

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5147380号  
(P5147380)

(45) 発行日 平成25年2月20日(2013.2.20)

(24) 登録日 平成24年12月7日(2012.12.7)

(51) Int. Cl. F I  
 HO 1 L 21/027 (2006.01) HO 1 L 21/30 5 2 9  
 GO 3 F 7/20 (2006.01) GO 3 F 7/20 5 2 1

請求項の数 18 外国語出願 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2007-326579 (P2007-326579)	(73) 特許権者	503195263
(22) 出願日	平成19年12月18日(2007.12.18)		エーエスエムエル ホールディング エヌ
(62) 分割の表示	特願2004-146979 (P2004-146979)		. ブイ.
原出願日	平成16年5月17日(2004.5.17)		オランダ国 ヴェルトホーフエン 550
(65) 公開番号	特開2008-98666 (P2008-98666A)	(74) 代理人	100105924
(43) 公開日	平成20年4月24日(2008.4.24)		弁理士 森下 賢樹
審査請求日	平成19年12月18日(2007.12.18)	(72) 発明者	ナビラ ババーアリ
(31) 優先権主張番号	10/439326		アメリカ合衆国 コネティカット リッジ
(32) 優先日	平成15年5月16日(2003.5.16)		フィールド ハイビュー ドライブ 12
(33) 優先権主張国	米国 (US)		審査官 佐藤 秀樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リソグラフィックマスクレイアウトを形成するための方法及びリソグラフィックマスクレイアウトを形成するための装置及びリソグラフィックマスクレイアウトを形成する方法を実行する1つ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

リソグラフィックマスクレイアウトを作成するための方法であって、前記リソグラフィックマスクレイアウトはマスクレスリソグラフィシステムにおけるマイクロミラーのアレイを構成する、リソグラフィックマスクレイアウトを作成するための方法において、

該方法は、

所望の画像に関連する画像特性を表す理想マスクレイアウトを生成することと、

該理想マスクレイアウトの平均強度に従って等価ミラーベースマスクレイアウトを作成することと、を含み、

前記作成することは、

(a) 前記所望の画像のピッチの整数倍であるパターンピッチを、ミラー幅に相当するピクセル幅を各々が持つ複数のパターンピクセルに分割することと、

(b) 前記パターンピクセルの強度値を決定するために、個々のパターンピクセルに前記理想マスクレイアウトの相応の部分の強度平均値を割り当てることと、を含み、

前記分割することは、

前記ピクセル幅に対する前記所望の画像ピッチの比  $R_1$  を計算することと、

前記所望の画像ピッチと整数  $n$  との積である前記パターンピッチを決定することと、を含み、前記整数  $n$  は、前記比  $R_1$  と整数  $n$  との積  $R_n$  を整数とする最小の整数  $n$  であり、前記積  $R_n$  は、前記複数のパターンピクセルの数である、リソグラフィックマスクレイアウトを作成するための方法。

## 【請求項 2】

前記生成は前記画像特性を表すバイナリマスクレイアウトを作ることを含む、請求項 1 記載の方法。

## 【請求項 3】

前記特性はピッチ及び画像位置のうちの少なくとも 1 つを含む、請求項 2 記載の方法。

## 【請求項 4】

各ミラーは所定のミラー幅を有し、

画像特性は前記所定のミラー幅には依存しない、請求項 1 記載の方法。

## 【請求項 5】

理想マスクレイアウトは連続的に変化するマスク透過率を有する、請求項 1 記載の方法。 10

## 【請求項 6】

等価マスクレイアウトはウェハ平面における所望の画像を表す、請求項 1 記載の方法。

## 【請求項 7】

さらに、等価マスクレイアウトに従って 1 つ以上の画像を作成することを有する、請求項 1 から 6 のいずれかに記載の方法。

## 【請求項 8】

リソグラフィックマスクレイアウトを作成するための装置であって、前記リソグラフィックマスクレイアウトはマスクレスリソグラフィシステムにおけるマイクロミラーのアレイを構成する、リソグラフィックマスクレイアウトを作成するための装置において、 20

該装置は、

所望の画像に関連する画像特性を表す理想マスクレイアウトを生成するための手段を有し、

該理想マスクレイアウトの平均強度に従って等価ミラーベースマスクレイアウトを作成するための手段を有し、

前記作成する手段は、

( a ) 前記所望の画像のピッチの整数倍であるパターンピッチを、ミラー幅に相当するピクセル幅を各々が持つ複数のパターンピクセルに分割する手段と、

( b ) 前記パターンピクセルの強度値を決定するために、個々のパターンピクセルに前記理想マスクレイアウトの相応の部分の強度平均値を割り当てる手段と、を含み、 30

前記分割する手段は、

前記ピクセル幅に対する前記所望の画像ピッチの比  $R_1$  を計算する手段と、

前記所望の画像ピッチと整数  $n$  との積である前記パターンピッチを決定する手段と、を含み、前記整数  $n$  は、前記比  $R_1$  と整数  $n$  との積  $R_n$  を整数とする最小の整数  $n$  であり、前記積  $R_n$  は、前記複数のパターンピクセルの数である、リソグラフィックマスクレイアウトを作成するための装置。

## 【請求項 9】

前記生成するための手段は、画像特性を表すバイナリマスクレイアウトを作成する手段を含む、請求項 8 記載の装置。

## 【請求項 10】

前記特性はピッチ及び画像位置のうちの少なくとも 1 つを含む、請求項 9 記載の装置。 40

## 【請求項 11】

各ミラーは所定のミラー幅を有し、画像特性は前記所定のミラー幅には依存しない、請求項 8 記載の装置。

## 【請求項 12】

理想マスクレイアウトは連続的に変化するマスク透過率を有する、請求項 8 記載の装置。

## 【請求項 13】

等価マスクレイアウトはウェハ平面における所望の画像を表す、請求項 8 記載の装置。

## 【請求項 14】

さらに、等価マスクレイアウトに従って1つ以上の画像を作成するための手段を有する、請求項8から13のいずれかに記載の装置。

【請求項15】

リソグラフィックマスクレイアウトを作成する方法を実行する1つ以上のプロセッサによる実行のための1つ以上の命令の1つ以上のシーケンスを収容するコンピュータリーダブル媒体であって、前記リソグラフィックマスクレイアウトはマスクレスリソグラフィシステムにおけるマイクロミラーのアレイを構成し、前記命令によって1つ以上のプロセッサによって実行される場合には1つ以上のプロセッサは以下のステップを実行する、リソグラフィックマスクレイアウトを作成する方法を実行する1つ以上のプロセッサによる実行のための1つ以上の命令の1つ以上のシーケンスを収容するコンピュータリーダブル媒体において、前記1つ以上のプロセッサは、

所望の画像に関連する画像特性を表す理想マスクレイアウトを生成するステップを実行し、

該理想マスクレイアウトの平均強度に従って等価ミラーベースマスクレイアウトを作成するステップを実行し、

前記作成するステップは、

(a) 前記所望の画像のピッチの整数倍であるパターンピッチを、ミラー幅に相当するピクセル幅を各々が持つ複数のパターンピクセルに分割するステップと、

(b) 前記パターンピクセルの強度値を決定するために、個々のパターンピクセルに前記理想マスクレイアウトの相応の部分の強度平均値を割り当てるステップと、を含み、

前記分割するステップは、

前記ピクセル幅に対する前記所望の画像ピッチの比  $R_1$  を計算するステップと、

前記所望の画像ピッチと整数  $n$  との積である前記パターンピッチを決定するステップと、を含み、前記整数  $n$  は、前記比  $R_1$  と整数  $n$  との積  $Rn$  を整数とする最小の整数  $n$  であり、前記積  $Rn$  は、前記複数のパターンピクセルの数である、リソグラフィックマスクレイアウトを作成する方法を実行する1つ以上のプロセッサによる実行のための1つ以上の命令の1つ以上のシーケンスを収容するコンピュータリーダブル媒体。

