

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6449875号
(P6449875)

(45) 発行日 平成31年1月9日(2019.1.9)

(24) 登録日 平成30年12月14日(2018.12.14)

(51) Int.Cl.	F I
G03F 7/20 (2006.01)	G03F 7/20 521
H01L 21/68 (2006.01)	H01L 21/68 G

請求項の数 17 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2016-527191 (P2016-527191)	(73) 特許権者	504151804
(86) (22) 出願日	平成26年10月22日(2014.10.22)		エーエスエムエル ネザーランズ ビー.
(65) 公表番号	特表2016-536638 (P2016-536638A)		ブイ.
(43) 公表日	平成28年11月24日(2016.11.24)		オランダ国 ヴェルトホーフエン 550
(86) 国際出願番号	PCT/EP2014/072590		0 エーエイチ, ビー. オー. ボックス
(87) 国際公開番号	W02015/062921		324
(87) 国際公開日	平成27年5月7日(2015.5.7)	(74) 代理人	100105924
審査請求日	平成28年5月20日(2016.5.20)		弁理士 森下 賢樹
(31) 優先権主張番号	61/897,072	(74) 代理人	100134256
(32) 優先日	平成25年10月29日(2013.10.29)		弁理士 青木 武司
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(72) 発明者	バトラー、ハンス
			オランダ国 ヴェルトホーフエン 550
			0 エーエイチ, ビー. オー. ボックス
			324

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リソグラフィ装置及びデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ベースフレームと、
放射ビームを調整するよう構成され、前記ベースフレームによって支持されている照明システムと、

放射ビームの断面にパターンを付与してパターン付き放射ビームを形成可能であるパターンニングデバイスを支持するよう構成されている支持部と、

基板を保持するよう構成されている基板テーブルと、
パターン付き放射ビームを基板の目標部分に投影するよう構成されている投影システムと、

前記基板テーブルを位置決めするよう構成され、前記ベースフレームによって支持されている位置決め装置と、

前記ベースフレームに及ぼされるトルクによって生じる振動を検知するよう構成されているセンサと、

検知された振動に応答して該振動を少なくとも部分的に減衰させ該振動によって誘起される前記照明システムの変位を緩和するように前記照明システムまたは前記ベースフレームに力を及ぼすよう構成されているアクチュエータと、を備え、

前記ベースフレームに及ぼされるトルクは、X軸まわりのトルク成分及び／またはY軸まわりのトルク成分を備え、

前記位置決め装置は、バランスマス構成を有し、前記X軸まわりのトルク成分及び／ま

たはY軸まわりのトルク成分は、前記バランスマス構成によって生じるリソグラフィ装置。

【請求項2】

前記センサは、前記アクチュエータによって及ぼされる力と実質的に一列に配設されている、請求項1に記載のリソグラフィ装置。

【請求項3】

前記アクチュエータと前記センサが実質的に同一場所に配置されている、請求項1または2に記載のリソグラフィ装置。

【請求項4】

前記アクチュエータは、前記照明システムに搭載されている第1部材と、自由に懸垂されリアクションマスとして構成されている第2部材と、を備える、請求項1から3のいずれかに記載のリソグラフィ装置。

10

【請求項5】

前記アクチュエータの前記第1部材は、インターフェイスマスおよび減衰部材を介して前記照明システムに搭載されている、請求項4に記載のリソグラフィ装置。

【請求項6】

前記センサは、前記振動を検知するよう構成されている複数のセンサを備え、前記アクチュエータは、検知された振動に応答して前記照明システムまたは前記ベースフレームに力を及ぼすよう構成されている対応する複数のアクチュエータを備える、請求項1から5のいずれかに記載のリソグラフィ装置。

20

【請求項7】

前記バランスマス構成のバランスマスは、前記アクチュエータのリアクションマスとして構成されている、請求項1から6のいずれかに記載のリソグラフィ装置。

【請求項8】

前記バランスマスは、前記位置決め装置の磁石プレートを備え、前記磁石プレートは、永久磁石の二次元パターンを備える、請求項7に記載のリソグラフィ装置。

【請求項9】

前記バランスマスは、前記位置決め装置のコイルアセンブリを備え、前記コイルアセンブリは、コイルの二次元パターンを備える、請求項7に記載のリソグラフィ装置。

30

【請求項10】

前記アクチュエータは、第1水平方向に力を及ぼすよう構成されている第1アクチュエータと、第2水平方向に力を及ぼすよう構成されている第2アクチュエータと、を備え、第2水平方向は、第1水平方向に実質的に垂直である、請求項7から9のいずれかに記載のリソグラフィ装置。

【請求項11】

前記支持部を位置決めするための更なる位置決め装置を備え、前記更なる位置決め装置は、更なるバランスマス構成を有し、前記更なるバランスマス構成のバランスマスは、前記アクチュエータのリアクションマスとして構成されている、請求項1に記載のリソグラフィ装置。

【請求項12】

前記センサは、前記トルクによって生じる振動を、5Hzから30Hzの範囲において、検知するよう構成されている、請求項1から11のいずれかに記載のリソグラフィ装置。

40

【請求項13】

前記センサは、前記トルクによって生じる振動を、10Hzから20Hzの範囲において、検知するよう構成されている、請求項12に記載のリソグラフィ装置。

【請求項14】

前記アクチュエータは、リラクタンسアクチュエータまたは永久磁石アクチュエータのような電磁アクチュエータを備える、請求項1から13のいずれかに記載のリソグラフィ装置。

