

(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2009-71011

(P2009-71011A)

(43) 公開日 平成21年4月2日(2009.4.2)

(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	2 H 0 5 2
GO 3 F 7/20 (2006.01)	GO 3 F 7/20 5 2 1	5 F 0 4 6
GO 2 B 19/00 (2006.01)	GO 2 B 19/00	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2007-237453 (P2007-237453)
 (22) 出願日 平成19年9月13日 (2007.9.13)

(71) 出願人 000004112
 株式会社ニコン
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
 (74) 代理人 100095256
 弁理士 山口 孝雄
 (72) 発明者 谷津 修
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
 式会社ニコン内
 Fターム(参考) 2H052 BA02 BA09 BA12
 5F046 BA03 CB13 CB23

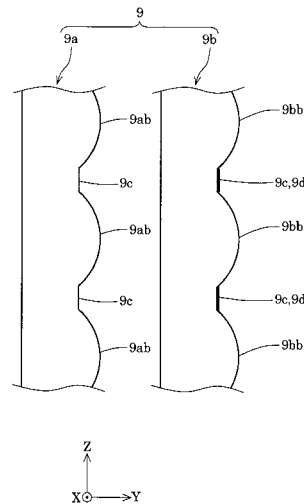
(54) 【発明の名称】 オプティカルインテグレータ、照明光学系、露光装置、およびデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 例えば被照射面を照明する照明光学系に適用した場合に、各屈折面の面形状誤差などの影響を小さく抑えて被照射面での照度分布を均一化することのできるオプティカルインテグレータ。

【解決手段】 波面分割型のオプティカルインテグレータ(9)は、一次元的または二次元的に配列された複数の屈折面(9ab, 9bb)と、複数の屈折面において互いに隣り合う複数の屈折面(9bb)の間の領域(9c)に形成された少なくとも1つの回折光学面(9d)とを備えている。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

波面分割型のオプティカルインテグレータにおいて、

一次元的または二次元的に配列された複数の屈折面と、

前記複数の屈折面において互いに隣り合う複数の屈折面の間の領域に形成された少なくとも1つの回折光学面とを備えていることを特徴とするオプティカルインテグレータ。

【請求項 2】

前記複数の屈折面は、単一の光学部材の入射面および射出面のうちの少なくとも一方の面に二次元的に配列され、前記少なくとも1つの回折光学面は、前記単一の光学部材の入射面および射出面のうちの少なくとも一方の面に形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のオプティカルインテグレータ。

10

【請求項 3】

前記少なくとも1つの回折光学面は、前記単一の光学部材の射出面に形成されていることを特徴とする請求項 2 に記載のオプティカルインテグレータ。

【請求項 4】

光の入射側から順に、第 1 光学部材と、第 2 光学部材とを備え、

前記第 1 光学部材には、光軸と直交する平面内の第 1 方向に所定の屈折力を有し且つ前記平面内で前記第 1 方向と直交する第 2 方向にほぼ無屈折力の複数の第 1 屈折面が前記第 1 方向に沿って配列され、

前記第 2 光学部材には、前記複数の第 1 屈折面に対応するように形成されて前記第 1 方向に所定の屈折力を有し且つ前記第 2 方向にほぼ無屈折力の複数の第 2 屈折面が前記第 1 方向に沿って配列され、

20

前記少なくとも1つの回折光学面は、前記複数の第 1 屈折面において互いに隣り合う 2 つの屈折面の間の領域、および前記複数の第 2 屈折面において互いに隣り合う 2 つの屈折面の間の領域のうちの少なくとも一方の領域に形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のオプティカルインテグレータ。

【請求項 5】

前記少なくとも1つの回折光学面は、前記複数の第 2 屈折面において互いに隣り合う 2 つの屈折面の間の領域に形成されていることを特徴とする請求項 4 に記載のオプティカルインテグレータ。

30

【請求項 6】

前記第 1 光学部材の前記複数の第 1 屈折面が設けられている側と反対側には、前記第 2 方向に所定の屈折力を有し且つ前記第 1 方向にほぼ無屈折力の複数の第 3 屈折面が前記第 2 方向に沿って配列され、

前記第 2 光学部材の前記複数の第 2 屈折面が設けられている側と反対側には、前記複数の第 3 屈折面に対応するように形成されて前記第 2 方向に所定の屈折力を有し且つ前記第 1 方向にほぼ無屈折力の複数の第 4 屈折面が前記第 2 方向に沿って配列され、

前記少なくとも1つの回折光学面は、前記複数の第 3 屈折面において互いに隣り合う 2 つの屈折面の間の領域、および前記複数の第 4 屈折面において互いに隣り合う 2 つの屈折面の間の領域のうちの少なくとも一方の領域に形成されていることを特徴とする請求項 5 に記載のオプティカルインテグレータ。

40

【請求項 7】

光の入射側から順に、第 1 光学部材と、第 2 光学部材とを備え、

前記第 1 光学部材には、光軸と直交する平面内の第 1 方向に所定の屈折力を有し且つ前記平面内で前記第 1 方向と直交する第 2 方向にほぼ無屈折力の複数の第 1 屈折面が前記第 1 方向に沿って配列され、

前記第 2 光学部材には、前記第 2 方向に所定の屈折力を有し且つ前記第 1 方向にほぼ無屈折力の複数の第 2 屈折面が前記第 2 方向に沿って配列され、

前記少なくとも1つの回折光学面は、前記複数の第 1 屈折面において互いに隣り合う 2 つの屈折面の間の領域、および前記複数の第 2 屈折面において互いに隣り合う 2 つの屈折

50

面の間の領域のうちの少なくとも一方の領域に形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のオプティカルインテグレータ。

【請求項 8】

前記第 1 光学部材の前記複数の第 1 屈折面が設けられている側と反対側には、前記複数の第 1 屈折面に対応するように形成されて前記第 1 方向に所定の屈折力を有し且つ前記第 2 方向にほぼ無屈折力の複数の第 3 屈折面が前記第 1 方向に沿って配列され、

前記第 2 光学部材の前記複数の第 2 屈折面が設けられている側と反対側には、前記複数の第 2 屈折面に対応するように形成されて前記第 2 方向に所定の屈折力を有し且つ前記第 1 方向にほぼ無屈折力の複数の第 4 屈折面が前記第 2 方向に沿って配列され、

前記少なくとも 1 つの回折光学面は、前記複数の第 3 屈折面において互いに隣り合う 2 つの屈折面の間の領域、および前記複数の第 4 屈折面において互いに隣り合う 2 つの屈折面の間の領域のうちの少なくとも一方の領域に形成されていることを特徴とする請求項 7 に記載のオプティカルインテグレータ。

10

【請求項 9】

光源からの光に基づいて被照射面を照明する照明光学系において、

前記照明光学系の光路中に配置された請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載のオプティカルインテグレータを備えていることを特徴とする照明光学系。

【請求項 10】

前記オプティカルインテグレータの前記複数の屈折面の各々を介した光を前記被照射面へ重疊的に導くとともに、前記少なくとも 1 つの回折光学面を介した光を前記被照射面へ導く導光光学系を備えていることを特徴とする請求項 9 に記載の照明光学系。

20

【請求項 11】

所定のパターンを照明するための請求項 9 または 10 に記載の照明光学系を備え、前記所定のパターンを感光性基板に露光することを特徴とする露光装置。

【請求項 12】

請求項 11 に記載の露光装置を用いて、前記所定のパターンを前記感光性基板に露光する露光工程と、

前記パターンが転写された前記感光性基板を現像し、前記パターンに対応する形状のマスク層を前記感光性基板の表面に形成する現像工程と、

前記マスク層を介して前記感光性基板の表面を加工する加工工程とを含むことを特徴とするデバイス製造方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、オプティカルインテグレータ、照明光学系、露光装置、およびデバイス製造方法に関する。さらに詳細には、本発明は、半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等のデバイスをリソグラフィ工程で製造する際に使用される露光装置の照明光学系に好適なオプティカルインテグレータに関するものである。

