

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4572365号  
(P4572365)

(45) 発行日 平成22年11月4日(2010.11.4)

(24) 登録日 平成22年8月27日(2010.8.27)

(51) Int.Cl. F1  
G03F 7/24 (2006.01) G03F 7/24

請求項の数 2 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2004-171896 (P2004-171896)	(73) 特許権者	800000068
(22) 出願日	平成16年5月14日(2004.5.14)		学校法人東京電機大学
(65) 公開番号	特開2005-326796 (P2005-326796A)		東京都千代田区神田錦町2-2
(43) 公開日	平成17年11月24日(2005.11.24)	(74) 代理人	100083806
審査請求日	平成19年5月7日(2007.5.7)		弁理士 三好 秀和
		(72) 発明者	堀内 敏行
			東京都千代田区神田錦町2-2 学校法人
			東京電機大学内
		(72) 発明者	橋本 浩平
			埼玉県深谷市成塚395-1
		(72) 発明者	武内 翔
			東京都葛飾区亀有3-14-8
		(72) 発明者	松岡 敏治
			埼玉県比企郡滑川町大字部25-34 株
			式会社健正堂内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 投影露光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

円筒面状、円柱面状、円錐面状、鼓面状、樽面状、瓢箪面状のうちいずれか一の形状の回転対称体にして、その回転対称軸となる幾何学的な中心軸を有する被露光試料の側表面に、原図基板上のパターンを投影露光する投影光学系と、

前記被露光試料を回転させるために、回転軸回りに回転する回転ステージと、

前記回転ステージの回転軸と前記被露光試料の幾何学的な中心軸とのずれを修正するために前記回転ステージに取り付けられた偏芯修正ステージと、を備え、

前記偏芯修正ステージにより前記被露光試料の幾何学的な中心軸を前記回転ステージの回転軸に合致させて前記被露光試料を前記回転ステージにより回転させることを特徴とする投影露光装置。

10

【請求項2】

前記回転ステージに、前記被露光試料の側表面の露光すべき位置を前記投影光学系の光軸に垂直な方向に向ける傾斜ステージを取り付けたことを特徴とする請求項1記載の投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、円筒面状、円柱面状、円錐面状、鼓面状、樽面状、瓢箪面状のうちいずれか一の形状の回転対称体にして、その回転対称軸となる幾何学的な中心軸を有する被露光試

20

料の側表面にパターンを投影露光するための投影露光装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

光リソグラフィ技術は、半導体ウエハなどの被露光試料の表面にレジストなどの感光性材料を付し、可視光や紫外光によって該感光性材料の特定の場所を露光し、現像により露光した場所もしくは非露光の場所のみに前記感光性材料を残す技術である。

【0003】

通常、光リソグラフィは半導体ウエハなどの平面度の良い平板状の被露光試料の表面に対して行われ、感光性材料を露光する方法には、密着露光、近接露光、投影露光、走査露光がある。

【0004】

密着露光、近接露光は、現像後に形成されるパターンに等倍で対応する形状の原図パターンを有するマスクを用いる露光方法である。密着露光の場合は、原図基板とするマスクを被露光試料の表面に密着させて露光し、近接露光の場合には、マスクと被露光試料の表面との間にわずかの隙間を置いて露光する。

【0005】

投影露光は、現像後に形成されるパターンの拡大または縮小または等倍形状を有するレチクルやマスクを原図基板として用い、投影レンズまたは投影ミラーまたはレンズとミラーを組み合わせた投影光学系を用いて、該原図基板上的パターン形状を被露光試料の表面に投影して光像を形成し、被露光試料に付した感光性材料を露光する方法である。

【0006】

走査露光は、レチクルやマスクなどの原図基板を用いず、レーザ光などの指向性の高い光ビームにより被露光試料の表面を走査し、パターン形状を描く露光方法である。

【0007】

上記の露光方法のうち、密着露光、近接露光、投影露光は、用いる原図上のパターンに対応させて、所定の面積を一度に露光できるのに対し、走査露光は、光ビームによって原図を用いずにパターンを直接描画するため、所定の面積内を露光するにはほかの露光方法に比して時間がかかる。

【0008】

そのため、量産品製造のための露光には、もっぱら密着露光、近接露光、投影露光が使用されている。

【0009】

しかし、平面以外の側表面形状への露光は密着露光、近接露光、投影露光、走査露光いずれの方法によっても難しく、被露光試料の側表面に露光を施す量産品製造に適する方法は確立されていない。

【0010】

円柱面状の被露光試料の側表面に露光を施す研究段階の方法としては、焦点深度が深いX線近接露光を用いる図5に示す方法が提案されている(例えば、非特許文献1参照)。

【0011】

この方法では、図5に示すように、円柱状の被露光試料83をチャック84で保持し、ラインアンドスペースパターン85を有する原図基板86を該被露光試料83に近接して配置し、シンクロトロン放射光(SR光)のX線87を照射する。

【0012】

被露光試料83の軸線に対してラインアンドスペースパターン85は形成しようとする螺旋パターンのリードに合わせてわずかに傾けて配置し、露光後、該被露光試料83を回転ステージ88により軸周りに矢印89のごとく180度回転させて反対側からも同様にラインアンドスペースパターン85を露光する。

【0013】

しかし、X線近接露光は、X線マスクが高価格であるため、少量多品種生産の量産には向かない。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 4 】

また、図5のようにパターン85の方向がほぼ被露光試料83の軸に直角の方向の場合にはよいが、パターン85の方向が軸方向に近い場合には、被露光試料83の中心部から離れて側面に近くなる程、精度良くパターンを転写することが難しくなり、真横に相当する部分ではパターンが解像しなくなる。

