

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4700664号
(P4700664)

(45) 発行日 平成23年6月15日 (2011. 6. 15)

(24) 登録日 平成23年3月11日 (2011. 3. 11)

(51) Int. Cl.	F I
G03F 1/08 (2006.01)	G03F 1/08 A
H01L 21/027 (2006.01)	H01L 21/30 502C
G03F 7/20 (2006.01)	H01L 21/30 514A
	G03F 7/20 521

請求項の数 12 外国語出願 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2007-237175 (P2007-237175)	(73) 特許権者	502120538
(22) 出願日	平成19年9月12日 (2007. 9. 12)		エーエスエムエル マスクツールズ ビー
(65) 公開番号	特開2008-122928 (P2008-122928A)		. ブイ.
(43) 公開日	平成20年5月29日 (2008. 5. 29)		オランダ国 ヴェルトホーフェン 550
審査請求日	平成19年9月12日 (2007. 9. 12)		4 ディー アール, デ ラン 6501
(31) 優先権主張番号	60/844, 073	(74) 代理人	100079108
(32) 優先日	平成18年9月13日 (2006. 9. 13)		弁理士 稲葉 良幸
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100093861
			弁理士 大賀 真司
		(74) 代理人	100109346
			弁理士 大貫 敏史
		(72) 発明者	スウ, ダン-フー スティーブン
			アメリカ合衆国, カリフォルニア州 94
			539, フレモント, アンバー プレイス
			40658

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アンカーリングフィーチャを利用したパターンピッチ分割分解を行うための方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ウェーハ上に印刷される所定の方向に密間隔に並んで配置された複数のフィーチャを含むターゲットパターンを複数パターンに分解するための方法であって、

(a) 前記複数パターンを結像するために利用されるプロセスに伴う最小クリティカルディメンションおよびピッチを決定するステップ、

(b) 前記複数のフィーチャのうち最端部に配置された第1フィーチャの側面長に対応した側面長を有するアンカーリングフィーチャを生成するステップ、

(c) 前記アンカーリングフィーチャを前記第1フィーチャに隣接して配置するステップ、

(d) 第1領域を規定するために所定の量だけ前記アンカーリングフィーチャの前記第1フィーチャと対向する側面を成長させるステップ、

(e) 前記第1領域内の前記アンカーリングフィーチャのすぐ隣のフィーチャを第1パターンに割り当てるステップ、

(f) 前記第1フィーチャを除く前記複数のフィーチャのうち最端部に配置された第2フィーチャの側面長に対応した側面長を有するアンカーリングフィーチャを前記第2フィーチャに隣接して配置するステップ、

(g) 第2領域を規定するために前記所定の量だけ前記アンカーリングフィーチャの前記第2フィーチャと対向する側面を成長させるステップ、および

(h) 前記第2領域内の前記アンカーリングフィーチャのすぐ隣のフィーチャを第2パ

10

20

ターンに割り当てるステップ、
を含む、ターゲットパターンを分解するための方法。

【請求項 2】

ステップ (c) から (h) は、前記ターゲットパターンに含まれる全ての密な間隔のフィーチャを処理するために繰り返し行われる、請求項 1 に記載のターゲットパターンを分解するための方法。

【請求項 3】

前記所定の量は前記ピッチに等しい、請求項 1 または 2 に記載のターゲットパターンを分解するための方法。

【請求項 4】

前記ターゲットパターンに含まれている全ての密でない間隔のフィーチャは前記第 1 パターンまたは前記第 2 パターンのいずれかに配置される、請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項 に記載のターゲットパターンを分解するための方法。

【請求項 5】

前記第 1 パターンおよび前記第 2 パターンに光近接効果補正を適用するステップをさらに含む、請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項 に記載のターゲットパターンを分解するための方法。

【請求項 6】

ウェーハ上に印刷される所定の方向に密間隔に並んで配置された複数のフィーチャを含むターゲットパターンを複数パターンに分解するためのコンピュータプログラムを記憶するコンピュータ読取可能記憶媒体であって、実行時、

(a) 前記複数パターンを結像するために使用されるプロセスに伴う最小クリティカルディメンションおよびピッチを決定するステップ、

(b) 前記複数のフィーチャのうち最端部に配置された第 1 フィーチャの側面長に対応した側面長を有するアンカーリングフィーチャを生成するステップ、

(c) 前記アンカーリングフィーチャを前記第 1 フィーチャに隣接して配置するステップ、

(d) 第 1 領域を規定するために所定の量だけ前記アンカーリングフィーチャの前記第 1 フィーチャと対向する側面を成長させるステップ、

(e) 前記第 1 領域内の前記アンカーリングフィーチャのすぐ隣のフィーチャを第 1 パターンに割り当てるステップ、

(f) 前記第 1 フィーチャを除く前記複数のフィーチャのうち最端部に配置された第 2 フィーチャの側面長に対応した側面長を有するアンカーリングフィーチャを前記第 2 フィーチャに隣接して配置するステップ、

(g) 第 2 領域を規定するために前記所定の量だけ前記アンカーリングフィーチャの前記第 2 フィーチャと対向する側面を成長させるステップ、および

(h) 前記第 2 領域内の前記アンカーリングフィーチャのすぐ隣のフィーチャを第 2 パターンに割り当てるステップ、
をコンピュータに実行させる、コンピュータ読取可能記憶媒体。

【請求項 7】

ステップ (c) から (h) は、前記ターゲットパターンに含まれている全ての密な間隔のフィーチャを処理するために繰り返し行われる、請求項 6 に記載のコンピュータ読取可能記憶媒体。

【請求項 8】

前記所定の量は前記ピッチに等しい、請求項 6 または 7 に記載のコンピュータ読取可能記憶媒体。

【請求項 9】

前記ターゲットパターンに含まれている全ての密でない間隔のフィーチャは前記第 1 パターンまたは前記第 2 パターンのいずれかに配置される、請求項 6 乃至 8 のいずれか 1 項 に記載のコンピュータ読取可能記憶媒体。

【請求項 10】

前記第 1 パターンおよび前記第 2 パターンに光近接効果補正を適用するステップをさらに含む、請求項 6 乃至 9 のいずれか 1 項に記載のコンピュータ読取可能記憶媒体。

【請求項 11】

(a) 放射感应性材料の層により少なくとも部分的に覆われている基板を設けるステップ、

(b) 結像システムを使用して放射投影ビームを提供するステップ、

(c) 前記投影ビームに前記投影ビームの断面においてパターンを与えるためのマスク上のパターンを使用するステップ、

(d) パターニングされた放射ビームを放射感应性材料の層のターゲット部分に投影するステップ、
を含み、

前記ステップ (c) において、マスクにパターンを提供するステップは、ウェーハ上に印刷される所定の方向に密間隔に並んで配置された複数のフィーチャを含むターゲットパターンを複数パターンに分解するためのステップであって、

(a1) 前記複数パターンを結像するために使用されるプロセスに伴う最小クリティカルディメンションおよびピッチを決定するステップ、

(b1) 前記複数のフィーチャのうち最端部に配置された第 1 フィーチャの側面長に対応した側面長を有するアンカーリングフィーチャを生成するステップ、

(c1) 前記アンカーリングフィーチャを前記第 1 フィーチャに隣接して配置するステップ、

(d1) 第 1 領域を規定するために所定の量だけ前記アンカーリングフィーチャの前記第 1 フィーチャと対向する側面を成長させるステップ、

(e1) 前記第 1 領域内の前記アンカーリングフィーチャのすぐ隣のフィーチャを第 1 パターンに割り当てるステップ、

(f1) 前記第 1 フィーチャを除く前記複数のフィーチャのうち最端部に配置された第 2 フィーチャの側面長に対応した側面長を有するアンカーリングフィーチャを前記第 2 フィーチャに隣接して配置するステップ、

