

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4153678号
(P4153678)

(45) 発行日 平成20年9月24日(2008.9.24)

(24) 登録日 平成20年7月11日(2008.7.11)

(51) Int.Cl.		F I
G03F 1/08 (2006.01)		G03F 1/08 A
G06F 17/50 (2006.01)		G06F 17/50 658M
H01L 21/027 (2006.01)		H01L 21/30 502P
		H01L 21/30 531M
		H01L 21/30 541S

請求項の数 3 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2001-145253 (P2001-145253)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成13年5月15日(2001.5.15)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2002-341514 (P2002-341514A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成14年11月27日(2002.11.27)	(74) 代理人	100058479
審査請求日	平成17年3月14日(2005.3.14)		弁理士 鈴江 武彦
		(74) 代理人	100084618
			弁理士 村松 貞男
		(74) 代理人	100092196
			弁理士 橋本 良郎
		(74) 代理人	100091351
			弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100088683
			弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100070437
			弁理士 河井 将次

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マスクデータ生成方法、露光マスク作成方法およびパターン形成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

露光マスクに係る設計データを補正対象となる複数のデータ群に分ける工程と、各データ群にそれぞれパターンの補正後の形状に影響を及ぼす補正パラメータを割り当てる工程であって、前記補正パラメータは補正に使用する最小補正グリッドを含む前記工程と、

各データ群をそれに割り当てられた補正パラメータを用いて補正し、複数の補正パターン群を形成する工程と、

前記複数の補正パターン群を合成する工程と

を有し、前記複数のデータ群に分ける工程は、MEFの値に基づいた分類により行われ、前記複数の補正パターン群を形成する工程は、前記MEFの値に対応した最小補正グリッドを含む補正パラメータによる補正により行われることを特徴とするマスクデータ生成方法。

【請求項2】

請求項1に記載のマスクデータ生成方法を用いて露光マスクのマスクデータを取得する工程と、

前記マスクデータに基づいて、マスク基板上にパターンを形成する工程と

を有することを特徴とする露光マスク作成方法。

【請求項3】

請求項2に記載の露光マスク作成方法を用いて作成された露光マスクを用いてレジスト

パターンを形成する工程と、

前記レジストパターンをマスクにして該レジストパターンの下地をエッチングする工程と

を有することを特徴とするパターン形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体分野におけるマスクデータ生成方法、露光マスク作成方法およびパターン形成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年の半導体製造技術の進歩は非常に目覚しく、最小加工寸法0.18 μ mサイズの半導体素子が量産されている。このような半導体素子の微細化は、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実現されている。

【0003】

パターンサイズが十分大きい時代には、ウェハ上に形成したいLSI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ハ上に転写し、下地をエッチングすることによってほぼ設計パターン通りのパターンをウェハ上に形成できた。

【0004】

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、最終的な仕上り寸法が設計パターン通りにならない問題が生じてきた。

【0005】

特に微細加工を達成するために最も重要なリソグラフィおよびエッチングプロセスにおいては、形成したいパターンの周辺に配置された他のパターンレイアウト環境が、そのパターンの寸法精度に大きく影響する。

【0006】

そこで、これらの影響を低減させるために、加工後の寸法が所望パターンに形成されるように、予め設計パターンに補助パターンを付加する光近接効果補正(OPC: Optical Proximity Correction)またはプロセス近接効果補正(PPC: Process proximity Correction)技術などが特開平09-319067等で報告されている。

【0007】

しかしながら、このようなOPC/PPC(今後これらをPPCと呼ぶ。)には、以下のような問題がある。PPCにより高精度な補正を行うためには、設計パターンに多くの細かい補助パターンを付加する必要がある。一方で、細かい補助パターンが多数存在すると、設計データ量の増大、マスク作成時間の増大が問題となる。すなわち、従来技術では、補正精度の向上と補正時間の短縮化との両立は困難であるという問題があった。

【0008】

また、設計データには、プロセスで形成することが非常に困難な微細パターンから、比較的緩いパターンまで様々なパターンが存在する。これらのパターンを高精度に補正する際には、そのパターンのウェハ上での仕上がり寸法を正確に予測することが重要である。ところが、微細化と共に、仕上がり寸法の予測に必要な計算が複雑になっており、その結果として計算時間の増大、さらには補正時間の増大の問題が顕在化してきている。これも補正精度の向上と補正時間の短縮化との両立を困難にしている理由となっている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

