

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6245838号
(P6245838)

(45) 発行日 平成29年12月13日(2017.12.13)

(24) 登録日 平成29年11月24日(2017.11.24)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/027 (2006.01)

H O 1 L 21/30 5 4 1 K

G O 3 F 7/20 (2006.01)

H O 1 L 21/30 5 4 1 D

H O 1 J 37/305 (2006.01)

H O 1 L 21/30 5 4 1 W

G O 3 F 7/20 5 0 4

H O 1 J 37/305 B

請求項の数 9 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2013-96010 (P2013-96010)
 (22) 出願日 平成25年4月30日(2013.4.30)
 (65) 公開番号 特開2014-220264 (P2014-220264A)
 (43) 公開日 平成26年11月20日(2014.11.20)
 審査請求日 平成28年4月28日(2016.4.28)

(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 千徳 孝一
 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
 (72) 発明者 稲 秀樹
 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 新井 重雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リソグラフィ装置、リソグラフィ方法、および物品の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板に対してパターン形成を行うリソグラフィ装置であって、
 前記基板を保持して可動のステージと、
 前記パターン形成のためのエネルギー線を前記基板に照射する光学系と、
 第1基板に関して可変とされた重ね合わせ検査用の第1マークおよび第2マークの配置を設定し、前記パターン形成を伴わずに前記第1マークを前記第1基板上に形成する第1処理と、前記パターン形成を伴って前記第2マークを前記第1基板上に形成する第2処理とが前記配置に基づいて行われるように、前記ステージおよび前記光学系を制御する制御部と、
前記基板上のアライメントマークの位置を計測する計測部と、を有し、
前記制御部は、前記計測部により計測された前記第1基板上のアライメントマークの位置に基づいて前記第1処理および前記第2処理を制御する、
 ことを特徴とするリソグラフィ装置。

【請求項 2】

前記制御部は、
 前記パターン形成を伴わずに第2基板上のアライメントマークの位置を計測する第1計測と、前記パターン形成を伴って前記第2基板上のアライメントマークの位置を計測する第2計測とが行われるように、前記ステージ、前記光学系および前記計測部を制御し、
 前記第1計測および前記第2計測の結果に基づいて、前記配置を設定する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 3】

基板に対してパターン形成を行うリソグラフィ装置であって、

前記基板を保持して可動のステージと、

前記パターン形成のためのエネルギー線を前記基板に照射する光学系と、

第 1 基板に関して可変とされた重ね合わせ検査用の第 1 マークおよび第 2 マークの配置を設定し、前記パターン形成を伴わずに前記第 1 マークを前記第 1 基板上に形成する第 1 処理と、前記パターン形成を伴って前記第 2 マークを前記第 1 基板上に形成する第 2 処理とが前記配置に基づいて行われるように、前記ステージおよび前記光学系を制御する制御部と、を有し、

10

前記制御部は、基板に形成されるべきパターンの密度に関する情報に基づいて、前記配置を設定する、ことを特徴とするリソグラフィ装置。

【請求項 4】

前記基板上のアライメントマークの位置を計測する計測部と、を有し、

前記制御部は、前記計測部により計測された前記第 1 基板上のアライメントマークの位置に基づいて前記第 1 処理および前記第 2 処理を制御する、
ことを特徴とする請求項 3 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 5】

前記制御部は、基板上においてスクライプライン領域で囲まれた領域の中に、前記配置を設定する、ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 4 のうちいずれか 1 項に記載のリソグラフィ装置。

20

【請求項 6】

前記第 1 マークと前記第 2 マークとに基づいて重ね合わせ検査を行う検査部を有し、

前記制御部は、第 2 基板に対して前記パターン形成を行うように、前記重ね合わせ検査の結果に基づいて前記ステージおよび前記光学系を制御する、
ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のうちいずれか 1 項に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 7】

基板に対してパターン形成を行うリソグラフィ方法であって、

第 1 基板に関して可変とされた重ね合わせ検査用の第 1 マークおよび第 2 マークの配置を設定し、

30

前記パターン形成を伴わずに前記第 1 マークを前記第 1 基板上に形成する第 1 処理を前記配置に基づいて行い、

前記パターン形成を伴って前記第 2 マークを前記第 1 基板上に形成する第 2 処理を前記配置に基づいて行い、

前記第 1 マークと前記第 2 マークとに基づいて重ね合わせ検査を行い、

前記重ね合わせ検査の結果に基づいて第 2 基板に対して前記パターン形成を行い、

前記第 1 基板上のアライメントマークの位置を計測し、計測された前記第 1 基板上のアライメントマークの位置に基づいて前記第 1 処理および前記第 2 処理を制御する、
ことを特徴とするリソグラフィ方法。

