

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7527400号
(P7527400)

(45)発行日 令和6年8月2日(2024.8.2)

(24)登録日 令和6年7月25日(2024.7.25)

(51)国際特許分類	F I				
G 0 3 F	9/00	(2006.01)	G 0 3 F	9/00	H
H 0 1 L	21/66	(2006.01)	H 0 1 L	21/66	J
G 0 1 B	11/00	(2006.01)	G 0 1 B	11/00	G

請求項の数 35 (全33頁)

(21)出願番号	特願2022-571783(P2022-571783)	(73)特許権者	500049141
(86)(22)出願日	令和3年5月17日(2021.5.17)		ケーエルエー コーポレーション
(65)公表番号	特表2023-526864(P2023-526864 A)		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
(43)公表日	令和5年6月23日(2023.6.23)	(74)代理人	110001210
(86)国際出願番号	PCT/US2021/032655		弁理士法人Y K I 国際特許事務所
(87)国際公開番号	WO2021/236470	(72)発明者	マナッセン アムノン
(87)国際公開日	令和3年11月25日(2021.11.25)		イスラエル ハイファ ゴルダ メイア ストリート 10
審査請求日	令和6年3月7日(2024.3.7)	(72)発明者	ヒル アンドリユー ブイ
(31)優先権主張番号	63/028,568		アメリカ合衆国 カリフォルニア パークリー ロス エンジェルズ アベニュー 2112
(32)優先日	令和2年5月22日(2020.5.22)	(72)発明者	ラレド ジラド
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		イスラエル ハイファ カシデイ ユモト
(31)優先権主張番号	17/068,328		
(32)優先日	令和2年10月12日(2020.10.12)		
最終頁に続く			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 オーバーレイ計測ツールおよび方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

オーバーレイ計測ツールであって、
照明源と、
試料上のオーバーレイターゲットを照明源からの1つ以上の照明ビームで照明するように構成された1つ以上の照明光学系であって、前記オーバーレイターゲットは1つ以上の測定方向に沿った周期的特徴を含む、1つ以上の照明光学系と、
オーバーレイターゲットの周期的フィーチャからの回折光を検出器に向けるように構成された1つ以上の集光光学系と、
瞳平面に位置する調節可能な瞳マスクであって、前記瞳平面は集光瞳平面に対応し、前記調節可能な瞳マスクは、前記瞳平面の1つ以上の部分にわたり分布する1つ以上の制御ゾーンを含み、前記1つ以上の制御ゾーンは、調節可能な瞳透過率分布を提供するように個々に位置指定可能であり、調整可能な瞳透過率分布は、瞳平面のそれぞれの1つ以上の部分における回折光の検出器への通過の選択的な制御を提供し、前記1つ以上の制御ゾーンは、異なる瞳透過率分布を利用する2つ以上の計測モードに従って前記オーバーレイ計測ツールの操作性を提供する、調節可能な瞳マスクと、
調整可能な瞳マスクに通信可能に結合されたコントローラであって、1つ以上のプロセッサを含み、1つ以上のプロセッサに、調節可能な瞳マスクに、選択されたオーバーレイ計測レシビに対応する選択された瞳透過率分布を提供し、選択された瞳透過率分布は、ターゲットから検出器への選択されたセットの回折次数の回折の伝送を提供する1つ以上の

制御ゾーンの選択された構成に対応し、前記2つ以上の計測モードの1つに関連し、検出器からの測定データに基づいて、前記2つ以上の計測モードの1つに関連する1つ以上の測定方向に沿ったオーバーレイ測定を決定することを、行わせるプログラム命令を実行するように構成されたコントローラと、

を含む、

オーバーレイ計測ツール。

【請求項2】

請求項1に記載のオーバーレイ計測ツールであって、

対物レンズを含み、

前記1つ以上の照明光学系は、前記対物レンズを通して前記1つ以上の照明ビームで前記オーバーレイターゲットを照明し、前記1つ以上の集光光学系は、前記対物レンズによって集光された前記回折光を前記検出器に向け、前記調整可能な瞳マスクは、前記照明光学系および前記集光光学系の両方に共通の瞳平面に位置する、オーバーレイ計測ツール。

10

【請求項3】

1つ以上の制御ゾーンは、1つ以上の照明ビームのうちの1つの選択された数でオーバーレイターゲットを照明するように個々に位置指定可能であり、1つ以上の制御ゾーンの少なくともいくつかは、試料上の1つ以上の照明ビームの選択的制御を提供するために、1つ以上の照明ビームに対応する瞳平面の部分に配置されることを特徴とする請求項2に記載のオーバーレイ計測ツール。

【請求項4】

照明源は、瞳平面内の2つの直交方向に沿って対称な照明ビームを提供する四重極（クワドロポール）照明源を備え、1つ以上の制御ゾーンは、瞳平面内に環を形成するように配置された2つの制御ゾーンを含み、2つの制御ゾーンの各々は、環の半分に対応し、2つの制御ゾーンの各々は、1つ以上の照明ビームのうちの2つの直交照明ビームからの2つの通過光が、2つの直交照明ビームからの光に応答して試料からの光の1つ以上の非ゼロ次回折を通過させ、2つの直交照明ビームからの光に応答して試料からのゼロ次回折を遮断または光学的に減衰させるように配向されることを特徴とする請求項2に記載のオーバーレイ計測ツール。

20

【請求項5】

対向する照明ビームによるオーバーレイターゲットの連続的な測定を提供するために、2つの制御ゾーンの透過率は、連続的に交互に変更されてもよいことを特徴とする請求項4に記載のオーバーレイ計測ツール。

30

【請求項6】

1つ以上の照明光学系は、瞳平面に配置された出力端を有する1つ以上のファイバを含むことを特徴とする請求項2に記載のオーバーレイ計測ツール。

【請求項7】

瞳平面は、対物レンズの内部瞳平面に対応することを特徴とする請求項2に記載のオーバーレイ計測ツール。

【請求項8】

瞳平面は、対物レンズの内部瞳平面に共役な中継面に対応することを特徴とする請求項2に記載のオーバーレイ計測ツール。

40

【請求項9】

1つ以上の照明ビームのうちの1つは、オーバーレイターゲットを垂直入射で照明するように配置され、1つ以上の制御ゾーンは、瞳平面内の中心にある円形制御ゾーンを含み、円形制御ゾーンは、垂直入射における照明ビームからの光に応答して、試料からの光の1つ以上の非ゼロ次回折を通過させ、垂直入射における照明ビームからのゼロ次回折を遮断または光学的に減衰させるように配向される、ことを特徴とする請求項1に記載のオーバーレイ計測ツール。

【請求項10】

1つ以上の制御ゾーンは、環状制御ゾーンを含み、環状制御ゾーンは、1つ以上の照明

50

ビームのそれぞれからの光に应答して試料からの光の1つ以上の非ゼロ次回折を通過させ、1つ以上の照明ビームのそれぞれからの光に应答して試料からのゼロ次回折を遮断または光学的に減衰させるように配向されることを特徴とする請求項1に記載のオーバーレイ計測ツール。

【請求項11】

請求項1に記載のオーバーレイ計測ツールであって、
対物レンズを含み、

前記1つ以上の集光光学系は、前記対物レンズによって集光された回折光を前記検出器に向け、前記1つ以上の照明光学系は、前記対物レンズに近接する1つ以上の集束用レンズを使用して、傾斜した角度で前記照明源から前記試料に前記1つ以上の照明ビームを向ける、

オーバーレイ計測ツール。

【請求項12】

1つ以上の制御ゾーンの少なくとも1つは、メカニカルシャッタを含むことを特徴とする請求項1に記載のオーバーレイ計測ツール。

【請求項13】

1つ以上の制御ゾーンの少なくとも1つは、電気光学減衰器を含むことを特徴とする請求項1に記載のオーバーレイ計測ツール。

【請求項14】

1つ以上の制御ゾーンの少なくとも1つは、調整可能な透過率を提供する空間光変調器を含むことを特徴とする請求項1に記載のオーバーレイ計測ツール。

【請求項15】

検出器は、静的試料上の1つ以上の位置を撮像するための静的撮像検出器を含むことを特徴とする請求項1に記載のオーバーレイ計測ツール。

【請求項16】

検出器は、移動する試料上の1つ以上の位置を撮像する走査検出器を含むことを特徴とする請求項1に記載のオーバーレイ計測ツール。

【請求項17】

オーバーレイ計測ツールであって、
照明源と、

試料上のオーバーレイターゲットを照明源からの1つ以上の照明ビームで照明するように構成された1つ以上の照明光学系であって、前記オーバーレイターゲットは1つ以上の測定方向に沿った周期的特徴を含む、1つ以上の照明光学系と、

オーバーレイターゲットからの回折光を検出器に向けるように構成された1つ以上の集光光学系と、

瞳平面に位置する調節可能な瞳マスクであって、前記瞳平面は集光瞳平面に対応し、前記調節可能な瞳マスクは、前記瞳平面の1つ以上の部分にわたり分布する1つ以上の制御ゾーンを含み、前記1つ以上の制御ゾーンは、調節可能な瞳透過率分布を提供するように個々に位置指定可能であり、調整可能な瞳透過率分布が、瞳平面のそれぞれの1つ以上の部分における回折光の検出器への通過の選択的な制御を提供し、前記1つ以上の制御ゾーンは、異なる瞳透過率分布を利用する2つ以上の計測モードに従って前記オーバーレイ計測ツールの操作性を提供する、調節可能な瞳マスクと、

調整可能な瞳マスクに通信可能に結合されたコントローラであって、1つ以上のプロセッサを含み、1つ以上のプロセッサに、試料上の複数のオーバーレイターゲットに対する、前記2つ以上の計測モードの選択された計測モードに関連するオーバーレイ計測レシピを受信し、調整可能な瞳マスクにより試料上の複数のオーバーレイターゲットの測定のための、前記2つ以上の計測モードの選択された計測モードに関連するそれぞれのオーバーレイ計測レシピに従って瞳透過率分布を調整し、検出器からの測定データに基づいて、試料上の複数のオーバーレイターゲットについての、前記2つ以上の計測モードの選択された計測モードに関連する1つ以上の測定方向に沿ったオーバーレイ測定を決定することを

10

20

30

40

50

行わせるプログラム命令を実行するように構成された、コントローラと、
を含む、
オーバーレイ計測ツール。

【請求項 18】

複数のオーバーレイターゲットは、2つ以上のターゲットデザインを含み、2つ以上のターゲットデザインは、第1のオーバーレイ計測レシピを必要とする画像に基づいてオーバーレイ計測を提供する少なくとも1つの撮像ターゲットデザインと、第2のオーバーレイ計測レシピを必要とする回折光の分布に基づくオーバーレイ計測を提供する少なくとも1つの散乱計測ターゲットデザインと、を含むことを特徴とする請求項17に記載のオーバーレイ計測ツール。

10

【請求項 19】

複数のオーバーレイターゲットは、異なるオーバーレイ計測レシピによる2つ以上の計測を必要とする少なくとも1つのターゲットを含むことを特徴とする請求項17に記載のオーバーレイ計測ツール。

【請求項 20】

検出器は、静的試料上の1つ以上の位置を撮像する静的撮像検出器であって、前記オーバーレイ計測レシピの少なくとも1つが、前記試料が静的であるときに測定を提供する、静的撮像検出器を含むことを特徴とする請求項17に記載のオーバーレイ計測ツール。

【請求項 21】

検出器は、移動する試料上の1つ以上の位置を撮像する走査検出器であって、前記オーバーレイ計測レシピの少なくとも1つは、前記試料が移動しているときに測定を提供する、走査検出器を含むことを特徴とする請求項17に記載のオーバーレイ計測ツール。

20

【請求項 22】

対物レンズをさらに含み、

前記1つ以上の照明光学系は、前記対物レンズを通して前記1つ以上の照明ビームで前記オーバーレイターゲットを照明し、前記1つ以上の集光光学系は、前記対物レンズによって集光された前記回折光を前記検出器に向け、前記調整可能な瞳マスクは、前記照明光学系および前記集光光学系の両方に共通の瞳平面に位置する、請求項17に記載のオーバーレイ計測ツール。

【請求項 23】

1つ以上の制御ゾーンは、1つ以上の照明ビームのうちの1つの選択された数でオーバーレイターゲットを照明するように個々に位置指定可能であり、1つ以上の制御ゾーンの少なくともいくつかは、試料上の1つ以上の照明ビームの選択的制御を提供するために、1つ以上の照明ビームに対応する瞳平面の部分に配置されることを特徴とする請求項22に記載のオーバーレイ計測ツール。

30

【請求項 24】

照明源は、瞳平面内の2つの直交方向に沿って対称照明ビームを提供する四重極照明源を備え、1つ以上の制御ゾーンは、瞳平面内に環を形成するように配置された2つの制御ゾーンを含み、2つの制御ゾーンの各々は、環の半分に对应し、2つの制御ゾーンの各々は、1つ以上の照明ビームのうちの2つの直交照明ビームからの2つの通過光が、2つの直交照明ビームからの光に对应して試料からの光の1つ以上の非ゼロ次回折を通過させ、2つの直交照明ビームからの光に对应して試料からのゼロ次回折を遮断または光学的に減衰させるように配向されることを特徴とする請求項22に記載のオーバーレイ計測ツール。

40

【請求項 25】

2つの制御ゾーンの透過率は、対向する照明ビームによるオーバーレイターゲットの連続的な測定を提供するために、連続的に交互に変更されてもよいことを特徴とする請求項24に記載のオーバーレイ計測ツール。

【請求項 26】

1つ以上の照明光学系は、瞳平面に配置された出力端を有する1つ以上のファイバを含むことを特徴とする請求項22に記載のオーバーレイ計測ツール。

50

【請求項 27】

瞳平面は、対物レンズの内部瞳平面に対応することを特徴とする請求項 22 に記載のオーバーレイ計測ツール。

【請求項 28】

瞳平面は、対物レンズの内部瞳平面に共役な中継面に対応することを特徴とする請求項 22 に記載のオーバーレイ計測ツール。

【請求項 29】

1つ以上の照明ビームのうちの1つは、オーバーレイターゲットを垂直入射で照明するように配置され、1つ以上の制御ゾーンは、瞳平面内の中心にある円形制御ゾーンを含み、円形制御ゾーンは、垂直入射における照明ビームからの光に应答して、試料からの光の1つ以上の非ゼロ次回折を通過させ、垂直入射における照明ビームからのゼロ次回折を遮断または光学的に減衰するように配向されることを特徴とする請求項 17 に記載のオーバーレイ計測ツール。

