

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4315427号  
(P4315427)

(45) 発行日 平成21年8月19日(2009.8.19)

(24) 登録日 平成21年5月29日(2009.5.29)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/027 (2006.01)

G O 1 B 11/00 (2006.01)

G O 1 B 21/00 (2006.01)

G O 3 F 7/20 (2006.01)

G O 3 F 9/00 (2006.01)

H O 1 L 21/30 5 1 6 A

H O 1 L 21/30 5 3 1 J

H O 1 L 21/30 5 2 5 R

H O 1 L 21/30 5 4 1 K

G O 1 B 11/00 H

請求項の数 6 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2003-289156 (P2003-289156)  
 (22) 出願日 平成15年8月7日(2003.8.7)  
 (65) 公開番号 特開2005-57205 (P2005-57205A)  
 (43) 公開日 平成17年3月3日(2005.3.3)  
 審査請求日 平成18年8月7日(2006.8.7)

(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 康德  
 (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 林 望  
 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】 位置測定方法、露光装置、及びデバイスの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内部圧力が外部圧力と異なるチャンバ内のマークの位置を測定する位置測定方法であって、

前記チャンバの内部圧力が外部圧力と等しいときに、前記チャンバの外部に配置されている検出手段を用いて、前記チャンバの内部に固定配置されている指標マークの位置を検出する第1検出ステップと、

前記チャンバの内部圧力が外部圧力と異なるときに、前記検出手段を用いて、前記指標マークの位置を検出する第2検出ステップと、

前記チャンバの内部圧力が外部圧力と異なるときに、前記検出手段を用いて、前記チャンバの内部に前記指標マークに対して移動可能に配置されている前記マークの位置を検出する第3検出ステップと、

前記第1および第2検出ステップで検出した前記指標マークの位置に基づいて、オフセットを算出する第1算出ステップと、

前記第3検出ステップで検出した前記マークの位置を、前記オフセットで補正して、前記指標マークに対する前記マークの位置を算出する第2算出ステップと、を有することを特徴とする位置測定方法。

【請求項 2】

原版のパターンを基板上に露光する露光装置であって、  
 窓を有し、前記原版および前記基板を収容するチャンバと、

10

20

前記チャンバの内部に固定配置されている指標マークと、  
前記原版、前記原版を保持する原版ステージ、前記基板、および前記基板を保持する基板ステージのいずれかに配置されており、前記指標マークに対して移動可能なマークと、  
前記チャンバの外部に配置されており、前記指標マークおよび前記マークの位置を前記窓を介して検出する検出手段と、

前記チャンバの内部圧力が外部圧力と等しいときに、前記検出手段によって検出された前記指標マークの位置を保持するメモリと、  
前記指標マークに対する前記マークの位置を算出する算出手段と、を備え、

前記算出手段は、

前記チャンバの内部圧力が外部圧力と異なるときに前記検出手段によって検出された前記指標マークの位置と、前記メモリに保持された前記指標マークの位置とに基づいて、オフセットを算出し、

前記チャンバの内部圧力が外部圧力と異なるときに前記検出手段によって検出された前記マークの位置を、前記オフセットで補正して、前記指標マークに対する前記マークの位置を算出する

ことを特徴とする露光装置。

#### 【請求項 3】

前記チャンバの内部に配置されており、前記指標マークを照明する第 1 の照明手段と、  
前記チャンバの内部に配置されており、前記マークを照明する第 2 の照明手段と、をさらに備え、

前記検出手段は、前記指標マークおよび前記マークの各検出光軸が同軸となるように構成されている

ことを特徴とする請求項 2 に記載の露光装置。

#### 【請求項 4】

原版のパターンを基板上に露光する露光装置であって、  
窓を有し、前記原版および前記基板を収容するチャンバと、  
前記チャンバの内部に固定配置されている指標マークと、  
前記原版上または前記原版を保持する原版ステージ上に配置されており、前記指標マークに対して移動可能な原版マークと、

前記基板上または前記基板を保持する基板ステージ上に配置されており、前記指標マークに対して移動可能な基板マークと、

前記チャンバの外部に配置され、前記指標マーク、前記原版マーク、および前記基板マークの位置を前記窓を介して検出する検出手段と、

前記チャンバの内部圧力が外部圧力と等しいときに、前記検出手段によって検出された前記指標マークの検出結果を保持するメモリと、

前記指標マークに対する前記原版マークおよび前記指標マークに対する前記基板マークの位置を算出する算出手段とを備え、

前記算出手段は、

前記チャンバの内部圧力が外部圧力と異なるときに前記検出手段によって検出された前記指標マークの位置と、前記メモリに保持された前記指標マークの位置とに基づいて、オフセットを算出し、

前記チャンバの内部圧力が外部圧力と異なるときに前記検出手段によって検出された前記原版マークの位置を、前記オフセットで補正し、前記指標マークに対する前記原版マークの位置を算出し、

前記チャンバの内部圧力が外部圧力と異なるときに前記検出手段によって検出された前記基板マークの位置を、前記オフセットで補正し、前記指標マークに対する前記基板マークの位置を算出する

ことを特徴とする露光装置。

#### 【請求項 5】

前記検出手段によって前記原版マークの位置を検出する際、前記基板ステージは、前記

10

20

30

40

50

基板ステージ上に配置された基板反射部材が検出光路上に来るように移動し、

前記検出手段によって前記基板マークの位置を検出する際、前記原版ステージは、前記原版ステージ上に配置された原版反射部材が検出光路上に来るように移動することを特徴とする請求項4に記載の露光装置。

【請求項6】

請求項2乃至5の何れか1項に記載の露光装置を用いて原版のパターンを基板上に露光することを特徴とするデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は、マーク位置計測技術に関し、特に、マイクロデバイス製造用の露光装置等において対象物の位置を計測するのに好適なものである。

