

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2008年1月17日 (17.01.2008)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2008/007633 A1

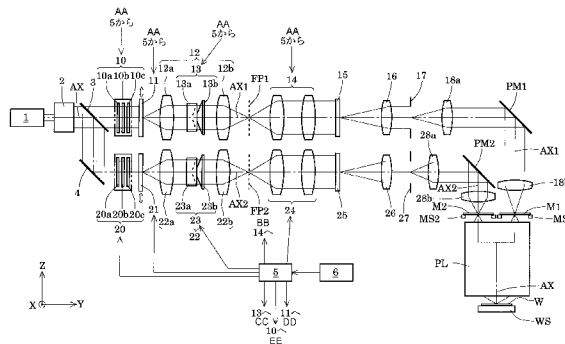
- (51) 国際特許分類:
H01L 21/027 (2006.01) G02B 21/18 (2006.01)
G02B 21/12 (2006.01) G03F 7/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/063644
- (22) 国際出願日: 2007年7月9日 (09.07.2007)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2006-191348 2006年7月12日 (12.07.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 水野 恭志

- (MIZUNO, Yasushi) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 重松 幸二 (SHIGEMATSU, Koji) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 村松 浩二 (MURAMATSU, Kouji) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 田中 裕久 (TANAKA, Hirohisa) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 谷津 修 (TANITSU, Osamu) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 山口 孝雄 (YAMAGUCHI, Takao); 〒1010048 東京都千代田区神田司町二丁目10番地 第一ビル Tokyo (JP).

[続葉有]

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

(54) 発明の名称: 照明光学装置、露光装置、およびデバイス製造方法



AA... FROM 5
 BB... TO 14
 CC... TO 13
 DD... TO 11
 EE... TO 10

(57) Abstract: Provided is an illuminating optical apparatus which can separately illuminate two regions at a distance under prescribed illuminating conditions. The illuminating optical apparatus is provided with a first illuminating system for illuminating a first illuminating region (M1), and a second illuminating system for illuminating a second illuminating region (M2). The first illuminating system has first variable systems (11, 13, 14) for varying the shape or the size of light intensity distribution on an illumination pupil of the first illuminating system, and the second illuminating system has second variable systems (21, 23, 24) for varying the shape or the size of light intensity distribution on an illumination pupil of the second illuminating system. The first variable system and the second variable system independently vary the light intensity distribution on the illumination pupil of the first illuminating system and the light intensity distribution on the illumination pupil of the second illuminating system.

(57) 要約: 互いに離間した2つの領域を所要の照明条件で個別に照明することのできる照明光学装置。第1照明領域 (M1) を照明する第1照明系と、第2照明領域 (M2) を照明する第2照明系とを備えた照明光学装置。第1照明系は、第1照明系の照明瞳での光強度分布の形状または大きさを変化させる第1可変系 (11, 13, 14) を有し、第2照明系は、第2照明系の照明瞳での光強度分布の形状または大きさを変化させる第2可変系 (21, 23, 24) を有する。第1可変系および第2可変系は、第1照明系の照明瞳での光強度分布と第2照明系の照明瞳での光強度分布とを互

[続葉有]

WO 2008/007633 A1



(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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD,

SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

照明光学装置、露光装置、およびデバイス製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、照明光学装置、露光装置、およびデバイス製造方法に関し、特に半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等のデバイスをリソグラフィ工程で製造するための露光装置に好適な照明光学装置に関するものである。

背景技術

[0002] 半導体素子等を製造するためのフォトリソグラフィ工程において、マスク(またはレチクル)のパターン像を、投影光学系を介して、感光性基板(フォトレジストが塗布されたウェハ、ガラスプレート等)上に投影露光する露光装置が使用されている。通常の露光装置では、1種類のパターンを感光性基板上の1つのショット領域(単位露光領域)に形成している。

[0003] これに対し、スループットを向上させるために、2種類のパターンを感光性基板上の同一ショット領域に重ね焼きして1つの合成パターンを形成する二重露光方式が提案されている(特許文献1を参照)。

[0004] 特許文献1:特開2000-21748号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0005] 二重露光方式の露光装置では、例えば互いに離間した2つのマスク上の領域を個別に照明すること、例えば転写パターンの特性に応じた所要の照明条件で個別に照明することが重要である。

[0006] 本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、互いに離間した2つの領域を所要の照明条件で個別に照明することのできる照明光学装置を提供することを目的とする。また、本発明は、互いに離間した2つの領域を所要の照明条件で個別に照明する照明光学装置を用いて、二重露光方式により微細パターンを感光性基板に高スループットで露光することのできる露光装置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] 前記課題を解決するために、本発明の第1形態では、第1照明光路を有し、第1照明領域を照明する第1照明系と、前記第1照明光路と独立した第2照明光路を有し、第2照明領域を照明する第2照明系とを備えた照明光学装置であって、

