

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年7月4日(04.07.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/142970 A1

(51) 国際特許分類:

G03F 7/20 (2006.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2023/044847

(22) 国際出願日:

2023年12月14日(14.12.2023)

(25) 国際出願の言語:

日本語

(26) 国際公開の言語:

日本語

(30) 優先権データ:

特願 2022-210527 2022年12月27日(27.12.2022) JP

(71) 出願人: 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 小松 宏一郎 (KOMATSU Koichiro); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 川戸 聡

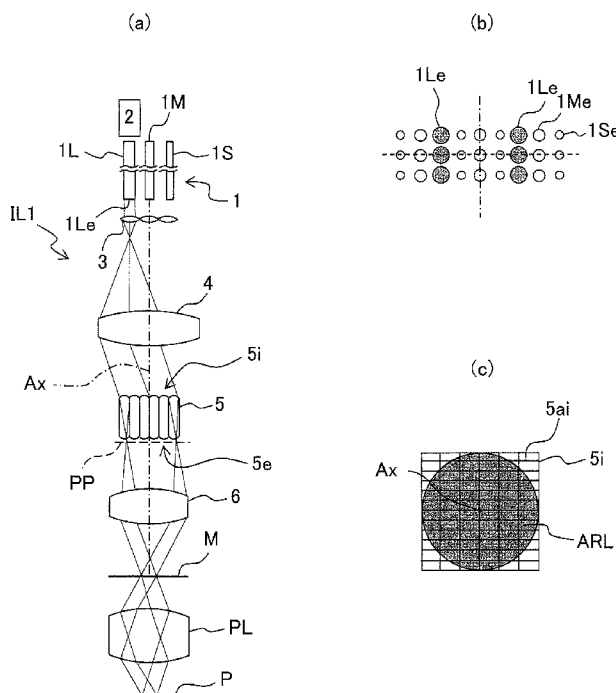
(KAWADO Satoshi); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 大川 智之 (OHKAWA Tomoyuki); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 川北 喜十郎, 外(KAWAKITA Kijuro et al.); 〒1600022 東京都新宿区新宿一丁目5番4号 YKBマイクガーデン Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,

(54) Title: ILLUMINATION OPTICAL SYSTEM, EXPOSURE APPARATUS, AND DEVICE MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: 照明光学系、露光装置、及びデバイス製造方法



(57) Abstract: This illumination optical system (IL1, IL2), which illuminates an irradiated surface, comprises a light source unit (LS1, LS2), a fly-eye lens (5), and a condenser lens (6) by which a plurality of light beams from the fly-eye lens are superimposed on the irradiated surface. The light source unit is provided with: a first light-emitting part having a first light-emitting surface (1Le, 1Me, 1Se) and a first optical element (3), the first light-emitting part emitting, via the first optical element, a first light beam emitted from the first light-emitting surface; and a second light-emitting part having a second light-emitting surface (1Le, 1Me, 1Se) and a second optical element (3), the second light-emitting part emitting, via the second optical element, a second light beam emitted from the second light-emitting surface. The light source unit is configured to selectively emit either the first light beam from the first light-emitting part or the second light beam from the second light-emitting part. The second light-emitting part is configured so that the shape or dimensions of a cross-section of the second beam at an incidence surface of the fly-eye lens differs from the shape or dimensions of a cross-section of the first beam at the incidence surface of the fly-eye lens.



MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

(57) 要約: 被照射面を照明する照明光学系 (1 L 1、1 L 2) は、光源部 (L S 1、L S 2) とフライアイレンズ (5) と、前記フライアイレンズからの複数の光束を前記被照射面で重畳させるコンデンサレンズ (6) とを備える。前記光源部は、第1発光面 (1 L e、1 M e、1 S e) 及び第1光学素子 (3) を有し、第1発光面から射出された第1光束を第1光学素子を介して射出する第1発光部と、第2発光面 (1 L e、1 M e、1 S e) 及び第2光学素子 (3) を有し、第2発光面から射出された第2光束を第2光学素子を介して射出する第2発光部とを備え、第1発光部からの第1光束又は第2発光部からの第2光束を選択的に射出するように構成されている。第2発光部は、前記フライアイレンズの入射面における第2光束の断面の形状又は寸法が、前記フライアイレンズの前記入射面における第1光束の断面の形状又は寸法と異なるように構成されている。

明 細 書

発明の名称：照明光学系、露光装置、及びデバイス製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、照明光学系、露光装置、及びデバイス製造方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体デバイス等の各種デバイスの製造に用いられる露光装置は、マスクに形成されたパターンに光を照射する照明光学系と、パターンを介した光を基板上で結像させてパターンの像を基板上に形成する投影光学系とを備えている。照明光学系に対しては、近年のパターンの多様化に伴い、パターンの特徴に応じた様々な照明条件を実現できることが求められている。

[0003] 照明光学系の光路上に開口絞りを配置することが行われている（例えば、特許文献1）。開口絞りの一種として、照明条件を変更可能な径可変開口絞りが知られている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2016-188878号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 開口絞りをを用いた照明条件の変更は、光源からの光の一部を開口絞りで遮ることにより行われる。そのため、光源からの光のエネルギーの一部が開口絞りにより吸収され、光量損失（パワーロス）が生じてしまう。

[0006] 本発明は、光量損失を抑制しつつ照明条件の変更を行うことのできる照明光学系、露光装置、及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

[0007] 本発明の第1の態様に従えば、
被照射面を照明する照明光学系であって、
光源部と、

前記光源部と前記被照射面との間の光路中に配置されたフライアイレンズと、

前記フライアイレンズからの複数の光束を前記被照射面で重畳させるコンデンサレンズとを備え、

前記光源部は、

第1発光面及び第1光学素子を有し、第1発光面から射出された第1光束を第1光学素子を介して射出する第1発光部と、

第2発光面及び第2光学素子を有し、第2発光面から射出された第2光束を第2光学素子を介して射出する第2発光部とを備え、

第1発光部からの第1光束又は第2発光部からの第2光束を選択的に射出するように構成されており、

第2発光部は、前記フライアイレンズの入射面における第2光束の断面の形状又は寸法が、前記フライアイレンズの前記入射面における第1光束の断面の形状又は寸法と異なるように構成されている照明光学系が提供される。

[0008] 本発明の第2の態様に従えば、

マスク上のパターンを基板に露光する露光装置であって、

前記パターンを照明する第1の態様の照明光学系と、

前記パターンの像を前記基板上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。

[0009] 本発明の第3の態様に従えば、

マスク上のパターンを基板に走査露光する露光装置であって、

前記パターンを照明する第1の態様の複数の照明光学系と、

前記パターンの像を前記基板上に形成する複数の投影光学系と、

前記走査露光を制御する制御部とを備え、

前記複数の照明光学系は、第1の照明領域に照明光を照射する第1照明光学系と、第2の照明領域に照明光を照射する第2照明光学系とを含み、

第1の照明領域と第2の照明領域とは、前記露光装置が走査露光を行う走査方向と直交する非走査方向において重複しており、

前記制御部は、第 1 照明光学系の照度分布に基づいて第 2 照明光学系の照度分布を変更するように構成されている露光装置が提供される。

[0010] 本発明の第 4 の態様に従えば、

第 2 の態様又は第 3 の態様の露光装置を用いてマスク上のパターンを基板に露光することと、

前記パターンが露光された前記基板を現像し、前記パターンに対応する形状のマスク層を前記基板の表面に形成することと、

前記マスク層を介して前記基板の表面を加工することを含むデバイス製造方法が提供される。

発明の効果

[0011] 本発明の照明光学系、露光装置、及びデバイス製造方法によれば、光量損失を抑制しつつ照明条件の変更を行うことができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]図 1 は、本発明の第 1、第 2 実施形態の露光装置の構成を概略的に示す図である。

[図2]図 2 は、本発明の第 1 実施形態の照明光学系の内部構成を概略的に示す図である。

[図3]図 3 は、第 1 実施形態の光源部のファイバ群の構成を概略的に示す図である。

[図4]図 4 は、第 1 実施形態の光源部の発光領域における複数の発光面の配置を示す図である。

[図5]図 5 (a) は、本発明の第 1 実施形態の照明光学系において、大径ファイバの出射端のみが発光している際の光路を示す図、図 5 (b) は光源部の発光領域において大径ファイバの出射端のみが発光する様子を示す図、図 5 (c) は、大径ファイバからの光によりフライアイレンズの入射面に形成される像を示す。

[図6]図 6 (a) は、本発明の第 1 実施形態の照明光学系において、中径ファイバの出射端のみが発光している際の光路を示す図、図 6 (b) は光源部の

発光領域において中径ファイバの出射端のみが発光する様子を示す図、図 6 (c) は、中径ファイバからの光によりフライアイレンズの入射面に形成される像を示す。

[図7]図 7 (a) は、本発明の第 1 実施形態の照明光学系において、小径ファイバの出射端のみが発光している際の光路を示す図、図 7 (b) は光源部の発光領域において小径ファイバの出射端のみが発光する様子を示す図、図 7 (c) は、小径ファイバからの光によりフライアイレンズの入射面に形成される像を示す。

[図8]図 8 (a) は、3 本の大径ファイバから射出された光により被照射面に形成される照度分布を示すグラフである。図 8 (b) は、半導体レーザの出力を調整して照度の傾斜成分を補正する様子を示すグラフである。

[図9]図 9 は、第 1 実施形態の変形例の照明光学系の光源部における、光ファイバ端面とコレクタレンズとの位置関係を示す図である。

[図10]図 10 (a) は、本発明の第 2 実施形態の照明光学系において、通常照明用ファイバの出射端のみが発光している際の光路を示す図、図 10 (b) は、通常照明用ファイバからの光によりフライアイレンズの入射面に形成される像を示す。

[図11]図 11 は、第 2 実施形態の光源部のファイバ群の構成を概略的に示す図である。

[図12]図 12 は、第 2 実施形態の光源部の発光領域における複数の発光面の配置を示す図である。

[図13]図 13 (a) は、本発明の第 2 実施形態の照明光学系において、輪帯照明用ファイバの出射端のみが発光している際の光路を示す図、図 13 (b) は、輪帯照明用ファイバの出射端からの光によりフライアイレンズの入射面に形成される像を示す。

[図14]図 14 (a) は、本発明の第 2 実施形態の照明光学系において、4 極照明用ファイバの出射端のみが発光している際の光路を示す図、図 14 (b) は、4 極照明用ファイバの出射端からの光によりフライアイレンズの入射

面に形成される像を示す。

[図15]図 1 5 は変形例の照明光学系の光源部における光ファイバの出射端、アキシコンレンズ、コレクタレンズ、及び2つのリレーレンズの配置を示す図である。

[図16]図 1 6 は、変形例の照明光学系の内部構成を概略的に示す図である。この照明光学系では発光領域に配置された光ファイバの出射端の像がフライアイレンズの出射面の近傍に形成される。

[図17]図 1 7 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18]図 1 8 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。

発明を実施するための形態

[0013] <第 1 実施形態>

第 1 実施形態の照明光学系 I L 1 及び露光装置 E X について、図 1 ～図 9 を参照して説明する。

[0014] [露光装置の全体構成]

露光装置 E X は、マスクに形成されたパターンの像を基板の上に走査露光する、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置（いわゆるスキャナ）である。

[0015] 露光装置 E X は、図 1 に示す通り、照明ユニット I U と、マスクステージ M S T と、千鳥状に並ぶ 5 つの投影光学系 P L と、基板ステージ P S T と、制御部 C O N T 1 とを主に備える。

[0016] 以下の説明においては、5 つの投影光学系 P L の各々の光軸 A X の延びる方向を Z 軸方向とする。また、Z 軸方向に垂直な面内において、走査露光時にマスク M 及び基板 P が同期的に移動される方向（走査方向）を X 軸方向とし、当該面内において X 軸方向に直交する方向（非走査方向）を Y 軸方向とする。なお、これらの X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向は説明のために便宜的に規定されたものであり、任意に変更し得る。例えば、実際の装置において X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向を定める場合は、本明細書の X 軸方向を Y 軸

方向、本明細書のY軸方向をX軸方向としてもよい。

[0017] 照明ユニットIUは、互いに同一の内部構成を有する5つの照明光学系IL1（図2）により構成されている。5つの照明光学系IL1の各々は、矩形の照明領域ILAに露光用の照明光（露光光）を照射する。5つの照明光学系IL1は、各々の光軸AxをZ軸方向に一致させて、5つの投影光学系PLと同様に千鳥状に並んでいる。照明光学系IL1の内部構成については後述する。

[0018] マスクステージMSTは、マスクMの上面が照明光学系IL1の照明領域ILAに位置するように、マスクMをXY平面とほぼ平行に保持する。マスクステージMSTは、マスクステージ駆動系（不図示）により駆動されてX方向、Y方向、及びZ軸回りの回転方向に移動する。マスクステージMSTの位置は、マスクステージ計測系（不図示）により計測される。

[0019] 投影光学系PLの各々は、台形の視野領域A1内においてマスクMを透過した露光光を基板P上の台形の露光領域A2で結像させる。これによりマスクMのパターンの像が基板P上に形成（露光）される。

[0020] 投影光学系PLの各々は、具体的には例えば、正立正像を形成する両側テレセントリックな光学系である。投影光学系PLとして使用し得る光学系は、例えば本出願人による特開平7-57986号公報、特開2001-215718号公報に記載されている。

[0021] 基板ステージPSTは、投影光学系PLの像面側において、XY平面とほぼ平行に基板Pを保持する。基板ステージPSTは、基板ステージ駆動系（不図示）により駆動されてX方向、Y方向、及びZ軸回りの回転方向に移動する。基板ステージPSTの位置は、基板ステージ計測系（不図示）により計測される。

[0022] 制御部CONT1は、照明ユニットIU、マスクステージMST、投影光学系PL、及び基板ステージPSTの駆動を全体的に制御する。

[0023] [照明光学系IL1]

照明光学系IL1について説明する。

- [0024] 照明光学系 1 L 1 は、図 2～図 5 に示す通り、光源部 L S 1 と、リレーレンズ 4 と、フライアイレンズ 5 と、コンデンサレンズ 6 とを主に備える。光源部 L S 1 は、光ファイバ（ライトガイド）群 1 と、半導体レーザユニット（光源装置） 2 と、複数のコレクタレンズ 3 と、制御部（照度分布制御部） C O N T 2 とを主に備える。
- [0025] 図 3 に示す通り、光ファイバ群 1 は、複数の大径ファイバ 1 L を含む大径ファイバ群 1 L G と、複数の中径ファイバ 1 M を含む中径ファイバ群 1 M G と、複数の小径ファイバ 1 S を含む小径ファイバ群 1 S G により構成されている。
- [0026] 大径ファイバ群 1 L G に含まれる複数の大径ファイバ 1 L の各々は、半導体レーザユニット 2 からの光が入射する入射端 1 L i と、入射した光を射出する出射端（発光面） 1 L e を有する。大径ファイバ 1 L の各々は、入射端 1 L i から出射端 1 L e に向かう経路上で 2 つに分岐しており、1 つの入射端 1 L i に対して 2 つの出射端 1 L e を有する。大径ファイバ 1 L のコア径は、出射端 1 L e 側において 1 . 1 m m ～ 1 . 4 m m 程度であってよく、1 . 0 6 m m ～ 1 . 3 3 m m 程度であってよい。
- [0027] 中径ファイバ群 1 M G に含まれる複数の中径ファイバ 1 M の各々は、半導体レーザユニット 2 からの光が入射する入射端 1 M i と、入射した光を射出する出射端（発光面） 1 M e を有する。中径ファイバ 1 M の各々は、入射端 1 M i から出射端 1 M e に向かう経路上で 3 つに分岐しており、1 つの入射端 1 M i に対して 3 つの出射端 1 M e を有する。中径ファイバ 1 M のコア径は、出射端 1 M e 側において 0 . 5 m m ～ 0 . 9 m m 程度であってよく、0 . 5 3 m m ～ 0 . 8 m m 程度であってよい。
- [0028] 小径ファイバ群 1 S G に含まれる複数の小径ファイバ 1 S の各々は、半導体レーザユニット 2 からの光が入射する入射端 1 S i と、入射した光を射出する出射端（発光面） 1 S e を有する。小径ファイバ 1 S の各々は、入射端 1 S i から出射端 1 S e に向かう経路上で 4 つに分岐しており、1 つの入射端 1 S i に対して 4 つの出射端 1 S e を有する。小径ファイバ 1 S のコア径

は、出射端1 S e側において0.2 mm～0.7 mm程度であってよく、0.26 mm～0.53 mm程度であってよい。

[0029] 図面の煩雑化を避けるため、図2においては、3本の大径ファイバ1 Lのみを図示し、図5～図7においては、大径ファイバ1 L、中径ファイバ1 M、小径ファイバ1 Sを各1本のみを図示している。

[0030] 大径ファイバ1 Lの各々の出射端1 L e、中径ファイバ1 Mの各々の出射端1 M e、小径ファイバ1 Sの各々の出射端1 S eは、いずれも円形の平坦面である。出射端1 L e、1 M e、1 S eは、図4に示す通り、照明光学系1 L 1の光軸A xに直交する面内に、互いに面一となるように配置されている。ここでは、出射端1 L e、1 M e、1 S eが面一に配置された平面状の領域を発光領域E A 1と呼ぶ。

[0031] 発光領域E A 1における、出射端1 L e、1 M e、1 S eの配置は次の通りである。

[0032] 大径ファイバ1 Lの出射端1 L eは、X方向に3行、Y方向に2列の行列状に配置されている。X方向においては、出射端1 L eは等間隔に並び、中央の出射端1 L eの中心が光軸A xと同位置である。Y方向においては、Y方向に並ぶ2つの出射端1 L eの中間位置が光軸A xと同位置である。このように、大径ファイバ1 Lの出射端1 L eは、発光領域E A 1において、光軸A xの位置を対称点とする点対称に配置されている。

[0033] 中径ファイバ1 Mの出射端1 M eは、X方向に3行、Y方向に3列の行列状に配置されている。X方向においては、出射端1 M eは等間隔に並び、中央の出射端1 M eの中心が光軸A xと同位置である。Y方向においても、出射端1 M eは等間隔に並び、中央の出射端1 M eの中心が光軸A xと同位置である。このように、中径ファイバ1 Mの出射端1 M eは、発光領域E A 1において、光軸A xの位置を対称点とする点対称に配置されている。

[0034] 小径ファイバ1 Sの出射端1 S eは、X方向に3行、Y方向に4列の行列状に配置されている。Y方向の一端側から1列目の出射端1 S eと2列目の出射端1 S eとの間の距離、及び3列目の出射端1 S eと4列目の出射端1

