

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4890564号
(P4890564)

(45) 発行日 平成24年3月7日(2012.3.7)

(24) 登録日 平成23年12月22日(2011.12.22)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/027 (2006.01)
G O 3 F 7/20 (2006.01)H O 1 L 21/30 5 2 8
G O 3 F 7/20 5 0 5

請求項の数 30 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2008-548525 (P2008-548525)
 (86) (22) 出願日 平成18年12月5日 (2006.12.5)
 (65) 公表番号 特表2009-522770 (P2009-522770A)
 (43) 公表日 平成21年6月11日 (2009.6.11)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2006/046313
 (87) 国際公開番号 W02007/078515
 (87) 国際公開日 平成19年7月12日 (2007.7.12)
 審査請求日 平成20年8月18日 (2008.8.18)
 (31) 優先権主張番号 11/320,473
 (32) 優先日 平成17年12月29日 (2005.12.29)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 503195263
 エーエスエムエル ホールディング エヌ
 . ブイ.
 オランダ国 ヴェルトホーフェン 550
 4 ディー アール, デ ラン 6501
 (73) 特許権者 504151804
 エーエスエムエル ネザーランズ ビー.
 ブイ.
 オランダ国 ヴェルトホーフェン 550
 4 ディー アール, デ ラン 6501
 (74) 代理人 100079108
 弁理士 稲葉 良幸
 (74) 代理人 100093861
 弁理士 大賀 眞司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板上の露光フィールド上にパターンを書き込む方法およびシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上の露光フィールド上にパターンを書き込む方法であって、

前記基板上の前記露光フィールド内で実質的に重なり合うように時間的にコヒーレント
 であって、かつ、空間的にコヒーレントな第 1 および第 2 のビームを、前記第 1 および第
 2 のビームが干渉縞を形成するように、誘導すること、

前記第 1 および第 2 のビームが前記露光フィールドに達するときに、それらが前記露光
 フィールドの全幅にわたって互いに確実に空間的にコヒーレントであって、かつ、時間的
 にコヒーレントであるために前記ビームのそれぞれの経路長が一致するように、前記第 1
 および第 2 のビームのビーム幅を調整すること

を含む方法。

【請求項 2】

放射ビームの回折により前記第 1 および第 2 のビームが形成されるようにすることをさ
 らに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記基板上にパターンを書き込む間、前記露光フィールドに対して前記基板を相対的に
 移動させることをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記第 1 および第 2 のビームをそれぞれの第 1 および第 2 の倍率低減光学システムを通
 過させることによって前記第 1 および第 2 のビームの倍率を低減することをさらに含む、

10

20

請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記第 1 のビームを第 1 の凸レンズおよび第 1 の凹レンズを通過させること、および前記第 2 のビームを第 2 の凸レンズおよび第 2 の凹レンズを通過させることをさらに含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記第 1 のビームを第 1 の対の円柱レンズを通過させること、および前記第 2 のビームを第 2 の対の円柱レンズを通過させることをさらに含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 7】

前記第 1 のビームを第 1 の対のプリズム、および前記第 2 のビームを第 2 の対のプリズムを通過させることをさらに含む、請求項 4 に記載の方法。

10

【請求項 8】

前記第 1 のビームを第 1 および第 2 の光学エレメントを通過させること、および前記第 2 のビームを第 3 および第 4 の光学エレメントを通過させることをさらに含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 9】

前記ビーム幅を低減し、拡大し、または縮小して、前記調整するステップを行うことをさらに含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 10】

重なり領域にわたって前記縞のコントラストを測定すること、および前記低減された倍率を調整して、前記重なり領域にわたってコントラストを最大にすること
をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 11】

前記誘導するステップが、傾斜可能ミラーを使用して行われる、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 12】

前記誘導するステップが、空間光変調器を使用して行われる、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 13】

短い時間コヒーレンス長を有するビームから前記第 1 および第 2 のビームを形成することをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

30

【請求項 14】

基板上の露光フィールド上にパターンを書き込むためのシステムであって、
前記露光フィールドにおいて実質的に重なり合うように時間的にコヒーレントであって、かつ、空間的にコヒーレントな第 1 および第 2 のビームを誘導する光誘導デバイスと、
前記第 1 および第 2 のビームのビーム幅を調整する第 1 および第 2 のビーム幅調整システムと、を備え、

前記光誘導デバイスは、前記第 1 および第 2 のビームが前記露光フィールドに干渉縞を形成するように前記第 1 および第 2 のビームを誘導し、

前記第 1 および第 2 のビーム幅調整システムは、前記第 1 および第 2 のビームが前記露光フィールドに達するときに、前記露光フィールドの全幅にわたって前記第 1 および第 2 のビームの空間コヒーレンスおよび時間コヒーレンスを維持するために前記ビームのそれぞれの経路長が一致するように、前記第 1 および第 2 のビームの前記ビーム幅を調整するシステム。

40

【請求項 15】

前記光誘導デバイスが、傾斜可能ミラーを含む、請求項 14 に記載のシステム。

【請求項 16】

放射ビームから前記第 1 および第 2 のビームを生成するビームスプリッタをさらに含む、請求項 14 に記載のシステム。

【請求項 17】

50

前記放射ビームがエキシマレーザから生成される、請求項 16 に記載のシステム。

【請求項 18】

前記放射ビームが短い時間コヒーレンス長を有する放射光源から生成される、請求項 16 に記載のシステム。

【請求項 19】

前記ビーム幅調整システムの少なくとも 1 つが空間光変調器を含む、請求項 14 に記載のシステム。

【請求項 20】

前記ビーム幅調整システムの少なくとも 1 つが凸レンズおよび凹レンズを含む、請求項 14 に記載のシステム。

【請求項 21】

前記ビーム幅調整システムの少なくとも 1 つが円柱レンズを含む、請求項 14 に記載のシステム。

【請求項 22】

前記ビーム幅調整システムの少なくとも 1 つがプリズムを含む、請求項 14 に記載のシステム。

【請求項 23】

前記第 1 および第 2 のビーム幅調整システムの各々が第 1 および第 2 の光学エレメントを含む、請求項 19 に記載のシステム。

【請求項 24】

前記第 1 の光学エレメントおよび前記第 2 の光学エレメントが各々 1 対の円柱レンズ、1 対の凹レンズおよび凸レンズ、または 1 対のプリズムを含む、請求項 23 に記載のシステム。

