

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5136996号  
(P5136996)

(45) 発行日 平成25年2月6日(2013.2.6)

(24) 登録日 平成24年11月22日(2012.11.22)

(51) Int.Cl. F I  
 HO 1 L 21/027 (2006.01) HO 1 L 21/30 5 1 9  
 GO 3 F 7/20 (2006.01) HO 1 L 21/30 5 1 5 D  
 GO 3 F 7/20 5 0 1

請求項の数 10 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2010-501439 (P2010-501439)	(73) 特許権者	502023653
(86) (22) 出願日	平成20年4月4日(2008.4.4)		ハイデルベルク・インストルメンツ・ミク
(65) 公表番号	特表2010-524211 (P2010-524211A)		ロテヒニツク・ゲー・エム・ペー・ハー
(43) 公表日	平成22年7月15日(2010.7.15)		ドイツ国、69126・ハイデルベルク、
(86) 国際出願番号	PCT/EP2008/002710		トウルアシユトラーセ・2
(87) 国際公開番号	W02008/122419	(74) 代理人	100062007
(87) 国際公開日	平成20年10月16日(2008.10.16)		弁理士 川口 義雄
審査請求日	平成21年10月2日(2009.10.2)	(74) 代理人	100114188
(31) 優先権主張番号	102007016926.6		弁理士 小野 誠
(32) 優先日	平成19年4月5日(2007.4.5)	(74) 代理人	100140523
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)		弁理士 渡邊 千尋
		(74) 代理人	100119253
			弁理士 金山 賢教
		(74) 代理人	100103920
			弁理士 大崎 勝真

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プログラマブルマスクを基板上に撮像するための方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

照明スポット(3)が、照明ユニットによって、プログラマブルマスク(1)上に生成され、個々の複写(4)が、光学ユニット(6)を介して、基板(2)上にパターンに対応して生成される、プログラマブルマスク(1)によって生成されるパターンを、感光層を有する基板(2)上に複写するための方法であって、

感光層に対する少なくとも2回の露光プロセスが実行され、前記少なくとも2回の露光プロセスの照明スポット(3)または露光点が、互いにずれて定められること、

露光グリッドが、同じ数の照明スポット(3)または露光点に対して拡張され、露光プロセスの回数が、同じ比で増加させられること、あるいは、露光グリッドが、露光プロセスの回数に対応する特定の倍率だけ拡張され、特に、合計した数の照明スポット(3)または露光点が、基本的に、露光グリッドが拡張されることのない単一露光プロセスの場合と同じ寸法であり、

プログラマブルマスク(1)は、拡大されたテンプレートデータをロードされ、かつ、光学ユニット(6)において、該テンプレートデータは、要求される画像グリッドにまで寸法を縮小され、該テンプレートデータは、基板(2)の要求される画像データおよび/または画像グリッドに対して、特定された、または特定することが可能な倍率によって拡大され、

少なくとも2回の照明プロセスの画像点および/または画素は、構造エッジ(17)に割り当てられおよび/または構造エッジ(17)を生成するためにおよび/または位置決

めするために提供される全体強度または合成強度のフランク(15)が基板(2)上において連続的に増加または減少するように、空間的に互いにずれて定められ、

フランク(15)は、構造エッジ(17)を形成するための画素または個々の複写(4)のエッジ領域を重ね合わせることによって生成され、構造エッジ(17)を位置決めするための強度が、上述した画素または個々の複写(4)の中の少なくとも1つに対して減少させられることを特徴とする、方法。

【請求項2】

露光プロセスが、時間的に連続して実行されることを特徴とする、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

複写されるべきパターンが、複数のプログラマブルマスク(1)内に生成されること、および、露光グリッドが、並列に動作するプログラマブルマスク(1)を用いて、かつ特に可動光学コンポーネントを用いて、同時に実行される露光プロセスの回数と同じ比で増加させられることを特徴とする、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

同時に複写されるマスクパターンが、同じ基板位置または異なる基板位置へ投影されることを特徴とする、請求項3に記載の方法。

【請求項5】

構造エッジ(17)を生成するために提供される照明スポット(3a)および/または画素(23)の強度が変化させられ、特に、構造を生成するために提供されるその他の照明スポット(3)および/または画素と比較して、減少させられることを特徴とする、請求項1から4のいずれか一項に記載の方法。

【請求項6】

基板(2)上に複写される画素の合成強度(13)が、連続的な傾斜を有する領域(16)が基板(2)の感光層の閾値(14)との明確な交点を形成するように定められたフランク(15)を有し、前記交点が、関連する照明スポット(3a)および/またはエッジ画素(23)の強度を変化および/または減少させることによって定められ、感光層のエッジしたがって構造エッジ(17)の正確な位置決めが、定められることを特徴とする、請求項1から5のいずれか一項に記載の方法。

【請求項7】

構造エッジ(17)を変位させ(18)および/または位置決めするために、構造を生成するために定められるエッジ画素(23)および/または構造エッジを生成するために提供されるエッジ照明スポット(3a)の強度が、構造を生成するために提供されるその他の照明スポット(3)の強度に対して、変化特に減少させられることを特徴とする、請求項1から6のいずれか一項に記載の方法。

【請求項8】

複写されるべきパターンが、プログラマブルマスク(1)内におけるセグメント単位でおよび/またはプログラマブルマスク(1)によるセグメント単位で生成され、照明ユニット(5)および光学ユニット(6)によって、特に、可動コンポーネントによって、歪みを補償する形で基板(2)上に複写され、その結果として、セグメント複写がプレート全体を表現すること、および/または、複写されるべきパターンが、光学ユニット(6)によってセグメント単位で基板(2)上に複写され、その結果として、予め検出された歪みが補償されることを特徴とする、請求項1から7のいずれか一項に記載の方法。

