

(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2009-253287

(P2009-253287A)

(43) 公開日 平成21年10月29日(2009.10.29)

(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 1 6 B	5 F O 3 1
GO 3 F 7/20 (2006.01)	GO 3 F 7/20 5 2 1	5 F O 4 6
HO 1 L 21/68 (2006.01)	HO 1 L 21/68 K	

審査請求 有 請求項の数 20 O L 外国語出願 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2009-88604 (P2009-88604)	(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
(22) 出願日	平成21年4月1日(2009.4.1)	(74) 代理人	100079108 弁理士 稲葉 良幸
(31) 優先権主張番号	61/065,000	(74) 代理人	100109346 弁理士 大貫 敏史
(32) 優先日	平成20年4月8日(2008.4.8)	(72) 発明者	カミディ, ラミディン イザイール オランダ国, アイントホーフエン エヌエ ール-5653 アールシー, リッデールザ ール 56
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

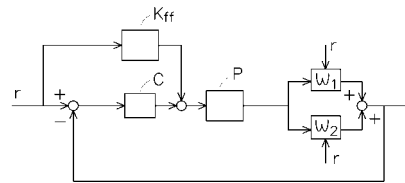
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ステージシステム、および当該ステージシステムを備えるリソグラフィ装置

(57) 【要約】

【課題】 リソグラフィ装置のステージ位置測定を改善することである。

【解決手段】 可動ステージと、エンコーダターゲット構造に対する可動ステージの位置を表すエンコーダ信号を供給するようにそれぞれが構成された、少なくとも2つのエンコーダヘッドと、ステージの位置を制御するコントローラであってエンコーダヘッドのそれぞれのエンコーダ信号が供給されるコントローラとを含み、コントローラが、重み関数をエンコーダ信号に適用するように構成され、かつ加重されたエンコーダ信号からステージの位置を導出するように構成される、ステージシステム。



【選択図】 図4

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

可動ステージと、
 エンコーダターゲット構造に対する前記可動ステージの位置を表すエンコーダ信号を供給するようにそれぞれが構成された、少なくとも 2 つのエンコーダヘッドと、
 前記ステージの位置を制御するように構成され、前記エンコーダヘッドのそれぞれの前記エンコーダ信号が供給される、コントローラと
 を備え、
 前記コントローラが、重み関数を前記エンコーダ信号に適用するように構成され、かつ前記加重されたエンコーダ信号から前記ステージの位置を導出するように構成される、ステージシステム。

10

【請求項 2】

前記重み関数が、前記ステージの位置信号に依存する、請求項 1 に記載のステージシステム。

【請求項 3】

前記位置信号が位置設定点信号を含む、請求項 2 に記載のステージシステム。

【請求項 4】

前記エンコーダターゲット構造が、少なくとも 2 つの隣接するグリッドプレートを備え、
 前記重み関数が、前記グリッドプレートに沿って前記ステージの前記位置に依存し、かつ、前記グリッドプレート間の境界に対して実質的に対称である、請求項 1 に記載のステージシステム。

20

【請求項 5】

前記コントローラがフィードフォワード経路を備え、
 前記フィードフォワード経路が、前記ステージの加重された伝達関数の逆数を近似する伝達関数を有し、
 前記伝達関数が、前記ステージの伝達関数と前記重み関数とを含む、請求項 1 に記載のステージシステム。

【請求項 6】

前記フィードフォワード経路の前記伝達関数が、加重された逆有限インパルス応答モデルの逆数を備える、請求項 5 に記載のステージシステム。

30

【請求項 7】

前記フィードフォワード経路の前記伝達関数が、加重された有限インパルス応答モデルを備える、請求項 5 に記載のステージシステム。

【請求項 8】

前記フィードフォワード経路の前記伝達関数が、加重された逆自己回帰モデルの逆数を備える、請求項 5 に記載のステージシステム。

【請求項 9】

前記フィードフォワード経路の前記伝達関数が、加重された自己回帰モデルを備える、請求項 5 に記載のステージシステム。

40

【請求項 10】

放射ビームを調節するように構成された照明システムと、
 パターニングされた放射ビームを形成するように、前記放射ビームにその断面でパターンを与えるように構成されたパターニングデバイスを支持するように構成されたパターニングデバイスサポートと、
 基板を保持するように構成された基板サポートと、
 前記パターニングされた放射ビームを前記基板のターゲット部分上に投影するように構成された投影システムと、
 前記サポートのうちの一方を移動するように構成されたステージシステムと
 を備え、前記ステージシステムが、

50

可動ステージと、

エンコーダターゲット構造に対する前記可動ステージの位置を表すエンコーダ信号を供給するようにそれぞれが構築された、少なくとも2つのエンコーダヘッドと、

前記ステージの位置を制御するコントローラであって、前記エンコーダヘッドのそれぞれの前記エンコーダ信号が供給される、コントローラと

を含み、

前記コントローラが、重み関数を前記エンコーダ信号に適用するように構成され、かつ前記加重されたエンコーダ信号から前記ステージの位置を導出するように構成される、リソグラフィ装置。

【請求項11】

前記重み関数が、前記ステージの位置信号に依存する、請求項10に記載のリソグラフィ装置。

【請求項12】

前記位置信号が位置設定点信号を含む、請求項11に記載のリソグラフィ装置。

【請求項13】

前記エンコーダターゲット構造が、少なくとも2つの隣接するグリッドプレートを備え、前記重み関数が、前記グリッドプレートに沿って前記ステージの前記位置に依存し、かつ前記グリッドプレート間の境界に対して実質的に対称である、請求項10に記載のリソグラフィ装置。

