

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7648410号
(P7648410)

(45)発行日 令和7年3月18日(2025.3.18)

(24)登録日 令和7年3月10日(2025.3.10)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 L 21/66 (2006.01)

H 0 1 L 21/66 J

G 0 1 N 23/2251(2018.01)

G 0 1 N 23/2251

請求項の数 19 外国語出願 (全15頁)

(21)出願番号	特願2021-43156(P2021-43156)	(73)特許権者	504144253
(22)出願日	令和3年3月17日(2021.3.17)		アプライド マテリアルズ イスラエル
(65)公開番号	特開2021-166284(P2021-166284		リミテッド
	A)		イスラエル, 76705 レホヴォト,
(43)公開日	令和3年10月14日(2021.10.14)		パーク ラビン, オッペンハイマー ス
審査請求日	令和6年3月18日(2024.3.18)		トリート 9
(31)優先権主張番号	16/821,831	(74)代理人	100094569
(32)優先日	令和2年3月17日(2020.3.17)		弁理士 田中 伸一郎
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)	(74)代理人	100103610
早期審査対象出願			弁理士 吉 田 和彦
		(74)代理人	100109070
			弁理士 須田 洋之
		(74)代理人	100067013
			弁理士 大塚 文昭
		(74)代理人	
最終頁に続く			

(54)【発明の名称】 3次元情報の決定

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板の構造要素の3次元(3D)情報を予測するための方法であって、前記方法が、
基板の複数の異なるクラスの構造要素の3D情報を予測するために使用することができる複数の異なるモデルを記憶することであり、前記複数の異なるモデルにおける各モデルは、複数の異なる訓練基板が訓練基板のプロセスパラメータに関する情報に基づいて基板の異なるクラスに分類される訓練プロセス中に機械学習によって生成され、前記複数の異なるモデルにおける各モデルは、前記複数の異なるモデルにおける他のモデルが予測することができるクラスとは異なる基板のクラスに属する基板に関する3D情報を第1の事前定義された精度で予測することができる、複数の異なるモデルを記憶することと、

10

前記基板の前記構造要素の1つまたは複数の属性の第1のセットを生成するかまたは受け取ることであり、前記1つまたは複数の属性が、前記構造要素の走査型電子顕微鏡(SEM)画像に基づいて決定される、前記生成するかまたは受け取ることと、

1つまたは複数の属性の前記第1のセットと異なり得る1つまたは複数の属性の第2のセットに基づいて、少なくとも第2の事前定義された精度で基板の前記構造要素の前記3D情報を予測すると見込まれる関連モデルを前記複数の異なるモデルから探索することと、

前記探索が関連モデルを特定する場合に、特定された関連モデル及び前記構造要素の1つまたは複数の属性の前記第1のセットを使用して、基板の前記構造要素の前記3D情報を予測することと、

前記探索が前記関連モデルを特定しない場合に、関連モデルを発見できなかったことに

20

応答することと
を含む、方法。

【請求項 2】

前記発見できなかったことに前記応答することが、前記基板に基づいて新しいモデルを計算することを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

異なるモデルが、訓練基板の異なるクラスを表す、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

分類プロセスを適用することによって前記異なる訓練基板を分類することを含む、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記分類することが、前記異なる訓練基板に関連する製造情報に少なくとも部分的に基づき、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 6】

特定のモデルが、互いに予測可能である訓練基板の特定のクラスを表す、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記訓練基板が前記訓練基板の前記特定のクラスに含まれていることを検証することを含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記探索することが、(a) 前記基板の前記構造要素の前記 1 つまたは複数の属性と、(b) 前記多数のモデルの少なくとも一部の各モデルに関連づけられた 1 つまたは複数の属性との間の関係に基づいて、前記多数のモデルの前記少なくとも一部の予測の精度を決定することを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記探索することが、前記モデルの各々に関連する予測の信頼性レベルを決定することを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記基板の前記構造要素の前記 1 つまたは複数の属性が、前記基板の前記構造要素の異なるサイトの SEM 画像の取得における差を補償することによって生成される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

前記基板の前記構造要素の属性が、前記基板の構造要素のグループに関する情報を表す、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 12】

前記基板の構造要素の前記グループが、前記基板の単一のダイに属する、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

前記 1 つまたは複数の属性が、前記基板の製造プロセスに関する情報に少なくとも部分的に基づいて決定される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 14】

基板の構造要素の 3 次元 (3D) 情報を予測するための非一時的コンピュータ可読媒体であって、前記非一時的コンピュータ可読媒体が、

基板の複数の異なるクラスの構造要素の 3D 情報を予測するために使用することができる複数の異なるモデルを記憶することであり、前記複数の異なるモデルにおける各モデルは、複数の異なる訓練基板が訓練基板のプロセスパラメータに関する情報に基づいて基板の異なるクラスに分類される訓練プロセス中に機械学習によって生成され、前記複数の異なるモデルにおける各モデルは、前記複数の異なるモデルにおける他のモデルが予測することができるクラスとは異なる基板のクラスに属する基板に関する 3D 情報を第 1 の事前定義された精度で予測することができる、複数の異なるモデルを記憶することと、

10

20

30

40

50

前記基板の前記構造要素の１つまたは複数の属性の第１のセットを生成するかまたは受け取ることであり、前記１つまたは複数の属性が、前記構造要素の走査型電子顕微鏡（SEM）画像に基づいて決定される、生成するかまたは受け取ることと、

