

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-81436
(P2009-81436A)

(43) 公開日 平成21年4月16日(2009.4.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 2 5 W	2 F 0 6 5
GO 3 F 9/00 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 0 2 V	2 H 0 9 7
GO 1 B 11/00 (2006.01)	GO 3 F 9/00 A	5 F 0 4 6
	GO 1 B 11/00 G	

審査請求 有 請求項の数 14 O L 外国語出願 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2008-232752 (P2008-232752)
 (22) 出願日 平成20年9月11日 (2008. 9. 11)
 (31) 優先権主張番号 11/902, 061
 (32) 優先日 平成19年9月18日 (2007. 9. 18)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 504151804
 エーエスエムエル ネザーランズ ビー.
 ブイ.
 オランダ国 ヴェルトホーフエン 550
 4 ディー アール, デ ラン 6501
 (74) 代理人 100079108
 弁理士 稲葉 良幸
 (74) 代理人 100109346
 弁理士 大貫 敏史
 (72) 発明者 テナー, マンフレッド, ガウエイン
 オランダ国, アイントホーフエン エヌエ
 ル-5613 イーイー, スパワーラン
 1 2

最終頁に続く

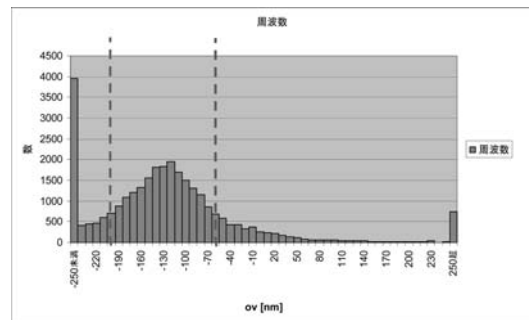
(54) 【発明の名称】 オーバレイエラーの測定方法、検査装置及びリソグラフィ装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 ノイズの効果を低下させ、オーバレイエラーの計算がさらに正確になるオーバレイエラーの代替計算方法を提供する。

【解決手段】 複数の回折格子などを含むターゲットマークからの反射放射が、ピクセルのアレイによって検出される。各ピクセルの回折格子のオーバレイエラーが検出され、オーバレイエラーのアレイが割り出される。全ピクセルのオーバレイエラー値を単純に平均するのではなく、フィルタリングが実行される。ピクセルは、オーバレイエラーの検出値又はピクセルの検出強度に従ってフィルタリングすることができる。

【選択図】 図 6



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

周期 P の繰り返しパターンを備えるマークのオーバーレイエラーを測定する方法であって、

放射のビームを前記マークに投影すること、
 スキャトロメータを使用して複数のピクセルで前記マークからの反射放射を測定して、
 ピクセル毎に前記オーバーレイエラーを割り出すこと、
 閾値より大きいオーバーレイエラーがあるピクセルを除外すること、および、
 除外されていない前記ピクセルの前記オーバーレイエラーを平均して、平均オーバーレイエ
 ラーを割り出すこと、
 を含む、方法。

10

【請求項 2】

前記閾値が周期 P の割合である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記割合が周期 P の 50% である、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

基板の特性を測定するように構成された検査装置であって、
 放射を基板に投影するように構成された放射投影装置と、
 前記基板から反射した前記放射を複数のピクセル上で検出するように構成された検出器
 と、
 閾値より大きいオーバーレイエラーを有する前記ピクセルを除外し、除外されなかった前
 記ピクセルの前記オーバーレイエラーを平均して、平均オーバーレイエラーを割り出すよう
 に構成されたデータ処理ユニットと、
 を備える、検査装置。

20

【請求項 5】

放射ビームを調整するように構成された照明支持体と、
 前記放射ビームの断面にパターンを与えて、パターン付き放射ビームを形成することが
 できるパターンングデバイスを支持するように構成された支持体と、
 基板を保持するように構成された基板テーブルと、
 前記パターン付き放射ビームを前記基板のターゲット部分に投影するように構成された
 投影システムと、
 前記基板の特性を測定するように構成された検査装置と、
 を備え、前記検査装置が、

30

放射を基板に投影するように構成された放射投影装置と、

前記基板から反射した前記放射を複数のピクセル上で検出するように構成された検出
 器と、

閾値より大きいオーバーレイエラーを有する前記ピクセルを除外し、除外されなかった
 前記ピクセルの前記オーバーレイエラーを平均して、平均オーバーレイエラーを割り出すよ
 うに構成されたデータ処理ユニットと、
 を備える、リソグラフィ装置。

40

【請求項 6】

マークのオーバーレイエラーを測定する方法であって、
 放射ビームを前記マークに投影すること、
 スキャトロメータを使用して複数のピクセル上の前記マークから反射した前記放射を測
 定して、ピクセル毎に前記オーバーレイエラーを割り出すこと、
 初期平均オーバーレイエラー及び前記オーバーレイエラーの標準偏差を計算すること、
 前記初期平均オーバーレイエラーの閾値範囲から外れたオーバーレイエラーを有する前記
 ピクセルを除外すること、
 除外されていない前記ピクセルの前記オーバーレイエラーを平均して、平均オーバーレイエ
 ラーを割り出すこと、

50

を含む、方法。

【請求項 7】

前記閾値範囲が、前記初期オーバーレイエラーからの標準偏差の閾値数である、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記範囲が、前記初期オーバーレイエラーから 2 標準偏差以内である、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

基板の特性を測定するように構成された検査装置であって、
放射を基板に投影するように構成された放射投影装置と、
前記基板から反射した前記放射を複数のピクセル上で検出するように構成された検出器と、

10

初期平均オーバーレイエラーを計算し、前記初期平均オーバーレイエラーの閾値範囲から外れたオーバーレイエラーを有する前記ピクセルを除外し、除外されなかった前記ピクセルの前記オーバーレイエラーを平均して、平均オーバーレイエラーを割り出すように構成されたデータ処理ユニットと、
を備える、検査装置。

【請求項 10】

放射ビームを調整するように構成された照明支持体と、
前記放射ビームの断面にパターンを与えて、パターン付き放射ビームを形成することができるパターンングデバイスを支持するように構成された支持体と、
基板を保持するように構成された基板テーブルと、
前記パターン付き放射ビームを前記基板のターゲット部分に投影するように構成された投影システムと、

20

基板の特性を測定するように構成された検査装置と、
を備え、前記検査装置が、
放射を基板に投影するように構成された放射投影装置と、
前記基板から反射した前記放射を複数のピクセル上で検出するように構成された検出器と、

30

初期平均オーバーレイエラーを計算し、前記初期平均オーバーレイエラーの閾値範囲から外れたオーバーレイエラーを有する前記ピクセルを除外し、除外されなかった前記ピクセルの前記オーバーレイエラーを平均して、平均オーバーレイエラーを割り出すように構成されたデータ処理ユニットと、
を備える、リソグラフィ装置。

【請求項 11】

マークのオーバーレイエラーを測定する方法であって、
放射ビームを前記マークに投影すること、
スキャトロメータを使用して複数のピクセル上で前記マークから反射した前記放射を測定して、ピクセル毎に前記オーバーレイエラーを割り出すこと、
閾値より低い強度を有する前記ピクセルを除外すること、および、
除外されていない前記ピクセルの前記オーバーレイエラーを平均して、前記平均オーバーレイエラーを割り出すこと、
を含む方法。

40

【請求項 12】

基板の特性を測定するように構成された検査装置であって、
放射を基板に投影するように構成された放射投影装置と、
前記基板から反射した前記放射を複数のピクセル上で検出するように構成された検出器と、

閾値より低い強度を有する前記ピクセルを除外し、除外されなかった前記ピクセルの前記オーバーレイエラーを平均して、平均オーバーレイエラーを割り出すように構成されたデー