【請求項9】

プログラマブルマスク(1)を含み、前記プログラマブルマスク(1)によって、パターンが生成されることが可能であり、前記パターンが、基板(2)の感光層上に複写されることが可能であり、照明スポット(3)が、照明ユニットによってマスク(1)上に生成され、個々の複写(4)が、光学ユニット(6)を介して、基板(2)上にパターンに対応して生成される、請求項1から8のいずれか一項に記載の方法を実行するための装置であって、

10

20

30

40

50

感光層に対する少なくとも2回の露光プロセスが実行され、前記少なくとも2回の露光プロセスの照明スポット(3)または露光点が、互いにずれて定められることと、

露光グリッドが、同じ数の照明スポット(3)または露光点に対して、かつ、特に、同じ比の露光プロセス回数で拡張されることとを特徴とする、装置。

【請求項10】

構造エッジ(17)を位置決めするために、レジストエッジを生成するために提供される1つまたは複数の画素(3a、23)だけが、前記画素の強度を変化させられ、特に、前記画素の強度が減少させられ、このために、少なくとも2回の露光プロセスが同じ感光層において実行され、一方の露光プロセスの照明スポット(3)および/または画素(4)が、他方の露光プロセスの照明スポット(3)および/または画素(4)に対して、空間的に互いにずれて定められる、請求項9に記載の装置の使用。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、請求項1のプリアンブルに記載された特徴に基づいて、プログラマブルマスクを基板上に複写するための方法に関する。さらにまた、本発明は、この方法を実行するための装置に関し、また、この装置の使用に関する。

【背景技術】

【0002】

標準的なフォトリソグラフィ方法は、フォトリソグラフィ方法によって、マスク上に予め生成されたテンプレートパターンを基板上に一定の複写比で複写する。このために、マスクは、背後から照明され、固定された光学ユニットが、画像を、感光層を支持材料上に有する基板に付与するのに使用される。照明放射が、マスクの被覆された領域を用いて、この層を選択的に露光し、感光層が現像されると、マスクが、複写される。用途に応じて、複写は、事実上、完成品であってもよく、あるいは、材料層に形成される開口に対応してマスクの下に配置された材料層を選択的に処理するのに使用されてもよい。そのようなマスク複写フォトリソグラフィ方法は、例えば、プリント回路ボードまたは平面型ディスプレイを生成するのに使用される。複写されるべきマスクは、例えば、基板上に複写または複写されるべき伝導体または一般的には幾何学的構造のような、微小構造を含む。そのような構造の典型的な寸法は、用途によるものであり、現時点において、プリント回路ボード業界においては、例えば、10から50 $\mu\text{m}$ である。平面型ディスプレイを製造する場合、1から2 $\mu\text{m}$ にまで減少した構造寸法が、使用される。現時点の標準的な方法においては、マスクは、一般的には、基板に1:1で転写される全体パターンからなる完全なテンプレートとして、フィルム、エマルジョンマスク、クロムマスク、などの形態で存在する。この方法の欠点は、個別のマスクが、複写されるべきパターンごとに製造されなければならないこと、また、取り付けおよび取り外しのために、マスクは、時間が経つにつれて摩耗を免れないことである。

20

30

【0003】

したがって、新しい方法が、米国特許第6,291,110B1号明細書から知られており、この方法においては、プログラマブルユニットまたはプログラマブルマスクが、複写システム内に統合されかつテンプレートとして提供され、複写されるべきデータが、複写プロセス中に、このプログラマブルユニットまたはプログラマブルマスク内へ供給され、このプログラマブルユニットまたはプログラマブルマスクによって、これらのデータが、描画される。マスクすなわち複写されるべき構造を通過する電磁的照明は、マスクと基板との間に配置された複写光学ユニットによって、その寸法が縮小される。プログラマブルマスクは、基板よりも小さくてもよく、それにもかかわらず、マスク内にプログラムされたテンプレートセグメントを接続することによって、大きな基板を露光することが可能である。したがって、大きな表面積のマスク保持ユニットは、必要とされない。また、照明ユニットおよび複写光学ユニットは、小さな表面積のためにだけ設計されてもよい。1次元配列または2次元配列を有するLCD、マイクロミラー配列、または、位相シフト配

40

50

列が、特に、プログラマブルマスクに使用されてもよい。露光される領域または露光されない領域を生成するために、これらの構成要素によって、露光に使用される放射の強度が、ストリップまたは表面領域内の点ごとに制御される吸収、反射、または、回折を用いて制御されてもよい。グレイスケール値を生成するのを可能にするために、照明強度は、点ごとに、段階的にまたは連続的に調節されてもよい。

#### 【0004】

プログラマブルマスクの1つの特性は、それらのマスクが、以下では画素と呼ばれる機能単位の寸法によって決定される特定の解像度でテンプレートだけを提供することが可能なことである。「解像度」という用語は、本明細書では、構造のエッジ位置を画定することのできる精度を示すために使用される。構造エッジが複写される位置精度は、従来のマスクを使用する場合、ただ単に、光学ユニットの解像度限界によるが、複写の解像度は、プログラマブルマスクを1:1の複写と組み合わせて使用する場合、画素寸法と結果として得られるオブジェクトグリッドとによって決定される。