【背景技術】

【0002】

半導体素子等のデバイス製造工程において、マスクやレチクルの回路パターンをウエハ上に転写するための露光装置としては、可視光や紫外光を用いるのが現在の主流である。しかし、半導体回路のパターンの微細化が進むにつれ、最小パターン寸法が上記波長の光を用いた露光の解像限界に近づいてきた。このため、より波長の短い真空紫外線やX線、あるいは電子線を用いる露光方式が注目されている。

【特許文献1】特開平05 198471号公報

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

真空紫外線やX線、あるいは電子線は大気中での透過率が低く、これらを用いる露光方式は高真空内で露光が行われる必要がある。そのため、アライメントを行うにも厳しい制約条件が課せられることになる。例えば、被計測対象物であるウエハは真空チャンパー内に置かれるが、アライメントマークを撮像するセンサは脱ガス対策のため観測窓を隔てて真空チャンパーの外に置かれなければならない。したがってチャンパー内外の気圧差によるチャンパー本体や観測窓の変形の影響によってアライメント光学系の光軸が歪められ、アライメントの計測誤差が発生する可能性がある。

30

【0004】

本発明は上記の課題に鑑みてなされたものであり、内圧可変のチャンパー内に配されたマークの位置をチャンパー外に配置されたセンサによって高精度に検出可能とすることを目的とする。

特に、チャンパー内外の気圧差によってチャンパーの観察窓等が歪められても、正確にマーク位置を検出可能とすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記の目的を達成するための本発明の一態様による位置計測方法は、

内部圧力が外部圧力と異なるチャンパ内のマークの位置を測定する位置測定方法であって、

40

前記チャンバの内部圧力が外部圧力と等しいときに、前記チャンバの外部に配置されている検出手段を用いて、前記チャンバの内部に固定配置されている指標マークの位置を検出する第1検出ステップと、

前記チャンバの内部圧力が外部圧力と異なるときに、前記検出手段を用いて、前記指標マークの位置を検出する第2検出ステップと、

前記チャンバの内部圧力が外部圧力と異なるときに、前記検出手段を用いて、前記チャンバの内部に前記指標マークに対して移動可能に配置されている前記マークの位置を検出する第3検出ステップと、

前記第1および第2検出ステップで検出した前記指標マークの位置に基づいて、オフセ

50

ットを算出する第 1 算出ステップと、

前記第 3 検出ステップで検出した前記マークの位置を、前記オフセットで補正して、前記指標マークに対する前記マークの位置を算出する第 2 算出ステップと、を有する。

【発明の効果】

【 0 0 0 6 】

本発明によれば、内圧可変のチャンバー内に配されたマークの位置をチャンバー外に配置されたセンサによって高精度に検出することが可能となる。例えば、チャンバー内外の気圧差によってチャンバーの観察窓等が歪められても、正確にマーク位置を検出することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 0 7 】

以下、添付の図面を参照して本発明の実施形態について説明する。

【 0 0 0 8 】

< 第 1 実施形態 >

図 1 は第 1 実施形態による半導体露光装置の構成の概略を示す図である。図 1 において、R はレチクル、S T は 3 次元方向に移動可能なウエハステージ、W はウエハステージ S T 上に置かれたウエハである。露光光源 1 6 より出射された露光光は、ミラー 1 5、1 4 によりレチクル R へ導かれる。描画されたパターンに応じてレチクル R より反射された露光光はミラー 1 3、1 2 によりウエハ W 上へと導かれ、ウエハ W 上にレチクル R 上のパターンが転写されることになる。

【 0 0 0 9 】

1 は位置合せ用照明ユニット、2, 3, 4 は結像光学系、5, 6 はハーフミラー、7 は指標マーク照明ユニット、8 は指標マークであり、これらはチャンバー 1 1 内に配置される。なお、指標マーク 8 はチャンバー 1 1 内の所定位置に固定されている。また、9 は観察窓、1 0 は撮像ユニット、1 7 は A / D 変換装置、1 8 は位置計測装置であり、撮像ユニット 1 0、A / D 変換装置 1 7、位置計測装置 1 8 はチャンバー 1 1 の外部に配置される。なお、位置計測装置 1 8 は、例えば不図示の C P U、R O M、R A M を含み、C P U が R O M に格納されたプログラムを実行することにより、A / D 変換装置 1 7 より入力される指標マーク 8 やウエハマーク W M の画像 ( 2 次元デジタル信号列 ) からマーク位置を算出する。また、位置計測装置 1 8 は、R O M に格納されたプログラムを実行することにより照明ユニット 1、7 のオンオフ等を制御し、図 1 1 のフローチャートを参照して後述するような手順を実現する。

【 0 0 1 0 】

以下、アライメント計測手順について図 1 1 のフローチャートを参照して説明する。

まず、真空チャンバー 1 1 を露光条件に適するように真空ポンプ ( 不図示 ) で高真空状態にする ( ステップ S 1 0 1 )。気圧が安定した後、指標マーク照明ユニット 7 を点灯し、指標マーク 8 を照明し、指標マーク 8 の位置を検出する ( ステップ S 1 0 2 )。図 3 は指標マーク 8 の形状を示したものであり、矩形状の孔 S M を複数配置したものである。指標マーク 8 を透過した光束はハーフミラー 6 で反射され、結像光学系 4 及び観測窓 9 を介して撮像ユニット 1 0 に到達し、その撮像面に図 2 ( a ) に示すように結像する。こうして、撮像面上に指標マーク S M 1 ~ S M n の像が形成される。このように結像した光束は撮像ユニット 1 0 で光電変換され、その後、A / D 変換装置 1 7 において、2 次元のデジタル信号列に変換される。そして位置計測装置 1 8 にて指標マーク S M の各矩形パターンの位置が計測される。なお、各矩形の位置は、図 2 ( a ) の W P の範囲内のイメージを X 軸上に積算投影し、その重心を求めることで得ることができる。