【背景技術】

【0002】

この種の典型的な露光装置においては、光源から射出された光束が、波面分割型のオプティカルインテグレータとしてのフライアイレンズに入射し、その後側焦点面またはその近傍に多数の光源からなる二次光源を形成する。二次光源からの光束は、コンデンサーレンズを介して、所定のパターンが形成されたマスクを重疊的に照明する。マスクを透過した光は投影光学系を介してウェハ上に結像し、ウェハ上にはマスクパターンが投影露光（転写）される。

40

【0003】

マスクパターンは高集積化されており、この微細パターンをウェハ上に正確に転写するにはウェハ上において均一な照度分布を得ることが不可欠である。従来、ウェハにおける照度均一性の向上を図るために、マスクを照明する照明光学系中のオプティカルインテグ

50

レータとして、シリンドリカルレンズ群が形成された一対のフライアイ部材からなるシリンドリカルマイクロフライアイレンズを用いる構成が提案されている（特許文献1を参照）。

【0004】

【特許文献1】特開2004-56103号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1に開示されたシリンドリカルマイクロフライアイレンズでは、一方向に沿って配列される複数の微小な屈折面を、研磨またはエッチングの手法により平行平面状の光学部材に形成する。各屈折面を所望の面形状に精度良く製造することは困難であり、各屈折面の面形状誤差に起因してウェハにおける照度均一性が低下する恐れがある。また、互いに隣接する2つの屈折面の境界領域を所望の面形状に精度良く製造することは困難であり、境界領域の面形状誤差に起因して（すなわち境界領域を通過した光に起因して）ウェハにおける照度均一性が低下する恐れがある。

10

【0006】

本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、例えば被照射面を照明する照明光学系に適用した場合に、各屈折面の面形状誤差などの影響を小さく抑えて被照射面での照度分布を均一化することのできるオプティカルインテグレータを提供することを目的とする。

20

【0007】

また、本発明は、被照射面での照度分布を均一化することのできるオプティカルインテグレータを用いて、所望の照明条件で被照射面を照明することのできる照明光学系を提供することを目的とする。

【0008】

また、本発明は、所望の照明条件で被照射面を照明することのできる照明光学系を用いて、所望の照明条件の下で良好な露光を行うことのできる露光装置およびデバイス製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

前記課題を解決するために、本発明の第1形態では、波面分割型のオプティカルインテグレータにおいて、

30

一次元的または二次元的に配列された複数の屈折面と、

前記複数の屈折面において互いに隣り合う複数の屈折面の間の領域に形成された少なくとも1つの回折光学面とを備えていることを特徴とするオプティカルインテグレータを提供する。

【0010】

本発明の第2形態では、光源からの光に基づいて被照射面を照明する照明光学系において、

前記照明光学系の光路中に配置された第1形態のオプティカルインテグレータを備えていることを特徴とする照明光学系を提供する。

40

【0011】

本発明の第3形態では、所定のパターンを照明するための第2形態の照明光学系を備え、前記所定のパターンを感光性基板に露光することを特徴とする露光装置を提供する。

【0012】

本発明の第4形態では、第3形態の露光装置を用いて、前記所定のパターンを前記感光性基板に露光する露光工程と、

前記パターンが転写された前記感光性基板を現像し、前記パターンに対応する形状のマスク層を前記感光性基板の表面に形成する現像工程と、

前記マスク層を介して前記感光性基板の表面を加工する加工工程とを含むことを特徴と

50

するデバイス製造方法を提供する。

【発明の効果】

【0013】

本発明のオプティカルインテグレータでは、一次元的または二次元的に配列された複数の屈折面において、互いに隣り合う複数の屈折面の間の領域に、少なくとも1つの回折光学面が形成されている。例えば被照射面を照明する照明光学系に本発明のオプティカルインテグレータが組み込まれた場合、各屈折面の面形状誤差などに起因して被照射面で発生する照度ムラを補正（調整）するように回折光学面を設計することにより、被照射面での照度分布の均一化を図ることができる。

【0014】

すなわち、本発明のオプティカルインテグレータでは、例えば被照射面を照明する照明光学系に適用された場合に、各屈折面の面形状誤差などの影響を小さく抑えて被照射面での照度分布を均一化することができる。したがって、本発明の照明光学系では、被照射面での照度分布を均一化することのできるオプティカルインテグレータを用いて、所望の照明条件で被照射面を照明することができる。また、本発明の露光装置では、所望の照明条件で被照射面を照明することのできる照明光学系を用いて、所望の照明条件の下で良好な露光を行うことができ、ひいては良好なデバイスを製造することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

本発明の実施形態を、添付図面に基づいて説明する。図1は、本発明の実施形態にかかる露光装置の構成を概略的に示す図である。図1において、感光性基板であるウェハWの法線方向に沿ってZ軸を、ウェハWの表面内において図1の紙面に平行な方向にY軸を、ウェハWの表面内において図1の紙面に垂直な方向にX軸をそれぞれ設定している。図1を参照すると、本実施形態の露光装置は、露光光（照明光）を供給するための光源1を備えている。光源1として、たとえば193nmの波長の光を供給するArFエキシマレーザ光源や248nmの波長の光を供給するKrFエキシマレーザ光源などを用いることができる。

【0016】

光源1から射出された光は、整形光学系2により所要の断面形状の光束に変換され、偏光状態切換部3および輪帯照明用の回折光学素子4を介して、アフォーカルレンズ5に入射する。偏光状態切換部3は、光源側から順に、光軸AXを中心として結晶光学軸が回転自在に構成されて入射する楕円偏光の光を直線偏光の光に変換する1/4波長板3aと、光軸AXを中心として結晶光学軸が回転自在に構成されて入射する直線偏光の偏光方向を変化させる1/2波長板3bと、照明光路に対して挿脱自在なデポライザ（非偏光化素子）3cとを備えている。

【0017】

偏光状態切換部3は、デポライザ3cを照明光路から退避させた状態で、光源1からの光を所望の偏光方向を有する直線偏光の光に変換して回折光学素子4へ入射させる機能を有し、デポライザ3cを照明光路中に設定した状態で、光源1からの光を実質的に非偏光の光に変換して回折光学素子4へ入射させる機能を有する。アフォーカルレンズ5は、その前側焦点位置と回折光学素子4の位置とがほぼ一致し且つその後側焦点位置と図中破線で示す所定面6の位置とがほぼ一致するように設定されたアフォーカル系（無焦点光学系）である。

【0018】

回折光学素子4は、基板に露光光（照明光）の波長程度のピッチを有する段差を形成することによって構成され、入射ビームを所望の角度に回折する作用を有する。具体的には、輪帯照明用の回折光学素子4は、矩形状の断面を有する平行光束が入射した場合に、ファースフィールド（またはフラウンホーファー回折領域）に輪帯状の光強度分布を形成する機能を有する。したがって、回折光学素子4に入射したほぼ平行光束は、アフォーカルレンズ5の瞳面に輪帯状の光強度分布を形成した後、輪帯状の角度分布でアフォーカルレン

10

20

30

40

50

ズ 5 から射出される。

【 0 0 1 9 】

アフォーカルレンズ 5 の前側レンズ群 5 a と後側レンズ群 5 b との間の光路中においてその瞳位置またはその近傍には、円錐アキシコン系 7 が配置されている。円錐アキシコン系 7 の構成および作用については後述する。アフォーカルレンズ 5 を介した光束は、値 (値 = 照明光学装置のマスク側開口数 / 投影光学系のマスク側開口数) 可変用のズームレンズ 8 を介して、オプティカルインテグレータとしてのシリンドリカルマイクロフライアイレンズ 9 に入射する。

