

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6789295号
(P6789295)

(45) 発行日 令和2年11月25日(2020.11.25)

(24) 登録日 令和2年11月5日(2020.11.5)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 B 11/00 (2006.01) GO 1 B 11/00 G
GO 3 F 7/20 (2006.01) GO 3 F 7/20 5 2 1

請求項の数 23 (全 15 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2018-529660 (P2018-529660) (86) (22) 出願日 平成28年6月1日(2016.6.1) (65) 公表番号 特表2018-538533 (P2018-538533A) (43) 公表日 平成30年12月27日(2018.12.27) (86) 国際出願番号 PCT/US2016/035190 (87) 国際公開番号 W02017/099843 (87) 国際公開日 平成29年6月15日(2017.6.15) 審査請求日 令和1年5月16日(2019.5.16) (31) 優先権主張番号 62/264,514 (32) 優先日 平成27年12月8日(2015.12.8) (33) 優先権主張国・地域又は機関 米国 (US)</p>	<p>(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 (74) 代理人 110001210 特許業務法人 Y K I 国際特許事務所 (72) 発明者 レヴィンスキー ウラジーミル イスラエル ミグダル ハエメク ハーモ ン 9 審査官 仲野 一秀</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 偏光ターゲットおよび偏光照明を用いた回折光の振幅および位相の制御

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

スキヤトロメトリターゲットを設計すること、計測ツールの光学システムを構成することの一方または両方を行い、前記スキヤトロメトリターゲット照明時の0次回折信号間に180°の位相シフトを発生させることにより、粗いピッチを有する前記スキヤトロメトリターゲットからの0次回折信号に対して1次回折信号を増強させることと、

2つの垂直偏光照明コンポーネントにより前記スキヤトロメトリターゲットを照明するように前記計測ツールの光学システムを構成することと、

前記2つの垂直偏光照明コンポーネントを補完する2つの垂直偏光方向に前記回折信号を分解して前記0次回折信号を相殺することと、
 を含む、方法。

【請求項 2】

請求項1に記載の方法であって、前記粗いピッチの半分のピッチで垂直偏光要素を有するように前記スキヤトロメトリターゲットを設計して、前記180°の位相シフトを発生させることをさらに含む、方法。

【請求項 3】

請求項1に記載の方法であって、ターゲット設計による第1位相シフトを、光学システム構成による第2位相シフトと組み合わせることをさらに含み、前記第1位相シフトと前記第2位相シフトの和は180°である、方法。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の方法であって、前記スキヤトロメトリターゲットを設計することをさらに含み、非偏光構造を有する前記スキヤトロメトリターゲットが、前記 180° の位相シフトを発生させるように構成される少なくとも 1 つの偏光構造を有する、少なくとも 1 つのさらなるターゲット層を有するように設計する、方法。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の方法であって、前記少なくとも 1 つのさらなるターゲット層は、前記非偏光構造の上に位置する、方法。

【請求項 6】

請求項 4 に記載の方法であって、前記少なくとも 1 つのさらなるターゲット層は、前記非偏光構造の下に位置する、方法。

10

【請求項 7】

粗いピッチを有し、照明されるときに 0 次回折信号間に 180° の位相シフトを発生させるように構成され、前記粗いピッチのエリアの第 1 の部分は 1 つの方向に分割され、前記粗いピッチのエリアの第 2 の部分は前記第 1 の方向と垂直な方向に分割され、さらに、最初の非偏光構造と、前記 180° の位相シフトを発生させるように構成される少なくとも 1 つの偏光構造を有する少なくとも 1 つのさらなるターゲット層とを有する、スキヤトロメトリ計測ターゲット。

【請求項 8】

請求項 7 に記載のスキヤトロメトリ計測ターゲットであって、前記粗いピッチの半分のピッチで垂直偏光要素を有するように設計され、前記 180° の位相シフトを発生させる、スキヤトロメトリ計測ターゲット。

20

【請求項 9】

請求項 8 に記載のスキヤトロメトリ計測ターゲットであって、前記垂直偏光要素は、細かいピッチで分割されている、スキヤトロメトリ計測ターゲット。

【請求項 10】

請求項 7 に記載のスキヤトロメトリ計測ターゲットであって、前記少なくとも 1 つの偏光構造は、細かい未解像のピッチで分割されている、スキヤトロメトリ計測ターゲット。

【請求項 11】

請求項 10 に記載のスキヤトロメトリ計測ターゲットであって、前記少なくとも 1 つの偏光構造は、最初の非偏光構造の分割方向に対して垂直の方向に沿って分割されている、スキヤトロメトリ計測ターゲット。

30

【請求項 12】

請求項 7 に記載のスキヤトロメトリ計測ターゲットであって、前記さらなるターゲット層は前記非偏光構造の上に位置する、スキヤトロメトリ計測ターゲット。

【請求項 13】

請求項 7 に記載のスキヤトロメトリ計測ターゲットであって、前記さらなるターゲット層は、前記非偏光構造の下に位置する、スキヤトロメトリ計測ターゲット。

【請求項 14】

2 つの垂直偏光照明コンポーネントにより非偏光スキヤトロメトリターゲットを照明し、かつ、前記 2 つの垂直偏光照明コンポーネントを補完する 2 つの垂直偏光方向に、得られた回折信号を分解し、前記スキヤトロメトリターゲットからの同一の 0 次回折信号間で 180° の位相シフトを発生させるように前記照明と前記分解を構成することにより、前記 0 次回折信号を相殺するように構成される光学システムを有する、計測ツール。

40

【請求項 15】

請求項 14 に記載の計測ツールであって、前記光学システムは、前記照明および前記回折信号の偏光を制御するために、偏光子、検光子、少なくとも 1 つの波長板、少なくとも 1 つの偏光ビームスプリッタ、および少なくとも 1 つの中性濃度フィルタのうち少なくとも 1 つを含む、計測ツール。

