

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-4086

(P2010-4086A)

(43) 公開日 平成22年1月7日(2010.1.7)

(51) Int.Cl.

H01L 21/027 (2006.01)

F I

H01L 21/30

515D

テーマコード (参考)

5F046

H01L 21/30

516A

審査請求 有 請求項の数 17 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2009-233515 (P2009-233515)
 (22) 出願日 平成21年10月7日 (2009.10.7)
 (62) 分割の表示 特願2004-257074 (P2004-257074)
 の分割
 原出願日 平成16年9月3日 (2004.9.3)
 (31) 優先権主張番号 03077785.8
 (32) 優先日 平成15年9月4日 (2003.9.4)
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)

(71) 出願人 504151804
 エーエスエムエル ネザーランズ ビー.
 ブイ.
 オランダ国 ヴェルトホーフェン 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 ドミニクス ヤコブス ペトルス アドリ
 アヌス フランケン
 オランダ国、フェルトホーフェン、シュオ
 ウグベルク 5
 Fターム(参考) 5F046 CB27 DA13

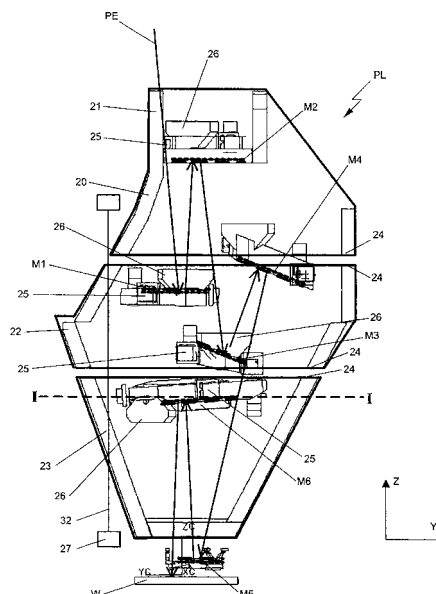
(54) 【発明の名称】 リソグラフィック装置及びデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】投影光学系の光エレメントの位置決め制度、安定性および動的性能を改善する。

【解決手段】パターン化されたビームを基板の目標部分に投射するための投影光学系アセンブリPLを備えたリソグラフィック装置であって、投影光学系アセンブリは、複数の可動光エレメントM1～M6と、対応する光エレメントM1～M6の位置及び/又は配向をセンサするための複数のセンサ・ユニット25とを備えている。可動光エレメントM1～M6は、支持フレーム20、20上に間隔を隔てた関係で配置されており、支持フレーム20の少なくとも一部は、相互接続された少なくとも2つのセグメント21、22、23のアセンブリによって形成されている。前記セグメントの各々は、光エレメントM1～M6のうちの少なくとも1つを移動可能に取り付け、複数のセンサ・ユニット25のうちの少なくとも1つを固定して取り付けている。

【選択図】図2a



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

投影放射ビームを提供するための照明システムと、
投影ビームの断面をパターン化するべく機能するパターン化手段を支持するための支持構造と、

基板を保持するための基板テーブルと、

パターン化されたビームを基板の目標部分に投射するための投影光学系アセンブリであって、前記アセンブリが、複数の可動光学エレメント及び対応する光学エレメントの位置及び／又は配向を感知するための複数のセンサ・ユニットを備え、前記可動光学エレメントが、支持フレーム上に間隔を隔てた関係で配置された投影光学系アセンブリとを備えたリソグラフィック装置であって、前記支持フレームが、相互接続された少なくとも2つのセグメントのアセンブリを備え、前記セグメントの各々が、前記複数の光学エレメントのうちの少なくとも1つを移動可能に取り付け、かつ、前記複数のセンサ・ユニットのうちの少なくとも1つを固定して取り付け、相互接続された前記少なくとも2つのセグメントが、内部に前記光学エレメントが前記間隔を隔てた関係で取り付けられる基準フレーム及び取付けフレームとして機能することを特徴とするリソグラフィック装置。

10

【請求項 2】

投影放射ビームを提供するための照明システムと、

投影ビームの断面をパターン化するべく機能するパターン化手段を支持するための支持構造と、

20

基板を保持するための基板テーブルと、

パターン化されたビームを基板の目標部分に投射するための投影光学系アセンブリであって、複数の可動光学エレメント及び対応する光学エレメントの位置及び／又は配向を感知するための複数のセンサ・ユニットを備え、前記可動光学エレメントが、支持フレーム上に間隔を隔てた関係で配置された投影光学系アセンブリとを備えたリソグラフィック装置であって、前記光学エレメントが、単一支持フレーム上に移動可能に取り付けられ、かつ、前記センサ・ユニットが、単一支持フレーム上に固定して取り付けられ、前記支持フレームが、内部に前記光学エレメントが前記間隔を隔てた関係で取り付けられる基準フレーム及び取付けフレームとして機能する1つのセグメントを備えることを特徴とするリソグラフィック装置。

30

【請求項 3】

前記1つ又は複数のセンサ・ユニットが、前記1つ又は複数のセグメント中若しくはセグメント上の所定の位置に直接取り付けられた、請求項1又は2に記載のリソグラフィック装置。

【請求項 4】

前記複数のセグメントが互いにスタック配列で相互接続するようになっている、請求項1、又は請求項1に従属したときの請求項3に記載のリソグラフィック装置。

【請求項 5】

前記支持フレームが3つのセグメントを備え、前記複数の光学エレメントのうちの2つが、前記セグメントのうちの少なくとも2つのセグメントの各々中に取り付けられた、請求項1、3又は4に記載のリソグラフィック装置。

40

【請求項 6】

前記センサ・ユニットが、前記1つ又は複数のセグメント上若しくはセグメント中に位置する基準表面に対する前記対応する光学エレメントの位置及び／又は配向を感知し、前記1つ又は複数のセグメントが、前記1つ又は複数のセグメント中に形成された、前記センサ・ユニットを受け入れるためのインターフェース表面を備え、前記インターフェース表面が、前記基準表面に対して予め決定された前記所定の位置に配置された、請求項3から5までのいずれかに記載のリソグラフィック装置。

【請求項 7】

前記支持フレームが複数のインサートを備え、前記インサートが、使用中にインターフ

50

ェース・ゾーンを形成するべく、前記セグメント間に配置されるようになっており、したがって組立て状態では前記インサートが互いに接触し、前記接触しているインサートによって画定される表面の少なくとも一部が基準表面を形成する、請求項 1 又は 3 から 6 までのいずれかに記載のリソグラフィック装置。

【請求項 8】

前記 1 つ又は複数のセグメントが、前記複数の光学エレメントのうちの前記対応する 1 つに結合されたアクチュエータを固定して支持し、前記アクチュエータがセンサ・ユニットに応答して前記光学エレメントを所定の位置に移動させる、請求項 1 から 7 までのいずれかに記載のリソグラフィック装置。

【請求項 9】

組み立てられると、前記セグメントが実質的に水平面内で互いにインターフェースする、請求項 1 又は 3 から 8 までのいずれかに記載のリソグラフィック装置。

【請求項 10】

相互接続可能な複数のセグメントを提供するステップと、

個々のセグメントの上に、互いに間隔を隔てた関係で配置された複数の光学エレメントを移動可能に取り付け、かつ、前記移動可能に取り付けられた前記複数の前記光学エレメントのうちの 1 つの位置及び / 又は配向を感知すべく、少なくとも 1 つのセンシング・エレメントを固定して取り付けるステップと、

内部に前記光学エレメントが前記間隔を隔てた関係で取り付けられる基準フレーム及び取付けフレームとして機能する単一セグメント化可能支持フレームの少なくとも一部を形成するべく、前記セグメントを相互接続するステップとを含む、リソグラフィック装置のための投影光学系アセンブリを組み立てる方法。

【請求項 11】

互いに間隔を隔てた関係で配置された複数の光学エレメントのための基準フレーム及び取付けフレームとして機能する 1 つのセグメント、及び前記複数の光学エレメントのうちの 1 つに関連して設けられた、移動可能光学エレメントの位置及び / 又は配向を正確に測定するためのセンサ・ユニットを備えた単一支持フレームを提供するステップと、

前記複数の光学エレメントを前記フレーム上に移動可能に取り付け、かつ、前記センサ・ユニットを前記フレーム上に固定して取り付けるステップとを含む、リソグラフィック装置のための投影光学系アセンブリを組み立てる方法。

【請求項 12】

基板を提供するステップと、

照明システムを使用して投影放射ビームを提供するステップと、

前記投影ビームの断面をパターン化するべくパターン化手段を使用するステップと、

パターン化された放射ビームを、請求項 1 から 9 までのいずれかに記載されている投影光学系アセンブリを使用して前記基板の目標部分に投射するステップとを含むデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、リソグラフィック装置及びデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