【請求項14】

前記コントローラがフィードフォワード経路を備え、

前記フィードフォワード経路が、前記ステージの加重された伝達関数の逆数を近似する伝達関数を有し、

前記伝達関数が、前記ステージの伝達関数と前記重み関数とを含む、請求項11に記載のリソグラフィ装置。

【請求項15】

前記フィードフォワード経路の前記伝達関数が、加重された逆有限インパルス応答モデルの逆数を備える、請求項14に記載のリソグラフィ装置。

【請求項16】

前記フィードフォワード経路の前記伝達関数が、加重された有限インパルス応答モデルを備える、請求項14に記載のリソグラフィ装置。

【請求項17】

前記フィードフォワード経路の前記伝達関数が、加重された逆自己回帰モデルの逆数を備える、請求項14に記載のリソグラフィ装置。

【請求項18】

前記フィードフォワード経路の前記伝達関数が、加重された自己回帰モデルを備える、請求項14に記載のリソグラフィ装置。

【請求項19】

パターンングデバイスサポートによって支持されたパターンングデバイスを用いて、パターンングされた放射ビームを形成するように放射ビームをパターンングするステップと

、
基板サポートによって支持された基板上に、前記パターンングされた放射ビームを投影するステップと、

前記サポートのうちの一方の位置を制御するステップと

を含み、

前記制御するステップが、

エンコーダターゲット構造に対する前記サポートの位置をそれぞれが表す少なくとも2つのエンコーダ信号を供給するステップと、

重み関数を前記エンコーダ信号に適用するステップと、

前記加重されたエンコーダ信号から前記サポートの位置を導出するステップと

10

20

30

40

50

を含む、デバイス製造方法。

【請求項 20】

前記重み関数が、前記ステージの位置信号に依存する、請求項 19 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[0001] 本発明は、ステージシステム、および当該ステージシステムを含むリソグラフィ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

[0002] リソグラフィ装置は、所望のパターンを基板上、通常は基板のターゲット部分上に付ける機械である。リソグラフィ装置は、たとえば、集積回路（IC）の製造時に使用される。そのような場合、選択可能にマスクまたはレチクルと呼ばれるパターンニングデバイスを使用し、ICの個々の層に形成しようとする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（たとえば、シリコンウェーハ）上の（たとえば、ダイの一部、1つのダイ、またはいくつかのダイを含む）ターゲット部分上に転写することができる。パターンの転写は、一般に、基板上に設けられた放射感応性材料（レジスト）の層上への結像による。一般に、単一の基板は、連続してパターンニングされる、網状の隣り合うターゲット部分を含むことになる。従来のリソグラフィ装置には、パターン全体を一度にターゲット部分上に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、所与の方向（「スキャン」方向）で放射ビームを介してパターンをスキャンし、一方、この方向に対して平行または逆平行で基板を同期スキャンすることによって、各ターゲット部分が照射される、いわゆるスキナとが含まれる。パターンを基板上にインプリントすることによってパターンニングデバイスから基板にパターンを転写することも可能である。

10

20

【0003】

[0003] リソグラフィにおける最近の開発では、基板サポート（たとえば、ウェーハテーブル）またはパターンニングデバイスサポート（たとえば、マスクテーブル）など、ステージの可動部の位置を測定するためにエンコーダシステムを備える、（たとえば、ウェーハステージまたはマスクステージを含む）ステージシステムが使用される。それにより、回折格子プレート、グリッドプレートなど、エンコーダターゲットが使用されることがある。いくつかの実施では、たとえば、単一のエンコーダターゲットを用いて得られたはずの測定範囲に比べて、より大きな測定範囲を実現するために、互いに隣接して位置決めされる複数のそのようなエンコーダターゲットが使用されることがある。そのような構成では、多数の考慮すべき点が生じる可能性がある。たとえば、生産の制約によりそのようなエンコーダターゲットの、最大の達成可能なサイズが制限され、一方、ステージの所望の移動範囲、したがって所望の測定範囲は、エンコーダターゲットのそのようなサイズを超えることになる場合があり得る。さらに、投影システムなどエレメントの周りにエンコーダターゲットを設けることが必要になる可能性があり、これにより、そのエレメントを取り囲むために、複数のエンコーダターゲットを適用する必要が生じることになる。

30

40

【0004】

[0004] 複数のエンコーダターゲットを使用するとき、ステージが、あるエンコーダターゲットとの協働から別のエンコーダターゲットとの協働に移動すると、位置測定における不整（irregularity）が発生するおそれがある。それにより、不連続、段差、重なり合い、または他の作用が発生する可能性があり、これにより、ステージの位置、移動などが不正確になるおそれがある。

【0005】

[0005] たとえば、エンコーダターゲットのそれぞれがそれ自体の、関連するエラーを有し、あるエンコーダターゲットから別のエンコーダターゲットに移行すると、ステージの（1つまたは複数の）センサが一方のエンコーダターゲットと協働するエリアから、それ

50

らのセンサが他方のエンコーダターゲットと協働するエリアにステージを移動したとき、そのようなステージ移動が乱される。というのは、ステージの位置が、最初にその一方のエンコーダターゲットを参照し、次いで他方のエンコーダターゲットを参照して決定されるからである。

