

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第3554246号
(P3554246)

(45) 発行日 平成16年8月18日(2004.8.18)

(24) 登録日 平成16年5月14日(2004.5.14)

(51) Int.Cl.⁷

F I

HO 1 L 21/027

GO 3 F 1/08

GO 3 F 7/20

HO 1 L 21/30

GO 3 F 1/08

GO 3 F 7/20

5 1 4 A

D

5 2 1

請求項の数 10 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2000-57505 (P2000-57505)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成12年3月2日(2000.3.2)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2001-244190 (P2001-244190A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成13年9月7日(2001.9.7)	(74) 代理人	100105289
審査請求日	平成13年6月6日(2001.6.6)		弁理士 長尾 達也
		(72) 発明者	大崎 由美子
			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	川島 美代子
			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
		審査官	佐藤 秀樹
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 露光方法、露光装置、およびデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被露光基板上に、第1の微細線群と第2の微細線群とを露光する露光方法において、
前記第1の微細線群に含まれる周期パターンを露光するための第1の周期パターンと、
前記第2の微細線群に含まれる周期パターンを露光するための第2の周期パターンとを有
する第1のマスクを用いて前記基板を露光する段階と、
前記第1の微細線群と相似又は類似したパターンと、前記第2の微細線群と相似又は類
似したパターンとを有する第2のマスクを用いて前記基板を露光する段階とを有し、
前記第1の微細線群に含まれる周期パターンと前記第2微細線群に含まれる周期パター
ンとは、線幅が互いに同じで、ピッチが互いに異なり、
前記第1の周期パターンと前記第2の周期パターンとは、線幅と線幅同志の間隔との比
率が互いに等しいことを特徴とする露光方法。

【請求項2】

前記第1の微細線群が、複数の線幅で構成されていることを特徴とする請求項1に記載の
露光方法。

【請求項3】

前記第1の微細線群の周期パターンと前記第2の微細線群の周期パターンとは、周期の方
向が互いに異なることを特徴とする請求項1に記載の露光方法。

【請求項4】

前記第1の微細線群の周期パターンは、周期の方向が直交したL字パターンを有すること

を特徴とする請求項 1 に記載の露光方法。

【請求項 5】

前記第 1 の微細線群の周期パターンは、周期の方向が斜めとされたパターンを有することを特徴とする請求項 1 に記載の露光方法。

【請求項 6】

前記第 1 のマスクによる露光は、ある像コントラストのパターン露光であり、前記第 2 のマスクによる露光は、第 1 のマスクによる露光よりも像コントラストが低いパターン露光であることを特徴とする請求項 1 に記載の露光方法。

【請求項 7】

前記第 1 のマスクが有する周期パターンのピッチを P 、露光光の波長を λ 、前記第 1 のマスクを感光基板上に露光転写する際に用いる投影光学系の開口数を NA とし、 $k_1 = P / (\lambda / NA)$ としたとき、

$$0.5 \leq k_1 \leq 1.0$$

の関係を満たすことを特徴とする請求項 1 に記載の露光方法。

【請求項 8】

前記第 1、第 2 の周期パターンの線幅と線幅同志の間隔との比率は、1 : 1 であることを特徴とする請求項 1 に記載の露光方法。

【請求項 9】

請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 項に記載の露光方法による多重露光モードを有することを特徴とする露光装置。

【請求項 10】

請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 項に記載の露光方法、または請求項 9 に記載の露光装置によって、マスク面上のパターンをウエハ面上に転写した後、該ウエハを現像処理工程を介してデバイスを製造することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、多重露光を行うためのマスク、該マスクによる露光方法、露光装置、およびデバイス製造方法に関し、特に微細な回路パターンを感光基板上に露光する多重露光を行うためのマスクに関するものであり、該マスクは、例えば IC・LSI などの半導体チップ、液晶パネルなどの表示素子、磁気ヘッドなどの検出素子、CCD などの撮像素子といった各種デバイス、マイクロメカニクスで用いる広域なパターンの製造に用いられる。

【0002】

【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。

【0003】

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 チップの面積化とが要求されており、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、 $0.5 \mu m$ 以下の寸法（線幅）の像を広範囲に形成するべく、解像度と露光面積の向上が図られている。

【0004】

従来の投影露光装置の模式図を図 20 に示す。図 20 中、191 は遠紫外線露光用光源であるエキシマレーザ、192 は照明光学系、193 は照明光、194 はマスク、195 はマスク 194 から出て光学系 196 に入射する物体側露光光、196 は縮小投影光学系、197 は光学系 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

10

20

30

40

50

るウェハ、199は感光基板を保持する基板ステージを、示す。

【0005】

エキシマレーザー191から出射したレーザ光は、引き回し光学系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にはウェハ198上に形成する微細パターンを投影光学系196の投影倍率の逆倍数（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ェハ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20の下部の拡大図に示されるように、所定の開口数NA（ $=\sin\theta$ ）でウェハ198上に収束し、ウェハ198上に微細パターンの像を結ぶ。基板ステージ199は、ウェハ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ェハ198の投影光学系196に対する位置を変える。

10

【0006】

しかしながら、現在主流の上記のエキシマレーザーを光源とする投影露光装置は0.15μm以下のパターンを形成することが困難である。

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。

20

$$R = K_1 (\lambda / NA) \cdots \cdots (1)$$

$$DOF = K_2 (\lambda / NA^2) \cdots \cdots (2)$$

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 はウェハ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0.5～0.7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は開口数NAを大きくする「高NA化」があるが、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化をある程度以上進めることは不可能となることと、高解像度化には結局露光波長λを小さくする「短波長化」が必要となることが分かる。

30

【0007】

ところが、短波長化を進めていくと重大な問題が発生する。この問題とは投影光学系196の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248nm）に製造された硝材として熔融石英や螢石が現存するが、この熔融石英の透過率も波長193nm以下の露光波長に対しては急激に低下するし、露光波長150nm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。

40

【0008】

一方、被露光基板（感光基板）に対して、周期パターン露光と通常露光の二重露光を行う露光方法および露光装置によって、露光波長を短くすることなく、0.15μm以下の部分を備える回路パターンを作成することが可能である。

【0009】

ここで、上記二重露光の原理について、まず、説明をしておく。

二重露光は、通常露光と周期パターン露光を現像の工程を介さないでおこなうものである。

これは、レジストの露光しきい値以下で周期パターンを露光し、その後、露光量が多値の分布を持つ通常露光を行うものである。

50

通常露光の露光量は、露光パターン領域（露光領域）の小領域ごとに異なる露光量分布を持ち、それぞれの露光量は、露光しきい値以上であっても以下であってもよい。

ここで言う露光量とは、すべて、レジスト上の露光量を示している。

【0010】

露光により得られる回路パターン（リソグラフィパターン）として、図19（2）または（3）に示すいわゆるゲートパターンを例に説明する。

図19のゲートパターンは横方向の最小線幅が $0.1\mu\text{m}$ であるのに対して縦方向では、線幅は装置の通常露光による解像力の範囲内である $0.2\mu\text{m}$ 以上である。二重露光法によれば、このような横方向のみの1次元方向にのみ高解像度を求められる最小線幅パターンを持つ二次元パターンに対しては、例えば二光束干渉露光による周期パターン露光をか
10

【0011】

図18は各露光段階における露光量分布を示している。

図18の図中に示される数値はレジストにおける露光量を表すものである。

図18において、図18（1）は1次元方向のみに繰り返しパターンが生じる周期的な露光パターンによる露光量分布である。パターン以外の露光量はゼロであり、パターン部分は1となっている。

図18（2）は多値の通常露光による露光量分布である。パターン以外の露光量はゼロであり、パターン部分は1と2の、ここでは2値の分布となっている。

これらの露光を現像の工程を介さないで二重露光をおこなうと、レジスト上にそれぞれの
20

露光量の和の分布が生じ、図18（3）のような露光量分布となる。
ここで、レジストの感光しきい値が1から2の間にあるとき、1より大きな部分が感光し、図18（3）の図中、太線で示されたようなパターンが現像により形成される。

【0012】

即ち、太線で囲まれた外部にある、周期パターン露光による露光パターンは、レジストの露光しきい値以下であり、現像により消失する。

通常露光の、レジストの露光しきい値以下の露光量が分布する部分に関しては、通常露光と周期パターン露光の各露光パターンの和が、レジストの露光しきい値以上となる部分が現像により形成される。従って、通常露光と周期パターン露光の各露光パターンの重なる、周期パターン露光の露光パターンと同じ解像度を持つ露光パターンが形成される。
30

通常露光の、レジストの露光しきい値以上の露光量が分布する露光パターン領域に関しては、通常露光と周期パターン露光の各露光パターンの重なる、通常露光の露光パターンと同じ解像度を持つ露光パターンが形成される。

【0013】

図19は図18で示された露光量分布を形成するためのパターンおよびマスクを示している。図19（1）は高解像度の必要な一次元方向のみに繰り返しパターンが生じるパターンおよびマスクであり、例えばレベンソン型位相シフトマスクによって実現が可能である。レベンソン型位相シフトマスクの場合、図の白色部分と灰色部分は位相が互いに反転し、位相反転の効果により2光束干渉露光による高コントラストな周期的な露光パターンが形成される。マスクは、レベンソン型位相シフトマスクに限定されず、このような露光量
40

