

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第3634487号
(P3634487)

(45) 発行日 平成17年3月30日(2005.3.30)

(24) 登録日 平成17年1月7日(2005.1.7)

(51) Int.Cl. ⁷	F I
GO5D 3/12	GO5D 3/12 T
GO1B 11/00	GO1B 11/00 C
GO3F 9/00	GO3F 9/00 H
HO1L 21/027	HO1L 21/30 525W

請求項の数 6 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願平8-46874	(73) 特許権者 000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日 平成8年2月9日(1996.2.9)	(74) 代理人 100086287 弁理士 伊東 哲也
(65) 公開番号 特開平9-218714	(74) 代理人 100086461 弁理士 齋藤 和則
(43) 公開日 平成9年8月19日(1997.8.19)	(72) 発明者 古賀 慎一郎 神奈川県川崎市中原区今井上町53番地キ ヤノン株式会社小杉事業所内
審査請求日 平成13年6月29日(2001.6.29)	(72) 発明者 鵜澤 繁行 神奈川県川崎市中原区今井上町53番地キ ヤノン株式会社小杉事業所内
前置審査	審査官 森林 克郎
	最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 位置合せ方法、位置合せ装置、および露光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

対象物の位置合せを行う位置合せ方法であって、
第1の対象物上の複数のマークの位置を計測する第1の計測段階と、
前記第1の対象物に関し、前記第1の計測段階における複数のマークの計測位置と該複数の
マークの設計上の位置との間のずれ量を近似する前記設計位置に関する2次以上の多項
式の係数を算出する第1の算出段階と、
第2の対象物上の複数のマークの位置を計測する第2の計測段階と、
前記第2の対象物に関し、前記第1の算出段階により得られた2次以上の項の係数を、前
記第2の計測段階における複数のマークの計測位置と該複数のマークの設計上の位置との
間のずれ量を近似する前記2次以上の多項式の2次以上の項の係数として用い、前記2次
以上の多項式の1次以下の項の係数を算出する第2の算出段階と
前記第1の算出段階により得られた2次以上の項の係数と前記第2の算出段階において得
られた1次以下の項の係数とにより定まる前記2次以上の多項式を用いて算出される前記
対象物上の領域の位置ずれ量に基づいて、前記対象物を移動させる駆動段階と
を有することを特徴とする位置合せ方法。

【請求項2】

前記2次以上の多項式は、前記設計位置を(x, y)、前記ずれ量を(dx, dy)、各
項の係数を a_{00} , a_{10} , a_{01} , a_{02} , a_{30} , a_{12} , b_{00} , b_{10} , b_{01}
, b_{02} , b_{21} , b_{03} としたとき、

【数 1】

$$d_x = a_{00} + a_{10}x + a_{01}y + a_{02}y^2 + a_{30}x^3 + a_{12}xy^2$$

$$d_y = b_{00} + b_{10}x + b_{01}y + b_{20}x^2 + b_{21}x^2y + b_{03}y^3$$

であることを特徴とする請求項 1 に記載の位置合せ方法。

【請求項 3】

前記第 1 の算出段階により得られた係数 a_{30} と前記第 1 の算出段階により得られた係数 a_{10} との比、および前記第 1 の算出段階により得られた係数 b_{03} と前記第 1 の算出段階により得られた係数 b_{01} との比をそれぞれ算出する第 3 の算出段階を有し、
前記第 2 の算出段階において、前記第 3 の算出段階において得られた比と前記第 2 の算出段階により得られた係数 a_{10} および b_{01} とを用いて、前記 2 次以上の多項式の係数 a_{30} および b_{03} を算出する

10

ことを特徴とする請求項 2 に記載の位置合せ方法。

【請求項 4】

前記第 1 および第 2 の算出段階の少なくとも一方において最小自乗法により係数を算出することを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の位置合せ方法。

【請求項 5】

対象物の位置合せを行う位置合せ装置であって、
対象物上のマークの位置を計測する計測手段と、
第 1 の対象物に関し、前記計測手段による複数のマークの計測位置と前記複数のマークの設計上の位置との間のずれ量を近似する前記設計位置に関する 2 次以上の多項式の係数を算出する第 1 の算出手段と、
第 2 の対象物に関し、前記第 1 の算出手段により得られた 2 次以上の項の係数を、前記計測手段による複数のマークの計測位置と該複数のマークの設計上の位置との間のずれ量を近似する前記 2 次以上の多項式の 2 次以上の項の係数として用い、前記 2 次以上の多項式の 1 次以下の項の係数を算出する第 2 の算出手段と
前記第 1 の算出手段により得られた 2 次以上の項の係数と前記第 2 の算出手段が算出した 1 次以下の項の係数とにより定まる前記 2 次以上の多項式を用いて算出される前記第 2 の対象物上の領域の位置ずれ量に基づいて、前記第 2 の対象物を移動させる駆動手段と
を有することを特徴とする位置合せ装置。

20

30

【請求項 6】

対象物にパターンを露光する露光装置であって、
請求項 5 に記載の位置合せ装置を有することを特徴とする露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、位置合せ方法および装置に関し、特に精密な位置合せ手段を必要とする装置、例えば半導体製造装置である露光装置においてマスクやレチクル等の原板と半導体ウエハ等の基板とを精度良く位置合わせ（アライメント）する方法および装置に適用可能な位置合せ方法および装置に関する。

40

【0002】

【従来の技術】

近年、IC、LSI 等の半導体集積回路の微細化、高集積化に伴い、半導体露光装置も高精度化、高機能化等が進んでいる。特に位置合わせにおいては、原板と基板とを数 10 ナノメートルのオーダーで重ね合わせる技術が期待されている。このような半導体製造に用いる露光装置としては、ステッパやステップアンドスキャンと呼ばれる装置を用いることが多い。これらの装置は、基板（例えば半導体ウエハ）をステップ移動しながら、原板（例えばレチクル）上に形成したパターンを基板の複数箇所へ順次転写していくものである。この転写を一括で行う装置をステッパと呼び、ステージをスキャンしながら転写する装置

50

をステップアンドスキャンと呼んでいる。両者の相違は露光時の形態であり、ステップを繰り返して転写を行うという基本的な動作（ステップアンドリピート）は、両者とも同じ振る舞いをする。

【0003】

半導体露光装置における原板と基板との位置合わせには、各露光毎に露光位置の計測を行って位置合わせを行うダイバイダイアライメント方式と、あらかじめ適切な数の測定点で位置計測を行い、その結果から位置の補正式を作成して位置合わせを行うグローバルアライメント方式がある。グローバルアライメント方式は、高スループット、高精度等の位置合わせが得られる優れた方式であり、基板全域に対して同一の補正式に従った位置合わせを行うため、基板内の数点を検定すれば位置合わせの状態が判断できる等、使い勝手の上でも利点がある。

10

【0004】

ここで、グローバル方式の位置合わせ方法について簡単に説明する。グローバル方式の位置合わせは、設計上の露光位置（ x ， y ）から、

【0005】

【数2】

$$d_x' = a_{00} + a_{10}x + a_{01}y$$

$$d_y' = b_{00} + b_{10}x + b_{01}y$$

20

の補正式によりずれ量（ d_x' ， d_y' ）を求め、位置合わせを行い、露光する。ここで、 a_{00} ， b_{00} は各々ウエハ全体のX方向およびY方向の平行ずれ、 a_{10} ， b_{10} は各々ウエハのX方向およびY方向の伸び、 a_{01} ， b_{01} は各々ショット配列のX軸およびY軸の回転ずれを表す。これらの係数（以下、補正パラメータという）は、あらかじめ適切な数の測定点で位置ずれを計測し、数2式と同様の近似式にあてはめることにより求める。例えば、最小自乗法を用いて以下の方法で求めることができる。

【0006】

設計上の計測点位置を（ x_i ， y_i ）、補正した後の計測点位置を（ d_{x_i}' ， d_{y_i}' ）、計測によって得た実際の計測点位置を（ d_{x_i} ， d_{y_i} ）とすると（ただし、 i は各計測点を表す。 $i = 0 \dots k$ ， $k \geq 6$ ）、補正した後の各計測点での誤差の自乗和は、

30

【0007】

【数3】

$$E = \sum_{i=0}^k [(d_{xi}' - d_{xi})^2 + (d_{yi}' - d_{yi})^2]$$

$$= \sum_{i=0}^k [(a_{00} + a_{10}x_i + a_{01}y_i - d_{xi})^2 + (b_{00} + b_{10}x_i + b_{01}y_i - d_{yi})^2]$$

40

となり、 E を最小にする a_{00} ， a_{10} ， a_{01} ， b_{00} ， b_{10} ， b_{01} を以下の正規方程式から求めて、 a_{00} ， a_{10} ， a_{01} ， b_{00} ， b_{10} ， b_{01} の値とする。

この正規方程式は、

【0008】

【数4】

$$\frac{\partial E}{\partial a_{00}} = 0$$

$$\frac{\partial E}{\partial a_{10}} = 0$$

$$\frac{\partial E}{\partial a_{01}} = 0$$

$$\frac{\partial E}{\partial b_{00}} = 0$$

$$\frac{\partial E}{\partial b_{10}} = 0$$

$$\frac{\partial E}{\partial b_{01}} = 0$$

10

となり、すなわち、

【0 0 0 9】

【数 5】

$$\begin{bmatrix} \Sigma 1 & \Sigma x_i & \Sigma y_i \\ \Sigma x_i & \Sigma x_i^2 & \Sigma x_i y_i \\ \Sigma y_i & \Sigma x_i y_i & \Sigma y_i^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{00} \\ a_{10} \\ a_{01} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Sigma d_{xi} \\ \Sigma x_i d_{xi} \\ \Sigma y_i d_{xi} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \Sigma 1 & \Sigma x_i & \Sigma y_i \\ \Sigma x_i & \Sigma x_i^2 & \Sigma x_i y_i \\ \Sigma y_i & \Sigma x_i y_i & \Sigma y_i^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{00} \\ b_{10} \\ b_{01} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Sigma d_{yi} \\ \Sigma x_i d_{yi} \\ \Sigma y_i d_{yi} \end{bmatrix}$$

