



QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

and a condenser lens that guides to a mask the illumination light for which the number of apertures was adjusted. The usage efficiency of the illumination light can be increased in accordance with illumination conditions.

(57) 要約: 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、照明光の最大の傾き角を調整する変倍光学系と、変倍光学系を介した照明光を傾き角を維持して分岐するライトガイドファイバと、ライトガイドファイバの射出端から射出される照明光を平行光束にするインพุットレンズと、その照明光の開口数を調整する開口絞りと、その開口数が調整された照明光をマスクに導くコンデンサーレンズとを備える。照明条件に応じて照明光の利用効率を高くできる。

明 細 書

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

技術分野

[0001] 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

[0002] 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）。

[0003] 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

[0004] 特許文献1：米国特許第5, 719, 704号明細書

発明の概要

[0005] 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、を備える照明装置が提供される。

[0006] 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、を含む照明方法が提供される。

[0007] 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

[0008] [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 σ 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 σ 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 σ 照明時の開口絞りの開口の一例を示す図、(C) は小 σ 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

[0009] 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EXを示す斜視図である。本実施形態では、露光装置EX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PL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。

[0010] 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(XY平面)に垂直にZ軸を取って説明する。一例として、XY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。

[0011] 露光装置EXは、マスクステージMST (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ILAと、投影光学系PL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30とを備えている。照明装置ILA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21a, 21c, 21e, 21gと、第1列の照明領域

21 a～21 g に対して走査方向（X 方向）にずれた状態で、照明領域 21 a～21 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 1 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 P L 内に視野絞りが配置されているため、照明領域 21 a～21 g 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 1 L A 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 2 a, 2 b, 2 c を備えている。光源 2 a, 2 b, 2 c から射出した照明光 3 a, 3 b, 3 c は、それぞれ楕円鏡 4 a, 4 b, 4 c により集光される。光源 2 a～2 c は、楕円鏡 4 a～4 c の第 1 焦点位置に配置されており、楕円鏡 4 a, 4 b, 4 c の第 2 焦点位置には光源 2 a, 2 b, 2 c の光源像 5 a, 5 b, 5 c が形成される。マスク M を照明しない期間では、楕円鏡 4 a, 4 b, 4 c 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 3 a, 3 b, 3 c は遮光される。なお、光源 2 a, 2 b, 2 c の個数は任意であり、光源は一つ（例えば光源 2 a のみ）でもよい。

[0013] 光源像 5 a, 5 b, 5 c から発散光として射出される照明光 3 a, 3 b, 3 c は、それぞれ変倍光学系 8 a, 8 b, 8 c によりライトガイドファイバ 10 の入射端 12 a, 12 b, 12 c に集光される。変倍光学系 8 a, 8 b, 8 c は、それぞれ光源像 5 a, 5 b, 5 c の倍率が可変の像（以下、光源像という）9 a, 9 b, 9 c を入射端 12 a, 12 b, 12 c の入射面に形成する。変倍光学系 8 a～8 c は、一例として駆動部 6 a 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 7 a 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 6 a, 7 a 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 8 a～8 c の倍率を制御できる。

[0014] ここで、変倍光学系 8 a が最小倍率のときの光源像 9 a の高さ（像高）を y_1 、このときの光源像 9 a を形成する照明光 3 a の光軸に対する最大の傾

き角を $\alpha 1$ とする。また、変倍光学系8 aの倍率はその倍率よりも高い最大倍率のときの光源像9 aの高さを $y 2$ 、このときの照明光3 aの光軸に対する最大の傾き角を $\alpha 2$ とする。最大の傾き角とは、いわゆる錐角の $1/2$ でもある。なお、光源像9 a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9 a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8 aが正弦条件を満たすものとする、次の関係が成立する。

$$[0015] \quad y 1 \cdot \sin \alpha 1 = y 2 \cdot \sin \alpha 2 \quad \cdots (1)$$

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 $\alpha 2$ は傾き角 $\alpha 1$ よりも小さくなる。このことから、変倍光学系8 a～8 cは、倍率可変の光源像9 a～9 cを形成することによって、入射端12 a～12 c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8 a～8 c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12 a, 12 b, 12 c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14 a, 14 Bのみを示す。）とを有し、入射端12 a～12 cから受光した照明光3 a～3 cをその複数の射出端に分配する。これによって、各照明光3 a～3 c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1 L Aは、複数の光源2 a～2 c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12 a～12 c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。

[0017] 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。

[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 1 L 1 ~ 1 L 7（ただし、部分照明光学系 1 L 2, 1 L 4 ~ 1 L 7 は図示省略）に入射する。部分照明光学系 1 L 1 ~ 1 L 7 は、後述する部分投影光学系 P L 1 ~ P L 7 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 1 L 1, 1 L 3 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 1 L 1, 1 L 3 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 σ 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 σ 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。

[0020] 開口絞り17の開口から射出された照明光20a, 20c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21a, 21c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1L2, 1L4～1L7の構成は部分照明光学系1L1と同一であり、部分照明光学系1L2, 1L4～1L7も部分照明光学系1L1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1L1～1L7のそれぞれに対応するマスクM上の照明領域21a～21g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21a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23a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。

[0022] 図2において、制御部30には、光源2a～2cに対して電力の供給を行う電源装置32が接続されている。制御部30は、プレートPの露光又は照明装置1LAのキャリブレーションを行う場合等に、電源装置32を介して光源2a～2cを点灯させる。なお、必要露光量が小さい場合には、光源2a～2c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。

[0023] 露光時の基本的な動作として、制御部30は、照明光の σ 値等及び変倍光学系8a～8cの倍率を含む照明条件を設定し（詳細後述）、光源2a～2cを点灯させる。そして、照明装置ILA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MST及びプレートPを支持するプレートステージPSTを駆動して、マスクM及びプレートPを部分投影光学系PL1～PL7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。

[0024] また、照明装置ILA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21a～21g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2a～2cを点灯させて、 σ 値を変化させた場合、及び変倍光学系8a～8c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8a～8c及び部分照明光学系IL1～IL7の調整を行うことで、照度分布が均一になる。

[0025] 以下、本実施形態の照明装置ILAの照明条件の設定を含む照明方法及び露光装置EX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30によって制御される。

まず、光源2a～2cを点灯させていない状態で、図4のステップ102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ILAの部分照明光学系IL1～IL7の開口絞り17を用いて、照明光の σ 値を制御する。なお、輪帯照明を行う場合には、開口絞り17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17の例えば円形の開口の直径を最大値にして、 σ 値を最大値NA1（例えば0.8～0.9程度）に設定し、大 σ 照明を行うものとする。大 σ 照明を行う場合には、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がインプットレンズ15を介して平行光束となっ

てフライアイレンズ 16 の入射面の最も広い範囲（開口絞り 17 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 14 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。

[0026] そして、ステップ 104 において、開口絞り 17 によって設定される σ 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 10 の入射端 12 a ~ 12 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 17 として輪帯照明用の開口絞りを使用する場合、その σ 値としては、輪帯状の開口の外径で定まる σ 値を使用してもよい。ここでは、 σ 値が最大値 $NA1$ 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 $\alpha 1$ 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。