【 0 0 1 1 】

続いてウエハマークの位置を計測する ( ステップ S 1 0 3 )。ウエハマーク計測時には、指標マーク照明ユニット 7 を消灯し、位置合せ用照明ユニット 1 を点灯する。位置合せ用照明ユニット 1 から照射された光束により、結像光学系 2、ハーフミラー 5 を介してウエハ W 上のウエハマーク W M を照明する。ウエハマーク W M の形状は、指標マーク S M と

10

20

30

40

50

同様に複数の矩形マークを配置したものである。ウエハマークWMから反射された光束は、ハーフミラー5, 6と通過し、結像光学系4及び観測窓9を介して撮像ユニット10に到達し、その撮像面に図2(c)に示すように結像する。こうして、撮像面上にウエハマークWMの像が形成される。結像した光束は撮像ユニット10で光電変換され、その後、A/D変換装置17において、2次元のデジタル信号列に変換される。そして位置計測装置18にてウエハマークWMの各矩形パターンの位置が計測される。なお、各矩形の位置は、WPの範囲内のイメージをX軸上に積算投影し、その重心を求めることで得る。

#### 【0012】

以上のようにして計測されたウエハマークWMと指標マークSMの位置より、それらの相対位置を求め、指標マークを基準にウエハの位置合わせを行う(ステップS104)。例えば、図2(a)の指標マークSM1~SMnの位置の平均値と、図2(c)のウエハマークWM1~WMpの位置の平均値を求め、両者の差に従ってウエハマークの位置を決定することができる。なお、図2(b)は第2実施形態の説明のための図であるので、ここでは説明しない。

#### 【0013】

なお、上記アライメント計測において、チャンバー内外の気圧差によりチャンバー本体や観測窓が変形し、アライメント光学系の光軸が歪められたとしても、指標マークをチャンバー内に配し、かつ指標マーク及びウエハマークの各検出光軸を実質的に同軸となるように構成しているため、指標マークとウエハマークとの相対位置の検出誤差、すなわちウエハマーク位置の検出誤差を抑制することができる。別のウエハマーク位置を計測する場合には、上記ステップS103以降の処理を実行し、計測対象のすべてのウエハマーク位置を計測し終えた場合には、処理を終了する(ステップS105)。

#### 【0014】

以上のように、第1実施形態によれば、基準にすることにより、チャンバー内外の気圧差によってチャンバー本体や観測窓が変形し、アライメント光学系の光軸が歪められても、常に正確なアライメントマーク位置を検出することができる。

#### 【0015】

##### < 第2実施形態 >

第1実施形態では、チャンバー内外の気圧差(チャンバー内の気圧)に起因してアライメント光学系に非線形な収差等が発生した場合について考慮されていない。第2実施形態では、このような収差が発生した場合でも高精度なアライメントマークの計測を可能とする。なお、第2実施形態の半導体露光装置の構成は第1実施形態(図1)と同じである。

#### 【0016】

以下、図12のフローチャートを参照しながら第2実施形態のアライメント計測処理を説明する。なお、第1実施形態(図11)と同じ処理には同じステップ番号を付してある。位置計測装置18は、まず、チャンバー11が大気圧状態にあるときに、指標マーク照明ユニット7を点灯し、撮影ユニット10によって指標マークを撮影し、得られた撮影画像に基づいて指標マークの位置を計測する。そして、この指標マーク位置を位置計測装置18内のメモリ(不図示)に保持しておく(ステップS201)。その後チャンバーを真空引きし(ステップS101)、真空状態が安定した後に指標マーク照明ユニット7を点灯し指標マーク位置を計測する(ステップS102)。そして、ステップS201で保持した指標マーク位置とステップS102で得られた指標マーク位置に基づいてオフセットを算出する。

#### 【0017】

すなわち、チャンバー11が大気圧時と真空引きを行った後とで指標マーク8の各矩形位置を計測し、図2(b)に示すように、大気圧時と真空時の気圧差によって生じるオフセット(offset(SM1)、offset(SM2)、...、offset(SMn))を算出する。図2(b)では、横軸に各マーク計測位置Xi、縦軸に大気圧時と真空引き後の計測値の差(オフセットoffset(SMi))を取ったグラフである。このグラフから補正曲線F(X)を多項式近似や補間処理等の手段により求める。この曲線F(X)が実際にウエハ上のマークを計測すると

きの補正曲線となる。

【 0 0 1 8 】

その後、位置合せ用照明ユニット 1 と撮像ユニット 1 0 を用いてウエハマーク位置を計測する（ステップ S 1 0 3）。そして、ステップ S 2 0 2 で求めたオフセット補正曲線によりこのウエハマークの計測値を補正し、補正後の計測値を用いて指標マークに対するウエハマークの相対位置を決定する（ステップ S 2 0 3）。ここで、ウエハマークの各矩形 WM 1 ~ WM p に対する補正値は補正曲線 F ( X ) から求めることができる。

【 0 0 1 9 】

S 1 0 3、S 2 0 3 の動作についてより詳細に説明すると、ウエハマーク計測時には、指標マーク照明ユニット 7 を消灯し、位置合せ用照明ユニット 1 を点灯する。位置合せ用照明ユニット 1 から照射された光束により、結像光学系 2、ハーフミラー 5 を介してウエハ W 上のウエハマーク WM が照明される。第 1 実施形態で説明したように、撮像ユニット 1 0 の撮像面上にウエハマークの像を形成する（図 2 ( c )）。結像した光束は撮像ユニット 1 0 で光電変換され、A / D 変換装置 1 7 において 2 次元のデジタル信号列に変換される。位置計測装置 1 8 は、この 2 次元のデジタル信号列からウエハマーク WM の各矩形パターンの位置を決定する。そして、予め求めてある補正曲線 F ( X ) を使用して、WM 1 ~ WM p の各矩形パターンの計測位置において、気圧差によって生じる位置オフセット ( offset ( WM 1 )、offset ( WM 2 )、...、offset ( WM n ) ) を求め、各矩形パターンの計測位置を補正する。そして、大気圧時に計測した指標マークの位置と、補正されたウエハマークの計測位置とに基づいてウエハマークの位置を決定する。