20

である。(但し、 Σ は $\Sigma_{i=0}^k$ を示す。以下同様。) この正規方程式の解は

30

【0 0 1 0】

【数 6】

$$a_{00} = \frac{c_{14}c_{16}^D_{11} - c_{15}^2D_{11} + c_{13}c_{15}^D_{12} - c_{12}c_{16}^D_{12} + c_{12}c_{15}^D_{13} - c_{13}c_{14}^D_{13}}{H_1}$$

$$a_{10} = \frac{c_{13}c_{15}^D_{11} - c_{12}c_{16}^D_{11} + c_{11}c_{16}^D_{12} - c_{13}^2D_{12} + c_{12}c_{13}^D_{13} - c_{11}c_{15}^D_{13}}{H_1}$$

$$a_{01} = \frac{c_{12}c_{15}^D_{11} - c_{13}c_{14}^D_{11} + c_{12}c_{13}^D_{12} - c_{11}c_{15}^D_{12} + c_{11}c_{14}^D_{13} - c_{12}^2D_{13}}{H_1}$$

10

$$b_{00} = \frac{c_{14}c_{16}^G_{11} - c_{15}^2G_{11} + c_{13}c_{15}^G_{12} - c_{12}c_{16}^G_{12} + c_{12}c_{15}^G_{13} - c_{13}c_{14}^G_{13}}{H_1}$$

$$b_{10} = \frac{c_{13}c_{15}^G_{11} - c_{12}c_{16}^G_{11} + c_{11}c_{16}^G_{12} - c_{13}^2G_{12} + c_{12}c_{13}^G_{13} - c_{11}c_{15}^G_{13}}{H_1}$$

20

$$b_{01} = \frac{c_{12}c_{15}^G_{11} - c_{13}c_{14}^G_{11} + c_{12}c_{13}^G_{12} - c_{11}c_{15}^G_{12} + c_{11}c_{14}^G_{13} - c_{12}^2G_{13}}{H_1}$$

となる。ただし、

【 0 0 1 1 】

【 数 7 】

$$C_{11} = \Sigma 1$$

$$C_{12} = \Sigma x_i$$

$$C_{13} = \Sigma y_i$$

$$C_{14} = \Sigma x_i^2$$

$$C_{15} = \Sigma x_i y_i$$

$$C_{16} = \Sigma y_i^2$$

10

$$D_{11} = \Sigma d_{xi}$$

$$D_{12} = \Sigma x_i d_{xi}$$

$$D_{13} = \Sigma y_i d_{xi}$$

$$G_{11} = \Sigma d_{yi}$$

$$G_{12} = \Sigma x_i d_{yi}$$

$$G_{13} = \Sigma y_i d_{yi}$$

20

$$H_1 = C_{11}C_{14}C_{16} - C_{11}C_{15}^2 - C_{12}^2C_{16} + 2C_{12}C_{13}C_{15} - C_{13}^2C_{14}$$

である。ここで、数 2 式の補正式は、ウエハの並進、回転および伸縮を誤差要素とした 1 次式である。従来グローバルアライメント方式においては、上記例に示したように 1 次式の補正式を用いる場合が多い。これは、従来の位置合わせでは、1 次式による補正でも十分な精度が達成できていたためである。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

上述したように、グローバルアライメント方式は、高スループット、高精度等の位置合わせが得られる優れた方式であり、従来の位置合わせでは、1 次式に限った補正式を用いても十分な精度が達成できる。

30

【0013】

しかし、近年の位置合せ精度の向上に伴い、従来、微小量とされていた誤差成分も無視できないものとなっている。この誤差成分としては、ウエハの 3 次倍率成分と、ステップ動作における弓なり成分などが代表的である。半導体の製造は、ウエハ上に順次製膜を繰り返して行うが、この過程で行う熱処理によってウエハの伸び縮みが発生する。この伸び縮みは、通常、1 次成分が支配的であるが、ウエハの反りを平面矯正する過程で発生すると推定される 3 次成分も観察できる。

【0014】

40

また、干渉計ミラーの平面度に起因する弓なり成分も、特に異機種間の半導体露光装置を混用する場合には無視できない誤差要因となる。こうした位置の n 次 ($n \geq 2$) に依存する誤差要因は、従来の 1 次の補正式では補正できない。このことから、上記誤差要因も補正可能な位置合せ方法、つまり高次項を含む補正式による位置合せが求められている。

【0015】

ただし、グローバルアライメント方式において高次項を含む補正式を求めるには、多くの計算時間が必要となり、高いスループットが必要となる実施形態では実用的でない場合も考えられる。このため、補正式を求める計算量を削減する方法も併せて求められている。

【0016】

これらのことから、本発明の目的は、対象物上の複数のマークの計測位置と設計上の位置

50

との間のずれ量を近似する当該設計位置に関する 2 次以上の多項式を求める時間を短縮することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】

この目的を達成するため第 1 の本発明の位置合せ方法は、対象物の位置合せを行う位置合せ方法であって、

第 1 の対象物上の複数のマークの位置を計測する第 1 の計測段階と、

前記第 1 の対象物に関し、前記第 1 の計測段階における複数のマークの計測位置と該複数のマークの設計上の位置との間のずれ量を近似する前記設計位置に関する 2 次以上の多項式の係数を算出する第 1 の算出段階と、

10

第 2 の対象物上の複数のマークの位置を計測する第 2 の計測段階と、

前記第 2 の対象物に関し、前記第 1 の算出段階により得られた 2 次以上の項の係数を、前記第 2 の計測段階における複数のマークの計測位置と該複数のマークの設計上の位置との間のずれ量を近似する前記 2 次以上の多項式の 2 次以上の項の係数として用い、前記 2 次以上の多項式の 1 次以下の項の係数を算出する第 2 の算出段階と

前記第 1 の算出段階により得られた 2 次以上の項の係数と前記第 2 の算出段階において得られた 1 次以下の項の係数とにより定まる前記 2 次以上の多項式を用いて算出される前記対象物上の領域の位置ずれ量に基づいて、前記対象物を移動させる駆動段階とを有する。

さらに、第 2 の本発明の位置合せ方法は、前記 2 次以上の多項式は、前記設計位置を (x, y)、前記ずれ量を (dx, dy)、各項の係数を a_{00} , a_{10} , a_{01} , a_{02} , a_{30} , a_{12} , b_{00} , b_{10} , b_{01} , b_{02} , b_{21} , b_{03} としたとき、

20

【数 1】

$$\begin{aligned} d_x &= a_{00} + a_{10}x + a_{01}y + a_{02}y^2 + a_{30}x^3 + a_{12}xy^2 \\ d_y &= b_{00} + b_{10}x + b_{01}y + b_{20}x^2 + b_{21}x^2y + b_{03}y^3 \end{aligned}$$

である前記位置合せ方法である。

さらに、第 3 の本発明の位置合せ方法は、前記第 1 の算出段階により得られた係数 a_{30} と前記第 1 の算出段階により得られた係数 a_{10} との比、および前記第 1 の算出段階により得られた係数 b_{03} と前記第 1 の算出段階により得られた係数 b_{01} との比をそれぞれ

30

算出する第 3 の算出段階を有し、

前記第 2 の算出段階において、前記第 3 の算出段階において得られた比と前記第 2 の算出段階により得られた係数 a_{10} および b_{01} とを用いて、前記 2 次以上の多項式の係数 a_{30} および b_{03} を算出する前記位置合せ方法である。

さらに、第 4 の本発明の位置合せ方法は、前記第 1 および第 2 の算出段階の少なくとも一方において最小自乗法により係数を算出する前記位置合せ方法である。

さらに、第 5 の本発明の位置合せ装置は、対象物の位置合せを行う位置合せ装置であって、

対象物上のマークの位置を計測する計測手段と、

第 1 の対象物に関し、前記計測手段による複数のマークの計測位置と前記複数のマークの設計上の位置との間のずれ量を近似する前記設計位置に関する 2 次以上の多項式の係数を算出する第 1 の算出手段と、

40

第 2 の対象物に関し、前記第 1 の算出手段により得られた 2 次以上の項の係数を、前記計測手段による複数のマークの計測位置と該複数のマークの設計上の位置との間のずれ量を近似する前記 2 次以上の多項式の 2 次以上の項の係数として用い、前記 2 次以上の多項式の 1 次以下の項の係数を算出する第 2 の算出手段と

前記第 1 の算出手段により得られた 2 次以上の項の係数と前記第 2 の算出手段が算出した 1 次以下の項の係数とにより定まる前記 2 次以上の多項式を用いて算出される前記第 2 の対象物上の領域の位置ずれ量に基づいて、前記第 2 の対象物を移動させる駆動手段とを有する。

50

さらに、第6の本発明の露光装置は、対象物にパターンを露光する露光装置であって、前記位置合せ装置を有する。

【0018】

高次の近似式を用いて位置の高次に依存する誤差要因を補正する補正式を求める方法について説明する。最初に、位置のX方向がn次、Y方向がm次に依存する誤差要因を含む場合、つまりX方向がn次、Y方向がm次の近似式により補正式を求める方法について説明する。

【0019】

補正量 (d_x' , d_y') を設計上の露光位置 (x_i , y_i) から、補正式数8式により、求めるとする。

10

【0020】

【数8】

$$\begin{aligned} d'_x = & a_{00} + a_{10}x + a_{01}y + \\ & a_{20}x^2 + a_{11}xy + a_{02}y^2 + \\ & \dots + a_{nm}x^n y^m + \dots \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d'_y = & b_{00} + b_{10}x + b_{01}y + \\ & b_{20}x^2 + b_{11}xy + b_{02}y^2 + \\ & \dots + b_{nm}x^n y^m + \dots \end{aligned}$$

