

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6509225号
(P6509225)

(45) 発行日 令和1年5月8日 (2019. 5. 8)

(24) 登録日 平成31年4月12日 (2019. 4. 12)

(51) Int. Cl.

F I

HO 1 L 21/00 (2006. 01)

HO 1 L 21/3065 (2006. 01)

HO 1 L 21/205 (2006. 01)

HO 1 L 21/00

HO 1 L 21/302 I O I G

HO 1 L 21/205

請求項の数 11 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2016-538764 (P2016-538764)	(73) 特許権者	500049141
(86) (22) 出願日	平成26年12月10日 (2014. 12. 10)		ケーエルエーテンカー コーポレイショ ン
(65) 公表番号	特表2017-508273 (P2017-508273A)		アメリカ合衆国、9 5 0 3 5、カリフォル ニア州、ミルピタス、ワン テクノロジイ ドライブ
(43) 公表日	平成29年3月23日 (2017. 3. 23)		
(86) 国際出願番号	PCT/US2014/069617	(74) 代理人	110001210
(87) 国際公開番号	W02015/089231		特許業務法人 Y K I 国際特許事務所
(87) 国際公開日	平成27年6月18日 (2015. 6. 18)	(72) 発明者	アデル マイケル イー
審査請求日	平成29年12月6日 (2017. 12. 6)		イスラエル ヤアコブ ジフロン イーガ ル アロン ストリート 1 4
(31) 優先権主張番号	61/914, 950	(72) 発明者	アミール ヌリエル
(32) 優先日	平成25年12月11日 (2013. 12. 11)		イスラエル セント ヨクネアム ヤーデ ン ストリート 3 4
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 要件に対するターゲット及びプロセス感度の分析

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ターゲットを分析するためのシステムであって、
前記ターゲット、ターゲット計測条件、及び半導体製造プロセスの結果として得られる
ウェハ上の膜のスタック及び形状のトポグラフィ及びこれらの公差を含む、製造プロセス
に係る複数のパラメータを受け取ってターゲットデータを生成するように構成された
入力モジュールと、

シミュレーションを行うための計測シミュレーションユニットであって、前記ターゲッ
トデータから前記ターゲットの計測測定をシミュレーションし、前記シミュレーションさ
れた計測測定を定量化する複数の計量を生成するように構成された計測シミュレーション
ユニットと、

前記計量の前記パラメータに対する関数依存性を導出し、前記導出された関数依存性
に対する前記パラメータの要求される不確かさを規定するように構成された感度分析モジ
ュールであり、前記シミュレーションで使用されているパラメータのうちのウェハ上の膜の
スタック及び形状のトポグラフィが実際のウェハ上の膜のスタック及び形状のトポグラフィ
の正確な表現であることを検証する検証処理を含み、前記検証処理が、その変動が前記
計量に最大の影響を与える膜のスタック及びトポグラフィのパラメータを特定する処理を
含む、感度分析モジュールと、

ターゲット最適化を行うためのターゲット最適化モジュールであって、前記ターゲット
及び前記ターゲット計測条件の少なくとも一つを、前記感度分析モジュールにより得られ

10

20

た前記計量の感度の大きさに応じてランク付けするように構成されたターゲット最適化モジュールと、
を備えるシステム。

【請求項 2】

前記感度分析モジュールがさらに、ターゲット最適化に先立って感度が低いプロセス変動パラメータを除去して、前記シミュレーションプロセスを強化するように構成されている、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記感度分析モジュールがさらに、計測パフォーマンスに対するプロセス変動のインパクトについての定量的データを提供するように構成されている、請求項 1 に記載のシステム。

10

【請求項 4】

前記感度分析モジュールがさらに、観測された計測計量を特定のプロセスパラメータの変動と関連させるように構成されている、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 5】

ターゲットを分析するための方法であって、

前記ターゲット、ターゲット計測条件、及び半導体製造プロセスの結果として得られるウェハ上の膜のスタック及び形状のトポグラフィ及びこれらの公差を含む、製造プロセスに関係する複数のパラメータについて前記ターゲットの計測測定をシミュレーションするステップと、

20

前記シミュレーションされた計測測定を定量化するための複数の計量を生成するステップと、

前記生成された計量の前記パラメータに対する関数依存性を導出し、前記導出された関数依存性に対する前記パラメータの要求される不確かさを規定するステップであり、前記シミュレーションで使用されているパラメータのうちのウェハ上の膜のスタック及び形状のトポグラフィが実際のウェハ上の膜のスタック及び形状のトポグラフィの正確な表現であることを検証する検証処理を含み、前記検証処理が、その変動が前記計量に最大の影響を与える膜のスタック及びトポグラフィのパラメータを特定する感度分析処理を含む、ステップと、

30

を包含し、

前記シミュレーション、前記生成、及び前記導出の少なくとも一つが、少なくとも一つのコンピュータプロセッサによって実行される方法。

【請求項 6】

前記ターゲット及び前記ターゲット計測条件の少なくとも一つを、前記感度分析処理で得られた前記計量の感度の大きさに応じてランク付けするステップをさらに包含する、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記ランク付けステップに先立って、感度が低いプロセス変動パラメータを除去して、前記シミュレーションステップを強化するステップをさらに包含する、請求項 6 に記載の方法。

40

【請求項 8】

計測パフォーマンスに対するプロセス変動のインパクトについての定量的データを提供するステップをさらに包含する、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 9】

観測された計測計量を特定のプロセスパラメータの変動と関連させるステップをさらに包含する、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 10】

ターゲットを分析するための、コンピュータを用いた装置であって、

複数のコンピュータ読み取り可能な命令を記憶するように構成された記憶素子と、

前記複数のコンピュータ読み取り可能な命令を実行するように構成されたプロセッサで

50

あって、

前記ターゲット、ターゲット計測条件、及び半導体製造プロセスの結果として得られるウェハ上の膜のスタック及び形状のトポグラフィ及びこれらの公差を含む、製造プロセスに係る複数のパラメータについてのターゲットの計測測定をシミュレーションし、

前記シミュレーションされた計測測定を定量化する複数の計量を生成し、

前記生成された計量の前記パラメータに対する関数依存性を導出し、前記導出された関数依存性に対する前記パラメータの要求される不確かさを規定するプロセッサであり、前記シミュレーションで使用されているパラメータのうちのウェハ上の膜のスタック及び形状のトポグラフィが実際のウェハ上の膜のスタック及び形状のトポグラフィの正確な表現であることを検証する検証処理を含み、前記検証処理が、その変動が前記計量に最大の影響を与える膜のスタック及びトポグラフィのパラメータを特定する感度分析処理を含む、プロセッサと、
を備える装置。

10

【請求項 11】

前記プロセッサがさらに、前記ターゲット及び前記ターゲット計測条件の少なくとも一つを、前記感度分析処理で得られた前記計量の感度の大きさに応じてランク付けするように構成されている、請求項 10 に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

関連出願への相互参照

本出願は、2013年12月11日付けで出願された米国予備特許出願第61/914,950号の優先権を主張し、その出願は、その全体が参照によってここに援用される。

【0002】

本発明は計測の分野に関し、より具体的には、ターゲット、プロセス、及び測定パラメータに対する計測測定の感度分析に関する。

【背景技術】

【0003】

計測には多数のパラメータが関与しており、これらは、ターゲット、ターゲット計測条件、及び製造パラメータに係る。ターゲット設計、製造プロセス、及び計測測定は、これらのパラメータに対して度合いが可変する感度を示し、このことが、パラメータ設定を効率的に評価することを困難にし、計測偏位の根本原因の分析を難しくする。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】米国特許出願公開第 2003 / 0187604 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明では、外部要件又は内部展開及び検証の必要性に従って、ターゲットの幾何学的配置、及び広範囲のパラメータに対する計測構成の感度を分析するためのシステム及び方法が提供される。

40

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明のある局面は、ターゲット、ターゲット計測条件、及び製造プロセスに関する複数のパラメータを受け取ってターゲットデータを生成するように構成された入力モジュールと、ターゲットデータからターゲットの計測測定をシミュレーションし、シミュレーションされたターゲット測定を定量化する複数の計量を生成するように構成された計測シミュレーションユニットと、計量のパラメータへの関数依存性を導出し、導出された関数依存性に関するパラメータの要求される不確かさを規定するように構成された感度分析モジ

50

ルールと、ターゲット及びターゲット計測条件の少なくとも一つをシミュレーションされたターゲット測定に関してランク付けするように構成されたターゲット最適化モジュールと、を備えるシステムを提供する。