【請求項 25】

前記露光フィールドにわたって前記縞のコントラストを感知し、信号を生成するディテクタと、

前記信号を受け取り、それから制御信号を生成するコントローラと、

前記制御信号を受け取り、前記露光フィールドにわたってコントラストを最大にするために前記ビーム幅調整システムを調整する調整デバイスとをさらに含む、請求項 14 に記載のシステム。

【請求項 26】

前記ビーム幅調整システムが光学エレメントを含み、

前記調整デバイスが前記光学エレメントの位置または方位の少なくとも一方を調整する、請求項 25 に記載のシステム。

【請求項 27】

基板上の露光フィールド上にパターンを書き込む方法であって、

前記基板上の前記露光フィールド内で実質的に重なり合うように時間的にコヒーレントであって、かつ、空間的にコヒーレントな第 1 および第 2 のビームを、前記第 1 および第 2 のビームが干渉縞を形成するように、誘導すること、

前記第 1 および第 2 のビームが前記露光フィールドに達するときに、それらが前記露光フィールドの全幅にわたって互いに確実に空間的にコヒーレントであって、かつ、時間的にコヒーレントであるために前記ビームのそれぞれの経路長が一致するように、前記第 1 のビームのビーム幅を調整することを含む方法。

【請求項 28】

前記第 1 および第 2 のビームが前記露光フィールドに達するときに、それらが前記露光フィールドの全幅にわたって互いに確実に空間的にコヒーレントであって、かつ、時間的にコヒーレントであるために前記ビームのそれぞれの経路長が一致するように、前記第 2 のビームのビーム幅を調整する、請求項 27 に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 29】

基板上の露光フィールド上にパターンを書き込むためのシステムであって、
前記露光フィールドにおいて実質的に重なり合うように時間的にコヒーレントであって、
かつ、空間的にコヒーレントな第1および第2のビームを誘導する光誘導デバイスと、
前記第1のビームのビーム幅を調整する第1のビーム幅調整システムと、を備え、
前記光誘導デバイスは、前記第1および第2のビームが前記露光フィールドに干渉縞を
形成するように前記第1および第2のビームを誘導し、
前記第1のビーム幅調整システムは、前記第1および第2のビームが前記露光フィール
ドに達するときに、前記露光フィールドの全幅にわたって前記第1および第2のビームの
空間コヒーレンスおよび時間コヒーレンスを維持するために前記ビームのそれぞれの経路
長が一致するように、前記第1のビームの前記ビーム幅を調整する、システム。

10

【請求項 30】

前記第1および第2のビームが前記露光フィールドに達するときに、前記露光フィール
ドの全幅にわたって前記第1および第2のビームの空間コヒーレンスおよび時間コヒーレ
ンスを維持するために前記ビームのそれぞれの経路長が一致するように、前記第2のビー
ムの前記ビーム幅を調整する第2のビーム幅調整システムをさらに備える、
請求項29に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

[0001] 本発明はリソグラフィシステムに関し、より詳細には干渉計リソグラフィに関する。

【背景技術】

【0002】

[0002] リソグラフィ装置は、基板または基板の一部の上に所望のパターンを与える装置である。リソグラフィ装置は、例えば、フラットパネルディスプレイ、集積回路（IC）、および微細構造を含む他のデバイスの製造で使用する事ができる。従来の装置では、一般にマスクまたはレチクルと呼ばれるパターンニングデバイスを使用してフラットパネルディスプレイ（または他のデバイス）の個々の層に対応する回路パターンを生成することができる。このパターンは、基板上に施された放射感応性材料（例えばフォトリソ）層の上へのイメージングによって、基板（例えばガラス板）の全てまたは一部の上に転写することができる。

30

【0003】

[0003] 回路パターンの代わりに、パターンニング手段を使用して他のパターン、例えば色フィルタパターン、ドットマトリクスを生成することができる。マスクの代わりに、パターンニングデバイスは、個々に制御可能な要素のアレイを含むパターンニングアレイを含むことができる。そのようなシステムでは、マスクベースのシステムと比較して、パターンは迅速にかつ低コストで変更することができる。

【0004】

[0004] フラットパネルディスプレイの基板は、一般に、形状が長方形である。このタイプの基板を露光するように設計されたリソグラフィ装置は、長方形基板の全幅を含むかまたは幅の一部（例えば幅の半分）を含む露光領域を与えることができる。基板は露光領域下でスキャンすることができ、一方、マスクまたはレチクルは同期してビームによってスキャンされる。このようにしてパターンは基板に転写される。露光領域が基板の全幅を含む場合、露光は単一スキャンで完了することができる。露光領域が例えば基板の幅の半分を含む場合、基板は第1のスキャンの後横方向に移動することができ、一般に、基板の残りの部分を露光するためにさらなるスキャンが行われる。

40

【0005】

[0005] 全半導体製造プロセスによって達成される解像度は、関係する光学装置だけでなく使用される化学プロセス（例えば、フォトリソとエッチング薬品との間の相互作用

50

など)にも依存する。

【0006】

[0006] 解像度が30～100nmなどのナノメートルスケールに達する場合、従来のマスク、レチクル、およびパターンングアレイを使用してこれを達成するのは非常に難しい。レンズベースのシステムの現在の解像度限界は約45nmである。