## 【 0 0 1 5 】

さらに、180度回転させて反対側から露光する時に、最初に露光した側の全部が反対側に行ってしまうため、位置を合わせることが難しいと言う問題もある。

## 【 0 0 1 6 】

一方、レーザー光の走査露光により円柱状の被露光試料の側表面に露光を施す、図6に示す方法も考えられている(例えば、非特許文献2参照)。

## 【 0 0 1 7 】

この方法では、図6に示すように、円柱状や円筒状の被露光試料91を直線、回転ステージ92によって矢印93のごとく回転させたり、矢印94のごとく直線移動してレーザービーム95に対して走査し、被露光試料91の側表面を任意の形状に露光する。

## 【 0 0 1 8 】

レーザービーム95は、レーザー光源96から射出されてビームピンホール97で整形され、写真引き伸ばし機用レンズ98を用いて絞っている。

## 【 0 0 1 9 】

レーザービーム95を走査するには、被露光試料91を回転させたり、直線移動する代わりにレーザービーム95の位置をミラーなどによって動かして走査してもよく、被露光試料91の回転および/または移動とレーザービーム95の移動とを組み合わせるともよい。

## 【 0 0 2 0 】

しかしながら、この方法は走査露光する方法であるため、露光に時間がかかり、量製品の製造には適さない。

## 【 0 0 2 1 】

ところで、露光装置において、露光光線に対して、回転対称な被露光試料を回転させて露光する場合、被露光試料を回転ステージに取り付ける必要がある。被露光試料を回転ステージに取り付けるには、装置の回転ステージ上に設けた任意のチャックで被露光試料を掴んだり、回転ステージ上に設けた合わせ面に被露光試料を押し付けて固定したり、回転ステージ上と被露光試料のいずれか片方に位置決め穴、他方に位置決め突起を設け、該位置決め穴に該位置決め突起をはめ込んだり、被露光試料の外周を位置決め突起として利用し、回転ステージ上の穴にはめ込んだりする。

## 【 0 0 2 2 】

しかしながら、このような方法で被露光試料を固定しても、該被露光試料の回転対称軸となる幾何学的な中心軸と、回転ステージの回転軸とが、必ずしも精度良く合致するとは限らない。

## 【 0 0 2 3 】

チャックで被露光試料を掴んで固定する場合には、チャックの爪の動きにばらつきがあり、偏芯する。また、回転ステージ上に設けた合わせ面に被露光試料を押し付けて固定する場合には押し付け強さ、押し付け方向、固定時の締め付けのばらつきによって被露光試料の位置がばらつく。位置決め穴に位置決め突起をはめ込む場合は、着脱可能なすきまばめとするため、はめあい隙間の分だけ取り付け位置がばらつく。さらに、位置決め穴や位置決め突起の形状や寸法の不確かさに起因する位置決め穴中心軸や位置決め突起中心軸のずれも影響する。

## 【 0 0 2 4 】

回転対称な被露光試料の回転対称軸となる幾何学的な中心軸と、回転ステージの回転軸とが合致しないと、被露光試料の露光結果に不都合が生じる。被露光試料が円柱状の場合を例にとってこの不都合について説明する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 5 】

図7は被露光試料の幾何学的な中心軸と回転ステージの回転軸とが合致しない場合の不都合を説明する図であり、被露光試料の幾何学的な中心軸に直角な断面を示している。

## 【 0 0 2 6 】

被露光試料が外形円の幾何学的な中心Oに対してx方向に距離 $e_x$ 、y方向に距離 $e_y$ だけ偏芯した点O'を回転中心として回転ステージにより回転させられるとする。一般に回転ステージは回転角度を制御して動かすステージであり、前記回転中心O'まわりの回転角が制御される。

## 【 0 0 2 7 】

したがって、図7において、被露光試料の断面上で点O'に最も近い点A付近が角度 $\theta$ 回転すると、被露光試料の側表面の動きは弧AA'となり、 $AA' = r_A \theta$  関二なる。ここで、 $r_A$ はO'A間の距離である。

10

## 【 0 0 2 8 】

また、被露光試料の断面上で点O'から最も遠い点B付近が角度 $\theta$ 回転すると、被露光試料の側表面の動きは弧BB'となり、 $BB' = r_B \theta$  関二なる。ここで、 $r_B$ はO'B間の距離である。

## 【 0 0 2 9 】

被露光試料の断面を真円とし、その半径を $r$ 、回転中心O'の被露光試料の幾何学的な中心Oの偏芯量を $e$ とすれば、 $r_A = r - e$ 、 $r_B = r + e$ であるから、 $BB' - AA' = 2e \theta$  関二なる。

20

## 【 0 0 3 0 】

被露光試料の取り付け方にあまり考慮を払わないと偏芯量 $e$ はたとえば $50 \mu\text{m}$ 以上もの大きな値となる。

## 【 0 0 3 1 】

このため、被露光試料を一定の回転角度だけ回転させても、A部では被露光試料面が少ししか動かず、B部では被露光試料面が沢山動くという現象を生じる。

## 【 0 0 3 2 】

したがって、被露光試料を回転させて側表面に順次パターンを形成すると、A部ではパターンが密になり、B部ではパターンが疎になるという不都合が生じる。

## 【 0 0 3 3 】

30

このように被露光試料の側表面上で場所によってパターンの間隔が変化すると、回転軸状部品の側表面の一部に軸方向のラインアンドスペースマークを形成するのに利用して、出来上がったマークの通過数や通過時間間隔をカウントして該回転軸の回転速度や回転角度を計測すると、該回転軸が実際は等速で回転しているにもかかわらず、見掛け上、1回転する間に速度の増減が繰り返されているかのように計測されたり、実際と異なる角度回転したかのごとく計測されたりする不都合が生じる。

