

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7097971号  
(P7097971)

(45)発行日 令和4年7月8日(2022.7.8)

(24)登録日 令和4年6月30日(2022.6.30)

(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 B	11/02	(2006.01)	G 0 1 B	11/02	G

請求項の数 28 (全24頁)

(21)出願番号	特願2020-531728(P2020-531728)	(73)特許権者	500049141 ケーエルエー コーポレーション アメリカ合衆国 カリフォルニア ミルピ タス ワン テクノロジー ドライブ
(86)(22)出願日	平成30年9月24日(2018.9.24)	(74)代理人	110001210 特許業務法人Y K I 国際特許事務所
(65)公表番号	特表2021-506133(P2021-506133 A)	(72)発明者	アマット エラン イスラエル ハイファ パルデス ハンナ - カルクル ゲバ 3 / 6
(43)公表日	令和3年2月18日(2021.2.18)	(72)発明者	マナッセン アムノン イスラエル ハイファ ゴルダ メイア ス トリート 1 0
(86)国際出願番号	PCT/US2018/052333	(72)発明者	グトマン ナダフ イスラエル ジフロン ヤーコブ ドロル 1 1 ユニット 1 2
(87)国際公開番号	WO2019/118039		
(87)国際公開日	令和1年6月20日(2019.6.20)		
審査請求日	令和3年9月22日(2021.9.22)		
(31)優先権主張番号	62/597,900		
(32)優先日	平成29年12月12日(2017.12.12)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		
(31)優先権主張番号	16/132,157		
(32)優先日	平成30年9月14日(2018.9.14)		
	最終頁に続く		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 計量ターゲット情報コンテンツの増強

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

計量ターゲットを計測するステップを有し、その計量ターゲットが少なくとも、計測方向である第1方向に沿い第1周期構造を含む第1層と、前記計測方向に沿い第2周期構造を含む第2層と、前記計測方向に垂直な第2方向に沿い第3周期構造を含む第3層と、を備え、前記第1層は前記第2層及び前記第3層と重なり合い、前記第3層は前記第2層と重なり合い、前記第3層は前記第1層と前記第2層の間にあり、前記計量ターゲットの計測により導出された信号中のノイズを、前記第3周期構造に関連する信号成分を識別し除去することで低減するステップを有する計量計測方法。

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の計量計測方法であって、更に、前記計測により導出された信号から複数個のスライスを導出するステップを有し、それらスライスが前記第3周期構造の特性に対応している計量計測方法。

## 【請求項 3】

請求項 2 に記載の計量計測方法であって、更に、前記複数個のスライスを平均化して計量信号を生成するステップを有する計量計測方法。

## 【請求項 4】

請求項 2 に記載の計量計測方法であって、更に、少なくとも 1 個の正確度パラメタとの関連で前記複数個のスライスと比較することで最適スライス信号を選択するステップを、有する計量計測方法。

## 【請求項 5】

請求項 4 に記載の計量計測方法であって、更に、相次ぐターゲット、ウェハ又はバッチのうち少なくとも一つに関し前記選択を反復するステップを有する計量計測方法。

## 【請求項 6】

請求項 4 に記載の計量計測方法であって、更に、その空間的挙動及び前記最適スライスを追跡することで計量ロバスト性を改善するステップを、有する計量計測方法。

10

## 【請求項 7】

請求項 1 に記載の計量計測方法であって、更に、前記計量ターゲットを計測する光学計量サブシステムにおけるカメラ軸及びビーム軸を比較することで前記第 3 周期構造を用い計測座標を校正するステップを、有する計量計測方法。

## 【請求項 8】

請求項 1 に記載の計量計測方法であって、更に、前記第 3 周期構造から計測された信号の高調波成分及び前記計量ターゲットを計測する光学計量サブシステムの焦点情報のうち少なくとも一方を導出するステップを、有する計量計測方法。

## 【請求項 9】

請求項 1 に記載の計量計測方法であって、更に、前記第 3 周期構造から計測された信号を分析すべく一通り又は複数通りの機械学習アルゴリズムを適用するステップと、前記計測方向に直交する前記第 2 方向に係るデータから情報を導出するステップと、を有する計量計測方法。

20

## 【請求項 10】

請求項 1 に記載の計量計測方法であって、前記計量ターゲットが、イメージング計量ターゲット及びスキャロメトリ計量ターゲットのうち少なくとも一方を備える計量計測方法。

## 【請求項 11】

請求項 10 に記載の計量計測方法であって、前記イメージング計量ターゲットが少なくとも 2 対の周期構造を有し、そのうち少なくとも 1 対が二通りの計測方向それぞれに沿っている計量計測方法。

30

## 【請求項 12】

請求項 1 に記載の計量計測方法であって、前記計量ターゲットが瞳面スキャロメトリ計量ターゲットを備え、その計量ターゲットを計測するステップが、その計量ターゲット内の複数個所にてその計量ターゲットを計測するステップと、正確度が増強された計量指標を前記複数個所の計測結果から抽出するステップと、を含む計量計測方法。

## 【請求項 13】

請求項 1 に記載の計量計測方法であって、前記第 3 周期構造が、均一限界寸法、単調変化性限界寸法、周期的単調変化性限界寸法、並びに 2 個以上の周期的サブ構造のうち、少なくとも一つを有する計量計測方法。

## 【請求項 14】

請求項 1 に記載の計量計測方法であって、少なくとも 1 個のコンピュータプロセッサにより前記計量ターゲットの計測により導出された信号中のノイズを低減するステップが実行される計量計測方法。

40

## 【請求項 15】

1 個又は複数個のプロセッサ及びメモリを有するコントローラを備え、そのメモリにプログラム命令が格納されており、それらプログラム命令が、当該 1 個又は複数個のプロセッサに、計量ターゲットについての、一通り又は複数通りの計測結果を受け取らせるように構成され、前記計量ターゲットは、

50

計測方向である第 1 方向に沿い第 1 周期構造を含む第 1 層と、  
前記計測方向に沿い第 2 周期構造を含む第 2 層と、  
前記計測方向に垂直な第 2 方向に沿い第 3 周期構造を含む第 3 層と、  
を備え、

前記第 1 層は前記第 2 層及び前記第 3 層と重なり合い、

前記第 3 層は前記第 2 層と重なり合い、

前記第 3 層は前記第 1 層と前記第 2 層の間にあり、且つ

前記計量ターゲットの計測結果により導出された信号中のノイズを、前記第 3 周期構造に  
関連する信号成分を識別し除去することで低減し、

受け取った前記一通り又は複数通りの計測結果に基づき一通り又は複数通りの計量指標を  
決定させるよう、

構成されているシステム。

【請求項 16】

請求項 15 に記載のシステムであって、前記 1 個又は複数個のプロセッサが、更に、前記  
一通り又は複数通りの計測結果から導出された信号から複数個のスライスを導出するよう  
構成されており、それらスライスが前記第 3 周期構造の特性に対応しているシステム。

【請求項 17】

請求項 16 に記載のシステムであって、前記 1 個又は複数個のプロセッサが、更に、前記  
複数個のスライスを平均化して計量信号を生成するよう構成されているシステム。

【請求項 18】

請求項 15 に記載のシステムであって、前記 1 個又は複数個のプロセッサが、更に、前記  
計量ターゲットを計測する光学計量サブシステムにおけるカメラ軸及びビーム軸を比較す  
ること前記第 3 周期構造を用い 1 個又は複数個の計測座標を校正するよう構成されてい  
るシステム。

【請求項 19】

請求項 15 に記載のシステムであって、前記 1 個又は複数個のプロセッサが、更に、前記  
第 3 周期構造から計測された信号の高調波成分及び前記計量ターゲットを計測する光学計  
量サブシステムの焦点情報のうち少なくとも一方を導出するよう構成されているシステム。

【請求項 20】

請求項 15 に記載のシステムであって、前記 1 個又は複数個のプロセッサが、更に、前記  
第 3 周期構造から計測された信号を分析すべく一通り又は複数通りの機械学習アルゴリ  
ズムを適用するよう、且つ前記計測方向に直交する前記第 2 方向に係るデータから情報を導  
出するよう、構成されているシステム。

【請求項 21】

請求項 15 に記載のシステムであって、前記計量ターゲットが、イメージング計量ター  
ゲット及びスキャタロメトリ計量ターゲットのうち少なくとも一方を備えるシステム。

【請求項 22】

請求項 21 に記載のシステムであって、前記イメージング計量ターゲットが少なくとも 2  
対の周期構造を有し、そのうち少なくとも 1 対が二通りの計測方向それぞれに沿っている  
システム。

【請求項 23】

請求項 15 に記載のシステムであって、前記計量ターゲットが瞳面スキャタロメトリ計量  
ターゲットを備え、前記一通り又は複数通りの計測結果がその計量ターゲット内の複数個  
所にて獲得され、前記 1 個又は複数個のプロセッサが、更に、正確度が増強された計量指  
標を前記複数個所の計測結果から抽出するよう構成されているシステム。

【請求項 24】

請求項 15 に記載のシステムであって、前記第 3 周期構造が、均一限界寸法、単調変化性  
限界寸法、周期的単調変化性限界寸法、並びに 2 個以上の周期的サブ構造のうち、少な  
くとも一つを有するシステム。

【請求項 25】

10

20

30

40

50

請求項 15 に記載のシステムであって、前記計量ターゲットは、イメージングターゲット及びスカタロメトリターゲットのうち少なくとも一方として構成されたシステム。

【請求項 26】

請求項 25 に記載のシステムであって、前記計量ターゲットは、少なくとも 2 対の周期構造を有する前記イメージングターゲットとして構成されており、そのうち少なくとも 1 対が二通りの計測方向それぞれに沿っているシステム。

【請求項 27】

請求項 15 に記載のシステムであって、前記第 3 周期構造が、均一限界寸法、単調変化性限界寸法、周期的単調変化性限界寸法、並びに 2 個以上の周期的サブ構造のうち、少なくとも一つを有するシステム。

【請求項 28】

請求項 15 に記載のシステムであって、前記第 3 周期構造がプロセス互換性であり、前記プロセス互換性が、前記第 3 周期構造の諸要素のセグメント化、前記第 3 周期構造の諸要素の諸セグメントの限界寸法の均一化、並びに均一又は可変限界寸法を有するカットマスクの適用のうち、少なくとも一つで構成されるシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は半導体計量の分野に関し、より具体的にはターゲットデザイン及び計測方法に関する。

【背景技術】

【0002】

(関連出願への相互参照)

本願は、2017年12月12日付米国暫定特許出願第62/597900号に基づく利益を主張する出願であり、参照によりその全容を本願に繰り入れるものとする。

【0003】

半導体計量には幾つかの視野イメージング技術、例えば視野共役面における光学依拠法(例、イメージング)、瞳共役面における光学依拠法(例、スカタロメトリ(散乱計測法))、並びに走査型電子顕微(SEM)法がある。旧来は、それら計量向けにターゲットを設計する際のゴールが、そのターゲットに亘り信号を均一にすること、ひいてはその計測中にノイズを平均化・平滑することとされていた。この方法では、計量品質を改善できる情報が幾らかフィルタリング・除去されてしまう。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】米国特許第8913237号明細書

