

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7079858号
(P7079858)

(45)発行日 令和4年6月2日(2022.6.2)

(24)登録日 令和4年5月25日(2022.5.25)

(51)国際特許分類	F I			
G 0 3 F 7/20 (2006.01)	G 0 3 F	7/20	5 2 1	
H 0 1 L 21/683 (2006.01)	G 0 3 F	7/20	5 0 1	
	H 0 1 L	21/68		N

請求項の数 15 (全22頁)

(21)出願番号	特願2020-559478(P2020-559478)	(73)特許権者	504151804
(86)(22)出願日	平成31年3月27日(2019.3.27)		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 5 5 0 0 エーエイチ , ビー . オー . ボックス 3 2 4
(65)公表番号	特表2021-522544(P2021-522544 A)	(74)代理人	100105924 弁理士 森下 賢樹
(43)公表日	令和3年8月30日(2021.8.30)	(74)代理人	100134256 弁理士 青木 武司
(86)国際出願番号	PCT/EP2019/057672	(72)発明者	ファン ドルスト、リンゴ、ペートルス 、コルネリス オランダ国 ヴェルトホーフエン 5 5 0 0 エーエイチ , ビー . オー . ボックス 3 2 4
(87)国際公開番号	WO2019/206548		
(87)国際公開日	令和1年10月31日(2019.10.31)		
審査請求日	令和2年12月21日(2020.12.21)		
(31)優先権主張番号	18169639.4		
(32)優先日	平成30年4月26日(2018.4.26)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁(EP)		
(31)優先権主張番号	19150671.6		
(32)優先日	平成31年1月8日(2019.1.8)		
	最終頁に続く		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ステージ装置、リソグラフィ装置、コントロールユニット及び方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体を取り付けるための表面を含む物体支持体であって、前記表面は平面内に延びる物体支持体と、

前記物体を支持する複数の支持部材であって、グリッパーから前記物体を受け取り、表面上に物体を配置し、及び/又はその逆を行い、前記平面に垂直な少なくとも第1の方向に移動可能な支持部材と、

前記物体の面外形状に関する形状情報を受信するように構成され、前記支持部材の位置を制御するように構成された制御ユニットとを含み、

前記制御ユニットは、前記形状情報に基づいて、前記第1の方向での前記物体のスペース消費を低減するように前記支持部材の位置を制御することにより、前記支持部材によって支持されている間に前記物体の前記面外形状を維持しながら前記物体を傾けるように構成されている、ステージ装置。

【請求項2】

前記制御ユニットは、前記物体を傾斜させている間又は傾斜した後に前記物体の中心を決定し、中心を所望の位置に移動するように構成されており、

前記物体の中心は、前記第1の方向の物体のスペース消費内にある、請求項1に記載のステージ装置。

【請求項3】

前記物体の中心は、前記第1の方向に沿って、前記物体の最上部部分及び前記物体の最下

部部分の中間にある、請求項 2 に記載のステージ装置。

【請求項 4】

前記グリッパーと物体の上に配置された本体とを含み、
前記物体が前記支持部材によって支持され、前記グリッパーが前記物体の下にある場合、
前記制御ユニットは、前記物体と前記グリッパーとの間の下側の距離と、前記物体と前記
本体との間の上側の距離が互いに実質的に等しくなるように位置を制御するように構成さ
れる、請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のステージ装置。

【請求項 5】

前記本体がエンコーダ格子及びエンコーダヘッドのうちの 1 つである、請求項 4 に記載の
ステージ装置。

【請求項 6】

3 つの前記支持部材を含む、請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のステージ装置。

【請求項 7】

前記制御ユニットは、前記複数の支持部材が前記第 1 の方向に互いに相対的な位置を有す
る取り付け配置に前記支持部材を設定することによって、前記物体の第 1 の方向のスペー
ス消費を低減するように前記物体を傾斜させるように構成され、

前記制御ユニットは、前記物体を前記表面に載せる間、前記取り付け配置を維持する、請
求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載のステージ装置。

【請求項 8】

前記物体支持体は、前記物体を前記表面にクランプするための吸引力を提供するように配
置された複数の吸引ゾーンを含み、

前記制御ユニットは、前記形状情報に基づいて吸引力シーケンスを決定するように構成さ
れ、

前記制御ユニットは、前記吸引ゾーンを制御して、前記物体を前記表面に取り付ける際の
吸引力シーケンスに従って吸引力を提供するように構成される、請求項 7 に記載のステー
ジ装置。

【請求項 9】

前記制御ユニットは、前記取り付け配置に基づいて吸引力の吸引を決定するようにさらに
構成される、請求項 7 又は 8 に記載のステージ装置。

【請求項 10】

ショートストロークモジュール及びロングストロークモジュールを含むポジションをさら
に備え、前記ショートストロークモジュールは物体支持体を含み、前記ロングストローク
モジュールは複数の支持部材を含む、請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載のステー
ジ装置。

【請求項 11】

前記支持部材の少なくとも 1 つが、平面に平行な軸の周りで少なくとも 1 つの前記支持部
材の上部を傾斜させるように構成された傾斜セクションを備える、請求項 1 乃至 10 のい
ずれか 1 項に記載のステージ装置。

【請求項 12】

前記複数の支持部材を第 1 の方向に同時に移動させるように構成された共通のアクチュエ
ータをさらに備える、請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載のステージ装置。

【請求項 13】

パターンを基板上に投影するための投影システムと、

請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記載のステージ装置と、

物体を物体サポートの上に配置するように構成されたグリッパーとを含み、

前記複数の支持部材は、前記グリッパーから前記物体を受け取り、前記物体支持体の前記
表面に前記物体を配置するように配置されている、リソグラフィ装置。

【請求項 14】

請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記載のステージ装置で使用するよう構成された制御
ユニット。

10

20

30

40

50

【請求項 15】

平面内に延びる表面に物体をロードするための方法であって、
 複数の支持部材上で前記物体を支持し、
 前記物体の面外形状に関する形状情報を取得し、
 前記形状情報に基づいて、前記複数の支持部材を前記表面に垂直な少なくとも第1の方向
 に移動させることによって前記物体の前記面外形状を維持しながら前記物体を傾斜させて
 、前記第1の方向における対象物のスペース消費を低減する、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、リソグラフィの技術分野に関する。

【背景技術】

【0002】

リソグラフィ装置は、基板上に所望のパターンを適用するように構築された機械である。
 リソグラフィ装置は、例えば、集積回路（IC）の製造に使用することができる。リソグ
 ラフィ装置は、例えば、パターニング装置（例えば、マスク）のパターン（しばしば「設
 計レイアウト」または「設計」とも呼ばれる）を、基板（例えばウエハ）上に提供される
 放射線感受性材料（レジスト）の層に投影することができる。

【0003】

一般に「ムーアの法則」と呼ばれる傾向に従って、半導体製造プロセスが進歩し続けるに
 つれて、回路要素の寸法は継続的に縮小され、装置あたりのトランジスタなどの機能要素
 の量は、数十年にわたって着実に増加している。ムーアの法則に追いつくために、半導体
 業界はますます小さなフィーチャを作成できるテクノロジーを追いかけている。基板上に
 パターンを投影するために、リソグラフィ装置は電磁放射を使用することができる。この
 放射の波長は、基板上にパターン化されるフィーチャの最小サイズを決定する。現在使用
 されている典型的な波長は、365nm（i-line）、248nm、193nm、及
 び13.5nmである。4nmから20nmの範囲内の波長、例えば、6.7nm又は1
 3.5nmを有する極紫外線（EUV）放射を使用するリソグラフィ装置は、例えば19
 3nmの波長の放射を使用するリソグラフィ装置よりも基板上に小さいフィーチャを形成
 するのに使用できる。

【0004】

パターンが基板上に投影されている間、基板は通常、基板支持体に取り付けられる。基板
 を基板支持体上に配置するために、複数の支持ピンが基板を受け入れるように配置される
 。基板を受け取った後、基板が基板サポートによって支持されるまで、支持ピンは同時に
 垂直下向きに動かされる。

【0005】

基板サポートの上の垂直方向の利用可能なスペースは非常に限られている。近年、基板は
 より頻繁に平坦ではないが、例えば反っていたり曲がったりする面外形状を有する。これ
 は、基板と他のコンポーネントとの間の物理的接触につながる可能性があり、プロセスの
 エラーや中断につながる可能性があり、歩留まりが低下する可能性があるため、望ましく
 ない。

【0006】

さらに、面外形状の結果として、基板のより低いところに配置された部分は、基板のより
 高いところに配置された部分の前に基板支持体と係合する。基板サポート上の基板のクラ
 ンプは、クランプ後の基板内のより高い及び/又は未知の応力分布につながる。

