

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

**特許第3779118号  
(P3779118)**

(45) 発行日 平成18年5月24日(2006.5.24)

(24) 登録日 平成18年3月10日(2006.3.10)

(51) Int. Cl. F I  
**GO 1 B 11/00 (2006.01)** GO 1 B 11/00 H  
**GO 1 B 11/26 (2006.01)** GO 1 B 11/26 H

請求項の数 6 (全 20 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2000-37530 (P2000-37530)                  (22) 出願日 平成12年2月16日(2000.2.16)                  (65) 公開番号 特開2001-227915 (P2001-227915A)                  (43) 公開日 平成13年8月24日(2001.8.24)                  審査請求日 平成15年6月6日(2003.6.6)</p>	<p>(73) 特許権者 000207551                  大日本スクリーン製造株式会社                  京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1                  (74) 代理人 100101753                  弁理士 大坪 隆司                  (72) 発明者 寺内 俊介                  京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1 大日本スクリーン製造株式会社内                  (72) 発明者 藤本 博己                  京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1 大日本スクリーン製造株式会社内</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像装置におけるカメラの位置ずれ検出方法、撮像装置におけるカメラの傾き検出方法、および撮像装置におけるカメラの移動量補正方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

撮像対象とカメラとを一方向および回転方向に相対的に移動させることにより、前記撮像対象における特定領域を前記カメラにより撮像する撮像装置におけるカメラの位置ずれ検出方法であって、

前記カメラにより前記撮像対象を撮像する第1撮像工程と、

前記第1撮像工程において撮像した画像から所定のパターンを含む領域の画像を切り出して登録するパターン登録工程と、

前記パターンにおける特定位置の座標位置を測定する第1座標位置測定工程と、

前記撮像対象と前記カメラとを相対的に回転させる回転工程と、

前記カメラにより前記回転工程により前記カメラに対して相対的に回転された撮像対象の表面を撮像する第2撮像工程と、

前記パターン登録工程において切り出した所定のパターンを含む領域の画像と前記第2撮像工程において撮像した画像とのパターンマッチングを行うことにより、前記パターンにおける特定位置の座標位置を測定する第2座標位置測定工程と、

前記第1座標位置測定工程で測定した前記特定位置の座標位置と前記第2座標位置測定工程とで測定した前記特定位置の座標位置とから、前記カメラの位置ずれ量を計算する位置ずれ量計算工程と、

を備えたことを特徴とする撮像装置におけるカメラの位置ずれ検出方法。

【請求項2】

10

20

請求項 1 に記載の撮像装置におけるカメラの位置ずれ検出方法において、

前記第 1 座標位置測定工程においては、前記パターン登録工程において切り出した所定のパターンを含む領域の画像と前記第 1 撮像工程において撮像した画像とのパターンマッチングを行うことにより、前記パターンにおける特定位置の座標位置を測定する撮像装置におけるカメラの位置ずれ検出方法。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 いずれかに記載の撮像装置におけるカメラの位置ずれ検出方法において、

前記パターンにおける特定位置は、前記パターンを含む領域の中心位置である撮像装置におけるカメラの位置ずれ検出方法。

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 いずれかに記載の撮像装置におけるカメラの位置ずれ検出方法において検出したカメラの位置ずれ量に基づいて、前記特定領域を前記カメラにより撮像する際の前記撮像対象と前記カメラとの一方向および回転方向の相対的な移動量を補正することを特徴とする撮像装置におけるカメラの移動量補正方法。

【請求項 5】

撮像対象とカメラとを少なくとも一方向に相対的に移動させることにより、前記撮像対象における特定領域を前記カメラにより撮像する撮像装置における前記移動方向と交差する方向に対するカメラの傾きを検出するカメラの傾き検出方法であって、

前記カメラにより前記撮像対象を撮像する第 1 撮像工程と、

前記第 1 撮像工程において撮像した画像から参照直線を選択する参照直線選択工程と、  
前記第 1 撮像工程において撮像した画像における、前記参照直線と交差する互いに平行な第 1、第 2 の辺と、これら第 1、第 2 の辺に直交する第 3 の辺とを少なくとも備えた画像表示ウィンドウに対し、前記第 1 の辺と前記参照直線の交点と前記第 3 の辺との距離  $a$  と、前記第 2 の辺と前記参照直線の交点と前記第 3 の辺との距離  $b$  とを測定する第 1 測定工程と、

前記撮像対象と前記カメラとを前記参照直線と交差する方向に相対的に距離  $L$  だけ移動させる移動工程と、

前記カメラにより前記移動工程により前記カメラに対して相対的に移動された撮像対象の表面を撮像する第 2 撮像工程と、

前記第 2 撮像工程において撮像した画像における、前記画像表示ウィンドウに対し、前記第 1 の辺と前記参照直線の交点と前記第 3 の辺との距離  $c$  を測定する第 2 測定工程と、

前記第 1 測定工程で測定した前記第 1 の辺と前記参照直線の交点と前記第 3 の辺との距離  $a$  と、前記第 1 測定工程で測定した前記第 2 の辺と前記参照直線の交点と前記第 3 の辺との距離  $b$  と、前記第 2 測定工程で測定した前記第 1 の辺と前記参照直線の交点と前記第 3 の辺との距離  $c$  と、前記移動工程における前記被測定物と前記カメラとの相対移動距離  $L$  と、前記第 1 の辺と前記第 2 の辺との距離  $W$  とから、前記カメラの傾きを計算する傾き計算工程と、

を備えたことを特徴とする撮像装置におけるカメラの傾き検出方法。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の撮像装置におけるカメラの傾き検出方法において検出したカメラの傾きに基づいて、前記特定領域を前記カメラにより撮像する際の前記撮像対象と前記カメラとの一方向および回転方向の相対的な移動量を補正することを特徴とする撮像装置におけるカメラの移動量補正方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、撮像装置におけるカメラの位置ずれ検出方法、撮像装置におけるカメラの傾き検出方法、および、これらの位置ずれ検出方法や傾き検出方法を利用した撮像装置におけるカメラの移動量補正方法に関する。

