

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7026140号
(P7026140)

(45)発行日 令和4年2月25日(2022.2.25)

(24)登録日 令和4年2月16日(2022.2.16)

(51)国際特許分類

H 01 L	21/66 (2006.01)	H 01 L	21/66	J
G 01 B	15/00 (2006.01)	G 01 B	15/00	K
G 06 T	7/00 (2017.01)	G 06 T	7/00	6 1 0 Z
G 06 T	7/507(2017.01)	G 06 T	7/507	
G 06 T	7/586(2017.01)	G 06 T	7/586	

請求項の数 20 (全20頁)

(21)出願番号	特願2019-563887(P2019-563887)
(86)(22)出願日	平成30年5月18日(2018.5.18)
(65)公表番号	特表2020-521325(P2020-521325)
A)	
(43)公表日	令和2年7月16日(2020.7.16)
(86)国際出願番号	PCT/US2018/033480
(87)国際公開番号	WO2018/213758
(87)国際公開日	平成30年11月22日(2018.11.22)
審査請求日	令和3年5月18日(2021.5.18)
(31)優先権主張番号	62/508,312
(32)優先日	平成29年5月18日(2017.5.18)
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)
(31)優先権主張番号	15/982,918
(32)優先日	平成30年5月17日(2018.5.17)
最終頁に続く	

(73)特許権者	504144253 アプライド マテリアルズ イスラエル リミテッド イスラエル， 76705 レホヴォト， パーク ラビン， オッペンハイマー ス トリート 9
(74)代理人	100094569 弁理士 田中 伸一郎
(74)代理人	100103610 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	100086771

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体ウエハ上のパターン内の高低差の測定

(57)【特許請求の範囲】**【請求項1】**

半導体ウエハ上のパターン内の2つの特徴間の高低差を判定するコンピュータ実施方法であって、

前記高低差の関数として表現される変数を有するモデルを識別するステップであって、前記関数が1つまたは複数の物理パラメータと、前記1つまたは複数の物理パラメータの相互依存性を特徴付ける1つまたは複数の量とを有する、識別するステップと、

前記半導体ウエハ上の前記パターンの実際の画像上で測定を実施して、前記高低差の前記関数の前記1つまたは複数の物理パラメータの値を取得するステップと、

コンピュータプロセッサによって、前記取得した1つまたは複数の物理パラメータの値と、前記1つまたは複数の物理パラメータの相互依存性を特徴付ける前記1つまたは複数の量とを使用して前記モデルから前記高低差を判定するステップとを含む方法。

【請求項2】

前記高低差は、前記半導体ウエハ上の第1の特徴と第2の特徴との間である、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記高低差は、2つの異なる半導体ウエハ上に製作された特徴の特定の寸法の第1の値と第2の値との間である、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記測定を実施するステップが、走査電子顕微鏡(SEM)を使用して、周期的な構造の

前記実際の画像を取得するステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記モデルにおける前記変数が、走査電子ビームの傾斜角度の変化に対する前記周期的な構造の前記実際の画像上の 2 つの特性点間の測定距離の変化の点から表現され、前記測定距離は、コアトレンチとギャップトレンチとの間の距離を示し、前記距離は、前記コアトレンチと前記ギャップトレンチとの間の前記高低差に依存する、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記 1 つまたは複数のパラメータの値を取得するステップが、前記走査電子ビームの前記傾斜角度の変化を示す値を取得するステップを含む、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

周期的な構造におけるコアトレンチとギャップトレンチとの間の高低差を判定し、前記周期的な構造は半導体ウエハ上に形成された複数のコアトレンチと複数のギャップトレンチとを含む、コンピュータ実施方法であって、

コアトレンチとギャップトレンチとの間の前記高低差の関数として表現される変数を有するモデルを識別するステップであって、前記関数が 1 つまたは複数の物理パラメータと、前記 1 つまたは複数の物理パラメータの相互依存性を特徴付ける 1 つまたは複数の量とを有する、識別するステップと、

前記周期的な構造の実際の画像上で測定を実施して、前記高低差の前記関数の前記 1 つまたは複数の物理パラメータの値を取得するステップと、

コンピュータプロセッサによって、前記取得した 1 つまたは複数の物理パラメータの値と、前記 1 つまたは複数の物理パラメータの相互依存性を特徴付ける前記 1 つまたは複数の量とを使用して前記モデルから前記高低差を判定するステップとを含む方法。

【請求項 8】

前記周期的な構造は、複数パターンニングを含む半導体処理技法を使用して形成される、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記測定を実施するステップが、

走査電子ビームの第 1 の傾斜角度で前記周期的な構造を走査して、前記周期的な構造の第 1 の実際の画像を取得するステップと、

前記走査電子ビームの第 2 の傾斜角度で前記周期的な構造を走査して、前記周期的な構造の第 2 の実際の画像を取得するステップであって、前記第 2 の傾斜角度が前記第 1 の傾斜角度とは異なる、取得するステップと、

前記第 1 の実際の画像上で 1 対の特性点を識別し、前記 1 対の特性点間の距離を測定するステップと、

前記第 2 の実際の画像上で前記 1 対の特性点を識別し、前記 1 対の前記特性点間の距離を測定するステップと、

前記走査電子ビームの前記第 1 の傾斜角度および前記第 2 の傾斜角度の変化に対する、前記第 1 の実際の画像および前記第 2 の実際の画像それぞれで測定された前記距離の変化の点から前記モデルの前記変数を表現するステップとをさらに含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 10】

各対の特性点が、特定の角度で傾斜した前記走査電子ビームによって照射されたコアトレンチおよびギャップトレンチのそれぞれの底隅部に基づいて、前記実際の画像上に作成される、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記第 1 および前記第 2 の実際の画像上で複数対の特性点を識別するステップをさらに含み、前記複数対の特性点の各々が、対応する 1 対のコアトレンチおよびギャップトレンチによって作成される、

請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

前記第 1 の実際の画像および前記第 2 の実際の画像それぞれで測定された前記距離の変化

10

20

30

40

50

の点から前記変数を表現するステップが、

前記複数対の特性点から取得された距離の平均を計算するステップと、

前記距離の平均の変化の点から前記変数を表現するステップとを含む、請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 3】

前記変数が、影の深さの変化の関数として表現され、影の深さの前記変化が、コアトレンチとギャップトレンチとの間の前記高低差ならびに幅差に依存する、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 1 4】

前記影の深さは、前記コアトレンチと前記ギャップトレンチとの間の相対輝度の差を表す、請求項 1 3 に記載の方法。

10

【請求項 1 5】

前記モデルは、

$$= w + h$$

という線形関数から作成され、上式で、 w はグレーレベル計算の輝度比を示し、 h はコアトレンチとギャップトレンチとの間の高さの差を示し、 w および h は係数を示し、 w は幅差であり、 h はコアトレンチとギャップトレンチとの間の高低差である、請求項 1 4 に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記グレーレベル計算が、前記コアトレンチおよび前記ギャップトレンチの頂部および底部で測定される輝度を伴う、請求項 1 5 に記載の方法。

20

【請求項 1 7】

前記係数 w および h が、較正またはシミュレーションによって取得される、請求項 1 5 に記載の方法。

【請求項 1 8】

実際の画像上で測定を実施するステップが、前記コアトレンチと前記ギャップトレンチとの間の前記幅差 w に対する値を取得するステップを含む、請求項 1 5 に記載の方法。

【請求項 1 9】

周期的な構造におけるコアトレンチとギャップトレンチとの間の高低差を判定するシステムであって、前記周期的な構造が、半導体ウエハ上に形成された複数のコアトレンチおよび複数のギャップトレンチを含み、前記システムが、
メモリと、

30

処理デバイスとを備え、前記処理デバイスは、

コアトレンチとギャップトレンチとの間の前記高低差の関数として表現される変数を有するモデルを識別することであって、前記関数が 1 つまたは複数の物理パラメータと、前記 1 つまたは複数の物理パラメータの相互依存性を特徴付ける 1 つまたは複数の量とを有する、識別することと、

前記周期的な構造の実際の画像上で実施された測定から前記高低差の前記関数の前記 1 つまたは複数の物理パラメータの値を取得することと、

前記取得した 1 つまたは複数の物理パラメータの値と、前記 1 つまたは複数の物理パラメータの相互依存性を特徴付ける前記 1 つまたは複数の量とを使用して前記モデルから前記高低差を判定することとを行うように、前記メモリに動作可能に結合される、システム。

