

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6415154号
(P6415154)

(45) 発行日 平成30年10月31日 (2018.10.31)

(24) 登録日 平成30年10月12日 (2018.10.12)

(51) Int. Cl.	F I
G03F 1/36 (2012.01)	G03F 1/36
G06F 17/50 (2006.01)	G06F 17/50 658M
H01L 21/82 (2006.01)	H01L 21/82 B

請求項の数 15 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2014-149015 (P2014-149015)	(73) 特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成26年7月22日 (2014.7.22)	(74) 代理人	100126240 弁理士 阿部 琢磨
(65) 公開番号	特開2016-24372 (P2016-24372A)	(74) 代理人	100124442 弁理士 黒岩 創吾
(43) 公開日	平成28年2月8日 (2016.2.8)	(72) 発明者	石井 弘之 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
審査請求日	平成29年7月18日 (2017.7.18)	(72) 発明者	中山 諒 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】 パターンの作成方法、プログラムおよび情報処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のセルを含むセルライブラリから選択した複数のセルを並べて配置することによりマスクのパターンを作成する作成方法において、

第1セルと第2セルのそれぞれにおいて、解像すべき主パターンの占有領域が定められ、

前記第2セルは、前記主パターンの占有領域外に、前記主パターンの解像を補助し、自身は解像しない補助パターンを有し、

前記第1セルと前記第2セルとを、前記第2セルの前記占有領域外にある補助パターンが前記第1セルの主パターンの占有領域に在るように並べて配置する配置工程と、

並べて配置される前記第1セル及び前記第2セルのうち、前記第2セルの前記占有領域外にある補助パターンのパターン要素と前記第1セルのパターンとが接する又は重なる部分において、補助パターンのパターン要素を除去することにより、マスクのパターンを作成する作成工程と、

を情報処理装置が行うことを特徴とする作成方法。

【請求項 2】

前記作成工程において、前記第2セルの補助パターンのパターン要素と前記第1セルの主パターンのパターン要素とが接する又は重なる部分において、前記第2セルの補助パターンのパターン要素を除去することを特徴とする請求項1に記載の作成方法。

【請求項 3】

10

20

前記第 1 セルは、前記第 1 セルの主パターンの解像を補助し、自身は解像しない補助パターンのパターン要素を含み、

前記作成工程において、前記第 2 セルの補助パターンのパターン要素と前記第 1 セルの補助パターンのパターン要素とが接する又は重なる部分において、前記第 1 セル又は前記第 2 セルの補助パターンの補助パターン要素を除去することを特徴とする請求項 1 に記載の作成方法。

【請求項 4】

前記作成工程において、前記第 1 セルの補助パターンのパターン要素と前記第 2 セルの補助パターンのパターン要素とが接する又は重なる部分において、除去されずに残った補助パターンのパターン要素の位置を変更することを特徴とする請求項 3 に記載の作成方法

10

【請求項 5】

前記セルライブラリから選択された第 2 セルの占有領域外に補助パターンの配置を許容する許容領域を設定する工程と、

前記許容領域に前記補助パターンを作成する工程と、を有し、

前記配置工程において、前記許容領域に作成された補助パターンが前記第 1 セルの主パターンの占有領域に重なるように並べて配置することを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項に記載の作成方法。

【請求項 6】

前記配置工程において、前記第 1 セルの前記占有領域と前記第 2 セルの前記占有領域とが接するように前記第 1 セル及び前記第 2 セルを並べて配置することを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか 1 項に記載の作成方法。

20

【請求項 7】

距離を D 、投影光学系の開口数を NA 、露光波長を λ として、

$$1.5 = D \times NA / \lambda \quad \text{とすると、}$$

前記許容領域の外周は、前記占有領域の外周から前記距離 D 以下にあることを特徴とする請求項 5 に記載の作成方法。

【請求項 8】

前記許容領域の外周は、セルの主パターンの複数のパターン要素のそれぞれの位置から一定の距離だけ離してあることを特徴とする請求項 5 に記載の作成方法。

30

【請求項 9】

前記第 2 セルは、主パターンの占有領域内に前記補助パターンを含むことを特徴とする請求項 1 乃至 8 の何れか 1 項に記載の作成方法。

【請求項 10】

前記第 1 セルは、主パターンの占有領域内及び外に、前記主パターンの解像を補助し、自身は解像しない補助パターンを含むことを特徴とする請求項 1 乃至 9 の何れか 1 項に記載の作成方法。

【請求項 11】

請求項 1 乃至 10 の何れか 1 項に記載の作成方法を用いてマスクのパターンを作成する工程と、

40

作成されたマスクのパターンのデータを用いてマスクを製造する工程とを有するマスク製造方法。

【請求項 12】

請求項 11 に記載のマスク製造方法を用いてマスクを製造する工程と、

製造されたマスクを用いて基板を露光する工程とを有することを特徴とする露光方法。

【請求項 13】

請求項 12 に記載の露光方法を用いて基板を露光する工程と、

露光された基板を現像する工程とを有することを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項 14】

請求項 1 乃至 10 の何れか 1 項に記載の作成方法を情報処理装置に実行させるためのプ

50

ログラム。

【請求項 15】

請求項 1 乃至 10 の何れか 1 項に記載の作成方法を実行する情報処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、パターンの作成方法、プログラムおよび情報処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

リソグラフィ技術において、光源からの光を用いてマスクを照明する照明光学系と、マスクのパターンの像を基板（ウエハ等）に投影する投影光学系を有する露光装置が用いられている。基板に形成すべき目標パターンの最小寸法が、露光に使用される光源の波長以下になると、マスクパターンの像を基板上に投影する際に、意図しない光の相互作用（干渉）が隣接するパターン間に起きる。そのため、目標のパターンと異なった形状の、意図しない像が基板上に形成される。目標パターンの最小寸法と光源の波長との差が大きくなるに従って、パターンの解像不良が起きやすくなる。