10

20

30

40

50

## 【0002】

## 【従来の技術】

例えば、カメラを撮像対象に対して一方向および回転方向に移動させることにより、撮像対象の表面を撮像する極座標系の撮像装置においては、カメラの回転中心と画像（光軸）の中心との間で位置ずれが生じた場合、撮像対象表面における撮像を行うべき特定の領域（以下「特定領域」という）を撮像するためにカメラを移動させても、撮像領域が特定領域と正確には一致しない。同様に、カメラを撮像対象に対して一方向に移動させることにより、撮像対象の表面を撮像する撮像装置において、カメラが移動方向と交差する方向に傾いた状態で配置された場合、撮像対象表面の特定領域を撮像するためにカメラを移動させても、撮像領域が特定領域と正確には一致しない。このため、カメラの回転中心と画像（光軸）の中心とが正確に一致するよう、また、カメラが移動方向と一致する方向に正確に配置されるように、カメラの位置を調整する必要がある。

10

## 【0003】

従来、このようなカメラの位置調整は、人手により機械的にカメラの位置を微調整する方式が採用されていた。

## 【0004】

また、特開平9 - 287919号公報においては、撮像対象を載置するステージ上の特定の基準マークを二カ所で読み取り、これを画像処理することでカメラの位置を補正する方式が提案されている。

## 【0005】

20

## 【発明が解決しようとする課題】

前者の人手により機械的にカメラの位置を微調整する方式においては、カメラの位置を $\mu\text{m}$ 単位で調整することは困難である。

## 【0006】

また、後者の撮像対象を載置するステージ上の特定の基準マークを二カ所で読み取ってこれを画像処理することでカメラの位置を補正する方式においては、ステージ上に特定の基準マークを設けなければならないという問題が生ずる。

## 【0007】

この発明は上記課題を解決するためになされたものであり、特定の基準マークを設けることなく正確にカメラの位置ずれおよび傾きを検出し、あるいは、これらの検出値を利用してカメラの移動量を補正することができる撮像装置におけるカメラの位置ずれ検出方法、撮像装置におけるカメラの傾き検出方法、および、撮像装置におけるカメラの移動量補正方法を提供することを目的とする。

30

## 【0008】

## 【課題を解決するための手段】

請求項1に記載の発明は、撮像対象とカメラとを一方向および回転方向に相対的に移動させることにより、前記撮像対象における特定領域を前記カメラにより撮像する撮像装置におけるカメラの位置ずれ検出方法であって、前記カメラにより前記撮像対象を撮像する第1撮像工程と、前記第1撮像工程において撮像した画像から所定のパターンを含む領域の画像を切り出して登録するパターン登録工程と、前記パターンにおける特定位置の座標位置を測定する第1座標位置測定工程と、前記撮像対象と前記カメラとを相対的に回転させる回転工程と、前記カメラにより前記回転工程により前記カメラに対して相対的に回転された撮像対象の表面を撮像する第2撮像工程と、前記パターン登録工程において切り出した所定のパターンを含む領域の画像と前記第2撮像工程において撮像した画像とのパターンマッチングを行うことにより、前記パターンにおける特定位置の座標位置を測定する第2座標位置測定工程と、前記第1座標位置測定工程で測定した前記特定位置の座標位置と前記第2座標位置測定工程とで測定した前記特定位置の座標位置とから、前記カメラの位置ずれ量を計算する位置ずれ量計算工程と、を備えたことを特徴とする。

40

## 【0009】

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、前記第1座標位置測定工程に

50

おいては、前記パターン登録工程において切り出した所定のパターンを含む領域の画像と前記第1撮像工程において撮像した画像とのパターンマッチングを行うことにより、前記パターンにおける特定位置の座標位置を測定する。

【0010】

請求項3に記載の発明は、請求項1または請求項2いずれかに記載の発明において、前記パターンにおける特定位置は、前記パターンを含む領域の中心位置である。

【0011】

請求項4に記載の発明は、請求項1乃至請求項3いずれかに記載の発明において検出したカメラの位置ずれ量に基づいて、前記特定領域を前記カメラにより撮像する際の前記撮像対象と前記カメラとの一方向および回転方向の相対的な移動量を補正することを特徴とする。

10

【0012】

請求項5に記載の発明は、撮像対象とカメラとを少なくとも一方向に相対的に移動させることにより、前記撮像対象における特定領域を前記カメラにより撮像する撮像装置における前記移動方向と交差する方向に対するカメラの傾きを検出するカメラの傾き検出方法であって、前記カメラにより前記撮像対象を撮像する第1撮像工程と、前記第1撮像工程において撮像した画像から参照直線を選択する参照直線選択工程と、前記第1撮像工程において撮像した画像における、前記参照直線と交差する互いに平行な第1、第2の辺と、これら第1、第2の辺に直交する第3の辺とを少なくとも備えた画像表示ウィンドウに対し、前記第1の辺と前記参照直線の交点と前記第3の辺との距離 $a$ と、前記第2の辺と前記参照直線の交点と前記第3の辺との距離 $b$ とを測定する第1測定工程と、前記撮像対象と前記カメラとを前記参照直線と交差する方向に相対的に距離 $L$ だけ移動させる移動工程と、前記カメラにより前記移動工程により前記カメラに対して相対的に移動された撮像対象の表面を撮像する第2撮像工程と、前記第2撮像工程において撮像した画像における、前記画像表示ウィンドウに対し、前記第1の辺と前記参照直線の交点と前記第3の辺との距離 $c$ を測定する第2測定工程と、前記第1測定工程で測定した前記第1の辺と前記参照直線の交点と前記第3の辺との距離 $a$ と、前記第1測定工程で測定した前記第2の辺と前記参照直線の交点と前記第3の辺との距離 $b$ と、前記第2測定工程で測定した前記第1の辺と前記参照直線の交点と前記第3の辺との距離 $c$ と、前記移動工程における前記被測定物と前記カメラとの相対移動距離 $L$ と、前記第1の辺と前記第2の辺との距離 $W$ とから、前記カメラの傾きを計算する傾き計算工程と、を備えたことを特徴とする。

20

30

【0013】

請求項6に記載の発明は、請求項5に記載の発明において検出したカメラの傾きに基づいて、前記特定領域を前記カメラにより撮像する際の前記撮像対象と前記カメラとの一方向および回転方向の相対的な移動量を補正することを特徴とする。

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、この発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。図1はこの発明を適用する撮像装置の側面概要図である。

【0015】

この撮像装置は、対物レンズ12を備えたカメラ13と、このカメラ13を一方向（R軸方向）に移動させるためのR軸用のカメラステージ14と、このR軸用のカメラステージ14を回転方向（ $\theta$ 軸方向）に移動させるための $\theta$ 軸用のカメラステージ15と、撮像対象たる半導体ウエハ16を載置するための支持部材17とを備える。

