

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3595707号  
(P3595707)

(45) 発行日 平成16年12月2日(2004.12.2)

(24) 登録日 平成16年9月10日(2004.9.10)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F I

H O 1 L 21/027  
G O 3 F 9/00

H O 1 L 21/30 5 2 5 W  
G O 3 F 9/00 H

請求項の数 11 (全 26 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平10-319876 (22) 出願日 平成10年10月23日(1998.10.23) (65) 公開番号 特開2000-133579(P2000-133579A) (43) 公開日 平成12年5月12日(2000.5.12) 審査請求日 平成15年12月25日(2003.12.25)</p> <p>早期審査対象出願</p>	<p>(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</p> <p>(74) 代理人 100086287 弁理士 伊東 哲也</p> <p>(72) 発明者 古賀 慎一郎 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ ノン株式会社内</p> <p>(72) 発明者 鶴澤 繁行 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ ノン株式会社内</p> <p>審査官 岩本 勉</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 露光装置および露光方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被処理基板上の複数の被処理領域のうち複数の代表領域それぞれの代表点の位置ずれ量を計測する計測手段と、  
前記位置ずれ量を近似する、位置に関し2次以上の多項式を求めることにより、前記複数の被処理領域それぞれの代表点の位置ずれ量を求める第1の計算手段と、  
前記複数の被処理領域それぞれについて、前記多項式の値の変化量に基づいて、当該被処理領域の代表点の位置ずれ量とは異なる当該被処理領域の位置誤差を求める第2の計算手段と  
を具備することを特徴とする露光装置。

10

【請求項2】

前記位置ずれ量および前記位置誤差に基づいて、前記複数の被処理領域それぞれと露光パターンとの位置合わせを行う位置合わせ手段を具備することを特徴とする請求項1記載の露光装置。

【請求項3】

前記第2の計算手段は、前記多項式の値の位置に関する微分値から前記位置誤差を求めることを特徴とする請求項1または2記載の露光装置。

【請求項4】

前記位置誤差が、前記被処理領域の倍率、回転およびスキューの少なくとも1つに関するものであることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の露光装置。

20

## 【請求項 5】

前記位置合わせ手段は、基板ステージ、原板ステージ、および投影レンズの少なくとも一つを用いて前記位置合わせを行うことを特徴とする請求項 2 記載の露光装置。

## 【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の露光装置を用いて基板にパターンを露光する露光工程を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

## 【請求項 7】

被処理基板上の複数の被処理領域のうち複数の代表領域それぞれの代表点の位置ずれ量を計測する計測工程と、

前記位置ずれ量を近似する、位置に関し 2 次以上の多項式を求めることにより、前記複数の被処理領域それぞれの代表点の位置ずれ量を求める第 1 の計算工程と、

前記複数の被処理領域それぞれについて、前記多項式の値の変化量に基づいて、当該被処理領域の代表点の位置ずれ量とは異なる当該被処理領域の位置誤差を求める第 2 の計算工程と

を具備することを特徴とする露光方法。

## 【請求項 8】

前記位置ずれ量および前記位置誤差に基づいて、前記複数の被処理領域それぞれと露光パターンとの位置合わせを行う位置合わせ工程を具備することを特徴とする請求項 7 記載の露光方法。

## 【請求項 9】

前記第 2 の計算工程において、前記多項式の値の位置に関する微分値から前記位置誤差を求めることを特徴とする請求項 7 または 8 記載の露光方法。

## 【請求項 10】

前記位置誤差が、前記被処理領域の倍率、回転およびスキューの少なくとも一つに関するものであることを特徴とする請求項 7 ~ 9 のいずれかに記載の露光方法。

## 【請求項 11】

前記位置合わせ工程において、基板ステージ、原板ステージ、および投影レンズの少なくとも一つを用いて前記位置合わせを行うことを特徴とする請求項 8 記載の露光方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体デバイスや液晶デバイス等の製造に用いられる露光装置および露光方法に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

近年、IC や LSI 等の半導体集積回路の微細化、高集積化に伴い、高い位置合わせ精度が必要となってきた。半導体露光装置では、1 枚の被処理基板上に複数の原板の像を露光する方法として、ステップアンドリピートもしくはステップアンドスキャンと呼ばれる方法が採用されている。この様な場合、位置合わせ方法としては、例えば特公平 7 - 120621 に記載されているグローバル位置合わせ法が用いられている。この方法は被処理基板上の複数のサンプルショット中の計測用マークの位置計測情報から、統計的手法によって、各々のショット位置を算出している。

## 【0003】

## 【発明が解決しようとしている課題】

ところで、本発明者らの知見によると、最近の精度向上に伴って、ショットの位置誤差だけでなく、ショットごとの倍率や回転やスキューなど誤差成分（以下、ショット内誤差成分という）も全体の位置精度に大きく影響するようになってきている。このショット内誤差成分の要因としては、被処理基板の非線形な変形や、成膜時の誤差等が考えられる。従来はこのショット内誤差成分を補正しないか、もしくは被処理基板内でショット位置によらず、一定のものとして補正していた。本発明は、ショット位置に応じた誤差成分であ

10

20

30

40

50

るショット内誤差成分を求めることができ、かつ従来方法と同等のスループットでアライメント計測が行なえる方式を提供することを目的とする。

【0004】

【課題を解決するための手段および作用】

上記の目的を達成するため、本発明の露光装置は、被処理基板上の複数の被処理領域のうち複数の代表領域それぞれの代表点の位置ずれ量を計測する計測手段と、前記位置ずれ量を近似する、位置に関し2次以上の多項式を求めることにより、前記複数の被処理領域それぞれの代表点の位置ずれ量を求める第1の計算手段と、前記複数の被処理領域それぞれについて、前記多項式の値の変化量に基づいて、当該被処理領域の代表点の位置ずれ量とは異なる当該被処理領域の位置誤差を求める第2の計算手段とを具備することを特徴とする。

10

【0005】

複数の被処理領域(ショット)のうち複数の代表領域(サンプルショット)それぞれの代表点の位置ずれ量を位置に関し2次以上の多項式で近似することにより、異常値除去や平均化効果が期待でき、実質的な補正精度の向上が計れるとともに、当該多項式の値の変化量から前記位置誤差を求めることにより、代表領域の代表点の計測だけで、複数の被処理領域それぞれの被処理領域内誤差成分を補正できるため、スループットを従来方法と同等にできる。

【0006】

本発明の露光方法は、被処理基板上の複数の被処理領域のうち複数の代表領域それぞれの代表点の位置ずれ量を計測する計測工程と、前記位置ずれ量を近似する、位置に関し2次以上の多項式を求めることにより、前記複数の被処理領域それぞれの代表点の位置ずれ量を求める第1の計算工程と、前記複数の被処理領域それぞれについて、前記多項式の値の変化量に基づいて、当該被処理領域の代表点の位置ずれ量とは異なる当該被処理領域の位置誤差を求める第2の計算工程とを具備することを特徴とする。

20

【0009】

【発明の実施の形態】

本発明に係る実施の形態では、各ショットのショット内誤差は、各ショット位置における位置ずれ量の変化量に等しいと仮定して各ショットのショット内誤差を推定する。具体的には、X方向の位置ずれ量のX方向に対する変化量(微分値)からX方向のショット倍率補正量を、Y方向の位置ずれ量のY方向に対する変化量(微分値)からY方向のショット倍率補正量を、X方向の位置ずれ量のY方向に対する変化量(微分値)からX方向のショット回転量を、Y方向の位置ずれ量のX方向に対する変化量(微分値)からY方向のショット回転量を算出する。

30

【0010】

また、従来の方法では、サンプルショットの計測値(位置ずれ量)から、各ショット位置(x, y)での位置ずれ量(d'x, d'y)を例えば以下に示す1次の補正式を用いて近似し、算出していた。

【0011】

【数1】

$$d'_x = a_{00} + a_{10}x + a_{01}y \quad (1)$$

$$d'_y = b_{00} + b_{10}x + b_{01}y \quad (2)$$

40

ここで、 $a_{00}$ ,  $b_{00}$  は各々ウエハ全体のx方向、y方向の平行ずれ、 $a_{10}$ ,  $b_{10}$  は各々ウエハのx方向、y方向の伸び、 $a_{01}$ ,  $b_{01}$  は各々ショット配列のx軸、y軸の回転ずれを表わす。

【0012】

これに対し、本実施の形態では、位置ずれ量の変化量を求めるため、サンプルショットの計測値(位置ずれ量)から、各ショット位置(x, y)での位置ずれ量(d'x, d'y)

50

$y$ ) を 2 次以上の補正式 (例えば以下に示す 3 次式) を用いて近似し、算出する。

【 0 0 1 3 】

【 数 2 】

$$d'_{xi} = a_{00} + a_{10}x_i + a_{01}y_i + a_{02}y_i^2 + a_{30}x_i^3 + a_{12}x_i y_i^2 \quad (3)$$

$$d'_{yi} = b_{00} + b_{10}x_i + b_{01}y_i + b_{20}x_i^2 + b_{21}x_i^2 y_i + b_{03}y_i^3 \quad (4)$$

ここで、各補正パラメータ  $a_{nm}$ 、 $b_{nm}$  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 次倍率を表わす。その後、この 2 次以上 (例えば 3 次) の補正式の変化量 (各ショット位置での微分値) からショット内誤差を算出する。