10

【0003】

コンピュータを用いてマスクパターンを作成する方法として、多数のスタンダードセルを含むセルライブラリから複数のセルを選択して配置し、配置した複数セルのパターンに光近接効果補正（以下、OPC）を行う方法が知られている。OPCでは、近接する各パターンからの光が相互作用してパターンの像の形成に及ぼす影響を考慮して、パターンの像が目標範囲に収まるようにパターンの構成要素である各パターン要素の形状を変更する補正を行う。セルライブラリには、マスクのパターンとして使用される基本的なパターンの構成であるセルが複数含まれており、複数のセルは互いに異なるパターンを有する。

20

【0004】

しかし、使用する複数のセルを全て配置してマスクのパターンを作成した後にマスクパターン全体（フルチップ）でOPCを行うと、パターン要素の形状を変更するための計算がパターン要素の数の多さに応じて増える。そのため、OPCの計算量が非常に多いという問題があった。そのため、特許文献1では、各セルのパターンに予め個別にOPCをかけてパターンの形状を補正し、OPC済みの複数のセルを並べて配置してマスクパターンを構成し、その後、マスクパターン全体に対して仕上げのOPCをかけるという方法が提案されている。こうすることにより、各セルのパターンが既にOPCを行われている分、マスク全体のOPCにおいて、一部のパターン要素について既にその像が目標範囲に収まっていればOPCの必要がなくなり、補正すべきパターン要素の数が減る。そのため、結果としてOPCの計算量を減らすことができる。

30

【0005】

特許文献2には、ルールベースでスタンダードセルに補助パターンを配置することにより、複数のスタンダードセルを配置してマスクのパターンを作成する際に生じる光近接効果を抑制できることが示されている。特許文献3には、セルのパターンの両隣にダミーパターンを付加してOPCを行った後、ダミーパターンを除去して、セルライブラリに格納することが記載されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】米国特許出願公開第2009/0100396号明細書

【特許文献2】米国特許第7873929号明細書

【特許文献3】特開2005-84101号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

50

特許文献 1 では、各セルについてセル内のパターンを変形することにより OPC を行っており、セル内の主パターンの解像を補助する補助パターンについては記載されておらず、補助パターンによる解像性能向上ができていない。特許文献 2 では、セルの内部に限定して補助パターンを配置しているため、補助パターンの配置に制約があり、解像性能が十分でない場合がある。特許文献 3 には、近接効果補正の際に、セルの内部に限らずセルの両隣にダミーパターンを配置しているが、セルライブラリに格納する段階ではダミーパターンが除去されている。そのため、マスクパターンを作成する際に、セルライブラリから選択したセルには当該ダミーパターンは含まれておらず、解像性能が十分でない場合がある。

【 0 0 0 8 】

10

そこで、本発明は、解像性能を向上させることができるマスクのパターンを作成することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

上記課題を解決する本発明の一側面としてのマスクパターン作成方法は、複数のセルを含むセルライブラリから選択した複数のセルを並べて配置することによりマスクのパターンを作成する作成方法において、第 1 セルと第 2 セルのそれぞれにおいて、解像すべき主パターンの占有領域が定められ、前記第 2 セルは、前記主パターンの占有領域外に、前記主パターンの解像を補助し、自身は解像しない補助パターンを有し、前記第 1 セルと前記第 2 セルとを、前記第 2 セルの前記占有領域外にある補助パターンが前記第 1 セルの主パターンの占有領域に在るように並べて配置する配置工程と、前記第 2 セルの前記占有領域外にある補助パターンのパターン要素と前記第 1 セルのパターンとが接する又は重なる部分において、補助パターンのパターン要素を除去することにより、マスクのパターンを作成する作成工程と、を情報処理装置が行うことを特徴とする。

20

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

本発明によれば、解像性能を向上させることができるマスクのパターンを作成することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

30

【図 1】マスクパターンの作成方法のフローチャートを示す図である。

【図 2】セル A ~ D を示す図である。

【図 3】補助パターンを含むセル A' ~ D' を示す図である。

【図 4】有効光源分布を示す図である。

【図 5】マスクのパターンとしてセル A' ~ D' を並べて配置した状態を示す図である。

【図 6】互いに近接又は重なる補助パターン要素を示す図である。

【図 7】補助パターンの一部を除去した後のパターンを示す図である。

【図 8】実施形態 1 で決定されたマスクパターンを示す図である。

【図 9】実施形態 2 において、補助パターンの一部を除去した後のパターンを示す図である。

40

【図 10】実施形態 2 で決定されたマスクパターンを示す図である。

【図 11】許容領域の変形例を示す図である。

【図 12】比較例 1 におけるマスクパターンを示す図である。

【図 13】比較例 2 におけるマスクパターンを示す図である。

【図 14】比較例 3 におけるマスクパターンを示す図である。

【図 15】比較例 4 におけるセル A1 ~ D1 を示す図である。

【図 16】比較例 4 におけるマスクパターンを示す図である。

【図 17】コンピュータの構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

50

(実施形態 1)

本実施形態は、半導体デバイスを作製するためのリソグラフィ技術のパターンの作成に関する。例えば、マスクを照明する照明光学系とマスクのパターンの像を基板に投影する投影光学系とにより基板を露光する露光装置に用いられるマスクのパターンのデータ作成に関する。

【0013】

当該マスクのパターンのデータ作成は、コンピュータ（情報処理装置）の処理部がプログラムを読み出して実行され、コンピュータがパターンのデータを用いて計算することにより行われる。図 17 に、マスクパターンを作成するプログラムを実行するためのコンピュータ 100 の構成を示す。コンピュータ 100 は、バス配線 1、処理部 2、表示部 3、記憶部 4、入力部 5 及び媒体インターフェース 6 を備える。処理部 2、表示部 3、記憶部 4、入力部 5 及び媒体インターフェース 6 は、バス配線 1 を介して相互に接続されている。媒体インターフェース 6 は、記録媒体 7 を接続可能に構成されている。記録媒体 7 に記録されたマスクパターンを作成するプログラムは媒体インターフェース 6 で読み込まれ、記憶部 4 に記憶される。そして、処理部 2 が記憶部 4 に記憶されたプログラムを読み出して実行する。記憶部 4 には、マスクパターンを作成するプログラムや、計算に使用されるデータが記憶されている。処理部 2 は、CPU、MPU、DSP または FPGA などであり、一時記憶のためのキャッシュメモリをさらに含む。表示部 3 は、ディスプレイなどの表示デバイスである。記憶部 4 はメモリやハードディスクなどである。入力部 5 はキーボードやマウスなどである。媒体インターフェース 6 は、例えば、CD ドライブや USB インターフェースなどである。記録媒体 7 は、CD や USB メモリなどである。なお、本実施形態の機能を実現するソフトウェアやプログラムはネットワーク又は各種記憶媒体を介して複数のコンピュータよりなる情報処理装置によって実行されうる。離れた位置にある複数のコンピュータが有線又は無線通信で互いにデータを送受信することにより、プログラムの各種処理を行っても良い。情報処理装置の処理部は、後述する各ステップを実行する各手段を構成する。