S e との間の距離は互いに等しく、且つ 2 列目の出射端 1 S e と 3 列目の出射端 1 S e との間の距離よりも大きい。X 方向においては、3 つの出射端 1 S e は等間隔に並び、中央の出射端 1 S e の中心が光軸 A x と同位置である。Y 方向においては、Y 方向の一端側から 2 列目の出射端 1 S e と 3 列目の出射端 1 S e との中間位置が光軸 A x と同位置である。このように、小径ファイバ 1 S の出射端 1 S e は、発光領域 E A 1 において、光軸 A x の位置を対称点とする点対称に配置されている。

[0035] 複数の出射端 1 L e、複数の出射端 1 M e、複数の出射端 1 S e を、それぞれ光軸 A x の位置を対称点とする点対称に配置することにより、照明光学系 1 L 1 の照明領域 1 L A における照度分布の均一度が向上する（詳細後述）。

[0036] なお、本実施形態においては、複数の出射端 1 L e は、光軸 A x を基準として点対称に配置されていると同時に、光軸 A x を通って X 軸方向に延びる基準線に関して線対称に配置されており且つ光軸 A x を通って Y 軸方向に延びる基準線に関して線対称に配置されている。複数の出射端 1 M e、及び複数の出射端 1 S e も同様である。このように、同一種類の複数の出射端を、光軸 A x を基準とする点対称ではなく、光軸 A x を通って X 軸方向延びる基準線及び／又は光軸 A x を通って Y 軸方向に延びる基準線に関して線対称に配置してもよい。

[0037] 本実施形態では X 方向が露光装置 E X の走査方向であるため、同一種類の複数の出射端（例えば複数の出射端 1 L e）を、走査方向（X 軸方向）に延びて光軸 A x を通る基準線に関して線対称に配置することで、走査方向に直交する方向（Y 軸方向）における照度分布の均一度を向上し得る。これに対し、同一種類の複数の出射端が、Y 軸方向に延びて光軸 A x を通る基準線に関して線対称に配置されていなくても、X 軸方向における照度分布は走査露光により均一化される。

[0038] 半導体レーザユニット 2 は、3 台の半導体レーザ（レーザダイオード）を備え、各半導体レーザからの光束を、互いに異なる位置から互いに平行に射

出するように構成されている。

[0039] 半導体レーザユニット2は、移動機構21によって移動されて、3台の半導体レーザからの光束を、大径ファイバ群1LGに含まれる3つの入射端1Li、中径ファイバ群1MGに含まれる3つの入射端1Mi、小径ファイバ群1SGに含まれる3つの入射端1Siのいずれかに入射させる。

[0040] 入射端1Liの各々に入射した光は、大径ファイバ1Lの内部で内面反射を繰り返した後、出射端1Leの各々から、ほぼ均一な光量分布を有して射出される。入射端1Miの各々に入射した光、入射端1Siの各々に入射した光も同様である。

[0041] 大径ファイバ1L、中径ファイバ1M、小径ファイバ1Sの配置は任意であるが、それぞれのファイバの出射端1Le、1Me、1Se近傍ではファイバを直線状に保持（配置）することが望ましい。これにより、出射端1Le、1Me、1Seの各々において照度が均一となる。また、装置構成の都合で光ファイバを曲げて配置する場合には、X方向（即ち、走査方向）に曲げることが好ましい。

[0042] 制御部CONT2は、一例として露光装置EXの制御部CONT1の指示に基づき、移動機構21を用いた半導体レーザユニット2の移動や、半導体レーザユニット2の出力調整等を行う。

[0043] 複数のコレクタレンズ（第1光学素子、第2光学素子）3は互いに同一であり、6個の出射端1Leの各々、9個の出射端1Meの各々、12個の出射端1Seの各々に対して1つずつ、計27個が設けられている。コレクタレンズ3の各々は、その光軸が、対応する出射端1Le、1Me、1Seのコアの中心に一致又はほぼ一致し、且つ照明光学系1L1の光軸Axと平行又はほぼ平行となるように設けられている。また、コレクタレンズ3の各々は、その前側焦点の位置が発光領域EA1（即ち、出射端1Le、1Me、1Seが面一に配置された平面）の光軸Ax方向の位置に一致又はほぼ一致するように設けられている。

[0044] このように、コレクタレンズ3の各々は、対応する出射端からの光束のみ

が入射するように配置されている。1つのコレクタレンズ3と、これに対応する出射端により1つの発光部が形成される。コレクタレンズ3の各々は正のパワーを有する。

[0045] リレーレンズ4は、コレクタレンズ3の各々の後側焦点が位置する平面又はその近傍にリレーレンズ4の前側焦点が位置するように配置されている。またリレーレンズ4は、リレーレンズ4の光軸が照明光学系I L 1の光軸A xと平行又はほぼ平行となるように配置されている。

[0046] フライアイレンズ5は、並列的に配置された複数のレンズエレメント（波面分割要素）5 aを有するオプティカルインテグレータである。フライアイレンズ5は、入射面5 iが、リレーレンズ4の後側焦点の近傍に位置するように配置されている。また、複数のレンズエレメント5 aの各々の光軸は互いに平行であり、各々が照明光学系I L 1の光軸A xとほぼ平行となるように配置されている。

[0047] レンズエレメント5 aの各々の光軸に直交する平面による断面形状は、X方向に短く、Y方向に長い矩形である（図5（c））。また、レンズ要素5 aの各々の入射面5 a i（図2）による焦点位置はレンズ素子5 aの各々の射出面5 a eと一致又はほぼ一致し、射出面5 a eによる焦点位置は入射面5 a iに一致又はほぼ一致する。

[0048] フライアイレンズ5は、一例として、X方向に30～40個、Y方向に8～12個が稠密に並べられた多数のレンズエレメント5 aにより構成されており、全体として略正方形の外形を有する。図2、図5～図7、図10、図13、図14、図16では、煩雑化を避けるためレンズエレメント5 aの数を適宜省略して図示している。

[0049] コンデンサレンズ6は、その前側焦点の位置が、照明光学系I L 1の光軸A xの方向においてフライアイレンズ5の射出面5 eの位置と一致又はほぼ一致するように配置されている。またコンデンサレンズ6は、その後側焦点の位置が、照明光学系I L 1の光軸A xの方向において被照射面（マスクMが配置される面）と一致又はほぼ一致するように配置されている。コンデン

サレンズ6は、コンデンサレンズ6の光軸が照明光学系 $IL1$ の光軸 Ax と平行又はほぼ平行となるように配置されている。

[0050] 上記の構成を有する照明光学系 $IL1$ の光路について説明する。ここでは、光源部 $LS1$ において大径ファイバ $1L$ の出射端 $1Le$ が光を射出している場合を例として説明するが、中径ファイバ $1M$ の出射端 $1Me$ が光を射出している場合、小径ファイバ $1S$ の出射端 $1Se$ が光を射出している場合の光路も同様である。

[0051] 複数の出射端 $1Le$ の各々から、対応するコレクタレンズ3の光軸とほぼ平行に（ひいては、照明光学系 IL の光軸 Ax とほぼ平行に）射出された光は、コレクタレンズ3の後側焦点位置の近傍に集光した後、リレーレンズ4の作用により、フライアイレンズ5の入射面 $5i$ の同一の領域に重疊的に入射する（図2）。複数の出射端 $1Le$ の各々の面上の各点から射出された光は、コレクタレンズ3、リレーレンズ4を介してフライアイレンズ5の入射面 $5i$ に集光する。これにより、複数の射出面 $1Le$ の複数の円形の像が、コレクタレンズ3及びリレーレンズ4により拡大されて、フライアイレンズ5の入射面 $5i$ に、互いに重疊した状態で投影される。

[0052] フライアイレンズ5の入射面 $5i$ にて重疊された複数の出射端 $1Le$ からの光は、次いで、フライアイレンズ5の多数のレンズエレメント $5a$ によって二次元的に分割（波面分割）される。そして、分割された各光束は、レンズエレメント $5a$ の射出面 $5ae$ から射出され、コンデンサレンズ6を介して被照射面（マスク M が配置される面）上の照明領域 ILA を重疊的に照明する。フライアイレンズ5のレンズエレメント $5a$ が X 方向に短く、 Y 方向に長い矩形であるため、照明領域 ILA も同様に X 方向に短く、 Y 方向に長い矩形となる。

[0053] 照明光学系 $IL1$ においては、フライアイレンズ5の射出面 $5e$ の近傍に、被照射面（マスク M が配置される面）のフーリエ変換面となる平面を規定することができる。この平面を照明光学系 $IL1$ の照明瞳 PP と定義する。照明瞳 PP は、投影光学系 PL の開口数を決定するための開口絞り（不図示

）が配置されている面と、光学的に共役な関係である。また、照明光学系 $IL1$ においては、被照射面（マスク M が配置される面）とフライアイレンズ 5 のレンズエレメント 5 a の入射面 5 a i とがほぼ共役である。つまり、フライアイレンズ 5 のレンズエレメント 5 a の入射面 5 a i はフライアイレンズ 5 の焦点距離とコンデンサレンズ 6 の焦点距離によって決まる倍率で被照射面に拡大投影される。

[0054] [露光装置 EX による走査露光]

本実施形態の露光装置 EX を用いて、マスク M に形成されたパターン MP の像を基板 P の上に走査露光する際には、まず露光装置 EX のマスクステージ MST 上にパターン MP が形成されたマスク M を載置し、基板ステージ PST 上に感光性のレジストが塗布された基板 P を載置する（図 1）。

[0055] 次いで、照明ユニット IU の照明光学系 $IL1$ により、マスク M 上の 5 つの照明領域 ILA に照明光を照射する。照明光のうち、投影光学系 PL の視野領域 $A1$ の各々においてマスク M を透過した光は、投影光学系 PL を介して、基板 P 上の対応する露光領域 $A2$ に結像する。これにより、視野領域 $A1$ 内に位置するパターン MP の像が、露光領域 $A2$ 内に位置する基板 P に形成される。換言すれば、パターン MP の一部分が、基板 P のレジスト層に転写される。なお、視野領域 $A1$ 及び露光領域 $A2$ の台形状の形状は、投影光学系 PL の視野絞り（不図示）の形状により規定される。

[0056] 照明ユニット IU による照明光の照射を行いながら、マスクステージ MST を X 軸方向（走査方向）の一方側に移動し、これに同期して基板ステージ PST を X 軸方向の他方側に移動することにより、パターン MP の X 軸方向に延びる帯状領域が、基板 P のレジスト層の X 軸方向に延びる帯状領域に転写される（走査露光）。1 つの帯状領域の全域の転写が完了した後は、マスクステージ MST を Y 軸方向（非走査方向）の一方側にステップ移動し、同様に基板ステージ PST を Y 軸方向の他方側にステップ移動する。そして、マスクステージ MST 及び基板ステージ PST を走査方向に同期的に移動し、次の走査露光を行う。

[0057] なお、Y軸方向に隣接する2つの視野領域A1がY軸方向に重複する領域（以下、「重ね合わせ領域OR」と呼ぶ）では、マスクパターンMPは、1つの視野領域A1の端部（Y軸方向正側に向かうにつれてX軸方向の幅が減少している部分）内に位置する時と、隣接する視野領域A1の端部（Y軸方向正側に向かうにつれてX軸方向の幅が増加している部分）内に位置する時の2回に分けて基板Pに転写される。図面の煩雑化を避けるため、図1においては複数の重ね合わせ領域ORのうち、1つのみを網掛けを付して明示している。

[0058] 重ね合わせ領域ORの露光における、基板P上のレジストに対する露光量の合計は、パターンMPの他の部分と同一である。これは、視野領域A1の台形の辺が重なるように配置されていることにより、視野領域A1の端部においてマスクMを通過する光量が、二つの投影レンズを通過して同一になるためである。このように、視野領域A1を台形として、重ね合わせ領域ORでの転写を、非走査方向に隣接する2つの視野領域A1を介して行うことで、パターンMPをY方向全域に渡って継目なく転写することができる。なお、重ね合わせ領域ORでは、2つの視野領域A1に照明光を照射する2つの照明光学系IL1の照明領域ILAもY軸方向において重なっている。

[0059] [照明条件の変更]

次に、本実施形態の照明光学系IL1における照明条件の変更、具体的にはコヒーレンスファクタ（ σ 値）の変更、及び照度均一性の変更について説明する。

[0060] (1) コヒーレンスファクタ（ σ 値）の変更

露光装置EXを用いてマスクM上のパターンMPを基板Pに露光する際には、パターンMPの形状に応じてコヒーレンスファクタ（ σ 値）を変更することができる。一般に、細い線が密集したパターンの場合には σ 値を大きくし、コンタクトホールなどの孤立パターンでは σ 値を小さくすることが望ましい。

[0061] σ 値は、「 σ 値＝開口絞り径／投影光学系の瞳径」、あるいは「 σ 値＝照

明光学系の射出側開口数／投影光学系の入射側開口数」と定義される。そのため、照明光学系の照明瞳の位置に径の小さい開口絞りを設け、照明光学系の射出側開口数を小さくすることで、 σ 値を小さくすることができる。反対に、照明瞳の位置に径の大きい開口絞りを設ける場合には、照明光学系の射出側開口数が大きくなり、 σ 値も大きくなる。

[0062] まず、図5（a）～図5（c）を参照して、照明条件を σ 値＝「大」（一例として $\sigma = 0.8 \sim 1.0$ 程度）に設定する場合を説明する。

[0063] この場合は、まず、制御部CONT 2が半導体レーザユニット2を移動させて、半導体レーザユニット2からの光を大径ファイバ群1LGに入射させ、発光領域EA 1の大径ファイバ1Lの出射端1Leから光を射出させる（図5（b））。6つの出射端1Leの各々から射出された光は、対応するコレクタレンズ3、及びリレーレンズ4を介して、フライアイレンズ5の入射面5iの同一の領域に重複して入射する。

[0064] 6つの出射端1Leの各々から射出された光が重複して入射するフライアイレンズ5の入射面5i（レンズエレメント5aの矩形の入射面5aiの集合体）上の領域ARLは、入射面5iの略正方形の輪郭にほぼ内接する円形領域である（図5（c））。

[0065] ここで、上記の通り、フライアイレンズ5を構成する複数のレンズエレメント5aの各々の光軸は互いに平行である。そのため、フライアイレンズ5の入射面5iに入射した光束の光量分布は、フライアイレンズ5の出射面5e、即ち照明瞳PPの近傍における光量分布に反映される。

[0066] このように、6つの射出面1Leの各々からの光がフライアイレンズ5の入射面5iの広い領域を照射している場合には、照明瞳PPにおける光量分布は、光軸Axからより離れた位置まで分布が広がった状態、すなわち、照明瞳PPに径の大きい開口絞りが設けられた状態と同様となる。よって、照明光学系IL 1の射出側開口数が大きくなり、 σ 値も大きくなる。

[0067] 次に、図6（a）～図6（c）を参照して、照明条件を σ 値＝「中」（一例として $\sigma = 0.4 \sim 0.6$ 程度）に設定する場合を説明する。

[0068] この場合は、制御部CONT2が半導体レーザユニット2を移動させて、半導体レーザユニット2からの光を中径ファイバ群1MGに入射させ、発光領域EA1の中径ファイバ1Mの出射端1Meから光を射出させる（図6（b））。9つの射出面1Meの各々から射出された光は、対応するコレクタレンズ3、及びリレーレンズ4を介して、フライアイレンズ5の入射面5iの同一の領域に重複して入射する。

[0069] 中径ファイバ1Mの出射端1Meは大径ファイバ1Lの出射端1Leよりも径が小さい。そのため、フライアイレンズ5の入射面5iにおいては、9つの出射端1Meの各々から射出された光が重複して入射する領域ARMは、大径ファイバ1Lの場合の領域ARLよりも径の小さい円形領域となる（図6（c））。

[0070] したがって、照明瞳PPにおける光量分布も、大径ファイバ1Lから光が射出されていた場合よりも径の小さい円形分布、すなわち、照明瞳PPに径が中程度の開口絞りが設けられている状態と同様となる。よって、照明光学系IL1の射出側開口数は中程度となり、 σ 値も中程度となる。

[0071] 次に、図7（a）～図7（c）を参照して、照明条件を σ 値＝「小」（一例として $\sigma = 0.2 \sim 0.4$ 程度）に設定する場合を説明する。

[0072] この場合は、制御部CONT2が半導体レーザユニット2を移動させて、半導体レーザユニット2からの光を小径ファイバ群1SGに入射させ、発光領域EA1の小径ファイバ1Sの出射端1Seから光を射出させる（図7（b））。12個の射出面1Seの各々から射出された光は、対応するコレクタレンズ3、及びリレーレンズ4を介して、フライアイレンズ5の入射面5iの同一の領域に重複して入射する（図7（a））。

[0073] 小径ファイバ1Sの出射端1Seは中径ファイバ1Mの出射端1Meよりも径が小さい。そのため、フライアイレンズ5の入射面5iにおいては、12個の出射端1Seの各々から射出された光が重複して入射する領域ARSは、中径ファイバ1Mの場合の領域ARMよりも径の小さい円形領域となる（図7（c））。

[0074] したがって、照明瞳 P P における光量分布も、中径ファイバ 1 M から光が射出されていた場合よりも径の小さい円形分布、すなわち、照明瞳 P P に径の小さい開口絞りが設けられている状態と同様となる。よって、照明光学系 I L 1 の射出側開口数は小さくなり、 σ 値も小さくなる。

[0075] このように、本実施形態の照明光学系 I L 1 においては、照明領域 E A 1 において光を射出する出射端を切り換え、フライアイレンズ 5 の入射面 5 i における光束の断面形状の寸法を異ならせることで、 σ 値の変更を行うことができる。

[0076] (2) 照度分布の変更

照明光学系 I L が照明領域 I L A に入射させる照明光の照度は、一般に均一であることが望ましく、一例として照度むらの範囲が 1 % 以下であることが望まれる。

[0077] この点、本実施形態の照明光学系 I L は、光源部 L S 1 の発光領域 E A 1 において、大径ファイバ 1 L の複数の出射端 1 L e の組、中径ファイバ 1 M の複数の出射端 1 M e の組、及び小径ファイバ 1 S の複数の出射端 1 S e の組のそれぞれが、光軸 A x を対称点とする点対称に配置されているため、照明領域 I L A における照度分布の均一性が高い。

[0078] この理由を、図 2 及び図 8 (a) を参照して説明する。図 8 (a) の実線、点線、一点鎖線は、それぞれ、図 2 の中央、右側、左側の出射端 1 L e から射出され、フライアイレンズ 5 の 1 つのレンズエレメント 5 a を通過した光束による、照明領域 I L A における照度分布を示すグラフである。図 8 (a) の横軸は像高であり、ここでは照明領域 I L A 内での X 軸方向又は Y 軸方向の位置である。図 8 (a) の縦軸は照度である。

