

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-103658

(P2007-103658A)

(43) 公開日 平成19年4月19日(2007.4.19)

(51) Int. Cl.			F I			テーマコード (参考)
H O 1 L	21/027	(2006.01)	H O 1 L	21/30	5 O 3 G	2 F O 6 5
G O 1 B	11/00	(2006.01)	H O 1 L	21/30	5 2 5 Z	5 F O 4 6
G O 1 B	11/30	(2006.01)	G O 1 B	11/00	H	
			G O 1 B	11/30	Z	

審査請求 未請求 請求項の数 19 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2005-291296 (P2005-291296)	(71) 出願人	000001007
(22) 出願日	平成17年10月4日 (2005.10.4)		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	100090538
			弁理士 西山 恵三
		(74) 代理人	100096965
			弁理士 内尾 裕一
		(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
		Fターム(参考)	2F065 AA03 AA07 AA12 AA14 AA17
			AA21 AA49 BB02 BB27 CC19
			FF04 JJ03 JJ26 PP12 QQ17
			QQ18 QQ31 QQ32 QQ36 QQ42
			5F046 AA18 BA05 DA07 EB01 EB03

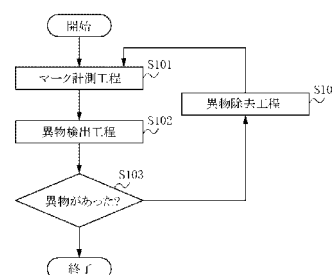
(54) 【発明の名称】 露光方法および装置ならびにデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 安定して高精度な位置計測ができる新規な技術を提供すること。

【解決手段】 基板を露光する露光方法を、前記基板を保持し移動するステージに配された部材および前記基板のいずれかに配されたマークの位置を計測する計測ステップと、前記計測ステップにおける処理結果に基づいて、前記マーク上の異物を検出する検出ステップと、前記検出ステップで前記異物が検出されたことに応じて、前記マーク上の異物を除去する除去ステップと、前記計測ステップで計測された前記マークの位置に基づいて前記ステージを移動させる移動ステップと、前記移動ステップで移動した前記基板を露光する露光ステップとを有するものとする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基板を露光する露光方法であって、
前記基板を保持し移動するステージに配された部材および前記基板のいずれかに配されたマークの位置を計測する計測ステップと、
前記計測ステップにおける処理結果に基づいて、前記マーク上の異物を検出する検出ステップと、
前記検出ステップで前記異物が検出されたことに応じて、前記マーク上の異物を除去する除去ステップと、
前記計測ステップで計測された前記マークの位置に基づいて前記ステージを移動させる移動ステップと、
前記移動ステップで移動した前記基板を露光する露光ステップと
を有することを特徴とする露光方法。

【請求項 2】

前記計測ステップは、前記除去ステップで異物の除去された前記マークに対して再度実行されることを特徴とする請求項 1 に記載の露光方法。

【請求項 3】

前記露光ステップにおいて、原版のパターンを前記基板に投影する投影光学系と前記基板との間に液体を満たした状態で前記原版のパターンを前記基板に投影することを特徴とする請求項 1 に記載の露光方法。

【請求項 4】

前記検出ステップは、前記計測ステップで得られた、前記マークを構成する複数の要素の位置に基づいて、前記異物を検出することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の露光方法。

【請求項 5】

前記検出ステップは、前記複数の要素の間隔に基づいて、前記異物を検出することを特徴とする請求項 4 に記載の露光方法。

【請求項 6】

前記検出ステップは、前記マークを構成する要素の直線性に基づいて、前記異物を検出することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の露光方法。

【請求項 7】

前記除去ステップにおいて、異物除去ユニットの処理対象領域に前記マークを移動して前記異物を除去することを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の露光方法。

【請求項 8】

前記除去ステップにおいて、前記異物の吸引および前記異物に対する気体吹き付けのいずれかにより前記異物を除去することを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の露光方法。

【請求項 9】

基板を露光する露光装置であって、
前記基板を保持し移動するステージと、
前記ステージに配された部材および前記基板のいずれかに配されたマークの位置を計測する計測手段と、
前記計測手段による処理結果に基づいて、前記マーク上の異物を検出する検出手段と、
前記検出手段により前記異物が検出されたことに応じて、前記マーク上の異物を除去する除去手段と、
前記基板を露光するため、前記計測手段により計測された前記マークの位置に基づいて前記ステージを移動させる制御手段と
を有することを特徴とする露光装置。

【請求項 10】

前記計測手段は、前記除去手段により異物の除去された前記マークの位置を再度計測す

ることを特徴とする請求項 9 に記載の露光装置。

【請求項 1 1】

原版のパターンを前記基板に投影する投影光学系をさらに有し、前記投影光学系と前記基板との間に液体を満たした状態で前記原版のパターンを前記基板に投影することを特徴とする請求項 9 に記載の露光装置。

【請求項 1 2】

前記検出手段は、前記計測手段により得られた、前記マークを構成する複数の要素の位置に基づいて、前記異物を検出することを特徴とする請求項 9 ~ 1 1 のいずれかに記載の露光装置。

【請求項 1 3】

前記検出手段は、前記複数の要素の間隔に基づいて、前記異物を検出することを特徴とする請求項 1 2 に記載の露光装置。

【請求項 1 4】

前記検出手段は、前記マークを構成する要素の直線性に基づいて、前記異物を検出することを特徴とする請求項 9 ~ 1 1 のいずれかに記載の露光装置。

【請求項 1 5】

前記除去手段は、前記ステージの移動により前記除去手段の処理対象領域に移動した前記マークの上の異物を除去することを特徴とする請求項 9 ~ 1 4 のいずれかに記載の露光装置。

【請求項 1 6】

前記除去手段は、前記異物の吸引および前記異物に対する気体吹き付けのいずれかにより前記異物を除去することを特徴とする請求項 9 ~ 1 4 のいずれかに記載の露光装置。