40

【請求項 8】

基板に対してパターン形成を行うリソグラフィ方法であって、

第 1 基板に関して可変とされた重ね合わせ検査用の第 1 マークおよび第 2 マークの配置を設定し、

前記パターン形成を伴わずに前記第 1 マークを前記第 1 基板上に形成する第 1 処理を前記配置に基づいて行い、

前記パターン形成を伴って前記第 2 マークを前記第 1 基板上に形成する第 2 処理を前記配置に基づいて行い、

前記第 1 マークと前記第 2 マークとに基づいて重ね合わせ検査を行い、

前記重ね合わせ検査の結果に基づいて第 2 基板に対して前記パターン形成を行い、

50

基板に形成されるべきパターンの密度に関する情報に基づいて前記配置を設定する、ことを特徴とするリソグラフィ方法。

【請求項 9】

請求項 1 ないし請求項 6 のうちいずれか 1 項に記載のリソグラフィ装置または請求項 7 又は請求項 8 に記載のリソグラフィ方法を用いて基板に対してパターン形成を行う工程と、

前記工程で前記パターン形成を行われた前記基板を現像する工程と、
を含み、現像された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。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、基板に対してパターン形成を行うリソグラフィ装置、リソグラフィ方法、および物品の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

将来のリソグラフィ方式（例えば、16nm以下のハーフピッチの半導体デバイスを製造するためのリソグラフィ方式）の候補として、マルチ電子ビームリソグラフィ（multiple electron beam lithography）が挙げられている。マルチ電子ビームリソグラフィは、基板（ウエハ等）に入射する大量のパワー（エネルギー）が一つの懸念点である。すなわち、当該大量のパワーを原因とするウエハの熱変形により、要求されるオーバーレイ精度の達成が困難となりうる。なお、この懸念は、ArF（液浸）リソグラフィやEUVリソグラフィ等の他のリソグラフィ方式においても、存在しうるものである。

20

【0003】

このような熱変形への対処として、特許文献1の技術が知られている。特許文献1は、電子ビームの照射により試料に現れる熱変形の計算結果から電子ビームの照射位置に現れるずれ量の修正に必要なデータを算出して記憶しておき、電子ビームの照射量・照射位置の少なくとも一方を当該データに従って修正する技術を開示している。

【0004】

また、特許文献2の基板処理装置は、移動および処理（描画）中の基板に形成されている複数のターゲット（マーク）の位置を計測する。そして、複数のターゲット間の基板の形状をカーブ・フィッティング（curve fitting）する処理を介して、処理中の基板の変形を補償している。

30

【0005】

また、特許文献3の電子ビーム露光方法は、まず、基材（基板）の露光面内の複数の位置に、レジストのチャージアップによるパターンの露光ずれ検出用のマークの一部分を露光しておく。次に、基材パターンの露光を行ないながら順次各位置に上記マークの他の部分を重ねて露光する。この方法によれば、露光ずれ検出用マークを検出することによりチャージアップ露光ずれを検出できるとしている。

【先行技術文献】

40

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2004-128196号公報

【特許文献2】米国特許第7897942号明細書

【特許文献3】特公平05-044172号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

特許文献1に係る方法は、電子ビームの照射により試料に現れる熱変形をシミュレーションにより求めるものである。よって、リソグラフィ装置が様々な試料に対して種々のパ

50

ターンを形成することを考慮すると、シミュレーションのための適切なモデルを構築したり、そのためのデータを用意したりするのは、非常に困難または煩雑である。また、パターンを形成する過程で生じる重ね合わせ誤差に影響を与える条件の変化（再現性をもって生じる条件変化）は、基板の熱変形（熱による形状や大きさの変化）以外にもありうる。ところ、特許文献 1 の方法は、そのような他の変化には対処できない。

【 0 0 0 8 】

また特許文献 2 に係る方法は、処理中の基板のターゲットの位置を計測して当該基板の変形を実時間で補償するものであるため、当該変形が大きい場合等において、その計測や補償が困難である。よって、その方法だけでは、リソグラフィ装置の重ね合わせ精度の点で不利となりうる。

10

【 0 0 0 9 】

また特許文献 3 に係る方法は、フィールド（ショット）周辺の特定の 1 箇所にマーク露光位置が限定され、その配置や数に自由度がないため、リソグラフィ装置の重ね合わせ性能を発揮するうえで十分とはいえない。

【 0 0 1 0 】

本発明は、以上の課題に鑑みてなされたものであり、例えば、重ね合わせ性能の点で有利なリソグラフィ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】

【 0 0 1 1 】

本発明の一側面は、基板に対してパターン形成を行うリソグラフィ装置であって、
前記基板を保持して可動のステージと、
前記パターン形成のためのエネルギー線を前記基板に照射する光学系と、
第 1 基板に関して可変とされた重ね合わせ検査用の第 1 マークおよび第 2 マークの配置を設定し、前記パターン形成を伴わずに前記第 1 マークを前記第 1 基板上に形成する第 1 処理と、前記パターン形成を伴って前記第 2 マークを前記第 1 基板上に形成する第 2 処理とが前記配置に基づいて行われるように、前記ステージおよび前記光学系を制御する制御部と、

