

(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
2012 年 12 月 13 日(13.12.2012)



(10) 国際公開番号

WO 2012/169505 A1

- (51) 国際特許分類:
H01J 37/20 (2006.01) H01L 21/68 (2006.01)
H01J 37/22 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/064504
- (22) 国際出願日: 2012 年 6 月 6 日(06.06.2012)
- (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 2011-128897 2011 年 6 月 9 日(09.06.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社日立ハイテクノロジーズ(HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION) [JP/JP]; 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目 2 4 番 1 4 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 桃井 康行(MOMOI Yasuyuki) [JP/JP]; 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP). 高橋 要(TAKAHASHI Kaname) [JP/JP]; 〒3128504 茨城県ひたち

か市大字市毛 8 8 2 番地 株式会社日立ハイテクノロジーズ 那珂事業所内 Ibaraki (JP). 羽根田 茂(HANEDA Shigeru) [JP/JP]; 〒3128504 茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地 株式会社日立ハイテクノロジーズ 那珂事業所内 Ibaraki (JP).

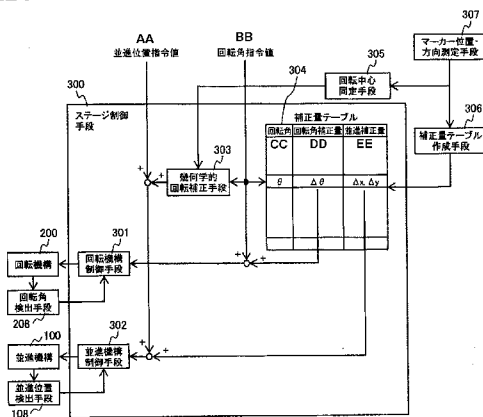
- (74) 代理人: 磯野 道造(ISONO Michizo); 〒1020093 東京都千代田区平河町 2 丁目 7 番 4 号 砂防会館別館内 磯野国際特許商標事務所気付 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ

[続葉有]

(54) Title: STAGE DEVICE AND CONTROL METHOD FOR STAGE DEVICE

(54) 発明の名称: ステージ装置およびステージ装置の制御方法

[図1]



- 100 TRANSLATION MECHANISM
108 TRANSLATION-POSITION DETECTING MEANS
200 ROTATION MECHANISM
208 ROTATION-ANGLE DETECTING MEANS
300 STAGE CONTROLLING MEANS
301 ROTATION-MECHANISM CONTROLLING MEANS
302 TRANSLATION-MECHANISM CONTROLLING MEANS
303 GEOMETRIC ROTATION CORRECTING MEANS
304 CORRECTION-AMOUNT TABLE
305 CENTER-OF-ROTATION IDENTIFYING MEANS
306 CORRECTION-AMOUNT TABLE CREATING MEANS
307 MARKER POSITION/ORIENTATION MEASURING MEANS
AA TRANSLATION-POSITION COMMAND VALUE
BB ROTATION-ANGLE COMMAND VALUE
CC ROTATION ANGLE
DD ROTATION-ANGLE CORRECTION AMOUNT
EE TRANSLATION CORRECTION AMOUNT

(57) Abstract: In the present invention, a stage device is controlled as follows: a marker that allows measurement of position and orientation is provided on a sample, a sample holder, or a rotating table; a stage is rotated and translated in accordance with a given movement pattern; the position and orientation of the marker are then measured; the results of said measurement are used to identify the position of the center of rotation of the rotating table; a table of correction amounts with respect to rotation angle is created by determining rotation-angle correction amounts, which correct rotational error, and translation correction amounts, which correct variation in the position of the aforementioned center of rotation; correction amounts corresponding to an inputted rotation-angle command value or an actual rotation angle are acquired from the aforementioned table; and inputted rotation and translation command values or a detected rotation angle and translation position are corrected.

(57) 要約: 本発明では、試料もしくは試料ホルダもしくは回転テーブルに位置と方向が測定可能なマーカを設け、所定の動作パターンに従ってステージの回転・並進移動を行い、そのときのマーカの位置と方向とを測定し、その結果から回転テーブルの回転中心位置を同定し、かつ、回転誤差を補正する回転角補正量と回転中心位置の位置変動を補正する並進補正量とを求め回転角に対する補正量テーブルを作成し、入力された回転角指令値もしくは実回転角に対応した補正量を補正量テーブルから取得して入力された回転・並進指令値もしくは検出された回転角・並進位置を補正してステージ装置を制御する。



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, ML, MR,
NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：ステージ装置およびステージ装置の制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、走査電子顕微鏡などの荷電粒子線装置において、観察試料を搭載し並進・回転移動を行って観察視野を移動させるステージ装置およびその制御方法に関する。

背景技術

[0002] 代表的な荷電粒子線装置である走査電子顕微鏡（SEM）は、観察試料の表面へ電子ビーム（一次電子線）を二次元状に走査しながら照射し、試料から二次的に発生する二次電子の強度を一次電子線の走査と同期して走査生成される画像の輝度変調入力とすることで、試料表面のSEM画像を取得する。このとき、観察対象となる試料表面の選択は試料を搭載するステージの移動により行われる。通常、操作者はSEM画像を見ながらトラックボールなどの操作入力手段を操作して、目的とする試料表面部分がSEM画像として得られまでステージを移動させる。SEMは半導体パターンの欠陥や不良の観察等に用いられるが、近年、半導体プロセスの微細化に伴い、SEMにはより高い倍率での観察が要求されている。このため、SEMに使用するステージにも、より微細で高精度な動作が求められている。

[0003] ところで、半導体ウェハのように同じような微細なパターン（セル）が連続している試料を観察する場合、所定の方向に一定速度で試料を走査して、目視もしくは画像処理によりSEM画面上を通過するセルの数を計測することで観察位置を特定する。これはセルカウントと呼ばれ、これを行うためには試料の走査方向にステージの並進移動方向を合わせるための回転（ローテーション）が必要になる。また、試料の形状が立体的な場合には、観察方向を変化させて三次元的に試料を観察できることが望まれており、このためにも回転動作が必要になっている。

[0004] ステージの操作はSEM画像を見ながら行うため、試料を回転させるとき

には視野が移動しないようにSEM画像上に設定する仮想点を中心に回転できることが望ましい。この動作機能はローテーションユーセントリック(rotation eucentric)と呼ばれている。従来のステージでは、回転軸の偏芯や振れ回り、あるいはアクチュエータや伝達機構のガタやバックラッシュにより、SEM画像上での回転中心の位置変動が大きく、特に高倍率観察時に回転中心をSEM画像内に留めておくことは困難であった。そのため、試料を回転させるときは、一旦観察倍率を低くして回転を行い、その後並進移動で位置を調整しながら倍率を再び高くするといった手順を踏む必要があり操作が煩雑であった。また、試料を回転させながら連続して観察を行う事は困難であった。このような回転中心の位置変動を補正する技術は、例えば特許文献1に開示されている。

[0005] また、特許文献2には、走査型電子顕微鏡において、ステージ以外に設けられた基準マーク画像により電子ビーム走査領域を補正する技術が開示されている。また、特許文献3には、荷電粒子装置用試料台において、試料台に目印を形成する構成が開示されている。さらに、特許文献4には、荷電粒子装置の試料固定台において、試料固定台上にマーキングが設けられ外部イメージング装置で位置ずれを検出する構成が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特許第4515179号公報

特許文献2：特開2000-260379号公報

特許文献3：特開2007-18944号公報

特許文献4：特開2008-146990号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 特許文献1に開示されている技術では、回転ステージを回転させつつ基板上の回転中心付近に電子ビームEBを照射し、基板上に全体がSEM等で拡

大観察可能な小径の測定円を描画し、測定円の計測により偏芯量を求めて補正を行う。しかし、この方法では描画された測定円の輪郭から位置ずれ量を求めているのみで回転角の誤差を測定し補正することは行っておらず、回転角誤差に起因する位置ずれは補正されない。その他の特許文献でも同様に上記の問題は解決されていない。

[0008] 本発明はこのような問題に鑑みてなされるものであり、本発明の目的は位置ずれ量に加え回転誤差も補正して、高精度なローテーションユーセントリック動作が可能なステージ装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0009] 上記の課題を達成するために本発明は、試料を搭載し回転および並進移動を行うステージ装置において、試料もしくは試料を取り付けた試料ホルダを載置する回転テーブルと、回転テーブルを回転させる回転機構と、回転テーブルを並進移動させる並進機構と、外部から入力された回転角指令値と並進位置指令値に従って回転機構と並進機構とを制御するステージ制御手段とを有するステージ装置であって、試料もしくは試料ホルダもしくは回転テーブルに位置および方向を測定可能なマーカを設け、回転機構と並進機構とを所定の動作パターンに従って動作させたときのマーカの位置と方向を測定し、この測定の結果から回転テーブルの回転中心位置を同定し、さらに、回転テーブルの回転誤差を補正するための回転角補正量と回転テーブルの回転中心の位置変動を補正するための並進補正量とを回転角に対する補正量テーブルとして作成し、入力された回転角指令値もしくは実回転角に対応した回転角補正量および並進補正量を補正量テーブルから取得し、取得したこれらの補正量を用いて回転機構および並進機構を制御するステージ装置を提供する。

[0010] この補正量テーブルを作成するために、回転機構のみを回転させたときのマーカの位置と方向を測定し、その結果から回転テーブルの回転中心位置と回転誤差を補正するための回転角補正量を求め、さらに、マーカを仮想回転中心位置として回転するように回転機構と並進機構を移動させたときの