リソグラフィック装置は、所望のパターンを基板の目標部分に適用するマシンである。リソグラフィック装置は、例えば集積回路 (IC) の製造に使用することができる。このような状況においては、マスクなどのパターン化手段を使用して IC の個々の層に対応する回路パターンが生成され、生成されたパターンが、放射線感応材料 (レジスト) の層を有する基板 (例えばシリコン・ウェハ) 上の目標部分 (例えば 1 つ又は複数のダイ部分からなる) に画像化される。通常、1 枚の基板には、連続的に露光される目標部分に隣接する回路網が含まれている。知られているリソグラフィック投影装置には、パターン全体を

10

20

30

40

50

1回の照射で目標部分に露光することによって目標部分の各々を照射する、いわゆるステップと、パターンを投影ビームを通して所与の方向（「走査」方向）に走査し、かつ、基板をこの方向に平行に、或いは非平行に同期走査することによって目標部分の各々を照射する、いわゆるスキャナが含まれている。

【0003】

支持フレームを備えた投影光学系アセンブリが知られている。従来、投影光学系アセンブリは、基準フレーム及び基準フレーム中に取り付けられた複数のセンサ・フレームを備えている。センサ・フレームは、数あるコンポーネントの中でも、とりわけ光エレメント（若しくは光学エレメント）、典型的には可動ミラーと、光エレメントの位置をセンスするための1つ又は複数のセンサ・ユニットと、センサ・ユニットに応答して所望の位置に光エレメント（若しくは光学エレメント）を移動させるための1つ又は複数のアクチュエータとを支持するように適合されたフレームである。個々のミラーには個別のセンサ・フレームが設けられている。このようなサブ・アセンブリは、従来、「ミラー・モジュール」と呼ばれている。従来、支持フレームを設計するための手法は、複数のミラー・モジュールを提供することである。ミラーの正確な数は、個々の投影光学系アセンブリによって様々であるが、通常、投影光学系アセンブリは、6個のミラーを備えている。ミラー・モジュールの各々は、ミラーを完全機能調整可能ミラーにするために必要なすべてのコンポーネントを備えたセンサ・フレームを備えている。これらのミラー・モジュールの各々は、典型的にはZeroDurなどの低膨張ガラス材料製の共通基準フレーム中に取り付けられている。通常、投影光学系アセンブリ内の複数のミラーのうちの1つは静止しており、従来のシステムでは、この静止ミラーも共通基準フレーム上に取り付けられている。

10

20

【0004】

このような従来の構造には問題がある。第1に、コンポーネントをセンサ・フレーム上に取り付けるためには、極めて多数の光学スペーサが必要である。詳細には、ミラーの位置をセンスするセンシング・エレメントを取り付けるための極めて多数のスペーサが必要である。スペーサを構造に使用することにより、センサ・フレーム中へのスペーサの取付けに必要な工数の点で、とりわけ費用が発生している。

【0005】

第2に、基準フレーム中への取付け後におけるミラー・モジュールの正確な位置決めは、さらに多くのスペーサを使用する以外には達成不可能であり、支持フレームの製造コスト及び時間スケールがさらに追加されることが分かっている。

30

【0006】

第3の問題は、ミラー・モジュールが、いわゆる「静的に決定されたインターフェース」を使用して基準フレーム中に取り付けられていることである。このようなインターフェースは、インターフェース・エレメントが1つの方向に剛直になり、かつ、他の5つの方向に可能な限り迎合的になるように設計されるため、その機能をフレキシブル・ロッドと比較することができるエレメントを備えている。インターフェース・エレメントは構造が複雑であり、それぞれ多数の部品を備えている。インターフェース・エレメントは、通常、支持フレーム構造の2つのZeroDur部品を接続している。例えば、インターフェース・エレメントの一方の面は基準フレームに接続され、インターフェース・エレメントのもう一方の面はセンサ・フレームに接続されている。インターフェース・エレメントは、対応するZeroDurフレーム部品に取り付けられている。アタッチメントは金属インサートである。これらのインサートは、ZeroDur中に接着されている。インサートに起因する熱の問題を最小化するための1つの試行では、インサートは特定の設計を有している。インサートの設計にもかかわらず、接続すべき2つのZeroDurフレーム部品中に金属インサートを接着する必要がある、それが熱安定性の問題を大きくしていることが分かっている。

40

【0007】

また、インターフェース・エレメントは、インターフェース・エレメントをフレームに接続するためにインターフェース・エレメント中に形成される孔の製造公差を許容しなけ

50

ればならず、それが、接続すべき2つの部品中に接着される2つのインサートが位置及び角度の両方で不整列になる原因になっている。したがって、従来のインターフェース・エレメントは、さらに、この不整列を許容し、かつ、補償するためのエレメントを備えていなければならない。また、インサートが金属材料製であるため、その縦方向の熱膨張がゼロではない。この縦方向は、基準構造に対するモジュールの位置を決定する剛直な方向である。この位置は、温度の変化に対して理想的には可能な限り一定の位置を維持しなければならず、また、内部的に補償しなければならない。また、従来のインターフェースには、さらに、ミラー・モジュールを位置決めした後に、インターフェース・エレメントを所定の位置に固定するためのエレメントが必要である。以上の考察から、必要な従来のインターフェースが、設計及び実施の点で極めて複雑であることが理解されよう。

10

【0008】

「静的に決定されたインターフェース」とは、自由度(DOF)6のモジュールのみ(自由度7以上でも、自由度5以下でもなく)が拘束されるように構築されたインターフェースである。これは、モジュールが自由度6でその環境に取り付けられることを意味している。理想的なケースの場合、これは、例えば熱の影響によって環境がひずむ場合、懸垂モジュールは、全体として変位及び/又は回転するのみであり、ひずみは生じないことを意味している。寄生剛性のため、インターフェースが静的に決定されなくなるほど、環境のひずみ、この場合であれば基準構造のひずみによるモジュール自体の内部ひずみが大きくなるため、望ましくない。

【0009】

20

静的に決定された従来のインターフェースを生成する方法の1つは、可能な限りフレキシブル・ロッドの機能に近い6つの同じインターフェース・エレメントを設計することである。これらの6つのインターフェース・エレメントは、それらのインターフェース・エレメントが自由度6以上のモジュールを拘束することができるような方法で位置付けし、かつ、配向しなければならないが、上で考察したように、これは極めて複雑な設計である。

【0010】

投影光学系アセンブリに要求される製造性要求、信頼性要求及び試験容易性要求の観点から、一時期、モジュラ設計を提供することが従来の考え方であった。これらのモジュールのインターフェース化は、従来のモジュラ設計と複雑に絡み合っている。上で考察したように、構造部品の、例えば投影光学系アセンブリに必要な高度に動的な要求とのインターフェース化は、精密力学とのインターフェース化である。したがって、モジュラ設計を有し、かつ、モジュールをインターフェースするための複雑なインターフェースを使用した投影光学系アセンブリを提供することが従来のやり方である。個々のモジュールが全能型であり、かつ、完全に試験されたユニットであることが理想的であり、したがって、その適切なインターフェース上にモジュールを取り付けることによって、短期間の取付け時においても、或いは長期間においても、完全に試験されたユニットを絶対にひずませてはならず、或いは影響を及ぼしてはならない。上で考察したように、「静的に決定されたインターフェース化」は1つの手法であり、従来の「静的に決定されたインターフェース化」の1つの欠点は、その動的挙動であることが分かっている。構造の動的挙動に関連する要求は、画像の位置及び品質に関連する光学性能に関する仕様に由来する、例えば位置精度に関するその必要な性能仕様に関連しており、かつ、その必要な性能仕様から引き出されたものである。

30

40

【0011】

従来の構造に関しては、静的に決定された、投影光学系アセンブリの動的要求に合致するインターフェースを備えたセンサ・フレームを、支持フレーム中で利用することができる体積の範囲内で、かつ、とりわけアセンブリ、アクセス及びケーブル布線のための空間を残して設計し、さらには内部ひずみを最小化することは不可能であることが分かっている。

【0012】

50

本発明の目的の１つは、要約すると、取付け時及び取付け後におけるひずみなどの側面を考慮した、動的な要求事項を満足し、かつ、熱減結合を提供するモジュール・インターフェースを提供することである。このモジュール・インターフェースには、それ以外にも、その環境からのモジュールの絶縁が考慮されている。