【 0 0 2 0 】

なお、第 2 実施形態では、チャンバー 1 1 内外の気圧差が変化すると、チャンバー本体や観測窓の変形状態、上述の収差等も変化するため、気圧差が変化した場合は改めて指標マーク位置を計測しなおすようにしている。すなわち、チャンバー内外の気圧差の変動が所定値を越えない間は、別のウエハマーク位置を計測するに際して上記ステップ S 1 0 3 以降の処理を実行すればよい（ステップ S 1 0 5、S 1 0 6）。一方、チャンバー内外の気圧差の変動が所定値を越えた場合は、次のウエハマークの位置計測に際してステップ S 1 0 2 へ戻りそれ以降の処理を実行する。但し、気圧差に変化が生じない場合でも、所定の時間間隔で指標マークの位置計測を実行して、オフセット補正曲線 F ( X ) を算出し直すようにしてもよい。また、図 1 2 では次のウエハマーク位置を検出するタイミングでチャンバー内外の気圧差の変動を確認する手順となっているがこれに限られるものではない。気圧差の変動を所定のインターバルで検出し、閾値を越える変動が検出された時点で指標マーク位置の計測を行い、補正曲線 F ( X ) を算出しておくようにしてもよい。

【 0 0 2 1 】

< 第 3 実施形態 >

第 3 実施形態では、指標マークとウエハマークを同時に計測することにより、気圧差が変化しても正しいアライメント計測を可能とする。なお、第 3 実施形態による露光装置の構成の概略は第 1 実施形態（図 1）と同様である。

【 0 0 2 2 】

第 3 実施形態では、所定精度での位置決めがなされた状態で指標マークとウエハマークの各矩形パターンが互いに重ならないように配置されたものを用いる。例えば、図 4 のような指標マーク（指標マークの矩形パターンの幅及びピッチがウエハマークの矩形パターンの幅及びピッチに等しい）を使用する。しかし、指標マーク及びウエハマークの各パターンは、互いの相対位置が検出可能なものであればよく、上述のパターンに限定されるものではない。そして、ウエハマーク計測時には、指標マーク照明ユニット 7 と同時に位置合せ用照明ユニット 1 も点灯する。この結果、撮像ユニット 1 0 の撮像面上には図 5 ( b ) のように指標マークの像とウエハマークの像が同時に結像されることになる。結像した光束は撮像ユニット 1 0 で光電変換され、A / D 変換装置 1 7 において 2 次元のデジタル信号列に変換される。位置計測装置 1 8 は、このデジタル信号（ウエハマーク及び指標マークの画像）から指標マーク S M とウエハマーク WM の各矩形パターンの位置を計測する

。こうして、第1実施形態と同様にウエハマークWMと指標マークSMの相対位置を求め、指標マークを基準にウエハの位置合わせが行われる。

【0023】

図13は第3実施形態によるウエハマーク位置計測の手順を説明するフローチャートである。チャンバー11を真空引きした後(ステップS101)、ウエハマーク位置計測に際して、上述のように指標マークとウエハマークの位置を同時に計測する(ステップS301)。そして、同時に計測した指標マーク及びウエハマークの位置に基づいてそれらの相対位置を検出する(ステップS302)。次のウエハマーク検出時には、ステップS301以降を繰り返すことになる(ステップS303)。

【0024】

以上のように、第3実施形態によれば、チャンパー内外の気圧差によってチャンパー本体や観測窓が変形し、アライメント光学系の光軸が歪められても、第1実施形態と同様に常に正確なアライメントマーク位置を検出することができる。

更に、第3実施形態によれば、ウエハマークを構成する各パターンと指標マークを構成する各パターンとが重複しないようにして、チャンパー内の指標マーク及びウエハマークを同時に撮像して指標マークを基準にウエハマーク位置を検出するので、真空チャンパー11内外の気圧差が変化しても、常に正確なウエハマークと指標マークとの相対位置が計測可能である。

更に、図7(a)或いは図7(b)のような指標マーク、アライメントマークを使用することにより、ウエハ上の直交する2軸についての位置計測を1回の撮像で行うことが可能となる。図7(a)、(b)において、指標マークSMとウエハマークWMは重複しない位置に設けられている。

【0025】

<第4実施形態>

第4実施形態では、第3実施形態のアライメント計測手法を採用しつつ第2実施形態と同様に非線形な収差の影響を排除する。この場合、第2実施形態と同様に、指標マークについてはチャンパーが大気圧にある状態で位置計測を行なっておく。そして、真空引き後は、上記第3実施形態と同様の手順でウエハマークWMと指標マークSMの位置を同時に検出する。

【0026】

図5(a)に示すように、指標マークSMの計測値を用いて気圧差によって生じるオフセットを補正する補正曲線F(X)を作成する。この補正曲線F(X)を用いてウエハマーク計測値の補正を行う。第4実施形態では、ウエハマークの計測時に指標マークも計測されるので、ウエハマークを計測する都度オフセットを算出し、これを用いてウエハマークの計測値を補正する。なお、第4実施形態の手順は、図12及び図13のフローチャートを組み合わせたものとなる。図示は省略するが、図13のステップS101の前にステップS201が実行されてチャンパー11が大気圧状態における指標マーク8の位置が計測される。また、ステップS301の後にステップS202が実行され、ステップS301で計測された指標マークからオフセットが算出される。そして、ステップS302に代えてステップS203を実行することにより、ステップS301で計測したウエハマーク位置にオフセットが反映され、指標マークに対する相対位置が検出される。

【0027】

以上のように、第4実施形態では、ウエハマーク計測時に同時に指標マークも計測可能なので、真空チャンパー11内外の気圧差が変化してもリアルタイムにウエハマークWMの計測値を補正することができる。このため、チャンパー内外の気圧差が変動しても、収差変動の影響を抑制した正確なアライメント計測を実行できる。なお、図7(a)、(b)のような指標マーク、アライメントマークを使用することにより、ウエハ上の直交する2軸についての位置計測を1回の撮像で行うことが可能となることは第3実施形態と同様である。