【発明の概要】

【0006】

[0006] リソグラフィ装置のステージ位置測定を改善することが望ましい。

【0007】

[0007] 本発明の一実施形態によれば、可動ステージと、エンコーダターゲット構造に対する可動ステージの位置を表すエンコーダ信号を供給するようにそれぞれが構成された、少なくとも2つのエンコーダヘッドと、ステージの位置を制御するように構成され、エンコーダヘッドのそれぞれのエンコーダ信号が供給される、コントローラとを含み、コントローラが、重み関数をエンコーダ信号に適用するように構成され、かつ加重されたエンコーダ信号からステージの位置を導出するように構成される、ステージシステムが提供される。

10

【0008】

[0008] 本発明の他の実施形態では、放射ビームを調節するように構成された照明システムと、パターンニングされた放射ビームを形成するように、放射ビームにその断面でパターンを与えることが可能であるパターンニングデバイスを支持するように構成されたパターンニングデバイスサポートと、基板を保持するように構成された基板サポートと、パターンニングされた放射ビームを基板のターゲット部分上に投影するように構成された投影システムと、サポートのうちの一方を移動するように構成されたステージシステムとを含み、ステージシステムが、可動ステージと、エンコーダターゲット構造に対する可動ステージの位置を表すエンコーダ信号を供給するようにそれぞれが構成された、少なくとも2つのエンコーダヘッドと、ステージの位置を制御するコントローラであって、エンコーダヘッドのそれぞれのエンコーダ信号が供給される、コントローラとを含み、コントローラが、重み関数をエンコーダ信号に適用するように構成され、かつ加重されたエンコーダ信号からステージの位置を導出するように構成される、リソグラフィ装置が提供される。

20

【0009】

[0009] 本発明の一実施形態では、パターンニングデバイスサポートによって支持されたパターンニングデバイスを用いて、パターンニングされた放射ビームを形成するように放射ビームをパターンニングするステップと、基板サポートによって支持された基板上に、パターンニングされた放射ビームを投影するステップと、サポートのうちの一方の位置を制御するステップとを含み、制御するステップが、エンコーダターゲット構造に対するサポートの位置をそれぞれが表す少なくとも2つのエンコーダ信号を供給するステップと、重み関数をエンコーダ信号に適用するステップと、加重されたエンコーダ信号からサポートの位置を導出するステップとを含む、デバイス製造方法が提供される。

30

【図面の簡単な説明】

【0010】

[0010] 次に、例示にすぎないが、本発明の諸実施形態について、対応する参照記号が対応する部分を示す添付の概略図面を参照して述べる。

40

【0011】

【図1】 [0011] 本発明の一実施形態によるリソグラフィ装置の図である。

【図2】 [0012] 本発明の一実施形態によるステージシステムの概略側面図である。

【図3】 [0013] 本発明の一実施形態によるそのようなステージシステムにおいて適用される重み関数を概略的に表した図である。

【図4】 [0014] 本発明の一実施形態による重み関数を含む制御図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

[0015] 図1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す。この装置

50

は、放射ビーム B（たとえば、UV放射または任意の他の好適な放射）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、パターニングデバイス（たとえば、マスク）MAを支持するように構築され、いくつかのパラメータに従ってパターニ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1の位置決めデバイスPMに接続されたパターニングデバイスサポートまたはサポート構造（たとえば、マスクテーブル）MTを含む。また、この装置は、基板（たとえば、レジストコートウェーハ）Wを保持するように構築され、いくつか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2の位置決めデバイスPWに接続された基板テーブル（たとえば、ウェーハテーブル）WTまたは「基板サポート」を含む。さらにこの装置は、パターニングデバイス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（たとえば、1つまたは複数のダイを含む）ターゲット部分C上に投影するように構成された投影システム（たとえば、屈折投影レンズシステム）PSを含む。

【0013】

[0016] 照明システムは、放射を誘導する、形作る、または制御するために、屈折タイプ、反射タイプ、磁気タイプ、電磁タイプ、静電タイプ、または他のタイプの光学コンポーネント、あるいはそれらの任意の組合せなど様々なタイプの光学コンポーネントを含むことができる。

【0014】

[0017] パターニングデバイスサポートは、パターニングデバイスの向き、リソグラフィ装置の設計、また、たとえばパターニングデバイスが真空環境内で保持されるか否かなど他の条件によって決まる仕方でパターニングデバイスを保持する。パターニングデバイスサポートは、機械式、真空、静電気、または他のクランプ技法を使用し、パターニングデバイスを保持することができる。パターニングデバイスサポートは、たとえば必要に応じて固定または可動とすることができるフレームまたはテーブルであってもよい。パターニングデバイスサポートは、パターニングデバイスが、たとえば投影システムに対して確実に所望の位置にあるようにすることができる。本明細書において「レチクル」または「マスク」という用語を使用することがあればそれは、「パターニングデバイス」という、より一般的な用語と同義と見なすことができる。

【0015】

[0018] 本明細書で使用される「パターニングデバイス」という用語は、基板のターゲット部分内でパターンを生み出すように、放射ビームにその断面でパターンを与えるために使用することができる任意のデバイスを指すものとして広く解釈するべきである。放射ビームに与えられるパターンは、たとえば、パターンが位相シフトフィーチャ、また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内の所望のパターンに正確に対応しない可能性があることに留意されたい。一般に、放射ビームに与えられるパターンは、集積回路など、ターゲット部分内で生み出されるデバイス内の特定の機能層に対応することになる。