【 0 0 2 0 】

シリンドリカルマイクロフライアイレンズ 9 は、図 2 に示すように、光源側に配置された第 1 フライアイ部材 9 a とマスク側に配置された第 2 フライアイ部材 9 b とにより構成されている。第 1 フライアイ部材 9 a の光源側の面および第 2 フライアイ部材 9 b の光源側の面には、X 方向に並んで配列された複数の円筒面形状の屈折面 (シリンドリカルレンズ群) 9 a a および 9 b a がそれぞれピッチ p_x で形成されている。第 1 フライアイ部材 9 a のマスク側の面および第 2 フライアイ部材 9 b のマスク側の面には、Z 方向に並んで配列された複数の円筒面形状の屈折面 (シリンドリカルレンズ群) 9 a b および 9 b b がそれぞれピッチ p_z ($p_z > p_x$) で形成されている。

【 0 0 2 1 】

シリンドリカルマイクロフライアイレンズ 9 の X 方向に関する屈折作用 (すなわち X Y 平面に関する屈折作用) に着目すると、光軸 A X に沿って入射した平行光束は、第 1 フライアイ部材 9 a の光源側に形成された一群の屈折面 9 a a によって X 方向に沿ってピッチ p_x で波面分割され、その屈折面で集光作用を受けた後、第 2 フライアイ部材 9 b の光源側に形成された一群の屈折面 9 b a 中の対応する屈折面で集光作用を受け、シリンドリカルマイクロフライアイレンズ 9 の後側焦点面上に集光する。

【 0 0 2 2 】

シリンドリカルマイクロフライアイレンズ 9 の Z 方向に関する屈折作用 (すなわち Y Z 平面に関する屈折作用) に着目すると、光軸 A X に沿って入射した平行光束は、第 1 フライアイ部材 9 a のマスク側に形成された一群の屈折面 9 a b によって Z 方向に沿ってピッチ p_z で波面分割され、その屈折面で集光作用を受けた後、第 2 フライアイ部材 9 b のマスク側に形成された一群の屈折面 9 b b 中の対応する屈折面で集光作用を受け、シリンドリカルマイクロフライアイレンズ 9 の後側焦点面上に集光する。

【 0 0 2 3 】

このように、シリンドリカルマイクロフライアイレンズ 9 は、シリンドリカルレンズ群が両側面に配置された第 1 フライアイ部材 9 a と第 2 フライアイ部材 9 b とにより構成されているが、X 方向に p_x のサイズを有し Z 方向に p_z のサイズを有する多数の矩形の微小屈折面 (波面分割要素) が縦横に且つ稠密に一体形成されたマイクロフライアイレンズと同様の光学的機能を発揮する。シリンドリカルマイクロフライアイレンズ 9 では、微小屈折面の面形状のばらつきに起因する歪曲収差の変化を小さく抑え、たとえばエッチング加工により一体的に形成される多数の微小屈折面の製造誤差が照度分布に与える影響を小さく抑えることができる。

【 0 0 2 4 】

所定面 6 の位置はズームレンズ 8 の前側焦点位置またはその近傍に配置され、シリンドリカルマイクロフライアイレンズ 9 の入射面はズームレンズ 8 の後側焦点位置またはその近傍に配置されている。換言すると、ズームレンズ 8 は、所定面 6 とシリンドリカルマイクロフライアイレンズ 9 の入射面とを実質的にフーリエ変換の関係に配置し、ひいてはアフォーカルレンズ 5 の瞳面とシリンドリカルマイクロフライアイレンズ 9 の入射面とを光学的にほぼ共役に配置している。

【 0 0 2 5 】

したがって、シリンドリカルマイクロフライアイレンズ 9 の入射面上には、アフォーカルレンズ 5 の瞳面と同様に、たとえば光軸 A X を中心とした輪帯状の照野が形成される。

10

20

30

40

50

この輪帯状の照野の全体形状は、ズームレンズ 8 の焦点距離に依存して相似的に変化する。シリンドリカルマイクロフライアイレンズ 9 における波面分割単位要素としての矩形形状の微小屈折面は、マスク M 上において形成すべき照野の形状（ひいてはウェハ W 上において形成すべき露光領域の形状）と相似な矩形形状である。

【 0 0 2 6 】

シリンドリカルマイクロフライアイレンズ 9 に入射した光束は二次元的に分割され、その後側焦点面またはその近傍の位置（ひいては照明瞳の位置）には、入射光束によって形成される照野とほぼ同じ光強度分布を有する二次光源、すなわち光軸 A X を中心とした輪帯状の実質的な面光源からなる二次光源が形成される。シリンドリカルマイクロフライアイレンズ 9 の後側焦点面またはその近傍に形成された二次光源からの光束は、その近傍に配置された開口絞り 1 0 に入射する。

10

【 0 0 2 7 】

開口絞り 1 0 は、シリンドリカルマイクロフライアイレンズ 9 の後側焦点面またはその近傍に形成される輪帯状の二次光源に対応した輪帯状の開口部（光透過部）を有する。開口絞り 1 0 は、照明光路に対して挿脱自在に構成され、且つ大きさおよび形状の異なる開口部を有する複数の開口絞りとして切り換え可能に構成されている。開口絞りの切り換え方式として、たとえば周知のターレット方式やスライド方式などを用いることができる。開口絞り 1 0 は、後述する投影光学系 P L の入射瞳面と光学的にほぼ共役な位置に配置され、二次光源の照明に寄与する範囲を規定する。なお、開口絞り 1 0 の設置を省略することもできる。

20

【 0 0 2 8 】

開口絞り 1 0 により制限された光は、コンデンサー光学系 1 1 を介して、マスクブラインド 1 2 を重畳的に照明する。こうして、照明視野絞りとしてのマスクブラインド 1 2 には、シリンドリカルマイクロフライアイレンズ 9 の波面分割要素である矩形形状の微小屈折面の形状と焦点距離とに応じた矩形形状の照野が形成される。マスクブラインド 1 2 の矩形形状の開口部（光透過部）を介した光束は、結像光学系 1 3 の集光作用を受けた後、所定のパターンが形成されたマスク M を重畳的に照明する。すなわち、結像光学系 1 3 は、マスクブラインド 1 2 の矩形形状開口部の像をマスク M 上に形成することになる。

【 0 0 2 9 】

マスクステージ M S 上に保持されたマスク M には転写すべきパターンが形成されており、パターン領域全体のうち Y 方向に沿って長辺を有し且つ X 方向に沿って短辺を有する矩形形状（スリット状）のパターン領域が照明される。マスク M のパターン領域を透過した光束は、投影光学系 P L を介して、ウェハステージ W S 上に保持されたウェハ（感光性基板）W 上にマスクパターンの像を形成する。すなわち、マスク M 上での矩形形状の照明領域に光学的に対応するように、ウェハ W 上においても Y 方向に沿って長辺を有し且つ X 方向に沿って短辺を有する矩形形状の静止露光領域（実効露光領域）にパターン像が形成される。

30

【 0 0 3 0 】

こうして、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式にしたがって、投影光学系 P L の光軸 A X と直交する平面（X Y 平面）内において、X 方向（走査方向）に沿ってマスクステージ M S とウェハステージ W S とを、ひいてはマスク M とウェハ W とを同期的に移動（走査）させることにより、ウェハ W 上には静止露光領域の Y 方向寸法に等しい幅を有し且つウェハ W の走査量（移動量）に応じた長さを有するショット領域（露光領域）に対してマスクパターンが走査露光される。

