

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3984710号
(P3984710)

(45) 発行日 平成19年10月3日(2007. 10. 3)

(24) 登録日 平成19年7月13日(2007. 7. 13)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/027 (2006. 01)

H O 1 L 21/30 5 1 4 A

G O 3 F 7/20 (2006. 01)

H O 1 L 21/30 5 2 O B

G O 3 F 7/20 5 2 1

請求項の数 13 (全 34 頁)

(21) 出願番号	特願平10-201334	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成10年6月30日(1998. 6. 30)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2000-21754(P2000-21754A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成12年1月21日(2000. 1. 21)	(74) 代理人	100086818
審査請求日	平成16年6月3日(2004. 6. 3)		弁理士 高梨 幸雄
		(72) 発明者	松本 隆宏
			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	村上 栄一
			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	斉藤 謙治
			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】 露光方法及び露光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

感光基板上の同一領域を互いに異なったパターンで多重露光して回路パターンを形成する露光方法において、

第1の露光で第1の位置検出マークを該感光基板上に露光し、第2の露光時に該感光基板上に第1の位置検出マークを露光した位置と同じ位置に第2の位置検出マークを該感光基板上に露光し、該第1の位置検出マーク及び該第2の位置検出マークの多重露光により合成された合成パターンの位置を検出して、該互いに異なったパターンで多重露光して形成した回路パターンの位置を求めることを特徴とする露光方法。

【請求項2】

前記位置検出マークが、位置ずれ検出方向に対して前記回路パターンと同じ線幅、ピッチで構成されることを特徴とする請求項1の露光方法。

【請求項3】

感光基板上の同一領域を互いに異なったパターンで多重露光して回路パターンを形成する露光方法において、一方の露光で該感光基板上に位置検出マークを形成し、他の露光では該位置検出マークの領域を露光しないようにし、該位置検出マークの位置を検出して該互いに異なったパターンで多重露光して形成した回路パターンの位置を求めることを特徴とする露光方法。

【請求項4】

感光基板上の同一領域を互いに異なったパターンで多重露光して回路パターンを形成する

10

20

露光方法において、第 1 の露光で第 1 の位置検出マークを該感光基板上に露光し、第 2 の露光時に該感光基板上に第 1 の位置検出マークとは異なる位置に第 2 の位置検出マークを該感光基板上に露光し、該第 1 の露光時には、第 2 の位置検出マークの領域を露光しないようにし、該第 2 の露光時には、第 1 の位置検出マークの領域を露光しないようにしており、該第 1 の位置検出マーク及び該第 2 の位置検出マークの位置を検出し、第 1 の位置検出マークの位置と第 2 の位置検出マークの位置の平均値を用いて、該互いに異なったパターンで多重露光して形成した回路パターンの位置を求めることを特徴とする露光方法。

【請求項 5】

前記位置検出マークが、位置ずれ検出方向に対して前記パターンの最小線幅の二倍以上の線幅で構成されることを特徴とする請求項 3 又は 4 の露光方法。

10

【請求項 6】

第 1 のレチクルのパターンと第 2 のレチクルのパターンを縮小投影レンズを介して感光基板上の同一領域を二重露光して回路パターンを露光転写することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項の露光方法。

【請求項 7】

前記第 1 のレチクルと第 2 のレチクルのうち、片方のレチクルのパターンがレベンソン型位相シフトマスクで構成されていることを特徴とする請求項 6 の露光方法。

【請求項 8】

前記二重露光のうち、少なくとも 1 回の露光が変形照明露光により行うことを特徴とする請求項 6 の露光方法。

20

【請求項 9】

請求項 1 から 8 のいずれか 1 項の露光方法を用いて、該パターンと該位置検出マークを感光剤を塗布した該基板上に露光転写後、現像処理し、エッチング又は成膜工程を行い、次いで基板上に感光剤を塗布し、該基板上の該位置検出マークの位置を測定し、位置合わせを行った後に感光剤に半導体素子パターンを露光転写してデバイスを製造することを特徴とするデバイスの製造方法。

【請求項 10】

請求項 1 から 8 のいずれか 1 項の露光方法を用いて、第一のパターンと第 1 の位置検出マークを感光剤を塗布した基板上に露光転写後、現像処理し、エッチング工程又は成膜工程を行い、次いで基板上に感光剤を塗布し、第 2 のパターンと第 2 の位置検出マークを該基板上に露光転写後、現像処理し、該第 1 の位置検出マークと第 2 の位置検出マーク間の相対的な位置ずれを測定する工程を利用してデバイスを製造していることを特徴とするデバイスの製造方法。

30

【請求項 11】

請求項 1 から 8 のいずれか 1 項の露光方法を用いて感光性の基板にマスク上のパターンを転写していることを特徴とする露光装置。

【請求項 12】

請求項 1 から 8 のいずれか 1 項の露光方法を用いてマスク面上のパターンをウエハ面上に露光した後、該ウエハを現像処理工程を介してデバイスを製造していることを特徴とするデバイスの製造方法。

40

【請求項 13】

請求項 11 の露光装置を用いてマスク面上のパターンをウエハ面上に露光した後、該ウエハを現像処理工程を介してデバイスを製造していることを特徴とするデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、露光方法及び露光装置に関し、特に微細な回路パターンで感光基板上を露光し、例えば IC、LSI 等の半導体チップ、液晶パネル等の表示素子、磁気ヘッド等の検出素子、CCD 等の撮像素子といった各種デバイスの製造に用いられる際に好適なものであ

50

る。

【 0 0 0 2 】

【 従来の技術 】

従来より、ＩＣ、ＬＳＩ、液晶パネル等のデバイスをフォトリソグラフィ技術を用いて製造するときには、フォトマスク又はレチクル等（以下、「マスク」と記す。）の面上に形成した回路パターンを投影光学系によってフォトレジスト等が塗布されたシリコンウエハ又はガラスプレート等（以下、「ウエハ」と記す。）の感光基板上に投影し、そこに転写する（露光する）投影露光方法及び投影露光装置が使用されている。

【 0 0 0 3 】

近年、上記デバイスの高集積化に対応して、ウエハに転写するパターンの微細化、即ち高解像度化とウエハにおける１チップの大面積化とが要求されている。従ってウエハに対する微細加工技術の中心を成す上記投影露光方法及び投影露光装置においても、現在、 $0.5 / \mu\text{m}$ 以下の寸法（線幅）の像（回路パターン像）を広範囲に形成するべく、解像度の向上と露光面積の拡大が計られている。

【 0 0 0 4 】

従来の投影露光装置の模式図を図３７に示す。図３７中、１９１は遠紫外線露光用の光源であるエキシマレーザ、１９２は照明光学系、１９３は照明光学系１９２から照射される照明光、１９４はマスク、１９５はマスク１９４から出て光学系（投影光学系）１９６に入射する物体側露光光、１９６は縮小型の投影光学系、１９７は投影光学系１９６から出て基板１９８に入射する像側露光光、１９８は感光基板であるウエハ、１９９は感光基板を保持する基板ステージを、示す。

【 0 0 0 5 】

エキシマレーザ１９１から出射したレーザ光は、引き回し光学系（１９０ａ，１９０ｂ）によって照明光学系１９２に導光され、照明光学系１９２により所定の光強度分布、配光分布、開き角（開口数ＮＡ）等を持つ照明光１９３となるように調整され、マスク１９４を照明する。マスク１９４にはウエハ１９８上に形成する微細パターンを投影光学系１９６の投影倍率の逆数倍（例えば２倍や４倍や５倍）した寸法のパターンがクロム等によって石英基板上に形成されており、照明光１９３はマスク１９４の微細パターンによって透過回折され、物体側露光光１９５となる。投影光学系１９６は、物体側露光光１９５を、マスク１９４の微細パターンを上記投影倍率で且つ充分小さな収差でウエハ１９８上に結像する像側露光光１９７に変換する。像側露光光１９７は図３７の下部の拡大図に示されるように、所定の開口数ＮＡ（ $= \sin(\quad)$ ）でウエハ１９８上に収束し、ウエハ１９８上に微細パターンの像を結ぶ。基板ステージ１９９は、ウエハ１９８の互いに異なる複数の領域（ショット領域：１個又は複数のチップとなる領域）に順次、微細パターンを形成する場合に、投影光学系の像平面に沿ってステップ移動することによりウエハ１９８の投影光学系１９６に対する位置を変えている。

【 0 0 0 6 】

現在主流となりつつある上記のエキシマレーザを光源とする投影露光装置は高い投影解像力を有しているが、例えば $0.15 \mu\text{m}$ 以下のパターン像を形成することが技術的に困難である。

【 0 0 0 7 】

投影光学系１９６は、露光（に用いる）波長に起因する光学的な解像度と焦点深度との間のトレードオフによる解像度の限界がある。投影露光装置による解像パターンの解像度Ｒと焦点深度ＤＯＦは、次の（１）式と（２）式の如きレーリーの式によって表される。

【 0 0 0 8 】

$$R = k_1 = (\quad / NA) \quad (1)$$

$$DOF = k_2 = (\quad / NA^2) \quad (2)$$

ここで、 λ は露光波長、ＮＡは投影光学系１９６の明るさを表す像側の開口数、 k_1 ， k_2 はウエハ１９８の現像プロセス特性等によって決まる定数であり、通常 $0.5 \sim 0.7$ 程度の値である。この（１）式と（２）式から、解像度Ｒを小さい値とする高解像度化に

10

20

30

40

50

は開口数 NA を大きくする「高 NA 化」がある。しかしながら、実際の露光では投影光学系 196 の焦点深度 DOF をある程度以上の値にする必要があるため、高 NA 化をある程度以上に進めることが難しいこと、この為、高解像度化には結局、露光波長を小さくする「短波長化」が必要となることとが分かる。

【0009】

ところが露光波長の短波長化を進めていくと重大な問題が発生してくる。それは投影光学系 196 を構成するレンズの硝材がなくなってしまうことである。殆どの硝材の透過率は遠紫外線領域では 0 に近く、特別な製造方法を用いて露光装置用（露光波長約 248 nm）に製造された硝材として熔融石英が現存するが、この熔融石英の透過率も波長 193 nm 以下の露光波長に対しては急激に低下するし。線幅 0.15 μm 以下の微細パターンに対応する露光波長 150 nm 以下の領域では実用的な硝材の開発は非常に困難である。また遠紫外線領域で使用される硝材は、透過率以外にも、耐久性、屈折率均一性、光学的歪み、加工性等の複数条件を満たす必要があり、このことから、実用的な硝材の存在が危ぶまれている。

【0010】

このように従来の投影露光方法及び投影露光装置では、ウエハ上に線幅 0.15 μm 以下のパターンを形成する為には 150 nm 程度以下まで露光波長の短波長化が必要である。これに対し、現在のところ、この波長領域では実用的な硝材が存在しないので、ウエハに線幅 0.15 μm 以下のパターンを形成することができなかった。

【0011】

米国特許 5,415,835 号公報は 2 光束干渉露光によって微細パターンを形成する技術を開示しており、この 2 光束干渉露光によれば、ウエハに線幅 0.15 μm 以下のパターンを形成することができる。

【0012】

2 光束干渉露光の原理を図 33 を用いて説明する。2 光束干渉露光は、レーザ 151 からの可干渉性を有し且つ平行光線束であるレーザ光 L151 をハーフミラー 152 によってレーザ光 L151a, L151b の 2 光束に分割し、分割した 2 光束を夫々平面ミラー 153a, 153b によって反射することにより 2 個のレーザ光（可干渉性の平行光線束）を 0 より大きく 90 度未満のある角度を成してウエハ 154 面上で交差させることにより交差部分に干渉縞を形成している。この干渉縞（の光強度分布）によってウエハ 154 を露光して感光させることで干渉縞の光強度分布に応じた微細な周期パターンをウエハ 154 に形成するものである。

【0013】

2 光束 L151a, L151b がウエハ 154 面の立てた垂線に対して互いに逆方向に同じ角度だけ傾いた状態でウエハ面で交差する場合、この 2 光束干渉露光における解像度 R は次の (3) 式で表される。

【0014】

$$\begin{aligned} R &= \lambda / (4 \sin \theta) \\ &= \lambda / 4 NA \\ &= 0.25 (\lambda / NA) \quad \dots\dots (3) \end{aligned}$$

ここで、 R は $L \ \& \ S$ （ライン・アンド・スペース）の夫々の幅、即ち干渉縞の明部と暗部の夫々の幅を示している。又 θ は 2 光束の夫々の像面に対する入射角度（絶対値）を表し、 $NA = \sin \theta$ である。

【0015】

通常の投影露光における解像度の式である (1) 式と 2 光束干渉露光における解像度の式である (3) 式とを比較すると、2 光束干渉露光の解像度 R は (1) 式において $k_1 = 0.25$ とした場合に相当するから、2 光束干渉露光では $k_1 = 0.5 \sim 0.7$ である通常の投影露光の解像度より 2 倍以上の解像度を得ることが可能である。

【0016】

上記米国特許には開示されていないが、例えば $\lambda = 0.248 \text{ nm}$ (KrFエキシマ) で $NA = 0.6$ の時は、 $R = 0.10 \text{ }\mu\text{m}$ が得られる。

【0017】

一方、解像力に伴って、半導体投影露光装置におけるウエハとレチクルを相対位置合わせするアライメントについても高精度化が必要とされている。従来、行われているアライメントでは、ウエハ面に形成したアライメントマークを投影レンズなどの光学系を介してCCDカメラなどの撮像素子上に結像投影し、その電気信号を画像処理してウエハの位置情報を得ている。