【請求項 1 7】

前記マークは、前記ステージに配された部材の、前記計測手段とは反対側の面に設けられていることを特徴とする請求項 9 ~ 1 6 のいずれかに記載の露光装置。

【請求項 1 8】

前記マークは、撥水膜がコーティングされていることを特徴とする請求項 9 ~ 1 6 のいずれかに記載の露光装置。

【請求項 1 9】

請求項 9 ~ 1 8 のいずれかに記載の露光装置を用いて基板を露光するステップを有することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は露光方法および装置ならびにデバイス製造方法に関する。より具体的には、半導体ウエハ等の基板を精度よく位置合わせ（アライメント）して当該基板を露光する技術に関する。特に、投影光学系と基板との間に液体を満たした状態で当該基板を露光する場合に適している。

【背景技術】

【0 0 0 2】

近年 I C や L S I 等の半導体集積回路や液晶パネルの微細化、高集積化に伴い、半導体露光装置等の露光装置も高精度化、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等の基板との位置合わせにおいては、原版と基板とを数ナノメートルのオーダーで重ね合わせる技術が期待されている。このような半導体等の製造に用いる露光装置として、ステッパやステップアンドスキャンと呼ばれる装置を用いることが多い。これらの装置は、基板（例えば半導体ウエハ）をステップ移動しながら、原版（例えばレチクル）上に形成したパターンを基板の複数個所に順次転写していくものである。この転写を一括で行う装置をステッパと呼び、ステージをスキャンしながら転写する装置を、ステップアンドスキャン（スキャナともいう）と呼んでいる。

【0 0 0 3】

次に、露光装置における原版と基板とのアライメントについて述べる。露光装置における原版と基板との位置合わせには、各露光毎に露光位置の計測を行って位置合わせを行うダイバイダイアライメント方式がある。また、予め適切な数の測定点で位置計測を行い、その結果から露光位置の補正式を作成して位置合わせを行うグローバルアライメント方式がある。グローバルアライメント方式は、高スループット、高精度が得られる優れた方式である。また、基板全域に対して同一の補正式に従った位置合わせを行うため、基板内の数点を検定すれば位置合わせの状態が判断できる等、使い勝手の上でも利点を持つ。アライメントマークの検出方式としては、次の方式が知られている。

1. 投影光学系を介してアライメントマークの位置を測定する T T L (スルー・ザ・レンズ) 方式。

10

2. 投影光学系を介することなく直接アライメントマークの位置を計測する O A (オフ・アクシス) 方式。

ここで、O A 方式のアライメント検出系を使用して原版と基板とのアライメントを行う場合、予めアライメント検出系の計測中心と原版パターンの投影像中心(露光中心)との間隔であるベースライン量が既知である必要がある。つまり、O A 方式のアライメント検出系を用いて計測した基板の位置ずれ量をベースライン量で補正した距離だけ基板を移動することによって被露光領域(ショット領域)の中心を露光中心に正確に位置合わせする必要がある。ところが、露光装置を使用する過程で次第にベースライン量の変動することがある。このようなベースライン量の変動が生じると、アライメント精度(重ね合わせ精度)が低下する。このため、従来は例えば定期的に O A 方式のアライメント検出系の計測中心と露光中心との間隔(ベースライン量)を正確に計測するためのベースライン計測を行っていた。以上、従来例として露光装置と露光装置での位置合わせの概要とについて説明した。

20

【0004】

一方、半導体集積回路や液晶パネルの微細化、高集積化への要求に対しては、露光装置の解像力を決める露光光源の波長および投影光学系の開口数(N A)をそれぞれ短波長化および高 N A 化することにより対応している。しかし、照明光の短波長化および投影光学系の高 N A 化にも限界がある。このため、投影光学系と基板との間に空気より屈折率の高い物質を入れることにより高解像度化を実現する方法が提案されている。ここでは空気より屈折率の高い物質として純水等の液体を投影光学系と基板との間に満たした液浸半導体露光装置を例に説明する。

30

【0005】

次に、まず露光装置および露光装置での位置合わせの一例として、図13を用いて、半導体露光装置でのウエハとレチクルとの位置合わせの例(第一の例)について説明する。図13において、1は照明光学系、2は原版であるレチクル、3は投影光学系、4は基板であるウエハであり、照明光学系で照明されたレチクルの像を投影光学系を介してウエハへ投影する。5はウエハステージ、6はチャック、7はウエハステージ制御手段であり、ウエハは不図示のウエハ搬送装置によりウエハステージ上のチャックに載置される。ウエハステージは、ウエハステージ制御手段で位置決めされる。8aと8bは T T L アライメント検出系、9はアライメント検出系(O A アライメント検出系)、10は高さ検出手段、11は制御手段である。

40

【0006】

12は投影光学系とウエハとの間に充填されている液体、13は液体を投影光学系とウエハとの間に供給する液体供給手段、14は液体を回収する液体回収手段である。なお、12~14は、説明の便宜上図13に加えたものであって、12~14を含む図13のような液浸露光装置が従来知られていたことを意味するものではない。

【0007】

図14はウエハステージを投影光学系の光軸方向から見た図であり、ウエハステージ上には、ウエハの表面に形成されるアライメントマークと同等の基準マークを有する基準部材19がウエハと干渉しない位置に付設してある。レチクルには、図15に略示するよう

50

に、中心Cを挟んで対称な位置にマークR M aとR M bが設けられている。レチクルは不示図のレチクルステージ上に保持され、このレチクルステージはレチクルを中心Cが投影光学系の光軸A Xと合致する位置に移動する。ウエハステージ上の基準マークが投影光学系の投影視野内の所定位置に来るようにウエハステージを位置決めする。すると、レチクルの上方に設けられたT T Lアライメント検出系8 aによって、レチクルのマークR M aと基準マークとを同時に検出できる。また、ウエハステージを別の位置に移動すると、T T Lアライメント検出系8 bによってレチクルのマークR M bと基準マークとを同時に検出することができる。投影光学系の外側（投影視野外）にはアライメント検出系9が固設されており、アライメント検出系の光軸は投影光学系の光軸と平行である。

