

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4984038号
(P4984038)

(45) 発行日 平成24年7月25日(2012.7.25)

(24) 登録日 平成24年5月11日(2012.5.11)

(51) Int.Cl. F I
 HO 1 L 21/027 (2006.01) HO 1 L 21/30 5 O 2 G
 GO 3 F 7/20 (2006.01) GO 3 F 7/20 5 2 1

請求項の数 10 (全 19 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2006-205003 (P2006-205003) (22) 出願日 平成18年7月27日 (2006.7.27) (65) 公開番号 特開2008-34537 (P2008-34537A) (43) 公開日 平成20年2月14日 (2008.2.14) 審査請求日 平成21年6月9日 (2009.6.9)</p>	<p>(73) 特許権者 000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号 (74) 代理人 100102901 弁理士 立石 篤司 (72) 発明者 沖田 晋一 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株 式会社ニコン内 審査官 佐野 浩樹</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 管理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

任意の露光装置で第1パターンを形成された基板上に、前記第1パターンに重なり合うように第2パターンを形成する重ね合わせ露光機能を備えた露光装置を少なくとも1つ含む複数の露光装置を管理する管理方法であって、

基板上に投影されるパターン像の歪みと前記パターン像の前記基板上の転写位置との少なくとも一方を含む前記複数の露光装置それぞれの露光性能の変動量に関する情報と、その露光装置近傍の気圧、温度、湿度、露光用照明光の照射量、及び前記基板の温度のうちの少なくとも1つを含む露光性能の変動要因に関する情報との測定を、任意のインターバルで行う測定工程と；

前記測定された前記露光性能の変動量に関する情報と、その露光性能の変動要因に関する情報とを収集する収集工程と；

前記収集された情報に基づいて、前記各露光装置の露光性能の変動を考慮して、前記重ね合わせ露光機能に関する情報を導出する導出工程と；

前記導出された重ね合わせ露光機能に関する情報に基づいて重ね合わせ露光に用いられる露光装置の露光性能の変動量を推定し、該推定結果に基づいて前記測定工程を行うタイミングを最適化する最適化工程と；を含み、

前記測定工程では、前記推定される変動量の推定精度に応じて、前記複数の露光装置の少なくとも一部の投影露光装置が備える投影光学系を介した空間像と基板上の転写結果とのいずれか一方を測定対象として選択することを特徴とする管理方法。

【請求項 2】

前記最適化工程では、

前記変動量が所定値を超えた場合には、前記測定工程を行うインターバルをより短くし

、
前記変動量が所定範囲内である場合には、前記測定工程を行うインターバルをより長くすることを特徴とする請求項 1 に記載の管理方法。

【請求項 3】

前記最適化工程では、

前記測定工程における前記各露光装置の露光性能に関する情報とその露光性能の変動要因に関する情報とを測定するタイミングを、装置間で同時とすることを特徴とする請求項 1 に記載の管理方法。

10

【請求項 4】

前記導出された重ね合わせ露光に関する情報に基づいて、前記複数の露光装置を、その露光性能に応じてグループ分けするグループ化工程をさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の管理方法。

【請求項 5】

前記測定工程では、

同じグループ内の露光装置の露光性能を、同じ測定検査器を用いて測定することを特徴とする請求項 4 に記載の管理方法。

【請求項 6】

前記導出された重ね合わせ露光に関する情報に基づいて、前記複数の露光装置の中から、重ね合わせ露光に用いられる露光装置を選択する選択工程をさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の管理方法。

20

【請求項 7】

前記導出された重ね合わせ露光に関する情報に基づいて、重ね合わせ露光に用いられる露光装置の露光性能を調整する調整工程をさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の管理方法。

【請求項 8】

前記複数の露光装置の少なくとも一部は投影光学系を備えた投影露光装置であり、

前記測定工程に先立って、

前記投影光学系を介した空間像から得られる露光性能の変動量と、基板上の転写結果から得られる露光性能の変動量とのずれ量に関する情報を求める工程をさらに含み、

前記測定工程では、空間像を測定し、

前記導出工程では、測定された前記空間像と、求められた前記ずれ量とに基づいて、前記重ね合わせ露光機能に関する情報を導出することを特徴とする請求項 1 に記載の管理方法。

30

【請求項 9】

前記導出された重ね合わせ露光に関する情報に基づいて、重ね合わせ露光に用いられる露光装置の露光性能の変動量を推定する推定工程をさらに含み、

前記推定工程で推定される変動量が所定値を超えた場合には、前記ずれ量に関する情報を求める工程を再度行うことを特徴とする請求項 8 に記載の管理方法。

40

【請求項 10】

前記変動量が所定値を超えた場合には、前記ずれ量に関する情報を求める工程を再度行うことを特徴とする請求項 1 に記載の管理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、管理方法に係り、さらに詳しくは、複数の露光装置を管理する管理方法に関する。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

従来より、デバイスの生産性を高めるために、複数の投影露光装置を用意し、これらの投影露光装置をホスト計算機で集中的に管理するリソグラフィシステムが構築されている。このようなリソグラフィシステムでは、スケジューリングの都合上、1枚のウエハ上について、各レイヤ（層）の回路パターンの転写に、異なる投影露光装置が用いられることが多い。

【 0 0 0 3 】

この場合に問題となるのが、各投影露光装置間における転写像の歪み（いわゆるディストーション）の号機間差である。装置間のディストーション差により、レイヤ間での回路の電気的な接続ポイントが相対的にずれないようにするために、基板上にすでに形成されたデバイスパターンと、転写するデバイスパターンの投影像との重ね合わせ精度を確保する必要があるのである。これらの像の重ね合わせ精度を確保するためには、投影像の歪み（すなわちディストーション）を各投影露光装置間でマッチングさせる必要がある。そこで、この種の複数の投影露光装置間のディストーションのマッチングを行うシステムとして、像歪み補正能力の号機間差や経時変化に起因するレイヤ間のショット形状誤差を極力低減することを目的としたリソグラフィシステムが提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【 0 0 0 4 】

露光装置では、投影光学系を構成するレンズ間の空間間隔を変化させたり、レンズ間に形成された気密室内の圧を変化させたり、レチクルを光軸方向に移動させることによって、露光装置の製造誤差に起因するディストーションを調整するが、露光装置においては、外気温の変動や、大気圧の変動や、露光エネルギーの吸収によるレンズ状態の経時変動などにより、露光装置の製造誤差に起因するディストーションよりも量的に大きなディストーションが発生することもある。このようなディストーションは、光軸からの距離に依存して、投影倍率が変化する回転対称なディストーションとなる。このようなディストーションが存在すると、矩形パターンが、例えば、樽型や糸巻型のパターンとして基板上に投影されるようになる。特許文献1に開示されたリソグラフィシステムでは、このようなディストーションも考慮して装置間のマッチングを行うため、レンズ調整時や、定期的（例えば、月1回）ごとに、テスト露光による露光結果に基づいて、ディストーションを計測している。

【 0 0 0 5 】

しかしながら、外気温や、大気圧や、露光エネルギーの吸収によるレンズ状態は、日々変動するため、月1回のペースで計測されるディストーションは、必ずしも、現時点のディストーションと同じではない。これらを極力同じとするためには、ディストーションの計測頻度を増やせば良いが、ディストーションを計測するためには、テストレチクルを用いたテスト露光を行う必要もあり、計測頻度にも限界がある。

