

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5882348号
(P5882348)

(45) 発行日 平成28年3月9日(2016.3.9)

(24) 登録日 平成28年2月12日(2016.2.12)

(51) Int.Cl.	F 1
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 4 1 D
G 03 F 7/20 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 4 1 N
HO 1 J 37/305 (2006.01)	GO 3 F 7/20 5 0 4
	HO 1 J 37/305 B

請求項の数 27 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2013-538225 (P2013-538225)
(86) (22) 出願日	平成23年11月14日 (2011.11.14)
(65) 公表番号	特表2014-501037 (P2014-501037A)
(43) 公表日	平成26年1月16日 (2014.1.16)
(86) 国際出願番号	PCT/EP2011/070032
(87) 国際公開番号	W02012/062931
(87) 国際公開日	平成24年5月18日 (2012.5.18)
審査請求日	平成26年11月13日 (2014.11.13)
(31) 優先権主張番号	61/414,459
(32) 優先日	平成22年11月17日 (2010.11.17)
(33) 優先権主張国	米国(US)
(31) 優先権主張番号	61/413,396
(32) 優先日	平成22年11月13日 (2010.11.13)
(33) 優先権主張国	米国(US)

早期審査対象出願

(73) 特許権者	505152479 マッパー・リソグラフィー・アイピー・ビ ー・ブイ.
	オランダ国、2 6 2 8 エックスケー・デ ルフト、コンピューターラーン 1 5
(74) 代理人	100108855 弁理士 蔵田 昌俊
(74) 代理人	100109830 弁理士 福原 淑弘
(74) 代理人	100088683 弁理士 中村 誠
(74) 代理人	100103034 弁理士 野河 信久
(74) 代理人	100095441 弁理士 白根 俊郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】マルチ小ビーム露光装置における2つの小ビーム間の距離を決定する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

荷電粒子のエネルギーを光に変換するコンバータ素子と、感光検出器とを具備するセンサが設けられたマルチ小ビーム露光装置における2つの荷電粒子小ビーム間の距離を決定する方法であって、

前記コンバータ素子には、小ビームプロッキング領域と非プロッキング領域との2次元パターンが設けられたセンサ面領域が設けられており、

この方法は、

前記2次元パターンの領域上で第1の小ビームを走査することと、

前記2次元パターンを透過した前記第1の小ビームの部分である荷電粒子に応答して前記コンバータ素子によって発生された光を受光することと、

前記感光検出器によって、前記受光された光を第1の信号に変換することと、を具備し、

この方法は、前記2次元パターンの上で前記第1の小ビームを走査した後、さらに、

前記2次元パターンと前記第1の小ビームとを所定の距離にわたって互いに関連して相対的に動かすことと、

前記2次元パターンの領域上で第2の小ビームを走査することと、

前記2次元パターンを透過した前記第2の小ビームの部分である荷電粒子に応答して前記コンバータ素子によって発生された光を受光することと、

前記感光検出器によって、前記受光された光を第2の信号に変換することと、

10

20

前記第1の信号、前記第2の信号及び前記所定の距離に基づいて、前記第1の小ビームと第2の小ビームとの間の距離を決定することと、を具備する方法。

【請求項2】

前記2次元パターンと前記第1の小ビームとを所定の距離にわたって互いに関連して相対的に動かすことは、前記コンバータ素子を前記所定の距離にわたって動かすことを含み、前記第1の小ビームの位置は、ほぼ動かない請求項1の方法。

【請求項3】

前記マルチ小ビーム露光装置は、小ビーム発生器を有し、

前記2次元パターンと前記第1の小ビームとを所定の距離にわたって互いに関連して動かすことは、前記第1の小ビームを前記所定の距離にわたって動かすことを含み、前記コンバータ素子の位置は、ほぼ動かない請求項1の方法。

10

【請求項4】

前記2次元パターンは、複数のパターン部分を有し、

各パターン部分は、ブロッキング構造の一意的な2次元パターンである請求項1ないし3のいずれか1の方法。

【請求項5】

前記2次元パターン部分は、4つに分割され、

各4つに分割された部分には、ブロッキング構造の異なる所定のパターンが設けられている請求項1ないし3のいずれか1の方法。

【請求項6】

複数の小ビーム対の間の距離が、同時に決定される請求項1ないし3のいずれか1の方法。

20

【請求項7】

前記2つの小ビーム間の距離を同時に決定することは、前記2次元パターンの夫々の領域上で、複数の第1の小ビームの同時の走査を可能にするように、かつ、前記相対的に動かすことの後、前記2次元パターンの夫々の領域上で、複数の第2の小ビームの同時の走査を可能にするように、2次元パターンに適切に離間された複数の同様のパターンを与えることを含み、各領域は、前記複数の同様のパターンの1つを含む請求項6の方法。