【0018】

このウエハ像を検出する方法として半導体投影露光装置で行われている方式としては、例えば次の3つの方法がある。

【0019】

- | | |
|--------------|----------------------|
| 1 露光光TTL方式 | 露光光を用い、投影光学系を通す方式 |
| 2 Off-Axis方式 | 非露光光を用い、投影光学系を通さない方式 |
| 3 非露光光TTL方式 | 非露光光を用い、投影光学系を通す方式 |

【0020】

【発明が解決しようとする課題】

2光束干渉露光は、基本的に干渉縞の光強度分(露光量分布)に相当する単純な縞パターンしか得られないので、所望の形状の回路パターンをウエハに形成することが難しい。

【0021】

そこで上記米国特許第5415835号公報は、2光束干渉露光によって単純な縞パターン(周期パターン)即ち2値的な露光量分布をウエハ(のレジスト)に与えた後、露光装置の分解能の範囲内の大きさのある開口が形成されたマスクを用いて通常リソグラフィー(露光)を行なって更に別の2値的な露光量分布をウエハに与えることにより、孤立の線(パターン)を得ることを提案している。

【0022】

しかしながら、上記米国特許第5415835号公報の多重露光の方法は、2光束干渉露光用の露光装置にウエハを設置して露光した後で、別の通常露光用の露光装置にウエハを設置し直して露光を行うので、時間がかかるという問題があった。

【0023】

本発明の目的は、比較的短い時間で多重露光が行える露光方法及び露光装置を提供することにある。

【0024】

一方、前述したようにパターン像の高解像力化を図るにはマスクとウエハとの位置合わせを高精度に行うことが重要になっている。

【0025】

感光基板上の同一領域を異なったパターンを有するマスクで多重露光し、高解像度のパターンを形成する多重露光方法では特に感光基板とマスクとの位置合わせ(アライメント)を高精度に行うことが重要になってくる。

【0026】

従来よりデバイス製造用の露光装置においてマスクとウエハとのアライメントを行う方法は種々と提案されているが多重露光に際してのアライメント方法については特に提案されていなかった。

【0027】

本発明は、感光基板上の同一領域を異なったパターンで多重露光するときに、感光基板とマスクとを位置合わせする為の位置合わせマーク(アライメントマーク)や、オーバーレイ測定マーク等を感光基板上に適切に形成することにより、感光基板とマスクのそれぞれのパターンの重ね合わせを高精度に行い高集積度のパターンを容易に形成することができる露光方法及び露光装置の提供を目的とする。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 8 】

【課題を解決するための手段】

請求項 1 の発明の露光方法は、感光基板上の同一領域を互いに異なったパターンで多重露光して回路パターンを形成する露光方法において、

第 1 の露光で第 1 の位置検出マークを該感光基板上に露光し、第 2 の露光時に該感光基板上に第 1 の位置検出マークを露光した位置と同じ位置に第 2 の位置検出マークを該感光基板上に露光し、該第 1 の位置検出マーク及び該第 2 の位置検出マークの多重露光により合成された合成パターンの位置を検出して、該互いに異なったパターンで多重露光して形成した回路パターンの位置を求めることを特徴としている。

【 0 0 2 9 】

10

請求項 2 の発明は請求項 1 の発明において、前記位置検出マークが、位置ずれ検出方向に対して前記回路パターンと同じ線幅、ピッチで構成されることを特徴としている。

【 0 0 3 0 】

請求項 3 の発明の露光方法は、感光基板上の同一領域を互いに異なったパターンで多重露光して回路パターンを形成する露光方法において、一方の露光で該感光基板上に位置検出マークを形成し、他の露光では該位置検出マークの領域を露光しないようにし、該位置検出マークの位置を検出して該互いに異なったパターンで多重露光して形成した回路パターンの位置を求めることを特徴としている。

【 0 0 3 1 】

20

請求項 4 の発明の露光方法は、感光基板上の同一領域を互いに異なったパターンで多重露光して回路パターンを形成する露光方法において、第 1 の露光で第 1 の位置検出マークを該感光基板上に露光し、第 2 の露光時に該感光基板上に第 1 の位置検出マークとは異なる位置に第 2 の位置検出マークを該感光基板上に露光し、該第 1 の露光時には、第 2 の位置検出マークの領域を露光しないようにし、該第 2 の露光時には、第 1 の位置検出マークの領域を露光しないようにしており、該第 1 の位置検出マーク及び該第 2 の位置検出マークの位置を検出し、第 1 の位置検出マークの位置と第 2 の位置検出マークの位置の平均値を用いて、該互いに異なったパターンで多重露光して形成した回路パターンの位置を求めることを特徴としている。

【 0 0 3 2 】

30

請求項 5 の発明は請求項 3 又は 4 の発明において、前記位置検出マークが、位置ずれ検出方向に対して前記パターンの最小線幅の二倍以上の線幅で構成されることを特徴としている。

【 0 0 3 3 】

請求項 6 の発明は請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項の発明において、第 1 のレチクルのパターンと第 2 のレチクルのパターンを縮小投影レンズを介して感光基板上の同一領域を二重露光して回路パターンを露光転写することを特徴としている。

【 0 0 3 4 】

請求項 7 の発明は請求項 6 の発明において、前記第 1 のレチクルと第 2 のレチクルのうち、片方のレチクルのパターンがレベンソン型位相シフトマスクで構成されていることを特徴としている。

40

【 0 0 3 5 】

請求項 8 の発明は請求項 6 の発明において、前記二重露光のうち、少なくとも 1 回の露光が変形照明露光により行うことを特徴としている。

【 0 0 3 6 】

請求項 9 の発明のデバイスの製造方法は請求項 1 から 8 のいずれか 1 項の露光方法を用いて、該パターンと該位置検出マークを感光剤を塗布した該基板上に露光転写後、現像処理し、エッチング又は成膜工程を行い、次いで基板上に感光剤を塗布し、該基板上の該位置検出マークの位置を測定し、位置合わせを行った後に感光剤に半導体素子パターンを露光転写してデバイスを製造することを特徴としている。

【 0 0 3 7 】

50

請求項 10 の発明のデバイスの製造方法は、請求項 1 から 8 のいずれか 1 項の露光方法を用いて、第一のパターンと第 1 の位置検出マークを感光剤を塗布した基板上に露光転写後、現像処理し、エッチング工程又は成膜工程を行い、次いで基板上に感光剤を塗布し、第 2 のパターンと第 2 の位置検出マークを該基板上に露光転写後、現像処理し、該第 1 の位置検出マークと第 2 の位置検出マーク間の相対的な位置ずれを測定する工程を利用してデバイスを製造していることを特徴としている。

【0038】

請求項 11 の発明の露光装置は、請求項 1 から 8 のいずれか 1 項の露光方法を用いて感光性の基板にマスク上のパターンを転写していることを特徴としている。

【0039】

請求項 12 の発明のデバイスの製造方法は、請求項 1 から 8 のいずれか 1 項の露光方法を用いてマスク面上のパターンをウエハ面上に露光した後、該ウエハを現像処理工程を介してデバイスを製造していることを特徴としている。

【0040】

請求項 13 の発明のデバイスの製造方法は、請求項 11 の露光装置を用いてマスク面上のパターンをウエハ面上に露光した後、該ウエハを現像処理工程を介してデバイスを製造していることを特徴としている。

【0043】

尚、本発明において「多重露光」とは「感光基板上の同一領域を互いに異なる光パターンで途中に現像処理工程を介さずに露光すること」を言う。

【0044】

【発明の実施の形態】

図 1 は本発明の露光装置の実施形態 1 の要部概略図である。図中、1 は投影レンズ(投影光学系)であり、レチクルステージ 3 a に載置したレチクル(第 1 マスク)3 のパターンを X Y Z 方向に駆動可能なウエハステージ 5 上に載置したウエハ(感光基板)7 上にステップアンドリピート方式又はステップアンドスキャン方式で微小投影している。

【0045】

レチクル 3 はパターンが異なるレチクル(第 2 マスク)13 と交換可能となっており、レチクル 3 とレチクル 13 とを交換してウエハ 7 上の同一領域を多重露光(二重露光)している。2 は照明系であり、超高圧水銀灯やエキシマレーザ等からの露光光でレチクル 3 (13)を照明している。8 はレチクルアライメント検出系であり、例えば図 2, 図 3 に示すようなレチクルアライメントマーク 22 (32)を検出してそのアライメント信号を中央処理系 6 に入力している。

【0046】

4 はウエハアライメント検出系であり、ウエハ 7 上のパターン転写領域の位置情報(アライメント信号)をウエハ 7 上のパターン転写領域の位置情報(アライメント信号)をウエハ 7 上に設けたアライメントマークを観察して得ている。

【0047】

ウエハアライメント検出系 4 は明視野/暗視野の切り替えが可能となっており、像コントラストの良い信号を選択して用いている。ウエハアライメント検出系 4 からのアライメント信号は中央処理系 6 に入力されている。

【0048】

中央処理系 6 はレチクルアライメント検出系 8 からのアライメント信号又は/及びウエハアライメント検出系 4 からのアライメント信号とを用いてレチクルとウエハとの位置合わせを行っている。

【0049】

ウエハアライメント検出系 4 は投影レンズ 1 を介さない非 T T L オフアクシスを用いているが、投影レンズ 1 を介して行う T T L オフアクシス方式、T T L オンアクシス方式等を用いても良い。

【0050】

10

20

30

40

50

本実施形態では二重露光により基板（ウエハ）上に微細パターンを露光転写する露光方法において、第１と第２の二重露光により位置検出マーク（アライメントマーク）を該基板上に露光し、該位置検出マークの位置を検出し、該基板上の微細パターンの位置を計測することを特徴としている。

【００５１】

具体的には本実施形態において、レチクル（第１マスク）１３として微細な周期的パターンよりなる周期パターンマスク（Ｆレチクル）を用いて第１露光を行い、レチクル（第２マスク）３としてゲートパターン等の回路パターンより成る通常パターンマスク（Ｒレチクル）を用いて第２露光を行い、２重露光を行っている。

【００５２】

これによって後述するようにウエハ面上に微細パターン（回路パターン）を形成している。このときの２重露光プロセスにおいて図２，図３に示すレチクル３又は／及び１３に設けたアライメントマーク２２又は／及び３２をウエハ（感光基板）７上に投影露光してアライメントマーク（ＡＡマーク）を形成している。

【００５３】

そして次の工程において、ウエハ面上に形成したアライメントマークを用いてマスクとの相対的な位置合わせを行っている。図２において、２１は回路パターン領域を示し、領域２３には例えば図１０に示す回路パターン（ゲートパターン）が形成されている。図３において３１は回路パターン領域を示し、領域３３には図１１に示すような周期的パターンが形成されている。

【００５４】

次に本実施形態においてウエハ上に位置合わせマーク（アライメントマーク）を形成する方法について説明する。

【００５５】

図４は第１と第２露光でウエハ面上にアライメントマークを形成する実施形態の説明図である。同図（Ａ）は第１マスク（Ｆレチクル）に設けたアライメントマークＦａと、第２マスク（Ｒレチクル）に設けたアライメントマークＲａとの２つのマスクのアライメントマークを２重露光に際してウエハ上の同一領域に投影して、現像処理工程を行って合成像としてのアライメントマークＦＲａを形成している。尚、このときの位置合わせ方向（アライメント方向）は同図（Ｃ）の矢印で示す方向である。

【００５６】

図４（Ｂ）は同図（Ａ）に比べて第２マスク（Ｒレチクル）に設けたアライメントマークＲａの形状が異なっている。この結果、ウエハ面上に形成される合成像としてのアライメントマークＦＲａのパターン形状も異なっている。

【００５７】

同図（Ｂ）では位置合わせ方向は矢印で示すように同図（Ａ）とは９０度方向が異なっている。

【００５８】

本実施形態では第１，第２露光の２重露光でアライメントマークを形成している為、２重露光で形成した回路パターン（ＩＣパターン）の位置を正確に反映している。

【００５９】

本発明においてウエハにアライメントマークを形成するとき、多重露光で形成するときには多重露光におけるパターン形成と同様に全露光の露光量の合計値がレジストのしきい値を E_{th} を超えるようにしている。尚、単一露光で形成するときにはレジストのしきい値 E_{th} 以上の露光量を与えている。

【００６０】

図５～図８は２重露光により、所定の層にパターンを形成するとき、次の工程用のアライメントマーク（ＡＡマーク）を２重露光で作成する方法を示している。

【００６１】

このときはＦレチクルとＲレチクルのパターンのうち、次工程で位置合わせを行うレチク

10

20

30

40

50

ル側のアライメントマークの線幅を他方のレチクルのアライメントマークの線幅よりも小さくしている。

【 0 0 6 2 】

例えば次工程において F レチクルのパターンとアライメントをしたいときは図 5 に示すように F レチクルのアライメントマークの線幅を R レチクルのアライメントマークの線幅よりも小さくしておく。

【 0 0 6 3 】

又、次工程において R レチクルのパターンとアライメントしたいときには R レチクルのアライメントマークの線幅を F レチクルのアライメントマークの線幅よりも小さくしておく。

10

【 0 0 6 4 】

次に図 5 ～ 図 8 に示した 2 重露光により IC パターン（回路パターン）とアライメントマーク（AA マーク）を形成する様子を示した概略図について説明する。図 5 は F レチクルとアライメントをする場合を示している。図 5 は F レチクル F に形成した線幅の AA マークがレジストに形成される様子を示している。