40

【0016】

この撮像装置においては、R軸用のカメラステージ14と $\theta$ 軸用のカメラステージ15との作用でカメラ13を一方向（R軸方向）および回転方向（ $\theta$ 軸方向）に移動させることにより、半導体ウエハ16の下側を向いた表面における所望の特定領域をカメラ13の対物レンズ12により撮像する構成となっている。

【0017】

50

図2は、この撮像装置の主要な電氣的構成を示すブロック図である。

【0018】

この撮像装置は、装置全体を制御するための中央演算部21を備える。この中央演算部21は、装置の制御に必要な動作プログラムが格納されたROMや制御時にデータ等が一時的にストアされるRAMからなるメモリ22と接続されている。

【0019】

この中央演算部21は、カメラ13を制御するためのカメラ制御部23を介してカメラ13と接続されている。また、カメラ13は、そこで撮像した画像を記憶するためのフレームメモリ24と接続されている。このフレームメモリ24は、画像処理部25を介して中央演算部21と接続されている。

10

【0020】

また、中央演算部21は、ステージ制御部26と接続されている。このステージ制御部26は、そこに接続されたR軸用のカメラステージ14および軸用のカメラステージ15を制御するためのものである。

【0021】

さらに、中央演算部21は、CRT等の画像表示ウィンドウ28およびキーボードやマウス等の座標点入力装置29を備えたコンソール27とも接続されている。

【0022】

次に、上述した撮像装置において、カメラ13の軸方向の回転中心と画像中心(すなわち、対物レンズ12における光軸中心)との間の位置ずれを検出するための位置ずれ検出方法について説明する。

20

【0023】

図3は、カメラ13により、撮像対象たる半導体ウエハ16の表面における領域32を撮像する状態を模式的に示す説明図である。なお、この図においては、カメラ13の軸方向の回転中心31と画像中心(すなわち、対物レンズ12における光軸中心)とが、後述するX、Y方向に各々a、bだけずれた状態を誇張して示している。

【0024】

また、図4は位置ずれ検出動作を示すフローチャートであり、図5～図9はカメラ13により撮像され画像処理部25で画像処理された後、画像表示ウィンドウ28に表示された画像を示す説明図である。

30

【0025】

先ず、R軸用のカメラステージ14および軸用のカメラステージ15によりカメラ13を一方向(R軸方向)および回転方向(軸方向)に移動させ、カメラ13を半導体ウエハ16表面における領域32を撮像可能な位置に配置する。そして、図5に示すように、カメラ13により半導体ウエハ16の表面の画像を撮像する(ステップS1)。しかる後、変数Iに0を入力する(ステップS2)。

【0026】

次に、図5で示すステップS1で撮像した画像から、図6に示すように、パターンマッチングに適したパターン41を含む領域の画像を切り出し、パターン登録する(ステップS3)。なお、このパターン41としては、図5に示す画像の中央付近に配置された他のパターンと容易に識別可能なものを選択することが好ましい。

40

【0027】

次に、図5で示すステップS1で撮像した画像とステップS3で登録したパターン41を含む領域の画像とのパターンマッチングを行う(ステップS4)。そして、図7に示すように、パターン41における特定位置としての中心の座標位置を測定し、記憶する(ステップS5)。しかる後、変数Iに[I+1]を入力する(ステップS6)。

【0028】

次に、[I=3]となったか否かを判定する(ステップS7)。 $[I=3]$ となっていない場合には、軸用のカメラステージ15の駆動によりカメラ13を30度回転させた後、図8に示すように、カメラ13により半導体ウエハ16の表面の画像を撮像する(ステ

50

ップS 8)。そして、再度、ステップS 4～ステップS 6の動作を繰り返すことにより、パターン4 1を含む領域の画像の中心の座標位置を測定し、記憶する。

【0029】

しかる後、再度、[ I = 3 ]となったか否かを判定する(ステップS 7)。[ I = 3 ]となっていない場合には、軸用のカメラステージ1 5の駆動によりカメラ1 3をさらに30度回転させた後、図9に示すように、カメラ1 3により半導体ウエハ1 6の表面の画像を撮像する(ステップS 8)。そして、再度、ステップS 4～ステップS 6の動作を繰り返すことにより、パターン4 1を含む領域の画像の中心の座標位置を測定し、記憶する。

【0030】

そして、[ I = 3 ]となった場合には、ステップS 5において測定した3組のパターン4 1を含む領域の画像の中心の座標位置を後述する計算式に入力する(ステップS 9)。そして、この計算式に基づいて、カメラ1 3の軸方向の回転中心と画像中心(すなわち、対物レンズ1 2における光軸中心)との間の位置ずれ量を計算する(ステップS 10)。

【0031】

次に、上述したカメラ1 3の軸方向の回転中心と画像中心との間の位置ずれ量を計算するための計算式について説明する。

【0032】

先ず、ステージ座標系とスクリーン座標系との関係式について説明する。ここで、ステージ座標系とは、カメラ1 3を一方向(R軸方向)に移動させるためのR軸用のカメラステージ1 4と、このR軸用のカメラステージ1 4を回転方向(軸方向)に移動させるための軸用のカメラステージ1 5とに係る座標系(撮像装置の中心を原点とする撮像装置固有の直交座標系)を指し、スクリーン座標系とは、画像表示ウィンドウ2 8内における直交座標系を指す。

【0033】

図10は、撮像装置におけるカメラ1 3が極座標系で(R, )の位置に配置された場合におけるステージ座標系とスクリーン座標系との位置関係を模式的に示す説明図であり、図11は画像表示ウィンドウ2 8の大きさと補助座標系の間系を示す説明図である。

【0034】

なお、これらの図において、X, Yはステージ座標系を、x, yはスクリーン座標系を、Xh, Yhは計算のために使用する補助座標系を、R, はカメラステージ1 4、1 5に係る極座標系を、X', Y'はX, Y座標系を(R, )の座標位置に平行移動した座標系を表す。また、図11におけるWは、表示ウィンドウ2 8の幅を、また、Hは表示ウィンドウ2 8の高さを示している。

【0035】

これらの座標系の間には、下記の式1、式2、式3の関係が成り立つ。

【0036】

【式1】

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X - R \cos \theta \\ Y - R \sin \theta \end{pmatrix}$$