[0027] ライトガイドファイバ 10 を構成する各光ファイバ素線 11 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 17 の開口径を最大にした場合に、ライトガイドファイバ 10 の射出端 14 a から射出される照明光 20 a はインพุ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 12 a に形成される光源像 9 a の光強度分布（照度分布） $D 1$ 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 9 a の高さが最小値 $y 1$ の場合、光強度分布 $D 1$ は、最大値に対して 10 % 程度以下の部分が入射端 12 a の入射面の外側に広がるが、入射する照明光 3 a の大部分（より正確には入射する照明光 3 a ~ 3 c をランダムに合成した光束）が射出端 14 a 等から射出される。

[0028] 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 $C 3 1$ 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C 3 1は、開口絞り1 7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1 7の開口には、射出端1 4 aから最大の傾き角がほぼ α 1で射出される照明光2 0 aの大部分が入射する。このため、開口絞り1 7の開口を通過してコンデンサーレンズ1 8を介してマスクMに入射する照明光2 0 aの、ライトガイドファイバ1 0に入射する照明光3 a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1 0 6において、光源2 a～2 cを点灯させ、照明装置I L Aによって光源2 a～2 cからの照明光3 a～3 cで、変倍光学系8 a～8 c、ライトガイドファイバ1 0、部分照明光学系I L 1～I L 8のインพุットレンズ1 5、フライアイレンズ1 6、開口絞り1 7、及びコンデンサーレンズ1 8を介してマスクMを照明する。そして、ステップ1 0 8において、投影光学系P L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P L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 σ 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）で光精度にプレート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 σ 照明を行うために、ステップ1 0 2において、図5（B）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小値にして、 σ 値を最小値N A 2（例えば0. 0 5～0. 1程度）に設定する。この場合、射出端1 4 aから射出される照明光はインพุ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の入射面の最も小さい領域（開口絞り1 7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。そこで、ステップ1 0 4においては、変倍光学系8 a～8 cの倍率は変倍可能な範囲で最大値に設定され、照明光3 a～3 cの最大の傾き角

は最小値 α_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 α_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する。この場合、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C11は、図5（A）の光強度分布C31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C11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14aから最大の傾き角がほぼ α_2 で射出される照明光20aの大部分が入射する。このため、入射端12aに入射する照明光3a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20aの照明光3a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。

[0033] ここで、比較例として、図6（A）に示すように、変倍光学系8aの倍率を図5（A）の場合と同じく最小に設定して（照明光3aの最大の傾き角を最大値 α_1 に設定して）、開口絞り17で σ 値を最小値 NA_2 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、開口絞り17の最小の開口に対向する領域の外側の領域16Aaでもかなり強くなっている。このため、射出端14aから射出される照明光20a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8aの倍率を高くした場合のマスクMに入射する照明光20aの照明効率、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2a～2c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2a, 2b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2a～2cの寿命を延ばすことも可能になる。

[0035] また、図6（B）は、図5（A）、（B）の入射端12aでの照明光3a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12a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12a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。

[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20aの光強度分布C31, C11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σ値で表したものである。光強度分布C31, C11は、σ値が0.88と0.65での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、σ値が0.5の位置での光強度分布C31, C11の値を平均光強度又

は平均照度とすると、光強度分布C 3 1, C 1 1の平均照度はほぼ等しくなっている。

[0037] 次に、ステップ1 0 2において、開口絞り1 7を用いて σ 値を最大値NA 1と最小値NA 2との間の任意の値NA 3に設定する場合には、ステップ1 0 4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(β 1とする)と、図5 (B)の場合の最大値(β 2とする)との間の値 β 3に設定してもよい。一例として β 3は次式で表されるように、 σ 値NA 3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1 0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。

[0038]
$$\beta 3 = \beta 1 + (NA 1 - NA 3) (\beta 2 - \beta 1) / (NA 1 - NA 2)$$

... (2)

これによって、どのような σ 値で照明を行う場合でも、 σ 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。

[0039] また、図7 (A)は図5 (A)の部分照明光学系1 L 1を示す拡大図、図7 (B)は図7 (A)のライトガイドファイバ1 0の射出端1 4 a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1 6を構成する一部の互いに同じ形状のレンズエレメント1 6 aが拡大して示されている。図7 (B)に示すように、射出端1 4 aは、多数の光ファイバ素線1 1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1 4 aはインプットレンズ1 5及びレンズエレメント1 6 aによって、レンズエレメント1 6 aの射出面(開口絞り1 7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1 6 aの入射面は、レンズエレメント1 6 a及びコンデンサーレンズ1 8によってマスクMの照明領域2 1 aに結像されるため、照明領域2 1 aが露光視野(図3の視野絞り2 2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1 6の各レンズエレメント1 6 aの形状が決定される。

[0040] ライトガイドファイバ1 0の入射端1 2 aの光強度分布は変倍光学系8 a

によって変更される。ここでは、一例として、大 σ 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 n_1 は、射出端14aを構成する光ファイバ素線11の数 n_2 と同じである。

[0041] 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 n_1 の、射出端14aを構成する光ファイバ素線11の数 n_2 に対する比率($=n_1/n_2$)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 γ と称する。本実施形態では、一例として、充填率 γ 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 σ 照明、又は小 σ 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 σ 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 σ 照明を行う場合に比べて大きく設定される。

[0042] 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 σ 照明、又は小 σ 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 γ 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 γ はほぼ 1（例えば 0.9～1）でもよい。

[0043] 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 σ 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、 σ 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、 σ 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 σ 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 σ 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 17 b 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 17 b 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 1 L A は、照明光を発生する光源 2 a 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 8 a と、ステップ 106 において変倍光学系 8 a を介した照明光を集光して平行光束にするインพุ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 8 a 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พุ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 (σ 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 1 L A によれば、照明光の開口数を小さくした小 σ 照明を行う場合に、変倍光学系 8 a 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 2 a の寿命を長くできるとともに、複数の光源 2 a ~ 2 c 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 1 L A 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 2 a 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 E X は、ステップ 102 ~ 106 において、マスク M を照明する照明装置 1 L A と、ステップ 108 において、照明装置 1 L A で照明されたマスク M の

パターンの像をプレートPに形成する投影光学系PLと、を備えている。露光装置EXによれば、照明装置ILA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ILAを小型化及び低コスト化できるため、露光装置EXをより小型化及び低コスト化できる。

[0049] また、ライトガイドファイバ10は複数の入射端12a～12c及び複数の射出端14a, 14b等を備えているため、複数の光源2a～2c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IL1～IL7用の光束に容易に分岐できる。

また、複数のレンズエレメント16aを含むフライアイレンズ16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。

[0050] 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8aとしては、図10(A)に示すように、3枚のレンズよりなる前群レンズ系6Aと、3枚のレンズよりなる後群レンズ系7Aとを有し、倍率調整時には、例えば後群レンズ系7Aの位置を調整する変倍光学系8Aaを使用することができる。

