

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3875158号
(P3875158)

(45) 発行日 平成19年1月31日(2007.1.31)

(24) 登録日 平成18年11月2日(2006.11.2)

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

請求項の数 10 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2002-234053 (P2002-234053)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成14年8月9日(2002.8.9)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2004-79586 (P2004-79586A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成16年3月11日(2004.3.11)	(74) 代理人	100083806
審査請求日	平成15年7月29日(2003.7.29)		弁理士 三好 秀和
		(74) 代理人	100100712
			弁理士 岩▲崎▼ 幸邦
		(74) 代理人	100100929
			弁理士 川又 澄雄
		(74) 代理人	100108707
			弁理士 中村 友之
		(74) 代理人	100095500
			弁理士 伊藤 正和
		(74) 代理人	100101247
			弁理士 高橋 俊一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 露光装置判定システム、露光装置判定方法、露光装置判定プログラム及び半導体装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の露光装置の相互の光学系誤差の情報を算出する光学系誤差情報算出手段と、
 前記情報に基づき、前記露光装置毎に露光されるデバイスパターンをシミュレーションするシミュレーション手段と、

前記シミュレーションされたデバイスパターンに基づき、前記複数の露光装置のそれぞれについて、製品展開装置群として適用できる特性を有するか否かを判定する装置判定手段と、

前記特性を有していないと判定された露光装置について、前記情報に基づき該露光装置の投影レンズの調整値を算出する投影レンズ調整値算出手段と、

前記特性を有していると判定された露光装置について、前記シミュレーションされたデバイスパターンのうち、露光余裕度の小さいパターンを危険パターンとして抽出する危険パターン抽出手段と、

前記特性を有していると判定された露光装置毎に、前記危険パターンの形状と、前記危険パターンを被露光対象に投影して実際に露光されたパターンの形状とが一致するか確認し、前記危険パターンの形状と前記露光されたパターンの形状とが一致した露光装置を製品展開装置群に適用する危険パターン確認手段

とを備えることを特徴とする露光装置判定システム。

【請求項2】

前記危険パターンの形状に基づき、光近接効果補正を行う光近接効果補正手段を更に備

えることを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置判定システム。

【請求項 3】

前記デバイスパターンと形状が異なる複数の仮想デバイスパターンをシミュレーションするデバイスパターン仮想手段と、

前記仮想デバイスパターンのうち、前記危険パターンと形状が異なり且つ同一の機能を有する代替パターンを抽出する代替パターン抽出手段

とを更に備えることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の露光装置判定システム。

【請求項 4】

前記情報は、前記複数の露光装置の前記投影レンズの収差の相違による誤差及び照明光学系の相違による誤差の情報であることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の露光装置判定システム。

10

【請求項 5】

複数の露光装置の相互の光学系誤差の情報を算出する工程と、

前記情報に基づき、前記露光装置毎に露光されるデバイスパターンをシミュレーションする工程と、

前記シミュレーションされたデバイスパターンに基づき、前記複数の露光装置のそれぞれについて、製品展開装置群として適用できる特性を有するか否かを判定する工程と、

前記特性を有していないと判定された露光装置について、前記情報に基づき該露光装置の投影レンズの調整値を算出する工程と、

前記特性を有していると判定された露光装置について、前記シミュレーションされたデバイスパターンのうち、露光余裕度の小さいパターンを危険パターンとして抽出する工程と、

20

前記特性を有していると判定された露光装置毎に、前記危険パターンを被露光対象に投影してパターンを形成する工程と、

前記形成したパターンの形状を測定する工程と、

前記危険パターンの形状と前記測定したパターンの形状とが一致するか確認し、前記危険パターンの形状と前記測定したパターンの形状とが一致した露光装置を製品展開装置群に適用する工程

とを備えることを特徴とする露光装置判定方法。

【請求項 6】

30

前記危険パターンに基づき、前記露光装置毎に光近接効果補正する工程を更に備えることを特徴とする請求項 5 に記載の露光装置判定方法。

【請求項 7】

前記デバイスパターンと形状が異なる複数の仮想デバイスパターンをシミュレーションする工程と、

前記仮想デバイスパターンのうち、前記危険パターンと形状が異なり且つ同一の機能を有する代替パターンを抽出する工程

とを更に含むことを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の露光装置判定方法。

【請求項 8】

前記情報は、前記複数の露光装置の前記投影レンズの収差の相違による誤差及び照明光学系の相違による誤差の情報であることを特徴とする請求項 5 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の露光装置判定方法。

40

【請求項 9】

コンピュータに、

複数の露光装置の相互の光学系誤差の情報を算出する命令と、

前記情報に基づき、前記露光装置毎に露光されるデバイスパターンをシミュレーションする命令と、

前記シミュレーションされたデバイスパターンに基づき、前記複数の露光装置のそれぞれについて、製品展開装置群として適用できる特性を有するか否かを判定する命令と、

前記特性を有していないと判定された露光装置について、前記情報に基づき該露光装置

50

の投影レンズの調整値を算出する命令と、

前記特性を有していると判定された露光装置について、前記シミュレーションされたデバイスパターンのうち、露光余裕度の小さいパターンを危険パターンとして抽出する命令と、

前記特性を有していると判定された露光装置毎に、前記危険パターンの形状と、前記危険パターンを被露光対象に投影して実際に露光されたパターンの形状とが一致するか確認し、前記危険パターンの形状と前記露光されたパターンの形状とが一致した露光装置を製品展開装置群に適用する命令

とを実行させることを特徴とする露光装置判定プログラム。

【請求項 10】

デバイスパターンのレイアウトを決定する工程と、

前記決定されたレイアウトに基づき複数のマスクを作製する工程と、

複数の露光装置の相互の光学系誤差の情報を算出するステップ、前記情報に基づき、前記露光装置毎に露光されるデバイスパターンをシミュレーションするステップ、前記シミュレーションされたデバイスパターンに基づき、前記複数の露光装置のそれぞれについて、製品展開装置群として適用できる特性を有するか否かを判定するステップ、前記特性を有していないと判定された露光装置について、前記情報に基づき該露光装置の投影レンズの調整値を算出するステップ、前記特性を有していると判定された露光装置について、前記シミュレーションされたデバイスパターンのうち、露光余裕度の小さいパターンを危険パターンとして抽出するステップ、前記特性を有していると判定された露光装置毎に、前記危険パターンを被露光対象に投影してパターンを形成するステップ、前記形成したパターンの形状を測定するステップ、及び前記危険パターンの形状と前記測定したパターンの形状とが一致するか確認し、前記危険パターンの形状と前記測定したパターンの形状とが一致した露光装置を製品展開装置群に適用するステップを含む露光装置判定工程と、前記複数のマスクのそれぞれを、前記製品展開装置群に適用した露光装置に用いて半導体ウェハ上のフォトリソ膜を露光する工程

とを備えることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体装置の製造技術に係り、特に、フォトリソグラフィ工程で用いられる露光装置について製品展開装置として適用できる特性を有するか否かを判定できる露光装置判定システム、露光装置判定方法、露光装置判定プログラム、及びこれらを用いた半導体装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体装置の製造工程において、フォトリソグラフィ工程が一般的に行われている。フォトリソグラフィ工程で用いる露光装置の投影レンズの収差の相違による光学系誤差や照明光学系の相違による誤差は、露光装置固有の値であり、同一機種であっても露光装置毎に微妙に異なる。したがって、特定の露光装置で最適化した新規製品の露光条件を用いて他の露光装置で露光した場合、デバイスパターンの形状にそれぞれの露光装置の光学系誤差による装置間差が生じ、新規製品を展開（製品展開）に適用できない場合がある。そのため、製品展開しようとするそれぞれの露光装置に対して、製品展開装置群として適用できる特性を有しているか否かを判定する必要がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

従来のデバイスパターンシミュレーションは、露光装置の光学系誤差を考慮せず行われていたので、多数の露光装置に対して、新規製品の製品展開装置群として適用できる特性を有しているか否かを判定できなかつた。このため、従来、光学的特性が微妙に異なる露光装置毎に、それぞれの露光条件の最適化が必要で、製品のデバイスパターンを描画するた

10

20

30

40

50

めのマスク（レティクル）を用いて露光後、現像して形成されたパターンの形状を測定することにより、それぞれ製品展開装置群として適用できる特性を有しているか否かを判定していた。このため製品展開に相当の時間と労力を要するという欠点があった。

【0004】

上記問題点を鑑み、本発明は、複数の露光装置が製品展開装置群として適用できる特性を有しているか否かを迅速且つ容易に判定し、製品展開に適用できる露光装置を判定する露光装置判定システム、露光装置判定方法、露光装置判定プログラム及びこれらを用いた半導体装置の製造方法を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明の第1の特徴は、複数の露光装置の相互の光学系誤差の情報を算出する光学系誤差情報算出手段と、光学系誤差の情報に基づき、露光装置毎に露光されるデバイスパターンをシミュレーションするシミュレーション手段と、シミュレーションされたデバイスパターンに基づき、複数の露光装置のそれぞれについて、製品展開装置群として適用できる特性を有するか否かを判定する装置判定手段と、特性を有していないと判定された露光装置について、光学系誤差の情報に基づきその露光装置の投影レンズの調整値を算出する投影レンズ調整値算出手段と、特性を有していると判定された露光装置について、シミュレーションされたデバイスパターンのうち、露光余裕度の小さいパターンを危険パターンとして抽出する危険パターン抽出手段と、特性を有していると判定された露光装置毎に、危険パターンの形状と、危険パターンを被露光対象に投影して実際に露光されたパターンの形状とが一致するか確認し、危険パターンの形状と露光されたパターンの形状とが一致した露光装置を製品展開装置群に適用する危険パターン確認手段とを備える露光装置判定システムであることを要旨とする。

【0006】

本発明の第1の特徴によれば、複数の露光装置について、製品展開装置群として適用できる特性を有しているか否かを迅速且つ容易に判定し、製品展開に適用できる。

【0007】

本発明の第2の特徴は、複数の露光装置の相互の光学系誤差の情報を算出する工程と、光学系誤差の情報に基づき、露光装置毎に露光されるデバイスパターンをシミュレーションする工程と、シミュレーションされたデバイスパターンに基づき、複数の露光装置のそれぞれについて、製品展開装置群として適用できる特性を有するか否かを判定する工程と、特性を有していないと判定された露光装置について、光学系誤差の情報に基づきその露光装置の投影レンズの調整値を算出する工程と、特性を有していると判定された露光装置について、シミュレーションされたデバイスパターンのうち、露光余裕度の小さいパターンを危険パターンとして抽出する工程と、特性を有していると判定された露光装置毎に、危険パターンを被露光対象に投影してパターンを形成する工程と、形成したパターンの形状を測定する工程と、危険パターンの形状と測定したパターンの形状とが一致するか確認し、危険パターンの形状と測定したパターンの形状とが一致した露光装置を製品展開装置群に適用する工程とを備える露光装置判定方法であることを要旨とする。