[0079] 本発明の発明者の知見によれば、各光束による照度分布を示すグラフが山なりの形状を有するのは、フライアイレンズ 5 のレンズエレメント 5 a の入射面 5 a i における球面収差の影響である。また、図 2 の右側、左側の出射端 1 L e から射出された光束による照度分布が、図 2 の中央の出射端 1 L e から射出された光束による照度分布に対して左側、右側にシフトしているの

は、図2の各出射端1Leから射出された光束が、光軸Axに対して傾斜してフライアイレンズ5に入射しているためである。照明領域ILAにおける照度分布のシフト量は、当該照度分布を形成する光束の、フライアイレンズ5に対する入射角の大きさに応じている。

[0080] このことから、2つの光束を、光軸Axを基準として互いに対称にフライアイレンズ5に入射させれば、当該2つの光束により照明領域ILAに形成される照度分布が、光軸Axに対して互いに反対方向に、同一の量だけシフトすることが分かる。また、光軸Axを基準として互いに対称にフライアイレンズ5に入射する光は、光軸Axに沿ったいずれの位置においても、光軸Axを基準として互いに対称の関係を保っているため、その光源は、光軸Axを対称点とする点対称位置であることが分かる。

[0081] 以上をまとめると、発光領域EA1において、複数の出射端を光軸Axを対称点とする点対称に配置することで、当該複数の出射端から射出された複数の光束をフライアイレンズ5に対称に入射させることができ、当該複数の出射端から射出された複数の光束が照明領域ILAに形成する複数の照度分布を、光軸Axの位置を対称点とする点対称位置に分散できることが分かる。これにより、各々の山なり形状のピークが好適に分散され、照度分布が均一化される。

[0082] 本実施形態では、本発明の発明者の上記の知見に基づき、光源部LS1の発光領域EA1において、大径ファイバ1Lの複数の出射端1Leの組、中径ファイバ1Mの複数の出射端1Meの組、及び小径ファイバ1Sの複数の出射端1Seの組のそれぞれを、光軸Axを対称点とする点対称に配置している。これにより、 σ 値を「大」、「中」、「小」のいずれに設定した場合も、照明領域ILAの照度分布が均一化される。

[0083] 一方で、照度分布を照明条件の一つとして、これを積極的に変化させてもよい。

[0084] 本実施形態の照明光学系IL1は、半導体レーザユニット2が備える3台の半導体レーザの出力を個別に調整することで、照明領域ILAにおける照

度分布を変化させることができる。例えば σ ＝「大」の照明条件で照明を行っている場合に、半導体レーザユニット2が備える3台の半導体レーザの出力を個別に調整すると、複数の出射端1Leの間で射出される光の光量バランスが変化し、照明領域ILAにおける照度分布が変化する。 σ ＝「中」、「小」の照明条件で照明を行っている場合も同様である。なお、照度分布の変更として、照度傾斜の補正、照度湾曲の補正等を行うことができる。図8(b)の照度分布について、実線は3台の半導体レーザの出力が等しい場合の照度分布、点線は図2の右端の出射端1Leに対応する半導体レーザの出力を強くし且つ図2の左端の出射端1Leに対応する半導体レーザの出力を弱くして照度の傾斜成分を補正した場合の照度分布である。

[0085] このような変形態様において、露光装置EXに、基板Pに塗布された感光性レジストの膜厚を計測する膜厚センサ（不図示）を設けてもよい。この場合は例えば、制御部CONT1は、計測されたレジストの膜厚を照明光学系IL1の制御部CONT2に送る。制御部CONT2は、受け取った膜厚情報に基づいて照明光学系IL1を制御し、照明領域ILAの照度分布を、露光対象である基板Pのレジストの膜厚に応じた適切な分布に変更する。

[0086] 具体的には例えば、制御部CONT2は、露光装置の制御部CONT1から次に露光する基板Pに塗布された感光性のレジストの膜厚むらの情報を露光前に受け取り、膜厚の高い部分の露光量が大きくなるように、照明領域ILAの照度分布に照度むらを与えてもよい。これにより、レジストの単位体積当たりの露光量が均一となり、より良好な現像結果（レジスト像）が得られる。より具体的には例えば、複数の基板Pの間の平均膜厚の差を補償して、複数の基板Pの間で線幅安定性を得ることができる。

[0087] その他、制御部CONT2は、マスクMのパターンMPの線幅に応じて照度分布を変更してもよく、露光及び現像を行ったレジスト層の線幅の均一性を計測した結果に基づいて、線幅の均一性がより高くなるように照度分布を変更してもよい。また、制御部CONT2による照度分布の変更は、露光前に行われるものに限られず、走査露光中に行うものであってもよい。この場

合は例えば、制御部CONT1から基板P内の複数（多数）の点における膜厚情報（例えば、露光装置が備える膜厚センサにより露光前に計測される）を取得し、走査露光中に露光対象位置の膜厚に応じた照度分布へと逐次変更する。即ち、照明光学系IL1が照明光の照射を行い、投影光学系PLを介したパターンMPの1枚の基板Pへの露光を行っている期間中に照度分布の変更を行い、当該転写を行っている基板Pに対する露光の条件を変化させる。これにより例えば、1枚の基板P内でのレジストの膜厚むらを補償でき、1枚の基板P内で線幅均一性が得られる。

[0088] 露光装置EXの制御部CONT1（又はその他の任意の制御部）は、照明ユニットIUに含まれる所定の照明光学系IL1の照度分布を参酌して、照明ユニットIUに含まれる他の照明光学系IL1の照度分布を調整してもよい。具体的には例えば、所定の重ね合わせ領域ORにおける照明光の照射が適切に行われるように、当該重ね合わせ領域ORに照明光を照射する一方の照明光学系IL1の照度分布を参酌して、当該重ね合わせ領域ORに照明光を照射する他方の照明光学系IL1の照度分布を変更してもよい。

[0089] なお、レジストの感光特性が照度×露光時間で表される露光量だけに比例しない場合がある。このような場合において、複数回に分けて露光が行われる場合、照度を補正するために照度分布を変化させて対応することも考えられる。

[0090] 本実施形態の照明光学系IL1、及び露光装置EXの効果を以下にまとめる。

[0091] 本実施形態の照明光学系IL1は、光源部LS1から射出される光束自体の寸法を変更することができるため、光束の一部を遮蔽することなく照明条件（ σ 値）の変更を行うことができる。換言すれば、光量損失を生じることなく、照明条件の変更を行うことができる。

[0092] 本実施形態の照明光学系IL1は、光源部LS1から射出される光束自体の寸法を変更することができるため、可変絞りのような、移動機構を含む複雑な構造体を被照射面の近くに設けることなく照明条件（ σ 値）の変更を行

うことができる。この点は、照明光学系 1 L 1 を多数備える照明ユニット 1 U を構成する場合に特に有利であり、照明ユニット 1 U の小型化、ひいては露光装置 E X の小型化につながる。

[0093] 本実施形態の照明光学系 1 L 1 は、 σ 値がいずれの場合においても、半導体レーザユニット 2 からの射出された光を全て照明領域 1 L A に照射する。そのため、被照射面に照射される光量を一定に保ったまま σ 値の変更を行うことができる。これに対し、従来技術では開口絞りにより光束を遮ることで小さな照明 σ を実現しているために光量が低下していた。

[0094] 本実施形態の照明光学系 1 L 1 は、照明領域 1 L A における照度分布を変更することができる。そのため、マスクパターン M P や、基板 P に塗布されたレジストの状態に応じて照度分布を変更することで、マスク M や基板 P の状態に応じたより好適な照明条件を実現することができる。また、照明領域 E A 1 において複数の出射端 1 L e、複数の出射端 1 M e、複数の出射端 1 S e が、それぞれ、光軸 A x を対称点とする点対称に配置されているため、均一性の高い照度分布も実現できる。

[0095] 本実施形態の照明光学系 1 L 1 は、光ファイバ群 1 を備え、光ファイバ群 1 の備える各光ファイバの出射端を発光領域 E A 1 に配置している。そのため、比較的大きく冷却機構も必要とする半導体レーザユニット 2 や、複雑な構造体となり得る移動機構 2 2 を、照明領域 1 L A から離間した、比較的空間的余裕のある場所に設けることができる。また、半導体レーザユニット 2 から射出された光が有する光量分布を、光ファイバの内部で均一化することもできる。

[0096] 本実施形態の露光装置 E X は、照明光学系 1 L 1 を用いて容易且つ好適に照明条件の切り替えを行いながら、マスク M の様々なパターン M P を、基板 P に良好に転写することができる。

[0097] <第 1 実施形態の変形例>

第 1 実施形態の照明光学系 1 L 1 において、次の変形態様を用いることもできる。

- [0098] 第1実施形態の照明光学系1L1の光源部LS1においては、コア径の異なる3種類の光ファイバを用いてフライアイレンズ5の入射面5iにおける光束の入射領域の大きさ（断面形状の寸法）を切り替え、 σ 値を切り替えていたが、これには限られない。
- [0099] 具体的には例えば、ファイバ群1において、大径ファイバ1L、小径ファイバ1Sを、それぞれ中径ファイバ1Mに置き換える。この場合、発光領域EA1における、光軸Axの方向に見たファイバ端面の配置は、端面の大きさが全て同一であることを除き、第1実施形態における配置（図4）と同一とする。一方で、ファイバ端面の光軸Ax方向の位置は互いに異ならせる。
- [0100] このように配置された27個の出射端1Meのうち、第1実施形態においても中径ファイバ1Mの出射端1Meが配置されている箇所に位置する出射端1Meについては、第1実施形態と同様にコレクタレンズ3を用いる（図9）。
- [0101] 一方で、第1実施形態においては、大径ファイバ1Lの出射端1Leが配置されている箇所に位置する出射端1Me（図9の左端）については、光軸Ax方向における出射端の位置を、第1実施形態においても中径ファイバ1Mの出射端1Meが配置されている箇所に位置する出射端1Meに対してリレーレンズ4側とする。そして、コレクタレンズ3を、コレクタレンズ3よりも焦点距離が小さい（曲率半径が小さい）コレクタレンズ3Lに置き換える。コレクタレンズ3Lは、その前側焦点が対応する出射端1Me上に位置するように配置する。コレクタレンズ3Lから射出される光束の径は、フライアイレンズ5の入射面5iにおいて、コレクタレンズ3から射出される光束の径よりも大きくなる。
- [0102] 同様に、第1実施形態においては、小径ファイバ1Sの出射端1Seが配置されている箇所に位置する出射端1Me（図9の右端）については、光軸Ax方向における出射端の位置を、第1実施形態においても中径ファイバ1Mの出射端1Meが配置されている箇所に位置する出射端1Meに対してリレーレンズ4とは反対側とする。そして、コレクタレンズ3を、コレクタレン

ズ3よりも焦点距離が大きい（曲率半径が大きい）コレクタレンズ3 Sに置き換える。コレクタレンズ3 Sは、その前側焦点が対応する出射端1 M e上に位置するように配置する。コレクタレンズ3 Sから射出される光束の径は、フライアイレンズ5の入射面5 iにおいて、コレクタレンズ3から射出される光束の径よりも小さくなる。

[0103] 図9に示すように、本変形例では、コレクタレンズ3 L、コレクタレンズ3、コレクタレンズ3 Sの各々の後側焦点を、リレーレンズ4の前側焦点の位置に一致又はほぼ一致させている。これにより、光源像のピントの合う位置を変えることなく σ 値を変更することができる。

[0104] この変形態様においては、ファイバ群1が有する光ファイバのコア径を均一にしつつ、各光ファイバの出射端に対応するコレクタレンズの焦点距離及び配置を異ならせている。この変形態様においても、半導体レーザユニット2を移動させることにより、フライアイレンズ5の入射面5 iにおける光束の入射領域の大きさ（断面形状の寸法）を切り替えることができ、 σ 値の大きさを切り替えることができる。

[0105] 第1実施形態の照明光学系1 L 1は、3種類の σ 値を選択できる構成であったがこれには限られない。ファイバ群1から例えば小径ファイバ1 Sを取り除き、2種類の σ 値のみを選択できる構成としてもよい。あるいは、ファイバ群1に大径ファイバ1 L、中径ファイバ1 M、小径ファイバ1 Sとは異なるコア径の光ファイバを追加し、4種類以上の σ 値を選択できる構成としてもよい。また、第1実施形態の照明光学系1 L 1は、 σ 値を3種類から選択できる構成であったがこれには限られない。コレクタレンズ3とリレーレンズ4の間にファイバ出射端の光の径をズームするリレー光学系を追加した構成としてもよい。これによりフライアイレンズ5の入射面5 iの光束の断面形状の寸法を変化させることができ、 σ 値を連続的に変化させることができる。この場合、ファイバ群1の大径ファイバ1 L、中径ファイバ1 M、小径ファイバ1 Sから1種類または2種類のファイバを省略してもよい。

[0106] <第2実施形態>

第2実施形態の照明光学系1L2について、図10～図14を参照して説明する。

[0107] 第2実施形態の照明光学系1L2は、光源部LS2の構成が第1実施形態の照明光学系1L1の光源部LS1とは異なっている点を除いて、第1実施形態の照明光学系1L1と同一である。第1実施形態1L1と同一の構成については説明を省略する。

[0108] [光源部LS2]

光源部LS2は、図10、図11に示す通り、光ファイバ（ライトガイド）群7と、半導体レーザユニット（光源装置）8と、複数のコレクタレンズ9と、制御部（照度分布制御部）CONT2とを主に備える。

[0109] 図11に示す通り、光ファイバ群7は、複数の通常照明用ファイバ7Nを含む通常照明用ファイバ群7NGと、複数の輪帯照明用ファイバ7Aを含む輪帯照明用ファイバ群7AGと、複数の4極照明用ファイバ7Pを含む4極照明用ファイバ群7PGにより構成されている。

[0110] 通常照明用ファイバ群7NGに含まれる複数の通常照明用ファイバ7Nの各々は、半導体レーザユニット8からの光が入射する入射端7Niと、入射した光を射出する出射端7Neを有する。ファイバ7Nの各々は、1つの入射端7Niに対して1つの出射端7Neを有する。出射端7Neの断面形状は円形である（図12）。

[0111] 輪帯照明用ファイバ群7AGに含まれる複数の輪帯照明用ファイバ7Aの各々は、半導体レーザユニット8からの光が入射する入射端7Aiと、入射した光を射出する出射端7Aeを有する。輪帯照明用ファイバ7Aの各々は、入射端7Aiから出射端7Aeに向かう経路上で多数に分岐しており、出射端7Aeにおいては、各々が円形である多数のファイバ端面が円環状に配置されている（図12）。

[0112] 4極照明用ファイバ群7PGに含まれる複数の4極照明用ファイバ7Pの各々は、半導体レーザユニット2からの光が入射する入射端7Piと、入射した光を射出する出射端7Peを有する。4極照明用ファイバ7Pの各々は

、入射端 7 P i から出射端 7 P e に向かう途中で 4 つに分岐しており、出射端 7 P e においては、各々が円形である 4 つのファイバ端面が円周に沿って互いに等間隔で配置されている（図 1 2）。

[0113] 図面の煩雑化を避けるため、図 1 0、図 1 3、図 1 4 においては、通常照明用ファイバ 7 N、輪帯照明用ファイバ 7 A、4 極照明用ファイバ 7 P を各 1 本のみを図示している。

[0114] 通常照明用ファイバ 7 N の各々の出射端 7 N e、輪帯照明用ファイバ 7 A の各々の出射端 7 A e、4 極照明用ファイバ 7 P の各々の出射端 7 P e は、いずれも平面状に構成されている。出射端 7 N e、7 A e、7 P e は、図 1 2 に示す通り、照明光学系 1 L 2 の光軸 A x に直交する面内に、互いに面一となるように配置されている。ここでは、出射端 7 N e、7 A e、7 P e が面一に配置された平面状の領域を発光領域 E A 2 と呼ぶ。なお、出射端 7 N e、7 A e、7 P e にそれぞれ対応する複数のコレクタレンズ 9 の焦点距離が互いに異なる場合は、Z 軸方向における出射端 7 N e、7 A e、7 P e の位置は互いに異なってもよい。この場合は、互いに焦点距離が異なる複数のコレクタレンズ 9 の後側焦点の光軸 A x 方向の位置が一致又はほぼ一致し、互いに焦点距離が異なる複数のコレクタレンズ 9 の各々の前側焦点の光軸 A x 方向の位置が出射端 7 N e、7 A e、7 P e のいずれかの光軸 A x 方向の位置と一致又はほぼ一致する。

[0115] 発光領域 E A 2 において、通常照明用ファイバ 7 N の出射端 7 N e は、X 方向に 2 行、Y 方向に 2 列の行列状に配置されている。X 方向、Y 方向のいずれにおいても、2 つの出射端 7 N e の中間位置が光軸 A x と同位置である。

[0116] 輪帯照明用ファイバ 7 A の出射端 7 A e は、通常照明用ファイバ 7 N を Y 方向に挟んで、X 方向に 2 行、Y 方向に 2 列の行列状に配置されている。X 方向、Y 方向のいずれにおいても、2 つの出射端 7 A e の中間位置が光軸 A x と同位置である。

[0117] 4 極照明用ファイバ 7 P の出射端 7 P e は、輪帯照明用ファイバ 7 A を Y

方向に挟んで、X方向に2行、Y方向に2列の行列状に配置されている。X方向、Y方向のいずれにおいても、2つの出射端7Peの中間位置が光軸Axと同位置である。

[0118] このように、発光領域EA2においては、4つの通常照明用ファイバ7Nの出射端7Neのセット、4つの輪帯照明用ファイバ7Aの出射端7Aeのセット、4つの4極照明用ファイバ7Pの出射端7Peのセットが、それぞれ、光軸Ax（リレーレンズ4の光軸）の位置を対称点とする点対称に配置されている。

[0119] なお、本実施形態においては、複数の出射端7Neは、光軸Axを基準として点対称に配置されていると同時に、光軸Axを通してX軸方向に延びる基準線に関して線対称に配置されており且つ光軸Axを通してY軸方向に延びる基準線に関して線対称に配置されている。複数の出射端7Ae、及び複数の出射端7Peも同様である。このように、同一種類の複数の出射端を、光軸Axを基準とする点対称ではなく、光軸Axを通してX軸方向延びる基準線及び／又は光軸Axを通してY軸方向に延びる基準線に関して線対称に配置してもよい。

[0120] 半導体レーザユニット8は、4台の半導体レーザ（レーザダイオード）を備え、各半導体レーザからの光束を、互いに異なる位置から互いに平行に射出するように構成されている。