10

【請求項 30】

1つ以上の制御ゾーンは、環状制御ゾーンを含み、環状制御ゾーンは、1つ以上の照明ビームのそれぞれからの光に应答して試料からの光の1つ以上の非ゼロ次回折を通過させ、1つ以上の照明ビームのそれぞれからの光に应答して試料からのゼロ次回折を遮断または光学的に減衰させるように配向されることを特徴とする請求項 17 に記載のオーバーレイ計測ツール。

【請求項 31】

対物レンズを有し、1つ以上の集光光学系は、対物レンズによって集光された回折光を検出器に導き、1つ以上の照明光学系は、対物レンズに近接する1つ以上の集束用レンズを使用して、傾斜する角度で照明源から試料に1つ以上の照明ビームを向ける、請求項 17 に記載のオーバーレイ計測ツール。

20

【請求項 32】

1つ以上の制御ゾーンの少なくとも1つは、メカニカルシャッタを含むことを特徴とする請求項 17 に記載のオーバーレイ計測ツール。

【請求項 33】

1つ以上の制御ゾーンの少なくとも1つは、電気光学減衰器を含むことを特徴とする請求項 17 に記載のオーバーレイ計測ツール。

30

【請求項 34】

1つ以上の制御ゾーンの少なくとも1つは、調整可能な透過率を提供する空間光変調器を含むことを特徴とする請求項 17 に記載のオーバーレイ計測ツール。

【請求項 35】

方法であって、
試料上の1つ以上のオーバーレイターゲットに対するオーバーレイ計測レシピを受信することと、

オーバーレイ計測ツールを用いた試料上の1つ以上のオーバーレイターゲットの測定のためのオーバーレイ計測レシピに従って、調整可能な瞳マスクの瞳透過率分布を調整する指示することと、を含み、

40

オーバーレイ計測ツールは、

照明源からの1つ以上の照明ビームでオーバーレイターゲットを照明するように構成された1つ以上の照明光学系であって、前記オーバーレイターゲットは、1つ以上の測定方向に沿った周期的特徴を含む、1つ以上の照明光学系と、

オーバーレイターゲットからの回折光を検出器に向けるように構成された1つ以上の集光光学系と、

集光瞳平面に対応する瞳平面に配置され、瞳平面の1つ以上の部分にわたって分布する1つ以上の制御ゾーンを含み、1つ以上の制御ゾーンは、調整可能な瞳透過率分布を提供するように個々に位置指定可能であり、調整可能な瞳透過率分布は、瞳平面のそれぞれの1つ以上の部分における回折光の検出器への通過の選択的な制御を提供し、前記1つ以上

50

の制御ゾーンは、異なる瞳透過率分布を利用する2つ以上の計測モードに従って前記オーバーレイ計測ツールの操作性を提供する、調整可能な瞳マスクと、

を含み、

検出器からの測定データに基づいて、試料上の1つ以上のオーバーレイターゲットについての、前記2つ以上の計測モードの選択された計測モードに関連する1つ以上の測定方向に沿ったオーバーレイ測定を決定する、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、概してオーバーレイ計測に関し、より詳細には、調整可能な瞳マスクを用いて複数のオーバーレイ測定技術間でトグルする（切り換える）ためのシステムおよび方法に関する。

【背景技術】

【0002】

関連出願の参照

本出願は、米国仮出願63/028,568（2020年5月22日出願、MEASUREMENT MODES FOR OVERLAY：オーバーレイのための測定モード）、発明者：Amnon Manassen、Andy Hill、およびGilad Laredo、についての米国特許法119条（e）の利益を主張し、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0003】

オーバーレイ計測システムは、典型的には、対象の層上に位置するオーバーレイターゲットフィーチャの相対位置を測定することによって、サンプルの複数の層のオーバーレイアライメント（位置合わせ）に特徴付けられる。製造されるフィーチャ（特徴）のサイズが減少し、フィーチャ密度が増加するにつれて、これらのフィーチャを特徴付ける（キャラクタライズする）ために必要なオーバーレイ計測システムに対する需要が増加する。異なるオーバーレイ計測技術は、精度、再現性またはスループットの間の異なるトレードオフを生じえる。したがって、異なるオーバーレイ計測技術をサンプルのさまざまな部分またはロットの異なるサンプル間で利用することが有利であり得る。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】米国特許第11156864B2公報

【文献】米国特許第11118903B2公報

【文献】米国特許出願公開2012/0004439公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、異なるオーバーレイ計測技術は、測定中にサンプルの照明およびサンプルからの光の集光のために異なる仕様を必要とするかもしれない。したがって、単一のオーバーレイ計測ツールを用いて異なるオーバーレイ技術を用いてオーバーレイを測定するシステムおよび方法を提供し、さらに異なるオーバーレイ技術間の効率的な切り替えを提供することが望ましいかもしれない。

【課題を解決するための手段】

【0006】

オーバーレイ計測ツールは、本開示の1つ以上の例示的な実施形態に従って開示される。ある例示的な実施形態において、オーバーレイ計測ツールは照明源を含む。別の例示的な実施形態において、オーバーレイ計測ツールは、照明源からの1つ以上の照明ビームでオーバーレイターゲットを照明する1つ以上の照明光学系を含み、オーバーレイターゲットは、1つ以上の測定方向に沿った周期的特徴を含む。他の例示的な実施形態において、

オーバーレイ計測ツールは、オーバーレイターゲットの周期的フィーチャからの回折光を検出器に向ける1つ以上の集光光学系を含む。別の例示的な実施形態では、オーバーレイ計測ツールは、瞳平面に配置された調整可能な瞳マスクを含み、瞳平面は集光瞳平面に対応する。別の例示的な実施形態では、調整可能な瞳マスクは、瞳平面の1つ以上の部分にわたって分布する1つ以上の制御ゾーンを含み、1つ以上の制御ゾーンは、調整可能な瞳透過率分布を提供するように個々に位置指定（アドレス）可能であり、調整可能な瞳透過率分布は、瞳平面のそれぞれの1つ以上の部分における回折光の検出器への通過の選択的制御を提供する。別の例示的な実施形態において、オーバーレイ計測ツールは、調整可能な瞳マスクに通信可能に結合されたコントローラを含む。別の例示的な実施形態では、コントローラは、調節可能な瞳マスクに、選択されたオーバーレイ計測レシピに対応する選択された瞳透過率分布を提供するように指示する（ダイレクトする）ことができ、選択された瞳透過率分布は、ターゲットから検出器への回折の選択された次数のセットの透過を提供する1つ以上の制御ゾーンの選択された構成に対応する。別の例示的な実施形態において、コントローラは、検出器からの測定データに基づいて1つ以上の測定方向に沿ったオーバーレイ測定を決定し得る。

【0007】

オーバーレイ計測ツールは、本開示の1つ以上の例示的な実施形態に従って開示される。ある例示的な実施形態において、オーバーレイ計測ツールは照明源を含む。別の例示的な実施形態において、オーバーレイ計測ツールは、照明源からの1つ以上の照明ビームでオーバーレイターゲットを照明する1つ以上の照明光学系を含み、オーバーレイターゲットは、1つ以上の測定方向に沿った周期的特徴を含む。別の例示的な実施形態において、オーバーレイ計測ツールは、回折光をオーバーレイターゲットから検出器に向ける1つ以上の集光光学系を含む。別の例示的な実施形態では、オーバーレイ計測ツールは、瞳平面に配置された調整可能な瞳マスクを含み、瞳平面は集光瞳平面に対応する。別の例示的な実施形態では、調整可能な瞳マスクは、瞳平面の1つ以上の部分にわたって分布する1つ以上の制御ゾーンを含み、1つ以上の制御ゾーンは、調整可能な瞳透過率分布を提供するように個々に位置指定可能であり、調整可能な瞳透過率分布は、瞳平面のそれぞれの1つ以上の部分における回折光の検出器への通過の選択的制御を提供する。別の例示的な実施形態において、オーバーレイ計測ツールは、調整可能な瞳マスクに通信可能に結合されたコントローラを含む。他の例示的な実施形態において、コントローラは、サンプル上の複数のオーバーレイターゲットに対するオーバーレイ計測レシピを受信し得る。他の例示的な実施形態において、コントローラは、サンプル上の複数のオーバーレイターゲットに対するオーバーレイ計測レシピを受信し得る。別の例示的な実施形態では、コントローラは、調整可能な瞳マスクに指示して、試料上の複数のオーバーレイターゲットの測定のためのそれぞれのオーバーレイ計測レシピに従って瞳透過率分布を調整することができる。他の例示的な実施形態において、コントローラは、検出器からの測定データに基づいて、サンプル上の複数のオーバーレイターゲットについての1つ以上の測定方向に沿ったオーバーレイ測定を決定し得る。

【0008】

本開示の1つ以上の例示的な実施形態に従って方法が開示される。ある例示的な実施形態において、方法は、サンプル上の1つ以上のオーバーレイターゲットのためのオーバーレイ計測レシピを受け取ることを含む。別の例示的な実施形態では、方法は、オーバーレイ計測ツールを用いて試料上の1つ以上のオーバーレイターゲットの測定のためのそれぞれのオーバーレイ計測レシピに従って瞳透過率分布を調整するように調整可能な瞳マスクに指示することを含む。別の例示的な実施形態において、オーバーレイ計測ツールは、照明源からの1つ以上の照明ビームでオーバーレイターゲットを照明する1つ以上の照明光学系を含み、オーバーレイターゲットは、1つ以上の測定方向に沿った周期的特徴を含む。別の例示的な実施形態において、オーバーレイ計測ツールは、回折光をオーバーレイターゲットから検出器に向ける1つ以上の集光光学系を含む。別の例示的な実施形態では、オーバーレイ計測ツールは、瞳平面に配置された調整可能な瞳マスクを含み、瞳平面は集

10

20

30

40

50

光瞳平面に対応する。別の例示的な実施形態では、調整可能な瞳マスクは、瞳平面の1つ以上の部分にわたって分布する1つ以上の制御ゾーンを含み、1つ以上の制御ゾーンは、調整可能な瞳透過率分布を提供するように個々に位置指定可能であり、調整可能な瞳透過率分布は、瞳平面のそれぞれの1つ以上の部分における回折光の検出器への通過の選択的制御を提供する。他の例示的な実施形態において、方法は、検出器からの測定データに基づいてサンプル上の1つ以上のオーバーレイターゲットについての1つ以上の測定方向に沿ったオーバーレイ測定を決定することを含む。

【0009】

前述の概要および以下の詳細な説明の両方は、例示的および説明的なものにすぎず、特許請求される本発明を必ずしも限定するものではないことを理解されたい。明細書に組み込まれ、明細書の一部を構成する添付の図面は、本発明の実施形態を示し、全般的な説明とともに、本発明の原理を説明するのに役立つ。

【0010】

本開示の多数の利点は、添付の図面を参照することによって当業者によってよりよく理解され得る。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1A】図1Aは、本開示の1つ以上の実施形態によるオーバーレイ計測システムを示す概念図である。

【図1B】図1Bは、本開示の1つ以上の実施形態によるオーバーレイ計測ツールを示す概念図である。

【図1C】図1Cは、本開示の1つ以上の実施形態による、レンズ外照明を示すオーバーレイ計測ツールの一部分の概念図である。

【図1D】図1Dは、本開示の1つ以上の実施形態による、ケーシング内の1つ以上のスリットを通して内部瞳平面への直接アクセスを含む、対物レンズの概念図である。

【図1E】図1Eは、本開示の1つ以上の実施形態による複数の瞳平面を示すオーバーレイ計測ツールの概念図である。

【図2】図2は、本開示の1つ以上の実施形態による、非オーバーラップフィーチャを有するオーバーレイターゲットの上面図である。

【図3】図3は、本開示の1つ以上の実施形態による、オーバーラップ構造を有するオーバーレイターゲットの斜視図である。

【図4A】図4Aは、本開示の1つ以上の実施形態による、瞳平面内に成形制御ゾーンを提供する調整可能な瞳マスクの概略図である。

【図4B】図4Bは、本開示の1つ以上の実施形態による、環状制御ゾーンを提供する調節可能な瞳マスクの概略図である。

【図4C】図4Cは、本開示の1つ以上の実施形態による、結合して環を形成する2つの制御ゾーンを提供する調節可能な瞳マスクの概略図である。

【図5A】図5Aは、本開示の1つ以上の実施形態による、第1の測定値を提供するために第1のレシピで構成された図4Cの調整可能な瞳マスクの概略図である。

【図5B】図5Bは、本開示の1つ以上の実施形態による、第2の測定値を提供するために第2のレシピで構成された図4Cの調整可能な瞳マスクの概略図である。

【図5C】図5Cは、本開示の1つ以上の実施形態による同時オーバーレイ計測のために図4Bのように構成された調節可能な瞳マスクの概略図である。

【図6A】図6Aは、本開示の1つ以上の実施形態による、画像ベースの散乱計測またはグレイフィールド散乱計測を提供するために照明経路および集光経路に共通の瞳平面に配置されるように構成された調整可能な瞳マスクの概略図である。

【図6B】図6Bは、本開示の1つ以上の実施形態による、オーバーレイ計測のための画像ベースの散乱計測またはグレイフィールド散乱計測を提供するために集光経路専用の瞳平面に配置されるように図4Bのように構成される調整可能な瞳マスクの概略図である。

【図7】図7は、本開示の1つ以上の実施形態による、グレイイメージングオーバーレイ

10

20

30

40

50

計測を提供するために図4Aのように構成された調節可能な瞳マスクの概略図である。

【図8】図8は、本開示の1つ以上の実施形態による、オーバーレイ計測方法において実行されるステップを示す流れ図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、図面を参照しながら、本開示の実施形態について以下に説明する。