50

【請求項 15】

前記センサからセンサ信号を受信し、アクチュエータ制御信号を導出するようセンサ信号を処理し、前記アクチュエータを制御するようアクチュエータ制御信号を出力するよう構成されているコントローラをさらに備える、請求項 1 から 14 のいずれかに記載のリソグラフィ装置。

【請求項 16】

前記コントローラの制御ループは、前記制御ループの安定性を改善するハイパスフィルタまたはローパスフィルタのような 1 つ又は複数のフィルタを備える、請求項 15 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 17】

請求項 1 から 16 のいずれかに記載のリソグラフィ装置を使用して基板にパターン付きの放射ビームを投影することを備えるデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本出願は、2013 年 10 月 29 日に提出された米国仮出願第 61/897,072 号の利益を主張し、その全体が本明細書に援用される。

【0002】

本発明は、リソグラフィ装置、及び、デバイスを製造するための方法に関する。

【背景技術】

【0003】

リソグラフィ装置は、所望のパターンを基板に、通常は基板の目標部分に与える機械である。リソグラフィ装置は例えば集積回路（IC）の製造に用いられる。この場合、マスクまたはレチクルとも称されるパターンニングデバイスが、IC の個別の層に形成されるべき回路パターンを生成するために使用され得る。このパターンが基板（例えばシリコンウェーハ）の（例えばダイの一部、あるいは 1 つまたは複数のダイを含む）目標部分に転写される。パターン転写は典型的には基板に形成された放射感応性材料（レジスト）層への結像による。一般に一枚の基板には網状に隣接する一群の目標部分が含まれ、これらは連続的にパターン形成される。公知のリソグラフィ装置にはいわゆるステッパとスキャナとがある。ステッパにおいては、目標部分にパターン全体が一度に露光されるようにして各目標部分は照射を受ける。スキャナにおいては、所与の方向（スキャン方向）に放射ビームによりパターンを走査するとともに基板をこの方向と平行または逆平行に走査するようにして各目標部分は照射を受ける。パターンニングデバイスから基板へのパターン転写は、基板にパターンをインプリントすることによっても可能である。

【0004】

連続するパターンニング工程により製造される集積回路の適正な動作を保証するために（IC は最大で連続する 30 以上の層を備えることに留意すべきである）、連続する層どうしの正確なアライメントが実行される必要がある。こうした正確なアライメントを実現する重要な条件は、パターンニングデバイス（またはレチクル）に対する基板の位置決めが可能な限り正確に制御されることを確実にすることである。これを容易にするために、基板またはパターンニングデバイスを支持する構造物、投影システム、または照明システムの振動は、防止されまたは抑制されるべきである。

【0005】

典型的な露光サイクルの間に、基板とパターンニングデバイスの両方が相当な加速度にさらされる。こうした加速度を生成するために、複数の電磁アクチュエータ、リニアモータまたは平面モータを通例含む強力な位置決め装置が、基板およびパターンニングデバイスの支持構造に適切な力を及ぼすよう適用されている。当業者には理解されるように、加速力または減速力がこうした支持構造に与えられるとき、釣り合う反対向きの反力も生成される。リソグラフィ装置の静止フレームにこうした反力が及ぼされたとすると、かなりの振

10

20

30

40

50

動が装置全体に生成され、露光工程の精度に悪影響が出るであろう。そうした振動の生成を防ぐために、バランスマス配置がたいい適用され、それにより、反力は静止フレームではなく、装置の1つ又は複数の静止フレームに対し実質的に無摩擦に変位するよう構成されているカウンタマスに与えられる。このようなバランスマス配置を使用することにより、大きな反力がリソグラフィ装置に直接働くのを防ぐことができる。しかしながら、こうしたバランスマス配置はリソグラフィ装置の静止フレームおよび構造物に及ぼされるトルク成分の原因でもありうることは見出された。とくに、リソグラフィ装置のイルミネータまたはイルミネータモジュールは、そうした成分の影響を受けやすいことが見出され、それ故に、このトルク成分によって生じる振動に悩まされうる。その結果、イルミネータまたはイルミネータモジュールが、パターンングデバイス、投影システム、または基板に対して変位し、露光工程に悪影響が生じうる。

10

【発明の概要】

【0006】

望まれるのは、通例適用されるバランスマス配置を原因とする振動に対し低影響であるリソグラフィ装置を提供することである。

【0007】

本発明のある態様によると、リソグラフィ装置であって、ベースフレームと、放射ビームを調整するよう構成され、ベースフレームによって支持されている照明システムと、放射ビームの断面にパターンを付与してパターン付き放射ビームを形成可能であるパターンングデバイスを支持するよう構成されている支持部と、基板を保持するよう構成されている基板テーブルと、パターン付き放射ビームを基板の目標部分に投影するよう構成されている投影システムと、基板テーブルを位置決めするよう構成され、ベースフレームによって支持されている位置決め装置と、を備え、さらに、ベースフレームに及ぼされるトルクによって生じる振動を検知するよう構成されているセンサと、検知された振動にตอบสนองして該振動を少なくとも部分的に減衰させるように照明システムまたはベースフレームに力を及ぼすよう構成されているアクチュエータと、を備えるリソグラフィ装置が提供される。

20

【0008】

本発明の他の態様によると、本発明のある実施の形態に係るリソグラフィ装置を使用して基板にパターン付きの放射ビームを投影することを備えるデバイス製造方法が提供される。