50

タ処理ユニットと、
を備える、検査装置。

【請求項 1 3】

放射ビームを調整するように構成された照明支持体と、
前記放射ビームの断面にパターンを与えて、パターン付き放射ビームを形成することができるパターンングデバイスを支持するように構成された支持体と、
基板を保持するように構成された基板テーブルと、
前記パターン付き放射ビームを前記基板のターゲット部分に投影するように構成された投影システムと、
前記基板の特性を測定するように構成された検査装置と、
を備え、前記検査装置が、
放射を基板に投影するように構成された放射投影装置と、
前記基板から反射した前記放射を複数のピクセル上で検出するように構成された検出器と、
閾値より低い強度を有する前記ピクセルを除外し、除外されなかった前記ピクセルの前記オーバーレイエラーを平均して、平均オーバーレイエラーを割り出すように構成されたデータ処理ユニットと、
を備える、リソグラフィ装置。

10

【請求項 1 4】

基板の特性を測定するように構成された検査装置であって、
放射を基板に誘導するように構成された放射源と、
前記基板から反射した前記放射を複数のピクセル上で検出するように構成された検出器と、
閾値より大きいオーバーレイエラーを有する前記ピクセルを除外し、除外されなかった前記ピクセルの前記オーバーレイエラーを平均して、平均オーバーレイエラーを割り出すように構成されたデータ処理ユニットと、
を備える、検査装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

30

[0001] 本発明は、例えばリソグラフィ技術によるデバイスの製造などに使用可能な検査方法に、及びリソグラフィ技術を使用したデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

40

[0002] リソグラフィ装置は、所望のパターンを基板に、通常は基板のターゲット部分に適用する機械である。リソグラフィ装置は例えば、集積回路（IC）の製造に使用可能である。このような場合、代替的にマスク又はレチクルとも呼ばれるパターンングデバイスを使用して、ICの個々の層上に形成すべき回路パターンを生成することができる。このパターンを、基板（例えばシリコンウェーハ）上のターゲット部分（例えば1つ又は幾つかのダイの一部を備える）に転写することができる。パターンの転写は通常、基板に設けた放射感応性材料（レジスト）の層への結像により行われる。一般的に、1枚の基板は、順次パターンが与えられる網の目状の互いに近接したターゲット部分を含んでいる。従来のリソグラフィ装置は、パターン全体をターゲット部分に1回で露光することによって各ターゲット部分が照射される、いわゆるステップと、基板を所定の方向（「スキャン」方向）と平行あるいは逆平行にスキャンしながら、パターンを所定の方向（「スキャン」方向）に放射ビームでスキャンすることにより、各ターゲット部分が照射される、いわゆるスキャナとを具備している。パターンを基板にインプリントすることによっても、パターンングデバイスから基板へとパターンを転写することが可能である。

【0003】

[0003] リソグラフィプロセスを監視するために、パターンが与えられた基板のパラメー

50

タ、例えばその中又はその上に形成された連続する層間のオーバーレイエラーを測定することが望ましい。リソグラフィプロセスで形成された顕微鏡的構造を測定するには、走査電子顕微鏡及び様々な専門ツールを使用するなど、様々な技術がある。専門的な検査ツール（インスペクションツール）の1つの形態に、放射ビームを基板の表面上のターゲットに誘導し、散乱又は反射したビームの特性を測定するスカトロメータがある。基板による反射又は散乱の前後のビームの特性を比較することにより、基板の特性を割り出すことができる。これは、例えば反射ビームを、既知の基板特性に関連した既知の測定値のライブラリに記憶されているデータと比較することによって実行することができる。2つの主なタイプのスカトロメータが知られている。分光スカトロメータは、広帯域放射ビームを基板に誘導し、特定の狭い角度範囲に分散した放射のスペクトル（波長の関数としての強度）を測定する。角度分解スカトロメータは、単色放射ビームを使用して、散乱した放射の強度を角度の関数として測定する。

10

20

30

40

50

【0004】

[0004] ターゲットを照明して、反射した放射からデータを収集するこのようなシステムは、往々にしてパターンのオーバーレイエラーOVの計算に使用される。通常、これは複数の重ね合わせた回折格子から基板を形成（ターゲットを形成）し、反射した放射を測定することによって達成される。回折格子は、基板にエッチングするか、現像したレジストに回折格子を形成することによって形成することができる。往々にして、回折格子の下層が基板にエッチングされ、最上部の回折格子が現像レジストに形成される。反射した放射を複数のピクセル上で検出し、各ピクセルの平均オーバーレイエラーを計算する。次に、特定のターゲットについて全ピクセルのオーバーレイエラーを平均することによって、完全なターゲットの平均オーバーレイエラーを計算する。

【0005】

[0005] しかし、任意のターゲットについて全ピクセルのオーバーレイエラーを平均する方法は、有意のノイズ及びランダムエラーを生じやすい。これは、最終的なオーバーレイエラーの計算値の過大評価につながり、この過大評価が40%にもなることがあると、試験で示されている。

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

[0006] ノイズの効果を低下させ、オーバーレイエラーの計算がさらに正確になるオーバーレイエラーの代替計算方法を提供することが望ましい。

【課題を解決するための手段】**【0007】**

[0007] 本発明の態様によれば、既知の周期Pの繰り返しパターンを含むマークについて、オーバーレイエラーを測定する方法が提供され、方法は、放射のビームをターゲットマークに投影すること、ピクセル毎にオーバーレイエラーを割り出すために、スカトロメータを使用して、複数のピクセルでマークからの反射放射を測定すること、閾値より大きいオーバーレイエラーがあるピクセルを除外すること、および、除外されていないピクセルのオーバーレイエラーを平均して、平均オーバーレイエラーを割り出すことを含む。

【0008】

[0008] 本発明のさらなる態様によれば、マークのオーバーレイエラーを測定する方法が提供され、方法は、放射ビームをターゲットマークに投影すること、スカトロメータを使用して複数のピクセル上でマークから反射した放射を測定して、ピクセル毎にオーバーレイエラーを割り出すこと、初期平均オーバーレイエラー及びオーバーレイエラーの標準偏差を計算すること、初期平均オーバーレイエラーの規定された範囲から外れたオーバーレイエラーを有するピクセルを除外すること、および、除外されていないピクセルのオーバーレイエラーを平均して、平均オーバーレイエラーを割り出すことを含む。

【0009】

[0009] 本発明のさらなる態様によれば、マークのオーバーレイエラーを測定する方法が提

供され、方法は、放射ビームをターゲットマークに投影すること、スキャトロメータを使用して複数のピクセル上でマークから反射した放射を測定して、ピクセル毎にオーバーレイエラーを割り出すこと、閾値より低い強度を有するピクセルを除外すること、および、除外されていないピクセルのオーバーレイエラーを平均して、平均オーバーレイエラーを割り出すことを含む。

【0010】

[00010] 本発明の態様によれば、基板の特性を測定するように構成された検査装置が提供され、装置は、放射を基板上に誘導するように構成された放射源と、基板から反射した放射を複数のピクセル上で検出するように構成された検出器と、閾値より大きいオーバーレイエラーを有するピクセルを除外し、除外されていないピクセルのオーバーレイエラーを平均して、平均オーバーレイエラーを割り出すように構成されたデータ処理ユニットとを含む。

10

【0011】

[00011] 次に、本発明の実施形態を添付の略図を参照しながら、ほんの一例として説明する。図面では対応する参照記号は対応する部品を示している。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

[00022] 図1aは、本発明の一実施形態によるリソグラフィ装置を概略的に示したものである。この装置は、放射ビームB（例えばUV放射又はDUV放射）を調節するように構成された照明システム（イルミネータ）ILと、パターンングデバイス（例えばマスク）MAを支持するように構成され、特定のパラメータに従ってパターンングデバイスを正確に位置決めするように構成された第一位置決め装置PMに接続された支持構造体（例えばマスクテーブル）MTと、基板（例えばレジストコートウェーハ）Wを保持するように構成され、特定のパラメータに従って基板を正確に位置決めするように構成された第二位置決め装置PWに接続された基板テーブル（例えばウェーハテーブル）WTと、パターンングデバイスMAによって放射ビームBに与えられたパターンを基板Wのターゲット部分C（例えば1つ又は複数のダイを含む）に投影するように構成された投影システム（例えば屈折投影レンズシステム）PLとを含む。

