

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6141044号  
(P6141044)

(45) 発行日 平成29年6月7日(2017.6.7)

(24) 登録日 平成29年5月12日(2017.5.12)

(51) Int.Cl. F I  
G03F 1/70 (2012.01) G03F 1/70

請求項の数 10 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2013-33870 (P2013-33870)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成25年2月22日 (2013.2.22)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2014-164054 (P2014-164054A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成26年9月8日 (2014.9.8)	(74) 代理人	100076428
審査請求日	平成28年2月19日 (2016.2.19)		弁理士 大塚 康德
		(74) 代理人	100112508
			弁理士 高柳 司郎
		(74) 代理人	100115071
			弁理士 大塚 康弘
		(74) 代理人	100116894
			弁理士 木村 秀二
		(74) 代理人	100130409
			弁理士 下山 治
		(74) 代理人	100134175
			弁理士 永川 行光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 生成方法、プログラム及び情報処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板を露光する露光装置に使用される複数のマスクのそれぞれのパターンのデータを生成する生成方法であって、

複数のターゲットパターン要素を含むターゲットパターンのデータを取得する第1ステップと、

前記複数のターゲットパターン要素に対応する前記基板上の位置に交差点が配置されるように前記基板上に設定されるグリッドの複数の交差点のうち、前記複数のターゲットパターン要素に対応する位置以外の点で、パターンの転写が許容される許容点を特定する第2ステップと、

前記グリッド上において前記複数のターゲットパターン要素に対応する位置の間が前記許容点で満たされている複数のターゲットパターン要素を1つのグループにする第3ステップと、

前記第3ステップで1つのグループにされた複数のターゲットパターン要素が同一のマスクに配置されるように、前記複数のマスクのそれぞれのパターンのデータを生成する第4ステップと、

を有し、

前記ターゲットパターンは、前記基板に形成されているラインパターンをカットするためのカットパターンであり、前記ターゲットパターン要素の間の距離が前記露光装置の解像限界よりも短いターゲットパターン要素を含み、

前記グリッドのピッチは、前記複数のターゲットパターン要素に対応する位置の最小ピッチの整数倍分の1であり、

前記許容点は、前記許容点において転写されるパターンによって前記ラインパターンがカットされることが許容される点であることを特徴とする生成方法。

【請求項2】

前記第3ステップでは、前記グリッド上において前記ターゲットパターン要素に対応する位置の間が前記許容点で満たされているターゲットパターン要素の間にダミーパターン要素を挿入し、前記ターゲットパターン要素の間が前記許容点で満たされているターゲットパターン要素と前記ダミーパターン要素とを1つのグループにし、

前記第4ステップでは、前記第3ステップで1つのグループにされたターゲットパターン要素とダミーパターン要素が同一のマスクに配置されるように、前記複数のマスクのそれぞれのパターンのデータを生成することを特徴とする請求項1に記載の生成方法。

10

【請求項3】

前記ダミーパターン要素は、前記グリッド上において前記ターゲットパターン要素に対応する位置の間が前記許容点で満たされているターゲットパターン要素を連結するように挿入されることを特徴とする請求項2に記載の生成方法。

【請求項4】

前記ダミーパターン要素は、前記基板に転写されることを特徴とする請求項2又は3に記載の生成方法。

【請求項5】

20

前記第3ステップでは、前記グリッド上において前記ターゲットパターン要素に対応する位置の間が前記許容点で満たされているターゲットパターン要素を前記許容点に向けて拡張し、

前記第4ステップでは、前記第3ステップで前記拡張したターゲットパターン要素が同一のマスクに配置されるように、前記複数のマスクのそれぞれのパターンのデータを生成することを特徴とする請求項1に記載の生成方法。

【請求項6】

前記ラインパターンは、前記第3ステップで1つのグループにされた前記ターゲットパターン要素間の前記許容点の位置で転写されるパターンによりカットされることを特徴とする請求項1乃至5のうちいずれか1項に記載の生成方法。

30

【請求項7】

前記第4ステップでは、前記複数のマスクの数を規定する関数を含むコスト関数を定義し、整数計画法を用いて、前記コスト関数の値が基準値を満たすように、前記複数のマスクのそれぞれのパターンのデータを生成することを特徴とする請求項1乃至6のうちいずれか1項に記載の生成方法。

【請求項8】

前記許容点は、前記許容点において転写されるパターンによって前記ラインパターンがカットされても前記基板から製造されるデバイスに影響を与えない点であることを特徴とする請求項6に記載の生成方法。

【請求項9】

40

請求項1乃至8のうちいずれか1項に記載の生成方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項10】

基板を露光する露光装置に使用される複数のマスクのそれぞれのパターンのデータを生成する情報処理装置であって、

前記複数のマスクのそれぞれのパターンのデータを生成する処理部を有し、

前記処理部は、

複数のターゲットパターン要素を含むターゲットパターンのデータを取得する第1ステップと、

前記複数のターゲットパターン要素に対応する前記基板上の位置に交差点が配置される

50

ように前記基板上に設定されるグリッドの複数の交差点のうち、前記複数のターゲットパターン要素に対応する位置以外の点で、パターンの転写が許容される許容点を特定する第2ステップと、

前記グリッド上において前記複数のターゲットパターン要素に対応する位置の間が前記許容点で満たされている複数のターゲットパターン要素を1つのグループにする第3ステップと、

前記第3ステップで1つのグループにされた複数のターゲットパターン要素が同一のマスクに配置されるように、前記複数のマスクのそれぞれのパターンのデータを生成する第4ステップと、

を行い、

前記ターゲットパターンは、前記基板に形成されているラインパターンをカットするためのカットパターンであり、前記ターゲットパターン要素の間の距離が前記露光装置の解像限界よりも短いターゲットパターン要素を含み、