## 【 0 0 3 4 】

また、回転軸状部品の側表面の一部に空気軸受溝を作るのに利用する場合には、溝の位置間隔が分布を持つこととなるため、全周で支持力が一様とならず、しかも、回転に伴って該回転軸の円周上における支持力の強弱分布が移動する。そのため、回転に同期した微振動が発生したり、該回転軸を使用する機械の他部と共振したり、振動音が発生するといった不都合が起こる。

40

## 【 0 0 3 5 】

さらに、円柱の円周面上にカムを動かすルートとして使用する溝を形成するのに使用する場合には、該ルートが設計と微妙に異なり、該カムを利用した機械の動きに予期せぬ速度の増減や駆動タイミングのずれが生ずるといった不都合が起こる。

【非特許文献1】Digest of Papers, Microprocesses and Nanotechnology 2003, 2003年, p, 156, 157

【非特許文献2】2002年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, 2002年, p. 564

50

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0036】

本発明が解決しようとする課題は、以上に説明した不都合を取り除き、回転対称な被露光試料の側表面を高い生産性で露光でき、安価に量産に適用でき、かつ、回転対称な被露光試料の側表面に高い角度精度でパターンを形成できる投影露光装置を提供することである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0037】

本発明は上記の様々な課題を解決し、かつ、従来の密着露光や走査露光よりも高い生産性を得るため、円筒面状、円柱面状、円錐面状、鼓面状、樽面状、瓢箪面状のうちいずれか一の形状の回転対称体にして、その回転対称軸となる幾何学的な中心軸を有する被露光試料の側表面に、原図基板上的パターンを投影露光する投影光学系と、

前記被露光試料を回転させるために、回転軸回りに回転する回転ステージと、

前記回転ステージの回転軸と前記被露光試料の幾何学的な中心軸とのずれを修正するために前記回転ステージに取り付けられた偏芯修正ステージと、を備え、

前記偏芯修正ステージにより前記被露光試料の幾何学的な中心軸を前記回転ステージの回転軸に合致させて前記被露光試料を前記回転ステージにより回転させることを特徴とする投影露光装置である。

## 【0038】

また、上記に加えて、前記回転ステージに、前記被露光試料の側表面の露光すべき位置を前記投影光学系の光軸に垂直な方向に向ける傾斜ステージを取り付けたことを特徴とする投影露光装置である。

## 【発明の効果】

## 【0039】

本発明によると、投影露光なので走査露光に比して一度に広い面積を露光でき、露光所要時間を大幅に低減できる。このため、円柱面や円筒面をはじめとする回転対称な被露光試料の側表面上にパターンを高い生産性で露光することができる。

## 【0040】

また、X線近接露光に必要な高価なX線マスクを使用せず、ランプを光源として利用できるため、レーザー光走査露光に必要な強力な高価なレーザー装置も必要でないため、安価に被露光試料の側表面露光ができる。

## 【0041】

そして、回転対称な被露光試料の側表面を、側表面に垂直な方向から投影光学系の焦点深度内で順次または連続的に露光するため、被露光試料の側表面上の場所によるパターン形状のばらつきをX線近接露光で円柱面の両側から半分ずつ露光する場合より大幅に低減できる。

## 【0042】

また、偏芯補正ステージを設けたため、回転対称な被露光試料の回転対称軸となる幾何学的な中心軸を回転ステージの回転軸と精確に合致させることができ、被露光試料の側表面上に高い間隔精度でパターンを露光することができる。

## 【0043】

さらに、傾斜ステージを設けると、前記の効果に加えて、側表面が中心軸と平行でない被露光試料に対しても焦点深度内で露光でき、円錐面状、鼓面状、樽面状、瓢箪面状などの側面を持つ被露光試料の側表面にも高解像度でパターンを形成することができるようになる。

## 【0044】

したがって、回転軸部品の側表面の一部に軸方向のラインアンドスペースマークを形成するのに利用し、出来上がったマークの通過数や通過時間間隔をカウントして該回転軸の回転速度や回転角度を計測すれば、従来より高精度で該回転速度や回転角度を計測できる

10

20

30

40

50

ようになる。

【0045】

また、回転軸部品の側表面の一部に空気軸受溝を作るのに利用すると、溝の位置間隔が均一になるため、全周の支持力を一様に行うことができる。したがって、回転に同期した微振動の発生や該回転軸を使用する機械の他部との共振が少なくなり、振動音の発生が少なくなる。

【0046】

さらに、円柱の円周面上にカムを動かすルートとして使用する溝を形成するのに使用すると、該ルートが設計通りとなるため、該カムを利用した機械の動きがスムーズになり、速度の増減や駆動タイミングのずれが生ずるといった不都合は起こらなくなる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0047】

本発明を実施するための最良の形態を図1、図2に基づいて説明する。図1は本発明の投影露光装置の実施形態である。

【0048】

回転対称な被露光試料1として円筒面状の試料を例にとっており、外周面と同心に開けられた中央の位置決め穴を露光装置の位置決め棒2にはめ込み、該位置決め棒2の端に設けたねじとかみ合う押さえナット3により、被露光試料1を試料取り付け部品4に取り付ける。

【0049】

20

被露光試料1を試料取り付け部品4に取り付ける方法は任意であり、従来の方法として示したように、試料取り付け部品4に任意のチャックを設けて被露光試料1を掴んでもよく、試料取り付け部品4に合わせ面を設けて被露光試料1を押し付けて固定してもよく、被露光試料1の外周を位置決め突起として利用し、試料取り付け部品4に穴を設けてはめ込んでもよい。