20

【0013】

[00023] 照明システムは、放射の誘導、成形、又は制御を行うための、屈折、反射、磁気、電磁気、静電気型等の光学コンポーネント、又はその任意の組み合わせなどの種々のタイプの光学コンポーネントを含んでいてもよい。

30

【0014】

[00024] 支持構造体は、パターンングデバイスの方向、リソグラフィ装置の設計等の条件、例えばパターンングデバイスが真空環境で保持されているか否かに応じた方法で、パターンングデバイスを保持する。この支持構造体は、パターンングデバイスを保持するために、機械的、真空、静電気等のクランプ技術を使用することができる。支持構造体は、例えばフレーム又はテーブルでよく、必要に応じて固定式又は可動式でよい。支持構造体は、パターンングデバイスが例えば投影システムなどに対して確実に所望の位置にくるようにできる。本明細書において「レチクル」又は「マスク」という用語を使用した場合、その用語は、より一般的な用語である「パターンングデバイス」と同義と見なすことができる。

40

【0015】

[00025] 本明細書において使用する「パターンングデバイス」という用語は、基板のターゲット部分にパターンを生成するように、放射ビームの断面にパターンを与えるために使用し得る任意のデバイスを指すものとして広義に解釈されるべきである。ここで、放射ビームに与えられるパターンは、例えばパターンが位相シフトフィーチャ又はいわゆるアシストフィーチャを含む場合、基板のターゲット部分における所望のパターンに正確には対応しないことがある点に留意されたい。一般的に、放射ビームに与えられるパターンは、集積回路などのターゲット部分に生成されるデバイスの特別な機能層に相当する。

50

【 0 0 1 6 】

[00026] パターニングデバイスは透過性又は反射性でよい。パターニングデバイスの例には、マスク、プログラマブルミラーアレイ、及びプログラマブルLCDパネルがある。マスクはリソグラフィにおいて周知のものであり、これには、バイナリマスク、レベンソン型(alternating)位相シフトマスク、ハーフトーン(attenuated)位相シフトマスクのようなマスクタイプ、さらには様々なハイブリッドマスクタイプも含まれる。プログラマブルミラーアレイの一例として、小さなミラーのマトリクス配列を使用し、そのミラーは各々、入射する放射ビームを異なる方向に反射するよう個々に傾斜することができる。傾斜したミラーは、ミラーマトリクスによって反射する放射ビームにパターンを与える。

【 0 0 1 7 】

[00027] 本明細書において使用する「投影システム」という用語は、例えば使用する露光放射、又は液浸液の使用や真空の使用などの他の要因に合わせて適宜、例えば屈折光学システム、反射光学システム、反射屈折光学システム、磁気光学システム、電磁気光学システム及び静電気光学システム、又はその任意の組合せを含む任意のタイプの投影システムを網羅するものとして広義に解釈されるべきである。本明細書において「投影レンズ」という用語を使用した場合、これはさらに一般的な「投影システム」という用語と同義と見なされる。

【 0 0 1 8 】

[00028] ここに示している本装置は透過タイプである(例えば透過マスクを使用する)。あるいは、装置は反射タイプでもよい(例えば上記で言及したようなタイプのプログラマブルミラーアレイを使用する、又は反射マスクを使用する)。

【 0 0 1 9 】

[00029] リソグラフィ装置は2つ(デュアルステージ)又はそれ以上の基板テーブル(及び/又は2つ以上のマスクテーブル)を有するタイプでよい。このような「マルチステージ」機械においては、追加のテーブルを並行して使用するか、1つ又は複数の他のテーブルを露光に使用している間に1つ又は複数のテーブルで予備工程を実行することができる。

【 0 0 2 0 】

[00030] リソグラフィ装置は、投影システムと基板との間の空間を充填するように、基板の少なくとも一部を水などの比較的高い屈折率を有する液体で覆えるタイプでもよい。液浸液は、例えばマスクと投影システムの間など、リソグラフィ装置の他の空間に使用してもよい。液浸技術は、投影システムの開口数を増加させるために当技術分野で周知である。本明細書で使用する「液浸」という用語は、基板などの構造体を液体に沈めなければならないという意味ではなく、露光中に投影システムと基板の間に液体が存在するというほどの意味である。

【 0 0 2 1 】

[00031] 図1aを参照すると、イルミネータILは放射源SOから放射ビームを受ける。放射源とリソグラフィ装置とは、例えば放射源がエキシマレーザである場合に、それぞれ別々の構成要素であってもよい。このような場合、放射源はリソグラフィ装置の一部を形成すると見なされず、放射ビームは、例えば適切な誘導ミラー及び/又はビームエキスパンダなどを備えるビームデリバリシステムBDの助けにより、放射源SOからイルミネータILへと渡される。他の事例では、例えば放射源が水銀ランプの場合は、放射源がリソグラフィ装置の一体部分であってもよい。放射源SO及びイルミネータILは、必要に応じてビームデリバリシステムBDとともに放射システムと呼ぶことができる。

【 0 0 2 2 】

[00032] イルミネータILは、放射ビームの角度強度分布を調節するアジャスタADを備えていてもよい。通常、イルミネータの瞳面における強度分布の外側及び/又は内側半径範囲(一般にそれぞれ、-outer及び-innerと呼ばれる)を調節することができる。また、イルミネータILは、インテグレータIN及びコンデンサCOなどの他の種々のコンポーネントを備えていてもよい。また、イルミネータを用いて放射ビームを調整し、そ

10

20

30

40

50

の断面にわたって所望の均一性と強度分布とが得られるようにしてもよい。

【 0 0 2 3 】

[00033] 放射ビーム B は、支持構造体（例えばマスクテーブル M T）上に保持されたパターンニングデバイス（例えばマスク） M A に入射し、パターンニングデバイスによってパターンが与えられる。放射ビーム B はパターンニングデバイス（例えばマスク） M A を通り抜けて、基板 W のターゲット部分 C 上にビームを集束する投影システム P L を通過する。第二位置決め装置 P W 及び位置センサ I F（例えば干渉計デバイス、リニアエンコーダ、2次元エンコーダ又は容量センサ）の助けにより、基板テーブル W T を、例えば放射ビーム B の経路において様々なターゲット部分 C に位置決めするように正確に移動できる。同様に、第一位置決め装置 P M 及び別の位置センサ（図 1 a には明示されていない）を使用して、例えばマスクライブラリから機械的に検索した後に、又はスキャン中に、放射ビーム B の経路に対してパターンニングデバイス（例えばマスク） M A を正確に位置決めすることができる。一般的に、支持構造体（例えばマスクテーブル） M T の移動は、第一位置決め装置 P M の部分を形成するロングストロークモジュール（粗動位置決め）及びショートストロークモジュール（微動位置決め）を用いて実現できる。同様に、基板テーブル W T の移動は、第二位置決め装置 P W の部分を形成するロングストロークモジュール及びショートストロークモジュールの助けにより実現できる。ステップの場合（スキャナとは対照的に）、支持構造体（例えばマスクテーブル） M T をショートストロークアクチュエータのみに接続するか、固定してもよい。パターンニングデバイス（例えばマスク） M A 及び基板 W は、マスクアラインメントマーク M 1、 M 2 及び基板アラインメントマーク P 1、 P 2 を使用して位置合わせすることができる。図示のような基板アラインメントマークは、専用のターゲット位置を占有するが、ターゲット部分の間の空間に配置してもよい（スクライプレーンアラインメントマークと呼ばれる）。同様に、マスク M A 上に複数のダイを設ける状況では、マスクアラインメントマークをダイ間に配置してもよい。

10

20

【 0 0 2 4 】

[00034] 図示のリソグラフィ装置は以下のモードのうち少なくとも 1 つにて使用可能である。

【 0 0 2 5 】

[00035] 1 . ステップモードにおいては、支持構造体（例えばマスクテーブル） M T 及び基板テーブル W T は、基本的に静止状態に維持される一方、放射ビームに与えたパターン全体が 1 回でターゲット部分 C に投影される（すなわち 1 回の静止露光）。次に、別のターゲット部分 C を露光できるように、基板テーブル W T が X 方向及び / 又は Y 方向に移動される。ステップモードでは、露光フィールドの最大サイズによって、1 回の静止露光で像が形成されるターゲット部分 C のサイズが制限される。

