

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4413825号  
(P4413825)

(45) 発行日 平成22年2月10日(2010.2.10)

(24) 登録日 平成21年11月27日(2009.11.27)

(51) Int. Cl.		F I			
<b>G03F</b>	<b>1/08</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>G03F</b>	<b>1/08</b>	<b>A</b>
<b>G03F</b>	<b>7/20</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>G03F</b>	<b>7/20</b>	<b>521</b>
<b>H01L</b>	<b>21/027</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>H01L</b>	<b>21/30</b>	<b>514Z</b>

請求項の数 5 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2005-204146 (P2005-204146)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成17年7月13日(2005.7.13)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2007-25034 (P2007-25034A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成19年2月1日(2007.2.1)	(74) 代理人	100075812
審査請求日	平成18年8月4日(2006.8.4)		弁理士 吉武 賢次
		(74) 代理人	100088889
			弁理士 橘谷 英俊
		(74) 代理人	100082991
			弁理士 佐藤 泰和
		(74) 代理人	100096921
			弁理士 吉元 弘
		(74) 代理人	100103263
			弁理士 川崎 康
		(74) 代理人	100108785
			弁理士 箱崎 幸雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 潜像計算方法、マスクパターン作成方法および半導体装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板に形成されるパターンの設計データと、エネルギー線の透過により前記パターンの潜像を前記基板に形成する際に用いるマスクパターンを作成するためのマスクデータと、を取り込む手順と、

前記パターンの潜像を前記エネルギー線の強度計算により求める手順と、

前記基板表面の領域において予測対象のパターンとその周辺領域のパターンとの間の疎密の度合いに応じて、前記潜像を構成する前記エネルギー線の強度分布曲線である潜像曲線と前記予測対象パターンのエッジの位置を特定するための基準強度線との前記エネルギー線の強度方向での相対的位置関係を少なくとも前記予測対象パターンに対応する部分で局所的に変更する手順と、

変更後の相対的位置関係における前記潜像曲線の前記予測対象パターンに対応する部分と前記基準強度線との交点間の距離を算出して前記予測対象パターンの予測線幅と規定する手順と、

を備える潜像計算方法。

【請求項2】

前記疎密の度合いは、前記予測対象パターンの幅およびこれに隣り合って前記周辺領域に配置される隣接パターンと前記予測対象パターンとのスペース幅の少なくとも一方により規定されることを特徴とする請求項1に記載の潜像計算方法。

【請求項3】

前記潜像は、前記エネルギー線の前記基板への照射量から独立した測定指標から特定される値を有する単一のガウス関数と、任意の重み係数を用いて前記値を有するガウス関数が線形に加算されて形成される複数のガウス関数とのいずれかによる畳み込み積分により得られた変調潜像であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の潜像計算方法。

【請求項 4】

基板に形成されるパターンの設計データと、エネルギー線の透過により前記パターンの潜像を前記基板に形成する際に用いられその線幅が規定されたマスクパターンを作成するためのマスクデータと、を取り込む手順と、

前記基板表面の領域において補正対象のパターンとその周辺領域のパターンとの間の疎密の度合いを前記設計データに基づいて算出する手順と、

前記パターンの潜像を前記エネルギー線の強度計算により求める手順と、

算出された前記疎密の度合いに応じて、前記潜像を構成する前記エネルギー線の強度分布曲線である潜像曲線と前記補正対象パターンのエッジの位置を特定するための基準強度線との前記エネルギー線の強度方向での相対的位置関係を少なくとも前記補正対象パターンに対応する部分で局所的に変更する手順と、

変更後の相対的位置関係における前記潜像曲線の前記補正対象パターンに対応する部分と前記基準強度線との交点間の距離を算出して前記補正対象パターンの予測線幅と規定する手順と、

前記マスクデータから実際に作成したマスクを用いて前記基板上に前記パターンを作成して前記補正対象パターンの実際の線幅を測定する手順と、

前記算出された予測線幅と前記測定された実際の線幅との差分を算出する手順と、

予め定めた閾値と前記差分とを比較し、前記差分が前記閾値を上回る場合に前記マスクパターンの線幅を新たに規定する手順と、

マスクパターンの潜像を求める手順からマスクパターンの線幅を新たに規定する手順までを前記差分が前記閾値以下になるまで反復する手順と、

を備えるマスクパターンの作成方法。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の潜像計算方法または請求項 4 に記載のマスクパターンの作成方法を用いてマスクを作成する手順と、

作成された前記マスクを用いて露光および現像を行ない基板にパターンを形成する手順と、

を備える、半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、リソグラフィシミュレーション方法、マスクパターン作成方法および半導体装置の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年の半導体製造技術の進歩は非常に目覚しく、マスクプロセス技術、光リソグラフィ技術、およびエッチング技術等の微細パターン形成技術の飛躍的な進歩により、現在では最小加工寸法  $0.13 \mu\text{m}$  サイズの半導体装置が量産されている。

