

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6108693号  
(P6108693)

(45) 発行日 平成29年4月5日(2017.4.5)

(24) 登録日 平成29年3月17日(2017.3.17)

(51) Int.Cl. F 1  
G03F 1/36 (2012.01) G03F 1/36

請求項の数 11 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2012-131117 (P2012-131117)	(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24年6月8日(2012.6.8)	(74) 代理人	100126240 弁理士 阿部 琢磨
(65) 公開番号	特開2013-254165 (P2013-254165A)	(74) 代理人	100124442 弁理士 黒岩 創吾
(43) 公開日	平成25年12月19日(2013.12.19)	(72) 発明者	三上 晃司 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27年6月8日(2015.6.8)	(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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パターン作成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

マスクのパターンを作成する際に用いるセルのライブラリのセルのパターンをコンピュータを用いて作成するパターン作成方法であって、

複数種類の前記セルのパターンのデータを取得する取得工程と、

前記セルのパターンが照明され基板に前記セルのパターンの像が投影されて前記基板が露光されるとき露光条件のパラメータ値と、前記セルのパターンのパラメータ値と、を設定する設定工程と、

設定された前記露光条件のパラメータ値と前記セルのパターンのパラメータ値とを用いて、光学計算用の1つの計算領域において、該取得した前記複数種類のセル同士が光学的な近接効果を及ぼさない距離に離して前記複数種類のセルを並べて配置して、当該設定された露光条件における前記複数種類のセルのパターンの光学像を前記計算領域で計算して、計算された前記複数種類のセルのパターンの光学像の評価値を求める計算工程と、

設定した前記露光条件のパラメータ値と、前記セルのパターンのパラメータ値と、を変更する変更工程と、

変更後のパラメータ値を用いて前記光学像を計算して、計算された前記光学像の前記評価値を求める前記計算工程と、前記変更工程と、を繰り返す工程と、

前記繰り返し工程において求められた前記評価値のうち所定の評価基準を満たす場合の前記セルのパターンのパラメータ値をもつパターンを、前記マスクのパターンを作成するための複数種類のセルのパターンとして決定する決定工程と、

10

20

決定された前記複数種類のセルのパターンをセルのライブラリに記憶する記憶工程と、を有することを特徴とするパターン作成方法。

【請求項 2】

前記決定工程において、前記評価値が所定の評価基準を満たす場合の前記露光条件のパラメータ値を決定することを特徴とする請求項 1 に記載のパターン作成方法。

【請求項 3】

前記取得工程において取得される前記セルのパターンは矩形形状のパターン要素を含むパターンであることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のパターン作成方法。

【請求項 4】

前記セルのパターンのパラメータは、前記パターン要素の線幅やシフト量であることを特徴とする請求項 3 に記載のパターン作成方法。

10

【請求項 5】

前記計算工程において、複数の評価指標を用いて前記光学像の評価値を求め、前記決定工程において、前記複数の評価指標について、前記評価値が所定の評価基準を満たす場合の前記セルのパターンのパラメータ値を決定することを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項に記載のパターン作成方法。

【請求項 6】

それぞれの評価指標について決定された前記セルのパターンのパラメータ値は互いに異なることを特徴とする請求項 5 に記載のパターン作成方法。

【請求項 7】

20

前記計算工程において、前記評価値は、前記複数種類のセルの各セルのパターンの光学像を評価した値を前記複数種類のセルについて合計した値、及び、前記複数種類のセルのパターンの光学像を評価した値のうち最小値または最大値のうち少なくとも 1 つを含むことを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか 1 項に記載のパターン作成方法。

【請求項 8】

前記計算工程において、光学計算用の 1 つの計算領域において、該取得した前記複数種類のセルのうち一部の前記複数種類のセル同士が光学的な近接効果を及ぼさない距離に離して前記一部の複数種類のセルを並べて配置して、当該設定された露光条件における前記一部の複数種類のセルのパターンの光学像を前記 1 つの計算領域で計算し、

30

光学計算用の他の 1 つの計算領域において、該取得した前記複数種類のセルのうち他の一部の前記複数種類のセル同士が光学的な近接効果を及ぼさない距離に離して前記他の一部の複数種類のセルを並べて配置して、当該設定された露光条件における前記他の一部の複数種類のセルのパターンの光学像を前記他の 1 つの計算領域で計算する、ことを特徴とする請求項 1 乃至 7 の何れか 1 項に記載のパターン作成方法。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載のパターン作成方法により作成された複数のセルのパターンを記憶したセルライブラリからセルを選択して、マスクパターンを作成する工程を有することを特徴とするマスクパターンの作成方法。

【請求項 10】

40

コンピュータに請求項 1 乃至 9 の何れか 1 項に記載のパターン作成方法を実行させるプログラム。

【請求項 11】

請求項 1 乃至 9 の何れか 1 項に記載のパターン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】

本発明はパターン作成方法に関する。

【背景技術】

【0002】

50

半導体デバイスの製造工程の露光工程において露光装置が用いられる。露光装置は、光源からの光を用いて照明光学系により、半導体デバイスの回路パターンが形成されたマスク（レチクル）を照明し、マスクのパターンを投影光学系などを介してウエハに転写する。

【0003】

近年、半導体デバイスの更なるパターン微細化が進み、露光工程においては、照明光学系の変形照明やマスクのパターンの光近接効果補正（OPC）などの超解像技術が用いられてきている。

【0004】

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IO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。

10

【0005】

半導体チップ全体のマスクのパターンにOPCを施す際に、パターンの補正データ量が膨大なため、処理時間に数日費やす事がある。そのため、マスクパターン全体にOPCを施す前段階として、スタンダードセルにOPCを施す（以下、セルOPC）技術が研究されてきている。

【0006】

スタンダードセルにOPCを適用しようとした例の一つとして、ひとつのセルを抽出してOPCをかけ、できたセルをライブラリに登録するという動作を、セル毎に繰り返す技術が提案されている（特許文献1参照）。

20

【0007】

また、マスクパターンを、セルOPCを適用するパターンと、半導体チップの全面パターンでOPCを適用する（以下、チップレベルOPC）パターンに分類することが開示されている（特許文献2参照）。特許文献2には、セルOPC用パターンにOPCを行い、OPCが施されたセルをセルライブラリに登録することが開示されている。また、セルライブラリから選択したセルを配置して半導体チップのパターンを作成した後に、チップレベルOPC適用パターンにOPCを施してマスクパターンを作成する技術が開示されている。