【 0 0 0 6 】

【特許文献1】特開2000-36451号公報

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

本発明は、任意の露光装置で第1パターンを形成された基板上に、前記第1パターンに重なり合うように第2パターンを形成する重ね合わせ露光機能を備えた露光装置を少なくとも1つ含む複数の露光装置を管理する管理方法であって、基板上に投影されるパターン像の歪みと前記パターン像の前記基板上の転写位置との少なくとも一方を含む前記複数の露光装置それぞれの露光性能の変動量に関する情報と、その露光装置近傍の気圧、温度、湿度、露光用照明光の照射量、及び前記基板の温度のうちの少なくとも1つを含む露光性能の変動要因に関する情報との測定を、任意のインターバルで行う測定工程と；前記測定された前記露光性能の変動量に関する情報と、その露光性能の変動要因に関する情報とを収集する収集工程と；前記収集された情報に基づいて、前記各露光装置の露光性能の変動

10

20

30

40

50

を考慮して、前記重ね合わせ露光機能に関する情報を導出する導出工程と；前記導出された重ね合わせ露光機能に関する情報に基づいて重ね合わせ露光に用いられる露光装置の露光性能の変動量を推定し、該推定結果に基づいて前記測定工程を行うタイミングを最適化する最適化工程と；を含み、前記測定工程では、前記推定される変動量の推定精度に応じて、前記複数の露光装置の少なくとも一部の投影露光装置が備える投影光学系を介した空間像と基板上の転写結果とのいずれか一方を測定対象として選択することを特徴とする管理方法である。

【 0 0 0 8 】

これによれば、複数の露光装置各々の露光性能の変動量に関する情報と、その露光性能の変動要因に関する情報との測定のインターバルを可変とし、導出された重ね合わせ露光機能に関する情報に基づいて測定のタイミングを最適化することとしたので、各露光装置の露光性能の変動を考慮した重ね合わせ露光機能に関する情報を、高精度かつ短時間に、導出することが可能となる。また、推定される変動量の推定精度に応じて投影光学系を介した空間像と基板上の転写結果とのいずれか一方を測定対象として選択するので、露光性能の変動量の計測に要する時間を必要最小限とすることができるようになり、高スループットかつ高精度な露光が実現可能となる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 0 9 】

以下、本発明の一実施形態を図 1 ~ 図 5 に基づいて説明する。

【 0 0 1 0 】

[デバイス製造処理システム]

図 1 には、本発明の一実施形態に係るデバイス製造処理システム 1 0 0 0 の概略構成が示されている。このデバイス製造処理システム 1 0 0 0 は、半導体ウエハを処理して半導体デバイスを製造するシステムであり、半導体工場内の温度及び湿度が管理されたクリーンルーム内に構築されている。図 1 に示されるように、デバイス製造処理システム 1 0 0 0 は、N 台の投影露光装置 1 0 0₁ ~ 1 0 0_N と、N 台のトラック 2 0 0 と、測定検査器 1 2 0 と、搬送ライン 8 0 0 と、解析装置 1 7 0 と、工場内生産管理メインホストシステム（以下、「ホスト」とする）6 0 0 とを備えている。各トラック 2 0 0 内には、コータ・デベロッパ（以下、「C/D」とする）1 1 0 が設けられている。

【 0 0 1 1 】

この内、各投影露光装置 1 0 0_i (i = 1, 2, ……、N) 及びトラック 2 0 0、測定検査器 1 2 0、解析装置 1 7 0、ホスト 6 0 0 は、ローカルエリアネットワーク (LAN) などの通信ネットワーク 1 8 0 を介して接続されている。すなわち、ハードウェア構成上では、各投影露光装置 1 0 0_i (i = 1, 2, ……、N) 及びトラック 2 0 0、測定検査器 1 2 0、解析装置 1 7 0、ホスト 6 0 0 の相互間の通信経路が確保されている。

【 0 0 1 2 】

投影露光装置 1 0 0_i は、デバイスパターンを、投影光学系を介して、フォトレジストが塗布されたウエハに転写する装置である。投影露光装置 1 0 0_i では、ステージ座標系 (X Y 座標系とする) を移動可能なウエハステージ上にウエハが保持される。そして、そのウエハステージが投影光学系に対して X Y に移動することにより、投影光学系を介したレチクル上のデバイスパターンの投影像が、そのウエハの被露光面にマトリクス状に転写される。ここで、ウエハ上にすでにデバイスパターンの複数のショット領域が形成されている場合には、投影露光装置 1 0 0_i では、個々のショット領域に対してデバイスパターンの投影像が重ね合わせて転写される。デバイス製造工程では、このデバイスパターンの投影像の重ね合わせ転写精度が、デバイスの歩留まりに影響を与える。

【 0 0 1 3 】

デバイスパターンの投影像の重ね合わせ誤差の成分は、デバイスパターンの投影像全体とショット領域全体の位置ずれ成分 (第 1 成分) と、デバイスパターンの投影像の個々の部分とショット領域内の対応する部分との位置ずれ成分 (第 2 成分) とに分けることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 4 】

第1成分の主な原因としては、デバイスパターンの投影像の中心と、ウエハ上に形成された各ショット領域の中心との位置ずれがある。このため、投影露光装置100_iでは、露光前にウエハ上の各ショット領域の中心の位置座標を予め求めている。この求め方には様々な方法を適用することができるが、ウエハ上に形成された各ショット領域の中心点を、隣接するショット領域間で直線で結んだ2次元格子を「ウエハグリッド」とし、そのウエハグリッドを例えばXYの多項式モデルとして表現し、その多項式を求め、求められた多項式に基づいてデバイスパターンの投影像の中心と、ウエハ上のショット領域の中心とを位置合わせするのが一般的な方法である。

【 0 0 1 5 】

「ウエハグリッド」には、ウエハ倍率誤差、ウエハ直交度誤差、ウエハ回転誤差等のいわゆる1次成分(すなわち線形成分)と、2次以上の高次成分(すなわち非線形成分)が含まれる。ここで、1次成分とは、ウエハが保持されるステージ座標系(XY座標系)の座標軸X、Yの1次項で近似することができる成分のことをいい、高次成分とは、 X^2 、 XY 、 Y^2 、 X^3 、 X^2Y 、 XY^2 、 Y^3 、をそれぞれ独立変数とする項の線形結合で表される関数で近似することができる成分のことをいう。ウエハグリッドに高次成分(非線形成分)が含まれるようになる主な原因としては、例えば、そのウエハの露光に用いられた露光装置の特性、例えばウエハステージWSTの位置制御の非線形性(いわゆるステージグリッド)などがあげられる。投影露光装置100₁~100_Nには、ステージグリッドの装置間による差異に起因する重ね合わせ誤差をキャンセルする、いわゆる装置間マッチングを行うグリッド補正機能が設けられている。

【 0 0 1 6 】

グリッド補正機能では、ウエハグリッドなどを、XY座標系の補正マップとして表現し、その補正マップを用いて補正を行う。このグリッド補正機能における補正マップの作成は、基準ウエハの作成並びにその基準ウエハ上のマークの計測及びマーク計測結果に基づく手順で行われるが、その具体的な方法については、前述の米国特許出願公開第2002/0042664号明細書に詳細に開示されており、公知であるからその詳細説明を省略する。

【 0 0 1 7 】

これに対し、第2成分の主な原因としては、デバイスパターンの投影像の歪みと、各ショット領域内のデバイスパターンの歪みの差異がある。ウエハ上にすでに形成されたショット領域も、露光レシピのショットマップに従って投影露光装置100_iのいずれかで転写形成されたものであり、上記差異を低減するためには、ウエハ上のショット領域内のデバイスパターンの転写形成に用いられた投影露光装置(すなわち、元工程での投影露光装置)と、そのショット領域に重ね合わせるデバイスパターン像を転写形成する投影露光装置(すなわち、現工程の投影露光装置)との投影像の歪みをできるだけ近いものとする必要がある。投影露光装置100_iには、投影像の歪みの調整機能を有しており、投影露光装置100_iでは、この調整機能により、ウエハ上のショット領域内に形成されたデバイスパターンの歪みと、レチクルのデバイスパターンの投影像の歪みが調整された状態で、露光が行われる。