[0051] さらに、変倍光学系8aとしては、光源像5aと光源像9a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8aが使用されているが、変倍光学系8aの代わりに、図10(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8Baを使用してもよい。リレー光学系8Baは、前群レンズ系6Aと、レンズ7Ba及び2枚のレンズを有するレンズ群7Bbよりなる第1の後群レンズ系7Bと、レンズ7Ca及び7Cbよりなる第2の後群レンズ系7Cとを有する。そして、倍率が低いときには、前群レンズ系6Aと第1の後群レンズ系7Bとを用いて、光源像9aを形成し、倍率が高いときには、第

1の後群レンズ系7Bの代わりに第2の後群レンズ系7Cを用いて光源像9aを形成する。このように交換式のリレー光学系8Ba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。

[0052] また、上述の実施形態の変倍光学系8a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5,719,704号明細書に開示されているように、また、図10(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7B1,7B2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7B1,7B2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7B1,7B2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3a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を介してフライアイレンズ16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7B1,7B2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。

[0053] 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16が使用されているが、フライアイレンズ16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2a~2cとして超高圧水銀ランプが使用されているが、光源2a~2c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2a~2cとして、発光ダイオード(LED)等を使用することも可能である。また、光源2a~2c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 8 C を配置する。回折格子 8 C 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 L B の光路上に、回折格子 8 C 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 8 C よりも大きい回折格子 8 D を配置する。この変形例では、回折格子 8 C 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 8 D 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 2 a ～ 2 c からの照明光を複数の部分照明光学系 I L 1 ～ I L 7 用の光束に分岐しているが、一つの光源 2 a からの照明光で一つの部分照明光学系 I L 1 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 P L 1 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 1 0 を設けることなく、変倍光学系 8 a からの照明光 3 a を、直接にインพุットレンズ 1 5 を介してフライアイレンズ 1 6 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リソグ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リソグ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リソグ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リソグ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。

[0061] ステップ 206 のモジュール組立工程では、ステップ 204 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 EX、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。

[0062] 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

[0063] 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、10 …ライトガイドファイバ、12 a, 12 b, 12 c …入射端、14 a, 14 b …射出端、15 …インพุットレンズ、16 …フライアイレンズ、17 …開口絞り、18 …コンデンサーレンズ、30 …制御部、32 …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

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。
- [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] 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、前記開口絞りと、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、請求項1～8のいずれか一項に記載の照明装置。
- [請求項10] 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9に記載の照明装置。
- [請求項11] 前記光源の像の照度分布は正規分布状である、請求項1～10のいずれか一項に記載の照明装置。
- [請求項12] 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。
- [請求項13] 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1～12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14] 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13に記載の露光装置。

- [請求項15] 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、
を含む照明方法。
- [請求項16] 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 5 に記載の照明方法。
- [請求項17] 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 5 又は 1 6 に記載の照明方法。
- [請求項18] 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 7 に記載の照明方法。
- [請求項19] 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 7 に記載の照明方法。
- [請求項20] 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 5 ～ 1 9 のいずれか一項に記載の照明方法。
- [請求項21] 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 2 0 に記載の照明方法。

- [請求項22] 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20に記載の照明方法。
- [請求項23] 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、請求項15～22のいずれか一項に記載の照明方法。
- [請求項24] 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23に記載の照明方法。
- [請求項25] 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16に記載の照明方法。
- [請求項26] 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15～25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27] 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を含む、請求項 2 6 に記載の露光方法。

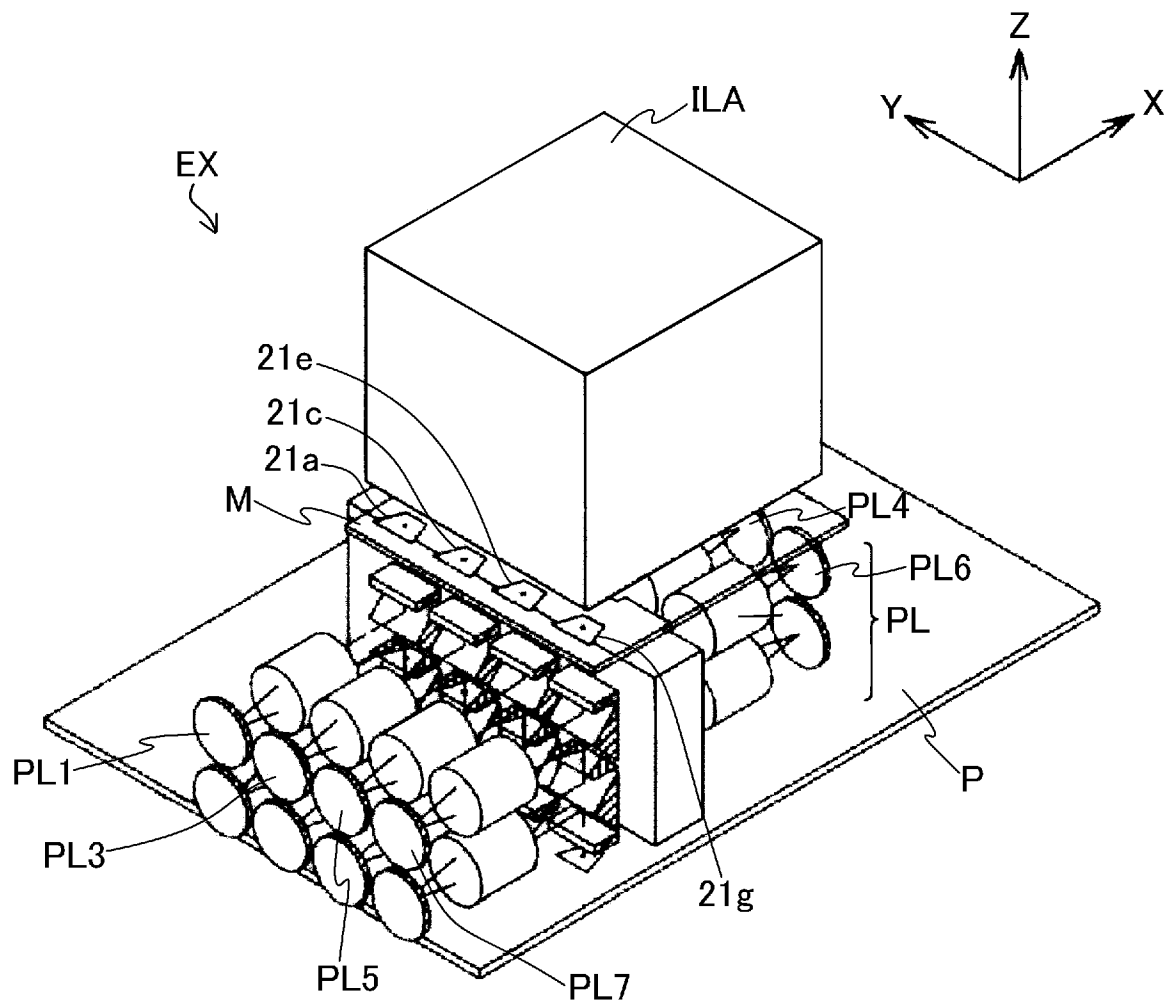
[請求項28] 請求項 1 3 又は 1 4 に記載の露光装置を用いて、所定のパターンを基板に形成することと、