前記グリッドのピッチは、前記複数のターゲットパターン要素に対応する位置の最小ピッチの整数倍分の1であり、

前記許容点は、前記許容点において転写されるパターンによって前記ラインパターンがカットされることが許容される点であることを特徴とする情報処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、露光装置に使用される複数のマスクのそれぞれのパターンのデータを生成する生成方法、プログラム及び情報処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスの製造工程であるリソグラフィ工程では、露光装置が用いられている。リソグラフィ工程とは、半導体デバイスの回路パターンを基板（シリコン基板、ガラス基板、ウエハなど）に転写する工程である。露光装置は、光源からの光を用いてマスク（レチクル）を照明する照明光学系と、マスクに形成されたパターン（回路パターン）を基板に投影する投影光学系とを有する。

【0003】

近年、露光装置においては、半導体デバイスの微細化に伴い、複数のマスクを用いて基板を複数回露光することで、基板上の1つの層に複数のマスクのそれぞれのパターンを重ねて形成する多数回露光（多重露光）が行われている。一般的に、露光装置で十分な露光マージンが得られなくなる解像限界は、 $hp = k_1 \times \lambda / NA$ で表される。ここで、 $hp$ は、隣接するパターンの最短距離の半分、即ち、ハーフピッチであり、 $k_1$ は、プロセスファクターであり、 $\lambda$ は、露光光の波長（露光波長）であり、 $NA$ は、投影光学系の開口数である。多数回露光は、露光装置の解像限界であるハーフピッチよりも小さなハーフピッチを有するパターンを、複数のパターン（即ち、複数のマスク）に分割して露光することで、1回の露光における解像限界よりも小さなパターンを解像させる技術である。

【0004】

多数回露光に関する技術として、例えば、マスクのパターン（基板に転写すべきパターン（ターゲットパターン））を複数のパターンに分割する方法が提案されている（特許文献1参照）。特許文献1には、コンフリクトグラフと数理計画法とを用いてパターンを分割する方法が開示されている。コンフリクトグラフは、点（node）と辺（edge）からなり、パターンの分割においては、パターンを構成する各パターン要素が点で表され、解像限界を超えるパターン要素間が辺で結ばれる。特許文献1では、数理計画法を用いて、辺の両端のマスク番号が異なるように、パターンを分割している。特許文献1には、1つのパターン要素を複数のパターン要素に分割することで設計上の分割矛盾（コンフリクトグラフの点や辺の数）を低減（解決）する方法も開示されている。

【0005】

10

20

30

40

50

また、設計上の分割矛盾を低減する他の方法も提案されている（特許文献2参照）。特許文献2には、一定距離以上離れた複数のパターン要素をグループ化することで設計上の分割矛盾を低減する方法が開示されている。

【0006】

一方、low k<sub>1</sub>化が進み、2次元レイアウトのパターン（縦横方向に延びるパターン）では、所定のパターンを基板に忠実に転写することが困難になってきている。そこで、近年では、1次元レイアウト技術と呼ばれる回路パターンの作製方法が提案されている（非特許文献1参照）。かかる技術は、単一ピッチのライン・アンド・スペース（L/S）パターンを形成し、その後、複数の位置において、同一の像寸法で、等グリッド上にホールパターンやカットパターンなどのパターン要素を形成する。これにより、単一ピッチのL/Sパターンがパターン要素によって切断され、回路パターンを作製することができる。1次元レイアウト技術は、2次元レイアウト技術よりも露光面積を縮小することができるだけでなく、露光自体を技術的に容易にすることができる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】米国特許出願公開第2011/0078638号明細書

【特許文献2】米国特許出願公開第2007/0031738号明細書

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】Michael C. Smayling et. al., "Low k<sub>1</sub> Logic Design using Gridded Design Rules" Proc. of SPIE Vol. 6925 (2008)

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、特許文献1及び2に開示された技術は、2次元レイアウトのパターンを前提としてパターンの分割や設計上の分割矛盾の低減を行っている。従って、1次元レイアウトにおいては、1つのパターン要素を分裂させることはないので、複数のパターン要素に分裂することで設計上の分割矛盾を低減する方法を適用することができない。

30

【0010】

また、特許文献2には、一定距離（クリティカルピッチ）以上離れたノンクリティカルパターン要素をグループ化する方法が開示されている。但し、特許文献2には、クリティカルパターン要素同士をグループ化する方法が開示されておらず、設計上の分割矛盾が多く残ってしまう。

【0011】

本発明は、このような従来技術の課題に鑑みてなされ、多数回露光に使用される複数のマスクのパターンのデータの生成に有利な技術を提供することを例示的目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記目的を達成するために、本発明の一側面としての生成方法は、基板を露光する露光装置に使用される複数のマスクのそれぞれのパターンのデータを生成する生成方法であって、複数のターゲットパターン要素を含むターゲットパターンのデータを取得する第1ステップと、前記複数のターゲットパターン要素に対応する前記基板上の位置に交差点が配置されるように前記基板上に設定されるグリッドの複数の交差点のうち、前記複数のターゲットパターン要素に対応する位置以外の点で、パターンの転写が許容される許容点を特定する第2ステップと、前記グリッド上において前記複数のターゲットパターン要素に対応する位置の間が前記許容点で満たされている複数のターゲットパターン要素を1つのグループにする第3ステップと、前記第3ステップで1つのグループにされた複数のターゲットパターン要素が同一のマスクに配置されるように、前記複数のマスクのそれぞれのパ

40

50

ターンのデータを生成する第4ステップと、を有し、前記ターゲットパターンは、前記基板に形成されているラインパターンをカットするためのカットパターンであり、前記ターゲットパターン要素の間の距離が前記露光装置の解像限界よりも短いターゲットパターン要素を含み、前記グリッドのピッチは、前記複数のターゲットパターン要素に対応する位置の最小ピッチの整数倍分の1であり、前記許容点は、前記許容点において転写されるパターンによって前記ラインパターンがカットされることが許容される点であることを特徴とする。