【請求項8】

前記2次元パターンは、非ブロッキング領域が設けられたブロッキング層を有する請求項7の方法。

30

【請求項9】

前記非ブロッキング領域の位置は、前記所定の距離に対応するピッチを有する請求項8の方法。

【請求項10】

前記2次元パターンは、個々の小ビームを評価するように複数のセルに分割され、各セルは、所定のパターンを有する請求項1ないし3のいずれか1の方法。

【請求項11】

各セルは、ブロッキング構造の一意的な2次元ブロッキングパターンを有する請求項10の方法。

40

【請求項12】

各セルが、複数のパターン部分を有し、

各パターン部分が、ブロッキング構造の一意的な2次元パターンである請求項10の方法。

【請求項13】

各セルが、4つに分割され、各4つに分割された部分には、ブロッキング構造の異なる所定のパターンが設けられている請求項10の方法。

【請求項14】

各セルは、異なる部分を有し、

各部分は、このような部分上で所定の小ビームの走査軌道に沿って、ブロッキング領域

50

と非ブロッキング領域との間の移行部で複数のナイフエッジを形成している異なるパターンの荷電粒子ブロッキング構造を有する請求項 10 の方法。

【請求項 15】

前記 2 次元パターンは、非ブロッキング領域が設けられたブロッキング層を有する請求項 1 ないし 14 のいずれか 1 の方法。

【請求項 16】

前記距離を決定することは、前記第 1 の信号と前記第 2 の信号とを比較することを含む請求項 1 ないし 15 のいずれか 1 の方法。

【請求項 17】

前記距離を決定することは、

10

前記第 1 の信号を所定の基準信号と比較して、第 1 のずれを得ることと、

前記第 2 の信号を所定の基準信号と比較して、第 2 のずれを得ることと、

前記第 1 のずれと前記第 2 のずれとを比較することとを含む請求項 1 ないし 15 のいずれか 1 の方法。

【請求項 18】

マルチ小ビーム露光装置で使用するための單一面で第 1 の小ビームと第 2 の小ビームとの間の基準ベクトル距離からのずれを決定する方法であって、この方法は、

センサ面に設けられたナイフエッジを有する 2 次元ブロッキング構造パターン上で前記第 1 の小ビームを走査して、第 1 の小ビーム情報を得ることと、

前記 2 次元ブロッキング構造パターンを前記基準ベクトル距離に対応する距離にわたつて前記第 1 の小ビームに関連して移動させることと、

前記 2 次元ブロッキング構造パターン上で前記第 2 の小ビームを走査して、第 2 の小ビーム情報を得ることと、

前記第 1 の小ビーム情報及び前記第 2 の小ビーム情報に基づいて、前記基準ベクトル距離からのずれを決定することと、を具備する方法。

【請求項 19】

前記基準ベクトル距離からのずれを決定することは、前記第 1 の小ビーム情報と前記第 2 の小ビーム情報を比較することとを含む請求項 18 の方法。

【請求項 20】

前記基準ベクトル距離からのずれを決定することは、

30

前記第 1 の小ビーム情報を所定の基準小ビーム情報と比較して、第 1 の小ビームのずれを得ることと、

前記第 2 の小ビーム情報を所定の基準情報と比較して、第 2 の小ビームのずれを得ることと、

前記第 1 の小ビームのずれと前記第 2 の小ビームのずれとを比較することとを含む請求項 18 の方法。

【請求項 21】

前記第 1 の小ビーム情報及び前記第 2 の小ビーム情報は、夫々、前記第 1 の小ビーム及び第 2 の小ビームの実際の位置を含む請求項 18 の方法。

【請求項 22】

前記 2 次元パターンは、非ブロッキング領域が設けられたブロッキング層を有する請求項 18 の方法。

40

【請求項 23】

前記所定の距離は、前記第 1 の小ビームと前記第 2 の小ビームとの間の基準距離に対応している請求項 1 の方法。

【請求項 24】

複数の小ビームによってターゲット面上にパターンを転写するためのマルチ小ビーム露光装置であって、

前記小ビームの特性を測定するためのセンサを具備し、

前記センサには、小ビームブロッキング領域と非ブロッキング領域との 2 次元パターン

50

が設けられたセンサ面領域が設けられており、

この装置は、請求項 1 8 の方法を実行するよう構成されている、装置。

【請求項 2 5】

前記 2 次元パターンは、非プロッキング領域が設けられた小ビームプロッキング層を有する請求項 2 4 の装置。

【請求項 2 6】

マルチ小ビーム露光装置で使用するための單一面で第 1 の荷電粒子小ビームと第 2 の荷電粒子小ビームとの間の距離を測定するためのセンサであって、

荷電粒子のエネルギーを光に変換するコンバータ素子と、

前記光を受光するための感光検出器とを具備し、

10

前記コンバータ素子には、小ビームプロッキング領域と非プロッキング領域との 2 次元パターンが設けられたセンサ面領域が設けられており、

前記 2 次元パターンは、前記 2 次元パターン上で、複数の第 1 の荷電粒子小ビームの同時の走査と複数の第 2 の荷電粒子小ビームの同時の走査とを可能にするように、適切に離間された複数の同様のパターンを含み、

前記 2 次元パターンは、前記非プロッキング領域が設けられたプロッキング層を有し、前記非プロッキング領域の位置は、前記 2 つの小ビーム間の基準ベクトル距離に対応するピッチを有するセンサ。

【請求項 2 7】

前記非プロッキング領域は円形である請求項 2 6 のセンサ。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、マルチ小ビーム (multi-beamlet) 露光装置における 2 つの荷電粒子小ビーム間の距離を決定する方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

ターゲット面上にパターンを転写するために、ターゲット面上での小ビームの動きと組み合わせた小ビームの制御可能なプロッキングが、モジュレーション情報に従って行われる。マルチ荷電粒子小ビームリソグラフィシステムの一例が、米国特許第 6,958,804 号に開示されており、その内容全体が参考としてここに組み込まれる。

30

【0 0 0 3】

このようなリソグラフィシステムは、10,000 以上のオーダ、例えば、13,000 である非常に多くの小ビームを有することができる。将来的なデザインは、さらに、1,000,000 のオーダの小ビームを思い描いている。昨今の電子ビームリソグラフィシステムにとって、高解像度でターゲット面にパターン形成することができる事が全般的な目標であり、このようなアプリケーションでは、100 nm のフィーチャサイズ未満の十分な限界寸法でパターンを描画することが可能である。

【0 0 0 4】

このようなマルチ小ビームにとって、リソグラフィ産業で商業的に実行可能な低エラーマージンである高解像度のリソグラフィシステムが必要である。それ故、荷電粒子小ビームの各々の位置が、正確に知られ、制御されることが重要である。しかし、製造許容差及び熱ドリフトのような、さまざまな状況により、このような位置は、これらの予期される所望の位置から逸れうる。このような逸れは、精密なパターン形成にとって好ましくない、逸れた小ビームを与えうる。

40

【0 0 0 5】

従来のリソグラフィシステムでは、各小ビームの位置は、小ビームの位置を頻繁に測定することによって決定される。小ビームの位置の知識を得て、小ビームは、正しい位置にシフトされることができる。

【0 0 0 6】

50

既知の小ビーム位置較正方法は、一般的に、小ビームの位置が測定される測定工程と、小ビームの測定された位置がその小ビームの所望の予期される位置と比較される計算工程と、測定された位置と所望の位置との間の差が補正される補正工程と、の少なくとも3つの工程を具備する。補正は、リソグラフィシステムのソフトウェアで、又はハードウェアで行われることができる。

【0007】

初期の位置較正に関して、ターゲット面のパターン形成の精度を改良するために、リソグラフィシステムの動作中、小ビームの位置を決定することが望ましい。スループット、即ち、所定の時間内にパターン形成ができるターゲット面の数に対する悪影響を制限するために、荷電粒子小ビームの位置を測定する方法は、精度を犠牲にすることなく、限られた時間内に実行されることができる。

10

【0008】

多くの荷電粒子小ビームの、特に、リソグラフィシステムで使用される荷電粒子小ビームの特性を測定するセンサが、本出願人に譲渡された米国特許出願U.S.2007/057204から知られており、その内容全体が参考としてここに組み込まれる。

【0009】

U.S.2007/057204は、荷電粒子小ビームが、荷電粒子ブロッキング領域及び非ブロッキング領域のパターンが設けられたコンバータ素子上を走査されるセンサ及び方法を開示している。非ブロッキング領域に衝突するビーム部分が、コンバータ素子によって光線に変換される。コンバータ素子は、蛍光板又はドープドYAG材料であることができる。続いて、光線が、ダイオード、CCD又はCMOS装置のような、感光検出器のアレイによって検出される。単一動作で多くの感光検出器を読み出すことによって、比較的速い測定が達成されることができる。さらに、センサ構造、特に、光検出器のアレイは、非常に小さなピッチの多数のビームが、リソグラフィシステムのステージ部分の領域で不必要な構造の測定の必要なく測定されることを可能にする。ビームの間隔は、基準パターン、即ち、パターンを生成したときに使用される所定のイメージの比較によって決定され、測定された走査の結果を得て、全てのビームがセンサ面上でそれ自身の定められた範囲の領域を走査する。

20

【0010】

しかし、スループットのロスなく、小さな寸法に関する産業上の必要性がどんどん高まっているという観点から、さらに、リソグラフィシステムの、特に、高スループットを与えるように意図された多くの荷電粒子小ビームを含むリソグラフィ装置の、小ビームの特性の測定のためのより迅速かつ正確な装置及び技術を提供する必要がある。リソグラフィ装置の解像度を増加させるためには、より高精度であることが効果的である。特に、スティッチを使用したとき、描画の失敗を訂正するために2つのビームがウェーハの同じ領域に描画する技術が好ましい。ビームの間隔は、この技術に関して、ナノメートルの精度で知られることが必要である。さらに、小ビームの絶対位置がわかっている必要がある。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0011】

【特許文献1】米国特許第6,958,804号

【特許文献2】米国特許出願U.S.2007/057204

【発明の概要】

【0012】

本発明の目的は、マルチ小ビームリソグラフィシステムにおいて2つの小ビーム間のビームの間隔の測定の精度を改良することに関する。この目的に関して、本発明は、荷電粒子のエネルギーを光に変換するコンバータ素子と、感光検出器とを具備するセンサが設けられたマルチ小ビーム露光装置における2つの荷電粒子小ビーム間の距離を決定する方法であって、前記コンバータ素子には、小ビームブロッキング領域と非ブロッキング領域との