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。

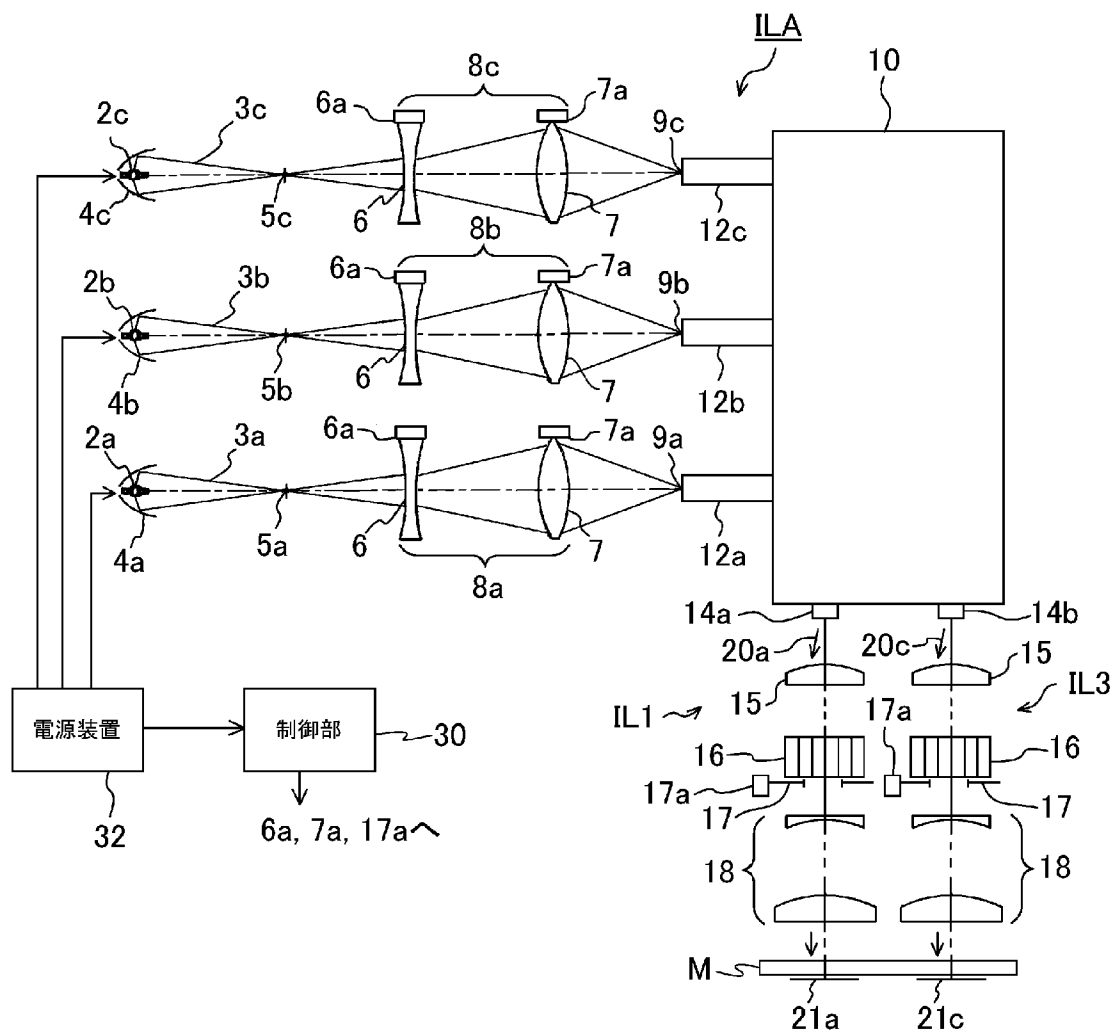
[請求項29] 請求項 2 6 又は 2 7 に記載の露光方法を用いて、所定のパターンを基板に形成することと、

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。

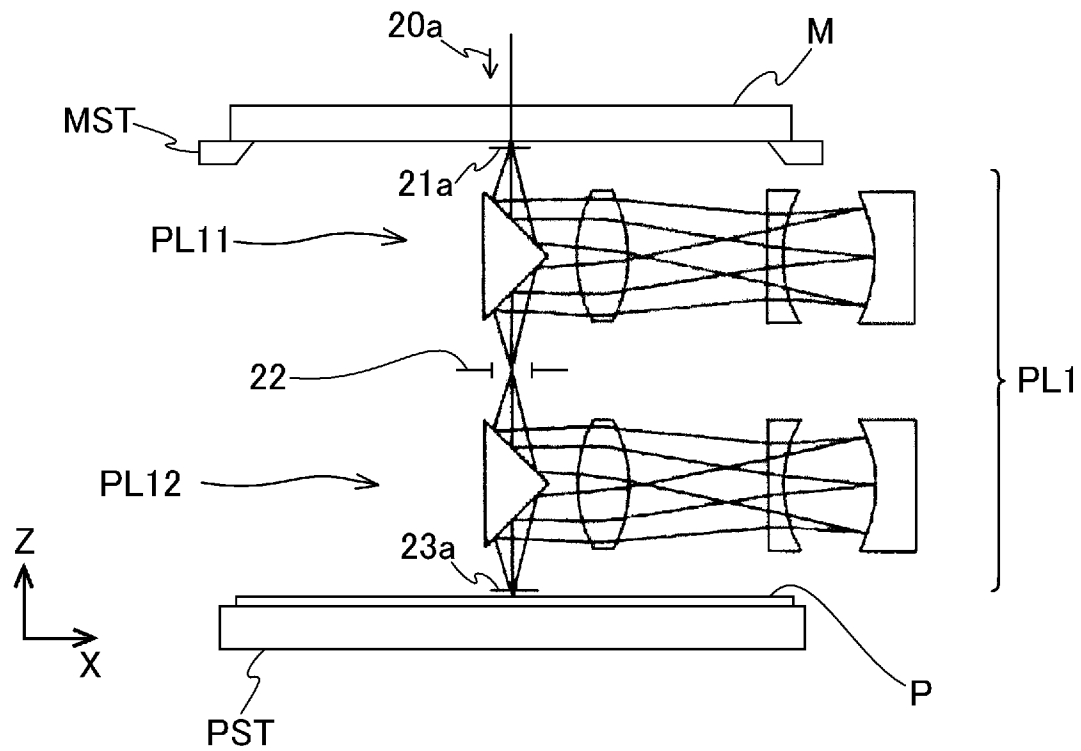
[図1]



