処理部 6 に送信される。

[0027] 研磨ヘッド 1 は、その下面にウェーハ W などの基板を保持できるように構成されている。ヘッドアーム 16 はヘッドアームシャフト 21 を中心として

旋回可能に構成されており、ヘッドアームシャフト 21 はヘッド旋回モータ 23 に連結されている。このヘッド旋回モータ 23 は、ヘッドアームシャフト 21 を所定の角度だけ時計回りおよび反時計回りに回転させることが可能に構成されている。したがって、ヘッド旋回モータ 23 を動作させると、研磨ヘッド 1 およびヘッドアーム 16 はヘッドアームシャフト 21 を中心に旋回する。

[0028] ウェーハ W の研磨は次のようにして行われる。下面にウェーハ W を保持した研磨ヘッド 1 は、ヘッドアーム 16 の旋回によりウェーハ W の受取位置から研磨テーブル 3 の上方位置に移動される。研磨ヘッド 1 および研磨テーブル 3 をそれぞれ回転させ、研磨テーブル 3 の上方に設けられたスラリー供給ノズル 5 から研磨パッド 2 上にスラリーを供給する。研磨ヘッド 1 を下降させ、そしてウェーハ W を研磨パッド 2 の研磨面 2 a に押圧する。このように、ウェーハ W を研磨パッド 2 の研磨面 2 a に摺接させてウェーハ W の表面を研磨する。

[0029] 次に、基板保持装置を構成する研磨ヘッド 1 について説明する。本実施形態では、研磨ヘッド 1 は、ウェーハ W の領域ごとに押付力を変えることができるように構成されている。図 3 は、研磨ヘッド 1 の断面図である。図 3 に示すように、研磨ヘッド 1 は、ヘッドシャフト 11 に連結されたヘッド本体 41 と、ヘッド本体 41 の下方に配置されたりテーナリング 42 とを備えている。

[0030] ヘッド本体 41 の下方には、ウェーハ W の上面（研磨すべき表面と反対側の面）に当接する弾性膜 44 と、弾性膜 44 を保持する膜ホルダー 45 とが配置されている。弾性膜 44 は、ウェーハ W の上面に接触するウェーハ接触面（基板接触面） 44 a を有している。このウェーハ接触面（基板接触面） 44 a は、円形であり、ウェーハ W を研磨パッド 2 の研磨面 2 a に対して押し付けることができる。

[0031] 弾性膜 44 と膜ホルダー 45 との間には、4 つの圧力室 P1, P2, P3, P4 が設けられている。圧力室 P1, P2, P3, P4 は弾性膜 44 と膜

ホルダー４５とによって形成されている。中央の圧力室Ｐ１は円形であり、他の圧力室Ｐ２，Ｐ３，Ｐ４は環状である。これらの圧力室Ｐ１，Ｐ２，Ｐ３，Ｐ４は、同心円状に配列されている。

[0032] 圧力室Ｐ１，Ｐ２，Ｐ３，Ｐ４にはそれぞれ気体移送ラインＦ１，Ｆ２，Ｆ３，Ｆ４を介して気体供給源５０により加圧空気等の加圧気体が供給されるようになっている。また、気体移送ラインＦ１，Ｆ２，Ｆ３，Ｆ４には真空ラインＶ１，Ｖ２，Ｖ３，Ｖ４が接続されており、真空ラインＶ１，Ｖ２，Ｖ３，Ｖ４によって圧力室Ｐ１，Ｐ２，Ｐ３，Ｐ４に負圧が形成されるようになっている。圧力室Ｐ１，Ｐ２，Ｐ３，Ｐ４の内部圧力は互いに独立して変化させることが可能であり、これにより、ウェーハＷの対応する４つの領域、すなわち、中央部、内側中間部、外側中間部、および周縁部に対する研磨圧力を独立に調整することができる。

[0033] 膜ホルダー４５とヘッド本体４１との間には圧力室Ｐ５が形成され、この圧力室Ｐ５には気体移送ラインＦ５を介して上記気体供給源５０により加圧気体が供給されるようになっている。また、気体移送ラインＦ５には真空ラインＶ５が接続されており、真空ラインＶ５によって圧力室Ｐ５に負圧が形成されるようになっている。これにより、膜ホルダー４５および弾性膜４４全体が上下方向に動くことができる。

[0034] ウェーハＷの周端部はリテーナリング４２に囲まれており、研磨中にウェーハＷが研磨ヘッド１から飛び出さないようになっている。圧力室Ｐ３を構成する、弾性膜４４の部位には開口が形成されており、圧力室Ｐ３に真空を形成することによりウェーハＷが研磨ヘッド１に吸着保持されるようになっている。また、この圧力室Ｐ３に窒素ガスやクリーンエアなどを供給することにより、ウェーハＷが研磨ヘッド１からリリースされるようになっている。

[0035] ヘッド本体４１とリテーナリング４２の間には、環状のローリングダイヤフラム４６が配置されており、このローリングダイヤフラム４６の内部には圧力室Ｐ６が形成されている。圧力室Ｐ６は、気体移送ラインＦ６を介して

上記気体供給源 50 に連結されている。気体供給源 50 は加圧気体を圧力室 P 6 内に供給し、これによりリテーナリング 42 を研磨パッド 2 に対して押圧する。また、気体移送ライン F 6 には真空ライン V 6 が接続されており、真空ライン V 6 によって圧力室 P 6 に負圧が形成されるようになっている。圧力室 P 6 内に真空が形成されると、リテーナリング 42 の全体が上昇する。

[0036] 圧力室 P 1, P 2, P 3, P 4, P 5, P 6 に連通する気体移送ライン F 1, F 2, F 3, F 4, F 5, F 6 には、それぞれ圧力レギュレータ R 1, R 2, R 3, R 4, R 5, R 6 が設けられている。気体供給源 50 からの加圧気体は、圧力レギュレータ R 1 ~ R 6 を通って圧力室 P 1 ~ P 6 内に供給される。圧力レギュレータ R 1 ~ R 6 は、気体移送ライン F 1 ~ F 6 によって圧力室 P 1 ~ P 6 に接続されている。気体移送ライン F 1 ~ F 6 は、圧力室 P 1 ~ P 6 からロータリージョイント 25 および圧力レギュレータ R 1 ~ R 6 を経由して気体供給源 50 まで延びている。

[0037] 圧力レギュレータ R 1 ~ R 6 は、気体供給源 50 から供給される加圧気体の圧力を調整することによって、圧力室 P 1 ~ P 6 内の圧力を制御する。圧力レギュレータ R 1 ~ R 6 は、図 1 に示す動作制御部 7 に接続されている。圧力室 P 1 ~ P 6 は大気開放弁（図示せず）にも接続されており、圧力室 P 1 ~ P 6 を大気開放することも可能である。

[0038] 動作制御部 7 は、膜厚データから生成した膜厚プロファイルおよび膜厚分布に基づいて、圧力室 P 1 ~ P 4 それぞれの目標圧力値を設定し、圧力室 P 1 ~ P 4 内の圧力が対応する目標圧力値に維持されるように圧力レギュレータ R 1 ~ R 4 を操作する。圧力室 P 1 ~ P 4 は、同心状に配列されているため、ウェーハ W の半径方向に沿った膜厚のばらつきを解消することはできるが、ウェーハ W の周方向に沿った膜厚のばらつきを解消することはできない。

[0039] そこで、本実施形態では、主研磨装置である CMP 装置 100 は、次のようにしてウェーハ W の周方向に沿った膜厚のばらつきを解消する。まず、ウ

エーハWの研磨前に、ウェーハWの向きと、研磨ヘッド1の回転角度とを関連付けるための関連付け工程が行われる。この関連付け工程は、ウェーハWの周縁部に形成されているノッチ（切り欠き）を検出する切り欠き検出センサ51を用いて行われる。

[0040] 一実施形態では、図4に示すように、切り欠き検出センサ51は、研磨テーブル3の横に配置されている。研磨ヘッド1は、ウェーハWを保持し、ウェーハWの周縁部が切り欠き検出センサ51の上方に位置するまで、研磨ヘッド1がヘッド回転モータ23により移動される。次に、研磨ヘッド1およびウェーハWが、研磨ヘッド1の軸心を中心として回転しながら、切り欠き検出センサ51によってウェーハWのノッチ（切り欠き）53が検出される。研磨ヘッド1の回転角度（すなわちウェーハWの回転角度）は、図2に示すロータリエンコーダ22により測定され、研磨ヘッド1の回転角度の測定値は、データ処理部6に送信される。切り欠き検出センサ51はデータ処理部6に接続されており、切り欠き検出センサ51の出力信号は、データ処理部6に送信される。

[0041] 図5は、切り欠き検出センサ51の出力信号と、研磨ヘッド1の回転角度との関係を示すグラフである。データ処理部6は、図5に示すような、切り欠き検出センサ51の出力信号と、研磨ヘッド1の回転角度との関係を取得することができる。データ処理部6は、切り欠き検出センサ51の出力信号の変化に基づいて、ノッチ53の位置を表す研磨ヘッド1の回転角度を決定する。図5に示す例では、切り欠き検出センサ51の出力信号は、研磨ヘッド1の回転角度が180度であるときに大きく変化する。したがって、データ処理部6は、ノッチ53の位置を表す研磨ヘッド1の回転角度は180度であると決定する。データ処理部6は、ノッチ53の位置を基準として用いることで、ウェーハWの向きを研磨ヘッド1の回転角度で表すことができる。

[0042] 切り欠き検出センサ51は、渦電流センサ、光学式センサ、または画像センサなどから構成することができる。研磨テーブル3に配置された膜厚セン

サ 1 5 を切り欠き検出センサとして使用することもできる。この場合は、切り欠き検出センサ 5 1 を研磨テーブル 3 の横に設ける必要はない。

[0043] 図 6 は、研磨テーブル 3 に配置された膜厚センサ 1 5 を切り欠き検出センサとして使用した実施形態を示す図である。まず、膜厚センサ 1 5 が所定の位置に達するまで、研磨テーブル 3 を回転させる。この所定の位置は、研磨ヘッド 1 が図 1 に示す研磨位置にあるときに、膜厚センサ 1 5 が研磨ヘッド 1 に保持されたウェーハ W の周縁部に対向する位置である。次に、ウェーハ W を保持した研磨ヘッド 1 を、図 1 に示す研磨位置の直上の位置にまで移動させる。この位置では、研磨ヘッド 1 およびウェーハ W は、研磨パッド 2 に接触していない。そして、研磨ヘッド 1 およびウェーハ W が、研磨ヘッド 1 の軸心を中心として回転しながら、切り欠き検出センサとしての膜厚センサ 1 5 によってウェーハ W のノッチ（切り欠き） 5 3 が検出される。図 6 に示す方法でも、データ処理部 6 は、図 5 に示すような、切り欠き検出センサとしての膜厚センサ 1 5 の出力信号と、研磨ヘッド 1 の回転角度との関係を取得することができる。

[0044] ウェーハ W の向きと研磨ヘッド 1 の回転角度とを関連付ける関連付け工程が終了した後、ウェーハの膜厚プロファイルを取得するためのプロファイル取得工程が行われる。このプロファイル取得工程は、研磨テーブル 3 と研磨ヘッド 1 とを異なる回転速度で回転させながら、研磨ヘッド 1 はウェーハ W の表面（下面）を低荷重で研磨パッド 2 の研磨面 2 a に押し付け、膜厚センサ 1 5 によりウェーハ W の表面上の複数の測定点で膜厚を測定することによって行われる。ウェーハ W の表面上の複数の測定点は、好ましくはウェーハ W の中心を含む。

[0045] 最初に取得される膜厚プロファイルは、初期膜厚プロファイルである。この初期膜厚プロファイルを取得するために、ウェーハ W の表面（下面）を研磨パッド 2 に押し付けるときの研磨ヘッド 1 の荷重は、ウェーハ W の研磨が実質的に進行しない程度の低い荷重である。

[0046] 一実施形態では、図 7 に示すように、一度だけ膜厚センサ 1 5 をウェーハ

Wの表面を横切らせて、膜厚プロファイルを取得する。膜厚センサ15は、ウェーハWの中心を含む複数の測定点で膜厚を測定し、膜厚指標値をデータ処理部6に送る。データ処理部6は、膜厚指標値から図8に示すような膜厚プロファイルを作成する。この膜厚プロファイルは、膜厚指標値と、ウェーハWの表面上における半径方向の位置との関係を示している。

[0047] プロファイル取得工程の後には、研磨ヘッド1の回転角度と、対応する膜厚指標値との関係を示す膜厚分布の取得工程が行われる。図7に示す例では、膜厚センサ15がウェーハWの表面を横切り始める位置は、研磨ヘッド1の回転角度に置き換えると0°と表される。同様に、膜厚センサ15がウェーハWの表面から離れる位置は、研磨ヘッド1の回転角度に置き換えると225°と表される。データ処理部6は、図9に示すように、研磨ヘッド1の回転角度と、対応する膜厚指標値との関係を決定する。図10は、研磨ヘッド1の回転角度と、対応する膜厚指標値との関係を示す膜厚分布のグラフである。図10に示す膜厚分布から分かるように、研磨ヘッド1の回転角度が0°のときの膜厚指標値は、最も大きい。

[0048] 一実施形態では、図11に示すように、研磨テーブル3と研磨ヘッド1が異なる回転速度で回転する条件下で、膜厚センサ15をウェーハWの表面を複数回横切らせて、膜厚プロファイルを取得する。膜厚センサ15は、研磨テーブル3が一回転するたびに、ウェーハWの中心を含む複数の測定点で膜厚を測定し、膜厚指標値をデータ処理部6に送る。データ処理部6は、膜厚指標値から図12に示すような膜厚プロファイルを作成する。

[0049] 図11に示す例では、膜厚センサ15の移動経路は、研磨テーブル3が一回転するたびに、ウェーハWの中心の周りを45°だけ回転する。このような膜厚センサ15の移動経路は、研磨ヘッド1の回転速度と研磨テーブル3の回転速度との比によって変わる。図13は、研磨テーブル3の一回転ごとの、研磨ヘッド1の回転角度と、対応する膜厚指標値との関係を示すデータテーブルであり、図14は、図13に示す研磨ヘッド1の回転角度と、対応する膜厚指標値との関係を示すグラフである。図14から分かるように、研

磨ヘッド1の回転角度が 45° のときの膜厚指標値は、最も大きい。

[0050] データ処理部6は、上述のようにして得られた膜厚プロファイルから、ウェーハWの周方向における膜厚分布を作成し、この膜厚分布に基づいて、ウェーハWの膜厚が最も大きい、または最も小さい部分を含む第1の領域を決定する。第1の領域は、研磨ヘッド1の回転角度によって特定することができる。図10に示す例では、ウェーハWの膜厚が最も大きい第1の領域は、研磨ヘッド1の回転角度 0° の位置である。図14に示す例では、ウェーハWの膜厚が最も大きい第1の領域は、研磨ヘッド1の回転角度が 45° の位置である。

[0051] 動作制御部7は、ウェーハWの中心に関して対称な第1の領域と第2の領域での膜厚が等しくなるように、研磨条件を決定する。第2の領域は、第1の領域の位置に従って自動的に特定される比較領域であり、第1の領域と第2の領域がウェーハWの中心に関して対称であるという条件を満たす任意の領域である。これに対し、第1の領域は、ウェーハWの膜厚が最も大きい、または最も小さい部分を含む目標領域であり、第2の領域での膜厚とは異なる膜厚を有する。

[0052] 図15は、ウェーハWの第1の領域と第2の領域の一例を示す模式図であり、図16は、ウェーハWの第1の領域と第2の領域の他の例を示す模式図である。図15および図16に示すように、第1の領域T1と第2の領域T2は、ウェーハWの研磨される表面内にあり、ウェーハWの周方向に沿って並んでいる。第1の領域T1と第2の領域T2は、ウェーハWの中心Oに関して、対称である。すなわち、ウェーハWの中心Oからの第1の領域T1までの距離は、ウェーハWの中心Oからの第2の領域T2までの距離に等しい。

[0053] ウェーハWの表面上における第1の領域T1の半径方向の位置は、図8または図12に示す膜厚プロファイルから決定することができ、ウェーハWの表面上における第1の領域T1の周方向の位置は、図10または図14に示す膜厚分布から決定することができる。第1の領域T1の位置は、研磨ヘッ

ド１のウェーハ接触面４４ａ（図３参照）上に予め定義された座標領域を用いて表される。この座標領域は、ウェーハ接触面４４ａの中心を原点とする極座標上に定義された領域である。図１７は、研磨ヘッド１のウェーハ接触面４４ａ（図３参照）上に予め定義された座標領域を示す図である。図１７に示すように、座標領域は、研磨ヘッド１の４つの同心状の圧力室Ｐ１，Ｐ２，Ｐ３，Ｐ４（図３参照）の位置に従ってウェーハ接触面４４ａの半径方向に並ぶ複数の領域と、ウェーハ接触面４４ａの周方向に並ぶ複数の領域とを含む。

[0054] 一実施形態では、研磨ヘッド１は単一の圧力室のみを有してもよい。この実施形態では、図１８に示すように、研磨ヘッド１のウェーハ接触面４４ａ上に予め定義された座標領域は、ウェーハ接触面４４ａの周方向に並ぶ領域を含むが、ウェーハ接触面４４ａの半径方向に並ぶ領域を含まない。

[0055] 動作制御部７は、データ処理部６によって決定された第１の領域の位置を、座標領域によって特定し、第１の領域の除去レートが第２の領域の除去レートよりも高くなる、または低くなるように研磨条件を決定する。図１９は、現在の膜厚分布と目標膜厚分布の一例を示すグラフである。この例では、第１の領域Ｔ１は、最も膜厚の大きい部分を含む。したがって、第１の領域Ｔ１での現在の膜厚分布と目標膜厚分布との差Ｈ１は、第２の領域Ｔ２での現在の膜厚分布と目標膜厚分布との差Ｈ２よりも大きい。そこで、第１の領域Ｔ１を、第２の領域Ｔ２の除去レートよりも高い除去レートで研磨することによって、第１の領域Ｔ１および第２の領域Ｔ２は同時に目標膜厚に近づくことができる。現在の膜厚分布と目標膜厚分布との差は、目標研磨量に相当する。

[0056] 図２０は、現在の膜厚分布と目標膜厚分布の他の例を示すグラフである。この例では、第１の領域Ｔ１は、最も膜厚の小さい部分を含む。したがって、第１の領域Ｔ１での現在の膜厚分布と目標膜厚分布との差Ｈ１は、第２の領域Ｔ２での現在の膜厚分布と目標膜厚分布との差Ｈ２よりも小さい。そこで、第１の領域Ｔ１を、第２の領域Ｔ２の除去レートよりも低い除去レート

で研磨することによって、第1の領域T1および第2の領域T2は同時に目標膜厚に近づくことができる。

[0057] 以下、第1の領域を、第2の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨する研磨方法の一実施形態について説明する。本実施形態では、研磨ヘッド1でウェーハWを回転させながら、研磨ヘッド1の回転中心線からの第1の領域の距離が大きくなる方向に研磨ヘッド1を偏心させた状態で、研磨ヘッド1でウェーハWの表面を研磨パッド2に押し付ける。

[0058] 図21は、研磨ヘッド1を回転中心線から偏心させることができるヘッド偏心機構61を示す断面図であり、図22は、図21に示すヘッド偏心機構61の平面図である。なお、図21および図22では、研磨ヘッド1は模式的に描かれている。ヘッド偏心機構61は、ヘッドシャフト11の内面と係合してヘッドシャフト11とともに回転し、かつ上下方向にスライド移動する、略円弧状の水平断面を持つ3本のロッド63と、これらロッド63を研磨ヘッド1にそれぞれ連結する3つのユニバーサルジョイント64と、3本のロッド63をそれぞれ独立に上昇および下降させる3つの昇降装置66とを備えている。ただし、図21では、2本のロッド63、2つのユニバーサルジョイント64、および2つの昇降装置66のみが記載されている。なお、3つのロッド63の各円弧状の内面とスライドする円柱状の案内部材（図示せず）をヘッドシャフト11の中心側に設けてもよい。

[0059] 3本のロッド63および3つのユニバーサルジョイント64は、研磨ヘッド1の回転中心線Lの周りに等間隔に配列されている。各ロッド63は鉛直方向に延びており、各ロッド63の上端には、円環ディスク67が固定されている。円環ディスク67は、研磨ヘッド1の回転中心線Lと同心である。3つのロッド63、およびこれら3つのロッド63にそれぞれ固定された3つの円環ディスク67は、研磨ヘッド1とともに回転中心線Lの周りを回転するが、3つの昇降装置66の位置は固定されている。

[0060] 昇降装置66は、円環ディスク67の上面および下面に転がり接触する2つのローラー71と、これらローラー71を保持するラック72と、ラック

72の歯に噛み合うピニオン73と、ピニオン73を回転させるサーボモータ75とを備えている。ラック72は鉛直方向に延びている。サーボモータ75の回転は、ラック72とピニオン73により鉛直方向の動きに変換される。サーボモータ75が作動すると、ピニオン73が回転してラック72が鉛直方向に移動し、円環ディスク67およびロッド63が鉛直方向に移動する。ローラー71は、円環ディスク67およびロッド63の回転を許容しつつ、円環ディスク67およびロッド63を鉛直方向に移動させることが可能である。

[0061] ロッド63の鉛直方向の動きは、ユニバーサルジョイント64によって研磨ヘッド1の横方向の動きに変換される。より具体的には、図23および図24に示すように、3つのロッド63のうち1つ、または2つを上昇させ、同時に、残りのロッド63を下降させると、研磨ヘッド1は回転中心線Lに対して偏心する。研磨ヘッド1の偏心の方向および量は、3つのロッド63の鉛直方向の変位によって変更することができる。

[0062] 図25は、ウェーハWの表面内にある第1の領域T1の、回転中心線Lからの距離が大きくなる方向に研磨ヘッド1を偏心させた状態を示す模式図である。図25から分かるように、第1の領域T1の回転中心線Lからの距離は、第2の領域T2の回転中心線Lからの距離よりも長い。したがって、第1の領域T1は、第2の領域T2よりも高い速度で研磨パッド2の研磨面2a上を移動する。第1の領域T1は、第2の領域T2の除去レートよりも高い除去レートで研磨される。

[0063] ウェーハWが、図20に示す膜厚分布を有している場合、第1の領域T1を、第2の領域T2の除去レートよりも低い除去レートで研磨することによって、第1の領域T1および第2の領域T2は同時に目標膜厚に近づくことができる。そこで、この場合は、研磨ヘッド1でウェーハWを回転させながら、研磨ヘッド1の回転中心線Lからの第1の領域T1の距離が小さくなる方向に研磨ヘッド1を偏心させた状態で、研磨ヘッド1でウェーハWの表面を研磨パッド2に押し付ける。第1の領域T1の回転中心線Lからの距離は