30

【0008】

他方、パターンの微細化対応で、従来の2次元レイアウト（縦横方向に延びる）パターンでは所望のパターンをウエハ上に忠実に転写することが困難となってきた。そこで、製造工程で加工しやすいようなDfM（Design for Manufacturability）と呼ばれる設計側の改良技術を用い、後工程で発覚するホットスポットの出現を抑制しようという動きも進められている。

【0009】

ロジックデバイス向けに、1D-GDR（Gridded Design Rule）（1次元レイアウト）技術と呼ばれる、設計パターンにピッチ制約を加えたパターンの作製方法が検討されてきた（非特許文献1参照）。1D-GDR技術では、ウエハ上に予め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複数のパターン要素を露光する。そうすることで、単一ピッチのL/Sパターンをパターン要素で切断したり、スペースを埋めたりして、デバイスを作製する。1D-GDR技術は、従来利用されていたような2次元レイアウトのパターンのように自由度が高いパターンに比べて、露光余裕度が大きいだけでなく、セルの面積を縮小する事も可能である事が示されている。

40

【0010】

また、1D-GDRの実証例として、20nmNode以下のデバイスが形成可能である事が示されている（非特許文献2参照）。

50

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0011】

【特許文献1】特許第3073156号

【特許文献2】特許第3827659号

## 【非特許文献】

## 【0012】

【非特許文献1】Michael C. Smayling et al., "Low k1 Logic Design using Gridded Design Rules" Proc. of SPIE Vol. 6925 (2008)

10

【非特許文献2】Michael C. Smayling et al., "Sub-20nm Logic Lithography Optimization with Simple OPC and Multiple Pitch Division" Proc. Of SPIE Vol. 8327 (2012)

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0013】

特許文献1、2に記載の発明では、セルにOPCを施す際に、露光装置の露光条件を調整しながら計算をしていない。露光条件を固定してセルOPCを行うと、露光条件が適切でない場合に所望の像性能が得られない事がある。その場合に、セルOPCが施されたセルを配置してマスクパターンを設計してチップレベルOPCを施す際に適切な露光条件になるように露光条件を調整しながらマスクパターンを補正すると、パターンの線幅や位置の補正量や補正箇所が増大し、計算量が多くなる。そのため、計算時間が長くなってしまふという問題があった。

20

## 【0014】

また、特許文献1のようにセル毎にセルOPCの適用を繰り返すとすべてのセルについて計算するためには計算時間が長くなってしまふ。

## 【0015】

また、セルのパターンを、非特許文献1、2に記載の1次元レイアウトに用いられるカットパターンなどで設計することもできる。ただし、このパターンに特許文献1、2に記載のセルOPCを施す場合にも同様の問題が生じうる。

30

## 【0016】

そこで、本発明は、このような従来技術の課題に鑑みてなされ、セルを配置してより短い時間でマスクのパターンを作成するためのセルのパターンの作成方法を提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0017】

本発明の一側面としてのパターン作成方法は、マスクのパターンを作成する際に用いるセルのライブラリのセルのパターンをコンピュータを用いて作成するパターン作成方法であって、複数種類の前記セルのパターンのデータを取得する取得工程と、前記セルのパターンが照明され基板に前記セルのパターンの像が投影されて前記基板が露光されるとき露光条件のパラメータ値と、前記セルのパターンのパラメータ値と、を設定する設定工程と、設定された前記露光条件のパラメータ値と前記セルのパターンのパラメータ値とを用いて、光学計算用の1つの計算領域において、該取得した前記複数種類のセル同士が光学的な近接効果を及ぼさない距離に離して前記複数種類のセルを並べて配置して、当該設定された露光条件における前記複数種類のセルのパターンの光学像を前記計算領域で計算して、計算された前記複数種類のセルのパターンの光学像の評価値を求める計算工程と、設定した前記露光条件のパラメータ値と、前記セルのパターンのパラメータ値と、を変更する変更工程と、変更後のパラメータ値を用いて前記光学像を計算して、計算された前記光学像の前記評価値を求める前記計算工程と、前記変更工程と、を繰り返す工程と、前記繰

40

50

り返し工程において求められた前記評価値のうち所定の評価基準を満たす場合の前記セルの 패턴のパラメータ値をもつパターンを、前記マスクの图案を作成するための複数種類のセルの图案として決定する決定工程と、決定された前記複数種類のセルの图案をセルのライブラリに記憶する記憶工程と、を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、セルを配置してより短い時間でマスクの图案を作成するためのセルの图案の作成方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

10

【図1】セルの图案の作成方法のフローチャートの図である。

【図2】セルの图案の一例を示す図である。

【図3】マスクの图案の作成方法のフローチャートの図である。

【図4】セルの图案の種類を示す図である。

【図5】複数のセルの配置と計算領域を示す図である。

【図6】パターン要素のパラメータを説明するための図である。

【図7】有効光源分布のパラメータを説明するための図である。

【図8】複数セルの图案の最適化結果を示す図である。

【図9】セルを隣接配置したテストチップ上のレイアウトの図である。

【図10】本発明の実施例におけるテストチップのMetalレイヤーでOPCを行った際のマスク图案を示す図である。

20

【図11】本発明の実施例と比較例1との計算結果を表す図である。

【図12】本発明の実施例と比較例2との計算結果を表す図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

本発明は、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などの撮像素子等の各種デバイスの製造やマイクロメカニクスで用いられるマスク(原版)の图案のデータを生成するために適用することができる。

【0021】

本実施形態におけるセルの图案の作成方法を説明する。図1は本実施形態におけるセルの图案の作成方法のフローチャートである。かかる作成方法は、コンピュータなどの情報処理装置によって実行される。

30

【0022】

本実施形態では、論理素子を表すスタンダードセルを配置することによりセルの图案を作成する。本実施形態の作成方法は、例えば図1に示す各ステップを実行可能なプログラムをネットワーク又は記録媒体を介して情報処理装置(コンピュータ)に供給し、情報処理装置がメモリなどの記憶媒体に記憶されたプログラムを読みだして実行することで実現される。

【0023】

まず、コンピュータは、複数のセルの图案のデータを取得する(S101)。コンピュータのメモリに記憶されているセルライブラリ10(不図示)の複数のセルから選択することによってデータを取得してもよいし、ユーザーによって入力された複数のセルを読み込むことでデータを取得してもよい。像性能がクリティカルなセル(解像不良を起こす可能性が高いセル)を選択してもよいし、マスク上に配置する可能性のあるすべてのセルを選択してもよい。データは、例えば、セルの設計値のGDSIIデータである。図2は、1次元レイアウト技術に用いられるホールパターンやカットパターンであって、矩形状の複数のパターン要素を含む图案の図である。