【0050】

被露光試料1を露光するため、ランプなど、被露光試料1の側表面に付した感光性材料を感光させ得る任意の光を発する光源5を設け、照明光学系6、照明光学系7、照明光学系8により適宜均一化や光束の拡大縮小を行って、原図基板9を照明し、原図基板9上のパターン10を投影光学系12により投影露光して被露光試料1の側表面上にパターン像11を作る。

30

【0051】

原図基板9は、半導体集積回路用のレチクルやマスクのように、石英やガラスなどの透過基板上にクロムなどの遮光物でパターンを形成した物、写真フィルムやオーバーヘッドプロジェクター用フィルムにパターンを焼き付けた物、金属板に穴を開けたステンシルマスク、透過基板上に遮光性物体を載せた物など任意である。

【0052】

照明光学系6、照明光学系7、照明光学系8は模式化して描いてあり、照明光学系のブロック数、位置は任意でよい。

【0053】

40

投影光学系12は投影レンズであるかのように描いてあるが、ミラーを用いた投影光学系でも、レンズとミラーとを組み合わせた投影光学系でもよい。

【0054】

また、ミラー13は光路を曲げて装置をコンパクトにし、コールドミラーとして熱線を透過させ除去する目的で設けたものである。スペースに余裕があり、光源が熱線を含まなければ設けなくてもよい。

【0055】

図示したように、直交x, y, z方向を決める時、平面状の原図基板9上のパターン10はx, y方向の平面上に形成される。したがって、被露光試料1の側表面が曲面の場合、露光領域内のどこか任意の場所、たとえば露光領域の中心、に最もはっきりした原図基

50

板 9 上のパターンの光像ができるようにすると、z 方向にずれた曲面上の位置ではパターンの光像がぼやける。また、平面上のパターンを曲面上に投影すれば、曲率に応じて該曲面に沿って測る時のパターン間距離が変わる。

【 0 0 5 6 】

このため、焦点ずれや前記曲面上への投影パターンの歪みが許容範囲に収まる露光領域を設定する。

【 0 0 5 7 】

スリット 1 4 は原図基板 9 と共役の位置に設置し、穴 1 5 の光像が原図基板 9 の上のできるようにして、原図基板 9 の照明範囲を決める。原図基板 9 は穴 1 5 の形状に対応して照明される。1 6 は照明範囲を示す。

10

【 0 0 5 8 】

スリット 1 4 は任意の形状と寸法の穴 1 5 を持つスリットを交換可能としてもよい。交換可能とすれば、露光するパターン 1 0 の微細度や投影光学系 1 2 の焦点深度に応じて適切な露光範囲を設定することができる。

【 0 0 5 9 】

また、スリット 1 4 の代わりに、図 3 に示すように、任意の枚数のブレードが動き、該ブレードに囲まれた開口の大きさ、形状、位置の一部または全部を変えることができるブラインド機構を設けてもよい。図 3 はブレードが 4 枚の場合を例示しており、図中のブレード 1 7 a、1 7 b、1 7 c、1 7 d が矢印 1 8 a、1 8 b、1 8 c、1 8 d の方向に動いて任意の領域を設定する。

20

【 0 0 6 0 】

スリット 1 4 や上記のブラインド機構は、原図基板 9 と共役の位置に設けるのではなく、原図基板 9 の直前または直後に設けてもよい。

【 0 0 6 1 】

図 4 に示すように投影範囲以外に遮光体 1 9 を設けた原図基板 9 を用いることとすれば、スリット 1 4 は省略してもよい。

【 0 0 6 2 】

2 0 は光軸を表している。光源 5 から被露光試料 1 に至る光軸は必要に応じてミラーなどにより任意に経路を曲げてよいことは言うまでもない。

【 0 0 6 3 】

被露光試料 1 の側表面全体を露光するには、該被露光試料 1 を回転 y ステージ 2 1 によって y 軸回りに回転させ、上記のように設定した露光領域を順次つなぎ合わせる。すなわち、所定の照明範囲 1 6 を露光した後、回転 y ステージ 2 1 を回転させ、次の露光位置が照明範囲 1 6 に入るようになし、該露光位置を露光する。

30

【 0 0 6 4 】

2 2 は回転 y ステージの基台、2 3 は回転 y ステージ駆動モータである。回転 y ステージ 2 1 の駆動方法は任意であり、リニヤモータ駆動やラックとピニオンの組み合わせによる駆動など、ほかの方法で動かしてもよい。

【 0 0 6 5 】

はじめの露光位置と次の露光位置とに同じパターンを露光する場合には、原図基板 9 を動かさなくてもよい。

40

【 0 0 6 6 】

一方、円周面に軸受溝パターンやカム曲線パターンを形成する場合のように、回転 y ステージ 2 1 を回転させた次の露光位置の露光パターンがはじめの露光位置の露光パターンと異なる場合には、回転 y ステージ 2 1 の回転により露光位置が代わる分だけ、投影倍率を考慮して原図 x ステージ 2 4 により原図基板 9 を x 方向に動かし、パターンがうまくつながるように露光を接続する。穴 2 5 は投影露光光線が被露光試料 1 側に通過するように設けたものであり、原図 x ステージ 2 4 と投影光学系 1 2 との間に設ける各ステージやその基台にはすべて同様に投影露光光線が通過できる穴を設ける。