【0003】

パターンのサイズが十分に大きな時代には、ウェーハ上に形成したい L S I パターンの平面形状をそのまま設計パターンとして描き、その設計パターンに忠実なマスクパターンを作成し、そのマスクパターンを投影光学系によってウェーハ上に転写し、下地をエッチングすることにより、ほぼ設計パターン通りのパターンがウェーハ上に形成できた。しかし、パターンの微細化が進むにつれて、各プロセスでパターンを忠実に形成することが困難になってきており、最終仕上り寸法が設計パターン通りにならないという問題が生じてきた。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 4 】

これらの問題を解決するために、各プロセスでの変換差を考慮して、最終仕上り寸法が設計パターン寸法と等しくなるように、設計パターンと異なるマスクパターンを作成する処理（以下、マスクデータ処理という）が非常に重要になっている。

## 【 0 0 0 5 】

マスクデータ処理には、図形演算処理やデザインルールチェッカ（D．R．C．）等を用いてマスクパターンを変化させる処理の他、光近接効果（OPE：Optical Proximity Effect）を補正するためのOPC処理等があり、これらの処理を行うことによって最終仕上り寸法が所望の寸法になるようにマスクパターンを適切に補正する。近年では、デバイスパターンのより一層の微細化に伴い、リソグラフィプロセスにおけるK1値（ $K1 = W / (NA \cdot \lambda)$ ）、W：設計パターンの寸法、 $\lambda$ ：露光装置の露光波長、NA：露光装置に使用されているレンズの開口数）がますます低減し、その結果、OPEがより増大する傾向にあるため、OPC（Optical Proximity Correction）処理の負荷が非常に大きくなっている。OPC処理の高精度化を達成するために、OPEを正確に予測できる光強度シミュレータを搭載して、マスクパターンごとに適切な補正値を計算できるモデルベースOPC手法が主流となっている。

10

## 【 0 0 0 6 】

モデルベースOPCによって高精度な補正を行うためには、実験データを計算で再現するための高精度なリソグラフィシミュレーション手法が非常に重要となる。

## 【 0 0 0 7 】

従来の技術によるリソグラフィシミュレーション方法の一例を説明する。まず、与えられたマスクパターンから所定露光条件での光学像（潜像）を計算する。その光学像（潜像）に対してガウス関数、またはガウス関数をいくつか重み付けしたマルチガウス関数を畳み込み積分することによって変調光学像を形成し、その変調光学像の露光量分布曲線と、パターンのエッジの位置を特定するための基準強度線との2つの交点間の距離を寸法と規定する。光学像の計算は、露光装置の露光波長（ $\lambda$ ）、レンズ開口数（NA）、照明形状、レンズ収差、フォーカス等から決定することができる。その光学像をガウス関数で畳み込み積分するということは、ウェーハ上に塗布された化学増幅型レジスト中の酸の拡散に起因する寸法変動を模擬的に表わすことを意味する。このように、上記従来技術では、露光装置によって決められる光学計算のパラメータと、レジストプロセスを模擬したガウス関数の畳み込み積分と、基準強度線と変調光学像の露光量分布曲線との交点を算出することによりウェーハ上で形成されるパターン寸法を規定することができた。

20

30

## 【 0 0 0 8 】

しかしながら、近年、パターンの大きさや隣接パターンまでのスペース幅、または照射される光強度の大きさなどによってレジストの溶解速度が変化し、上記従来手法では、これらの影響に伴う寸法変動を予測しきれなくなってきた。また、露光装置のフレア（かぶり光）による寸法変動も上記従来手法では考慮しきれなくなってきた。このような現象を厳密な物理モデルで表現するためには、非常に莫大な計算時間がかかるため、現実的ではない。そこで、従来、所定の強度位置での基準強度線と光学像の露光量分布曲線との交点間の距離をパターン寸法として一律に規定していたところ、基準強度線の強度位置または光学像の露光量分布曲線を上下（光の強度方向）にシフトさせることにより、上記現象を簡便に取り込んで予測精度を向上させるためのいくつかの方法が提案された。これらの手法には、パターン近傍の光学像のうち最大または最小になる強度位置を特定し、その最大強度または最小強度に応じて光学像のシフト量を決定する手法や、光学像の傾きを算出し、その傾きに応じて光学像のシフト量を決定する手法が含まれる。これらの手法は、単純なライン&スペースパターンに対しては計算精度を上げる効果があるが、実際のデバイスパターンに多く存在する複雑な形状のパターンに対しては、必ずしもそのような効果は見受けられない。複雑な形状のパターンでは、その光学像の形状も非常に複雑であるため、上記方法のように最大もしくは最小となる強度、または光学像の傾きを正確に規定すること自体が非常に困難である。また、このような複雑な光学像を持つパターンに対して、単