【請求項16】

前記生成は前記画像特性を表すバイナリマスクレイアウトを作ることを含む、請求項15記載のコンピュータリーダブル媒体。

【請求項17】

理想マスクレイアウトは連続的に変化するマスク透過率を有する、請求項15記載のコンピュータリーダブル媒体。

【請求項18】

さらに、1つ以上のプロセッサに等価マスクレイアウトに従って1つ以上の画像を作成させる1つ以上の命令を収容する、請求項15から17のいずれかに記載のコンピュータリーダブル媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はフォトリソグラフィシステムにおけるパターン生成に関する。

【背景技術】

【0002】

マスクレスリソグラフィシステムでは、画像パターンはターゲットウェハのオブジェクト平面におけるミラーのマイクロアレイにより生成される。これらのミラーはグレースケーリングを作るために制御されたやり方で傾斜されうる。ウェハスケールでは、これらのミラー（ピクセル）は数十ナノメートルほどの小ささに縮小されうる。この代わりに、深紫外線（DUV）リソグラフィにおいてターゲットとされているますます小さくかつ多様なパターンのために、これらのパターンのクリティカルな寸法（critical dimension）（CD）又はピッチは必ずしもピクセルサイズの倍数ではない。

## 【 0 0 0 3 】

C D及びピッチは必ずしも単独パターンに対する大きな制限ではない。しかし、グループ化されたパターンに対するピッチの連続的なレンジに亘る十分なピクセルレイアウトを見出すことは複雑であり、適当なピッチ及び周期性を有する画像を生成するためにだけでなく、標準画像品質要求に見合う画像を生成するためにもシステムチックなアプローチを必要とする。

## 【 0 0 0 4 】

伝統的なフォトリソグラフィック画像は特定画像によりエンコードされるガラス又は石英ガラスマスクを使用して製作される。マスクの下側は次いでクローム又は他の類似の材料によりコート化される。集束された光が次いでマスクを貫通し、画像が捕捉されうる窪んだ基板へと画像を投影する。光はマスクの透過部分を通過して、マスク下側のクローム材料が光を吸収して画像の暗い部分を形成するように作用する間に画像の明るい部分を形成する。各マスクは単一画像だけを作成するように構成されている。

10

## 【 0 0 0 5 】

マスクレスリソグラフィは従来のレチクルを使用するリソグラフィを越えて多くの利益を提供する。マスクレスリソグラフィックシステムの最大の利益の1つは多数のリソグラフィック画像を作成するために単一のプログラム可能なマスクを使用する能力である。従来技術から周知のように、マスクレスレチクルは数千のマイクロミラーのアレイを含む。これらのミラーのアレイは光変調器のプログラム可能なアレイの役割を果たし、そこでは偏向ミラーが所望のパターンの暗い部分に相応し、非偏向ミラーが中間状態に対するグレイレベルを有するパターンの明るい部分に相応する。照明源がマイクロミラーデバイスへと投影され、基板上に画像を作り出す。空間光変調器 ( S L M ) 及びデジタルマイクロミラーデバイス ( D M D ) がフォトリソグラフィにおいて現在使用されるマスクレスレチクルシステムの例である。

20

## 【 0 0 0 6 】

マスクベースのレチクルは単一画像を作り出すためにしか使用されえないが、マスクベースのレチクルにより作り出される画像は大抵の場合 S L M により作り出される画像よりは高い品質を有する。マスクレスレチクルにより作成される画像におけるいくつかのデグラデーションの原因となる問題のうちの1つは、これらの画像がサイズによる幾つかの限定及び寸法及びミラーの特性に関連する他の制限に直面することである。

30

## 【 0 0 0 7 】

例えば、マスクレスリソグラフィシステムでは、これらのミラーがグレースケールを作成するために制御されたやり方で傾斜されうる。ウェハスケールでは、これらのミラー又はピクセルは数十ナノメートルほどの小ささへと縮小されうる。しかし、サイズ及びピクセルの他の限定のために及び深紫外線 ( D U V ) リソグラフィにおいてターゲットとされているますます小さくかつ多様なパターンのために、これらのパターンの C D 又はピッチが上述のようにピクセルサイズの倍数ではなくなりうる。

## 【 発明の開示 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 8 】

本発明の課題は、マスクレスリソグラフィシステムに対する多様なパターンの生成を提供する方法及びシステムを提供することであり、より特定すれば、様々なピッチで枝分かれするラインをプリントし、ホールを接続するための一定サイズのミラーアレイを使用するマスクレスリソグラフィの技術を提供することである。

40

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 0 9 】

ここで実施され記述されるような本発明における原理と一致して、本発明の実施形態はリソグラフィックマスクレイアウトを形成する方法を含み、このリソグラフィックマスクレイアウトはマスクレスリソグラフィシステムにおけるマイクロミラーアレイに実現される。この方法は所望の画像に関連する画像特性を表す理想マスクレイアウトを生成し、理

50

想マスクレイアウトの平均強度に従って等価ミラーベースマスクレイアウトを作成することを含む。

【0010】

本発明はピッチの連続的レンジに亘ってグループ化されたライン及び接点をプリントするために一定サイズの一定形状のミラーのアレイを使用してマスクレイアウトを生成するシステムチックなアプローチを提供する。これはマスクレスリソグラフィの分野でとりわけ有用であり、この場合目標はミラーアレイのピッチには依存せずにピッチの広いレンジに亘ってパターンをプリントすることができることを保証することである。

【0011】

本発明の更なる特徴及び利点ならびに本発明の様々な実施形態の構造及び作動は添付した図面を参照しつつ、以下においてくわしく記述する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

本発明の以下の詳細な記述は本発明と一致する例示的な実施例を示す添付図面を参照する。他の実施例は可能であり、修正は本発明の精神と趣旨の中で実施例に対して行われる。それゆえ、以下の詳細な記述は本発明を限定するものではない。むしろ本発明の趣旨は請求項により定められる。

【0013】

当業者にとっては以下に記述されるような本発明はハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア及び/又は図に示されたエンティティの多くの異なる実施形態において実装されうるものである。本発明を実装するための特定の制御されたハードウェアとともになんらかの実際的なソフトウェアコードは本発明を限定していない。よって、詳細のレベルがここで発表されるならば、本発明の作動及び挙動は実施例の修正及び変更例が可能であるという理解とともに記述される。

【0014】

図1はマスクレスレチクル100の概略図である。このマスクレスレチクル100は例えばDMD又はSLM型デバイスであればよい。このレチクル100は表面110を有するウェハ基板108の上に入射照明を反射する例えばオンポジションに構成されたミラーエレメント104を含むミラーエレメントのアレイ102を含む。ミラー106はオフポジションに構成され、入射照明を減衰させる。アレイ102内の個別ミラーの各々は所定の幅(W)を有する。

【0015】

図2は、他方で、ガラス層202の表面上に位置決めされたクロームセグメント204を有するガラス層202を含む従来のマスク200の図である。マスク200はバイナリマスクとしても当業者に周知である。なぜなら、それは完全にオンか又は完全にオフかのいずれか、すなわち、完全に透過か完全に不透明かのいずれかであるからである。ガラス層202はピクセル化されておらず、その結果的に得られる画像の品質はSLMベースのレチクルの場合と同じ程度にピクセルサイズによっては制限されない。しかし、マスクレスシステム100により作成される画像の品質はピクセルサイズに依存している。これはとりわけ関連画像パターンのピッチが望ましいことにピクセル幅の整数倍であるからである。それゆえ、一回のチャレンジでシステム100のようなマスクレスレチクルを使用してマスク200のようなマスクにより作成される画像に匹敵しうる品質を有する画像を作成することができる。

【0016】

マスクベースのシステムにより作成される画像に匹敵する品質及び他の特性を有する画像を作成するマスクレスレチクルを構成する一つのアプローチは、バイナリ(理想)マスク200に関連するマスクレイアウト(画像テンプレート)を基礎として使用することである。この基礎は次いでミラーアレイ100内のミラー102に対する等価マスクレイアウトを現像するのに使用されうる。等価マスクレイアウトは次いでミラーアレイ102を構成するためのインストラクションテンプレートとして使用され、マスク200により作

