

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4387328号
(P4387328)

(45) 発行日 平成21年12月16日(2009.12.16)

(24) 登録日 平成21年10月9日(2009.10.9)

(51) Int. Cl. F I
 HO 1 L 21/027 (2006.01) HO 1 L 21/30 5 1 5 D
 GO 3 F 7/20 (2006.01) GO 3 F 7/20 5 2 1

請求項の数 39 外国語出願 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2005-147548 (P2005-147548)	(73) 特許権者	504151804
(22) 出願日	平成17年5月20日 (2005. 5. 20)		エーエスエムエル ネザーランズ ビー、
(65) 公開番号	特開2005-340815 (P2005-340815A)		ブイ、
(43) 公開日	平成17年12月8日 (2005. 12. 8)		オランダ国 ヴェルトホーフエン 5 5 0
審査請求日	平成17年7月20日 (2005. 7. 20)		4 ディー アール、デ ラン 6 5 0 1
(31) 優先権主張番号	10/850451	(74) 代理人	100079108
(32) 優先日	平成16年5月21日 (2004. 5. 21)		弁理士 稲葉 良幸
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100093861
			弁理士 大賀 真司
		(74) 代理人	100109346
			弁理士 大貫 敏史
		(72) 発明者	ボブ シュトレーフケルク
			オランダ国、ティルブルク、エスドーンシ
			ユトラート 3 1

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リソグラフィ装置およびデバイス製造方法並びにリソグラフィ装置焦点校正方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

放射ビームを調整するように配設された照明系と、
 放射ビームの断面にパターンを与えて、パターン付与された放射ビームを供給することのできるパターン付与デバイスを保持するように構成された支持構造と、
 基板を保持するように構成された基板テーブルと、
 パターン付与された放射線ビームを前記基板の目標部分に投影するように配設された投影系と、
 前記投影系と基板との間の空間に液体を含むように構成された液体供給系部材と、
 前記液体供給系部材と前記基板テーブルの間の相互作用を補償するように構成された液体供給系部材補償装置とを有し、
 前記液体供給系部材は、密封部材であり、
 前記密封部材と前記基板の表面との間にはシールが形成されている、リソグラフィ装置。

10

【請求項 2】

前記相互作用が、前記液体供給系部材の重量によって生じる相互作用を含む請求項 1 に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 3】

前記液体供給系部材補償装置が、補償データに従って基板と前記リソグラフィ装置の最善の焦点平面との相対位置を補償するように構成された焦点校正デバイスを含む請求項 1

20

に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 4】

前記基板テーブルが前記液体供給系部材との相互作用によって妨害された場合に、基板テーブルの表面高さプロフィール、表面傾斜プロフィール、またはそれら両者を調べるための基板テーブル形状測定デバイスの出力から、前記補償データが導出され、前記表面高さプロフィールは、前記投影系の最終部材の光軸に実質的に平行な方向で規定され、前記表面傾斜プロフィールは、前記投影系の前記最終部材の光軸に対して実質的に直角な面の1つまたは2つの直交軸に関して規定されるようになっている請求項3に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 5】

前記基板テーブル形状測定デバイスは、前記投影系の前記最終部材の光軸に対して実質的に直角の面で、前記基板テーブルに対する前記液体供給系部材の位置の関数として、前記基板テーブルの前記表面高さプロフィール、前記表面傾斜プロフィール、または両者を求めるように構成されている請求項4に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 6】

前記補償データが、前記基板テーブルの機械数学モデルから導出され、これが、位置によって異なる印加力の関数として基板テーブルの変形を予想するように構成されている請求項3に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 7】

前記補償データが、位置の関数として焦点誤差の程度を明らかにするように構成された露光焦点試験パターンの解析から導出されるようになっている請求項3に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 8】

露光された焦点試験パターンが、前記液体供給系部材と前記基板テーブルとの相互作用に実質的に等しい力を受ける基準リソグラフィ装置に画像形成される請求項7に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 9】

前記液体供給系部材補償装置が、前記液体供給系部材と前記基板テーブルとの相互作用を少なくとも部分的に補償するために、前記液体供給系部材に力を印加することができる液体供給系部材懸架デバイスを含む請求項1に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 10】

前記液体供給系部材懸架デバイスが、前記投影系の少なくとも一部を支持するフレームに結合するように構成され、前記フレームは、前記液体供給系部材懸架デバイスによって前記液体供給系部材に加えられた力に対する反応の少なくとも一部を、結合を介して支持することができるようになっている請求項9に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 11】

前記液体供給系部材懸架デバイスが、前記投影系に結合するように構成され、前記投影系は、前記液体供給系部材懸架デバイスによって前記液体供給系部材に加えられた力に対する反応の少なくとも一部を、結合を介して支持することができるようになっている請求項9に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 12】

前記液体供給系部材懸架デバイスが、前記投影系から機械的に実質的に分離されたフレームに結合するように構成され、前記分離されたフレームは、前記液体供給系部材懸架デバイスによって前記液体供給系部材に加えられた力に対する反応の少なくとも一部を、結合を介して支持することができるようになっている請求項9に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 13】

前記液体供給系部材と前記基板テーブルとの相互作用の大きさを表すデータに従い、前記液体供給系部材懸架デバイスを介して、前記液体供給系部材に制御力を加えるように構成された液体供給系部材懸架デバイス制御装置を更に含む請求項9に記載されたリソグラフィ装置。

10

20

30

40

50

フィ装置。

【請求項 14】

前記相互作用が前記液体供給系部材の重量によって生じる相互作用を含む請求項 9 に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 15】

前記相互作用が外力によって生じる相互作用を含む請求項 9 に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 16】

前記相互作用が外部位置によって決定される力によって生じる相互作用を含む請求項 9 に記載されたリソグラフィ装置。

10

【請求項 17】

液体供給系部材懸架デバイス制御装置および液体供給系部材位置測定デバイスを更に含み、前記液体供給系部材懸架デバイス制御装置は、前記液体供給系部材位置測定デバイスが測定した前記液体供給系部材の位置に基づいて、前記液体供給系部材懸架デバイスを介して前記液体供給系部材に制御力を加えるように構成されている請求項 9 に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 18】

前記液体供給系部材位置測定デバイスが、前記投影系、前記投影系の少なくとも一部を支持するフレーム、または前記投影系から機械的に実質的に分離されているが、前記液体供給系部材懸架デバイスが前記液体供給系部材に加える力に対する反応を支持するフレームに対して、前記投影系の光軸に実質的に平行な軸線に沿って前記液体供給系部材の位置を測定するようになっている請求項 17 に記載されたリソグラフィ装置。

20

【請求項 19】

前記液体供給系部材位置測定デバイスが、前記投影系の光軸に対してほぼ直角な方向で、前記液体供給系部材の位置を測定するようになっている請求項 17 に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 20】

前記液体供給系部材と、前記投影系の少なくとも一部を支持するフレームとの間に取り付けられた液体供給系部材誘導部材から発生した力を補償するように、制御力を加えるようになっている請求項 17 に記載されたリソグラフィ装置。

30

【請求項 21】

前記液体供給系部材と前記基板テーブルの間の相互作用の大きさを測定し、大きさを表すデータを前記液体供給系部材懸架デバイスに送信するように構成された基板テーブル力補償装置を更に含む請求項 9 に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 22】

前記液体供給系部材懸架デバイスが、以下のリストから選択された少なくとも 1 つのメカニズムによって、つまりローレンツ原理を使用した電磁気力、磁気抵抗原理を使用した電磁気力、蛇腹、および機械ばねによって動作するようになっている請求項 9 に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 23】

基板テーブルを交換するために前記液体供給系部材を、前記基板テーブルから離して持ち上げるように構成された液体供給系部材懸架デバイスを含む請求項 1 に記載されたリソグラフィ装置。

40

【請求項 24】

装置の故障にตอบสนองして、前記液体供給系部材を前記基板テーブルから離して、遠位側の安全位置に配置するように構成された液体供給系部材懸架デバイスを有する請求項 1 に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 25】

前記液体供給系部材懸架デバイスが、
圧力媒体を含むハウジングと、

50

前記液体供給系部材に最も近いハウジングの第一壁内に滑動可能に係合し、前記液体供給系部材と結合する第一ピストンと、

予張力付加されたばねによって前記第一ピストン方向に強制され、かつ前記第一壁に対向する前記ハウジングの第二壁内に滑動可能に係合する第二ピストンと、

前記ハウジング内の圧力を制御し、かつ反対方向で前記第二ピストンに力を加えるように構成された圧力調整装置とを含み、

前記圧力は、投影系の光軸に実質的に平行な方向で前記第一ピストンに力を加えるように作用し、前記液体供給系部材の方向に向かう圧力であり、

通常の動作モードでは、第一および第二ピストンが互いに触れ合うように構成され、圧力調整装置は、ハウジング内の圧力を変動させることによって液体供給系部材の垂直位置を制御するように構成され、

ハウジング内が下側閾値圧力よりも低い圧力では、ばねの予張力が、第二ピストンの動作を支配するように構成され、これは第一ピストンと液体供給系部材を、基板テーブルから離して安全位置に強制し、

ハウジング内が上側閾値圧力よりも高い圧力では、圧力媒体の力が第一ピストンを支配し、これを第二ピストンと液体供給系から離して基板テーブルから離れた安全位置に強制するように構成されて成る請求項 2 4 に記載されたリソグラフィ装置。