【請求項 16】

計測システムであって、

50

粗いピッチを有し、照明されるときに0次回折信号間に第1位相シフトを発生させるように構成される、スカトロメトリ計測ターゲットと、

2つの垂直偏光照明コンポーネントにより前記ターゲットを照明し、かつ、前記2つの垂直偏光照明コンポーネントを補完する2つの垂直偏光方向に、得られた回折信号を分解して、前記ターゲット照明時の0次回折信号間に第2位相シフトを発生させるように構成される光学システムを有する、計測ツールと、を備え、

前記第1位相シフトと前記第2位相シフトの和は180°であり、ゼロ回折信号を相殺する、計測システム。

【請求項17】

請求項16に記載の計測システムであって、前記光学システムは、前記照明および前記回折信号の偏光を制御するために、偏光子、検光子、少なくとも1つの波長板、少なくとも1つの偏光ビームスプリッタ、および少なくとも1つの中性濃度フィルタのうち少なくとも1つを含む、計測システム。

10

【請求項18】

請求項16に記載の計測システムであって、前記第1位相シフトは、180°であり、前記第2位相シフトはゼロである、計測システム。

【請求項19】

請求項18に記載の計測システムであって、前記スカトロメトリ計測ターゲットは、照明されるときに0次回折信号間に180°の位相シフトを発生させるように構成される、計測システム。

20

【請求項20】

請求項19に記載の計測システムであって、前記ターゲットの粗いピッチの半分のピッチで垂直偏光要素を有し前記180°の位相シフトを発生させるように設計される、計測システム。

【請求項21】

請求項16に記載の計測システムであって、前記ターゲットは、最初の非偏光構造と、前記第1位相シフトを発生させるように構成される少なくとも1つの偏光構造を有する少なくとも1つのさらなるターゲット層と、を有する、計測システム。

【請求項22】

粗いピッチを有し、照明されるときに0次回折信号間に180°の位相シフトを発生させるように構成され、前記粗いピッチのエリアの第1の部分は1つの方向に分割され、前記粗いピッチのエリアの第2の部分は前記第1の方向と垂直な方向に分割され、さらに、前記粗いピッチの半分のピッチで偏光要素を有し前記180°の位相シフトを発生させるように設計され、前記偏光要素は垂直偏光させるように構成される、スカトロメトリ計測ターゲット。

30

【請求項23】

請求項22に記載のスカトロメトリ計測ターゲットであって、前記偏光要素は、細かいピッチで分割されている、スカトロメトリ計測ターゲット。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、計測分野に関し、より具体的には、計測ツールの光学システムにおける偏光ターゲットとそれに対応する偏光制御に関する。

【背景技術】

【0002】

関連出願の相互参照

本願は、2015年12月8日に出願された米国仮特許出願第62/264,514号の利益を主張するものであり、その全体を本明細書の一部として援用する。

【0003】

現在、光学オーバーレイ測定のための方法は、イメージングとスカトロメトリの2つ

50

の技術が主流である。イメージングでは、周期的ターゲットの位置を光学システムの視野で測定し、別々の層に印刷されたターゲットの位置からオーバーレイ（OVL）を推論する。スキャトロメトリでは、異なる層に印刷された周期的なオーバーレイマーク（周期構造を有するターゲット）により散乱する電磁（EM）波間の干渉を利用して、層の相対的変位を推論する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】米国特許出願公開第2010/0328655号

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

両方の場合において、散乱するEM波の回折光の振幅および位相に対する制御は、オーバーレイ測定の正確度や精度に対して重要な影響をもたらす。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の基本的な理解を可能にする簡単な要約を以下に示す。この要約は、必ずしも主要素を特定したり本発明の範囲を限定したりするものではなく、単に以下の説明の導入としての役割を果たすものである。

【0007】

20

本発明の一態様によれば、スキャトロメトリターゲットを設計すること、計測ツールの光学システムを構成することの一方または両方を行い、スキャトロメトリターゲット照明時の0次回折信号間に180°の位相シフトを発生させることにより、粗いピッチを有するスキャトロメトリターゲットからの0次回折信号に対して1次回折信号を増強させることを含む方法を提供する。

【0008】

本発明のさらなる態様や別の態様、利点は、以下の詳細な説明に記載され、詳細な説明から推測可能であり、本発明の実施により理解することができる。

【0009】

本発明の実施形態のさらなる理解のために、また、どのように本発明の実施形態が実施され得るかを示すために、添付された図面を単なる例として参照するが、図面全体を通して、同一の参照符号は対応する要素や部分を示す。

30

【0010】

添付する図面の説明は、以下のとおりである。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1A】本発明のいくつかの実施形態による、偏光位相制御を実施して0次回折信号を相殺する計測システムの概略説明図である。

【図1B】本発明のいくつかの実施形態による、スキャトロメトリターゲットの概略説明図である。

40

【図1C】本発明のいくつかの実施形態による、スキャトロメトリターゲットの概略説明図である。

【図2A】本発明のいくつかの実施形態による、スキャトロメトリターゲットの概略説明図である。

【図2B】本発明のいくつかの実施形態による、スキャトロメトリターゲットの概略説明図である。

【図3】本発明のいくつかの実施形態による、光学システムの概略説明図である。

【図4】本発明のいくつかの実施形態による、方法を示す概略フローチャートである。

【図4-1】本発明のいくつかの実施形態による、方法を示す概略フローチャートである。

50

【図4-2】本発明のいくつかの実施形態による、方法を示す概略フローチャートである。

【図4-3】本発明のいくつかの実施形態による、方法を示す概略フローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下の記載により本発明のさまざまな態様が説明される。本発明が十分に理解されるように、説明を目的として具体的な構成や細部が記載される。しかし、本明細書に示される特定の細部を備えていない場合でも本発明が実施され得ることもまた当業者にとっては明らかになるであろう。さらに、本発明が不明瞭にならないように、公知の特徴は省略または簡略化されることがある。図面の具体的参照に関して、図示される事項は、例であり、本発明の図示説明のみを目的とし、本発明の原理および概念的態様の説明にあたり、最も有用で容易に理解されると思われるものを提供するために示されることが強調される。この点に関し、本明細書は図面とともに、本発明のいくつかの形態が実施の際にどのように具現化され得るかを当業者に明らかにするが、本発明の基本的理解のために必要とされる以上に詳しく本発明の構造的細部を示すことは行っていない。