【0013】

ここで、添付の図面に示される開示された主題を詳細に参照する。本開示は、特定の実施形態およびその特定の特征に関して具体的に示され、説明されてきた。本明細書に記載される実施形態は、限定的ではなく例示的であると解釈される。本開示の精神および範囲から逸脱することなく、形態および詳細における種々の変更および修正が行われ得ることが、当業者に容易に明白である。

【0014】

本開示の実施形態は、共通のオーバーレイ計測ツールを用いる複数のオーバーレイ計測技術を用いて2つ以上のリソグラフィパターンニングステップ間のオーバーレイ（例えばオーバーレイ誤差（エラー））を測定するためのシステムおよび方法を対象とする。さらなる実施形態は、オーバーレイ計測技術間の効率的な切り替えを提供するために、測定中にサンプルの照明および／またはサンプルからの光の集光を効率的に修正することに関する。

【0015】

本開示の目的のために、オーバーレイという用語は、一般に、2つ以上のリソグラフィパターンニングステップによって製作された試料上のフィーチャの相対位置を記述するために使用され、オーバーレイ誤差という用語は、公称配置からのフィーチャの偏差を記述する。例えば、多層デバイスは、各層に対して異なるリソグラフィステップを使用して複数のサンプル層上にパターン化された特徴を含んでもよく、層間の特徴（フィーチャ）の整列は、典型的には、結果として生じるデバイスの適正な性能を確実にするように厳密に制御されなければならない。したがって、オーバーレイ測定は、2つ以上のサンプル層上のフィーチャの相対位置を特徴付けることができる。別の例として、複数のリソグラフィステップを使用して、単一のサンプル層上にフィーチャを製造することができる。ダブルパターンニング技術またはマルチパターンニング技術と一般に呼ばれるそのような技術は、リソグラフィシステムの解像度に近い高密度フィーチャの製造を容易にすることができる。この文脈におけるオーバーレイ測定は、この単一層上の異なるリソグラフィステップからのフィーチャの相対位置を特徴付けることができる。オーバーレイ計測の特定の用途に関する本開示全体にわたる例および例示は、例示目的のみのために提供され、本開示を限定するものとして解釈されるべきではないことを理解されたい。

【0016】

いくつかのアプリケーションにおいて、オーバーレイ測定は、製造されたデバイス（装置）のフィーチャ（例えば、デバイス・フィーチャ）上で直接実行されてもよいが、オーバーレイ測定は、通常、デバイス・フィーチャと同じリソグラフィステップを用いて印刷された専用のオーバーレイターゲット上で実行される。このようにして、オーバーレイターゲットのフィーチャ（例えばターゲットフィーチャ）は、オーバーレイ測定を容易にするように特別に設計（デザイン）され得る。さらに、1つの製造ステップ（例えば、1つ以上のサンプル層の製造後）で測定されたオーバーレイは、後続の製造ステップにおける追加のサンプル層の製造のためにプロセスツール（例えば、リソグラフィツール等である）を正確に位置合わせするための補正可能物（correctables：修正を可能とする）を生成するために使用され得る。

【0017】

様々なオーバーレイ計測ターゲットデザイン、測定技術、および対応するオーバーレイ計測ツールが開発されている。例えば、画像ベースのオーバーレイ計測ツールは、オーバーレイターゲット（例えば、アドバンストイメージングメトロロジー（AIM）ターゲット、ボックスインボックスメトロロジーターゲット等である）を照明し、明視野イメージ

10

20

30

40

50

ングまたは暗視野イメージングを含むがこれらに限定されない様々なイメージング技術に基づいてオーバーレイターゲットの画像を含むオーバーレイ信号をキャプチャし得る。したがって、オーバーレイは、キャプチャされた画像におけるオーバーレイターゲットフィーチャの相対位置（例えば、フィールド平面分布）を測定することによって決定され得る。別の例として、散乱計測ベースのオーバーレイ計測ツールは、オーバーレイターゲット（例えば、格子オーバ格子計測ターゲット等である）を照明し、照明ビームの回折、散乱および／または反射に関連付けられたオーバーレイターゲットから発せられる光の角度分布を含むオーバーレイ信号を捕捉し得る。この場合、オーバーレイは、捕捉された光の角度分布（例えば、瞳平面分布）に基づいて決定されてもよい。さらに、画像化または散乱計測に基づき得るさまざまな回折ベースのオーバーレイ技術は、制御された角度照射プロファイルで周期的特徴を有するオーバーレイターゲットを照射することによって生成される特定の回折次数の回折を利用し得る。加えて、ある計測技術は、静的ターゲットの特徴付けに適しているかもしれないが、他の計測技術は、オーバーレイターゲットが動いている間のオーバーレイターゲットの特徴付けに適しているかもしれない。

【0018】

しかしながら、オーバーレイターゲットの使用に対する中心的な課題は、オーバーレイターゲットによって生成されるオーバーレイ測定がデバイス・フィーチャ上の実際のオーバーレイを正確に表すことを保証することである。ターゲット・ベースのオーバーレイ測定は、さまざまな理由でデバイス・フィーチャの実際のオーバーレイから逸脱し得る。例えば、ターゲット・フィーチャとデバイス・フィーチャとの間のサイズ、配向、密度、または物理的位置の差は、オーバーレイ測定における系統的誤差として現れる製造偏差をもたらし得る。加えて、異なるオーバーレイ技術およびターゲットデザインは、サイズ、精度、照明源要件および測定の複雑さまたは速度の間で異なるトレードオフを有し得る。結果として、所与の測定の特定のニーズに基づいて異なるオーバーレイ計測技術の間で効率的に切り替えることが望ましいかもしれない。

【0019】

本開示の実施形態は、試料から検出器への光の透過を動的に調整するために少なくとも集光瞳に位置する調整可能な瞳マスクを含むオーバーレイ計測ツールを対象とする。この点に関して、調節可能な瞳マスクは、システム内の光の角度分布の動的制御を容易にすることができ、さらに、集光瞳の異なる領域内の光を利用することができる異なるオーバーレイ計測技術間の切り替えを容易にすることができる。

【0020】

調節可能な瞳マスクは、様々な方法で構成することができる。いくつかの実施形態では、調節可能な瞳マスクは、瞳を通る光の空間的に調節可能な透過率を提供する。この点に関して、瞳の様々な部分を通る光の透過率を別々に制御することができる。さらに、調節可能な瞳マスクは、透過モードまたは反射モードで動作することができる。

【0021】

本開示のさらなる実施形態は、測定中にサンプル上の照明の角度分布を動的に調整するために、オーバーレイ計測ツールの照明瞳に調整可能な瞳マスクをさらに含むオーバーレイ計測ツールを対象とする。いくつかの実施形態では、オーバーレイ計測ツールは、重複しない照明瞳平面および集光瞳平面に位置する別個の調整可能な瞳マスクを含む。いくつかの実施形態では、オーバーレイ計測ツールは、重複する照明瞳および集光瞳平面内に単一の調節可能な瞳マスクを含む。例えば、試料を同時に照明し、試料から光を集光するために使用される対物レンズの内部瞳平面は、照明瞳および集光瞳の両方に対応し得る。別の例として、1つ以上のリレー光学系を使用して、対物レンズの内部瞳平面を所望の位置（例えば、対物レンズのケーシングの外側である）にリレーして、調整可能な瞳マスクの配置を容易にすることができる。

【0022】

本開示の追加の実施形態は、試料を同時に照明し、試料から光を集光するために使用される対物レンズの内部瞳平面などであるがこれに限定されない共通の照明および集光瞳に

10

20

30

40

50

おける構造化照明を含むオーバーレイ計測ツールを対象とする。例えば、オーバーレイ計測ツールは、共通の瞳に位置する出力端を有する1つ以上のファイバに照明を提供する照明源を含み得る。さらに、オーバーレイ計測ツールは、ファイバによって不明瞭にされない（邪魔されない）瞳の部分において調整可能な瞳マスクを含み得る。

【0023】

少なくとも集光瞳に調整可能な瞳マスクを含むオーバーレイ計測ツールは、広範囲のオーバーレイ計測技術を用いてサンプルのオーバーレイを測定するのに適し得ることが本明細書で企図される。例えば、そのようなオーバーレイ計測ツールは、画像ベースのオーバーレイ技術と散乱計測ベースのオーバーレイ技術との間で切り替えるように構成可能であり得る。さらに、そのようなオーバーレイ計測ツールは、調整可能な瞳マスクに基づいて、静止サンプルの測定と、それが測定フィールドを通して走査されるときに動いているサンプルの測定との間で切り替えるように構成可能であり得る。

【0024】

結果として、本明細書に開示される調整可能な瞳マスクを含むオーバーレイ計測ツールは、様々なオーバーレイ測定技術を実行するための柔軟なプラットフォームを提供し得る。したがって、そのようなツールは、既存のツールを上回る多数の利益を提供し得る。例えば、そのようなツールは、選択可能な測定レシピ（仕様、処方）を用いて、サンプルにわたって分散されたオーバーレイターゲットの大規模なサンプリングを提供し得る。これは、高い測定スループットで試料の異なる部分に対する異なるオーバーレイレシピ（および潜在的に異なるターゲット形状）の使用を可能にし得る。対照的に、単一の専用技術またはレシピを用いてオーバーレイ測定をそれぞれ提供する1つ以上のオーバーレイ計測ツールの使用は、異なる測定を実行するために様々なツール間でサンプルを物理的に移動させることを必要とし、これはスループットを実質的に減少させる。

【0025】

本開示を通して使用されるように、「サンプル」という用語は、概して、半導体または非半導体材料（例えば、ウエハ等である）から形成される基板を指す。例えば、半導体または非半導体材料は、単結晶シリコン、ガリウムヒ素、およびリン化インジウムを含み得るが、それらに限定されない。試料は、1つ以上の層を含んでもよい。例えば、そのような層は、レジスト、誘電材料、導電性材料、および半導体材料を含んでもよいが、それらに限定されない。多くの異なる種類のそのような層が当技術分野において公知であり、本明細書で使用される試料という用語は、その上にすべての種類のそのような層が形成され得る試料を包含することが意図される。サンプル上に形成される1つ以上の層は、パターン化されてもよく、またはパターン化されなくてもよい。例えば、サンプルは、複数のダイを含んでもよく、各ダイは、反復可能なパターン化特徴を有する。そのような材料の層の形成および処理は、最終的に、完成したデバイスをもたらし得る。多くの異なるタイプのデバイスを試料上に形成することができ、本明細書で使用する試料という用語は、当技術分野で知られている任意のタイプのデバイスが作製されている試料を包含することを意図する。さらに、本開示の目的のために、サンプルおよびウエハという用語は、交換可能であると解釈されるべきである。さらに、本開示の目的のために、パターンングデバイス、マスクおよびレチクルという用語は、交換可能であると解釈されるべきである。

【0026】

本開示の追加の実施形態は、任意の選択されたオーバーレイ測定技術のためにオーバーレイ計測ツールを構成するために必要なパラメータを提供するのに適したオーバーレイ計測ツールのためのレシピを提供することを対象とする。オーバーレイ計測ツールは、典型的には、サンプルの照明ならびにサンプルからの光の集光を制御するためのパラメータのセットを含むレシピに従って構成可能である。異なるオーバーレイ計測技術は、サンプル上の光の異なる照明プロファイルを必要とし得、さらに、測定のために集光瞳の異なる部分からの光を利用し得ることが本明細書において認識される。例えば、オーバーレイ計測ツールのレシピは、限定されないが、照明波長、照明瞳分布（例えば、照明角度の分布およびそれらの角度における照明の関連する強度である）、入射照明の偏光、照明の空間分

10

20

30

40

50

布、またはサンプル高さのような照明パラメータを含み得る。別の例として、オーバーレイ計測ツールのレシピは、集光瞳分布（例えば、測定に使用されるサンプルからの角度光の所望の分布及びそれらの角度における関連するフィルタリングされた強度）、対象のサンプルの部分を選択するための集光視野絞り設定、集光された光の偏光、または波長フィルタなどであるがこれらに限定されない集光パラメータを含み得る。

【0027】

いくつかの実施形態において、オーバーレイ計測レシピは、所望のオーバーレイ測定技術の選択を容易にするために、少なくとも集光瞳における調整可能な瞳マスクのための様々な設定を含み得る。いくつかの実施形態において、異なるオーバーレイ計測レシピが、サンプルまたは一連のサンプルにわたる異なるターゲットに対して提供される。このようにして、異なるオーバーレイ計測技術が試料上の異なる位置で利用され得る。

10

【0028】

例示的な例として、回折ベースのオーバーレイ計測技術は、選択された入射角での照明で周期的特徴を有するオーバーレイターゲットを照明し、周期的オーバーレイターゲットによる別個の回折次数の回折（単に回折次数とも表現するが、当該回折次数の回折（光または電磁波）を意味する）の生成をもたらす。選択された回折次数は、次いで、オーバーレイを決定する際に使用するために集光されてもよい。このアプローチを使用すると、回折次数の回折の放射角度は、計測ターゲットの周期性、照明の波長、および照明の角度などの要因に基づく。さらに、異なる技法は、照明および集光構成の異なる組み合わせを利用してもよい。いくつかの実施形態において、少なくとも集光瞳に調整可能な瞳マスクを含む単一のオーバーレイ計測ツールは、様々なオーバーレイ計測技術を用いてオーバーレイ計測を提供するために（例えば、ランタイム中に）動的に調整されてもよい。

20

【0029】

本開示のさらなる実施形態は、オーバーレイデータを1つ以上のプロセスツールに提供することを対象とする。オーバーレイ計測ツールからのオーバーレイデータは、概して、さまざまなリソグラフィステップに関連付けられたオーバーレイ（またはオーバーレイ誤差）を決定するのに十分な情報を有するオーバーレイ計測ツールの任意の出力を含み得る。例えば、オーバーレイデータは、1つ以上のデータセット、1つ以上の画像、1つ以上の検出器読取値等を含み得るが、それらを含む必要はない。このオーバーレイデータは、リソグラフィツールの診断情報を含むがこれに限定されない様々な目的のために、またはプロセス制御訂正可能物（correctables：訂正のための指標）の生成のために使用され得る。例えば、ロット内のサンプルのオーバーレイデータを使用して、同じロット内の後続のサンプルのリソグラフィ露光を制御するためのフィードバック補正可能値を生成することができる。別の例では、ロット内のサンプルのオーバーレイデータを使用して、現在の露光における任意の偏差を考慮するために、後続のリソグラフィステップにおいて同じまたは同様のサンプルのリソグラフィ露光を制御するためのフィードフォワード補正可能値を生成することができる。