20

この補正式の補正パラメータは、数8式と同等の近似式を、k個の設計値 (x_i , y_i) と計測ずれ量 (d_{x_i} , d_{y_i}) の組にあてはめることにより、求めることができる。具体的には、最小自乗法を用いて数9式の正規方程式を解くことによって各係数 a_{nm} , b_{nm} の値を求めることができる。

【0021】

【数9】

$$\begin{bmatrix} \Sigma 1 & \Sigma x_i & \Sigma y_i & \dots \Sigma x_i^n y_i^m \dots \\ \Sigma x_i & \Sigma x_i^2 & \Sigma x_i y_i & \dots \Sigma x_i^{n+1} y_i^m \dots \\ \Sigma y_i & \Sigma x_i y_i & \Sigma y_i^2 & \dots \Sigma x_i^n y_i^{m+1} \dots \\ \vdots & & & \\ \Sigma x_i^n y_i^m & \Sigma x_i^{m+1} y_i^n & \Sigma x_i^m y_i^{n+1} & \dots \\ \vdots & & & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{00} \\ a_{10} \\ a_{01} \\ \vdots \\ a_{nm} \\ \vdots \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Sigma d_{xi} \\ \Sigma d_{xi} X_i \\ \Sigma d_{xi} y_i \\ \vdots \\ \Sigma d_{xi} x_i^n y_i^m \\ \vdots \end{bmatrix} \quad 10$$

$$\begin{bmatrix} \Sigma 1 & \Sigma x_i & \Sigma y_i & \dots \Sigma x_i^n y_i^m \dots \\ \Sigma x_i & \Sigma x_i^2 & \Sigma x_i y_i & \dots \Sigma x_i^{n+1} y_i^m \dots \\ \Sigma y_i & \Sigma x_i y_i & \Sigma y_i^2 & \dots \Sigma x_i^n y_i^{m+1} \dots \\ \vdots & & & \\ \Sigma x_i^n y_i^m & \Sigma x_i^{m+1} y_i^n & \Sigma x_i^m y_i^{n+1} & \dots \\ \vdots & & & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{00} \\ b_{10} \\ b_{01} \\ \vdots \\ b_{nm} \\ \vdots \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Sigma d_{yi} \\ \Sigma d_{yi} X_i \\ \Sigma d_{yi} y_i \\ \vdots \\ \Sigma d_{yi} x_i^n y_i^m \\ \vdots \end{bmatrix} \quad 20$$

正規方程式の解法としては、公知のLU分解を用いた方法や掃き出し法などが一般的である。

【0022】

次に、半導体製造装置における位置合せを対象として考える。

半導体製造装置を対象とすると、各補正パラメータ a_{nm} および b_{nm} は、 a_{00} がX方向並進成分、 a_{10} がXスケール、 a_{01} がY軸回転、 a_{02} がY軸弓なり、 a_{30} が3次倍率、 a_{12} が3次倍率、 b_{00} がY方向並進成分、 b_{10} がX軸回転、 b_{01} がYスケール、 b_{20} がX軸弓なり、 b_{21} が3次倍率、 b_{03} が3次倍率を表していると考えられる。この場合、数8式に対応する式は

【0023】

【数10】

$$\begin{aligned} d'_{xi} &= a_{00} + a_{10}x_i + a_{01}y_i + \\ &\quad a_{02}y_i^2 + a_{30}x_i^3 + a_{12}x_iy_i^2 \\ d'_{yi} &= b_{00} + b_{10}x_i + b_{01}y_i + \\ &\quad b_{20}x_i^2 + b_{21}x_i^2y_i + b_{03}y_i^3 \end{aligned}$$

となり、数10式に対応する正規方程式は、数11式のようになる。

【0024】

【数11】

10

20

30

40

$$\begin{bmatrix} \Sigma 1 & \Sigma x_i & \Sigma y_i & \Sigma y_i^2 & \Sigma x_i^3 & \Sigma x_i y_i^2 \\ \Sigma x_i & \Sigma x_i^2 & \Sigma x_i y_i & \Sigma x_i y_i^2 & \Sigma x_i^4 & \Sigma x_i^2 y_i^2 \\ \Sigma y_i & \Sigma x_i y_i & \Sigma y_i^2 & \Sigma y_i^3 & \Sigma x_i^3 y_i & \Sigma x_i y_i^3 \\ \Sigma y_i^2 & \Sigma x_i y_i^2 & \Sigma y_i^3 & \Sigma y_i^4 & \Sigma x_i^3 y_i^2 & \Sigma x_i y_i^4 \\ \Sigma x_i^3 & \Sigma x_i^4 & \Sigma x_i^3 y_i & \Sigma x_i^3 y_i^2 & \Sigma x_i^6 & \Sigma x_i^4 y_i^2 \\ \Sigma x_i y_i^2 & \Sigma x_i^2 y_i^2 & \Sigma x_i y_i^3 & \Sigma x_i y_i^4 & \Sigma x_i^4 y_i^2 & \Sigma x_i^2 y_i^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{00} \\ a_{10} \\ a_{01} \\ a_{02} \\ a_{30} \\ a_{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Sigma d_{xi} \\ \Sigma d_{xi} x_i \\ \Sigma d_{xi} y_i \\ \Sigma d_{xi} y_i^2 \\ \Sigma d_{xi} x_i^3 \\ \Sigma d_{xi} x_i y_i^2 \end{bmatrix}$$

10

$$\begin{bmatrix} \Sigma 1 & \Sigma x_i & \Sigma y_i & \Sigma x_i^2 & \Sigma x_i^2 y_i & \Sigma y_i^3 \\ \Sigma x_i & \Sigma x_i^2 & \Sigma x_i y_i & \Sigma x_i^3 & \Sigma x_i^3 y_i & \Sigma x_i y_i^3 \\ \Sigma y_i & \Sigma x_i y_i & \Sigma y_i^2 & \Sigma x_i^2 y_i & \Sigma x_i^2 y_i^2 & \Sigma y_i^4 \\ \Sigma x_i^2 & \Sigma x_i^3 & \Sigma x_i^2 y_i & \Sigma x_i^4 & \Sigma x_i^4 y_i & \Sigma x_i^2 y_i^3 \\ \Sigma x_i^2 y_i & \Sigma x_i^3 y_i & \Sigma x_i^2 y_i^2 & \Sigma x_i^4 y_i & \Sigma x_i^4 y_i^2 & \Sigma x_i^2 y_i^4 \\ \Sigma y_i^3 & \Sigma x_i y_i^3 & \Sigma y_i^5 & \Sigma x_i^2 y_i^3 & \Sigma x_i^2 y_i^4 & \Sigma y_i^6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{00} \\ b_{10} \\ b_{01} \\ b_{20} \\ b_{21} \\ b_{03} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Sigma d_{yi} \\ \Sigma d_{yi} x_i \\ \Sigma d_{yi} y_i \\ \Sigma d_{yi} x_i^2 \\ \Sigma d_{yi} x_i^2 y_i \\ \Sigma d_{yi} y_i^3 \end{bmatrix}$$

20

この正規方程式を数5式および数6式と同様に解くことにより、補正パラメータ a_{02} , a_{30} , a_{12} , b_{20} , b_{21} , b_{03} 、つまり、補正式数10式を求めることができる。

【0025】

次に、計算量を削減して補正式を求める方法について説明する。

前述したように、半導体製造装置においては、上記補正パラメータの中で1次成分の補正パラメータ a_{00} , a_{10} , a_{01} , b_{00} , b_{10} , b_{01} が支配的である。このことから、最初に1次成分のみの近似を行って1次成分の補正パラメータ a_{00} , a_{10} , a_{01} , b_{00} , b_{10} , b_{01} を求め、高次成分の補正パラメータはその残差を最小にする値として求めれば、精度を保ちつつ計算時間を削減することができる。すなわち、最初に数6式により、 a_{00} , a_{10} , a_{01} , b_{00} , b_{10} , b_{01} を求め、数6式で求めた a_{00} , a_{10} , a_{01} , b_{00} , b_{10} , b_{01} を用いて、1次成分近似後の残差を最小にする数12式の正規方程式を解けば高次成分の誤差要因 a_{02} , a_{30} , a_{12} , b_{20} , b_{21} , b_{03} を求めることができる。

【0026】

【数12】

30

$$\begin{bmatrix} \Sigma y_i^4 & \Sigma x_i^3 y_i^2 & \Sigma x_i y_i^4 \\ \Sigma x_i^3 y_i^2 & \Sigma x_i^6 & \Sigma x_i^4 y_i^2 \\ \Sigma x_i y_i^4 & \Sigma x_i^4 y_i^2 & \Sigma x_i^2 y_i^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{02} \\ a_{30} \\ a_{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Sigma d_{xi} y_i^{2-a} \Sigma y_i^{2-a} \Sigma x_i y_i^{2-a} \Sigma y_i^3 \\ \Sigma d_{xi} x_i^{3-a} \Sigma x_i^{3-a} \Sigma x_i^{4-a} \Sigma x_i^3 y_i \\ \Sigma d_{xi} x_i y_i^{2-a} \Sigma x_i y_i^{2-a} \Sigma x_i^2 y_i^{2-a} \Sigma x_i y_i^3 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \Sigma y_i^4 & \Sigma x_i^4 y_i & \Sigma x_i^2 y_i^3 \\ \Sigma x_i^4 y_i & \Sigma x_i^4 y_i^2 & \Sigma x_i^2 y_i^4 \\ \Sigma x_i^2 y_i^3 & \Sigma x_i^2 y_i^4 & \Sigma y_i^6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{20} \\ b_{21} \\ b_{03} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Sigma d_{yi} x_i^{2-b} \Sigma x_i^{2-b} \Sigma x_i^{3-b} \Sigma x_i^2 y_i \\ \Sigma d_{yi} x_i^2 y_i^{2-b} \Sigma x_i^2 y_i^{2-b} \Sigma x_i^3 y_i^{2-b} \Sigma x_i^2 y_i^2 \\ \Sigma d_{yi} y_i^{3-b} \Sigma y_i^{3-b} \Sigma x_i y_i^{3-b} \Sigma y_i^5 \end{bmatrix}$$