50

2次元パターンが設けられたセンサ面領域が設けられており、この方法は、前記2次元パターン上で第1の小ビームを走査することと、前記2次元パターンを透過した前記第1の小ビームの部分である荷電粒子に応答して前記コンバータ素子によって発生された光を受光することと、前記感光検出器によって、前記受光された光を第1の信号に変換することと、前記2次元パターンを所定の距離にわたって前記第1の小ビームに対してシフトさせることと、前記2次元パターン上で第2の小ビームを走査することと、前記2次元パターンを透過した前記第2の小ビームの部分である荷電粒子に応答して前記コンバータ素子によって発生された光を受光することと、前記感光検出器によって、前記受光された光を第2の信号に変換することと、前記第1の信号、前記第2の信号及び前記所定の距離に基づいて、前記第1の小ビームと第2の小ビームとの間の距離を決定することと、を具備する方法を提供する。

【0013】

いくつかの実施の形態では、第1の信号と第2の信号とが、直接比較される。両小ビームがセンサ面上の同じ領域を走査するので、これら信号は、これらの基準の間隔からのずれに対応する空間的なシフトを除いて同様である。かくして、2つの小ビームの走査から得られた2つの信号を比較することによって、このようなずれが明らかになる。そして、距離間の基準距離にこのずれを追加することにより、小ビーム間の実際の距離を与える。個々のビームを走査することにより同じ領域で得られた情報を使用することにより、この方法は、パターンの不規則性、即ち、基準パターンからのずれの影響をかなり受けにくくなる。

【0014】

いくつかの他の実施の形態では、2つのビーム間の距離は、第1の信号及び第2の信号を基準信号と比較することによって決定される。続いて、両小ビームに対する基準信号からのずれが、実際のビームの間隔の決定の際に考慮される。これらの実施の形態では、各ビームに対する決定されたビームの位置の精度は、パターンの不規則性の影響を受けやすいが、2つの位置の差は、このようなパターンの不規則性にほとんど影響をされない。結果として、実質的な精度のロスは、効果的に取り除かれる。さらに、基準パターンがノイズの影響を受けないので、自動計算が比較容易である。

【0015】

本発明の特徴部分及び効果が、以下の図面を参照して理解される。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】図1は、荷電粒子を光子に変換する基板を使用したセンサの概念を概略的に示す図である。

【図2A】図2Aは、ブロッキング構造が設けられたコンバータ素子の横断面を概略的に示す図である。

【図2B】図2Bは、図2Aのブロッキング構造に関する位置の関数としての透過強度を示すグラフである。

【図3】図3は、ラインエッジラフネスに関する問題を概略的に示す図である。

【図4】図4は、本発明の実施の形態で使用されることができるブロッキング構造の上面を概略的に示す図である。

【図5A】図5Aは、本発明の実施の形態で使用されることがある1次元ブロッキングパターンを概略的に示す図である。

【図5B】図5Bは、図5Aのブロッキングパターンに関する位置の関数としての透過強度を示す例示的なグラフである。

【図6】図6は、本発明の実施の形態で使用されることがある他の1次元ブロッキングパターンの上面を概略的に示す図である。

【図7】図7は、本発明の実施の形態で使用されることがある2次元ブロッキングパターンを概略的に示す図である。

【図8A】図8Aは、図7のブロッキングパターンの上部に同じ位置で配置された2つの

10

20

30

40

50

異なる荷電粒子小ビームのカバー領域を例示的に示す図である。

【図8B】図8Bは、図7のプロッキングパターンの上部に同じ位置で配置された2つの異なる荷電粒子小ビームのカバー領域を例示的に示す図である。

【図9】図9(A)並びに(B)は、夫々、図8A並びに図8Bで得られるような2つの異なる荷電粒子小ビームのカバー領域を概略的に示す図である。

【図10A】図10Aは、本発明の実施の形態で使用されることができる他の2次元プロッキングパターンを概略的に示す図である。

【図10B】図10Bは、本発明の実施の形態で使用されることができる他の2次元プロッキングパターンを概略的に示す図である。

【図10C】図10Cは、本発明の実施の形態で使用されることができる他の2次元プロッキングパターンを概略的に示す図である。 10

【図10D】図10Dは、本発明の実施の形態で使用されることができる他の2次元プロッキングパターンを概略的に示す図である。

【図11A】図11Aは、本発明の実施の形態で使用されることができる他の2次元プロッキングパターンを概略的に示す図である。

【図11B】図11Bは、本発明の実施の形態で使用されることができる他の2次元プロッキングパターンを概略的に示す図である。

【図12】図12は、本発明の一実施の形態に係る2つの小ビーム間の距離を決定する方法における2次元プロッキングパターンの使用を概略的に示す図である。

【発明を実施するための形態】 20

【0017】

以下は、単に例によって、図面を参照して与えられる、本発明の実施の形態の説明である。

【0018】

図1は、荷電粒子小ビームのビーム位置を決定するセンサの動作を概略的に示す図である。このセンサは、コンバータ素子1と、受光器5とを有する。コンバータ素子には、荷電粒子プロッキング領域8と、荷電粒子透過領域7とを有するパターンが設けられており、荷電粒子透過領域は、さらに非プロッキング領域として参照される。コンバータ素子1は、荷電粒子2を受けて、これに応答して光子を発生させるように配置されており、発生された光子は、さらに光3として参照される。光3は、光学系11によって光子の受光器5に向かって向けられることができる。光子の受光器5は、計算ユニット、例えば、荷電粒子2のビーム位置を決定するコンピュータ13に通信可能に接続されている。 30

【0019】

コンバータ素子1は、例えば蛍光板である蛍光性素子、又は、例えばドープドイットリウムアルミニウムガーネット(YAG)材料の基板である発光素子の形態を取ることができる。以下では、本発明の実施の形態は、コンバータ素子1としてYAG板が使用されているものとして説明され、YAG板は、YAG1として参照されることができる。

【0020】

受光器5は、複数のダイオード、電荷結合素子(CCD)カメラ又は相補形金属酸化膜半導体(CMOS)カメラのような、適切な感光検出器であることができる。以下では、光子の受光器5は、カメラ5として参照されることができる。さらに、本発明の実施の形態は他のタイプの荷電粒子に対して使用されることができるが、以下では、本発明の実施の形態は、電子を参照して説明される。 40

【0021】

電子小ビーム装置では、小ビームのサイズは、ナノメートルの範囲にあり、例えば、電子顕微鏡、電子ビームリソグラフィ装置及び電子ビームパターンジェネレータでは、解像度がコンバータ素子1の波長により制限されるので、コンバータ素子1による変換によって生じた光の直接観察は、電子小ビームの位置のような特性の決定をするには十分でない。精度を改良するために、電子小ビームは、鋭いエッジが設けられた電子プロッキング構造を横切って走査されることができ、鋭いエッジは、さらにナイフエッジとして参照され 50

る。ナイフェッジが設けられたコンバータ素子を使用したセンサの一例が、米国特許出願 U S 2 0 0 7 / 0 5 7 2 0 4 に開示されている。

【 0 0 2 2 】

図 2 A は、電子ブロッキング構造が設けられた電子小ビーム受け面を有する Y A G 1 の横断面を概略的に示す図である。電子ブロッキング構造は、電子を遮断可能なブロッキング層 1 8 が設けられた電子ブロッキング領域を有する。ブロッキング層 1 8 は、金属層であることができる。電子を遮断する適切な金属は、タングステンである。ブロッキング領域の間には、非ブロッキング領域がある。電子ブロッキング構造の非ブロッキング領域に衝突する電子ビーム 2 2 は、実際には、Y A G 1 の表面に、又はY A G の表面のコーティングに衝突する。

10

【 0 0 2 3 】

電子を遮断する部分内では、ブロッキング層 1 8 の他に、さらなる層 2 1 が存在することができる。さらなる層 2 1 は、金属層であることができ、ブロッキング層 1 8 のエッジの鋭さを増加させる目的で与えることができる。これは、ブロッキング層のエッチングプロセスに耐性のあるさらなる層の材料を選択することによって達成される。ブロッキング層材料としてタングステンが選択されたとき、さらなる層 2 1 の適切な材料は、クロムである。