、第2の領域T2の回転中心線Lからの距離よりも短いので、第1の領域T1は、第2の領域T2の除去レートよりも低い除去レートで研磨される。

[0064] 次に、第1の領域T1を、第2の領域T2の除去レートとは異なる除去レートで研磨する研磨方法の他の実施形態について説明する。本実施形態では、研磨テーブル3の半径方向において第1の領域T1が第2の領域T2よりも外側に位置しているときに、研磨ヘッド1から、第1の領域T1および第2の領域T2を含むウェーハWの表面全体に加えられる荷重を増加させる。

[0065] 図26は、研磨テーブル3上の研磨パッド2の研磨面2aに押し付けられているウェーハWを示す模式図である。研磨テーブル3とウェーハWは、同じ方向に回転する。研磨テーブル3の中心からウェーハWの表面内のある領域までの距離が大きいほど、その領域と研磨パッド2の研磨面2aとの相対速度は高くなる。ウェーハWの中心に関して対称である第1の領域T1および第2の領域T2は、交互に研磨テーブル3の中心に近づき、離れる。

[0066] 図26に示すように、研磨テーブル3の半径方向において第1の領域T1が第2の領域T2よりも外側に位置しているときに、研磨ヘッド1からウェーハWの表面全体に加えられる荷重を増加させる。より具体的には、第1の領域T1が第2の領域T2よりも外側に位置しているときに、研磨ヘッド1の圧力室P1、P2、P3、P4（図3参照）内の圧力を増加させ、第1の領域T1が第2の領域T2よりも内側に位置しているときに、研磨ヘッド1の圧力室P1、P2、P3、P4内の圧力を低下させる。このように、ウェーハWの表面全体に対する荷重をウェーハWの回転に従って周期的に増加させることにより、特定の第1の領域T1の除去レートを高めることができる。したがって、研磨ヘッド1は、第2の領域T2の除去レートよりも高い除去レートで第1の領域T1を研磨することができる。

[0067] ウェーハWが、図20に示す膜厚分布を有している場合、第1の領域T1を、第2の領域T2の除去レートよりも低い除去レートで研磨することによって、第1の領域T1および第2の領域T2は同時に目標膜厚に近づくことができる。そこで、この場合は、研磨テーブル3の半径方向において第1の

領域Ｔ１が第２の領域Ｔ２よりも外側に位置しているときに、研磨ヘッド１からウェーハＷの表面全体に加えられる荷重を低下させる。このような操作により、第１の領域Ｔ１は、第２の領域Ｔ２の除去レートよりも低い除去レートで研磨される。

[0068] 次に、第１の領域Ｔ１を、第２の領域Ｔ２の除去レートとは異なる除去レートで研磨する研磨方法の他の実施形態について説明する。本実施形態では、研磨テーブル３の半径方向において第１の領域Ｔ１が第２の領域Ｔ２よりも外側に位置しているときに、研磨ヘッド１から第１の領域Ｔ１に加えられる局所荷重を増加させる。

[0069] 図２７は、研磨テーブル３上の研磨パッド２の研磨面２ａに押し付けられているウェーハＷを示す模式図である。研磨テーブル３とウェーハＷは、同じ方向に回転する。研磨テーブル３の中心からウェーハＷの表面内のある領域までの距離が大きいほど、その領域と研磨パッド２の研磨面２ａとの相対速度は高くなる。ウェーハＷの中心に関して対称である第１の領域Ｔ１および第２の領域Ｔ２は、交互に研磨テーブル３の中心に近づき、離れる。

[0070] 図２７に示すように、研磨テーブル３の半径方向において第１の領域Ｔ１が第２の領域Ｔ２よりも外側に位置しているときに、研磨ヘッド１からウェーハＷの第１の領域Ｔ１に加えられる局所荷重を増加させる。より具体的には、第１の領域Ｔ１が第２の領域Ｔ２よりも外側に位置しているときに、研磨ヘッド１の圧力室Ｐ１、Ｐ２、Ｐ３、Ｐ４（図３参照）内のうち、第１の領域Ｔ１の位置に対応した位置にある１つまたは複数の圧力室内の圧力を増加させ、第１の領域Ｔ１が第２の領域Ｔ２よりも内側に位置しているときに、第１の領域Ｔ１の位置に対応した位置にある１つまたは複数の圧力室内の圧力を低下させる。このように、第１の領域Ｔ１に対する局所荷重をウェーハＷの回転に従って周期的に増加させることにより、特定の第１の領域Ｔ１の除去レートを高めることができる。したがって、研磨ヘッド１は、第２の領域Ｔ２の除去レートよりも高い除去レートで第１の領域Ｔ１を研磨することができる。

[0071] ウェーハWが、図20に示す膜厚分布を有している場合、第1の領域T1を、第2の領域T2の除去レートよりも低い除去レートで研磨することによって、第1の領域T1および第2の領域T2は同時に目標膜厚に近づくことができる。そこで、この場合は、研磨テーブル3の半径方向において第1の領域T1が第2の領域T2よりも外側に位置しているときに、研磨ヘッド1からウェーハWの第1の領域T1に加えられる局所荷重を低下させる。このような操作により、第1の領域T1は、第2の領域T2の除去レートよりも低い除去レートで研磨される。

[0072] 次に、第1の領域T1を、第2の領域T2の除去レートとは異なる除去レートで研磨する研磨方法の他の実施形態について説明する。本実施形態では、研磨テーブル3の半径方向において第1の領域T1が第2の領域T2よりも外側に位置しているときに、研磨ヘッド1をウェーハWとともに研磨テーブル3の半径方向において外側に移動させる。

[0073] 図28は、研磨テーブル3上の研磨パッド2の研磨面2aに押し付けられているウェーハWを示す模式図である。研磨テーブル3とウェーハWは、同じ方向に回転する。研磨テーブル3の中心からウェーハWの表面内のある領域までの距離が大きいほど、その領域と研磨パッド2の研磨面2aとの相対速度は高くなる。

[0074] 図28に示すように、研磨テーブル3の半径方向において第1の領域T1が第2の領域T2よりも外側に位置しているときに、研磨ヘッド1をウェーハWとともに研磨テーブル3の半径方向において外側に移動させる。より具体的には、第1の領域T1が第2の領域T2よりも外側に位置しているときに、ヘッド回転モータ23を動作させて、研磨ヘッド1およびヘッドアーム16を半径方向外側に移動させ、第1の領域T1が第2の領域T2よりも内側に位置しているときに、ヘッド回転モータ23を動作させて、研磨ヘッド1およびヘッドアーム16を半径方向内側に移動させる。このように、研磨ヘッド1およびウェーハWを、ウェーハWの回転に従って周期的に揺動させることにより、特定の第1の領域T1の除去レートを高めることができる。

したがって、研磨ヘッド1は、第2の領域T2の除去レートよりも高い除去レートで第1の領域T1を研磨することができる。

[0075] ウェーハWが、図20に示す膜厚分布を有している場合、第1の領域T1を、第2の領域T2の除去レートよりも低い除去レートで研磨することによって、第1の領域T1および第2の領域T2は同時に目標膜厚に近づくことができる。そこで、この場合は、研磨テーブル3の半径方向において第1の領域T1が第2の領域T2よりも外側に位置しているときに、研磨ヘッド1をウェーハWとともに研磨テーブル3の半径方向において内側に移動させる。このような操作により、第1の領域T1は、第2の領域T2の除去レートよりも低い除去レートで研磨される。

[0076] 次に、第1の領域T1を、第2の領域T2の除去レートとは異なる除去レートで研磨する研磨方法の他の実施形態について説明する。図29は、本実施形態に使用される研磨ヘッド1の断面図であり、図30は、図29のA-A線断面図である。図29および図30に示す研磨ヘッド1は、模式的に描かれており、研磨ヘッド1の詳細な構造は、図3に示す構造と同じである。

[0077] 本実施形態では、研磨ヘッド1でウェーハWを回転させながら、研磨ヘッド1の弾性膜44を保持する膜ホルダー45を傾けた状態で、研磨ヘッド1の弾性膜44でウェーハWの表面を研磨パッド2に押し付ける。膜ホルダー45は、第1の領域T1から第2の領域T2に向かって上方に傾いている。

[0078] ヘッド本体41と膜ホルダー45との間には、3つの隔壁膜79が配置されている。これらの隔壁膜79の上端はヘッド本体41の内面に接続され、隔壁膜79の下端は膜ホルダー45の上面に接続されている。隔壁膜79、ヘッド本体41、および膜ホルダー45によって、3つの作動室P5-1、P5-2、P5-3が形成される。3つの隔壁膜79は、研磨ヘッド1の軸心周りに等間隔に配列されている。したがって、3つの作動室P5-1、P5-2、P5-3も、研磨ヘッド1の軸心周りに等間隔に配列されている。なお、4つ以上の隔壁膜および4つ以上の作動室が設けられてもよい。

[0079] 作動室P5-1、P5-2、P5-3に連通する気体移送ラインF5-1

、F 5-2、F 5-3には、それぞれ圧力レギュレータR 5-1、R 5-2、R 5-3が設けられている。気体供給源50からの加圧気体は、圧力レギュレータR 5-1、R 5-2、R 5-3を通して作動室P 5-1、P 5-2、P 5-3内に供給される。圧力レギュレータR 5-1、R 5-2、R 5-3は、気体移送ラインF 5-1、F 5-2、F 5-3によって作動室P 5-1、P 5-2、P 5-3に接続されている。気体移送ラインF 5-1、F 5-2、F 5-3は、作動室P 5-1、P 5-2、P 5-3からロータリージョイント25および圧力レギュレータR 5-1、R 5-2、R 5-3を経由して気体供給源50まで延びている。

[0080] 圧力レギュレータR 5-1、R 5-2、R 5-3は、気体供給源50から供給される加圧気体の圧力を調整することによって、作動室P 5-1、P 5-2、P 5-3内の圧力を制御する。圧力レギュレータR 5-1、R 5-2、R 5-3は、図1に示す動作制御部7に接続されており、動作制御部7によって制御される。作動室P 5-1、P 5-2、P 5-3は大気開放弁（図示せず）にも接続されており、作動室P 5-1、P 5-2、P 5-3を大気開放することも可能である。また、気体移送ラインF 5-1、F 5-2、F 5-3には真空ラインV 5-1、V 5-2、V 5-3が接続されており、真空ラインV 5-1、V 5-2、V 5-3によって作動室P 5-1、P 5-2、P 5-3に負圧が形成されるようになっている。

[0081] 圧力レギュレータR 5-1、R 5-2、R 5-3は、作動室P 5-1、P 5-2、P 5-3の内部圧力を互いに独立して変化させることが可能である。作動室P 5-1、P 5-2、P 5-3内の圧力バランスを変えることにより、膜ホルダー45を所望の方向に傾けることができる。

[0082] 図29に示すように、膜ホルダー45は、第1の領域T 1から第2の領域T 2に向かって上方に傾いている。第1の領域T 1の周囲では弾性膜44は収縮しており、その一方で第2の領域T 2の周囲では弾性膜44は伸長している。このように膜ホルダー45が傾斜している状態では、弾性膜44は、第2の領域T 2よりも第1の領域T 1の周囲において、より大きく伸びるこ

とができる。したがって、研磨ヘッド 1 は、第 2 の領域 T 2 に加える荷重よりも大きな荷重で第 1 の領域 T 1 を押し付けることができる。結果として、第 1 の領域 T 1 は、第 2 の領域 T 2 の除去レートよりも高い除去レートで研磨される。

[0083] ウェーハ W が、図 20 に示す膜厚分布を有している場合、第 1 の領域 T 1 を、第 2 の領域 T 2 の除去レートよりも低い除去レートで研磨することによって、第 1 の領域 T 1 および第 2 の領域 T 2 は同時に目標膜厚に近づくことができる。そこで、この場合は、作動室 P 5-1, P 5-2, P 5-3 内の圧力バランスを変えることにより、膜ホルダー 45 を、第 1 の領域 T 1 から第 2 の領域 T 2 に向かって下方に傾ける。このような操作により、第 1 の領域 T 1 は、第 2 の領域 T 2 の除去レートよりも低い除去レートで研磨される。

[0084] ウェーハ W の膜厚分布は、ウェーハ W の研磨が進行するにつれて変化する。このため、第 1 の領域 T 1 の位置も変わりうる。そこで、データ処理部 6 はウェーハ W の研磨中に膜厚分布を更新しながら、動作制御部 7 は、更新された膜厚分布に基づいて研磨条件を最適化してもよい。例えば、ウェーハ W の研磨中に研磨テーブル 3 が所定の回数（例えば 5 回転）だけ回転するたびに、データ処理部 6 は、膜厚分布を取得および更新し、動作制御部 7 は、更新された膜厚分布に基づいて研磨条件を最適化する。ウェーハ W の研磨中の膜厚分布は、図 7 乃至図 10 に示した工程、または図 11 乃至図 14 に示した工程に従って取得される。

[0085] 一実施形態では、ウェーハ W の研磨中、動作制御部 7 は、膜厚分布が更新されるたびに研磨条件を最適化し、最適化された研磨条件に従って研磨条件調整システム 8 を操作し、ウェーハ W は最適化された研磨条件下で研磨される。研磨条件調整システム 8 は、上述した圧力レギュレータ R 1 ~ R 4、ヘッド回転モータ 23、ヘッド偏心機構 61、圧力レギュレータ R 5-1, R 5-2, R 5-3 などから構成される。

[0086] 上述した各実施形態によれば、膜厚の違いに基づいて、第 1 の領域 T 1 を

、第２の領域Ｔ２とは異なる除去レートで研磨することによって、ウェーハの中心に対して対称な第１の領域Ｔ１および第２の領域Ｔ２での膜厚を同じくすることができる。したがって、ウェーハの周方向に沿った膜厚のばらつきを解消することができる。

[0087] 次に、本発明の研磨方法を実施することができる研磨装置の他の実施形態について説明する。図３１は、ウェーハなどの基板の表面全体を仕上げ研磨するのに使用することができるバフ研磨装置の一実施形態を示す斜視図である。例えば、第１段階研磨としての化学機械研磨が上述したCMP装置１００で実行された後に、第２段階研磨としての仕上げ研磨がバフ研磨装置２００で実行される。

[0088] バフ研磨装置２００は、ウェーハWを保持するウェーハステージ（基板ステージ）８５と、ウェーハステージ８５上のウェーハWを研磨する研磨ディスク８７と、ウェーハWの膜厚を測定する２つの膜厚センサ８８，８９とを備えている。ウェーハWは、その被研磨面が上を向いた状態でウェーハステージ８５上に置かれる。ウェーハステージ８５は、その上面にウェーハWを真空吸引により保持できるように構成されている。ウェーハステージ８５は、ステージ軸９１を介してステージモータ９２に連結されており、ウェーハステージ８５およびこれに保持されたウェーハWは、ウェーハWの軸心を中心としてステージモータ９２により回転される。

[0089] ステージモータ９２には、回転角度検出器であるロータリエンコーダ９５が取り付けられている。このロータリエンコーダ９５は、ステージモータ９２に連結されたウェーハステージ８５の回転角度を検出するように構成されている。ロータリエンコーダ９５はデータ処理部１１０に接続されており、ロータリエンコーダ９５によって検出されたウェーハステージ８５の回転角度は、データ処理部１１０に送信される。

[0090] 研磨ディスク８７は、ディスクアーム１２０に回転自在に支持されている。図３２は、研磨ディスク８７およびディスクアーム１２０を示す図である。研磨ディスク８７はディスク軸１２１の下端に固定されており、このディ

スク軸 121 はディスクアーム 120 に回転自在に支持されている。ディスクアーム 120 内には、研磨ディスク 87 をその軸心を中心に回転させるディスクモータ 122 が配置されている。ディスクモータ 122 は、プーリおよびベルトから構成されるトルク伝達機構 123 を介してディスク軸 121 に連結されている。

[0091] 研磨ディスク 87 は、研磨布 97 を有しており、研磨布 97 の下面はウェーハ W をバフ研磨する研磨面 97 a を構成する。ディスクアーム 120 には、ディスク軸 121 を介して研磨ディスク 87 に連結されたディスク押圧装置 125 が設けられている。ディスク押圧装置 125 は、エアシリンダなどから構成されており、研磨ディスク 87 の研磨面 97 a をウェーハ W の被研磨面である上面に対して押し付けることができるように構成されている。

[0092] ディスクアーム 120 はディスクアームシャフト 128 を中心として旋回可能に構成されており、ディスクアームシャフト 128 はディスク旋回モータ 130 に連結されている。このディスク旋回モータ 130 は、ディスクアームシャフト 128 を所定の角度だけ時計回りおよび反時計回りに回転させることが可能に構成されている。ディスク旋回モータ 130 を動作させると、研磨ディスク 87 およびディスクアーム 120 はディスクアームシャフト 128 を中心に旋回する。

[0093] 図 31 に戻り、2つの膜厚センサ 88, 89 は、第 1 膜厚センサ 88 および第 2 膜厚センサ 89 から構成されており、これら 2つの膜厚センサ 88, 89 は同じ構成である。第 1 膜厚センサ 88 および第 2 膜厚センサ 89 は、ディスクアーム 120 の先端に取り付けられており、研磨ディスク 87 の両側に配置されている。これら膜厚センサ 88, 89 は、ウェーハステージ 85 に保持されたウェーハ W の上方に位置しており、ウェーハ W の上方からウェーハ W の膜厚を測定する。第 1 膜厚センサ 88 および第 2 膜厚センサ 89 は、研磨ディスク 87 の移動方向に沿って配列されている。各膜厚センサ 88, 89 は、渦電流センサまたは光学式センサであり、ウェーハ W の膜厚に従って変化する膜厚指標値を出力するように構成されている。膜厚指標値は

、膜厚を直接または間接に示す値である。第1膜厚センサ88および第2膜厚センサ89は、研磨ディスク87と一体に移動する。研磨ディスク87がウェーハWの一端から他端に移動するたびに、第1膜厚センサ88および第2膜厚センサ89は、交互に、ウェーハWの中心を含む複数の測定点で膜厚を測定し、上述した膜厚指標値を出力する。

[0094] 第1膜厚センサ88および第2膜厚センサ89は、データ処理部110に接続されている。ウェーハWの表面上の複数の測定点で得られた膜厚指標値は、膜厚データとしてデータ処理部110に送られる。データ処理部110は、膜厚データから膜厚プロファイルを作成し、さらに膜厚プロファイルから膜厚分布を作成する。上述したように、膜厚プロファイルは、膜厚指標値（すなわち膜厚）と、ウェーハW上の半径方向の位置との関係を示し、膜厚分布は、ウェーハWの周方向における膜厚指標値の分布（すなわち膜厚の分布）を示す。

[0095] データ処理部110は、動作制御部112に接続されている。動作制御部112は、膜厚分布に基づいて研磨条件を決定する。より具体的には、動作制御部112は、現在の膜厚分布を目標の膜厚分布に近づけるための研磨条件を決定する。さらに、動作制御部112は、研磨条件調整システム113に接続されている。この研磨条件調整システム113は、上述したディスク押圧装置125、ディスクモータ122などから構成される。

[0096] ウェーハWの研磨は次のようにして行われる。研磨される面が上を向いた状態で、ウェーハWはウェーハステージ（基板ステージ）85上に保持される。ステージモータ92は、ウェーハステージ85とウェーハWを回転させ、一方でディスクモータ122は研磨ディスク87を回転させる。研磨ディスク87は、ディスク押圧装置125により下降され、研磨ディスク87の研磨面97aはウェーハWの表面（上面）に接触される。研磨ディスク87がウェーハWの表面に接触したまま、研磨ディスク87は、ウェーハWの表面上をその一端から他端まで複数回揺動する。研磨ディスク87は、ウェーハWの表面に摺接し、これによりウェーハWの表面を研磨する。

[0097] 本実施形態では、仕上げ研磨装置として使用されるバフ研磨装置200は、次のようにしてウェーハWの周方向に沿った膜厚のばらつきを解消する。まず、ウェーハWの研磨前に、ウェーハWの向きと、ウェーハステージ85の回転角度とを関連付けるための関連付け工程が行われる。この関連付け工程は、ウェーハWの周縁部に形成されているノッチ（切り欠き）を検出する切り欠き検出センサとして機能する第1膜厚センサ88を用いて行われる。

[0098] 図33は、ウェーハWの周縁部に形成されているノッチ（切り欠き）を検出する工程を説明する図である。第1膜厚センサ88が、ウェーハステージ85上のウェーハWの周縁部の上方に位置するまで、研磨ディスク87がディスク回転モータ130によって移動される。この位置では、研磨ディスク87はウェーハWに接触していない。次に、ウェーハステージ85およびウェーハWが、ウェーハステージ85の軸心を中心としてステージモータ92により回転されながら、切り欠き検出センサとして機能する第1膜厚センサ88によってウェーハWのノッチ（切り欠き）53が検出される。ノッチ53の検出中、研磨ディスク87はウェーハWと非接触に保たれる。ウェーハステージ85の回転角度（すなわちウェーハWの回転角度）は、ステージモータ92に取り付けられたロータリエンコーダ95により測定され、ウェーハステージ85の回転角度の測定値は、データ処理部110に送信される。第1膜厚センサ88の出力信号は、データ処理部110に送信される。

[0099] 図34は、第1膜厚センサ88の出力信号と、ウェーハステージ85の回転角度との関係を示すグラフである。データ処理部110は、図34に示すような、第1膜厚センサ88の出力信号と、ウェーハステージ85の回転角度との関係を取得することができる。データ処理部110は、第1膜厚センサ（切り欠き検出センサ）88の出力信号の変化に基づいて、ノッチ53の位置を表すウェーハステージ85の回転角度を決定する。図34に示す例では、第1膜厚センサ88の出力信号は、ウェーハステージ85の回転角度が180度であるときに大きく変化する。したがって、データ処理部110は、ノッチ53の位置を表すウェーハステージ85の回転角度は180度であ

ると決定する。データ処理部 110 は、ノッチ 53 の位置を基準として用いることで、ウェーハ W の向きをウェーハステージ 85 の回転角度で表すことができる。

[0100] 一実施形態では、第 1 膜厚センサ 88 に代えて、第 2 膜厚センサ 89 を切り欠き検出センサとして使用してもよい。さらに、一実施形態では、第 1 膜厚センサ 88 および第 2 膜厚センサ 89 とは別に、切り欠き検出センサを設けてもよい。切り欠き検出センサは、渦電流センサ、光学式センサ、または画像センサなどから構成することができる。

[0101] ウェーハ W の向きとウェーハステージ 85 の回転角度とを関連付ける関連付け工程が終了した後、ウェーハの膜厚プロファイルを取得するためのプロファイル取得工程が行われる。このプロファイル取得工程は、第 1 膜厚センサ 88 および第 2 膜厚センサ 89 を一回または複数回ウェーハ W の表面を横切らせながら、2 つの膜厚センサ 88, 89 でウェーハ W の表面上の複数の測定点で膜厚を測定することによって行われる。ウェーハ W の表面上の複数の測定点は、好ましくはウェーハ W の中心を含む。