10

この正規方程式の解は、

【 0 0 2 7 】

【 数 1 3 】

$$a_{02} = \frac{C_{24}C_{26}D_{21} - C_{25}^2D_{21} + C_{23}C_{25}D_{22} - C_{22}C_{26}D_{22} + C_{22}C_{25}D_{23} - C_{23}C_{24}D_{23}}{H_2}$$

20

$$a_{30} = \frac{C_{23}C_{25}D_{21} - C_{22}C_{26}D_{21} + C_{21}C_{26}D_{22} - C_{23}^2D_{22} + C_{22}C_{23}D_{23} - C_{21}C_{25}D_{23}}{H_2}$$

$$a_{12} = \frac{C_{22}C_{25}D_{21} - C_{23}C_{24}D_{21} + C_{22}C_{23}D_{22} - C_{21}C_{25}D_{22} + C_{21}C_{24}D_{23} - C_{22}^2D_{23}}{H_2}$$

$$b_{20} = \frac{F_{14}F_{16}G_{11} - F_{15}^2G_{11} + F_{13}F_{15}G_{12} - F_{12}F_{16}G_{12} + F_{12}F_{15}G_{13} - F_{13}F_{14}G_{13}}{I_2}$$

30

$$b_{21} = \frac{F_{13}F_{15}G_{11} - F_{12}F_{16}G_{11} + F_{11}F_{16}G_{12} - F_{13}^2G_{12} + F_{12}F_{13}G_{13} - F_{11}F_{15}G_{13}}{I_2}$$

$$b_{03} = \frac{F_{12}F_{15}G_{11} - F_{13}F_{14}G_{11} + F_{12}F_{13}G_{12} - F_{11}F_{15}G_{12} + F_{11}F_{14}G_{13} - F_{12}^2G_{13}}{I_2}$$

40

となる。ただし、

【 0 0 2 8 】

【 数 1 4 】

$$\begin{aligned}
C_{21} &= \Sigma y_i^4 \\
C_{22} &= \Sigma x_i^3 y_i^2 \\
C_{23} &= \Sigma x_i y_i^4 \\
C_{24} &= \Sigma x_i^6 \\
C_{25} &= \Sigma x_i^4 y_i^2 \\
C_{26} &= \Sigma x_i^2 y_i^4 \\
D_{21} &= \Sigma d_{x_i y_i}^2 - a_{00} \Sigma y_i^2 - a_{10} \Sigma x_i y_i^2 - a_{01} \Sigma y_i^3 \\
D_{22} &= \Sigma d_{x_i x_i}^3 - a_{00} \Sigma x_i^3 - a_{10} \Sigma x_i^4 - a_{01} \Sigma x_i^3 y_i \\
D_{23} &= \Sigma d_{x_i x_i}^2 y_i^2 - a_{00} \Sigma x_i y_i^2 - a_{10} \Sigma x_i^2 y_i^2 - a_{01} \Sigma x_i y_i^3 \\
F_{21} &= \Sigma x_i^4 \\
F_{22} &= \Sigma x_i^4 y_i \\
F_{23} &= \Sigma x_i^2 y_i^3 \\
F_{24} &= \Sigma x_i^4 y_i^2 \\
F_{25} &= \Sigma x_i^2 y_i^4 \\
F_{26} &= \Sigma y_i^6 \\
G_{21} &= \Sigma d_{y_i x_i}^2 - b_{00} \Sigma x_i^2 - b_{10} \Sigma x_i^3 - b_{01} \Sigma x_i^2 y_i \\
G_{22} &= \Sigma d_{y_i x_i}^2 y_i^2 - b_{00} \Sigma x_i^2 y_i^2 - b_{10} \Sigma x_i^3 y_i^2 - b_{01} \Sigma x_i^2 y_i^3 \\
G_{23} &= \Sigma d_{y_i y_i}^3 - b_{00} \Sigma y_i^3 - b_{10} \Sigma x_i y_i^3 - b_{01} \Sigma y_i^5 \\
H_2 &= C_{21} C_{24} C_{26} - C_{21} C_{25}^2 - C_{22}^2 C_{26} + 2 C_{22} C_{23} C_{25} - C_{23}^2 C_{24} \\
I_2 &= F_{21} F_{24} F_{26} - F_{21} F_{25}^2 - F_{22}^2 F_{26} + 2 F_{22} F_{23} F_{25} - F_{23}^2 F_{24}
\end{aligned}$$

である。

【0029】

次に、他の方法により、計算量を削減して補正式を求める方法について説明する。
半導体製造装置において、装置が同じであれば高次成分の誤差要因の変化は少ないと考えられる。このため、位置合せの高次成分の誤差要因に、あらかじめ行った位置合せでの値を用いることにより、計算量を減らす方法が考えられる。すなわち、高次成分の誤差要因の補正パラメータ a_{02} 、 a_{30} 、 a_{12} 、 b_{20} 、 b_{21} 、 b_{03} をあらかじめ行った位置合せから求めた値

【0030】

【外1】

$$\overline{a_{02}}, \overline{a_{30}}, \overline{a_{12}}, \overline{b_{20}}, \overline{b_{21}}, \overline{b_{03}}$$

として、補正式を求める。

例えば、数15式で求められる初めの数枚のウエハで求めた補正パラメータの平均値を、高次成分の誤差要因の補正パラメータとする。

【0031】

【数15】

10

20

30

40

50

$$\overline{a_{02}} = \left(\sum_{j=1}^1 a_{02j} \right) / 1$$

$$\overline{a_{30}} = \left(\sum_{j=1}^1 a_{30j} \right) / 1$$

$$\overline{a_{12}} = \left(\sum_{j=1}^1 a_{12j} \right) / 1$$

10

$$\overline{b_{20}} = \left(\sum_{j=1}^1 b_{20j} \right) / 1$$

$$\overline{b_{21}} = \left(\sum_{j=1}^1 b_{21j} \right) / 1$$

20

$$\overline{b_{03}} = \left(\sum_{j=1}^1 b_{03j} \right) / 1$$

ここで、j はあらかじめ位置合せを行ったウエハを表す。1 枚目のウエハで求めた補正パラメータを用いて（j = 1）、2 枚目以降のウエハで利用しても構わない。この時、 a_{00} 、 a_{10} 、 a_{01} 、 b_{00} 、 b_{10} 、 b_{01} は、数 16 式の正規方程式を解くことで求めることができる。

【0 0 3 2】

【数 1 6】

30

$$\begin{bmatrix} \Sigma 1 & \Sigma x_i & \Sigma y_i \\ \Sigma x_i & \Sigma x_i^2 & \Sigma x_i y_i \\ \Sigma y_i & \Sigma x_i y_i & \Sigma y_i^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{00} \\ a_{10} \\ a_{01} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Sigma d_{xi} - a_{02} \Sigma y_i^2 - a_{30} \Sigma x_i^3 - a_{12} \Sigma x_i y_i^2 \\ \Sigma d_{xi} x_i - a_{02} \Sigma x_i y_i^2 - a_{30} \Sigma x_i^4 - a_{12} \Sigma x_i^2 y_i^2 \\ \Sigma d_{xi} y_i - a_{02} \Sigma y_i^3 - a_{30} \Sigma x_i^3 y_i - a_{12} \Sigma x_i y_i^3 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \Sigma 1 & \Sigma x_i & \Sigma y_i \\ \Sigma x_i & \Sigma x_i^2 & \Sigma x_i y_i \\ \Sigma y_i & \Sigma x_i y_i & \Sigma y_i^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{00} \\ b_{10} \\ b_{01} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Sigma d_{yi} - b_{20} \Sigma x_i^2 - b_{21} \Sigma x_i^2 y_i - b_{03} \Sigma y_i^3 \\ \Sigma d_{yi} x_i - b_{20} \Sigma x_i^3 - b_{21} \Sigma x_i^3 y_i - b_{03} \Sigma x_i y_i^3 \\ \Sigma d_{yi} y_i - b_{20} \Sigma x_i^2 y_i - b_{21} \Sigma x_i^2 y_i^2 - b_{03} \Sigma y_i^4 \end{bmatrix}$$

40

この正規方程式の解は、

【0 0 3 3】

【数 1 7】

$$a_{00} = \frac{C_{34}C_{36}D_{31} - C_{35}^2D_{31} + C_{33}C_{35}D_{32} - C_{32}C_{36}D_{32} + C_{32}C_{35}D_{33} - C_{33}C_{34}D_{33}}{H_3}$$

$$a_{10} = \frac{C_{33}C_{35}D_{31} - C_{32}C_{36}D_{31} + C_{31}C_{36}D_{32} - C_{33}^2D_{32} + C_{32}C_{33}D_{33} - C_{31}C_{35}D_{33}}{H_3}$$

$$a_{01} = \frac{C_{32}C_{35}D_{31} - C_{33}C_{34}D_{31} + C_{32}C_{33}D_{32} - C_{31}C_{35}D_{32} + C_{31}C_{34}D_{33} - C_{32}^2D_{33}}{H_3}$$

10

$$b_{00} = \frac{C_{34}C_{36}G_{31} - C_{35}^2G_{31} + C_{33}C_{35}G_{32} - C_{32}C_{36}G_{32} + C_{32}C_{35}G_{33} - C_{33}C_{34}G_{33}}{H_3}$$

$$b_{10} = \frac{C_{33}C_{35}G_{31} - C_{32}C_{36}G_{31} + C_{31}C_{36}G_{32} - C_{33}^2G_{32} + C_{32}C_{33}G_{33} - C_{31}C_{35}G_{33}}{H_3}$$

$$b_{01} = \frac{C_{32}C_{35}G_{31} - C_{33}C_{34}G_{31} + C_{32}C_{33}G_{32} - C_{31}C_{35}G_{32} + C_{31}C_{34}G_{33} - C_{32}^2G_{33}}{H_3}$$