30

【 0 0 2 6 】

[00036] 2 . スキャンモードにおいては、支持構造体（例えばマスクテーブル） M T 及び基板テーブル W T は同期的にスキャンされる一方、放射ビームに与えられたパターンをターゲット部分 C に投影する（つまり 1 回の動的露光）。支持構造体（例えばマスクテーブル） M T に対する基板テーブル W T の速度及び方向は、投影システム P L の拡大（縮小）及び像反転特性によって求めることができる。スキャンモードでは、露光フィールドの最大サイズによって、1 回の動的露光におけるターゲット部分の（非スキャン方向における）幅が制限され、スキャン動作の長さによってターゲット部分の（スキャン方向における）高さが決まる。

40

【 0 0 2 7 】

[000037] 3 . 別のモードでは、支持構造体（例えばマスクテーブル） M T はプログラマブルパターンニングデバイスを保持して基本的に静止状態に維持され、基板テーブル W T を移動又はスキャンさせながら、放射ビームに与えられたパターンをターゲット部分 C に投影する。このモードでは、一般にパルス状放射源を使用して、基板テーブル W T を移動させる毎に、又はスキャン中に連続する放射パルスの中で、プログラマブルパターンニングデバイスを必要に応じて更新する。この動作モードは、以上で言及したようなタイプのプロ

50

グラマブルミラーアレイなどのプログラマブルパターンングデバイスを使用するマスクレスリソグラフィに容易に利用できる。

【 0 0 2 8 】

[00038] 上述した使用モードの組合せ及び / 又は変形、又は全く異なる使用モードも利用できる。

【 0 0 2 9 】

[00039] 図 1 b に示すように、リソグラフィ装置 L A は、リソセル又はクラスタとも呼ばれることがあるリソグラフィセル L C の部分を形成し、これは基板上で露光前及び露光後プロセスを実行する装置も含む。従来、これらはレジスト層を堆積させるスピコート S C、露光したレジストを現像する現像装置 D E、チルプレート C H 及びベークプレート B K を含む。基板ハンドラ、つまりロボット R O は、入出力ポート I / O 1、I / O 2 から基板を取り上げ、これを異なるプロセス装置間で移動し、次にリソグラフィ装置のローディングベイ L B に送る。これらのデバイスは、往々にしてトラックと総称され、トラック制御ユニット T C U の制御下であり、これ自体は監視制御システム S C S によって制御され、これはリソグラフィ制御ユニット L A C U を介してリソグラフィ装置も制御する。したがって、スループット及び処理効率を最大限にするために、様々な装置を操作することができる。

10

【 0 0 3 0 】

[00040] リソグラフィ装置によって露光される基板が正確かつ一貫して露光されるために、露光された基板を検査して、連続する層間のオーバーレイエラー、線の太さ、クリティカルディメンジョン (C D) などの特性を測定することが望ましい。エラーが検出された場合、特に同じバッチの他の基板がまだ露光しないほど十分迅速かつ高速で検査を実行できる場合、連続する基板を露光するために調節することができる。また、既に露光した基板を、歩留まりを改善するために剥ぎ取り、再加工するか、廃棄し、それによって障害があると分かっている基板で露光を実行することを回避することができる。基板の一部のターゲット部分のみに障害がある場合、良好であるターゲット部分のみでさらなる露光を実行することができる。

20

【 0 0 3 1 】

[00041] 検査装置を使用して、基板の特性を、特に異なる基板の特性又は同じ基板の異なる層の特性が層毎にいか異なるかを割り出す。検査装置は、リソグラフィ装置 L A 又はリソセル L C に組み込むか、独立型デバイスでよい。最も迅速な測定を可能にするために、検査装置は、露光直後に露光レジスト層の特性を測定することが望ましい。しかし、レジストの潜像は非常に低いコントラストを有し、つまり放射に露光しているレジストの部分と露光していない部分との屈折率に非常に小さい差しかなく、全ての検査装置が、潜像を有用に測定するのに十分な感度を有しているわけではない。したがって、普通は露光基板で実行する最初のステップであり、レジストの露光部分と非露光部分とのコントラストを増大させる露光後ベークステップ (P E B) の後に、測定することができる。この段階で、レジストの像を半潜像と呼ぶことができる。レジストの露光又は非露光部分が除去されている時点で、又はエッチングなどのパターン転写ステップの後に、現像したレジスト像を測定することも可能である。後者の可能性は、障害のある基板を再加工する可能性を制限するが、それでも有用な情報を提供することができる。

30

40

【 0 0 3 2 】

[00042] 図 2 は、本発明に使用可能なスキャトロメータを示している。これは、基板 W に放射を投影するように構成された広帯域 (白色光) 放射投影装置 2 を含む。放射投影装置 2 は、放射を基板に投影するために放射源及び少なくとも 1 つの光学要素を含んでよい。放射源及び少なくとも 1 つの光学要素は、1 つのユニットに統合するか、別個であってよい。反射した放射が分光計検出器 4 に渡され、これが鏡面反射放射のスペクトル 1 0 (波長の関数としての強度) を測定する。このデータから、検出されたスペクトルを生成する構造又は輪郭を、処理ユニット P U によって、例えば厳密結合波解析及び非線形回帰によって、又は図 2 の下部で示すようにシミュレートしたスペクトルのライブラリとの比較

50

によって再構築することができる。概して、再構築するためには、構造の全体的形態が分かっている、構造を作成するプロセスの知識から、幾つかのパラメータが仮定され、スキヤトロメータのデータから割り出される構造のパラメータはわずかしかない。このようなスキヤトロメータは、垂直入射スキヤトロメータ又は斜め入射スキヤトロメータとして構成することができる。

【0033】

[00043] 本発明の実施形態で使用できる別のスキヤトロメータが、図3に示されている。このデバイスでは、放射源2によって放出された放射は、レンズシステム12を使用して干渉フィルタ13及び偏光器17を通して集光され、部分反射表面16で反射し、顕微鏡の対物レンズ15を介して基板Wに集光され、これは高い、好ましくは少なくとも0.9、さらに好ましくは少なくとも0.95の開口数(NA)を有する。液浸スキヤトロメータは、開口数が1を越えるレンズを有することさえできる。反射した放射は、次に部分反射表面16を透過して、散乱スペクトルを検出するために検出器18に入る。検出器は、レンズシステム15の焦点距離にある逆投影瞳面11に位置してもよいが、瞳面は、補助光学系(図示せず)で検出器に再結像してもよい。瞳面は、放射の半径方向位置が入射角を規定し、角位置が放射の方位角を規定する面である。検出器は、基板ターゲットの2次元角度散乱スペクトルを測定できるように、2次元検出器であることが好ましい。検出器18は、例えばCCD又はCMOSセンサのアレイでよく、例えば1フレーム当たり40ミリ秒などの積分時間を使用してよい。

10

【0034】

[00044] 基準ビームは、例えば入射放射の強度を測定するために使用されることが多い。そのために、放射ビームが、ビームスプリッタ16に入射すると、その一部が基準ビームとしてビームスプリッタを透過して、基準ミラー14へと向かう。次に、基準ビームは、同じ検出器18の異なる部分に投影される。

20

【0035】

[00045] 例えば405~790nm又はさらに低く、200~300nmなどの範囲で、問題の波長を選択するために、干渉フィルタ13のセットが使用可能である。干渉フィルタは、異なるフィルタのセットを含むのではなく、調節可能でよい。干渉フィルタの代わりに、回折格子を使用することができる。

【0036】

[00046] 検出器18は、1つの波長(又は狭い波長範囲)で散乱した光の強度を測定するか、複数の波長で別個に強度を測定するか、ある波長範囲にわたって統合された波長を測定することができる。さらに、検出器は、TM(transverse magnetic)偏光、及びTE(transverse electric)偏光の強度及び/又はTM偏光とTE偏光の間の位相差を別個に測定することができる。

