

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4933509号  
(P4933509)

(45) 発行日 平成24年5月16日(2012.5.16)

(24) 登録日 平成24年2月24日(2012.2.24)

(51) Int. Cl. F I  
 HO 1 L 21/027 (2006.01) HO 1 L 21/30 5 O 3 F  
 GO 3 F 7/20 (2006.01) HO 1 L 21/30 5 1 6 Z  
 F 1 6 F 15/02 (2006.01) GO 3 F 7/20 5 2 1  
 F 1 6 F 15/02 A

請求項の数 12 外国語出願 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2008-258221 (P2008-258221)  
 (22) 出願日 平成20年10月3日(2008.10.3)  
 (65) 公開番号 特開2009-111366 (P2009-111366A)  
 (43) 公開日 平成21年5月21日(2009.5.21)  
 審査請求日 平成20年10月3日(2008.10.3)  
 (31) 優先権主張番号 60/960,579  
 (32) 優先日 平成19年10月4日(2007.10.4)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 504151804  
 エーエスエムエル ネザーランズ ビー.  
 ブイ.  
 オランダ国 ヴェルトホーフエン 550  
 4 ディー アール, デ ラン 6501  
 (74) 代理人 100079108  
 弁理士 稲葉 良幸  
 (74) 代理人 100109346  
 弁理士 大貫 敏史  
 (72) 発明者 ヴァン デル ウィスト, マルク, ウィル  
 ヘルムス, マリア  
 オランダ国, ヴェルトホーフエン エヌエ  
 ル-5506 ビーイー, デ ヴェルヴァ  
 - 26

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リソグラフィ装置および投影アセンブリ

(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構成される照明システムと、  
 前記放射ビームの断面にパターンを与えてパターン付けされた放射ビームを形成可能であるパターンングデバイスを支持するように構成される支持体と、  
 基板を保持するように構成される基板テーブルと、  
 前記基板のターゲット部分上に前記パターン付けされた放射ビームを投影するように構成される投影システムと、  
 前記投影システムの少なくとも一部の振動を減衰する能動型制振システムと、を備え、  
前記能動型制振システムは、  
所定の質量を有し、ベースフレームおよび前記投影システムに対して相対的に移動可能に設けられた制振構造体と、  
前記制振構造体を前記投影システムに対して相対的に移動可能に連結する弾性連結具と  
、  
前記制振構造体に設けられ、前記制振構造体の位置量を測定するセンサと、  
前記制振構造体に設けられ、前記センサにより生成される信号に依拠して前記制振構造体と前記ベースフレームとの間に力を加えるアクチュエータと、  
 を備える、リソグラフィ装置。

【請求項2】

前記弾性連結具は、緩衝バネなどのバネを含む、請求項1に記載のリソグラフィ装置。

## 【請求項 3】

前記弾性連結具のロールオフ周波数が、前記能動型制振システムの帯域に比べより低い、請求項 1 に記載のリソグラフィ装置。

## 【請求項 4】

前記制振構造体は、前記投影システムのレンズマウントまたはレンズフランジに連結される、請求項 1 に記載のリソグラフィ装置。

## 【請求項 5】

前記制振構造体の質量が、前記投影システムの質量の 0.001 倍から 0.1 倍の間である、請求項 1 に記載のリソグラフィ装置。

## 【請求項 6】

前記質量は、前記投影システムの前記質量の 0.001 倍から 0.01 倍の間である、請求項 5 に記載のリソグラフィ装置。

## 【請求項 7】

基板のターゲット部分上にパターン付けされた放射ビームを投影するように構成される投影システムと、

前記投影システムの少なくとも一部の振動を減衰する能動型制振システムと、を備え、  
前記能動型制振システムは、

所定の質量を有し、ベースフレームおよび前記投影システムに対して相対的に移動可能に設けられた制振構造体と、

前記制振構造体を前記投影システムに対して相対的に移動可能に連結する弾性連結具と

、前記制振構造体に設けられ、前記制振構造体の位置量を測定するセンサと、

前記制振構造体に設けられ、前記センサにより生成される信号に依拠して前記制振構造体と前記ベースフレームとの間に力を加えるアクチュエータと、を備える、  
投影アセンブリ。

## 【請求項 8】

前記弾性連結具は、緩衝バネなどのバネを含む、請求項 7 に記載の投影アセンブリ。

## 【請求項 9】

前記弾性連結具のロールオフ周波数が、前記能動型制振システムの帯域に比べより低い、請求項 8 に記載の投影アセンブリ。

## 【請求項 10】

前記制振構造体は、前記投影システムのレンズマウントまたはレンズフランジに連結される、請求項 7 に記載の投影アセンブリ。

## 【請求項 11】

前記制振構造体の質量が、前記投影システムの質量の 0.001 倍から 0.1 倍の間である、請求項 7 に記載の投影アセンブリ。

## 【請求項 12】

前記質量は、前記投影システムの前記質量の 0.001 倍から 0.01 倍の間である、請求項 11 に記載の投影アセンブリ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

