

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6198837号  
(P6198837)

(45) 発行日 平成29年9月20日(2017.9.20)

(24) 登録日 平成29年9月1日(2017.9.1)

(51) Int.Cl.

G03F 7/20 (2006.01)  
H01L 21/68 (2006.01)

F 1

G03F 7/20 521  
G03F 7/20 501  
H01L 21/68 K  
H01L 21/68 F

請求項の数 29 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2015-537177 (P2015-537177)  
 (86) (22) 出願日 平成25年9月20日 (2013.9.20)  
 (65) 公表番号 特表2015-537239 (P2015-537239A)  
 (43) 公表日 平成27年12月24日 (2015.12.24)  
 (86) 國際出願番号 PCT/EP2013/069547  
 (87) 國際公開番号 WO2014/063871  
 (87) 國際公開日 平成26年5月1日 (2014.5.1)  
 審査請求日 平成27年4月27日 (2015.4.27)  
 (31) 優先権主張番号 61/717,208  
 (32) 優先日 平成24年10月23日 (2012.10.23)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

前置審査

(73) 特許権者 504151804  
 エーエスエムエル ネザーランズ ピー.  
 ブイ.  
 オランダ国 ヴェルトホーフェン 550  
 O エーエイチ, ピー. オー. ボックス  
 324  
 (73) 特許権者 503195263  
 エーエスエムエル ホールディング エヌ  
 ブイ.  
 オランダ国 ヴェルトホーフェン 550  
 O エーエイチ, ピー. オー. ボックス  
 324  
 (74) 代理人 100079108  
 弁理士 稲葉 良幸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】パターニングデバイス操作システム及びリソグラフィ装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

交換可能なオブジェクトを操作するためのシステムであって、  
 可動構造と、

前記可動構造に対して移動可能であるとともに前記交換可能なオブジェクトを保持する  
 オブジェクトホルダと、

前記オブジェクトホルダに力を印加して前記交換可能なオブジェクトを概ね平面に沿つ  
 て平行移動させる第1のアクチュエータアセンブリと、

前記交換可能なオブジェクトに第1の曲げモーメントを印加して前記交換可能なオブジ  
 ェクトの曲率を操作する第2のアクチュエータアセンブリと、  
 を備え、

前記第1のアクチュエータアセンブリが、

前記可動構造に結合されたアクチュエータと、

前記アクチュエータを前記オブジェクトホルダに結合する接続構造とを含み、

前記接続構造は、

前記平面内で概ね剛性である板ばねであり、前記アクチュエータ及び前記オブジェクト  
 ホルダに結合される、システム。

## 【請求項2】

前記第2のアクチュエータアセンブリが、前記第1の曲げモーメントとは反対側の前記  
 交換可能なオブジェクトの一方の側に第2の曲げモーメントを印加し、前記第2の曲げモ

ーメントが、前記第1の曲げモーメントの方向とは反対の方向にある、請求項1に記載のシステム。

**【請求項3】**

前記アクチュエータが、せん断圧電アクチュエータである、請求項1に記載のシステム。

**【請求項4】**

前記第2のアクチュエータアセンブリが、  
中間構造と、  
前記平面内で概ね剛性であり、前記可動構造及び前記中間構造に結合された接続構造と  
、  
前記可動構造及び前記中間構造に結合され、第2の力を前記中間構造に印加して前記第1の曲げモーメントを生成するアクチュエータと、を備え、

前記第1の曲げモーメントが前記中間構造から前記交換可能なオブジェクトへ伝達されるように、前記中間構造が前記オブジェクトホールダ及び前記交換可能なオブジェクトに結合された、請求項1に記載のシステム。

**【請求項5】**

前記第2のアクチュエータアセンブリが、前記中間構造に結合され、前記交換可能なオブジェクトに接触するとともに前記平面内に概ね沿い、また、前記第1の曲げモーメントが前記中間構造から前記交換可能なオブジェクトへ伝達されるように前記平面に対して概ね垂直な軸に沿って概ね剛性である複数のピンをさらに備える、請求項4に記載のシステム。

**【請求項6】**

前記中間構造及び前記オブジェクトホールダに結合され、前記複数のピンに対して前記交換可能なオブジェクトを予圧する弾性部材をさらに備える、請求項5に記載のシステム。

**【請求項7】**

前記アクチュエータが、前記平面に概ね平行な方向に前記力を印加するスタック圧電アクチュエータである、請求項4に記載のシステム。

**【請求項8】**

前記第2のアクチュエータアセンブリが、前記アクチュエータと前記可動構造との間に配置された直列のばねをさらに備える、請求項7に記載のシステム。

**【請求項9】**

前記第2のアクチュエータアセンブリが、前記平面内で概ね剛性であり、前記アクチュエータ及び前記中間構造に結合された第2の接続構造をさらに備え、

前記アクチュエータが、前記可動構造に結合された、請求項4に記載のシステム。

**【請求項10】**

前記アクチュエータが、せん断圧電アクチュエータである、請求項9に記載のシステム。

**【請求項11】**

前記第2の接続構造が、板ばねである、請求項10に記載のシステム。

**【請求項12】**

前記第2のアクチュエータアセンブリが、  
中間構造と、

前記可動構造及び前記中間構造に結合された第1及び第2のアクチュエータであって、前記第1のアクチュエータが前記平面に対して概ね垂直な方向に前記中間構造に第2の力を印加し、前記第2のアクチュエータが前記平面に対して概ね垂直な方向に前記中間構造に第3の力を印加する、第1及び第2のアクチュエータと、を備え、

前記第2の力と前記第3の力との間の差異が、前記第1の曲げモーメントを生成し、

前記第1の曲げモーメントが前記中間構造から前記オブジェクトホールダ及び前記交換可能なオブジェクトへ伝達されるように前記中間構造が前記オブジェクトホールダ及び前記交換可能なオブジェクトに結合された、請求項1に記載のシステム。

10

20

30

40

50

**【請求項 1 3】**

前記第1及び第2のアクチュエータが、スタック圧電アクチュエータである、請求項1  
2に記載のシステム。

**【請求項 1 4】**

前記第2のアクチュエータアセンブリが、前記中間構造に結合され、前記交換可能なオブジェクトに接触するとともに前記平面内に概ね沿い、また、前記第1の曲げモーメントが前記中間構造から前記交換可能なオブジェクトへ伝達されるように前記平面に対して概ね垂直な軸に沿って概ね剛性である複数のピンをさらに備える、請求項12に記載のシステム。

**【請求項 1 5】**

前記中間構造及び前記オブジェクトホルダに結合され、前記複数のピンに対して前記交換可能なオブジェクトを予圧する弾性部材をさらに備える、請求項14に記載のシステム。

**【請求項 1 6】**

前記第1のアクチュエータアセンブリを制御して前記第1の曲げモーメントによって引き起こされる前記交換可能なオブジェクトと前記オブジェクトホルダとの間の滑り又は前記第1の曲げモーメントによって引き起こされる前記交換可能なオブジェクト内の応力を補償するコントローラをさらに備える、請求項 1 に記載のシステム。

**【請求項 1 7】**

前記第1のアクチュエータアセンブリを制御して前記交換可能なオブジェクトを動的に位置決めして基準位置に一致させるコントローラをさらに備える、請求項 1 に記載のシステム。

**【請求項 1 8】**

前記第2のアクチュエータアセンブリを制御して交換可能なオブジェクトを動的に屈曲させて基準曲率に一致させるコントローラをさらに備える、請求項 1 に記載のシステム。

**【請求項 1 9】**

前記可動構造が、リソグラフィ装置の位置決めシステムのショートストロークコンポーネントであり、前記交換可能なオブジェクトが、前記リソグラフィ装置で使用されるパターニングデバイスである、請求項 1 に記載のシステム。

**【請求項 2 0】**

放射ビームの断面にパターンを付与してパターン付放射ビームを形成するパターニングデバイスを操作するシステムを備え、前記システムが、

可動構造と、

前記可動構造に対して移動可能であるとともに前記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ホルダと、

前記パターニングデバイスホルダに力を印加して概ね平面に沿ってパターニングデバイスを平行移動させる第1のアクチュエータアセンブリと、

前記パターニングデバイスに曲げモーメントを印加する第2のアクチュエータアセンブリと、を備え、

前記第1のアクチュエータアセンブリが、

前記可動構造に結合されたアクチュエータと、

前記アクチュエータを前記パターニングデバイスホルダに結合する接続構造とを含み、前記接続構造は、

前記平面内で概ね剛性である板ばねであり、前記アクチュエータ及び前記パターニングデバイスホルダに結合される、リソグラフィ装置。

**【請求項 2 1】**

前記可動構造が、前記システムのショートストロークコンポーネントである、請求項2  
0に記載のリソグラフィ装置。

**【請求項 2 2】**

前記パターニングデバイスが、レチクルである、請求項20に記載のリソグラフィ装置

10

20

30

40

50

。

## 【請求項 2 3】

前記第 2 のアクチュエータアセンブリが、

前記可動構造及び中間構造に結合されたアクチュエータと、

前記中間構造に第 2 の力を印加して前記曲げモーメントを生成するアクチュエータと、を備え、

前記曲げモーメントが前記中間構造から前記パターニングデバイスへ伝達されるように、前記中間構造が前記パターニングデバイスホルダ及び前記パターニングデバイスに結合された、請求項 2 0 に記載のリソグラフィ装置。

## 【請求項 2 4】

10

前記第 2 のアクチュエータアセンブリが、

中間構造と、

前記可動構造及び前記中間構造に結合された第 1 及び第 2 のアクチュエータであって、前記第 1 のアクチュエータが前記平面に対して概ね垂直な方向に前記中間構造に第 2 の力を印加し、前記第 2 のアクチュエータが前記平面に対して概ね垂直な方向に前記中間構造に第 3 の力を印加する、第 1 及び第 2 のアクチュエータと、を備え、

前記第 2 の力と前記第 3 の力との間の差異が、前記曲げモーメントを生成し、

前記曲げモーメントが前記中間構造から前記パターニングデバイスホルダ及び前記パターニングデバイスへ伝達されるように前記中間構造が前記パターニングデバイスホルダ及び前記パターニングデバイスに結合された、請求項 2 0 に記載のリソグラフィ装置。

20

## 【請求項 2 5】

前記第 1 のアクチュエータアセンブリを制御して前記曲げモーメントによって引き起こされる前記パターニングデバイスと前記パターニングデバイスホルダとの間の滑りを補償するコントローラをさらに備える、請求項 2 0 に記載のリソグラフィ装置。

## 【請求項 2 6】

リソグラフィ装置のパターニングデバイスを操作する方法であって、

前記パターニングデバイスに力を印加して前記パターニングデバイスの主表面によって画定される平面に概ね平行な方向に前記パターニングデバイスを移動させるステップであって、前記力の印加が、前記パターニングデバイスを支持するパターニングデバイスホルダに結合された可動構造の所望の位置と前記可動構造の測定位置との間の誤差を補償するステップと、

30

前記パターニングデバイスに曲げモーメントを印加して前記パターニングデバイスを屈曲させるステップであって、前記曲げモーメントの印加が結像誤差又は合焦誤差を補償するステップと、

を含み、

前記パターニングデバイスを移動させるステップは、

前記可動構造に結合されたアクチュエータと、前記アクチュエータを前記パターニングデバイスホルダに結合する接続構造とを含み、前記接続構造は、前記平面内で概ね剛性である板ばねであり、前記アクチュエータ及び前記パターニングデバイスホルダに結合されるアクチュエータアセンブリにより実行される、方法。

40

## 【請求項 2 7】

前記力の印加がまた、前記パターニングデバイスを支持するパターニングデバイスホルダの所望の位置と前記パターニングデバイスホルダの測定位置との間の誤差も補償する、請求項 2 6 に記載の方法。

## 【請求項 2 8】

前記結像誤差が、像面湾曲誤差である、請求項 2 6 に記載の方法。

## 【請求項 2 9】

前記力の印加が、前記曲げモーメントによって引き起こされる前記パターニングデバイスと前記パターニングデバイスホルダとの間の滑りを補償する、請求項 2 6 に記載の方法。

50

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

(関連出願の相互参照)

[0001] 本出願は、2012年10月23日出願の米国仮出願第61/717,208号の利益を主張し、その全体が参考により本明細書に組み込まれる。

**【0002】**

[0002] 本発明の実施形態は、一般に、交換可能なオブジェクトを支持する位置決め及び形状変更システムに関し、より具体的には、リソグラフィ装置のパターニングデバイス用の位置決め及び形状変更システムに関する。 10