【0008】

10

上記露光装置での露光方法の例を図16に示す。

【0009】

図16のステップS201はベースライン計測工程である。T T Lアライメント検出系を用いてレチクルRのマークR M aと基準部材上の基準マークとをアライメントしたときのウエハステージの位置を不示図のレーザ干渉計等で計測する。同様に、T T Lアライメント検出系を用いてレチクルRのマークR M bと基準マークとをアライメントしたときのウエハステージの位置を前記レーザ干渉計等で計測する。両ウエハステージ位置の中心位置（平均位置）にウエハステージがある時の基準マークは投影光学系の光軸上にあり、レチクル中心Cと共役な位置にある。また同様にアライメント検出系に対し基準マークをアライメントしたときのウエハステージの位置を前記レーザ干渉計等で計測する。ベースライン量B Lは、同じ基準マークをT T Lアライメント検出系でアライメントした時のウエハステージ位置（上記平均位置）とアライメント検出系でアライメントした時のウエハステージ位置との差を計算することで求める。

20

【0010】

ステップS202はウエハパターン位置計測工程である。ウエハパターン位置計測工程は、露光中心位置から上記ベースライン計測工程で計測したベースライン量だけウエハステージを移動した位置を原点として、ウエハ上パターンの位置ずれ量を計測する。具体的には、ウエハ上の複数のアライメントマーク位置をアライメント検出系で計測することにより、グローバルアライメントのための補正式を作成する。つまり、ウエハパターンのシフト、倍率オフセット、回転等を計測する。ウエハパターン位置計測工程の従来例として、特開平9-218714号公報（特許文献1）に提案されたものがある。特開平9-218714号公報はグローバルアライメント方式の一例であり、特に高次の誤差要因も補正することにより位置合わせ精度の向上を図っている。

30

【0011】

ステップS203は露光工程であり、ウエハパターン位置計測工程で計測したウエハ上パターンの位置ずれ量とベースライン量とに基づき算出した露光位置にウエハステージを駆動し、ウエハにレチクルのパターンを転写する。尚、投影光学系とウエハとの間に充填する液体は、ウエハステージ上にウエハを載置後に、液体供給手段から供給し、ウエハ露光後にウエハステージからウエハを搬送するときに液体回収手段で回収する。以上、液浸半導体露光装置におけるウエハとレチクルとの位置合わせに関し、第一の想定例について述べた。

40

【0012】

次に、液浸半導体露光装置におけるウエハとレチクルとの位置合わせに関し、別の想定例（第二の想定例）について述べる。前述した様に、I C、L S Iの微細化が加速度的に進んでおり、半導体製造装置においても年々より高い装置性能が求められている。また、近年D R A Mに代表される半導体の需要拡大に伴う生産性向上への要望も大きく、半導体製造装置に対しては精度向上だけでなくスループット向上も合わせて求められている。このため、特公平1-49007号公報（特許文献2）では、ウエハ上のパターン位置を計測するための手段（以下、計測ステーションと呼ぶ）とウエハへの露光を行うための手段（以下、露光ステーションと呼ぶ）を個別に持つ。すなわち、計測処理と露光処理とを並

50

列に行う露光装置が提案されている。その一例として、図 17 を用いて、ウエハとレチクルとの位置合わせの第二の例について説明する。

【0013】

本例の露光装置はウエハチャックとウエハ上のパターンとの相対位置関係を計測する計測ステーション 16 を有する。また、レチクルとウエハチャックとの相対位置関係を計測後レチクルのパターンをウエハに投影露光する露光ステーション 17 を有する。さらに、計測ステーションと露光ステーションとの間でウエハおよびウエハチャックを受け渡すウエハ供給（搬送）手段 15、および上記の各手段を制御する制御手段 11 を有する。計測ステーションにおいて、9 はアライメント検出系、4 a は被露光体基板であるウエハ、6 a はウエハを搭載し保持する基板支持手段であるウエハチャックである。また、5 a はウエハチャックを搭載しステージ制御手段 7 a により位置計測されウエハの位置決めを行うウエハステージ、10 は高さ検出手段である。次に、露光ステーションにおいて、3 はレチクル 2 の像をウエハ 4 b へ投影する投影光学系、8 a および 8 b は T T L アライメント検出系、1 は照明光学系、5 b はウエハ 4 b を搭載したウエハチャックである。また、6 b はウエハチャックを搭載しステージ制御手段 7 b により位置計測されウエハの位置決めを行うウエハステージである。図 18 はウエハチャックを投影光学系の光軸方向から見た図である。ウエハチャック上には、ウエハの表面に形成されるアライメントマークと同等の基準マークを有する基準部材 19 a および 19 b がウエハと干渉しない位置に固設してある。

10

【0014】

12 は投影光学系とウエハ間に充填されている液体、13 は液体を投影光学系とウエハ間に供給する液体供給手段、14 は液体を回収する液体回収手段である。なお、ここでも、12 ~ 14 は、説明の便宜上図 17 に加えたものであって、12 ~ 14 を含む図 17 のような液浸露光装置が従来知られていたことを意味するものではない。