20

前記基板上のアライメントマークの位置を計測する計測部と、を有し、
前記制御部は、前記計測部により計測された前記第 1 基板上のアライメントマークの位置に基づいて前記第 1 処理および前記第 2 処理を制御する、ことを特徴とするリソグラフィ装置である。

30

本発明の別の側面は、基板に対してパターン形成を行うリソグラフィ装置であって、
前記基板を保持して可動のステージと、
前記パターン形成のためのエネルギー線を前記基板に照射する光学系と、
第 1 基板に関して可変とされた重ね合わせ検査用の第 1 マークおよび第 2 マークの配置を設定し、前記パターン形成を伴わずに前記第 1 マークを前記第 1 基板上に形成する第 1 処理と、前記パターン形成を伴って前記第 2 マークを前記第 1 基板上に形成する第 2 処理とが前記配置に基づいて行われるように、前記ステージおよび前記光学系を制御する制御部と、を有し、

前記制御部は、基板に形成されるべきパターンの密度に関する情報に基づいて、前記配置を設定する、ことを特徴とするリソグラフィ装置である。

40

【発明の効果】

【 0 0 1 2 】

本発明によれば、例えば、重ね合わせ性能の点で有利なリソグラフィ装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 3 】

【図 1】リソグラフィ装置の構成例を示す図

【図 2】リソグラフィ装置において計測に係る部分の構成例を示す図

【図 3】リソグラフィ装置の動作の流れを例示する図（流れ図）

50

【図４】図３の流れ図におけるステップＳ１のサブステップを例示する図

【図５】重ね合わせ検査用マークの形成を例示する図

【発明を実施するための形態】

【００１４】

以下、添付図面を参照して本発明の実施形態を説明する。なお、実施形態を説明するための全図を通して、原則として（断りのない限り）、同一の部材等には同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。

【００１５】

〔実施形態１〕

図１は、リソグラフィ装置１００の構成例を示す図である。以下、図１を参照しながら、リソグラフィ装置１００の具体例として電子線リソグラフィ装置（より一般的には荷電粒子線リソグラフィ装置）について例示的に説明する。しかしながら、リソグラフィ装置は、それに限られず、ＡｒＦ光やＥＵＶ光等の他のエネルギー線により基板に対してパターン形成を行うものであってもよい。電子銃２０１のクロスオーバーから放射された電子線２０２は、コンデンサレンズ２０３によって略平行の電子線になる（コリメートされる）。コンデンサレンズ２０３でコリメートされた電子線２０２は、アパーチャアレイ２０４により複数の電子線２０６に分割される。複数の電子線２０６は、フォーカス制御回路２２０によって駆動されるレンズアレイ２０５の作用により、ブランキング絞り２０８近傍に電子銃２０１のクロスオーバーの複数の中間像２０９を形成する。これらの中間像２０９の軸方向における位置は、レンズアレイ２０５を構成する個々のレンズのパワーを制御することにより調整することができる。ブランキングアレイ２０７の各ブランカに電圧を印加することにより、中間像２０９の形成位置が軸方向とは垂直な方向に移動する。これにより、電子線２０６がブランキング絞り２０８によって遮断される。一方、ブランカに電圧を印加しない場合には、中間像２０９の形成位置が変化せず、電子線２０６が基板２１７に照射される。このようにして、電子線２０６をオフする（ブランキングする）か否かを制御することができる。

【００１６】

ブランキング絞り２０８の近傍に形成された中間像２０９は、第１投影レンズ２１０および第２投影レンズ２１４を含む投影系２５０により、ステージ２１８により保持された基板２１７に投影される。投影系２５０は、第１投影レンズ２１０の後焦点位置と第２投影レンズ２１４の前焦点位置とが一致するようにレンズ制御回路２２２によって駆動される。各中間像２０９を構成する複数の電子線２０６は、一括して主偏向器２１３および副偏向器２１５により偏向されて位置決めされる。例えば、主偏向器２１３の偏向幅を副偏向器２１５の偏向幅より広く設定することができる。照射量制御回路２２１は、パターンデータに基づく制御部２２６による制御の下で、ブランキングアレイ２０７の各ブランカによる電子線２０６のブランキングを制御する。偏向制御回路２２３は、パターンデータに基づく制御部２２６による制御の下で、主偏向器２１３および副偏向器２１５の偏向動作を制御する。ステージ制御回路２２５は、パターンデータに基づく制御部２２６による制御の下で、ステージ２１８の位置決め動作を制御する。ブランキングアレイ２０７の各ブランカによる電子線２０６のブランキング動作、主偏向器２１３および副偏向器２１５の偏向動作、ステージ制御回路２２５によるステージ２１８の位置決め動作を通して基板２１７にパターンが描画される。制御部２２６には、制御部２２６に対して描画データを供給するコンピュータ（データサーバ）２００が接続されうる。

