

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2014年12月4日(04.12.2014)



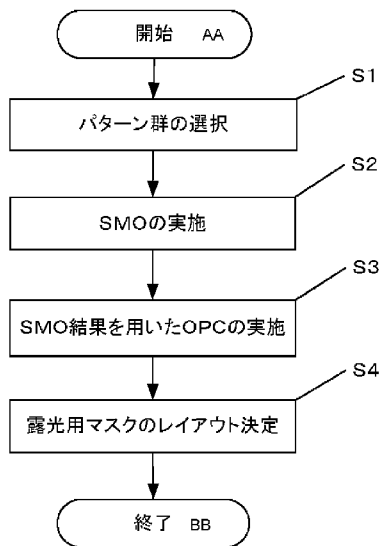
(10) 国際公開番号  
WO 2014/192518 A1

- (51) 国際特許分類: *G03F 1/36* (2012.01) *H01L 21/027* (2006.01)  
*G03F 1/70* (2012.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/062514
- (22) 国際出願日: 2014年5月9日(09.05.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2013-110534 2013年5月27日(27.05.2013) JP
- (71) 出願人: インターナショナル・ビジネス・マ  
シーンズ・コーポレーション(INTERNATIONAL  
BUSINESS MACHINES CORPORATION) [US/US];  
10504 ニューヨーク州アーモンク ニュー  
オーチャード ロード New York (US).
- (71) 出願人 (マダガスカルについてのみ): 日本アイ・  
ビー・エム株式会社(IBM JAPAN, LTD.) [JP/JP]; 〒  
1038510 東京都中央区日本橋箱崎町19番21  
号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 井上 忠宣(INOUE Tadanobu); 〒1358511  
東京都江東区豊洲五丁目6番52号 NBF豊  
洲チャンネルフロント 日本アイ・ビー・エム株  
式会社 東京基礎研究所内 Tokyo (JP). メルヴィ  
ル デービッド オズモンド(MELVILLE David  
Ozmond); 770561949 テキサス州ヒューストン、  
ツーリバーウェイ Texas (US). ローゼンブルース  
アラン イー(ROSENBLUTH Alan E.); 10598  
ニューヨーク州ヨークタウン ハイツイ ルート  
134 キッチャワン・ロード 1101 New  
York (US). 阪本 正治(SAKAMOTO Masaharu); 〒  
1358511 東京都江東区豊洲五丁目6番52号  
NBF豊洲チャンネルフロント 日本アイ・  
ビー・エム株式会社 東京基礎研究所内 Tokyo  
(JP). テン ケアン(TIAN Kehan); 125336683 ニュー  
ヨーク州ホープウェル ジャンクション ルー  
ト52 2070 New York (US).

[続葉有]

(54) Title: EXPOSURE LIGHT SOURCE, MASK DESIGN METHOD AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 露光用光源およびマスクの設計方法、プログラム



- S1 Select pattern group
- S2 Perform SMO
- S3 Perform OPC using SMO result
- S4 Determine layout of exposure mask
- AA Start
- BB End

(57) Abstract: Provided is a method of optimizing (designing) a light source and a mask pattern which can be used for different purposes as necessary, wherein the cooperative relation between OPC and SMO is fully realized. [Solution] This method of designing a exposure light source and a mask involves: a step (S1) for selecting a prescribed pattern group; a step (S2) for performing source mask optimization (SMO) using the prescribed pattern group, wherein the SMO is performed under OPC limiting rules which selectively limit shifting of the edge positions of polygons when applying optical proximity correction (OPC) to the prescribed pattern group; and a step (S3, S4) for using the light source optimized by SMO and applying OPC to the entire exposure mask pattern to determine a layout of the exposure mask.

(57) 要約: OPCとSMOの協業関係が十分に発揮され、光源および適宜使い分けられたマスクパターンの最適化(設計)方法を提供する。【解決手段】本発明の露光用光源およびマスクを設計する方法は、所定のパターン群を選択するステップS1と、所定のパターン群を用いて光源マスク最適化(SMO)を実施するステップS2であって、所定のパターン群に対して光近接効果補正(OPC)を適用する際のポリゴンのエッジ位置のシフトを選択的に制限したOPC制限ルール下でSMOを実施するステップS2と、SMOにより最適化された光源を用いて、露光用マスクのパターン全体に対してOPCを適用して露光用マスクのレイアウトを決定するステップS3、S4と、を含む。

WO 2014/192518 A1



- (74) 代理人: 上野 剛史, 外(UENO Takeshi et al.); 〒1358511 東京都江東区豊洲五丁目6番52号 NBF豊洲チャンネルフロント 日本アイ・ビー・エム株式会社 豊洲事業所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