20

となる。ただし、

【 0 0 3 4 】

【 数 1 8 】

$$C_{31} = \Sigma 1$$

$$C_{32} = \Sigma x_i$$

$$C_{33} = \Sigma y_i$$

$$C_{34} = \Sigma x_i^2$$

$$C_{35} = \Sigma x_i y_i$$

$$C_{36} = \Sigma y_i^2$$

$$D_{31} = \Sigma d_{xi} - a_{02} \Sigma y_i^2 - a_{30} \Sigma x_i^3 - a_{12} \Sigma x_i y_i^2$$

$$D_{32} = \Sigma d_{xi} x_i - a_{02} \Sigma x_i y_i^2 - a_{30} \Sigma x_i^4 - a_{12} \Sigma x_i^2 y_i^2$$

$$D_{33} = \Sigma d_{xi} y_i - a_{02} \Sigma y_i^3 - a_{30} \Sigma x_i^3 y_i - a_{12} \Sigma x_i y_i^3$$

$$G_{31} = \Sigma d_{yi} - b_{20} \Sigma x_i^2 - b_{21} \Sigma x_i^2 y_i - b_{03} \Sigma y_i^3$$

$$G_{32} = \Sigma d_{yi} x_i - b_{20} \Sigma x_i^3 - b_{21} \Sigma x_i^3 y_i - b_{03} \Sigma x_i y_i^3$$

$$G_{33} = \Sigma d_{yi} y_i - b_{20} \Sigma x_i^2 y_i - b_{21} \Sigma x_i^2 y_i^2 - b_{03} \Sigma y_i^4$$

$$H_3 = C_{31}C_{34}C_{36} - C_{31}C_{35}^2 - C_{32}^2C_{36} + 2C_{32}C_{33}C_{35} - C_{33}^2C_{34}$$

40

である。

【 0 0 3 5 】

さらに、別の方法により、計算量を削減して補正式を求める方法について説明する。

50

あらかじめ行った位置合せの補正パラメータから求めた値を、直接次のウエハ以降での補正パラメータとして用いるのではなく、1次成分誤差要因と高次成分誤差要因の補正パラメータの比を次のウエハ以降の値として用いることにより、上述の方法に比べ、より精度を保つことが期待できる。具体的には、高次成分誤差要因のうち3次倍率である a_{12} および b_{21} 、Y軸弓なり成分である a_{02} 、X軸弓なりである b_{20} は装置により固定だと考えられるが、3次倍率である a_{30} および b_{03} は、Xスケールである a_{10} 、Yスケールである b_{01} に応じて変動すると考える。このため、3次倍率である a_{30} および b_{03} とXスケールである a_{10} およびYスケールである b_{01} の比を、

【0036】

【数19】

$$A = \overline{a_{30}} / \overline{a_{10}}$$

$$B = \overline{b_{03}} / \overline{b_{01}}$$

(但し、

$$\overline{a_{10}} = \left(\sum_{i=0}^{1-1} a_{10j} \right) / 1$$

$$\overline{b_{01}} = \left(\sum_{i=0}^{1-1} b_{01j} \right) / 1$$

として求めて、 a_{00} 、 a_{10} 、 a_{01} 、 b_{00} 、 b_{10} 、 b_{01} を、数20式の正規方程式を解くことで求める。

【0037】

【数20】

$$\begin{bmatrix} \Sigma 1 & \Sigma x_i + A_{30} \Sigma x_i^3 & \Sigma y_i \\ \Sigma x_i & \Sigma x_i^2 + A_{30} \Sigma x_i^4 & \Sigma x_i y_i \\ \Sigma y_i & \Sigma x_i y_i + A_{30} \Sigma x_i^3 y_i & \Sigma y_i^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{00} \\ a_{10} \\ a_{01} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Sigma d_{xi} - a_{12} \Sigma x_i y_i^2 - a_{02} \Sigma y_i^2 \\ \Sigma d_{xi} x_i - a_{12} \Sigma x_i^2 y_i^2 - a_{02} \Sigma x_i y_i^2 \\ \Sigma d_{xi} y_i - a_{12} \Sigma x_i y_i^3 - a_{02} \Sigma y_i^3 \end{bmatrix} \quad 30$$

$$\begin{bmatrix} \Sigma 1 & \Sigma x_i & \Sigma y_i + B_{03} \Sigma y_i^3 \\ \Sigma x_i & \Sigma x_i^2 & \Sigma x_i y_i + B_{03} \Sigma x_i y_i^3 \\ \Sigma y_i & \Sigma x_i y_i & \Sigma x_i^2 y_i^2 + B_{03} \Sigma y_i^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{00} \\ b_{10} \\ b_{01} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Sigma d_{yi} - b_{20} \Sigma x_i^2 - b_{21} \Sigma x_i^2 y_i \\ \Sigma d_{yi} x_i - b_{20} \Sigma x_i^3 - b_{21} \Sigma x_i^3 y_i \\ \Sigma d_{yi} y_i - b_{20} \Sigma x_i^2 y_i - b_{21} \Sigma x_i^2 y_i^2 \end{bmatrix}$$

この正規方程式の解は、

【0038】

【数21】

10

20

40

$$a_{00} = \frac{C_{44}C_{46}D_{41} - C_{45}^2D_{41} + C_{43}C_{45}D_{42} - C_{42}C_{46}D_{42} + C_{42}C_{45}D_{43} - C_{43}C_{44}D_{43}}{H_4}$$

$$a_{10} = \frac{C_{43}C_{45}D_{41} - C_{42}C_{46}D_{41} + C_{41}C_{46}D_{42} - C_{43}^2D_{42} + C_{42}C_{43}D_{43} - C_{41}C_{45}D_{43}}{H_4}$$

$$a_{01} = \frac{C_{42}C_{45}D_{41} - C_{43}C_{44}D_{41} + C_{42}C_{43}D_{42} - C_{41}C_{45}D_{42} + C_{41}C_{44}D_{43} - C_{42}^2D_{43}}{H_4}$$

10

$$b_{00} = \frac{F_{44}F_{46}G_{41} - F_{45}^2G_{41} + F_{43}F_{45}G_{42} - F_{42}F_{46}G_{42} + F_{42}F_{45}G_{43} - F_{43}F_{44}G_{43}}{I_4}$$

$$b_{10} = \frac{F_{43}F_{45}G_{41} - F_{42}F_{46}G_{41} + F_{41}F_{46}G_{42} - F_{43}^2G_{42} + F_{42}F_{43}G_{43} - F_{41}F_{45}G_{43}}{I_4}$$

$$b_{01} = \frac{F_{42}F_{45}G_{41} - F_{43}F_{44}G_{41} + F_{42}F_{43}G_{42} - F_{41}F_{45}G_{42} + F_{41}F_{44}G_{43} - F_{42}^2G_{43}}{I_4}$$

20

となる。ただし、

【 0 0 3 9 】

【 数 2 2 】

$$C_{41} = \Sigma 1$$

$$C_{42} = \Sigma x_i + A_{30} \Sigma x_i^3$$

$$C_{43} = \Sigma y_i$$

$$C_{44} = \Sigma x_i^2 + A_{30} \Sigma x_i^4$$

$$C_{45} = \Sigma x_i y_i$$

$$C_{46} = \Sigma y_i^2$$

$$F_{41} = \Sigma 1$$

$$F_{42} = \Sigma x_i$$

$$F_{43} = \Sigma y_i + B_{03} \Sigma y_i^3$$

$$F_{44} = \Sigma x_i^2$$

$$F_{45} = \Sigma x_i y_i + B_{03} \Sigma x_i y_i^3$$

$$F_{46} = \Sigma x_i^2 y_i^2 + B_{03} \Sigma y_i^4$$

$$D_{41} = \Sigma d_{xi} - a_{12} \Sigma x_i y_i^2 - a_{02} \Sigma y_i^2$$

$$D_{42} = \Sigma x_i d_{xi} - a_{12} \Sigma x_i^2 y_i^2 - a_{02} \Sigma x_i y_i^2$$

$$D_{43} = \Sigma y_i d_{xi} - a_{12} \Sigma x_i y_i^3 - a_{02} \Sigma y_i^3$$

$$G_{41} = \Sigma d_{yi} - b_{20} \Sigma x_i^2 - b_{21} \Sigma x_i^2 y_i$$

$$G_{42} = \Sigma x_i d_{yi} - b_{20} \Sigma x_i^3 - b_{21} \Sigma x_i^3 y_i$$

$$G_{43} = \Sigma y_i d_{yi} - b_{20} \Sigma x_i^2 y_i - b_{21} \Sigma x_i^2 y_i$$

$$H_4 = C_{41} C_{44} C_{46} - C_{41} C_{45}^2 - C_{42}^2 C_{46} + 2 C_{42} C_{43} C_{45} - C_{43}^2 C_{44}$$

$$I_4 = F_{41} F_{44} F_{46} - F_{41} F_{45}^2 - F_{42}^2 F_{46} + 2 F_{42} F_{43} F_{45} - F_{43}^2 F_{44}$$

10

20

30

である。

【0040】

本発明は、以上説明した位置合せ方法、位置合せ装置、および露光装置を含むものである。

【0041】

【発明の実施の形態】

[実施形態1]

ステップアンドリピートタイプの半導体製造用露光装置に対し、本発明を適用した場合の第1の実施形態の概略図を図1に示す。 40

【0042】

図1において、Rは原板であるレチクル、Wは基板であるウエハ、1は投影光学系である。また、Sは位置合せ用光学系であり、2は位置合せ用照明手段、3はビームスプリッタ、4は結像光学系、5は撮像手段である。6はA/D変換手段、7は積算手段、8は位置検出手段、9は制御手段、10はステージ駆動手段、11は2次元に移動可能なXYステージである。H1は補正式作成手段、12は3次近似手段である。図1では、X方向の位置を検出する位置合せ用光学系Sのみを示しているが、これと同様な不図示の位置合せ用光学系を搭載しており、Y方向の位置を検出する。また、積算手段7、位置検出手段8、制御手段9、補正式作成手段H1はボードコンピュータや汎用計算機で実現可能であり、 50

