

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6386732号
(P6386732)

(45) 発行日 平成30年9月5日(2018.9.5)

(24) 登録日 平成30年8月17日(2018.8.17)

(51) Int.Cl.

H01L 21/68 (2006.01)
G03F 9/00 (2006.01)

F 1

H01L 21/68
G03F 9/00F
H

請求項の数 12 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2014-8064 (P2014-8064)
 (22) 出願日 平成26年1月20日 (2014.1.20)
 (65) 公開番号 特開2015-138806 (P2015-138806A)
 (43) 公開日 平成27年7月30日 (2015.7.30)
 審査請求日 平成29年1月13日 (2017.1.13)

(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 100126240
 弁理士 阿部 琢磨
 (74) 代理人 100124442
 弁理士 黒岩 創吾
 (72) 発明者 宮崎 忠喜
 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

審査官 田口 孝明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】検出装置、検出方法、及びリソグラフィ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のマーク要素が並んだマークの位置を検出する検出装置であって、
 前記マークを撮像する撮像部と、
 撮像部で得られる前記マークの2次元画像の画像信号を用いて前記マークの、前記マーク要素が並んだ方向に関する位置検出を行う処理部と、を有し、
 前記処理部は、
 前記2次元画像に対して設定された検出領域内の2次元画像の画像信号を前記マーク要素が並んだ方向とは異なる方向に積算することにより、複数のピークを有する1次元の積算信号を生成し、

生成された前記積算信号の前記複数のピークのうち、その値と基準値との差が閾値以上であるピークと、その値と基準値との差が閾値より小さいピークとを検出し、該検出結果を用いて前記マークの異常領域を求め、

求めた前記異常領域に基づき、前記2次元画像の信号を前記異なる方向に積算する場合において、前記異常領域を含む検出領域内の画像信号を積算する積算幅は、前記異常を含まない検出領域内の画像信号を積算する積算幅よりも狭くなるように検出領域を新たに設定し、前記新たに設定された検出領域内の2次元画像の信号を前記異なる方向に積算することにより得た、複数のピークを有する1次元の積算信号に基づいて前記マークの、前記マーク要素が並んだ方向に関する位置を検出することを特徴とする検出装置。

【請求項 2】

前記マークは、マーク要素としての互いに平行な複数のラインを含み、
前記処理部は、前記ラインに沿って前記検出領域内の2次元画像の信号を積算することを特徴とする請求項1に記載の検出装置。

【請求項3】

前記処理部は、前記積算信号の前記複数のピークのうち、その値が最大のピークの値を基準値とし、前記複数のピークの値と前記基準値を比較することで、前記複数のピークの値と前記基準値との差を求める特徴とする請求項1または2に記載の検出装置。

【請求項4】

前記処理部は、前記複数のピークの値と基準値の差が閾値以上であるピークの数が、前記複数のピークの値と基準値の差が閾値より小さいピークの数よりも少ない場合は、前記複数のピークの値と基準値の差が閾値以上であるピークの位置に、前記マークの異常領域が含まれているとし、該異常領域に基づき、前記2次元画像に対する検出領域を新たに設定することを特徴とする請求項1乃至3の何れか一項に記載の検出装置。10

【請求項5】

前記処理部は、前記複数のピークの値と基準値の差が閾値以上であるピークの数が、前記複数のピークの値と基準値の差が閾値より小さいピークの数よりも多い場合は、前記複数のピークの値と基準値の差が閾値より小さいピークの位置に、前記マークの異常領域が含まれているとし、該異常領域に基づき、前記2次元画像に対する検出領域を新たに設定することを特徴とする請求項1乃至3の何れか一項に記載の検出装置。

【請求項6】

前記閾値は、前記複数のピークのうち、その値と前記基準値との間に差が生じた数に基づき、求めることを特徴とする請求項1乃至5の何れか一項に記載の検出装置。20

【請求項7】

複数のマーク要素が並んだマークの位置を検出する検出装置であって、
前記マークを撮像する撮像部と、
撮像部で得られる前記マークの2次元画像の画像信号を用いて前記マークの、前記マーク要素が並んだ方向に関する位置検出を行う処理部と、を有し、
前記処理部は、
前記マークの異常領域を取得し、
前記2次元画像の画像信号を前記マーク要素が並んだ方向とは異なる方向に積算する場合において、前記異常領域を含む検出領域内の画像信号を積算する積算幅は、前記異常を含まない検出領域内の画像信号を積算する積算幅よりも狭くなるように前記2次元画像に対して検出領域を設定し、設定された検出領域内の2次元画像の信号を前記異なる方向に積算することにより前記複数のピークを有する1次元の積算信号を生成し、該積算信号に基づいて前記マークの、前記マーク要素が並んだ方向に関する位置を検出することを特徴とする検出装置。30

【請求項8】

複数のマーク要素が並んだマークの、前記マーク要素が並んだ方向に関する位置検出を行う検出方法であって、

前記マークを撮像し、
撮像された前記マークの2次元画像の画像信号を用いて、前記2次元画像に対して設定された検出領域内の2次元画像の信号を前記マーク要素が並んだ方向とは異なる方向に積算することで、複数のピークを有する1次元の積算信号を生成し、

生成された前記積算信号の前記複数のピークのうち、その値と基準値との差が閾値以上であるピークと、その値と基準値との差が閾値より小さいピークとを検出し、該検出結果を用いて前記マークの異常領域を求め、

求めた前記異常領域に基づき、前記2次元画像の信号を前記異なる方向に積算する場合において、前記異常領域を含む検出領域内の画像信号を積算する積算幅は、前記異常を含まない検出領域内の画像信号を積算する積算幅よりも狭くなるように検出領域を新たに設定し、前記新たに設定された検出領域内の2次元画像の信号を前記異なる方向に積算する50

ことにより得た、複数のピークを有する1次元の積算信号に基づいて前記マークの、前記マーク要素が並んだ方向に関する位置検出を行うことを特徴とする検出方法。

【請求項9】

複数のマーク要素が並んだマークの、前記マーク要素が並んだ方向に関する位置検出を行う検出方法であって、

前記マークを撮像し、

前記マークの異常領域を求める、

撮像された前記マークの2次元画像の画像信号に対して前記2次元画像の信号を前記マーク要素が並んだ方向とは異なる方向に積算する場合において、前記異常領域を含む検出領域内の画像信号を積算する積算幅は、前記異常を含まない検出領域内の画像信号を積算する積算幅よりも狭くなるように検出領域を設定し、設定された検出領域内の2次元画像の信号を前記異なる方向に積算することにより前記複数のピークを有する1次元の積算信号を生成し、