米国特許第7068833号明細書

米国特許第9709903号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

複数個のターゲットについての計測結果、及び/又は、同じターゲットに対する複数通りの計測コンディションでの計測結果を用い、より多くの情報を抽出することが、例えば、参照によりその全容が本願に繰り入れられるところの特許文献1にて提案されている。参照によりその全容が本願に繰り入れられるところの米国特許出願第15/442111号では、当面の計量計測に関し注目パラメータを持たないリソグラフィ工程内パターンを、例えば(光学計量に大きな影響を及ぼすことが判明している)光の位相を修正することで設計することが、提案されている。提案されているこの位相変調は、先に議論したそれと同じ均一性制約下にある。

【課題を解決するための手段】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 6 】

以下は、本発明について初期的な理解を提供する簡略な概要である。この概要は、必ずしも本発明の根幹要素を特定し又は技術的範囲を限定しておらず、単に後掲の記述への導入部として働いている。

## 【 0 0 0 7 】

本発明の一態様に係る計量計測方法は、少なくとも一通りの計測方向に沿い少なくとも2個の周期構造を備える計量ターゲットを、個別の計測方向に直交する第3周期構造との関連で直交方向にて計測するものである。

## 【 0 0 0 8 】

本発明のこれらの、付加的な及び/又は他の諸態様及び/又は長所については、後続する詳細記述中で説明され、恐らくはその詳細記述から推定可能であり、及び/又は、本発明の実施によって学ぶことができる。

10

## 【 0 0 0 9 】

本発明の諸実施形態についてより良好な理解を図りそれをどう実施すればよいかを示すため、以下、純粋なる例示により添付図面を参照し、またそれら図面を通じ対応諸要素又は諸部分に同様の符号を付すことにする。

## 【 0 0 1 0 】

添付図面は以下の通りである。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 1 1 】

20

【 図 1 】 本発明の幾つかの実施形態に係る計量ターゲット、それらから導出される信号、並びにそれらの使用についての上位模式図である。

【 図 2 】 本発明の幾つかの実施形態に係るイメージング計量ターゲット例の上位模式図である。

【 図 3 A 】 本発明の幾つかの実施形態に従い信号スライスの導出を模式的に描きそれら信号スライスを用い計測を調整する模式例を提示する図である。

【 図 3 B 】 本発明の幾つかの実施形態に従い信号スライスの導出を模式的に描きそれら信号スライスを用い計測を調整する模式例を提示する図である。

【 図 4 】 本発明の幾つかの実施形態に係るスキャタロメトリ計量ターゲットのセル例の上位模式図である。

30

【 図 4 - 1 】 本発明の幾つかの実施形態に係るスキャタロメトリ計量ターゲットのセル例の上位模式図である。

【 図 5 】 本発明の幾つかの実施形態に係る対称及び非対称スキャタロメトリ計量ターゲット並びにそれに対応する信号の上位模式図である。

【 図 6 】 本発明の幾つかの実施形態に係る計量ターゲットの周期構造向けプロセス互換設計の上位模式図である。

【 図 7 】 本発明の幾つかの実施形態に係る方法を描出する上位フローチャートである。

【 図 7 - 1 】 本発明の幾つかの実施形態に係る方法を描出する上位フローチャートである。

【 図 8 A 】 本発明の幾つかの実施形態に係る計量システムの上位模式図である。

【 図 8 B 】 本発明の幾つかの実施形態に係る計量システムの光学計量サブシステムの上位模式図である。

40

【 図 8 C 】 本発明の幾つかの実施形態に係る計量システムの粒子ビーム計量サブシステムの上位模式図である。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 1 2 】

以下の記述では本発明の様々な態様が述べられている。説明目的で具体的な構成及び細部が説明され、それにより本発明についての一貫理解が図られている。しかしながら、本件技術分野に習熟した者(いわゆる当業者)にはやはり明らかな通り、本発明は、本願にて提示した具体的細部抜きでも実施することができる。更に、本発明を曖昧化させないため周知特徴が省略又は単純化されているところがある。図面への具体的参照との関連で強調

50

されるのは、図示事項が例示であり専ら本発明の例証的議論を目的としていること、並びにそれらの提示理由が本発明の諸原理及び概念的諸側面についての最有用且つ理解容易な記述と思しきものの提供であることである。その関係で、本発明の基礎的理解に必要な以上に詳細に本発明の構造的細部を示す試みはされていないが、本明細書を図面と併用することで、本発明の幾つかの形態をどのように実施すればよいかをいわゆる当業者向けに明らかにしている。

#### 【0013】

本発明の少なくとも1個の実施形態を詳説するのに先立ち、ご理解頂きたいのは、本発明の用途が、後掲の記述中で説明され又は図面中に描出されている諸部材の構成及び配置の細部により限定されないことである。本発明は、様々なやり方で実施又は実行できる他の諸実施形態にも、開示されている諸実施形態の組合せにも適用することができる。やはりご理解頂けるように、本願にて採用されている表現法及び用語法は記述目的のものであり、限定として解されるべきではない。

10

#### 【0014】

別様に明示記述されていない限り、後掲の議論から明らかに察せられる通り、「処理」、「計算」、「算出」、「判別」、「拡張」、「導出」等の語を利用した具体的議論は皆、コンピュータ若しくは情報処理システム又はそれに類する電子情報処理装置の動作及び/又はプロセスであり、その情報処理システムのレジスタ及び/又はメモリ内で物理量例えば電子量として表現されているデータを操作し、及び/又は、その情報処理システムのメモリ、レジスタその他の情報格納、伝送又は表示装置内で物理量として同様に表現される他のデータへと変換するものごとを、指している。ある種の実施形態によれば、照明テクノロジーを、可視域内輻射、紫外線或いは更に短波長の輻射例えばX線で構成することができ、恐らくは粒子ビームでさえ構成することができる。

20

#### 【0015】

計量ターゲットデザイン、設計方法及び計測方法であり、ノイズを低減し且つ計測正確度を増強させるものを提供する。開示されるターゲットは、それに沿い所与ターゲット構造が周期的に存する計測方向に直交する、付加周期構造を備える。例えば、イメージング又はスキャタロメトリターゲットにおける計測方向それぞれに沿った2個以上の周期構造に加え、それに直交する第3周期構造を導入し、それによりもたらされ直交方向に沿った付加的情報を用いることで、ノイズを低減でき、正確度を増強し、且つ機械学習アルゴリズムの適用による更なる正確度増強を可能とすることができる。信号を、その直交周期構造に関連してスライス関連分析することができ、それらをイメージング及びスキャタロメトリターゲットの何れでもプロセス互換要領にて統合することができる。

30

#### 【0016】

有益なことに、開示されるターゲット及び方法によれば、従来技術における計量困難性が克服されるため、正確度を下げている格子非対称性・オーバーレイ間相関を破壊することができる。開示されるターゲットデザインに人為的な特定の空間変化を設けることは、ノイズフィルタリングを改善する助けとなり、また付加的な情報を理論モデルに基づき解釈することで、計測正確度及びプロセスロバスト性を更に改善することができる。

#### 【0017】

図1は、本発明の幾つかの実施形態に係る計量ターゲット100、それらから導出される信号102、並びにそれらの使用についての上位模式図である。ターゲット使用については、図7中に描出される方法200に沿い後述する。

40

#### 【0018】

計量ターゲット100は、少なくとも一通りの計測方向(図1では「X」と表記)に沿った少なくとも2個の周期構造110, 120に加え、個別の計測方向「X」に直交(図1では「Y」と表記)する1個又は複数個の第3周期構造130を、備えるものとすることができる。ある種の実施形態によれば、周期構造130を計測方向Xに対しある角度に設定すること、例えば計測方向Xに対し例えば45°、場合によっては10°、20°、30°、50°、60°、70°、80°の何れか又は中間値等、90°以外の角度に傾け

50

ることができる。ある種の実施形態によれば、計量ターゲット 100 をイメージングターゲット、例えば少なくとも 2 対の周期構造を有しそのうち少なくとも 1 対が二通りの計測方向それぞれに沿うものとして、及び/又は、スキヤタロメトリターゲット、例えば各計測方向に沿い横並びとなり又は一方が他方に重なる少なくとも 2 対の周期構造を有し各対の周期構造が逆方向の故意オフセットを有するものとして、構成することができる。イメージングターゲットに係る例には、付加周期構造 130 により本願開示の如く修正された AIM (先進イメージング計量) ターゲットを備えるものがある。例えば、参照によりその全容が本願に繰り入れられるところの特許文献 2 及び 3 にて開示された AIM ターゲットを、本願開示の如く修正して、ターゲット 100 の例を生成することができる。

#### 【0019】

周期構造 110, 120 のうち一方からの信号 102 であり第 3 周期構造 (群) 130 に関連するもの、例えば第 3 周期構造 130 の多層スタック内位置及び層 110, 120, 130 の順序との関連で導出されるそれを用い、例えば第 3 周期構造 (群) 130 により定まるスライス 104 との関連で信号 102 のスライス関連分析を行えるようにすることで、後に説明する如く、周期構造 110, 120 それぞれに係るノイズを低減し及び/又は周期構造 110, 120 に関する計量計測の正確度を改善することができる。例えば、スライス 104 の信号成分を平均化すること (136) でノイズを低減し又は正確度を改善することができ (下記方法 200 の段階 230 もご参照あれ)、及び/又は、スライス 104 の信号成分を計測用に選択すること (137)、単一計測の枠内でその選択を行うこと (138)、及び/又は、例えば相異なるターゲット、ウェハ、ロット及び/又はバッチに関連する様々な計測との関連でその選択を行うこと (139) ができるのであり、これについては後に詳説することにする。

#### 【0020】

第 3 周期構造 (群) 130 は様々なやり方で構成でき、例えば単一ピッチ及び単一 CD (限界寸法) を持たせ、可変的な CD を持たせ、周期構造 110, 120 との関連で不均一な空間的広がりを持たせ、また 1 個又は複数個の処理層に配置してもよいのであり、後に示す如く 1 個又は複数個の処理工程に関わっていてもよい。

#### 【0021】

開示されているターゲット構成は、様々な構成のイメージングターゲット 100A 及び/又はスキヤタロメトリターゲット 100B に対し、例えば横並び配置された周期構造 110, 120 及び/又は少なくとも部分的に重なり合う周期構造 110, 120 との関連で適用することができる。第 3 周期構造 (群) 130 の広がり、周期構造 110, 120 の一方に亘るのでも、双方に亘るのでも及び/又はその諸部分に亘るのでもよい。