30

【0009】

本発明のいくつかの実施の形態が付属の概略的な図面を参照して以下に説明されるがこれらは例示に過ぎない。各図面において対応する参照符号は対応する部分を指し示す。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明のある実施の形態に係るリソグラフィ装置を示す。

【0011】

【図2】本発明のある実施の形態に係るリソグラフィ装置に適用されうるバランスマス構成を備えるリソグラフィ装置を示す。

【0012】

40

【図3】本発明の更なるある実施の形態に係るリソグラフィ装置を示す。

【0013】

【図4】バランスマスと協働するアクチュエータ・センサ構成を示す。

【0014】

【図5】バランスマスと協働する更なるアクチュエータ・センサ構成を示す。

【発明を実施するための形態】

【0015】

図1は、本発明のある実施の形態に係るリソグラフィ装置を概略的に示す。この装置は、放射ビームB（例えば、UV放射、または、他の適する放射）を調整するよう構成されている照明システム（イルミネータ）ILと、パターンングデバイス（例えばマスク）M

50

Aを支持するよう構成され、いくつかのパラメ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構成されている第1位置決め装置PMに接続されている支持構造またはパターニングデバイス支持部（例えばマスクテーブル）MTと、を含む。また、この装置は、基板（例えば、レジストで被覆されたウェーハ）Wを保持するよう構成され、いくつかのパラメタに従って基板を正確に位置決めするよう構成されている第2位置決め装置PWに接続されている基板テーブル（例えばウェーハテーブル）WTまたは「基板支持部」を含む。さらに、この装置は、パターニングデバイスMAにより放射ビームBに付与されたパターンを基板Wの（例えば1つ以上のダイを含む）目標部分Cに投影するよう構成されている投影システム（例えば、屈折投影レンズ系）PSを含む。

【0016】

照明システムは、放射の方向や形状の調整、または放射の制御のために、各種の光学素子、例えば屈折光学素子、反射光学素子、磁気的光学素子、電磁気的光学素子、静電的光学素子、またはその他の形式の光学素子、若しくはそれらの任意の組み合わせを含んでもよい。

【0017】

支持構造は、パターニングデバイスを支持する（すなわち、パターニングデバイスの重量を支える）。支持構造は、パターニングデバイスの向きやリソグラフィ装置の設計、あるいはパターニングデバイスが真空環境下で保持されるか否か等その他の条件に応じた方式でパターニングデバイスを保持する。支持構造は、機械的固定、真空固定、静電固定、またはパターニングデバイスを保持するその他の固定技術を用いることができる。支持構造は例えばフレームまたはテーブルであってよく、固定されていてもよいし必要に応じて移動可能であってもよい。支持構造は、パターニングデバイスが例えば投影システムに対して所望の位置にあることを保証してもよい。本明細書では「レチクル」または「マスク」という用語を用いた場合には、より一般的な用語である「パターニングデバイス」に同義であるものとみなされるものとする。

【0018】

本書で使用される「パターニングデバイス」という用語は、基板の目標部分にパターンを形成すべく放射ビームの断面にパターンを付与するために使用され得るいかなるデバイスをも指し示すよう広く解釈されるべきである。例えばパターンが位相シフトフィーチャあるいはいわゆるアシストフィーチャを含む場合のように、放射ビームに与えられるパターンは、基板の目標部分に所望されるパターンと厳密に一致していなくてもよい。一般には、放射ビームに付与されるパターンは、目標部分に形成される集積回路などのデバイスにおける特定の機能層に対応する。

【0019】

パターニングデバイスは透過型であっても反射型であってもよい。パターニングデバイスの例としては、マスクやプログラマブルミラーアレイ、プログラマブルLCDパネルがある。マスクはリソグラフィの分野では周知であり、バイナリマスクやレベンソン型位相シフトマスク、ハーフトーン型位相シフトマスク、更に各種のハイブリッド型マスクが含まれる。プログラマブルミラーアレイの一例としては、小型のミラーがマトリックス状に配列され、各ミラーが入射してくる放射ビームを異なる方向に反射するように個別に傾斜可能であるというものがある。これらの傾斜ミラーにより、マトリックス状ミラーで反射された放射ビームにパターンが付与されることになる。

【0020】

本書で使用される「投影システム」という用語は、使用される露光放射に関して又は液浸液や真空の利用などの他の要因に関して適切とされるいかなる投影システムをも包含するよう広く解釈されるべきであり、屈折光学系、反射光学系、反射屈折光学系、磁気的光学系、電磁気的光学系、静電的光学系、またはそれらの任意の組み合わせを含む。本書における「投影レンズ」との用語の使用はいかなる場合も、より一般的な用語である「投影システム」と同義とみなされうる。

【0021】

図示されるように、本装置は、（例えば透過型マスクを用いる）透過型である。これに代えて、本装置は、（例えば、上述の形式のプログラマブルミラーアレイ、または反射型マスクを用いる）反射型であってもよい。

【0022】

リソグラフィ装置は、2つ（デュアルステージ）又はそれより多くの基板テーブルまたは「基板支持部」（及び／または2つ以上のマスクテーブルまたは「マスク支持部」）を有する形式のものであってもよい。このような多重ステージ型の装置においては、追加されたテーブルまたは支持部は並行して使用されるか、あるいは1以上のテーブルまたは支持部が露光のために使用されている間に1以上の他のテーブルまたは支持部で準備工程が実行されてもよい。