(g1) 第 2 領域を規定するために前記所定の量だけ前記アンカーリングフィーチャの前記第 2 フィーチャと対向する側面を成長させるステップ、および

(h1) 前記第 2 領域内の前記アンカーリングフィーチャのすぐ隣のフィーチャを第 2 パターンに割り当てるステップ、
を含む、デバイス製造方法。

【請求項 12】

ウェーハ上に印刷される所定の方向に密間隔に並んで配置された複数のフィーチャを含むターゲットパターンを複数パターンに分解して、フォトリソグラフィプロセスで 사용되는マスクを生成するための方法であって、

(a) 前記マスクを結像するために使用される前記プロセスに伴う最小クリティカルディメンションおよびピッチを決定するステップ、

(b) 前記複数のフィーチャのうち最端部に配置された第 1 フィーチャの側面長に対応した側面長を有するアンカーリングフィーチャを生成するステップ、

(c) 前記アンカーリングフィーチャを前記第 1 フィーチャに隣接して配置するステップ、

(d) 第 1 領域を規定するために所定の量だけ前記アンカーリングフィーチャの前記第 1 フィーチャと対向する側面を成長させるステップ、

(e) 前記第 1 領域内の前記アンカーリングフィーチャのすぐ隣のフィーチャを第 1 パターンに割り当てるステップ、

(f) 前記第 1 フィーチャを除く前記複数のフィーチャのうち最端部に配置された第 2 フィーチャの側面長に対応した側面長を有するアンカーリングフィーチャを前記第 2 フィーチャに隣接して配置するステップ、

(g) 第2領域を規定するために前記所定の量だけ前記アンカーリングフィーチャの前記第2フィーチャと対向する側面を成長させるステップ、

(h) 前記第2領域内の前記アンカーリングフィーチャのすぐ隣のフィーチャを第2パターンに割り当てるステップ、および

(i) 前記第1パターンに対応する第1マスク、および前記第2パターンに対応する第2マスクを生成するステップ、
を含む、マスクを生成するための方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[01] 本明細書は、参照により全文を本明細書に援用される2006年9月13日出願の米国特許出願第60/844073号に基づく優先権を主張する。

【0002】

[02] 本発明の技術分野は、全般に、ターゲットパターンが、例えばマルチ照明プロセスにおいて複数マスクを利用して結像されることを可能にするために、複数パターンへのターゲットパターンの分解を行うための方法、プログラム、および装置に関する。

【背景技術】

【0003】

[03] リソグラフィ装置は、例えば集積回路(IC)の製造において使用することができる。このような場合、マスクはICの個々の層に対応した回路パターンを含むことができ、このパターンは、放射感応性材料(レジスト)の層でコーティングされた基板(シリコンウェーハ)上の(例えば、1つまたは複数のダイを含む)ターゲット部分上に結像することができる。一般に、単一のウェーハは、1回に1つずつ投影システムを介して連続して照射される隣接したターゲット部分のネットワーク全体を含む。1つのタイプのリソグラフィ投影装置において、各ターゲット部分は、1回の工程実施においてターゲット部分上にマスクパターン全体を露光することにより照射される。このような装置は一般にウェーハステップと呼ばれる。一般にステップアンドスキャン装置と呼ばれる代替装置においては、各ターゲット部分が所与の基準方向(「スキャン」方向)において投影ビーム下でマスクパターンを漸進的にスキャンさせることにより照射される一方、これと同期して、この方向に平行または逆平行に基板テーブルをスキャンさせている。一般に、この投影システムは拡大係数M(一般に <1)を有するため、基板テーブルがスキャンされる速度Vは、マスクテーブルがスキャンされる速度の係数M倍となる。本明細書に説明されているリソグラフィデバイスに関するより多くの情報は、例えば、参照により本明細書に援用される米国特許第6046792号より収集することができる。

【0004】

[04] リソグラフィ投影装置を使用した製造プロセスにおいて、マスクパターンは、放射感応性材料(レジスト)の層により少なくとも部分的には覆われた基板上に結像される。この結像ステップに先立ち、基板は、下塗り、レジスト塗布、およびソフトベークなどの様々な手順を施すことができる。露光の後、基板は、露光後ベーク(PEB)、現像、ハードベーク、および結像されたフィーチャの測定/検査などの他の手順を受けることができる。この手順の並びは、例えばICなどのデバイスの個々の層をパターンニングするための基礎として使用されている。このようなパターン形成された層は、次いで、全てが個々の層を仕上げることを意図されているエッチング、イオン注入(ドーピング)、メタライゼーション、酸化、化学機械式研磨などの様々なプロセスを施すことができる。もしいくつかの層が必要であれば、手順全体、またはその変形は、各々の新しい層のために反復されなければならない。その結果、デバイスのアレイが基板(ウェーハ)上に存在することとなる。これらのデバイスは、次いで、ダイシングまたはソーイングなどの技術により互いから分離され、その後、個々のデバイスはキャリアに搭載され、ピンに接続されるなどを行うことができる。

【0005】

[05] 簡略さのために、投影システムは、以下、「レンズ」と呼ぶこともできるが、この用語は、例えば、屈折光学系、反射光学系、および反射屈折光学系などを含めた様々なタイプの投影システムを包含するとして広義に解釈されたい。放射システムは、放射投影ビームを誘導し、整形し、または制御するためのこれらの設計タイプのいずれかにより動作するコンポーネントも含むことができ、かつ、このようなコンポーネントは、以下、まとめて、または、単独で「レンズ」とも呼ぶことができる。さらに、リソグラフィ装置は、2つ以上の基板テーブル（および／または、2つ以上のマスクテーブル）を有するタイプのものとすることができる。このような「マルチステージ」デバイスにおいては、追加のテーブルを並行して使用することができ、または、1つまたは複数のテーブルが露光に使用されている間、準備ステップを1つまたは複数の他のテーブル上で実行することができる。例えば、参照により本明細書に援用される米国特許第5969441号においては、ツインステージリソグラフィ装置が説明されている。

10

【0006】

[06] 上述したフォトリソグラフィマスクは、シリコンウェーハ上に集積されることになる回路コンポーネントに対応するジオメトリパターンを含んでいる。このようなマスクを作成するために使用されているパターンはC A D（computer-aided design）プログラムを利用して製作されており、このプロセスはしばしばE D A（electronic design automation）と呼ばれる。ほとんどのC A Dプログラムは、機能性マスクを製作するために所定の設計ルールセットに従っている。これらのルールはプロセスおよび設計の制限により設定されている。例えば、設計ルールは、回路デバイスまたは配線が望ましくない形で互いに相互作用しないことを確実にするために、（ゲート、コンデンサなどの）回路デバイス間または相互接続（インターコネクトライン）間の空間的許容範囲を規定している。設計ルールの制限は通常「クリティカルディメンション」（C D）と呼ばれている。回路のクリティカルディメンションは、配線（ライン）もしくは孔（ホール）の最小幅、または、2本の配線もしくは2つの孔の間の最小空間として規定することができる。そのため、C Dは設計された回路の全体的なサイズおよび密度を決定する。

20

【0007】

[07] 当然、集積回路製造の目標の1つは（マスクを介して）ウェーハ上に本来の回路設計を忠実に再現することである。ターゲットパターンのクリティカルディメンションが益々小さくなるに従い、ターゲットパターンをウェーハ上に再現することは益々困難になってくる。しかし、ウェーハ内に結像または再現することができる最小C Dにおける減少を可能にする既知の技術がある。1つのそのような技術は、ターゲットパターンのフィーチャが2回の別々の露光で結像される二重露光技術である。