40

【請求項 2 0】

前記実際の画像が、走査電子顕微鏡によって作成される、請求項 1 9 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本開示は、一般に、半導体ウエハ上のパターンの寸法の測定に関し、詳細には、パターン内の高低差および / または幅差の測定に関する。

【背景技術】

50

【0002】

半導体ウエハの検査など、様々なマッピングおよび撮像の適用分野において、走査電子顕微鏡（SEM）画像が使用されている。SEM画像を使用するウエハの3次元（3D）マッピングのために、いくつかの技法が当技術分野では知られている。たとえば、半導体デバイスを検査する従来の技法では、SEMによって取得された複数組の測定データを利用して、半導体デバイスの寸法パラメータを判定する。SEMは、デバイスに対して異なる角度配向から各組のデータを収集する。半導体デバイスの寸法パラメータは、SEM検査角度と収集したデータセットとの関係を分析することによって判定される。

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】**

10

【0003】

以下は、本開示のいくつかの態様の基本的な理解を提供するための本開示の簡略化された概要である。この概要は、本開示の総括ではない。この概要は、本開示の主要または重要な要素を特定することも、本開示のいかなる特定の実装の範囲または特許請求の範囲のいかなる範囲を定めることも意図していない。この概要の唯一の目的は、後に提示するより詳細な説明に対する導入として、本開示のいくつかの概念を簡略化された形で提示することである。

【課題を解決するための手段】**【0004】**

実際の測定値（たとえば、SEM画像からの測定値）および高低差判定モデルを使用することによって、半導体ウエハ上に設けられたパターン内の高低差を判定するための改善された技法が、本明細書に開示される。この適用分野では、「パターン」という用語が、半導体ウエハ上に形成されるあらゆる3D構造を包含する。

20

【0005】

モデルの1つのバージョンでは、モデルの測定可能な変数が、影の深さ（すなわち、相対輝度）の変化の関数の点から表現され、影の深さは、2つの特徴間の高低差ならびに幅差に依存する。

【0006】

モデルの別のバージョンでは、測定可能な変数は、走査電子ビームの傾斜角度の変化に対する周期的な構造の実際の画像上の2つの特性点間の測定距離の変化の関数の点から表現される。

30

【0007】

モデルの両方のバージョンでは、高低差は、実際の測定データをモデルに与えることによって、モデルから計算される。

【0008】

いくつかの実装では、システムが、コンピュータプロセッサを使用して、モデルの一方または両方のバージョンを使用して高低差を抽出することが可能なモジュールを含む。システムは、ウエハを走査するSEMと、1つまたは複数のSEM画像を作成する検出器とを含むことができる。

40

【0009】

いくつかの実装では、非一過性コンピュータ可読媒体が、処理デバイスによって実行されると処理デバイスに方法を実施させる命令を含むことができ、この方法は、1つまたは複数のパラメータを有するコアトレンドとギャップトレンドとの間の高低差の関数として表現された変数を有するモデルを識別し、周期的な構造の実際の画像上の測定を実施して、高低差の関数の1つまたは複数のパラメータの値を取得し、コンピュータプロセッサによって、モデルを使用する高低差、および取得した1つまたは複数のパラメータを判定する。

【0010】

本開示は、後述する詳細な説明および本開示の様々な実装の添付の図面から、より完全に理解される。

【図面の簡単な説明】

50

【0011】

【図1A】本開示のいくつかの実施形態によるモデルを使用してパターンの高低差を判定するように構成されたSEMおよびコンピュータシステムを含むシステムの概略ブロック図である。

【図1B】本開示のいくつかの実施形態による高低差判定モジュール(HDDM)を含む概略機能ブロック図である。

【図1C】本開示の一実施形態による複数バターニングによるコア・ギャップ凹部を有するパターンを示す図である。

【図1D(a)】本開示の別の実施形態によるプロセス変動により2つの異なるウエハ上に異なる高さおよび幅を有するパターン特徴を示す図である。
10

【図1D(b)】本開示の別の実施形態によるプロセス変動により2つの異なるウエハ上に異なる高さおよび幅を有するパターン特徴を示す図である。

【図2A】いくつかの実施形態によるモデルおよび実際の測定値を使用してパターン内の高低差を判定する例示的な方法の流れ図である。

【図2B】本明細書に開示する一実施形態による局所および基準チャネルのグレーレベル等高線を含む例示的なSEM画像の一部分を概略的に示す図である。

【図2C】本明細書に開示する一実施形態による周期的な構造におけるコアトレンドおよびギャップトレンドのグレーレベル等高線を含む例示的なSEM画像の一部分を概略的に示す図である。

【図3】一実施形態によるモデルの1つのバージョンを実施して高低差を判定するために測定すべき値を示す例示的なパターンの概略図である。
20

【図4】一実施形態によるモデルの1つのバージョンに応じて高さを判定する例示的な方法の流れ図である。

【図5】一実施形態によるモデルの別のバージョンを実施して高低差を判定するために測定すべき値を示す例示的なパターンの概略図である。

【図6】図5で参照したモデルのバージョンを示すために簡略化されたSEM画像の一部分の図である。

【図7】本開示の別の実施形態による図5で参照したモデルのバージョンに応じて高さを判定する例示的な方法の流れ図である。

【図8】本開示の実装が動作することができる例示的なコンピュータシステムのブロック図である。
30

【発明を実施するための形態】

【0012】

本開示の態様は、同じ半導体ウエハ上の2つの特徴間の高低差ならびに／もしくは高低差および幅差の両方、またはプロセス変動による2つの異なる半導体ウエハ上の同じパターン特徴間の高さおよび／もしくは幅の変動を判定することを対象とする。

【0013】

半導体ウエハ上に形成されるパターンは通常、様々な形状および寸法を有する特徴／オブジェクトを含む。パターンは、周期的な構造または不規則な構造を含むことができる。そのようなオブジェクト間の高低差（ならびに／または高低差および幅差の両方）の推定は、多くの目的で、たとえば半導体ウエハの製造中に、および／または半導体ウエハの製造後に半導体ウエハの検査のために必要とされることが多い。
40

【0014】

既存の技法では、高低差は、個々の特徴の絶対的な高さを別個に測定し、2つの測定値を比較することによって計算される。本開示では、2つの特徴の各々のそれぞれの絶対的な高さを個々に測定する必要なく、2つの特徴間の高低差を測定するための新規でより効果的な方法について説明する。

【0015】

本開示における手法の利点は、2つの特徴間に相対的な高低差がある限り、2つの特徴が互いに物理的に隣接していても隣接していないことである。加えて、2つの特徴
50

間の幅差は、追加のプロセス制御パラメータとして判定することができる。2つの特徴は、同じパターンの一部であっても、異なるパターンの一部であってもよい。また、2つの特徴は、2つの異なるウエハ上の同じ特徴であってもよい。「同じ特徴」という用語は、広く同じタイプの特徴を意味し、たとえば特徴を製作するために使用される設計意図ファイルによって定義され、または測定データ（たとえば、SEM画像からのデータ）上で実質上同様に見える。「同じ特徴」という用語は、単一のウエハまたは異なるウエハ上に製作された同じタイプの特徴に関することができる。

【0016】

高低差が関心の対象となり得るパターンの一例は、半導体ウエハ上に形成された周期的な構造において隣接するトレンチ間に現れ得る材料凹部またはコア - ギャップ凹部である。
材料凹部は、周期的な構造における隣接するトレンチ（すなわち、コアトレンチおよびギャップトレンチ）の深さ / 高さ間の平均化された差であると理解することができる。材料凹部は、半導体の製造に使用される複数パターニング（2重パターニングなど）のプロセスの結果として生じることがある。

10

【0017】

トレンチのいくつかは、側壁を有するチャネルの形で生じることがあり、チャネルは、閉じた等高線を有することも開いた等高線を有することもある。高低差（ h ）を判定することは、任意の1対のチャネル（たとえば、パターンの特有のコア - ギャップペア）に対する h の絶対値を判定すること、および / または周期的なパターン内の関心領域における類似のチャネルに対して存在する h の平均値を判定することであると理解することができる。