10

【0023】

また、リソグラフィ装置は、基板の少なくとも一部が例えば水などの比較的高い屈折率を有する液体で投影システムと基板との間の空間を満たすよう覆われうる形式のものであってもよい。液浸液は、例えばパターンングデバイス（例えばマスク）と投影システムとの間などのリソグラフィ装置の他の空間に適用されてもよい。液浸技術は投影システムの開口数を増大させるために使用することができる。本書で使用される「液浸」との用語は、基板等の構造体が液体に浸されなければならないことを意味するのではなく、液体が投影システムと基板との間に露光中に配置されることを意味するにすぎない。

【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取る。例えば放射源がエキシマレーザである場合には、放射源とリソグラフィ装置とは別体であってもよい。この場合、放射源はリソグラフィ装置の一部を構成しているとはみなされなく、放射ビームは、適当な方向変更用のミラー及び／またはビームエキスパンダを例えば含むビーム搬送系BDを介して放射源SOからイルミネータILへと受け渡される。あるいは放射源が例えば水銀ランプである場合には、放射源はリソグラフィ装置に一体に構成されていてもよい。放射源SOとイルミネータILとは、またビーム搬送系BDが必要とされる場合にはこれらも合わせて、放射システムと総称されてもよい。

20

【0025】

イルミネータILは放射ビームの角強度分布を調整するアジャスタADを含んでもよい。一般には、イルミネータの瞳面における強度分布の少なくとも外側及び／又は内側半径範囲（通常それぞれ「シグマアウト（ σ -outer）」、「シグマインナ（ σ -inner）」と呼ばれる）を調整することができる。加えてイルミネータILは、インテグレートINおよびコンデンサCO等その他の各種構成要素を含んでもよい。イルミネータはビーム断面における所望の均一性及び強度分布を得るべく放射ビームを調整するために使用されてもよい。

30

【0026】

放射ビームBは、支持構造（例えばマスクテーブルMT）に保持されるパターンングデバイス（例えばマスクMA）に入射して、パターンングデバイスによりパターン形成される。パターンングデバイス（例えばマスク）MAを横切った放射ビームBは投影システムPSを通過する。投影システムPSはビームを基板Wの目標部分Cに合焦する。第2位置決め装置PWと位置センサIF（例えば、干渉計、リニアエンコーダ、静電容量センサなど）により、例えば放射ビームBの経路に異なる目標部分Cを位置決めするように、基板テーブルWTを正確に移動させることができる。同様に、第1位置決め装置PMと他の位置センサ（図1には明示せず）は、例えばマスクライブラリの機械検索後または走査中に、放射ビームBの経路に対してマスクMAを正確に位置決めするために使用することができる。一般に支持構造（例えばマスクテーブル）MTの移動は、第1位置決め装置PMの一部を構成するロングストロークモジュール（粗い位置決め用）及びショートストロークモジュール（精細な位置決め用）により実現されうる。同様に、基板テーブルWTまたは「基板支持部」の移動は、第2位置決め装置PWの一部を構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により実現されうる。

40

50

【0027】

本発明のある実施の形態によると、第2位置決め部PWは、バランスマス構成を有してもよく、より詳細は後述される。こうしたバランスマス構成は、装置のベースフレームBFに及ぼされるトルクをもたらしうる。トルクは変位を誘起する。変位とはすなわち、例えばイルミネータIL（通例はベースフレームに搭載されまたはベースフレームによって支持されている）の振動、または、いわゆるレチクルハンドリングモジュール（支持構造（例えばマスクテーブル）MTにパターニングデバイス（マスクまたはレチクルとも呼ばれる）を搬入出するために用いられる）の振動である。

【0028】

こうした変位または振動の作用を緩和するために、本発明のある態様は、ベースフレームに、またはイルミネータのような影響を受ける構造物に、例えば電磁アクチュエータを使用して、力を及ぼすことによって、こうした変位に対抗することを提案する。ある実施の形態においては、力はベースフレームまたは影響を受ける構造物に直接印加される。あるいは、力は中間質量を介して印加されてもよい。

【0029】

力がベースフレームまたは影響を受ける構造物に及ぼされるとき、釣り合う反対向きの反力も生成される。本発明のある実施の形態においては、こうした反力がリアクションマスに及ぼされる。ある実施の形態においては、こうしたリアクションマスは、例えば、自由に懸垂されていてもよい。

【0030】

代案として、ある実施の形態においては、バランスマス（例えば、バランスマス構成または第1または第2の位置決め部PW、PMのバランスマス）は、ベースフレームまたは影響を受ける構造物に力を及ぼすアクチュエータのためのリアクションマスとして構成されていてもよい。

【0031】

ステップでは（スキャナとは異なり）、支持構造（例えばマスクテーブル）MTはショートストロークのアクチュエータにのみ接続されているか、あるいは固定されていてもよい。マスクMAと基板Wとは、マスクアライメントマークM1、M2及び基板アライメントマークP1、P2を用いてアライメントされてもよい。図においては基板アライメントマークが専用の目標部分を占拠しているが、アライメントマークは目標部分間のスペースに配置されてもよい（これはスクライブライン・アライメントマークとして公知である）。同様に、マスクMAに複数のダイがある場合にはマスクアライメントマークがダイ間に配置されてもよい。