10

#### 【0005】

独国特許第10317050A1号明細書に記載される別のフォトリソグラフィ方法は、基板の歪みの問題に関するものである。特に、プリント回路ボード製造において、一般的に、基板に使用されるものは、基板の厚さと比較して大きな表面積を有する基板であり、その厚さは、数mm(ミリメートル)から数 $\mu$ m(マイクロメートル)までの範囲内に存在する。頻繁に、これらの基板上において複数の構造化がなされなければならない。これらの構造化間に存在する製造ステップは、基板表面の変形を発生させる可能性のある大きな温度差または機械的応力を含む場合がある。第1の層上における第2の層の構造を正確に露光し、それによって、それらのセットとなる構造が一致するのを可能にするために、この方法においては、基板の歪みが、カメラ画像を用いて、存在するアライメントマークの位置を検出することによって計算され、そして、露光中に補償される。この方法においては、マスクの構造は、点ごとに照明され、そして、基板の歪みが補償され、マスクのアライメントマークが基板のアライメントマークと一致するように、歪み補正に関連してこれまでに捕捉されたデータに基づいて歪んだ形で基板上に複写される。この方法においては、マスクと基板とは、機械的装置を用いて、一定の距離を置いて互いに接続され、そして、照明ユニットと、マスクの画像を基板に転写しかつそれ自体が照明ユニットにしっかりと接続された歪み補償複写ユニットとが、マスクおよび基板に対して相対的に移動する。可動光学構成要素が、歪みを補償するための複写ユニット内において使用される。

20

30

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0006】

これに鑑みて、本発明の根本的な目的は、改善されたおよび/または高い解像度および/または高いスループットが達成されるように、一般的な方法をさらに洗練することである。特に、基板上に複写されるべき構造エッジは、最適に位置決めされなければならない。さらにまた、上述の独国特許第10317050A1号明細書に基づいて歪み補償される複写方法は、少なくとも1つのプログラマブルマスクを複写するのに使用できるように拡張されなければならない。さらにまた、装置が、この方法を実行するために提案されるべきであり、この装置は、簡素で信頼性のある機能的構造とともに、最適化された解像度および/または高いスループットおよび/または構造エッジの正確な位置決めを可能にするものである。さらにまた、最適な解像度および/または高いスループットおよび/または基板上への構造エッジの正確な位置決めを達成するために、そのような装置を利用することが提案される。

40

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0007】

この目的は、請求項1に記載の特徴に基づいた方法によって達成され、さらにまた、装置およびその装置の使用に関する請求項に記載の特徴に基づいて達成される。

#### 【0008】

50

構造エッジの位置決め解像度を改善するために、本発明によれば、プログラマブルマスクは、拡大されたテンプレートデータをロードされ、かつ、複写光学ユニットにおいて、これらのデータは、要求される画像グリッドにまで寸法を縮小されることが提案される。テンプレートデータは、基板の要求される画像データおよび/または画像グリッドに対して、特定された、または特定することが可能な倍率によって拡大される。そして、好ましくは、寸法は、特に、光学ユニットおよび/または光学複写および補正ユニットによって、基板上の画像データおよび/または画像グリッドに基づいて、縮小される。上述した倍率は、好ましくは、1.4から5の範囲内に存在するように、有利には、1.6から3.5の範囲内に存在するように、有益には、1.8から2.5の範囲内に存在するように、特に、基本的には、2であるように定められる。有利には、プログラマブルマスクの下流側において照明ユニットの電磁放射のビーム経路内に配置された光学ユニットおよび/または光学複写および補正ユニットのための縮小率は、基本的には、上述した拡大率と同じものである。装置が、照明ユニットによって照明スポットをプログラマブルマスク上に生成するのに使用される場合、照明スポットは、寸法の対応する縮小がなされた後に光学ユニットおよび/または複写および補正ユニットによって基板上に複写される個々の複写よりも大きい。本発明による方法の場合、また、本発明による装置とその装置の使用の場合、何らかの歪みを補正することは、必ずしも必要とされるのではなく、光学ユニットおよび/または光学複写および補正ユニットによって、好ましくは上述した拡大率だけ寸法を縮小することしか必要とされないことが明言される。さらにまた、本発明においては、拡大率は、テンプレートデータ特に使用されるプログラマブルマスクのグリッドに適合させられおよび/または協調させられる。さらにまた、本発明によれば、複写されるべきパターンデータは、プログラマブルマスクに読み込まれ、そして、好ましくは歪みを補償する光学ユニットによって、特に、画像解像度を増加させるためのおよび/または構造エッジの位置決めを最適化するための複数回重ね合わせ露光(multiple interlocking exposure)を用いて、複写されることが強調される。