【 0 0 2 4 】

Y A G 1 は、導電性コーティング層 2 0 でコーティングされることがある。このコーティングの目的は、入ってくる荷電粒子小ビームの結果として Y A G が変化するのを防ぐことである。このコーティングはまた、バックグラウンド放射線を遮断するために使用されることができる。コーティング層 2 0 の適切な材料は、アルミニウム及びチタンである。

20

【 0 0 2 5 】

既に述べたように、電子ビーム 2 2 の位置を決定するために、電子ビーム 2 2 は、Y A G 1 上に設けられたブロッキング構造上を（図 2 A に X 方向として示される方向に）走査することができる。これに応答して、Y A G 1 内で発生された光が、カメラによって検出されることがある。このような走査及び検出動作の結果の一例が、図 2 B に概略的に示される。

【 0 0 2 6 】

30

図 2 B は、コンバータ素子 1 の表面上での電子ビーム 2 2 の x 位置の関数としての、コンバータ素子 1 によって放射された光の強度を表すグラフである。電子ビーム 2 2 が非ブロッキング領域に完全に配置されたとき、最大の応答が観察され、また、電子ビーム 2 2 がブロッキング領域の上面に完全に配置されたならば、最小の光が発生される。ナイフェッジとの交差が、光の強度に険しい変化をもたらす。

【 0 0 2 7 】

電子ビームを所定の方向に走査する際、電子小ビームは、ナイフェッジを横切るときに 2 つのタイプの状況に直面する。第 1 の状況では、小ビームは、ブロッキング領域から非ブロッキング領域へと移行する。第 2 の状況では、小ビームは、非ブロッキング領域からブロッキング領域へと移行する。

40

【 0 0 2 8 】

第 1 の状況に対応する移行の間に直面するナイフェッジは、第 1 のタイプのナイフェッジとして参照されることがある。同様に、第 2 の状況に対応する移行の間に直面するナイフェッジは、第 2 のタイプのナイフェッジとして参照されることがある。このように、ナイフェッジのタイプは、測定される小ビームの走査方向に依存している。「同様のタイプのナイフェッジ」が参照されたとき、含まれる全てのナイフェッジが、第 1 のタイプのナイフェッジに関連する、又は第 2 のタイプのナイフェッジに関連することを意味している。

【 0 0 2 9 】

コンバータ素子の表面の電子受け面上に設けられたナイフェッジパターンの知識により

50

、ビーム位置を決定する。小ビームの位置は、コンバータ素子の表面を横切って小ビームをx方向に走査して、図2Bに示されるように、コンバータ素子により放出された光の強度が、最大値から最小値に、又は最小値から最大値に変化する位置を測定することによって測定されることができる。例えば、強度が最大値から最小値に変化したとき、小ビームが非ブロッキング領域からブロッキング領域に移行しているナイフェッジ上でx方向に走査されたことを示している。しかし、ナイフェッジに対して小ビームが位置されたことは不確かでありうる。

【0030】

図2Bに示される測定、及び小ビームの位置の測定の説明は、含まれるブロッキング領域及び非ブロッキング領域の幅よりも小さな寸法を有する小ビームに関するこ¹⁰とを注意する。これらの寸法及び幅は、使用される走査方向に平行な方向に沿って選ばれる。

【0031】

多くのアプリケーションにおいて、単一のナイフェッジは、十分な精度の小ビーム特性を得るのに適切でない。特に、ナイフェッジのいわゆるラインエッジラフネス(LER)は、小ビームの測定の精度を制限しうる。図3は、LERに関する問題を概略的に示す図である。図3では、センサは、電子ブロッキング領域33と電子非ブロッキング領域34とを分離しているナイフェッジ31を横切って動かされる小ビームの強度を検出するよう²⁰に配置されている。ナイフェッジ31は、点線32により示されるオリエンテーション及び形状を有するように意図されている。

【0032】

小ビームのx位置が、ブロッキング領域33からナイフェッジ31を横切って非ブロッキング領域34に向かう軌道Aに従うとの前提の下で検出されると、実際には、軌道Bに従っているが、走査方向における小ビームの位置の測定は、両軌道に対して同じ結果として与えられるべきである。結局、両軌道は、同じx位置で点線32を横切る。しかし、図3で容易に理解³⁰される能够なように、ナイフェッジ31のラインエッジラフネスにより、軌道Aの小ビームの測定された位置は、軌道Bの測定されたx位置とは異なる。この例では、単一のナイフェッジ31の交差に基づくx位置の決定は、不正確な結果を与える。

【0033】

図4は、本発明のいくつかの実施の形態で使用³⁰される能够な構造40の上面を概略的に示す図である。ブロッキング構造40は、複数のセル41を有する。これらセル41は、個々の小ビームを評価するように配置されている。各セル41は、異なる部分を有する所定のブロッキングパターンを有し、これら部分は、ブロッキング領域と非ブロッキング領域との間の移行部に複数のナイフェッジを形成している荷電粒子ブロッキング構造の異なるパターンを有する。

【0034】

図4に示される実施の形態では、各セル41は、4つの部分を有し、これら4つの部分は、さらに四半分(4つに分割された部分)42a、42b、42c、42dとして参照される。各四半分は、少なくとも1つのブロッキングパターンを有することができる。

【0035】

図4のブロッキング構造40では、第1の四半分42aは、第1の方向に互いにほぼ平行なオリエンテーションの複数のナイフェッジを有する。同様のタイプのナイフェッジが、周期的に離間⁴⁰される能够な。

【0036】

第2の四半分42bは、第2の方向に互いにほぼ平行なオリエンテーションの複数のナイフェッジを有する。一般的には、第2の方向は、第1の方向とは異なるように選択される。図4に示される実施の形態では、第1の方向は、第2の方向にほぼ垂直である。ほぼ直交するナイフェッジパターンを備えた2つの四半分42a、42bは、第1及び第2の方向において独立した測定を与える。ブロッキング構造40の第3の四半分42cは、第3の方向に互いに平行なオリエンテーションの複数のナイフェッジを有する。

10

20

30

40

50

【0037】

図4では、ブロッキング構造40の第4の四半分42dには、ブロッキング構造が設けられていない。代わって、いくつかのブロッキングパターンの少なくとも1つが、この四半分に設けられることができる。第4の四半分42dに異なるパターンを与えるというオプションが、第4の四半分42dで、小ビームのサイズ又は形状のような、さまざまな小ビーム特性を決定するのに最も適切なパターンを使用する可能性を開く。従って、セルは、さまざまなタイプの小ビームの測定を行うために、さまざまな領域を有するように意図されることがある。

【0038】

好ましくは、セルサイズは、複数の小ビームに対するセンサの回転ミスマライメントを受けにくくするように、十分に大きい。一方では、セルサイズは、ビームの間隔の観点から、十分に小さい。約10,000の小ビームを使用する荷電粒子装置では、このようなビームの間隔が、代表的には、75~200マイクロメートルの範囲にある。

10

【0039】

各セル41は、その特性が決定される単一の小ビームに対応することができ、システムは、複数の小ビームの特性を同時に測定する複数のセルを有する。セルのレイアウトは、好ましくは、小ビームの物理的な配置に対応している。このようにして、小ビームの特性が、並列に測定されることができ、比較的速い測定を与える。セル41の数は、コンバータ素子の表面の平面におけるセンサのアライメントの感度を低減するように、小ビームの数よりも多いことができる。例えば、ビームを含む全体領域は、 $1.5 \times 1.5 \text{ mm}^2$ であることができ、また、センサセルを含む領域は、 $3 \times 3 \text{ mm}^2$ であることができる。代わって、セルの数は、小ビームの数よりも少ないので、小ビームは、グループで測定されることができる。

