

(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2007-103657

(P2007-103657A)

(43) 公開日 平成19年4月19日(2007.4.19)

(51) Int. Cl.		F I		テーマコード (参考)		
H O 1 L	21/027	(2006.01)	H O 1 L	21/30	5 1 7	2 H O 4 4
G O 3 F	7/20	(2006.01)	H O 1 L	21/30	5 3 1 A	2 H O 9 7
G O 2 B	7/02	(2006.01)	G O 3 F	7/20	5 O 1	5 F O 4 6
			G O 2 B	7/02	C	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2005-291295 (P2005-291295)	(71) 出願人	000001007
(22) 出願日	平成17年10月4日 (2005.10.4)		キヤノン株式会社
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号
		(74) 代理人	100090538
			弁理士 西山 恵三
		(74) 代理人	100096965
			弁理士 内尾 裕一
		(72) 発明者	崎野 茂夫
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
		(72) 発明者	伊藤 博仁
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

最終頁に続く

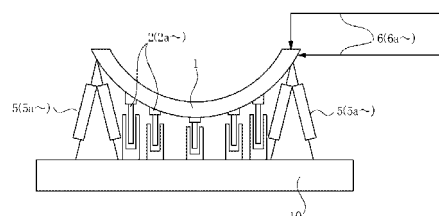
(54) 【発明の名称】 光学素子保持装置、露光装置およびデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 光学素子を変形させかつ位置決めして保持するための新規かつ有用な技術を提供すること。

【解決手段】 光学素子保持装置を、光学素子を変形させる少なくとも1つの力発生アクチュエータと、前記光学素子の剛体運動モードにおける位置を計測する計測手段と、前記計測手段の計測結果に基づき前記光学素子を位置決めする変位発生アクチュエータとを有するものとする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光学素子を変形させる少なくとも 1 つの力発生アクチュエータと、
前記光学素子の剛体運動モードにおける位置を計測する計測手段と、
前記計測手段の計測結果に基づき前記光学素子を位置決めする変位発生アクチュエータ
と
を有することを特徴とする光学素子保持装置。

【請求項 2】

前記力発生アクチュエータが発生した力の計測結果に基づいて前記力発生アクチュエータをフィードバック制御することを特徴とする請求項 1 に記載の光学素子保持装置。

10

【請求項 3】

前記力発生アクチュエータの駆動電流が一定となるように制御することを特徴とする請求項 1 に記載の光学素子保持装置。

【請求項 4】

前記力発生アクチュエータと前記変位発生アクチュエータとを並列に配したことを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の光学素子保持装置。

【請求項 5】

前記力発生アクチュエータと前記変位発生アクチュエータとを直列に配したことを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の光学素子保持装置。

【請求項 6】

前記力発生アクチュエータを支持する支持板をさらに有し、前記変位発生アクチュエータは、前記支持板の剛体運動モードにおける位置の計測結果に基づき前記支持板を位置決めすることを特徴とする請求項 5 に記載の光学素子保持装置。

20

【請求項 7】

光学系および原版を介し基板を露光する露光装置であって、
前記光学系中の少なくとも 1 つの光学素子を保持する請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の光学素子保持装置
を有することを特徴とする露光装置。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の露光装置を用いて、光学系および原版を介し基板を露光するステップ
を有することを特徴とするデバイス製造方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学素子保持装置、当該光学素子保持装置を備えた露光装置、および当該露光装置を用いたデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、半導体素子等のデバイスを製造する工程に用いられる露光装置において、ミラーを変形させて露光に伴う当該ミラーの収差を補正する機構としては特許文献 1 に開示されたものが知られている。また、ミラーを変形させるとともに当該ミラーの 6 自由度の剛体位置を補正する方法が、特許文献 2 に開示されている。特許文献 2 では、少なくとも 3 個のフォースアクチュエータを備える剛体サーボ機構と、サーボ機構のない複数のフォースアクチュエータを備えるミラー変形機構とが用いられる。また、特許文献 3 では、反応質量と光学エレメントとの間に作用する力により多自由度の光学エレメントの位置調整が行われる。特許文献 3 では、さらに、センサおよびアクチュエータで構成される局所位置制御ループを複数用いて局所ミラー欠陥を修正する機構が提案されている。