30

【0037】

[00047] 広帯域光源(つまり光の周波数又は波長が、したがって色の範囲が広い光源)の使用が可能であり、これは大きいエタンデュを与え、複数波長の混合を可能にする。広帯域の複数の波長は、それぞれ の帯域幅及び少なくとも2 の間隔(つまり波長の2倍)を有することが好ましい。幾つかの放射「源」は、ファイバ束を使用して分割されている分散放射源の異なる部分でよい。この方法で、角度分解した散乱スペクトルを複数の波長にて並列で測定することができる。3次元スペクトル(波長及び2つの異なる角度)を測定することができ、これは2次元スペクトルより多くの情報を含む。これによって、より多くの情報を測定することができ、これは測定プロセスの堅牢性を向上させる。これについては、欧州特許第1,628,164A号にさらに詳細に記載されている。

40

【0038】

[00048] 基板W上のターゲットは回折格子でよく、これは現像後に、レジスト実線でバーが形成されるように印刷される。あるいは、バーを基板にエッチングすることができる。このパターンは、リソグラフィ投影装置、特に投影システムPLの色収差に影響されやすい、照明の対称性、及びこのような収差の存在は、印刷された回折格子の変動に現れる

50

。したがって、回折格子を再構築するために、印刷された回折格子のスキヤトロメータ測定データが使用される。線の幅及び形状などの回折格子のパラメータを、印刷ステップ及び/又は他のスキヤトロメータプロセスの知識から、処理ユニットPUによって実行される再構築プロセスに入力することができる。

【0039】

[00049] 図4aに示すように、基板Wは、ターゲットマークを形成する複数のパターン20、25を含んでよい。パターンは、現像後に、バーがレジスト実線で形成されるように印刷するか、リソグラフィ装置を使用して基板にエッチングすることができる。基板に放射が投影されたら、これは反射して、反射した放射が、図4bに示すようなピクセルのアレイを使用して検出される。多くのピクセルが、各ターゲットから反射した放射を検出する。ここには25のピクセルしか図示されていないが、さらに多くのピクセルを使用することができる。

10

【0040】

[00050] 検出されている反射放射を使用して、各ピクセルのオーバーレイエラーを、一般的に知られている技術を使用して検出することができる。一例として、ターゲットマークは500nmのピッチを有してよい。このようなターゲットについて、複数のピクセルで検出されたオーバーレイエラーの広がり、図5に示されている。ここで見られるように、オーバーレイエラーには相当な変化がある。本発明の実施形態によれば、ターゲットマークの回折格子ピッチの50%を超えるオーバーレイエラーを有するピクセルは除外される。この例では、図5に示すように、250nmを超えるオーバーレイエラーを有するピクセルは除外される。次に、残りの全ピクセルのオーバーレイの平均オーバーレイを計算して、平均オーバーレイエラーを出す。

20

【0041】

[00051] この例は、回折格子ピッチの50%以上のオーバーレイエラーを有するピクセルが除外されることを示しているが、これは、回折格子ピッチの割合、ターゲットの別の特徴、又は絶対値として、任意の予め割り出された値でよい。

【0042】

[00052] オーバレイエラーの値又は範囲は、予め割り出された閾値であるか、個別的に測定できる要素又はパラメータに基づいて「実行中に」割り出される閾値でよいことを認識されたい。

30

【0043】

[00053] 本発明の実施形態は、同じアレイのオーバーレイエラーを使用する。しかし、今回は、オーバーレイエラー分布の特徴を使用して、ピクセルを除外する。例えば、図6は、(初期)平均オーバーレイエラーから2標準偏差を超えて離れたオーバーレイエラーを有するピクセルが除外されることを示す。この実施形態では、初期平均オーバーレイエラーを、標準偏差と一緒に計算する。次に、(初期)平均オーバーレイエラーから例えば2標準偏差を超えて離れたオーバーレイエラーを有するピクセルを除外してから、残りの全ピクセルのオーバーレイエラーを計算して、平均オーバーレイエラーを出す。

【0044】

[00054] 本発明の別の実施形態では、ピクセルの強度を使用する。これは、例えばノイズ又は他のランダムエラーの影響を受けやすいピクセルでは、読み取りが減少することがあるので、有用である。ピクセルの強度の例示的分布が、図7に示されている。この例では、特定の値より低い強度を有するピクセルが除外されてから、残りのピクセルの平均をとる。しかし、最低強度を有するピクセルの割合、又は強度分布の特徴、例えば任意の数の平均値の標準偏差内にあるもののみを除外することが可能である。

40

【0045】

[00055] 図8は、従来平均化技術及び本発明の実施形態の1つによる技術の両方を使用して、オーバーレイエラーのアレイについて、実際のオーバーレイエラーに対するオーバーレイエラーの計算値を示すグラフを示す。ここで見られるように、本発明の実施形態の1つによるフィルタリング技術を使用すると、オーバーレイエラーの計算値と実際値の間に、は

50

るかに大きい直線関係が示されている。

【 0 0 4 6 】

[00056] 本発明の3つの個別的な実施形態について説明してきたが、方法のうち2つ又は3つを容易に組み合わせることができる。例えば、(初期)平均より2標準偏差大きいオーバーレイエラーを有するピクセルと、予め割り出した値より低い強度を有するピクセルとを除外することができる。

【 0 0 4 7 】

[00057] 本文ではICの製造におけるリソグラフィ装置の使用に特に言及しているが、本明細書で説明するリソグラフィ装置には他の用途もあることは言うまでもない。例えば、これは、集積光学装置、磁気ドメインメモリ用誘導及び検出パターン、フラットパネルディスプレイ、液晶ディスプレイ(LCD)、薄膜磁気ヘッドなどである。こうした代替的な用途に照らして、本明細書で「ウェーハ」又は「ダイ」という用語を使用している場合、それぞれ、「基板」又は「ターゲット部分」という、より一般的な用語と同義と見なしてよいことは、当業者に明らかである。本明細書に述べている基板は、露光前又は露光後に、例えばトラック(通常はレジストの層を基板に塗布し、露光したレジストを現像するツール)、計測ツール(メトロロジツール)及び/又は検査ツール(インスペクションツール)で処理することができる。適宜、本明細書の開示は、以上及びその他の基板処理ツールに適用することができる。さらに、基板は、例えば多層ICを生成するために、複数回処理することができる。したがって本明細書で使用する基板という用語は、既に複数の処理済み層を含む基板も指すことができる。

【 0 0 4 8 】

[00058] 以上では光学リソグラフィとの関連で本発明の実施形態の使用に特に言及しているが、本発明は、インプリントリソグラフィなどの他の用途においても使用可能であり、状況が許せば、光学リソグラフィに限定されないことが理解される。インプリントリソグラフィでは、パターンングデバイスの微細構成によって、基板上に生成されるパターンが画定される。パターンングデバイスの微細構成を基板に供給されたレジストの層に押しつけ、その後に電磁放射、熱、圧力又はその組合せにより、レジストを硬化する。パターンングデバイスをレジストから離し、レジストを硬化した後にパターンを残す。

【 0 0 4 9 】

[00059] 本明細書で使用する「放射」及び「ビーム」という用語は、イオンビームあるいは電子ビームといったような粒子ビームのみならず、紫外線(UV)放射(例えば、365nm、355nm、248nm、193nm、157nm又は126nmの波長を有する)及び極端紫外線光(EUV)放射(例えば、5nm~20nmの範囲の波長を有する)を含むあらゆるタイプの電磁放射を網羅する。

【 0 0 5 0 】

[00060] 「レンズ」という用語は、状況が許せば、屈折、反射、磁気、電磁気及び静電気光学部品を含む様々なタイプの光学部品のいずれか、又はその組合せを指す。

【 0 0 5 1 】

[00061] 以上、本発明の特定の実施形態を説明したが、説明とは異なる方法でも本発明を實踐できることが理解される。例えば、本発明は、上記で開示したような方法を述べる機械読み取り式命令の1つ又は複数のシーケンスを含むコンピュータプログラム、又はその内部に記憶されたこのようなコンピュータプログラムを有するデータ記憶媒体(例えば半導体メモリ、磁気又は光ディスク)の形態をとることができる。