【0013】

本発明の更なる目的又はその他の側面は、以下、添付図面を参照して説明される好ましい実施形態によって明らかにされるであろう。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、例えば、多数回露光に使用される複数のマスクのパターンのデータの生成に有利な技術を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の第1の実施形態における生成方法を説明するためのフローチャートである。

【図2】基板に形成すべきターゲットパターンの一例を示す図である。

【図3】コンフリクトグラフの一例を示す図である。

【図4】従来技術におけるターゲットパターン要素の分割を説明するための図である。

【図5】基板に形成されるパターンを構成する最小単位の配列を定義するグリッド上の許容点を示す図である。

【図6】コンフリクトグラフの一例を示す図である。

【図7】ターゲットパターン要素の分割（分配）を説明するための図である。

【図8】第1の実施形態におけるリソグラフィシミュレーションの結果を示す図である。

【図9】本発明の第2の実施形態における生成方法を説明するためのフローチャートである。

【図10】ダミーパターン要素の挿入を説明するための図である。

【図11】ターゲットパターン要素及びダミーパターン要素のグループ化を説明するための図である。

【図12】ターゲットパターン要素及びダミーパターン要素の分割（分配）を説明するための図である。

【図13】ダミーパターン要素の挿入による露光マージンの増加を説明するための図である。

【図14】本発明の第3の実施形態における生成方法を説明するためのフローチャートである。

【図15】ターゲットパターン要素の拡張を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、添付図面を参照して、本発明の好適な実施の形態について説明する。なお、各図において、同一の部材については同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。

【0017】

< 第1の実施形態 >

図1は、本発明の第1の実施形態における生成方法を説明するためのフローチャートである。かかる生成方法は、コンピュータなどの情報処理装置（の処理部）によって実行され、基板を露光する露光装置によって行われる多数回露光に使用される複数のマスクのそれぞれのパターンのデータを生成する。ここで、多数回露光とは、基板上の1つの層（レイヤー）に複数のマスクのそれぞれのパターンを重ねて形成するものである。

10

20

30

40

50

## 【0018】

S101では、多数回露光の対象となる基板から製造されるデバイスのターゲットレイアウト、即ち、基板上の1つの層に形成すべきターゲットパターンを取得する。例えば、ロジックデバイスのM1工程を想定すると、ターゲットレイアウトは、gdsやoasisなどのフォーマットで取得される。ターゲットレイアウト及びターゲットパターンは、本実施形態の生成方法によって各マスクのパターンに分ける際の対象パターンである。

## 【0019】

S102では、S101で取得したターゲットレイアウトに基づいて、デバイス上の非アクティブな領域を特定する。デバイスの回路内には、パターン要素が解像してもしなくてもデバイス特性に影響のない領域が存在するため、かかる領域を非アクティブな領域として特定し、例えば、gdsフォーマットのレイヤー情報として保存する。例えば、回路の配線レイヤーでは、アクティブな領域の配線は、上のレイヤー又は下のレイヤーとコンタクトホールを介して接続されている。従って、上のレイヤー及び下のレイヤーとコンタクトホールを介して接続されていない領域は、非アクティブな領域となる。

10

## 【0020】

換言すれば、S102において、基板上に設定されるグリッド上の複数の点から、ターゲットパターンを構成するターゲットパターン要素以外の点において、パターンが転写されることを許容する許容点を特定する。ここで、基板上に設定されるグリッドとは、基板に形成されるターゲットパターン要素に格子の交差点が配列される格子を定義するものである。格子のピッチは、基板に形成されるパターン要素の最小ピッチであってもよいし、最小ピッチの整数分の1倍であってもよい。

20

## 【0021】

S103では、S102で特定した非アクティブな領域に基づいて、ターゲットパターンを構成するターゲットパターン要素をグループ化する。但し、ここでグループ化の対象となるターゲットパターン要素は、ターゲットパターンを構成する要素のうち隣接するターゲットパターン要素の間の距離が露光装置の解像限界よりも短いターゲットパターン要素を含むターゲットパターン要素群である。

## 【0022】

S104では、同一のマスクには配置していけないマスクパターン要素を表す制約条件を設定する。例えば、隣接するターゲットパターン要素の間の距離が $k_1 = 0.35$ となるターゲットパターン要素に対応するマスクパターン要素は、同一のマスクに配置してはいけないという制約条件を設定する。なお、 $k_1 = 0.35$ は、投影光学系の開口数(NA): 1.35、露光波長: 193.368 nmで100 nmに相当する。

30

## 【0023】

S105では、複数のマスクのそれぞれのパターンのデータを生成する。この際、S103においてグループ化されたターゲットパターン要素及びグループ化されていないターゲットパターン要素のそれぞれに対応するマスクパターン要素を分割の点(node)として、S104で設定した制約条件を満たすようにする。換言すれば、S105において、S103でグループ化されたターゲットパターン要素に対応するマスクパターン要素が同一のマスクに配置されるように、複数のマスクのそれぞれのパターンのデータを生成する。

40

## 【0024】

以下、S101乃至S105の各工程を詳細に説明する。図2は、基板に形成すべきターゲットパターンの一例を示す図である。ターゲットパターンは、図2に示すように、1次元レイアウトで使用される、基板に形成されたラインパターンをカットするカットパターンとして、ターゲットパターン要素201、202、203及び204を含む。また、基板上に設定されるグリッドは、X方向のピッチを23 nm、Y方向のピッチを14.5 nmとする。ここで、例えば、クリティカルピッチ(例えば、 $k_1 : 0.35$ 、投影光学系の開口数(NA): 1.35、露光波長: 193.368 nmで100 nm)以内に存在するターゲットパターン要素同士は、解像限界により同一のマスクに配置できないと仮

