

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6806236号
(P6806236)

(45) 発行日 令和3年1月6日 (2021.1.6)

(24) 登録日 令和2年12月8日 (2020.12.8)

(51) Int.Cl.

F I

GO3F 7/20 (2006.01)

GO3F 7/20 501

GO2B 19/00 (2006.01)

GO2B 19/00

請求項の数 27 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2019-506258 (P2019-506258)	(73) 特許権者	000004112
(86) (22) 出願日	平成30年3月15日 (2018.3.15)		株式会社ニコン
(86) 国際出願番号	PCT/JP2018/010204		東京都港区港南二丁目15番3号
(87) 国際公開番号	W02018/168993	(74) 代理人	100098165
(87) 国際公開日	平成30年9月20日 (2018.9.20)		弁理士 大森 聡
審査請求日	令和1年8月30日 (2019.8.30)	(72) 発明者	加藤 正紀
(31) 優先権主張番号	特願2017-52365 (P2017-52365)		東京都港区港南二丁目15番3号 株式会
(32) 優先日	平成29年3月17日 (2017.3.17)		社ニコン内
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)	審査官	右▲高▼ 孝幸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 照明装置及び方法、露光装置及び方法、並びにデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

マスクを照明する照明装置であって、
照明光を発生する光源と、
前記照明光の傾き角を調整する光学系と、
前記光学系を介した前記照明光を集光する第1集光光学系と、
前記光学系を介した前記照明光を、前記照明光の前記傾き角を維持して前記第1集光光学系に射出する光学部材と、
前記第1集光光学系から射出した前記照明光の開口数を調整する開口絞りと、
開口数が調整された前記照明光を前記マスクに導く第2集光光学系と、
を備え、
前記光学部材は、前記光学系を介した前記照明光を、前記照明光の前記傾き角を維持して複数の光束に分岐し、
前記第1集光光学系、前記開口絞り、及び前記第2集光光学系を、前記光学部材で分岐される前記複数の光束に対応して複数組備え、
前記マスクの複数の照明領域を照明する、照明装置。

【請求項2】

前記第1集光光学系は、前記照明光の照度分布を均一化する複数の光学要素を含んだ光学要素群を有し、
前記光学部材を通過した前記照明光は、前記第1集光光学系の複数の前記光学要素の入

射口の大きさよりも広い領域に分布する、請求項 1 に記載の照明装置。

【請求項 3】

前記開口絞りの開口数に基づいて、前記光学系は、前記照明光の前記傾き角を調整する、請求項 1 又は 2 に記載の照明装置。

【請求項 4】

前記開口絞りで開口数を小さくするときに、前記光学系は、前記照明光の前記傾き角を小さくする、請求項 3 に記載の照明装置。

【請求項 5】

前記開口絞りで開口数を大きくするか、又は前記開口絞りの開口を輪帯形状にするときに、前記光学系は、前記照明光の前記傾き角を大きくする、請求項 3 に記載の照明装置。

10

【請求項 6】

前記光学系は、前記光源の倍率可変の像を形成する変倍光学系である、請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の照明装置。

【請求項 7】

前記開口絞りで開口数を小さくするときに、前記変倍光学系は、前記光源の像の倍率を大きくする、請求項 6 に記載の照明装置。

【請求項 8】

前記開口絞りで開口数を大きくするか、又は前記開口絞りの開口を輪帯形状にするときに、前記変倍光学系は、前記光源の像の倍率を小さくする、請求項 6 に記載の照明装置。

【請求項 9】

20

前記光学部材は、複数の入射端を有し、
前記光源及び前記光学系を、前記光学部材の前記複数の入射端に対応して複数組備える、請求項 1 に記載の照明装置。

【請求項 10】

前記光源の像の照度分布は正規分布状である、請求項 1 ～ 9 のいずれか一項に記載の照明装置。

【請求項 11】

前記光学部材は複数の光ファイバ素線を束ねて構成され、
前記光学部材の射出端を構成する前記光ファイバ素線の数と、前記光学要素群の複数の前記光学要素のそれぞれの射出端に形成される光源像の数とがほぼ等しい範囲で、前記開口絞りで前記照明光の開口数を調整する、請求項 2 に記載の照明装置。

30

【請求項 12】

マスクのパターンを基板に露光する露光装置であって、
請求項 1 ～ 11 のいずれか一項に記載の照明装置と、
前記照明装置で照明された前記マスクのパターンの像を基板に形成する投影光学系と、を備える露光装置。

【請求項 13】

前記照明装置は前記マスクの複数の照明領域を照明し、
前記投影光学系を、前記複数の照明領域に対応して複数備え、
前記複数の照明領域の配列方向に交差する方向に、前記マスクと前記基板とを相対的に走査するステージ装置を備える請求項 12 に記載の露光装置。

40

【請求項 14】

マスクを照明する照明方法であって、
光源から発生された照明光の傾き角を調整することと、
前記傾き角が調整された前記照明光を、前記照明光の前記傾き角を維持する光学部材を介して射出することと、
射出された前記照明光を集光することと、
前記照明光の開口数を調整することと、
開口数が調整された前記照明光を前記マスクに導くことと、
前記光学部材を用いて、前記傾き角が調整された前記照明光を複数の光束に分岐するこ

50

とと、を含み、

前記複数の光束を用いて、前記マスクの複数の照明領域を照明する、照明方法。

【請求項 1 5】

前記照明光を集光することは、複数の光学要素を含んだ光学要素群を用いて前記照明光の照度分布を均一化することを含み、

前記光学部材を通過した前記照明光は、複数の前記光学要素の入射口の大きさよりも広い領域に分布する、請求項 1 4 に記載の照明方法。

【請求項 1 6】

前記照明光の前記傾き角を調整することは、前記照明光の開口数に基づいて前記照明光の前記傾き角を調整することを含む、請求項 1 4 又は 1 5 に記載の照明方法。

【請求項 1 7】

前記照明光の開口数を小さくするときに、前記照明光の前記傾き角を小さくする、請求項 1 6 に記載の照明方法。

【請求項 1 8】

前記照明光の開口数を調整することは、前記照明光を用いて輪帯照明を行うことを含み、

前記照明光の開口数を大きくするか、又は前記照明光を用いて輪帯照明を行うときに、前記照明光の前記傾き角を大きくする、請求項 1 6 に記載の照明方法。

【請求項 1 9】

前記照明光の前記傾き角を調整することは、前記光源の倍率可変の像を形成することを含む、請求項 1 4 ~ 1 8 のいずれか一項に記載の照明方法。

【請求項 2 0】

前記照明光の開口数を小さくするときに、前記光源の像の倍率を大きくする、請求項 1 9 に記載の照明方法。

【請求項 2 1】

前記照明光の開口数を調整することは、前記照明光を用いて輪帯照明を行うことを含み、

前記照明光の開口数を大きくするか、又は前記照明光を用いて輪帯照明を行うときに、前記光源の像の倍率を小さくする、請求項 1 9 に記載の照明方法。

【請求項 2 2】

前記光学部材は、複数の入射端を有し、
複数の前記光源からの前記照明光をそれぞれ前記傾き角を調整して前記複数の入射端に入射させることを含む、請求項 1 4 に記載の照明方法。

【請求項 2 3】

前記光学部材は複数の光ファイバ素線を束ねて構成され、
前記光学部材の射出端を構成する前記光ファイバ素線の数と、前記光学要素群の複数の前記光学要素のそれぞれの射出端に形成される光源像の数とがほぼ等しい範囲で、前記照明光の開口数を調整する、請求項 1 5 に記載の照明方法。

