

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-160729

(P2012-160729A)

(43) 公開日 平成24年8月23日(2012.8.23)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
 HO 1 L 21/027 (2006.01) HO 1 L 21/30 5 1 5 D 5 F 1 4 6

審査請求 有 請求項の数 15 O L 外国語出願 (全 21 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2012-13825 (P2012-13825) (22) 出願日 平成24年1月26日 (2012.1.26) (31) 優先権主張番号 61/438, 943 (32) 優先日 平成23年2月2日 (2011.2.2) (33) 優先権主張国 米国 (US) (31) 優先権主張番号 61/471, 773 (32) 優先日 平成23年4月5日 (2011.4.5) (33) 優先権主張国 米国 (US)</p>	<p>(71) 出願人 504151804 エーエスエムエル ネザーランズ ビー. ブイ. オランダ国 ヴェルトホーフエン 550 4 ディー アール, デ ラン 6501 (74) 代理人 100105924 弁理士 森下 賢樹 (72) 発明者 アンドレイ セルギービッチ ティシュコ フ オランダ国 アイントホーフエン 565 3 ケーアール ラフェンスドンク 9 Fターム(参考) 5F146 CB02 CB12 CB33 CB43</p>
--	---

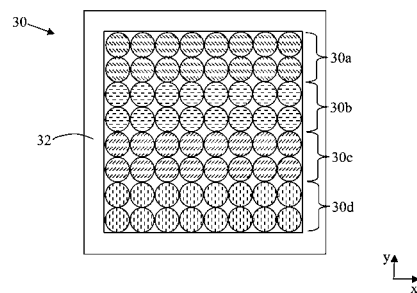
(54) 【発明の名称】 照明系、リソグラフィ装置および方法

(57) 【要約】

【課題】従来技術には開示されていない方法で照明モードを形成することのできる照明系を提供する。

【解決手段】照明系は、放射を瞳面に導くよう構成された制御可能ミラーアレイと、放射サブビームを制御可能ミラーアレイに導くよう構成されたレンズアレイとを備える。レンズアレイの第1レンズおよび制御可能ミラーアレイの制御可能ミラーは第1屈折力を有する第1光チャネルを形成し、レンズアレイの第2レンズおよび制御可能ミラーアレイの制御可能ミラーは第2屈折力を有する第2光チャネルを形成し、第1光チャネルにより形成される放射サブビームが瞳面において第1の断面積および形状を有し、第2光チャネルにより形成される放射サブビームが瞳面において異なる第2の断面積および/または形状を有する。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

放射を瞳面に導くよう構成された制御可能ミラーアレイと、放射サブビームを前記制御可能ミラーアレイに導くよう構成されたレンズアレイとを備える照明系であって、

前記レンズアレイの第 1 レンズおよび前記制御可能ミラーアレイの制御可能ミラーは第 1 屈折力を有する第 1 光チャネルを形成し、前記レンズアレイの第 2 レンズおよび前記制御可能ミラーアレイの制御可能ミラーは第 2 屈折力を有する第 2 光チャネルを形成し、前記第 1 光チャネルにより形成される放射サブビームが瞳面において第 1 の断面積および形状を有し、前記第 2 光チャネルにより形成される放射サブビームが瞳面において異なる第 2 の断面積および / または形状を有することを特徴とする照明系。

10

【請求項 2】

前記第 1 光チャネルは、前記第 1 屈折力を有する光チャネルのグループの 1 つであり、前記第 2 光チャネルは、前記第 2 屈折力を有する光チャネルのグループの 1 つであることを特徴とする請求項 1 に記載の照明系。

【請求項 3】

レンズおよび制御可能ミラーの第 3 グループにより第 3 グループの光チャネルが形成され、前記第 3 グループの光チャネルは第 3 屈折力を付与されており、前記第 3 グループの光チャネルにより形成される放射サブビームが瞳面において異なる第 3 の断面積および / または形状を有することを特徴とする請求項 2 に記載の照明系。

20

【請求項 4】

同じ屈折力をレンズまたは制御可能ミラーの少なくとも 1 つのグループが互いに隣接して設けられていることを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の照明系。

【請求項 5】

追加的なレンズアレイをさらに備え、追加的なレンズアレイは、当該照明系の光軸に沿って前記レンズアレイから離間していることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の照明系。

【請求項 6】

前記追加的なレンズアレイのレンズアレイは、当該照明系の光軸に沿って移動可能であることを特徴とする請求項 5 に記載の照明系。

【請求項 7】

レンズアレイまたは追加的なレンズアレイのサブセットが、当該照明系光軸に沿って移動可能であることを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の照明系。

30

【請求項 8】

前記レンズアレイまたは追加的なレンズアレイの少なくともいくつかのレンズは、シリンダリカルレンズであることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれかに記載の照明系。

【請求項 9】

第 1 方向に屈折力を与える少なくともいくつかのシリンダリカルレンズが前記レンズアレイに設けられており、実質的に垂直な第 2 方向に屈折力を与える少なくともいくつかの関連するシリンダリカルレンズが前記追加的なレンズアレイに設けられていることを特徴とする請求項 5 または 8 に記載の照明系。

40

【請求項 10】

前記制御可能ミラーアレイは、複数の制御可能ミラーアレイの 1 つであることを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれかに記載の照明系。

【請求項 11】

前記制御可能ミラーアレイの少なくとも 1 つは、少なくとも 1 つの他の制御可能ミラーアレイのミラーの屈折力と異なる屈折力を有するミラーを備えることを特徴とする請求項 10 に記載の照明系。

【請求項 12】

請求項 1 から 11 のいずれかに記載の照明系であって、放射ビームを提供するよう構成された照明系と、

50

パターンングデバイスを支持する支持構造であって、前記放射ビームの断面にパターンを付与するよう機能するパターンングデバイスと、

基板を保持する基板テーブルと、

パターン形成された放射ビームを前記基板の目標部分に投影する投影系と、

を備えることを特徴とするリソグラフィ装置。

【請求項 1 3】

照明モードを形成する方法であって、当該方法は、レンズアレイを用いて放射ビームを制御可能ミラーアレイのミラーに入射する放射サブビームに分離するステップと、前記制御可能ミラーアレイを用いて前記放射サブビームを瞳面に導くステップと、を備え、

第 1 レンズおよび制御可能ミラーは、第 1 屈折力を有する第 1 光チャネルを形成し、第 2 レンズおよび制御可能ミラーは第 2 屈折力を有する第 2 光チャネルを形成し、前記第 1 光チャネルにより形成される放射サブビームが瞳面において第 1 の断面積および形状を有し、前記第 2 光チャネルにより形成される放射サブビームが瞳面において異なる第 2 の断面積および / または形状を有することを特徴とする方法。

【請求項 1 4】

照明系が追加的なレンズアレイをさらに備え、前記レンズアレイと前記追加的なレンズアレイとの離間を変化させることにより放射サブビームの断面積を調整するステップをさらに備えることを特徴とする請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 5】

放射を瞳面に導く少なくとも 2 つの制御可能ミラーアレイと、放射サブビームを前記少なくとも 2 つの制御可能ミラーアレイに導くよう構成された少なくとも 2 つの関係するレンズアレイとを備える照明系であって、

第 1 のアレイのレンズおよび制御可能ミラーは、第 1 屈折力を有する光チャネルを形成し、第 2 のアレイのレンズおよび制御可能ミラーは、第 2 屈折力を有する光チャネルを形成し、レンズおよび制御可能ミラーの第 1 のアレイにより形成される放射サブビームが当該照明系の瞳面において第 1 の断面積および形状を有し、レンズおよび制御可能ミラーの第 2 のアレイにより形成される放射サブビームが当該照明系の瞳面において異なる第 2 の断面積および / または形状を有することを特徴とする照明系。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、照明系、リソグラフィ装置およびデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

リソグラフィ装置は、所望のパターンを基板の目標部分に転写する機械である。リソグラフィ装置は例えば集積回路 (IC) の製造に用いられる。この場合、例えばマスクまたはレチクルとも称されるパターンングデバイスが、集積回路の個々の層に対応する回路パターンを形成するために使用され、そしてこのパターンが放射感応性材料 (レジスト) 層を有する基板 (例えばシリコンウエハ) の (例えばダイの一部、あるいは 1 つまたは複数のダイを含む) 目標部分に結像される。一般に一枚の基板にはネットワーク状に隣接する一群の目標部分が含まれ、これらは連続的に露光される。周知のリソグラフィ装置にはいわゆるステッパとスキャナとがある。ステッパにおいては、目標部分にパターン全体が一度に露光されるようにして各目標部分は照射を受ける。スキャナにおいては、所与の方向 (「走査」方向) にビームによりパターンを走査するとともに基板をこの方向に平行または逆平行に同期して走査するようにして各目標部分は照射を受ける。