【0014】

以下、コンピュータが行うマスクパターンの作成方法を説明する。図 1 に、コンピュータが行うマスクパターンの作成方法のフローチャートを示す。

【0015】

まず、S102～S108 において、スタンダードセルに補助パターンを追加して新たなセルライブラリを作成する。

【0016】

ステップ S102 では、コンピュータの処理部が、複数種類のスタンダードセルを含むセルライブラリから、マスクのパターンの作成に使用するためのセルを選択し、選択されたセルのパターンのデータを取得する。当該データは、ユーザーによる入力装置からの指示に基づいて、セルライブラリから選択したセルのパターンデータを取得してもよいし、コンピュータが自動的に選択したセルのパターンのデータでもよい。セルライブラリは、コンピュータの記憶部（メモリ）に記憶されており、セルのデータは、セルライブラリが記憶されている記憶部から読み出すことにより取得される。セルは、マスクのパターンとして使用される基本的なパターンを構成する。通常、セルライブラリには、回路パターンとして標準的に使用されるスタンダードセルが数十から数百種類含まれている。各セルは互いに異なるパターンで構成される。セルライブラリはセルの名称、範囲、入出力ピン情報、配線層のレイアウト物性情報を含む LEF ファイル、トランジスタの寄生容量や温度電位のばらつきを含む LIB ファイル、論理回路の設計データ、設計値の GDSII データ等のセル情報で構成される。トランジスタの拡散、ゲート、コンタクト、メタル、Via 等が一つのセルに含まれている。

【0017】

図 2 に、4 つのスタンダードセルを例示している。スタンダードセルは実際には複数のマスクレイヤから成るが、ここでは説明を簡単にするために、コンタクトホールレイヤを

10

20

30

40

50

例示している。例えば、スタンダードセルAのパターン（主パターン）は、正方形の形状をしたコンタクトホール（主パターン要素）10を12個含む。各主パターン要素は一辺が100nmの正方形である。長方形12で示されているのはセルの主パターンの占有領域（フットプリント）である。占有領域12は、後で説明するステップS112において各セルを隣接させて配置する際に他のセルとの境界を示す領域である。S112では各セルの占有領域12が重ならないように複数のセルが並べて配置される。セルライブラリにはセルの範囲として占有領域12の情報が含まれる。スタンダードセルB、C、Dも同様に、複数のコンタクトホール10と占有領域12を有する。

【0018】

次に、ステップS104では、コンピュータの処理部が、各スタンダードセルに、主パターンの解像を補助する補助パターンを配置することを許容する許容領域14を設定する。本実施形態では各セルの占有領域12を上下左右に150nmだけ広げた領域を許容領域14に設定した。つまり、許容領域14をセルの占有領域12よりも広く設定している。

【0019】

次に、ステップS106では、コンピュータの処理部が、各セルの主パターンに基づいて補助パターンを作成して配置する。補助パターンは、SRAFF (Sub Resolution Assist Feature) と呼ばれ、それ自体は解像せず、主パターンの解像性能が向上するような位置に配置される。本実施形態では、特開2008-040470号公報に記載の2次元相互透過係数を用いて、セルA~Dの主パターン10の近似空中像（光学像）を計算し、近似空中像のピークの位置に補助パターン要素を配置する。なお、近似空中像の計算において、投影露光に関するパラメーターとして、マスクのパターンを基板上に投影する投影光学系の開口数（NA）を0.85、露光波長を193nm（ArFレーザー光）、投影倍率を0.25倍とした。また、照明光学系の瞳面における光強度分布（有効光源分布）を図4に黒色で示す分布とした。また、近似空中像の計算において、複数のセル間で光近接効果が生じない程度にセルA~Dを十分離して計算しており、複数のセル間での作用はない。図3に、補助パターン16を含むセルA'~D'を表わしている。補助パターン16は、白抜きの正方形で示す複数の補助パターン要素から成り、補助パターン16の各補助パターン要素は主パターン10の主パターン要素よりも大きさを小さくしている。補助パターン16の補助パターン要素は、各セルの占有領域12の内部にも、占有領域12の外部にある許容領域14内にも配置されている。つまり、補助パターン16の配置はセルの占有領域12に限らない。なお、占有領域12と許容領域14との境界線上にある補助パターン要素は、その中心位置が占有領域12にあれば、占有領域12内にある補助パターンとする。補助パターン要素の中心位置が許容領域14にあれば、占有領域12外にある補助パターンとする。なお、光学像の計算としては、2次元相互透過係数を用いた計算方法に限らず、他の光学モデルを用いてパターンの光学像を計算してパターンを作成する他のモデルベースの手法を用いることができる。また、補助パターンの作成方法としては、光学モデルを使わずに、一定の規則（ルール）の下で、主パターンの周囲にパターンの像のコントラストを上げるための補助パターンを配置しても良い。

【0020】

次に、ステップS108では、コンピュータの処理部が、ステップS106で補助パターンを配置したセルA'~D'をセルライブラリに登録する。登録先のセルライブラリは、S102でセルA~Dを選択した時のセルライブラリでも構わないし、別のセルライブラリでも構わない。なお、セルA'~D'にOPCを行って、主パターンや補助パターンの形状等を変更してから、変更後のセルA'~D'をセルライブラリに登録してもよい。