10

20

30

40

50

成される画像に匹敵しうる品質を有する画像を作成する。

【0017】

理想バイナリマスクレイアウトに基づいて等価マスクレイアウトを現像する第1のステップは、理想的な条件下で望ましいリソグラフィック画像を作成するためにウェハ表面110上においてどのくらいの光が必要とされるのかを正確に決定することである。このプロセスの有効性は以下の例によって明らかとなる。

【0018】

半導体デバイス製造会社は大抵の場合ウェハを非常に特殊な顧客/ユーザの要求に従って作成する。これらの要求はCDによって画像パターン及びパターンパラメータの形式で指定される。例えば、1つの要求はクリティカルパターンが所与のピッチにおいて70ナノメータよりも広くないことを指定するかもしれない。よって、顧客は例えば70ナノメータ(nm)ライン及びスペース(L/S)の要求を指定するマスクレイアウトの形式でパターン要求を与えるかもしれない。この事例の更なるサポートにおいて、ミラーアレイ102内部のミラー(ピクセル)の幅(W)が40ナノメータ(40nm<sup>2</sup>トータルサイズ)であると仮定してみよう。この場合、それゆえ、目標は70nmL/Sを作成することであり、よって140nmの繰り返し周期又はパターンピッチを有するパターンを形成することである。実際には、本発明は様々なサイズのピクセルによって様々なピッチのパターンを作成するために使用されうる。

【0019】

初期アプローチとして、40nmピクセルから70nmL/Sを作成する1つのアプローチは並列に2つの暗い40nmピクセルを置くことであろう。それは80nmラインを作成するだろうが、ちょうど70nmラインではない。代わりに、レジストにおいて結果的に70nmL/Sを有するようなエアリアル画像(aerial image)を実現するために複数の40nmピクセルのうちの1つのピクセルが非常に暗く構成され、別の1つのピクセルがグレーになるように構成されうる。この結果、アレイ102内部にピクセルを構成するために、ピクセルサイズに関わらず、表面110上に光が正確に投影されるべき場所が正確に決定されうるならば、十分な品質及び周期性を有する画像が作成されるとわかる。図3はこの画像作成プロセスの初期段階の概略図である。

【0020】

図3は理想バイナリマスクレイアウト302及び完全に現像された等価ミラーベースマスクレイアウト304の概略図300である。当業者には周知のように、マスクレイアウトはマスクの画像作成プロパティのグラフィカルな表現であり、所望の画像を作成するためにSLMアレイ内部のミラーの傾斜角度をプログラムするために使用されうる。図3の例では上述のとおり、目標は40x40nm<sup>2</sup>ピクセルを使用して70nmL/Sを作成することである。

【0021】

異なるパースペクティブからは、理想バイナリマスクレイアウトは、もし光が従来のクローム及びガラスバイナリマスクを使用して発生されたならばウェハ上のどこにこの光が投影されて画像を作成するかの理論的抽象的なテンプレートである。よって、理想バイナリマスクレイアウトはいかなるピクセル制約とも無関係に作成されるレイアウトである。そして、理想バイナリマスクは周知の技術を使用して作成されうる。特に、本発明では、理想バイナリマスクレイアウト302は、もしマスク200がミラーアレイ102の代わりに光を伝達するのに使用されたならばどのように光がウェハ108のウェハスケールに投影されて70nmL/Sを作成するかの概念図である。

【0022】

一般的に理想バイナリマスクは、しかも特に理想バイナリマスク302はターゲットとされた画像と同じ周期又はピッチを有する(又は画像が縮小されるシステムでは倍数)。理想バイナリマスク302は所望のパターンの空間周波数と等しい(又は倍数の)空間周波数を有するバイナリ値からなる透過率関数を有し、この理想バイナリマスク302ではマスク透過率は空間の関数として連続的に変化しうる。グラフ300はウェハスケール(

10

20

30

40

50

x軸) 306及び強度透過率(Y軸) 308を含む。

【0023】

図3の例では、バイナリマスクレイアウト302はスペースにより示される画像ピッチ309及びスペースにより示されるパターンピッチ310を有する。画像ピッチ309は画像の繰り返し周波数であり、パターンピッチ310は所望の画像をプリントするために必要なミラーベースパターンの繰り返し周波数であり、図3の場合にはこの所望の画像はバイナリマスクレイアウト302である。理想バイナリマスクレイアウト302は70nmライン312及び70nmスペース314を含み、これらは組み合わせさせて当業者には周知のように1:1枝分かれラインを形成する。バイナリマスクレイアウト302の作成は、本発明の実施例に従って所望の画像を作成するためにプログラム可能なミラーアレイ102を適切にプログラムするために必要な一連のステップの最初である。

10

【0024】

また別のパースペクティブからは、理想バイナリマスクレイアウト302はどのような種類のミラーレイアウトが顧客により供給されるパターンパラメータ要求を満たすために必要とされるのかを決定するための出発地点、周期性の見地からのフレームワークを提供する。ミラーアレイ102のミラー/ピクセル幅(W)により制約が強制されるならば、この出発地点はマスクが必要とされる画像周期性及びピッチを達成するためにデザインされることを可能にする。言い換えれば、それはウェハ108の表面110をマッピングするための理論的なフットプリントを提供する。

【0025】

ミラーアレイ102の適正なプログラミングを決定するためのプロセスを完了するためには、等価マスクレイアウト304がバイナリマスクレイアウト302に基づいて作成されなければならない。透過率がピクセル毎に変化することが許可されるだけである等価マスクレイアウト304を作成するためには、理想バイナリマスクレイアウト302はピクセル全体の複数のセグメントに亘って最終的に平均化される。この平均化を実行するためには、エリア310のような各エリアが例示的なミラーアレイ102内部のピクセルのピクセル幅(W)に等しい量によって分割される。

20

【0026】

図3の例では、ピクセル幅(W)は40ナノメートルであり、スペース310は280ナノメートルである。ピクセル幅(W)によるスペース310の分割は図3に示されたマスクレイアウトピクセル316を作成する。これらのピクセル316はエリア1~7としてナンバリングされており、各々等価マスクレイアウト304の部分に相応する。見てわかるように、スペース310内部の等価マスクレイアウトの部分は7つのセグメントの全てを有し、各々はピクセル316のうちの1つに相応する。

30

【0027】

次に、強度透過率値がピクセル316の各々に対して決定されなければならない。強度透過率値は各ピクセルスペース316内部の理想バイナリマスクレイアウトの強度値の平均化によって決定され、1~7にナンバリングされる。つまり、ピクセルスペース1~7の各々にわたる理想マスクレイアウト302の平均強度値が相応のピクセルの強度値として割り当てられる。エリア107の各々の内部における平均強度値の割り当てはピクセル318、320及び322のような個別ピクセルを作成する。言い換えれば、ピクセル322に対する強度透過率値を形成するためには、例えば理想バイナリマスクレイアウト302に関連する強度値がスペース324に亘って平均化される。

40

【0028】

グラフ300の視覚的な観察によれば、理想バイナリマスクレイアウト302の強度透過率値はスペース324の約62%に亘って論理「1」であることがわかる。このスペースの約32%に亘って論理「0」である。従って、スペース324に亘って理想バイナリマスクレイアウト302の平均強度透過率値はほぼ約0.62の強度値に相応する。等価マスクレイアウト304全体はこのようにして作成される。このプロセスは図3のグラフ300に示されるように一般的に多くのグレーレベルをディスプレイする透過率関数を有

50

する等価マスクレイアウト 304 を結果的に生じる。加えて、結果的に生じるパターンの空間周波数はターゲットとされる空間周波数の倍数となり、さらにピクセル幅に亘るターゲット空間周波数の割合に依存する。

【0029】

理想バイナリマスク 302 の生成及びピクセル化された等価マスクレイアウト 304 の作成を通して、ミラーレイ 102 のようなミラーレイはパターンを生成し、枝分かれしたライン及びコンタクトホールを様々なピッチでプリントするようにプログラムされる。例示的なピクセル/ピッチ決定マトリクスが図 4 に提示され、様々な画像ピッチに亘るこのプロセスの機能性を示す。