20

【0040】

ナイフエッジは、図1並びに図2に示されるように均一に離間される能够か、図5Aに示されるように不均一に離間されることができる。ブロッキングパターン50では、ナイフエッジの構造は、比較的幅の広い非ブロッキング領域52の間にグリッドを形成するように、グループ51でクラスター化されている。グループ51内の同様のタイプの平行なナイフエッジが、第1のピッチ d_1 で配置され、これは、スポットサイズよりも小さいように意図される能够である。グループ51は、第2のピッチ d_2 で設けられ、これは、第1のピッチ d_1 よりも大きく、また、スポットサイズよりも大きい。比較的幅の広い領域52は、代わって、ブロッキング領域である能够か、又は、幅の広いブロッキング領域と幅の広い非ブロッキング領域との組合せが使用される能够である。

30

【0041】

図1並びに図2に示されるような均等に離間されたパターンのナイフエッジと比較して、図5Aに示されるようなナイフエッジの配置は、所定の距離にわたって電子小ビームを走査したとき、小ビームブロッキング領域と非ブロッキング領域との間ににより多くの移行部を与える。距離当たり及び走査時間当たりの多くの移行部を与えることによって移行部の数を増加させることにより、測定精度を改良し、測定効率を高めるのを助けることができる。例えば、小ビームの位置の測定は、小ビームの移行部の数の平均化により、ラインエッジラフネスに対する影響を少なくすることができる。

40

【0042】

さらに、又は代わって、移行部の密度をより高くする観点から、十分な測定情報を得るために走査長及び同じ走査速度での走査の継続時間が低減される能够である。言い換えれば、データ獲得とデータ処理との少なくとも一方の効率が改良される能够である。多くの時間が露光に費やされる能够で、較正やアライメント目的に必要とされる時間が短くなるので、走査の継続時間が短くなったことによりリソグラフィ装置のよりよい性能をもたらすことができる。

【0043】

図5Bは、小ビームが図5Aのブロッキングパターンを横切って走査されたときの透過

50

強度を示す例示的なグラフである。ブロッキング領域は電子ビームを完全に遮断するのに十分なほど大きないので、測定された最小の強度は、電子ビームが存在していないことに対応していない。しかし、このような大きなブロッキング領域の存在が、所望の測定結果を得るために必ずしも必要ではないことがわかっている。例えば、小ビームのサイズがナイフエッジのグループ 5 1 の幅よりもかなり細ければ、グループを横切って小ビームを走査している間に測定される平均強度は、電子小ビームの最大強度の半分にほぼ等しい値を与える。この測定に関して、ナイフエッジのグループ 5 1 内のブロッキング領域及び非ブロッキング領域の幅は、好ましくは、測定された小ビームのスポットサイズの平均直径よりも小さい。

【 0 0 4 4 】

10

図 6 は、図 5 A に示されるナイフエッジのグループ 5 1 と同様に、ナイフエッジのグループ 6 5 を有する他のブロッキングパターンの上面を概略的に示す図である。しかし、ナイフエッジのグループ 6 5 内のグリッドパターンは、表面上の所定の走査の軌道に沿ったブロッキング領域と非ブロッキング領域との間の移行部が各パターンに対して一意的である (unique) という点で互いに異なる。結果として、グループ 6 5 内の各グリッドパターンは、絶対位置情報を伝える。図 6 に示されるブロッキングパターンは、図 4 に示される四半分 4 2 a、4 2 b、4 2 c、及び四半分 4 2 d のいずれかで使用されることができる。

【 0 0 4 5 】

20

特に、図 6 のブロッキングパターンは、ブロッキング領域 6 4 と非ブロッキング領域 6 3 との間のナイフエッジを規定しているブロッキング構造を有し、ナイフエッジは、ナイフエッジのグループ 6 5 を形成している。各グループ 6 5 内では、ブロッキング領域及び非ブロッキング領域の幅、及び連続するナイフエッジの間の離間距離は、一意的に変化する。変化した離間距離並びにブロッキング及び非ブロッキング幅は、プロセッサが、ブロッキングパターン内のナイフエッジのオリエンテーションにほぼ垂直な方向で小ビームの絶対位置を決定することを可能にする。この決定は、例えば、ブロッキングパターンを横切って小ビームを走査して、強度変化の検出したパターンをナイフ幅及び間隔の 1 連の登録されたパターンに適合させることによって達成されることができる。

【 0 0 4 6 】

30

特に、マルチ小ビームリソグラフィ装置における、小ビームの位置の測定の 1 つの可能なアプリケーションは、ステイックチを制御すること、即ち、個々の適時に異なるビームでパターン形成されるターゲット面で同じ位置に描画することである。リソグラフィのアプリケーションでは、ステイックチの要求は、ナノメートルの精度で設定されることがある。

【 0 0 4 7 】

40

理論上、マルチ小ビームリソグラフィ装置などにおけるマルチ小ビームは、既知のデザインに従って離間されている。結果として、仮想完全系の x 座標及び y 座標として規定される、デザイン内の個々の小ビーム間の基準ベクトル距離が知られている。基準ベクトル距離はまた、理論上のベクトル距離としてこの文献全体を通して参照される能够性に注意する。この知識は、ステイックチを制御するために使用されることがある。しかし、実際の制限により、小ビーム間の実際のベクトル距離は、理論上のベクトル距離と同一ではない。結果として、いわゆるステイックチの誤差が生じうる。小ビームのステイックチの誤差は、小ビームの基準位置と表面にパターン形成する実際の位置との間のベクトルのずれとして規定されることがある。

【 0 0 4 8 】

50

本発明のいくつかの実施の形態では、ナイフエッジを備えたブロッキングパターンが、2 つの小ビーム間の理論上のベクトルの距離からのずれを決定するように配置されている。言い換えれば、センサは、実際のビームの間隔の測定を行うように配置されている。2 つの小ビーム間の理論上のベクトル距離からのずれを決定することにより、夫々のビームを使用したマルチ小ビーム露光装置を用いてターゲット面にパターン形成することに

より生じるステイッチの誤差を予測するのに有用であることができる。それが知られると、夫々の小ビームの少なくとも 1 つの制御データを補正することによって適切な補正がなされることがある。

【 0 0 4 9 】

例えば、図 5 A 並びに図 6 に示されるような平行なナイフェッジが設けられた、1 方向に走査されるように配置されたプロッキングパターンは、一般的に、2 つの小ビーム間のビームの間隔を決定するのに適切ではない。これは、図 3 を参照して論証されることがある。軌道 A が第 1 の小ビームに従った軌道であることを考えると、軌道 B は、第 1 の小ビームと同じ位置にパターン形成すると推定される第 2 の小ビームに従った軌道である。これは、既に述べられたラインエッジラフネスによる不正確さによって制限されるが、走査方向で所定の位置での差を決定することが可能であることができる。しかし、走査方向に垂直な方向において小ビーム間のオフセットを決定するために利用可能な情報はない。

【 0 0 5 0 】

この理由から、ビームの間隔の測定のために 2 次元プロッキングパターンを使用することが望ましい。2 次元プロッキングパターンは、好ましくは、十分な長さのナイフェッジを有する。イメージをパターンに適合させる際の精度は、プロッキングパターン内のプロッキング領域と非プロッキング領域とを分離しているナイフェッジの位置に由来することがわかっている。この理由から、プロッキングパターンの単位面積当たりのナイフェッジの長さを最大にすることが望ましい。

【 0 0 5 1 】

代わって、又はさらに、測定された小ビームの実際の位置に関して曖昧さが生じないのを避けるために、2 次元プロッキングパターンにおける周期性が小さな距離内で生じないことが望ましい。好ましくは、このような距離は、2 つの小ビーム間の最大のビームの間隔の 2 倍よりも大きい。