【0007】

米国特許公開第2013/0222782 A1は、基板の歪みを低減するために基板の
 異なる形状に使用することができる複数のセットの支持ユニットを有する基板保持装置を
 提案している。

【発明の概要】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 8 】

本発明の目的は、上記の不利な点の少なくとも1つを軽減すること、または少なくとも代替のステージ装置を提供することである。

【 0 0 0 9 】

この目的は、物体支持体と複数の支持部材と、制御ユニットとを含むステージ装置により達成される。物体支持体は、物体を取り付けるための表面を含む。表面は平面内に延びる。複数の支持部材は、物体を支持するためのものであり、グリッパーから物体を受け取り、表面上に物体を配置し、及び/又はその逆を行うよう構成される。支持部材は、平面に垂直な少なくとも第1の方向に移動可能である。制御ユニットは、物体の面外形状に関する形状情報を受信するように構成され、支持部材の位置を制御するように構成される。制御ユニットは、形状情報に基づいて、第1の方向での物体のスペース消費を低減するように位置を制御することにより、支持部材によって支持されている間に物体を傾けるように構成されている。

10

【 0 0 1 0 】

本発明のステージ装置では、第1の方向での支持部材の位置は面外形状情報に基づいて制御される。面外形状は、したがって加味され、物体と他の構成部品の接触に関する従来装置の問題はこれにより少なくとも減らされる。

【 0 0 1 1 】

一実施形態では、制御ユニットは、物体を傾斜させている間又は傾斜した後に物体の中心を決定し、中心を所望の位置に移動するように構成されており、物体の中心は、第1方向の物体のスペース消費内にある。物体の中心を所望の位置に配置することにより、物体と他の構成部品との間の接触のリスクを減らせる。

20

【 0 0 1 2 】

一実施形態では、物体の中心は、第1の方向に沿って、物体の最上部部分及び物体の最下部部分の間にある。物体と他の構成部品との間の接触のリスクをさらに減らせる。

【 0 0 1 3 】

一実施形態では、ステージ装置は、グリッパーと物体の上に配置された本体とを含み、物体が支持部材によって支持され、グリッパーが物体の下にある場合、制御ユニットは、物体とグリッパーとの間の下側の距離と、物体と本体との間の上側の距離が互いに実質的に等しくなるように位置を制御するように構成される。物体と本体との間の上側の距離が互いに実質的に等しくなるように物体を移動させることにより、物体と他の構成部品との間の接触のリスクをさらに減らせる。

30

【 0 0 1 4 】

一実施形態では、本体がエンコーダ格子及びエンコーダヘッドのうちの1つである。エンコーダヘッド及びエンコーダ格子は敏感な構成部品である。物体とエンコーダヘッド、又はエンコーダ格子との接触を減らすことで、装置の歩留まりを向上させられる。

【 0 0 1 5 】

一実施形態では、ステージ装置は、3つの支持部材を含む。3つの支持部材を用いることで、物体にさらなる強い応力を加えることなく物体を傾かせられる。

【 0 0 1 6 】

一実施形態では、制御ユニットは、複数の支持部材が第1の方向に互いに相対的な位置を有する取り付け配置に支持部材を設定することによって、物体の第1の方向のスペース消費を低減するように物体を傾斜させるように構成され、制御ユニットは、物体を表面に載せる間、取り付け配置を維持する。取り付け配置を維持することにより、物体は表面に接触するとき可能な限り表面と平行になる。これにより、物体は少ない変形及び/又は応力で表面に取り付けられる。

40

【 0 0 1 7 】

一実施形態では、物体支持体は、物体を表面にクランプするための吸引力を提供するように配置された複数の吸引ゾーンを含み、制御ユニットは、形状情報に基づいて吸引力シーケンスを決定するように構成され、制御ユニットは、吸引ゾーンを制御して、物体を表面

50

に取り付ける際の吸引力シーケンスに従って吸引力を提供するように構成される。吸引ゾーンを制御することにより、物体が取り付けられている表面との応力を減らせる。

【0018】

一実施形態では、制御ユニットは、取り付け配置に基づいて吸引力の吸引を決定するようにさらに構成される。

【0019】

一実施形態では、ステージ装置は、ショートストロークモジュール及びロングストロークモジュールを含むポジションをさらに備え、ショートストロークモジュールは物体支持体を含み、ロングストロークモジュールは複数の支持部材を含む。利点として、ショートストロークモジュールは、熱エネルギーを放出し、又は熱的及び/又は電氣的な漏れを形成する追加の構成部品を含まない。

10

【0020】

一実施形態では、支持部材の少なくとも1つが、平面に平行な軸の周りで少なくとも1つの支持部材の上部を傾斜させるように構成された傾斜セクションを備える。これにより、支持部材は、物体を平面に対して傾斜させている間、支持部材は物体と良好に接触し、物体を適切に支持する。

【0021】

一実施形態では、複数の支持部材を第1の方向に同時に移動させるように構成された共通のアクチュエータをさらに備える。共通のアクチュエータは、例えば比較的大きな動作及び/又は複数の支持部材を動じに動かすのに使用できる。

20

【0022】

一実施形態では、パターンを基板上に投影するための投影システムと、上述のステージ装置と、物体を物体サポートの上に配置するように構成されたグリッパーとを含み、複数の支持部材は、グリッパーから物体を受け取り、物体支持体の表面に物体を配置するように配置されている、リソグラフィ装置が提供される。

【0023】

一実施形態では、上述のステージ装置で使用するように構成された制御ユニットが提供される。

【0024】

一実施形態では、平面内に延びる表面に物体をロードするための方法であって、複数の支持部材上で物体を支持し、物体の面外形状に関する形状情報を取得し、形状情報に基づいて、複数の支持部材を表面に垂直な少なくとも第1の方向に移動させることによって物体を傾斜させて、第1の方向における対象物のスペース消費を低減する、方法が提供される。

30

【0025】

添付の図面を参照して本発明の実施形態が例示の目的で説明され、ここで、同様の参照番号は、同様の特徴を示す。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】リソグラフィ装置の概略図を示す。

【図2】図1のリソグラフィ装置の一部の詳細図を示す。

40

【図3】位置制御システムを概略的に示す。

【図4a】本発明によるステージ装置の側面図を示す。

【図4b】ステージ装置の支持部材によって支持されている物体の簡略化された上面図を示す。

【図5a】ステージ装置によって支持された物体が面外形状を有する場合に起こり得る問題を示す。

【図5b】図5Aに示される状況において、ステージ装置の支持部材によって支持される反った物体の簡略化された上面図を示す。

【図6a】本発明によるステージ装置の制御ユニットを概略的に示す。

【図6b】本発明によるステージ装置の側面図を示しており、支持部材は、反った物体を

50

支持するための支持配置に従って配置されている。

【図 6 c】図 6 B に示される状況において、ステージ装置の支持部材によって支持される反った物体の簡略化された上面図を示す。

【発明を実施するための形態】

【0027】

本書では、「放射」および「ビーム」という用語は、紫外線放射（例えば、365、248、193、又は126nm）及びEUV（例えば約5～100nmの範囲の波長を有する極端紫外線）を含むすべてのタイプの電磁放射を意味する。

【0028】

このテキストで使用される「レチクル」、「マスク」又は「パターンニング装置」という用語は、入射放射線ビームに、基板のターゲット部分に作成されるパターンに対応するパターン化された断面を与えるために使用できる一般的なパターンニング装置を指すと広く解釈される。「ライトバルブ」という用語は、この文脈でも使用できる。従来のマスク（透過型または反射型、バイナリ、位相シフト、ハイブリッドなど）に加えて、他のそのようなパターンニング装置の例には、プログラマブルミラーアレイ及びプログラマブルLCDアレイが含まれる。

10

【0029】

図1は、例えば、リソグラフィ装置LAを概略的に示している。本発明に従って具体化される。リソグラフィ装置LAは、放射ビームB（例えば、UV放射、DUV放射またはEUV放射）を調整するように構成された照明システム（例えば、照明器とも呼ばれる）ILと、パターンニング装置（例えば、マスク）MAを支持するように構築され、特定のパラメータにしたがってパターンニング装置MAを正確に配置するように構成された第1のポジションPMに接続されたマスクサポート（例えば、マスクテーブル）MTと、基板（例えばレジストコートされたウエハ）Wを保持するように構成され、特定のパラメータにしたがって基板サポートを正確に配置するように構成された第2ポジションPWに接続された基板サポート（例えば、ウエハテーブル）WTと、パターンニング装置MAにより放射ビームBに付与されたパターンを基板のターゲット部分（例えば、1つ又は複数のダイを含む）C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）PSとを含む。基板サポートWTは、本発明によるステージ装置の一部であってもよい。