40

【 0 0 3 1 】

輪帯照明用の回折光学素子 4 に代えて、複数極照明（2 極照明、4 極照明、8 極照明など）用の回折光学素子（不図示）を照明光路中に設定することによって、複数極照明を行うことができる。複数極照明用の回折光学素子は、矩形形状の断面を有する平行光束が入射した場合に、ファースフィールドに複数極状（2 極状、4 極状、8 極状など）の光強度分布を形成する機能を有する。したがって、複数極照明用の回折光学素子を介した光束は、シリンドリカルマイクロフライアイレンズ 9 の入射面に、たとえば光軸 A X を中心とした複

50

数の円形状の照野からなる複数極状の照野を形成する。その結果、シリンドリカルマイクロフライアイレンズ9の後側焦点面またはその近傍にも、その入射面に形成された照野と同じ複数極状の二次光源が形成される。

【0032】

また、輪帯照明用の回折光学素子4に代えて、円形照明用の回折光学素子(不図示)を照明光路中に設定することによって、通常の円形照明を行うことができる。円形照明用の回折光学素子は、矩形状の断面を有する平行光束が入射した場合に、ファースフィールドに円形状の光強度分布を形成する機能を有する。したがって、円形照明用の回折光学素子を介した光束は、シリンドリカルマイクロフライアイレンズ9の入射面に、たとえば光軸AXを中心とした円形状の照野を形成する。その結果、シリンドリカルマイクロフライアイレンズ9の後側焦点面またはその近傍にも、その入射面に形成された照野と同じ円形状の二次光源が形成される。また、輪帯照明用の回折光学素子4に代えて、適当な特性を有する回折光学素子(不図示)を照明光路中に設定することによって、様々な形態の変形照明を行うことができる。回折光学素子4の切り換え方式として、たとえば周知のターレット方式やスライド方式などを用いることができる。

10

【0033】

円錐アキシコン系7は、光源側から順に、光源側に平面を向け且つマスク側に凹円錐状の屈折面を向けた第1プリズム部材7aと、マスク側に平面を向け且つ光源側に凸円錐状の屈折面を向けた第2プリズム部材7bとにより構成されている。そして、第1プリズム部材7aの凹円錐状の屈折面と第2プリズム部材7bの凸円錐状の屈折面とは、互いに当接可能なように相補的に形成されている。また、第1プリズム部材7aおよび第2プリズム部材7bのうち少なくとも一方の部材が光軸AXに沿って移動可能に構成され、第1プリズム部材7aの凹円錐状の屈折面と第2プリズム部材7bの凸円錐状の屈折面との間隔が可変に構成されている。以下、輪帯状または4極状の二次光源に着目して、円錐アキシコン系7の作用およびズームレンズ8の作用を説明する。

20

【0034】

第1プリズム部材7aの凹円錐状屈折面と第2プリズム部材7bの凸円錐状屈折面とが互いに当接している状態では、円錐アキシコン系7は平行平板として機能し、形成される輪帯状または4極状の二次光源に及ぼす影響はない。第1プリズム部材7aの凹円錐状屈折面と第2プリズム部材7bの凸円錐状屈折面とを離間させると、輪帯状または4極状の二次光源の幅(輪帯状の二次光源の外径と内径との差の $1/2$; 4極状の二次光源に外接する円の直径(外径)と内接する円の直径(内径)との差の $1/2$)を一定に保ちつつ、輪帯状または4極状の二次光源の外径(内径)が変化する。すなわち、輪帯状または4極状の二次光源の輪帯比(内径/外径)および大きさ(外径)が変化する。

30

【0035】

ズームレンズ8は、輪帯状または4極状の二次光源の全体形状を相似的に拡大または縮小する機能を有する。たとえば、ズームレンズ8の焦点距離を最小値から所定の値へ拡大させることにより、輪帯状または4極状の二次光源の全体形状が相似的に拡大される。換言すると、ズームレンズ8の作用により、輪帯状または4極状の二次光源の輪帯比が変化することなく、その幅および大きさ(外径)がともに変化する。このように、円錐アキシコン系7およびズームレンズ8の作用により、輪帯状または4極状の二次光源の輪帯比と大きさ(外径)とを制御することができる。

40

【0036】

一般に、シリンドリカルマイクロフライアイレンズでは、図3中の左図に示すように、一方向に沿って隣接配列されるべき複数(図3では2つだけを示す)の微小な円筒面形状の屈折面31が、例えば研磨またはエッチングの手法により平行平面状の光学部材に形成されている。この場合、各屈折面31を所望の面形状に精度良く製造することは困難である。また、隣接する2つの屈折面31の境界領域(破線の小円で示す)32を所望の面形状に精度良く製造することも困難である。

【0037】

50

特に、図3中の右図に模式的に示すように、実際に形成される2つの屈折面31aの境界領域32aは、設計上の所望面形状とは大きく異なる面形状になり易い。その結果、各屈折面31aの面形状誤差に起因して、ウェハWにおける照度均一性が低下する恐れがある。また、隣り合う2つの屈折面31aの境界領域32aを通過した光に起因して、すなわち境界領域32aの面形状誤差に起因して、ウェハWにおける照度均一性が低下する恐れがある。

【0038】

屈折面31aおよび境界領域32aの面形状誤差は、厳密には、製造されたシリンドリカルマイクロフライアイレンズ毎に、すなわち個体毎に異なる。しかしながら、屈折面31aおよび境界領域32aの面形状誤差の影響において、製造方法などに依存して多数のシリンドリカルマイクロフライアイレンズに共通に発生する面形状誤差の影響の方が、個体毎に発生する面形状誤差の影響よりも支配的である。換言すれば、屈折面31aおよび境界領域32aの面形状誤差に起因して、同じ製造方法により製造された多数のシリンドリカルマイクロフライアイレンズに共通の照度ムラがウェハWにおいて発生する傾向がある。

10

【0039】

露光装置では、マスクの微細パターンをウェハ上に正確に転写するために、図4に示すように、ウェハにおいてトップハット型の均一な照度分布34を得ることが求められる。しかしながら、特段の策を講じない限り、シリンドリカルマイクロフライアイレンズの製造に際して発生する屈折面および境界領域の面形状誤差に起因して照度ムラが発生し、ウェハW上に形成される矩形の静止露光領域において所望の均一な照度分布を得ることが困難である。とりわけ、境界領域の面形状誤差に起因して、照度分布の隅角部(図4において破線の小円34aで示す)において比較的大きな照度ムラが発生する傾向がある。

20

【0040】

すなわち、矩形の静止露光領域において長辺方向であるY方向および短辺方向であるX方向の双方向に照度ムラが発生する。本実施形態のような走査露光装置の場合、走査方向であるX方向に照度ムラがある程度残っていても、走査露光の平均化効果により大きな問題にはならない。しかしながら、走査直交方向であるY方向の照度ムラが残存していると、走査露光後に所望の照度分布を得ることが困難であり、ひいては所望の結像性能を達成することが困難である。

30

【0041】

本実施形態では、ウェハW上に形成される静止露光領域において、特にY方向(シリンドリカルマイクロフライアイレンズ9の位置ではZ方向に対応している)の照度ムラの発生を小さく抑えることが求められる。静止露光領域におけるY方向の照度分布の形成に設計的に寄与するのは、シリンドリカルマイクロフライアイレンズ9の第1フライアイ部材9aの射出側(マスク側)に形成された一群の屈折面9ab、および第2フライアイ部材9bの射出側に形成された一群の屈折面9bbである。シリンドリカルマイクロフライアイレンズ9に従来技術を適用した場合、一群の屈折面9abおよび屈折面9bbの面形状誤差、並びに屈折面9abの境界領域および屈折面9bbの境界領域の面形状誤差が、Y方向の照度分布における照度ムラの発生の原因となる。

