

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3962648号

(P3962648)

(45) 発行日 平成19年8月22日(2007.8.22)

(24) 登録日 平成19年5月25日(2007.5.25)

(51) Int. Cl.

F I

<b>HO 1 L</b>	<b>21/027</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>HO 1 L</b>	21/30	5 1 6 A
<b>GO 1 B</b>	<b>11/00</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>GO 1 B</b>	11/00	H
<b>GO 1 B</b>	<b>11/16</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>GO 1 B</b>	11/16	H
<b>GO 3 F</b>	<b>7/20</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>GO 3 F</b>	7/20	5 2 1
<b>GO 3 F</b>	<b>9/00</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>GO 3 F</b>	9/00	H

請求項の数 8 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2002-222024 (P2002-222024)  
 (22) 出願日 平成14年7月30日(2002.7.30)  
 (65) 公開番号 特開2004-63905 (P2004-63905A)  
 (43) 公開日 平成16年2月26日(2004.2.26)  
 審査請求日 平成17年8月1日(2005.8.1)

(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  
 (74) 代理人 100076428  
 弁理士 大塚 康徳  
 (74) 代理人 100112508  
 弁理士 高柳 司郎  
 (74) 代理人 100115071  
 弁理士 大塚 康弘  
 (74) 代理人 100116894  
 弁理士 木村 秀二  
 (72) 発明者 深川 容三  
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ディストーション計測方法及び露光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

$m_1$ と $m_2$ 、及び $n_1$ と $n_2$ は、それぞれ互いに素な自然数であり、 $m_1 > m_2$ 、 $n_1 > n_2$ の関係を有するものとし、レチクル及び投影光学系を介した、感光基板上に所定の列間隔及び行間隔で $m_1$ 行 $n_1$ 列の第1マークを配するショット露光を $m_2 \times n_2$ 回繰返し、該感光基板上に $m_1 \times m_2$ 行 $n_1 \times n_2$ 列の第1マークを形成する第1形成工程と、

前記レチクル及び前記投影光学系を介した、前記感光基板上に前記所定の列間隔及び行間隔の $m_2$ 行 $n_2$ 列の第2マークを配するショット露光を $m_1 \times n_1$ 回繰返し、該感光基板上に $m_1 \times m_2$ 行 $n_1 \times n_2$ 列の第2マークを形成する第2形成工程と、

前記第1形成工程で形成された第1マークと前記第2形成工程で形成された第2マークとによって形成された $m_1 \times m_2 \times n_1 \times n_2$ 個の重ね合わせマークの各々について前記第1マークと前記第2マークとのずれ量を計測する計測工程と、

前記計測工程で計測されたずれ量に基づいて前記投影光学系のディストーション量を算出する算出工程とを備えることを特徴とするディストーション計測方法。

【請求項2】

前記所定の列間隔を $p_x$ 、前記所定の行間隔を $p_y$ とする場合、

前記第1工程は、行方向のショット間隔を $p_x \times n_1$ 、列方向のショット間隔を $p_y \times m_1$ としてショット露光を繰返し、

前記第2工程は、行方向のショット間隔を $p_x \times n_2$ 、列方向のショット間隔を $p_y \times m_2$ としてショット露光を繰返すことを特徴とする請求項1に記載のディストーション計測

10

20

方法。

【請求項3】

前記算出工程は、

【数1】

$$\delta_x(n) = dx_1(i) - dx_2(j) + ex_1(k) - ex_2(l) - Y_1(i)e\theta_1(k) + Y_2(j)e\theta_2(l) + \varepsilon_x(n)$$

$$\delta_y(n) = dy_1(i) - dy_2(j) + ey_1(k) - ey_2(l) + X_1(i)e\theta_1(k) - X_2(j)e\theta_2(l) + \varepsilon_y(n)$$

$$\sum_{j=1}^{m_2 \times n_2} dx_2(j) = 0$$

$$\sum_{j=1}^{m_2 \times n_2} dy_2(j) = 0$$

$$\sum_{k=1}^{m_2 \times n_2} ex_1(k) = 0$$

$$\sum_{k=1}^{m_2 \times n_2} ey_1(k) = 0$$

$$\sum_{k=1}^{m_2 \times n_2} e\theta_1(k) = 0$$

$$\sum_{l=1}^{m_1 \times n_1} Y_2(l)ex_2(l) = 0$$

$$\sum_{l=1}^{m_1 \times n_1} X_2(l)ey_2(l) = 0$$

$$\sum_{l=1}^{m_1 \times n_1} X_2(l)ex_2(l) = 0$$

$$\sum_{l=1}^{m_1 \times n_1} Y_2(l)ey_2(l) = 0$$

$$\sum_{l=1}^{m_1 \times n_1} ex_2(l) = 0$$

$$\sum_{l=1}^{m_1 \times n_1} ey_2(l) = 0$$

$$\sum_{l=1}^{m_1 \times n_1} e\theta_2(l) = 0$$

ここで、

$x(n)$ 、 $y(n)$  :  $n$  番目の重ね合せマークの計測値、

$dx_1(i)$ 、 $dy_1(i)$  :  $i$  番目の第1マークのショット内座標に対応したディストーション量

$dx_2(j)$ 、 $dy_2(j)$  :  $j$  番目の第2マークのレチクル製造上の位置誤差、

$ex_1(k)$ 、 $ey_1(k)$ 、 $e\theta_1(k)$  : 第1マーク形成時の  $k$  番目のショットの配列誤差、

$ex_2(l)$ 、 $ey_2(l)$ 、 $e\theta_2(l)$  : 第2マーク形成時の  $l$  番目のショットの配列誤差、

$X_1(i)$ 、 $Y_1(i)$  :  $i$  番目の第1マークのショット内座標、

$X_2(j)$ 、 $Y_2(j)$  :  $j$  番目の第2マークのショット内座標、

$x(n)$ 、 $y(n)$  : 丸めによる量子化誤差、

なる  $2 \times m_1 \times m_2 \times n_1 \times n_2 + 12$  個の式からなる連立方程式を解くことにより前記ディ

10

20

30

40

50

ストーション量を算出することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のディストーション計測方法。