【 0 0 1 3 】

また、近代の投影光学系アセンブリでは、第１の稼動ミラーは、第２のミラーに対してサブ・ナノメートルの精度で位置決めしなければならない。上で説明した従来のシステムの場合、第１の稼動ミラーを第２のミラーに対してサブ・ナノメートルの精度で位置決めするためには、第１のセンサ・ユニットと第１のセンサ・フレームの間の距離、第１のセンサ・フレームと第１のミラー・モジュールと結合した基準フレームの間の距離、第１のミラー・モジュールと結合した基準フレームと第２のミラー・モジュールと結合した基準フレームの間の距離、第２のミラー・モジュールと結合した基準フレームと第２のセンサ・フレームの間の距離、及び第２のセンサ・フレームと第２のセンサ・ユニットの間の距離の５つの距離を正確に知る必要があることは理解されよう。この構造が抱えている他の問題は、動的挙動がインターフェースの構造と関連しているため、製造公差及び位置精度の問題である。１つのセンサ・フレーム上の１つのセンサから他のセンサ・フレーム上の他のセンサへ進行するためには、８つの取付け位置及び４つのインターフェース構造を通過しなければならないことは理解されよう。さらに、上で言及したように、個々の構造部品は固有の内部不正確性を有しており、また、個々のインターフェース位置も固有の不正確性を有している。したがって、構造部品が多いほど、また、存在しているインターフェース位置が多いほど、他のセンサ・フレーム上の他のセンサに対する１つのセンサ・フレーム上の１つのセンサの位置に関連する１つの一定の許容可能値を得るためには、個々の誤差寄与から受入れ可能な不正確値が小さくなる。この後者の値は、すべての寄与要因からの総合値である。この値は、機能仕様から引き出される値であるため、機能要求事項である。部品及び寄与要因が多いほど、一定の合計を獲得し、かつ、機能要求事項を満足するための個々の寄与要因からの値が小さくなる。

10

20

30

【 0 0 1 4 】

従来の投影光学系アセンブリの場合、Z e r o d u rなどの膨張係数の小さいガラスで構築され、かつ、剛性を最大化する方法で構築されている場合であっても、５つの距離の各々に関連する誤差が蓄積され、投影光学系アセンブリの初期センサ位置精度への合致を不可能にしていることが分かっている。この誤差の蓄積が画像化品質を制限している。

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 5 】

本発明の目的は、従来の投影光学系アセンブリが抱えている問題を解決することである。詳細には、本発明の目的は、投影光学系アセンブリの光エレメントの位置決め精度、安定性及び動的性能を改善することである。本発明の他の目的は、投影光学系アセンブリの製造性を改善することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 6 】

本発明の一態様によれば、投影放射ビームを提供するための照明システムと、投影ビームの断面をパターン化するべく機能するパターン化手段を支持するための支持構造と、基板を保持するための基板テーブルと、パターン化されたビームを基板の目標部分に投射するための投影光学系アセンブリであって、前記アセンブリが、複数の可動光エレメント及び対応する光エレメントの位置及び／又は配向をセンスするための複数のセンサ・ユニットを備え、前記可動光エレメントが、支持フレーム上に間隔を隔てた関係で配置された投影光学系アセンブリと、を備えたりソグラフィック装置であって、前記支持フレームが、相互接続された少なくとも２つのセグメントのアセンブリを備え、前記セグメントの各々が、前記複数の光エレメントのうちの少なくとも１つを移動可能に取り付け、かつ、前記複数のセンサ・ユニットのうちの少なくとも１つを固定して取り付け、相互接続された前

40

50

記少なくとも2つのセグメントが、内部に前記光エレメントが前記間隔を隔てた関係で取り付けられる基準フレーム及び取付けフレームとして機能することを特徴とするリソグラフィック装置が提供される。

【0017】

相互接続された少なくとも2つのセグメントを備えたアセンブリを提供し、各々のセグメントを使用して、複数の光エレメントのうちの少なくとも1つを移動可能に取り付け、かつ、対応する1つ又は複数のセンサ・ユニットを固定して取り付けることにより、静的に決定されたインターフェース中に包含されている従来の個別基準フレーム及びエレメントを省略することができる。詳細には、個別のセンサ及び基準フレーム構造が、両方の機能を結合した1つの構造に置換される。したがって、投影光学系アセンブリの製造が単純化される。詳細には、設計及びインターフェースの複雑性が緩和され、また、個々の公差化要求事項も緩和される。さらに、1つの支持フレームによって支持機能及び基準機能が提供されるため、投影光学系アセンブリの動的性能が改善される。多数のインターフェース及びインターフェース化エレメントが不要になるため、インターフェース化の複雑性が緩和される。また、異なる部品数が減少するため、また、多数のインターフェースが不要になるため、個々の公差化を緩和することができる。

10

【0018】

さらに、従来の個別の基準フレームが不要になるため、投影光学系アセンブリの製造に必要なスペーサ数が減少する。また、構造部品数が減少し、それに伴ってインターフェース数が減少するため、必要なスペーサ数が減少する。さらに、2つの個別のフレームに必要であった空間が、ケーブル布線、アクセス及び支持フレーム構造の剛性の改善などの他の目的に開放される。複数のセグメントの支持フレームを構築することにより、基準或いは他の構造中への組込みを必要とすることなく、支持フレームをモジュール式にビルド・アップすることができるため、投影光学系アセンブリへの組立て後におけるコンポーネントへのアクセス性が向上する。

20

【0019】

また、製造性が改善される。例えばアセンブリに関して、1つ又は多数のミラーを備えた1つのセグメントに両側からアクセスすることができる。1つ又は多数のミラー、センサ、アクチュエータ、ケーブル布線及び他の任意の可能サブ・モジュールを、セグメントのフレーム・ブロック中に置き、かつ、セグメントのフレーム・ブロック上に取り付け、他のあらゆるアセンブリの活動、とりわけ投影光学系アセンブリの他のセグメントのアセンブリの活動から完全に分離し、かつ、それらのアセンブリと並置することができる。

30

【0020】

好ましい実施例では、複数のセグメントが互いにスタック配列で相互接続するように適合されている。セグメントを互いに積み重ねることにより、投影光学系アセンブリの製造が単純化される。すべてのセグメントの組立て及び試験が終了すると、必要なことは、完全な機能の投影光学系アセンブリが得られるまで、単純にセグメントを互いに積み重ねることだけである。詳細には、本発明により、最終組立てが著しく容易になり、製造リード・タイムが短縮される。

【0021】

好ましい実施例では、支持フレームは、3つのセグメントを備えており、複数の光エレメントのうちの少なくとも2つが、3つのセグメントのうちの少なくとも2つの各々に取り付けられている。3つのセグメントを提供することにより、そのうちの2つのセグメントに2つの光エレメントが配置され、光エレメントへのアクセス性及びケーブルの経路化が最適化され、かつ、支持フレームの機械的な特性が最適化される。また、センサ、アクチュエータ及び他のあらゆるモジュールへのアクセス性が改善される。

40

【0022】

好ましい実施例では、支持フレームは、複数のインサートを備えている。これらのインサートは、使用中にインターフェース・ゾーンを形成するべく、セグメント間に配置するように適合されており、したがって組立て状態ではインサートは互いに接触しており、接

50

触しているインサートによって画定される表面の少なくとも一部が基準表面を形成している。隣接するセグメントの間にインサートを提供し、かつ、接触したインサートによって形成されるインターフェース・ゾーン内に基準表面が位置するように配置することによって整列が達成されるばかりでなく、インターフェース・ゾーン内の支持フレームに印加されるあらゆる応力が、支持フレームを通過する代わりにインサートに伝達される。

【0023】

本発明の他の態様によれば、投影放射ビームを提供するための照明システムと、投影ビームの断面をパターン化するべく機能するパターン化手段を支持するための支持構造と、基板を保持するための基板テーブルと、パターン化されたビームを基板の目標部分に投射するための投影光学系アセンブリであって、複数の可動光エレメント及び対応する光エレメントの位置及び／又は配向をセンスするための複数のセンサ・ユニットを備え、前記可動光エレメントが、支持フレーム上に間隔を隔てた関係で配置された投影光学系アセンブリと、を備えたリソグラフィック装置であって、前記光エレメントが単一支持フレーム上に移動可能に取り付けられ、かつ、前記センサ・ユニットが単一支持フレーム上に固定して取り付けられ、前記支持フレームが、内部に前記光エレメントが前記間隔を隔てた関係で取り付けられる基準フレーム及び取付けフレームとして機能する1つのセグメントを備えたことを特徴とするリソグラフィック装置が提供される。単一支持フレーム上に移動可能に取り付けられた光エレメント及び単一支持フレーム上に固定して取り付けられたセンサ・ユニットを提供することにより、個別基準フレームを省略することができる。個別の基準フレーム及びセンサ・フレーム構造が、両方の機能を結合した単一構造に置換される。光エレメント及びセンサ・ユニットを単一構造中に取り付けることにより、アセンブリの製造が単純化され、長期間の安定性及び動的性能が改善される。

