

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4521539号
(P4521539)

(45) 発行日 平成22年8月11日(2010.8.11)

(24) 登録日 平成22年6月4日(2010.6.4)

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

請求項の数 2 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2004-174807 (P2004-174807)	(73) 特許権者	800000068
(22) 出願日	平成16年5月18日(2004.5.18)		学校法人東京電機大学
(65) 公開番号	特開2005-331893 (P2005-331893A)		東京都千代田区神田錦町2-2
(43) 公開日	平成17年12月2日(2005.12.2)	(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】 露光方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光源から発せられる露光光線を原図基板上的の繰り返しパターンに照射して、前記繰り返しパターンを投影光学系により幾何学的な中心軸を有する回転対称体からなる被露光試料の側表面に投影露光する工程と、

前記被露光試料の側表面が前記繰り返しパターンの1周期に相当する距離に前記投影光学系の倍率を乗じた距離または該距離の前記繰り返しパターンの繰り返し回数未満の整数倍だけ回転するように前記被露光試料を前記幾何学的な中心軸周りに回転させる工程と、
を含み、

前記両工程を交互に繰り返して、前記被露光試料の側表面上の同一露光箇所を、前記原図基板上的の繰り返しパターンのうちの複数のパターンによって重畳して露光し、且つ、前記繰り返しパターンへの1回の露光時間は適正な露光時間の約1/同一露光箇所を繰り返して露光する回数とすることを特徴とする露光方法。

【請求項2】

光源から発せられる露光光線を原図基板上的の繰り返しパターンに照射して、前記繰り返しパターンを投影光学系により幾何学的な中心軸を有する回転対称体からなる被露光試料の側表面に投影露光する工程と、

前記被露光試料の側表面が前記繰り返しパターンの繰り返し回数の約数でなく、且つ、前記繰り返しパターンの繰り返し回数未満の倍数に相当する距離に前記投影光学系の倍率を乗じた距離だけ回転するように前記被露光試料を前記幾何学的な中心軸周りに回転させ

る工程と、を含み、

前記両工程を交互に繰り返して、前記被露光試料の側表面上の同一露光箇所を、前記原
図基板上の繰り返しパターンの中の複数のパターンによって重畳して露光し、且つ、前
 記繰り返しパターンへの1回の露光時間は適正な露光時間の約1/同一露光箇所を繰り返
 して露光する回数とすることを特徴とする露光方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、円柱面状、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
 料の側面に繰り返しパターンを露光するための露光方法に関するものである。

10

【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、可視光や紫外光など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ことにより感光性材料
 の微細パターンを形成する技術である。

【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、円柱面状、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
 試料の側面に光リソグラフィを施す方法は確立されていない。

20

【0004】

円柱状の被露光試料の側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8に示す方法が提案されている（例えば、非特許文献1参照）。

【0005】

この方法では、図8に示すように、円柱状の被露光試料41をチャック42で保持し、
 ラインアンドスペースパターン43を有するX線マスク44を該被露光試料41に近接し
 て配置し、シンクロトロン放射光（SR光）のX線45を照射する。

【0006】

被露光試料41の軸線に対してラインアンドスペースパターン43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41を回
 転ステージ46により軸周りに矢印47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43を露光する。

30

【0007】

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

【0008】

また、図8のようにラインアンドスペースパターン43の方向がほぼ被露光試料41の
 軸に直角の方向の場合にはよいが、ラインアンドスペースパターン43の方向が軸方向に
 近い場合には、被露光試料41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。

40

【0009】

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く、両側から露光したパターンが
 つなぎ目ですれてしまうという問題もある。

【0010】

一方、レーザ光の走査露光により円柱状の被露光試料の側面に露光を施す、図9に示
 す方法も考えられている（例えば、非特許文献2参照）。

【0011】

この方法では、図9に示すように、円柱状や円筒状の被露光試料51を直線、回転ステ
 ージ52によって矢印53のごとく回転させたり、矢印54のごとく直線移動してレーザ

50

ビーム 5 5 に対して走査し、被露光試料 5 1 の側表面を任意の形状に露光する。

【 0 0 1 2 】

レーザービーム 5 5 は、レーザー光源 5 6 から射出されてビームピンホール 5 7 で整形され、写真引き伸ばし機用レンズ 5 8 を用いて絞っている。

【 0 0 1 3 】

レーザービーム 5 5 を走査するには、被露光試料 5 1 を回転させたり、直線移動させたりする代わりにレーザービーム 5 5 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 5 1 の回転および / または移動とレーザービーム 5 5 の移動とを組み合わせると走査してもよい。