20

【0018】

開示する技法はまた、プロセスに誘起された変動による同じウエハの異なる部分上または2つの異なるウエハ上の同じ特徴内の寸法差を評価するために使用することができる。半導体デバイスの生産では、変動に対する生産プロセスの精度、再現性、および安定性が非常に重要である。プロセス制御技法は、たとえば様々な生産段階においてパターンの高さおよび幅を測定することによって、プロセスの不正確性および不安定性を制御するために実施される。

【0019】

特定のシナリオでは、プロセス制御測定、特にインラインSEMプロセス制御測定により、シャドウイング情報を分析することに基づいて、基準からの高さおよび幅のようなパターン測定値の偏差に関する情報を提供することができる。

30

【0020】

図1Aは、本発明のサブシステムS1およびS2を備える例示的なシステムS3を示す。サブシステムS1は、提案される本発明の高低差判定モジュール（HDDM）を含み、HDDMは、1つまたは複数のモデリングプロセッサSP1（およびSP2、2つ以上のプロセッサが使用される場合）を含む。HDDMは、コンピュータC内に位置し、本出願に記載するモデルの2つのバージョンのうちの少なくとも1つを使用することによって、半導体パターンの特徴間の高低差 h を判定するように構成される。S1は、コンピュータメモリMに結合される。

40

【0021】

コンピュータCは、通信線Lを介してSEMからデータを受け取ることができる。SEMは、半導体ウエハW上に製造されたパターンのSEM画像を作成する。SEMまたは任意の別個の測定モジュールが、SEM画像を使用して測定を実施するように適合されている場合、測定結果はサブシステムS1へ伝送される。サブシステムS1は、制御プロセッサPによって制御することができ、制御プロセッサPは、ユーザからの命令を取得することができる。

【0022】

第2のサブシステムS2は、HDDM（モデリングプロセッサSP1および / またはSP2を含む）と、測定モジュールMMと、制御プロセッサPとを含む。

50

【 0 0 2 3 】

測定モジュール MM は、 SEM から画像を受け取り、輝度、パターンの様々な長さ / 幅の正確な測定を実施し、これらの測定値を部分的に処理することができ、プロセッサ P によって制御可能とすることができます。

【 0 0 2 4 】

サブシステム S 1 および S 2 は、ディスプレイ D およびキーボード K を備えた自立型のコンピュータ C 内に配置することができ、コンピュータは、通信線 L を介して直接または間接的に SEM に接続される。

【 0 0 2 5 】

拡張されたシステム S 3 は、電子ビームのソースおよび 1 つまたは複数の検出器を組み込む SEM をさらに含むことができ、検出器は、SEM 内に挿入された半導体ウエハ W を監視して輝度データ（すなわち、SEM 画像のグレーレベルを表すデータ）を収集するよう 10 に位置決めされる。SEM は、複数の検出器から収集されたデータを処理して複合 SEM 画像にすることができ、または収集されたデータをモジュール MM へ供給して、モジュール MM 内で複合画像を形成し、測定を実施し、それらの測定値を部分的に処理することができる。

【 0 0 2 6 】

図 1 B は、図 1 A に基づくブロック図を示し、ブロックおよびモジュールへの機能および制御入力が示されている。機能入力 / 接続は太い矢印で示されており、制御入力 / 接続は細い矢印で示されている。制御プロセッサ P は、MM および HDDM (S 1 の一部である) の両方を制御することに留意されたい。このブロック図では、測定モジュール MM は、S 2 として破線の等高線によって表示された本発明の実施形態の一部として示されている。システム S 2 は、L を介して SEM に接続されたコンピュータ内に設置可能である。メモリ M およびその接続はここに図示されていない。 20

【 0 0 2 7 】

図 1 C は、図 2 B ~ 図 7 に関してより詳細に説明するように、HDDM がコア - ギャップ 凹部シナリオで h を計算することができることを示す。これは、典型的に複数パターニングに関連する問題である。

【 0 0 2 8 】

図 1 D (a) および図 1 D (b) は、複数パターニングによる材料凹部がない場合でも、プロセス変動により、2 つの異なるウエハ上の同じ特徴またはウエハの異なる部分に製作された同じ特徴間に、高低差（すなわち、図 1 D (a) の h 1 と図 1 D (b) の h 2 の間の差）が生じることを示す。また、プロセス変動により、幅差（すなわち、図 1 D (a) の w 1 と図 1 D (b) の w 2 の間の差）が生じることもある。第 2 のウエハは、同じ生産工具によって製作された同じ設計の別のウエハとすることができる。第 2 のウエハは、同じタイプの別の生産工具によって製作された同じ設計の別のウエハとすることもできる。第 1 のウエハと第 2 のウエハとの間の高さおよび / または幅の差は、プロセス変動、工具の不具合などに起因することがある。 30

【 0 0 2 9 】

図 2 A は、システム S 2 の動作（図 1 B の破線の長方形内に示す）を含むシステム S 3 内の動作の概略流れ図を示す。システム S 2 の動作は、システム S 1 としての HDDM の動作を含む。測定モジュール MM は、プロセッサの制御下で 1 組および / または 2 組の測定を実施して測定結果をさらに処理する 2 つの実施形態のうちの少なくとも 1 つを含むことができる。この処理は、MM で開始し、HDDM で終了することができる。しかし、この処理は、完全に HDDM で実施することができ、したがって実際には MM は、HDDM の一部を形成することができる。たとえば、MM は、以下に詳述するように、モデルのどのバージョンが選択されるか、またはモデルの両方のバージョンが選択されるかどうかに応じて、SEM 画像上のチャネル / トレンチのグレーレベル（輝度）を測定および処理するハードウェアおよび / またはソフトウェアブロック、ならびに a) チャネルの幅「 w 」および / または b) チャネル間の距離 X を測定および処理するハードウェアおよび / また 40

はソフトウェアブロックを含むことができる。モデルは、ユーザによって選択することができ、またはプロセッサによって選択することができる。

【 0 0 3 0 】

特定の高さのパターンのSEM画像は、パターンの高さを示す影を示し、したがって高さに依存する。電子検出器に関して、影になっている箇所から出た電子は、パターンによって吸収することができ、電子検出器に到達しない。その結果、影になっている箇所に関連する電子信号の損失は、パターンの形状寸法ならびに形状、高さおよび幅を示す。

【 0 0 3 1 】

本開示の一実施形態によれば、パターンのSEM画像は、そのパターンに関連する高さ依存のシャドウイングを反映するモデルを適用することによって処理され、それによって基準と比較して、SEM画像内のパターンの高さおよび／または幅の差を判定する。

10

【 0 0 3 2 】

図1Cに示すコア - ギャップの例では、コアトレーニングのSEM画像が、ギャップトレーニングのSEM画像に対する基準として働くことができる。図1D(a)および図1D(b)に示す例では、第1のウエハのパターンSEM画像は、第2のウエハのパターンSEM画像に対する基準として働くことができる。どちらの例でも、高低差に関する情報が判定される。図1D(a)～図1D(b)に示すパターンは、複数パターンニングに限定されるものではないことに留意されたい。

【 0 0 3 3 】

本開示の一実施形態によれば、基準は、絶対寸法値、たとえば図1D(a)の高さ h_1 または幅 w_1 に関連付けることができる。絶対高さ値は、たとえばSEMレシピ設定ステップなどの予備のプロセス制御ステップ、または OCD(光CD測定)もしくは TEM(透過電子顕微鏡法)などの非オンライン測定技法を用いる相補的な測定ステップ中に取得することができる。基準に関連付けられた絶対高さ値、および判定された高低差を使用することによって、パターンの絶対高さ値を取得することができる。

20

【 0 0 3 4 】

上述したように、高さ判定は、高低差 h の関数として表現される変数 V 、すなわち $V = f(h)$ を有するモデルを識別することを伴う。 V は、測定可能な値を有し、1つまたは複数の実際のパラメータの関数であり、これらの実際のパラメータのうちのいくつかは、測定することができる。モデルの1つのバージョンでは、変数 V は、影の深さの関数として表現され、影の深さは、隣接する特徴間の高低差ならびに幅差に依存する。モデルの別のバージョンでは、変数は、SEM画像を取得するために使用された電子ビームの傾斜角度の変化に対するSEM画像上の2つの特性点間の測定距離の変化の点から表現される。ユーザは、モデルのいずれかのバージョンを選択して高低差を判定することができる。また、モデルの複数のバージョンを使用して高低差を判定し、よりよい精度のためにそれらの結果を比較することも可能である。図2Aに示す流れ図のブロック10～15は、モデルの選択されたバージョンに応じて動作することが、当業者には容易に理解されよう。