【0008】

本発明の第2の特徴によれば、複数の露光装置について、製品展開装置群として適用できる特性を有しているか否かを迅速且つ容易に判定し、製品展開に適用できる。

【0009】

本発明の第3の特徴は、コンピュータに、複数の露光装置の相互の光学系誤差の情報を算出する命令と、光学系誤差の情報に基づき、露光装置毎に露光されるデバイスパターンをシミュレーションする命令と、シミュレーションされたデバイスパターンに基づき、複数の露光装置のそれぞれについて、製品展開装置群として適用できる特性を有するか否かを判定する命令と、特性を有していないと判定された露光装置について、光学系誤差の情報に基づきその露光装置の投影レンズの調整値を算出する命令と、特性を有していると判定された露光装置について、シミュレーションされたデバイスパターンのうち、露光余裕

10

20

30

40

50

度の小さいパターンを危険パターンとして抽出する命令と、特性を有していると判定された露光装置毎に、危険パターンの形状と、危険パターンを被露光対象に投影して実際に露光されたパターンの形状とが一致するか確認し、危険パターンの形状と露光されたパターンの形状とが一致した露光装置を製品展開装置群に適用する命令とを実行させる露光装置判定プログラムであることを要旨とする。

【0010】

本発明の第3の特徴によれば、複数の露光装置について、製品展開装置群として適用できる特性を有しているか否かを迅速且つ容易に判定し、製品展開に適用できる。

【0011】

本発明の第4の特徴は、(イ)デバイスパターンのレイアウトを決定する工程と、(ロ)決定されたレイアウトに基づき複数のマスクを作製する工程と、(ハ)複数の露光装置の相互の光学系誤差の情報を算出するステップ、光学系誤差の情報に基づき、露光装置毎に露光されるデバイスパターンをシミュレーションするステップ、シミュレーションされたデバイスパターンに基づき、複数の露光装置のそれぞれについて、製品展開装置群として適用できる特性を有するか否かを判定するステップ、特性を有していないと判定された露光装置について、光学系誤差の情報に基づきその露光装置の投影レンズの調整値を算出するステップ、特性を有していると判定された露光装置について、シミュレーションされたデバイスパターンのうち、露光余裕度の小さいパターンを危険パターンとして抽出するステップ、特性を有していると判定された露光装置毎に、危険パターンを被露光対象に投影してパターンを形成するステップ、形成したパターンの形状を測定するステップ、及び危険パターンの形状と測定したパターンの形状とが一致するか確認し、危険パターンの形状と測定したパターンの形状とが一致した露光装置を製品展開装置群に適用するステップを含む露光装置判定工程と、(ニ)複数のマスクのそれぞれを、製品展開装置群に適用した露光装置に用いて半導体ウェハ上のフォトリソ膜を露光する工程とを備える半導体装置の製造方法であることを要旨とする。

【0012】

本発明の第4の特徴によれば、複数の露光装置について、製品展開装置群として適用できる特性を有しているか否かを迅速且つ容易に判定し、製品展開に適用できる露光装置を判定できる。したがって、半導体装置の製造工程全体として半導体装置の製造コストを低減でき、歩留まりを回避できる。

【0013】

【発明の実施の形態】

以下図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。図面の記載において同一あるいは類似部分には同一あるいは類似な符号を付している。ただし、図面は模式的なものであることに留意すべきである。

【0014】

(露光装置判定システムの構成)

本発明の実施の形態に係る露光装置判定システムは、図1に示すように、本部1と、本部1に通信ネットワーク3を介して接続された複数の工場5a, 5b, 5c, …, 5nとから構成される。通信ネットワーク3とは、インターネットやイントラネット等のことである。

【0015】

図2に示すように、本部1には通信ネットワーク3に接続した装置判定サーバ2が設置されている。また、工場5aは、通信ネットワーク3にそれぞれ接続した複数の露光装置6a, 6b, 6c, …, 6n及び測定装置7a等を有する。工場5b, 5c, …, 5nは、工場5aと同様に、複数の露光装置及び、測定装置等を備えるとする。

【0016】

装置判定サーバ2は、通信ネットワーク3を介して、複数の工場5a~5nに設置されている複数の露光装置及び測定装置等に対して、拡張可能なマーク付け言語(XML)で記述した情報等のやりとりを行い管理する管理装置である。以下では、説明の簡易化のため

10

20

30

40

50

、装置判定サーバ2が第1の工場5aに設置されている複数の露光装置6a~6n及び測定装置7aと情報のやりとりを行う場合を説明する。装置判定サーバ2は、図3に示すように、中央処理制御装置(CPU)10と、CPU10にそれぞれ接続された装置判定プログラム記憶部12、装置管理データベース13、マスク設計情報データベース14、入力装置15、出力装置16、一時記憶装置17及び通信インターフェース(通信I/F)18等を備える。

【0017】

CPU10は、本発明の実施の形態に係る露光装置判定システムの処理を実行する装置である。CPU10は、光学系誤差情報算出手段10a、シミュレーション手段10b、装置判定手段10c、露光条件抽出手段10d、危険パターン抽出手段10e、座標値抽出手段10f、座標系変換手段10g、座標値送信手段10h、描画危険パターン受信手段10i、描画危険パターン確認手段10j、投影レンズ調整値算出手段10k、投影レンズ調整値送信手段10l、光近接効果補正手段10m、デバイスパターン仮想手段10n及び代替パターン抽出手段10o等を備える。

10

【0018】

光学系誤差情報算出手段10aは、複数の露光装置6a~6nの相互の光学系誤差の情報をそれぞれ算出する。光学系誤差の情報としては、それぞれの投影レンズの収差の相違による誤差の情報や照明光学系の相違による誤差の情報等がある。投影レンズの収差としては、球面収差、コマ収差及び非点収差等の波面収差である。波面収差は、ゼルニケ多項式を用いて表現できる。ゼルニケ多項式は、第1項から第36項までのゼルニケ係数で構成され、第1項から順に半径方向の次数が大きな収差を示す。投影レンズの収差の相違による誤差は、ゼルニケ係数に換算されて求められる。また、照明光学系の相違による誤差としては、照度ムラ、軸ずれ及び、照明光学系のコヒーレンスファクターのばらつき等があり、それぞれ定量的な値で算出される。照明光学系のコヒーレンスファクターは、 $=NA_1/NA_2$ で表される値で、照明光学系の明るさを示す指標である。ここで NA_1 はマスク側からみた照明光学系(コンデンサレンズ)のレンズ開口数 NA であり、 NA_2 はマスク側からみた縮小投影レンズのレンズ開口数 NA である。コヒーレンスファクターが大きいほどマスクに斜めに入射する光が増大し、ウェハ上の光コントラストが変化する。

20

【0019】

シミュレーション手段10bは、光学系誤差の情報、装置品質管理情報(装置QC情報)、リソグラフィ条件及び計算機支援設計(CAD)データ等に基づき、複数の露光装置6a~6n毎にマスクの露光によりウェハの表面上に描画されるデバイスパターンをシミュレーションするシミュレータである。装置品質管理情報としては、露光装置6a~6n毎の、投影レンズの開口数 NA 、照明光学系のコヒーレンスファクター、輪帯比、焦点深度(フォーカス値)等のパラメータがある。リソグラフィ条件としては、装置品質管理情報等に基づき決定される露光装置6a~6n毎の露光量(ドーズ量)及びマスクバイアス(マスクパターンの設計値からのずれ量)等のパラメータがある。シミュレーション結果は、デバイスパターン記憶部13dに記憶される。

30

【0020】

装置判定手段10cは、デバイスパターン記憶部13dに記憶されたシミュレーション結果に基づき、複数の露光装置6a~6nのそれぞれが製品展開装置群として適用できる特性を有しているか否かを判定する。具体的には、装置判定手段10cは、シミュレーション手段10bによりシミュレーションされたデバイスパターンが設計仕様を満たすか否かをそれぞれ判定する。そして、設計仕様を満たすと判定された露光装置、例えば露光装置6a~6fが製品展開装置群として適用できる特性を有すると判定する。ここで、「設計仕様」とは、デバイスの各層ごとの最小パターン寸法、最小スペース寸法や層間パターン位置関係等の規定である。設計仕様の基準値を満たせば所望のデバイスを形成することができる。なお、設計仕様の基準値は、新規製品の設計指針により適宜決定される。

40

【0021】

50

露光条件抽出手段10dは、デバイスパターン記憶部13dに記憶されたシミュレーション結果や装置品質管理情報記憶部13lに記憶されている装置品質管理情報等に基づき、各露光装置6a～6nに対応するデバイスパターンに最適な、露光光の強度や露光時間等の露光条件をそれぞれ抽出する。抽出された最適な露光条件は、最適露光条件記憶部13eに記憶される。

【0022】

危険パターン抽出手段10eは、デバイスパターン記憶部13dに記憶されたシミュレーション結果に基づき、シミュレーションされたデバイスパターンのうち、露光余裕度（リソグラフィラティテュード）が小さく、所望の形状が得られないパターン、若しくは得にくいパターンを「危険パターン」として抽出する。抽出された危険パターンは、危険パターン記憶部13fに記憶される。なお、危険パターンとして抽出する基準値は、新規製品毎の設計指針により適宜決定される。

10

【0023】

座標値抽出手段10fは、CADデータ記憶部14aに記憶されたCADデータから、危険パターンに対応するマスク上のマスクパターンの座標値（以下、「危険パターン座標値」という。）を抽出する。座標系変換手段10gは、座標値抽出手段10fにより抽出された危険パターン座標値を、図2に示した測定装置7aに適合した座標系の値（以下、「測定用座標値」という。）に変換する。測定装置7aは、ウェハ上に形成されるフォトレジストのパターンの形状を測定する装置である。例えば、測定装置7aとして走査型電子顕微鏡（SEM）を用いる場合、危険パターン座標値の座標系が、ウェハ表面を走査する走査面の座標系に変換され、測定用座標値となる。測定用座標値は、測定用座標値記憶部13hに記憶される。図3に示した座標値送信手段10hは、測定用座標値記憶部13hに記憶された座標値を、通信ネットワーク3を介して、通信I/F18によって接続された測定装置7aへ送信する。