40

50

に最大もしくは最小となる光強度、または光学像の傾きだけで光学像のシフト量を決定すると、場合によってはそれ以前の手法よりも計算精度が劣化するという事態が発生していた。

【特許文献1】特開平10-64792号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明の目的は、リソグラフィプロセス上の寸法変動を高精度かつ高速で取り込むことを可能にするリソグラフィシミュレーション方法、および半導体装置の製造方法を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、以下の手段により上記課題の解決を図る。

【0011】

本発明の第1の態様によれば、

基板に形成されるパターンの設計データと、エネルギー線の透過により前記パターンの潜像を前記基板に形成する際に用いるマスクパターンを作成するためのマスクデータと、を取り込む手順と、

前記パターンの潜像を前記エネルギー線の強度計算により求める手順と、

前記基板表面の領域において予測対象のパターンとその周辺領域のパターンとの間の疎密の度合いに応じて、前記潜像を構成する前記エネルギー線の強度分布曲線である潜像曲線と前記予測対象パターンのエッジの位置を特定するための基準強度線との前記エネルギー線の強度方向での相対的位置関係を少なくとも前記予測対象パターンに対応する部分で局所的に変更する手順と、

20

変更後の相対的位置関係における前記潜像曲線の前記予測対象パターンに対応する部分と前記基準強度線との交点間の距離を算出して前記予測対象パターンの予測線幅と規定する手順と、

を備える潜像計算方法が提供される。

【0012】

また、本発明の第2の態様によれば、

30

基板に形成されるパターンの設計データと、エネルギー線の透過により前記パターンの潜像を前記基板に形成する際に用いられその線幅が規定されたマスクパターンを作成するためのマスクデータと、を取り込む手順と、

前記基板表面の領域において補正対象のパターンとその周辺領域のパターンとの間の疎密の度合いを前記設計データに基づいて算出する手順と、

前記パターンの潜像を前記エネルギー線の強度計算により求める手順と、

算出された前記疎密の度合いに応じて、前記潜像を構成する前記エネルギー線の強度分布曲線である潜像曲線と前記補正対象パターンのエッジの位置を特定するための基準強度線との前記エネルギー線の強度方向での相対的位置関係を少なくとも前記補正対象パターンに対応する部分で局所的に変更する手順と、

40

変更後の相対的位置関係における前記潜像曲線の前記補正対象パターンに対応する部分と前記基準強度線との交点間の距離を算出して前記補正対象パターンの予測線幅と規定する手順と、

前記マスクデータから実際に作成したマスクを用いて前記基板上に前記パターンを作成して前記補正対象パターンの実際の線幅を測定する手順と、

前記算出された予測線幅と前記測定された実際の線幅との差分を算出する手順と、

予め定めた閾値と前記差分とを比較し、前記差分が前記閾値を上回る場合に前記マスクパターンの線幅を新たに規定する手順と、

マスクパターンの潜像を求める手順からマスクパターンの線幅を新たに規定する手順までを前記差分が前記閾値以下になるまで反復する手順と、

50

を備えるマスクパターンの作成方法が提供される。

【0013】

また、本発明によれば、

上述したマスクパターンの作成方法を用いてマスクを作成する手順と、

作成された前記マスクを用いて露光および現像を行ない基板にパターンを形成する手順と、

を備える、半導体装置の製造方法が提供される。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、リソグラフィプロセス上の寸法変動を高精度かつ高速で取り込むことができるリソグラフィシミュレーション方法、およびマスクパターン作成方法が提供される。

10

【0015】

また、本発明によれば、高いスループットおよび優れた歩留まりで半導体装置を製造することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

【0017】

(1) リソグラフィシミュレーション方法の実施の一形態

20

図1は本発明にかかるリソグラフィシミュレーション方法の実施の一形態の概略手順を示すフローチャートである。また、図2は、図1に示す手順の説明図である。図2(a)は本実施形態のリソグラフィシミュレーション方法を説明し、同図(b)はマスクパターンのデータから実際に作成したマスクMを用いて露光および現像を行ない、ウェーハWF上にパターンを形成する様子を示す。なお、従来技術によるリソグラフィシミュレーション方法の説明図を比較例として図2(c)に示した。

【0018】

図1のステップS5乃至S7に記述されているように、本実施形態の特徴は、予測対象パターンおよびその周辺領域のパターンとの間の疎密の度合いに応じて、潜像曲線と基準強度線との光強度方向での相対的位置関係を少なくとも予測対象パターンに対応する部分で局所的に変更する点にある。以下、図1のステップS1から順に説明する。

30

【0019】

まず、シミュレーションの対象となるパターンの設計データをシミュレータに取り込む(ステップS1)。この設計データは、ウェーハWF上に形成されるべきパターンのデータ、並びに、このパターンの潜像としてその透過光がウェーハ上に転写されるマスクパターン(図2(a)のマスクM参照)のデータの他、露光装置によって規定される光学計算上のパラメータ、例えば露光装置の露光波長( )、レンズ開口数(NA)、照明形状、レンズ収差およびフォーカス等を含む。