同一の装置を共用しても構わない。もちろん、各々を専用の電子回路で実現しても構わない。図1に示した半導体製造用露光装置は、レチクルRとウエハWの相対的な位置合わせをした後、不図示の露光照明光源から露光光を照射し、レチクルR上に形成してある電子回路パターンを、投影光学系1を介してXYステージ11上に載置したウエハWに投影露光する。図3にウエハにおける露光領域の一例を、図4に計測に用いる露光領域の一例を示す。

【0043】

次に、図1の装置における、レチクルRとウエハWの相対的な位置合わせおよび露光の手順について説明する。また、図2にグローバルアライメント方式により位置合わせおよび露光を行う場合の手順の一例をフローチャートで示す。以下、図2に沿って本発明を適用した位置合わせ方法、露光の方法および装置の実施形態について説明する。

10

【0044】

最初にステップS1において、不図示のウエハ搬送装置により、ウエハWをXYステージ11に載置する。

【0045】

ステップS2において、制御手段9は図4における1番目の計測ショットS1に形成してある位置合せ用マーク M_{1x} が、位置合せ用光学系Sの視野範囲内に位置するように、ステージ駆動装置10に対してコマンドを送り、XYステージ11を駆動する。

ステップS3において、マーク M_{1x} の位置を以下の手順で計測する。

【0046】

20

最初に、非露光光を照射する位置合せ用照明装置2から照射した光束により、ビームスプリッタ3、レチクルRおよび投影光学系1を介して位置合せ用マーク M_{1x} （以下、ウエハマークという）を照明する。図6はウエハマーク M_{1x} を示したものであり、同一形状の矩形パターンを複数配置したものである。ウエハマーク M_{1x} から反射した光束は、再度投影光学系1およびレチクルRを介してビームスプリッタ3に到達し、ここで反射して結像光学系4を介して撮像装置5の撮像面上にウエハマーク M_{1x} の像 W_M を形成する。撮像装置5において、マーク M_{1x} の像を光電変換し、A/D変換装置6において、2次元のデジタル信号列に変換する。図1の積算装置7は、図6に示すように、A/D変換装置6によりデジタル信号化したウエハマーク像 W_M に対して処理ウィンドウ W_P を設定し、該ウィンドウ内において、図6に示すY方向に移動平均処理を行い、2次元画像信号を1次元のデジタル信号列 $S(x)$ に変換する。図1の位置検出装置8は、積算装置7から出力した1次元のデジタル信号列 $S(x)$ に対し、あらかじめ記憶しておいたテンプレートパターンを用いてパターンマッチングを行い、最もテンプレートパターンとの類似度が高い $S(x)$ の座標位置を制御手段9に対して出力する。この出力信号は、撮像装置5の撮像面を基準としたマーク位置であるため、制御手段9は、あらかじめ不図示の方法により求めた撮像装置5とレチクルRとの相対的な位置から、ウエハマーク M_{1x} のレチクルRに対するずれ量 d_{x1} を算出する。

30

【0047】

以上のようにして1番目の計測ショットのX方向の位置ずれ量を計測する。次に、制御手段9は、1番目の計測ショットのY方向計測用マーク M_{1y} がY方向用位置合せ光学系の視野範囲に入るように、XYステージ11を駆動する。ここでX方向計測と同様な手順でY方向の位置ずれ量 d_{y1} を計測する。以上で、計測ショットS1での計測が終了する。以降、制御手段9は、同様にXYステージ11を各計測位置に移動し、1番目と同様な手順でXおよびY方向の位置ずれ量を計測する。

40

【0048】

以下同様に、ステップS4において、あらかじめ定めた計測ショット数 k (> 6) 分の計測が終了したと判定するまで、ステップS2とステップS3を繰り返し、各々の計測ショットでの計測位置ずれ量 d_{x1} および d_{y1} ($i = 1, 2, \dots, k$) を記憶する。

【0049】

以後、ステップS5とステップS6においては、ステップS3で計測した各計測ショット

50

での位置ずれ量から、以下に示す手順でウエハWのレチクルRに対する相対的な位置合わせを行う。

【0050】

ステップS5においては、図5に示すように、3次近似手段12において、あらかじめ指定してある各計測ショットでの設計上のマーク位置(x_i , y_i)と、ステップS3で計測した各計測ショットでの位置ずれ量(d_{xi} , d_{yi})から数11式の正規方程式を解くことにより、補正パラメータ a_{00} , a_{10} , a_{01} , a_{02} , a_{30} , a_{12} , b_{00} , b_{10} , b_{01} , b_{20} , b_{21} , b_{03} を算出して制御手段9へ出力する。正規方程式は、公知のLU分解を用いる方法や掃き出し法などにより解くことができる。

【0051】

ステップS6においては、制御手段9の制御により、ステップS5で求めた補正パラメータ a_{00} , a_{10} , a_{01} , a_{02} , a_{30} , a_{12} , b_{00} , b_{10} , b_{01} , b_{20} , b_{21} , b_{03} を係数に持つ数10式により補正量(d_{xi}' , d_{yi}')を算出し、この値に基づきXYステージ11を駆動して、ウエハW上に形成する全ショットの露光を行う。

【0052】

ステップS7においては、不図示のウエハ搬送装置により、ウエハWをXYステージ11から排出する。上記ステップS1からステップS7までの操作を、ステップS8において露光ウエハが終了したと判断するまで続ける。

【0053】

以上、位置の高次に依存する誤差要因を含む補正式を用いて位置合わせを行うことにより、より高い位置合せ精度が期待できる。また、上記処理で求めた補正パラメータから、 a_{00} によりX方向並進成分、 a_{10} によりXスケール、 a_{01} によりY軸回転、 a_{02} によりY軸弓なり、 a_{30} と a_{12} により3次倍率、 b_{00} によりY方向並進成分、 b_{10} によりX軸回転、 b_{01} によりYスケール、 b_{20} によりX軸弓なり、 b_{21} と b_{03} により3次倍率、の位置合せの状態が判断できる効果が期待できる。

【0054】

[実施形態2]

ステップアンドリピートタイプの半導体製造用露光装置に対し、本発明を適用した場合の第2の実施形態の概略図を図7に示す。本実施形態は、誤差要因を1次近似した後、残差を3次近似して位置合わせを行うことにより、高い位置合せ精度を保ちつつ、計算量の削減をするものである。

【0055】

図7において、13は1次近似手段、14は残差3次近似手段、H2はこれらの近似手段を有する補正式作成手段である。他の装置や手段および動作は、実施形態1と同様である。また、積算手段7、位置検出手段8、制御手段9および補正式作成手段H2は、ボードコンピュータや汎用計算機で実現可能であり、同一の装置を共用しても構わない。もちろん、各々を専用の電子回路を用いて実現しても構わない。

【0056】

次に、図7の装置におけるレチクルRとウエハWの相対的な位置合せおよび露光の手順について説明する。図7の装置においても、実施形態1と同様に、図2に示すフローチャートで、グローバルアライメント方式による位置合わせおよび露光が可能である。ただし、図2のステップS5では、図8に示す動作をする。

以下、図8に沿って、図2のステップS5について説明する。

【0057】

図8におけるステップS21においては、1次近似手段13において、あらかじめ指定してある各計測ショットでの設計上のマーク位置(x_i , y_i)と、ステップS3で計測した各計測ショットでの位置ずれ量(d_{xi} , d_{yi})から数6式を用いて補正パラメータ a_{00} , a_{10} , a_{01} , b_{00} , b_{10} , b_{01} を算出し、制御手段9と残差3次近似手段14へ出力する。

10

20

30

40

50

【0058】

ステップS22においては、残差3次近似手段14において、あらかじめ指定してある各計測ショットでの設計上のマーク位置(x_i , y_i)、ステップS3で計測した各計測ショットでの位置ずれ量(d_{x_i} , d_{y_i})、ステップS21で求めた補正パラメータ a_{00} , a_{10} , a_{01} , b_{00} , b_{10} , b_{01} から数13式を用いて、補正パラメータ a_{02} , a_{30} , a_{12} , b_{20} , b_{21} , b_{03} を算出して制御手段9へ出力する。

【0059】

以上、誤差要因を1次近似した後、残差を3次近似して位置合せを行うことにより、高い位置合せ精度を保ちつつ、計算量の削減が期待できる。

【0060】

10

〔実施形態3〕

ステップアンドリピートタイプの半導体製造用露光装置に対し、本発明を適用した場合の第3の実施形態の概略図を図9に示す。本実施形態は、初めの数枚目以降のウエハにおいて、初めの数枚目までのウエハで算出した補正パラメータを用いることにより、高い位置合せ精度を保ちつつ、さらに計算量の削減をするものである。

【0061】

図9において、15は第1の実施形態における補正式作成手段H1または第2の実施形態における補正式作成手段H2、16は補正パラメータ記憶手段、17は高次パラメータ固定1次近似手段である。H3はこれらの手段で構成された補正式作成手段である。他の装置や手段および動作は第1の実施形態と同様である。また、積算手段7、位置検出手段8、制御手段9および補正式作成手段H3は、ボードコンピュータや汎用計算機で実現可能であり、同一の装置を共用しても構わない。もちろん、各々を専用の電子回路を用いて実現しても構わない。

20

【0062】

次に、図9の装置におけるレチクルRとウエハWの相対的な位置合せおよび露光の手順について説明する。図9の装置においても、第1の実施形態と同様に、図2に示すフローチャートで、グローバルアライメント方式により、位置合せおよび露光が可能である。ただし、図2のステップS5では、図10に示す動作をする。図10に沿って、図2のステップS5について説明する。

【0063】

30

図10におけるステップS31では、現在露光しているウエハが指定枚数(2枚以上)以降であるかを判定し、指定枚数以降でなければステップS32へ、指定枚数以降であればステップS34へ進む。