[0121] 半導体レーザユニット8は、移動機構81によって移動されて、4台の半導体レーザからの光束を、通常照明用ファイバ群7NGに含まれる4つの入射端7Ni、輪帯照明用ファイバ群7AGに含まれる4つの入射端7Ai、4極照明用ファイバ群7PGに含まれる4つの入射端7Piのいずれかに入射させる。

[0122] 入射端7Niの各々に入射した光は、通常照明用ファイバ7Nの各々の内部で内面反射を繰り返し、発光領域EA2に配置された出射端7Neの各々から、ほぼ均一な光量分布を有して射出される。出射端7Aeの各々、出射端7Peの各々に入射した光も同様である。

[0123] コレクタレンズ9は、4つの出射端7Neの各々、4つの出射端7Aeの各々、4つの出射端7Peの各々に対して1つずつ、計12個が設けられている。出射端7Neに対応するコレクタレンズ9は、その光軸が出射端7Neにおけるコアの中心に一致又はほぼ一致するように設けられている。出射端7Aeに対応するコレクタレンズ9は、その光軸が出射端7Aeにおける円環形状の中心に一致又はほぼ一致するように設けられている。出射端7Peに対応するコレクタレンズ9は、その光軸が出射端7Peにおける4つの円形出射端の中央部に一致又はほぼ一致するように設けられている。図12において、二点鎖線の交差する位置がコレクタレンズ9の光軸の位置を示す。

[0124] また、コレクタレンズ9の各々は、その光軸が照明光学系1L2の光軸Ax（リレーレンズ4の光軸に等しい）に平行又はほぼ平行となるように設けられている。コレクタレンズ9の各々は、その前側焦点の位置が発光領域EA2（即ち、出射端7Ne、7Ae、7Peが面一に配置された平面）の光軸Ax方向の位置に一致又はほぼ一致するように設けられている。

[0125] [変形照明]

次に、本実施形態の照明光学系1L2における照明条件の変更、具体的には通常照明、輪帯照明、4極照明の切り換えについて説明する。

[0126] 通常照明を行う場合は、制御部CONT2が半導体レーザユニット2を移動させて、半導体レーザユニット8からの光を通常照明用ファイバ群7NGに入射させ、発光領域EA2の通常照明用ファイバ7Nの出射端7Neから射出させる（図10（a））。4つの出射端7Neの各々から射出された光は、対応するコレクタレンズ9、及びリレーレンズ4を介して、フライアイレンズ5の入射面5iの同一の領域に重複して入射する。

[0127] 4つの出射端7Neの各々から射出された光が重複して入射するフライアイレンズ5の入射面5i（レンズエレメント5aの矩形の入射面5aiの集合体）上の領域ARNは、入射面5iの略正方形の輪郭にほぼ内接する円形領域となる（図10（b））。

- [0128] 上述の通り、フライアイレンズ5の入射面5 iに入射した光束の光量分布は、フライアイレンズ5の出射面5 eにおける光量分布に反映されるため、フライアイレンズ5の射出面5 eの近傍の照明瞳P Pには円形の瞳強度分布が形成され、通常照明が行われる。
- [0129] 輪帯照明を行う場合は、制御部CONT 2が半導体レーザユニット2を移動させて、半導体レーザユニット8からの光を輪帯照明用ファイバ群7 AGに入射させ、発光領域EA 2の輪帯照明用ファイバ7 Aの出射端7 A eから射出させる(図13 (a))。4つの出射端7 A eの各々から射出された光は、対応するコレクタレンズ9、及びリレーレンズ4を介して、フライアイレンズ5の入射面5 iの同一の領域に重複して入射する。
- [0130] 4つの射出面7 A eの各々から射出された光が重複して入射するフライアイレンズ5の入射面5 i上の領域ARAは、入射面5 iの略正方形の輪郭にほぼ内接する円環領域となる(図13 (b))。よって、フライアイレンズ5の射出面5 eの近傍の照明瞳P Pには円環状の瞳強度分布が形成され、輪帯照明が行われる。
- [0131] 4極照明を行う場合は、制御部CONT 2が半導体レーザユニット2を移動させて、半導体レーザユニット8からの光を4極照明用ファイバ群7 PGに入射させ、発光領域EA 2の4極照明用ファイバ7 Pの出射端7 P eから射出させる(図14 (a))。4つの射出面7 P eの各々から射出された光は、対応するコレクタレンズ9、及びリレーレンズ4を介して、フライアイレンズ5の入射面5 iの同一の領域に重複して入射する。
- [0132] 4つの射出面7 P eの各々から射出された光が重複して入射するフライアイレンズ5の入射面5 i上の領域ARPは、光軸Axを中心とする周方向に等間隔で位置する4つの円形領域となる(図14 (b))。よって、フライアイレンズ5の射出面5 eの近傍の照明瞳P Pには4極状の瞳強度分布が形成され、4極照明が行われる。
- [0133] このように、本実施形態の照明光学系IL 2においては、照明領域EA 2において光を射出する出射端を切り換え、フライアイレンズ5の入射面5 i

における光束の断面形状を異ならせることで、照明条件の変更、即ち、通常照明、輪帯照明、4極照明の切り換えを行うことができる。

[0134] 本実施形態の照明光学系 1 L 2 も、第 1 実施形態の照明光学系 1 L 1 と同様に、半導体レーザユニット 8 が備える 4 台の半導体レーザの出力を個別に調整し、複数の出射端 7 N e の間、複数の出射端 7 A e の間、複数の出射端 7 P e の間のいずれかで射出される光の光量バランスを変化させることで、照明領域 1 L A における照度分布を変化させることができる。また、本実施形態の照明光学系 1 L 2 も、露光装置 E X の膜厚センサと共に用い得る。この場合は例えば、制御部 C O N T 1 は、計測されたレジストの膜厚を照明光学系 1 L 2 の制御部 C O N T 2 に送る。制御部 C O N T 2 は、受け取った膜厚情報に基づいて照明光学系 1 L 2 を制御し、照明領域 1 L A の照度分布を、露光対象である基板 P のレジストの膜厚に応じた適切な分布に変更する。

[0135] 本実施形態の照明光学系 1 L 2 の効果を以下にまとめる。

[0136] 本実施形態の照明光学系 1 L 2 においても、第 1 実施形態の照明光学系 1 L 1 と同様に、光量損失を生じることなく、且つ移動機構を含む複雑な構造体を被照射面の近くに設けることなく照明条件の変更を行うことができる。また、被照射面に照射される光量を一定に保ったまま通常照明、輪帯照明、4極照明の切り換えを行うことが出来る。

[0137] また、第 1 実施形態の照明光学系 1 L 1 と同様に、照度分布を変更して、マスク M や基板 P の状態に応じたより好適な照明条件を実現することができ、且つ均一性の高い照度分布も実現できる。

[0138] <第 2 実施形態の変形例>

第 2 実施形態の照明光学系 1 L 2 において、次の変形態様を用いることもできる。

[0139] 第 2 実施形態の照明光学系 1 L 2 の光源部 L S 2 においては、輪帯照明用ファイバ 7 A を用いて輪帯照明を行っていたが、これには限られない。

[0140] 具体的には例えば、図 1 5 に示すように、輪帯照明用ファイバ 7 A を、通常照明用ファイバ 7 N と同様の、分岐を有さず、単一の円形の入射端と単一

の円形の出射端とを有する光ファイバ7 A' に置き換える。そして、光ファイバ7 A' の出射端7 A e' と、コレクタレンズ9の後に、第1リレーレンズ9 1、第2リレーレンズ9 2、及びアキシコンレンズ9 3を配置する。

[0141] コンデンサレンズ9は、その光軸が光軸A xと平行又はほぼ平行であり、且つその前側焦点が出射端7 A e' 上又はその近傍に位置するように配置される。第1リレーレンズ9 1、アキシコンレンズ9 3及び第2リレーレンズ9 2は、その光軸が光軸A xと平行又はほぼ平行となるようにほぼ一直線上に配置される。さらに第1リレーレンズ9 1の前側焦点位置はコレクタレンズ9の後側焦点位置近傍に配置され、アキシコンレンズ9 3近傍にファイバ出射端7 A e' の像を形成する。

[0142] この構成においては、光ファイバ7 A' の出射端7 A e' から射出された光は、コレクタレンズ9と第1リレーレンズ9 1とアキシコンレンズ9 3とを介して断面形状が環状に変換される。そしてその後、第2リレーレンズ9 2及びリレーレンズ4を介して、フライアイレンズ5の入射面5 iの円環状の領域A R Aに入射する。

[0143] 第2実施形態の照明光学系1 L 2は、通常照明、輪帯照明、4極照明の間で照明条件の切り換えを行うことのできる構成であったがこれには限られない。ファイバ群7から例えば4極照明用ファイバ7 Pを取り除き、通常照明と輪帯照明の2種類のみが選択可能な構成としてもよい。あるいは、ファイバ群7に2極照明用ファイバを加え、更に2極照明も選択可能な構成としてもよい。即ち、第2実施形態の照明光学系1 L 2は、複数種類の照明条件を選択可能な様々な態様とし得る。

[0144] <第1実施形態、第2実施形態の変形例>

第1実施形態の照明光学系1 L 1、第2実施形態の照明光学系1 L 2において、次の変形態様を用いることもできる。

[0145] 第1実施形態の照明光学系1 L 1、第2実施形態の照明光学系1 L 2とを任意に組み合わせて、任意の照明条件を選択可能な照明光学系を構成し得る。具体的には例えば、照明光学系1 L 1の中径ファイバ群1 M Gを照明光学系

ⅠＬ２の輪帯照明用ファイバ群７ＡＧに置き換えて、照明条件を、 σ 値＝「大」、 σ 値＝「小」、輪帯照明の間で切換え可能な照明光学系としてもよい。

[0146] 第１、第２実施形態の照明光学系ⅠＬ１、ⅠＬ２は、発光領域ＥＡ１、ＥＡ２に配置された光ファイバの出射端の像が、フライアイレンズ５の入射面５ｉの近傍に形成されるように構成されていた。しかしながら、これには限られず、発光領域ＥＡ１、ＥＡ２に配置された光ファイバの出射端の像が、フライアイレンズ５の出射面５ｅの近傍に形成されるように構成されていてもよい。このような光学系は、具体的には例えば、コレクタレンズ３とリレーレンズ４との間に追加のリレーレンズ４'を加えた構成を有し得る（図１６）。

[0147] このような構成を有する照明光学系ⅠＬ１においても、照明領域ＥＡ１において光を射出する出射端を切り換え、フライアイレンズ５の入射面５ｉにおける光束の断面形状の寸法を異ならせることで、 σ 値の変更を行うことができる。また、このような構成を有する照明光学系ⅠＬ２においても、照明領域ＥＡ２において光を射出する出射端を切り換え、フライアイレンズ５の入射面５ｉにおける光束の断面形状を異ならせることで、照明条件の変更、即ち、通常照明、輪帯照明、４極照明の切り換えを行うことができる。なお、４極照明の場合は、コレクタレンズ３とリレーレンズ４との間に、回折光学素子などを挿入することも考えられる。

[0148] 第１、第２実施形態の照明光学系ⅠＬ１、ⅠＬ２においては、半導体レーザユニット２、８が備える複数の半導体レーザの出力バランスを変更することにより、照明領域ⅠＬＡにおける照度分布を変更していたが、これには限られない。

[0149] 具体的には例えば、ファイバ群１に含まれる大径ファイバ群１ＬＧ、中径ファイバ群１ＭＧ、小径ファイバ群１ＳＧ、ファイバ群７に含まれる通常照明用ファイバ群７ＮＧ、輪帯照明用ファイバ群７ＡＧ、４極照明用ファイバ群７ＰＧの少なくとも１つにおいて光ファイバを追加し、ファイバ群を構成

する光ファイバの数を増やす。追加された光ファイバの入射端は、半導体レーザユニット2の移動により、半導体レーザユニット2からの光が入射される位置に配置する。追加された光ファイバの出射端は、照明領域E A 1、E A 2において、既存の出射端の間隙間に配置する。具体的には例えば、第1実施形態の大径ファイバ群1 L Gにおいて、追加の大径ファイバ1 L を設け、その出射端1 L eを図4に示す出射端1 L eとは異なる位置に配置する。

[0150] これにより、光ファイバの数が増やされたファイバ群は、追加の光ファイバを有することとなる。このことは、例えば大径ファイバ群1 L Gであれば、半導体レーザユニット2が光を入射させる入射端を図3に示す入射端1 L i から追加の大径ファイバ1 L の入射端1 L i に変更することで、照明領域E A 1において光を射出する出射端を、図3に示す出射端1 L e から追加の大径ファイバ1 L の出射端1 L eに変更出来ることを意味する。

[0151] 追加された大径ファイバ1 L の出射端1 L eからの光は、発光領域E A 1、E A 2上において既存の出射端（即ち図4に示す出射端1 L e）とは異なる位置から射出されるため、フライアイレンズ5の入射面5 i に対しては既存の出射端からの光とは異なる角度で入射し、照明領域I L Aにおいては、既存の出射端からの光とは異なる照度分布を形成する。そのため、制御部CONT 2は、半導体レーザユニット2が光を入射させる入射端を入射端1 L i の間で変更し、照明領域E A 1において光を射出する出射端1 L eの位置を変更することで、照明領域I L Aにおける照度分布を変更することができる。なお、大径ファイバ群1 L G内での切換えであるため、 σ 値＝「大」の照明条件は維持される。

[0152] ここでは大径ファイバ群1 L Gにおいて追加の光ファイバを設けることを例として説明を行ったが、中径ファイバ群1 M G等の他のファイバ群においても、同様の変更を行い得る。

[0153] 照明領域I L Aにおける照度分布を変更するその他の方法として、任意の移動機構を設け、発光領域E A 1に配置された出射端1 L e、1 M e、1 S

eの少なくとも一つを、対応するコレクタレンズ3と一体に、X方向及びY方向に移動させてもよい。また、任意の移動機構を設け、発光領域EA2に配置された出射端7Ne、7Ae、7Peの少なくとも一つを、対応するコレクタレンズ9と一体に、X方向及びY方向に移動させてもよい。

[0154] この構成においては、発光領域EA1、EA2の出射端の少なくとも1つと対応するコレクタレンズの対を照明光学系IL1、IL2の光軸Axに対して移動することにより、フライアイレンズ5に対する入射角を変化させ、照明領域ILAの照度分布を変化させる。

[0155] 照明領域ILAにおける照度分布を変更するその他の方法として、コレクタレンズ3の少なくとも1つの光軸と、対応する出射端1Le、1Me、1Seのコアの中心とをずらした（偏心させた）構成を用いることもできる。この構成においては、コレクタレンズ3の光軸に対して偏心して配置された出射端をコレクタレンズ3の光軸中心に回転させることで、コレクタレンズ3を介した光のフライアイレンズ5の入射面5iに対する入射角を変化させることができる。その他、コレクタレンズ3、9と対応する出射端との位置関係を変更させる任意の移動機構を設けて、コレクタレンズ3、9と対応する出射端の少なくとも一方を、コレクタレンズ3、9の光軸に直交する方向に移動させることで、コレクタレンズ3、9を介した光のフライアイレンズ5に対する入射角を変化させることができ照明領域ILAの照度分布を変化させることができる。

[0156] 照明領域ILAにおける照度分布を変更するその他の方法として、光ファイバの曲率を変化させる（物理的に曲げる）曲げ機構を設け、ファイバ群1に含まれる大径ファイバ1L、中径ファイバ1M、小径ファイバ1S、又はファイバ群7に含まれる通常照明用ファイバ7N、輪帯照明用ファイバ7A、4極照明用ファイバ7Pの少なくとも1本の曲率を出射端の近傍において変化させることにより、対応するコレクタレンズ3、9を介した光のフライアイレンズ5に対する入射角を変化させることができ照明領域ILAの照度分布を変化させることができる。

- [0157] 照明領域 I L A における入射角度分布を変更する方法として、従来例では瞳孔共役面 P P に配置された照明系開口絞りを光軸に垂直な方向に移動させていたが、上記実施形態では照明系開口絞りを有さないため、従来例のような調整が難しい。そこで任意の移動機構により、光源部 L S 1、L S 2 全体を、リレーレンズ 4 に対して、X 方向又は Y 方向に傾斜させてもよい。あるいは、光源部 L S 1、L S 2 とリレーレンズ 4 との間に、プリズム対（ダブルプリズム対又はウェッジプリズム対）を配置し、プリズム対を構成するプリズム同士的位置関係を変化させて光源部 L S 1、L S 2 から出射する光の方向を変化させてフライアイレンズ 5 に入射する光束の位置をずらすことによりフライアイレンズ 5 の出射端での光量分布を変化させ、照明領域 I L A に入射する入射角度分布を変化させることも可能である。
- [0158] 第 1、第 2 実施形態の照明光学系 I L 1、I L 2 においては、移動機構 2 1、8 1 によって半導体レーザユニット 2、8 を移動させて、光を入射させるファイバ群を切り換えていたが、これには限られない。大径ファイバ群 1 L G 等の複数のファイバ群のそれぞれについて半導体レーザユニットを 1 つずつ設けておき、作動させる半導体レーザユニット 2 を切り換えることにより、所望のファイバ群に光を入射させる構成としてもよい。
- [0159] 第 1 実施形態の照明光学系 I L 1、第 2 実施形態の照明光学系 I L 2 において、半導体レーザユニット 2、8 に代えて、複数の発光ダイオード（L E D）を備える発光ダイオードユニットを用いることもできる。発光ダイオードユニットは、移動機構 2 1、8 1 により移動されて、大径ファイバ群 1 L G 等の複数のファイバ群の内の所望のファイバ群に光を入射させる構成であってもよい。或いは、大径ファイバ群 1 L G 等の複数のファイバ群の各ファイバのそれぞれに対して個別に発光ダイオードを設け、光を発する発光ダイオードを切り換えることにより、所望のファイバ群に光を入射させる構成であってもよい。
- [0160] その他、半導体レーザユニット 2、8 に代えて、ファイバーレーザ、水銀ランプ等、所望の光源を複数備えるユニットを用いることができる。