40

【0024】

セルライブラリ10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

50

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。

【0025】

次に、S101で選択した複数のセル同士の間にも光学的な近接効果が及ばない程十分離して、計算領域内に配置する(S102)。選択しているセルの数が多く、1つの計算領域に入らない場合には、複数の計算領域にセルを配置し、それぞれの計算領域を別々のコンピュータで以降の計算処理を行っても良いし、1つのコンピュータで時系列で順番に計算してもよい。つまり、選択された複数のセルを第1のセル群と第2のセル群等に分けて、各群を独立させて計算してもよい。

10

【0026】

次に、複数のセルのパターンのパラメータと露光条件のパラメータの初期値を設定する(S103)。セルのパターンのパラメータは、パターンの線幅やシフト量などである。露光条件は、マスクを照明してウエハ(基板)にマスクのパターンの像を投影してウエハを露光するときの条件である。露光条件のパラメータは、露光装置の照明光学系の瞳面における光強度分布(有効光源分布)の形状や、投影光学系のNA、収差、露光波長などである。

【0027】

次に、設定した初期値のセルのパターンがマスクにあるとして、初期値の露光条件でマスクを照明して基板を露光した場合の、複数のセルのパターンの像を計算する(S104)。次に、計算された像を所定の評価指標(後述)を用いて評価して評価値を求める(S105)。そして、像の計算(S104)および評価値の計算(S105)が規定回数に達しているかどうかを判定する(S106)。像の計算(S104)および評価値の計算(S105)が規定回数に達していない場合には、複数のセルのパターンのパラメータ値と露光条件のパラメータ値を変更する(S107)。そして、変更されたパラメータ値を用いて像の計算(S104)および評価値の計算(S105)を行う。これらの計算を規定回数に達するまでパラメータ値を繰り返し変更して行い、複数の評価値を求める。

20

【0028】

像の計算(S104)および評価値の計算(S105)が規定回数に達したら、複数の評価値のなかから、評価値が所定の評価基準を満たす場合のセルのパターンのパラメータ値を決定する(S108)。また、評価値が所定の評価基準を満たす場合の露光条件のパラメータ値を決定する(S109)。評価基準としては、最良値(最大値または最小値)としたり、予め定められた許容値としてもよい。

30

【0029】

次に、S108で決定された複数のセルのパターンのそれぞれに付加するセルの情報を作成される(S110)。そして、OPC済みのセルとして、セルライブラリ10とは別のセルライブラリ20に記憶され、マスクパターン設計に利用可能な論理素子の情報として管理される(S111)。

【0030】

なお、S106において、像の計算および評価値の計算を規定回数に達するまでパラメータ値を繰り返し変更して行った。ただし、評価値の計算(S105)の後、毎回、評価値が許容値(評価基準)を満たすかどうかを判断することにより、評価値が許容値を満たす場合にパラメータ値の決定を行ってもよい。

40

【0031】

次に、本実施形態におけるマスクのパターンの作成方法を説明する。図3は本実施形態におけるマスクのパターンの作成方法のフローチャートである。かかる作成方法は、コンピュータなどの情報処理装置によって実行される。

【0032】

S301では、ASIC等の設計仕様にもとづき論理回路設計を行い、論理素子を組み合わせ回路設計データを作成する。一般にはNetlistというフォーマットで情報

50

が記録されていて、論理回路を組み込む箇所が記されている。S302では、S301で作成された論理素子に相当するセルをセルライブラリ20から選択する。そして、選択したセルを配置配線ツールに入力する事によりセルの配置、配線を行う(S303)。例えば、Synopsys社のIC CompilerやMentor社のOlympus-Socなど配置配線ツールを用いてセルの配置、配線を決定する。なお、一般的なマスクパターンの作成では、OPCを施していない設計値のセルで構成されるセルライブラリ10を用いる事が多く、像性能がクリティカルでないセルに関してはセルライブラリ10から選択しても構わない。

#### 【0033】

次に、マスクのレイヤー毎にパターンを抽出する(S304)。例えば、配置されたすべてのセルについて、ひとつのレイヤーパターンを抜き出してつなぎ合わせる事により、チップ全面のパターンファイルができる。一般にこれをFlatten処理と言っている。レイヤー毎に繰り返す事により、露光工程ごとにチップ全面のマスクパターン情報ができる。次に、露光条件のパラメータ値を設定する(S305)。露光条件のパラメータ値は、セルOPCの際に、S109で決定した露光条件のパラメータ値と同一の値や、近傍の値を設定する。

#### 【0034】

次に、レイヤー毎に抽出されたパターンのパラメータ値を設定する(S306)。次に、S306で設定したパターンがマスクに配置された場合に、S305で設定した露光条件でマスクを照明して、ウエハ上にマスクのパターンの像を投影したときの、マスクのパターンの像を計算し、像を評価する(S307)。像の評価値が所定の評価基準(許容値)を満たしているかどうかを判定する(S308)。像の評価値が評価基準を満たさない場合はS306に戻り、パターンのパラメータ値を変更して設定しなおし、像の計算および評価を行う。S306~S308では、マスクのパターンの像が所望の結像パターン寸法に近づくように、マスクパターンの調整(OPC)が行われる。像の評価値が評価基準を満たす場合には、その場合のマスクのパターンを決定する(S309)。なお、チップ全面のOPC(S305~S309)は、例えばMentor社のCalibreやBrion社のTachyon等でおこなっても構わない。

#### 【0035】

パターンが決定されれば、マスクパターンの描画に必要なデータフォーマットの変換を行い、一般に電子ビーム描画等によりマスクが作成される(S310)。マスクのレイヤー毎にS305~S310を繰り返し処理することにより、半導体デバイスのクリティカル工程のマスクパターンの作成を行う。

#### 【0036】

本実施形態によれば、複数のセルをまとめたセル群ごとに露光条件およびセルのパターンのパラメータを用いて光学像を計算して像性能を最良にしているため、1つのセル毎に計算をする場合よりも、より短時間で計算が可能となる。また、本実施形態によれば、所望の像性能を有するマスクのパターンの決定を行う前に、各セルのパターンを、露光条件およびセルのパターンのパラメータを用いて像性能を最良にするように決定している。そのため、マスクのパターンの決定の前に適切な露光条件のもとに計算されたOPC済みのセルのパターンを用いることができ、マスクのパターンの決定に要する計算時間を短縮することができる。