【 0 0 1 4 】

本実施の形態によれば、アライメントを従来方法と同等のスループット、つまり各サンプルショット X および Y 方向各々 1 回以上の計測で、ショット内誤差成分の補正も可能であり、サンプルショット内の複数点の位置ずれを計測することによるサンプルショット内誤差推定補正方式と同等のアライメント精度が期待できる。

【 0 0 1 6 】

【 実施例 】

以下、図面を用いて本発明の実施例を説明する。

(第 1 の実施例)

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、本発明の第 2 の局面を適用した場合の実施例の概略図を図 1 に示す。

図 1 において、1 は投影光学系、2 はマーク位置検出手段、3 は露光装置の制御を行なう制御手段、4 は 2 次元に移動可能な X Y ステージ、5 は原板であるレチクル、6 は基板であるウエハ、7 はレチクルを微小移動可能なレチクルステージである。図 1 では、x 方向の位置を検出する x 方向用マーク位置検出手段 2 のみを示しているが、y 方向の位置を検出するために、これと同様な不図示の y 方向用マーク位置検出手段も搭載しているものとする。図 1 に示した半導体製造用露光装置は、レチクル 5 とウエハ 6 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 5 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 X Y ステージ 4 上に載置したウエハ 6 に、ステップアンドリピート方式で投影露光する。図 3 にウエハにおける露光領域と計測ショットの一例を、図 4 に各計測ショットでの計測マークの一例を示す。

【 0 0 1 7 】

次に、図 1 の装置における、レチクル 5 とウエハ 6 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。図 2 に、位置合わせおよび露光の手順に、本発明を適用した一例をフローチャートで示す。

【 0 0 1 8 】

最初にステップ A 1 では、不図示のウエハ搬送装置により、ウエハ 6 を X Y ステージ 4 に載置する。

ステップ A 2 において、制御手段 3 は図 3 における 1 番目の計測ショット S 1 に形成してある図 4 に示す位置合わせ用マーク  $L_x$  が、マーク位置検出手段 2 の視野範囲内に位置するよう、X Y ステージ 4 を駆動する。

【 0 0 1 9 】

ステップ A 3 では、マーク  $L_x$  の位置を以下の手順で計測する。

最初に、マーク位置検出手段 2 内にある非露光光を照射する位置合わせ用照明装置から照射し、投影光学系 1 を介して、位置合わせ用マーク  $L_x$  (以降ウエハマークと称する) を照明する。図 5 はウエハマーク  $L_x$  を示したものであり、同一形状の矩形パターンを

10

20

30

40

50

複数配置したものである。ウエハマーク  $L_x$  から反射した光束は、再度投影光学系 1 を介してマーク位置検出手段 2 に到達する。ここでマーク位置検出手段 2 内にある撮像装置上にウエハマーク  $L_x$  の像  $N$  を形成する。

撮像装置においてマーク  $L_x$  の像を光電変換し、A/D変換装置 6 でウエハマーク像  $N$  をデジタル信号  $F(x)$  に変換する。次に、予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ない、マークの中心位置を計測し、制御手段 3 に出力する。ここで求めたマーク中心位置は、撮像装置の撮像面を基準としたマーク位置であるため、制御手段 3 は、予め不図示の方法により求められている撮像装置とレチクル 5 との相対的な位置から、ウエハマーク  $L_x$  のレチクル 5 に対するずれ量  $X_1$  を算出する。

以下同様に、計測用マーク  $L_y$  に対し、位置ずれ量  $Y_1$  を計測および算出する。

10

【0020】

ここでは、各計測ショットにおいて  $x$   $y$  両方向各々 1 箇所の計測を行なって各計測ショットの位置ずれ量を算出したが、勿論、 $x$   $y$  両方向で複数箇所の計測を行なって各計測ショットの位置ずれ量を算出しても構わない。

【0021】

以下同様に、ステップ A 4 で、予め定めた計測ショット数分の計測を行なうまでステップ A 2 とステップ A 3 を繰り返し、各々の計測ショットでの計測位置ずれ量  $X_2 \dots X_n$ 、 $Y_2 \dots Y_n$  を算出する。

【0022】

次に、ステップ A 5 において、ステップ A 3 で計測した各計測ショットでの計測位置ずれ量から、各ショットのショット内誤差（ショット回転とショット倍率）およびシフト量（位置ずれ量）を以下の手順で算出する。

20

1. ウエハ全体の倍率補正量、回転量およびシフト量を、ウエハ上の位置に対する高次の近似式を用いて算出する。

2. 上記高次の近似式から、各ショットにおける倍率補正量、回転量およびシフト量を算出する。

【0023】

ステップ A 6 では、ステップアンドリピート方式で各ショットを露光する。この際、各ショット毎に、露光に先立ち、ステップ A 5 で算出した各ショットのショット内誤差成分およびシフト量を、以下に示す補正手段を組み合わせることで補正し、ウエハ 6 のレチクル 5 に対する相対的な位置合わせを行なう。

30

【0024】

以下に、ステップアンドリピートタイプの露光装置における、ショット内誤差成分およびシフト量の補正手段の一例を示す。

1.  $XY$  ステージ 4 を駆動することにより、各ショットのシフト量を補正する。

2. 投影レンズ 1 内の不図示の浮上レンズを上下方向に駆動する投影倍率補正手段により、各ショットのショット倍率を補正する。この駆動手段は、例えば特許第 2 5 1 6 1 9 4 号に記載されている方法を応用することで、実現できる。

3.  $XY$  ステージ 4 とレチクルステージ 7 とを相対的に回転する相対回転補正手段により、各ショットのショット回転を補正する。

40

4. 投影レンズ 1 内の不図示のアルバレスレンズを駆動するディストーション補正手段により、各ショットのショット回転を補正する。このアルバレスレンズを駆動してディストーションを補正する方法は、特願平 1 0 - 2 4 2 0 4 8 号に詳述されている。

【0025】

ステップ A 7 では、不図示のウエハ搬送装置により、ウエハ 6 を  $XY$  ステージ 4 から排出する。

さらに A 1 から A 7 のステップを、ステップ A 8 で最終ウエハと判断するまで続ける。

以上、本発明を位置合わせおよび露光の手順に適用した一例について説明した。

【0026】

次に、各計測ショットの計測値から、各ショットのショット内誤差（ショット回転とシ

50

ット倍率補正量)およびシフト量(位置ずれ量)を算出する方法について述べる。本実施例では、ウエハ全体の倍率補正量、回転量およびシフト量をウエハ上の位置に対して高次の近似式を用いて算出し、各ショットにおける倍率補正量、回転量およびシフト量を近似的に求める。

## 【0027】

最初に、各計測ショットの計測値から、ウエハ全体の倍率補正量、回転量およびシフト量である、X軸方向シフト量 $a_{00}$ 、X軸方向1次倍率補正量 $a_{10}$ 、Y軸回転 $a_{01}$ 、Y軸弓なり成分 $a_{02}$ 、3次倍率 $a_{30}$ 、 $a_{12}$ 、pY方向シフト量 $b_{00}$ 、X軸方向回転 $b_{10}$ 、Y軸方向1次倍率補正量 $b_{01}$ 、X軸弓なり $b_{20}$ 、3次倍率 $b_{21}$ 、 $b_{03}$ を求める方法について述べる。ここで、ウエハ中心を原点とした場合の各ショット中心位置( $x, y$ )における、x方向とy方向のシフト量(位置ずれ量)をX, Yとすると、以下の式が成り立つと考える。

## 【0028】

## 【数3】

$$X(x, y) = a_{00} + a_{10}x + a_{01}y + a_{02}y^2 + a_{30}x^3 + a_{12}xy^2 \quad (5)$$

$$Y(x, y) = b_{00} + b_{10}x + b_{01}y + b_{20}x^2 + b_{21}x^2y + b_{03}y^3 \quad (6)$$

この式の係数 $a_{00}$ 、 $a_{10}$ 、 $a_{01}$ 、 $a_{02}$ 、 $a_{30}$ 、 $a_{12}$ および $b_{00}$ 、 $b_{10}$ 、 $b_{01}$ 、 $b_{20}$ 、 $b_{21}$ 、 $b_{03}$ は、6点以上の計測ショットの計測値があれば求めることができる。具体的には、1個の計測ショットの設計中心位置( $x_i, y_i$ )とずれ量である計測値( $X_i, Y_i$ )を用いて、最小自乗近似法により以下の正規方程式を解くことによって各係数の値を求めることができる。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。

## 【0029】

## 【数4】

$$\begin{bmatrix} \Sigma 1 & \Sigma x_i & \Sigma y_i & \Sigma y_i^2 & \Sigma x_i^3 & \Sigma x_i y_i^2 \\ \Sigma x_i & \Sigma x_i^2 & \Sigma x_i y_i & \Sigma x_i y_i^2 & \Sigma x_i^4 & \Sigma x_i^2 y_i^2 \\ \Sigma y_i & \Sigma x_i y_i & \Sigma y_i^2 & \Sigma y_i^3 & \Sigma x_i^3 y_i & \Sigma x_i y_i^3 \\ \Sigma y_i^2 & \Sigma x_i y_i^2 & \Sigma y_i^3 & \Sigma y_i^4 & \Sigma x_i^3 y_i^2 & \Sigma x_i y_i^4 \\ \Sigma x_i^3 & \Sigma x_i^4 & \Sigma x_i^3 y_i & \Sigma x_i^3 y_i^2 & \Sigma x_i^6 & \Sigma x_i^4 y_i^2 \\ \Sigma x_i y_i^2 & \Sigma x_i^2 y_i^2 & \Sigma x_i y_i^3 & \Sigma x_i y_i^4 & \Sigma x_i^4 y_i^2 & \Sigma x_i^2 y_i^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{00} \\ a_{10} \\ a_{01} \\ a_{02} \\ a_{30} \\ a_{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Sigma X_i \\ \Sigma X_i x_i \\ \Sigma X_i y_i \\ \Sigma X_i y_i^2 \\ \Sigma X_i x_i^3 \\ \Sigma X_i x_i y_i^2 \end{bmatrix} \quad (7)$$