【0003】

パターンングデバイスから基板上にパターンが投影される精度を向上するために、マスクまたはレチクルに入射する放射に特定の角度分布を適用することが知られている。この角度分布は、リソグラフィ装置の照明系において放射に適用される。角度分布の形状は、照明系の瞳面における空間分布として最も容易に視覚化され、特定される。一般的な照明

10

20

30

40

50

モードは、環状モード、双極モード、四極モードを含む。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

例えば、従来技術には開示されていない方法で照明モードを形成することのできる照明系を提供することが望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の第1の態様によれば、放射を瞳面に導くよう構成された制御可能ミラーアレイと、放射サブビームを制御可能ミラーアレイに導くよう構成されたレンズアレイとを備える照明系が提供される。レンズアレイの第1レンズおよび制御可能ミラーアレイの制御可能ミラーは第1屈折力を有する第1光チャネルを形成し、レンズアレイの第2レンズおよび制御可能ミラーアレイの制御可能ミラーは第2屈折力を有する第2光チャネルを形成し、第1光チャネルにより形成される放射サブビームが瞳面において第1の断面積および形状を有し、第2光チャネルにより形成される放射サブビームが瞳面において異なる第2の断面積および/または形状を有する。

10

【0006】

第1光チャネルは、第1屈折力を有する光チャネルのグループの1つであってよく、第2光チャネルは、第2屈折力を有する光チャネルのグループの1つであってよい。

【0007】

レンズおよび制御可能ミラーの第3グループにより第3グループの光チャネルが形成されてもよい。第3グループの光チャネルは第3屈折力を付与されており、第3グループの光チャネルにより形成される放射サブビームが瞳面において異なる第3の断面積および/または形状を有する。

20

【0008】

同じ屈折力をレンズまたは制御可能ミラーの少なくとも1つのグループが互いに隣接して設けられてもよい。レンズまたは制御可能ミラーのグループは、レンズまたは制御可能ミラーの列として設けられてもよい。

【0009】

照明系が追加的なレンズアレイをさらに備えてもよい。追加的なレンズアレイは、当該照明系の光軸に沿ってレンズアレイから離間している。追加的なレンズアレイのレンズアレイは、照明系の光軸に沿って移動可能であってもよい。レンズアレイまたは追加的なレンズアレイのサブセットが、当該照明系光軸に沿って移動可能であってもよい。

30

【0010】

レンズアレイまたは追加的なレンズアレイの少なくともいくつかのレンズは、シリンドリカルレンズであってもよい。

【0011】

第1方向に屈折力を与える少なくともいくつかのシリンドリカルレンズがレンズアレイに設けられており、実質的に垂直な第2方向に屈折力を与える少なくともいくつかの関連するシリンドリカルレンズが追加的なレンズアレイに設けられていてもよい。

40

【0012】

制御可能ミラーアレイは、異なるサイズのミラーを備えてもよい。大きなミラーは1つより多くの放射サブビームを受けてもよい。大きなミラーはミラーアレイの外側部分に設けられてもよい。

【0013】

制御可能ミラーアレイは、複数の制御可能ミラーアレイの1つであってもよい。第1制御可能ミラーアレイは、第2制御可能ミラーアレイのミラー間で放射サブビームを切り替えるよう構成されてもよい。

【0014】

制御可能ミラーアレイの少なくとも1つは、少なくとも1つの他の制御可能ミラーアレイ

50

イのミラーの屈折力と異なる屈折力を有するミラーを備えてもよい。

【0015】

レンズアレイは、照明系の光軸を実質的に横切る方向に移動可能であってもよい。

【0016】

レンズアレイは、照明系の光軸に実質的に平行な方向に互いに離れているレンズを含んでいてもよい。

【0017】

レンズアレイの前にアパーチャアレイが設けられてもよい。アパーチャアレイのアパーチャのサイズは、調整可能であってもよい。

【0018】

本発明の第2の態様によれば、リソグラフィ装置が提供される。このリソグラフィ装置は、放射ビームを提供するよう構成された上述の照明系と、放射ビームの断面にパターンを付与するよう機能するパターンングデバイスを支持する支持構造と、基板を保持する基板テーブルと、パターン形成された放射ビームを基板の目標部分に投影する投影系とを備える。

【0019】

本発明の第3の態様によれば、照明モードを形成する方法が提供される。この方法は、レンズアレイを用いて放射ビームを制御可能ミラーアレイのミラーに入射する放射サブビームに分離するステップと、制御可能ミラーアレイを用いて放射サブビームを瞳面に導くステップとを備える。第1レンズおよび制御可能ミラーは、第1屈折力を有する第1光チャンネルを形成し、第2レンズおよび制御可能ミラーは第2屈折力を有する第2光チャンネルを形成し、第1光チャンネルにより形成される放射サブビームが瞳面において第1の断面積および形状を有し、第2光チャンネルにより形成される放射サブビームが瞳面において異なる第2の断面積および/または形状を有する。

【0020】

照明系が追加的なレンズアレイをさらに備え、レンズアレイと追加的なレンズアレイとの離間を変化させることにより放射サブビームの断面積を調整するステップをさらに備えてもよい。

【0021】

本発明の第4の態様によれば、本発明の第3の態様の方法に従って製造されたデバイスが提供される。

【0022】

本発明の第5の態様によれば、放射を瞳面に導く少なくとも2つの制御可能ミラーアレイと、放射サブビームを少なくとも2つの制御可能ミラーアレイに導くよう構成された少なくとも2つの関係するレンズアレイとを備える照明系が提供される。第1のアレイのレンズおよび制御可能ミラーは、第1屈折力を有する光チャンネルを形成し、第2のアレイのレンズおよび制御可能ミラーは、第2屈折力を有する光チャンネルを形成し、レンズおよび制御可能ミラーの第1のアレイにより形成される放射サブビームが当該照明系の瞳面において第1の断面積および形状を有し、レンズおよび制御可能ミラーの第2のアレイにより形成される放射サブビームが当該照明系の瞳面において異なる第2の断面積および/または形状を有する。

【図面の簡単な説明】

【0023】

例示のみを目的として、本発明の実施の形態が添付の模式的な図面を参照して説明される。それらの図面において対応する符号は対応する部分を示す。

【0024】

【図1】本発明の実施の形態に係るリソグラフィ装置を示す図である。

【図2】従来より公知のリソグラフィ装置の照明系の一部を示す図である。

【図3】本発明の実施形態を用いて形成され得る照明モードを示す図である。

【図4】本発明の実施形態を用いて形成され得る照明モードを示す図である。

10

20

30

40

50

【図 5】本発明の実施形態に係るリソグラフィ装置の照明系の一部を示す図である。

【図 6】本発明の実施形態の一部を形成するレンズアレイを示す図である。

【図 7】本発明の実施形態に係るリソグラフィ装置の照明系の一部を示す図である。

【図 8】本発明の実施形態の一部を形成可能なミラーアレイを示す図である。

【図 9】本発明の実施形態に係るリソグラフィ装置の照明系の一部の第 1 の配置を示す図である。

【図 10】図 9 の装置の第 2 の配置を示す図である。

【図 11】本発明の実施形態に係るリソグラフィ装置の照明系の一部の第 1 の配置を示す図である。

【図 12】図 11 の装置の第 2 の配置を示す図である。

10

【図 13】本発明の実施形態に係るリソグラフィ装置の照明系の一部を示す図である。

【図 14】本発明の実施形態に係るリソグラフィ装置の照明系の一部を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

IC 製造時におけるリソグラフィ装置の使用について本文で特定した言及がなされるかもしれないが、本明細書で述べるリソグラフィ装置は、集積光学システム、磁気領域メモリ用の誘導および検出パターン (guidance and detection pattern)、液晶ディスプレイ (LCD)、薄膜磁気ヘッド等の製造といった他の応用形態も有していることを理解すべきである。当業者は、このような代替的な応用形態の文脈において、「ウェハ」または「ダイ」という用語のあらゆる使用が、より一般的な用語である「基板」または「目標部分」とそれぞれ同義であるとみなしうることを認められよう。本明細書で参照される基板を、例えばトラック (通常、基板にレジスト層を塗布し露光されたレジストを現像する工具) または計測工具または検査工具で、露光の前後に処理することができる。可能であれば、本明細書の開示をこれらのおよび他の基板処理工具に適用することができる。さらに、例えば多層 IC を作製するために基板を二回以上処理してもよく、したがって、本明細書で使用される基板という用語は、複数回処理された層を既に有している基板のことも指す場合がある。

20

【0026】

本明細書の文脈によって、本明細書で使用される「放射」および「ビーム」という用語は、あらゆるタイプの電磁放射を包含しており、紫外線 (UV) 放射 (例えば、365、248、193、157 または 126 nm の波長を有する)、極紫外線 (EUV) 放射 (例えば、5 ~ 20 nm の範囲の波長を有する)、さらにイオンビームまたは電子ビーム等の粒子ビームを含む。