前記第1照明系は、前記第1照明系の照明瞳での光強度分布の形状または大きさを変化させる第1可変系を有し、

前記第2照明系は、前記第2照明系の照明瞳での光強度分布の形状または大きさを変化させる第2可変系を有し、

前記第1可変系および前記第2可変系は、前記第1照明系の照明瞳での光強度分布と前記第2照明系の照明瞳での光強度分布とを互いに独立に変化させることを特徴とする照明光学装置を提供する。

[0008] 本発明の第2形態では、第1照明光路を有し、第1照明領域を照明する第1照明系と、前記第1照明光路と独立した第2照明光路を有し、第2照明領域を照明する第2照明系とを備えた照明光学装置であって、

前記第1照明系は、前記第1照明領域を照明する光の偏光状態を所望の偏光状態に設定する第1偏光設定部を有し、

前記第2照明系は、前記第2照明領域を照明する光の偏光状態を所望の偏光状態に設定する第2偏光設定部を有し、

前記第1偏光設定部および前記第2偏光設定部は、前記第1照明領域を照明する光の偏光状態と前記第2照明領域を照明する光の偏光状態とを互いに独立に変化させ、

入射光を分岐し、分岐した一方の光を前記第1照明光路へ導き且つ分岐した他方の光を前記第2照明光路へ導く光分岐部材をさらに備えていることを特徴とする照明光学装置を提供する。

[0009] 本発明の第3形態では、第1形態または第2形態の照明光学装置を備え、該照明光学装置により照明されたパターンを感光性基板に露光することを特徴とする露光装置を提供する。

[0010] 本発明の第4形態では、第3形態の露光装置を用いて、前記パターンを前記感光性基板に露光する露光工程と、前記露光工程を経た前記感光性基板を現像する現

像工程とを含むことを特徴とするデバイス製造方法を提供する。

発明の効果

- [0011] 本発明の第1形態にかかる照明光学装置では、第1照明領域を照明する第1照明系の照明瞳での光強度分布の形状または大きさと、第2照明領域を照明する第2照明系の照明瞳での光強度分布の形状または大きさを互いに独立に変化させる。その結果、照明瞳での光強度分布の形状または大きさをパラメータとする所要の照明条件で、互いに離間した第1照明領域および第2照明領域を個別に照明することができる。
- [0012] 本発明の第2形態にかかる照明光学装置では、第1照明領域を照明する光の偏光状態を設定する第1偏光設定部と、第2照明領域を照明する光の偏光状態を設定する第2偏光設定部とを、光分岐部材によって分岐される光路のそれぞれに配置している。その結果、光分岐部材の偏光特性があつたとしても、互いに離間した第1照明領域および第2照明領域を個別に任意の偏光状態で照明することができる。
- [0013] その結果、本発明の露光装置では、互いに離間した2つの領域を所要の照明条件で個別に照明する照明光学装置を用いて、二重露光方式により微細パターンを感光性基板に高スループットで露光することができ、ひいては良好なデバイスを高スループットで製造することができる。

図面の簡単な説明

- [0014] [図1]本発明の第1実施形態にかかる露光装置の構成を概略的に示す図である。
[図2]図1の投影光学系の構成を概略的に示す図である。
[図3](a)は第1マスクに形成される矩形状の第1照明領域を、(b)は第2マスクに形成される矩形状の第2照明領域を、(c)は第1マスクのパターン像と第2マスクのパターン像とがウェハ上に重なって形成される様子を示す図である。
[図4]第1実施形態の構成に基づいて得られる効果の一例を説明する図である。
[図5]第1変形例の構成を概略的に示す図である。
[図6]第2変形例の構成を概略的に示す図である。
[図7]第3変形例の構成を概略的に示す図である。
[図8]第4変形例の構成を概略的に示す図である。