## 添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

**発明の名称**：露光用光源およびマスクの設計方法、プログラム  
**技術分野**

[0001] 本発明は、露光用光源およびマスクの設計方法、プログラムに関し、より具体的には、ソースマスク最適化（SMO）と光近接効果補正（OPC）を用いた露光用光源およびマスクの設計方法、プログラムに関する。

### 背景技術

[0002] ウェハ上の回路パターンの寸法が、露光に使う光の波長に近づき、さらに波長よりも小さくなっていくにつれ、光の回折や干渉効果が顕著になり、回路パターンを拡大した遮光パターンをマスク上に作るだけでは、所望のパターンは転写できなくなっている。そのため、パターンの形状を変更したりあるいは補助パターンを追加する等の光近接効果補正（以下、OPCと呼ぶ）を施したり、局所的な透過光の位相を180度変化させる位相シフトマスクを使うこと等が広く行われてきた。

[0003] さらに、パターンの形状の変更等に加えて、露光用の光源側の工夫として、ソース（光源）マスク最適化法（以下、SMOと呼ぶ）と呼ばれる、露光機や露光プロセスの特性を考慮した上で、要求されるウェハ上の回路パターンを形成するために最適な露光機の照明条件、ピクセル光源の形状、あるいはマスク設計パターンなどを、高速、大容量の計算機を使ったシミュレーションにより最適解として取得する手法も行われている。

[0004] 特許文献1及び非特許文献1は、OPCとSMOを用いた露光用マスクの最適化法を開示する。その方法では、最初に、最適化された光源を得るために、選択されたパターンに対してSMOが実施され、次に、SMOにより最適化された光源とOPC等を使用してフルチップに合わせてマスク形状を設計する。

[0005] しかし、特許文献1及び非特許文献1の方法を含む従来の方法では、SMOとOPCが個別に実施され個々に最適化が図られるので、必ずしも両者の

利点が相乗される形で最終的なマスクパターンの最適化がおこなわれるとは限らない。SMOによって最適化された光源形状がOPCにとって最適ではない場合がある。すなわち、SMOとOPCの協業関係が十分に発揮され、あるいは適宜使い分けられた、光源およびマスクの最適化にはなっていない場合がある。特に、いわゆるホットスポットと呼ばれる最密／複雑なパターンを含む領域とそうでない領域とで両者の協業関係の適用の有無および最適化はおこなわれていない。

### 先行技術文献

### 特許文献

[0006] 特許文献1：特開2011-100121号公報

### 非特許文献

[0007] 非特許文献1：“Source Mask Optimization Methodology (SMO) & Application to Real Full Chip Optical Proximity Correction”、Proceeding of SPIE Vol. 8326 83261V-11

### 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0008] したがって、本発明の目的は、従来のOPCとSMOを用いた露光用光源およびマスクの最適化法ではおこなわれていない、両者の協業関係が十分に発揮され、あるいは適宜使い分けられたマスクパターンの最適化（設計）方法を提供することである。

### 課題を解決するための手段

[0009] 本発明は、露光用光源およびマスクを設計する方法を提供する。その方法は、所定のパターン群を選択するステップと、所定のパターン群を用いてSMOを実施するステップであって、所定のパターン群に対してOPCを適用する際のポリゴンのエッジ位置のシフトを選択的に制限したOPC制限ルール下でSMOを実施するステップと、SMOにより最適化された光源を用いて、露光用マスクのパターン全体に対してOPCを適用して露光用マスクの

レイアウトを決定するステップと、を含む。

[0010] 本発明によれば、エッジ位置のシフトを選択的に制限したOPC制限ルール下でSMOを実施することにより、OPCによる補正効果を反映させつつ、かつSMO計算の効率化をも図りながらSMOによる光源の最適化を図ることが可能となる。

[0011] 本発明の一態様では、SMOを実施するステップは、パターン群の選択された少なくとも一部のパターンに対してOPC制限ルール下でSMOを実施し、パターン群の一部のパターン以外のパターンに対してOPC制限ルールを用いないSMOを実施するステップを含む。

[0012] 本発明の一態様によれば、選択的にOPC制限ルール下でSMOを実施することにより、OPCによる補正効果を反映させたSMO計算の効率化をさらに促進することが可能となる。

[0013] 本発明の一態様では、OPC制限ルールを用いないSMOを実施するステップは、所定の時間内にSMOの計算結果が得られないパターンに対して実施される。

[0014] 本発明の一態様によれば、OPCによる補正効果を反映させたSMO計算のオーバーフロー、および計算のやり直し等を回避することができる。

[0015] 本発明の一態様では、OPC制限ルールは、所定のパターン群のポリゴンのエッジ中の選択された少なくとも一部のエッジの固定と、サブ解像度アシストフィーチャ(SRAF)のエッジの固定とを含む。また、その少なくとも一部のエッジは、SMOの実施後に行うOPCで定義されるエッジを含み、あるいは、所定の長さよりも短いエッジを含む。