40

【0042】

本実施形態では、図5に示すように、シリンドリカルマイクロフライアイレンズ9の第1フライアイ部材9aの射出側に形成された一群の屈折面9abにおいて互いに隣り合う2つの屈折面9abの間、および第2フライアイ部材9bの射出側に形成された一群の屈折面9bbにおいて互いに隣り合う2つの屈折面9bbの間に、例えば平面形状の領域9cを積極的に設け、第2フライアイ部材9bに設けられた平面形状の領域9cの全体または一部に回折光学面9dを形成している。

【0043】

すなわち、回折光学面9dは、一群の屈折面9bbの間に設けられたすべての平面形状の領域9cに形成されていても良いし、少なくとも1つの平面形状の領域9cに形成され

50

ていても良い。また、回折光学面 9 d は、1つの平面形状の領域 9 c の全体に亘って形成されていても良いし、1つの平面形状の領域 9 c のうちの一部の領域に形成されていても良い。なお、一群の屈折面 9 a b の間および一群の屈折面 9 b b の間に設けられる領域 9 c の面形状は、平面形状に限定されることなく、2つの円筒面形状の屈折面 9 a b , 9 b b の間に精度良く形成可能で且つ回折光学面 9 d を精度良く形成可能な面形状であれば良い。

【0044】

この場合、一群の屈折面 9 a b に入射して対応する屈折面 9 b b を通過した光は、コンデンサー光学系 1 1 および結像光学系 1 3 からなる導光光学系を介して、マスク M 上の照明領域を重疊的に照明し、さらに投影光学系 P L を介して静止露光領域を重疊的に照明する。また、一群の屈折面 9 a b の間に設けられた平面形状の領域 9 c に入射して対応する回折光学面 9 d (または回折光学面 9 d が形成されていない平面形状の領域 9 c) を通過した光も、導光光学系 (1 1 , 1 3) を介してマスク M 上の照明領域に達し、さらに投影光学系 P L を介して静止露光領域に達する。

10

【0045】

本実施形態では、回折光学面 9 d は、一群の屈折面 9 a b および 9 b b の面形状誤差に起因して発生する照度ムラ、並びに一群の屈折面 9 a b の間に設けられた領域 9 c および一群の屈折面 9 b b の間に設けられて回折光学面 9 d が形成されていない領域 9 c を通過した光に起因して発生する照度ムラを補正 (調整) するように設計されている。こうして、回折光学面 9 d の作用により、各屈折面 9 a b , 9 b b の面形状誤差などの影響を小さく抑え、ひいては走査直交方向である Y 方向の照度ムラの発生を小さく抑えて、ウェハ W 上の静止露光領域における Y 方向に沿った照度分布の均一化を図ることができる。その結果、走査露光後に所望の照度分布を得ることができ、所望の結像性能に基づいて良好な露光を行うことができる。

20

【0046】

なお、上述の説明では、第 2 フライアイ部材 9 b に設けられた平面形状の領域 9 c の全体または一部に回折光学面 9 d を形成している。しかしながら、これに限定されることなく、第 1 フライアイ部材 9 a に設けられた平面形状の領域 9 c の全体または一部に回折光学面 9 d を形成しても良いし、第 1 フライアイ部材 9 a および第 2 フライアイ部材 9 b の双方に回折光学面 9 d を形成しても良い。ただし、この場合には、第 1 フライアイ部材 9 a に設けられた回折光学面 9 d により回折された光が第 2 フライアイ部材 9 b を通過することになるため、回折光学面 9 d の設計が複雑になる可能性がある。

30

【0047】

また、上述の説明では、走査直交方向である Y 方向の照度ムラの発生を小さく抑えているが、走査方向である X 方向の照度ムラの発生も小さく抑えることにより、ウェハ W 上の静止露光領域の全体に亘って照度分布を均一化することも可能である。静止露光領域における X 方向の照度分布の形成に設計的に寄与するのは、シリンドリカルマイクロフライアイレンズ 9 の第 1 フライアイ部材 9 a の入射側 (光源側) に形成された一群の屈折面 9 a a 、および第 2 フライアイ部材 9 b の入射側に形成された一群の屈折面 9 b a である。

【0048】

したがって、静止露光領域の全体に亘って照度分布を均一化するには、図 5 の構成に加えて、図 6 に示すような構成を採用すれば良い。図 6 では、第 1 フライアイ部材 9 a の入射側に形成された一群の屈折面 9 a a において互いに隣り合う 2 つの屈折面 9 a a の間、および第 2 フライアイ部材 9 b の入射側に形成された一群の屈折面 9 b a において互いに隣り合う 2 つの屈折面 9 b a の間に、例えば平面形状の領域 9 e を設け、第 2 フライアイ部材 9 b に設けられた平面形状の領域 9 e の全体または一部に回折光学面 9 f を形成している。

40

【0049】

回折光学面 9 f は、一群の屈折面 9 a a および 9 b a の面形状誤差に起因して発生する照度ムラ、並びに一群の屈折面 9 a a の間に設けられた領域 9 e および一群の屈折面 9 b

50

a の間に設けられて回折光学面 9 f が形成されていない領域 9 e を通過した光に起因して発生する照度ムラを補正（調整）するように設計されている。その結果、第 2 フライアイ部材 9 b に設けられた回折光学面 9 d と 9 f との作用により、各屈折面 9 a a , 9 a b , 9 b a , 9 b b の面形状誤差などの影響を小さく抑えて、ウェハ W 上の静止露光領域の全体に亘って照度分布の均一化を図ることができる。

【 0 0 5 0 】

なお、図 6 では第 2 フライアイ部材 9 b に設けられた平面形状の領域 9 e の全体または一部に回折光学面 9 f を形成しているが、これに限定されることなく、第 1 フライアイ部材 9 a に設けられた平面形状の領域 9 e の全体または一部に回折光学面 9 f を形成しても良いし、第 1 フライアイ部材 9 a および第 2 フライアイ部材 9 b の双方に回折光学面 9 f を形成しても良い。ただし、この場合には、第 1 フライアイ部材 9 a に設けられた回折光学面 9 f により回折された光が第 2 フライアイ部材 9 b を通過することになるため、回折光学面 9 f の設計が複雑になる可能性がある。

10

【 0 0 5 1 】

また、上述の説明では、波面分割型のオプティカルインテグレータとして、図 2 に示すような形態を有するシリンダリカルマイクロフライアイレンズ 9 を用いているが、これに限定されることなく、例えば図 7 に示すような別の形態を有するシリンダリカルマイクロフライアイレンズ 1 9 を用いることもできる。シリンダリカルマイクロフライアイレンズ 1 9 は、図 7 に示すように、光源側に配置された第 1 フライアイ部材 1 9 a とマスク側に配置された第 2 フライアイ部材 1 9 b とにより構成されている。

20

【 0 0 5 2 】

第 1 フライアイ部材 1 9 a の光源側の面およびマスク側の面には、X 方向に並んで配列された複数の円筒面形状の屈折面（シリンダリカルレンズ群）1 9 a a および 1 9 a b がそれぞれピッチ p_1 で形成されている。第 2 フライアイ部材 1 9 b の光源側の面およびマスク側の面には、Z 方向に並んで配列された複数の円筒面形状の屈折面（シリンダリカルレンズ群）1 9 b a および 1 9 b b がそれぞれピッチ p_2 ($p_2 > p_1$) で形成されている。

【 0 0 5 3 】

シリンダリカルマイクロフライアイレンズ 1 9 の X 方向に関する屈折作用（すなわち X-Y 平面に関する屈折作用）に着目すると、光軸 A X に沿って入射した平行光束は、第 1 フライアイ部材 1 9 a の光源側に形成された一群の屈折面 1 9 a a によって X 方向に沿ってピッチ p_1 で波面分割され、その屈折面で集光作用を受けた後、第 1 フライアイ部材 1 9 a のマスク側に形成された一群の屈折面 1 9 a b 中の対応する屈折面で集光作用を受け、シリンダリカルマイクロフライアイレンズ 1 9 の後側焦点面上に集光する。