#### 【実施例1】

#### 【0037】

上記実施形態で説明したパターン作成方法を、20nmNodeの1D-GDRのスタンダードセルを用いたメタル工程のマスクパターンの作成に適用した実施例を説明する。

#### 【0038】

1D-GDRのデバイスは、微細なラインアンドスペース(L/S)パターンを形成した後L/Sのスペースの一部分を削除するカットパターンで埋め、全体をエッチングする事でアイソレーションされた溝を形成する。L/Sはセルによらず一律だが、カットパタ

10

20

30

40

50

ーンの数や配置は通常、セル毎に異なる。カットパターン工程のマスクを例にとって説明する。L / Sのラインの一部分を削除する Gate パターン用のカットパターンでも同様である。

【 0 0 3 9 】

露光装置の露光条件は、光源波長 1 9 3 . 3 6 8 nm、投影系開口数 1 . 3 5、液浸屈折率 1 . 4 3 7、レジスト屈折率 1 . 6 8 3 で、タンジェンシャル偏光照明を用いた。マスクはバイナリマスクで各パターン要素が黒（遮光部）で背景が白（透過部）のブライトフィールドとした。

【 0 0 4 0 】

2 0 nm Node の 1 D - G D R は一般に Gate ピッチが 8 4 nm、Metal のピッチが 6 4 nm となっている。したがって X 方向が 8 4 nm、Y 方向が 6 4 nm の L / S をグリッドとするセルとなっている。ここでは、図 4 に示すような、複数のスタンダードセルの設計パターンをセルライブラリ 1 0 から選択した。

【 0 0 4 1 】

各セルの領域（縦の長さ（X）、横の長さ（Y））は nm 単位で以下の様になっている。

A : ( 1 3 5 3、6 4 0 )

B : ( 8 6 1、6 4 0 )

C : ( 3 6 9、6 4 0 )

D : ( 3 6 9、6 4 0 )

E : ( 2 8 7、6 4 0 )

F : ( 1 5 9 9、6 4 0 )

G : ( 1 2 3、6 4 0 )

H : ( 2 0 5、6 4 0 )

I : ( 6 1 5、6 4 0 )

J : ( 2 8 7、6 4 0 )

K : ( 2 8 7、6 4 0 )

L : ( 3 6 9、6 4 0 )

M : ( 3 6 9、6 4 0 )

N : ( 9 4 3、6 4 0 )

O : ( 7 7 9、6 4 0 )

【 0 0 4 2 】

一般に有効光源分布を複数の要素（点光源）に分割する際の分割数が同一の場合に、光学計算の計算領域の一辺の長さは、（波長 / NA）に比例する。しかし、近年、露光装置の波長と NA を変えずにセルのパターンの微細化が進んでいるため、計算領域が変わらずに、より多くのセルを計算領域内に入れられる傾向にある。上記の露光条件では、光学像の計算領域は約 4 . 5  $\mu$ m 角となる。

【 0 0 4 3 】

図 5 に、計算領域と複数のセルの配置の一例を示す。点線で示す枠が光学計算の計算領域で、A ~ O と記載された長方形がそれぞれのセル A ~ O を表している。各セル間のスペースを X Y 方向とも 1  $\mu$ m 離して配置すると、選択した全 1 5 セルを 3 個の計算領域に配置できている。A、F、N、O のセルを含むセル群と、B、C、D、E、I、J のセルを含むセル群と、G、H、K、L、M のセルを含むセル群とがそれぞれ、1 つの計算領域に配置されている。したがって、パターンの光学像計算は、セルひとつずつ繰り返すと 1 5 回計算が必要なのに対し、3 回ですむ。このように、複数のセルをまとめて光学像を計算することで、より短時間で計算が可能となる。

【 0 0 4 4 】

各セルのパターンは、図 6 のパターン要素を複数含むパターンで構成されている。パターン要素（i、j）の線幅の設計値を定数  $L_x(i, j)$ 、 $L_y(i, j)$  とし、パターン要素（i、j）の座標の設計値を定数  $P_x(i, j)$ 、 $P_y(i, j)$  とする。i は図

10

20

30

40

50

4のセルA～Oを表す変数である。jはセル内のパターン要素の番号を示す。

【0045】

各パターン要素の線幅の変化量を  $l_x(i, j)$ 、 $l_y(i, j)$  として、この変数をセルのパターンのパラメータとする。また、各パターン要素の座標のシフト量を  $p_x(i, j)$ 、 $p_y(i, j)$  として、この変数もセルのパターンのパラメータとする。なお、セルのパターンのパラメータは、パターン要素の対向する辺の距離（線幅）、例えば、 $L_x(i, j) + l_x(i, j)$  などとしてもよい。

【0046】

ここで、各パターン要素の線幅の設計値は、  
 $L_x(i, j) = 41 \text{ nm}$  ,  $i, j$   
 $L_y(i, j) = 64 \text{ nm}$  ,  $i, j$   
 とした。

10

【0047】

複数のパターン要素が隣接する場合には、隣接する側のエッジ（境界）位置は固定という制約を用いている。

【0048】

図7に露光条件のパラメータを示す。本実施例では、露光装置の有効光源分布の形状をパラメータ化したものを露光条件のパラメータと定義している。図7の左側の図は、照明光学系の4重極照明の瞳空間を図示したもので、光強度分布（黒表示）は外SOと内SIとの間に挟まれ、 $Int_x$ という表示のPoleの開口角 $A_x$ 、 $Int_y$ という表示のPoleの開口角 $A_y$ で表される。 $Int_x$ と $Int_y$ の光強度は、 $Int_x$ の光強度を1でノーマライズした値で表され、各Poleの光強度は均一な分布であるとしている。

20

【0049】

評価対象のパターンは、像面におけるマスクパターンの空中像を閾値 $I_{th}$ でスライスし、得られた等高線を結んだ図形（以下、光学像）とした。ここでは簡単のため光学像を用いたが、レジスト感光材の感光・現像特性を表すレジストパラメーターや、基板材料のエッチングパラメーター等を用いて、光学像をプロセス近接効果補正した像でもかまわない。