【0007】

[0007] 液浸システム内または単独の干渉計リソグラフィツールがナノメートルスケールの小さいフィーチャを形成するために提案されている。これらは一般にタルボ型干渉計(Talbot interferometer)方式を使用する。より高い解像度を達成するために、非対称タルボ型干渉計方式が提案された。しかし、これらのシステムを使用する場合、干渉ビーム内の経路長差のために、大きい画像フィールドにわたって望ましい縞コントラストを実現するのは時として非常に難しい。

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

[0008] したがって、現行の従来のレンズベースのリソグラフィシステム能力に匹敵するかまたは凌駕する解像度寸法でフィールド全体にわたって所望のコントラストを生成する干渉計リソグラフィシステムおよび方法が必要である。

【課題を解決するための手段】

【0009】

[0009] 本発明の第1の実施形態では、以下のステップを含めて基板上にパターンを書き込む方法が提供される。干渉縞を形成し、それによって書込み画像を画定するために第1および第2のビームが重なり領域において互いに時間的コヒーレントおよび空間的コヒーレントであるように、第1および第2のビームを誘導して基板上の共通領域で収束させ実質的に重ね合わせるステップ。第1および第2のビームが共通領域に達するときに、それらが共通領域の全幅にわたって互いに確実に空間的コヒーレントおよび時間的コヒーレントであるためにビームのそれぞれの経路長が一致するように、第1および第2のビームのビーム幅を調整するステップ。他の例では、基板は、基板上に画像を書き込む間第1および第2のビームに対して移動されるかまたは書込みの間静止のままである。

20

【0010】

[0010] 本発明の別の実施形態は、光誘導デバイスと、第1および第2のビーム幅調整システムとを含む、基板上にパターンを書き込むためのシステムを提供する。重なり領域において重なりビームが干渉縞を形成して書込み画像を画定するように、光誘導デバイスは、互いに空間的コヒーレントおよび時間的コヒーレントである第1および第2の光ビームを誘導して基板上の共通領域で収束させ実質的に重ね合わせる。第1および第2の光ビームが重なり領域に達するときに、重なり領域にわたってビームの空間コヒーレンスおよび時間コヒーレンスを維持するためにビームのそれぞれの経路長が一致するように、第1および第2のビーム幅調整システムが第1および第2の光ビームのそれぞれのビーム経路中に配置される。他の例では、基板は、基板上に画像を書き込む間第1および第2のビームに対して移動されるかまたは書込みの間静止のままである。

30

40

【0011】

[0011] 本発明のさらなる実施形態は、ビームスプリッタと、第1および第2のビーム幅調整システムと、第1および第2のリフレクタとを含むシステムを提供する。ビームスプリッタは放射のビームを第1および第2のビームに分割する。第1および第2のビーム幅調整システムは第1および第2のビームのそれぞれを受け取り、それぞれの第1および第2のビーム幅を調整したビームを出力する。第1および第2のリフレクタは第1および第2のビーム幅を調整したビームを受け取り、この第1および第2のビーム幅を調整したビームを誘導して基板の画像フィールドで干渉させ、その結果、干渉によって形成された縞が基板上に画像を形成する。

【0012】

50

[0012] 本発明のさらなる実施形態、特徴、および利点、ならびに本発明の様々な実施形態の構造および動作が添付図面を参照しながら以下で詳細に説明される。

【 0 0 1 3 】

[0013] 本明細書に組み込まれ、明細書の一部を形成する添付の図面は本発明の 1 つまたは複数の実施形態を示し、本発明の原理を説明し、当業者が本発明を行い使用することができるようにするのに説明に加えてさらに役立つ。

【 0 0 1 4 】

[0020] 次に、本発明が添付図面を参照しながら説明される。図面では、同様の参照番号は同一または機能的に同様の要素を示す。さらに、参照番号の最も左の数字により参照番号が最初に現れる図面を識別することができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 5 】

[0021] 具体的な構成および配置が説明されるが、これは例示的な目的だけのために行われることが理解されるべきである。当業者は、本発明の趣旨および範囲から逸脱することなく他の構成および配置を使用することができることを認識されよう。様々な他の用途で本発明を使用することができることも当業者には明らかであろう。

【 0 0 1 6 】

[0022] 例示的干渉計リソグラフィシステム

図 1 は、当技術分野でタルボ型干渉計として一般に知られている干渉計リソグラフィシステム 1 0 0 を示す。レーザ（図示せず）によって通常生成される空間的・時間的コヒーレント光ビーム 1 0 2 は、ビームスプリッタ 1 0 4（例えば、回折デバイス、回折格子、位相シフトビームスプリッタなど）に入射する。ビームスプリッタ 1 0 4 はビーム 1 0 2 を第 1 および第 2 のビーム 1 0 6 A および 1 0 6 B に分離する。次に、2 つのビーム 1 0 6 A および 1 0 6 B は、それぞれ第 1 および第 2 の反射表面 1 0 8 A および 1 0 8 B によって基板 1 1 0（例えば、加工物、ディスプレイなど、以下基板と称する）の方に再誘導される。ビームスプリッタ 1 0 4 から基板 1 1 0 までの各経路は時には干渉計 1 0 0 の「アーム」("arm")と呼ばれる。例示的な従来のタルボ型干渉計は、米国特許第 6 8 8 2 4 7 7 号、米国特許第 4 5 9 6 4 6 7 号、米国特許出願公開第 2 0 0 4 - 0 1 1 0 9 2 - A 1 号、および米国特許出願公開第 2 0 0 5 - 0 0 7 3 6 7 1 号を含み、これらは全てそっくりそのまま参照により本明細書に組み込まれる。