- [0161] 第1実施形態の照明光学系1L1、第2実施形態の照明光学系1L2において、半導体レーザユニット2等の光源ユニットとファイバ群1の光ファイバの各々の入射端との間に、光源ユニットからの光を各ファイバに入射させるインプットレンズを設けても良い。また、ファイバ群1の光ファイバの各々を、入射端において開口数が互いに同一となるように構成することが望ましい。
- [0162] 第1、第2実施形態の照明光学系1L1、1L2において、ファイバ群1を省略し、発光領域EA1、EA2の出射端1Le、1Ne等が配置されている位置に、出射端1Le、1Ne等と同一形状の発光面を有する発光ダイオード（固体光源の一例）を、図4、図12に示すように配置してもよい。この構成においては、発光領域EA1、EA2において発光する発光ダイオードを切り換えることにより、発光領域EA1、EA2における発光面の形状を変化させることができ、フライアイレンズ5の入射面5iに投影される当該発光面の像の形状を変化させることができる。同様に、半導体レーザ（固体光源の一例）の発光面を発光領域EA1、EA2に配置してもよい。この態様においては、発光ダイオード、半導体レーザの発光面が、本発明の「発光面」に相当する。
- [0163] 第1実施形態の照明光学系1L1は、 σ ＝「大」の照明条件を実現するための出射端1Leを6個、 σ ＝「中」の照明条件を実現するための出射端1Meを9個、 σ ＝「小」の照明条件を実現するための出射端1Seを12個備えている。また、第2実施形態の照明光学系1L2は、各照明条件を4つの出射端により実現している。しかしながら、各照明条件を実現するために必要な発光面の数は任意であり、1つのみであってもよい。
- [0164] 第1、第2実施形態の照明光学系1L1、1L2においては、制御部CONT2の制御に基づいて半導体レーザユニット2、8を移動し、照明条件の切り換えを行っているがこれには限られない。具体的には例えば、半導体レーザユニット2、8を手動で動かして照明条件の切り換えを行っても良い。
- [0165] 図4、図12において、光軸Axを中心とする矩形の輪郭線OL1、OL

2は、フライアイレンズ5のレンズエレメント5aの出射面5aeの矩形の輪郭を、リレーレンズ4とフライアイレンズ5とにより投影したものである。輪郭線OL1、OL2の外側においてコレクタレンズ3、9から射出された光は、輪郭線OL1、OL2の内側においてコレクタレンズ3、9から出射された光とは異なる（例えば隣の）レンズエレメント5aから大きく曲げられて射出され、照明領域ILAに到達しない。したがって、発光領域EA1、EA2の各出射端及びコレクタレンズ3、9は、コレクタレンズ3、9からの光が輪郭線OL1、OL2の内側に位置するよう配置することが望ましい。

[0166] なお、発光領域EA1における複数の出射端1Le、複数の出射端1Me、複数の出射端1Seの各々の配置は、発光領域EA1を、輪郭線OL1の短辺同士又は長辺同士を重ねてY方向又はX方向に2つ隣接させた場合に、全体として、当該重ねられた短辺又は長辺の中心を対称点とする点対称の配置、及び／又は当該重ねられた短辺又は長辺を基準線とする線対称の配置となるようになされていてもよい。これにより、照明領域ILAにおける照度分布をより均一とすることができる。発光領域EA2の複数の出射端7Ne、複数の出射端7Ae、複数の出射端7Peの各々についても同様である。

[0167] 第1、第2実施形態の照明光学系IL1、IL2は、発光領域EA1、EA2に、アライメント光を発するアライメント用LEDを備えてもよい。アライメント光は、露光装置EXにおいてマスクMと基板Pとのアライメントを行う際に使用し得る。この構成により、アライメントに適した光量の小さいアライメント光を与えることができる。その他、発光領域EA1、EA2には、照明領域ILAに照射する露光用の光とは異なる所望の目的の光を発する所望の光源を設け得る。

[0168] 第1、第2実施形態の照明光学系IL1、IL2において、コレクタレンズ3、リレーレンズ4、コンデンサレンズ6等のレンズは単レンズに限定されず、複数のレンズで構成されたレンズ群やレンズ系であってもよい。また、レンズのような屈折光学部材に限定されず、光を回折する回折光学素子や

、光を反射する反射光学素子であっても良い。本明細書及び添付の特許請求の範囲において、「コレクタレンズ」、「リレーレンズ」、「コンデンサレンズ」、「光学素子」という用語は、このような様々な態様の光学素子又はその組み合わせを意味する。リレーレンズ4は適宜省略し得る。

[0169] 第1、第2実施形態の照明光学系1L1、1L2においては、フライアイレンズ5は複数のレンズエレメント5aを並列的に配置したものとしたが、これら複数のレンズエレメント5aが一体的に設けられたものであってもよい。

[0170] 第1、第2実施形態の照明光学系1L1、1L2において、照明瞳PPの位置に開口絞りや可変開口絞りを設けても良い。可変開口絞りは、発光面の切り換えによる照明条件の切り換えを補助するために、光量損失を最小限に抑えた態様で使用する。

[0171] 第1、第2実施形態の照明光学系1L1、1L2を、複数の投影光学系Pを備えるいわゆるマルチレンズ方式の露光装置EXの照明光学系としてではなく、単一の投影光学系のみを備える露光装置の照明光学系として用いてもよい。また、第1、第2実施形態の照明光学系1L1、1L2を、ステップ・アンド・リピート方式の露光装置（いわゆるステッパ）の照明光学系として用いても良い。

[0172] 第1、第2実施形態の露光装置EXは、添付の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。これらの各種精度を確保するため、組立ての前後には、各種光学系について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EXへの組立て工程には、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。各種サブシステムから露光装置EXへの組立て工程の前に各サブシステム個々の組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EXへ

の組立て工程の終了後、総合調整が行われ、露光装置E X全体としての各種精度が確保される。露光装置E Xの製造は、温度、クリーン度等が管理されたクリーンルームで行ってもよい。

[0173] 第1、第2実施形態の照明光学系I L 1、I L 2、露光装置E Xを用いたデバイス製造方法について説明する。

[0174] 図17に示す通り、半導体デバイスや液晶表示素子を製造するデバイス製造方法は、半導体デバイスの基板となる基板Pに所定の物性を持った薄膜を成膜する成膜工程S 40と、成膜された薄膜上に感光性材料であるフォトレジスト（レジスト）を塗布する塗布工程S 42と、露光装置E Xを用いてマスクMに形成されたパターンMPをフォトレジストが塗布された基板P上に露光（転写）する露光工程S 44と、露光（転写）が終了した基板Pの現像、つまりパターンMPが転写されたフォトレジストの現像を行う現像工程S 46を含む。

[0175] デバイス製造方法は更に、現像工程S 46において基板Pの表面に生成されたレジストパターンをマスクとして基板Pの表面を加工する加工工程S 48を含む。ここで、レジストパターンとは、露光装置E Xにより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をいう。加工工程S 48では、レジストパターンを介して基板Pの表面の加工を行う。加工には、例えば基板Pの表面のエッチングや、基板Pの表面への金属や半導体材料や誘電体等の成膜が含まれ、この工程が複数回繰り返される。

[0176] 図18に示す通り、液晶表示素子等の液晶デバイスの製造工程は、パターン形成工程S 50、カラーフィルタ形成工程S 52、セル組立工程S 54、及びモジュール組立工程S 56を含む。パターン形成工程S 50では、上記実施形態の露光装置E Xを用いて、フォトレジストが塗布されたガラス基板上に回路パターン、電極パターン等の所定のパターンを形成する。パターン形成工程S 50には、上記の露光工程S 44と同様の露光工程、即ち、露光装置E Xを用いて、マスクに形成された回路パターン等の所定のパターンを

ガラス基板上に露光（転写）する工程と、上記の現像工程 S 4 6、加工工程 S 4 8 と同様の現像工程、加工工程が含まれる。

[0177] カラーフィルタ形成工程 S 5 2 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。或いは 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。セル組立工程 S 5 4 では、パターン形成工程 S 5 0 において所定パターンが形成されたガラス基板と、カラーフィルタ形成工程 S 5 2 におい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。モジュール組立工程 S 5 6 では、セル組立工程 S 5 4 において組み立てられた液晶パネルに対し、表示動作を行わせるための電気回路及びバックライト等の各種部品を取り付ける。

[0178] 第 1、第 2 実施形態の照明光学系 I L 1、I L 2 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やシート状の可撓体に形成される液晶表示素子、若しくはエレクトロルミネッセンス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、第 1、第 2 実施形態の照明光学系 I L 1、I L 2 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。

産業上の利用可能性

[0179] 本発明の一態様の照明光学系によれば、光量損失を抑制しつつ照明条件の切り換えを行い、各種デバイスの製造における露光を好適に行うことができる。

符号の説明

[0180] 1、7 ファイバ群

1 L 大径ファイバ
1 M 中径ファイバ
1 S 小径ファイバ
7 N 通常照明用ファイバ
7 A 輪帯照明用ファイバ
7 P 4極照明用ファイバ
2、8 半導体レーザユニット
3、9 コレクタレンズ
9 3 アキシコンレンズ
4 リレーレンズ
5 フライアイレンズ
6 コンデンサレンズ
CONT 1、CONT 2 制御部
EX 露光装置
IL 1、IL 2 照明光学系
IU 照明ユニット
LS 1、LS 2 光源部
PL 投影光学系

請求の範囲

- [請求項1] 被照射面を照明する照明光学系であって、
光源部と、
前記光源部と前記被照射面との間の光路中に配置されたフライアイレンズと、
前記フライアイレンズからの複数の光束を前記被照射面で重畳させるコンデンサレンズとを備え、
前記光源部は、
第1発光面及び第1光学素子を有し、第1発光面から射出された第1光束を第1光学素子を介して射出する第1発光部と、
第2発光面及び第2光学素子を有し、第2発光面から射出された第2光束を第2光学素子を介して射出する第2発光部とを備え、
第1発光部からの第1光束又は第2発光部からの第2光束を選択的に射出するように構成されており、
第2発光部は、前記フライアイレンズの入射面における第2光束の断面の形状又は寸法が、前記フライアイレンズの前記入射面における第1光束の断面の形状又は寸法と異なるように構成されている照明光学系。
- [請求項2] 第2発光部は、前記フライアイレンズの入射面における第2光束の断面の形状が、前記フライアイレンズの前記入射面における第1光束の断面の形状と異なるように構成されている請求項1に記載の照明光学系。
- [請求項3] 第2発光面の形状が第1発光面の形状と異なる請求項2に記載の照明光学系。
- [請求項4] 第2発光部は、第2発光面と第2光学素子との間の光路中に配置されたアキシコンレンズを有する請求項2に記載の照明光学系。
- [請求項5] 第2発光部は、前記フライアイレンズの入射面における第2光束の断面が、前記フライアイレンズの前記入射面における第1光束の断面

と同一の形状を有し且つ異なる寸法を有するように構成されている請求項 1 に記載の照明光学系。

[請求項6] 第 2 発光面は、第 1 発光面と同一の形状を有し且つ異なる寸法を有する請求項 5 に記載の照明光学系。

[請求項7] 第 1 光学素子は第 1 の焦点距離を有する集光光学素子であり且つ第 1 光学素子の前側焦点が第 1 発光面上に位置するように配置されており、第 2 光学素子は第 1 の焦点距離とは異なる第 2 の焦点距離を有する集光光学素子であり且つ第 2 光学素子の前側焦点が第 2 発光面上に位置するように配置されている請求項 5 に記載の照明光学系。

[請求項8] 第 1 発光部は、第 1 発光面と第 1 光学素子との組を複数備え、各組から第 1 光束を射出する複数の発光部であり、

前記照明光学系は、前記複数の発光部からの複数の第 1 光束を前記フライアイレンズの前記入射面上で重畳させるリレーレンズを更に備える請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載の照明光学系。

[請求項9] 第 2 発光部は、第 2 発光面と第 2 光学素子との組を複数備え、各組から第 2 光束を射出する複数の発光部であり、

前記リレーレンズは、前記複数の発光部からの複数の第 2 光束を前記フライアイレンズの前記入射面上で重畳させる請求項 8 に記載の照明光学系。

[請求項10] 前記光源部は、前記被照射部における照度分布を変更する照度分布制御部を更に備え、

前記照度分布制御部は、前記複数の発光部の少なくとも 1 つから射出される第 1 光束の光量を変化させることにより、及び／又は前記複数の発光部の間で第 1 光束を射出する発光部を切り換えることにより、前記被照射部における照度分布を変更する請求項 8 又は 9 に記載の照明光学系。

[請求項11] 第 1 発光部の複数の発光部が、前記照明光学系の光軸に直交する面内において、前記光軸の位置を対称点とする点対称、及び／又は前記

光軸に直交する面内において前記光軸の位置を通る直線を基準線とする線対称に配置されている請求項 8 ～ 10 のいずれか一項に記載の照明光学系。

[請求項12] 第 1 発光部の複数の発光部が、前記照明光学系の光軸に直交する面内に配置されており、

前記複数の発光部は、前記複数の発光部から射出されて前記フライアイレンズの前記入射面に入射する複数の第 1 光束に含まれる任意の光束について、前記照明光学系の光軸、及び／又は前記光軸に直交する面内において前記光軸の位置を通る直線を挟んで該光束と対向する対向光束が存在し且つ該光束の前記フライアイレンズの前記入射面に対する入射角と前記対向光束の前記フライアイレンズの前記入射面に対する入射角とが等しくなるように配置されている請求項 8 ～ 10 のいずれか一項に記載の照明光学系。

[請求項13] 前記光源部は、

光源装置と、該光源装置から射出された光を伝播する第 1 ライトガイド及び第 2 ライトガイドを更に有し、

第 1 発光面は第 1 ライトガイドの出射端であり、第 2 発光面は第 2 ライトガイドの出射端である請求項 1 ～ 12 のいずれか一項に記載の照明光学系。

[請求項14] 前記光源装置を、第 1 ライトガイドの入射端に対して光を射出する第 1 位置と、第 2 ライトガイドの入射端に対して光を射出する第 2 位置との間で移動させる移動機構を更に備える請求項 13 に記載の照明光学系。

[請求項15] 前記光源部は、第 1 固体光源及び第 2 固体光源を備え、

第 1 発光面は第 1 固体光源の発光面であり、第 2 発光面は第 2 固体光源の発光面である請求項 1 ～ 12 のいずれか一項に記載の照明光学系。

[請求項16] マスク上のパターンを基板に露光する露光装置であって、

前記パターンを照明する請求項 1 ～ 1 5 のいずれか一項に記載の照明光学系と、

前記パターンの像を前記基板上に形成する投影光学系とを備える露光装置。

[請求項17]

マスク上のパターンを基板に走査露光する露光装置であって、

前記パターンを照明する請求項 8 ～ 1 2 のいずれか一項に記載の複数の照明光学系と、

前記パターンの像を前記基板上に形成する複数の投影光学系と、

前記走査露光を制御する制御部とを備え、

前記複数の照明光学系は、第 1 の照明領域に照明光を照射する第 1 照明光学系と、第 2 の照明領域に照明光を照射する第 2 照明光学系とを含み、

第 1 の照明領域と第 2 の照明領域とは、前記露光装置が走査露光を行う走査方向と直交する非走査方向において重複しており、

前記制御部は、第 1 照明光学系の照度分布に基づいて第 2 照明光学系の照度分布を変更するように構成されている露光装置。

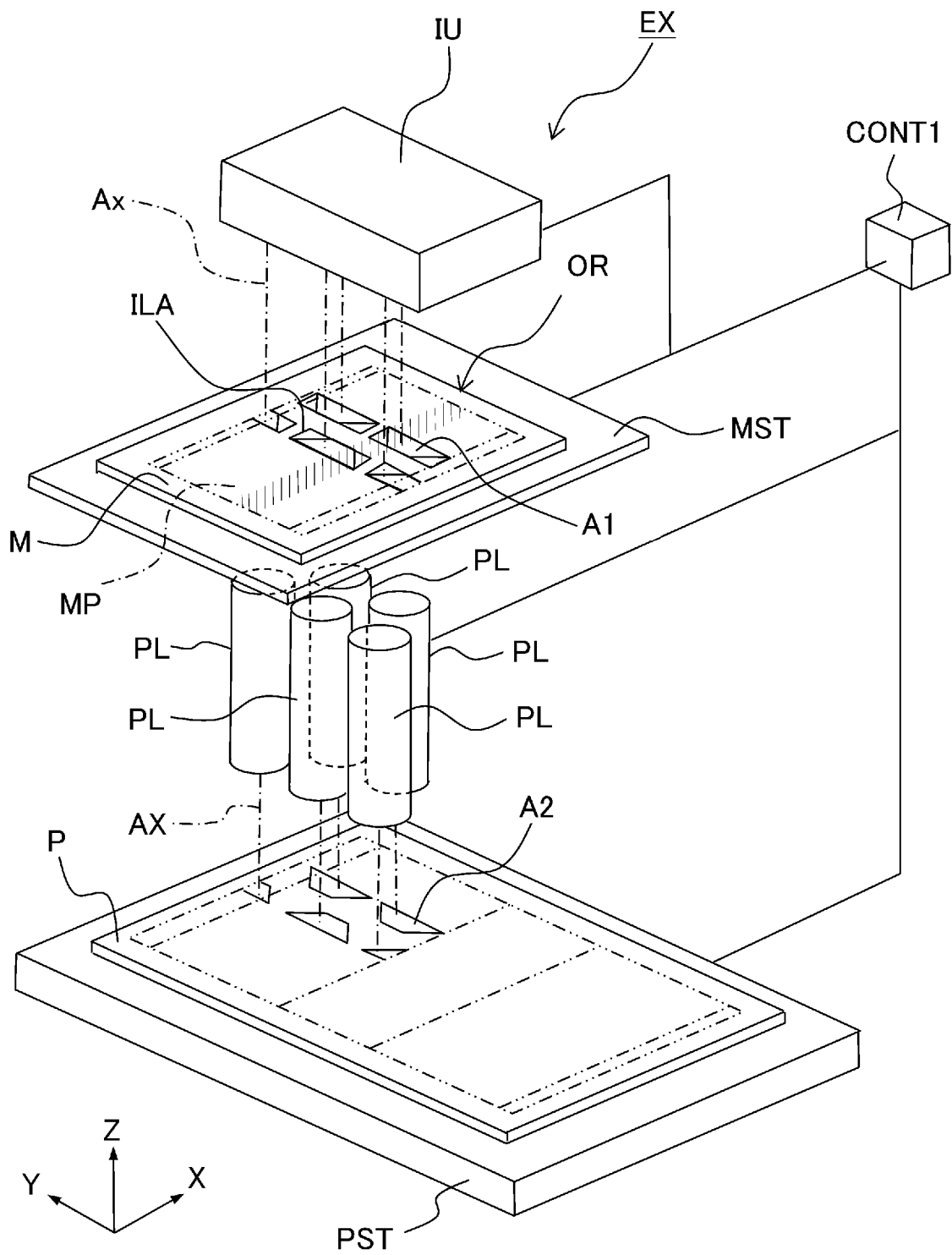
[請求項18]