【 0 0 1 8 】

【トラック】

図1に戻り、各トラック200は、投影露光装置100_iを囲むチャンバ(不図示)に接するように配置されている。各トラック200は、内部に備える搬送ラインにより、主として投影露光装置100_iに対するウエハの搬入・搬出を行っている。

【 0 0 1 9 】

【コート・デベロッパ】

トラック200内には、レジスト塗布及び現像を行うC/D110が設けられている。C/D110は、ウエハ上に対してフォトリソの塗布及び現像を行う。C/D110は、投影露光装置100_iとは、独立して動作可能である。トラック200内の搬送ライ

10

20

30

40

50

ンによって、投影露光装置 100_i と C/D 110 との間でウエハの搬送が可能である。

【0020】

投影露光装置 100_i とトラック 200 とは、相互にインライン接続されている。ここで、インライン接続とは、装置間及び各装置内の処理ユニット間を、ロボットアームやスライダ等のウエハを自動搬送するための搬送装置を介して接続することを意味する。このインライン接続により、投影露光装置 100_i と C/D 110 との間でのウエハの受け渡し時間を格段に短くすることができる。

【0021】

基板処理装置 (100_i、110) においては、ウエハは複数枚 (例えば 20 枚) を 1 単位 (ロットという) として処理される。デバイス製造処理システム 1000 においては、ウエハは 1 ロットを基本単位として処理され製品化されている。したがって、デバイス製造処理システム 1000 におけるウエハプロセスをロット処理ともいう。

10

【0022】

[測定検査器]

トラック 200 内には、ウエハに対する様々な測定検査を行うことが可能な複合的な測定検査器 120 が設けられている。測定検査器 120 は、主として、投影露光装置 100_i で転写され C/D 110 で現像された露光後 (事後) のウエハ上のレジストパターン等の重ね合わせ誤差等の測定を行う。測定検査器 120 は、投影露光装置 100_i や C/D 110 とは、独立して動作可能である。

【0023】

20

なお、このデバイス製造処理システム 1000 では、測定検査器 120 は、露光装置 100 や C/D 110 とオフライン接続されているが、測定検査器 120 を、トラック 200 内に配置し、露光装置 100 や C/D 110 とはインラインに接続してもよい。

【0024】

投影露光装置 100_i は、通信ネットワーク 180 を介して、ホスト 600 との間で通信を行い、ホスト 600 からの指示に応じて各種の制御動作を実行する。

【0025】

[解析装置]

解析装置 170 は、演算能力に優れた中規模のコンピュータシステム (例えば、ミニコン・システムやエンジニアリング・ワークステーション・システム) によって構成されており、デバイス製造処理システム 1000 の処理結果などの解析を行う。さらに、解析装置 170 は、投影露光装置 100₁ ~ 100_N における投影像の歪みを調整する調整機能などをサポートする。

30

【0026】

この解析装置 170 は、各投影露光装置 100_i ($i = 1 \sim N$) や測定検査器 120 などから定期的に送られてくる、後述する投影像の歪みデータ (ディストーション・データ) を、内部の記憶装置 (不図示) に構築されたデータベースに登録する。

【0027】

[ホスト]

前記ホスト 600 は、大型のコンピュータを含んで構成される製造管理システム (MES: Manufacturing Execution System) である。ここで、製造管理システム (MES) とは、生産ラインで流れている各製品の工程、設備、条件、作業データをコンピュータで全て管理し、分析し、これにより品質向上、歩留まり向上及び作業ミス低減等のより効率的な生産を支援するシステムである。なお、ホスト 600 は MES 以外でも良く、例えば専用のコンピュータを用いても良い。

40

【0028】

<投影像の歪み計測>

デバイス製造処理システム 1000 では、各投影露光装置 100_i におけるデバイスパターンの投影像の歪み (ディストーション) の計測及びその計測結果に基づく像歪みデータ (ディストーション・データ) の算出を行っている。各投影露光装置 100_i における

50

投影像の歪みの計測は、主として、テストレチクルを用いたテスト露光により行われる。

【 0 0 2 9 】

図 2 には、テストレチクルの一例が示されている。テストレチクル R_T のパターン領域 PA 内には、2次元位置計測用マーク M_1 がマトリクス状に配置されている。このマーク 1 つ 1 つが、ディストーションの計測点に対応する。投影露光装置 100_i では、テストレチクル R_T による露光を行う際、露光条件を変更しつつ、設定された全ての露光条件下で、ウエハ上の異なるショット領域に対しパターン領域 PA 内の 2次元位置計測用マーク M_1 の転写を行う。このとき、投影光学系における投影像の歪みの補正量は 0 であるものとする。すべての露光条件の下での転写が終了すると、そのウエハは、投影露光装置 100_i から $C/D110$ に搬送される。そして、 $C/D110$ によりそのウエハの現像が行われ、その現像後に、ウエハ上の異なるショット領域に 2次元位置計測用マーク M_1 のレジスト像が形成される。

10

【 0 0 3 0 】

現像後、ウエハは、搬送ライン 800 により、測定検査器 120 に搬送される。測定検査器 120 は、ウエハ上の複数のショット領域に形成された計測用マークの位置座標を計測する。測定検査器 120 は、その計測結果と、設計上の位置座標との差に基づいて、各計測用マークのレジスト像の位置ずれ量を、ショット領域毎（すなわち、露光条件毎）に求める。

【 0 0 3 1 】

そして、計測された位置ずれ量のデータ（生データ）から、所定の許容値を超える異常値データを除去し、異常値データ除去後の位置ずれ量の平均値を、センタ・シフト量と考えて、全位置ずれ量から除去する（センタ・シフト補正）。次いで、このようにしてセンタ・シフト補正が終了した位置ずれ量からレチクル製造誤差（パターン描画誤差などを含む）を除去する（レチクル製造誤差補正）。そして、レチクル製造誤差を補正した位置ずれ量からアライメントマークの製造誤差を除去する（アライメントマーク製造誤差補正）。次いで、アライメントマークの製造誤差を補正した位置ずれ量からレチクルローテーション量を除去する（レチクルローテーション補正）。

20

【 0 0 3 2 】

このようにして、得られた計測点毎の位置ずれ量の集合データを、以下の説明においては、像歪みデータと呼ぶ。測定検査器 120 は、この像歪みデータを、投影露光装置ごと、その露光条件ごとに求め、それぞれの計測時刻データとともに解析装置 170 に送信する。解析装置 170 は、これらのデータをデータベースに登録する。

30

【 0 0 3 3 】

<空間像計測による投影像の歪みの計測>

図 2 に示されるように、テストレチクル R_T のパターン領域 PA の周辺には、空間像計測用マーク M_2 が複数設けられている。図 2 に拡大して示されるように、空間像計測用マーク M_2 は、 X 軸方向を配列方向とする 5 本のバーから成るライン・アンド・スペース・（ L/S ）マークと、 Y 軸方向を配列方向とする L/S マークとの集合体である。

【 0 0 3 4 】

投影露光装置 100_i では、この空間像計測用マーク M_2 に露光用照明光を照射すると、投影光学系の像面上に、その空間像計測用マーク M_2 の空間像が形成されるようになる。この空間像が形成される位置についても、投影光学系のディストーションによって位置ずれする。そこで、上述したように、露光条件ごとのテスト露光を行うのと同時に、テスト露光による投影像の歪みの計測を行うためにマーク M_2 の像を空間像計測により計測し、その空間像の XY 位置を検出する。この空間像計測については、例えば特開昭 59 - 94032 号公報に開示されているので、詳細な説明を省略する。