20

30

【 0 0 1 7 】

[0023] 干渉パターン 1 1 2 が基板 1 1 0 の上面で形成される。干渉パターン 1 1 2 は書込み画像でフォトレジスト層（図 1 にラベルは付けられていない）を露光する。例えば、第 1 および第 2 のビーム 1 0 6 A および 1 0 6 B を基板 1 1 0 上に投影して干渉させ、放射のビーム間の強めあう干渉によって生じる最大値のラインに対応し、放射の 2 つのビーム間の弱めあう干渉によって生じる最小値によって分離された基板 1 1 0 上の複数のラインを露光する。

【 0 0 1 8 】

[0024] 基板 1 1 0 の表面全体のパターンングを可能にするために書込み画像に対して基板 1 1 0 の移動、例えばスキヤニング、ステッピングなどを可能にするステージまたはテーブル（図示せず）上に基板 1 1 0 を配置することができることが理解されるべきである。別の例では、基板 1 1 0 は、基板 1 1 0 全体のイメージングの間静止していることができる。

40

【 0 0 1 9 】

[0025] 一例では、ビームスプリッタ 1 0 4 はビーム 1 0 6 A および 1 0 6 B として 1 次ビームだけを生成する。様々な例では、この説明を読むとき当業者には明らかであるように、ビームスプリッタ 1 0 4 は位相シフト、レベンソン型(alternating)位相シフト、バイナリ位相シフト、または別のタイプのビームスプリッタとすることができる。

【 0 0 2 0 】

[0026] 一例では、ビーム 1 0 6 A はビームスプリッタ 1 0 4 と反射表面 1 0 8 A との間

50

の経路長 a を有し、一方、ビーム 106B はビームスプリッタ 104 と反射表面 108B との間の経路長 b を有する。同様に、ビーム 106A は反射表面 108A と基板 110 との間の経路長 c を有し、一方、ビーム 106B は反射表面 108B と基板 110 との間の経路長 d を有する。図示の例では、タルボ型干渉計 100 は、一般に、 $a + c = b + d$ であるので対称システムと呼ばれるが、それは露光フィールド 114 にわたって実質的に一様な縞 112 を生成し、それは望ましいことである。

【0021】

[0027] 一例では、コヒーレント放射 102 は、放射光源（図示せず）からの放射ビームを受け取るイルミネータ（図示せず）によって生成される。一例では、放射光源は、少なくとも 5 nm、例えば、少なくとも 10 nm、少なくとも 50 nm、少なくとも 100 nm、少なくとも 150 nm、少なくとも 175 nm、少なくとも 200 nm、少なくとも 250 nm、少なくとも 275 nm、少なくとも 300 nm、少なくとも 325 nm、少なくとも 350 nm、または少なくとも 360 nm の波長を有する放射を供給することができる。一例では、放射光源 SO によって供給される放射は、せいぜい 450 nm、例えば、せいぜい 425 nm、せいぜい 375 nm、せいぜい 360 nm、せいぜい 325 nm、せいぜい 275 nm、せいぜい 250 nm、せいぜい 225 nm、せいぜい 200 nm、またはせいぜい 175 nm の波長を有する。一例では、放射は、436 nm、405 nm、365 nm、355 nm、248 nm、193 nm、157 nm、および / または 126 nm を含む波長を有する。一例では、放射は約 365 nm または約 355 nm の波長を含む。一例では、放射は、例えば、365、405、および 436 nm を含む広帯域の波長を含む。355 nm のレーザ源を使用することができる。

【0022】

[0028] 例えば、光源がエキシマレーザである場合、光源およびリソグラフィ装置は別個のユニットまたはサブシステムとすることができる。そのような場合、光源はリソグラフィ装置の一部を形成すると見なされず、例えば、適切な誘導ミラーおよび / またはビームエキスパンダを含むビームデリバリシステムを用いて放射ビームを光源からイルミネータまで通過させる。

【0023】

[0029] 図 2 は別の干渉計リソグラフィシステム 200 を示す。空間的および時間的コヒーレント光ビーム 202 がビームスプリッタ 204 に入射する。一例では、ビーム 102 について前述したようにビーム 202 は同様の照明および / または放射システムから形成することができる。ビームスプリッタ 204 はビーム 202 を第 1 および第 2 のビーム 206A および 206B に分離する。一例では、ビームスプリッタ 204 はビーム 206A および 206B として 1 次回折ビームだけを生成する。次に、2 つのビーム 206A および 206B は、それぞれ第 1 および第 2 の反射表面 208A および 208B によって基板 210 の方に再誘導される。干渉パターン 212 が基板 110 の上面で形成される。干渉パターン 212 は露光フィールド 214 にわたってフォトレジスト層（図 2 にラベルは付けられていない）を露光する。前述のように、ビーム 206A および 206B ならびに基板 210 は互いに対して移動するかまたは静止のままであることができる。

【0024】

[0030] 図 2 の反射表面 208A および 208B は、図 1 の反射表面 108A および 108B の方位と比較して、基板 210 上の入射角度を大きくできる位置に向けられる。入射角が大きいと、縞 112 によって基板 110 上に形成されるパターンと比較して、縞 212 によって基板 210 上に形成されるパターンの解像度を向上させることができる。

【0025】

[0031] 一例では、ビーム 206A はビームスプリッタ 204 と反射表面 208A との間の経路長 a を有し、一方、ビーム 206B はビームスプリッタ 204 と反射表面 208B との間の経路長 b を有する。同様に、ビーム 206A は反射表面 208A と基板 210 との間の経路長 c を有し、一方、ビーム 206B は反射表面 208B と基板 210 との間の経路長 d を有する。図示の例では、干渉計 200 は、 $a + c \neq b + d$ であるので非対称シ