【0032】

図示の装置は次のうちの少なくとも1つのモードで使用され得る。

【0033】

1. ステップモードにおいては、放射ビームに付与されたパターンの全体が1回で目標部分Cに投影される間（すなわち単一静的露光の間）、支持構造（例えばマスクテーブル）MTまたは「マスク支持部」と基板テーブルWTまたは「基板支持部」とが実質的に静止状態とされる。そして基板テーブルWTまたは「基板支持部」がX方向及び／またはY方向に移動されて、異なる目標部分Cが露光される。ステップモードでは露光フィールドの最大サイズが単一静的露光で結像される目標部分Cのサイズを制限することになる。

【0034】

2. スキャンモードにおいては、放射ビームに付与されたパターンが目標部分Cに投影される間（すなわち単一動的露光の間）、支持構造（例えばマスクテーブル）MTまたは「マスク支持部」と基板テーブルWTまたは「基板支持部」とが同期して走査される。支持構造（例えばマスクテーブル）MTまたは「マスク支持部」に対する基板テーブルWTまたは「基板支持部」の速度及び方向は、投影システムPSの拡大（縮小）特性及び像反転特性により定められうる。スキャンモードでは露光フィールドの最大サイズが単一動的露光での目標部分の（非走査方向の）幅を制限し、走査移動距離が目標部分の（走査方向

の) 長さを決定する。

【0035】

3. 別のモードにおいては、支持構造(例えばマスクテーブル)MTまたは「マスク支持部」がプログラム可能パターンングデバイスを保持して実質的に静止状態とし、放射ビームに付与されたパターンが目標部分Cに投影される間、基板テーブルWTまたは「基板支持部」が移動または走査される。このモードではパルス放射源が通常用いられ、プログラム可能パターンングデバイスは、基板テーブルWTまたは「基板支持部」の毎回の移動後、または走査中の連続放射パルス間に必要に応じて更新される。この動作モードは、上述の形式のプログラマブルミラーアレイ等のプログラム可能パターンングデバイスを利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。

10

【0036】

上記で記載した使用モードの組み合わせ及び／または変形例が用いられてもよいし、あるいは、全く別の使用モードが用いられてもよい。

【0037】

図2においては、本発明のある実施の形態に係るリソグラフィ装置に適用することのできる位置決め装置100が概略的に示されている。図2は、床面40に設置されているベースフレーム50を概略的に示し、参照番号30は、ベースフレーム自体とそれが設置される床面の制限された剛性を指し示す。図示される位置決め装置100は、平面モータ、すなわち、第1テーブル100.2および第2テーブル100.3を位置決めするための二次元電磁モータ、を備える。電磁石モータは、第1部材100.1(例えば、交互に磁化された永久磁石の二次元パターン(図示せず)を備えてもよい磁石プレート)と、第1部材100.1と協働するための(例えば、第1および第2テーブルに取り付けられたコイルアセンブリ(図示せず)を備える)第2部材と、を備える。ある実施の形態においては、両方のテーブルが基板を支持するよう構成されていてもよい。ある代替的な実施の形態においては、一方のテーブルが基板テーブルとして構成され、他方のテーブルが校正ステージとして構成されてもよい。電磁石モータは、第1部材と第2部材の協働によって、基板110または校正ステージを投影システムまたは計測システム(図示せず)に対して変位させるようZ方向に垂直な水平面内の力を生成するよう構成されている。コイルアセンブリは、励起可能なコイルの二次元パターンを備えてもよい。

20

【0038】

ある代替的な実施の形態においては、二次元電磁モータの第1部材100.1は、(例えば、励起可能なコイルの二次元パターンを備える)コイルアセンブリを備える。こうした実施の形態においては、電磁石モータの第2部材は、交互に磁化された永久磁石の二次元パターンを備えてもよい磁石プレートであって、基板テーブルまたは校正ステージ(100.2、100.3)に取り付けられた磁石プレートを備えてもよい。ある実施の形態においては、二次元電磁モータの磁石プレート及び／またはコイルアセンブリは、X方向およびY方向すなわち水平面内の両方向に関し非対称であってもよい。そうすることによって、例えばX方向およびY方向において利用可能な力(そして加速度)に関して、電磁モータは、異なる特性を有してもよい。磁石プレートまたはコイルアセンブリのいずれかに非対称プロファイルをもつ電磁モータを設けることによって、ステップ方向(例えばX方向)における加速度に比べて、増加された加速度をスキャン方向(例えばY方向)に得ることができる。このような電磁モータの非対称特性は、非対称に成形された(例えば、正方形に成形する代わりに長方形に成形された)磁石を適用したり、X方向およびY方向に異なるサイズの磁石または異なるサイズのコイルを適用する等によって例えば得られてもよい。

30

40

【0039】

図示される実施の形態においては、位置決め装置100がバランスマス構成を有しており、第1部材100.1は、例えば、第1部材100.1とベースフレーム50の間にエアベアリング120を適用することによって、XY平面において自由に移動することができる。図2はさらに、位置決め装置によって生成される力Fsと、第1部材100.1に

50

生じる対応する反力 F_r を示す。バランスマス構成を適用することによって、反力 F_r はベースフレーム 50 に直ちに与えられない。しかしながら、基板テーブル 100.2 と磁石プレート 100.1 が同一の水平面において動作していないので、ベースフレーム 50 に働くトルクがエアベアリング 120 を介して生成される。図示される力の場合、(YZ 平面に垂直な) X 軸まわりのトルク T_x が生成される。こうしたトルク T_x は、矢印 130 で概略的に示すように、ベースフレーム 50 に搭載される構造物に Y 方向の変位をもたらさう。同様に、テーブル 100.2 または 100.3 のいずれかに X 方向に力が働くとき、この力是对応する反力と組み合わせられて、トルク T_y が Y 軸まわりに生成される。これはベースフレーム 50 上の構造物に X 方向の変位を生成さう。