【請求項 4】

レチクル上のパターンを露光光によってウエハ上に転写する露光手段と、  
請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のディストーション計測方法を実行して得られたディストーション量に基づいて露光処理のための補正値を生成し、格納する格納手段とを備え、  
前記露光手段による露光処理において前記補正値を反映させることを特徴とする露光装置。

【請求項 5】

$m_1$  と  $m_2$ 、及び  $n_1$  と  $n_2$  は、それぞれ互いに素な自然数であり、 $m_1 > m_2$ 、 $n_1 > n_2$  の関係を有するものとし、レチクル及び投影光学系を介した、感光基板上に所定の列間隔及び行間隔で  $m_1$  行  $n_1$  列の第 1 マークを配するショット露光を  $m_2 \times n_2$  回繰返し、該感光基板上に  $m_1 \times m_2$  行  $n_1 \times n_2$  列の第 1 マークを形成し、かつ前記レチクル及び前記投影光学系を介した、前記感光基板上に前記所定の列間隔及び行間隔の  $m_2$  行  $n_2$  列の第 2 マークを配するショット露光を  $m_1 \times n_1$  回繰返し、該感光基板上に  $m_1 \times m_2$  行  $n_1 \times n_2$  列の第 2 マークを形成することによって、該感光基板上に  $m_1 \times m_2 \times n_1 \times n_2$  個の重ね合わせマークを形成するように露光装置を制御する制御手段と、

前記  $m_1 \times m_2 \times n_1 \times n_2$  個の重ね合わせマークの各々について前記第 1 マークと前記第 2 マークとのずれ量を計測する計測手段と、

前記  $m_1 \times m_2 \times n_1 \times n_2$  個の重ね合わせマークの各々について計測された前記ずれ量に基づいて前記投影光学系のディストーション量を算出する算出手段とを備えることを特徴とするディストーション計測装置。

【請求項 6】

前記制御手段は、  
前記所定の列間隔を  $p_x$ 、前記所定の行間隔を  $p_y$  とする場合、  
行方向のショット間隔を  $p_x \times n_1$ 、列方向のショット間隔を  $p_y \times m_1$  としてショット露光を繰り返すことにより前記  $m_1 \times m_2$  行  $n_1 \times n_2$  列の第 1 マークを形成し、  
行方向のショット間隔を  $p_x \times n_2$ 、列方向のショット間隔を  $p_y \times m_2$  としてショット露光を繰り返すことにより前記  $m_1 \times m_2$  行  $n_1 \times n_2$  列の第 2 マークを形成する、  
ように前記露光装置を制御することを特徴とする請求項 5 に記載のディストーション計測装置。

【請求項 7】

前記算出手段は、

10

20

30

## 【数 2】

$$\delta_x(n) = dx_1(i) - dx_2(j) + ex_1(k) - ex_2(l) - Y_1(i)e\theta_1(k) + Y_2(j)e\theta_2(l) + \varepsilon_x(n)$$

$$\delta_y(n) = dy_1(i) - dy_2(j) + ey_1(k) - ey_2(l) + X_1(i)e\theta_1(k) - X_2(j)e\theta_2(l) + \varepsilon_y(n)$$

$$\sum_{j=1}^{m_2 \times n_2} dx_2(j) = 0$$

$$\sum_{j=1}^{m_2 \times n_2} dy_2(j) = 0$$

$$\sum_{k=1}^{m_1 \times n_1} ex_1(k) = 0$$

$$\sum_{k=1}^{m_1 \times n_1} ey_1(k) = 0$$

$$\sum_{k=1}^{m_1 \times n_1} e\theta_1(k) = 0$$

$$\sum_{l=1}^{m_1 \times n_1} Y_2(l)ex_2(l) = 0$$

$$\sum_{l=1}^{m_1 \times n_1} X_2(l)ey_2(l) = 0$$

$$\sum_{l=1}^{m_1 \times n_1} X_2(l)ex_2(l) = 0$$

$$\sum_{l=1}^{m_1 \times n_1} Y_2(l)ey_2(l) = 0$$

$$\sum_{l=1}^{m_1 \times n_1} ex_2(l) = 0$$

$$\sum_{l=1}^{m_1 \times n_1} ey_2(l) = 0$$

$$\sum_{l=1}^{m_1 \times n_1} e\theta_2(l) = 0$$

10

20

30

ここで、

$x(n)$ 、 $y(n)$  :  $n$  番目の重ね合せマークの計測値

$dx_1(i)$ 、 $dy_1(i)$  :  $i$  番目の第 1 マークのショット内座標に対応したディストーション量

$dx_2(j)$ 、 $dy_2(j)$  :  $j$  番目の第 2 マークのレチクル製造上の位置誤差

$ex_1(k)$ 、 $ey_1(k)$ 、 $e\theta_1(k)$  : 第 1 マーク形成時の  $k$  番目のショットの配列誤差

$ex_2(l)$ 、 $ey_2(l)$ 、 $e\theta_2(l)$  : 第 2 マーク形成時の  $l$  番目のショットの配列誤差

$X_1(i)$ 、 $Y_1(i)$  :  $i$  番目の第 1 マークのショット内座標

$X_2(j)$ 、 $Y_2(j)$  :  $j$  番目の第 2 マークのショット内座標

$x(n)$ 、 $y(n)$  : 丸めによる量子化誤差、

なる  $2 \times m_1 \times m_2 \times n_1 \times n_2 + 12$  個の式からなる連立方程式を解くことにより前記ディストーション量を算出することを特徴とする請求項 5 に記載のディストーション計測装置。

## 【請求項 8】

請求項 4 に記載の露光装置を用いてウエハを露光する工程と、該露光されたウエハを現像する工程と、を有することを特徴とするデバイス製造方法。

50

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば半導体素子、撮像素子（CCD等）、液晶表示素子、又は薄膜磁気ヘッド等を製造する際に使用される露光装置のディストーション計測方法に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

露光装置の投影光学系ディストーション（マスク像をウエハ上に転写する際に発生する歪み成分）の計測方法には、少なくとも5つの方法が公知となっており、各々の特徴は日本国特許第3959190号で説明されている。

10

## 【0003】

このうち、主尺マークと副尺マークを重ね合わせることを用いたディストーション計測方法は、特許第3959190号で提案された方法と特公昭63-38697号で開示された方法の2つである。