【0009】

好ましくは、プログラマブルマスクは、構造エッジ上において、マスクを通過した後の露光放射の強度が元々のテンプレート構造が対応するグリッドフィールドを占める大きさに対応するように調節されるので、解像度の増加が、さらに達成される。複写は、調節されたこの強度が構造のエッジ位置に適切に影響を与えることができるように個々のグリッド点を重ね合わせなければならない。このために、本発明によれば、時間的に連続して実行される少なくとも2回の露光プロセスにおいてであろうと、あるいは並行して動作するプログラマブルマスクおよび好ましくは可動光学コンポーネントおよび/または特に光学ユニットを用いて同時に実行される、少なくとも2回の露光プロセスにおいてであろうと、同じ感光層および/または同じ感光レジスト層の少なくとも2回の露光がなされる。露光グリッドは、同じ数の露光スポットに対して、定められ、拡張され、および/または、拡大され、時間的に連続して実行される露光プロセスの回数は、同じ比で増加させられ、あるいは、同時に実行される露光プロセスの回数は、同じ比で増加させられる。複写グリッドは、その複写グリッドが所望の画像グリッドよりも大きくなるように、特に、その複写グリッドが2倍だけ大きくなるように、および/または、露光プロセスの回数に対応するように、定められる。少なくとも2回の照明プロセスの画像点および/または画素は、特に、構造エッジに割り当てられおよび/または構造エッジを生成するためおよび/または位置決めするために提供される全体強度または合成強度のフランクが基板上において連続的に増加または減少するように、空間的に互いにずれて定められる。本発明によれば、フランク傾斜の不連続性が、回避される。フランクは、特に、構造エッジを形成するための画素または個々の複写のエッジ領域を重ね合わせることによって生成され、構造エッジを位置決めするための強度が、定められ、より詳細には、上述した画素または個々の複写の中の少なくとも1つに対して減少させられる。構造を形成する画素または個々の複写の強度は、少なくとも2回の露光プロセスにおいて係数的に照射される基板および/または感光層および/またはレジスト層の放射の合成強度が、露光のための閾値を超えるよう

10

20

30

40

50

に定められる。本発明によれば、フランク傾斜は、特定の領域内において連続的に定められ、その領域内において、フランクは、閾値と交差する。

【0010】

このように、2回の露光プロセスによって、例えば、1回目の露光中に、テンプレートおよび/またはプログラマブルマスクに対するグリッド点が、1つおきに露光され、その後、および/または、2回目の露光プロセスにおいて、同様にして、これまでに省かれたグリッド点が、露光される。照明の強度は、露光されるべき同じ感光層または感光レジスト層上の位置にすべての露光プロセスが実行された後にやっと、基板の感光表面の露光中に必要とされるドーズ量を超えるように定められる。オブジェクトグリッド内において、露光される構造を用いて限界値を示すために調節された強度が使用される画像グリッド上の点において、ドーズは、最終的には、グリッドフィールド内における限界値未満にまで低下し、したがって、構造エッジは、グリッドの限界値間に配置された位置に到達する。正確な位置は、設定された強度に依存し、より詳細には、照明スポットおよび/または個々の複写の強度に依存し、それらの強度は、構造エッジに対応づけられ、および/または、それらの強度によって、構造エッジが生成される。基板および/または感光層上に投影される個々の複写は、個々の複写または複写要素の放射強度が中央における放射強度よりも小さいエッジ領域を有する。個々の複写は、中央領域と比較して強度がエッジ領域において減少するような、例えば、ガウスベル型曲線のような、あるいは、台形のような強度分布または強度プロファイルを有する。時間的に連続してまたは同時に実行される露光プロセスの個々の複写は、空間的に互いにずれて提供され、その結果として、構造エッジの領域に対しては、上述した露光プロセスの個々の複写および/または画素のエッジ領域は、重ね合わせられ、上述した個々の複写および/または画素の中の少なくとも1つに対しては、寸法が減少させられる。構造エッジの位置は、構造エッジに関連する画素または個々の複写の特定の強度および/または調節された強度に対応して定められる。

【0011】

本発明の特定の実施形態および改良形態が、従属請求項および例示的な実施形態の説明において提供される。

【0012】

以下、図面を用いて、本発明が、より詳細に説明されるが、これは、本発明を限定するものではない。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】装置の立面図である。

【図2】重ね合わせられた照明スポットと、基板上における個々の複写または画素の合成強度とを示す図である。

【図3】2回の照明プロセスのための照明スポットを示す図である。

【図4】特定のグリッド内において複写された画素と、基板上におけるそれらの画素の合成強度とを示す図である。

【図5】より細かいグリッド内において複写された画素と、基板上におけるそれらの画素の合成強度とを示す図である。

【図6】2回の露光プロセスのために本発明によって定められた露光スポットまたは画素を示す図であり、拡張された露光グリッドと基板上における合成強度とを備える。

【図7】並行して動作するプログラマブルマスクを備えたさらなる例示的な実施形態を示す図である。

【図8】個々の複写を互いに接続することによる補正または画像歪みに関する原理を例示する図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

図1に例示される本発明による装置の実施形態によれば、基板2は、それ自体が知られているような方法で、2つの駆動装置11および12によって、X/Y平面における2つ

10

20

30

40

50

の直交する方向に、互いに対して相対的に、特に、照明ユニット5、プログラマブルマスク1、および、光学ユニット6のような好ましくは静止したその他の構成要素に対して、相対的に動かされることの可能なテーブル7上に配置される。装置および提案された方法のいずれの場合においても、一方における基板2と他方におけるプログラマブルマスク1およびその他の構成要素との間の相対運動は重要な要素であることが明言される。したがって、本発明に関しては、基板2は、静止した状態で配置されてもよく、その他の構成要素、特にプログラマブルマスク1は、適切な調節ユニット、駆動装置などによって、静止した状態で配置された基板2に対して相対的に動かすことのできるものであってもよい。より詳細には、マスク1の部分領域が、基板2上に複写され、照明スポット3が、照明ユニット5によってプログラマブルマスク1上に生成され、個々の複写4として基板2上に複写される。光学ユニット6は、複写および補正ユニットを含み、プログラマブルマスク1と基板またはイメージ要素2との間の光路内に配置される。基板支持体および/またはX/Yテーブル7上に配置されるのは、アライメントマークまたは調節カメラ9であり、より詳細には、標準位置に位置合わせしおよび/または光学ユニット6に位置合わせするためのものである。さらにまた、基板2は、基板カメラ8によって、特に、光路を調節するために検出されるレジストレーションマーク10を有し、制御値が生成され、この制御値は、特に、補正計算のために、および/または、基板支持体7上の基板2を位置合わせするために、あるいは、制御ユニット(ここではより詳細には示されない)内の光学ユニット6を位置合わせするために、オフセット値として使用される。電磁放射場を生成するために、照明ユニット5は、放射源を含み、あるいは、電磁放射特にレーザーのための放射源が、照明ユニット5の上流側に存在する。プログラマブルマスク1は、照明ユニットを用いて、1回のショット(one shot)によって、照射または照明されてもよく、および/または、照明スポットが、プログラマブルマスク上に生成されてもよい。照明スポットは、マスク上における特定のグリッドおよび/またはアレイ内に配置される。