50

定する。

【 0 0 2 5 】

このような場合、コンフリクトグラフは、図3に示すような点 ( n o d e ) と辺 ( e d g e ) で表される。3 0 1、3 0 2、3 0 3 及び 3 0 4 は、それぞれ、ターゲットパターン要素 2 0 1、2 0 2、2 0 3 及び 2 0 4 に対応するコンフリクトグラフの点 ( n o d e ) を示している。また、3 1 1、3 1 2、3 1 3、3 1 4、3 1 5 及び 3 1 6 は、コンフリクトグラフの辺 ( e d g e ) を示している。点 3 0 1 乃至 3 0 4 はクリティカルピッチ以内に存在しているため、辺 3 1 1 乃至 3 1 6 で結ばれている。

【 0 0 2 6 】

図3を参照するに、辺 3 1 1 乃至 3 1 6 の両端の点は、互いに異なるマスク番号にしなければならない ( 即ち、別のマスクに配置しなければならない ) 。従って、従来技術では、図2に示すターゲットパターン要素 2 0 1 乃至 2 0 4 のそれぞれに対応するマスクパターン要素を互いに異なるマスクに配置しなければならない。マスクの数 ( 分割数 ) は、図4に示すように、4 となる。図4において、4 0 1 は、第1マスクで転写するターゲットパターン要素 ( ターゲットパターン要素 2 0 1 ) を示し、4 0 2 は、第2マスクで転写するターゲットパターン要素 ( ターゲットパターン要素 2 0 2 ) を示している。同様に、4 0 3 は、第3マスクで転写するターゲットパターン要素 ( ターゲットパターン要素 2 0 3 ) を示し、4 0 4 は、第4マスクで転写するターゲットパターン要素 ( ターゲットパターン要素 2 0 4 ) を示している。

【 0 0 2 7 】

但し、上述したように、デバイスの回路内には、図5に示すように、パターン要素が解像してもしなくてもデバイス特性に影響のない領域、即ち、マスクパターン要素が転写されることを許容する許容点 ( グリッド上の点 ) 5 0 1 が存在する。許容点 5 0 1 は、ターゲットパターン要素に対応するマスクパターン要素ではないが、マスクパターン要素が転写されることを許容するグリッド上の点として、g d s などのデータにマーキングし、その位置が常に把握できるようにする。例えば、デバイスの回路の単位素子を表すスタンダードセルのレイヤーに許容点 5 0 1 を表すデータを追加することで、チップレベルのマーキングレイヤーも容易に作製することができる。このようにして、S 1 0 2 においてデバイス上の非アクティブな領域が特定されるとともに、かかる非アクティブな領域を特定するデータが生成される。なお、グリッド上において、ターゲットパターン要素の点及び許容点以外の点で、パターンの転写が禁止されるアクティブ領域 ( 禁止点 ) を設定してもよい。

【 0 0 2 8 】

S 1 0 3 では、非アクティブな領域を挟んで分離されている、即ち、グリッド上において隣接するターゲットパターン要素の間が許容点で満たされているターゲットパターン要素を1つのパターン要素にグループ化する。図5を参照するに、例えば、ターゲットパターン要素 2 0 1、2 0 2 及び 2 0 3 は、その間が許容点 5 0 1 で満たされているため、1つのターゲットパターン要素にグループ化する。ターゲットパターン要素 2 0 2 とターゲットパターン要素 2 0 4 との間は許容点で満たされていない。従って、ターゲットパターン要素 2 0 1 乃至 2 0 4 は、グループ化されたターゲットパターン要素 2 0 1、2 0 2 及び 2 0 3 と、グループ化されていないターゲットパターン要素 2 0 4 との2つに分けられる。これにより、コンフリクトグラフは、図6に示すような点 ( n o d e ) と辺 ( e d g e ) で表される。図6を参照するに、ターゲットパターン要素を示す点 ( n o d e ) は、グループ化されたターゲットパターン要素 2 0 1、2 0 2 及び 2 0 3 に対応する1つの点 6 0 1 と、グループ化されていないターゲットパターン要素 2 0 4 に対応する点 6 0 2 に集約される。また、制約条件を示す辺 ( e d g e ) は、辺 6 1 1 のみとなる。なお、ターゲットパターン要素の間に禁止点が存在しないターゲットパターン要素群を1つのグループにしてもよい ( 即ち、1つのパターン要素にグループ化してもよい ) 。具体的には、ターゲットパターン要素 2 0 1、2 0 2 及び 2 0 3 の間には禁止点がないので1つのグループとする。ターゲットパターン要素 2 0 2 とターゲットパターン要素 2 0 4 との間には禁

10

20

30

40

50

止点があるので別のグループとする。

【 0 0 2 9 】

S 1 0 5 では、グループ化されたターゲットパターン要素及びグループ化されていないターゲットパターン要素のそれぞれに対応するマスクパターン要素を分割の点 ( n o d e ) とする。そして、制約条件を満たすように、ターゲットパターン要素のそれぞれ ( に対応するマスクパターン要素 ) を複数のマスクに分割 ( 分配 ) して、複数のマスクのそれぞれのパターンのデータを生成する。

【 0 0 3 0 】

ターゲットパターン要素のそれぞれを複数のマスクに分割する際には、例えば、整数計画法を用いることができる。マスクの数を最小化することを目的とした整数計画法のプログラムの一例を以下の数式に示す。

【 0 0 3 1 】

( 1 ) 変数の説明

【 0 0 3 2 】

【 数 1 】

$$j : \text{マスク番号} \quad 1 \leq j \leq m \quad \dots (1)$$

【 0 0 3 3 】

【 数 2 】

$$m : \text{最大のマスク番号} \quad \dots (2)$$

【 0 0 3 4 】

【 数 3 】

$y_j$ : マスク番号  $j$  を使うかどうかのバイナリ変数、使う場合 1、使わない場合 0

$$\dots (3)$$

【 0 0 3 5 】

【 数 4 】

$$i : \text{パターン要素の番号} \quad \dots (4)$$

【 0 0 3 6 】

【 数 5 】

$x_{ij}$ : パターン要素の番号  $i$  においてマスク番号  $j$  を使うかどうかのバイナリ変数、  
使う場合 1、使わない場合 0

$$\dots (5)$$

【 0 0 3 7 】

( 2 ) 数式の説明

マスクの数 ( 分割数 ) を規定する関数を含むコスト関数 ( 目的関数 ) は、以下のように示される。かかるコスト関数の値が基準値を満たすように、整数計画法を用いて、マスクのパターンのデータを生成する。