**【背景技術】****【0003】**

[0003] リソグラフィ装置は、所望のパターンを基板に、通常は基板のターゲット部分に適用する機械である。リソグラフィ装置は、例えば、集積回路（IC）の製造に使用可能である。このような場合、代替的にマスク又はレチクルとも呼ばれるパターニングデバイスを使用して、ICの個々の層上に形成すべき回路パターンを生成することができる。このパターンを、基板（例えばシリコンウェーハ）上のターゲット部分（例えば1つ又は幾つかのダイの一部を含む）に転写することができる。パターンの転写は通常、基板に設けた放射感応性材料（レジスト）の層への結像により行われる。一般的に、1枚の基板は、順次パターンが与えられる隣接したターゲット部分のネットワークを含んでいる。従来のリソグラフィ装置は、パターン全体をターゲット部分に1回で露光することによって各ターゲット部分が照射される、いわゆるステッパと、基板を所与の方向（「スキャン」方向）と平行あるいは逆平行に同期的にスキャンしながら、パターンを所与の方向（「スキャン」方向）に放射ビームでスキャンすることにより、各ターゲット部分が照射される、いわゆるスキャナと、を含む。パターンを基板にインプリントすることによっても、パターニングデバイスから基板へとパターンを転写することが可能である。 20

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】**

30

**【0004】**

[0004] リソグラフィ装置を用いたIC及びその他のデバイスの製造は、一般に、極めて微細なサブミクロンパターンの複製を含む。したがって、これらのパターンは、リソグラフィ装置の可動コンポーネント、例えば、基板又はパターニングデバイスの正確な位置決め及び整形を必要とする。

**【課題を解決するための手段】****【0005】**

[0005] 幾つかの実施形態では、交換可能なオブジェクトを操作するシステムは、可動構造と、可動構造に対して可動のオブジェクトホルダとを含んでいてもよい。オブジェクトホルダは、交換可能なオブジェクトを保持する。また、このシステムは、交換可能なオブジェクトの所望の形状を確立するオブジェクトホルダへの第1のアクチュエータアセンブリを含んでいてもよい。 40

**【0006】**

[0006] 幾つかの実施形態では、リソグラフィ装置は、可動構造に対して移動するデバイスホルダを有するように構成されたパターニングデバイスを含んでいてもよい。パターニングデバイスホルダは、パターニングデバイスを保持する。また、システムは、第1のアクチュエータアセンブリと、第2のアクチュエータアセンブリと、を含んでいてもよい。第1のアクチュエータアセンブリは、パターニングデバイスホルダに力を印加してパターニングデバイスを概ね平面に沿って平行移動させる。第2のアクチュエータアセンブリは、パターニングデバイスホルダに曲げモーメントを印加してオブジェクトの所望の形状を

50

確立する。

【0007】

[0007] 幾つかの実施形態では、リソグラフィ装置のパターニングデバイスを操作する方法は、パターニングデバイスに力を印加してパターニングデバイスを概ね平面に沿って平行移動させるステップを含む。第1の力を印加するステップは、パターニングデバイスを支持するパターニングデバイスホルダに結合された可動構造の所望の位置と可動構造の測定位置との間の誤差を補償することができる。パターニングデバイスを操作する方法はまた、パターニングデバイスに曲げモーメントを印加してパターニングデバイスを屈曲させるステップを含んでいてもよい。曲げモーメントを印加するステップは、結像又は合焦誤差を補償できる。

10

【0008】

[0008] 本発明の別の特徴及び利点並びに本発明の様々な実施形態の構造及び作用は、添付の図面を参照して以下に詳細に説明する。本発明は、本明細書に記載する特定の実施形態に限定されないことに留意されたい。このような実施形態は、例示のみを目的として本明細書に記載されている。本明細書に含まれる教示に基づいて当業者はさらなる実施形態を容易に思い付くであろう。

【図面の簡単な説明】

【0009】

[0009] 本明細書に組み込まれ、その一部を形成する添付の図面は本発明を図示し、説明とともに、さらに本発明の原理を説明し、当業者が本発明を作成して使用できるようにする働きをする。

20

【0010】

【図1】[0010]本発明のある実施形態によるリソグラフィ装置を概略的に示す。

【図2】[0011]本発明のある実施形態による曲げモーメントを印加された交換可能なオブジェクトの概略側面図を示す。

【図3】[0012]本発明のある実施形態による可動支持体の概略側面図を示す。

【図4】[0013]本発明の別の実施形態による可動支持体の概略側面図を示す。

【図5】[0014]本発明の別の実施形態による可動支持体の概略側面図を示す。

【図6】[0015]本発明の別の実施形態による可動支持体の概略側面図を示す。

【0011】

30

[0016] 本発明の特徴及び利点は、同様の参照符号は全体を通して対応する要素を識別する図面を参照しながら以下の詳細な説明を読むことでさらに明白になろう。図面では、一般に、同様の参照番号が同一の、機能が類似した、又は構造が類似する要素を示す。ある要素が最初に出現する図面は、対応する参照番号の左端の1つ又は複数の数字によって示される。

【発明を実施するための形態】

【0012】

[0017] 本明細書は、本発明の特徴を組み込んだ1つ以上の実施形態を開示する。開示される実施形態は本発明を例示するにすぎない。本発明の範囲は開示される実施形態に限定されない。本発明は、本明細書に添付される特許請求の範囲によって定義される。

40

【0013】

[0018] 記載された実施形態、及び本明細書で「一実施形態」、「ある実施形態」、「例示的実施形態」、「幾つかの実施形態」などに言及した場合、それは記載された実施形態が特定の特徴、構造、又は特性を含むことができるが、それぞれの実施形態が必ずしも特定の特徴、構造、又は特性を含まないことがあることを示す。さらに、このようなフレーズは、必ずしも同じ実施形態に言及するものではない。さらに、ある実施形態に関連して特定の特徴、構造、又は特性について記載している場合、明示的に記載されているか、記載されていないかにかかわらず、このような特徴、構造、又は特性を他の実施形態との関連で実行することが当業者の知識の範囲内にあることが理解される。

【0014】

50

[0019] 本文では I C の製造におけるリソグラフィ装置の使用に特に言及しているが、本明細書で説明するリソグラフィ装置には他の用途もあることを理解されたい。例えば、これは、集積光学システム、磁気ドメインメモリ用誘導及び検出パターン、フラットパネルディスプレイ、液晶ディスプレイ（LCD）、薄膜磁気ヘッドなどの製造である。このような代替的用途に照らして、本明細書で「ウェーハ」又は「ダイ」という用語を使用している場合、それぞれ、「基板」又は「ターゲット部分」という、より一般的な用語と同義と見なしてよいことが当業者には認識される。本明細書に述べている基板は、露光前又は露光後に、例えばトラック（通常はレジストの層を基板に塗布し、露光したレジストを現像するツール）、メトロロジーツール又はインスペクションツールで処理することができる。適宜、本明細書の開示は、以上及びその他の基板処理ツールに適用することができる。さらに基板は、例えば多層 I C 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ことができる。10

#### 【0015】

[0020] 幾つかの実施形態では、リソグラフィ装置は、E UV リソグラフィのための E UV ビームを生成するように構成された極端紫外線（E UV）光源を含んでいてもよい。一般に、E UV 光源は放射線システム（下記を参照）内で構成され、対応する照明システムは E UV 光源の E UV 放射ビームを調節するように構成されている。

#### 【0016】

[0021] 下記の実施形態では、「レンズ」及び「レンズ素子」という用語は、文脈によつては、屈折型、反射型、磁気型、電磁型及び静電型光学コンポーネントを備える様々なタイプの光学コンポーネントの 1 つ又は組合せを指すことができる。20

#### 【0017】

[0022] また、下記の実施形態では、「ロングストローク」「ショートストローク」及び「ウルトラショートストローク」という用語は、各ストロークの距離の相対的な差を示すために用いられる。

#### 【0018】

[0023] さらに、本明細書で使用する「放射線」及び「ビーム」という用語は、紫外（UV）放射線（例えば、365、248、193、157 又は 126 nm の波長を有する）、極端紫外（E UV 又は軟 X 線）放射線（例えば、5 ~ 20 nm の範囲内の波長、例えば、13.5 nm の波長を有する）、又は 5 nm 未満で動作する硬 X 線、さらに、イオンビーム又は、電子ビームなどの微粒子ビームを含むあらゆるタイプの電磁放射線を含む。一般に、約 780 ~ 3000 nm の範囲内（又はそれ以上）の波長を有する放射線は IR 放射線と考えられる。UV は、波長が約 100 ~ 400 nm の放射線を指す。リソグラフィにおいては、UV は、普通、水銀放電灯によって生成可能な波長、すなわち、436 nm の G 線、405 nm の H 線、又は 365 nm の I 線にも適用される。真空 UV、又は VUV（すなわち、空気によって吸収される UV）は、約 100 ~ 200 nm の波長を有する放射線を指す。深 UV（DUV）は、一般に、126 nm ~ 428 nm の範囲内の波長を有する放射線を指し、ある実施形態では、エキシマレーザ装置はリソグラフィ装置内で使用される DUV を生成することができる。例えば、5 ~ 20 nm の範囲内の波長を有する放射線は、少なくともその一部が 5 ~ 20 nm の範囲内の一定の波長帯域を有する放射線に関連することを認識されたい。3040

#### 【0019】

[0024] しかしながら、そのような実施形態を詳述する前に、本発明の実施形態を実施できる例示的な実施形態を提示することが有益である。

#### 【0020】

[0025] 図 1 は、リソグラフィ装置 LA を概略的に示す。リソグラフィ装置 LA は、放射ビーム B（例えば、DUV 又は E UV 放射）を調節するように構成された照明システム（イルミネータ）IL と、パターニングデバイス（例えば、マスク、レチカル、又はダイナミックパターニングデバイス）MA を支持するように構成され、支持構造 MT 及びパー

10

20

30

40

50

ニングデバイスMAを正確に位置決めするように構成された第1の位置決めシステムPMに接続されたパターニングデバイス支持構造(例えばマスクテーブル)MTと、基板(例えば、レジストコートウェーハ)Wを保持するように構成され、基板テーブルWT及び基板Wを正確に位置決めするように構成された第2の位置決めシステムPWに接続された基板テーブル(例えば、ウェーハテーブル)WTと、を含む。リソグラフィ装置LAはまた、パターニングデバイスMAによって放射ビームBに付与されたパターンを基板Wのターゲット部分(例えば、1つ以上のダイを含む)C上に投影するように構成された投影システムPSを有していてもよい。リソグラフィ装置LAでは、パターニングデバイスMA及び投影システムPSは透過型である。

## 【0021】

10

[0026] 照明システムILは、放射線Bを誘導し、整形し、又は制御するための、屈折型、反射型、磁気型、電磁型、静電型、又はその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の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。

## 【0022】

[0027] 支持構造MTは、パターニングデバイスMAの向き、リソグラフィ装置LAの設計、及び、パターニングデバイスMAが真空環境内で保持されているか否かなどのその他の条件に応じた形で、パターニングデバイスMAを保持する。支持構造MTは、機械式、真空式、静電式又はその他のクランプ技術を用いて、パターニングデバイスMAを保持することができる。支持構造MTは、例えば、必要に応じて固定又は可動式にできるフレーム又はテーブルであってもよい。支持構造MTは、パターニングデバイスを、例えば投影システムPSに対して所望の位置に確実に配置することができる。

20

## 【0023】

[0028] 「パターニングデバイス」MAという用語は、基板Wのターゲット部分C内にパターンを形成するように、放射ビームBの断面にパターンを付与するために使用できるあらゆるデバイスを指すと広く解釈されるべきである。放射ビームBに付与されたパターンは、集積回路などのターゲット部分C内に形成されるデバイス内の特定の機能層に対応していてもよい。パターニングデバイスMAは、透過型(リソグラフィ装置LAのような)であっても、反射型(図示せず)であってもよい。パターニングデバイスMAの例は、レチカル、マスク、プログラマブルミラーアレイ、及びプログラマブルLCDパネルを含む。マスクはリソグラフィ分野では周知であり、これには、バイナリマスク、レベンソン型(alternating)位相シフトマスク、ハーフトーン型(attenuated)位相シフトマスクのようなマスクタイプ、さらには様々なハイブリッドマスクタイプも含まれる。プログラマブルミラーアレイの一例として、小型ミラーのマトリクス配列を使用し、各小型ミラーを個別に傾斜させて入射する放射ビームを様々な方向に反射させることができる。傾斜したミラーは、ミラーマトリクスによって反射される放射ビームBにパターンを付与する。

