

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2013-511843

(P2013-511843A)

(43) 公表日 平成25年4月4日 (2013. 4. 4)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H01L 21/027 (2006.01)	H01L 21/30 515D	2H087
G02B 13/24 (2006.01)	H01L 21/30 516A	2H097
G03F 7/20 (2006.01)	G02B 13/24 5F146	
	G03F 7/20 501	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2012-539944 (P2012-539944)	(71) 出願人	397068274 コーニング インコーポレイテッド アメリカ合衆国 ニューヨーク州 148 31 コーニング リヴァーフロント プ ラザ 1
(86) (22) 出願日	平成22年11月10日 (2010. 11. 10)	(74) 代理人	100073184 弁理士 柳田 征史
(85) 翻訳文提出日	平成24年7月11日 (2012. 7. 11)	(74) 代理人	100090468 弁理士 佐久間 剛
(86) 国際出願番号	PCT/US2010/056123	(72) 発明者	グレジダ, ロバート ディー アメリカ合衆国 ニューヨーク州 144 50 フェアポート ベント オーク ト レイル 84
(87) 国際公開番号	W02011/062812		
(87) 国際公開日	平成23年5月26日 (2011. 5. 26)		
(31) 優先権主張番号	61/263, 178		
(32) 優先日	平成21年11月20日 (2009. 11. 20)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リソグラフィック結像システムの倍率制御

(57) 【要約】

リソグラフィック投影システムにおいて、一次元又は二次元の倍率調整をするための1つ以上の変形板の形態を成す補正光学部品がテレセントリックな像空間又は物体空間に取り付けられる。予荷重によって初期湾曲を成すことができる変形板によって、物体空間又は像空間の有効焦点距離を変化させることにより、投影システムの倍率に影響を与える弱い倍率が付与される。変形板によって付与される倍率を調整するため、変形板の湾曲曲率がアクチュエータによって調整される。

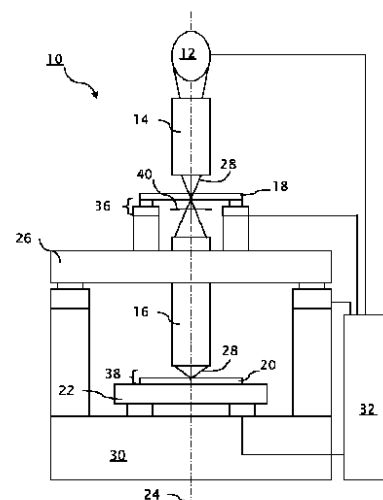


FIG. 1

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

倍率調整可能なリソグラフィック投影システムであって、
テレセントリックな物体空間又は像空間を有するテレセントリック結像システムと、
前記テレセントリックな物体空間又は像空間に配置され、前記テレセントリック結像システムに対し、曲率の関数として、限度された倍率を付与する変形板と、
前記結像システムの倍率を調整するため、前記変形板の曲率を一定の曲率変更範囲にわたり調整するアクチュエータと、
を備えたことを特徴とする投影システム。

【請求項 2】

前記変形板が、初期湾曲状態を有し、前記曲率変更範囲全体にわたり一定の全方向荷重状態に維持されることを特徴とする請求項 1 記載の投影システム。

【請求項 3】

(a) 前記テレセントリック結像システムが、前記初期湾曲状態の変形板によって与えられる一定の倍率を含む公称状態に設計され、

(b) 前記アクチュエータが、前記テレセントリック結像システムの公称状態における前記初期湾曲状態に対し前記変形板の曲率を増減する、
ことを特徴とする請求項 2 記載の投影システム。

【請求項 4】

アナモフィック倍率調整を行うため、前記アクチュエータが、前記テレセントリック結像システムの光軸に対し略垂直な方向に延びる横軸を中心に前記変形板の曲率を調整することを特徴とする請求項 1 記載の投影システム。

【請求項 5】

(a) 前記変形板が、前記結像システムの倍率調整のために一定の曲率変更範囲にわたり変形可能な複数の変形板の第 1 の変形板であり、

(b) 前記複数の変形板の前記第 1 の変形板が、前記テレセントリック結像システムの光軸に対し略垂直な方向に延びる第 1 の横軸を中心に調整可能であり、

(c) 前記複数の変形板の第 2 の変形板が前記テレセントリック結像システムの前記光軸に対し略垂直な方向に延びる第 2 の横軸を中心に調整可能である、
ことを特徴とする請求項 1 記載の投影システム。

【請求項 6】

累積アナモフィック倍率調整を行うため、前記第 1 及び第 2 の横軸が平行に延びていることを特徴とする請求項 5 記載の投影システム。

【請求項 7】

半径方向に対称な倍率調整を行うため、前記第 1 及び第 2 の横軸が直交する方向に延びていることを特徴とする請求項 5 記載の投影システム。

【請求項 8】

前記アクチュエータが、前記変形板を少なくとも 2 つの異なる方向に湾曲させ、該少なくとも 2 つの方向に異なる倍率を付与する複数のアクチュエータの 1 つであることを特徴とする請求項 5 記載の投影システム。