【 0 0 0 7 】

本発明のこれらの、追加の、及び／又は、その他の局面及び／又は効果は以下の詳細な記述に提示されるが、それらは、恐らく詳細な記述から推察可能であり、及び／又は、本発明の実行によって学ぶことが可能である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 8 】

本発明の実施形態のより良い理解のために、且つそれがどのようにして有効になり得るのかを示すために、純粋に例示のために、添付の図面が参照される。これらの図面では、同様の参照番号は、全体を通して対応する要素又は部分を示す。

10

【 0 0 0 9 】

【図 1】本発明のいくつかの実施形態にしたがったシステムとシステムにおける情報生成及び流れの高レベルな模式的概観ブロック図である。

【図 2】本発明のいくつかの実施形態にしたがったシステムとシステムにおける情報生成及び流れの高レベルな模式的概観ブロック図である。

【図 3】本発明のいくつかの実施形態にしたがったターゲット及び測定の特徴に関する計量に対する非制約的な描写である。

【図 4】本発明のいくつかの実施形態にしたがったターゲット及び測定の特徴に関する計量及びそれらの表現に対する非制約的な描写である。

20

【図 5】本発明のいくつかの実施形態にしたがったランク付けの例を模式的に示す図である。

【図 6】本発明のいくつかの実施形態にしたがった方法を描写する高レベルの模式的な流れ図である。

【図 6 - 1】本発明のいくつかの実施形態にしたがった方法を描写する高レベルの模式的な流れ図である。

【図 7】本発明のいくつかの実施形態にしたがったシステムの高レベルの模式的なブロック図である。

【図 8】本発明のいくつかの実施形態にしたがった異なるプロセス変動パラメータに対する計測計量の異なる感度を例示する図である。

30

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 0 】

関連技術の背景を提示する前に、以下で使用されるいくつかの用語の定義を提示することが役に立ち得る。

【 0 0 1 1 】

本願においてここに使用される「計量 (metric)」という用語は、生の測定データそれ自身 (自己同一性計量 ; an identity metric)、一つ又はそれ以上の測定タイプに関する導出された量、測定の組み合わせ又は相互作用に関する量、並びに、一つ又はそれ以上の他の計量及び恐らくは一つ又はそれ以上の測定タイプから導出された「メタ計量」のような、所与の測定に関係した任意の量として規定される。

40

【 0 0 1 2 】

ここで特に図面を詳細に参照すると、示されている個々の内容が、例として、且つ本発明の好適な実施形態の描写的な議論の目的のためのみのものであって、本発明の原理及び概念的な局面の最も役に立ち且つ容易に理解される記述であると信じられるものを提供するために提示されていることが、強調される。この点に関して、本発明の構造的な詳細を、本発明の基本的な理解のために必要なもの以上に詳細に示そうとすることは試みられておらず、図面とともに参照される記述は、本発明のいくつかの様式が実用上はどのように具現化され得るかを、当業者に明らかにする。

【 0 0 1 3 】

50

本発明の少なくとも一つの実施形態が詳細に説明される前に、本発明が、その適用に当たって、以下の記述に提示された又は図面に描写された構成要素の構成及び配置の詳細に限られないことが理解されるべきである。本発明は他の実施形態に適用可能であり、あるいは、様々な方法で実用化されるか又は実行される。また、ここで使用されている言い回し及び用語が記述を目的としたものであり、限定するものと取られるべきではないことが、理解されるべきである。

【0014】

計測シミュレーションはしばしば、計測エンジニアが、計測事象のパフォーマンスを予測し且つそのようなパフォーマンスの複数の入力パラメータへの依存性を評価することを可能にするために使用される。計測パフォーマンスに効果をもたらす入力パラメータの例は、ターゲット幾何学的配置パラメータ、計測システム構成、並びに半導体製造プロセスの結果として得られるウエハ上の膜のスタック及び形状のトポグラフィ（及びそれらの公差）を含む。引き続き記述においては、「プロセスパラメータ」という用語は、特に前述の膜のスタック及び形状のトポグラフィ並びにそれらの公差に関係している。

【0015】

外部要件又は内部展開及び検証の必要性に従って、ターゲットの幾何学的配置（ジオメトリ）、及び広範囲のパラメータに対する計測構成の感度を分析するためのシステム及び方法が提供される。システムは、以下の要素を備える。

【0016】

入力モジュールは、ターゲット、ターゲット計測条件、並びに製造パラメータ及び公差に関係する入力パラメータを受け取って、ターゲットデータを生成するように構成されている。これに関して、「スタック及びトポグラフィの検証」は、シミュレーションで使用されているプロセスパラメータが実際のウエハのスタック及びトポグラフィの正確な表現であることを検証する手順に関してしている。

【0017】

計測シミュレーションユニットは、入力パラメータからターゲットの計測測定をシミュレーションし、生のシミュレーションされた測定データと、シミュレーションされたターゲット測定の計測パフォーマンスを定量化する複数の導出された計量と、を生成するように構成されている。

【0018】

感度分析モジュールは、生のシミュレーションされた測定データ又は導出された計量の入力パラメータに対する関数依存性を導出し、（不確かさ又は非制御変動のいずれかによる）プロセスパラメータの要求される公差を規定するように構成されている。感度分析モジュールはまた、(i)スタック及びトポグラフィ検証が、小さなプロセスパラメータの変動が一つ又はそれ以上の計測計量に大きな変動を生じさせる結果になるものを特定することによって、最大の影響を与えるスタック及びトポグラフィパラメータにフォーカスすることを可能にする、(ii)計算的にコンパクトなシミュレーションを作り出すために、計測計量に対して与えるインパクトが逆に少ないプロセス変動パラメータを、引き続きターゲット最適化手順から除去することを可能にする、(iii)計測に対するインパクトを継続して低減するために、プロセスパラメータ変動の計測パフォーマンスへのインパクトを定量的に分析して、製造プロセスの改変における決定をサポートすることを可能にする、(iv)以前のプロセスステップからのフィードフォワード計測データがあるか又は無い状態で、計測計量とプロセスパラメータ変動との間の相関を確立することによって、計測偏位の根本原因の分析を可能にする、及び、(v)シミュレーションと測定とのマッチングの予期されたクオリティの指標を提供することを可能にする。

【0019】

最後に、ターゲット最適化モジュールは、ターゲット及びターゲット計測条件を、シミュレーションされたターゲット測定計量に関してランク付けするように構成され得る。結果として、広範囲のプロセスパラメータに対するシミュレーションされた生の測定データ又は導出された計量の複数の感度応答がオーバーレイされて且つ同時に比較されることが

10

20

30

40

50

できて、効果的な分析及び設計プラットフォームを提供する。

【 0 0 2 0 】

図 1 及び図 2 は、本発明のいくつかの実施形態にしたがったシステム 1 0 0、並びにシステム 1 0 0 における情報生成及び流れの高レベルな模式的概観ブロック図である。システム 1 0 0 は、入力モジュール 1 1 0、計測シミュレーションユニット 1 2 0、感度分析モジュール 1 3 0、及びターゲット最適化モジュール 1 4 0 を備え得る。システム 1 0 0 は、ターゲット、計測センサ構成、並びにプロセスパラメータ及びパラメータ感度を、所与の要件、製造条件及び計測仕様に従って分析するように構成されている。

【 0 0 2 1 】

入力モジュール 1 1 0 は、例えばウエハ製造者 9 0 から又はターゲット設計者 9 0 から、ターゲット（ターゲットパラメータ 9 4）、計測条件 9 6 に、及びオプションとして製造プロセス（プロセスパラメータ 9 8）に関係する複数のパラメータを受け取って、ターゲット設計データ及び計測センサ配置の推奨 1 1 9 を、そこから生成するように構成されている。ターゲット、計測及びプロセスパラメータ 9 4、9 6、9 8 に対する非制約的な例は、以下に提供される。プロセスパラメータ 9 8 は、ターゲットレジストプロファイル、スタック及びレジスト特性（例えば、材料、パーの幅のような重要な寸法、側壁の角度、側壁の角度の非対称性、トポグラフィ、堆積、エッチング又はポリッシングに関連したトポグラフィ、及びその非対称性）、並びにさらなる処理特性、プロセス窓パラメータ、リソグラフィ照射及びイメージング収差のタイプ及び分布を含み得る。ターゲットパラメータ 9 4 は、ターゲット層の任意のものに関して及び非制約的な例として、格子ピッチ、層の間のオフセット、重要な寸法（C P）、セグメンテーション、直交又は平行、化学的機械的研磨アシストの特徴、解像度以下の（又は分解された）アシスト特徴、及びダミー化特徴のようなターゲットの幾何学的配置のパラメータを含み得る。計測条件 9 6 は、非制約的な例として、照射パラメータ、例えば波長、帯域幅、偏光角度、空間的及び / 又は時間的コヒーレンス、入射角、開口数、照射瞳の構成、ピーク又は平均パワー、フルエンス、及び形状的な光学配置及び光学的情報のような他のパラメータ、計測のタイプ（例えば、散乱計測（スカッタロメトリ）又はイメージング）などを含み得る。