【 0 0 6 7 】

50

原図 x ステージ 2 4 は、原図 x ステージ基台 2 6 に案内されて x 方向に動くようになっており、モータ 2 7 によってねじ軸 2 8 を回転させると、該ねじ軸 2 8 にかみ合ったナット 2 9 が x 方向に動き、該ナット 2 9 と接続された原図 x ステージ 2 4 が移動する。3 1 はモータ支持部品、3 2 は軸受である。原図 x ステージ 2 4 も駆動方法は任意であり、ほかの方法で動かしてもよい。

【 0 0 6 8 】

また、上記の説明は、被露光試料 1 の側表面の円周方向にパターンを接続して露光する場合であるが、被露光試料 1 の側表面を幾何学的な中心軸の方向につなぎ合わせて露光するには、試料 y ステージ 3 3 により被露光試料 1 を y 方向に移動して次の露光位置が照明範囲 1 6 に入るようになし、該露光位置を露光する。3 4 は試料 y ステージの基台、3 5 は試料 y ステージ駆動モータである。試料 y ステージ 3 3 も駆動方法は任意であり、ほかの方法で動かしてもよい。

10

【 0 0 6 9 】

露光位置を被露光試料 1 の幾何学的な中心軸の方向に動かす場合も、はじめの露光位置と次の露光位置とに同じパターンを露光する場合には、原図基板 9 を動かさなくてもよい。

【 0 0 7 0 】

一方、試料 y ステージ 3 3 を移動させた次の露光位置の露光パターンがはじめの露光位置の露光パターンと異なる場合には、試料 y ステージ 3 3 の移動により露光位置が代わる分だけ、投影倍率を考慮して原図 y ステージ 3 8 により原図基板 9 を y 方向に逆向きに動かす、パターンがうまくつながるように露光を接続する。

20

【 0 0 7 1 】

原図 y ステージ 3 8 は、原図 y ステージ基台 3 9 に案内されて y 方向に動くようになっており、モータ 4 0 によってねじ軸 4 1 を回転させると、該ねじ軸 4 1 にかみ合ったナット 4 2 が y 方向に動き、該ナット 4 2 と接続された原図 y ステージ 3 8 が移動する。原図 y ステージ 3 8 も駆動方法は任意であり、ほかの方法で動かしてもよい。

【 0 0 7 2 】

上記の説明は、被露光試料 1 の任意の露光位置と次の露光位置における露光の接続について述べたが、被露光試料 1 の側表面の全部または一部のより広い範囲に露光を行うには、上記の照明範囲 1 6 を用いた投影露光を必要な回数繰り返せばよい。円周方向と幾何学的な中心軸の方向の両方につなぎ合わせて露光してもよい。

30

【 0 0 7 3 】

ところで、円周方向に接続して露光を行うに際し、一般に回転 y ステージ 2 1 の回転軸と被露光試料 1 の幾何学的な中心軸とが合致しないことが原因で、回転 y ステージ 2 1 を同じ角度回転させても、被露光試料 1 の周上の位置によって被露光試料 1 の側表面が動く距離が異なるという現象が起こる。これを回避するため、本発明では以下に示すような手段を講じる。

【 0 0 7 4 】

まず、回転 y ステージ 2 1 によって被露光試料 1 を回転させる時の回転中心の位置を正確に把握するため、被露光試料 1 の側表面の位置を測定する位置センサ 5 1 を設ける。図 1、図 2 では、位置センサ 5 1 として 5 1 a、5 1 b の 2 個を x 方向、y 方向に設けたが、スペースに余裕がない場合や、装置を簡便にしたい場合には、任意の方向に 1 個だけとしてもよい。また、被露光試料 1 の根元から先端における任意の複数の位置に任意の数の位置センサ 5 1 a、5 1 b、・・・を設けてもよい。

40

【 0 0 7 5 】

そして、回転 y ステージ 2 1 の回転軸と被露光試料 1 の幾何学的な中心軸とのずれを修正するための偏芯修正ステージを設ける。偏芯修正 x ステージ 5 2 は偏芯修正 x ステージ基台 5 3 をベースにモータ 5 4 により駆動されるステージであり、試料取り付け部品 4 の位置を x 方向に修正できる。5 5 はモータ支持部品である。偏芯修正 y ステージ 5 6 は偏芯修正 y ステージ基台 5 7 をベースにモータ 5 8 により駆動されるステージであり、試料

50



取り付け部品 4 の位置を y 方向に修正できる。5 8 a はモータ支持部品である。

【 0 0 7 6 】

露光前に予め被露光試料 1 を回転 y ステージ 2 1 によって回転させ、位置センサ 5 1 により被露光試料 1 の側表面の位置を測定する。回転 y ステージ 2 1 の回転軸と被露光試料 1 の幾何学的な中心軸との間にずれがあると、回転 y ステージ 2 1 の回転角度に対して被露光試料 1 の側表面の位置がたとえば正弦的に変化する。

【 0 0 7 7 】

上記の被露光試料 1 の側表面位置の測定結果に基づき、回転 y ステージ 2 1 を 1 回転させる時、どの角度方向に被露光試料 1 が往復動するかを判断し、偏芯修正 x ステージ 5 2 および偏芯修正 y ステージ 5 6 を動かして回転 y ステージ 2 1 の回転軸と被露光試料 1 の幾何学的な中心軸との間のずれを修正する。

10

【 0 0 7 8 】

被露光試料 1 の仕上がり精度が良好であり、試料交換による偏芯ずれがほとんど生じない場合には、上記の位置センサ 5 1 による被露光試料 1 の側表面位置の測定に基づく偏芯修正 x ステージ 5 2 および偏芯修正 y ステージ 5 6 による回転軸と被露光試料 1 の幾何学的な中心軸との間のずれの修正をテストサンプルの被露光試料 1 を用いて行った後、位置センサ 5 1 を退避または除去してもよい。