20

【0030】

動作中、照明システムILは、例えばビームデリバリシステムBD経由で放射線源SOから放射線ビームを受け取る。照明システムILは、放射を方向付け、成形、及び/又は制御するために、屈折、反射、磁気、電磁、静電、及び/又は他のタイプの光学コンポーネント、またはそれらの任意の組み合わせなどの様々なタイプの光学コンポーネントを含む。照明器ILを使用して、放射ビームBを、パターンニング装置MAの平面でのその断面に所望の空間的および角度的強度分布を有するように調整できる。

30

【0031】

本明細書で使用される「投影システム」PSという用語は、屈折、反射、反射屈折、アナモルフィック、磁気、電磁気及び/又は静電光学システム、またはそれらの任意の組み合わせを含み、使用されている放射線、及び/又は液浸液の使用や真空の使用などの他の要因のため露光に適切な様々なタイプの投影システムを包含すると広く解釈されるべきである。本明細書における「投影レンズ」という用語の使用は、より一般的な用語「投影システム」PSと同義であると見なせる。

40

【0032】

リソグラフィ装置LAは、基板の少なくとも一部が、投影システムPSと基板Wと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、例えば、水によって覆われ得るタイプのものであってもよく、これは液浸リソグラフィとも呼ばれる。液浸技術の詳細は、US6952253に記載されており、参照により本明細書に組み込まれる。

【0033】

リソグラフィ装置LAはまた、2つ以上の基板支持体WT（「デュアルステージ」とも呼

50

ばれる)を有するタイプのものであってもよい。そのような「多段」機械では、基板支持体WTを並行して使用することができ、及び/又は基板Wのその後の露光の準備におけるステップを、基板支持体WTの一方に配置された基板W上で実行することができる。他の基板支持体WT上の基板Wは、他の基板W上のパターンを露光するために使用されている。

【0034】

基板支持WTに加えて、リソグラフィ装置LAは、測定ステージを含んでもよい。測定ステージは、センサ及び/又は洗浄装置を保持するように構成されている。センサは、投影システムPSの特性または放射線Bの特性を測定するように構成される。測定ステージは、複数のセンサを保持できる。洗浄装置は、リソグラフィ装置の一部、例えば、投影システムPSの一部または液浸液を提供するシステムの一部を洗浄するように構成される。測定ステージは、基板サポートWTが投影システムPSから離れているときに、投影システムPSの下に移動できる。

10

【0035】

動作中、放射線ビームBは、マスクサポートMT上に保持されたパターンニング装置MA、例えばマスクに入射し、パターンニング装置MA上に存在するパターン(デザインレイアウト)によってパターン化される。放射線ビームBは、パターンニング装置MAを通過した後、ビームを基板Wの標的部分Cに集束させる投影システムPSを通過する。第2のポジションナPWおよび位置測定システムIFの助けを借りて、基板サポートWTは、例えば、集束され整列された位置で放射線ビームBの経路内の異なるターゲット部分Cを配置するように、正確に移動することができる。同様に、第1のポジションナPM及び場合によっては別の位置センサー(図1には明示的に示されていない)を使用して、放射線ビームBの経路に対してパターンニング装置MAを正確に配置することができる。パターンニング装置MAおよび基板Wは、マスク位置合わせマークM1、M2及び基板位置合わせマークP1、P2を使用して位置合わせされる。図示のように基板アライメントマークP1、P2は専用のターゲット部分を占めるが、それらはターゲット部分の間の空間に配置され得る。基板アライメントマークP1、P2は、これらがターゲット部分Cの間に配置されている場合、スクライブレーンアライメントマークとして知られている。

20

【0036】

本発明を明確にするために、デカルト座標系が使用される。デカルト座標系には、X軸、Y軸、Z軸の3つの軸がある。3つの軸のそれぞれは、他の2つの軸に直交する。X軸を中心とした回転は、RX回転と呼ばれる。Y軸を中心とした回転は、RY回転と呼ばれる。Z軸を中心とした回転は、RZ回転と呼ばれる。X軸とY軸は水平面を定義し、Z軸は垂直方向を定義する。デカルト座標系は本発明を限定するものではなく、説明のためにのみ使用される。代わりに、円筒座標系などの別の座標系を使用して、本発明を明確にすることができる。デカルト座標系の方向は、例えば、Z軸が水平面に沿った成分を持つように異なる場合がある。

30

【0037】

図2は、図1のリソグラフィ装置LAの一部のより詳細な図を示す。リソグラフィ装置LAは、ベースフレームBF、バランスマスBM、計測フレームMF、及び防振システムISを備えていてもよい。計測フレームMFは投影システムPSを支持する。さらに、計測フレームMFは、位置測定システムPMSの一部をサポートする場合がある。計測フレームMFは、防振システムISを介してベースフレームBFによって支持される。防振システムISは、振動がベースフレームBFから計測フレームMFに伝播するのを防止または低減するように配置されている。

40

【0038】

第2のポジションナPWは、基板サポートWTとバランスマスBMとの間に駆動力を提供することにより、基板サポートWTを加速するように配置されている。駆動力は、基板支持WTを所望の方向に加速させる。運動量が保存されるため、駆動力はバランスマスBMにも同じ大きさで適用されるが、所望の方向とは反対の方向になる。典型的には、バランスマスBMの質量は、第2のポジションナPWおよび基板サポートWTの可動部分の質量より

50

も著しく大きい。

【 0 0 3 9 】

一実施形態では、第2のポジショナPWは、バランスマスBMによって支持されている。例えば、第2のポジショナPWは、バランスマスBMより上に基板支持体WTを浮上させるための平面モーターを含む。別の実施形態では、第2のポジショナPWは、ベースフレームBFによって支持されている。例えば、第2のポジショナPWがリニアモーターを含み、第2のポジショナPWはガスベアリングのようなベアリングを含み、ベースフレームBF上に基板支持体WTを浮揚させる。

【 0 0 4 0 】

位置測定システムPMSは、基板サポートWTの位置を決定するのに適した任意のタイプのセンサを含んでよい。位置測定システムPMSは、マスクサポートMTの位置を決定するのに適した任意のタイプのセンサを含んでよい。センサは、干渉計またはエンコーダなどの光学センサであるのがよい。位置測定システムPMSは、干渉計とエンコーダの組み合わせシステムであってもよい。センサは、磁気センサ、静電容量センサ又は誘導センサなどの別のタイプのセンサであってもよい。位置測定システムPMSは、基準、例えば、計測フレームMF又は投影システムPSに対する相対的な位置を決定することができる。位置測定システムPMSは、位置を測定することによって、又は速度若しくは加速度などの位置の時間微分を測定することによって、基板テーブルWT及び/又はマスクサポートMTの位置を決定することができる。

【 0 0 4 1 】

位置測定システムPMSは、エンコーダシステムを含んでもよい。エンコーダシステムとしては、例えば、2006年9月7日に出願された米国特許出願US2007/0058173A1が知られており、参照により本明細書に組み込まれる。エンコーダシステムは、エンコーダヘッド、回折格子、及びセンサで構成される。エンコーダシステムは、一次放射線ビーム及び二次放射線ビームを受信することができる。一次放射線ビームと二次放射線ビームの両方は同じ放射線ビーム、すなわち元の放射線ビームから発生する。一次放射線ビームと二次放射線ビームの少なくとも一方は、元の放射線ビームを回折格子で回折することによって作成される。一次放射線ビームと二次放射線ビームの両方が元の放射線ビームを回折格子で回折することによって作成される場合、一次放射線ビームは二次放射線ビームとは異なる回折次数を有する必要がある。異なる回折次数は、例えば、+1次、-1次、+2次、及び-2次である。エンコーダシステムは、一次放射線ビームと二次放射線ビームを光学的に結合して、結合された放射線ビームにする。エンコーダヘッドのセンサは、結合された放射線ビームの位相又は位相差を決定する。センサは、位相又は位相差に基づいて信号を生成する。信号は、回折格子に対するエンコーダヘッドの位置を表す。エンコーダヘッド及び回折格子のうちの1つは、基板構造WT上に配置される。エンコーダヘッドと回折格子のもう一方は、計測フレームMF又はベースフレームBFに配置される。例えば、複数のエンコーダヘッドが計測フレームMF上に配置され、回折格子は、基板支持WTの上面に配置される。別の例では、回折格子が基板サポートWTの底面に配置され、エンコーダヘッドが基板サポートWTの下に配置される。