30

【0008】

[08] 例えば、1つの一般に知られている二重露光技術はダブルパターニングまたはD P Tと呼ばれている。この技術は、所望のパターンを形成するために、与えられたターゲットパターンのフィーチャが2つの異なったマスク内に分離され、続いて別々に結像されることを可能にする。このような技術は、ターゲットフィーチャが、個々のフィーチャが結像されることが可能とならないほどに一緒に密な間隔で配置されている際に一般的に利用されている。このような状況では、与えられたマスク上の全てのフィーチャが互いから十分に離れて間隔を空けられ、それにより、各フィーチャが個別に結像できるように、ターゲットフィーチャが2つのマスク内に分離されている。続いて、（適切な遮蔽を使用して）双方のマスクを連続した形で結像することにより、単一のマスクでは適切な結像が不可能な密な間隔のフィーチャを有するターゲットパターンを得ることができる。

40

【0009】

[09] したがって、与えられたマスク上の各フィーチャ間のピッチが結像システムの解像度能力より大きくなるように、ターゲットフィーチャを2つの別々のマスクに分離することにより、結像性能を改善することが可能となる。確かに、上述の二重露光技術は、 $k_1 < 0.25$ を可能にする。しかし、現在知られている二重露光技術には未だに問題および制限が存在している。

50

【0010】

[10] 例えば、現在の分解アルゴリズムは基本的に、今日の益々複雑な設計を扱うための過剰に多くのルールを必要とするルールベースアルゴリズム(rule-based algorithm)である。より詳細には、事前構築されたジオメトリのルールセットを使用すれば、ピッチ分割分解(pitch-split decomposition)を開始することができる。これは、偶数および奇数のピッチフィーチャを2つの別々のジオメトリのグループまたはパターンに分離（カラリング(coloring)とも呼ばれる）することを必要とする。概念的には、これは単純なプロセスである。しかし、実際のIC回路設計において、局所的な二次元ジオメトリ環境は非常に複雑である。これだけでも、局所化された高密度のパターングループのいずれかから「奇数」および「偶数」のピッチフィーチャを識別することはしばしば困難となる。その結果、10
現行のルールベース手法は、追加の例外的ルールを必要とする多数のカラリングの衝突を引き起こし、および／またはこれらの衝突を解決するためにオペレータの介入を引き起こしている。このような追加のルールまたはオペレータの介入に対する必要性は、与えられたターゲットデザインに対して設定されたルールを調節するために膨大な時間がしばしば取られなければならないので、現在のルールベースシステムを利用するには非常に時間がかかり、問題の多いものになっている。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

[11] 本発明の目的は、既知のルールベースパターン分解技術(rule-based pattern decomposition techniques)におけるこのような短所を克服することである。 20

【課題を解決するための手段】

【0012】

[12] 上記を鑑みて、本発明の目的は、広範なルールベースセットの生成を必要とせず、実質的にいずれのターゲットパターンとの使用にも適した簡略化された分解プロセスを提供することにより、既知の従来技術の短所を克服することである。

【0013】

[13] 要約すると、本発明は、ウェーハ上に印刷されるフィーチャを含むターゲットパターンを複数パターンに分解するための方法を提供する。この方法は、（a）複数パターンを結像するために使用されるプロセスに伴う最小クリティカルディメンションおよびピッチを決定するステップ、（b）アンカーリングフィーチャを生成するステップ、（c）アンカーリングフィーチャをターゲットパターンの第1フィーチャに隣接して配置するステップ、（d）第1領域を規定するために所定の量だけアンカーリングフィーチャを成長させるステップ、（e）第1領域内のいずれかのフィーチャを第1パターンに割り当てるステップ、（f）アンカーリングフィーチャをターゲットパターンの第2フィーチャに隣接して配置するステップ、（g）第2領域を規定するために所定の量だけアンカーリングフィーチャを成長させるステップ、および（h）第2領域内のいずれかのフィーチャを第2パターンに割り当てるステップ、を含む。続いて、ステップ（c）から（h）は、ターゲットパターン内の密間隔のフィーチャが第1または第2パターンのいずれかに割り当てられるまで繰り返される。 30
40

【0014】

[14] 以下にさらに詳細に説明されるように、本発明のプロセスは既知の分解プロセスに対して多くの長所を提供する。最も重要なことに、このプロセスは、ターゲットパターンを分解する迅速かつ効率的な方法を提供し、ならびに、パターンの分解を支配する複雑なルールセットの生成に対する必要性を排除する。特に、本発明のプロセスは、いずれの局所的な密間隔のパターングループをも分解する効率的な方法を可能にする。

【0015】

[15] 本発明のさらなる長所は、本発明の例示的な実施形態の以下の詳細な説明から当業者に明らかとなる。 50

【0016】

[16] 本文書においては、ＩＣの製造における本発明の使用について特に言及しているかもしれないが、本発明が多く他の可能な用途を有することを明示的に理解されたい。例えば、本発明は、集積光学システム、磁気ドメインメモリのための誘導および検出パターン、液晶ディスプレイパネル、薄膜磁気ヘッドなどの製造に採用することができる。当業者は、このような代替用途の文脈において、本文書における用語「レチクル」、「ウェーハ」、または「ダイ」のいずれの使用も、より一般的な用語「マスク」、「基板」、および「ターゲット部分」によりそれぞれ置き換えられると考えられることを理解されよう。

【００１７】

[17] 本発明自体は、さらなる目的および利点とともに、以下の詳細な説明および添付の図面を参照することによってより良く理解することができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【００１８】

[24] 以下にさらに詳細に説明されるように、本発明の分解プロセスは、与えられたプロセスのための最小許容クリティカルディメンション（ＣＤ）およびピッチに基づく所定のサイズを有する幾何学的空間または領域を規定し、続いてターゲットパターンの密間隔のフィーチャのセグメントを別々のパターンに、代わりに割り当てまたはカラリングするためにこの事前規定された空間を使用する。ターゲットパターンを第１と第２パターンに交互にセグメント化するために使用された事前規定された空間のサイズを、与えられたプロセスの最小ＣＤおよびピッチに基づかせることにより、各パターン内のフィーチャが適切に結像されるように、第１および第２パターンに含まれるフィーチャが互いから十分に間隔を空けて離されることを確実にすることが可能となる。言い換えれば、第１および第２パターンの双方のフィーチャの間隔が与えられたプロセスの最小解像度要件より大きくなる。

20

【００１９】

[25] 図１は本発明の第１実施形態を示す例示的なフローチャートである。図１を参照すると、プロセスの第１ステップ（ステップ１０）は、２つ以上のパターンに分解される原ターゲットパターン(original target pattern)を規定することである。与えられた例において、ターゲットパターンは２つの別々のパターンに分解されている。しかし、ターゲットを３つ以上のパターンに分解することも可能である。次のステップ（ステップ１２）において、与えられたプロセスのために結像できる最小許容ＣＤおよび最小許容ピッチが決定される。最小許容ＣＤおよびピッチが、ターゲットパターンを結像するために使用される照明プロセスおよびシステムに依存し、経験的またはシミュレーションの技術により決定できることに留意されたい。ステップ１２において、ターゲットデザインにおける密間隔のフィーチャ、および非密間隔のフィーチャを識別し、非密間隔のフィーチャを分離することも可能であり、それがこれらのフィーチャが分解プロセスからもたらされるいずれかのパターンに置くことができるからであることに留意されたい。この段階で非密フィーチャを分離することにより、分解プロセスが完了するために必要な時間を短縮することができる。密フィーチャは、例えば、与えられたプロセスの最小許容ピッチより小さなピッチを有するフィーチャとして規定されることにさらに留意されたい（すなわち、フィーチャは適切に結像するには隣接したフィーチャと近すぎる）。非密フィーチャは、密フィーチャの分解プロセスが完了した後に、いずれかのパターンに追加し戻すことができる。図２はプロセスのステップ１２を示している。示された例において、フィーチャ間のピッチに基づき、４つの密間隔のフィーチャ２１と３つの非密間隔のフィーチャ２２が識別されている。密フィーチャのプロセスの後に、非密フィーチャが分解パターンの１つに再結合することを可能にするために、非密フィーチャは分離され、保存される（ステップ１６）。