[0001] 本発明は、リソグラフィ装置と、投影アセンブリと、構造体および能動型制振アセンブリの組合せとに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

[0002] リソグラフィ装置は、基板上に、通常は基板のターゲット部分上に、所望のパターンを与える機械である。例えば、リソグラフィ装置は、集積回路（IC）の製造において使用することが可能である。その場合、マスクまたはレチクルと代替的に呼ばれるパターンニングデバイスを使用して、ICの個々の層上に形成されるべき回路パターンを生成す

10

20

30

40

50

ることができる。このパターンは、基板（例えばシリコンウェーハ）上のターゲット部分（例えば一部の、1つのまたはいくつかのダイを含む）上に転写することが可能である。典型的には、パターンの転写は、基板上に設けられた放射感応性材料（レジスト）層の上に像を形成することによる。一般的には、単一の基板は、次々にパターンニングされる隣接し合うターゲット部分のネットワークを含む。従来のリソグラフィ装置は、各ターゲット部分がターゲット部分上への全パターンの一度の露光により照射されるいわゆるステップ、ならびに各ターゲット部分が放射ビームによるパターンの所与の方向（「スキヤニング」方向）へのスキヤニングと同時に、この方向に対して平行なまたは逆平行な基板の同期的なスキヤニングとによって照射されるいわゆるスキヤナを含む。また、基板上にパターンをインプリントすることにより、パターンをパターンニングデバイスから基板に転写することが可能である。

10

#### 【0003】

[0003] リソグラフィにおいて現行で目標とされる高精度および高解像度は、マスクを保持するためのレチクルステージ、投影システムおよび、基板を保持するための基板テーブルなどのリソグラフィ装置のパーツを、互いに対して正確に位置決めすることを要求する。また、これは、例えばレチクルステージおよび基板テーブルの位置決めとは別に、投影システムに対して要件を課す。現行の実装形態の投影システムは、レンズマウント（透過型光学系の場合）またはミラーフレーム（反射型光学系の場合）などの担持構造体と、レンズ素子やミラーなどの複数の光学エレメントとから構成することができる。作動時に、この投影システムは複数の原因により振動を受けることがある。一例として、リソグラフィ装置におけるパーツの移動が、投影システムが取り付けられるフレームの振動、基板ステージまたはレチクルステージなどのステージの移動、あるいはそれらの加速/減速を引き起こす場合があり、これらが、投影システムに影響を及ぼすガスの流れおよび/または乱流および/または音波をもたらす場合がある。そのような外乱が、投影システム全体の、または投影システムのパーツの振動を引き起こすことがある。そのような振動により、レンズ素子またはミラーの変位が生じる場合があり、次いでこれは、結像エラー、すなわち基板上へのパターンの投影におけるエラーをもたらす場合がある。

20

#### 【0004】

[0004] 普通、制振システムは、投影システムまたはそのパーツの振動を減衰させるために提供される。これについて、受動型制振システムを、既知のように多くの形態で提供することができる。あるいは能動型制振システムを、または受動型制振システムおよび能動型制振システムの組合せを提供することができる。本文献では、能動型制振システムという語は、振動の影響を検出するためのセンサ（例えば位置センサ、速度センサ、加速度センサなど）と、制振されるべき構造体またはそのパーツに作用し、センサにより生成される信号に依拠して例えばコントローラにより駆動されるアクチュエータとを備える制振システムとして理解されるべきである。センサにより生成される信号に依拠してアクチュエータを駆動することにより、投影システムまたはそのパーツに対する振動の影響をある程度低減する、または相殺することができる。そのような能動型制振システムの一例をフィードバックループにより実現することができる。すなわち、センサが、位置量（投影システムまたはそのパーツの位置、速度、加速度、ジャークなど）を提供し、コントローラが、位置量を与えられて、アクチュエータを駆動するためのコントローラ出力信号を生成し、次いでアクチュエータが、投影システムまたはそのパーツに作用して、それによりフィードバックループが実現される。コントローラは、任意のタイプのコントローラにより形成されてよく、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラまたは任意の他のプログラマブルデバイスにより実行されるべきソフトウェアの形で実装することができ、または専用ハードウェアにより実現することができる。

30

40

#### 【0005】

[0005] ここで出てくる課題は、フィードバックループの安定性、すなわちリングング（ringing）および/または発振（oscillation）が回避されるフィードバックループの周波数挙動を達成することである。同時に、高帯域の能動型制振システムによってそのような

50

高帯域内の振動を抑制することが可能となるので、高帯域の能動型制振システムが要求される。リソグラフィ装置の速度に関するさらに高まる要求により、リソグラフィ装置の動作は、より高速で、その結果としてより短時間の過渡状態を伴って行われる傾向があり、このことが、より一層高い周波数の振動の生成をもたらすことがある。したがって、より高い帯域の能動型制振システムに対する需要が生じる。