[図9]本発明の第2実施形態にかかる露光装置の構成を概略的に示す図である。

[図10]第5変形例の構成を概略的に示す図である。

[図11]第6変形例の構成を概略的に示す図である。

[図12]第7変形例の構成を概略的に示す図である。

[図13]第8変形例の構成を概略的に示す図である。

[図14]第9変形例の構成を概略的に示す図である。

[図15]第10変形例の構成を概略的に示す図である。

[図16]第11変形例の構成を概略的に示す図である。

[図17]第12変形例の構成を概略的に示す図である。

[図18]屈折系と偏向ミラーとからなる投影光学系の構成を示す図である。

[図19]反射屈折型で双頭型の投影光学系の構成を概略的に示す図である。

[図20]半導体デバイスを得る際の手法のフローチャートである。

[図21]液晶表示素子を得る際の手法のフローチャートである。

符号の説明

[0015] 5 制御部

10, 20 偏光設定部

11, 21 回折光学素子

13, 23 円錐アキシコン系

14, 24 ズームレンズ

15, 25 マイクロフライアイレンズ

M1, M2 マスク

PL 投影光学系

W ウェハ

発明を実施するための最良の形態

[0016] 本発明の実施形態を、添付図面に基づいて説明する。図1は、本発明の第1実施形態にかかる露光装置の構成を概略的に示す図である。図1において、感光性基板であるウェハWの法線方向に沿ってZ軸を、ウェハWの面内において図1の紙面に平行な方向にY軸を、ウェハWの面内において図1の紙面に垂直な方向にX軸をそれ

ぞれ設定している。図1を参照すると、第1実施形態の露光装置は、露光光(照明光)を供給するための光源1を備えている。

[0017] 光源1として、たとえば約193nmの波長を有する光を供給するArFエキシマレーザ光源や約248nmの波長を有する光を供給するKrFエキシマレーザ光源などを用いることができる。光源1から光軸AXに沿って射出された光束は、整形光学系2により所要の断面形状の光束に拡大され、ハーフミラー3に入射する。ハーフミラー3を透過した光束は、第1マスクM1上の第1照明領域を照明する第1照明系へ導かれる。一方、ハーフミラー3で反射された光束は、光路折り曲げ反射鏡4で反射された後、第2マスクM2上の第2照明領域を照明する第2照明系へ導かれる。なお、ここでいうハーフミラーとは、入射光を分割する光量比が1:1のものには限定されない。また、本実施形態においては、入射光を振幅分割するハーフミラー3に変えて、入射光を偏光分割する偏光ビームスプリッターを用いてもよい。

[0018] 第1照明系と第2照明系とは互いにほぼ同じ基本構成を有するため、主として第1照明系に着目して構成および作用を説明する。この説明に際して、第1照明系に対応する第2照明系の記述を括弧内に示す。ハーフミラー3を透過して第1照明系へ導かれた第1光束(ハーフミラー3で反射されて第2照明系へ導かれた第2光束)は、第1偏光設定部10(第2偏光設定部20)および回折光学素子11(21)を介して、アフォーカルレンズ12(22)に入射する。回折光学素子11(21)は、第1照明系(第2照明系)の照明光路に対して挿脱自在に構成され、そのファーフールドに異なる光強度分布を形成する他の回折光学素子と交換可能に構成されている。回折光学素子11(21)の交換は、制御部5からの指令に基づいて動作する駆動部(不図示)により行われる。以下、説明を簡単にするために、第1照明系の光路中に配置された回折光学素子11および第2照明系の光路中に配置された回折光学素子21がともに輪帯照明用の回折光学素子であるものとする。

[0019] 第1偏光設定部10(第2偏光設定部20)は、光の入射側から順に、光軸AX1 (AX2)を中心として結晶光学軸が回転自在に構成されて入射する楕円偏光の光を直線偏光の光に変換する1/4波長板10a(20a)と、光軸AXを中心として結晶光学軸が回転自在に構成されて入射する直線偏光の偏光方向を変化させる1/2波長板10b

(20b)と、照明光路に対して挿脱自在なデポライザ(非偏光化素子)10c(20c)とを備えている。第1偏光設定部10(第2偏光設定部20)は、デポライザ10c(20c)を照明光路から退避させた状態で、光源1からの光を所望の偏光方向を有する直線偏光の光に変換して回折光学素子11(21)へ入射させる機能を有し、デポライザ10c(20c)を照明光路中に設定した状態で、光源1からの光を実質的に非偏光の光に変換して回折光学素子11(21)へ入射させる機能を有する。第1偏光設定部10(第2偏光設定部20)の制御は、制御部5からの指令に基づいて動作する駆動部(不図示)により行われる。なお、偏光設定部の詳しい構成および作用については、米国特許公開第2006/0055834号公報などを参照することができる。