【0020】

次に、マスクデータに基づいて所定の露光条件下での光学像(潜像)を算出する(ステップS2(図2(a)の潜像Li0を参照))。さらに、算出された光学像に対して、単一のガウス関数または、任意の重み係数を用いて重み付けされたガウス関数が線形に加算されて形成される複数のガウス関数による畳み込み積分を実行することにより変調潜像Limを取得する(ステップS3)。これにより、化学増幅型レジスト中の酸の拡散に起因する寸法変動が表現される。

40

【0021】

ここで、従来技術では、光学像に畳み込み積分するためのガウス関数の値について、実験結果CDe xp(図2(b)参照)を再現するように決定することにより、変調潜像が決定されていた。しかしながら、本実施形態では、レジスト(図示せず)の溶解速度特性およびフレアに起因する寸法変動の予測をも考慮するため、ガウス関数の値を決定

50

するためには、露光量（例えばエネルギー線の基板への照射量に対応する）に依存しない測定指標を選ぶ必要がある。本実施形態では、値を決定するための測定指標として、MEF（Mask-Error Enhancement Factor）値を選んだ。MEFとは、マスクパターン寸法が例えば1nmだけ変動したときに、そのウェーハ上でのパターン寸法がどれくらい寸法変動するのかわを示す値であり、マスクのばらつきに起因するウェーハ上での寸法ばらつきの程度を示す値として使用されている。図3は、ガウス関数の値を変動させた場合と露光量を変動させた場合とでMEF値を計算した結果を示す。図3から分かるように、MEF値は、露光量に対して変動が小さく、値（図3では $dL$ と記載）に対して変動が大きくなること分かる。従って、実験から得られるMEF値を再現するように値を決めることにより、露光量には依存しないガウス関数の値を決定することが可能となる。これは、マルチガウス関数のように、複数の異なる値をもつガウス関数を重み付けする場合にも、それぞれの値および重み付け係数を実験によるMEF値と一致するように決定することにも適用できる。

10

#### 【0022】

図1に戻り、このように実験によるMEF値と一致するように決定された値を用いて変調潜像を算出した後（ステップS3）、線幅の予測対象となるパターンを選定した上で（ステップS4）、変調潜像の強度分布曲線（以下、変調潜像曲線という）と基準強度線との間での相対的な露光量シフト量を算出する（ステップS4, S5）。値の決定にあたり露光量に依存しない測定指標を選択したことに反対に、露光量シフト量についても、値に依存しない指標を選択する必要がある。本実施形態では値に依存しない指標として、予測対象パターンの設計上の線幅と、この予測対象パターンに隣接するパターンと予測対象パターンとの間の設計上のスペース幅とを用いる。

20

#### 【0023】

光学像の最大強度または最小強度は、予測対象パターンの幅または予測対象パターンからその予測対象パターンに隣接するパターンまでの距離によって一意的に決めることができる。フレアなどの影響を取り込むためには、厳密には対象パターンから数100 $\mu\text{m}$ オーダのパターン被覆率を算出するなど、非常に計算負荷の大きい手法が必要である一方、対象パターンに近いほどフレアの影響は大きい。従って、予測対象パターンの線幅と、この予測対象パターンに隣接するパターンと予測対象パターンとの間のスペース幅との少なくともいずれかを考慮することにより、フレアの影響を少なからず考慮できるものと考えられる。即ち、レジストの溶解速度特性に起因した寸法変動、およびフレアに起因する寸法変動は、パターンの幅とそのパターンからそのパターンに隣接するパターンまでのスペース間距離とによって主に近似することができると考えられる。厳密な手法ではないが、非常に大きな計算負荷を必要とする光近接効果補正（OPC）のためのシミュレーションには特に有効である。

30

#### 【0024】

より具体的には、図1に戻り、予測対象パターン $P_{co}$ （図2（b）参照）の幅 $W$ または、予測対象パターン $P_{co}$ に隣接するパターン $P_{ad}$ （図2（b）参照）と予測対象パターン $P_{co}$ とのスペース幅 $S$ （図2（b）参照）を設計データに基づいて算出する（ステップS5）。次に、予め準備した（オフセット）ルールテーブルに基づいて、ステップS5により算出された幅 $W$ またはスペース幅 $S$ に応じたシフト量 $E_{sh}$ を決定する（ステップS6）。シフト量 $E_{sh}$ を決定するための（オフセット）ルールテーブルの一例を図4に示す。このようなルールテーブルの作成方法は後述する。

40

#### 【0025】

続いて、図2（a）の下図に示されるように、シフト量 $E_{sh}$ だけ、変調潜像曲線 $L_{im}$ または基準強度線 $I_{Lref}$ を光学強度方向に移動させる（ステップS7）。