10

20

30

40

$$\begin{bmatrix} \Sigma 1 & \Sigma x_i & \Sigma y_i & \Sigma x_i^2 & \Sigma x_i^2 y_i & \Sigma y_i^3 \\ \Sigma x_i & \Sigma x_i^2 & \Sigma x_i y_i & \Sigma x_i^3 & \Sigma x_i^3 y_i & \Sigma x_i y_i^3 \\ \Sigma y_i & \Sigma x_i y_i & \Sigma y_i^2 & \Sigma x_i^2 y_i & \Sigma x_i^2 y_i^2 & \Sigma y_i^4 \\ \Sigma x_i^2 & \Sigma x_i^3 & \Sigma x_i^2 y_i & \Sigma x_i^4 & \Sigma x_i^4 y_i & \Sigma x_i^2 y_i^3 \\ \Sigma x_i^2 y_i & \Sigma x_i^3 y_i & \Sigma x_i^2 y_i^2 & \Sigma x_i^4 y_i & \Sigma x_i^4 y_i^2 & \Sigma x_i^2 y_i^4 \\ \Sigma y_i^3 & \Sigma x_i y_i^3 & \Sigma y_i^5 & \Sigma x_i^2 y_i^3 & \Sigma x_i^2 y_i^4 & \Sigma y_i^6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{00} \\ b_{10} \\ b_{01} \\ b_{20} \\ b_{21} \\ b_{03} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Sigma Y_i \\ \Sigma Y_i x_i \\ \Sigma Y_i y_i \\ \Sigma Y_i x_i^2 \\ \Sigma Y_i x_i^2 y_i \\ \Sigma Y_i y_i^3 \end{bmatrix} \quad (8)$$

10

## 【 0 0 3 0 】

次に、ウエ八全体の倍率補正量、回転量およびシフト量から、各ショットのショット内誤差（ショット回転とショット倍率補正量）およびシフト量を算出する。本実施例では、各ショットのショット内誤差は、各ショット位置における位置ずれ量の変化量に等しいと仮定し、各ショットのショット内誤差を推定する。具体的には、以下の式に示すように、X方向の位置ずれ量のX方向に対する変化量（微分値）からX方向のショット倍率補正量  $M_x(x, y)$  を、Y方向の位置ずれ量のY方向に対する変化量（微分値）からY方向の

20

## 【 0 0 3 1 】

## 【 数 5 】

$$M_x(x, y) = \frac{d X(x, y)}{d x} \quad (9)$$

$$= a_{10} + 3 a_{30} x^2 + a_{12} y^2 \quad (10)$$

30

$$M_y(x, y) = \frac{d Y(x, y)}{d y} \quad (11)$$

$$= b_{01} + 3 b_{21} x^2 + b_{03} y^2 \quad (12)$$

$$\theta_x(x, y) = \frac{d X(x, y)}{d y} \quad (13)$$

$$= a_{01} + 2 a_{02} y + 2 a_{12} x y \quad (14)$$

40

$$\theta_y(x, y) = \frac{d Y(x, y)}{d x} \quad (15)$$

$$= b_{10} + 2 b_{21} x + 2 b_{03} x y \quad (16)$$

## 【 0 0 3 2 】

以上、各計測ショット中心位置の計測値から、ショット内誤差（ショット回転とショット倍率補正量）とシフト量を算出する方法について述べた。

50

これまで述べてきたように、各計測ショット中心位置の計測値からショット内誤差（ショット回転  $x$  ,  $y$  とショット倍率補正量  $M_x$  ,  $M_y$  ）とシフト量  $X$  ,  $Y$  を算出し、露光時の重ね合わせ誤差を補正することにより、高精度な位置合わせが期待できる。また、この補正は各計測ショットの中心位置の計測だけで実現できるため、スループットへの影響も少ない。

### 【0033】

（第2の実施例）

ステップアンドスキャンタイプの半導体製造用露光装置に対し、本発明の第2の局面を適用した場合の実施例の概略図を図6に示す。

### 【0034】

図6において、1は投影光学系、2はマーク位置検出手段、3は露光装置の制御を行なう制御手段、4は2次元に移動可能なXYステージ、5は原板であるレチクル、6は基板であるウエハである。8はレチクルをスキャン移動可能なレチクルスキャンステージである。ここで、図6では、 $x$ 方向の位置を検出するマーク位置検出手段のみを図示したが、これと同様な不図示の $y$ 方向位置検出用のマーク位置検出手段を搭載しており、 $y$ 方向の位置を検出する。図6に示した半導体製造用露光装置は、レチクル5とウエハ6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5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4上に載置したウエハ6に、ステップアンドスキャン方式で投影露光する。図3にウエハにおける露光領域と計測ショットの一例を、図4に各計測ショットでの計測マークの一例を示す。

### 【0035】

次に、図6の装置における、レチクル5とウエハ6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。図7は、位置合わせおよび露光の手順に、本発明を適用した一例をフローチャートで示す。

### 【0036】

最初にステップB1では、不図示のウエハ搬送装置により、ウエハ6をXYステージ4に載置する。

ステップB2において、制御手段3は図3における1番目の計測ショットS1に形成してある、図4に示す位置合わせ用マーク  $L_x$  が、マーク位置検出手段2の視野範囲内に位置するよう、XYステージ4を駆動する。

### 【0037】

ステップB3では、マーク  $L_x$  の位置を以下の手順で計測する。

最初に、マーク位置検出手段2内にある非露光光を照射する位置合わせ用照明装置から照射し、投影光学系1を介して、位置合わせ用マーク  $L_x$  （以降ウエハマークと称する）を照明する。図5はウエハマーク  $L_x$  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  $L_x$  から反射した光束は、再度投影光学系を介してマーク位置検出手段に到達する。ここでマーク位置検出手段内にある撮像装置上にウエハマーク  $L_x$  の像を形成する。

### 【0038】

撮像装置においてマーク  $L_{x1}$  の像を光電変換し、A/D変換装置6にてウエハマーク像をデジタル信号  $F(x)$  に変換する。次に、予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ない、マークの中心位置を計測し、制御手段3に出力する。ここで求めたマーク中心位置は、撮像装置の撮像面を基準としたマーク位置であるため、制御手段3は、予め不図示の方法により求めた撮像装置とレチクル5との相対的な位置から、ウエハマーク  $L_x$  のレチクル5に対するずれ量  $X_1$  を算出する。

### 【0039】

以下同様に、計測用マーク  $L_y$  に対し、位置ずれ量  $Y_1$  を計測および算出する。ここでは、各計測ショットにおいて  $x$   $y$  両方向各々1箇所の計測を行なって各計測ショットの位置ずれ量を算出したが、勿論、 $x$   $y$  両方向で複数箇所の計測を行なって各計測ショットの位置ずれ量を算出しても構わない。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 0 】

以下同様に、ステップ B 4 で、予め定めた計測ショット数分の計測を行なうまでステップ B 2 とステップ B 3 を繰り返し、各々の計測ショットでの計測位置ずれ量  $Y_1$ 、 $Y_2$ 、 $\dots$ 、 $Y_n$  を算出する。

## 【 0 0 4 1 】

次に、ステップ B 5 において、ステップ B 3 で計測した各計測ショットでの計測位置ずれ量から、各ショットのショット内誤差（ショット回転とショット倍率）およびシフト量（位置ずれ量）を以下の手順で算出する。

1. ウエハ全体の倍率補正量、回転量およびシフト量を、ウエハ上の位置に対する高次の近似式を用いて算出する。
2. 高次の近似式から、各ショットにおける倍率補正量、回転量およびシフト量を算出する。

10

## 【 0 0 4 2 】

ステップ B 6 では、ステップアンドスキャン方式で各ショットを露光する。すなわち、レチクルスキャンステージ 8 と X Y ステージ 4 を同期させながらスキャンして露光する。この時、露光に先立ちおよび露光中に、各ショット毎に、ステップ B 6 で算出した各ショットのショット内誤差成分およびシフト量を、以下に示す補正手段を組み合わせることで補正し、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なう。

## 【 0 0 4 3 】

以下に、ステップアンドスキャンタイプの露光装置における、ショット内誤差成分およびシフト量の補正手段の一例を示す。

20

1. X Y ステージ 4 を駆動することにより、各ショットのシフト量を補正する。
2. 投影レンズ 1 内の不図示の浮上レンズを上下方向に駆動する投影倍率補正手段により、各ショットのショット倍率を補正する。この駆動手段は、例えば特許第 2 5 1 6 1 9 4 号に記載されている方法を応用することで、実現できる。
3. X Y ステージ 4 とレチクルステージ 7 とを相対的に回転する相対回転補正手段により、各ショットのショット回転を補正する。