【0028】

## &lt; 第 5 実施形態 &gt;

第 5 実施形態では、本発明のマーク位置計測を斜入射 A F 方式の計測に適用した例を説明する。

## 【 0 0 2 9 】

図 6 は第 5 実施形態による露光装置のアライメント計測系の概略構成を示した図である。図 6 において、19 は斜入射 A F 計測用照明ユニット、20 は斜入射 A F 計測用マーク、21, 22, 23 は結像光学系、27 はハーフミラー、24 は指標マーク照明ユニット、28 は指標マーク、25 は観察窓、26 は撮像ユニットである。A/D 変換装置 17 及び撮像装置 18 は第 1 ~ 第 4 実施形態と同じである。なお、図 6 では、露光に必要な投影光学系及びレチクルは省略してある。

10

## 【 0 0 3 0 】

このような斜入射 A F 計測においても第 1 及び第 3 実施形態に記述された方法と同様に、斜入射 A F 計測用マーク 20 と指標マーク 28 の相対位置を求めることにより、チャンパー内外の気圧差によってチャンパー本体や観測窓が変形し、アライメント光学系の光軸が歪められても、常に正確な A F 計測（ウエハ面の、投影光学系光軸方向における位置及び/又は同光軸に対する傾きの計測）を行うことができる。また、第 2 及び第 4 実施形態に記述された方法と同様の方法を用いれば、気圧差によって非線形な収差が発生しても、収差により生じるオフセットを補正することが可能である。なお、図 6 では被計測対象がウエハであるが、レチクルを計測する場合も同様である。

## 【 0 0 3 1 】

20

## &lt; 第 6 実施形態 &gt;

第 6 実施形態では、本発明のマーク計測をレチクルとウエハのキャリブレーション計測に適用する例を説明する。ここでは、指標マークとレチクルマークとの相対位置、指標マークとウエハステージ基準マークとの相対位置をそれぞれ計測することにより、レチクルマークとステージ基準マークとの相対位置をキャリブレーションする例を説明する。

## 【 0 0 3 2 】

図 8 において 36 はキャリブレーション計測用照明ユニット、29 は指標マーク照明ユニット、30, 33, 37 は結像光学系、31 は指標マーク、32, 38 はハーフミラー、RST はレチクルステージ、R はレチクル、RM はレチクルマーク、ST はステージ、WSM はステージ上の基準マーク、34 は観察窓、35 は撮像ユニットである。

30

## 【 0 0 3 3 】

図 8 において、指標マーク 31 とステージ基準マーク WSM の相対位置計測をするときは光路上にミラー 51 がくるようにレチクルステージ RST を移動させる。これにより、ウエハマーク WSM より反射した光束を撮像ユニット 35 の撮像面上に結像させることができる。一方、指標マーク 31 とレチクルマーク RM の相対位置を計測するときは光路上にレチクルマーク RM がくるようにレチクルステージ RST を移動させるとともにミラー 52 が光路上にくるようにステージ ST を移動させる。これにより、ミラー 52 で反射したアライメント光はミラー 12、13 を経てレチクルマーク RM に到達し、レチクルマーク RM より反射した光束を撮像ユニット 35 の撮像面上に結像させることができる。

## 【 0 0 3 4 】

40

以上のようにして、ステージ基準マーク WSM 及びレチクルマーク RM のそれぞれの位置を指標マークを基準として求めることができ、上述のキャリブレーション計測が実現される。また、ステージ基準マーク WSM 及びレチクルマーク RM の夫々の計測において、第 1 実施形態の構成を適用すれば、チャンパー内外の気圧差によってチャンパー本体や観測窓が変形し、アライメント光学系の光軸が歪められても、常に正確なアライメントマーク位置を検出することができる。また、第 2 実施形態のマーク計測手順を適用すれば、気圧差によって非線形な収差が発生しても、収差により生じるオフセットを補正することが可能である。更に第 3、第 4 実施形態の構成を適用すれば、チャンパー内外の気圧差の変動に対して常に安定したキャリブレーション計測が可能となる。

## 【 0 0 3 5 】

50



なお、図 8 はアライメント光をレチクル側から照明しているが、図 9 のようにウエハ側からアライメント光を照明するようにしてもよい。図 9 において、指標マーク 3 1 とステージ基準マーク W S M の相対位置を計測するときは、光路上にミラー 5 1 がくるようにレチクルステージ R S T を移動させる。一方、指標マーク 3 1 とレチクルマーク R M の相対位置を計測するときは光路上にレチクルマーク R M がくるようにレチクルステージ R S T を移動させ、ウエハ側は透過ガラス部分 5 3 が光路上にくるようにステージ S T を移動させて計測を行う。

#### 【 0 0 3 6 】

##### < 第 7 実施形態 >

第 7 実施形態は、本発明のマーク計測をレチクルアライメント計測に適用した例を示す。図 1 0 において、4 6 はレチクルアライメント用照明ユニット、4 2 は指標マーク照明ユニット、3 9 , 4 3 , 4 7 は結像光学系、4 4 は指標マーク、4 5 , 4 8 はハーフミラー、R S T はレチクルステージ、R S M はレチクルステージ上の基準マーク、R はレチクル、R M はレチクルマーク、4 0 は観察窓、4 1 は撮像ユニットである。図 1 0 では、露光に必要な光学系、ウエハステージ等は省略してある。

#### 【 0 0 3 7 】

図 1 0 に示されるようなレチクル基準マーク R S M、あるいはレチクルマーク R M のレチクルアライメント計測においても第 1、第 3 実施形態に記述された方法と同様に指標マーク 4 4 とレチクル基準マーク R S M と、あるいは指標マーク 4 4 とレチクルマーク R M との相対位置を求めることにより、チャンバー内外の気圧差によってチャンバー本体や観測窓が変形し、アライメント光学系の光軸が歪められても、常に正確なアライメントマーク位置を検出することができる。また、第 2、第 4 実施形態に記述された方法と同様の方法を用いれば、気圧差によって非線形な収差が発生しても、収差により生じるオフセットを補正することが可能である。