該積算信号に基づいて前記マークの、前記マーク要素が並んだ方向に関する位置検出を行うことを特徴とする検出方法。

【請求項10】

原版を用いて基板上にパターンを形成するリソグラフィ装置であって、

前記原版を保持する原版保持部と、

前記原版と前記原版保持部に形成された複数のマーク要素が並んだマークの位置を検出する検出装置を備え、

該検出装置は、

前記マークを撮像する撮像部と、

撮像部で得られる前記マークの2次元画像の画像信号を用いて前記マークの、前記マーク要素が並んだ方向に関する位置検出を行う処理部と、を有し、

前記処理部は、

前記2次元画像に対して設定された検出領域内の2次元画像の画像信号を前記マーク要素が並んだ方向とは異なる方向に積算することにより、複数のピークを有する1次元の積算信号を生成し、

生成された前記積算信号の前記複数のピークのうち、その値と基準値との差が閾値以上であるピークと、その値と基準値との差が閾値より小さいピークとを検出し、該検出結果を用いて前記マークの異常領域を求め、

求めた前記異常領域に基づき、前記2次元画像の信号を前記異なる方向に積算する場合において、前記異常領域を含む検出領域内の画像信号を積算する積算幅は、前記異常を含まない検出領域内の画像信号を積算する積算幅よりも狭くなるように検出領域を新たに設定し、前記新たに設定された検出領域内の2次元画像の信号を前記異なる方向に積算することにより得た、複数のピークを有する1次元の積算信号に基づいて前記マークの、前記マーク要素が並んだ方向に関する位置を検出することを特徴とするリソグラフィ装置。

【請求項11】

原版を用いて基板上にパターンを形成するリソグラフィ装置であって、

前記原版を保持する原版保持部と、

前記原版と前記原版保持部に形成された複数のマーク要素が並んだマークの位置を検出する検出装置を備え、

該検出装置は、

前記マークを撮像する撮像部と、

撮像部で得られる前記マークの2次元画像の画像信号を用いて前記マークの、前記マーク要素が並んだ方向に関する位置検出を行う処理部と、を有し、

前記処理部は、

前記マークの異常領域を取得し、

前記2次元画像の画像信号を前記マーク要素が並んだ方向とは異なる方向に積算する場合において、前記異常領域を含む検出領域内の画像信号を積算する積算幅は、前記異常を

10

20

30

40

50

含まない検出領域内の画像信号を積算する積算幅よりも狭くなるように前記2次元画像に対して検出領域を設定し、設定された検出領域内の2次元画像の信号を前記異なる方向に積算することにより前記複数のピークを有する1次元の積算信号を生成し、該積算信号に基づいて前記マークの、前記マーク要素が並んだ方向に関する位置を検出することを特徴とするリソグラフィ装置。

【請求項12】

請求項10または11に記載のリソグラフィ装置を用いて基板上にパターンを形成する工程と、

前記工程で前記パターンが形成された基板を加工する加工工程と、を有し、
該加工工程により加工された前記基板から物品を製造することを特徴とする物品の製造方法。 10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、物体に形成されたアライメントマークを検出する検出装置、検出方法、及びリソグラフィ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年ICやLSIの半導体回路パターンの微細化、高集積化に伴い、半導体露光装置の高精度化、高機能化が進んでいる。特にマスクやレチクル等の原版と半導体ウエハやガラス板等の基板との位置合わせ精度は、装置性能に影響するため重要である。そのため、原版に形成されているパターンと基板上に設定されているショット領域をナノメートルのオーダーで位置合わせする技術が求められている。そのためには、原版の位置を正確に求める必要がある。 20

【0003】

原版を保持する原版保持部（レチクルステージ）に対して原版を位置合わせすることをレチクルアライメントと呼ぶ。一般に、レチクルステージに対する原版の位置合わせは、原版に形成されたレチクルマークとレチクルステージに形成された基準マークとをスコープ（顕微鏡）で検出することにより行われている。

【0004】

このとき、レチクルマークと基準マークの画像を撮像素子（2次元CCDなど）で撮像する。レチクルマークと基準マークはそれぞれ、位置合わせする方向（計測方向）に互いの相対的な位置を計測可能なマークである。撮像素子で撮像されるレチクルマークと基準マークは、通常2次元画像であるが、それぞれのマークの2次元画像を計測方向に直交する方向（非計測方向）に積算して、1次元画像信号（画像データ）を生成する。このようにマークの検出には、2次元画像が非計測方向に積算された1次元画像データを用いる方法がある。（特許文献1） 30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2004-111861号公報 40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、レチクルマークや基準マークの上にゴミ（異物）が存在する場合や、マークに欠陥がある場合、非計測方向に各マークの2次元画像を積算すると、積算された1次元画像信号がマーク以外の要因により変化してしまう（歪んでしまう）。そのため、マークの検出精度が低下する恐れがあり、位置合わせ精度に影響を与える。

【0007】

そこで本発明では、マーク上のゴミやマークの欠陥の影響を低減してマークを検出する 50

検出装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記の目的を達成するための本発明による検出装置は、複数のマーク要素が並んだマークの位置を検出する検出装置であって、前記マークを撮像する撮像部と、撮像部で得られる前記マークの2次元画像の画像信号を用いて前記マークの、前記マーク要素が並んだ方向に関する位置検出を行う処理部と、を有し、前記処理部は、前記2次元画像に対して設定された検出領域内の2次元画像の画像信号を前記マーク要素が並んだ方向とは異なる方向に積算することにより、複数のピークを有する1次元の積算信号を生成し、生成された前記積算信号の前記複数のピークのうち、その値と基準値との差が閾値以上であるピークと、その値と基準値との差が閾値より小さいピークとを検出し、該検出結果を用いて前記マークの異常領域を求め、求めた前記異常領域に基づき、前記2次元画像の信号を前記異なる方向に積算する場合において、前記異常領域を含む検出領域内の画像信号を積算する積算幅は、前記異常を含まない検出領域内の画像信号を積算する積算幅よりも狭くなるように検出領域を新たに設定し、前記新たに設定された検出領域内の2次元画像の信号を前記異なる方向に積算することにより得た、複数のピークを有する1次元の積算信号に基づいて前記マークの、前記マーク要素が並んだ方向に関する位置を検出することを特徴とする。10

【0009】

また、本発明の別の側面としての検出方法は、複数のマーク要素が並んだマークの、前記マーク要素が並んだ方向に関する位置検出を行う検出方法であって、前記マークを撮像し、撮像された前記マークの2次元画像の画像信号を用いて、前記2次元画像に対して設定された検出領域内の2次元画像の信号を前記マーク要素が並んだ方向とは異なる方向に積算することで、複数のピークを有する1次元の積算信号を生成し、生成された前記積算信号の前記複数のピークのうち、その値と基準値との差が閾値以上であるピークと、その値と基準値との差が閾値より小さいピークとを検出し、該検出結果を用いて前記マークの異常領域を求め、求めた前記異常領域に基づき、前記2次元画像の信号を前記異なる方向に積算する場合において、前記異常領域を含む検出領域内の画像信号を積算する積算幅は、前記異常を含まない検出領域内の画像信号を積算する積算幅よりも狭くなるように検出領域を新たに設定し、前記新たに設定された検出領域内の2次元画像の信号を前記異なる方向に積算することにより得た、複数のピークを有する1次元の積算信号に基づいて前記マークの、前記マーク要素が並んだ方向に関する位置検出を行うことを特徴とする。20