40

【式2】

$$\begin{pmatrix} Xh \\ Yh \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(-\theta) & -\sin(-\theta) \\ \sin(-\theta) & \cos(-\theta) \end{bmatrix} \begin{pmatrix} X' \\ Y' \end{pmatrix}$$

50

【式3】

$$\begin{pmatrix} Xh \\ Yh \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x - \frac{W}{2} \\ -y + \frac{H}{2} \end{pmatrix}$$

これらについて、 $Xh$ 、 $Yh$ を介して等式を作成すると下記の式4の通りとなる。

【0037】

【式4】

$$\begin{pmatrix} x - \frac{W}{2} \\ -y + \frac{H}{2} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(-\theta) & -\sin(-\theta) \\ \sin(-\theta) & \cos(-\theta) \end{bmatrix} \begin{pmatrix} X - R \cos \theta \\ Y - R \sin \theta \end{pmatrix}$$

10

20

これを $(X, Y)$ および $(x, y)$ について解くと、下記の式5、式6が得られる。

【0038】

【式5】

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \left(x - \frac{W}{2}\right) \cos(\theta) - \left(-y + \frac{H}{2}\right) \sin(\theta) + R \cos(\theta) \\ \left(x - \frac{W}{2}\right) \sin(\theta) + \left(-y + \frac{H}{2}\right) \cos(\theta) + R \sin(\theta) \end{pmatrix}$$

30

【式6】

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X \cos(\theta) + Y \sin(\theta) - R + \frac{W}{2} \\ X \sin(\theta) - Y \cos(\theta) + \frac{H}{2} \end{pmatrix}$$

40

これらの式が、スクリーン座標系とステージ座標系との関係を表す関係式である。

【0039】

次に、カメラ13の軸方向の回転中心と画像中心(すなわち、対物レンズ12における光軸中心)との間の位置ずれ量の計算方法について説明する。

【0040】

図12は、カメラ13が方向に角度だけ回転した場合における回転前のステージ座標系と回転後のステージ座標系との位置関係を模式的に示す説明図である。

【0041】

なお、これらの図において、 $X$ 、 $Y$ はカメラ13が回転する前の上記と同様のステージ座

50

標系を、 $X'$ 、 $Y'$  はカメラ 13 の回転後のステージ座標系を、 $x$ 、 $y$  はカメラ 13 が回転する前の上記と同様のスクリーン座標系を、 $x'$ 、 $y'$  はカメラ 13 の回転後のスクリーン座標系を、 $Xc$ 、 $Yc$  はカメラ 13 が回転する前の補助座標系を、 $X'c$ 、 $Y'c$  はカメラ 13 の回転後の補助座標系を表す。また、 $a$ 、 $b$  は、カメラ 13 の 軸方向の回転中心と画像中心との位置ずれ量を示している。

【0042】

これらの座標系の間には、下記の式 7、式 8 の関係が成り立つ。

【0043】

【式 7】

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(-\theta) & -\sin(-\theta) \\ \sin(-\theta) & \cos(-\theta) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix}$$

10

【式 8】

$$\begin{pmatrix} Xc = X - a \\ Yc = Y - b \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} X'c = X' - a \\ Y'c = Y' - b \end{pmatrix}$$

20

従って、下記の式 9 が成立する。

【0044】

【式 9】

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} X'c + a \\ Y'c + b \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} \cos(-\theta) & -\sin(-\theta) \\ \sin(-\theta) & \cos(-\theta) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} \cos(-\theta) & -\sin(-\theta) \\ \sin(-\theta) & \cos(-\theta) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Xc + a \\ Yc + b \end{pmatrix} \end{aligned}$$

30

また、補助座標系と画像表示ウィンドウ 28 の大きさとの関係は下記の式 10 の通りである。

【0045】

【式 10】

$$\begin{pmatrix} Xc = x - \frac{W}{2} \\ Yc = -y + \frac{H}{2} \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} X'c = x' - \frac{W}{2} \\ Y'c = -y' + \frac{H}{2} \end{pmatrix}$$

40

これを式 9 に代入すると下記の式 11 が得られる。

【0046】

50

【式 1 1】

$$\begin{pmatrix} x' - \frac{W}{2} + a \\ -y' + \frac{H}{2} + b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(-\theta) & -\sin(-\theta) \\ \sin(-\theta) & \cos(-\theta) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x - \frac{W}{2} + a \\ -y + \frac{H}{2} + b \end{pmatrix}$$

この式 1 1 を a , b について解くと、下記の式 1 2 が得られる。

【0047】

【式 1 2】

$$\begin{pmatrix} a = \frac{W}{2} - \frac{x}{2} - \frac{x'}{2} - \frac{y \cot(\frac{\theta}{2})}{2} + \frac{y' \cot(\frac{\theta}{2})}{2} \\ b = -\frac{H}{2} + \frac{y}{2} + \frac{y'}{2} - \frac{x \cot(\frac{\theta}{2})}{2} + \frac{x' \cot(\frac{\theta}{2})}{2} \end{pmatrix}$$

以上から、画像表示ウィンドウ 2 8 におけるカメラ 1 3 が回転する前のスクリーン座標系 x , y およびカメラ 1 3 の回転後のスクリーン座標系 x' , y' の各々における、パターン 4 1 を含む領域の画像の中心の座標位置が求まれば、上述したカメラ 1 3 の 軸方向の回転中心と画像中心との位置ずれ量 a , b を計算することが可能となる。

【0048】

なお、カメラ 1 3 の 軸方向の回転中心と画像中心との位置ずれ量 a , b を計算するためには、画像表示ウィンドウ 2 8 におけるカメラ 1 3 が回転する前のスクリーン座標系 x , y およびカメラ 1 3 の回転後のスクリーン座標系 x' , y' において、パターン 4 1 を含む領域の画像の中心の座標位置を 2 組認識できればよい。しかしながら、上述した実施形態のように、R 軸用のカメラステージ 1 4 を 方向に 2 度回転させることによりパターン 4 1 を含む領域の画像の中心の座標位置を 3 組認識するようにした場合においては、カメラ 1 3 の 軸方向の回転中心と画像中心との位置ずれ量 a , b を 3 組計算することが可能となる。このため、これらの位置ずれ量 a , b を平均すること等により、より精度の高い計算値を得ることが可能となる。