## 【0004】

## （1）特公昭63-38697号で開示された方法

この公報で開示された方法は、例えば図8（a）に記載したようなテストレチクル上に形成された主尺マーク2と副尺マーク1を、図8（b）に示すように感光基板のレジスト層に重ね焼きし、現像した後の重ね合わせマークのずれ量（主尺マーク重心から副尺マーク重心までの距離）を計測するものである。検査にあたっては、まず、レチクル全面の副尺マーク1を感光基板上に転写する。その後、主尺マーク2が先に露光された他の複数点の副尺マーク1に重なるように、感光基板を順次移動させては露光することを繰り返す。

20

## 【0005】

感光基板の移動はレーザ干渉計等の高精度測長器を備えた精密移動ステージによって行われ、また、その移動量はレチクル上の中心点と他の複数点との設計上の間隔に対応して一義的に決められている。主尺マーク2の露光にあたっては、その間隔分に応じた距離だけ移動ステージを移動させてから、先に副尺マークが露光されている感光基板上に露光する。この結果、現像後の感光基板には、図9のように、主尺マークと副尺マークが重なり合った重ね合わせマーク13が、被露光領域全面に形成される。これらのマークを目視（顕微鏡）によって読み取ると、その点での重ね合わせ誤差量が求まる。移動ステージの送り量が十分に正確であれば、計測値（重ね合わせ誤差量）はその点でのディストーション量に相当する。

30

## 【0006】

## （2）特許第3959190号で開示された方法

この公報に開示された方法は、図10に示されるように、主尺マーク14a、15aと、これに対して、互いに直交する2方向に各々一定の微小間隔を持って配置された副尺マーク14b、15bを配置したレチクルを用い、直交する2方向のディストーション差分量を各位置の重ね合わせマークに焼き付け、顕微鏡計測で求めたずれ量の累積和からディストーションを導くものである。

## 【0007】

具体的にはテストレチクル全面のパターンを露光によって基板上に転写した後、先に転写された副尺マーク14b、15bに主尺マーク14a、15aが隣接するように基板保持ステージを第1の方向にy、第2の方向にxだけ移動させ、移動直後に露光すると、図11のような重ね合わせマークが形成される。このようにして形成した2種類の重ね合わせマークのずれは、各方向でのディストーション変化を示している。この変化量を移動量で除したものがディストーションの傾きになるが、これに各マーク間隔を乗じて累積和を求めれば、露光領域全体のディストーションが求められる。

40

## 【0008】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述した従来のディストーション計測方法には、それぞれ以下のような課

50

題がある。

【0009】

まず(1)の計測方法においては、移動ステージの送り誤差が重ね合わせマークのずれ量に加わり、計測精度が低い。移動ステージの送り誤差が不規則に変動するのであれば、複数回の計測を行って平均値を求め、高精度化することも可能である。しかしながら、複数回の計測によって費やされる時間が長くなり、検査コストの増大を招く。また、規則的な移動ステージの送り誤差があれば、複数回計測による高精度化は期待できない。

【0010】

一方、(2)の計測方法によれば、直交する2方向への移動ステージ送りと、最低2回の露光で済むため計測時間は短い。しかし、ディストーションの変化を反映した、重ね合せマークのずれ量を対応する主尺と副尺の距離で除算してディストーションの傾き量を求め、これに、ディストーション計測間隔を乗じ、隣り合う計測点との間で変化した量を求めている。通常、隣り合う計測点との距離の方が対応する主尺と副尺の距離よりも長いため、ずれ量を顕微鏡で計測したときの僅かな計測誤差は、その比率だけ拡大してしまう。さらにまた、拡大された誤差は、累積和になってディストーションに含まれてしまうという重大な課題を抱えている。

【0011】

本発明は上記従来技術に鑑みてなされたものであり、ディストーション計測をより高精度に行なうことを可能とすることを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するための本発明によるディストーション計測方法は以下の工程を備える。すなわち、

$m_1$ と $m_2$ 、及び $n_1$ と $n_2$ は、それぞれ互いに素な自然数であり、 $m_1 > m_2$ 、 $n_1 > n_2$ の関係を有するものとし、レチクル及び投影光学系を介した、感光基板上に所定の列間隔及び行間隔で $m_1$ 行 $n_1$ 列の第1マークを配するショット露光を $m_2 \times n_2$ 回繰返し、該感光基板上に $m_1 \times m_2$ 行 $n_1 \times n_2$ 列の第1マークを形成する第1形成工程と、

前記レチクル及び前記投影光学系を介した、前記感光基板上に前記所定の列間隔及び行間隔の $m_2$ 行 $n_2$ 列の第2マークを配するショット露光を $m_1 \times n_1$ 回繰返し、該感光基板上に $m_1 \times m_2$ 行 $n_1 \times n_2$ 列の第2マークを形成する第2形成工程と、

前記第1形成工程で形成された第1マークと前記第2形成工程で形成された第2マークとによって形成された $m_1 \times m_2 \times n_1 \times n_2$ 個の重ね合わせマークの各々について前記第1マークと前記第2マークとのずれ量を計測する計測工程と、

前記計測工程で計測されたずれ量に基づいて前記投影光学系のディストーション量を算出する算出工程とを備える。

【0013】

また、上記の目的を達成するための本発明によるディストーション計測装置は以下の構成を備える。すなわち、

$m_1$ と $m_2$ 、及び $n_1$ と $n_2$ は、それぞれ互いに素な自然数であり、 $m_1 > m_2$ 、 $n_1 > n_2$ の関係を有するものとし、レチクル及び投影光学系を介した、感光基板上に所定の列間隔及び行間隔で $m_1$ 行 $n_1$ 列の第1マークを配するショット露光を $m_2 \times n_2$ 回繰返し、該感光基板上に $m_1 \times m_2$ 行 $n_1 \times n_2$ 列の第1マークを形成し、かつ前記レチクル及び前記投影光学系を介した、前記感光基板上に前記所定の列間隔及び行間隔の $m_2$ 行 $n_2$ 列の第2マークを配するショット露光を $m_1 \times n_1$ 回繰返し、該感光基板上に $m_1 \times m_2$ 行 $n_1 \times n_2$ 列の第2マークを形成することによって、該感光基板上に $m_1 \times m_2 \times n_1 \times n_2$ 個の重ね合わせマークを形成するように露光装置を制御する制御手段と、