【請求項 9】

リソグラフィック投影システムの倍率を調整する方法であって、
前記リソグラフィック投影システムのテレセントリックな物体空間又は像空間に変形板を取り付けるステップと、
前記投影システムの倍率変化を監視するステップと、
前記投影システムの前記監視された倍率変化を補償するため、前記変形板の曲率を一定の曲率変更範囲にわたり調整するステップと、
を有して成ることを特徴とする方法。

【請求項 10】

前記変形板に初期曲率を与え、前記テレセントリック結像システムに限度された倍率を

10

20

30

40

50

付与するため、前記変形板を予荷重するステップと、

前記予荷重状態の変形板によって付与される前記限度された倍率を含めて前記投影システムを設計するステップと、

を有し、

前記調整するステップが、前記変形板を前記曲率変更範囲全体にわたり一定の全方向荷重状態に維持することを含んで成ることを特徴とする請求項9記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【関連出願の相互参照】

【0001】

本出願は、合衆国法典第35巻第119条(e)項に基づき、米国仮出願第61/263178号(出願日:2009年11月20日)の優先権を主張するものである。 10

【技術分野】

【0002】

本発明はフラットパネル・ディスプレイを含む半導体素子や集積回路の製造を目的として、基体にパターンをリソグラフィ投影することに関し、より詳細には投影パターンの倍率管理に関するものである。

【背景技術】

【0003】

マイクロリソグラフィック投影システムは、感光層を選択的に露光するために、超小型回路や超小型素子の製造の多くの段階において、パターンを基体に投影するものである。 20
所望の回路又は素子を製造するために、しばしばこのようなパターンを繋ぎ合せて広い領域を露光したり下部のパターンとの整合を取ったりする必要がある。周囲温度や圧力の変化等の動作条件の変化を補償することにより、継続的に行われる露光においてパターンを適切に関連付けるため、投影パターンの画像の倍率を細かく制御する必要がある。隣接パターンを繋ぎ合わせる必要があるステップ式リソグラフィにおいては、一般に、投影システムの画像面において2つの直交する方向の倍率制御が必要である。一般に、走査方向の露光時間を調整する走査リソグラフィにおいては、走査方向に直交する一方向のみの倍率制御が必要である。

【0004】

一般に、倍率制御は、(a)オブジェクト共役(例えば、レチクル)を相対平行移動させ物体側距離と像側距離との比を変えるか(b)対物レンズの視野レンズを相対平行移動させて対応する焦点距離の比を変えることによって行われる。何れの方法においても、構成要素がシフトすることによって倍率が変化するように、投影システムが物体空間において非テレセントリックでなければならない。しかし、小さな焦点移動によって投影画像の倍率が影響を受けないようにするためには、同じ投影システムが像空間においてテレセントリックでなければならない。部分コヒーレンス条件下において、照明と投影システムとが組み合わされた場合、像空間においてテレセントリシティを維持するために必要な物体空間における光線の角度分布がより複雑になる。その結果、倍率の変化の他に、物体空間における構成要素のシフトによって像空間に投影される画像が歪んだり、波面収差が生じたりする。歪を抑制して倍率の修正を行うためには構成要素のシフトに対向するものを組み合わせる必要がある。物体空間がテレセントリックな投影システムは、レンズ部品間の空気圧やビーム周波数によって異なる特別な表面形状を有する補正光学系を用いて倍率と歪を組み合わせ調整している。 30 40

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0005】

特に両側テレセントリック・リソグラフィック投影システムに適している本発明は、一次元又は二次元の倍率調整(例えば、アナモフィック倍率調整や半径方向に対称な倍率調整)をするための1つ以上の変形板の形態を成す補正光学部品の採用を特徴とするものである。変形板によって、物体空間又は像空間の有効焦点距離を変化させることにより、投 50

影システムの倍率に影響を与える弱い倍率が付与される。変形板によって付与される倍率を調整するため、変形板の湾曲曲率がアクチュエータによって調整される。

【0006】

所定の曲率変更範囲全体にわたり、一定の全方向荷重状態に維持されることにより、変形板が曲率変更範囲全体にわたり連続的に調整可能であることが好ましい。例えば、変形板を初期予荷重し、次に、好ましい動作範囲において、初期予荷重に対し荷重を増減することにより、変形板の弛緩状態への遷移を防止できる。予荷重による変形板の湾曲状態及びそれに伴う投影システムの倍率に与える影響を含めて投影システムが設計されることが好ましい。

【0007】

投影システムの内部又は周囲の温度又は圧力を測定することにより、投影システムの動作に付随した倍率の変化を間接的に監視することができると共に、投影パターンの寸法を測定することにより直接的に監視することもできる。コントローラによりアクチュエータを制御して変形板の曲率を変更することにより、監視した倍率の変化を補償することができる。

【0008】

倍率調整可能なリソグラフィック投影システムとしての本発明の1つの形態は、テレセントリックな物体空間又は像空間を有するテレセントリック結像システム及びテレセントリックな物体空間又は像空間に配置され、テレセントリック結像システムに対し、曲率の関数として、限度された倍率を付与する変形板を備えている。結像システムの倍率を調整するため、アクチュエータが、変形板の曲率を一定の曲率変更範囲にわたり調整する。