【 0 0 7 9 】

回転 y ステージ 2 1 を回転させる時、被露光試料 1 がその幾何学的な中心軸のまわりに同心で回転すれば、回転 y ステージ 2 1 を一定の角度回転させる時の、被露光試料 1 の側表面の移動量が一定となる。したがって、回転 y ステージ 2 1 の回転毎に投影される露光像の間隔は一定となる。

20

【 0 0 8 0 】

また、回転 y ステージ 2 1 と原図 x ステージ 2 4 を同時に同期して動かして露光する場合にも、被露光試料 1 の側表面の x 方向に露光されるパターンは、原図基板 9 上のパターン 1 0 に投影倍率を乗じた相似形状となる。

【 0 0 8 1 】

回転 y ステージ基台 2 2 は、L 字形に描いた支持部品 5 9 により回転 z ステージ 6 0 に固定してある。該回転 z ステージ 6 0 は回転 z ステージ基台 6 1 をベースに z 方向を中心に回転する。駆動させるためのモータは図示を省略してあるが、任意のほかの方法により駆動してもよい。

30

【 0 0 8 2 】

前記回転 z ステージ 6 0 は、回転 y ステージ 2 1 の回転軸すなわち被露光試料 1 の幾何学的な中心軸の方向を原図基板 9 上でパターン 1 0 が配列された y 方向に合致させるために用いる。

【 0 0 8 3 】

原図ステージ側に z 方向を中心に回転するステージを設けて、原図基板 9 を回転させることにより、被露光試料 1 の幾何学的な中心軸の方向をパターン 1 0 の配列された y 方向に合致させてもよい。また、前記回転 z ステージ 6 0 と原図ステージ側の z 方向を中心に回転するステージの両方を設けてもよい。

40

【 0 0 8 4 】

一方、被露光試料 1 の幾何学的な中心軸の方向とパターン 1 0 の y 方向との平行度が厳密でなくてもよい時は、回転 z ステージ 6 0 と回転 z ステージ基台 6 1 を設けなくてもよい。

【 0 0 8 5 】

前記回転 z ステージ基台 6 1 は、試料 x ステージ 6 2 に取り付けられており、該試料 x ステージ 6 2 は試料 x ステージ基台 6 3 をベースにしてモータ 6 4 によって x 方向に駆動される。

【 0 0 8 6 】

試料 x ステージ 6 2 および試料 y ステージ 3 3 は、パターン像 1 1 が被露光試料 1 上の

50

所定の位置に形成されるように、被露光試料 1 の x、y 方向の位置調整を行うのに用いる。

【0087】

パターン 10 の z 方向まわりの配列方向や x、y 方向の位置が被露光試料 1 上の所定の角度や位置となっているかどうかを確かめるには、予め試しに露光、現像を行ってパターン像 11 に基づいて被露光試料 1 の側表面に形成された感光性材料のパターン像 11 の位置や角度を測定する。測定した角度や位置がずれている場合には、回転 z ステージ 60、試料 x ステージ 62、試料 y ステージ 33 を動かして被露光試料 1 の位置や角度を修正する。

【0088】

あるいは、原図基板 9 上および被露光試料 1 の側表面上に合わせマークを設けておき、露光位置に被露光試料 1 を取り付けた状態で前記両方の合わせマークを同時または順次検出する位置合わせ光学系を設けておき、該位置合わせ光学系によって検出した位置や角度のずれが許容値以下となるように、回転 z ステージ 60、試料 x ステージ 62、試料 y ステージ 33 を動かした上で露光を行う。

【0089】

位置や角度を合わせるためのステージの動作は、原図基板 9 側の原図 x ステージ 24、原図 y ステージ 38 や z 軸回りの回転ステージを用いてもよい。

【0090】

試料 z ステージ 67 は、試料 z ステージ基台 68 をベースとして、モータ 69 により z 方向に駆動されるステージであり、被露光試料 1 の側表面を投影光学系 12 によるパターン像 11 の結像位置に合わせるのに用いる。

【0091】

また、原図 z ステージ 71 は、原図 z ステージ基台 72 をベースとして、モータ 73 により z 方向に駆動されるステージであり、パターン 10 を投影光学系 12 により結像させる際の投影倍率を調整するのに用いる。

【0092】

原図 z ステージ 71 を設ける代わりに投影光学系 12 を z 方向に動かす機構を設けてもよい。しかし、投影光学系 12 を z 方向に動かすと、投影光学系 12 と被露光試料 1 の側表面との距離も変わるので、試料 z ステージ 67 を用いてパターン像 11 の結像位置に被露光試料 1 の側表面を合わせることが必要となる。

【0093】

なお、本実施形態においては、被露光試料 1 側のステージ積み上げ順序を試料 z ステージ 67、試料 y ステージ 33、試料 x ステージ 62、回転 z ステージ 60 の順としたが、順序は任意でよく、その全部を必ずしも設けなくてもよい。

【0094】

また、原図基板 9 側のステージ積み上げ順序を原図 z ステージ 71、原図 y ステージ 38、原図 x ステージ 24 の順としたが、この順序も任意でよく、その全部を必ずしも設けなくてもよい。

【0095】

被露光試料 1 を回転 y ステージ 21 によって回転させながら、それに同期させて原図基板 9 を x 方向に動かせば連続走査による投影露光ができ、とくに生産性を高めることができる。

【0096】

本発明によれば、回転 y ステージ 21 の回転軸と被露光試料 1 の幾何学的な中心軸とを合致させることができるので、回転 y ステージ 21 を等速で回転させ、原図 x ステージ 24 を等速移動して露光すれば、被露光試料 1 の側表面に原図基板 9 上のパターン 10 に精度よく対応したパターン像 11 を形成することができる。