30

【 0 0 5 4 】

シリンダリカルマイクロフライアイレンズ 1 9 の Z 方向に関する屈折作用（すなわち Y-Z 平面に関する屈折作用）に着目すると、光軸 A X に沿って入射した平行光束は、第 2 フライアイ部材 1 9 b の光源側に形成された一群の屈折面 1 9 b a によって Z 方向に沿ってピッチ p_2 で波面分割され、その屈折面で集光作用を受けた後、第 2 フライアイ部材 1 9 b のマスク側に形成された一群の屈折面 1 9 b b 中の対応する屈折面で集光作用を受け、シリンダリカルマイクロフライアイレンズ 1 9 の後側焦点面上に集光する。

40

【 0 0 5 5 】

シリンダリカルマイクロフライアイレンズ 1 9 を用いる場合、静止露光領域における Y 方向（走査直交方向）の照度分布の形成に設計的に寄与するのは、第 2 フライアイ部材 1 9 b の入射側（光源側）に形成された一群の屈折面 1 9 b a 、および第 2 フライアイ部材 1 9 b の射出側（マスク側）に形成された一群の屈折面 1 9 b b である。したがって、静止露光領域における Y 方向の照度分布を均一化するには、図 8 に示すような構成を採用すれば良い。

【 0 0 5 6 】

図 8 では、シリンダリカルマイクロフライアイレンズ 1 9 の第 2 フライアイ部材 1 9 b

50

の入射側に形成された一群の屈折面 19 b a において互いに隣り合う 2 つの屈折面 19 b a の間、および第 2 フライアイ部材 19 b の射出側に形成された一群の屈折面 19 b b において互いに隣り合う 2 つの屈折面 19 b b の間に、例えば平面形状の領域 19 c を設け、第 2 フライアイ部材 19 b の射出側に設けられた平面形状の領域 19 c の全体または一部に回折光学面 19 d を形成している。

【0057】

回折光学面 19 d は、一群の屈折面 19 b a および 19 b b の面形状誤差に起因して発生する照度ムラ、並びに一群の屈折面 19 b a の間に設けられた領域 19 c および一群の屈折面 19 b b の間に設けられて回折光学面 19 d が形成されていない領域 19 c を通過した光に起因して発生する照度ムラを補正（調整）するように設計されている。その結果、第 2 フライアイ部材 19 b に設けられた回折光学面 19 d の作用により、各屈折面 19 b a , 19 b b の面形状誤差などの影響を小さく抑えて、ウェハ W 上の静止露光領域における Y 方向の照度分布の均一化を図ることができる。

10

【0058】

なお、図 8 では第 2 フライアイ部材 19 b の射出側に設けられた平面形状の領域 19 c の全体または一部に回折光学面 19 d を形成しているが、これに限定されることなく、第 2 フライアイ部材 19 b の入射側に設けられた平面形状の領域 19 c の全体または一部に回折光学面 19 d を形成しても良いし、第 2 フライアイ部材 19 b の入射側および射出側の双方に回折光学面 19 d を形成しても良い。ただし、この場合には、第 2 フライアイ部材 19 b の入射側に設けられた回折光学面 19 d により回折された光が第 2 フライアイ部材 19 b の内部を通過することになるため、回折光学面 19 d の設計が複雑になる可能性がある。

20

【0059】

一方、シリンダリカルマイクロフライアイレンズ 19 を用いる場合、静止露光領域における X 方向（走査方向）の照度分布の形成に設計的に寄与するのは、第 1 フライアイ部材 19 a の入射側（光源側）に形成された一群の屈折面 19 a a および第 1 フライアイ部材 19 a の射出側（マスク側）に形成された一群の屈折面 19 a b である。したがって、静止露光領域の全体に亘って照度分布を均一化するには、図 8 の構成に加えて、図 9 に示すような構成を採用すれば良い。

【0060】

図 9 では、シリンダリカルマイクロフライアイレンズ 19 の第 1 フライアイ部材 19 a の入射側に形成された一群の屈折面 19 a a において互いに隣り合う 2 つの屈折面 19 a a の間、および第 1 フライアイ部材 19 a の射出側に形成された一群の屈折面 19 a b において互いに隣り合う 2 つの屈折面 19 a b の間に、例えば平面形状の領域 19 e を設け、第 1 フライアイ部材 19 a の射出側に設けられた平面形状の領域 19 e の全体または一部に回折光学面 19 f を形成している。

30

【0061】

回折光学面 19 f は、一群の屈折面 19 a a および 19 a b の面形状誤差に起因して発生する照度ムラ、並びに一群の屈折面 19 a a の間に設けられた領域 19 e および一群の屈折面 19 a b の間に設けられて回折光学面 19 f が形成されていない領域 19 e を通過した光に起因して発生する照度ムラを補正（調整）するように設計されている。その結果、第 2 フライアイ部材 19 b に設けられた回折光学面 19 d と第 1 フライアイ部材 19 a に設けられた回折光学面 19 f との作用により、各屈折面 19 a a , 19 a b , 19 b a , 19 b b の面形状誤差などの影響を小さく抑えて、ウェハ W 上の静止露光領域の全体に亘って照度分布の均一化を図ることができる。

40

【0062】

なお、図 9 では第 1 フライアイ部材 19 a の射出側に設けられた平面形状の領域 19 e の全体または一部に回折光学面 19 f を形成しているが、これに限定されることなく、第 1 フライアイ部材 19 a の入射側に設けられた平面形状の領域 19 e の全体または一部に回折光学面 19 f を形成しても良いし、第 1 フライアイ部材 19 a の入射側および射出側

50

の双方に回折光学面 19f を形成しても良い。ただし、この場合には、第 1 フライアイ部材 19a の入射側に設けられた回折光学面 19f により回折された光が第 1 フライアイ部材 19a の内部および第 2 フライアイ部材 19b を通過することになるため、回折光学面 19f の設計が複雑になる可能性がある。

【0063】

なお、上述の実施形態では、一对のフライアイ部材（光学部材）からなるシリンドリカルマイクロフライアイレンズ 9, 19 に対して本発明を適用している。しかしながら、これに限定されることなく、単一の光学部材からなるオプティカルインテグレータに対しても同様に本発明を適用することができる。例えばマイクロフライアイレンズまたはフライアイレンズでは、単一の光学部材の入射面および射出面のうちの少なくとも一方の面に複数の屈折面が二次元的に配列されているが、互いに隣り合う複数の屈折面の間の領域に少なくとも 1 つの回折光学面を形成すれば良い。この場合、単一の光学部材の射出面に回折光学面を形成することにより、回折光学面の設計が容易になる。一般には、一次元的または二次元的に配列された複数の屈折面を有する波面分割型のオプティカルインテグレータにおいて、互いに隣り合う複数の屈折面の間の領域に少なくとも 1 つの回折光学面を形成することにより、本発明の作用効果を達成することができる。

10

【0064】

また、上述の実施形態では、マスクおよびウェハを投影光学系に対して相対移動させながら、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式にしたがってウェハの各露光領域にパターンをスキャン露光する露光装置に対して、本発明を適用している。しかしながら、これに限定されることなく、ウェハを二次元的に駆動制御しながら一括露光を行うことにより、いわゆるステップ・アンド・リピート方式にしたがってウェハのショット領域にパターンを逐次露光する露光装置に対しても、本発明を適用することもできる。