【0014】

この露光パターンのピッチは $0.2\mu\text{m}$ とし、この露光パターンはラインとスペースのそれぞれの線幅が $0.1\mu\text{m}$ のラインアンドスペースパターンにより図18（1）で示された露光量分布が形成される。

多値のパターンを形成するためのパターンおよびマスクは、最終的に形成したい回路パターンと相似のパターンが描かれたマスクを用いる。この場合、図19（2）で示されたゲートパターンが描かれたマスクを用いる。

【0015】

前述したようにゲートパターンの微細線からなる部分は、通常の露光の解像度以下のパタ
50

ーンなので、レジスト上では、微細線の2本線部分は解像されず、強度の弱い一様な分布となるが、これに対して微細線の両端のパターンは、装置の通常露光による解像力の範囲内である線幅なので強度の高いパターンとして解像される。

【0016】

従って図19(2)で示されたパターンおよびマスクを露光すると、図18(2)で示された多値の露光量分布が形成される。

この例では、形成したいパターンが露光量分布が光透過型のもので示したが、光遮光型のパターンも、図19(3)に示したようなマスクを用いれば可能である。光遮光型のパターンは、パターン以外の部分に光が透過し、パターン部分に光を遮光したマスクを用いることによって実現可能になる。

10

【0017】

光遮光型パターンの場合、解像度以上のパターンは光を遮光し、露光量分布がゼロになるのに対し、解像度以下の微細パターンは、完全には遮光されず、パターン周辺の露光量分布の半分の露光量が分布するので、多値の露光量分布が形成される。

【0018】

以上の、二重露光の原理をまとめると、

1. 通常露光の露光パターンと融合されない周期パターン露光領域、即ちレジストの露光閾値以下の周期露光パターンは現像により消失する。

2. レジストの露光しきい値以下の露光量でおこなった通常露光のパターン領域に関しては、通常露光と周期パターン露光の双方の露光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所望の回路パターンの一部である露光パターンが形成される。

20

3. レジストの露光しきい値以上の露光量でおこなった通常露光のパターン領域は、マスクパターンに対応した露光パターンが形成される。

さらに、この多重露光方法の利点として、最も高い解像力が要求される周期パターン露光を位相シフト形マスク等を用いた2光束干渉露光でおこなえば、大きい焦点深度が得られることが挙げられる。

以上の説明では、周期パターン露光と通常露光の順番は、周期パターン露光を先としたが、逆あるいは同時でもよい。

【0019】

ここでの「通常露光」とは、周期パターン露光より解像度は低い、任意のパターンを露光することが可能な露光方法であり、代表的なものとして、投影光学系によってマスクのパターンを投影することが可能な投影露光が挙げられる。

30

【0020】

通常露光によって露光されるパターンは、(以下通常露光パターンという)解像度以下の微細なパターンを含んでおり、その結果、前記に示すように像強度が多値の分布となっている。また、周期パターン露光は、この通常露光の微細なパターン部分と同線幅の周期パターンなどを形成するものである。この周期パターン露光には、レベンソン型の位相シフトマスクなどが用いられる。その1例を図1に示した。図18で示した二重露光によって、パターンの明暗が反転したポジレジストに転写するためのマスクパターンは図1のようになる。図1▲1▼の周期パターンと▲2▼の通常露光パターンを同じ位置に露光し、その合成像である微細なパターン▲3▼を得ることが可能になる。

40

【0021】

このように、最終的に作成したいパターンは通常露光パターンとして露光するが、この通常露光パターンには解像度以下の微細線を含んでいるため、同位置に高解像度の周期パターンを露光することによって、その通常露光パターンの解像度を向上し、最終的に解像度以下の微細線を含んだ、所望のパターンを作成することが出来るものである。

【0022】

上記で説明したように、図1の▲2▼の通常露光パターンの解像度を向上するために、図1の▲1▼の高解像度周期パターンを同位置に露光することで、図1の▲2▼の通常露光

50

パターンだけでは作成することが出来なかった微細線を、高解像度周期パターンと合成することで作成出来るのである。

【0023】**【発明が解決しようとする課題】**

ところで、回路パターンは一般に、設計ルールと呼ばれる最小の微細線を線幅の単位とし、この線幅では、線幅誤差が厳しく制御される。これより大きな線幅は、解像が容易であるに加えて線幅制御は厳しいものではない。ある任意の回路パターンを半導体基板上に転写する場合、微細線の線幅精度が重要であり、最小の微細線は一般には線幅の $\pm 10\%$ 以下、場合によっては $\pm 5\%$ 以下の誤差しか許容されない。

【0024】

さらに、パターンによってピッチが異なる場合が多いため、さらに微細線の線幅制御が難しい。なぜなら、同じ線幅の微細線を持つパターンの場合でも、ピッチが大きなものは比較的容易に解像し、ピッチの小さいものは解像が難しくなる。そのため、同じ線幅の微細線を持ったパターンであっても、そのパターンのピッチが異なる場合では、それらの微細線の線幅が一様とならないためである。

【0025】

二重露光の方法によれば、通常露光のレチクルとして、回路パターンと相似なパターンからなるレチクルを用いるが、周期パターン露光はこの回路パターンの微細線のみに着目する。この周期パターン露光は、回路パターンから微細線のみを抽出したパターン(A)とピッチが同じで、この微細線抽出パターン(A)を含む周期パターン(Aよりは周期数が同じかそれ以上)を露光する。この周期パターン露光はレチクルを用いない方法もあるが、ここではレチクルを用いる方法とする。

【0026】

ここで、通常露光用のレチクルに配置される複数のパターンの中には、前述したようにピッチの異なるパターンが混在していることは良くある。通常露光パターンは回路パターンと相似なパターンであるため、回路パターンが決まると自動的に決定する。そのため、周期パターンは、この通常露光パターンに合わせたパターンを用いることになる。

【0027】

この場合、周期パターンのピッチは、通常露光パターンのピッチと等しくすることが望ましい。また、周期パターンのピッチを構成する線幅には特に決まりはなく、通常露光パターンの線幅と同じものにしても良いし、異なる場合でも良い。このように、周期パターンのピッチを構成する線幅には特に決まりがないため、その線幅は同じ場合や異なる場合など、色々な場合があった。

【0028】

通常行われている二重露光では、ある露光量で同一レチクル内のすべての通常露光パターンを露光する。そして、線幅制御の厳しい最小線幅が所定の線幅になるよう、周期パターン露光の露光量を調節しながら周期パターン露光を行う。二重露光においては、通常露光パターンに対応した周期パターンを作成していることから、周期パターンを構成する線幅の取り方によって、最終的に得られる合成像の微細線の線幅が、すべてのパターンで一様にならない場合があった。

【0029】

そのため、周期パターンのピッチを構成する線幅に特に決まりない場合は、その線幅の取り方によって各パターンごとに最適露光量が異なったり、露光量に対する線幅変化が異なる現象が生じ、結果として同一マスク上のすべてのパターンに共通の露光量範囲が狭くなる場合も起こるのである。

【0030】

このように、周期パターンのピッチを構成する線幅によって、各パターンごとの露光量特性が変化するため、すべての最適露光量を揃え、かつ露光量に対する線幅変化も出来るだけ等しくし、すべてのパターンに共通の広い露光量範囲を確保するためにも、最適な周期パターンを構成する線幅を決定することが、非常に重要な課題になるのである。

10

20

30

40

50

【0031】

以下に、この点の課題について、図2及び図3の例を用いて詳しく説明する。図2は、光透過部でパターンを作成するネガレジストを用いる場合であって、最上段の2つの設計パターン（パターン1とパターン2）をウエハ上に転写したい場合を示した。

ここで、図2の▲2▼の通常露光パターンは設計パターンと相似あるいは類似したパターンであって、本来は露光装置の倍率を含めて考える必要があるが、ここでは分かりやすく倍率1として示している。

また、図2の▲1▼の周期パターンは、設計パターンと相似あるいは類似した▲2▼の通常パターンの微細線部分に着目し、この微細線のみを抽出したパターンとピッチを同じにする。そして、周期数は、この微細線のみを抽出したパターンと同じ数かそれ以上の数にする。

10

【0032】

以上のように、設計パターンから通常露光パターンが作成され、この通常露光パターンから周期パターンが作成されることを説明してきた。しかし、この周期パターンにおいて、通常露光パターンより、周期パターンのピッチと周期数は決定できるものの、周期パターンのピッチを構成する線幅に関しては、何も決まりがない。

現在は、光遮光部でパターンを作成するポジレジストの方が一般的なので、図3にポジレジストの例を示し、周期パターンのピッチを構成する線幅の取り方によって生じる問題点についてさらに説明する。

図3も同じように、最上段の2つのパターンを設計パターンとしてウエハ上に転写したい場合である。

20

【0033】

通常露光パターンのパターン1はピッチP1で、1種類の微細線（線幅L）で構成されている。一方、通常露光パターンのパターン2はピッチP2で、2種類の線幅（線幅L・2L）で構成されている。通常露光パターンのパターン1・パターン2における微細線の線幅Lが同じことから、まず周期パターンの線幅は、互いのピッチが異なっても同じ線幅で構成する場合を考える。