【0049】

次に、上述したカメラ 1 3 の位置ずれ検出方法において検出したカメラ 1 3 の位置ずれ量に基づいて、特定領域をカメラ 1 3 により撮像する際のカメラ 1 3 の移動量を補正するための移動量補正方法について説明する。図 1 3 は、カメラ 1 3 の移動量を補正するための移動量補正方法の基本的な考え方を示す説明図である。

【0050】

この図に示すように、回転中心 3 1 と画像中心（対物レンズ 1 2 の中心）4 2 との間に、上述した位置ずれ量 a , b に相当する位置ずれが生じていた場合においては、特定領域を撮像するための ( x , y ) の位置に画像中心を移動させるため、下記の式 1 3 に基づいて R 軸用のカメラステージ 1 4 および 軸用のカメラステージ 1 5 を駆動させたとしても、画像中心 4 2 は ( x , y ) とは異なる座標位置に配置されることになる。このため、位置ずれ量 a , b を考慮して画像中心 4 2 を移動させる必要がある。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 1 】

【 式 1 3 】

$$\left. \begin{aligned} r &= \sqrt{x^2 + y^2} \\ \theta &= \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right) \end{aligned} \right\}$$

10

ここで、 $(r + a, b)$  の位置にある画像中心 4 2 が角度  $\theta$  だけ回転して  $(x, y)$  に移動したとすると、下記の式 1 4 が成立する。

【 0 0 5 2 】

【 式 1 4 】

$$\begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{pmatrix} r + a \\ b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

20

これを解いて  $r$  および  $\theta$  を求める。なお、これらの式からは 2 組の解が生ずるが、その一方は  $r < 0$  となるので、他方の解が求める解となる。

【 0 0 5 3 】

従って、下記の式 1 5、1 6、1 7 で求められる  $r$  および  $\theta$  に基づき、R 軸用のカメラステージ 1 4 および  $\theta$  軸用のカメラステージ 1 5 を駆動してカメラ 1 3 を移動させることにより、画像中心を正しく座標位置  $(x, y)$  に移動させることが可能となる。

30

【 0 0 5 4 】

【 式 1 5 】

$$r = -a + \sqrt{x^2 + y^2 - b^2}$$

【 式 1 6 】

40

$$\sin\theta = \frac{1}{x^2 + y^2} (-xb + y\sqrt{x^2 + y^2 - b^2})$$

【 式 1 7 】

$$\cos\theta = \frac{1}{x^2 + y^2} (-yb + x\sqrt{x^2 + y^2 - b^2})$$

なお、上述した実施形態においては、パターン 4 1 における特定位置としての中心の座標位置を測定するため、ステップ S 4 において、ステップ S 1 で撮像した画像とステップ S 3 で登録したパターン 4 1 を含む領域の画像とのパターンマッチングを行っている。しかしながら、ステップ S 3 においてステップ S 1 で撮像した画像からパターンマッチングに適したパターン 4 1 を含む領域の画像を切り出してパターン登録する時にパターン 4 1 を含む領域の画像の中心の座標位置が認識できるのであれば、最初のパターンマッチングを省略することも可能である。

10

【 0 0 5 5 】

また、上述した実施形態においては、パターン 4 1 における特定位置としてパターン 4 1 を含む領域の画像における中心位置を採用しているが、これに換えて、特定位置としてパターン 4 1 の先端位置等の他の位置を利用することも可能である。

【 0 0 5 6 】

次に、上述した撮像装置において、R 軸方向と交差する方向に対するカメラ 1 3 の傾きを検出するための傾き検出方法について説明する。

20

【 0 0 5 7 】

図 1 4 は、カメラ 1 3 により、撮像対象たる半導体ウエハ 1 6 の表面における二つの領域 3 2 a、3 2 b を撮像する状態を模式的に示す説明図である。なお、以下の説明においては、上述した第 1 実施形態と同一の部材については、同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

【 0 0 5 8 】

また、図 1 5 は傾き検出動作を示すフローチャートであり、図 1 6 は二つの領域 3 2 a、3 2 b を撮像したときの画像表示ウィンドウ 2 8 a、2 8 b と参照直線 4 4 との関係を示す説明図である。

【 0 0 5 9 】

まず、R 軸用のカメラステージ 1 4 および 軸用のカメラステージ 1 5 によりカメラ 1 3 を一方向 (R 軸方向) および回転方向 ( 軸方向) に移動させ、カメラ 1 3 を半導体ウエハ 1 6 表面における最初の領域 3 2 a を撮像可能な位置に配置する (ステップ S 1)。このとき、参照直線 4 4 が含まれる領域を領域 3 2 a として指定する。

30

【 0 0 6 0 】

ここで、参照直線 4 4 は、カメラ 1 3 の傾きを検出するために使用する直線である。この参照直線 4 4 は、半導体ウエハ 1 6 に形成されたパターンのうち、直線部分を有する図形の辺等から選択される。

【 0 0 6 1 】

次に、カメラ 1 3 により半導体ウエハ 1 6 の表面における領域 3 2 a の画像を撮像し、このときの画像表示ウィンドウ 2 8 a の両端と参照直線 4 4 との交点 4 5、4 6 の座標を、図 2 に示すコンソール 2 7 の座標点入力装置 2 9 により入力する (ステップ S 2)。

40

【 0 0 6 2 】

そして、距離 a および距離 b を求める (ステップ S 3)。

【 0 0 6 3 】

ここで、画像表示ウィンドウ 2 8 a が、参照直線 4 4 と交差する互いに平行で距離 W だけ離隔した第 1、第 2 の辺 5 1、5 2 と、これら第 1、第 2 の辺 5 1、5 2 に直交する第 3 の辺 5 3 とを備えると考えた場合、距離 a は第 1 の辺 5 1 と参照直線 4 4 の交点 4 5 と第 3 の辺 5 3 との距離であり、距離 b は第 2 の辺 5 2 と参照直線 4 4 の交点 4 6 と第 3 の辺 5 3 との距離である。

50

【 0 0 6 4 】

次に、R軸用のカメラステージ14によりカメラ13を参照直線44と交差する方向（図16におけるX方向）に移動させる（ステップS4）。

【 0 0 6 5 】

そして、カメラ13により半導体ウエハ16の表面における領域32bの画像を撮像し、このときの画像表示ウィンドウ28bの一端と参照直線44との交点47の座標を、図2に示すコンソール27の座標点入力装置29により入力する（ステップS5）。