【0021】

次に、ステップS110~S116では、マスクのパターンを作成する。

【0022】

まず、ステップS110では、コンピュータの処理部が、論理回路設計に従って、セル

10

20

30

40

50

ライブラリから複数のセルを選択して、マスクのデータ上に並べて配置する。マスク全面のパターンは、1つの半導体チップの領域に相当するパターンが一つまたは複数含まれている。1つの半導体チップの領域のパターンは、機能ブロックをひと固まりにしたブロックセルや、データの入出力を示すI/O部、論理素子単位のスタンダードセル等を含む、回路パターン群の組合せで構成されている。本実施形態では説明を簡単にするために、セルライブラリからセルA' ~ D'を選択して、マスクのデータ上に並べて配置する例を説明するが、実際のロジック回路におけるセルの配置ははるかに大規模で多数のセルが配置される。配置されるセルとして、セルA' ~ D'の他に、セルの占有領域内にのみ補助パターンを含むセルや、補助パターンを含まないセルなど、他のセルがあってもよい。図5は、セルA' ~ D'を占有領域12が接するように配置した状態を表わしている。セルA' ~ D'は、それぞれの占有領域12が重ならないように配置されている。セルA'とセルC'について、セルA' (第1セル)の占有領域外であって占有領域より下側に作成された補助パターンが、セルC' (第2セル)の占有領域に在るように、セルA'とセルC'が並べて配置されている。セルA'とセルB'、セルB'とセルD'についても同様である。なお、本実施形態では複数のセルを隙間なく隣接して配置しているが、複数のセル間に隙間がある場合もあり得る。

【0023】

次に、ステップS112では、コンピュータの処理部が、隣接して配置されるセルA' ~ D'から補助パターンの一部のパターン要素を削除する。図5の配置状態では、例えば、セルA'の占有領域外にある補助パターンであって、セルC'の解像すべき主パターンに近すぎる補助パターン要素18がセルC'の占有領域内に存在している。セルA'の占有領域外にある補助パターンが、セルC'の主パターンに近すぎると、セルC'の主パターンの解像性能に悪影響を及ぼし、所望の像を得られない場合がある。なぜなら、セルA'の補助パターンはセルC'の主パターンに対する補助パターンではないからである。そこで、並べて配置される第1セル及び第2セルのうち、第1セルの占有領域外にある補助パターンのパターン要素と第2セルの主パターンのパターン要素とが近接する又は一部重なる部分において、第1セルの補助パターンのパターン要素を除去する。本実施形態では、主パターン要素の中心座標と補助パターン要素の中心座標と間の距離が縦方向に100nm以内であって、かつ、横方向に100nm以内である補助パターン要素を除去対象であると判定した。この判定は、スタンダードセルに補助パターン要素を配置したときのルールと同じ判定を用いた。図5に、除去対象である補助パターン要素18を示す。これらの補助パターン要素18を除去した状態を図6に示す。

【0024】

次に、互いに近すぎる補助パターン要素の一方を除去する。図6の状態では、例えば、セルA'の占有領域外にある補助パターン要素が、セルC'の占有領域内の補助パターン要素に重なっている部分20が存在している。セルA'の占有領域外にある補助パターン要素が、セルC'の補助パターン要素に近接したり重なっていたりすると、補助パターン要素が解像してしまう可能性がある。そこで、並べて配置される第1セル及び第2セルのうち、第1セルの占有領域外にある補助パターン要素と第2セルの補助パターン要素とが近接する又は一部重なる部分において、第1セルの補助パターン要素又は第2セルの補助パターン要素の一方を除去する。本実施形態では、複数の補助パターン要素の中心座標間の距離が縦方向に100nm以内であって、かつ、横方向に100nm以内である補助パターン要素を除去対象であると判定した。図6に、除去対象である複数の補助パターン要素20 (点線枠内)を示す。なお、一方のセルの占有領域内にある補助パターン要素と他方のセルの占有領域内にある補助パターン要素とが近接する又は一部重なる部分も、同様に、一方の補助パターン要素を除去対象とした。本実施形態では、複数の補助パターン要素20のうち主パターンに近い方の補助パターン要素を除去した。なお、3つの補助パターン要素のうち2つが除去対象である場合には、3つの補助パターンの重心位置に一番近い補助パターン要素以外を除去してもよい。このように補助パターン要素を除去した状態を図7に示す。

10

20

30

40

50

【0025】

次に、ステップS114では、コンピュータの処理部が、図7のパターンに対してOPCを行って、OPC後のパターンをマスクのパターンとして決定する。図8に、OPCを施した結果を示す。本実施形態では、OPCにおいて、主パターンの辺の位置と長さを補正しているが、補助パターンの位置も大きさも変更していない。

【0026】

図8において、主パターン10に重ねて示されている円状の図形22は、主パターンの像の輪郭である。ここで、リソマージン（解像性能）の一つの指標である焦点深度を調べる。デフォーカス量を変えて主パターンの像の幅を調べたところ、全ての主パターン要素の像の幅が $100 \pm 10 \text{ nm}$ に入る共通焦点深度は 165 nm だった。また、補助パターンの解像はなかった。

10

【0027】

（実施形態2）

次に、図1のステップS112において、補助パターンの一部を除去する別の例を示す。図6の状態になるまでは、実施形態1と同様である。本実施形態では、複数の補助パターン要素が近接又は重なっている部分20について、一方の補助パターン要素を除去し、残った方の補助パターン要素を、除去された補助パターンとの中間位置に移動する。3つの補助パターン要素のうち2つが除去対象である場合、最も近い2つの補助パターン要素に着目して1つを削除し、残りの1つを2つの補助パターン要素の中間位置に移動する。この作業後に残った複数の補助パターン要素が近接又は重なっている場合は、同様の方法で除去と移動を繰り返す。このように処理した後のパターンの状態を図9に示す。なお、残った補助パターン要素の移動と、除去対象である複数の補助パターン要素を全て除去し、それらの中間位置等に新たな補助パターン要素を配置することは、結果が同じであるため、同じ意味とする。

20

【0028】

次に、ステップS114で、図9で表わされるパターンに対してOPCを行う。図10にOPC後のパターンを示す。本実施形態2のOPCの方法は実施形態1と同じである。デフォーカス量を変えて主パターンの像の幅を調べたところ、全ての主パターン要素の像の幅が $100 \pm 10 \text{ nm}$ に入る共通焦点深度は 165 nm だった。また、補助パターンの解像はなかった。実施形態2も実施形態1と同様の効果であることが分かる。