例えば、ピッチP1が2L、ピッチP2が3Lの場合、

- 1) パターン1、パターン2ともに周期パターンの線幅が1Lの場合と、
- 2) パターン1、パターン2ともに周期パターンの線幅が1.5Lの場合が考えられる。

30

図2及び図3には、上記1)の場合を示した。

【0034】

図4は、二重露光によって作成された合成像において、図3のA断面に関する露光量とA断面の線幅の関係を示したものである。図3に示したようにパターン1の周期パターンの線幅をL1とし、パターン2の周期パターン線幅をL2とした。

図4はパターン1のピッチが2L、パターン2のピッチが3L（L=130nm）の場合で、

- 1) パターン1とパターン2がともに周期パターンの線幅が1Lの場合（L1=L2=1L）
- 2) パターン1とパターン2がともに周期パターンの線幅が1.5Lの場合（L1=L2=1.5L）

40

2種類の場合を示している。

【0035】

この図4は、パターン2の微細線Lが設計線幅（L=130nm）になった露光量を基準露光量と設定し、この基準露光量をグラフの中心にし、露光量に対する線幅変化をプロットした。

破線がパターン1、実線がパターン2の変化を示している。

同じ露光量ですべてのパターンを形成するためには、同一露光量のパターン1とパターン2の線幅はどちらも等しくなるべきである。つまり、2本のグラフはぴったり一致する、または、非常に近づくべきである。しかし、図4の1) 2) どちらのグラフにおいても2

50

本の線は大きく離れていることから、同露光量ではパターン 1 とパターン 2 の線幅が異なる、つまり設計の線幅になる最適露光量がずれていることが分かる。

【0036】

これは、同一マスク上にあるピッチが異なるパターンを作成する場合において、周期パターンの線幅が、全てのパターンにおいて等しい場合では、各パターンごとの最適露光量を揃えることが出来ないことを示している。

また、図 4 の 1) 2) どちらのグラフともに、実線と破線のグラフの傾きを比較すると、実線 (パターン 2) の傾きの方が急であることから、パターン 2 の方が露光量変化に対して線幅変化が大きいことが分かる。つまり、パターンごとに、露光量変化に対する線幅変化が異なっているのである。つまり、線幅ばらつきの許容範囲を、設計線幅の 10% 以内とした場合、パターンごとに最適露光量とその許容領域が異なるため、2 つのパターンに共通な露光量範囲が非常に狭くなり、問題となるのである。

10

【0037】

このように、構成する線幅が等しい周期パターンを用いたのでは、各パターンごとに最適露光量や、露光量変化に対する線幅変化が異なるため、すべてのパターンに共通な許容領域が非常に狭くなってしまう。今まで述べたように、周期パターンの線幅によってパターンごとの露光量特性が変化するため、すべてのパターンの最適露光量を揃え、かつ露光量変化と線幅変化の関係も揃えるために、最適な周期パターンの線幅を決定することが重要になるのである。

【0038】

20

そこで、本発明は、上記課題を解決し、パターン間の最適露光量を一致させ、かつパターン間の露光量に対する線幅変化を揃えることができ、パターンに共通な露光量範囲を広く取ることが可能となる多重露光を行うためのマスク、該マスクによる露光方法、露光装置、およびデバイス製造方法を提供するものである。

【0039】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記課題を達成するために、つぎの (1) ~ (9) のように構成した多重露光を行うための露光方法、露光装置、およびデバイス製造方法を提供するものである。

(1) 被露光基板上に、第 1 の微細線群と第 2 の微細線群とを露光する露光方法において

30

、前記第 1 の微細線群に含まれる周期パターンを露光するための第 1 の周期パターンと、前記第 2 の微細線群に含まれる周期パターンを露光するための第 2 の周期パターンとを有する第 1 のマスクを用いて前記基板を露光する段階と、

前記第 1 の微細線群と相似又は類似したパターンと、前記第 2 の微細線群と相似又は類似したパターンとを有する第 2 のマスクを用いて前記基板を露光する段階とを有し、

前記第 1 の微細線群に含まれる周期パターンと前記第 2 微細線群に含まれる周期パターンとは、線幅が互いに同じで、ピッチが互いに異なり、

前記第 1 の周期パターンと前記第 2 の周期パターンとは、線幅と線幅同志の間隔との比率が互いに等しいことを特徴とする露光方法。

(2) 前記第 1 の微細線群が、複数の線幅で構成されていることを特徴とする上記 (1) に記載の露光方法。

40

(3) 前記第 1 の微細線群の周期パターンと前記第 2 の微細線群の周期パターンとは、周期の方向が互いに異なることを特徴とする上記 (1) に記載の露光方法。

(4) 前記第 1 の微細線群の周期パターンは、周期の方向が直交した L 字パターンを有することを特徴とする上記 (1) に記載の露光方法。

(5) 前記第 1 の微細線群の周期パターンは、周期の方向が斜めとされたパターンを有することを特徴とする上記 (1) に記載の露光方法。

(6) 前記第 1 のマスクによる露光は、ある像コントラストのパターン露光であり、前記第 2 のマスクによる露光は、第 1 のマスクによる露光よりも像コントラストが低いパターン露光であることを特徴とする上記 (1) に記載の露光方法。

50

(7) 前記第1のマスクが有する周期パターンのピッチを P 、露光光の波長を λ 、前記第1のマスクを感光基板上に露光転写する際に用いる投影光学系の開口数を NA とし、 $k_1 = P / (\lambda / NA)$ としたとき、

$0.5 \leq k_1 \leq 1.0$

の関係を満たすことを特徴とする上記(1)に記載の露光方法。

(8) 前記第1、第2の周期パターンの線幅と線幅同志の間隔との比率は、1:1であることを特徴とする上記(1)に記載の露光方法。

(9) 上記(1)～(8)のいずれかに記載の露光方法による多重露光モードを有することを特徴とする露光装置。

(10) 上記(1)～(8)のいずれかに記載の露光方法、または上記(9)に記載の露光装置によって、マスク面上のパターンをウエハ面上に転写した後、該ウエハを現像処理工程を介してデバイスを製造することを特徴とするデバイス製造方法。

【0040】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態においては、周期パターンと通常露光パターンの二重露光を行う場合であって、複数のパターンが同一マスク上にあり、それら複数のパターンを同一条件の露光で作成する場合において、上記した構成の多重露光を行うためのマスクを用いることによって、前述した課題を達成することができる。

【0041】

すなわち、周期パターンのピッチに関わらず、すべての周期パターンにおいてデューティを等しくすることで、各パターンの最適露光量を揃え良好な合成像を作成出来るだけでなく、すべてのパターン共通の露光量範囲を広げることが出来るのである。デューティが等しいという意味は、ピッチを構成している線幅と間隔の比を等しくするということである。

【0042】

例えば、前記課題で述べた、通常露光パターンとしてパターン1(ピッチ P_1)とパターン2(ピッチ P_2)の2つのパターンが同一レチクル上に混在する場合においては、図5に示したように、ピッチに関係なく線幅と間隔の比を等しくするのである。

ここで図5の通り、パターン1のピッチを P_1 ・周期パターンの線幅を L_1 ・間隔を S_1 とし、パターン2のピッチを P_2 ・周期パターンの線幅を L_2 ・間隔を S_2 としたとき、次式の関係を満たすように構成する。

$$L_1 : S_1 = L_2 : S_2 \quad (P_1 = L_1 + S_1 \quad P_2 = L_2 + S_2)$$

このように、複数のパターンが同一マスク上に構成されている場合、そのパターンのピッチにかかわらず、すべてデューティが等しい周期パターンを用いることによって、最適露光量で良好な合成像を得るだけでなく、すべてのパターン共通の露光量範囲を広げることが可能となる。

【0043】

周期パターンの最適なデューティに関しては、パターンを構成する線幅・周期パターンと通常露光パターンを合成する際の露光量比によって最適値が変化することが分かっている。そのため、実際に露光する条件に合わせて、この周期パターンの線幅比率を決定することが望ましいが、すべてのデューティが等しい周期パターンを用いることに変わりない。また、ここでは、光透過部を線幅とし、光遮光部を間隔と表現したが、光遮光部を線幅とし、光透過部を間隔とした場合でも、本発明の目的、効果はかわらない。ここで用いる周期パターンは位相が0と180度と反転している位相シフトマスクであっても良いし、2つの平面波の干渉によって作成する場合でも同様の効果がある。

【0044】

【実施例】

以下に、本発明の実施例について説明するが、その前にこれらの実施例の理解を容易にするために、二重露光手法について、図6の二重露光手法のフローチャートを示しておく。この図6では、周期パターン露光・通常パターン露光・現像の各ブロックの流れを示して

10

20

30

40

50

いるが、周期パターン露光と通常パターン露光の順序はこの通りであってもその逆でもよく、また複数回の露光段階を含む場合には、もちろん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うステップが行われるが、この処理に関する詳細は省略する。

【0045】

なお、周期パターン露光ではコントラストが高い像が得られ、通常露光パターンではコントラストが低い像が得られるが、以下の各実施例は、波長248nmのkrFエキシマステッパーを用い、周期パターン露光・通常パターン露光の二重露光を行う際の周期パターンに工夫を施したものである。