請求項 1 6 又は 1 7 に記載の露光装置を用いてマスク上のパターンを基板に露光することと、

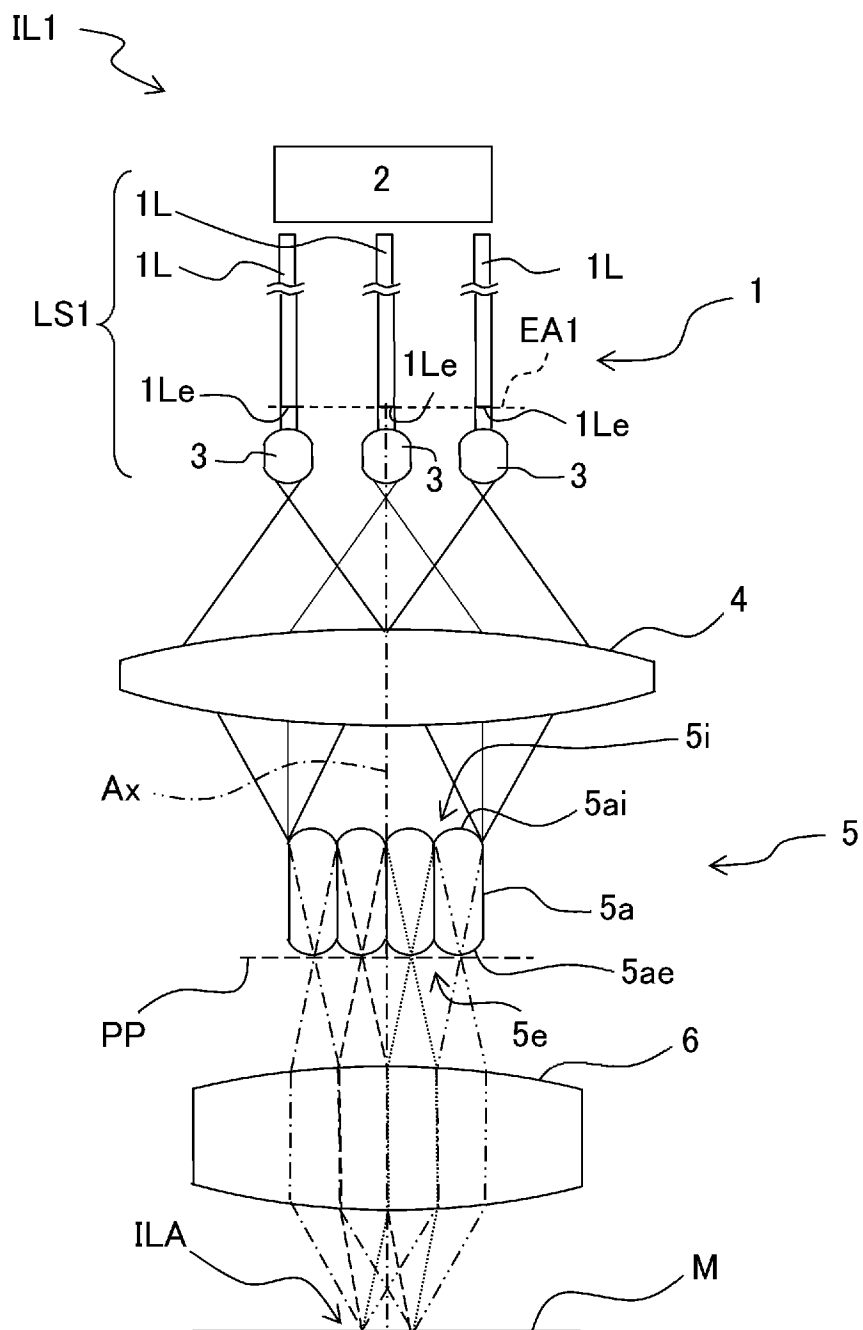
前記パターンが露光された前記基板を現像し、前記パターンに対応する形状のマスク層を前記基板の表面に形成することと、

前記マスク層を介して前記基板の表面を加工することを含むデバイス製造方法。

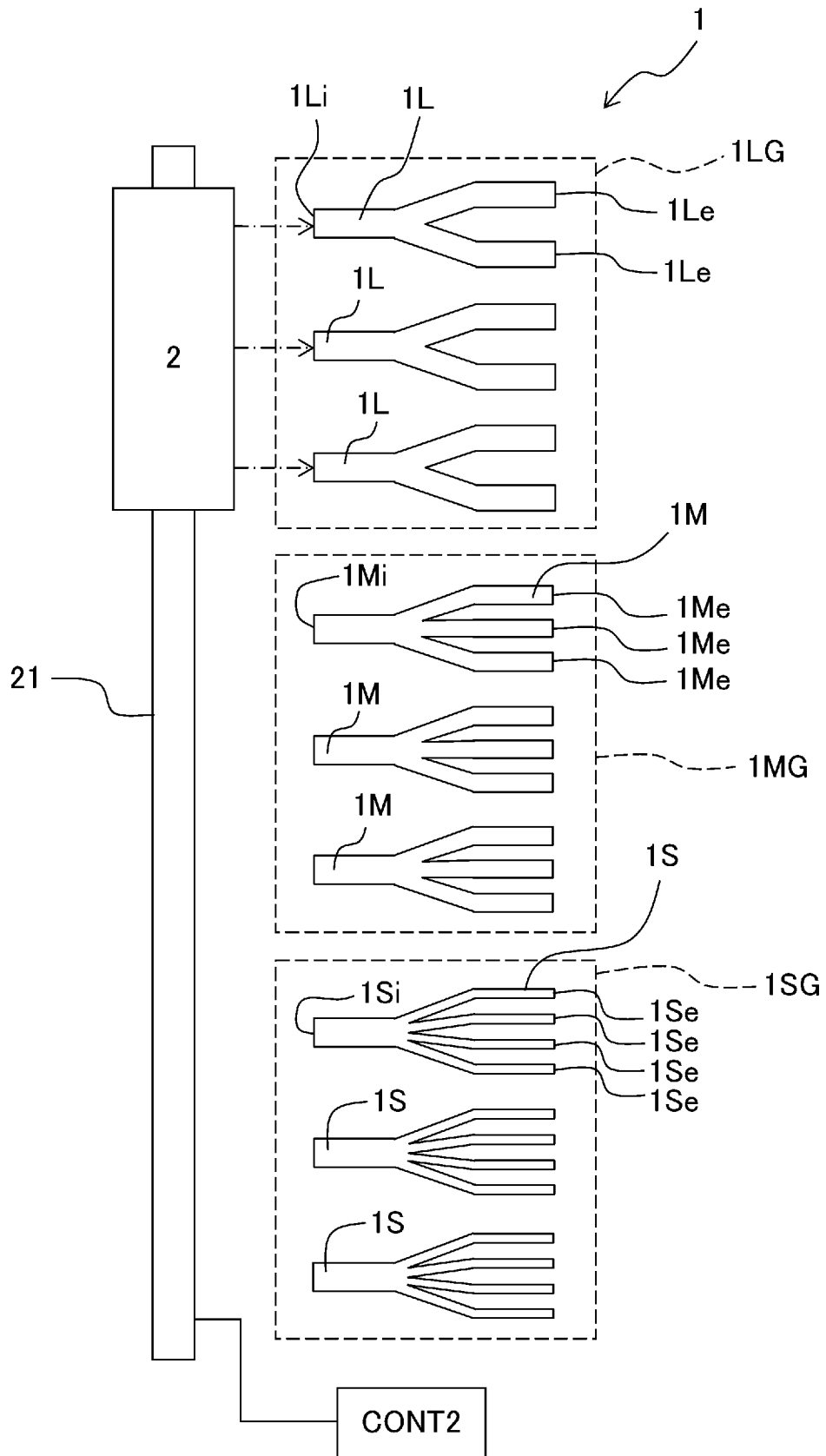
[図1]



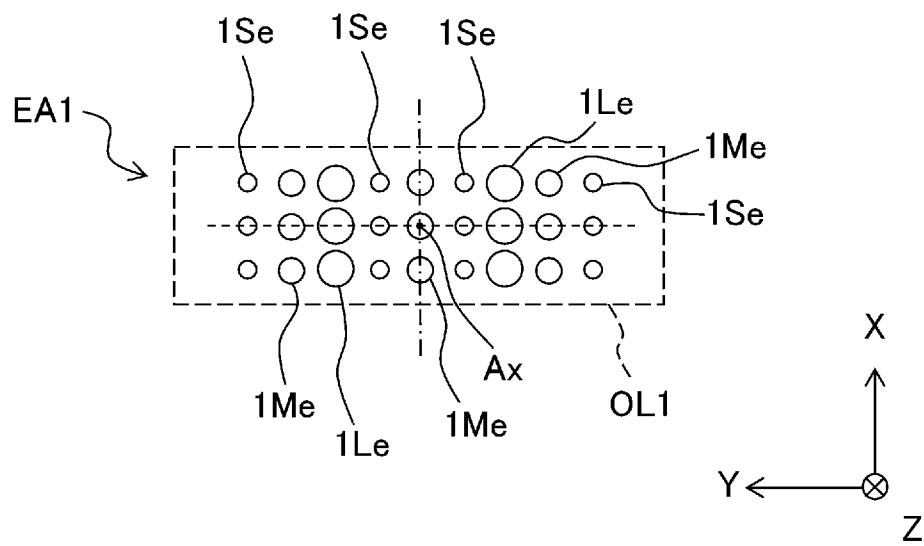
[図2]



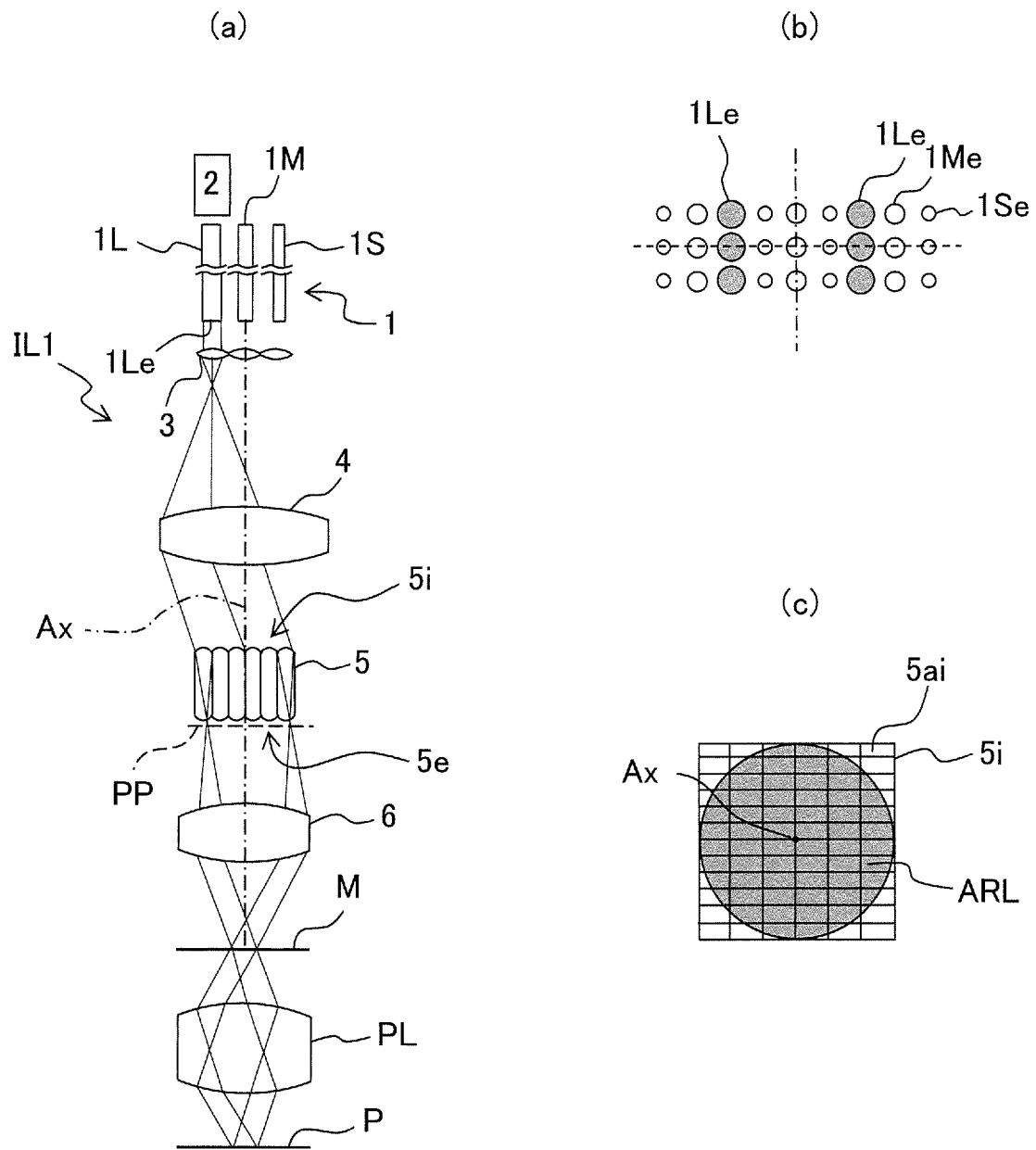
[図3]



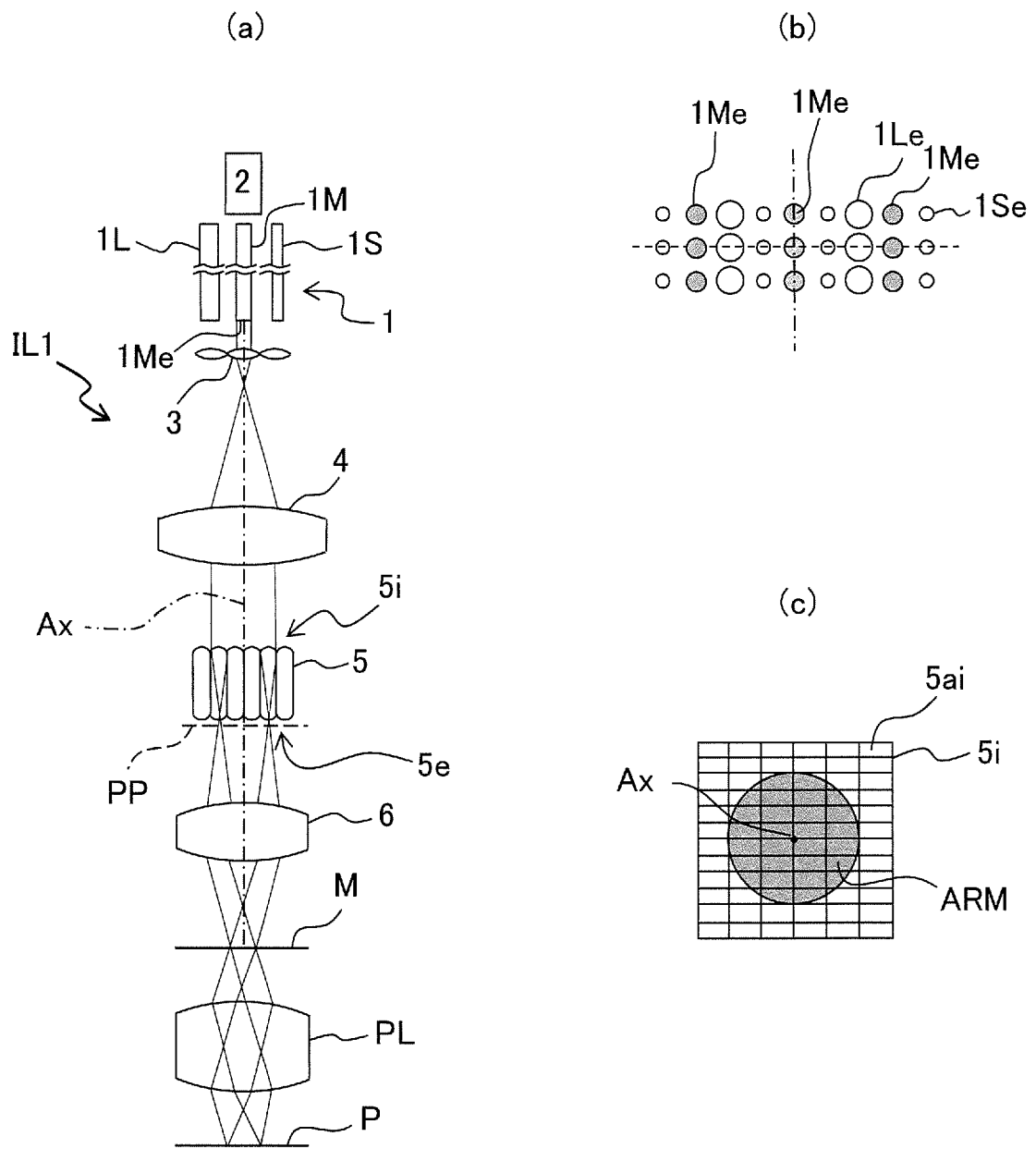
[図4]