30

## 【0024】

[0029] 「投影システム」PSという用語は、用いられる露光放射線に、又は、液浸液の使用若しくは真空の使用などの他の要素に適切な屈折型、反射型、磁気型、電磁型、静電型、又はそれらのあらゆる組合せを含むあらゆるタイプの投影システムを含んでいてもよい。その他のガスは放射線又は電子を吸収し過ぎる可能性があるため、EUV又は電子ビーム放射線には真空環境を使用することがある。したがって、真空環境は、真空壁及び真空ポンプを用いてビーム経路全体に提供してもよい。

40

## 【0025】

[0030] リソグラフィ装置LAは、2つ(デュアルステージ)以上の基板テーブルWT及び/又は2つ以上の支持構造MTを有するタイプであってもよい。そのような「マルチステージ」機械では、追加の基板テーブルWT又は支持構造MTを並行して使うことができ、すなわち、予備工程を1つ以上の基板テーブルWT又は支持構造MT上で実行しながら、残りの1つ以上の基板テーブルWT又は支持構造MTを露光用に使うことができる。

## 【0026】

[0031] イルミネータILは、放射源SOから放射ビームを受光する。放射源SO及びリ

50

ソグラフィ装置LAは、例えば放射源SOがエキシマレーザ装置の場合、別個の要素であつてもよい。その場合、放射源SOは、リソグラフィ装置LAの一部を形成しているとは見なされず、放射ビームBは、放射源SOから、例えば、好適な誘導ミラー又はビームエキスパンダを備えるビームデリバリシステムBDを用いて、イルミネータILへと渡される。その他の場合、例えば、放射源SOが水銀灯の場合、放射源SOは、リソグラフィ装置LAの一体部分であつてもよい。放射源SO及びイルミネータILは、必要ならばビームデリバリシステムBDとともに、放射システムと呼んでもよい。

#### 【0027】

[0032] イルミネータILは、放射ビームの角強度分布を調整するためのアジャスタADを備えていてもよい。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及び/又は内側半径範囲（通常、それぞれ-outer及び-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、インテグレータIN及びコンデンサCOなどの様々なその他のコンポーネントを備えることができる。イルミネータILを使って放射ビームBに、その断面の所望の均一性及び輝度分布を与えるように調節できる。

#### 【0028】

[0033] 放射ビームBは、支持構造（例えばマスクテーブル又はウェーハステージ）WT上に保持されたパターニングデバイス（例えばマスク又はレチクル）MA上に入射し、パターニングデバイスマAによりパターンを与えられる。パターニングデバイスマAを通過した後、放射ビームBは投影システムPSを通過し、投影システムPSは、基板Wのターゲット部分C上にビームを合焦させる。幾つかの実施形態では、1つ以上の力アクチュエータ（例えば、サーボ機構、又は、その他の任意の好適な力アクチュエータ）と、1つ以上の位置センサIF（例えば、干渉計デバイス、リニアエンコーダ、静電容量センサ、又はその他の任意の好適な位置感知デバイス）と、を含んでいてもよい第2の位置決めシステムPWを用いて、例えば、様々なターゲット部分Cを放射ビームBの経路内に位置決めするように、基板テーブルWT及び基板Wを正確に移動させることができる。同様に、幾つかの実施形態では、1つ以上の力アクチュエータ（例えば、サーボ機構、又は、その他の任意の好適な力アクチュエータ）と、1つ以上の位置センサ（例えば、干渉計デバイス、リニアエンコーダ、静電容量センサ、又はその他の任意の好適な位置感知デバイス）（図1には示さず）と、を含んでいてもよい第1の位置決めシステムPMを用いて、例えばマスクライブラリから機械的に取り出した後又はスキャン中に、支持構造MT及びパターニングデバイスマAを放射ビームBの経路に対して正確に位置決めができる。

#### 【0029】

[0034] 一般に、支持構造MTの移動は、第1の位置決めシステムPMの一部を形成するロングストロークコンポーネント（粗動位置決め）とショートストロークコンポーネント（微動位置決め）とを使って実現することができる。同様に、基板テーブルWTの移動も、第2の位置決めシステムPWの一部を形成するロングストロークコンポーネントとショートストロークコンポーネントとを使って実現することができる。ステッパの場合（スキヤナとは対照的に）、支持構造MTは、ショートストロークアクチュエータのみに結合されていてもよく、又は固定されていてもよい。パターニングデバイスマA及び基板Wは、マスクアライメントマークM1、M2と、基板アライメントマークP1、P2と、を用いて整列することができる。図示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めているが、基板アライメントマークをターゲット部分とターゲット部分との間の空間内に置くこともできる（これら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、複数のダイガマスクMA上に提供されている場合、マスクアライメントマークは、ダイとダイの間に置かれててもよい。

#### 【0030】

[0035] リソグラフィ装置LAは、以下のモードのうち少なくとも1つにて使用可能である。

1. ステップモードにおいては、支持構造（例えば、マスクテーブル、又はウェーハステージ）MT及び基板テーブルWTは、基本的に静止状態に維持される一方、放射ビーム

10

20

30

40

50

B に与えたパターン全体が 1 回でターゲット部分 C に投影される（すなわち単一静的露光）。次に、別のターゲット部分 C を露光できるように、基板テーブル W T が X 方向又は Y 方向に移動される。

2 . スキャンモードにおいては、支持構造 M T 及び基板テーブル W T は同期的にスキャンされる一方、放射ビーム B に与えられるパターンがターゲット部分 C に投影される（すなわち単一動的露光）。支持構造 M T に対する基板テーブル W T の速度及び方向は、投影システム P S の拡大（縮小）及び像反転特性によって求めることができる。

3 . 別のモードでは、支持構造 M T はプログラマブルパターニングデバイスを保持して概ね静止状態に維持され、基板テーブル W T を移動又はスキャンさせながら、放射ビーム B に与えられたパターンをターゲット部分 C に投影する。パルス状放射源 S O を使用し、基板テーブル W T を移動させるごとに、又はスキャン中に連続する放射パルスの間で、プログラマブルパターニングデバイスを必要に応じて更新する。この動作モードは、以上で言及したようなタイプのプログラマブルミラーアレイなどのプログラマブルパターニ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できる。10

#### 【 0 0 3 1 】

[0036] 上述した使用モードの組合せ又は変形、又は全く異なる使用モードも利用できる。。

#### 【 0 0 3 2 】

[0037] 幾つかの実施形態では、交換可能なオブジェクトを支持するシステムは、交換可能なオブジェクトに 1 つ以上の曲げモーメントを印加することによって交換可能なオブジェクトの形状を操作することができる。例えば、図 2 は本発明のある実施形態による曲げモーメントを印加された交換可能なオブジェクト 202 の概略側面図を示す。交換可能なオブジェクト 202 は、パターン 203 を有するパターニングデバイス、例えば、マスク又はレチクルであってもよい。そのような実施形態では、パターニングデバイス 202 に 1 つ以上の曲げモーメント (M + 及び M - ) を印加してパターニングデバイス 202 を屈曲させて合焦及び結像を向上させ、それによって、より小さい線幅とパターン定義を可能にすることができる。幾つかの実施形態では、印加される曲げモーメントは投影位置での屈曲補正を提供し、局所的な高さ及び傾き補正を提供できる。幾つかの実施形態では、印加された曲げモーメントは、基板の局所的屈曲へのパターンの投影をよりよく一致させる。20

#### 【 0 0 3 3 】

[0038] 幾つかの実施形態では、曲げモーメントは静的に印加される。例えば、基板、例えば、基板上のダイがスキャンされる前に、所望の曲げモーメントを決定できる。次に、基板のスキャン中に所望の曲げモーメントをパターニングデバイス 202 に常に印加することができる。

#### 【 0 0 3 4 】

[0039] 幾つかの実施形態では、曲げモーメントは動的に印加される。例えば、基板がスキャンされてパターニングデバイスの屈曲を基板の局所的な屈曲に適合させてレンズの発熱による脱焦を補正する間、印加される曲げモーメントは変動することができる。動的な曲げモーメントの印加は、基板表面がスキャン中又はスキャン中にレンズ温度が変化するときに変化を示すか又は変動する不規則性を示すときに有益である。40

#### 【 0 0 3 5 】

[0040] 幾つかの実施形態では、パターニングデバイス 202 の（静的又は動的な）屈曲に従ってスキャン速度が調整される。

#### 【 0 0 3 6 】

[0041] 図 3 は、本発明のある実施形態によるシステム 300 の概略側面図を示す。システム 300 は、交換可能なオブジェクト 302 が概ね平面に沿って平行移動し、交換可能なオブジェクト 302 が平面外へ屈曲する（又は曲がる）ことができるよう、交換可能なオブジェクト 302 を操作する。例えば、図 3 に示すように、交換可能なオブジェクト 302 は、x 軸と y 軸とで画定された平面 (X - Y 平面) に沿って平行移動でき、X - Y50

平面外の交換可能なオブジェクト302の屈曲を調整できる。

**【0037】**

[0042] 幾つかの実施形態では、システム300は、パターニングデバイス支持体、例えば、マスクテーブル又はレチクルステージを支持するリソグラフィ装置の位置決めシステムを含む。そのような実施形態では、交換可能なオブジェクト302は、主表面303上に配置されたパターン(図示せず)を有するパターニングデバイス、例えば、レチクル又はマスクである。

**【0038】**

[0043] 図3に示すように、システム300は、第2の構造305に対して移動可能な第1の可動構造304を含む。幾つかの実施形態では、第1の可動構造304は、交換可能なオブジェクト302が平行移動する平面(例えば、X-Y平面)に概ね平行な平面に沿って平行移動する。幾つかの実施形態では、第2の構造305は、基準オブジェクト、例えば、フレーム又はバランススマス(図示せず)に対して移動可能である。幾つかの実施形態では、第2の構造305は、交換可能なオブジェクト302が平行移動する平面(例えば、X-Y平面)に概ね平行な平面に沿って平行移動する。

10

**【0039】**

[0044] 幾つかの実施形態では、第1の可動構造304はショートストロークコンポーネントで、第2の可動構造305はロングストロークコンポーネントである。ロングストロークアクチュエータ(図示せず)は、基準オブジェクトに対して第2の可動構造305を移動させる。ショートストロークアクチュエータ(図示せず)は、第2の可動構造305に対して第1の可動構造304を移動させる。通常、ショートストロークアクチュエータは、第2の可動構造305に対して比較的低精度に第1の可動構造304を位置決めする。ショートストロークアクチュエータは限られた動作範囲を有する。通常、ロングストロークアクチュエータは、広い動作範囲、例えば、システム300の動作空間全体を有する。ロングストロークアクチュエータは、比較的高精度に第2の可動構造305を位置決めする。動作時に、ロングストロークアクチュエータと第2の可動構造305は、交換可能なオブジェクト302の所望の位置を含むショートストロークアクチュエータの動作範囲内の位置まで交換可能なオブジェクト302を移動させる。次に、ショートストロークアクチュエータと第1の可動構造304は交換可能なオブジェクト302を所望の位置まで移動させる。

20

**【0040】**

[0045] 第1の可動構造304と第2の可動構造305は任意の好適な形状を有していてもよい。

**【0041】**

[0046] また、システム300は、オブジェクトホルダ306を含む。幾つかの実施形態では、オブジェクトホルダ306は、リソグラフィ装置のパターニングデバイス支持構造、例えば、マスクテーブル又はレチクルステージである。オブジェクトホルダ306は、交換可能なオブジェクト302と選択的に結合するように構成可能である。オブジェクトホルダ306はクランプを含んでいてもよい。幾つかの実施形態では、図3に示すように、オブジェクトホルダ306は、例えば、交換可能なオブジェクト302をオブジェクトホルダ306に結合させる漏洩真空シールを生成する真空クランプ領域324を含むWクランプであってもよい。

30

**【0042】**

[0047] 幾つかの実施形態では、オブジェクトホルダ306は、第1の可動構造304に対して移動可能であるように構成できる。例えば、オブジェクトホルダ306は、交換可能なオブジェクト302が平行移動する平面(例えば、X-Y平面)に概ね平行な平面に沿って平行移動するように構成できる。幾つかの実施形態では、オブジェクトホルダ306は、第1の可動構造304に対して回転するように構成できる。例えば、オブジェクトホルダ306は、交換可能なオブジェクト302が平行移動する平面(例えば、X-Y平面)に概ね平行な軸を中心に回転するように構成できる。