【0064】

図10におけるステップS32では、第1の実施形態における図2のステップS5または第2実施形態における図2のステップS5と同様に、補正式作成手段15は、あらかじめ指定してある各計測ショットでの設計上のマーク位置(x_i , y_i)と、ステップS3で計測した各計測ショットでの位置ずれ量(d_{x_i} , d_{y_i})から、補正パラメータ a_{00} , a_{10} , a_{01} , a_{02} , a_{30} , a_{12} , b_{00} , b_{10} , b_{01} , b_{20} , b_{21} , b_{03} を算出して制御手段9へ出力する。加えて a_{02} , a_{30} , a_{12} , b_{20} , b_{21} , b_{03} を補正パラメータ記憶手段16へ出力する。

40

【0065】

図10におけるステップS33では、このステップS32で算出した a_{02} , a_{30} , a_{12} , b_{20} , b_{21} , b_{03} を補正パラメータ記憶手段16が記憶する。

【0066】

図10におけるステップS34では、補正パラメータ記憶手段16から補正パラメータ a_{02} , a_{30} , a_{12} , b_{20} , b_{21} , b_{03} を読み込み、高次補正パラメータの平均値

【0067】

【外2】

50

$$\overline{a_{02}}, \overline{a_{30}}, \overline{a_{12}}, \overline{b_{20}}, \overline{b_{21}}, \overline{b_{03}}$$

が算出済であれば、これを高次補正パラメータ固定1次近似手段17へ出力する。高次補正パラメータの平均値が算出済でなければ、数15式により、算出し記憶したうえ、高次補正パラメータ固定1次近似手段17へ出力する。

【0068】

図10におけるステップS35では、高次パラメータ固定1次近似手段17において、あらかじめ指定してある各計測ショットでの設計上のマーク位置(x_i , y_i)、ステップS3で計測した各計測ショットでの位置ずれ量(d_{xi} , d_{yi})、ステップS34 10
で求めた

【0069】

【外3】

$$\overline{a_{02}}, \overline{a_{30}}, \overline{a_{12}}, \overline{b_{20}}, \overline{b_{21}}, \overline{b_{03}}$$

から数17式を用いて、補正パラメータ a_{00} , a_{10} , a_{01} , b_{00} , b_{10} , b_{01} を算出して制御手段9へ出力する。

【0070】

以上、初めの数枚目以降のウェハにおいて、初めの数枚目までのウェハで算出した補正パラメータを用いることにより、高い位置合せ精度を保ちつつ、さらに計算量の削減が期待 20
できる。

【0071】

[実施形態4]

ステップアンドリピータタイプの半導体製造用露光装置に対し、本発明を適用した場合の第4の実施形態の概略図を図11に示す。本実施形態は、初めの数枚目以降のウェハにおいて、初めの数枚目までのウェハで算出した補正パラメータ比を用いることにより、高い位置合せ精度を保ちつつ、さらに計算量の削減をするものである。

【0072】

図11において、18は第1の実施形態における補正式作成手段H1または第2の実施形態における補正式作成手段H2、19は補正パラメータ比記憶手段、20は高次補正パラメータ比固定1次近似手段、21は高次補正パラメータ近似手段である。H4はこれらの手段で構成された補正式作成手段である。他の装置や手段および動作は第1の実施形態と同様である。また、積算手段7、位置検出手段8、制御手段9および他の補正式作成手段H4は、ボードコンピュータや汎用計算機で実現可能であり、同一の装置を共用しても構 30
わない。もちろん、各々を専用の電子回路を用いて実現しても構わない。

【0073】

次に、図11の装置におけるレチクルRとウェハWの相対的な位置合せおよび露光の手順について説明する。図11の装置においても、第1の実施形態と同様に、図2に示すフローチャートでグローバルアライメント方式により、位置合せおよび露光が可能である。た 40
だし、図2のステップS5では、図12に示す動作をする。図12に沿って、図2のステップS5について説明する。

【0074】

図12におけるステップS41では、現在露光しているウェハが指定枚数(2枚以上)以降であるかを判定し、指定枚数以降でなければステップS42へ、指定枚数以降であればステップS44へ進む。

【0075】

図12におけるステップS42では、第1の実施形態における図2のステップS5または第2の実施形態における図2のステップS5と同様に、補正式作成手段18は、あらかじめ指定してある各計測ショットでの設計上のマーク位置(x_i , y_i)と、ステップ 50

S 3で計測した各計測ショットでの位置ずれ量 (d_{xi} , d_{yi}) から、補正パラメータ a_{00} , a_{10} , a_{01} , a_{02} , a_{30} , a_{12} , b_{00} , b_{10} , b_{01} , b_{20} , b_{21} , b_{03} を算出して制御手段 9 へ出力する。加えて a_{10} , a_{01} , a_{02} , a_{30} , a_{12} , b_{10} , b_{01} , b_{20} , b_{21} , b_{03} を補正パラメータ比記憶手段 19 へ出力する。

【0076】

図 12 におけるステップ S 43 では、補正パラメータ比記憶手段 19 において、ステップで算出した a_{10} , a_{01} , a_{02} , a_{30} , a_{12} , b_{10} , b_{01} , b_{20} , b_{21} , b_{03} を記憶する。

【0077】

図 12 におけるステップ S 44 では、補正パラメータ比記憶手段 19 から、補正パラメータ a_{10i} , a_{01i} , a_{02i} , a_{30i} , a_{12i} , b_{10i} , b_{01i} , b_{20i} , b_{21i} , b_{03i} を読み込み、高次補正パラメータの平均値

【0078】

【外 4】

$$\overline{a_{02}}, \overline{a_{12}}, \overline{b_{20}}, \overline{b_{21}}$$

および高次補正パラメータ比 A_{30} , B_{03} が算出済であれば、これらを高次補正パラメータ比固定 1 次近似手段 20 へ出力する。高次補正パラメータ平均値および比が算出済でなければ、数 15 式および数 19 式により、算出し記憶したうえ、高次パラメータ比固定 1 次近似手段 20 および高次補正パラメータ算出手段 21 へ出力する。

【0079】

図 12 におけるステップ S 45 では、高次補正パラメータ比固定 1 次近似手段 20 において、あらかじめ指定してある各計測ショットでの設計上のマーク位置 (x_i , y_i)、ステップ S 3 で計測した各計測ショットでの位置ずれ量 (d_{xi} , d_{yi})、ステップ S 44 で求めた高次補正パラメータの平均値

【0080】

【外 5】

$$\overline{a_{02}}, \overline{a_{12}}, \overline{b_{20}}, \overline{b_{21}}$$

および高次補正パラメータ比 A_{30} , B_{03} から数 21 式を用いて、補正パラメータ a_{00} , a_{10} , a_{01} , b_{00} , b_{10} , b_{01} を算出して制御手段 9 および高次補正パラメータ算出手段 21 へ出力する。

【0081】

図 12 におけるステップ S 46 では、高次パラメータ算出手段 21 において、高次補正パラメータの平均値

【0082】

【外 6】

$$\overline{a_{02}}, \overline{a_{12}}, \overline{b_{20}}, \overline{b_{21}}$$

を a_{02} , a_{12} , b_{20} , b_{21} の値とし、高次補正パラメータ比 A_{30} , B_{03} から

【0083】

【数 23】

10

20

30

40

$$a_{30} = A_{30} a_{10}$$

$$b_{03} = B_{03} b_{01}$$

により補正パラメータ a_{30} , b_{03} を算出して制御手段 9 へ出力する。

【0084】

以上、初めの数枚目以降のウエハにおいて、初めの数枚目までのウエハで算出した補正パラメータ比を用いることにより、高い位置合せ精度を保ちつつ、さらに計算量の削減が期待できる。

10

【0085】

【発明の効果】

以上述べたように本発明によれば、対象物上の複数のマークの計測位置と設計上の位置との間のずれ量を近似する当該設計位置に関する 2 次以上の多項式を求め時間を短縮することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態に係る半導体露光装置の構成を示す図である。

【図 2】図 1 の装置における位置合わせおよび露光手順を例示するフローチャートである。

。

【図 3】ウエハにおける露光領域の一例を示す図である。

20

【図 4】計測に用いる露光領域の一例を示す図である。

【図 5】図 2 における補正式算出手順を例示するフローチャートである。

【図 6】図 4 における計測マークを例示する図である。

【図 7】本発明の第 2 の実施形態に係る半導体露光装置の構成を示す図である。

【図 8】図 7 の装置における補正式算出手順を例示するフローチャートである。

【図 9】本発明の第 3 の実施形態に係る半導体露光装置の構成を例示する図である。

【図 10】図 9 の装置における補正式算出手順を例示するフローチャートである。

【図 11】本発明の第 4 の実施形態に係る半導体露光装置の構成を例示する図である。

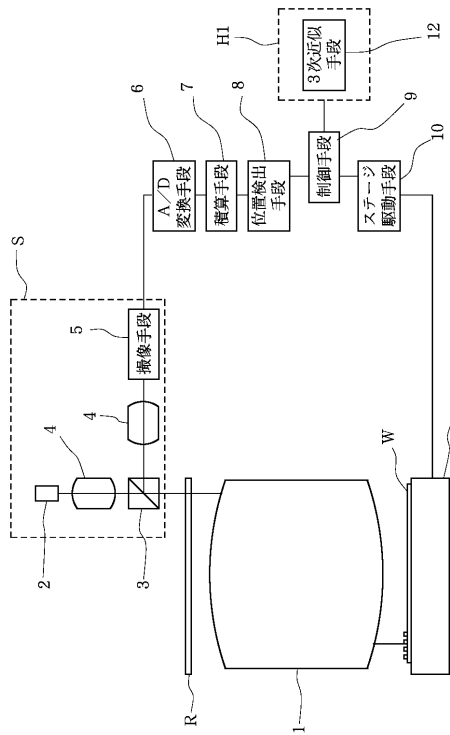
【図 12】図 11 の装置における補正式算出手順を例示する他のフローチャートである。