【0030】

図 4 は例示的なマトリクス 400 を含み、このマトリクス 400 は多数の独立ピクセル 402 を決定するためのツールとして機能する。独立ピクセル 402 は様々な画像ピッチ 404 及びパターンピッチ 406 でパターンをプリントするためにミラーレイ 102 内部で構成される必要がある。これはピクセル幅に対する所望の画像ピッチの比 ( $R_1$ ) を計算することによって実行される。もし  $R_1$  が整数でなければ、それはますます大きな整数 ( $n = 2, 3$  等々) によって積  $R_n = n * R_1$  が整数になるまで乗算される。整数である最小の  $R_n$  はパターンを形成するために必要とされる独立ピクセルの最小数を表す。

【0031】

マトリクス 400 内部では、パターンピッチ 406 は画像ピッチの ( $n$ ) 倍に等しく、そこでは ( $n$ ) は最小の整数であり、この結果、 $[(n) * \text{ピッチ}] / (\text{ピクセル幅})$  はナノメータの整数である。一度独立ピクセル 402 の数が図 4 のマトリクス 400 のような例示的な技術を使用して決定されると、エアリアル画像が現像され、等価マスクレイアウト 304 から得られる画像の品質をテストする。この画像はリソグラフィック画像シミュレーションを使用して現像される。一度等価マスクレイアウト 304 が生成されると、等価マスクレイアウト 304 を表すピクセル化された画像はその品質特性を査定するためにシミュレートされる。

【0032】

Proolith<sup>TM</sup> シミュレーションデバイス (図示せず) のような標準ターンキーリソグラフィックシミュレーションツールを使用することによって、シミュレートされたエアリアル画像が等価マスクレイアウト 304 に基づいて構成される。様々なリソグラフィックシミュレーションツールが容易にパターンパラメータの品質及びリソグラフィック画像に関連するフィーチャを査定するための有効な及びコスト安なツールとして使用される。

【0033】

本発明では当業者には周知の技術がパフォーマンスメトリクス又はシミュレートされた画像に関連する特性を査定するために使用される。例えば、図 3 のライン 312 のようなシミュレートされた画像の各ラインにおいては、幅又はターゲット閾値における CD のようなメトリクス、正規化された画像対数スロープ (normalized image log slope) (NILS) 及びライン位置が決定される。特に、これらのパフォーマンスメトリクス又は特性は等価マスクレイアウト 304 に関連する画像に対して査定される。これらのメトリクスは理想バイナリマスクレイアウト 302 又は減衰フェーズシフティングマスク (Attenuating Phase shifting Mask) 又は交代フェーズシフティングマスク (Alternating Phase shifting Mask) のような他のステートオブジアート (state-of-the-art) レチクルのメトリクスと比較される。(バイナリマスクはミラーレイアウトを計算するための開始地点として使用されている。次いで画像はバイナリマスク又は他のステートオブジアートレチクルによる画像に対して検査される。)

【0034】

計算されたライン位置は、例えば、ラインが理想的に配置されるべき場所 (理想的な連続的なマスクレイアウト) と比較され、配置誤差 (PE) とも呼ばれるこれら 2 つの間の差が計算される。加えて、全ラインに対する CD、NILS 及び PE データをプールする

10

20

30

40

50

ことによって（これは不可欠ではない）、平均値及び範囲が抽出されうる。範囲はラインがどのくらい均一であるかの尺度となり、平均値は基本ターゲットに達したか否かの指標となる。例えば平均NILSは十分な露光ラチチュードを保証する確実なターゲットを満たす必要があり、フォーカスによる平均CDもマスクレイアウトが結果的に十分な焦点深度を生じることが保証するようにトラックされる必要がある。これらの比較の結果は次いで最終的に画像品質をテストするためにシミュレートされたエアリアル画像のフィーチャ及びパラメータを調整するのに使用される。

【0035】

図5は例えば理想バイナリマスクのNILS値502と等価ミラーベースマスクレイアウトのNILS値504との間の比較のテーブル表示である。値506は値502と値504との間のデグラデーションの度合いを示す。コラム508はこれらの比較が様々なピッチ値に亘って行われうることを示す。特にテーブル500のラインエントリ510は図3に示された理想バイナリマスクレイアウト302と等価マスクレイアウト304との間のNILS値の比較を示す。

10

【0036】

テーブル500は、等価マスクレイアウト304がミラーアレイ102内部のミラーを構成するためのツールとして使用されうるが、このようなアレイにより作成されたエアリアル画像は理想バイナリマスクレイアウト302から導出されるエアリアル画像と比較すると34.5%低下していることを示している。よって、ミラーアレイ102は様々なピッチ及び周期を有する画像を作成する本発明の技術を使用して適正に構成されてはいるが、NILSのようなこれらの画像のパフォーマンス特性は理想バイナリマスクレイアウトにより作成された画像と比較すると重大なデグラデーションをこうむりうる。

20

【0037】

もし（例えば先のパラグラフで確定されたように）画像の品質が不十分であると考えられるならば、等価ミラーベースマスクレイアウト304は等価ミラーベースマスクレイアウト304で使用されたグレーレベル（又は傾斜角度）の選択を最適化することによって改善されうる。

【0038】

図6は最適化の初期ステップとして本発明で使用されるシフティング技術の概略図600である。図6に図示された技術はウェハ108の平面において結果的に生じるエアリアル画像をシフトするシミュレーションツールを使用することを含む。ウェハ平面におけるエアリアル画像をシフトする能力は望ましいものである。なぜなら、それはウェハのどこでもパターンを位置決めする機構を提供するからである。それはまた光学系における欠陥による画像配置誤差のオフセットを容易にする。さらに、画像をシフトすることは多数のウェハデバイスが現像される場合に他のウェハ平面における画像とともに1つのウェハ平面における画像の非常に正確なアライメントを可能にする。

30

【0039】

それゆえ、図6に示された概略図600の場合には、エアリアル画像603は等価マスクレイアウト304に基づいて現像される。このエアリアル画像603は例えば概略図602に描かれたようにピクセルグリッド606に関してウェハ平面において1/2ピクセルだけシフトされる。このシフティングは概略図604に示されているようにシフトされたエアリアル画像を作成する。本発明において、顕著な達成は、見れば分かるように、エアリアル画像603のシフトを実行し、エアリアル画像を歪めることなしに概略図604を作成する能力である。シフト機能の完了の後で、シミュレーションが再び行われ、結果的に得られるエアリアル画像のパフォーマンスメトリックス（前述）が再び検査され、これらのパフォーマンスメトリックスが今や画像品質要求に見合うかどうか決定される。もしパフォーマンスメトリックスが引き続き不十分であるならば、付加的な改善が図7に示されているように等価ミラーベースマスクレイアウト304において使用されるグレーレベル（又は傾斜角度）の選択の最適化によって行われる。

40

【0040】

50

図7は、結果的に得られるエアリアル画像の品質をさらに改善するために等価マスクレイアウト304内部の選択されたピクセルのグレーレベルを摂動(perturb)する概略図である。前述のように及び図4で図示されたように、等価マスクレイアウト304を形成するために必要とされる独立ピクセルの個数が再び問題である。

【0041】

例として、図7はユーザの所望に従い、等価マスクレイアウト304のエリア1及び7のピクセルへの調整を実行する。この調整は、エリア1及び7のピクセルのラインコントラストを改善するために透過率強度を低減するか又は傾斜角度を増大する。さらに又は代わりに、ユーザはピクセル4の傾斜角度を増大することによってエリア4のピクセルへの調整704を行うことを望むかもしれない。最後に、ユーザは再び透過率を低減するか又は傾斜角度を増大することによってスペース3及び5のピクセルへの調整706を実行するかもしれない。このようにして、ユーザは、シミュレーションツールを利用して、結果的に得られるエアリアル画像における改善を実現するために等価マスクレイアウト304の1つのピッチセグメント内部の独立ピクセルを摂動、さもなければ調整することができる。