【請求項 2 6】

液体供給系部材を用いて、リソグラフィ装置の投影系と基板テーブルの間の空間に液体を含めること、

前記液体供給系部材と前記基板テーブルの間の相互作用を補償すること、および前記投影系を用いて、パターン付与された放射ビームを、前記液体を通して基板の目標部分に投影することを含み、

前記液体供給系部材は、密封部材であり、

前記密封部材と前記基板の表面との間にはシールが形成されている、デバイス製造方法。

【請求項 2 7】

補償データに従い、基板と、前記リソグラフィ装置の最善の焦点平面との相対位置を補償することを含む請求項 2 6 に記載されたデバイス製造方法。

【請求項 2 8】

前記基板テーブルが前記液体供給系部材との相互作用によって妨害された場合に、前記補償データが、前記基板テーブルの表面高さプロフィール、表面傾斜プロフィール、または両者を求めることから導出され、前記表面高さプロフィールが、前記投影系の最終部材の光軸に実質的に平行な方向で規定され、前記表面傾斜プロフィールが、前記投影系の前記最終部材の光軸に対して実質的に直角な平面の 1 つまたは 2 つの直交軸に対して規定されるようになっている請求項 2 7 に記載されたデバイス製造方法。

【請求項 2 9】

前記基板テーブルに対する前記液体供給系部材の水平位置の関数として、前記基板テーブルの前記表面高さプロフィール、前記表面傾斜プロフィール、または両者を求めることを含む請求項 2 8 に記載されたデバイス製造方法。

【請求項 3 0】

前記補償データが、前記基板テーブルの機械数学モデルから導出され、これが、位置によって異なる印加された力の関数として基板テーブルの変形を予想するように構成されている請求項 2 7 に記載されたデバイス製造方法。

【請求項 3 1】

前記補償データが、位置の関数として焦点誤差の程度を明らかにするように構成された露光焦点試験パターンの解析から導出されるようになっている請求項 2 7 に記載されたデバイス製造方法。

【請求項 3 2】

前記液体供給系部材と前記基板テーブルとの間の相互作用を少なくとも部分的に補償す

10

20

30

40

50

るために、前記液体供給系部材に力を加えることを含む請求項 2 6 に記載されたデバイス製造方法。

【請求項 3 3】

前記相互作用が、前記液体供給系部材の重量、外力、外部位置によって決定される力、またはその組み合わせによって生じる相互作用を含む請求項 3 2 に記載されたデバイス製造方法。

【請求項 3 4】

前記液体供給系部材の位置に基づいて、前記液体供給系部材に制御力を加えることを含む請求項 3 2 に記載されたデバイス製造方法。

【請求項 3 5】

前記投影系の光軸に実質的に平行な方向で、前記投影系、または前記投影系の少なくとも一部を支持するフレームに対して、前記液体供給系部材の位置を測定すること、前記投影系の光軸に対して実質的に直角の方向で、前記液体供給系部材の位置を測定すること、またはその両者を含む請求項 3 4 に記載されたデバイス製造方法。

【請求項 3 6】

基板テーブルを交換するために、前記液体供給系部材を前記基板テーブルから離して持ち上げることを含む請求項 2 6 に記載されたデバイス製造方法。

【請求項 3 7】

装置の故障に回答して、前記液体供給系部材を前記基板テーブルから離して、遠位側の安全位置に位置づけることを含む請求項 2 6 に記載されたデバイス製造方法。

【請求項 3 8】

液体供給系部材を使用して、リソグラフィ装置の投影系とリソグラフィ装置の基板テーブルとの間の空間に液体を含めること、

前記基板テーブルが液体供給系部材との相互作用によって妨害された時に、前記基板テーブルの表面高さプロフィール、表面傾斜プロフィール、またはその両者を測定すること、および

基板と、リソグラフィ装置の最善の焦点平面との相対位置を補償するための補償データを決定することを含み、

前記表面高さプロフィールは、前記投影系の最終部材の光軸に対して実質的に平行な方向で規定され、前記表面傾斜プロフィールは、前記投影系の最終部材の光軸に対して実質的に直角な平面の 1 つまたは 2 つの直交軸に対して規定され、

前記液体供給系部材は、密封部材であり、

前記密封部材と前記基板の表面との間にはシールが形成されている、リソグラフィ装置焦点校正方法。

【請求項 3 9】

リソグラフィ装置の投影系を用いて、焦点試験パターンが付与された放射ビームを、液体を通して、基板の目標部分に投影すること、

複数位置で焦点エラーを判断するために、基板上の投影された焦点試験パターンを分析すること、および

基板と、リソグラフィ装置の最善の焦点平面との相対位置を補償するために、補償データを決定することを含み、

密封部材を用いて前記投影系と前記基板との間の空間に液体が含められており、

前記密封部材と前記基板の表面との間にはシールが形成されている、リソグラフィ装置焦点校正方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はリソグラフィ装置およびデバイス製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

リソグラフィ装置は、所望パターンを基板の目標部分に投与する機械である。リソグラフィ装置は、例えば、集積回路（IC）の製造で使用可能である。かかる環境で、マスクなどのパターン付与手段は、ICの個々の層に対応する回路パターンを作るために用いることができ、このパターンを、放射線感光材料層（レジスト）を有する基板（シリコンウェハ）上の目標部分（例えば、1つまたはそれ以上のダイの一部を含む）に画像投与可能である。一般に、単一基板は、順次露光される隣接目標部分から成るネットワークを含む。既知のリソグラフィ装置は、目標部分に対して全マスクパターンを1回で露光することによって各目標部分が照射される、いわゆるステッパと、所定の基準方向（走査方向）でマスクパターンを投影ビームで走査し、これと同時に基板テーブルを前記方向と平行または反平行方向で走査して、各目標部分が照射される、所謂スキャナとを包含する。

10

【0003】

投影系と基板の間の空間を充填するように、リソグラフィ装置内の基板を、比較的高い屈折率を有する液体（例えば、水）に浸漬することが提案されている。そのポイントは、露光放射線は、液中で短い波長を有するが故に、より小さい構成の画像形成を可能にすることである。（液体の効果は、投影系の有効NAを増大させ、かつ、焦点深度を増大させるものとして認識されてもいる。）固体粒子（例えば、石英）を懸濁させた水等、その他の浸漬液が先に提案された。

【0004】

しかし、基板、または、基板と基板テーブルを液浴中に浸漬させること（例えば、米国特許第US4509852号参照。その全記載内容を本明細書の記載として援用する）は、露光走査中に加速しなければならない多量の液体が存在することを意味する。それには、追加のモータまたはさらに強力なモータが必要であり、液体中の乱流が、望ましくない予期できない結果をもたらすことがある。

20

【0005】

提案されている解決法の一つは、液体供給系が、基板の局所領域、および、投影系の最終部材と基板の間のみ液体を供給するための液体供給系である（基板は、通常、投影系の最終部材よりも大きな表面積を有する）。これを構成するために提案された一つの方法が、国際PCT特許公報第WO99/49504号（その全記載内容を本明細書の記載として援用する）で開示されている。図2、図3で示されているように、液体は、少なくとも1つの入口INによって基板上に（好ましくは、最終部材に対する基板の動作方向に沿って）供給され、投影系の下を通過した後、少なくとも1つの出口OUTによって除去される。つまり、最終部材の下でX方向で基板を走査する際に、最終部材の+X側に液体を供給し、-X側で取り出す。図2は、入口INを通じて液体を供給し、低圧源に接続した出口OUTによって最終部材の他方の側で取り出す構成を模式的に示す。図2では、最終部材に対する基板の動作方向に沿って液体を供給しているが、これに限る必要はない。最終部材の周囲に配置された入口および出口の各種方向および数が可能である。一例が図3に示されており、最終部材の周囲に、規則的なパターンで各側に出口のある4組の入口が設けられている。

30

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】**

40

【0006】

リソグラフィ装置に浸漬液およびそれに伴う液体供給系を導入すると、基板における焦点の正確さ、および、画像形成にとって非常に重要なその他のパラメータを制御する精度を低下させることがある。

【0007】

したがって、例えば、リソグラフィ装置の性能を改善するという観点で、前記問題およびその他の問題を克服するのが有利である。

【課題を解決するための手段】**【0008】**

本発明の観点によれば、以下のリソグラフィ装置が提供される。

50

放射ビームを調整するように配設された照明系と、
放射ビームの断面にパターンを与えて、パターン付与された放射ビームを供給すること
のできるパターン付与デバイスを保持するように構成された支持構造と、
基板を保持するように構成された基板テーブルと、
パターン付与された放射線ビームを前記基板の目標部分に投影するように配設された投
影系と、
前記投影系と基板との間の空間に液体を含むように構成された液体供給系部材と、
前記液体供給系部材と前記基板テーブルの間の相互作用を補償するように構成された液
体供給系部材補償装置とを有するリソグラフィ装置。

【 0 0 0 9 】

補償がなければ、液体供給系部材の重量、または液体供給系部材によって基板テー
ブルに伝達されるその他の力が、位置によって異なる力およびトルクを基板テー
ブルに引き起こし、基板テーブルの無視できない変形および/または傾斜を引き起こすだ
ろう。液体供給系部材に取り付けた誘導部材から生じる寄生的剛性効果も、同様の効果
を引き起こすだろう。これらの妨害(変形)によって引き起こされる基板位置の焦点ず
れは、最大1000nmにもなる。位置によって異なる焦点ずれ効果に加えて、基板テー
ブルのこのような妨害(変形)は、機械間の上乗せ誤差(オーバーレイエラー)(特に、
浸漬機械と非浸漬機械の間で)をも引き起こす。基板テーブル補償装置によって液
体供給系部材の追加重量を補償した場合、液体供給系部材によって引き起こされ
た重力シフトの効果は、基板テーブルの位置を制御するサーボシステムの混信(ク
ロストーク)問題につながるだろう。液体供給系部材補償装置は、液体供給系部
材と基板テーブルとの間での重力またはその他の力によって誘発された効果を補償
することにより、前記問題の一部または全てを軽減するだろう。