### 図面の簡単な説明

[0016] [図1]本発明の露光用光源およびマスクの設計方法のフローを示す図である。

[図2]本発明の一実施形態のSMOのためのパターン(クリップ)群を例示する図である。

[図3]本発明の一実施形態のポリゴンのエッジ位置のシフト制約を説明するための図である。

[図4]本発明の一実施形態のSMOによって得られた光源像の例を示す図である。

[図5]本発明の露光用マスクの設計方法を用いた場合の効果を説明するための図である。

[図6]本発明の一実施形態のSMOによって得られた光源像の例を示す図である。

[図7]本発明の露光用マスクの設計方法を用いた場合の効果を説明するための図である。

### 発明を実施するための形態

[0017] 図面を参照しながら本発明の実施の形態を説明する。図1は、本発明の露光用マスクの設計方法のフローを示す図である。図1のフローは、コンピュータが当該方法のためのプログラム（ソフトウェア）を実行することにより実施される。ステップS1において、パターン群が選択される。SMOをいきなりチップ全体、言い換えればマスクレイアウト全体に適用することは、計算量が膨大なため現実的ではない。したがって、最初にSMOをおこなうために必要なパターン群を選択する必要がある。パターン群の選択は、チップ内のパターンずれの許容差が小さい（厳しい）高密度なパターンの部分を含むようにおこなわれる。例えば、SRAM等を形成するパターン、いわゆるホットスポットなどが選択される。

[0018] 図2は、パターン群の選択のイメージ図である。パターン群は、より正確には図2の符号10で指示されるクリップとして選択される。なお、図2では、黒枠中の白いパターン領域の各々がクリップを表している。クリップは、一般に特定の検証が必要とされる設計の小さな部分（すなわち、回路、セル、またはパターン）を表す。図2(a)に示されるように、クリップは、クリップの集合を含むライブラリから必要な数及びタイプのものが選択される。図2(b)では、選択の例として10個のクリップ10が選択されることを例示しているが、必要に応じて例えば100～1000程度のクリップが選択される。

[0019] 図1に戻って、ステップS2において、ステップS1で選択されたパターン（クリップ）群を用いてSMOが実施される。本発明のSMOは、大きく分けて2つの特徴を有する。1つめの特徴は、SMOの計算、すなわちSMOのための非線形プログラミング（以下、NLPと呼ぶ）において、OPCを適用する際のポリゴンのエッジ位置のシフトを選択的に制限したOPC制限ルール下で計算をおこなうことである。2つめの特徴は、OPC制限ルール下でSMOの実施形態を含めて、パターン（クリップ）群に対して選択的にOPC制限ルールを適用するか否かを含めて、SMOの実施形態を変更することである。以下、この2つの特徴を中心に説明する。

[0020] (A) OPC制限ルール下でのSMO実施

図3は、本発明の一実施形態のポリゴンのエッジ位置のシフト制約を説明するための図である。図3において、符号20は、パターン（クリップ）に対応したOPCのためのポリゴンを示し、符号30は、OPCにおいて配置されるサブ解像度アシストフィーチャ（以下、SRAFと呼ぶ）を示している。なお、本明細書中で用いるポリゴンのエッジ位置のシフト制約は、ポリゴン20のみならず、一般に長方形をなす図3に例示されるようなSRAF30をも含めて、これらのエッジ位置のシフト制約を含む広い意味で用いる場合がある。

[0021] 従来のSMOでは、図3の矢印40で示されるように、NLPの計算においてポリゴン20のエッジ（辺）の全てを自由にシフトさせることができる。本発明のSMOでは、この従来のポリゴン20のエッジ（辺）のシフトに制約を加える。具体的には、例えば、図3のポリゴン20のエッジ（辺）50に例示されるような所定のエッジのシフトを制限して、エッジ50を固定する。ここで言う所定のエッジは、図1におけるステップS3において固定すると定義されるエッジである。あるいは、所定の長さ（例えば、10nm）以下の短いエッジを固定するエッジとしてもよい。さらに、例えば、SRAF30の形状を画定するエッジ55を固定して、SRAF30の形状（ライン幅）を可変できないようにする。

[0022] 上述したようなOPC制限ルール下で、NLPを解いてSMOをおこなう。NLPの解法は、従来からおこなわれている目的関数  $f(x)$  の最小値 ( $\min f(x)$ ) を所定の制約条件下で求めることによりおこなわれる。目的関数  $f(x)$  には、例えば、リソグラフィ製造可能性検証（以下、LMCと呼ぶ）等のパラメータ（性能）に関するプロセスウィンドウやプロセス・バライアビリティ・バンド（以下、PVバンドと呼ぶ）などが含まれる。あるいは、ステップS3のOPC実施において計算されているエッジ配置誤差（以下、EPEと呼ぶ）の計算を、ステップS2のSMOにおいて目的関数  $f(x)$  として利用してもよい。