【 0 0 6 5 】

図 5（A）は R レチクルの AA マークと IC パターンの投影露光（第 1 露光）による露光量分布を示し、図 5（B）は F レチクルの AA マークと IC パターンの投影露光（第 2 露光）による露光量分布を示している。図 5（C）はレジストの第 1，第 2 露光の露光量分布の合計を示している。スレッシュホールドを同図（C）の点線の如く設定し、これによって同図（D）に示すような AA マークと IC パターンを形成している。

20

【 0 0 6 6 】

図 6 は R レチクルとアライメントする場合を示している。図 6 は図 5 と基本的には同様であるが、R レチクルに形成した線幅の AA マークが 2 重露光によってレジストに形成される様子を示している。

【 0 0 6 7 】

露光工程は図 5（A）～（D）と基本的に同じである。

【 0 0 6 8 】

図 7 は次工程においてアライメントを行うレチクル（F レチクル）に一定の線幅のアライメントマークを形成し、そうでないレチクル（R レチクル）には幅の広いべたマークを形成した場合を示している。

30

【 0 0 6 9 】

これによって図 7 に示すようにレジストに F レチクルと同じ線幅のアライメントマークを形成している。

【 0 0 7 0 】

図 8 は次工程においてアライメントを行うレチクルを R レチクルとし、図 7 に比べて F レチクルと R レチクルに形成するアライメントマークの線幅を逆にしたものである。

【 0 0 7 1 】

図 9 はウエハ上のレジスト層に回路パターンと AA マークが形成される様子を示している。同図（A）では F レチクルの回路パターンをパターン部に AA マークをマーク領域に各々第 1 露光でレジスト層に露光している。

40

【 0 0 7 2 】

同図（B）で R レチクルの回路パターンと AA マークを各々第 2 露光でレジスト層に露光している。そして多重露光した後に現像処理して同図（C）に示すようにウエハ面上に回路パターンと AA マークが形成している。

【 0 0 7 3 】

図 1 2 は本発明の AA マークのパターン形成の説明図である。図 1 2（A）のレチクル 3 上の AA マーク 2 2 はその位置合わせ方向の線幅が 3 L で間隔が L、レチクル 1 3 上の AA マーク 3 2 はその線幅が L で間隔が L のレベンソン型位相シフトパターンより成っており、AA マーク 2 2 と AA マーク 3 2 との合成した AA マークの幅が 3 L で間隔 L の場合

50

を示している。これは図10の回路パターンの領域Aにおける位置合わせ精度を検出する為に、該回路パターンの形状に合わせている。

【0074】

図12(B)のレチクル3上のAAマーク22は位置合わせ方向の線幅がL、レチクル13上のAAマークが線幅Lで間隔Lのレベンソン型位相シフトパターンより成り、合成したAAマークの幅がL、間隔がLの場合を示している。これは図10の回路パターンの領域Bにおける位置合わせ精度を検出する為に該回路パターンの形状に合わせている。

【0075】

本実施形態では回路パターンと同様な線幅のパターンよりAAマークを形成している。このように図12では第1及び第2露光で転写される位置検出マークが、位置ずれ検出方向に対して該回路パターンと同じ線幅、ピッチ構成されることを特徴としている。

10

【0076】

これによってレチクル3とレチクル13との位置合わせに誤差があるとき、ICパターンの合成像位置にAAマークの合成像の位置が正確に一致するようにしている。

【0077】

図13は図12のレチクル3のAAマーク22とレチクル13のAAマーク32のレジスト面上での露光量分布と、双方の露光量分布を合成し、スレッシュホールドをTL2としたときの得られる合成像(パターン像)を示している。

【0078】

図12(A),(B)に対応してA部では幅3L、間隔LのAAマークが、B部では幅L、間隔LのAAマークが形成される様子を示している。

20

【0079】

図14は図12の合成パターン(AAマーク)42L,42Rをアライメント検出系4で検出したときのアライメント検出信号の説明図である。

【0080】

図14において位置42La,42RaはAAマーク42L,42Rに入射した光束の正反射光とエッジ散乱光との干渉で生じてくる光強度変化の位置を示し、位置42LRがAAマーク42L,42Rの位置の平均値であるこの42LRを用いてアライメントを行っている。

【0081】

30

図15は本発明の実施形態であり、Y方向の位置検出用のAAマークのパターン形成方法の説明図である。同図は一方のレチクル(例えばレチクル3)にのみAAマークが設けられており、レチクル3のAAマーク22を1回の露光でウエハ面上に形成している。

【0082】

このときレチクル13の回路パターンをウエハ面上に投影露光するとき、ウエハ面上のレチクル3のAAマーク22を露光形成した領域は露光しないように、レチクル13のそれに相当する領域を遮光領域32としている。

【0083】

レチクル3のAAマーク22の線幅は回路パターンの最小線幅の10倍程度としている(2倍程度であれば良い)。

40

【0084】

このように本実施形態では二重露光により基板上に微細パターンを露光転写するときに片方の露光で位置検出マークを該基板上に露光し、他方の露光時には、該位置検出マークの領域を露光しないようにし、該位置検出マークの位置を検出して該基板上に微細パターンの位置を求めることを特徴としている。

【0085】

図16は本発明の実施形態3の説明図である。同図の本実施形態はウエハ面上に形成したオーバレイマークのX方向の検出を示している。

【0086】

同図はレチクルとウエハとの位置合わせを行い、多重露光した後のウエハ面上で下地パタ

50

ーン（下地 A A マーク）4 3 L , 4 3 R と今回転写したレジストパターン（ A A マーク）4 2 L , 4 2 R との位置ずれを測定し、次のウエハの位置合わせの際にオフセットを与えている。

【 0 0 8 7 】

図 1 2 で説明した A A マークの形成方法と同様にオーバーレイマーク 4 2 L , 4 2 R を形成する。ここでオーバーレイマーク 4 3 L , 4 3 R は下地パターンであり、前工程で露光転写されたパターンを示している。

【 0 0 8 8 】

同図では二重露光により基板（ウエハ）上に微細パターンを露光転写する 2 重露光において、第 1 の露光で第 1 の位置検出マーク（ A A マーク）4 2 L , 4 3 L を該基板上に露光し、第 2 の露光時に該基板上に第 1 の位置検出マークとは異なる位置に第 2 の位置検出マーク（ A A マーク）4 3 L , 4 3 R を該基板上に露光し、該第 1 の露光時には、第 2 の位置検出マークの領域を露光しないようにし、該第 2 の露光時には、第 1 の位置検出マークの領域を露光しないようにし、該第 1 の位置検出マーク 4 2 L , 4 2 R 及び該第 2 の位置検出マーク 4 3 , 4 3 R の位置を検出し、第 1 の位置検出マークの位置と第 2 の位置検出マークの位置の平均値により、該基板上に微細パターンの位置を求めることを特徴としている。

10

【 0 0 8 9 】

図 1 7 はウエハ 7 面上に形成したオーバーレイマーク 7 b を検出するときの概略図である。同図では照明系 5 2 からの光束で投影レンズ 5 1 の一部を介してウエハ 7 上のオーバーレイマーク 7 b を照明している。そしてオーバーレイマーク 7 b の画像情報を投影レンズ 5 1 を介して C C D カメラ 5 3 で検出している。

20

【 0 0 9 0 】

このとき得られる画像情報より下地パターン 4 3 L , 4 3 R とレジストパターン 4 2 L , 4 3 R との位置ずれを検出している。

【 0 0 9 1 】

図 1 8 は図 1 7 で示す C C D カメラ 5 3 で得られたオーバーレイマークに関する画像信号の説明図である。4 2 L a , 4 2 R a はレジストパターン 4 2 L , 4 2 R に基づく画像信号、4 3 L a , 4 3 R a は下地パターン 4 3 L , 4 3 R に基づく画像信号である。

【 0 0 9 2 】

同図では画像信号 4 2 L a , 4 2 R a の位置の平均値と、画像信号 4 3 L a , 4 3 R a の位置の平均値の差分 X を位置合わせ誤差として求めている。

30

【 0 0 9 3 】

このときの位置合わせ誤差 X をオフセットとして次のレチクルとウエハとの位置合わせに用いている。

【 0 0 9 4 】

次に本実施形態における多重露光によってウエハ面上に回路パターンを形成する露光方法について説明する。以下の説明では例として 2 重露光について説明するが、2 重露光プロセスの適切なプロセス工程において前述したようにウエハ面上にアライメントマークを形成して、位置合わせ（アライメント）を行っている。

40

【 0 0 9 5 】

図 1 9 ~ 図 2 7 は本発明の露光方法の実施形態 1 の説明図である。図 1 9 は本発明の露光方法を示すフローチャートである。図 1 9 には本発明の露光方法を構成する周期パターン露光ステップ、投影露光ステップ（通常パターン露光ステップ）、現像ステップの各ブロックとその流れが示してある。同図において周期パターン露光ステップと投影露光ステップの順序は、逆でもいいし、どちらか一方のステップが複数回の露光段階を含む場合は各ステップを交互に行うことも可能である。また、各露光ステップ間には、精密な位置合わせを行なうステップ等があるが、ここでは図示を略した。

【 0 0 9 6 】

本発明の露光方法及び露光装置は、被露光基板（感光基板）に対して周期パターン露光と

50

通常の露光の二重露光を行うことを特徴としている。

【0097】

ここで通常パターン露光とは周期パターン露光より解像度が低い任意のパターンで露光が行える露光であり、代表的なものとして図37に示した投影光学系によってマスクのパターンを投影する投影露光があげられる。

【0098】

通常パターン露光によって露光されるパターン（通常パターン）は解像度以下の微細なパターンを含み、周期パターン露光はこの微細なパターンと略同線幅の周期パターンを形成するようにする。通常パターン露光の解像度以上の大きなパターンは、周期パターン露光の線幅に限定されないが整数倍が効果的である。

10

【0099】

通常パターン露光は任意の形状をしているのでいろいろな方向を向いていてもよい。一般にICパターンでは、方向がある方向とそれに直行する方向の2方向を向いている場合が多く、最も微細なパターンはある特定の1方向のみに限定される場合が多い。

【0100】

二重露光で周期パターン露光をする際、その通常パターンの最も微細なパターンの方向に、周期パターンの方向を合致させることが重要である。

【0101】

また、周期パターンのピークの中心は、通常パターンにおける解像度以下の微細なパターンの中心に合致するように露光する。

20

【0102】

本発明における二重露光とは周期パターン露光と通常パターン露光の二重露光という意味であって、周期パターン露光は、通常パターン露光の最も微細なパターンの方向に平行にして何回繰り返して露光しても良い。

【0103】

本発明の露光方法及び露光装置の周期パターン露光と通常パターン露光のそれぞれは、1回または、複数回の露光段階よりなり、複数回の露光段階を取る場合は、各露光階ごとに異なる露光量分布を感光基板に与えている。

【0104】

図19のフローに従って露光を行なう場合、まず周期パターンによりウエハ（感光基板）を図20に示すような周期パターンで露光する。図20中の数字は露光量を表しており、図20（A）の斜線部は露光量1（実際は任意）で白色部は露光量0である。

30

【0105】

このような周期パターンのみを露光後現像する場合、通常、感光基板のレジストの露光しきい値 E_{th} は図20（B）の下部のグラフに示す通り露光量0と1の間に設定する。尚、図20（B）の上部は最終的に得られるリソグラフィーパターン（凹凸パターン）を示している。

【0106】

図21に、この場合の感光基板のレジストに関して、現像後の膜厚の露光量依存性と露光しきい値とをポジ型レジスト（以下、「ポジ型」と記す。）とネガ型レジスト（以下、「ネガ型」配す。）の各々について示す。ポジ型の場合は露光しきい値 E_{th} 以上の場合に、ネガ型の場合は露光しきい値 E_{th} 以下の場合に、現像後の膜厚が0となる。

40

【0107】

図22はこのような露光を行った場合の現像とエッチングプロセスを経てリソグラフィーパターンが形成される様子を、ネガ型とポジ型の場合に関して示した模式図である。

【0108】

本実施形態においては、この通常の露光感度設定とは異なり、図23（図20（A）と同じ）及び図24に示す通り、周期パターン露光での中心露光量を1としたとき、露光基板のレジストの露光しきい値 E_{th} を1よりも大きく設定している。この感光基板は図20に示す下地パターン露光のみ行った露光パターン（露光量分布）を現像した場合は露光量

50

が不足するので、多少の膜厚変動はあるものの現像によって膜厚が0となる部分は生じず、エッチングによってリソグラフィーパターンは形成されない。これは即ち周期パターンの消失と見做すことができる（尚、ここではネガ型を用いた場合の例を用いて本発明の説明を行うが、本発明はポジ型の場合も実施できる。）。

【0109】

尚、図24において、上部はリソグラフィーパターンを示し（何もできない）、下部のグラフは露光量分布と露光しきい値の関係を示す。尚、下部に記載の E_1 は周期パターン露光における露光量を、 E_2 は通常の投影露光における露光量を表している。

【0110】

本実施形態の特徴は、周期パターン露光のみでは一見消失する高解像度の露光パターンを通常の投影露光による露光装置の分解能以下の大きさのパターンを含む任意の形状の露光パターンと融合して所望の領域のみ選択的にレジストの露光しきい値以上の露光をし、最終的に所望のリソグラフィーパターンを形成できるところにある。

10

【0111】

図25(A)は通常の投影露光（通常パターン露光）による露光パターンであり、微細なパターンである為、解像できずに被露光物体上での強度分布はぼけて広がっている。本実施形態では通常の投影露光の解像度の約半分の紙幅の微細パターンとしている。