１つまたは複数の属性の前記第１のセットと異なり得る１つまたは複数の属性の第２のセットに基づいて、少なくとも第２の事前定義された精度で基板の前記構造要素の前記３Ｄ情報を予測すると見込まれる関連モデルを前記複数の異なるモデルから探索することと、

前記探索が関連モデルを特定する場合に、特定された関連モデル及び前記構造要素の１つまたは複数の属性の前記第１のセットを使用して、基板の前記構造要素の前記３Ｄ情報を予測することと、

前記探索が前記関連モデルを特定しない場合に、関連モデルを発見できなかったことに応答することと

を行うための命令を格納する、非一時的コンピュータ可読媒体。

【請求項１５】

基板の構造要素の３次元（３Ｄ）情報を予測するためのシステムであって、前記システムがプロセッサを含み、

前記プロセッサが、

基板の複数の異なるクラスの構造要素の３Ｄ情報を予測するために使用することができる複数の異なるモデルを記憶することであり、前記複数の異なるモデルにおける各モデルは、複数の異なる訓練基板が訓練基板のプロセスパラメータに関する情報に基づいて基板の異なるクラスに分類される訓練プロセス中に機械学習によって生成され、前記複数の異なるモデルにおける各モデルは、前記複数の異なるモデルにおける他のモデルが予測することができるクラスとは異なる基板のクラスに属する基板に関する３Ｄ情報を第１の事前定義された精度で予測することができる、複数の異なるモデルを記憶することと、

前記基板の前記構造要素の１つまたは複数の属性の第１のセットを生成するかまたは受け取ることであり、前記１つまたは複数の属性が、前記構造要素の走査型電子顕微鏡（SEM）画像に基づいて決定される、生成するかまたは受け取ることと、

１つまたは複数の属性の前記第１のセットと異なり得る１つまたは複数の属性の第２のセットに基づいて、少なくとも第２の事前定義された精度で基板の前記構造要素の前記３Ｄ情報を予測すると見込まれる関連モデルを前記複数の異なるモデルから探索することと、

前記探索が関連モデルを特定する場合に、特定された関連モデル及び前記構造要素の１つまたは複数の属性の前記第１のセットを使用して、基板の前記構造要素の前記３Ｄ情報を予測することと、

前記探索が前記関連モデルを特定しない場合に、関連モデルを発見できなかったことに応答することと

を行うように構成される、システム。

【請求項１６】

前記システムが、前記SEM画像を取得するように構成されたイメージャを含む、請求項１５に記載のシステム。

【請求項１７】

１つまたは複数の属性の前記第１のセットは、前記基板の前記構造要素の属性に限定される一方、１つまたは複数の属性の前記第２のセットは、基板全体に関連する１つまたは複数の属性を含むことができる、請求項１に記載の方法。

【請求項１８】

１つまたは複数の属性の前記第１のセットは、前記基板の前記構造要素の属性に限定される一方、前記１つまたは複数の属性の前記第２のセットは、基板全体に関連する１つまたは複数の属性を含むことができる、請求項１４に記載の非一時的コンピュータ可読媒体。

【請求項１９】

１つまたは複数の属性の前記第１のセットは、前記基板の前記構造要素の属性に限定される一方、１つまたは複数の属性の前記第２のセットは、基板全体に関連する１つまたは複数の属性を含むことができる、請求項１５に記載のシステム。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】****関連出願の相互参照**

本出願は、2020年3月17日に出願された米国特許出願第16/821,831号の優先権を主張する。この開示は、その全体が、すべての目的のために参照により本出願に組み込まれる。

【背景技術】**【0002】**

3次元(3D)計測学は、半導体産業における新しい分野である。平面デバイスの縮小は、物理的限界に達しており、先進ノードは、デバイスの特徴密度を増加させるために3D設計に向かっている。これらの3D構造の信頼性の高い測定は、開発プロセスにとって非常に重要である。

10

【0003】

現在、光学限界寸法(OC D)が、3D非破壊測定の大部分を占めている。しかしながら、OC Dは、特別に設計された周辺ターゲットでの測定に限定され、ダイ内測定を行うことができない。その上、OC Dは、空間分解能が低く(約50 μ m)、周期構造しか測定できず、下層の影響を受けやすく、複雑で時間のかかる方策のセットアップを必要とする。

【0004】

20

基板の構造的特徴の3D情報を決定するための正確な方法を提供する必要性が増大している。

【発明の概要】**【0005】**

3D情報を決定するための方法、非一時的コンピュータ可読媒体、およびシステムを提供することができる。

【0006】

本開示の実施形態とみなされる主題は、本明細書の結論部分において特に指摘され明確に主張される。しかしながら、本開示の実施形態は、その目的、特徴、および利点とともに、構成と動作方法の両方に関して、添付の図面とともに読むとき、以下の詳細な説明を参照することによって最もよく理解することができる。

30

【図面の簡単な説明】**【0007】**

【図1】方法の一例を示す図である。

【図2】方法の一例を示す図である。

【図3】方法の一例を示す図である。

【図4】方法および様々な走査型電子顕微鏡(SEM)画像ならびにデータ構造の一例を示す図である。

【図5】ウエハ、ダイ、およびSEM画像の一例を示す図である。

【図6】ウエハおよびシステムの一例を示す図である。

40

【発明を実施するための形態】**【0008】**

以下の詳細な説明において、本開示の実施形態の完全な理解を提供するために、多数の特定の詳細が記載される。

【0009】

しかしながら、本開示の本実施形態がこれらの特定の詳細なしに実践され得ることが当業者には理解されるであろう。他の例では、よく知られている方法、手順、構成要素は、本開示の本実施形態を曖昧にしないために詳細には説明されない。