#### 【0022】

ある種の実施形態によれば、開示されているターゲット 100 であり信号対雑音比、計量正確度、及び/又はプロセスばらつきに対する計量ロバスト性を改善するものを、光イメージング、(視野及び瞳共役面双方を用いた) 光スキヤタロメトリ、並びに電子ビームを用いたイメージングに適用することができる。諸例を、イメージング及び (視野及び瞳面双方での) スキヤタロメトリ計量での適用向け、並びに電子ビームイメージングでの適用向けに提示してある。

#### 【0023】

ある種の実施形態によれば、信号対雑音比の改善を、イメージング計量を非限定的な例として用い後述するやり方で、達成することができる。格子信号は、方向「X」に沿い周期構造 110, 120 を備えるイメージングオーバーレイターゲットにおける (視野共役) 位置の関数であり、等式 1 により近似することができる; 但し、 $S_0$  は格子方向 X に沿った周期的信号  $S_0(x) = S_0(x + P)$  を表しており、P は周期構造 110, 120 のピッチであり、f はそのターゲットに亘るばらつきを表している。

$$S(x, y) = S_0(x) f(x, y) \quad \text{式 1}$$

#### 【0024】

式 1 にて  $f(x, y)$  として表記されるこうしたばらつきは、ノイズと考えられるもので

10

20

30

40

50

あるため、従来技術では、通常、例えば y 方向に沿い信号を平均化することで平均化・平滑されていた。

【0025】

ある種の実施形態によれば、1個又は複数個の付加（「第3」）周期構造130を別のリソグラフィ工程にて導入し、それとの関連で層110、120のうち1個（以上）を計測することで、信号対雑音比を改善することができる。付加（「第3」）周期構造（群）130を、 $f \sim (x, y)$ により表記される関数を用い記述し（例、計量アルゴリズムのノイズ低減ステップにて）ノイズ低減目的で用いること、例えば（等式1により記述される）生信号を既知の $f \sim (x, y)$ と比較し又はそれに当て嵌め、それにより記述される信号のその部分のみを保つことでそうすることができる。

10

【0026】

図2は、本発明の幾つかの実施形態に係るイメージング計量ターゲット例100Aの上位模式図である。図2には、ターゲット層101（層素材90内「先行」ターゲット構造120）及び103（「現」）と導入された層130であり単一ターゲットセルをなすものの側面（断面）及び頂面外観と、計測方向毎に2個、都合4個のセルを有するターゲット100A全体の頂面外観とが、模式的に描かれている。図示例では、 $f \sim (x, y)$ により特徴付けられる付加層130に、周期構造110、120の計測方向「X」に直交する方向「Y」に沿った周期構造が備わっている。注記されることに、ターゲット100A全体では、2個のセルで計測方向が「X」となっており、他の2個のセルが直交方向沿い計測用とされている（それらでは周期構造110、120が計測方向「Y」沿いであり、付加周期構造130がそれに対し直交して方向「X」に沿い周期的である）。

20

【0027】

ある種の実施形態によれば、任意の所与位置 $x_0$ に係る直交方向（例、「Y」）沿い信号をフーリエ級数（又は他の何らかの周期関数）に当て嵌め、等式2に表す如くモデル化部分のみを保つことで、信号処理を実行することができる；但し $P_y$ は（付加周期構造130の）Y方向沿い周期、 $a_n(x_0)$ 、 $n(x_0)$ は当て嵌めパラメタを表している。  

$$S(x_0, y) = \sum_{n=0}^N a_n(x_0) \cos\left(\left(\frac{2}{P_y}\right)ny + n(x_0)\right)$$
 式2

【0028】

ある種の実施形態によれば、データ処理に際し、等式3に表す如く、同じ信号を有する信号スライス全てを平均化することで、例えば、平均化後に信号を当て嵌めることにより、或いは平均化それ自体を用いノイズ低減データを提供することにより、ノイズ平均化ステップを単純化することができる。

30

$$S^{\wedge}(x_0, y) = (1/M) \sum_{m=0}^{M-1} S(x_0 + mP, y) \quad \text{式3}$$

【0029】

ある種の実施形態によれば、計量正確度の改善を、イメージング計量を非限定的な例として用い後述するやり方で、達成することができる。

【0030】

付加（「第3」）周期構造（群）130は、更に、信号のスライス104を提供して相応な情報処理技術をそれらスライスに適用することで、コントラストを増強し及び/又は不正確度を低減するのに用いることができる。図3A及び図3Bには、本発明の幾つかの実施形態に従い信号スライス104の導出が模式的に描かれ、信号スライス104を用い計測を調整する模式例が提示されている。例えば、スライス104を周期構造130の1個又は複数個の要素132との関連で定義すること、例えば1個又は複数個の要素132に関連する信号を含めることができ、それらの周囲の諸部分付又は抜きで定義することができる、また周期構造110、120双方との関連で定義することができる。

40

【0031】

オーバレイ計測の物理故に、その計測特性例えばコントラスト及び不正確度は、スタック特性及び計測コンディションの厳密な組合せに依存する。例えば、存在する非対称性発生源が1個である場合、格子中心計測結果を等式4の如く表すことができる；但し、スタッ

50

ク、計測なる語はそれぞれ特定のスタックパラメタ、計測コンディションを表しており、  
 は幾何中心（幾何曖昧性は無視）を表しており、 $A A_{s y}$  は非対称性振幅（例えば度単位のサイドウォール角（側壁角）非対称性 S W A）を表しており、 $\quad$ はこの非対称性に対する計量応答でありそれら特定の計測コンディション及びスタック下でのそれらを表しており、S W A 例では例えば  $n m / 度$  単位の人為的不正確性を表している。

$$\text{中心（スタック，計測）} = \quad + A A_{s y} \cdot \quad \left( \text{スタック，計測} \right) \quad \text{式 4}$$

#### 【 0 0 3 2 】

付加（「第 3」）周期構造（群）1 3 0 を有するターゲット 1 0 0 を、（例えば周期構造（群）1 3 0 の要素に対応し）異なる  $y$  値を有するスライス 1 0 4 へと、分けることができる。各スライス 1 0 4 の中心は、等式 5 に表す如く独立に計算すること、例えば等式 4 と上掲の等式 2 からの信号に関する式とを各スライス 1 0 4 に関し用いることでそうすることができる（ $b_m(y)$ 、 $m(y)$  は当て嵌めパラメタを表している）。

$$\text{中心}(y) = \quad + A A_{s y} \quad (y) \quad M_{m=0} b_m(y) \cos\left(\left(2 \quad / P_y\right) m y + m(y)\right) \quad \text{式 5}$$

#### 【 0 0 3 3 】

発明者の注記によれば、対称ターゲット（非対称性無し）では相異なるスライスの中心が等しく、非対称ターゲット（幾らか非対称性有り）ではそれらスライスにおける人為的変動を非対称性振幅に比例させることができる。更に、（等式 5 で表される）スライス中心及び（等式 3 から導出される）コントラスト双方の変動が  $y$  に依存するため、 $\quad$  対  $I$  をプロットすることで、図 3 B に示す如く最適正確度に関する情報を提供することができる。図 3 B には信号スライス 1 0 4 を用い計測を調整する模式例が描かれており、そのプロットにより、スライス 1 0 4 の幾何中心における不正確度（中心  $(y) - \quad$ ）が、（例・別々の波長、別々のウェハ、別々の焦点位置等々）二通りの計測コンディション下で、コントラスト  $I$  に関連付けられている。図 3 B にて模式的に描かれている通り、別々のスライス 1 0 4 から導出される計測結果の質は異なるので、他のものより良好な計測結果をもたらすスライス 1 0 4（例・最低の不正確度及び最高のコントラストを有し最適と表記されているスライス 1 0 4）を識別すること、ひいてはスライス選択を用い計測を最適化することができる。計測結果をもたらすスライス 1 0 4 を 1 個選択しても数個選択してもよい。更に、不正確度・コントラスト間に明白な関係があることで、更に、開示されている最適化が広範な計測パラメタ、例えば波長、焦点位置、ウェハ等々の下で実現可能であることが、示されている。

#### 【 0 0 3 4 】

例えば、付加的な情報を、各計測パラメタの特定の高調波成分又は焦点依存性から抽出することができる。等式 2 の用語法においては、それら高調波成分が  $\{ a_n(x_0) \}$  と  $\{ \quad_n(x_0) \}$  との組合せにより提示される。例えば、開示されているスライス信号分析を用い焦点を校正することができる。図 3 B に描かれている最適化は多次元的なものとすることができ、例えば不正確度及びコントラストパラメタに加え焦点その他のパラメタをも用いて、それらに対するスライス関連計測の依存性を導出することができる。

#### 【 0 0 3 5 】

ある種の実施形態によれば、ターゲット 1 0 0 から導出された信号に機械学習アルゴリズムを適用し、それによりもたらされる付加的な情報を、従来技術のターゲットとの関連で利用することができる。機械学習アルゴリズムを用いて正確度を改善し及び / 又はノイズを低減すること、例えば  $y$  軸沿い平均化を用い（従来の一次元カーネルに代え）二次元信号を導出し、それに対して様々なアルゴリズム的アプローチ例えば P C A（主成分分析）、フーリエ解析その他のアプローチを適用することができ、それにより、将来の信号を分析するため、ニューラルネットワーク、線形回帰その他の技術を適用するため、学習アルゴリズムを適用するため、等々の基礎を導出することができる。

#### 【 0 0 3 6 】

発明者の注記によれば、ターゲット周期構造 1 1 0、1 2 0 に直交する周期構造（群）1 3 0 を用いることで、周期構造 1 1 0、1 2 0 に対する非対称プロセス効果からの、周期

10

20

30

40

50

構造 1 3 0 に対する非対称プロセス効果の分離が、等式 5 に示す通り行われる。

【 0 0 3 7 】

ある種の実施形態によれば、最適スライスを例えばターゲット、ダイ、ウェハ、ロット又はバッチ毎に導出することができ、それにより例えば正確度を改善すること及びノ又はプロセスばらつきに対する計量ロバスト性を増強することができる。その最適スライスの信号との関連で別のスライスに関係する信号を擾乱と見なせることがあり、それらに対応する信号が最適信号に近いけれどもスタック特性における僅かな変動故に僅かに変化しているときがそれである。最適スライスは、基準スタックでのレシビセットアップ中に見出され又は選ばれよう。様々なウェハを計測していく間には、スタック特性が変化してターゲット内最適スライス位置に影響すること、例えば周期構造 1 3 0 との関連で異なる y 値を有するスライスが新たな最適スライスになることがある。この位置変化は、最適スライス及び他スライスの計量特性間関係を検討することで、識別することができる。ばらつきは小さいものと想定されるので、スライスの計測のコントラスト及び不正確度が徐々に変化する態で図 3 B に示した通り、また先に説明した通り、その新たな最適スライスは、他のスライスとの関連で、似た計量特性を有することとなろう。ある種の実施形態によれば、2 本以上の多次元曲線に対する当て嵌め又は補間により、単一スライス由来の値の使用を避けて関連するノイズを低減することができる。ある種の実施形態によれば、更なる信号対雑音比改善を、スカタロメトリ計量を非限定的な例として用い以下開示する通り、達成することができる。