40

50

## 【0043】

[0048] また、システム300は、第1の可動構造304に対してオブジェクトホルダ306を平行移動させるように構成された第1のアクチュエータアセンブリ(又は移動装置)を含んでいてもよい。例えば、第1のアクチュエータアセンブリは、交換可能なオブジェクト302が平行移動する平面(例えば、X-Y平面)に概ね平行な平面に沿ってオブジェクトホルダ306を平行移動させるように構成できる。第1のアクチュエータアセンブリは、オブジェクトホルダ306に1つ以上の力を印加して、第1の可動構造304に対して、オブジェクトホルダ306を移動させ、次に、交換可能なオブジェクト302を移動させるように構成されている。幾つかの実施形態では、第1のアクチュエータアセンブリによってオブジェクトホルダ306に印加される力は、交換可能なオブジェクト302が平行移動する平面(例えば、X-Y平面)に概ね平行な方向にある。10

## 【0044】

[0049] 第1のアクチュエータアセンブリは、オブジェクトホルダ306に印加する力を生成する1つ以上のアクチュエータ308を含んでいてもよい。幾つかの実施形態では、アクチュエータ308は、ウルトラショートストロークアクチュエータであってもよい。すなわち、アクチュエータ308の最大ストロークは、第2の可動構造305に対して第1の可動構造304を移動させるショートストロークアクチュエータ(図示せず)の最大ストロークよりも小さい。幾つかの実施形態では、アクチュエータ308の精度は、ショートストロークアクチュエータの精度よりも高い。図3に示すように、アクチュエータ308は、第1の可動構造304の表面に結合されている。20

## 【0045】

[0050] 幾つかの実施形態では、アクチュエータ308は、印加される電圧又は電荷に基づいて変形する圧電アクチュエータである。幾つかの実施形態では、アクチュエータ308は、スタック又はせん断圧電アクチュエータであってもよい。例えば、図3に示すように、アクチュエータ308はせん断圧電アクチュエータである。

## 【0046】

[0051] 特に、図3は1つのアクチュエータしか示していないが、システム300は複数のアクチュエータ308を含んでいてもよい。そのような複数のアクチュエータ実施形態では、アクチュエータ308は、交換可能なオブジェクト302の周辺に間隔を空けて配置することができる。例えば、第1のアクチュエータアセンブリは、それぞれ、平面(例えば、X-Y平面)内の座標系も第1及び第2の軸(例えば、X軸及びY軸)に沿って交換可能なオブジェクト302を移動させるように構成できる少なくとも1つの第1のアクチュエータ308と少なくとも1つの第2のアクチュエータ308(図示せず)とを含んでいてもよい。30

## 【0047】

[0052] 第1のアクチュエータアセンブリは、さらに、アクチュエータ308をオブジェクトホルダ306に結合する接続構造310を含んでいてもよい。例えば、図3に示すように、接続構造310の第1の端部は可動構造304に結合されていないアクチュエータ308の遠位部に結合され、接続構造310の第2の端部はオブジェクトホルダ306に結合されている。幾つかの実施形態では、接続構造310は、交換可能なオブジェクト302が平行移動する平面(例えば、X-Y平面)に概ね平行な平面内にある。接続構造310は、交換可能なオブジェクト302が平行移動する平面(例えば、X-Y平面)に概ね平行な平面内で概ね剛性であってもよく、交換可能なオブジェクト302が平行移動する平面に垂直な方向に概ね沿っている。例えば、動作中、交換可能なオブジェクト302が平行移動する平面に概ね平行な平面内にあるアクチュエータ308によって生成される力の成分は、接続構造310を介してオブジェクトホルダ306へ伝達される。この力の印加が、交換可能なオブジェクト302が平行移動する平面(例えば、X-Y平面)に概ね平行な平面に沿ってオブジェクトホルダ306が平行移動する支援をする。したがって、第1のアクチュエータアセンブリは、交換可能なオブジェクト302の平面内の剛体の移動を提供できる。4050

**【 0 0 4 8 】**

[0053] 幾つかの実施形態では、接続構造 310 は板ばねである。

**【 0 0 4 9 】**

[0054] 特に、図 3 は 1 つの接続構造 310 しか示していないが、システム 300 は複数の接続構造 310 を含んでいてもよい。

**【 0 0 5 0 】**

[0055] システム 300 は、中間構造 312 に、次に交換可能なオブジェクト 302 に 1 つ以上の曲げモーメントを印加することで、交換可能なオブジェクト 302 が平行移動する平面外への交換可能なオブジェクト 302 の屈曲を修正するように構成された第 2 のアクチュエータアセンブリ（又は屈曲装置）をさらに含んでいてもよい。例えば、第 2 のアクチュエータアセンブリは、曲げモーメント、例えば、交換可能なオブジェクト 302 が平行移動する平面（例えば、X-Y 平面）に平行な軸（例えば、Y 軸）を中心とする曲げモーメントを生成するように構成できる。10

**【 0 0 5 1 】**

[0056] 幾つかの実施形態では、第 1 及び第 2 のアクチュエータアセンブリ（屈曲装置及び移動装置）はモノリシックアセンブリの一部である。すなわち、第 1 及び第 2 のアクチュエータアセンブリは、互いに一体化されてモノリシックアセンブリを形成する。例えば、一実施形態では、中間構造 312 は、双方が独立して又は同時に機能して所望の機能性を提供するような方法で、第 1 のアクチュエータアセンブリを第 2 のアクチュエータアセンブリに結合する。20

**【 0 0 5 2 】**

[0057] 図 3 に示すように、第 2 のアクチュエータアセンブリは、アクチュエータ 316 及び中間構造 312 を含んでいてもよい。アクチュエータ 316 及び中間構造 312 は、アクチュエータ 316 によって生成される力が中間構造 312 に印加される曲げモーメントを生成し、それによって、中間構造 312 が第 1 の可動構造 304 に対して回転するように構成されている。幾つかの実施形態では、アクチュエータ 316 は、交換可能なオブジェクト 302 が平行移動する平面（例えば、X-Y 平面）に概ね平行な方向に力を生成するように構成されている。幾つかの実施形態では、中間構造 312 は、交換可能なオブジェクト 302 とは反対側のオブジェクトホルダ 306 の一方の側に配置することができる。30

**【 0 0 5 3 】**

[0058] 特に、図 3 は 1 つのアクチュエータ 316 しか示していないが、幾つかの実施形態では、第 2 のアクチュエータアセンブリは複数のアクチュエータ 316 を含んでいてもよい。そのような複数のアクチュエータ実施形態では、アクチュエータ 316 は、交換可能なオブジェクト 302 の周辺に間隔を空けて配置することができる。例えば、幾つかの実施形態では、1 つ以上のアクチュエータ 308 及び 1 つ以上のアクチュエータ 316 がオブジェクト 302 の一方の側に配置されて、第 1 のモーメントをオブジェクト 302 に印加し、1 つ以上のアクチュエータ 308 及び 1 つ以上のアクチュエータ 316 がオブジェクト 302 の反対側（図 3 には示さず）に配置されて第 2 のモーメントを印加する。そのような実施形態では、第 2 の曲げモーメントは、第 1 の曲げモーメントとは逆の方向であってもよい。40

**【 0 0 5 4 】**

[0059] 幾つかの実施形態では、アクチュエータ 316 は、印加される電圧又は電荷に基づいて変形する圧電アクチュエータである。幾つかの実施形態では、アクチュエータ 316 は、スタッカ又はせん断圧電アクチュエータであってもよい。図 3 に示すように、アクチュエータ 316 はスタッカ圧電アクチュエータである。

**【 0 0 5 5 】**

[0060] 第 2 のアクチュエータアセンブリは、さらに、中間構造 312 を可動構造 304 に結合する接続構造 314 を含んでいてもよい。例えば、図 3 に示すように、接続構造 314 の第 1 の端部は中間構造 312 に結合され、接続構造 314 の第 2 の端部は第 1 の可50

動構造 304 に結合されている。幾つかの実施形態では、接続構造 314 は、交換可能なオブジェクト 302 が平行移動する平面（例えば、X-Y 平面）に概ね平行な平面内にある。幾つかの実施形態では、接続構造 314 は、交換可能なオブジェクト 302 が平行移動する平面（例えば、X-Y 平面）に概ね平行な平面内で概ね剛性であり、X-Y 平面に對して概ね垂直な方向（Z 方向）に概ね沿っている。

#### 【0056】

[0061] 幾つかの実施形態では、接続構造 314 は板ばねである。

#### 【0057】

[0062] 特に、図 3 は 1 つの接続構造 314 しか示していないが、第 2 のアクチュエータアセンブリは複数の接続構造 314 を含んでいてもよい。

10

#### 【0058】

[0063] 幾つかの実施形態では、アクチュエータ 316 が中間構造 312 に結合される地点は、接続構造 314 が中間構造 312 に結合される地点からオフセットされている。中間構造 312 は接続構造 314 が中間構造 312 に結合される地点をほぼ中心として枢動するため、アクチュエータ 316 が力を生成するときにこのオフセットは曲げモーメントを生成する。曲げモーメントは、アクチュエータ 316 の動作の極性に基づき、正又は負である。

#### 【0059】

[0064] 幾つかの実施形態では、図 3 に示すように、アクチュエータ 316 と第 1 の可動構造 304 との間に弾性部材 322 を直列に配置できる。幾つかの実施形態では、弾性部材 322 はばねである。弾性部材 322 は、アクチュエータ 316 の拡張に基づいて力を生成することができる。すなわち、弾性部材 322 は、位置アクチュエータを力アクチュエータにほぼ変換する。弾性部材 322 は、アクチュエータ 316 への所与の入力に基づいて、そのような弾性部材がない実施形態と比較して力の印加の分解を向上させるよう、システム 300 への適合を提供することができる。幾つかの実施形態では、弾性部材 322 は、中間構造 312 の回転適合を提供し、オブジェクト 302 の形状変更を可能にする

20

#### 【0060】

[0065] 幾つかの実施形態では、中間構造 312 は、中間構造 312 に印加される曲げモーメントがオブジェクトホルダ 306 へ、次に、交換可能なオブジェクト 302 へ伝達されるような形でオブジェクトホルダ 306 に結合されている。この曲げモーメントによって、交換可能なオブジェクト 302 は交換可能なオブジェクト 302 が平行移動する平面外へ屈曲する。

30

#### 【0061】

[0066] 幾つかの実施形態では、中間構造 312 は、中間構造 312 に印加される曲げモーメントが交換可能なオブジェクト 302 へ伝達されるような形で交換可能なオブジェクト 302 に結合されている。この曲げモーメントによって、交換可能なオブジェクト 302 は、交換可能なオブジェクト 302 が平行移動する平面外へ屈曲する。

#### 【0062】

[0067] 幾つかの実施形態では、第 2 のアクチュエータアセンブリは、交換可能なオブジェクト 302 の厚さ全体にわたる曲げ応力がほぼ対称になるように、交換可能なオブジェクト 302 をその中立軸をほぼ中心として曲げるよう構成されている。交換可能なオブジェクト 302 がパターニングデバイスである実施形態では、そのようなほぼ対称の応力分布によって、パターニングデバイスを通過する放射ビーム内で実質的な正味の応力複屈折の変化は発生しない。幾つかの実施形態では、正味の応力複屈折レベルは約 5 nm/cm 以下である。

40

#### 【0063】

[0068] 幾つかの実施形態では、第 2 のアクチュエータアセンブリは、中間構造 312 に結合された複数のピン 318 を含む。例えば、図 3 に示すように、2 つのピン 318 が中間構造 312 に結合されている。ピン 318 は、交換可能なオブジェクト 302 に接触す

50

るよう配置されている。幾つかの実施形態では、ピン318は、交換可能なオブジェクト302が平行移動する平面（例えば、X-Y平面）に平行な平面に適合する。この適合によって、ピン318は、交換可能なオブジェクト302が平行移動する平面に概ね平行な平面内の交換可能なオブジェクト302の表面303のいかなる寸法変化にも追従できる。例えば、曲げモーメントが交換可能なオブジェクト302に印加されるときに、表面303は伸張又は短縮できる。

#### 【0064】

[0069] 幾つかの実施形態では、ピン318は、交換可能なオブジェクト302が平行移動する平面（例えば、X-Y平面）に対して概ね垂直な方向（例えば、Z方向）に概ね剛性である。したがって、アクチュエータ316の動作によって中間構造312に印加される曲げモーメントは、ピン318を通して交換可能なオブジェクト302へ伝達される。10