【0010】

本開示の実施形態とみなされる主題は、本明細書の結論部分において特に指摘され明確

50

に主張される。しかしながら、本開示の実施形態は、その目的、特徴、および利点とともに、構成と動作方法の両方に関して、添付の図面とともに読むとき、以下の詳細な説明を参照することによって最もよく理解することができる。

【 0 0 1 1 】

例示を簡単および明瞭にするために、図に示される要素は、必ずしも一定の縮尺で描かれていないことが理解されよう。例えば、要素のうちのいくつかの寸法は、明瞭にするために他の要素に比べて誇張されている場合がある。さらに、適切であると考えられる場合、対応するまたは類似する要素を示すために、図の間で、参照番号が繰り返される場合がある。

【 0 0 1 2 】

本発明の例示の実施形態は、大部分、当業者に知られている電子構成要素および回路を使用して実現することができるので、本開示の本実施形態の基礎となる概念の理解および評価のためにならびに本開示の本実施形態の教示を不明瞭にしないためにまたは当該教示から逸らさないために、詳細は上述のように必要と考えられる範囲を超えては説明されないであろう。

【 0 0 1 3 】

本明細書における方法へのいかなる言及も、方法を実行することができるシステムに、必要な変更を加えて、適用されるべきであり、非一時的であり、方法を実行するための命令を格納するコンピュータ可読媒体に、必要な変更を加えて、適用されるべきである。

【 0 0 1 4 】

本明細書におけるシステムへのいかなる言及も、システムで実行することができる方法に、必要な変更を加えて、適用されるべきであり、非一時的であり、システムで実行可能な命令を格納するコンピュータ可読媒体に、必要な変更を加えて、適用されるべきである。

【 0 0 1 5 】

非一時的であるコンピュータ可読媒体への本明細書におけるいかなる言及も、コンピュータ可読媒体に格納された命令を実行するときに適用することができる方法に、必要な変更を加えて、適用されるべきであり、コンピュータ可読媒体に格納された命令を実行するように構成されたシステムに、必要な変更を加えて、適用されるべきである。

【 0 0 1 6 】

「および/または」という用語は、追加としてまたは代替としてを意味する。

【 0 0 1 7 】

構造要素は、限定はしないがトランジスタ、トランジスタの一部、メモリセル、メモリセルの一部、導体の配置、絶縁体の配置などのナノメートルスケールの構造要素を意味する。

【 0 0 1 8 】

基板の構造要素の 3 次元 (3 D) 情報を決定するためのシステム、方法、および非一時的コンピュータ可読媒体を提供することができる。

【 0 0 1 9 】

システム、方法、および非一時的コンピュータ可読媒体は、基板の構造要素に関連する 3 D 情報以外の情報を決定するために、必要な変更を加えて、適用することができることに留意されたい。3 D 情報以外の情報は、SEM 画像から直接正確に決定することができない情報である可能性がある。

【 0 0 2 0 】

基板は、ウエハ、MEMS 基板、ソーラーパネルなどとすることができる。

【 0 0 2 1 】

様々な例において、説明を簡単にするために、基板はウエハであると想定される。

【 0 0 2 2 】

図 1 は、基板の構造要素の 3 D 情報を決定するための方法 1 0 0 を示す。

【 0 0 2 3 】

方法 1 0 0 は、多数のモデルを生成するかまたは受け取るステップ 1 0 5 によって開始

10

20

30

40

50

することができる。多数のモデルが、訓練プロセス中に生成される。モデルは、構造要素の1つまたは複数のSEM画像と、構造要素に関する3D情報との間の関係を表すことができる。

【0024】

ステップ105は、以下の中から少なくとも1つを含むことができる。

- ・ 分類プロセスを適用することによって異なる訓練基板を分類し、クラスごとにモデルを生成する。

- ・ 異なるモデルの推定される予測の精度に基づいて異なる訓練基板を分類する。

- ・ 異なるウエハのプロセスパラメータに関する情報に基づいて異なる訓練基板を分類する。

10

【0025】

ステップ105は、その後に、基板の構造要素の1つまたは複数の属性を生成するかまたは受け取るステップ110に続くことができる。

【0026】

1つまたは複数の属性は、構造要素のSEM画像に基づいて決定される。

【0027】

したがって、ステップ110は、構造要素の1つまたは複数の属性を生成することを含むことができる。追加としてまたは代替として、ステップ110は、構造要素の1つまたは複数の属性を受け取ることを含むことができる。

【0028】

ステップ110は、SEM画像取得プロセス限界を補償することを含むことができる。例えば、単一のSEM画像の比較的低い信号対雑音比を補償すること。

20

【0029】

基板の構造要素の属性は、基板の構造要素のグループに関する情報を表すことができる。例えば、属性は、ダイごとに計算することができる。

【0030】

構造要素のグループは、基板の単一のダイの構造要素のすべてまたは一部のみを含むことができる。1つまたは複数の属性は、モデルに基づいて、および/または機械学習技法に基づいて生成することができる。

【0031】

構造要素のグループは、基板の構造要素のすべてまたは一部のみを含むことができる。

30

【0032】

構造要素のグループは、同じ3D情報単位で表されるすべての構造要素を含むことができる。

【0033】

構造要素のグループは、同じ構造要素の多数のインスタンスとすることができる。

【0034】

ステップ110は、その後に、多数のモデルの中から、少なくとも事前定義された精度で基板の構造要素の3D情報を予測すると見込まれる関連モデルを探索するステップ120に続くことができる。