20

【0065】

また、上述の実施形態では、マスクの代わりに、所定の電子データに基づいて所定パターンを形成する可変パターン形成装置を用いることができる。このような可変パターン形成装置を用いれば、パターン面が縦置きでも同期精度に及ぼす影響を最低限にできる。なお、可変パターン形成装置としては、たとえば所定の電子データに基づいて駆動される複数の反射素子を含む DMD（デジタル・マイクロミラー・デバイス）を用いることができる。DMD を用いた露光装置は、例えば特開平 8 - 313842 号公報、特開 2004 - 304135 号公報に開示されている。また、DMD のような非発光型の反射型空間光変調器以外に、透過型空間光変調器を用いても良く、自発光型の画像表示素子を用いても良い。なお、パターン面が横置きの場合であっても可変パターン形成装置を用いても良い。

30

【0066】

上述の実施形態の露光装置は、本願特許請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学的精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学的精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

40

【0067】

次に、上述の実施形態にかかる露光装置を用いたデバイス製造方法について説明する。図 10 は、半導体デバイスの製造工程を示すフローチャートである。図 10 に示すように、半導体デバイスの製造工程では、半導体デバイスの基板となるウェハ W に金属膜を蒸着し（ステップ S40）、この蒸着した金属膜上に感光性材料であるフォトレジストを塗布

50

する（ステップ S 4 2）。つづいて、上述の実施形態の投影露光装置を用い、マスク（レチクル）Mに形成されたパターンをウェハW上の各ショット領域に転写し（ステップ S 4 4：露光工程）、この転写が終了したウェハWの現像、つまりパターンが転写されたフォトレジストの現像を行う（ステップ S 4 6：現像工程）。その後、ステップ S 4 6によってウェハWの表面に生成されたレジストパターンをマスクとし、ウェハWの表面に対してエッチング等の加工を行う（ステップ S 4 8：加工工程）。

【0068】

ここで、レジストパターンとは、上述の実施形態の投影露光装置によって転写されたパターンに対応する形状の凹凸が生成されたフォトレジスト層であって、その凹部がフォトレジスト層を貫通しているものである。ステップ S 4 8では、このレジストパターンを介してウェハWの表面の加工を行う。ステップ S 4 8で行われる加工には、例えばウェハWの表面のエッチングまたは金属膜等の成膜の少なくとも一方が含まれる。なお、ステップ S 4 4では、上述の実施形態の投影露光装置は、フォトレジストが塗布されたウェハWを、感光性基板つまりプレートPとしてパターンの転写を行う。

10

【0069】

図11は、液晶表示素子等の液晶デバイスの製造工程を示すフローチャートである。図11に示すように、液晶デバイスの製造工程では、パターン形成工程（ステップ S 5 0）、カラーフィルタ形成工程（ステップ S 5 2）、セル組立工程（ステップ S 5 4）およびモジュール組立工程（ステップ S 5 6）を順次行う。

20

【0070】

ステップ S 5 0のパターン形成工程では、プレートPとしてフォトレジストが塗布されたガラス基板上に、上述の実施形態の投影露光装置を用いて回路パターンおよび電極パターン等の所定のパターンを形成する。このパターン形成工程には、上述の実施形態の投影露光装置を用いてフォトレジスト層にパターンを転写する露光工程と、パターンが転写されたプレートPの現像、つまりガラス基板上のフォトレジスト層の現像を行い、パターンに対応する形状のフォトレジスト層を生成する現像工程と、この現像されたフォトレジスト層を介してガラス基板の表面を加工する加工工程とが含まれている。

【0071】

ステップ S 5 2のカラーフィルタ形成工程では、R（Red）、G（Green）、B（Blue）に対応する3つのドットの組をマトリックス状に多数配列するか、またはR、G、Bの3本のストライプのフィルタの組を水平走査方向に複数配列したカラーフィルタを形成する。

30

【0072】

ステップ S 5 4のセル組立工程では、ステップ S 5 0によって所定パターンが形成されたガラス基板と、ステップ S 5 2によって形成されたカラーフィルタとを用いて液晶パネル（液晶セル）を組み立てる。具体的には、例えばガラス基板とカラーフィルタとの間に液晶を注入することで液晶パネルを形成する。ステップ S 5 6のモジュール組立工程では、ステップ S 5 4によって組み立てられた液晶パネルに対し、この液晶パネルの表示動作を行わせる電気回路およびバックライト等の各種部品を取り付ける。

40

【0073】

また、本発明は、半導体デバイス製造用の露光装置への適用に限定されることなく、例えば、角型のガラスプレートに形成される液晶表示素子、若しくはプラズマディスプレイ等のディスプレイ装置用の露光装置や、撮像素子（CCD等）、マイクロマシーン、薄膜磁気ヘッド、及びDNAチップ等の各種デバイスを製造するための露光装置にも広く適用できる。更に、本発明は、各種デバイスのマスクパターンが形成されたマスク（フォトマスク、レチクル等）をフォトリソグラフィ工程を用いて製造する際の、露光工程（露光装置）にも適用することができる。

【0074】

なお、上述の実施形態では、露光光としてArFエキシマレーザ光（波長：193nm）やKrFエキシマレーザ光（波長：248nm）を用いているが、これに限定されるこ

50

となく、他の適当なレーザ光源、たとえば波長157nmのレーザ光を供給するF₂レーザ光源などに対して本発明を適用することもできる。

【0075】

また、上述の実施形態では、露光装置の照明光学系に使用されるオプティカルインテグレートに対して本発明を適用しているが、これに限定されることなく、一般的な光学装置に使用される波面分割型のオプティカルインテグレートに対して本発明を適用することもできる。また、上述の実施形態では、露光装置においてマスクまたはウェハを照明する照明光学系に対して本発明を適用しているが、これに限定されることなく、マスクまたはウェハ以外の被照射面を照明する一般的な照明光学系に対して本発明を適用することもできる。

10

【図面の簡単な説明】

【0076】

【図1】本発明の実施形態にかかる露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図2】図1のシリンダリカルマイクロフライアイレンズの構成を概略的に示す斜視図である。