【 0 0 1 4 】

しかしながら、この方法は微小なビームで広い側表面を順次走査露光する方法であるため、露光に時間がかかり、量産品の製造には適さない。

【 0 0 1 5 】

従来の方法には、上記のように各方法それぞれに問題点があるため、より良い方法として、図 2 に例を示す投影露光装置を用いた方法が考えられる。

【 0 0 1 6 】

図 2 は、原図基板 1 上のパターン 2 を、投影光学系 3 を介して被露光試料 4 の側表面上に投影露光する装置の例を示している。投影光学系 3 はレンズでも良く、ミラーを用いた投影光学系でも良く、レンズとミラーを組み合わせた投影光学系でもよい。

【 0 0 1 7 】

原図基板 1 は石英などの透過基板にクロムなどの不透過材料で遮光部を形成したレチクルまたはマスクでもよく、金属や半導体などの不透過薄板または不透過薄膜に貫通穴を設けたステンシルマスクでもよく、写真フィルムを用いて透過部と不透過部を設けたレチクルまたはマスクでもよく、透過部と不透過部があれば任意である。

【 0 0 1 8 】

光源 5 から発せられる露光光線を、必要に応じて照明光学系 7 により光束を調整した後、原図基板 1 に当てて照明し、該原図基板 1 上のパターン 2 を投影光学系 3 により投影露光して被露光試料 4 の側表面上に光像 8 を作る。そして、該側表面上に塗布するなどして付したレジストなどの感光性材料を、前記光像 8 の強度分布に応じて感光させる。

【 0 0 1 9 】

平面状の原図基板 1 上のパターン 2 は、投影光学系 3 によって結像面となる平面上に投影され、光像 8 は該結像面を中心に投影光学系 3 の焦点深度の範囲であれば明瞭な明暗コントラストで形成される。

【 0 0 2 0 】

したがって、被露光試料 4 を回転ステージ 1 0 に取り付けて、一度の露光により該被露光試料 4 の前記原図基板 1 と対向する投影光学系 3 の焦点深度範囲内の側表面にパターン 2 を投影露光し、投影露光の度毎に該被露光試料 4 を矢印 1 1 のごとく回転させて露光を繰り返せば、該被露光試料 4 の側表面を全周にわたって投影露光することができる。ここで、1 2 は投影光学系 3 の光軸 1 2 である。

【 0 0 2 1 】

被露光試料 4 上に投影される光像 8 の寸法は、原図基板 1 上のパターン 2 の寸法に投影光学系 3 の投影倍率を乗じた寸法となる。

【 0 0 2 2 】

この方法によれば、投影光学系 3 の焦点深度範囲内に入る被露光試料 4 の側表面を一度に露光することができるため、微小なビームで順次露光して行く走査露光よりも能率的で生産性が高い。

【 0 0 2 3 】

図 5 は、原図基板 1 上のパターン 2 を円柱状の被露光試料 4 の側表面に付した感光性材料上に投影露光する場合の説明図である。円柱状の被露光試料 4 に感光性材料 9 としてネガ型レジストが塗布されており、基板 1 a に遮光体 1 b を付した原図基板 1 上にパターン

10

20

30

40

50

2として、5本の等間隔透過スペースパターン2 a、2 b、2 c、2 d、2 eからなるラインアンドスペースパターンが設けられている場合を想定している。

【0024】

被露光試料4の側表面の感光性材料9に前記スペースパターン2 a、2 b、2 c、2 d、2 eを投影露光したとすると、図5(a)に示す部分33 a、33 b、33 c、33 d、33 eが感光し、感光部分33 a、33 b、33 c、33 d、33 eの寸法は、原図基板1上のスペースパターン2 a、2 b、2 c、2 d、2 eの寸法に投影光学系3の投影倍率を乗じた寸法となる。34 a、34 b、34 c、34 dは非感光部である。

【0025】

光像8ができる結像面に対し、主光線が投影光学系3の光軸12に平行になるように照射されるとすると、感光性材料9は、図5(a)に示すように、投影光学系3の光軸12に平行な方向に感光する。

10

【0026】

このため、露光後、現像して得られる感光性材料9のパターン35 a、35 b、35 c、35 d、35 eの断面形状は、図5(b)に示すように、側壁が投影光学系3の光軸12の方向に対称になり、露光領域の中心から離れるにつれて、側表面の法線36 a、36 b、36 c、36 d、36 eに対して傾いた断面形状を持つパターンが形成されてしまう。