【 0 0 6 6 】

そして、距離cを求める（ステップS6）。

【 0 0 6 7 】

ここで、上記同様、画像表示ウィンドウ28bが、参照直線44と交差する互いに平行で距離Wだけ離隔した第1、第2の辺51、52と、これら第1、第2の辺51、52に直交する第3の辺53とを備えると考えた場合、距離cは第1の辺51と参照直線44の交点47と第3の辺53との距離である。

【 0 0 6 8 】

しかる後、ステップS3で求めた距離a、bとステップS6で求めた距離cとから、カメラ13の傾きを計算する（ステップS7）。

【 0 0 6 9 】

次に、上述したカメラ13の傾きを計算するための計算式について説明する。

【 0 0 7 0 】

図16に示すように、カメラ13の移動距離をL、カメラ13の移動方向に対するカメラ13の傾きを、また、カメラ13の移動方向と参照直線44との角度をとした場合、下記の式18が成立する。

【 0 0 7 1 】

【式18】

$$\frac{a-b}{W} = \tan(\alpha - \theta) = \frac{L \sin \alpha - (c - a)}{L \cos \alpha}$$

10

20

30

この式18からsinおよびcosを未知数とする方程式をたて、これを解くと、下記の式19および式20で表される2組の解が得られる。

【 0 0 7 2 】

【式19】

$$\left\{ \begin{array}{l} \sin \alpha = \frac{W^2(-a+c) + (a-b)(L^2(a-b)^2 - W^2(a-c)^2 + L^2w^2)^{\frac{1}{2}}}{L((a-b)^2 + W^2)} \\ \cos \alpha = \frac{(a-b)(a-c) + (L^2(a-b)^2 - W^2(a-c)^2 + L^2w^2)^{\frac{1}{2}}}{L((a-b)^2 + W^2)} W \end{array} \right.$$

40

【式20】

$$\left\{ \begin{array}{l} \sin\alpha = \frac{W^2(-a+c) - (a-b)(L^2(a-b)^2 - W^2(a-c)^2 + L^2w^2)^{\frac{1}{2}}}{L((a-b)^2 + W^2)} \\ \cos\alpha = \frac{(a-b)(a-c) - (L^2(a-b)^2 - W^2(a-c)^2 + L^2w^2)^{\frac{1}{2}}}{L((a-b)^2 + W^2)} W \end{array} \right.$$

10

そして、カメラ13の角度  $\alpha$  は微小であることから、これら2組の解のうち、 $\tan(\sin/\cos)$  が小さい値をとる方の角度  $\alpha$  を、カメラ13の傾きと認定することができる。

【0073】

なお、上述した実施形態においては、画像表示ウィンドウ28a、28bの3辺が、参照直線44と交差する互いに平行で距離Wだけ離隔した第1、第2の辺と51、52と、これら第1、第2の辺51、52に直交する第3の辺53とから構成されている場合について説明しているが、画像表示ウィンドウ28a、28b内に参照直線44と交差する互いに平行で距離Wだけ離隔した第1、第2の辺と51、52と、これら第1、第2の辺51、52に直交する第3の辺53を設定するようにしてもよい。

20

【0074】

次に、上述したカメラ13の傾き検出方法において検出したカメラ13の傾きに基づいて、特定領域をカメラ13により撮像する際のカメラ13の移動量を補正するための移動量補正方法について説明する。図17は、カメラ13の移動量を補正するための移動量補正方法の基本的な考え方を示す説明図である。撮像装置におけるカメラ13が、極座標系で(R、 $\theta$ )の位置に配置されているものとする。

【0075】

なお、図17においては、カメラ13の傾斜角が0であった場合の画像表示ウィンドウ28を破線で、また、カメラ13の傾斜角が  $\alpha$  であった場合の画像表示ウィンドウ28を実線で示している。

30

【0076】

図17において、上述したステージ座標系X、Yを画像表示ウィンドウ28の中心に平行移動させた座標系(図17においてXh、Yhで示す座標系)を考えた場合、下記の式21が成立する。

【0077】

【式21】

$$\begin{pmatrix} X\alpha \\ Y\alpha \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(-(\theta + \alpha)) & -\sin(-(\theta + \alpha)) \\ \sin(-(\theta + \alpha)) & \cos(-(\theta + \alpha)) \end{bmatrix} \begin{pmatrix} X - R \cos(\theta) \\ Y - R \sin(\theta) \end{pmatrix}$$

40

一方、スクリーン座標系x、yとX、Yとの関係は、前述した式3と同様、下記の式22で表される。

【0078】

【式22】

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x - \frac{W}{2} \\ -y + \frac{H}{2} \end{pmatrix}$$

これらから、スクリーン座標系  $x, y$  とステージ座標系  $X, Y$  とに関し、下記の式 2 3 および式 2 4 に示す方程式が成立する。

【0079】

【式 2 3】

$$\begin{cases} X = (x - \frac{W}{2}) \cos(\theta + \alpha) - (-y + \frac{H}{2}) \sin(\theta + \alpha) + R \cos(\theta) \\ Y = (-y + \frac{H}{2}) \cos(\theta + \alpha) + (x - \frac{W}{2}) \sin(\theta + \alpha) + R \sin(\theta) \end{cases}$$

【式 2 4】

$$\begin{cases} x = \frac{W}{2} + X \cos(\theta + \alpha) + Y \sin(\theta + \alpha) - R \cos(\alpha) \\ y = \frac{H}{2} - Y \cos(\theta + \alpha) + X \sin(\theta + \alpha) - R \sin(\alpha) \end{cases}$$

そして、カメラ 1 3 の視野内のスクリーン座標系における  $(x, y)$  の座標に画像中心を移動させる場合においては、上記式 2 3 および式 2 4 を利用してスクリーン座標系をステージ座標系に変換した後、上述した式 1 3 により求められる  $r$  および  $\theta$  に基づき、R 軸用のカメラステージ 1 4 および  $\theta$  軸用のカメラステージ 1 5 を駆動してカメラ 1 3 を移動させることにより、画像中心を正しく座標位置  $(x, y)$  に移動させることが可能となる。

【0080】

上述した実施形態においては、いずれも、支持部材 1 7 上に固定状態で載置された半導体ウエハ 1 6 に対してカメラ 1 3 を一方向 (R 軸方向) および回転方向 ( $\theta$  軸方向) に移動させているが、固定状態のカメラ 1 3 に対して半導体ウエハ 1 6 を一方向 (R 軸方向) および回転方向 ( $\theta$  軸方向) に移動させるようにしてもよい。