20

【0024】

描画危険パターン受信手段10iは、露光装置6a～6n毎に危険パターンを被露光対象（フォトレジスト）に投影して実際に描画されたフォトレジストのパターン（以下、「描画危険パターン」という。）の形状の測定結果を、通信ネットワーク3を介して受信する。描画危険パターン確認手段10jは、描画危険パターン受信手段10iが受信したフォトレジストの描画危険パターンの形状と、危険パターン記憶部13fに記憶された危険パターンの形状とを比較し、描画危険パターンの形状が危険パターンの形状と一致しているか確認する。

30

【0025】

投影レンズ調整値算出手段10kは、光学系誤差情報算出手段10aにより算出された光学系誤差の情報等に基づき、フォトレジスト上に投影されるデバイスパターンを改善するために必要な露光装置6a～6nの投影レンズの調整値をそれぞれ算出する。投影レンズ調整値送信手段10lは、投影レンズ調整値算出手段10kにより算出されたそれぞれの投影レンズの調整値を、図2に示した通信ネットワーク3を介して、対応するそれぞれの露光装置6a, 6b, 6c, …, 6nの投影レンズを調整する光学系誤差補正機構63a, 63b, 63c, …, 63nへ送信する。

40

【0026】

光近接効果補正手段10mは、光近接効果補正量記憶部13jに記憶された光近接効果補正（OPC）量等に基づき、複数の露光装置6a～6nのマスクパターン毎の露光量やマスクバイアス等のパラメータをそれぞれ更新して、光近接効果補正を行う。光近接効果補正とは、互いに近接するパターンの周辺部分の露光条件が最適値からずれてしまう光近接効果（OPE）を補正するための手法である。

【0027】

デバイスパターン仮想手段10nは、シミュレーション手段10bによりシミュレーションされるデバイスパターンとは形状の異なる複数の仮想デバイスパターンをシミュレーションするシミュレータである。代替パターン抽出手段10oは、デバイスパターン仮想手

50

段 10 n によりシミュレーションされた仮想デバイスパターンから、危険パターンの代わりに、その危険パターンと形状が異なるが同一の機能を有する代替パターンを抽出する。

【0028】

更に、CPU 10 は、装置判定プログラム記憶部 12、装置管理データベース 13、マスク設計情報データベース 14、入力装置 15、出力装置 16、一時記憶装置 17 及び通信 I/F 18、図 3 に示した露光装置 6 a ~ 6 n 及び測定装置 7 a 等の入出力をそれぞれ制御する制御手段（図示省略）も備える。

【0029】

また、CPU 10 で実現している機能、即ち、光学系誤差情報算出手段 10 a、シミュレーション手段 10 b、装置判定手段 10 c、露光条件抽出手段 10 d、危険パターン抽出手段 10 e、座標値抽出手段 10 f、座標系変換手段 10 g、座標値送信手段 10 h、描画危険パターン受信手段 10 i、描画危険パターン確認手段 10 j、投影レンズ調整値算出手段 10 k、投影レンズ調整値送信手段 10 l、光近接効果補正手段 10 m、デバイスパターン仮想手段 10 n 及び代替パターン抽出手段 10 o 等を、CPU 負荷等を考慮して複数のコンピュータで分散して実現しても良い。これらの機能が複数のコンピュータに分散している場合には、コンピュータ同士がローカルエリアネットワーク（LAN）や電話回線などの通信手段で接続され、情報の入出力を行えるよう構成される。

【0030】

装置判定プログラム記憶部 12 は、CPU 10 で実行されるプログラム（プログラムの詳細は後に示す。）を記憶している。装置判定プログラム記憶装置 12 としては、例えば半導体メモリ、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスクや磁気テープなどのプログラムを記録することができるような記録媒体が使用可能である。具体的には、フレキシブルディスク、CD-ROM、MOディスク、カセットテープやオープンリールテープ等がある。

【0031】

装置管理データベース 13 は、光学系誤差の情報を記憶する光学系誤差情報記憶部 13 a、リソグラフィ条件を記憶するリソグラフィ条件記憶部 13 b、光近接効果特性を記憶する光近接効果特性情報記憶部 13 c、シミュレーション手段 10 b によるシミュレーション結果を記憶するデバイスパターン記憶部 13 d、危険パターンに最適な露光条件を記憶する最適露光条件記憶部 13 e、危険パターン抽出手段 10 e により抽出された危険パターンを記憶する危険パターン記憶部 13 f、危険パターン座標値を記憶する座標値記憶部 13 g、測定用座標値を記憶する測定用座標値記憶部 13 h、投影レンズの調整値を記憶する投影レンズ調整値記憶部 13 i、光近接効果補正量を記憶する光近接効果補正量記憶部 13 j、仮想デバイスパターンを記憶する仮想デバイスパターン記憶部 13 k 及び、装置品質管理情報を記憶する装置品質管理情報記憶部 13 l 等を備えている。また、光近接効果補正量記憶部 13 j に記憶される光近接効果補正量は、マスク設計時のデバイスシミュレーション等により得ることができる。

【0032】

マスク設計情報データベース 14 は、マスクを設計する際に使用する CAD データを記憶する CAD データ記憶部 14 a を有する。一時記憶装置 17 は、読み書き兼用メモリ（RAM）等が組み込まれている。RAM は CPU 10 における露光装置判定プログラム等のプログラム実行中に利用される情報等を記憶し、作業領域として利用される情報メモリ等として機能する。入力装置 15 としては、例えばキーボード、マウスやボイスデバイス等から構成される。出力装置 16 としては、液晶ディスプレイ（LCD）、CRT ディスプレイやプリンタ等が使用可能である。

【0033】

図 4 に示すように、第 1 の工場 5 a の複数の露光装置 6 a, 6 b, 6 c,, 6 n は、通信ネットワーク 3 に接続された通信インターフェース（通信 I/F）6 1 a, 6 1 b, 6 1 c,, 6 1 n、装置判定サーバ 2 に対して情報を送受信する送受信手段 6 2 a, 6 2 b, 6 2 c,, 6 2 n、装置判定サーバ 2 から信号を受信す

10

20

30

40

50

る光学系誤差補正機構 63a, 63b, 63c,, 63n 及び、マスクを用いて露光する露光部 64a, 64b, 64c,, 64n 等からそれぞれ構成される。露光装置 6a ~ 6n としては、ステッパやスキャナ等の縮小投影露光装置等が使用可能である。

【0034】

第1の工場 5a の測定装置 7a は、通信ネットワーク 3 に接続された通信インターフェース（通信 I / F）71a、装置判定サーバ 2 に対して通信 I / F 71a を介して測定の指示情報を受信し、測定結果を送信する送受信手段 72a 及び、送受信手段 72b に接続されたパターンの形状等を測定する測定部 73a 等から構成される。測定装置 7a としては、例えば SEM やレーザー顕微鏡等がある。

10

【0035】

図1及び図2に示した第2～第nの工場 5b ~ 5n は、第1の工場 5a と同様に複数の露光装置（図示省略）及び測定装置（図示省略）等を備える。この複数の露光装置は、露光装置 6a ~ 6n と同様に、通信 I / F、送受信手段、光学系誤差補正機構及び露光部等をそれぞれ備える。また、測定装置は、測定装置 7a と同様に通信インターフェース（I / F）、送受信手段及び測定部等を備える。

【0036】

（露光装置判定システムの処理）

次に、図5～図7にしたがって、発明の実施の形態に係る露光装置判定方法を説明する。簡単化のために、図1に示した第1の工場 5a の複数の露光装置 6a ~ 6n 及び測定装置 7a を例として説明するが、実際には第2の工場 5b, 第3の工場 5c,, 第nの工場 5n の露光装置及び測定装置を含んだ、より多数の装置群を含むグローバルなシステムにも、同様の処理が行われるのは勿論である。

20

【0037】

（イ）ステップ S110 において、製品展開予定の複数の露光装置 6a ~ 6n を用いて、収差測定用のテストパターンを有するマスクを用いて、ウェハ表面に塗布されたフォトレジストを露光後、現像して、ウェハの表面上に収差測定用のフォトレジストの評価パターンがそれぞれ形成される。そして、SEM等の測定装置 7a を用いて、露光装置 6a ~ 6n 毎に実現されたフォトレジストの評価パターンの形状がそれぞれ実際に測定される。その後、測定装置 7a による評価パターンの形状の測定結果は、通信ネットワーク 3 を介して、装置判定サーバ 2 の光学系誤差情報算出手段 10a に送信される。

30

【0038】

（ロ）次に、ステップ S120 において、複数の露光装置 6a ~ 6n が製品展開装置群として適用できる特性を有しているか否かを判定する装置判定処理を以下の手順（a）～（d）で行う：

（a）ステップ S121 において、光学系誤差情報算出手段 10a により、測定装置 7a から受信したフォトレジストの評価パターンの測定結果に基づいて、複数の露光装置 6a ~ 6n の相互の光学系誤差の情報として、投影レンズの収差の相違による誤差の情報や、照明光学系の相違による誤差の情報等がそれぞれ算出される。投影レンズの収差の相違による誤差の情報はゼルニケ係数等に換算して算出される。また、照明光学系の相違による誤差の情報は、照度ムラ、軸ずれ及び照明光学系のコヒーレンスファクター のばらつき等の値として定量的に算出される。算出された光学系誤差の情報は、光学系誤差情報記憶部 13a に記憶される。

40

【0039】

（b）ステップ S122 において、シミュレーション手段 10b により、光学系誤差情報記憶部 13a、リソグラフィ条件記憶部 13b、装置品質管理情報記憶部 131 及び CAD データ記憶部 14a から、光学系誤差の情報、リソグラフィ条件、装置品質管理情報及び CAD データ等が読み込まれる。装置品質管理情報として、露光装置 6a ~ 6n 毎の投影レンズの開口数 NA、照明光学系のコヒーレンスファクター、輪帯比及び焦点深度等が読み込まれる。また、リソグラフィ条件として、露光量及びマスクバイアス等が読み込