- [0020] アフォーカルレンズ12(22)は、前側レンズ群12a(22a)の前側焦点位置と回折光学素子11(21)の位置とがほぼ一致し且つ後側レンズ群12b(22b)の後側焦点位置と図中破線で示す所定面FP1(FP2)の位置とがほぼ一致するように設定されたアフォーカル系(無焦点光学系)である。一般に、回折光学素子は、基板に露光光(照明光)の波長程度のピッチを有する段差を形成することによって構成され、入射ビームを所望の角度に回折する作用を有する。
- [0021] 具体的に、輪帯照明用の回折光学素子11(21)は、矩形状の断面を有する平行光束が入射した場合に、そのファーフールド(またはフラウンホーファー回折領域)に輪帯状の光強度分布を形成する機能を有する。したがって、回折光学素子11(21)に入射したほぼ平行光束は、アフォーカルレンズ12(22)の瞳面に輪帯状の光強度分布を形成した後、輪帯状の角度分布でアフォーカルレンズ12(22)から射出される。前側レンズ群12a(22a)と後側レンズ群12b(22b)との間の光路中において、アフォーカルレンズ12(22)の瞳面またはその近傍には、アキシコン系13(23)が配置されている。以下、説明を簡単にするために、第1照明系中のアキシコン系13および第2照明系中のアキシコン系23がともに円錐アキシコン系であるものとする。円錐アキシコン系13(23)の構成および作用については後述する。
- [0022] アフォーカルレンズ12(22)を介した光束は、 σ 値(σ 値=照明系のマスク側開口数/投影光学系のマスク側開口数)可変用のズームレンズ(変倍光学系)14(24)を介して、マイクロフライアイレンズ(またはフライアイレンズ)15(25)に入射する。マイク

ロフライアイレンズ15(25)は、縦横に且つ稠密に配列された多数の正屈折力を有する微小レンズからなる光学素子である。一般に、マイクロフライアイレンズは、たとえば平行平板にエッチング処理を施して微小レンズ群を形成することによって構成される。

[0023] ここで、マイクロフライアイレンズを構成する各微小レンズは、フライアイレンズを構成する各レンズエレメントよりも微小である。また、マイクロフライアイレンズは、互いに隔絶されたレンズエレメントからなるフライアイレンズとは異なり、多数の微小レンズ(微小屈折面)が互いに隔絶されることなく一体的に形成されている。しかしながら、正屈折力を有するレンズ要素が縦横に配置されている点でマイクロフライアイレンズはフライアイレンズと同じ波面分割型のオプティカルインテグレータである。

[0024] 所定面FP1(FP2)の位置はズームレンズ14(24)の前側焦点位置の近傍に配置され、マイクロフライアイレンズ15(25)の入射面はズームレンズ14(24)の後側焦点位置の近傍に配置されている。換言すると、ズームレンズ14(24)は、所定面FP1(FP2)とマイクロフライアイレンズ15(25)の入射面とを実質的にフーリエ変換の関係に配置し、ひいてはアフォーカルレンズ12(22)の瞳面とマイクロフライアイレンズ15(25)の入射面とを光学的にほぼ共役に配置している。

[0025] したがって、マイクロフライアイレンズ15(25)の入射面には、アフォーカルレンズ12(22)の瞳面と同様に、たとえば光軸AX1(AX2)を中心とした輪帯状の照野(輪帯状の光強度分布)が形成される。この輪帯状の照野の全体形状は、ズームレンズ14(24)の焦点距離に依存して相似的に変化する。マイクロフライアイレンズ15(25)を構成する各微小レンズは、第1マスクM1(第2マスクM2)上において照明すべき第1照明領域(第2照明領域)の形状(ひいてはウェハW上において形成すべき露光領域の形状)と相似な矩形状の断面を有する。

[0026] マイクロフライアイレンズ15(25)に入射した光束は多数の微小レンズにより二次元的に分割され、その後側焦点面またはその近傍には、入射光束によって形成される照野とほぼ同じ光強度分布を有する二次光源、すなわち光軸AX1(AX2)を中心とした輪帯状の実質的な面光源からなる二次光源が形成される。マイクロフライアイレンズ15(25)の後側焦点面またはその近傍に形成された二次光源からの光束は、コ

ンデンスー光学系16(26)を介した後、マスクブラインド17(27)を重疊的に照明する。

[0027] こうして、照明視野絞りとしてのマスクブラインド17(27)には、マイクロフライアイレンズ15(25)を構成する各微小レンズの形状と焦点距離とに応じた矩形状の照野が形成される。マスクブラインド17(27)の矩形状の開口部(光透過部)を介した光束は、結像光学系18(28)の集光作用を受けた後、所定のパターンが形成された第1マスクM1(第2マスクM2)上の第1照明領域(第2照明領域)を重疊的に照明する。すなわち、結像光学系18(28)は、マスクブラインド17(27)の矩形状開口部の像を第1マスクM1(第2マスクM2)上に形成することになる。結像光学系18(28)は、前側レンズ群18a(28a)と後側レンズ群18b(28b)とからなり、2つのレンズ群18a(28a)と18b(28b)との間には光路折り曲げ反射鏡PM1(PM2)が配置されている。なお、図面の明瞭化のために、参照符号18, 28の図示を省略している。