[0102] 最初に取得される膜厚プロファイルは、初期膜厚プロファイルである。初期膜厚プロファイルを作成するための膜厚指標値を取得する間、研磨ディスク 87 はウェーハ W とは非接触であり、ウェーハ W およびウェーハステージ 85 は回転しない。

[0103] 第 1 膜厚センサ 88 および第 2 膜厚センサ 89 は、交互に膜厚を測定する。図 35 A および図 35 B は、第 1 膜厚センサ 88 のみが動作して、ウェーハ W の膜厚を測定する様子を示す図である。第 1 膜厚センサ 88 は、ウェーハ W の表面を横切りながら、ウェーハ W の表面上の複数の測定点での膜厚を測定する。より具体的には、第 1 膜厚センサ 88 は、ウェーハ W の一方の側の縁部から移動を開始し、第 2 膜厚センサ 89 がウェーハ W の反対側の縁部に到達したときに、第 1 膜厚センサ 88 の移動が停止される。

[0104] 次に、第 2 膜厚センサ 89 のみが動作して、ウェーハ W の表面を横切りながら、ウェーハ W の表面上の複数の測定点での膜厚を測定する。図 36 A お

よび図36Bは、第2膜厚センサ89のみが動作して、ウェーハWの膜厚を測定する様子を示す図である。第2膜厚センサ89は、ウェーハWの上記反対側の縁部から移動を開始し、第1膜厚センサ88がウェーハWの上記一方の側の縁部に到達したときに、第2膜厚センサ89の移動が停止される。このようにして、第1膜厚センサ88および第2膜厚センサ89は、ウェーハWの表面を横切りながら、交互に膜厚を測定する。

[0105] 図37は、第1膜厚センサ88および第2膜厚センサ89の移動経路を示す図である。図37において、符号J1は第1膜厚センサ88の移動経路を表し、符号J2は第2膜厚センサ89の移動経路を表している。図37から分かるように、2つの膜厚センサ88, 89を用いることで、データ処理部110は、ウェーハWの一方の側の縁部から反対側の縁部まで及ぶ膜厚プロファイルを生成することができる。初期膜厚プロファイルを生成するときは、第1膜厚センサ88および第2膜厚センサ89のうちの一方をウェーハWの一方の側の縁部から反対側の縁部まで移動させながら、膜厚を取得してもよい。

[0106] 膜厚プロファイルは、第1膜厚センサ88および第2膜厚センサ89がウェーハWの表面を一回だけ往復している間に取得された膜厚指標値から生成されてもよいし、または膜厚プロファイルは、第1膜厚センサ88および第2膜厚センサ89が、ウェーハWの複数の回転角度においてウェーハWの表面を往復している間に取得された膜厚指標値から生成されてもよい。

[0107] データ処理部110は、膜厚プロファイルから、ウェーハWの周方向における膜厚分布を作成する。膜厚分布の生成は、先に述べた実施形態における図7乃至図10で示した工程、または図11乃至図14で示した工程と同じようにして行われるので、その重複する説明を省略する。データ処理部110は、膜厚分布に基づいて、ウェーハWの膜厚が最も大きい、または最も小さい部分を含む第1の領域を決定する。第1の領域は、ウェーハステージ85の回転角度によって特定することができる。

[0108] 図38は、膜厚分布の一例を示す図である。この例では、第1の領域T1

は、最も膜厚の大きい部分を含む領域であり、第1の領域T1はウェーハステージ85の回転角度が45°の位置である。図39は、膜厚分布の他の例を示す図である。この例では、第1の領域T1は、最も膜厚の小さい部分を含む領域であり、第1の領域は、ウェーハステージ85の回転角度が45°の位置である。

[0109] 動作制御部112は、ウェーハWの中心に関して対称な第1の領域と第2の領域での膜厚が等しくなるように、研磨条件を決定する。第2の領域は、第1の領域の位置に従って自動的に特定される比較領域であり、第1の領域と第2の領域がウェーハWの中心に関して対称であるという条件を満たす任意の領域である。これに対し、第1の領域は、ウェーハWの膜厚が最も大きい、または最も小さい部分を含む目標領域であり、第2の領域での膜厚とは異なる膜厚を有する。第1の領域および第2の領域の例としては、先に述べた実施形態における図15および図16に示す第1の領域T1および第2の領域T2が挙げられる。

[0110] ウェーハWの表面上における第1の領域の半径方向の位置は膜厚プロファイル（図8および図12参照）から決定することができ、ウェーハWの表面上における第1の領域の周方向の位置は、膜厚分布（図38および図39参照）から決定することができる。第1の領域の位置は、ウェーハWの表面上に予め定義された座標領域を用いて表される。この座標領域は、ウェーハWの中心を原点とする極座標上に定義された領域である。本実施形態で定義される座標領域は、図17に示す座標領域と概ね同じである。すなわち、座標領域は、ウェーハWの半径方向に並ぶ複数の領域と、ウェーハWの周方向に並ぶ複数の領域とを含む。

[0111] 第1の領域が決定された後、ウェーハWの表面が研磨ディスク87で研磨される。このウェーハWの研磨は、ウェーハステージ85でウェーハWを回転させながら、回転する研磨ディスク87をウェーハWの表面上で、複数回揺動させることによって行われる。ウェーハWの研磨中、ウェーハステージ85は、研磨ディスク87の回転速度よりも高い回転速度で回転される。ウ

ウェーハWの研磨中、2つの膜厚センサ88、89は、研磨ディスク87とともに揺動しながら、上述したように交互にウェーハWの膜厚を測定し、各回転角と揺動位置に伴う膜厚指標値を膜厚データとしてデータ処理部110に送信する。

[0112] ウェーハWの周方向に沿った膜厚のばらつきを解消するために、第1の領域は、第2の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨される。以下、第1の領域を、第2の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨する研磨方法の一実施形態について説明する。本実施形態では、研磨ディスク87が第1の領域に接触しているときに、第1の領域と研磨ディスク87との相対速度を上げる。例えば、ウェーハステージ85およびウェーハWを、研磨ディスク87の回転速度よりも高い回転速度で回転させる条件下において、研磨ディスク87が第1の領域に接触しているときの該研磨ディスク87の回転速度を低下させることで、第1の領域と研磨ディスク87との相対速度を上げる。研磨ディスク87の回転速度は、図32に示すディスクモータ122により変えることができる。

[0113] 図40は、研磨ディスク87がウェーハWの表面上の一方側に位置しているときの平面図であり、図41は、研磨ディスク87がウェーハWの表面上の反対側に位置しているときの平面図である。ウェーハステージ85およびウェーハWを、研磨ディスク87の回転速度よりも高い回転速度で回転させる条件下において、研磨ディスク87が第1の領域T1に接触しているときに、研磨ディスク87の回転速度を低下させる。さらに、研磨ディスク87が第1の領域T1から離れたときに、研磨ディスク87の回転速度を増加させてウェーハステージ85およびウェーハWの回転速度に近づける。第1の領域と研磨ディスク87との相対速度は、第2の領域と研磨ディスク87との相対速度よりも高い。このように、研磨ディスク87とウェーハWとの相対速度をウェーハWの回転に従って周期的に増加させることにより、特定の第1の領域T1の除去レートを高めることができる。したがって、研磨ディスク87は、第2の領域T2の除去レートよりも高い除去レートで第1の領

域T 1を研磨することができる。

[0114] 一実施形態では、研磨ディスク87が第1の領域T 1に接触しているときに、研磨ディスク87の回転速度をウェーハステージ85およびウェーハWの回転速度よりも高くすることにより、第1の領域T 1と研磨ディスク87との相対速度を上げてよい。

[0115] ウェーハステージ85およびウェーハWを、研磨ディスク87の回転速度よりも高い回転速度で回転させる条件下において、図42に示すように、研磨ディスク87が第1の領域T 1に接触しつつ、研磨ディスク87が第1の領域T 1よりも内側に位置しているときに、研磨ディスク87の回転速度を低下させてもよい。さらに、図43に示すように、研磨ディスク87が第1の領域T 1に接触しつつ、研磨ディスク87が第1の領域T 1よりも外側に位置しているときに、研磨ディスク87の回転速度を増加させてもよい。このような操作によっても、第1の領域T 1と研磨ディスク87との相対速度を上げることができる。したがって、研磨ディスク87は、第2の領域T 2の除去レートよりも高い除去レートで第1の領域T 1を研磨することができる。

[0116] ウェーハWが、図39に示す膜厚分布を有している場合、第1の領域T 1を、第2の領域T 2の除去レートよりも低い除去レートで研磨することによって、第1の領域T 1および第2の領域T 2は同時に目標膜厚に近づくことができる。そこで、この場合は、研磨ディスク87が第1の領域T 1に接触しているときに、研磨ディスク87の回転速度をウェーハステージ85およびウェーハWの回転速度に近づけることにより、第1の領域T 1と研磨ディスク87との相対速度を下げるることができる。したがって、研磨ディスク87は、第2の領域T 2の除去レートよりも低い除去レートで第1の領域T 1を研磨することができる。

[0117] 次に、第1の領域T 1を、第2の領域T 2の除去レートとは異なる除去レートで研磨する研磨方法の他の実施形態について説明する。本実施形態では、研磨ディスク87が第1の領域T 1に接触しているときの研磨ディスク8

7の荷重を増加させる。研磨ディスク87の荷重は、図32に示すディスク押圧装置125により変えることができる。

[0118] 図44は、研磨ディスク87がウェーハWの表面上の一方側に位置しているときの平面図であり、図45は、研磨ディスク87がウェーハWの表面上の反対側に位置しているときの平面図である。研磨ディスク87が第1の領域T1に接触しているときに、研磨ディスク87の荷重を増加させる。さらに、研磨ディスク87が第1の領域T1から離れたときに、研磨ディスク87の荷重を低下させる。第1の領域T1に接触しているときの研磨ディスク87の荷重は、第2の領域T2に接触しているときの研磨ディスク87の荷重よりも大きい。このように、研磨ディスク87の荷重をウェーハWの回転に従って周期的に増加させることにより、特定の第1の領域T1の除去レートを高めることができる。したがって、研磨ディスク87は、第2の領域T2の除去レートよりも高い除去レートで第1の領域T1を研磨することができる。

[0119] ウェーハWが、図39に示す膜厚分布を有している場合、第1の領域T1を、第2の領域T2の除去レートよりも低い除去レートで研磨することによって、第1の領域T1および第2の領域T2は同時に目標膜厚に近づくことができる。そこで、この場合は、研磨ディスク87が第1の領域T1に接触しているときに、研磨ディスク87の荷重を低下させる。このような操作により、研磨ディスク87は、第2の領域T2の除去レートよりも低い除去レートで第1の領域T1を研磨することができる。

[0120] ウェーハWの膜厚分布は、ウェーハWの研磨が進行するにつれて変化する。このため、第1の領域T1の位置も変わりうる。そこで、データ処理部110はウェーハWの研磨中に膜厚分布を更新しながら、動作制御部112は、更新された膜厚分布に基づいて研磨条件を最適化してもよい。例えば、ウェーハWの研磨中に研磨ディスク87が所定の回数（例えば5回）だけウェーハWの表面上を往復（揺動）するたびに、データ処理部110は膜厚分布を取得および更新し、動作制御部112は、更新された膜厚分布に基づいて

研磨条件を最適化する。

[0121] 一実施形態では、ウェーハWの研磨中、動作制御部112は、膜厚分布が更新されるたびに研磨条件を最適化し、最適化された研磨条件に従って研磨条件調整システム113を操作し、ウェーハWは最適化された研磨条件下で研磨される。研磨条件調整システム113は、上述したディスク押圧装置125、ディスクモータ122などから構成される。

[0122] 上述したバフ研磨装置200は、ウェーハの表面を研磨するために単独で用いてもよいし、上述した化学機械研磨（CMP）装置100と組み合わせて使用してもよい。バフ研磨装置200をCMP装置100と組み合わせて使用する場合は、CMP装置100は、ウェーハの表面全体を研磨するための主研磨装置として使用され、バフ研磨装置200は、CMP装置100で研磨されたウェーハの表面の仕上げ研磨を行うための仕上げ研磨装置として使用される。

[0123] 図46は、上述した化学機械研磨（CMP）装置100と、上述したバフ研磨装置200とを備えた複合研磨システムを示す模式図である。図46に示すように、この複合研磨システムは、ウェーハの表面全体を研磨するための主研磨装置としての化学機械研磨（CMP）装置100と、CMP装置100で研磨されたウェーハの表面の仕上げ研磨を行うための仕上げ研磨装置としてのバフ研磨装置200と、バフ研磨装置200で研磨されたウェーハを洗浄するための洗浄ユニット300と、洗浄されたウェーハを乾燥させる乾燥ユニット400と、ウェーハをCMP装置100、バフ研磨装置200、洗浄ユニット300、および乾燥ユニット400との間で搬送する搬送装置500とを備えている。CMP装置100、バフ研磨装置200、洗浄ユニット300、および乾燥ユニット400の配列は、図46に示す実施形態に限らず、他の配列を適用してもよい。

[0124] CMP装置100は、上述した第1の領域および第2の領域を含むウェーハの表面全体を研磨する第1段階研磨工程を実行し、バフ研磨装置200は、第1段階研磨工程の後、ウェーハの表面を仕上げ研磨する第2段階研磨工

程を実行する。以下、複合研磨システムの動作シーケンスについて図47を参照して説明する。

- [0125] 図47は、複合研磨システムの動作シーケンスを示すフローチャートである。まず、ステップ1では、ウェーハの目標膜厚分布が、CMP装置100の動作制御部7に入力され、保存される。ステップ2では、研磨されるウェーハはCMP装置100の研磨ヘッド1に保持される。ステップ3では、ウェーハのノッチ位置が検出され、さらにウェーハの向きと研磨ヘッド1の回転角度とを関連付ける関連付け工程が行われる（図4乃至図6参照）。
- [0126] ステップ4では、初期の膜厚指標値と、ウェーハ上の半径方向の位置との関係を示す第1初期膜厚プロファイルが取得される。第1初期膜厚プロファイルの取得は、ウェーハを低荷重で研磨パッド2に押し付けながら行われる。より具体的には、第1初期膜厚プロファイルの取得は、図7および図8で示した工程、または図11または図12で示した工程に従って行われる。
- [0127] ステップ5では、第1初期膜厚プロファイルから、ウェーハの周方向における膜厚指標値の分布（すなわち膜厚の分布）を示す第1膜厚分布が取得される。この第1膜厚分布の取得は、図9および図10で示した工程、または図13または図14で示した工程に従って行われる。ステップ6では、第1膜厚分布に基づいて、ウェーハの膜厚が最も大きい、または最も小さい部分を含む第1の領域が決定される。
- [0128] ステップ7では、ウェーハの中心に関して対称な第1の領域と第2の領域での膜厚が等しくなるように、研磨条件が決定される。第2の領域は、第1の領域の位置に従って自動的に特定される比較領域であり、第1の領域と第2の領域がウェーハの中心に関して対称であるという条件を満たす任意の領域である。
- [0129] ステップ8では、決定された研磨条件下で、ウェーハの第1段階研磨工程が行われる。ウェーハの研磨中、膜厚プロファイルは継続的に取得され、新たに取得された膜厚プロファイルに基づいて第1膜厚分布が更新される。さらに、更新された第1膜厚分布に基づいて、研磨条件が最適化される。この

ように、ウェーハの研磨中、更新された第1膜厚分布は、研磨条件の決定にフィードバックされる。

[0130] ステップ9では、第1目標膜厚分布に達した場合、または所定の研磨時間に達した場合には、ウェーハの第1段階研磨工程が終了される。ステップ10では、研磨されたウェーハは、搬送装置500により、CMP装置100からバフ研磨装置200に搬送される。

[0131] ステップ11では、ウェーハは、研磨された面が上を向いた状態で、バフ研磨装置200のウェーハステージ85に保持される。ステップ12では、ウェーハのノッチ位置が検出され、さらにウェーハの向きとウェーハステージ85の回転角度とを関連付ける関連付け工程が行われる（図33および図34参照）。

[0132] ステップ13では、初期の膜厚指標値と、ウェーハ上の半径方向の位置との関係を示す第2初期膜厚プロファイルが取得される。ステップ14では、第2初期膜厚プロファイルから、第1段階研磨工程で研磨されたウェーハの周方向における膜厚指標値の分布（すなわち膜厚の分布）を示す第2膜厚分布が取得される。第2初期膜厚プロファイルの取得および第2膜厚分布の取得は、図7乃至図10で示した工程、または図11乃至図14で示した工程と同じようにして行われる。ステップ15では、第2膜厚分布に基づいて、ウェーハの膜厚が最も大きい、または最も小さい部分を含む第3の領域が決定される。

[0133] ステップ16では、ウェーハの中心に関して対称な第3の領域と第4の領域での膜厚が等しくなるように、研磨条件が決定される。第4の領域は、第3の領域の位置に従って自動的に特定される比較領域であり、第3の領域と第4の領域がウェーハの中心に関して対称であるという条件を満たす任意の領域である。第3の領域および第4の領域は、図31乃至図45に示すバフ研磨装置200の各実施形態で説明した第1の領域T1および第2の領域T2にそれぞれ相当する。すなわち、第3の領域および第4の領域は、ウェーハWの中心に関して対称である。

- [0134] ステップ１７では、決定された研磨条件下で、ウェーハの第２段階研磨工程が行われる。ウェーハの研磨中、膜厚プロファイルは継続的に取得され、新たに取得された膜厚プロファイルに基づいて第２膜厚分布が更新される。さらに、更新された第２膜厚分布に基づいて、研磨条件が最適化される。このように、ウェーハの研磨中、更新された第２膜厚分布は、研磨条件の決定にフィードバックされる。
- [0135] ステップ１８では、第２目標膜厚分布に達した場合、または所定の研磨時間に達した場合には、ウェーハの第２段階研磨工程が終了される。ステップ１９では、研磨されたウェーハは、搬送装置５００により、バフ研磨装置２００から洗浄ユニット３００に搬送され、ここで研磨されたウェーハが洗浄される。ステップ２０では、洗浄されたウェーハは、搬送装置５００により、洗浄ユニット３００から乾燥ユニット４００に搬送され、ここで洗浄されたウェーハが乾燥される。このようにして、第１段階研磨工程、第２段階研磨工程、洗浄工程、および乾燥工程を含む一連のウェーハ処理が行われる。
- [0136] 上述した実施形態は、本発明が属する技術分野における通常の知識を有する者が本発明を実施できることを目的として記載されたものである。上記実施形態の種々の変形例は、当業者であれば当然になしうることであり、本発明の技術的思想は他の実施形態にも適用しうる。したがって、本発明は、記載された実施形態に限定されることはなく、特許請求の範囲によって定義される技術的思想に従った最も広い範囲に解釈されるものである。

産業上の利用可能性

- [0137] 本発明は、基板の表面を研磨する方法および装置に利用可能である。

符号の説明

- [0138]
- | | |
|-----|---------------|
| １ | 研磨ヘッド（基板保持装置） |
| ２ | 研磨パッド |
| ２ a | 研磨面 |
| ３ | 研磨テーブル |
| ５ | スラリー供給ノズル |

6	データ処理部
7	動作制御部
8	研磨条件調整システム
1 1	ヘッドシャフト
1 2	回転筒
1 3	テーブルモータ
1 4	タイミングプーリ
1 5	膜厚センサ
1 6	ヘッドアーム
1 8	ヘッド回転モータ
1 9	タイミングベルト
2 0	タイミングプーリ
2 1	ヘッドアームシャフト
2 2	ロータリエンコーダ
2 5	ロータリジョイント
2 6	軸受
2 7	上下動機構
2 8	ブリッジ
2 9	支持台
3 0	支柱
3 2	ボールねじ
3 2 a	ねじ軸
3 2 b	ナット
3 8	サーボモータ
4 1	ヘッド本体
4 2	リテーナリング
4 4	弾性膜
4 4 a	ウェーハ接触面（基板接触面）

- 4 5 膜ホルダー
- 5 0 気体供給源
- 5 1 切り欠き検出センサ
- 5 3 ノッチ
- 6 1 ヘッド偏心機構
- 6 3 ロッド
- 6 4 ユニバーサルジョイント
- 6 6 昇降装置
- 6 7 円環ディスク
- 7 1 ローラー
- 7 2 ラック
- 7 3 ピニオン
- 7 5 サーボモータ
- 7 9 隔壁膜
- 8 5 ウェーハステージ（基板ステージ）
- 8 7 研磨ディスク
- 8 8, 8 9 膜厚センサ
- 9 1 ステージ軸
- 9 2 ステージモータ
- 9 5 ロータリエンコーダ
- 9 7 研磨布
- 9 7 a 研磨面
- 1 0 0 化学機械研磨（CMP）装置
- 1 1 0 データ処理部
- 1 1 2 動作制御部
- 1 1 3 研磨条件調整システム
- 1 2 0 ディスクアーム
- 1 2 1 ディスク軸

1 2 2	ディスクモータ
1 2 3	トルク伝達機構
1 2 5	ディスク押圧装置
1 2 8	ディスクアームシャフト
1 3 0	ディスク旋回モータ
2 0 0	バフ研磨装置
3 0 0	洗浄ユニット
4 0 0	乾燥ユニット
5 0 0	搬送装置
P 1, P 2, P 3, P 4, P 5, P 6	圧力室
P 5-1, P 5-2, P 5-3	作動室
F 1, F 2, F 3, F 4, F 5, F 6, F 5-1, F 5-2, F 5-3	気体移送ライン
R 1, R 2, R 3, R 4, R 5, R 6, R 5-1, R 5-2, R 5-3	圧力レギュレータ
T 1	第 1 の領域
T 2	第 2 の領域
L	回転中心線
W	ウェーハ

請求の範囲

- [請求項1] 基板の周方向における膜厚の分布を取得し、
 前記膜厚の分布に基づいて、最も大きい、または最も小さい膜厚を有する第1の領域を決定し、
 研磨パッドを保持した研磨テーブルを回転させ、
 研磨ヘッドで基板を回転させながら、前記基板の表面を前記研磨パッドに押し付け、
 前記第1の領域を、前記基板の表面内の第2の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨することを特徴とする研磨方法。
- [請求項2] 前記第1の領域および前記第2の領域は、前記基板の中心に関して対称であることを特徴とする請求項1に記載の研磨方法。
- [請求項3] 前記基板の表面を前記研磨パッドに押し付ける工程は、前記研磨ヘッドで基板を回転させながら、前記研磨ヘッドの回転中心線からの前記第1の領域の距離が大きくなる、または小さくなる方向に前記研磨ヘッドを偏心させた状態で、前記研磨ヘッドで前記基板の表面を前記研磨パッドに押し付ける工程であることを特徴とする請求項1または2に記載の研磨方法。
- [請求項4] 前記第1の領域を、前記基板の表面内の第2の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨する工程は、前記研磨テーブルの半径方向において前記第1の領域が前記第2の領域よりも外側に位置しているときに、前記研磨ヘッドから前記基板の表面全体に加えられる荷重を増加または低下させることにより、前記第1の領域を、前記基板の表面内の第2の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨する工程であることを特徴とする請求項1または2に記載の研磨方法。
- [請求項5] 前記第1の領域を、前記基板の表面内の第2の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨する工程は、前記研磨テーブルの半径方向において前記第1の領域が前記第2の領域よりも外側に位置しているときに、前記研磨ヘッドから前記第1の領域に加えられる局所荷重を