40

【0035】

事前定義された精度は、基板の製造業者によって、計測学システムのオペレータによって、および/または任意の方法で決定することができる。

【0036】

モデルは、機械学習を適用することによって生成することができる。

【0037】

モデルの少なくとも一部は、訓練プロセス中に生成することができる。訓練プロセスは、訓練基板の構造要素の1つまたは複数の属性を受け取るかまたは生成することと、さらに、訓練基板の構造要素の少なくとも一部に関する3D情報を受け取るかまたは生成することを含むことができる。

50

【 0 0 3 8 】

3 D 情報は、様々な方法で、例えば、ダイをミリングし、ミリングされたダイの透過型電子顕微鏡 (T E M) 画像を得ることによって、提供することができる。

【 0 0 3 9 】

モデルは、訓練プロセス中に、(a) 訓練基板の構造要素の 1 つまたは複数の属性、および (b) 訓練基板の構造要素の少なくとも一部に関する 3 D 情報に基づいて生成することができる。

【 0 0 4 0 】

異なるモデルは、訓練基板の異なるクラスを表すことができる。クラスは、異なるモデルを使用することによって得られた予測の精度に基づいて決定することができる。

10

【 0 0 4 1 】

モデルは、1 つまたは複数の訓練基板のクラスに関連づけることができる。

【 0 0 4 2 】

モデルは、少なくとも事前定義された精度で、モデルに関連づけられた訓練基板のクラスに属する基板に関する 3 D 情報を予測する。

【 0 0 4 3 】

したがって、特定のクラスに関連づけられたモデルは、少なくとも事前定義された精度で、特定のクラスに関連づけられていない基板に関する 3 D 情報を予測できない可能性がある。

【 0 0 4 4 】

特定の基板に関連するモデルの予測精度は、(a) 特定の基板の構造要素の 1 つまたは複数の属性と、(b) モデルに関連づけられた訓練基板の構造要素の 1 つまたは複数の属性との間の関係に基づいて決定することができる。

20

【 0 0 4 5 】

関連モデルの探索は、(a) 特定の基板の構造要素の 1 つまたは複数の属性と、(b) モデルに関連づけられた訓練基板の構造要素の 1 つまたは複数の属性との間の関係を検査する照合プロセスとすることができる。

【 0 0 4 6 】

この関係は、例えば、1 つまたは複数の属性の間の類似性などとすることができる。

【 0 0 4 7 】

類似性が事前定義された閾値よりも低い場合、モデルの予測精度は、不十分であるとみなされ得る。

30

【 0 0 4 8 】

差分二乗和探索 (S D)、マハラノビス距離の計算、K L ダイバージェンス、または他の回帰プロセスなどの様々な照合プロセスを適用することができる。

【 0 0 4 9 】

異なるクラスに異なるモデルを使用すると、方法の精度が向上し、モデル重複およびマルチモダリティなどの問題が克服されることが見いだされた。モデル重複は、類似した 1 つまたは複数の属性の異なる基板が 3 D 情報の異なる値にマッピングされるときに生じる。マルチモダリティは、異なる 1 つまたは複数の属性の異なる基板が 3 D 情報の同じ値にマッピングされるときに生じる。

40

【 0 0 5 0 】

探索 (ステップ 1 2 0) により、いくつかの結果が得られる可能性がある。

【 0 0 5 1 】

第 1 の結果は、関連モデルを発見することである。多数の関連モデルが発見された場合、発見された関連モデルのうちの 1 つを選択することができる。

【 0 0 5 2 】

第 1 の結果は、関連モデルを使用して基板の構造要素の 3 D 情報を予測するステップ 1 3 0 につながる。

【 0 0 5 3 】

50

第 2 の結果は、関連モデルを発見できないことである。この場合、多数の関連モデルのいずれも、基板の構造要素の 3 D 情報を正確に予測する（少なくとも事前定義された精度で予測する）ことができないと想定される。

【 0 0 5 4 】

第 2 の結果は、関連モデルを発見できなかったことに応答するステップ 1 4 0 につながる。

【 0 0 5 5 】

ステップ 1 4 0 は、以下の中から少なくとも 1 つを含むことができる。

- ・ 基板の構造要素の 3 D 情報を予測できないようにする。
- ・ 基板の構造要素の 3 D 情報を予測するが、その予測に低い確実性レベルを割り当てる。
- ・ 基板に基づいて新しいモデルを計算する。これには、基板の 3 D 情報を得ることが必要とされることになる。
- ・ 基板に基づいて新しいモデルを計算するように要請する。
- ・ 失敗表示を生成する。

【 0 0 5 6 】

図 2 は、方法 2 0 0 の一例を示す。

【 0 0 5 7 】

以下のことが想定されている。

- ・ 訓練基板は訓練ウエハである。
- ・ 各訓練ウエハはダイのセットを含む。
- ・ ウエハごとに、ダイの第 1 のセットは 3 D 情報を有しており、ダイの第 2 のセットは 3 D 情報を有していない。
- ・ ダイの第 1 のセットの各ダイは、3 D 情報単位によって表される。
- ・ 基板の構造要素の属性は、ダイ全体の構造要素を表す。

【 0 0 5 8 】

これらの想定の下で、訓練ウエハに関連づけられたモデルは、ダイの第 1 のセットに関する 1 つまたは複数の属性および 3 D 情報に基づいて生成される。訓練ステップ中に、属性を決定することができる。属性（少なくとも一部）および分かっている 3 D 情報（基底状態）値、ならびにオプションとして任意のプロセス情報を使用して、多数のモデルが生成される。訓練ステップは、すべての訓練基板（ウエハ）に基づいて、属性自体を決定することと、それらのすべてを使用することを含む。