20

【0015】

本例では、以下の手順でレチクルのパターンをウエハに投影する。最初に、計測ステーションにおいて、アライメント検出系を用いてウエハチャック 6 a 上とウエハ 4 a 上のアライメントマーク位置を計測することにより、ウエハチャックとウエハ上のパターンとの間の相対位置関係を計測する。このとき、露光ステーションでは後述する手順で並列にウエハ 4 b の露光処理を行う。次に、ウエハ供給手段を用いて、露光処理が終わったウエハ 4 b およびチャック 6 b を露光ステーションから搬出すると共に、計測ステーションのウエハ 4 a およびウエハチャック 6 a を露光ステーションへ供給する。露光ステーションでは T T L アライメント検出系によりレチクルを介してウエハチャック 6 a 上のアライメントマーク位置を計測することにより、レチクル上のパターンとチャック 6 a の相対位置関係を計測する。当該計測結果とともに、計測ステーションで計測したウエハチャック 6 a とウエハ 4 a 上のパターンとの相対位置関係を用いて、レチクル上のパターンとウエハ上のパターンとの相対位置関係を算出する。最後に、算出したレチクル上のパターンとウエハ上のパターンとの相対位置関係に基づき、レチクルのパターンをウエハ上に投影する。

30

【0016】

本例は、計測ステーションおよび露光ステーションの処理を並列で行うことができ、精密な位置合わせ計測とウエハ露光処理とを合わせた合計処理時間の短縮化を図れる利点を持つ。尚、ここでは計測ステーションと露光ステーションの間をウエハが移動するとき、ウエハを支持する基板支持手段としてウエハチャックを用いる例について述べた。しかし、ウエハステージ 5 a とウエハステージ 5 b とをウエハ移動時の基板支持手段として用いても構わない。このときは、ウエハチャック上の基準マークを検出する代わりに、ウエハステージ上の基準マークを同様に検出すればよい。

40

【0017】

次に、図 19 を用いて上記露光装置での露光方法の例について述べる。

【0018】

図 19 のステップ S 301 は計測位置基準マーク計測工程であり、アライメント検出系

50

を用いてウエハチャック 6 a 上の基準マーク位置を計測する。図 18 に示すようにウエハチャックは少なくとも 2 つの基準マークを有しており、これらのアライメントマークをアライメント検出系で計測する。これにより、アライメント検出系に対するウエハチャックの位置と回転量とを計測する。

【0019】

ステップ S 3 0 2 はウエハパターン位置計測工程であり、計測ステーションにおいて、アライメント検出系を用いてウエハ 6 a 上のアライメントマーク位置を計測することにより、ウエハ 6 a 上のパターンの位置を計測する。ウエハパターン位置計測工程は、前述した第一の想定例と同様なので詳細な説明は省略する。上記計測位置基準マーク位置計測工程とウエハパターン位置計測工程とにより、チャック 6 a とウエハ 4 a 上のパターンとの相対位置関係を算出する。 10

【0020】

ステップ S 3 0 3 は露光位置基準マーク位置計測工程である。露光ステーションにおいて T T L アライメント検出系によりレチクルを介してウエハチャック 6 a の基準マーク位置を計測することにより、レチクル上のパターンとウエハチャック 6 a との相対位置関係（位置と回転量）を計測する。

【0021】

ステップ S 3 0 4 は露光工程である。上述のように算出したウエハチャック 6 a とウエハ 4 a 上のパターンとの相対位置関係と、露光位置基準マーク位置計測工程で計測したレチクル上のパターンとウエハチャック 6 a との相対位置関係を用いる。両相対位置関係を用いて、レチクル上のパターンとウエハ 4 a 上のパターンとの相対位置関係を算出する。このようにして決定した露光位置にウエハステージを駆動し、ウエハにレチクルのパターンを転写する。尚、投影光学系とウエハとの間に充填する液体は、露光ステーションのステージにウエハチャックを載置後に、液体供給手段から供給し、ウエハ露光後にウエハステージからウエハを搬送するときに液体回収手段で回収する。以上、液浸半導体露光装置におけるウエハとレチクルとの位置合わせに関し、第二の想定例について述べた。 20

【特許文献 1】特開平 9 - 2 1 8 7 1 4 号公報

【特許文献 2】特公平 1 - 4 9 0 0 7 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0022】

上記第一および第二の想定例では、T T L アライメント検出系を用いてウエハステージ上またはチャック上の基準マークを計測する場合、投影光学系とウエハステージまたはチャック上の基準マークとの間に液体を満たして計測する。一方、アライメント検出系を用いてウエハステージ上またはチャック上の基準マークを計測するときには、基準マーク上に液体を配さない。このため、T T L アライメント検出系を用いて基準マークを計測した後に、基準マーク上に液体が残っていると、アライメント検出系を用いて基準マークを計測するときに計測誤差が発生する。本来、第一および第二の想定例では、基準マークが投影光学系の下から移動する時に液体回収手段により液体が回収され基準マーク上に液体が残らない構成になっている。しかし、基準マーク 20 は図 20 に断面図を示すように形状が凹凸であるため、不測の事態により液体回収手段で液体を回収しても基準マークの一部に液体が残る可能性がある。仮に、基準マークの一部に液体が残った場合、基準マークをアライメント検出系により撮像したマーク像は変形し計測値に誤差が発生する。図 21 (a) は基準マークを上面から見た一例を示したもので、同一形状の矩形パターンが複数個配置されている。図 21 (a) で示した基準マークに液体等の異物があると、図 21 (c) のように変形したマーク像となる。このため、マーク像から後述する方法で算出するマーク波形も変形する。すなわち、図 21 (a) で示したマーク像から算出したマーク波形が図 21 (b) に示すものであるのに対し、図 21 (c) に示した異物があるマーク像から算出したマーク波形は図 21 (d) で示すものに変形する。このため、異物があるパターンの位置を後述する方法で計測すると誤差が発生する。 40