【 0 0 4 2 】

位置測定システムPMSは、干渉計システムを含んでもよい。干渉計システムとしては、例えば、1998年7月13日に出願された米国特許第6,020,964号が知られており、参照により本明細書に組み込まれる。干渉計システムは、ビームスプリッタ、ミラー、基準ミラー、及びセンサを含む。放射線のビームは、ビームスプリッタによって基準ビームと測定ビームに分割される。測定ビームはミラーに伝搬し、ミラーによって反射されてビームスプリッタに戻る。基準ビームは基準ミラーに伝搬し、基準ミラーによって反射されてビームスプリッタに戻る。ビームスプリッタでは、測定ビームと基準ビームが結合されて、結合された放射線ビームになる。結合された放射線ビームはセンサに入射する。センサは、組み合わされた放射線ビームの位相又は周波数を決定する。センサは、位相又は周波数に基づいて信号を生成する。信号はミラーの変位を表す。一実施形態では、ミ

10

20

30

40

50

ラーは、基板サポートWTに接続されている。基準ミラーは、計測フレームMFに接続することができる。一実施形態では、測定ビームと基準ビームは、ビームスプリッタの代わりに追加の光学部品によって結合された放射線ビームに結合される。

【0043】

第1のポジシヨナPMは、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を含む。ショートストロークモジュールは、ロングストロークモジュールに対してマスクサポートMTを狭い範囲の動きで高精度に動かすように配置されている。ロングストロークモジュールは、投影システムPSに対してショートストロークモジュールを広範囲の動きにわたって比較的低い精度で動かすように配置されている。ロングストロークモジュールとショートストロークモジュールの組み合わせにより、第1のポジシヨナPMは、広範囲の移動にわたって高精度で投影システムPSに対してマスクサポートMTを移動させることができる。同様に、第2のポジシヨナPWは、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を含む。ショートストロークモジュールは、ロングストロークモジュールに対して基板サポートWTを狭い範囲の動きにわたって高精度で動かすように配置されている。ロングストロークモジュールは、投影システムPSに対してショートストロークモジュールを広範囲の動きにわたって比較的低い精度で動かすように配置されている。ロングストロークモジュールとショートストロークモジュールの組み合わせにより、ダイ2のポジシヨナPWは、広い範囲の動きにわたって高精度で投影システムPSに対して基板サポートWTを動かすことができる。

【0044】

第1のポジシヨナPM及び第2のポジシヨナPWはそれぞれ、マスクサポートMT及び基板サポートWTをそれぞれ移動させるためのアクチュエータを備えている。アクチュエータは、単一の軸、例えば、Y軸に沿って駆動力を提供するためのリニアアクチュエータであるのがよい。複数のリニアアクチュエータを適用して、複数の軸に沿って駆動力を提供してもよい。アクチュエータは、多軸に沿って駆動力を提供するための平面アクチュエータであってもよい。例えば、平面アクチュエータは、基板サポートWTを6自由度で動かすように配置される。アクチュエータは、少なくとも1つのコイル及び少なくとも1つの磁石を含む電磁アクチュエータであってもよい。アクチュエータは、少なくとも1つのコイルに電流を印加することによって、少なくとも1つの磁石に対して少なくとも1つのコイルを動かすように構成されている。アクチュエータは、基板サポートWT又はマスクサポートMTのそれぞれに結合された少なくとも1つの磁石を有する移動磁石タイプのアクチュエータであってもよい。アクチュエータは、基板支持WT又はマスクサポートMTにそれぞれ結合された少なくとも1つのコイルを有する移動コイルタイプのアクチュエータであってもよい。アクチュエータは、ボイスコイルアクチュエータ、リラクタンسアクチュエータ、ローレンツアクチュエータまたはピエゾアクチュエータ、又は他の任意の適切なアクチュエータであってもよい。

【0045】

リソグラフィ装置LAは、図3に概略的に示されているような位置制御システムPCSを備える。位置制御システムPCSは、セットポイントジェネレータSP、フィードフォワードコントローラFF及びフィードバックコントローラFBを備える。位置制御システムPCSは、アクチュエータACTに駆動信号を提供する。アクチュエータACTは、第1のポジシヨナPM又は第2のポジシヨナPWのアクチュエータである。アクチュエータACTは、プラントPを駆動し、プラントPは、基板サポートWT又はマスクサポートMTを含む。プラントPの出力は、位置、速度、加速度などの位置量である。位置量は、位置測定システムPMSで測定される。位置測定システムPMSは、プラントPの位置量を表す位置信号である信号を生成する。セットポイントジェネレータSPは、プラントPの所望の位置量を表す基準信号である信号を生成する。基準信号は、例えば基板サポートWTの所望の軌道を表す。基準信号と位置信号の差がフィードバックコントローラFBの入力になる。入力に基づいて、フィードバックコントローラFBは、アクチュエータACTに駆動信号の少なくとも一部を提供する。基準信号は、フィードフォワードコントローラ

10

20

30

40

50

FFの入力を形成する。入力に基づいて、フィードフォワードコントローラFFは、アクチュエータACTに駆動信号の少なくとも一部を提供する。フィードフォワードFFは、質量、剛性、共振モード、固有周波数など、プラントPの動的特性に関する情報を利用できる。

【0046】

図4aは、物体105、例えば基板102をその上に取り付けるための表面102.1を含む物体サポート102を含む、本発明によるステージ装置101の側面図を示す。図示の実施形態では、表面102.1は、パールとも呼ばれる複数の突起102.2を含み、その上に物体105を支持することができる。図示のように、表面102.1は、実質的に平面XY内に延びる。ステージ装置101は、物体105を支持するための複数の支持部材103をさらに備え、グリッパー104から物体105を受け取り、表面102.1上に物体105を配置するように、及び/又はその逆に配置される。支持部材103は、平面XYに垂直である少なくとも第1の方向zに移動可能である。

10

【0047】

図示の実施形態では、ステージ装置101は、3つの支持部材103を含み、そのうちの2つは、図4aに示される側面図に見える。図4bは、支持部材103が物体105をどのように支持するか簡略化した上面図を示す。3つの支持部材103は、上面図で見たときに、支持部材103が角度上に配置されて仮想の正三角形を描くことができるように配置されることが好ましい。しかしながら、任意の適切な数の支持部材103を任意の適切な配置で適用できることに留意すべきである。3つの支持部材103を有することは、物体105に多くの望ましくない応力を導入することなく、物体105を適切に支持することができるという利点を有する。また、支持部材103は表面102.1を通過して移動するので、表面102.1は、支持部材103を収容するための開口部を有する必要がある。これらの開口部は、物体105が表面102.1によって支持されている場合、表面102.1の残りの部分よりも物体105への支持が少ない。したがって、表面102.1の開口部は少ないほど良い。3つの支持部材103は、X軸及びY軸の両方に沿った物体105の傾斜を可能にする。図4bにさらに見られるように、図示の実施形態における物体105は、上面図で見たときに円形の任意のディスク形状を有する。物体105は、他の任意の適切な形状を有することができる。例えば、物体105の上面図は、長方形または正方形などの多角形であってもよい。

20

30

【0048】

図4aに戻り、表面102.1上に物体105を配置することは、例えば、以下のように実行される。図4aに示す状況では、物体105は、支持部材103によって支持され、グリッパー104は、部分的に引っ込められている。この状況の前に、物体105は、物体105をステージ装置101に提供するために物体105を物体支持物102の上に配置したグリッパー104によって支持されていた。グリッパー104は、例えば物体105を提供するハンドリングシステムの一部である多軸ロボットアームのようなロボットにより駆動される。次に、支持部材103は、それらが表面102.1の下に配置されている格納位置から図4aに示される支持位置まで垂直に上方に移動される。垂直上向きの動きの間、支持部材103は物体105と係合する。物体105が支持部材103によって支持されると、グリッパー104は、図4aに示される状況に対応するように引っ込められる。支持部材103は、物体105が水平に配置されるように、第1の方向zにおいて同じ高さに配置される。次に、支持部材103は、破線105'によって示されるように、物体105が表面102.1上に配置されるまで、垂直下向きに移動される。垂直下向きに移動することにより、支持部材103は、物体105を表面102.1に装填している。図示の実施形態では、物体支持部材102は、例えば、物体サポート102を囲むリム形状の構造のような任意選択のシール102.4を含む。

40

【0049】

物体105は、同様の方法で、例えば、パターンが物体105に投影された後、以下のように取り除かれる。物体105が表面102.1上に配置されている間、支持部材103

50

は、表面102.1の下の格納位置にある。支持部材103は、物体105が物体105と係合するまで、第1の方向zで垂直上向きに移動することができ、物体サポート102の代わりに支持部材103によって支持される。次に、支持部材103は、再び図4aに示されるように、それらが支持位置に到達するまで、第1の方向zで垂直上方にさらに移動することができる。次に、グリッパー104は、物体105の下に移動して、物体105を支持する。例えば、グリッパー104は、物体105の下に配置された後、物体105と係合するために垂直に上方に移動することができる。グリッパー104が物体105の下に配置された後、グリッパー104が物体105に係合するまで、支持部材103を垂直下向きに移動させることも可能である。一実施形態では、物体105を取り除くのに使用されるグリッパーは、物体105を提供するために使用されるグリッパー104とは異なるグリッパーであってもよいことに留意すべきであり、例えば両方のグリッパーは、物体105の反対側、例えば図4aの左側と右側に配置されていてもよい。