10

20

【0024】

好ましい実施例では、1つ又は複数のセンサ・ユニットが、1つ又は複数のセグメント中の所定の位置に直接取り付けられている。1つ又は複数のセンサ・ユニットを支持フレーム中の所定の位置に直接配置することにより、知るべき2つの光エレメント間の距離の数が1つになり、第1のセンサ・ユニットと第2のセンサ・ユニットの間の距離を知るだけで良い。したがって関連する誤差測値が減少するため、光エレメントの相互の位置決め精度が改善される。

【0025】

好ましい実施例では、センサ・ユニットは、1つ又は複数のセグメント上若しくはセグメント中に配置された基準表面に対する対応する光エレメントの位置及び／又は配向をセンシングしている。また、1つ又は複数のセグメントは、1つ又は複数のセグメント中に形成された、センサ・ユニットを受け入れるためのインターフェース表面を備えている。インターフェース表面は、予め基準表面に対して決定されている所定の位置に配置されている。インターフェース表面を基準表面に対して所定の位置に提供することにより、ミラーの位置及び／又は配向を正確に測定することができる精度が改善される。

30

【0026】

好ましい実施例では、1つ又は複数のセグメントが、前記複数の光エレメントのうちの対応する1つに結合された、センサ・ユニットにตอบสนองして光エレメントを所定の位置に移動させるアクチュエータを固定して支持している。1つ又は複数のセグメント中の対応する光エレメントに結合されたアクチュエータを固定して支持することにより、投影光学系アセンブリの、第2の光エレメントに対する1つの光エレメントの正確な整列を提供するこれらのすべてのコンポーネントが、1つ又は複数のセグメント中に取り付けられる。したがってアセンブリの製造がさらに単純化される。

40

【0027】

他の実施例では、組立てが完了したセグメントは、実質的に水平面内で互いにインターフェースしている。この方法によれば、何らかの保全を必要とするセグメントを容易に組み立てることができる。これらのセグメントは容易に分解することができるため、保全を必要とするセグメントを投影光学系アセンブリ全体の分解を必要とすることなく取り外す

50

ことができ、保全の容易性が改善される。

【 0 0 2 8 】

本発明の他の態様によれば、相互接続可能な複数のセグメントを提供するステップと、個々のセグメントの上に、互いに間隔を隔てた関係で配置された複数の光エレメントを移動可能に取り付け、かつ、移動可能に取り付けられた前記複数の前記光エレメントのうちの1つの位置及び／又は配向をセンスするべく、少なくとも1つのセンシング・エレメントを固定して取り付けるステップと、内部に前記光セグメント化可能エレメントが前記間隔を隔てた関係で取り付けられる基準フレーム及び取付けフレームとして機能する単一支持フレームの少なくとも一部を形成するべく、前記セグメントを相互接続するステップとを含む、リソグラフィック装置のための投影光学系アセンブリを組み立てる方法が提供される。

10

【 0 0 2 9 】

本発明の他の態様によれば、互いに間隔を隔てた関係で配置された複数の光エレメントのための基準フレーム及び取付けフレームとして機能する1つのセグメント、及び前記複数の光エレメントのうちの1つに結合された、前記移動可能光エレメントの位置及び／又は配向を正確に測定するためのセンサ・ユニットを備えた単一支持フレームを提供するステップと、前記フレームの上に、前記複数の光エレメントを移動可能に取り付け、かつ、前記センサ・ユニットを固定して取り付けるステップと、を含む、リソグラフィック装置のための投影光学系アセンブリを組み立てる方法が提供される。

20

【 0 0 3 0 】

本発明の他の態様によれば、基板を提供するステップと、照明システムを使用して投影放射ビームを提供するステップと、投影ビームの断面をパターン化するべくパターン化手段を使用するステップと、パターン化された放射ビームを、請求項1から9までのいずれかに定義されている投影光学系アセンブリを使用して基板の目標部分に投射するステップと、を含むデバイス製造方法が提供される。

【 0 0 3 1 】

本明細書においては、とりわけICの製造におけるリソグラフィック装置の使用が参照されているが、本明細書において説明するリソグラフィック装置は、集積光学系、磁気領域メモリのための誘導及び検出パターン、液晶ディスプレイ（LCD）、薄膜磁気ヘッド等の製造など、他のアプリケーションを有していることを理解されたい。このような代替アプリケーションのコンテキストにおいては、本明細書における「ウェハ」或いは「ダイ」という用語の使用はすべて、それぞれより一般的な「基板」或いは「目標部分」という用語の同義語と見なすべきであることは、当分野の技術者には理解されよう。本明細書において参照されている基板は、例えばトラック（通常、基板にレジスト層を塗布し、かつ、露光済みレジストを現像するツール）或いは度量衡学若しくは検査工具中で、露光前若しくは露光後に処理することができる。適用可能である場合、本明細書における開示は、このような基板処理ツール及び他の基板処理ツールに適用することができる。また、基板は、例えば多層ICを生成するべく複数回に渡って処理することができるため、本明細書において使用されている基板という用語は、処理済みの複数の層が既に含まれている基板を指している場合もある。

30

40

【 0 0 3 2 】

本明細書に使用されている「放射」及び「ビーム」という用語には、紫外線（UV）放射（例えば、365nm、248nm、193nm、157nm若しくは126nmの波長を有する放射）、極紫外線（EUV）放射（例えば5～20nmの範囲の波長を有する放射）、及びイオン・ビーム或いは電子ビームなどの粒子線を含むあらゆるタイプの電磁放射が含まれている。

【 0 0 3 3 】

本明細書に使用されている「パターン化手段」という用語は、投影ビームの断面をパターン化し、それにより基板の目標部分にパターンを生成するべく使用することができる手段を意味するものとして広義に解釈されたい。投影ビームに付与されるパターンは、基板

50

の目標部分における所望のパターンに厳密に対応させる必要はないことに留意されたい。投影ビームに付与されるパターンは、通常、目標部分に生成される、例えば集積回路などのデバイス中の特定の機能層に対応している。

【 0 0 3 4 】

パターン化手段は、透過型であっても或いは反射型であっても良い。パターン化手段の実施例には、マスク、プログラム可能ミラー・アレイ及びプログラム可能LCDパネルがある。マスクについてはリソグラフィにおいては良く知られており、バイナリ、交番移相及び減衰移相などのマスク・タイプ、及び様々なハイブリッド・マスク・タイプが知られている。プログラム可能ミラー・アレイの実施例には、マトリックスに配列された微小ミラーが使用されている。微小ミラーの各々は、入射する放射線が異なる方向に反射するよう、個々に傾斜させることができるため、この方法によって反射ビームがパターン化される。パターン化手段の各実施例の支持構造には、例えば、必要に応じて固定若しくは移動可能にすることができ、かつ、例えば投影システムに対してパターン化手段を所望の位置に確実に配置することができるフレーム若しくはテーブルが使用されている。本明細書における「レチクル」或いは「マスク」という用語の使用はすべて、より一般的な「パターン化手段」という用語の同義語と見なすことができる。

10

【 0 0 3 5 】

本明細書で使用されている「投影システム」という用語には、例えば使用する露光放射に適した、或いは液浸液の使用若しくは真空の使用などの他の要因に適した、屈折光学系、反射光学系及びカタディオプトリック光学系を始めとする様々なタイプの投影システムが包含されているものとして広義に解釈されたい。本明細書における「レンズ」という用語の使用はすべて、より一般的な「投影システム」という用語の同義語と見なすことができる。

20

【 0 0 3 6 】

また、照明系にも、投影放射ビームを導き、整形し若しくは制御するための屈折光学コンポーネント、反射光学コンポーネント及びカタディオプトリック光学コンポーネントを始めとする様々なタイプの光学コンポーネントが包含されており、以下、このようなコンポーネントを集合的若しくは個々に「レンズ」と呼ぶ。

【 0 0 3 7 】

リソグラフィック装置は、場合によっては2つの基板テーブル（二重ステージ）若しくはそれ以上の基板テーブル（及び/又は複数のマスク・テーブル）を有するタイプの装置であり、このような「多重ステージ」マシンの場合、追加テーブルを並列に使用することができ、或いは1つ又は複数の他のテーブルを露光のために使用している間、1つ又は複数のテーブルに対して予備ステップを実行することができる。

30

【 0 0 3 8 】

また、リソグラフィック装置は、場合によっては、比較的屈折率の大きい液体中、例えば水中に基板が液浸され、それにより投影システムの最終エレメントと基板の間の空間が充填されるタイプの装置である。リソグラフィック装置内の他の空間、例えばマスクと投影システムの第1のエレメントの間に液浸液を適用することも可能である。液浸技法は、当分野では、投影システムの開口数を大きくすることで良く知られている。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 9 】