【 0 0 3 8 】

10

20

30

40



【数 6】

$$\text{minimize } \sum_{j=1}^m y_j \quad \dots (6)$$

【0039】

数式(6)は、多数回露光に使用するマスク番号の数(マスクの分割数)を最小化しなさいということを意味する。

【0040】

10

【数 7】

$$\sum_{j=1}^m y_j \quad \dots (7)$$

【0041】

数式(7)の値はマスク番号の数と等しくなるため、例えば、マスク番号の数が2から3に増えれば、数式(7)の値も2から3となる。ここで示すマスク番号の数は、ターゲットパターン要素が分割(分配)されて多数回露光で使用されるマスクの数となるため、

20

マスクの費用の観点からなるべく少ない数にすることが重要となる。

【0042】

制約条件は、以下の数式で表される。

【0043】

【数 8】

$$y_1 \geq y_2 \geq \dots \geq y_m \quad \dots (8)$$

【0044】

【数 9】

30

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1 \quad (\forall i) \quad \dots (9)$$

【0045】

【数 10】

$$x_{ij} \leq y_j \quad (\forall i, \forall j) \quad \dots (10)$$

40

【0046】

【数 11】

$$x_{ij} + x_{ij} \leq 1 \quad (\forall j) \quad \dots (11)$$

【0047】

境界条件は、以下の数式で表される。

【0048】

50

【数 1 2】

$$y_1 = 1 \quad \dots (12)$$

【0049】

数式(8)は、マスク番号を小さい順に使用しなさいということを意味する制約条件である。 $y_1 = 0$ 、即ち、1番目のマスク番号は使用しないにも関わらず、 $y_2 = 1$ 、即ち、2番目のマスク番号を使用するということがないようにするための制約条件である。

【0050】

数式(9)は、 $i$ 番目のパターン要素 $X_i$ には、どれか1つのマスク番号だけを設定しなさいということを意味する。数式(9)は、 $i$ 番目のパターン要素に1番目のマスク番号と2番目のマスク番号の両方を設定することがないようにするための制約条件である。

【0051】

数式(10)は、使用しないマスク番号では各パターン要素のマスク番号を設定しないという制約条件である。数式(10)は、 $j$ 番目のマスク番号を使用しない( $y_j = 0$ )にも関わらず、 $i$ 番目のパターン要素で $j$ 番目のマスク番号が使用される( $x_{ij} = 1$ )ことがないようにするための制約条件である。

【0052】

数式(11)は、 $i$ 番目のパターン要素と、 $i'$ 番目のパターン要素とを同一のマスク番号にははいけないことを意味する制約条件である。従って、かかる制約条件は、全てのパターン要素に設定されるものではなく、制約領域内に存在するパターン要素同士に設定されるものである。本実施形態では、ターゲットパターン要素201、202及び203に対応する1つの点601と、ターゲットパターン要素204に対応する点602とを決定することに相当する。例えば、クリティカルピッチ( $k_1: 0.35$ 、投影光学系の開口数(NA):  $1.35$ 、露光波長:  $193.368\text{ nm}$ で $100\text{ nm}$ )以内に存在するパターン要素は、同一のマスクに配置してはいけないという制約条件となる。

【0053】

境界条件としては、数式(12)に示すように、1番目のマスク番号は使用しなさいという条件を設定する。

【0054】

上述した数式を整数計画法の実行ソフトに入力して計算することで、多数回露光に使用する複数のマスクのそれぞれのパターンのデータを生成する。

本実施形態では、クリティカルピッチ以内に存在するターゲットパターン要素同士は同一のマスクに配置できないという制約条件を用いている。従って、ターゲットパターン要素201乃至204は、図7に示すように、ターゲットパターン要素201乃至203を含むグループ701とターゲットパターン要素204を含むグループ702の2つに分割される。

【0055】

図8は、同一のマスクに配置されたターゲットパターン要素201乃至203に対応するマスクパターン要素のリソグラフィシミュレーションの結果を示す図である。図8を参照するに、光学像804は、ターゲットパターン要素201乃至203の間にも解像しているが、この位置はデバイス上の非アクティブな領域であるため問題ない。

【0056】

このように、本実施形態の生成方法によれば、多数回露光で使用されるマスクの数を少なくしながら、そのマスクのパターンのデータを生成することができる。また、本実施形態の生成方法によって生成されたマスクのパターンのデータは、マスク描画装置に入力され、マスク描画装置は、入力されたデータに基づいて、多数回露光に使用される複数のマスクを製造する。マスク描画装置で製造されたマスクは、露光装置のマスクステージに載置され、照明光学系によって照明されて、基板上にマスクのパターンの像が形成される。

10

20

30

40

50

マスク描画装置で製造されたマスクのうち1つのマスクを用いて基板を露光した後、別のマスクを用いて基板上の同一のレイヤーを露光することで（即ち、多数回露光することで）、基板上の1つのレイヤーにパターンを形成することができる。

【0057】

<第2の実施形態>

図9は、本発明の第2の実施形態における生成方法を説明するためのフローチャートである。かかる生成方法は、コンピュータなどの情報処理装置（の処理部）によって実行され、基板を露光する露光装置によって行われる多数回露光に使用される複数のマスクのそれぞれのパターンのデータを生成する。なお、S901及びS902は、図1に示すS101及びS102と同様であるため、ここでの詳細な説明は省略する。