10

【0050】

図示の実施形態では、エンコーダ格子106が、物体支持部102及び物体105の上に配置される。エンコーダ格子106は、物体支持部102の位置を決定するためのエンコーダシステムの一部であり、物体支持部102上に配置された複数のエンコーダヘッド(図示せず)をさらに含む。エンコーダシステムは、位置測定システムPMSの一部であってもよい。しかしながら、本発明はまた、異なる構成で適用することができることに留意すべきであり、例えばエンコーダ格子を、物体支持部102上に配置し、エンコーダ格子が物体支持部102に取り付けられた1つ若しくは複数のセンサ、又は異なる測定システム、例えば、干渉計システムと共働してもよい。

20

【0051】

従来、基板Wなどの物体は、図4aに示される物体105のように、実質的に平坦であったが、最近では面外形状、例えば反り又は湾曲を有する基板を処理することが頻繁にある。図5aは、物体が面外形状を有する場合に発生する可能性のあるいくつかの問題を示す。

【0052】

図5aでは、支持部材103は、図4aと同じように、すなわち、第1の方向zで同じ高さにあるが、支持部材103は反った物体105aを支持している。図5aは、見える2つの支持部材103がX方向に同じレベルに配置されていないので、概略図であることに注意すべきである。反った物体105aが部分的に視界を遮るため、支持部材103の上部は実際には完全には見えない場合がある。

30

【0053】

図5bは、物体105a及び支持部材103を示す簡略化された上面図を示し、等高線は、第1の方向zにおける物体105aの高さを示す。物体105aの示されている例では、4つの面外領域500.1、500.2、500.3、500.4を識別することができる。特に、高さの差が限られている図5bの右側の面外領域500.2と、相当な高さの差がある図5bの左側の面外領域500.4との間には相当な差がある。左側の前記面外領域500.4では、図5aにも見られるように、物体105aは、第1の方向により多くのスペースを消費する。物体105aの反った形状のために、物体105aは、平坦な物体よりも第1の方向zにおいてより多くの空間をカバーする。換言すれば、第1の方向zにおける物体105aの空間消費は、面外形状を有する物体の方が大きい。

40

【0054】

第1の方向zの空間消費が大きくなりすぎると、物体105aが、エンコーダ格子106又はグリッパー104と接触する望ましくないリスクがある。第1の方向zにおける空間消費は、液浸リソグラフィが適用される場合、さらに深刻であり、物体105aの少なくとも一部は、比較的高い屈折率を有する液体、例えば、水によって覆われることがある。図5aは、水滴111が物体105aの第1の方向zの最高点に存在し、別の水滴112が物体105aの第1の方向zの最低点に存在している状況を示す。水滴111とエンコーダ格子106との間の第1の方向zの距離121は、水滴112とグリッパー104との間の第1の方向zの距離123と同様に、非常に制限されている。水滴111がエンコ

50

ーダ格子 106 と接触すると、エンコーダシステムの一次放射ビーム及び/又は二次放射ビームが水滴 111 によって偏向されるため測定誤差をもたらす可能性がある。水滴 112 がグリッパー 104 と接触した場合、例えば、グリッパー 104 が水平に動かされてグリッパー 105 を物体 105 a の下に配置するとき、その後入ってくる物体を濡らす可能性があり、例えば、グリッパー 104 がその一部である取り扱いシステムの構成要素に付着する。一実施形態では、グリッパー 104 は、グリッパー 104 が物体 105 a を支持しているときに物体 105 a と係合するためのグリッパーパッド（図示せず）を備え得ることに留意すべきである。前記グリッパーパッドは、好ましくは、グリッパーパッドの湿潤が問題を伴わないように構成される。しかしながら、グリッパー 104 の他の部分の濡れは問題を引き起こす可能性がある。さらに、エンコーダ格子 106 をより高く配置することも、グリッパー 104 をより低く配置することも、グリッパー 104 をより薄く設計することも実行不可能である可能性があることに留意すべきである。

10

【0055】

さらに、図示の実施形態の支持部材 103 は、物体 105 a をクランプするためのクランプ力を提供するためのオプションの吸引パッド 103 . 2 を備える。図 5 a に示す状況では、これらの吸引パッド 103 . 2 は、吸引パッド 103 . 2 が係合する物体 105 a の表面と整列しておらず、漏れを生じさせ、したがって、吸引パッド 103 . 2 が所望のクランプ力を提供するのを妨げる。

【0056】

これらの問題を軽減するために、本発明によるステージ装置 101 は、図 6 a に概略的に示されている制御ユニット 201 を備える。制御ユニット 201 は、物体 105 の面外形状に関する形状情報 221 を受信するための入力端子 201 . 1 と、処理ユニット 202 とを備える。処理ユニット 202 は、前記形状情報 221 に基づいて、少なくとも第 1 の方向における互いに対する支持部材の位置を決定するように構成される。制御ユニット 201 は、支持部材 103 が物体 105 を支持しているときに、形状情報に基づいて支持部材 103 の位置を制御するように構成される。

20

【0057】

好ましくは、制御ユニット 201 の処理ユニット 202 は、第 1 の方向 z における物体 105 の空間消費が実質的に最小化されるように支持配置を決定するように構成される。

【0058】

形状情報は、少なくとも物体の面外形状を表す。物体が例えば反っているか、湾曲しているとき、制御ユニット 201 は、形状情報に基づいてこれを決定することができる。

30

【0059】

図示の実施形態では、ステージ装置 101 は、3つのアクチュエータ 103 . 1、例えば、電気又は圧電アクチュエータを備え、そのうちの2つは図 4 a 及び図 5 a に示す側面図に示されている。各アクチュエータ 103 . 1 は、支持部材 103 の1つを第 1 の方向 z に個別に移動させるように構成される。しかしながら、ステージ装置 101 は、別の数のアクチュエータ 103 . 1 を含んでもよく、これは、必ずしも支持部材 103 の数と等しくなくてもよいことに留意すべきである。例えば、1つまたは複数のアクチュエータ 103 . 1 は、2つまたは複数の支持部材 103 を第 1 の方向 z に同時に移動させるように構成されてもよい。

40

【0060】

再び図 6 a を参照して、任意の実施形態では、制御ユニット 201 は、アクチュエータ 103 . 1 の入力端子 103 . 1 a にそれぞれ制御信号 222、223、224 を送信するための3つの出力端子 201 . 2、201 . 3、201 . 4 をそれぞれ備えることが示されている。前記制御信号 222、223、224 により、制御ユニット 201 は、支持部材 103 の位置を制御することができる。一実施形態では、制御ユニット 201 の出力端子は、単一の出力端子によって構成され得ることに留意すべきである。

【0061】

図 6 b は、本発明によるステージ装置 101 の側面図を示し、第 1 の方向 z における物体

50

105 aの空間消費を低減するように支持部材103が配置されている。図示のように、可視の2つの支持部材103は、第1の方向zにおいて異なる高さに配置されている。これにより、第1の方向zにおける物体105 aのスペース消費が最小化される。図5 aに示す状況と比較して、同じ物体105 aに対して距離121及び123はより大きい。言い換えれば、水滴111、112が他の構成要素と接触するリスクが低減されている。本発明は、対象が非対称、例えばサドル型である場合、本発明が特に有利である可能性があることに留意すべきである。図6 bは、物体105 aの最低点と最高点との間の距離を示す距離124を示している。エンコーダ格子106とグリッパー104の上部との間の合計距離は、距離124、126、及び127の合計に等しい。制御ユニット201は、物体105が支持部材103によって支持されている間に物体105を傾斜させるように構成されている。形状情報に基づいて、制御ユニットは、第1の方向zにおける支持部材104の位置を制御することによって、物体105を傾斜させる。結果として、距離124は減少し、上部距離126及び/又は下部距離127を増加させる。距離124を減少させることにより、第1の方向における物体105のスペース消費が減少する。

【0062】

図6 cは、図6 bに示される状況において、ステージ装置の支持部材によって支持される反った物体の簡略化された上面図を示す。図5 bに描かれている上面図と同様に、4つの面外領域500.1、500.2、500.3、500.4を識別できる。しかしながら、ここで、これらの面外領域500.1、500.2、500.3、500.4のそれぞれは、制御ユニット201によって決定された位置に支持部材103が設定された結果として、同様の高さの差を有する。さらに、面外領域500.1、500.2、500.3、500.4のそれぞれについて同様である前記高さ差は、図5 bの面外領域500.4の高さ差よりも小さい。換言すれば、物体105 aの第1の方向zにおける空間消費が低減されている。