【 0 0 2 2 】

入力モジュール 1 1 0 はさらに、ターゲット層に、例えば以前の層及び現在の層に関係しているプロセスシミュレーション結果及び / 又はプロセスデータを受け取り且つ提供するように構成され得る。ターゲットに及び製造プロセスに関するシミュレーション及びプロセスデータの任意の組み合わせが、入力モジュール 1 1 0 によって計測シミュレーションユニット 1 2 0 に提供され得る。データは、ターゲット又はウエハ上の任意の他の構造の物理的及び光学的パラメータ、並びにウエハに対するシミュレーションされたプロセス及びターゲットパラメータ並びにそれらの変動可能性を備え得る。

【 0 0 2 3 】

計測シミュレーションユニット 1 2 0 は、ターゲットデータ 1 1 9 からターゲットの計測測定をシミュレーションし、且つ複数の計測計量 1 2 4 を生成し、及び恐らくはシミュレーションされたターゲットの生の測定又は導出された計測計量を定量化するプロセス計量 1 2 6 を生成するように構成されている。ある実施形態では、計測シミュレーションユニット 1 2 0 は、入力モジュール 1 1 0 によって提供されたデータに対して光学的シミュレーションを適用することによって、シミュレーションされたターゲット構造とシミュレーションされたターゲットの計測結果とに関するデータを生成するように構成されている。ある実施形態では、計測計量モジュール 1 2 3 が、計測シミュレーションユニット 1 2 0 の一部であるか又はそれに関連付けられ得て、計測シミュレーションユニット 1 2 0 によって生成された生のシミュレーションデータから計量 1 2 4、1 2 6 を計算するように構成され得る。計測計量モジュール 1 2 3（又は計測シミュレーションユニット 1 2 0）は、以下に図 8 に例示されているように、プロセスパラメータ公差 1 2 9 を感度分析モジュールに提供し得る。光学的シミュレーションは、様々な計測パラメータ及び測定プロセスに関係している。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 4 】

計測シミュレーションユニット 1 2 0 は、複数の計測計量 1 2 4 を計算するように構成され得る。ある実施形態では、ウエハ製造者 9 0 が、少なくともいくつかの計量 1 2 4 又はプロセス計量 1 2 6 の同一性、並びにパフォーマンス制約 1 2 7 及び計量 1 2 4、1 2 6 に関する公差範囲及び閾値を規定し得る。

【 0 0 2 5 】

計量に対する非制約的な例は、ターゲットの異なる形状（例えば、異なる要素、異なる層）を参照した様々な対称性のクオリティのメリット、要素及び層の傾き及び形態のような幾何学的配置のメリット、寸法的なメリット（例えば構造上で重要な寸法 C D）、要素と層との間の構造的な関係を定量化する相関メリット、及び、例えば堆積又はエッチングステップに関係するプロセス効率メリットを包含する。異なる計量は、さらなる計量を規定するために比較又は組み合され得て、且つ、計量は、さらなる計量を生み出すために様々なデータと比較又は組み合され得て、例えば、プロセス窓の計量の装置プロセス計量との比較（例えばユーザインターフェースにおける視覚的な比較）は、付加的な計量として使用され得る。さらなる計測パフォーマンス計量 1 2 4 は、ターゲット回折効率、計測の正確さ（公称の幾何学的配置の計測結果とシミュレーションされた計測結果との間の差として規定される）、又は、フーリエ分析又は計測信号の分解から導出されるクオリティのメリットのような計量の正確さのフラグ又は導出された瞳分布関数を、包含し得る。追加の計測パフォーマンス計量 1 2 4 は、生の又は導出された計測信号のオーバーレイ変動に対する精度、コントラスト又は感度を包含し得る。

【 0 0 2 6 】

ある実施形態では、システム 1 0 0 は、様々なターゲットテンプレートセット 9 5 のような要件 9 7 を備え得る。入力モジュール 1 1 0 は、これらの入力を受け取って、各々のワークブックを生成するように構成され得る。ワークブックから、例えば、入力されたターゲットの各々 ± 1 次又は高次の反射率を記述するターゲット特徴付けファイル 1 1 5。これらのデータは、引き続く計算ステップで、例えばシミュレータ 1 2 0 におけるオーバーレイ計算モジュールによって使用され得て、入力されたターゲットのオーバーレイ及び入力されたプロセスパラメータへのそれらの依存性及びそれらの公差をシミュレーションする。感度分析モジュール 1 3 0 及びターゲット最適化モジュール 1 4 0 は、計測計量 1 2 4、プロセス計量 1 2 6 を導出且つ処理し得て、ターゲット設計、製造プロセス、及び計測測定 of 最適化を可能にするターゲット、ツール設定、及び各々のスコアを生み出し得る。

【 0 0 2 7 】

ある実施形態では、感度分析モジュール 1 3 0 は、ターゲット最適化に先立ってスタック及びトポグラフィ検証がターゲット計量に最大の影響を与えるプロセスパラメータにフォーカスすることを可能にするように構成され得る。ある実施形態では、感度分析モジュール 1 3 0 は、ターゲット最適化に先立って感度の悪いプロセス変動パラメータを排除し、これにより、より計算的にコンパクトなシミュレーションプロセスを提供するように構成され得る。

【 0 0 2 8 】

ある実施形態では、感度分析モジュール 1 3 0 は、計測に対するインパクトを低減するために、計測パフォーマンスに対するプロセス変動のインパクトに関する定量的データを提供して、製造プロセスの改変についての決定をサポートするように構成され得る。ある実施形態では、感度分析モジュール 1 3 0 は、引き続く計測ステップの間に計測偏位を予期するために、計測データのフィードフォワードと共に使用されるように構成され得る。このときのデータは、例えば、以前のプロセスステップからの層からの膜、重要な寸法、応力、形状、又は n & k データであるが、これらに限られるものではない。さらに、そのようなフィードフォワードされたデータの利用可能性（又はその不在）が与えられると、感度分析モジュール 1 3 0 は、観測された計測計量を特定のプロセスパラメータの変動と相関させることによって、引き続く計測偏位の根本原因分析を可能にするように構成され

得る。ある実施形態では、感度分析モジュール 130 は、シミュレーションと測定とのマッチングの予期されるクオリティのインジケータを提供するように構成され得る。

【0029】

ある実施形態では、ターゲットコンデンタは任意のフォーマット（例えば GDSII（グラフィックデータベースシステムII）フォーマット）で入力され得て、ターゲットプロファイルを導出するために使用され得る。ターゲットプロファイルは、スキャナ収差及びパターン配置誤差（PPEs）、照射プロセス窓（例えば焦点深度 DOF 及びエネルギー強度 EL）、及びその他、例えばプロセス窓パラメータに関連する厚さのようなプロセス関連データと共に使用され、様々なプロセス条件下のターゲットを比較する。そのような比較は、初期忠実度シミュレーションとして適用され得る。ある実施形態では、レチクルレイアウトのための計測ターゲット構造設計の生成に係る計測要素が米国特許第 7,925,486 号から組み込まれ得る。この特許は、その全体が参照によってここに援用される。

10

【0030】

ある実施形態では、シミュレータ 120 は、ターゲットをシミュレーションするために以下のパラメータ、すなわち計測照射ビームのアポディゼーション、瞳の校正、照射タイプ及びパターン、ノイズモデル、マスクのタイプ及びパラメータ、偏光、スペクトル特性などのうちの任意のものを使用し得る。シミュレータ 120 は、オーバーレイ、精度計量、回折効率などを計算するように構成され得る。