40

【0003】

しかしながら、特許文献 2 の技術には、次のような不利な点がある。

(1) 変形用アクチュエータ、剛体位置補正用アクチュエータとも低剛性のフォースアク

50

チュエータを使用しているため、低周波の外乱振動が加わると、位置偏差が大きくなり精度が劣化する。

(2) ミラーの自重をアクチュエータにより支えるため、アクチュエータの発熱量が多い。

【0004】

一方、特許文献3の技術においては、ミラーの局所変形補正用にセンサおよびアクチュエータで構成される局所位置制御ループを複数用いているため、次のような不利な点がある。

(1) 変形用アクチュエータの数量分位置センサが必要となるため、システムが複雑化し、また、高コストとなる。

【特許文献1】特開58-033255号公報

【特許文献2】特開2000-031039号公報

【特許文献3】特開2003-203860号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は、上記の背景技術を考慮してなされたものであり、光学素子を変形させかつ位置決めして保持するための新規かつ有用な技術を提供することを例示的目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

第1の発明は、光学素子を変形させる少なくとも1つの力発生アクチュエータと、前記光学素子の剛体運動モードにおける位置を計測する計測手段と、前記計測手段の計測結果に基づき前記光学素子を位置決めする変位発生アクチュエータと

を有することを特徴とする光学素子保持装置である。

【0007】

第2の発明は、光学系および原版を介し基板を露光する露光装置であって、前記光学系中の少なくとも1つの光学素子を保持する上記第1の発明の光学素子保持装置

を有することを特徴とする露光装置である。

【0008】

また、第3の発明は、上記第2の発明の露光装置を用いて、光学系および原版を介し基板を露光するステップを有することを特徴とするデバイス製造方法である。

【0009】

本発明の他の目的、特徴および効果等は、添付図面を参照してなされた後述の説明により明らかにされている。なお、当該図面において、同一または類似の符号は、複数の図面を通して同一または類似の構成要素を表している。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、光学素子を変形させかつ位置決めして保持するための新規かつ有用な技術を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

(実施の形態1)

図1は本発明の第1の実施形態の概略図である。

【0012】

同図において、1は可変形光学素子、2(2a~)は可変形光学素子1を変形させるための光学素子変形用力発生アクチュエータ、10は基準面を有する光学素子保持部材である。5(5a~)は光学素子1の剛体運動モードにおける位置決めを行うための補正用変位発生アクチュエータ、6(6a~)は光学素子の1の剛体運動モードにおける位置を計

10

20

30

40

50

測するための計測手段である。なお、変位発生アクチュエータ 5 としては、例えば、ピエゾ素子またはピエゾ素子を用いたパラレルリンク機構等を採用することができる。

【0013】

上記構成に於いて、可変形光学素子 1 を光学素子保持部材 10 の基準面に取り付けられた複数のアクチュエータ 2 a ~ により所望の形状（予め決められた形状）に変形させる。また、計測手段 6 による光学素子 1 の剛体運動モードにおける位置の計測結果に基づき、光学素子保持部材 10 の基準面に取り付けられた変位発生アクチュエータ 5 a ~ により光学素子 1 の位置を補正する。なお、計測手段 6 の計測方向として、図 1 では 2 軸のみしか記載していないが、 X , Y , Z , θ_x , θ_y , θ_z の 6 軸あるいはそのうちの適宜必要な数の軸を採用することができる。また、力発生アクチュエータは、力センサ（不図示）の測定結果を基に制御してもよいし、力発生アクチュエータのドライバの出力電流が所定値となるよう制御してもよい。

10

【0014】

以上の第 1 の実施形態では、光学素子を変形させることにより、露光に伴う収差、または光学素子の面形状の理想形状からのずれを補正する。また、光学素子変形機構に力発生アクチュエータを使用する。また、光学素子の（6 自由度の）剛体運動モードにおける位置を計測し、光学素子の当該位置を変位発生アクチュエータにより制御する。本構成により、つぎのような効果がある。