【 0 0 5 2 】

[00062] 上記の説明は例示的であり、限定的ではない。したがって、請求の範囲から逸脱することなく、記載されたような本発明を変更できることが当業者には明白である。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 3 】

【 図 1 a 】 [00012] 本発明の実施形態によるリソグラフィ装置を示した図である。

【 図 1 b 】 [00013] 本発明の実施形態によるリソグラフィセル又はクラスタを示した図

10

20

30

40

50

である。

【図 2】[00014] 本発明の実施形態による第一スキヤトロメータを示した図である。

【図 3】[00015] 本発明の実施形態による第二スキヤトロメータを示した図である。

【図 4 a】[00016] ターゲットを示した図である。

【図 4 b】[00017] 反射した放射を検出するピクセルのアレイを示した図である。

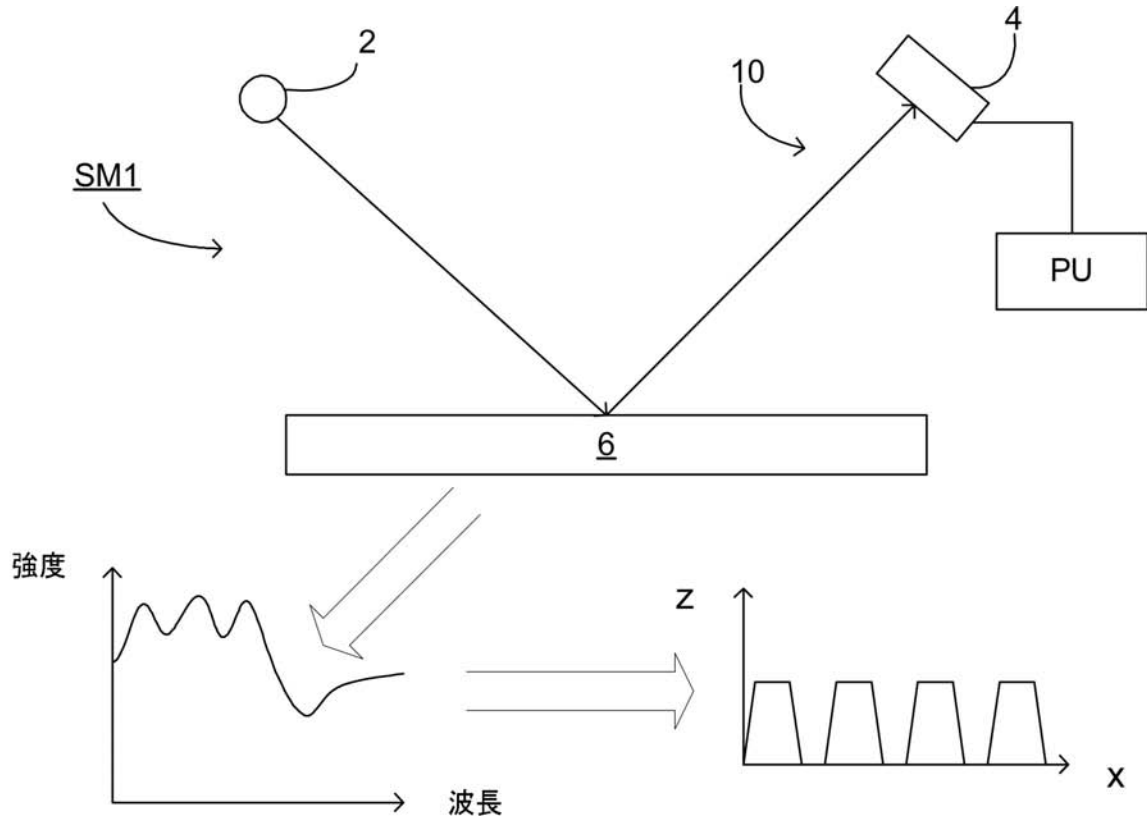
【図 5】[00018] 本発明の実施形態によるピクセルを示したグラフである。

【図 6】[00019] 本発明の実施形態によるピクセルを示したグラフである。

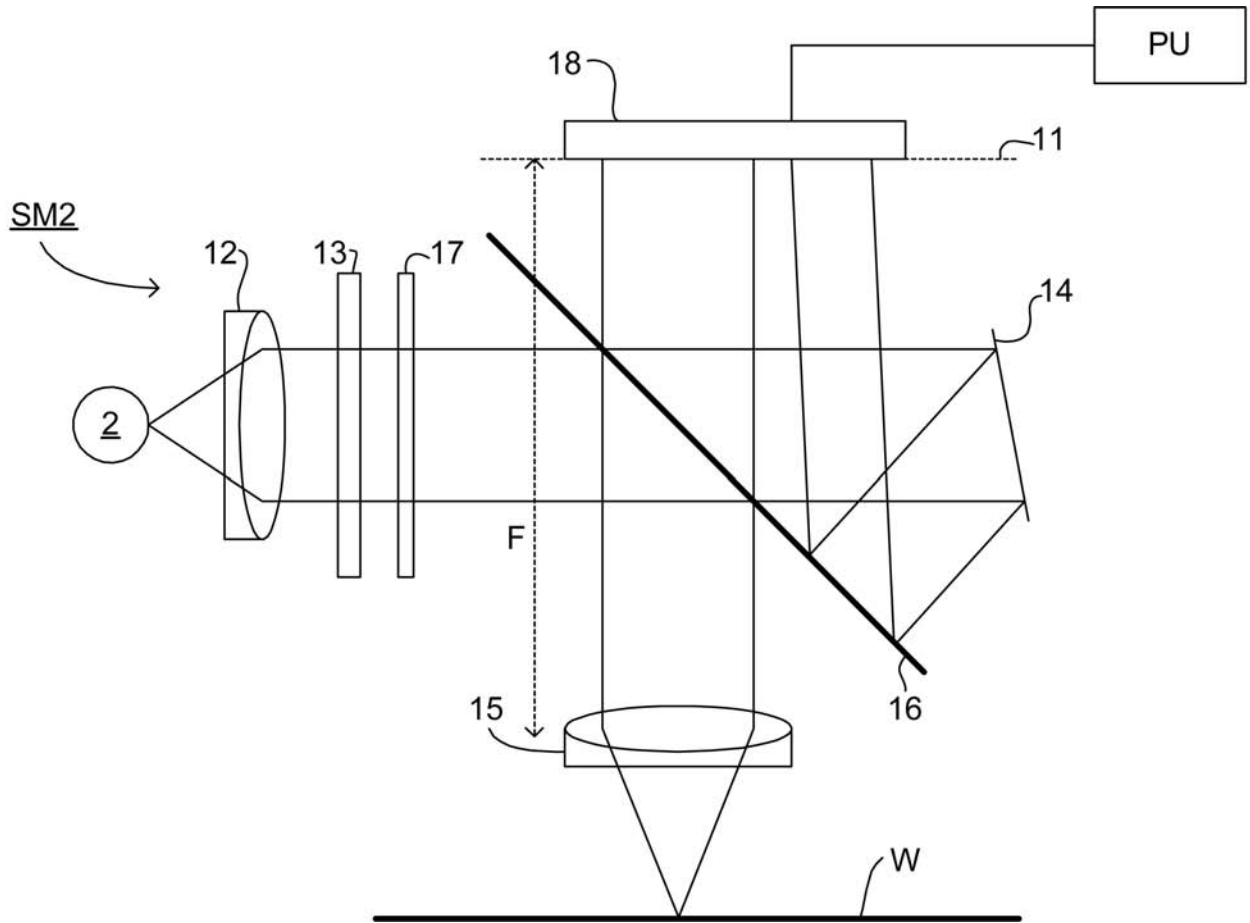
【図 7】[00020] 本発明の実施形態によるピクセルを示したグラフである。

【図 8】[00021] 本発明の実施形態により計算した平均オーバーレイ測定値を、従来通りの技術を使用して計算した平均オーバーレイ測定値と比較して示したグラフである。