【0027】

また、このような形でパターンが形成されると、原図基板1上のスペースパターン2 a、2 b、2 c、2 d、2 eが等間隔のパターンであっても、被露光試料4の側表面に形成されるパターン35 a、35 b、35 c、35 d、35 eの円周方向に測った間隔は、該側表面の投影光学系3の光軸12に対する傾斜角に応じて不等間隔となってしまう。

20

【0028】

ところで、被露光試料4を回転ステージ10に取り付けるには、回転ステージ10上に設けたチャックで被露光試料4を掴んだり、回転ステージ10上に設けた合わせ面に被露光試料4を押し付けて固定したり、回転ステージ10と被露光試料4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4の外周を位置決め突起として利用し、回転ステージ10の穴にはめ込んだりすることが必要である。

30

【0029】

しかしながら、被露光試料4を固定する際、該被露光試料4の幾何学的な中心軸と、回転ステージ10の回転中心軸とが、必ずしも精度良く合致するとは限らない。

【0030】

チャックで被露光試料4を掴んで固定する場合には、複数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10上に設けた合わせ面に被露光試料4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4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。

40

【0031】

被露光試料4の幾何学的な中心軸と、回転ステージ10の回転中心軸とが合致しないと、被露光試料4の露光結果に不都合が生じる。被露光試料4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。

【0032】

図6は被露光試料4の幾何学的な中心軸と回転ステージ10の回転中心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4の回転軸に直角な断面を示している。

【0033】

被露光試料4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

50

e_y だけ偏芯した点 O' を回転中心として回転ステージ 10 により回転させられるとする。回転ステージ 10 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。

【0034】

したがって、図 6 において、被露光試料 4 の断面上で点 O' に最も近い点 A 付近が角度回転すると、被露光試料 4 の側表面の動きは弧 AA' となり、 $AA' = r_A$ となる。ここで、 r_A は $O' A$ 間の距離である。

【0035】

また、被露光試料 4 の断面上で点 O' から最も遠い点 B 付近が角度回転すると、被露光試料 4 の側表面の動きは弧 BB' となり、 $BB' = r_B$ となる。ここで、 r_B は $O' B$ 間の距離である。

10

【0036】

被露光試料 4 の断面を真円とし、半径を r 、回転中心 O' の被露光試料 4 の中心 O に対する偏芯量を e とすれば、 $r_A = r - e$ 、 $r_B = r + e$ であり、 $BB' - AA' = 2e$ となる。

【0037】

このため、被露光試料 4 を一定の回転角だけ回転させても、A 部では被露光試料 4 の側表面が少ししか動かず、B 部では被露光試料 4 の側表面が多く動くという現象を生じる。

【0038】

したがって、被露光試料 4 を回転させて側表面に繰り返して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。

20

【0039】

次に、被露光試料 4 を回転させ、側表面に繰り返してパターンを形成する場合を考える。図 7 は被露光試料 4 の側表面にパターンを単純に接続して投影露光する方法の説明図である。

【0040】

図 7 (a) は、スペースパターン 2a、2b、2c、2d、2e の露光により被露光試料 4 の側表面上に付した感光性材料 9 の対応する部分 33a、33b、33c、33d、33e が感光した状態を示す。ここで、34a、34b、34c、34d、34e は非感光部分である。

30

【0041】

露光後、感光部分 33a、33b、33c、33d、33e に非感光部分 34a、34b、34c、34d、34e の 1 個分を加えた円周長さ分だけ、被露光試料 4 を回転させ、再度露光を行えば、今度は図 7 (b) に示すように、部分 37a、37b、37c、37d、37e が感光する。38a、38b、38c、38d、38e は非感光部分である。

【0042】

このようにして被露光試料 4 を露光すると、例えば、感光性材料 9 がネガ型レジストの場合、露光後に現像を行うと、感光部分 33a、33b、33c、33d、33e および 37a、37b、37c、37d、37e に対応して、被露光試料 4 の側表面には図 7 (c) に示すように感光性材料 9 のパターン 39 として、39a、39b、39c、39d、39e、39f、39g、39h、39i、39j が形成される。

40

【0043】

しかしながら、パターン 39 のピッチを測定すると、露光面が円柱面をなしているため、最初の露光時に露光領域中央付近で露光されて形成されるパターン 39b - 39c や 39c - 39d の間隔と、露光領域の端で露光されて形成されるパターン 39a - 39b や 39d - 39e の間隔とが異なってしまふ。同様に、2 回目の露光時に露光領域中央付近で露光されて形成されるパターン 39g - 39h や 39h - 39i の間隔と、露光領域の端で露光されて形成されるパターン 39f - 39g や 39i - 39j の間隔とが異なって