前記 $m_1 \times m_2 \times n_1 \times n_2$ 個の重ね合わせマークの各々について前記第1マークと前記第2マークとのずれ量を計測する計測手段と、

前記 $m_1 \times m_2 \times n_1 \times n_2$ 個の重ね合わせマークの各々について計測された前記ずれ量に基づいて前記投影光学系のディストーション量を算出する算出手段とを備える。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 4 】

## 【 発明の実施の形態 】

以下、添付の図面を参照して本発明の好適な実施形態を説明する。

## 【 0 0 1 5 】

本実施形態は、より高精度なディストーション計測を実現するものであるが、その計測方法の概要を図 1 ~ 図 3 を参照して説明する。

## 【 0 0 1 6 】

レチクルには、第 1 の方向（以下、列方向という）およびこれと直交する第 2 の方向（以下、行方向という）に、各々一定の間隔で  $m_1$  行  $n_1$  列に描画された副尺マークが被露光面全面に配置される。図 1 では 9 行 7 列の副尺マーク 1 が行方向に  $p_x$ 、列方向に  $p_y$  の間隔で配置された様子が示されている。また、レチクルには、これら副尺マークと等しい間隔（ $p_x$ 、 $p_y$ ）で、少なくとも  $m_2$  行  $n_2$  列に描画された主尺マーク 2 が少なくとも被露光面の一部に配置される。ここで、 $m_1 > m_2$ 、 $n_1 > n_2$  であり、 $m_1$  と  $m_2$ 、 $n_1$  と  $n_2$  は互いに素の関係にある自然数である。本例では 2 行 2 列（すなわち  $m_2 = n_2 = 2$ ）とする。図 1 では、副尺マークと同様に 9 行 7 列の主尺マーク 2 が示されているが、図 1 の（b）に示すように  $2 \times 2$  の副尺マークを転写するように遮光板で絞られる（後述）。

10

## 【 0 0 1 7 】

第 1 の工程では、ディストーションの検査対象である露光装置を用い、例えば図 1 の（a）に示したように、レチクル全面に配置した  $m_1$  行  $n_1$  列の副尺マーク 1 を、一度の露光で基板に転写する（第 1 レイヤの露光処理）。次に、露光装置の移動ステージを列方向にステップ移動し、列方向に隣接する領域に副尺マーク 1 が連続して並ぶように第 1 レイヤの露光処理を行なう。これを  $m_2$  回繰り返す。行方向に関しても、行方向に隣接する領域に副尺マークが連続して並ぶようにステップ移動と転写を繰り返す。行方向には  $n_2$  回繰り返す。つまり、行方向への  $p_x \times n_1$  の距離のステップ移動又は列方向への  $p_y \times m_1$  の距離のステップ移動、及び第 1 レイヤの露光処理を  $m_2 \times n_2$  回繰り返すことにより、図 2 に示すように基板上には  $m_2 \times n_2$  個のショット 5 が転写される（図 2 では、 $2 \times 2 = 4$  ショット）。

20

## 【 0 0 1 8 】

第 2 の工程では、図 1 の（b）に示すように、遮光板で一部の領域だけが露光できるようにした状態で、 $m_2$  行  $n_2$  列の主尺マーク（図 1 では 2 行 2 列）を同時に転写する（第 2 レイヤの露光処理）。次に、移動ステージを用いて列方向及び / 又は行方向にステップ移動して、主尺マークを転写する。この処理を繰り返すことにより、上記第 1 レイヤの露光処理で転写された副尺マークに主尺マークと副尺マークによる重ね合わせマークが形成される。すなわち、行方向へ  $p_x \times n_2$  のステップ移動及び / 又は列方向への  $p_y \times m_2$  のステップ移動、及び第 2 レイヤの露光処理を  $m_1 \times n_1$  回繰り返すことにより、列方向に  $m_1 \times m_2$  行、行方向に  $n_1 \times n_2$  列、すなわち  $m_1 \times n_1 \times m_2 \times n_2$  個の重ね合わせマークが形成される。例えば、図 1 ~ 図 3 の例では、 $7 \times 9 \times 2 \times 2$  の 252 個の重ね合わせマークが形成される。なお、第 1 及び第 2 レイヤの露光処理の間に現像処理は介在しない。

30

## 【 0 0 1 9 】

図 3 は第 2 の工程の途中を示しており、（b）には、1 回の露光で形成される 4 つの重ね合わせマークを拡大して示している。なお、第 1 工程と第 2 工程のいずれの露光処理を先に行なうか、すなわち、副尺マーク或いは主尺マークのいずれを先に転写するかは任意である。

40

## 【 0 0 2 0 】

第 3 の工程では、形成した  $N = m_1 \times m_2 \times n_1 \times n_2$  個の重ね合わせマークをずれ量を、顕微鏡で計測する。

## 【 0 0 2 1 】

そして、第 4 の工程では、以下で説明する [ 数 1 ] から [ 数 1 4 ] に示す方程式の右辺列ベクトルに、上記重ね合わせマークを計測した値を代入し、方程式を解く。このとき、後述のようにディストーションに相当する第 1 レイヤで転写されたショット内の副尺マーク

50

位置誤差だけでなく、第1レイヤで転写された各ショット位置誤差、同じく第2レイヤで転写された各ショット位置誤差、第2レイヤで転写される $m_2 \times n_2$ 個の主尺マークの相対位置誤差を求めることができる。

【0022】

このように、従来技術として上述した(1)のディストーション計測方法(特公昭63-38697号公報に開示の方法)では、各種の誤差量がディストーション計測値に加算されたままであったが、本実施形態によれば、ディストーションと各種の誤差量が分離されるので、ディストーションの計測誤差は著しく減少させることができる。

【0023】

以下、より単純な例として、 $m_1 = 3$ 、 $n_1 = 3$ 、 $m_2 = 2$ 、 $n_2 = 2$ の場合を例に挙げて、本実施形態によるディストーション計測方法を詳細に説明する。 10