【００１７】

ステージ２１８には、位置計測用マーク２２７およびファラデーカップ２１９が配置されている。ステージ２１８の上方には、電子検出器２１６が配置されている。電子検出器２１６で検出された信号は、信号処理回路２２４によって処理され、これによって電子線量が検出される。

【００１８】

図２は、図１のリソグラフィ装置１００において、計測に係る部分の構成例を示す図で

10

20

30

40

50

ある。リソグラフィ装置 100 は、基板 SB を保持して可動のステージ 110 と、荷電粒子光学系 120 と、第 1 計測部 130 と、第 2 計測部 140 と、取得部 150 と、制御部 160 とを有する。なお、図 2 において、図 1 の構成要素のうちの一部は、図示を省略し、また、符号を置換している。

【0019】

ステージ 110 には、図 2 に示すように、基準マーク FM が形成された基準マーク台 SM が設置されている。基準マーク FM は、基板 SB を位置決めする（基板アライメントを行う）ために使用されるマークである。また、ステージ 110 の位置は、ステージ 110 の上に配置されたミラー 112 および測長用干渉計 114 を含む位置計測器によって計測される。

10

【0020】

荷電粒子光学系 120 は、図 1 を参照して符号 201 - 215 により例示したものとしよう。荷電粒子光学系 120 は、筐体に収容され、電子源からの荷電粒子線を基板 SB に対して照射（射出）する。

【0021】

第 1 計測部 130 は、荷電粒子光学系 120 の光軸（基準軸）AX1 とは離れた軸（光軸）を有するオフアクシスアライメントスコープ（顕微鏡）を含む。第 1 計測部 130 は、本実施形態では、荷電粒子光学系 120 の基準軸 AX1 から第 1 距離（BL）だけ離れた光軸 AX2 を有し、基板 SB に形成されたアライメントマークの位置を計測する。また、第 1 計測部 130 は、ステージ 110 の上の基準マーク FM の位置も計測する。

20

【0022】

第 2 計測部 140 は、荷電粒子光学系 120 の下部、例えば、荷電粒子光学系 120 を収容する筐体の下に配置されている。第 2 計測部 140 は、荷電粒子光学系 120 の基準軸 AX1 から第 1 距離より短い第 2 距離（BL0）だけ離れた光軸 AX3 を有し、ステージ 110 の上の基準マーク FM の位置を計測する。第 2 計測部 140 は、本実施形態では、荷電粒子光学系 120 の基準軸 AX1 と第 1 計測部 130 の光軸 AX2 との間の距離、即ち、第 1 の計測部 130 のベースライン（BL）を求めるのに使用されうる。その場合、ステージ 110 の移動を介して第 1 計測部 130 および第 2 計測部 140 の各々で基準マーク FM の位置を求めれば、光軸 AX2 と光軸 AX3 との距離（BL1）を求めることができる。そして、荷電粒子光学系 120 の基準軸 AX1 と第 2 計測部 130 の光軸 AX3 との間の距離、即ち、第 2 の計測部 140 のベースライン（BL0）に基づいて、第 1 の計測部 130 のベースライン（BL）を求めればよい。すなわち、第 1 の計測部 130 のベースライン（BL）は、 $BL1 + BL0$ として求めることができる。なお、第 2 の計測部 140 のベースライン（BL0）は、ステージ 110 の移動を介して第 2 計測部 130 および電子検出器 216 の各々で基準マーク FM の位置を求めることにより得られる。第 2 の計測部 140 のベースラインは、第 1 の計測部 130 のベースラインに比べて短いため、第 2 の計測部 140 の計測頻度は第 1 の計測部 130 の計測頻度より低くてよい。第 1 の計測部 130 のベースライン（BL）の計測は、第 2 の計測部 140 のベースライン（BL0）に基づいて行うため、電子検出器 216 での計測を行う場合よりステージ 110 の移動距離を短くでき、もって計測時間（スループット）の点で有利である。

30

40

【0023】

第 1 計測部 130 及び第 2 計測部 140 は、本実施形態では、基準マーク FM や基板 SB に形成されたアライメントマークを撮像するための撮像素子を含み、かかる撮像素子から得られる画像（画像信号）を処理（画像処理）することでマークの位置を計測する。但し、第 1 計測部 130 及び第 2 計測部 140 によるマークの位置の計測方式は、それに限定されるものではなく、当業界で周知のいかなる計測方式であってもよい。例えば、第 1 計測部 130 及び第 2 計測部 140 は、静止しているマークの像を検出するものではなく、ステージ 110 を走査（移動）させることで得られるマークからの光による計測信号に基づいてマークの位置を計測するものであってもよい。