【請求項 2 4】

マスクのパターンを基板に露光する露光方法であって、
請求項 1 4 ~ 2 3 のいずれか一項に記載の照明方法を用いて前記マスクを照明することと、

照明された前記マスクのパターンの像を基板に形成することと、
を含む露光方法。

【請求項 2 5】

前記照明方法は前記マスクの複数の照明領域を照明することを含み、
前記複数の照明領域の前記マスクのパターンの像をそれぞれ前記基板に形成することと、

前記複数の照明領域の配列方向に交差する方向に、前記マスクと前記基板とを相対的に走査することとを含む、請求項 2 4 に記載の露光方法。

10

20

30

40

50

【請求項 2 6】

請求項 1 2 又は 1 3 に記載の露光装置を用いて、所定のパターンを基板に形成することと、

前記所定のパターンを介して前記基板を加工することと、を含むデバイス製造方法。

【請求項 2 7】

請求項 2 4 又は 2 5 に記載の露光方法を用いて、所定のパターンを基板に形成することと、

前記所定のパターンを介して前記基板を加工することと、を含むデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0 0 0 1】

本発明は、照明光で物体を照明する照明技術、照明技術を用いる露光技術、及び露光技術を用いるデバイス製造技術に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

従来、液晶表示素子、半導体素子、薄膜磁気ヘッド等の電子デバイスを製造するためのフォトリソグラフィ工程で、照明装置により照明されたマスクのパターンを、投影光学系を介してフォトレジスト等の感光剤が塗布されたプレート等の基板に転写するために露光装置が用いられている。

従来の照明装置として、水銀ランプからの照明光束の断面形状を制御するための複数の円錐又は角錐状の光学部材からなる光学系を備え、輪帯照明を行う場合に照明光の利用効率を高めるために、輪帯状の照明光源の形状に応じて、その光学系を用いて照明光束の断面形状を制御する照明装置が使用されている（例えば特許文献 1 参照）。

20

【0 0 0 3】

露光装置では輪帯照明以外の照明方法も使用される。このような場合にも、照明光の利用効率を高めることを考慮することが望まれている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 4】

【特許文献 1】 米国特許第 5 , 7 1 9 , 7 0 4 号明細書

30

【発明の概要】

【0 0 0 5】

第 1 の態様によれば、マスクを照明する照明装置であって、照明光を発生する光源と、その照明光の傾き角を調整する光学系と、その光学系を介したその照明光を集光する第 1 集光光学系と、その光学系を介したその照明光を、その照明光のその傾き角を維持してその第 1 集光光学系に射出する光学部材と、その第 1 集光光学系から射出したその照明光の開口数を調整する開口絞りと、開口数が調整されたその照明光をそのマスクに導く第 2 集光光学系と、を備え、その光学部材は、その光学系を介したその照明光を、その照明光のその傾き角を維持して複数の光束に分岐し、その第 1 集光光学系、その開口絞り、及びその第 2 集光光学系を、その光学部材で分岐されるその複数の光束に対応して複数組備え、そのマスクの複数の照明領域を照明する照明装置が提供される。

40

【0 0 0 6】

第 2 の態様によれば、マスクのパターンを基板に露光する露光装置であって、第 1 の態様の照明装置と、その照明装置で照明されたそのマスクのパターンの像を基板に形成する投影光学系と、を備える露光装置が提供される。

第 3 の態様によれば、マスクを照明する照明方法であって、光源から発生された照明光の傾き角を調整することと、その傾き角が調整されたその照明光を、その照明光のその傾き角を維持する光学部材を介して射出することと、射出されたその照明光を集光することと、その照明光の開口数を調整することと、開口数が調整されたその照明光をそのマスクに導くことと、その光学部材を用いて、その傾き角が調整されたその照明光を複数の光束

50

に分岐することと、を含み、その複数の光束を用いて、そのマスクの複数の照明領域を照明する照明方法が提供される。

【 0 0 0 7 】

第 4 の態様によれば、マスクのパターンを基板に露光する露光方法であって、第 3 の態様の照明方法を用いてそのマスクを照明することと、照明されたそのマスクのパターンの像を基板に形成することと、を含む露光方法が提供される。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 8 】

【図 1】一実施形態に係る露光装置の概略構成を示す斜視図である。

【図 2】一実施形態に係る照明装置の構成を示す図である。

【図 3】一実施形態に係る部分投影光学系及びステージ系の構成を示す図である。

【図 4】照明方法及び露光方法の一例を示すフローチャートである。

【図 5】(A) は照明光の値が大きいときの照明装置の要部を示す図、(B) は照明光の値が小さいときの照明装置の要部を示す図である。

【図 6】(A) は比較例の照明装置の要部を示す図、(B) はライトガイドファイバの入射端における光強度分布を示す図、(C) はフライアイレンズの入射端における光強度分布を示す図である。

【図 7】(A) は部分照明光学系を示す図、(B) は図 7 (A) のライトガイドファイバの射出端を示す拡大図である。

【図 8】(A) は輪帯照明時の開口絞りの開口の一例を示す図、(B) は大照明時の開口絞りの開口の一例を示す図、(C) は小照明時の開口絞りの開口の一例を示す図である。

【図 9】(A) 及び(B) はフライアイレンズの射出面を示す概念図である。

【図 10】(A) は変倍光学系の構成例を示す図、(B) は切り換え式の光学系の構成例を示す図、(C) はレーザビームの傾き角を制御する光学部材の一例を示す図である。

【図 11】電子デバイス製造方法の一例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 9 】

一実施形態について、図 1 ~ 図 9 (B) を参照して説明する。図 1 は、本実施形態に係る露光装置 E X を示す斜視図である。本実施形態では、露光装置 E X が、複数の反射屈折型の部分投影光学系を有する投影光学系 P L に対してマスク M と感光剤が塗布された基板としての平板状のプレート P とを同期移動させつつ、マスク M に形成されたパターンの像をプレート P に転写するステップ・アンド・スキャン方式の露光装置であるものとして説明する。

【 0 0 1 0 】

以下では、図 1 において、プレート P に平行な平面内で直交するように X 軸、Y 軸を取り、その平面 (X Y 平面) に垂直に Z 軸を取って説明する。一例として、X Y 平面が水平面に平行な面に設定され、Z 軸が鉛直線に平行に設定される。また、この実施形態ではマスク M 及びプレート P を同期移動させる方向である走査方向を X 軸に平行な方向 (X 方向) に設定している。このとき、走査方向に直交する非走査方向は Y 軸に平行な方向 (Y 方向) である。

【 0 0 1 1 】

露光装置 E X は、マスクステージ M S T (図 3 参照) に支持されたマスク M のパターン面 (以下、マスク面ともいう) を均一な照度分布の照明光で照明するための照明装置 I L A と、投影光学系 P L と、装置全体の動作を制御するコンピュータよりなる制御部 3 0 とを備えている。照明装置 I L A は、マスク面に Y 方向 (非走査方向) に沿って配置された第 1 列の複数 (ここでは 4 個) の照明領域 2 1 a , 2 1 c , 2 1 e , 2 1 g と、第 1 列の照明領域 2 1 a ~ 2 1 g に対して走査方向 (X 方向) にずれた状態で、照明領域 2 1 a ~ 2 1 g の間に位置する第 2 列の複数 (ここでは 3 つ) の照明領域 (不図示) とを照明する。このように照明装置 I L A はマスク面の 7 つの照明領域を照明するが、照明領域の配置

10

20

30

40

50

及び個数は任意である。

【0012】

本実施形態では、後述のように投影光学系 PL 内に視野絞りが配置されているため、照明領域 21a ~ 21g は、その視野絞りのマスク面における像よりもわずかに大きい形状であればよい。照明装置 ILA は、図 2 に示すように、超高圧水銀ランプよりなる 3 つの光源 2a, 2b, 2c を備えている。光源 2a, 2b, 2c から射出した照明光 3a, 3b, 3c は、それぞれ楕円鏡 4a, 4b, 4c により集光される。光源 2a ~ 2c は、楕円鏡 4a ~ 4c の第 1 焦点位置に配置されており、楕円鏡 4a, 4b, 4c の第 2 焦点位置には光源 2a, 2b, 2c の光源像 5a, 5b, 5c が形成される。マスク M を照明しない期間では、楕円鏡 4a, 4b, 4c の第 2 焦点の近くに配置されたシャッタ（不図示）によって照明光 3a, 3b, 3c は遮光される。なお、光源 2a, 2b, 2c の個数は任意であり、光源は一つ（例えば光源 2a のみ）でもよい。