## 【 0 0 4 4 】

4. 投影レンズ 1 内の不図示のアルバレスレンズを駆動するディストーション補正手段により、各ショットのショット回転を補正する。このアルバレスレンズを駆動してディストーションを補正する方法は、本出願人による特願平 1 0 - 2 4 2 0 4 8 号に詳述されている。

30

5. レチクルスキャンステージ 8 と X Y ステージ 4 のスキャン方向を相対的に調整するスキュー補正手段により、各ショットのショット回転を補正する。

6. X Y ステージ 4 のスキャン速度を調整するディストーション補正手段により、各ショットのスキャン方向のショット倍率を補正する。

## 【 0 0 4 5 】

ステップ B 7 では、不図示のウエハ搬送装置により、ウエハ 6 を X Y ステージ 4 から排出する。

さらに B 1 から B 7 のステップを、ステップ B 8 で最終ウエハと判断するまで続ける。

40

## 【 0 0 4 6 】

各計測ショットの計測値から、各ショットのショット内誤差（ショット回転とショット倍率補正量）およびシフト量（位置ずれ量）を算出する方法については、実施例 1 と同じなので、ここでは説明を省略する。

## 【 0 0 4 7 】

これまで述べてきたように、各計測ショット中心位置の計測値からショット内誤差（ショット回転とショット倍率補正量）とシフト量を算出し、露光時の重ね合わせ誤差を補正することにより、高精度な位置合わせが期待できる。また、各計測ショットの中心位置の計測値だけで実現できるため、スループットへの影響も少ない。

## 【 0 0 4 8 】

50

## (第3の実施例)

本実施例は、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、本発明の第1の局面を適用した場合のものである。本実施例は、第1の実施例に対し、装置構成(図1)およびマクロな動作(図2)は共通であるが、各計測ショットに設けられる計測マークの配置、ならびに図2におけるステップA3のマーク位置計測動作およびステップA5の補正量算出動作が異なる。図8に本実施例で用いるウエハ上の各計測ショットでの計測マークの一例を示す。

## 【0049】

次に、図1、2、3、5および8を用いて本実施例の装置(図1)における、レチクル5とウエハ6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。

10

## 【0050】

図2のフローチャートを参照して、最初にステップA1では、不図示のウエハ搬送装置により、ウエハ6をXYステージ4に載置する。

ステップA2において、制御手段3は図3における1番目の計測ショットS1に形成してある図8に示す位置合わせ用マーク $L_{x1}$ が、マーク位置検出手段2の視野範囲内に位置するよう、XYステージ4を駆動する。

## 【0051】

ステップA3では、マーク $L_{x1}$ の位置を以下の手順で計測する。

最初に、マーク位置検出手段2内にある非露光光を照射する位置合わせ用照明装置から照射し、投影光学系1を介して、位置合わせ用マーク $L_{x1}$ (以降ウエハマークと称する)を照明する。図5はウエハマーク $L_{x1}$ 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 $L_{x1}$ から反射した光束は、再度投影光学系1を介してマーク位置検出手段2に到達する。ここでマーク位置検出手段2内にある撮像装置上にウエハマーク $L_{x1}$ の像Nを形成する。

20

撮像装置においてマーク $L_{x1}$ の像を光電変換し、A/D変換装置6でウエハマーク像Nをデジタル信号 $F(x)$ に変換する。次に、予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ない、マークの中心位置を計測し、制御手段3に出力する。ここで求めたマーク中心位置は、撮像装置の撮像面を基準としたマーク位置であるため、制御手段3は、予め不図示の方法により求められている撮像装置とレチクル5との相対的な位置から、ウエハマーク $L_{x1}$ のレチクル5に対するずれ量 $X_{11}$ を算出する。

30

## 【0052】

以上で1番目の計測ショットのX方向第1の計測を終了する。以下同様に、計測ショットの計測用マーク $L_{x2} \cdots L_{nx}$ 、 $L_{y1} \cdots L_{ym}$ に対し、位置ずれ量 $X_{11} \cdots X_{1n}$ 、 $Y_{11} \cdots Y_{1n}$ を計測する。

以下同様に、ステップA4で、予め定めた計測ショット数分の計測を行なうまでステップA2とステップA3を繰り返し、各々の計測ショットでの計測位置ずれ量を記憶する。

## 【0053】

次に、ステップA5において、ステップA3で計測した各計測ショットでの計測位置ずれ量から、各ショットのショット内誤差(ショット回転とショット倍率)およびシフト量(位置ずれ量)を以下の手順で算出する。

40

1. 各計測ショットのショット内誤差およびシフト量を後述する統計計算によって算出する。

2. 各計測ショットのショット内誤差およびシフト量から、各ショットのショット内誤差成分およびシフト量を後述する統計計算によって算出する。

## 【0054】

ステップA6では、ステップアンドリピート方式で各ショットを露光する。この際、各ショット毎に、露光に先立ち、ステップA5で算出した各ショットのショット内誤差成分およびシフト量を、以下に示す補正手段を組み合わせて補正し、ウエハ6のレチクル5に対する相対的な位置合わせを行なう。

## 【0055】

50

以下に、ステップアンドリピートタイプの露光装置における、ショット内誤差成分およびシフト量の補正手段の一例を示す。

1. X Y ステージ 4 を駆動することにより、各ショットのシフト量を補正する。
2. 投影レンズ 1 内の不図示の浮上レンズを上下方向に駆動する投影倍率補正手段により、各ショットのショット倍率を補正する。この駆動手段は、例えば特許 2 5 1 6 1 9 4 号に記載されている方法を応用することで、実現できる。
3. X Y ステージ 4 とレチクルステージ 7 とを相対的に回転する相対回転補正手段により、各ショットのショット回転を補正する。
4. 投影レンズ 1 内の不図示のアルバレスレンズを駆動するディストーション補正手段により、各ショットのショット回転を補正する。このアルバレスレンズを駆動してディストーションを補正する方法は、特願平 1 0 - 2 4 2 0 4 8 号に詳述されている。

10

【 0 0 5 6 】

ステップ A 7 では、不図示のウエハ搬送装置により、ウエハ 6 を X Y ステージ 4 から排出する。

さらに A 1 から A 7 のステップを、ステップ A 8 で最終ウエハと判断するまで続ける。

以上、本発明を位置合わせおよび露光の手順に適用した一例について説明した。

【 0 0 5 7 】

次に、各計測ショットの計測値から、各ショットのショット内誤差（ショット回転とショット倍率補正量）およびシフト量（位置ずれ量）を算出する方法について述べる。本実施例では、各計測ショットのショット内誤差およびシフト量を算出した後、各ショットのショット内誤差およびシフト量を算出する。

20

【 0 0 5 8 】

最初に、各計測ショットのショット内誤差（ショット回転とショット倍率補正量）およびシフト量（位置ずれ量）を算出する方法について述べる。

p 番目の計測ショットのショット内誤差である、x 方向のショット倍率補正量  $M_{xp}$ （1 倍からの差分値）、y 方向のショット倍率補正量  $M_{yp}$ （1 倍からの差分値）、x 方向のショット回転  $\theta_{xp}$ （時計回りが正）、y 方向のショット回転  $\theta_{yp}$ （反時計回りが正）とショットの x 方向のシフト量  $S_{xp}$ 、ショットの y 方向のシフト量  $S_{yp}$  は、各マークのマーク中心を原点とした設計位置  $p_1 \cdots p_n$ 、 $p_1 \cdots p_m$  と、各マーク計測値（位置ずれ量） $X_{p_1} \cdots X_{p_n}$ 、 $Y_{p_1} \cdots Y_{p_m}$  により、以下の

30

【 0 0 5 9 】

【 数 6 】

$$X_{p1} = M_{xp} \alpha_{p1} + \theta_{yp} \beta_{p1} + S_{xp}$$

...

$$X_{pn} = M_{xp} \alpha_{pn} + \theta_{yp} \beta_{pn} + S_{xp}$$

$$Y_{p1} = M_{yp} \beta_{p1} + \theta_{xp} \alpha_{p1} + S_{yp}$$

...

$$Y_{pm} = M_{yp} \beta_{pm} + \theta_{xp} \alpha_{pm} + S_{yp}$$

40

【 0 0 6 0 】

上記関係式は、x 方向、y 方向各々 3 点以上の計測値があれば、ショット内誤差およびシフト量を求めることができる。x 方向、y 方向各々 3 点の場合は、上記関係式を解いた以下の式でショット内誤差およびシフト量を求めることができる。