30

【0030】

ここで図1～8を参照すると、選択可能な技術を介したオーバーレイ計測のためのシステムおよび方法が、本開示の1つ以上の実施形態によるより詳細に示されている。

40

【0031】

図1Aは、本開示の1つ以上の実施形態によるオーバーレイ計測システム100を示す概念図である。

【0032】

一実施形態では、オーバーレイ計測システム100は、任意の数のオーバーレイレシピに基づいてオーバーレイターゲットからオーバーレイ信号を取得するためのオーバーレイ計測ツール102を含む。例えば、オーバーレイ計測ツール102は、照明を試料104に向けることができ、さらに、試料104から発する光または他の発散される放射線などを集光して、2つ以上の試料層のオーバーレイの決定に適したオーバーレイ信号を生成することができる。オーバーレイ計測ツール102は、試料104上のオーバーレイターゲ

50

ットに関連付けられたオーバーレイを決定するのに適したオーバーレイ信号を生成するのに適した当該技術分野において知られている任意のタイプのオーバーレイ計測ツールであり得る。オーバーレイ計測ツール102は、撮像モードまたは非撮像モードで選択的に動作することができる。例えば、撮像モードでは、個々のオーバーレイターゲット要素は、サンプル上の照明スポット（例えば、明視野画像、暗視野画像等の一部である）内で解像可能であり得る。別の例として、オーバーレイ計測ツール102は、試料104からの放射の角度分布（例えば、試料104による放射の散乱および／または回折に関連する）を特徴付けるためにサンプルからの放射が瞳平面において分析される散乱計測ベースのオーバーレイ計測ツールとして動作し得る。

【0033】

さらに、オーバーレイツールは、オーバーレイターゲットのオーバーレイを決定するのに適したオーバーレイ信号を取得するための測定パラメータを定義する任意の数のレシピに基づいてオーバーレイ信号を生成するように構成可能であり得る。例えば、オーバーレイ計測ツールのレシピは、照明波長、サンプルから発する光の検出波長、サンプル上の照明のスポットサイズまたは形状、入射照明の角度、入射照明の偏光、集光された光の偏光、オーバーレイターゲット上の入射照明のビームの位置を含み得るが、これらに限定されない。オーバーレイ計測ツールの焦点ボリュームにおけるオーバーレイターゲットの位置など。

【0034】

別の実施形態では、オーバーレイ計測ツール102は、オーバーレイ計測ツール102の少なくとも集光経路の瞳平面内に調整可能な瞳マスク106を含む。集光瞳内の調整可能な瞳マスク106は、検出器に向けられる瞳平面内の空間位置の関数として光の強度を動的に調整することができる。この点に関して、調整可能な瞳マスク106は、特定の測定で使用するために試料104上のオーバーレイターゲットによって生成される特定の回折次数の回折を動的に選択および／または拒否するために使用され得る。同様に、照明瞳内の調整可能な瞳マスク106は、サンプルに向けられる瞳平面内の空間位置の関数として光の強度を動的に調整することができる。これに関して、調整可能な瞳マスク106は、サンプルに入射する照明の角度および各角度における関連する強度を動的に制御するために使用され得る。

【0035】

調節可能な瞳マスク106は、当技術分野で知られている任意の空間的に位置指定可能な光学素子を含むことができる。さらに、調節可能な瞳マスク106は、反射モードまたは透過モードで動作してもよく、この点に関して、瞳を通過した光は、調節可能な瞳マスク106から反射および／または透過された光であってもよい。例えば、調節可能な瞳マスク106は、これらに限定されないが、液晶デバイス、微小電気機械システム（MEMS）デバイス、またはプログラマブルミラーアレイなどの空間的に位置指定可能なピクセルを有する空間的に位置指定可能なデバイスを含むことができる。別の例として、調節可能な瞳マスク106は、瞳孔に選択的に挿入され得る1つ以上の固体構成要素（例えば、ディスク）として形成され得る。

【0036】

一実施形態では、調節可能な瞳マスク106は、瞳を通して光を選択的に遮断または通過させる。別の実施形態では、調節可能な瞳マスク106は、瞳を通過する光の強度に対する選択的な制御を提供する。例えば、偏光子と結合された空間的に選択可能な偏光を提供する液晶デバイスを含む調整可能な瞳マスク106は、瞳を通過した光の空間的に選択可能な強度プロファイルを提供することができる。

【0037】

別の実施形態において、オーバーレイ計測システム100は、コントローラ108を含む。コントローラ108は、以下を含み得る。

【0038】

コントローラ108は、記憶媒体112またはメモリ上に維持されるプログラム命令を

10

20

30

40

50

実行するように構成された1つ以上のプロセッサ110を含み得る。この点に関して、コントローラ108の1つ以上のプロセッサ110は、本開示全体にわたって説明される様々なプロセスステップのいずれかを実行し得る。さらに、コントローラ108は、オーバーレイ計測ツール102またはその中の任意のコンポーネントに通信可能に結合されてもよい。

【0039】

コントローラ108の1つ以上のプロセッサ110は、当技術分野で知られている任意のプロセッサまたは処理要素（processing element）を含むことができる。本開示の目的のために、「プロセッサ」または「処理要素」という用語は、1つ以上の処理または論理要素（例えば、1つ以上のマイクロプロセッサデバイス、1つ以上の特定用途向け集積回路（ASIC）デバイス、1つ以上のフィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）、または1つ以上のデジタル信号プロセッサ（DSP））を有する任意のデバイスを包含するように広く定義され得、この意味で、1つ以上のプロセッサ110は、アルゴリズムおよび／または命令（たとえば、メモリに記憶されたプログラム命令）を実行するように構成された任意のデバイスを含み得る。一実施形態において、1つ以上のプロセッサ110は、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、画像コンピュータ、並列プロセッサ、ネットワーク接続されたコンピュータ、または本開示を通して記載されるようにオーバーレイ計測システム100と共に動作または動作す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任意の他のコンピュータシステムとして具現化され得る。

【0040】

さらに、オーバーレイ計測システム100の異なるサブシステムは、本開示に記載されたステップの少なくとも一部を実行するのに適したプロセッサまたは論理要素を含み得る。したがって、上記の説明は、本開示の実施形態に対する限定として解釈されるべきではなく、単なる例示として解釈されるべきである。さらに、本開示全体にわたって説明されるステップは、単一のコントローラ108によって、または代替として複数のコントローラによって実行され得る。さらに、コントローラ108は、共通のハウジングまたは複数のハウジング内に収容された1つ以上のコントローラを含むことができる。このようにして、任意のコントローラまたはコントローラの組み合わせが、オーバーレイ計測システム100への統合に適したモジュールとして別個にパッケージ化され得る。

【0041】

記憶媒体112は、関連する1つ以上のプロセッサ110によって実行可能なプログラム命令を記憶するのに適した、当技術分野で知られている任意の記憶媒体を含み得る。例えば、記憶媒体112は、非一時的な記憶媒体を含んでもよい。別の例として、記憶媒体112は、読取り専用メモリ（ROM）、ランダムアクセスメモリ（RAM）、磁気または光メモリデバイス（たとえば、ディスク）、磁気テープ、ソリッドステートドライブなどを含み得るが、それらに限定されない。さらに、記憶媒体112は、1つ以上のプロセッサ110とともに共通のコントローラハウジング内に収容され得ることに留意されたい。一実施形態では、記憶媒体112は、1つ以上のプロセッサ110およびコントローラ108の物理的位置に対して遠隔に配置され得る。たとえば、コントローラ108の1つ以上のプロセッサ110は、ネットワーク（例えば、インターネット、イントラネットなど）を介してアクセス可能なリモートメモリ（たとえば、サーバ）にアクセスすることができる。

【0042】

図1Bは、本開示の1つ以上の実施形態によるオーバーレイ計測ツール102を示す概念図である。一実施形態では、オーバーレイ計測ツール102は、少なくとも1つの照明ビーム116を生成するように構成された照明源114を含む。照明源114からの照明は、限定はしないが、紫外線（UV）放射、可視光線、または赤外線（IR）放射を含む1つ以上の選択された波長の光を含むことができる。例えば、オーバーレイ計測ツール102は、照明瞳平面に1つ以上の開口を含み、照明源114からの照明を1つ以上の照明

ビーム 116 または照明ローブ (illumination lobes) に分割してもよい。この点に関して、オーバーレイ計測ツール 102 は、ダイポール照明、直交照明などを提供し得る。さらに、試料 104 上の 1 つ以上の照明ビーム 116 の空間プロファイルは、任意の選択された空間プロファイルを有するように視野面絞りによって制御することができる。

【0043】

照明源 114 は、少なくとも 1 つの照明ビーム 116 を提供するのに適した任意のタイプの照明源を含むことができる。一実施形態では、照明源 114 はレーザ源である。例えば、照明源 114 は、1 つ以上の狭帯域レーザ源、広帯域レーザ源、スーパーコンティニウムレーザ源、白色光レーザ源、または同等物を含んでもよいが、それらに限定されない。これに関して、照明源 114 は、高いコヒーレンス（例えば、高い空間コヒーレンスおよび／または時間コヒーレンス）を有する照明ビーム 116 を提供することができる。別の実施形態では、照明源 114 は、レーザ維持プラズマ (LSP) 源を含む。例えば、照明源 114 は、限定はしないが、LSP ランプ、LSP バルブ、またはレーザ源によってプラズマ状態に励起されると広帯域照明を放出することができる 1 つ以上の要素を収容するのに適した LSP チャンバを含むことができる。別の実施形態では、照明源 114 はランプ源を含む。例えば、照明源 114 は、アークランプ、放電ランプ、無電極ランプなどを含み得るが、これらに限定されない。これに関して、照明源 114 は、低コヒーレンス（例えば、低い空間コヒーレンスおよび／または時間コヒーレンス）を有する照明ビーム 116 を提供することができる。別の実施形態では、照明源 114 は、複数のコヒーレント光源から単一の出力分布に形成される高輝度照明源を含む。例えば、共通のエタンデュにおいて単一の出力分布を提供するように構成された複数のコヒーレント光源を含む高輝度照明光源は、概して米国特許出願 16,430,861 (2019 年 6 月 4 日) で説明される。これは、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0044】

照明源 114 は、自由空間技法および／または光ファイバを使用して、照明ビーム 116 を提供してもよい。一実施形態では、照明源 114 は、2 つ以上の光ファイバ内に光を提供することによって、マルチローブ照明ビーム 116 を生成し、各光ファイバから出力される光は、照明ビーム 116 の照明ローブである。別の実施形態では、照明源 114 は、光源を 2 つ以上の回折次数に回折させることによって、マルチローブ照明ビーム 116 を生成し、照明ビーム 116 の照明ローブは、光源の回折次数の回折のうちの少なくともいくつかから形成される。制御された回折による複数の照明ローブの効率的な生成は、概して、2019 年 3 月 14 日に公開され、Efficient Illumination Shaping for Scatterometry Overlay と題された米国特許出願公開 US 2020/0124408 に記載されている。これは、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0045】

別の実施形態では、オーバーレイ計測ツール 102 は、照明経路 118 を介して試料 104 に照明ビーム 116 を向ける。照明経路 118 は、照明ビーム 116 を修正および／または調整するのに、ならびに照明ビーム 116 を試料 104 に向けるのに適した 1 つ以上の光学構成要素を含むことができる。一実施形態では、照明経路 118 は、1 つ以上の照明経路レンズ 120（例えば、照明ビーム 116 をコリメートするため、瞳平面および／または視野面を中継 (リレー) するためなどである）を含む。別の実施形態では、照明経路 118 は、照明ビーム 116 を成形または別様に制御するための 1 つ以上の照明経路光学系 122 を含む。例えば、照明経路光学系 122 は、1 つ以上の視野絞り、1 つ以上の瞳絞り、1 つ以上の偏光子、1 つ以上のフィルタ、1 つ以上のビームスプリッタ、1 つ以上の拡散器、1 つ以上のホモジナイザ、1 つ以上のアポダイザ、1 つ以上のビーム整形器、または 1 つ以上のミラー（例えば、静的ミラー、平行移動可能ミラー、走査ミラーなどである）を含んでもよいが、それらに限定されない。

【0046】

別の実施形態では、オーバーレイ計測ツール102は、照明ビーム116を試料104上に集束させる対物レンズ124を含む（例えば、試料104の2つ以上の層上に位置するオーバーレイターゲット要素を有するオーバーレイターゲット）。別の実施形態では、試料104は、試料104を固定するのに適した試料ステージ126上に配置され、照明ビーム116に対して試料104を位置決めするようにさらに構成される。

【0047】

別の実施形態では、オーバーレイ計測ツール102は、集光経路132を通して試料104（例えば、試料104上のオーバーレイターゲット）から発する光または他の光（例えば、集光された光130）を捕捉するように構成された1つ以上の検出器128を含む。集光経路132は、試料104からの集光光130を修正および／または調整するのに適した1つ以上の光学素子を含むことができる。一実施形態では、集光経路132は、1つ以上の集光経路レンズ134（例えば、照明ビーム116をコリメートするため、瞳平面および／または視野面を中継するためなどである）を含み、これは、対物レンズ124を含み得るが、これを含む必要はない。別の実施形態では、集光経路132は、集光された光130を成形または別様に制御する、1つ以上の集光経路光学部136を含む。例えば、集光経路光学系136は、1つ以上の視野絞り、1つ以上の瞳絞り、1つ以上の偏光子、1つ以上のフィルタ、1つ以上のビームスプリッタ、1つ以上の拡散器、1つ以上のホモジナイザ、1つ以上のアポダイザ、1つ以上のビーム整形器、または1つ以上のミラー（例えば、静的ミラー、平行移動可能ミラー、走査ミラーなどである）を含んでもよいが、それらに限定されない。