10

【0013】

光源像 5a, 5b, 5c から発散光として射出される照明光 3a, 3b, 3c は、それぞれ変倍光学系 8a, 8b, 8c によりライトガイドファイバ 10 の入射端 12a, 12b, 12c に集光される。変倍光学系 8a, 8b, 8c は、それぞれ光源像 5a, 5b, 5c の倍率が可変の像（以下、光源像という）9a, 9b, 9c を入射端 12a, 12b, 12c の入射面に形成する。変倍光学系 8a ~ 8c は、一例として駆動部 6a によって光軸に沿って移動可能な前群レンズ系 6、及び駆動部 7a によって光軸に沿って移動可能な後群レンズ系 7 を有するズームレンズ（ズーム光学系）である。制御部 30 が、駆動部 6a, 7a を介して前群レンズ系 6 及び後群レンズ系 7 の位置を制御することで、変倍光学系 8a ~ 8c の倍率を制御できる。

20

【0014】

ここで、変倍光学系 8a が最小倍率のときの光源像 9a の高さ（像高）を y_1 、このときの光源像 9a を形成する照明光 3a の光軸に対する最大の傾き角を θ_1 とする。また、変倍光学系 8a の倍率がある倍率よりも高い最大倍率のときの光源像 9a の高さを y_2 、このときの照明光 3a の光軸に対する最大の傾き角を θ_2 とする。最大の傾き角とは、いわゆる錐角の $\theta_1 / 2$ でもある。なお、光源像 9a の光強度分布が正規分布（ガウス分布）状である場合、光源像 9a の高さとは、その光強度分布のうちで光強度が最大強度の例えば 10% ~ 50% 程度になる位置、又は例えば 30% 程度になる位置の間隔とみなすことも可能である。変倍光学系 8a が正弦条件を満たすものとする、次の関係が成立する。

30

【0015】

$$y_1 \cdot \sin \theta_1 = y_2 \cdot \sin \theta_2 \quad \dots (1)$$

ここでは高さ y_2 が高さ y_1 より高いため、式 (1) より、傾き角 θ_2 は傾き角 θ_1 よりも小さくなる。このことから、変倍光学系 8a ~ 8c は、倍率可変の光源像 9a ~ 9c を形成することによって、入射端 12a ~ 12c に入射する照明光の最大の傾き角を制御又は調整できる光学系でもある。本実施形態では、変倍光学系 8a ~ 8c は互いに同じ倍率になるように制御される。

【0016】

光伝送部材としてのライトガイドファイバ 10 は、多数の光ファイバ素線 11（図 5（A）参照）をランダムに束ねて構成されたファイババンドルであって、3 つの入射端 12a, 12b, 12c と、複数（ここでは 7 つ）の照明領域に対応した複数（ここでは 7 つ）の射出端（図 2 においては、射出端 14a, 14b のみを示す。）とを有し、入射端 12a ~ 12c から受光した照明光 3a ~ 3c をその複数の射出端に分配する。これによって、各照明光 3a ~ 3c の少なくとも一部は、それぞれその複数の射出端から射出され、照明装置 ILA は、複数の光源 2a ~ 2c から各々発せられる照明光を混合して射出することができる。ここでは、ライトガイドファイバ 10 は、入射端 12a ~ 12c から受光した各照明光を複数の射出端へほぼ等しい光量比で分配して射出させるように構成されているものとする。

40

【0017】

50

また、光ファイバ素線 11 は、それぞれ入射する光束の最大の傾き角と、射出される光束の最大の傾き角とがほぼ等しくなるように、入射する光束の傾き角を維持して射出させるものである。このため、ライトガイドファイバ 10 の入射端 12 a ~ 12 c に入射する照明光 3 a ~ 3 c の最大の傾き角と、その複数の射出端から射出される照明光の最大の傾き角とはほぼ等しい。また、一例として、変倍光学系 8 a ~ 8 c から射出される照明光は、それぞれ主光線が光軸に平行になる状態で、すなわちいわゆるテレセントリックな状態で、対応する入射端 12 a ~ 12 c に入射する。これによって、ライトガイドファイバ 10 の各光ファイバ素線 11 の伝送可能な入射角の範囲内に照明光を均一に入射させることができる。また、変倍光学系 8 a ~ 8 c から射出される照明光の最大の傾き角は、光ファイバ素線 11 の伝送可能な最大の入射角（傾き角）よりも小さい範囲で制御される。

10

【0018】

ライトガイドファイバ 10 の複数の射出端 14 a , 14 b 等から射出された照明光 20 a , 20 c 等のそれぞれは、マスク M の部分的な照明領域 21 a , 21 c 等を照明する複数（ここでは 7 つ）の互いに同じ構成の部分照明光学系 IL1 ~ IL7（ただし、部分照明光学系 IL2 , IL4 ~ IL7 は図示省略）に入射する。部分照明光学系 IL1 ~ IL7 は、後述する部分投影光学系 PL1 ~ PL7 にそれぞれ対応付けられ、走査方向に直交する非走査方向（Y 方向）に沿って千鳥格子状に配置されている。

【0019】

部分照明光学系 IL1 , IL3 では、ライトガイドファイバ 10 の射出端 14 a , 14 b から射出した照明光 20 a , 20 c は、それぞれコリメートレンズであるインพุットレンズ 15 によって集光されて平行光束に変換された後、オプティカルインテグレータであるフライアイレンズ 16 に入射する。フライアイレンズ 16 に入射した照明光 20 a , 20 c は、フライアイレンズ 16 を構成する多数のレンズエレメントによって波面分割され、その射出面近傍の後側焦点面（照明光学系の射出瞳面）に複数の光源像からなる二次光源（面光源）を形成する。その後側焦点面に開口絞り 17 が配置されている。制御部 30 は、駆動部 17 a を介して開口絞り 17 の開口の大きさ及び形状を制御する。これによって、部分照明光学系 IL1 , IL3 によってマスク M を照明する照明光の開口数 NA を制御できる。以下では、照明光の開口数 NA は、コヒーレンスファクタである 値（マスクを照明する照明光の開口数を、投影光学系のマスク側の開口数で割った値）を用いて表すものとする。このため、開口絞り 17 は 絞りと呼ぶこともできる。なお、輪帯照明を行う場合には、開口絞り 17 を輪帯状の大きさ可変の開口を有する輪帯照明用の開口絞り（不図示）と交換してもよい。

20

30

【0020】

開口絞り 17 の開口から射出された照明光 20 a , 20 c は、コンデンサーレンズ 18 を介して、マスク M 上の対応する照明領域 21 a , 21 c をほぼ均一の照度分布で照明する。なお、図示しない部分照明光学系 IL2 , IL4 ~ IL7 の構成は部分照明光学系 IL1 と同一であり、部分照明光学系 IL2 , IL4 ~ IL7 も部分照明光学系 IL1 と同様に、マスク M 上の各々対応する照明領域をほぼ均一の照度分布で照明する。

【0021】

部分照明光学系 IL1 ~ IL7 のそれぞれに対応するマスク M 上の照明領域 21 a ~ 21 g からの照明光は、それぞれ部分投影光学系 PL1 ~ PL7 に入射する。図 3 は、部分投影光学系 PL1 の構成を示す図である。図 3 に示すように、部分投影光学系 PL1 は、マスク面の対応する照明領域 21 a 内に設けられたパターンの中間像を視野絞り 22 の開口部に形成する第 1 反射屈折型光学系 PL11 と、この第 1 反射屈折型光学系 PL11 と協働して、プレートステージ PST に支持されたプレート P の露光領域 23 a にマスク M のパターンの像を等倍正立像として結像する第 2 反射屈折光学系 PL12 とを備えている。また、部分投影光学系 PL2 ~ PL7 は、部分投影光学系 PL1 と同一の構成を有しており、マスク面の各々対応する照明領域内に形成されたパターンの像をプレート P 上に結像する。なお、部分投影光学系 PL1 ~ PL7 は、非走査方向に沿って千鳥格子状に配置されている。