マーカの少なくとも位置、望ましくは位置と方向を測定し、その結果から回転テーブルの回転中心位置の位置変動を補正する並進補正量を求め、これから回転角に対する補正量テーブルを作成する。

[0011] また、補正量テーブルを用いて制御する方法として、入力された回転角指令値に対する回転角補正量と並進補正量を補正量テーブルから取得し、取得した補正量を入力された指令値に加算した補正指令値を求めて、それを新しい指令値として制御する。

[0012] 別の方法としては、回転角を検出する回転角検出手段と、並進位置を検出する並進位置検出手段とを備え、これらから実回転角と実並進位置を取得し、実回転角に対する回転角補正量と並進補正量を補正量テーブルから取得し、実回転角と実並進位置から補正量を減算した値をフィードバック量として制御する。

[0013] また、本発明に使用しているマーカは位置と方向が特定できるものであり、少なくとも2つ以上の特徴点、もしくは、対象軸が1本以下の輪郭形状をもつものを設定する。また、マーカはSEM画像を見ながら操作者が選択できる。

[0014] 本発明のステージ装置は、駆動手段および動力伝達機構にガタやバックラッシュが小さいものを用いるのが望ましく、例えば piezo モータを用いるのが望ましい。

発明の効果

[0015] 本発明によれば、ステージ装置において、試料等に設けた位置および方向を測定可能なマーカと、回転機構と並進機構とを所定の動作パターンに従って動作させたときのマーカの位置と方向を測定するマーカ位置方向測定手段と、測定の結果から回転テーブルの回転中心位置を同定する回転中心同定手段と、回転テーブルの回転誤差を補正する回転角補正量と回転テーブルの回転中心位置の位置変動を補正する並進補正量とを回転角に対する補正量として作成する補正量テーブル作成手段と、回転角補正量と並進補正量を記録する補正量テーブルと、入力された回転角指令値もしくは実回転角に対

応した回転角補正量および並進補正量を補正量テーブルから取得し取得した補正量を用いて回転機構を制御する回転機構制御手段および並進機構を制御する並進機構制御手段を有することにより、回転角補正量と並進補正量を補正して、高精度なローテーションユーセントリック動作が可能なステージ装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0016] [図1]本発明の実施例1のステージ装置の構成を示すブロック図である。
- [図2]本発明の実施例1のステージ装置を用いるSEMを示す模式図である。
- [図3]本発明の実施例1のステージ装置の正面図である。
- [図4]本発明の実施例1のマーカを示す模式図である。
- [図5]本発明の実施例1のマーカの応用例を示す模式図である。
- [図6]本発明の実施例1の回転中心と回転角補正量および並進補正量を求める処理のフローチャートである。
- [図7]本発明の実施例1の回転中心と回転角補正量を求める動作パターンを示す模式図である。
- [図8]本発明の実施例1の並進補正量を求める動作パターンを示す模式図である。
- [図9]本発明の実施例1のマーカ位置と方向を測定する操作画面の説明図である。
- [図10]本発明の実施例1のマーカを設定する操作画面の説明図である。
- [図11]本発明の実施例1の応用例のマーカ位置と方向を測定する操作画面の説明図である。
- [図12]本発明の実施例2のステージ装置を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

- [0017] 以下に本発明の実施例を、図面を用いて説明する。

実施例 1

- [0018] [SEMの構成]

本発明の実施例1において、ステージ装置を用いるSEMの構成を、図2

を用いて説明する。実施例 1 において、SEM 1 は電子光学系を備えた鏡筒 2、試料室 3、ステージ 11 から構成される。電子銃 4 から発生した一次電子線 5 は収束レンズ 6、対物レンズ 7 を通して試料 12 に照射され、試料 12 から発生した二次電子 9 は二次電子検出器 10 により検出される。一次電子線 5 は走査偏光器 8 により観察する試料 12 の表面を二次元状に走査する。電子光学系制御手段 13 は走査偏光器 8 による一次電子線 5 の走査を制御するとともに、二次電子検出器 10 により検出される二次電子 9 の強度を一次電子線の走査と同期して走査生成される画像の輝度変調入力とすることで試料表面の観察画像（SEM 画像）を生成する。

[0019] 生成された SEM 画像は表示装置 14 に表示される。観察対象となる試料 12 は、試料室 3 内に置かれたステージ 11 に搭載される。ステージ 11 は試料 12 を並進・回転移動させるものであり、水平方向（XY 方向）、上下方向（Z 方向）、回転（Z 軸回りの回転）、傾斜（X 軸周りの回転）などの自由度を持つ。ステージ制御手段 15 は、例えばトラックボールやジョイスティックなどのステージ操作入力手段 16 からの入力に従いステージ 11 を制御する。ステージ操作入力手段 16 としてネットワークやシリアルなどで接続された PC を用いてもよい。実施例 1 が対象とする回転操作は、まず表示装置 14 に表示されている SEM 画像上での仮想回転中心位置を設定し、ステージ操作入力手段 16 で回転角を入力することで行う。

[0020] [ステージ装置]

実施例 1 のステージ装置の具体的構成の一例を、図 3 を用いて説明する。ステージ 11 は、試料を直接もしくは試料ホルダを介して搭載する回転テーブル 210 と、回転テーブル 210 を回転させる回転機構 200 と、回転テーブル 210 を並進移動させる並進機構 100 から構成される。

[0021] 並進機構 100 と回転機構 200 を動かすことにより試料を並進・回転移動し、さらに、並進機構 100 と回転機構 200 とを協調して動かすことにより、回転テーブル 210 の回転軸と異なった位置に設けた仮想点を中心とした回転動作、すなわちローテーションユーセントリック動作を実現する。

[0022] 並進機構 100 は、例えば、ベース 101 にリニアガイド 102 を取り付け、それに沿って可動テーブル 103 を移動させる。可動テーブル 103 を駆動する並進機構駆動手段としてリニアモータを用いる。ベースにリニアモータのシャフト 104 を、可動テーブルにモータ本体 105 を取り付け、シャフト 104 に沿ってモータ本体 105 を動かすことにより可動テーブル 103 を動かす。

[0023] 可動テーブル 103 の位置を検出する並進位置検出手段としてはリニアスケールを用いればよい。ベース 101 に取り付けたりニアスケール 106 には一定間隔毎にスリットが付けられており、その上を可動テーブル 103 に取り付けしたセンサヘッド 107 を移動させる。センサヘッド 107 がスリットを通過するたびにパルスが発生し、そのパルスをカウントすることでベース 101 に対する可動テーブル 103 の位置を得る。2 自由度の並進移動を実現させるには、図 3 に示すように並進機構を 2 段重ねにすればよい。

[0024] 回転機構 200 は、並進機構 100 の最上段の可動テーブル 103 b に回転モータ 205 を取り付け、回転モータ 205 のシャフトに回転テーブル 210 を取り付ける。回転テーブル 210 の回転角を検出する回転角検出手段としてはロータリースケール 206 を用いる。リニアスケールと同様に、回転テーブル 210 に取り付けしたロータリースケール 206 には一定角度間隔にスリットが付けてあり、そのスリットを可動テーブル 103 b に取り付けしたセンサヘッド 207 で読み取ることで可動テーブル 103 b に対する回転テーブル 210 の回転角を取得する。

[0025] なお、実施例 1 で対象としているステージ機構は試料を回転させる回転機構と並進移動させる並進機構を備えていれば良く、本発明は実施例 1 の回転機構および並進機構に限定されるものではない。

[0026] [マーカの設定]

本発明では、試料、試料ホルダもしくは回転テーブルに、位置と方向を測定するためのマーカを設け、回転機構と並進機構を所定パターンに従って動かした時のマーカ位置と方向を測定し、その測定結果から回転テーブル

の回転中心（位置）および回転誤差および回転中心の位置変動を補正する補正量を求める。

[0027] 本発明で使用するマーカーはSEM画像上で特定でき、かつ位置と方向を同時に測定できる特徴的な図形を使用する。例えば、図4に示すような三角形400を用い、三角形400の各頂点401、402、403を特徴点として設定する。

[0028] このような複数の特徴点を持つマーカーを用いる場合には、マーカーの代表位置として特徴点401、402、403の重心位置、マーカーの方向として特徴点のうちの2点を結ぶ線分（最も距離の長い2点を結ぶ線分を用いるのが望ましい）、あるいは重心位置から1つの特徴点に向かうベクトル404を用いればよい。複数の特徴点を持つマーカーを用いる場合には、特徴点は少なくとも2点あればマーカーとして使用できる。

[0029] また、マーカーの応用例として、図5に示すように特徴的な図形の輪郭形状そのものを用いる事ができる。これは画像処理装置を用いる場合に有効であり、特徴的な図形400を含む領域405を選択し、その領域に対してエッジ強調処理を行って特徴的な輪郭形状400を抽出する。マーカーの代表位置としては輪郭パターン400の重心を用い、マーカーの方向をパターンの幅が最も長い部分を用いればよい。ただし、輪郭形状を利用する場合には、対称軸が複数あると方向が一義に決まらないため、そのような図形（円や正多角形など）は使用できない。

[0030] 〔回転テーブルの補正量の導出〕

実施例1では、所定のパターンに従って回転機構200および並進機構100を動かし、そのときのマーカーの位置および方向を測定して、回転テーブルの回転中心の同定および回転誤差を補正する回転角補正量、回転中心の位置変動を補正する並進補正量を求める。以下に、その導出方法を、図6～8を用いて説明する。