【0081】

【発明の効果】

請求項 1 乃至請求項 3 に記載の発明によれば、特定の基準マークを設けることなく正確にカメラの位置ずれ量を検出することが可能となる。

【0082】

請求項 4 に記載の発明によれば、カメラの位置ずれ量の検出値を利用してカメラの移動量を補正することができ、カメラを正確な位置に移動させることが可能となる。

【0083】

請求項 5 に記載の発明によれば、特定の基準マークを設けることなく正確にカメラの傾きを検出することが可能となる。

【0084】

請求項 6 に記載の発明によれば、カメラの傾きの検出値を利用してカメラの移動量を補正

10

20

30

40

50

することができ、カメラを正確な位置に移動させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明を適用する撮像装置の側面概要図である。

【図 2】この撮像装置の主要な電氣的構成を示すブロック図である。

【図 3】カメラ 1 3 により、撮像対象たる半導体ウエハ 1 6 の表面における領域 3 2 を撮像する状態を模式的に示す説明図である。

【図 4】位置ずれ検出動作を示すフローチャートである。

【図 5】カメラ 1 3 により撮像され画像処理部 2 5 で画像処理された後、画像表示ウィンドウ 2 8 に表示された画像を示す説明図である。

【図 6】カメラ 1 3 により撮像され画像処理部 2 5 で画像処理された後、画像表示ウィンドウ 2 8 に表示された画像を示す説明図である。 10

【図 7】カメラ 1 3 により撮像され画像処理部 2 5 で画像処理された後、画像表示ウィンドウ 2 8 に表示された画像を示す説明図である。

【図 8】カメラ 1 3 により撮像され画像処理部 2 5 で画像処理された後、画像表示ウィンドウ 2 8 に表示された画像を示す説明図である。

【図 9】カメラ 1 3 により撮像され画像処理部 2 5 で画像処理された後、画像表示ウィンドウ 2 8 に表示された画像を示す説明図である。

【図 10】撮像装置におけるカメラ 1 3 が極座標系で ( R , ) の位置に配置された場合におけるステージ座標系とスクリーン座標系との位置関係を模式的に示す説明図である。

【図 11】画像表示ウィンドウ 2 8 の大きさと補助座標系の間係を示す説明図である。 20

【図 12】カメラ 1 3 が 方向に角度 だけ回転した場合における回転前のステージ座標系と回転後のステージ座標系との位置関係を模式的に示す説明図である。

【図 13】カメラ 1 3 の移動量を補正するための移動量補正方法の基本的な考え方を示す説明図である。

【図 14】カメラ 1 3 により、撮像対象たる半導体ウエハ 1 6 の表面における二つの領域 3 2 a、3 2 b を撮像する状態を模式的に示す説明図である。

【図 15】図 1 5 は傾き検出動作を示すフローチャートである。

【図 16】二つの領域 3 2 a、3 2 b を撮像したときの画像表示ウィンドウ 2 8 a、2 8 b と参照直線 4 4 との関係を示す説明図である。

【図 17】カメラ 1 3 の移動量を補正するための移動量補正方法の基本的な考え方を示す説明図である。 30

【符号の説明】

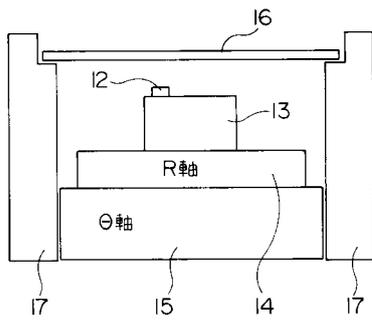
- 1 2 対物レンズ
- 1 3 カメラ
- 1 4 カメラステージ
- 1 5 カメラステージ
- 1 6 半導体ウエハ
- 1 7 支持部材
- 2 1 中央演算部
- 2 2 メモリ
- 2 3 カメラ制御部
- 2 4 フレームメモリ
- 2 5 画像処理部
- 2 6 ステージ制御部
- 2 7 コンソール
- 2 8 画像表示ウィンドウ
- 2 9 座標点入力装置
- 3 2 領域
- 4 1 パターン
- 4 2 画像中心