30

【 0 0 3 5 】

モデルの少なくとも1つのバージョン $V = f(h)$ を選択する際、1つまたは複数のSEM画像を取得する(ブロック10)。SEM画像は、ウエハを電子ビームで走査すること(および任意選択で、モデルのどのバージョンが選択されたかに応じて、電子ビームの傾斜角度を変化させること)によって取得することができる。1つまたは複数の電子検出器からのデータを使用して、複合SEM画像を取得することができる。別法として、事前選択された既知のSEM画像データを使用することもできる。

40

【 0 0 3 6 】

次に、SEM画像の測定を実施する(ブロック11)。このタスクは、測定モジュール(MM)、または図1Bに示すHDDMで実施することができる。測定は、事前に提供されていない場合、すなわち事前選択されていない場合、統計的測定またはシミュレーションを実施して、選択されたモデルの実際のパラメータおよび／または係数を取得すること(

50

ブロック 12) と、選択されたモデルの測定可能な値 V を計算すること(ブロック 13)とを含むことができる。

【0037】

モデルの選択されたバージョンを測定結果に適用する最後の動作(ブロック 14 および / または 15)が、HDDM によって実施される。いくつかの実際のパラメータまたは係数が事前に選択されている場合、それらを 14 および / または 15 に与えることができる。以下、モデルの 2 つのバージョンについてより詳細に説明する。

【0038】

モデルのバージョン 1：相対輝度からの高低差(影の深さ)の判定

第 1 に、特徴の頂部と底部との間の輝度(グレーレベル差)の変動を利用する「影の深さ」方法を使用して高低差が計算されるモデルの第 1 のバージョンの動作について説明する。本出願の目的で、「影の深さ」とは相対輝度または相対グレーレベルを指す。輝度差は高低差に関係し、すなわちグレーレベル差は高低差の結果である。グレーレベル差は、異なる高さの特徴によって生じる「影」による(SEM 内で検出される 2 次電子)の収率の損失を示す。

10

【0039】

図 2 b は、グレーレベル SEM 画像の例示的な部分を示し、パターンの頂部は明るいグレーであり、底部は暗いグレーである。パターンの明るい頂部は、走査電子ビームによって生じる 2 次および後方散乱電子によってより多く「照射」され、少なくとも 1 つの SEM 検出器(図示せず)によって検出される。パターンの暗い底部が生じる電子は少なく、したがって同じ検出器によって SEM 画像のより暗い部分として検出される。

20

【0040】

パターンは、閉じた橢円形の等高線によって形成される「基準」チャネル 16 と呼ばれる第 1 のチャネルを含む。「局所」チャネルと呼ばれる第 2 のチャネルは、橢円形の等高線とまっすぐな棒状の等高線との間に形成される。

【0041】

モデルの第 1 のバージョン $V = L_R = f(h, w_{LR})$ は、以下の 2 つの等式に基づいている。

$$L = (h_L, w_L) \text{ および}$$

$$R = (h_R, w_R),$$

30

上式で、それぞれ、相対グレーレベルの値 h_L および h_R が、局所オブジェクトおよび基準オブジェクトに対して測定され、底部チャネルの幅の値 w_L および w_R が、局所オブジェクトおよび基準オブジェクトに対してそれぞれ測定される。

【0042】

測定可能な値 L_R および実際のパラメータ w_{LR} が計算され、次いで関数「 f 」を使用して h が見出される。関数「 f 」は、単調であると見なすことができ、較正プロセスを使用して構築することができる。任意の知られている近似を関数「 f 」に適用するとき、その第 1 の近似を線形とすることができます、「 h および w 」と呼ばれる 2 つの係数 / パラメータのみを必要とする。そのような係数は、較正によって見出すことができ、シミュレートすることができ、または事前に選択することができる。

40

【0043】

したがって、モデルの第 1 のバージョンは、以下に実質上近接することができる。

$$L_R = (h) + (w_{LR})$$

上式で、係数 h および w はそれぞれ、チャネル幅「 w 」および高さ「 h 」からの相対グレーレベルの依存性を特徴付ける。

具体的には、 $L_R = (\text{局所}) - (\text{基準})$ であり、

上式で、 $(\text{局所}) = Y_{local(bottom)} / Y_{local(top)}$ 、

$$(\text{基準}) = Y_{reference(bottom)} / Y_{reference(top)}$$

である。 Y は、パターンの頂部または底部における収率(輝度)を示す。

【0044】

50

特有の測定に対して選択される局所チャネルおよび基準チャネルは、SEM画像上で互いからかなり離れて位置することができ、各チャネルは、その対応する壁部分に関連付けられ、したがってチャネルの底部および頂部を形成することを理解されたい。さらに、提案される技法の場合、チャネルのうちの一方（たとえば、基準チャネル）は、その実際の測定によって表す必要がない。たとえば、基準チャネルは、測定のプロセスで取得される平均値によって表すことができる。

【0045】

局所チャネル - 基準チャネルの方法論を使用して、コア - ギャップペアの高低差を測定することができ、コアトレンチはギャップトレンチと交互に配置される。図2Cは、半導体ウエハ上の何らかの周期的な構造に属するコアおよびギャップトレンチのグレーレベル等高線を含むパターンからのSEM画像の例示的な部分を示す。この図では、隣接するトレンチの各対が、1つのコアトレンチ18および1つのギャップトレンチ19を含む。上記で論じた一般的な基準チャネル - 局所チャネルモデルと比較すると、コアトレンチを基準チャネルとして使用することができ、ギャップトレンチを局所チャネルとして使用することができ、または逆も同様である。本譲受人が所有する米国特許第8,538,130号は、半導体ウエハ上に製作された周期的な構造におけるコア - ギャップペアを含む類似の構造要素を分類するCD計量システムおよび方法について記載している。

10

【0046】

図3は、図2Cに示す周期的な構造の例示的な概略側面図（または断面図）であり、コアトレンチ18よりギャップトレンチ19が深く、コアトレンチとギャップトレンチとの間に典型的な材料凹部（ h または高低差）が存在することを確認することができる。材料凹部は通常、複数バーニング技法（2重バーニングなど）の結果である。ギャップトレンチは高さ H_g を有し、高さ H_g は、コアトレンチの高さ H_c より大きい。それぞれのギャップトレンチおよびコアトレンチの幅 W_g および W_c も異なってよい。

20

【0047】

底部におけるグレーレベル輝度（ y_{bottom} ）と頂部における輝度（ y_{top} ）との間の比は、1対の隣接するギャップおよびコアトレンチ（たとえば、例示的なペア1）に対して2回測定される。これらの測定された比は、隣接するギャップおよびコアトレンチの異なる高さのために異なる。

【0048】

このケースに対するモデルの提案される第1のバージョンの線形関数は、次のように表現される。

30

$$c_g = (h) + (w_{cg})$$

上式で、 c_g は、コア - ギャップペアに対する輝度比（すなわち、頂部における輝度（ y_{top} ）と底部における輝度（ y_{bottom} ）との間の比）の差であり、 h は、コア - ギャップペアに対する高低差であり、 w_{cg} は、コア - ギャップペアに対する幅差である。

および c_g は、事前に選択された測定 / 調正から統計的に計算された係数である。上式に示す線形関係により、事前に受け取ったまたはシミュレーションおよび/もしくは調正によって導出された係数 c_g および w_{cg} を考慮に入れながら、SEM画像を使用して輝度（ $y_{top}(c)$ 、 $y_{bottom}(c)$ 、 $y_{top}(g)$ 、および $y_{bottom}(g)$ ）ならびに幅（ W_c および W_g ）の測定に基づいて h を計算することができる。係数 c_g は、トレンチの幅からの h の依存性（ d_w / d_h ）を表現する。係数 w_{cg} は、トレンチの高さからの h の依存性（ d_w / d_h ）を反映する。