【0016】

[0019] パターニングデバイスは、透過型または反射型とすることができる。パターニングデバイスの諸例には、マスク、プログラマブルミラーアレイ、プログラマブルLCDパネルが含まれる。マスクはリソグラフィで周知であり、バイナリ、レベンソン型 (alternating) 位相シフト、ハーフトーン型 (attenuated) 位相シフトなどのマスクタイプ、ならびに様々なハイブリッドマスクタイプを含む。プログラマブルミラーアレイの一例は、小さなミラーのマトリクス構成を使用し、ミラーのそれぞれは、入放射ビームを様々な方向で反射するように個別に傾けることができる。傾斜したミラーは、ミラー行列によって反射される放射ビーム内でパターンを与える。

【0017】

[0020] 本明細書で使用される「投影システム」という用語は、使用される露光放射によって、あるいは、液浸液の使用または真空の使用など他の要因によって適切なように、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、電磁光

学システム、静電光学システム、またはそれらの任意の組合せを含めて、任意のタイプの投影システムを包含するものとして広く解釈するべきである。本明細書において「投影レンズ」という用語を使用することがあればそれは、「投影システム」という、より一般的な用語と同義と見なすことができる。

【 0 0 1 8 】

[0021] 本明細書では、本装置は、（たとえば、透過マスクを使用する）透過タイプのものである。別法として、本装置は、（たとえば、上記で参照されているタイプのプログラマブルミラーレイを使用する、または反射マスクを使用する）反射タイプのものとすることができる。

【 0 0 1 9 】

[0022] リソグラフィ装置は、2つ（デュアルステージ）以上の基板テーブルまたは「基板サポート」（および/または2つ以上のマスクテーブルまたは「マスクサポート」）を有するタイプのものとすることができる。そのような「マルチステージ」機では、追加のテーブルまたはサポートを同時に使用することができ、あるいは、1つまたは複数の他のテーブルまたはサポートが露光用に使用されている間に、1つまたは複数のテーブルまたはサポート上で準備ステップを実施することができる。

【 0 0 2 0 】

[0023] リソグラフィ装置はまた、投影システムと基板の間の空間を満たすように、比較的高い屈折率を有する液体、たとえば水によって基板の少なくとも一部分を覆うことができるタイプのものとすることができる。また、液浸液は、リソグラフィ装置内の他の空間、たとえば、マスクと投影システムの間で与えることもできる。液浸技法は、投影システムの開口数を増大するために使用することができる。本明細書で使用される「液浸」という用語は、基板など、ある構造を液体内に沈めなければならないことを意味しておらず、逆に、液体が、露光中に投影システムと基板の間に位置することを意味するにすぎない。

【 0 0 2 1 】

[0024] 図1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は、たとえば放射源がエキシマレーザであるとき、別体とすることができる。そのような場合、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、たとえば、適切な誘導ミラーおよび/またはビームエキスパンダを含む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に渡される。他の場合には、たとえば放射源が水銀ランプであるとき、放射源をリソグラフィ装置の一体部分とすることができる。放射源SOおよびイルミネータILは、必要に応じてビームデリバリシステムBDと共に、放射システムと呼ばれることがある。

【 0 0 2 2 】

[0025] イルミネータILは、放射ビームの角度強度分布を調整するように構成されたアジャスタADを含むことができる。一般に、イルミネータの瞳面内の強度分布の少なくとも外側および/または内側半径範囲（一般にそれぞれ - outer および - inner と呼ばれる）を調整することができる。さらに、イルミネータILは、インテグレートINおよびコンデンサCOなど、様々な他のコンポーネントを含むことができる。イルミネータを使用し、その断面において所望の均一性および強度分布を有するように、放射ビームを調節することができる。

【 0 0 2 3 】

[0026] 放射ビームBは、パターンングデバイスサポート（たとえば、マスクテーブル）MT上で保持されているパターンングデバイス（たとえば、マスク）MA上に入射し、パターンングデバイスによってパターンングされる。放射ビームBは、パターンングデバイス（たとえば、マスク）MAを横切って、投影システムPSを通過し、投影システムPSは、ビームを基板Wのターゲット部分C上に集束する。基板テーブルWTは、第2の位置決めデバイスPWおよび位置センサIF（たとえば、干渉計デバイス、リニアエンコーダ、または容量センサ）の助けにより、たとえば、様々なターゲット部分Cを放射ビームBの経路内で位置決めするように、正確に移動することができる。同様に、第1の位置決め

10

20

30

40

50

デバイスPMと(図1には明示的に図示されない)別の位置センサを使用し、パターンングデバイス(たとえば、マスク)MAを、たとえばマスクライブラリから機械的に取り出した後で、またはスキャン中に、放射ビームBの経路に対して正確に位置決めすることができる。一般に、パターンングデバイスサポート(たとえば、マスクテーブル)MTの移動は、第1の位置決めデバイスPMの一部を形成するロングストロークモジュール(粗動位置決め)およびショートストロークモジュール(微動位置決め)の助けにより実現することができる。同様に、基板テーブルWTまたは「基板サポート」の移動は、第2のポジションPWの一部を形成するロングストロークモジュールおよびショートストロークモジュールを使用して実現することができる。(スキャナではなく)ステップの場合には、パターンングデバイスサポート(たとえば、マスクテーブル)MTをショートストロークアクチュエータだけに接続することも、固定とすることもできる。パターンングデバイス(たとえば、マスク)MAおよび基板Wは、マスクアライメントマークM1、M2、および基板アライメントマークP1、P2を使用して位置合わせすることができる。図の基板アライメントマークは、専用のターゲット部分を占有しているが、ターゲット部分間の空間内に位置してもよい(これらは、スクライプレーンアライメントマークとして知られる)。同様に、複数のダイがパターンングデバイス(たとえば、マスク)MA上に設けられる状況では、マスクアライメントマークは、ダイ間に位置してもよい。