30

【0027】

本明細書で使用される「パターンングデバイス」という用語は、放射ビームの断面にパターンを与え、基板の目標部分にパターンを形成するために使用可能であるデバイスを参照するものとして、広く解釈されるべきである。放射ビームに与えられるパターンが、基板の目標部分における所望のパターンに正確に対応していなくてもよいことに注意する。通常、放射ビームに与えられるパターンは、集積回路などの、目標部分に作成されるデバイス内の特定の機能層と対応している。

40

【0028】

パターンングデバイスは、透過型でも反射型でもよい。パターンングデバイスの例には、マスク、プログラム可能なミラーアレイ、プログラム可能な LCD パネルがある。マスクはリソグラフィ分野では周知であり、バイナリマスク、交互位相シフト (alternating phase-shift) マスク、ハーフトーン型位相シフト (attenuated phase-shift) マスク、および様々なハイブリッド型マスクタイプなどのマスクタイプがある。プログラム可能なミラーアレイの例では、小型ミラーがそれぞれ個別に傾斜して入射する放射ビームを異なる方向に反射させることが可能な、小型ミラーのマトリクス配列を使用する。このようにして、反射されたビームにパターンが付与される。

【0029】

50

支持構造は、パターニングデバイスを保持する。支持構造は、パターニングデバイスの配向、リソグラフィ装置の設計、例えばパターニングデバイスが真空環境に保持されているか否かなどの他の条件に応じた態様で、パターニングデバイスを保持する。支持構造は、機械的クランプ、パキューム、または真空条件下での静電気クランプなどの他の固定技術を使用することができる。支持構造は、フレーム状またはテーブル状であってもよく、例えば、必要に応じて固定されていても移動可能でもよい。支持構造により、例えば投影系に対してパターニングデバイスを確実に所望の位置に配置することができる。本明細書における「レチクル」または「マスク」という用語のいかなる使用も、より一般的な用語である「パターニングデバイス」と同義であるとみなしてよい。

【0030】

本明細書で使用される「投影系」という用語は、例えば、使用中の露光照射に適した、あるいは液浸の使用または真空の使用といった他の要因に適した、屈折光学系、反射光学系、反射屈折光学系を含む様々なタイプの投影系を包含するものとして広く解釈されるべきである。本明細書における「投影レンズ」という用語のいかなる使用も、より一般的な用語である「投影系」と同義であるとみなしてよい。

【0031】

照明系は、放射ビームの進行方向を決め、成形し、または制御するための屈折光学部品、反射光学部品、または反射屈折光学部品を含む様々な種類の光学部品で構成されており、このような部品は、以下において集合的にまたは単独で「レンズ」と呼ばれることもある。

【0032】

リソグラフィ装置は、二つの基板テーブルを有するタイプ（デュアルステージ）であっても、より多数の基板テーブル（および/または二つ以上の支持構造）を有するタイプであってもよい。このような「マルチステージ」の装置では、追加のテーブルを並列して使用してもよいし、または、一以上のテーブルに対して準備ステップを実行する一方、一以上の他のテーブルを露光用として使用してもよい。

【0033】

リソグラフィ装置は、投影系の最終構成要素と基板の間の空間を満たすように、比較的屈折率の高い液体（例えば、水）の中に基板が浸されているタイプの装置であってもよい。液浸技術は、投影系の開口数を増大する技術として周知である。

【0034】

図1は、本発明の特定の実施形態に従ったリソグラフィ装置を模式的に示す。この装置は、以下の要素を含む。

- 放射ビームPB（例えば、DUV放射またはEUV放射）を調整する照明系IL。
- パターニングデバイス（例えば、マスク）MAを支持し、要素PLに対してパターニングデバイスを正確に位置決めするよう第1位置決め装置PMに接続される支持構造MT。
- 基板（例えば、レジストコートされたウェハ）Wを保持するための基板テーブル（例えば、ウェハテーブル）WT。基板テーブルWTは、PLに対して基板を正確に位置決めするために第2位置決め装置PWに接続される。
- 基板Wの目標部分C（例えば、一つまたは複数のダイからなる）に、パターニングデバイスMAによって放射ビームPBに与えられたパターンをイメージングするように構成された投影系（例えば、屈折投影レンズ）PL。

【0035】

図示するように、リソグラフィ装置は透過型（例えば、透過型マスクを使用）である。代替的に、リソグラフィ装置は反射型（例えば、上述したタイプの反射型マスクまたはプログラム可能なミラーアレイを使用）であってもよい。

【0036】

照明系ILは、放射源SOから放射ビームを受け取る。例えば放射源がエキシマレーザである場合、放射源とリソグラフィ装置は別個のものであってもよい。この場合、放射源

10

20

30

40

50

はリソグラフィ装置の一部を形成するとはみなされず、例えば適切な配向ミラー (directing mirror) および / またはビーム・エキスパンダを備えるビーム伝送系 B D を用いて、放射源 S O から照明系 I L に放射ビームが渡される。他の場合、例えば放射源が水銀灯である場合、放射源はリソグラフィ装置と一体的な部品であってもよい。放射源 S O と照明系 I L、必要であればビーム伝送系 B D を合わせて、放射系と称してもよい。

【0037】

照明系 I L は、放射ビームを調整してもよい。例えば、照明系 I L はホモジナイザを用いてビームの不均一性を取り除く。照明系はまた、例えばパターンングデバイス M A から基板上にパターンが投影される精度を改善するよう放射ビームを所望の照明モードに形成してもよい。放射ビームを所望の照明モードに形成することについては後述する。

10

【0038】

放射ビーム P B は、支持構造上に保持されたパターンングデバイス (例えば、マスク) M A に入射する。パターンングデバイス M A を横切ると、ビーム P B はレンズ P L を通過し、そこでビームが基板 W の目標部分 C に合焦される。第 2 位置決め装置 P W および位置センサ I F (例えば、干渉計デバイス) を用いて、基板テーブル W T を正確に移動して、例えば異なる目標部分 C をビーム P B の経路に配置することができる。同様に、第 1 位置決め装置 P M および別の位置センサ (図 1 には明示せず) を使用して、例えばマスクライブラリからの機械的復帰の後にまたは走査中に、ビーム P B の経路に対してパターンングデバイス M A を正確に配置することができる。一般に、オブジェクトテーブル M T および W T の移動は、位置決め装置 P M および P W の一部を形成する長ストロークモジュール (粗い位置決め) と短ストロークモジュール (微細な位置決め) を用いて達成することができる。しかしながら、ステッパの場合には、スキャナとは対照的に、支持構造 M T が短ストロークのアクチュエータにのみ接続されていてもよいし、または固定されていてもよい。パターンングデバイスアライメントマーク M 1、M 2 と基板アライメントマーク P 1、P 2 とを用いて、パターンングデバイス M A と基板 W を位置合わせしてもよい。

20

【0039】

図示する装置は、以下の好適なモードで使用することができる。

1. ステップモードでは、支持構造 M T と、基板テーブル W T とが本質的に静止状態を保つ一方、ビーム P B に与えられたパターン全体が目標部分 C 上に一度に投影される (つまり、単一の静的露光)。続いて、基板テーブル W T を X および / または Y 方向に移動して、異なる目標部分 C を露光することができる。ステップモードでは、露光領域の最大サイズにより、単一の静的露光で像が与えられる目標部分 C のサイズが制限される。

30

2. 走査モードでは、支持構造 M T と基板テーブル W T とが同期して走査される一方、ビーム P B に与えられたパターンが目標部分 C 上に投影される (すなわち、単一の動的露光)。支持構造 M T に対する基板テーブル W T の速度および方向は、投影系 P L の拡大 (縮小) および像反転特性によって決定される。走査モードでは、露光領域の最大サイズが単一の動的露光における目標部分の (非走査方向における) 幅を制限するのに対して、走査移動の長さが目標部分の (走査方向における) 高さを決定する。

3. 別のモードでは、支持構造 M T は、プログラム可能なパターンングデバイスを基本的に静止状態で保持し続け、基板テーブル W T は移動または走査される一方、ビーム P B に付与されたパターンが目標部分 C に投影される。このモードでは、通常、パルス放射源が採用され、プログラム可能なパターンングデバイスは、基板テーブル W T の各移動の後に、または走査中の連続放射パルス間に必要に応じて更新される。この動作モードは、上述したようなプログラム可能なミラーアレイのタイプなどのプログラム可能なパターンングデバイスを利用するマスクレスリソグラフィに容易に適用可能である。