増加または低下させることにより、前記第1の領域を、前記第2の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨する工程であることを特徴とする請求項1または2に記載の研磨方法。

[請求項6] 前記第1の領域を、前記基板の表面内の第2の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨する工程は、前記研磨テーブルの半径方向において前記第1の領域が前記第2の領域よりも外側に位置しているときに、前記研磨ヘッドを前記基板とともに前記研磨テーブルの半径方向において外側または内側に移動させることにより、前記第1の領域を、前記第2の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨する工程であることを特徴とする請求項1または2に記載の研磨方法。

[請求項7] 前記基板の表面を前記研磨パッドに押し付ける工程は、前記研磨ヘッドで基板を回転させながら、前記研磨ヘッドの弾性膜を保持する膜ホルダーを傾けた状態で、前記弾性膜で前記基板の表面を前記研磨パッドに押し付ける工程であり、前記膜ホルダーは、前記第1の領域から前記第2の領域に向かって上方または下方に傾いていることを特徴とする請求項1または2に記載の研磨方法。

[請求項8] 基板の周方向における膜厚の分布を取得し、
前記膜厚の分布に基づいて、最も大きい、または最も小さい膜厚を有する第1の領域を決定し、
前記基板を保持した基板ステージを回転させ、
研磨ディスクを回転させながら、該研磨ディスクを前記基板の表面に押し付け、
前記第1の領域を、前記基板の表面内の第2の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨することを特徴とする研磨方法。

[請求項9] 前記第1の領域および前記第2の領域は、前記基板の中心に関して対称であることを特徴とする請求項8に記載の研磨方法。

[請求項10] 前記第1の領域を、前記基板の表面内の第2の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨する工程は、前記研磨ディスクが前記第1

の領域に接触しているときに、前記第1の領域と前記研磨ディスクとの相対速度を上げることにより、前記第1の領域を、前記基板の表面内の第2の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨する工程であることを特徴とする請求項8または9に記載の研磨方法。

[請求項11] 前記第1の領域を、前記基板の表面内の第2の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨する工程は、前記研磨ディスクが前記第1の領域に接触しているときに、前記研磨ディスクの荷重を増加させることにより、前記第1の領域を、前記基板の表面内の第2の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨する工程であることを特徴とする請求項8または9に記載の研磨方法。

[請求項12] 基板の周方向における膜厚の分布を示す第1膜厚分布を取得し、
前記第1膜厚分布に基づいて、最も大きい、または最も小さい膜厚を有する第1の領域を決定し、
研磨パッドを保持した研磨テーブルを回転させ、
研磨ヘッドで前記基板を回転させながら、前記基板の表面を前記研磨パッドに押し付け、
前記第1の領域を、前記基板の表面内の第2の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨する第1段階研磨工程を行い、
研磨された前記基板の周方向における膜厚の分布を示す第2膜厚分布を取得し、
前記第2膜厚分布に基づいて、最も大きい、または最も小さい膜厚を有する第3の領域を決定し、
前記基板を保持した基板ステージを回転させ、
研磨ディスクを回転させながら、該研磨ディスクを前記基板の表面に押し付け、
前記第3の領域を、前記基板の表面内の第4の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨する第2段階研磨工程を行うことを特徴とする研磨方法。

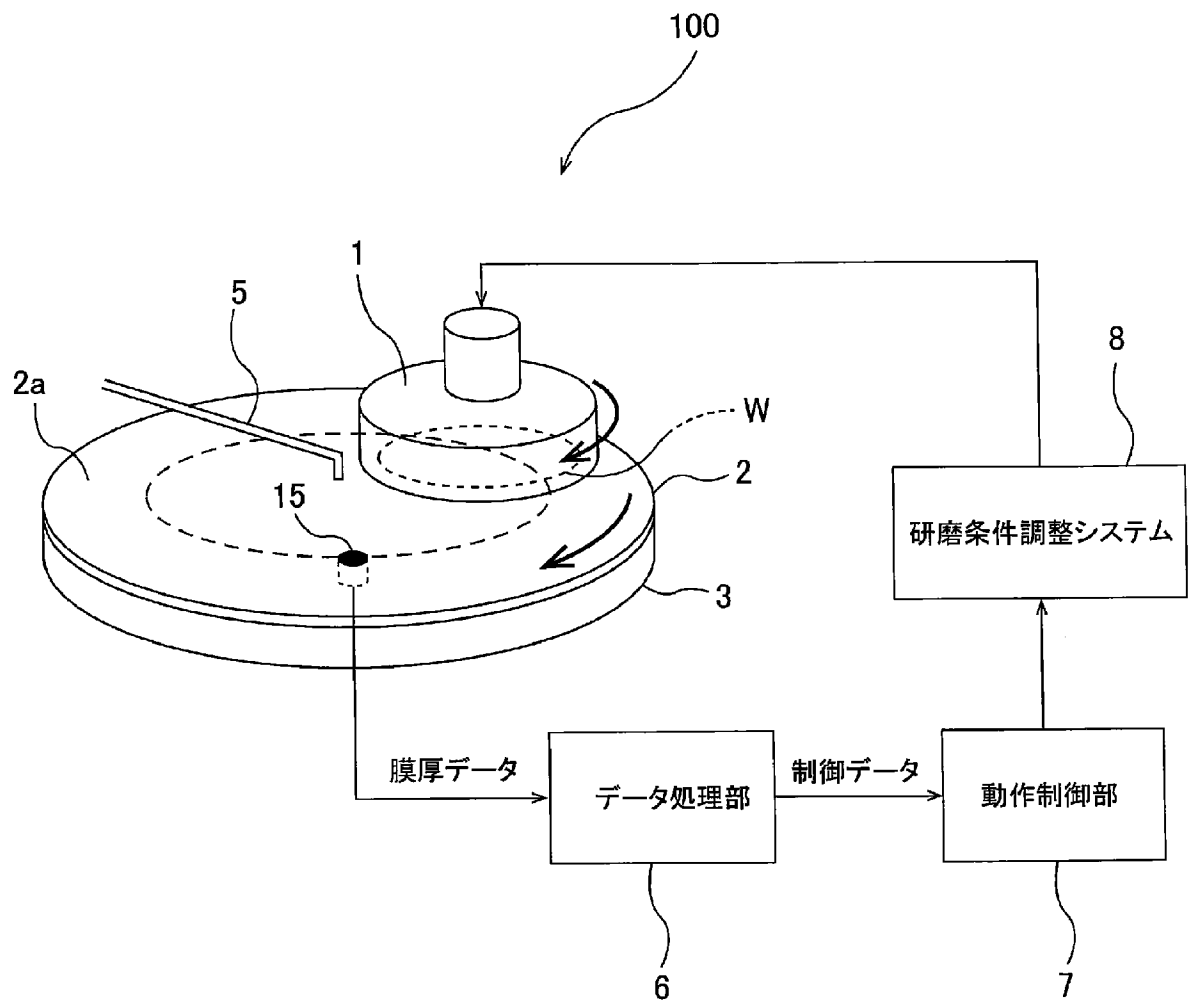
- [請求項13] 前記第1の領域および前記第2の領域は、前記基板の中心に関して対称であり、前記第3の領域および前記第4の領域は、前記基板の中心に関して対称であることを特徴とする請求項12に記載の研磨方法。
- [請求項14] 研磨パッドを支持する研磨テーブルと、
基板を前記研磨パッドに押し付ける研磨ヘッドと、
前記研磨ヘッドを回転中心線の周りに回転させるヘッド回転モータと、
前記研磨ヘッドを前記回転中心線に対して偏心させるヘッド偏心機構とを備えたことを特徴とする研磨装置。
- [請求項15] 前記ヘッド偏心機構は、前記研磨ヘッドの回転中心線からの、前記基板の表面内の第1の領域の距離が大きくなる、または小さくなる方向に前記研磨ヘッドを偏心させることにより、前記研磨ヘッドは、前記第1の領域を、前記基板の表面内の第2の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨することができることを特徴とする請求項14に記載の研磨装置。
- [請求項16] 前記第1の領域および前記第2の領域は、前記基板の中心に関して対称であることを特徴とする請求項15に記載の研磨装置。
- [請求項17] 研磨パッドを支持する研磨テーブルと、
基板を前記研磨パッドに押し付ける研磨ヘッドとを備え、
前記研磨ヘッドは、
ヘッド本体と、
前記基板を前記研磨パッドに押し付ける弾性膜と、
前記弾性膜を保持する膜ホルダーと、
前記ヘッド本体と前記膜ホルダーとの間に少なくとも3つの作動室を形成する少なくとも3つの隔壁膜と、
前記少なくとも3つの作動室内の圧力をそれぞれ独立して制御することにより、前記膜ホルダーを所望の方向に傾けることができる少

なくとも3つの圧力レギュレータとを備えたことを特徴とする研磨装置。

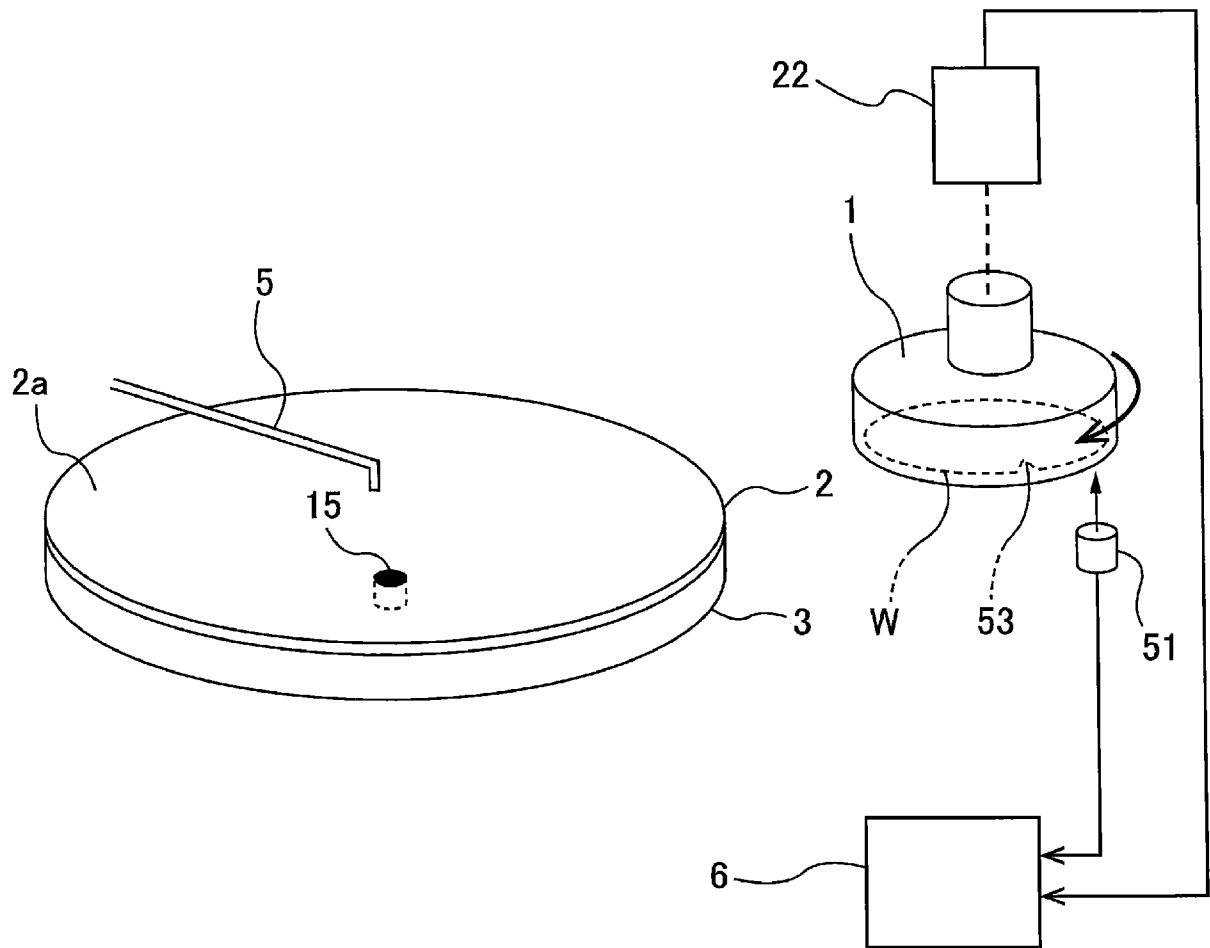
[請求項18] 前記膜ホルダーは、前記基板の表面内の第1の領域から第2の領域に向かって上方または下方に傾いていることにより、前記研磨ヘッドは、前記第1の領域を、前記基板の表面内の第2の領域の除去レートとは異なる除去レートで研磨することができることを特徴とする請求項17に記載の研磨装置。

[請求項19] 前記第1の領域および前記第2の領域は、前記基板の中心に関して対称であることを特徴とする請求項18に記載の研磨装置。

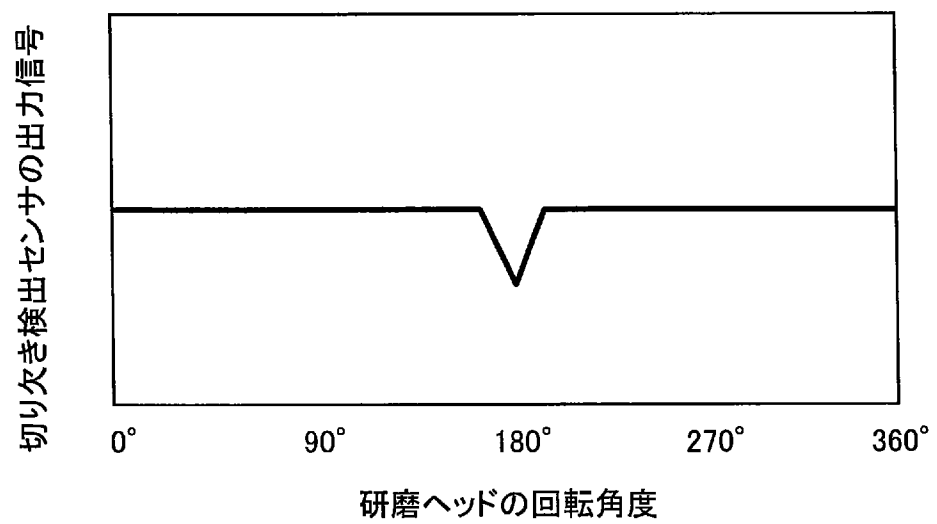
[図1]

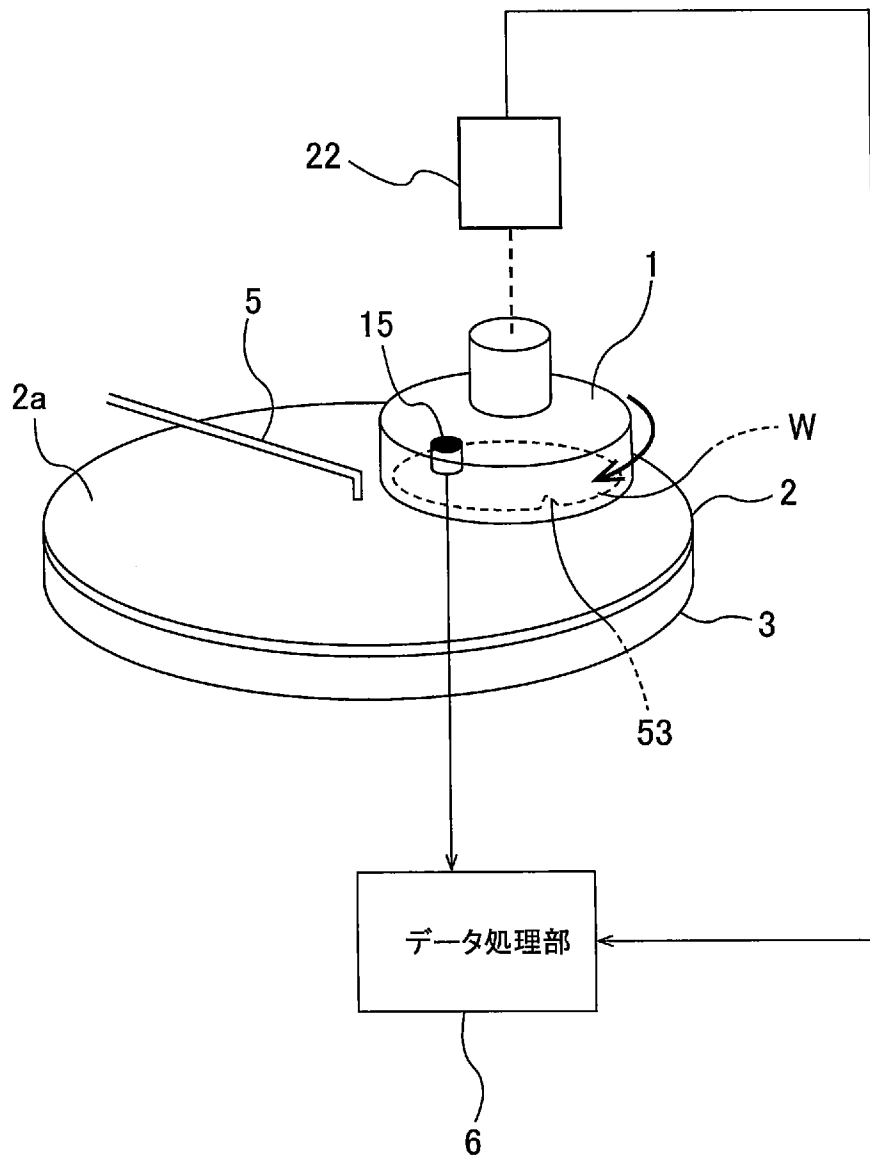


[図4]

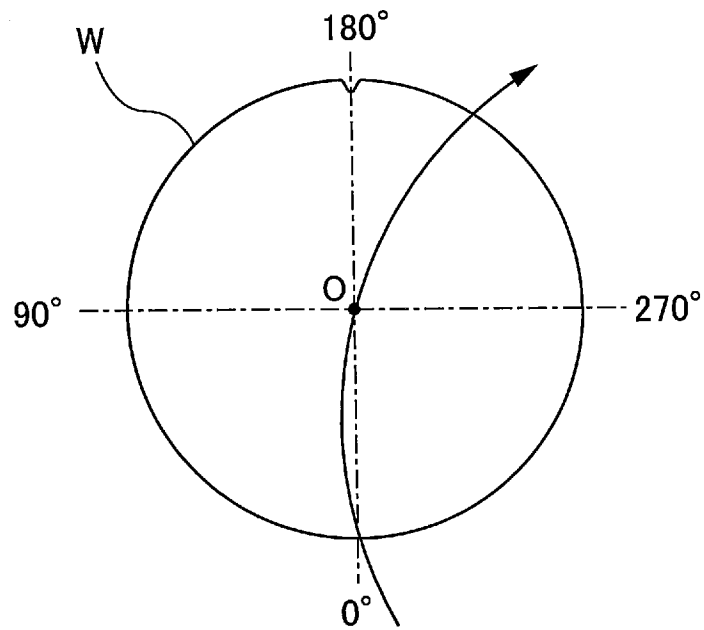


[図5]

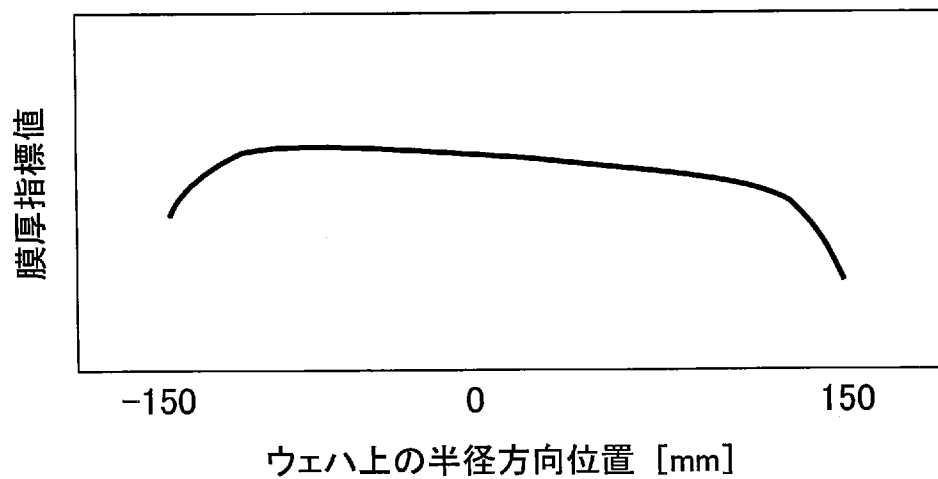




[図7]



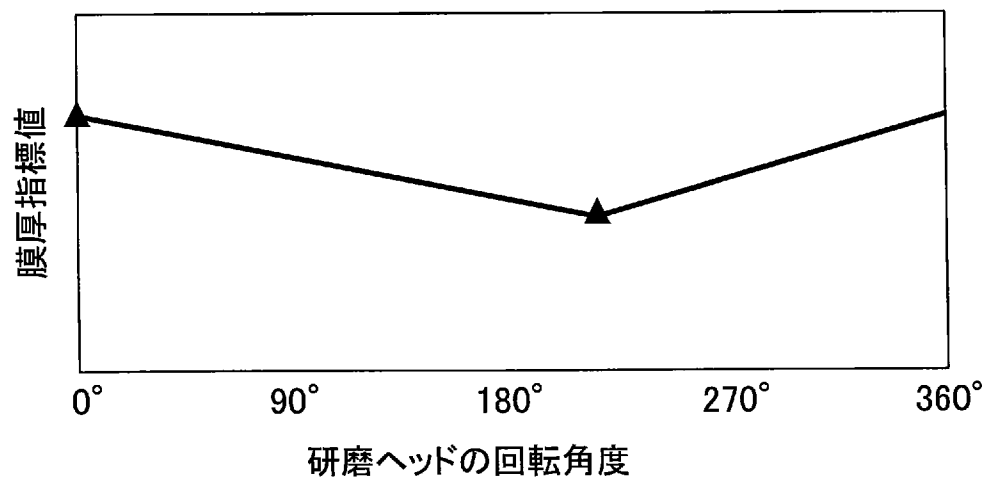
[図8]