【0048】

検出器128は、集光経路132内の任意の選択された位置に配置することができる。一実施形態において、オーバーレイ計測ツール102は、試料104の画像を生成するために視野平面（例えば、試料104と共役な平面である）に検出器128を含む。別の実施形態では、オーバーレイ計測ツール102は、瞳像を生成するために瞳平面（例えば、回折面）に検出器128を含む。これに関して、瞳孔像は、試料104の検出器128からの光の角度分布に対応し得る。例えば、試料104からの照明ビーム116の回折に関連付けられた回折次数の回折（例えば、試料104上のオーバーレイターゲット）は、瞳平面内で撮像されるか、または別様に観察されてもよい。一般的な意味で、検出器128は、試料104からの反射（または透過）、散乱、または回折光の任意の組み合わせを捕捉することができる。

【0049】

オーバーレイ計測ツール102は、概して、オーバーレイを示す試料104からの光を捕捉するのに適した任意の数またはタイプの検出器128を含み得る。一実施形態では、検出器128は、静的試料を特徴付けるのに適した1つ以上の検出器128を含む。この点に関して、オーバーレイ計測ツール102は、測定中に試料104が静止している静止モードで動作し得る。例えば、検出器128は、電荷結合素子（CCD）または相補型金属酸化膜半導体（CMOS）素子などであるがこれらに限定されない2次元画素アレイを含むことができる。これに関して、検出器128は、単一の測定において2次元画像（例えば、視野平面画像又は瞳平面画像である）を生成することができる。

【0050】

一実施形態では、検出器128は、移動する試料（例えば、走査試料）を特徴付けるのに適した1つ以上の検出器128を含む。この点に関して、オーバーレイ計測ツール102は、測定中に試料104が測定フィールドに対して走査（スキャン）される走査モードで動作し得る。例えば、検出器128は、選択された画像許容差（image tolerances：例えば、画像のぼけ、コントラスト、シャープネスなど）内で走査中に1つ以上の画像を捕捉するのに十分な捕捉時間および／またはリフレッシュレートを有する2Dピクセルアレイを含んでもよい。別の例として、検出器128は、一度に1ラインの画素の画像を連続的に生成するライン走査検出器を含むことができる。別の例として、検出器128は、時間遅延積分（TDI）検出器を含み得る。TDI検出器は、試料104

の運動がTDI検出器内の電荷転送クロック信号に同期されるときに試料104の連続画像を生成することができる。特に、TDI検出器は、画素の列上の露光から電荷を取得し、走査方向に沿って画素の隣接する列間で電荷を転送するためのクロックパルスを含む。走査方向に沿った試料104の運動がTDI検出器における電荷移動と同期されるとき、電荷は、走査中に連続的に蓄積する。このプロセスは、電荷が画素の最終列に到達するまで続き、続いて検出器から読み出される。このようにして、物体の画像は、単純なラインスキャンカメラで可能であるよりも長い時間枠にわたって蓄積される。この比較的長い取得時間は、画像内の光子ノイズレベルを減少させる。さらに、画像と電荷の同期運動は、記録された画像のぼけを防止する。

【0051】

別の実施形態において、オーバーレイ計測ツール102は、計測測定中に測定フィールドに対して試料104を走査する走査サブシステムを含む。例えば、試料ステージ126は、対物レンズ124の焦点容積内に試料104を位置決めし、配向することができる。別の実施形態では、試料ステージ126は、限定はしないが、直線並進ステージ、回転ステージ、または先端／傾斜ステージなどの1つ以上の調節可能なステージを含む。別の実施形態では、図示されていないが、走査サブシステムは、試料104に対して照明ビーム116を走査するための1つ以上のビーム走査光学系（例えば、回転可能なミラー、検流計（ガルバノメーター）などである）を含む。

【0052】

オーバーレイ計測ツール102の照明経路118および集光経路132は、照明ビーム116で試料104を照明し、入射照明ビーム116に応答して試料104から発せられる光を集光するのに適した広範囲の構成に向けることができる。例えば、図1Bに示すように、オーバーレイ計測ツール102は、共通の対物レンズ124が同時に照明ビーム116を試料104に向け、試料104から光を集光できるように配向されたビームスプリッタ138を含むことができる。別の例として、照明経路118および集光経路132は、重複しない光路を含み得る。

【0053】

図1Cは、本開示の1つ以上の実施形態による、レンズ外照明を示すオーバーレイ計測ツール102の一部分の概念図である。一実施形態では、照明源114は、1つ以上の光ファイバ140および照明経路レンズ120の出力から1つ以上の照明ビーム116を提供し、集光された光130を受光するために使用される対物レンズ124の開口数より大きい角度で、照明ビーム116を試料104に指向させる。この構成では、対物レンズ124は、試料104からの鏡面反射（例えば、0次回折）を集光しない。

【0054】

ここで図1Dおよび1Eを参照すると、オーバーレイ計測ツール102が任意の数の瞳平面142を含んでもよく、調整可能な瞳マスクが任意の数の瞳平面に配置されてもよいことが本明細書で企図される。

【0055】

一実施形態では、テレセントリック（telecentric）瞳平面142aは、対物レンズ124内に内部に配置される。対物レンズ124の瞳平面は、対物レンズ124のケーシング144内にあってもよいが、そうである必要はないことが本明細書で認識される。図1Dは、本開示の1つ以上の実施形態による、ケーシング144内の1つ以上のスリットを通した内部瞳平面142aへの直接アクセスを含む、対物レンズ124の概念図である。この構成では、瞳平面142aは、照明経路118及び集光経路132の両方に配置され、この位置における調整可能な瞳マスク106は、試料104の角度照明プロファイル及び検出器128に向けられた集光された光130の角度プロファイルの両方に同時に影響を与える。

【0056】

図1Eは、本開示の1つ以上の実施形態による複数の瞳平面142を示すオーバーレイ計測ツール102の概念図である。オーバーレイ計測ツール102はさらに、照明経路1

10

20

30

40

50

1 8 および集光経路 1 3 2 の任意の組み合わせにおいて、1 つ以上の中継瞳平面 1 4 2 を含んでもよい。例えば、照明経路レンズ 1 2 0 は、対物レンズ 1 2 4 の内部テレセントリック瞳平面 1 4 2 a を照明経路 1 1 8 内の瞳平面 1 4 2 b に中継するように構成することができる。この位置の調整可能な瞳マスク 1 0 6 は、単に試料 1 0 4 の照明を操作するように動作する。別の例として、集光経路レンズ 1 3 4 は、対物レンズ 1 2 4 の内部テレセントリック瞳平面 1 4 2 a を集光経路 1 3 2 内の瞳平面 1 4 2 c に中継するように構成することができる。この位置における調節可能な瞳マスク 1 0 6 は、検出器 1 2 8 に渡された試料 1 0 4 からの集光された光 1 3 0 を操作するためにのみ動作する。別の例として、オーバーレイ計測ツール 1 0 2 は、対物レンズ 1 2 4 の内部テレセントリック瞳平面 1 4 2 a を照明経路 1 1 8 および集光経路 1 3 2 の両方に共通の瞳平面 1 4 2 d に中継するように構成された 1 つ以上の中継レンズ 1 4 6 を含み得る。この位置における調整可能な瞳マスク 1 0 6 は、試料 1 0 4 の角度照明プロファイルと検出器 1 2 8 に向けられた集光光 1 3 0 の角度プロファイルの両方に同時に影響を与える。

【0057】

さらに、オーバーレイ計測ツール 1 0 2 は、照明経路 1 1 8 および／または集光経路 1 3 2 内に 1 つ以上の視野平面 1 4 8 を生成するように構成された 1 つ以上の光学素子を含むことができる。

【0058】

本明細書において前述したように、オーバーレイ計測ツール 1 0 2 は、任意の数のオーバーレイレシピ（例えば、測定パラメータのセット）を用いて、試料 1 0 4 上のオーバーレイターゲットに関連付けられたオーバーレイ信号を生成するように構成可能であり得る。さらに、オーバーレイ計測ツール 1 0 2 は、異なるレシピに基づく複数のオーバーレイ信号が迅速に取得され得るように、測定パラメータの迅速な調整を提供し得る。例えば、オーバーレイ計測システム 1 0 0 のコントローラ 1 0 8 は、オーバーレイレシピに従って調整可能なコンポーネントを構成するために、オーバーレイ計測ツール 1 0 2 の 1 つ以上の調整可能なコンポーネントと通信可能に結合されてもよい。

【0059】

オーバーレイレシピは、測定パラメータとして照明ビーム 1 1 6 の波長（例えば、中心波長）、帯域幅、およびスペクトルプロファイル等であるが、それらに限定されない、試料に入射する照明ビーム 1 1 6 のスペクトルの 1 つ以上の側面を含んでもよい。

【0060】

オーバーレイレシピは、サンプリングモードをさらに含み得る。例えば、レシピは、特定の測定が、視野平面画像、瞳平面、または両方の捕捉を含むべきかどうかを含んでもよい。したがって、コントローラ 1 0 8 は、オーバーレイレシピに従って画像平面を調整するために、オーバーレイ計測ツール 1 0 2 内の様々な平面に配置された 1 つ以上の検出器 1 2 8 に通信可能に結合され得る。別の例として、レシピは、特定の測定値が静的動作モードで生成され得るか走査動作モードで生成され得るかを含み得る。したがって、コントローラ 1 0 8 は、オーバーレイレシピに従って測定中に試料 1 0 4 の位置および／または運動を調整するために、走査サブシステム（例えば、1 つ以上の検出器 1 2 8、試料ステージ 1 2 6 など）に通信可能に結合され得る。

【0061】

ここで図 2 A ～図 3 を参照すると、オーバーレイ計測ツール 1 0 2 による特徴付けに適したオーバーレイターゲットが、本開示の 1 つ以上の実施形態に従ってより詳細に説明される。

【0062】

オーバーレイ計測ツール 1 0 2 は、一般に、あらゆるデザインを有するあらゆるタイプのオーバーレイターゲットを特徴付けるのに適している。特に、照明源 1 1 4、調整可能な瞳マスク 1 0 6、または検出器 1 2 8 などであるがこれらに限定されないオーバーレイ計測ツール 1 0 2 の様々な構成要素は、測定されるべきオーバーレイターゲットの特定のデザインに基づいてオーバーレイレシピに従って調整され得る。いくつかの実施形態では

10

20

30

40

50

、オーバーレイターゲットは、入射照明ビーム 1 1 6 を回折する少なくとも 1 つのサンプル層上の周期的フィーチャを含む。したがって、対物レンズ 1 2 4 によって集光される光は、オーバーレイターゲットからの 1 つ以上の回折次数の回折を含み得る。

【 0 0 6 3 】

図 2 は、本開示の 1 つ以上の実施形態による、非オーバーラップフィーチャを有するオーバーレイターゲット 2 0 2 の上面図である。例えば、図 2 のオーバーレイターゲット 2 0 2 は、画像ベースのオーバーレイまたは様々な回折ベースのオーバーレイ方法に好適であり得る。一実施形態では、オーバーレイターゲット 2 0 2 は、ここではオーバーレイターゲット 2 0 2 の象限 (quadrants) として表される 4 つのセル 2 0 4 a ~ 2 0 4 d を含む。各セル 2 0 4 a ~ d は、試料 1 0 4 の第 1 の層 2 0 8 上に位置する第 1 層印刷要素 2 0 6 と、試料 1 0 4 の第 2 の層 2 1 2 上に位置する第 2 層印刷要素 2 1 0 とを含み得る。

10

【 0 0 6 4 】

さらに、セル 2 0 4 b およびセル 2 0 4 d は、図 2 に示されるように、X 方向に沿ってオーバーレイ測定を提供するよう構成され得る。例えば、X 方向に沿ったオーバーレイ測定は、各セル内の、またはセル 2 0 4 b とセル 2 0 4 d との間の第 1 層印刷要素 2 0 6 および第 2 層印刷要素 2 1 0 の相対位置を直接比較することによって行われ得る。別の例では、X 方向に沿ったオーバーレイ測定は、セル 2 0 4 b とセル 2 0 4 d とにわたって分布する第 1 層印刷要素 2 0 6 間の回転対称点 (例えば、回転対称、反射対称、鏡面对称などである) を、セル 2 0 4 b とセル 2 0 4 d とにわたって分布する第 2 層印刷要素 2 1 0 間の対称点と比較することによって行われ得る。同様に、セル 2 0 4 a およびセル 2 0 4 c は、図 2 に示されるように Y 方向に沿ってオーバーレイ測定を提供するよう構成され得る。

20

【 0 0 6 5 】

図 3 は、本開示の 1 つ以上の実施形態による、オーバーラップ構造を有するオーバーレイターゲット 2 0 2 の斜視図である。例えば、図 3 のオーバーレイターゲット 2 0 2 は、散乱計測オーバーレイ計測に適し得る。一実施形態では、第 2 層印刷要素 2 1 0 の少なくとも一部は、第 1 層印刷要素 2 0 6 と重なる。

【 0 0 6 6 】

さらに、オーバーレイターゲット 2 0 2 は、周期的フィーチャを含み得るが、周期的フィーチャを含む必要はない。これに関して、本明細書で前述したように、単一の入射角 (または狭い範囲の入射角) で照明ビーム 1 1 6 でオーバーレイターゲット 2 0 2 を照明することは、周期的特徴からの回折に基づいて別個の回折次数の回折を生成することができる。例えば、図 2 ~ 図 3 の第 1 層印刷要素 2 0 6 及び第 2 層印刷要素 2 1 0 は全て、X 方向及び/又は Y 方向に周期的である。

30

【 0 0 6 7 】

図 2 および図 3 は、単に例示を目的として提供されており、限定として解釈されるべきではないことを理解されたい。本願明細書において前に記載したように、オーバーレイ計測ツール 1 0 2 は、概して、イメージングモード (例えば、視野平面に配置された検出器 1 2 8 を有する) または散乱計測モード (例えば、瞳平面内の検出器 1 2 8 を有する) においてパターン要素の任意のデザインを有するオーバーレイターゲットを特徴付け得る。さらに、オーバーレイ計測ツール 1 0 2 は、概して、静的取得モードで、またはオーバーレイターゲットが動いている間に、オーバーレイターゲットを特徴付けてもよい。したがって、図 2 及び図 3 に示されるパターン要素の特定の配置は、単なる例示である。