【 0 0 0 6 】

[0006] 直面することとなる事象は、投影システムが、例えばレンズ、ミラーおよび/または他の光学エレメント、レンズマウントおよび/またはミラーマウント、レンズ本体などの投影システムのハウジング等を含む、多様なパーツから通常構成されるということである。その結果、投影システムの周波数挙動は、剛体として低周波極値で始まり、したがって図2に図示されるように周波数に反比例する伝達関数を呈するが、ここでは縦軸において伝達関数が(対数尺にもとづいて)表されており、横軸において周波数が(対数尺にもとづいて)表されており、RBMは、剛体に実質的に対応する周波数挙動を表す。共振周波数範囲RESにおいては、投影システムの共振が認められ、これは周波数の上昇を伴う複数のさらなる共振周波数が後に続く場合があり、したがって全体として伝達関数の規模の増大をもたらす。事実上、共振区域以降は、投影システムは、もはや単一の物体として挙動するのではなく、代わりに投影システムのエレメントの共振にそれぞれが対応する様々な共振現象を呈する。その結果、周波数が上昇するほど、伝達関数に「寄与する」不動体の質量は低減するが、このことは、伝達関数の規模が共振周波数範囲を上回る周波数範囲において周波数の上昇とともに増大するという事実を説明するものであると見なすことができる。当業者に理解されるように、投影システムの周波数に達するまたはそれを超過する帯域の能動型制振システムを実現しようと企図する際に、上記で概説した投影システムの周波数挙動が安定性の課題をもたらすことがある。伝達関数は、例えば投影システムにかかる力に対する投影システムの速度に換算して表すことができる。また、伝達関数は、投影システムにかかる力よりもたらされる投影システムの加速などの、任意の他の適切な量において表すことができることを指摘しておく。この場合、伝達関数の低周波数挙動は周波数非依存であり、共振周波数範囲と、共振周波数範囲を上回る場合の(複数の共振ピークを呈する)伝達関数の増大とがその後続くことが観察される。

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

[0007] 能動型制振の安定的な作動範囲を拡大することが望ましい。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

[0008] 本発明の一実施形態によれば、

放射ビームを調整するように構成される照明システムと、

放射ビームの断面にパターンを与えてパターン付けされた放射ビームを形成可能であるパターンングデバイスを支持するように構成される支持体と、

基板を保持するように構成される基板テーブルと、

基板のターゲット部分上にパターン付けされた放射ビームを投影するように構成される投影システムと、

投影システムの少なくとも一部の振動を減衰する能動型制振システムであって、投影システムの位置量を測定するセンサ、および、センサにより生成される信号に依拠して投影システムに力を加えるアクチュエータの組合せを含み、投影システムに連結される制振構造体に連結される、能動型制振システムと、を備えるリソグラフィ装置が提供される。

【 0 0 0 9 】

[0009] 本発明の別の実施形態によれば、

基板のターゲット部分上にパターン付けされた放射ビームを投影するように構成される投影システムと、

投影システムの少なくとも一部の振動を減衰する能動型制振システムであって、投影シ

ステムの位置量を測定するセンサ、および、センサにより生成される信号に依拠して投影システムに力を加えるアクチュエータの組合せを含み、投影システムに連結される制振構造体に連結される、能動型制振システムと、  
を備える投影アセンブリが提供される。

【 0 0 1 0 】

[0010] 本発明の他の実施形態によれば、構造体と、構造体の少なくとも一部の振動を減衰するための能動型制振システムとの組合せであって、能動型制振システムは、構造体の位置量を測定するセンサおよび、センサにより生成される信号に依拠して構造体に力を加えるアクチュエータの組合せを備え、構造体に連結される制振構造体に連結される、構造体と能動型制振システムとの組合せが提供される。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 1 】

[0011] 以下、対応する参照符号が対応する部分を表す添付の概略図を参照して、本発明の実施形態が、単なる例示として説明される。

【 0 0 1 2 】

[0017] 図1は、本発明の一実施形態によるリソグラフィ装置を概略的に示す。この装置は、放射ビームB（例えばUV放射または任意の他の適切な放射）を調整するように配置構成される照明システム（イルミネータ）ILと、パターニングデバイス（例えばマスク）MAを支持するように構築され、いくつかのパラメータに従ってパターニングデバイスを正確に位置決めするように構成配置される第1の位置決めデバイスPMに連結される、マスク支持構造体（例えばマスクテーブル）MTとを含む。また、この装置は、基板（例えばレジストコートウェーハ）Wを保持するように構築され、いくつかのパラメータに従って基板を正確に位置決めするように構成配置される第2の位置決めデバイスPWに連結される、基板テーブル（例えばウェーハテーブル）WTすなわち「基板支持体」を含む。さらに、この装置は、基板Wの（例えば1つまたは複数のダイを含む）ターゲット部分C上に、パターニングデバイスMAにより放射ビームBに与えられたパターンを投影するように構成配置される投影システム（例えば屈折型投影レンズシステム）PSを含む。