[0028] 第1マスクM1は第1マスクステージMS1上に保持され、第2マスクM2は第2マスクステージMS2上に保持されている。さらに詳細には、第2マスクM2は、第1マスクM1からY方向に沿って間隔を隔てて配置され、且つZ方向に沿って第1マスクM1と同じ高さ位置に配置されている。第1マスクM1上の第1照明領域を通過した第1光束および第2マスクM2上の第2照明領域を通過した第2光束は、いわゆる双頭型の投影光学系PLを介して、ウェハステージWS上に保持されたウェハ(感光性基板)Wに第1マスクM1のパターン像および第2マスクM2のパターン像を形成する。双頭型の投影光学系PLは、互いに離間した2つの有効視野と、1つの有効結像領域とを有する光学系である。第1実施形態では、図2に概略的に示すように、ビームスプリッターを用いて第1マスクM1のパターン像と第2マスクM2のパターン像とを合致させてウェハW上に形成するタイプの双頭型の投影光学系PLを用いている。

[0029] マイクロフライアイレンズ15の後側焦点面またはその近傍の照明瞳(第1照明系の照明瞳)に輪帯状の光強度分布を形成した第1光束は、図3(a)に示すように、第1マスクM1上においてY方向に細長く伸びる矩形状の第1照明領域IR1を形成する。マイクロフライアイレンズ25の後側焦点面またはその近傍の照明瞳(第2照明系の照明瞳)に輪帯状の光強度分布を形成した第2光束は、図3(b)に示すように、第2マスク

M2上においてY方向に細長く伸びる矩形形状の第2照明領域IR2を形成する。このとき、第1照明系および第2照明系は、第1照明領域IR1および第2照明領域IR2を同時に照明する。

[0030] すなわち、第1マスクM1のパターン領域PA1のうち、第1照明領域IR1に対応するパターンが輪帯照明され、第2マスクM2のパターン領域PA2のうち、第2照明領域IR2に対応するパターンが輪帯照明される。こうして、図3(c)に示すように、投影光学系PLの矩形形状の有効結像領域ER、すなわちY方向に細長く伸びる矩形形状の領域ERには、第1照明領域IR1の光により照明された第1マスクM1のパターン像と第2照明領域IR2の光により照明された第2マスクM2のパターン像とが重ねて形成される。

[0031] 第1実施形態では、投影光学系PLに対して第1マスクM1、第2マスクM2およびウェハWをX方向に沿って同期的に移動させつつ、ウェハW上の1つのショット領域に、第1マスクM1のパターンと第2マスクM2のパターンとを重ねて走査露光して1つの合成パターンを形成する。そして、投影光学系PLに対してウェハWをXY平面に沿って二次元的にステップ移動させつつ、上述の重ね走査露光を繰り返すことにより、ウェハW上の各ショット領域に、第1マスクM1のパターンと第2マスクM2のパターンとの合成パターンが逐次形成される。

[0032] 円錐アキシコン系13(23)は、光源側(光の入射側)から順に、光源側に平面を向け且つマスク側(光の射出側)に凹円錐状の屈折面を向けた第1プリズム部材13a(23a)と、マスク側に平面を向け且つ光源側に凸円錐状の屈折面を向けた第2プリズム部材13b(23b)とから構成されている。そして、第1プリズム部材13a(23a)の凹円錐状の屈折面と第2プリズム部材13b(23b)の凸円錐状の屈折面とは、互いに当接可能なように相補的に形成されている。また、第1プリズム部材13a(23a)および第2プリズム部材13b(23b)のうち少なくとも一方の部材が光軸AX1(AX2)に沿って移動可能に構成され、第1プリズム部材13a(23a)の凹円錐状の屈折面と第2プリズム部材13b(23b)の凸円錐状の屈折面との間隔が可変に構成されている。円錐アキシコン系6中の第1プリズム部材13a(23a)と第2プリズム部材13b(23b)との光軸AX1(AX2)に沿った間隔の変化は、制御部5からの指令に基づいて動作する駆動部(不図示)により行われる。