50

しまう。

【0044】

また、最初の露光に対応してできるパターン39a、39b、39c、39d、39eと2回目の露光に対応してできるパターン39f、39g、39h、39i、39jとの間隔、すなわちパターン39eとパターン39fとの間隔は、回転ステージ10の回転中心と該被露光試料4の断面の幾何学的な中心との不合致、該被露光試料4の断面の真円からのずれ、回転ステージ10の回転誤差やばらつきなどに起因して、特異な寸法となり、同時露光で形成されたパターン39a、39b、39c、39d、39eや39f、39g、39h、39i、39jに挟まれたパターン間隔とは必ずしも合致しない。

【0045】

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パターンを形成し、エンコーダのマークとして利用する場合には、パターンの間隔が不均一になると、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、該回転軸部品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。

【0046】

また、回転軸部品の側表面の一部に軸受溝を作るのに利用する場合には、パターンの間隔が不均一になると、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部品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、該回転軸部品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。

【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

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0047】

本発明が解決しようとする課題は、被露光試料を回転させながら、繰り返し露光にする場合に、被露光試料の側表面に高い間隔精度でパターンを形成できる露光方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0048】

本発明は、光源から発せられる露光光線を原図基板上の繰り返しパターンに照射して、前記繰り返しパターンを投影光学系により幾何学的な中心軸を有する回転対称体からなる被露光試料の側表面に投影露光する工程と、

前記被露光試料の側表面が前記繰り返しパターンの1周期に相当する距離に前記投影光学系の倍率を乗じた距離または該距離の前記繰り返しパターンの繰り返し回数未満の整数倍だけ回転するように前記被露光試料を前記幾何学的な中心軸周りに回転させる工程と、を含み、

前記両工程を交互に繰り返して、前記被露光試料の側表面上の同一露光箇所を、前記原図基板上の繰り返しパターンのうちの複数のパターンによって重畳して露光し、且つ、前記繰り返しパターンへの1回の露光時間は適正な露光時間の約1/同一露光箇所を繰り返して露光する回数とすることを特徴とする露光方法である。

【0049】

あるいは、光源から発せられる露光光線を原図基板上の繰り返しパターンに照射して、前記繰り返しパターンを投影光学系により幾何学的な中心軸を有する回転対称体からなる被露光試料の側表面に投影露光する工程と、

前記被露光試料の側表面が前記繰り返しパターンの繰り返し回数の約数でなく、且つ、

10

20

30

40

50

前記繰り返しパターンの繰り返し回数未満の倍数に相当する距離に前記投影光学系の倍率を乗じた距離だけ回転するように前記被露光試料を前記幾何学的な中心軸周りに回転させる工程と、をを含み、

前記両工程を交互に繰り返して、前記被露光試料の側表面上の同一露光箇所を、前記原図基板上の繰り返しパターンのうちの複数のパターンによって重畳して露光し、且つ、前記繰り返しパターンへの1回の露光時間は適正な露光時間の約1/同一露光箇所を繰り返して露光する回数とすることを特徴とする露光方法である。

【発明の効果】

【0050】

本発明によると、円柱面状、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面に繰り返しパターンを高い間隔精度で露光することができる。

10

【0051】

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パターンを形成してエンコーダのマークとして利用し、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、従来よりも高精度で該回転速度や回転角度を計測できるようになる。

【0052】

また、回転軸部品の側表面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することができる。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。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0053】

本発明の露光方法を実施するための最良の形態を図1に基づいて説明する。図2に示した構成の投影露光装置を用い、原図基板1上に図5に示したような5本の等間隔透過スペースパターン2a、2b、2c、2d、2eからなるラインアンドスペースパターンが設けられており、投影光学系3を介して円柱状の被露光試料4の側表面上に前記パターン2a、2b、2c、2d、2eを投影露光する場合を考える。

【0054】

光像8ができる結像面に、主光線が投影光学系3の光軸12に平行になるように照射されるとし、被露光試料4の側表面に感光性材料9としてネガ型レジストが塗布されているとすると、図1(a)に示すように、原図基板1上のスペースパターン2a、2b、2c、2d、2eに対応する部分16a、16b、16c、16d、16eがほぼ投影光学系3の光軸12に平行な方向に感光する。