【符号の説明】

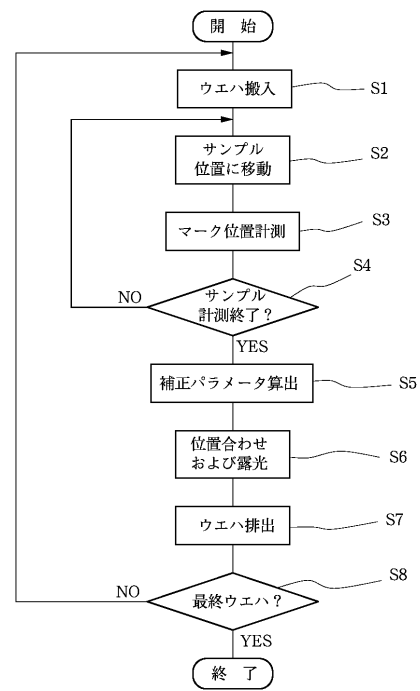
30

1：投影光学系、2：位置合せ用照明手段、3：ビームスプリッタ、4：結像光学系、5：撮像手段、6：A/D変換手段、7：積算手段、8：位置検出手段、9：制御手段、10：ステージ駆動手段、11：XYステージ、12：3次近似手段、13：1次近似手段、14：残差3次近似手段、15：補正式作成手段、16：補正パラメータ記憶手段、17：高次パラメータ固定1次近似手段、18：補正式作成手段、19：補正パラメータ比記憶手段、20：高次補正パラメータ比固定1次近似手段、21：高次補正パラメータ近似手段、R：レチクル、S：位置合せ用光学系、W：ウエハ、H1, H2, H3, H4：補正式作成手段。

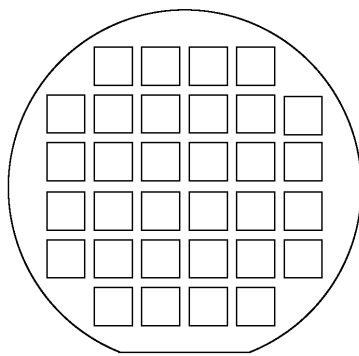
【図 1】



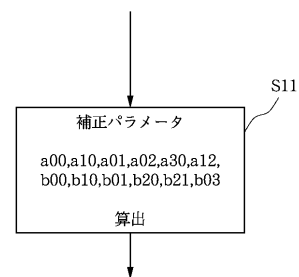
【図 2】



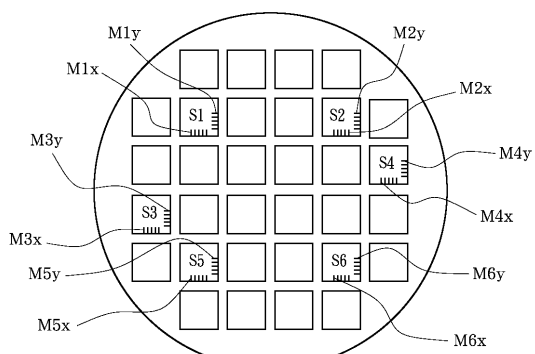
【図 3】



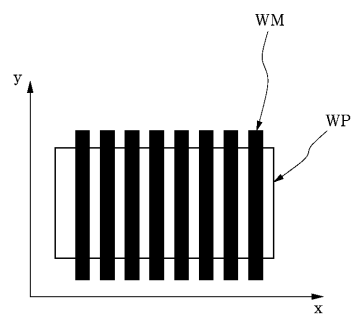
【図 5】



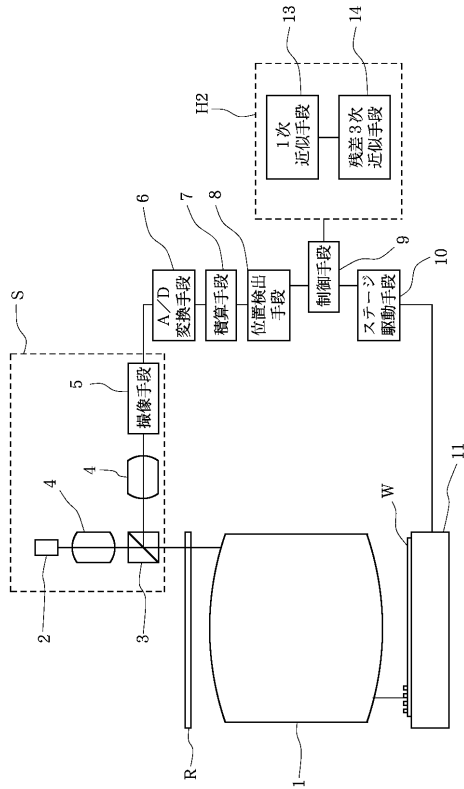
【図 4】



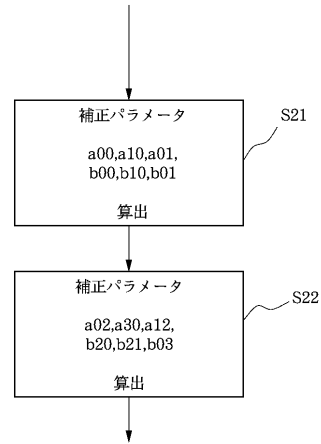
【図 6】



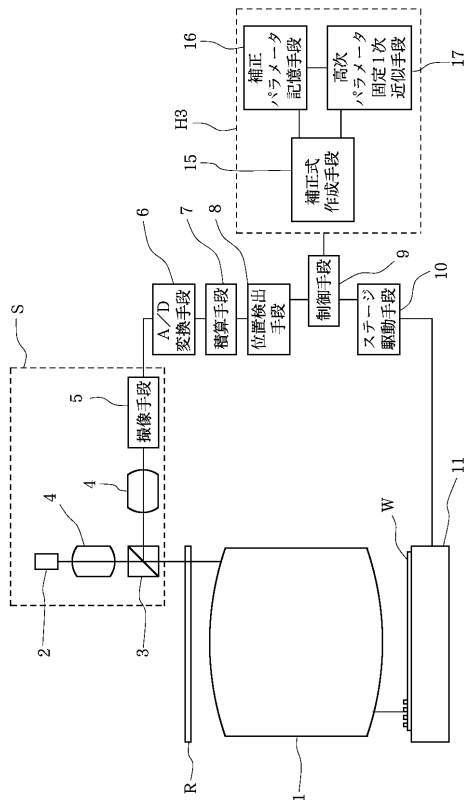
【図 7】



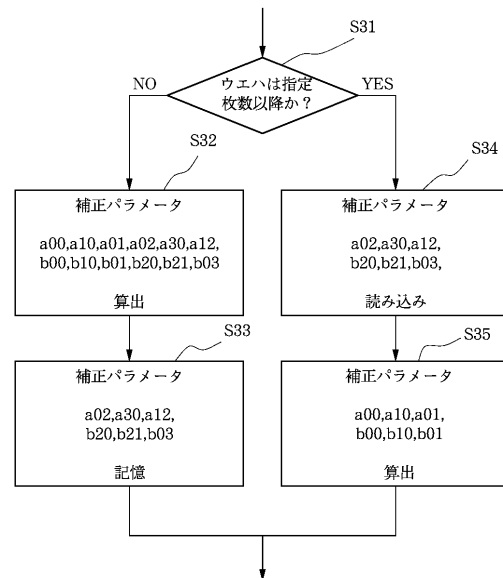
【図 8】



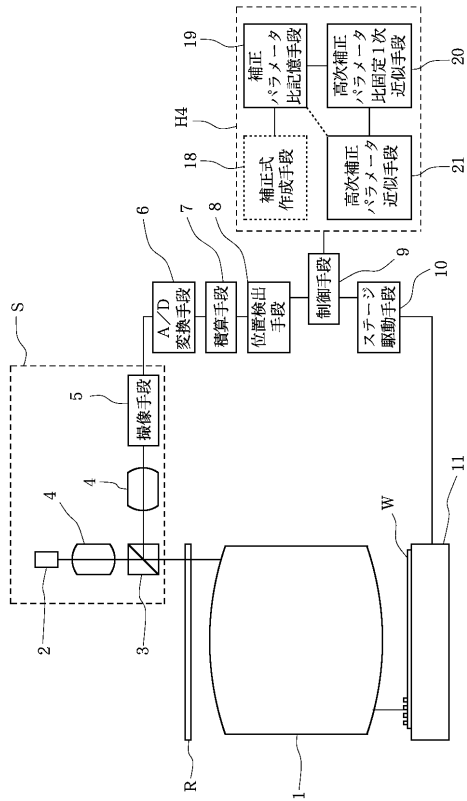
【図 9】



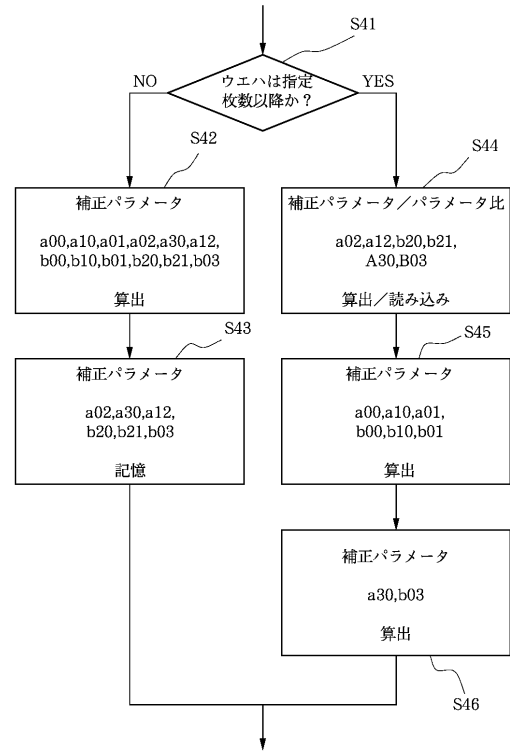
【図 10】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平05-217848 (JP, A)
特開平06-252027 (JP, A)
特開平02-054103 (JP, A)
特開平03-096219 (JP, A)
特開平05-144698 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

G05D3/00-3/20、
G05B11/00-13/04、
G01B11/00-11/30、
G03F9/00-9/02、
H01L21/30