【0040】

トルク成分 T_x 、 T_y が生じることによって、種々の問題が起こりうる。

【0041】

図 3 は、リソグラフィ装置 300 のレイアウトを概略的に示し、イルミネータモジュール 310 とパターンングデバイス支持部 320 を概略的に示す。図 3 はさらに、ベースフレームから振動的に隔離された投影システム 340 を示す(隔離は図示せず)。支持部 320 に装着されるパターンングデバイス 350 を位置決めするために、位置決め装置 360 が設けられる。位置決め装置は、バランスマス構成を有し、バランスマス 370 がベースフレーム 50 に搭載されている。

【0042】

上述のように、基板支持構造のスキャン動作に起因してトルク成分 T_x 、 T_y が生じ、それにより X 方向および Y 方向の両方の変位が、ベースフレーム 50 に搭載された構造物(例えば、イルミネータ 310、または、パターンングデバイスをパターンングデバイス支持部 320 に搬入出するためのインターフェイスモジュール(いわゆるレチクルハンドラ)等)にもたらされう。

【0043】

とくに、Y 方向に生じる(イルミネータ 310 の)変位はパターンングデバイスに与えられる調整済みの放射ビーム B の位置決めが悪影響を与えうると発明者は考察した。とくに、イルミネータ 310 とパターンングデバイスとの間に露光中に相対変位が生じると、放射ビーム B によりパターンングデバイスに与えられる放射の量(照明ドーズ量ともいう)に関し不均一が生じることに気づいた。イルミネータの振動によって、パターンングデバイスの種々の部分、つまり、転写されなければならないパターンの種々の部分が、異なる照明ドーズ量を受けうる。パターンングデバイスの種々の部分が異なる照明ドーズ量を受けると、基板の露光工程に影響が生じることになる。一例として、露光工程の品質についての測度とみなされうるパラメタである CD (クリティカルディメンション) 均一性が悪影響を受けうると発明者は考察した。

【0044】

トルク成分 T_y に起因して X 方向に生じる変位に関しては、こうした変位が、レチクルハンドラのようなインターフェイスモジュールによるパターンングデバイス 350 のパターンングデバイス支持部 320 への正確な位置決めが悪影響を与えうることに気づいた。

【0045】

発生する振動および変位に関してさらに注目すべきは、これらの振動が典型的には 10 Hz から 30 Hz の間の少数の振動モードの励起を原因とするということである。ベースフレームおよびベースフレームに搭載された構造物(照明システムまたはパターンングデバイス交換モジュールを例えば支持する構造物)の固有モードまたは固有周波数は典型的にこの範囲に見られることが観察された。よって、ベースフレームおよびベースフレームに搭載された構造物は、例えば上述のバランスマス構成によって、前記の周波数範囲において及ぼされるトルクまたは力の影響を受けやすい。

【0046】

本発明のある実施の形態においては、種々の選択肢が上述の作用を緩和するために提案される。

10

20

30

40

50

【0047】

第1の選択肢として、本発明のある実施の形態に係るリソグラフィ装置は、バランスマス構成によって生じる振動を検知するよう構成されている検知装置またはセンサと、検知された振動に応答して該振動を少なくとも部分的に減衰させるように照明システムまたはベースフレームに力を及ぼすよう構成されているアクチュエータと、を備える。センサとしては、加速度計が例えば用いられてもよい。また、アクチュエータは、上記振動を減衰させるようにベースフレームまたは照明システム上に力を及ぼすために設けられている（例えば、電磁アクチュエータまたは圧電アクチュエータ）。図3にはこうした構成が概略的に示されている。イルミネータモジュール310の上部またはその近傍に、アクチュエータが搭載されている。アクチュエータは力F1により表されている。よって、力F1は、イルミネータモジュール310またはこのモジュールを支持する構造物すなわちベースフレーム50上に及ぼされうる。アクチュエータにより生成される反力を受けるリアクションマス380がさらに設けられている。このリアクションマスは、例えば1つ又は複数のバネを含みうるサスペンション390を介して自由に懸垂されている。また、センサまたは検知装置395が概略的に示されており、センサは例えば、ベースフレームに及ぼされるトルクを原因として発生する振動または変位を代表する信号を提供する。こうした代表信号は、速度センサまたは加速度センサから例えば取得されてもよい。このセンサ信号は、アクチュエータを制御するために用いられてもよい。

10

【0048】

ある実施の形態においては、いくつかのこうした構成（アクチュエータ、センサ、リアクションマスを含む）が、イルミネータの上部またはその近傍の、または支持構造の、異なる複数の位置に搭載されている。こうして、異なる複数の振動モード（例えば、X方向とY方向の両方のモード）を減衰させることが可能になる。

20

【0049】

減衰させまたは対抗される必要のある振動モードが比較的低い周波数であるので、比較的大型のリアクションマス380が必要となりうる。本発明のある実施の形態においては、リソグラフィ装置の位置決め装置のバランスマスが、上記アクチュエータのためのリアクションマスとして用いられる。典型的に、パターンニングデバイスの位置決め装置と基板の位置決め装置（図1における第1位置決め部PMおよび第2位置決め部PWとしても言及される）の両方にバランスマス構成が備えられている。このような構成が利用できるときは、バランスマス構成のバランスマスがカウンタマスまたはリアクションマスとして用いられてもよい。