#### 【0026】

最後は、移動処理後の基準強度線 $I_{Lref}$ と変調潜像曲線 $L_{im}$ との交点間の距離を算出し、得られた値を予測線幅 $C_{Dsim}$ と規定して出力する（ステップS8）。

#### 【0027】

50

このように、本実施形態によれば、露光量のシフト量  $E_{sh}$  を決めることにより、予測対象パターンが複雑な形状を有する場合であっても、化学増幅型レジストの酸の拡散のみならず、レジストの溶解速度特性とフレアの影響をも考慮した寸法変動量を高い精度で予測することが可能になる。さらに、簡易な方法により高速で予測できるので、シミュレータのコンピュータ資源を有効に活用することが可能になる。

【0028】

上述した(オフセット)ルールテーブルの作成方法の一例について簡単に説明する。

【0029】

まず、従来技術の手法により所定の値を有するガウス関数で畳み込み積分を実行して光学像を算出し、得られた光学像から、実験により得られた寸法を再現する光強度位置を算出する。

10

【0030】

次に、上記光学像での基準強度線の強度位置と、上記手順で得られた(実験値を再現する)光強度位置との差分を算出する。

【0031】

続いて、予測対象パターンのパターン幅(W)および、この予測対象パターンに隣接するパターンと予測対象パターンとのスペース幅(S)を所定の刻み幅、例えば100nmの世代であれば約50nmの刻み幅で変化させ、その都度差分を算出する。

【0032】

最後に、得られた差分を、上記パターン幅(W)およびスペース幅(S)に対応した露光量シフト量としてルール化し、データテーブルの形態で記録する。

20

【0033】

(2)マスクパターン作成方法の実施の一形態

上述した実施形態のリソグラフィシミュレーション方法によれば、対象パターンの線幅を高い精度でかつ高速で予測できるので、この予測結果をマスクデータにフィードバックすることにより、化学増幅型レジストの酸の拡散、レジストの溶解速度特性およびフレアの影響による寸法変動量を予め取り込んだマスクパターンを作成することが可能である。以下、上記実施形態を用いたマスクパターン作成方法の実施の一形態について説明する。

【0034】

図5は、本実施形態のマスクパターン作成方法の概略手順を示すフローチャートである。同図に示す手順のうち、ステップS11~S13, S16~S18は、図1に示すステップS1~S3, S6~S8と実質的に同一であり、各ステップ番号に単に10を加算したものである。また、図5に示すステップS14, S15は、図1のステップS4およびS5における「予測対象パターン」を「補正対象パターン」に改めた点を除いて図1のステップS4, S5と実質的に同一であり、各ステップ番号に単に10を加算したものである。従って、これらのステップ番号における手順の詳細な説明は省略し、以下では図5のステップS19以降の手順を中心に説明する。

30

【0035】

即ち、図1に示した手順と同様の手順で補正対象パターンについて予測線幅を出力した後(ステップS11~S18)、予測線幅と実験値(ウェーハWF上での仕上がり寸法)との差分Wを算出する(ステップS19)。次に、得られた差分Wと、予め定めた閾値 $W_{th}$ とを比較する(ステップS20)。閾値 $W_{th}$ は、例えば製品仕様により決定される。

40

【0036】

差分Wが閾値 $W_{th}$ 以下であれば(ステップS20)、マスクパターンを補正する必要が無いことが判明するので、当該補正対象パターンについてのマスクパターン作成は終了する。この一方、Wが閾値 $W_{th}$ を上回る場合には(ステップS20)、マスクパターンの補正量を算出し(ステップS21)、算出された補正量に応じてマスクデータを補正し(ステップS22)、補正されたマスクデータに基づいて、潜像および変調潜像を再度算出し(ステップS23, S24)、予めステップS16で決定された露光シフト量E

50

s h だけ変調潜像曲線または基準強度線を光学強度方向に移動して予測線幅を算出し、再度差分 W を算出する（ステップ S 1 7 ~ S 1 9）。以上のステップ S 1 7 ~ S 2 4 の手順を、差分 W が閾値 W t h 以下になるまで繰り返す。これにより、化学増幅型レジストの酸の拡散のみならず、レジストの溶解速度特性とフレアの影響をも考慮した寸法変動量を高い精度で取り込んだマスクパターンを作成することができる。

#### 【 0 0 3 7 】

本実施形態のマスクパターン作成方法による効果の一例を図 6 に示す。同図は、図 4 に示すルールテーブルを用いて本実施形態で O P C 処理を実行した場合の補正結果を従来技術の方法による補正結果との対比で示す。コラム 1 からコラム 5 まで順に、補正対象の設計パターン、従来技術の方法により補正した後のマスク寸法値、本実施形態による補正後のマスク寸法値、従来技術の方法により補正したマスクでのウェーハ上での仕上がり寸法と予測線幅との差分 W、および、本実施形態により補正したマスクでのウェーハ上での仕上がり寸法と予測線幅との差分 W をそれぞれ示す。コラム 4 とコラム 5 との対比により明らかなように、従来技術の方法による寸法差よりも、本実施形態による寸法差の方が小さくなっていることが確認できる。