10

【0013】

本発明の少なくとも1つの実施形態を詳細に説明する前に、本発明は、その応用にあたり、以下の説明に記載された、または、図面に描かれた、構造の細部および構成部品の配置に限定されないことが理解される。本発明は、開示された実施形態の組み合わせに加え、さまざまな方法で実施または実行され得る他の実施形態にも応用可能である。また、本明細書で用いられる用語や専門用語は、説明を目的とし、限定としてみなされるべきではないことが理解される。

20

【0014】

以下の説明から明らかであるとおり、明記されない限り、明細書の説明全体を通して「プロセッシング (processing)」、「コンピュータ (computing)」、「算出 (determining)」、「決定 (determining)」、「増強 (enhancing)」などの用語を使用することは、コンピュータシステムのレジスタやメモリの電気量など物理量で表されるデータを、コンピュータシステムメモリ、レジスタ、または別の情報ストレージ、伝送装置ならびにディスプレイ装置などで同様に物理量として表される別のデータに処理したり変換したりする、コンピュータやコンピュータシステム、または類似する電子コンピュータ機器の動作やプロセスを指すことが理解される。

30

【0015】

本発明者らは、ターゲットに非対称性が存在する場合、ターゲットの非対称な振幅のメカニズムは、スキヤトロメトリオーバーレイの場合、1次回折光同士のトポグラフィ位相における差の値と関係があり（上部回折格子と下部回折格子からそれぞれ+1と-1）、ターゲットの非対称な振幅のメカニズムは、イメージングオーバーレイの場合、1次回折光と0次回折光との間のトポグラフィ位相における差の値と関係する（上部回折格子と下部回折格子からそれぞれ±1と0）ことを明らかにした。ハードウェア (HW) にトポグラフィ位相を制御できる可能性があれば、オーバーレイ測定の正確度を大幅に改善し得る。

40

【0016】

さらに本発明者らは、ゼロ次およびその他の回折次数の光の振幅に大きな差があり非常に低い画像コントラストを引き起こす場合、比較的一般的な別の測定上の問題が生じることを明らかにした。2つの測定された層からの1次回折光の振幅同士が1桁以上異なる場合、同様の問題がスキヤトロメトリオーバーレイ測定においても生じる。これらの場合は、適切な回折光の振幅が減少すると、測定の精度と正確度の両方が大幅に改善され得る。

【0017】

以下の関連する文献は、その全体を本明細書の一部として援用し、互いの正確性を向上

50

させるために本開示に組み込まれてもよく、それらの組み合わせは本発明の一部として考慮される。(i) W I P O 特許公報 P C T / U S 1 5 / 6 2 5 2 3 は、レシピパラメータにおける計測メトリックの部分的な連続依存性の導出、導出された依存性の分析、分析による計測レシピの決定、決定されたレシピに基づく計測の実行について開示している。(ii) 米国特許出願第 6 2 / 2 2 2 7 2 4 号は、トポグラフィ位相制御のための別の手法(主にハードウェアのオプション)を開示し、最も適切なレシピ設定を選択するための実用的な基準を提供する。(iii) 内部文献は、オーバーレイ測定の精度と正確度を改善するための、0 次回折光の振幅および位相の制御について開示している。例えば、この文献は、漏洩ブロッカーや補償光学素子や干渉制御の使用を含む、0 次回折光を制御するためのハードウェアオプションの実施について開示している。本開示は、偏光ターゲットや偏光制御ハードウェアを使用して、回折光のパラメータに対してさらなる制御レベルを提供することに重点を置く。さらに、本開示は、比較的単純なハードウェアを使用し、ターゲット設計手順に関連づけられ、1 次回折光信号に制限されない方法で例示されるが、あらゆる回折光に応用可能である。

10

【 0 0 1 8 】

計測用スキャトロメトリターゲット、光学システム、および対応する計測ツール、ならびに測定方法を提供する。ターゲットおよび/または光学システムは、スキャトロメトリターゲット照明時の 0 次回折信号間に 180° の位相シフトを作り出すことにより、スキャトロメトリターゲットからの 0 次回折信号に対して、1 次回折信号を増強させるように設計される。例えば、ターゲットは、ターゲット照明時の 0 次回折信号間に第 1 位相シフトを作り出すことにより偏光照明にตอบสนองするように設計されてもよく、光学システムは、偏光照明によりターゲットを照明し、かつ、得られた回折信号を分解して、ターゲット照明時の 0 次回折信号間に第 2 位相シフトを発生させるように設計されてもよい。両方の位相シフトが 0 から 180° であるとき、これらの位相シフトが加算され 180° になると、0 次回折信号は相殺される。

20

【 0 0 1 9 】

図 1 A は、本発明のいくつかの実施形態による、偏光位相制御を実施して 0 次回折信号を相殺する計測システム 1 0 5 の概略説明図を示す。計測システム 1 0 5 は、スキャトロメトリ計測ターゲット 1 0 0 と、光学システム 1 5 0 を有する計測ツールとを備える。スキャトロメトリ計測ターゲット 1 0 0 は、粗いピッチを有し、照明されるときに 0 次回折信号間に第 1 位相シフト 121° を発生させるように構成される。光学システム 1 5 0 は、2 つの垂直偏光照明コンポーネントによりターゲット 1 0 0 を照明し、かつ、2 つの垂直偏光照明コンポーネントを補完する 2 つの垂直偏光方向に、得られた回折信号を分解し、ターゲット照明時の 0 次回折信号間で第 2 位相シフト 122° を発生させるように構成される。第 1 位相シフト 121° と第 2 位相シフト 122° の和は 180° であり、0 次回折信号を相殺する。図 1 A は、回折光の偏光を概略的に示し、0 次コンポーネントは、 180° の位相を加算することにより相殺される一方、 180° の位相を加算した - 1 次光を + 1 次光に加算することにより、1 次回折光は増強される。以下に説明するように、計測システム 1 0 5 は、ターゲットの設計のみにより、光学システムの設計のみにより、またはターゲットの設計および光学システムの設計に対する調整を組み合わせることにより、0 次回折信号を相殺するように構成されてもよい。