40

50

【 0 0 2 2 】

図 2 において、制御部 3 0 には、光源 2 a ~ 2 c に対して電力の供給を行う電源装置 3 2 が接続されている。制御部 3 0 は、プレート P の露光又は照明装置 I L A のキャリブレーションを行う場合等に、電源装置 3 2 を介して光源 2 a ~ 2 c を点灯させる。なお、必要露光量が小さい場合には、光源 2 a ~ 2 c のうち少なくとも一つの光源のみを点灯させることも可能である。

【 0 0 2 3 】

露光時の基本的な動作として、制御部 3 0 は、照明光の 値等及び変倍光学系 8 a ~ 8 c の倍率を含む照明条件を設定し（詳細後述）、光源 2 a ~ 2 c を点灯させる。そして、照明装置 I L A によってマスク M を照明し、マスク M を支持するマスクステージ M S T 及びプレート P を支持するプレートステージ P S T を駆動して、マスク M 及びプレート P を部分投影光学系 P L 1 ~ P L 7 に対して走査方向に同期移動させること（走査露光）と、プレート P を非走査方向又は走査方向に移動させること（ステップ移動）とを繰り返すことで、ステップ・アンド・スキャン方式でマスク M に形成されたパターンの像をプレート P の複数の被露光領域に露光する。

10

【 0 0 2 4 】

また、照明装置 I L A のキャリブレーションを行う場合には、一例として、照明領域 2 1 a ~ 2 1 g のそれぞれの複数の位置に照度センサ（不図示）を配置する。そして、光源 2 a ~ 2 c を点灯させて、 値を変化させた場合、及び変倍光学系 8 a ~ 8 c の倍率を変化させた場合において、それらの照度センサで計測される照度分布が目標とする分布に対して所定の許容範囲内に収まるように、変倍光学系 8 a ~ 8 c 及び部分照明光学系 I L 1 ~ I L 7 の調整を行うことで、照度分布が均一になる。

20

【 0 0 2 5 】

以下、本実施形態の照明装置 I L A の照明条件の設定を含む照明方法及び露光装置 E X を用いる露光方法の動作の一例につき図 4 のフローチャートを参照して説明する。その動作は制御部 3 0 によって制御される。

まず、光源 2 a ~ 2 c を点灯させていない状態で、図 4 のステップ 1 0 2 において、露光対象のマスク M のパターンの種類及び微細度等に応じて、照明装置 I L A の部分照明光学系 I L 1 ~ I L 7 の開口絞り 1 7 を用いて、照明光の 値を制御する。なお、輪帯照明を行う場合には、開口絞り 1 7 を輪帯照明用の開口絞り（不図示）と交換してもよい。ここでは、図 5（A）に示すように、開口絞り 1 7 の例えば円形の開口の直径を最大値にして、 値を最大値 N A 1（例えば 0 . 8 ~ 0 . 9 程度）に設定し、大 照明を行うものとする。大 照明を行う場合には、ライトガイドファイバ 1 0 の射出端 1 4 a から射出される照明光がインプットレンズ 1 5 を介して平行光束となってフライアイレンズ 1 6 の入射面の最も広い範囲（開口絞り 1 7 の最大の開口に対向する領域よりもわずかに広い範囲）を照明する必要がある。このため、射出端 1 4 a から射出される照明光の最大の傾き角を調整可能な範囲内の最大値に設定する必要がある。

30

【 0 0 2 6 】

そして、ステップ 1 0 4 において、開口絞り 1 7 によって設定される 値に応じて、変倍光学系 8 a ~ 8 c の倍率、ひいてはライトガイドファイバ 1 0 の入射端 1 2 a ~ 1 2 c に形成される光源像 9 a ~ 9 c を形成する照明光 3 a ~ 3 c の最大の傾き角を調整する。開口絞り 1 7 として輪帯照明用の開口絞りを使用する場合、その 値としては、輪帯状の開口の外径で定まる 値を使用してもよい。ここでは、 値が最大値 N A 1 に設定されているため、変倍光学系 8 a ~ 8 c の倍率は変倍可能な範囲で最小値に設定され、照明光 3 a ~ 3 c の最大の傾き角は調整可能な範囲内で最大値 1 に設定される。図 5（A）において、変倍光学系 8 a の焦点距離は f 1 に設定され、光源像 9 a の高さは調整可能な範囲内の最小値 y 1 に設定されている。

40

【 0 0 2 7 】

ライトガイドファイバ 1 0 を構成する各光ファイバ素線 1 1 では、入射光束の最大の傾き角と、射出光束の最大の傾き角とはほぼ等しい。このため、開口絞り 1 7 の開口径を最

50

大にした場合に、ライトガイドファイバ10の射出端14aから射出される照明光20aはインプットレンズ15を介してその最大の開口を照明可能なフライアイレンズ16の入射面の領域に入射する。また、入射端12aに形成される光源像9aの光強度分布(照度分布)D1は、ほぼ軸対称の正規分布状であり、中央部分が強く、周辺部分に向かって急激に弱くなっている。光源像9aの高さが最小値 y_1 の場合、光強度分布D1は、最大値に対して10%程度以下の部分が入射端12aの入射面の外側に広がるが、入射する照明光3aの大部分(より正確には入射する照明光3a~3cをランダムに合成した光束)が射出端14a等から射出される。

【0028】

射出端14aから射出される照明光20aのフライアイレンズ16の入射面での光強度分布C31は、光軸から離れるにつれてわずかに強くなり、その外側で急激に弱くなるほぼ軸対称の分布である。光強度分布C31は、開口絞り17の開口に対向する領域でほぼ均一な値とみなすことができ、開口絞り17の開口には、射出端14aから最大の傾き角がほぼ1で射出される照明光20aの大部分が入射する。このため、開口絞り17の開口を通過してコンデンサーレンズ18を介してマスクMに入射する照明光20aの、ライトガイドファイバ10に入射する照明光3aに対する割合である照明光の利用効率(以下、照明効率ともいう)は高くなっている。

【0029】

そして、ステップ106において、光源2a~2cを点灯させ、照明装置ILAによって光源2a~2cからの照明光3a~3cで、変倍光学系8a~8c、ライトガイドファイバ10、部分照明光学系IL1~IL8のインプットレンズ15、フライアイレンズ16、開口絞り17、及びコンデンサーレンズ18を介してマスクMを照明する。そして、ステップ108において、投影光学系PLによってマスクMのパターンの像でプレートPを露光しつつ、マスクM及びプレートPを投影光学系PLに対して同期移動することで、プレートPが露光される。この際に、最大の値の照明光を用いて高い照明効率でマスクMを照明できるため、マスクMに形成されたパターンを高いスループット(生産性)で高精度にプレートPに露光できる。

【0030】

次に、例えば露光対象のマスクMのパターンがコンタクトホールのパターンのような微細な孤立パターンを含むような場合には、いわゆる小照明を行うために、ステップ102において、図5(B)に示すように、開口絞り17の例えば円形の開口の直径を最小値にして、値を最小値 NA_2 (例えば0.05~0.1程度)に設定する。この場合、射出端14aから射出される照明光はインプットレンズ15を介して平行光束となって、フライアイレンズ16の入射面の最も小さい領域(開口絞り17の最小の開口に対向する領域よりもわずかに広い領域)を照明すればよい。このため、射出端14aから射出される照明光の最大の傾き角は調整可能な範囲内の最小値2に設定すればよい。そこで、ステップ104においては、変倍光学系8a~8cの倍率は変倍可能な範囲で最大値に設定され、照明光3a~3cの最大の傾き角は最小値2に設定される。図5(B)において、変倍光学系8aの焦点距離は f_2 に設定され、光源像9aの高さは最大値 y_2 に設定される。

【0031】

この際に入射端12aに形成される光源像9aの光強度分布D2は、図5(A)の光強度分布D1を倍率比 y_2/y_1 で拡大したほぼ軸対称の正規分布状である。その光強度分布D2は、最大値に対して35%程度以下の部分が、入射端12aの入射面の外側に広がり、入射する照明光3a~3cのうちの例えば60%程度が射出端14a等から射出される。光源像9aの高さ y_2 を光強度が最大値のほぼ30%の部分の間隔とすると、高さ y_2 の光源像9aは、入射端12aの幅よりもわずかに大きくなる。