[0023] ここで、変数  $x$  は、光源のピクセル値及びマスク形状を示す値である。マスク形状が周波数領域で表現される場合は、マスク形状をフーリエ変換した各周波数成分の振幅を変数  $x$  とし、マスク形状が空間領域で表現される場合は、ポリゴンの各エッジの位置を変数  $x$  とする。所定の制約条件には、例えば、マスク誤差増大係数（以下、MEEFと呼ぶ）、コントラスト等のリソグラフィ上の制約（設定）が含まれる。

[0024] (B) 選択的にOPC制限ルールを適用したSMO実施

(A) で説明したOPC制限ルール下で、NLPを解いてSMOをおこなう場合、エッジシフトの制約がある、すなわち変数  $x$  の自由度が小さいので、パターン（クリップ）によっては、NLPにおいて所定の時間内に目的関数  $f(x)$  の最小値を求めることができない（収束しない）場合が起こり得る。その場合は、解が得られないパターン（クリップ）に対しては、OPC制限ルールを適用せずに、代わりに、ポリゴンのエッジ位置を変数とする空間領域におけるマスク形状をフーリエ変換して得られる周波数領域におけるマスク形状を用いてSMOを実施する。すなわち、複数あるパターン（クリップ）のうち、一部は空間領域におけるマスク形状として扱ってOPC制限ルールを適用し、残りのパターン（クリップ）については周波数空間におけるマスク形状として扱ってOPC制限ルールを適用せず、空間領域におけるマスク形状と周波数領域におけるマスク形状とを混合した状態で同時最適化

のSMOを実施する。

[0025] また、他の実施形態として、予め特定したパターン（クリップ）、例えば、ホットスポットに対応したパターン（クリップ）に対しては、OPC制限ルールを適用せずに上述したフーリエ変換後の周波数領域におけるマスク形状を用い、他のパターン（クリップ）に対しては、上述したOPC制限ルールを適用してSMOを実施するようにすることもできる。この場合、前者のホットスポットに対応したパターン（クリップ）の一部に対しては、SMOを実施した後、波面エンジニアリング（以下、WEと呼ぶ）を適用することもできる。

[0026] ここで、WEの適用とは、周波数領域で表現されるマスク形状から、空間領域で表現されるマスク形状に変換することを意味する。さらに、WEによって空間領域で表現されるマスク形状に変換されたパターン（クリップ）と、WEを適用していない周波数領域で表現されるマスク形状のまま扱っているパターン（クリップ）に対してはOPC制限ルールを適用せず、他の空間領域で表現されるマスク形状のパターン（クリップ）に対してはOPC制限ルールを適用して、これら3種類のパターン（クリップ）について同時にSMOの実施をおこない、更なる最適化をおこなうこともできる。この実施形態によって、OPCを考慮した光源を得ると同時に、ホットスポットに対応したパターン（クリップ）に対してはOPC制限ルールを適用せずに最適化された最終的なマスク形状を得ることができる。

[0027] このように、本願発明では、処理内容を適宜変えた選択的なOPC制限ルールを適用したSMOの実施により、SMO処理のオーバーフローを回避しながら、パターン（クリップ）に即した適切なSMOを実施することが可能となる。図1のステップS2のSMO実施の結果得られたマスク形状のデータのうちOPC制限ルールを適用して得られたマスク形状のデータは破棄され、ステップS3のOPCの実施によって得られたマスク形状が利用される。ステップS2のSMO実施においてOPC制限ルールを適用せずWEを適用して得られたマスク形状のデータは、次のステップS3のOPCの実施に

において、OPCの実施によって得られたマスク形状を置き換えてそのまま利用される。

[0028] 図1に戻って、ステップS3において、ステップS2で得られたSMO結果を用いてチップのマスクレイアウト全体に対してOPCを実施する。具体的には、ステップS2で得られた最適な光源を用いて、マスクレイアウトの各パターンに対してOPCを実施して最適なマスクパターンのデータを取得する。その際、上述したように、OPC制限ルールを適用せずWEを適用して得られたマスク形状のデータは、OPCの実施によって得られたマスク形状を置き換えてそのまま利用される。

[0029] 次のステップS4において、ステップS3のOPC結果として得られたマスクパターンのデータを用いて、露光用マスク（レチクル）のレイアウトが決定／作成される。

### 実施例 1

[0030] 図4～図7を参照しながら、本発明の実施例について説明する。最初に、図4と図5を参照しながら、上述した(A)OPC制限ルール下でのSMOの実施例について説明する。