【 図 1 】 本発明の一実施例によるリソグラフィック装置を示す図である。

【 図 2 a 】 本発明の一実施例による投影光学系アセンブリを示す図である。

【 図 2 b 】 本発明の他の実施例による投影光学系アセンブリを示す図である。

【 図 3 】 図 2 a 又は 2 b に示す投影光学系アセンブリの線 I - I に沿った断面図である。

【 図 4 】 投影光学系アセンブリの支持フレームの詳細を示す図である。

【 図 5 】 投影光学系アセンブリをさらに詳細に示す図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 4 0 】

50

以下、本発明の実施例について、単なる実施例に過ぎないが、添付の略図を参照して説明する。図において、対応する参照記号は対応する部品を表している。

【0041】

図1は、本発明の特定の実施例によるリソグラフィック装置を略図で示したものである。この装置は、投影放射（例えばUV放射若しくはEUV放射）ビーム（PB）を提供するための照明システム（イルミネータ）ILと、パターン化手段（例えばマスク）MAを支持するための、パターン化手段をアイテムPLに対して正確に位置決めするための第1の位置決め手段PMに接続された第1の支持構造（例えばマスク・テーブル）MTと、基板（例えばレジスト被覆ウェハ）Wを保持するための、基板をアイテムPLに対して正確に位置決めするための第2の位置決め手段PWに接続された基板テーブル（例えばウェハ・テーブル）WTと、パターン化手段MAによって投影ビームPBに付与されたパターンを基板Wの目標部分C（例えば1つ又は複数のダイからなる）に結像させるための投影システム（例えば反射投影レンズ）PLと、を備えている。

10

【0042】

図に示すように、このリソグラフィック装置は、（例えば上で参照したタイプの反射型マスク若しくはプログラム可能ミラー・アレイを使用した）反射型装置である。別法としては、このリソグラフィック装置は、（例えば透過型マスクを使用した）透過型装置であっても良い。

【0043】

イルミネータILは、放射源SOから放射ビームを受け取っている。放射源が例えばプラズマ放電源である場合、放射源及びリソグラフィック装置は、個別の構成要素にすることができる。その場合、放射源は、リソグラフィック装置の一部を形成しているとは見なされず、通常、放射ビームは、例えば適切な集光ミラー及び/又はスペクトル純度フィルタからなる放射コレクタを使用して放射源SOからイルミネータILへ引き渡される。それ以外の例えば放射源が水銀灯などの場合、放射源は、リソグラフィック装置の一構成要素である。放射源SO及びイルミネータILは、放射システムと呼ぶことができる。

20

【0044】

イルミネータILは、ビームの角強度分布を調整するための調整手段を備えることができる。通常、イルミネータのひとみ平面内における強度分布の少なくとも外部及び/又は内部ラジアル・エクステン（一般に、それぞれ - 外部及び - 内部と呼ばれている）は調整が可能である。イルミネータは、投影ビームPBと呼んでいる、所望する一様な強度分布をその断面に有する調整済み放射ビームを提供している。

30

【0045】

マスク・テーブルMT上に保持されているマスクMAに投影ビームPBが入射する。マスクMAで反射した投影ビームPBは、ビームを基板Wの目標部分Cに集束させるレンズPLを通過する。基板テーブルWTは、第2の位置決め手段PW及び位置センサIF2（例えば干渉デバイス）を使用して正確に移動させることができ、それにより例えば異なる目標部分CをビームPBの光路内に位置決めすることができる。同様に、第1の位置決め手段PM及び位置センサIF1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、若しくは走査中に、マスクMAをビームPBの光路に対して正確に位置決めすることができる。通常、対物テーブルMT及びWTの移動は、位置決め手段PM及びPWの一部を形成している長ストローク・モジュール（粗位置決め）及び短ストローク・モジュール（精密位置決め）を使用して実現されている。しかし、ステッパ（スキャナではなく）の場合、マスク・テーブルMTは、短ストローク・アクチュエータのみに接続することができ、或いは固定することも可能である。マスクMA及び基板Wは、マスク位置合せマークM1、M2及び基板位置合せマークP1、P2を使用して整列させることができる。

40

【0046】

図に示す装置は、以下に示す好ましいモードで 사용할 ことができる。

1. ステップ・モードでは、マスク・テーブルMT及び基板テーブルWTは、基本的に静止状態に維持され、投影ビームに付与されたパターン全体が目標部分Cに1回の照射（す

50

なわち単一静止露光)で投影される。次に、基板テーブルW TがX及び/又はY方向にシフトされ、異なる目標部分Cが露光される。ステップ・モードでは、露光視野の最大サイズによって、単一静止露光で画像化される目標部分Cのサイズが制限される。

2. 走査モードでは、投影ビームに付与されたパターンが目標部分Cに投影されている間、マスク・テーブルM T及び基板テーブルW Tが同期走査される(すなわち単一動的露光)。マスク・テーブルM Tに対する基板テーブルW Tの速度及び方向は、投影システムP Lの倍率(縮小率)及び画像反転特性によって決定される。走査モードでは、露光視野の最大サイズによって、単一動的露光における目標部分の幅(非走査方向の)が制限され、また、走査運動の長さによって目標部分の高さ(走査方向の)が左右される。

3. 他のモードでは、プログラム可能パターン化手段を保持するべくマスク・テーブルM Tが基本的に静止状態に維持され、投影ビームに付与されたパターンが目標部分Cに投影されている間、基板テーブルW Tが移動若しくは走査される。このモードでは、通常、パルス放射源が使用され、走査中、基板テーブルW Tが移動する毎に、或いは連続する放射パルスと放射パルスの間に、必要に応じてプログラム可能パターン化手段が更新される。この動作モードは、上で参照したタイプのプログラム可能ミラー・アレイなどのプログラム可能パターン化手段を利用しているマスクレス・リソグラフィに容易に適用することができる。

【0047】

上で説明した使用モードの組合せ及び/又はその変形形態或いは全く異なる使用モードを使用することも可能である。

【0048】

図1に示す実施例のリソグラフィック装置は、真空ポンプV Pによって排気される真空チャンバV Cを備えている。ビームP BはマスクM Aに衝突し、続いて真空チャンバV C内の基板Wの目標領域に結像する。

【0049】

いわゆる「度量衡学フレーム」M Fは、主装置フレームから機械的に分離された分離基準フレームを提供している。度量衡学フレームは、例えば、弾性定数の小さい弾性支持を提供するエアマウント(図示せず)によって支持された重量テーブルとして実現することができる。度量衡学フレームM Fは、干渉計I F及び他の位置センサなどの敏感なコンポーネントを支持し、かつ、それらを振動から分離している。投影光学系アセンブリP Lは、弾性エレメント1 2及びサポート1 1を介して度量衡学フレームM F上に支持されている。

【0050】

図2 aは、投影光学系アセンブリP Lの一実施例を示したものである。詳細には、図2 aは、複数のセグメント2 1、2 2及び2 3を備えた支持フレーム2 0を備えた投影光学系アセンブリP Lを示したものである。図2 bは、本発明による他の実施例、詳細には、単一支持フレーム2 0を備えた投影光学系アセンブリP Lを示したものである。図2 a及び2 bに示す2つの実施例の相違は、この単一支持フレーム2 0のみであるため、以下、図2 aに関して説明し、特に指摘がない場合、以下の説明は、図2 bにも等しく適用されるものとする。投影光学系アセンブリP Lは、光学アクティブ・ミラーM 1~M 6などの光反射器であることが好ましい多数の光エレメント及び支持フレーム2 0を備えている。ミラーM 1~M 6は、マスクM Aを基板W上に画像化するように配列されている。ミラー及び支持フレーム2 0は、Z e r o d u r若しくはU L E(超低膨張)ガラス(Z e r o d u r及びU L Eは商標である)などの膨張係数の小さいガラスでできていることが好ましい。図1から分かるように、ミラーM 1~M 6及び支持フレーム2 0は、度量衡学フレームM F上にサポートを有している。支持フレーム2 0は、度量衡学フレームM Fの振動から支持フレーム2 0を分離している弾性エレメント1 2を介して支持されている。分かりやすくするために、図1には弾性エレメント1 2が1つしか示されていないが、多数のこのようなエレメントを並行に介して支持フレーム2 0を同時に支持することができることは理解されよう。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 1 】