20

【 0 0 1 3 】

[0018] 照明システムは、放射を配向付けし、成形しまたは制御するために、屈折型、反射型、磁気型、電磁型、静電型または他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んでよい。

30

【 0 0 1 4 】

[0019] マスク支持構造体は、パターニングデバイスを支持する、すなわちパターニングデバイスの重量を支える。マスク支持構造体は、パターニングデバイスの配向、リソグラフィ装置の設計および、例えばパターニングデバイスが真空環境内に保持されるかどうかなどの他の条件に応じて、パターニングデバイスを保持する。マスク支持構造体は、パターニングデバイスを保持するために、機械式、真空式、静電式または他のクランプ技術を使用することが可能である。マスク支持構造体は、フレームまたはテーブルであってよく、例えばこれらは、必要に応じて固定式または可動式のものであってよい。マスク支持構造体により、パターニングデバイスを例えば投影システムに対して所望の位置に置くことを確実にすることができる。本明細書において使用される「レチクル」または「マスク」という語はいずれも、より一般的な語である「パターニングデバイス」と同義であると見なしてよい。

40

【 0 0 1 5 】

[0020] 本明細書において使用される「パターニングデバイス」という語は、基板のターゲット部分にパターンを生成するように、放射ビームの断面にパターンを与えるために使用することが可能な任意のデバイスを指すものとして、広く解釈されるべきである。放射ビームに与えられるパターンは、例えばパターンが位相シフティングフィーチャすなわちいわゆるアシストフィーチャを含む場合には、基板のターゲット部分の所望のパターンと正確には一致しないことがある点に留意すべきである。一般的には、放射ビームに与えら

50

れるパターンは、集積回路などの、ターゲット部分に生成されるデバイスにおける特定の機能層に一致する。

【 0 0 1 6 】

[0021] パターニングデバイスは、透過型または反射型のものであってよい。パターニングデバイスの例としては、マスク、プログラブルミラーアレイおよびプログラブルLCDパネルが含まれる。マスクは、リソグラフィにおいてよく知られており、バイナリ、レベンソン型 (alternating) 位相シフトおよびハーフトーン型 (attenuated) 位相シフトなどのマスクタイプ、ならびに様々なハイブリッドのマスクタイプを含む。プログラブルミラーアレイの一例が、小さいミラーのマトリックス構成を使用し、各ミラーは、入射する放射ビームをそれぞれに異なる方向に反射するように個別に傾斜させることが可能である。傾斜されたミラーは、ミラーマトリックスにより反射される放射ビームにパターンを与える。

10

【 0 0 1 7 】

[0022] 本明細書において使用される「投影システム」という語は、露光放射の使用に適したまたは、液浸液の使用もしくは真空室の使用などの他の要素に適した、屈折型、反射型、反射屈折型、磁気型、電磁型および静電型光学システム、あるいはそれらの任意の組合せを含む任意のタイプの投影システムを包含するものとして広く解釈されるべきである。本明細書において使用される「投影レンズ」という語はいずれも、より一般的な語である「投影システム」と同義であると見なしてよい。

【 0 0 1 8 】

[0023] 本明細書にて示されるように、装置は透過型のもの (例えば透過型マスクの使用) である。代替として、装置は反射型のもの (例えば上記に参照されるタイプのプログラブルミラーアレイの使用、または反射型マスクの使用) であってよい。

20

【 0 0 1 9 】

[0024] リソグラフィ装置は、2つ (デュアルステージ) 以上の基板テーブルすなわち「基板支持体」 (および/または2つ以上のマスクテーブルすなわち「マスク支持体」) を有するタイプのものであってよい。そのような「マルチステージ」機械においては、追加のテーブルすなわち支持体を同時に使用することができ、すなわち予備ステップを1つまたは複数のテーブルすなわち支持体上で実施する一方で、1つまたは複数の他のテーブルすなわち支持体を露光用に使用することができる。

30

【 0 0 2 0 】

[0025] また、リソグラフィ装置は、投影システムと基板との間の空間を満たすように、基板の少なくとも一部分を比較的高い屈折率を有する液体、例えば水によって覆うことができるタイプのものであってよい。また、液浸液を、例えばマスクと投影システムとの間などの、リソグラフィ装置内の他の空間に適用することができる。液浸技術を使用して、投影システムの開口数を増加させることが可能である。本明細書において使用される「液浸」という語は、基板などの構造体が液体中に浸漬されなければならないことを意味するのではなく、液体が露光の際に投影システムと基板との間に配置されることを意味するにすぎない。