【0024】

50

取得部 150 は、荷電粒子光学系 120 の基準軸 A X 1 の位置を取得する。取得部 150 は、本実施形態では、荷電粒子光学系 120 の基準軸 A X 1 の位置を、電子検出器 152 を介して実際に検出する検出部として具現化されてもよい。または、ユーザによって入力される荷電粒子光学系 120 の基準軸 A X 1 の位置を記憶する記憶部として具現化されてもよい。また、ユーザは、荷電粒子光学系 120 の基準軸 A X 1 の位置を入力するのではなく、例えば、荷電粒子光学系 120 の光学設計値を入力してもよい。この場合、取得部 150 は、荷電粒子光学系 120 の光学設計値に基づいて荷電粒子光学系 120 の基準軸 A X 1 の位置を求める演算部として具現化されうる。

【0025】

制御部 160 は、例えば CPU 等のプロセッサやメモリを含んで構成されうるものであり、図 1 における制御部 226 および各制御回路に相当し、リソグラフィ装置 100 の動作を制御する。具体的には、制御部 160 は、荷電粒子線で基板 S B に描画を行う描画処理を制御する。また、制御部 160 は、第 1 計測部 130 および第 2 計測部 140 のベースラインを計測する計測処理を制御する。また、制御部 160 は、第 1 計測部 130 および第 2 計測部 140 の少なくとも一方により後述の重ね合わせ検査やアライメント計測を行う処理を制御する。また、制御部 160 は、後述の重ね合わせ検査を行う重ね合わせ検査装置 300 と、例えばネットワーク等を介して、通信可能に接続されている。なお、リソグラフィ装置が後述のように重ね合わせ検査部（重ね合わせ検査機能）を有する場合には、重ね合わせ検査装置 300 とは必ずしも通信可能に接続されている必要はない。

【0026】

ここで、図 3 - 5 を参照して、パターンを形成する過程で基板が熱変形しても重ね合わせ精度の点で有利なリソグラフィ装置（方法）の構成について説明する。図 3 は、重ね合わせのためのリソグラフィ装置の動作の流れを例示する図（流れ図）である。なお、図 3 に示すステップ S 1 ~ ステップ S 4 の工程は、半導体デバイスの目的レイヤを形成するためのリソグラフィ工程を開始する前に、当該リソグラフィ工程の条件設定のための send-ahead ウエハ（試し焼きまたは条件設定用基板）を用いて行われる。以下、各ステップの詳細を説明する。

【0027】

<ステップ S 1 > 重ね合わせ検査マークの配置の設定

まず、条件設定用の send-ahead ウエハ（第 1 基板）に関して可変とされた重ね合わせ検査用の第 1 マークおよび第 2 マーク（総称して重ね合わせ検査マークともいう）の配置を設定する。図 5 は、重ね合わせ検査用マークの形成を例示する図である。あるロットに含まれる複数のウエハ（基板）のうち send-ahead ウエハとして選定されたウエハ 9 には、以前のレイヤ（例えば第 n レイヤ）までに形成された半導体デバイスのパターンや、アライメントマーク、重ね合わせ検査マークが形成されている。そのため、重ね合わせ検査装置 300（図 2）により重ね合わせ検査マークを検査（計測）することにより、ウエハ全面にわたる重ね合わせ誤差の分布を得ることができる。当該分布の情報に基づいて、これからウエハ 9 に形成（描画）すべき重ね合わせ検査マークの配置を設定（決定）することができる。例えば、重ね合わせ誤差が大きい領域（例えばウエハ周辺部）ほど密に重ね合わせ検査マークが形成されるように当該配置を設定しうる。なお、重ね合わせの要求精度がウエハ表面上の方向（例えば互いに直交する X 方向・Y 方向）により異なる場合、その要求精度に応じて重ね合わせ検査マークの個数を方向により異ならせてもよい。

【0028】

または、重ね合わせ検査マークの配置（描画位置）は、図 4 に示す流れ図に従って設定してもよい。ここで、図 4 は、図 3 の流れ図におけるステップ S 1 のサブステップを例示する図である。まず、ステップ S 1 - 1 において、send-ahead ウエハ 9（第 2 基板）に形成されている複数のアライメントマークの位置を第 1 計測部 130 または第 2 計測部 140 により計測し、当該計測の結果に基づいてウエハ 9 上の各ショット（領域）の位置を求める。各ショット位置は、計測された複数のアライメントマークの位置に基づ

10

20

30

40

50

いて、各ショット位置を求める回帰式を決定すること（周知のグローバルアライメント法）により、得ることができる。次に、ステップS 1 - 2において、ウエハ9に対するパターン形成（描画）を伴って第1計測部130または第2計測部140によりアライメントマークの位置を計測し、ウエハ9上のショットの位置を求める。