[0031] 始めに、図6のフローチャートを用いて回転中心および回転角補正量、並進補正量の導出を説明する。まず、前述の方法によりマーカーを試料等に設

定する（ステップS1000）。

- [0032] 次に、回転機構200のみを回転させてマーカの位置と方向を測定する（S1001）。これは、例えば図7に示すように、回転機構200のみを一定角度刻みで動かしてそのときのマーカの位置および方向を測定する。図7は90度ずつ回転させたときのマーカ位置を示す。回転角指令値は少なくとも3個であればよく、また厳密に一定角度刻みである必要はない。その結果、例えばn回、回転機構を動かして測定したとき、回転機構への回転角指令値、そのとき測定されたマーカの位置、マーカの方向を

回転角指令値： θ_{ri} ($i=1, \dots, n$)

マーカの位置： (X_i, Y_i) ($i=1, \dots, n$)

マーカの方向： θ_i ($i=1, \dots, n$)

とする。

- [0033] 次に、回転テーブルの回転中心を同定する（S1002）。回転中心を（ X_c, Y_c ）、回転半径をRとすると、以下の関係式が成り立つ。

[数1]

$$(X_i - X_c)^2 + (Y_i - Y_c)^2 = R^2 \quad \dots (1)$$

この関係式に対して最小二乗法を適用すれば、もっとも誤差の小さい（ X_c, Y_c ）およびRを同定することができる。

- [0034] 次に、回転テーブルの回転誤差を補正するための回転角補正量を求める（S1003）。回転誤差 $\Delta\theta_i$ ($i=1, \dots, n$)は回転角指令値とマーカの方向 θ_i から次のように求められる。

[数2]

$$\Delta\theta_i = (\theta_i - \theta_{offset}) - \theta_{ri} \quad \dots (2)$$

ここで、 θ_{offset} は回転テーブルの回転角に対するマーカの方向のオフセット値である。この $\Delta\theta_i$ を用いて回転誤差を補正することが可能であり、これを回転角補正量として利用すればよい。

- [0035] なお、S1002およびS1003では実施例1で行う同定・演算方法の一例を示しているが、マーカの位置と方向を組み合わせにより高精度な演

算を行うものでもよい。

[0036] 次に、マーカーを中心とするように回転機構 200、並進機構 100 を動かしてマーカーの位置変化量、望ましくは位置と方向、を測定する (S1004)。単純に回転機構のみを動かして回転角を θ_{ri} とすると、マーカーの理想位置座標は以下ようになる。

$$(X_c + R \cos(\theta_{ri} + \theta_0), Y_c + R \sin(\theta_{ri} + \theta_0))$$

ここで、 θ_0 は回転テーブル角度原点からのマーカー初期位置の角度である。そこで、回転機構を回転させたときに上記のマーカー位置の変動分だけ並進機構を移動させればマーカーを仮想中心とした回転が実現できる（これは幾何学的な関係から回転中心位置の補正を行う処理であり、幾何学的回転補正と呼ぶ）。このときは、S1003 にて求めた回転角補正と上記の幾何学的回転補正を行いながら、図 8 に示すように回転角を θ_{ri} ($i = 1, \dots, n$) と変えていったときのマーカーの位置と方向を測定する。図 8 は 90 度ずつ回転させたときの様子を示す。

[0037] 次に、回転中心の位置変動を補正する並進補正量を求める (S1005)。S1004 でのマーカーの位置および方向の測定結果を、それぞれ以下のようにする。

マーカーの位置 : (X_{2i}, Y_{2i}) ($i = 1, \dots, n$)、

マーカーの方向 : θ_{2i} ($i = 1, \dots, n$)

回転軸の単純な偏芯、回転軸の傾きである場合には、上記の幾何学的回転補正により回転中心の位置変動を補正することはできるが、非線形的な変動が発生している場合にはこの計測によりマーカーの位置変動が発生する。このマーカーの位置変動量が回転中心の位置変動に相当するので、マーカーの位置変動量を並進補正量とすればよい。

[0038] なお、ここではマーカーの位置を用いて並進補正量を求めているが、マーカーの位置と方向とを用いてより高精度に求められる演算を行うようにしてもよい。

[0039] 以上の測定・演算により求められた回転角補正量および並進補正量は、回

転角をインデックスとする補正量テーブルとして保存しておく（S 1 0 0 6）。任意の回転角が与えられたときに補正量テーブルから補正值を取得する。

[0040] 〔特徴点マーカーによる補正操作〕

次に、マーカーの設定および測定方法を、図 9 ～ 1 1 を用いて説明する。図 9 ～ 1 1 は、図 4 に示すマーカーが特徴的な図形の特徴点を持つ場合の、測定時の表示装置 1 4 における S E M 画像の操作画面を示す。図 9 において、まず必要に応じて並進機構を移動させ、マーカー 4 0 0 を S E M 画像 5 0 0 に表示させる。このときは特徴点 4 0 1 ～ 4 0 3 を用いてマーカーの代表位置および方向を測定するので、画面上の x カーソル 5 0 8 および y カーソル 5 0 9 を移動させて、位置を測定する特徴点に合わせる。合わせられたら S e t ボタン 5 0 4 を押すと、その特徴点の位置が確定され、特徴点位置表示欄 5 0 1 にその座標が表示される。5 0 5 は C a n c e l ボタンである。

[0041] この作業をすべての特徴点に対して行い、完了したら A l l S e t ボタン 5 0 6 を押す。これによりマーカーの代表位置および方向が計算され、その結果がマーカー位置・方向表示欄 5 0 2 に表示されるとともに、S E M 画像上にもそのベクトル 4 0 4 が表示される。

[0042] 回転角指令値を変えて測定を続け、すべての回転角に対して測定が終了すると F i n i s h ボタン 5 0 7 を押し、これにより回転中心の同定や補正量の計算が行われる。S E M 画像 5 0 0 上にはインデックス表示 5 0 3 が設けられているが、これにより測定点数の確認ができる。

[0043] 〔輪郭形状マーカーによる補正操作〕

図 1 0 および図 1 1 を用いて、図 5 に示す輪郭形状パターンをマーカーとして用いる場合の補正を説明する。形状パターンを用いる際にはまずパターンの登録を行う。図 1 0 はその登録画面の例である。並進機構を動かして登録したい形状パターン 4 0 0 を S E M 画像上に表示させる。次に、カーソルを用いて形状パターンを含む領域 4 0 5 を設定し P a t t e r n S e t ボタ

ン 5 1 0 を押す。これにより、エッジ強調、2 値化などの画像処理が行われ、形状パターン 4 0 0 がマーカーとして登録される。5 1 1 は N e x t ボタンである。

[0044] マーカー位置と方向を測定する時の操作方法の例を図 1 1 に示す。必要に応じて並進機構を移動させ登録した形状パターンを S E M 画像 5 0 0 上に表示させる。必要に応じて領域 4 0 5 を設定して O K ボタン 5 1 2 を押すと、エッジ強調、2 値化、パターンマッチングなどの画像処理が行われ、形状パターン 4 0 0 が抽出され、その代表位置および方向が求められ、マーカー位置・方向表示欄 5 0 2 に表示されるとともに、S E M 画像上にもそのベクトル 4 0 4 を表示される。

[0045] 特徴点マーカーと同様に回転角指令値を変えて測定を続け、すべての回転角に対して測定が終了すると F i n i s h ボタン 5 0 7 を押し、これにより回転中心の同定や補正量の計算が行われる。

[0046] [ステージ装置の制御]

次に、図 1 を用いて実施例 1 のステージ装置の制御方法を説明する。実施例 1 のステージ装置は、並進機構 1 0 0 と、回転機構 2 0 0 と、外部から与えられた指令値により並進機構 1 0 0 および回転機構 2 0 0 を制御するステージ制御手段 3 0 0 とから構成される。

[0047] ステージ制御手段 3 0 0 は、回転機構を制御する回転機構制御手段 3 0 1 と、並進機構を制御する並進機構制御手段 3 0 2 と、仮想中心点回りの回転を行う際に幾何学的から回転中心の位置変動を補正する幾何学的回転補正手段 3 0 3、および回転角補正量および並進補正量とを保存する補正量テーブル 3 0 4 を持つ。

[0048] また、S 1 0 0 2 の処理を行い回転中心を同定する回転中心同定手段 3 0 5、および、S 1 0 0 3、S 1 0 0 5、S 1 0 0 6 を行い回転角補正量および並進補正量を求めて補正量テーブル 3 0 4 を作成する補正量テーブル作成手段 3 0 6、マーカー位置・方向測定手段 3 0 7 を持つ。これらはステージ制御手段 3 0 0 に備えられていてもよい。また、ロータリースケールおよび

センサヘッドを有する回転角検出手段208、リニアスケールおよびセンサヘッドを有する並進位置検出手段108を備えている。

[0049] ステージ装置の動作は次のように行われる。まず、動作開始前に、幾何学的回転補正手段303のパラメータとして回転中心を同定し、また補正量テーブル304の作成を行う。外部から回転角指令値および並進位置指令値が与えられた時、与えられた回転角指令値に対応した回転角補正量および並進補正量を補正量テーブル304から取得する。補正量テーブル304は回転角をインデックスとして参照するが、与えられた回転角指令値が前後するインデックスの間にある場合は内挿補間を行い補正量を取得する。

[0050] 取得した回転角補正量および並進補正量は、与えられた回転角指令値および並進位置補正值に加算され、それによって回転機構制御手段301および並進機構制御手段302を制御して、ステージを移動させる。