- [0033] 以下、輪帯状の二次光源に着目して、円錐アキシコン系13(23)の作用およびズームレンズ14(24)の作用を説明する。ここで、第1プリズム部材13a(23a)の凹円錐状屈折面と第2プリズム部材13b(23b)の凸円錐状屈折面とが互いに当接している状態では、円錐アキシコン系13(23)は平行平板として機能し、形成される輪帯状の二次光源に及ぼす影響はない。しかしながら、第1プリズム部材13a(23a)の凹円錐状屈折面と第2プリズム部材13b(23b)の凸円錐状屈折面とを離間させると、輪帯状の二次光源の幅(輪帯状の二次光源の外径と内径との差の $1/2$)を一定に保ちつつ、輪帯状の二次光源の外径(内径)が変化する。すなわち、輪帯状の二次光源の輪帯比(内径/外径)および大きさ(外径)が変化する。
- [0034] ズームレンズ14(24)は、光軸AX1(AX2)に沿って移動可能な複数の光学素子を有し、輪帯状の二次光源の全体形状を相似的(等方的)に拡大または縮小する機能を有する。たとえば、ズームレンズ14(24)の焦点距離を最小値から所定の値へ拡大させることにより、輪帯状の二次光源の全体形状が相似的に拡大される。換言すると、ズームレンズ14(24)の作用により、輪帯状の二次光源の輪帯比が変化することなく、その幅および大きさ(外径)がともに変化する。ズームレンズ14(24)の焦点距離の変化は、制御部5からの指令に基づいて動作する駆動部(不図示)により行われる。このように、円錐アキシコン系13(23)およびズームレンズ14(24)の作用により、輪帯状の二次光源の輪帯比と大きさ(外径)とを制御することができる。
- [0035] 輪帯照明用の回折光学素子11(21)に代えて、複数極照明用の回折光学素子(不図示)を照明光路中に設定することによって、複数極照明(2極照明、3極照明、4極照明、5極照明など)を行うことができる。具体的に、例えば2極照明用(または4極照明用)の回折光学素子は、矩形状の断面を有する平行光束が入射した場合に、そのファーストフィールドに2極状(または4極状)の光強度分布を形成する機能を有する。したがって、2極照明用(または4極照明用)の回折光学素子を介した光束は、マイクロフライアイレンズ15(25)の入射面に、たとえば光軸AXに関して対称な2つ(または4つ)の照野からなる2極状(または4極状)の照野を形成する。その結果、マイクロフライアイレンズ15(25)の後側焦点面またはその近傍には、その入射面に形成された照野と同じ2極状(または4極状)の二次光源が形成される。

- [0036] また、輪帯照明用の回折光学素子11(21)に代えて、円形照明用の回折光学素子(不図示)を照明光路中に設定することによって、通常の円形照明を行うことができる。円形照明用の回折光学素子は、矩形状の断面を有する平行光束が入射した場合に、ファーフールドに円形状の光強度分布を形成する機能を有する。したがって、円形照明用の回折光学素子を介した光束は、マイクロフライアイレンズ15(25)の入射面に、たとえば光軸AXを中心とした円形状の照野を形成する。その結果、マイクロフライアイレンズ15(25)の後側焦点面またはその近傍には、その入射面に形成された照野と同じ円形状の二次光源が形成される。
- [0037] 例えば4極照明の場合、制御部5は、円錐アキシコン系13(23)に代えて(あるいは円錐アキシコン系13(23)に加えて)、角錐アキシコン系(不図示)をアフォーカルレンズ12(22)の瞳面またはその近傍に設定する。例えば2極照明の場合、制御部5は、円錐アキシコン系13(23)に代えて(あるいは円錐アキシコン系13(23)に加えて)、V溝アキシコン系(不図示)をアフォーカルレンズ12(22)の瞳面またはその近傍に設定する。ここで、角錐アキシコン系は光軸を中心とする角錐体の側面に対応する形状の屈折面を有し、V溝アキシコン系は光軸を通る所定の軸線に関してほぼ対称なV字状の断面形状の屈折面を有する。なお、角錐アキシコン系およびV溝アキシコン系の構成および作用については、特開2002-231619号公報およびこれに対応する米国特許公開第2004/0263817号公報などを参照することができる。
- [0038] 第1実施形態において、回折光学素子11を含む複数の交換可能な回折光学素子が第1照明系の照明瞳での光強度分布の形状を変化させる第1形状変更系を構成し、回折光学素子21を含む複数の交換可能な回折光学素子が第2照明系の照明瞳での光強度分布の形状を変化させる第2形状変更系を構成している。同様に、円錐アキシコン系13や角錐アキシコン系やV溝アキシコン系が第1照明系の照明瞳での光強度分布の形状を変化させる第1形状変更系を構成し、円錐アキシコン系23や角錐アキシコン系やV溝アキシコン系が第2照明系の照明瞳での光強度分布の形状を変化させる第2形状変更系を構成している。また、ズームレンズ14が第1照明系の照明瞳での光強度分布の大きさを変化させる第1変倍系を構成し、ズームレンズ24が第2照明系の照明瞳での光強度分布の大きさを変化させる第2変倍系を構成してい