上述の如く、従来技術では、例えばPPCにより高精度な補正を行うときに多数の補助パターンが必要となり、マスク作成時間が増大するため、補正精度の向上と補正時間の短縮

10

20

30

40

50

化との両立が困難であるという問題があった。

【0010】

本発明は、上記事情を考慮してなされたもので、その目的とするところは、補正精度の向上と補正時間の短縮化との両立を可能とするマスクデータ生成方法、露光マスク作成方法およびパターン形成方法を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】

本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば下記の通りである。すなわち、上記目的を達成するために、本発明に係るマスクデータ生成方法は、露光マスクに係る設計データを補正対象となる複数のデータ群に分ける工程と、各データ群にそれぞれパターンの補正後の形状に影響を及ぼす補正パラメータを割り当てる工程であって、前記補正パラメータは補正に使用する最小補正グリッドを含む前記工程と、各データ群をそれに割り当てられた補正パラメータを用いて補正し、複数の補正パターン群を形成する工程と、前記複数の補正パターン群を合成する工程とを有し、前記複数のデータ群に分ける工程は、MEFの値に基づいた分類により行われ、前記複数の補正パターン群を形成する工程は、前記MEFの値に対応した最小補正グリッドを含む補正パラメータによる補正により行われることを特徴とする。

10

【0012】

本発明によれば、従来のように設計データで規定される複数のデータ群を1つの共通の補正パラメータで補正するのではなく、各データ群に適切な補正パラメータで補正することにより、補正精度の向上と補正時間の短縮化との両立を図れるようになる。

20

【0013】

本発明の上記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記載および添付図面によって明らかになるであろう。

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら本発明の実施の形態（以下、実施形態という）を説明する。

【0015】

（第1の実施形態）

図1は、本発明の第1の実施形態に係る半導体装置の製造方法の流れを示す図である。具体的には、マスクデータ生成からパターン形成方法までの工程を示している。

30

【0016】

まず、露光マスクの設計データを用意する（ステップS1）。上記設計データは周知の方法によって設計されたものである。

【0017】

次に、設計データで規定される複数のパターンを、例えば寸法、レイアウトまたは形状に基づいて、複数のレイヤー（データ群）に振り分ける（ステップS2）。具体的には、設計データ中のパターン線幅や、パターンと隣接するスペース幅（L/S）、もしくはパターン形状などに応じて振り分けられる。これらのレイヤーは、ステップS1において予め設計データで既に異なるレイヤーで設計されていたものでも良いし、あるいはデザインルールチェッカー（DRC）を用いて、必要なパターン形状部のみを抽出して、抽出されたパターンのみを異なるレイヤーに変更しても良い。また、階層構造を有する設計データであれば、設計データのセル名称に基づいて、複数のレイヤーを振り分けても良い。

40

【0018】

次に、振り分けた複数のレイヤーをそれぞれレイヤー1, 2, ... nのように定義し、識別する（ステップS3）。

【0019】

次に、各レイヤー1, 2, ... nに対して、それぞれ適切な補正パラメータ1, 2, ... nを割り当てる（ステップS4）。本発明において、補正パラメータとは、パターンの補正後の形状に影響を及ぼす可能性のあるすべてのパラメータを意味している。

50

【0020】

具体的には、補正に使用する最小グリッド（形状が長方形の補助パターンの短辺の最小寸法）や、補正に使用する補正最小段差の高さ（形状が長方形の補助パターンの長辺の寸法）や、補正值算出に用いる光学モデルや、補正に使用するプロセス予測モデルなどがある。プロセスで形成することが非常に困難な微細パターンの場合には例えばプロセス予測モデルを使用し、比較的緩いパターンの場合には例えば最小グリッドを選択する。

【0021】

また、適切な補正パラメータとは、設計データに対して忠実な仕上がりパターンを得るためには有効な補正パラメータであって、このような補正パラメータが複数ある場合にはその作成に時間がかからないもの、言い換えれば補正後のデータ量が少なくなるものを意味している。

10

【0022】

次に、補正パラメータ1, 2, ... nに基づいて、各レイヤー1, 2, ... nをそれぞれ補正し、補正レイヤー1, 2, ... nを取得する（ステップS5）。

【0023】

このとき、上述したように各レイヤー1, 2, ... n毎に適切な補正パラメータ1, 2, ... nを割り当てているので、補正レイヤー1, 2, ... nは必要な補正精度を有し、かつ従来よりもデータ量が少ないものとなる。データ量が少ないのでその作成には余分な時間をかけずに済む。これは補正時間の短縮化に繋がる。