【0063】

図6 aおよび6 bに示されるように、ステージ装置101は、物体支持体102、複数の支持部材103、及び制御ユニット201を備える。物体支持体102は、物体105 aを取り付けるための表面102.1を備える。表面102.1はXY平面内に延びる。複数の支持部材103は、物体105 aを支持する。複数の支持部材103はさらに、グリッパー104から物体105 aを受け取り、物体105 aを表面102.1に配置するように、及び/又はその逆を行うよう構成される。支持部材103は、XY平面に垂直である少なくとも第1の方向zに移動可能である。制御ユニット201は、物体105 aの面外形状に関する形状情報を受信するように構成され、支持部材103の位置を制御するように構成されている。制御ユニット201は、形状情報に基づいて、物体105 aの第1方向zの空間消費を低減するように位置を制御することにより、支持部材103に支持されながら物体105 aを傾斜させるように構成されている。制御ユニット201は、物体105 aをRx、すなわちX軸に沿って、Ry、すなわちY軸に沿って、またはRxとRyの組み合わせ、すなわちX軸とY軸の両方に沿って傾斜させることができる。

【0064】

制御ユニット201は、物体105 aを傾斜させている間又は傾斜させた後に物体105 aの中心を決定し、中心を所望の位置に移動するようにさらに構成されてもよい。中心は、第1の方向zにおける物体105 aの消費されたスペース内にある。中心を所望の位置に移動することにより、制御ユニット201は、物体105 aとエンコーダ格子106との間、及び物体105 aとグリッパー104との間に十分な距離があることを達成できる。物体105 aの中心は、第1の方向zに沿って、物体105 aの最上部と物体105 aの最下部の間にあってもよい。したがって、中心は、上位距離126と距離124の半分の合計の距離でエンコーダ格子106から離れていてもよい。中心は、より低い距離127と距離124の半分の合計の距離でグリッパー104から離れていてもよい。あるいは、物体105の中心は、物体105の中心点にあってもよい。制御ユニット201は、傾斜中、すなわち、第1の方向zにおいて互いに対して支持部材103の位置を変化させ

10

20

30

40

50

ながら、物体 105 a の中心を決定するように構成されてもよい。制御ユニット 201 は、傾斜後、すなわち、支持部材 103 の位置を第 1 の方向 z で互いに対して変更した後、支持部材 103 を第 1 の方向 z で一緒に移動させた後、物体 105 a の中心を決定するように構成されてもよい。

【0065】

図 6 b に戻り、ここでは物体 105 a が支持部材 103 によって支持され、グリッパー 104 が物体 105 a の下にあることを示す。選択的な実施形態では、制御ユニット 201 は、物体 105 a とグリッパー 104 との間のより低い距離 127 と、物体 105 a とエンコーダ格子 106 との間のより高い距離 126 との距離が実質的に等しくなるよう支持部材 103 の位置を決定するようにさらに構成される。制御ユニット 201 は、下部距離 127 と上部距離 126 が互いに実質的に等しくなるように、支持部材 103 の位置を制御するように構成される。

10

【0066】

上側の距離 126 は、エンコーダ格子 106 に最も近い物体 105 a の点とエンコーダ格子 106 との間の第 1 の方向 z で測定される。下側の距離 127 は、グリッパー 104 に最も近い物体 105 a の点とグリッパー 104 との間の第 1 の方向 z で測定される。グリッパー 104 が平面 X Y に平行に、図 6 b では左又右に向けて移動するように配置されている場合、上側の距離 126 及び下側の距離 127 は、特に互いに等しい。したがって、水滴 111、112 の 1 つまたは物体 105 a 自体とグリッパー 104 またはエンコーダ格子 106 との接触のリスクが最小限に抑えられる。

20

【0067】

説明された実施形態では、エンコーダ格子 106 の代わりに、任意の他の物体があり得る。例えば、物体はエンコーダヘッドである。

【0068】

任意の実施形態では、制御ユニット 201 は、物体 105 a とグリッパー 104 との間の局所的な下側の距離、及び/又は物体 105 a とエンコーダ格子 106 との間の局所的な上側の距離 126 が所定の要件を満たすかと決定するよう構成される。前記所定の要件は、例えば、それぞれの距離の最小値を伴うか、又はそれぞれの距離が実質的に最大化されるべきであるか、である。そのような局所的な最適化が可能であるため、例えば、濡れると深刻なグリッパー 104 及び/又はエンコーダ格子 106 の一部、及び/又はグリッパー 104 及び/又はエンコーダ格子 106 が物体 105 a の近くに配置されている位置で、例えば、グリッパー 104 及び/又はエンコーダ格子 106 の局所的な接触又は濡れを防ぐことができる。

30

【0069】

物体 105 a にパターンを正確に投影するために、物体 105 a を物体サポート 102 に取り付けした後、物体 105 a の上面が物体サポート 102 の表面 102 . 1 と平行であることが好ましい。物体 105 a の取り付け位置は、図 6 b において破線 105 a ' により示されている。物体 105 a の取り付け中、及び破線 105 a ' に従ってそれを配置する間に、特に物体 105 a が面外形状を有する場合、物体 105 a に追加の応力が発生する可能性がある。物体 105 a の取り付け中に生じる前記応力は、ウェーハロードグリッドフィンガープリントとも呼ばれ、従来のシステムではかなり予測不可能であり、未知である。前記応力は、物体 105 a の変形をもたらし、投影されたパターンに不正確さをもたらし、これは望ましくない。

40

【0070】

ステージ装置 101 の実施形態では、制御ユニット 201 は、部材 103 が互いに第 1 の方向 z において互いに相対的な位置を有する取り付け配置に設定することにより、物体 105 a の第 1 の方向 z のスペース消費を低減するように、物体 105 を傾斜させるように構成される。制御ユニット 201 は、物体 103 を表面 102 . 1 にロードしている間、取り付け配置を維持するようにさらに構成される。

【0071】

50

取り付け後の物体 105 a の応力は、物体 105 a が表面 102 . 1 上にどのように配置されるかに依存する。この実施形態では、取り付け中に支持部材 103 の位置が制御されることに基づいて取り付け配置が決定され、それによって取り付け後の物体 105 a 内の応力を制御できる。好ましくは、取り付け後の物体 105 a における予想される応力分布が考慮される。例えば、取り付け配置は、前記応力分布が、例えば、物体 105 a の特定の位置で、又は平均して、十分に最小化されるようなものであるのがよい。前記応力分布が予測可能であるように取り付け配置を配置することもまた有利である。例えば、取り付け配置は、物体 105 a が最初に一方の側、図 6 b の左側で表面 102 . 1 に係合し、続いて物体 105 a の反対側で徐々に係合するものでもよい。制御ユニット 201 は、支持部材 103 が第 1 の方向 z に互いに相対位置を有する取り付け配置に支持部材 103 を設定することにより、物体 105 a の第 1 の方向 z へのスペース消費を低減するように物体 105 a を傾斜させるように構成される。制御ユニット 201 は、物体を表面に装填している間、すなわち、物体 105 a を表面 102 . 2 に降ろしている間、取り付け配置を維持するように構成される。

10

【0072】

一実施形態では、物体支持体 102 は、物体 105 a を物体支持体 102 にクランプするための真空クランプ装置を備える。そのような真空クランプ装置は、例えば、物体サポートの表面 102 . 1 全体に分散された、例えば、複数の真空セクション又は真空ゾーンを含み、真空セクション又は真空ゾーンは、物体 105 a を表面 102 . 1、具体的には表面 102 . 1 のパール 102 . 2 にクランプするための吸引力をもたらすよう構成される。真空セクション又はゾーンは、吸引ゾーンと呼ばれることもある。一実施形態では、処理ユニットは、形状情報に基づいて吸引力シーケンスを決定するように構成されてもよく、制御ユニットは、真空セクションまたは吸引ゾーンを制御して、表面 102 . 1 上の物体 105 a を取り付けの間吸引力シーケンスに従って吸引力を提供するように構成される。選択的に、制御ユニット 201 は、取り付け後の物体 105 内の予想される応力分布に基づいて吸引力シーケンスを決定するように構成される。選択的に、制御ユニット 201 は、取り付け配置に基づいて吸引力の吸引を決定するようにさらに構成される。そのような真空クランプ装置に関するより多くの情報は、参照により本明細書に組み込まれる WO 2015 / 169616 に記載されている。