#### 【0065】

[0070] 幾つかの実施形態では、オブジェクトホルダ306は、ピン318を密に収容するそれぞれのチャネルを画定する。幾つかの実施形態では、オブジェクトホルダ306は、ピン318及び中間構造312に対して平行移動できる。オブジェクトホルダ306がピン318に対して平行移動する幾つかの実施形態では、システム300は第2の弾性部材320を含んでいてもよい。幾つかの実施形態では、弾性部材320はばねである。弾性部材320は、中間構造312及びオブジェクトホルダ306に結合されている。弾性部材320は、オブジェクトホルダ306を中間構造312側へバイアスする引張ばねであってもよい。このバイアスは、オブジェクトホルダ306が交換可能なオブジェクト302に結合されているときにピン318に対して交換可能なオブジェクト302を予圧する。幾つかの実施形態では、弾性部材320は、オブジェクトホルダ306又は交換可能なオブジェクト302が第2のアクチュエータアセンブリから独立して平面内を移動できるように、交換可能なオブジェクト302が平行移動する平面（例えば、X-Y平面）内に適合する。20

#### 【0066】

[0071] 幾つかの実施形態では、ピン318は各々がモノリシックである。幾つかの実施形態では、ピン318は2つの離散的な部分によって集合的に形成される。そのような実施形態では、ピン318の第1の離散的な部分は中間構造312とオブジェクトホルダ306との間に配置され、ピン318の第2の離散的な部分はオブジェクトホルダ306と交換可能なオブジェクト302との間に配置される。30

#### 【0067】

[0072] 1つ以上のコントローラ338は、アクチュエータ308及びアクチュエータ316を制御できる。コントローラ338は、例えば、任意の好適なプログラムドマイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、又はその他の任意の好適なアナログ又はデジタル制御デバイスであってもよい。

#### 【0068】

[0073] 幾つかの実施形態では、コントローラ338は、アクチュエータ316を制御して、交換可能なオブジェクト302に印加される曲げモーメントを静的又は動的に変化させて所望の屈曲を達成する。幾つかの実施形態では、その結果としてのオブジェクト302の変形は弾性的である。交換可能なオブジェクト302がパターニングデバイスである実施形態では、そのような屈曲制御は、ウェーハの不均一性及びレンズの発熱によって引き起こされる脱焦への寄与を解決することで、機械の合焦を向上させることができる。例えば、コントローラ338は、レベリング測定から得たレベリングマップなどのレベリング情報を受信し、この情報から、コントローラ338は、交換可能なオブジェクト302に印加する所望の曲げモーメントを決定することができる。次に、コントローラ338は、アクチュエータ316の起動を制御して交換可能なオブジェクト302に所望の曲げモーメントを印加し、ウェーハの不均一性によって引き起こされるあらゆる脱焦への寄与を解決する。40

#### 【0069】

10

20

30

40

50

[0074] 幾つかの実施形態では、コントローラ338は、アクチュエータ308を制御して、平面、例えば、X-Y平面にほぼ沿って、交換可能なオブジェクト202を所望の位置に静的又は動的に平行移動させる。システム300がパターニングデバイス支持構造、例えば、レチクルステージを支持する幾つかの実施形態では、交換可能なオブジェクト302のこの平行移動は、基板支持構造、例えば、ウェーハステージの位置決め誤差を補償することができる。幾つかの実施形態では、交換可能なオブジェクト302のこの平行移動は、第1の可動構造304の位置決め誤差、第2の可動構造305の位置決め誤差、又は交換可能なオブジェクト302の位置決め誤差（例えば、接続構造310の適合に寄与する運動によって引き起こされる位置決め誤差）を補償することができる。

## 【0070】

10

[0075] 幾つかの実施形態では、コントローラ338は、交換可能なオブジェクト302及びオブジェクトホルダ306の表面303の間の界面の滑り又はオブジェクト302内の不要な応力が一般に防止されるか又は少なくとも最小限になれるように、アクチュエータ308とアクチュエータ316との起動を同期化するように構成できる。例えば、交換可能なオブジェクト302に曲げモーメントが印加される時、交換可能なオブジェクト302の表面303は引張りによって拡張し、又は圧縮によって収縮する。表面303のそのような寸法の変化によって、交換可能なオブジェクト302とオブジェクトホルダ306との間の界面が滑り、オブジェクト302内に望ましくない応力を発生させ、その応力によって、オブジェクト302内の変形が発生することがある。この滑り又は応力によって、交換可能なオブジェクト302の位置が不明確になることがある。例えば、交換可能なオブジェクト302がパターニングデバイスの場合、滑り又は応力によってオーバレイ誤差が発生することがある。この滑り又は応力を一般に防止するために、例えば、コントローラ338は、交換可能なオブジェクト302に曲げモーメントが印加されたときにオブジェクトホルダ306の平面内変位が交換可能なオブジェクト302の表面303の平面内の寸法の変化に概ね追従するように、アクチュエータ308、次に、オブジェクトホルダ306を制御することができる。そのような実施形態では、交換可能なオブジェクト302と第1の可動構造304との概ね堅固な結合が維持できる。

## 【0071】

20

[0076] 交換可能なオブジェクト302がリソグラフィ装置のパターニングデバイスである幾つかの実施形態では、コントローラ338は、投影システムの調整可能な光学要素を制御するように構成できる。例えば、コントローラ338は、投影システムの調整可能な光学要素を制御して、パターニングデバイスに曲げモーメントを印加した結果としてのパターンの変形を少なくとも部分的に補償することができる。幾つかの実施形態では、コントローラ338は、リソグラフィ装置の支持構造MT又は基板テーブルWTの位置を制御することができる。

## 【0072】

30

[0077] 幾つかの実施形態では、システム300は、アクチュエータ316の位置又はアクチュエータ316が生成する力を測定する1つ以上のセンサ（図示せず）を含んでいてもよい。例えば、システム300は、アクチュエータ316の位置を決定するアクチュエータ316に結合されたひずみゲージを含んでいてもよい。幾つかの実施形態では、コントローラ338はアクチュエータ316の感知された位置又は力を用いて、例えば、印加された曲げモーメントを制御することができる。

## 【0073】

40

[0078] 図4は、本発明の別の実施形態によるシステム400の概略側面図である。システム400は、交換可能なオブジェクト402が概ね平面に沿って平行移動し、交換可能なオブジェクト402が平行移動する平面外へ屈曲することができるよう、交換可能なオブジェクト402を操作する。例えば、図4に示すように、交換可能なオブジェクト402はx軸とy軸とで画定された平面（X-Y平面）に沿って平行移動でき、X-Y平面外の交換可能なオブジェクト302の屈曲を調整できる。

## 【0074】

50

[0079] 幾つかの実施形態では、システム400は、パターニングデバイス支持体、例えば、マスクテーブル又はレチクルステージを支持し位置決めするリソグラフィ装置の位置決めシステムを含む。幾つかの実施形態では、交換可能なオブジェクト402は、パターニングデバイス支持体上の配置されたパターニングデバイス、例えばレチクル又はマスクである。そのような実施形態では、交換可能なオブジェクト402が主表面403上に配置されたパターン（図示せず）を有していてもよい。

#### 【0075】

[0080] システム400は、上記システム300と同様のフィーチャを含む。これらの同様のフィーチャは、同様の番号を付与され、一般に、システム300におけると同様に機能する。

10

#### 【0076】

[0081] 例えば、システム400は、第2の構造405に対して移動可能な第1の可動構造404を含み、第2の構造405は基準オブジェクト（図示せず）に対して移動可能である。幾つかの実施形態では、第1の可動構造404はショートストロークコンポーネントで、第2の可動構造405はロングストロークコンポーネントである。

#### 【0077】

[0082] また、システム400は、オブジェクトホルダ406を含む。幾つかの実施形態では、オブジェクトホルダ406は、リソグラフィ装置のパターニングデバイス支持構造、例えば、マスクテーブル又はレチクルステージである。オブジェクトホルダ406は、交換可能なオブジェクト402と選択的に結合するように構成可能である。オブジェクトホルダ406は、第1の可動構造404に対して移動可能なように構成できる。幾つかの実施形態では、オブジェクトホルダ406は、交換可能なオブジェクト402が平行移動する平面（例えば、X-Y平面）に概ね平行な平面に沿って平行移動するように構成されている。幾つかの実施形態では、オブジェクトホルダ406は、交換可能なオブジェクト402が平行移動する平面（例えば、X-Y平面）に概ね平行な軸を中心として回転するように構成されている。

20

#### 【0078】

[0083] また、システム400は、第1の可動構造404に対してオブジェクトホルダ406を移動させるように構成された第1のアクチュエータアセンブリを含む。例えば、第1のアクチュエータアセンブリは、交換可能なオブジェクト402が平行移動する平面（例えば、X-Y平面）に概ね平行な平面に沿ってオブジェクトホルダ406を平行移動させるように構成できる。第1のアクチュエータアセンブリは、オブジェクトホルダ406に1つ以上の力を印加して、第1の可動構造404に対して、オブジェクトホルダ406を移動させ、次に、交換可能なオブジェクト402を移動させるように構成されている。幾つかの実施形態では、第1のアクチュエータアセンブリによってオブジェクトホルダ406に印加される力は、交換可能なオブジェクト402を平面（例えば、X-Y平面）に沿って平行移動させる。

30

#### 【0079】

[0084] 第1のアクチュエータアセンブリは、オブジェクトホルダ406に印加する力を生成する1つ以上のアクチュエータ408を含んでいてもよい。幾つかの実施形態では、アクチュエータ408はウルトラショートストロークアクチュエータであってもよい。図4に示すように、アクチュエータ408は、第1の可動構造404の表面に結合されている。幾つかの実施形態では、アクチュエータ408は、印加される電圧又は電荷に基づいて変形する圧電アクチュエータである。幾つかの実施形態では、アクチュエータ408は、スタッカ又はせん断圧電アクチュエータである。例えば、図4に示すように、アクチュエータ408はせん断圧電アクチュエータである。特に、図4は1つのアクチュエータ408しか示していないが、システム400は複数のアクチュエータ408を含んでいてもよい。

40

#### 【0080】

[0085] 第1のアクチュエータアセンブリはまた、アクチュエータ408をオブジェクト

50

ホルダ406に結合する接続構造410を含んでいてもよい。接続構造410は、交換可能なオブジェクト402が平行移動する平面(例えば、X-Y平面)に概ね平行な平面内で概ね剛性であるように構成でき、X-Y平面に対して概ね垂直な方向に沿うように構成できる。例えば、動作中、交換可能なオブジェクト402が平行移動する平面に概ね平行な平面内にあるアクチュエータ408によって生成される力の成分は、接続構造410を介してオブジェクトホルダ406へ伝達される。この力の印加が、X-Y平面に概ね平行な平面に沿ってオブジェクトホルダ406を平行移動させる。したがって、第1のアクチュエータアセンブリは、交換可能なオブジェクト402の平面内の剛体の移動を提供する。幾つかの実施形態では、接続構造410は板ばねである。特に、図4は1つの接続構造410しか示していないが、システム400は複数の接続構造410を含んでいてよい。

10

#### 【0081】

[0086] システム400は、オブジェクトホルダ406に、次に、交換可能なオブジェクト402に1つ以上の曲げモーメントを印加することで、交換可能なオブジェクト402が平行移動する平面外への交換可能なオブジェクト402の屈曲を修正するように構成された第2のアクチュエータアセンブリをさらに含んでいてよい。例えば、第2のアクチュエータアセンブリは、交換可能なオブジェクト402が平行移動する平面に概ね平行な軸を中心とする曲げモーメントを生成するように構成できる。

#### 【0082】

[0087] 図4に示すように、第2のアクチュエータアセンブリは、アクチュエータ416及び中間構造412を含む。アクチュエータ416及び中間構造412は、アクチュエータ416によって生成される力が中間構造412に印加される曲げモーメントを生成し、それによって、中間構造412が第1の可動構造404に対して回転するように構成されている。幾つかの実施形態では、アクチュエータ416は、交換可能なオブジェクト402が平行移動する平面に概ね平行な方向に力を生成するように構成されている。幾つかの実施形態では、中間構造412は、交換可能なオブジェクト402とは反対側のオブジェクトホルダ406の一方の側に配置される。特に、図4は1つのアクチュエータ416しか示していないが、第2のアクチュエータアセンブリは複数のアクチュエータ416を含んでいてよい。そのような複数のアクチュエータ実施形態では、アクチュエータ416は交換可能なオブジェクト402の周辺に間隔を空けて配置することができる。

20

#### 【0083】

[0088] 幾つかの実施形態では、アクチュエータ416は、印加される電圧又は電荷に基づいて変形する圧電アクチュエータである。幾つかの実施形態では、アクチュエータ416は、スタック又はせん断圧電アクチュエータである。図4に示すように、アクチュエータ416はせん断圧電アクチュエータである。