【0029】

ステップS 1 - 1で得られた各ショットの位置は、パターン形成（描画）を伴わないために当該形成による基板の熱変形が生じていない状態で得られたものである。一方、ステップS 1 - 2で得られたショットの位置は、パターン形成（描画）を伴うために当該形成による基板の熱変形が生じている状態で得られたものである。よって、以上のようにして得られた2種類のショットの位置（典型的には当該2種類の位置の変化）に基づいて、パターン形成に伴って過渡的に生じる基板の熱変形（パターン形成に伴う基板上のショットの変位）を求める（ステップS 1 - 3）ことができる。このため、例えば、当該熱変形が大きい領域ほど重ね合わせ検査マークを密に形成するように、重ね合わせ検査マークの配置（描画位置）を設定することができる。なお、基板上のショット毎に複数（多数）のアライメントマークが形成されている場合には、ショットの変位（位置）のみならず、ショットの大きさおよび形状の少なくとも一方の変化の情報をも得ることができる。

【0030】

また、重ね合わせ検査マークの配置は、以上の方法に限らず、目的レイヤ（第 $n + 1$ レイヤ）に形成されるべきパターンの密度に関する情報に基づいて、例えば、当該密度が大きい領域ほど重ね合わせ検査マークが密に形成されるように、設定してもよい。パターンの密度が大きい領域ほど、入射するエネルギー密度が大きいいため、基板の熱変形量が大きくなると予想されるからである。

【0031】

本実施形態に係る電子線リソグラフィ装置は、パターンの形成にレチクルまたはマスクを必要としないため、重ね合わせ検査マークの配置（形成位置）を容易に変更できる。また、条件設定に利用されたsend-aheadウエハは、レジストの剥離を含む基板の再生処理を経て、半導体デバイスの製造に供されうる。

【0032】

<ステップS 2> 重ね合せ検査マーク4の形成

ステップS 2において、ステップS 1で設定された配置にしたがって、重ね合わせ検査マーク4（第1マーク）をsend-aheadウエハ9（第1基板）に形成（描画）する。図5のウエハ9において、デバイスの特定レイヤのパターン1およびアライメントマーク2は、前レイヤ以前に形成されたものである。図5の（a）において、重ね合わせ検査マーク4は、ステップS 1で決定された配置にしたがい、アライメントマーク2の位置の計測結果に基づいて、形成される。このアライメント計測は、第1計測部130または第2計測部140により行い、リソグラフィ装置における通常の計測としうる。ここでは、距離Lの間隔で所定のショットに対応して形成されるものとする。図5においては、単純化のため、重ね合わせ検査マーク4は3個しか示していないが、実際には、ステップS 1で決定された配置にしたがい、基板表面の全体にわたって多数の重ね合わせ検査マーク4が描画されうる。

【0033】

ステップS 2は、重ね合わせ検査マーク4（のみ）の形成を行うものであり、目的レイヤのパターンの形成は行わない。よって、基板の加熱は僅かである。また、重ね合わせ検査マーク4の形成を局部的に連続して行わず離散的に行うようにすれば、重ね合わせ検査マークの形成による基板の熱変形の更なる軽減に有利である。または、重ね合わせ検査マーク4の形成を十分な時間間隔をあけて行うことにより、基板の昇温を軽減してもよい。

【0034】

<ステップS 3> 目的レイヤのパターンおよび重ね合わせ検査マーク5の形成

ステップS 3において、ステップS 1で決定された配置にしたがって、重ね合わせ検査マーク5（第2マーク）をウエハ9に形成（描画）する。図5の（b）において、重ね合

わせ検査マーク 5 は、ステップ S 1 で決定された配置にしたがい、アライメントマーク 2 の位置の計測結果に基づいて、形成される。このアライメント計測は、第 1 計測部 130 または第 2 計測部 140 により行い、リソグラフィ装置における通常の計測としうが、ステップ S 2 における計測と同様のものが好ましい。これにより、ステップ S 2 で形成した重ね合わせ検査マーク 4 に隣接した位置に、重ね合わせ検査マーク 5 が形成される。ステップ S 2 との違いは、目的レイヤのパターン 7 の形成を伴う点である。当該パターン 7 の形成のためにウエハ 9 への加熱量が増大するため、無視できない基板の熱変形が生じる。図 5 の (b) は、ステップ S 2 において間隔 L で形成された重ね合わせ検査マーク 4 の間隔が、パターン形成に伴うウエハの熱変形により、 $L + L_1$ や $L + L_2$ となった状態を示している。重ね合わせ検査マーク 5 は、上記のアライメント計測結果にしたがって、熱変形したウエハ 9 上に間隔 L で形成されるため、重ね合わせ検査マーク 4 とはずれた位置に形成される。

10

【0035】

<ステップ S 4> 重ね合わせ検査マークの検査 (計測)