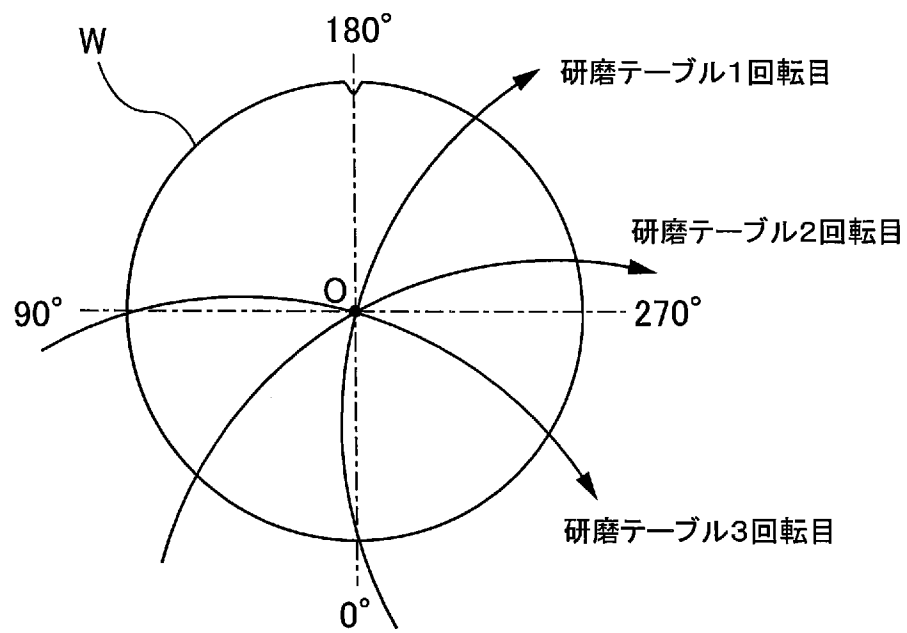
[図9]

半径位置 -150mm ~ 0mm		半径位置 0mm ~ 150mm	
回転角度	膜厚指標値	回転角度	膜厚指標値
0°	390	225°	360

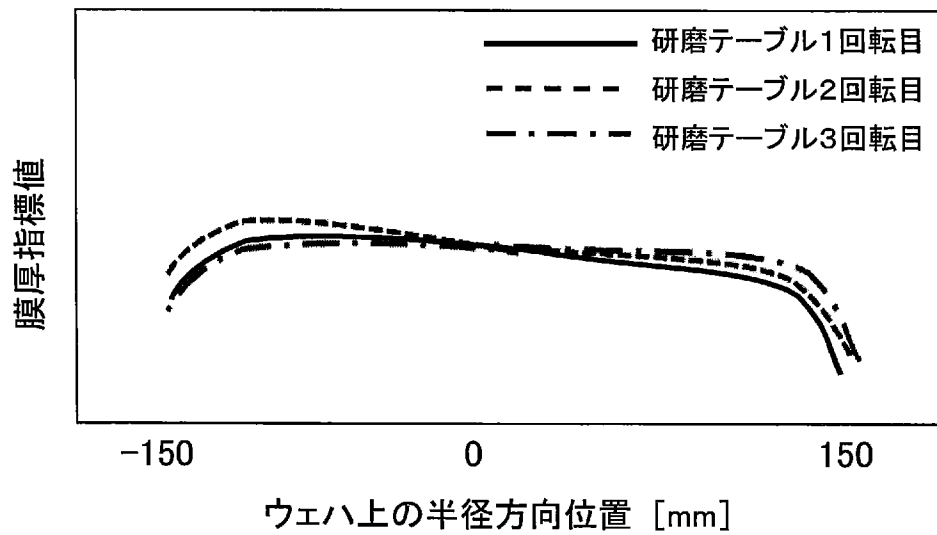
[図10]



[図11]



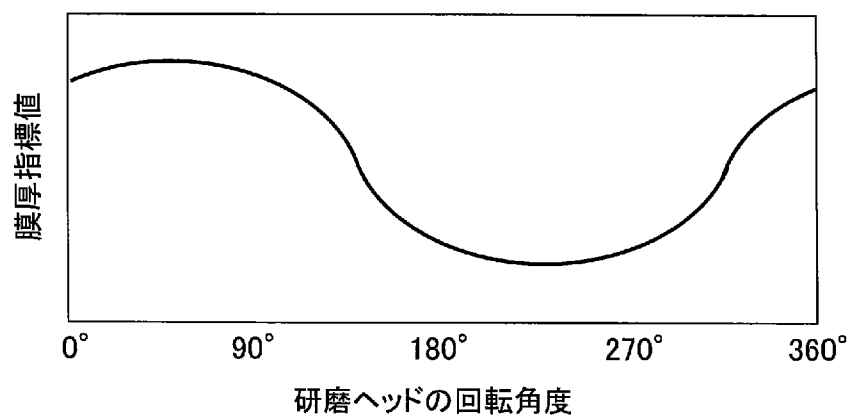
[図12]



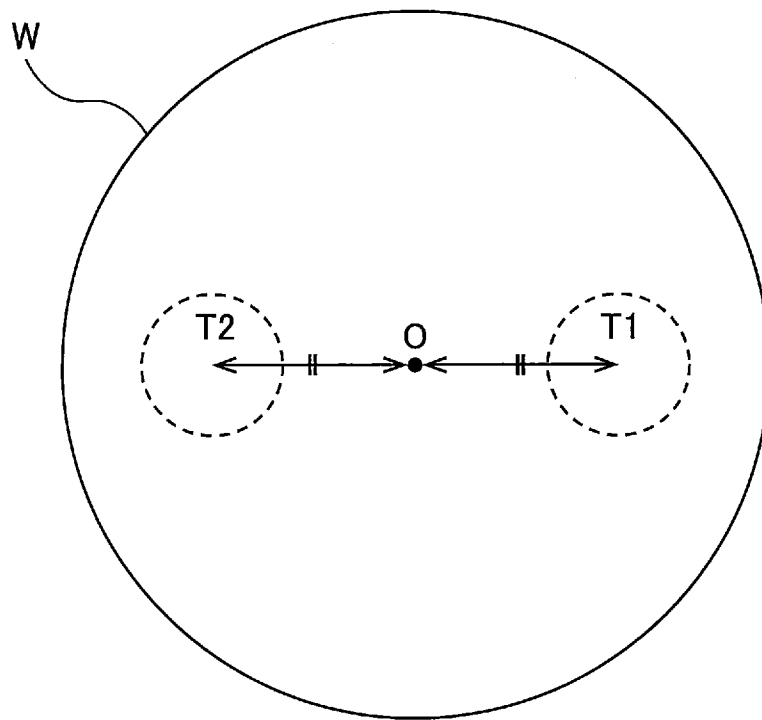
[図13]

テーブル回転回数	半径位置 -150mm ~ 0mm		半径位置 0mm ~ 150mm	
	回転角度	膜厚指標値	回転角度	膜厚指標値
1	0°	390	225°	360
2	45°	400	270°	380
3	90°	387	315°	382
4	135°	375	0°	388
~	XX	XX	XX	XX

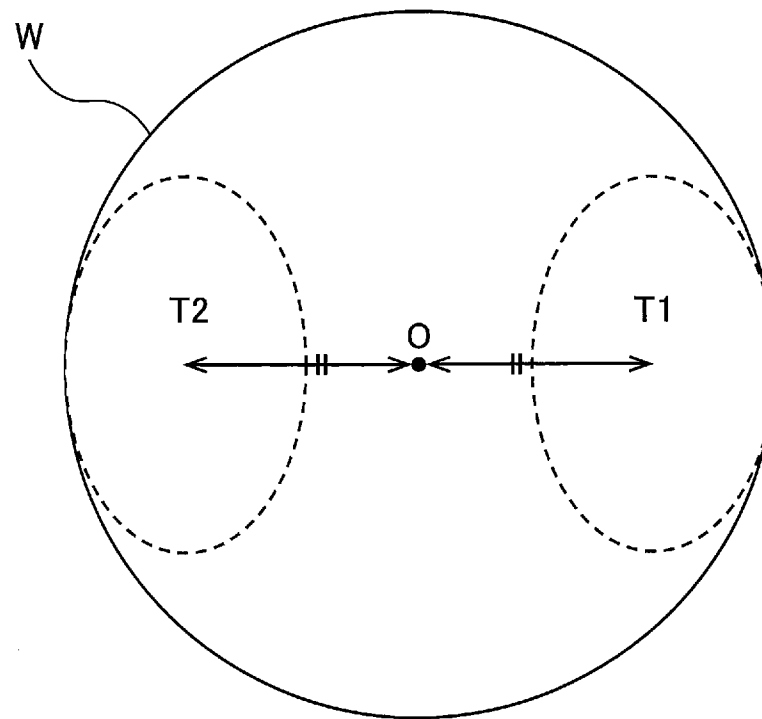
[図14]



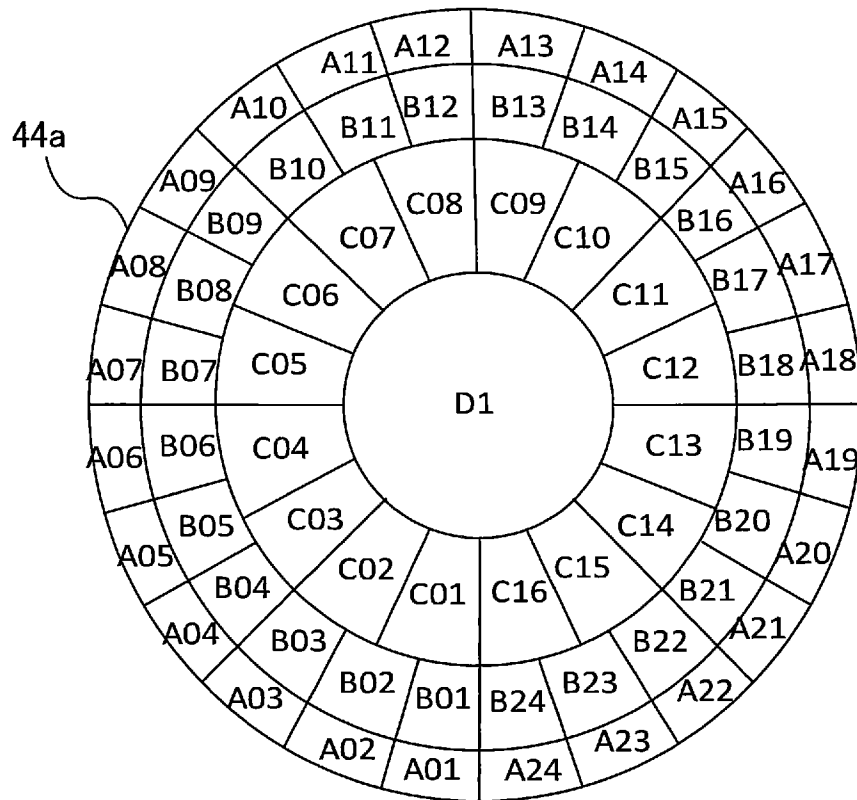
[図15]



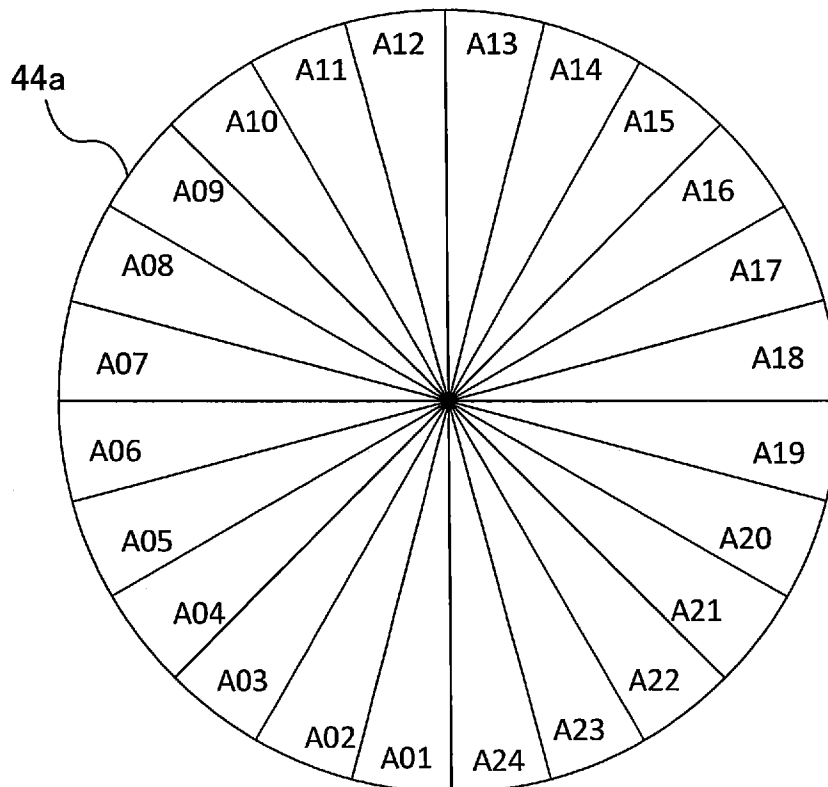
[図16]



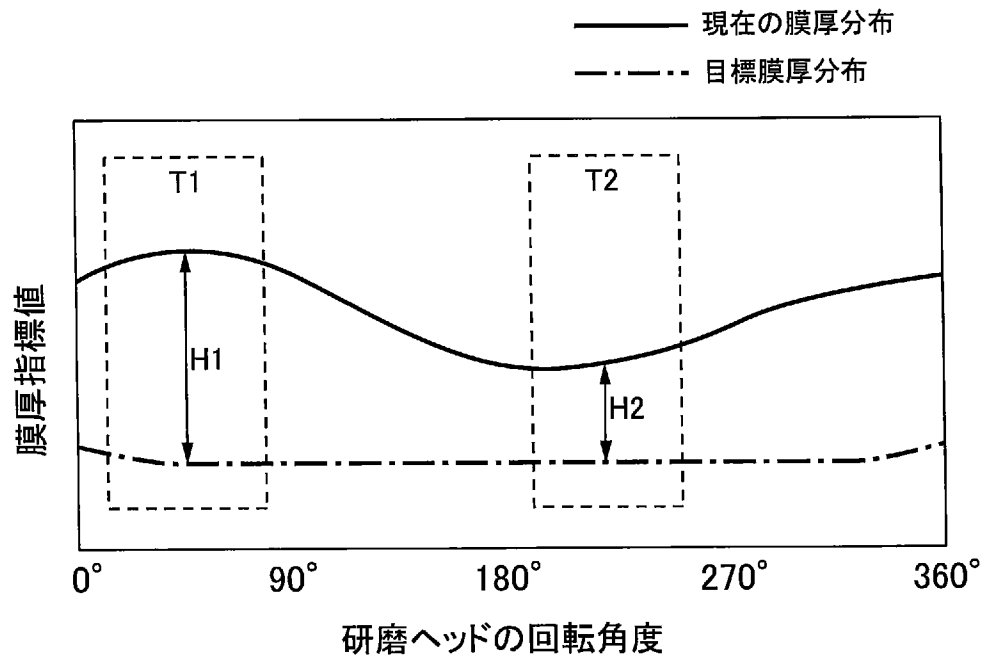
[図17]



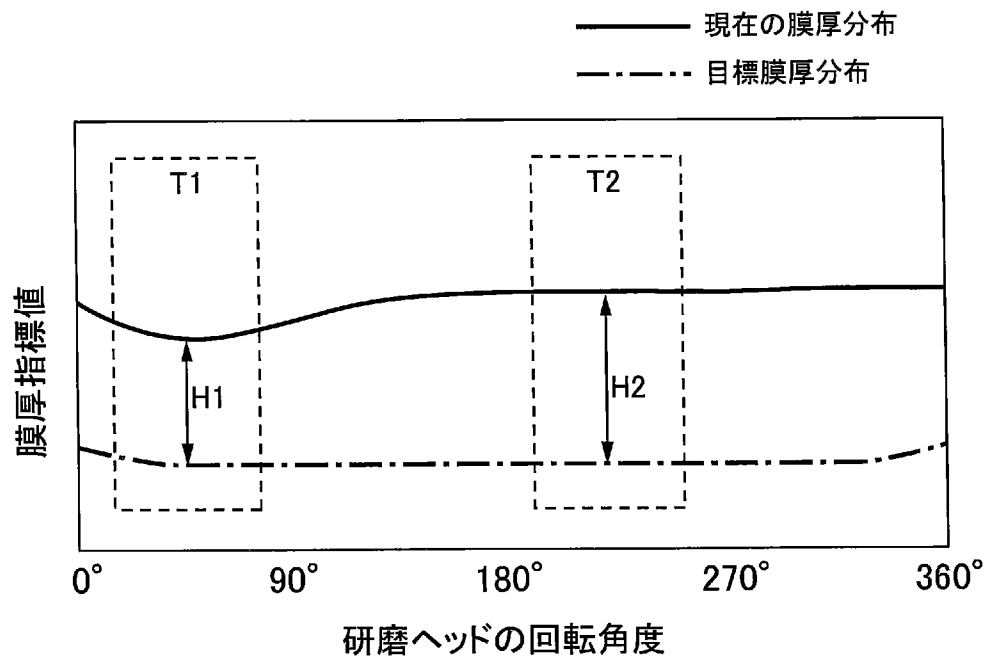
[図18]



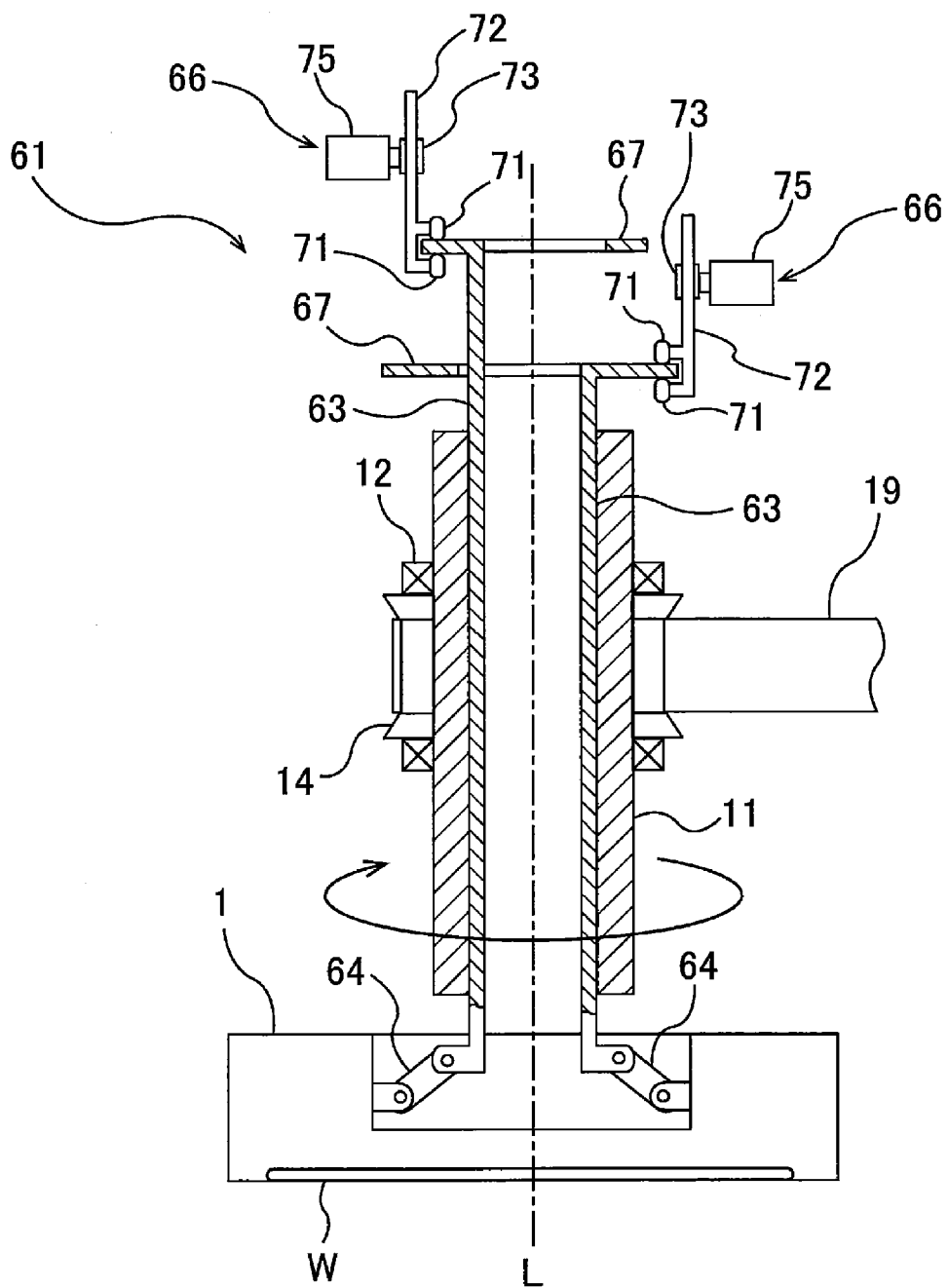
[図19]



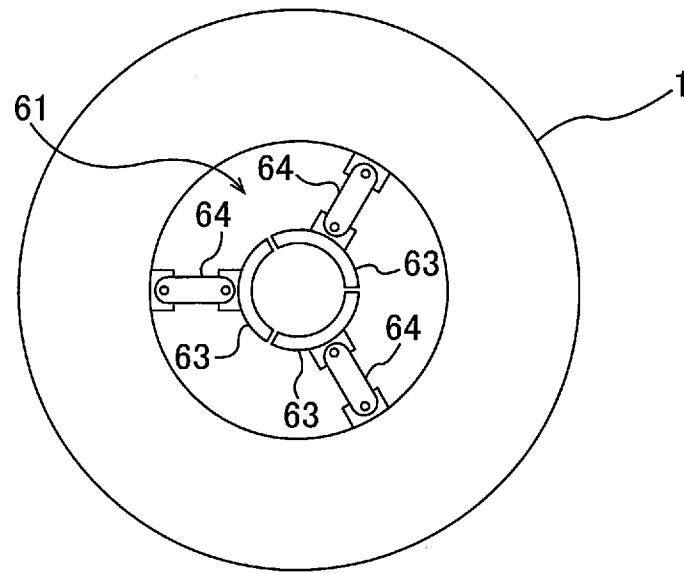
[図20]



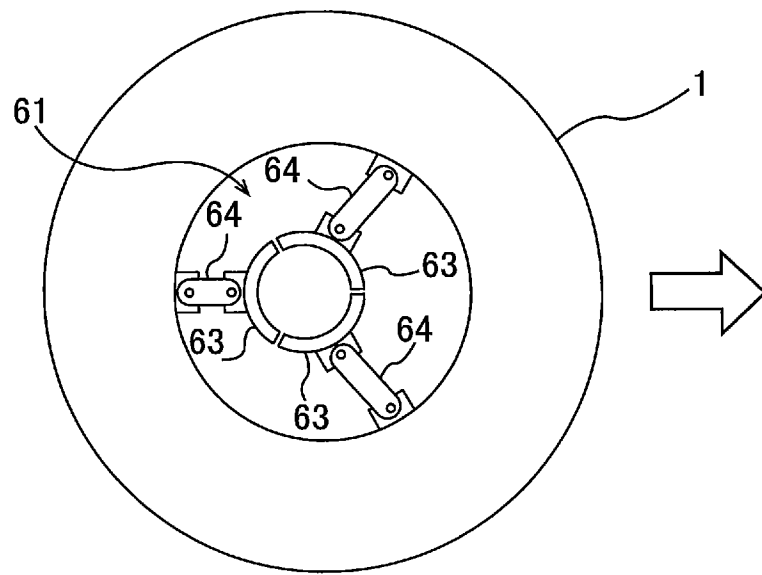
[図21]