30

40

【 0 0 2 0 】

図 1 B は、本発明のいくつかの実施形態による、スキャトロメトリターゲット 1 0 0 の概略説明図である。ターゲット 1 0 0 は、照明に対する回折信号の偏光を変更するように構成され、ゆえに、偏光ターゲットと呼ばれる。ターゲット 1 0 0 は、堅牢なハードウェアによる偏光制御を可能にするように構成された光学システムと関連づけられる回折信号を得るために測定されてもよい(例示的な非限定オプションとして、下記システム 1 5 0 を参照)。ターゲット 1 0 0 は、計測ツールにより十分に解像される粗いピッチ P_1 (例えば、 $1000 \sim 2000 \text{ nm}$) を有する。ターゲット 1 0 0 は、照明されるときに、例えば、粗いピッチの半分のピッチで垂直偏光素子 1 0 3 を有して 180° の位相シフトを

50

発生させることにより、0次回折信号間に 180° の位相シフトを発生させるように構成される。粗いピッチ領域の部分110、例えばその半分は、より細かい未解像のピッチ P_2 で一方向（例えばX方向）に分割され、別の部分115、例えば粗いピッチ領域の別の半分は、同じ細かい分割ピッチ P_2 で第1方向に対して垂直方向（例えばY方向）に分割される。結果として、ターゲットユニットセル101、102はピッチ（ P_1 ）の半分だけずれるため、XおよびY方向の偏光照明からの1次回折光信号は、 180° （ ）の位相差を有する。したがって、+1と-1の回折光信号間の 180° （ ）に固有の位相により、セル101と102からの1次信号が加算される一方、セル101と102からの0次信号は、互いに相殺し合う。2以上のピッチでは、2次以上の回折光が含まれてもよく、位相差を使用して、それらも同様に除去するか増強するために使用してもよい（例えば、 180° の位相差は、次数が偶数の回折光を除去し、次数が奇数の回折光を増強する）。

10

【0021】

図1Cは、本発明のいくつかの実施形態によるスカトロメトリターゲット100の概略説明図である。ターゲット100を両方向に分割しプロセス適合性を高めてもよい。垂直偏光素子103を、細かいピッチで分割してもよい。図1Cでは、図1Bに描かれるターゲットの設計に、ピッチ P_3 を有するさらなる分割を加えてもよい。ターゲットのサブセル101と102の間の2次偏光効果と対称性の破壊を避けるために、XおよびY方向に両方とも同じ細かいピッチで分割してもよい。

【0022】

20

ターゲット100は、ターゲットのピッチ（例えば、 P_1 、 P_2 、 P_3 のいずれか）や、電場のフィルファクタ（デューティサイクル）、分割タイプなどを選択することにより構成されてもよい。並び合うイメージングターゲットの場合、例えば別の層における周期構造を測定するため、1つの層における未解像の周期構造を用いるなど、ターゲット設計を最適化するように別の特徴を構成してもよい（例えば、下部格子の測定用に上層の未解像の周期構造を使用すること、およびその反対も同様）。

【0023】

図2Aと2Bは、本発明のいくつかの実施形態による、スカトロメトリターゲット100の概略説明図を示す。ターゲット100は、最初の非偏光構造90（解像されたピッチ P_1 を有する）と、ターゲット照明時の0次回折信号間に 180° の位相シフトを発生させるように構成される少なくとも1つの偏光構造146（より細く、未解像のピッチ $P_2 < P_1$ 、ダミー構造とも呼ばれる）を有する、少なくとも1つのさらなるターゲット層145とを備える。例えば、さらなるターゲット層145（複数可）は、最初の層90の上または下であってもよい（それぞれ図2A、2Bに図示）。未解像のピッチ P_2 は、例えば、解像されたピッチ P_1 の半分のピッチであってもよい。未解像のピッチ P_2 と層90に対する層145の位置と距離は、 180° であってもよい所定の第1位相シフト121を発生させるように選択されてもよいが、光学システム150の第2位相シフト122により補完される別の値を用いて、 180° の全体的な位相シフトを発生させ、0次回折光を相殺してもよい。図示されるように、並び合うターゲットや格子を重ねたターゲット用のターゲット設計を最適化するために、中間層または下層の未解像の周期構造を用いて

30

40

【0024】

層145における未解像の周期構造146は、それらが配置される層の実効誘電率を変化させ、その結果、積層全体における回折光の生成と伝搬に影響を及ぼす。未解像のダミー構造も同様に、設計ルールピッチに近いピッチで分割すると、偏光に対する測定ターゲットの感度が増強する。未解像のダミー構造145の電場のフィルファクタもまた、照明偏光に対するターゲットの応答を制御するように変更または設計されてもよい。相補層（層145）におけるターゲット（層90）とダミー構造間に起こり得るクロストークを避けるために、ダミー構造要素146は、測定ターゲットの周期方向に対して直交方向に分割して設計されてもよい。偏光構造145は、最初の非偏光構造90の分割方向に対して

50

垂直方向に沿って分割されてもよい。したがって、さらなる層 145 は、図 2 A および 2 B に記載される X 方向の分割ではなく、Y 方向に沿って分割されてもよい。

【0025】

開示されるスキャトロメトリ計測ターゲット 100 のターゲット設計ファイルは、本開示の一部として考えられる。

【0026】

図 3 は、本発明のいくつかの実施形態による、光学システム 150 の概略説明図である。光学システム 150 は、照明源 75 と、照明を（例えば、直線に）偏光するように配置された偏光子 160 と、2 つの直交する偏光方向の間に波長板パラメータ（角度とリターデーション）を使用して位相シフト 122 A を決定するように配置される第 1 波長板 165 とを有する照明アーム 161 を備える。光学システム 150 は、対物レンズ 70 を通じてウエハ 60 上のターゲット 100 へ照明を方向付けるように構成され、ターゲット 100 から対物レンズ 70 を通過し、集光アーム 171 へ回折信号を方向付けるように構成される、（非偏光または偏光の）ビームスプリッタ 80 をさらに備える。集光アーム 171 は、ある集光偏光角度 122 B の第 2 波長板 175 と、検光子 170 と、検出器 85 とを備える。照明および集光偏光角度 122 A、122 B は、ターゲット種類とシステム構成による第 2 位相シフト 122 を得るよう構成されてもよい。