40

【0049】

図4は、上述したモデルのバージョンを使用して隣接するコアトレンチとギャップトレンチとの間の高低差を判定する例示的な方法の流れ図である。本出願では、周期的なパターンにおける隣接するコアトレンチおよびギャップトレンチについて繰り返し述べている。しかしこの方法は、本開示の範囲内で、不規則なパターン内の2つのチャネルの h を測定するように修正することができ、これら2つのチャネルは、「1対」のギャップ - コアと見なされる。図4の方法は、ハードウェア（たとえば、処理デバイス、回路、専用論理

50

、プログラム可能な論理、マイクロコード、デバイスのハードウェア、集積回路など)、ソフトウェア(たとえば、処理デバイス上で走行もしくは実行される命令)、またはこれらの組合せを含むことができる処理論理によって実施することができる。いくつかの実施形態では、図4の方法は、図1Aおよび図1Bに示すシステムによって実施することができる。

【0050】

図4に示すように、この方法は、ウエハW上にパターンを有するサンプルを1次電子のビームによって走査するブロック20から始めることができる。ブロック22で、SEMの1つまたは複数の検出器が、後方散乱および2次電子を検出する。この検出器データに基づいて、ウエハの1つまたは複数のSEM画像がSEMによって作成される。ブロック24で、1つまたは複数のSEM画像を組み合わせて、複合SEM画像を作成する。ブロック26で、各コア・ギャップペアの幅が測定され、それらの幅差が計算される。この関数は、測定モジュールMMで実施することができる。ブロック28で、各コア・ギャップペアに対して、底部および頂部においてグレーレベルが測定され、ギャップおよびコアに対する_hを計算し、次いで_{w_cg}を計算する。各コア・ギャップペアに対する_{cg}および_{w_cg}を計算する際、グレーレベルの実施された測定に基づいて、関心領域に対して平均化を行うことができる。最後に、ブロック30で、 $V = f(h)$ に対するモデルの第1のバージョンを使用して、高低差_hが導出され、関数 f は、 $cg = (h) + (w_cg)$ として表現される。具体的には、 $h = (cg - w_cg) / w_cg$ である。

10

【0051】

上述した測定可能な値および実際のパラメータは、絶対値であっても平均値であってもよいことに留意されたい。これらの値は、特有の2つのチャネルに対する絶対値であり、パターンの特有の領域に対して平均化することができる。相対グレーレベル(または輝度)_hは、絶対値であっても平均値であってもよい。絶対値_hは、特有のコア・ギャップペア内の特有のギャップ/コアに対して測定(計算)することができ、平均値_{w_cg}は、周期的な構造の関心領域内の1群のギャップ/コア/ペアに対して測定(計算)することができる。

20

【0052】

同様に、SEM画像上の(1つのコア・ギャップペアの)コアトレチの幅「_{w_c}」および隣接するギャップトレチの幅「_{w_g}」の測定によって取得されるとき、実際のパラメータ「_{w_cg}」は絶対値であり、関心領域に対して計算される場合、「_{w_cg}」は、複数の絶対パラメータ「_{w_cg}」に基づいて平均化される。材料凹部「_h」は、特有のコア・ギャップペアに対して測定されるときは絶対値であり、関心領域に対して(複数の絶対値「_h」に基づいて、または平均値「_{w_cg}」に基づいて)計算されたときは平均値である。さらに、「統計的測定」という用語は、たとえば、実際の測定によって取得される経験的データを使用する較正、または単に平均化された実際の測定であると理解することができる。

30

【0053】

モデルのバージョン2：電子ビームの傾斜角度を変動させることによる高低差の判定
モデルの第2のバージョンでは、走査電子ビームの傾斜角度が変化したときのSEM画像上の2つの特性点間の測定距離の変化の点から表現することができる変数から高低差を計算する。パターンの側面図の「特性点」は、同じパターンの上面図の「特性線」に対応することができ、2つの特性点間の距離は、2つの平行な特性線間の距離に対応することができる。当業者には理解されよう。

40

【0054】

特性線は、周期的な構造の下縁部に沿って位置決めされたストリップの形の明るいスポットであると理解されたい。実際には、そのような特性線は、構造の底部と壁との間の底隅部に沿って見出され、隅部には、傾斜した走査電子ビームが到達し、したがって隅部の壁部分および底部の両方からの電子の放出により、SEM画像に比較的明るい(特性)スポットが作成される。

【0055】

50

図 5 は、図 2 C および図 3 に示す同じパターンの側面図を示し、より現実的な丸い等高線を有する。パターンは、第 1 に、ウエハの表面に垂直な軸（点線）に対して傾斜角度 1 を有する電子ビーム 4 0 によって走査される。次いでパターンは、1 とは異なる 2 だけ傾斜した電子ビーム 4 2 によって走査することができる。この前提条件は、両方の角度に対して、少なくとも 1 つの検出器 D 1 が、ギャップトレーナの底隅部（C g）およびその隣接するコアトレーナの底隅部 C c の両方で特性線を登録し、ギャップおよびコアトレーナは、ここでペア 1 として示す同じコア - ギャップペアに属することである。C g および C c における特性線は、D 1 によって収集されたデータから取得した SEM 画像上で明るいスポットとして見られる。これらの線は、傾斜角度が変化すると位置を変化させる。これは、図 6 により詳細に示されている。追加の条件は、少なくとも 1 つの検出器が、その検出器の SEM 画像を比較し、それらの SEM 画像上の距離 X 1 および X 2 を測定するために、傾斜角度 1 および 2 の両方に対する特性線を登録することができるべきであることである。

10

【 0 0 5 6 】

次いで、同じコア - ギャップペアの異なる傾斜角度に対して取得され、C c および C g における特性線間で測定された距離 X 1 および X 2 を使用して、そのコア - ギャップペアの材料凹部 h を計算する。

【 0 0 5 7 】

図 6 は、図 2 C および図 5 に示すパターンの SEM 画像の簡略化された概略部分を示し、異なる傾斜角度で生じる特性線が、規則的な構造の明るいグレーの頂部と暗いグレーの底部との間の白色部分として概略的に示されている。1 < 2 であるため、傾斜角度 1 の特性線はより狭く見え、傾斜角度 2 の特性線はより広く見える。傾斜方向は、太い矢印によって概略的に示されている。距離 X は、特有のコア - ギャップペアに対して、特性線の右端間で測定される（右端部は、黒い破線によって表される）。浅いコアにおける特性線は、より深いギャップにおける特性線より広いことに留意されたい。

20

【 0 0 5 8 】

たとえば、距離 X 1 は、コア - ギャップペア 1（コア 1 およびギャップ 1）に対して、傾斜角度 1 で取得された SEM 画像上に見られる特性線間で測定される。距離 X 2 は、同じコア - ギャップペア 1 に対して、傾斜角度 2 で取得された SEM 画像上に見られる特性線間で測定される。別のコア - ギャップペア（たとえば、ギャップ 1 およびコア 2 を含むペア 2）に対して、類似の距離を測定することができる。距離 X は、傾斜角度を変化させるとともに変化することを見ることができる。その変化は、コア - ギャップペア間の高低差の関数であるため、モデルの適切なバージョンを使用して、X から高低差を導出することができる。

30

【 0 0 5 9 】

前述の測定可能な値（X）は、走査電子ビームの 2 つの異なる傾斜角度に対して取得された 2 つのそれぞれの SEM 画像を使用して測定された距離（X）の 2 つの値から計算することができることを理解されたい。たとえば、特有の「コア - ギャップ」ペアに対して 2 つの傾斜角度を選択することができ、値（X）を取得することができる。

40

【 0 0 6 0 】

図 7 は、モードのバージョン 2 に応じて方法を実施する例示的な流れ図である。図 7 の方法は、ハードウェア（たとえば、処理デバイス、回路、専用論理、プログラム可能な論理、マイクロコード、デバイスのハードウェア、集積回路など）、ソフトウェア（たとえば、処理デバイス上で走行もしくは実行される命令）、またはこれらの組合せを含むことができる処理論理によって実施することができる。また、パターンは、材料凹部を有する周期的な構造であっても不規則な構造であってもよい。いくつかの実施形態では、図 4 の方法は、図 1 A および図 1 B に示すシステムによって実施することができる。このモデルを実施するために少なくとも 1 つの検出器が必要であることに留意されたい。