【 0 0 2 1 】

[0026] 図1を参照すると、イルミネータILは、放射源SOから放射ビームを受ける。この放射源およびリソグラフィ装置は、例えば放射原がエキシマレーザである場合には、分離されたものであってよい。そのような場合には、放射源は、リソグラフィ装置の一部を形成するとは見なされず、放射ビームは、例えば適切な誘導ミラーおよび/またはビームエキスパンダを含むビームデリバリシステムBDの補助により、放射源SOからイルミネータILに進む。他の場合では、例えば放射原が水銀ランプである場合には、放射源はリソグラフィ装置の一体部分であってよい。放射源SOおよびイルミネータILは、必要であればビームデリバリシステムBDを加えて放射システムと呼ぶことができる。

40

【 0 0 2 2 】

[0027] イルミネータILは、放射ビームの角度強度分布を調節するように配置構成され

50

たアジャスタADを含んでよい。一般的には、イルミネータの瞳面における強度分布の少なくとも外側および/または内側半径範囲（通常、それぞれ -outerおよび -innerと呼ばれる）は、調節することが可能である。さらに、イルミネータILは、インテグレータINおよびコンデンサCOなどの様々な他のコンポーネントを含んでよい。イルミネータは、放射ビームを調整して、その断面における所望の均一性および強度分布を得るために使用することができる。

【0023】

[0028] 放射ビームBは、マスク支持構造体（例えばマスクテーブルMT）上に保持されるパターンングデバイス（例えばマスクMA）に入射し、パターンングデバイスによりパターン付けされる。マスクMAを横断すると、放射ビームBは、投影システムPSを通過し、同システムは基板Wのターゲット部分C上にビームを集束させる。第2の位置決めデバイスPWおよび位置センサIF（例えば干渉計デバイス、リニアエンコーダまたは容量センサ）の補助により、例えば放射ビームBの経路中に個々のターゲット部分Cを位置決めするように、基板テーブルWTを正確に移動させることが可能となる。同様に、第1の位置決めデバイスPMおよび別の位置センサ（図1に明確には図示されない）を使用して、例えばマスクライブラリからの機械検索の後に、またはスキャンの最中に、放射ビームBの経路に対してマスクMAを正確に位置決めすることが可能である。一般的には、マスクテーブルMTの移動は、ロングストロークモジュール（粗動位置決め）およびショートストロークモジュール（微動位置決め）の補助により実現することができ、これらのモジュールが、第1の位置決めデバイスPMの一部を形成する。同様に、基板テーブルWTすなわち「基板支持体」の移動は、ロングストロークモジュールおよびショートストロークモジュールを使用して実現することができ、これらのモジュールが、第2のポジションPWの一部を形成する。ステップの場合（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のみに連結することができ、または固定することができる。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クP1、P2を使用して整列させることができる。図示される基板アラインメントマークは専用ターゲット部分に位置を占めているが、これらはターゲット部分間のスペースに配置することができる（それらはスクライプレーンアラインメントマークとして知られる）。同様に、2つ以上のダイがマスクMA上に設けられる状況では、マスクアラインメントマークはダイ間に配置することができる。

【0024】

[0029] 図示される装置は、以下のモードの少なくとも1つにおいて使用することが可能である。

【0025】

[0030] 1. ステップモードでは、マスクテーブルMTすなわち「マスク支持体」および、基板テーブルWTすなわち「基板支持体」が、実質的に静止状態に保たれ、放射ビームに与えられた全パターンが、一度でターゲット部分C上に投影される（すなわち単一静止露光）。次いで、基板テーブルWTすなわち「基板支持体」は、別のターゲット部分Cを露光することが可能となるようにX方向および/またはY方向にシフトされる。ステップモードでは、露光フィールドの最大サイズが、単一静止露光において像を形成されるターゲット部分Cのサイズを限定する。

【0026】

[0031] 2. スキャンモードでは、マスクテーブルMTすなわち「マスク支持体」および、基板テーブルWTすなわち「基板支持体」が、同期してスキャンされ、放射ビームに与えられたパターンが、ターゲット部分C上に投影される（すなわち単一動的露光）。マスクテーブルMTすなわち「マスク支持体」に対する基板テーブルWTすなわち「基板支持体」の速度および方向は、投影システムPSの拡大率（縮小率）および像反転特性により決定することができる。スキャンモードでは、露光フィールドの最大サイズが、単一動的露光におけるターゲット部分の（非スキャン方向の）幅を限定し、スキャン動作の長さが、ターゲット部分の（スキャン方向の）高さを決定する。

## 【 0 0 2 7 】

[0032] 3. 別のモードでは、マスクテーブルMTすなわち「マスク支持体」が、プログラマブルパターンニングデバイスを保持しつつ実質的に静的状態に保たれ、基板テーブルWTすなわち「基板支持体」が、移動されまたはスキャンされるとともに、放射ビームに与えられたパターンが、ターゲット部分C上に投影される。このモードでは、一般的にはパルス放射源が使用され、プログラマブルパターンニングデバイスは、基板テーブルWTすなわち「基板支持体」の各移動の後で、またはスキャン中の連続放射パルスの中に、必要に応じて更新される。この作動モードは、上記に参照される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ン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することが可能である。