【 0 0 5 9 】

テストまたは推測ステップ中に、テストされるウエハの属性を使用して、関連モデルが発見される。そのような関連モデルが発見された場合、特定の構造の属性（すべてまたはサブセット）を関連モデルに供給することができる。

【 0 0 6 0 】

関連モデルの探索は、ウエハ全体に関連する 1 つまたは複数の属性に基づくことができる。

【 0 0 6 1 】

方法 2 0 0 は、多数のモデルを生成するかまたは受け取るステップ 2 0 5 によって開始することができる。多数のモデルが、訓練プロセス中に生成される。

【 0 0 6 2 】

ステップ 2 0 5 は、その後に、特定のウエハの構造要素の 1 つまたは複数の属性を生成するかまたは受け取るステップ 2 1 0 に続くことができる。

【 0 0 6 3 】

ステップ 2 1 0 は、その後に、多数のモデルの中から、少なくとも事前定義された精度で特定のウエハの構造要素の 3 D 情報を予測すると見込まれる関連モデルを探索するステップ 2 2 0 に続くことができる。

【 0 0 6 4 】

10

20

30

40

50

ステップ 220 は、(a) 特定のウエハの構造要素の 1 つまたは複数の属性と、(b) 訓練ウエハの異なるクラスに関連づけられたテストウエハの構造要素の 1 つまたは複数の属性との間の関係を決定することを含むことができる。

【0065】

この関係は、(a) 特定のウエハの構造要素の 1 つまたは複数の属性と、(b) 訓練ウエハの異なるクラスに関連づけられたテストウエハの構造要素の 1 つまたは複数の属性との間の類似性を表すことができる。

【0066】

特定のクラスに関して、類似性が事前定義された類似性閾値よりも高い場合、特定のクラスに関連づけられたモデルは、関連モデルであるとみなすことができる。

【0067】

関連モデルを発見した場合、ステップ 220 は、その後に、関連モデルを使用して特定のウエハの構造要素の 3D 情報を予測するステップ 230 に続く。

【0068】

さもなければ、ステップ 220 は、発見できなかったことに応答するステップ 240 に続く。

【0069】

図 3 は、ダイの構造要素の 1 つまたは複数の属性を生成するための方法 300 を示す。

【0070】

方法 300 は、SEM 画像の信号対雑音を向上させ、異なるサイトの SEM 画像間のあり得る SEM イメージング由来の変化（サイトを照射する電子ビームの強度、または電子の照射および / または収集中の他の変化など）を補償する様々なステップを示す。他のステップが用意されてもよい。

【0071】

方法 300 は、ウエハの多数のサイトの SEM 画像を受け取るかまたは生成するステップ 310 によって開始することができる。多数のサイトは、ウエハ全体をカバーしてもよく、またはウエハの 1 つまたは複数の部分のみをカバーしてもよい。

【0072】

ステップ 310 は、その後に、注目する構造要素を含むパッチの位置を突き止める、特に、特定の構造要素の多数のインスタンスを含む SEM 画像におけるパッチの位置を突き止めるステップ 320 に続くことができる。パッチは、2 次元パッチとすることができる。

【0073】

ステップ 320 は、その後に、サイトごとのサイト平均パッチを提供するために各サイトのパッチを平均化するステップ 330 に続くことができる。

【0074】

ステップ 330 は、その後に、各サイト平均パッチをサイトベクトルに変換するステップ 340 に続くことができる。これは、例えば、列ごとのサイトベクトル要素を提供するために、サイト平均パッチの各画素列を平均化することによって行うことができる。

【0075】

ステップ 340 は、その後に、各サイトベクトルを正規化するステップ 350 に続くことができる。

【0076】

ステップ 350 は、その後に、ダイごとのダイベクトルを提供するために各ダイのサイトベクトルを平均化するステップ 360 に続くことができる。

【0077】

ステップ 360 は、その後に、ダイごとのダイベクトルを表したウエハ属性を生成するステップ 370 に続くことができる。ウエハ属性はマトリクスであり得る。

【0078】

図 4 は、方法 400、ならびに様々な SEM 画像およびデータ構造の一例を示す。

【0079】

10

20

30

40

50

訓練ウエハの２つのクラスおよび２つの訓練モジュール、すなわち、第１のモデル４０５および第２のモデル４０６があることが想定される（説明の便宜のためにのみ）。訓練ウエハの第１のクラスは、第１の３Ｄ情報４０１および第１の属性４０３によって表される。訓練ウエハの第２のクラスは、第２の３Ｄ情報４０２および第２の属性４０４によって表される。２つを超えるクラスがあってもよい。

【００８０】

新しいウエハの１つまたは複数の新しいＳＥＭ画像４１０が受け取られる。

【００８１】

１つまたは複数のＳＥＭ画像は、１つまたは複数の属性４１２を生成することによって処理される。生成された１つまたは複数の属性は、関連モデルを探索するステップ４１４に送られる。成功した場合、ステップ４１４は、その後に、新しいウエハの３Ｄ情報を生成するために、関連モデル（第１のモデルまたは第２のモデルとすることができる）を適用するステップ４１６に続く。さもなければ、ステップ４１４は、その後に、１つまたは複数のＳＥＭ画像および３Ｄ情報に基づいて新しいモデルを生成するように要請するステップ４１８に続く。