30

【0055】

感光性材料9の感光部分16a、16b、16c、16d、16eの寸法は、ほぼ原図基板1上のスペースパターン2a、2b、2c、2d、2eの寸法に投影光学系3の投影倍率を乗じた寸法となる。

【0056】

しかし、被露光試料4の側表面が曲面の場合、該側表面の法線は場所により投影光学系3の光軸12に対して傾いた方向となるため、結像光線の主光線は被露光試料4の側表面に対して垂直ではなくなり、場所により倍率がわずかにずれる。

40

【0057】

本発明の露光方法では、つぎに、従来と異なり、図1(b)に示すように、形成する繰り返しパターンの単位となる要素パターンの分、すなわち、繰り返しパターンの1周期分だけ被露光試料4を回転させて露光を行う。

【0058】

すなわち、原図基板1上の繰り返しスペースパターン2a、2b、2c、2d、2eの繰り返し単位分すなわち繰り返しパターンの1周期分の寸法に露光光学系すなわちこの場合は投影光学系3の投影倍率を乗じた寸法だけ、被露光試料4の側表面が回転するように

50

、被露光試料 4 を回転させて露光を行う。

【 0 0 5 9 】

今度は感光性材料 9 のうちの部分 1 7 a、1 7 b、1 7 c、1 7 d、1 7 e が感光する。部分 1 7 a、1 7 b、1 7 c、1 7 d は、図 1 (a) に示した感光部分 1 6 b、1 6 c、1 6 d、1 6 e とほぼ重なる。

【 0 0 6 0 】

この後、図 1 (c) に示すように、再度、形成する繰り返しパターンの単位となる要素パターンの分、すなわち、繰り返しパターンの 1 周期分だけ被露光試料 4 を回転させて露光を行う。

【 0 0 6 1 】

今度は感光性材料 9 のうちの部分 1 8 a、1 8 b、1 8 c、1 8 d、1 8 e が感光する。部分 1 8 a、1 8 b、1 8 c、1 8 d は、図 1 (b) に示した部分 1 7 b、1 7 c、1 7 d、1 7 e とほぼ重なるとともに、部分 1 8 a、1 8 b、1 8 c は、図 1 (a) に示した部分 1 6 c、1 6 d、1 6 e とほぼ重なる。

【 0 0 6 2 】

この後、さらに、図 1 (d) に示すように、再度、形成する繰り返しパターンの単位となる要素パターンの分、すなわち、繰り返しパターンの 1 周期分だけ被露光試料 4 を回転させて露光を行う。

【 0 0 6 3 】

今度は感光性材料 9 のうちの部分 1 9 a、1 9 b、1 9 c、1 9 d、1 9 e が感光する。感光部分 1 9 a、1 9 b、1 9 c、1 9 d は、図 1 (c) に示した部分 1 8 b、1 8 c、1 8 d、1 8 e とほぼ重なるとともに、1 9 a、1 9 b、1 9 c は、図 1 (b) に示した部分 1 7 c、1 7 d、1 7 e とほぼ重なり、同時に、1 9 a、1 9 b は、図 1 (a) に示した部分 1 6 d、1 6 e とほぼ重なる位置となる。

【 0 0 6 4 】

この後、さらに、図 1 (e) に示すように、再度、形成する繰り返しパターンの単位となる要素パターンの分、すなわち、繰り返しパターンの 1 周期分だけ被露光試料 4 を回転させて露光を行う。

【 0 0 6 5 】

今度は感光性材料 9 のうちの部分 2 0 a、2 0 b、2 0 c、2 0 d、2 0 e が感光する。感光部分 2 0 a、2 0 b、2 0 c、2 0 d は、図 1 (d) に示した部分 1 9 b、1 9 c、1 9 d、1 9 e 部分とほぼ重なるとともに、2 0 a、2 0 b、2 0 c は、図 1 (c) に示した部分 1 8 c、1 8 d、1 8 e とほぼ重なり、2 0 a、2 0 b は、図 1 (b) に示した部分 1 7 d、1 7 e とほぼ重なり、同時に、2 0 a は、図 1 (a) に示した部分 1 6 e とほぼ重なる。

【 0 0 6 6 】

したがって、感光性材料 9 の部分 1 6 e は、引き続き行う図 1 (b) に示す露光により部分 1 7 d を重ねて露光され、図 1 (c) に示す露光により部分 1 8 c を重ねて露光され、図 1 (d) に示す露光により部分 1 9 b を重ねて露光され、図 1 (e) に示す露光により部分 2 0 a を重ねて露光され、合計 5 回露光される。