40

【0040】

上述の使用モードの組み合わせおよび / または変形や、または全く異なる使用モードも利用することができる。

【0041】

照明系 I L は、放射ビーム P B と交わるミラーの二次元アレイを含む。これは、放射の

50

サブビームを照明系の瞳面の所望の位置に導き、それにより放射を所望の照明モードに形成するために用いられる。このように用いられるミラーレイ（および関連する装置）は、従来技術において知られており、例えば米国特許第6737662号明細書および米国特許出願公開第2008/0239268号明細書に記載されている（これら両方とも、参照により本明細書に組み込まれる）。

【0042】

二次元ミラーレイを用いた照明モードの形成については従来技術において公知であるので、本明細書では詳細には説明しない。しかしながら、図2は、本発明の理解を容易にするために、二次元ミラーレイの動作を概略的に示す。図2においては、二次元ミラーレイ10の断面が関係するレンズレイ12（これも断面が図示されている）とともに図示されている。ミラーは入射した放射を反射するが、説明を容易にするために、ミラーレイ10のミラーは反射型ではなく、透過型として図示されている。放射ビームPBは、レンズレイ12に入射する。レンズレイ12は、放射ビームを6つのサブビームに分離する。各サブビームは、ミラーレイ10の異なるミラーに入射する。ミラーはサブビームを照明系の瞳面PPに向かわせる。ミラーレイ10のうち上の3つのミラーは、放射サブビームを上方へ向かわせ、下の3つのミラーは放射サブビームを下方に向かわせる。その結果、瞳面PPにおける上方の領域が照射され、瞳面の下方の領域もまた照射される。瞳面PPの中心領域は放射サブビームにより照射されない。ミラーの方向は、制御装置CTにより制御されてよい（図1に図示）。

10

【0043】

図3は、上方から見た瞳面PPを示す。図2に示すミラーレイ10のミラーは、放射サブビームを瞳面PPの2つの特定の領域に導く。図3から分かるように、これにより瞳面PPに2つの放射領域14a、14bが形成される。2つの放射領域は双極モード14を形成する。双極モード14は、例えば一連のラインを有する像をマスクMAから基板Wに投影する際に望ましい。

20

【0044】

図2に断面で図示されているミラーレイ10は、x方向とy方向において同数のミラーを有しており、従って全部で36個のミラーを有している。このような比較的少ない数のミラーを用いた場合、図3に示すような滑らかなエッジ形状を有する双極モードを形成することはできないかもしれない。それ故、実際には、非常に多くのミラーが用いられる（例えば、レイは100以上のミラーを有してもよく、1000以上のミラーを有してもよい）。

30

【0045】

従来の照明モードよりもよりエキゾチックな照明モードを形成することが望ましい（従来の照明モードは、例えば環状モード、双極モードおよび四極モードを含む）。例えば、形状が直角なコーナーを含む照明モード、および/または小さな長方形放射領域を含む照明モード、および/または照明領域から暗領域への急速な変化を含む照明モードを用いることが望まれている。エキゾチックな照明モードの概略的な例が図4に示されている。このエキゾチックな照明モード18は、2つの長方形18a、18bと、4つの正方形18c~18fを備える。従来のレンズレイおよびミラーレイを用いた場合、図4に概略的に示されるようなエキゾチックな照明モードを形成することはできない。これは、レンズレイおよびミラーレイにより形成されるサブビームは、エキゾチックな照明モードを作り出す形状を形成するためには、十分小さくなく、および/または照明系の瞳面において必要な形状を有していないからである。

40

【0046】

図5は、上記の問題を克服するために用いることのできる本発明の実施形態を概略的に表す。図5には、照明系に設けられるレンズレイ20および二次元ミラーレイ22の断面が概略的に図示されている。レンズレイ20のレンズ20a~20fは、（図2に示すレンズレイのように）全て同じ屈折力を有しているわけではなく、代わりに異なる屈折力（optical power）を有している。同様に、ミラーレイ22のミラー22a~2

50

2 f は、(図 2 に示すレンズアレイのように) 平面ではなく、代わりに異なる屈折力を有している。各レンズ 2 0 a ~ 2 0 f および関連するミラー 2 2 a ~ 2 2 f は共に、光チャネルを形成していると思なされる。この光チャネルは、光チャネルを通過する放射サブビーム 2 4 a ~ 2 4 f のサイズ (および場合により形状) を変更する。

【 0 0 4 7 】

レンズ 2 0 a ~ 2 0 f およびミラー 2 2 a ~ 2 2 f により形成された光チャネルは、異なる屈折力を有する。異なる屈折力の効果は、図 5 に概略的に表されている。図 5 において、異なる屈折力により形成された放射サブビーム 2 4 a ~ 2 4 f は、瞳面 P P において異なる断面サイズを有している。放射サブビーム 2 4 a ~ 2 4 f の断面サイズは、レンズアレイ 2 0 に入射するときの放射ビーム P B のサイズおよびダイバージェンス (エタンデュ) と組み合わせて、レンズ 2 0 a ~ 2 0 f の屈折力およびミラー 2 2 a ~ 2 2 f の屈折力により決定される。放射ビーム P B のエタンデュは、得られる放射サブビームの断面サイズに下限を与える。

10

【 0 0 4 8 】

強い屈折力を有する光チャネル 2 0 b、2 2 b により形成された放射サブビーム 2 4 b は、瞳面 P P において、弱い屈折力を有する光チャネル 2 0 c、2 2 c により形成された放射サブビーム 2 4 c よりも小さい断面を有する。小さな断面を有する放射サブビームは、例えば図 4 に示すエキゾチックな照明モード 1 8 の照明領域 1 8 a ~ 1 8 f のコーナー (またはコーナーの一部) を形成するために用いられる。

【 0 0 4 9 】

弱い屈折力を有する光チャネル 2 0 c、2 2 c により形成された放射サブビーム 2 4 c は、瞳面 P P において他の放射サブビームよりも大きな断面を有しており、例えばエキゾチックな照明モード 1 8 の照明領域 1 8 a ~ 1 8 f の内側部分を形成するために用いられる (それは、照明領域の内側を小さい断面を有するサブビームよりも効率的に満たす) 。照明領域のエッジにおいて弱い屈折力を有する光チャネル 2 0 c、2 2 c により形成された放射サブビーム 2 4 c を用いることは、十分にシャープなエッジを提供することができないため、避けることが望ましい。

20

【 0 0 5 0 】

一般的に、小さな断面積を有する放射サブビームは、良好な分解能を提供する。小さな断面積を有する放射サブビームは、照明領域のエッジおよびコーナーで有益である。大きな断面積を有する放射サブビームは、照明領域の内部において有益である。なぜなら、それらは、内部をより効率的に満たすのに加えて、小さな断面積を有する放射サブビームが用いられた場合に見られる強度のリップルが生じるリスクを低減するからである。照明モードの異なる部分形成するのにどの放射サブビームが用いられるかを決定するために、ミラー割り当てアルゴリズムが用いられてもよい (これについては後述する) 。

30

【 0 0 5 1 】

上記は、瞳面 P P に異なる断面積を有する放射サブビームを照明モードの形成に用いる方法の単なる例であり、他の方法で放射サブビームを照明モードの形成に用いてもよい。

【 0 0 5 2 】

図 5 には 6 個のレンズ 2 0 a ~ 2 0 f および 6 個の関連するミラー 2 2 a ~ 2 2 f が図示されているが、レンズアレイおよび関連するミラーアレイは例えば 1 0 0 以上のレンズおよび関連するミラーを備えてもよく、例えば 1 0 0 0 以上のレンズおよび関連するミラーがアレイに設けられてもよい。複数の異なる屈折力を有する光チャネルを形成するレンズおよびミラーがアレイに設けられてもよい。結果として生じる異なる断面を有する放射サブビームは、全てのレンズおよびミラーが同じ屈折力を有するアレイを用いて形成される照明モードと比較して改善された照明モード (例えばエキゾチックな照明モード) を形成するために割り当てられる。本文脈において、「改善された」という用語は、リソグラフィ装置が別の方法を用いた場合よりも正確に基板上にパターンを投影できることを意味するものとして解釈される。改善された照明モードは、全ての光チャネルが同じ屈折力を有するアレイを用いて形成された同等な照明モードよりも、例えばよりシャープなコーナーを有し、お

40

50

よび/またはより小さいフィーチャを有し、および/またはよりシャープなエッジを有する。改善された照明モードは、例えば、ソースマスク最適化アルゴリズムにより生成される所望の「理想的な」照明モードと良好な相性を提供する。