40

【 0 0 6 8 】

ここで図 4 A ~ 図 4 C を参照すると、調節可能な瞳マスク 1 0 6 の様々な構成が、本開示の 1 つ以上の実施形態に従ってより詳細に説明される。

【 0 0 6 9 】

調節可能な瞳マスク 1 0 6 は、1 つ以上の機械的シャッタ (メカニカルシャッタ)、1 つ以上の減光フィルタ、1 つ以上の電気光学シャッタ、1 つ以上の空間光変調器、1 つ以上の変形可能ミラー、1 つ以上の液晶デバイス、または 1 つ以上の偏光子を含むが、それ

50

らに限定されない、当技術分野で公知の任意の種類の空間的に位置指定可能な光学要素を含んでもよい。さらに、調節可能な瞳マスク106は、反射モードまたは透過モードで動作することができる。この点に関して、瞳を通過した光は、調節可能な瞳マスク106から反射および／または透過された光であってもよい。本開示における瞳平面142を通した光の透過または透過率への言及は、単に例示目的で提供され、限定として解釈されるべきではないことを理解されたい。むしろ、そのような例は、反射モードまたは透過モードのいずれかにおける動作に広く関係すると解釈されるべきである。

【0070】

調節可能な瞳マスク106は、瞳平面142を通る光の透過を、任意の選択された程度の空間分解能で制御することができる。例えば、調節可能な瞳マスク106は、瞳平面142を通る光の透過が別々に制御され得る1つ以上の独立して制御可能な領域を有し得る。例えば、調整可能な瞳マスク106は、これらに限定されないが、液晶デバイス、微小電気機械システム(MEMS)デバイス、またはプログラマブルミラーアレイなどの位置指定可能なピクセルを有する空間アドレス(位置)指定可能なデバイスを含むことができる。これに関して、調整可能な瞳マスク106は、空間アドレス可能デバイスの空間分解能で瞳平面142を通る光の透過を制御することができる。別の例では、調節可能な瞳マスク106は、瞳孔に選択的に挿入することができる1つ以上の固体構成要素(例えば、シャッタ)を含むことができる。

【0071】

さらに、調整可能な瞳マスク106は、様々な機構を使用して光の透過を制御することができる。一実施形態では、調節可能な瞳マスク106は、瞳平面142内の所与の位置で全ての光を選択的に遮断または通過させる(例えば、バイナリ演算)。例えば、バイナリ演算は、概して、任意のタイプのシャッタまたは空間アドレス可能デバイスの使用を通して達成され得る。本明細書では、バイナリ演算は、所望のオーバーレイ計測技法を達成するために選択された回折次数の光を遮断することを含むが、それに限定されない、瞳平面142の特定の領域内の光を選択的に遮断するために好適であり得ることが企図される。別の実施形態では、調節可能な瞳マスク106は、瞳平面142を通る光の制御可能な減衰またはフィルタリングを提供する。例えば、制御可能な減衰は、電気光学減衰器、例えば偏光回転子(例えば、電気光学偏光回転子、空間光変調器、液晶デバイス等である)に結合された偏光子によって達成され得るが、これに限定されない。この点に関して、偏光回転子は、瞳平面142の全部または一部における光の偏光を選択的に回転させて、偏光子を通して調整可能な透過率を提供することができる。

【0072】

調整可能な瞳マスク106は、瞳平面142の任意の選択された部分にわたる光の透過をさらに制御することができる。本開示の目的のために、調節可能な瞳マスク106は、瞳平面142を横切る1つ以上の制御ゾーン402を通る光の透過を制御するものとして説明される。これに関して、各制御ゾーン402を通る光の透過は、独立して制御され得る。各制御ゾーン402は、調整可能な瞳マスク106またはその部分に関連する1つ以上の空間アドレス指定可能なデバイスに対応し得る。たとえば、制御ゾーン402は、シャッタの形状(例えば、機械的シャッタ、電気光学シャッタなどである)に対応し得る。別の例として、制御ゾーン402は、グループとして制御されるピクセルのグループに対応し得る。例えば、偏光子に結合された複数のピクセルを有する液晶デバイスから形成される調整可能な瞳マスク106の場合、制御ゾーン402は、グループとして制御される液晶デバイスのピクセルのグループとして形成され得る。

【0073】

図4A~4Cは、調節可能な瞳マスク106が瞳平面142全体にわたって分布する様々な制御ゾーン402の制御を提供するようにどのように構成され得るかの3つの非限定的な例を示す。本明細書では、調節可能な瞳マスク106の任意の構成が、オーバーレイ計測ツール102内の任意の瞳平面142(例えば、図1Eに示す瞳平面142a~dのいずれか)において使用され得ることが企図される。以下の特定の例は、可能な構成とし

て単に例示目的で提供され、限定として解釈されるべきではないことを理解されたい。さらに、図4A～図4Cは別個の構成として示されているが、いくつかの実施形態では、調節可能な瞳マスク106は、制御ゾーン402a～dのすべてを含む。この点に関して、単一の調整可能な瞳マスク106を選択的に調整して、図4A～図4Cの構成のいずれかを提供することができる。

【0074】

図4Aは、本開示の1つ以上の実施形態による、瞳平面142内に成形制御ゾーン402aを提供する調整可能な瞳マスク106の概略図である。図4Aに示されるように、制御ゾーン402aは、オーバーレイ計測ツール102を通る光の最大角度範囲に対応する瞳孔境界404内にあってもよい。制御ゾーン402aは、図4Aに図示されるような円形制御ゾーンを含むが、それに限定されない、任意のサイズまたは形状を有してもよい。さらに、制御ゾーン402aは、瞳孔境界404内の中心にあってもよいが、その必要はない。図4Aの調節可能な瞳マスク106は、試料104からの選択された回折次数の回折光の遮断を必要とするオーバーレイ計測技術、または試料104からの0次光が減衰されるグレーモード撮像によく適し得るが、それらに限定されない。例えば、グレーモード散乱計測は一般に2019年1月3日に公開された米国特許出願公開2012/0004439に記載されている。これは、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0075】

図4Bは、本開示の1つ以上の実施形態による、環状制御ゾーン402を提供する調整可能な瞳マスク106の概略図である。環状制御ゾーン402は、任意の幅406を有してもよく、さらに瞳孔境界404内の任意の位置に位置してもよい。例えば、図4Bに図示されるように、制御ゾーン402bは、瞳孔境界404の中心にあり、瞳孔境界404から内向きに延在し、不明瞭ではない中央領域408を残す。図4Bの調整可能な瞳マスク106は、瞳平面142内の既知の半径方向位置で選択された回折次数の回折を遮断または減衰するのによく適しているが、これに限定されない。

【0076】

図4Aおよび4Bに図示されるもの等の調節可能な瞳マスク106は、照明経路118または集光経路132（例えば、図1Eの瞳平面142b、cである）のいずれかに専用の瞳平面142内への配置によく適し得るが、それらに限定されない。例えば、集光瞳内の対称調節可能な瞳マスク106は、直交方向（例えば、XおよびY方向）に沿った瞳平面142内の選択された半径における回折次数の回折を遮断または減衰させ、正規照明または対称照明（例えば、ダイポール照明、四重極照明、輪帯照明などである）を含むが、それらに限定されない、任意の照明条件下で、XおよびY方向における同時オーバーレイ測定を促進してもよい。

【0077】

しかしながら、いくつかのオーバーレイ計測技術が、測定方向に沿って対称的に対向した照明ビーム116の順次照明を提供することが望ましい場合がある。例えば、試料がダイポールまたは他の対称分布の対向するビームで順次照射される2つの測定を行うことが望ましい場合がある。

【0078】

図4Cは、本開示の1つ以上の実施形態による、結合して環を形成する2つの制御ゾーン402を提供する調節可能な瞳マスク106の概略図である。一実施形態では、図4Cに示すように、調整可能な瞳マスク106は、図4Bに示すものと同様の環を形成するように組み合わせられる第1の制御ゾーン402cおよび第2の制御ゾーン402dを含む。しかしながら、この場合、2つの制御ゾーン402c、dは、別々に制御可能である。図4Cの調整可能な瞳マスク106は、照明経路118及び集光経路132（例えば、図1Eの瞳平面142a、dである）によって共有される瞳平面142内に配置するのによく適している。この点に関して、調整可能な瞳マスク106は、ダイポールまたは他の対称分布の対向するビームによる順次照明に適しているが、これに限定されない。

【0079】

さらに、制御ゾーン402c、dは、任意の選択された角度で配向されてもよい。一実施形態では、図4Cに示されるように、制御ゾーン402c、dは、直交照明ビーム116による試料の同時照明を容易にするために、直交測定方向（例えば、XおよびY方向）に対して45度の角度で配向される。

【0080】

図5A及び図5Bは、順次照明のための照明経路118及び集光経路132（例えば、図1Eの瞳平面142a、dのいずれかである）に共通の瞳平面142に配置された複数の制御ゾーン402を有する調整可能な瞳マスク106の使用を示す。図5Aは、本開示の1つ以上の実施形態による、第1の測定値を提供するために第1のレシピで構成された図4Cの調整可能な瞳マスク106の概略図である。図5Bは、本開示の1つ以上の実施形態による、第2の測定値を提供するために第2のレシピで構成された図4Cの調整可能な瞳マスク106の概略図である。

【0081】

図5A～5Cにおいて、照明経路118は4つの照明ビーム116a～dを提供し、照明ビーム116a、bはX方向に沿って双極子照明を提供し、照明ビーム116c、dはY方向に沿って双極子照明を提供する。さらに、図5A～図5Cは、限定はしないが図2または図3のオーバーレイターゲット202など、X方向およびY方向の両方に周期的特徴を有するオーバーレイ計測ターゲットの照明によって生成される離散回折次数（discrete diffraction orders）の回折の存在を示す。

【0082】

図5Aでは、第1の制御ゾーン402cは、照明ビーム116a、c（例えば、X方向およびY方向のそれぞれにおいて1つのビームである）が試料104を照明することを可能にするように透明であり、第2の制御ゾーン402dは、他の照明ビーム116b、dを遮断するように完全に不透明である。調節可能な瞳マスク106はさらに、検出器128に通過させられ得る集光された光130の分布を制御する。例えば、不透明な第2の制御ゾーン402dは、照明ビーム116aからの0次回折502aを遮断し得るが、非ゼロ回折次数（ゼロ次回折）504a、506aは、不明瞭化されていない中央領域408を通過し得る。同様に、不透明な第2の制御ゾーン402dは、照明ビーム116cからの0次回折502cを遮断し得るが、非ゼロ回折次数（非ゼロ次回折）504c、506cは、不明瞭化されていない中央領域408を通過し得る。

【0083】

図5Bでは、制御ゾーン402c、dの特性は、第1の制御ゾーン402cが、照明ビーム116a、cを遮断または減衰するために不透明であり、第2の制御ゾーン402dが、照明ビーム116b、dが試料104を照明することを可能にするために透明であるように逆転される。この場合、不透明な第1の制御ゾーン402cは、照明ビーム116bからの0次回折502bを遮断するが、非ゼロ回折次数504b、506bは、不明瞭化されていない中央領域408を通過することができる。同様に、不透明な第2の制御ゾーン402dは、照明ビーム116dからの0次回折502dを遮断し得るが、非ゼロ回折次数504d、506dは、不明瞭化されていない中央領域408を通過し得る。

【0084】

図5Aおよび5Bによって図示されるように、照明経路118および集光経路132の両方に共通の瞳平面142内の複数の制御ゾーン402を伴う調節可能な瞳マスク106の配置は、照明ビーム116および集光光130の両方の柔軟な制御を提供し得る。さらに、そのような調節可能な瞳マスク106は、多種多様なオーバーレイ計測技法が単一のシステムを使用して実行され得るように、異なる照明および／または集光プロファイルを伴う逐次照明を可能にする。しかしながら、図5Aおよび図5Bは、本明細書では単に例示を目的として提供されており、限定として解釈されるべきではないことを理解されたい。本明細書では、調節可能な瞳マスク106は、関心対象の1つ以上のオーバーレイ計測技法に適応するように様々な構成で配向された任意の数の制御ゾーン402を有し得ることが企図される。

【0085】

本明細書では、逐次照射（シーケンシャル照射：例えば、図5A及び図5Bに示すように）は、当技術分野で公知の任意の技法を使用して実施され得ることが企図される。例えば、試料104が静止している場合、別のターゲットの測定のために試料104を移動させる前に、オーバーレイターゲット上で複数の順次測定が実行され得る。さらに、移動試料104上のオーバーレイターゲットの複数の測定を提供するためのさまざまな技術が実装され得る。例えば、ターゲットを2回走査してもよい。別の例によれば、走査速度およびデータ取り込み速度は、オーバーレイターゲットがオーバーレイ計測ツール102の視野内にある間に複数の測定を提供するように調整され得る。別の例として、走査式のオーバーレイ計測ツール102は、2つ以上の測定条件を使用してインターリーブされたデータ（例えば、インターリーブされた画像）を生成することができる。例えば、走査ベースの計測のためのインターリーブされた画像の生成は、概して、その全体が参照することによって組み込まれる、米国特許出願16／586,504（2019年9月27日）、米国特許出願公開2021／0096061A1で説明される。

【0086】

図5Cは、本開示の1つ以上の実施形態による、同時オーバーレイ計測のために図4Bのように構成される調節可能な瞳マスク106の概略図である。図5Cでは、調節可能な瞳マスク106は、集光経路132専用の瞳平面142内に配置される。図5Cに図示される回折次数の回折は、図5Aおよび5Bの逐次照明アプローチまたは図5Cの同時照明アプローチのいずれかを使用して同様のオーバーレイ測定が行われ得るように、図5Aおよび5Bの場合と同じである。図5Cでは、4つの照明ビーム116a～dの全てが試料を同時に照明することができる。単一の制御ゾーン402bは、すべての0次回折502a～dを遮断または減衰するために不透明である。さらに、中央領域408は、すべての照明ビーム116a～dからの-1次回折504a～dおよび-2次回折506a～dが検出器128を通過することを可能にする。