【0112】

図25(A)の露光パターンを作る投影露光を、図23の周期パターン露光の後に、現像工程なしで、同一レジストの同一領域に重ねて行くと、このレジスト面上への合計の露光量分布は図25(B)の下部のグラフのようになる。尚、ここでは周期パターン露光の露光量 E_1 と投影露光の露光量 E_2 の比が1:1、レジストの露光しきい値 E_{th} が露光量 E_1 （=1）と露光量 E_1 と投影露光の露光量 E_2 の和（=2）の間に設定されている為、図25(B)の上部に示したリソグラフィーパターンが形成される。

20

【0113】

その際、通常パターンの中心が周期パターンのピークと合致させておく。又、通常パターンの方向と周期パターンの方向とを合致させている。

【0114】

図25(B)の上部に示す孤立線パターンは、解像度が周期パターン露光のものであり且つ単純な周期パターンもない。従って通常の投影露光で実現できる解像度以上の高解像度のパターンが得られたことになる。

30

【0115】

ここで仮に、図26の露光パターンを作る投影露光（図23の露光パターンの2倍の線幅で露光しきい値以上（ここではしきい値の2倍の露光量）の投影露光）を、図23の周期パターン露光の後に、現像工程なしで、同一レジストの同一領域に重ねる。この際、通常パターンの中心が周期パターン露光のピーク位置と合致させることで重ね合わせたパターンの対称性が良く、良好なるパターン像が得られる。

【0116】

このレジストの合計の露光量分布は図26(B)のようになり、2光束干渉露光（周期パターン露光）の露光パターンは消失して最終的に投影露光によるリソグラフィーパターンのみが形成される。

40

【0117】

また、図27に示すように、図23の露光パターンの3倍の線幅で行う場合も理屈は同様であり、4倍以上の線幅の露光パターンでは、基本的に2倍の線幅の露光パターンと3倍の線幅の露光パターンの組み合わせから、最終的に得られるリソグラフィーパターンの線幅は自明であり、投影露光で実現できるリソグラフィーパターンは全て、本実施形態でも、形成可能である。

【0118】

以上簡潔に説明した周期パターン露光と投影露光の夫々による露光量分布（絶対値及び分布）と感光基板のレジストのしきい値の調整を行うことにより、図24，図25(B)，

50

図 26 (B), 及び図 27 (B) で示したような多種のパターンの組み合わせより成り且つ最小線幅が周期パターン露光の解像度 (図 25 (B) のパターンとなる回路パターンを形成することができる。

【0119】

以上の露光方法の原理をまとめると、

(ア-1) 投影露光 (通常パターン露光) をしないパターン領域即ちレジストの露光しきい値以下の周期露光パターンは現像により消失する。

【0120】

(ア-2) レジストの露光しきい値以下の露光量で行った投影露光のパターン領域に関しては投影露光と周期パターン露光のパターンの組み合わせにより決まる周期パターン露光の解像度を持つ露光パターンが形成される。

10

【0121】

(ア-3) 露光しきい値以上の露光量で行った投影露光のパターン領域は投影露光のみでは解像しなかった微細パターンも同様に (マスクに対応する) 形成する。ということになる。更に露光方法の利点として、最も解像力の高い周期パターン露光を 2 光束干渉露光で行えば、通常の露光に比してはるかに大きい焦点深度が得られることが挙げられる。

【0122】

以上の説明では周期パターン露光と投影露光の順番は周期パターン露光を先としたが、この順番に限定されない。

【0123】

20

次に本発明の実施形態 2 を説明する。

【0124】

本実施形態は露光により得られる回路パターン (リソグラフィーパターン) として、図 10 に示す所謂ゲート型のパターンを対象としている。

【0125】

図 28 のゲートパターンは横方向の即ち図中 A - A' 方向の最小線幅が $0.1 \mu\text{m}$ であるのに対して、縦方向では $0.2 \mu\text{m}$ 以上である。本発明によれば、このような 1 次元方向のみ高解像度を求められる 2 次元パターンに対しては 2 光束干渉露光 (周期パターン露光) をかかる高解像度の必要な 1 次元方向のみで行えばいい。

【0126】

30

本実施形態では、図 29 を用いて 1 次元方向のみの 2 光束干渉露光と通常の投影露光の組み合わせの一例を示す。

【0127】

図 29 において、図 29 (A) は 1 次元方向のみの 2 光束干渉露光による周期的な露光パターンを示す。この露光パターンの周期は $0.2 \mu\text{m}$ であり、この露光パターンは線幅 $0.1 \mu\text{m}$ L & S パターンに相当する。図 29 の下部における数値は露光量を表すものである。

【0128】

このような 2 光束干渉露光を実現する露光装置としては、図 33 で示すような、レーザ 151, ハーフミラー 152, 平面ミラー 153 による干渉計型の分波合波光学系を備えるものや、図 34 で示すような、投影露光装置においてマスクと照明方法を図 35 又は図 36 のように構成した装置がある。

40

【0129】

図 33 の露光装置について説明を行う。

【0130】

図 33 の露光装置では前述した通り合波する 2 光束の夫々が角度 θ でウエハ 154 に斜入射し、ウエハ 154 に形成できる干渉縞パターン (露光パターン) の線幅は前記 (3) 式で表される。角度 θ と分波合波光学系の像面側の NA との関係は $NA = \sin \theta$ である。角度 θ は一対の平面ミラー 153 (153a, 153b) の夫々の角度を変えることにより任意に調整、設定可能で、一対の平面ミラーで角度 θ の値を大きく設定すれば干渉縞パ

50

ターンの夫々の縞の線幅は小さくなる。例えば2光束の波長が248nm(KrFエキシマ)の場合、 $\theta = 38^\circ$ でも各縞の線幅は約0.1 μ mの干渉縞パターンが形成できる。尚、この時の $NA = \sin \theta = 0.62$ である。角度 θ を38度よりも大きく設定すれば、より高い解像度が得られるということと言うまでもない。

【0131】

次に図34乃至図36の露光装置に関して説明する。

【0132】

図34の露光装置は、例えば通常のステップアンドリピート方式又はステップアンドスキャン方式の縮小投影光学系(多数枚のレンズより成る)を用いた投影露光装置であり、現状で露光波長248nmに対して $NA \geq 0.6$ 以上のものが存在する。

10

【0133】

図34中、161はマスク、162はマスク161から出て光学系163に入射する物体側露光光、163は投影光学系、164は開口絞り、165は投影光学系163から出てウエハ166に入射する像側露光光、166は感光基板であるウエハを示し、167は絞り164の円形開口に相当する瞳面での光束の位置を一对の黒点で示した説明図である。

【0134】

図34は2光束干渉露光を行っている状態の模式図であり、物体側露光光162と像側露光光165は双方とも、図37の通常の投影露光とは異なり、2つの平行光線束だけから成っている。

【0135】

20

図34に示すような通常の投影露光装置において2光束干渉露光(周期パターン露光)を行う為には、マスク161とその照明方法を図35又は図36のように設定すれば良い。以下これら3種の例について説明する。

【0136】

図35(A)はレベンソン型の位相シフトマスク173を示しており、クロムより成る遮光部171のピッチ P_0 が(4)式で0、位相シフト172のピッチ P_{OS} が(5)式で表されるマスクである。

【0137】

$$P_0 = MP = 2MR = M / (2NA) \quad (4)$$

$$P_{OS} = 2P_0 = M / (NA) \quad (5)$$

30

ここで、 M は投影光学系163の投影倍率、 λ は露光波長、 NA は投影光学系163の像側の開口数を示す。

【0138】

一方、図35(B)が示すマスク174はクロムより成る遮光部のないシフトエッジ型の位相シフトマスクであり、レベンソン型と同様に位相シフト175のピッチ P_{OS} を上記(5)式を満たすように構成したものである。

【0139】

図35(A)、(B)の夫々の位相シフトマスクを用いて2光束干渉露光を行うには、これらのマスクを $\theta = 0$ (又は0に近い値)所謂コヒーレント照明を行う。具体的には図35に示すようにマスク面170に対して垂直な方向(光軸に平行な方向)から平行光線束をマスク170に照射する。

40

【0140】

ここで、 $\theta = \text{照明光学系の開口数} / \text{投影光学系の開口数}$ である。

【0141】

このような照明を行うと、マスク170から上記垂直な方向に出る0次透過回折光に関しては、位相シフト172(175)により隣り合う透過光の位相差が π となって打ち消し合い存在しなくなり、 ± 1 次の透過回折光の2平行光線束はマスク170から投影光学系163の光軸に対して対称に発生し、図34の2個の物体側露光165がウエハ166上で干渉する。また2次以上の高次の回折光は投影光学系163の開口絞り164の開口に入射しないので結像には寄与しない。

50

【0142】

図36に示したマスク180は、クロムより成る遮光部181のピッチPOが(4)式と同様の(6)式で表されるマスクである。

【0143】

$$P_0 = MP = 2MR = M / (2NA) \quad (6)$$

ここで、Mは投影光学系163の投影倍率、 λ は露光波長、NAは投影光学系163の像側の開口数を示す。

【0144】

図36の位相シフタを有していないマスクには、1個又は2個の平行光線束による斜入射照明とする。この場合の平行光線束のマスク180への入射角 θ_0 は(7)式を満たすように設定される。2個の平行光線束を用いる場合が、光軸を基準にして互いに逆方向に θ_0 傾いた平行光線束によりマスクを照明する。

10

【0145】

$$\sin \theta_0 = M / NA \quad (7)$$

ここでも、Mは投影光学系163の投影倍率、NAは投影光学系163の像側の開口数を示す。

【0146】

図36が示す位相シフタを有していないマスクを上記(7)式を満たす平行光線束により斜入射照明を行うと、マスク180からは、光軸に対して角度 θ_0 で直進する0次透過回折光とこの0次透過回折光の光路と投影光学系の光軸に関して対称な光路に沿って進む(光軸に対して角度 $-\theta_0$ で進む)-1次透過回折光の2光束が図34の2個の物体側露光光162として生じ、この2光束が投影光学系163の開口絞り164の開口部に入射し、結像が行われる。

20

【0147】

尚、本発明においてはこのような1個又は2個の平行光線束による斜入射照明も「コヒーレント照明」として取り扱う。

【0148】

以上が通常の投影露光装置を用いて2光束干渉露光を行う技術であり、図37に示したような通常の投影露光装置の照明光学系は部分的コヒーレント照明を行うように構成してあるので、図37の照明光学系の $0 < \sigma < 1$ に対応する不図示の開口絞りを $\sigma = 0$ に対応する特殊開口絞りに交換可能にする等して、投影露光装置において実質的にコヒーレント照明を行うよう構成することができる。

30

【0149】

図28及び図29が示す実施形態2の説明に戻る。本実施形態では前述した2光束干渉露光(周期パターン露光)の次に行う通常の投影露光(通常パターン露光)(例えば図37の装置でマスクに対して部分的コヒーレント照明を行うもの)によって図29(B)が示すゲートパターンの露光を行う。図29(C)の上部には2光束干渉露光による露光パターンとの相対的位置関係と通常の投影露光の露光パターンの領域での露光量を示し、同図の下部は、通常の投影露光によるウエハのレジストに対する露光量を縦横を最小線幅のピッチの分解能でマップ化したものである。

40

【0150】

図29の下部に示す露光量分布は、マスクから入射される光強度を1としてウエハに露光される強度分布を示したものである。

【0151】

図29(A)の周期パターンの露光による露光量分布は、理想的には1と0の矩形波であるはずだが、2光束干渉露光の解像限界付近の線幅を用いているので、0次光と1次光のみで形成されるsin波となっている。そのsin波の最大値を I_0 、最小値を I_1 とあらわす。このとき、照明条件の σ によって、 I_0 と I_1 の値が定まる。

【0152】

図29(B)の通常の投影露光による露光量分布は、各部分での代表的な値を示している。

50

この投影露光による露光パターンの最小線幅の部分は、解像せずぼけて広がり、光強度の各店の値は下がる。露光量は、大まかにパターン中心部を b , 両サイドを d , 両側からのぼけ像がくる中心部を c とする。最小線幅の 2 倍の線幅は、 b, c, d の値よりも大きい、投影露光の解像限界付近の線幅であるため、少しぼけて a の値をとる。これら、 a, b, c, d の値は、照明条件によって変化する。

【 0 1 5 3 】

図 2 9 (C) の露光量分布は、図 2 9 (A) の露光パターンと図 2 9 (B) の露光パターンの露光量の加算した結果生じたものである。

【 0 1 5 4 】

2 光束干渉露光と投影露光の各露光での光量比は、それぞれの露光の照明条件により異なる。加算における各露光での光量比は、照明系の照度比として、

2 光束干渉露光 : 投影露光 = 1 : k

とし、 k の値は次のようにして求める。

【 0 1 5 5 】

図 2 9 (C) の露光量分布は、上記の露光量分布、光量比を用いて、以下の式で表せる。

【 0 1 5 6 】

$$a' = k \times a + I_0$$

$$a'' = k \times a + I_1$$

$$b' = k \times b + I_0$$

$$c' = k \times c + I_1$$

$$d' = k \times d + I_1$$

所望のゲートパターンを得るためには、レジストの感光のしきい値 I_c との関係式を得る。

たとえば、レジストがネガ型の場合、以下ようになる。

【 0 1 5 7 】

$$a' > I_c$$

$$a'' > I_c$$

$$b' > I_c$$

$$c' < I_c$$

$$d' < I_c$$

a', a'', b' は差が小さい方が望ましく、 c' と特に b' との差がある方が望ましい。

これらの式を解くことにより、各照明条件での最適光量比が求められる。

特に微細パターンの関係する以下の 2 式は重要である。

レジストがネガ型の場合、

$$k \times b + I_0 > I_c$$

$$k \times c + I_1 < I_c$$

レジストがポジ型の場合、

$$k \times b + I_1 < I_c$$

$$k \times c + I_0 > I_c$$

レジストがポジ型の場合、露光量分布の大小関係が反転し、レジストしきい値 I_c との不等号が逆になるが、同様に最適光量比が求められる。

【 0 1 5 8 】

以上説明した 2 光束干渉露光と通常の投影露光の照明方法の異なった 2 つを組み合わせによって図 3 0 の微細回路パターンが形成される様子について述べる。本実施形態においては 2 光束干渉露光と通常の投影露光の間には現像過程はない。従って各露光の露光パターンが重なる領域での露光量は加算され、加算後の露光量 (分布) により新たな露光パターンが生じることと成る。