【 0 0 6 1 】

【 数 7 】

$$M_{xp} = \frac{A_1}{A_7}$$

$$M_{yp} = \frac{A_2}{A_8}$$

$$\theta_{xp} = \frac{A_3}{A_8}$$

$$\theta_{yp} = \frac{A_4}{A_7}$$

$$S_{xp} = \frac{A_5}{A_7}$$

$$S_{yp} = \frac{A_6}{A_8}$$

10

但し、 $A_1 \cdots A_8$  は以下の通りである。

20

【 0 0 6 2 】

【 数 8 】

$$A_1 = (X_{p1} - X_{p2}) (\beta_{p2} - \beta_{p3}) - (X_{p2} - X_{p3}) (\beta_{p1} - \beta_{p2})$$

$$A_2 = (Y_{p1} - Y_{p2}) (\alpha_{p2} - \alpha_{p3}) - (Y_{p2} - Y_{p3}) (\alpha_{p1} - \alpha_{p2})$$

$$A_3 = (X_{p2} - X_{p3}) (\alpha_{p1} - \alpha_{p2}) - (X_{p1} - X_{p2}) (\alpha_{p2} - \beta_{p3})$$

$$A_4 = (Y_{p2} - Y_{p3}) (\beta_{p1} - \beta_{p2}) - (Y_{p2} - Y_{p3}) (\beta_{p2} - \beta_{p3})$$

$$A_5 = X_{p1} ((\alpha_{p1} - \alpha_{p2}) (\beta_{p2} - \beta_{p3}) - (\alpha_{p2} - \alpha_{p3}) (\beta_{p1} - \beta_{p2}))$$

30

$$- \alpha_{p1} ((X_{p1} - X_{p2}) (\beta_{p2} - \beta_{p3}) - (X_{p2} - X_{p3}) (\beta_{p1} - \beta_{p2}))$$

$$+ \beta_{p1} ((X_{p1} - X_{p2}) (\alpha_{p2} - \alpha_{p3}) - (X_{p2} - X_{p3}) (\alpha_{p1} - \alpha_{p2}))$$

$$A_6 = Y_{p1} ((\beta_{p1} - \beta_{p2}) (\alpha_{p2} - \alpha_{p3}) - (\beta_{p2} - \beta_{p3}) (\alpha_{p1} - \alpha_{p2}))$$

$$- \beta_{p1} ((Y_{p1} - Y_{p2}) (\alpha_{p2} - \alpha_{p3}) - (Y_{p2} - Y_{p3}) (\alpha_{p1} - \alpha_{p2}))$$

$$+ \alpha_{p1} ((Y_{p1} - Y_{p2}) (\beta_{p2} - \beta_{p3}) - (Y_{p2} - Y_{p3}) (\beta_{p1} - \beta_{p2}))$$

$$A_7 = (\alpha_{p1} - \alpha_{p2}) (\beta_{p2} - \beta_{p3}) - (\alpha_{p2} - \alpha_{p3}) (\beta_{p1} - \beta_{p2})$$

40

$$A_8 = (\beta_{p1} - \beta_{p2}) (\alpha_{p2} - \alpha_{p3}) - (\beta_{p2} - \beta_{p3}) (\alpha_{p1} - \alpha_{p2})$$

また、 $x$  方向、 $y$  方向の計測点が各々 3 点以上の場合は、最小自乗近似法を用いて、以下の式でショット内誤差およびシフト量を求めることができる。

【 0 0 6 3 】

【 数 9 】

$$S_{xp} = \frac{B_{04}B_{06}B_{07} - B_{05}^2B_{07} + B_{03}B_{05}B_{08} - B_{02}B_{06}B_{08} + B_{02}B_{05}B_{09} - B_{03}B_{04}B_{09}}{B_{13}}$$

$$M_{xp} = \frac{B_{03}B_{05}B_{07} - B_{02}B_{06}B_{07} + B_{01}B_{06}B_{08} - B_{03}^2B_{08} + B_{02}B_{03}B_{09} - B_{01}B_{05}B_{09}}{B_{13}}$$

10

$$\theta_{xp} = \frac{B_{02}B_{05}B_{07} - B_{03}B_{04}B_{07} + B_{02}B_{03}B_{08} - B_{01}B_{05}B_{08} + B_{01}B_{04}B_{09} - B_{02}^2B_{09}}{B_{13}}$$

$$S_{yp} = \frac{B_{04}B_{06}B_{10} - B_{05}^2B_{10} + B_{03}B_{05}B_{11} - B_{02}B_{06}B_{11} + B_{02}B_{05}B_{12} - B_{03}B_{04}B_{12}}{B_{13}}$$

20

$$M_{yp} = \frac{B_{03}B_{05}B_{10} - B_{02}B_{06}B_{10} + B_{01}B_{06}B_{11} - B_{03}^2B_{11} + B_{02}B_{03}B_{12} - B_{01}B_{05}B_{12}}{B_{13}}$$

$$\theta_{yp} = \frac{B_{02}B_{05}B_{10} - B_{03}B_{04}B_{10} + B_{02}B_{03}B_{11} - B_{01}B_{05}B_{11} + B_{01}B_{04}B_{12} - B_{02}^2B_{12}}{B_{13}}$$

30

となる。但し、

【 0 0 6 4 】

【 数 1 0 】

$$B_{01} = \Sigma 1$$

$$B_{02} = \Sigma \alpha_{pi}$$

$$B_{03} = \Sigma \beta_{pi}$$

$$B_{04} = \Sigma \alpha_{pi}^2$$

$$B_{05} = \Sigma \alpha_{pi} \beta_{pi}$$

$$B_{06} = \Sigma \beta_{pi}^2$$

$$B_{07} = \Sigma X_{pi}$$

$$B_{08} = \Sigma \alpha_{pi} X_{pi}$$

$$B_{09} = \Sigma \beta_{pi} X_{pi}$$

$$B_{10} = \Sigma Y_{pi}$$

$$B_{11} = \Sigma \alpha_{pi} Y_{pi}$$

$$B_{12} = \Sigma \beta_{pi} Y_{pi}$$

$$B_{13} = B_{01}B_{04}B_{06} - B_{01}B_{05}^2 - B_{02}^2B_{06} + 2B_{02}B_{03}B_{05} - B_{03}^2B_{04}$$

10

20

である。言うまでもなく、当然計測点が多いほど、計測時間はかかるが、異常値除去や平均化効果が期待できる。

【 0 0 6 5 】

次に、各計測ショットのショット内誤差（ショット回転とショット倍率補正量）とシフト量から、各ショットのショット内誤差成分およびシフト量を統計によって算出する方法について述べる。ここでは、ウエハ内の各ショットのショット内誤差およびシフト量は線形に変化すると仮定して各ショットのショット内誤差成分を算出する。つまり、ウエハ中心を原点とした時のショット中心設計位置が（ $x$ ， $y$ ）であるショットのショット内誤差成分とシフト量には、以下の関係式が成り立つと仮定する。

30

【 0 0 6 6 】

【 数 1 1 】

$$M_x(x,y) = a_{00} + a_{10}x + a_{01}y$$

$$M_y(x,y) = b_{00} + b_{10}x + b_{01}y$$

$$\theta_x(x,y) = c_{00} + c_{10}x + c_{01}y$$

$$\theta_y(x,y) = d_{00} + d_{10}x + d_{01}y$$

$$S_x(x,y) = e_{00} + e_{10}x + e_{01}y$$

$$S_y(x,y) = f_{00} + f_{10}x + f_{01}y$$

40

【 0 0 6 7 】

ここで、 $a_{00}$ 、 $a_{10}$ 、 $a_{01}$ 、 $b_{00}$ 、 $b_{10}$ 、 $b_{01}$ 、 $c_{00}$ 、 $c_{10}$ 、 $c_{01}$ 、 $d_{00}$ 、 $d_{10}$ 、 $d_{01}$ 、 $e_{00}$ 、 $e_{10}$ 、 $e_{01}$ 、 $f_{00}$ 、 $f_{10}$ 、 $f_{01}$  はウエハでのショット内誤差成分およびシフト量の変化を示す係数である。上記関係式は、各々3点以上の計測ショットがあれば、各係数を求めることができる。計測ショットが3点の場合は、上記関係式を解いた、以下の式で各係数を求めることができる。

【 0 0 6 8 】

50

【数 1 2】

$$a_{00} = \frac{C_{01}}{C_{19}}, \quad a_{10} = \frac{C_{02}}{C_{19}}, \quad a_{01} = \frac{C_{03}}{C_{20}},$$

$$b_{00} = \frac{C_{04}}{C_{20}}, \quad b_{10} = \frac{C_{05}}{C_{20}}, \quad b_{01} = \frac{C_{06}}{C_{19}},$$

$$c_{00} = \frac{C_{07}}{C_{19}}, \quad c_{10} = \frac{C_{08}}{C_{19}}, \quad c_{01} = \frac{C_{09}}{C_{20}},$$

$$d_{00} = \frac{C_{10}}{C_{20}}, \quad d_{10} = \frac{C_{11}}{C_{20}}, \quad d_{01} = \frac{C_{12}}{C_{19}},$$

$$e_{00} = \frac{C_{13}}{C_{19}}, \quad e_{10} = \frac{C_{14}}{C_{19}}, \quad e_{01} = \frac{C_{15}}{C_{20}},$$

$$f_{00} = \frac{C_{16}}{C_{20}}, \quad f_{10} = \frac{C_{17}}{C_{20}}, \quad f_{01} = \frac{C_{18}}{C_{19}}$$

10

20

【0069】

但し、 $C_{01} \cdots C_{20}$  は、 $p$  番目の計測ショットにおける、ウエハ中心を原点としたショット中心設計位置の  $x$  座標を  $x_p$  ( $= x_1 \cdots x_3$ )、 $y$  座標を  $y_p$  ( $= y_1 \cdots y_3$ ) として、以下の通りである。