10

20

30

40

50

ステムと呼ばれることがあるが、それは露光フィールド 2 1 4 にわたって実質的に一様でない縞パターン 2 1 2 を生成することがあり、それは望ましくない。例えば、縞は中央位置 2 1 6 で良好に形成され高コントラストであるが、どちらの方向でも中央位置 2 1 6 から離れると、ビーム経路長の差異、およびビームの時間コヒーレンスの低下に起因する画像コントラスト値の差異が生じる。ビーム 2 0 6 A および 2 0 6 B は、露光フィールド 2 1 4 の中央 2 1 6 でのみ適切に干渉し、それらの幅全体にわたっては適切に干渉しない。したがって、高解像度では、画像を生成するフィールド 2 1 4 にわたる画像縞 2 1 2 はむらのないコントラストでないことがあり、すなわち、露光フィールド 2 1 4 の中央 2 1 6 で最大のコントラスト比がある。したがって、縞 2 1 2 の一部だけが最適の画像を生成することができる。

10

【 0 0 2 6 】

[0032] 干渉計 2 0 0 が非対称システムであるので、露光フィールド 2 1 4 の全幅にわたるコヒーレンス整合の問題がある場合がある。一般にこのタイプのイメージングに係する 2 つのタイプのコヒーレンスがあり、それらは (1) 空間コヒーレンス (すなわち、空間 / 位置ベース) および (2) 時間コヒーレンス (すなわち、時間ベース) であり、以下で詳細に説明される。一般に、コヒーレンスの概念は位相の安定性、または予測可能性に関連する。基板位置の光線はビームスプリッタ 2 0 4 の同じ位置に対応する。

【 0 0 2 7 】

[0033] 空間コヒーレンスは空間の様々な点の光ビーム間の相関を記述する。空間コヒーレンスは距離の関数として記述され、すなわち、空間コヒーレンスはビームの断面の直径全体にわたる固定位相関係の維持である。

20

【 0 0 2 8 】

[0034] 時間コヒーレンスは、時間の様々な瞬間に観察される光ビーム間の相関または予測可能な関係を記述する。光学装置では、同じ光源からの既知の経路長差を有するビームを組み合わせ、生成された干渉パターンを観察することによって時間コヒーレンスが計測される。一例では、時間コヒーレンス長は、ビームの波長の自乗を帯域幅で割ることによって計算される。

【 0 0 2 9 】

[0035] 一例では、コヒーレンス整合 (時間コヒーレンス) が不整合になることがあるが、その理由は、ビームスプリッタ 2 0 4 におけるビーム角度が基板 2 1 0 における角度と同じでなく、それにより非対称な経路長 (例えば、 $a + c \neq b + d$) がもたらされるからである。例えば、完全に対称な経路長を有することに基づくタルボ型干渉計 1 0 0 では角度は同じである。これにより、露光フィールド 1 1 4 にわたって全ての点で等しい、2 つの干渉レーザビーム 1 0 6 A および 1 0 6 B からの縞 1 1 2 がもたらされる。しかし、タルボ型干渉計 2 0 0 が 2 つの干渉ビーム 2 0 6 A および 2 0 6 B について完全に対称な経路長をもたないことに基づくタルボ型干渉計 2 0 0 では角度は同じでない。これにより、ビーム 2 0 6 A および 2 0 6 B がフィールド 2 1 4 の中央 2 1 6 から離れるにしたがって、増加量だけ異なる縞コントラストがもたらされることがある。一例では、非常に高い解像度のイメージングの場合は、イメージング用のフィールド 2 1 4 の中間 2 1 6 の中央帯しか利用することができないことがあり、これによりイメージング用のフィールド 2 1 4 の許容部分の大きさが減少し、処理能力が減少する。

30

40

【 0 0 3 0 】

[0036] 経路長等化を備えた例示的干渉計リソグラフィシステム

図 3 は、本発明の一実施形態による、経路 a および b 中に第 1 および第 2 の光学システム 3 2 0 A および 3 2 0 B をそれぞれ含む干渉計 3 0 0 を示す。一例では、第 1 および第 2 の光学システム 3 2 0 A および 3 2 0 B は、第 1 および第 2 のビーム幅調整システム (例えば、拡大、調整、低減、縮小など) とすることができる。ビーム幅 3 1 8 を有する放射の空間的および時間的コヒーレント (光) ビーム 3 0 2 はビームスプリッタ 3 0 4 に入射する。ビーム 1 0 2 について前述したように、ビーム 3 0 2 は同様のシステムから形成される。ビームスプリッタ 3 0 4 はビーム 3 0 2 を第 1 および第 2 のビーム 3 0 6 A およ

50

び 3 0 6 B に分離する。2つのビーム 3 0 6 A および 3 0 6 B はそれぞれの光学システム 3 2 0 A および 3 2 0 B 中で処理され、その後、それぞれ第 1 および第 2 の反射表面 3 0 8 A および 3 0 8 B によって基板 3 1 0 の方に再誘導される。干渉パターン 3 1 2 が基板 3 1 0 の上面で形成される。干渉パターン 3 1 2 は露光フィールド 3 1 4 にわたってフォトレジスト層（図 3 にラベルは付けられていない）を露光する。再度、この説明を読み理解するとき当業者には明らかなように、様々な技法を使用して基板 3 1 0 の表面全体をパターンニングできるようにするために、書込み画像に対して基板 3 1 0 を移動できるようにするステージ、テーブルなど（図示せず）に基板 3 1 0 を配置することができることが理解されるべきである。あるいは、基板 3 1 0 は静止のままであることができる。

【 0 0 3 1 】

10

[0037] 光学システム 3 2 0 A および 3 2 0 B はビーム幅調整システムである。干渉計 3 0 0 では、レーザビーム 3 0 6 A および 3 0 6 B の経路長は、ビーム幅調整システム 3 2 0 A および 3 2 0 B をタルボ型干渉計 3 0 0 の各アームに導入することによって、幅 3 1 8（例えば、ビーム 3 0 6 A の幅 ω_a およびビーム 3 0 6 B の幅 ω_b 、ここでビーム 3 0 6 A の幅だけが便宜上示されている）にわたって調整される。一例では、ビーム幅調整システム 3 2 0 A および 3 2 0 B は、以下でより詳細に説明されるように、それぞれの縮小器比を有する平面画像フィールド（平坦な焦点フィールド）をもつ 2 つのレンズ縮小器で構成することができる。各ビーム幅調整システム 3 2 0 A および 3 2 0 B の縮小器比は、露光フィールド 3 1 4 の端点で経路長を等しくするように設定される。