【0027】

例えば、図 1 B および図 1 C に記載の偏光ターゲット 100 と、半波長板 165、175 を使用することにより、角度 122 A、122 B の等しい角度（例えば、45°）が満たされるが、これは、上述のとおり、ターゲットにより 180° の完全な位相シフトが得られるためである。別の実施例では、図 2 A および 2 B に記載の偏光ターゲット 100 を使用し、角度 122 A、122 B を異ならせて、非偏光ターゲット 90 に層 145 を重ねることにより得られる第 1 位相シフト 121 に加算される第 2 位相シフト 122 を得てもよい。

【0028】

波長板 165、175 に代わり、または追加して、偏光ビームスプリッタ 80 を使用してもよく、代替的に、または補完的にあらゆる光学素子を使用して制御可能な位相シフトを得てもよい。例えば、偏光ビームスプリッタ 80 を使用して、2 つの垂直偏光の光路を分離するように光学システム 150 を構成してもよく、2 つの偏光間に光路差を発生させる位相リターダまたはあらゆる光学素子を追加することにより、またさらに、両方の偏光をともに組み合わせさせてさらなるビームスプリッタを使用することにより、回折光の位相制御を実現させてもよい。

【0029】

光学システム 150 は光路 161、171 のうちの 1 つに ND（中性濃度）フィルタを含んでも良く、偏光の相対振幅を制御するように構成される。

【0030】

特定の実施形態において、波長板 165、175 のうちの 1 つのみを使用して第 2 位相シフト 122 を得てもよい。特定の実施形態において、いずれの波長板 165、175 を使用しなくても、偏光子 160 は直線偏光照明を提供し、検光子 170 は回折信号を受信するように構成されてもよい。例えば、図 1 B、図 1 C などに記載のターゲットを測定するために、偏光子 160 と検光子 170 は、それぞれ 45° と 135° の角度で設定されてもよい。このように、光学システム 150 は、0 次回折光を完全に相殺し、1 次回折光の振幅を倍増させるように構成されてもよい。図 3 は、0 次回折光を完全に抑制可能にする、非常に一般的で堅牢な光学スキームを有限ターゲットサイズからのローブ（lobes）すべてとともに示し、先行技術のように瞳面でブロッカーを使用することに対し本発明を有利にしている。特定の実施形態において、発明者らは、0 次光を準垂直照明とともに完全に抑制することは、正確度と精度の観点両方から最良の測定条件を実現することを見出した。

【0031】

照明路 161 の偏光子 165 と集光路 171 の検光子 170 は、結合信号における各偏光の重み係数を制御するように構成されてもよい。次数が異なる回折光の間の差を改善することに加え、1 次回折信号を増強するために、ターゲット 100 は、偏光差に対してターゲットの応答感度が高くなるように構成されてもよい。さらに、1 次回折光の振幅に対して重大な影響を及ぼすことなく 0 次回折光の振幅を制御したり、0 次回折光と 1 次回折光との位相を制御したりするように、光学システム 150 とターゲット 100 を本明細書の説明どおりに構成してもよい。発明者らは、前者の場合では画像のコントラストが増強される一方、後者の場合では画像の正確度が増強されることを見出した。スキヤトロメトリにおいて（例えば、SCOL - スキヤトロメトリオーバーレイ）、光学システム 150 およびターゲット 100 は、1 次回折光間の位相を制御して、感度と正確度の両方を増強させるように構成されてもよい。スキヤトロメトリターゲットの場合、偏光方向の変化に対して異なる応答をするように別の層のターゲット設計を設計してもよい。

10

【0032】

あらゆる実施形態の光学システム 150 とスキヤトロメトリターゲット 100 を組み合わせた計測システムは、本開示の一部とみなされる。具体的には、計測システムであって、粗いピッチを有しターゲット照明時の 0 次回折信号間に第 1 位相シフトを発生させるように構成されるスキヤトロメトリ計測ターゲット 100 と、2 つの垂直偏光照明コンポーネントによりターゲットを照明して、かつ、得られた回折信号を 2 つの垂直偏光照明コンポーネントを補完する 2 つの垂直偏光方向に分解し、ターゲット照明時の 0 次回折信号間に第 2 位相シフトを発生させるように構成される光学システム 150 とを有する計測ツ

20

【0033】

図 4 は、本発明のいくつかの実施形態による方法 200 を示す概略フローチャートである。方法 200 は、例えば、計測モジュールなどの少なくとも 1 つのコンピュータプロセッサにより少なくとも部分的に実施されてもよい。特定の実施形態では、ともに具現化されるコンピュータ可読プログラムを有し、方法 200 の関連する段階を実行するように構成されるコンピュータ可読記憶媒体を含むコンピュータプログラム製品を含む。特定の実施形態では、方法 200 の実施形態により設計される各ターゲットのターゲット設計ファイルを含む。

30

【0034】

方法 200 は、スキヤトロメトリターゲットを設計すること、計測ツールの光学システムを構成することの一方または両方を行い、スキヤトロメトリターゲット照明時の 0 次回折信号間に 180° の位相シフトを発生させることにより、粗いピッチを有するスキヤトロメトリターゲットからの 0 次回折信号に対して 1 次回折信号を増強させることを含む（ステージ 201）。例えば、方法 200 は、ターゲット設計による第 1 位相シフトを光学システム構成による第 2 位相シフトと組み合わせることを含んでもよく、第 1 位相シフトと第 2 位相シフトが加算され、 180° になる（ステージ 202）。