10

【0058】

S903では、S902で特定した非アクティブな領域に基づいて、ダミーパターン要素を挿入する。例えば、グリッド上において隣接するターゲットパターン要素の間が許容点で満たされているターゲットパターン要素の間にダミーパターンを挿入する。この際、グリッド上において隣接するターゲットパターン要素の間が許容点で満たされているターゲットパターン要素を連結するようにダミーパターンを挿入してもよい。なお、ダミーパターン要素とは、基板に転写されるパターン要素であってもよいし、基板に転写されないパターン要素であってもよい。

【0059】

S904では、S903で挿入したダミーパターン要素を含めてターゲットパターンを構成するターゲットパターン要素をグループ化する。換言すれば、隣接するターゲットパターン要素の間が許容点で満たされているターゲットパターン要素とダミーパターン要素とをグループ化する。

20

【0060】

S905では、図1に示すS104と同様に、同一のマスクには配置していけないマスクパターン要素を表す制約条件を設定する。

【0061】

S906では、図1に示すS105と同様に、複数のマスクのそれぞれのパターンのデータを生成する。この際、S904においてグループ化されたターゲットパターン要素及びグループ化されていないターゲットパターン要素のそれぞれに対応するマスクパターン要素を分割の点（node）として、S905で設定した制約条件を満たすようにする。換言すれば、S906において、S904でグループ化されたターゲットパターン要素とダミーパターン要素のそれぞれに対応するマスクパターン要素が同一のマスクに配置されるように、複数のマスクのそれぞれのパターンのデータを生成する。

30

【0062】

以下、S901乃至S906の各工程を詳細に説明する。基板に形成すべきターゲットパターンは、第1の実施形態と同様に、図2に示すターゲットパターンとする。従って、デバイス上の非アクティブな領域として、図5に示すように、グリッド上の許容点501が特定される。

【0063】

S903において、グリッド上において隣接するターゲットパターン要素の間が許容点501で満たされているターゲットパターン要素の間にダミーパターンを挿入する。例えば、図10に示すように、ターゲットパターン要素201とターゲットパターン要素202との間、及び、ターゲットパターン要素202とターゲットパターン要素203との間のそれぞれに、ダミーパターン要素1001及び1002に挿入する。本実施形態では、孤立したターゲットパターン要素201乃至203を連結するようにダミーパターン要素1001及び1002を挿入する。

40

【0064】

S904では、例えば、ターゲットパターン要素201、ダミーパターン要素1001、ターゲットパターン要素202、ダミーパターン要素1002及びターゲットパターン

50

要素 203 とは隣接（連結）しているので、1つのパターン要素にグループ化する。これにより、ターゲットパターン要素 201 乃至 204 及びダミーパターン要素 1001 及び 1002 は、図 11 に示すように、グループ 1101 とグループ 1102 の 2 つに分割される。グループ 1101 は、ターゲットパターン要素 201、ダミーパターン要素 1001、ターゲットパターン要素 202、ダミーパターン要素 1002 及びターゲットパターン要素 203 を含む。また、グループ 1102 は、ターゲットパターン要素 204 を含む。

#### 【0065】

S905 及び S906 では、第 1 の実施形態と同様に制約条件を設定し、制約条件を満たすように、ターゲットパターン要素及びダミーパターン要素のそれぞれを複数のマスクに分割（分配）して、複数のマスクのそれぞれのパターンのデータを生成する。この際、図 11 に示すグループ化されたターゲットパターン要素及びダミーパターン要素から得られるコンフリクトグラフは、第 1 の実施形態と同様に、図 6 で示すような点（node）と辺（edge）で表される。点 601 は、ターゲットパターン要素 201、ダミーパターン要素 1001、ターゲットパターン要素 202、ダミーパターン要素 1002 及びターゲットパターン要素 203 に対応し、点 602 は、ターゲットパターン要素 204 に対応する。

#### 【0066】

また、マスクの数（分割数）は、図 12 に示すように、2 となる。図 12 において、1201 は、第 1 マスクで転写するパターン要素（ターゲットパターン要素 201、ダミーパターン要素 1001、ターゲットパターン要素 202、ダミーパターン要素 1002 及びターゲットパターン要素 203）を示している。1202 は、第 2 マスクで転写するパターン要素（ターゲットパターン要素 204）を示している。

#### 【0067】

このように、本実施形態の生成方法によれば、多数回露光で使用されるマスクの数を少なくしながら、そのマスクのパターンのデータを生成することができる。また、ダミーパターン要素を挿入すると、露光マージンが増加するという効果も得られる。

#### 【0068】

図 13 は、ダミーパターン要素の挿入による露光マージンの増加を説明するための図である。露光条件は、投影光学系の NA を 1.35、露光波長を 193.368 nm を設定し、照明条件は、外シグマを 0.95、輪帯比を 0.75、開口角を 30 度とするクロスポール（タンジェンシャル偏光）を設定して、シミュレーションを行った。図 13 を参照するに、ターゲットパターン要素のグループ化のみを行った場合（第 1 の実施形態）、評価箇所 1301 では、NILS（規格化イメージ対数傾斜）が 0.4 程度、DOF（焦点深度）が 0 nm である。一方、ダミーパターン要素を挿入してターゲットパターン要素のグループ化を行った場合（第 2 の実施形態）、評価箇所 1302 では、NILS が 0.7 程度、DOF が 65 nm 程度となり、露光マージンが増加していることがわかる。

#### 【0069】

##### < 第 3 の実施形態 >

図 14 は、本発明の第 3 の実施形態における生成方法を説明するためのフローチャートである。かかる生成方法は、コンピュータなどの情報処理装置（の処理部）によって実行され、基板を露光する露光装置によって行われる多数回露光に使用される複数のマスクのそれぞれのパターンのデータを生成する。なお、S1401、S1402、S1405 及び S1406 は、図 1 に示す S101、S102、S104 及び S105 と同様であるため、ここでの詳細な説明は省略する。