【 0 1 5 9 】

図 3 0 , 図 3 1 , 図 3 2 は波長 248nm の KrF エキシマステッパを用いたときの具体的な実施例である。

【 0 1 6 0 】

10

20

30

40

50

図30に示すような、最小線幅 $0.12\mu\text{m}$ のゲートパターンを通常露光し、重ねてレベンソンのタイプの位相シフトマスクで、その最小線幅と重なるように周期パターンを露光したものである。

【0161】

投影レンズのNAは0.6、照明系の σ は、レベンソンマスクによる露光では、0.3とした。通常マスク露光時では、 $\sigma = 0.3, 0.6, 0.8$, 輪帯照明とした。

【0162】

位相シフトマスクなどの2光束干渉により周期パターンを露光する場合の、コヒーレント照明は σ の値がゼロまたは、それに近い値であるが、あまり小さくすると単位時間当たりの露光量が小さくなり、露光に要する時間が長くなるので実際的でない。

10

【0163】

周期パターン露光のときは σ が0.3以下であることが望ましく、レベンソンマスクによる露光ではその最大である $\sigma = 0.3$ とした。

【0164】

通常露光では、一般的に部分的コヒーレント照明にするが、 σ を大きくすると複雑な形状の再現性はよくなり、かつ深度は広がる。照度分布が外側に比べて内側が低いいわゆる輪帯照明では、この傾向は顕著になるが、コントラストは落ちるという欠点がある。

【0165】

図31(A)に示すように、通常露光の σ を周期パターン露光の σ と同じ0.3にして同じ照明条件で二重露光を行うと、ゲートパターンがデフォーカス $0 \pm 0.2\mu\text{m}$ の範囲で解像されるが、線パターンの部分がうねっており、くびれた部分が断線の原因となるため好ましくない。

20

【0166】

又、通常パターン露光のときは $\sigma = 0.6$ 以上にするのが良い。図31(B)に示すように、通常露光の σ を0.6にするとデフォーカス $0 \pm 0.4\mu\text{m}$ の範囲でゲートパターンが解像されるようになり、線パターンの部分がうねりは解消されている。通常露光と周期パターン露光の露光量比を通常露光：周期パターン露光=1.5：1とした。

【0167】

図32(A)に示すように、通常露光の σ が0.8と大きくなると、複雑な形状の再現性は若干よくなる。通常露光と周期パターン露光の露光量比を通常パターン露光：周期パターン露光=2：1とした。通常パターン露光のときは周期パターン露光に比べて2倍以上の露光量とするのが良い。

30

【0168】

図32(B)では、通常露光を輪帯照明とし、リング内側の0.6から外側の0.8までの照度を1、リング内側の0.6以下を照度0とした場合の二次元強度分布である。通常露光と周期パターン露光の露光量比を通常露光：周期パターン露光=2.5：1とした。

【0169】

輪帯照明では、 σ が0.8の時よりも、複雑な形状の再現性はよくなり、かつ深度は広がる。デフォーカス $\pm 0.4\mu\text{m}$ 以下で良好な像が得られた。

【0170】

40

このように微細な回路パターンは、周期パターン露光との二重露光によって形成される。通常露光パターンの微細なパターンは光強度が低くコントラストも低いので、通常は解像されないが、コントラストが高い周期パターン露光と二重に露光し重ね合わせることによって、微細なパターンはコントラストが増強され解像されるようになる。

【0171】

一方、通常露光パターンの解像度以上の大きなパターンも、周期パターン露光の強度と重ね合わされコントラストが増強されるので、周期パターン露光の線幅の整数倍にするとエッジがシャープな像となる。本発明の露光方法によって、 $0.12\mu\text{m}$ といった微細な線幅を有する回路パターンが、例えば σ や照度の光量比を可変とする照明条件の切り替え可能な照明光学系を有する投影露光装置を用いて形成可能としている。

50

【 0 1 7 2 】

周期パターン露光と通常パターン露光の光量比は、照明条件の組み合わせによる最適値を前述の計算式によって求めた。

【 0 1 7 3 】

照明条件 1 周期パターンの露光は $=0.3$ 、通常パターン露光は $=0.3$

図 2 9 (A) の下部に示した周期パターンの露光による露光量分布と、図 2 9 (B) の下部に示した通常の投影露光による露光量分布 (ベストフォーカス) を以下に示す。

【 0 1 7 4 】

$$I_0 = 0.80 \quad I_1 = 0.23$$

$$a = 1.31 \quad b = 0.34 \quad c = 0.61 \quad d = 0.09$$

$k = 1.0$ のとき最適であり、

$$a' = 2.11 \quad a'' = 1.54 \quad b' = 1.21 \quad c' = 0.89 \quad d' = 0.32$$

となり、後の比較のため、最大値の a' を 1 で規格化すると次のようになる。

【 0 1 7 5 】

$$a' = 1.0 \quad a'' = 0.73 \quad b' = 0.57 \quad c' = 0.42 \quad d' = 0.15 \quad I_0 = 0.38$$

照明条件 2 周期パターンの露光は $=0.3$ 、通常パターン露光は $=0.6$

$$I_0 = 0.80 \quad I_1 = 0.23$$

$$a = 1.25 \quad b = 0.44 \quad c = 0.53 \quad d = 0.13$$

$k = 1.5$ のとき最適であり、

$$a' = 2.68 \quad a'' = 2.11 \quad b' = 1.46 \quad c' = 1.03 \quad d' = 0.43$$

となり、後の比較のため、最大値の a' を 1 で規格化すると次のようになる。

【 0 1 7 6 】

$$a' = 1.0 \quad a'' = 0.79 \quad b' = 0.55 \quad c' = 0.38 \quad d' = 0.16 \quad I_0 = 0.30$$

照明条件 3 周期パターンの露光は $=0.3$ 、通常パターン露光は $=0.8$

$$I_0 = 0.80 \quad I_1 = 0.23$$

$$a = 1.20 \quad b = 0.48 \quad c = 0.47 \quad d = 0.16$$

$k = 2.0$ のとき最適であり、

$$a' = 3.20 \quad a'' = 2.63 \quad b' = 1.76 \quad c' = 1.17 \quad d' = 0.55$$

となり、最大値の a' を 1 で規格化すると次のようになる。

【 0 1 7 7 】

$$a' = 1.0 \quad a'' = 0.82 \quad b' = 0.55 \quad c' = 0.37 \quad d' = 0.17 \quad I_0 = 0.25$$

照明条件 4 周期パターンの露光は $=0.3$ 、通常パターン露光は $=0.8$ で輪帯照明とし、内側 (輪帯内側) 0.6 以下の照度分布をゼロとした。

【 0 1 7 8 】

$$I_0 = 0.80 \quad I_1 = 0.23$$

$$a = 1.10 \quad b = 0.47 \quad c = 0.36 \quad d = 0.19$$

$k = 2.5$ のとき最適であり、

$$a' = 3.55 \quad a'' = 2.98 \quad b' = 1.98 \quad c' = 1.13 \quad d' = 0.71$$

となり、最大値の a' を 1 で規格化すると次のようになる。

【 0 1 7 9 】

$$a' = 1.0 \quad a'' = 0.84 \quad b' = 0.56 \quad c' = 0.32 \quad d' = 0.20 \quad I_0 = 0.23$$

今までの議論で、レジストしきい値は、最大露光量 3 のとき 1.5 だったので、最大露光量で規格化するとレジストしきい値は 0.5 となる。

この規格化された露光量分布を見ると、 a' , a'' , b' は規格化されたレジストしきい値 0.5 より大きく、 c' , d' , I_0 はしきい値より小さい。

【 0 1 8 0 】

現像によって露光量がレジストしきい値より大きい部分がのこるから、露光量が a' , a'' , b' のみパターンとして現像後残ることになる。従って、図 1 1 (C) の下部で灰色に示された部分が、現像後の形状である。

【 0 1 8 1 】

10

20

30

40

50

一般に、通常露光パターンを露光するときは、周期パターンを露光するときの約2倍の露光量が適切で、通常露光パターンを露光するときの照明条件と、周期パターンを露光するときの照明条件の組合わせによって最適な露光量比があり、前述の計算式で求められる。

【0182】

前述の計算式から、種々の照明条件の組合わせを計算した結果、次のことが示された。周期パターン露光のとき $\gamma = 0.3$ で通常パターン露光の照明条件 β が0.8より小さいときは、通常パターンを露光するときの露光量を周期パターンを露光するときの露光量より2倍以下にするとよい。

【0183】

周期パターンのとき $\gamma = 0.3$ で通常パターンを露光するときの照明条件が輪帯照明のときは、輪帯の巾が小さいときは、通常パターンを露光する露光量が周期パターンを露光するときの露光量より2倍以上にするとよい。

10

【0184】

周期パターンを露光するときの照明条件 β が0.3より小さいときは、通常パターンを露光する露光量は、周期パターンを露光するときの露光量より2倍以上にするとよい。

【0185】

図38は本発明に係る2光束干渉露光用の露光装置の一例を示す概略図であり、図38において、201は2光束干渉露光用の光学系で、基本構成は図33の光学系と同じである。202はKrF又はArFエキシマレーザー、203はハーフミラー、204(204a, 204b)は平面ミラー、205は光学系201との位置関係が固定又は適宜ベースライン(量)として検出できるオフアクシス型の位置合わせ光学系で、ウエハ206上の2光束干渉用位置合わせマークを観察し、その位置を検出する。206は感光基板であるウエハ、207は光学系201の光軸に直交する平面及びこの光軸方向に移動可能なXYZステージで、レーザー干渉計等を用いてその位置が正確に制御される。装置205とXYZステージ207の構成や機能は周知なので具体的な説明は略す。

20

【0186】

図39は本発明の2光束干渉用露光装置と通常の投影露光装置より成る高解像度の露光装置を示す概略図である。

【0187】

図39において、212は図30の光学系201、装置205を備える2光束干渉露光装置であり、213は、不図示の照明光学系とレチクル位置合わせ光学系214、ウエハ位置合わせ光学系(オフアクシス位置合わせ光学系)217とマスク215の回路パターンをウエハ218上に縮小投影する投影光学系216とを備える通常の投影露光装置である。

30

【0188】

レチクル位置合わせ光学系214はマスク215上の位置合わせマークを観察し、その位置を検出する。ウエハ位置合わせ光学系217はウエハ206上の投影露光用又は2光束干渉と兼用の位置合わせマークを観察し、その位置を検出する。光学系214, 216, 217の構成や機能は周知なので、具体的な説明は略す。

【0189】

図39の219は2光束干渉用露光装置212と投影露光装置213で共用される1つのXYZステージであり、このステージ219は、装置212、213の各光軸に直交する平面及びこの光軸方向に移動可能で、レーザー干渉計等を用いてそのXY方向の位置が正確に制御される。

40

【0190】

ウエハ218を保持したステージ219は、図39の位置(1)に送り込まれてその位置が正確に測定され、測定結果に基づいて位置(2)で示す装置212の露光位置に送り込まれてウエハ218へ2光束干渉露光が行われ、その後、位置(3)に送り込まれてその位置が正確に測定され位置(4)で示す装置213の露光位置に送り込まれてウエハ218へ投影露光が行われる。

50

【0191】

装置213においては、オフアクシスの位置合わせ光学系217の代わりに、投影光学系216を介してウエハ218の位置合わせマークを観察し、その位置を検出する不図示のTTLの位置合わせ光学系や、投影光学系216とマスク(レチクル)215とを介してウエハ218上の位置合わせマークを観察し、その位置を検出する不図示のTTRの位置合わせ光学系も使用できる。

【0192】

図40は本発明の2光束干渉用露光と通常の投影露光の双方が行える高解像度の露光装置を示す概略図である。

【0193】

図40において、221はKrF又はArFエキシマレーザー、222は照明光学系、223はマスク(レチクル)、224はマスクステージ、227はマスク223の回路パターンをウエハ228上に縮小投影する投影光学系、225はマスク(レチクル)チェンジャであり、ステージ224に、通常のレチクルと前述したレベンソン位相シフトマスク(レチクル)又はエッジシフト型のマスク(レチクル)又は位相シフトを有していない周期パターンマスク(レチクル)の一方を選択的に供給する為に設けてある。

【0194】

また、マスクステージは微細パターンの方向と周期パターンの方向と平行にする為に、予めマスクにバーコード等に描かれてある情報をもとにマスクを回転させる機能を持たせてある。

【0195】

図40の229は2光束干渉露光と投影露光で共用される1つのXYZステージであり、このステージ229は、光学系227の光軸に直交する平面及びこの光軸方向に移動可能で、レーザー干渉計等を用いてそのXY方向の位置が正確に制御される。