40

【 0 0 3 5 】

求められたマーク M_2 の空間像の位置データは、投影露光装置 100_i から解析装置 170 に送られる。このマーク M_2 の空間像の位置ずれと、テスト露光によるマーク M_1 の位置ずれとは、ともに投影光学系のディストーションによって生じるものであるため、両

50

者の間には相関関係がある。したがって、マークM2の空間像の位置を計測すれば、先に取得した空間像マークの位置ずれ量とテスト露光によるマークM1の位置ずれデータとの相関関係を基準として、その空間像の位置の変動から、投影光学系のディストーションの変動量を、ある程度まで推定することが可能となる。図3(A)には、変動予測式によるディストーションの変動予測値と、空間像計測から推定されるディストーションとの関係が示されている。図3(A)では、空間像計測から推定されるディストーションが d で示され、実際のディストーションが d' で示されている。図3(A)に示されるように、係数の推定精度が十分に高まった1月以降では、両者は、ほぼ一致した値を示しているおり、空間像計測の計測結果から、ディストーションを推定可能であることがわかる。なお、図3(A)に示されるように、レンズディストーションの規格は、XYともに、ショット領域外縁部でも、それぞれ ± 3.0 [nm]以内で推移している。

10

【0036】

なお、一般に、投影露光装置100_iのディストーションは、通常、投影光学系のレンズ中心部を通過する光に対しては影響が小さく、投影光学系のレンズの周辺部を通過する光に対しては影響が大きくなる。このため、レチクル上における空間像計測用マークM2は、図2に示されるように、パターン領域の周囲に配置するのが望ましい。

【0037】

また、投影露光装置100_iには、大気圧センサや、温度センサ、湿度センサ、照射量センサなどが設けられている。本実施形態では、このテスト露光による像歪みデータの計測及び空間像計測と同時に、装置周辺の環境に関する各種データ(例えば、気圧、温度、湿度、露光用照明光の照射量)も計測しておく。これらのデータは、投影露光装置100_iから解析装置170に送られる。

20

【0038】

なお、露光用照明光の照射量に関して、投影光学系を介したウエハ側での実際の照射量の測定は実際には困難である。この不都合を解決すべく、露光用照明光を投影光学系に射出する照明系の中にも、露光用照明光の強度を検出するインテグレートセンサを備えておく。そして、そのインテグレートセンサの出力 I_0 と、ウエハ側の照射量センサの出力 I_1 との関係を予め求めておき、実露光時には、インテグレートセンサの出力 I_0 のみを記録し、以下の式を用いた演算を行って、露光用照明光の照射量 Q_1 を求めるようにすることができる。

30

$$Q_1 = Q_0 \times I_1 / I_0 \dots (1)$$

なお、そのインテグレートセンサの出力 I_0 と、ウエハ側の照射量センサの出力 I_1 との関係については、その投影露光装置100_iがステップ・アンド・スキャン型の露光装置である場合には、実露光時と同じ条件で、レチクルを保持するステージとウエハを保持するステージとを同期走査させる間、所定のサンプリング間隔で、かつ、同時に出力 I_0 と出力 I_1 とを一定時間記録しておけば、取得することができる。

【0039】

本実施形態では、上述した像歪みデータの計測が、デバイス製造処理システム1000内のすべての投影露光装置100₁、100₂、……、100_Nにおいて、任意のタイミングにおいて、同時に行われる。これらの像歪みデータ、空間像データ及び各種計測データや、照明条件(照明、照明NA、照明絞り形状など)に関するデータは、投影露光装置毎、計測日時毎、露光条件毎に、解析装置170のデータベースに登録される。ここで、露光条件は、露光条件毎にIDが付された状態でデータベースに登録されるので、以下の説明では、露光条件毎のIDを露光IDとも記述する。

40

【0040】

<露光履歴データ>

また、デバイス製造処理システム1000では、露光工程の終了時に投影露光装置100_i($i = 1 \sim N$)とホスト600との間で通信が行われ、投影露光装置100_iから露光終了の通知とともに対応する投影露光装置100_iの露光履歴データがホスト600に送られる。この露光履歴データは、さらに、ホスト600から解析装置170に送られ、解

50

析装置 170 により、データベースに登録される。このデータベースを、「露光履歴データベース」という。露光履歴データには、その工程の露光処理を行った装置名、工程名、処理日時、像歪み補正值、露光 ID 等の情報が含まれる。

【0041】

露光対象となっているウエハは、ロット単位で処理される。また、ホスト 600 は、製造するデバイスごとに、露光レシピ（製品別工程）が記述されたファイルを有している。本実施形態では、説明を簡略化するため、ロット毎に、露光レシピファイルが用意されているものとし、各投影露光装置 100_i に設定される露光条件（露光 ID）は 1 つのみであるものとして、説明を行う。この露光レシピファイルは、ホスト 600 内の記憶装置（不図示）に格納されている。

10

【0042】

露光レシピには、現工程に関する情報が含まれている。現工程とは、そのロットにおいて、次に露光対象となる層に対応する工程である。さらに、露光レシピには、現工程のレイヤを重ね合わせ露光するにあたり、その重ね合わせの基準となる基準の層（基準層）が露光されたときの工程、すなわち元工程に関する情報も含まれている。したがって、そのロットに対する処理を開始するにあたって、露光レシピを参照すれば、現工程と、その現工程に対応する元工程とを読み出すことができるようになっている。

【0043】

なお、露光レシピのファイルデータは、前もって、解析装置 170 にも送られており、その記憶装置に格納されているものとする。

20

【0044】

デバイス製造処理システム 1000 では、あるロットのウエハに対して、現工程を行うに際し、元工程での露光に用いられた投影露光装置 100_i の像歪みデータに基づいて、現工程での重ね合わせ露光を行うのに、最も適した露光装置を、投影露光装置 100_i の中から選択する。以下では、その選択のアルゴリズムについて説明する。

【0045】

まず、ホスト 600 は、露光対象のウエハの露光を行うのに適切な投影露光装置を解析装置 170 に問い合わせる。その問い合わせの際に送られるデータには、露光対象となっているロットの識別子（ロット番号）と、現工程名とに関する情報が含まれている。そして、ホスト 600 は、この問い合わせに対する解析装置 170 の応答を待つ。

30

【0046】

解析装置 170 は、上記の問い合わせを受信すると、処理を開始する。まず、受信した問い合わせに含まれるロット番号を用いて、そのロット番号に対応する露光レシピファイルを読み出し、現工程名を用いて露光レシピファイルに指定された、現工程に対応する基準層、すなわち、元工程を読み出す。そして、解析装置 170 は、その露光レシピのロット名をキーとして、露光履歴データベースからロット履歴を読み出して、そのロットでのロット履歴リストを作成する。そのロット履歴リストから、元工程名をキーとして、元工程の露光に用いられた、投影露光装置 100_i の装置名、処理日時、像歪み補正值等を読み出し、その記憶装置に格納された投影像の歪みデータのデータベースを探索し、その元工程が行われた処理日時におけるその装置に関する投影像の歪みデータを取得する。そして、解析装置 170 は、取得された投影像の歪みデータを、読み出された元工程露光時の像歪み補正值でさらに変形（補正）し、元工程の露光時の投影像の歪みデータを算出する。

40

【0047】

次に、解析装置 170 は、投影露光装置 100_i（ $i = 1 \sim N$ ）を、現工程の装置とした場合のそれぞれの現在の像歪みデータを取得する。そして、解析装置 170 は、元工程の像歪みデータと現工程の露光装置の最新の像歪みデータとの差分データを作成する。