本発明は、以下に説明する各実施例等に何ら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。 10

【0046】

〔実施例1〕

本発明の実施例1は、光遮光部でパターンを作成する場合であって、通常露光パターンはピッチが等しい2つのパターンの場合について、図7を用いて説明する。

この図7は、実際に使用する▲1▼周期パターンと▲2▼通常露光パターン、それらを二重露光する位置関係を▲3▼合成パターンとして示している。この▲1▼▲2▼2つのパターンを合成することによって、最終的には図7の▲2▼の通常露光パターンと同じ形のパターンを得ることが目的である。

【0047】

図7に示した通常露光パターンのパターン1とパターン2のピッチは等しく(P1)、同線幅の微細線を含んだパターンである。 20

このような、ピッチが等しい2種類のパターンの最適露光量を一致させ、露光量変化に対する線幅変化が基準内である露光量範囲を出来る限り広く取るためには、パターンのピッチにかかわらず、図7の▲1▼に示したように、すべてのパターンにおいて線幅と間隔の比が等しい(デューティが等しい)周期パターンを用いる。ここでは図7の通り、パターン1のピッチをP1・周期パターンの線幅をL1・間隔をS1とし、パターン2のピッチをP1・周期パターンの線幅をL2・間隔をS2としたとき、次式の関係を満たすように構成する。

$$L1 : S1 = L2 : S2 \quad (P1 = L1 + S1 \quad P1 = L2 + S2) \quad 30$$

ここで、両者のパターンともにピッチが3L(L=130nm)と等しく、通常露光パターン▲2▼の線幅が、パターン1が1L、パターン2が1Lと2Lの場合を例に、図8を用いて効果を説明する。

図8は、二重露光によって作成された合成像において、図7のA断面に関する露光量とA断面の線幅の関係を示したものである。

1) は2つの周期パターンのデューティが異なる場合

2) は2つの周期パターンのデューティが等しい場合

を示している。

【0048】

具体的な寸法は、 40

パターン1、パターン2ともにピッチが3L(L=130nm)の場合であって、

1) パターン1の周期パターンの線幅が1.5L、間隔が1.5L(L1:S1=1:1)

) パターン2の周期パターンの線幅が1L、間隔が2L(L2:S2=1:2)

2) パターン1の周期パターンの線幅が1.5L、間隔が1.5L(L1:S1=1:1)

) パターン2の周期パターンの線幅が1.5L、間隔が1.5L(L2:S2=1:1)

となっている。

【0049】

この図8は、パターン2の微細線Lが設計線幅(L=130nm)になった露光量を基準露光量と設定し、この基準露光量をグラフの中心にし、露光量に対する線幅変化をプロットした。 50

破線がパターン 1、実線がパターン 2 の変化を示している。

【0050】

同じ露光量ですべてのパターンを形成するためには、同一露光量のパターン 1 とパターン 2 の線幅はどちらも等しくなるべきである。図 8 の 2) では、2 本の線はぴったり重なっており、両者のパターンの最適露光量が一致している上、露光量と線幅の関係も等しくなっている。

つまり、2 つの周期パターンのデューティが等しい場合は、露光量特性が非常に良好であり、すべてのパターンの最適露光量を一致できるだけでなく、露光量に対する線幅変化の関係も揃っているため、最も露光量範囲を広げることが出来るのである。

【0051】

一方、図 8 の 1) のグラフにおける 2 本の線は大きく離れていることから、同露光量ではパターン 1 とパターン 2 の線幅が異なる、つまり所定の線幅になる最適露光量がずれていることが分かる。

また、図 8 の 1) のグラフにおいて、実線と破線のグラフの傾きを比較すると、破線（パターン 1）の傾きの方が急であることから、パターン 1 の方が露光量変化に対して線幅変化が大きいことが分かる。図 8 の 1) の場合は、パターンごとに露光量変化に対する線幅変化が異なっているのである。

【0052】

つまり、2 つの周期パターンのデューティが異なる場合は、線幅ばらつきの許容範囲を設計線幅の 10% 以内とした場合、パターンごとに最適露光量とその許容領域が異なるため

、2 つのパターンに共通な露光量範囲が非常に狭くなってしまうのである。
仮に、最適露光量が一致するように、基準露光量で 2 つのパターンの線幅が等しくなるよう、線幅補正を行ったとしても、その露光量からずれたときの線幅変化量がパターンごとに異なっていることから、パターン共通の露光量範囲が狭くなってしまうのである。

【0053】

上記からも分かるように、光遮光部でパターンを作成する場合であって、パターンのピッチが等しい 2 つのパターンの場合は、周期パターンのデューティが等しいパターンを用いることによって、基準露光量ですべてのパターンの線幅を一致できるだけでなく、露光量に対する線幅変化をすべてのパターンで一致させることが出来、すべてのパターンに共通な露光量範囲を最も向上することが出来るのである。

【0054】

本実施例 1 では、すべてのパターンにおいて、デューティ $L : S = 1 : 1$ の場合が最も良好な結果を示したが、デューティは $1 : 1$ に限定されるものではない。本発明はすべての周期パターンのデューティを等しくすることが重要である。

【0055】

〔実施例 2〕

本発明の実施例 2 は、実施例 1 と同様、光遮光部でパターンを作成する場合であって、通常露光パターンはピッチが異なるパターンの場合について、図 9 を用いて説明する。

【0056】

この図 9 は、実際に使用する▲1▼周期パターンと▲2▼通常露光パターン、それらを二重露光する位置関係を図 9 の▲3▼合成パターンとして示している。この図 9 の▲1▼▲2▼2 つのパターンを合成することによって、最終的には図 9 の▲2▼の通常露光パターンと同じ形のパターンを得ることが目的である。

【0057】

図 9 に示した通常露光パターンのパターン 1 とパターン 2 のピッチは異なっているが、同線幅の微細線 (L) を含んだパターンである。

このような、ピッチが異なる 2 種類のパターンの最適露光量を出来るだけ一致させ、露光量変化に対する線幅変化が基準内である露光量範囲を出来る限り広く取るためには、パターンのピッチにかかわらず、図 9 の▲1▼に示したように、すべてのパターンにおいて線幅と間隔の比が等しい（デューティが等しい）周期パターンを用いる。ここでは図 9 の通

10

20

30

40

50

り、パターン 1 のピッチを P_1 ・周期パターンの線幅を L_1 ・間隔を S_1 とし、パターン 2 のピッチを P_2 ・周期パターンの線幅を L_2 ・間隔を S_2 としたとき、次式の関係を満たすように構成する。

$$L_1 : S_1 = L_2 : S_2 \quad (P_1 = L_1 + S_1 \quad P_2 = L_2 + S_2)$$

ここで、パターン 1 のピッチが $2L$ 、パターン 2 のピッチが $3L$ の場合で ($L = 130 \text{ nm}$)、通常露光パターン▲2▼の線幅が、パターン 1 が $1L$ 、パターン 2 が $1L$ と $2L$ の場合を例に、図 10 を用いて効果を説明する。

図 10 は、二重露光によって作成された合成像において、図 9 の A 断面に関する露光量と A 断面の線幅の関係を示したものである。図 10 の 1) 及び 2) は 2 つの周期パターンのデューティが異なる場合、図 10 の 3) は 2 つの周期パターンのデューティが等しい場合を示している。

10

具体的には、パターン 1 のピッチが $2L$ 、パターン 2 のピッチが $3L$ ($L = 130 \text{ nm}$) の場合であって、

1) パターン 1 のピッチ P_1 が $2L$ 、周期パターンが $L_1 : S_1 = 1.5L : 0.5L = 3 : 1$

パターン 2 のピッチ P_2 が $3L$ 、周期パターンが $L_2 : S_2 = 1.5L : 1.5L = 1 : 1$

2) パターン 1 のピッチ P_1 が $2L$ 、周期パターンが $L_1 : S_1 = 1L : 1L = 1 : 1$

パターン 2 のピッチ P_2 が $3L$ 、周期パターンが $L_2 : S_2 = 2L : 1L = 2 : 1$

3) パターン 1 のピッチ P_1 が $2L$ 、周期パターンが $L_1 : S_1 = 1L : 1L = 1 : 1$

20

パターン 2 のピッチ P_2 が $3L$ 、周期パターンが $L_2 : S_2 = 1.5L : 1.5L = 1 : 1$

の 3 種類の周期パターンの場合を示している。

【0058】

この図 10 は、パターン 2 の微細線 L が設計線幅 ($L = 130 \text{ nm}$) になった露光量を基準露光量と設定し、この基準露光量をグラフの中心にし、露光量に対する線幅変化をプロットした。

破線がパターン 1、実線がパターン 2 の変化を示している。

【0059】

同じ露光量ですべてのパターンを形成するためには、同一露光量のパターン 1 とパターン 2 の線幅はどちらも等しくなるべきである。図 10 の 3) では、2 本の線の差は最も小さくなっており、その上 2 本の線の傾きが最も小さくなっているため、両者のパターンの最適露光量が比較的一致している上、露光量と線幅の関係も等しくなっている。

30

つまり、2 つの周期パターンのデューティが等しい場合は、露光量特性が非常に良好であり、すべてのパターンの最適露光量を一致できるだけでなく、露光量に対する線幅変化の関係も揃っているため、最もすべてのパターンに共通な露光量範囲を広げることが出来るのである。

【0060】

一方、図 10 の 1) 及び 2) のグラフにおける 2 本の線は大きく離れていることから、同露光量ではパターン 1 とパターン 2 の線幅が異なる、つまり所定の線幅になる最適露光量がずれていることが分かる。