【 0 0 1 0 】

液体供給系部材補償装置は、補償データに従って、基板とリソグラフィ装置の最善
焦点平面との相対位置を補償するように構成された焦点校正デバイスを含むことが
できる。焦点校正デバイスによって、液体供給系部材自体と実質的に物理的相互
作用がない状態で、液体供給系部材の重量またはその他の力の効果を補償でき
る。補償は、例えば内挿マトリックスを介して、または、解析多項関数として、
基板テーブルの相対位置を制御するソフトウェアを用いて実現でき、各数学的
構造は、相互作用で誘発された基板テーブルの妨害(変形)を克服するために使用
できる補償を表す。この補償は、一般に、投影系の光軸に対して直角方向にお
ける位置の関数であり、デカルト座標または極座標で記録可能である。

【 0 0 1 1 】

補償データは、液体供給系部材との相互作用によって妨害され(乱され)た場合に、
基板テーブルの表面高さプロフィール、表面傾斜プロフィール、またはそれら両
者を調べるための基板テーブル形状測定デバイスの出力から導出することができ
、表面高さプロフィールは、投影系の最終部材の光軸に実質的に平行な方向で
規定され、表面傾斜プロフィールは、投影系の最終部材の光軸に対して実質
的に直角な面の1つまたは2つの直交軸に関して規定される。この方法によ
って、誘発された妨害(変形)の正確な特徴づけができる。

【 0 0 1 2 】

補償データは、位置に応じて加えられる力の関数として基板テーブルの妨害(変
形)を予想するように構成された基板テーブルの機械的数学モデルから導出する
ことができる。この方法によって、最低限の追加的測定および/または測定装
置で補償を実現することができる。

【 0 0 1 3 】

補償データは、位置の関数として焦点エラーの程度を明らかにするような構成
の露光された焦点試験パターンの分析から導出することができる。この方法
により、測定用構成部材を追加することなく、正確な特徴づけがなされる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 4 】

露光された焦点試験パターンは、液体供給系部材と基板テーブルとの相互作用と実質的に同等である力を受ける基準リソグラフィ装置に画像形成される。この方法により、主リソグラフィ装置の邪魔をすることなく、液体供給系部材による妨害（変形）の正確な特徴がなされる。基準装置は、焦点試験パターンの測定を専門とし、したがって主リソグラフィ装置よりも、これらの測定が単純かつ効率的である。

【 0 0 1 5 】

デュアルステージリソグラフィ装置では、システムの焦点は、通常、浸漬液が存在せず、液体供給系部材が存在する状態で作成した基板マップを介して校正される。液体供給系部材が所定位置にある状態で画像形成がなされた時に、焦点ずれ効果が発生させる、かかる構成では、曲げ効果が考慮されない。

10

【 0 0 1 6 】

基板テーブル形状測定デバイスは、投影系の最終部材の光軸に対して実質的に直角の面で、基板テーブルに対する液体供給系部材の位置の関数として、基板テーブルの表面高さプロフィール、表面傾斜プロフィール、または両方を求めるように構成することができる。この特徴は、液体供給系部材との相互作用による基板テーブルのあるポイントでの妨害（変形）が、概ね液体供給系部材からのポイントの距離のみの関数ではないことを考慮に入れてよい。トルクは、旋回軸に対する力の位置によって決定され、応力に対する局所的反応は、基板テーブルにわたって変化する。

20

【 0 0 1 7 】

液体供給系部材補償装置は、液体供給系部材に力を加えて、液体供給系部材と基板テーブル間の相互作用を少なくとも部分的に補償することができる液体供給系部材懸架デバイスを有する。歪みおよび/または傾斜を生じさせ、その効果を補償できるようにする方法の代替方法として、この形体は、まず妨害（変形）の発生防止を可能にする。この方法は、場合によっては、機械に固有で、反復しなければならず、正確さが制限された校正測定をしなくてよいという利点を有する。

【 0 0 1 8 】

液体供給系部材懸架デバイスは、投影系の少なくとも一部を支持するフレームに結合するように構成され、フレームは、液体供給系部材懸架デバイスによって加えられる力に対する反応の少なくとも一部を、液体供給系部材に結合することによって支持することができる。通常は、投影系の最終部材よりも液体供給系部材から離れて配置されるが、投影系を保持するフレームで液体供給系部材の重量を直接支持することにより、投影系の部材の歪みまたは方向の変化の可能性を大幅に低下させることができる。

30

【 0 0 1 9 】

液体供給系部材懸架デバイスは、投影系に結合するように構成することができ、投影系は、液体供給系部材懸架デバイスが加える力に対する反応の少なくとも一部を、液体供給系部材に結合することによって支持することができる。この構成の利点は、投影系が液体供給系部材に非常に近接し、液体供給系部材の追加的質量またはその他の力によって大幅に歪まないのに十分なだけの質量があることである。

【 0 0 2 0 】

40

液体供給系部材懸架デバイスは、投影系からほぼ機械的に隔離されたフレームに結合するように構成され、隔離されたフレームは、液体供給系部材懸架デバイスが加える力に対する反応の少なくとも一部を、液体供給系部材に結合することによって支持することができる。この構成は、投影系の部材の歪みまたは方向変化の可能性を最低限に抑えるという利点を有する。「実質的に機械的に隔離された」とは、例えば機械的に直接接触していない、または機械的に近接していない（つまり、例えば有意な数の中間接続部、または受動的または能動的支承によってのみ機械的に連結される）という意味である。例えば、隔離されたフレームは、支承によってリソグラフィ装置の主要構成部材を支持するように構成された機械ベースフレームでよい。機械ベースフレームは、外界からの振動またはその他の妨害（変形）が液体供給系部材に伝達されないことを保証するのに十分なほど質量があ

50

り、良好に隔離される。ローレンツアクチュエータ（電磁気力を使用する）に基づく結合は、これがないと、精密な位置合わせおよび費用がかかる製造公差を実現する必要があるような、隔離されたフレームと液体供給系部材との直接的な機械的接触の必要性を回避するので、この具体例に特に適切である。

【0021】

リソグラフィ装置は、液体供給系部材と基板テーブル間の相互作用の大きさを表すデータに従い、液体供給系部材懸架デバイスを介して液体供給系部材に制御力を加えるように構成された液体供給系部材懸架デバイスを有する。この構成は、液体供給系部材と基板テーブル間に発生する力を補償するために、融通性があるって効率的な方法を提供する。これは、液体供給系部材と基板テーブルとの様々な組み合わせ、および様々な環境条件に容易に

10

【0022】

上記で検討した相互作用は、基板テーブルに作用する液体供給系部材の重量によって生じる。しかし、液体供給系部材以外の部材から生じる外力も、役割を果たすことがある。これらの力は、液体供給系部材の重量のように静的であるか、動的（経時変化する）である。経時変化する力の例は、漂遊磁界によって生じるような力である。また、相互作用は、液体供給系部材の位置に依存する液体供給系部材内の大きさと分布について、位置に依存するだろう。これは、例えば電磁気が介在した力に生じることがある。リソグラフィ装置のその他の構成部材に対する液体供給系部材の位置が変化するためである。

【0023】

20

リソグラフィ装置は、液体供給系部材懸架デバイス制御装置および液体供給系部材位置測定デバイスを有してよく、液体供給系部材懸架デバイス制御装置は、液体供給系部材位置測定デバイスが測定した通りの液体供給系部材の位置に基づいて、液体供給系部材懸架デバイスを介して液体供給系部材に制御力を加えるように構成される。この構成は、液体供給系部材に加えられた力を液体供給系部材によって処理する直接的な手段、例えば液体供給系部材の位置の既知の関数である垂直誘導部材を提供する。つまり、相互作用は、液体供給系部材の位置によって決定され、液体供給系部材内のサイズおよび分布は、液体供給系部材の位置によって決定される。これは、例えば液体装置の電気作動構成部材に対する液体供給系部材の位置が変化するにつれ、電磁気が介在した力で生じる。

【0024】

30

液体供給系部材位置測定デバイスは、投影系、投影系の少なくとも一部を支持するフレーム、または投影系から機械的にほぼ隔離されているが、液体供給系部材懸架デバイスは液体供給系部材に加える力に対する反応を支持するフレームに対して、投影系の光軸にほぼ平行な軸線に沿って液体供給系部材の位置を測定する。