50

まれる。そして、シミュレーション手段10bにより、露光装置6a~6n毎に描画されるデバイスパターンがシミュレーションされる。シミュレーション結果は、デバイスパターン記憶部13dに出力される。

【0040】

(c) ステップS123において、装置判定手段10cにより、デバイスパターン記憶部13dに記憶されたシミュレーション結果に基づき、複数の露光装置6a~6nのそれぞれについて、製品展開装置群として適用できる特性を有するか否かを判定される。具体的には、シミュレーション手段10bによりシミュレーションされたデバイスパターンが設計仕様を満たすか否かそれぞれ判定する。そして、設計仕様を満たすと判定された露光装置、例えば露光装置6a~6fが、製品展開装置群として適用できる特性を有していると判定される。ステップS123において、装置判定手段10cにより、製品展開装置群として適用できる特性を有していると判定された露光装置6a~6fについて、ステップS130に進み、描画危険パターン確認処理が行われる。一方、複数の露光装置6a~6nのうち、製品展開装置群として適用できる特性を有していないと判定された露光装置、例えば露光装置6g~6nについて、ステップS150に進み、投影レンズ調整処理が行われる。

10

【0041】

(d) また、露光条件抽出手段10dにより、デバイスパターン記憶部13dに記憶されたシミュレーション結果や装置品質管理情報記憶部131に記憶された装置品質管理情報等に基づき、各露光装置6a~6nに対応するデバイスパターンに最適な露光条件がそれぞれ抽出される。抽出される最適な露光条件としては、露光量やマスクバイアス等のパラメータがある。抽出された最適な露光条件は、最適露光条件記憶部13eに記憶される。

20

【0042】

(ハ) 次に、ステップS130において、ステップS120の装置判定処理により製品展開装置群として適用できる特性を有すると判定された露光装置6a~6fについて、描画危険パターンの形状が危険パターンの形状と一致しているか確認する描画危険パターン確認処理が以下の手順(a)~(d)で行われる。

【0043】

(a) ステップS131において、図3に示す危険パターン抽出手段10eにより、デバイスパターン記憶部13dに記憶されたシミュレーション結果に基づき、シミュレーションされたデバイスパターンのうち、危険パターンが抽出され、危険パターン記憶部13fに出力される。

30

【0044】

(b) 座標値抽出手段10fにより、CADデータ記憶部14aに記憶されたCADデータから、危険パターン座標値が抽出される。抽出された危険パターン座標値は、座標値記憶部13gに記憶される。なお、危険パターン座標値はCAD座標系の値である。ステップS132において、座標系変換手段10gにより、座標値記憶部13gに記憶された危険パターン座標値の座標系が、測定装置7aに適合する座標系に変換され、測定用座標値として測定用座標値記憶部13hに記憶される。次に、座標値送信手段10hにより、測定用座標値記憶部13hに記憶された測定用座標値が、通信I/F18、図2に示す通信ネットワーク3を介して、測定装置7aへ送信される。

40

【0045】

(c) 次に、露光装置6a~6fを用いて、露光装置6a~6n毎に最適な露光条件で危険パターンを投影しウェハ上の被露光対象(フォトレジスト)を露光後、現像してフォトレジストの描画危険パターンが形成される。なお、フォトレジストをマスクとして、その下層の薄膜を選択的にエッチングし、下層の薄膜パターンを描画危険パターンとして用いても良い。但し、以下の説明では、フォトレジスト像を描画危険パターンとして用いる場合について説明する。そして、ステップS133において、描画危険パターンを形成されたウェハが測定装置7aにセットされる。その後、測定装置7aを用いて、座標値送信手段10hから受信した測定用座標値を測定位置として、描画危険パターンの形状が実際に

50

測定される。描画危険パターンの形状の測定結果は、送受信手段72aにより、通信ネットワーク3を介して、描画危険パターン受信手段10iへ送信される。

【0046】

(d) 描画危険パターン確認手段10jにより、描画危険パターン受信手段10iが受信した描画危険パターンの形状と、危険パターン記憶部13fに記憶された危険パターンの形状とを比較して、露光装置6a~6f毎に、描画危険パターンの形状が危険パターンの形状と一致するか確認される。ステップS134において、露光装置6a~6fのうち、危険パターンの形状と一致すると確認された描画危険パターンの形状を描画した露光装置、例えば露光装置6a~6cが、ステップS140に進み、製品展開装置群として適用される。一方、ステップS134で光学系誤差による影響により生じたずれ等により、危険

10

【0047】

(二) ステップS150においては、以下のステップS151及びS152により、露光装置6d~6nの投影レンズをそれぞれ調整する投影レンズ調整処理が行われる。まず、ステップS151において、投影レンズ調整値算出手段10kにより、光学系誤差情報記憶部13aに記憶された光学系誤差の情報等に基づいて、フォトレジスト上に投影されるデバイスパターンを改善するために必要な投影レンズの調整値が露光装置6d~6n毎に算出される。ステップS152において、投影レンズ調整値送信手段10lにより、投影レン

20

【0048】

(ホ) ステップS160において、投影レンズが調整された露光装置6d~6nについて、再び装置判定処理が行われる。ステップS161において、シミュレーション手段10bにより、光学系誤差情報記憶部13aに記憶された光学系誤差の情報や投影レンズ調整値記憶部13iに記憶された投影レンズの調整値等に基づき、投影レンズの調整がされた露光装置6d~6n毎に描画されるデバイスパターンがシミュレーションされる。シミュ

30

【0049】

(ヘ) ステップS170において、投影レンズを調整した露光装置6d~6iに対して、以下のステップS171~S174により、再び描画危険パターン確認処理が行われる。ステップS171において、危険パターン抽出手段10eによりデバイスパターン13dに記憶されたシミュレーション結果等に基づき、シミュレーションされたデバイスパターンから、危険パターンが抽出される。また、座標値抽出手段10fにより、危険パターン座標値が抽出される。ステップS172において、座標値座標系変換手段10gにより、危険パターン座標値の座標系が測定装置7aに適合する座標系に変換され、測定用座標値となる。座標値送信手段10hにより、測定用座標値が測定装置7aへ送信される。ステップS173において、測定装置7aを用いて、測定用座標値を測定位置として、投影

40

50

画された描画危険パターンの形状が測定される。ステップS 1 1 3とは、投影レンズを調整した露光装置6 d ~ 6 iを用いる点が異なる。測定装置7 aによる描画危険パターンの形状の測定結果は、通信ネットワーク3を介して描画危険パターン受信手段1 0 iへ送信される。描画危険パターン確認手段1 0 jにより、危険パターン記憶部1 3 fに記憶された危険パターンの形状と、描画危険パターン受信手段1 0 iが受信した描画危険パターンの形状とを比較して、描画危険パターンの形状が危険パターンの形状と一致するか確認される。ステップS 1 7 4において、露光装置6 d ~ 6 iのうち、危険パターンの形状と一致すると確認された描画危険パターンの形状を描画した露光装置、例えば露光装置6 d ~ 6 fが、ステップS 1 4 0に進み、製品展開装置群として適用される。一方、一致しない描画危険パターンの形状を描画した露光装置、例えば露光装置6 g ~ 6 nについて、ステップS 1 8 0に進む。

10

【 0 0 5 0 】

(ト)ステップS 1 8 0において、露光装置6 g ~ 6 nの光近接効果補正を行う光近接効果補正処理が行われる。光近接効果補正手段1 0 mにより、光近接効果補正量記憶部1 3 jに記憶された光近接効果補正量に基づき、描画危険パターンの形状が改善するように、最適露光条件記憶部1 3 eに記憶されていた露光条件のうち、露光量及びマスクバイアス等のパラメータが更新されることにより、光近接効果補正が行われる。また、露光装置6 g ~ 6 nの投影レンズの開口数NAや照明光学系のコヒーレンスファクター等が補正されても良い。

【 0 0 5 1 】

20

(チ)ステップS 1 9 0においては、以下のステップS 1 9 1及びS 1 9 2により、再び描画危険パターン確認処理が行われる。まず、露光装置6 g ~ 6 nを用いて光近接効果補正された露光条件でウェハ上のフォトレジストを現像後、露光して、デバイスパターンが形成される。そして、ステップS 1 9 1において、測定装置7 a等を用いて、形成されたデバイスパターンのうち描画危険パターンの形状が実際に測定される。描画危険パターン確認手段1 0 jにより、描画危険パターンの形状が、危険パターンの形状と一致しているか確認される。ステップS 1 9 2において、露光装置6 g ~ 6 nのうち、危険パターンの形状と一致すると確認された描画危険パターンの形状を描画した露光装置、例えば露光装置6 g ~ 6 iが、ステップS 1 4 0に進み、製品展開装置群として適用される。一方、危険パターンの形状と一致しない描画危険パターンの形状を描画した露光装置、例えば露光装置6 j ~ 6 nに関して、ステップS 2 1 0に進む。

30

【 0 0 5 2 】

(リ)ステップS 2 1 0において、マスクに対して光近接効果補正が行われる。即ち、露光装置6 j ~ 6 nにそれぞれ適した光近接効果量を有するようにマスク上のマスクパターンの寸法が変更された「光近接効果補正マスク」が発注され、作製される。光近接効果補正マスクは、外部に発注してその発注先で作製されても良く、各工場5 a ~ 5 n等で作製されても良い。そして、新たに作製された光近接効果補正マスクが露光装置6 j ~ 6 nに装着される。

【 0 0 5 3 】

(ヌ)ステップS 2 2 0においては、以下のステップS 2 2 1及びS 2 2 2を用いて、再び描画危険パターン確認処理が行われる。まず、露光装置6 j ~ 6 nを用いた光近接効果補正マスクによる露光後、現像してデバイスパターンが形成される。測定装置7 a等を用いて、形成されたデバイスパターンのうち描画危険パターンの形状が実際に測定される。ステップS 2 2 1において、描画危険パターン確認手段1 0 j等により、描画危険パターンの形状が危険パターンの形状と一致するか確認される。ステップS 2 2 2において、露光装置6 j ~ 6 nのうち、危険パターンの形状と一致することを確認された描画危険パターンの形状を描画した露光装置6 j ~ 6 lが、ステップS 1 4 0に進み、適合する光近接効果補正マスクをそれぞれ装着した際の製品展開装置群として適用される。一方、危険パターンの形状と一致しなかった描画危険パターンの形状を描画した露光装置、例えば露光装置6 m ~ 6 nに関して、ステップS 2 3 0に進む。