【0048】

次に、解析装置 170 は、各投影露光装置 100_i で、差分データに応じた投影像の歪みを調整しようとした場合に、結像特性を補正する補正装置の駆動量（ワッシャ駆動量）

50

を、例えば最小二乗法を用いてそれぞれ算出する。なお、この算出には、各投影露光装置 100_iの投影光学系での可動レンズを駆動する駆動素子(ピエゾ素子)毎の単位駆動量(調整量)に対する像歪みの変位量(各計測マーク像の位置の変化量)から成るテーブルデータファイル(レンズパラメータファイル)がそれぞれ必要となる。

【0049】

次に、解析装置170は、ワッシャ補正量と像面傾斜量とを、投影露光装置100_iの制限値(補正できる範囲を表す値)と比較することにより、投影露光装置100_iの中から、現工程を行うために像歪みの十分な補正能力を有する投影露光装置を抽出する。

【0050】

次に、解析装置170は、抽出された投影露光装置100_iについてそれぞれワッシャ補正量を適用した場合の像歪みデータの変位量を、X軸方向、Y軸方向についてそれぞれ算出する。次に、解析装置170は、像歪みデータの変位量を表す3次モデルの係数(いわゆるkパラメータ)k₁~k₂₀の値を装置毎に算出する。

【0051】

次に、解析装置170は、元工程の像歪みデータと投影露光装置100_i(i=1~N)を、現工程処理装置として用いるものと仮定した際の現工程の像歪みデータとの差分(像歪み差分データ)を装置毎に算出する。次に、i番目の投影露光装置について、先に求めた像歪み差分データから、変化量を差し引くことで、ショット内の各座標における補正後の最終的な像歪みの残留誤差データを求める。

【0052】

次に、解析装置170は、残留誤差データが、全ての座標において許容値内にある投影露光装置100_iを抽出する。次に、解析装置170は、像歪みの残留誤差データが許容値内であった1又は複数台の投影露光装置の装置リスト(リストアップされた装置で用いるべき像歪み補正值、残留誤差を含む)を作成し、その適合装置リストを、前記問い合わせに対する回答として、ホスト600へ送信した後、一連の処理を終了する。

【0053】

ホスト600では、問い合わせに対する回答がなされると、受信した装置リスト内に記載された装置(適合装置)について、現在の稼動状況及び将来の稼動予定、並びに残留誤差を参照し、デバイス製造処理システム1000における処理効率と露光精度とを総合的に勘案して、受信した適合装置の中から重ね合わせ露光を行う投影露光装置を選択する。

【0054】

<ディストーションの変動予測>

ところで、装置周辺の環境の変化に応じて変動する各計測点でのディストーションの変動量を Dis. とすると、Dis. については、例えば以下の変動予測式で予測することができる。

【0055】

$$Dis. = K_1 \times Press. + K_2 \times Temperature. + K_3 \times Humid. + K_4 \times HEAT \dots (2)$$

ここで、Press. は、気圧センサによって検出された装置周辺の気圧の変動量であり、Temperature. は、温度センサによって検出された温度の変動量であり、Humid. は湿度センサによって検出された湿度の変動量であり、Heat は、露光用照明光の照射量の変動量である。また、K₁~K₄は、係数である。この上記式(2)は、気圧、温度、湿度、露光用照明光の照射量の変動量を変数とする4変数1次多項式である。なお、Dis. は、投影光学系の有効視野内の各計測点のディストーション変動量の平均値や、いわゆる3σ(標準偏差の3倍)、平均値と3σとの合計(平均値+3σ)、レンジ(|最大値-最小値|)などの各種統計値を採用することが可能である。

【0056】

図3(B)には、図3(A)のグラフに示される期間と同時期の期間における大気圧と温度との変動グラフが示されている。図3(A)では、気圧が で示されており、温度が で示されている。図3(A)及び図3(B)を総合するとわかるように、温度よりも、

10

20

30

40

50

大気圧変動の方が、ディストーション変動と相関が高いことがわかる。

【 0 0 5 7 】

なお、気圧に関しては、投影光学系の内部と外部とにそれぞれ気圧センサを設け、変動予測式の気圧関連の変数を、 $Press1$ （投影光学系内部気圧）、 $Press2$ （投影光学系外部気圧）の2つを、 $Press$ に代わる変数として用いてもよい。このように、変動予測式は、適宜変更が可能である。

【 0 0 5 8 】

本実施形態では、上述のようにして、投影像の歪みデータに基づいて、現工程での露光を行う投影露光装置100_iを決定する際には、気圧や温度等の変動要因によるディストーションの変動分も考慮する。すなわち、投影露光装置100_iの像歪みデータが、上記式(2)によって補正される。

【 0 0 5 9 】

このような補正を行うためには、まず、係数 $K_1 \sim K_4$ の値を求めておく必要がある。そこで、本実施形態では、投影露光装置100_iの像歪みデータと、環境データとの関係を、一定期間、複数回にわたって計測し、それら複数の計測データを用いて、多変量解析を行い、係数 $K_1 \sim K_4$ の値を求める。

【 0 0 6 0 】

上記変動予測式の係数作成のための像歪みデータの計測は、任意のインターバルで行われるものとし、このインターバルは、予測精度に応じて変更される。このインターバルの設定方法については後述する。

【 0 0 6 1 】

また、像歪みデータの計測は、上述したテストレチクル上のマークM2の空間像計測によって行われる。実際の露光工程に用いられるレチクルのパターン領域の周辺にも、図2のテストレチクル R_T と同様の空間像計測用マークM2が設けられており、これらの空間像計測は、露光工程に用いられるレチクルを用いて行われる。したがって、この空間像計測のみを行う際にはレチクル交換が不要であるため、スループットの観点からすればテスト露光を行うよりも有利となる。

【 0 0 6 2 】

投影露光装置100_iで測定された各マークM2の空間像の位置データは、環境データとともに、解析装置170に送られる。前述のように、この空間像データと、テスト露光による像歪みデータとの相関関係は、予め求められているため、空間像の位置ずれデータの変化から、各計測点（テストレチクル R_T のパターン領域内に配置されたマークM1に対応する計測点）でのディストーションデータを求めることが可能である。解析装置170は、ディストーションデータや、装置周辺の環境データが収集されるごとに、ディストーションデータの変動量や環境データの変動量を用いて回帰分析を行い、上記式(2)の係数 $K_1 \sim K_4$ を更新していく。なお、係数 $K_1 \sim K_4$ の初期値については、気圧、温度、湿度などの変動要因と投影光学系の光学特性を検証可能な光学シミュレータを用いて求められた数値を採用することができる。このようにすれば、推定される係数 $K_1 \sim K_4$ の収束を早めるようにすることができる。また、気圧、温度、湿度などの装置環境を意図的に変更すれば、係数 $K_1 \sim K_4$ の推定精度をさらに高めることができる。

【 0 0 6 3 】

本実施形態では、上記式(2)に示される変動予測式を用いて、像歪みデータの計測を行うタイミングの最適化を行っている。図4には、像歪みデータの計測を行うタイミングの最適化の一例として行われる、投影露光装置100₁～100_Nのディストーションの計測処理の処理モードの遷移の様子が示されている。計測処理の処理モードとしては、テストレチクル R_T を用いてテスト露光と空間像計測との両方を行うモードを「モードA1」とし、露光工程に用いられるレチクルを用いた空間像計測のみを毎日行うモードを「モードA2」とし、露光工程に用いられるレチクルを用いた空間像計測のみを、数日置き（例えば1週間から1月など）に行う「モードA3」との3つのモードを用意している。本実施形態では、状況に応じてモードを遷移させたうえで、ディストーションの計測処理を