【0009】

アクチュエータは、初期湾曲状態に対し、変形板の曲率を増減することが好ましい。また、変形板は曲率変更範囲全体にわたり一定の全方向荷重状態に維持されることが好ましい。変形板が初期湾曲状態に予荷重されるようアクチュエータを構成することができる。テレセントリック結像システムを初期湾曲状態の変形板によって与えられる一定の倍率を含む公称状態に設計することができる。

【0010】

変形板は、それが取り付けられる結像システムの光軸と一致する光軸を有していることが好ましい。アナモフィック倍率調整を行うためには、変形板と結像システムの共通光軸に対し垂直な方向に延びる1つの軸を中心に変形板が湾曲することが好ましい。従って、弱い円筒状の倍率を付与するよう変形板を構成することができる。

【0011】

変形板は、結像システムの倍率調整のために一定の曲率変更範囲にわたり変形可能な複数の変形板の第1の変形板とすることができる。各々の変形板は、曲率変更範囲全体にわたり一定の全方向荷重状態に維持されることが好ましい。アクチュエータは変形板を少なくとも2つの異なる方向に湾曲させる複数のアクチュエータの1つ又は複数の変形板をまとめて同一又は異なる方向に変形させるアクチュエータであってよい。例えば、1つの変形板を第1の横軸を中心に湾曲させ、別の変形板を第2の横軸を中心に湾曲させることができる。倍率を大きくするために、変形板の第1及び第2の横軸を平行配向することができる。半径方向に対称な倍率調整をするために、変形板の第1及び第2の横軸を直交配向することにより各々の板によって等しい倍率が付与されるようにすることができる。アナモフィック倍率調整を行うため、変形板によって異なる倍率が付与されるようにする、即ち、非直交軸となるよう変形板を配向することができる。

【0012】

本発明の別の態様は、リソグラフィック投影システムの倍率補正に関するものである。変形板を初期湾曲状態に予荷重することができる。アクチュエータが、公称曲率に対し、変形板の曲率を一定の曲率範囲にわたり相対的に増減できる。変形板が所定の曲率変更範囲全体にわたり一定の全方向荷重状態に維持される。

【0013】

変形板がアクチュエータによって初期湾曲状態に予荷重されることが好ましい。公称曲率半径が10メートルを超える好ましい変形板が、前面及び後面を有し、初期湾曲状態において、前面及び後面の何れか一方が圧縮状態、他方が伸張状態となるよう横軸を中心に湾曲する。また、所定の曲率変更範囲全体にわたり、1つの表面が圧縮状態を維持し他の表面が伸張状態を維持する。

変形板の初期湾曲状態が公称円形弓形からずれている場合、板の光学的厚さを変更してずれを補償することにより結像システムの歪みを防止することができる。変形板は投影システムを通して光を透過する光学領域及び変形板に湾曲荷重を与えるアクチュエータに噛合する取付け領域を有している。アクチュエータは変形板の取付け領域に噛合し、変形板に湾曲荷重を付与する。例えば、アクチュエータは、取付け領域に噛合する回転素子によって変形板に湾曲モーメントを付与することができる。

10

【0014】

別の方法として、変形板を背板に密封しその間に封止空洞を設け、アクチュエータによって封止空洞内の圧力を調整することにより、所定の曲率変更範囲にわたり、変形板を変形させることができる。変形板が重力によって変形するよう配向することもできる。アクチュエータはスパンが異なる変形板を調整可能に支持することにより、所定の曲率変更範囲にわたり、変形板を変形させることができる。少なくとも一部は変形板の支持体の配置に依存するが、通常は変形板の露出面に加えられる力によって、アナモフィックな変形及び半径方向に対称な変形のいずれも達成することができる。例えば、平行な支持体を用いて円筒状の倍率調整が可能であり、半径方向に対称な支持体を用いて球状の倍率調整を行うことができる。

20

【0015】

本発明の更に別の態様は、リソグラフィック投影システムの倍率を調整する方法に関するものである。リソグラフィック投影システムのテレセントリックな物体空間又は像空間に変形板が取り付けられる。投影システムの倍率変化が監視され、投影システムの監視された倍率変化を補償するため、変形板の曲率が一定の曲率変更範囲にわたり調整される。

【0016】

変形板を予荷重して初期曲率を与えることにより、投影システムに限度された倍率を付与することが好ましい。1つ以上の実施の形態において、本発明は(a)2つの直交する方向に独立した倍率制御が可能であり(b)結像システムの収差に与える影響が極めて小さく(c)比較的簡単な機構で動作可能であり(d)各種リソグラフィック・ツールの光学結像システムに完全に適合し(e)1つのリソグラフィック・ツールにおける多数の光学システムに完全に適合することができる。

30

【0017】

投影システムは、予荷重状態の変形板によって付与される限定された倍率を含めて設計されることが好ましい。変形板は、所定の曲率変更範囲全体にわたり一定の全方向荷重状態に維持されることが好ましい。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】倍率調整のための変形板をテレセントリックな物体空間に配置したリソグラフィック投影システムを示す図。