【0025】

液体供給系部材位置測定デバイスは、投影系の光軸に対してほぼ直角な方向で、液体供給系部材の位置を測定する。

【0026】

液体供給系部材と、投影系の少なくとも一部を支持するフレームとの間に取り付けられた液体供給系部材誘導部材から発生した力を補償するように、制御力を加えてよい。

40

【0027】

リソグラフィ装置は、液体供給系部材と基板テーブルとの相互作用の大きさを測定し、大きさを表すデータを液体供給系部材懸架デバイスに送信するように構成された基板テーブル力補償装置を有してよい。基板テーブル力補償装置は、基板テーブルを所望の位置に維持するために、基板テーブルに加える力を発生する（基板テーブルモータを配置して、同様の方法で動作させてもよい）。制御力は、投影系または投影系の少なくとも一部を支持するフレームに対する基板テーブルの位置の関数である。制御ループを設けて、この間隔がほぼ一定であることを保証することができる。液体供給系部材を基板テーブルに追加する場合、液体供給系部材と基板テーブル間の相互作用（液体供給系部材の重量による相互作用）を補償するために、基板テーブルをフレームから所望の間隔に維持する作動力を

50

増加しなければならない。これらの相互作用は基板テーブル力補償装置によって補償されるが、アクチュエータが基板テーブル全体に関して働くため、基板テーブル力補償装置は基板テーブルに誘発された変形を低減化しない。しかし、一具体例によれば、液体供給系部材に関連する追加的力に関する情報は、液体供給系部材懸架デバイスに転送することができ、これはこの情報を独自に使用して、液体供給系部材の重量（またはその他の力）の大きさと等しい対向する力を加えることにより、液体供給系部材から生じた力を補償することができる。基板テーブルへの変形の防止に関して上記で検討した利点を達成する可能性があることに加えて、この構成は、投影系の少なくとも一部を支持する低周波フレーム台の安定性も改善する。液体供給系部材懸架デバイスがない状態では、低周波フレーム台が、投影系と、液体供給系部材を含む場合と含まない場合のフレームとの質量を経験する。液体供給系部材を基板に向かって下降させる間、液体供給系部材の重量が突然なくなるので、低周波フレーム台が妨害（変形）されることがある。液体供給系部材の上昇時には、反対のことが生じる。上記効果によって引き起こされる妨害（変形）は、系が平衡状態に戻る沈静化時間を設けることによって対応することができる。妨害（変形）の原因、したがってこのような沈静化時間を取り除くことにより、リソグラフィ装置の処理量を向上させることができる。

10

【0028】

基板テーブル力補償装置に関連する制御ループを使用すると、液体供給系部材懸架デバイスが加える補償力を事前に固定する必要がなく、世界の様々な場所である時間にわたって液体供給系部材の有効重量の変動に対応できる、または液体供給系部材誘導が、多少のオフセット力または寄生的剛性を有する場合に対応できるという意味で、能動的であるという利点を有することができる。

20

【0029】

液体供給系部材懸架デバイスは、以下のリストから選択した少なくとも1つのメカニズムによって操作することができる。つまり、ローレンツ原理を使用した電磁気力、磁気抵抗原理を使用した電磁気力、蛇腹、および機械ばねである。電磁気力は、例えば受動的磁力でよい。蛇腹は、気体または液体の流体によって作動する。機械ばねは、金属などの弾性材料から構築することができる。各ケースで、所望の性能特性を達成できるように、懸架デバイスに適切な減衰構成部材を組み込んでよい。ダンパとの組み合わせで補償力を提供できるデバイスの例は、特定の容積を有し、それとともに気体が制約された蛇腹である。

30

【0030】

液体供給系部材懸架デバイスは、基板テーブルを交換するために基板テーブルがない液体供給系部材を持ち上げるように構成することができる。通常、別個のデバイスを使用して、この作業を実行する。この機能を実行するように液体供給系部材補償装置を適応させることにより、リソグラフィ装置を構成する構成部材の数を削減することが可能である。

【0031】

液体供給系部材懸架デバイスは、系の故障にตอบสนองして、基板テーブルがない液体供給系部材を遠位側の安全位置に配置するように構成することができる。基板テーブルを交換する機会は、蛇腹またはその他の任意の持ち上げ機構を用いて、液体供給系部材を上昇させる。このような蛇腹は、特定の系故障モードにตอบสนองして液体供給系部材を上昇させるように構成される。その他の故障モードでは、（加圧した気体が蛇腹を故障させる場合など）蛇腹自体が故障することがある。系（システム）故障の場合に液体供給系部材懸架デバイスを安全デバイスとして使用すると、系の構成部材数を削減させるが、いかなる系（システム）故障時にも液体供給系部材を持ち上げるように設計できるさらに包括的な安全形体を提供するという利点を有することができる。

40

【0032】

リソグラフィ装置は、液体供給系部材懸架デバイスを含み、該液体供給系部材懸架デバイスは、

圧力媒体を含むハウジングと、

50

前記液体供給系部材に最も近いハウジングの第一壁内に滑動可能に係合し、前記液体供給系部材と結合する第一ピストンと、

予張力付加されたばねによって前記第一ピストン方向に強制され、かつ前記第一壁に対向する前記ハウジングの第二壁内に滑動可能に係合する第二ピストンと、

前記ハウジング内の圧力を制御し、かつ反対方向で前記第二ピストンに力を加えるように構成された圧力調整装置とを含み、

前記圧力は、投影系の光軸に実質的に平行な方向で前記第一ピストンに力を加えるように作用し、前記液体供給系部材の方向に向かう圧力であり、

通常の動作モードでは、第一および第二ピストンが互いに触れ合うように構成され、圧力調整装置は、ハウジング内の圧力を変動させることによって液体供給系部材の垂直位置を制御するように構成され、

ハウジング内が下側閾値圧力よりも低い圧力では、ばねの予張力が、第二ピストンの動作を支配するように構成され、これは第一ピストンと液体供給系部材を、基板テーブルから離して安全位置に強制し、

ハウジング内が上側閾値圧力よりも高い圧力では、圧力媒体の力が第一ピストンを支配し、これを第二ピストンと液体供給系から離して基板テーブルから離れた安全位置に強制するように構成される。この特徴により、圧力調整装置によって供給される圧力が、上側および下側圧力閾値によって規定される安全限界から外れた場合に、液体供給系部材が安全位置に移送されるような方法で、圧力調整装置を介して液体供給系部材の位置を調整するための、確実かつ制御可能な方法を提供できる。

【0033】

本発明の別の観点によると、以下のデバイス製造方法が提供される。

液体供給系部材を用いて、リソグラフィ装置の投影系と基板テーブルの間の空間に液体を含めること、

前記液体供給系部材と前記基板テーブルの間の相互作用を補償すること、および

前記投影系を用いて、パターン付与された放射ビームを、前記液体を通して基板の目標部分に投影することを含むデバイス製造方法。

【0034】

本発明の更に別の観点によれば、以下のリソグラフィ装置焦点校正方法が提供される。

液体供給系部材を使用して、リソグラフィ装置の投影系とリソグラフィ装置の基板テーブルとの間の空間に液体を含めること、

液体供給系部材との相互作用によって妨害された時に、前記基板テーブルの表面高さプロファイル、表面傾斜プロファイル、またはその両者を測定すること、および

基板と、リソグラフィ装置の最善の焦点平面との相対位置を補償するための補償データを決定することを含み、

前記表面高さプロファイルは、前記投影系の最終部材の光軸に対して実質的に平行な方向で規定され、前記表面傾斜プロファイルは、前記投影系の最終部材の光軸に対して実質的に直角な平面の1つまたは2つの直交軸に対して規定されるリソグラフィ装置焦点校正方法。

【0035】

本発明の更に別の観点によれば、以下のリソグラフィ装置焦点校正方法が提供される。

リソグラフィ装置の前記投影系を用いて、焦点試験パターンが付与された放射ビームを、液体を通して、基板の目標部分に投影すること、

複数位置で焦点エラーを判断するために、基板上の投影された焦点試験パターンを分析すること、および

基板と、リソグラフィ装置の最善の焦点平面との相対位置を補償するために、補償データを決定することを含むリソグラフィ装置焦点校正方法。

【0036】

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がその他の多くの用途においても使用可能であることは明確

10

20

30

40

50

に理解されるべきである。例えば、これは、集積光学装置、磁気ドメインメモリ用ガイド
ンスおよび検出パターン、液晶ディスプレイ（LCD）、薄膜磁気ヘッド等の製造に使用
され得る。こうした代替的な用途においては、本文にて使用した「ウェハ」または「ダイ
」といった用語は、それぞれ「基板」または「目標部分」といった、より一般的な用語に
置き換えて使用可能である。本明細書で言及する基板は、露光前または露光後に、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）ま
たは計測または検査ツールで処理することができる。適宜、本明細書の開示は、以上およ
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、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。

10

【0037】

本明細書では、「放射線」および「ビーム」という用語は、紫外線（UV）放射線（例
えば、365nm、248nm、193nm、157nm、あるいは126nmの波長を
有する）を含むあらゆる種類の電磁放射線を網羅するものとして使用される。

【0038】

本明細書において使用する「パターン付与デバイス」なる用語は、入射する放射線ビー
ムに、基板の目標部分にパターンを生成するよう、投影ビームの断面にパターンを与える
ために使用し得るデバイスまたは構造を指すものとして広義に解釈されるべきである。投
影ビームに与えられるパターンが、基板の目標部分における所望のパターンに正確に対応
しないことがあることに留意すべきである。一般に、投影ビームに与えられるパターンは
、集積回路などの目標部分に作られるデバイスの特別な機能層に相当する。