【 0 0 5 2 】

2 次元ナイフェッジパターンは、2 次元における小ビームの位置についての情報を与えるために使用することができる。小ビームが（水平な） x 方向にプロッキングパターン上を走査されたとき、小ビームの（垂直な） y 位置が、移行部のパターンによって決定でき、これらの移行部は、走査経路に沿ったプロッキング領域及び非プロッキング領域のパターンによって決定される。同様に、小ビームが y 方向に走査されたとき、小ビームの x 位置が、移行部のパターンによって決定されることができる。

【 0 0 5 3 】

図 7 は、使用することができる 2 次元プロッキングパターンの上面を概略的に示す図である。2 次元プロッキングパターンは、例えば、コンバータ素子の電子受け面の一部、例えば、四半分を覆っていることができる。図 7 では、夫々、実線で囲まれた及び破線で囲まれた正方形 7 1、7 2 が、夫々、第 1 の小ビーム及び第 2 の小ビームを使用して行われる 2 次元走査により覆われた領域を示している。領域 7 3 は、非プロッキング領域を示しており、また、領域 7 4 は、プロッキング領域を示している。小ビームが同じ領域を走査するように制御されたとき、2 つの正方形 7 1、7 2 は、理論上、完全に重なり合うべきである。しかし、図 7 で論証されるように、しばしば、第 1 の小ビームによって走査された領域と第 2 の小ビームによって走査された領域との間にオフセットがある。両小ビームがターゲット面上で同じ領域にパターン形成するために必要とされるならば、このオフセットは、ステイッチの誤差をもたらしうる。

【 0 0 5 4 】

2 つの小ビーム間のオフセットを補正することができるため、小ビームの位置の測定は、コンバータ素子の荷電粒子受け面の平面で、2 つの小ビーム間の理論上のベクトル距離のずれ、即ち、ビームの間隔を決定するように行われることができる。まず、第 1 の小ビームが、少なくとも 1 つの理論上の所定の位置に配置されることができる。例えば、複数の測定位置が、走査フィールドで選択されることができ、その後、所定の領域が走査される。そして、測定が、例えば、ラスター走査のような走査軌道に沿った 2 次元走査によっ

10

20

30

40

50

て、その走査フィールドを覆っている走査ラインに沿ってなされることができる。選択された測定位置の各々で、第1の小ビームの第1の実際の位置が測定される。続いて、第2の小ビームが、少なくとも1つの理論上の所定の位置に配置される。このような位置決めが、第1の小ビームと第2の小ビームとの間の理論上のベクトル距離に関する知識を使用することによって行われることができる。少なくとも第2の実際の位置は、第1の小ビームについて説明されるのと同様にして測定される。測定された第1の位置及び第2の位置に基づいて、2つの小ビーム間の理論上のベクトル距離からのずれが決定されることがある。

【0055】

いくつかの実施の形態では、2つの小ビーム間のベクトル距離を決定することは、実際に測定された位置を、理論上の所定の位置、いわゆる基準位置と比較することを含むことができる。図8A並びに図8Bは、このような比較の概念を概略的に示す図である。図8A並びに図8Bでは、小ビームによって走査される理論上の所定の領域が、点線の正方形75によって示される。図8Aでは、第1の小ビームを使用して実際に走査された領域71が、理論上の所定の領域75と比較され、この比較に基づいて、第1の変位ベクトル v_1 が決定される。同様に、図8Bに示されるように、第2の小ビームを使用して実際に走査された領域72が、理論上の所定の領域75と比較され、この比較に基づいて、第2の変位ベクトル v_2 が決定される。

【0056】

第1の小ビームと第2の小ビームとの間のビームの間隔を決定することは、第1の変位ベクトル v_1 及び第2の変位ベクトル v_2 に基づくことができる。この決定は、2つの変位ベクトル v_1 、 v_2 のベクトルの追加によって行われることができる。両方の実際に測定された領域を基準領域と比較することの効果は、基準領域がノイズによる性能低下を受けないということである。

【0057】

いくつかの実施の形態では、2つの小ビーム間のベクトル距離を決定することは、第1の小ビームの少なくとも1つの測定された実際の位置を、第2の小ビームの対応する少なくとも1つの測定された実際の位置と比較することを含むことができる。図9(A)並びに(B)は、このような比較を概略的に示す図である。図9(A)は、第1の小ビームによって走査された実際の領域71を示す図であり、また、図9(B)は、第2の小ビームによって走査された実際の領域72を示す図である。

【0058】

この比較に基づいて、2つの小ビーム間の理論上のベクトル距離からのずれが決定されることがある。第1及び第2の小ビームにより走査される実際の領域71、72の直接の比較を使用することにより、動作が、例えば、ラインエッジラフネスにより生じるパターン形成の非適合を受けにくいという効果を有する。両方の実際の領域71、72が変形されうるので、基準パターンのわずかな変形は、ひどい影響を及ぼさない。結果として、直接の比較が、2つの小ビーム間の理論上のベクトル距離からのずれの決定に対するこの変形の影響を取り除く。

【0059】

本発明に係るセンサのいくつかの他の実施の形態で使用されることがある2次元パターンのデザインが、図10Aないし図10Dに示される。図10Aないし図10Cに示されるデザインは、対角線のナイフエッジを有する。図10Aは、正三角形を含む正/負のブロッキングパターンを示す図であり、また、図10Bは、直角二等辺三角形を含む同様のパターンを示す図である。図10Cは、大きなブロッキング領域及び非ブロッキング領域を特徴とする、さまざまなオリエンテーションの正方形及び直角二等辺三角形を組み合わせたパターンを示す図である。Lまでの小ビームの間隔が測定されることができ、ここで、Lは、パターンの1つのセルの側面である。適切なパターンの選択は、細部に依存していることができ、即ち、分析を最適化するために必要とされる移行部の数が、代わって、特定のパターンを生じる容易さに関連する基準に依存していることができる。

10

20

30

40

50

【0060】

図10Dは、大きなブロッキング領域84と、円形の非ブロッキング領域83とが設けられたパターンを示す図であり、即ち、この特定の場合には円形状である非ブロッキング領域が設けられたブロッキング層によって形成されたパターンを示す図である。このデザインは、製造するのが簡単であることができ、全ての方向にナイフエッジを与える。しかし、このデザインは、単位面積当たりの高い割合のナイフエッジを有しない。

【0061】

図6を参照して説明されるように、いくつかのアプリケーションでは、小ビームの絶対位置を同一のものとみなすことが有用であることができる。図11A並びに図11Bは、2次元ブロッキングパターンのデザインの概略的な例を示す図であり、小ビームの絶対位置を規定するために本発明の他の実施の形態で使用するのに適している。2次元ブロッキングパターンのデザインは、複数のサブセル87を有する。図6に示されるように、1次元の測定で使用するブロッキングパターンと同様に、図11A並びに図11Bに示されるパターン上で水平経路に沿った代わりのブロッキング領域及び非ブロッキング領域のパターンが、サブセル87の正確な決定を与え、このサブセル87を小ビームが占有し、小ビームがサブセル87内にある。これは、各サブセル87の一意的なパターンによるものであり、各サブセル87内のパターンの変化は、2方向、即ち、水平方向及び垂直方向である。このデザインは、 $n \times n$ のパターンのセルに対して約 2^x の異なる「コード」を与え、ここで、 $x = n^2 - 3$ であり、この場合、ブロッキング領域対非ブロッキング領域の全体比は、約50%に等しく、パターン内の隣接するブロッキング領域又は非ブロッキング領域が多すぎることはない。そして、各コードは、一意的なサブセルパターンを示している。