図 2 a に示す実施例では、支持フレームは、3つのセグメント 2 1、2 2 及び 2 3 を備えている。セグメントの各々は2つのミラーを備えている。通常、ミラー M 6 は、セグメント 2 3 から懸垂されている。ミラー M 5 以外のすべてのミラーは、ローレンツ・アクチュエータを使用して能動的に配置されている。ミラー M 5 は、能動的に配置してはならないため、ミラー M 5 は、センサ及びアクチュエータを備えていない。ミラー M 5 はセグメント 2 3 から懸垂され、また、ミラー M 5 は支持フレーム 2 0 に固定されている。ミラー M 5 を周囲の支持フレーム 2 0 から減結合し、かつ、ミラー M 5 を剛直に懸垂させるための構造エレメント（図示せず）が提供されている。上で言及したように、代替実施例ではミラー M 5 は固定されず、ミラー M 1 ~ M 4 及び M 6 と同じ方法で取り付けられている。

10

【 0 0 5 2 】

代替実施例では、個々の投影光学系アセンブリ及び設計者の選択に応じて任意の数のセグメントを提供することができる。セグメントは、任意の数のミラーを備えるべく構築し、或いは一切のミラーを備えない構造にすることができる。投影光学系アセンブリにおけるミラーの総数は、投影光学系アセンブリの個々のアプリケーションに応じて様々である。

【 0 0 5 3 】

複数のセグメントを備えた実施例の場合、スタック配列でセグメントを配置することができる。一実施例では、セグメントを互いに単純に積み重ねることによって投影光学系アセンブリが形成されている。例えばセグメントを互いに横に並べて配置した他の代替実施例、或いは組合せ配置の他の代替実施例、つまり、例えば投影光学系アセンブリのいくつかのセグメントを互いに積み重ね、かつ、残りのセグメントを横に並べて配置した代替実施例が意図されている。隣接するセグメントと相互接続するべく個々のセグメントを適合させることができるため、本発明は、この点に関して何ら制限されない。一代替実施例では、図 2 b に示すように、投影光学系アセンブリ P L は、「セグメント」を1つだけ備えることができる。このような実施例の場合、そのセグメントと他のセグメントを相互接続する必要はないが、必要に応じて相互接続エレメントを提供し、そのセグメントと他のセグメントを接続することができる。図 2 a に示すセグメントの各々、或いは図 2 b に示す単一支持フレームは、基準フレームを提供する機能と取付けフレームを提供する機能を結合したものである。この機能の結合は、すべてのセグメント或いは単一支持構造 2 0 0 が互いに支持フレーム 2 0 によって参照されるため、個々のセグメントを個別の基準フレーム中に取り付ける必要がないことを意味している。

20

30

【 0 0 5 4 】

好ましい実施例では、フレーム構造のモノリシック部品として形成することができる、わずかに高くなった領域によってインターフェース領域が形成されている。この特定の実施例の場合、インサートを省略することができる。以下でより詳細に考察するように、フレーム構造が Z e r o d u r ではなく、Z e r o d u r より壊れにくく、かつ、頑丈な他の代替材料で形成された代替実施例には、この実施例が好ましい。特に壊れやすい品質を有する Z e r o d u r などの材料を使用する場合、個別のインサートを提供することが有利である。

40

【 0 0 5 5 】

熱或いは緩和の影響によるインターフェース力の変化に起因するフレームのひずみをさらに小さくするために、このようなインサート材料特性の観点からすると不要ではあるが、任意選択で追加インターフェース・エレメントを提供し、これらの影響を小さくすることができる。追加インサートを任意選択で備えている場合、インターフェースは、応力を吸収し、かつ、実際の支持フレームから離れた位置に応力を維持するように設計される。

【 0 0 5 6 】

したがって、一般的に言えば、インターフェース・インサートは、材料及び設計に応じて、単なる実施例に過ぎないが、接着或いはボルト締め等によってフレームの残りの部分に接続された、材料の異なる個別部品、接着、ボルト締め、溶接等によって結合された、

50

同じ材料の個別部品、切断、鋸引き、せん孔等によって周囲から巧みに分離された、フレーム構造の統合部品にすることができる。また、このようなインサートを任意選択で提供し、例えば、非脆性材料のインターフェース、表面応力に耐えることができるインターフェース表面、締付け力に対する反力に耐え、かつ、導くことができる構造、締付けによって誘導される応力を支持フレームから離れた位置に維持する構造を提供する機能のみを実行することができる。

【0057】

上で説明した実施例では、支持フレーム20、200はZeroDurからなっているが、本発明は、それには何ら制限されない。本発明は、静的に決定された方法で取り付けられた多数の個別ミラー・モジュールを備えた個別の基準フレームに代わって、セグメント化された、或いはセグメント化されていない1つの支持フレームの提供に關している。上で考察したように、本発明により、単純性及び安定性が向上する、部品がはるかに少なくなる、インターフェースが少なくなる、公差が緩くなる、動的挙動が改善される、製造性が改善される、試験容易性が改善される、などの利点が提供される。これらの利点は、他の超低膨張(ULE)材料、Invar、アルミニウムなどの金属材料、或いは他のセラミック材料からなる支持フレームを使用して達成することができる。

【0058】

セグメントは、両端にねじが切られた金属ロッドであることが好ましいロッド32を備えた締付けデバイス27(図2a参照)によって互いに取り付けることができる。両端にねじが切られた金属ロッドの両端は、支持フレーム20中にドリルで穿たれた孔を貫通して展開し、その一端又は両端は、ロッドに力を付与するデバイスに取り付けられている。この力は、通常、13000ニュートン近辺の力であり、常にロッドに印加されている。分かりやすくするために、図2aには締付けデバイス27が1つしか示されていないが、セグメントは、三カ所若しくは四カ所の比較的広い面積で締め付けられることが好ましい。必要に応じて追加固定エレメント(図示せず)を提供することができる。

【0059】

支持フレーム20、200は、ZeroDurブロック、チューブ、プレート、及び目的に合致する場合或いは上で考察した他の材料の他の構造物を使用して、十分な剛性が達成されるように構築されている。動的な要求事項に応じて、追加エレメント、例えばZeroDurブロック・コンポーネントをさらに提供し、支持フレームの剛性を増す必要がある。投影光学系アセンブリに対するあらゆる振動或いは衝撃による影響を小さくするためには、支持フレーム20、200が、ねじり剛性及び曲げ剛性の点で十分な剛性を有していなければならないことは理解されよう。支持フレームを構築しているブロック及び板ガラス構造は、互いに再び分離することがないよう、一旦接続されているが、必要に応じて分解することができる。支持フレームのコンポーネントは、例えば接着によって互いに堅固に接続されている。インターフェース表面の形成など、支持フレームのより細かい細部は、例えば支持フレーム中への研削によって、或いは支持フレーム中の所定の位置に取付けブロックを提供することによって機械加工されている。また、締付けデバイス27を提供するべく、支持フレーム20中に孔がせん孔されている。

【0060】

場合によってはミラーM5を除くミラーM1~M6の各々は、対応するミラーの位置を検出するセンサ・ユニット25及びセンサ・ユニットに回答してミラーを所定の位置に移動させるアクチュエータ26を備えている。通常、すべてのアクチュエータを制御するべく、すべてのセンサからのセンサ情報が結合され、それにより自由度6のミラーが制御される。したがって一般的には1つのセンサが1つのアクチュエータに独自に結合されているわけではない。自由度6のミラーを移動させることができることが必要であるため、センサ・ユニット及びアクチュエータは、従来の投影光学系アセンブリに使用されているセンサ・ユニット及びアクチュエータと同じタイプである。ミラーM5は静止状態で保持されているが、場合によってはそのミラーM5を除くミラーM1~M6の各々は、例えば、反応質量及び磁気重力補償器を備えたローレンツ・アクチュエータ・ユニットを備えてい

10

20

30

40

50

る。詳細には3つのアクチュエータ・ユニット26が提供されており、その各々が、互いに直角をなす2つのアクチュエータを備えている。これらのユニットは、その一方の端部がミラー自体に取り付けられ、従来の投影光学系アセンブリと接触しているもう一方の端部は、インターフェース表面上の支持フレーム中に直接取り付けられている。同様に、ミラーの各々は、極端に優れた精度を有する3つのセンサ・ユニット25を備えている。センサ・ユニット25の各々は、2つの次元を測定することができ、したがって、すべての自由度6を測定するべく3つのセンサ・ユニット25が提供されている。センサ・ユニット25は、支持フレーム20中に提供されているインターフェース表面上に直接受け入れられている。センサ・ユニット25の各々は、基準表面24に対して、第2のミラーに対する1つのミラーの位置決めが基準表面24に対して達成される関係で配置されている。特定の実施例では、基準表面24は、支持フレーム中若しくは支持フレーム上に配置されている。詳細には、セグメントは、互いにインターフェース・ゾーン34でインターフェースするように適合され、基準表面は、前記インターフェース・ゾーン34の少なくとも一部からなり、また、複数のセグメントのうちの少なくとも1つは、センサ・ユニット25を受け入れるためのインターフェース表面24を備えており、対応するミラーに適応するように適合されている。