50

【 0 0 2 3 】

更に、液浸露光装置では不測の事態によりウエハに塗布した感光剤（レジスト）が液体を介して基準マーク上に付着する場合も考えられ、液体に限らず基準マーク上に異物が残る可能性がある。また、上記説明ではウエハステージ上またはチャック上の基準マーク上に残る異物について説明した。しかし、投影光学系を介して原版のパターンを基板に転写後に、転写したパターンの重ね合わせ精度を計測するために再度アライメント検出系で基板上の重ね合わせマークを計測する使い方もする。このため、基板上のマークについても同様にマーク上に異物が残る可能性がある。

【 0 0 2 4 】

本発明は、上記の課題を考慮してなされたもので、安定して高精度な位置計測ができる新規な技術を提供することを例示的目的とする。 10

【課題を解決するための手段】

【 0 0 2 5 】

第 1 の発明は、基板を露光する露光方法であって、

前記基板を保持し移動するステージに配された部材および前記基板のいずれかに配されたマークの位置を計測する計測ステップと、

前記計測ステップにおける処理結果に基づいて、前記マーク上の異物を検出する検出ステップと、

前記検出ステップで前記異物が検出されたことに応じて、前記マーク上の異物を除去する除去ステップと、 20

前記計測ステップで計測された前記マークの位置に基づいて前記ステージを移動させる移動ステップと、

前記移動ステップで移動した前記基板を露光する露光ステップと

を有することを特徴とする露光方法である。

【 0 0 2 6 】

第 2 の発明は、基板を露光する露光装置であって、

前記基板を保持し移動するステージと、

前記ステージに配された部材および前記基板のいずれかに配されたマークの位置を計測する計測手段と、

前記計測手段による処理結果に基づいて、前記マーク上の異物を検出する検出手段と、 30

前記検出手段により前記異物が検出されたことに応じて、前記マーク上の異物を除去する除去手段と、

前記基板を露光するため、前記計測手段により計測された前記マークの位置に基づいて前記ステージを移動させる制御手段と

を有することを特徴とする露光装置である。

【 0 0 2 7 】

また、第 3 の発明は、上記の第 2 の発明の露光装置を用いて基板を露光するステップを有することを特徴とするデバイス製造方法である。

【 0 0 2 8 】

本発明の他の目的、特徴および効果等は、添付図面を参照してなされた後述の説明により明らかにされている。なお、当該図面において、同一または類似の符号は複数の図面を通して同一または類似の構成要素を表している。 40

【発明の効果】

【 0 0 2 9 】

本発明によれば、安定して高精度な位置計測ができる新規な技術を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 3 0 】

（第一の実施形態）

本発明の第一の実施形態について説明する。図 2 に、上述の第一の想定例に本発明を適 50

用した場合の露光装置の一例を示す。図 2 の 18 は異物除去手段であり、その他の構成は第一の想定例と同様である。また、図 3 に、第二の想定例に本発明を適用した場合の露光装置の一例を示す。図 3 の 18 も図 2 と同様の異物除去手段である。その他の構成は第二の想定例と同様である。異物除去手段の詳細については後述する。

【0031】

次に、図 2 および図 3 の露光装置における露光方法について述べる。以下に述べるアライメント検出系を用いて基準マークを計測する方法以外は第一および第二の想定例と同様なので、ここではアライメント検出系を用いて基準マークを計測する方法について詳細に説明する。本実施形態における、アライメント検出系を用いて基準マークを計測する方法では、アライメント検出系によるマークの位置を計測する過程で、マーク上の異物を検出する（異物の有無を判定する）。そして、マーク上に異物があつた場合に、異物を除去してから再度マークを計測することを特徴としている。

10

【0032】

図 1 にアライメント検出系を用いた基準マークまたは基板上のアライメントマークもしくは重ね合わせマーク（総称して単にアライメントマークまたはマークともいう）の計測方法のフローチャートを示す。以下、各ステップについて説明する。

【0033】

マーク計測工程 S 101 は、以下の公知の方法でアライメントマークの位置を計測する。

【0034】

まず最初に、基準マークのマーク波形を入力する。例えば、図 4 の基準マークを照明し反射した光を CCD カメラなどの光電変換素子で撮像する。このように撮像したマーク像の 2 次元画像に対し、図 4 に示すように処理ウィンドウ WP を設定し、ウィンドウ内において Y 方向に積算処理を行い、2 次元のマーク像を 1 次元のマーク波形 S (x) に変換する。

20

【0035】

次にマーク波形 S (x) から基準マークの位置を算出する。基準マークの位置は各矩形パターンに対して同様の処理を繰り返して各矩形パターンの位置を計測し、その平均値を基準マークの位置とする。

【0036】

各矩形パターン位置の計測方法を図 5 に示す。各矩形パターン位置の計測は、一致度算出処理 (S 401) をマーク位置検出範囲に対して繰り返して行い (S 402)、最後に最大一致度位置算出処理 (S 403) を行ってマーク位置を算出する公知のテンプレートマッチング法を用いる。以下に各処理の詳細について述べる。

30

【0037】

一致度算出処理 S 401 は、例えば、マーク波形と予め設定してあるテンプレート波形との一致度を算出する。一致度はマーク波形とテンプレート波形との差分から計算する。マーク波形上の位置 x における一致度 r (x) は式

【0038】

【数 1】

$$r(x) = \frac{1}{\sum_{k=-w/2}^{w/2} |S(x+k) - T(k)|}$$

40

【0039】

で求めることができる。上記式で S (x) はマーク波形、T (x) はテンプレート波形、w は一致度を算出する波形幅で、テンプレートの幅でもある。

【0040】

図 5 の最大一致度位置算出処理 S 403 は、一致度算出処理で算出した一致度が最大となる位置を求め、マーク中心位置とする。一致度が最大となる位置は、各位置 x での一致

50

度に対し重心計算や２次関数近似等を行うことにより、センサ（光電変換素子）の分解能以下の精度で求めることができる。例えば、次式は重心計算によりマーク中心位置 M_c を求める手法である。