10

【0042】

一度全ての調整が等価マスク304の選択された1つのピッチセグメント内部で行われ、これらの調整が等価マスクレイアウト304に関連する他のピクセルの全てに適用される。画像品質へのこれらの摂動の効果はリソグラフィシミュレーションツールを使用して注意深くモニタされうる。これは改善されたソリューションを探すためにグレーレベル(又は傾斜角度)の小さい範囲に亘って生じる反復最適化プロセスである。要求された画像品質要求が達成された場合、摂動は停止されうる。

20

【0043】

こうして、図7の文脈において議論された摂動フィーチャは、個別ピクセル調整の適当な組み合わせを選択するために選択されたピクセルにおける傾斜角度及びグレーレベルを調整する能力を提供する。ユーザは次いでグレートーンと傾斜角度調整のどのような特定の組み合わせが最も満足ゆく結果をもたらし、最も納得できるソリューションを与えるかを決定するためにリソグラフィシミュレーションを実行することができる。このプロセスは開始地点として初期ソリューションが開始されるアプローチを提供する。その初期ソリューションは、所定のステップを使用して所定のやり方においてある範囲内で摂動され、結果的に最適なソリューションを行うために調整の最も適切な組み合わせの選択を生じる。他の最適化技術も適用可能である。

30

【0044】

最終的に、もし結果的に得られる画像への更なる改善がまだ必要であるならば、グレートーンを有するピクセルに関して傾斜されたミラーの増大されたイメージング能力の利点を利用するためにグレートーンからフェーズ傾斜への計算されたマスクレイアウト304の変換が行われる。

【0045】

図8は、上述のようにグレートーンピクセル値を相応の傾斜角度へ変換するために使用される較正曲線の図800を示す。較正曲線800の予備的な使用は、所望の画像を作成するためにミラーレイ102内部でミラーの各々に対する適正な傾斜角度へとミラー状態を変換することであり、これらのミラー状態は最初に図3に示されさらに図7で摂動された強度値を特徴付ける。

40

【0046】

較正曲線800の最初の部分802はピクセルのグレーレベル又は強度値を傾斜角度に変換することの予備的な有用性を見せるために使用される。この変換は、所与のピクセルに関連する強度値をミリラジアン(mrad)単位の角度に相応する較正曲線800の軸804に沿った強度値にマッチングすることによって行われる。しかし、この較正曲線800の第2の部分808は、ミラーに亘るフェーズ範囲が360度より大きくかつ720度よりも小さいようにそれらのミラーに対する付加的なフェーズシフティングオプション

50

を提供する。この傾斜角度範囲内のピクセルにおいては、ミラーレイ１０２内部のミラーの結果的に生じるフェーズシフトが結果的に得られる画像の品質を改善しうる。

【００４７】

こうして、本発明の技術を使用して、エアリアル画像は等価ミラーベースマスクレイアウト３０４から現像され、最初の推測のように使用される特性を有する。もしこの最初の推測が所定の画像品質要求を満たすために改善を要求するならば、反復画像改善プロセスが活性化されうる。このプロセスは等価マスクレイアウト３０４内部の個別ピクセルの状態を摂動することを含む。この調整はいちじるしくリソグラフィック画像の品質を向上させうる。

【００４８】

図９は本発明を実行する例示的な方法を示すフローチャート９００である。本発明のパターン生成技術では、ブロック９０２に示されているように望ましい画像に関連する特性を有する理想バイナリマスクレイアウトが生成される。ブロック９０４では、ブロック９０２で現像された理想バイナリマスクレイアウトの平均強度に基づいて等価マスクレイアウトが現像される。次に、シミュレーションツールが使用されて、ブロック９０６に示されているように等価マスクレイアウトに従って１つ以上の画像を作成する。これらの画像は次いでブロック９０８に示されているように関連パフォーマンスメトリックスが所定の画像品質要求に見合うかどうかを決定するために検査される。ブロック９１０において、結果的に得られるパフォーマンスメトリックスが所定の画像品質要求と比較される。もしこの比較によってパフォーマンスメトリックスが所定の画像品質要求を満たさないとならば、等価マスクレイアウトはブロック９１２に示されたように最適化される。

【００４９】

図１０は図９のブロック９１２の付加的な詳細の図示を提供するより詳細なフローチャート１０００である。図１０のブロック１００２では、初期ソリューションが開始ポイントとして提供される。もし、等価マスクレイアウト３０４に基づいて画像が許容可能であると見なされれば、プロセスは停止する。もし他方で画像が許容できないと見なされれば、最適化フィーチャがブロック１００４に示されたように活性化される。

【００５０】

次いでパフォーマンスメトリックスが再び所定のスレッシュホールド要求と比較される。もし画像が許容可能であるならば、プロセスは停止する。もし画像が許容できなければ、個別ピクセルのグレースケール値がブロック１００６に示されたように摂動される。もし画像がこの地点で許容可能であるならば、プロセスは再び停止する。もし画像が許容できなければ、ブロック１００８に示されているように、グレースケールから傾斜角度への変換が実行される。もしこの地点で画像がまだ許容できなければ、よりラディカルなソリューションが追求され、画像の品質の向上を提供する。

【００５１】

図１１は汎用コンピュータシステムの図を示し、完全性のために提示される。上述のように、本発明はハードウェアにおいて又はソフトウェアとハードウェアとの組み合わせとして実装されうる。それゆえ、本発明はコンピュータシステム又は他のプロセッシングシステムの環境において実装されうる。このようなコンピュータシステム１１００の例が図１１に示されている。本発明では図９及び１０に示されたエレメントの全てが、例えば１つ以上の個別コンピュータシステム１１００を実行することができ、本発明の様々な方法を実装する。

【００５２】

コンピュータシステム１１００はプロセッサ１１０４のような１つ以上のプロセッサを含む。プロセッサ１１０４は特殊用途又は汎用デジタルシグナルプロセッサであればよく、それは通信インフラストラクチャ１１０６（例えばバス又はネットワーク）に接続されている。様々なソフトウェア実装がこの例示的なコンピュータシステムに関して記述される。この記述を読めば、当業者には他のコンピュータシステム及び/又はコンピュータアーキテクチャを使用して本発明を実装する方法が明らかとなるだろう。

## 【 0 0 5 3 】

コンピュータシステム 1 1 0 0 はメインメモリ 1 1 0 8、有利にはランダムアクセスメモリ ( R A M ) も含み、さらにセカンダリメモリ 1 1 1 0 も含む。セカンダリメモリ 1 1 1 0 は例えばハードディスクドライブ 1 1 1 2 及び/又はフロッピー ( 登録商標 ) ディスクドライブ、磁気テープドライブ、光ディスクドライブなどを表すリムーバブルストレージデバイス 1 1 1 4 を含む。リムーバブルストレージデバイス 1 1 1 4 はよく周知のやり方でリムーバブルストレージユニット 1 1 1 8 から読み出す及び/又はリムーバブルストレージユニット 1 1 1 8 に書き込む。リムーバブルストレージユニット 1 1 1 8 はフロッピー ( 登録商標 ) ディスク、磁気テープ、光ディスクなどを表し、これらはリムーバブルストレージドライブ 1 1 1 4 によって読み出され書き込まれる。正しく認識されると思うが、リムーバブルストレージユニット 1 1 1 8 はコンピュータソフトウェア及び/又はデータをそこに格納したコンピュータユーザブルストレージ媒体を含む。

10

## 【 0 0 5 4 】

代替的な実装では、セカンダリメモリ 1 1 1 0 はコンピュータプログラム又は他の命令がコンピュータシステム 1 1 0 0 にロードされることを可能にするための他の類似の手段を含んでも良い。このような手段は、例えばリムーバブルストレージユニット 1 1 2 2 及びインターフェース 1 1 2 0 を含んでも良い。このような手段の例は ( ビデオゲームデバイスにおいて見られるような ) プログラムカートリッジ及びカートリッジインターフェース、 ( E P R O M 又は P R O M のような ) リムーバブルメモリチップ及び関連するソケット及び他のリムーバブルストレージユニット 1 1 2 2 及びソフトウェア及びデータがリムーバブルストレージユニット 1 1 2 2 からコンピュータシステム 1 1 0 0 へと伝送されることを可能にするインターフェース 1 1 2 0 を含んでも良い。