#### 【0084】

[0089] 第2のアクチュエータアセンブリは、さらに、アクチュエータ416を中間構造412に結合する第1の接続構造426を含んでいてよい。例えば、図4に示すように、接続構造426の第1の端部は、変形する第1の可動構造404に結合された部分と反対側のアクチュエータ416の遠位部に結合され、接続構造426の第2の端部は中間構造412に結合されている。幾つかの実施形態では、接続構造426は、交換可能なオブジェクト402が平行移動する平面(例えば、X-Y平面)に概ね平行な平面内にある。幾つかの実施形態では、接続構造426は、交換可能なオブジェクト402が平行移動する平面(例えば、X-Y平面)に概ね平行な平面内で概ね剛性であり、X-Y平面に対して概ね垂直な方向に概ね沿うように構成されている。例えば、動作中、X-Y平面に平行なアクチュエータ416によって生成される力の成分は、接続構造426を介して中間構造412へ伝達される。また、第2のアクチュエータアセンブリは、中間構造412を第1の可動構造404又はアクチュエータ416の非変形部分に結合する接続構造414を含んでいてよい。例えば、図4に示すように、接続構造414の第1の端部は中間構造412に結合され、接続構造414の第2の端部は第1の可動構造404に結合されてい

40

50

る。幾つかの実施形態では、接続構造 414 は、交換可能なオブジェクト 402 が平行移動する X-Y 平面に概ね平行な平面内にある。幾つかの実施形態では、接続構造 414 は、交換可能なオブジェクト 402 が平行移動する平面に概ね平行な平面内で概ね剛性であり、交換可能なオブジェクト 402 が平行移動する平面に対して概ね垂直な方向に概ね沿うように構成されている。

#### 【0085】

[0090] 幾つかの実施形態では、接続構造 414 及び 426 は板ばねである。

#### 【0086】

[0091] 特に、図 4 は 1 つの接続構造 414 と 1 つの接続構造 426 しか示していないが、第 2 のアクチュエータアセンブリは、複数の接続構造 414 と複数の接続構造 426 を含んでいてもよい。10

#### 【0087】

[0092] 幾つかの実施形態では、接続構造 426 が中間構造 412 に結合される地点は、接続構造 414 が中間構造 412 に結合される地点からオフセットされている。アクチュエータ 416 が力を生成するときにこのオフセットは曲げモーメントを生成し、中間構造 412 は接続構造 414 が中間構造 412 に結合される地点をほぼ中心として枢動する。曲げモーメントはアクチュエータ 416 の動作の極性に基づき、正又は負である。

#### 【0088】

[0093] 中間構造 412 は、中間構造 412 に印加される曲げモーメントがオブジェクトホルダ 406 へ、次に、交換可能なオブジェクト 402 へ伝達され、これによって、交換可能なオブジェクト 402 が屈曲するような形でオブジェクトホルダ 406 に結合されている。20

#### 【0089】

[0094] 幾つかの実施形態では、第 2 のアクチュエータアセンブリは、交換可能なオブジェクト 402 の厚さ全体にわたる曲げ応力がほぼ対称になるように、交換可能なオブジェクト 402 をその中立軸をほぼ中心として曲げるよう構成されている。交換可能なオブジェクト 402 がパターニングデバイスである実施形態では、そのようなほぼ対称の応力分布によって、パターニングデバイスを通過する放射ビーム内で実質的な正味の応力複屈折の変化は発生しない。幾つかの実施形態では、正味の応力複屈折レベルは約 5 nm/cm 以下である。30

#### 【0090】

[0095] 幾つかの実施形態では、第 2 のアクチュエータアセンブリは中間構造 412 に結合された複数のピン 418 を含む。例えば、図 4 に示すように、2 つのピン 418 が中間構造 412 に結合されている。ピン 418 は、交換可能なオブジェクト 402 に接触するように配置されている。幾つかの実施形態では、ピン 418 は、交換可能なオブジェクト 402 が平行移動する平面（例えば、X-Y 平面）に概ね平行な概ね平面に沿い、ピン 418 は、交換可能なオブジェクト 402 が平行移動する平面（例えば、X-Y 平面）に対して概ね垂直な方向に概ね剛性である。したがって、アクチュエータ 416 の動作によって中間構造 412 に印加される曲げモーメントは、ピン 418 を通して交換可能なオブジェクト 402 へ伝達される。40

#### 【0091】

[0096] 幾つかの実施形態では、オブジェクトホルダ 406 はピン 418 を密に収容するそれぞれのチャネルを画定する。幾つかの実施形態では、オブジェクトホルダ 406 はピン 418 に対して平行移動できる。オブジェクトホルダ 406 がピン 418 に対して平行移動する幾つかの実施形態では、第 2 のアクチュエータアセンブリは弾性部材 420 を含んでいてもよい。弾性部材 420 は中間構造 412 及びオブジェクトホルダ 406 に結合されている。幾つかの実施形態では、弾性部材 420 はばねである。弾性部材 420 はオブジェクトホルダ 406 を中間構造 412 側へバイアスする引張ばねであってもよい。このバイアスは、オブジェクトホルダ 406 が交換可能なオブジェクト 402 に結合されているときにピン 418 に対して交換可能なオブジェクト 402 を予圧する。50

## 【0092】

[0097] 幾つかの実施形態では、ピン418は各々がモノリシックである。幾つかの実施形態では、ピン418は2つの離散的な部分によって集合的に形成される。そのような実施形態では、ピン418の第1の離散的な部分は中間構造412とオブジェクトホルダ406との間に配置され、ピン418の第2の離散的な部分はオブジェクトホルダ406と交換可能なオブジェクト402との間に配置される。

## 【0093】

[0098] コントローラ438はアクチュエータ408及びアクチュエータ416を制御できる。コントローラ438は、例えば、任意の好適なプログラムドマイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、又はその他の任意の好適なアナログ又はデジタル制御デバイスであってもよい。幾つかの実施形態では、コントローラ438は、コントローラ338に関連して上述したように、アクチュエータ408及びアクチュエータ416を制御する。幾つかの実施形態では、コントローラ438は、コントローラ338に関連して上述したように、投影システムの調整可能光学要素を制御する。

10

## 【0094】

[0099] 図5は、本発明の別の実施形態によるシステム500の概略側面図である。システム500は、交換可能なオブジェクト502が平面に沿って平行移動し、交換可能なオブジェクト502の平面外への屈曲を調整できるように、交換可能なオブジェクト502を支持し位置決めする。例えば、図5に示すように、交換可能なオブジェクト502はx軸とy軸とで画定された平面(X-Y平面)に沿って平行移動でき、X-Y平面外の交換可能なオブジェクト502の屈曲を調整できる。システム500は、上記システム300及び400と同様のフィーチャを含む。これらの同様のフィーチャは、同様の番号を付与され、概ね、システム300及び400におけると同様に機能する。

20

## 【0095】

[0100] 例えば、システム500は、第2の構造505に対して移動可能な第1の可動構造504を含み、第2の構造505は基準オブジェクト(図示せず)に対して移動可能である。幾つかの実施形態では、第1の可動構造504はショートストロークコンポーネントで、第2の可動構造505はロングストロークコンポーネントである。

## 【0096】

[0100] また、システム500は、オブジェクトホルダ506を含む。オブジェクトホルダ506は、交換可能なオブジェクト502と選択的に結合するように構成可能である。オブジェクトホルダ506は、第1の可動構造504に対して移動可能なように構成できる。幾つかの実施形態では、オブジェクトホルダ506は、リソグラフィ装置のパターニングデバイス支持構造、例えば、マスクテーブル又はレチカルステージである。幾つかの実施形態では、オブジェクトホルダ506は、交換可能なオブジェクト502が平行移動するX-Y平面に平行な平面に沿って平行移動するように構成されている。幾つかの実施形態では、オブジェクトホルダ506は、X-Y平面に概ね平行な軸をほぼ中心として回転するように構成されている。

30

## 【0097】

[0101] また、システム500は、第1の可動構造504に対してオブジェクトホルダ506を移動させるように構成された第1のアクチュエータアセンブリを含む。例えば、第1のアクチュエータアセンブリは、交換可能なオブジェクト502が平行移動する平面(例えば、X-Y平面)に概ね平行な平面に沿ってオブジェクトホルダ506を平行移動させるように構成できる。第1のアクチュエータアセンブリは、オブジェクトホルダ506に1つ以上の力を印加して、第1の可動オブジェクト504に対して、オブジェクトホルダ506を移動させ、次に、交換可能なオブジェクト502を移動させるように構成されている。幾つかの実施形態では、第1のアクチュエータアセンブリによってオブジェクトホルダ506に印加される力は、交換可能なオブジェクト502が平行移動する平面(例えば、X-Y平面)に概ね平行な方向に沿っている。

40

## 【0098】

50

[0102] 第1のアクチュエータアセンブリは、オブジェクトホルダ506に印加する力を生成する1つ以上のアクチュエータ508を含む。幾つかの実施形態では、アクチュエータ508はウルトラショートストロークアクチュエータであってもよい。図5に示すように、アクチュエータ508は、第1の可動構造504の表面に結合されている。幾つかの実施形態では、アクチュエータ508は、印加される電圧又は電荷に基づいて変形する圧電アクチュエータである。幾つかの実施形態では、アクチュエータ508は、スタッツ又はせん断圧電アクチュエータである。例えば、図5に示すように、アクチュエータ508はせん断圧電アクチュエータである。特に、図5は1つのアクチュエータ508しか示していないが、システム500は複数のアクチュエータ508を含んでいてもよい。

## 【0099】

10

[0103] 第1のアクチュエータアセンブリは、さらに、アクチュエータ508をオブジェクトホルダ506に結合する接続構造510を含んでいてもよい。接続構造510は、交換可能なオブジェクト502が平行移動する平面（例えば、X-Y平面）に概ね平行な平面内で概ね剛性であってもよく、X-Y平面に対して概ね垂直な方向に沿っていてもよい。例えば、動作中、アクチュエータ508によって生成される力は接続構造510を介してオブジェクトホルダ506へ伝達される。この力の印加が、交換可能なオブジェクト502が平行移動する平面に概ね平行な平面に沿ってオブジェクトホルダ506を平行移動させる。幾つかの実施形態では、接続構造510は板ばねである。特に、図5は1つの接続構造510しか示していないが、システム500は複数の接続構造510を含んでいてもよい。

20

## 【0100】

[0104] システム500は、交換可能なオブジェクト502に1つ以上の曲げモーメントを印加することで、交換可能なオブジェクト502が平行移動する平面外への交換可能なオブジェクト502の屈曲を修正するように構成された第2のアクチュエータアセンブリをさらに含んでいてもよい。例えば、第2のアクチュエータアセンブリは、交換可能なオブジェクト502が平行移動する平面に概ね平行な軸をほぼ中心とする曲げモーメントを生成するように構成できる。

## 【0101】

[0105] 図5に示すように、第2のアクチュエータアセンブリは、第1のアクチュエータ528と、第2のアクチュエータ530と、中間構造512とを含む。第1及び第2のアクチュエータ528及び530は、各々、一方の端部で可動構造504に結合され、他方の端部で中間構造512に結合されている。幾つかの実施形態では、第1及び第2のアクチュエータ528及び530は、各々、拡張可能なオブジェクト502が平行移動する平面（例えば、X-Y平面）に対して概ね垂直な方向に力を印加するように構成されている。第1及び第2のアクチュエータ528及び530によって印加される力のバリエーション（variation;変化量又は差異）は、中間構造512へ伝達される曲げモーメントを生成することができる。この曲げモーメントによって、中間構造512は第1の可動構造504に対して回転する。曲げモーメントは、アクチュエータ528及び530の動作の極性に基づき、正又は負である。幾つかの実施形態では、中間構造512は、交換可能なオブジェクト502とは反対側のオブジェクトホルダ506の一方の側に配置することができる。

30

40

## 【0102】

[0106] 特に、図5は1つのアクチュエータ528及び1つのアクチュエータ530しか示していないが、第2のアクチュエータアセンブリは複数のアクチュエータ528及び複数のアクチュエータ530を含んでいてもよい。そのような複数のアクチュエータ実施形態では、アクチュエータ528及び530は、交換可能なオブジェクト502の周辺に間隔を空けて配置することができる。