10

20

30

40

50

行う。

【0064】

各投影露光装置100_iのロット処理開始前又は投影光学系の調整を行った後の装置運用開始前に、ディストーションの計測処理の処理モードは、モードA1に設定されている。モードA1では、投影露光装置100_iにより、テストレチクルR_Tを用いて、パターン領域PA内のマークM1のテスト露光を行うとともに、パターン領域PA周辺の空間像計測用マークM2を用いて空間像計測を行い、同時に、このときの装置周辺の環境（気圧、温度、湿度、露光用照明光の照射量）を計測する。これにより、空間像計測の測定結果とテスト露光の露光結果から得られるディストーションとの相関関係が求められ、以降では、この相関関係を用いて、そのときのディストーションが推定される。また、このときの装置周辺の環境が、それらの変動量の基礎データ、すなわち、上記式(2)の Press.、Temperature.、Humid.、HEATの原点となる。

10

【0065】

<モードA2>

装置運用開始後、ホスト600は、ディストーションの計測処理の処理モードを、モードA1からモードA2に移行させる。モードA2では、露光工程に用いられたレチクルを用いて、マークM2の空間像計測を、例えば、毎日1回行う。求められた空間像データは、装置環境のデータとともに、解析装置170に送られる。解析装置170では、モードA1、A2の際に得られたデータを用いて、回帰分析を行い、上記式(2)の係数K₁~K₄を更新し、係数K₁~K₄の推定精度を高めていく。更新された係数K₁~K₄は、その投影露光装置100_iの像歪みデータの補正に用いられる。

20

【0066】

なお、係数K₁~K₄の推定精度は、測定検査器120における、実際のウエハ上のデバイスパターンの重ね合わせ誤差の測定結果に基づいて、確認することができる。すなわち、この重ね合わせ誤差の大きさが小さくなればなるほど、推定精度が高いと判断することができる。この測定結果は、測定検査器120から解析装置170に送られる。解析装置170では、この重ね合わせ誤差の測定結果に基づいて、重ね合わせ誤差の指標値を算出し、その指標値が所定範囲内か否かを判断する。重ね合わせ誤差の指標値（評価尺度）としては、各点の重ね合わせ誤差の平均値や、いわゆる3（標準偏差の3倍）、平均値と3との合計（平均値+3）、レンジ（|最大値-最小値|）などの各種統計値を採用することが可能である。この判断結果は、解析装置170からホスト600に送られる。

30

【0067】

<モードA3>

モードA2において、上記指標値が許容範囲内となり、予測精度が十分に向上したと判断された場合には、ホスト600は、計測処理の処理モードを、モードA2からモードA3に移行させる。これに限らず、モードA2に遷移してから一定期間経過後に、強制的に、モードA2からモードA3に移行させるようにしてもよい。モードA3では、空間像計測を、毎日行わずに、1日おき、2日おき、1週間置き、1ヶ月おきというように、空間像計測を行うインターバルを少しずつ長くしていく。インターバルの設定値（最大値など）は、自由に設定することができる。

40

【0068】

なお、このモードA3では、変動予測式(式(2))により推定されるディストーションの変動量の指標値が所定の閾値を超えた場合、投影光学系のレンズ調整を行った場合、又は、テスト露光を行う必要が生じた場合には、計測処理の処理モードを、モードA3からモードA1に移行させる。そして、再び、上記変動予測式の回帰予測を行っていき、モードA1→モードA2→モードA3と処理モードを遷移させていく。

【0069】

以上述べたような計測処理の処理モードの制御を繰り返すことにより、変動予測式(式(2))を用いた多変量解析を行いつつ、その変動予測式(式(2))を用いて、投影露光装置100_iのディストーションの変動予測を行って、その予測結果に基づいて、像歪

50

みデータの計測が最適化される。

【 0 0 7 0 】

図 5 には、本実施形態に係る計測方法を行ったときのディストーションの変動予測の様子が示されている。図 5 では、実線は、ディストーションの実測値を表しており、点線は、変動予測式 (2) を用いて予測されたディストーションの値を表している。期間 A については、回帰予測値と実測値とのずれが大きく、この期間 A では、処理モードはモード A 2 となっており、露光工程に実際に用いられるパターン領域周辺に配置されたマーク M 2 の空間像計測が毎日実施されるようになる。

【 0 0 7 1 】

この後、期間 B では、回帰予測値と実測値とのずれは、ほとんどなくなっている。この場合、重ね合わせ誤差の指標値も改善されるようになるため、計測方法の処理モードは、モード A 2 からモード A 3 に移行するようになる。すなわち、マーク M 2 の空間像計測のインターバルは、1 日置き、毎週 1 回、・・・のように、長くなる。

【 0 0 7 2 】

この時点 D では、装置周辺の環境が大幅に変動し、変動予測式によるディストーション変動量 (変化量) が、閾値を超える大きさとなっている。この場合には、これまでに求められた変動予測式の信頼性が低下していると思われるため、計測処理の処理モードは、モード A 3 からモード A 1 に遷移する。したがって、この時点で、テスト露光と、空間像計測による像歪みデータの測定が再度行われる。そして、期間 C では、モード A 1 からモード A 2 に移行して、空間像計測を毎日行い、変動予測式の予測精度を高める。そして、予測精度が十分高まった後は、モード A 2 からモード A 3 に移行して、最適化されたインターバルで、空間像計測を行っていく。

【 0 0 7 3 】

この変動予測式 (式 (2)) は様々な処理に利用することが可能である。上述した、像歪みデータの計測タイミング及び計測方法の最適化や、現工程を行う投影露光装置 1 0 0_i の際しての像歪みデータの補正の他、投影露光装置 1 0 0_i のディストーションの調整時にも、変動予測式を考慮することができる。

【 0 0 7 4 】

また、投影露光装置 1 0 0_i における投影像の歪みの調整機能では、現工程を行う投影露光装置 1 0 0_i を選択するに際し、投影露光装置 1 0 0₁ ~ 1 0 0_N を、投影像の歪みが近いもの同士にグループ分けしておき、そのグループ内で、現工程での露光を行う投影露光装置を決定する場合もある。上記変動予測式 (式 (2)) によるディストーションの予測精度が向上した後、その変動予測式により、すべての投影露光装置 1 0 0_i の現在のディストーションの値に基づいて、投影露光装置 1 0 0₁ ~ 1 0 0_N を改めてグループ化し直すようにしてもよい。このようにすれば、より、実際のディストーションに即した、投影露光装置 1 0 0_i のグループ分けが可能となる。なお、この場合にも、投影像の歪み計測は、すべての投影露光装置 1 0 0_i について同時に行うのが望ましい。

【 0 0 7 5 】

なお、本実施形態では、デバイス製造処理システム 1 0 0 0 内における測定検査器 1 2 0 を 1 台としたが、これは複数台備えていてもよい。この場合、同一グループ内の投影露光装置 1 0 0_i については、同じ測定検査器 1 2 0 で像歪みデータなどを計測するのが望ましい。このようにすれば、測定検査器起因の測定誤差の影響を排除することが可能となる。

【 0 0 7 6 】

< グリッド補正機能への応用 >

ところで、上述のような装置周辺の環境に影響を受けるのは、投影像の歪みだけに留まらない。例えば、重ね合わせ露光の基準となるウエハグリッドなども装置周辺の環境の変動によって変動する。この場合には、装置周辺の環境の変動によるウエハグリッドの変動予測式を、回帰分析により求め、その変動予測式によって予測されるウエハグリッドの変動量が、所定の閾値を上回った場合には、ウエハグリッドの再計測を行うようにすれば、