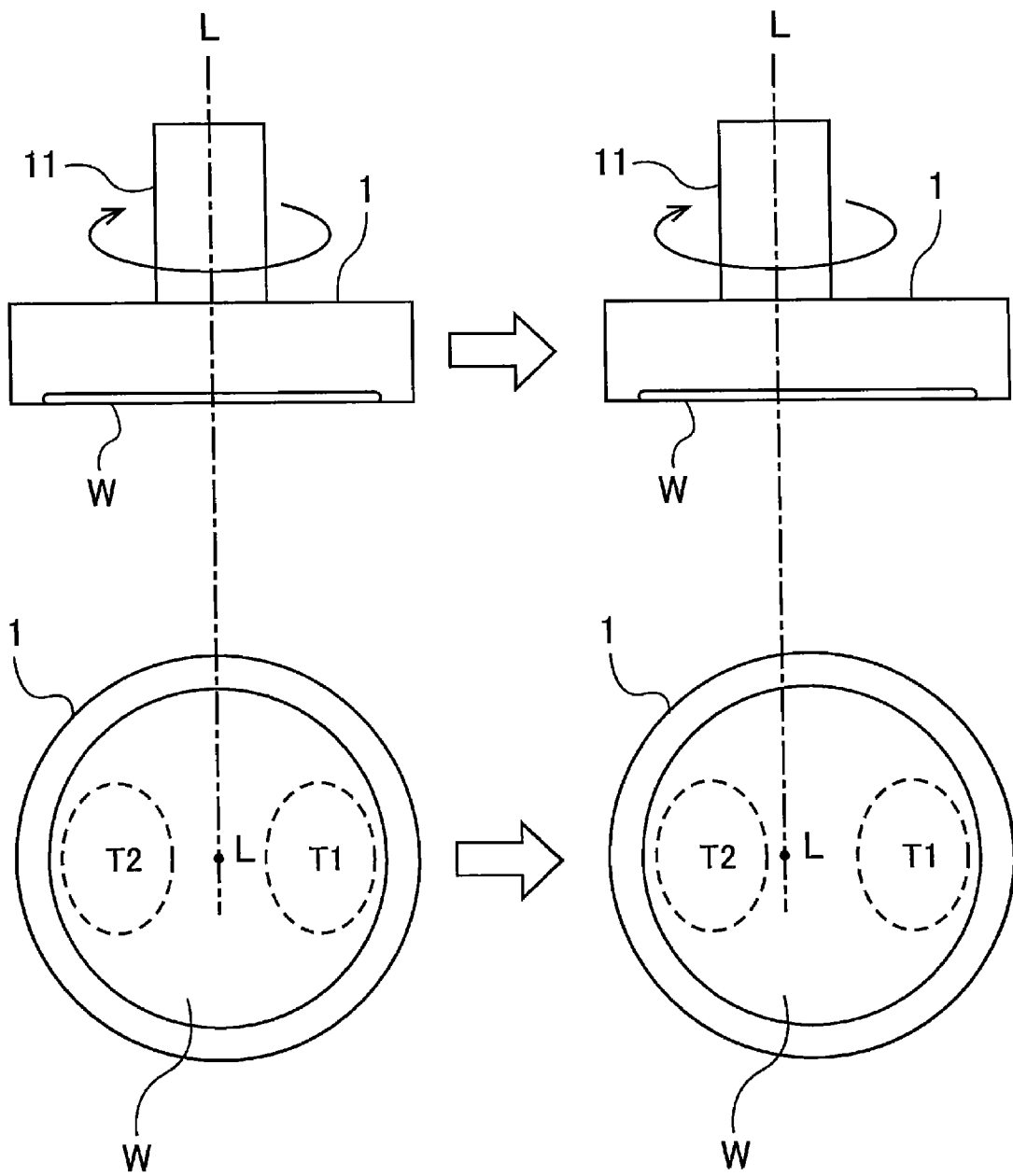
[図22]



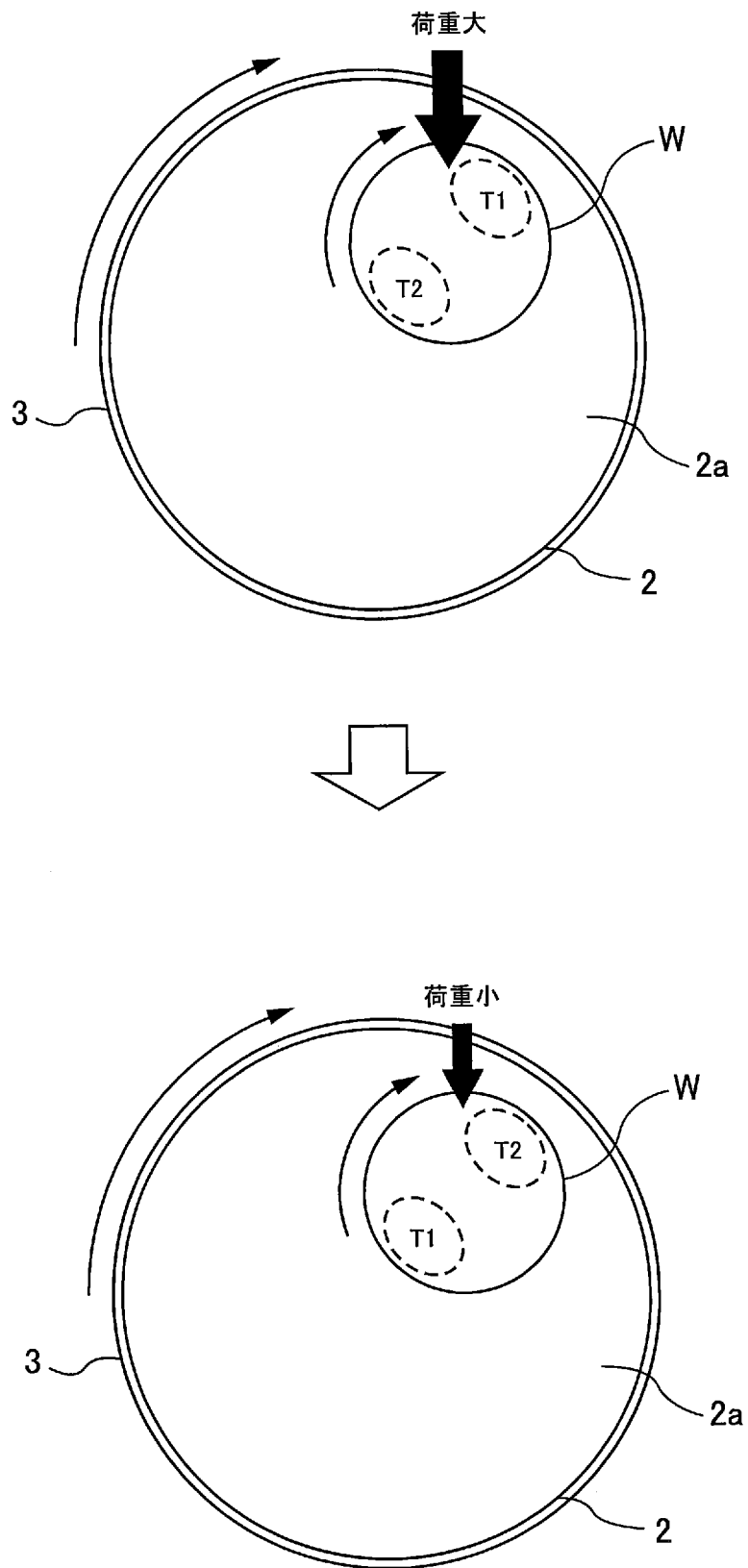
[図24]



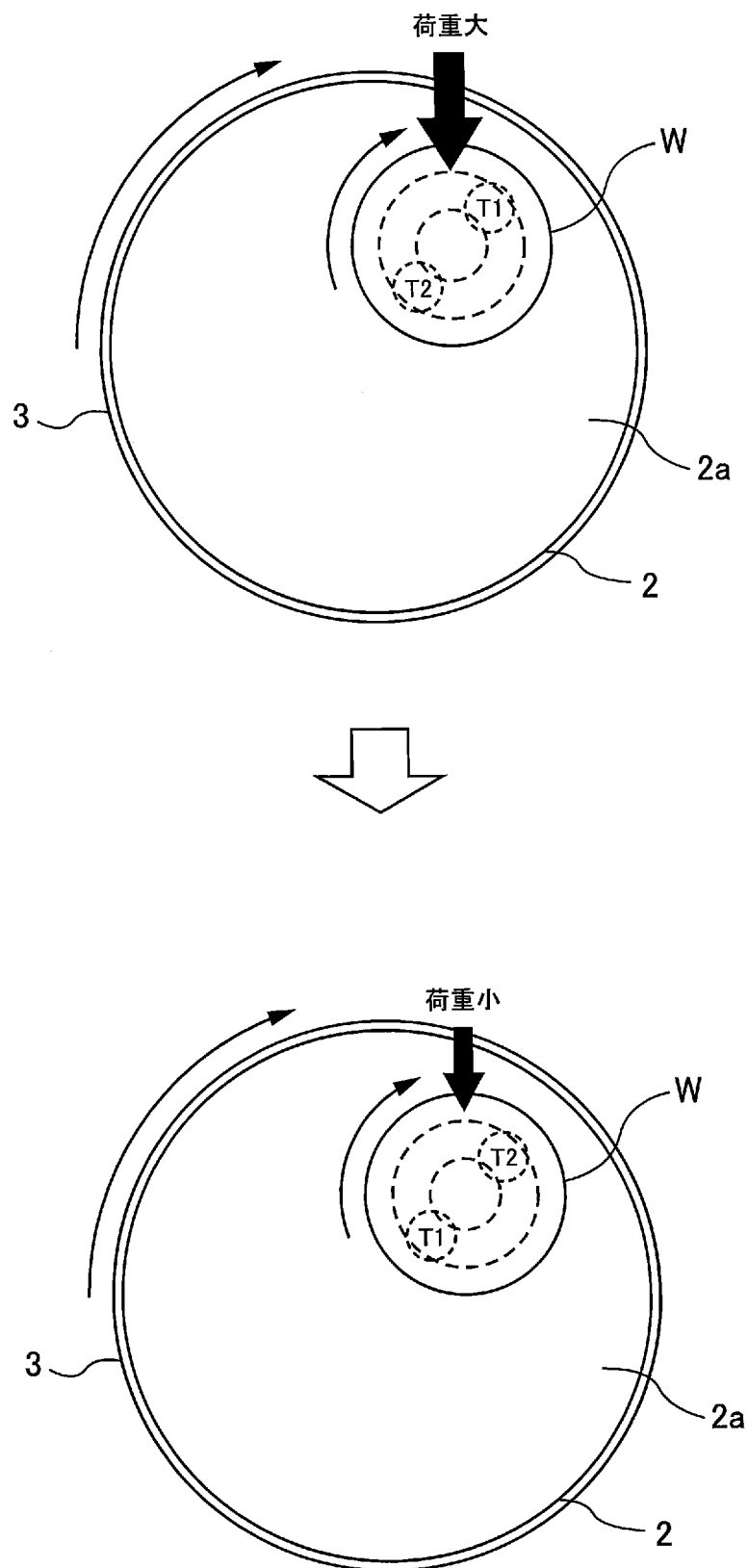
[図25]



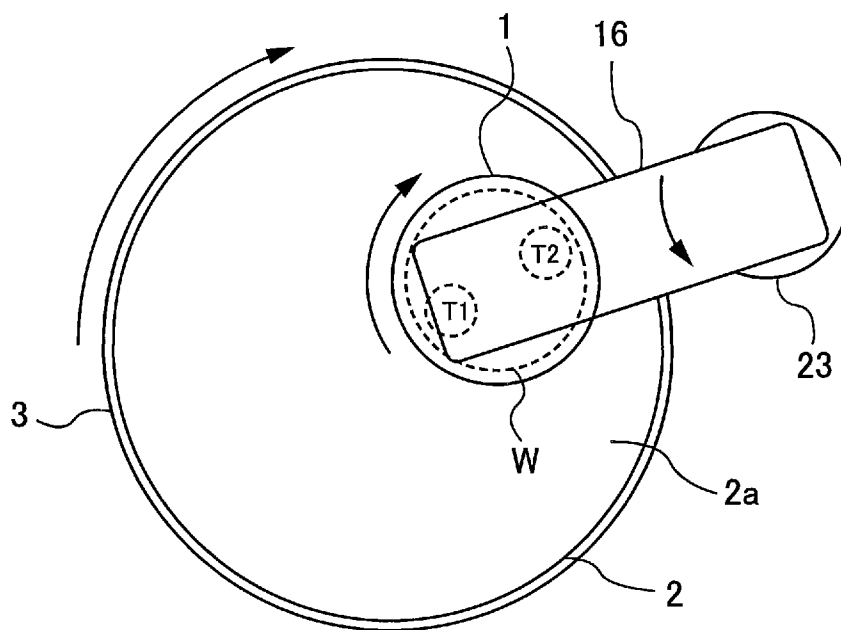
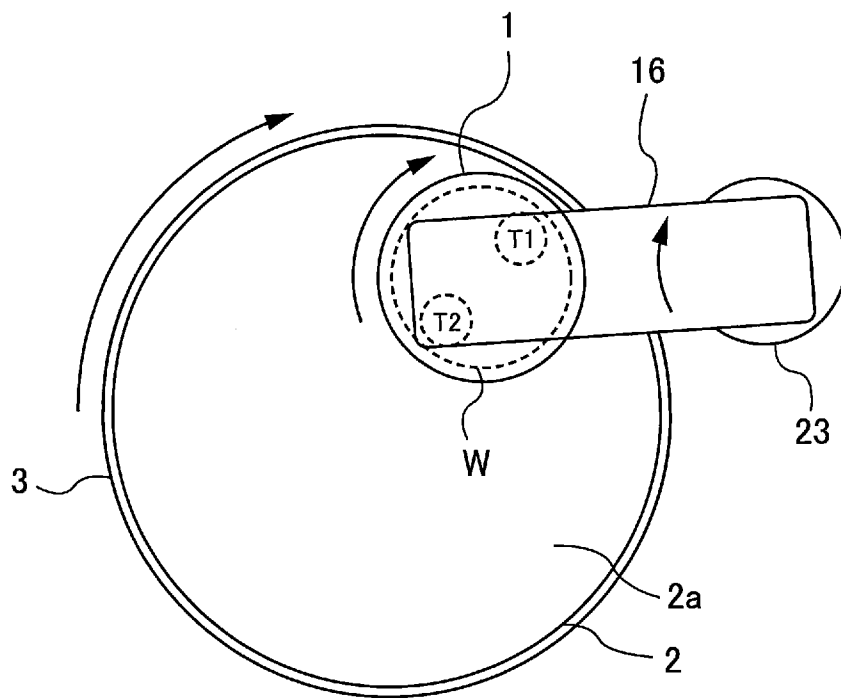
[図26]



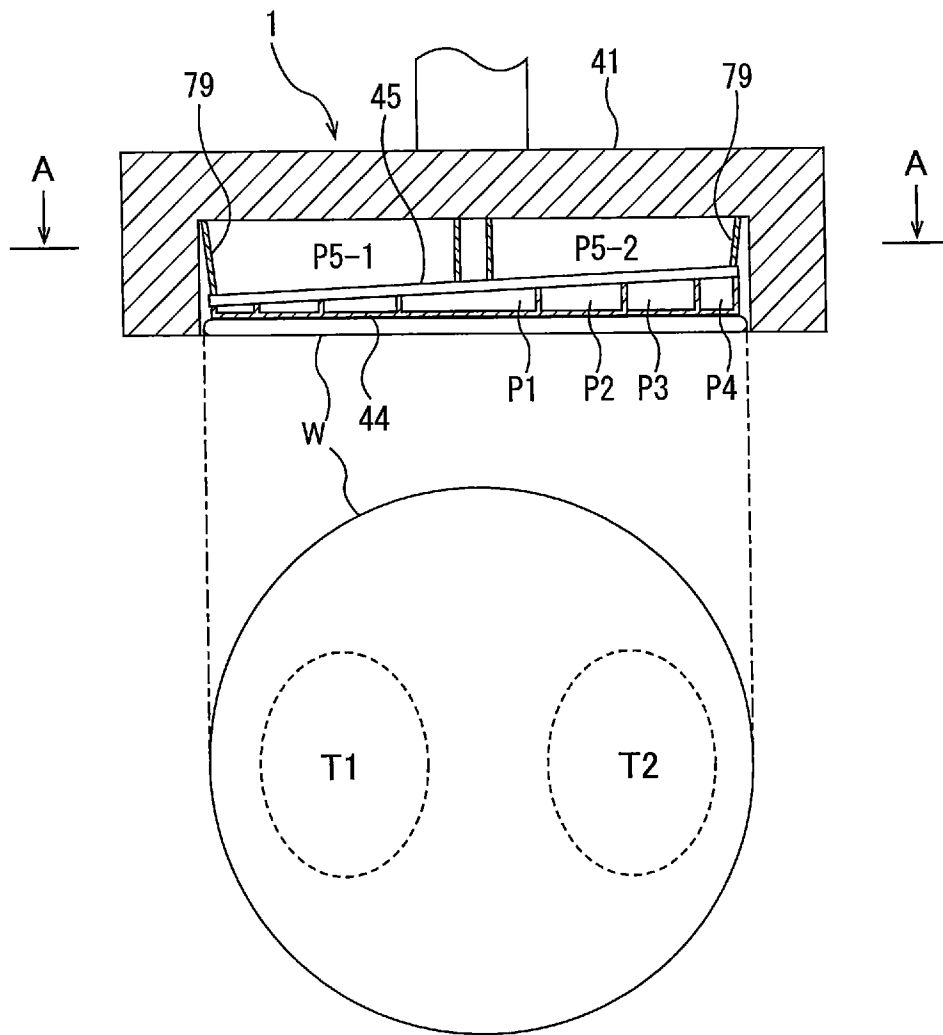
[図27]



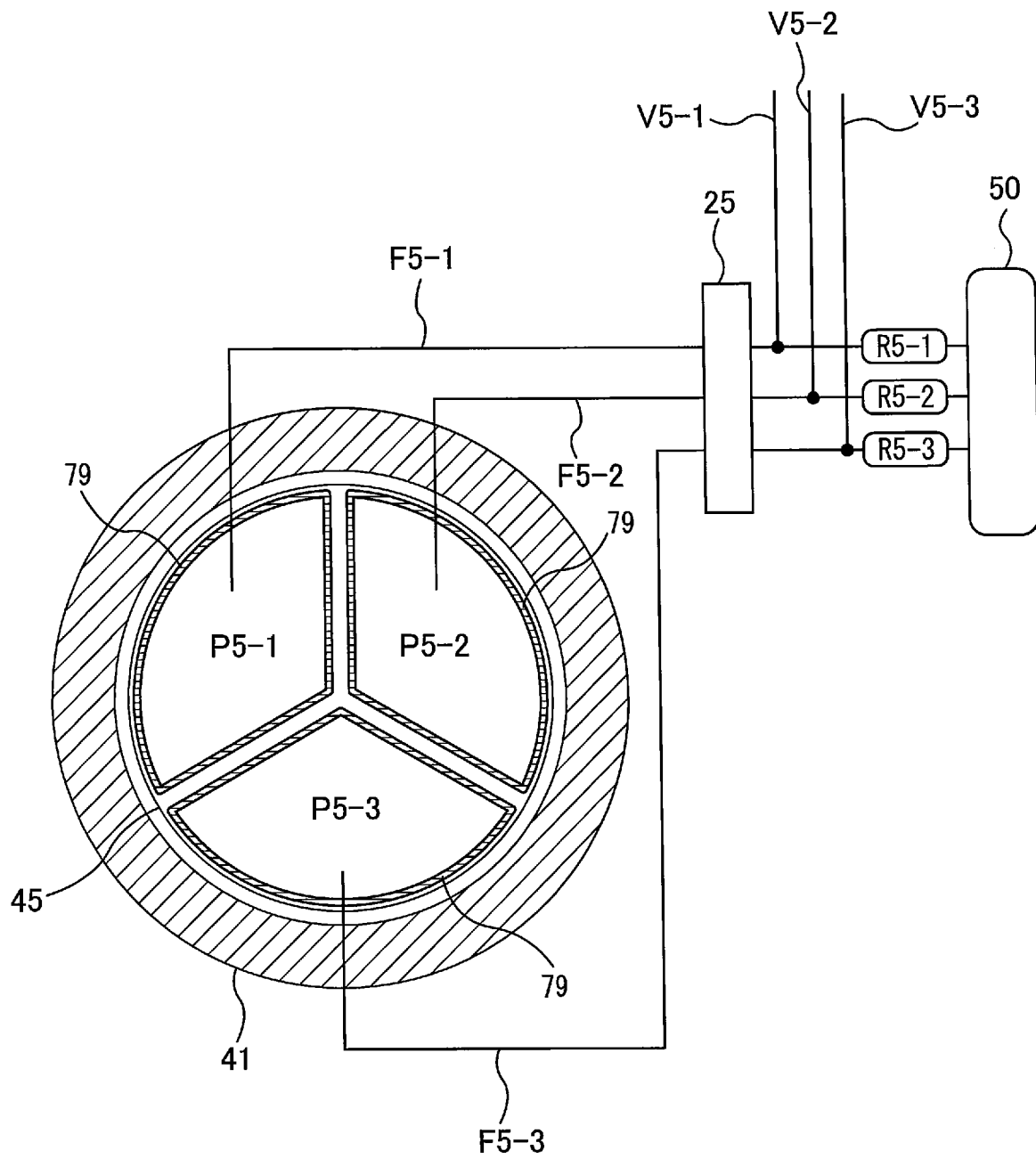
[図28]