【0031】

図 3 は、本発明のいくつかの実施形態に従ったターゲット及び測定の特徴に関する計量に対する非制約的な描写を提示する。左上の例 124 は、現実的なプロセス変動に対する精度の感受性を推定するために使用され得るプロセスロバストネス計量の一例を描いている。カスタマ又はターゲット設計者 90 は、プロセス変動パラメータ及びプロセス変動範囲を設定し、且つ関心のあるクオリティ、例えば $g(|\sigma_l, \sigma_u|) = \max\{\sigma_l, \sigma_u\} / \sigma_{nom}$ のような精度劣化のレベルを規定し得る。ここで、 g が計量、 σ_l 、 σ_u はそれぞれ下方及び上方ターゲット要素に対する標準偏差、 σ_{nom} は図 3 に示されるような公称ターゲットに対する標準偏差である。

20

【0032】

左下の例 124 は、0 次及び 1 次の瞳平面イメージに対する回折効率（DE）計量 124 の一例を描いている。DE 計量 124 は、0 次イメージ、±1 次イメージの各々で伝搬する全ての光線に対する合計又は平均として計算され得る。DE 計量 124 は、特に小さいターゲットに対して、低い回折効率が正確さのリスクを高めるというように、正確さのリスクを示すために使用され得る。DE 計量 124 は、照射、光学系、及びマスクのタイプ及び形態、並びにターゲット設計及びプロセスパラメータのような多数の様々なパラメータ 94、96、98 に関して、導出され得る。パフォーマンス制約条件 127 は、例えばウエハ製造者又はターゲット設計者 90 によって、これらの効果を定量化するために設定される測定条件に基づいて設定され得る。

30

【0033】

図 3 の右側の描写は、FinFET 構造のような構造の製造においてプロセス特徴から生じる不規則性を描いている。右上の例はくぼみの効果を描いており、層の間の不規則な境界の結果として生じる（矢印参照）。一方、右下の例は、FinFET 構造それ自身及びそれらの上層との境界における不規則性を描いている（矢印参照）。これらの効果は、計測計量 124 及びプロセス計量 126 として定量化され得て、パフォーマンス制約条件 127 がそれらに基づいて設定され得る。

40

【0034】

精度計量 124 に対する例は、ノイズモデルを使用してノイズの多いイメージを生成して、関心のあるクオリティを例えばオーバーレイの 3σ であると規定し、仕様（spec）の近辺で高感度を示す計量、例えば $f(\sigma) = 0.5 + \arctan(10 \cdot (3\sigma - \text{spec}) / (a \cdot \text{spec})) / \pi$ を非制約的な例として計算（ a はチューニングパラメータ）して高感度（表現 132 では約 0.5 の急な傾き）を生み出すことによる適応ノイズ低減アルゴリズム（ANRA）の推定を

50

包含する。同様の計量は、様々なパラメータに対して計算され得る。

【 0 0 3 5 】

正確さの計量 1 2 4 に対する例は、ターゲット要素の寸法及び幾何学的配置パラメータのような正確さを阻害するターゲット変動によるオーバーレイ誤差の推定。カスタマ又はターゲット設計者 9 0 は、正確さパラメータ、及び正確さパラメータに対する妥当な変動範囲、並びに、正確さの閾値（許容されるオーバーレイの不正確さ）を設定して、関心のあるクオリティ、例えば、公称の（正確な）ターゲットに対する測定された又はシミュレーションされたオーバーレイに対する所与の変動の下でのオーバーレイ値のスパンを規定し得る。

【 0 0 3 6 】

感度分析モジュール 1 3 0 は、計測シミュレーションユニット 1 2 0 から、データ及び / 又は計測計量 1 2 4、及びプロセス計量 1 2 6 を受け取るように構成される。感度分析モジュール 1 3 0 はさらに、パラメータ 9 4、9 6、9 8 に対する計測及びプロセス計量 1 2 4、1 2 6 の関数依存性（1 3 1）を導出し、且つ導出された関数依存性（1 3 1）に関するパラメータの要求される不確かさ（1 4 9）を規定するように、構成される。ある実施形態では、感度分析モジュール 1 3 0 は、計測及びプロセス計量 1 2 4、1 2 6 のいくつか又は全てを導出し、及び / 又は付加的な計量をそれらから計算するように、構成され得る。

【 0 0 3 7 】

計測計量 1 2 4 はさらに、非制約的な例として、プロセスのロバストネス、精度感度、回折効率、正確さ、精度、リソグラフィパフォーマンス、アルゴリズム上の不正確さを包含し得る。ある実施形態では、計測計量 1 2 4 はツール設定のロバストネス計量を包含し得て、このツール設定は、例えば、偏光、波長、及びアポタイザの設定を包含する。同じ幾何学的配置を共有するが異なるツール設定構造を有して対になっている幾何学的配置及びツール設定の設定は、システム 1 0 0 及びそれぞれの方法を使用して比較され得る。示唆された計量は、異なる設定で測定され得るターゲットに対するランキングを拡張し得る。プロセス計量は、非制約的な例として、印刷可能性、配置誤差、及び対称性を包含し得る。計測及びプロセス計量 1 2 4、1 2 6 は、絶対測定（例えば、ナノメータ、角度の度）で、及び / 又は、相対測定で（例えば 0 ~ 1 のスケール上で）、表現され得る。

【 0 0 3 8 】

計量 1 2 4、1 2 6 は、仕様の要件に従って設定される共通のスケール上で比較又は表現され得る。特定のパラメータ 9 4、9 6、9 8 及びパラメータに対する感度がそれから、全ての計量を一緒に考慮して分析され得て、且つ、総括が維持されながら異なる考慮がバランスされ得る。

【 0 0 3 9 】

感度分析モジュール 1 3 0 はさらに、計測及びプロセス計量 1 2 4、1 2 6 のパラメータ 9 4、9 6、9 8 への依存性に関係するデータ及び / 又は表現 1 3 2 を生成するように構成され得る。感度分析モジュール 1 3 0 は、表現 1 3 2 に非制約的な方法で描かれているように、計測及びプロセス計量 1 2 4、1 2 6 のパラメータ 9 4、9 6、9 8 への関数依存性を導出し、（例えばウエハ製造者 9 0 から）受け取った要件を導出された関数依存性に関して表現するように、構成され得る。

【 0 0 4 0 】

図 4 は、本発明のいくつかの実施形態に従ったターゲット及び測定特徴に関する計測及びプロセス計量 1 2 4、1 2 6、並びにそれらの表現 1 3 2 を提示する。計量パラメータの関数依存性は、最適なターゲット又は設定を決定するために使用され得る。図 4 は、正確さパラメータに対するオーバーレイ誤差範囲（オンGSTROOM単位）に依存する正確さ計量に対して、オーバーレイ 3 σ （オンGSTROOM単位）に依存した精度計量に対して、公称設計の回折効率（相対単位）に依存した回折効率計量に対して、並びに、プロセス変動に対する最悪の 3 σ と公称 3 σ との間の比に依存したプロセスロバストネス計量に対して、4 つの例を模式的に描いている。

【 0 0 4 1 】

表現 1 3 2 は、パラメータ 9 4、9 6 に対する計測及びプロセス計量 1 2 4、1 2 6 のいずれかの感度を描くグラフを包含し得る。例えば、描かれたグラフは、パラメータ P の関数としての計量 M の右下がり関数であって、例示的な閾値（ウエハ製造者 9 0 によって提供される）が点線でマークされている。点線の矢印は、ウエハ製造者 9 0 によって特定された公差、及び / 又は、感度分析モジュール 1 3 0 によって計算又は予測された計量 M の値のパラメータ P に対する感度の表現、のいずれかを示す。例えば、酸化物層の厚さへの感度は、異なる照射条件について測定された層の厚さの関数として、回折効率計量によって定量化され得る。結果として得られる計量は比較され得て、照射条件の範囲に対して特定された計量値を提供する酸化物層の厚さが選択され得る。ある実施形態では、照射条件は計量の比較に従って選択され得て、要求される感度レベルを提供する。他の例では、ポリ層の厚さに対する感度は、異なる照射条件に対して測定された層の厚さの関数として、回折効率計量によって定量化され得る。結果として得られる計量は比較され得て、照射条件の範囲に対して特定の計量値を提供するポリ層の厚さが選択され得る。ある実施形態では、照射条件は、要求される感度レベルを提供するように計量の比較に従って選択され得る。任意のプロセスパラメータは、計量の比較に基づいて（例えば表現 1 3 2 を使用して）選択され得る。