【図3】シリンダリカルマイクロフライアイレンズの屈折面および境界領域の面形状に発生する誤差を模式的に示す図である。

【図4】ウェハ上に形成されるべき均一な照度分布、および屈折面の境界領域の面形状誤差に起因して照度ムラが発生し易い部位を示す図である。

【図5】図2のシリンダリカルマイクロフライアイレンズにおいて走査直交方向の照度分布を均一化するための構成を概略的に説明する図である。

20

【図6】図2のシリンダリカルマイクロフライアイレンズにおいて静止露光領域の全体に亘って照度分布を均一化するための構成を概略的に説明する図である。

【図7】図2とは別の形態を有するシリンダリカルマイクロフライアイレンズの構成を概略的に示す斜視図である。

【図8】図7のシリンダリカルマイクロフライアイレンズにおいて走査直交方向の照度分布を均一化するための構成を概略的に説明する図である。

【図9】図7のシリンダリカルマイクロフライアイレンズにおいて静止露光領域の全体に亘って照度分布を均一化するための構成を概略的に説明する図である。

【図10】半導体デバイスの製造工程を示すフローチャートである。

30

【図11】液晶表示素子等の液晶デバイスの製造工程を示すフローチャートである。

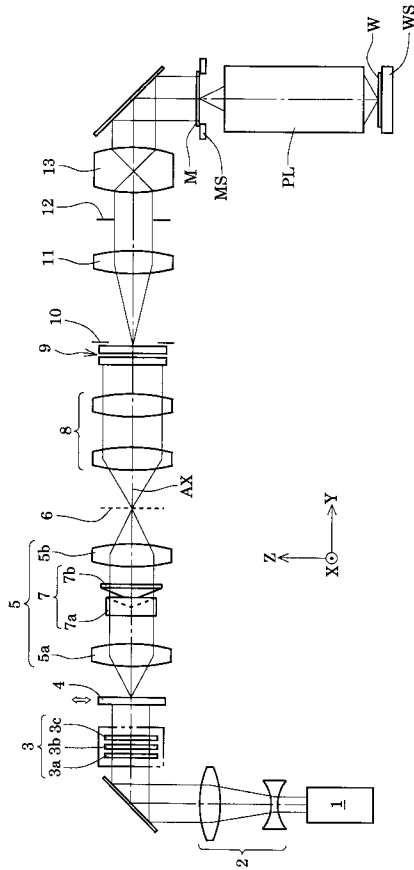
【符号の説明】

【0077】

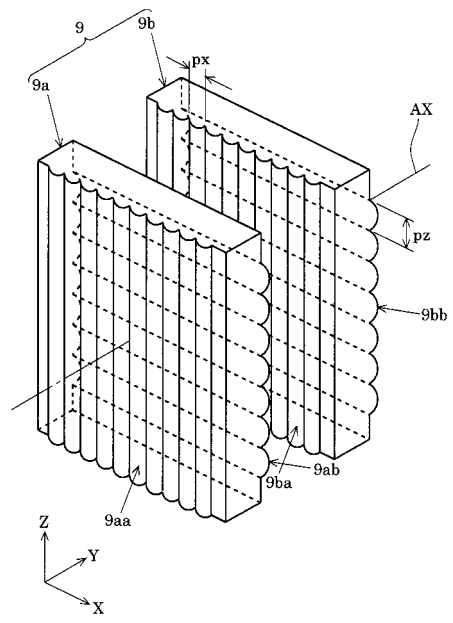
- 1 光源
- 3 偏光状態切換部
- 4 回折光学素子
- 5 アフォーカルレンズ
- 7 円錐アキシコン系
- 8 ズームレンズ
- 9 シリンダリカルマイクロフライアイレンズ（オプティカルインテグレート）
- 11 コンデンサー光学系
- 12 マスクブラインド
- 13 結像光学系
- M マスク
- PL 投影光学系
- W ウェハ

40

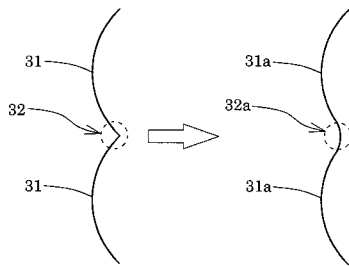
【 図 1 】



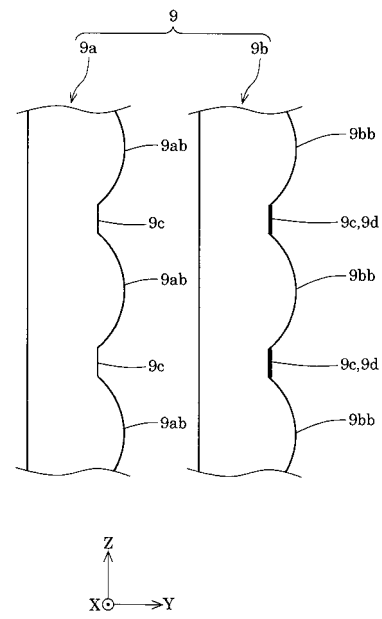
【 図 2 】



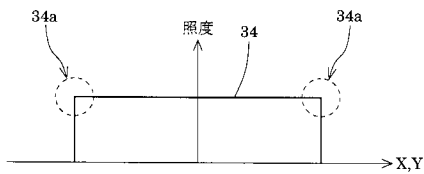
【 図 3 】



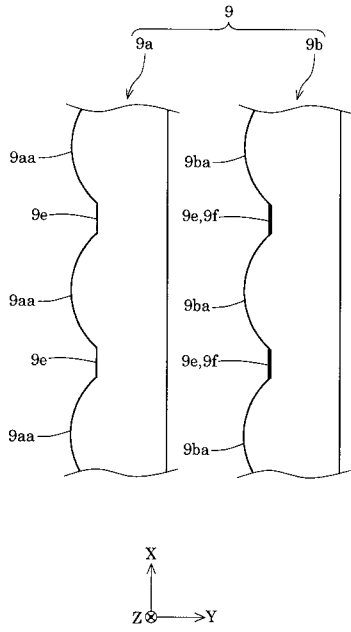
【 図 5 】



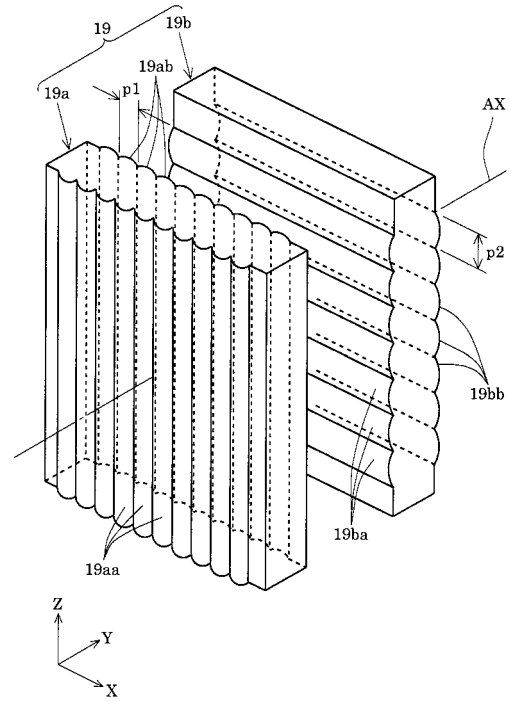
【 図 4 】



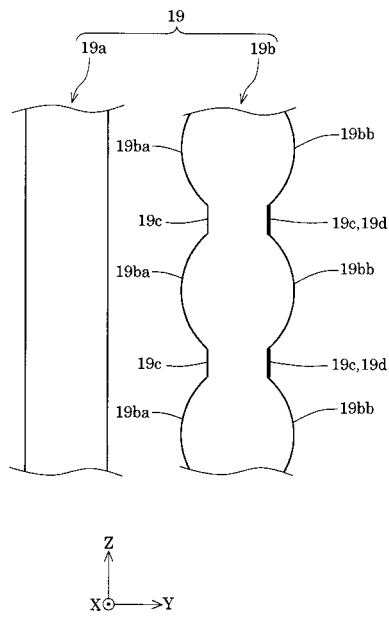
【 図 6 】



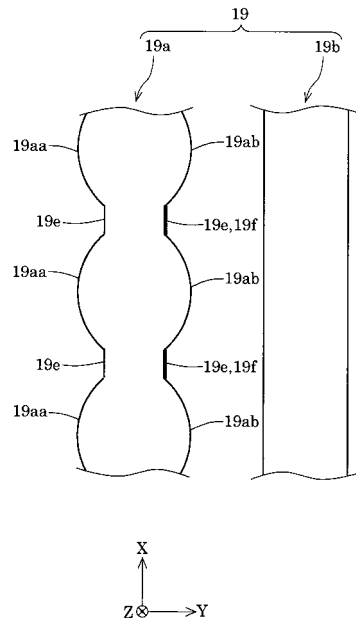
【 図 7 】



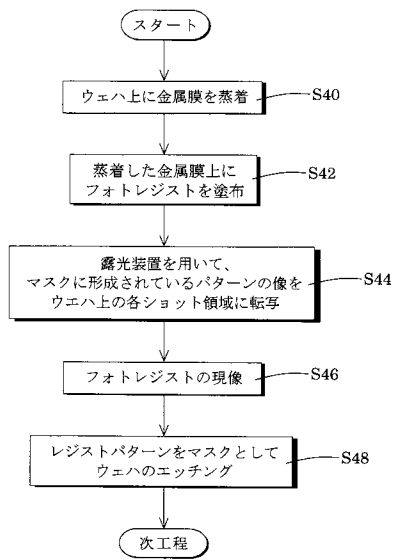
【 図 8 】



【 図 9 】



【図 10】



【図 11】