30

【0050】

こうした構成もまた図3に概略的に示されている。図3には、アクチュエータ（力F2により表されている）が概略的に示されている。アクチュエータは、ベースフレームに力F2を及ぼす一方、反力がパターンニングデバイス350の位置決め装置360のバランスマス370に及ぼされる。こうした構成においては、位置決め装置360の既存のバランスマスが用いられうるから、別個のリアクションマスが必要ない。

【0051】

表示された力F2を及ぼすことによって、Y方向の振動とその結果生じる変位（こうした変位はイルミネータにより提供される照明ドーズ量の均一性に例えば影響する）を緩和することができる。一般に、パターンニングデバイスのバランスマス構成は、スキャン方向（例えばY方向）に変位するよう構成されている。そのため、非スキャン方向（例えばX方向）における変位を減衰させまたはそれに対抗するためには、力F1によって表されるアクチュエータのような構成が用いられてもよい。

40

【0052】

代案として、または追加的に、基板を位置決めするための位置決め装置のバランスマスが同様にリアクションマスとして用いられてもよい。リソグラフィ装置において用いられうる他のバランスマス（例えば、照明システムのレチクルマスキングユニットの位置決め装置に用いられるバランスマス）もまた、リアクションマスとして使用されてもよい。

50

【0053】

このような構成の詳細が図4に概略的に示されている。図4は、地面または床面40に支持されるベースフレーム50を概略的に示す。これらは、ベースフレームと床面の制限された剛性を示す結合剛性30を介する。図4はさらに、基板を位置決めするための位置決め装置のバランスマス構成の一部でありうるバランスマス400（図2のバランスマス100、1と同様）の一部を示す。バランスマス400は、エアベアリング410または類似物（例えば板ばね）を介してベースフレームにより支持されている。F3で示されるのがベースフレーム50に及ぼされるアクチュエータの力であり、反力がバランスマス400に及ぼされる。よってバランスマスはリアクションマスとして機能している。力F3は上述のトルク成分 T_x 、 T_y の励起によるベースフレーム50の振動を減衰させることができる。検知装置またはセンサとして例えば加速度計420がベースフレームに取り付けられていてもよい。

10

【0054】

図示される構成においては、力F3がベースフレーム上にY方向に及ぼされる。同様に、力がX方向に及ぼされてもよい。一般に基板位置決め装置のバランスマスは少なくともX方向およびY方向の両方に実質的に自由に移動できるからである。

【0055】

本発明のある実施の形態においては、アクチュエータによって及ぼされる力（例えば、力F1、F2、またはF3）は、ベースフレームまたはイルミネータに直接ではなく、ベースフレームまたはイルミネータに搭載されるインターフェイスマスを介して間接的に適用される。これが図5に概略的に示されている。

20

【0056】

図4と比較すると、アクチュエータ力F3は、インターフェイスマス430を介してベースフレーム50に適用される。インターフェイスマス430は、減衰部材すなわち圧縮可能接続または柔軟接続440例えばバネまたはゴムまたはゴム状要素を介して、ベースフレーム50に取り付けられている。インターフェイスマスを介して力F3を適用することによって、適用される力にフィルタ効果がもたらされる。

【0057】

同様に、インターフェイスマスと減衰部材は、イルミネータまたはベースフレーム上に力F1またはF2を及ぼすように用いられてもよい。

30

【0058】

ある実施の形態においては、本発明に係るリソグラフィ装置は、センサからセンサ信号を受信し、アクチュエータ制御信号を制御ループを使用して導出するようセンサ信号を処理し、アクチュエータを制御するようアクチュエータ制御信号を出力するよう構成されている制御部またはコントローラをさらに備える。ある実施の形態においては、コントローラは、制御ループの安定性を改善する1つ又は複数のフィルタを含んでもよい。とくに、ローパスフィルタを用いることによりリアクションマスの過大な励起を防ぐことが可能でありうる。また、ハイパスフィルタを用いることにより検知装置の低周波数ノイズの影響が低減されうる。

【0059】

40

ある実施の形態においては、センサ例えば加速度計は、アクチュエータによって及ぼされる力と一列に設置されている。これに関し発明者が考察したのは、センサとアクチュエータが実質的に離れた距離に設置される場合、コントローラの制御ループの安定性に悪影響が生じうるということである。そのため、センサをアクチュエータまたはその近傍に設置することが望ましい。ある実施の形態においては、センサとアクチュエータが同一場所に配置されている。一例として、図5の実施の形態を参照すると、センサまたは検知装置420は、インターフェイスマス430に設置されうる。

【0060】

代案として、または追加的に、コントローラの制御ループは、制御ループの安定性を改善するローパスフィルタを含んでもよい。

50

【0061】

本明細書ではＩＣの製造におけるリソグラフィ装置の使用を例として説明しているが、本書に説明されたリソグラフィ装置は、集積光学システム、磁区メモリ用案内パターン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）、薄膜磁気ヘッド等の製造など他の用途にも適用することが可能であるものと理解されたい。当業者であればこれらの他の適用に際して、本明細書における「ウェーハ」あるいは「ダイ」という用語がそれぞれ「基板」あるいは「目標部分」という、より一般的な用語と同義であるとみなされると理解することができるであろう。本書に言及される基板は、露光前または露光後において例えばトラック（典型的にはレジスト層を基板に塗布し、露光後のレジストを現像する装置）、メトロロジツール、及び／またはインスペクションツールにより処理されてもよい。適用可能であれば、本明細書の開示はこれらのまたは他の基板処理装置にも適用され得る。また、基板は例えば多層ＩＣを製造するために複数回処理されてもよく、その場合には本明細書における基板という用語は処理済みの多数の層を既に含む基板をも意味する。