【0010】

また、本発明の別の側面としての検出方法は、複数のマーク要素が並んだマークの、前記マーク要素が並んだ方向に関する位置検出を行う検出方法であって、前記マークを撮像し、前記マークの異常領域を求め、撮像された前記マークの2次元画像の画像信号に対して前記2次元画像の信号を前記マーク要素が並んだ方向とは異なる方向に積算する場合において、前記異常領域を含む検出領域内の画像信号を積算する積算幅は、前記異常を含まない検出領域内の画像信号を積算する積算幅よりも狭くなるように検出領域を設定し、設定された検出領域内の2次元画像の信号を前記異なる方向に積算することにより前記複数のピークを有する1次元の積算信号を生成し、該積算信号に基づいて前記マークの、前記マーク要素が並んだ方向に関する位置検出を行うことを特徴とする。30

【0011】

また、本発明の別の側面としての検出方法は、複数のマーク要素を含むマークを撮像し、前記撮像により得られたマーク画像に対しウィンドウを設定し、前記ウィンドウ内の前記マーク画像を所定方向に積算することによって、複数のピークを有する信号を生成し、前記複数のピーク間でピーク値の差に基づいて、前記所定方向に関する幅を前記ウィンドウより狭めたウィンドウ、または、前記所定方向に関する位置を前記ウィンドウとは変えたウィンドウ、または、前記所定方向に関する幅を前記ウィンドウより狭め且つ前記所定方向に関する位置を前記ウィンドウとは変えたウィンドウを、前記マーク画像に対し新た40

に設定し、前記新たに設定したウィンドウ内の前記マーク画像を所定方向に積算することによって複数のピークを有する信号を新たに生成し、該新たに生成した複数のピークを有する信号を用いて前記マークの位置を検出することを特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、マーク上のゴミやマークの欠陥の影響を低減してマークを検出する検出装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の検出装置と露光装置の一部を示した図である。

10

【図2】レチクルマークと基準マークを示した図である。

【図3】検出領域に含まれるマークの画像を積算した信号を示した図である。

【図4】異常領域を含むマークと検出領域を示した図である。

【図5】異常領域を含むマークの画像を積算した信号を示した図である。

【図6】異常領域の判定方法のフローチャートである。

【図7】異常領域を含まないように検出領域を設定した状態を示した図である。

【図8】異常領域を含まないマークの画像を積算した信号を示した図である。

【図9】異常領域の判定方法のフローチャートである。

【図10】光量ピークに変化のあるマーク要素数に対する異常領域判定用閾値を示した図である。

20

【図11】光量値の変化量に対するマーク位置の計測誤差の関係を示した図である。

【図12】検出領域の調整方法のフローチャートである。

【図13】検出領域の調整方法を示した図である。

【図14】検出領域の調整方法を示した図である。

【図15】本発明の検出装置を用いた露光方法のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下に、本発明の好ましい実施形態を添付の図面に基づいて詳細に説明する。

【0015】

本発明の検出装置MPについて説明する。図1は、本実施形態の検出装置MPを露光装置に適用したものを見ている。

30

【0016】

(マーク位置の計測方法)

マーク位置の計測方法として、検出装置MPでレチクルRやレチクルステージRSに設けられたアライメントマークを検出し、検出結果に基づいてアライメントマークの位置を計測する方法について説明する。さらに、レチクルステージRSとレチクルRのアライメントマークの位置の計測結果を用いてレチクルアライメントを行う方法について説明する。

【0017】

レチクルRにはレチクルマークRMが形成されており、検出装置MPでレチクルマークRMを検出することでレチクルRの位置を求めることができる。レチクルRは、不図示のレチクル搬送機構によってレチクルステージRSに搬入される。また、レチクルステージRSには基準マークSMが形成されており、検出装置MPで基準マークSMを検出することでレチクルステージRSの位置を求めることができる。

40

【0018】

ここではレチクルRの下面(レチクルRがレチクルステージRSに接する面)にレチクルマークRMが設けられている場合について説明する。また、レチクルステージRSの上面(レチクルステージRSがレチクルRと接する面)に基準マークSMが設けられている場合について説明する。

【0019】

50

図2に示すように、レチクルマークRMと基準マークSMは、それぞれ、X方向の位置を計測するためのXマーク(マークSMX、マークRMX)と、X方向に対して垂直なY方向の位置を計測するためのYマーク(マークSMY、マークRMY)を備えている。ここで、XマークとYマークのそれぞれには、複数のマーク要素が含まれている。例えば、レチクルマークRMのYマーク(マークRMY)は、複数のマーク要素RMB1～RMB8を含む。Yマークは、X方向に沿ったライン状のマーク要素からなる。複数のライン状のマーク要素を用いることで、それぞれのマーク要素の位置検出結果を平均化してマーク位置とすることことができ、マークの位置計測の精度を上げることができる。

【0020】

レチクルマークRMと基準マークSMが、図2のように重ね合わさるようにレチクルRをレチクルステージRSに搬入する。検出装置MPは、レチクルマークRMと基準マークSMを検出することでレチクルRとレチクルステージRSの相対的な位置を計測する。10

【0021】

検出装置MPは、レチクルアライメントスコープRASと画像処理部Pを有する。レチクルアライメントスコープRASは、光源LS、照明光学系IL、対物光学系OL、レチクルマークRMと基準マークSMを撮像するためのカメラCAM(撮像部)を有する。画像処理部Pは、カメラCAMで撮像したマークの画像を処理して、レチクルRとレチクルステージRSの相対的な位置を算出する。

【0022】

具体的には、レチクルアライメントスコープRASでレチクルマークRMと基準マークSMのマーク画像IMGを撮像し、撮像した2次元のマーク画像IMGを、画像処理部Pに含まれる画像記憶部P1に記憶する。記憶されたマーク画像IMGは、画像処理部Pに有する波形生成部P2で、マークが形成された領域に対応する2次元画像に対して設定された計測ウィンドウWIN(検出領域)の領域内を、位置計測方向と直交する一方向に画像を積算する。位置計測方向と直交する一方向に画像(光量に対応する信号)を積算することで、図3に示すような1次元の信号(以下、「積算波形WA」と書く)を生成する。ここでは、図2に示した計測ウィンドウWINの領域内をマークRMYの信号を所定方向であるX方向に光量を積算する。図3は、横軸が計測ウィンドウWINの非積算方向(Y方向)の位置、縦軸は計測ウィンドウWINで所定方向としての積算方向(X方向)に光量を積算した結果のうち、最大光量値を100%としたときの相対的な光量を示している。この例では、マークがある位置(各マーク要素の位置)は光量が低くなり、マークがない位置(各マーク要素がない位置)は光量が高くなっている。8個のマーク要素に対して9か所の光量のピークを検出していることが分かる。また、ゴミや欠陥などがない正常な状態では、各マーク要素の光量値はほぼ一定になる。2030