40

【図2】予荷重前の状態の変形板及び変形板に予荷重を付与又は湾曲させる装置を示す側面図。

【図3】予荷重状態及び全体として円筒形を成して更に湾曲させた状態を示す変形板の斜視図。

【図4】それぞれ直交する方向に湾曲するよう構成された2つの重複した変形板の斜視図。

【図5】2つの独立した制御可能な圧力室間に変形板を取り付けて球状に変形させる封止可能なレンズ筒の断面斜視図。

【図6】円筒形又は球形のような望ましい形状を歪める湾曲力を補償するための非球面及

50

び変厚を有する変形板の断面図。

【図 7】 取付け面内に球形の変形を容易にするスロットを備えた変形板の平面図。

【図 8】 共通のアクチュエータによって、同時に所望の形状に変形する一対の変形板の側面図。

【発明を実施するための形態】

【0019】

本発明の利益を享受する投影システムの例として、マイクロリソグラフィック投影システム（ツール）10について説明する。本システムは光源12、照明器14、及びレチクル18を基体20に投影する投影レンズ16を備えている。照明器14及び投影レンズ16の共通光軸24に対し垂直な2つの直交する方向に平行移動可能な水平X-Y軸ステージ22によって投影レンズ16に対し基体20が相対移動することにより、基体20の領域が継続的に露光される。垂直Z軸ステージ26によって、投影レンズ16が光軸24に沿って基体20に対し相対平行移動することにより、レチクル18が基体20上に適切に結像される。

10

【0020】

光源12は感光性基体20の現像に適した光ビーム28の形態を成す光を出射する。特定のスペクトル線を対象とした高圧水銀アークランプのようなランプ光源や特に遠紫外線スペクトル内で動作するエキシマ・レーザーのようなレーザー光源を含め、多種多様な既知の装置を光源12として使用できる。

【0021】

20

照明器14は光ビーム28の成形及び空間的配分を行い、投影レンズの瞳及び基体20に一致する像面における角度的及び空間的照射プロファイルの設定を目的とするものである。図1には示していないが、一般的なマイクロリソグラフィ用の照明器は、ビーム28の収集及び成形用のプロファイラ、光を均一な照射野にするユニフォーマイザ（例えば、万華鏡又はハエの目アレイ）、及びユニフォーマイザからの像を照明器14の像面が投影レンズ16の物体平面と一致するレチクル18に中継するリレーレンズを備えている。

【0022】

部分的コヒーレント結像を行うために、照明器14の出口の開口数より大きい入口開口数を有していることが好まし投影レンズ16はレチクル18の像を基体20に投影するものである。即ち、一般に照明器14の瞳（図示せず）と共役な投影レンズ16の瞳（図示せず）が、照明器の瞳の像で満たされずレチクル18の照射物からの角度的に発散した光を収集できる大きさを有し、レチクル18の高解像度の像が基体20上に結ばれることが好ましい。レチクル18の投影像は必要に応じて拡大又は縮小することができる。投影レンズ16は、反射又は回折素子、屈折素子、又は反射屈折光学系のようなこれ等の素子の組合せを有することができる。

30

【0023】

「マスク」とも呼ばれるレチクル18は、基体20に投影するための、投影レンズ16の視野に収まるサイズ又は収まらないサイズにすることもできる1つ以上のパターンを含んでいる。投影レンズに対し大きいパターンを有するレチクルを相対平行移動させることにより、レチクルのパターンのそれぞれの部分を連続的に露光できる。

40

一般に、感光性基体20は光の照射に反応するフォトレジストで処理された半導体ウェハやガラス・パネルのような平坦な形態を成している。基体20全体を一度に撮像できない場合が多く、その場合には基部30上の水平X-Y軸平行移動ステージ22が基体20を所定の位置範囲にわたり平行移動することにより、基体20の所望の作業領域に集散的に光が照射される。投影レンズ16は光軸24に沿った基体20からの像距離を調整可能とするため、基部30の上部の垂直Z軸平行移動ステージ26に支持されている。コントローラ32は投影システム10の露光処理の調整を行うと共に、投影レンズ16、レチクル18、及び基体20間の相対運動を調整する。

【0024】

変形板40は投影レンズ16のテレセントリック物体空間36内のレチクル18の近傍

50

に配置されている。変形板 40 が初期変形状態に予荷重されることにより、投影レンズ 16 の倍率が制限される。そのため、関連する他の部品を含め、投影レンズ 16 は変形板の初期変形（予荷重）状態による倍率の制限を補償し、投影レンズ 16 本来の所望倍率を保持するように設計されている。変形板 40 は、テレセントリック物体空間 36 内に示してあるが、基体 20 近傍のテレセントリック像空間 38 に配置することもできる。この選択は主としてスペース及びアクセスを考慮して行われる。何れの位置においても、変形板によって像空間及び物体空間の両方がテレセントリックであるリソグラフィ・システムの倍率を制御できる。

【0025】

図 2 は 1 つの横軸 60 を中心に湾曲した初期変形（予荷重）状態の変形板 40 を示す図である。変形板 40 の一端 42 において一对の支点支持体 54、56 を介して動作するアクチュエータ 50 及び他端 44 のアンカー 52 によって予荷重される。変形により、変形板 40 の前面 46 が圧縮され背面 48 が伸張される。