10

【 0 0 4 2 】

感度分析モジュール 1 3 0 は、様々な計測計量 1 2 4 及びプロセス計量 1 2 6 のパラメータ 9 4、9 6、9 8（いずれかの任意の組み合わせ）に対する関数依存性を導出又は推定し、パラメータ 9 4、9 6、9 8 の変化に対する計量 1 2 4、1 2 6 の感度を、計測及び / 又は製造プロセスで関与される不確かさレベルに対する測定値として導出又は推定し得る。これらの導出又は推定は、ターゲットパラメータの範囲及びプロセスパラメータの範囲のどちらか、及び / 又は計量及び関係した閾値及び公差のいずれかを調整し、且つこれよりウエハ製造者 9 0 にターゲット及びプロセスパラメータと計測及び製造アウトカムとの間の相関性を理解するための潜在ツールを提供するために、使用され得る。計量に対して要求された値及び重みの改良が、感度分析に従って示唆され得る。示唆された改良は、パラメータの要求される不確かさ（1 4 9）の定義として、あるいは、計測又はプロセス仕様（例えばウエハ製造者 9 0 によって設定される）に対する示唆された補正として、見られ得る。

20

30

【 0 0 4 3 】

例えば、感度分析は、オーバーレイ誤差がいくつかの正確さパラメータに対して（例えば側壁角度 S W A の非対称性に対して）非常に敏感であることを示すために使用され得る。例えば、所与の非対称性の範囲（例えば、 $\max|SWA_{left}-SWA_{right}|=2^\circ$ ）及び所与の正確さ閾値（例えば 0.5nm）に対して、正確さ計量は、それぞれのターゲットを差別化する能力を示すために使用され得る（例えば、計量 0 は、それぞれのターゲットを差別化する能力が無いことを示し得る）。システム 1 0 0 は、より狭い非対称性範囲（例えば、値が現実的である場合には $\max|SWA_{left}-SWA_{right}|=0.5^\circ$ ）を提供することによって、増加した正確さ閾値を提供することによって（例えば、値が現実的である場合には 2 nm）、正確さ計量に高い重みを割り当てることによって、あるいは、ターゲット最適化における重要なパラメータから正確さを取り除くという情報を無視することによって、ターゲットを差別化することが可能になるように、ターゲット又は計量を改善するために使用され得る。

40

【 0 0 4 4 】

ある実施形態では、システム 1 0 0 は、ウエハ製造者、ターゲット設計者、及び / 又は計測提供者 9 0 が計測ターゲット及び計量を、プロセス及び測定を通したそれらの相関関係を考慮して、経験的に又はシミュレーションによって決定されたものとして効率的に規定することを可能にするように構成される。システム 1 0 0 を使用して、製造及び計測の要件が、感度分析モジュール 1 3 0 によって提供されるパラメータ及び要件の間の明らかになったトレードオフを考慮して、適切に取り扱われ得る。

50

【 0 0 4 5 】

さらに、システム 1 0 0 は、計測及び／又は製造プロセスの理解を提供し且つパラメータ選択をより制御可能及び包括的にする導出された関数依存性に関するパラメータの要求される不確かさを規定するように構成され得る。

【 0 0 4 6 】

ある実施形態では、入力モジュール 1 1 0 及び／又はシミュレータ 1 2 0 が、ターゲットの初期ソーティングを適用して、シミュレーションされたターゲット及び／又は（大まかにシミュレーションされたターゲットとは対照的に）厳しくシミュレーションされたターゲットの数を低減するように構成され得る。システム 1 0 0 は、ターゲットの簡潔な、又は粗い特徴付けを使用して、大量のターゲットを排除して少数のターゲットのみを詳細な分析（例えばシミュレーション）及び比較のために残し得る。無関係のターゲット設計の粗いソーティングは、評価プロセスを加速して関係するターゲットのより小さいセットにプロセスをフォーカスさせるために使用され得る。ある実施形態では、感度分析は、単一の公称ターゲット設計の幾何学的配置を基礎として実行され得る。明らかに、粗い特徴付けは規定されたパラメータに依存しており、各実行回をそれぞれに関係したターゲットにフォーカスさせ得る。粗い特徴付けは、大まかなシミュレーションを使用して、例えば、完全なシミュレーションの代わりに数回の実行のみをトレースするか、あるいは、又は多数の調和の代わりに一つだけか又は数個の基礎信号の調和のみを使用する（すなわち分散計算の打ち切り）ことで実行され得て、効率的な初期分類を達成する。粗い特徴付けは、システム 1 0 0 の計算効率を拡張するために使用され得る。

【 0 0 4 7 】

図 5 は、本発明のいくつかの実施形態に従ったランク付けの例を模式的に描いている。システム 1 0 0 は、感度分析モジュール 1 3 0 からデータを受け取って、計測及びプロセス計量 1 2 4、1 2 6 のどれかに関する、並びに感度分析モジュール 1 3 0 から得られたパラメータ 9 4、9 6 に対する計測及びプロセス計量 1 2 4、1 2 6 の関数依存性に関するターゲット、計測条件、及び／又はその他のウエハ製造局面（例えば、回折効率、不正確さ、プロセスのロバストネス、精度、P P E 差分、印刷可能性、S C O L 親和性）のランキングを導出するように構成されたターゲット最適化モジュール 1 4 0 を備え得る。ターゲット最適化モジュール 1 4 0 は、導出されたランキングに対するパラメータの要求される不確かさ（1 4 9）を規定又は生成するように構成され得る。図 5 は 1 6 個のターゲットを描いており、各々は、隣接の且つ同様にハッチングされた列のグループによって模式的に表されている。各列は、シミュレーションにて使用される測定パラメータ及び製造パラメータを決定する異なる測定及び／又は製造レシピを表す（非制約的な描かれた例では、これらは測定照射の波長及び偏光である）。ターゲット最適化モジュール 1 4 0 は、各レシピで各ターゲットを別個に評価及びランク付けし得て（y 軸のランク付け値）、それからターゲット又はレシピを蓄積されたランク（図の一番上の 1、2、及び 3 を参照）に従って評価し得る。明らかに、ランク付けは複数のレベルで実行され得て、広範囲のパラメータに依存し得る。

【 0 0 4 8 】

例えば、ランキングは、様々なパラメータ（例えば、ターゲット、プロセス及び／又は測定パラメータ）に対する計量の感度を説明し得る。ターゲット最適化モジュール 1 4 0 は、規定されたパラメータの範囲下で感度を重み付けし、どの計量及び／又はどのターゲットがより高くランク付けされるかを、感度を考慮して分析するように構成され得る。ランク付け分析は、任意の計量 1 2 4、1 2 6 及びそれらの組み合わせに対して、及び任意のパラメータ 9 4、9 6、9 8 及びそれらの組み合わせに関して、実行され得て、これにより、ウエハ設計者 9 0 によって提供された設定、規定、及び要件に関する製造及び計測プロセスの複雑な分析を提供する。

【 0 0 4 9 】

システム 1 0 0 は、受け取られた要件にアプローチし且つ／又は計量からの要件と提供されたパラメータとの間のマッチングを改善するために、記述された分析を繰り返して適

用し得る。

【 0 0 5 0 】

ある実施形態では、システム 1 0 0 はさらに、特定の設計ルールに従って、且つ、上述されたデータ処理プロセスの複数回の反復の結果であり得るターゲット最適化モジュール 1 4 0 によって作られたランキングに関して、特定のターゲットを設計するように構成されたターゲット設計モジュールを備え得る。ある実施形態では、システム 1 0 0 はさらに、特定の設計ルールに従ってターゲットのコンプライアンスを検証し且つ / 又は特定の設計ルールに従うためのターゲット設計に対する改変を示唆するように構成された設計ルールチェッカを備え得る。設計ルールの検証及び適用は、ターゲット又はプロセスパラメータ、及び / 又は入力モジュール 1 1 0 からのデータに、適用され得る。さらに、感度分析は、設計ルールコンプライアンスを達成するために要求されるターゲット適合を考慮し、且つ、そのような適合に対するそれぞれの計量の感度を推定し、計算し、又は表現し得る。例えば、ターゲット設計を最終化するための追加のパラメータは、セル構成及び配置、設計ルールのチェックに関係した追加のカスタマ仕様及び訂正を包含し得る。これらのパラメータの最終化はまた、関数依存性、要求される不確かさ、ランキング、及び上述の流れの繰り返しによっても影響され得る。

10

【 0 0 5 1 】

図 6 は、本発明のいくつかの実施形態に従った方法 2 0 0 を描く高レベルの模式的流れ図である。方法 2 0 0 のデータ処理ステージ、計算及び制御ステージのいずれもが、それぞれのプロセッサによって部分的に又は完全に具現化され得て、アルゴリズムは、明らかにそこに埋め込まれたコンピュータ使用可能プログラムコードを有するコンピュータ使用可能媒体を備えるそれぞれのコンピュータプログラムによって具現化され得る。