#### 【 0 0 3 8 】

なお、上記各実施形態では指標マークと被計測対象マーク（ウエハマーク、レチクルマーク、ウエハステージマーク、レチクルステージマーク、A F 計測用マーク等）はそれぞれ別の照明ユニットにより照明されたが、1 つの照明ユニットからの照明光をミラー等によってそれぞれのマークへ導くように構成してもよい。また、共通の照明ユニットを用い、共通の光路上に指標マークと被計測対象マークとが配されるように構成してもよい。

また、マーク位置の検出においては、撮像ユニットを用いて得られた 2 次元的なマーク画像を解析したが、これに限られるものではない。例えば、ラインセンサによって得られた 1 次元的な信号（1 次元的な画像信号）に基づいてマーク位置を検出するように構成することも可能である。

更に、上記各実施形態では指標マークをチャンバー内に設けたが、指標マークをチャンバー外に設けた場合であっても、第 2 又は第 4 実施形態に記述した方法を適用すれば、チャンバー内外の気圧差によってチャンバー本体や観測窓が変形し、マーク検出光学系の光軸が歪められても、マーク位置検出誤差を補正することができる。

#### 【 0 0 3 9 】

以上のように各実施形態によれば、チャンバー内外の気圧差が変化しても、観測窓の変形、検出光学系の収差変動等によって生じるマーク位置検出誤差（アライメント計測誤差、斜入射 A F 計測誤差等）を抑制又は補正することが可能になる。

#### 【 0 0 4 0 】

次に、上述した露光装置を利用して、マイクロデバイス等のデバイスの一例としての半導体デバイスを製造するプロセスを説明する。図 1 7 は半導体デバイスの全体的な製造プロセスのフローを示す図である。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う。ステップ 2（マスク作製）では設計した回路パターンに基づいてマスクを作製する。

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、上記のマスクとウエハを用いて、上記の

露光装置によりリソグラフィ技術を利用し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5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）等の組み立て工程を含む。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う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、ステップ7でこれを出荷する。

【0041】

上記ステップ4のウエハプロセスは以下のステップを有する。ウエハの表面を酸化させる酸化ステップ、ウエハ表面に絶縁膜を成膜するCVDステップ、ウエハ上に電極を蒸着によって形成する電極形成ステップ、ウエハにイオンを打ち込むイオン打ち込みステップ、ウエハに感光剤を塗布するレジスト処理ステップ、上記の露光装置によって回路パターンをレジスト処理ステップ後のウエハに転写する露光ステップ、露光ステップで露光したウエハを現像する現像ステップ、現像ステップで現像したレジスト像以外の部分を削り取るエッチングステップ、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除くレジスト剥離ステップ。これらのステップを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンを形成する。

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図1】第1実施形態による露光装置の概略構成を示す図である。