【0024】

図4に示すように、基板上に転写されたショット7の各副尺マーク8の位置のディストーション量を、変数 $dx_1$ 、 $dy_1$ として定義する。図5は、第1レイヤでのスキャン露光あるいは一括全面露光によって、縦横に2ショットずつ隣り合うように並べられたショットを示している。各ショット9は、ステージの配列誤差を原因とした位置と回転角度の誤差 $ex_1$ 、 $ey_1$ 、 $e_{\theta_1}$ を持つが、何れもショット内における副尺マーク間の相対位置は等しい。

【0025】

図6は、第2レイヤで同時に転写される主尺マーク10の位置誤差 $dx_2$ 、 $dy_2$ の定義を示す。これはレチクル製造上の誤差を原因とする誤差なので、第2レイヤの各ショット11(図7)に共通して出現する。なお、図7は、第2レイヤの全ショットを露光した後の状態を、すなわち、第1レイヤで転写した副尺マーク上に、第2レイヤで転写した主尺マークが重なった状態を示す。 20

【0026】

こうして形成したN個の重ね合せマークを自動読取装置で計測する(主尺マークと副尺マークの重心間距離を計測する)。上記例では、図7に示される $N = 36$ 個のマークを順に読む。このとき、各マークの読み値(重心距離)を $x(n)$ 、 $y(n)$ 、 $n = 1 \dots N$ とすれば、これらは以下の(数1)、(数2)のように表される。

【0027】

【数3】 30

$$\delta_x(n) = dx_1(i) - dx_2(j) + ex_1(k) - ex_2(l) - Y_1(i)e\theta_1(k) + Y_2(j)e\theta_2(l) + \varepsilon_x(n) \quad (\text{数1})$$

$$\delta_y(n) = dy_1(i) - dy_2(j) + ey_1(k) - ey_2(l) + X_1(i)e\theta_1(k) - X_2(j)e\theta_2(l) + \varepsilon_y(n) \quad (\text{数2})$$

【0028】

ここで、

$x(n)$ 、 $y(n)$  : n番目の重ね合せマークの計測値 40

$dx_1(i)$ 、 $dy_1(i)$  : i番目の副尺マークのショット内座標に対応したディストーション量

$dx_2(j)$ 、 $dy_2(j)$  : j番目の主尺マークのレチクル製造上の位置誤差

$ex_1(k)$ 、 $ey_1(k)$ 、 $e_{\theta_1}(k)$  : 第1レイヤのk番目のショットの配列誤差

$ex_2(l)$ 、 $ey_2(l)$ 、 $e_{\theta_2}(l)$  : 第2レイヤのl番目のショットの配列誤差

$X_1(i)$ 、 $Y_1(i)$  : 第1レイヤのi番目のマークのショット内座標

$X_2(j)$ 、 $Y_2(j)$  : 第2レイヤのj番目のマークのショット内座標

$\varepsilon_x(n)$ 、 $\varepsilon_y(n)$  : 丸めによる量子化誤差

を表す。

【0029】

なお、 $\varepsilon_x(n)$ 、 $\varepsilon_y(n)$ が十分小さいとして無視できるとすれば、未知な変数は、 $m_1 \times$  50

$n_1$ 個の $dx_1(i)$ 、 $dy_1(i)$ 、 $ex_2(l)$ 、 $ey_2(l)$ 、 $e_{\theta_2}(l)$ と、 $m_2 \times n_2$ 個の $dx_2(j)$ 、 $dy_2(j)$ 、 $ex_1(k)$ 、 $ey_1(k)$ 、 $e_{\theta_1}(k)$ である。よって、未知数の数は $5 \times (m_1 \times n_1 + m_2 \times n_2)$ である。

【0030】

一方、 $N$ 個の重ね合せマークは、 $m_1 \times n_1$ 個の副尺マーク $i$ と、 $m_2 \times n_2$ 個の主尺マーク $j$ 、 $m_2 \times n_2$ 個の第1レイヤ露光ショット $k$ 、 $m_1 \times n_1$ 個の第2レイヤ露光ショット $l$ から形成される。各重ね合せマーク毎の $i$ 、 $j$ 、 $k$ 、 $l$ は、全てのマークにおいて異なる組合せになる。つまり、(数1)と(数2)は合わせて $2 \times (m_1 \times n_1 \times m_2 \times n_2)$ 個( $2N$ 個)の連立方程式になる。

【0031】

このとき、以下に示す(数3)から(数14)の条件を付加すれば、この連立方程式は不定ではなくなって、 $x(n)$ 、 $y(n)$ の2乗和を最小にする解が得られる。

【0032】

【数4】

$$\sum_{j=1}^{m_2 \times n_2} dx_2(j) = 0 \quad (\text{数3})$$

$$\sum_{j=1}^{m_2 \times n_2} dy_2(j) = 0 \quad (\text{数4})$$

$$\sum_{k=1}^{m_2 \times n_2} ex_1(k) = 0 \quad (\text{数5})$$

$$\sum_{k=1}^{m_2 \times n_2} ey_1(k) = 0 \quad (\text{数6})$$

$$\sum_{k=1}^{m_2 \times n_2} e_{\theta_1}(k) = 0 \quad (\text{数7})$$

$$\sum_{l=1}^{m_1 \times n_1} Y_2(l)ex_2(l) = 0 \quad (\text{数8})$$

$$\sum_{l=1}^{m_1 \times n_1} X_2(l)ey_2(l) = 0 \quad (\text{数9})$$

$$\sum_{l=1}^{m_1 \times n_1} X_2(l)ex_2(l) = 0 \quad (\text{数10})$$

$$\sum_{l=1}^{m_1 \times n_1} Y_2(l)ey_2(l) = 0 \quad (\text{数11})$$

$$\sum_{l=1}^{m_1 \times n_1} ex_2(l) = 0 \quad (\text{数12})$$

$$\sum_{l=1}^{m_1 \times n_1} ey_2(l) = 0 \quad (\text{数13})$$

$$\sum_{l=1}^{m_1 \times n_1} e_{\theta_2}(l) = 0 \quad (\text{数14})$$

【0033】

上記連立方程式を解くと、ディストーション評価量 $dx_1$ 、 $dy_1$ だけでなく、ステージの配列誤差 $ex_1$ 、 $ey_1$ 、 $ex_2$ 、 $ey_2$ や、レチクル製造上の誤差 $dx_2$ 、 $dy_2$ も同時に求められるため、デ