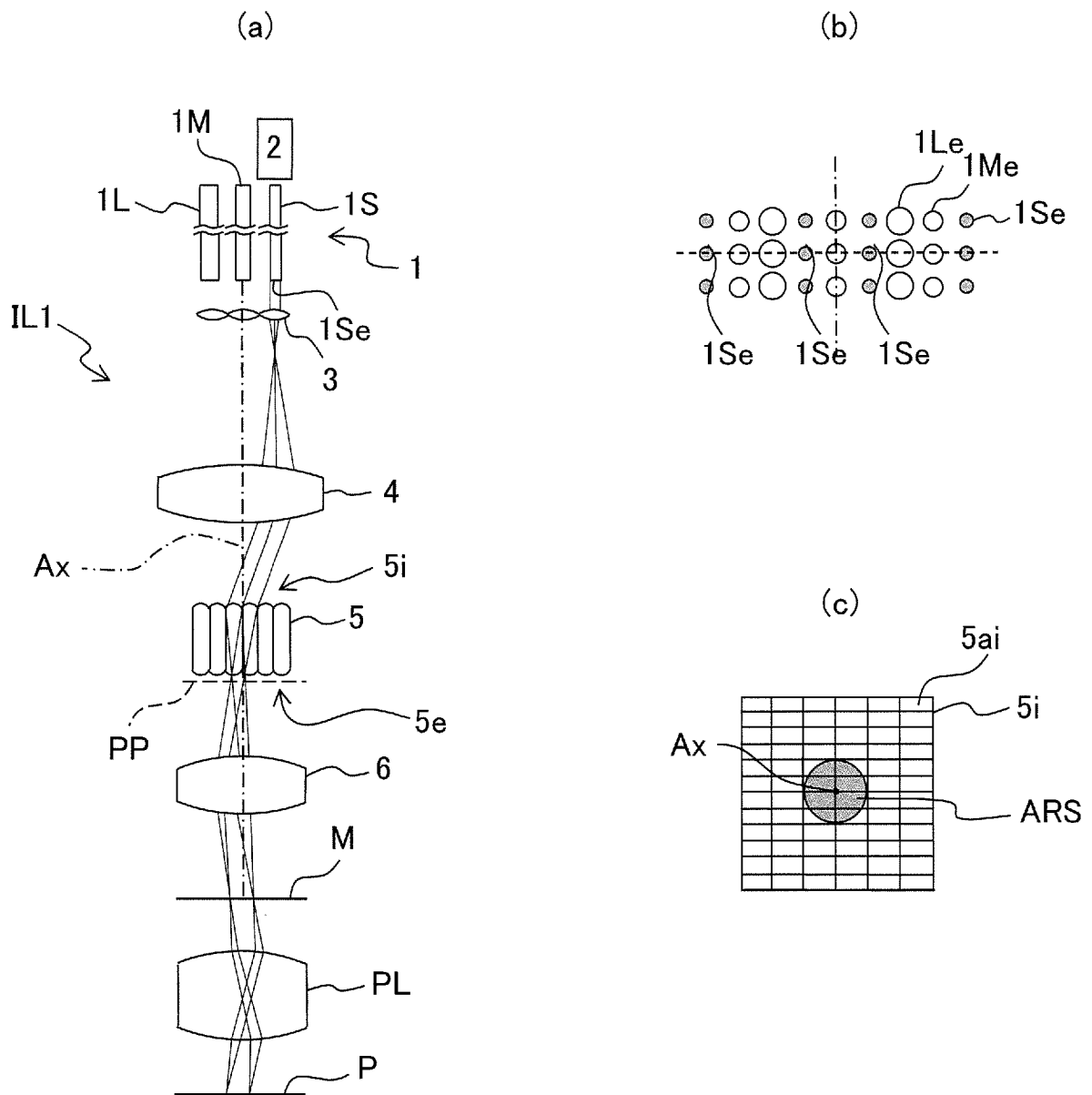
[図5]



[図6]

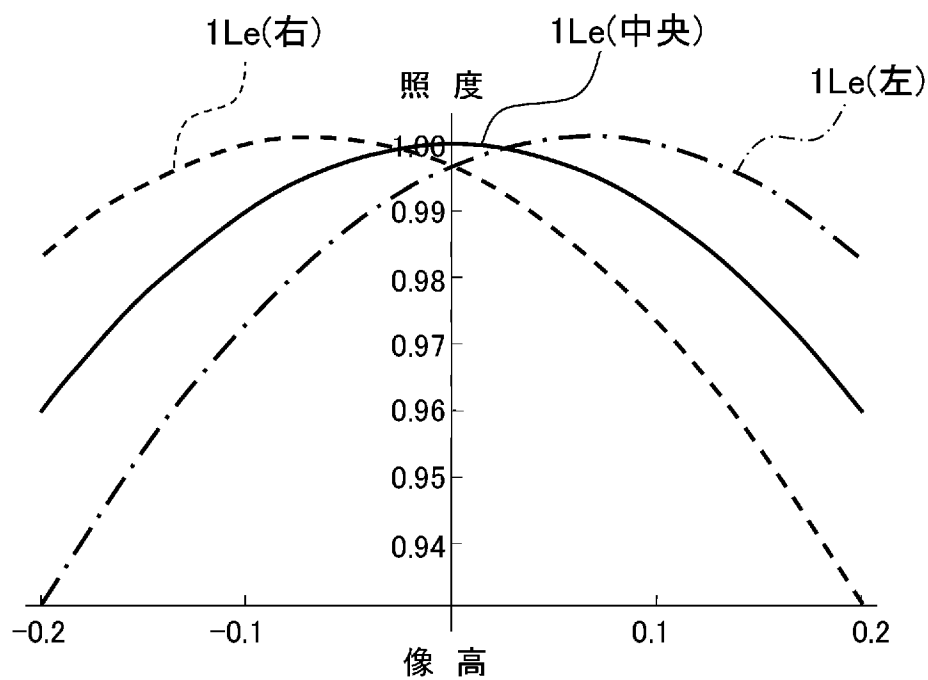


[図7]

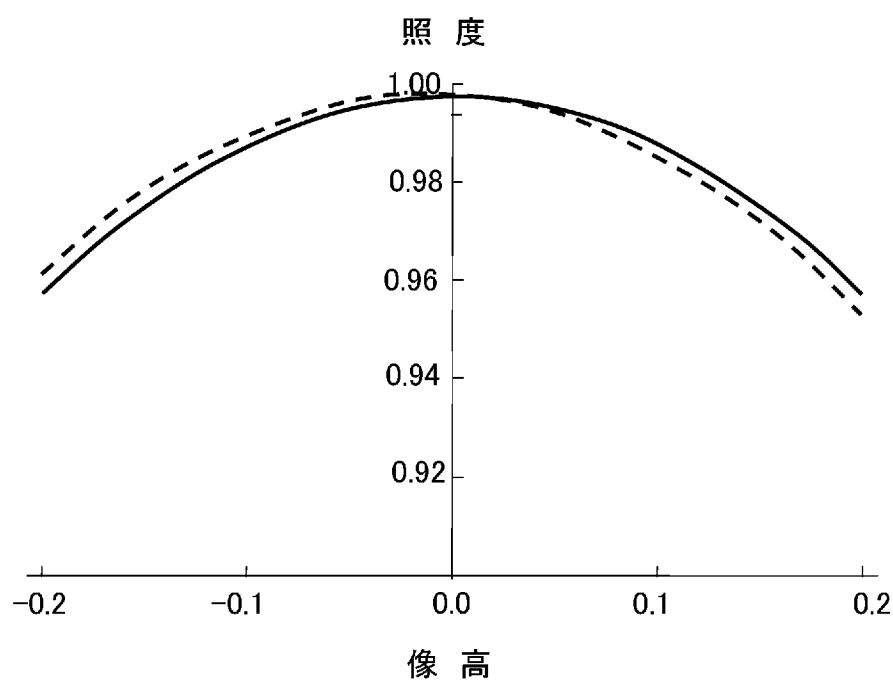


[図8]

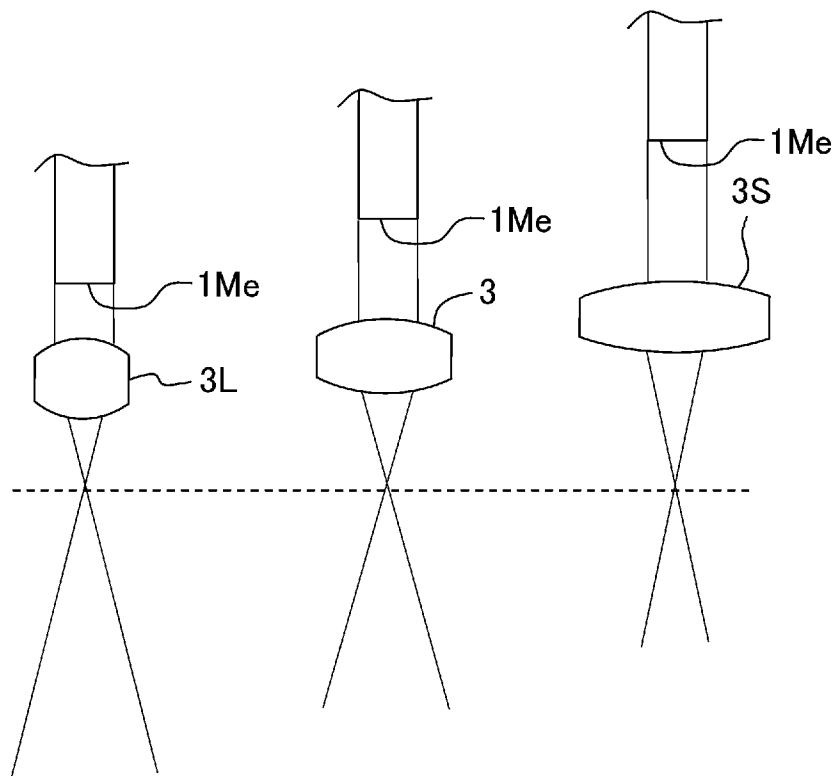
(a)



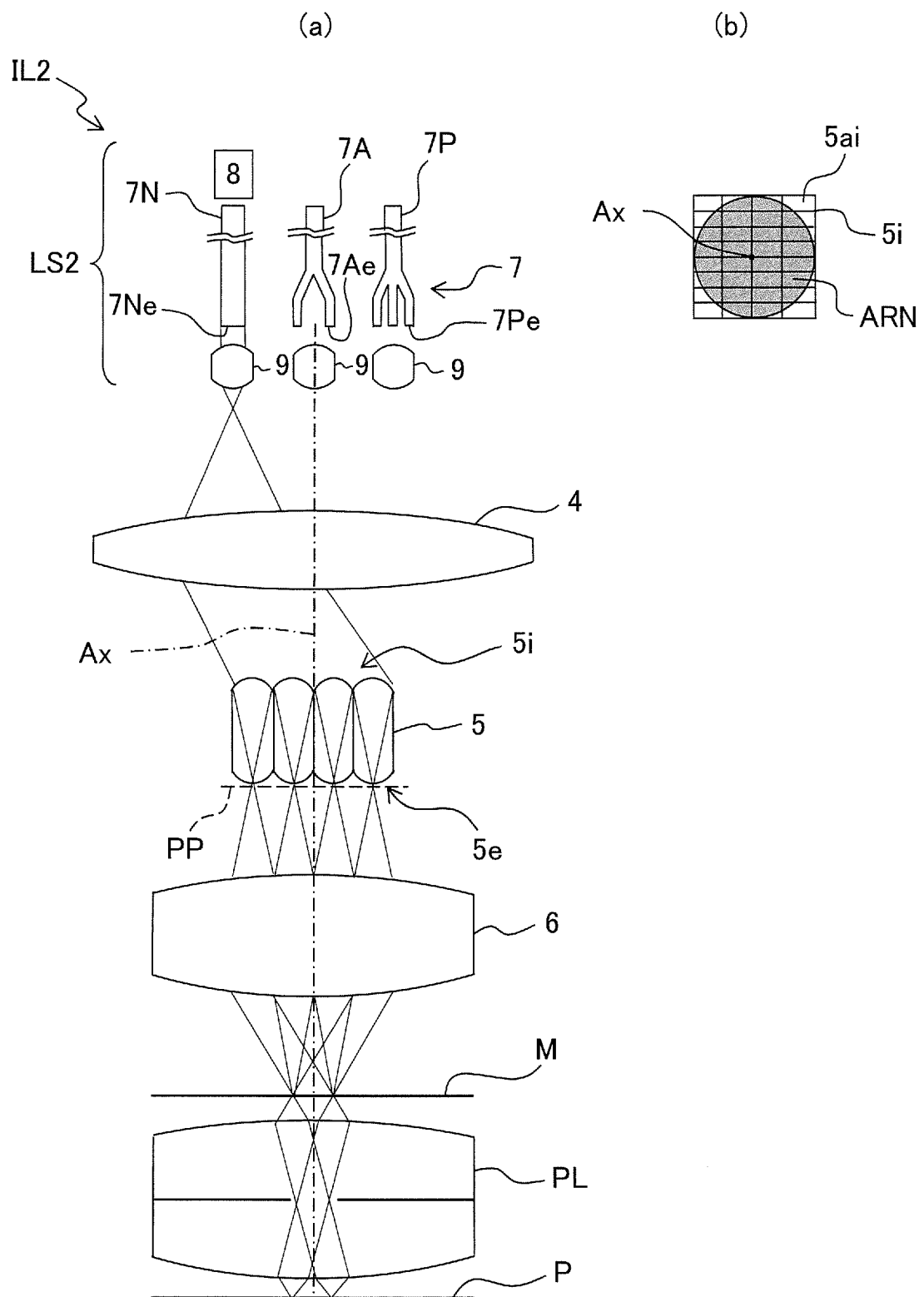
(b)



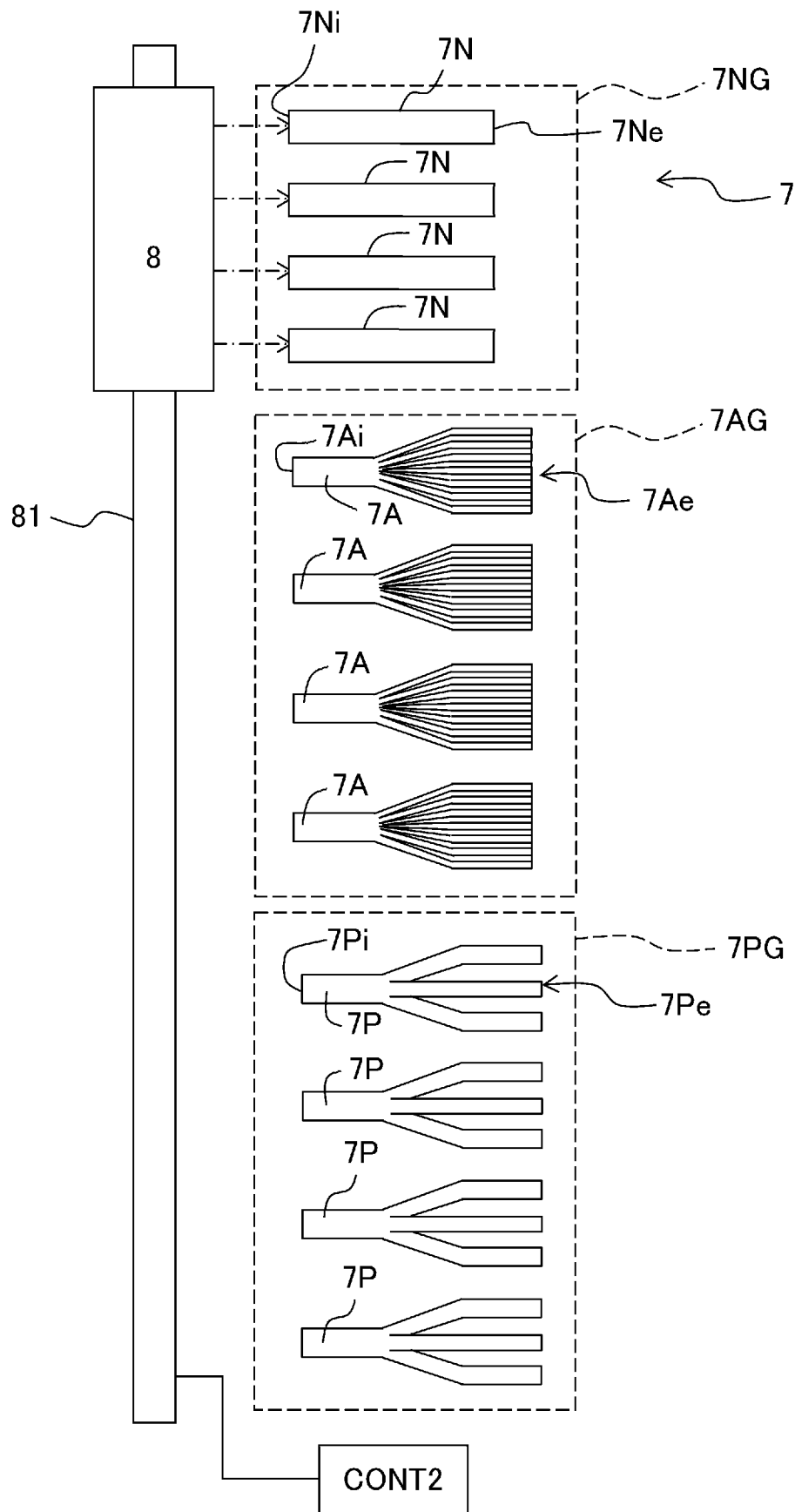
[図9]



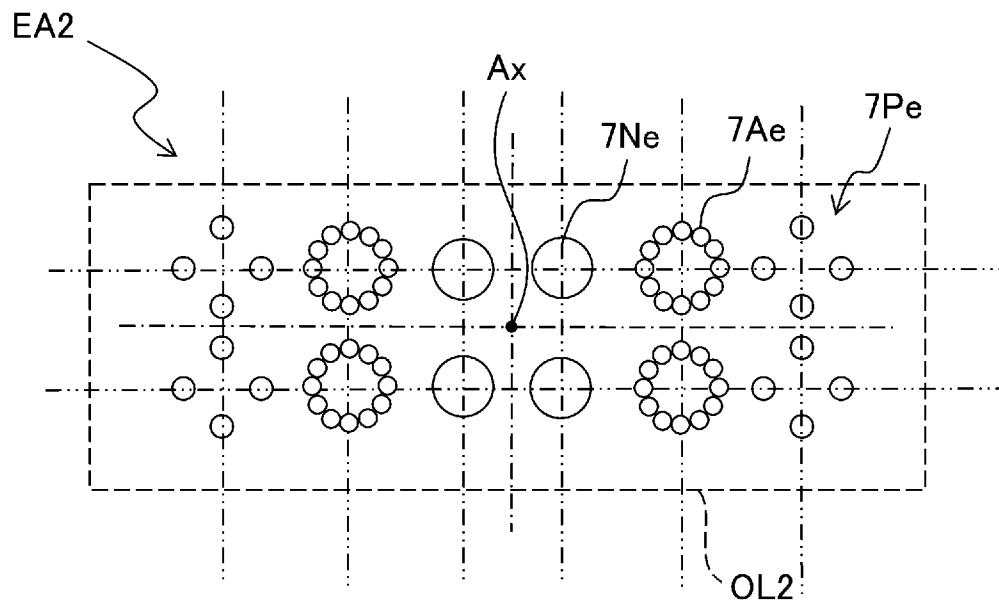
[図10]