## 【0103】

[0107] 幾つかの実施形態では、アクチュエータ528及び530は、印加される電圧又

50

は電荷に基づいて変形する圧電アクチュエータである。幾つかの実施形態では、アクチュエータ528及び530は、スタック又はせん断圧電アクチュエータである。図5に示すように、アクチュエータ528及び530はスタック圧電アクチュエータである。

#### 【0104】

[0108] 中間構造512は、中間構造512に印加される曲げモーメントがオブジェクトホルダ506へ、次に、交換可能なオブジェクト502へ伝達され、これによって、交換可能なオブジェクト502が屈曲するような形でオブジェクトホルダ506に結合されている。

#### 【0105】

[0109] 幾つかの実施形態では、第2のアクチュエータアセンブリは、交換可能なオブジェクト502の厚さ全体にわたる曲げ応力がほぼ対称になるように、交換可能なオブジェクト502をその中立軸をほぼ中心として曲げるよう構成されている。交換可能なオブジェクト502がパターニングデバイスである実施形態では、そのようなほぼ対称の応力分布によって、パターニングデバイスを通過する放射ビーム内で実質的な正味の応力複屈折の変化は発生しない。幾つかの実施形態では、正味の応力複屈折レベルは約5nm/cm以下である。

10

#### 【0106】

[0110] 幾つかの実施形態では、第2のアクチュエータアセンブリは中間構造512に結合された複数のピン518を含む。例えば、図5に示すように、2つのピン518が中間構造512に結合されている。ピン518は交換可能なオブジェクト502に接触するように配置されている。幾つかの実施形態では、ピン518は、交換可能なオブジェクト502が平行移動する平面に概ね平行な平面に概ね沿い、ピン518は、X-Y平面に対して概ね垂直な方向に概ね剛性である。したがって、アクチュエータ516の動作によって中間構造512に印加される曲げモーメントは、ピン518を通して交換可能なオブジェクト502へ伝達される。

20

#### 【0107】

[0111] 幾つかの実施形態では、オブジェクトホルダ506はピン518を密に収容するそれぞれのチャネルを画定する。幾つかの実施形態では、オブジェクトホルダ506はピン518に対して平行移動できる。オブジェクトホルダ506がピン518に対して平行移動する幾つかの実施形態では、第2のアクチュエータアセンブリは弾性部材520を含んでいてもよい。弾性部材520は中間構造512及びオブジェクトホルダ506に結合されている。幾つかの実施形態では、弾性部材520はばねであってもよい。弾性部材520はオブジェクトホルダ506を中間構造512側へバイアスする引張ばねであってもよい。このバイアスは、オブジェクトホルダ506が交換可能なオブジェクト502に結合されているときにピン518に対して交換可能なオブジェクト502を予圧する。幾つかの実施形態では、ピン518は各々がモノリシックである。幾つかの実施形態では、ピン518は2つの離散的な部分によって集合的に形成される。そのような実施形態では、ピン518の第1の離散的な部分は中間構造512とオブジェクトホルダ506との間に配置され、ピン518の第2の離散的な部分はオブジェクトホルダ506と交換可能なオブジェクト502との間に配置される。

30

#### 【0108】

[0112] コントローラ538は、アクチュエータ508とアクチュエータ528及び530とを制御できる。コントローラ538は、例えば、任意の好適なプログラムドマイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、又はその他の任意の好適なアナログ又はデジタル制御デバイスであってもよい。幾つかの実施形態では、コントローラ538は、コントローラ338及び438に関連して上述したように、アクチュエータ508とアクチュエータ528及び530とを制御する。幾つかの実施形態では、コントローラ538は、コントローラ338及び438に関連して上述したように、投影システムの調整可能光学要素を制御する。

40

#### 【0109】

50

[0113] 図6は、本発明の別の実施形態によるシステム600の概略側面図である。システム600は、交換可能なオブジェクト602が平面に沿って平行移動し、交換可能なオブジェクト602の平面外への屈曲を調整できるように、交換可能なオブジェクト602を支持し位置決めする。例えば、図6に示すように、交換可能なオブジェクト602はx軸とy軸とで画定された平面(X-Y平面)に沿って平行移動でき、X-Y平面外の交換可能なオブジェクト602の屈曲を調整できる。システム600は、上記システム300、400及び500と同様のフィーチャを含む。これらの同様のフィーチャは、同様の番号を付与され、概ね、システム300、400及び500におけると同様に機能する。

#### 【0110】

[0114] 例えば、システム600は、第2の構造605に対して移動可能な第1の可動構造604を含み、第2の構造605は基準オブジェクト(図示せず)に対して移動可能である。幾つかの実施形態では、第1の可動構造604はショートストロークコンポーネントで、第2の可動構造605はロングストロークコンポーネントである。

#### 【0111】

[0115] また、システム600は、オブジェクトホルダ606を含む。幾つかの実施形態では、オブジェクトホルダ606は、リソグラフィ装置のパターニングデバイス支持構造、例えば、マスクテーブル又はレチクルステージである。オブジェクトホルダ606は、交換可能なオブジェクト602と選択的に結合するように構成可能である。オブジェクトホルダ606は、第1の可動構造604に対して移動可能なように構成されている。幾つかの実施形態では、オブジェクトホルダ606は、交換可能なオブジェクト602が平行移動する平面(例えば、X-Y平面)に概ね平行な平面に沿って平行移動するように構成されている。幾つかの実施形態では、オブジェクトホルダ606は、X-Y平面に概ね平行な軸をほぼ中心として回転するように構成されている。

#### 【0112】

[0116] また、システム600は、第1の可動構造604に対してオブジェクトホルダ606を移動させるように構成された第1のアクチュエータアセンブリを含む。第1のアクチュエータアセンブリは、オブジェクトホルダ606に印加される力を生成する1つ以上の第1のアクチュエータ632を含む。例えば、図6に示すように、システム600は2つの第1のアクチュエータ632を含む。特に、図6は2つの第1のアクチュエータ632を示しているが、幾つかの実施形態では、システム600は1つの第1のアクチュエータ又は3つ以上の第1のアクチュエータを含んでいてもよい。例えば、システム600は、オブジェクトホルダ606の幅全体に広がる1つの第1のアクチュエータ632を含むことができ、又はシステム600は、並列の力の成分を生成する2つ以上のアクチュエータ632を含むことができる。

#### 【0113】

[0117] 幾つかの実施形態では、第1のアクチュエータ632はウルトラショートストロークアクチュエータであってもよい。図6に示すように、第1のアクチュエータ632は第1の可動構造604の表面に結合されている。幾つかの実施形態では、第1のアクチュエータ632は、印加される電圧又は電荷に基づいて変形する圧電アクチュエータである。幾つかの実施形態では、第1のアクチュエータ632は、スタック又はせん断圧電アクチュエータである。例えば、図6に示すように、第1のアクチュエータ632はせん断圧電アクチュエータである。幾つかの実施形態では、第1のアクチュエータ632は、交換可能なオブジェクト602が平行移動する平面(例えば、X-Y平面)に概ね平行な方向に力を生成するように構成されている。例えば、図6に示すように、第1のアクチュエータ632は、y軸に概ね平行な方向に沿った力を生成するように構成できる。

#### 【0114】

[0118] 第1のアクチュエータアセンブリは、さらに、オブジェクトホルダ606に印加する力を生成する1つ以上の第2のアクチュエータ634を含んでいてもよい。幾つかの実施形態では、第2のアクチュエータ634はウルトラショートストロークアクチュエータであってもよい。幾つかの実施形態では、第2のアクチュエータ634は、印加される

10

20

30

40

50

電圧又は電荷に基づいて変形する圧電アクチュエータである。幾つかの実施形態では、第2のアクチュエータ634は、スタック又はせん断圧電アクチュエータである。例えば、図6に示すように、第2のアクチュエータ634はせん断圧電アクチュエータである。幾つかの実施形態では、第2のアクチュエータ634は、交換可能なオブジェクト602が平行移動する平面（例えば、X-Y平面）に概ね平行な方向に力を生成するように構成されている。例えば、第2のアクチュエータ634は、第1のアクチュエータ632によって生成された力に対して概ね垂直な力を生成するように構成できる。例えば、第2のアクチュエータ634は、図6に示すように、x軸に概ね平行な方向に力を生成できる。幾つかの実施形態では、第2のアクチュエータ634によって生成される力の成分は、第1のアクチュエータ632によって生成される力の成分に対して概ね垂直である。特に、図6は2つのアクチュエータ634を示しているが、システム600は、1つの第2のアクチュエータか又は3つ以上の第2のアクチュエータを含んでいてもよい、システム600は、並列な力の成分を生成する2つ以上のアクチュエータ632を含んでいてもよい。10

#### 【0115】

[0119] 幾つかの実施形態では、第2のアクチュエータ634と第1のアクチュエータ632との間に相対的な移動がないように、第2のアクチュエータ634を第1のアクチュエータ632に結合できる。例えば、図6に示すように、中間層636を第1のアクチュエータ632の表面に結合し、第2のアクチュエータ634を第1のアクチュエータ632とは反対側の中間層636の表面に結合できる。幾つかの実施形態では、中間層636を省略して、第2のアクチュエータ634を第1のアクチュエータ632に直接結合することができる。20

#### 【0116】

[0120] システム600は、交換可能なオブジェクト602に1つ以上の曲げモーメントを印加することで、交換可能なオブジェクト602が平行移動する平面外への交換可能なオブジェクト602の屈曲を修正するように構成された第2のアクチュエータアセンブリをさらに含んでいてもよい。例えば、第2のアクチュエータアセンブリは、交換可能なオブジェクト602が平行移動する平面（例えば、X-Y平面）に平行な軸をほぼ中心とする曲げモーメントを生成するように構成できる。

#### 【0117】

[0121] 図6に示すように、第2のアクチュエータアセンブリは、第3のアクチュエータ628と、第4のアクチュエータ630とを含む。第3及び第4のアクチュエータ628及び630は、各々、一方の端部で第2のアクチュエータ634の表面に結合され、他方の端部でオブジェクトホルダ606に結合されている。幾つかの実施形態では、第3及び第4のアクチュエータ628及び630は、各々、拡張可能なオブジェクト602が平行移動する平面（例えば、X-Y平面）に対して概ね垂直な方向に力を印加するように構成されている。第3及び第4のアクチュエータ628及び630によって印加される力の変動は、オブジェクトホルダ606へ伝達される曲げモーメントを生成することができる。この曲げモーメントによって、オブジェクトホルダ606は第1の可動構造604に対して回転する。曲げモーメントは、アクチュエータ628及び630の動作の極性に基づき、正又は負である。30

#### 【0118】

[0122] 特に、図6は2つのアクチュエータ628及び630しか示していないが、幾つかの実施形態では、第2のアクチュエータアセンブリは、3つ以上のアクチュエータを含んでいてもよい。そのような複数のアクチュエータ実施形態では、アクチュエータは交換可能なオブジェクト602の周辺に間隔を空けて配置することができる。40

#### 【0119】

[0123] 幾つかの実施形態では、アクチュエータ628及び630は、印加される電圧又は電荷に基づいて変形する圧電アクチュエータである。幾つかの実施形態では、アクチュエータ628及び630は、スタック又はせん断圧電アクチュエータである。図6に示すように、アクチュエータ628及び630はスタック圧電アクチュエータである。50

## 【0120】

[0124] 幾つかの実施形態では、第2のアクチュエータアセンブリは、交換可能なオブジェクト602の厚さ全体にわたる曲げ応力がほぼ対称になるように、交換可能なオブジェクト602をその中立軸をほぼ中心として曲げるよう構成されている。交換可能なオブジェクト602がパターニングデバイスである実施形態では、そのようなほぼ対称の応力分布によって、パターニングデバイスを通過する放射ビーム内で実質的な正味の応力複屈折の変化は発生しない。幾つかの実施形態では、正味の応力複屈折レベルは約5nm/cm以下である。

## 【0121】

[0125] コントローラ638は、アクチュエータ628及び630とアクチュエータ632及び634とを制御できる。コントローラ638は、例えば、任意の好適なプログラムドマイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、又はその他の任意の好適なアナログ又はデジタル制御デバイスであってもよい。幾つかの実施形態では、コントローラ638は、コントローラ338、438、及び538に関連して上述したように、アクチュエータ628及び630とアクチュエータ632及び634とを制御する。例えば、コントローラ638は、印加された曲げモーメントによって引き起こされる交換可能なオブジェクト602とオブジェクトホルダ606との間の滑りと、交換可能なオブジェクト602内の応力を補償するようにアクチュエータ632及び634を制御するように構成できる。また、例えば、オブジェクトホルダ606及び交換可能なオブジェクト602に1つ以上の力及び曲げモーメントを印加して交換可能なオブジェクト602の形状を変形するようにアクチュエータ628及び630を制御するようにコントローラ638を構成することができる。幾つかの実施形態では、コントローラ638は、コントローラ338、438、及び538に関連して上述したように、投影システムの調整可能な光学要素を制御する。