[0051] 従来技術では回転誤差に回転軸から仮想中心までの距離を乗じた分だけ仮想回転中心位置の変動が発生する。実施例1では回転誤差に対する補正を行っているため、回転角の補正を行うことでその変動を補正することができる。また、回転角に対してテーブルとして補正量を求めておくことで、単純な回転中心の偏差として補正することができなかった非線形的な変動に対してもこれを補正でき、高精度なローテーションユーセントリック動作が実現できる。

[0052] なお、実施例1のステージ装置の並進機構100および回転機構200が、アクチュエータや伝達機構にガタやバックラッシュがないことが望ましい。そこで、並進機構100および回転機構200の駆動手段として piezo モータを用いれば、ガタやバックラッシュの低減を図ることができる。これにより、回転角に非依存な変動や非線形な変動を低減することが可能となり、より高精度なローテーションユーセントリック動作が実現できる。

実施例 2

[0053] 次に、図12を用いて本発明の実施例2を説明する。回転中心の同定および補正量テーブルの作成は、実施例1と同じである。実施例2でのステージ

装置は、並進機構 100、並進位置検出手段 108、回転機構 200、回転角検出手段 208、ステージ制御手段 300 から構成され、さらにステージ制御手段 300 には回転機構制御手段 301、並進機構制御手段 302、幾何学的回転補正手段 303、補正量テーブル 304 を備えている。また図示していないが、回転中心同定手段や補正量テーブル作成手段を、ステージ制御手段 300 の内部もしくは外部に備えている。

[0054] 実施例 2 のステージ装置においては、回転角検出手段 208 により検出された回転角に対応した回転角補正量および並進補正量を取得する。回転角が補正量テーブルの前後するインデックスの間にある場合は内挿補間を行い補正量を取得する。

[0055] 取得した回転角補正量および並進補正量は、回転角検出手段 208 から検出された回転角および並進位置検出手段 108 から検出される並進位置からそれぞれ減算し、その値を回転機構制御手段 301 および並進機構制御手段 302 へのフィードバック量として制御を行う。

[0056] 以上のような構成を用いても、回転誤差を補正し、非線形的な変動も補正することが可能となり、高精度なローテーションユーセントリック動作が実現できる。

符号の説明

- [0057] 1 走査電子顕微鏡
- 1 1 ステージ
 - 1 2 試料
 - 1 3 電子光学系制御手段
 - 1 4 表示装置
 - 1 5 ステージ制御手段
 - 1 6 ステージ操作入力手段
 - 1 0 0 並進機構
 - 1 0 1 並進機構ベース
 - 1 0 2 リニアガイド

- 1 0 3 並進機構可動テーブル
- 1 0 4 リニアモータシャフト
- 1 0 5 リニアモータ本体
- 1 0 6 リニアスケール
- 1 0 7 センサヘッド
- 1 0 8 並進位置偏出手段
- 2 0 0 回転機構
- 2 0 5 回転モータ
- 2 0 8 回転角検出手段
- 2 1 0 回転テーブル
- 3 0 0 ステージ制御手段
- 3 0 1 回転機構制御手段
- 3 0 2 並進機構制御手段
- 3 0 3 幾何学的回転補正手段
- 3 0 4 補正量テーブル
- 3 0 5 回転中心同定手段
- 3 0 6 補正量テーブル作成手順
- 4 0 0 マーカーとなる図形
- 4 0 1 ~ 4 0 3 特徴点
- 4 0 4 マーカーの代表位置・方向を示すベクトル
- 4 0 5 画像処理領域
- 5 0 0 S E M画像

請求の範囲

[請求項1]

試料を直接または試料ホルダを介して載置する回転テーブルと、前記回転テーブルを回転させる回転機構と、前記回転テーブルを並進移動させる並進機構と、外部から入力された回転角指令値と並進位置指令値に従って前記回転機構と前記並進機構とを制御するステージ制御手段と、を有するステージ装置において、

前記試料もしくは前記試料ホルダもしくは前記回転テーブルに設けた位置および方向を測定可能なマーカーと、

前記回転機構と前記並進機構とを所定の動作パターンに従って動作させたときの前記マーカーの位置と方向を測定するマーカー位置方向測定手段と、

前記測定の結果から前記回転テーブルの回転中心位置を同定する回転中心同定手段と、

前記回転テーブルの回転誤差を補正する回転角補正量と前記回転テーブルの回転中心位置の位置変動を補正する並進補正量とを回転角に対する補正量として作成する補正量テーブル作成手段と、

前記回転角補正量と前記並進補正量を記録する補正量テーブルと、

前記入力された回転角指令値もしくは実回転角に対応した前記回転角補正量および前記並進補正量を前記補正量テーブルから取得し、取得したこれらの補正量を用いて前記回転機構を制御する回転機構制御手段および前記並進機構を制御する並進機構制御手段を有することを特徴とするステージ装置。

[請求項2]

請求の範囲第1項に記載のステージ装置において、前記補正量テーブル作成手段は、前記回転機構のみを回転させたときの前記マーカーの位置と方向を測定し、その結果から前記回転テーブルの回転中心位置と、回転誤差を補正する前記回転角補正量とを求め、

さらに前記補正量テーブル作成手段は、得られた前記回転テーブルの回転中心位置と回転角補正量とを用いて前記マーカーを仮想回転中

心位置として回転させるように前記回転機構と前記並進機構とを移動させたときの前記マーカの位置を測定し、その結果から前記回転テーブルの回転中心位置の位置変動を補正する並進補正量を求め、求められた前記回転角補正量と前記並進補正量とから回転角に対する前記補正量テーブルを作成することを特徴とするステージ装置。

[請求項3] 請求の範囲第1項または第2項に記載のステージ装置において、前記ステージ制御手段は、前記入力された回転角指令値に対応した回転角補正量と前記並進補正量を前記補正量テーブルから取得し、前記入力された回転角指令値と並進位置指令値に取得した前記回転角補正量と前記並進補正量を加算した補正指令値を求め、前記補正指令値に対して前記回転機構制御手段と前記並進機構制御手段を介して前記回転機構および前記並進機構を制御することを特徴とするステージ装置。

[請求項4] 請求の範囲第1項または第2項に記載のステージ装置において、前記回転テーブルの回転角を検出する回転角検出手段と、前記回転テーブルの並進位置を検出する並進位置検出手段とを備え、前記回転角検出手段および前記並進位置検出手段から実回転角および実並進位置を検出し、前記実回転角に対応した前記回転角補正量および前記並進補正量を前記補正量テーブルから取得し、前記実回転角および前記並進位置に対して前記回転角補正量および前記並進補正量を減算して補正回転角および補正並進位置を求め、前記補正回転角および前記補正並進位置をフィードバック量として用いて前記回転機構および前記並進機構とを制御することを特徴とするステージ装置。

[請求項5] 請求の範囲第1項乃至第4項のいずれかに記載のステージ装置において、前記マーカは、SEM画像のなかで少なくとも2つの特徴点を有するパターン、もしくは対象軸が1本以下の輪郭形状を有するパターンとして判定できるマーカを用いることを特徴とするステージ装置。

[請求項6] 請求の範囲第1項乃至第5項のいずれかに記載のステージ装置にお

いて、操作者がSEM画像を見ながらマーカを選択するマーカ選択手段を有することを特徴とするステージ装置。

[請求項7] 請求の範囲第1項乃至第6項のいずれかに記載のステージ装置において、前記回転機構および前記並進機構を駆動する駆動手段としてピエゾモータを用いることを特徴とするステージ装置。

[請求項8] 請求の範囲第1項乃至第7項のいずれかに記載のステージ装置は、荷電粒子線装置に使用されることを特徴とするステージ装置。

[請求項9] 試料を直接または試料ホルダを介して載置する回転テーブルと、前記回転テーブルを回転させる回転機構と、前記回転テーブルを並進移動させる並進機構と、外部から入力された回転角指令値と並進位置指令値に従って前記回転機構と前記並進機構とを制御するステージ制御手段と、を有するステージ装置の制御方法において、

前記試料もしくは前記試料ホルダもしくは前記回転テーブルに位置および方向を測定可能なマーカを設け、

前記回転機構と前記並進機構とを所定の動作パターンに従って動作させたときの前記マーカの位置と方向を測定し、

前記測定の結果から前記回転テーブルの回転中心位置を同定し、

さらに、前記回転テーブルの回転誤差を補正するための回転角補正量と前記回転テーブルの回転中心位置の位置変動を補正するための並進補正量とを回転角に対する補正量テーブルとして作成し、

前記入力された回転角指令値もしくは実回転角に対応した前記回転角補正量および前記並進補正量を前記補正量テーブルから取得し、

取得したこれらの補正量を用いて前記回転機構および前記並進機構を制御することを特徴とするステージ装置の制御方法。

[請求項10] 請求の範囲第9項に記載のステージ装置の制御方法において、前記補正量テーブルの作成は、前記回転機構のみを回転させたときの前記マーカの位置と方向を測定し、

その結果から前記回転テーブルの回転中心位置と、前記回転テーブ

ルの回転誤差を補正するための前記回転角補正量とを求め、

前記得られた回転テーブルの回転中心位置と回転角補正量とを用いて前記マーカを仮想回転中心位置として回転させるように前記回転機構と前記並進機構とを移動させたときの前記マーカの少なくとも位置を測定し、