【0023】

生成された積算波形WAは、画像処理部Pに有する波形処理部P3(信号処理部)で処理される。波形処理部P3は、積算波形WAから、マーク画像IMGに対するレチクルマークRMのマークRMYの位置(Y方向の位置)を計測する。波形処理部P3での位置の計測方法は、例えば、積算波形WAの重心を計算して処理することでマーク内の各マーク要素の位置を算出し、それぞれのマーク要素の位置を足し合わせて平均化することでマークの中心位置を算出する。40

【0024】

同様に、レチクルマークRMのマークRMXに対して計測ウィンドウWINを設定し、計測方向(Y方向)に撮像した2次元画像を積算することで、1次元の積算波形WAを生成する。生成された積算波形WAの波形を処理することで、マーク画像IMGに対するレチクルマークRMのマークRMXの位置(X方向の位置)を計測する。また、基準マークSMのマークSMX、マークSMYに対しても画像処理部Pで同様の処理をすることで、マーク画像IMGに対する基準マークSMのマークSMXの位置(X方向の位置)、SMYの位置(Y方向の位置)を計測する。

【0025】

50

画像処理部 P でのレチクルマーク R M の位置と基準マーク S M の位置の計測結果は、制御装置 M C に送られる。それぞれのマークの位置の計測結果より、レチクル R とレチクルステージ R S との相対的な位置や、レチクルステージ R S に対してレチクル R がずれている量が分かる。このため、露光装置の投影光学系 P O がレチクル R のパターンを基板 W に投影する際には、レチクルステージ R S の位置を補正することで、レチクル R と基板 W の位置合わせを精度よく行うことができる。または、基板 W を保持する基板チャック C H を移動させる基板ステージ W S の位置を補正することで、レチクル R と基板 W の位置合わせを精度よく行うことができる。

【 0 0 2 6 】

(異常領域が存在する場合)

10

しかし、図 4 のように、マーク上に付着したゴミやマークの欠陥などによる異常領域 D S T が計測ウィンドウ W I N に存在すると、図 5 のような積算波形 W A となり、各マーク要素の光量値は一定ではなくなる。計測ウィンドウ W I N に異常領域 D S T を含む光量値は他の領域と比べて光量が低くなっている。最大光量値に対して光量差 L D F が発生している。図 5 の積算波形 W A を用いて上述の位置計測を行うと、マーク位置を計測する精度が低下する恐れがある。そこで、本発明では、異常領域 D S T を判定し、異常領域 D S T の影響を受けないように計測ウィンドウ W I N の領域を調整する。調整した計測ウィンドウ W I N 内のマークを撮像し、撮像した 2 次元画像を積算することで得られる積算信号を用いてマークの位置を計測することで、異常領域 D S T の影響を低減してマークの位置の計測精度を上げることができる。

20

【 0 0 2 7 】

そこで、本実施形態の検出装置 M P の画像処理部 P には、異常領域判定部 P 4 とウィンドウ調整部 P 5 を有する。レチクルアライメントスコープ R A S で撮像したマーク画像 I M G を、画像処理部 P 内の画像記憶部 P 1 に記憶させた後、異常領域判定部 P 4 でレチクルマーク R M と基準マーク S M の領域内にゴミや欠陥などが存在する異常領域 D S T があるかどうかを判定する。異常領域判定部 P 4 で異常領域 D S T があることを判定したら、ウィンドウ調整部 P 5 で異常領域 D S T の影響を受けないように計測ウィンドウ W I N の領域を調整する。その後、ウィンドウ調整部 P 5 で調整した計測ウィンドウ W I N 内のマークを撮像し、得られた 2 次元画像を波形生成部 P 2 で一方向に積算して積算波形 W A を生成する。

30

【 0 0 2 8 】

(積算光量の光量ピークの調整方法)

図 6 に示すフローチャートと図 7 に示すマーク画像 I M G 、図 8 に示す積算波形を参照して、検出装置 M P によるレチクルマーク R M と基準マーク S M の位置の計測方法を説明する。まず、レチクルマーク R M と基準マーク S M がアライメントスコープ R A S の観察視野内に存在する状態で、カメラ C A M でマーク画像 I M G を撮像する (S 1 0 1)。撮像されたマーク画像 I M G は、カメラ C A M から画像処理部 P へ転送される (S 1 0 2)。次に、マーク画像 I M G を処理して計測ウィンドウ W I N の領域内のマークに異常領域 D S T が有るか否かを判定する (S 1 0 3)。判定の結果、異常領域 D S T があると判定された場合は、異常領域 D S T を考慮し、異常領域 D S T が含まれないように計測ウィンドウ W I N を調整する (S 1 0 4)。そして、調整された計測ウィンドウ W I N を用いて積算波形 W A を生成し、計測ウィンドウ W I N の領域のマークの位置の計測を行う (S 1 0 5)。S 1 0 3 の判定の結果、異常領域 D S T が含まれていない場合には、予め設定された計測ウィンドウ W I N を用いて積算波形 W A を生成し、計測ウィンドウ W I N の領域のマークの位置の計測を行う (S 1 0 5)。異常領域 D S T が含まれている場合には、異常領域 D S T を含まないように計測ウィンドウ W I N の領域を調整・再設定する。調整・再設定された計測ウィンドウ W I N のマークの 2 次元画像から積算波形を生成すると、図 8 の積算波形 W A のように、計測ウィンドウ W I N の各マーク要素の光量値 (光量のピーク) がほぼ一定にすることができる。異常領域 D S T を含まないように計測ウィンドウ W I N を調整することで、計測ウィンドウ W I N の積算波形から得られる複数のピークのピーク値の差を低減

40

50

し、計測誤差を低減したマークの位置の計測が可能になる。以上のように、レチクルマークRMと基準マークSMを検出する際に、それぞれ計測ウィンドウWINを調整して生成された積算波形を用いることで、レチクルマークRMと基準マークSMの位置の計測を行う。

【0029】

(異常領域の判定方法)

上述したS103の異常領域DSTの判定方法について、図4のマーク画像IMGと図5の積算波形WA、図9のフローチャートを参照しながら説明する。まず、レチクルアライメントスコープRASのカメラCAMで撮像したマークに対して、予め設定された計測ウィンドウWINの範囲内のマークの2次元画像を積算し、積算波形WAを生成する(S201)。積算波形WAの中から、各マーク要素間(間隔)に対応する位置に現れる複数のピークの値の中で最大のピーク値を基準値LSTとする(S202)。図5はマーク要素RMB1とマーク要素RMB2の間に現れるピークの値(左から2番目の光量のピーク)が最大であるものを示している。