10

20

30

40

50

ウエハグリッドの計測タイミングの最適化などを実現することができる。

【0077】

なお、XY座標系での、ウエハグリッドの変動量を Grid とすると、Grid は例えば以下の式で表される。

$Grid = \text{係数} K_1 \times Press. + \text{係数} K_2 \times Temperature. + \text{係数} K_3 \times Humid. + \text{係数} K_4 \times HEAT \dots$ (3)

ここで、Press. は気圧の変動量であり、Temperature. は温度の変動量であり、Humid. は湿度の変動量であり、HEAT は、ウエハの温度である。ウエハの温度は、投影露光装置 100_i に備えられた、温度センサ（例えば赤外線センサ）などによって検知することが可能である。また、 $K_1 \sim K_4$ は、係数である。この式は、気圧、温度、湿度、露光用照明光の照射量の変動量を変数とする、4変数1次多項式である。

10

【0078】

なお、ウエハグリッドの計測タイミングの最適化だけでなく、変動予測式を用いてウエハグリッドを補正するようにしてもよいことはディストーションと同様である。

【0079】

このように、投影像の歪みデータ及びウエハグリッドに関する様々なタイミング最適化等を実施することにより、デバイスパターンの投影像の重ね合わせ誤差の成分は、デバイスパターンの投影像全体とショット領域全体の位置ずれ成分（第1成分）と、デバイスパターンの投影像の個々の部分とショット領域内の対応する部分との位置ずれ成分（第2成分）とを双方小さくすることができるため、デバイスパターンの重ね合わせ誤差が低減される。

20

【0080】

なお、デバイス製造工程におけるデバイスパターンの全体的な重ね合わせ誤差、例えば、ステージ座標系 X 軸、Y 軸のうちの X 軸に関する重ね合わせ誤差の平均値と 3 の和は、以下のように表すことが可能である。

【0081】

【数1】

$$|\bar{X}| + 3\sigma = |A| + \sqrt{B^2 + C^2 + D^2 + E^2} \dots$$
 (4)

30

ここで、A は、オフセット残留分であり、B は、上記第1成分であり、C は、上記第2成分であり、D は、線形エラー残留分であり、E は、その他のランダムエラー残留分である。例えば、 $A = 1$ (nm)、 $B = 6$ (nm)、 $C = 6$ (nm)、 $D = 3$ (nm)、 $E = 8$ (nm) とすると、この式(4)の値は、 13 (nm) となる。上記式(4)は、B と C とを含んでいるため、本実施形態の変動予測式による回帰分析を行う際の評価関数として採用することができる。なお、上記式(4)は、Y 軸に関しても同様の式となる。

【0082】

以上詳細に説明したように、本実施形態によれば、複数の投影露光装置 100_i ($i = 1 \sim N$) 各々の露光性能（ディストーション又はウエハグリッド）の変動量と、その露光性能の変動要因となる環境データとの測定を、任意のタイミングで行い、それらの情報を収集する。そして、収集された情報に基づいて、各投影露光装置 100_i の露光性能の変動を考慮して、複数の投影露光装置 100_i を用いた重ね合わせ露光に関する情報としての変動予測式を導出する。

40

【0083】

この変動予測式については、様々な利用方法がある。例えば、この変動予測式を用いて、露光性能の変動量を推定し、推定変動量に応じて露光性能を計測するタイミングを最適化することができる。例えば、露光性能の変動量の推定精度が向上するまでは、露光性能を計測するインターバルを短くしておき、推定精度が向上するにつれて、そのインターバルを長くしていく。そして、変動予測式により予測される露光性能の変動量の大きさが、無視できないレベルを超えた場合には、計測頻度を多くして、再び、変動予測式の回帰分

50

析を綿密に行うようにする。このようにすれば、その計測頻度を必要最小限とすることができるようになり、高スループットかつ高精度な露光が実現可能となる。

【0084】

なお、変動予測式によって最適化されるのは、露光性能の計測のタイミングだけではなく、本実施形態では、露光性能の計測方法も最適化の対象としている。すなわち、露光性能の変動量の推定精度の初期段階（変動予測式で予測された変動量が許容レベルを超えた場合を含む）では、多少時間は要するが正確な露光性能の計測方法（計測方法Aとする）を採用し、それ以降は、精度では劣るが時間の短い計測方法（計測方法Bとする）を採用する。本実施形態では、計測方法Aとして、テスト露光による像歪み計測が採用され、計測方法Bとして、空間像計測により像歪み計測が採用される。このようにすれば、露光性能の変動量の計測に要する時間を必要最小限とすることができるようになり、高スループットかつ高精度な露光が実現可能となる。

10

【0085】

ただし、上述のような計測方法の切り替えを行う場合には、計測方法Aと計測方法Bとのマッチングをとっておく必要がある。すなわち、計測方法が異なっても、露光性能が同じ状態であれば、できるだけ同じ計測結果が得られるようにしておく必要がある。そこで、本実施形態では、テスト露光による像歪み計測と、空間像計測とを同時に行い、それらの相関関係を明らかにしたうえで、以降の計測では、時間が短くてすむ空間像計測のみを行い、その計測結果と上記相関関係とに基づいて、ディストーションを推定する。このようにすれば、計測方法を変更しても、常に正確な計測データが得られるようになる。

20

【0086】

なお、本実施形態では、計測処理の処理モードとして、モードA1～A3を設けて、露光性能の計測のタイミングを最適化した。本発明はこれには限られない。例えば、さらに、計測処理の処理モードを細分化するようにしてもよく。モードを設けず、インターバルをより長くしたり、短くしたりするだけでもよいし、また、本実施形態では2つの計測方法を使い分けしたが、計測方法が3つ以上存在する場合であっても、本発明を用いてそれらの計測方法を使い分けすることができるのは、勿論である。

【0087】

また、本実施形態では、上記計測タイミングや、計測方法のタイミングの最適化に留まらず、変動予測式を様々な形態で利用した。例えば、投影露光装置100_iの選択、再グループ化、装置の調整などが可能である。このように、変動予測式に基づいて推定される現時点の露光性能に基づいて、種々の処理を行うことにより、より高精度な露光が可能となる。

30

【0088】

なお、本実施形態では、投影露光装置100_iの計測タイミングを、全機同時とした。このようにすれば、すべての装置の露光性能の変動要因を同じ値とすることができ、計測誤差の低減を図ることができるためである。しかしながら、本発明はこれには限られず、各装置のタイミングは、非同期であっても構わない。この場合、現時点で求められている変動予測式を用いて、測定結果を補正するようにしてもよい。

【0089】

40

なお、上記実施形態では、変動要因を、装置周辺の気圧、温度、湿度、露光用照明光の照射量やウエハの温度などとしたが、他の変動要因も、変動予測式に組み込むことができるのは勿論である。また、装置周辺の環境によって変動する装置性能も、ディストーションやウエハグリッドだけには限られない。例えば、露光装置内で、ウエハ上のアライメントマークを検出する検出系の検出機能や、ステップ・アンド・スキャン型の投影露光装置におけるレチクルとウエハとの同期走査の機能などにも本発明を適用することが可能である。

【0090】

本発明は、投影露光装置の種類には限定されない。例えば、特開平11-135400号公報や特開2000-164504号公報に開示されるように、ウエハを保持するウエ

50

ハステージと基準マークが形成された基準部材や各種の光電センサを搭載した計測ステージとを備えた露光装置にも本発明を適用することができる。

【0091】

また、ステップ・アンド・スキャン方式やステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置の他、プロキシミティ方式の露光装置など他の露光装置にも適用できることはいうまでもない。また、ショット領域とショット領域とを合成するステップ・アンド・ステッチ方式の縮小投影露光装置にも本発明を好適に適用することができる。これに代表されるように、各種装置についても、その種類には限定されない。