10

20

30

40

50

【0024】

[0027] 図の装置は、以下のモードの少なくとも1つで使用することができる。

【0025】

[0028] 1. ステップモードでは、パターンングデバイスサポート(たとえば、マスクテーブル)MTまたは「マスクサポート」および基板テーブルWTまたは「基板サポート」が本質的に静止したままであり、一方、放射ビームに与えられたパターン全体がターゲット部分C上に1回で投影される(すなわち、1回の静止露光)。次いで、基板テーブルWTまたは「基板サポート」がXおよび/またはY方向でシフトされ、その結果、異なるターゲット部分Cを露光することができる。ステップモードでは、露光フィールドの最大サイズにより、1回の静止露光で結像されるターゲット部分Cのサイズが制限される。

【0026】

[0029] 2. スキャンモードでは、放射ビームに与えられたパターンがターゲット部分C上に投影されている間に、パターンングデバイスサポート(たとえば、マスクテーブル)MTまたは「マスクサポート」および基板テーブルWTまたは「基板サポート」が同期してスキャンされる(すなわち、1回の動的露光)。パターンングデバイスサポート(たとえば、マスクテーブル)MTまたは「マスクサポート」に対する基板テーブルWTまたは「基板サポート」の速度および方向は、投影システムPSの(縮小)倍率と像反転特性によって決定される可能性がある。スキャンモードでは、露光フィールドの最大サイズにより、1回の動的露光におけるターゲット部分の(非スキャン方向での)幅が制限され、一方、スキャン運動の長さにより、ターゲット部分の(スキャン方向での)高さが決定される。

【0027】

[0030] 3. 別のモードでは、パターンングデバイス(たとえば、マスクテーブル)MTまたは「マスクサポート」が、プログラマブルパターンングデバイスを保持して本質的に静止したままであり、放射ビームに与えられたパターンがターゲット部分C上に投影されている間に、基板テーブルWTまたは「基板サポート」が移動またはスキャンされる。このモードでは、一般に、パルス放射源が使用され、基板テーブルWTまたは「基板サポート」の各移動の後で、またはスキャン中、連続する放射パルスの中で、必要に応じてプログラマブルパターンングデバイスが更新される。この動作モードは、上記で参照されているタイプのプログラマブルミラーアレイなど、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適用することができる。

【0028】

[0031] 上述の使用モードに対する組合せおよび/または変形形態、または全く異なる使

用モードをも使用することができる。

【 0 0 2 9 】

[0032] 図 2 は、(基板ステージまたはパターニングデバイスステージなど)可動ステージ S T を含む、本発明の一実施形態によるステージシステムを概略的に示しており、可動ステージ S T は、エンコーダターゲット T A 1、T A 2 が取り付けられる(メトロロジーフレームなど)基準構造 R E F に対して移動可能である。エンコーダターゲットは、1次元グリッドまたは2次元グリッドなど、グリッドを有するプレートによって形成することができる。センサヘッドまたは測定ヘッドとも呼ばれステージに接続されるエンコーダヘッドが設けられ、図 2 では、それぞれ S H 1 および S H 2 として示されている。図 2 では、ステージ S T が、3つの位置、すなわちセンサヘッドが第1のエンコーダターゲット T A 1 に向けられる第1の位置 P O 1、ステージが第1のセンサターゲット T A 1 と第2のセンサターゲット T A 2 の間の境界にある第2の位置 P O 2、センサヘッドが第2のエンコーダターゲットに向けられる第3の位置 P O 3 で示されている。制御システムまたはコントローラ(図 2 に図示せず)を、ステージ S T の位置を制御するために設けることができ、その制御システムまたはコントローラには、センサヘッド S H 1、S H 2 の1つまたは複数によって測定されたステージの位置を供給することができる。センサヘッドは、それぞれが同じ次元(自由度)で位置を測定することができる。第1の位置 P O 1 において、また第1の位置からステージの第2の位置 P O 2 に向かって移動して、第1のセンサヘッド S H 1 によって測定されたステージの位置がコントローラによって適用され、一方、第3の位置において、また第3の位置から第2の位置に向かって移動して、第2のセンサヘッド S H 2 が、位置情報をもたらすようにコントローラによって適用される。位置 P O 2 では、また位置 P O 2 の周りでは、第1のセンサヘッド S H 1 および第2のセンサヘッド S H 2 の位置出力を使用することができる。第1の位置から第2の位置に移動して、第1のセンサ S H 1 を適用すると、S H 1 によるステージの位置の連続測定が可能になり、S H 2 への切替えによる不連続または他の作用が回避される。必要な変更を加えて、同じことが位置 P O 3 から位置 P O 2 へのステージの移動にも当てはまる。不連続または他の作用を回避するために、センサヘッド S H 1、S H 2 のうちの1つからセンサヘッド S H 1、S H 2 のもう1つのセンサヘッドへの円滑な移転が、たとえば図 3 に示されている重み関数の適用によって行われる。図 3 に示されている重み関数は、第1のセンサヘッド S H 1 によって測定される位置に適用しようとする第1の重み曲線 1 と、第2のセンサヘッド S H 2 によって測定される位置に適用しようとする第2の重み曲線 2 とを含む。これらの曲線は、それぞれのセンサヘッドからのそれぞれの位置信号のための重み係数と考えることができる。図の例では、位置 $r = 0$ では、どちらのセンサヘッドの位置も、等しく、すなわちそれぞれ 0.5 が考慮され、一方、図面の平面内でステージが左に変位するほど、より大きな重みが、第1のセンサヘッドによって測定される位置信号にかけられ、より小さな重みがセンサヘッド S H 2 にかけてられる(第1のセンサヘッドの方が第2のセンサヘッドより考慮される)。図面の平面内でステージを $r = 0$ から右に移動すると、反対のことが行われる。 $r = 0$ である位置は、図 2 における位置 P O 2 に対応すると理解すべきであり、ステージは、エンコーダターゲット間の境界にある。