30

40

【００２０】

[26] 図３を参照すると、次のステップ（ステップ１４）において、与えられたプロセスのクリティカルディメンションの半分（ＣＤ／２）以下のエッジからエッジの幅（または隔たり）を有するアンカーリングフィーチャ３１が、ステップ１２で識別された密間隔の

50

フィーチャのうちの最も左または最も右のフィーチャに隣接して置かれている。続いて、密間隔のフィーチャに隣接したアンカーリングフィーチャ31の側面は、ステップ12で規定された最小許容ピッチに等しい量だけ成長または延長させられる。続いて、アンカーリングフィーチャを拡大することにより規定されているこの領域33内の全てのフィーチャが決定かつ／または捕捉され、第1パターンに割り当てられる。与えられた例において、フィーチャ32は、フィーチャ32が領域33内に該当するために、パターンA（またはグループA）に割り当てられる。図3の例が、延長された領域33に含まれたライン32を例示するのみである一方、他のフィーチャまたは部分的フィーチャもこの領域に含まれることが可能であり、もしそうであれば、それらのフィーチャは取り除かれ、フィーチャ32とともにパターンAに割り当てられることに留意されたい。1つの例は、フィーチャ32をフィーチャ34に接続する垂直フィーチャがある場合である。このような場合、この垂直フィーチャは効果的にセグメント化され、領域33内にあった垂直フィーチャのいずれの部分もフィーチャ32とともに取り除かれ、パターンA内に置かれる。再び図3を参照すると、このステップの完了後、フィーチャ32はパターンAに割り当てられ、密間隔のフィーチャの原パターンから取り除かれる。

【0021】

[27] 次に、図4に示されたように、ステップ18において、アンカーリングフィーチャ31は（この場合、フィーチャ34である）密間隔のパターンにおける次に最も左にあるフィーチャに追加され、上記のように、続いてアンカーリングフィーチャは最小許容ピッチに等しい量だけ成長または延長させられる。続いて、アンカーリングフィーチャを拡大することにより規定されたこの成長済み領域内の全てのフィーチャが決定／捕捉され、第2パターンに割り当てられる。与えられた例において、フィーチャ34はパターンB（またはグループB）に割り当てられる。続いて、原ターゲットパターンの密間隔のフィーチャの全てにプロセスが行われるまで、ステップ14および18が（ループの形で）繰り返し行われる。図5は一例パターンの残っている2つの密フィーチャに適用されるプロセスを示している。このプロセスがグループAとグループBにフィーチャを交互に割り当てており、そのことが適切な分解に必要であることに留意されたい。さらに、前述のプロセスは、デザイン内の最も左または最も右に所在するフィーチャのいずれかに対して最初に開始することができる。しかし、一旦デザインの左側または右側が選択されれば、全てのフィーチャにプロセスが行われるまで、プロセスが同じ方向において（すなわち、もし最も左のフィーチャが最初に選択されれば、右に移動し、もし最も右のフィーチャが最初に選択されれば、左に移動して）適用し続けられなければならない。

【0022】

[28] 一旦密間隔のフィーチャの全てにプロセスが行われ、パターン（またはグループ）に割り当てられれば、次のステップ（ステップ19）において、非密フィーチャはパターンの1つに追加し戻される。図6に示された例において、非密パターン22はパターンA（またはグループA）内に追加し戻される。上記のように、非密パターン22は分解パターンのいずれかに追加し戻すことができる。

【0023】

[29] 上述のプロセスの最終結果は図7に示されている。示されたように、密間隔のフィーチャ33および非密間隔のフィーチャ22がパターンA内に置かれ、密間隔のフィーチャ34はパターンB内に置かれている。続いて、これらのパターンは、実際の結像プロセスで使用される第1および第2マスクを生成するために使用される。図8は前述の例の全体的な流れを示している。

【0024】

[30] 任意選択のステップ（ステップ25）において、ステップ19の結果として生成されたパターンが、双方のパターンの組合せ露光からもたらされたイメージが許容可能誤差許容範囲内で所望のターゲットパターンを生成することを確認するために、2つのパターンの結像性能をシミュレートする検証プロセスを受けることができることに留意されたい。この検証プロセスはいずれの適切なシミュレーションプロセスを介しても行うことがで

きる。

【0025】

[31] 図9はフラッシュメモリ構造に適用される分解プロセスの例を示している。図9を参照すると、原パターンの密間隔のフィーチャは、アンカーリングフィーチャの使用を含む前述のプロセスを使用して、分解され、または別々のマスクに割り当てられる。パターンがラインフィーチャの各々の端部に非密間隔のパッドを含むことに留意されたい。一旦フィーチャが分解されれば、パッドはパターンに置き戻される。示された例において、パッドは、所与のパッドが接続される所与のラインフィーチャのカラリングを続けるために、それぞれカラリングされる。図10および11は本発明のプロセスを使用して分割されたターゲットパターンの追加の例を示している。

10

【0026】

[32] 上記に詳述したように、本発明のプロセスは既知の分解プロセスに対する多くの長所を提供する。最も重要なことに、このプロセスは、ターゲットパターンを分解する迅速かつ効率的な方法を提供し、ならびに、パターンの分解を支配する複雑なルールセットの生成に対する必要性を排除する。特に、本発明のプロセスは、いずれの局所的に密間隔のパターングループも分解する効率的な方法を可能にする。さらに、このプロセスは、特定のルールを生成する必要性なしに複雑な二次元のフィーチャ形状を直ちに分解することができる。

【0027】

[33] 上で詳述した例示的プロセスの変形例も可能である。例えば、いずれの適切なデータフォーマットもパターンデータを処理するために使用することができる。パターン内のフィーチャの位置を直ちに識別できるようになるので、パターンが一般的にXY座標系を使用して表されていることにも留意されたい。このフォーマットもアンカーリングフィーチャの成長を直ちに提供する。

20

【0028】

[34] 他の変形例において、本発明のプロセスからもたらされる分解パターンに対して光近接効果補正処理を適用することが可能である。さらに、ルールベース、またはモデルベースOPC処理のいずれも、分解パターンに対して使用することができる。

【0029】

[35] さらに他の変形例において、上で開示された長方形以外の異なった形状も、アンカーリングフィーチャを成長させる際に使用することができる。また、アンカーリングフィーチャも異なった形状を取ることができる。所与の実施形態において、「成長済み領域」の形状は、この領域がアンカーリングフィーチャに隣接したフィーチャを包含し、CDおよびピッチに関して上で規定されたサイズのルールに従うように選択されている。さらに、本プロセスは、局所パターン内に異なったサイズおよび形状（例えば不均一なラインおよび長さ）を有する局所高密度パターンを分解するために使用することができる（すなわち、分解されている隣接したフィーチャが異なったサイズおよび形状を有することができる）。

30

【0030】

[36] 他の変形例において、アンカーリングフィーチャが成長させられる量は、最小許容ピッチより大きな値と等しい。シミュレーションプロセスが与えられたプロセスのための最小CDおよびピッチを決定するために使用でき、したがって、これらの値が本発明のプロセスで使用できることに留意されたい。

40

【0031】

[37] 図12は、上で詳述したパターン分解プロセスを実施することができるコンピュータシステム100を示すブロック図である。コンピュータシステム100は、情報を通信するバス102または他の通信機構、および情報を処理するためにバス102に接続されたプロセッサ104を含む。コンピュータシステム100は、プロセッサ104によって実行される情報および命令を記憶するためにバス102に結合されたランダムアクセスメモリ(RAM)または他のダイナミックストレージデバイスなどのメインメモリ106も