10

【0030】

次に、積算波形WAの各ピークの値(積算光量値)と基準値LST(基準光量値)とを比較し、その差が閾値を超えていたかどうかを判定する(S203)。積算波形WAの複数のピーク間で基準光量値との差に基づいて、判定している。図5では全部で9つのピークが存在し、基準値LSTと、これ以外の8つの光量のピークの値とを比較する。各ピークの値と基準値LSTとを比較して、その差が閾値を超えていない1つ又は複数のピークをグループA、その差が閾値を超える1つ又は複数のピークをグループBと分類する(S204)。このとき、基準値LSTと同じ値を持つピークはグループAとする。積算波形WAに含まれる全てのピークについてグループA又はグループBに分類したら、グループAに含まれるピークの数とグループBに含まれるピークの数を比較する(S205)。ピークの数を比較した結果、グループAの数が多い場合は、グループBのピークを含む領域に異常領域が存在すると判定する(S206)。一方、ピークの数を比較した結果、グループBの数が多い場合は、グループAのピークを含む領域に異常領域が存在すると判定する(S207)。ここでは、異常領域が含まれるピークの数の方が少ないとして異常領域を判定しているが、異常領域が含まれるピークの数の方が多いものとして異常領域を判定してもよい。

20

【0031】

閾値の値は、マークの位置を計測する際の計測誤差量や精度に応じて適宜決めることができる。異常領域の判定に用いる閾値の値の求め方については、図1、図10、図11を参照して説明する。図10は、積算波形WAから求めた複数のピークをそれぞれ比較した際に、複数のピークの値に変化が見られるピークの数に対する光量の閾値の値を示した図である。図10に示すTH1～TH8のようにピークの値に変化がみられるピークの数に応じて異なる閾値を設定することができる。複数のピークの値に変化が少ないほど、基準値に対するピークの値の割合が小さい(基準値に対するピークの値の変化が大きい)値を閾値とする。ピーク値に変化が見られるピークの数によって異なる閾値を設定するのは、マーク上のゴミやマークの欠陥などの異常領域の範囲によってマーク位置を計測した時の計測誤差量が異なる傾向があるためである。

30

【0032】

例えば、異常領域の影響を受けるマーク要素数が少ない場合、計測誤差量が小さいマーク要素数のほうが多いため、異常領域の影響を受けるマーク要素がマーク位置計測に及ぼす誤差量は小さくなる。よって、異常領域の影響を受けるマーク要素数が少ないほど、複数のピークの値の変化量は大きくても許容できる。

40

【0033】

一方、異常領域の影響を受けるマーク要素数が多い場合、計測誤差量が大きいマーク要素数のほうが多いため、異常領域の影響を受けるマーク要素がマーク位置計測に及ぼす誤差量は大きくなる。よって、異常領域の影響を受けるマーク要素数が多いほど、許容でき

50

る複数のピークの値の変化量は小さくなる。なお、この他にも閾値は、任意の一つの値にしてもよい。この際、異常領域の判定精度は落ちるが、比較的簡易に複数のピークの値の判定を行うことができる。

【0034】

このように、複数のピークの値を比較する際に利用する閾値は、ピーク毎の値の変化量とマーク位置計測の誤差量との関係を予め計測することで求めることができる。例えば、ピークの値に変化のあるピークが1つである時の閾値を求める場合について、図11を参照して説明する。まず、レチクルアライメントスコープRASの光源LSの光量を変化させながら、マーク位置の計測誤差量を求めていくと、ピークの値の変化量に対するマーク位置の計測誤差の関係を示す線形成分LIN1が求まる。位置計測装置に要求される精度から許容可能なマーク位置計測誤差をTH9とすると、この時のピーク値の変化量はINT1なので、ピーク値の変化量の閾値TH1は、INT1[%]と決定することができる。
10

【0035】

(計測ウィンドウの調整方法)

計測ウィンドウWINの調整方法について、図12のフローチャートを参照して説明する。ここでは、計測ウィンドウWIN内のマーク上に異物が存在する場合やマークの欠陥などの異常領域が存在する場合、計測ウィンドウWINを調整する必要がある。積算波形から得られる複数のピークの値に変化がなければ、計測ウィンドウWINの領域を調整する必要は無い。
20

【0036】

計測ウィンドウの調整方法としては、まず計測ウィンドウWINの幅を所定方向である積算方向に沿った一方向(第1方向)から任意の幅だけ狭くする。狭くした計測ウィンドウ内のマークを撮像した画像(検出信号)を積算して積算波形WAを生成する(S301)。次に、生成した積算波形WAから、異常領域のピークの値と、基準値となるピークの値(異常領域とは異なる領域のピークの値)との差が閾値内かどうかを比較する(S302)。ピークの値の差が閾値内に入らなければ(NOの場合)、S301に戻りさらに計測ウィンドウWINの幅を積算方向の一方向から狭くして、再度計測ウィンドウWIN内の積算波形を求める。さらに狭めた検出領域のピークの値の差が閾値内かどうかを比較する(S302)。そして、ピークの値の差が閾値内に入るまで計測ウィンドウを狭くして、積算波形の生成を繰り返す。
30

【0037】

ピーク値の差が閾値内に入ったら、その時の計測ウィンドウ(第1計測ウィンドウ)の積算方向幅と計測ウィンドウ中心座標を記憶する(S303)。次に、計測ウィンドウ内の検出信号を積算方向に積算して積算波形を生成する。生成した積算波形のコントラストを求め、コントラストがある閾値以上であることを確認する(S304)。異常領域が含まれないように計測ウィンドウWINを狭くするため、積算波形の全体のピークの値が低下しコントラストが低下する。コントラストが低下すると、位置計測の精度が低下する恐れがあるため積算波形のコントラストを確認する。コントラストの閾値は、位置計測の精度が低下しないコントラストを予め求めておくことができる。位置計測の精度の低下を抑えるために、コントラストを判定基準にするだけでなく、検出された積算波形のピークの値を判定基準としてもよい。
40

【0038】

コントラストが閾値以上の場合は、その時の計測ウィンドウWINを検出領域として決定する(S311)。コントラストが閾値未満の場合は、S301で計測ウィンドウWINの領域を狭くする前の領域に戻して、S301で計測ウィンドウの幅を狭くした方向(第1方向)とは反対の方向(第2方向)から任意の幅だけ狭くする。狭くした計測ウィンドウ内のマークを撮像した画像(検出信号)を積算して積算波形WAを生成する(S305)。

【0039】

10

20

30

40

50

生成した積算波形WAから、異常領域のピークの値と、基準値となるピークの値（異常領域とは異なる領域のピークの値）との差が閾値内かどうかを比較する（S306）。ピークの値の差が閾値内に入らなければ（NOの場合）、S305に戻りさらに計測ウィンドウWINの幅を積算方向に沿った方向（第2方向）から狭くして、再度計測ウィンドウWIN内の積算波形を求める。さらに狭めた検出領域内のマークの積算波形からピークの値の差が閾値内かどうかを比較する（S306）。そして、ピークの値の差が閾値内に入るまで計測ウィンドウを狭くして、積算波形の生成を繰り返す。