#### 【 0 0 3 8 】

##### （ 3 ）プログラム

上述したリソグラフィシミュレーション方法およびマスクパターン作成方法のそれぞれにおける一連の手順は、プログラムに組み込んでコンピュータに読み込ませて実行させても良い。これにより、本発明にかかるリソグラフィシミュレーション方法およびマスクパターン作成方法における各一連の手順を汎用のコンピュータを用いて実現することができる。また、上述したリソグラフィシミュレーション方法およびマスクパターン作成方法の各一連の手順をコンピュータに実行させるプログラムとしてフレキシブルディスクや C D - R O M 等の記録媒体に収納し、コンピュータに読み込ませて実行させても良い。記録媒体は、磁気ディスクや光ディスク等の携帯可能なものに限定されず、ハードディスク装置やメモリなどの固定型の記録媒体でも良い。また、上述したリソグラフィシミュレーション方法およびマスクパターン作成方法のそれぞれの一連の手順を組み込んだプログラムをインターネット等の通信回線（無線通信を含む）を介して頒布しても良い。さらに、上述したリソグラフィシミュレーション方法およびマスクパターン作成方法の各一連の手順を組み込んだプログラムを暗号化したり、変調をかけたリ、圧縮した状態で、インターネット等の有線回線や無線回線を介して、または記録媒体に収納して頒布しても良い。

#### 【 0 0 3 9 】

##### （ 4 ）半導体装置の製造方法

上記実施形態で説明したリソグラフィシミュレーション方法またはマスクパターン作成方法を用いてマスクを作成し、作成されたマスクを用いて、レジストが上面に形成された基板にマスクパターンを露光し、潜像が形成されたレジストを現像して上記基板にパターンを形成すれば、リソグラフィプロセス上の寸法変動を半導体装置の製造プロセスに高精度かつ高速で取り込むことが可能になる。この結果、例えば新たな製造装置等を用いる必要なく、半導体装置の製造におけるスループットおよび歩留まりを高めることができる。

#### 【 0 0 4 0 】

以上、本発明の実施の形態のいくつかについて説明したが、本発明は上記形態に限られるものではなく、その技術的範囲を逸脱することなく適宜変形または修正することができる。

#### 【 0 0 4 1 】

特許請求の範囲に記載された発明の他、上述した実施の形態から、以下の付記に示された発明が導かれる。

#### 【 0 0 4 2 】

##### （付記 1）

基板に形成されるパターンの設計データと、エネルギー線の透過により前記パターンの潜像を前記基板に形成する際に用いるマスクパターンを作成するためのマスクデータと、

10

20

30

40

50



を取り込む手順と、

前記パターンの潜像を前記エネルギー線の強度計算により求める手順と、

前記基板表面の領域において予測対象のパターンとその周辺領域のパターンとの間の疎密の度合いに応じて、前記潜像を構成する前記エネルギー線の強度分布曲線である潜像曲線と前記予測対象パターンのエッジの位置を特定するための基準強度線との前記エネルギー線の強度方向での相対的位置関係を少なくとも前記予測対象パターンに対応する部分で局所的に変更する手順と、

変更後の相対的位置関係における前記潜像曲線の前記予測対象パターンに対応する部分と前記基準強度線との交点間の距離を算出して前記予測対象パターンの予測線幅と規定する手順と、

を備えるリソグラフィシミュレーション方法をコンピュータに実行させるプログラム。

【0043】

(付記2)

基板に形成されるパターンの設計データと、エネルギー線の透過により前記パターンの潜像を前記基板に形成する際に用いられその線幅が規定されたマスクパターンを作成するためのマスクデータと、を取り込む手順と、

前記基板表面の領域において補正対象のパターンとその周辺領域のパターンとの間の疎密の度合いを前記設計データに基づいて算出する手順と、

前記パターンをの潜像を前記エネルギー線の強度計算により求める手順と、

算出された前記疎密の度合いに応じて、前記潜像を構成する前記エネルギー線の強度分布曲線である潜像曲線と前記補正対象パターンのエッジの位置を特定するための基準強度線との前記エネルギー線の強度方向での相対的位置関係を少なくとも前記補正対象パターンに対応する部分で局所的に変更する手順と、

変更後の相対的位置関係における前記潜像曲線の前記補正対象パターンに対応する部分と前記基準強度線との交点間の距離を算出して前記補正対象パターンの予測線幅と規定する手順と、

前記マスクを用いて前記基板上に前記パターンを作成して前記補正対象パターンの実際の線幅を測定する手順と、

前記算出された予測線幅と前記測定された実際の線幅との差分を算出する手順と、

予め定めた閾値と前記差分とを比較し、前記差分が前記閾値を上回る場合に前記マスクパターンの線幅を新たに規定する手順と、

マスクパターンの潜像を求める手順からマスクパターンの線幅を新たに規定する手順までを前記差分が前記閾値以下になるまで反復する手順と、

を備えるマスクパターンの作成方法をコンピュータに実行させるプログラム。

【0044】

(付記3)