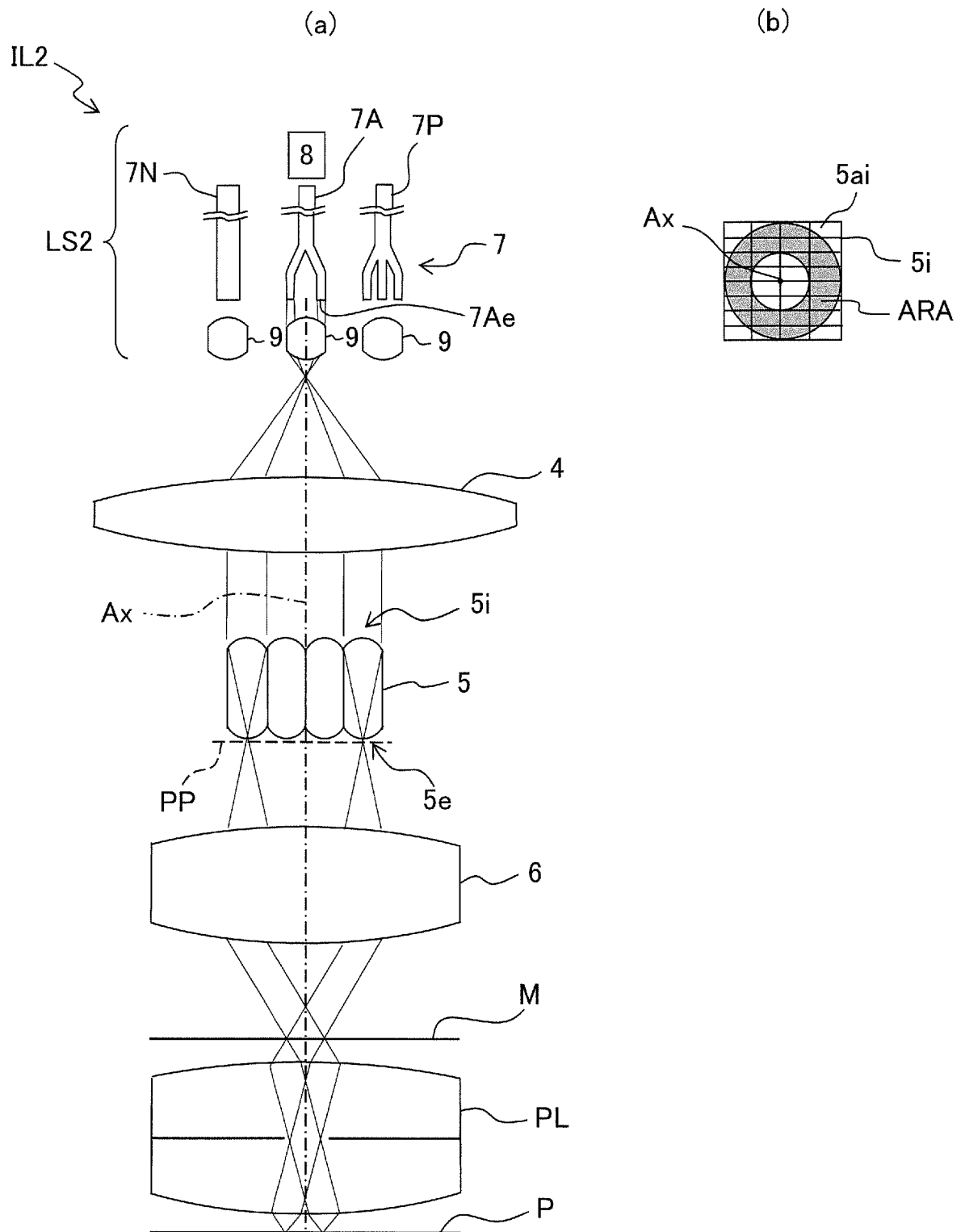
[図11]



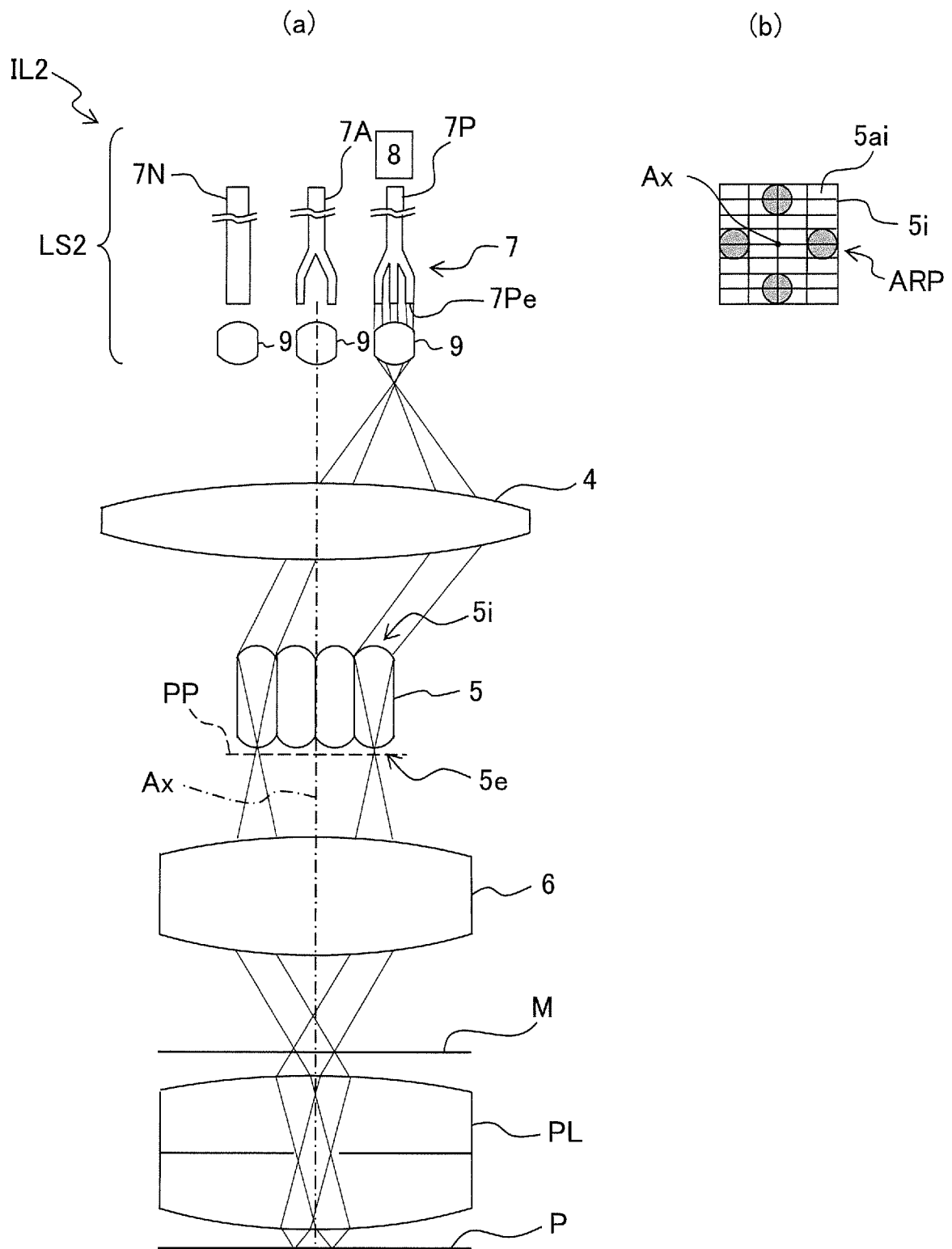
[図12]



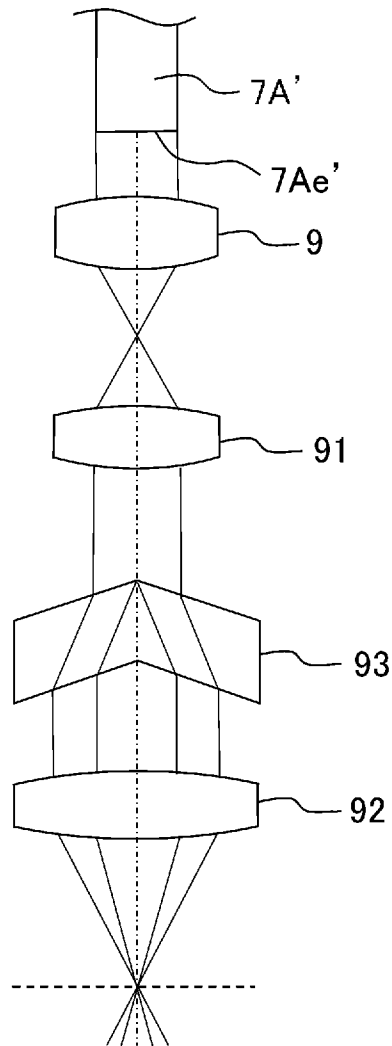
[図13]



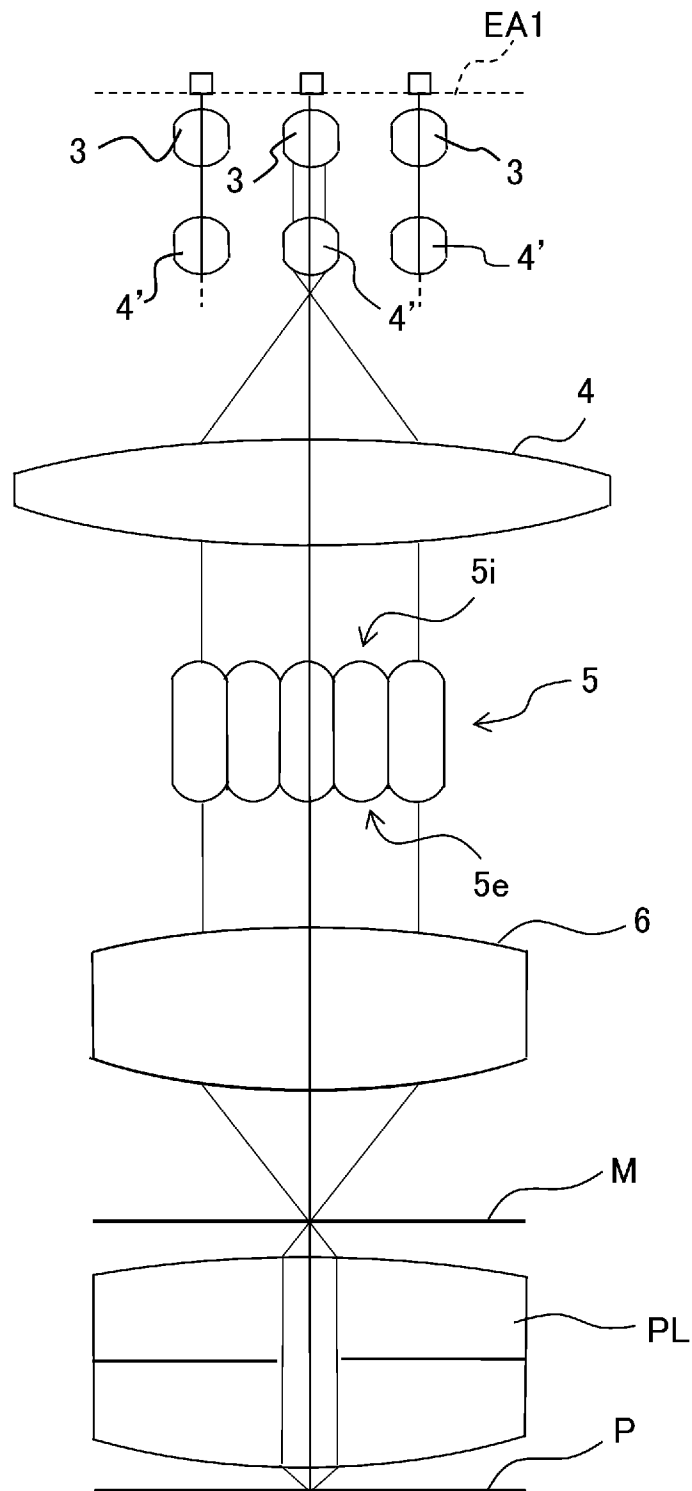
[図14]



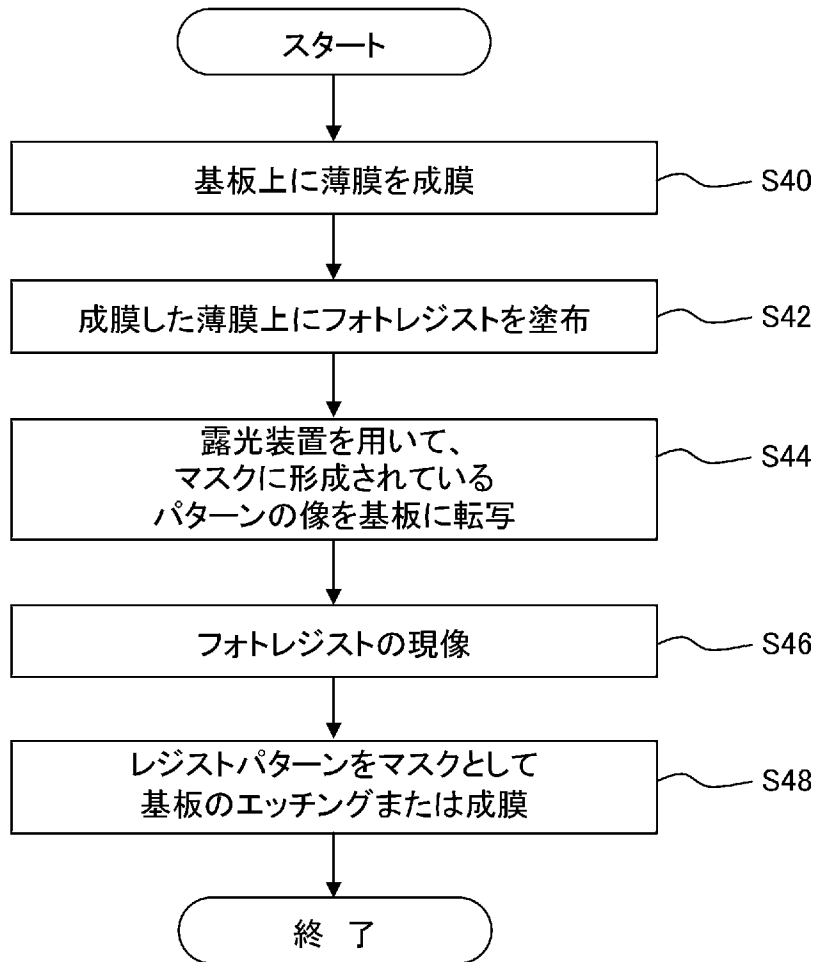
[図15]



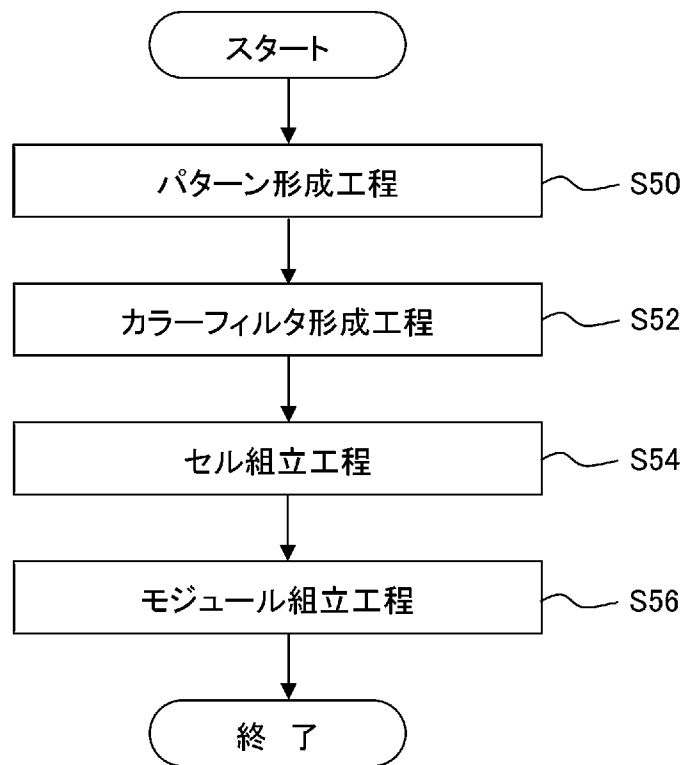
[図16]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/044847

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G03F 7/20**(2006.01)i

FI: G03F7/20 501

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)

G03F7/20

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 1971-2024

Registered utility model specifications of Japan 1996-2024

Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

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 2009-258551 A (NIKON CORPORATION) 05 November 2009 (2009-11-05) claim 1, paragraphs [0003], [0011]-[0016], [0035], fig. 1-3, 6	1-3, 5-6, 10, 15-18
Y		4, 8-9
Y	WO 2005/062350 A1 (NIKON CORPORATION) 07 July 2005 (2005-07-07) claim 5, paragraphs [0061]-[0066], fig. 1-4	4
Y	JP 2013-201372 A (NIKON CORPORATION) 03 October 2013 (2013-10-03) claim 1, paragraphs [0060]-[0062], fig. 1, 5	8-9
A	JP 2001-297959 A (NIKON CORPORATION) 26 October 2001 (2001-10-26) paragraphs [0050]-[0054], fig. 8-9	1-18
A	JP 6-29189 A (HITACHI, LTD.) 04 February 1994 (1994-02-04) paragraphs [0011]-[0022], fig. 1-11	1-18



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

“D” document cited by the applicant in the international application

“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

“T” 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

08 February 2024

Date of mailing of the international search report

20 February 2024

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/044847

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2009-258551	A	05 November 2009	(Family: none)	
WO	2005/062350	A1	07 July 2005	(Family: none)	
JP	2013-201372	A	03 October 2013	(Family: none)	
JP	2001-297959	A	26 October 2001	(Family: none)	
JP	6-29189	A	04 February 1994	US 5302999 A column 8, line 44 to column 23, line 44, fig. 1-36	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

G03F 7/20(2006.01)i

FI: G03F7/20 501

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））

G03F7/20

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1971-2024年

日本国実用新案登録公報1996-2024年

日本国登録実用新案公報1994-2024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 2009-258551 A（株式会社ニコン）05.11.2009（2009-11-05） [請求項1],段落[0003],[0011]-[0016],[0035],図1-3,6	1-3,5-6,10,15-18
Y		4,8-9
Y	WO 2005/062350 A1（株式会社ニコン）07.07.2005（2005-07-07） [請求項5],[0061]-[0066],図1-4	4
Y	JP 2013-201372 A（株式会社ニコン）03.10.2013（2013-10-03） [請求項1],[0060]-[0062],図1,図5	8-9
A	JP 2001-297959 A（株式会社ニコン）26.10.2001（2001-10-26） 段落[0050]-[0054],図8-9	1-18
A	JP 6-29189 A（株式会社日立製作所）04.02.1994（1994-02-04） 段落[0011]-[0022],図1-11	1-18

☐ 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、一般的技术水準を示すもの

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“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抵触するものではなく、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

08.02.2024

国際調査報告の発送日

20.02.2024

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)

〒100-8915

日本国

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）

植木 隆和 2G 3706

電話番号 03-3581-1101 内線 3226

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/044847

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2009-258551	A	05.11.2009	(ファミリーなし)	
WO	2005/062350	A1	07.07.2005	(ファミリーなし)	
JP	2013-201372	A	03.10.2013	(ファミリーなし)	
JP	2001-297959	A	26.10.2001	(ファミリーなし)	
JP	6-29189	A	04.02.1994	US 5302999 A	
				第8欄第44行－第23欄	
				第44行，図1－36	