【0040】

ピークの値の差が閾値内に入ったら、その時の計測ウィンドウ（第2計測ウィンドウ）の積算方向幅と計測ウィンドウ中心座標を記憶する（S307）。次に、計測ウィンドウ内のマークを撮像した画像（検出信号）を積算方向に積算して積算波形を生成する。生成した積算波形のコントラストを求め、コントラストがある閾値以上であることを確認する（S308）。

【0041】

コントラストが閾値以上の場合には、その時の計測ウィンドウWINを検出領域として決定する（S311）。コントラストが閾値未満の場合は、S303で求めた第1計測ウィンドウとS307で求めた第2計測ウィンドウの二つの計測ウィンドウで生成した積算波形を加算する（S309）。二つの計測ウィンドウの積算波形を加算して求めた積算波形のコントラストが閾値以上であるかどうかを確認する（S310）。コントラストが閾値以上の場合は、S303で求めた第1計測ウィンドウとS307で求めた第2計測ウィンドウの二つをマーク位置検出用の計測ウィンドウWINを検出領域として決定する（S311）。第1計測ウィンドウと第2計測ウィンドウで求めた積算波形のコントラストが閾値未満の場合は、異常領域を除去することによるマークの位置計測ができない旨を画像処理部Pから制御装置MCへ通知する（S312）。

【0042】

（他の計測ウィンドウの調整方法）

このほかの計測ウィンドウの調整方法としては、異常領域のマーク要素を使用しないようにする方法もある。図2に示すマークを用いる場合、計測ウィンドウ内のマークを撮像した画像を積算して得られる積算波形はマーク要素が8つあるため、9つのピークの値を用いてマーク位置を計測する。しかし、マーク上に図4のような異常領域DSTが存在する場合、計測ウィンドウ内の積算波形は図5のようになる。そのため、閾値未満の光量ピーク（異常領域の積算波形）は用いずに、閾値以上のピークの値を用いてマーク位置を計測しても良い。9つのピークの値のうち左から3～5番目のピークの値は用いずに、残りの6つのピークの値を用いてマークの位置の計測を行う。この場合、計測に用いるピークの数（マーク要素の数）が減るためマーク位置の計測精度は落ちるが、比較的単純な処理で計測ウィンドウを調整することが可能となる。

【0043】

（他の計測ウィンドウの調整方法）

更に、計測ウィンドウの調整方法は、図13のように、異常領域DSTが存在するマーク要素と異常領域が存在しないマーク要素とで計測ウィンドウの設定を変えてよい。例えば、異常領域DSTが存在するマーク要素RMB2、RMB3、RMB4を含む領域では検出領域として、前述した調整方法で計測ウィンドウの幅を調整した計測ウィンドウWIN2を用いる。一方で、異常領域が存在しないマーク要素RMB1、RMB5～RMB8を含む領域では検出領域として、予め設定された幅の計測ウィンドウWIN3を用いることができる。異常領域と異常領域以外のマーク要素で異なる計測ウィンドウを用いることで、積算波形を作成する際に異常領域以外の領域ではよりコントラストの高い積算波形を得ることができ、計測精度を高めることができる。

【0044】

なお上述した実施形態では、カメラCAMでマークを撮像し、撮像された2次元画像を積算方向に積算して積算波形を生成して処理しているが、マークを撮像するカメラCAM

10

20

30

40

50

またはセンサについては、2次元CCDを用いたカメラに限らない。たとえば、光量センサを用いてマークをスキャンしながら1次元の積算波形を取得してもよい。スキャンの範囲は、本実施形態での計測ウィンドウに当たる。

【0045】

このように、本実施形態の検出方法では、計測対象のマークに異常領域が存在している場合でも、異常領域を判定し計測ウィンドウを調整することで、マークを検出する精度を向上させることができる。検出結果から求めるマークの位置の計測誤差を小さくし、より精度よく位置計測することが期待できる。

【0046】

また、計測ウィンドウの調整方法は、計測ウィンドウ内のマークを撮像して得られたマークの画像を上述した積算方向に直交する方向に積算して、異常領域を特定しても良い。例えば、異常領域としてゴミが存在している場合には、積算方向に直交する方向にマークの画像を積算すると異常領域の光量が減るため、異常領域を特定することができる。

【0047】

また、計測ウィンドウの調整方法は、図14のようにテンプレートマッチングにより異常領域を特定しても良い。テンプレートマッチングにより特定された異常領域が含まれないように計測ウィンドウWINを調整する。計測対象のマークのテンプレートTPについてテンプレートマッチングで相関度を求める。異常領域DSTでは相関度が落ちる傾向にあるため、相関度が低い領域を除くようにして、計測ウィンドウWINを決定する。

【0048】

(露光装置の実施形態)

本発明の検出装置を備える露光装置について説明する。ここでは、図1の露光装置を用いて、レチクルRのパターンを投影光学系POが基板W上に投影する露光装置の露光方法について、図15のフローチャートを用いて説明する。

【0049】

レチクルRを不図示のレチクル搬送機構でレチクルステージRS上に搬入する(S401)。次に、レチクルステージRSに対するレチクルRの相対的な位置ずれ量を計測する(S402)。相対的な位置ずれ量の計測は、上述した検出方法でレチクルマークRMと基準マークSMを検出し、検出結果を画像処理部Pで画像処理することにより、レチクルマークRMと基準マークSMの相対的な位置を計測する。計測したレチクルマークRMと基準マークSMの相対的な位置から位置ずれ量を求め、レチクルステージRSを駆動してレチクルRの位置を位置決めする(S403)。

【0050】

レチクルRを位置合わせした後、基板Wを不図示の基板搬送機構によって基板ステージWS上の基板チャックCHに搬入する(S404)。基板Wを基板チャックにCHに搬入する際、不図示のスコープ(基板用アライメントスコープ)を用いてアライメントマークを検出することで、基板ステージWSの位置合わせが行われる。なお、レチクル搬入と基板搬入は並列に処理してもよい。基板Wを基板ステージWS上に搭載したら、レチクルRのパターンを基板W上に露光する(S405)。レチクルRのパターンを基板Wに露光を繰り返すことによって基板Wの全面について露光処理(パターン転写)を行うことができる(S406)。基板Wの全面にパターンの転写が終了した基板は基板搬送機構によって搬出される(S407)。基板がある場合は、S404～S407の処理を繰り返し、基板がない場合は、レチクルを搬出して終了する(S408、S409)。なお、レチクル搬出と基板搬出は並列に処理してもよい。

【0051】

上述した露光装置としては、基板(例えばウエハ)をステップ移動させながら、原版(例えばレチクル)上に形成されたパターンを基板の複数個所に順次パターンを転写していく、ステップと呼ばれる露光装置を用いることができる。また、基板を保持する基板ステージとレチクルを保持するレチクルステージを相対的に駆動させながら基板上にパターンを転写していく、スキャナと呼ばれる露光装置を用いることができる。さらに、上述の検