40

50

【 0 0 5 4 】

(ル)ステップS 2 3 0においては、以下のステップS 2 3 1及びS 2 3 2を用いて、マスクのデザインルール自体の変更を検討する代替パターン採用処理が行われる。

【 0 0 5 5 】

S 2 3 1において、デバイスパターン仮想手段1 0 nにより、シミュレーション手段1 0 bによりシミュレーションされたデバイスパターンとは異なる複数の仮想デバイスパターンがシミュレーションされる。ステップS 2 3 2において、代替パターン抽出手段1 0 oにより、ステップS 2 2 0で描画危険パターンと形状が一致しなかった危険パターンと形状は異なるが同一の機能を有するパターンが「代替パターン」として抽出される。抽出された代替パターンは、仮想デバイスパターン記憶部1 3 kに記憶される。例えば、代替パターン抽出手段1 0 oにより、ステップS 2 2 0で2本線の描画危険パターンの形状が危険パターンの形状と一致しなかった場合、この2本線の危険パターンと同様の機能を有する3本線のパターンなどが代替パターンとして抽出される。そして、電子ビーム(E B)露光装置等のパターンジェネレータ等を用いて、2本線の危険パターンの代わりに抽出された代替パターンを採用して、初期のマスクと形状は異なるが同一の機能を有する「代替マスク」が作製される。代替マスクは、工場5 a ~ 5 n等で作製しても、発注先で作製しても良い。そして、ステップS 1 2 0の装置判定処理の手順に戻り、適合する代替マスクをそれぞれ装着した露光装置6 m ~ 6 nに対して、製品展開装置としての装置判定処理、描画危険パターン確認処理、・・・の一連の処理が繰り返される。ステップS 1 4 0に進んだ場合、適合する代替マスクを装着した露光装置、例えば露光装置6 mが製品展開装置群として適用される。一方、再度S 1 4 2に進んだ露光装置、例えば露光装置6 nに関しては、再度、代替パターンの採用処理、装置判定処理、・・・が繰り返される。

10

20

【 0 0 5 6 】

本発明の実施の形態に係る露光装置判定方法によれば、光学的特性の微妙に異なる多数の(複数の)露光装置6 a ~ 6 nが製品展開装置群として適用できる特性を有しているか否かを迅速且つ容易に、一括して判定し、製品展開(大量生産)に適用できる。

【 0 0 5 7 】

なお、任意の時間や処理の繰り返し回数により、この露光装置判定工程を終了し、その時点で適用できないと判定されている露光装置、例えば、露光装置6 nが製品展開装置群として適用しないことにしても良い。

30

【 0 0 5 8 】

(投影レンズの調整処理例1)

以下に、ステップS 1 5 0における投影レンズ調整処理の一例を説明する。まず、マスクが図8に示す第1パターン2 1を描画するマスクパターンを有し、露光装置6 aの投影レンズを調整する場合を示す。第1パターン2 1は、互いに同一形状の左側パターン2 1 L、右側パターン2 1 Rの1セットである。2つのパターン2 1 L、2 1 Rは、互いに同一寸法である像幅 w_1 、 w_2 及び像高 h_1 、 h_2 をそれぞれ有し、互いに間隔 r だけ離間した位置にそれぞれ配置されている。ステップS 1 2 1で光学系誤差情報算出手段1 0 aにより、光学系誤差の情報として、図9に示したゼルニケ係数に対する第1パターン2 1の敏感度が算出される。図9の横軸はゼルニケ係数を示し、縦軸は第1パターンの敏感度を示す。図9に示すように、第1パターン2 1は、ゼルニケ多項式のうち、波面収差を示すゼルニケ係数の第7項(Z_7)、第14項(Z_{14})及び第23項(Z_{23})に対して敏感である。

40

【 0 0 5 9 】

投影レンズ調整値算出手段1 0 kにより、光学系誤差の情報に基づき、ゼルニケ係数の第7項、第14項及び第23項に対応する収差を低減するような投影レンズの調整値が算出される。そして、投影レンズ調整値送信手段1 0 lにより、投影レンズの調整値が図1に示す露光装置6 aの光学系誤差補正機構6 3 aへ送信される。光学系誤差補正機構6 3 aは、受信した投影レンズの調整値に基づき、露光装置6 aの投影レンズを調整する。

【 0 0 6 0 】

50

図 10 の横軸はゼルニケ係数を示し、縦軸は調整前の投影レンズの収差を示す。図 11 の横軸はゼルニケ係数を示し、縦軸は投影レンズを調整後の投影レンズの収差を示す。投影レンズを調整することにより、図 10 及び図 11 に示すように、ゼルニケ係数に対応する投影レンズの収差の量が低減できる。図 12 の横軸はスリット像高を示し、縦軸は投影レンズを調整する前後の露光装置で描画された第 1 パターン 21 の露光スリット内の左右差を示す。第 1 パターン 21 の露光スリット内の像高 w_1 、 w_2 の左右差は、投影レンズ調整前（菱形プロット）において最大値 d_1 で 20 nm 程度あったが、投影レンズを調整後（四角プロット）においては、最大値 d_2 で 10 nm 程度と低減される。

【 0061 】

（投影レンズ調整処理例 2）

次に、投影レンズ調整処理の他の例として、マスクが第 2 パターンを形成するマスクパターンを有し、露光装置 6b の投影レンズを調整する場合を説明する。第 2 パターンは、図 13 (a) に示す孤立した縦方向パターン 22a と、図 13 (b) に示す縦方向パターン 22a と同一形状で、互いに直交する横方向パターン 22b の 1 セットである。縦方向パターン 22a の像幅 w_3 及び横方向パターン 22b の像高 h_4 は互いに同一寸法である。また、縦方向パターン 22a の像高 h_3 及び横方向パターン 22b の像幅 w_4 は互いに同一寸法で 0.2 μm 程度である。光学系誤差情報算出手段 10a により、図 14 に示すように、縦方向パターン 22a のスリット像高（横方向パターン 22b のスリット像幅）毎の投影レンズの波面収差が算出される。図 14 の横軸は縦方向パターン 22a のスリット像高（横方向パターン 22b のスリット像幅）を示し、縦軸は投影レンズを調整する前の投影レンズの波面収差を示す。図 14 に示すように、第 2 パターン 22a、22b が、ゼルニケ係数の第 9 項（ Z_9 ）と第 12 項（ Z_{12} ）の交互作用因子（ $Z_9 \times Z_{12}$ ）に対応する投影レンズの収差に敏感であることがわかる。

【 0062 】

投影レンズ調整値算出手段 10k により、例えばゼルニケ係数の第 9 項（ Z_9 ）と第 12 項（ Z_{12} ）の比率を最適化する光学系誤差の値が投影レンズの調整値として算出される。そして、投影レンズ調整値送信手段 10l により、算出された投影レンズの調整値が図 1 に示す露光装置 6b の光学系誤差補正機構 63b へ送信される。光学系誤差補正機構 63b は、投影レンズの調整値に基づき、投影レンズを調整する。

【 0063 】

図 15 の横軸は縦方向パターン 22a のスリット像高（横方向パターン 22b のスリット像幅）を示し、縦軸は調整後の投影レンズの波面収差を示す。投影レンズが調整され、図 15 に示すように、投影レンズの収差が低減できる。図 16 の横軸は縦方向パターン 22a のスリット像高（横方向パターン 22b のスリット像幅）を示し、縦軸は投影レンズが調整される前の縦方向パターン 22a の像幅 w_3 及び横方向パターン 22b の像高 h_4 の寸法を示す。図 17 の横軸は縦方向パターン 22a のスリット像高（横方向パターン 22b のスリット像幅）を示し、縦軸は投影レンズを調整後の露光装置 6b で描画された縦方向パターン 22a の像幅 w_3 及び横方向パターン 22b の像高 h_4 の寸法を示す。縦方向パターン 22a の像幅 w_3 及び横方向パターン 22b の像高 h_4 の寸法差は、図 16 に示すように、投影レンズを調整前では最大値 d_3 で 20 nm 程度あったが、投影レンズを調整することにより、図 17 に示すように最大値 d_4 で 5 nm 程度まで低減される。図 18 の横軸は縦方向パターン 22a のスリット像高（横方向パターン 22b のスリット像幅）を示し、縦軸は投影レンズを調整し、更に照明ムラを調整後の露光装置 6b で描画された縦方向パターン 22a の像幅 w_3 及び横方向パターン 22b の像高 h_4 の寸法を示す。図 18 に示すように、投影レンズが調整された後、更に照明ムラが調整されることで、縦方向パターン 22a の像幅 w_3 及び横方向パターン 22b の像高 h_4 の寸法差が更に低減される。なお、投影レンズの調整値は、新規製品毎の設計指針によるものであり、特に限定されない。

【 0064 】

（半導体装置の製造方法）

10

20

30

40

50

次に、上述した露光装置判定システム、露光装置判定方法及び露光装置判定プログラムを用いた半導体装置（LSI）の製造方法について、図19を参照して説明する。

【0065】

本発明の実施の形態に係る半導体装置の製造方法は、図19に示すように、ステップS100における設計工程、ステップS200におけるマスク製造及び露光装置判定工程及び、ステップS300におけるチップ製造工程からなる。ステップS200におけるマスク製造及び露光装置判定工程は、マスク製造工程の他に、本発明の実施の形態に係る露光装置判定システム、露光装置判定方法及び露光装置判定プログラムを用いる露光装置判定工程を含む。ステップS300におけるチップ製造工程は、ステップS310のシリコンウェハ上に集積回路を作り込む前工程（ウェハ工程）、ステップS320のダイシングから検査までの後工程（アSEMBル工程）からなる。以下、各工程の詳細について説明する。

10

【0066】

（イ）まず、ステップS100において、プロセス・マスクシミュレーションが実施される。また、プロセス・マスクシミュレーションの結果と各電極に入力される電流や電圧の各値から、デバイスシミュレーションがなされる。このデバイスシミュレーションにより得られた電気的特性を用いてLSIの回路シミュレーションが行われ、回路レイアウトが決定される。

【0067】

（ロ）一方、ステップS110において、フォトリソグラフィ工程で使用予定の複数の露光装置、例えば図2に示した露光装置6a～6nを用いて、収差測定用のテストパターンを有するマスクを用いて、ウェハ表面に塗布されたフォトレジストを露光後、現像して、ウェハの表面上に収差測定用のフォトレジストの評価パターンがそれぞれ形成される。そして、SEM等の測定装置7aを用いて、露光装置6a～6n毎に実現されたフォトレジストの評価パターンの形状がそれぞれ実際に測定される。その後、測定装置7aによる評価パターンの形状の測定結果は、通信ネットワーク3を介して、装置判定サーバ2の光学系誤差情報算出手段10aに送信される。