【0024】

次に、補正レイヤー1, 2, ... nを合成し、露光マスクの作成に必要なマスクデータを取得する（ステップS6）。補正レイヤー1, 2, ... nは従来よりもデータ量が少ないので、上記マスクデータの量も従来よりも少ない。

20

【0025】

次に、上記マスクデータを露光装置で使用可能なデータ形式に変換し、該露光装置で使用可能なマスクデータ（露光マスクデータ）を取得する（ステップS7）。

【0026】

次に、上記露光マスクデータを露光装置に入力し、周知の方法に従ってマスク基板（ガラス基板/遮光膜）の遮光膜を加工し、露光マスクを作成する（ステップS8）。このとき、上記露光マスクデータの量は従来よりも少ないので、マスク描画時間は従来よりも短くて済む。これは補正時間の短縮化に繋がる。

30

【0027】

最後に、上記露光マスクを用いてフォトリジストパターンを周知の方法（露光プロセス、現像プロセス）に従って作成し、このフォトリジストパターンをマスクにして上記フォトリジストパターンの下地をエッチングし、該下地に所望のパターンを形成する（ステップS9）。上記下地は、例えば絶縁膜、金属膜、半導体膜、これらの三つの膜のうち少なくとも2つ以上の積層膜、または半導体基板である。

【0028】

以上述べたように、本実施形態によれば、補正を行うパターンの形状等に応じて異なるレイヤーに分類して、それぞれのレイヤーを適切な補正パラメータで補正することにより、補正精度の向上と補正時間の短縮化との両立を図れるマスクデータ生成方法、露光マスク作成方法およびパターン形成方法を実現できるようになる。具体的には、従来の1/10の補正時間で必要な補正精度を確保できることを確認した。

40

【0029】

（第2の実施形態）

次に本発明のより具体的な実施形態について説明する。ここでは、図2(a)に示すL/Sパターン1（パターン密度が高いレイアウト）、図2(b)に示す孤立パターン2（パターン密度が低いレイアウト）を作成する場合について説明する。すなわち、形成したいパターンの周辺に配置された他のパターンレイアウト環境（パターン密度の度合い）が、そのパターンの寸法精度に大きく影響するパターンの作成について説明する。

50

【 0 0 3 0 】

本実施形態の場合、図 2 (a) に対応したレイヤーと、図 2 (b) に対応したレイヤーとの二つに振り分ける。したがって、補正パラメータおよび補正レイヤーもそれぞれ 2 つとなる。

【 0 0 3 1 】

補正時に付加する補助パターンの最小寸法単位を 2.5 nm / edge (ウェハ上寸法換算) であるとする、パターン 1 , 2 のエッジはともに最小 2.5 nm / edge の補正単位で補正される。

【 0 0 3 2 】

一方で、マスク寸法が 1 nm / edge 変動したときのウェハ上での仕上がり寸法変動量 (M E F : Mask Enhanced Factor) は、パターン 1 , 2 で異なる値となる。

10

【 0 0 3 3 】

上記値は露光条件などにより変動するが、通常用いられる露光条件では、L / S パターン 1 では約 2 となり、孤立パターン 2 では約 1 となり、L / S パターン 1 が孤立パターン 2 より 2 倍程度大きい値となる。

【 0 0 3 4 】

したがって、パターン 1 , 2 とともに最小 2.5 nm / edge の補正単位でパターンを補正して露光マスクを作成する場合 (従来方法) 、ウェハ上での仕上がり寸法は、L / S パターン 1 では $2.5 \times 2 = 5 \text{ nm / edge}$ 、孤立パターン 2 では $2.5 \times 1 = 2.5 \text{ nm / edge}$ より細かく補正することは不可能である。

20

【 0 0 3 5 】

しかし、L / S パターン 1 は、ゲート層、メタル層のメモリセル部などの非常に厳しい寸法制御が必要な個所で用いられるパターンであり、ウェハ上での仕上がり寸法を 5 nm / edge より細かく補正しないと、要求される寸法精度を達成することが困難となる場合がある。

【 0 0 3 6 】

そのため、L / S パターン 1 は、より細かい補正グリッドで補正する必要がある。一方、より細かい補正グリッドを使用すると、補正後のデータ量が膨大になり、マスク描画時間も増大する恐れがある。