【0097】

図 2 は、本発明の投影露光装置の別の実施形態である。図 1 に示した本発明の投影露光

10

20

30

40

50

装置の構成に加えて、 $x$ 方向回りの傾斜角を補正する $x$ 傾斜ステージ76を設けた。77は $x$ 傾斜ステージ基台、78は $x$ 傾斜ステージ駆動用のモータである。

【0098】

円錐面状、鼓面状、樽面状、瓢箪面状などの側面を持つ被露光試料1のように、その幾何学的な中心軸に対して側表面が傾いている場合、回転 $y$ ステージ21の回転軸に被露光試料1の幾何学的な中心軸を合致させて取り付けると、投影光学系12の光軸20に対して露光すべき被露光試料1の側表面が傾いてしまう。

【0099】

したがって、被露光試料1の露光すべき側表面のごく一部しか投影光学系12の焦点深度範囲に入らない。そのため、実用的な範囲に露光を施すことができなくなる。

10

【0100】

被露光試料1の傾斜角を補正する $x$ 傾斜ステージ76を設けておけば、該被露光試料1の側表面が投影光学系12の光軸20に垂直になるように姿勢を補正することができる。

【0101】

そのため、被露光試料1の露光すべき側表面のより広い範囲を投影光学系12の焦点深度範囲に入れることができるようになる。

【0102】

たとえば、円錐面状の被露光試料1に対しては円柱面状の被露光試料1の場合とほぼ同程度の広さの側表面範囲を投影光学系12の焦点深度範囲に入れることができる。

【0103】

20

また、円柱面状など軸方向に一様な断面の被露光試料1の場合でも、被露光試料1の幾何学的な中心軸や側表面が回転 $y$ ステージ21の回転軸に対して傾いてしまう場合がまま生ずる。被露光試料1の幾何学的な中心軸が回転 $y$ ステージ21の回転軸に対して $x$ 軸回りに傾くと、回転 $y$ ステージ21により被露光試料を回転させる時、被露光試料1の中心軸は円錐面を描き、被露光試料1の側表面は露光位置で $z$ 方向に動いてしまう。

【0104】

本実施形態のように $x$ 傾斜ステージ76を設けておけば、該被露光試料1の側表面が投影光学系12の光軸20に垂直になるように姿勢を補正することができるので、被露光試料1を回転させる時、被露光試料1の露光位置における側表面の $z$ 方向の位置を一定にできる。したがって、被露光試料1の側表面のより広い範囲を焦点深度範囲に入れることができる。

30

【0105】

また、露光領域内で被露光試料1の回転軸からの距離をより一定に近付けられるため、被露光試料1の回転によるピッチのばらつきをより小さくすることができる。

【0106】

被露光試料1を傾けると、 $x$ 、 $y$ 方向の位置や投影光学系12に対する $z$ 方向の位置がずれるが、被露光試料1の側表面の露光すべき位置が、投影光学系12の結像位置に来るように、回転 $y$ ステージ21、試料 $x$ ステージ62、試料 $y$ ステージ33を駆動してから露光すれば問題ない。

【0107】

40

なお、以上の図1および図2の説明においては、被露光試料1の幾何学的な中心軸が水平に置かれた装置を例に説明を行っているが、被露光試料1の幾何学的な中心軸を鉛直に保持して横方向から露光するなど、装置の向きが変わっても本発明が適用できることは明らかである。

【0108】

また、以上の図1および図2の説明においては、多くのステージをモータまたはその他の手段によって適宜動かすものとして説明したが、装置全体または一部をコンピュータ制御とし、キーボードやタッチパネル等によってステージを動かすようにしたり、プログラムを組んで被露光試料1の側表面の一部または全部を自動的に露光するようにしても良いことは言うまでもない。

50

## 【 0 1 0 9 】

さらに、被露光試料 1 の側表面に感光性材料を付して露光し、露光後現像を行うリソグラフィプロセスを想定して説明したが、現像を行わずに露光により感光性材料の性質を変化させることだけが必要な場合や、感熱性材料が見かけ上光に感応するのを利用したい場合などにも本発明の装置が適用できる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 1 1 0 】