50

含む。メインメモリ106は、プロセッサ104によって実行される命令の実行中に一時変数または他の中間情報を記憶するためにも使用することができる。コンピュータシステム100はさらに、プロセッサ104用の静的情報および命令を記憶するためにバス102に結合されたリードオンリーメモリ（ROM）108または他のスタティックストレージデバイスを含む。情報および命令を記憶するために、磁気ディスクまたは光ディスクなどのストレージデバイス110が提供され、バス102に結合される。

【0032】

[38] コンピュータシステム100は、コンピュータのユーザに情報を表示するために、バス102を介して陰極線管（CRT）またはフラットパネルもしくはタッチパネルディスプレイなどのディスプレイ112に結合することができる。情報およびコマンド選択をプロセッサ104へ通信するために、英数字および他のキーを含む入力デバイス114が、バス102に結合される。他のタイプのユーザ入力デバイスは、方向情報およびコマンド選択をプロセッサ104に通信し、ディスプレイ112上のカーソルの動きを制御するマウス、トラックボール、またはカーソル方向キーなどのカーソルコントロール機器116である。この入力デバイスは通常、第1軸（例えばx）および第2軸（例えばy）にという2つの自由度を有し、デバイスが平面内の位置を指定することを可能にする。タッチパネル（スクリーン）ディスプレイも入力デバイスとして使用することができる。

【0033】

[39] 本発明の一実施形態によれば、カラリングプロセスは、メインメモリ106に含まれる1つまたは複数の命令の1つまたは複数のシーケンスを実行するプロセッサ104に応答して、コンピュータシステム100によって実行することができる。このような命令は、ストレージデバイス110などの他のコンピュータ読取可能媒体からメインメモリ106に読み込ませることができる。メインメモリ106に含まれる命令のシーケンスを実行すると、プロセッサ104は本明細書で述べたプロセスステップを実行する。マルチプロセス構成内の1つまたは複数のプロセッサも、メインメモリ106に含まれた命令のシーケンスを実行するために使用することができる。代替実施形態では、ハードワイヤの回路を、ソフトウェア命令の代わりに、またはそれと組み合わせて使用し、本発明を実施することができる。したがって、本発明の実施形態は、ハードウェア回路およびソフトウェアのいずれの特定の組合せにも限定されない。

【0034】

[40] 本明細書において使用されている用語「コンピュータ読取可能媒体」とは、実行するために命令をプロセッサ104に提供することに関与する任意の媒体を指す。このような媒体は、不揮発性媒体、揮発性媒体、および伝送媒体を含めて、これらに限定されない多くの形態を取ることができる。不揮発性媒体は、ストレージデバイス110などの例えば光または磁気ディスクを含む。揮発性媒体は、メインメモリ106などのダイナミックメモリを含む。伝送媒体は、同軸ケーブル、銅線、および光ファイバを含み、バス102を構成するワイヤを含む。伝送媒体は、無線周波数（RF）および赤外線（IR）のデータ通信中に発生するような音波または光波の形態もとることができる。コンピュータ読取可能媒体の一般的形態は、例えば、フロッピー（登録商標）ディスク、フレキシブルディスク、ハードディスク、磁気テープ、任意の他の磁気媒体、CD-ROM、DVD、任意の他の光学的媒体、パンチカード、紙テープ、孔のパターンを持つ任意の他の物理的媒体、RAM、PROM、およびEPROM、フラッシュEPROM、任意の他のメモリチップまたはカートリッジ、以下に説明される搬送波、またはコンピュータが読み取ることができるいかなる他の媒体をも含む。

【0035】

[41] 様々な形態のコンピュータ読取可能媒体も、1つまたは複数の命令の1つまたは複数のシーケンスを実行のためにプロセッサ104に搬送することに従事することができる。例えば、命令は、最初に、遠隔コンピュータの磁気ディスクに担持させることができる。遠隔コンピュータは命令を自身のダイナミックメモリにロードし、モデムを使用して電話回線を介して命令を送信することができる。コンピュータシステム100にローカルな

10

20

30

40

50

モデムが電話回線でデータを受信し、赤外送信機を使用してデータを赤外線信号に変換することができる。バス102に結合された赤外ディテクタは赤外線信号で搬送されたデータを受信し、バス102上にデータを配置することができる。バス102は、データをメインメモリ106へ搬送し、そこからプロセッサ104が命令を検索し、実行する。メインメモリ106が受信した命令は、プロセッサ104による実行の前または後のいずれかに、任意選択でストレージデバイス110に記憶することができる。

【0036】

[42] コンピュータシステム100は、バス102に結合された通信インターフェイス118を含むことが好ましい。通信インターフェイス118は、ローカルネットワーク122に接続されたネットワークリンク120への双方向データ通信結合を提供する。例えば、通信インターフェイス118は、対応するタイプの電話回線にデータ通信接続を提供するIntegrated Services Digital Network (ISDN) カードまたはモデムとすることができる。他の例として、通信インターフェイス118は、互換性LANにデータ通信接続を提供するローカルエリアネットワーク (LAN) カードとすることもできる。無線リンクも実施することができる。このような実施例のいずれにおいても、通信インターフェイス118は様々なタイプの情報を提示するデジタルデータストリームを搬送する電気、電磁気または光信号を送受信する。

【0037】

[43] ネットワークリンク120は通常、1つまたは複数のネットワークを介して他のデータデバイスにデータ通信を提供する。例えば、ネットワークリンク120は、ローカルネットワーク122を介してホストコンピュータ124またはインターネットサービスプロバイダ (ISP) 126により運営されるデータ設備への接続を提供することができる。ISP126は、現在是一般に「インターネット」と呼ばれている世界的なパケットデータ通信網を介してデータ通信サービスを提供する。ローカルネットワーク122およびインターネット128は双方とも、デジタルデータストリームを搬送する電気、電磁気、または光信号を使用する。コンピュータシステム100との間でデジタルデータを搬送する、様々なネットワークを介した信号およびネットワークリンク120上にあり、通信インターフェイス118を介した信号は、情報を伝送する搬送波の例示的形態である。

【0038】

[44] コンピュータシステム100は、ネットワーク、ネットワークリンク120、および通信インターフェイス118を介して、プログラムコードを含み、メッセージを送信しデータを受信できる。インターネットの例では、サーバ130は、アプリケーションプログラムのための要求されたコードをインターネット128、ISP126、ローカルネットワーク122、および通信インターフェイス118を介して送信することができる。本発明によれば、1つのこのようなダウンロードされたアプリケーションは、例えば本実施形態の照明の最適化を提供する。受信コードは、受信されるとプロセッサ104により実行する、および／または、後に実行するためにストレージデバイス110もしくは他の不揮発性ストレージに記憶することができる。このようにして、コンピュータシステム100は搬送波の形態でアプリケーションコードを取得することができる。

【0039】

[45] 図13は、本発明の助けでデザインされたマスクとともに使用するのに適したリソグラフィ投影装置の概略を示している。この装置は、
— 放射投影ビームPBを供給するための放射システムEx、ILであって、この特定の場合において放射源LAも含むシステムと、
— マスクMA (例えばレチクル) を保持するマスクホルダが設けられ、アイテムPLに対してマスクを正確に位置決めする第1位置決め手段に接続された第1オブジェクトテーブル (マスクテーブル) MTと、
— 基板W (例えばレジストコートシリコンウェーハ) を保持する基板ホルダが設けられ、アイテムPLに対して基板を正確に位置決めする第2位置決め手段に接続された第2オブジェクトテーブル (基板テーブル) WTと、

ー マスクMAの照射部分を基板Wのターゲット部分C（例えば1つまたは複数のダイを含む）に結像する投影システム（「レンズ」）PL（例えば屈折、反射、または屈折反射光学システム）と、を含む。

【0040】

[46] 本明細書に示している装置は透過タイプのもの（つまり透過型マスクを有する）である。しかし、一般に、装置は、例えば（反射性マスクを備えた）反射タイプのものとすることもできる。あるいは、装置はマスクの使用の代替として他の種類のパターニング手段を採用してもよく、その例はプログラマブルミラーアレイまたはLCDマトリクスを含む。