【 0 0 6 7 】

さらに、形成する繰り返しパターンの単位となる要素パターンの分、すなわち、繰り返しパターンの 1 周期分だけ被露光試料 4 を回転させて露光を行い、順次、被露光試料 4 の全周を露光する。

【 0 0 6 8 】

そうすると、感光性材料 9 は、部分 1 6 e に続いて部分 1 7 e、1 8 e、1 9 e、・・・の順に、合計 5 回ずつ露光されて行く。

【 0 0 6 9 】

感光性材料 9 に加える 1 回の露光毎の露光時間は、同じ場所が 5 回ずつ露光されることを考慮し、1 度の露光で露光する場合に適正な露光時間の約 1 / 5 とする。

10

20

30

40

50

【0070】

このように、被露光試料4のほぼ同じ場所に露光時間を短くした露光を同じ回数ずつ加えて全周を露光すると、被露光試料4が円柱面であるため露光領域内で露光面が部分的に結像面からずれることによるパターン光像強度分布の相違や、露光領域内で露光面が部分的に投影光学系3に対して傾斜することによる露光面に当る光の角度の相違、によるパターン断面形状のばらつき、被露光試料4を軸回りに回転させる中心が、幾何学的中心とずれることに起因するパターン露光位置のばらつき、被露光試料4を軸回りに回転させる機構のガタや回転角の制御誤差などに起因するパターン位置のばらつきなど、パターンの位置やピッチの変動に影響を与える各種のばらつきが平均化され、誤差が相殺される。

【0071】

そのため、被露光試料4の側表面に形成される感光性材料9のパターン21は、図3に示すように、被露光試料4の全周にわたって断面形状が均一になり、そのピッチは、図7に示した従来の方法と比べると格段に均一化される。

【0072】

繰り返しパターンの露光をずらして行く被露光試料4の回転移動間隔は、必ずしも、形成する繰り返しパターンの単位となる要素パターンの分、すなわち、繰り返しパターンの1周期分でもなくともよく、繰り返しパターンの単位となる要素パターンの周期の整数倍でもあってもよい。

【0073】

被露光試料4の側表面上に形成される光像の寸法は原図基板1上のパターン2の寸法に投影光学系3の投影倍率を乗じた寸法となるので、上記被露光試料4の回転移動間隔は、原図基板1上の繰り返しパターン2の1周期に相当する距離に露光光学系の倍率、すなわちこの場合は投影光学系3の投影倍率を乗じた距離の整数倍に相当する。

【0074】

前記整数は、一度に露光する繰り返しパターン2の露光領域内での繰り返し数の約数でない方がよい。

【0075】

被露光試料4の回転移動間隔を、繰り返しパターン2の単位となる要素パターンの周期に原図基板1上に配置されたパターン2の繰り返し数の約数を乗じた値とすると、一度に露光されるパターン群のつなぎ目に別のパターン群がオーバーラップして重ならないで露光される場合が生じるため、平均化のされ方が劣る。

【0076】

上記の説明に示したパターンのように、被露光試料4の軸方向または軸方向に近い方向を向くパターンを該被露光試料4の側表面上に多数繰り返して露光し、パターン間の距離間隔を均一にしたい場合に、本発明はとくに有効である。

【0077】

しかし、本発明を適用するに当り、原図基板1上に配置された繰り返しパターンの形状が任意でよいことは言うまでもない。

【0078】

被露光試料4の回転と露光の繰り返しは任意の手段で行えばよく、プログラムを組んでコンピュータで制御し、自動的に露光するようにしてもよい。

【0079】

なお、被露光試料4の側表面に感光性材料9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9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9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を適用できる。

【0080】

また、以上の説明は原図基板1上に配置された繰り返しパターンを投影露光によって被露光試料4上に露光する場合を例にとって説明したが、透過部と遮光部とを有するフォトマスク、X線マスク、ステンスルマスク、写真フィルムなど任意の原図基板を用いて近接

10

20

30

40

50

露光や密着露光を行う場合にも本発明が有効であることは明らかである。これらの場合は以上の説明において、露光光学系の倍率を1と考えればよい。

【実施例】

【0081】

実際に、外径21.58mm、内径5.83mm、長さ30mmの円筒状被露光試料4の外筒面上にネガ型レジストを塗布し、不透過の背景内に幅100 μ m、長さ10mmの透過スペースパターンを5本設けた写真フィルム製の原図基板1を用いて、被露光試料4の外筒面上に丁度360本のスペースパターンを形成できる投影倍率(0.9416倍)の投影光学系3を用いて露光を行った。