【0050】

露光条件のパラメータおよびセルパターンのパラメータの可変範囲は以下のとおりとした。

30

0.7 SO 0.98  
 0.5 (SO/SI) 0.8  
 20° Ax 90°  
 20° Ay 90°  
 $Int_x = 1$   
 0  $Int_y$  1  
 10  $l_x$  100  
 10  $l_y$  100  
 -5  $p_x$  +5  
 -5  $p_y$  +5

40

【0051】

露光条件として、有効光源分布の形状を変数としたが、これに加えて投影光学系の開口数などを変数としても構わない。なお、閾値 $I_{th}$ は、 $0 < I_{th} < 1$ とした。

【0052】

パターンの像の評価対象は、各パターン要素の線幅誤差のRMSとNILSとした。また、各パターン要素の設計値中心を含むX断面の寸法 $CD_x$ 、および、各パターン要素の設計値中心を含むY断面の寸法 $CD_y$ のEL（露光余裕度）が5%を満たす焦点深度Fも評価対象とした。また、各パターン要素の位置シフト誤差 $RG_x$ 、および、位置シフト誤

50

差 R G y も評価対象とした。パターン要素の線幅誤差、位置シフト誤差が最小化し、N I L S、焦点深度が最大化する方が好ましいため、本実施例では、評価指標（評価関数）Pとして、下記（1）式を用いた。線幅誤差に関しては複数のセルのパターンの像の全評価点の合計の R M S 値と、N I L S、位置シフト誤差、焦点深度に関しては複数のセルのパターンの像の全評価点のうち最悪値（最小値）とを上記評価関数の項とした。

$$P = \text{線幅誤差 R M S} / \text{線幅誤差 R M S 許容値} \\ + \text{N I L S 許容値} / (\text{N I L S 最小値} + 0.001) \\ + \text{位置シフト誤差 R G x、R G y の最小値} / \text{位置シフト誤差許容値} \\ + \text{焦点深度許容値} / (\text{焦点深度 F の最小値} + 0.001) \quad \dots (1)$$

【0053】

なお、線幅誤差 R M S 許容値 = 目標線幅の 1 %

N I L S 許容値 = 1.5

位置シフト誤差許容値 = 5 nm

焦点深度許容値 = 70 nm

とした。

【0054】

まず、選択したセルすべてについてパターンの像を計算し、複数のセルのパターンの像の全評価点について線幅誤差 R M S、N I L S、位置シフト誤差、焦点深度 F を算出する。そして、線幅誤差に関しては複数のセルのパターンの像の全評価点の合計の R M S 値と、N I L S、位置シフト誤差、焦点深度に関しては複数のセルのパターンの像の全評価点のうち最悪値（最小値）とを算出して、上記評価関数の値を求め、評価値とする。評価指標としては、これに限らず、複数のセルの各セルのパターンの像を評価した値を複数のセルについて合計した値や、複数のセルの各セルのパターンの像を評価した値のうち最小値または最大値などを用いて設定することができる。

【0055】

そして、上記評価指標の評価値が最小となるように各パラメータ値を変更して計算し、最適化を行った。本実施例では、露光条件のパラメータは 9 つ、複数のセルのパターンのパラメータが 7 4 5 つのトータル 7 5 4 つのパラメータについて最適化を行った。

【0056】

図 8 に最適化結果のパターンを示している。グレー（ドット）の領域部分がセルの設計値のパターン要素で、パターン要素を囲むように表示された実線の枠線が、セル O P C による最適化後の、補正されたパターン要素の外形を表す。図 8 ( a ) が図 4 に示すセル A、図 8 ( b ) が図 4 に示すセル B の例で、セルの設計値と最適化後の形状で大きく変化している事がわかる。算出した最適化後のセルのパターンを G D S I I のデータ形式でセルライブラリ 2 0 に保存する。元の設計値のセルの情報に、この G D S I I データを追加することにより、セル O P C のライブラリとなる。セル C ~ O も同様である。

【0057】

有効光源分布のパラメータの最適化結果を下記に示す。

S O = 0.85

R a t i o = S I / S O = 0.703

A x = 57°

A y = 61°

I n t y = 0.442

閾値 I t h は、I t h = 0.4086 であった。

【0058】

本実施例では評価指標を 1 つとしたが、これに限らない。例えば、互いに異なる複数の評価指標を設定すれば、セルのパターンや露光条件の最適化結果が変わる。つまり、それぞれの評価指標について決定されたセルのパターンのパラメータ値は互いに異なる。このように各評価指標の設定を用いて決定されたセルのパターンを、各セルライブラリを作成して保存し、用途に合わせて適したセルライブラリを選択しても良い。また、最適化後の

10

20

30

40

50

露光条件のパラメータとセルのパターンのパラメータの組合せを複数組、記憶媒体に保存し、管理してもよい。

【0059】

次に、保存されたOPC済みのセルライブラリに含まれる各セルを用いて、マスクパターンを作成する方法を説明する。図9は、セルライブラリからOPC済みのセルを選択して、セルのパターンを隣接配置した後のパターンを示す。簡単のため、セルA～Oに含まれる任意のスタンダードセルを5×5に隣接配置し、合計25個分のセルでテストチップを形成した。上下の隣接セルはMetalの1グリッドピッチ分だけ離れて接合している。

【0060】

露光条件として、光源波長193.368nm、投影系開口数1.35、液浸屈折率1.437、レジスト屈折率1.683、タンジェンシャル偏光照明を用いた。ここでは、有効光源分布のパラメータとして、上記の最適化された結果の値と同一の値を用いたが、同一でなくても構わない。例えば、外SO2、外と内の比Ratio2、X方向のPoleの開口角Ax2、Y方向のPoleの開口角Ay2、X方向のPoleの光強度Intx2、Y方向のPoleの光強度Inty2が、下記の範囲などでも可能である。

$$e = 0.2$$

$$e2 = 60$$

$$e3 = 0.5$$

$$SO * (1 - e) \quad SO2 \quad SO * (1 + e)$$

$$Ratio * (1 - e) \quad Ratio2 \quad Ratio * (1 + e)$$

$$Ax - e2 \quad Ax2 \quad Ax + e2$$

$$Ay - e2 \quad Ay2 \quad Ay + e2$$

$$Intx * (1 - e3) \quad Intx2 \quad Intx * (1 + e3)$$

$$Inty * (1 - e3) \quad Inty2 \quad Inty * (1 + e3)$$

【0061】

例えば、外については、上記の最適化された結果の値SOよりも、所定量eだけ異なる範囲で変更することができる。

【0062】

マスクはバイナリマスクでパターン部が黒で背景白のブライトフィールドとした。

【0063】

そして、露光条件のパラメータ値を設定して、図9に示すパターンを初期値として設定し、各パターンの像を計算しながら、各パターンにOPCを施し、各パターンのパラメータを変化させながら最適化を行った。