10

【 0 0 3 8 】

図 4 は、本発明の幾つかの実施形態に係るスカタロメトリ計量ターゲット 1 0 0 B のセル例の上位模式図である。スカタロメトリ計量ターゲット 1 0 0 B の 2 個目のセルは、図示セルと同様の設計だが周期構造間の故意オフセットが違うものにする（例、2 個のセル向けなら + f<sub>0</sub> 及び - f<sub>0</sub> にする）ことができる。図 4 には、（平行で重なり合う）周期構造 1 1 0 , 1 2 0 及び導入された付加層 1 3 0 からなる格子オーバ格子構成を有するターゲット 1 0 0 のセルの側面（断面）及び頂面外観と、付加層 1 3 0 のターゲット 1 0 0 B 内配置が異なるターゲットデザイン 1 0 0 B 全体のオプション 6 個の頂面外観とが、模式的に描かれている。ターゲット 1 0 0 B 全体は、計測方向毎に逆のオフセット（下記参照）を有する 2 個のセルを備え、且つ構造 1 1 0 , 1 2 0 及び 1 3 0 の周期性方向が相応に変化する一通り又は複数通りの計測方向を有するものと、することができる。

20

30

【 0 0 3 9 】

ある種のスカタロメトリ実施形態では、視野共役面内に集まる信号が、ターゲット 1 0 0 B にて回折された輻射のうち + 1 次回折又は - 1 次回折で構成される。それらの信号を、逆次数の整合位置からの個別信号と対にすることで、計量指標例えばオーバーレイを視野内位置毎に計算することができる。ターゲット 1 0 0 B 内第 3 垂直周期構造 1 3 0 の導入は、（有効スタックが修正されるため）生回折信号に変化を引き起すものであり、等式 6 に表す如く記述することができる；但し は平行な 2 個の格子（周期構造 1 1 0 , 1 2 0 ）間の x 方向オフセットを表し、 $I^{\pm}(\cdot)$  は ± 1 次回折それぞれの平均信号を表しており、 $f(y)$  は付加構造（周期構造 1 3 0 ）により引き起こされた偏差を記述している。

$$I_{\pm}(x, y; \cdot) = I^{\pm}(\cdot) f(y) \quad \text{式 6}$$

40

【 0 0 4 0 】

周期構造 1 3 0 に関しては、計測方向 X に直交する方向 Y に沿い周期的でありピッチ P<sub>y</sub> を有しているため、信号が周期的となり、式 7 の如く表すことができる。

$$f(y) = f(y + P_y) \quad \text{式 7}$$

【 0 0 4 1 】

オーバーレイ OVL は、2 個のターゲットセルについての信号計測結果と併せ、対応するターゲット要素（例、格子バー）が互いに対し有する人為オフセットたる ± f<sub>0</sub> を用いることで、計算することができる。により特徴付けられた OVL を、等式 8 から、捉えた画像内の画素毎に、例えば線形近似を用い導出することができる。

$$OVL(x, y) = f_0 \cdot \{ I_+(x, y; +f_0) - I_-(x, y; +f_0) + I$$

50

$$+ (x, y; -f_0) - I - (x, y; -f_0) \} / \{ I + (x, y; +f_0) - I - (x, y; +f_0) - I + (x, y; -f_0) + I - (x, y; -f_0) \}$$

式 8

【 0 0 4 2 】

式 9 は、式 6 を式 8 にて用いた、O V L が x 座標に依存しない式を示しており、式 1 0 は式 9 の簡略化式を提示している。

$$O V L (x, y) = f_0 \cdot \{ I^{\wedge} + ( + f_0 ) f ( y ) - I^{\wedge} - ( + f_0 ) f ( y ) + I^{\wedge} + ( - f_0 ) f ( y ) - I^{\wedge} - ( - f_0 ) f ( y ) \} / \{ I^{\wedge} + ( + f_0 ) f ( y ) - I^{\wedge} - ( + f_0 ) f ( y ) - I^{\wedge} + ( - f_0 ) f ( y ) + I^{\wedge} - ( - f_0 ) f ( y ) \}$$

式 9

10

$$O V L (x, y) = f_0 \cdot \{ I^{\wedge} + ( + f_0 ) - I^{\wedge} - ( + f_0 ) + I^{\wedge} + ( - f_0 ) - I^{\wedge} - ( - f_0 ) \} / \{ I^{\wedge} + ( + f_0 ) - I^{\wedge} - ( + f_0 ) - I^{\wedge} + ( - f_0 ) + I^{\wedge} - ( - f_0 ) \}$$

式 1 0

【 0 0 4 3 】

式 1 0 に示す通り、画素が適正に対にされていれば、(異なるターゲットが異なる生信号を呈しうると同様に)各画素対が独立に正規化されるため、もたらされる O V L が直交方向沿い付加層(群) 1 3 0 により影響されることはなからう。

【 0 0 4 4 】

発明者の更なる注記によれば、更に、付加層(群) 1 3 0 を用い、新規な(カメラ軸対ビーム軸)座標校正方法を導出することができる。例えば、計量システム内光路に係る様々なパラメタを、周期構造(群) 1 3 0 からの信号を分析して導出することができ、例えば、それら計測結果を用いフィルタサイズ校正を実行することで、潜在的な光学収差又は周期的効果を補償することができる。恐らくは、スライス信号分析を光路校正に適用することができる。

20

【 0 0 4 5 】

翻って、図 4 では、付加「第 3」周期構造 1 3 0 に係る広範な設計が非限定的な要領で提示されており、例としては C D が単調変化するもの(オプション 1 として表記)、C D が均一なもの(オプション 2 として表記)、C D が周期変化するもの(オプション 3 として表記)、それらオプションの何れとも空間的広がり異なるもの、例えば X 方向沿いが全広がり Y 方向沿いが部分広がりもの(オプション 4 として表記)、X 及び Y 方向双方が部分広がりもの(オプション 5 として表記)、並びに異なる X 及び Y 範囲で C D が異なるもの(オプション 6 として表記)、それらのオプションのあらゆる組合せ等がある。計測及び対応するアルゴリズムは、周期構造(群) 1 3 0 の広がり及びパラメタに従い適合させればよい。ある種の実施形態によれば、付加「第 3」周期構造(群) 1 3 0 を、計測方向と直交しない方向に沿い周期的なものとする事ができる。

30

【 0 0 4 6 】

図 5 は、本発明の幾つかの実施形態に係る対称及び非対称スカタロメトリ計量ターゲット 1 0 0 B 及び対応する信号についての上位模式図である。図 5 には、側面(断面)外観、頂面外観及び視野 O V L 信号が、対称及び非対称スカタロメトリターゲット 1 0 0 B に対応付けて提供されており、後者には非対称性に関する非限定的な例たる S W A 1 1 5 が示されている。その信号は、対称事例では式 1 0、非対称事例では式 4 に対応している。

40

【 0 0 4 7 】

なお、式 1 0 では理想的な対称ターゲット 1 0 0 B を想定している。非対称性が存している場合、等式 4 に表した如くその不正確度がスタック特性に依存するため、図 5 に模式的に描かれているように、(対称ターゲット 1 0 0 B に係る O V L 1 3 5 A を除き) O V L ( 1 3 5 B ) が空間依存性を有することとなる。従って、イメージングターゲット 1 0 0 A に関し先に開示した信号対雑音比、計測正確度及びプロセスロバスト性改善方法を、スカタロメトリターゲット 1 0 0 B にも同様に適用することができる。

【 0 0 4 8 】

ある種のスカタロメトリ実施形態では、集まる信号が瞳共役面内のものとなり空間情報

50

が畳み込まれる。ある種の実施形態では、先に論じたのと同様の情報を、ターゲット100B内の相異なる数個所で信号を計測し、正確度が増強された計量指標（例、オーバーレイ）をそれら複数通りの計測結果から抽出することで、復元することができる。例えば、瞳スキャタロメトリでは、1個又は複数個のスライス104（又は周期構造130）に関連する複数個の信号を、複数の視野面内個所に関連して複数回のウェハ計測を実行することで、導出することができる。

#### 【0049】

その代わり又は補足として、参照によりその全容が本願に繰り入れられる米国特許出願第15/159009号にて教示の如く、直交周期構造130からの情報を用いてもよい。例えば、米国特許出願第15/159009号に記載の単一セルデザイン（例、その段落148、149及び153～155を参照）に付加的直交周期構造（群）130を付加し、それからの計測結果により、米国特許出願第15/159009号により教示されている単一セル計測を補強してもよいので、これらも同様に本件開示の一部であると見なす。

#### 【0050】

開示されている諸実施形態の何れでも、付加「第3」周期構造130をプロセス互換要領で作成することができる。図6は、本発明の幾つかの実施形態に係る計量ターゲット100の周期構造130向けプロセス互換設計の上位モード図である。例えば、バリエーション130Aに描かれている通り、周期構造130の諸要素132のCDを変化させることで、周期構造130のデューティサイクルを調整することができ、また、バリエーション130Bに描かれている通り、サブ要素132AのCDを均一に保ちつつ、カットCDに変化があるカットマスク140を適用することで周期構造130の変化付（合成）要素132、即ち変化のある合成CD（cCD）を有するそれを生成することで、周期構造130のデューティサイクルをプロセス互換要領にて調整することができる。サブ要素132Aを、バリエーション130Aに描かれている要素132よりも小CD且つ小ピッチにすることで、それらをプロセス互換にすることができる。サブ要素132Aへのセグメント化（細分）は、上掲の諸実施形態の何れにも適用することができる。開示されているデザインを、例えば電子ビームイメージングに適用してターゲット100のプロセス互換性を増強することができる。

#### 【0051】

有益なことに、開示されている諸実施形態によれば、1個又は複数個の付加的リソグラフィ工程を用い、既知な空間変動を有する構造（群）を生成することができる。計測された信号を既知の空間シグネチャに当て嵌めることで、既知構造として振る舞わないノイズを除去することにより、計量信号品質を改善することができ、空間的格子中心及びノ又はオーバーレイ分布を用い不正確度を除去することで、計量正確度を改善することができ、周期構造130並びに110及びノ又は120からの信号の計測結果に関連して、また周期構造130自体の計測結果を踏まえ、計測コンディションを最適化することができ、プロセス監視及び計量ロバスト性を増強することができる。ある種の実施形態によれば、周期構造130を用いることでもたらされる更に豊かな信号により可能となった機械学習アルゴリズムを用いることで、正確度及びロバスト性を更に増強することができる。開示されている諸実施形態は、光イメージング、光スキャタロメトリ（視野及び瞳共役面双方を用いるもの）、並びに照明輻射又は粒子（X線、粒子ビーム）を用いたイメージングに、適用することができる。開示されている諸実施形態は、例えば先に開示した通り複数個のリソグラフィ工程を用い、プロセス互換となるよう設計することができる。