【0070】

【数 1 3】

30

$$\begin{aligned}
C_{01} &= M_{x1} ((x_1 - x_2) (y_2 - y_3) - (x_2 - x_3) (y_1 - y_2)) \\
&\quad - x_1 ((M_{x1} - M_{x2}) (y_2 - y_3) - (M_{x2} - M_{x3}) (y_1 - y_2)) \\
&\quad + y_1 ((M_{x1} - M_{x2}) (x_2 - x_3) - (M_{x2} - M_{x3}) (x_1 - x_2)) \\
C_{02} &= (M_{x1} - M_{x2}) (y_2 - y_3) - (M_{x2} - M_{x3}) (y_1 - y_2) \\
C_{03} &= (M_{x2} - M_{x3}) (x_1 - x_2) - (M_{x1} - M_{x2}) (x_2 - x_3) \\
C_{04} &= M_{y1} ((y_1 - y_2) (x_2 - x_3) - (y_2 - y_3) (x_1 - x_2)) \\
&\quad - y_1 ((M_{y1} - M_{y2}) (x_2 - x_3) - (M_{y2} - M_{y3}) (x_1 - x_2)) \\
&\quad + x_1 ((M_{y1} - M_{y2}) (y_2 - y_3) - (M_{y2} - M_{y3}) (y_1 - y_2)) \\
C_{05} &= (M_{y1} - M_{y2}) (x_2 - x_3) - (M_{y2} - M_{y3}) (x_1 - x_2) \\
C_{06} &= (M_{y2} - M_{y3}) (y_1 - y_2) - (M_{y1} - M_{y2}) (y_2 - y_3) \\
C_{07} &= \theta_{x1} ((x_1 - x_2) (y_2 - y_3) - (x_2 - x_3) (y_1 - y_2)) \\
&\quad - x_1 ((\theta_{x1} - \theta_{x2}) (y_2 - y_3) - (\theta_{x2} - \theta_{x3}) (y_1 - y_2)) \\
&\quad + y_1 ((\theta_{x1} - \theta_{x2}) (x_2 - x_3) - (\theta_{x2} - \theta_{x3}) (x_1 - x_2)) \\
C_{08} &= (\theta_{x1} - \theta_{x2}) (y_2 - y_3) - (\theta_{x2} - \theta_{x3}) (y_1 - y_2) \\
C_{09} &= (\theta_{x2} - \theta_{x3}) (x_1 - x_2) - (\theta_{x1} - \theta_{x2}) (x_2 - x_3) \\
C_{10} &= \theta_{y1} ((y_1 - y_2) (x_2 - x_3) - (y_2 - y_3) (x_1 - x_2)) \\
&\quad - y_1 ((\theta_{y1} - \theta_{y2}) (x_2 - x_3) - (\theta_{y2} - \theta_{y3}) (x_1 - x_2)) \\
&\quad + x_1 ((\theta_{y1} - \theta_{y2}) (y_2 - y_3) - (\theta_{y2} - \theta_{y3}) (y_1 - y_2)) \\
C_{11} &= (\theta_{y1} - \theta_{y2}) (x_2 - x_3) - (\theta_{y2} - \theta_{y3}) (x_1 - x_2) \\
C_{12} &= (\theta_{y2} - \theta_{y3}) (y_1 - y_2) - (\theta_{y1} - \theta_{y2}) (y_2 - y_3) \\
C_{13} &= S_{x1} ((x_1 - x_2) (y_2 - y_3) - (x_2 - x_3) (y_1 - y_2)) \\
&\quad - x_1 ((S_{x1} - S_{x2}) (y_2 - y_3) - (S_{x2} - S_{x3}) (y_1 - y_2)) \\
&\quad + y_1 ((S_{x1} - S_{x2}) (x_2 - x_3) - (S_{x2} - S_{x3}) (x_1 - x_2)) \\
C_{14} &= (S_{x1} - S_{x2}) (y_2 - y_3) - (S_{x2} - S_{x3}) (y_1 - y_2) \\
C_{15} &= (S_{x2} - S_{x3}) (x_1 - x_2) - (S_{x1} - S_{x2}) (x_2 - x_3) \\
C_{16} &= S_{y1} ((y_1 - y_2) (x_2 - x_3) - (y_2 - y_3) (x_1 - x_2)) \\
&\quad - y_1 ((S_{y1} - S_{y2}) (x_2 - x_3) - (S_{y2} - S_{y3}) (x_1 - x_2)) \\
&\quad + x_1 ((S_{y1} - S_{y2}) (y_2 - y_3) - (S_{y2} - S_{y3}) (y_1 - y_2)) \\
C_{17} &= (S_{y1} - S_{y2}) (x_2 - x_3) - (S_{y2} - S_{y3}) (x_1 - x_2) \\
C_{18} &= (S_{y2} - S_{y3}) (y_1 - y_2) - (S_{y1} - S_{y2}) (y_2 - y_3) \\
C_{19} &= (x_1 - x_2) (y_2 - y_3) - (x_2 - x_3) (y_1 - y_2) \\
C_{20} &= (y_1 - y_2) (x_2 - x_3) - (y_2 - y_3) (x_1 - x_2)
\end{aligned}$$

また、計測ショットが3点以上の場合には、最小自乗近似法を用い、以下の式で、各係数を求めることができる。

【 0 0 7 1 】

【数 1 4】

$$a_{00} = \frac{D_{04}D_{06}D_{07} - D_{05}^2D_{07} + D_{03}D_{05}D_{08} - D_{02}D_{06}D_{08} + D_{02}D_{05}D_{09} - D_{03}D_{04}D_{09}}{D_{13}}$$

$$a_{10} = \frac{D_{03}D_{05}D_{07} - D_{02}D_{06}D_{07} + D_{01}D_{06}D_{08} - D_{03}^2D_{08} + D_{02}D_{03}D_{09} - D_{01}D_{05}D_{09}}{D_{13}}$$

$$a_{01} = \frac{D_{02}D_{05}D_{07} - D_{03}D_{04}D_{07} + D_{02}D_{03}D_{08} - D_{01}D_{05}D_{08} + D_{01}D_{04}D_{09} - D_{02}^2D_{09}}{D_{13}} \quad 10$$

$$b_{00} = \frac{D_{04}D_{06}D_{10} - D_{05}^2D_{10} + D_{03}D_{05}D_{11} - D_{02}D_{06}D_{11} + D_{02}D_{05}D_{12} - D_{03}D_{04}D_{12}}{D_{13}}$$

$$b_{10} = \frac{D_{03}D_{05}D_{10} - D_{02}D_{06}D_{10} + D_{01}D_{06}D_{11} - D_{03}^2D_{11} + D_{02}D_{03}D_{12} - D_{01}D_{05}D_{12}}{D_{13}}$$

$$b_{01} = \frac{D_{02}D_{05}D_{10} - D_{03}D_{04}D_{10} + D_{02}D_{03}D_{11} - D_{01}D_{05}D_{11} + D_{01}D_{04}D_{12} - D_{02}^2D_{12}}{D_{13}} \quad 20$$

$$c_{00} = \frac{E_{04}E_{06}E_{07} - E_{05}^2E_{07} + E_{03}E_{05}E_{08} - E_{02}E_{06}E_{08} + E_{02}E_{05}E_{09} - E_{03}E_{04}E_{09}}{E_{13}}$$

$$c_{10} = \frac{E_{03}E_{05}E_{07} - E_{02}E_{06}E_{07} + E_{01}E_{06}E_{08} - E_{03}^2E_{08} + E_{02}E_{03}E_{09} - E_{01}E_{05}E_{09}}{E_{13}}$$

$$c_{01} = \frac{E_{02}E_{05}E_{07} - E_{03}E_{04}E_{07} + E_{02}E_{03}E_{08} - E_{01}E_{05}E_{08} + E_{01}E_{04}E_{09} - E_{02}^2E_{09}}{E_{13}} \quad 30$$

【 0 0 7 2 】

【数 1 5】

$$d_{00} = \frac{E_{04}E_{06}E_{10} - E_{05}^2E_{10} + E_{03}E_{05}E_{11} - E_{02}E_{06}E_{11} + E_{02}E_{05}E_{12} - E_{03}E_{04}E_{12}}{E_{13}}$$

$$d_{10} = \frac{E_{03}E_{05}E_{10} - E_{02}E_{06}E_{10} + E_{01}E_{06}E_{11} - E_{03}^2E_{11} + E_{02}E_{03}E_{12} - E_{01}E_{05}E_{12}}{E_{13}}$$

$$d_{01} = \frac{E_{02}E_{05}E_{10} - E_{03}E_{04}E_{10} + E_{02}E_{03}E_{11} - E_{01}E_{05}E_{11} + E_{01}E_{04}E_{12} - E_{02}^2E_{12}}{E_{13}}$$

10

$$e_{00} = \frac{F_{04}F_{06}F_{10} - F_{05}^2F_{10} + F_{03}F_{05}F_{11} - F_{02}F_{06}F_{11} + F_{02}F_{05}F_{12} - F_{03}F_{04}F_{12}}{F_{13}}$$

$$e_{10} = \frac{F_{03}F_{05}F_{10} - F_{02}F_{06}F_{10} + F_{01}F_{06}F_{11} - F_{03}^2F_{11} + F_{02}F_{03}F_{12} - F_{01}F_{05}F_{12}}{F_{13}}$$