【図2】第1及び第2実施形態による計測方法を説明する図である。

【図3】第1及び第2実施形態による指標マークの例を示す図である。

【図4】第3及び第4実施形態による指標マークの例を示す図である。

【図5】第3及び第4実施形態による計測方法を説明する図である。

【図6】第5実施形態による露光装置の概略構成を示す図である。

【図7】同時に2軸の位置計測が可能なマークの例を示す図である。

【図8】第6実施形態による露光装置の概略構成を示す図である。

【図9】第6実施形態による露光装置の他の概略構成例を示す図である。

【図10】第7実施形態による露光装置の他の概略構成例を示す図である。

【図11】第1実施形態によるウエハマーク位置計測の手順を説明するフローチャートである。

【図12】第2実施形態によるウエハマーク位置計測の手順を説明するフローチャートである。

【図13】第3実施形態によるウエハマーク位置計測の手順を説明するフローチャートである。

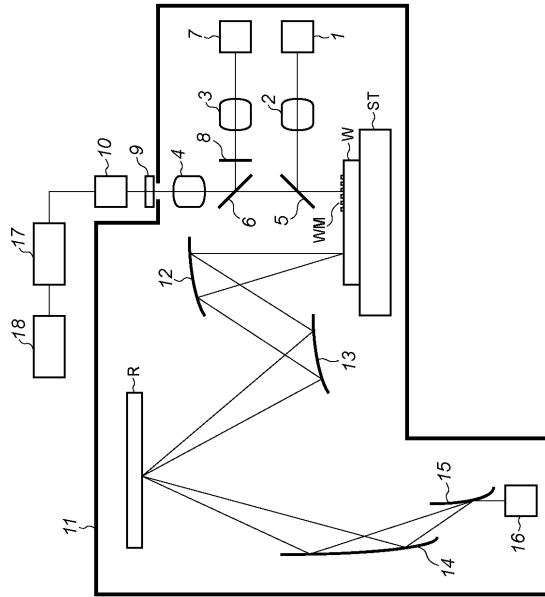
【図14】デバイス製造プロセスを示すフローチャートである。

10

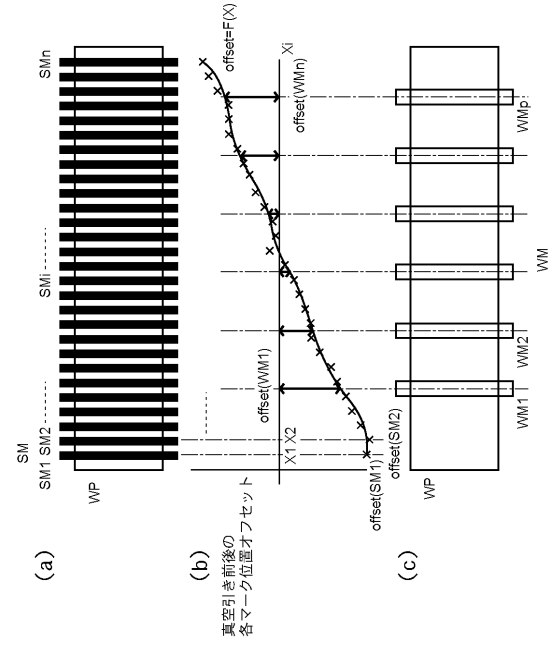
20

30

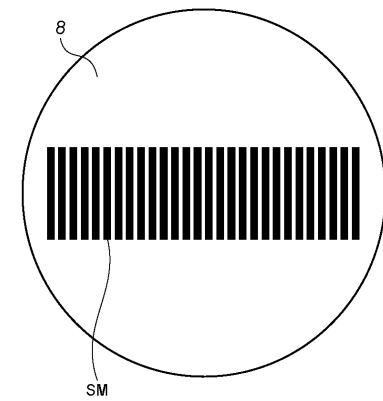
【図 1】



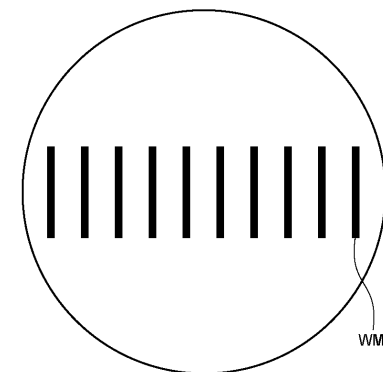
【図 2】



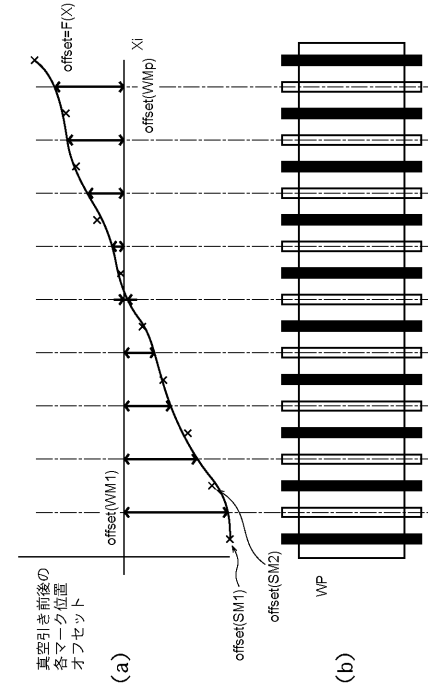
【図 3】



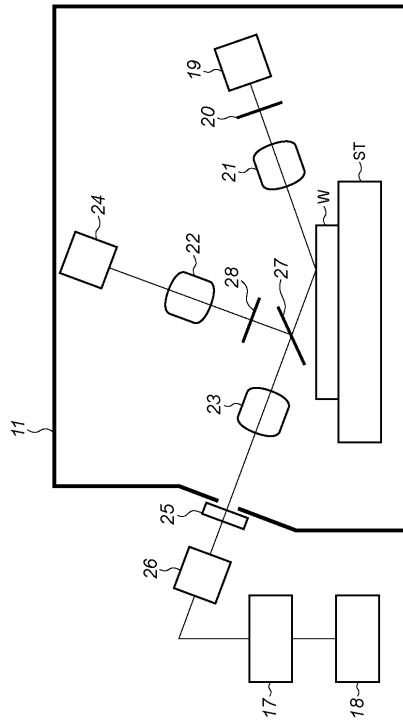
【図 4】



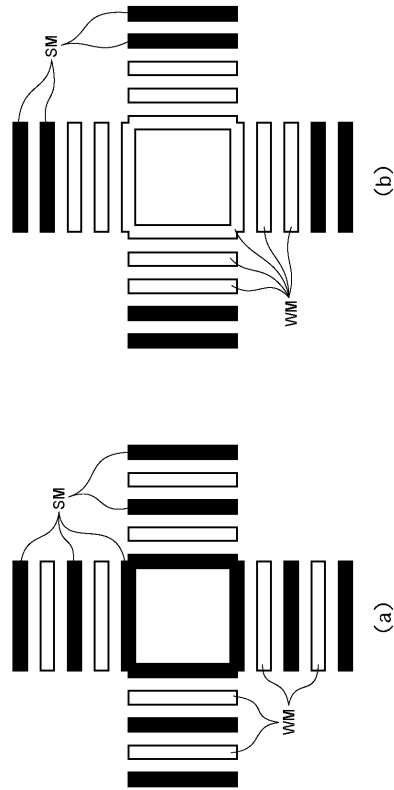
【図 5】



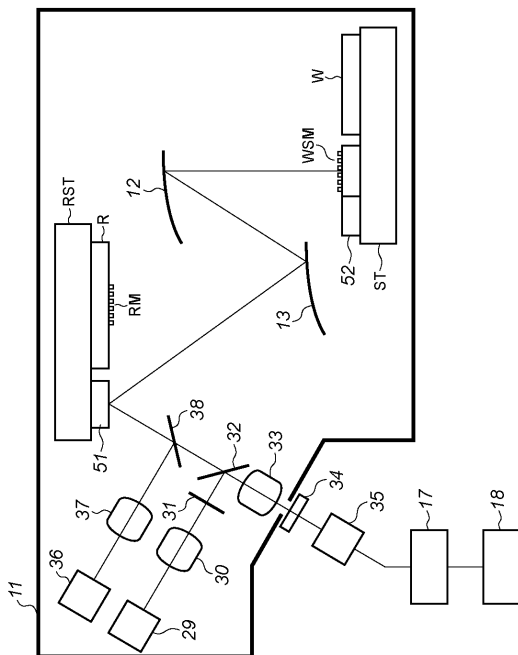
【図 6】



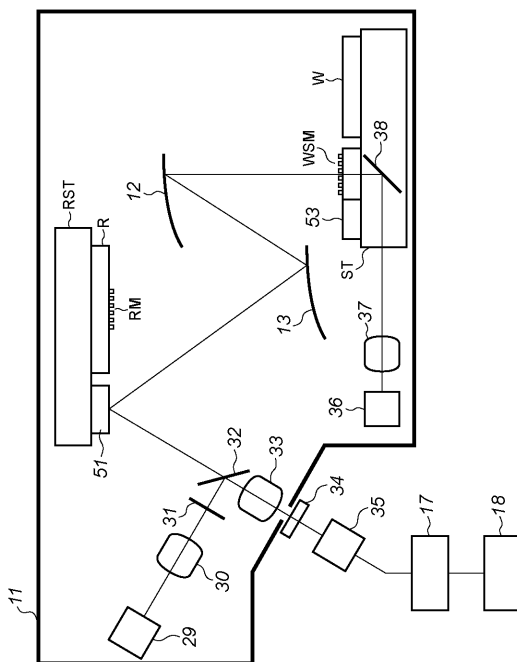
【図 7】



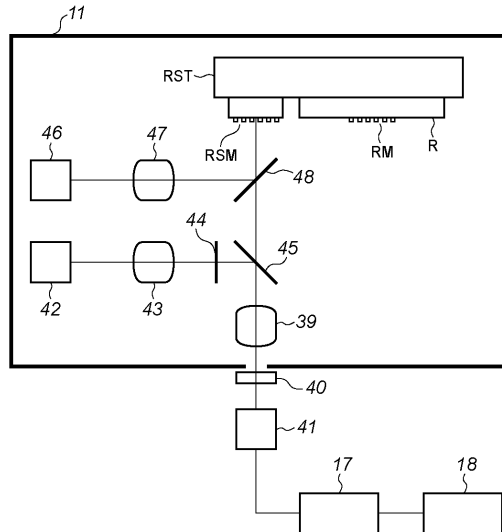
【図 8】



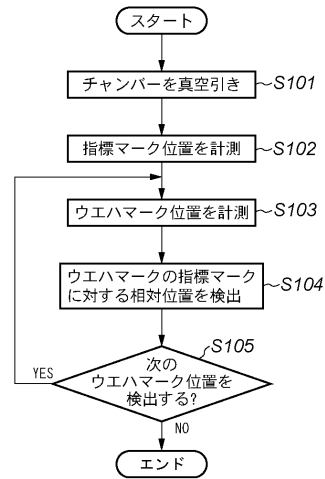