40

また、図 10 の 1) 及び 2) のグラフにおいて、実線と破線のグラフの傾きを比較すると、図 10 の 1) では実線 (パターン 2) の傾きの方が急であり、図 10 の 2) では破線 (パターン 1) の傾きの方が急である。このように、図 10 の 1) 及び 2) の場合は、パターンごとに露光量変化に対する線幅変化が異なっているのである。

【0061】

つまり、2 つの周期パターンのデューティが異なる場合は、線幅ばらつきの許容範囲を設計線幅の 10% 以内とした場合、パターンごとに最適露光量とその許容領域が異なるため、2 つのパターンに共通な露光量範囲が非常に狭くなってしまうのである。

仮に、最適露光量が一致するように、基準露光量で 2 つのパターンの線幅が等しくなるよ

50

う、線幅補正を行ったとしても、その露光量からずれたときの線幅変化量がパターンごとに異なっていることから、パターン共通の露光量範囲が狭くなってしまうのである。

【0062】

上記からも分かるように、光遮光部でパターンを作成する場合であって、パターンのピッチが等しい2つのパターンの場合は、周期パターンのデューティが等しいパターンを用いることによって、基準露光量ですべてのパターンの線幅を一致できるだけでなく、露光量に対する線幅変化をすべてのパターンで一致させることが出来、すべてのパターンに共通な露光量範囲を最も向上することが出来るのである。

【0063】

ここでは、すべてのパターンにおいて、デューティ $L:S=1:1$ の場合のみについて説明したが、デューティは $1:1$ に限ったことではなく、すべての周期パターンのデューティを等しくすることが重要である。最適なデューティに関しては、パターンを構成する線幅・周期パターンと通常露光パターンを合成する際の露光量比などによって最適値が変化することが分かっている。そのため、実際に露光する条件に合わせて、この周期パターンの線幅比率を決定することが望ましい。基本的には、光遮光部でパターンを形成する場合は、光透過部の線幅が広いほどコントラストが高くなる。

実施例1と実施例2から、ピッチが同じでも異なる場合でも、ピッチには関係なく、デューティが等しい周期パターンをすべてのパターンについて用いることが最も有効であることが分かる。

【0064】

[実施例3]

本発明の実施例3は、実施例1と同様に通常露光パターンはピッチが等しい2つのパターンの場合で、光透過部でパターンを作成する場合について、図11を用いて説明する。この図11は、実際に使用する▲1▼周期パターンと▲2▼通常露光パターン、それらを二重露光する位置関係を▲3▼合成パターンとして示している。この図11の▲1▼及び▲2▼の2つのパターンを合成することによって、最終的には図11の▲2▼の通常露光パターンと同じ形のパターンを得ることが目的である。

図11に示した通常露光パターンのパターン1とパターン2のピッチは等しく、パターン1は1種類の微細線、パターン2は微細線を含んだ2種類の線幅で構成されたパターンである。

【0065】

このような、ピッチが等しい2種類のパターンの最適露光量を一致させ、露光量変化に対する線幅変化が基準内である、パターンに共通な露光量範囲を出来る限り広く取るためには、通常露光パターンの線幅によらず、図11の▲1▼に示したように、すべてのパターンにおいて光遮光部と光透過部の線幅比率関係が等しい、(デューティが等しい)周期パターンを用いる必要があるのである。ここでは図11の通り、パターン1のピッチを $P1$ ・周期パターンの線幅を $L1$ ・間隔を $S1$ とし、パターン2のピッチは $P1$ ・周期パターンの線幅を $L2$ ・間隔を $S2$ としたとき、次式の関係を満たすように構成する。

$$L1:S1=L2:S2 \quad (P1=L1+S1 \quad P2=L2+S2)$$

このように、光透過部でパターンを形成する場合で、ピッチが等しい複数のパターンが同一マスク上に存在する場合、デューティの等しい周期パターンを用いることによって、基準露光量でのパターンごとの線幅差を出来るだけ小さくできるだけでなく、露光量に対する線幅変化をすべてのパターンで一致させることが出来、共通な露光量範囲を最も向上することが出来るのである。

【0066】

[実施例4]

本発明の実施例4は、光遮光部でパターンを作成する場合であって、通常露光パターンにおいて、ピッチが異なる2種類のパターンが同一マスク上にあり、かつ微細線の方法が混在しているパターンの場合について、図12を用いて説明する。

この図12は、二重露光により合成パターンを得るために、実際に使用する▲1▼周期パ

10

20

30

40

50

ターンと図12の▲2▼の通常露光パターンを示している。この図12の▲1▼及び▲2▼2つのパターンを合成することによって、最終的には図12の▲2▼の通常露光パターンと同じ形のパターンを得ることが目的である。

【0067】

図12に示した通常露光パターンのパターン1とパターン2のピッチは異なっており、パターン1は1種類の微細線、パターン2は微細線を含んだ2種類の線幅で構成されたパターンである。

微細線を解像するために用いる周期パターン図12の▲1▼は、微細線の方に合わせるため、2つのパターンの周期方向は直交している。ただし、この周期パターンの線幅は、実施例2と同様に考えることが出来る。

10

【0068】

つまり、ピッチが等しい2種類のパターンの最適露光量を一致させ、露光量変化に対する線幅変化が基準内である、パターンに共通な露光量範囲を出来る限り広く取るためには、図12の▲1▼に示したように、すべてのパターンにおいて周期パターンの光遮光部L1と光透過部S1の線幅比率関係が等しい、つまりデューティが等しい周期パターンを用いる必要があるのである。ただし、周期の方向は微細線の方向と一致させる。ここでは図12の通り、パターン1のピッチをP1・周期パターンの線幅をL1・間隔をS1とし、パターン2のピッチをP2・周期パターンの線幅をL1・間隔をS1としたとき、次式の関係を満たすように構成する。

$$L1 : S1 = L2 : S2 \quad (P1 = L1 + S1 \quad P2 = L2 + S2)$$

20

このように、光遮光部でパターンを形成する場合で、ピッチが異なり、微細線の方向も異なる複数のパターンが同一マスク上に存在する場合でも、デューティの等しい周期パターンを用いることによって、基準露光量でのパターンごとの線幅差を出来るだけ小さくできるだけでなく、露光量に対する線幅変化をすべてのパターンで一致させることが出来、共通な露光量範囲を最も向上することが出来るのである。

本実施例では、2つのパターンのピッチが異なっていたが、勿論ピッチが同じ場合でも同様に、デューティの等しい周期パターンを用いることが必要になる。

【0069】

[実施例5]

本発明の実施例5は、光遮光部でパターンを作成する場合であって、通常露光パターンの微細線の方向が直交したL字パターンを含んだ場合について、図13を用いて説明する。この図13は、二重露光により合成パターンを得るために、実際に使用する▲1▼周期パターンと▲2▼通常露光パターンを示している。この図13の▲1▼及び▲2▼2つのパターンを合成することによって、最終的には図13の▲2▼の通常露光パターンと同じ形のパターンを得ることが目的である。

30

【0070】

図13に示した通常露光パターンのパターン1とパターン2のピッチは異なっており、パターン1は1種類の微細線、パターン2は微細線を含んだ2種類の線幅で構成されたパターンである。

微細線を解像するために用いる周期パターン図13の▲1▼は、微細線の方向に合わせるため、パターン1の周期パターンはL字になり、周期方向が直交している。ただし、この場合でも周期パターンの線幅は、実施例2と同様に考えることが出来る。

40

【0071】

つまり、ピッチが異なる2種類のパターンの最適露光量を一致させ、露光量変化に対する線幅変化が基準内である、パターンに共通な露光量範囲を出来る限り広く取るためには、図13の▲1▼に示したように、すべてのパターンにおいて周期パターンの光遮光部と光透過部の線幅比率関係が等しい、つまりデューティが等しい周期パターンを用いる必要があるのである。ただし、周期の方向は微細線の方向と一致させる。ここでは図13の通り、パターン1のピッチをP1・周期パターンの線幅をL1・間隔をS1とし、パターン2のピッチをP2・周期パターンの線幅をL1・間隔をS1としたとき、次式の関係を満た

50

すように構成する。 $L1 : S1 = L2 : S2$ ($P1 = L1 + S1$ $P2 = L2 + S2$)

このように、光遮光部でパターンを形成する場合で、ピッチが異なり、微細線の方法も異なるL字パターンを含む複数のパターンが同一マスク上に存在する場合でも、デューティの等しい周期パターンを用いることによって、基準露光量でのパターンごとの線幅差を出来るだけ小さくできるだけでなく、露光量に対する線幅変化をすべてのパターンで一致させることが出来、共通な露光量範囲を最も向上することが出来るのである。

図14のように、コンタクトホール部が接続されている場合でも同様の効果があるといえる。

【0072】

[実施例6]

本発明の実施例6は、光遮光部でパターンを作成する場合であって、通常露光パターンの微細線の方法が斜めのパターンを含んだ場合について、図15を用いて説明する。

この図15は、二重露光により合成パターンを得るために、実際に使用する図15の▲1▼周期パターンと図15の▲2▼通常露光パターンを示している。この▲1▼▲2▼2つのパターンを合成することによって、最終的には図15の▲2▼の通常露光パターンと同じ形のパターンを得ることが目的である。