40

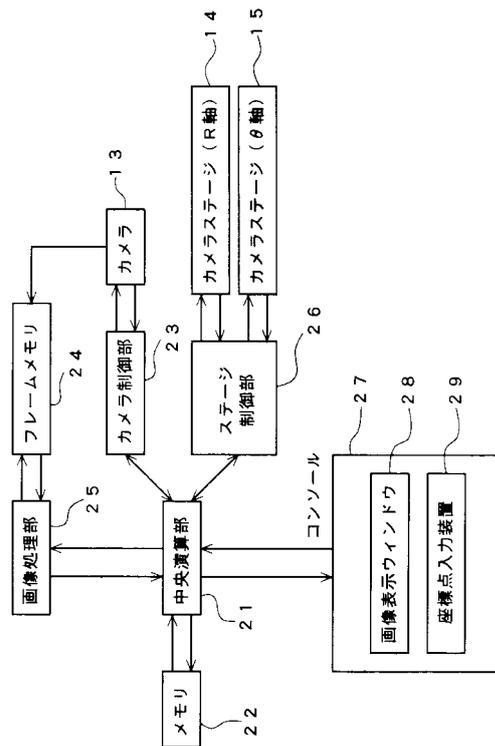
50

- 4 4 参照直線
- 5 1 第 1 の辺
- 5 2 第 2 の辺
- 5 3 第 3 の辺

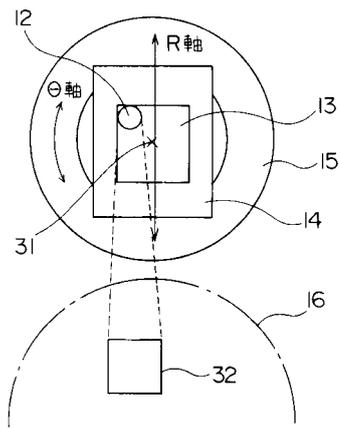
【 図 1 】



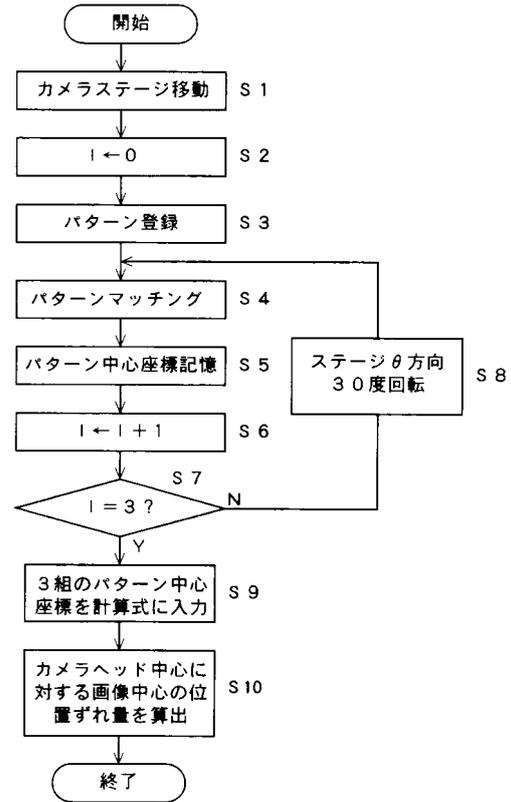
【 図 2 】



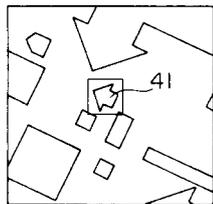
【図3】



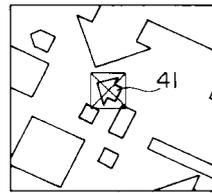
【図4】



【図5】



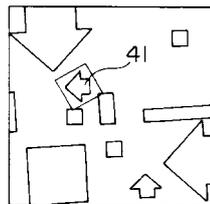
【図7】



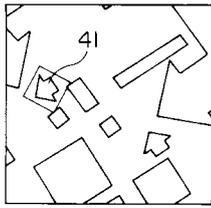
【図6】



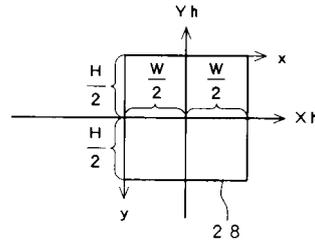
【図8】



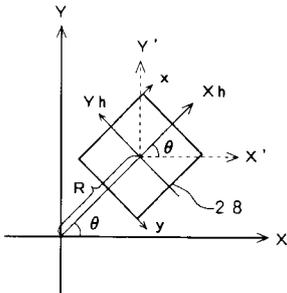
【 図 9 】



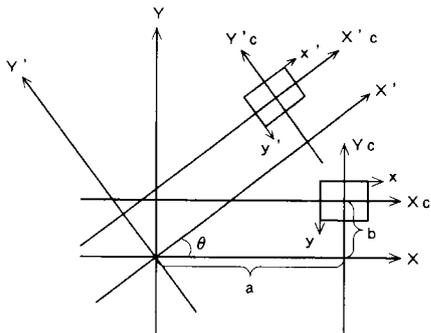
【 図 11 】



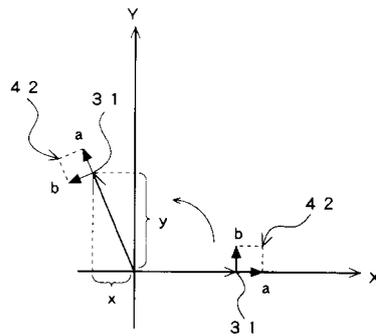
【 図 10 】



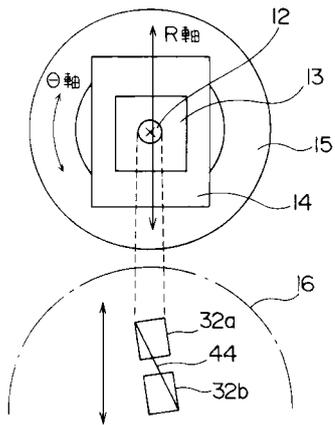
【 図 12 】



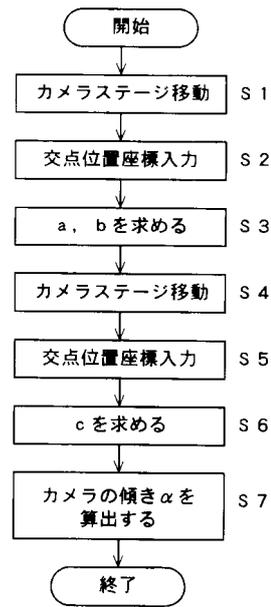
【 図 13 】



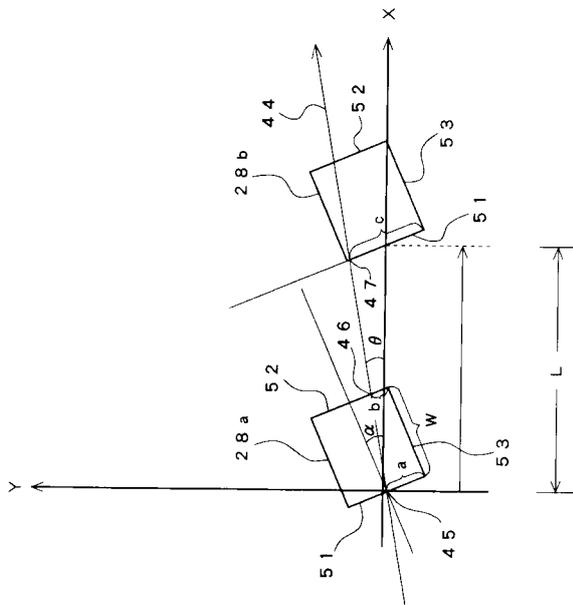
【 図 1 4 】



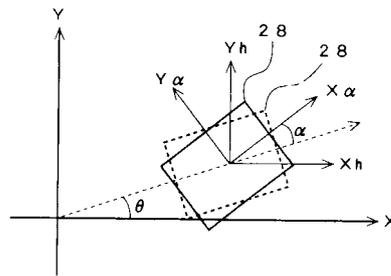
【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



【 図 1 7 】



---

フロントページの続き

審査官 岡田 卓弥

(56)参考文献 特開昭62-277503(JP,A)  
特開昭62-261005(JP,A)  
特開平7-148907(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)  
G01B11/00-11/30