20

$$e_{01} = \frac{F_{02}F_{05}F_{10} - F_{03}F_{04}F_{10} + F_{02}F_{03}F_{11} - F_{01}F_{05}F_{11} + F_{01}F_{04}F_{12} - F_{02}^2F_{12}}{F_{13}}$$

$$f_{00} = \frac{F_{04}F_{06}F_{07} - F_{05}^2F_{07} + F_{03}F_{05}F_{08} - F_{02}F_{06}F_{08} + F_{02}F_{05}F_{09} - F_{03}F_{04}F_{09}}{F_{13}}$$

$$f_{10} = \frac{F_{03}F_{05}F_{07} - F_{02}F_{06}F_{07} + F_{01}F_{06}F_{08} - F_{03}^2F_{08} + F_{02}F_{03}F_{09} - F_{01}F_{05}F_{09}}{F_{13}}$$

30

$$f_{01} = \frac{F_{02}F_{05}F_{07} - F_{03}F_{04}F_{07} + F_{02}F_{03}F_{08} - F_{01}F_{05}F_{08} + F_{01}F_{04}F_{09} - F_{02}^2F_{09}}{F_{13}}$$

となる。但し、

【 0 0 7 3 】

【 数 1 6 】

40

$$D_{01} = \Sigma 1$$

$$D_{02} = \Sigma x_i$$

$$D_{03} = \Sigma y_i$$

$$D_{04} = \Sigma x_i^2$$

$$D_{05} = \Sigma x_i y_i$$

$$D_{06} = \Sigma y_i^2$$

10

$$D_{07} = \Sigma M_{xi}$$

$$D_{08} = \Sigma x_i M_{xi}$$

$$D_{09} = \Sigma y_i M_{xi}$$

$$D_{10} = \Sigma M_{yi}$$

$$D_{11} = \Sigma x_i M_{yi}$$

$$D_{12} = \Sigma y_i M_{yi}$$

20

$$D_{13} = D_{01}D_{04}D_{06} - D_{01}D_{05}^2 - D_{02}^2D_{06} + 2D_{02}D_{03}D_{05} - D_{03}^2D_{04}$$

【 0 0 7 4 】

【 数 1 7 】

$$E_{01} = \Sigma 1$$

$$E_{02} = \Sigma x_i$$

$$E_{03} = \Sigma y_i$$

$$E_{04} = \Sigma x_i^2$$

$$E_{05} = \Sigma x_i y_i$$

$$E_{06} = \Sigma y_i^2$$

10

$$E_{07} = \Sigma \theta_{xi}$$

$$E_{08} = \Sigma x_i \theta_{xi}$$

$$E_{09} = \Sigma y_i \theta_{xi}$$

$$E_{10} = \Sigma \theta_{yi}$$

$$E_{11} = \Sigma x_i \theta_{yi}$$

$$E_{12} = \Sigma y_i \theta_{yi}$$

20

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

$$F_{01} = \Sigma 1$$

$$F_{02} = \Sigma x_i$$

$$F_{03} = \Sigma y_i$$

$$F_{04} = \Sigma x_i^2$$

$$F_{05} = \Sigma x_i y_i$$

30

$$F_{06} = \Sigma y_i^2$$

$$F_{07} = \Sigma S_{xi}$$

$$F_{08} = \Sigma x_i S_{xi}$$

$$F_{09} = \Sigma y_i S_{xi}$$

$$F_{10} = \Sigma S_{yi}$$

$$F_{11} = \Sigma x_i S_{yi}$$

40

$$F_{12} = \Sigma y_i S_{yi}$$

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

#### 【 0 0 7 5 】

ここで、求めた各係数と関係式により、各ショットでのショット内誤差成分およびシフト量を算出することができる。繰り返しになるが、計測点が多いほど、異常値除去や平均化効果が期待できる。

以上、計測ショット内の複数点で位置誤差を計測し、この計測値を基に、各ショットの位

50

置誤差（ショット内誤差およびシフト量）を推定し、露光時の重ね合わせ誤差を補正する実施例について述べた。本装置および方法により高精度な位置合わせが期待できる。

本実施例では、全ての計測ショットの計測が終了後、各計測ショットのショット内誤差およびシフト量を算出する例について述べたが、計測ショットの計測中にも、計測が終了したショットからショット内誤差およびシフト量を並行して算出しても構わない。

#### 【0076】

（第4の実施例）

本実施例は、ステップアンドスキャンタイプの半導体製造用露光装置に対し、本発明の第1の局面を適用した場合のものである。本実施例は、第2の実施例に対し、装置構成（図6）およびマクロな動作（図7）は共通であるが、各計測ショットに設けられる計測マークの配置、ならびに図7におけるステップB3のマーク位置計測およびステップB5の補正量算出の方法が異なる。

10

図8に各計測ショットでの計測マークの一例を示す。

#### 【0077】

次に、本実施例の装置（図6）におけるレチクル5とウエハ6の相対的な位置合わせおよび露光の手順について図6、7、3、5および8を用いて説明する。図7のフローチャートを参照して、最初にステップB1では、不図示のウエハ搬送装置により、ウエハ6をXYステージ4に載置する。

ステップB2において、制御手段3は図3における1番目の計測ショットS1に形成してある、図8に示す位置合わせ用マーク $L_{x1}$ が、マーク位置検出手段2の視野範囲内に位置するよう、XYステージ4を駆動する。

20

#### 【0078】

ステップB3では、マーク $L_{x1}$ の位置を以下の手順で計測する。

最初に、マーク位置検出手段2内にある非露光光を照射する位置合わせ用照明装置から照射し、投影光学系1を介して、位置合わせ用マーク $L_{x1}$ （以降ウエハマークと称する）を照明する。図5はウエハマーク $L_{x1}$ 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 $L_{x1}$ から反射した光束は、再度投影光学系を介してマーク位置検出手段内に到達する。ここでマーク位置検出手段内にある撮像装置上にウエハマーク $L_{x1}$ の像を形成する。

#### 【0079】

撮像装置においてマーク $L_{x1}$ の像を光電変換し、A/D変換装置6にてウエハマーク像をデジタル信号 $F(x)$ に変換する。次に、予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ない、マークの中心位置を計測し、制御手段3に出力する。ここで求めたマーク中心位置は、撮像装置の撮像面を基準としたマーク位置であるため、制御手段3は、予め不図示の方法により求めた撮像装置とレチクル5との相対的な位置から、ウエハマーク $L_{x1}$ のレチクル5に対するずれ量 $X_{11}$ を算出する。

30

#### 【0080】

以上で1番目の計測ショットのX方向第1の計測を終了する。以下同様に、計測ショットの計測用マーク $L_{x2} \cdots L_{xn}$ 、 $L_{y1} \cdots L_{ym}$ に対し、位置ずれ量 $X_{11} \cdots X_{1n}$ 、 $Y_{11} \cdots Y_{1m}$ を計測する。

40

#### 【0081】

以下同様に、ステップB4で、予め定めた計測ショット数分の計測を行なうまでステップB2とステップB3を繰り返し、各々の計測ショットでの計測位置ずれ量を記憶する。

#### 【0082】

次に、ステップB5において、ステップB3で計測した各計測ショットでの計測位置ずれ量から、各ショットのショット内誤差（ショット回転とショット倍率）およびシフト量（位置ずれ量）を以下の手順で算出する。

1. 各計測ショットのショット内誤差およびシフト量を実施例1で述べた統計計算によって算出する。

2. 各計測ショットのショット内誤差およびシフト量から、各ショットのショット内誤差

50

成分およびシフト量を実施例 1 で述べた統計計算によって算出する。

【 0 0 8 3 】

ステップ B 6 では、ステップアンドスキャン方式で各ショットを露光する。すなわち、レチクルスキャンステージ 8 と X Y ステージ 4 を同期させながらスキャンして露光する。この時、露光に先立ちおよび露光中に、各ショット毎に、ステップ B 6 で算出した各ショットのショット内誤差成分およびシフト量を、以下に示す補正手段を組み合わせることで補正し、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なう。

【 0 0 8 4 】

以下に、ステップアンドスキャンタイプの露光装置における、ショット内誤差成分およびシフト量の補正手段の一例を示す。

- 1 . X Y ステージ 4 を駆動することにより、各ショットのシフト量を補正する。
- 2 . 投影レンズ 1 内の不図示の浮上レンズを上下方向に駆動する投影倍率補正手段により、各ショットのショット倍率を補正する。この駆動手段は、例えば特許第 2 5 1 6 1 9 4 号に記載されている方法を応用することで、実現できる。
- 3 . X Y ステージ 4 とレチクルステージ 7 とを相対的に回転する相対回転補正手段により、各ショットのショット回転を補正する。

【 0 0 8 5 】

4 . 投影レンズ 1 内の不図示のアルバレスレンズを駆動するディストーション補正手段により、各ショットのショット回転を補正する。このアルバレスレンズを駆動してディストーションを補正する方法は、本出願人による特願平 1 0 - 2 4 2 0 4 8 号に詳述されている。