【 0 0 3 0 】

[0033] 図 2 における水平スケールは図 3 の図面の水平スケールに必ずしも対応しないことに留意されたい。さらに、センサヘッド S H 1、S H 2 は、1次元、2次元、または他の好適な位置信号を供給することができることに留意されたい。たとえば、センサヘッドは、水平位置(すなわち、たとえば図 2 の方向 r と、図面の平面に対して直行する軸とによって形成される平面内の軸に沿った位置)をエンコーダの読取りによって測定するように、かつ垂直位置、すなわちエンコーダターゲット T A 1、T A 2 へのセンサヘッド S H 1、S H 2 の距離を干渉計の読取りによって測定するように構成される、干渉計とエンコーダの組合せを実現することが可能である。重み関数は、そのような位置信号のいずれかが1つに適用することができる。また、重み関数は、センサヘッド(たとえば、2次元センサヘッド)によって供給されるセンサ信号すべてに、または1つまたは複数の特定のセン

サ信号に適用することができることを理解されたい。さらに、エンコーダターゲットの幾何学的輪郭または境界を考慮するために、様々な次元について、異なる重み関数を適用することができる。

【0031】

[0034] 図4は、上記の重み関数が適用される制御図を示す。コントローラC、プロセスP、および重み関数によって形成されたフィードバックループを有する、組み合わされたフィードフォワード/フィードバックコントローラが適用される。プロセスPは、ステージのアクチュエータ駆動信号から、エンコーダによって供給される位置測定信号への伝達関数を表す。下記でより詳細に論じる伝達関数 K_{ff} を有するフィードフォワードが提供される。図4に概略的に示されているように、重み関数は、たとえば図3に示されている

10

【0032】

[0035] 重み関数は、ステージの位置設定点信号に依存するのではなく、任意の好適な変数、たとえば時間、ステージの速度、たとえば（潜在的な安定性問題を防止するために任意の他の位置センサを含むことができる1つまたは複数のエンコーダセンサヘッドを含むことができる）任意の好適な位置測定デバイスによって供給される、ステージの任意の他の位置信号などに依存するものでもよい。しかし、位置設定点信号を使用することの利点は、複数のエンコーダヘッド信号それ自体のうちの1つが使用されることになるとき生じる可能性があるどんな曖昧さ除去をも呼び出すことなしに、ステージの実際の位置の適切な指示が得られ、さらに、設定点信号は、どんな方法にせよコントローラにとって使用可能であるため、単純な解決策が得られることであることに留意されたい。さらに、重み関数の値を導出するために、加重された測定済みの位置信号それ自体を使用することから生じる可能性がある不安定性を回避することができる。実際には、位置設定点信号を適用すると、位置設定点が含まれるため、時間依存性の重み関数が得られる。一般に、時間依存性の重み関数は、実用的な実装を可能にすることができる。というのは、ステージ位置の設定点プロファイルが時間依存性であり、それにより時間の関数であるからである。同じことが時間を適用したときにも当てはまる。というのは、エンコーダターゲットに対するステージの位置により、ステージの位置設定点プロファイルに従って、ステージの

20

30

【0033】

[0036] 本発明の他の実施形態によれば、フィードフォワード経路が、重み関数を考慮する伝達関数を備える。それにより、理論的に最適なフィードフォワードに可能か限り近いフィードフォワードが得られる可能性がある。というのは、そのような理論的に最適なフィードフォワードは、（他の項に加えて）プロセス伝達関数Pと重み関数の組合せの逆数を含む伝達関数を有することになるからである。

【0034】

【数1】

$$K_{ff}(z, r) = \frac{1}{\sum_{i=1}^{N_m} \omega_i(r) \cdot P_i(z)}$$

40

【0035】

[0037] この式では、ステージアクチュエータ入力信号から、エンコーダセンサヘッドによって供給されるそれぞれのセンサ信号へのステージの伝達関数について別個のモデルを使用することができる。それにより、（ステージの動力学による）これらの伝達関数の様々な動的挙動を考慮することができる。

【0036】

50

[0038] しかし、フィードフォワードの上記の例の実装は、潜在的な不安定性、複雑なモデリング、ならびに他の要因に通じており、その可能な解決策について下記で論じる。

【 0 0 3 7 】

[0039] 第 1 の例によれば、ステージの伝達関数の近似として、有限インパルス応答フィルタの逆数を使用することができる。フィードフォワードを実現するために、重み関数が逆有限インパルス応答フィルタに適用され、その結果が再び逆にされる。