#### 【0052】

図7は、本発明の幾つかの実施形態に係る方法200を描いた上位フローチャートである。本方法の諸段階は上述のターゲット100、例えば方法200を実施すべく随意に構成されたそれとの関連で、実行することができる。方法200は、少なくとも部分的に、少なくとも1個のコンピュータプロセッサにより例えば計量モジュール内で実施することができる。ある種の実施形態は、方法200の関連段階を実行するよう構成されたコンピュータ可読プログラムが組み込まれた、コンピュータ可読格納媒体を有するコンピュータプ

10

20

30

40

50

プログラム製品を備える。ある種の実施形態は、諸実施形態の方法 200 により設計された個別のターゲットについての、ターゲットデザインファイルを備える。方法 200 には、その順序を問わず以下の諸段階を含めることができる。

【0053】

方法 200 は、少なくとも一通りの計測方向に沿い少なくとも 2 個の周期構造を備える計量ターゲットを、直交方向にて（段階 210）また個別の計測方向に直交する第 3 周期構造との関連で（段階 215）計測する、計量計測方法を有するものとすることができる。ある種の実施形態は、その計量計測方法により導出された計量計測結果で構成される。

【0054】

方法 200 は、少なくとも一通りの計測方向に沿い少なくとも 2 個の構造を備えるターゲットデザイン内に、付加（「第 3」）周期構造であり個別の計測方向に直交する第 3 周期構造を追加する（段階 220）、計量ターゲット設計方法を有するものとすることができる。そのターゲットデザインが、イメージングターゲット（例、AIM 即ち先進イメージング計量ターゲット）であってもスキヤタロメトリターゲットであってもよく、方法 200 にて、更に、先に論じた通り均一 CD（限界寸法）、単調変化性 CD、周期的単調変化性 CD 及び 2 個以上の周期的サブ構造のうち少なくとも一つを有するものとなるよう、第 3 周期構造を設計してもよい。ある種の実施形態によれば、その第 3 周期構造を、計測方向に直交しない（例、斜めの）方向に沿い周期的なものとすることができる。方法 200 にて、更に、プロセス互換となるよう第 3 周期構造を設計してもよく（段階 225）、例えば、先に論じた通り、第 3 周期構造の諸要素のセグメント化、第 3 周期構造の諸要素の諸セグメントの均一 CD 化、均一な又は変化付の CD を呈するカットマスクの適用のうち、少なくとも一つをそれに用いてもよい。ある種の実施形態は、この計量ターゲット設計方法に従い設計されたターゲットについてのターゲットデザインファイルと、その計量ターゲット設計方法に従い設計されたターゲットについての計量計測結果とで構成される。

【0055】

方法 200 では、更に、計測 210、215 により導出された信号中のノイズを、その第 3 周期構造に関係する信号成分を識別し除去すること（段階 230）、例えば等式 3 を用い例えば第 3 周期構造により定まるスライス群に亘り計測結果を平均化すること（段階 235）で、低減することができる。

【0056】

方法 200 では、更に、前記計測により導出された信号から、それに直交する第 3 周期構造の特性（例、周期性）に対応する複数個のスライスを、例えば等式 5 を用い導出することができる（段階 240）。方法 200 にて、更に、それら複数個のスライスを平均化することで計量信号を生成してもよい（段階 242）。ある種の実施形態によれば、方法 200 にて更に、それら複数個のスライスを少なくとも 1 個の正確度パラメタとの関連で比較すること、場合によってはその選択を相次ぐターゲット、ウェハ及び/又はバッチに関し反復することで最適スライス信号を選択することができ（段階 245）、及び/又は、その空間的挙動及び最適スライスを追跡することで計量ロバスト性を改善することができる（段階 247）。

【0057】

方法 200 では、更に、カメラ軸及びビーム軸を比較することで第 3 周期構造を用い計測座標を校正することができる（段階 250）。

【0058】

方法 200 では、更に、その第 3 周期構造から計測された信号の高調波成分及び/又は焦点情報を導出することができる（段階 252）。

【0059】

方法 200 では、更に、機械学習アルゴリズムを適用することで、その第 3 周期構造から計測された信号を分析し直交方向に係るデータから情報を導出することができる（段階 254）。

【0060】

10

20

30

40

50

方法 200 は、イメージング又はスキヤタロメトリ計量及びターゲットに適用することができる。イメージング計量及びターゲットへの適用時には、方法 200 にて、更に、等式 2 を用い計測結果から少なくとも一通りの計量指標を導出することができる。視野面スキヤタロメトリ計量及びターゲットへの適用時には、方法 200 にて、更に、等式 10 を用い計測結果から少なくとも一通りの計量指標を導出することができる。瞳面スキヤタロメトリ計量及びターゲットへの適用時には、方法 200 にて、更に、そのターゲット内の相異なる数個所にて前記計測を実行し、正確度が増強された計量指標をそれら複数通りの計測結果から抽出することができる。

#### 【0061】

付加的な直交する（「第 3」）周期構造は、均一 CD（限界寸法）、単調変化性 CD、周期的単調変化性 CD、並びに 2 個以上の周期的サブ構造のうち、少なくとも一つを有するものとすることができる。

10

#### 【0062】

図 8A ~ 図 8C には、本件開示の 1 個又は複数個の実施形態に係る計量システム 800 が描かれている。計量システム 800 は、本願既述の様々な実施形態のうち何れを実行するようにも構成でき、また本願記載の様々な計量ターゲットのうち何れからも計量パラメータを計測できる。実施形態に係るオーバーレイ計量システム 800 は、光学的に解像可能なフィーチャ（外形特徴）に依拠しオーバーレイ計測及び/又は限界寸法計測結果を生成するのに適した、計量サブシステム 802 又はツールを有している。また、実施形態では標本 804 が標本ステージ 806 上に配置されている。

20

#### 【0063】

また、実施形態に係る計量システム 800 はコントローラ 808 を有している。コントローラ 808 は、記憶媒体 812 上に保持されているプログラム命令を実行するよう構成された 1 個又は複数個のプロセッサ 810 を、有するものとすることができる。この場合、コントローラ 808 に備わる 1 個又は複数個のプロセッサ 810 により、本件開示の随所に記載されている様々な処理ステップの何れも実行することができる。例えば、コントローラ 808 にて、何れの光学計量サブシステム 802A からデータを受け取ってもよいし、光学計量ツール 802 からのデータに基づきオーバーレイ補正変数を生成してもよい。

#### 【0064】

更に、コントローラ 808 を、これに限られるものではないがリソグラフィツール等、1 個又は複数個の半導体処理又は製造ツール 813 に可通信結合させることができる。その場合、本願既述の様々な出力をコントローラ 808 にて利用し処理ツールの構成に調整を施すこと、ひいてはその製造ライン上で製造される 1 枚又は複数枚の半導体ウェハに対する調整を実行することができる。例えば、コントローラ 808 を、処理ツールの入力を制御することで、製造ライン上での半導体デバイス製造におけるオーバーレイを指定されたオーバーレイ公差内に保つのに適した、プロセスコントローラとして動作させることができる。そのオーバーレイ補正変数は、フィードバック及び/又はフィードフォワード制御ループの一部として提供することができる。ある実施形態によれば、現処理工程に係り標本を対象にして計測されたオーバーレイ計測結果を用い、1 個又は複数個の製造プロセスのドリフトを補償すること、ひいては同一ロット又は別ロット内の後続標本を対象にした複数回の露出に亘りオーバーレイを指定公差内に保つことができる。別の実施形態によれば、現処理工程に係るオーバーレイ計測結果をフィードフォワードすることで後続処理工程を調整し、計測されるあらゆるオーバーレイ誤差を補償することができる。例えば、後続層上のパターンの露出を調整することで、それら後続層のオーバーレイ計測結果を整合させることができる。別の実施形態によれば、現処理工程のオーバーレイ計測結果を計量システム 800 自体にフィードバックすることで、後続層に対する計量プロセスを改善又は増強することができる。

30

40

#### 【0065】

コントローラ 808 に備わる 1 個又は複数個のプロセッサ 810 には、本件技術分野で既知なあらゆる処理素子が含まれうる。その意味で、当該 1 個又は複数個のプロセッサ 81

50

0には、アルゴリズム及び/又は命令を実行するよう構成されたあらゆるマイクロプロセッサ型デバイスが含まれる。ある実施形態によれば、当該1個又は複数個のプロセッサ810を、本件開示の随所に記載の如くオーバーレイ計量システム800を動作させるよう構成されたプログラムを実行するよう構成された、デスクトップコンピュータ、メインフレームコンピュータシステム、ワークステーション、イメージコンピュータ、並列プロセッサその他、あらゆるコンピュータシステム(例、ネットワーク接続コンピュータ)で構成することができる。更なる認識によれば、語「プロセッサ」は、非一時的記憶媒体812から得たプログラム命令を実行する処理素子を1個又は複数個有するデバイス全てが包括されるよう、広義に定義することができる。更に、本件開示の随所に記載の諸ステップを、単一のコントローラ808により実行してもよいし、それに代え複数個のコントローラにより実行してもよい。加えて、コントローラ808に備わる1個又は複数個のコントローラを、共通ハウジング内に収容してもよいし複数個のハウジング内に収容してもよい。このやり方で、どのようなコントローラでも或いはコントローラ組合せでも、オーバーレイ計量システム800への統合に適したモジュールとして個別にパッケージングすることができる。

10

**【0066】**

記憶媒体812には、連携する1個又は複数個のプロセッサ810により実行可能なプログラム命令を格納するのに適し本件技術分野で既知なあらゆる格納媒体が含まれる。例えば、記憶媒体812には非一時的記憶媒体が含まれる。また例えば、記憶媒体812には、これに限られるものではないがリードオンリメモリ、ランダムアクセスメモリ、磁気又は光記憶デバイス(例、ディスク)、磁気テープ、固体ドライブ等が含まれる。更に注記される通り、記憶媒体812を1個又は複数個のプロセッサ810と共に共通コントローラハウジング内に収容してもよい。ある実施形態によれば、記憶媒体812を1個又は複数個のプロセッサ810及びコントローラ808の物理的居所に対し遠隔に所在させることができる。例えば、コントローラ808に備わる1個又は複数個のプロセッサ810が、ネットワーク(例、インターネット、イントラネット等)を介しアクセス可能なリモートメモリ(例、サーバ)に、アクセスするのでもよい。従って、上掲の記述は本発明に対する限定事項としてではなく単なる例証として解されるべきである。