【0053】

制御装置CTは、ミラー割り当てアルゴリズムを用いて、どのミラーを用いて放射サブビームを照明モードの異なる部分に導くかを決定する。ミラー割り当てアルゴリズムは、ミラーアレイ22のどのミラーを用いて放射サブビームを照明モードの異なる部分に導くべきかを決定する際に、放射サブビーム24a~24fの断面積を考慮に入れてよい。放射サブビーム24a~24fの断面積は、照明系のキャリブレーションの間に測定されてよい。それに加えて/代えて、放射サブビーム24a~24fの断面積は、光チャンネル20a~20f、22a~22fの屈折力に基づいて計算されてもよい。レンズアレイ20が(下記に示すように)放射サブビーム24a~24fの形状を修正する場合、ミラー割り当てアルゴリズムはまた、放射サブビームの形状を考慮に入れてもよい。ミラー割り当てアルゴリズムにより考慮される他の特性は、ミラーアレイ22のミラー22a~22fの反射率およびミラーの空間的位置を含む。ミラー割り当てアルゴリズムにより考慮されるこれらのおよびその他の特性についての詳細な説明は、米国特許出願公開第2008/0239268号明細書(参照により本明細書に組み込まれる)に含まれる。ミラーアレイ22のミラーの反射率は、例えば、放射サブビームをミラーアレイに導き、ミラーアレイから反射した放射の強度を検出する監視装置(図示せず)により測定されてよい。

【0054】

一実施形態では、レンズアレイにおける隣接するレンズのグループは、同じ屈折力が与えられてよい。この例は、上方から見たレンズアレイ30を模式的に示す図6に概略的に図示されている。図6では、最初の2つのレンズ列30aは第1の屈折力を与えられており、次の2つのレンズ列30bは第2の屈折力を与えられており、次の2つのレンズ列30cは第3の屈折力を与えられており、最後の2つのレンズ列30dは第4の屈折力を与えられている。このように同じ屈折力を有するレンズを一緒にグループ分けすることは、(同じ屈折力を有するレンズを一緒にグループ分けしていないレンズアレイを製造する場合に比べて)レンズアレイ30の製造を簡略化できるという利点をもたらす。さらなる利点は、同じ屈折力を有するレンズを一緒にグループ分けすることにより、制御装置CT(図1に示す)により用いられるミラー割り当てアルゴリズムが簡略化されることである。同じ屈折力を有するミラーを同じようにグループ分けすることにより、ミラー割り当てアルゴリズムをさらに簡略化してもよい。

【0055】

図6に示すレンズ列30a~30dはx方向に伸びているが、レンズ列は任意の方向(例えばy方向)に延びていてもよい。

【0056】

64個のレンズが図6に示されているが、これは単なる概略的な例であり、実際には非常に多くのレンズが設けられてよい。例えば、レンズアレイは100またはそれ以上のレンズを備えてもよく、または1000またはそれ以上のレンズを備えてもよい。レンズアレイ30は、4つの異なる屈折力を持つレンズを有しているが、レンズアレイは異なる数の屈折力を持つレンズを有してもよい。例えば、レンズアレイ30は2つの異なる屈折力、3つの異なる屈折力、5つの異なる屈折力、またはそれ以上の異なる屈折力を持つレンズを有してもよい。

【0057】

レンズアレイ30はフレーム32を含む。フレーム32は、レンズアレイ30にいくらかの構造的硬直性を与え、またレンズアレイをリソグラフィ装置の照明系IL内に固定する。

【0058】

図6では特定の屈折力を有するレンズ30a~30dが一緒にグループ分けされているが、これは単なる例であり、屈折力を有するレンズについて任意の適切なグループ分けが

10

20

30

40

50

用いられてもよい。例えば、レンズは正方形にグループ分けされてもよいし、長方形またはその他の形状にグループ分けされてもよい。特定の屈折力を有するレンズの2つ以上のグループが設けられてもよい。

【0059】

図7には、本発明の別の実施形態が概略的に図示されている。本実施形態においては、ミラーレイ44の前に（すなわち、放射ビームがミラーレイに入射する前に両方のレンズアレイを通過するように）、第1レンズアレイ40および第2レンズアレイ42が設けられている。前回の図と同様に、レンズアレイ40、42およびミラーレイ44は断面が図示されており、それらは二次元アレイを代表している。ミラーレイ44のミラーもまた、異なる屈折力が与えられている（異なる曲率を有するミラーを示すことにより概略的に表現されている）。第1および第2レンズアレイ40、42のレンズの屈折力およびミラー44の屈折力は、それらが照明系ILの瞳面（図7には図示せず）の瞳面に生成する放射サブビームの断面積を決定する。

10

【0060】

第2レンズアレイ42は、双方向矢印で表されるように、z方向（すなわち照明系ILの光軸方向に沿って）移動される。第2レンズアレイ42は、制御装置CT（図1に示す）により制御されるアクチュエータ（図示せず）を用いて移動される。第2レンズアレイ42をz方向の異なる位置に移動することにより、放射サブビームに与えられる屈折力が変更され、従って、瞳面における放射サブビームの断面積が変更される。このように、第2レンズアレイ42のz方向の移動は、照明モードの形成に用いられる放射サブビームの断面積の制御の度合を提供する。

20

【0061】

第1および第2レンズアレイ40、42は、第2レンズアレイのz方向の移動の影響が小さいレンズのペア（すなわち同じ放射サブビームに共同で作用するレンズ）と、第2レンズアレイのz方向の移動の影響が大きいレンズのペアを含む。例えば、2つの弱い合焦レンズは、第2レンズアレイのz方向の移動の影響が比較的小さくなるレンズのペアを形成する。2つの強い合焦レンズは、第2レンズアレイのz方向の移動の影響が比較的強くなるレンズのペアを形成する。このようにレンズのペアを構成することにより、放射サブビームのサイズをそうしなかった場合よりも良好に制御することができる。

【0062】

一実施形態においては、第2レンズアレイ42がz方向に移動可能であるのに加えてまたは代えて、第1レンズアレイ40が（例えば、制御装置CTにより制御されるアクチュエータを用いて）z方向に移動可能であってよい。

30

【0063】

一実施形態においては、レンズアレイ全体をz方向に移動するのに代えて、アレイのサブセットが独立して移動可能であってもよい。例えば図6に関し、特定の屈折力を有するレンズの各グループが互いのグループとは独立に移動されてもよい。レンズアレイの他のサブセットが独立に移動可能であってもよい。

【0064】

再度図7に関して、レンズアレイ40、42の一方または両方におけるいくつかの又は全てのレンズは、シリンダリカルレンズであってよい。シリンダリカルレンズは、放射サブビームの形状を、例えば長形状（または実質的に長形状）となるように、あるいはその他の所望の形状を有するように変更するために用いられる。一実施形態においては、第1方向（例えばy方向）にフォーカシング（focusing）を提供するシリンダリカルレンズが第1レンズアレイ40に設けられ、第2方向（例えばx方向）にフォーカシングを提供するシリンダリカルレンズが第2レンズアレイ42に設けられてよい。これらのレンズアレイの組み合わせされた効果は、所望の形状を有する放射サブビームを形成する。この形状のアスペクト比は、第2レンズアレイ42（または第1レンズアレイ40）をz方向に移動することにより調整可能である。一実施形態においては、シリンダリカルレンズの1つ以上のサブセットがz方向に独立に移動可能であってよい。

40

50

【 0 0 6 5 】

一実施形態においては、ミラーアレイの前に3つ以上のレンズアレイが設けられてもよい。

【 0 0 6 6 】

上述したように、ミラーアレイ22, 44のミラーは、屈折力を与えられている。例えば、ミラーは、凹面形状を有していてもよい（または凸面形状を有していてもよい）。凹面形状は、例えばそれらの製造の間にミラーに対し適切なコーティングおよびその後の加熱を施すことにより得られる。（加熱の際にコーティングに生じるストレスを介して湾曲が生じる）。一実施形態では、ミラーアレイの異なるミラーは異なる屈折力を与えられる。異なる屈折力を有するミラーは、例えば図6に示される実施形態と類似する方法で、または他の方法で、例えば一緒にグループ分けされる。

10

【 0 0 6 7 】

ミラーが異なる屈折力を有するミラーアレイは、レンズが異なる屈折力を有するレンズアレイと組み合わせて設けられてよく、または、レンズが同じ屈折力を有するレンズアレイと組み合わせて設けられてもよい。レンズが異なる屈折力を有するレンズアレイは、ミラーが同じ屈折力を有する（または屈折力を有さない）ミラーアレイと組み合わせて設けられてもよい。

【 0 0 6 8 】

ミラーアレイのミラーが屈折力を有する実施形態では、照明系の瞳面における放射サブビームの断面サイズは、レンズアレイのレンズの屈折力、ミラーアレイのミラーの屈折力、および入射する放射ビームのサイズおよびダイバージェンス（エタンデュ）に依存する。レンズ（または複数のレンズ）およびミラーは、光チャネルを形成するとみなされてもよい。光チャネルの屈折力は、ミラーの屈折力と組み合わせられたレンズ（または複数のレンズ）の屈折力と見なされてもよい。