【0041】

[47] 放射源LA（例えば水銀ランプまたはエキシマレーザ）は放射ビームを生成する。このビームは、直接的に、または例えばビームエキスパンダExなどの調整手段を横切った後に照明システム（イルミネータ）ILに供給される。イルミネータILは、ビームの強度分布の外側および／または内側半径範囲（一般にそれぞれ σ -outerおよび σ -innerと呼ばれる）を設定する調節手段AMを備えても良い。また、イルミネータILは、一般に、インテグレータINおよびコンデンサCOなどの様々な他のコンポーネントを備えても良い。このように、マスクMAに当たったビームPBは、自身の断面にわたって所望の均一性および強度分布を有する。

【0042】

[48] 図13に関して、放射源LAは、（ソースLAが例えば水銀ランプの場合によくあるように）リソグラフィ投影装置のハウジング内にあってもよいが、リソグラフィ投影装置から離れていて、これが生成する放射ビームを（例えば適切な誘導ミラーの助けにより）装置内に導いてもよく、後者のシナリオは、放射源LAが（例えば、KrF、ArF、またはF₂のレージングに基づく）エキシマレーザである場合に多い。本発明はこれらのシナリオの双方を包含している。

【0043】

[49] その後、ビームPBはマスクテーブルMA上に保持されたマスクMAを横切る。マスクMAを通り抜けると、ビームPBは、基板Wのターゲット部分C上にビームPBを集束させるレンズPLを通過する。第2位置決め手段（および干渉計測定手段IF）の助けにより、基板テーブルWTを、例えばビームPBの経路において異なるターゲット部分Cを位置決めするように正確に移動できる。同様に、第1位置決め手段を使用して、例えばマスクライブラリからのマスクMAの機械的検索の後に、またはスキャン中に、ビームPBの経路に対してマスクMAを正確に位置決めすることができる。一般に、オブジェクトテーブルMT、WTの移動は、図13に明示的には示されていないロングストロークモジュール（粗動位置決め）およびショートストロークモジュール（微動位置決め）の助けにより実現される。しかし、ウェーハステッパの場合（ステップアンドスキャンツールとは対照的に）、マスクテーブルMTはショートストロークアクチュエータのみに接続できるか、または固定することができる。

【0044】

[50] 図示されたツールは2つの異なるモードで 사용할 ことができる。

ー ステップモードにおいては、マスクテーブルMTは基本的に静止状態に維持され、マスクイメージ全体が1回でターゲット部分Cに投影される（すなわち単一「フラッシュ」）。次いで、別のターゲット部分CをビームPBにより照射できるように、基板テーブルWTがx方向および／またはy方向にシフトされる。

ー スキャンモードにおいては、基本的に同じシナリオが当てはまるが、任意のターゲット部分Cが単一「フラッシュ」では露光されない。代わりに、マスクテーブルMTは、任意の方向（いわゆる「スキャン方向」、例えばy方向）に速度vで移動可能となっており、これにより投影ビームPBはマスクイメージにわたり走査させられ、これと同時に、基板テーブルWTは、速度V=Mvで同一方向または逆方向に同時に移動される。ここで、MはレンズPLの倍率（一般的にM=1/4または1/5）である。このようにして、解

10

20

30

40

50

像度を妥協することなく、比較的大きなターゲット部分Cを露光することができる。

【0045】

[51] 加えて、開示された概念を実行するうえで、ソフトウェアが実行または支援できる。コンピュータシステムのソフトウェア機能は、上で説明された結像モデルを実施するために使用することができる実行可能なコードを含むプログラミングを含む。ソフトウェアコードは汎用コンピュータにより実行可能である。動作において、このコード、および場合により関連したデータ記録は、汎用コンピュータプラットフォーム内に保存される。しかし、動作していない時は、このソフトウェアは他の場所に保存することができ、および／または適切な汎用コンピュータシステム内にロードするためにトランスポートすることができる。そのため、上で検討された実施形態は、少なくとも1つの機械読取可能媒体により搬送されるコードの1つまたは複数のモジュールの形態になった1つまたは複数のソフトウェア製品を含む。コンピュータシステムのプロセッサによるこのようなコードの実行は、プラットフォームが、基本的には、本明細書において論じられ、図示された実施形態において行われる形で、カタログおよび／またはソフトウェアのダウンロード機能を実行することを可能にする。

10

【0046】

[52] 本明細書において使用されているコンピュータまたは機械「読取可能媒体」などの用語は、実行するために命令をプロセッサに提供することに関与する任意の媒体を指す。このような媒体は、不揮発性媒体、揮発性媒体、および伝送媒体を含めて、これらに限定されない多くの形態を取ることができる。不揮発性媒体は、例えば、上で論じられたサーバプラットフォームの1つとして動作する任意のコンピュータにおけるあらゆるストレージデバイスなどのような光ディスクまたは磁気ディスクを含む。揮発性媒体は、このようなコンピュータプラットフォームのメインメモリなどのダイナミックメモリを含む。物理的伝送媒体は、同軸ケーブル、銅線、および光ファイバを含み、バス102を構成するワイヤを含む。搬送波伝送媒体は、無線周波数(RF)および赤外線(IR)のデータ通信中に発生するような電気信号もしくは電磁気信号、または音波もしくは光波の形態もとることができる。したがって、コンピュータ読取可能媒体の一般的形態は、例えば、フロッピー(登録商標)ディスク、フレキシブルディスク、ハードディスク、磁気テープ、任意の他の磁気媒体、CD-ROM、DVD、任意の他の光学的媒体、パンチカード、紙テープなどのさほど一般的には使用されていない媒体、孔のパターンを持つ任意の他の物理的媒体、RAM、PROM、およびEPROM、フラッシュEPROM、任意の他のメモリチップまたはカートリッジ、データまたは命令を搬送する搬送波、このような搬送波を伝送するケーブルまたはリンク、あるいは、プログラミングコードおよび／またはデータをコンピュータが読み出すことができる任意の他の媒体を含む。コンピュータ読取可能媒体のこれらの形態の多くは、実行のためにプロセッサに1つまたは複数の命令の1つまたは複数のシーケンスを搬送することに従事することができる。

20

30

【0047】

[53] 本発明を詳細に説明、図示してきたが、これは例証および例示にすぎず、限定と見なすものではなく、本発明の範囲は特許請求の範囲の用語によってのみ限定されることを明確に理解されたい。

40

【図面の簡単な説明】

【0048】

【図1】[18] ターゲットパターンを複数パターンに分解するために使用される本発明の分解プロセスを示す例示的なフローチャート。

【図2】[19] 本発明の分解プロセスを使用して複数セグメントに分解される例示的なターゲットパターンを示す。

【図3】[20] 図2のターゲットパターンに適用される本発明の分解プロセスを示す。

【図4】[20] 図2のターゲットパターンに適用される本発明の分解プロセスを示す。

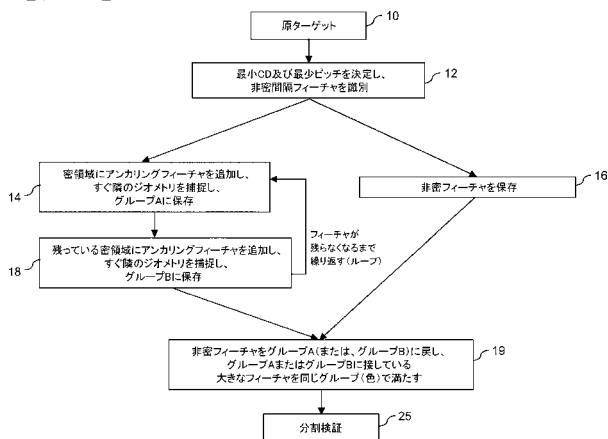
【図5】[20] 図2のターゲットパターンに適用される本発明の分解プロセスを示す。