30

【0029】

なお、実施形態1において、補助パターンの配置を許容する許容領域14を広げると、補助パターンの効果は大きくなり、リソグラフィマージンは増える傾向にある。しかし、セルの占有領域に対して遠く離れた補助パターン要素はその効果が少なくなる。また、複数のセルをマスクのパターンとして並べて配置した後に除去すべき補助パターン要素の数が増えてしまい、補助パターン要素の除去のための計算量が増えてしまう。従って、許容領域14は広ければ広いほど良いというものではなく、望ましい広さというものが存在する。本実施形態では許容領域14はセルの占有領域12を四方に 150 nm 広げた領域とした。距離Dに関して、露光波長と投影光学系の開口数（NA）で規格化した値を $k_1 = D \times \text{NA} /$ で表わすと、この 150 nm は、 $k_1 = 150 / 193 \times 0.85 = 0.66$ となる。セルの占有領域12の外側のどこまでに配置された補助パターン要素が効果的かは、主パターンの配置や有効光源分布、投影光学系のNA、露光波長などに依存するが、 k_1 が1.5を超える距離にある補助パターン要素の効果はかなり薄れる。従って、許容領域14の外周は、セルの占有領域12の外周から k_1 で1.5以下の距離にあることが望ましい。

40

【0030】

実施形態1において、許容領域14はセルの占有領域12を四方に広げた領域としているが、これに限られない。例えば、図11に示すように、許容領域30の外周（点線）を、複数の主パターン要素のそれぞれの位置から一定の距離だけ離して設定することもできる。図11では、セルの占有領域12の外側であって、占有領域12の外周に垂直な方向

50

において、各主パターン要素 10 からの距離が 280 nm 以内の領域を許容領域 30 とした。図 11 には、そのように設定された領域 30 内に補助パターンを配置した各セル A2 ~ D2 を示す。

【0031】

実施形態 1 においては、ある補助パターン要素の中心座標と、主パターン要素又は他の補助パターン要素の中心座標との縦方向の距離と横方向の距離が共に 100 nm 以下の場合を、除去対象の補助パターン要素であると判定した。しかし、この判定方法はこれに限られない。判定に用いる指標としては、複数のパターン要素（主パターン要素又は補助パターン要素）の中心間距離であっても構わないし、複数のパターン要素（主パターン要素又は補助パターン要素）のエッジ間距離であっても構わない。また、閾値は 100 nm に限らず、別の値であっても構わないし、主パターン要素と補助パターン要素の距離の閾値と、複数の補助パターン要素同士の距離の閾値とが異なっても構わない。また、実施形態 1 では、判定において、セルに補助パターンを配置するときのルールで判定したが、別のルールに従っても構わない。例えば、セルに補助パターンを配置するときに補助パターン要素と主パターン要素との距離の閾値を 100 nm に設定したとする。しかし、実際にセルに配置された補助パターンのうち、主パターンからの距離が最も小さいものが 130 nm だったとする。この場合、複数のセルをマスクのパターンとして並べて配置した後の補助パターン要素と主パターン要素との距離の閾値を 100 nm より大きく 130 nm 以下の値に設定することが考えられる。なぜならば、セルに補助パターンを配置するときに、主パターン要素から 100 nm の距離の位置は補助パターン要素を配置するのに適さなかった可能性があるからである。

【0032】

実施形態 1 においては、補助パターン要素と主パターン要素との距離、又は、複数の補助パターン要素間の距離を解析する必要があるが、全ての補助パターン要素について距離を求めても構わないし、セルの占有領域の境界近傍に限って求めても構わない。また、セルの占有領域の境界近傍にあって、複数のセルを並べて配置した後に他の主パターン要素や補助パターン要素に近づきすぎる可能性のある補助パターン要素に、識別子を付加しておく。そして、複数のセルを並べて配置した後に、識別子付きの補助パターン要素に対してのみ、他のパターン要素（主パターン要素又は補助パターン要素）との距離を求めても構わない。このように、距離を求める対象を限定することにより、計算量を減らすことが可能となる。

【0033】

（比較例 1）

比較例として、補助パターンを配置しない場合を考える。図 2 に示す、補助パターンが配置されていない複数のスタンダードセル A ~ D をそのままマスクのパターンとして並べて配置し、主パターンに OPC を行う。その結果を図 12 に示す。円状の 22 で示されているのはパターンの像の輪郭である。デフォーカス量を変えて主パターン要素の像の幅を調べたところ、全ての主パターン要素の像の幅が 100 ± 10 nm に入る共通焦点深度は 146 nm だった。実施形態 1 での共通焦点深度は 165 nm であるから、実施形態 1 の作成方法でマスクのパターンを作成した方が、焦点深度（リソマージン）が拡大されることが分かる。

【0034】

（比較例 2）

次の比較例として、複数のセルをマスクのパターンとして並べて配置した後に、初めて補助パターンを配置する場合を考える。図 2 に示す、補助パターンが配置されていない複数のセル A ~ D をそのままマスクのパターンとして並べて配置し、その状態で補助パターンを配置する。本比較例でも、2次元相互透過係数を用いて近似空中像を計算し、近似空中像に基づいて補助パターンを配置する。補助パターンを配置した後、主パターンに OPC を行う。OPC 方法も実施形態 1 と同じ方法を用いる。その結果得られたマスクパターンと、マスクパターンの像の輪郭を図 13 に示す。デフォーカス量を変えて主パターン要

素の像の幅を調べたところ、全ての主パターン要素の像の幅が $100 \pm 10 \text{ nm}$ に入る共通焦点深度は 161 nm だった。実施形態 1 とほぼ同等か少し効果は落ちる。ただし、実際の半導体デバイスではチップの面積は数 mm 四方ある一方、1 つの近似空中像マップを用いて補助パターンを配置することができる領域は数 μm 四方である。従って、比較例 2 の方法では、近似空中像の計算が百万回オーダーで必要となる。一方、実施形態 1 の作成方法によれば、各スタンダードセルに対して 1 回だけ補助パターンの配置を計算するだけでよく、スタンダードセルライブラリは数百種類程度のスタンダードセルから成っているため、比較例 2 よりも計算量の大幅な削減ができる。