10

20

30

40

50

出装置は、露光装置のみならず、インプリント装置など他のリソグラフィ装置を用いても良い。インプリント装置は、原版としての型を用いて、基板上に供給されたインプリント材にパターンを形成することができる。型（モールド）を保持するモールド保持部に基準マーク S M を設け、上述のレチクルマーク R M に相当するマーク（モールドマーク）をモールドに設けることで、モールド保持部に対するモールドの相対的な位置を計測することができる。

【 0 0 5 2 】

以上、本発明の検出装置を露光装置やインプリント装置に用いた場合について説明した。上述の検出装置を用いて計測した、レチクル（原版）とレチクルステージ（原版保持部）の相対的な位置に基づいてレチクルステージ R S と基板ステージ W S を駆動して、位置決めすることで、ウエハ（基板）に対して精度よく位置合わせすることができる。10

【 0 0 5 3 】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形および変更が可能である。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 4 】

R レチクル

R M レチクルマーク

R S レチクルステージ

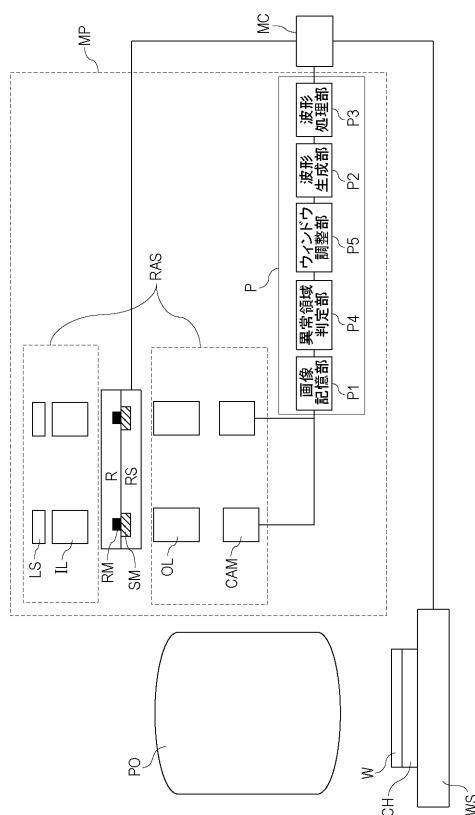
S M 基準マーク

M P 検出装置

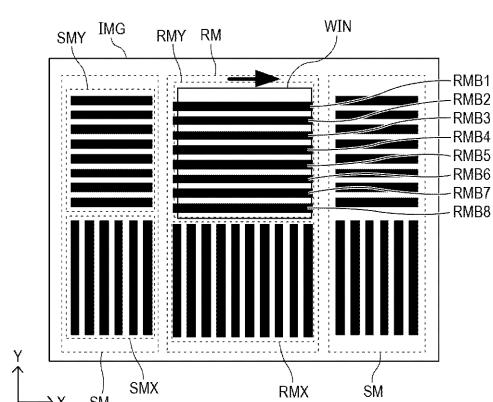
R A S レチクルアライメントスコープ

20

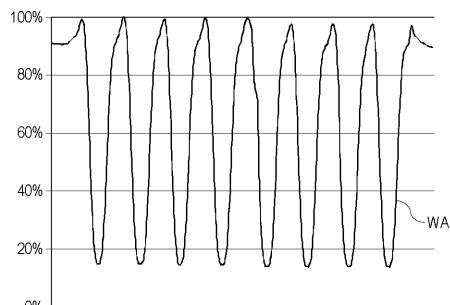
【 図 1 】



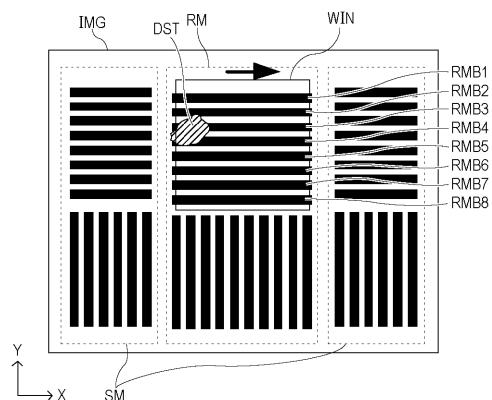
【 図 2 】



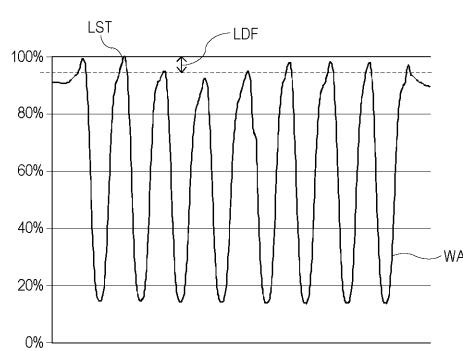
【図3】



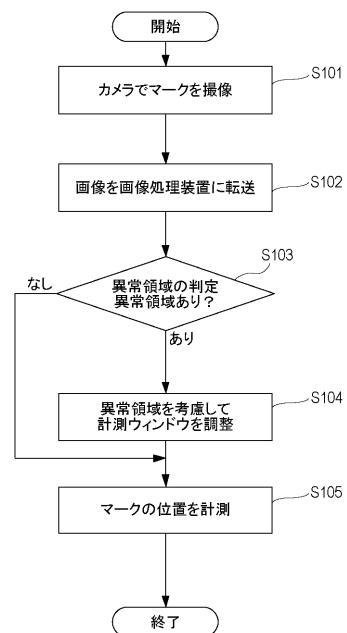
【図4】



【図5】

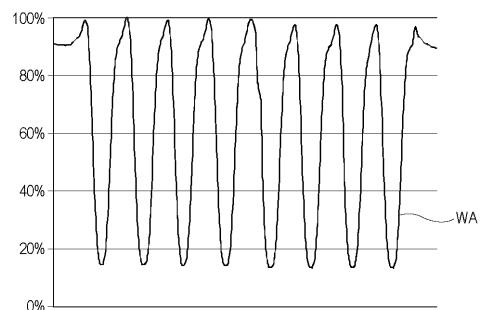
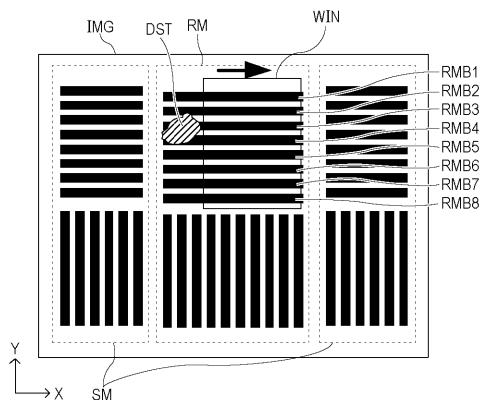