（1）多数のセンサを含む複雑な制御システムとすることなく、高精度に光学素子を変形させかつ位置決め保持することができる。

20

（2）光学素子を板バネ等で機械的に保持していないため、光学素子の不要な変形および位置ずれを抑制することができる。

（3）剛体運動モードにおける位置決め用アクチュエータに変位発生アクチュエータを用いることにより、外乱振動（特に約 20 Hz 以下の低周波振動）に対して光学素子を高精度に位置決め保持することができる。例えば、剛体運動モードにおける位置決めにピエゾ素子またはピエゾ素子を用いたパラレルリンク機構を採用した場合、高剛性のため、低周波域での外乱振動に強い構成となる。

（4）高周波振動（特に 20 Hz を超える振動）に対しては、変形用に非接触型の力発生アクチュエータを使用することにより、外部からの振動伝達を遮断し、光学素子を高精度に位置決め保持することができる。

30

（5）変形用力発生用アクチュエータの発生力を測定してフィードバックすることにより、光学素子の変形（形状）を測定することなく光学素子の形状を高精度に制御することができる。

（6）変形用力発生用アクチュエータへの電流を測定してフィードバックし当該電流が一定となるように制御することにより、構成を簡略化してコストを抑えつつ光学素子の形状を高精度に制御することができる。

（7）光学素子の変形用アクチュエータおよび剛体運動モード位置決め用アクチュエータを並列に配置することにより、全高を低くすることができる。また、調整が一面のみで済むので、組み立てを容易に行うことができる。

（8）簡易な構成で、光学素子の変形および剛体運動モードにおける位置決め保持を高精度に行うことができる。

40

（9）剛体運動モードにおける位置決め保持に採用したピエゾ素子またはピエゾ素子を用いたパラレルリンク機構は、光学素子の自重補償の機能を兼ねることができる。

【0015】

（実施の形態 2）

図 2 は本発明の第 2 の実施形態の概略図である。図 1 と同一の構成要素には同一の符号を付し、その説明は省略する。同図において、3 はアクチュエータ支持板であり、当該支持板を介して光学素子変形用アクチュエータ 2 a ~ と剛体運動モード位置決め用アクチュエータ 6 a ~ とが直列に配置されている。

【0016】

50

上記構成に於いて、可変形光学素子 1 は、アクチュエータ支持板 3 に取り付けられた複数の非接触型の力発生アクチュエータ 2 a ~ により所望の形状に変形させられる。アクチュエータ 2 a ~ はアクチュエータ支持板 3 に固定されており、非接触で光学素子 1 を変形させることができる。また、剛体運動モードにおいて光学素子 1 を位置決めするための変位発生アクチュエータ 6 a ~ は、光学素子保持部材 10 の基準面に固定されている。変位発生アクチュエータ 6 a ~ は、当該基準面を基準にして計測手段 6 により計測された剛体運動モードにおける支持板 3 の位置に基づいて、当該位置が所定の位置となるように制御される。なお、図 2 において、計測手段 6 は支持板 3 の位置を計測しているが、光学素子 1 の位置を計測してもよい。また、光学素子 1 は、図 2 に示すように所定の点で支持してもよいし、永久磁石の磁力により浮上させたり低い剛性の空気圧アクチュエータ等により支持したりする自重補償方式で支持してもよい。

10

【0017】

以上の第 2 の実施形態では、光学素子を変形させるための非接触型の力発生アクチュエータと、光学素子の剛体運動モードにおける位置決めのための変位発生アクチュエータとを直列に配置する。このような構成により、次のような効果がある。

(1) 剛体運動モード位置決め用アクチュエータの発生力が光学素子に伝達するのを抑制できるため、光学素子を高精度に位置決め保持することができる。

(2) 外乱振動が光学素子に伝達するのを非接触型の力アクチュエータにより抑制できるため、光学素子を高精度に位置決め保持することができる。

(3) 光学素子変形用アクチュエータの反力が、光学素子を位置決めする基準となる面に伝わりにくいため、光学素子の変形および位置決め保持を高精度に行うことができる。

20

(4) 低周波数の外乱振動(約 20 Hz 以下)は下段の変位発生アクチュエータにより抑制し、高周波の外乱振動(約 20 Hz 以上)は上段の非接触型の力発生アクチュエータの電流制御により遮断することができる。このため、光学素子の変形および位置決め保持を高精度に行うことができる。