図 5 の (c) は、ステップ S 3 の終了から十分な時間が経過したウエハ 9 の状態を示している。図 5 の (b) において熱変形していたウエハは、元の状態に戻り、隣り合う重ね合わせ検査マーク 4 の間隔は L となっている。一方、熱変形した状態で形成された重ね合わせ検査マーク 5 の隣り合うものどうしの間隔は、 $L - L_1'$ や $L - L_2'$ となっている。この状態のウエハ 9 上の重ね合わせ検査マーク 4 と重ね合わせ検査マーク 5 との位置ずれ量を重ね合わせ検査装置 300 (図 2) で検査 (計測) する。この検査により、ウエハ 9 表面の全体にわたる当該位置ずれ量に基づき、目的レイヤのパターン形成に伴って生じた、前レイヤで形成されたパターン (ショット) の熱変化 (すなわち重ね合わせ誤差) を得ることができる。当該重ね合わせ誤差は、例えば、目的レイヤのパターン形成位置に係る並進ずれ・回転ずれ・変倍ずれとして計測されうる。また、基板上のショット毎に複数 (多数) の重ね合わせ検査マークを形成した場合には、当該並進ずれ・回転ずれ・変倍ずれのみならず、目的レイヤのパターンの大きさおよび形状の少なくとも一方のずれの情報をも得ることができる。

20

【0036】

なお、ステップ S 2 - ステップ S 4 で使用する send-ahead ウエハは、ステップ S 1 - 1 ないしステップ S 1 - 3 で使用した send-ahead ウエハを再生したものでよい。または、当該 send-ahead ウエハを含むウエハロットから選定された別のものであってもよい。また、ステップ S 2 - ステップ S 4 で用いた send-ahead ウエハは、再生して半導体デバイスの製造に供してもよい。

30

【0037】

<ステップ S 5> 目的レイヤのパターン形成のための制御

ステップ S 5 において、ステップ S 4 で得られた重ね合わせ誤差の情報に基づいて、目的レイヤ (第 n + 1 レイヤ) のパターン形成のための制御を行う。当該制御は、典型的には、制御データ (制御パラメータ) の補正 (生成) によりなされうる。なお、当該制御データの補正は、パターンデータに対する幾何学的な変換、光学系 (荷電粒子光学系を含む) の特性の変更、およびステージの特性 (移動特性等) の変更の少なくとも 1 つにより例示される。但し、それらには限定されない。

40

【0038】

以上の構成によれば、目的レイヤのパターン形成に伴うウエハの熱変形に基づく制御がなされるため、重ね合わせ精度の点で有利なリソグラフィ装置 (方法) を提供することができる。

【0039】

[実施形態 2]

本発明の実施形態に係る物品の製造方法は、例えば、半導体デバイス等のマイクロデバイスや微細構造を有する素子等の物品を製造するのに好適である。該製造方法は、感光剤が塗布された基板の該感光剤に上記のリソグラフィ装置を用いて潜像パターンを形成する

50

工程（基板に描画を行う工程）と、当該工程で潜像パターンが形成された基板を現像する工程とを含みうる。さらに、該製造方法は、他の周知の工程（酸化、成膜、蒸着、ドーピング、平坦化、エッチング、レジスト剥離、ダイシング、ボンディング、パッケージング等）を含みうる。本実施形態の物品の製造方法は、従来の方法に比べて、物品の性能・品質・生産性・生産コストの少なくとも１つにおいて有利である。

【００４０】

以上、本発明の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。

【００４１】

send-ahead ウエハを用いる上述の方法は、当該ウエハをそのままデバイスの生産に利用せず、レジストに重ね合わせ検査マークを形成するため、重ね合わせ検査マークを形成する位置の自由度が大きいという利点がある。当該形成位置は、場合により、スクライブライン領域内に限られず、スクライブライン領域で囲まれた領域（パターン領域またはデバイスパターン領域）内にも設定可能である。このため、パターン形成に伴う重ね合わせ誤差を正確に計測するのに有利である。

【００４２】

また、重ね合わせ検査マークの検査を外部の重ね合わせ検査装置（３００）で行う例を示した。しかし、重ね合わせ検査は当該重ね合わせ検査装置によるものに限られない。例えば、リソグラフィ装置１００が重ね合わせ検査装置（検査部）を含み、重ね合わせ検査を当該検査部により行うようにしてもよい。また、図２における第１計測部１３０および第２計測部１４０のうちの少なくとも一方または一部によって重ね合わせ検査を行うようにしてもよい。その場合、当該一方または一部は、（重ね合わせ）検査部を構成する。

【００４３】

また、第１レイヤを対象とするリソグラフィの場合、ステップＳ１では、目的レイヤに形成されるパターンの密度に従うようにするほか、ウエハ上に均等に配置されるように、重ね合わせ検査マークの形成位置を決めてもよい。なお、第１レイヤの形成の場合、ショットおよびアライメントマークが基板に形成されていないため、ステップＳ２およびステップＳ３におけるアライメント計測は不要である。