#### 【0070】

S1403 では、S1402 で特定した非アクティブな領域に基づいて、ターゲットパターン要素を拡張する。例えば、グリッド上において隣接するターゲットパターン要素の間が許容点で満たされているターゲットパターン要素を許容点に向けて拡張する。本実施形態では、図 15 に示すように、ターゲットパターン要素 201、202 及び 203 に対

10

20

30

40

50

して拡張部 1501 を設定して、ターゲットパターン要素 201、202 及び 203 のそれぞれを拡張する。

【0071】

S1404 では、ターゲットパターンを構成するターゲットパターン要素、即ち、S1403 で拡張したターゲットパターン要素、及び、S1403 で拡張されていないターゲットパターン要素をグループ化する。

【0072】

第2の実施形態では、グリッド上において隣接するターゲットパターン要素の間が許容点で満たされているターゲットパターン要素の間にダミーパターンを挿入し、ダミーパターン要素を含めてターゲットパターン要素をグループ化している。但し、本実施形態のように、ダミーパターン要素を挿入せず、ターゲットパターン要素を拡張しても、マスクの数(分割数)を少なくしながら、露光マージンを増加させることができる。上述したように、ターゲットパターン要素をデバイス上の非アクティブ領域に拡張し、非アクティブ領域を挟んだターゲットパターン要素を1つのパターン要素にグループ化すれば、ダミーパターンを挿入した場合と同様の効果が得られる。特に、ターゲットパターン要素の拡張部が互いにオーバーラップするまでターゲットパターン要素を拡張すれば、レイアウト上はダミーパターン要素を挿入した場合と全く同じ効果が得られる。

10

【0073】

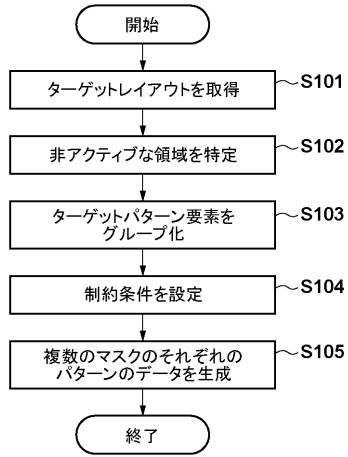
また、本発明は、以下の処理を実行することによっても実現される。即ち、上述した実施形態の機能を実現するソフトウェア(プログラム)を、ネットワーク又は各種記憶媒体を介してシステム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ(またはCPUやMPU等)がプログラムを読み出して実行する処理である。

20

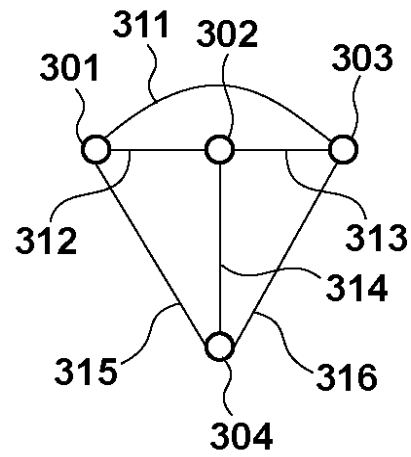
【0074】

以上、本発明の好ましい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ないことはいふまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。例えば、本実施形態では、基板上にグリッドを設定したが、マスクパターン上にグリッドを定義してもよい。