【0196】

また、図40の装置は、不図示のレチクル位置合わせ光学系、ウエハ位置合わせ光学系(図39で説明したオフアクシス位置合わせ光学系とTTL位置合わせ光学系とTTR位置合わせ光学系)とを備える。

【0197】

図40の露光装置の照明光学系222は部分的コヒーレント照明とコヒーレント照明とを切換え可能に構成しており、コヒーレント照明の場合には、ブロック230内の図示した前述した(1a)又は(1b)の照明光を、前述したレベンソン型位相シフトレチクル又はエッジシフト型レチクル又は位相シフトを有していない周期パターンレチクルの1つに供給し、部分的コヒーレント照明の場合にはブロック230内に図示した(2a)の照明光を所望のレチクルに供給する。部分的コヒーレント照明からコヒーレント照明とを切換えは、通常光学系222のフライアイレンズの直後に置かれる開口絞りを、この絞りに比して開口径が十分に小さいコヒーレント照明用絞りと交換すればいい。

【0198】

本発明の露光方法及び露光装置における2重露光における前記第1露光と前記第2露光の露光波長は、第2露光が投影露光の場合、双方とも400nm以下であり、好ましくは250nm以下である。250nm以下の露光波長の光を得るにはKrFエキシマレーザー(約248nm)やArFエキシマレーザー(約193nm)を用いる。

【0199】

尚、本発明において「投影露光」というのは、マスクに形成された任意のパターンからの3個以上の平行光線束が互いに異なる様々な角度で像面に入射して露光が行なわれるものである。

【0200】

本発明の露光装置はマスクのパターンをウエハに投影する投影光学系と、部分的コヒーレント照明とコヒーレント照明の双方の照明が可能なマスク照明光学系とを有し、部分的コヒーレント照明によって通常の露光を行い、コヒーレント照明によって2光束干渉露光を

10

20

30

40

50

行うことにより、周期パターン露光を特徴とする。「部分的コヒーレント照明」とは $\sigma = (\text{照明光学系の開口数} / \text{投影光学系の開口数})$ の値がゼロより大きく1より小さい照明であり、「コヒーレント照明」とは、 σ の値がゼロまたはそれに近い値であり、部分的コヒーレント照明の σ に比べて相当小さい値である。

【0201】

周期パターン露光でのコヒーレント照明では σ を0.3以下にする。通常露光を行う際の部分的コヒーレント照明は σ を0.6以上にする。 $\sigma = 0.8$ が望ましい。さらに照度分布が外側に比べて内側が低い輪帯照明にすると、なお効果的である。

【0202】

この露光装置の露光波長は、400nm以下であり、好ましくは250nm以下である。250nm以下の露光波長の光を得るにはKrFエキシマレーザー(約248nm)やArFエキシマレーザー(約193nm)を用いる。

10

【0203】

発明の実施形態においては、マスク照明光学系として部分的コヒーレント照明とコヒーレント照明とが切換え可能な光学系を開示している。

【0204】

本発明の露光装置は2光束干渉露光装置と通常(投影)露光装置を両装置で共用される被露光基板(感光基板)を保持する移動ステージとを有している。

【0205】

この露光装置の露光波長も、400nm以下であり、好ましくは250nm以下である。250nm以下の露光波長の光を得るにはKrFエキシマレーザー(約248nm)やArFエキシマレーザー(約193nm)を用いている。

20

【0206】

以上説明した露光方法及び露光装置を用いてIC、LSI等の半導体チップ、液晶パネル等の表示素子、磁気ヘッド等の検出素子、CCD等の撮像素子といった各種デバイスの製造が可能である。

【0207】

本発明は以上説明した実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々に変更することが可能である。特に2光束干渉露光及び通常露光の各ステップでの露光回数や露光量の段数は適宜選択することが可能であり、更に露光の重ね合わせもずらして行なう等適宜調整することが可能である。このような調整を行うことで形成可能な回路パターンにバリエーションが増える。

30

【0208】

尚、本発明において

(a) 照明光学系の照明方法としては、KrFエキシマレーザー、ArFエキシマレーザー又はF2エキシマレーザーから光でマスクパターンを照明することが適用可能である。

【0209】

(b) 露光装置においては屈折系、反射-屈折系、又は反射系のいずれかより成る投影光学系によって前記マスクパターンを投影することが適用可能である。

【0210】

(c) 露光装置としては本発明の露光方法を露光モードとして有するステップアンドリピート型縮小投影露光装置や本発明の露光方法を露光モードとして有するステップアンドスキャン型縮小投影露光装置等が適用可能である。

40

【0211】

次に上記説明した投影露光装置を利用した半導体デバイスの製造方法の実施形態を説明する。

【0212】

図41は半導体デバイス(ICやLSI等の半導体チップ、或いは液晶パネルやCCD等)の製造のフローを示す。

【0213】

50

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なう。ステップ２（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。

【０２１４】

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、前記用意したマスクとウエハを用いてリソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。

【０２１５】

次のステップ５（組立）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）等の工程を含む。

10

【０２１６】

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なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ７）される。

【０２１７】

図４２は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ１１（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ１２（ＣＶＤ）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。

【０２１８】

ステップ１３（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ１４（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ１５（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ１６（露光）では前記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。

20

【０２１９】

ステップ１７（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ１８（エッチング）では現像したレジスト以外の部分を削り取る。ステップ１９（レジスト剥離）ではエッチングがすんで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行なうことによってウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【０２２０】

本実施形態の製造方法を用いれば、従来は製造が難しかった高集積度の半導体デバイスを容易に製造することができる。

30

【０２２１】

【発明の効果】

本発明は以上のように、

（イ-１） 感光基板上の同一領域を異なったパターンを有するマスクを用いて多重露光するときに、感光基板とマスクとを位置合わせする為の位置合わせマーク（アライメントマーク）や、オーバーレイ測定マーク等を感光基板上に適切に形成することにより、感光基板とマスクとの相対的位置合わせを高精度に行い高集積度のパターンを容易に形成することができる露光方法及び露光装置を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の露光装置の実施形態１の要部概略図

40

【図２】図１のレチクルの要部平面図

【図３】図１のレチクルの要部平面図

【図４】本発明に係るアライメントマークの形成方法の説明図

【図５】本発明に係るアライメントマークの形成方法の説明図

【図６】本発明に係るアライメントマークの形成方法の説明図

【図７】本発明に係るアライメントマークの形成方法の説明図

【図８】本発明に係るアライメントマークの形成方法の説明図

【図９】本発明に係るアライメントマークの形成方法の説明図

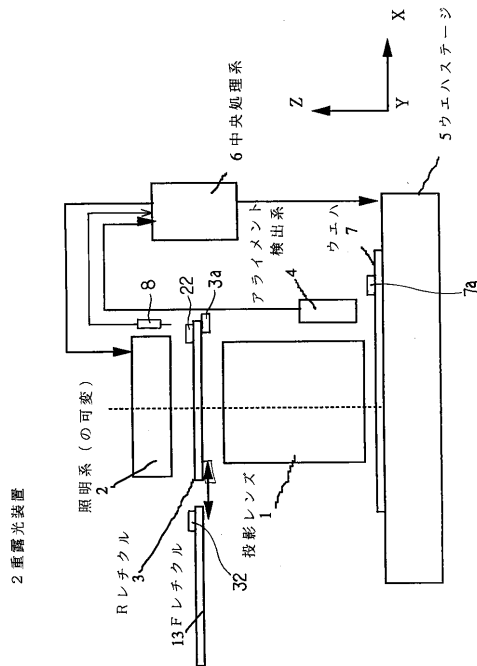
【図１０】本発明に係るレチクル面上の回路パターンの説明図

【図１１】本発明に係るレチクル面上の周期パターンの説明図

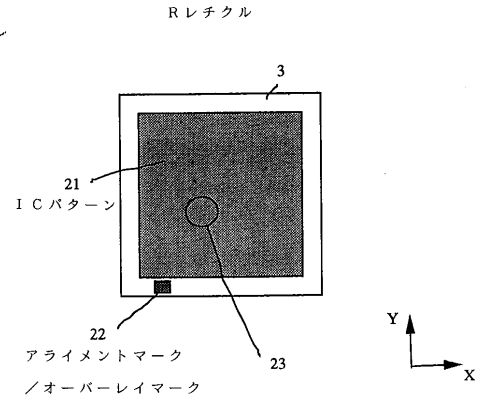
50

【図 1 2】本発明に係るアライメントマークの形成方法の説明図	
【図 1 3】本発明に係るアライメントマークの形成方法の説明図	
【図 1 4】本発明に係るアライメントマークで得られるアライメント信号の説明図	
【図 1 5】本発明に係るアライメントマークの説明図	
【図 1 6】本発明に係るアライメントマークの説明図	
【図 1 7】本発明に係るオーバーレイの検出装置の説明図	
【図 1 8】本発明に係るオーバーレイの検出信号の説明図	
【図 1 9】本発明の露光方法のフローチャート	
【図 2 0】2 光束干渉露光による露光パターンを示す説明図	
【図 2 1】レジストの露光感度特性を示す説明図	10
【図 2 2】現像によるパターン形成を示す説明図	
【図 2 3】通常の 2 光束干渉露光による露光パターンを示す説明図	
【図 2 4】本発明における 2 光束干渉露光による露光パターンを示す説明図	
【図 2 5】本発明の実施形態 1 において形成できる露光パターン（リソグラフィーパターン）の一例を示す説明図	
【図 2 6】本発明の実施形態 1 において形成できる露光パターン（リソグラフィーパターン）の他の一例を示す説明図	
【図 2 7】本発明の実施形態 1 において形成できる露光パターン（リソグラフィーパターン）の他の一例を示す説明図	
【図 2 8】本発明の実施形態 2 に係るゲートパターンを示す説明図	20
【図 2 9】本発明の実施形態 2 を示す説明図	
【図 3 0】ゲートパターンを説明する図	
【図 3 1】形成されたゲートパターンの説明図	
【図 3 2】形成されたゲートパターンの説明図	
【図 3 3】従来の 2 光束干渉用露光装置の一例を示す概略図	
【図 3 4】2 光束干渉露光を行なう投影露光装置の一例を示す概略図	
【図 3 5】図 3 4 の装置に使用するマスク及び照明方法の 1 例を示す説明図	
【図 3 6】図 3 4 の装置に使用するマスク及び照明方法の他の 1 例を示す説明図	
【図 3 7】従来の投影露光装置を示す概略図	
【図 3 8】本発明の 2 光束干渉露光装置の一例を示す概略図	30
【図 3 9】本発明の高解像度の露光装置の一例を示す概略図	
【図 4 0】本発明の高解像度の露光装置の一例を示す概略図	
【図 4 1】本発明のデバイスの製造方法のフローチャート	
【図 4 2】本発明のデバイスの製造方法のフローチャート	
【符号の説明】	
2 2 1 エキシマレーザ	
2 2 2 照明光学系	
2 2 3 マスク（レチクル）	
2 2 4 マスク（レチクル）ステージ	
2 2 5 2 光束干渉用マスクと通常投影露光用のマスク	40
2 2 6 マスク（レチクル）チェンジャ	
2 2 7 投影光学系	
2 2 8 ウエハ	
2 2 9 X Y Z ステージ	