10

【0062】

上記では光リソグラフィにおける本発明の実施の形態の使用に具体的に言及したかもしれないが、本発明は例えば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されるものであり、文脈が許す場合、光リソグラフィに限られるものではないことは理解されよう。インプリントリソグラフィでは、パターンニングデバイスのトポグラフィが基板に生成されるパターンを決める。パターンニングデバイスのトポグラフィが基板に与えられたレジスト層に押し付けられ、電磁放射や熱、圧力、あるいはこれらの組み合わせによってレジストが硬化される。レジストが硬化された後パターンニングデバイスはレジストから外されレジスト上にはパターンが残される。

20

【0063】

本明細書において「放射」及び「ビーム」という用語は、紫外（ＵＶ）放射（例えば約 365 nm、248 nm、193 nm、157 nm、または 126 nm の波長を有する）及び極紫外（ＥＵＶ）放射（例えば 5 から 20 nm の範囲の波長を有する）、さらにはイオンビームまたは電子ビーム等の粒子ビームを含むあらゆる種類の電磁放射を包含する。

【0064】

「レンズ」という用語は、文脈が許す場合、屈折光学部品、反射光学部品、磁気的光学部品、電磁気的光学部品、静電的光学部品を含む各種の光学部品のうちいずれか 1 つ、又はこれらの組み合わせを指し示してもよい。

30

【0065】

本発明の特定の実施形態が上述されたが、説明したものの以外の態様で本発明が実施されてもよい。例えば、本発明は、上記に開示した方法を記述する機械で読み取り可能な命令の 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の形式をとってもよいし、そうしたコンピュータプログラムを記録したデータ記録媒体（例えば半導体メモリ、磁気ディスク、または光ディスク）であってもよい。

【0066】

上述の説明は例示であり、限定を意図しない。よって、後述の特許請求の範囲から逸脱することなく既述の本発明に変更を加えることができるということは、関連技術の当業者には明らかなことである。

40

【図 1】

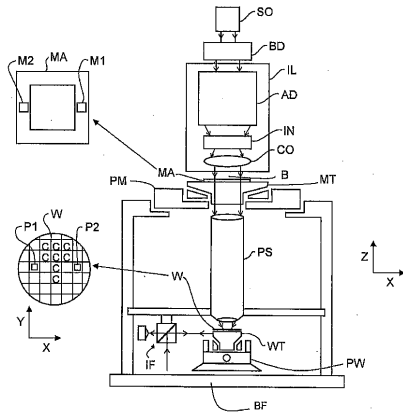


Figure 1

【図 2】

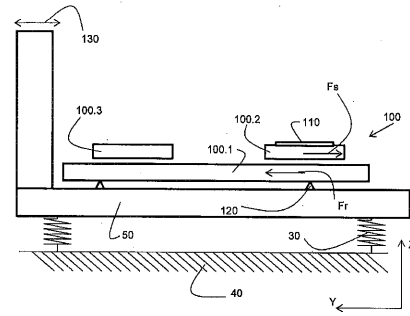


Figure 2

【図 3】

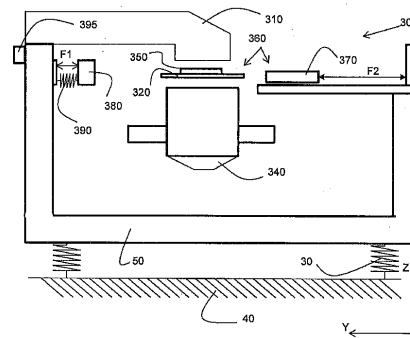


Figure 3

【図 4】

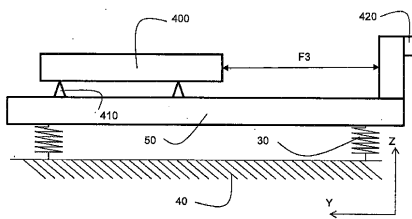


Figure 4

【図 5】

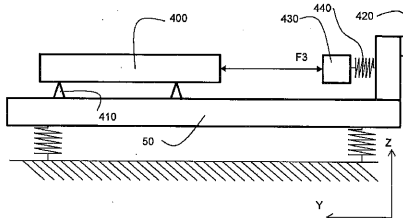


Figure 5

フロントページの続き

- (72)発明者 デ ホーン、コーネリウス、アドリアヌス、ランベルトゥス
オランダ国 ヴェルトホーフエン 5500 エーエイチ, ピー. オー. ボックス 324
- (72)発明者 ファン デル ウェイスト、マルク、ウィルヘルムス、マリア
オランダ国 ヴェルトホーフエン 5500 エーエイチ, ピー. オー. ボックス 324
- (72)発明者 フェルヘース、ティス
オランダ国 ヴェルトホーフエン 5500 エーエイチ, ピー. オー. ボックス 324
- (72)発明者 ケルセマケルス、サンデル
オランダ国 ヴェルトホーフエン 5500 エーエイチ, ピー. オー. ボックス 324

審査官 植木 隆和

- (56)参考文献 特開2010-080624 (JP, A)
特開2005-109441 (JP, A)
特開2009-105398 (JP, A)
特開2007-120646 (JP, A)
特開2013-041981 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/027
G03F 7/20
H01L 21/68