10

20

30

【0061】

図3は、図2a又は2bに示す投影光学系アセンブリの線I-Iに沿った断面を示したものである。図3に示す実施例では、垂直方向のインターフェース・ゾーンが示されているが、インターフェース・ゾーンの角度は、本発明には何ら重要ではないため、本発明はそれには何ら制限されない。実際、インターフェース・ゾーンは、水平或いは他の任意の角度にすることができる。この実施例ではミラーM6は六角形である。センサ・ユニット25及びアクチュエータ26は、ミラーM6の辺に交互に配置されている。支持フレーム20は、それぞれセンサ・ユニット25及びアクチュエータ26を受け入れるためのインターフェース表面30、31を備えている。上で言及したように、センサ・ユニット25の各々は、2つのセンサ・エレメントを備えている。また、センサ・ユニット25は、必要に応じて、センサ・エレメントの所定の位置に配置するようになされた、既知の寸法を有するスペーサを備えることができる。インターフェース表面30、31は、支持フレーム20上若しくは支持フレーム中に形成されている。この実施例の場合、図に示す支持フレーム材のブロックは、支持フレーム空洞28中に展開するようになされている。また、図には、支持フレーム20を貫通して図の平面中に展開しているロッド32が示されており、また、基準表面24は、図3の平面外に円で仮想的に示されている。基準表面の寸法は何ら制限されないこと、及び個々のアプリケーションに応じて様々であることは理解されよう。例えば、基準表面は、チューブすなわち中空ビームで構築することができる。中空ビームの断面は正方形にすることができるが、その構造或いは形状には何ら制限はない。

【0062】

図4は、投影光学系アセンブリの支持フレームを詳細に示したものである。支持フレーム20は、正方形の断面を有する中空ビーム48などのチューブで構築されたフレームを備えている。この場合も、基準表面24は、円24によって仮想的に示されている。ブロック42、44及び46がビーム20の上に設けられており、それらの上部外装表面は、それぞれセンサ・ユニット、アクチュエータ及びミラーのためのインターフェース表面30、40、50として機能している。ブロックの形状は何ら重要ではないこと、及び個々の投影光学系アセンブリの特定の幾何学に応じて様々であることは理解されよう。ブロック42、44、46は、センサ、アクチュエータ及びミラーがインターフェースするエレメントを略図で示したものである。実際のインターフェースは、水平、垂直或いは他の任意の角度で配向することができる。また、上部表面がインターフェース表面を提供することは何ら重要ではない。図には示されていないが、他の実施例では、インターフェース表面は、支持フレーム20中に形成された凹所の中に形成することができ、或いは凹所と突出構造の組合せであっても良い。詳細には、支持フレーム・セグメントは、任意の形状若

40

50

しくは任意の形態にすることができる。支持フレームは、必ずしも何らかの特定の断面を有するチューブで構成する必要はない。部品は固体材料で形成することができ、また、I字形、T字形或いはU字形のビームであっても良い。本発明は、支持フレームが十分な剛性を有し、アクセスを提供し、かつ、すべての部品、インターフェース及び必要な測定のための表面を提供することを条件として、特定の部品の形態に関して何ら制限されない。特定の実施例では、例えば、ミラー、センサ、アクチュエータ、ケーブル及び必要な他の任意のユニットの受入れを可能にする凹所が生成される固体材料で形成することができる。また、ブロック46は何ら重要ではない。ブロック46によって提供される機能は、ミラーのためのサポートを提供することである。詳細には、ブロック46は、ミラーのためのソフト・サポート、いわゆる重力補償器を提供している。この重力補償器は、可能な限り剛性が小さく、かつ、ミラーの重量を支えることができるユニットである。重力補償器は、2つの実施例のうち的一方に提供することができる。第1の実施例には、とりわけスプリング、磁気アセンブリ若しくは空気アセンブリを備えることができるブロック46によって個別の重力補償器が提供されている。この実施例の場合、ブロック46が必要である。この実施例では、ミラーと支持フレーム20の間に重力補償器を提供することができる。別法としては、内部重力補償器が提供され、アクチュエータの各々が、独自の重力補償器、例えばスプリング、追加磁石若しくは空気アセンブリを備えており、或いはそのコイルを通して所定の特定の電流を提供することによって独自の重力補償器を備えている。この代替実施例の場合、ブロック46は不要である。

10

20

30

40

50

【0063】

図5は、投影光学系アセンブリをさらに詳細に示したものである。詳細には、2つのセグメント間のインターフェースに沿った断面を示したものである。膨張係数の小さいInvar (Invarは商標である)などの材料でできていることが好ましいインサート51が提供されている。インサート51は、隣接するセグメント21と22の間に提供されている。Invarの膨張係数は小さいが、支持フレームの材料の1つであるZerodurなどの材料の膨張係数ほどには小さくないため、Invarの熱膨張によってシステムに常に導入されるあらゆる可能誤差を最小化するためには、インサート51の寸法は可能な限り小さい寸法を維持することが望ましい。熱安定性に関して、リソグラフィック装置の典型的な走査には約5分を要するため、したがって5分程度の期間の間、投影光学系アセンブリPLの動的安定性及び熱安定性が維持されることが望ましい。2つのセグメント21、22を結合するべく2つのインサート51が提供されている。第1のインサート51が第1のセグメント21とインターフェースし、第2のインサート51が第2のセグメント22とインターフェースしている。組立て済みの構造では、インサート51は、使用中にインターフェース・ゾーンを形成するべく、セグメント間に配置するように適合されており、したがって組立て状態ではインサート51は互いに接触し、接触しているインサートによって画定される表面の少なくとも一部が基準表面を形成している。インサート51を接着剤52で接着し、統合フレームを形成することができる。インサートの形状及び形態は、2つのセグメントの間のインターフェース領域のセグメントの特定の形状及び形態によって様々である。図に示す実施例の場合、インサートは、中空円錐形状のエレメントであり、円錐の広い方の底辺は囲われており、円錐の頂部には、やはり、ねじ付き金属ロッド32 (図2a参照)による締付け力の提供を可能にする孔が穿たれている。円錐は、インサート51と支持フレーム20の間に、できるだけ多くの表面積接触を得るべく三角形の垂直断面形状を有している。インターフェース平面の数であるセグメント中のインサートの数は、例えば3個若しくは4個にすることができる。三角形構造の場合、上記の観点から、図3に示すように3個のインサートが提供される。長方形構造の場合、上記の観点から4個のインサートが提供される。インサート51は、さらに、例えば力Fの締付け力がインサートに印加されると、この力Fを支持フレーム20中に伝達するのではなく、インサートを介して伝達するように適合されている。これは、支持フレーム材が、長期間に渡るフレームの安定性に影響を及ぼす可能性があり、最悪の場合、フレームが破壊する原因にもなる、例えばクリープ、リレーション若しくはクラックの形成に起因する過

度の応力を全く受けない利点を提供している。インサートの好ましい材料の 1 つである Invar の特性は、Zerodur 或いは他のガラス材よりも最適に応力に耐える特性を有している。

【0064】

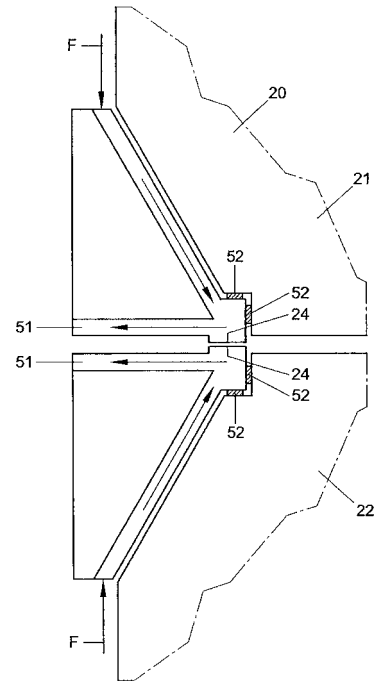
以上、本発明の特定の実施例について説明したが、説明した以外の方法で本発明を實踐することができることは理解されよう。以上の説明は、本発明を何ら制限するものではない。