20

【 0 0 5 2 】

方法 2 0 0 は、以下のステージの任意のものを包含し得る。すなわち、ターゲット、ターゲット計測条件及び製造プロセスに係る複数のパラメータに関するターゲットの計測測定シミュレーション (ステージ 2 1 0)、シミュレーションされたターゲット測定の定量化のための複数の計量の生成 (ステージ 2 2 0)、及び、生成された計量のパラメータに対する関数依存性の導出と導出された関数依存性に関するパラメータの要求される不確かさの規定又は生成 (ステージ 2 3 0)。少なくとも、シミュレーション 2 1 0、生成 2 2 0、及び導出 2 3 0 の任意のものの一部は、少なくとも一つのコンピュータプロセッサによって実行され得る。

30

【 0 0 5 3 】

ある実施形態では、方法 2 0 0 はさらに、導出された関数依存性に関するパラメータの要求される不確かさを規定することを包含し得る (ステージ 2 4 0)。方法 2 0 0 はさらに、初期シミュレーション結果にしたがったターゲットの粗いフィルタリングを備え得る (ステージ 2 5 0)。

【 0 0 5 4 】

方法 2 0 0 はさらに、シミュレーションされたターゲット測定に対するターゲット及びターゲット計測条件の少なくとも一つのランク付けを包含し得る (ステージ 2 6 0)。この方法はさらに、パラメータの少なくとも一つに対する示唆された変更の生成を包含し得る (ステージ 2 7 0)。

40

【 0 0 5 5 】

ある実施形態では、方法 2 0 0 はさらに、シミュレーションプロセスの拡張のためのランク付けに先立った感度の悪いプロセス変動パラメータの除去 (ステージ 2 6 2)、計測パフォーマンスに対するプロセス変動のインパクトに関する定量的データの提供 (ステージ 2 6 4)、及び、観測された計測計量の特定のプロセスパラメータの変動との相関 (ステージ 2 6 6) のうちの少なくとも一つを包含し得る。

【 0 0 5 6 】

ある実施形態では、システム 1 0 0 は、プロセスパラメータ及び / 又は計測条件の設定を所与の固定ターゲットと比較するように構成され得る。そのような場合には、計測シミュレーション

50

ュレーションユニット１２０は、それぞれのプロセス及び条件を既知のターゲットに関してシミュレーションし得て、感度分析モジュール１３０は、プロセスパラメータ及び／又は計測条件の設定（例えば精度及び正確さ）に係る計量のサブセットを導出し、且つ受け取られたパラメータに対するそれらの感度を分析し得る。ターゲット最適化モジュール１４０は、それぞれのプロセス又は設定を、分析された感度に関してランク付けするように構成され得る。

【００５７】

図７は、本発明のいくつかの実施形態に従ったシステム１００の高レベルの模式的ブロック図である。図７において、いくつかの付加的な非制約的な具現化の方法が、ファブにおける製造及び設計フローにおけるデータフローのよりブロードなフレームワークにおいて、記述されている。

10

【００５８】

計測ツール８５からの計測及びイメージは、入力モジュール１１０に組み込まれ得る計測モデリングサーバ及びデータベース１１１に送達される。計測モデリングサーバ及びデータベース１１１は、計測レシピを計測ツール８５に提供する計測レシピデータベース１６５を更新する。システム１００において、計測モデリングサーバ及びデータベース１１１はさらに、パラメータ９４～９８をターゲット設計シミュレーションモジュール１２０に提供し得て、これはそれから、レシピ推奨１５９を計測レシピデータベース１６５に提供し得て、計測偏位のＲＣＡ（根本原因分析）を計測モデリングサーバ及びデータベース１１１に戻し得て、且つデータをＥＤＡ（電子設計オートメーション）アプリケーション１５１に、ＧＳＤＩＩターゲットデータ１２１で動作し、且つ、例えば忠実度シミュレーションのために又は設計プロセスの任意の他の部分のために使用されるターゲット失敗診断１５０の一部であるファブＥＤＡバックボーン１５７の一部として、提供し得る。

20

【００５９】

ターゲット設計プロセスの出力の一つは、最適測定レシピ、すなわち測定の条件の一つ又はそれ以上の推奨１５９である。この情報は、計測ツールレシピデータベース１６５に、あるいは一つ又はそれ以上の計測ツール８５に交互に直接、送られる。オーバーレイ計測結果のような計測データは、個別の計測ツール８５から計測モデリングアプリケーション１１１に送られ得る。このモデリングアプリケーション（これもまた結果データベースを含み得る）は、ウエハ及びリソグラフィフィールドレベルの両方において時間的又は空間的サインを含む結果を分析し、訂正又はロット配置の決定をファブのファブＡＰＣ（自動化プロセス制御）システム１５５に送る。そのような情報は、リソグラフィツール、エッチングツール、又は堆積ツール（図示せず）のような処理又はパターンニングツールに交互に直接送られ得る。

30

【００６０】

ある実施形態では、ファブ内の複数の計測ツールから、以前の処理ステップに引き続いて収集されたフィルム計測データ、ウエハ形状及び応力データ、ＣＤ計測データなどのような計測データを受け取り得る計測モデリングサーバ１１１が、そのようなデータをターゲット設計者（例えばターゲット設計シミュレーションモジュール１２０を使用して）先送りし得る。ターゲット設計者、より具体的には感度分析モジュール１３０は、この（仮定のものではなく実の）データを、ウエハ上に実際に存在する特定のターゲット設計のために、特定の計測計量へのインパクトを予測するために使用し得る。このようにして、計測エンジニアは、所与のウエハ又はロットに対する予期される計測偏位の早期警告を受け取り得る。この早期警告に反応して、レシピデータベースマネージャ（図示せず）又は計測モデリングサーバ１１１は、計測の正確さ又は計測のロバストネスに対するインパクトを最小化するために、計測サンプリングを予期される偏位に従って改変することを選び得る。

40

【００６１】

ある実施形態では、以前の計測ステップから先送りされてきた計測データが無い場合であっても、感度分析モジュール１３０は、特定のプロセス変動と実際の観察された計測計

50

量偏位との間の原因となる関係を確認するために使用され得る。例えば、計測ツール 85 に到着するロット及びターゲット設計者によって以前にシミュレーションされたターゲットは、計測ツール 85 によって測定され得る。特定の計測計量、例えば回折効率はそれから、散乱計測（スカタロメトリ）オーバーレイ感度が強く減少する一方で顕著に変化、例えば増加したことが観察され得る。これらの結果は、モデリングサーバを介して又は直接にターゲット設計者に転送されて、ターゲット設計者は、上述の特定の計測偏位を作り出しやすいプロセス変動の小さなサブセット（又は単一のプロセス変動）、例えば a - シリコン（アモルファスシリコン）膜の厚さを孤立させる。偏位はまた、大きなウエハ全体の変動であり得て、すなわち、その偏位が空間的又は時間的なサインを有し得る。

【0062】

10

ある実施形態では、ターゲット設計者が特定のターゲット設計を推奨し且つその設計がウエハに印刷されるのに引き続いて、前記ウエハが計測ツール 85 によって測定され得る。ターゲット設計者のパフォーマンスを検証するために、及び/又は、同じ又は同様の層の引き続く設計の反復を改善するために、生の測定データであるか又は計測ツール 85 によって測定された計測計量 124 のいずれかである計測結果は、シミュレーションと測定とのマッチング（S2M）のためにターゲット設計者に戻され得る。そのようなマッチング分析はまた、（例えばターゲット設計シミュレーションモジュール 120 において）計測モデリングサーバによって実行され得る。

【0063】

上述された計測は複数のタイプの計測ターゲットに適用され得て、これらは、オーバーレイ、CD、リソグラフィのフォーカス、does及びアライメントターゲット、エッチング計測ターゲットなどを含むが、これらに限定されるものではない。

20

【0064】

ある実施形態では、システム 100 は、計測システムと計測構成とを、それらの光学的シミュレーションを、計量とパラメータとの間の導出された関数依存性及び不確かさに関して比較することによって比較するために使用され得る。ある実施形態では、将来の計測ツールが現在の計測ツールと比較され得て、ツールの選択に関する示唆（例えば、所与の設定、ターゲット、パラメータ、及び計量に関して）が生成され得る。システム 100 はこれより、上記で開示された手順に従って様々な計測ツール設計を比較することによって、展開の間に計測ツールの最適化を手助けし得る。