#### 【0015】

図2は、構造を生成するための方法ステップを示し、これらのステップは、プログラマブルマスクによってなされ、照明スポット3は、左側に示され、基板上または基板の感光層上に複写される画素4とこれらの画素4の合成強度13とが、右側に示される。画素グリッド19.1において、1回目の照明スポット3が、互いにきわめて近接して1つのライン内に提供され、そして、同じ画素グリッド19.1を有するが画素グリッドの1/2だけずれたさらなる照明スポットが、それらの上に組み合わせられおよび/または重ね合わせられる。このラインは、複写されるべきパターンの列または行に対応し、パターン全体は、アレイおよび/またはグリッド内に複数の列および行を有する。画素4は、ある種のガウスベル型分布曲線のようなベル型強度曲線を有し、エッジ領域における強度は、中央領域における強度よりも小さい。図2の上側に示される合成強度13は、対応する左右のフランク(f l a n k)15.1を有する。照明スポットの放射強度、したがって、また、画素4の放射強度は、感光層の閾値14が、露光時に、特に、好ましくは、フランク15.1における連続的な増加を有する領域16において左右のフランク15.1と交差するように、フォトレジストまたは一般的には感光層に協調させられる。フランク15は、画素を重ね合わせることによってもたらされ、それらの画素は、上述したライン内において、あるいは、列または行内において、空間的にずれており、少なくとも1つのエッジ側画素の強度、この場合には、画素3aの強度は、構造エッジを位置決めするために変化させられる。したがって、交点は、レジストエッジおよび/または構造エッジ17.1の位置を画定する。

#### 【0016】

図2の下側に示されるように、すべての照明スポットの中の右側エッジに存在する照明スポット3aは、その他の照明スポット3よりも小さい照明強度を有する。したがって、右側エッジにおける合成強度は、フランク15.2に対応して減少し、そのために、レジストエッジまたは構造エッジ17.2の変位18が、達成される。本発明によれば、閾値14と照明強度とが互いに協調させられ、その結果として、エッジ側照明スポット3aの

10

20

30

40

50

照明強度の変化特に減少が発生することは、閾値 1 4 との交点が、フランク傾斜が連続的でありおよび / または変化する領域 1 6 内に存在する点において、すなわち、不連続性が存在しない点において、特別な意義を有する。本発明によれば、変位 1 8 は、エッジ側照明スポット 3 a の照明強度を変化特に減少させることによってなされ、最終的には、レジストエッジの、したがって、構造エッジ 1 7 の正確な位置決めがなされる。

【 0 0 1 7 】

図 3 は、2 回の露光プロセスを示し、1 回目の露光プロセスの照明スポット 3 . 1 は、上側に示され、2 回目の露光プロセスの照明スポット 3 . 2 は、下側に示され、より詳細には、2 回目の露光プロセスの照明スポット 3 . 2 は、照明スポット 3 . 1 に対して画素グリッドの 1 / 2 だけ空間的にずれている。エッジ側照明スポット 3 a は、破線によって示され、照明強度が増加すれば、特に、最大照明強度にまで増加すれば、それに対応して、エッジ側照明スポット 3 a は、2 回目の露光プロセスの隣接する照明スポットにきわめて近接して配置されることが実現される。

10

【 0 0 1 8 】

上述したきわめて近接した配列の代わりに、この時点において、照明スポットは、エッジ領域が重なり合うように画定されてもよいこと、これは以下で図 8 を用いて歪み補正に関して説明されるが、あるいは、それどころか、互いから特定の距離を有してもよいことが明言される。さらにまた、照明スポットの強度は、様々な輪郭、例えば、台形の輪郭、または、直線状のフランクまたは曲線状のフランクを備えた輪郭を有してもよい。重要な要素は、形成されるべき構造の幅全体にわたる合成強度が感光層の閾値よりも大きいこと、それに加えて、閾値との明確な交点を定めるために、左右のフランクが連続的なフランク傾斜を備えた領域を有することである。

20

【 0 0 1 9 】

本発明による態様の動作および機能が、図 4 および図 5 を用いて説明されるが、これらは、本発明の主題ではない。複写スケール、画像フィールド、解像度、および、重ね合わせを独立して設定することはできないので、典型的には、図 4 ( A ) に例示されるような状況が存在する。特定のグリッド 1 9 . 2 内に複写される画素は、ほんの部分的にしか重なり合っていない。エッジ側画素またはエッジ画素 2 3 の強度が、内側画素 2 2 と比較して低下すれば、図 4 ( B ) に示されるように、好ましくない強度曲線 1 3 が、基板上に存在する。基板上の構造エッジは、放射される強度と最小強度の閾値 1 4 とによって画定される。図 4 ( B ) によれば、合成強度 1 3 を備えた左側のフランクは、領域 1 6 . 2 を有し、その領域 1 6 . 2 の露光強度は、ほぼ閾値 1 4 であり、あるいは、まさに閾値 1 4 であり、その結果として、領域 1 6 . 2 内の構造エッジは、正確に決定されない。領域 1 6 . 2 は、フランク傾斜が不連続であり、そのために、閾値 1 4 との明確な交点を達成することはできず、したがって、構造エッジの明確な位置決めを達成することはできない。