【0092】

また、投影露光装置100_iだけでなく、C/D110その他のデバイス製造処理装置の装置性能にも、本発明を適用することができる。

10

【0093】

また、例えば国際公開WO98/24115号パンフレット、WO98/40791号パンフレットに開示されるような、ウエハステージを2基備えたツインステージ型の露光装置にも適用できる。また、例えば国際公開WO99/49504号パンフレットに開示される液浸法を用いる露光装置にも本発明を適用することができるのは勿論である。この場合、投影光学系と基板との間に局所的に液体を満たす露光装置を採用しているが、本発明は、特開平6-124873号公報、特開平10-303114号公報、米国特許第5,825,043号明細書などに開示されているような露光対象の基板の被露光面全体が液体中に浸かっている状態で露光を行う液浸露光装置にも適用可能である。

20

【0094】

また、本発明は、半導体製造工程に限らず、液晶表示素子などを含むディスプレイの製造工程にも適用可能である。また、デバイスパターンをガラスプレート上に転写する工程、薄膜磁気ヘッドの製造工程、及び撮像素子(CCDなど)、マイクロマシン、有機EL、DNAチップなどの製造工程の他、すべてのデバイス製造工程における線幅管理に本発明を適用することができるのは勿論である。

【産業上の利用可能性】

【0095】

以上説明したように、本発明の管理方法は、デバイス生産を管理するのに適している。

【図面の簡単な説明】

30

【0096】

【図1】本発明の一実施形態に係るデバイス製造処理システムの概略構成図である。

【図2】テストレチクルの一例を示す図である。

【図3】図3(A)は、変動予測式によるディストーションの変動予測値と、空間像計測から推定されるディストーションとの関係の一例を示すグラフであり、図3(B)は、大気圧と温度との変動グラフである。

【図4】本発明の一実施形態に係る計測処理モードの遷移の一例を示す図である。

【図5】本発明の一実施形態に係る計測方法を行ったときのディストーション変動予測の様子を示すグラフである。

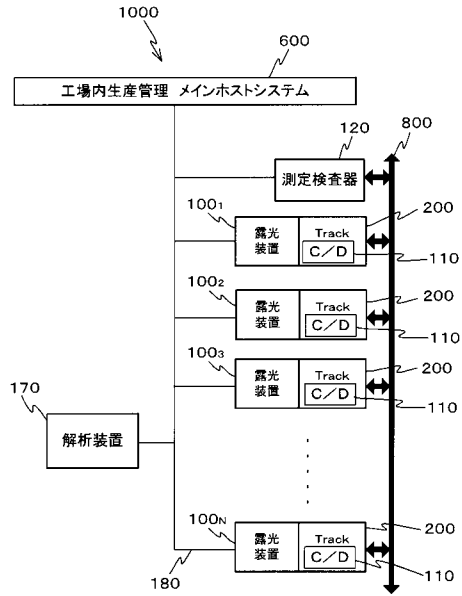
【符号の説明】

40

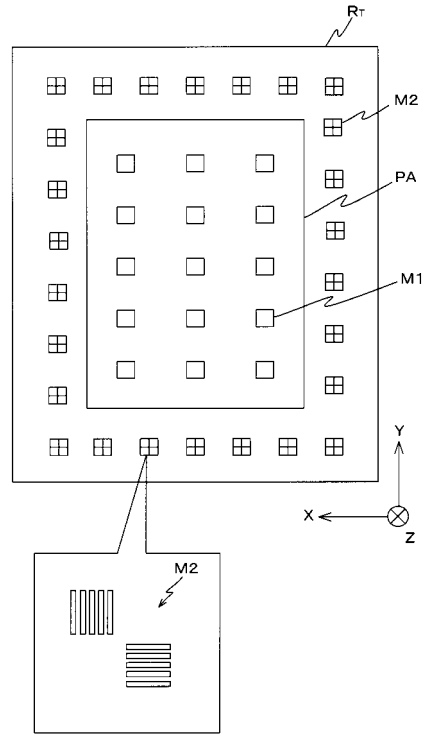
【0097】

100_i...投影露光装置、110...コータ・デベロッパ(C/D)、120...測定検査器、170...解析装置、180...LAN、200...トラック、600...工場内生産管理メインホストシステム、800...搬送ライン、1000...デバイス製造処理システム、M1、M2...マーク、PA...パターン領域、R_T...テストレチクル。

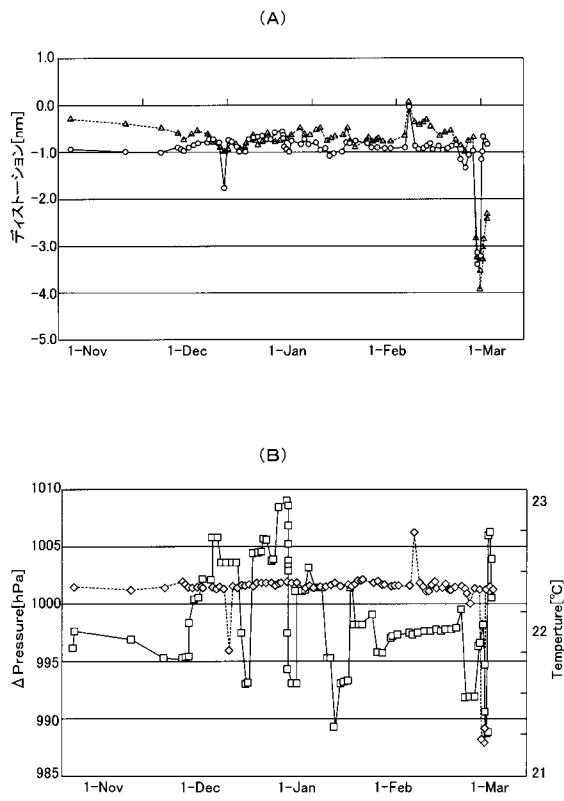
【図1】



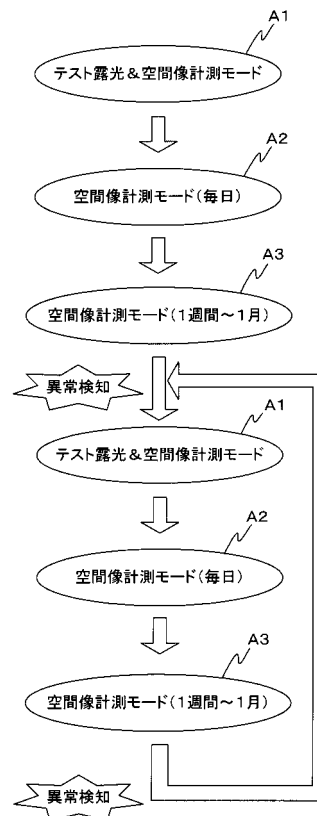
【図2】



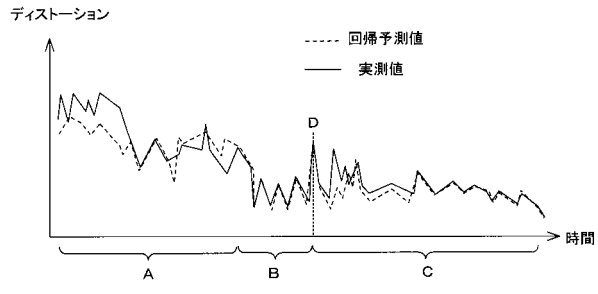
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2002-359174(JP,A)
国際公開第2006/001416(WO,A1)
特開2004-031929(JP,A)
特開2003-100599(JP,A)
特開2000-036451(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03F 7/20 - 7/24 、 9/00 - 9/02 、
H01L21/027、21/30