30

【0065】

図 8 は、本発明のいくつかの実施形態に従った、異なるプロセス変動パラメータに対する例示的な計測計量の異なる感度を例示する図である。この図は、P1、P2、...、P19 と示される異なるプロセス変動パラメータ 98 に対する計測計量 124 の感度を比較し、これらは、ターゲット形状の寸法、設計された寸法からのずれ、対称性の性質などのようなパラメータを包含する。P1、P2、...、P19 は、プロセス変動パラメータ 98 によって誤って影響されるターゲットパラメータ 94 も、同様に含み得る。この図は、計量の公称値を規定する大きめの円と、仕様書によって許容されるパラメータの公称値からの最大許容ずれを規定する小さめの円と、を提示する。所与のパラメータの値は公称計量値を生み出す。これらのパラメータ値からのずれは、計量の値をそれぞれ変えて、計量は、異なるパラメータにおけるずれに対して異なる感度を示す。例えば、描かれたずれの大きさに対しては、計量はパラメータ P2 に対しては感度が悪い。計量は、このパラメータのずれの下ではその値を変えない。その一方で、計量はパラメータ P3 に対しては非常に敏感であり、計量は、このパラメータのずれの下ではその値を変えない。計量が、そのスペック値に到達するほどパラメータ変化に非常に敏感である場合には、基礎的な設計の変更が必要とされ、システムによって示され得る。図 8 はこれより、異なるパラメータの異なる変化に対する異なる計量の感度の異なるレベルを細かく分析するシステムの能力を示している。感度分析はそれから、設計及び測定プロセスを最適化するために使用される。

40

【0066】

効果的なことに、システム 100 及び方法 200 は、計測結果のシミュレーション出力

50

推定を、入力パラメータの不確かさの関数として提供するように構成されている。システム100及び方法は、入力データにおける十分に低い不確かさを達成することを目標としている。システム100及び方法は、設計における示唆を十分に理解することなくパラメータ値及び計量値を規定する代わりに、不確かさの閾値を規定して設計を特徴付けることによって、設計ステージを取り扱うように構成され得る。

【0067】

ある実施形態では、区分計測、すなわち、大きな形状を小さな区画に分割し、それらの区画及び中間の空間の幾何学的配置パラメータを決定する方法が、感度分析から導出され得て、特定のターゲットパラメータ、プロセスパラメータ、及び計測パラメータに関して構成され得る。ターゲット形状のサブディビジョンの階層が、区分計測の延長として導出され得る。区分計測はエッチング及びスピン効果に関係し得て、且つ共焦点及び非共焦点層の場合に差別化され得る。

10

【0068】

上記の記載において、実施形態は本発明の例又は具現化である。「一つの実施形態」「実施形態」「ある実施形態」又は「いくつかの実施形態」などの様々な表記は、必ずしも全て、同じ実施形態を指しているものではない。

【0069】

本発明の様々な特徴が単一の実施形態の文脈の中で記述され得るが、それらの特徴はまた、別個に又は任意の適切な組み合わせで、提供され得る。逆に、本発明がここでは、明瞭化のために別個の実施形態の文脈の中で記述され得るが、本発明はまた、単一の実施形態に具現化され得る。

20

【0070】

本発明のある実施形態は、上記で開示された異なる実施形態からの特徴を含み得て、ある実施形態は、上記で開示された他の実施形態から要素を組み込み得る。特定の実施形態の文脈における本発明の要素の開示は、特定の実施形態のみでそれらが使用されると限定するように解釈されるべきではない。

【0071】

さらに、本発明が様々な様式で実行又は実施されることができ、且つ本発明が上記の記載に概説されたもの以外のある実施形態で具現化されることができ、理解されたい。

30

【0072】

本発明は、それらの図又は対応する記載に限定されない。例えば、流れは個々の描かれたボックス又は状態を通して進む必要はなく、あるいは、描写され記述されたものと正確に同じ順に進む必要はない。

【0073】

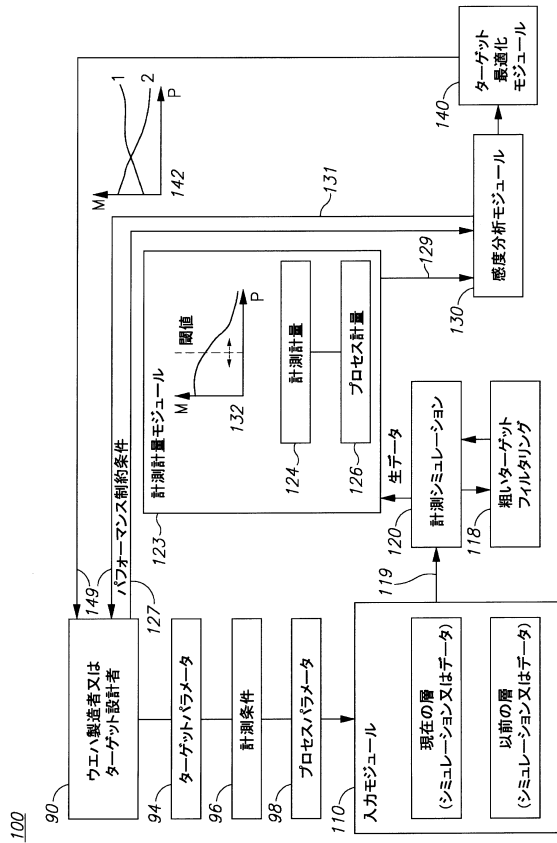
ここで使用されている技術的及び科学的な用語の意味は、異なる方法で規定されていなければ、本発明が属する分野の当業者によって共通して理解されるべきものである。

【0074】

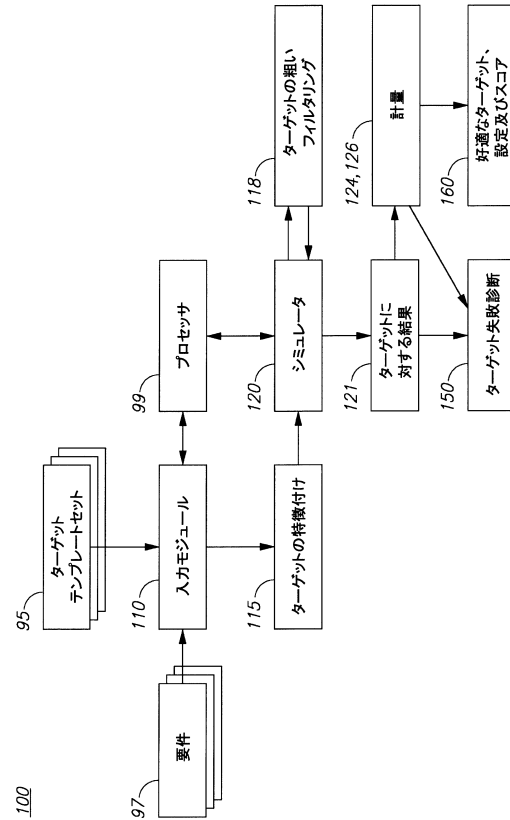
本発明が限られた数の実施形態に関して記述されてきたが、これらは、本発明の範囲に対する制約とみなされるべきではなく、むしろ好適な実施形態のいくつかの例示とみなされるべきである。他の可能な変動、改変、及び適用がまた、本発明の範囲内にある。したがって、本発明の範囲は、これまでに記載されてきたことによってではなく、添付の特許請求項及びそれらの法的な等価物によって制約される。