【図6】[20] 図2のターゲットパターンに適用される本発明の分解プロセスを示す。

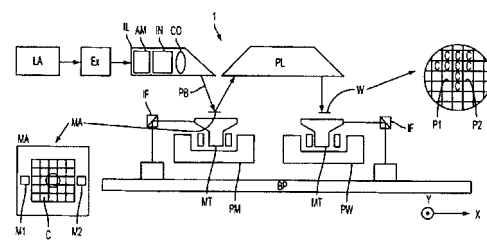
50

【図 7】 [20] 図 2 のターゲットパターンに適用される本発明の分解プロセスを示す。
 【図 8】 [20] 図 2 のターゲットパターンに適用される本発明の分解プロセスを示す。
 【図 9】 [21] 他のターゲットパターンに適用される分解プロセスの追加の例を示す。
 【図 10】 [21] 他のターゲットパターンに適用される分解プロセスの追加の例を示す。
 【図 11】 [21] 他のターゲットパターンに適用される分解プロセスの追加の例を示す。
 【図 12】 [22] 本発明の実施形態による照明最適化を実施できるコンピュータシステムを示すブロック図。
 【図 13】 [23] 開示された概念の助けでデザインされたマスクとともに使用するのに適した例示的なリソグラフィ投影装置を概略的に示す。