予荷重前の変形板 40 は、前面 46 及び背面 48 が平坦且つ平行である、薄く平坦な平行板であることが好ましい。変形板 40 は非晶質又は結晶質の光学ガラスから成り、不要な波面収差及び均一性の逸脱を生じることなく光を透過することが好ましい。また、変形板 40 は所望の湾曲が得られるよう、端部 42 と 44 との間の長さに対し十分薄いことが好ましい。例えば、全長 90 ミリメートルの板は、その厚さが 5 ミリメートル以下であることが好ましい。

【0026】

予荷重前の状態において、変形板 40 は誘発波面収差が無視できる程度に僅かに湾曲を成していることが好ましい。変形板は公称曲率が 0.1 メートル未満の初期湾曲状態に予荷重されることが好ましい。しかし、変形板 40 は、部分的な予荷重解除及び更なる加圧による一連の湾曲に対応できるよう予荷重状態において十分湾曲し、対応する低倍率から高倍率までの一連の倍率調整が可能である。従って、変形板 40 は荷重状態と無荷重状態との間の遷移に伴う不安定性を避けるため、無荷重状態からの又は無荷重状態への調整は行われない。

【0027】

図 3 は初期湾曲（予荷重）状態（ファントムで示す）から、40A で示すように、アクチュエータ 50 及び支点支持体 54、56 によって各端部 42 と 44 との間に生じたモーメント 62、64 によって更に湾曲した状態の変形板 40 を示す図である。横軸 60 を中心に湾曲させることにより、基体 20 の像フィールドの 1 つの直交する方向において倍率にアナモフィックな変化が生じる。端部 42、44 を線形変位又は角変位させることによってモーメント 62、64 が生じる。

【0028】

以下に示す表は、それぞれ長さが略 90 ミリメートル（mm）であるが、厚さの異なる変形板の感度を示している。「 μm 」はマイクロメートル、「mm」はミリメートル、「m」はメートル、「ppm」はパーツ・パー・ミリオン、「deg」は度をそれぞれ意味している。「撓み」の測定方法を図 2 に示す。

【表 1】

変形板の厚さ (mm)	1.25	2.5	5
20 ppm における撓み (μm)	29.4	14.7	7.3
曲率半径 (m)	20.0	39.9	79.9
板端部における最大傾斜 (deg)	0.006	0.012	0.025

【0029】

表に示すように、湾曲範囲及び感度は湾曲板の厚さに略直線的に変化する。それぞれが溶融石英から成り、共通の目標倍率を有する厚さ 2.5 ミリメートル（mm）の板と厚さ

5 ミリメートル (mm) の板とを比較した、より直接的な比較例を以下の表に示す。

【表 2】

板厚	2.5 mm	5.0 mm
撓み	14.683 μm	7.342 μm
円筒半径	39945.7 mm	79887.1 mm

10

【0030】

同じ範囲の倍率調整をする場合、厚さが大きい板の湾曲を小さくすることができる。しかし、厚さが大きい板、特に 5.0 mm を大幅に上回る板を湾曲させるのは困難であり別の意図しない効果が生じる可能性がある。

【0031】

傾斜した板がテレセントリック光線をどのように偏移させるか検討することによって板の円筒形歪曲を伴う比較的純粋な倍率変化を導き出すことができる。偏移は板の傾斜、厚さ、及び屈折率の関数である。テレセントリック光線というのは結像レンズの開口絞りの中心を通る光線であって、テレセントリック像又は物体空間において平行である。局部的に見れば、円筒形に湾曲した板はそれぞれが光軸からの距離の正弦関数で大きくなる傾斜を有する複数の板であると見なすことができ、湾曲が小さい場合には光線の偏移と光軸からの距離との関係が極めて直線的である。この線形性は (a) 偏移が光軸からの距離に比例すること及び (b) 偏移によって湾曲方向の歪みではなく画像の倍率のみが変化することを意味している。

20

【0032】

例として、テレセントリック光線の端部において最大入射角が 1 度になるよう、板を円筒形に湾曲させた場合、歪み (即ち、直線偏移からのずれ) は倍率の略 1 : 15, 000 である。テレセントリック光線の端部において最大入射角が 2 度の場合、歪み対倍率の比が 4 倍の 1 : 3, 750 になる。このように、湾曲板、特に曲率が小さい場合、テレセントリック光線において、歪み効果に対し倍率効果が明らかに支配的となる。