基板に形成されるパターンの設計データと、エネルギー線の透過により前記パターンの潜像を前記基板に形成する際に用いられその線幅が規定されたマスクパターンを作成するためのマスクデータと、を取り込む手順と、

前記基板表面の領域において補正対象のパターンとその周辺領域のパターンとの間の疎密の度合いを前記設計データに基づいて算出する手順と、

前記パターンをの潜像を前記エネルギー線の強度計算により求める手順と、

算出された前記疎密の度合いに応じて、前記潜像を構成する前記エネルギー線の強度分布曲線である潜像曲線と前記補正対象パターンのエッジの位置を特定するための基準強度線との前記エネルギー線の強度方向での相対的位置関係を少なくとも前記補正対象パターンに対応する部分で局所的に変更する手順と、

変更後の相対的位置関係における前記潜像曲線の前記補正対象パターンに対応する部分と前記基準強度線との交点間の距離を算出して前記補正対象パターンの予測線幅と規定する手順と、

前記マスクを用いて前記基板上に前記パターンを作成して前記補正対象パターンの実際

10

20

30

40

50

の線幅を測定する手順と、

前記算出された予測線幅と前記測定された実際の線幅との差分を算出する手順と、

予め定めた閾値と前記差分とを比較し、前記差分が前記閾値を上回る場合に前記マスクパターンの線幅を新たに規定する手順と、

マスクパターンの潜像を求める手順からマスクパターンの線幅を新たに規定する手順までを前記差分が前記閾値以下になるまで反復する手順と、

を備えるマスクパターンの作成方法を用いた半導体装置の製造方法。

【図面の簡単な説明】

【0045】

【図1】本発明にかかるリソグラフィシミュレーション方法の実施の一形態の概略手順を示すフロー図である。 10

【図2】図1に示すリソグラフィシミュレーション方法の説明図である。

【図3】MEF値の露光量に対する非依存性を説明するグラフである。

【図4】露光量シフト量を決定するためのルールテーブルの一例を示す図である。

【図5】本発明にかかるマスクパターン作成方法の実施の一形態の概略手順を示すフローチャートである。

【図6】図5に示すマスクパターン作成方法による効果の一例を示す図である。

【符号の説明】

【0046】

C D e x p : 実験による線幅 20

C D s i m : 予測線幅

E s h : 露光量シフト量

I L r e f : 基準強度線

L i 0 : 光学像(潜像)曲線

L i m : 変調潜像曲線

P a d : 予測対象パターンに隣接するパターン

P c o : 予測対象パターン

M : マスク

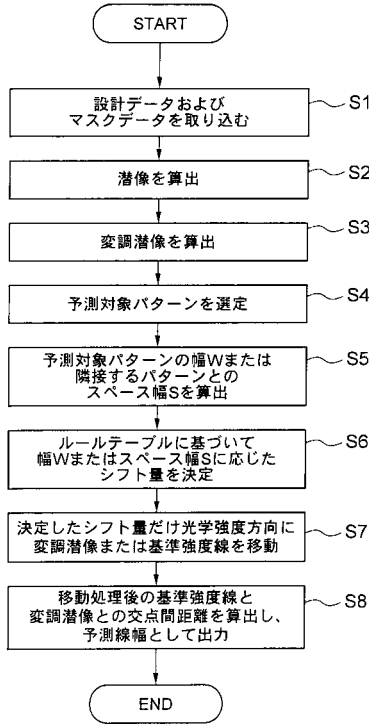
S : 予測対象パターンに隣接するパターンと予測対象パターンとのスペース幅

W : 予測対象パターンの幅 30

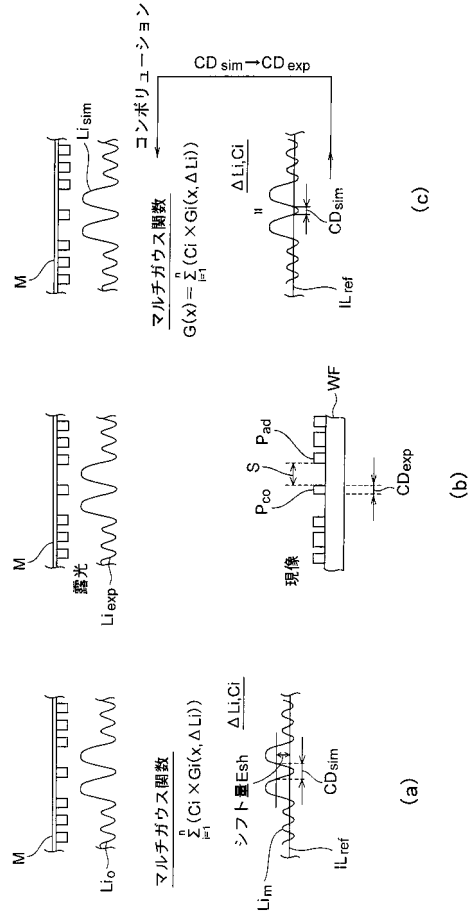