【 0 0 6 1 】

図 7 の方法は、2 つの傾斜角度 1 および 2 における 1 次電子のビームによってパー

50

ンを走査するブロック 5 0 から始まる。次に、ブロック 5 2 で、1つまたは複数の検出器によって2次および後方散乱電子が検出され、それによって各傾斜角度に対する対応するSEM画像が作成される。SEM画像は、複数の検出器からのデータを使用して複合画像とすることができるように留意されたい。ブロック 5 4 で、特有の傾斜角度に対して取得された各SEM画像に対して、各コア - ギャップペアに対してその特有の傾斜角度で作成された特性線が識別される。ブロック 5 6 で、特有の各コア - ギャップペアに対して、2つの異なる傾斜角度における特性線間の距離 X_1 および X_2 が測定される。その後、そのような距離間の差、すなわち (X) が計算される。ブロック 5 8 で、モデルのバージョン 2 の関数を使用して h が計算され、変数 (X) は、等式 $(X) = ((t g)) * h$ に示すように、 h の関数であり、上式で、 $((t g))$ は $V = f(h)$ における関数「 f 」であり、傾斜角度の変化を反映する。

【0062】

要約すると、モデルの第2のバージョンで測定可能な値 V を測定する方法は、たとえば、
- 電子ビームに対して2つの異なる角度を角度 1 および 2 として選択し、第3の実際のパラメータ $t g$ を $(t g(1) - t g(2))$ として計算することによって
、関数「 f 」の2つの実際のパラメータを選択するサブステップと、

- 角度 1 、次いで角度 2 で傾斜した電子ビームによって、規則的な構造を走査するサブステップと、
- 2つのそれぞれの異なる角度 1 および 2 に対するパターンの2つのSEM画像 I_1 および I_2 を取得するサブステップと、
- 2つの画像 I_1 および I_2 のそれぞれに対して、1対のチャネル（たとえば、隣接するコアおよびギャップトレーナー）の2つの特性線を判定するサブステップと（2つの特性線は、傾斜した電子ビームによって照射されたときにその対の隣接するコアおよびギャップトレーナーの底隅部 C_c および C_g によって前記画像上に作成された特性線である）、
- 2つの画像 I_1 および I_2 のそれぞれに対して、その対のチャネルの2つの特性線間の距離 X を判定するサブステップと、
- 画像 I_1 で判定された距離 X と画像 I_2 で判定された距離 X との間の差 (X) として値 V を測定するサブステップとを含むことができる。

【0063】

次いで、高低差 h が $h = (X) / ((t g))$ として判定され、上式で、
 $t g = t g(1) - t g(2)$ である。

【0064】

ウエハの周期的な構造上で関心領域を選択することができ、次いで関心領域内で事前選択された1つまたは複数の軸/方向に沿って、絶対測定値（および/または絶対測定値に基づいて得られた絶対計算値）を平均化することができる。これにより、測定値の精度と、ウエハの特定の領域またはウエハ全体における高低差の適切な推定との間にトレードオフが導入される。

【0065】

図8は、コンピュータシステム600の例示的な機械を示し、コンピュータシステム600において、本明細書に論じる方法のうちのいずれか1つまたは複数を機械に実施させる1組の命令を実行することができる。代替の実装では、機械は、LAN、インターネット、エクストラネット、および/またはインターネット内の他の機械に接続（たとえば、ネットワーク化）することができる。機械は、クライアント-サーバネットワーク環境においてサーバまたはクライアント機械の容量内で、ピアツーピア（もしくは分散型）ネットワーク環境内のピア機械として、またはクラウドコンピューティングインフラストラクチャもしくは環境内のサーバもしくはクライアント機械として動作することができる。

【0066】

機械は、パーソナルコンピュータ(PC)、タブレットPC、セットトップボックス(STB)、パーソナルデジタルアシスタント(PDA)、セルラー電話、ウェブアプライアンス、サーバ、ネットワークルータ、スイッチもしくはブリッジ、またはその機械によつ

10

20

30

40

50

て実施されるべき動作を指定する1組の命令を（順次もしくはその他で）実行することが可能な任意の機械とすることができます。さらに、単一の機械が示されているが、「機械」という用語はまた、本明細書に論じる方法のうちのいずれか1つまたは複数を実施するために1組（または複数組）の命令を個別または集合的に実行する任意の1群の機械を含むと解釈されたい。

【0067】

例示的なコンピュータシステム600は、バス608を介して互いに通信する処理デバイス602、主メモリ604（たとえば、読み取り専用メモリ（ROM）、フラッシュメモリ、シンクロナスDRAM（SDRAM）などのダイナミックランダムアクセスメモリ（DRAM）など）、ステイックメモリ606（たとえば、フラッシュメモリ、ステイックランダムアクセスメモリ（SRAM）など）、およびデータ記憶デバイス616を含む。10

【0068】

処理デバイス602は、マイクロプロセッサ、中央処理装置などの1つまたは複数の汎用処理デバイスを表す。より詳細には、処理デバイスは、複合命令セットコンピューティング（CISC）マイクロプロセッサ、縮小命令セットコンピューティング（RISC）マイクロプロセッサ、超長命令語（VLIW）マイクロプロセッサ、または他の命令セットを実施するプロセッサ、もしくは命令セットの組合せを実施するプロセッサとすることができます。処理デバイス602はまた、特定用途向け集積回路（ASIC）、フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）、デジタル信号プロセッサ（DSP）、ネットワークプロセッサなどの1つまたは複数の特定目的処理デバイスとすることができます。処理デバイス602は、本明細書に論じる動作およびステップを実施する命令を実施するよう構成される。20

【0069】

コンピュータシステム600は、ネットワーク618を介して通信するネットワークインターフェースデバイス622をさらに含むことができる。コンピュータシステム600はまた、ビデオ表示ユニット610（たとえば、液晶ディスプレイ（LCD）またはカソードレイチューブ（CRT））、英数字入力デバイス612（たとえば、キーボード）、カーソル制御デバイス614（たとえば、マウスまたはタッチパッド）、信号生成デバイス620（たとえば、スピーカ）、グラフィックス処理ユニット（図示せず）、ビデオ処理ユニット（図示せず）、および音声処理ユニット（図示せず）を含むことができる。30

【0070】

データ記憶デバイス616は、機械可読記憶媒体624（コンピュータ可読媒体としても知られている）を含むことができ、機械可読記憶媒体624上には、本明細書に記載する方法または関数のうちのいずれか1つまたは複数を実施する1組もしくは複数組の命令またはソフトウェアが記憶される。これらの命令はまた、コンピュータシステム600によるその実行中、主メモリ604および/または処理デバイス602内に完全にまたは少なくとも部分的に常駐することができ、主メモリ604および処理デバイス602はまた、機械可読記憶媒体を構成する。

【0071】

1つの実装では、これらの命令は、高低差判定に対応する機能を実施する命令を含む。機械可読記憶媒体624は、例示的な実装では、単一の媒体であるものとして示されているが、「機械可読記憶媒体」という用語は、1組もしくは複数組の命令を記憶する単一の媒体または複数の媒体（たとえば、集中型もしくは分散型のデータベース、ならびに/または付随するキャッシュおよびサーバ）を含むと解釈されるべきである。「機械可読記憶媒体」という用語はまた、機械による実行のために1組の命令を記憶または符号化することができあり、本開示の方法のうちのいずれか1つまたは複数を機械に実施させる任意の媒体を含むと解釈されるものとする。したがって、「機械可読記憶媒体」という用語は、それだけに限定されるものではないが、固定メモリ、光媒体、および磁気媒体を含むと解釈されるものとする。40

【0072】

50

前述の詳細な説明のいくつかの部分について、コンピュータメモリ内のデータビットに関する動作のアルゴリズムおよび記号表現の点から提示した。これらのアルゴリズムの説明および表現は、機能の本質を当業者に最も効果的に伝えるために、データ処理技術の当業者によって使用される方法である。ここでアルゴリズムは、全体として、所望の結果をもたらす自己矛盾のない動作シーケンスであると考えられる。これらの動作は、物理量の物理的な操作を必要とする動作である。通常、必須ではないが、これらの量は、記憶、結合、比較、およびその他の方法で操作することが可能である電気または磁気信号の形をとる。主に一般的な使用の理由で、これらの信号をビット、値、要素、記号、文字、用語、数字などと呼ぶことが時として好都合であることが分かっている。