【図6】



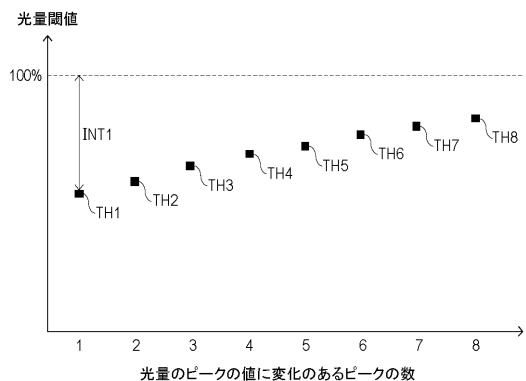
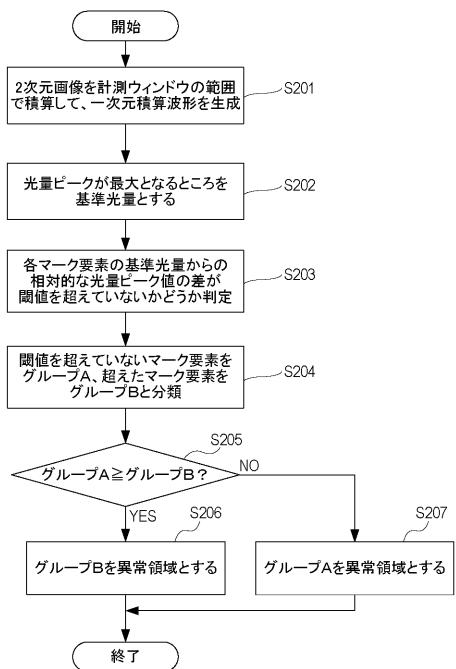
【図7】

【 四 8 】

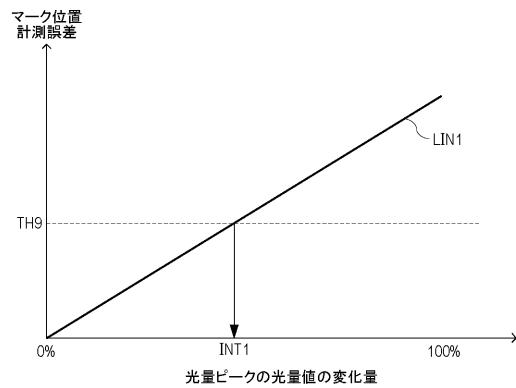


【 図 9 】

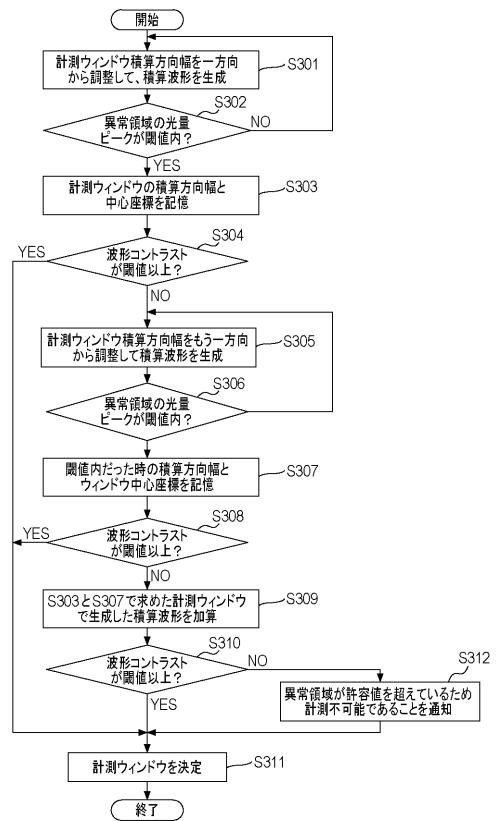
【 四 10 】



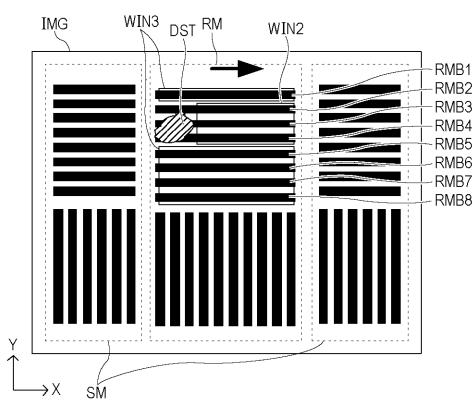
【図11】



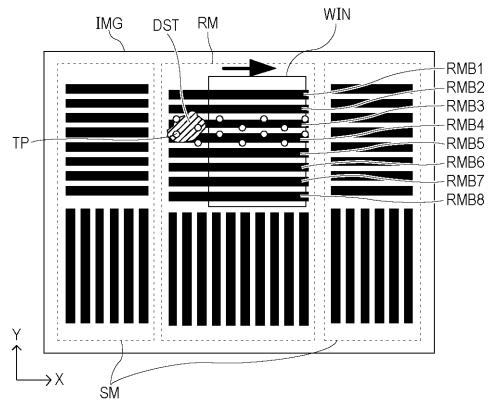
【図12】



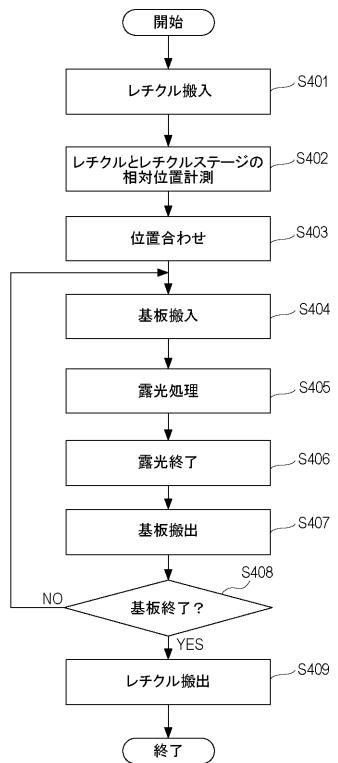
【図13】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2004-111861(JP,A)
特開2008-066638(JP,A)
特開平03-201454(JP,A)
特開平11-195575(JP,A)
特開2008-151689(JP,A)
特開2003-303763(JP,A)
特開2007-013168(JP,A)
特開2007-103658(JP,A)
特開昭63-147283(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

I P C H 0 1 L 2 1 / 3 0 ,
2 1 / 0 2 7 ,
2 1 / 4 6 ,
G 0 3 F 7 / 2 0 - 7 / 2 4 ,
9 / 0 0 - 9 / 0 2 ,
H 0 1 L 2 1 / 6 7 ,
2 1 / 6 7 3 ,
2 1 / 6 7 7 ,
2 1 / 6 8 ,
2 1 / 6 8 3