10

【００８２】

図５は、ウエハ５１４、ダイ５１２、およびダイのサイトのうちの１つのＳＥＭ画像５１０の一例を示す。

【００８３】

図６は、ウエハ５１４と、イメージャ７１０およびプロセッサ７２０を含むシステム５００とを示す。

20

【００８４】

プロセッサは、マイクロプロセッサ、グラフィック処理ユニット、ハードウェアアクセラレータ、中央処理装置、ニューラルネットワークプロセッサ、画像プロセッサなどのような１つまたは複数の処理回路を含むことができる。プロセッサは、本明細書に示される方法のうちのいずれかの任意のステップを実行するためにプログラムする（または別の方法で構築および用意または構成する）ことができる。

【００８５】

システムは、情報、および／または命令および／またはモデルおよび／または１つまたは複数の属性を格納するためのメモリユニット、例えば、揮発性または不揮発性メモリユニットなどをさらに含むことができる。メモリユニットは、非一時的コンピュータ可読媒体の一例である。

30

【００８６】

イメージャ７１０は、電子ビームイメージャ、電子ビーム顕微鏡、イオン顕微鏡、イオンイメージャなどとすることができる。電子ビーム顕微鏡は、走査型電子顕微鏡、透過型電子顕微鏡などとすることができる。

【００８７】

システム７００は、方法１００、２００、３００、および４００のうちの少なくとも１つを実行するように構成することができる。

【００８８】

40

イメージャは、ＳＥＭ画像を生成するように構成され、一方、プロセッサ２００は、方法１００、２００、３００、および４００のうちの少なくとも１つの他のステップを実行するように構成することができる。

【００８９】

以上の記述において、本開示の実施形態が、本開示の実施形態の特定の例を参照して説明された。しかしながら、添付の特許請求の範囲に記載された本開示の実施形態のより広い趣旨および範囲から逸脱することなく、様々な変形および変更がその中で行われてもよいことが明らかであろう。

【００９０】

同じ機能を達成するための構成要素の配置は、所望の機能が達成されるように効果的に

50

「関連づけ」られる。したがって、特定の機能を達成するために組み合わせられた本明細書の2つの構成要素は、アーキテクチャまたは中間構成要素に関係なく、所望の機能が達成されるように互いに「関連づけられている」とみなすことができる。同様に、そのように関連づけられた2つの構成要素は、所望の機能を達成するために、互いに「動作可能に接続されている」または「動作可能に結合されている」とみなすこともできる。

【0091】

さらに、上述の動作間の境界は単に例示であることを当業者は認識されよう。多数の動作は、単一の動作に組み合わせられてもよく、単一の動作は、追加の動作に分散されてもよく、動作は、少なくとも部分的に時間的に重複して実行されてもよい。その上、代替の実施形態は、特定の動作の多数のインスタンスを含んでもよく、動作の順序は、様々な他の実施形態では変更されてもよい。

10

【0092】

さらに、例えば、1つの実施形態では、例示の例は、単一の集積回路にまたは同じデバイス内に配置された回路として実現されてもよい。代替として、その例は、適切な方法で互いに相互接続された任意の数の別個の集積回路または別個のデバイスとして実現されてもよい。

【0093】

しかしながら、他の変形、変更、および代替も可能である。したがって、本明細書および図面は、制限的な意味ではなく例示的な意味とみなされるべきである。

【0094】

20

特許請求の範囲において、括弧間に置かれた参照符号は、請求項を限定するものとして解釈されないものとする。「備える、含む (comprising)」という単語は、請求項にリストされているもの以外の他の要素またはステップの存在を排除しない。さらに、本明細書で使用される「1つの (a)」または「1つの (an)」という用語は、1つまたは2つ以上として定義される。さらに、特許請求の範囲における「少なくとも1つ」および「1つまたは複数である」などの導入句の使用は、「1つの (a)」または「1つの (an)」という不定冠詞による別の請求項要素の導入が、そのような導入された請求項要素を含む特定の請求項を、たとえ同じ請求項が「1つまたは複数の」または「少なくとも1つ」という導入句および「1つの (a)」または「1つの (an)」などの不定冠詞を含む場合であっても、1つのそのような要素のみを含む本開示の実施形態に限定することを暗示するように解釈されるべきでない。同じことが、定冠詞の使用にも当てはまる。特に明記されない限り、「第1の」および「第2の」などの用語は、そのような用語が記載する要素間を便宜的に区別するために使用される。したがって、これらの用語は、必ずしもそのような要素の時間的なまたは他の優先順位付けを示すように意図されていない。特定の手段が互いに異なる請求項に列挙されているという単なる事実は、これらの手段の組合せを有利に使用できないことを示していない。

30

【0095】

本開示の実施形態の特定の特徴が本明細書に例示および記載されているが、多くの変形、置換、変更、および等価物が、当業者に思い浮かぶであろう。それゆえに、添付の特許請求の範囲は、本開示の実施形態の真の趣旨に入るようなすべての変形および変更を包含するように意図されていることを理解されたい。

40

【0096】

図のいずれか、本明細書のいずれかの部分、および/またはいずれかの請求項に列挙されているモジュールまたはユニットの任意の組合せを提供することができる。特に、請求された特徴の任意の組合せを提供することができる。

【0097】

「含む (comprising)」または「有する (having)」という用語への言及は、「からなる (consisting of)」、「本質的に~からなる (essentially consisting of)」を指すようにも解釈されるべきである。例えば、特定のステップを含む方法は、それぞれ、追加のステップを含むことができ、