30

【 0 0 2 0 】

この不都合な状況を回避するために、これまでに、解像度が同じものに維持され、かつ、複写スケールが、図 5 ( A ) に示されるように、より細かいグリッド 1 9 . 3 が存在しかつ画素がより多く重なり合うように変更されることが提案された。図 5 ( B ) に示されるようなこの配列においては、合成強度 1 3 は、レジストに典型的なものである閾値 1 4 との正確な交点を有する。その結果として、これは、強度が低下したエッジ側画素 2 3 によって、構造エッジの正確な変位 1 8 . 3 をもたらす。しかしながら、より細かいグリッドのために、それに比例して、より多くの個別的な複写が実行されなければならないので、この方法の欠点は、スループットが急激に減少することである。

40

【 0 0 2 1 】

この欠点を回避するために、本発明においては、図 6 に示されるように、複写スケールを縮小しかつ画像面および / または構造および / または構造の感光層を複数回にわたり露光することが提案される。まず最初に、図 6 ( A ) によれば、画素 2 2 と画素 2 3 との満足できない重ね合わせが、拡張された画素グリッド 1 9 . 1 から得られる。しかしながら、好ましい合成強度 1 3 が、同一のグリッド 1 9 . 1 を備えしかもラインまたは列または

50

行内における空間的オフセットを備えた図6(B)に示されるような2回目の露光を用いて、図6(C)に示されるように達成される。エッジ側画素23の強度の低下がなければ、合成強度13は、均一なフランク傾斜を備えたフランク15.1を有する。エッジ画素23の強度を減少させることによって、左右のフランク15.2が生成され、このフランク15.2は、明確な形で閾値14と交差する。このように、エッジ画素23の照明強度を最大値から図6(A)に対応する減少した値にまで変化させることによって、レジストエッジおよび構造エッジの明確な変位18が発生する。したがって、構造エッジは、明確な形で位置決めされることが可能である。この配列においては、合成強度13の交点は、レジスト閾値によって画定され、したがって、構造エッジは正確に画定される。このように、構造エッジの位置は、もはや、画素寸法とオブジェクトグリッドとを用いて決定されるのではなく、本発明によれば、構造エッジは、変位の寸法または変位領域18に対応して、グリッドフィールド内に位置決めされることが可能であり、それによって、解像度の大きな改善が達成される。それと同時に、2倍の表面が2回にわたり露光されたので、スループットは減少しなかった。

#### 【0022】

2回重ね合わせ露光プロセスの回数は、本発明を限定することを意味するのではなく、より多くの回数の露光プロセスが、同様に使用されてもよい。さらにまた、複数の独立したビーム経路が、少なくとも2回の重ね合わせ露光プロセスに使用されてもよい。高い解像度および高いスループットを達成するために、特に、並行して動作するプログラブルマスクによって、露光プロセスが時間的に連続して実行されるまたは露光プロセスが同時に実行されるかに関係なく、本発明によれば、露光グリッドが、同じ数の露光点に対して拡張される。さらにまた、複写グリッドが、所望の画像グリッドより少なくとも2倍は大きいことが実現される。さらにまた、これまでに説明したように、基板の要求される画像データおよび/または画像グリッドとして特定の倍率だけ大きいプログラブルマスクのためのテンプレートデータを定めることは、大きな利点を有する。本発明においては、縮小によって基板上に達成され、それに対応して光学ユニットによって基板上に定められる。

#### 【0023】

これまでに説明された本発明による重ね合わせ方法が、複数のビーム経路を用いて実現されるならば、それに比例してスループットが増加する。

#### 【0024】

図7は、並行して動作する複数のビーム経路のための一装置を示す。感光層またはフォトリジストを露光するための適切な波長において、発生源25からの電磁放射24が、ビーム分割するためのユニット27によって分割され、照明ユニット5のそれぞれを用いて、複数のプログラブルマスクまたは変調器1を照明する。空間的に変調された放射場26および/またはそれぞれの放射場26は、好ましくは、複写光学ユニット28を介して、画像重ね合わせ光学ユニット29、少なくとも1つのユニット30、描画にとって有益には複数のユニットを用いて、組み合わせられ、さらにまた、画像偏向を提供される。さらにまた、空間的に変調された放射場は、光学ユニット6によって、合成強度曲線を基板2上に生成する。

#### 【0025】

図8は、個々の複写4を接続することによって基板における歪みまたは反りを補償するための装置および方法ステップの原理を示す。プログラブルマスク1の一部が、基板2上に複写され、照明スポット3が、照明ユニットによってマスク1上に生成され、個々の複写4として基板2上に複写される。複写全体は、重なり合った個々の複写4からなり、それぞれの個々の画像は、ここでは、便宜上、マスクまたは関連する照明スポット3の歪みのない1:1の複写である。これの代わりに、この時点において、本発明による方法は、拡大されたテンプレートデータ、および/または、必要であれば、拡大された照明スポットが提供されてもよく、それらの拡大されたテンプレートデータおよび/または照明スポットは、プログラブルマスク1と基板2との間に配置された光学ユニットによって