20

【0073】

吸引力は、一般に、パターンが物体 105 a に投影されたときに物体 105 a の位置が固定されるように物体 105 a をクランプするために提供される。さらに、物体 105 a が面外形状を有する場合、吸引力は、物体 105 a の上面が表面 102 . 1 に平行になるように、本質的に物体 105 a を表面 102 . 1 に向かって引っ張る。これらの吸引力の順序と大きさに依存する応力が物体に生じる。この実施形態では、制御ユニット 201 は、吸引力の順序及び大きさの両方を制御することができ、したがって、取り付け後の物体 105 a 内の応力分布を制御することができる。

30

【0074】

図 4 a、5 a、6 b に見られるように、図示の実施形態のステージ装置 101 は、複数の支持部材 103 を一緒に第 1 の方向 z に動かすように構成された、図に概略的に示される選択的な共通アクチュエータ 151 をさらに備える。共通アクチュエータ 151 は、例えば、すべての支持部材 103 と同時に比較的大きな動きをするように配置される。例えば、支持配置及び/又は取り付け配置に従って支持部材 103 を配置するのにアクチュエータ 103 . 1 を使用でき、物体 105、105 a を第 1 の方向 z に上向き又は下向きに移動させ、支持部材 103 が支持配置及び/又は取り付け配置に従って、物体 105、105 a を支持している間、共通アクチュエータ 151 を使用できる。

40

【0075】

一実施形態では、例えば、図 6 a に示されるように、制御ユニット 201 は、制御信号 225 を共通アクチュエータ 151 の入力端子 151 . 1 に送信するための出力端子 201 . 5 を備える。したがって、制御ユニット 201 は、第 1 の方向 z における支持部材 10

50

3の位置を制御することができる。

【0076】

一実施形態では、例えば、図6bに示されるように、支持部材103は、 $10\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $5\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $1\mu\text{m}$ 以下の増分で第1の方向に移動可能であるように構成されている。前記増分は、例えば、アクチュエータ103.1及び/又は共通アクチュエータ151によって達成される。

【0077】

一実施形態では、アクチュエータ103.1及び/又は共通アクチュエータ151は、支持部材103を約 1mm の範囲にわたって第1の方向に移動させるように配置されている。

【0078】

一実施形態では、支持部材103は、物体105をクランプするように配置されている。例えば、支持部材103は、物体105をクランプするための吸引力を提供するように配置されている。例えば、図示の実施形態では、支持部材103は、前記吸引力を提供するための吸引パッド103.2を備える。前記吸引パッドは、例えば、吸引力を提供するために、ポンプ(図示せず)又は真空発生器に接続されている。

【0079】

一実施形態では、支持部材は、傾斜セクション103.3を備える。傾斜セクション103.3は、図6bに最もよく見られるように、平面に平行な軸の周りで支持部材103の上部103.2を傾斜させるように構成されており、図6bでは、明確にするために傾斜が誇張されて描かれている。図示の実施形態では、前記上部103.2は、吸引パッド103.2に対応する。傾斜セクション103.3は、例えば支持部材103の間(例えば支持部材103の吸引パッド103.2と物体105)の漏れを防止することにより、上部103.2の上面を物体105aと位置合わせすることによって、支持部材103と反った物体105aとの間の係合を改善することを可能にする。上記漏れは、例えば空気が吸引パッド103.2と物体105との間に入るのを許し、吸引力が物体105をクランプするのを支持部材103が妨げるのを防ぐ。一実施形態では、傾斜セクション103.3は、エラストマー材料の部分的な圧縮によって上部103.2の傾斜を可能にするエラストマー材料を含み得る。

【0080】

一実施形態では、ステージ装置101は、物体支持体102を位置決めするためのポジションナを含み、ポジションナは、短いストロークモジュールおよび長いストロークモジュール107を含む実施形態のものである。この実施形態では、短ストロークモジュールは物体支持体102を含み、長ストロークモジュール107は複数の支持部材103を含む。図示の実施形態では、ショートストロークモジュールの物体支持体102は、エアギャップ161によってロングストロークモジュール107から離されている。有利なことに、アクチュエータ103.1、151などの構成要素は、ロングストロークモジュールによって構成される。高精度で配置する必要のあるショートストロークモジュールには、例えばそのようなコンポーネントによって放出される熱エネルギーによる不正確さの原因となる上記のコンポーネントが含まれていない。さらに、ショートストロークモジュールからの電氣的及び/又は熱的リークは発生しない。あるいは、物体支持体102は、複数の支持部材103を含む。

【0081】

一実施形態では、物体支持体102は、第1の方向zに延びる複数の穴102.3を含み、支持部材103のそれぞれは、前記穴102.3の1つを通して第1の方向zに移動するように構成される。好ましくは、前記穴102.3の直径は、支持部材103の直径よりも大きく、好ましくは、前記穴102.3の直径は、支持部材103と物体支持102との間の接触なしに、支持部材103が前記穴102.3内に配置されている状態で、支持部材102が短ストロークモジュールの移動範囲にわたって移動できるように十分に大きい。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 2 】

一実施形態では、ステージ装置 1 0 1 は、支持部材 1 0 3 が支持構成にあるときに、第 1 の方向の空間補償が最大 5 5 0 μm である物体を収容するように配置されるのがよい。

【 0 0 8 3 】

物体内の予想される応力分布に基づいて制御ユニットが取り付け配置及び/又は吸引力シーケンスを決定するように配置される実施形態では、制御ユニット 2 0 1 は、有限要素モデルに基づいて前記予想される応力分布を決定するように構成されてもよく、選択的に、形状情報を使用して、上記の有限要素モデルを作成する。

【 0 0 8 4 】

図示の例では、物体 1 0 5 a の面外形状は、側面図で見たときに物体 1 0 5 a が凹形状を有するようなものであるが、本発明は修正をすることなく例えば物体 1 0 5 a が逆さまに配置される凸面を含む異なる形状に適用できることに留意すべきである。

10

【 0 0 8 5 】

本発明はさらに、例えば図 1 に示されるようなリソグラフィ装置 L A に関する。リソグラフィ装置 L A は、パターンを基板 W に投影するための投影システム P S と、例えば図 4 a、5 a、及び 6 a - 6 b に示す本発明によるステージ装置 1 0 1 とを含む。リソグラフィ装置 L A は、グリッパー、例えば、物体 1 0 5 a を物体支持体 1 0 5 の上に配置するように構成されたグリッパー 1 0 4 であって、複数の支持部材 1 0 3 は、物体 1 0 2 をグリッパーから受け取り、物体 1 0 5 を物体支持体 1 0 2 の表面 1 0 2 . 1 に配置するように配置されているグリッパー 1 0 4 をさらに含む。

20

【 0 0 8 6 】

一実施形態では、支持部材 1 0 3 が支持するように配置された物体 1 0 5 a は、図 1 に示されるリソグラフィ装置 L A の基板 W である。図 1 に示され、ステージ装置の物体支持体は、基板支持体 W T である。

【 0 0 8 7 】

一実施形態では、例えば図 2 に示されるように、ステージ装置 1 0 1 は、ベースフレーム B F、及び/又はバランスマス B M、及び/又は計測フレーム M F、及び/又は防振システム I S をさらに備えてもよい。

【 0 0 8 8 】

物体 1 0 5 は、半導体ウエハであるのがよい。あるいは、物体 1 0 5 は、レチクルまたはマスク、あるいは任意の他のタイプの基板または物体であってもよい。

30

【 0 0 8 9 】

ステージ装置 1 0 1 は、リソグラフィ装置で使用することができる。あるいは、ステージ装置 1 0 1 は、検査装置、例えば、電子ビームで対象物を検査するように構成された電子ビーム検査装置で使用することができる。ステージ装置 1 0 1 は、物体に構造をインプリントするように構成されたインプリント装置で使用することができる。

【 0 0 9 0 】

本書では、I C の製造におけるリソグラフィ装置の使用について具体的に言及しているが、本明細書に記載のリソグラフィ装置は他の用途を有し得ることを理解すべきである。考えられる他の用途には、統合光学システム、磁区メモリのガイダンス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 (L C D)、薄膜磁気ヘッドなどの製造が含まれる。

40

【 0 0 9 1 】

本書では、リソグラフィ装置の文脈で本発明の実施形態を具体的に説明しているが、本発明の実施形態は、他の装置で使用することができる。本発明の実施形態は、マスク検査装置、計測装置、又はウエハ (若しくは他の基板) 又はマスク (若しくは他のパターンニング装置) などの物体を測定または処理する任意の装置の一部を形成することができる。これらの装置は、一般にリソグラフィーツールと呼ばれ得る。そのようなリソグラフィーツールは、真空条件または周囲 (非真空) 条件を使用することができる。