30

【0033】

図 4 は 2 つの直交する方向における倍率補正を行うよう配置された一対の変形板 70、90 を示す図である。矢印で示すアクチュエータ 80、82 が変形板 70 の対向端部 72、74 の支点 76、78 に作用することにより対抗モーメントが生じ、その結果変形板 70 が横軸 84 を中心に湾曲する。同様に、矢印で示すアクチュエータ 100、102 が変形板 90 の対向端部 92、94 の支点 96、98 に作用することにより対抗モーメントが生じ、その結果変形板 90 が横軸 84 に直交する方向に延びる横軸 94 を中心に湾曲する。軸 84、94 は、変形板 70、90 の光軸 104 及び板 70、90 が取り付けられている結像システムの光軸 24 に垂直な方向に延びていることが好ましい。変形板 70、90 を組み合わせることにより、板 70、90 の各々によって調整された相対倍率を相対的に調整するか又は軸 84、94 の相対角度位置を調整することにより、一連の範囲におけるアナモフィックな倍率調整を行うことができる。直交する軸 84、94 を中心とする 2 つの板 70、90 の倍率調整を等しくすることにより、基体 20 において、均一な倍率調整 (即ち、半径方向に対称な倍率調整) を行うことができる。倍率補正が行われる 2 つの直交軸 84、94 のうちの 1 つが、基体 20 上を投影レンズ 16 がステップ移動又は走査する方向と一致していることが好ましい。

40

【0034】

図 5 は圧力制御環境内に変形板 120 を取り付けするための封止レンズ筒 110 の断面図である。変形板 120 は前記板取り付けシステムの支点と同等の機能を有する環状台座部 112 の上に載置され、変形板が載置されると封止レンズ筒 110 が 2 つの独立した制御可

50

能な圧力室 1 1 4、1 1 6 に分割される。2 つの圧力室 1 1 4 と 1 1 6 との圧力差を調整するため、窒素のような不活性ガスがそれぞれの開口部 1 2 6、1 2 8 を通してポンプ注入される。上部室 1 1 4 の高圧によって変形板 1 2 0 が環状台座 1 1 2 に押厚されることにより、変形板 1 2 0 が対称的に変形し基体 2 0 全体にわたり均一な倍率調整が行われる。変形板 1 2 0 が倍率調整の目的範囲全体を通して所定の変形状態を維持できるように投影レンズ 1 6 の公称動作条件下においても圧力差が維持されることが好ましい。

【0 0 3 5】

不要な波面収差及び歪みを抑制しつつ倍率を補正あるいは調整するため、投影レンズ 1 6 のテレセントリック物体空間 3 6 又はテレセントリック像空間 3 8 の倍率を調整するための前記実施の形態における変形板 4 0、7 0、9 0 が円筒形に湾曲し、変形板 1 2 0 が球形に変形することが好ましい。湾曲力の調整、中心から縁部にかけて変形板の厚さを変える補償、及び望ましい湾曲性を得るための光学区域外におけるその他の調整によって、望ましい円筒形又は球形からの予測又は測定可能なずれをできるだけ小さくすることができる。また、板の曲率中心が投影レンズ 1 6 の光軸 2 4 に沿った中心から移動しないよう変形板 4 0、7 0、9 0 を水平方向に変位させることができる。

【0 0 3 6】

図 6 は説明のために誇張して描いた半径方向の厚さが変化している変形板 1 3 0 を示す図である。変形板 1 3 0 の前面 1 3 2 は平坦であるが、後面 1 3 4 が非球面を成している。変形板の光軸 1 3 6 に対し対称であるが、厚さの変化は分配されなかった湾曲力を補償することによって変形板 1 3 0 を円筒形又は球形に変形させることを目的とするものである。具体的には、厚さの変化は、意図した予荷重状態において、変形板 1 3 0 をより円筒形又は球形に近づけることを意図したものである。変形板 1 3 0 の後面 1 3 4 のみが非球面形状を成しているが、前面 1 3 2 及び後面 1 3 4 の何れか一方又は両方が非球面形状を成し、予荷重状態において、より円筒形又は球形に近づけることができる。

【0 0 3 7】

図 7 は、光学境界線 1 4 8 で示す光学領域 1 4 6 の外側の取付け領域 1 4 4 にスロット 1 4 2 が形成された変形板 1 4 0 を示す図である。変形板 1 4 0 の意図した光学性能が妨害されないよう、変形板を変形させる湾曲荷重が光学領域 1 4 6 の外側の取付け領域 1 4 4 に加えられる。取付け領域 1 4 4 は投影レンズ 1 6 の光学システムの一部ではないため、スロット 1 4 2 やアクチュエータ（図示せず）からの力に係合又は力を伝達する構造体を含む改造を加えることができる。

【0 0 3 8】

変形板は投影レンズ内のテレセントリック空間を有効に利用して、他の光学的考慮事項とは無関係に倍率を調整できるのみならず、テレセントリック物体空間において、両側テレセントリック投影レンズの倍率を調整することができる。変形板がなければ、倍率調整のために調整する必要があるレチクル及びレンズ素子を含む投影レンズ内の他の部品を固定できる。更に、対称な部品を用いて、像空間と物体空間とが等しくテレセントリックである、両側テレセントリック投影レンズを設計することにより、波面誤差の発生源を少なくすることができる。勿論、実用的な光学設計品はいずれも理論的なテレセントリシティから一定のずれがあることは明らかであり、そのためにテレセントリシティの許容範囲を設定し、意図した倍率調整範囲内における不要な歪みを設計範囲内に収めることが好ましい。