20

**【0067】**

次に、図8Bに示す実施形態に係る計量システム800は、光学計量サブシステム802aを有している。光学計量サブシステム802a又はツールには、標本に備わる2個以上の層に係るオーバーレイデータを生成するのに適し本件技術分野で既知なあらゆる種類の光オーバーレイ計量ツール、例えばこれに限られるものではないが画像依拠光計量ツールやスケヤタロメトリ依拠光計量ツール等が含まれる。

30

**【0068】**

実施形態では、光学計量サブシステム802aが、光学照明ビーム816を生成する光学照明源814を有している。光学照明ビーム816には、これに限られるものではないが紫外(UV)光、可視光、赤外(IR)光を初め、一通り又は複数通りの指定波長が含まれる。光学照明源814には、光学照明ビーム816を提供するのに適するあらゆる種類の照明源が含まれる。ある実施形態では光学照明源814がレーザ光源とされる。例えば、光学照明源814が、これに限られるものではないが1個又は複数個の狭帯域レーザ光源、広帯域レーザ光源、超連続体(超広帯域)レーザ光源、白色光レーザ光源等を有していてもよい。その場合、高いコヒーレンス(例、高い空間コヒーレンス及び/又は時間コヒーレンス)を有する光学照明ビーム816を、その光学照明源814により提供することができる。別の実施形態では光学照明源814がレーザ維持プラズマ(LSP)光源を有する。例えば、光学照明源814が、これに限られるものではないが、レーザ光源によりプラズマ状態に励起させることで広帯域照明を放射させうる一種類又は複数種類の元素を収容するのに適した、LSPランプ、LSPバルブ又はLSPチャンバを、有していてもよい。別の実施形態では光学照明源814がランプ光源を有する。例えば、光学照明源814が、これに限られるものではないがアークランプ、放電ランプ、無電極ランプ

40

50

等を有していてもよい。その場合、低いコヒーレンス（例、低い空間コヒーレンス及び／又は時間コヒーレンス）を有する光学照明ビーム 8 1 6 を、その光学照明源 8 1 4 により提供することができる。

【 0 0 6 9 】

また、実施形態では、光学照明源 8 1 4 が光学照明ビーム 8 1 6 を照明路 8 2 0 経由で標本 8 0 4 に差し向けている。照明路 8 2 0 上には、光学照明ビーム 8 1 6 を修正及び／又は調光するのに適した 1 個又は複数個の照明路レンズ 8 2 2 又は付加的光学部品 8 2 4 を、設けることができる。例えば、当該 1 個又は複数個の光学部品 8 2 4 に、これに限られるものではないが 1 個又は複数個の偏光子、1 個又は複数個のフィルタ、1 個又は複数個のビームスプリッタ、1 個又は複数個の散光器、1 個又は複数個のホモジナイザ、1 個又は複数個のアボダイザ或いは 1 個又は複数個のビーム整形器を含めてもよい。照明路 8 2 0 上に、更に、光学照明ビーム 8 1 6 を標本 8 0 4 に差し向けるよう構成された対物レンズ 8 2 6 を、設けてもよい。

10

【 0 0 7 0 】

また、実施形態では標本 8 0 4 が標本ステージ 8 2 8 上に配置される。標本ステージ 8 2 8 が、光学計量サブシステム 8 0 2 a 内で標本 8 0 4 を位置決め及び／又は走査するのに適する何れの装置を有していてもよい。例えば、標本ステージ 8 2 8 が、直線並進ステージ、回転ステージ、ティップ/ティルトステージ等をどのような組合せで有していてもよい。

【 0 0 7 1 】

また、実施形態では、光学計量サブシステム 8 0 2 a が、標本 8 0 4 に発する光を集光路 8 3 2 経由で捉えるよう構成された検出器 8 3 0 を有している。集光路 8 3 2 上には、これに限られるものではないが、標本 8 0 4 からの光を集める 1 個又は複数個の集光路レンズ 8 3 4 を設けることができる。例えば、標本 8 0 4 から（例、鏡面反射、拡散反射等を通じ）反射又は散乱されてくる光を、1 個又は複数個の集光路レンズ 8 3 4 を介し検出器 8 3 0 にて受光することができる。また例えば、標本 8 0 4 により生成された光（例、光学照明ビーム 8 1 6 の吸収に係るルミネッセンス等）を検出器 8 3 0 にて受光することができる。また例えば、標本 8 0 4 からの一通り又は複数通りの異次回折光（例、0 次回折、± 1 次回折、± 2 次回折等）を検出器 8 3 0 にて受光することができる。

20

【 0 0 7 2 】

検出器 8 3 0 には、標本 8 0 4 から受け取った照明を計測するのに適し本件技術分野で既知な、あらゆる種類の検出器が含まれうる。検出器 8 3 0 の例としては、これに限られるものではないが CCD 型検出器、TDI 型検出器、光電子増倍管（PMT）、アバランシェフォトダイオード（APD）等であろう。他の実施形態によれば、標本 8 0 4 に発する光の波長を識別するのに適した分光型検出器が、検出器 8 3 0 に含まれうる。

30

【 0 0 7 3 】

集光路 8 3 2 上には、更に、これに限られるものではないが 1 個又は複数個の集光路レンズ 8 3 4、1 個又は複数個のフィルタ、1 個又は複数個の偏光子、1 個又は複数個のビームブロックを初め、標本 8 0 4 から集めた照明を差し向け及び／又は修正するための光学素子を何個でも設けることができる。

40

【 0 0 7 4 】

実施形態では、検出器 8 3 0 が、標本 8 0 4 の表面に対しほぼ直交配置されている。また、実施形態では光学計量サブシステム 8 0 2 a がビームスプリッタ 8 3 6 を有しており、それが、対物レンズ 8 2 6 が光学照明ビーム 8 1 6 を標本 8 0 4 に差し向けること及びそれと同時にその標本 8 0 4 に発する光を集めることができるように方向設定されている。更に、照明路 8 2 0 と集光路 8 3 2 とで 1 個又は複数個の付加的素子（例、対物レンズ 8 2 6、アパーチャ、フィルタ等）を共有することができる。

【 0 0 7 5 】

光学計量サブシステム 8 0 2 a により、これに限られるものではないが画像依拠技術、スキャタロメトリ依拠技術等、本件技術分野で既知な何れかの技術に依拠し、オーバーレイを

50

計測することができる。例えば、イメージングモードで動作している光学計量サブシステム 802 a により標本 804 の一部分を照明し、その標本 804 の照明部分の像を検出器 830 上で捉えることができる。捉える像は、これに限られるものではないが明視野像、暗視野像、位相コントラスト像等、本件技術分野で既知な何れの種類の像でもよい。更に、捉えた像同士を（例．光学計量サブシステム 802 a、コントローラ 808 等により）縫合することで、その標本 804 の合成像を形成することができる。また例えば、光学計量サブシステム 802 a が集束光学照明ビーム 816 により標本 804 上を走査し、その標本 804 に発する光及び／又は粒子を 1 個又は複数個の検出器 830 上で一通り又は複数通りの計測角にて捉えることで、画像を画素毎に生成することができる。従って、2 個以上の標本層に係るオーバレイを、それら 2 個以上の標本層上に所在するフィーチャの相対位置に基づき判別することができる。

10

**【0076】**

また例えば、光学照明ビーム 816 に応答し標本 804 にて散乱及び／又は回折された光のパターンに基づきオーバレイを判別することで、その光学計量サブシステム 802 a をスキャタロメトリ依拠計量ツールとして動作させてもよい。例えば、光学計量サブシステム 802 a により（例．検出器 830 で以て）、標本に発する光の角度分布を含め、（例．オーバレイターゲットの回折領域の）1 個又は複数個の瞳面像を捉えることができる。従って、層毎にサイズ及び分布が既知なオーバレイターゲットフィーチャからのモデル化散乱及び／又は回折に基づき、2 個以上の標本層間のオーバレイをそれら瞳面像から判別することができる。

20

**【0077】**

次に、図 8 C に示す実施形態に係る計量システム 800 は粒子ビーム計量サブシステム 802 b を有している。粒子ビーム計量サブシステム 802 b には、これに限られるものではないが電子ビーム計量ツール（例．SEM、CD-SEM 等）、イオンビーム計量ツール（例．集束イオンビーム（FIB）計量ツール）等、デバイスフィーチャ又はデバイススケールフィーチャを解像するのに適した、あらゆる種類の計量ツールが含まれる。

**【0078】**

実施形態では、粒子ビーム計量サブシステム 802 b が、粒子ビーム 840（例．電子ビーム、粒子ビーム等）を生成する粒子源 838（例．電子ビーム源、イオンビーム源等）を有している。粒子源 838 には、粒子ビーム 840 を生成するのに適し本件技術分野で既知なあらゆる粒子源が含まれる。粒子源 838 の例としては、これに限られるものではないが電子銃、イオン銃等であろう。また、実施形態では、エネルギーが可調な粒子ビーム 840 を提供するよう粒子源 838 が構成されている。

30

**【0079】**

また、実施形態では、粒子ビーム計量サブシステム 802 b が 1 個又は複数個の粒子集束素子 842 を有している。例えば、当該 1 個又は複数個の粒子集束素子 842 が、これに限られるものではないが単一の粒子集束素子を含むものであっても、複合システムを形成する 1 個又は複数個の粒子集束素子を含んでいてもよい。また、実施形態では、当該 1 個又は複数個の粒子集束素子 842 に、標本ステージ 846 上に所在する標本 804 に粒子ビーム 840 を差し向けるよう構成された粒子対物レンズ 844 が含まれている。更に、当該 1 個又は複数個の粒子源 838 には、これに限られるものではないが静電レンズ、磁気レンズ、ユニポテンシャルレンズ、ダブルポテンシャルレンズ等を初め、本件技術分野で既知なあらゆる種類の電子レンズが含まれる。

40

**【0080】**

また、実施形態では、粒子ビーム計量サブシステム 802 b が、標本 804 に発する粒子を検出例えばイメージングする少なくとも 1 個の粒子検出器 848 を有している。ある実施形態では、粒子検出器 848 が電子コレクタ（例．二次電子コレクタ、後方散乱電子検出器等）を有する。別の実施形態では、粒子検出器 848 が、標本表面からの電子及び／又は光子を検出する光子検出器（例．フォトディテクタ、X線検出器、光電子増倍管（PMT）型検出器に結合されたシンチレーティング素子等）を有する。

50

## 【 0 0 8 1 】

ご理解頂けるように、図 8 C に示した粒子ビーム計量サブシステム 8 0 2 b についての記述及びそれに関連する上掲の記述は、専ら例証目的で提供されており、限定として解されるべきではない。例えば、粒子ビーム計量サブシステム 8 0 2 b が、標本 8 0 4 への同時問いかけに適したマルチビーム及び/又はマルチカラムシステムを有していてもよい。更なる実施形態によれば、粒子ビーム計量サブシステム 8 0 2 b に、標本 8 0 4 の一個所又は複数個所に一通り又は複数通りの電圧を印加するよう構成された 1 個又は複数個の部材（例、1 個又は複数個の電極）を設けることができる。この場合、粒子ビーム計量サブシステム 8 0 2 b により電圧コントラストイメージングデータを生成することができる。