【 0 0 9 2 】

50

光学リソグラフィの文脈における本発明の実施形態の使用について上記で特定の言及がなされたが、文脈が許す場合、本発明は光学リソグラフィに限定されず、他の用途で使用され得ることが理解されよう。たとえば、インプリントリソグラフィ。

【 0 0 9 3 】

文脈が許す場合、本発明の実施形態は、ハードウェア、ファームウェア、ソフトウェア、またはそれらの任意の組み合わせで実装されてもよい。本発明の実施形態はまた、1つまたは複数のプロセッサによって読み取られ、実行され得る、機械可読媒体に格納された命令として実装されてもよい。機械可読媒体は、機械（例えば、コンピューティング装置）によって可読可能な形式で情報を格納または送信するための任意のメカニズムを含んでもよい。例えば、機械可読媒体には、読み取り専用メモリ（ROM）、ランダムアクセスメモリ（RAM）；磁気記憶媒体；光記憶媒体；フラッシュメモリ装置；電氣的、光学的、音響的又は他の形態の伝搬信号（例えば、搬送波、赤外線信号、デジタル信号など）、及びその他が含まれる場合がある。さらに、ファームウェア、ソフトウェア、ルーチン、命令は、特定のアクションを実行するものとして本明細書に記載されている。しかしながら、そのような説明は単に便宜上のものであり、そのようなアクションは実際には、コンピューティング装置、プロセッサ、コントローラ、またはファームウェア、ソフトウェア、ルーチン、命令などを実行する他の装置に起因し、それを行うとアクチュエータ又は他の装置が物理的な世界と相互作用することがある。

10

【 0 0 9 4 】

本発明の特定の実施形態を上で説明したが、本発明は、説明された以外の方法で実施されてもよいことを理解すべきである。上記の説明は、限定ではなく、例示を目的としている。したがって、以下に記載される特許請求の範囲から逸脱することなく、記載されるように本発明に変更を加えることができることは当業者には明らかであろう。

20

30

40

50

【 図 面 】

【 図 1 】

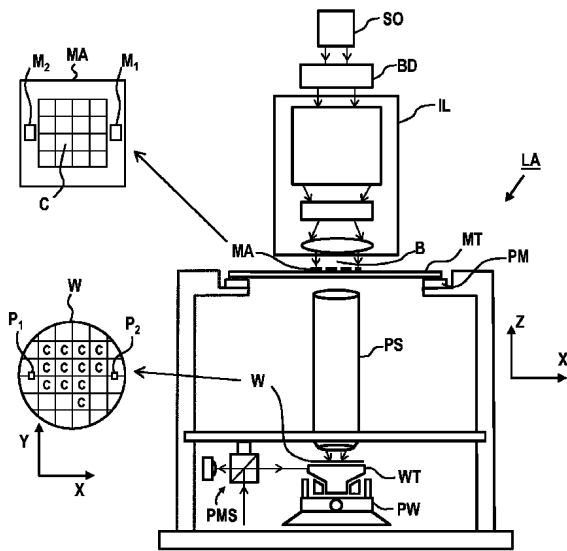


Fig. 1

【 図 2 】

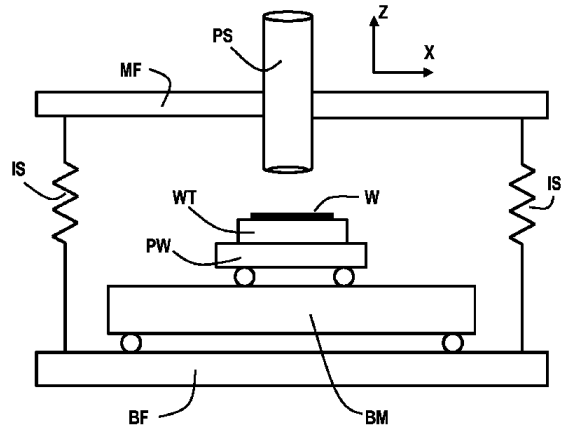


Fig. 2

【 図 3 】

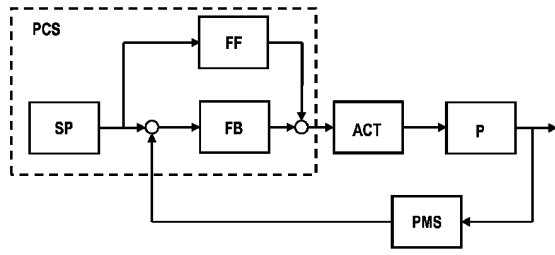


Fig. 3

【 図 4 a 】

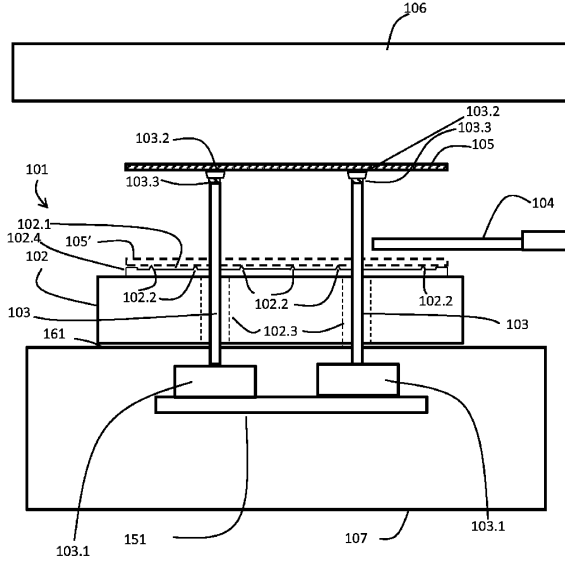


Fig. 4a

10

20

30

40

50

【 6 b 】

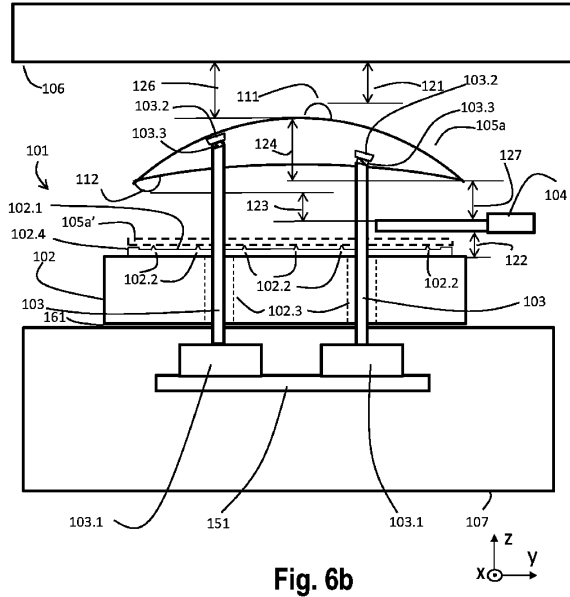


Fig. 6b

【 6 c 】

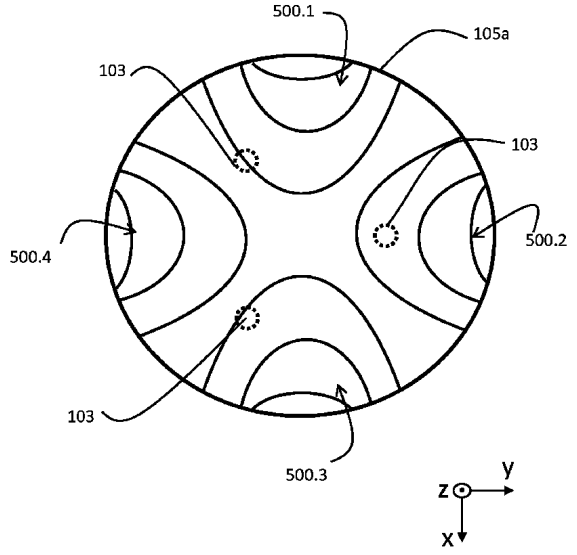


Fig. 6c

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

欧州特許庁(EP)

(72)発明者 クラメル、ガイス

オランダ国 ヴェルトホーフェン 5500 エーエイチ, ピー・オー・ボックス 324

(72)発明者 スミーツ、ベンヤミン、カネゴンド、ヘンリクス

オランダ国 ヴェルトホーフェン 5500 エーエイチ, ピー・オー・ボックス 324

(72)発明者 フレンケン、マルク、ヨハンネス、ヘルマニウス

オランダ国 ヴェルトホーフェン 5500 エーエイチ, ピー・オー・ボックス 324

審査官 田中 秀直

(56)参考文献 特開2014-003259(JP, A)

特開平07-074088(JP, A)

特開2007-189181(JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G03F 7/20

H01L 21/683