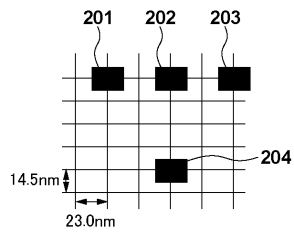
【 図 1 】



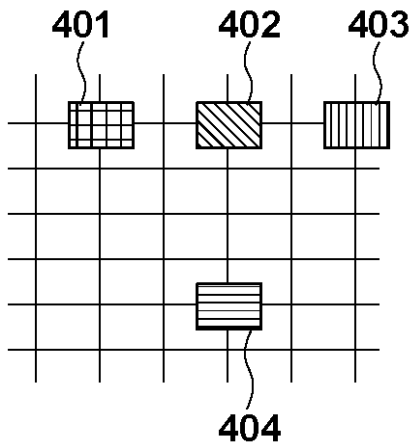
【 図 3 】



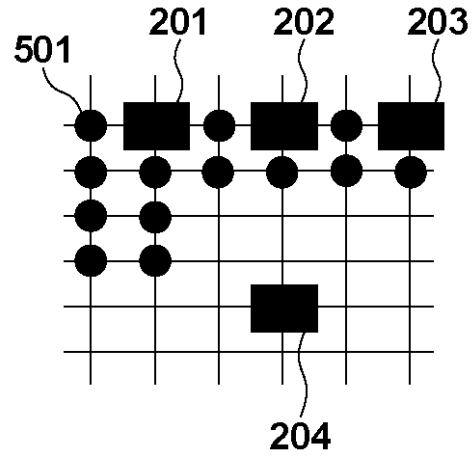
【 図 2 】



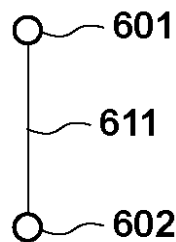
【 図 4 】



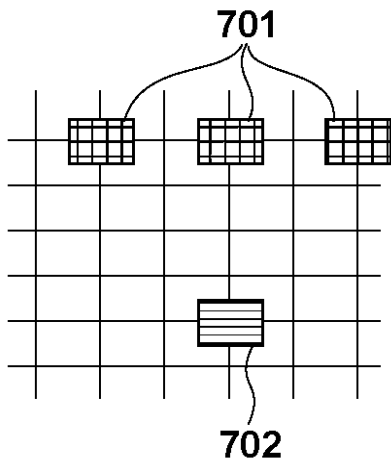
【 図 5 】



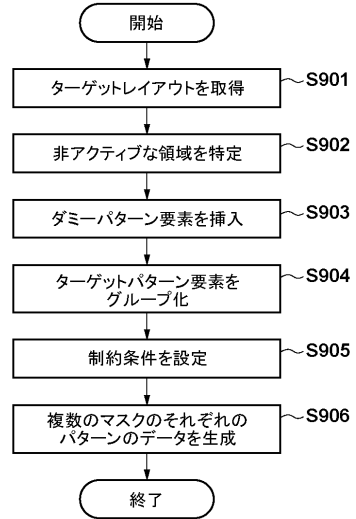
【 図 6 】



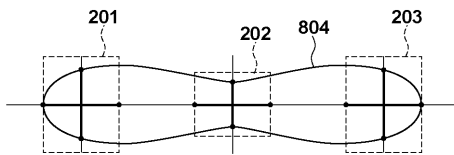
【図7】



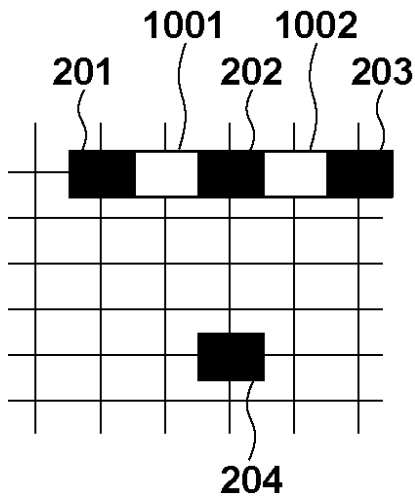
【図9】



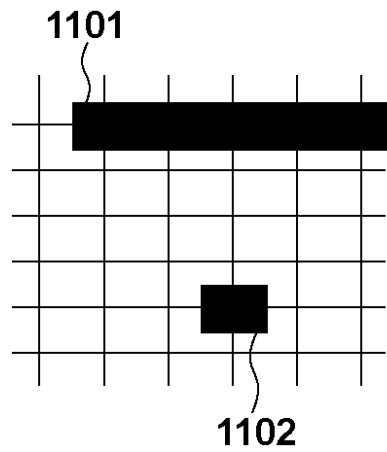
【図8】



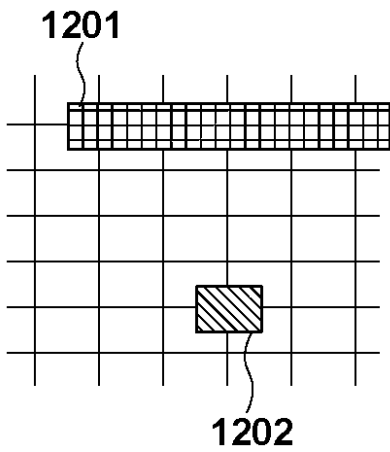
【図10】



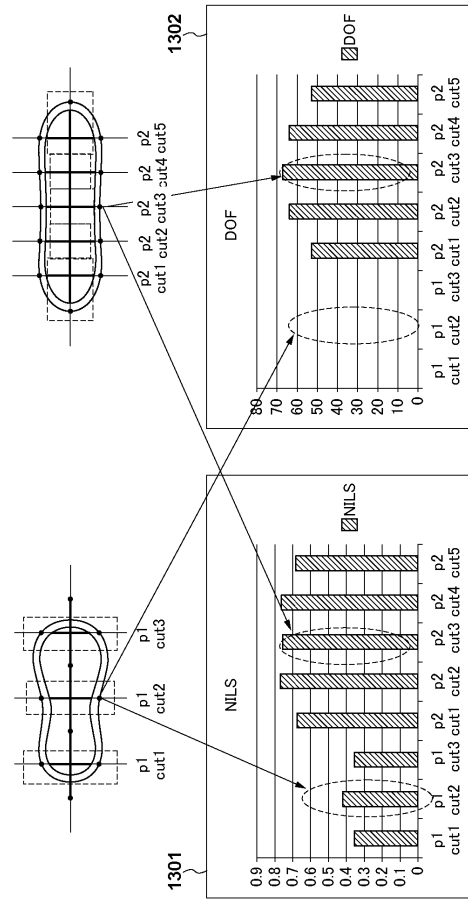
【図11】



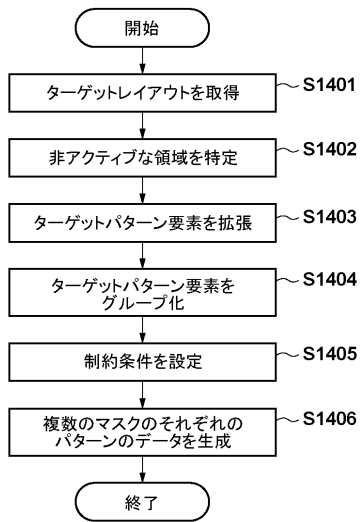
【図 1 2】



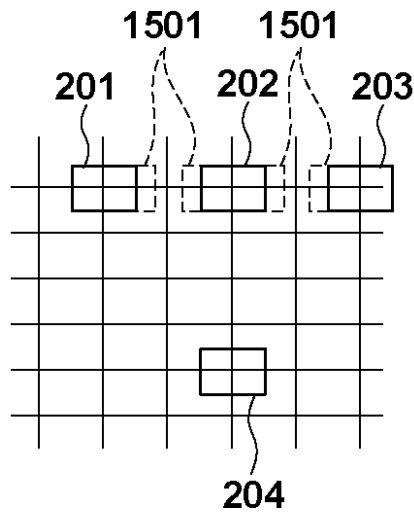
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 1 5】





---

フロントページの続き

(72)発明者 荒井 禎  
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 松岡 智也

(56)参考文献 特開2005-183793(JP,A)  
特開2005-189683(JP,A)  
特開2007-258366(JP,A)  
特開2010-139769(JP,A)  
Yongchan Ban, et al., "Flexible 2D Layout Decomposition Framework for Spacer-Type Double Patterning Lithography", Design Automation Conference(DAC), 2011年6月5日, 2011 48th ACM/EDAC/IEEE, pp.789-794

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01L 21/027  
G03F 1/00-1/86