10

## 【 0 0 2 8 】

[0033] 上述のモードの使用もしくは全く異なるモードの使用の組合せおよび/または変形を使用することもできる。

## 【 0 0 2 9 】

[0034] 図3は、この例においてはメトロロジーフレームMF内に保持される、投影システムPSの非常に概略化した図である。投影システムPSは、例えば剛性マウント、弾性マウントなどを含む任意の適切な手段によりメトロロジーフレームMF内に保持してよい。例えば剛体を含む任意の物体を含み得る制振構造体DMが、ダンパDMPにより投影システムPSに連結される。制振構造体DMおよびダンパDMPは、以下でより詳細に説明される。さしあたり、これらの効果は省略してよく、さしあたり、投影システムの振動は制振構造体の振動と一致してよく、およびその逆(すなわち制振構造体の振動が投影システムの振動と一致する)であってよいものと仮定してよい。したがって、投影システムPSの振動は、制振構造体DMの振動を引き起こし、これがセンサSENSにより感知される。これは、投影システムのパーツ(レンズエレメント、ミラーまたは、任意のその他のパーツなど)の振動に関しても同様であり、パーツが制振構造体DMの振動を同様に引き起こすことができる。そのような振動はセンサSENSにより感知されるが、このセンサSENSは位置測定センサ、速度測定センサ、加速度測定センサなどの任意のタイプの振動センサを含むことができる。制振構造体DMに作用するアクチュエータACTが提供される。この実施形態において、アクチュエータは、リソグラフィ装置のベースフレームBF(しかし任意の他の反作用体または他の基準を適用することができる)と制振構造体DMとの間に連結される。アクチュエータは、圧電アクチュエータ、モータなどの任意の適切なタイプのアクチュエータを含んでよく、一実施形態ではローレンツアクチュエータを使用するが、これは、それによってベースフレームBF、他の反作用体または基準と、制振構造体DMとの間の機械的接触を不可能にする非接触アクチュエータを実現することができるからであり、これは、ローレンツアクチュエータがベースフレームおよび制振構造体にそれぞれ連結される各パーツに対する非接触作用を実現することができるからである。上記で説明されるように、アクチュエータは、センサSENSにより生成される信号に依拠して(例えば適切なコントローラにより)駆動することができ、したがってこのセンサSENSの出力信号は、コントローラへの入力信号を与える(図3に図示せず)。ここで、能動型制振システム(制振構造体DMおよびダンパDMPによるいかなる影響も依然

20

30

40

## 【 0 0 3 0 】

[0035] ここで、本発明者らは、能動型制振システムの安定性の様態を有利に変更し得ることを発明した。センサSENSおよびアクチュエータACTが、投影システムPSに直接連結される代わりに、制振構造体DMに連結される。次いで、制振構造体DMは、投影システムPSに連結される。上述において、投影システムPSの伝達関数の一例は、図2を参照として説明されている。制振構造体DMを使用することにより、センサSENSおよびアクチュエータACTのそれぞれにより認識される投影システムの伝達関数が変更さ

50

れる。センサ S E N S およびアクチュエータ A C T のそれぞれにより認識されるこのような伝達関数に対する制振構造体 D M の効果の一例が、図 4 に示される。周波数  $F_{D M}$  を下回る場合、投影システム P S の振動が制振構造体 D M において一致する振動を引き起こし、およびその逆（すなわち、制振構造体 D M の振動が投影システム P S において一致する振動を引き起こす）でもあるため、周波数  $F_{D M}$  を下回る場合、伝達関数の挙動は図 2 に図示されるものとおおむね一致する。周波数  $F_{D M}$  以降では、センサ S E N S およびアクチュエータ A C T は、投影システム P S またはそのパーツの振動および共振をもはや認識せず、または実質的にはもはや認識せず、代わりにセンサ S E N S およびアクチュエータ A C T より認識される周波数挙動は、制振構造体 D M により抑制される。制振構造体が少なくとも能動型制振システムの周波数帯においては剛体を形成し、その結果としてセンサ S E N S およびアクチュエータ A C T が、図 4 において周波数  $F_{D M}$  以降で下方に傾く伝達関数により示される、剛体に実質的に対応する伝達関数を認識し得るように、システムを配置構成することが有効である場合がある。事実上、センサ S E N S およびアクチュエータ A C T から分かるように、周波数  $F_{D M}$  以降では、投影システムの共振挙動が、一方側のセンサおよびアクチュエータと、他方側の投影システム P S との間に事実上介在する制振構造体の存在によって阻止される。したがって、周波数  $F_{D M}$  以降は、図 4 は、周波数の上昇とともに下方傾斜を呈する伝達関数を再度示し、これによって剛体に近づく。したがって、実際に図 4 は 3 つの周波数帯を示す。すなわち、投影システムが剛体として挙動する低周波数領域 R B M と、共振部分および投影システムの共振と、制振構造体 D M により再度実現される剛体とである。その結果、周波数  $F_{D M}$  以降の伝達関数の位相は、より一定の挙動を呈し、したがってセンサ S E N S およびアクチュエータ A C T を備える能動型制振システムの安定的な挙動に有利に働く可能性がある。実際のところは、さらに高い周波数については、制振構造体 D M はそれ自体において再度共振を呈することがある。しかし、これらの共振は、能動型制振システムの有効帯域を超えるはずである。制振構造体 D M は投影システムに比して低い重量および複雑性を有し得るので、実際的な実装においてこのような挙動は容易に達成される場合がある。実際的な実装において、周波数  $F_{D M}$  は、例えば 1500 Hz の規模のオーダであってよい。したがって、制振構造体 D M は最大 15 kHz までは剛体として挙動することができる。この下方に傾斜する挙動により、伝達関数は、本例では 1500 から 15000 Hz の間の周波数範囲において低い値を達成し、したがって能動型制振システムのループ伝達関数が単位利得を下回って下降することを可能にすることがあり、これは、能動型制振システムの安定的な作動に有利に働き、同時に能動型制振システムのフィードバックループの高いループ利得を低周波数範囲で達成させる。