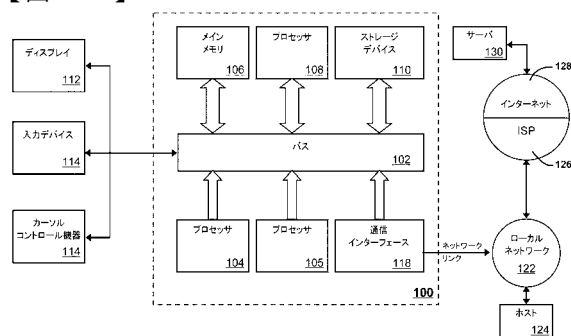
【図 1】



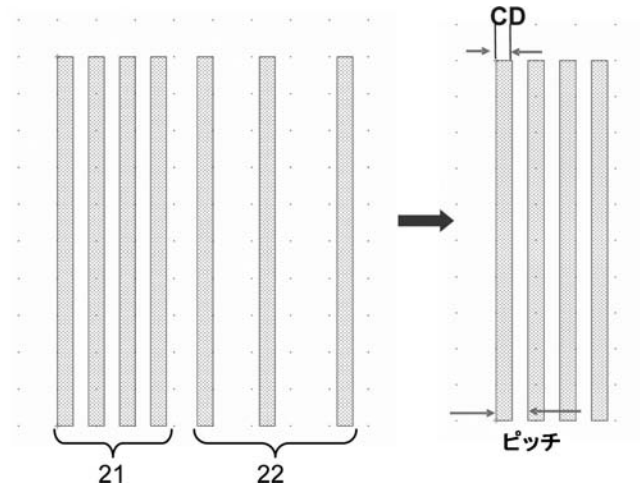
【図 13】



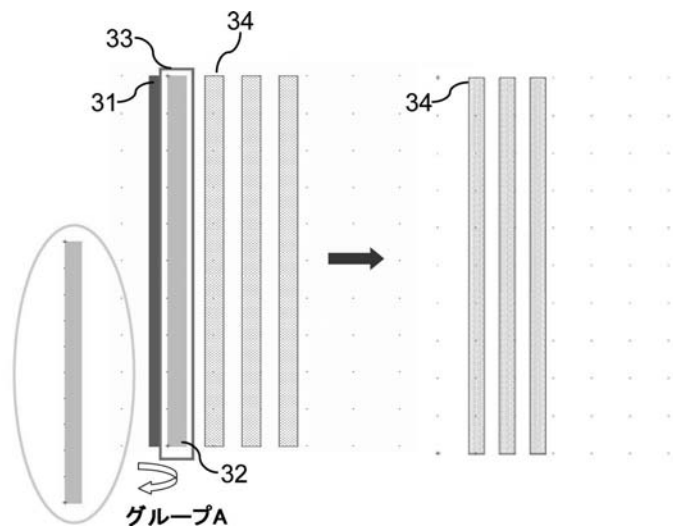
【図 1 2】



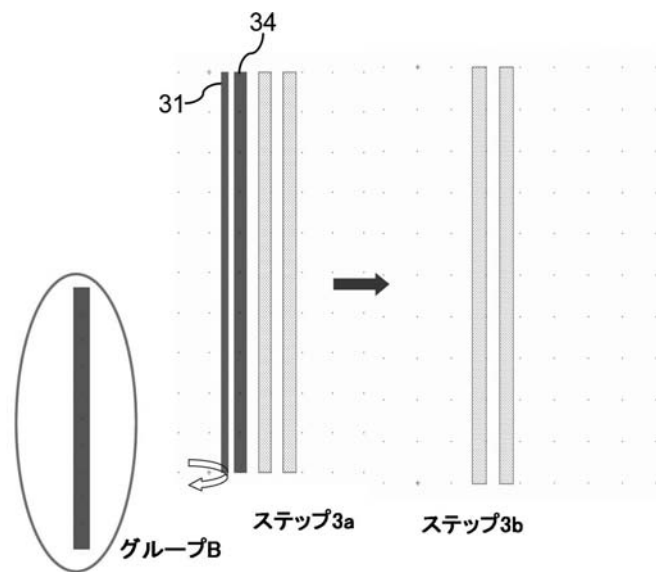
【図 2】



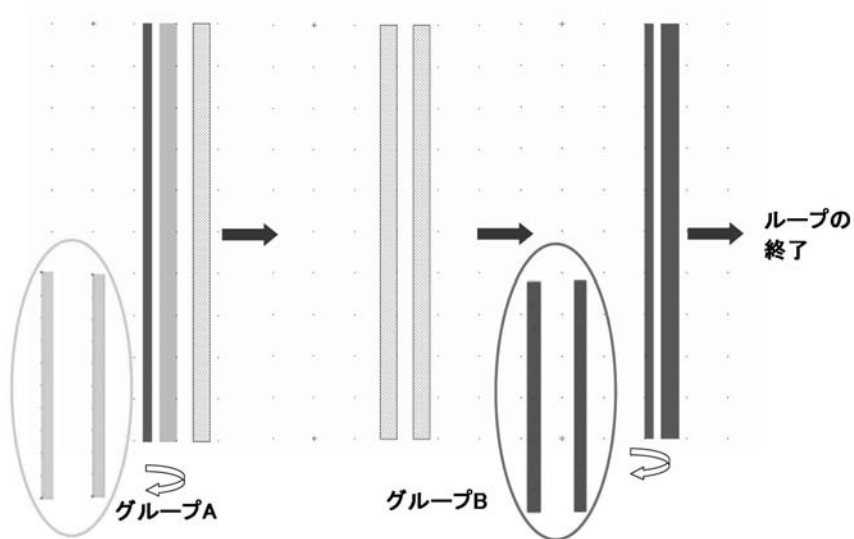
【図 3】



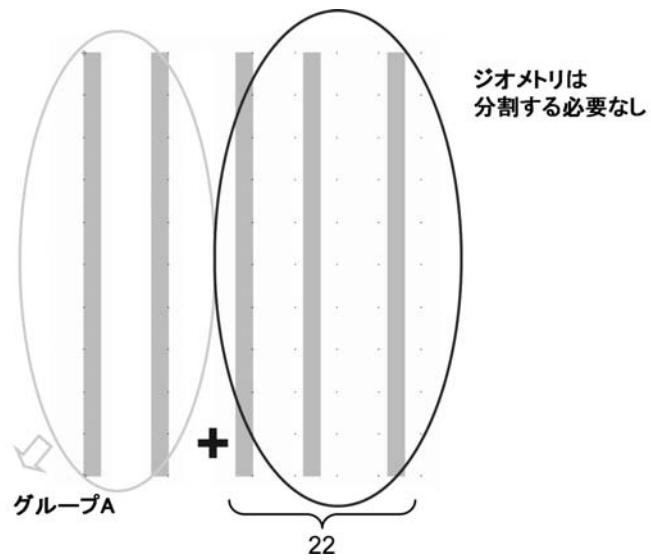
【図 4】



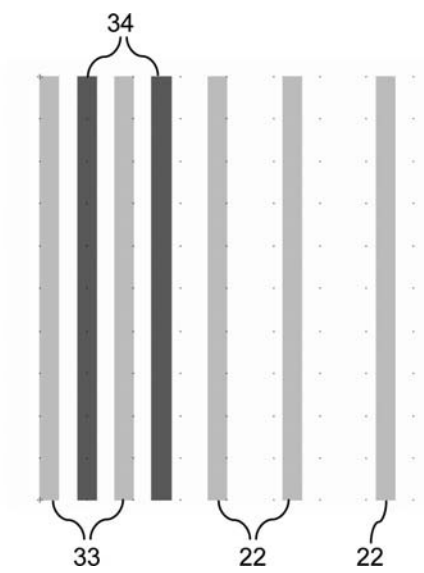
【図 5】



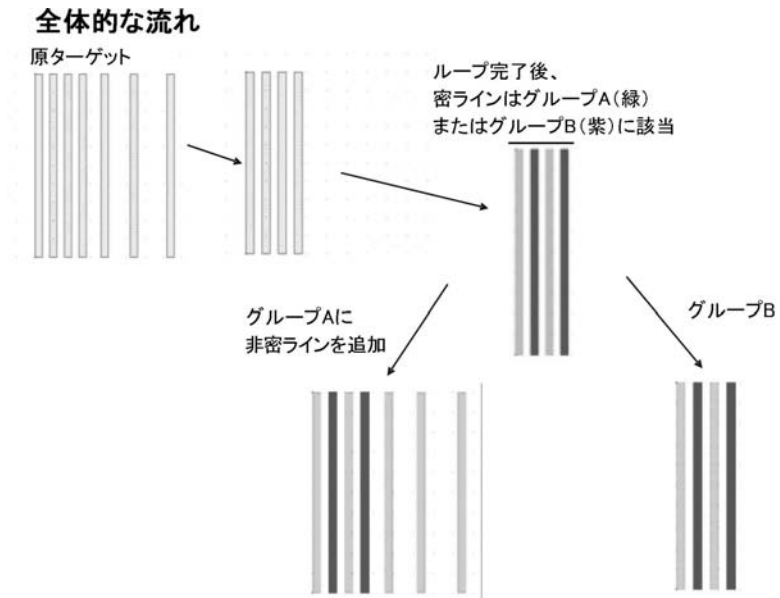
【図 6】



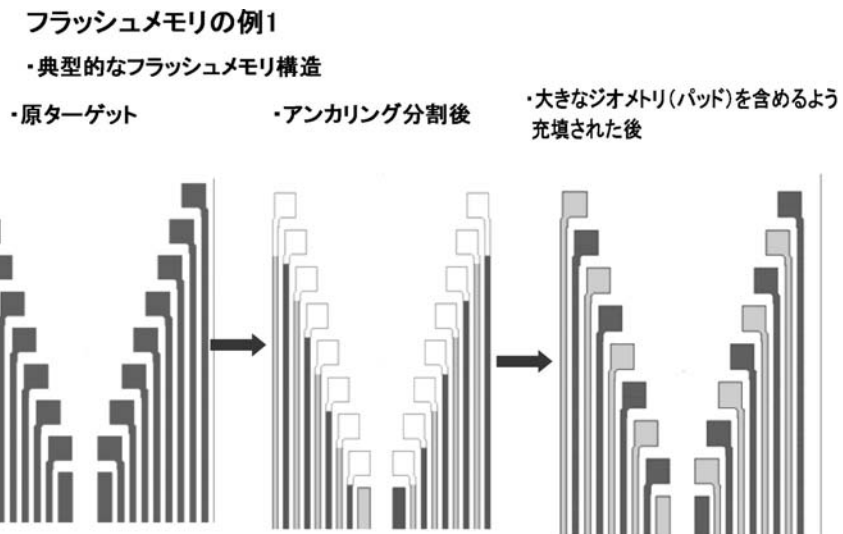
【図 7】



【図 8】



【図 9】



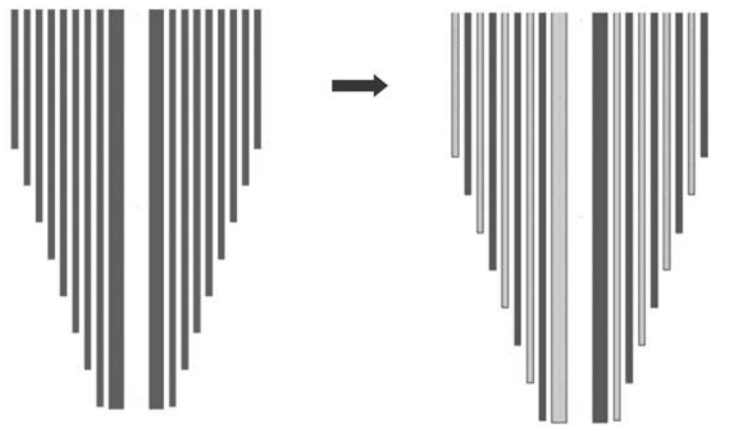
【図 10】

フラッシュメモリの例2

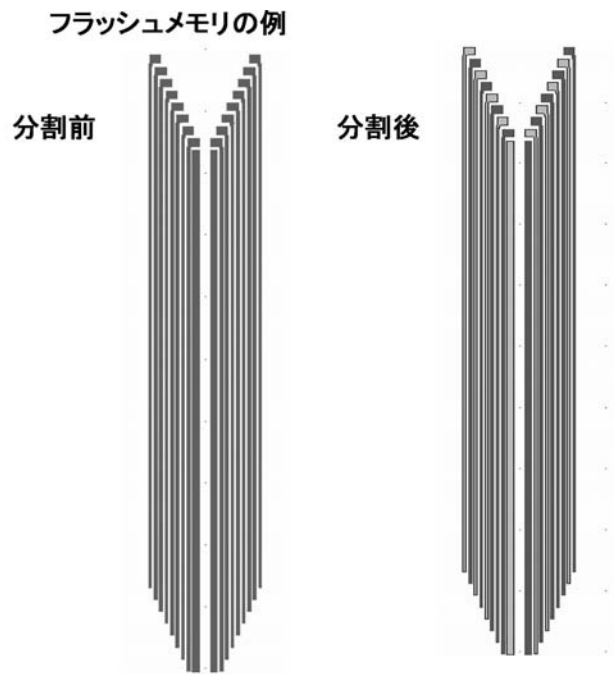
・フラッシュ構造

原ターゲット

パターン分割後



【図 1 1】



フロントページの続き

- (72)発明者 コーコラン, ノエル
アメリカ合衆国, カリフォルニア州 95136, サン ノゼ, ハンプトン フォールズ プレイ
ス 4639
- (72)発明者 チェン, ジャン フン
アメリカ合衆国, カリフォルニア州 95014, クパチーノ, パイン ブルック レーン 1
1752
- (72)発明者 ヴァン デン ブローケ, ダグラス
アメリカ合衆国, カリフォルニア州 94087, サニーベール, モッキングバード レーン 9
17

審査官 新井 重雄

- (56)参考文献 特開2002-287324 (JP, A)
特開2003-149785 (JP, A)
特開昭62-198861 (JP, A)
特開2007-220986 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G03F 1/08
G03F 7/20
H01L 21/027