【 0 0 7 3 】

しかし、上記および類似の用語はすべて、適当な物理量に関連付けられるべきであり、これらの量に適用される単に好都合な名称であることに留意されたい。上記の議論から明らかであると別途具体的に指示しない限り、本説明全体を通して、「識別」または「判定」または「実行」または「実施」または「収集」または「作成」または「送信」などの用語を利用する議論は、コンピュータシステムのレジスタおよびメモリ内で物理（電子）量として表されるデータを操作し、コンピュータシステムメモリもしくはレジスタまたは他のそのような情報記憶デバイス内で物理量として同様に表される他のデータに変換する、コンピュータシステムまたは類似の電子コンピューティングデバイスの動作およびプロセスを指すことを理解されたい。

【 0 0 7 4 】

本開示はまた、本明細書の動作を実施する装置に関する。この装置は、所期の目的のために特別に構築することができ、またはコンピュータ内に記憶されているコンピュータプログラムによって選択的に起動もしくは再構成される汎用コンピュータを備えることができる。そのようなコンピュータプログラムは、それだけに限定されるものではないが、フロッピーディスク、光ディスク、C D - R O M、および磁気光学ディスク、読み取り専用メモリ（R O M）、ランダムアクセスメモリ（R A M）、E P R O M、E E P R O M、磁気もしくは光カード、または電子命令を記憶するのに適した任意のタイプの媒体を含む任意のタイプのディスクなど、コンピュータ可読記憶媒体内に記憶することができ、各媒体は、コンピュータシステムバスに結合される。

【 0 0 7 5 】

本明細書に提示するアルゴリズムおよびディスプレイは、いかなる特定のコンピュータまたは他の装置にも本質的に関係するものではない。本明細書の教示によるプログラムとともに様々な汎用システムを使用することができ、またはこの方法を実施するためにより特殊な装置を構築するのに好都合であると実証することができる。様々なこれらのシステムに対する構造について、以下の説明に記載されている。加えて、本開示は、何らかの特定のプログラミング言語を参照するものとして記載されていない。本明細書に記載する本開示の教示を実施するために、様々なプログラミング言語を使用することができることが理解されよう。

【 0 0 7 6 】

本開示は、命令が記憶された機械可読媒体を含むことができるコンピュータプログラム製品またはソフトウェアとして提供することができ、これらの命令は、本開示によるプロセスを実施するようにコンピュータシステム（または他の電子デバイス）をプログラムするために使用することができる。機械可読媒体は、機械（たとえば、コンピュータ）によって可読の形式で情報を記憶する任意の機構を含む。たとえば、機械可読（たとえば、コンピュータ可読）媒体には、読み取り専用メモリ（「R O M」）、ランダムアクセスメモリ（「R A M」）、磁気ディスク記憶媒体、光記憶媒体、フラッシュ記憶デバイスなどの機械（たとえば、コンピュータ）可読記憶媒体が含まれる。

【 0 0 7 7 】

上記の明細書では、本開示の実装について、本開示の特有の例示的な実装を参照して説明した。以下の特許請求の範囲に記載する本開示の実装のより広い趣旨および範囲から逸脱

10

20

30

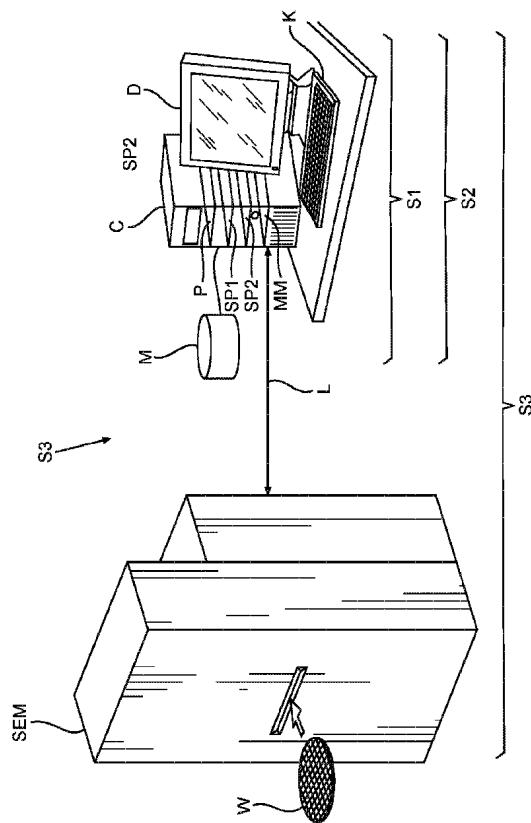
40

50

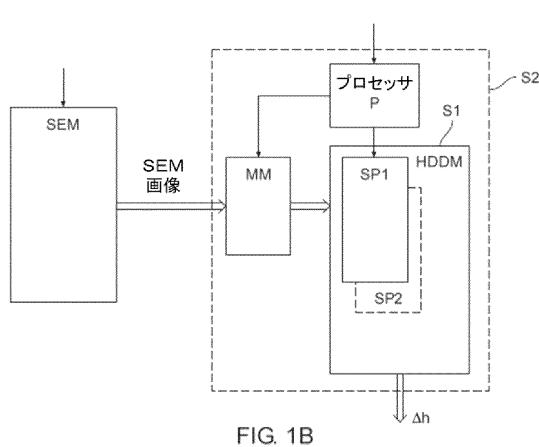
することなく、様々な修正を加えることができる事が明らかである。したがって、本明細書および図面は、限定ではなく例示であると見なされるべきである。

【図面】

【図 1 A】



【図 1 B】

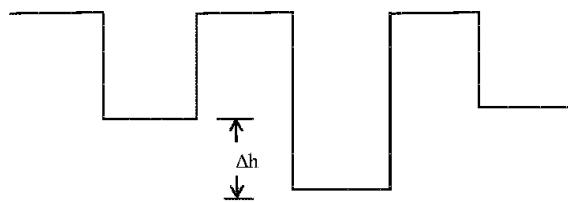


10

20

30

【図 1 C】



【図 1 D (a)】

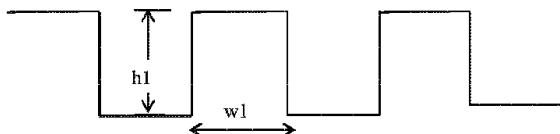


FIG. 1D (a)

FIG. 1C

40

50

【図 1 D (b)】

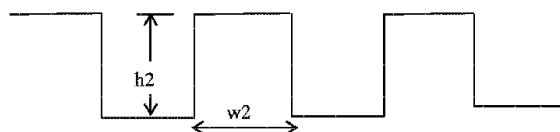
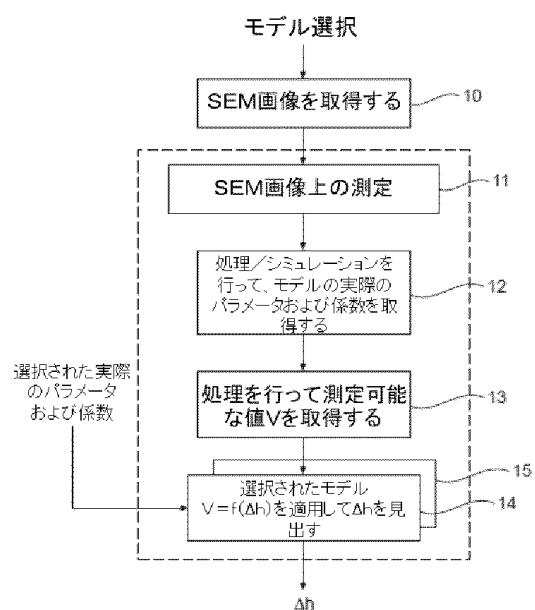


FIG. 1D(b)