20

【 0 0 6 9 】

一実施形態においては、例えば入射する放射ビームの全体を収容するのに十分なほど大きな表面積を提供するために、2つ以上のミラーアレイおよび関連するレンズアレイがリソグラフィ装置の照明系に設けられてもよい。この場合、各ミラーアレイにおけるミラーの屈折力は異なってもよい。これは、製造の観点からは、1つのミラーアレイの異なるミラーに異なる屈折力を与えるよりも容易に達成できる。屈折力はミラーアレイが処理される方法から生じ、同じミラーアレイの異なる部分に異なる処理を施すのは難しいからである。

30

【 0 0 7 0 】

レンズアレイのレンズの数は、例えば100、または100以上、または500以上、または1000以上であってよい。対応する数のミラーが設けられてもよい。

【 0 0 7 1 】

エキゾチックな照明モードの生成を容易にするのに加えて、本発明の実施形態は、従来の照明モードをより正確に形成することを可能とする（例えば、照明領域と暗領域間の変わり目（transition）をよりシャープにする）。

【 0 0 7 2 】

一実施形態では、2つの光チャネルは異なる屈折力を有しているが、瞳面で同じ断面積を有する放射サブビームを提供してもよい。これは、放射サブビームの形状は、その両者が同じ断面積を有するように異なってもよいからである。

40

【 0 0 7 3 】

一実施形態では、レンズアレイのレンズおよび/またはミラーアレイのミラーは、複数の屈折力が与えられてもよい。屈折力は、ミラーを用いて様々な照明モードを形成できるよう選択される。これは、リソグラフィ装置をフレキシブルな方法で用いることを可能とする。例えば、リソグラフィ装置が様々な異なる像を基板上に正確に投影することを可能とする。

【 0 0 7 4 】

50

一実施形態では、レンズアレイのレンズおよび/またはミラーアレイのミラーは、複数の屈折力を与えられてもよい。屈折力は、ミラーを用いて特定の照明モードを形成できるよう最適化される。これは、例えば(よくあることであるが)リソグラフィ装置が長時間基板上に同じパターンを投影するために用いられる場合である。特定の照明モードのためにレンズアレイのレンズおよび/またはミラーアレイのミラーの屈折力を最適化することにより、レンズおよびミラーの屈折力が様々な異なる照明モードを形成できるよう構成された場合よりも正確に照明モードを形成することが可能となる。レンズアレイは、フレームに保持されてもよい。このフレームは、リソグラフィ装置を用いて長時間にわたって基板上に異なるパターンを投影することが望まれている場合に、レンズアレイを取り外して異なるレンズアレイに交換することができるよう構成される。

10

【0075】

一実施形態では、ミラーアレイのミラーは異なるサイズを有してもよい。一実施形態では、ミラーアレイの外側部分の一部または全てを囲むように大きなミラーが設けられてもよい。図8は、ミラー52, 54がこの構成となるよう設けられたミラーアレイの実施例を示す。ミラーアレイ50の内側部分に小さなミラー54が設けられ、ミラーアレイの外側部分に大きなミラー52が設けられている。大きなミラー52は2つ以上の放射サブビームを受信することができる。図8は、36個の小さなミラーおよび16個の大きなミラーを示すが、任意の適切な数のミラーが設けられてもよい。2つ以上の大きなミラーのリングが小さなミラーを囲んでもよい。一実施形態では、大きなミラーはミラーアレイの1つまたは複数の側部に設けられてもよい。ミラーアレイの外側部分に大きなミラーを設けることにより、(大きなミラーが小さなミラーにちりばめられている場合に生じるクロストークに比べて)ミラー間のクロストークを低減することができる。

20

【0076】

一実施形態では、1つまたは複数のレンズアレイのレンズは、異なるサイズを有してもよい。レンズはミラーアレイに関して上述した構成の構成の1つのように配置されてもよく、または異なる構成に配置されてもよい。

【0077】

一実施形態では、第1ミラーアレイのミラーは第1のサイズを有し、第2ミラーアレイのミラーは第2のサイズを有してもよい。一実施形態では、第1レンズアレイのレンズは第1のサイズを有し、第2レンズアレイのレンズは第2のサイズを有してもよい。

30

【0078】

一実施形態では、レンズアレイは、レンズアレイのレンズが放射ビームの異なる部分と交差するように、実質的に放射ビームを横断する方向に移動可能であってもよい。図9は、第1レンズアレイ60と、第2レンズアレイ62と、第3レンズアレイ64と、ミラーアレイ66とを備える本発明の一実施形態を示す。第1レンズアレイ60は、リソグラフィ装置の光軸OAを横切る方向に移動可能である。図9では、y方向に移動しているが、他の適切な方向(例えばx方向)に移動してもよい。第1レンズ60aおよび第3レンズ60cは比較的弱い屈折力を有しているのに対し、第2レンズ60bおよび第4レンズ60dは比較的強い屈折力を有している。屈折力が異なる結果、第1放射サブビーム68aおよび第3放射サブビーム68cはミラーアレイ66において小さな断面を有しているのに対し、第2放射サブビーム68bはミラーアレイ66において大きな断面を有している。放射は第4レンズ60dを通過していない。

40

【0079】

第1レンズアレイ60はy方向に、隣接するレンズの中心間の距離に相当する距離d移動されてもよい。第1レンズアレイ60は、アクチュエータ(図示せず)により移動されてよい。レンズアレイを距離d移動することの効果を図10に示されている。図10では、第1放射サブビーム68aは、今度は第1レンズ60aの代わりに、第1レンズアレイの第2レンズ60bにより形成されている。その結果、放射サブビーム68aはミラーアレイ66において以前よりも大きな断面を有する。同様に、第2放射サブビーム68bは、今度は第1レンズアレイ60の第3レンズ60cにより形成され、その結果、ミラーア

50

レイ 6 6 において以前よりも小さな断面を有する。第 3 放射ビーム 6 8 c は今度は第 4 レンズ 6 0 d により形成される。その結果、第 3 放射サブビーム 6 8 c はミラーアレイ 6 6 において以前よりも小さな断面を有する。

【 0 0 8 0 】

図 9 および図 1 0 の比較から、光軸 O A を横切る第 1 レンズアレイ 6 0 の移動により、ミラーアレイ 6 6 における放射サブビームの断面を変更できることが分かる。レンズアレイ 6 0 , 6 2 , 6 4 のレンズは、ミラーアレイ 6 6 のミラーの屈折力と組み合わせて（ミラーが屈折力を与えられている場合）、放射ビームを横切る第 1 レンズアレイの移動により、放射サブビームの瞳面における断面の異なる組み合わせを切り替えることができるように、配置されてもよい。

10

【 0 0 8 1 】

一実施形態では、第 1 レンズアレイ 6 0 を d 以外の距離移動してもよい。例えば、レンズアレイは挙げ 2 d、3 d または他の距離移動可能であってよい。

【 0 0 8 2 】

一実施形態では、第 2 レンズアレイ 6 2 および / または第 3 レンズアレイ 6 4 が、第 1 レンズアレイ 6 0 に代えて又は加えて、光軸 O A を横切って移動可能であってよい。一実施形態では、ミラー 6 6 が光軸 O A を横切って移動可能であってよい。

【 0 0 8 3 】

図 9 および図 1 0 に示す実施形態は少数のレンズおよびミラーを有しているが、任意の適切な数のレンズおよびミラーが設けられてもよい。3 つのレンズアレイ 6 0 , 6 2 , 6 4 が図 9 および図 1 0 に図示されているが、任意の適切な数のレンズアレイが用いられてもよい。

20

【 0 0 8 4 】

一実施形態では、レンズアレイの列は、（例えば図 6 に示すように）同じ屈折力を付与されたレンズを有してもよい。レンズアレイの移動は、ある屈折力を有するレンズが放射ビームとの交差位置から外れるよう移動し、別の屈折力を有するレンズが放射ビームと交差位置に移動するようになされる。例えば図 6 を参照すると、レンズ 3 0 a は放射ビームとの交差位置から外れるように移動され、レンズ 3 0 d は放射ビームとの交差位置に移動される（逆もまた同様である）。

【 0 0 8 5 】

一実施形態では、レンズアレイから放射サブビームを受けるミラーアレイは、放射サブビームを受ける複数のミラーアレイの一つであってよい。例えば、放射サブビームが第 1 ミラーアレイのミラーに入射し、その後第 2 ミラーアレイのミラーに入射してもよい。この場合、第 1 ミラーアレイのミラーが、ミラーの方向を変えることにより、放射ビームを第 2 ミラーアレイの別のミラーに向けて導くために用いられてよい。これは、例えば、放射サブビームに第 1 の屈折力を与える第 2 ミラーアレイのミラーに、放射サブビームを導くことを可能とする、または、放射サブビームに第 2 の異なる屈折力を与える（または屈折力を有していない）ミラーに、放射サブビームを導くことを可能とする。従って、2 つ以上のミラーアレイをこのように用いることにより、瞳面における放射サブビームの断面を調整することが可能となる。