【 0 0 4 1 】

【 数 2 】

$$M_c = \frac{\sum_{k=ss}^{se} r(k)k}{\sum_{k=ss}^{se} r(k)}$$

10

【 0 0 4 2 】

式の中で、 s_s および s_e は、それぞれ、予め設定済の、重心計算に用いる一致度の開始位置および終了位置である。尚、上記マーク計測工程では、 X 方向の位置を計測するためのマークを例に説明したが、 90 度回転したマークを使用すれば同様に Y 方向の位置計測も可能である。

【 0 0 4 3 】

次に、異物検出工程 S_{102} において、前記マーク計測工程の計測値を用いて、マーク上の異物を検出する。異物検出工程には、一例としては、特開 $2001-319858$ 号公報に開示される誤計測または所定の計測精度劣化の有無を検出する方法を利用できる。具体的には、特開 $2001-319858$ 号公報と同様の方法により、アライメントマークの各マーク部分（各矩形要素）間の間隔に基づいて異物を検出する。つまり、異物がある矩形パターンの計測値には誤差が生じているので、矩形パターン位置の間隔が不均一となる。これを用いて異物があることを検出（判定）する。

20

【 0 0 4 4 】

具体的には、最初に、図 6 に示すように、ステップ S_{101} で算出した各矩形パターン計測位置から矩形パターン間隔を算出する。図 6 に示したマークの場合、（１）左から１本目と２本目との間隔、（２）左から２本目と３本目との間隔、および（３）左から３本目と４本目との間隔を算出する。各矩形パターンの計測位置を $M_{c1} \sim M_{c4}$ とすると、矩形パターン間隔 $I_1 \sim I_3$ を以下の式で算出する。

【 0 0 4 5 】

【 数 3 】

$$I_k = M_{c(k+1)} - M_{ck}$$

30

【 0 0 4 6 】

次に、算出した各間隔と矩形パターン間隔の設計値 I_0 との差を算出し、当該差が予め設定した閾値以上であれば異物があると判定する。

【 0 0 4 7 】

図 4 では、１つの処理ウィンドウで１つのマーク波形を作成する例を示した。しかし、図 7 に示す様に複数の処理ウィンドウ（ $WP_1 \sim WP_6$ ）を設定し、複数のマーク波形を作成することにより、微量の異物であっても検出できるようにすることも可能である。

40

【 0 0 4 8 】

前記異物検出工程で異物を検出しなかった場合は、前記マーク計測工程で計測した値を計測値とする。前記異物検出工程で異物を検出した場合は、次に説明する異物除去工程（ S_{104} ）で異物を除去し、再度マーク計測工程（ S_{101} ）に戻る（ S_{103} ）。

【 0 0 4 9 】

異物除去工程 S_{104} では、異物除去手段を用いてマーク上の異物を除去する。図 8 に異物除去手段の概要を示す。図 8 の 18 は異物除去手段、9 はアライメント検出系、20 はウエハステージもしくはチャック上の基準マークまたは基板上のマーク、19 は基準部材または基板である。異物除去手段（異物除去ユニット）は、例えば、図 8 のように吸引または気体吹き付けのための機構を備えており、吸引または気体吹き付けにより、

50

液体等の異物を取り除く。本実施形態において、異物除去手段は、位置が既知でありかつ小領域であるアライメントマーク上の液体等の異物を取り除けば良いので、容易に実現可能である。また、図8はアライメント検出系の近くに異物除去手段を構成した例を示したが、必ずしもアライメント検出系の近くに構成する必要は無い。図9に示すように、ウエハステージを移動させることによりアライメントマークを異物除去手段の処理対象領域に移動してから、異物を除去しても構わない。この場合、除去した異物がアライメント検出系等に付着することを抑制しやすいというメリットがある。

【0050】

以上、第一の実施形態について述べた。ここでは、主としてウエハステージ上またはチャック上の基準マークを例とした実施形態について説明したが、ウエハ上のアライメントマークに対しても同様のマーク位置計測を適用可能である。また、ここでは、投影光学系と基板との間に液体を満たして原版のパターンを基板に投影する露光方法および露光装置を例に説明した。しかし、本発明は、マーク上に異物がある場合に適用可能であるため、液浸露光方法および装置に限定されるものではなく、他の露光方法および装置にも適用可能である。上述したように、本実施形態によれば、ウエハステージもしくはチャック上の基準マークまたは基板上のマークにおける液体等の異物を検知するとともに異物を除去することにより、安定して高精度な位置計測を行うことができる。

【0051】

更に、上記実施形態に対し以下に説明する変更を加えると、より効果的となる。上記実施形態では基準マークの各パターンをパターン支持部材の上側（アライメント検出系側）に構成した例について述べた。これに対し、図10に示すように、各パターンをパターン支持部材（計測光に関し透明）の下側（アライメント検出系とは反対側）に構成する。すると、TTLアライメント検出系で基準マークを計測する際に液体がパターン支持部材と接する面が平面となり、液体が異物として基準マーク上に残りにくくなる。また、パターンおよびパターン支持部材に撥水性の高い膜をコーティングすることにより、液体が異物として基準マーク上に残りにくくなる。

【0052】

（第二の実施形態）

本発明の第二の実施形態について説明する。第一の実施形態では、矩形パターンの計測値（位置）の間隔に基づいて異物を検出する例を示した。本実施形態では別の手法で異物を検出する例について述べる。異物検出工程以外の部分は第一の実施形態と同様のため、説明を省略する。

【0053】

本実施形態における、アライメント検出系を用いてマークを計測する方法では、各矩形パターンの直線性に基づきマーク上の異物を検出する。マーク上に異物が検出された場合、異物を除去してから再度マークを計測する。