40

【図 1】



【図 2】



【図 3】

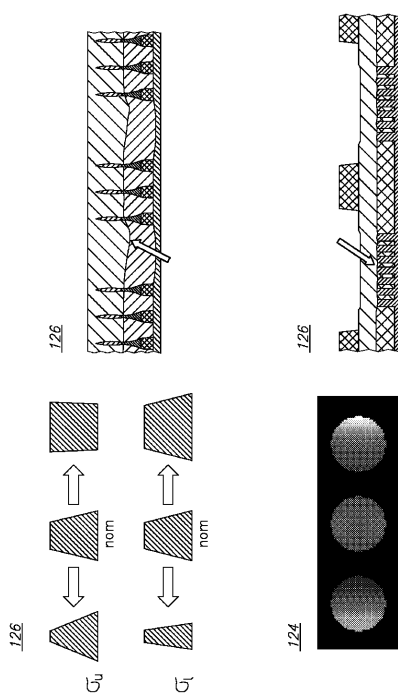
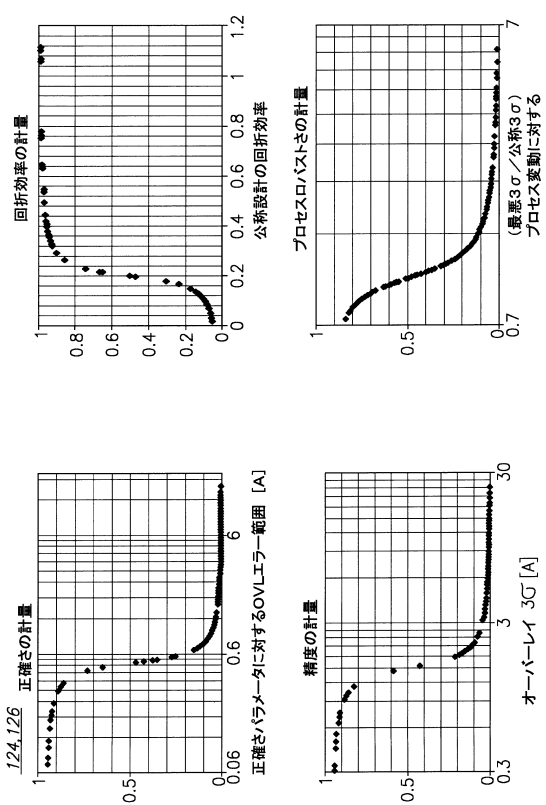
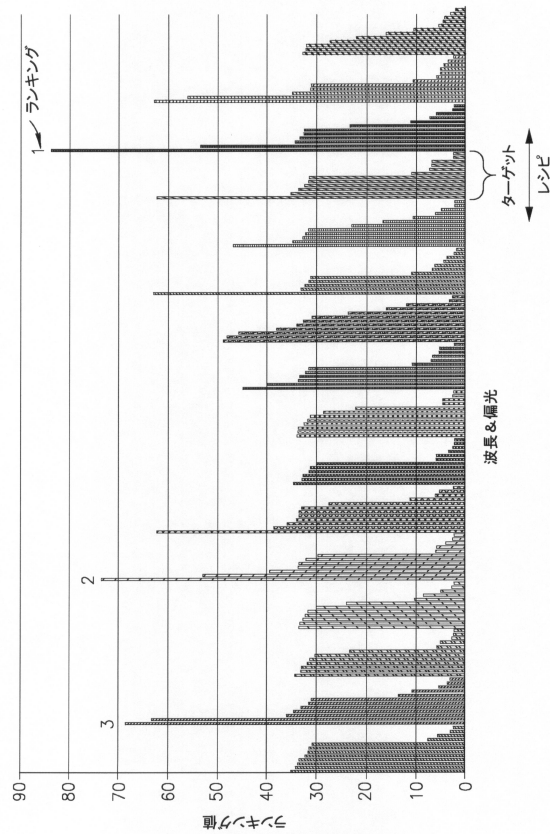


Figure 3

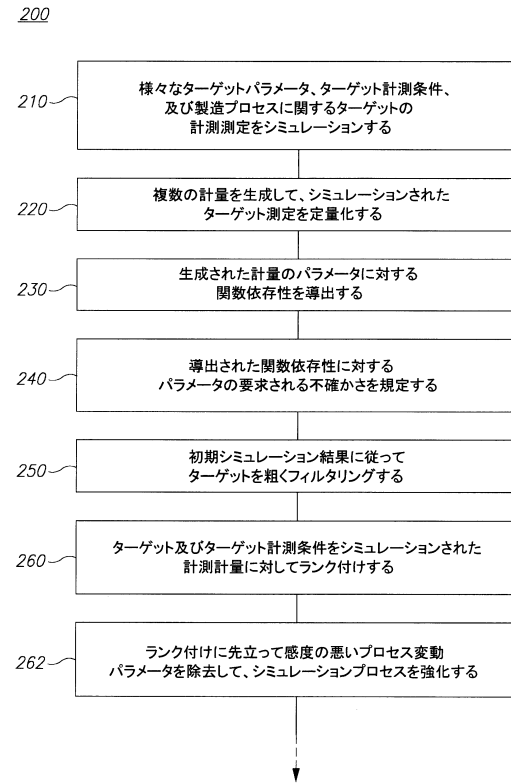
【図 4】



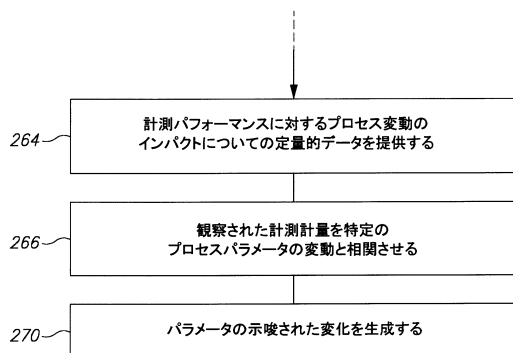
【図 5】



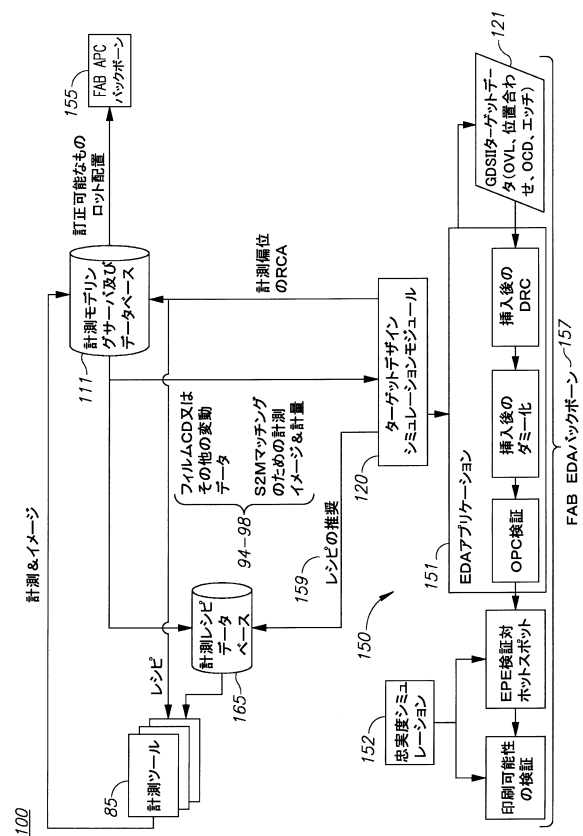
【図 6】



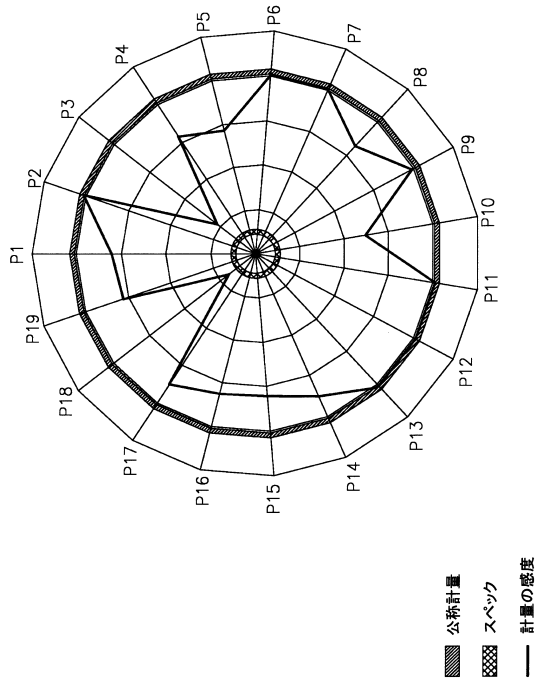
【図 6 - 1】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

- (72)発明者 ジノフカー マーク
イスラエル ヨクネアム イリット ハトサヤリム ストリート 69 アpartment 2
- (72)発明者 シャスターマン タル
イスラエル ハイファ フィッチマン ストリート 4 / 2
- (72)発明者 グレディ デービット
イスラエル テルアビブ キング ソロモン 15 / 7
- (72)発明者 ボロディヤンスキー セルゲイ
アメリカ合衆国 カリフォルニア サニーヴェイル サンタ スザナ ストリート 706

審査官 土谷 慎吾

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2006/0290947 (US, A1)
米国特許出願公開第2013/0262044 (US, A1)
米国特許出願公開第2010/0175033 (US, A1)
米国特許出願公開第2007/0135959 (US, A1)
米国特許出願公開第2003/0187604 (US, A1)
米国特許第06834213 (US, B1)
特表2009-530668 (JP, A)
特開平06-332976 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/00