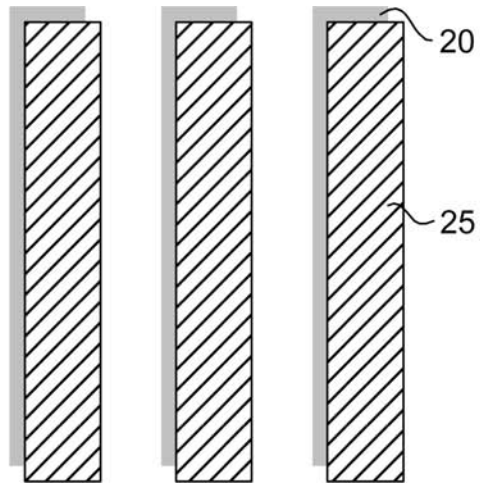
【 図 2 】



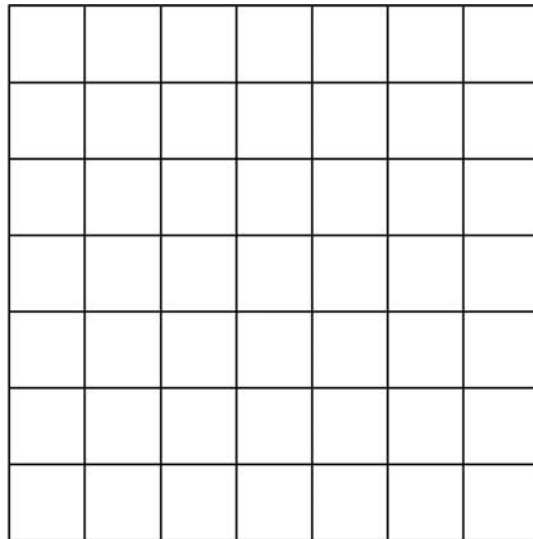
【 図 3 】



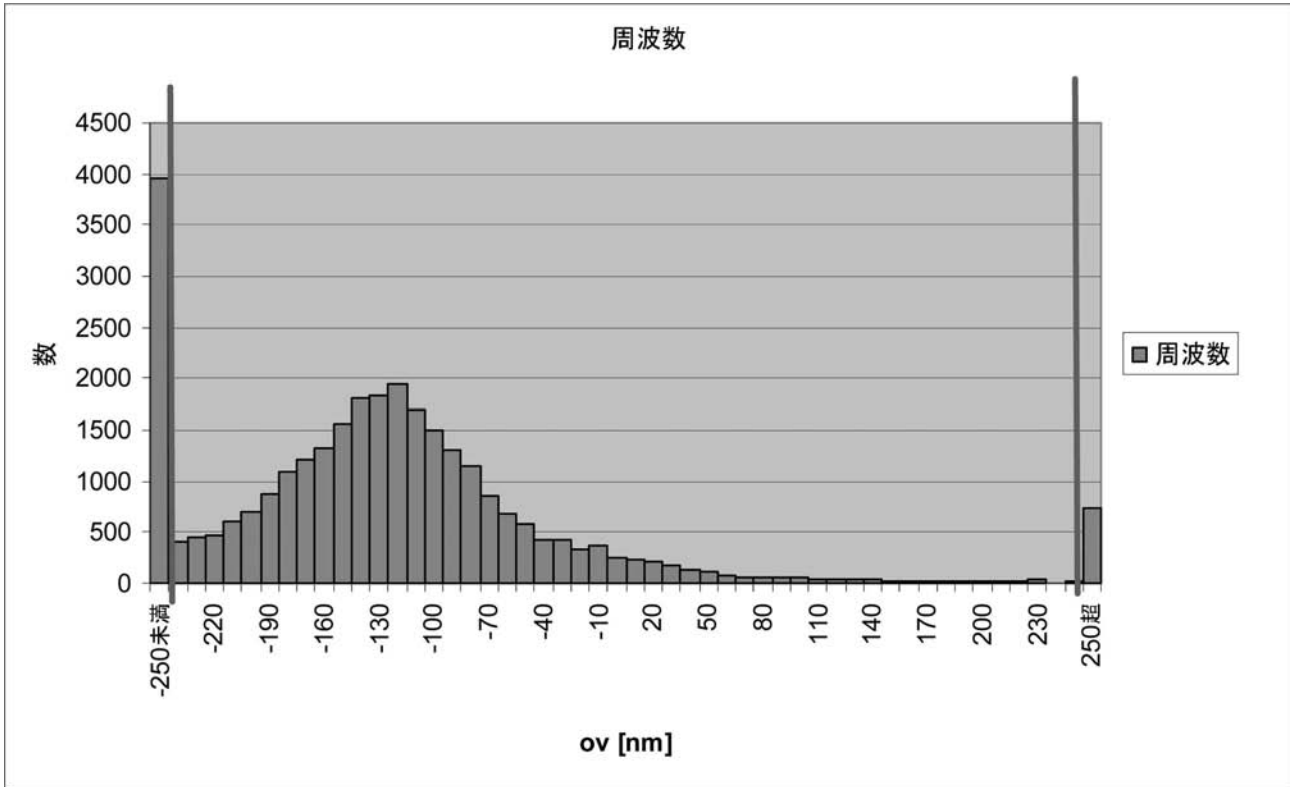
【 図 4 a 】



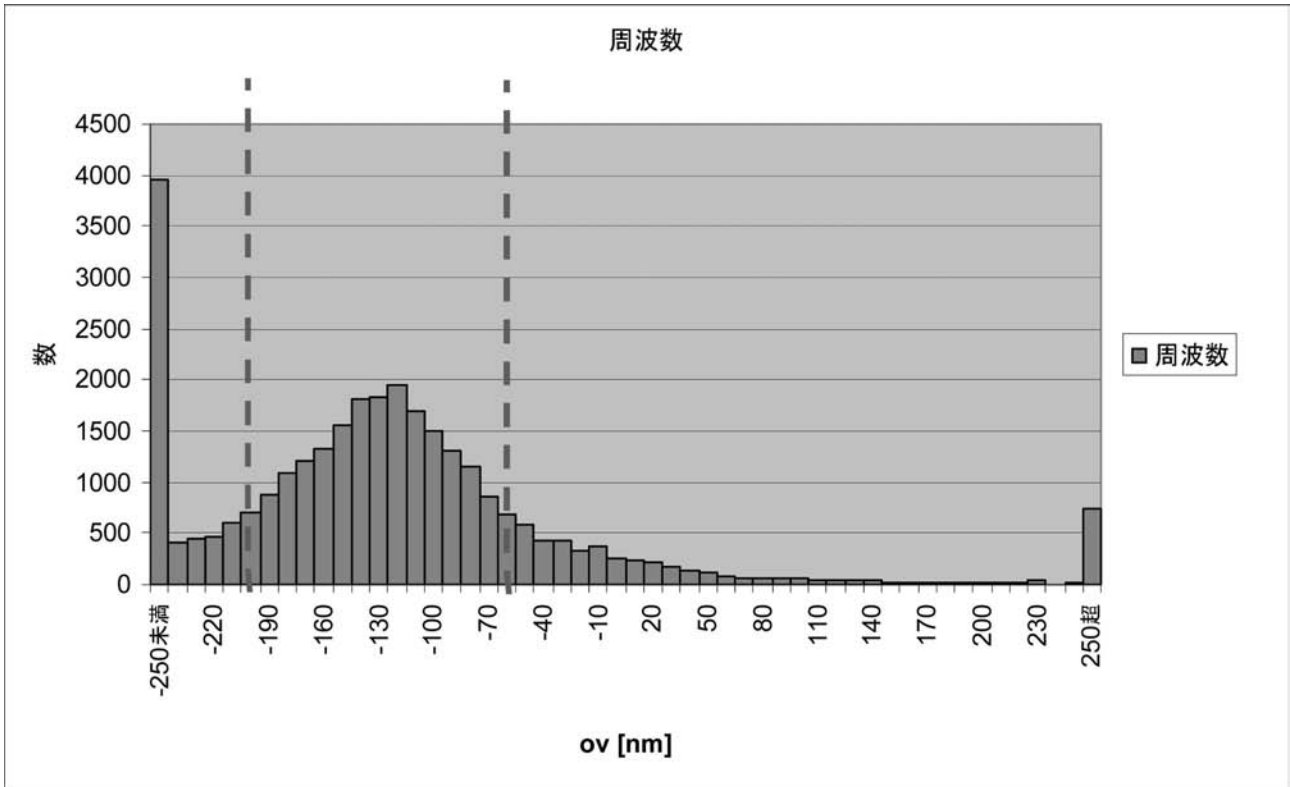
【 図 4 b 】



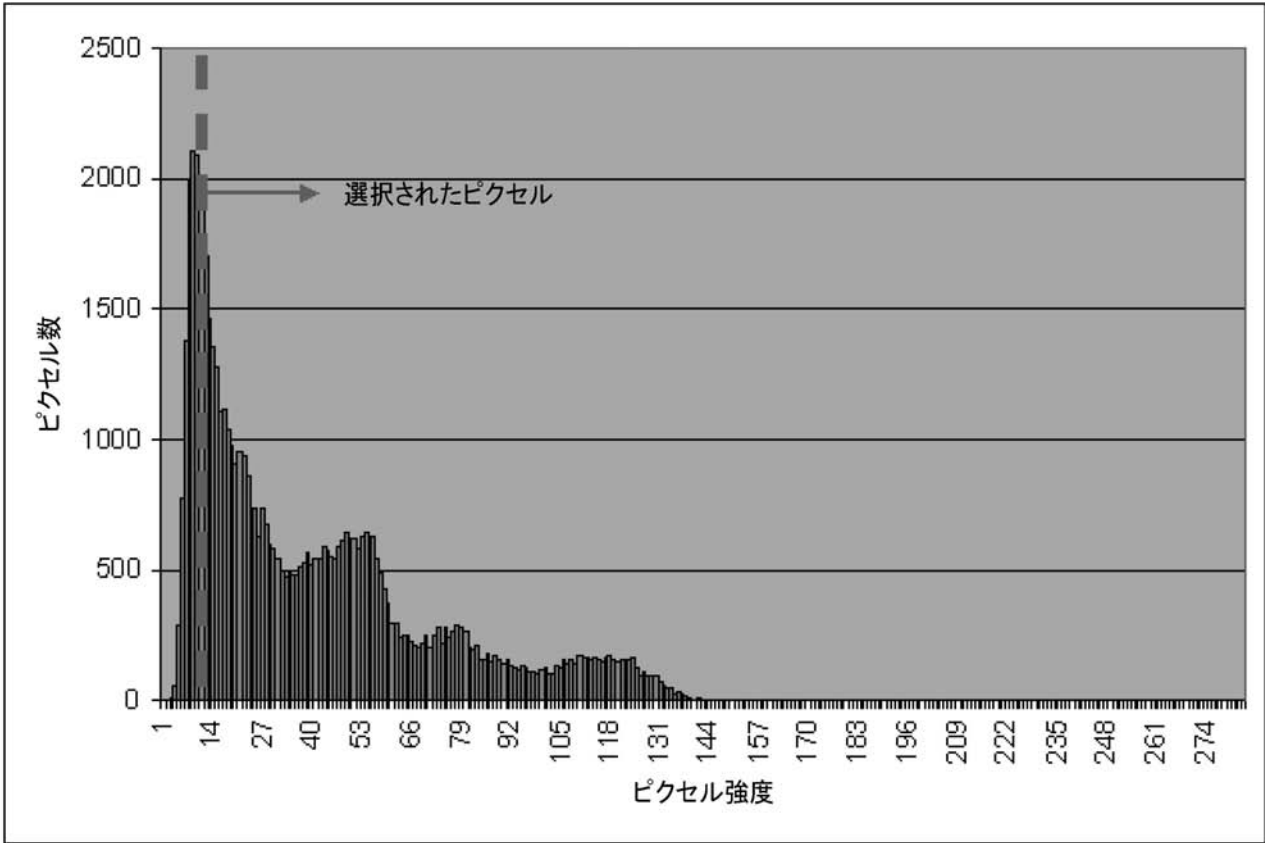
【 図 5 】



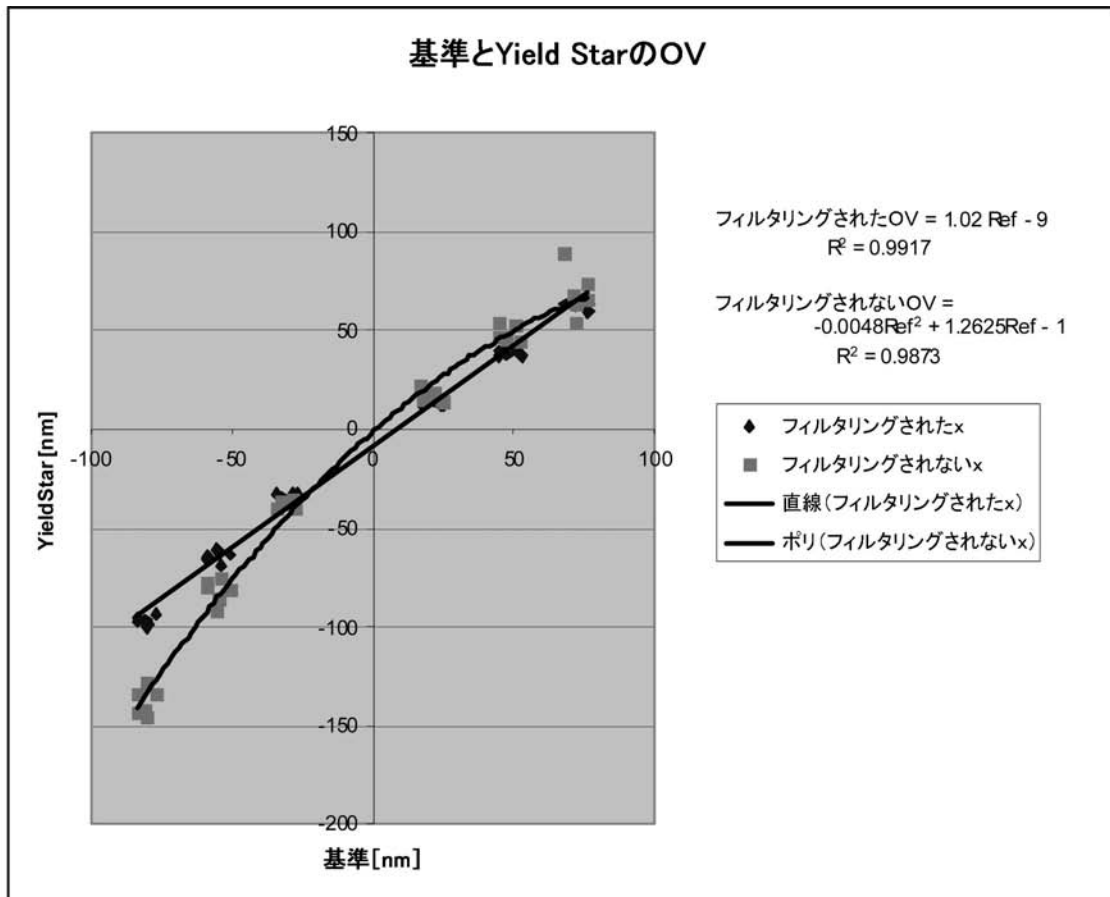
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

(72)発明者 ヴァン デル シャール, マウリッツ

オランダ国, アイントホーフェン, エヌエル - 5 6 5 8 エーケイ, ザンデイランド 6

Fターム(参考) 2F065 AA20 BB02 BB28 CC19 CC20 FF48 GG24 HH12 HH13 JJ03
JJ08 JJ09 JJ26 LL00 LL03 LL22 LL32 LL42 LL67 QQ17
QQ23 QQ41 QQ42
2H097 GB01 GB02 GB03 KA03 KA13 KA20 KA22 KA29 LA10
5F046 AA17 BA04 BA05 EA07 ED01 FA06 FA10 FC04 FC06

【外国語明細書】

200908143600001.pdf