30

40

【 0 0 8 6 】

2 つのミラーアレイを用いる一実施形態が図 1 1 に概略的に示されている。図 1 1 は、レンズアレイ 7 0 と、第 1 ミラーアレイ 7 2 と、第 2 ミラーアレイ 7 4 とを示している。説明を簡略化するために、レンズアレイ 7 0 は 2 つだけレンズを含む。任意の適切な数のレンズがレンズアレイに含まれてもよいことを理解されたい。同様に、第 1 ミラーアレイ 7 2 および第 2 ミラーアレイ 7 4 は 2 つだけミラーを備えるが、ミラーアレイは任意の適切な数のミラーを有してもよい。

【 0 0 8 7 】

図 1 1 では、第 1 放射サブビーム 7 6 a が第 1 ミラーアレイの第 1 ミラー 7 2 a に入射している。第 1 ミラー 7 2 a は第 1 放射サブビーム 7 6 a を第 2 ミラーアレイの第 1 ミラ

50

ー 7 4 a に導く。同様に、第 2 放射ビーム 7 6 b が第 1 ミラーアレイの第 2 ミラー 7 2 b に入射しており、これは放射サブビームを第 2 ミラーアレイの第 2 ミラー 7 4 b に導く。

【 0 0 8 8 】

図 1 2 は、図 1 1 と同じ装置を示すが、第 1 ミラーアレイ 7 2 のミラー 7 2 a、7 2 b の方向が変えられている。第 1 ミラーアレイの第 1 ミラー 7 2 a の新たな方向は、第 1 放射サブビーム 7 6 a を今度は第 2 ミラーアレイの第 2 ミラー 7 4 b に導くようにされる。第 1 ミラーアレイの第 2 ミラー 7 2 b の新たな方向は、第 2 放射サブビーム 7 6 b を今度は第 2 ミラーアレイの第 1 ミラー 7 4 a に導くようにされる。

【 0 0 8 9 】

異なるミラーが異なる屈折力を有することができるので、異なるミラー間で放射サブビームを切り替えることにより、放射サブビームの断面サイズを制御することが可能となる。例えば、第 2 ミラーアレイ 7 4 の第 1 ミラー 7 4 a は、第 2 ミラー 7 4 b よりも強く収束 (focusing) する。従って、放射サブビームを第 2 ミラー 7 4 b に代えて第 1 ミラー 7 4 a に導くことにより、瞳面における放射サブビームの断面積が低減される。放射ビームの断面積および / または形状の他の変更も同様に行うことができる。

【 0 0 9 0 】

一実施形態では、各放射サブビームは第 2 ミラーアレイの異なるミラーに入射してもよい。第 1 ミラーアレイのミラーの方向が変化されるとき、これは、各放射サブビームが依然として第 2 ミラーアレイの異なるミラーに入射するようになされる。これは、図 1 1 および図 1 2 に示す簡略化された実施形態に概略的に図示されたものである。

【 0 0 9 1 】

一実施形態では、放射サブビームのペアが第 2 ミラーアレイのミラーのペアに割り当てられてもよい。第 1 ミラーアレイは、(例えば図 1 1 および図 1 2 に示すように) ミラーのペア間で放射サブビームを切り替える。一実施形態では、3つの放射サブビームが同じように第 2 ミラーアレイの3つのミラーに割り当てられてもよい。放射サブビームはそれら3つのミラー間で切り替えられる。同様のアプローチが第 2 ミラーアレイの4つ以上のミラーに対して適用されてもよい。

【 0 0 9 2 】

一実施形態では、第 1 ミラーアレイのミラーの方向は、ある場合に2つ以上の放射サブビームが同時に第 2 ミラーアレイのミラーに入射するようにされてもよい。

【 0 0 9 3 】

一実施形態では、レンズアレイの1つにおけるレンズは光軸に沿って互いに離れていてもよい。これにより、より小さな屈折力の変動を有するレンズを用いて(またはある屈折力を有するレンズを用いて)放射サブビームの断面サイズの所望の変更を達成できる。これが達成される1つの方法の例が図 1 3 に図示されている。図 1 3 では、3つのレンズアレイ 8 0, 8 2, 8 4 が図示されており、ミラーアレイ 8 6 もまた図示されている。各レンズアレイのレンズは、全て同じ屈折力を有する。しかしながら、第 2 レンズアレイ 8 2 のレンズは z 方向の位置が異なる。第 2 レンズアレイの第 1 レンズ 8 2 a は、第 1 レンズアレイ 8 0 の最も近くに位置しており、その結果、第 1 放射サブビーム 8 8 a はミラーアレイ 8 6 において小さな断面積を有する。第 2 レンズアレイの第 3 レンズ 8 2 c は第 1 レンズアレイ 8 0 から離れて位置しており、その結果、第 3 放射サブビーム 8 8 c はミラーアレイ 8 6 において大きな断面積を有する。第 2 レンズアレイの第 2 レンズ 8 2 b は第 1 レンズアレイ 8 0 からさらに離れて位置しており、その結果、第 2 放射サブビーム 8 8 b はミラーアレイ 8 6 においてさらに大きな断面積を有する。

【 0 0 9 4 】

一実施形態では、レンズアレイのレンズに付随するアパーチャが、レンズを通過する放射ビームの断面積を減少させるために用いられてもよい。アパーチャは、レンズアレイの複数のレンズに付随してもよい。アパーチャがレンズに付随する1つの方法の例が図 1 4 に図示されている。図 1 4 では、3つのレンズ 9 0 a ~ 9 0 c を備えるレンズアレイ 9 0 がミラーアレイ 9 2 とともに図示されている。アパーチャアレイ 9 6 は、レンズアレイ 9

10

20

30

40

50

0の前に位置する。アパーチャレイは、複数のアパーチャ96a~96cを規定しており、各アパーチャ96a~96cはレンズレイ90のレンズ90a~90cに付随している。アパーチャ96a~96cは、レンズレイ90のレンズ90a~90cに入射する放射ビームの直径を決定する。従って、アパーチャ96a~96cは、(図14に概略的に表されるように)ミラーレイ92に進む放射サブビーム94a~94cの直径に影響を与える。アパーチャのサイズは調整可能であってよい。

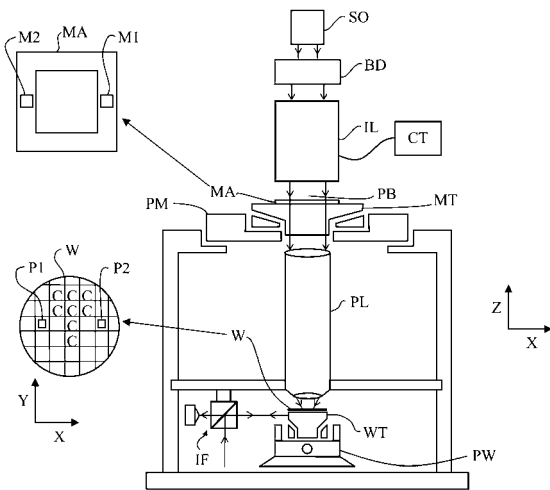
【0095】

上記説明においては、本発明の実施形態の説明を容易にするために、直交座標が用いられている。直交座標は、本発明の特徴が特定の幾何学的配置を有していなければならないことを暗示するものではない。

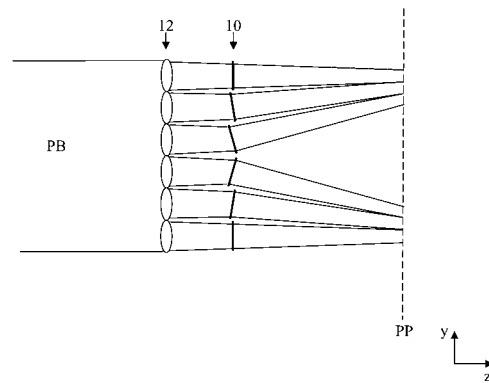
【0096】

以上、本発明の具体的な実施形態について説明したが、本発明は上述の説明とは違った方法でも実施できることを理解されたい。上述の説明は、発明を限定することを意図するものではない。