(5) 保持部材 10 および光学素子 1 に振動が発生しても両者の間で振動が伝達しにくいため、光学素子の変形および位置決め保持を高精度に行うことができる。

【0018】

(露光装置の構成例)

図 3 は、本発明が適用される露光装置の構成例を示す。

30

【0019】

この露光装置は、半導体集積回路等の半導体デバイスや、マイクロマシン、薄膜磁気ヘッド等の微細なパターンが形成されたデバイスの製造に利用される。当該露光装置は、照明光学系 61、原版であるレチクル R および投影光学系 62 を介して基板としての半導体ウエハ W 上に光源からの露光エネルギーとしての露光光を照射することによって、基板上に所望のパターンを転写している。なお、ここで露光光なる用語は、可視光、紫外光、EUV 光、X 線、電子線、荷電粒子線等の総称として使用している。また、光学系なる用語は、屈折光学素子からなる光学系、反射光学素子からなる光学系、屈折光学素子および反射光学素子を含む光学系、荷電粒子レンズ系(荷電粒子を偏向する電場等の場を生成する系)等の総称として使用している。

40

【0020】

この露光装置は、定盤 51 上にガイド 52 とリニアモータ固定子 21 を固設している。リニアモータ固定子 21 は多相電磁コイルを、リニアモータ可動子 11 は永久磁石群を有している。リニアモータ可動子 11 を可動部 53 として、ステージである可動ガイド 54 に接続し、リニアモータ M1 の駆動によって可動ガイド 54 を紙面法線方向に移動させる。可動部 53 は、定盤 51 の上面を基準に静圧軸受 55 で、ガイド 52 の側面を基準に静圧軸受 56 で支持される。

可動ガイド 54 を跨ぐようにして配置したステージである移動ステージ 57 は静圧軸受 58 によって支持されている。この移動ステージ 57 は、上記と同様のリニアモータ M2 によって駆動され、可動ガイド 54 を基準に紙面左右方向に移動する。移動ステージ 57 の

50

動きは、移動ステージ 57 に固設したミラー 59 および干渉計 60 を用いて計測する。

【0021】

移動ステージ 57 に搭載したチャック上に基板であるウエハ W を保持する。そして、照明光学系 61、投影光学系 62、および原版であるレチクル R を介して、ウエハ W 上の各領域を露光する。ここで、原版のパターンは、投影光学系により、ウエハ W 上の各領域にステップアンドリピートもしくはステップアンドスキャン方式を用いて縮小転写される。

【0022】

なお、本発明は、マスクを使用せずに半導体ウエハ上に回路パターンを直接描画してレジストを露光するタイプの露光装置にも、同様に適用できる。

【0023】

このような露光装置において、光学系中の反射光学素子（ミラー）等の少なくとも 1 つの光学素子を上述の光学素子保持装置により保持するようにすれば、高精度の露光を行うことができる。

【0024】

（デバイス製造プロセスの構成例）

次に、半導体デバイスを例に、上記露光装置を利用したデバイスの製造プロセスを説明する。図 6 は半導体デバイスの製造プロセスのフローを示す図である。ステップ 1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行う。ステップ 2（マスク作製）では設計した回路パターンに基づいてマスクを作製する。

【0025】

一方、ステップ 3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ 4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記のマスクとウエハを用いて、上記の露光装置によりリソグラフィ技術を利用してウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ 5（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ 4 によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の組み立て工程を含む。ステップ 6（検査）ではステップ 5 で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、ステップ 7 でこれを出荷する。