【0035】

(比較例 3)

次の比較例として、占有領域 12 外に補助パターンを含むセルを並べて配置したパターンをマスクのパターンとして決定した場合を考える。まず、図 3 に示す、セルの主パターンの占有領域 12 の外側に補助パターンが配置されたセル A' ~ D' をマスクのパターンとして並べて配置する。そして、補助パターンを削除せずに、そのまま、マスクのパターンとして決定する。その状態を表わすのが図 5 である。次に、主パターンに OPC を行う。その結果得られたマスクパターンと、マスクパターンの像の輪郭を図 14 に示す。図 14 に、24 で示した 3 つの輪郭は、近くに補助パターン要素があるため円形形状から大きく外れてしまっている。また、26 で示した部分では、補助パターン同士が近づきすぎて、補助パターンが解像してしまっている。このため、このマスクパターンは実際に使うには不適切である。

【0036】

(比較例 4)

次の比較例として、セルの占有領域 12 の外周近傍、および、占有領域 12 の外側には補助パターンを配置しない場合を考える。まず、図 15 に示すように、各セルの占有領域 12 の外周から 50 nm 以上内側の領域 28 を設定する。そして、領域 28 内において、補助パターン要素の中心座標が領域 28 に含まれる補助パターン要素だけを配置する。図 15 に、領域 28 内にのみ補助パターンを配置した各セル A1 ~ D1 を示す。次に、セル A1 ~ D1 をマスクのパターンとして隣接させて並ぶように配置する。本比較例では、マスクのパターンとして複数のセルがどのように配置されようとも、補助パターン要素が主パターン要素に近すぎたり、補助パターン要素同士が近すぎたりすることはない。次に、これらのセル A1 ~ D1 の主パターンに OPC を行う。その結果得られたマスクパターンと、マスクパターンの像の輪郭を図 16 に示す。デフォーカス量を変えて主パターン要素の像の幅を調べたところ、全ての主パターン要素の像の幅が $100 \pm 10 \text{ nm}$ に入る共通焦点深度は 151 nm だった。実施形態 1 の作成方法でマスクのパターンを作成した方が、焦点深度 (リソマージン) が拡大されることが分かる。

【0037】

以上のように、実施形態 1、2 では、セルの占有領域 12 内だけに限らず、占有領域 12 の外側にまで補助パターンを配置して、複数のセルをマスクのパターンとして並べて配置した状態で他のパターン要素 (主パターン要素又は補助パターン要素) に近接する又は重なる補助パターンを除去している。したがって、実施形態 1、2 によれば、解像性能の良いマスクのパターンを作成することができる。

【0038】

(実施形態 3)

上述の実施形態で作成されたマスクパターンのデータは、マスク製造装置 (描画装置) に入力されるデータの形式に合わせてデータ変換され、そのデータがマスク製造装置に入力される。そして、マスク製造装置は、その入力データに基づき、マスクブランクスにパターンを描画してマスクを製造する。

【0039】

製造されたマスクは露光装置に搬入される。露光装置は、設定された露光条件 (有効光源分布、露光量、ステージ移動速度など) で、製造されたマスクを照明して、基板上の感

10

20

30

40

50

光剤（レジスト）にマスクのパターンの像を投影して感光剤を露光する。

【 0 0 4 0 】

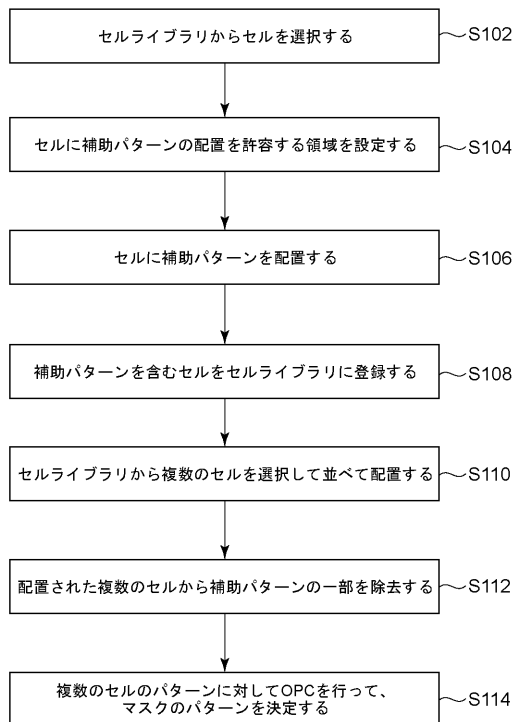
次に、露光装置を利用したデバイス（半導体ＩＣ素子、液晶表示素子等）の製造方法を説明する。デバイスは、前述の露光装置を使用して、感光剤が塗布された基板（ウェハ、ガラス基板等）を露光する工程と、その基板（感光剤）を現像する工程と、他の周知の工程と、を経ることにより製造される。他の周知の工程には、エッチング、レジスト剥離、ダイシング、ボンディング、パッケージング等が含まれる。本デバイス製造方法によれば、従来よりも高品位のデバイスを製造することができる。

【 0 0 4 1 】

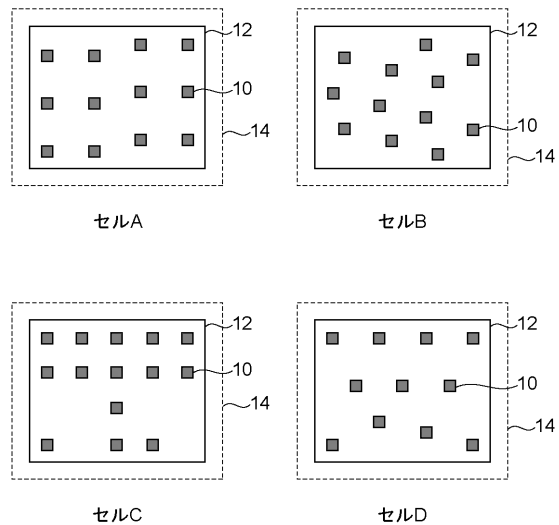
また、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明は以上の実施形態に限定されないことは言うまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。例えば、実施形態１において、Ｓ１０８で、補助パターンを含むセルＡ'～Ｄ'をセルライブラリに登録したが、このステップは無くても構わない。Ｓ１０８が無い場合、Ｓ１０６の次にＳ１１０を行って、Ｓ１０６で作成した補助パターンを含むセルＡ'～Ｄ'をマスクのパターンとして並べて配置する。また、主パターンの占有領域外に補助パターンがあるセルを、他のセルに隣接して配置する場合に、予め、他のセルに近接する又は重なる部分について、占有領域外にある補助パターンを除去してもよい。なお、Ｓ１０２～Ｓ１０８を実行するコンピュータやアプリケーションは、Ｓ１１０とＳ１１４を実行するコンピュータやアプリケーションと異なっても構わない。