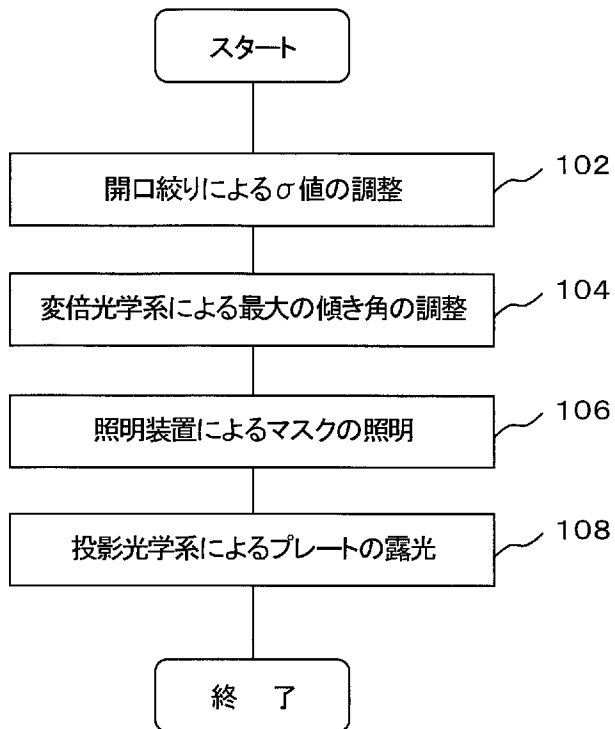
[図2]



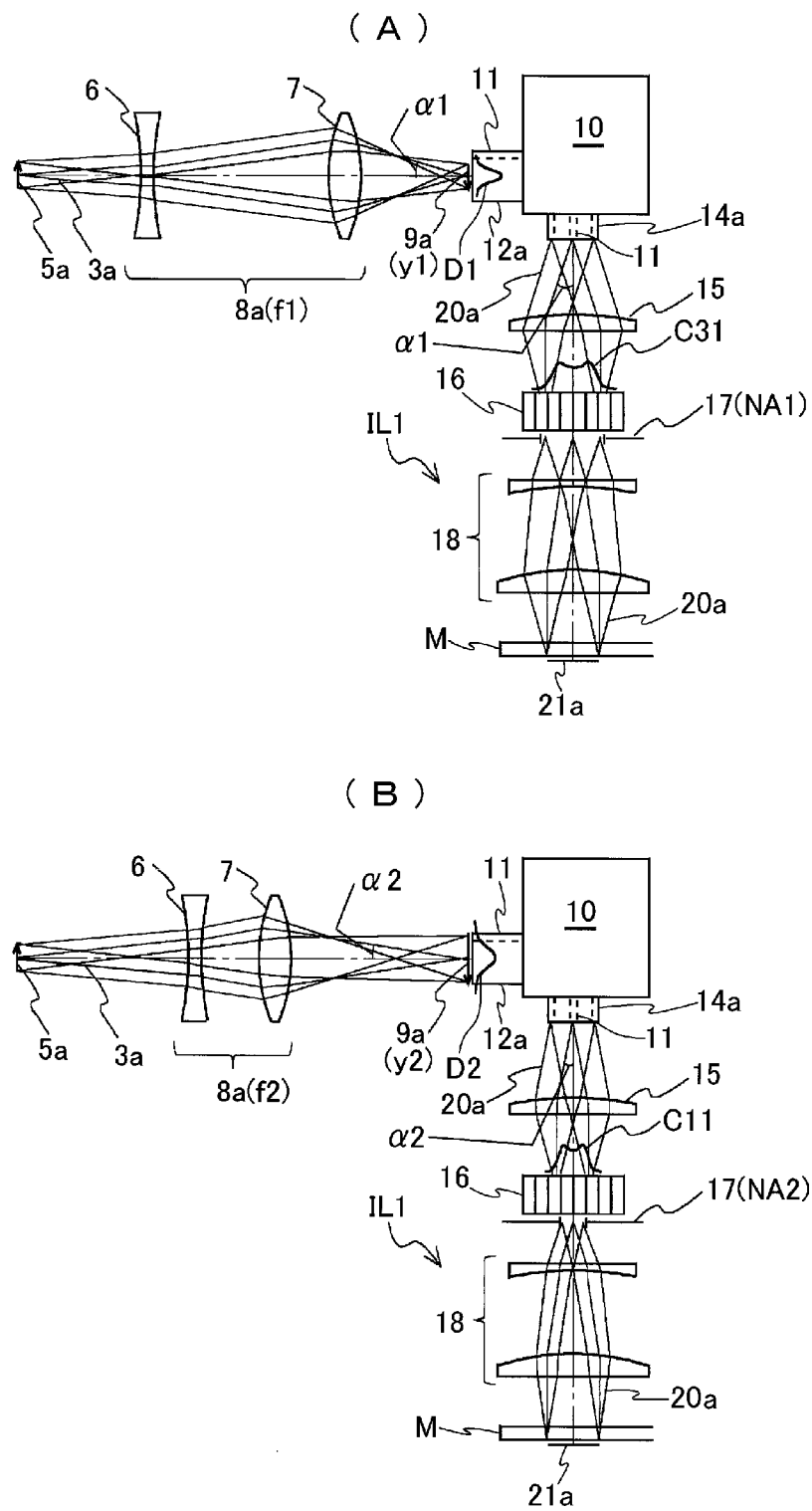
[図3]



[図4]

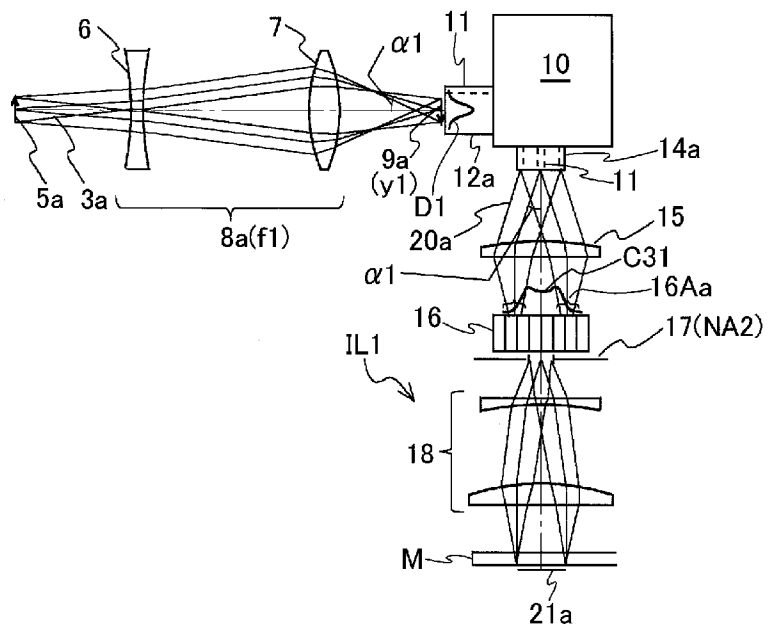


[図5]