10

20

30

40

50

イストーション評価量にステージ配列誤差が含まれることがない。

【0034】

以上のように、本実施形態によれば、従来技術で説明したディストーション計測方法(1)のように、ディストーション計測値にステージ配列誤差が含まれないため、高精度のディストーション計測が可能となる。

【0035】

なお、実際のディストーション計測では、ショット毎に100前後の副尺マークを第1レイヤで同時に転写し、第2レイヤでの露光回数は、ショット内の副尺マーク数に等しいので、従来技術で説明したディストーション計測方法(1)による1ショット分の露光時間と比べても、第1レイヤのショット数が3個多いだけで(第1レイヤのショット数が2行2列(4個)とした場合)、露光時間は同程度である。

10

【0036】

次に、以上のようなディストーション計測方法を実行する露光制御装置について説明する。図12は本実施形態による露光装置、露光制御装置及びマーク読取装置の構成を示すブロック図である。101は露光装置であり、露光光源111、照明光学系112、遮光板113、レチクルステージ114、投影光学系115、ウエハステージ116を備える。レチクルステージ114には、上述した副尺マーク及び主尺マークが描画されたレチクル121が搭載され、ウエハステージ116には感光基板122が搭載される。

【0037】

130は制御装置であり、CPU131により当該露光装置101を制御する。CPU131はメモリ132に格納された制御プログラムに従って各種制御を実行する。132aはディストーション計測処理プログラムであり、CPUはこのプログラムを実行することにより上述したディストーション計測処理を実行する。132bは、ディストーション計測処理によって得られたディストーション計測値から算出された、露光制御用の補正值である。132cは露光ジョブであり、露光処理における各種パラメータが格納されている。CPU131は、補正值132bにより補正を加えながら、露光ジョブに従って露光処理を実行することで、精度の高い露光を実現する。

20

【0038】

図13は、ディストーション計測処理プログラム132aによる処理を説明するフローチャートである。

30

【0039】

ステップS101において、遮光板113を制御し、 $m_1 \times n_1$ 個の副尺マークの描画されたレチクル121の全面を1ショットとする露光処理を、 $m_2 \times n_2$ 回繰り返す。続いて、ステップS102において、 $m_2 \times n_2$ 個の主尺マークを1ショットとするように遮光板113を制御し、このショットによる露光処理を $m_1 \times n_1$ 回繰り返す、 $m_1 \times n_1 \times m_2 \times n_2$ (=N)個の重ね合わせマークを生成する。

【0040】

続いてステップS103では、搬送/現像処理系117を利用して重ね合わせマークが形成された感光基板を現像し、これをマーク読取装置201に供給して、重ね合わせマークを計測させ、その計測結果( $x(1) \sim x(N)$ 、 $y(1) \sim y(N)$ )を取得する。なお、感光基板の現像処理やマーク読取装置への供給にあたっては、別の制御装置によって制御される別装置を用い、人手を介在させてもかまわない。この場合、ステップS103は単にマーク読取装置201から計測結果を取得するものとなる。

40

【0041】

次に、ステップS104において、上述した連立方程式を解く手法によりディストーション(及びステージの配列誤差や、レチクル製造上の誤差)を算出する。そして、ステップS105において、露光ジョブを実行するに際して、算出されたディストーションを補正するための補正值を算出し、これをメモリ132に記憶する。

【0042】

なお、遮光板113をレチクルステージに設ける例を示したが、照明光学系の中に設けて

50

もよい。要は、図1(b)に示したように所定の数の主尺マークを1ショットとするように照明光を制限する機能を実現できるものであればよく、遮光板以外の手法を用いて実現してもよい。

#### 【0043】

次に上記説明した露光装置を利用したデバイスの生産方法を説明する。

図14は微小デバイス(ICやLSI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)では半導体デバイスの回路設計を行なう。ステップ2(露光制御データ作成)では設計した回路パターンに基づいて露光装置の露光制御データ(露光ジョブ)を作成する。一方、ステップ3(ウエハ製造)ではシリコン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、上記用意した露光制御データが入力された露光装置とウエハを用いて、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。ここで、上記補正值132cを用いて露光制御データが適宜補正され、高精度な露光処理が実行される。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。

10

#### 【0044】

図15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)では上記説明した露光装置によって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。

20

#### 【0045】

以上のように、本実施形態の製造方法を用いれば、従来は製造が難しかった高集積度の半導体デバイスを低コストに製造することができる。

30

#### 【0046】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、ディストーション計測をより高精度に行なうことが可能となる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態のディストーション計測処理において、第1レイヤおよび第2レイヤでのレチクル遮光状態を示す図である。

【図2】実施形態のディストーション計測処理において、第1レイヤで転写された基板上のマークを示す図である。

40

【図3】実施形態のディストーション計測処理において、第2レイヤ途中までに形成された基板上の重ね合せマークを示す図である。

【図4】ショット内ディストーションの定義例を示す図である。

【図5】第1レイヤで転写された各ショットの配列誤差の定義例を示す図である。

【図6】第2レイヤで転写される主尺マークの相対位置誤差の定義例を示す図である。

【図7】第2レイヤで転写される各ショットの配列誤差の定義例を示す図である。

【図8】従来技術による第1レイヤおよび第2レイヤでのレチクル遮光状態を示す図である。

【図9】従来技術によるディストーション計測方法を説明する図である。

【図10】従来技術によるディストーション計測方法を説明する図である。

50

【図11】従来技術によるディストーション計測方法を説明する図である。

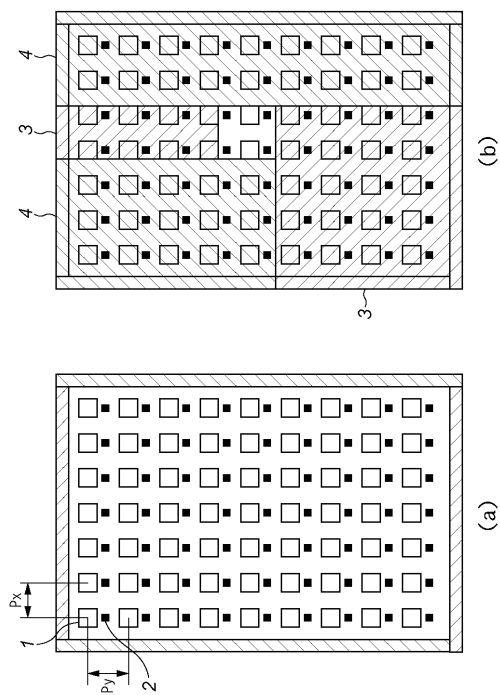
【図12】実施形態のディストーション計測方法を実現する露光システムを説明するブロック図である。