20

【0039】

パターン付与デバイスは透過性または反射性でよい。パターン付与デバイスの例には、
マスク、プログラム可能なミラーアレイ、およびプログラム可能なLCDパネルがある。
マスクはリソグラフィにおいて周知であり、これには、各種ハイブリッドマスクタイプ
のみならず、バイナリマスク、レベンソンマスク、減衰位相シフトマスク等のマスクタイプ
も含まれる。プログラム可能なミラーアレイの一例は、小ミラーから成るマトリクス配列
を用いる。そのミラーの各々は、異なる方向に入射の放射線ビームを反射するよう個々に
傾斜することができる。このようにして、反射されたビームはパターン形成される。パタ
ーン付与デバイスの各例では、支持構造はフレームまたはテーブルでよく、これは必要に
応じて、固定式または可動式でよく、パターン付与デバイスが例えば投影系などに対して
所望位置にあることを保証できる。本明細書で用いる用語「レチクル」または「マスク」
は、より一般的な用語「パターン付与デバイス」と同義であると見なすしてよい。

30

【0040】

本明細書で用いる用語「投影系」は、例えば使用する露光放射線、または浸漬流体の使用
や真空の使用などのその他の要因に合わせて適宜、例えば屈折光学系、反射光学系、およ
び反射屈折光学系を含む各種の投影系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「レンズ」なる用語を使用した場合、これはさらに一般的な用語「
投影系」と同義であると見なしてよい。

【0041】

照明系は、放射線の投影ビームの誘導、成形、または制御を行う屈折、反射、および反
射屈折光学構成部材などの各種光学構成部材も含むことができ、こうした構成部材もまた
、以下、集約的または単独的に「レンズ」と称する。

40

【0042】

リソグラフィ装置は2つ（デュアルステージ）またはそれ以上の基板テーブル（および
/または2つもしくはそれ以上のマスクテーブル）を有する種類のものでよい。このよう
な「多段」機械においては、追加のテーブルが並列して使用される。もしくは、1つ以上
の他のテーブルが露光に使用されている間に予備工程が1つ以上のテーブルにて実行され
る。

【0043】

50

本発明の具体例を添付の略図を参照に、例示の方法においてのみ説明する。図面では対応する参照記号は対応する部品を示すものとする。

【実施例】

【0044】

図1は、本発明の一例としてのリソグラフィ装置を模式的に示す。このリソグラフィ装置は、

放射線（例えばUVまたはEUV放射線）から成る投影ビームPBを供給する照明システム（照明装置）ILと、

パターン付与デバイス（例えばマスク）MAを支持し、かつ、品目PLに対して正確にパターン付与デバイスの位置決めを行う第一位置決めデバイスに連結を行った支持構造（例えばマスクテーブル）MTと、

基板（例えばレジスト塗布したウェハ）Wを支持し、かつ、品目PLに対して正確に基板の位置決めを行う第二位置決めデバイスPWに連結を行った基板テーブル（例えばウェハテーブル）WTと、

パターン付与デバイスMAによって投影ビームPBに与えられたパターンを基板Wの目標部分C（例えば、1つあるいはそれ以上のダイから成る）に描像する投影系（例えば屈折性投影レンズ）PLを有する。

【0045】

ここで示しているように、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、本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種類のプログラム可能なミラーアレイを使用する）。

【0046】

照明装置ILは放射線源SOから放射線のビームを受け取る。放射線源とリソグラフィ装置とは、例えば放射線源がプラズマ放電源である場合に、別体であってよい。このような場合、放射線源はリソグラフィ装置の一部を形成すると見なされず、放射線ビームは、例えば適切な配向ミラーおよび/またはビーム拡張器を有するビーム送出系BDの助けにより、放射線源SOから照明装置ILへと渡される。その他の場合、例えば放射線源が水銀ランプの場合は、放射線源が装置の一体部品でもよい。放射線源SOおよび照明装置ILは、所望に応じてビーム送出系BDと一緒に、放射線系と呼ぶことができる。

【0047】

照明装置ILは、ビームの角度強度分布を調節する調節デバイスを有してよい。一般的に、照明装置の瞳面における強度分布の外部および/あるいは内部放射範囲（一般的にそれぞれ、外側 および内側 と呼ばれる）を調節することができる。また、照明装置は一般的に積分器INおよびコンデンサCO等のその他の各種構成部材を有する。照明装置は、投影ビームPBと呼ばれ、その断面に亘り所望する均一性と強度分布とを有する、調整された投影ビームを提供する。

【0048】

投影ビームPBは、マスクテーブルMT上に保持されているマスクMAに入射する。投影ビームPBはマスクMAを横断して、基板Wの目標部分C上にビームを集束するレンズPLを通過する。第二位置決めデバイスPWおよび位置センサIF（例えば干渉計デバイス）の助けにより、基板テーブルWTは、例えばビームPBの経路における異なる目標部分Cに位置を合わせるために正確に運動可能である。同様に、第一位置決めデバイスPMおよび別の位置センサ（図1には明示せず）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、あるいは走査運動の間に、ビームPBの経路に対してマスクMAを正確に位置決めすることができる。一般に、オブジェクト（対象物）テーブルMTおよびWTの移動は、位置決めデバイスPMおよびPWの部分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）で行われる。しかし、ステッパの場合（スキャナとは対照的に）、マスクテーブルMTはショートストロークアクチュエータに連結されるだけであるか、あるいは固定される。マスクMAおよび基板Wは、マスクアラインメントマークM1、M2および基板アラインメントマー

10

20

30

40

50

ク P 1、P 2 を使用して位置合わせすることができる。

【 0 0 4 9 】

ここで説明した装置は、以下の好適モード（態様）で使用可能である。

1 . ステップモードでは、マスクテーブル M T および基板テーブル W T が事実上静止状態に維持される。そして、投影ビームに与えたパターン全体が 1 回の作動（すなわち 1 回の静止露光）で目標部分 C に投影される。次に基板テーブル W T が X 方向および / または Y 方向にシフトされ、異なる目標部分 C がビーム P B により照射され得る。ステップモードでは、露光フィールドの最大サイズが、1 回の静止露光で描像される目標部分 C のサイズを制限する。

2 . 走査モードでは、マスクテーブル M T および基板テーブル W T を同期走査する一方、投影ビームに与えられたパターンを目標部分 C に投影する（つまり、1 回の動的露光）。マスクテーブル M T に対する基板テーブル W T の速度および方向は、投影系 P L の拡大（縮小）および像反転特性によって決定される。走査モードでは、露光フィールドの最大サイズが、1 回の動的露光で目標部分の（非走査方向における）幅を制限し、走査動作の長さが目標部分の（走査方向における）高さを決定する。

3 . 別のモードでは、マスクテーブル M T が事実上静止状態に維持されて、プログラム可能なパターン付与デバイスを保持し、投影ビームに与えられたパターンを目標部分 C に投影する間、基板テーブル W T が動かされるか、または、走査される。このモードでは、一般にパルス状放射線源を使用して、基板テーブル W T を動作させるごとに、または走査中に連続する放射線パルス間に、プログラム可能なパターン付与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グラム可能なミラレイなどのプログラム可能なパターン付与デバイスを使用するマスクなしリソグラフィに容易に適用することができる。

【 0 0 5 0 】

前記使用モードの組合せ、および / または、変形、または全く異なる使用モードも使用できる。

【 0 0 5 1 】

提案されている別の浸漬リソグラフィの解決法は、液体供給系に、投影系の最終部材と基板テーブル間の空間の境界の少なくとも一部に沿って延在する密封部材を設けることである。密封部材は、X Y 面にて投影系に対してほぼ静止しているが、Z 方向（光軸の方向）には多少の相対的動きがあってもよい。密封部材と基板の表面の間にシールが形成される。実現時には、シールは気体シールなどの非接触シールである。このようなシステムは、例えば米国特許出願番号第 1 0 / 7 0 5 7 8 3 号（その全記載内容を本明細書の記載として援用する）で開示されている。

【 0 0 5 2 】

図 5 は、本発明の一例としての焦点校正デバイス 6 およびデータ記憶デバイス 8 を有する密封部材補償装置 2 を示す。図示構成では、密封部材 4 が、投影系 P L の最終部材と、基板 W および / または基板テーブル W T との間の領域に浸漬液 1 3 を含む。密封部材 4 の重量、さらにそれが伝達するその他の力は、補償しないと、基板テーブル W T の変形および / または傾斜を引き起こすことがある。密封部材 4 からの力の分布は、投影系 P L の最終部材の光軸に対して直角の平面内で不均一である。図 5 で示し、他の図にも関連する座標系では、この面が X Y 面に対応し、投影系 P L の最終部材の光軸が Z 軸に対応する。例えば、密封部材 4 により基板テーブル W T に作用する重力の不均一性は、矢印 1 0、1 2 で示され、大きい方の矢印が大きい方の力を示す。密封部材 4 と、投影系 P L の最終部材を支持するフレーム 1 6 との間に取り付けた垂直誘導部材 1 5 も、矢印 1 7 で示すように係留点 1 1 を介して力を伝達する。一般的に、基板テーブル W T が受ける妨害（変形）は、密封部材 4 によって引き起こされる力およびトルクの複雑な分布から生じ、基板テーブル W T に対する密封部材 4 の相対的位置によって決定される。補償がなければ、これらの力は、基板テーブル W T 上の基板 W を露光した時に、焦点ずれ効果につながるだろう。例えば、密封部材 4 と浸漬液 1 4 が所定位置にある状態で、基板テーブル W T を投影系 P L