【0082】

一度に露光する時必要な露光時間の約1/5の露光時間で露光しては被露光試料4を1°回転し、360回露光した。一度に5本のスペース部が被露光試料4上に投影され、露光部は被露光試料4が1°回転する毎にスペース1個分ずつずらされて行き、最終的にそれぞれの露光部が5回ずつ露光される。

【0083】

使用したのがネガ型レジストであるため、現像すると、投影露光されたスペース部にレジストが残り、ラインパターンが形成される。

【0084】

被露光試料4の円周上でパターンピッチを測定した結果を図4に示す。本発明の適用により、本来187.8 μ mとなるべきパターンピッチは約 \pm 2%以下の小さい誤差とできた。

【0085】

本発明によらずに、一度に5本のスペースずつ72回に分けて露光し、360本のスペースを露光した場合には、パターンピッチが約 \pm 16%も大きくばらついてしまった。したがって、本発明の改善効果は極めて高い。

【図面の簡単な説明】

【0086】

【図1】本発明の露光方法の実施形態

【図2】原図基板上のパターンを、投影光学系を介して被露光試料の側表面上に投影露光する投影露光装置の例

【図3】本発明の露光方法により円柱状被露光試料の側表面の全周に形成した感光性材料のパターン断面形状

【図4】本発明の露光方法により円柱状被露光試料の側表面の全周に形成した感光性材料のパターンピッチの均一性

【図5】投影露光により円柱状被露光試料の側表面パターンを露光する説明図

【図6】被露光試料の幾何学的な中心軸と、回転ステージの回転中心軸とが合致しない場合の不都合を説明する図

【図7】パターンを単純に接続して円柱状被露光試料の側表面に形成する従来の方法の説明図

【図8】円柱状の被露光試料の側表面にX線近接露光によってパターンを形成する方法の説明図

【図9】円柱状の被露光試料の側表面にレーザー光の走査露光を施す方法の説明図

【符号の説明】

【0087】

- 1：原図基板
- 2：パターン
- 3：投影光学系
- 4：被露光試料
- 5：光源
- 7：照明光学系

10

20

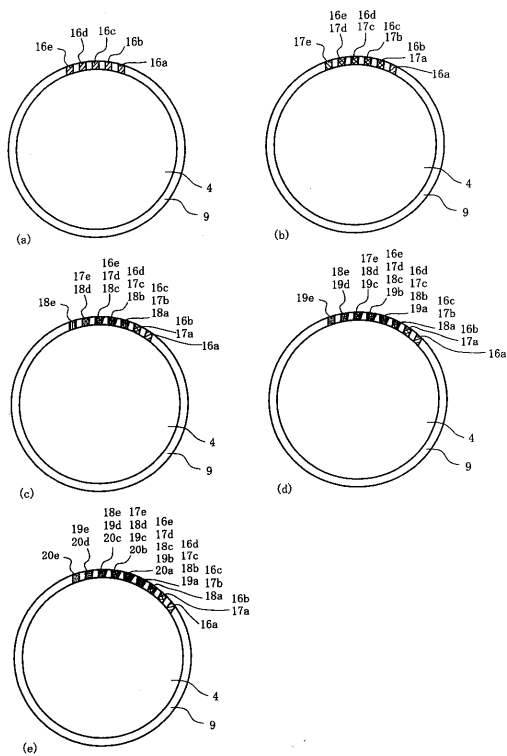
30

40

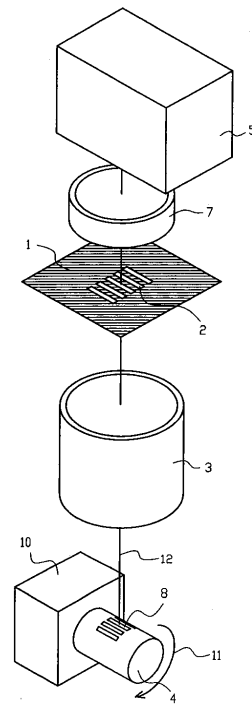
50

- 8 : 光像
- 9 : 感光性材料
- 10 : 回転ステージ
- 12 : 光軸
- 16 a ~ 16 e : 感光部
- 17 a ~ 17 e : 感光部
- 18 a ~ 18 e : 感光部
- 19 a ~ 19 e : 感光部
- 20 a ~ 20 e : 感光部
- 21 : 感光性材料のパターン
- 33 a ~ 33 e : 感光部
- 35 a ~ 35 e : 感光部
- 39 a ~ 39 j : 感光性材料のパターン