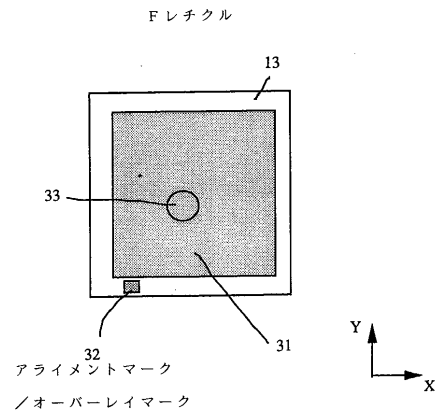
【図 1】



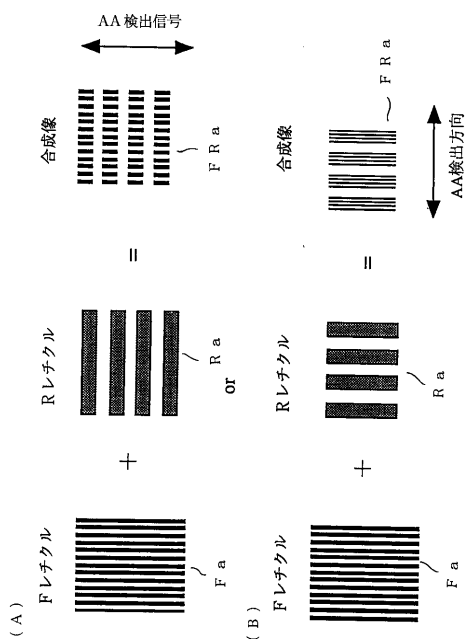
【図 2】



【図 3】

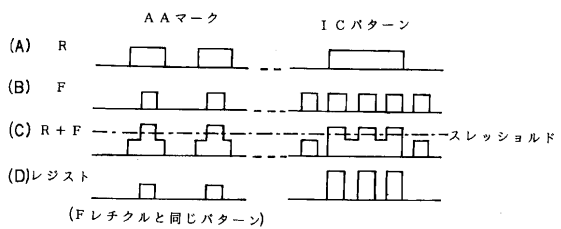


【図 4】



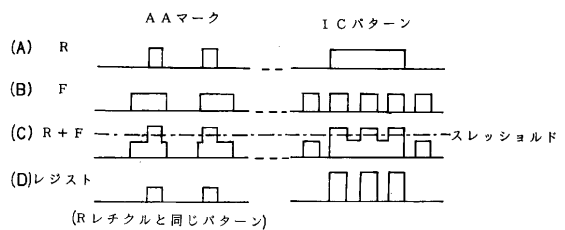
【図 5】

Fレチクル像とアライメント

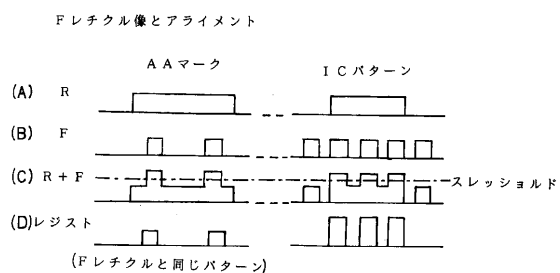


【図 6】

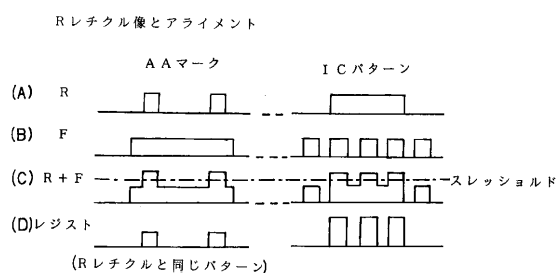
Rレチクル像とアライメント



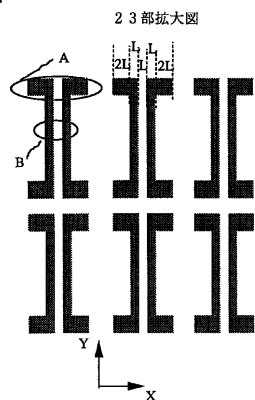
【 図 7 】



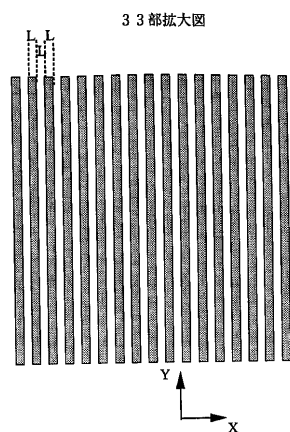
【圖 8】



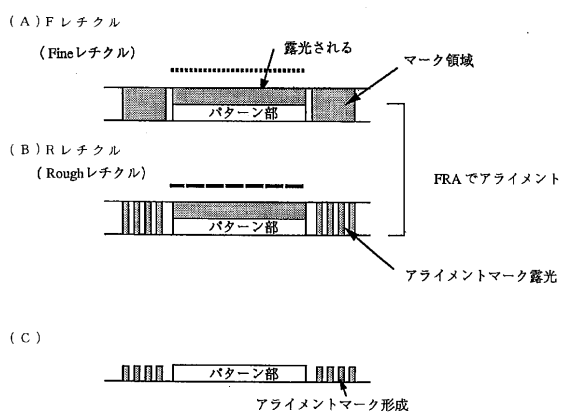
【 図 1 0 】



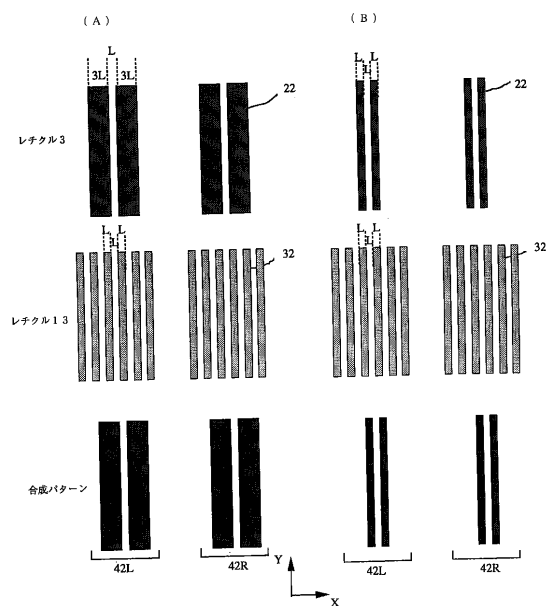
【 図 1 1 】



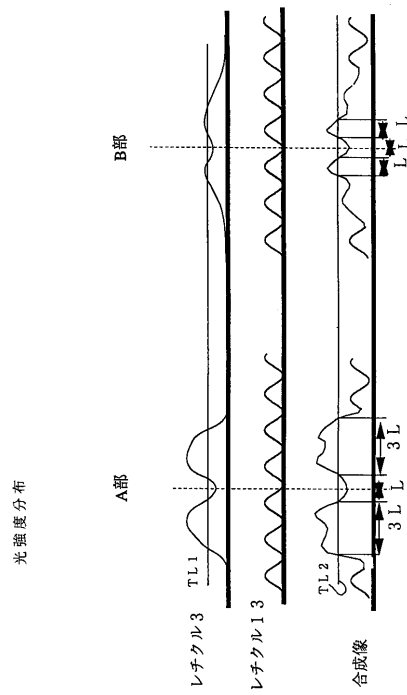
【图 9】



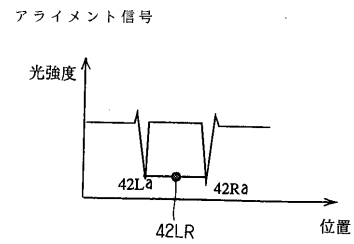
【 図 1 2 】



【図 13】

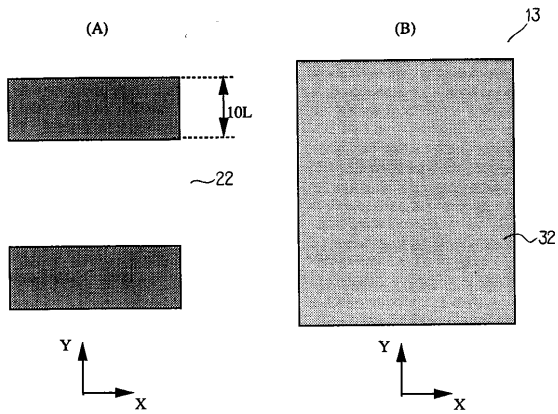


【図 14】

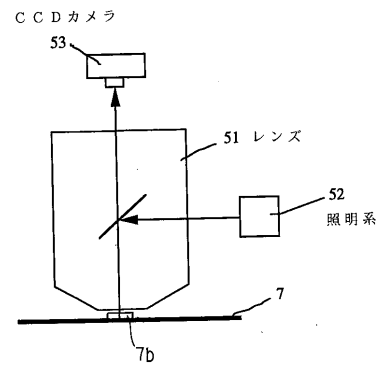


【図 15】

Y 方向位置検出用マーク

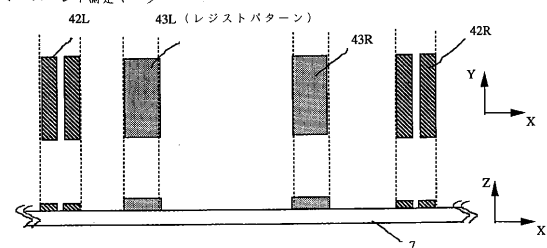


【図 17】



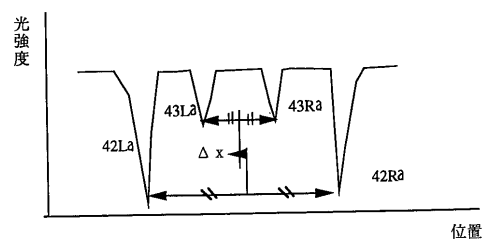
【図 16】

オーバーレイ測定マーク

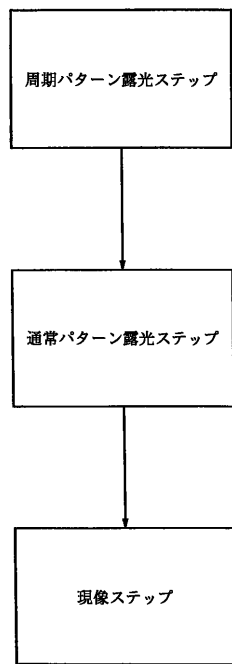


【図 18】

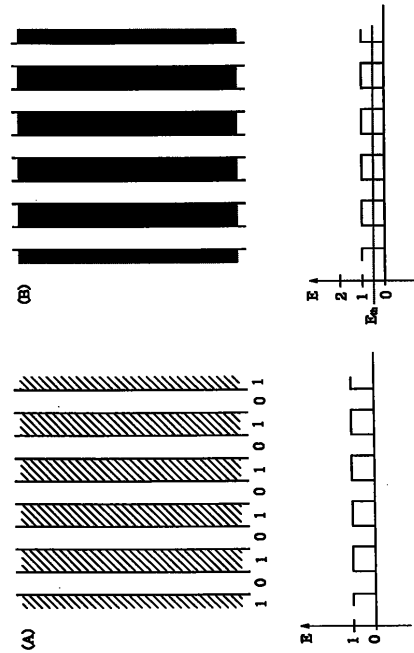
オーバーレイ検出信号



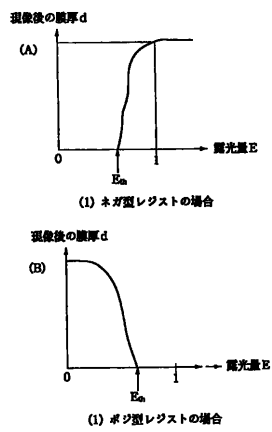
【図 19】



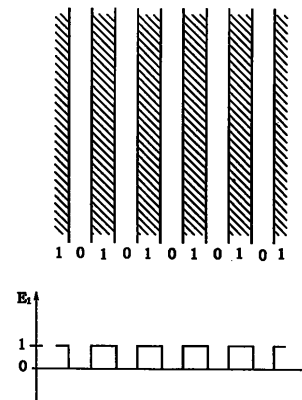
【図 20】



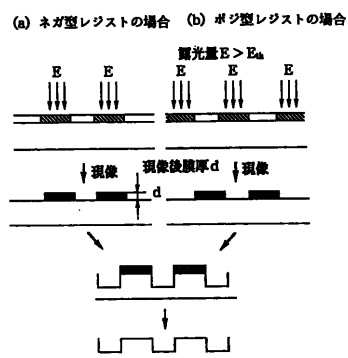
【図 21】



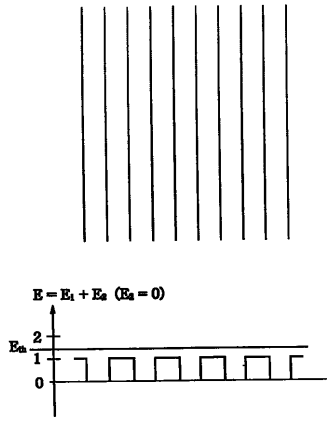
【図 23】



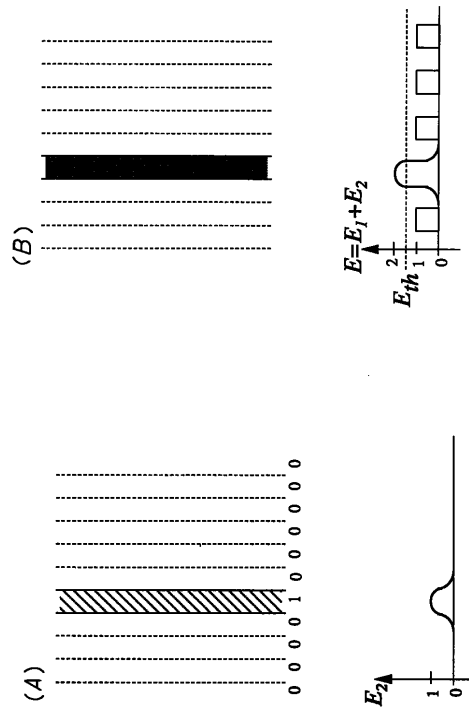