の下に配置する前に、別体の測定システムで基板Wの形状マップを作成するデュアルステージリソグラフィ装置では、基板形状マップを作成中に密封部材4が所定位置になかったために、基板形状マップにエラーが生じることがある。密封部材4からの力による基板テーブルWTの歪みは、基板Wにおける焦点ずれを引き起こすばかりでなく、機械間の重なり（特に浸漬と非浸漬機械）にも影響するであろうし、基板テーブルWTの配置精度にも影響するであろうが、これは基板テーブルWTの側面反射側領域から反射した光によって動作する干渉計が作成した測定値に従って調節される。

【0053】

一例によると、密封部材4の重量での屈曲など、基板テーブルWTの妨害（変形）は、その効果を校正することによって補償することができる。基板テーブル形状測定デバイス14は、基板テーブルWTが密封部材4との相互作用によって変形かつ/または傾斜している場合に、その表面高さプロフィールを測定するために設けられている。表面高さプロフィールは、XY面の位置の関数としてZ軸に沿って測定した表面の位置であり、デュアルステージリソグラフィ装置の測定位置で記録された通りの基板形状マップに対応する。基板テーブル形状測定デバイス14が実行する表面高さプロフィールの測定は、基板テーブルWTに対する密封部材4の様々な位置で繰り返さねばならない。同様に、基板テーブルWTの表面傾斜プロフィールを測定し、表面傾斜輪郭は、XY面での位置の関数として、表面のRxおよび/またはRy傾斜を含む。測定結果は、データ記憶デバイス8に記憶され、これは焦点校正デバイス6によってアクセス可能である。基板テーブルWTに対する密封部材4の現在の水平位置に基づき、焦点校正デバイス6は補償データを計算して、基板テーブルサーボシステム9へと送信し、これは歪みから生じた焦点ずれ効果を補償するために、基板テーブルWTの位置（例えば高さおよび/または傾斜）を調節することができる。焦点校正デバイス6は、事実上、基板W上の各ポイントを画像のポイントで最善の焦点面に持って行くことを目的とする。実際には、焦点校正デバイス6は、適切にプログラムされたコンピュータで作動するように構成されたソフトウェアに実装することができる。

【0054】

基板テーブルWTの妨害（変形）は、解析的数学関数 $Z_{c.o.m.p}$ としてモデル化することができる。これは多項関数またはべき級数の展開式を含む。例えば、以下の関数を使用することができる。つまり、 $Z = aX + bY + cY^2 + \dots + uX^2Y^2 + vX^4 + wY^4 + f(X, Y)$ であり、ここで $f(X, Y)$ はべき級数の残りでカバーされない残差を表す。XおよびY軸を中心とする傾斜は、べき級数を微分して計算する。XおよびY座標に関する関数の優先は、基板テーブルの関連する部材（基板テーブルの支持構造など）の幾何学的形状によって効果が円対称でない場合に生じる。幾何学的性質が三角形に傾いている場合は、係数のゼルニケ級数が好ましい。 $Z_{c.o.m.p}$ の係数および残差関数は、以下のうち1つまたは複数から決定することができる。つまり、a) 密封部材の位置および相互作用力の関数として、基板テーブルの妨害（変形および/または傾斜）を予想する基板テーブルの機械数学モデル、b) 露光位置における焦点誤差を求めることができる、焦点試験パターンを露光する試験の校正結果、c) 補償すべき実際のリソグラフィ装置の密封部材によって加えられるのと同等の力を基板テーブルに加えた状態で、基準機械にb)の測定結果を使用すること、またはd) a)、b)およびc)のうち1つまたは複数の組み合わせである。

【0055】

基板テーブルは、基板が取り付けられた後、基板および/または基板テーブルの温度が変化しても変形することがある。これについては、上記で検討したような補償関数に基づいたフィードフォワード機構を使用するか、あるいは基板テーブル内に1つまたは複数の温度センサが配置されたフィードバック機構を使用して対処することができる。

【0056】

基板テーブルWTの妨害（変形）を考察するために、投影系自体の性能を変更する方法の代替方法として、密封部材補償装置の別の例では、密封部材4を物理的に支持し、それ

10

20

30

40

50

によってソースにて基板テーブルWTの関連する歪みを防止することによって働く。図6は、本発明のこの側面により可能な具体例を示す。矢印24は、密封部材4に作用する下向きの力を表し、これは重量による重力でよい。密封部材補償装置によって供給される反対方向の等しい支持力が、矢印22で示される。このような力を供給するために、密封部材補償装置は、密封部材4からの追加の力によって不利な歪みが発生しないほど十分に固い部材に（機械的またはその他の方法で）結合しなければならない。これを達成する一つの方法は、投影系PLを支持するフレーム（このフレームは、焦点センサおよび/または位置合わせセンサなど、各種計測デバイスを支持することができる）に密封部材4を結合することである。その結果生じる力を矢印18で示し、結合自体を破線23で示す。この例では、投影系PLを支持するフレーム16、および基板テーブルWTまたは投影系PLに直接的または近接した機械的接続がない隔離されたフレーム21とのいずれか、または両方に結合23を行う。この構成は、投影系PLの繊細な部材の妨害（変形）を最低限に抑えるという利点を有する。しかし、代替方法として、投影系PLの最終部材と結合する何らかの形態を配置することも可能である。その結果生じる下向きの力を、矢印20で示す。この構成は、投影系PLが密封部材4に近接しているという利点を有するが、投影系PLの光学的性能に影響しないように注意しなければならない。

10

【0057】

図7、図8は、密封部材補償装置の一部を形成する密封部材懸架デバイス26、28によって、実際に密封部材4を支持する方法を、さらに詳細に示す。補償力は、例えば軟らかい機械的予荷重ばね、軟らかい空気圧蛇腹および/または受動的磁力でよい。図7は、補償力がばねなどの一般的な機械式タイプである密封部材懸架デバイス26の具体例を示す。機械式密封部材懸架デバイス26として蛇腹を使用する場合、蛇腹の媒質は液体または気体でよい。図8は、機械的接触なしに密封部材4に力を加えることができる電磁ローレンツまたは磁気抵抗アクチュエータ29を介して補償力を提供する密封部材懸架デバイス28の具体例を示す。一般的に、密封部材4の突然の変位、密封部材4の振動を回避するか、さらに一般的には所望の反応特性を達成するために、おそらくは時間に関して密封部材の変位の変化率に比例する何らかの形態の減衰力も使用することができる。図7、図8の両方で、破線27は、密封部材4に加えた力の反応が、投影系PLの一部、投影系PLを支持するフレーム、または投影系PLおよび基板テーブルWTから機械的にほぼ隔離されたフレーム、またはその組み合わせを介して支持できることを示す。

20

30

【0058】

図9は、密封部材懸架デバイス制御装置31および密封部材懸架デバイス制御装置メモリ33を有する本発明の具体例を示す。密封部材懸架デバイス制御装置31は、ここでは密封部材懸架デバイス26を介して密封部材4に加えられた補償力の大きさを制御するように構成される（しかし、同様に密封部材懸架デバイス28または何らかの組み合わせでよい）。補償力の有効大きさを求めるために、密封部材懸架デバイス制御装置31は、各種ソースからの入力を使用してよい。一つの可能な方法は、単に、密封部材懸架デバイス制御装置31がアクセス可能な密封部材懸架デバイス制御装置メモリ33に補償値を記憶することである。記憶された補償値は、例えば密封部材4の重量、垂直誘導部材15を介して加えられる力および/または密封部材に作用することが知られているその他の何らかの力の大きさを表すことができる。

40

【0059】

密封部材懸架デバイス制御装置31は、それぞれ矢印37および41で概略的に示すような密封部材4の垂直位置および水平位置をそれぞれ測定するように配置された位置センサ35および/または39からの入力も受信することができる。実現時には、位置センサ35、39を、投影系PLを支持するフレーム16に接続するが、そのいずれか、または両方をリソグラフィ装置の別の部品に接続してもよい。密封部材懸架デバイス制御装置メモリ33に記憶されたデータを使用して、例えば密封部材4の垂直位置を使用して垂直誘導部材15が加える力のサイズを計算することができる。代替的または追加的に、密封部材4に作用する力が、その水平位置（つまりX-Y面における位置）によって決定される

50

場合、センサ39（X座標とY座標の両方を決定するために、2つ以上のセンサを有してよい）からの出力を、密封部材懸架デバイス制御装置31の入力として使用する。言うまでもなく、密封部材の傾斜などの他の姿勢を測定し、使用してもよい。前記と同様に、加えるべき補償力は、密封部材懸架デバイス制御装置メモリ33に記憶されたデータに基づいて計算することができる。このデータは、計算から、または校正測定値から導出してよい。

【0060】

図10で示された本発明の具体例によると、正確な補償は、基板テーブル補償装置30のZアクチュエータ42によって加えられる垂直力の関数として制御される密封部材懸架デバイス26、28を使用して達成することができる。通常（つまり浸漬しない）動作では、基板テーブルWTの重量を、基板テーブル補償装置30の制御回路形成部分によって補償ことができ、これは、例えばセンサ36によって測定した通りのフレーム16と基板テーブルWT間の空間距離などを参照して、基板テーブルWTの垂直および/または傾斜（つまりZ、Rxおよび/またはRy）位置を制御するように作用する。密封部材4が下降し、基板テーブルWTに載ると、密封部材の重量を抑制する余分な垂直の力が、制御回路の一部を形成する基板テーブル制御装置32（例えばPID低域制御装置）によって生成される。矢印38は、矢印40によって示した密封部材4の重量に対向して加えた力を表す。