[0031] 100クリップの中から9クリップを選択して、次の(a)～(c)の3つの形態のSMOを実施した。

(a) 従来の周波数を変数とする周波数領域におけるマスク形状を用いたSMOの実施

(b) 従来のポリゴンのエッジ位置を変数とする空間領域におけるマスク形状を用いたSMOの実施

(c) 上述した本発明の実施形態であるポリゴンのエッジ位置を変数とする空間領域におけるマスク形状を用い、OPC制限ルールを適用したSMOの実施

[0032] 図4の(a)～(c)は、上記(a)～(c)の各SMO処理により得られた光源のイメージ図である。各図中の明るい(白い)部分が発光領域(ピクセル)を示している。次に、図4の(a)～(c)の各光源を用いて、1

100クリップ全てに対してそれぞれOPCを実施して、そのOPC結果により得られたパターンレイアウトにおいて、セミ（半）欠陥の数をカウントした。ここで、セミ（半）欠陥とは、パターン同士が接続（ショート）している（ブリッジ）、あるいはパターンが切れている（ピンチ）場合のような完全な欠陥ではないが、その完全な欠陥に至る可能性の大きいPVバンドが所定の間隔以内に近接するパターンの状態を意味する。

[0033] 図5は、上記（a）～（c）の各々に対応したセミ（半）欠陥の数を示す。図5（c）の本発明のOPC制限ルール下でのSMO実施を用いた場合のセミ（半）欠陥の数は、（a）及び（b）の従来の周波数領域および空間領域でのマスク形状を用いた場合のSMO実施の場合のセミ欠陥数よりも大幅に減少している。

## 実施例 2

[0034] 次に、図6と図7を参照しながら上述した（B）選択的にOPC制限ルールを適用したSMOの実施例について説明する。実施例1の100クリップとは異なる100クリップの中から8クリップを選択して、次の（a）、（b）の2つの形態のSMOを実施した。

（a）8クリップの全てに対して従来の周波数を変数とする周波数領域におけるマスク形状を用いたSMOの実施

（b）8クリップ中の3クリップに対して周波数を変数とする周波数領域におけるマスク形状を用い、残る5クリップに対してポリゴンのエッジ位置を変数とする空間領域におけるマスク形状を用い、本発明のOPC制限ルールを適用したSMOの実施

[0035] 図6の（a）、（b）は、上記（a）、（b）のSMO処理により得られた各光源のイメージ図である。各図中の明るい（白い）部分が発光領域（ピクセル）を示している。次に、図6の（a）、（b）の各光源を用いて、100クリップ全てに対してそれぞれOPCを実施して、そのOPC結果により得られたパターンレイアウトにおいて、セミ（半）欠陥の数をカウントした。

[0036] 図7は、上記(a)、(b)の各々に対応したセミ(半)欠陥の数を示す。図7(b)の本発明の選択的なSMO実施を用いた場合のセミ(半)欠陥の数は、(a)の従来の周波数領域でのマスク形状を用いた場合のSMO実施の場合のセミ欠陥数よりも大幅に減少している。

[0037] 本発明の実施形態について、図を参照しながら説明をした。しかし、本発明はこれらの実施形態に限られるものではない。本発明はその趣旨を逸脱しない範囲で当業者の知識に基づき種々なる改良、修正、変形を加えた態様で実施できるものである。

### 符号の説明

- [0038] 10 パターン／クリップ  
20 ポリゴン  
30 SRAF  
50、55 固定エッジ

## 請求の範囲

- [請求項1] 露光用光源およびマスクを設計する方法であって、  
所定のパターン群を選択するステップと、  
前記パターン群を用いて光源マスク最適化（SMO）を実施するステップであって、前記パターン群に対して光近接効果補正（OPC）を適用する際のポリゴンのエッジ位置のシフトを選択的に制限したOPC制限ルール下でSMOを実施するステップと、  
SMOにより最適化された光源を用いて、露光用マスクのパターン全体に対してOPCを適用して前記露光用マスクのレイアウトを決定するステップと、  
を含む、方法。
- [請求項2] 前記SMOを実施するステップは、  
前記パターン群の選択された少なくとも一部のパターンに対して前記OPC制限ルール下でSMOを実施するステップと、  
前記パターン群の前記一部のパターン以外のパターンに対して前記OPC制限ルールを用いないOPCを適用してSMOを実施するステップと、  
を含む、請求項1に記載の方法。
- [請求項3] 前記OPC制限ルールを用いないOPCを適用してSMOを実施するステップは、所定の時間内にSMOの計算結果が得られないパターンに対して実施される、請求項2に記載の方法。
- [請求項4] 前記OPC制限ルールを用いないOPCを適用してSMOを実施するステップは、前記ポリゴンのエッジ位置を変数とする空間領域におけるマスク形状をフーリエ変換して得られる周波数領域におけるマスク形状を用いてSMOを実施することを含む、請求項2に記載の方法。
- [請求項5] 前記少なくとも一部のパターンは、ホットスポットに対応したパターンを含む、請求項2に記載の方法。