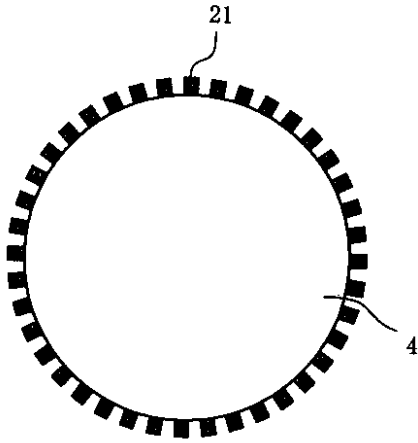
【図1】



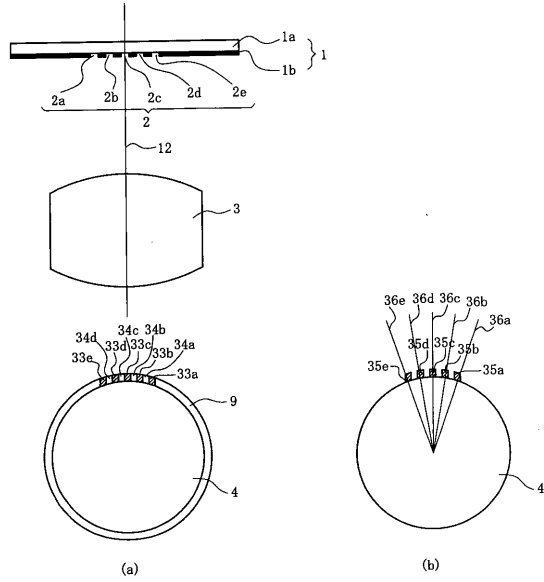
【図2】



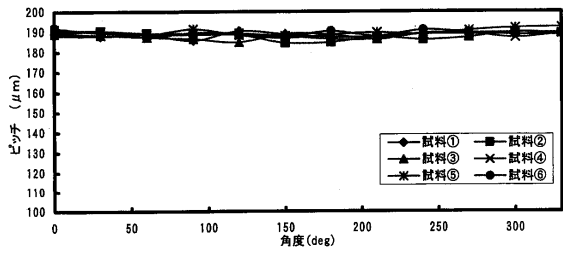
【 図 3 】



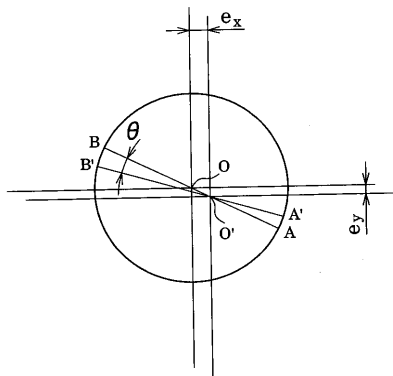
【 図 5 】



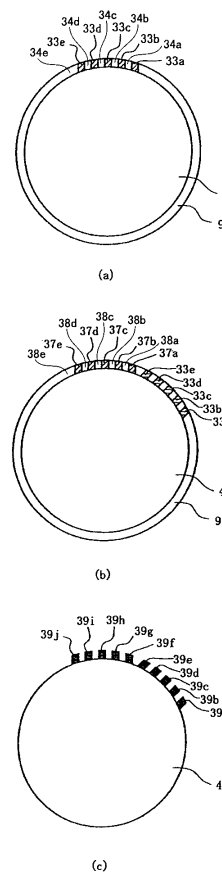
【 図 4 】



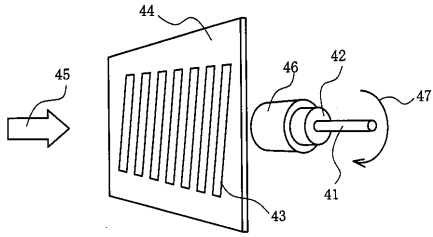
【 図 6 】



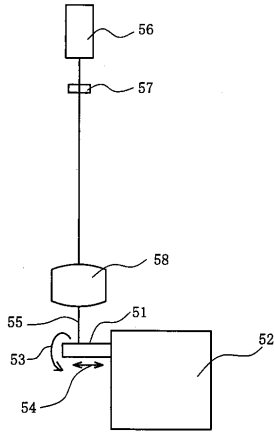
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



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)
米国特許第06312134 (US, B1)
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 、
H01L21/027、21/30