5 . レチクルスキャンステージ 8 と X Y ステージ 4 のスキャン方向を相対的に調整するスキュー補正手段により、各ショットのショット回転を補正する。

6 . X Y ステージ 4 のスキャン速度を調整するディストーション補正手段により、各ショットのスキャン方向のショット倍率を補正する。

【 0 0 8 6 】

ステップ B 7 では、不図示のウエハ搬送装置により、ウエハ 6 を X Y ステージ 4 から排出する。

さらに B 1 から B 7 のステップを、ステップ B 8 で最終ウエハと判断するまで続ける。

【 0 0 8 7 】

各計測ショットの計測値から、各ショットのショット内誤差（ショット回転とショット倍率補正量）およびシフト量（位置ずれ量）を算出する方法については、実施例 1 と同じなので、ここでは説明を省略する。

【 0 0 8 8 】

以上、計測ショット内の複数点で位置誤差を計測し、この計測値を基に、各ショットの位置誤差（ショット内誤差およびシフト量）を推定し、露光時の重ね合わせ誤差を補正する実施例について述べた。本装置および方法により高精度な位置合わせが期待できる。

【 0 0 8 9 】

本実施例では、全ての計測ショットの計測が終了後、各計測ショットのショット内誤差およびシフト量を算出する例について述べたが、計測ショットの計測中にも、計測が終了したショットからショット内誤差およびシフト量を並列に算出しても構わない。

【 0 0 9 0 】

（デバイス生産方法の実施例）

次に上記説明した露光装置または露光方法を利用したデバイスの生産方法の実施例を説明する。

図 9 は微小デバイス（IC や L S I 等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造のフローを示す。ステップ 1（回路設計）ではデバイスのパターン設計を行なう。ステップ 2（マスク製作）では設計したパターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ 3（ウエハ製造）ではシリコンやガラス等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ 4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意したマ

10

20

30

40

50

スクとウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ5（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【0091】

図10は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ13（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では上記説明した方式でアライメントおよび露光を行なう半導体露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。ステップ17（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ18（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行なうことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

10

【0092】

本実施例の生産方法を用いれば、従来は製造が難しかった高集積度のデバイスを低コストに製造することができる。

20

【0093】

【発明の効果】

以上述べたように本発明によれば、ショット位置に応じた誤差成分であるショット内誤差成分を求めることができ、かつ従来方法と同等のスループットでアライメント計測が行える方式を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に係るステップアンドリピートタイプの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示すフローチャートである。

【図3】ウエハにおける露光領域と計測ショットの一例を示す図である。

30

【図4】計測ショットでの計測マークの一例を示す図である。

【図5】計測マークの例を示す図である。

【図6】本発明の第2の実施例に係るステップアンドスキャンタイプの半導体露光装置の構成を示す図である。

【図7】図6の装置における位置合わせおよび露光手順を示すフローチャートである。

【図8】本発明の第3および第4の実施例に係る計測マーク例を示す図である。

【図9】微小デバイスの製造の流れを示す図である。

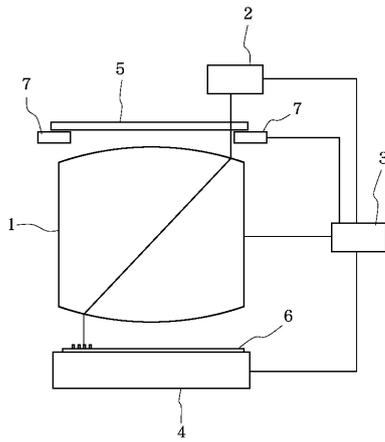
【図10】図9におけるウエハプロセスの詳細な流れを示す図である。

【符号の説明】

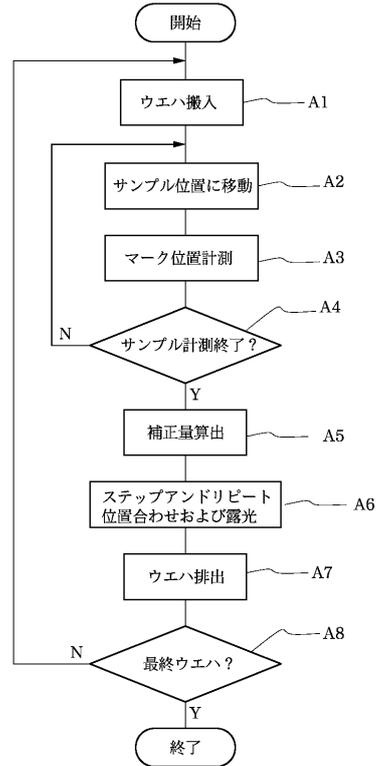
1：投影光学系、2：マーク位置検出手段、3：制御手段、4：XYステージ、5：レチクル、6：ウエハ、7：レチクルステージ、8：レチクルスキャンステージ。

40

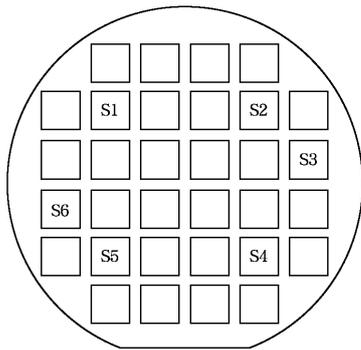
【 図 1 】



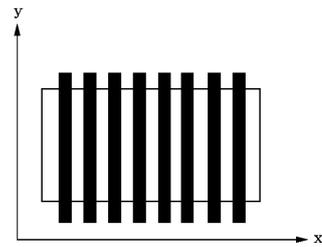
【 図 2 】



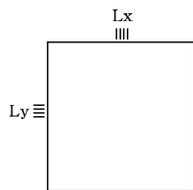
【 図 3 】



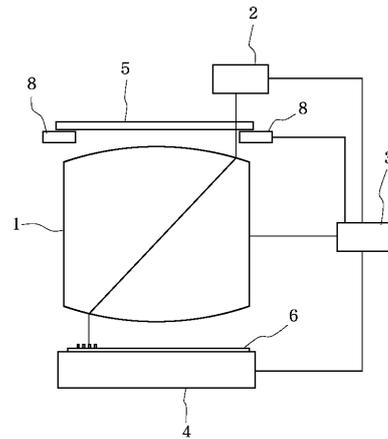
【 図 5 】



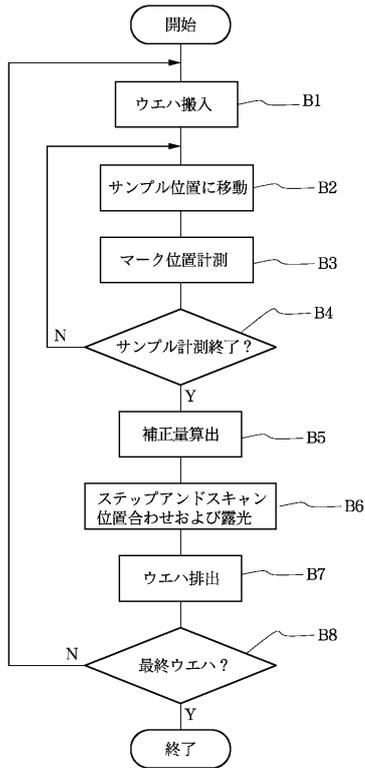
【 図 4 】



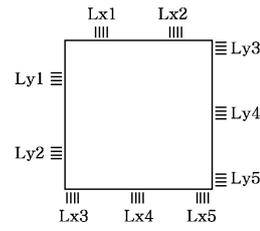
【 図 6 】



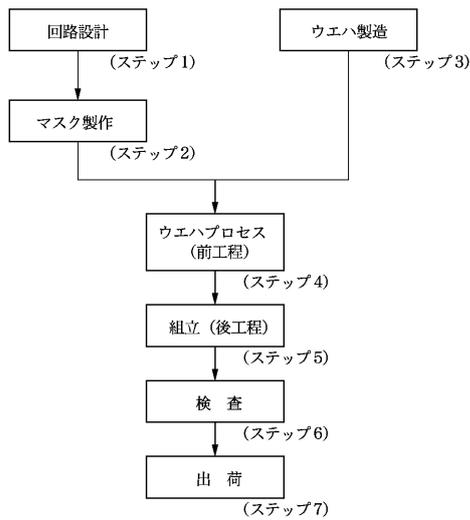
【 図 7 】



【 図 8 】

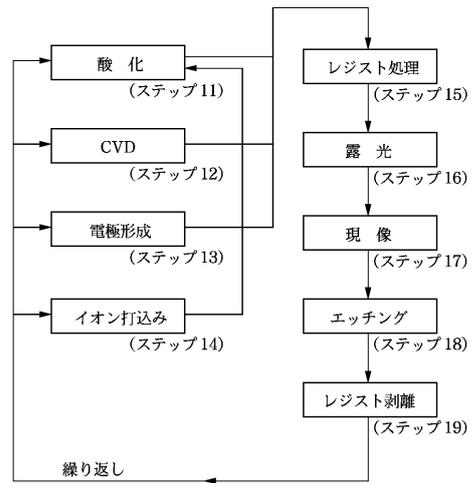


【 図 9 】



半導体デバイス製造フロー

【 図 10 】



ウエハプロセス

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平09 - 260250 (JP, A)  
特開平09 - 218714 (JP, A)  
特開平09 - 007929 (JP, A)  
特開平08 - 339951 (JP, A)  
特開平08 - 115869 (JP, A)  
特開平07 - 057996 (JP, A)  
特開平06 - 181169 (JP, A)  
特開平05 - 217848 (JP, A)  
特開平05 - 197158 (JP, A)  
特開平05 - 114545 (JP, A)  
特開平03 - 096219 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)

H01L 21/027

G03F 9/00