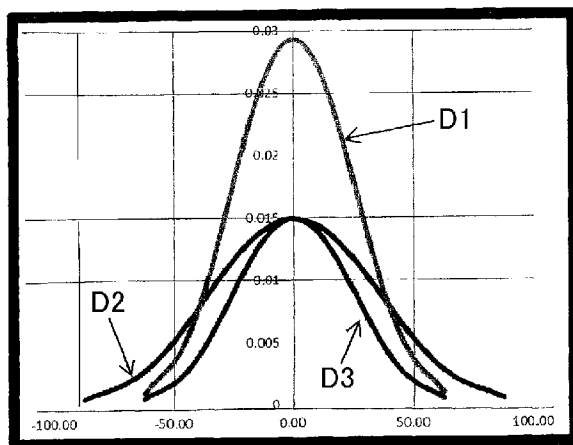


[図6]

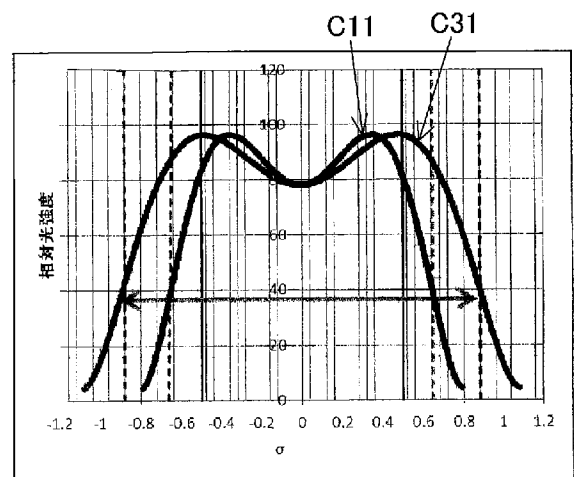
(A)



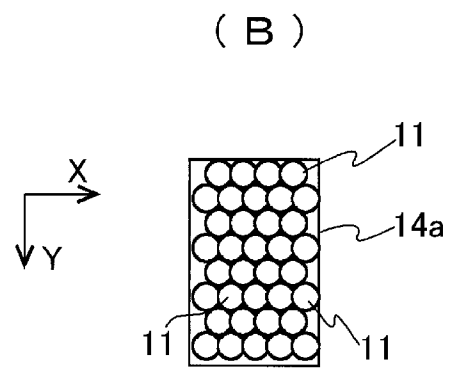
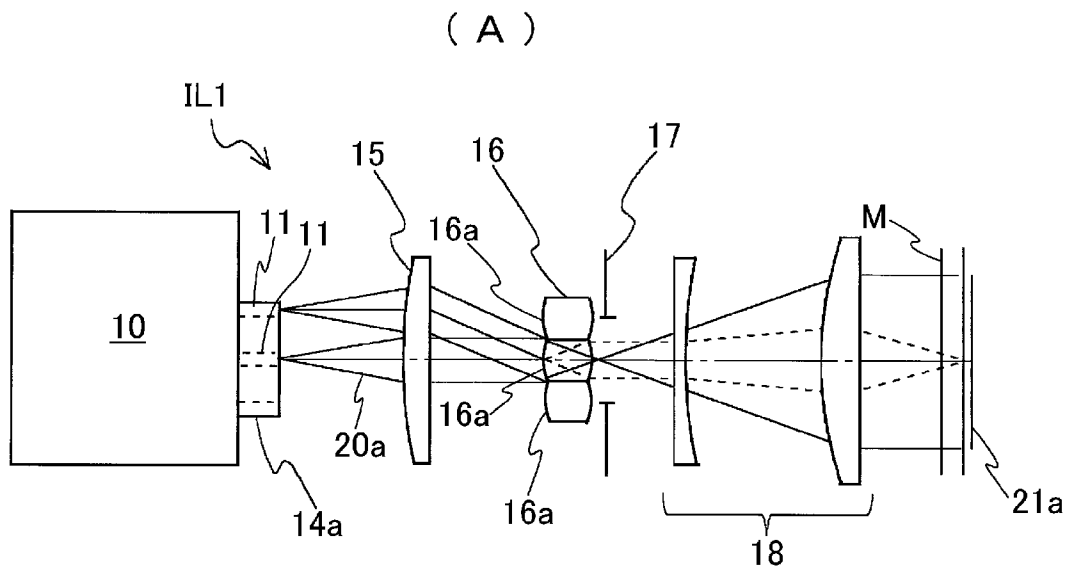
(B)



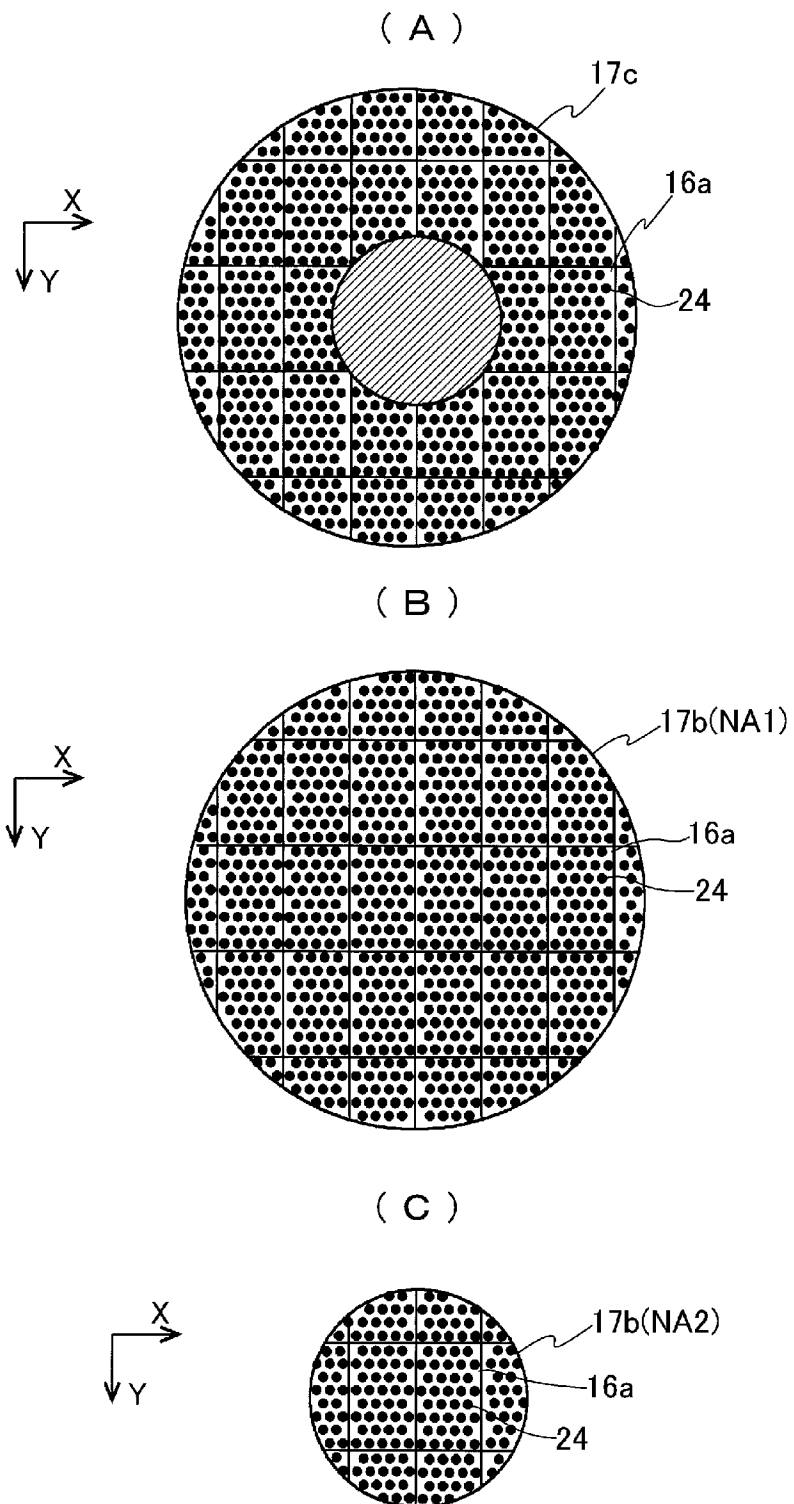
(C)