10

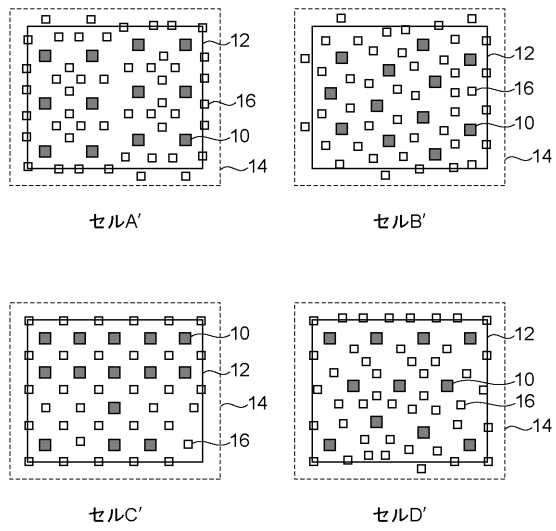
【図１】



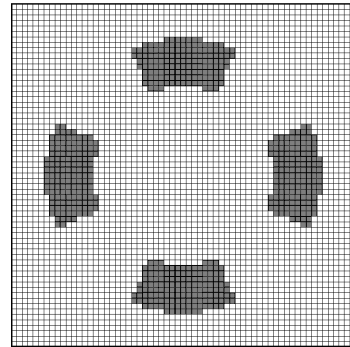
【図２】



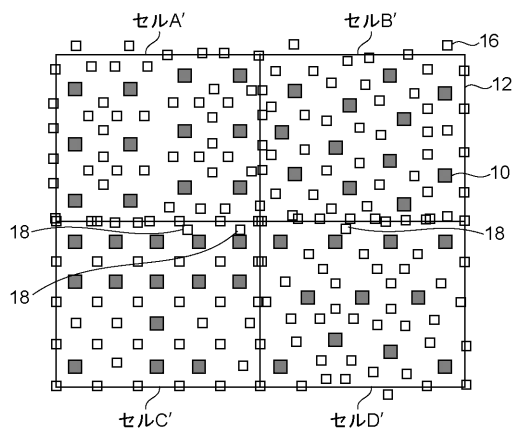
【図 3】



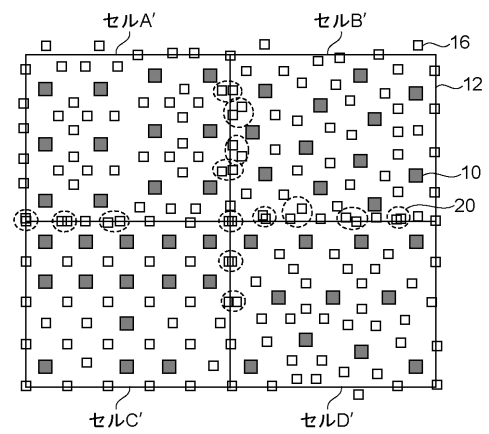
【図 4】



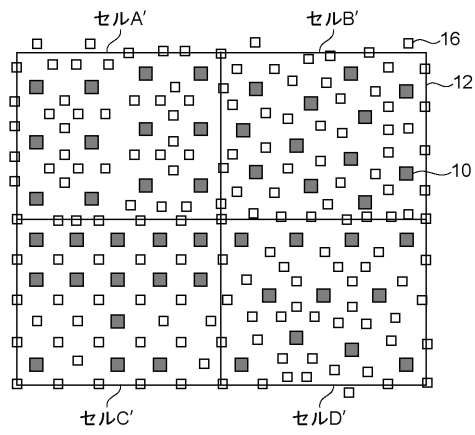
【図 5】



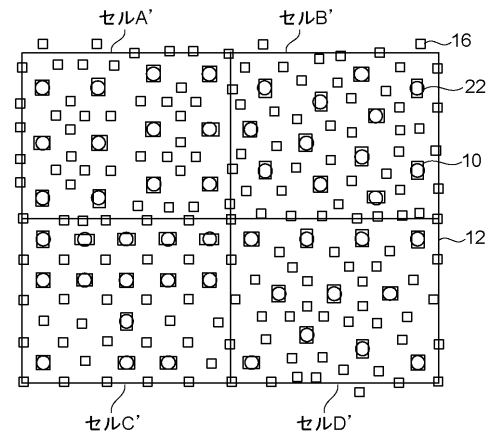
【図 6】



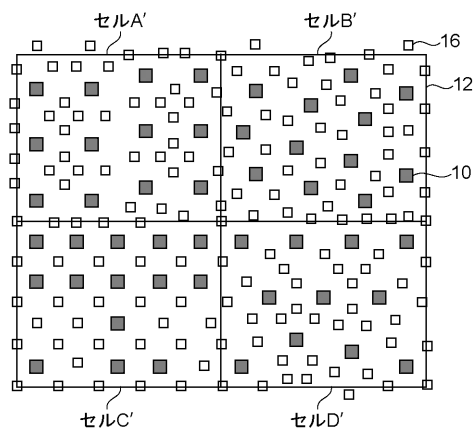
【図 7】



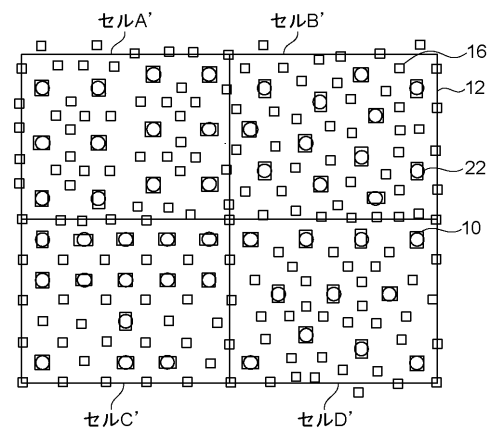
【図 8】



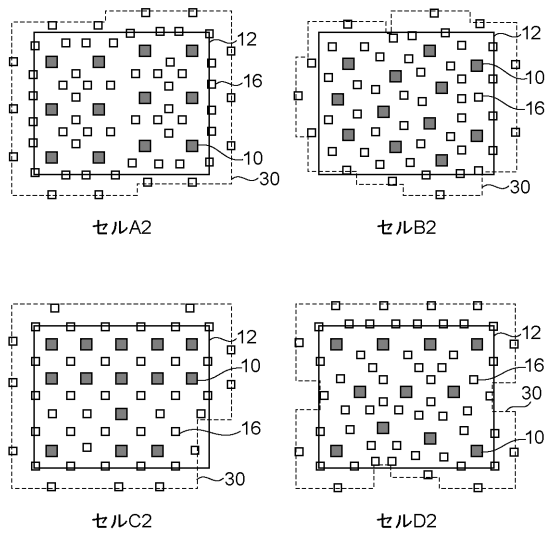
【図 9】



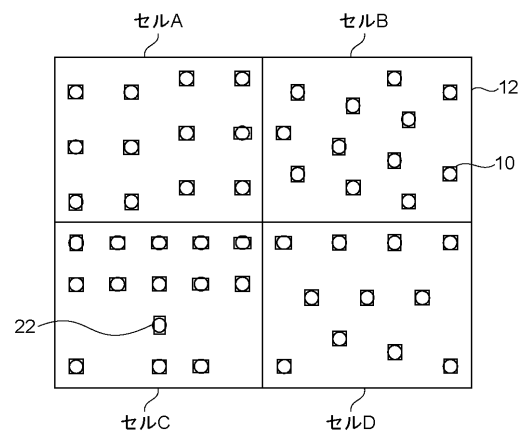
【図 10】