#### 【 0 0 3 1 】

[0036] 換言すれば、投影システムまたはそのパーツの高周波数共振現象を能動システムから分断することができ、能動型制振システムは、制振構造体 D M により装着されることによって安定的に保たれる。

#### 【 0 0 3 2 】

[0037] 制振構造体は、例えば緩衝バネなどのバネを含む弾性連結具を介して投影システム P S に連結することができる。したがって、投影システムのパーツの振動および共振の効果的な分断を、 $F_{D M}$  以降の周波数範囲において実現することができる。弾性連結具のロールオフ周波数（すなわち、それを上回ると、投影システム P S から制振構造体 D M への振動の伝達が減少する周波数）を能動型制振システムの帯域よりも下回るように設計することによって、換言すると、すなわち図 4 の周波数  $F_{D M}$  を超過する帯域の能動システムを提供することによって、その周波数帯においては実質的に共振のない挙動を活用して、能動型制振システムの安定的な作動を促進する。

#### 【 0 0 3 3 】

[0038] 制振構造体は投影システムの任意の関連するパーツに連結することができ、透過型投影システムの実際的な実装においては、制振構造体はレンズマウント（すなわち投影システムの複数のレンズエレメントのためのマウント）に連結することができる。反射型

10

20

30

40

50

投影システムの場合、制振構造体は、例えば1つまたは複数のミラーを保持するフレームに連結することができる。これにより、投影システムおよびその構成パーツを効果的に制振することができるが、これは、制振構造体をレンズマウントまたはフレームに連結すること（と、したがって、能動型制振システムをレンズマウントまたはフレームに間接的に連結すること）が、例えばレンズ素子、ミラーなどの投影システムの複数の構成パーツに対して効果を有するからであり、これは、これらの構成要素が全てレンズマウントまたは基準フレームにさらに連結されるからである。

【0034】

[0039] 制振構造体の質量は、投影システムの質量の0.001倍から0.1倍の間で、より詳細には投影システムの質量の0.001倍から0.01倍の間で選択することができるが、これは、これによって能動型制振システムの所望の帯域内の周波数範囲において図4の周波数 $F_{DM}$ を設定することが可能となり、したがって能動型制振システムの安定的な閉ループ作動に有利に働くからである。

10

【0035】

[0040] 代替の実施形態が図5に示され、メトロロジーフレームMFにより保持される投影システムPSがやはり図示される。制振構造体DMおよびダンパDMPが、図3のものと同様に提供される。また、図3を参照して説明される実施形態と同様のものによってよいセンサSENSが提供される。また、図3を参照して説明される実施形態におけるアクチュエータと同様の、または同一のアクチュエータが提供されてよい。しかし、（ベースフレームBFなどの）反作用体と制振構造体との間にアクチュエータACTを連結する代わりに、アクチュエータACTは、制振構造体DMと反作用体RFMとの間に連結される。反作用体RFMは、緩衝バネを介して制振構造体DMに連結することができる。このバネの共振周波数を上回ると、反作用体RFMは、アクチュエータACTを作動させる際に実質的に静止状態となる。したがって、図5の実施形態においては、ベースフレームBFなどの固定パーツにアクチュエータACTを連結させる必要性をなくすことができ、したがって能動型制振システムの設計において追加的な自由度を実現することが可能となるが、これは、それによって固定の反作用体近辺を省くことができるからである。

20

【0036】

[0041] 上述では、本発明をリソグラフィ装置の投影システムを参照して説明したが、本発明は、任意の投影システムに、またはさらにより一般的には能動型制振システムによって機械的に制振すべき任意の構造体に適用することができる。したがって、本文献において説明される本発明および実施形態は、投影システムおよび能動型制振システムを備えるリソグラフィ装置として、投影システムおよび能動システムを備える投影アセンブリとして、ならびに構造体および構造体を制振するための能動型制振システムの組合せとして提供することができる。