【0035】

方法 200 は、スキヤトロメトリおよび/またはイメージングターゲットを設計することに加え、設計されたターゲットを測定するための対応する光学システムを設計することを含む。方法 200 は、偏光照明に対するターゲットの応答による 1 次回折信号を増強させる、偏光に感度をもつスキヤトロメトリターゲットを設計すること（段階 205）と、偏光制御ハードウェアと偏光ターゲットとを組み合わせるさらなる回折光のパラメータを提供すること（段階 210）とを含んでもよい。方法 200 は、設計ターゲットを製造すること（段階 230）、設計ターゲットをスキヤトロメトリで測定すること（段階 235）の一方または両方をさらに含んでもよい。方法 200 は、照明の偏光を使用して、直交する分割領域からの信号同士を分離するように光学システムを構成すること（段階 240）と、照明および/または検出光路で偏光位相を制御すること（段階 245）と、をさらに含んでもよい。方法 200 は、照明偏光を使用して、直交する分割領域からの信号と信

40

50

号とを分離するように、計測ツールの光学システムを構成することを含んでもよい（段階 242）。

【0036】

方法200は、対応するスキャトロメトリ計測ツールにより解像される少なくとも1つの粗いピッチを有する少なくとも1つの周期構造の複数のターゲット要素を、対応する計測ツールで解像されない少なくとも1つの細かいピッチで分割することを含んでよく、少なくともいくつかの要素内の少なくとも2方向に対して細かく分割され、少なくとも2方向において同じ0次回折光のパラメータを維持する（段階220）。それにより方法200は異なる方向で同一の0次回折光のパラメータを維持することを含んでもよい（段階222）。方法200は、粗いピッチの半分のピッチで垂直偏光要素を有するようにスキャトロメトリターゲットを設計して、180°の位相シフトを発生させてもよい（段階221）。

10

【0037】

方法200は、少なくとも1つのより細かいピッチによって、細かい分割をさらに垂直に分割することをさらに含んでもよい（段階225）。

【0038】

方法200は、少なくとも2つの細かい分割方向に対応する、少なくとも2つの偏光照明を使用して、測定235を実行することを含んでもよく（段階240）、少なくとも2方向に対して、0次回折信号を干渉法的に抑制し、そこからの1次回折信号を増強させることをさらに含んでもよい（段階250）。方法200は、少なくとも2方向に関して、干渉法的に0次回折信号を相殺して、1次回折信号を完全に加算することをさらに含んでもよい（段階255）。

20

【0039】

方法200は、対応する波長板を使用して、偏光照明と回折信号を制御すること（段階260）と、可能であれば偏光信号の重みを割り当て、制御して、収集したデータを最適化することをさらに含んでもよい（段階265）。

【0040】

方法200は、2つの垂直偏光照明コンポーネントによりスキャトロメトリターゲットを照明し（段階270）、かつ、2つの垂直偏光照明コンポーネントを補完する2つの垂直偏光方向に回折信号を分解して、ゼロ次回折信号を相殺するように計測ツールの光学システムを構成することを含んでもよい（段階275）。

30

【0041】

方法200は、スキャトロメトリターゲットを設計することを含み、非偏光構造を有するスキャトロメトリターゲットが、180°の位相シフトを発生させるように構成された少なくとも1つの偏光構造を有する少なくとも1つのさらなるターゲット層を有してもよく（段階280）、非偏光構造の上および/または下にさらなるターゲット層（複数可）を設計してもよい（段階282）。

【0042】

偏光制御ハードウェア（光学システム150）と偏光ターゲット（ターゲット100）とを組み合わせることにより、回折光パラメータのさらなる制御水準を得ることが好ましい。ターゲット100において、測定ターゲットの偏光特性の制御または増強を目的として、相補層または使用可能な中間層を使用して、分割されたダミー構造を導入してもよい。偏光制御ハードウェアと偏光ターゲットとを組み合わせることにより、オーバーレイ測定における正確度や精度が高まることが判明した。光学システム150とターゲット100は、さまざまな計測プラットフォームにおいて実施されてもよく、デバイス状のターゲットを製造するための性能を向上させる。

40

【0043】

本明細書で開示される設計原則によって、位相および/またはあらゆる回折光の振幅の制御が可能になり、結果として0次光を相殺することに加え、さらなる利点を得られることが強調される。

50

【0044】

本発明の態様は、本発明の実施形態による方法、装置（システム）、およびコンピュータプログラム製品のフローチャート図、および/または、部分図を参照して上記に説明される。フローチャート図や部分図の各部分およびフローチャート図や部分図の各部分の組み合わせは、コンピュータプログラム指示により実施され得ることが理解される。コンピュータまたは他のプログラム可能なデータプロセッシング装置のプロセッサを通じて実行される指示が、フローチャートおよび/または部分図の一部または複数部分で特定される機能/動作を実施するための手段を作り出すように、前述のコンピュータプログラム指示を、汎用コンピュータ、特別な目的のコンピュータ、または他のプログラム可能なデータプロセッシング装置のプロセッサに備えて、装置を製造してもよい。

10

【0045】

コンピュータ可読媒体に記憶された指示によりフローチャートおよび/または部分図の一部または複数部分で特定される機能/動作を実施する指示を含む製品が製造されるように、前述のコンピュータプログラム指示もまたコンピュータ、他のプログラム可能なデータプロセッシング装置、または他の装置に対して、特定の方法で機能するように命令可能なコンピュータ可読媒体に記憶されてもよい。

【0046】

コンピュータまたは他のプログラム可能な装置で実行する指示がフローチャートおよび/または部分図の一部または複数部分で特定される機能/動作を実施するためのプロセスを可能にするように、前述のコンピュータプログラム指示はまた、コンピュータ、他のプログラム可能なデータプロセッシング装置、または他の装置に搭載され、コンピュータ、他のプログラム可能な装置、または他の機器で一連の動作ステップを実施させ、コンピュータ実行プロセスを生み出してもよい。

20

【0047】

上記のフローチャートおよび図は、本発明によるさまざまな実施形態によるシステム、方法、およびコンピュータプログラム製品の実施可能なアーキテクチャ、機能性、および動作を示す。この点に関し、フローチャートまたは部分図における各部は、モジュール、分割、またはコードの一部を示し、各部は特定された論理的機能を実行するための1以上の実行可能な指示を含む。また、いくつかの代替的な実施において、各部で示された機能は、図示された順序以外で起こってもよいことにも留意されたい。例えば、その機能性に
30
30