[図7]

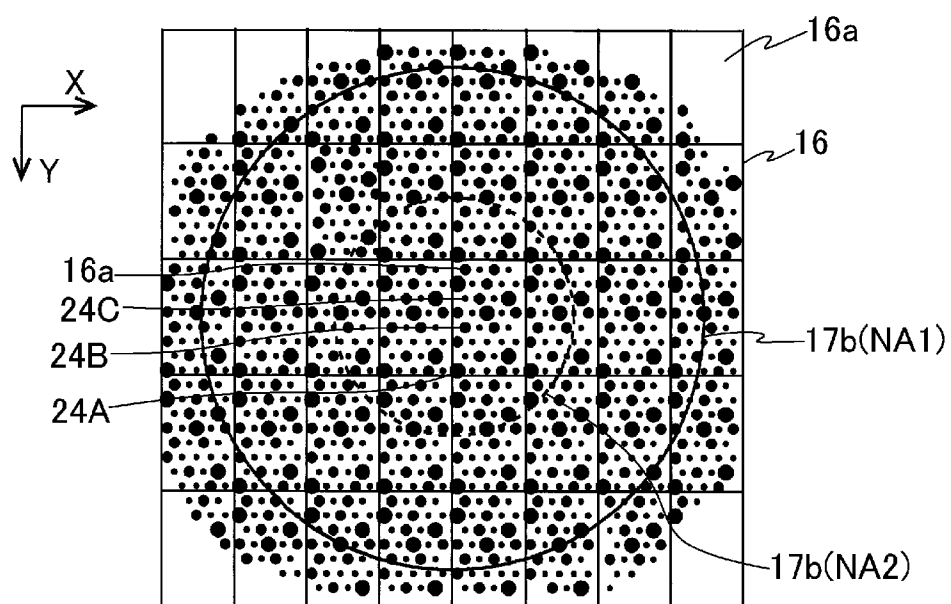


[図8]

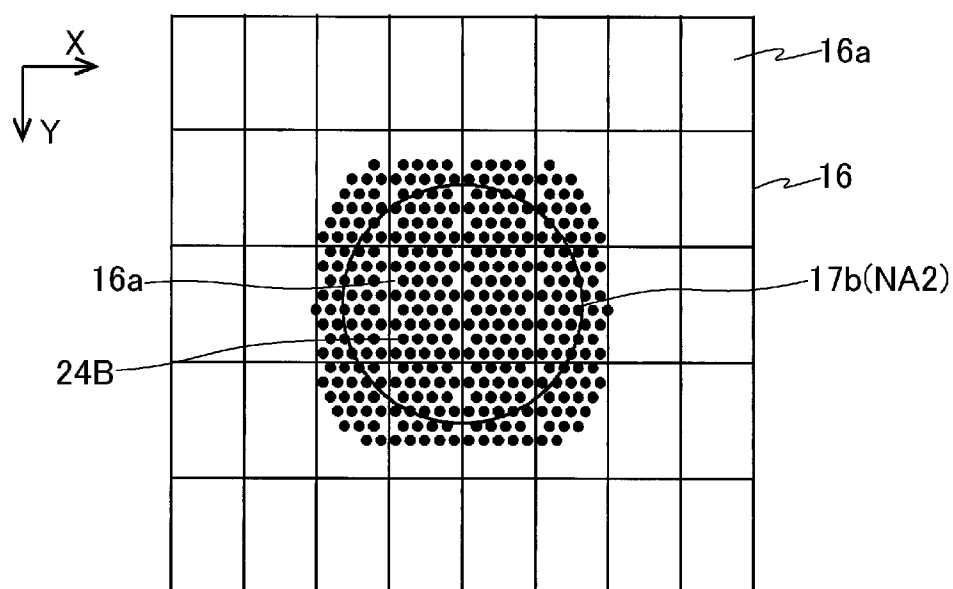


[図9]