【0087】

いくつかの実施形態では、調節可能な瞳マスク106は、複次散乱（DOS：double-order scattering）オーバーレイ計測のために構成され得る。DOSオーバーレイ計測において、周期的オーバーレイターゲットは、双極子照明（例えば、試料を対向する方位角で照明する2つの照明ビーム116）で照明され、測定は、照明ビーム116の各々に関連する2つの非ゼロ回折次数（非ゼロ次回折）に基づく。一実施形態では、DOSは逐次照射で実施される。例えば、逐次DOSオーバーレイ計測は、図5Aおよび図5Bの構成を使用して実行され得る。この構成では、非ゼロ回折504a～dは-1回折次数（-1次回折）に対応し、非ゼロ回折506a～dは-2回折次数（-2次回折）に対応する。別の例として、図5Cの構成を使用して同時DOSオーバーレイ計測を実行することができ、この場合も、非ゼロ回折（非ゼロ次回折）504a～dは-1回の回折次数（-1次回折）に対応し、非ゼロ回折506a～dは-2回の回折次数（-2次回折）に対応する。

【0088】

いくつかの実施形態では、調節可能な瞳マスク106は、光学モアレ（OM：optical Moire）オーバーレイ計測のために構成され得る。OMオーバーレイ計測において、オーバーレイターゲットは、格子構造が異なる周期を有する2つ以上の層（例えば、図3に示すように、）上に重複する格子構造を有する1つ以上のセルを含む。その結果、集光された光130は、2つの格子間の周期性の差に基づくモアレ効果に関連する1つ以上のモアレ回折次数の回折を含むことができる。例えば、逐次OMオーバーレイ計測は、図5Aおよび5Bの構成を使用して実行され得る。この構成では、非ゼロ回折504a～dは-1回折次数に対応し、非ゼロ回折506a～dはモアレ回折次数に対応する。別の例として、図5Cの構成を使用して同時OMオーバーレイ計測を実行することができ、この場合も、非ゼロ回折504a～dは-1回折次数に対応し、非ゼロ回折506a～dはモアレ回折次数に対応する。

【0089】

加えて、調整可能な瞳マスク106の制御ゾーン402a～cが照明ビーム116a～dからの0次回折502a～dを完全に遮断するのではなく減衰させるように構成されるグレーモードOM計測を実行することができる。

【0090】

いくつかの実施形態では、調節可能な瞳マスク106は、リトロロー（Litrow）オーバーレイ計測のために構成され得る。リトロローオーバーレイ計測において、周期的オーバーレイターゲットは双極子照明で照明され、周期性および照明波長は、回折次数（典型的には1次回折）が入射光と同じ角度に沿って逆反射して戻るように調整される。リトロローオーバーレイ計測は、全ての光が妨害されずに瞳平面142を通過し得るように、完全に透過性であるように構成される調節可能な瞳マスク106を用いて実装され得る。

10

【0091】

図6Aは、本開示の1つ以上の実施形態による、照明経路118および集光経路132に共通の瞳平面142に配置されて画像ベースの散乱計測またはグレイフィールド散乱計測を提供するように構成された調整可能な瞳マスク106の概略図である。第1の制御ゾーン402cは、照明ビーム116aが試料104を照明することを可能にするために透明であり、第2の制御ゾーン402dは、0次回折502aを遮断または減衰するために不透明である。さらに、非ゼロ回折次数508（典型的には1次回折）は、遮られていない中央領域408を通過することができる。

【0092】

図6Bは、本開示の1つ以上の実施形態による、オーバーレイ計測のための画像ベースのスキヤトロメトリまたはグレイフィールドスキヤトロメトリを提供するために集光経路132専用の瞳平面142に配置されるように図4Bのように構成される調整可能な瞳マスク106の概略図である。図6Bでは、単一の制御ゾーン402bは、0次回折502aを遮断または減衰することができ、非ゼロ回折次数508（典型的には、1次回折）は、遮られていない中央領域408を通過することができる。

20

【0093】

図7は、本開示の1つ以上の実施形態による、グレイイメージングオーバーレイ計測を提供するために図4Aのように構成される調整可能な瞳マスク106の概略図である。図7において、調整可能な瞳マスク106は、集光経路132専用の瞳平面142に配置される。周期的オーバーレイターゲットは、垂直入射角で単一の照明ビーム116（図示せず）で照明される。調節可能な瞳マスク106は、0次回折502eを遮断または減衰させるように瞳孔境界404の中心部分に位置する単一の制御ゾーン402aを有し、非ゼロ回折510（例えば、+/-1次回折）は、妨害されずに瞳平面142を通過し得る。

30

【0094】

図4A～図7によって示されるように、少なくとも集光瞳平面142に配置され、瞳平面142全体にわたって分布する1つ以上の個別に調整可能な制御ゾーン402を有する調整可能な瞳マスク106は、オーバーレイ計測のための高度にカスタマイズ可能なデータ集光を容易にすることができる。したがって、単一のオーバーレイ計測ツールは、多種多様な技術を用いてオーバーレイ計測測定を提供するよう構成され得る。いくつかの実施形態では、単一のオーバーレイ計測ツールは、単一のサンプル（試料：sample）または試料のセット上の異なるターゲットのための複数のオーバーレイ計測技術の間で切り替えるように動的に構成されてもよい。この点に関して、大量のサンプリングが達成され得る。

40

【0095】

図8は、本開示の1つ以上の実施形態による、オーバーレイ計測方法800において実行されるステップを示す流れ図である。出願人は、オーバーレイ計測システム100の文脈において本明細書で前述された実施形態および有効化技術は、方法800に拡張されると解釈されるべきであることに留意する。しかしながら、方法800はオーバーレイ計測システム100のアーキテクチャに限定されないことにさらに留意されたい。

50

【0096】

ある実施形態において、方法は、試料上の1つ以上のオーバーレイターゲットに対するオーバーレイ計測レシピを受信するステップ802を含む。例えば、レシピは、オーバーレイ計測システム100などの計測ツールを構成するのに適した測定パラメータを含み得るが、これに限定されない。したがって、レシピは、1つ以上の照明ビーム116の波長、1つ以上の照明ビーム116に関連する1つ以上の照明角度、1つ以上の照明ビーム116の偏光、2つまたは複数の照明ビーム116がオーバーレイターゲットを同時にまたは連続的に照明するかどうかなどのパラメータを含むことができるが、これらに限定されない。または、オーバーレイターゲットが測定中に静止しているか移動しているかである。別の例として、レシピは、検出器128からの測定データに基づいて1つ以上の測定方向に沿ってオーバーレイ測定を生成するための1つ以上の処理ステップ（例えば、コントローラ108によって実行される）を含んでもよい。したがって、レシピは、一般に、特定のオーバーレイ計測技術を用いてオーバーレイターゲットからオーバーレイ計測を生成するために必要とされるパラメータまたはステップを提供し得る。

10

【0097】

別の実施形態では、方法800は、調整可能な瞳マスク（例えば、調整可能な瞳マスク106）に指示して、オーバーレイ計測ツール（例えば、オーバーレイ計測システム100）を用いて試料上の1つ以上のオーバーレイターゲットの測定のためのそれぞれのオーバーレイ計測レシピに従って瞳透過率分布を調整するステップ804を含む検出器（例えば検出器128）からの測定データに基づく試料上の1つ以上のオーバーレイターゲットについての1つ以上の測定方向に沿ったオーバーレイ測定。この点に関して、調整可能な瞳マスク106は、オーバーレイ計測システム100が、任意の数のオーバーレイ技術を用いて任意の数のオーバーレイターゲット上でオーバーレイ測定値を生成することを可能にし得る。

20

【0098】

本明細書で説明する方法のすべては、方法の実施形態の1つ以上のステップの結果をメモリに記憶することを含み得る。結果は、本明細書で説明される結果のいずれかを含んでもよく、当技術分野で公知の任意の様式で記憶されてもよい。メモリは、本明細書で説明される任意のメモリ、または当技術分野で知られている任意の他の好適な記憶媒体を含み得る。結果が記憶された後、結果は、メモリ内にアクセスされ、本明細書に説明される方法またはシステム実施形態のうちのいずれかによって使用され、ユーザへの表示のためにフォーマットされ、別のソフトウェアモジュール、方法、またはシステムによって使用される等することができる。さらに、結果は、「永久的に」、「半永久的に」、「一時的に」、またはある期間にわたって記憶され得る。例えば、メモリは、ランダムアクセスメモリ（RAM）であってもよく、結果は、必ずしもメモリ内に無期限に持続しなくてもよい。

30

【0099】

上述の方法の実施形態の各々は、本明細書に記載される任意の他の方法の任意の他のステップを含み得ることがさらに企図される。加えて、上述の方法の実施形態の各々は、本明細書に記載のシステムのいずれかによって実行することができる。

【0100】

当業者は、本明細書で説明される構成要素動作、デバイス、オブジェクト、およびそれらに付随する議論が、概念的明確性のために例として使用されること、および種々の構成修正が検討されることを認識するであろう。したがって、本明細書で使用されるように、記載される特定の例および付随する議論は、それらのより一般的なクラスの代表であることが意図される。概して、任意の特定の例の使用は、そのクラスを表すことが意図され、特定の構成要素、動作、デバイス、およびオブジェクトの非包含は、限定として解釈されるべきではない。

40

【0101】

本明細書で使用する時、「上」、「下」、「上」、「下」、「上」、「上方」、「下方」、「下方」などの方向を示す用語は、説明の目的で相対的な位置を提供することを意

50

図しており、絶対的な基準系を示すことを意図していない。説明された実施形態に対する様々な修正は、当業者には明らかであり、本明細書で定義された一般的な原理は、他の実施形態に適用され得る。

【0102】

本明細書における実質的に任意の複数形および／または単数形の用語の使用に関して、当業者は、文脈および／または用途に適切であるように、複数形から単数形に、および／または単数形から複数形に変換することができる。様々な単数形／複数形の置き換えは、理解しやすいように、本明細書で明確に記載されない。

【0103】

本明細書で説明される主題は、場合によっては、他の構成要素内に含まれる、または他の構成要素と接続される、異なる構成要素を図示する。そのような描写されたアーキテクチャは、単なる例示であり、実際には、同じ機能性を達成する多くの他のアーキテクチャが実装され得ることを理解されたい。概念的な意味では、同じ機能性を達成するための構成要素の任意の配置は、所望の機能が達成されるように効果的に「関連付けられる」。したがって、特定の機能性を達成するために組み合わされた本明細書の任意の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かかわらず、所望の機能が達成されるように互いに「関連付けられる」と見なすことができる。同様に、そのように関連付けられた任意の2つの構成要素はまた、所望の機能性を達成するために、相互に「接続」または「結合」されていると見なされることができ、そのように関連付けられることが可能な任意の2つの構成要素はまた、所望の機能性を達成するために、相互に「結合可能」であると見なされることができ、結合可能な特定の例は、物理的に結合可能及び／又は物理的に相互作用する構成要素及び／又は無線で相互作用可能及び／又は無線で相互作用する構成要素及び／又は論理的に相互作用可能及び／又は論理的に相互作用可能な構成要素を含むが、これらに限定されない。

【0104】

さらに、本発明は添付の特許請求の範囲によって定義されることを理解されたい。一般に、本明細書および特に添付の特許請求の範囲（例えば、添付の特許請求の範囲の本体）で使用される用語は一般に「オープン」用語（例えば、「含む（including）」という用語は、「含む（including）がこれに限定されない」と解釈されるべきであり、「有する（having）」という用語は「少なくとも有する（having）」と解釈されるべきであり、「含む（includes）」という用語は「含む（include）がこれに限定されない」と解釈されるべきである等である）として意図されることが当業者には理解されよう。導入される請求項の記載の具体的な数が意図される場合、そのような意図は、その請求項において明示的に記載されるべきであり、そのような記載がない場合、そのような意図は存在しないことが、当業者にはさらに理解されよう。例えば、理解の助けとして、以下の添付の特許請求の範囲は、導入句「少なくとも1つの（at least one）」および「1つ以上の（one or more）」を使用して請求項の記載を導くことを含むことができる。しかしながら、そのような語句の使用は、不定冠詞「a」または「an」による請求項の記載の導入が、そのような導入された請求項の記載を含む任意の特定の請求項を、1つのそのような記載のみを含む発明に限定することを意味すると解釈されるべきではない。同じ請求項が「1つ以上」または「少なくとも1つ」という導入句および「a」または「an」（例えば、「a」および／または「an」は、典型的には、「少なくとも1つ」または「1つ以上」を意味すると解釈されるべきである）などの不定冠詞を含む場合でも、同じことが、請求項の記載を紹介するために使用される明確な記事の使用にも当てはまる。また、導入される請求項の記載の具体的な数が明示的に列挙されている場合でも、そのような記載は、典型的には少なくとも列挙された数（例えば、他の修飾因子を伴わない「2つの列挙」の裸の列挙は、典型的には、少なくとも2つの列挙、または2つ以上の列挙を意味する）を意味すると解釈されるべきであることを、当業者は認識されよう。さらに、「A、B、およびCのうちの少なくとも1つなど」に類似する慣例表現が使用される事例では、概して、そのような構成は、当

10

20

30

40

50

業者が慣例表現（例えば、「A、B、およびCのうちの少なくとも1つを有するシステム」は、Aのみ、Bのみ、Cのみ、AおよびBを共に、AおよびCを共に、BおよびCを共に、および／またはA、B、およびCを共に有するシステムを含むが、それらに限定されない）を理解するであろう意味で意図される。「A、B、またはCのうちの少なくとも1つなど」に類似する慣例表現が使用される事例では、概して、そのような構成は、当業者が慣例表現（例えば、「A、B、またはCのうちの少なくとも1つを有するシステム」は、Aのみ、Bのみ、Cのみ、AおよびBを共に、AおよびCを共に、BおよびCを共に、および／またはA、B、およびCを共に有するシステムを含むが、それらに限定されない）を理解するであろう意味で意図される。2つ以上の代替用語を提示する事実上いかなる離接する語および／または句も、説明、特許請求の範囲、または図面のどこにあっても、その用語の一方（one of the terms）、その用語のいずれか（either of the terms）、または両方の用語（both terms）を含む可能性を企図すると理解されるべきであることが、当業者にはさらに理解されよう。例えば、「AまたはB」という語句は、「A」または「B」または「AおよびB」の可能性を含むと理解されるであろう。