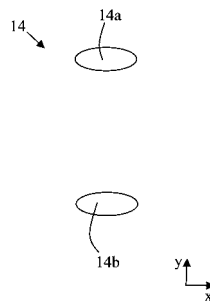
【図1】



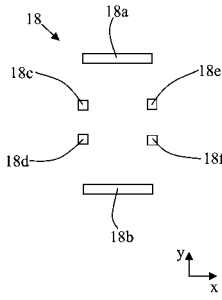
【図2】



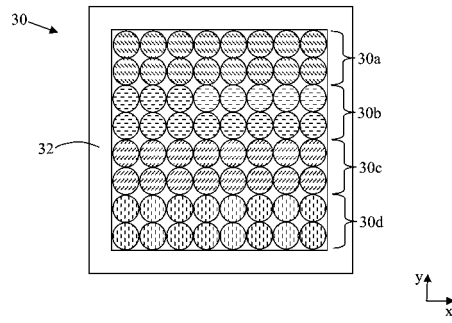
【図3】



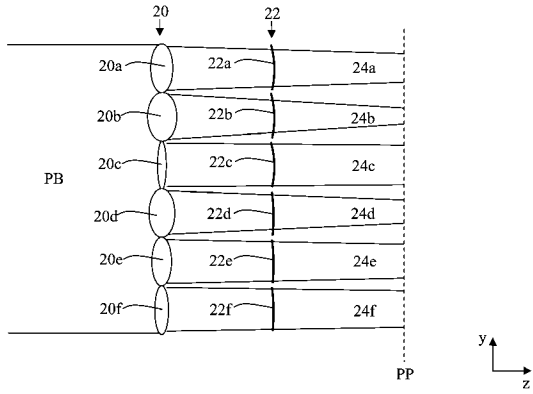
【 図 4 】



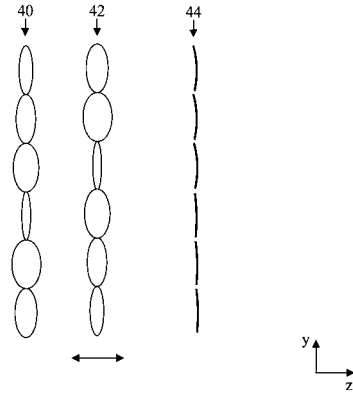
【 図 6 】



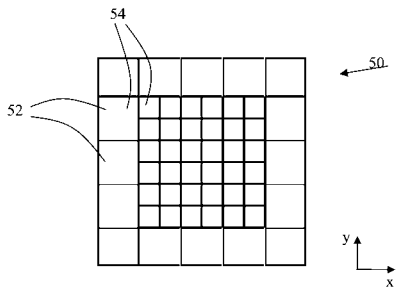
【 図 5 】



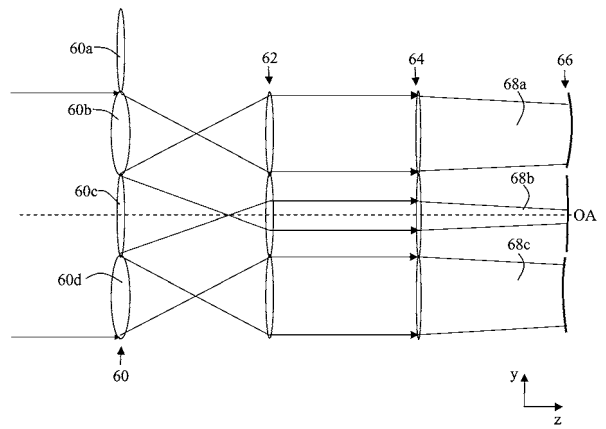
【 図 7 】



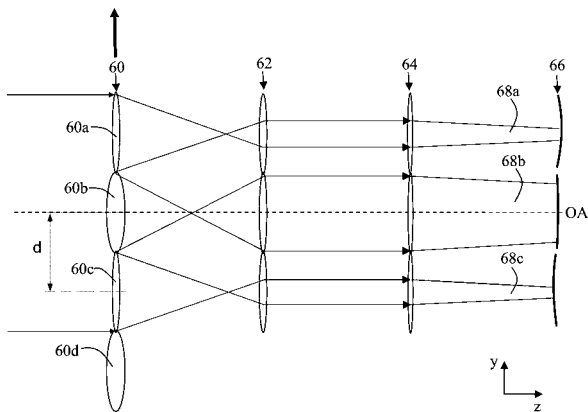
【 図 8 】



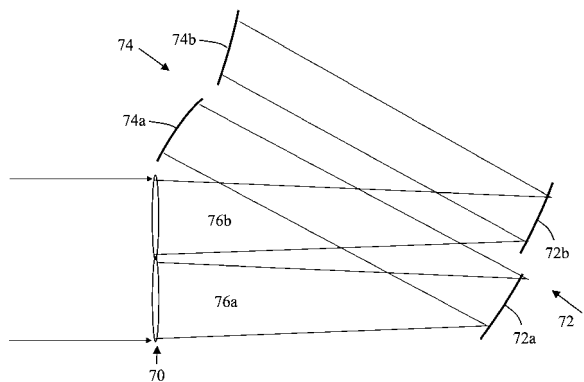
【 図 10 】



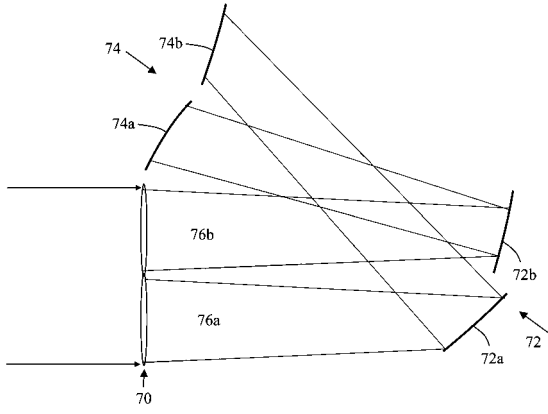
【 図 9 】



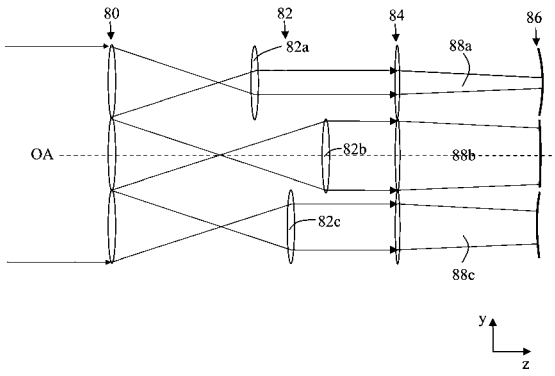
【 図 11 】



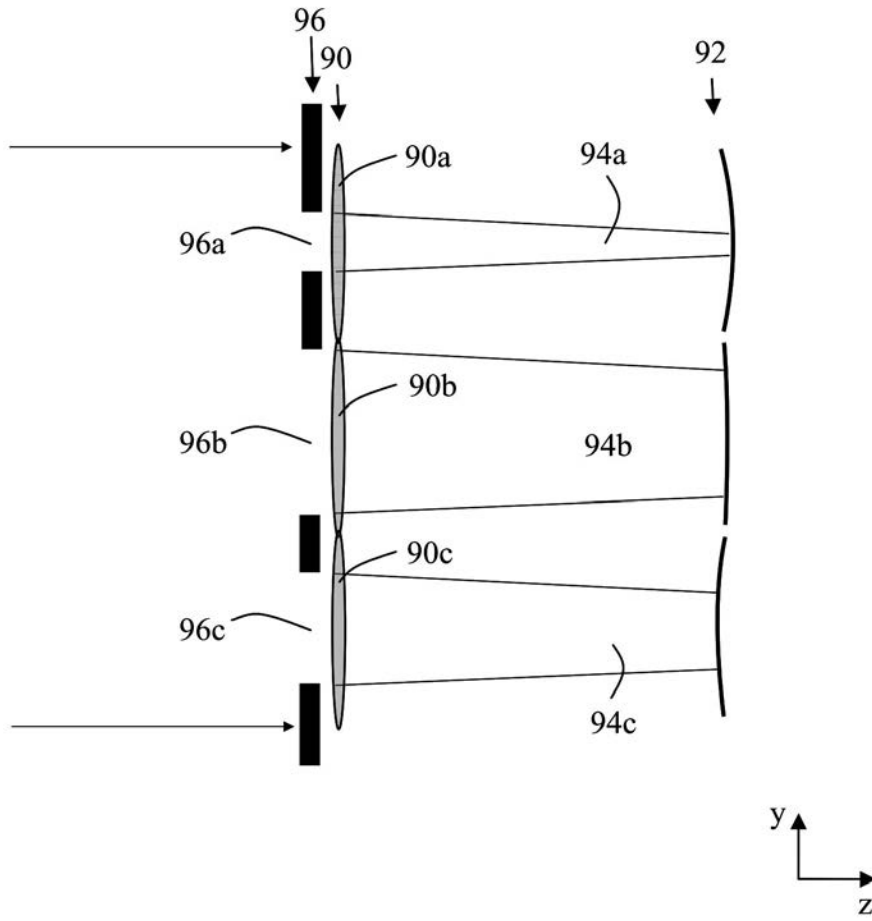
【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【外国語明細書】

2012160729000001.pdf