【0 0 3 9】

図 8 は薄い板によって大きな倍率調整を行うために同時に変形する複合変形板 1 5 0、1 6 0 の共同動作を示す図である。それぞれの支点 1 5 2、1 5 4、及び 1 6 2、1 6 4 によって個別に支持されているが、板 1 5 0、1 6 0 はアクチュエータ 1 6 6 及び 1 6 8 によって同時に変形される。変形板を追加積層することにより、1 方向又は直交 2 方向の倍率を更に大きく変更することができる。板 1 5 0、1 6 0 を球形に変形させるため、各々の支点对 1 5 2、1 5 4、及び 1 6 2、1 6 4 は、板 1 5 0、1 6 0 を支持するための環状台座とし、アクチュエータ 1 6 6、1 6 8 を板 1 5 0、1 6 0 の縁部と係合する共通

の環状圧縮リングの部分とすることができる。

【0040】

これまでの実施の形態における各種のアクチュエータ50、52、80、82、100、102、114、116、166及び168をコントローラ32に接続し、リソグラフィック投影システム10の動作に関連した連続的、断続的、又は自動的な倍率補正を行うことができる。自動倍率調整を行うための制御システムはよく知られている。例えば、投影システム10又は基体20の動作状態を監視するためのセンサー（図示せず）を配置して倍率調整を必要とする投影システム10又は基体20の反応を予測する情報をコントローラに供給するか、撮像した測定基準体の寸法を計測する等、別の手段を用いて投影システム16の倍率をより直接的に監視することにより、アクチュエータを制御するための情報をコントローラに供給することができる。多くのリソグラフィック・システムにおいては連続閉ループ倍率調整が好ましい。

10

【0041】

レチクル18の像を基体20に投影するよう構成されたリソグラフィック投影システムについて説明したが、本発明は投影パターンを空間光変調器で形成するリソグラフィック投影システムにもそのまま適用できる。変形板は基体に投影するパターンを生成する物体空間のマイクロレンズ・アレイ出射端近傍を含む物体又は像共役点近傍に配置することができる。

【0042】

テレセントリック・リソグラフィック投影システムのテレセントリック像空間及び物体空間は、物体及び像共役点からの距離に応じて徐々に瞳空間に遷移する。結像システムの収差を回避するため、変形板は何れか一方の像共役点のできるだけ近くに配置されることが好ましいが、主として像又は物体空間の別の位置であって、像フィールド又は物体フィールドの点の瞬時瞳（即ち、視野の点から延びる光錐の口径）が開放口より十分小さくなる位置、好ましくは1/4以下になる位置に変形板を配置することによっても本発明の効果を得ることができる。

20

【符号の説明】

【0043】

10	マイクロリソグラフィック投影システム
12	光源
14	照明器
16	投影レンズ
18	レチクル
20	基体
22	水平X-Y軸ステージ
24	共通光軸
26	垂直Z軸ステージ
28	光ビーム
30	基部
32	コントローラ
36	テレセントリック物体空間
38	テレセントリック像空間
40	変形板
50	アクチュエータ
52	アンカー
54、56	支点支持体

30

40

【図 1】

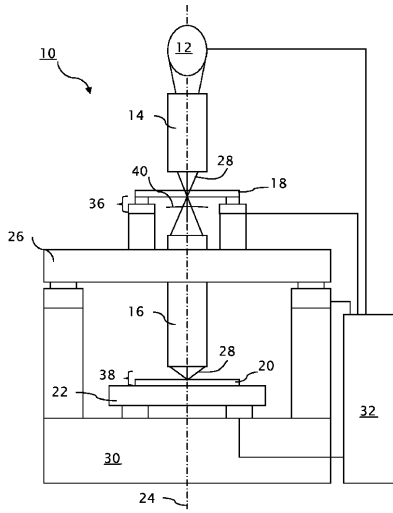
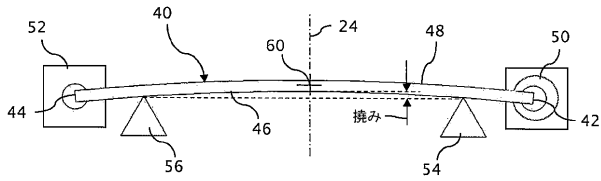