【0054】

図11に、第二の実施形態における異物検出工程S102のフローチャートを示す。以下、各ステップについて説明する。

【0055】

ステップS501では、基準マークの2次元画像から非計測方向（図4ではY方向）に延在するエッジを抽出する。当該エッジは2次元画像を計測方向（図4ではX方向）に微分し、微分値が予め設定した閾値以上であればエッジとする公知の方法で求められる。異物がマーク上にある例である図12（a）の画像から非計測方向（Y方向）に延在するエッジを抽出した例を図12（b）に示す。ここで、抽出したエッジの位置を（E1x, E1y）, ..., （Enx, Eny）とする（nは抽出したエッジの個数である）。

【0056】

ステップS502では、各矩形パターンのエッジの非直線性を算出する。図12（c）の点線で囲んだ領域にある各パターンの各エッジに対して、近似直線を求める。各領域は、前記マーク計測工程で算出した各矩形パターンの中心位置と矩形パターンの幅の設計値

10

20

30

40

50

とから算出する。また、近似直線は、ステップ S 5 0 1 で求めたエッジ位置を公知の最小自乗近似法等により直線近似することにより求める。ここで、算出した直線を

$$x = A y + B$$

とする。

【 0 0 5 7 】

最後に、算出した直線とステップ S 5 0 1 で求めたエッジ位置との計測方向（図 4 では X 方向）における差分を各エッジに関し算出してそれらの和を求め、当該和をもって各矩形パターンエッジの非直線性とする。

【 0 0 5 8 】

算出した直線とステップで S 5 0 1 求めたエッジ位置との計測方向における差分 D_m は 10
、式

【 0 0 5 9 】

【 数 4 】

$$D_m = |AE_{1y} + B - E_{1x}|$$

【 0 0 6 0 】

で表せる。そして、差分 D_m の和である非直線性 D_0 は式

【 0 0 6 1 】

【 数 5 】

$$D_0 = \sum_{m=1}^n D_m \quad 20$$

【 0 0 6 2 】

にしたがって算出する。

【 0 0 6 3 】

ステップ S 5 0 3 では、ステップ 5 0 2 で求めた各矩形パターンエッジの非直線性 D_0 が予め定めた閾値以上であれば、基準マーク上に異物があると判断する。

【 0 0 6 4 】

以上、第二の実施形態について述べた。本実施形態によれば、第一の実施形態の場合と同様に、ウエハステージもしくはチャック上の基準マークまたは基板上のマークにおける液体等の異物を検知し除去することにより、安定して高精度な位置計測位を行うことができる。 30

【 0 0 6 5 】

次に、半導体デバイスを例に、上記露光装置を利用したデバイスの製造プロセスを説明する。図 2 2 は半導体デバイスの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。

【 0 0 6 6 】

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 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。 40

【 0 0 6 7 】

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 C V D 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 50