【0064】

各パターン要素の設計値中心を含むX断面の寸法をCDx、Y断面の寸法をCDy、として、全パターン要素の設計値からの差のRMSを評価指標に用いた。RMSの式を以下に示す。

【0065】

【数1】

$$CDRMS[\%] = \sqrt{\frac{1}{n_x + n_y} \left[ \sum_i \sum_j \left\{ \frac{CDx(i, j) - CDx_0(i, j)}{CDx_0} \times 100 \right\}^2 + \sum_i \sum_j \left\{ \frac{CDy(i, j) - CDy_0(i, j)}{CDy_0} \times 100 \right\}^2 \right]}$$

【0066】

なお、nxはX断面の総評価数、nyはY断面の総評価数とし、CDx0(i, j)、CDy0(i, j)は設計値とする。

【0067】

図10に結果を示す。図10に示すグレー(ドット)の領域部分が、設計値セルのパターンを表し、グレーのパターンを囲むように表示された実線の枠線がチップ全体で補正されたパターンの外形を表す。

10

20

30

40

50

## 【0068】

また、図11に、OPCのための光学計算の計算回数とマスクパターンのCDのRMS (CD RMS) をプロットした。図11は横軸にOPCのための光学計算の計算回数、縦軸に残さCD RMSをプロットしている。Iは、本実施例のように、OPC済みのセルをセルライブラリから選択してチップに配置して、チップ全体にOPCを施した場合の結果である。IIは、OPCを施していない設計値のセルをセルライブラリから選択してチップに配置して、チップ全体にOPCを施した場合の比較例1の結果である。

## 【0069】

CD RMSの許容値を2%とすると、Iの場合には計算回数5回、IIの場合には計算回数10回で許容値に達することがわかる。つまり、Iの場合には、IIの場合と比較して、計算回数が約1/2となる。よって、チップレベルのOPCに要する計算時間は約1/2となっている。一方、規定の計算回数を7回にした場合には、Iの場合には1.02%、IIの場合にはCD RMSは7.49%となっている。つまり、Iの場合の方が、一定の計算回数(時間内)で到達するCD RMS残さの値が小さい。したがって、本実施例のマスクパターンの作成方法によれば、所望の解像性能を有するマスクのパターンをより短い時間で作成することができる。Iのマスクパターンで像性能を評価し、EL5%時のDOF 69 nmを得た。

## 【0070】

像性能の到達度を評価するため、チップ配置後のマスクパターンを用いて(1)の評価指標を用いて露光条件とマスクパターンの最適化を行った。約3000回の計算でCD RMSが2%に収束し、かつEL5%時のDOF 68 nmを得た。600倍の計算回数を要するこの結果で得られた像性能は、Iのマスクでの結果と同等である。つまり、本実施例のマスクパターン作成方法によれば、少ない計算回数で、CD RMSのみならずDOFも良好な性能を得る事ができることがわかる。

## 【0071】

さらに、従来例との比較のため、比較例2として、セルのパターンを決定する際に、露光条件のパラメータ値を変更せずに、複数のセルのパターンのパラメータ値のみを変更して、セルOPCの計算を行った。各セルのパターンのパラメータは以下の5つで、パラメータ値の可変範囲は以下のとおりである。

10 Lx 100  
10 Lx 100  
-5 px +5  
-5 py +5

なお、SO = 0.98 (固定値)、Ratio = SI / SO = 0.7 (固定値)であって、0 It h 1とした。4分割ではなく、輪帯形状の有効光源を用いた。

## 【0072】

パターン像の評価対象、および、評価指標は本実施例と同じとした。なお、繰返し計算の回数は200回以内とした。そして、セルのパターンの補正を行った後、決定されたセルのパターンのデータを、メモリのセルライブラリ30に記憶保存した。そして、セルライブラリ30からセルを選択して、図9に示すようにスタンダードセル25個を隣接配置したテストチップパターンを作製した。

## 【0073】

そして、本実施例のマスクパターンの作成方法と同様に計算を行った。図12に示すように、OPCのための光学計算の計算回数とマスクパターンのCDのRMSをプロットした。Iは本実施例の結果であり、IIIは比較例2の結果である。CD RMSの許容値を2%とすると、Iの場合には計算回数5回、IIIの場合には計算回数7回で許容値に達することがわかる。つまり、Iの場合にはIIIの場合と比較して、計算回数が減り、計算時間が短くなっている。一方、規定の計算回数を7回にした場合には、Iの場合には1.02%、IIIの場合にはCD RMSは1.87%となっている。つまり、Iの場合の方が、一定の計算回数(時間内)で到達するCD RMS残さの値が小さい。したがって、

本実施例のマスクパターンの作成方法によれば、所望の解像性能を有するマスクのパターンをより短い時間で作成することができる。I I Iの場合では、セルのパターンの決定の際に適切な露光条件が設定されておらず、その露光条件でO P Cを施したセルを配置し、マスクパターンの初期値としたため、露光条件の変更によるマスクパターンの補正量が大きいため計算時間が長くかかっている。

【 0 0 7 4 】

本実施例によれば、マスクのパターンの決定を行う前に、各セルのパターンを、露光条件およびセルのパターンのパラメータを用いて像性能を最良にするように決定する。これにより、マスクのパターンの決定に要する計算時間を短縮することができ、像性能の良い解が得られる。

10

【 0 0 7 5 】

1次元レイアウトに用いられるパターンは、等グリッド上に配置された矩形形状のパターンなど単純なパターンであるため、L字状のパターンなど縦と横方向に伸びるパターンに比べ、露光条件の変化によって、O P Cを施す際のパターンの補正量は大きく変化しない。縦と横方向に伸び、等グリッド上にのらずに配置されたセルパターンでは、セル同士を隣接配置した際に、パターンの境界部や角部での補正量が大きくなってしまったり、複雑なパターンの補正が必要になってしまう事がある。これらはどちらもO P Cの計算時間を増大させてしまう。したがって、本実施形態、実施例におけるセルのパターンの作成方法およびマスクパターン作成方法は、1次元レイアウトに用いられるパターンに好適である。