その結果から前記回転テーブルの回転中心位置の位置変動を補正するための並進補正量を求め、

求められた前記回転角補正量と前記並進補正量とから回転角に対する前記補正量テーブルを作成することを特徴とするステージ装置の制御方法。

[請求項11] 請求の範囲第9項または第10項に記載のステージ装置の制御方法において、

前記入力された回転角指令値に対応した回転角補正量と前記並進補正量を前記補正量テーブルから取得し、

前記入力された回転角指令値と並進位置指令値に取得した前記回転角補正量と前記並進補正量を加算した補正指令値を求め、

前記補正指令値に対して前記回転機構および前記並進機構を制御することを特徴とするステージ装置の制御方法。

[請求項12] 請求の範囲第9項乃至第11項のいずれかに記載のステージ装置の制御方法において、

回転角検出手段および並進位置検出手段から実回転角および実並進位置を検出し、

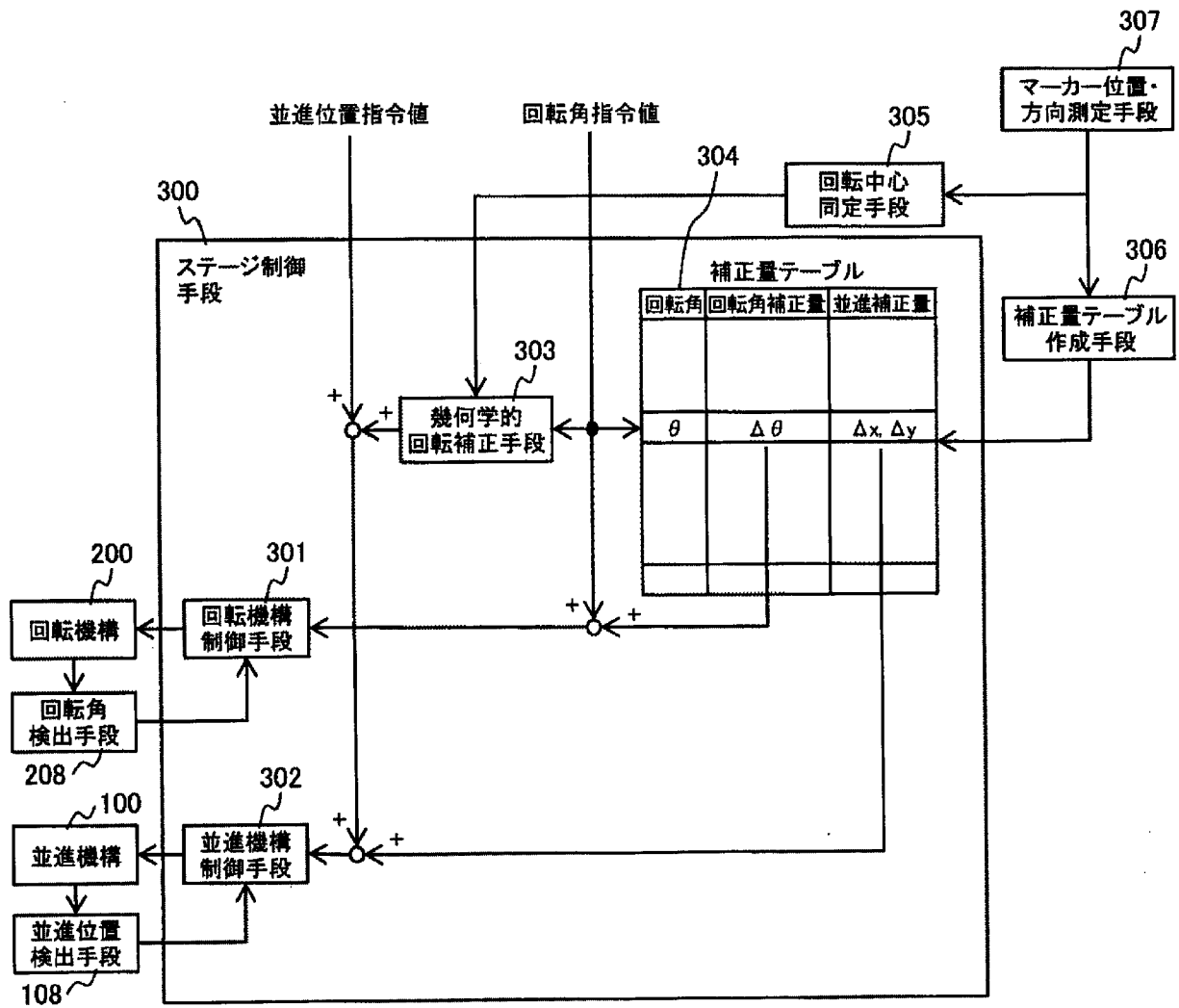
前記実回転角に対応した前記回転角補正量および前記並進補正量を前記補正量テーブルから取得し、

前記実回転角および前記並進位置に対して前記回転角補正量および前記並進補正量を減算して補正回転角および補正並進位置を求め、

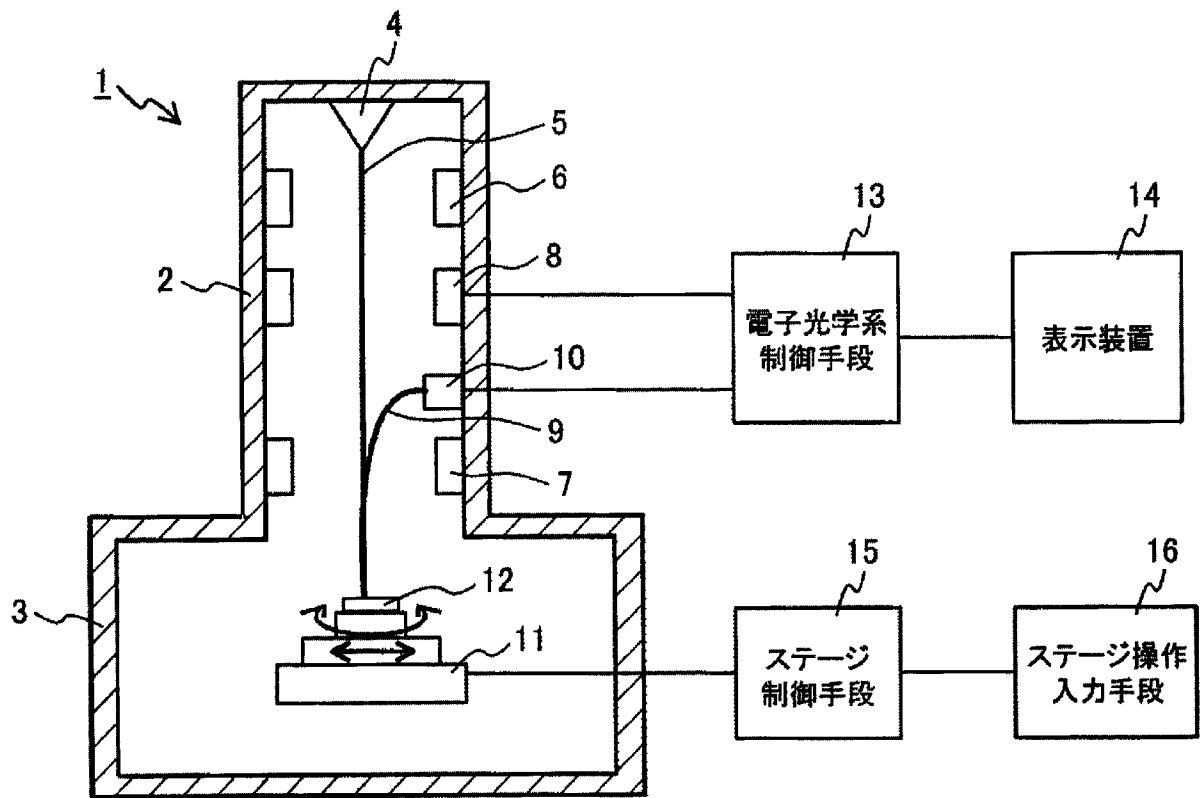
前記補正回転角および前記補正並進位置をフィードバック量として用いて前記回転機構および前記並進機構とを制御することを特徴とす

るステージ装置の制御方法。

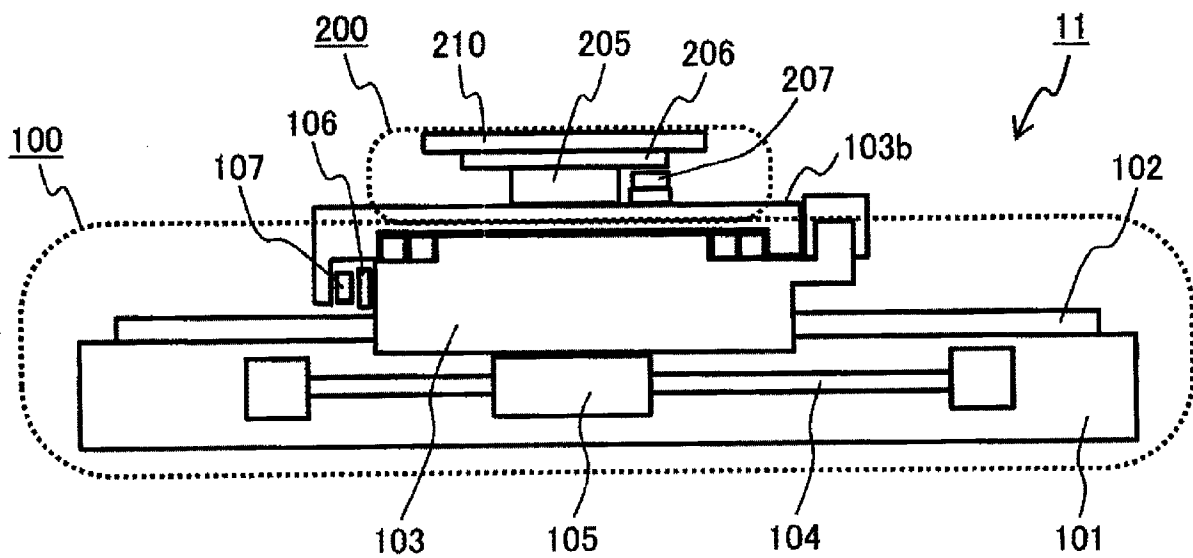
[図1]