## 【 0 0 8 2 】

以上、本発明の諸実施形態に係る方法、装置（システム）及びコンピュータプログラム製品のフローチャート描写及び/又は部分図を参照して本発明の諸態様を述べてきた。ご理解頂けるように、それらフローチャート描写及び/又は部分図の各部分、並びにそれらフローチャート描写及び/又は部分図の諸部分の組合せを、コンピュータプログラム命令により実現することができる。それらコンピュータプログラム命令を汎用コンピュータ、専用コンピュータその他、プログラマブルデータ処理装置のプロセッサに供給してマシンを構築すること、ひいてはコンピュータその他のプログラマブルデータ処理装置のプロセッサによりそれらの命令を実行することで、そのフローチャート及び/又は部分図若しくはその諸部分にて特定されている諸機能/諸動作を実現する手段を、生み出すことができる。

## 【 0 0 8 3 】

ある特定の要領で機能するようコンピュータその他のプログラマブルデータ処理装置或いはその他の装置に指令することができるコンピュータ可読媒体内に、それらコンピュータプログラム命令を格納し、コンピュータ可読媒体内に格納されたそれらの命令によって命令込みの製品を提供し、そのフローチャート及び/又は部分図若しくはその諸部分にて特定されている機能/動作をそれら命令により実現することもできる。

## 【 0 0 8 4 】

それらコンピュータプログラム命令を、コンピュータその他のプログラマブルデータ処理装置或いはその他の装置上にロードし、そのコンピュータその他のプログラマブルデータ処理装置或いはその他の装置上で一連の動作ステップを実行させることでコンピュータ実施プロセスを提供すること、ひいてはそのコンピュータその他のプログラマブル装置上で実行される命令で提供されるプロセスにより、そのフローチャート及び/又は部分図若しくはその諸部分にて特定される諸機能/諸動作を実現することもできる。

## 【 0 0 8 5 】

上掲のフローチャート及び図面には、本発明の様々な実施形態に係るシステム、方法及びコンピュータプログラム製品の潜在的諸実現形態のアーキテクチャ、機能及び動作が描かれている。この点との関連では、そのフローチャート又は部分図の各部分によって、コードのモジュール、セグメント又は部分であり、特定の論理機能（群）を実現するための可実行命令 1 個又は複数個を含むものを、表すことができる。これも注記すべきことに、ある種の代替的实现形態においては、その部分に記されている諸機能が、図中に記されている順序とは異なる順序で生起することがある。例えば、相連続する態で示されている二部分が、実際にはほぼ同時に実行されることもあるし、それらの部分がときとして逆の順序で実行されることもあるのであり、これは関わる機能に依存している。やはり注記されることに、それら部分図及び/又はフローチャート描写の各部分、並びにそれら部分図及び/又はフローチャート描写中の諸部分の組合せを、指定されている諸機能又は諸動作を実行する専用のハードウェアベースシステムによって、或いは専用ハードウェアとコンピュータ命令との組合せによって、実現することができる。

## 【 0 0 8 6 】

上掲の記述における実施形態は本発明の一例又は実現形態である。「ある実施形態」、「一実施形態」、「ある種の実施形態」又は「幾つかの実施形態」なる様々な表現が、必ずしも全て同じ実施形態を指すわけではない。本発明の様々な特徴がある単一の実施形態の

10

20

30

40

50

文脈に沿い述べられもしているが、それらの特徴が個別に提供されることも何らかの好適な組合せで提供されることもありうる。逆に、本願では本発明が明瞭化のため個々別々の実施形態の文脈に沿い述べられもしているが、本発明が単一実施形態の態で実施されることもありうる。本発明のある種の実施形態に、先に開示した相異なる実施形態から諸特徴を取り入れることができ、またある種の実施形態に、先に開示した他の諸実施形態から諸要素を取り入れることができる。ある特定の実施形態の文脈に沿った、本発明の諸要素についての開示を、それらの使用が当該特定の実施形態のみに限られるものと解すべきではない。更に、ご理解頂けるように、本発明は様々なやり方で実行又は実施することができ、また本発明は上掲の記述にて概括されたものとは異なる何らかの実施形態にて実現することができる。

10

**【 0 0 8 7 】**

本発明はそれらの図面や対応する記述に限定されない。例えば、図示されているボックス又は状態それぞれをフローが通り抜ける必要はないし、図示及び記述されているそれと厳密に同じ順序で通り抜ける必要もない。本願にて用いられている技術用語及び科学用語の意味は、別様に定義されているのでない限り、本発明が属する分野のいわゆる当業者により理解される通り、通例的に理解されるべきである。ある有限個数の実施形態を基準にして本発明を述べてきたが、それらを本発明の技術的範囲に対する限定事項として解すべきではなく、寧ろ好適な諸実施形態のうち幾つかの例として解すべきである。他の潜在的変形、修正及び応用もまた本発明の技術的範囲内とする。従って、本発明の技術的範囲は、これまでに述べられたものではなく、別項の特許請求の範囲及びその法的等価物により限定されるべきである。