20

【0068】

（ハ）ステップS200において、マスク製造及び露光装置判定工程が以下の手順（a）～（d）を用いて行われる。

【0069】

（a）まず、ステップS100の設計工程で決定された回路レイアウト等の表面パターンをもとにCADシステムを用いて、半導体チップの各層や内部構造にそれぞれ対応するマスクのパターンデータ（描画マスクデータ）がそれぞれ決定される。さらにこのマスクのパターンデータを用いて、電子ビーム（EB）露光装置等のパターンジェネレータを用いて石英ガラスなどのマスク基板上に各工程に対応したマスクパターンが描画され、マスクが作製される。

30

【0070】

（b）次に、図3に示した光学系誤差算出手段10aにより、ステップS110により得られた測定結果を用いて、複数の露光装置6a～6nの相互の光学系誤差の情報を算出する。そして、シミュレーション手段10bにより、算出された光学系誤差の情報に基づき、露光装置毎に描画されるデバイスパターンがシミュレーションされる（図5のステップS122参照）。装置判定手段10cにより、シミュレーションされたデバイスパターンに基づき、複数の露光装置6a～6nが製品展開装置群として適用できる特性を有するかどうかを判定される。製品展開装置群として適用できる特性を有していると判定された露光装置、例えば露光装置6a～6cが、ステップS313a及びS313bのフォトリソグラフィ工程で使用される。

40

【0071】

（c）一方、製品展開装置群として適用できる特性を有していないと判定された露光装置6d～6nに対して、投影レンズ調整処理（図6のステップS150）や光近接効果補正処理等（図7のステップS180）が行われた後、製品展開装置群として適用できる特性

50

を有するか否かの判定等が繰り返される。製品展開装置群として適用できる特性を有すると判定された露光装置、例えば6 d ~ 6 f が、ステップS 3 1 3 a 及びS 3 1 3 b のフォトリソグラフィ工程で使用される。

【0072】

(d) 一方、投影レンズの調整や光近接効果の補正によっても製品展開できないと判定された露光装置6 g ~ 6 n に対して、光近接効果補正マスクや、代替パターンを採用した代替マスクを作製する要望が出た場合には、適合する光近接効果補正マスクや代替マスクがそれぞれ作製される(図7のステップS 2 3 0 参照)。その後、光近接効果補正マスクや代替マスクを装着した露光装置6 d ~ 6 n に対して、製品展開装置群として適用できる特性を有するか否かが、図5 ~ 図7のフローチャートに示した手順で判定される。適用できる特性を有すると判定された露光装置、例えば露光装置6 d ~ 6 n が、ステップS 3 1 3 a 及びS 3 1 3 b のフォトリソグラフィ工程で使用される。

10

【0073】

(二)次に、ステップS 3 1 0 a におけるフロントエンド工程(基板工程)では、ステップS 3 1 1 a における酸化工程、ステップS 3 1 2 a におけるレジスト塗布工程、ステップS 3 1 3 a におけるフォトリソグラフィ工程、ステップS 3 1 4 a におけるイオン注入工程及びステップS 3 1 5 a における熱処理工程等が繰り返して実施される。ステップS 3 1 3 a においては、ステップS 2 0 0 でパターンジェネレータを用いて作製されたマスク及び、装置判定手段10 c で製品展開装置群として適用可能と判定された露光装置、例えば露光装置6 a ~ 6 f を用いて、半導体ウェハ上のフォトレジスト膜がステップ・アンド・リピート方式で露光され、パターンングされる。マスクの代わりに、代替マスクや光近接効果補正マスクを装着した露光装置6 g ~ 6 n を用いても良い。一連の工程が終了すると、ステップS 3 1 0 b へ進む。

20

【0074】

(ホ)次に、ステップS 3 1 0 b において、基板表面に対して配線処理が施されるバックエンド工程(表面配線工程)が行われる。バックエンド工程では、ステップS 3 1 1 b におけるCVD工程、ステップS 3 1 2 b におけるレジスト塗布工程、ステップS 3 1 3 b におけるフォトリソグラフィ工程、ステップS 3 1 4 b におけるエッチング工程、ステップS 3 1 5 b における金属堆積工程等が繰り返し実施される。ステップS 3 1 3 b においては、ステップS 2 0 0 でパターンジェネレータを用いて作製したマスク及び、装置判定手段10 c により製品展開装置群として適用可能と判定された露光装置6 a ~ 6 f を用いて露光され、フォトレジストからなるエッチングマスクが形成される。マスクの代わりに、光近接効果補正マスクや代替マスクを装着した露光装置6 g ~ 6 n を用いても良い。一連の工程が終了したら、ステップS 3 2 0 へ進む。

30

【0075】

(ヘ)多層配線構造が完成し、前工程が完了すれば、ステップS 3 2 0 において、ダイヤモンドブレード等のダイシング装置により、所定のチップサイズに分割される。そして、金属若しくはセラミックス等のパッケージング材料にマウントされ、チップ上の電極パッドとリードフレームのリードを金線で接続された後、樹脂封止などの所要のパッケージ組み立ての工程が実施される。

40

【0076】

(ト)ステップS 4 0 0 において、半導体装置の性能・機能に関する特性検査、リード形状・寸法状態、信頼性試験などの所定の検査を経て、半導体装置が完成される。ステップS 5 0 0 において、以上の工程をクリアした半導体装置は、水分、静電気などから保護するための包装を施され、出荷される。

【0077】

本発明の実施の形態に係る半導体装置の製造方法によれば、ステップS 3 1 3 a 及びS 3 1 3 b におけるフォトリソグラフィ工程で、迅速に製品展開可能な露光装置6 a ~ 6 n が選択可能となることにより、歩留まり低下を回避し、生産コストを低減するとともに、短時間で量産が可能となる。

50

【 0 0 7 8 】

(露光装置判定プログラム)

次に、本発明の実施の形態に係る露光装置判定プログラムの実行命令の詳細を説明する。

【 0 0 7 9 】

本発明の実施の形態に係る露光装置判定プログラムは：(イ)複数の露光装置 6 a ~ 6 n の相互の光学系誤差の情報をそれぞれ算出する命令；(ロ)光学系誤差情報記憶部 1 3 a、リソグラフィ条件記憶部 1 3 b、装置品質管理情報記憶部 1 3 l 及び C A D データ記憶部 1 4 a にそれぞれ記憶された光学系誤差の情報、リソグラフィ条件、装置品質管理情報及び C A D データ等に基づき、複数の露光装置 6 a ~ 6 n 毎に描画されるデバイスパターンをシミュレーションする命令；(ハ)シミュレーション手段 1 0 b によりシミュレーションされたデバイスパターン等に基づいて、複数の露光装置 6 a ~ 6 n のそれぞれについて、製品展開装置群として適用できる特性を有するか否かを判定する命令；(ニ)シミュレーション手段 1 0 b によりシミュレーションされたデバイスパターンに最適な露光条件を抽出する命令；(ホ)シミュレーション手段 1 0 b によりシミュレーションされたデバイスパターンのうち、危険パターンを抽出する命令；(ヘ) C A D データ記憶部 1 4 a に記憶された C A D データから、危険パターン座標値を抽出する命令；(ト)危険パターン抽出手段 1 0 e により抽出された危険パターン座標値を、測定用座標値に座標系変換する命令；(チ)座標系変換手段 1 0 g により求められた測定用座標値を、通信ネットワーク 3 を介して、通信 I / F 1 8 によって接続された測定装置 7 a へ送信する命令；(リ)測定装置 7 a が測定した描画危険パターンの形状の測定結果を、通信ネットワーク 3 を介して受信する命令；(ヌ)描画危険パターン受信手段 1 0 i が受信した描画危険パターンの形状と、危険パターン記憶部 1 3 f に記憶された危険パターンの形状とを比較し、描画危険パターンの形状が危険パターンの形状に一致しているか確認する命令；(ル)光学系誤差算出手段 1 0 a により算出された光学系誤差の情報に基づき、露光装置 6 a ~ 6 n の投影レンズの調整値をそれぞれ算出する命令；(ヲ)投影レンズ調整値算出手段 1 0 k により算出された投影レンズの調整値を、図 2 に示した通信ネットワーク 3 を介して、対応するそれぞれの露光装置 6 a , 6 b , 6 c , 6 n の光学系誤差補正機構 6 3 a , 6 3 b , 6 3 c , 6 3 n へ送信する命令；(ワ)危険パターンの形状や光近接効果補正量に基づき、光近接効果補正する命令；(カ)シミュレーション手段 1 0 b によりシミュレーションされるデバイスパターンとは形状の異なる複数の仮想デバイスパターンをシミュレーションする命令；(ヨ)仮想デバイスパターンから、危険パターンと形状が異なるが同一の機能を有するパターンを代替パターンとして抽出する命令；等から構成される。

【 0 0 8 0 】

以上のような露光装置判定プログラムは、装置判定プログラム記憶部 1 2 等のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体に記憶させることができる。この記憶媒体を図 3 に示した C P U 1 0 のようなコンピュータシステム読み込ませ、露光装置判定プログラムを実行してコンピュータを制御することにより、上述した露光装置判定システムが実現可能である。

【 0 0 8 1 】

(その他の実施の形態)

上記のように、本発明は実施の形態によって記載したが、この開示の一部をなす論述及び図面はこの発明を限定するものと理解すべきではない。この開示から当業者には様々な代替実施の形態、実施例及び判定技術が明らかとなる。

【 0 0 8 2 】

既に述べた本発明の実施の形態において、第 1 ~ 第 n の (複数の) 工場 5 a ~ 5 n を示したが、通信ネットワーク 3 に接続されている工場数は特に限定されない。また、各工場 5 a ~ 5 n に設置されている露光装置の数や配置関係は特に限定されない。また、各工場 5 a ~ 5 n に設置されている測定装置の数や配置関係は特に限定されない。