【0061】

この具体例によると、余分な垂直の力は、投影系PLの最終部材を支持するフレーム16と密封部材4とを接続する（あるいは密封部材4と投影系PLの最終部材自体とを接続する）密封部材懸架デバイス26、28を駆動する密封部材補償装置の一部を形成する密封部材制御装置34（例えばPI低域制御装置）の入力（つまり設定ポイント）を形成する。密封部材制御装置34は、密封部材4を持ち上げ、および/または、傾斜させる垂直力を作り出す。基板テーブルアクチュエータ42は、もはや、密封部材4に対して補償力を作り出す必要がない。補償力は、密封部材懸架デバイス26、28によって与えられるからである。前記具体例と同様に、基板テーブルWTは、もはや、密封部材4の重量によって、または、密封部材4から生じるその他の力によって変形し、および/または、傾斜することがない。

【0062】

1.0%の正確さは、前記具体例による補償を用いると、極めて実現可能である。焦点ずれ誤差が400nmである場合、誤差は約4nm以内まで減少し、これは大部分の目的で許容可能なはずである。予想される基板テーブルの変形および/または傾斜は、これらの環境では無視できるようになり、その結果、機械間のオーバーレイが良好になる。さらなる利点は、X、YおよびZ方向での基板テーブルWTの配置、および基板テーブルWTの傾斜の制御を担当する基板テーブルのショートストロークアクチュエータシステムのクロストークが、非常に小さくなることである。というのは、密封部材4の有効重量の変動、および基板テーブルWTに対する密封部材4の位置の変動に伴ってシフトする重力の効果が、もはや生じないからである。その結果、ステージの位置づけがさらに正確になる。

【0063】

密封部材懸架デバイス26、28は、本発明の別例によると、基板テーブルWTの変形および/または傾斜を回避する目的で密封部材4を支持する機能を、基板テーブルWTまたはその構成部材を交換する目的で、密封部材4を安全で通常は上昇位置で支持する機能および/または加圧気体システムの穴の分離などの緊急事態、電源断、または基板テーブルWT自体によって引き起こされた緊急事態に誠実に反応する機能と組み合わせるように校正することができる。理解できるだろうが、密封部材懸架デバイス26、28は、単に、基板テーブルWTまたはその構成部材を交換する目的で、密封部材4を安全な位置（通常は、上昇位置）に支持するか、記載されたようなシステム故障に備えて安全機構を提供するか、または、その両者を実行するように校正してもよい。

【0064】

この構成を図 1 1 で示す。ここでは、一例としての密封部材懸架デバイス 2 6 がハウジング 4 6 を有し、個々に小型ピストン 4 8 および大型ピストン 4 9 が密封状態で挿入される。圧力プレート 5 0 を、大型ピストン 4 9 の最上面に配置する。ばね部材 5 2 を、圧力プレート 5 0 とハウジング 4 6 の下部内面との間に配置して、大型ピストン 4 9 に上向きの力を加えるように構成し、これはハウジング 4 6 の下部内面と圧力プレート 5 0 との間隔が減少するにつれて増大する。圧力調整器 4 4 を設けて、ハウジング 4 6 によって限定された容積内の圧力を制御する。圧力調整器 4 4 を介してハウジング 4 6 内の圧力を制御すると、密封部材 4 の垂直位置を制御する手段が提供され、これは、前記具体例と組み合わせ使用し、密封部材 4 から報じる力を補償して、そこから生じる基板テーブル W T の歪みを防止するか、基板テーブル W T またはその部材を交換する目的で、密封部材 4 を安全で通常は上昇した位置に支持する、あるいはその両方を実行することができる。しかし、この構成は、図 1 2 に関して以下で述べるように、システム故障に備えて安全機構を提供する機能も満たすことができる。

10

【 0 0 6 5 】

図 1 2 は、図 1 1 で示したような密封部材懸架デバイス 2 6 によって支持された場合に、密封部材 4 の Z 方向に沿った位置の変動を示す。P 0 と P 1 の間では、ばね部材 5 2 の予張力が、最大上昇位置 Z_T からの密封部材 4 の変位を防止する。予張力は、ピストン 5 2 の動作を支配し、ピストン 4 8 (および密封部材 4) を安全位置に押し込む。P 1 では、ハウジング 4 6 内の圧力によって加えられた下向きの力が、ばね部材 5 2 の予張力と等しい。P 1 を越えると、ばね部材 5 2 が (密封部材 4 によって加えられた力、およびハウジング 4 6 内の圧力に対向し続けるために) 徐々に圧縮し、圧力プレート 5 0 および密封部材 4 が徐々に低下して、小型ピストン 4 8 は圧力プレート 5 0 との接触を維持する。P 2 と P 3 の間の領域では、ばね部材 5 2 が十分に圧縮し、小型ピストン 4 8 が圧力プレート 5 0 と接触して、密封部材 4 が最低位置になる。しかし、圧力 P がさらに増加すると、小型ピストン 4 8 が、ハウジング 4 6 内の圧力によって圧力プレート 5 0 を離れて押され、最大上昇位置 Z_T に到達するまで、密封部材 4 の垂直位置が圧力とともに急速に増大する (実際には、この遷移はほぼ垂直でよい)。描像を目的とする動作領域は、圧力 P 2 と P 3 の間である。ハウジング 4 6 内の圧力が過度に低くなるか、過度に高くなるシステム故障の場合は、密封部材 4 が安全位置 Z_T へと押される。

20

【 0 0 6 6 】

局所的な液体供給系でのさらなる浸漬リソグラフィの解決法を、図 4 に示す。液体は、投影系 P L の各側にある 2 本の溝入口 I N によって供給され、入口 I N の半径方向外側に配置された複数の別個の出口 O U T によって取り出される。入口 I N および O U T は、中心に投影する投影ビームが通る穴があるプレートに配置することができる。液体は、投影系 P L の一方側にある 1 本の溝入口 I N によって供給され、投影系 P L の他方側にある複数の別個の出口 O U T によって取り出され、これによって投影系 P L と基板 W の間に液体の薄膜が流れる。入口 I N と出口 O U T のどの組み合わせを使用するかは、基板 W の動作方向によって決定することができる (入口 I N と出口 O U T のその他の組み合わせは非活動状態である)。

30

【 0 0 6 7 】

参照により全体が本明細書に組み込まれる欧州特許出願第 0 3 2 5 7 0 7 2 . 3 号では、ツインまたはデュアルステージ浸漬リソグラフィ装置の概念が開示されている。このような装置には、基板を支持するために 2 つの基板テーブルを設ける。基板テーブルが第一位置にあり、浸漬液がない状態で、レベルングの測定を実行し、基板テーブルが第二位置にあり、浸漬液が存在する状態で、露光を実行する。または、装置は、第一位置と第二位置の間で動作する基板テーブルを 1 つのみ有してもよい。

40

【 0 0 6 8 】

本発明の具体例を密封部材について述べたが、本発明の具体例は、任意の浸漬リソグラフィ装置および任意の液体供給系 (その関連部品を含む)、特に前記液体供給系のいずれか、および、前記液体槽に適用してもよい。

50

【 0 0 6 9 】

以上、本発明の具体例を詳細に説明したが、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。前記説明は本発明を限定する意図ではない。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 7 0 】

【 図 1 】 本発明の一例によるリソグラフィ装置を示す。

【 図 2 】 本発明の一例により、投影系と基板との間の空間に液体を供給する液体供給系を示す。

【 図 3 】 本発明の一例による投影系の最終部材の周囲にある図 2 の液体供給系の入口および出口の構成を示す。

【 図 4 】 本発明の一例による液体供給系を示す。

【 図 5 】 本発明の一例により、基板テーブル形状測定デバイス、校正データ保存デバイスおよび焦点校正デバイスと相互作用する投影系を示す。

【 図 6 】 投影系または投影系を支持するフレームと機械的に接触した懸架デバイスによって密封部材が支持された本発明の具体例を示す。

【 図 7 】 機械ばねを有する密封部材懸架デバイスの一例を示す。

【 図 8 】 密封部材に加えられる持ち上げ力が受動的磁力である密封部材懸架デバイスの一例を示す。

【 図 9 】 密封部材懸架デバイス制御装置および密封部材懸架デバイス制御装置メモリを有する本発明の一例を示す。

【 図 1 0 】 本発明の一例による基板テーブル補償装置に関連する制御ループと相互作用するように構成された密封部材補償装置を示す。

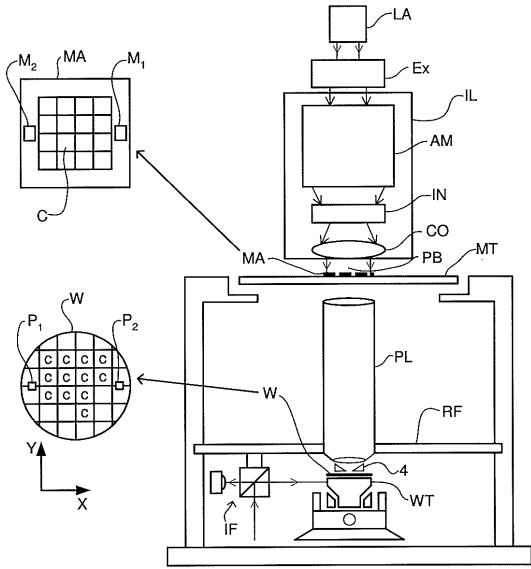
【 図 1 1 】 システム故障にตอบสนองして、基板テーブルを交換するか、基板テーブルから離して密封部材を遠位側の安全位置に配置する、あるいはその両方を実行するために、密封部材を基板テーブルから離して持ち上げることができるように構成された密封部材懸架デバイスを示す。