【 0 0 3 2 】

20

[0038] この例では、ビーム 3 0 6 A は、ビームスプリッタ 3 0 4 とビーム幅調整システム 3 2 0 A との間の経路長 a 、ビーム幅調整システム 3 2 0 A 内の経路長 a' 、およびビーム幅調整システム 3 2 0 A から反射表面 3 0 8 A までの経路長 a'' を有する。ビーム 3 0 6 B は、ビームスプリッタ 3 0 4 とビーム幅調整システム 3 2 0 B との間の経路長 b 、ビーム幅調整システム 3 2 0 B 内の経路長 b' 、およびビーム幅調整システム 3 2 0 B から反射表面 3 0 8 B までの経路長 b'' を有する。リフレクタ 3 0 8 A および 3 0 8 B と基板 3 1 0 との間に、ビーム 3 0 6 A は反射表面 3 0 8 A と基板 3 1 0 との間の経路長 c を有し、一方、ビーム 3 0 6 B は反射表面 3 0 8 B と基板 3 1 0 との間の経路長 d を有する。この実施例では、ビーム幅調整システム 3 2 0 A および 3 2 0 B の使用によって、干渉計 3 0 0 は $(a + a' + a'') + c = (b + b' + b'') + d$ であるので対称システムと見なすことができ、それは露光フィールド 3 1 4 全体にわたって実質的に一様な縞 3 1 2 を生成し、それは望ましいことである。

30

【 0 0 3 3 】

[0039] 各ビーム幅調整システム 3 2 0 A および 3 2 0 B の縮小比の計算値の導出は、以下の変数に基づく。

【 0 0 3 4 】

【数 1】

θ - ビームスプリッタの回折角

Θ - 縞を形成するビーム角

ω_A - ビームスプリッタ後のビーム幅

ω_B - 露光フィールドにおけるビーム幅

P_{rl} = 右と左との間のビーム経路差

PA_{rl} = ビームスプリッタ後の右ビームと左ビームとの間のビーム経路差

PB_{rl} = 基板露光フィールドにおける右ビームと左ビームとの間のビーム経路差

n_A = 空気の屈折率=1.0

n_B = 基板領域における屈折率

【 0 0 3 5 】

[0040] これらの変数を使用して、導出は、

40

【数 2】

$$P_{rl} = PA_{rl} - PB_{rl}$$

$$PA_{rl} = n_A \omega_A \tan \theta$$

$$PB_{rl} = n_B \omega_B \tan \theta$$

である。

【0036】

[0041] したがって、

【数 3】

$$P_{rl} = n_A \omega_A \tan(\theta) - n_B \omega_B \tan(\theta)$$

である。

【0037】

[0042]

【数 4】

$$P_{rl} = 0 \text{ (一様な縞)}$$

の場合、

【0038】

[0043] したがって、

【数 5】

$$\omega_A \tan \theta = n_B \omega_B \tan \theta$$

【0039】

[0044] および

【数 6】

$$\text{縮小率 (M)} = \omega_A / \omega_B = n_B \tan(\theta) / \tan(\theta)$$

である。

【0040】

[0045] 例えば、例示的な組の値、

【数 7】

$$\theta = 70^\circ; \tan(\theta) = 2.75; n_B = 1.65 \text{ (水)}; \tan(\theta) = 0.23; \theta = 13^\circ$$

、ビームスプリッタ 304 のビーム幅 ~ 120 mm、基板 310 における縞幅 ~ 30 mm
を使用する場合、

倍率 = 両側の平面焦点フィールドで 12 X

である。

【0041】

[0046] 別の例では、各ビーム幅調整システム 320 A および 320 B 内の光学エレメント (図 3 に図示せず) がフィードバックループ内で動的に制御されて縮小比を動的に調整することができる。例えば、センサ 322 (例えば、光センサ、ディテクタなど) がフィールド 314 にわたって縞 312 のコントラスト値を検出するために配置される。センサ 322 からの信号 324 はコントローラ 326 に送信される。コントローラ 326 は信号 322 を処理し、第 1 および第 2 の制御信号 328 A および 328 B を生成し、それらはそれぞれのビーム幅調整システム 320 A および 320 B の調整システム 329 A および 329 B に送信される。最大コントラスト値がフィールド 314 にわたって達成されるように光学エレメントの配置および / または方位決めを行うために、制御信号 328 A および 328 B を使用してビーム幅調整システム 320 A および 320 B 中の光学エレメントをそれぞれの調整システム 329 A および 329 B を介して調整する。例えば、これは、それぞれのビーム幅調整システム 320 A および 320 B 内の光学エレメントに結合された調整システム 329 A および 329 B 中のアクチュエータ、モーターなど (図示せず) によって行うことができる。

【0042】

[0047] したがって、干渉計 300 中にビーム幅調整システム 320 A および 320 B を追加することによって、所望の解像度および一様なコントラストを有する縞 312 が、大

10

20

30

40

50

きいフィールド領域 3 1 4 にわたってプリントされる。このようにして、干渉縞 3 1 2 は、 $1\ \mu\text{m}$ ピッチ位相回折格子を有するビームスプリッタ 3 0 4 を使用して、 $32\ \text{nm}$ L / S (ライン / スペース) の解像度値で $26\ \text{mm}$ よりも大きいフィールドに一樣にプリントすることができる。