- [請求項6] 前記OPC制限ルールは、前記パターン群のポリゴンのエッジ中の選択された少なくとも一部のエッジの固定と、サブ解像度アシストフィーチャ（SRAF）のエッジの固定とを含む、請求項1～5のいずれか1項に記載の方法。
- [請求項7] 前記少なくとも一部のエッジは、前記SMOの実施後に行うOPCで定義されるエッジを含む、請求項6に記載の方法。
- [請求項8] 前記少なくとも一部のエッジは、所定の長さよりも短いエッジを含む、請求項6に記載の方法。
- [請求項9] 露光用光源およびマスクを設計するためのコンピュータ・プログラムであって、コンピュータに、  
所定のパターン群を選択するステップと、  
前記パターン群を用いて光源マスク最適化（SMO）を実施するステップであって、前記パターン群に対して光近接効果補正（OPC）を適用する際のポリゴンのエッジ位置のシフトを選択的に制限したOPC制限ルール下でSMOを実施するステップと、  
SMOにより最適化された光源を用いて、露光用マスクのパターン全体に対してOPCを適用して前記露光用マスクのレイアウトを決定するステップと、を実行させることを含む、コンピュータ・プログラム。
- [請求項10] 前記SMOを実施するステップは、  
前記パターン群の選択された少なくとも一部のパターンに対して前記OPC制限ルール下でのSMOを実施するステップと、  
前記パターン群の前記一部のパターン以外のパターンに対して前記OPC制限ルールを用いないOPCを適用してSMOを実施するステップと、  
を含む、請求項9に記載のコンピュータ・プログラム。
- [請求項11] 前記OPC制限ルールを用いないOPCを適用してSMOを実施するステップは、所定の時間内にSMOの計算結果が得られないパター

ンに対して実施される、請求項10に記載のコンピュータ・プログラム。

[請求項12] 前記OPC制限ルールを用いないOPCを適用してSMOを実施するステップは、前記ポリゴンのエッジ位置を変数とする空間領域におけるマスク形状をフーリエ変換して得られる周波数領域におけるマスク形状を用いてSMOを実施することを含む、請求項10に記載のコンピュータ・プログラム。

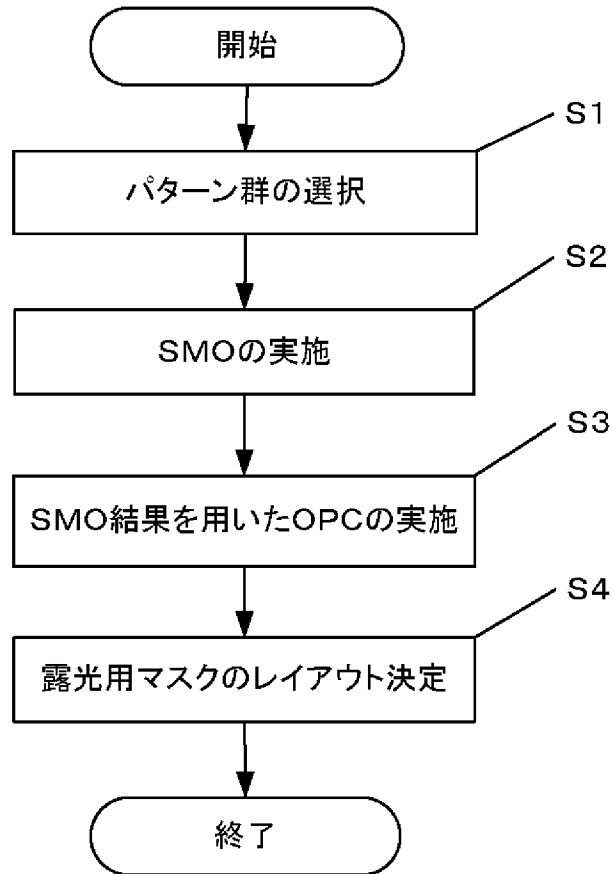
[請求項13] 前記少なくとも一部のパターンは、ホットスポットに対応したパターンを含む、請求項10に記載のコンピュータ・プログラム。

[請求項14] 前記OPC制限ルールは、前記パターン群に対するポリゴンのエッジ中の選択された少なくとも一部のエッジの固定と、サブ解像度アシストフィーチャ（SRAF）のエッジの固定とを含む、請求項9～13に記載のコンピュータ・プログラム。