10

【0062】

図11Bのブロッキングパターンは、小ビームの形状を測定するために、図11Aの一意的なサブセルのパターンのコーディングを対角線のナイフエッジの使用と組み合わせる。三角形のコーディングは、 $n \times n$ のパターンで多くの異なるコードを与え、各三角形は、4つの可能なオリエンテーションの1つを有することができる。例えば、図11A並びに図11Bのデザインによって与えられる絶対位置のコーディングは、大きなビームの間隔を測定するときに特に有用である。

20

【0063】

30

いくつかの実施の形態では、図11A並びに図11Bに示されるような2次元ブロッキングパターンは、小ビームの絶対位置の第1の評価のために使用されることがある。さらに、小ビームの位置の決定の精度の改良が、異なるブロッキングパターンを使用することによって、例えば、センサ面上の異なる位置に配置された、例えば、センサセル41の異なる四半分で、行われることができる。

【0064】

図示され上述されたさまざまなタイプのブロッキングパターンが、他のパターンの少なくとも1つと組み合わせて使用されることができることが注意されるべきである。例えば、さまざまな測定がなされることを可能にするために、小ビームが、さまざまなパターン上を走査することができるよう、コンバータ素子が、コンバータの異なる領域に形成されたさまざまなタイプのブロッキングパターンと共に配置されることがある。例えば、図4に示されるように、さまざまな異なるブロッキングパターンがセルに組み合わせられることができ、各セルの各四半分は、選択されたブロッキングパターンを有する。さらに、この文献に記載されるパターンのブロッキング領域及び非ブロッキング領域を反転しても、測定の原理に影響を及ぼさないことが注意されるべきである。

40

【0065】

図12は、センサ100によって2つの荷電粒子小ビーム104a、104bの間の距離を決定する方法を概略的に示す図である。センサ100は、既に説明されたようなセンサであることができる。センサは、荷電粒子を光に変換するコンバータ素子と、感光検出器とを有する。コンバータ素子には、小ビームのブロッキング領域及び非ブロッキング領

50

域の2次元パターンが設けられている。このようなパターンは、例えば、図10Dに示されるパターンであり、既に説明されたパターンに対応することができる。図12では、パターンは、円形状を有するブロッキング構造のアレイ102によって形成されている。

【0066】

まず、第1の小ビーム104aが、2次元パターン上を走査される。そして、2次元パターンを透過した第1の小ビーム104aの部分である荷電粒子に応答してコンバータ素子によって発生された光が、感光検出器によって受光される。そして、感光検出器が、受光した光を第1の信号に変換するように配置されている。一般的には、信号は、電気信号である。感光性セルのアレイ、例えばCCDを有する感光検出器を使用する場合には、このような信号は、代表的には、連続フローの信号値を含む。この信号は、多重送信信号であることができる。

10

【0067】

第1の小ビームを走査した後、2次元パターンが、例えば、2つの小ビーム104a、104bの間の基準距離である所定の距離にわたって第1の小ビームに関してシフトされる。図12では、シフトは、第1の小ビーム104aを測定するのに適した第1の位置から、第2の小ビーム104bを測定するのに適した第2の位置に向かって、2次元パターンに対してセンサを動かすことによって行われる。

【0068】

図12に示される方法は、2次元パターン上で第2の小ビームを走査することにより続く。感光検出器は、2次元パターンを透過した第2の小ビーム104bの部分である荷電粒子に応答してコンバータ素子によって発生された光を受光する。そして、感光検出器は、受光した光を第2の信号に変換する。

20

【0069】

最終的に、第1の小ビーム104aと第2の小ビーム104bとの間の距離が、第1の信号及び第2の信号に基づいて決定することができる。さらに、所定の距離が考慮される。

【0070】

本発明が、上述された実施の形態を参照して説明されてきた。これらの実施の形態は、当業者に周知のさまざまな変更を加えられたり、代わりの形態とされたりすることができる。上述の説明に加えて、さらなる変更が、本発明の意図及び範囲を逸脱することなく、ここに説明される構造及び技術に加えられることができる。従って、特定の実施の形態が説明されてきたが、これらは単なる例であり、本発明の範囲を限定するものではなく、本発明の範囲は、添付の特許請求の範囲により規定される。

30

出願当初の特許請求の範囲に記載された発明を以下に付記する。

[1] 荷電粒子のエネルギーを光に変換するコンバータ素子と、感光検出器とを具備するセンサが設けられたマルチ小ビーム露光装置における2つの荷電粒子小ビーム間の距離を決定する方法であって、前記コンバータ素子には、小ビームブロッキング領域と非ブロッキング領域との2次元パターンが設けられたセンサ面領域が設けられており、この方法は、前記2次元パターン上で第1の小ビームを走査することと、前記2次元パターンを透過した前記第1の小ビームの部分である荷電粒子に応答して前記コンバータ素子によって発生された光を受光することと、前記感光検出器によって、前記受光された光を第1の信号に変換することと、前記2次元パターンと前記第1の小ビームとを所定の距離にわたって互いに関連して相対的に動かすことと、前記2次元パターン上で第2の小ビームを走査することと、前記2次元パターンを透過した前記第2の小ビームの部分である荷電粒子に応答して前記コンバータ素子によって発生された光を受光することと、前記感光検出器によって、前記受光された光を第2の信号に変換することと、前記第1の信号、前記第2の信号及び前記所定の距離に基づいて、前記第1の小ビームと第2の小ビームとの間の距離を決定することと、を具備する方法。

40

[2] 前記2次元パターンと前記第1の小ビームとを所定の距離にわたって互いに関連して相対的に動かすことは、前記コンバータ素子を前記所定の距離にわたって動かすことを

50

含み、前記第1の小ビームの位置は、ほぼ動かない[1]の方法。

[3] 前記マルチ小ビーム露光装置は、小ビーム発生器を有し、前記2次元パターンと前記第1の小ビームとを所定の距離にわたって互いに関連して動かすことは、前記第1の小ビームを前記所定の距離にわたって動かすことを含み、前記コンバータ素子の位置は、ほぼ動かない[1]の方法。

[4] 前記2次元パターンは、複数のパターン部分を有し、各パターン部分は、プロッキング構造の一意的な2次元パターンである[1]ないし[3]のいずれか1の方法。

[5] 前記2次元パターン部分は、4つに分割され、各4つに分割された部分には、プロッキング構造の異なる所定のパターンが設けられている[1]ないし[3]のいずれか1の方法。

10

[6] 複数の小ビーム対の間の距離が、同時に決定される[1]ないし[3]のいずれか1の方法。

[7] 前記2つの小ビーム間の距離を同時に決定することは、前記2次元パターン上で、複数の第1の小ビームの同時の走査及び複数の第2の小ビームの同時の走査を可能にするように、2次元パターンに適切に離間された複数の同様のパターンを与えることを含む[6]の方法。

[8] 前記2次元パターンは、非プロッキング領域が、好ましくは円形の非プロッキング領域が設けられたプロッキング層を有する[7]の方法。

[9] 前記非プロッキング領域の位置は、前記所定の距離に対応するピッチを有する[8]の方法。

20

[10] 前記2次元パターンは、個々の小ビームを評価するように複数のセルに分割され、各セルは、所定のパターンを有する[1]ないし[3]のいずれか1の方法。

[11] 各セルは、プロッキング構造の一意的な2次元プロッキングパターンを有する[10]の方法。

[12] 各セルが、複数のパターン部分を有し、各パターン部分が、プロッキング構造の一意的な2次元パターンである[10]の方法。

[13] 各セルが、4つに分割され、各4つに分割された部分には、プロッキング構造の異なる所定のパターンが設けられている[10]の方法。

[14] 各セルは、異なる部分を有し、各部分は、このような部分上で所定の小ビームの走査軌道に沿って、プロッキング領域と非プロッキング領域との間の移行部で複数のナイフエッジを形成している異なるパターンの荷電粒子プロッキング構造を有する[10]の方法。