【図 9】



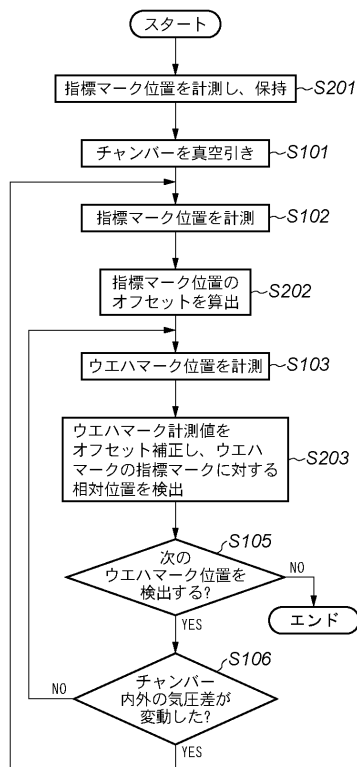
【図 10】



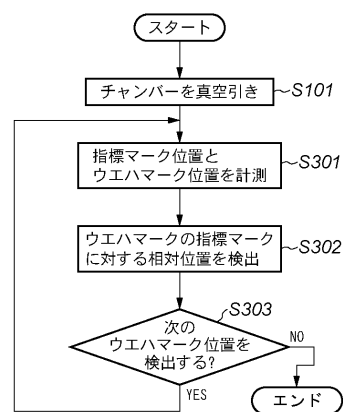
【図 11】



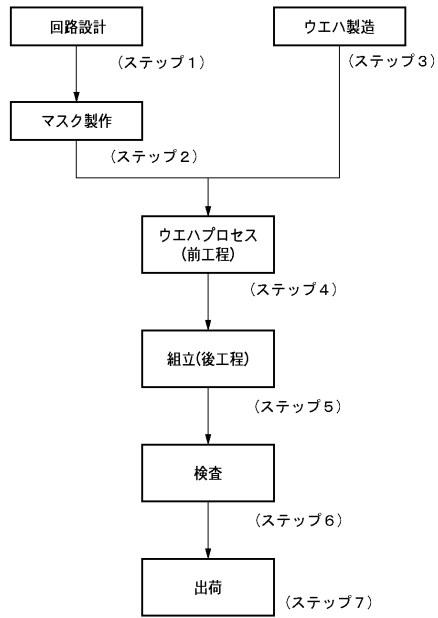
【図 12】



【図 13】



【図 14】



---

 フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
                   G 0 1 B 21/00 D  
                   G 0 3 F 7/20 5 2 1  
                   G 0 3 F 9/00 H

(72)発明者 横田 幸広  
 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 秋田 将行

(56)参考文献 特開平1 - 96930 (JP, A)  
 特開平4 - 345012 (JP, A)  
 特開平6 - 349708 (JP, A)  
 特開平7 - 263322 (JP, A)  
 特開平8 - 227847 (JP, A)  
 特開平9 - 246176 (JP, A)  
 特開平10 - 12515 (JP, A)  
 特開2000 - 91216 (JP, A)  
 特開2000 - 252183 (JP, A)  
 特開2000 - 340502 (JP, A)  
 特開2000 - 349009 (JP, A)  
 特開2001 - 85292 (JP, A)  
 特開2001 - 168001 (JP, A)  
 特開2001 - 217191 (JP, A)  
 特開2001 - 284210 (JP, A)  
 特開2003 - 218024 (JP, A)  
 国際公開第02/025711 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
 H 0 1 L 21/027  
 G 0 3 F 7/20 - 7/24  
 G 0 3 F 9/00 - 9/02