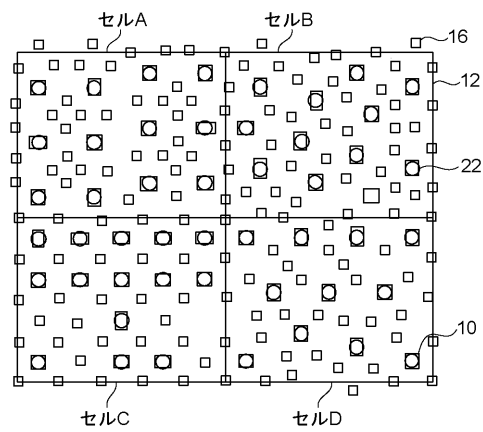
【図 1 1】



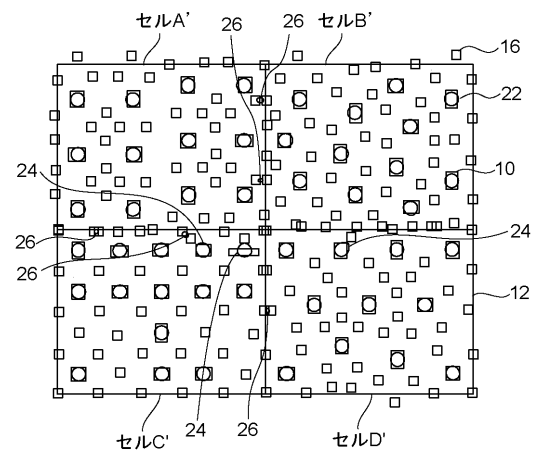
【図 1 2】



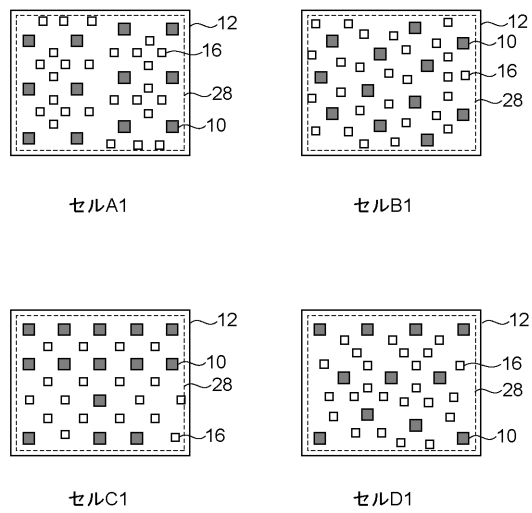
【図 1 3】



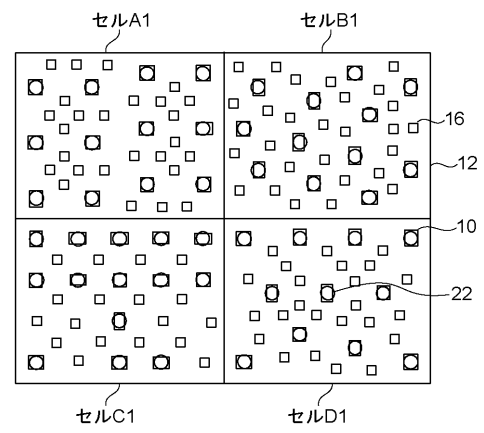
【図 1 4】



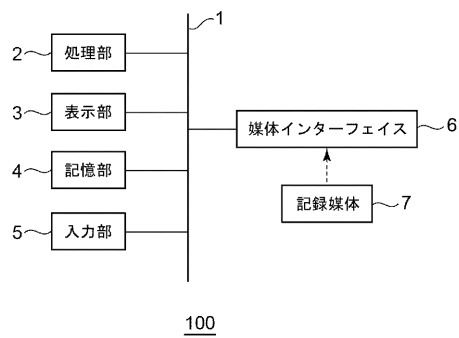
【図 15】



【図 16】



【図 17】



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 植木 隆和

(56)参考文献 特開2007-057849(JP,A)
特開2003-324149(JP,A)
特開2008-276179(JP,A)
特開2004-294664(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/027
G03F 7/20
G03F 1/00~1/86