【図 2 A】



10

20

FIG. 2A

【図 2 B】

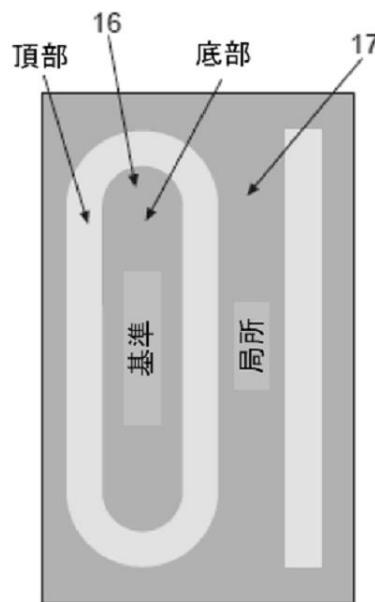
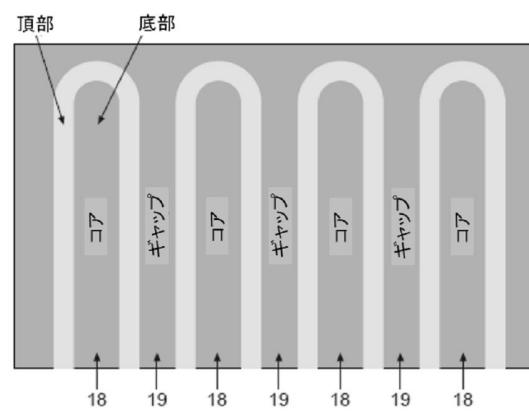


FIG. 2B

【図 2 C】



30

40

FIG. 2C

50

【図3】

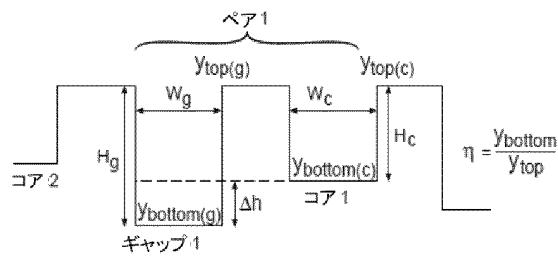


FIG. 3

【図4】

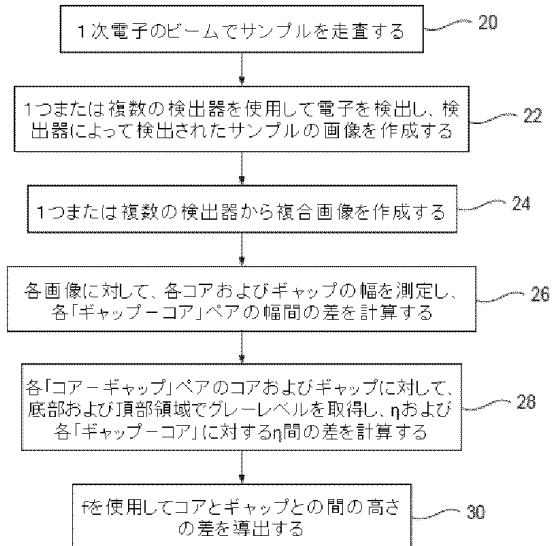


FIG. 4

10

20

【図5】

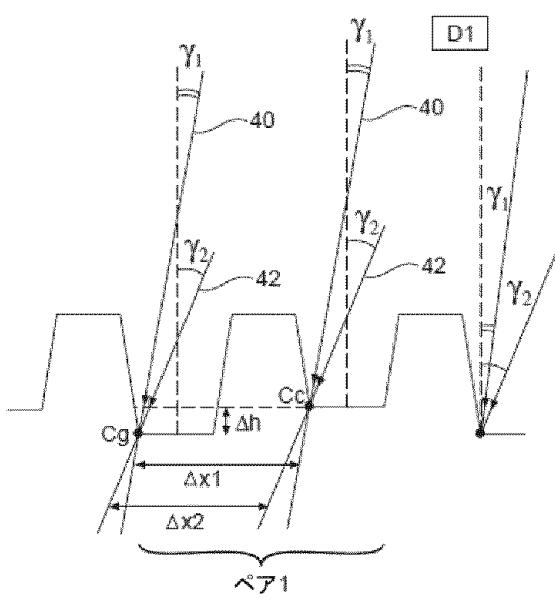


FIG. 5

【図6】

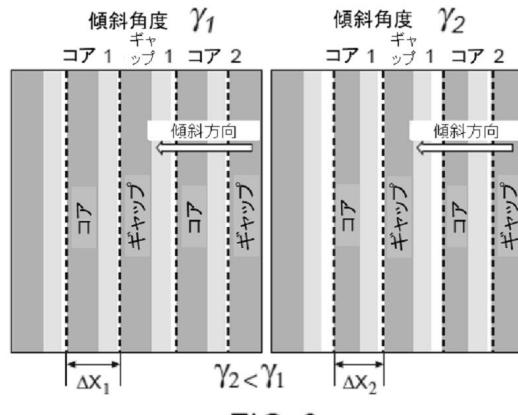


FIG. 6

30

40

50

【図7】

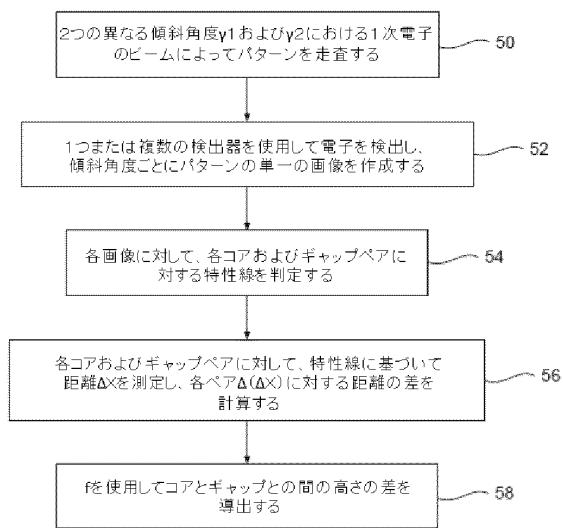


FIG. 7

【図8】

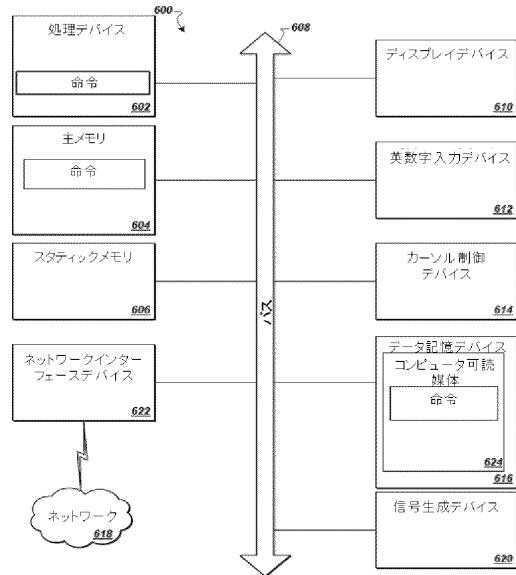


FIG. 8

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(33) 優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

早期審査対象出願

弁理士 西島 孝喜

(74)代理人 100109335

弁理士 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 100176418

弁理士 工藤 嘉晃

(72)発明者 シュワルツバンド イシャイ

イスラエル 6040803 オル イエフダ バル レフ ストリート 6 / 11

(72)発明者 アヴニエル ヤン

イスラエル 7623605 レホヴォト ヘイゾンイッシュ ストリート 26

(72)発明者 クリスト セルゲイ

イスラエル 7765751 アシュドド ロッシュ ピンナ ストリート 8 / 28

(72)発明者 バラム モール

イスラエル 7402771 ネスジオナ ケシェット ストリート 7

(72)発明者 レヴィ シモン

イスラエル 3608401 キリヤット ティヴィオン ハエメク ストリート 1

(72)発明者 ギルモンスキー ドロン

イスラエル 4353401 ラーナナ ハラケフェト ストリート 1

(72)発明者 ク里斯 ロマン

イスラエル 9787608 エルサレム マヴァ ハ - アサラ 5 / 11

審査官 山口 祐一郎

(56)参考文献 国際公開第2014/175150 (WO, A1)

特表2012-519391 (JP, A)

国際公開第2011/013342 (WO, A1)

特開2003-031631 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H01L 21/66

G01B 15/00

G06T 7/00

G06T 7/507

G06T 7/586