【図13】実施形態のディストーション計測方法を実行する露光制御装置の動作を説明するフローチャートである。

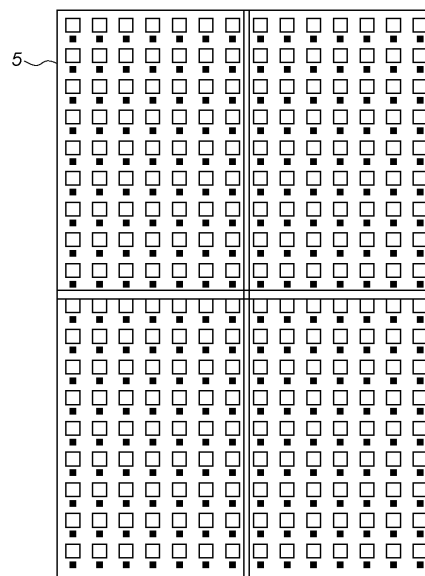
【図14】微小デバイスの製造のフローを示す図である。

【図15】図14に示すウエハプロセスの詳細なフローを示す図である。

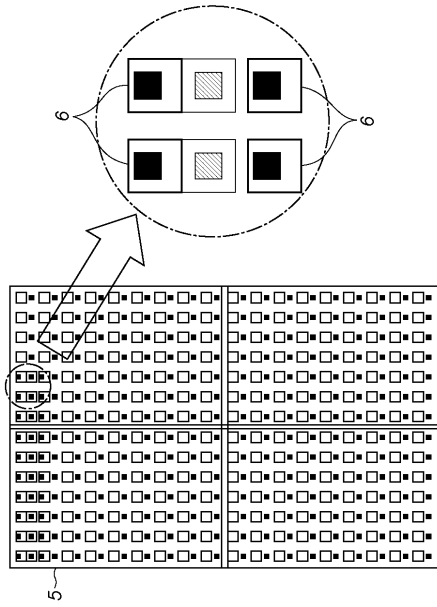
【図1】



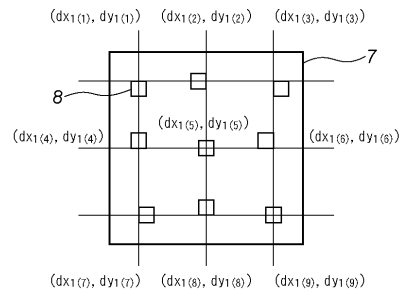
【図2】



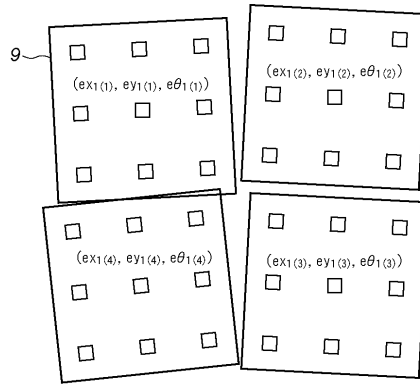
【 図 3 】



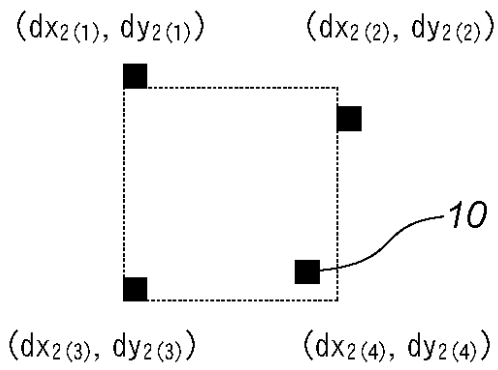
【 図 4 】



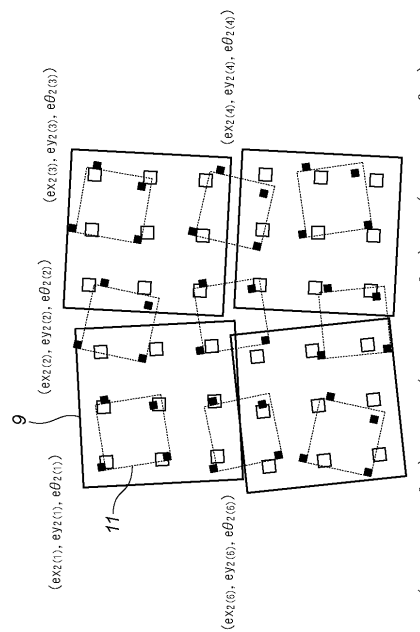
【 図 5 】



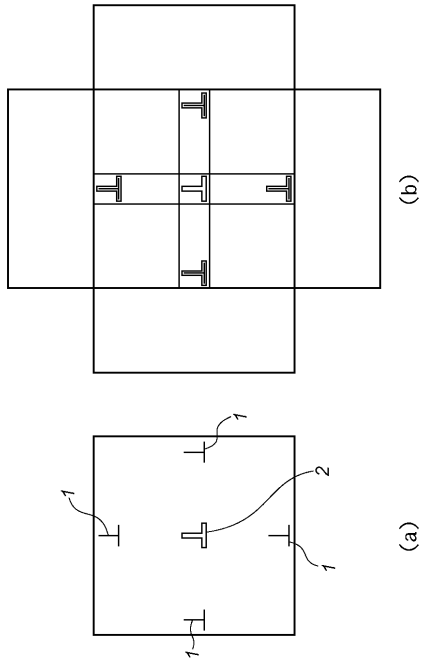
【 図 6 】



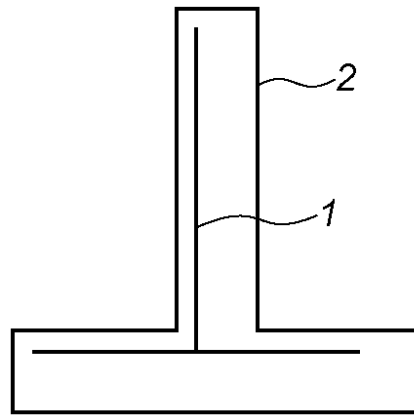