【 図 1 2 】 懸架デバイスに加えられた過剰圧力の関数として密封部材が作動した位置に関して、密封部材懸架デバイスの性能を示すグラフを示す。

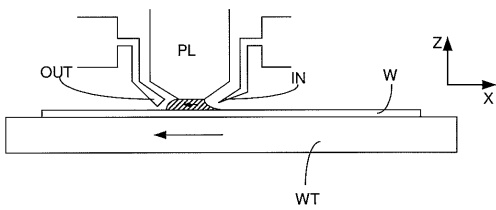
10

20

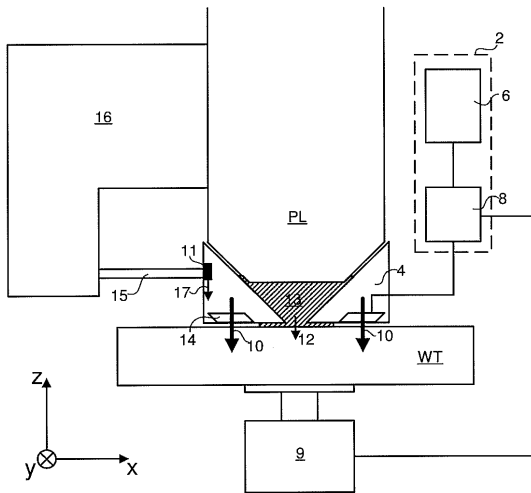
【 図 1 】



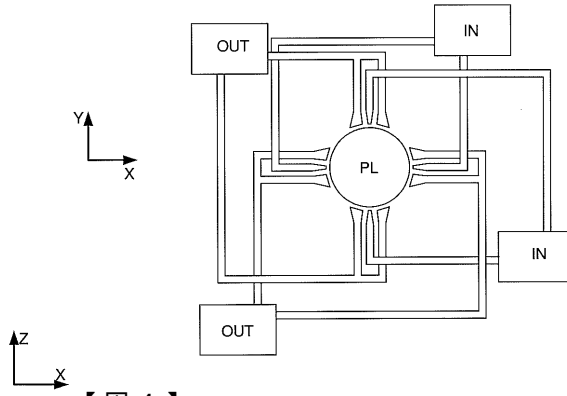
【 図 2 】



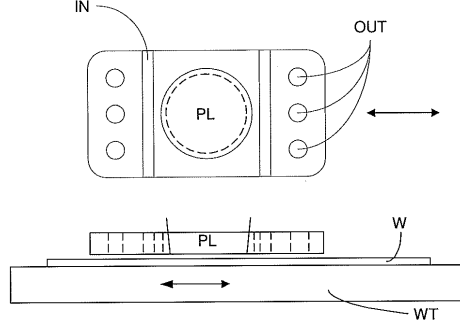
【 図 5 】



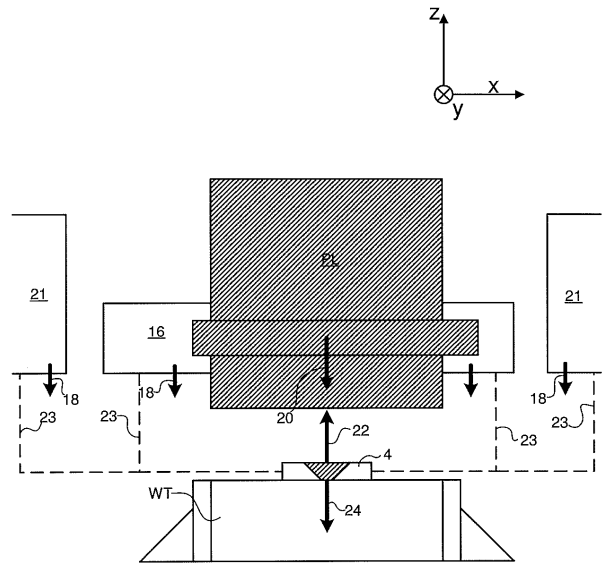
【 図 3 】



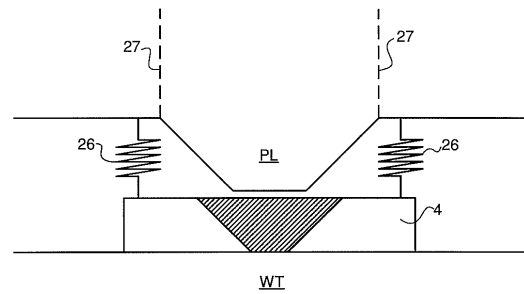
【 図 4 】



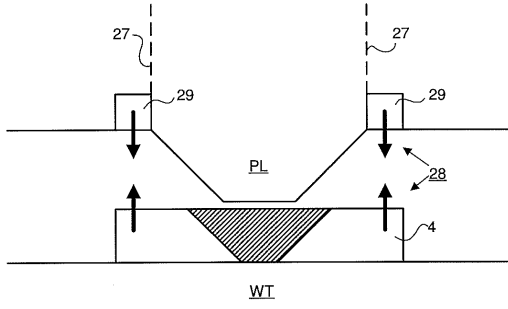
【 図 6 】



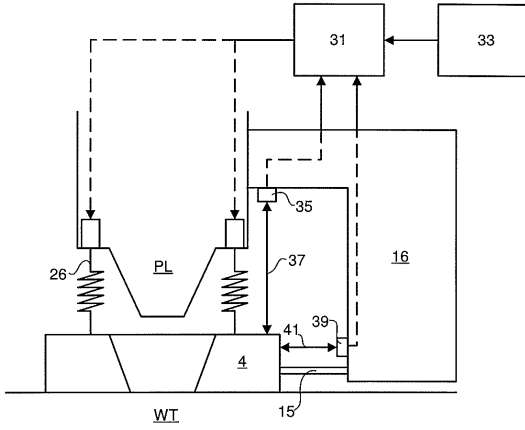
【 図 7 】



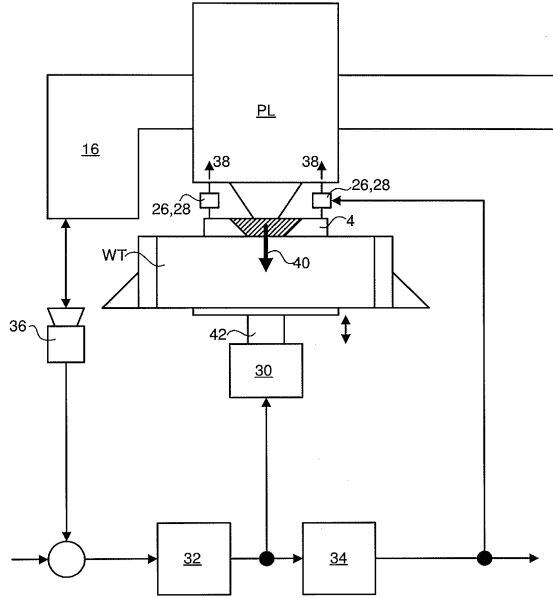
【 図 8 】



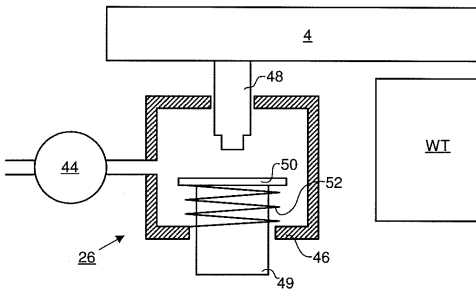
【 図 9 】



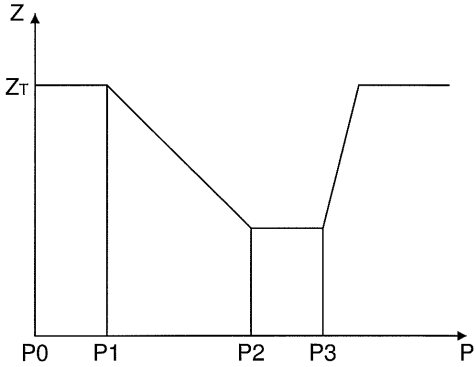
【 図 10 】



【 図 11 】



【 図 12 】



フロントページの続き

- (72)発明者 ヘンリクス ヘルマン マリー コックス
オランダ国、アイントホーフェン、ベルクフェン 41
- (72)発明者 クリスティアーン アレクサンダー ホーゲンダム
オランダ国、フェルトホーフェン、ルネット 43
- (72)発明者 ジェローン ヨハネス ソフィア マリア メルテンス
オランダ国、デュイツェル、ケンブシュトラート 19
- (72)発明者 コーエン ヤコブス ヨハネス マリア ツァール
オランダ国、アイントホーフェン、 サンクト キャサリーナシュトラート 53
- (72)発明者 ミンネ クペルス
オランダ国、フェルトホーフェン、ルネット 15

審査官 佐藤 海

- (56)参考文献 国際公開第2005/093791(WO, A1)
特開2005-303167(JP, A)
特開2008-505485(JP, A)
特開2005-294846(JP, A)
特開2001-015422(JP, A)
特開2004-289126(JP, A)
特開平10-303114(JP, A)
特開平10-154659(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03F 7/20 - 7/24
G03F 9/00 - 9/02
H01L 21/027