【0073】

図15に示した通常露光パターンにおいて、2つの方向に伸びる微細線のピッチは異なっている。図15に示したように、方向1のピッチをP1、周期パターンの線幅をL1・間隔をS1とし、方向2のピッチをP2、周期パターンの線幅をL2・間隔をS2としてい

る。微細線を解像するために用いる周期パターン図15の▲1▼は、微細線の方法に合わせるため、周期パターンは斜め方向を含んでいる。ただし、この場合でも周期パターンの線幅は、実施例2と同様に考えることが出来る。

【0074】

つまり、ピッチが異なる2種類の方向を持つパターンの最適露光量を一致させ、露光量変化に対する線幅変化が基準内である、パターンに共通な露光量範囲を出来る限り広く取るためには、図15の▲1▼に示したように、光遮光部と光透過部の線幅比率関係が等しい、つまりデューティが等しい周期パターンを用いる必要があるのである。ただし、周期の方向は微細線の方法と一致させ、次式の関係を満たすように構成する。

$L1 : S1 = L2 : S2$ ($P1 = L1 + S1$ $P2 = L2 + S2$)

このように、光遮光部でパターンを形成する場合で、ピッチが異なり、斜め方向の微細線を持つパターンを含む複数のパターンが同一マスク上に存在する場合でも、デューティの等しい周期パターンを用いることによって、基準露光量でのパターンごとの線幅差を出来るだけ小さくできるだけでなく、露光量に対する線幅変化をすべてのパターンで一致させることが出来、共通な露光量範囲を最も向上することが出来るのである。

勿論このパターンにコンタクトホール部が接続されている場合でも同様の効果があるといえる。

【0075】

[実施例7]

本発明の実施例7は、光遮光部でパターンを作成する場合であって、通常露光パターンが周期パターンのピッチの整数倍である場合について、図16を用いて説明する。

この図16は、実際に使用する▲1▼周期パターンと▲2▼通常露光パターン、それらを二重露光する位置関係を▲3▼合成パターンとして示している。この▲1▼▲2▼2つのパターンを合成することによって、最終的には図16の▲2▼の通常露光パターンと同じ形のパターンを得ることが目的である。

【0076】

図16に示したように、パターン1とパターン2のピッチは異なっている。周期パターン▲1▼におけるパターン1のピッチはP1で、パターン2の周期パターンのピッチはP2で、通常露光パターンのピッチがP2の2倍になっている。このように、通常露光パター

10

20

30

40

50

ンと周期パターンのピッチが整数倍の関係になっているパターンを含んだ場合でも、同じ関係が成り立つのである。

【0077】

つまり、ピッチが異なる2種類のパターンの最適露光量を一致させ、露光量変化に対する線幅変化が基準内である、パターンに共通な露光量範囲を出来る限り広く取るためには、図16の▲1▼に示したように、すべてのパターンにおいて周期パターンの線幅と間隔の比が等しい、次式の関係を満たすように構成する。つまりデューティが等しい周期パターンを用いる必要があるのである。

$$L1 : S1 = L2 : S2 \quad (P1 = L1 + S1 \quad P2 = L2 + S2)$$

このように、光透過部でパターンを形成する場合で、互いにピッチが異なり、通常露光パターンと周期パターンのピッチの関係が整数倍であるパターンが同一マスク上に存在する場合でも、デューティの等しい周期パターンを用いることによって、基準露光量でのパターンごとの線幅差を出来るだけ小さくできるだけでなく、露光量に対する線幅変化をすべてのパターンで一致させることが出来、共通な露光量範囲を最も向上することが出来るのである。

【0078】

以上をまとめると、通常露光パターンと周期パターンの2重露光を行う露光方法において、

前記周期パターンのピッチにかかわらず、周期パターンの線幅と間隔の比である“デューティの等しい”周期パターンを用いることによって、すべてのパターンの最適露光量を一致させ、かつ露光量に対する線幅変化を揃えることができ、すべてのパターンに共通な露光量範囲を広く取れることを可能とするものである。そして、通常露光パターンが、複数の線幅で構成された場合であっても、同一マスク上に線幅の異なるパターンが離れて存在する場合でも、方向が混在している場合であっても、デューティの等しい周期パターンを用いることで、上記した本発明の課題を達成することができる。

【0079】

つぎに、上記した各実施例におけるマスクを用いた高解像度露光装置について説明する。図17は、上記した各実施例を適用し得る周期パターンの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露光装置を示す概略図である。

図17において、221はKrF又はArFエキシマレーザ、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型位相シフトマスク（レチクル）又はエッジシフト型マスク（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ために設けてある。

【0080】

図17の229は2光束干渉露光と投影露光で共用される一つの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。

図17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（オフアキ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。

【0081】

図17の装置の照明光学系222は小σの部分的コヒーレント照明と大σの部分的コヒーレント照明とを切り換え可能に構成してあり、小σの照明の場合には、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一つに供給し、大σ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（2）の照明光を所望のレチクルに供給する。大σの部分的コヒーレント照明から小σの部分的コヒーレント照明との切り換えは、通常光学系222のフライアイレンズの直後に

10

20

30

40

50

おかれる開口絞りを、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良い。

さらに、図 2 1 に示されるような構成の X 線露光装置を用いて、本実施例の方法によって露光を行うことも可能である。

【0082】

【発明の効果】

以上に説明したように、本発明によれば、上記のように構成することで、パターン間の最適露光量を一致させ、かつ露光量に対する線幅変化を揃えることができ、パターンに共通な露光量範囲を広く取ることが可能となる多重露光を行うための露光方法、露光装置、およびデバイス製造方法を実現することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【図 1】二重露光のパターン配置（ポジレジストの場合）を示す図。