10

20

30

40

50

、寸法を適切に縮小されることを述べておきたい。複写全体の歪みは、補正ベクトル 3 2 を用いて、基板上の個々の複写 4 を変位させることによって提供される。基板 2 は、特に、マスク 1 および / または基板 2 上に存在するレジストレーションマークまたはアライメントマークのようなマークを測定することによって、あるいは、歪み値を規定することによって、測定される。さらにまた、測定値と設定値とを好ましい形で組み合わせることも考えられる。測定に基づいて、基板および / またはマスクに対するマークの相対的な位置が決定され、複写が、検出された歪みおよび / または計算された歪みおよび / または予め定められた歪みを補償するために、それらの歪みに対応して、補正ベクトル 3 2 によって補償されおよび / または変位させられる。

#### 【 0 0 2 6 】

互いに近接して配置された照明スポット 3 が、共通の重なり合った領域 3 1 を有するならば、重なり合った領域における変位および / または補正は、ブラーを発生させ、2 つの隣接する個々の複写 4 の最大オフセットは、許容可能なブラーと重なり合った領域 3 1 の寸法とに基づいて定められる。本発明によれば、装置および方法において、照明ユニットおよび光学ユニットは、プログラマブルマスク 1 および / または基板 2 に対して相対的に動かされ、基板上の歪みが、さらに検出されることに留意されたい。検出された歪みに応じて、プログラマブルマスクの複写および / またはプログラマブルマスクの部分領域の複写は、光学ユニットによって歪められ、基板上の歪みに適合させられる。基板 2 における歪みに応じて、照明スポットのそれぞれに対応する個々の複写は、好ましくは変位させられ、基板上において互いに重なり合い、および / または、互いに連続的に接続される。照明スポットの照明強度は、有益には、エッジ領域においては、ガウスベル型曲線に対応する強度分布を特に有する照明スポットの中心と比較して、画定された量だけより小さく定められる。

#### 【 0 0 2 7 】

さらに、本発明による方法においては、構造エッジの明確な位置決めだけの場合であろうと、または歪み補償と組み合わせられる場合であろうと、プログラマブルマスク上における照明スポットまたは点 3 の移動は、2 つの動作、好ましくは、照明の 1 つの高速スキャン移動と 1 つのより遅い移動、特に直交移動とからなることが実現される。さらにまた、基板 2 上における個々の複写の補正は、プログラマブルマスク上における照明スポット 2 の位置に対応して制御され、移動が、補正ベクトル 3 2 に対応して照明スポットを補正および / または制御するのに考慮される。

#### 【 符号の説明 】

#### 【 0 0 2 8 】

- 1 プログラマブルマスク
- 2 基板 / イメージ要素
- 3 照明スポット
- 4 個々の複写 / 画素
- 5 照明ユニット
- 6 光学ユニット / 複写および補正ユニット
- 7 基板支持体 / X - Y テーブル
- 8 基板カメラ
- 9 調節カメラ
- 1 0 レジストレーションマーク / アライメントマーク
- 1 1 Y 駆動装置
- 1 2 X 駆動装置
- 1 3 基板 / 感光層上の合成強度
- 1 4 フォトレジスト / 感光層の閾値
- 1 5 フランク
- 1 6 フランクの領域
- 1 7 レジストエッジ / 構造エッジ

10

20

30

40

50

- 1 8 レジストエッジ / 構造エッジの変位
- 1 9 画素グリッド
- 2 0 1 回目の露光プロセスにおいて書き込まれる個々の強度プロファイル
- 2 1 2 回目の露光プロセスにおいて書き込まれる個々の強度プロファイル
- 2 2 複写要素に対する強度曲線
- 2 3 減少した強度を備えた画素
- 2 4 電磁放射場
- 2 5 電磁放射源
- 2 6 変調された放射場
- 2 7 ビーム分割器
- 2 8 複写光学ユニット
- 2 9 画像転写光学ユニット
- 3 0 画像偏向器
- 3 1 重なり合い領域
- 3 2 補正ベクトル