る。

- [0039] 第1実施形態では、感光性基板の露光情報、すなわちステップ・アンド・スキャン方式にしたがって順次露光すべき各種のマスクに関する情報などが、キーボードのような入力部6を介して制御部5に入力される。制御部5は、入力部6からの情報に基づいて、第1照明系中への回折光学素子の交換配置と第2照明系中への回折光学素子の交換配置とを独立に制御する。また、制御部5は、入力部6からの情報に基づいて、第1照明系中のアキシコン系の間隔調整と第2照明系中のアキシコン系の間隔調整とを独立に制御する。また、制御部5は、入力部6からの情報に基づいて、第1照明系中のズームレンズ14の焦点距離調整と第2照明系中のズームレンズ24の焦点距離調整とを独立に制御する。こうして、第1形状変更系および第1変倍系並びに第2形状変更系および第2変倍系は、第1照明系の照明瞳での光強度分布と第2照明系の照明瞳での光強度分布とを互いに独立に変化させる。
- [0040] さらに、制御部5は、入力部6からの情報に基づいて、第1マスクM1上の第1照明領域IR1を照明する光の偏光状態を所望の偏光状態に設定する第1偏光設定部10と、第2マスクM2上の第2照明領域IR2を照明する光の偏光状態を所望の偏光状態に設定する第2偏光設定部20とを独立に制御する。こうして、第1偏光設定部10および第2偏光設定部20は、第1マスクM1上の第1照明領域IR1を照明する光の偏光状態と、第2マスクM2上の第2照明領域IR2を照明する光の偏光状態とを互いに独立に変化させる。
- [0041] 以上のように、第1実施形態の照明光学装置では、照明瞳での光強度分布の形状または大きさ、照明光の偏光状態などをパラメータとする所要の照明条件で、第1マスクM1上の第1照明領域IR1および第2マスクM2上の第2照明領域IR2を個別に照明することができる。
- [0042] また、第1実施形態の露光装置では、ハーフミラー3によって分割された複数の光路のそれぞれに偏光設定部10, 20を配置しているため、ハーフミラー3の偏光特性(たとえばハーフミラー3によって分割された光の間での偏光状態が互いに異なるような特性)があったとしても、第1マスクM1上の第1照明領域IR1および第2マスクM2上の第2照明領域IR2を任意の偏光状態のもとで個別に照明することができる。なお

、ハーフミラー3に代えて偏光ビームスプリッターを用いた場合には、この効果は顕著に現れる。

[0043] その結果、第1実施形態の露光装置では、互いに離間した2つの照明領域IR1およびIR2を所要の照明条件で個別に照明する照明光学装置を用いて、二重露光方式により2つのマスクM1およびM2の微細パターンをウェハWに高精度に且つ高スループットで露光することができる。

[0044] 以下、図4を参照して、第1実施形態の構成に基づいて得られる効果の一例を説明する。第1実施形態の露光装置では、ウェハWに照射される光がS偏光を主成分とする偏光状態になるように、所要の直線偏光状態の光で第1マスクM1のパターンおよび第2マスクM2のパターンをそれぞれ照明することが好ましい。ここで、S偏光とは、入射面に対して垂直な方向に偏光方向を有する直線偏光(入射面に垂直な方向に電気ベクトルが振動している偏光)のことである。また、入射面は、光が媒質の境界面(ウェハWの表面)に達したときに、その点での境界面の法線と光の入射方向とを含む面として定義される。このように、ウェハWに照射される光がS偏光を主成分とする偏光状態になるように所要の直線偏光状態の光でマスクパターンを照明することにより、投影光学系PLの光学性能(焦点深度など)の向上を図ることができ、ウェハW上において高いコントラストのマスクパターン像を得ることができる。