【0032】

しかしながら、この場合に、射出端14aから射出される照明光20aの最大の傾き角はほぼ最小値2であり、照明光20aの大部分は、インプットレンズ15を介して、フライアイレンズ16の入射面において、開口絞り17の最小の開口に対向する領域に入射

10

20

30

40

50

する。この場合、射出端 14 a から射出される照明光 20 a のフライアイレンズ 16 の入射面での光強度分布 C 11 は、図 5 (A) の光強度分布 C 31 を半径方向に圧縮したようなほぼ軸対称の分布である。光強度分布 C 11 は、開口絞り 17 の最小の開口に対向する領域でほぼ均一な値とみなすことができ、開口絞り 17 の開口には、射出端 14 a から最大の傾き角がほぼ 2 で射出される照明光 20 a の大部分が入射する。このため、入射端 12 a に入射する照明光 3 a の光量損失がある程度生じて、開口絞り 17 の最小の開口を通過してコンデンサーレンズ 18 を介してマスク M に入射する照明光 20 a の照明光 3 a に対する利用効率は高くなっている。その後、ステップ 106 及び 108 を行うことで、例えば孤立的なパターンを含むパターンを高いスループットで高精度にプレート P に露光できる。

10

【0033】

ここで、比較例として、図 6 (A) に示すように、変倍光学系 8 a の倍率を図 5 (A) の場合と同じく最小に設定して (照明光 3 a の最大の傾き角を最大値 1 に設定して)、開口絞り 17 で 値を最小値 NA2 に設定した場合を想定する。この比較例においては、射出端 14 a から射出される照明光 20 a のフライアイレンズ 16 の入射面での光強度分布 C 31 は、開口絞り 17 の最小の開口に対向する領域の外側の領域 16 A a でもかなり強くなっている。このため、射出端 14 a から射出される照明光 20 a のうちで開口絞り 17 の開口を通過できるのは例えば 45 % 程度となる。

【0034】

このため、本実施形態の図 5 (B) のように変倍光学系 8 a の倍率を高くした場合のマスク M に入射する照明光 20 a の照明効率は、図 6 (A) の比較例に対してほぼ 30 % ($= (60 / 45 - 1) \cdot 100$) 程度改善されることになる。本実施形態では、3つの光源 2 a ~ 2 c が使用されているが、照明効率が例えば 30 % 改善される場合には、2つの光源 2 a, 2 b のみを点灯させて露光を行うことも可能になるため、光源 2 a ~ 2 c の寿命を延ばすことも可能になる。

20

【0035】

また、図 6 (B) は、図 5 (A)、(B) の入射端 12 a での照明光 3 a の光強度分布 D1, D2 を相対光強度で表したものであり、図 6 (B) の横軸は入射端 12 a の中心位置を 0 として中心からの距離を相対値で表したものである。横軸の値が 50 の位置が、一例として入射端 12 a のエッジ部の位置である。また、図 6 (B) の光強度分布 D3 は、図 6 (A) の比較例の場合に、開口絞り 17 の開口を通過した照明光と、フライアイレンズ 16 に入射する照明光との光量比で光強度分布 D1 を圧縮した分布である。位置 ± 50 の内側で光強度分布 D2 を積分して得られる光量が本実施形態で得られる光量であり、光強度分布 D3 を積分して得られる光量が比較例で得られる光量であり、この結果からも本実施形態によって照明効率が改善されることが分かる。

30

【0036】

また、図 6 (C) は、図 5 (A)、(B) のフライアイレンズ 16 の入射面での照明光 20 a の光強度分布 C 31, C 11 を相対光強度で表したものであり、図 6 (C) の横軸はその入射面の中心位置を 0 として中心からの距離を 値で表したものである。光強度分布 C 31, C 11 は、 値が 0.88 と 0.65 で 値が等しくなるように相対強度が調整されている。この場合、 値が 0.5 の位置での光強度分布 C 31, C 11 の値を平均光強度又は平均照度とすると、光強度分布 C 31, C 11 の平均照度はほぼ等しくなっている。

40

【0037】

次に、ステップ 102 において、開口絞り 17 を用いて 値を最大値 NA1 と最小値 NA2 との間の任意の値 NA3 に設定する場合には、ステップ 104 において、変倍光学系 8 a ~ 8 c の倍率を図 5 (A) の場合の最小値 (1 とする) と、図 5 (B) の場合の最大値 (2 とする) との間の値 3 に設定してもよい。一例として 3 は次式で表されるように、 値 NA3 が次第に小さくなるのに応じて、次第に大きく設定され、ライトガイドファイバ 10 に入射する照明光の最大の傾き角は次第に小さく設定される。

50

【 0 0 3 8 】

$$3 = 1 + (NA1 - NA3) (2 - 1) / (NA1 - NA2) \dots (2)$$

これによって、どのような値で照明を行う場合でも、値（照明条件）に応じて高い照明効率でマスクMを照明することができ、マスクMのパターンを高いスループットで高精度にプレートPに露光できる。

【 0 0 3 9 】

また、図7（A）は図5（A）の部分照明光学系IL1を示す拡大図、図7（B）は図7（A）のライトガイドファイバ10の射出端14aを正面から見た拡大図であり、図7（A）においては、フライアイレンズ16を構成する一部の互いに同じ形状のレンズエレメント16aが拡大して示されている。図7（B）に示すように、射出端14aは、多数の光ファイバ素線11を規則的に束ねて構成されている。図7（A）において、射出端14aはインプットレンズ15及びレンズエレメント16aによって、レンズエレメント16aの射出面（開口絞り17の配置面であるいわゆる瞳面）に結像される。また、レンズエレメント16aの入射面は、レンズエレメント16a及びコンデンサーレンズ18によってマスクMの照明領域21aに結像されるため、照明領域21aが露光視野（図3の視野絞り22の開口と共役な領域）よりもわずかに大きくなるように、フライアイレンズ16の各レンズエレメント16aの形状が決定される。

【 0 0 4 0 】

ライトガイドファイバ10の入射端12aの光強度分布は変倍光学系8aによって変更される。ここでは、一例として、大照明時の最大光強度の10%程度までの光強度の光が入射する光ファイバ素線11から射出される光によって、インプットレンズ15及びフライアイレンズ16を介して開口絞り17の配置面に形成される光源像を照明に寄与する有効な光源像とみなす。また、射出端14aの全部の光ファイバ素線11から射出される光がそれぞれ有効な光源像を形成する場合、その光が入射する範囲にあるフライアイレンズ16のレンズエレメント16aの射出面に形成される有効な光源像の数n1は、射出端14aを構成する光ファイバ素線11の数n2と同じである。

【 0 0 4 1 】

以下では、レンズエレメント16aの射出面に形成される有効な光源像の数n1の、射出端14aを構成する光ファイバ素線11の数n2に対する比率（= n1 / n2）を、レンズエレメント16aにおける光ファイバ素線11からの照明光の充填率と称する。本実施形態では、一例として、充填率が1（100%）を維持するように、変倍光学系8aの倍率（入射端12aに入射する照明光の最大の傾き角）が調整される。

このとき、輪帯照明、大照明、又は小照明を行う場合に、開口絞り17の開口内にあるフライアイレンズ16のレンズエレメント16aの射出面には、それぞれ図8（A）、図8（B）、又は図8（C）に示すように、互いに同じ最大の密度分布（図7（B）の光ファイバ素線11の密度分布に対応する分布）で有効な光源像24が形成される。なお、図8（A）では、開口絞り17の開口が輪帯状の開口17cに設定されている。輪帯照明又は大照明を行う場合、変倍光学系8a～8cからライトガイドファイバ10の入射端12a～12cに入射する照明光の最大の傾き角は、小照明を行う場合に比べて大きく設定される。