50

特定のステップに限定することができ、または方法の基本的なおよび新規の特性に実質的に影響を与えない追加のステップを含むことができる。

【0098】

実施形態はまた、コンピュータシステムなどのプログラム可能な装置で作動するときに実施形態による方法のステップを実行するための少なくともコード部分を含む、または実施形態によるデバイスまたはシステムの機能をプログラム可能な装置に実行させることができる、コンピュータシステムで作動するためのコンピュータプログラムに実装することができる。コンピュータプログラムにより、ストレージシステムは、ディスクドライブをディスクドライブグループに割り当てることができる。

【0099】

コンピュータプログラムは、特定のアプリケーションプログラムおよび/またはオペレーティングシステムなどの命令のリストである。コンピュータプログラム、例えば、サブルーチン、関数、プロシージャ、オブジェクトメソッド、オブジェクト実装、実行可能なアプリケーション、アプレット、サーブレット、ソースコード、オブジェクトコード、共用ライブラリ/ダイナミックロードライブラリ、および/またはコンピュータシステムで実行するように設計された他の命令のシーケンスのうちの1つまたは複数を含むことができる。

【0100】

コンピュータプログラムは、非一時的コンピュータ可読媒体などのコンピュータプログラム製品に内部的に格納することができる。コンピュータプログラムのすべてまたは一部は、情報処理システムに恒久的に、取外し可能に、またはリモートで結合された非一時的コンピュータ可読媒体に提供することができる。非一時的コンピュータ可読媒体は、例えば、限定ではなく、以下から任意の数のものを含むことができる。ディスクおよびテープストレージ媒体を含む磁気ストレージ媒体、コンパクトディスク媒体（例えば、CDROM、CDRなど）およびデジタルビデオディスクストレージ媒体などの光学ストレージ媒体、FLASHメモリ、EEPROM、EPROM、ROMなどの半導体ベースのメモリユニットを含む不揮発性メモリストレージ媒体、強磁性デジタルメモリ、MRAM、レジスタ、バッファまたはキャッシュ、メインメモリ、RAMなどを含む揮発性ストレージ媒体。コンピュータプロセスは、一般に、実行している（作動している）プログラムまたはプログラムの一部、現在のプログラム値および状態情報、ならびにプロセスの実行を管理するためにオペレーティングシステムにより使用されるリソースを含む。オペレーティングシステム（OS）は、コンピュータのリソースの共有を管理し、それらのリソースにアクセスするために使用されるインターフェースをプログラマに提供するソフトウェアである。オペレーティングシステムは、システムデータおよびユーザ入力を処理し、タスクおよび内部システムリソースをサービスとしてシステムのユーザおよびプログラムに配分し管理することによって応答する。コンピュータシステムは、例えば、少なくとも1つの処理ユニット、関連づけられたメモリ、およびいくつかの入力/出力（I/O）デバイスを含むことができる。コンピュータプログラムを実行するとき、コンピュータシステムは、コンピュータプログラムに従って情報を処理し、結果としての出力情報をI/Oデバイスを介して生成する。

【0101】

以上の記述は、1つまたは複数の実施形態の特定の例を含む。しかしながら、添付の特許請求の範囲に記載されるような1つまたは複数の実施形態のより広い趣旨および範囲から逸脱することなく、様々な変形および変更がその中で行われてもよいことが明らかであろう。

【符号の説明】

【0102】

100、200、300、400 方法

401 第1の3D情報

402 第2の3D情報

10

20

30

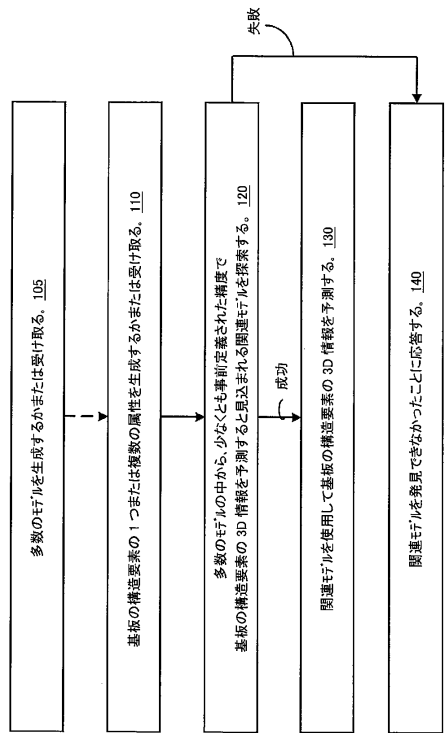
40

50

- 4 0 3 第 1 の属性
- 4 0 4 第 2 の属性
- 4 0 5 第 1 のモデル
- 4 0 6 第 2 のモデル
- 4 1 0 1 つまたは複数の新しい S E M 画像
- 5 0 0 システム
- 5 1 0 S E M 画像
- 5 1 2 ダイ
- 5 1 4 ウエハ
- 7 0 0 システム
- 7 1 0 イメージャ
- 7 2 0 プロセッサ