20

## 【 0 0 5 5 】

コンピュータシステム 1 1 0 0 は通信インターフェース 1 1 2 4 も含みうる。この通信インターフェース 1 1 2 4 はソフトウェア及びデータがコンピュータシステム 1 1 0 0 と外部デバイスとの間で伝送されることを可能にする。通信インターフェース 1 1 2 4 の例はモデム、 ( イーサネット ( 登録商標 ) カードのような ) ネットワークインターフェース、通信ポート、 P C M C I A スロット及びカードなどを含みうる。通信インターフェース 1 1 2 4 を介して伝送されるソフトウェア及びデータは通信インターフェース 1 1 2 4 によって受信可能な電子信号、電磁気信号、光信号又は他の信号のような信号 1 1 2 8 の形式である。これらの信号 1 1 2 8 は通信バス 1 1 2 6 を介して通信インターフェース 1 1 2 4 に提供される。通信バス 1 1 2 6 は信号 1 1 2 8 を運び、ワイヤ又はケーブル、光ファイバ、電話線、セルラーフォンリンク、 R F リンク及び他の通信チャネルを使用して実装される。

30

## 【 0 0 5 6 】

本発明のアプリケーションでは、用語「コンピュータリーダブル媒体」及び「コンピュータユーザブル媒体」は一般的にリムーバブルストレージドライブ 1 1 1 4、ハードディスクドライブ 1 1 1 2 にインストールされたハードディスク及び信号 1 1 2 8 のような媒体に関して使用される。これらのコンピュータプログラム製品はコンピュータシステム 1 1 0 0 にソフトウェアを提供するための手段である。

40

## 【 0 0 5 7 】

コンピュータプログラム ( コンピュータコントロールロジックとも呼ばれる ) はメインメモリ 1 1 0 8 及び/又はセカンダリメモリ 1 1 1 0 に格納される。コンピュータプログラムは通信インターフェース 1 1 2 4 を介しても受信されうる。このようなコンピュータプログラムは、実行されると、コンピュータシステム 1 1 0 0 が上述のように本発明を実装することを可能にする。

## 【 0 0 5 8 】

とりわけ、コンピュータプログラムは、実行されると、プロセッサ 1 1 0 4 が本発明のプロセスを実装することを可能にする。よって、このようなコンピュータプログラムはコンピュータシステム 1 1 0 0 のコントローラを表す。例として、本発明の実施例では、エ

50

ンコーダ及び/又はデコーダの信号処理ブロックによって実行されるプロセス/方法はコンピュータコントロールロジックによって実行されうる。本発明がソフトウェアを使用して実装されるならば、ソフトウェアはコンピュータプログラム製品に格納され、リムーバブルストレージドライブ 1 1 1 4、ハードドライブ 1 1 1 2 又は通信インターフェース 1 1 2 4 を使用してコンピュータシステム 1 1 0 0 にロードされうる。

【 0 0 5 9 】

別の実施例では、本発明のフィーチャは例えば特定用途向け I C ( A S I C s ) 及びゲートアレイのようなハードウェアコンポーネントを使用してハードウェアに主に実装される。ここに記述された機能を実行するようなハードウェアステートマシンの実装は当業者には明らかであろう。

10

【 0 0 6 0 】

本発明はマスクの代わりにミラーのアレイを使用するマスクレスリソグラフィシステムを使用するリソグラフィック画像を生成するためのシステムティックな技術を提供する。この技術は、アレイ内部のミラーが様々なピッチで枝分かれしたライン及びコンタクトホールを含む様々なパターンをプリントすることに使用されることを可能にする。さらに最適化技術は結果的に得られる画像の品質が不十分な場合に実装されうる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 6 1 】

【 図 1 】 本発明の実施例により構成されたマスクレスリソグラフィの概略図を示す。

【 図 2 】 従来のフォトリソグラフィックマスクの概略図を示す。

20

【 図 3 】 本発明の実施例により現像されたマスクレイアウトの概略図を示す。

【 図 4 】 図 3 に示された等価マスクレイアウトにおいて必要とされる独立ピクセルの数の決定を示すテーブルを示す。

【 図 5 】 図 3 に示された等価マスクレイアウトに関連する画像特性の比較を示すテーブルを示す。

【 図 6 】 シミュレートされたフォトリソグラフィックエアリアル画像に適用されるシフト関数の概略図を示す。

【 図 7 】 個別ピクセルグレースケールレベルの摂動の概略図を示す。

【 図 8 】 本発明の実施例によるグレースケールとミラー傾斜角度との間の関係を示すミラー群挙動の概略図を示す。

30

【 図 9 】 本発明の実施例を実行する例示的な方法のフローチャートを示す。

【 図 1 0 】 図 9 に示された最適化技術のより詳細を示すフローチャートを示す。

【 図 1 1 】 本発明を実行する例示的なコンピュータシステムのブロック線図を示す。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 2 】

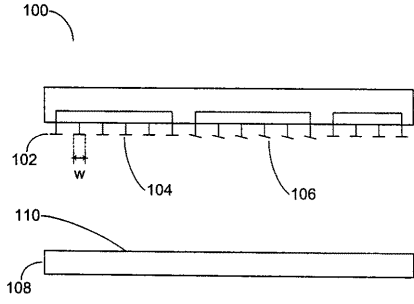
- 1 0 0 マスクレスレチクル
- 1 0 2 ミラーエレメントのアレイ
- 1 0 4 ミラーエレメント
- 1 0 6 ミラー
- 1 0 8 ウェハ基板
- 1 1 0 表面
- 2 0 0 従来のマスク
- 2 0 2 ガラス層
- 2 0 4 クロームセグメント
- 3 0 0 概略図
- 3 0 2 理想バイナリマスクレイアウト
- 3 0 4 等価ミラーベースマスクレイアウト
- 3 0 6 ウェハスケール
- 3 0 8 強度透過率
- 3 0 9 スペース

40

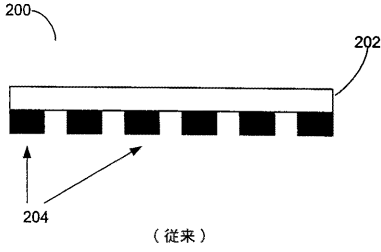
50

3 1 0	パターンピッチ	
3 1 2	70 nmライン	
3 1 4	70 nmスペース	
3 1 6	ピクセル	
3 1 8	ピクセル	
3 2 0	ピクセル	
3 2 2	ピクセル	
3 2 4	スペース	
4 0 0	例示的なマトリックス	
4 0 2	独立ピクセル	10
4 0 4	画像ピッチ	
4 0 6	パターンピッチ	
5 0 0	テーブル	
5 0 2	理想バイナリマスクのNILS値	
5 0 4	等価ミラーベースマスクレイアウトの値	
5 0 6	NILSデグラデーションの値	
5 0 8	カラム	
5 1 0	ラインエントリ	
6 0 0	シフティングの概略図	
6 0 2	概略図(シフト前)	20
6 0 3	エアリアル画像	
6 0 6	ピクセルグリッド	
6 0 4	概略図(シフト後)	
7 0 2	調整	
7 0 4	調整	
7 0 6	調整	
8 0 0	較正曲線	
8 0 2	最初の部分	
8 0 4	較正曲線の軸	
8 0 6	第2の部分	30
9 0 0	フローチャート	
9 0 2 ~ 9 1 2	ブロック	
1 0 0 0	フローチャート	
1 0 0 2 ~ 1 0 0 8	ブロック	
1 1 0 0	コンピュータシステム	
1 1 0 4	プロセッサ	
1 1 0 6	通信インフラストラクチャ	
1 1 0 8	メインメモリ	
1 1 1 0	セカンダリメモリ	
1 1 1 2	ハードディスクドライブ	40
1 1 1 4	リムーバブルストレージドライブ	
1 1 1 8	リムーバブルストレージユニット	
1 1 2 0	インターフェース	
1 1 2 2	リムーバブルストレージユニット	
1 1 2 4	通信インターフェース	
1 1 2 6	通信パス	
1 1 2 8	信号	