【 0 0 4 2 】

また、説明の便宜上、図8（A）～（C）、及び後述の図9（A）、（B）において、フライアイレンズ16の各レンズエレメント16aは、開口17b、17cに対して実際よりも大きく表されている。

このように、本実施形態では、輪帯照明、大照明、又は小照明を行う場合の光ファイバ素線11からの照明光の充填率は共通に1となる範囲で、変倍光学系8aの倍率が調整されている。この場合、開口絞り17の開口内の有効な光源像14の数が最大であるため、マスクMにおける照度分布の均一性が良好である。なお、充填率はほぼ1（例えば0.9～1）でもよい。

【 0 0 4 3 】

ただし、ライトガイドファイバ10の入射端12a~12cに入射する照明光の光強度は中心部分が最大で、周辺に向かうほど小さくなっている。そのため、入射端12aを構成する多数の光ファイバ素線11のうちで、例えば大 照明時の最大値に対して70%程度以上、70~40%、及び40~10%程度の光強度の照明光3aが入射する光ファイバ素線11からの照明光で形成される光源像をそれぞれ光源像24A, 24B, 24Cとする。このとき、図5(A)に示すように、 値を大きく設定する場合には、フライアイレンズ16の射出面において、開口絞り17の開口17b内のレンズエレメント16aの射出面には、図9(A)に示すように、光源像24A, 24B, 24Cがランダムな配置で形成される。

【0044】

また、ライトガイドファイバ10の射出端14aから射出される照明光は、フライアイレンズ16の複数のレンズエレメント16a(光学要素)の入射口(大きい開口17b内にある部分の複数のレンズエレメント16aの入射面)の大きさよりも広い領域に分布している。

これに対して、図5(B)に示すように、 値を小さく設定する場合には、フライアイレンズ16の射出面において、開口絞り17の開口17b内のレンズエレメント16aの射出面には、図9(B)に示すように、ほぼ中程度の光強度の光源像24Bが規則的な配置で形成される。また、ライトガイドファイバ10の射出端14aから射出される照明光は、小さい開口17b内にある部分のフライアイレンズ16の複数のレンズエレメント16aの入射口の大きさよりも広い領域に分布している。このため、小 照明ではフライアイレンズ16の各レンズエレメント16aの射出面に形成される光源像24Bの光強度が図9(A)の場合より均一であるため、照度分布がより均一化されることになる。

【0045】

また、比較例のように、開口数NA2の小 照明を行う際に、図9(A)に点線で示すように、単に開口絞り17の開口17bを小さくする場合には、ライトガイドファイバ10から開口17bの外側に入射する照明光の多くが遮光されるため、照明光の利用効率は低下することになる。

【0046】

上述のように、本実施形態のマスクMを照明する照明装置ILAは、照明光を発生する光源2aと、ステップ104において照明光の最大の傾き角を調整する変倍光学系8aと、ステップ106において変倍光学系8aを介した照明光を集光して平行光束にするインプットレンズ15(以下、第1集光光学系ともいう)と、ステップ106において、変倍光学系8aを介した照明光を、その照明光の最大の傾き角を維持してインプットレンズ15に射出するライトガイドファイバ10(以下、光学部材ともいう)と、ステップ102において、その照明光の開口数(値)を調整する開口絞り17と、ステップ106において、その開口数が制御された照明光をマスクMに導くコンデンサーレンズ18(以下、第2集光光学系ともいう)とを備えている。

【0047】

本実施形態の照明装置ILAによれば、照明光の開口数を小さくした小 照明を行う場合に、変倍光学系8aによってその照明光の最大の傾き角を小さくすることによって、開口絞り17の開口に入射する照明光の割合を大きくすることができ、照明光の利用効率を高めることができる。このため、マスクMをより大きい照度で照明できる。また、同じ照度でマスクMを照明する場合には、光源2aの寿命を長くできるとともに、複数の光源2a~2cを使用する場合に、使用する光源の数を減らして照明装置ILAの小型化及び低コスト化を図ることができる。また、ライトガイドファイバ10を用いているため、光源2aとマスクMとを離すことができ、マスクMの熱膨張を抑制できる。

【0048】

また、本実施形態のマスクMのパターンをプレートPに露光する露光装置EXは、ステップ102~106において、マスクMを照明する照明装置ILAと、ステップ108において、照明装置ILAで照明されたマスクMのパターンの像をプレートPに形成する投

10

20

30

40

50

影光学系 P L と、を備えている。露光装置 E X によれば、照明装置 I L A における照明光の利用効率が高いため、照明光の照度を高めることで、高いスループットで高精度にマスク M のパターンをプレート P に露光できる。また、照明光の照度が従来と同じ場合には、照明装置 I L A を小型化及び低コスト化できるため、露光装置 E X をより小型化及び低コスト化できる。

【 0 0 4 9 】

また、ライトガイドファイバ 1 0 は複数の入射端 1 2 a ~ 1 2 c 及び複数の射出端 1 4 a , 1 4 b 等を備えているため、複数の光源 2 a ~ 2 c からの照明光をランダムに混合して、複数の部分照明光学系 I L 1 ~ I L 7 用の光束に容易に分歧できる。

また、複数のレンズエレメント 1 6 a を含むフライアイレンズ 1 6 を備えているため、マスク M の照明領域における照明光の照度分布をより均一にできる。

【 0 0 5 0 】

なお、上述の実施形態では、次のような変形が可能である。

上述の実施形態の変倍光学系 8 a としては、図 1 0 (A) に示すように、3 枚のレンズよりなる前群レンズ系 6 A と、3 枚のレンズよりなる後群レンズ系 7 A とを有し、倍率調整時には、例えば後群レンズ系 7 A の位置を調整する変倍光学系 8 A a を使用することができる。

【 0 0 5 1 】

さらに、変倍光学系 8 a としては、光源像 5 a と光源像 9 a との間の光路上で、光源像の中間像を形成するタイプの光学系を使用することもできる。

また、上述の実施形態では、照明光の最大の傾き角を制御するために変倍光学系 8 a が使用されているが、変倍光学系 8 a の代わりに、図 1 0 (B) に示すように、光学系を部分的に交換して倍率を切り換える方式のリレー光学系 8 B a を使用してもよい。リレー光学系 8 B a は、前群レンズ系 6 A と、レンズ 7 B a 及び 2 枚のレンズを有するレンズ群 7 B b よりなる第 1 の後群レンズ系 7 B と、レンズ 7 C a 及び 7 C b よりなる第 2 の後群レンズ系 7 C とを有する。そして、倍率が低いときには、前群レンズ系 6 A と第 1 の後群レンズ系 7 B とを用いて、光源像 9 a を形成し、倍率が高いときには、第 1 の後群レンズ系 7 B の代わりに第 2 の後群レンズ系 7 C を用いて光源像 9 a を形成する。このように交換式のリレー光学系 8 B a を使用する場合には、傾き角を制御するための光学系を安価に製造できる。

【 0 0 5 2 】

また、上述の実施形態の変倍光学系 8 a の例えば前群レンズ系 6 と後群レンズ系 7 との間に、米国特許第 5 , 7 1 9 , 7 0 4 号明細書に開示されているように、また、図 1 0 (A) に点線で示すように、2 つの円錐状のプリズム状の光学部材 7 B 1 , 7 B 2 からなる光学系 (アキシコン系) を設けてもよい。この際に、通常照明を行う場合には、その 2 つの光学部材 7 B 1 , 7 B 2 を密着させ、輪帯照明を行う場合には、その 2 つの光学部材 7 B 1 , 7 B 2 の間隔を調整して、前群レンズ系 6 と後群レンズ系 7 との間を通過する照明光 3 a の断面形状を大きさが可変の輪帯状としてもよい。この場合、ライトガイドファイバ 1 0 の射出端 1 4 a から射出される照明光 2 0 a はインプットレンズ 1 5 を介してフライアイレンズ 1 6 の入射面の輪帯状の領域に入射する。そして、輪帯照明を行う場合に、開口絞りの輪帯状の開口の大きさに応じてその 2 つの光学部材 7 B 1 , 7 B 2 の間隔を調整することで、輪帯照明を行う場合の照明光の利用効率をさらに改善できる。