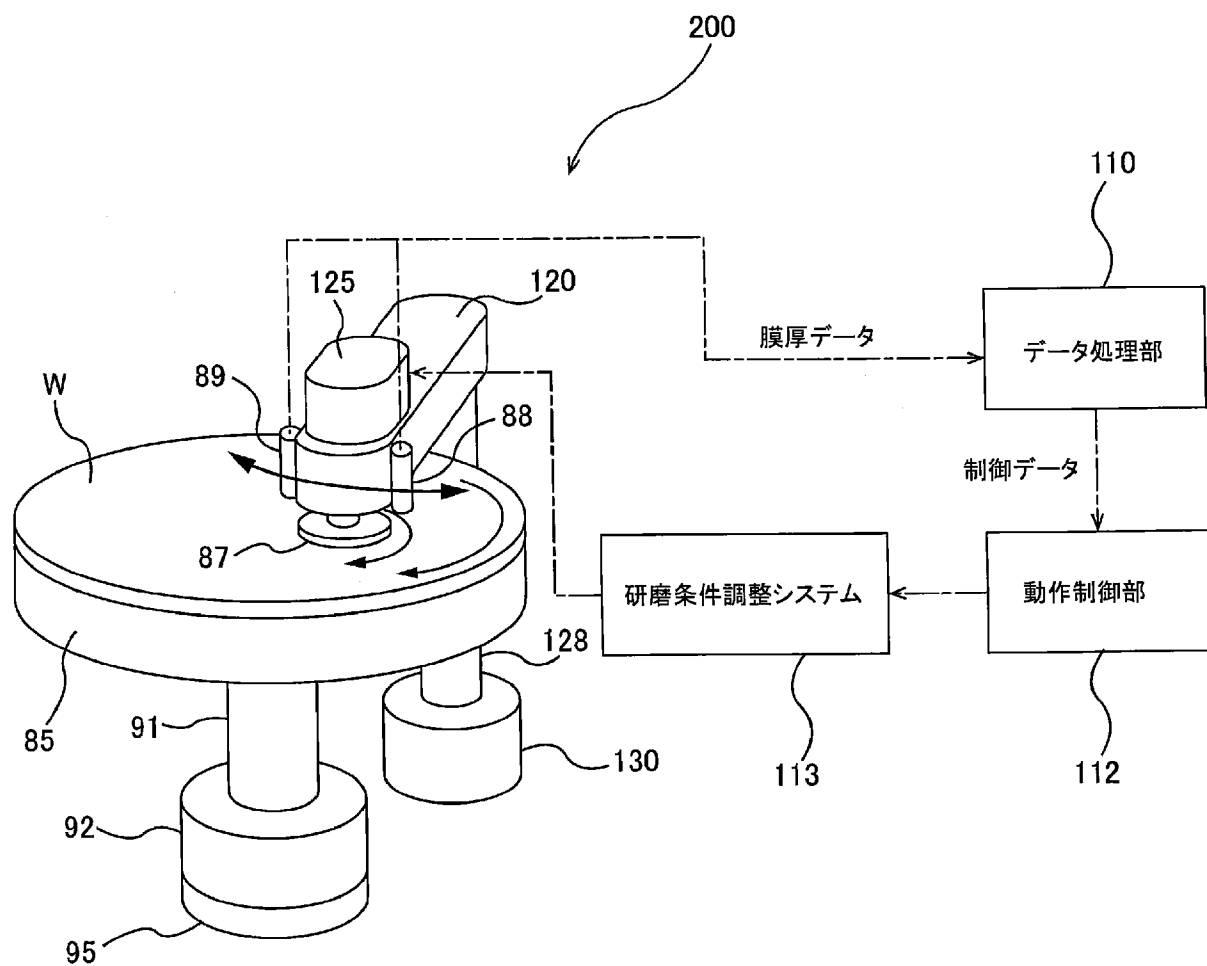
[図29]



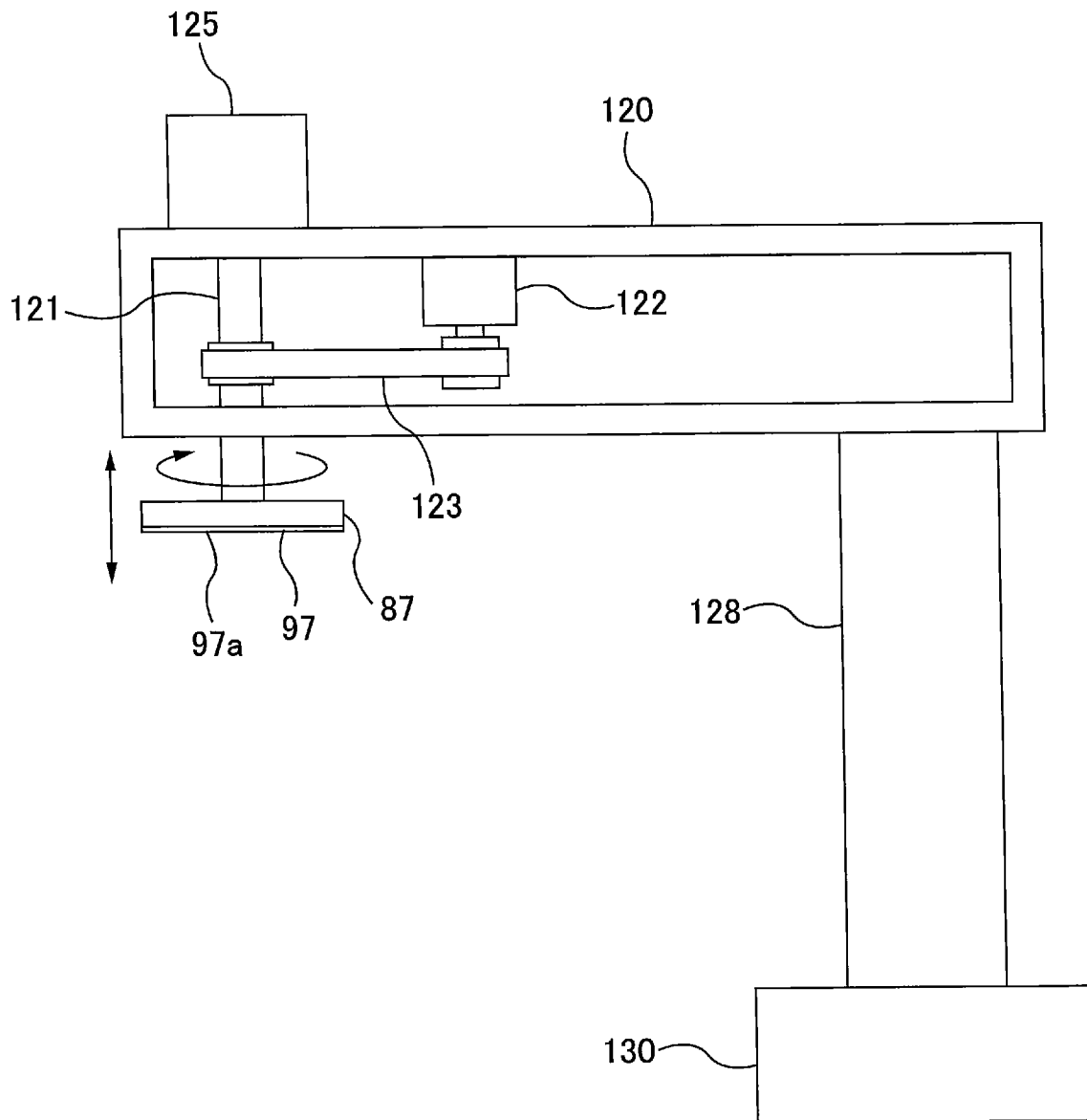
[図30]



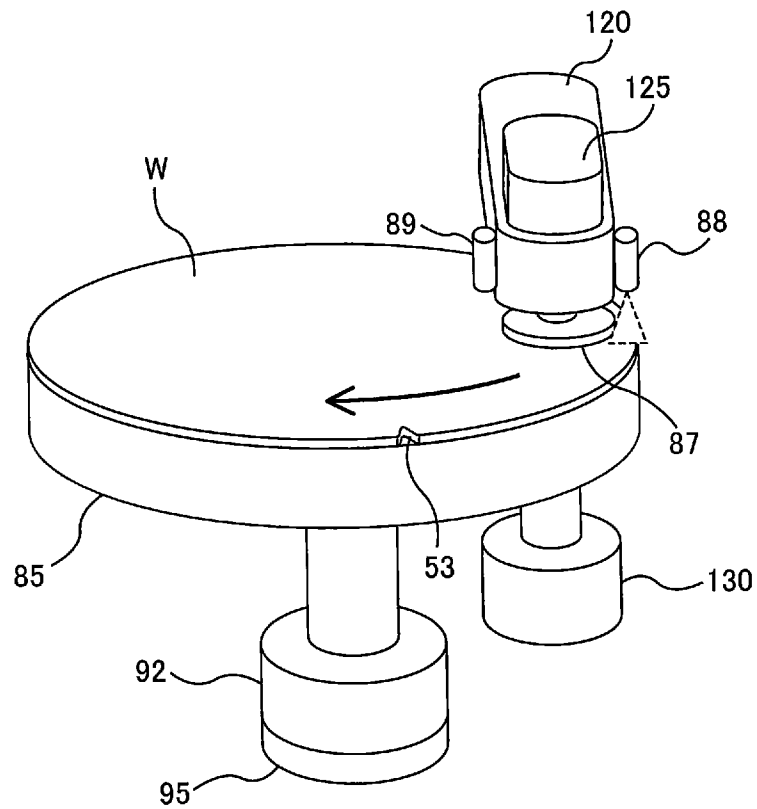
[図31]



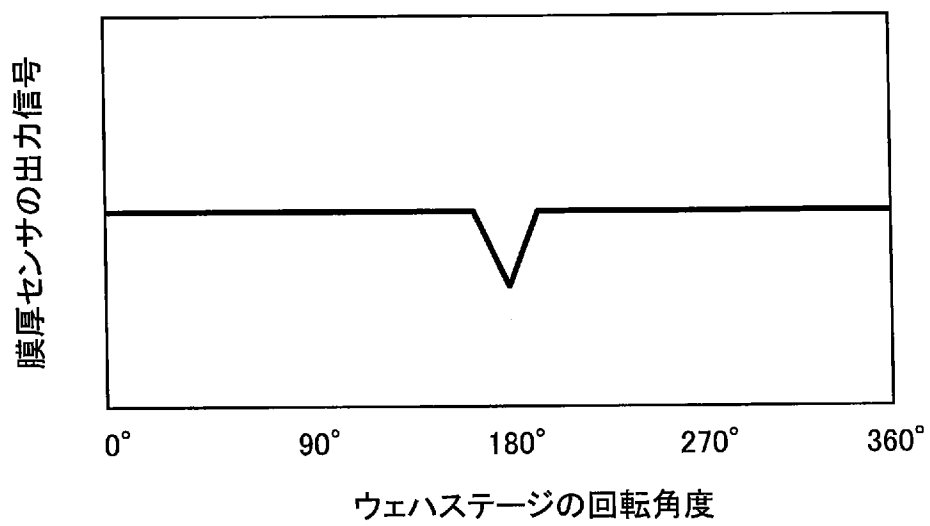
[図32]



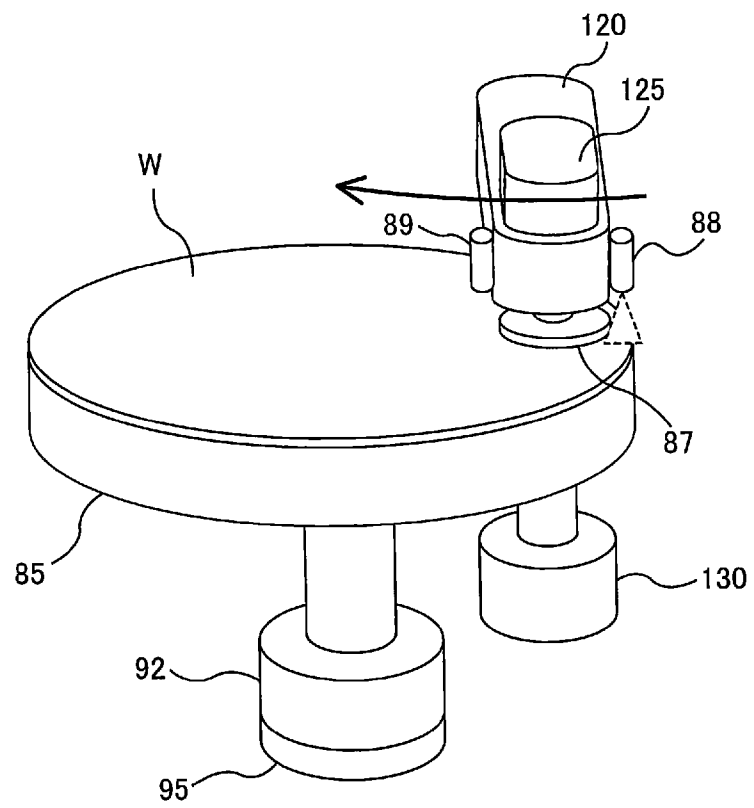
[図33]



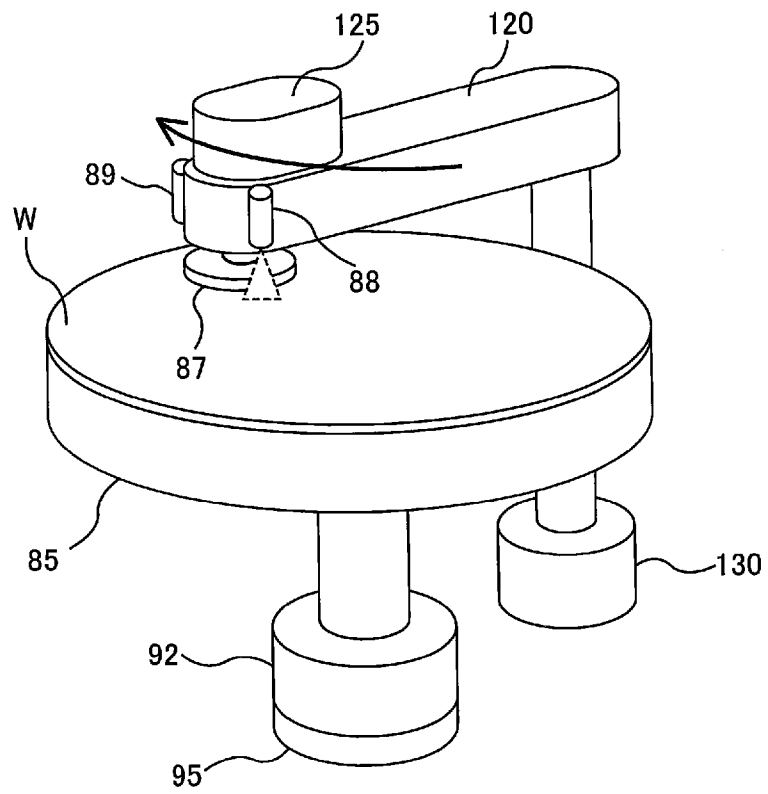
[図34]



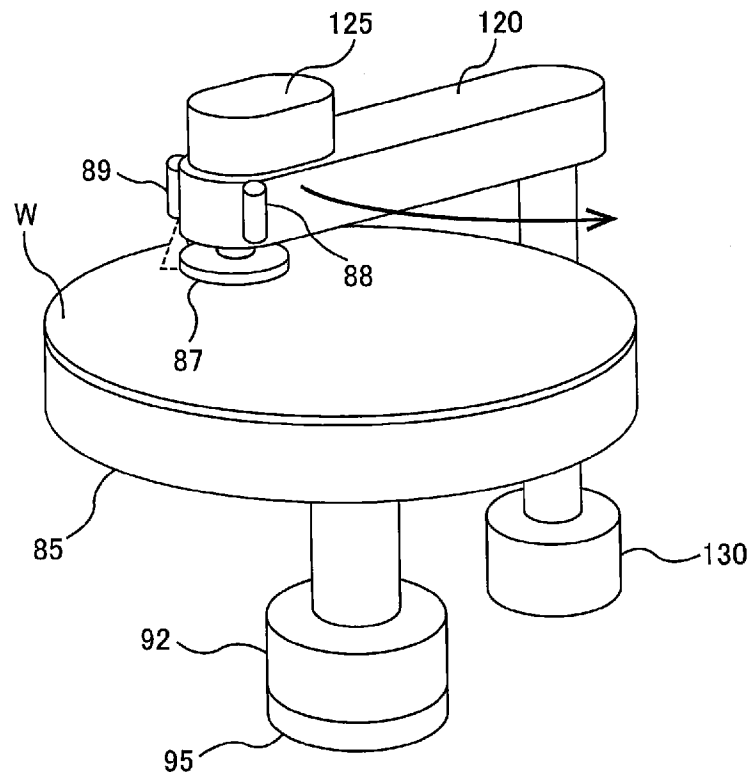
[図35A]



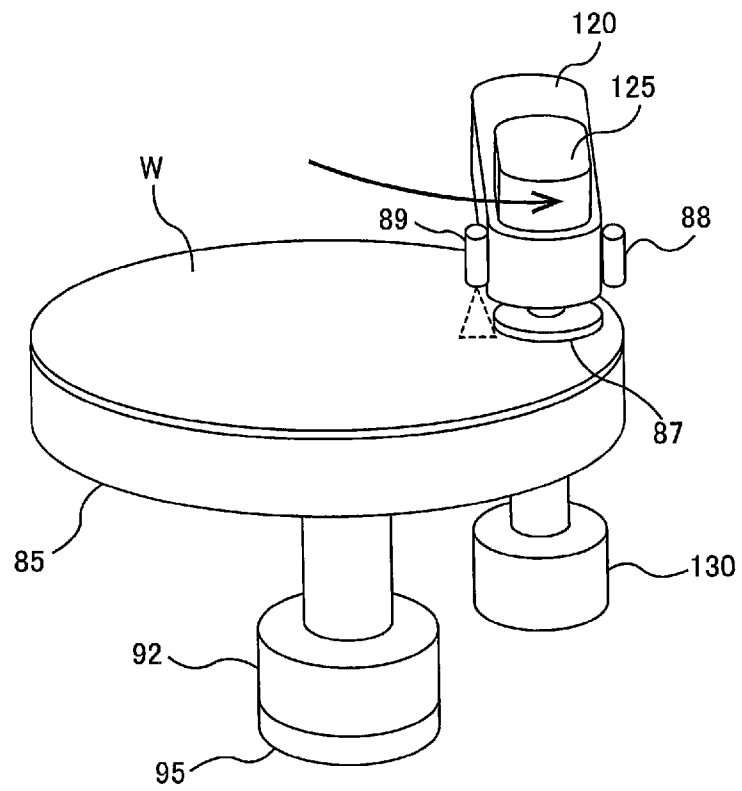
[図35B]



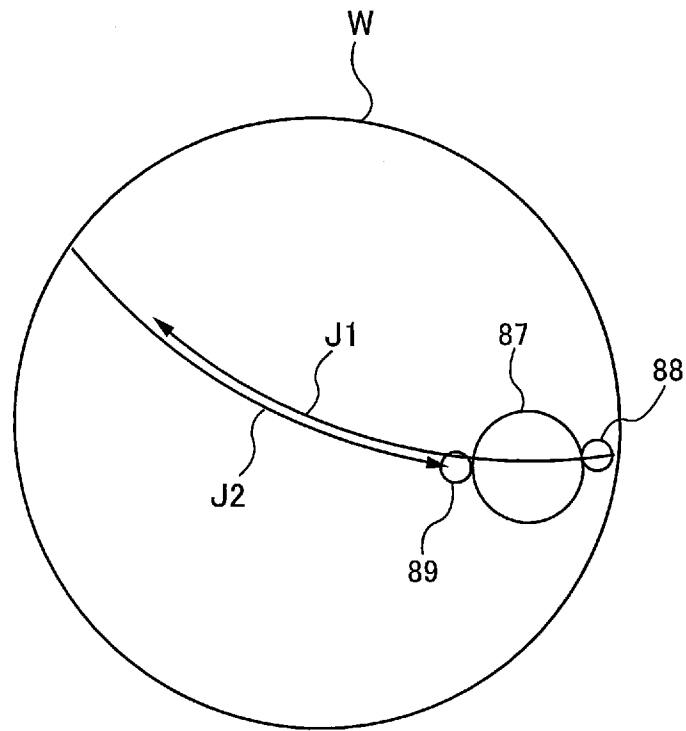
[図36A]



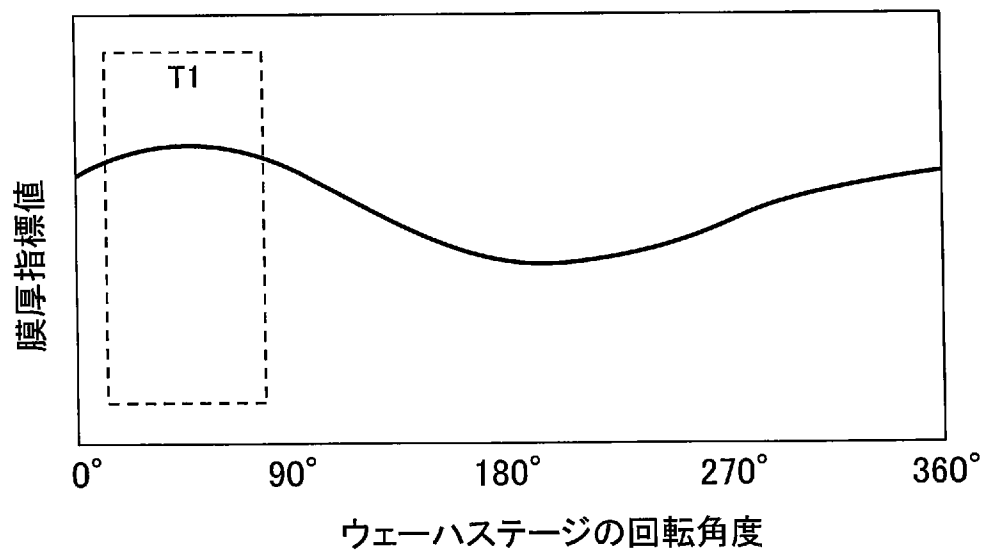
[図36B]



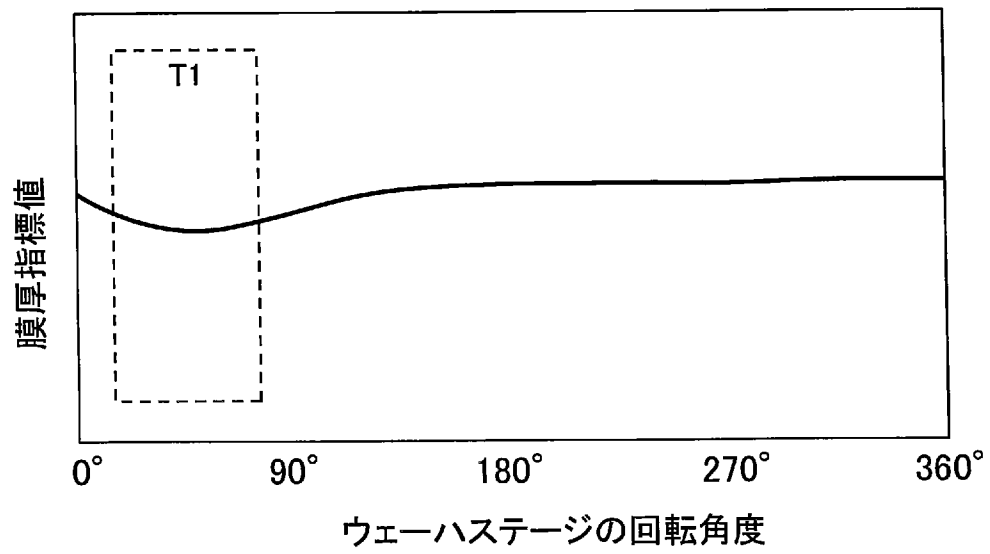
[図37]