【 図 1 】 本発明の投影露光装置の実施形態

【 図 2 】 本発明の投影露光装置の別の実施形態

【 図 3 】 ブラインド機構

10

【 図 4 】 投影範囲以外に遮光体を設けた原図基板

【 図 5 】 円柱面状の被露光試料の側表面に X 線近接露光によりパターンを形成する従来の方法

【 図 6 】 レーザ光の走査露光により円柱状の被露光試料の側表面に露光を施す従来の方法

【 図 7 】 被露光試料の幾何学的な中心軸と、回転ステージの回転軸とが合致しない場合の不都合を説明する図

## 【 符号の説明 】

## 【 0 1 1 1 】

1 : 被露光試料

4 : 試料取り付け部品

20

5 : 光源

9 : 原図基板

10 : パターン

11 : パターン像

12 : 投影光学系

14 : スリット

16 : 照明範囲

21 : 回転 y ステージ

24 : 原図 x ステージ

33 : 試料 y ステージ

30

38 : 原図 y ステージ

51 : 位置センサ

52 : 偏芯修正 x ステージ

56 : 偏芯修正 y ステージ

60 : 回転 z ステージ

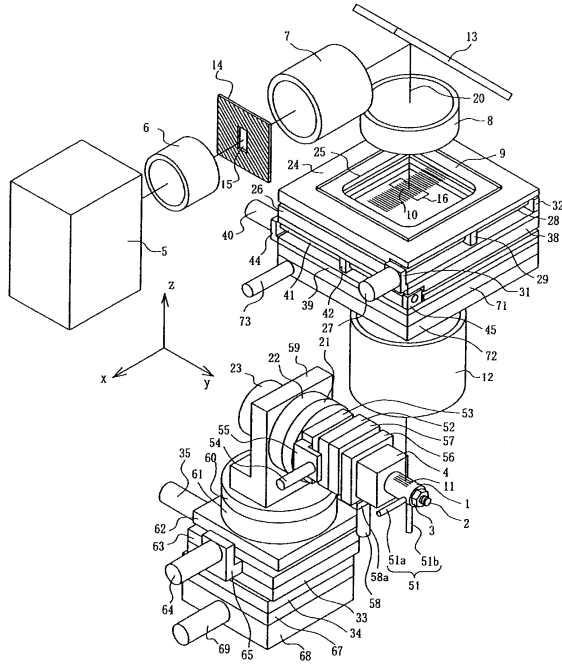
62 : 試料 x ステージ

67 : 試料 z ステージ

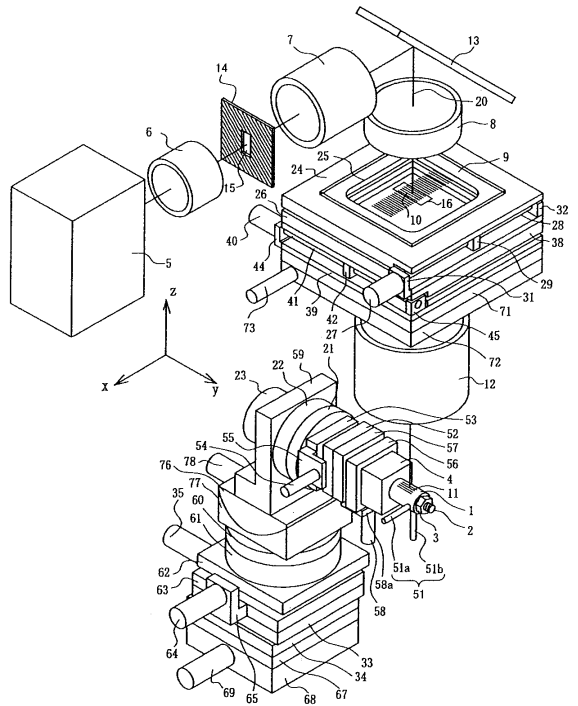
71 : 原図 z ステージ

76 : x 傾斜ステージ

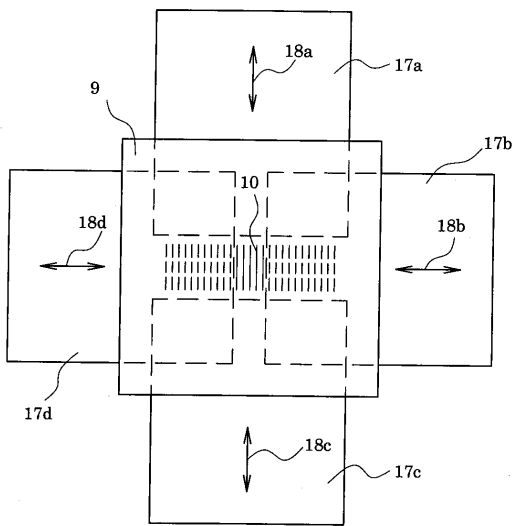
【 図 1 】



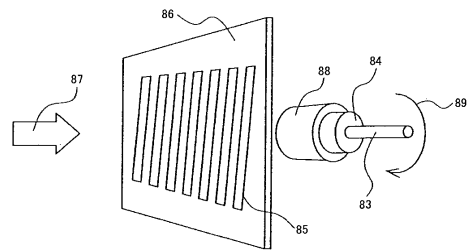
【 図 2 】



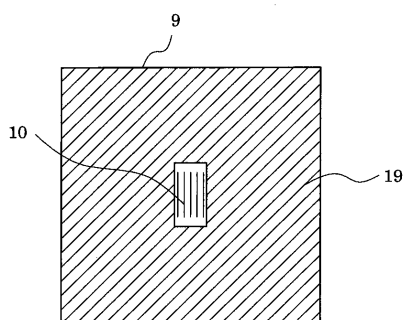
【 図 3 】



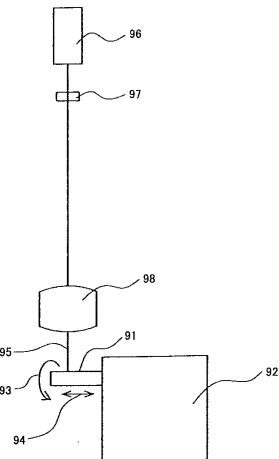
【 図 5 】



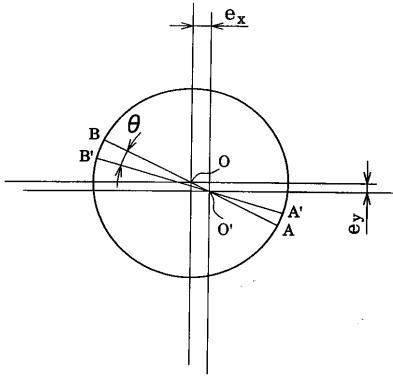
【 図 4 】



【 図 6 】



【 7 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 佐々木 信夫  
埼玉県比企郡滑川町大字都25 - 34 株式会社健正堂内

審査官 佐野 浩樹

(56)参考文献 特開2004 - 125913 (JP, A)  
特開平09 - 316666 (JP, A)  
特表2007 - 536572 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G03F 7/20 - 7/24 、 9/00 - 9/02