【 0 0 8 3 】

また、本発明の実施の形態において、装置判定サーバ 2 は本部 2 に設置されていたが、通

10

20

30

40

50

信ネットワーク 3 に接続されていれば設置場所は特に限定されず、例えば第 1 の工場 5 a や第 2 の工場 5 b 内等であっても構わない。

【 0 0 8 4 】

このように、本発明はここでは記載していない様々な実施の形態などを含むことは勿論である。従って、本発明の技術的範囲は上記の説明から妥当な特許請求の範囲に係る発明特定事項によってのみ定められるものである。

【 0 0 8 5 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、複数の露光装置について、製品展開装置群として適用できる特性を有しているか否かを迅速且つ容易に判定し、製品展開に適用できる露光装置を判定する露光装置判定システム、露光装置判定方法、露光装置判定プログラム及び、これらを用いた半導体装置の製造方法を提供できる。

10

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施の形態に係る露光装置判定システムの構成を示すブロック図（その 1）である。

【図 2】本発明の実施の形態に係る露光装置判定システムの構成を示すブロック図（その 2）である。

【図 3】本発明の実施の形態に係る露光装置判定システムの装置判定サーバ 2 の構成を示すブロック図である。

【図 4】本発明の実施の形態に係る露光装置判定システムの第 1 の工場の構成を示すブロック図である。

20

【図 5】本発明の実施の形態に係る露光装置判定方法を説明するためのフローチャート（その 1）である。

【図 6】本発明の実施の形態に係る露光装置判定方法を説明するためのフローチャート（その 2）である。

【図 7】本発明の実施の形態に係る露光装置判定方法を説明するためのフローチャート（その 3）である。

【図 8】投影レンズの調整例 1 に係る第 1 パターンを示す平面図である。

【図 9】投影レンズの調整例 1 に係るゼルニケ係数に対応する第 1 パターンの敏感度を示すグラフである。

30

【図 10】投影レンズの調整例 1 に係るゼルニケ係数に対応する投影レンズの調整前の波面収差を示すグラフである。

【図 11】投影レンズの調整例 1 に係るゼルニケ係数に対応する投影レンズの調整後の波面収差を示すグラフである。

【図 12】投影レンズの調整例 1 に係る投影レンズの調整前（菱形）及び調整後（四角）の露光装置で描画された第 1 パターンの左右差を示すグラフである。

【図 13】投影レンズの調整例 2 に係る第 2 パターンを示す平面図である。

【図 14】投影レンズの調整例 2 に係る投影レンズを調整前の露光装置で描画された第 2 パターンの Z 9、Z 1 2 像高（像幅）を示すグラフである。

【図 15】投影レンズの調整例 2 に係る投影レンズを調整後の露光装置で描画された第 2

40

パターンの Z 9、Z 1 2 像高（像幅）を示すグラフである。

【図 16】投影レンズの調整例 2 に係る投影レンズを調整前の露光装置で描画された縦方向パターン 2 2 a の像幅 w 3 及び横方向パターン 2 2 b の像高 h 4 の寸法（C D）を示すグラフである。

【図 17】投影レンズの調整例 2 に係る投影レンズを調整後の露光装置で描画された縦方向パターン 2 2 a の像幅 w 3 及び横方向パターン 2 2 b の像高 h 4 の寸法（C D）を示すグラフである。

【図 18】投影レンズの調整例 2 に係る、投影レンズを調整後、更に照度むらを調整後の露光装置で描画された縦方向パターン 2 2 a の像幅 w 3 及び横方向パターン 2 2 b の像高 h 4 の寸法（C D）を示すグラフである。

50

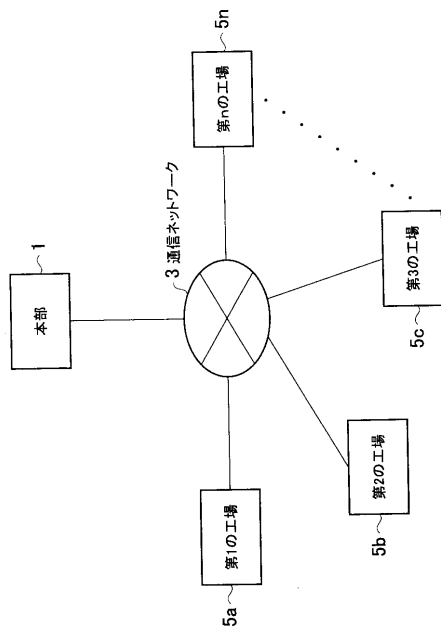
【図19】本発明の実施の形態に係る半導体装置の製造工程を説明するためのフローチャートである。

【符号の説明】

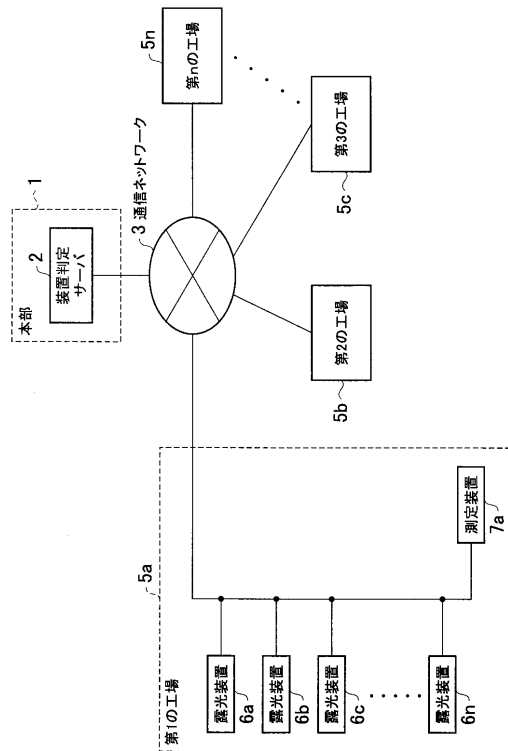
1	本部	
2	装置判定サーバ	
3	通信ネットワーク	
5 a ~ 5 n	(第1 ~ 第nの)工場	
6 a ~ 6 n	露光装置	
7 a	測定装置	
10	中央処理制御装置(CPU)	10
10 a	光学系誤差算出手段	
10 b	シミュレーション手段	
10 c	装置判定手段	
10 d	露光条件抽出手段	
10 e	危険パターン抽出手段	
10 f	座標値抽出手段	
10 g	座標系変換手段	
10 h	座標値送信手段	
10 i	描画危険パターン受信手段	
10 j	描画危険パターン確認手段	20
10 k	投影レンズ調整値算出手段	
10 l	投影レンズ調整値送信手段	
10 m	光近接効果補正手段	
10 n	デバイスパターン仮想手段	
10 o	代替パターン抽出手段	
12	装置判定プログラム記憶部	
13	装置管理データベース	
13 a	光学系誤差情報記憶部	
13 b	リソグラフィ条件記憶部	
13 c	光近接効果特性情報記憶部	30
13 d	デバイスパターン記憶部	
13 e	最適露光条件記憶部	
13 f	危険パターン記憶部	
13 g	座標値記憶部	
13 h	測定用座標値記憶部	
13 i	投影レンズ調整値記憶部	
13 j	光近接効果補正量記憶部	
13 k	仮想デバイスパターン記憶部	
13 l	装置品質管理情報記憶部	
14	マスク設計情報データベース	40
14 a	CADデータ記憶部	
15	入力装置	
16	出力装置	
17	一時記憶装置	
18	通信インターフェース(通信I/F)	
21	第1パターン	
21 L	第1パターン(左側)	
21 R	第1パターン(右側)	
22 a	第2パターン(縦方向)	
22 b	第2パターン(横方向)	50

- 6 1 a ~ 6 1 n 通信インターフェース (通信 I / F)
- 6 2 a ~ 6 2 n 送受信手段
- 6 3 a ~ 6 3 n 光学系誤差補正機構
- 6 4 a ~ 6 4 n 露光部
- 7 1 通信インターフェース (通信 I / F)
- 7 2 送受信手段
- 7 3 測定部
- w 1 ~ w 4 像幅
- h 1 ~ h 4 像高
- r スペース幅
- d 1、d 2 左右差 (左右差の最大値)
- d 3 ~ d 5 寸法差 (寸法差の最大値)