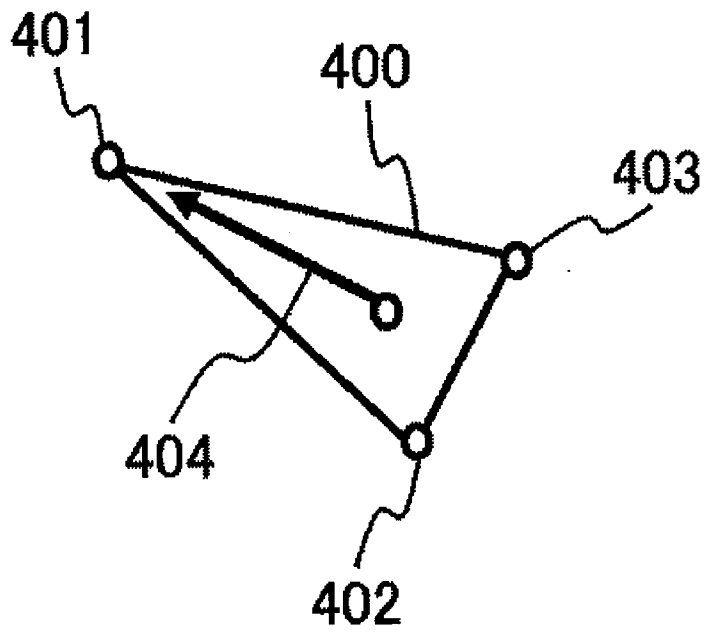
[図2]



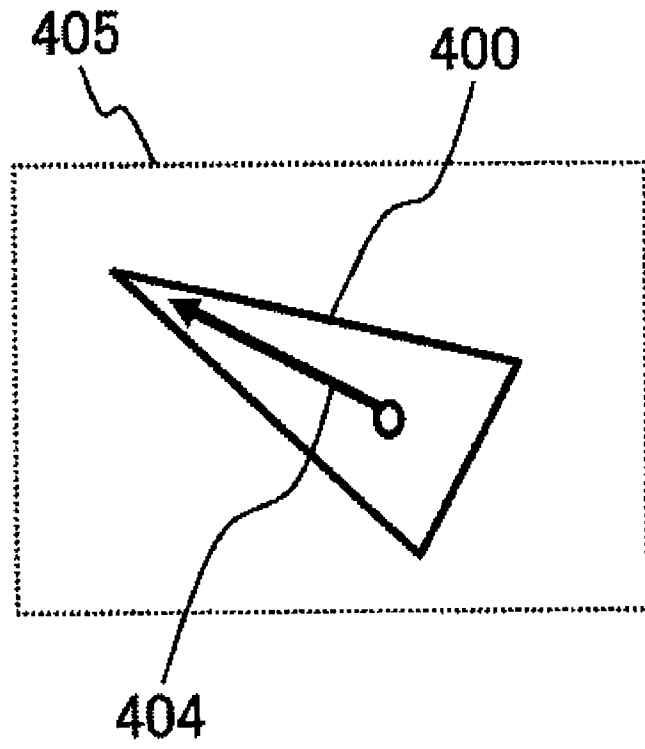
[図3]



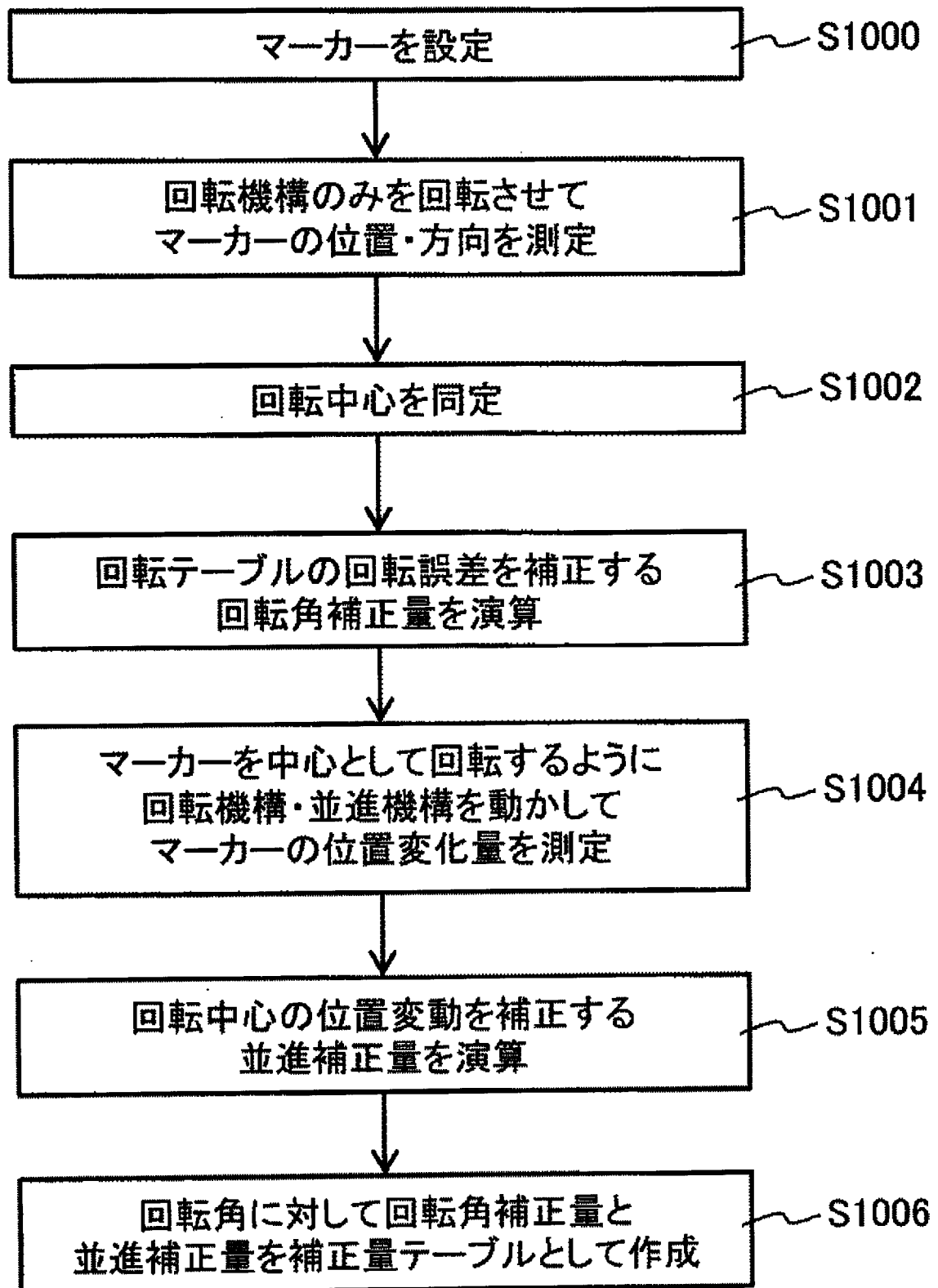
[図4]



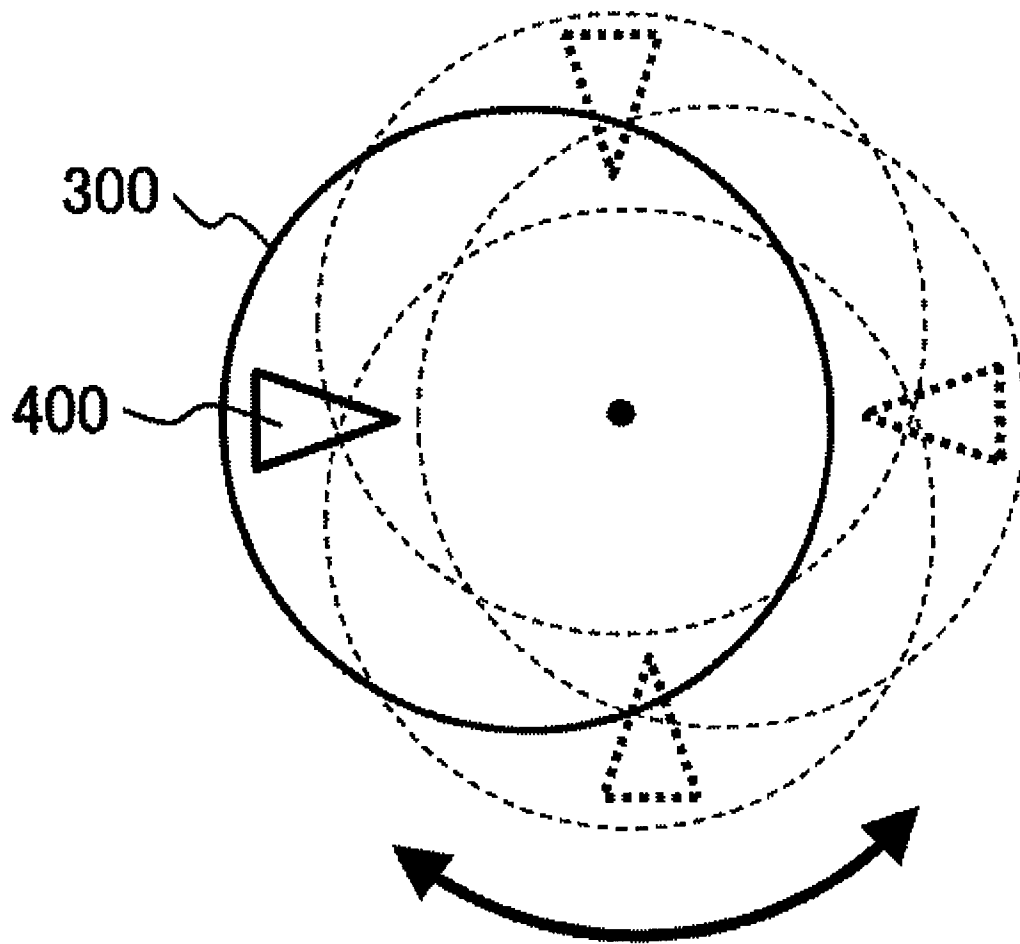
[図5]