【0048】

上記の説明において、一実施形態は、本発明の一例または実施例である。「1つの実施形態」「一実施形態」「特定の実施形態」または「いくつかの実施形態」などのさまざまな表現は、必ずしもすべてが同じ実施形態を指すわけではない。発明のさまざまな特徴は、1つの実施形態の中で説明されるが、それらの特徴は別々にまたは適する組み合わせで用いられてもよい。逆に、本発明は、明確化するために別々の実施形態の中で明細書に記載されてもよいが、本発明はまた1つの実施形態において実施されてもよい。本発明の特定の実施形態は、上で開示される別の実施形態の特徴を含んでもよく、特定の実施形態は、上で開示した別の実施形態の要素を組み入れてもよい。ある具体的な実施形態における本発明の要素の開示は、その具体的な実施形態のみの使用に限定されるものとして解釈されない。さらに、本発明はさまざまな方法で実行可能または実施可能であり、本発明は上記説明に記載した実施形態以外の特定の実施形態で実施可能であることが理解される。

40

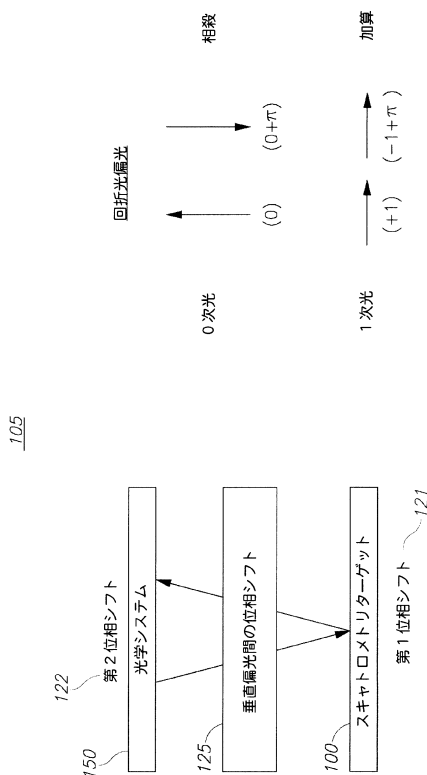
【0049】

本発明は、これらの図面や図面に対応する説明に限定されるものではない。例えば、工

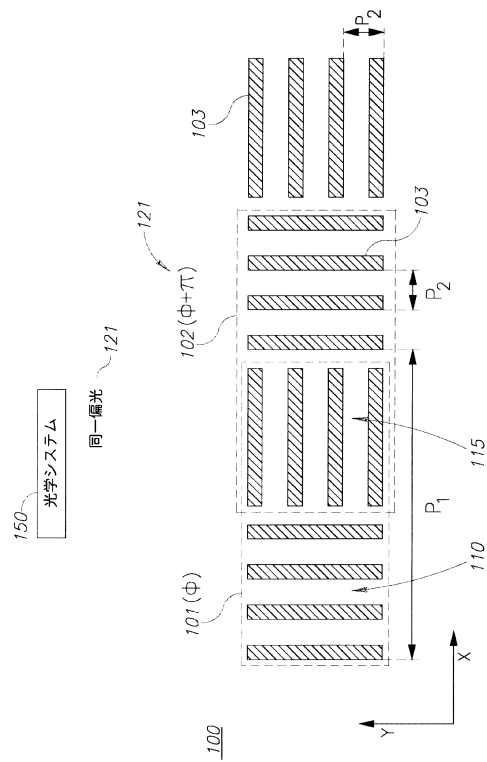
50

程では、描かれたそれぞれの枠や状態を通る必要はなく、または描かれた順序や説明された順序と厳密に同じ順序である必要もない。本明細書で使用される技術的および学術的な用語の意味は、特に定義されない限り、本発明が属する技術分野の当業者が一般に理解するとおりに理解される。本発明は、限定された数の実施形態に関して説明されたが、これらは本発明の範囲に対する限定として解釈されるべきものではなく、いくつかの好ましい実施形態の例証として解釈されるべきである。他の可能な変形、設計変更、応用もまた本発明の範囲に含まれる。したがって、本発明の範囲は、これまでに記載された説明ではなく、添付される請求の範囲とその法的等価物により限定される。

【図 1 A】



【図 1 B】



【 図 1 C 】

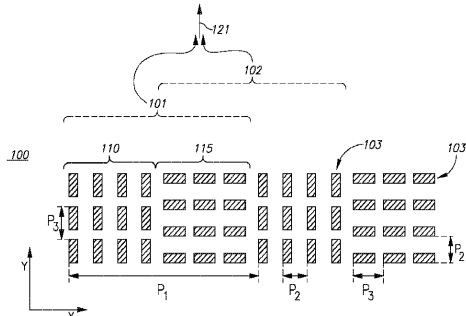


Figure 1C

【 図 2 A 】

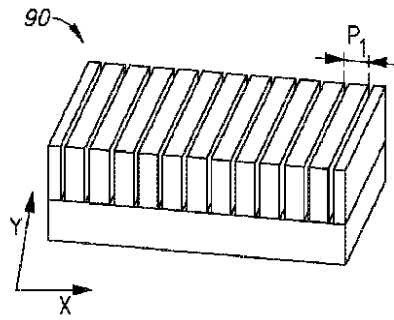
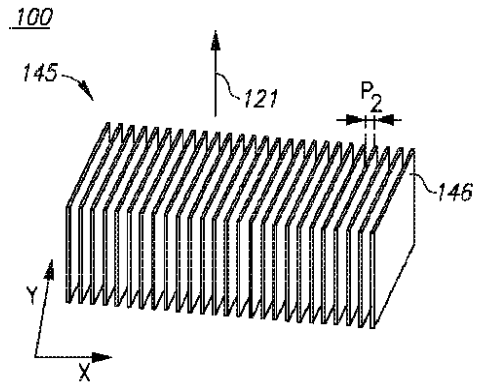