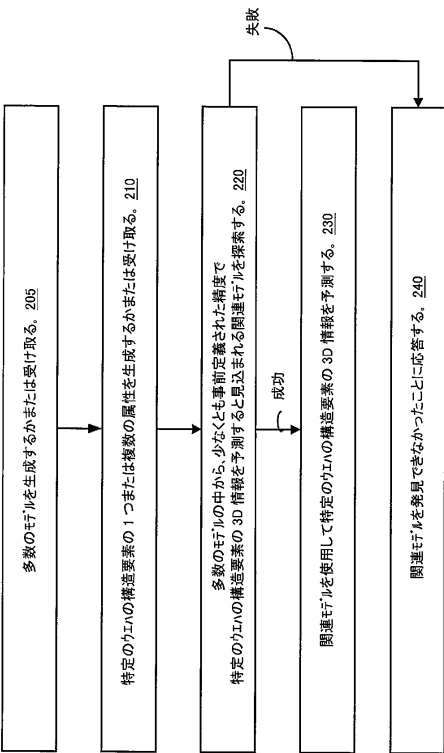
【図面】

【図 1】



100

【図 2】



200

10

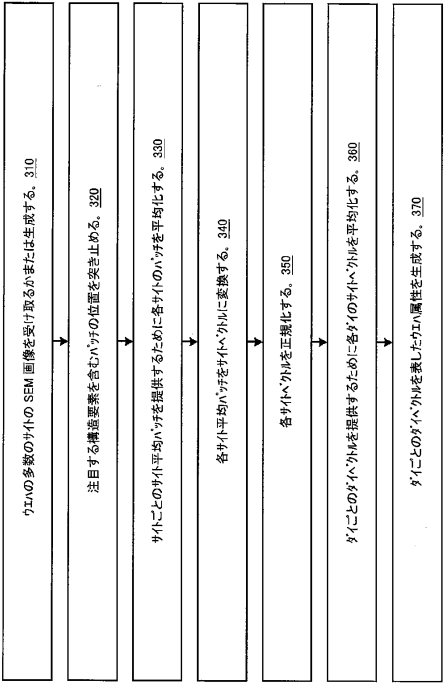
20

30

40

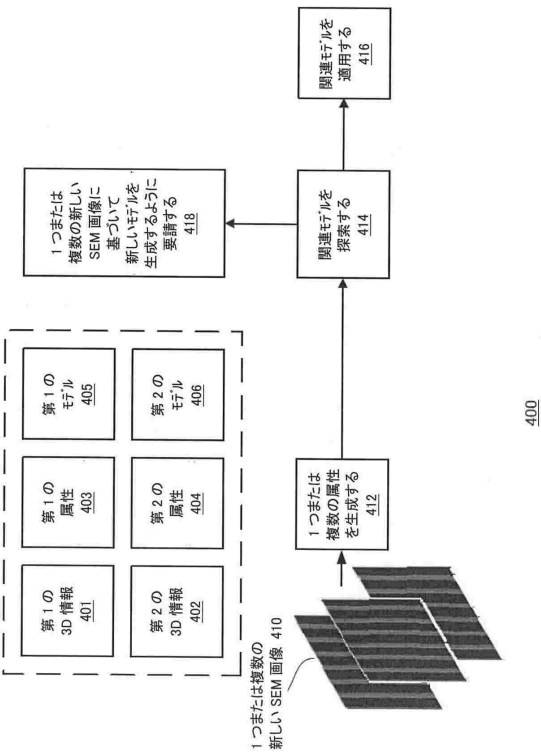
50

【図 3】



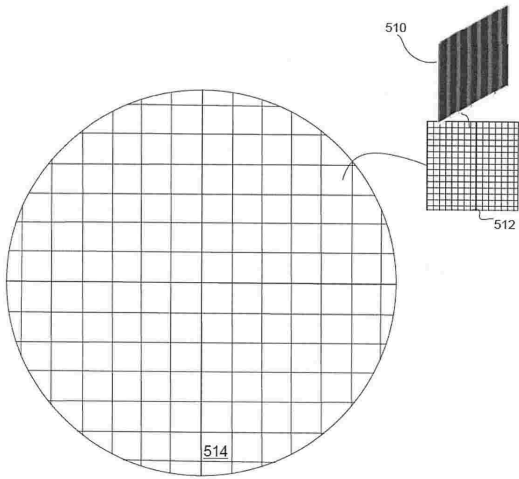
300

【図 4】

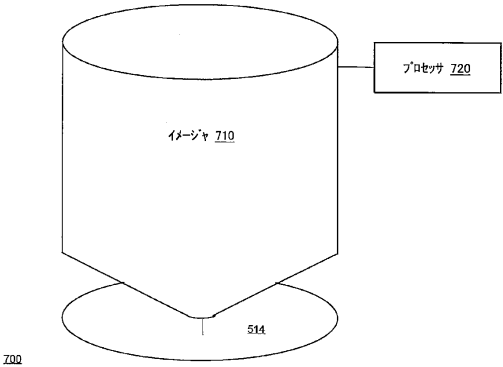


400

【図 5】



【図 6】



700

10

20

30

40

50

フロントページの続き

西島 孝喜

(74)代理人

上杉 浩

(74)代理人 100120525

弁理士 近藤 直樹

(74)代理人 100139712

弁理士 那須 威夫

(74)代理人 100141553

弁理士 鈴木 信彦

(72)発明者 アンナ レヴァント

イスラエル 7 6 2 1 2 3 9 レホヴォト ハザンハニム ストリート 1 6 / 5

(72)発明者 ラファエル ビストリッツァー

イスラエル 4 9 7 7 3 6 7 ペタク チクヴァ ナカール ストリート 3 2

審査官 平野 崇

(56)参考文献 特開 2 0 1 1 - 0 2 7 4 6 1 (J P , A)

特開 2 0 1 0 - 2 8 3 0 0 4 (J P , A)

国際公開第 2 0 1 9 / 1 9 8 1 4 3 (W O , A 1)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 L 2 1 / 6 6

H 0 1 L 2 1 / 0 2

G 0 1 N 2 3 / 2 2 5 1