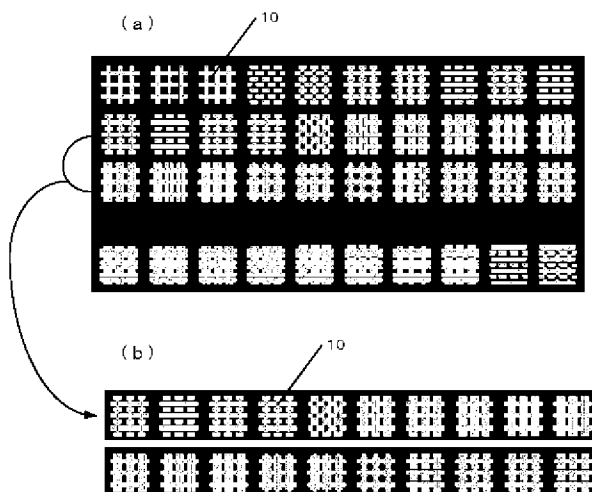
[請求項15] 前記少なくとも一部のエッジは、前記SMOの実施後に行うOPCで定義されるエッジを含む、請求項14に記載のコンピュータ・プログラム。

[請求項16] 前記少なくとも一部のエッジは、所定の長さよりも短いエッジを含む、請求項14に記載のコンピュータ・プログラム。

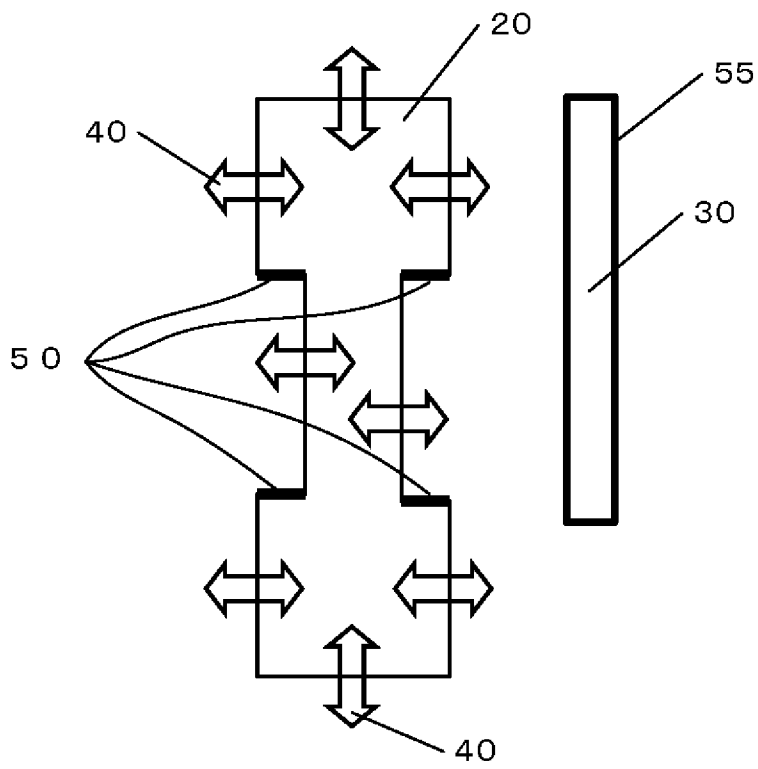
[図1]



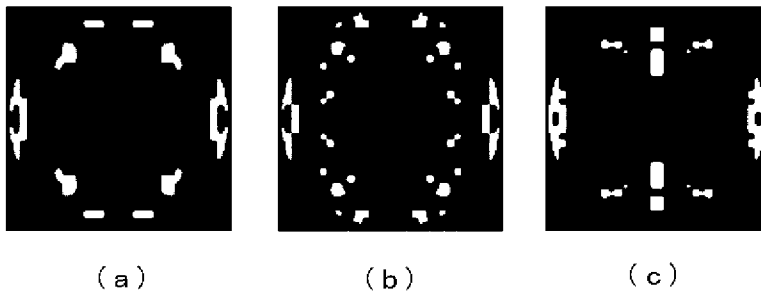
[図2]



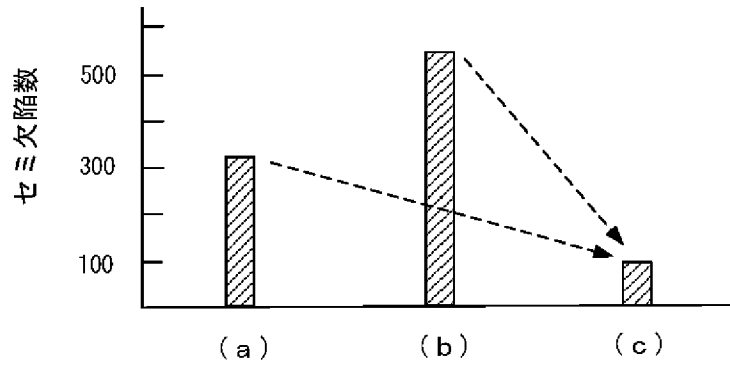
[図3]