Figure 2A

【 図 2 B 】

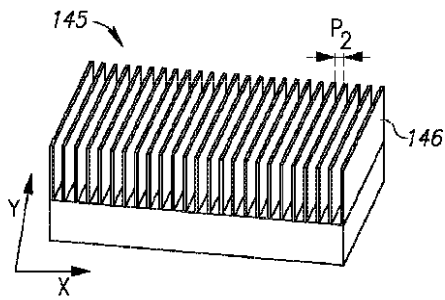
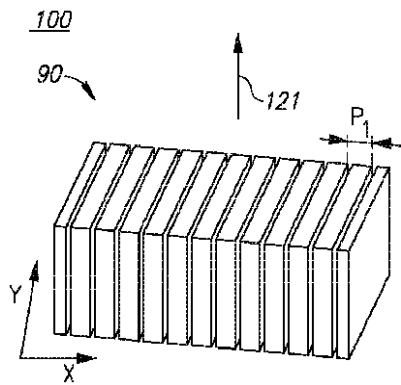


Figure 2B

【 図 3 】

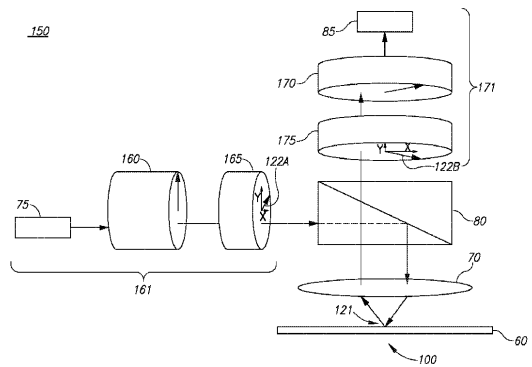
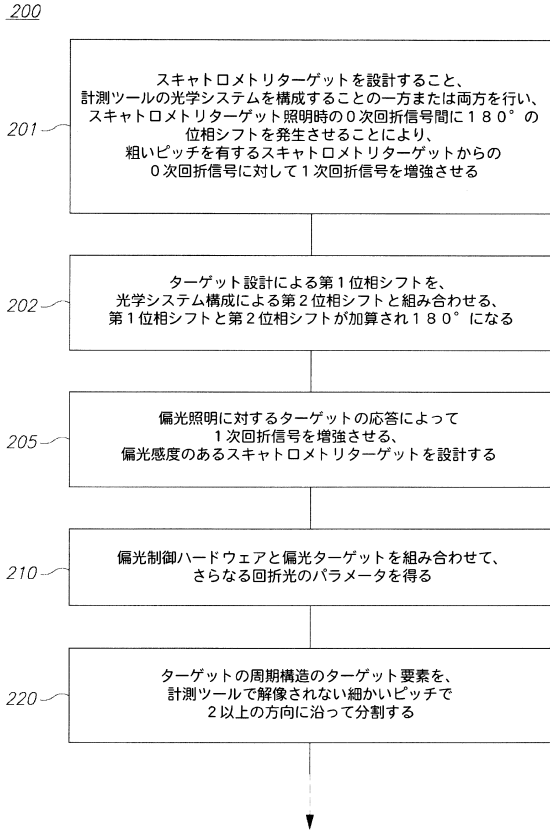


Figure 3

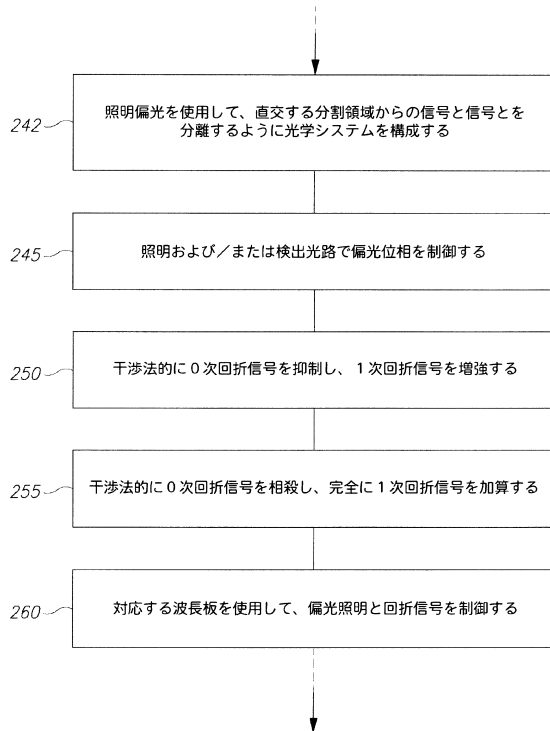
【図4】



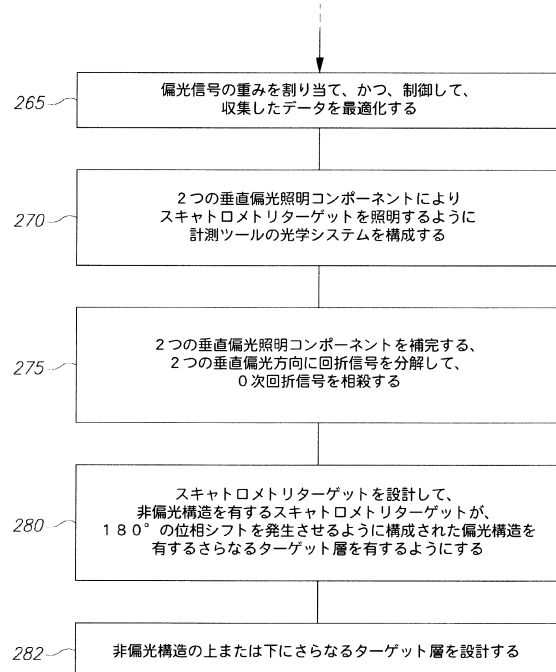
【図4-1】



【図4-2】



【図4-3】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2002-311564(JP,A)
特表2008-532010(JP,A)
国際公開第2014/210381(WO,A1)
旋光性液晶空間光変調器を用いたホログラム記録と偏光法を用いた0次光消去, テレビジョン学会技術報告, 1996年11月15日, Vol.20/No.60, pp.37-40

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 11/00 - 11/30

G01B 9/00 - 9/10