【 図 1 】

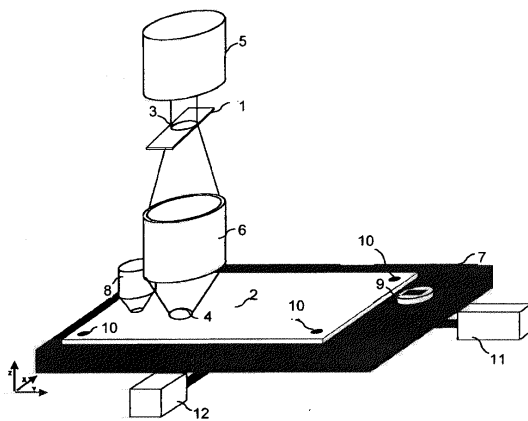


Fig. 1

【 図 3 】

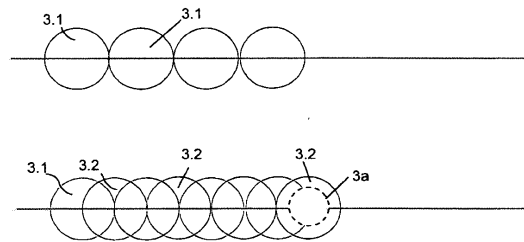


Fig. 3

【 図 2 】

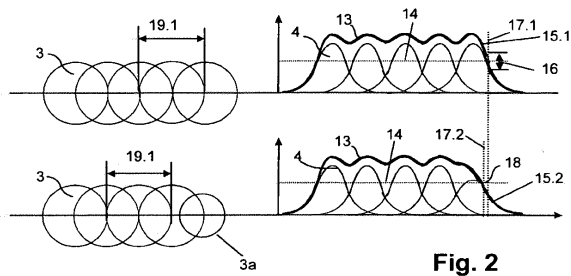


Fig. 2

【 図 4 】

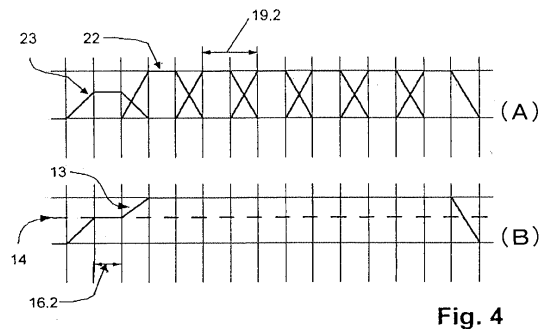


Fig. 4

【 図 5 】

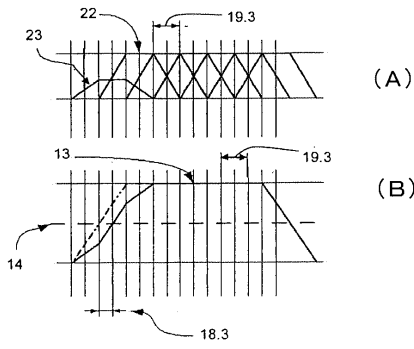


Fig. 5

【 図 6 】

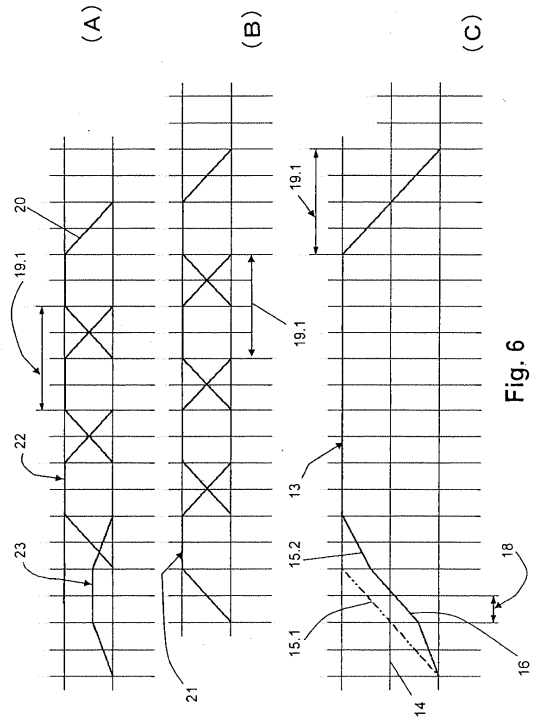


Fig. 6

【 図 7 】

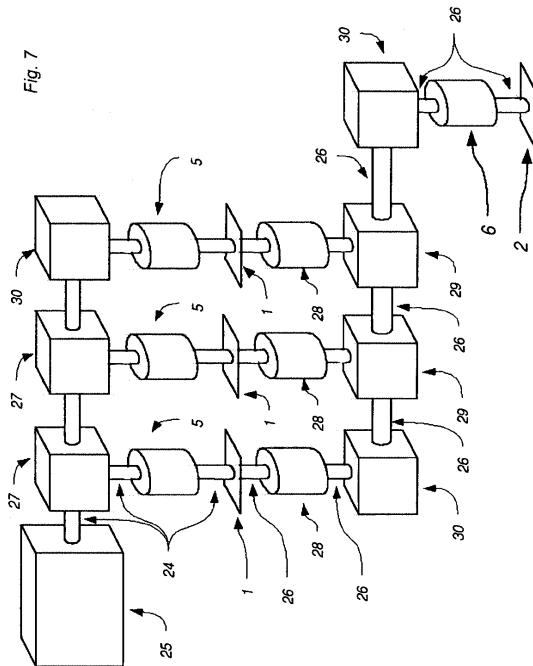


Fig. 7

【 図 8 】

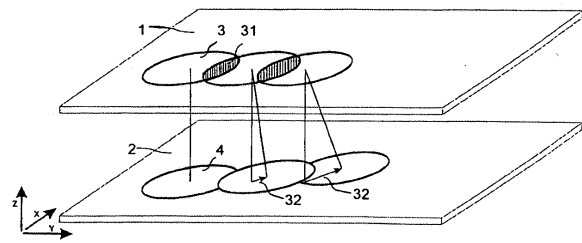


Fig. 8

---

フロントページの続き

(74)代理人 100124855

弁理士 坪倉 道明

(72)発明者 マンゴルト, アレクサンダー

ドイツ国、67071・ルードビヒシャフエン、プリユマーシュトラッセ・10

(72)発明者 ベツカー, ウード

ドイツ国、69253・ハインリヒクロイツシュタイナハ、ハオプトシュトラッセ・20

(72)発明者 デイツ, シュテファン

ドイツ国、69120・ハイデルベルク、ルーテルシュトラッセ・9

(72)発明者 カプラン, ローラント

ドイツ国、69126・ハイデルベルク、リセ-マイトナー-シュトラッセ・18

審査官 植木 隆和

(56)参考文献 特開2006-128194(JP, A)

特表2005-513770(JP, A)

特開2005-057288(JP, A)

特開2007-043152(JP, A)

特表2005-527848(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

G03F 7/20

G02B 26/08