W : 予測線幅と実験値との差分

W F : ウェーハ

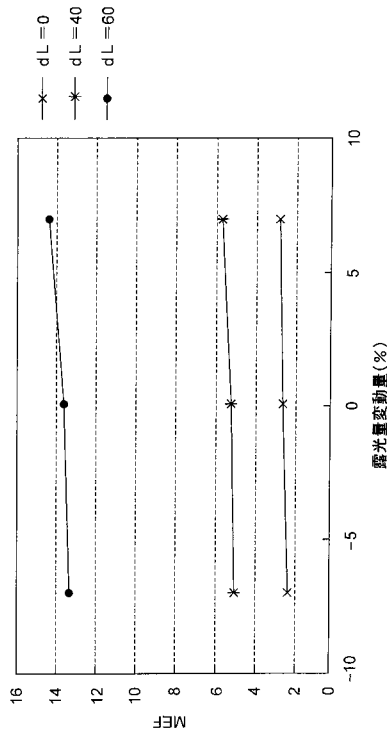
【図1】



【図2】



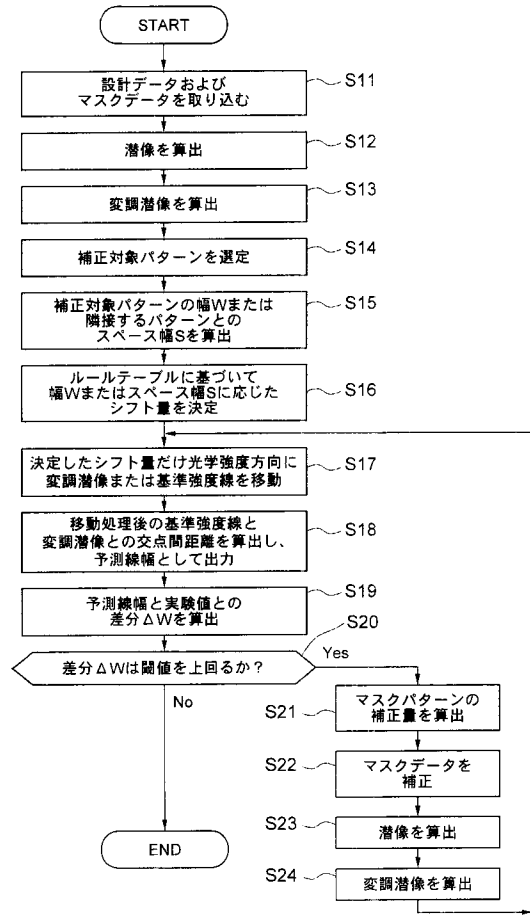
【図3】



【図4】

線幅(W) [nm]	スペース(S) [nm]	thのシフト量
$0 \leq W < 100$	$0 \leq S < 100$	0.0
	$100 \leq S < 200$	0.02
	$200 \leq S < 300$	0.03
$100 \leq W < 200$	$0 \leq S < 100$	0.0
	$100 \leq S < 200$	0.025
	$200 \leq S < 300$	0.035
$200 \leq W$	$0 \leq S < 100$	0.0
	$100 \leq S < 200$	0.03
	$200 \leq S < 300$	0.04
	$300 \leq S$	0.06

【図5】



【図6】

コラム1	コラム2	コラム3	コラム4	コラム5
設計パターン(LS)の寸法値[nm]	100	100	0	0
	110	112.5	3	-1
	120	127	8	3
	132.5	143.75	20	2
	150	165	28	-3
	172.5	192.5	40	5

LS:ラインアンドスペースパターン

## フロントページの続き

- (72)発明者 小 谷 敏 也  
神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝 横浜事業所内
- (72)発明者 野 嶋 茂 樹  
神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝 横浜事業所内
- (72)発明者 三本木 省 次  
神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝 横浜事業所内

審査官 新井 重雄

- (56)参考文献 特開 2 0 0 2 - 3 2 8 4 6 2 ( J P , A )  
特開 2 0 0 2 - 3 1 8 4 4 8 ( J P , A )  
特開 2 0 0 2 - 1 4 8 7 7 9 ( J P , A )  
特開平 0 8 - 2 4 8 6 1 4 ( J P , A )  
特開平 0 8 - 0 6 2 8 2 6 ( J P , A )  
特開平 0 9 - 0 8 2 6 2 0 ( J P , A )  
特開平 1 0 - 0 6 4 7 9 2 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 3 F 1 / 0 8  
G 0 3 F 7 / 2 0  
H 0 1 L 2 1 / 0 2 7