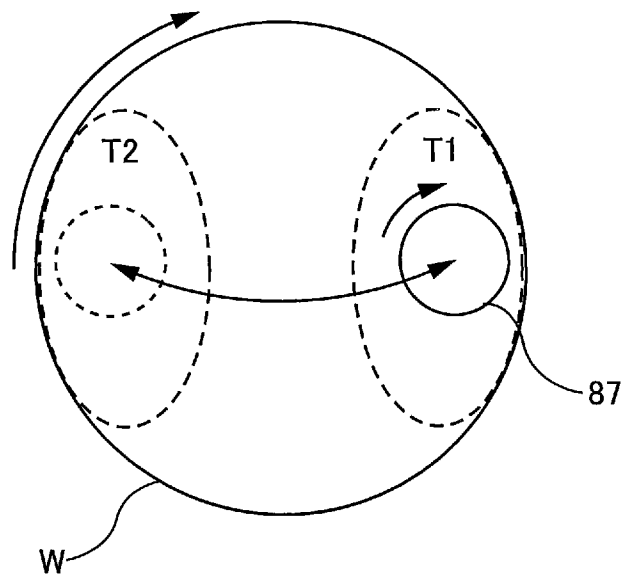
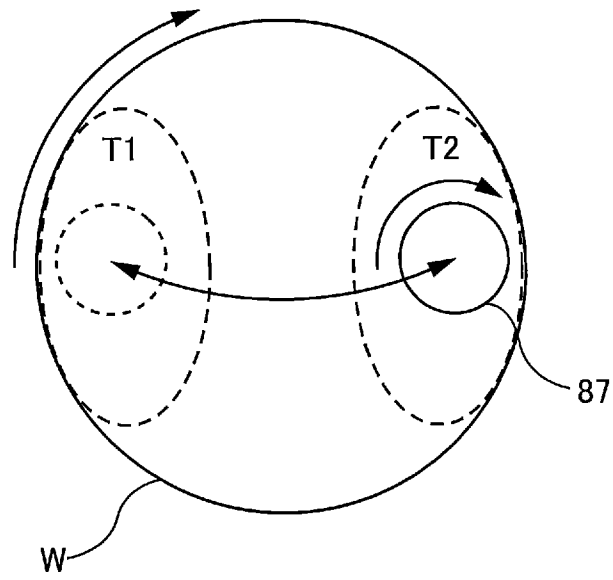
[図38]



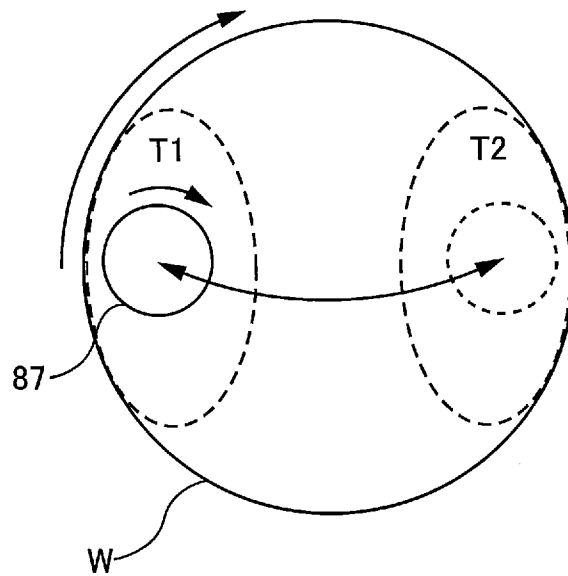
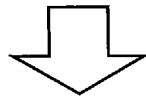
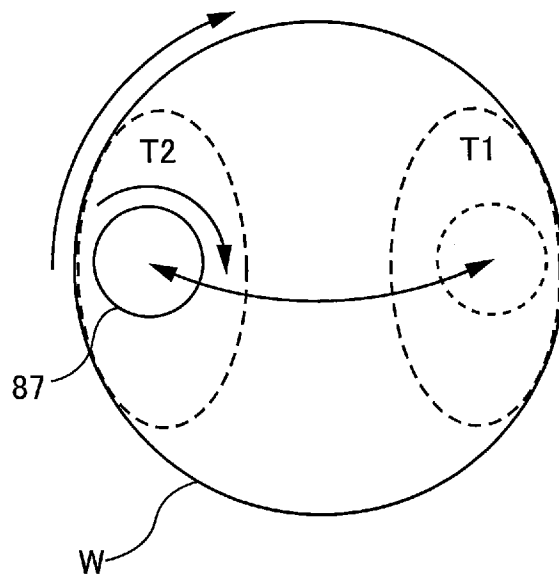
[図39]



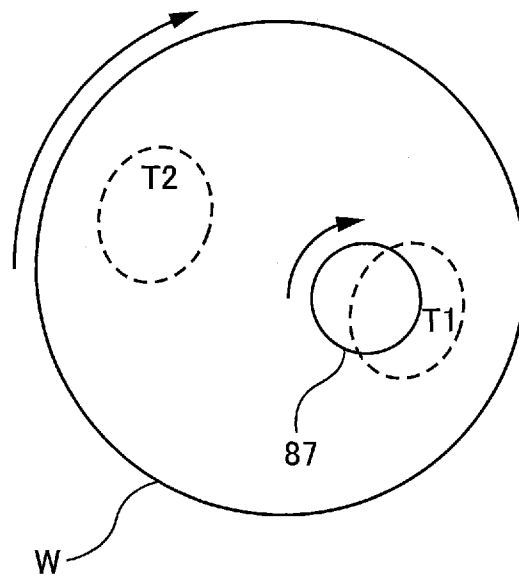
[図40]



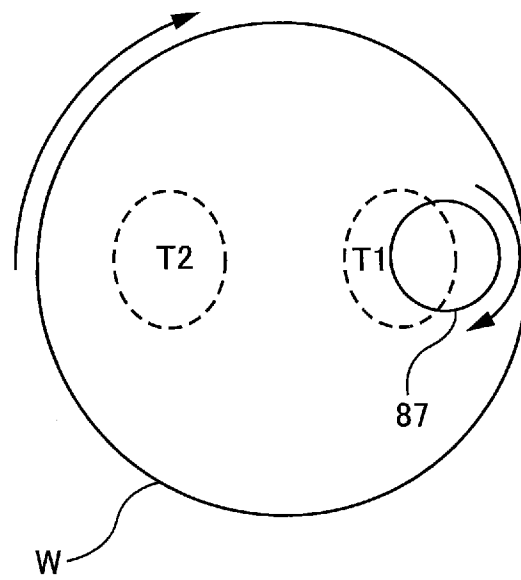
[図41]



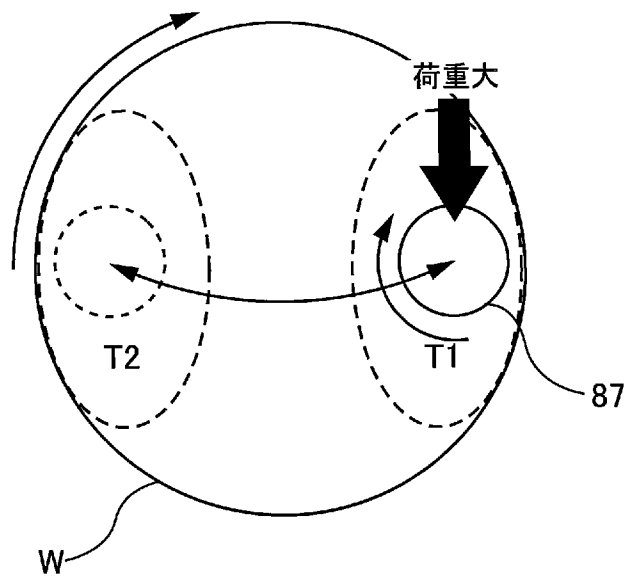
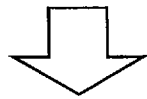
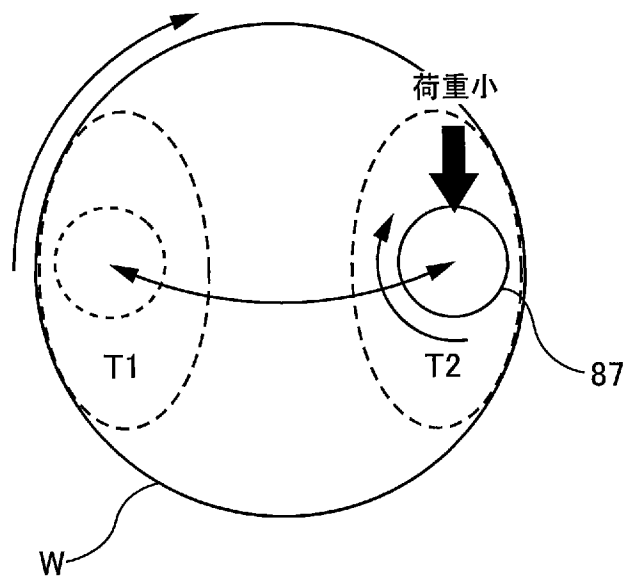
[図42]



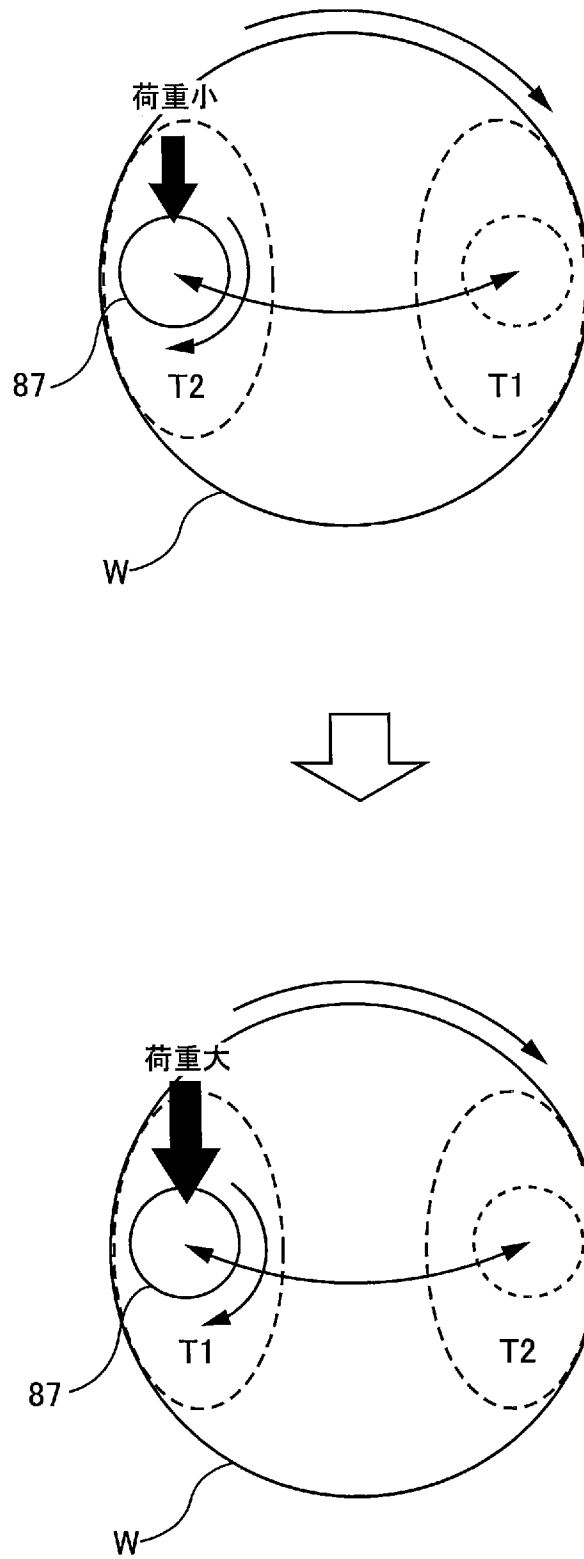
[図43]



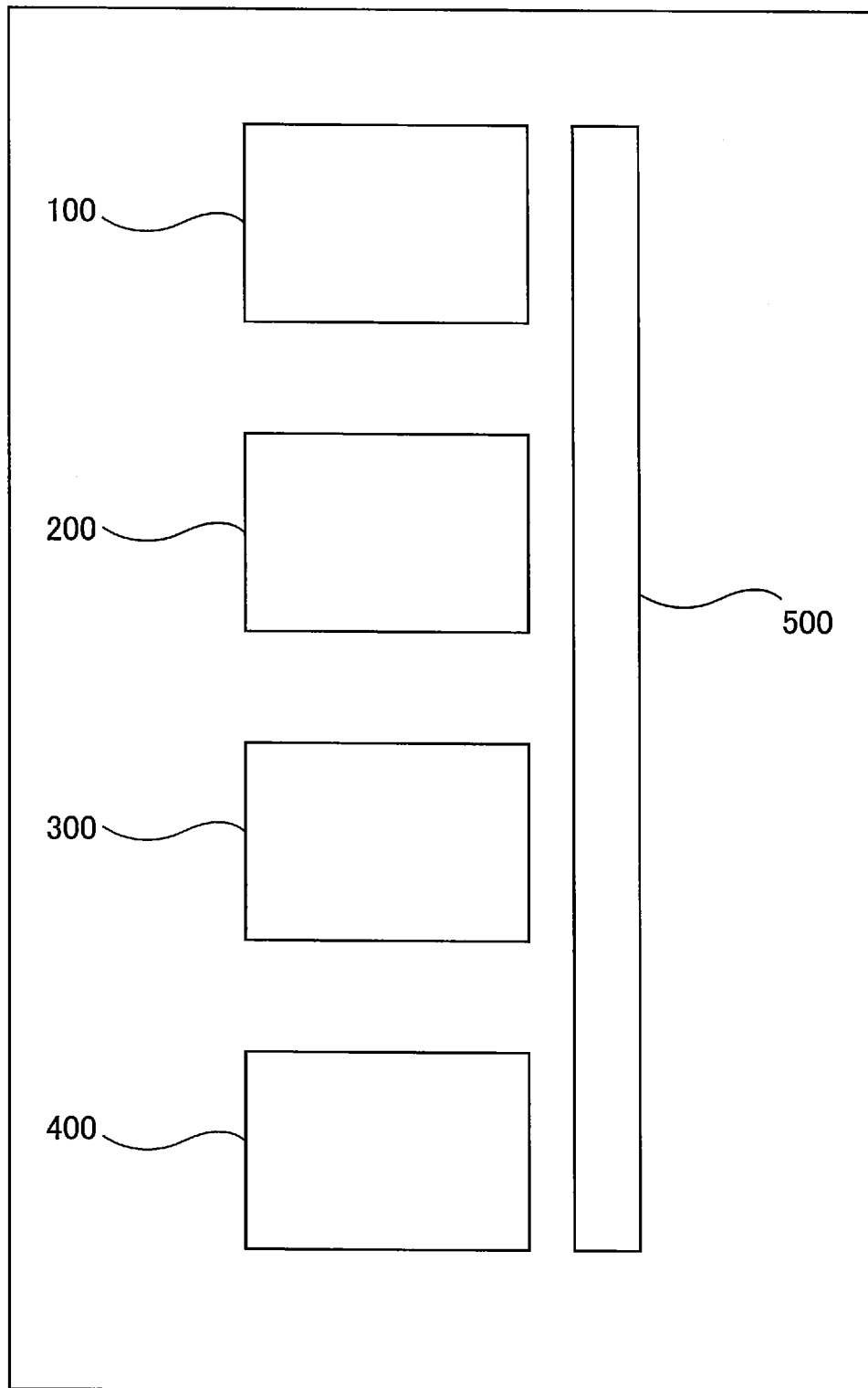
[図44]



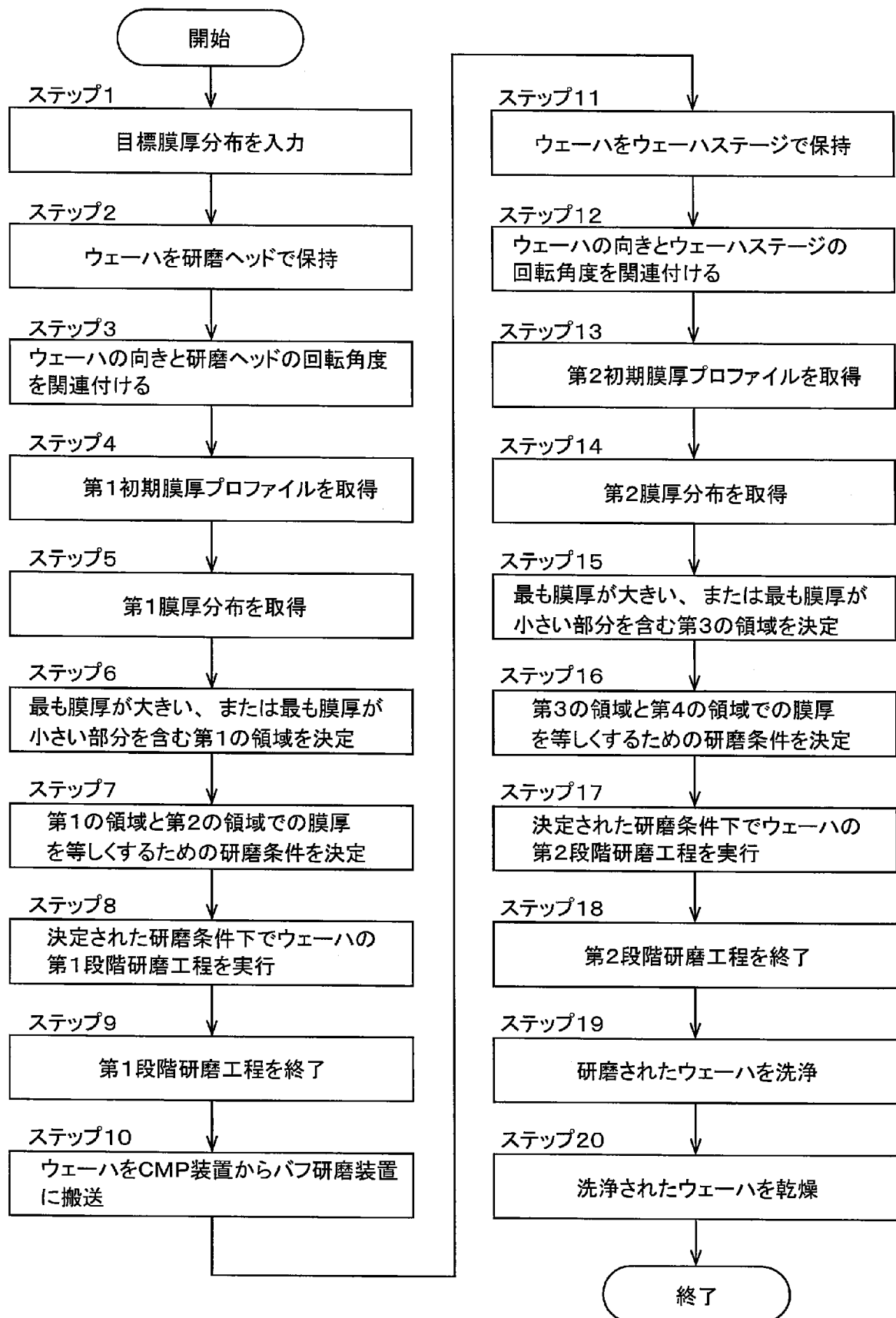
[図45]



[図46]



[図47]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/070654

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B24B37/005(2012.01)i, B24B37/30(2012.01)i, B24B37/34(2012.01)i, B24B49/04(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)

B24B37/005, B24B37/30, B24B37/34, B24B49/04, H01L21/304

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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

WPI

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2002-103211 A (Towa Corp.), 09 April 2002 (09.04.2002), paragraphs [0015] to [0021]; fig. 2 to 3 & US 2002/0037685 A1 paragraphs [0030] to [0040]; fig. 2 to 3 & EP 1193032 A2	14-16 1-13, 17-19
A	WO 2008/044786 A1 (Ebara Corp.), 17 April 2008 (17.04.2008), page 28, line 16 to page 29, line 33; fig. 22 to 26 & JP 2010-240837 A & US 2010/0015889 A1 paragraphs [0152] to [0157]; fig. 22 to 26 & KR 10-2009-0083360 A & CN 101523565 A	1-19

☒ 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
08 August 2016 (08.08.16)

Date of mailing of the international search report
23 August 2016 (23.08.16)

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/JP2016/070654

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 2012-76157 A (Ebara Corp.), 19 April 2012 (19.04.2012), paragraphs [0057] to [0059]; fig. 12 to 13 (Family: none)	1-19
A	JP 2002-79454 A (Canon Inc.), 19 March 2002 (19.03.2002), paragraphs [0035] to [0036]; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-19
P,X P,A	JP 2016-59991 A (Ebara Corp.), 25 April 2016 (25.04.2016), paragraphs [0047] to [0058]; fig. 4 to 7 & US 2016/0074989 A1 paragraphs [0068] to [0079]; fig. 4 to 7	1 2-19

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B24B37/005(2012.01)i, B24B37/30(2012.01)i, B24B37/34(2012.01)i, B24B49/04(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. B24B37/005, B24B37/30, B24B37/34, B24B49/04, 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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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)

WPI

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
X A A	JP 2002-103211 A (トロー株式会社) 2002.04.09, 段落[0015]-[0021], 図 2-3 & US 2002/0037685 A1, 段落[0030]-[0040], FIG. 2-3 & EP 1193032 A2 WO 2008/044786 A1 (株式会社荏原製作所) 2008.04.17, 第 28 ページ第 16 行-第 29 ページ第 33 行, FIG. 22-26 & JP 2010-240837 A & US 2010/0015889 A1, 段落[0152]-[0157], FIG. 22-26 & KR 10-2009-0083360 A & CN 101523565 A	14-16 1-13, 17-19 1-19

☑ 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	の日の後に公表された文献
「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

08.08.2016

国際調査報告の発送日

23.08.2016

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)

小川 真

3 C

3934

電話番号 03-3581-1101 内線 3324

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	JP 2012-76157 A (株式会社荏原製作所) 2012. 04. 19, 段落[0057]-[0059], 図 12-13 (ファミリーなし)	1-19
A	JP 2002-79454 A (キヤノン株式会社) 2002. 03. 19, 段落[0035]-[0036], 図 1-5 (ファミリーなし)	1-19
P, X P, A	JP 2016-59991 A (株式会社荏原製作所) 2016. 04. 25, 段落[0047]-[0058], 図 4-7 & US 2016/0074989 A1, 段落[0068]-[0079], FIG. 4-7	1 2-19