30

【0037】

[0042] 本文では、ICの製造におけるリソグラフィ装置の使用に対して特定の参照をする場合があるが、本明細書で説明されるリソグラフィ装置は、集積光学システム、磁気ドメインメモリ用の誘導および検出パターン、フラットパネルディスプレイ、液晶ディスプレイ(LCD)、薄膜磁気ヘッド等の製造など、他の用途を有し得ることを理解すべきである。それらのような他の用途において、本明細書で使用される「ウェーハ」または「ダイ」という語はいずれも、より一般的な語である「基板」または「ターゲット部分」とそれぞれ同義であると見なしてよいことが、当業者には理解されよう。本明細書で言及される基板は、例えばトラック（典型的には、基板にレジスト層を塗布し、露光されたレジストを現像するツール）、メトロロジーツールおよび/またはインスペクションツールにおいて、露光の前または後に処理されてよい。適用可能であれば、本明細書の開示は、それらのおよび他の基板処理ツールに適用してよい。さらに、基板は、例えば多層ICを製造するために2度以上処理されてよく、したがって本明細書で使用される基板という語は、複数の処理された層を既に含む基板を指してもよい。

40

【0038】

50

[0043] 光リソグラフィにおける本発明の実施形態の使用に対して上述で特定の参照がなされたが、本発明は、例えばインプリントリソグラフィなどの他の用途において使用することができ、場合が許すならば、光リソグラフィに限定されないことが理解されよう。インプリントリソグラフィでは、パターンングデバイス中のトポグラフィが、基板上に生成されるパターンを画成する。パターンングデバイスのトポグラフィを基板に塗布されたレジスト層中に押し付けることができ、同時にレジストは、電磁放射、熱、圧力またはそれらの組合せを与えられることによって硬化される。パターンングデバイスがレジストから取り外され、レジストが硬化した後にレジスト中にパターンが残る。

【0039】

[0044] 本明細書で使用される「放射」および「ビーム」という語は、紫外（UV）線（例えば365、248、193、157または126nmの、またはほぼそれらの値の波長を有する）および極端紫外（EUV）線（例えば5～20nmの範囲の波長を有する）を含む全てのタイプの電磁放射、ならびにイオンビームまたは電子ビームなどの粒子ビームを包含する。

【0040】

[0045] 場合が許すならば、「レンズ」という語は、屈折型、反射型、磁気型、電磁型および静電型光学コンポーネントを含む様々なタイプの光学コンポーネントの中の任意の1つまたは組合せを指してよい。

【0041】

[0046] 本発明の特定の実施形態が上述で説明されたが、本発明は説明された以外の他の形態においても実施し得ることが理解されよう。例えば、本発明は、上記で開示された方法を記述する1つまたは複数の連続的な機械読取可能命令を含むコンピュータプログラム、またはそのようなコンピュータプログラムを記憶するデータ記憶媒体（例えば半導体メモリ、磁気または光ディスク）の形態をとってよい。

【0042】

[0047] 上記の説明は、限定的なものではなく、例示的なものとして意図される。したがって、添付の特許請求の範囲から逸脱することなく説明された本発明に対して変更をなし得ることが、当業者には明らかであろう。

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】 [0012] 本発明の一実施形態を組み込むことのできるリソグラフィ装置の図である。

【図2】 [0013] 図1を参照として説明されるリソグラフィ装置の投影システムの伝達関数の周波数のグラフである。

【図3】 [0014] 本発明の一実施形態による投影システムおよび能動型制振システムの非常に概略化した図である。

【図4】 [0015] 図3による能動型制振システムにより認識される、図1を参照として説明されるリソグラフィ装置の投影システムの伝達関数の周波数のグラフである。

【図5】 [0016] 本発明の別の実施形態による投影システムおよび能動型制振システムの図である。

10

20

30

40



## フロントページの続き

- (72)発明者 ループストラ, エリック, ルーロフ  
オランダ国, アイントホーフェン エヌエル - 5 6 1 3 イーエス, ラーケンストラート 3 2 -  
3 4
- (72)発明者 デ ホーン, コルネリウス, アドリアヌス, ランベルトゥス  
オランダ国, ベスト エヌエル - 5 6 8 5 エーエム, ブロードヒューヘル 9

審査官 久保田 創

- (56)参考文献 特開2006 - 250291 (JP, A)  
特開2002 - 319543 (JP, A)  
特開2005 - 311165 (JP, A)  
特開平11 - 325821 (JP, A)  
特開2007 - 120646 (JP, A)  
特表2007 - 522393 (JP, A)  
米国特許出願公開第2007 / 0097340 (US, A1)  
特開2001 - 102286 (JP, A)  
特開平04 - 144114 (JP, A)  
特開2008 - 311647 (JP, A)  
特開2009 - 088512 (JP, A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027  
F16F 15/02  
G03F 7/20