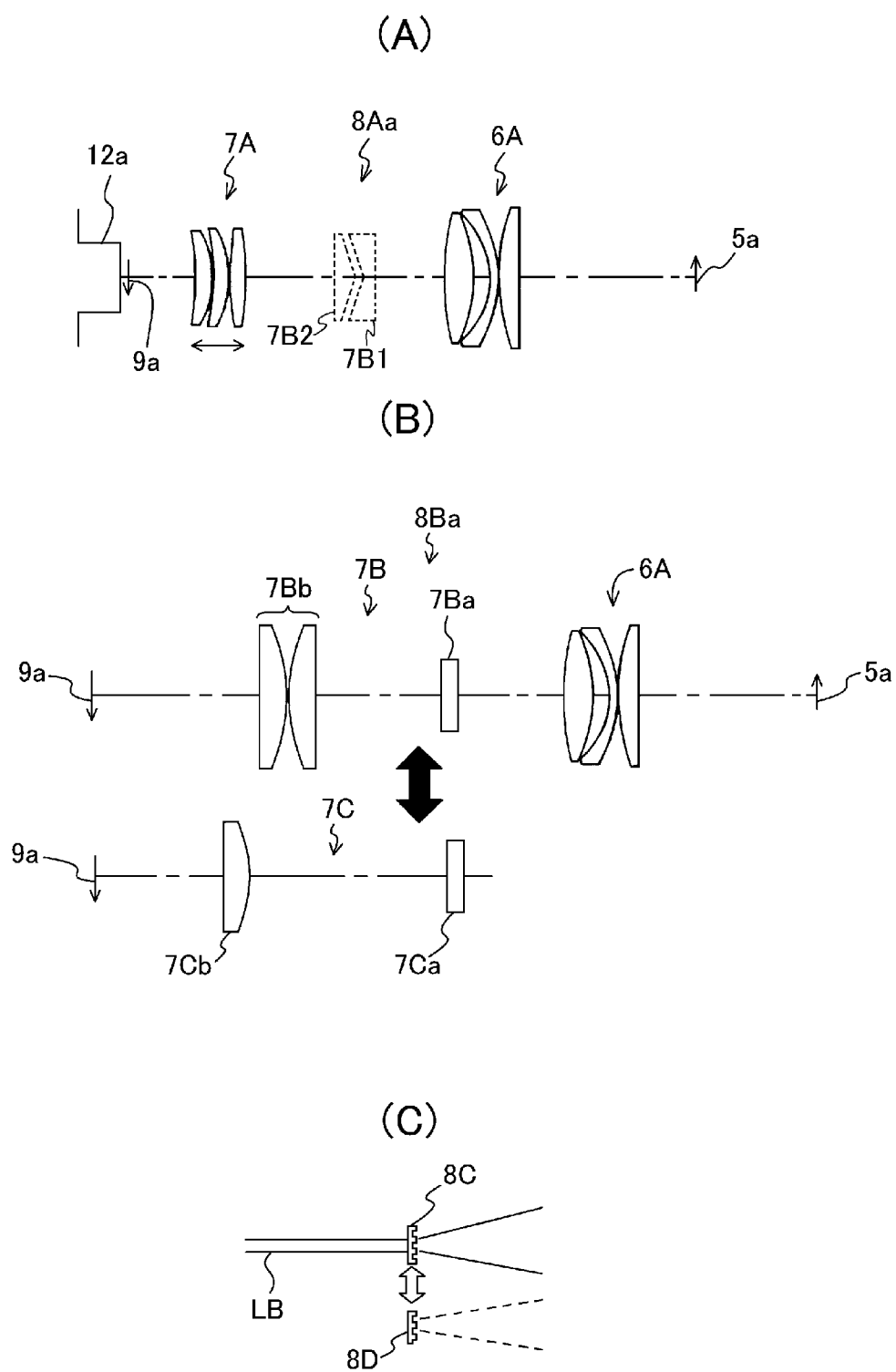
(A)



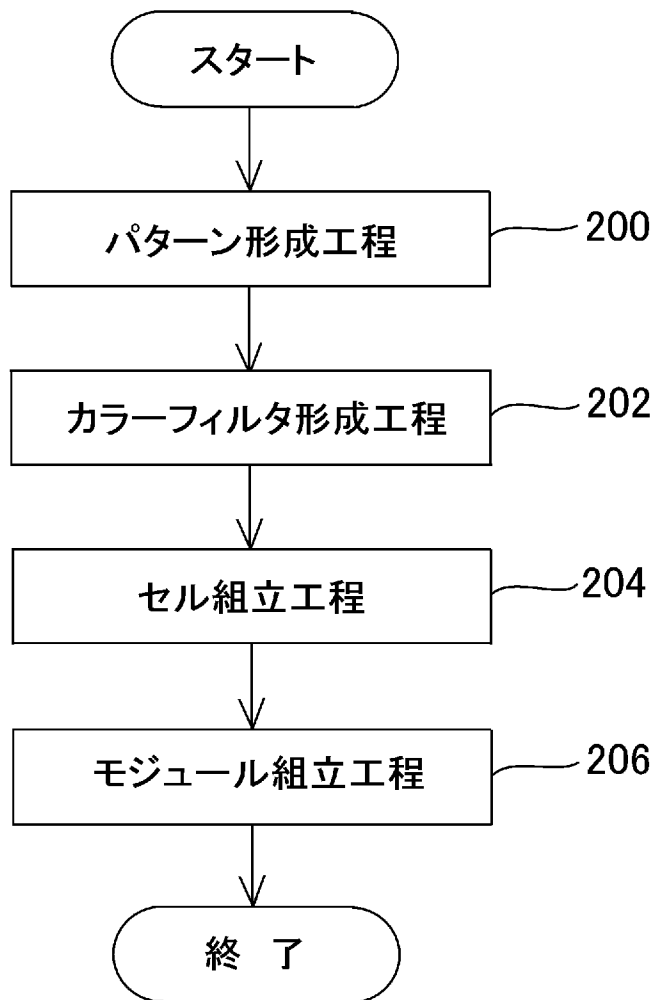
(B)



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/010204

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G03F7/20 (2006.01) i, G02B19/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. G03F7/20-7/24, 9/00-9/02, H01L21/30, 21/027, 21/46

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2000-208396 A (NIKON CORP.) 28 July 2000, paragraphs [0017]-[0018], [0053], fig. 1 (Family: none)	1-2, 11, 13, 15-16, 26, 28-29
X	JP 2000-182933 A (NIKON CORP.) 30 August 2000, paragraphs [0018]-[0025], [0031], [0050]-[0051], [0080], fig. 1, 5, 10 & US 6563567 B1 column 18, line 7 to column 19, line 61, column 20, lines 4-10, column 24, line 49 to column 25, line 13, fig. 12, 15, 20A, 20B & KR 10-2000-0048227 A	1-8, 11, 13, 15-22, 26, 28-29
A	JP 2001-155993 A (NIKON CORP.) 08 June 2001, entire text, all drawings (Family: none)	1-29



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
15 June 2018 (15.06.2018)

Date of mailing of the international search report
26 June 2018 (26.06.2018)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/010204

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6392742 B1 (CANON KABUSHIKI KAISHA,) 21 May 2002, entire text, all drawings (Family: none)	1-29
A	JP 4-225214 A (NIKON CORP.) 14 August 1992, entire text, all drawings & US 5237367 A entire text, all drawings	1-29
A	JP 2001-166497 A (NIKON CORP.) 22 June 2001, entire text, all drawings & KR 10-2001-0039943 A	1-29

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G03F7/20(2006.01)i, G02B19/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G03F7/20-7/24, 9/00-9/02, H01L21/30, 21/027, 21/46

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2000-208396 A（株式会社ニコン） 2000.07.28, [0017] - [0018], [0053], 図1 (ファミリーなし)	1-2, 11, 13, 15 -16, 26, 28-29

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

15.06.2018

国際調査報告の発送日

26.06.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

田口 孝明

2G

6002

電話番号 03-3581-1101 内線 3226

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2000-182933 A (株式会社ニコン) 2000.08.30, [0018] - [0025], [0031], [0050] - [0051], [0080], 図1, 5, 10 & US 6563567 B1 column18 line7-column19 line61, column20 line4-10, column24 line49-column25 line13, FIGs. 12, 15, 20A, 20B & KR 10-2000-0048227 A	1-8, 11, 13, 15 -22, 26, 28-29
A	JP 2001-155993 A (株式会社ニコン) 2001.06.08, 全図, 全図 (ファミリーなし)	1-29
A	US 6392742 B1 (CANON KABUSHIKI KAISHA,) 2002.05.21, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-29
A	JP 4-225214 A (株式会社ニコン) 1992.08.14, 全文, 全図 & US 5237367 A 全文, 全図	1-29
A	JP 2001-166497 A (株式会社ニコン) 2001.06.22, 全文, 全図 & KR 10-2001-0039943 A	1-29