。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】

【 0 0 6 8 】

【図 1】第一の実施形態に係るフローチャートを示す図

【図 2】本発明を適用した第一の露光装置を示す図

10

【図 3】本発明を適用した第二の露光装置を示す図

【図 4】マーク波形算出方法を説明する図

【図 5】マーク計測工程のフローチャートを示す図

【図 6】パターン間隔を説明する図

【図 7】第二のマーク波形算出方法を説明する図

【図 8】異物除去手段を説明する図

【図 9】異物除去手段の第二の例を示す図

【図 10】基準部材の第二の例を示す図

【図 11】第二の実施形態における異物検出工程のフローチャートを示す図

【図 12】パターンのエッジの抽出を説明する図

20

【図 13】第一の想定例における露光装置を示す図

【図 14】第一の想定例における基準部材を説明する図

【図 15】第一の想定例におけるレチクルを説明する図

【図 16】第一の想定例における露光方法に係るフローチャートを示す図

【図 17】第二の想定例における露光装置を示す図

【図 18】第二の想定例における基準部材を説明する図

【図 19】第二の想定例における露光方法に係るフローチャートを示す図

【図 20】基準マークの断面図

【図 21】異物がある時のマーク像およびマーク波形を説明する図

【図 22】デバイス製造プロセスの構成例（フロー）を示す図

30

【符号の説明】

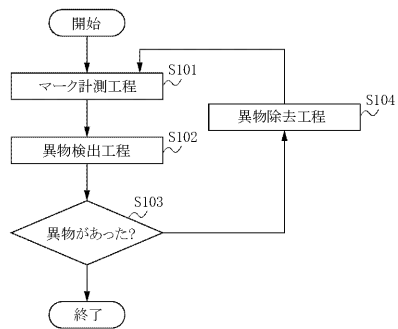
【 0 0 6 9 】

S 1 0 1 マーク計測工程

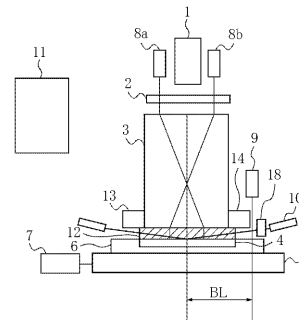
S 1 0 2 異物検出工程

S 1 0 4 異物除去工程

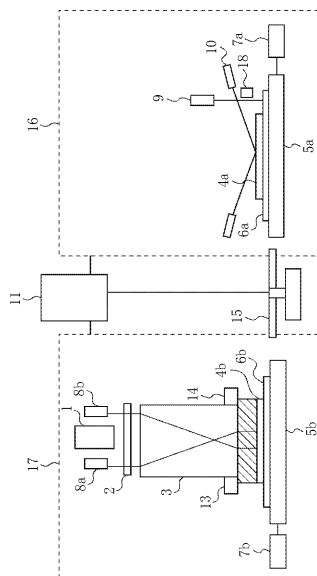
【図 1】



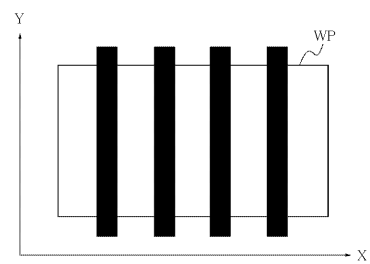
【図 2】



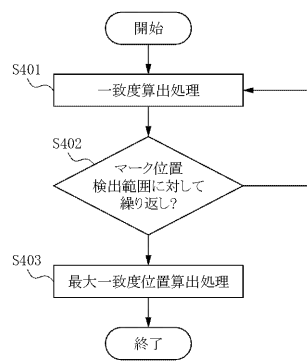
【図 3】



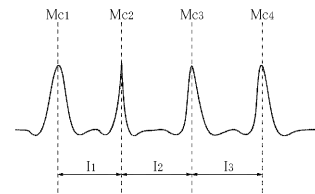
【図 4】



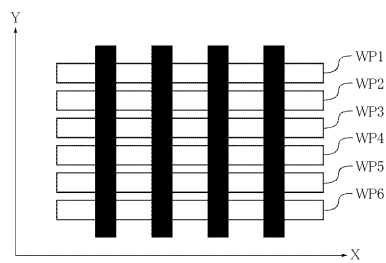
【図 5】



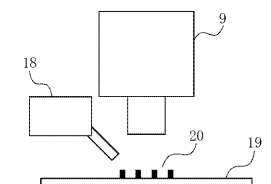
【図 6】



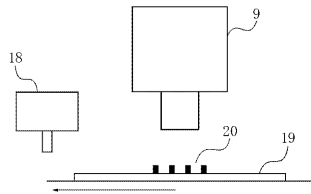
【図 7】



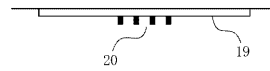
【図 8】



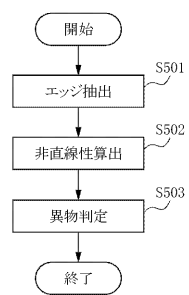
【図 9】



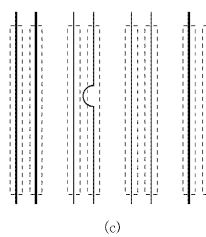
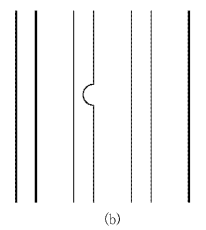
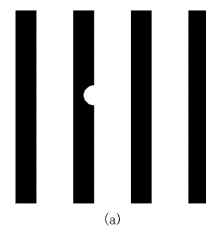
【図 10】



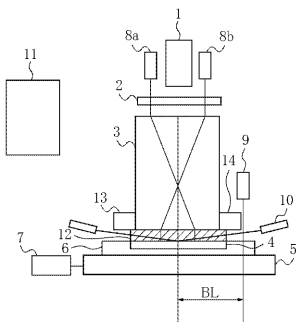
【図 11】



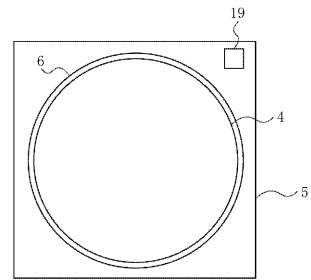
【図 12】



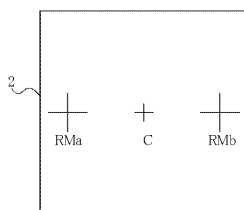
【 図 1 3 】



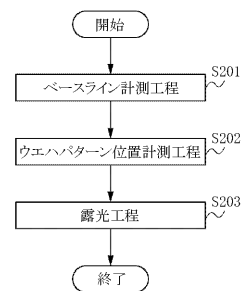
【 図 1 4 】



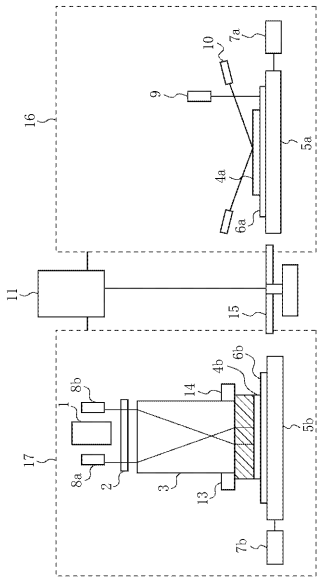
【 図 1 5 】



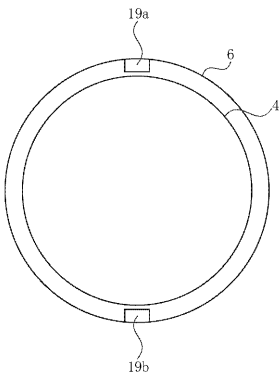
【 図 1 6 】



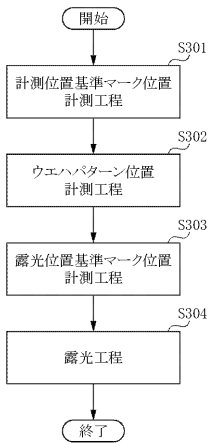
【図 1 7】



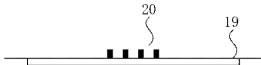
【図 1 8】



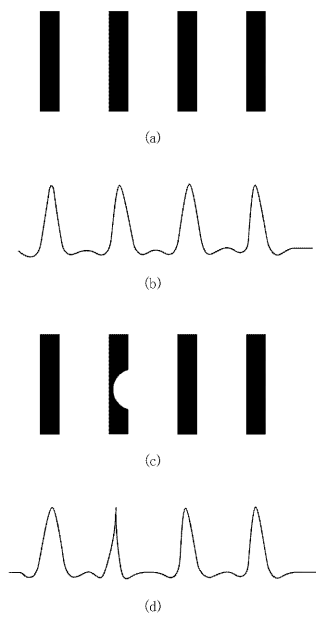
【図 1 9】



【図 2 0】



【図 2 1】



【図 2 2】