【 0 0 3 7 】

そこで、本実施形態では、まず M E F の大きいパターンである L / S パターン 1 および M E F の小さいパターンである孤立パターン 2 をデザインルールチェッカー (D R C) でそれぞれ異なるレイヤーに分類した (レイヤー振り分け) 。

30

【 0 0 3 8 】

そして、L / S パターン 1 に対応したレイヤー (第 1 のレイヤー) は補正グリッドを 2.5 nm / edge より細かい 1.25 nm / edge の最小補正グリッドで補正し、第 1 の補正レイヤーを作成し、一方孤立パターン 2 に対応したレイヤー (第 2 のレイヤー) は通常の 2.5 nm / edge の最小補正グリッドで補正し、第 2 のレイヤーを作成した。

【 0 0 3 9 】

その後、第 1 のレイヤーと第 2 のレイヤーとを合成し、露光マスクデータを取得し、露光マスクを作成し、そしてパターン 1 , 2 をウェハ上に形成した。

40

【 0 0 4 0 】

その結果、L / S パターン 1 、孤立パターン 2 でそれぞれ要求される寸法精度を有する露光マスクを得ることができ、またデータ量、マスク描画時間の増大を最小に抑えることが可能となった。また、ウェハ上での仕上がり寸法を測定したところ、L / S パターン 1 および孤立パターン 2 に対してそれぞれ必要な寸法精度で補正できることが確認できた。

【 0 0 4 1 】

ここでは、L / S パターン 1 および孤立パターン 2 の二つのパターンの補正について説明したが、L / S パターン 1 とそれ以外の M E F の大きいパターンを同じレイヤーにして一緒に補正し、孤立パターン 2 とそれ以外の M E F の小さいパターンを同じレイヤーにして

50

一緒に補正しても良い。このようにすることによって、プロセスで形成することが非常に困難な微細パターンから、比較的緩いパターンまで様々なパターンが存在する場合でも、補正精度の向上と補正時間の短縮化との両立を図れるようになる。

【 0 0 4 2 】

(第3の実施形態)

ここでは、ラインパターンを作成する場合について説明する。本実施形態の場合、ラインパターンの端部に対応したレイヤーと、ラインパターンの端部以外の部分に対応したレイヤーとの二つに振り分ける。したがって、補正パラメータおよび補正レイヤーもそれぞれ2つとなる。

【 0 0 4 3 】

通常、ある露光条件を用いて、ラインパターンのライン幅が所望通りに仕上がるように露光量を決定すると、図3に示すように、ウェハ上に形成したラインパターン(実ラインパターン)3の端部(ライン端部)は、設計データに対応したラインパターン(設計ラインパターン)4の端部よりも短くなる。以下、このような最終的な仕上り寸法が、設計パターン通りよりも短くなることをショートニング(shortening)という。

【 0 0 4 4 】

このような実ラインパターン3におけるショートニングを補正するためには、ある露光量でのライン幅が所望通りに仕上がる条件下でライン端部でのショートニング量を正確に予測することが必要となる。

【 0 0 4 5 】

しかし、様々なパターンで、このようにライン幅の仕上がり寸法とライン端部の仕上がり寸法(ショートニング量)とを同じプロセス予測モデルで正確に予測することは一般的に困難で、これを実現するためには非常に複雑かつ計算時間を要するプロセス予測モデルが必要となる。これは補正時間の増大を繋がる。

【 0 0 4 6 】

一方、ライン幅およびライン端の仕上がり寸法をそれぞれ別々のプロセス予測モデル(プロセスパラメータ)で予測することは、比較的容易であり、計算に要する時間も比較的短い。

【 0 0 4 7 】

そこで、本実施形態では、ライン端部のみをDRCで抽出し、その抽出部分を第1のレイヤーとし、そのほかの部分(ライン幅)を第2のレイヤーとする。そして、第1および第2のレイヤーに対してそれぞれ異なるプロセス予測モデルで仕上がり寸法を予測し、その予測値に基づいて補正値を算出し、この補正値を用いて第1のレイヤーに対する第1の補正レイヤー、第2のレイヤーに対する第2の補正レイヤーを作成した。