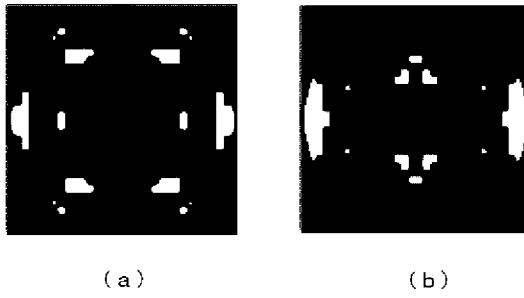
[図4]



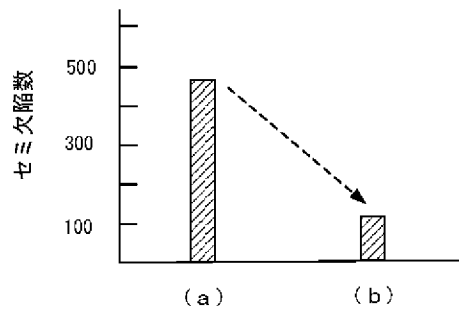
[図5]



[図6]



[図7]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/062514

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G03F1/36(2012.01)i, G03F1/70(2012.01)i, H01L21/027(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G03F1/36, G03F1/70, H01L21/027

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-065018 A (IMEC), 11 April 2013 (11.04.2013), paragraphs [0055] to [0098] & US 2013/0074017 A1 & EP 2570854 A1 & CN 103064257 A	1-16
A	JP 2013-509604 A (ASML Netherlands B.V.), 14 March 2013 (14.03.2013), paragraphs [0040] to [0088] & JP 2011-100121 A & JP 2011-100122 A & US 2011/0099526 A1 & US 2011/0107280 A1 & US 2012/0216156 A1 & US 2013/0311958 A1 & WO 2011/051249 A1 & CN 102053504 A & CN 102054092 A & NL 2005522 A & NL 2005523 A & TW 201124871 A & CN 102597872 A & TW 201142488 A & KR 10-2012-0098754 A	1-16

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
25 June, 2014 (25.06.14)Date of mailing of the international search report  
08 July, 2014 (08.07.14)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/062514

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-203849 A (Mitsubishi Electric Corp.), 18 July 2003 (18.07.2003), entire text; all drawings & US 2003/0154460 A1 & US 2004/0225993 A1 & TW 556318 B & KR 10-0494964 B1 & KR 10-2003-0060747 A	1-16
P,A	JP 2013-165271 A (ASML Netherlands B.V.), 22 August 2013 (22.08.2013), entire text; all drawings & US 2013/0212543 A1 & CN 103246175 A & KR 10-2013-0092485 A	1-16
P,A	WO 2014/042044 A1 (Nikon Corp.), 20 March 2014 (20.03.2014), entire text; all drawings (Family: none)	1-16

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. G03F1/36(2012.01)i, G03F1/70(2012.01)i, H01L21/027(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. G03F1/36, G03F1/70, H01L21/027		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2014年 日本国実用新案登録公報 1996-2014年 日本国登録実用新案公報 1994-2014年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2013-065018 A（アイメック）2013.04.11, 段落0055乃至0098 & US 2013/0074017 A1 & EP 2570854 A1 & CN 103064257 A	1-16
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 25.06.2014	国際調査報告の発送日 08.07.2014	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 佐野 浩樹 電話番号 03-3581-1101 内線 3274	2M 4071

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2013-509604 A (エーエスエムエル ネザーランズ ビー. ブイ.) 2013. 03. 14, 段落0040乃至0088 & JP 2011-100121 A & JP 2011-100122 A & US 2011/0099526 A1 & US 2011/0107280 A1 & US 2012/0216156 A1 & US 2013/0311958 A1 & WO 2011/051249 A1 & CN 102053504 A & CN 102054092 A & NL 2005522 A & NL 2005523 A & TW 201124871 A & CN 102597872 A & TW 201142488 A & KR 10-2012-0098754 A	1-16
A	JP 2003-203849 A (三菱電機株式会社) 2003. 07. 18, 全文全図 & US 2003/0154460 A1 & US 2004/0225993 A1 & TW 556318 B & KR 10-0494964 B1 & KR 10-2003-0060747 A	1-16
P, A	JP 2013-165271 A (エーエスエムエル ネザーランズ ビー. ブイ.) 2013. 08. 22, 全文全図 & US 2013/0212543 A1 & CN 103246175 A & KR 10-2013-0092485 A	1-16
P, A	WO 2014/042044 A1 (株式会社ニコン) 2014. 03. 20, 全文全図 (ファミリーなし)	1-16