10

20

## 【0122】

[0126] 幾つかの実施形態では、システム500及び600のコントローラ538及び638は、アクチュエータ528及び530とアクチュエータ628及び630とをそれぞれ制御して、交換可能なオブジェクト502及び602がオブジェクトホルダ506及び606に結合された後でオブジェクトホルダ506及び606に結合される前に発生する交換可能なオブジェクト502及び602の重力の低下を複製するように構成できる。例えば、コントローラ538及び638はアクチュエータ528及び530とアクチュエータ628及び630とにそれぞれ設定ポイントを適用して、重力の低下を複製することができる。

30

## 【0123】

[0127] 幾つかの実施形態では、システム500は、システム600と比較して、交換可能なオブジェクトが平行移動する平面に対して概ね垂直な方向に占有する空間は少ない。

## 【0124】

[0128] 幾つかの実施形態では、システム500及び600は、交換可能なオブジェクト502及び602の平面外共鳴を増加させ、それによって、結像を向上させることができる。幾つかの実施形態では、システム500及び600は、交換可能なオブジェクト502及び602の平面外共鳴の能動的減衰を向上させ、それによって、結像を向上させることができる。

40

## 【0125】

[0129] 幾つかの実施形態では、システム500及び600は、システム300及び400と比較して、交換可能なオブジェクト502及び602の高次変形形状での操作を行なうことができる。幾つかの実施形態では、システム500及び600は、システム300及び400と比較して、加速に対してより堅牢である。幾つかの実施形態では、システム500及び600は、システム300及び400と比較して、占有する空間が少なく、システム300及び400と比較して、含む移動質量が小さい。

## 【0126】

[0130] 幾つかの実施形態では、上記の実施形態の可動構造304、404、504、及

50

び 6 0 4 は、リソグラフィ装置のパターニングデバイス支持構造のショートストロークコンポーネントである。そのような実施形態では、交換可能なオブジェクト 3 0 2、4 0 2、5 0 2、及び 6 0 2 は、リソグラフィ装置のパターニングデバイスであってもよい。例えば、図 1 を参照すると、可動構造 3 0 4、4 0 4、5 0 4、及び 6 0 4 は、リソグラフィ装置 1 のパターニングデバイス支持構造 M T のショートストロークコンポーネントであってもよく、交換可能なオブジェクト 3 0 2、4 0 2、5 0 2、及び 6 0 2 は、パターニングデバイス M A であってもよい。

#### 【 0 1 2 7 】

[0131] そのような実施形態では、リソグラフィ装置 L A のパターニングデバイス M A を操作する方法は、パターニングデバイス 3 0 2、4 0 2、5 0 2、又は 6 0 2 に力を印加してパターニングデバイスを概ね平面に沿って平行移動させるステップを含んでいてもよい。幾つかの実施形態では、第 1 の力を印加してパターニングデバイス M A を移動させるステップは、パターニングデバイス M A を支持するパターニングデバイスホルダに結合されたマスクテーブル M T の所望の位置とマスクテーブル M T の測定位置との間の誤差を補償することができる。パターニングデバイス M A を操作する方法は、曲げモーメントをパターニングデバイス M A に印加してパターニングデバイス M A を屈曲させるステップをさらに含んでいてもよい。曲げモーメントを印加するステップは、パターニングデバイス M A を屈曲させ、それによって、結像誤差が補償できる。幾つかの実施形態では、第 1 の力を印加するステップはまた、パターニングデバイス M A を支持するパターニングデバイスホルダの所望の位置とパターニングデバイスホルダの測定位置との誤差を補償する。幾つかの実施形態では、補償される結像誤差は像面曲率誤差である。幾つかの実施形態では、第 1 の力を印加するステップはまた、曲げモーメントによって引き起こされる M A とパターニングデバイス支持体 M T のオブジェクトホルダとの間の滑りを補償する。

10

20

30

#### 【 0 1 2 8 】

[0132] コントローラ 3 3 8、4 3 8、5 3 8、及び 6 3 8 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、又はそれらの任意の組合せで実施することができる。本発明の実施形態は、また、1 つ以上のプロセッサで読み取り、実行することができる機械可読媒体に記憶した命令として実施することもできる。機械可読媒体は、機械（例えば、計算デバイス）で読み取り可能な形態で情報を記憶するか、又は伝送する任意の機構を含むことができる。例えば、機械可読媒体は読み取り専用メモリ（R O M）、ランダムアクセスメモリ（R A M）、磁気ディスク記憶媒体、光記憶媒体、フラッシュメモリデバイス、電気、光、音響又はその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）、及びその他を含むことができる。さらに、ファームウェア、ソフトウェア、ルーチン、命令を、本明細書では特定の行為を実行するものとして説明することができる。しかしながら、そのような説明は便宜的なものにすぎず、そのような動作は実際には計算デバイス、プロセッサ、コントローラ、又はファームウェア、ソフトウェア、ルーチン、命令などを実行する他のデバイスの結果であることを認識されたい。

#### 【 0 1 2 9 】

[0133] 特許請求の範囲を解釈するには、「発明の概要」及び「要約書」の項ではなく、「発明を実施するための形態」の項を使用するよう意図されていることを理解されたい。「発明の概要」及び「要約書」の項は、本発明者が想定するような本発明の1 つ以上の例示的実施形態について述べることができるが、全部の例示的実施形態を述べることはできず、したがって本発明及び添付の特許請求の範囲をいかなる意味でも限定しないものとする。

40

#### 【 0 1 3 0 】

[0134] 以上では、特定の機能の実施態様を例示する機能的構成要素及びその関係を用いて本発明について説明してきた。これらの機能的構成要素の境界は、本明細書では説明の便宜を図って任意に画定されている。特定の機能及びその関係が適切に実行される限り、代替的境界を画定することができる。

50

## 【0131】

[0135] 特定の実施形態に関する以上の説明は、本発明の全体的性質を十分に明らかにしているので、当技術分野の知識を適用することにより、過度の実験をせず、本発明の全体的概念から逸脱することなく、このような特定の実施形態を容易に修正するか、又はこれらを様々な用途に適応させることができる。したがって、このような適応及び修正は、本明細書に提示された教示及び案内に基づき、開示された実施形態の同等物の意味及び範囲内に入るるものとする。本明細書の言葉遣い又は用語は説明のためのもので、限定するものではなく、したがって本明細書の用語又は言葉遣いは、当業者には教示及び案内の観点から解釈されるべきことを理解されたい。

## 【0132】

10

[0136] 本発明の幅及び範囲は、上述した例示的実施形態のいずれによても限定されず、特許請求の範囲及びその同等物によってのみ規定されるものである。

【図1】

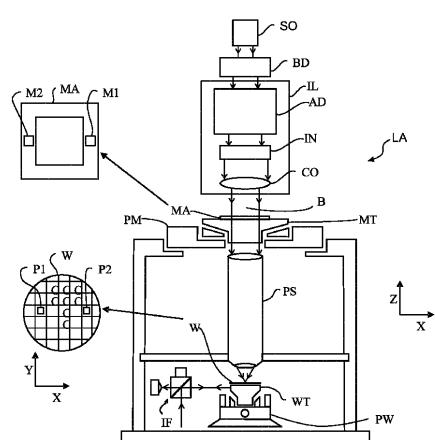


FIG. 1

【図2】

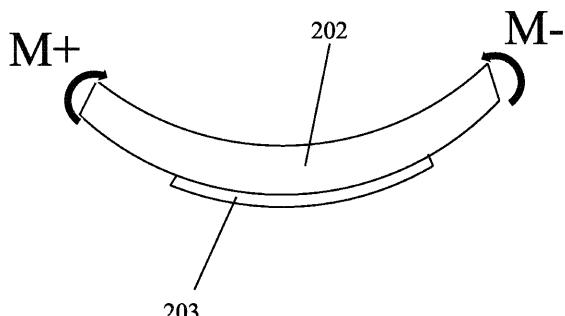


FIG. 2

【図3】

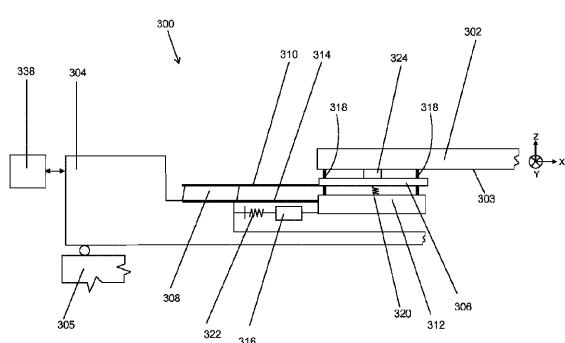


FIG. 3

【図4】

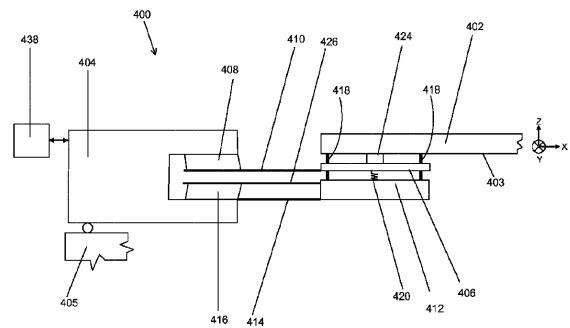


FIG. 4

【図6】

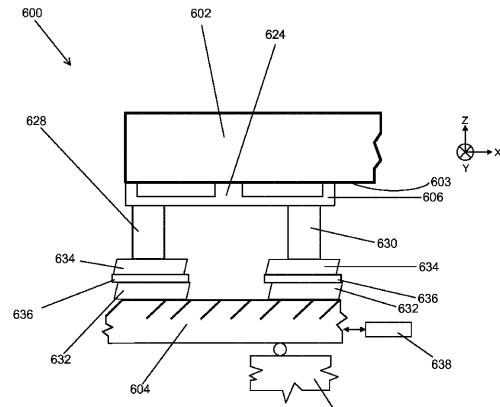


FIG. 6

【図5】

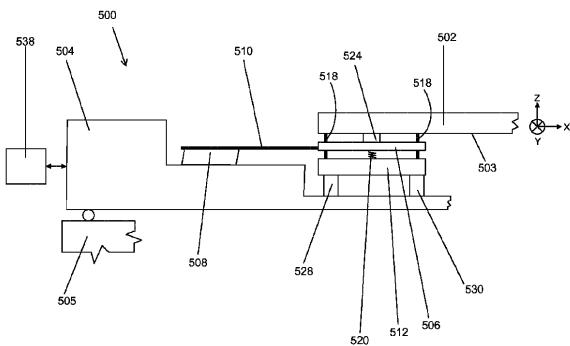


FIG. 5

---

フロントページの続き

(74)代理人 100109346  
弁理士 大貫 敏史

(74)代理人 100117189  
弁理士 江口 昭彦

(74)代理人 100134120  
弁理士 内藤 和彦

(72)発明者 ヴァレンティン , クリストファー  
オランダ国 , アイントホーフェン エヌエル - 5654 ピーピー , ホルストラート 235

(72)発明者 ループストラ , エリック  
オランダ国 , アイントホーフェン エヌエル - 5613 イーエス , ラーケルストラート 32 -  
34

(72)発明者 ワード , クリストファー  
アメリカ合衆国 , マサチューセッツ州 02144 , サマービル , エムエー , カーティス ストリ  
ート 25 , ユニット 1

(72)発明者 バーバンク , ダニエル  
アメリカ合衆国 , コネチカット州 06877 , リッジフィールド シーティー , ハビランド ロ  
ード 106

(72)発明者 シュスター , マーク  
アメリカ合衆国 , コネチカット州 06825 , フェアフィールド , スプリング バレー ロード  
97

(72)発明者 グラフェオ , ピーター  
アメリカ合衆国 , コネチカット州 6615 , ストラトフォード , シェアウッド プレイス 28  
9

審査官 田口 孝明

(56)参考文献 米国特許出願公開第2010/0167189(US, A1)  
特開2008-034844(JP, A)  
特開平11-354435(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

I P C H 0 1 L 2 1 / 3 0 、  
2 1 / 0 2 7  
2 1 / 4 6 、  
G 0 3 F 7 / 2 0 - 7 / 2 4 、  
9 / 0 0 - 9 / 0 2