【図 2】ネガレジストを用いてパターンを作成する場合における課題を説明するための図。

【図 3】ポジレジストを用いてパターンを作成する場合における課題を説明するための図。

【図 4】図 2 及び図 3 の A 断面に関する露光量と A 断面の線幅の関係を示す図。

【図 5】ピッチに関係なく線幅と間隔の比を等しくした最適パターンの配置例を示す図。

【図 6】二重露光のフローチャート図。

【図 7】本発明の実施例 1 におけるパターンの作成を説明するための図。

20

【図 8】本発明の実施例 1 における露光量と線幅の関係を示す図

【図 9】本発明の実施例 2 におけるパターンの作成を説明するための図。

【図 10】実施例 2 における露光量と線幅の関係を示す。

【図 11】本発明の実施例 3 におけるパターンの作成を説明するための図。

【図 12】本発明の実施例 4 におけるパターンの作成を説明するための図。

【図 13】本発明の実施例 5 におけるパターンの作成を説明するための図。

【図 14】本発明の実施例 5 におけるパターンの作成を説明するための図。

【図 15】本発明の実施例 6 におけるパターンの作成を説明するための図。

【図 16】本発明の実施例 7 におけるパターンの作成を説明するための図。

【図 17】二重露光を行う高解像度露光装置の概略図。

30

【図 18】二重露光の原理を説明するための図。

【図 19】二重露光の原理を説明するための図。

【図 20】従来の投影露光装置の模式図。

【図 21】X 線露光装置の概略図。

【符号の説明】

191：遠紫外線露光用光源

192：照明光学系

193：照明光

194：マスク

195：物体側露光光

40

196：光学系

197：像側露光光

198：基板

199：基板ステージ

221：KrF 又は ArF エキシマレーザ

222：照明光学系

223：マスク

224：マスクステージ

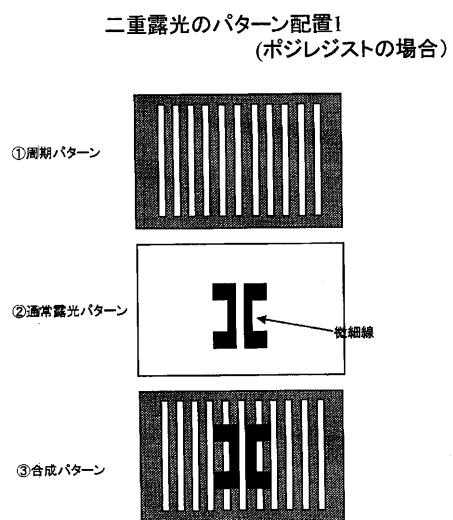
225：マスクチェンジャ

227：撮影光学系

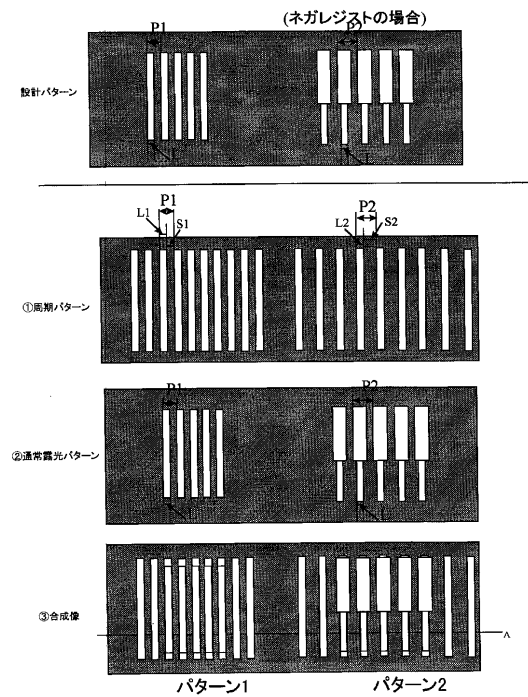
50

228 : ウエハ
 229 : ステージ
 230 : ブロック

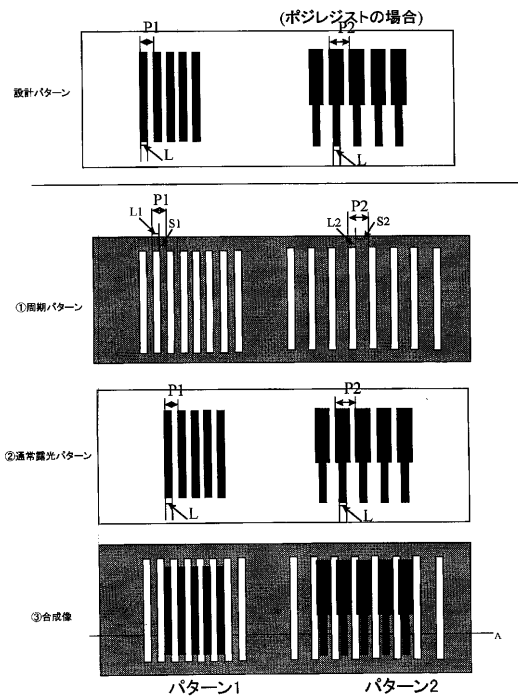
【図 1】



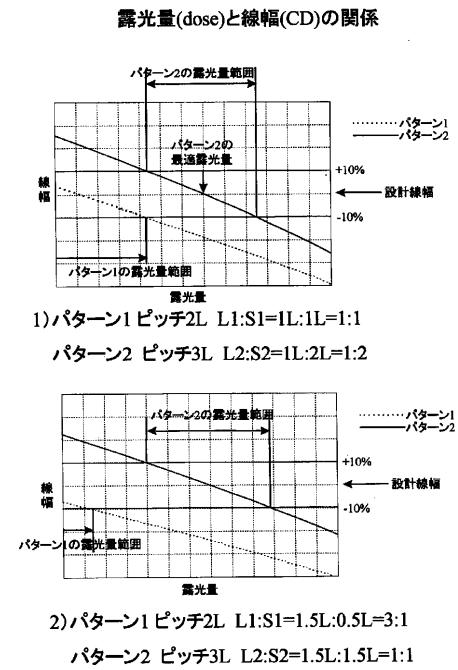
【図 2】



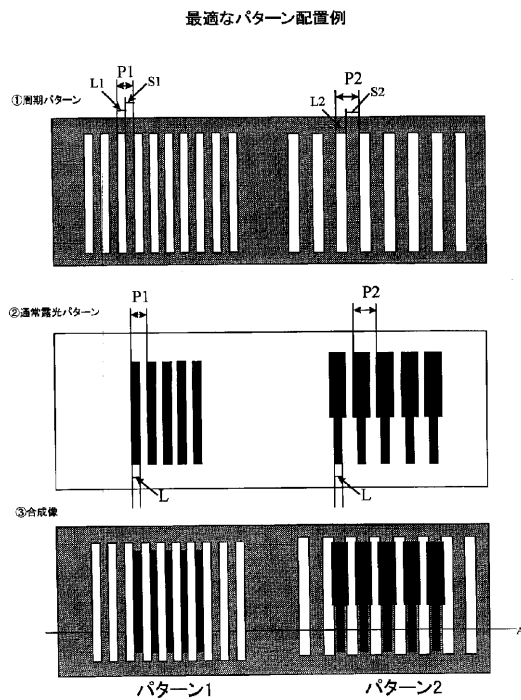
【図 3】



【図 4】

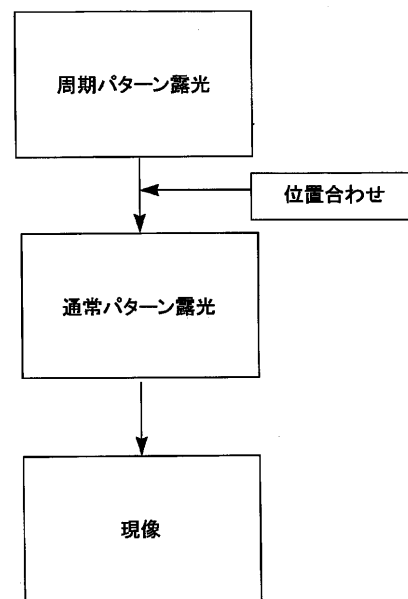


【図 5】

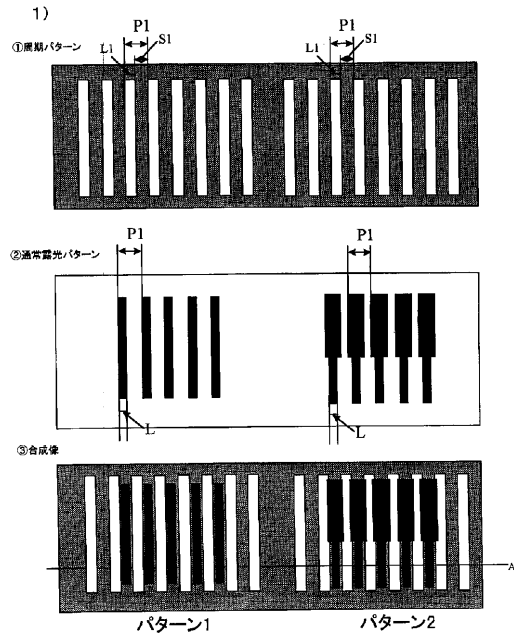


【図 6】

二重露光のフローチャート

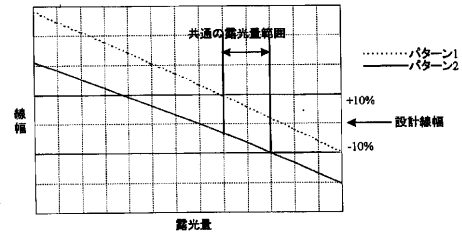
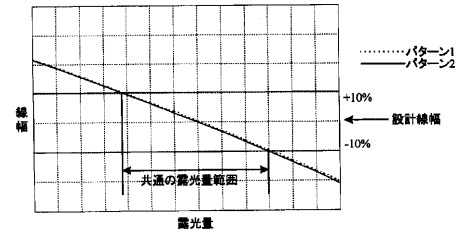


【図 7】

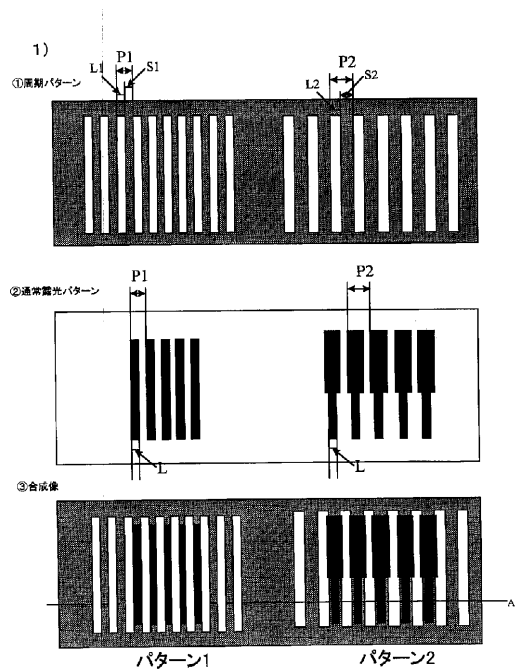


【図 8】

実施例1における露光量と線幅の関係

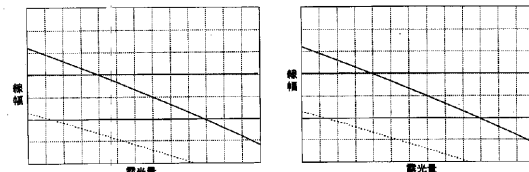
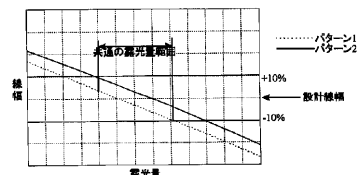
1) パターン1 ピッチ3L $L1:S1=1L:2L=1:2$ パターン2 ピッチ3L $L2:S2=1.5L:1.5L=1:1$ 2) パターン1 ピッチ3L $L1:S1=1.5L:1.5L=1:1$ パターン2 ピッチ3L $L2:S2=1.5L:1.5L=1:1$