【図 22】



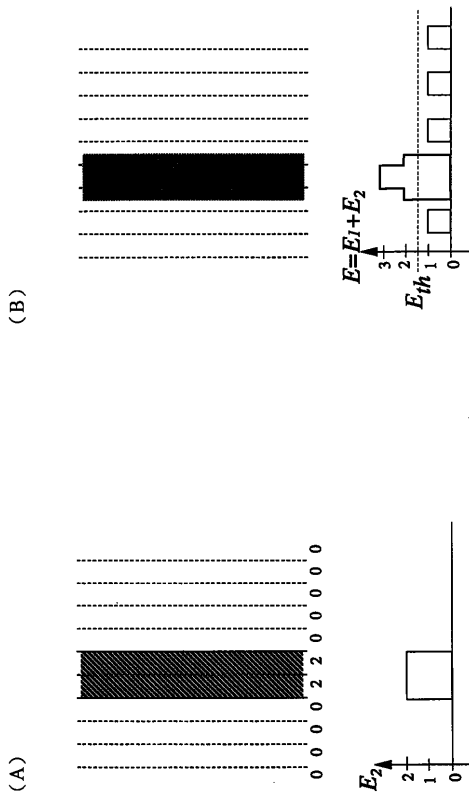
【 図 2 4 】



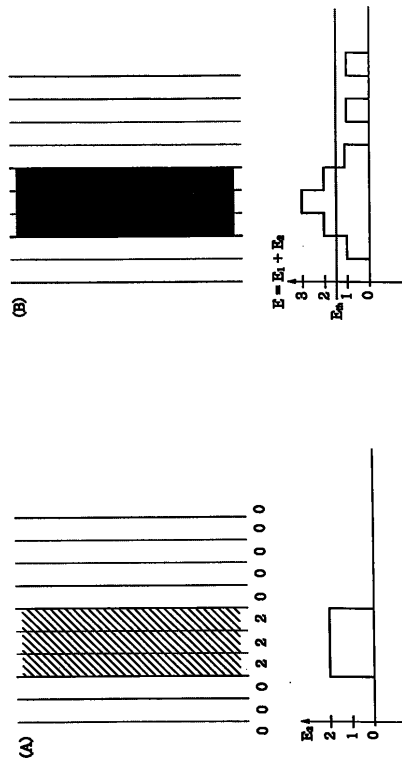
【 図 2 5 】



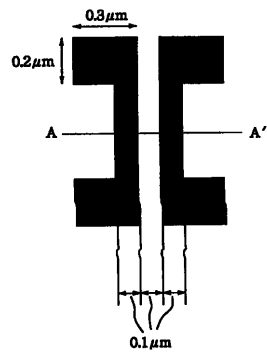
【 図 2 6 】



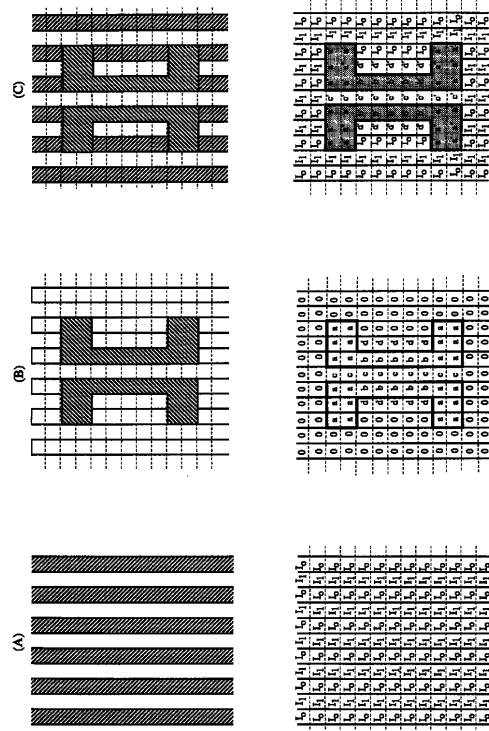
【 図 2 7 】



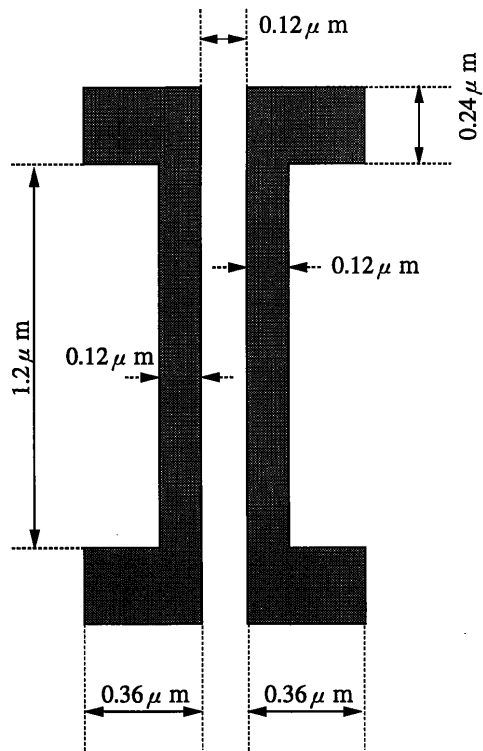
【図 28】



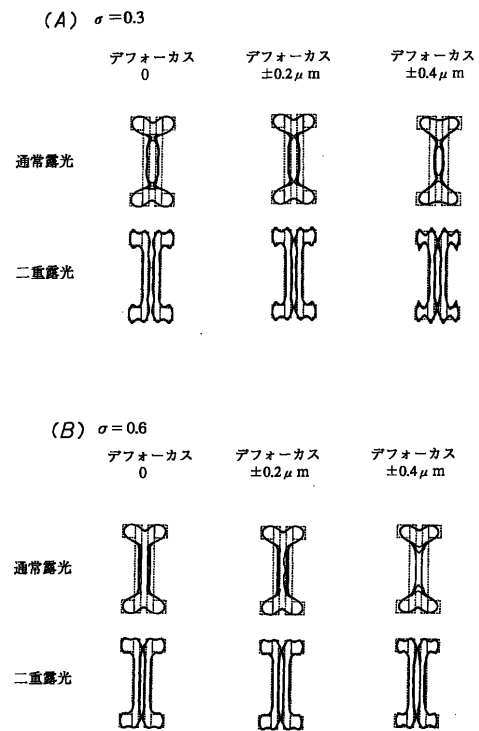
【図 29】



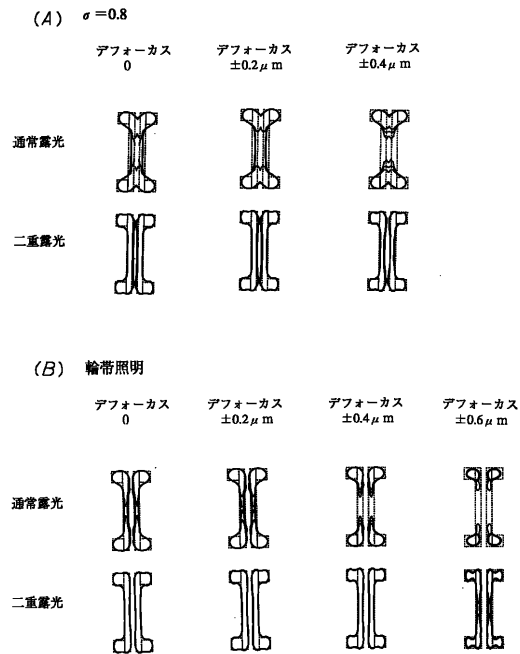
【図 30】



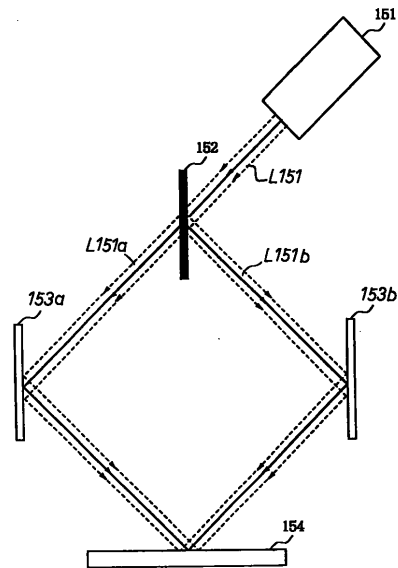
【図 31】



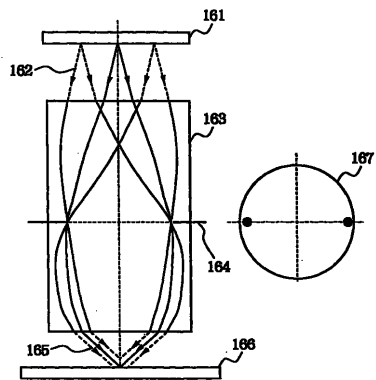
【図 3 2】



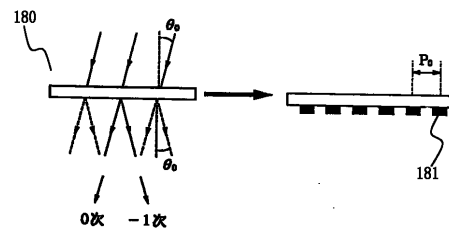
【図 3 3】



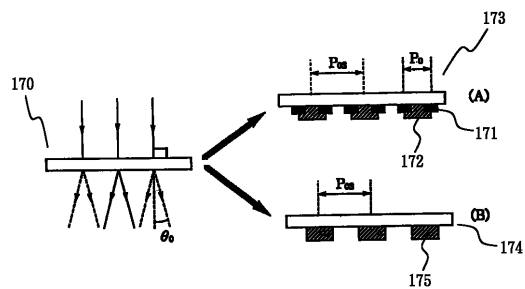
【図 3 4】



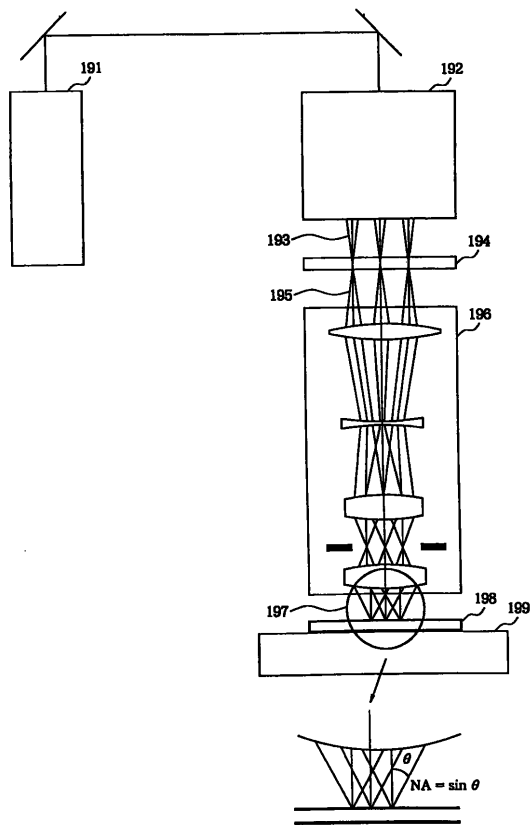
【図 3 6】



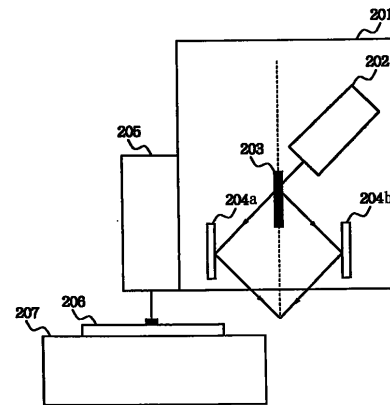
【図 3 5】



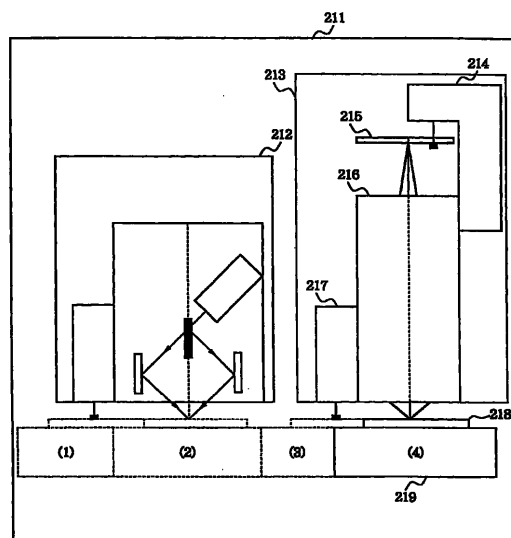
【図 37】



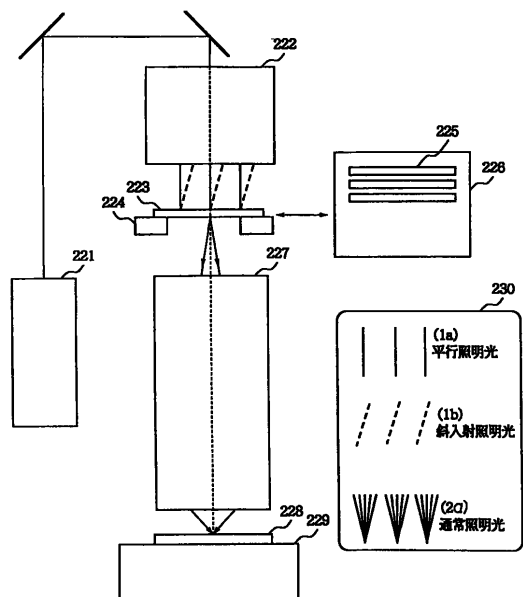
【図 38】



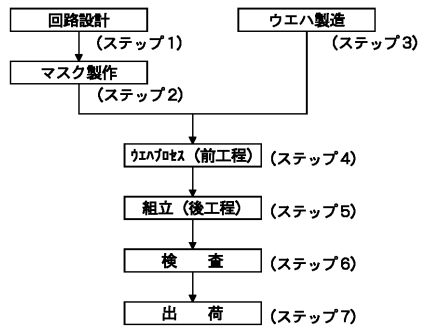
【図 39】



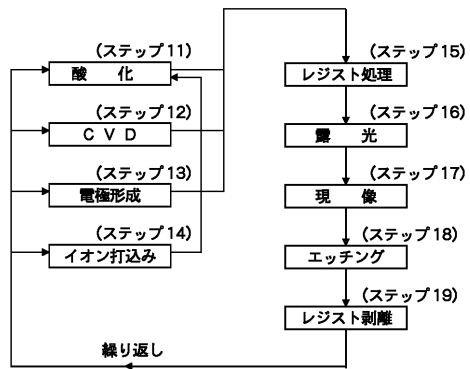
【図 40】



【図 4 1】



【図 4 2】



フロントページの続き

審査官 南 宏輔

- (56)参考文献 特開平08-037148(JP,A)
特開昭62-126634(JP,A)
特開平04-010407(JP,A)
特開平06-333795(JP,A)
特開平07-226362(JP,A)
特開平09-160219(JP,A)
特開昭53-111280(JP,A)
特開平03-142820(JP,A)
特開平10-213896(JP,A)
特開平07-066113(JP,A)
特開平08-262690(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

G03F 7/20-24