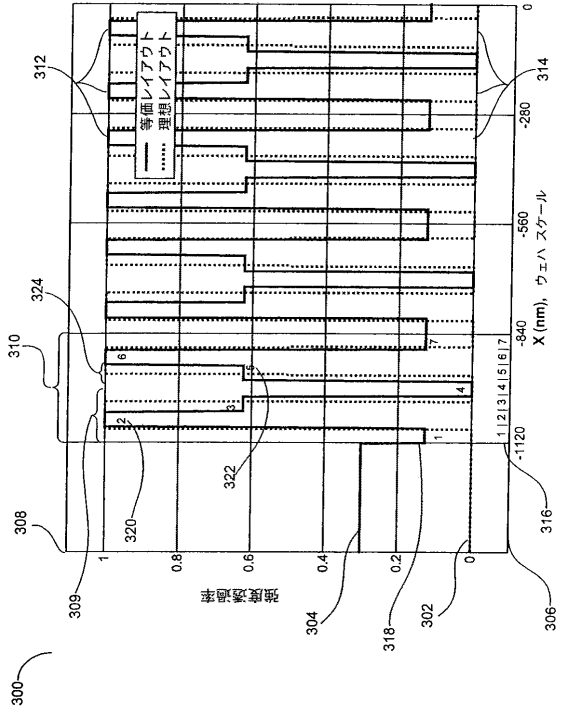
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

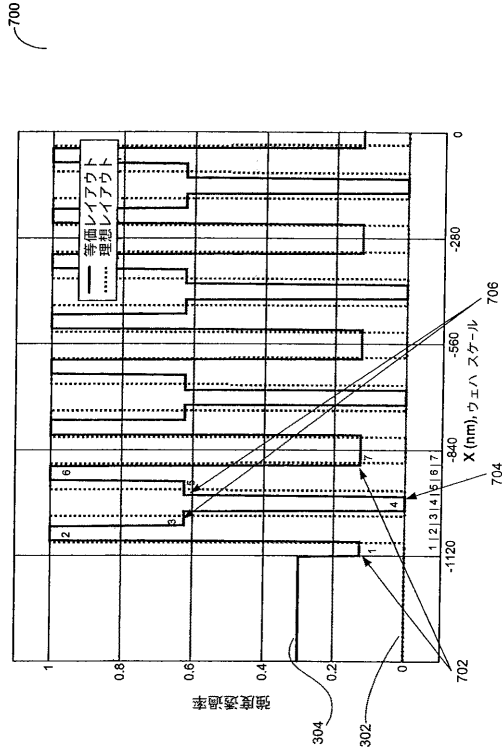
ピクセル/ピッチ決定

n 画像ピッチ (nm)	n/R				R=画像ピッチ/ピクセル幅	ハターンピッチ /画像ピッチ	ハターンピッチ におけるピクセル
	1	2	3	4			
120	3.25	6.5	9.75	13	420	1	3
130	3.5	7	10.5	14	520	4	13
140	3.75	7.5	11.25	15	280	2	7
150	4.25	8.5	12.75	17	800	4	15
160	4.5	9	13.5	18	160	1	4
170	4.75	9.5	14.25	19	680	4	17
180	5.25	10.5	15.75	21	360	2	9
190	5.5	11	16.5	22	760	4	19
200	5.75	11.5	17.25	23	200	1	5
210	6	12	18	24	840	4	21
220	6.25	12.5	18.75	25	440	2	11
230	6.5	13	19.5	26	920	4	23
240	6.75	13.5	20.25	27	240	1	6
250	7	14	21	28	1000	4	25
260	7.25	14.5	21.75	29	520	2	13
270	7.5	15	22.5	30	1080	4	27
280					280	1	7
290					1160	4	29
300					600	2	15

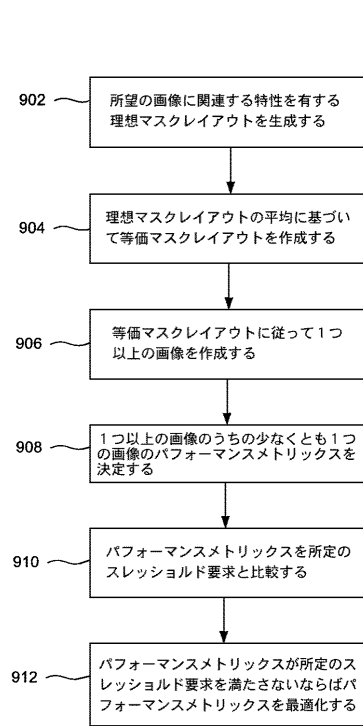
【図5】

1/2ピッチ (nm)	平均 NILS (等価レイアウト)	平均 NILS (理想、ハイナリ)	NILSクラダクション (%)
70	0.93	1.42	34.5
80	1.7	1.7	0.0
90	1.45	1.79	19.0
100	1.73	1.94	10.8