【 0 0 5 3 】

また、上述の実施形態では、オプティカルインテグレータとしてフライアイレンズ 1 6 が使用されているが、フライアイレンズ 1 6 の代わりにマイクロレンズアレイ、又はロッドインテグレータ等を使用してもよい。

上述の実施形態では、光源 2 a ~ 2 c として超高圧水銀ランプが使用されているが、光源 2 a ~ 2 c としては、他の任意の放電ランプ等のランプを使用できる。また、光源 2 a ~ 2 c として、発光ダイオード (L E D) 等を使用することも可能である。また、光源 2 a ~ 2 c として、固体レーザ、気体レーザ、又は半導体レーザ等のレーザ光源を使用して

10

20

30

40

50

もよい。また、照明光としてレーザ光の高調波等を使用することも可能である。

【0054】

そして、光源としてレーザ光源を使用して、照明光の最大の傾き角を大きく設定する場合には、一例として、図10(C)に示すように、レーザ光源(不図示)から発生する平行光束よりなるレーザビームLBの光路上に、微細な次第にピッチが小さくなる同心円状(ゾーンプレート状)の位相型の凹凸が形成された回折格子8Cを配置する。回折格子8Cの最小のピッチは、最大の傾き角に応じて規定される。

【0055】

そして、レーザ光源を使用して照明光の最大の傾き角を小さく設定する場合には、レーザビームLBの光路上に、回折格子8Cと同様の同心円状の位相型の凹凸が形成されるとともに、その最小のピッチは回折格子8Cよりも大きい回折格子8Dを配置する。この変形例では、回折格子8Cを使用する場合には、最大の傾き角が大きい照明光を生成でき、回折格子8Dを使用する場合には、最大の傾き角が小さい照明光を生成できるため、上述の実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0056】

また、上述の実施形態においては、マルチレンズ式の走査型露光装置を例として説明したが、走査型露光装置の他に、マスクMとプレートPとを静止した状態でマスクMのパターンを露光し、プレートPを順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート型の露光装置に上述の実施形態を適用することもできる。また、照明装置の光源として3つの光源を用いているが、照明装置が1つ、2つ、又は4つ以上の光源を備えていてもよい。また、上述の実施形態においては、ライトガイドファイバが7つの射出端を有しているが、ライトガイドファイバの射出端は、1つ以上あればその数はいくつでも良い。

【0057】

また、上述の実施形態では、複数の光源2a~2cからの照明光を複数の部分照明光学系IL1~IL7用の光束に分岐しているが、一つの光源2aからの照明光で一つの部分照明光学系IL1を介してマスクMを照明し、マスクMのパターンを一つの結像光学系(例えば部分投影光学系PL1と同様の光学系)を介してプレートPに転写してもよい。この場合には、ライトガイドファイバ10を設けることなく、変倍光学系8aからの照明光3aを、直接にインพุットレンズ15を介してフライアイレンズ16に入射させてもよい。

【0058】

次に、上述の実施形態にかかる露光装置又は露光方法を用いたデバイス製造方法について説明する。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200)、カラーフィルタ形成工程(ステップ202)、セル組立工程(ステップ204)、及びモジュール組立工程(ステップ206)を順次行う。

【0059】

ステップ200のパターン形成工程では、プレートとしてフォトレジストが塗布されたガラス基板上に、上述の露光装置又は露光方法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、上述の実施形態の露光装置又は露光方法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マスク層として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。

【0060】

ステップ202のカラーフィルタ形成工程では、R(赤)、G(緑)、B(青)に対応する3つのドットの組をマトリ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。

ステップ204のセル組立工程では、ステップ200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202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

10

20

30

40

50

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。

【 0 0 6 1 】

ステップ 2 0 6 のモジュール組立工程では、ステップ 2 0 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。このように本実施形態のデバイス製造方法では、上述の実施形態の露光装置 E X、又は露光方法を用いて、所定のパターンをガラス基板に形成することと、その所定のパターンを介してそのガラス基板を加工することと、を含んでいる。本実施形態の露光装置 E X 又は露光方法によれば、高い照明効率で露光を行うことができるため、電子デバイスを高いスループットで高精度に製造できる。

10

【 0 0 6 2 】

また、上述の実施形態の露光装置 E X 又は露光方法は、半導体デバイスを製造する際にも適用できる。また、上述の実施形態は、半導体デバイス製造用又は液晶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、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、上述の実施形態は、各種デバイスの製造に用いるマスク（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装置にも適用することができる。

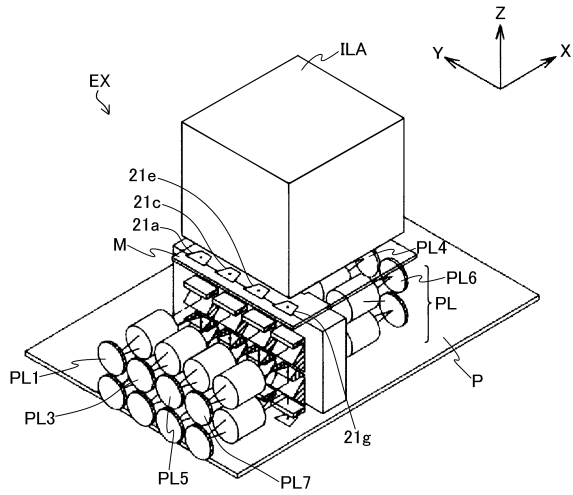
【 符号の説明 】

【 0 0 6 3 】

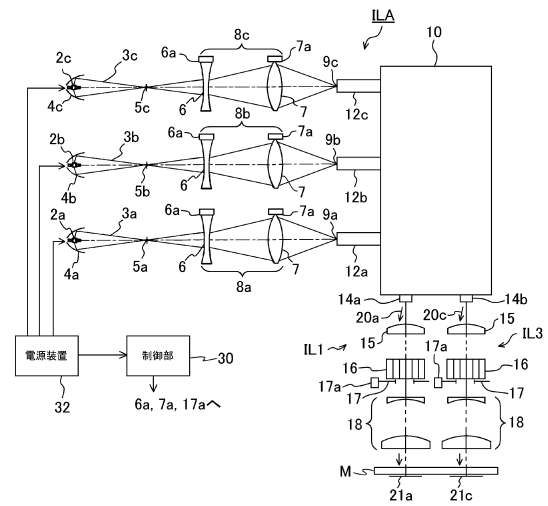
2 a , 2 b , 2 c ... 光源、4 a , 4 b , 4 c ... 楕円鏡、8 a ~ 8 c ... 変倍光学系、1 0 ... ライトガイドファイバ、1 2 a , 1 2 b , 1 2 c ... 入射端、1 4 a , 1 4 b ... 射出端、1 5 ... インพุットレンズ、1 6 ... フライアイレンズ、1 7 ... 開口絞り、1 8 ... コンデンサーレンズ、3 0 ... 制御部、3 2 ... 電源装置、E X ... 露光装置、I L A ... 照明装置、I L 1 , I L 3 ... 部分照明光学系、P L ... 投影光学系、P L 1 ~ P L 7 ... 部分投影光学系、M ... マスク、P ... プレート