【００４４】

さらに、制御（描画）データの補正は、ステップＳ４で得られた重ね合わせ誤差によるものに限定されず、ステップＳ１で得られたアライメント計測結果によってもよい。すなわち、図４のステップＳ１－１のアライメント計測結果とステップＳ１－２のアライメント計測結果とに基づき、パターン形成に伴うウエハの熱変形、もって重ね合わせ誤差を求める（見積もる）ことができる。この方法は、既設のアライメントマークを使用し、重ね合わせ検査マークの形成を行わないため、簡易な方法として、第２レイヤ以降のリソグラフィには有用である。なお、この方法は、それには限定されないが、見積もられた重ね合わせ誤差が予め設定した閾値以下の場合に行うのが好ましい。反対に、見積もられた重ね合わせ誤差が予め設定した閾値を超えた場合は、ステップＳ４で得られる重ね合わせ誤差により制御データの補正をおこなうのが好ましい。

【符号の説明】

【００４５】

- １００ リソグラフィ装置
- １１０ ステージ
- １２０ 光学系
- １６０ 制御部

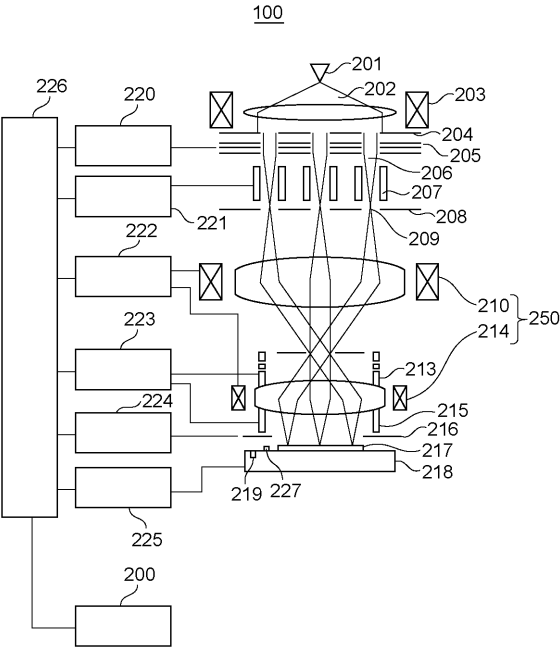
10

20

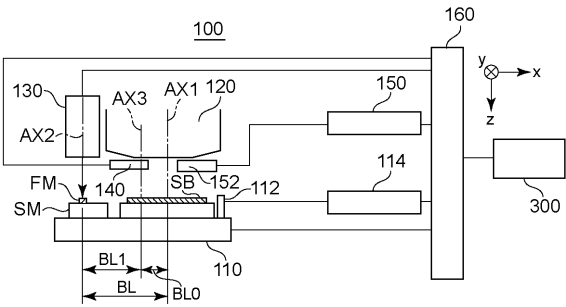
30

40

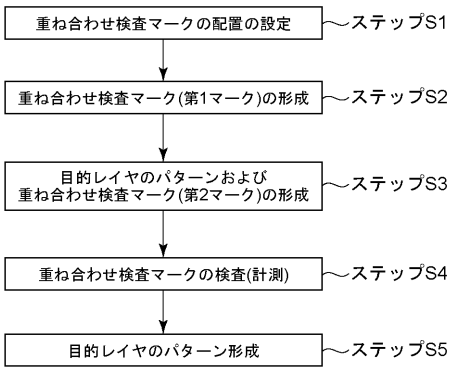
【図 1】



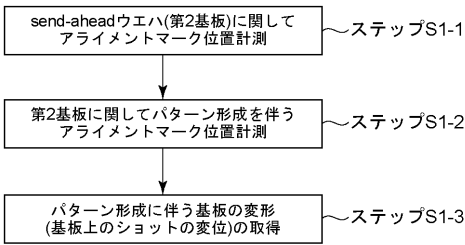
【図 2】



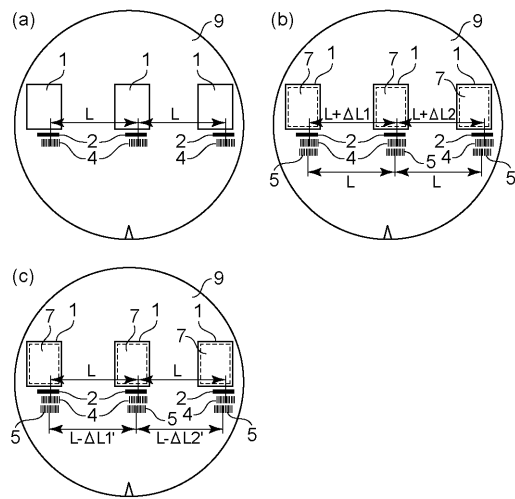
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(56)参考文献 特公平05-044172(JP,B2)
特開2000-049069(JP,A)
国際公開第99/050712(WO,A1)
特開2004-128196(JP,A)
特開2003-272996(JP,A)
特開2002-062636(JP,A)
特開平03-152540(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/027
G03F 7/20
H01J 37/305