20

【 0 0 7 6 】

さらに、本実施例のセルのパターンの作成方法により作成されたセルは、様々なデバイスのレイアウト設計に適用可能であるため、様々なデバイスのパターンの作成時間の短縮にもなる。

【 0 0 7 7 】

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、上述の実施形態、実施例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（又はC P UやM P U等）がプログラムを読み出して実行する処理である。

【 0 0 7 8 】

次に、デバイス（液晶表示デバイス等）の製造方法について説明する。液晶表示デバイスは、透明電極を形成する工程を経ることにより製造される。透明電極を形成する工程は、透明導電膜が蒸着されたガラス基板に感光剤を塗布する工程と、マスクを露光装置に搭載して、感光剤が塗布されたガラス基板を露光する工程と、ガラス基板を現像する工程を含む。マスクは、上記のように作成されたマスクのパターンを用いて製造される。

30

【 0 0 7 9 】

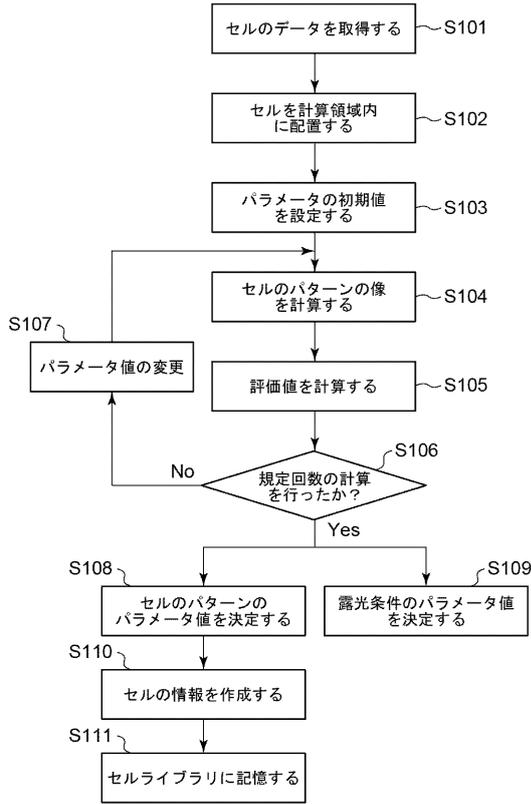
上述の露光装置を利用したデバイス製造方法は、液晶表示デバイスの他に、例えば、半導体デバイス等のデバイスの製造にも好適である。前記方法は、上記のように製造されたマスクを露光装置に搭載して、感光剤が塗布された基板を露光する工程と、前記露光された基板を現像する工程とを含みうる。さらに、前記デバイス製造方法は、他の周知の工程（酸化、成膜、蒸着、ドーピング、平坦化、エッチング、レジスト剥離、ダイシング、ボンディング、パッケージング等）を含みうる。