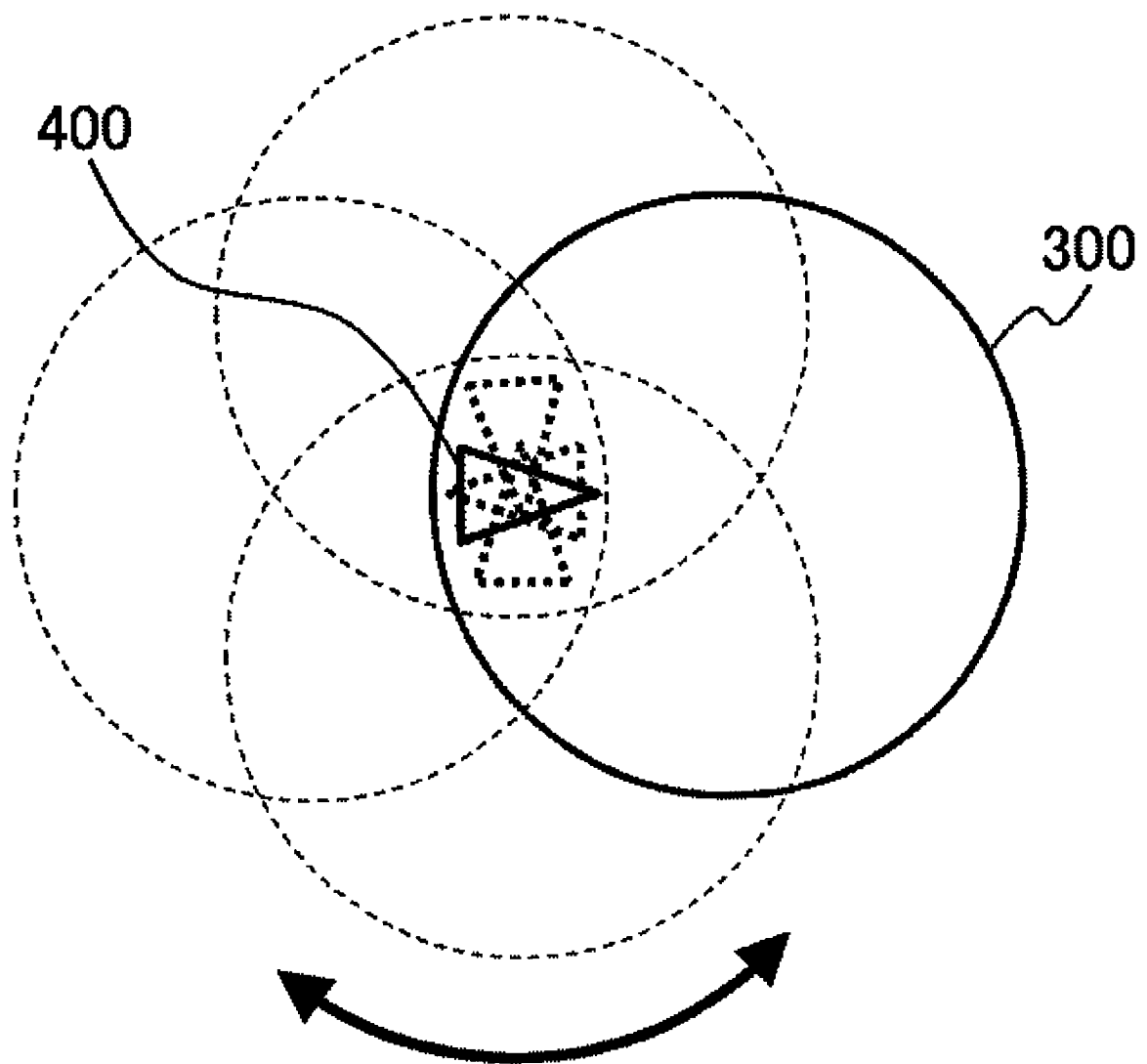
[図6]



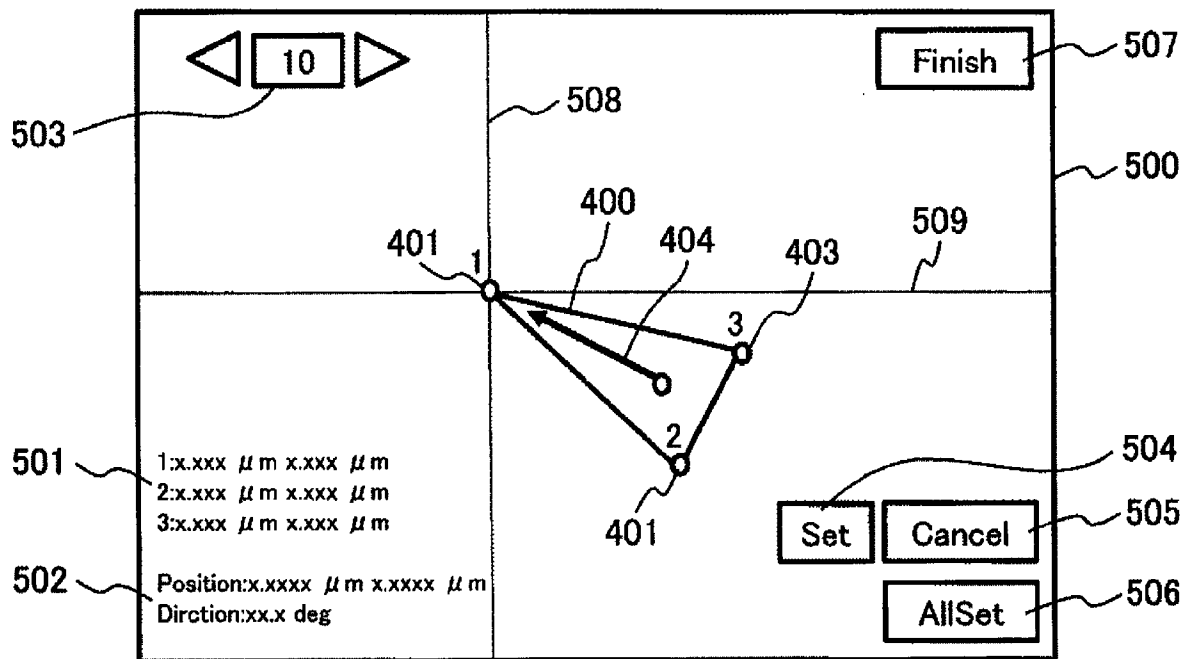
[図7]



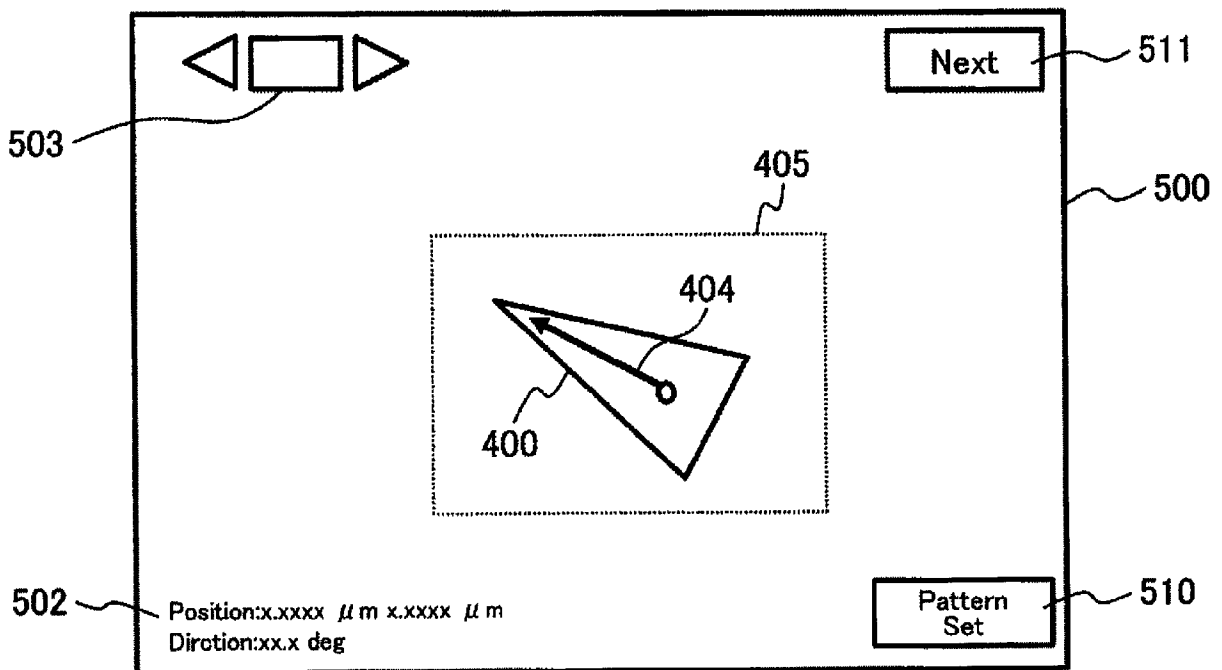
[図8]