FIG. 1

【図 2】



【図 5】

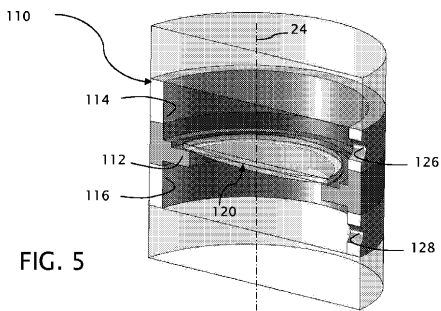


FIG. 5

【図 6】

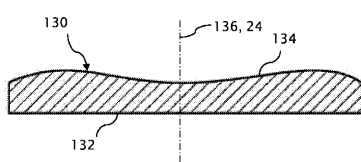


FIG. 6

【図 3】

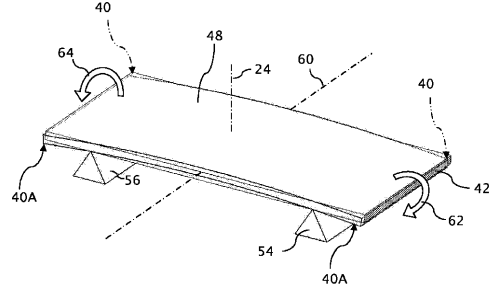


FIG. 3

【図 4】

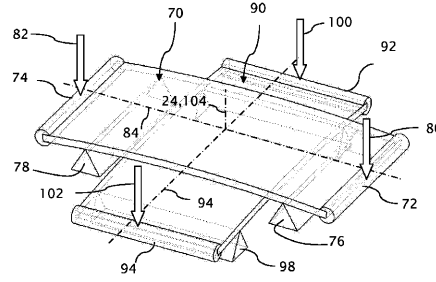


FIG. 4

【図 7】

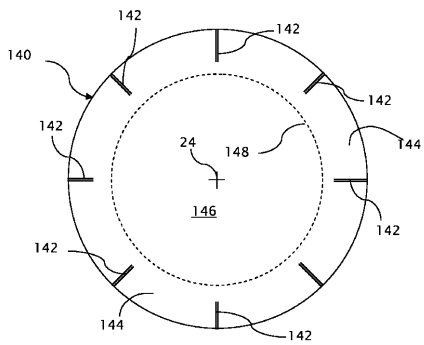


FIG. 7

【図 8】

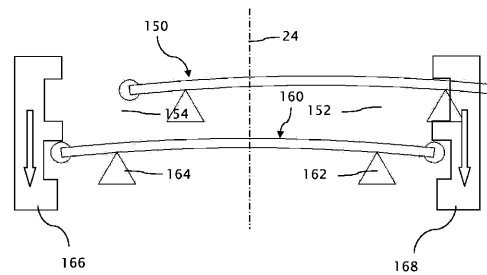


FIG. 8

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2010/056123

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G03F7/20 G02B15/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B G03F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 676 631 A (KOSUGI MASAO [JP] ET AL) 30 June 1987 (1987-06-30)	1-8, 10, 12-14, 16-20
Y	column 3, line 21 - column 5, line 17; figures 2a, 2b, 3 column 7, line 21 - column 8, line 68; figures 5, 6	15
X	US 5 557 469 A (MARKLE DAVID A [US] ET AL) 17 September 1996 (1996-09-17) column 5, line 25 - column 9, line 56; figures 3a-c, 4, 8a-c, 9a-b, 10a-b ----- -/--	1-6, 12-14, 17-20

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 April 2011

Date of mailing of the international search report

09/05/2011

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

van Toledo, Wiebo

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2010/056123

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2003/095342 A1 (MATSUMOTO NORIYOSHI [JP] ET AL) 22 May 2003 (2003-05-22)	1-7,9, 10, 12-14, 17-20
A	paragraph [0077] - paragraph [0084]; figure 5	11
X	----- EP 1 835 527 A1 (NIPPON KOGAKU KK [JP]) 19 September 2007 (2007-09-19) paragraph [0067]; figure 11 paragraph [0032]	1-5, 18-20
X	----- US 2005/041230 A1 (OTSUKA AKIRA [JP]) 24 February 2005 (2005-02-24) paragraph [0023] - paragraph [0045]; figures 1-5	12-14, 16,17
X	----- US 6 295 118 B1 (TAKEUCHI SEIJI [US]) 25 September 2001 (2001-09-25)	12-14,16
A	figures 2a,2b,9,10; examples 1,5,6	15
Y	----- US 2002/149756 A1 (TOKUDA NORIAKI [JP] ET AL) 17 October 2002 (2002-10-17) paragraph [0062] - paragraph [0065]; figures 4,5a,5b	15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2010/056123

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4676631	A	30-06-1987	JP 1863840 C	08-08-1994
			JP 5078930 B	29-10-1993
			JP 61278141 A	09-12-1986

US 5557469	A	17-09-1996	EP 0788612 A1	13-08-1997
			JP 10509561 T	14-09-1998
			JP 4173194 B2	29-10-2008
			JP 4170357 B2	22-10-2008
			JP 2007019549 A	25-01-2007
			WO 9613741 A1	09-05-1996

US 2003095342	A1	22-05-2003	CN 1420392 A	28-05-2003
			DE 10253681 A1	28-05-2003
			KR 20030052967 A	27-06-2003
			TW 1267708 B	01-12-2006

EP 1835527	A1	19-09-2007	WO 2006064728 A1	22-06-2006
			KR 20070088467 A	29-08-2007
			US 2008018870 A1	24-01-2008

US 2005041230	A1	24-02-2005	CN 1584745 A	23-02-2005
			DE 102004039199 A1	10-03-2005
			JP 4368639 B2	18-11-2009
			JP 2005062635 A	10-03-2005
			KR 20050020590 A	04-03-2005

US 6295118	B1	25-09-2001	JP 10133150 A	22-05-1998

US 2002149756	A1	17-10-2002	NONE	

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 ミカロスキ, ポール エフ

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 6 2 0 ロチェスター ロッキングガム ストリート 3 4
3

Fターム(参考) 2H087 KA21 LA01 NA01 RA42

2H097 BA01 BB03 GB01 GB02 GB03 KA03 LA10 LA11

5F146 BA04 BA05 CB19 CB44 DA13