20

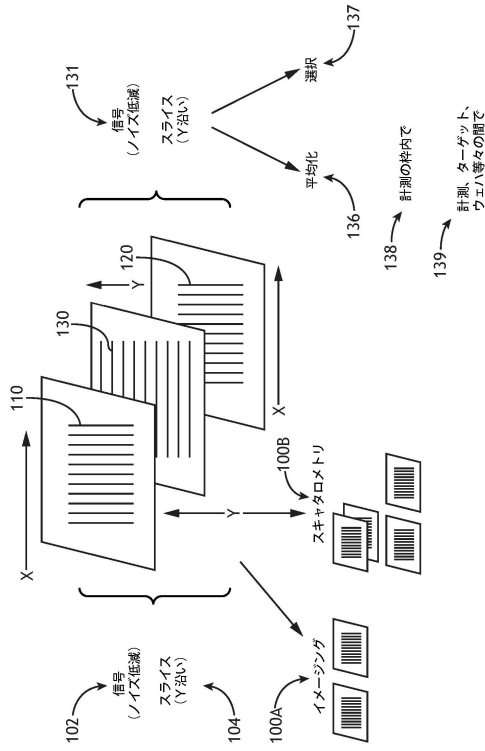
30

40

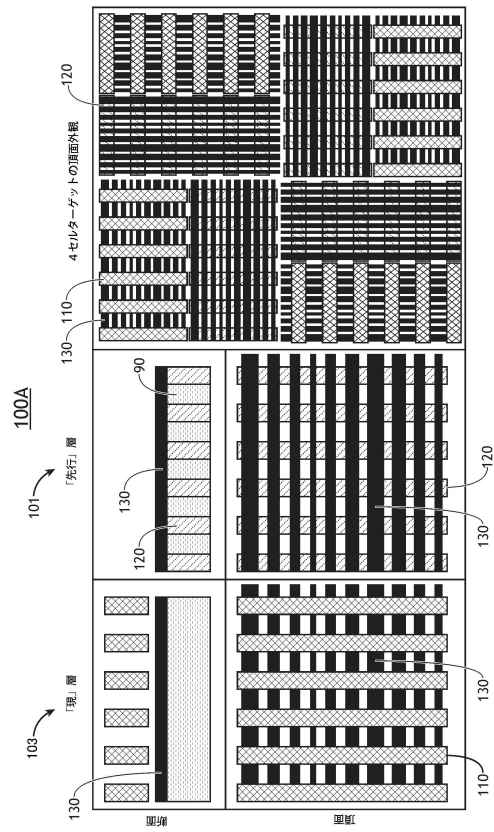
50

【図面】  
【図 1】

100



【図 2】



10

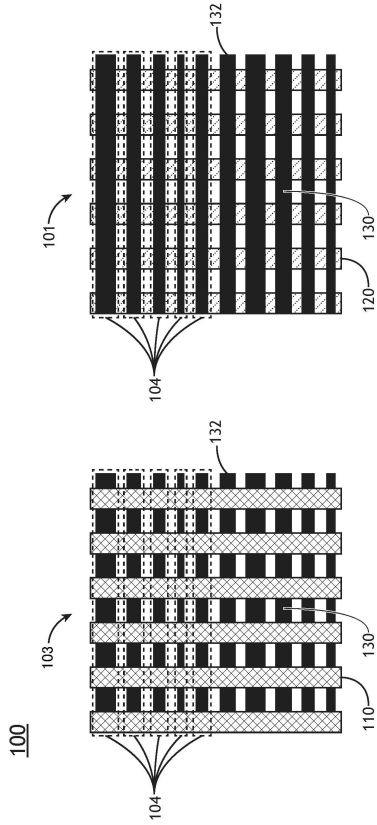
20

30

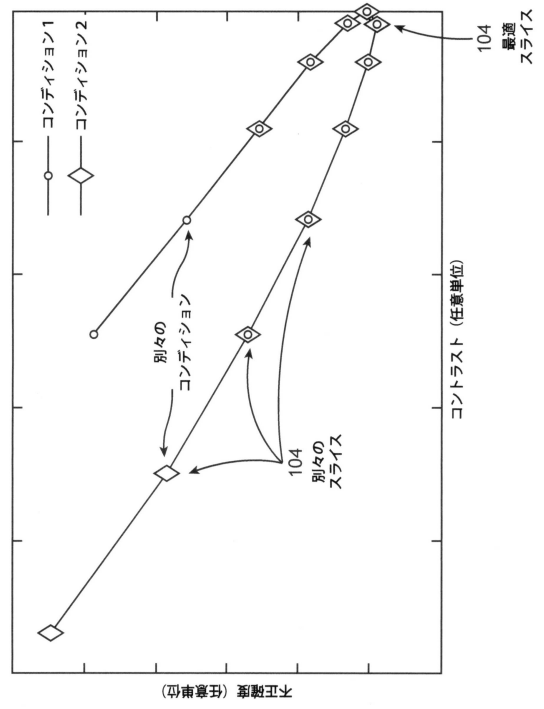
40

50

【図 3 A】



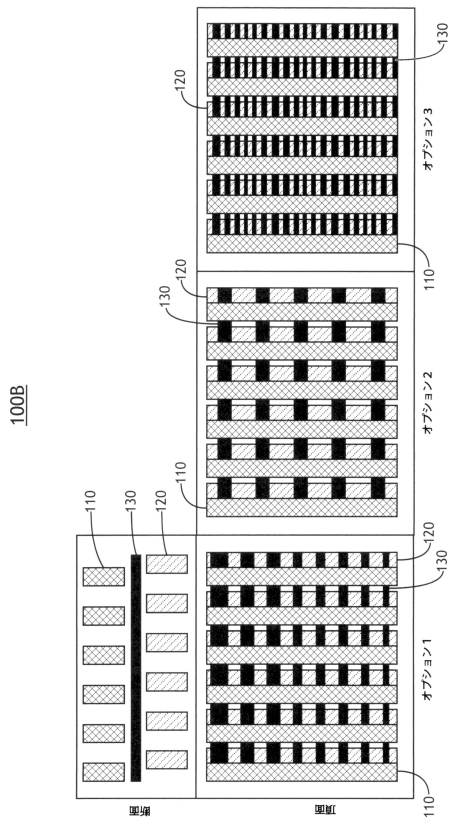
【図 3 B】



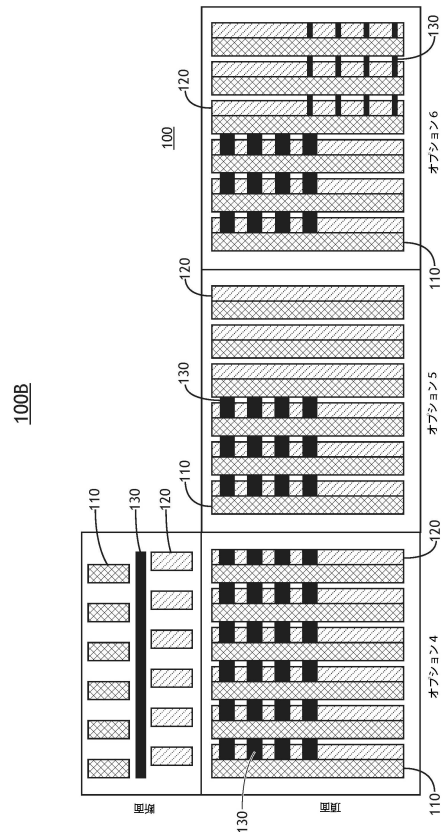
10

20

【図 4】



【図 4 - 1】



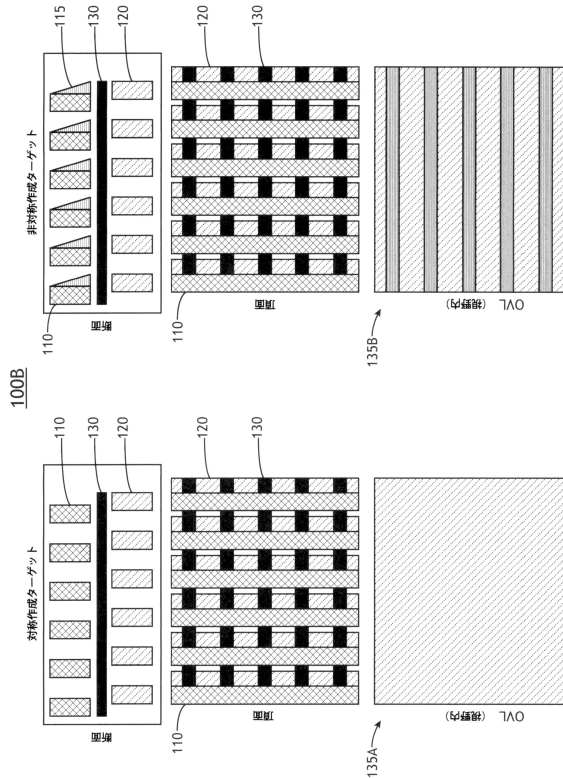
30

40

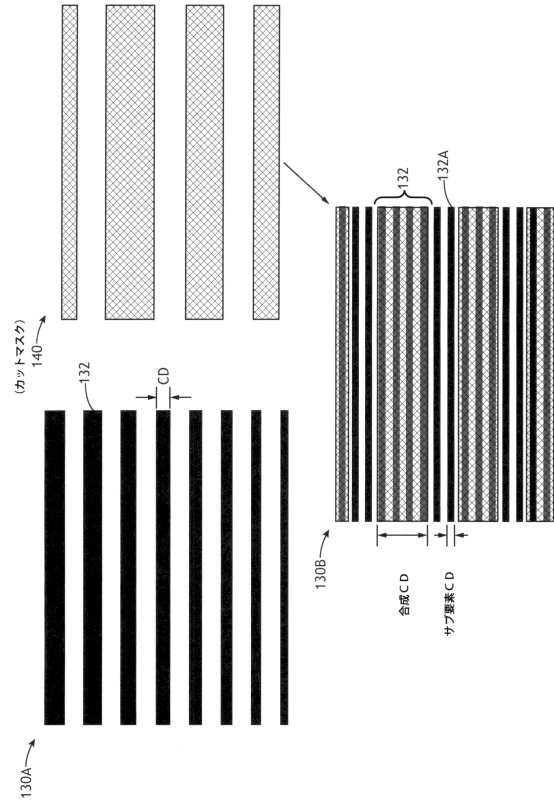
( 続き )

50

【図5】



【図6】

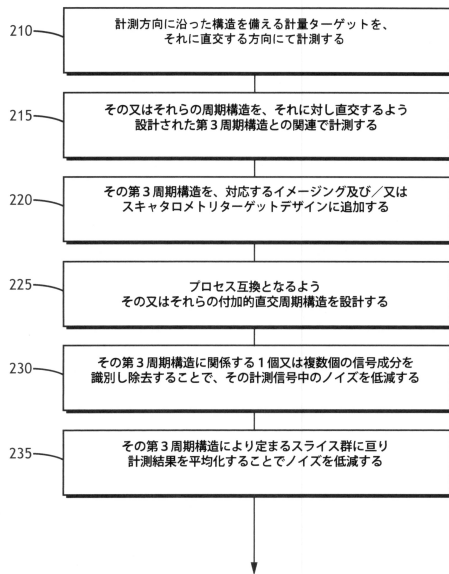


10

20

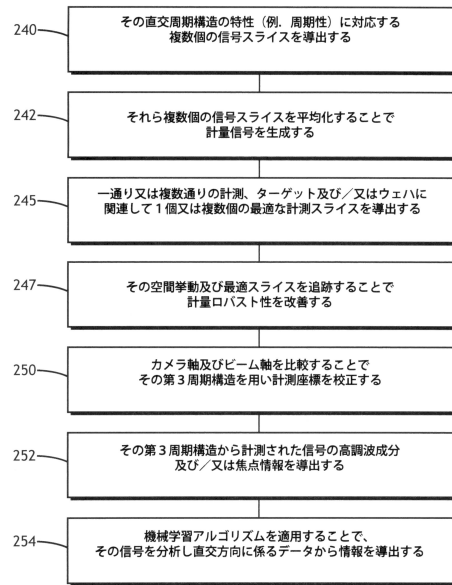
【図7】

200



【図7 - 1】

200



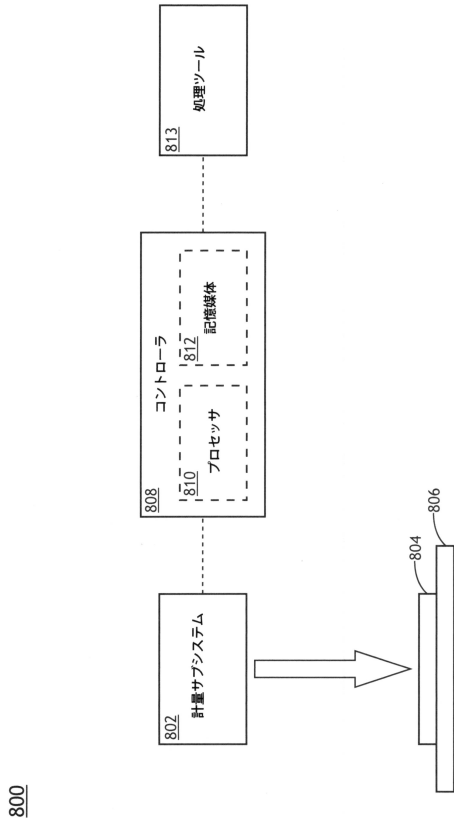
30

40

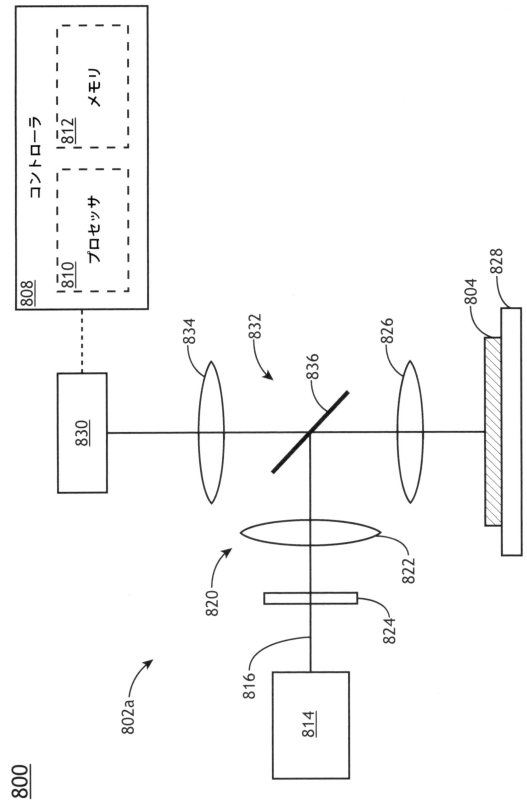
( 続き )

50

【図 8 A】



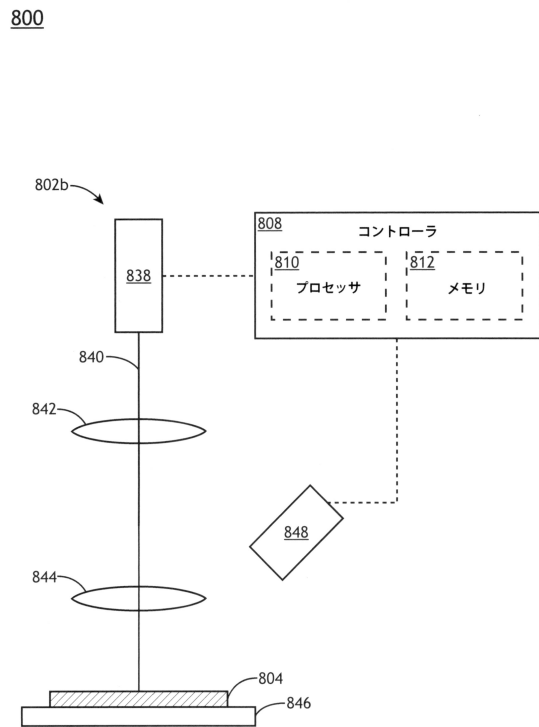
【図 8 B】



10

20

【図 8 C】



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

審査官 安田 雅彦

(56)参考文献 特開2011-155302(JP,A)  
特表2015-528922(JP,A)  
特表2004-508711(JP,A)  
国際公開第2017/148982(WO,A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H01L 21/66  
H01L 21/02 - 21/033  
G01N 21/95 - 21/958  
G01B 11/02 - 11/06