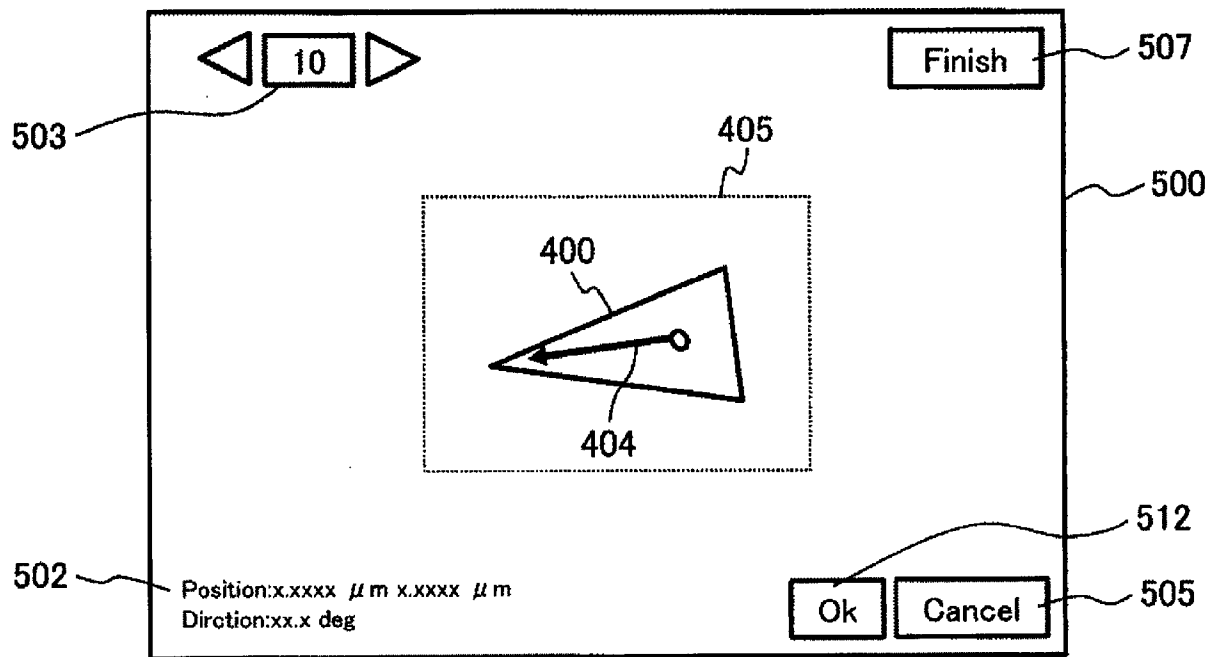
[図9]



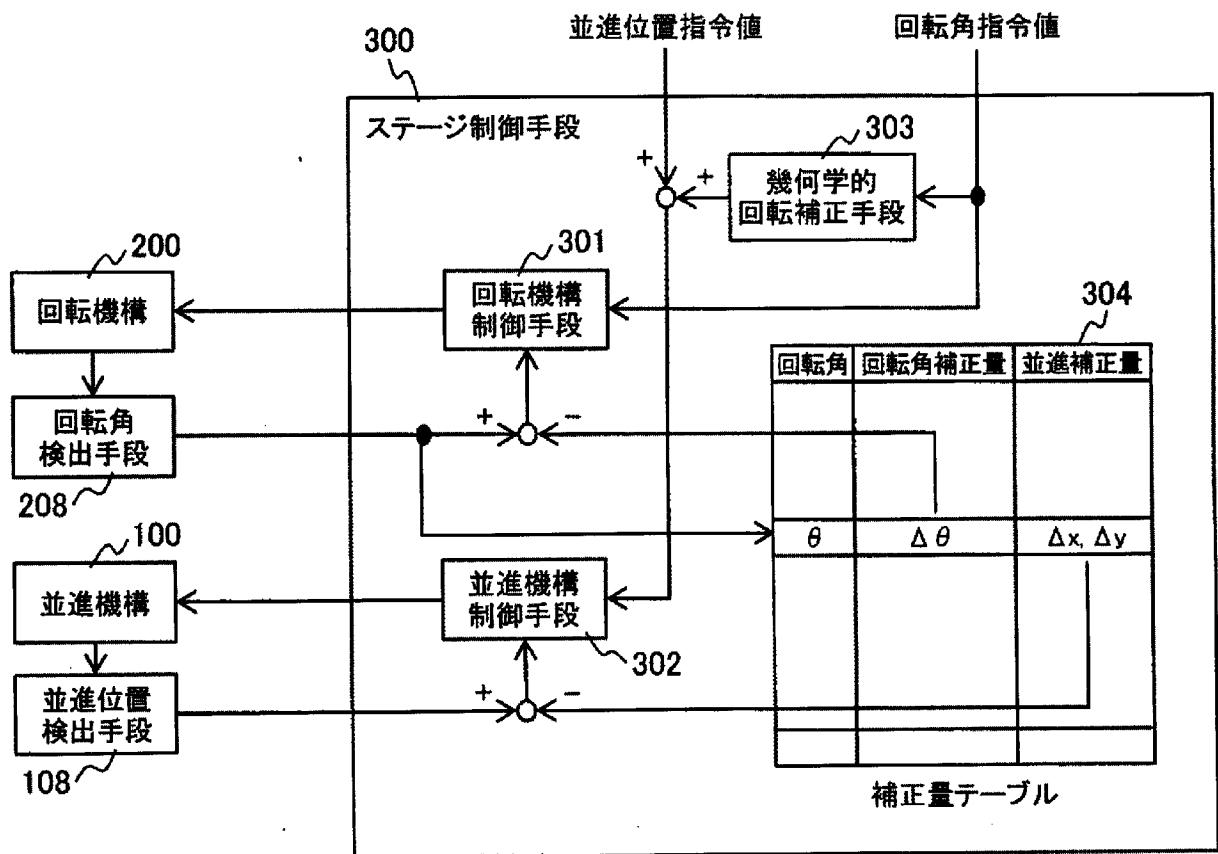
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/064504

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J37/20(2006.01)i, H01J37/22(2006.01)i, H01L21/68(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)

H01J37/20-37/22, H01L21/68

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 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

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 2010/047378 A1 (Hitachi High-Technologies Corp.), 29 April 2010 (29.04.2010), entire text; all drawings & JP 2010-102984 A & JP 2010-108640 A	1-12
A	WO 2010/001790 A1 (Hitachi High-Technologies Corp.), 07 January 2010 (07.01.2010), entire text; all drawings & JP 2010-15732 A & US 2011/0098960 A1 & KR 10-2011-0025785 A	1-12



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
25 June, 2012 (25.06.12)Date of mailing of the international search report
03 July, 2012 (03.07.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/064504

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2006/082714 A1 (Shimadzu Corp.), 10 August 2006 (10.08.2006), entire text; all drawings & JP 4555909 B & CN 101080801 A & KR 10-2007-0056142 A	1-12
A	JP 2005-100676 A (JEOL Ltd.), 14 April 2005 (14.04.2005), entire text; all drawings (Family: none)	1-12
A	WO 2006/121108 A1 (Riken, Japan), 16 November 2006 (16.11.2006), entire text; all drawings & JP 2006-318734 A & US 2009/0045339 A1	1-12

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01J37/20(2006.01)i, H01J37/22(2006.01)i, H01L21/68(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 (I P C))

Int.Cl. H01J37/20-37/22, H01L21/68

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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 2010/047378 A1 (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2010.04.29 全文、全図 & JP 2010-102984 A & JP 2010-108640 A	1 - 1 2
A	WO 2010/001790 A1 (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2010.01.07 全文、全図 & JP 2010-15732 A & US 2011/0098960 A1 & KR 10-2011-0025785 A	1 - 1 2

☒ 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
「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
「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)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「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
「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
「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
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 5 . 0 6 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

0 3 . 0 7 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
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)

山口 剛

2 G

9 8 0 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 2 6

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	WO 2006/082714 A1 (株式会社島津製作所) 2006.08.10 全文、全図 & JP 4555909 B & CN 101080801 A & KR 10-2007-0056142 A	1 - 1 2
A	JP 2005-100676 A (日本電子株式会社) 2005.04.14 全文、全図 (ファミリーなし)	1 - 1 2
A	WO 2006/121108 A1 (独立行政法人理化学研究所) 2006.11.16 全文、全図 & JP 2006-318734 A & US 2009/0045339 A1	1 - 1 2