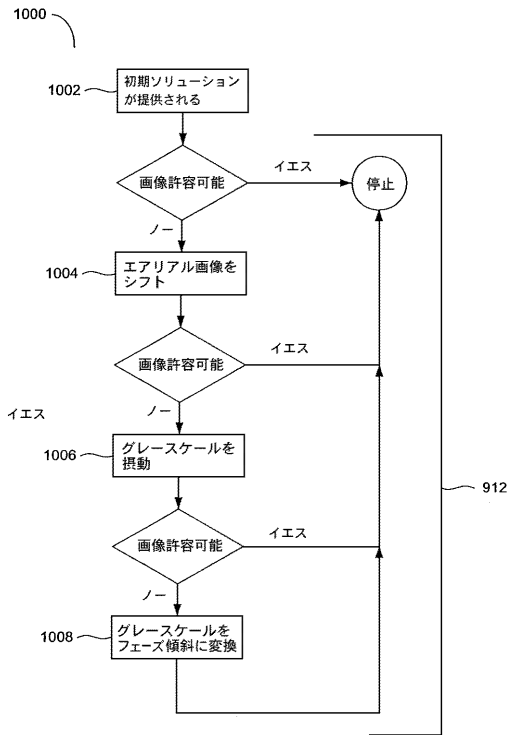
【図7】



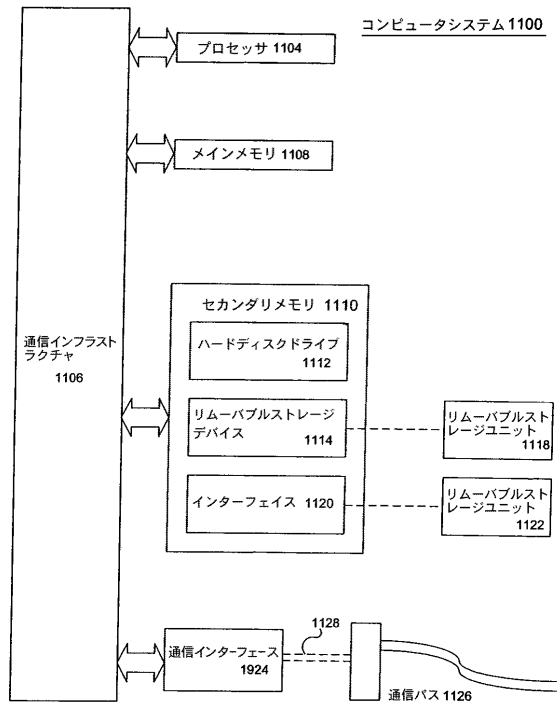
【図9】



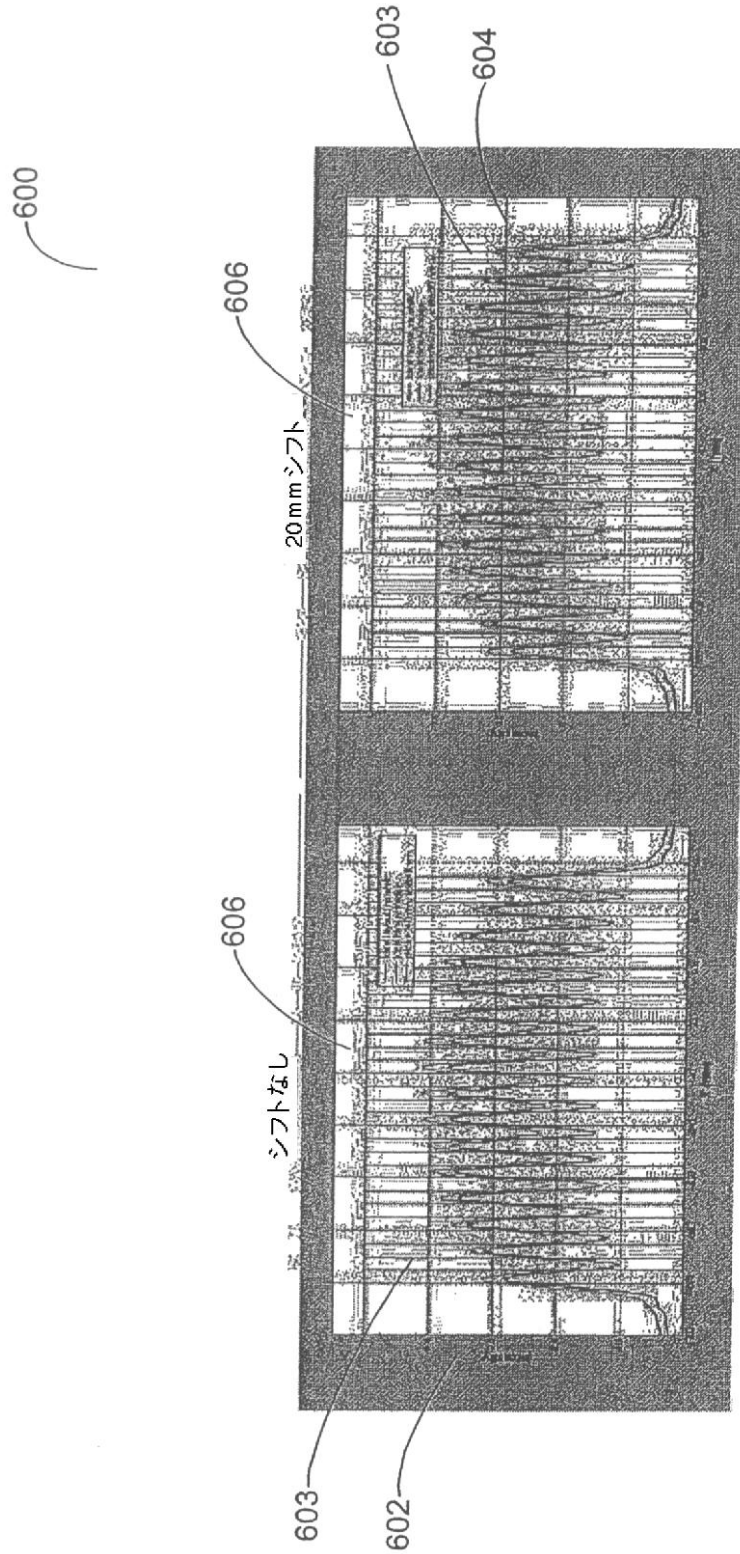
【図10】



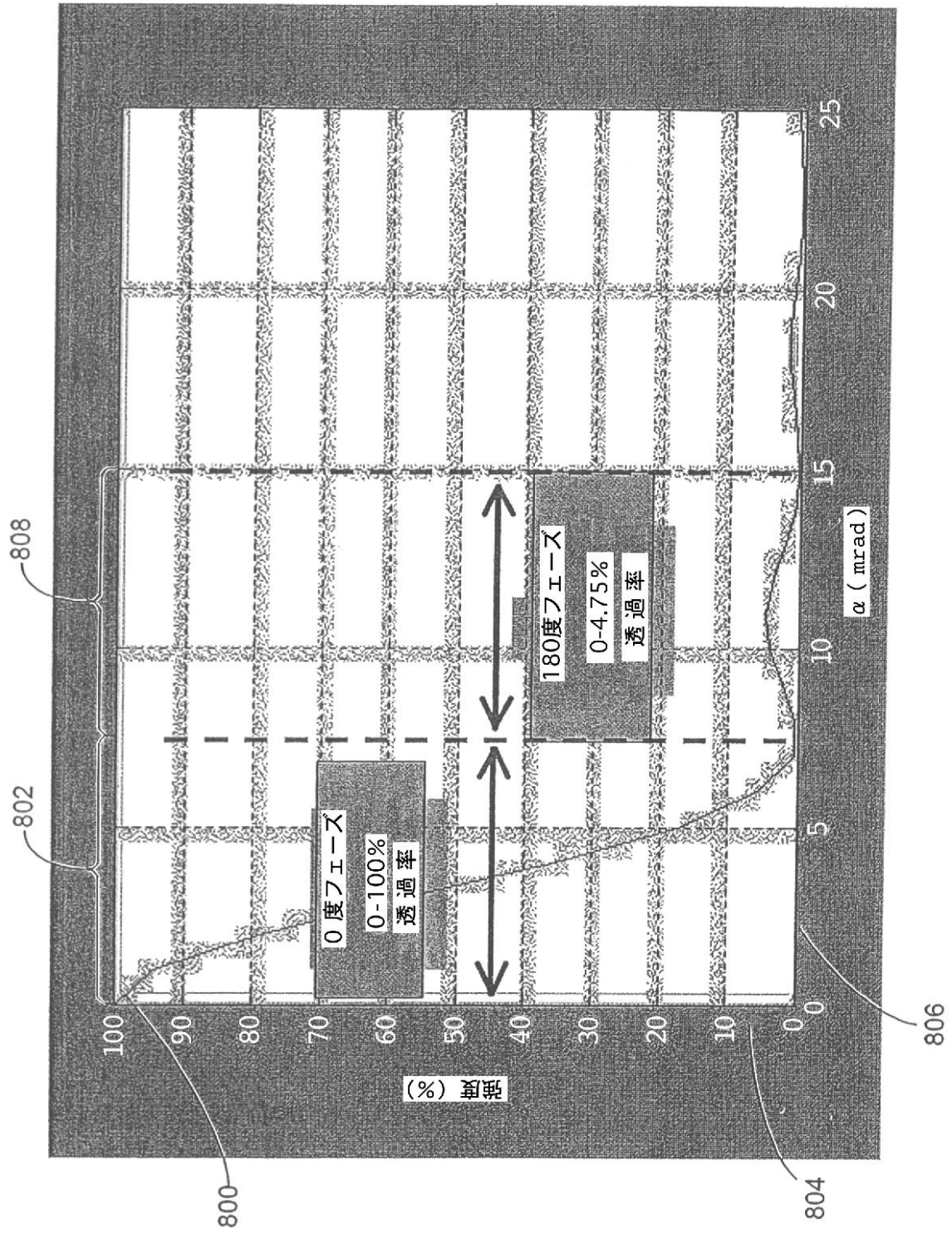
【図11】



【図6】



【 図 8 】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特表2002-506235(JP,A)  
特開2000-250197(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027  
G03F 1/00-1/16  
G03F 7/20-7/24

(54)【発明の名称】リソグラフィックマスクレイアウトを形成するための方法及びリソグラフィックマスクレイアウトを形成するための装置及びリソグラフィックマスクレイアウトを形成する方法を実行する1つ以上のプロセッサによる実行のための1つ以上の命令の1つ以上のシーケンスを収容するコンピュータリーダブル媒体