【0105】

本開示およびその付随する利点の多くは、前述の説明によって理解されるであろうと考えられ、開示される主題から逸脱することなく、またはその物質的利点の全てを犠牲にすることなく、構成要素の形態、構造、および配置において種々の変更が行われ得ることが明白となるであろう。説明される形態は単なる説明であり、そのような変更を包含し、含むことが以下の特許請求の範囲の意図である。さらに、本発明は添付の特許請求の範囲によって定義されることを理解されたい。

10

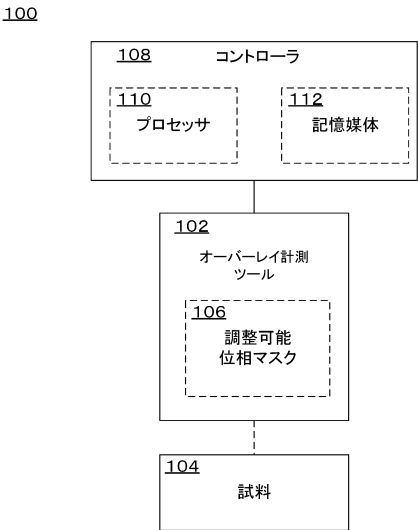
20

30

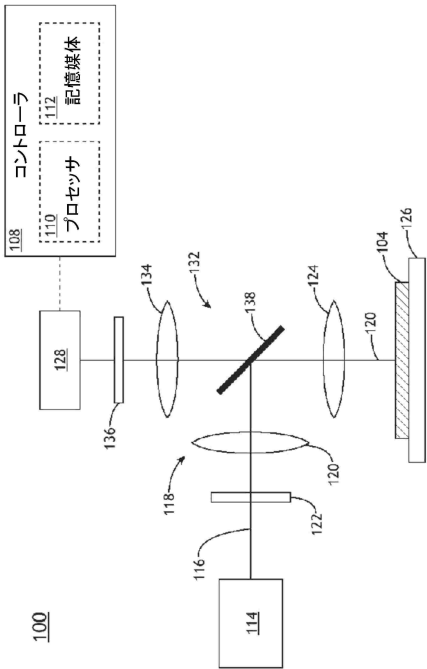
40

50

【図面】
【図 1 A】



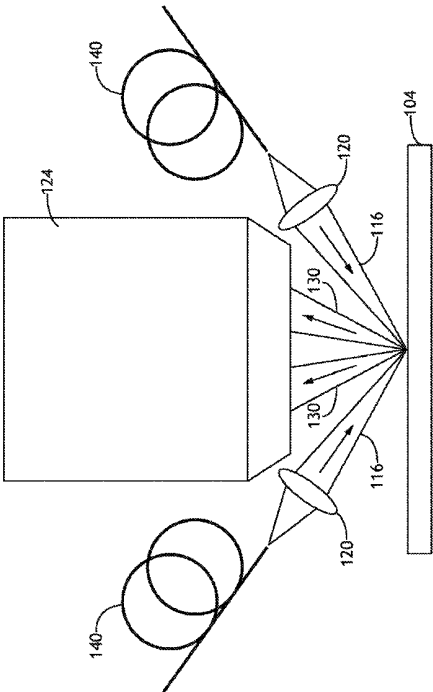
【図 1 B】



10

20

【図 1 C】



【図 1 D】

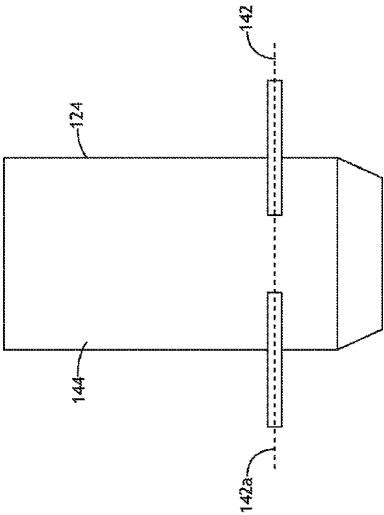


FIG.1C

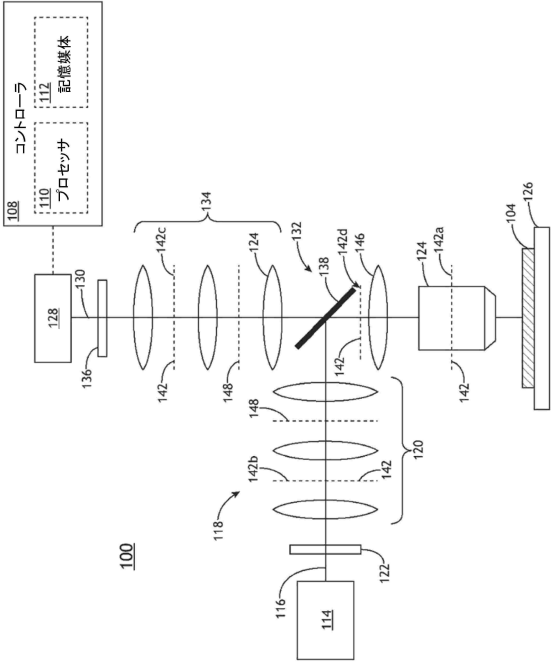
FIG.1D

30

40

50

【図 1 E】



【図 2】

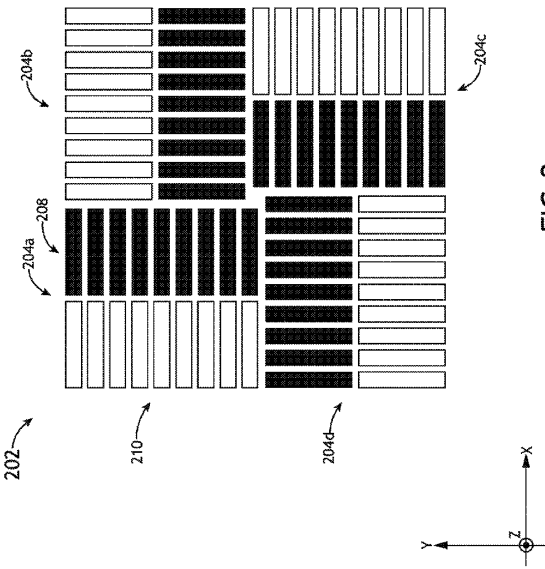
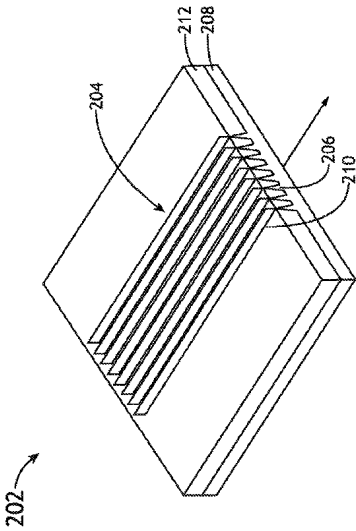


FIG.2

【図 3】



【図 4 A】

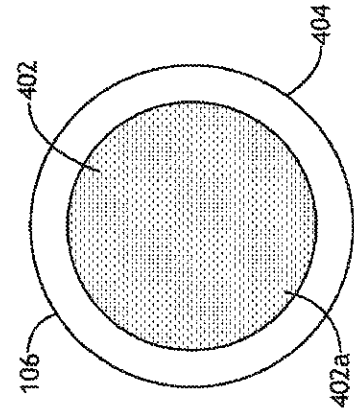


FIG.4A

10

20

30

40

50

【図 4 B】

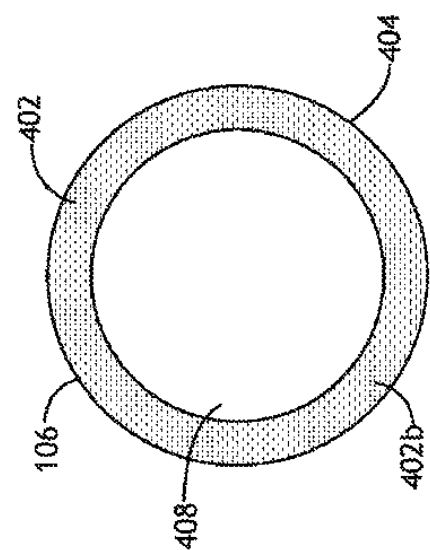


FIG.4B

【図 4 C】

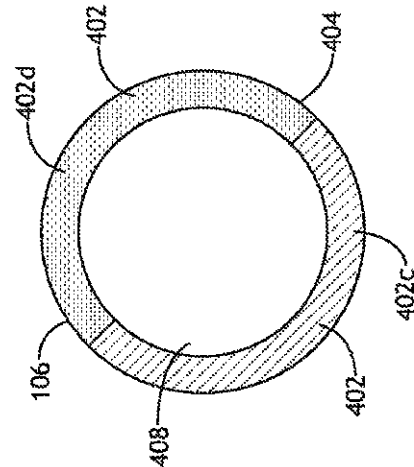


FIG.4C

【図 5 A】

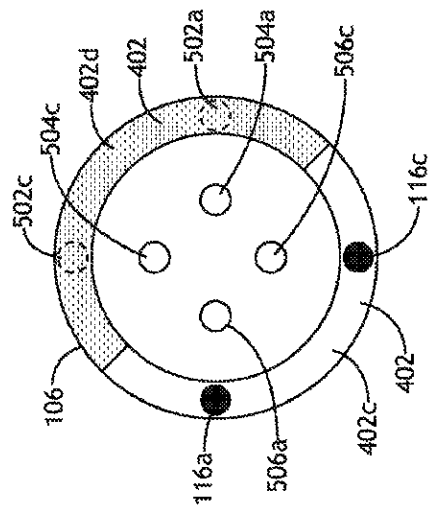


FIG.5A

【図 5 B】

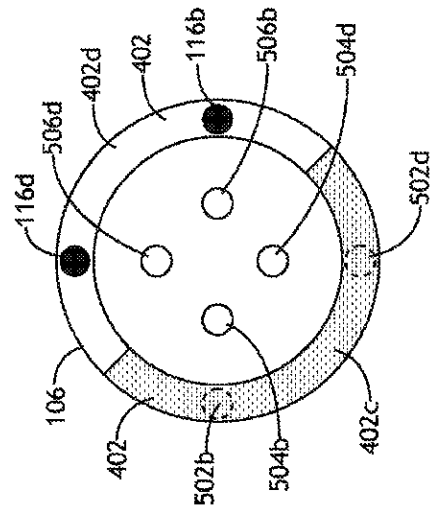


FIG.5B

10

20

30

40

50

【図 5 C】

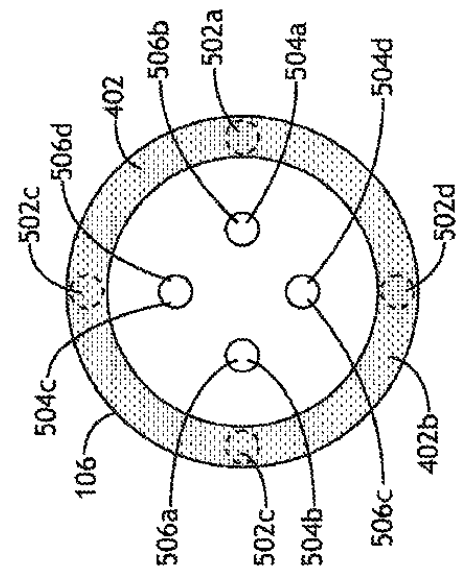


FIG. 5C

【図 6 A】

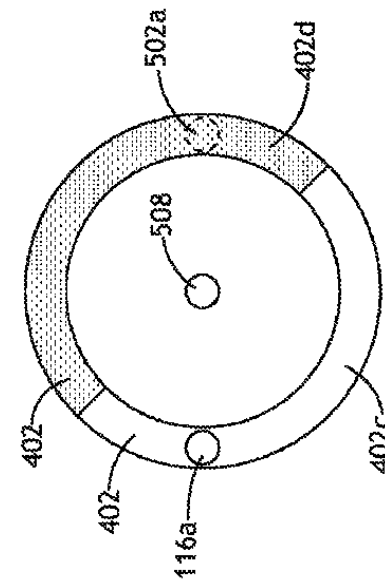


FIG. 6A

【図 6 B】

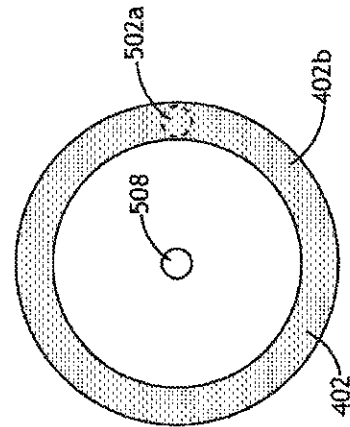


FIG. 6B

【図 7】

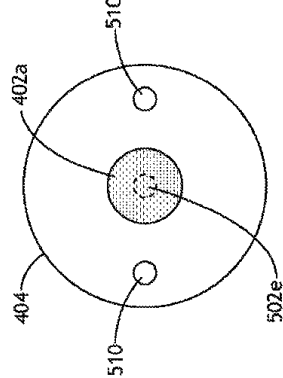


FIG. 7

10

20

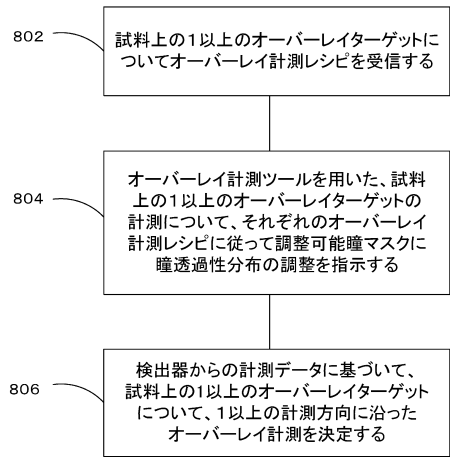
30

40

50

【図 8】

800



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
ハオラム 18

審査官 田中 秀直
(56)参考文献 米国特許出願公開第2004/0245439 (US, A1)
国際公開第2020/046408 (WO, A1)
国際公開第2019/199585 (WO, A1)
特開平11-287616 (JP, A)
特開平07-297101 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G03F 7/20
G03F 9/00
H01L 21/66
G01B 11/00