20

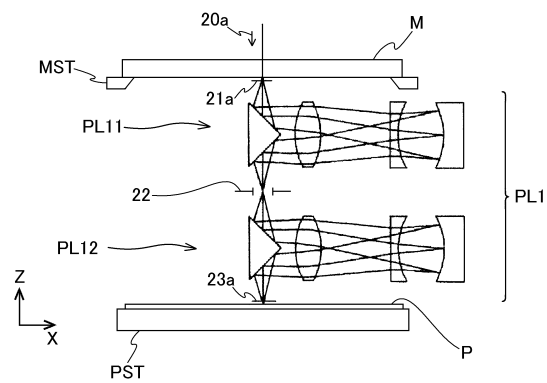
【図 1】



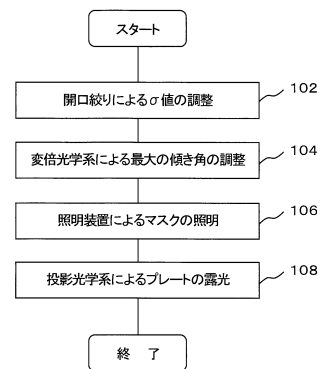
【図 2】



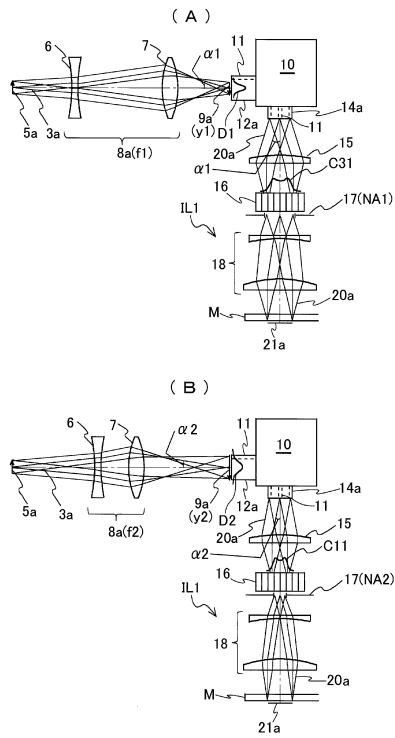
【図 3】



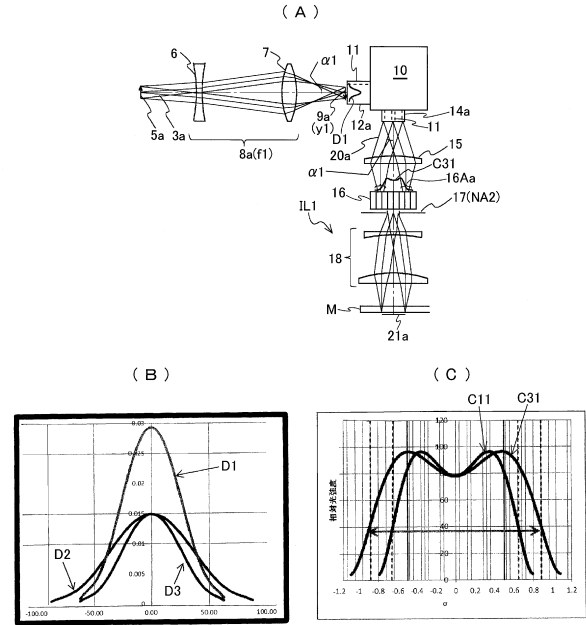
【図 4】



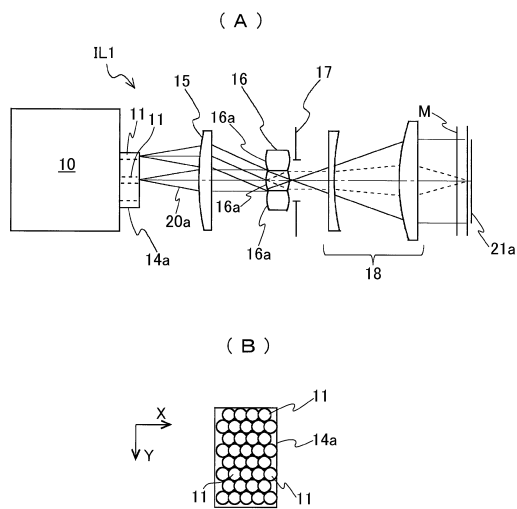
【図 5】



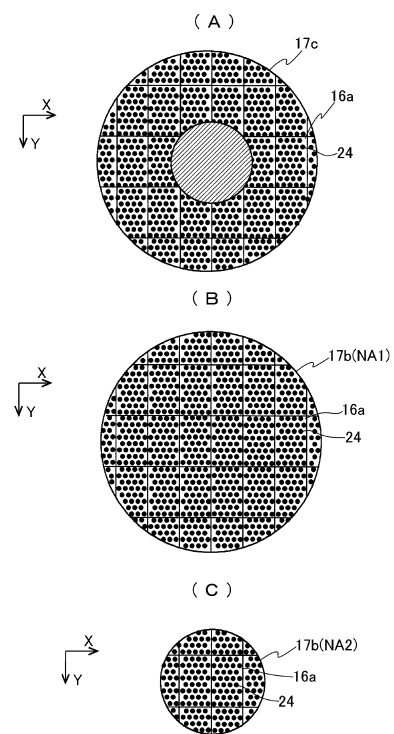
【図 6】



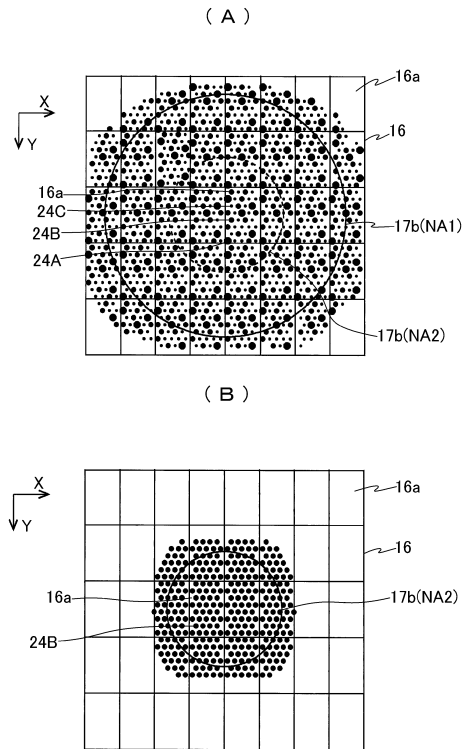
【図 7】



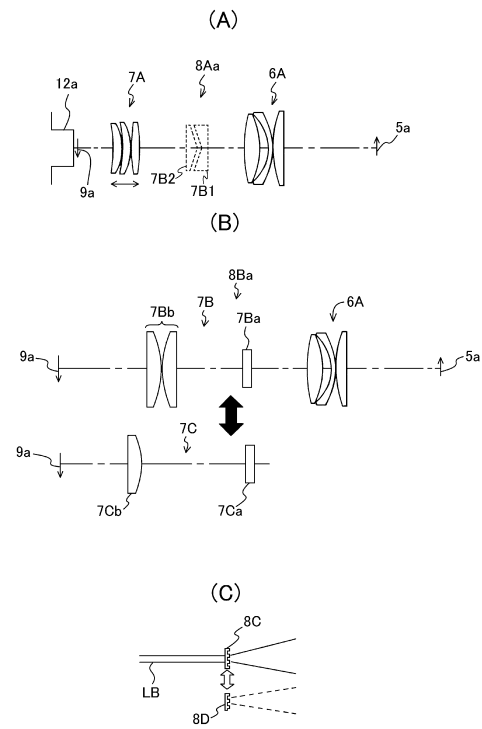
【図 8】



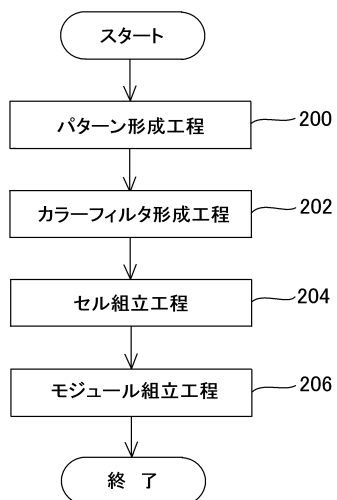
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 1 0 - 2 7 0 3 1 2 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 1 8 2 9 3 3 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 1 6 6 4 9 7 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 2 0 8 3 9 6 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 1 5 5 9 9 3 (J P , A)
米国特許第 0 6 3 9 2 7 4 2 (U S , B 1)
特開平 0 4 - 2 2 5 2 1 4 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
G 0 3 F 7 / 2 0
H 0 1 L 2 1 / 0 2 7
G 0 2 B