【 0 0 3 8 】

【 数 2 】

$$K_{ff}(z, r) = \frac{1}{\sum_{i=1}^{N_m} \omega_i(r) \cdot FIR_i(z)^{-1}} \quad 10$$

それにより、フィードフォワード経路の伝達関数が、加重された逆有限インパルス応答モデルの逆数を含む。

【 0 0 3 9 】

[0040] 有限インパルス応答フィルタそれ自体は、ゼロを有するだけであり、簡単に計算可能な、比較的正確な近似をもたらし、したがって決して不安定にならないという利点を有するが、この利点は、上記のフィードフォワード内で、安定性問題を生じるおそれがある極が発生する可能性があるため、失われる可能性がある。

【 0 0 4 0 】

[0041] 上記と同様に、有限インパルス応答フィルタではなく、ステージの伝達関数の近似として、逆自己回帰フィルタを使用することができ、したがって、フィードフォワード経路の伝達関数が、加重された逆自己回帰モデルの逆数を含むようにされる。本書において自己回帰モデルという用語が適用される場合、これは、(ARMAモデルと呼ばれる)自己回帰移動平均モデル、ARXモデル(autoregressive exogenous input model)などとして理解されたい。自己回帰モデルを使用することの利点は、ステージのより多目的なモデリング、すなわちプラント動力学を可能にすることができることである。一方、自己回帰フィルタモデルの伝達関数内の極により、追加の不安定性問題が生じる可能性がある。自己回帰フィルタの例は、次式によって得られる。

【 0 0 4 1 】

【 数 3 】

$$ARX_i(z) = \frac{B_i(z)}{A_i(z)} = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_{N_{FIR}-1} z^{N_{FIR}-1}}{1 + a_1 z^{-1} + \dots + a_{N_{FIR}} z^{N_{FIR}-1}} \quad 30$$

【 0 0 4 2 】

[0042] 第 3 の例によれば、より単純かつ安定なフィードフォワードを、下記の単純化によって得ることができ、その場合、逆ステージ伝達関数の近似として、有限インパルス応答フィルタの逆数を使用することができ、重み関数は、有限インパルス応答フィルタそれ自体に適用される。

【 0 0 4 3 】

【 数 4 】

$$K_{ff}(z, r) = \sum_{i=1}^{N_m} \omega_i(r) \cdot FIR_i(z) \quad 40$$

したがって、フィードフォワード経路の伝達関数は、加重された有限インパルス応答モデルを含む。そのようなフィードフォワードは、各経路の出力が合計される、重み関数をそれぞれが有する 2 つの並列経路によって形成することができるため、容易に実装することができる。さらに、上述の不安定性問題を回避することができる。

【 0 0 4 4 】

[0043] 自己回帰フィルタを使用して同様の効果を得ることができ、これは下記の伝達関数 50

数をもたらすことができる。

【 0 0 4 5 】

【 数 5 】

$$K_{ff}(z, r) = \sum_{i=1}^{N_m} \omega_i(r) \cdot ARX_i(z)$$

上式で、ARX関数が自己回帰フィルタを実現する。上記の加重された有限インパルス応答モデルに比べて、より多目的なモデリングが実現される可能性があり、おそらくはプラント伝達関数（すなわち、この例ではステージ伝達関数）のより多目的なモデリングを可能にする。

10

【 0 0 4 6 】

[0044] 他の実施形態すべてについて、フィードフォワード経路に関連して述べられているが、述べられている発明は、コントローラC、プロセスP、および重み関数によって形成されたフィードバックループ内でも有利なものとするができることを、当業者なら認めるであろう。他の実施形態では、重み関数をフィードバックループ内だけで、またはフィードフォワード経路内だけで、またはそれらの組合せで適用するように、あるいはフィードバックループに対して別個の重み関数を、およびフィードフォワード経路に対して別個の重み関数を適用するようにコントローラを構成することが有利となる可能性がある。

20

【 0 0 4 7 】

[0045] フィードバックループの伝達関数が可動ステージの位置の関数として、より極端に変化する場合には、そのような位置に関して特定のコントローラ設定を導出し、フィードバックループのその特定のコントローラ設定がステージの位置と同期されることが有利となる可能性がある。

【 0 0 4 8 】

[0046] 本文中では、ICの製造時におけるリソグラフィ装置の使用を具体的に参照することがあるが、本明細書で述べられているリソグラフィ装置には、集積光学システム、磁気ドメインメモリ用のガイドおよび検出パターン、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の製造など、他の応用分野があり得ることを理解されたい。そのような代替の応用分野の文脈において、本明細書で「ウェーハ」または「ダイ」という用語を使用することがあればそれは、それぞれより一般的な用語である「基板」または「ターゲット部分」と同義と見なすことができることを、当業者なら理解するであろう。本明細書で参照されている基板は、露光の前後に、たとえば、トラック（一般に、レジストの層を基板に付け、露光されたレジストを現像するツール）、メトロロジーツール、および/またはインスペクションツール内で処理することができる。適用可能な場合、本明細書における開示は、そのような、また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、たとえば多層ICを作成するために複数回処理することができ、その結果、本明細書で使用される基板という用語は、複数の処理済みの層をすでに含む基板を指すこともある。