【 0 0 4 8 】

その後、第1のレイヤーと第2のレイヤーとを合成し、露光マスクデータを取得し、露光マスクを作成し、そして実ラインパターン3を形成した。

【 0 0 4 9 】

その結果、ウェハ上でライン幅、ライン端でそれぞれ要求される寸法精度を達成でき、またデータ量、マスク描画時間の増大を最小に抑えることが可能となった。

【 0 0 5 0 】

以上、本発明の第1～第3の実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されるものではない。例えば、第2の実施形態では、補正パラメータとして補正最小グリッドを選び、これをレイヤー毎に変える例を示したが、補正最小グリッドと共に、データ量、マスク描画時間に影響のある補正最小段差の高さ、または補正の行われる最大線幅なども同時に選んでも良い。すなわち、複数のタイプの補正パラメータを用いても良い。

【 0 0 5 1 】

また、第3の実施形態では、プロセス予測モデルをレイヤー毎に変える例を示したが、プロセス予測モデルのみならず、光学像計算の手法(例えば、空間像計算、空間像計算に下

10

20

30

40

50

地からの反射光も考慮した計算、および現像モデルを含む計算等)を分類された後のレイヤーに対してのみ適用して、補正時間と補正精度とのバランスをさらに適切に調整することもできる。

【0052】

さらに、本発明において使用可能な露光装置(露光方法)は、光を用いた露光装置(露光方法)には限定されず、例えば電子線や、X線露光を用いた露光装置(露光方法)なども使用可能である。

【0053】

さらにまた、上記実施形態には種々の段階の発明が含まれており、開示される複数の構成要件における適宜な組み合わせにより種々の発明が抽出され得る。例えば、実施形態に示される全構成要件から幾つかの構成要件が削除されても、発明が解決しようとする課題の欄で述べた課題を解決できる場合には、この構成要件が削除された構成が発明として抽出され得る。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施できる。

【0054】

【発明の効果】

以上詳説したように本発明によれば、補正精度の向上と補正時間の短縮化との両立を図れるマスクデータ生成方法、露光マスク作成方法およびパターン形成方法を実現できるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る半導体装置の製造方法の流れを示す図

【図2】L/Sパターンおよび孤立パターンを示す平面図

【図3】設計データに対応したラインパターンおよびウェハ上に形成したラインパターンを示す平面図

【符号の説明】

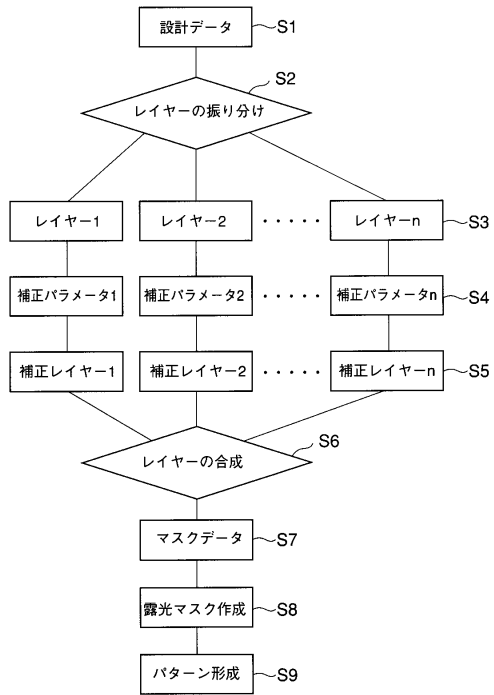
- 1 ... L/Sパターン
- 2 ... 孤立パターン
- 3 ... ウェハ上に形成したラインパターン
- 4 ... 設計データに対応したラインパターン

10

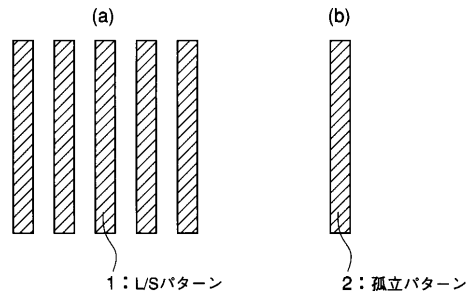
20

【図1】

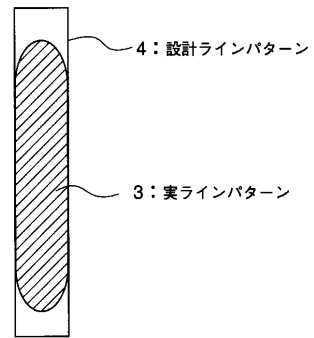
図1



【図2】



【図3】



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 田中 聡
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 井上 壮一
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 多田 達也

- (56)参考文献 特開平09-034101(JP,A)
特開平09-319067(JP,A)
特開2000-049072(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G03F 1/00 - 1/16