30

[15] 前記2次元パターンは、非プロッキング領域、特に、円形の非プロッキング領域が設けられたプロッキング層を有する[1]ないし[14]のいずれか1の方法。

[16] 前記距離を決定することは、前記第1の信号と前記第2の信号とを比較することを含む[1]ないし[15]のいずれか1の方法。

[17] 前記距離を決定することは、前記第1の信号を所定の基準信号と比較して、第1のずれを得ることと、前記第2の信号を所定の基準信号と比較して、第2のずれを得ることと、前記第1のずれと前記第2のずれとを比較することとを含む[1]ないし[15]のいずれか1の方法。

40

[18] マルチ小ビーム露光装置で使用するための單一面で第1の小ビームと第2の小ビームとの間の基準ベクトル距離からのずれを決定する方法であって、この方法は、センサ面に設けられたナイフエッジを有する2次元プロッキング構造パターン上で前記第1の小ビームを走査して、第1の小ビーム情報を得ることと、前記2次元プロッキング構造パターン上で前記第2の小ビームを走査して、第2の小ビーム情報を得ることと、前記第1の小ビーム情報及び前記第2の小ビーム情報に基づいて、前記基準ベクトル距離からのずれを決定することと、を具備する方法。

[19] 前記第1の小ビームを走査した後、さらに、前記2次元プロッキング構造を前記基準ベクトル距離に対応する距離にわたって前記第1の小ビームに関連して移動させることを含む[18]の方法。

50

【20】前記移動させることは、前記基準ベクトル距離に対応する距離にわたって前記2次元ブロッキング構造パターンを移動させることによって果されることによって果される【19】の方法。

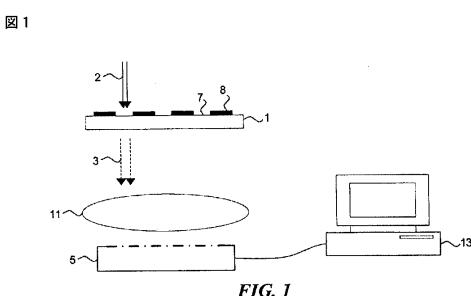
【21】前記基準ベクトル距離からのずれを決定することは、前記第1の小ビーム情報と前記第2の小ビーム情報を比較することを含む【18】ないし【20】の方法。

【22】前記基準ベクトル距離からのずれを決定することは、前記第1の小ビーム情報を所定の基準小ビーム情報と比較して、第1の小ビームのずれを得ることと、前記第2の小ビーム情報を所定の基準情報と比較して、第2の小ビームのずれを得ることと、前記第1の小ビームのずれと前記第2の小ビームのずれとを比較することとを含む【18】ないし【20】のいずれか1の方法。

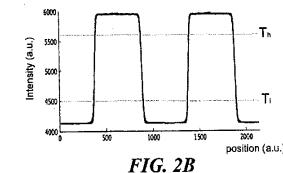
【23】前記第1の小ビーム情報及び前記第2の小ビーム情報は、夫々、前記第1の小ビーム及び第2の小ビームの実際の位置を含む【18】ないし【20】のいずれか1の方法。
10

【24】前記2次元パターンは、非ブロッキング領域、特に、円形の非ブロッキング領域が設けられたブロッキング層を有する【18】ないし【23】のいずれか1の方法。

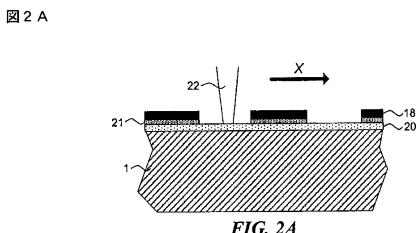
【図1】



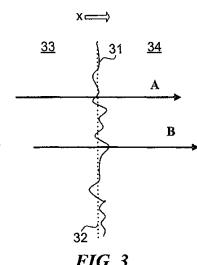
【図2B】



【図2A】



【図3】



【図4】

図4

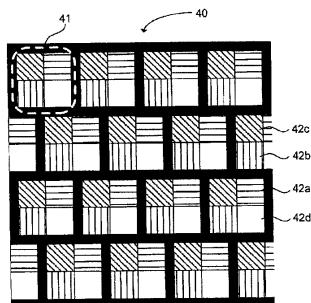


FIG. 4

【図5A】

図5A

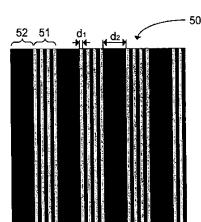


FIG. 5A

【図5B】

図5B

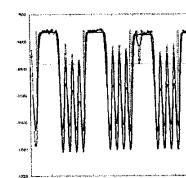


FIG. 5B

【図6】

図6

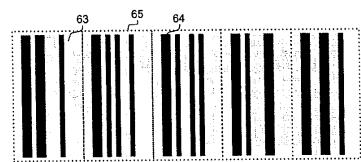


FIG. 6

【図7】

図7

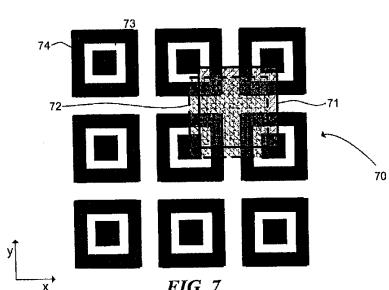


FIG. 7

【図8B】

図8B

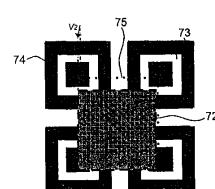


FIG. 8B

【図8A】

図8A

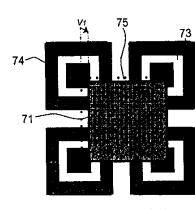


FIG. 8A

【図9】

図9

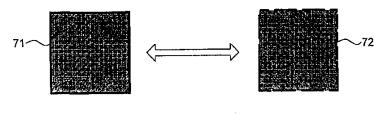


FIG. 9A

(A)

FIG. 9B

(B)

【図 10 A】

図 10 A

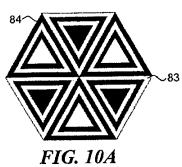


FIG. 10A

【図 10 C】

図 10 C

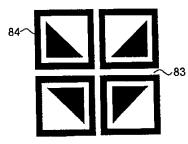


FIG. 10C

【図 10 B】

図 10 B

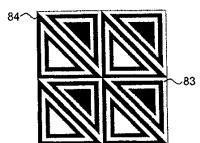


FIG. 10B

【図 10 D】

図 10 D



FIG. 10D

【図 11 A】

図 11 A

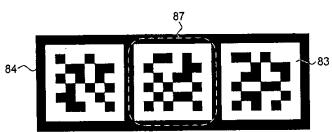


FIG. 11A

【図 12】

図 12

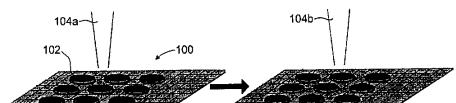


FIG. 12

【図 11 B】

図 11 B

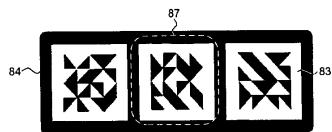


FIG. 11B

フロントページの続き

(74)代理人 100075672

弁理士 峰 隆司

(74)代理人 100140176

弁理士 砂川 克

(72)発明者 メイジエル、ヤン・アンドリエス

オランダ国、エヌエル - 3045 ピーディー・ロッテルダム、コペルニクスラーン 10

審査官 赤尾 隼人

(56)参考文献 特表2009-509328 (JP, A)

特表2006-504134 (JP, A)

米国特許第05136169 (US, A)

特開2004-071691 (JP, A)

米国特許第05892230 (US, A)

特開2004-200549 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

H01J 37/00 - 37/317

G03F 7/20