40

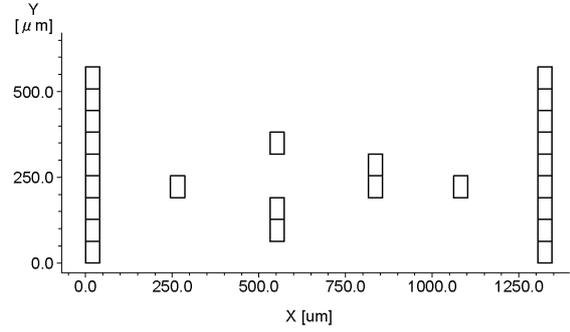
【 0 0 8 0 】

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。

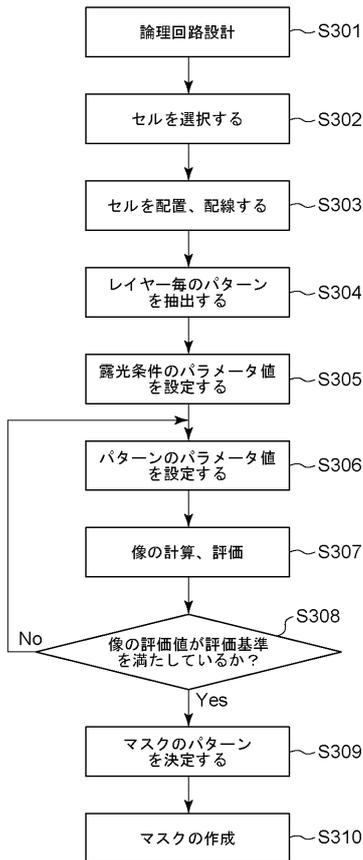
【図1】



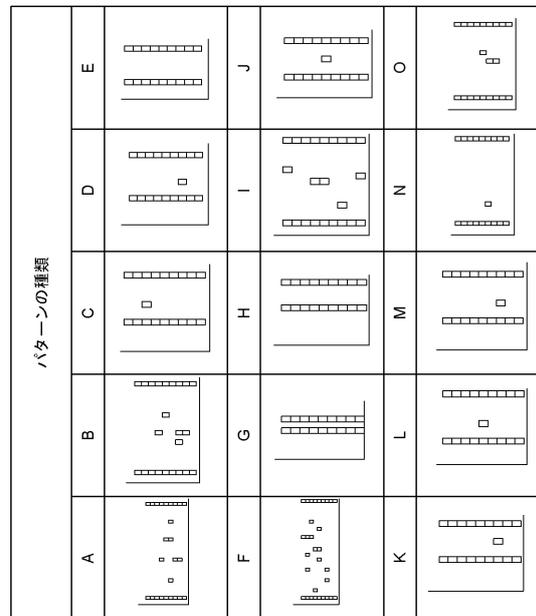
【図2】



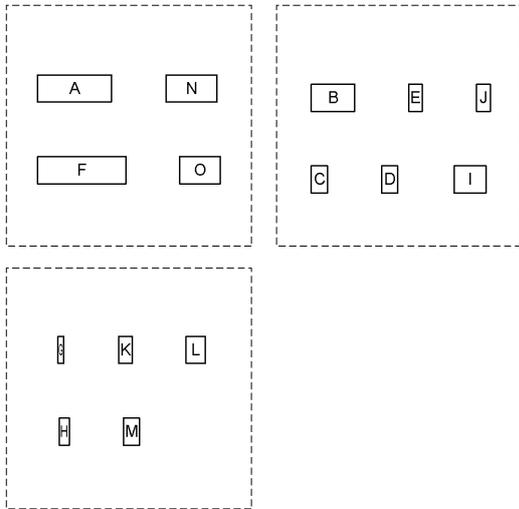
【図3】



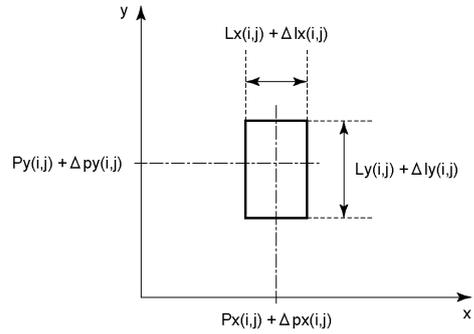
【図4】



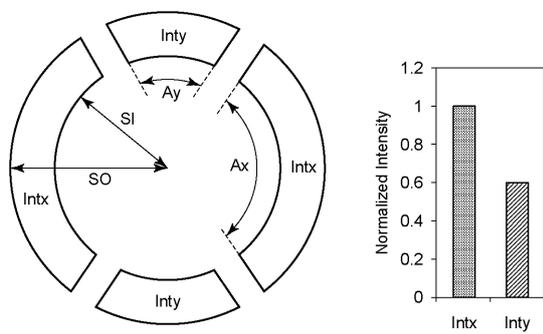
【図5】



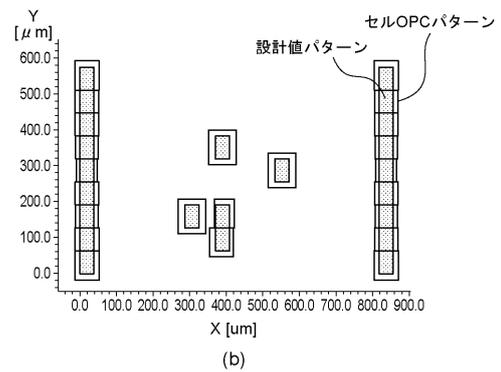
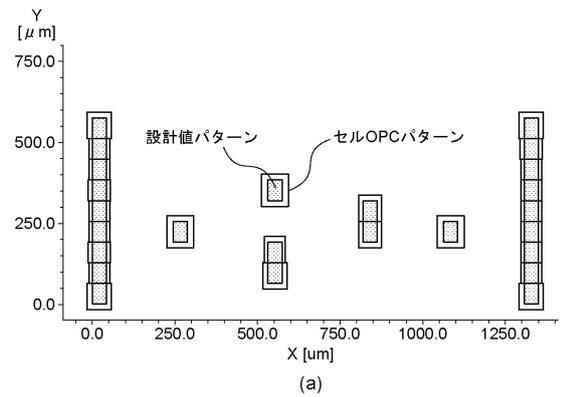
【図6】



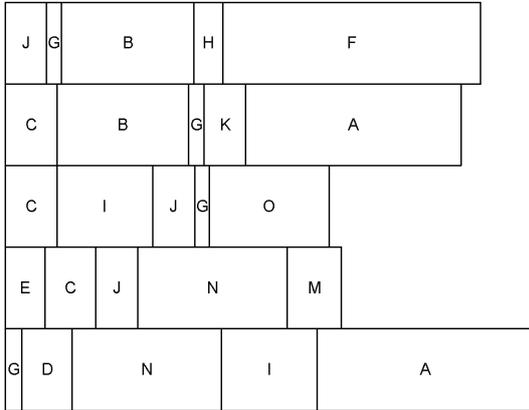
【図7】



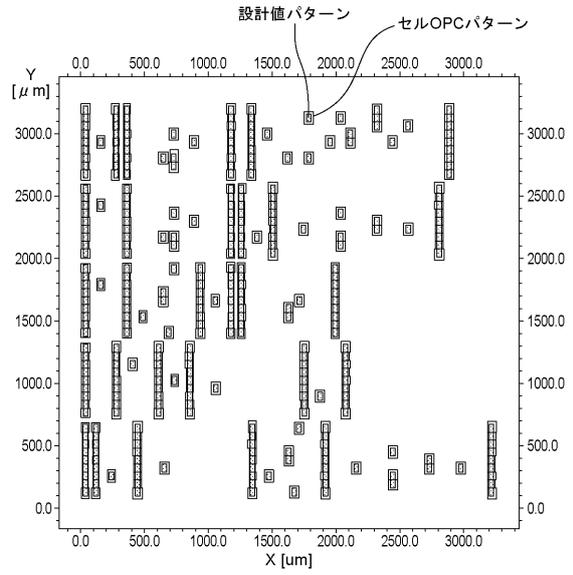
【図8】



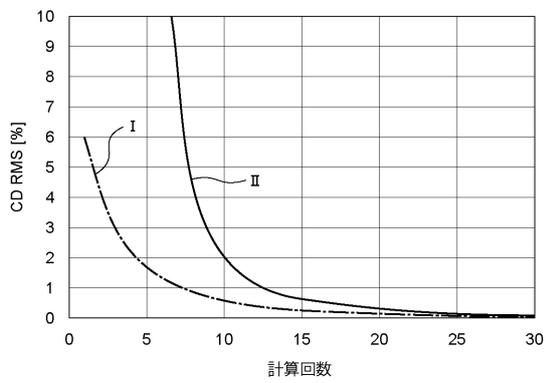
【図9】



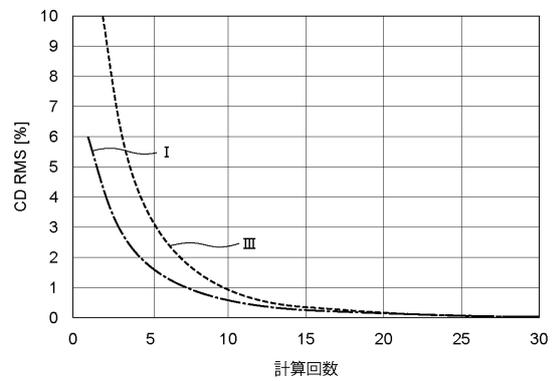
【図10】



【図11】



【図12】



---

フロントページの続き

(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

審査官 今井 彰

(56)参考文献 特開2011-095729(JP,A)  
特許第3073156(JP,B2)  
特許第3827659(JP,B2)  
特開2012-098397(JP,A)  
特開2012-104821(JP,A)  
特開2010-021443(JP,A)  
特開2007-027418(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01L 21/027、21/30  
G03F 1/00-1/86、7/20-7/24、9/00-9/02