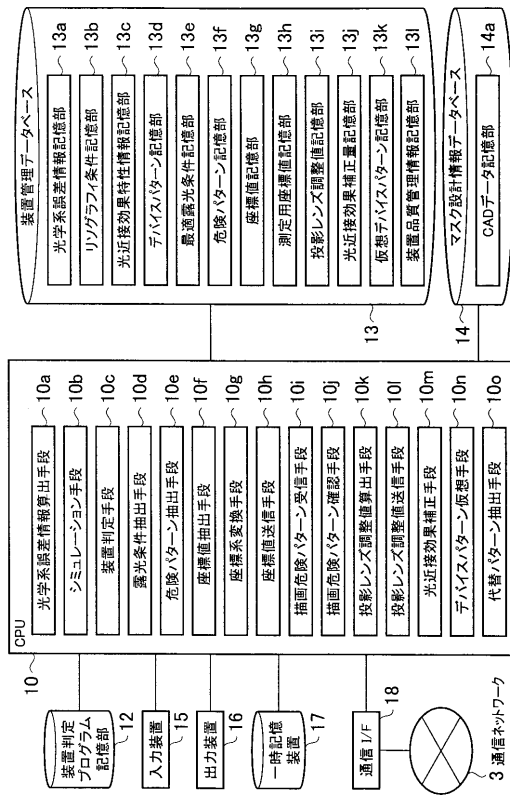
【 図 1 】



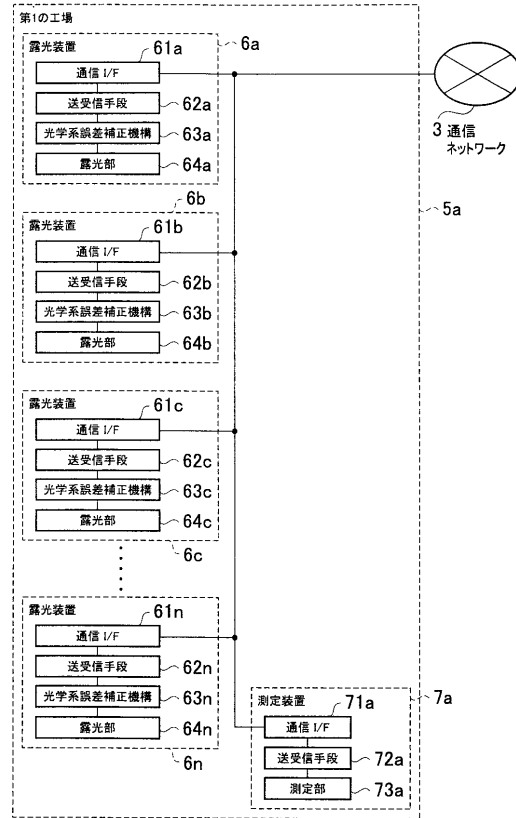
【 図 2 】



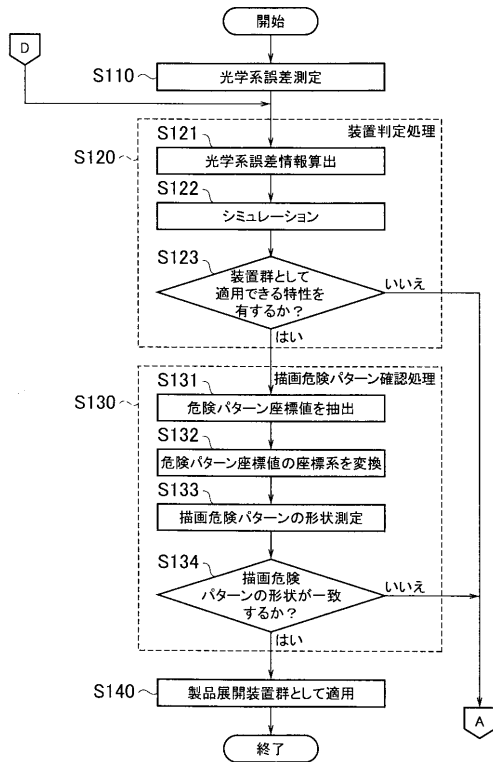
【図3】



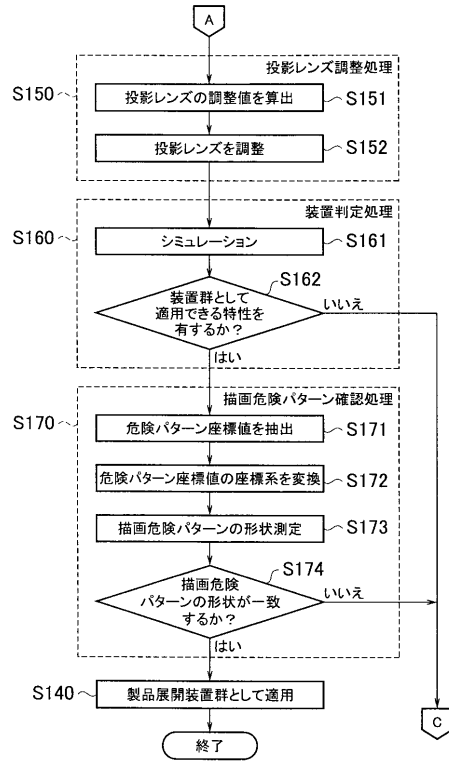
【図4】



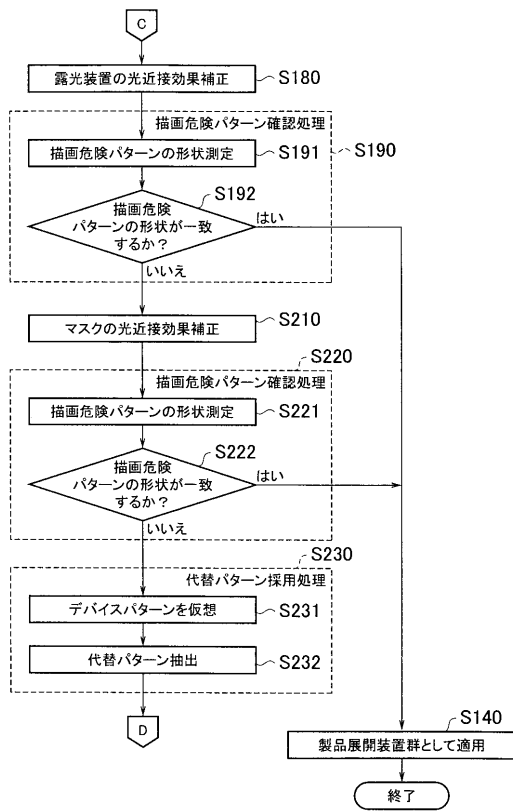
【図5】



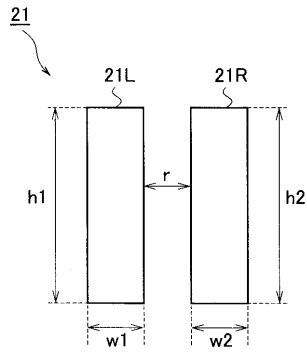
【図6】



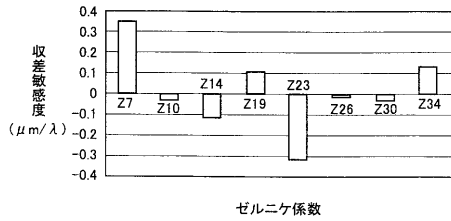
【 図 7 】



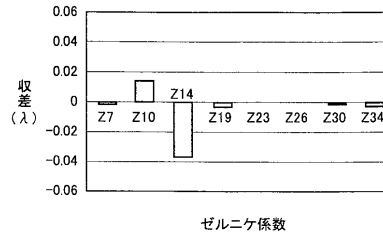
【 図 8 】



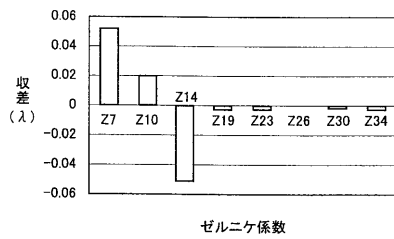
【 図 9 】



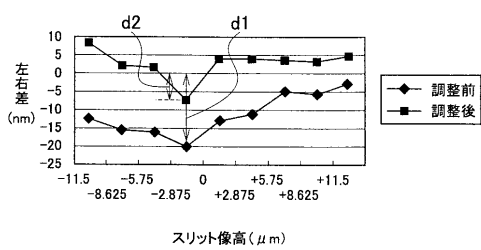
【 図 11 】



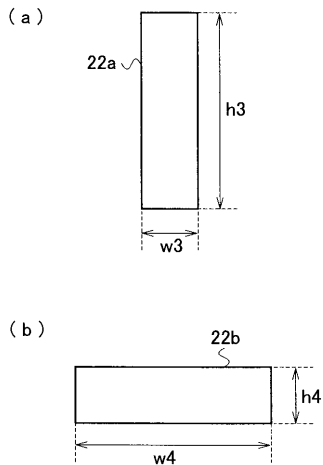
【 図 10 】



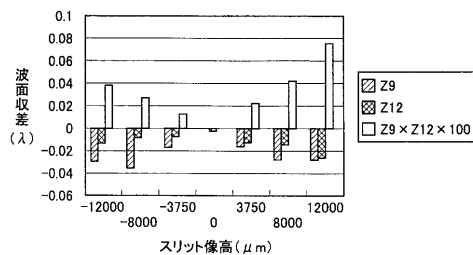
【 図 12 】



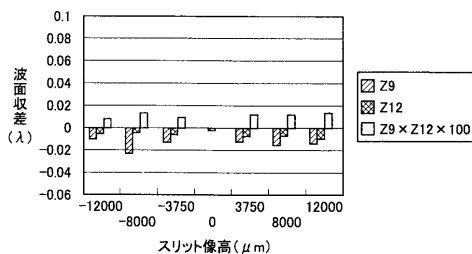
【図13】



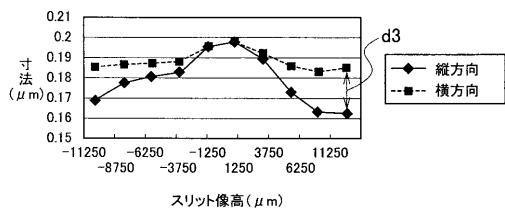
【図14】



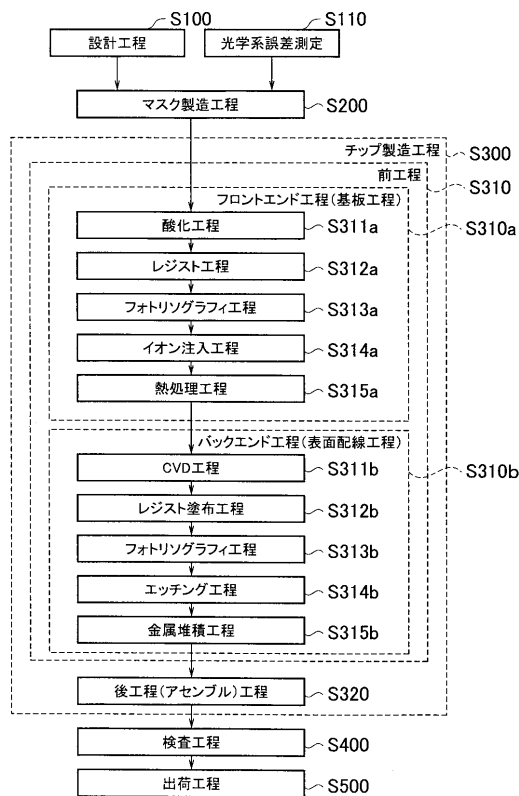
【図15】



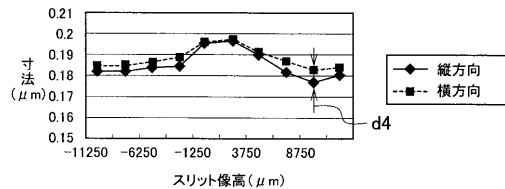
【図16】



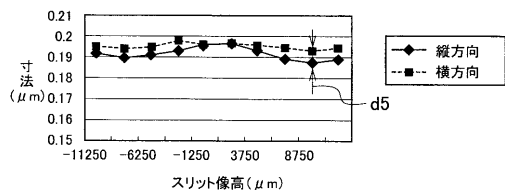
【図19】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

(74)代理人 100098327

弁理士 高松 俊雄

(72)発明者 河野 拓也

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝 横浜事業所内

(72)発明者 東木 達彦

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝 横浜事業所内

(72)発明者 野嶋 茂樹

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝 横浜事業所内

審査官 岩本 勉

(56)参考文献 特開2002-132986(JP,A)

特開平08-334888(JP,A)

特開平06-005488(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

H01L 21/027

G03F 7/20