【 0 0 4 3 】

[0048] 別の例では、それぞれ図 2 または 3 の反射表面 2 0 8 A または 3 0 8 A、および 2 0 8 B または 3 0 8 B の一方または両方は、露光フィールド 2 1 4 または 3 1 4 にわたって干渉縞 2 1 2 または 3 1 2 の一樣性を最適化するようにビーム 2 0 6 A または 3 0 6 A、および 2 0 6 B または 3 0 6 B の位相を制御するのに使用することができる空間光変調器を含むことができる。空間光変調器はプログラマブルミラーのアレイとすることができ、各ミラーはビームの位相および / または方向を変更するために傾けるかまたは移動させることができる。一例では、空間光変調器を用いることにより、ビーム幅調整システム 3 2 0 A および / または 3 2 0 B は露光フィールド 3 1 4 の一樣性を最適化するのに必要でないことがある。

【 0 0 4 4 】

[0049] ビーム幅調整システム 3 2 0 A および 3 2 0 B は干渉計 3 0 0 のそれぞれの第 1 のアーム a および b 中に示されているが、本発明の範囲から逸脱することなく、それらは代替として干渉計 3 0 0 の第 2 のアーム c および d 中に配置することができることが理解されるべきである。

【 0 0 4 5 】

[0050] 例示的なビーム調整システム

図 4 および 5 は、それぞれ、本発明の一実施形態に従ってビーム幅調整システム 3 2 0 A および 3 2 0 B の少なくとも 1 つを実施するのに使用される光学システム 4 2 0 の側面図および斜視図を示す。システム 4 2 0 は凸レンズ 4 3 2 と直列に凹レンズ 4 3 0 を含む。レンズ 4 3 0 および 4 3 2 による光経路および経路長が、図 3 に示された同様の特性に対応して図 4 および 5 に示される。

【 0 0 4 6 】

[0051] 一例では、この説明を読み理解するとき当業者には明らかになるように、ピンホール開口 (図示せず) をレンズ 4 3 0 と 4 3 2 との間に配置することができる。

【 0 0 4 7 】

[0052] 代替として、図 6 は本発明の一実施形態によるビーム幅調整システム 3 2 0 A および 3 2 0 B 用の光学システム 6 2 0 を示す。システム 6 2 0 は直列に 1 対の円柱レンズ 6 3 0 および 6 3 2 を含む。円柱レンズ 6 3 0 および 6 3 2 による光経路および経路長は、図 3 に示された同様の特性に対応して図 6 に示される。

【 0 0 4 8 】

[0053] 図 7 および 8 は、それぞれ、本発明のさらなる別の実施形態による、ビーム幅調整システム 3 2 0 A および 3 2 0 B の少なくとも 1 つとして使用することができる光学システム 7 2 0 の側面図および斜視図を示す。システム 7 2 0 は直列に 1 対のプリズム 7 3 0 および 7 3 2 を含む。プリズム 7 3 0 および 7 3 2 による光経路および経路長が、図 3 に示された同様の特性に対応して図 7 および 8 に示される。

【 0 0 4 9 】

[0054] この説明を読み理解するとき当業者には明らかになるように、他の光学システムを使用することもできることが理解されるべきである。さらに、光学システム 4 2 0、6 2 0、および 7 2 0 を組み合わせて使用してビーム幅調整システム 3 2 0 A および 3 2 0 B を形成することができる。さらに、2 つより多い光学エレメントを、一方または両方のビーム幅調整システム 3 2 0 A および / または 3 2 0 B で使用することができる。

【 0 0 5 0 】

[0055] 例示的動作

図 9 は、本発明の一実施形態による方法 9 0 0 を図示する流れ図を示す。例えば、本発明のこの実施形態に従って干渉リソグラフィツールを使用して基板上にパターンを書き込

10

20

30

40

50

む方法。ステップ 902 で、第 1 および第 2 のビームを誘導して基板上の共通領域に収束させ実質的に重ね合わせる。これは、第 1 および第 2 のビームが重なり領域で互いに時間的コヒーレントおよび空間的コヒーレントであるように、および干渉縞を形成して書込み画像を画定するために行うことができる。ステップ 904 で、第 1 および第 2 のビームの断面が調整される。これは、第 1 および第 2 のビームが共通領域（例えば 314）に達するときそれらが共通領域の幅全体にわたって互いに確実に空間的コヒーレントおよび時間的コヒーレントであるように、ビームのそれぞれの経路長が一致するように行うことができる。随意に、ステップ 906 で、一実施形態では、基板上にパターンを書き込む間、基板は書込み画像に対して移動される。別の実施形態では、それは固定のままであることができる。

10

【0051】

[0056] 前述の説明は光、光源、および光のビームを参照している。参照された光は特定の波長を有する光に限定されず、前述のように、リソグラフィに適する（極）紫外光または赤外光を含む他の波長を含むことができることが理解されよう。

【0052】

[0057] 特定のデバイス（例えば、集積回路またはフラットパネルディスプレイ）の製造におけるリソグラフィ装置の使用が本文で具体的に述べられたが、本明細書で説明されたリソグラフィ装置は他の用途を有することができることが理解されるべきである。用途は、限定はしないが、集積回路、集積光学システム、磁気ドメインメモリ用の誘導および検出パターン、フラットパネルディスプレイ、液晶ディスプレイ（LCD）、薄膜磁気ヘッド、微小電気機械デバイス（MEMS）、発光ダイオード（LED）などの製造を含む。さらに、例えばフラットパネルディスプレイでは、本装置を使用して様々な層、例えば薄膜トランジスタ層および／または色フィルタ層の生成を支援することができる。