【図 9】

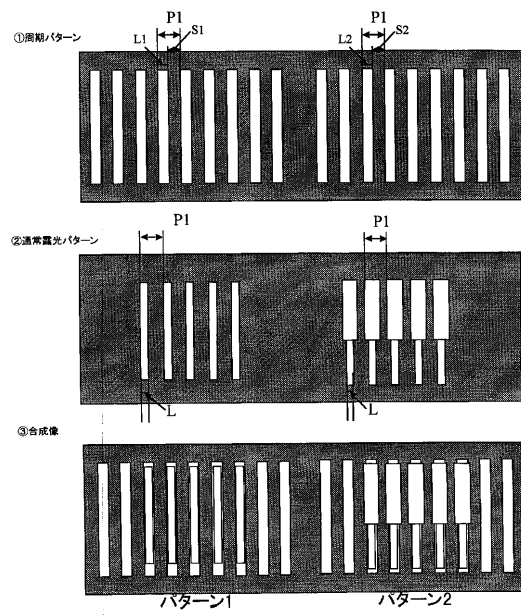


【図 10】

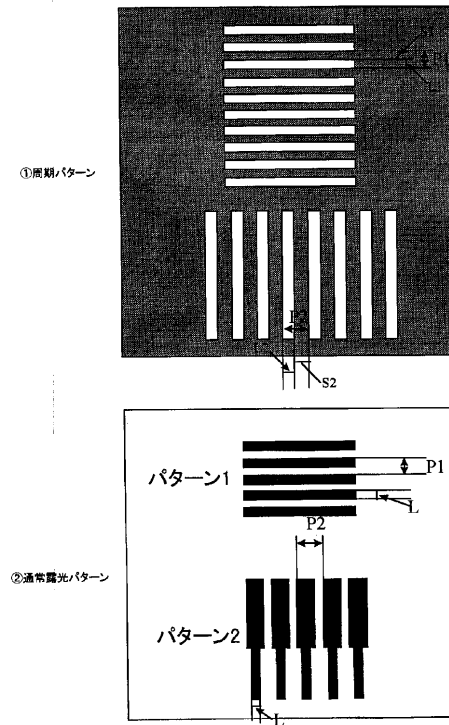
実施例2における露光量と線幅の関係

1) パターン1 ピッチ2L $L1:S1=1.5L:0.5L=3:1$
パターン2 ピッチ3L $L2:S2=1.5L:1.5L=1:1$ 2) パターン1 ピッチ2L $L1:S1=1L:1L=1:1$
パターン2 ピッチ3L $L2:S2=2L:1L=2:1$ 3) パターン1 ピッチ2L $L1:S1=1L:1L=1:1$ パターン2 ピッチ3L $L2:S2=1.5L:1.5L=1:1$

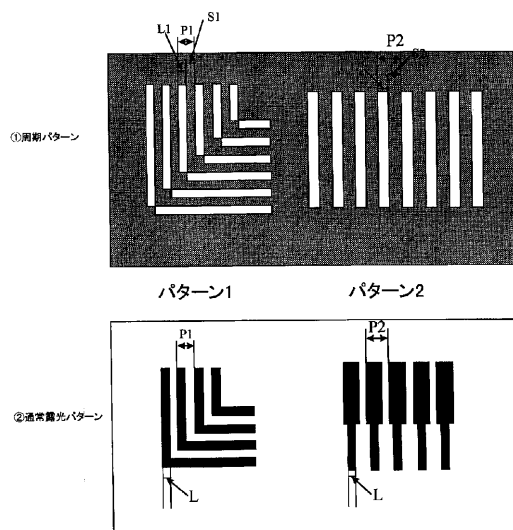
【図 1 1】



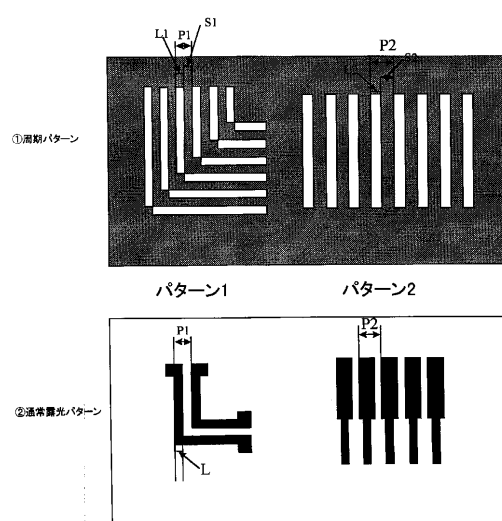
【図 1 2】



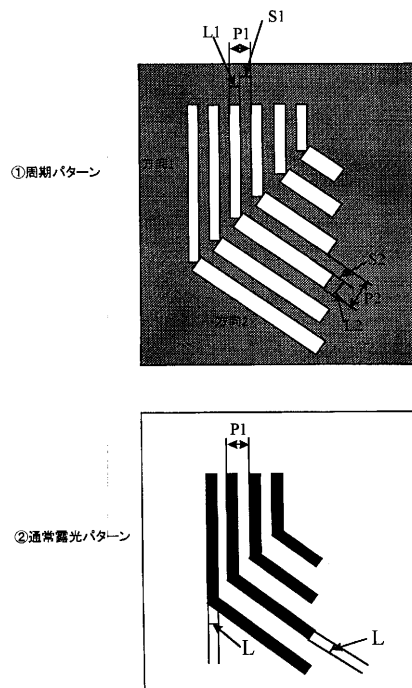
【図 1 3】



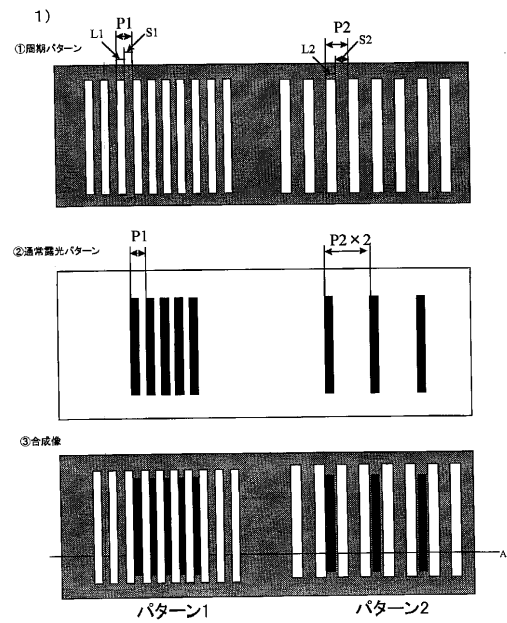
【図 1 4】



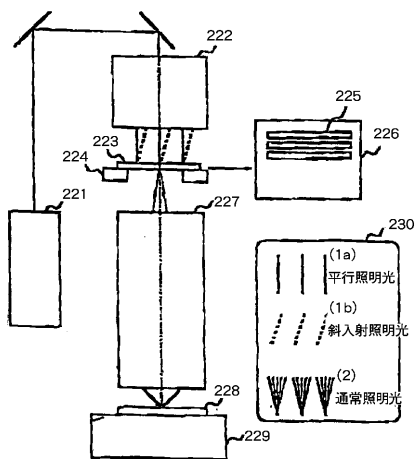
【図 15】



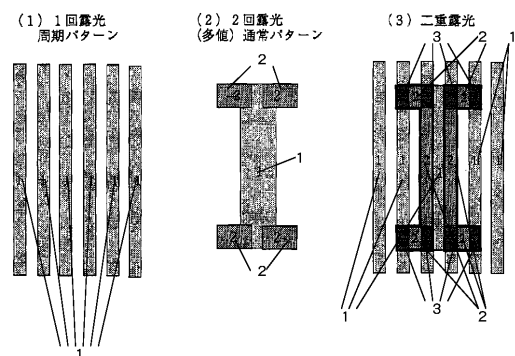
【図 16】



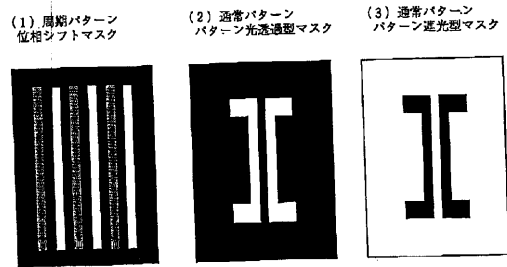
【図 17】



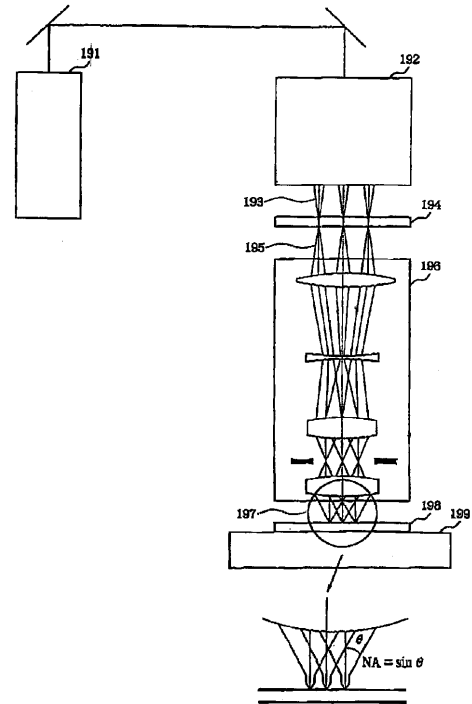
【図 18】



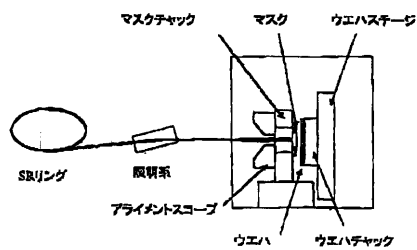
【図 19】



【図 20】



【図 21】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平11-067640 (JP, A)
特開平06-242594 (JP, A)
特開平10-326743 (JP, A)
特開2000-031036 (JP, A)
国際公開第99/34417 (WO, A1)
特開2001-244191 (JP, A)
特開2000-330259 (JP, A)
特開2000-267257 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

H01L 21/027

G03F 1/08