【 図 7 】



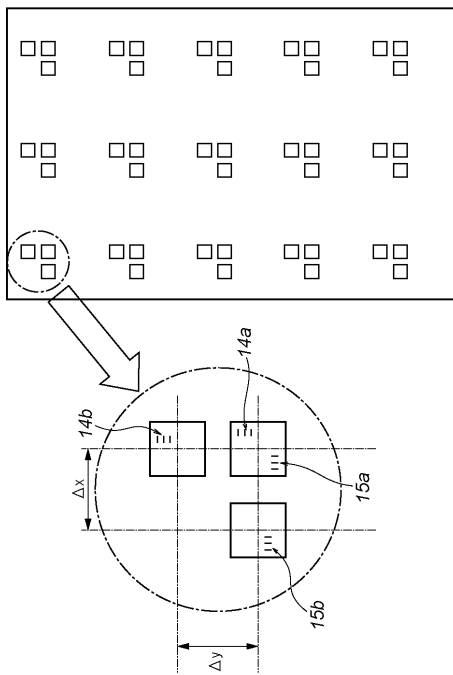
【 8 】



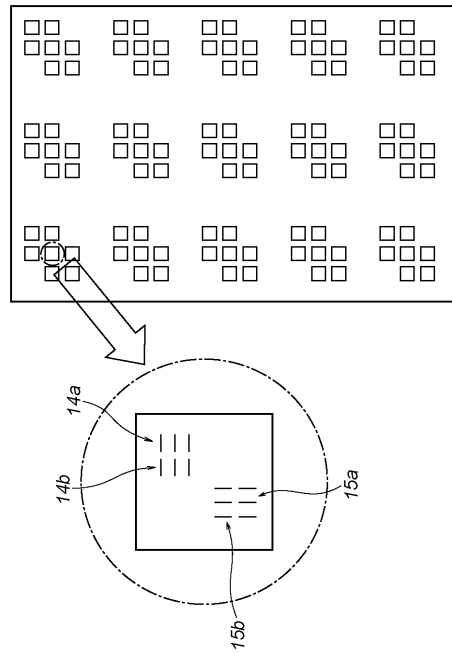
【 9 】



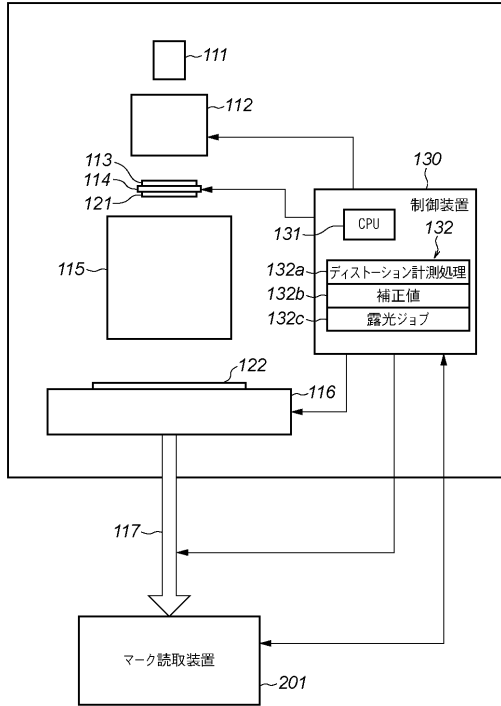
【 10 】



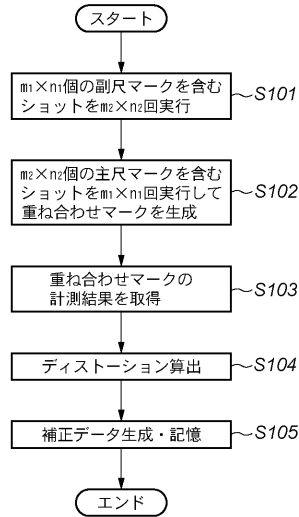
【 11 】



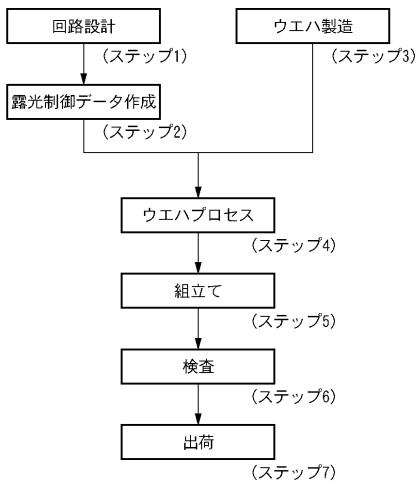
【図12】



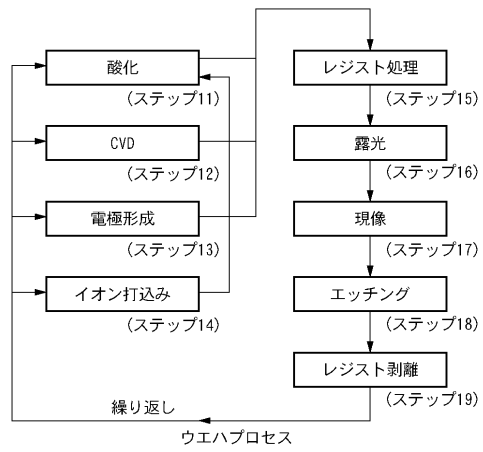
【図13】



【図14】



【図15】



---

フロントページの続き

審査官 佐藤 秀樹

(56)参考文献 特開平09 - 015098 (JP, A)  
特開平11 - 288869 (JP, A)  
特開平06 - 176999 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

G01M 11/00-11/08

G01B 11/16