20

【0053】

[0058] 光学リソグラフィに関連して本発明の実施形態の使用が先に具体的に述べられたが、本発明は他の用途、例えば液浸リソグラフィで 사용할 ことができることが認識されよう。リソグラフィ装置は、さらに、投影システムと基板との間の空間を満たすように比較的高い屈折率を有する「液浸液」、例えば水によって基板の少なくとも一部を覆うことができるタイプとすることができる。液浸液は、さらに、リソグラフィ装置の他の空間、例えばパターンングデバイスと投影システムとの間に与えることができる。液浸技法は投影システムの開口数を増加させるために当技術分野でよく知られている。本明細書で使用されるとき「液浸」という用語は、基板などの構造体が液体中に沈められなければならないことを意味せず、むしろ単に露光中投影システムと基板との間に液体が配置されることを意味する。

30

【0054】

[0059] 本発明の特定の実施形態が前述されたが、本発明は説明されたもの以外に実施することができることが認識されよう。例えば、本発明は、先に開示されたような方法を記述する機械読取可能命令の 1 つまたは複数のシーケンスを含むコンピュータプログラムの形態、またはそのようなコンピュータプログラムを内部に記憶して有するデータ記憶媒体（例えば、半導体メモリ、磁気または光ディスク）の形態をとることができる。

40

【0055】

[0060] 結論

本発明の様々な実施形態が前述されたが、それらは限定ではなく例としてのみ提示されたことが理解されるべきである。本発明の趣旨および範囲から逸脱することなく、形態および詳細の様々な変更を本発明に加えることができることが当業者には明らかであろう。したがって、本発明の範囲は前述の例示的实施形態のいずれによっても限定されるべきでなく、添付の特許請求の範囲および等価物によってのみ規定されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【0056】

【図 1】 [0014] 例示的タルボ型干渉計パターンニングシステムを示す図である。

50

【図 2】 [0014] 例示的タルボ型干渉計パターンニングシステムを示す図である。

【図 3】 [0015] 本発明の一実施形態による第 1 および第 2 のビーム幅調整システムを有するタルボ型干渉計パターンニングシステムを示す図である。

【図 4】 [0016] それぞれ、本発明の一実施形態による、図 3 のビーム幅調整システムの 1 つとして使用することができる光学システムの側面図である。

【図 5】 [0016] それぞれ、本発明の一実施形態による、図 3 のビーム幅調整システムの 1 つとして使用することができる光学システムの斜視図である。

【図 6】 [0017] 本発明の一実施形態による、図 3 のビーム幅調整システムの 1 つとして使用することができる光学システムを示す図である。

【図 7】 [0018] それぞれ、本発明の一実施形態による、図 3 のビーム幅調整システムの 1 つとして使用することができる光学システムの側面図である。

【図 8】 [0018] それぞれ、本発明の一実施形態による、図 3 のビーム幅調整システムの 1 つとして使用することができる光学システムの斜視図である。

【図 9】 [0019] 本発明の一実施形態による方法を示す流れ図である。

10

【図 1】

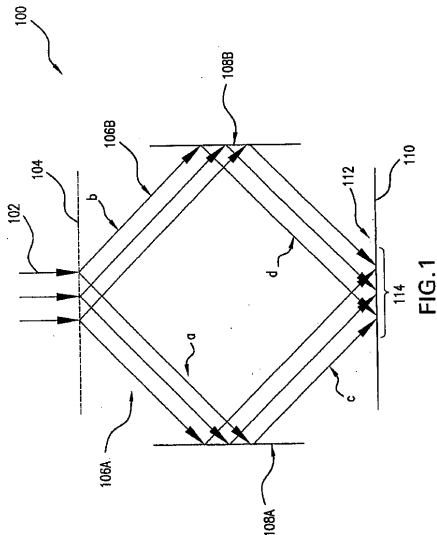


FIG. 1

【図 2】

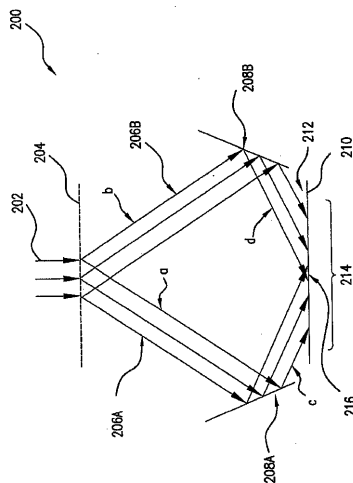
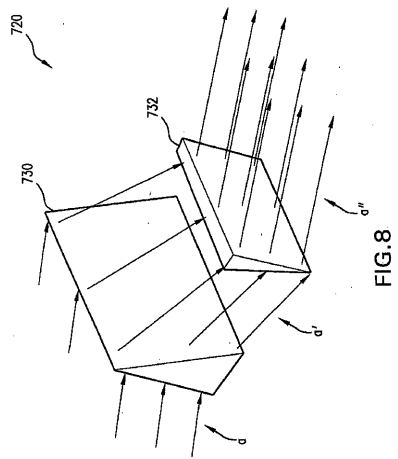
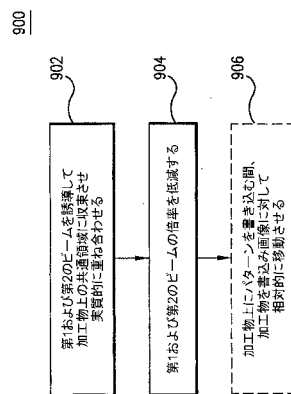


FIG. 2

【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(74)代理人 100109346

弁理士 大貫 敏史

(72)発明者 シューエル, ハリー

アメリカ合衆国, コネチカット州 06877, リッジフィールド, ハビランド ロード 138

(72)発明者 バセルマンズ, ヨハネス, ヤコブス, マシューズ

オランダ国, エヌエル - 5688 ジーロー オイルスホット, デ クレイク 1

審査官 佐藤 海

(56)参考文献 特開2002-162750(JP, A)

特開2005-070490(JP, A)

特開2004-014866(JP, A)

特表昭61-501656(JP, A)

特開平07-159609(JP, A)

特開平02-091601(JP, A)

独国特許出願公告第01094484(DE, B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027