【符号の説明】

【0065】

| | | |
|-----------------|--------------------|----|
| 1 1 | サポート | 10 |
| 1 2 | 弾性エレメント | |
| 2 0、2 0 0 | 支持フレーム（ビーム） | |
| 2 1、2 2、2 3 | セグメント | |
| 2 4 | 基準表面 | |
| 2 5 | センサ・ユニット | |
| 2 6 | アクチュエータ | |
| 2 7 | 締付けデバイス | |
| 2 8 | 支持フレーム空洞 | |
| 3 0、3 1、4 0、5 0 | インターフェース表面 | |
| 3 2 | ロッド | 20 |
| 3 4 | インターフェース・ゾーン | |
| 4 2、4 4、4 6 | ブロック | |
| 4 8 | 中空ビーム | |
| 5 1 | インサート | |
| 5 2 | 接着剤 | |
| C | 目標部分 | |
| F | 力 | |
| I F | 干渉計 | |
| I F 1、I F 2 | 位置センサ | |
| I L | 照明システム（イルミネータ） | 30 |
| M 1、M 2 | マスク位置合せマーク | |
| M 1 ~ M 6 | 光学アクティブ・ミラー | |
| M A | パターン化手段 | |
| M F | 度量衡学フレーム | |
| M T | 第 1 の支持構造 | |
| P 1、P 2 | 基板位置合せマーク | |
| P B | 投影ビーム | |
| P L | 投影システム（投影光学系アセンブリ） | |
| P M | 第 1 の位置決め手段 | |
| P W | 第 2 の位置決め手段 | 40 |
| S O | 放射源 | |
| V C | 真空チャンバ | |
| V P | 真空ポンプ | |
| W | 基板 | |
| W T | 基板テーブル | |

【 図 5 】



前記センサ・ユニットは、前記セグメントの中又は上の所定の位置に直接取り付けられ

る、請求項 1 に記載のリソグラフィック装置。

【請求項 3】

前記センサ・ユニットは、前記セグメントの中又は上に位置する基準表面に対するそれぞれの光学エレメントの位置及び / 又は配向を感知し、前記セグメントは、前記セグメントの中に形成された、前記センサ・ユニットを受け入れるためのインターフェース表面を備え、前記インターフェース表面は、前記基準表面に対して予め決定された所定の位置に配置される、請求項 2 に記載のリソグラフィック装置。

【請求項 4】

前記複数のセグメントは、互いにスタック配列で相互接続するようになっている、請求項 1 に記載のリソグラフィック装置。

【請求項 5】

前記支持フレームは、3つのセグメントを備え、前記複数の光学エレメントのうちの2つは、前記セグメントのうちの少なくとも2つのセグメントの各々中に取り付けられる、請求項 1 に記載のリソグラフィック装置。

【請求項 6】

前記支持フレームは、複数のインサートを備え、前記インサートは、使用中にインターフェース・ゾーンを形成するべく前記セグメント間に配置されるようになっており、組立て状態では、前記インサートが互いに接触し、前記接触しているインサートによって画定される表面の少なくとも一部が基準表面を形成する、請求項 1 に記載のリソグラフィック装置。

【請求項 7】

前記セグメントは、前記複数の光学エレメントのうちの1つに結合されたアクチュエータを固定して支持し、前記アクチュエータは、前記複数のセンサ・ユニットのうちの1つにตอบสนองして前記光学エレメントを所定の位置に移動させる、請求項 1 に記載のリソグラフィック装置。

【請求項 8】

前記セグメントは、実質的に水平面内で互いにインターフェースする、請求項 1 に記載のリソグラフィック装置。

【請求項 9】

投影放射ビームを提供するための照明システムと、
投影ビームの断面をパターン化するべく機能するパターン化手段を支持するための支持構造と、

基板を保持するための基板テーブルと、

パターン化されたビームを基板の目標部分に投射するための投影光学系アセンブリであって、複数の可動光学エレメント及び対応する光学エレメントの位置及び / 又は配向を感知するための複数のセンサ・ユニットを備え、前記可動光学エレメントが、支持フレーム上に間隔を隔てた関係で配置された投影光学系アセンブリとを備えたリソグラフィック装置であって、前記光学エレメントが、前記支持フレーム上に移動可能に取り付けられ、かつ、前記センサ・ユニットが、前記支持フレーム上に固定して取り付けられ、前記支持フレームが、内部に前記光学エレメントが前記間隔を隔てた関係で取り付けられる基準フレーム及び取付けフレームとして機能する1つのセグメントを備えることを特徴とするリソグラフィック装置。

【請求項 10】

前記センサ・ユニットは、前記セグメントの中又は上の所定の位置に直接取り付けられる、請求項 9 に記載のリソグラフィック装置。

【請求項 11】

前記セグメントは、前記複数の光学エレメントのうちの1つに結合されたアクチュエータを固定して支持し、前記アクチュエータは、前記複数のセンサ・ユニットのうちの1つにตอบสนองして前記光学エレメントを所定の位置に移動させる、請求項 9 に記載のリソグラフィック装置。

【請求項 1 2】

それぞれの光学エレメントが互いに間隔を隔てた関係で配置されるように複数の光学エレメントを複数の相互接続可能なセグメントの上に移動可能に取り付けるステップと、

前記複数の光学エレメントのうちの一つの位置及び / 又は配向を感知するために少なくとも一つのセンサ・ユニットを前記複数のセグメントのうちの少なくとも一つに固定して取り付けるステップと、

内部に前記光学エレメントが間隔を隔てた関係で取り付けられる基準フレーム及び取付けフレームとして機能する単一セグメント化可能支持フレームの少なくとも一部を形成するべく、前記セグメントを相互接続するステップと、

を備える、リソグラフィック装置のための投影光学系アセンブリを組み立てる方法。

【請求項 1 3】

基準フレーム及び取付けフレームとして機能する一つのセグメントを備える単一支持フレームに、複数の光学エレメントを互いに間隔を隔てた関係で移動可能に取り付けるステップと、

前記複数の光学エレメントのうちの一つに関連するセンサ・ユニットであって、前記光学エレメントの位置及び / 又は配向を感知するセンサ・ユニットを前記支持フレームに固定して取り付けるステップと、

を備える、リソグラフィック装置のための投影光学系アセンブリを組み立てる方法。

【請求項 1 4】

パターン化手段により投影放射ビームをパターン化するステップと、

パターン化された投影放射ビームを投影光学系アセンブリにより基板の目標部分に投影するステップであって、前記投影光学系アセンブリが複数の可動光学エレメント及び対応する光学エレメントの位置及び / 又は配向を感知するための複数のセンサ・ユニットを備え、前記可動光学エレメントが、支持フレーム上に間隔を隔てた関係で配置され、前記支持フレームが、相互接続された少なくとも2つのセグメントのアセンブリを備え、前記セグメントの各々が、前記複数の光学エレメントのうちの少なくとも1つを移動可能に取り付け、かつ、前記複数のセンサ・ユニットのうちの少なくとも1つを固定して取り付け、相互接続された前記セグメントが、内部に前記光学エレメントが前記間隔を隔てた関係で取り付けられる基準フレーム及び取付けフレームとして機能する、ステップと、

を備えるデバイス製造方法。

【請求項 1 5】

パターン化手段により投影放射ビームをパターン化するステップと、

パターン化された投影放射ビームを投影光学系アセンブリにより基板の目標部分に投影するステップであって、前記投影光学系アセンブリが複数の可動光学エレメント及び対応する光学エレメントの位置及び / 又は配向を感知するための複数のセンサ・ユニットを備え、前記可動光学エレメントが、単一支持フレーム上に間隔を隔てた関係で配置され、前記光学エレメントが前記支持フレームに移動可能に取り付けられ、かつ、前記センサ・ユニットが前記支持フレームに固定して取り付けられ、前記支持フレームは、内部に前記光学エレメントが間隔を隔てた関係で取り付けられる基準フレーム及び取付けフレームとして機能する一つのセグメントを備える、ステップと、

を備えるデバイス製造方法。

【請求項 1 6】

複数の可動光学エレメント及び対応する光学エレメントの位置及び / 又は配向を感知するための複数のセンサ・ユニットを備え、前記可動光学エレメントが支持フレーム上に間隔を隔てた関係で配置され、前記支持フレームが、相互接続された少なくとも2つのセグメントのアセンブリを備え、前記セグメントの各々が、前記複数の光学エレメントのうちの少なくとも1つを移動可能に取り付け、かつ、前記複数のセンサ・ユニットのうちの少なくとも1つを固定して取り付け、相互接続された少なくとも二つの前記セグメントが、内部に前記光学エレメントが前記間隔を隔てた関係で取り付けられる基準フレーム及び取付けフレームとして機能する、リソグラフィック装置のための投影光学系アセンブリ。

【請求項 17】

複数の可動光学エレメント及び対応する光学エレメントの位置及び／又は配向を感知するための複数のセンサ・ユニットを備え、前記可動光学エレメントが、単一支持フレーム上に間隔を隔てた関係で配置され、前記光学エレメントが前記支持フレームに移動可能に取り付けられ、かつ、前記センサ・ユニットが前記支持フレームに固定して取り付けられ、前記支持フレームは、内部に前記光学エレメントが間隔を隔てた関係で取り付けられる基準フレーム及び取付けフレームとして機能する一つのセグメントを備える、リソグラフィック装置のための投影光学系アセンブリ。