30

【 0 0 4 9 】

[0047] 上記では、本発明の実施形態の使用が、光リソグラフィの文脈で具体的に参照されていることがあるが、本発明は、他の応用分野、たとえばインプリントリソグラフィで使用することができ、状況において可能な場合、光リソグラフィに限定されないことが理解されるであろう。インプリントリソグラフィでは、パターンングデバイス内のトポグラフィにより、基板上に生み出されるパターンが画定される。パターンングデバイスのトポグラフィを、基板に供給されたレジストの層に押し込むことができ、そのとき、電磁放射、熱、圧力、またはそれらの組合せを加えることによってレジストが硬化される。パターンングデバイスは、レジストが硬化された後で、レジストから移動され、レジスト内にパターンを残す。

40

【 0 0 5 0 】

50

[0048] 本明細書で使用される「放射」および「ビーム」という用語は、（たとえば、約 365、248、193、157、または126 nmの波長を有する）紫外（UV）放射、および（たとえば、5～20 nmの範囲内の波長を有する）極端紫外（EUV）放射、ならびに、イオンビームまたは電子ビームなど粒子ビームを含めて、あらゆるタイプの電磁放射を包含する。

【0051】

[0049] 「レンズ」という用語は、状況において可能な場合、屈折光学コンポーネント、反射光学コンポーネント、磁気光学コンポーネント、電磁光学コンポーネント、および静電光学コンポーネントを含めて、様々なタイプの光学コンポーネントのいずれか1つ、または組合せを指すことがある。

10

【0052】

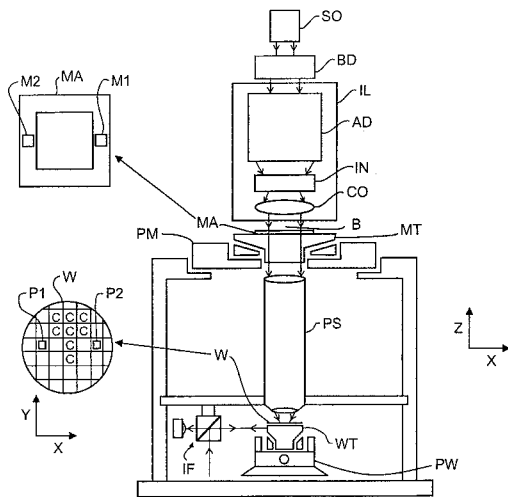
[0050] 上記では、本発明の特定の実施形態について述べたが、本発明は、述べられているものとは別の方法で実施することができることが理解されるであろう。たとえば、本発明は、上述の方法について説明する機械可読命令の1つまたは複数のシーケンスを含むコンピュータプログラム、あるいは、そのようなコンピュータプログラムが記憶されたデータ記憶媒体（たとえば、半導体メモリ、磁気ディスク、または光ディスク）の形態をとることができる。

【0053】

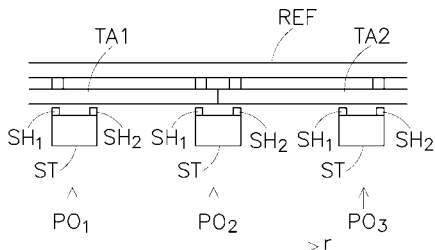
[0051] 上記の説明は、制限するものでなく、例示的なものであるものとする。したがって、以下で述べられている特許請求の範囲から逸脱することなしに、述べられている本発明に修正を加えることができることが、当業者には明らかであろう。

20

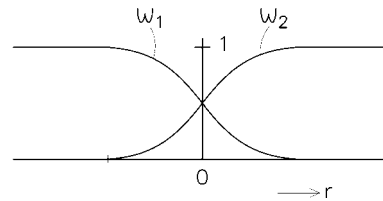
【図1】



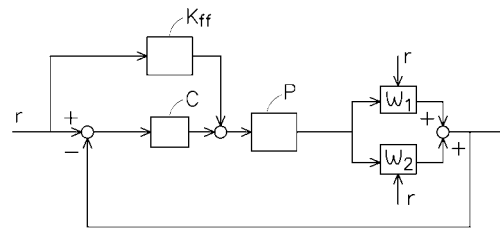
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

- (72)発明者 コックス, ヘンリカス, ヘルマン, マリエ
オランダ国, アイントホーフェン エヌエル - 5 6 4 6 ジェイエイチ, バークベン 4 1
- (72)発明者 ユッセン, エミール, ジョゼフ, メラニー
オランダ国, アイントホーフェン エヌエル - 5 6 5 4 エルダブリュー, チネルストラート 1
2 8
- (72)発明者 クンスト, ロナルド カスパー
オランダ国, ゲルドロップ エヌエル - 5 6 6 3 ジェイゼット, ピールランド 1 4
- (72)発明者 ヴァン デア パッシェ, エンゲルバータス, アントニウス, フランシスカス
オランダ国, オイルスホート エヌエル - 5 6 8 8 イージー, ポチェラリジ 2
- (72)発明者 ヒアチェス, マルセル フランソワ
オランダ国, ベスト エヌエル - 5 6 8 2 ジーエー, ザーゲインド 3 7
- (72)発明者 バッヘン, マルク, コンスタント, ヨハネス
オランダ国, アイントホーフェン エヌエル - 5 6 4 5 シーエイチ, パンターストラート 2 8
- Fターム(参考) 5F031 CA02 HA53 JA02 JA27 JA32 KA05 MA27
5F046 BA03 CA04 CC01 CC02 CC03 CC13 CC15 CC16 CC20

【外国語明細書】

2009253287000001.pdf