【0026】

上記ステップ 4 のウエハプロセスは以下のステップを有する。ウエハの表面を酸化させる酸化ステップ。ウエハ表面に絶縁膜を成膜する CVD ステップ。ウエハ上に電極を蒸着によって形成する電極形成ステップ。ウエハにイオンを打ち込むイオン打ち込みステップ。ウエハに感光剤を塗布するレジスト処理ステップ。上記の露光装置によって回路パターンをレジスト処理ステップ後のウエハに転写する露光ステップ。露光ステップで露光したウエハを現像する現像ステップ。現像ステップで現像したレジスト像以外の部分を削り取るエッチングステップ。エッチングが済んで不要となったレジストを取り除くレジスト剥離ステップ。これらのステップを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンを形成する。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図 1】実施の形態 1 の光学素子保持装置を示す図

【図 2】実施の形態 2 の光学素子保持装置を示す図

【図 3】露光装置の構成例を示す図

【図 4】デバイス製造プロセスの構成例（フロー）を示す図

【符号の説明】

【0028】

- 1 光学素子
- 2（2a～） 力発生アクチュエータ
- 3 アクチュエータ支持板
- 5（5a～） 変位発生アクチュエータ

10

20

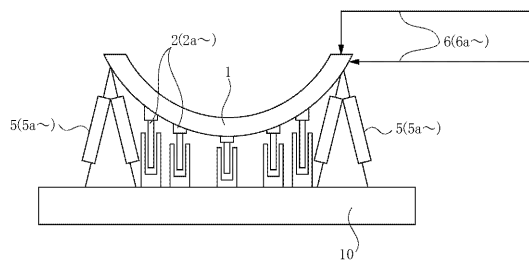
30

40

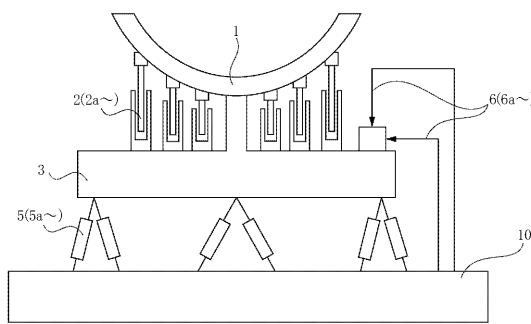
50

6 (6 a ~) 計測手段

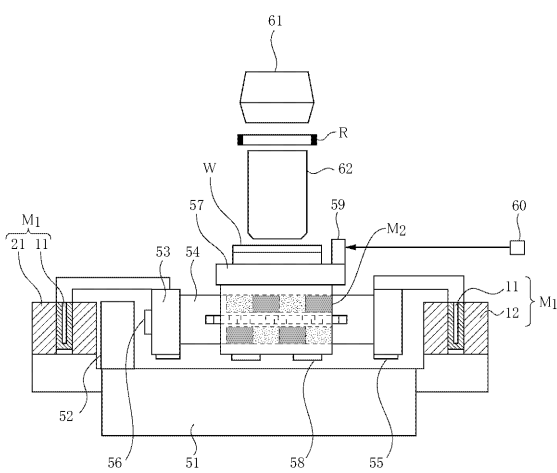
【 図 1 】



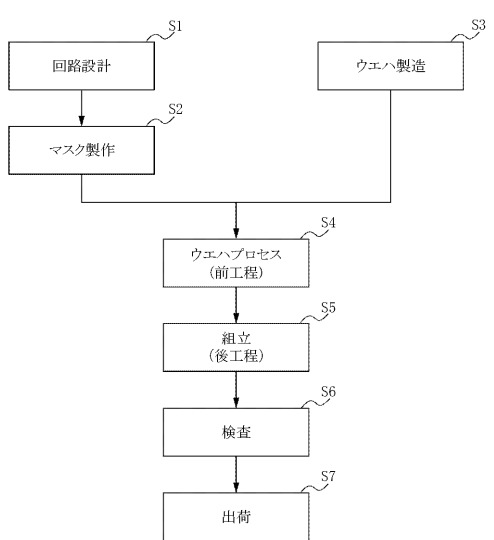
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

- (72)発明者 内田 真司
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
- (72)発明者 崔 長植
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
- (72)発明者 浅田 克己
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
- Fターム(参考) 2H044 AC01
2H097 AA02 BB03 LA10
5F046 BA05 CB02 DA12 GA03 GB01