[0045] 具体的には、たとえば第1マスクM1においてY方向に沿って細長く伸びる一方向パターンが支配的である場合、第1照明系中に配置される回折光学素子などの作用により、図4(a)に示すようなX方向2極照明を行う。そして、第1偏光設定部10の作用により、第1照明系の照明瞳において光軸AX1を挟んでX方向に間隔を隔てて形成される2極状の二次光源を形成する光束(二次光源を通過する光束)を、Z方向に偏光方向を有する直線偏光状態に設定する。その結果、最終的な被照射面としてのウェハWに照射される光がS偏光を主成分とする偏光状態になり、ウェハW上において高いコントラストのマスクパターン像を得ることができる。また、これに限定されることなく、第1照明系の照明瞳において光軸AX1を中心とする比較的小さい円形状の二次光源を形成し、この円形状の二次光源を形成する光束をZ方向に偏光方向を有する直線偏光状態に設定しても同様の効果が得られる。

- [0046] 同様に、たとえば第2マスクM2においてX方向に沿って細長く延びる一方向パターンが支配的である場合、第2照明系中に配置される回折光学素子などの作用により、図4(b)に示すようなZ方向2極照明を行う。そして、第2偏光設定部20の作用により、第2照明系の照明瞳において光軸AX2を挟んでZ方向に間隔を隔てて形成される2極状の二次光源を形成する光束を、X方向に偏光方向を有する直線偏光状態に設定する。その結果、ウェハWに照射される光がS偏光を主成分とする偏光状態になり、ウェハW上において高いコントラストのマスクパターン像を得ることができる。また、これに限定されることなく、第2照明系の照明瞳において光軸AX2を中心とする比較的小さい円形状の二次光源を形成し、この円形状の二次光源を形成する光束をX方向に偏光方向を有する直線偏光状態に設定しても同様の効果が得られる。
- [0047] なお、上述の第1実施形態では、第1マスクM1と第2マスクM2とがZ方向に沿って同じ高さ位置に配置されている。しかしながら、これに限定されることなく、図5の第1変形例に示すように、第1マスクM1と第2マスクM2とをZ方向に沿って互いに異なる高さ位置に配置することもできる。また、図6の第2変形例に示すように、第2照明系中の光路折り曲げ反射鏡PM2の配置を省略し、第2マスクM2をXZ平面に沿って保持することもできる。図5の第1変形例や図6の第2変形例では、図1の第1実施形態に比して、2つのマスクステージを配置するためのスペース、および走査露光に際して2つのマスクステージを移動させるためのスペースを確保し易い。
- [0048] また、上述の第1実施形態では、第1照明系中の第1偏光設定部10の作用により第1マスクM1上の第1照明領域IR1を照明する光の偏光状態を所望の偏光状態に設定し、第2照明系中の第2偏光設定部20の作用により第2マスクM2上の第2照明領域IR2を照明する光の偏光状態を所望の偏光状態に設定している。しかしながら、これに限定されることなく、図7に示すように、ハーフミラー3に代えて偏光ビームスプリッター3Aを配置し、第1偏光設定部10および第2偏光設定部20の配置を省略する変形例も可能である。
- [0049] 図7の第3変形例では、偏光ビームスプリッター3Aと整形光学系2との間の光路中にデポラライザ(非偏光化素子)3Bが固定的に配置されている。また、偏光ビームスプリッター3Aと回折光学素子11との間の光路および光路折り曲げ反射鏡4と回折光

学素子21との間の光路に対してデポライザ3Cおよび3Dが挿脱自在に配置されている。したがって、偏光ビームスプリッター3Aには実質的に非偏光状態の光が入射し、偏光ビームスプリッター3Aを透過したP偏光の光(すなわちZ方向に沿って直線偏光する光)が第1照明系へ導かれ、偏光ビームスプリッター3Aで反射されたS偏光の光(すなわちX方向に沿って直線偏光する光)が第2照明系へ導かれる。

[0050] デポライザ3Cおよび3Dがともに照明光路から退避している場合、第1マスクM1上の第1照明領域IR1はY方向に偏光方向を有する直線偏光状態の光で照明され、第2マスクM2上の第2照明領域IR2はX方向に偏光方向を有する直線偏光状態の光で照明される。デポライザ3Cだけが照明光路中に配置されている場合、第1照明領域IR1は非偏光状態の光で照明され、第2照明領域IR2はX方向に偏光方向を有する直線偏光状態の光で照明される。デポライザ3Dだけが照明光路中に配置されている場合、第1照明領域IR1はY方向に偏光方向を有する直線偏光状態の光で照明され、第2照明領域IR2は非偏光状態の光で照明される。その結果、第1照明領域IR1と第2照明領域IR2とを互いに異なる偏光状態の光で照明することができ、ひいては第1照明領域IR1および第2照明領域IR2をそれぞれ所望の偏光状態の光で照明することができる。

[0051] なお、図7の第3変形例では、第1照明系中に回折光学素子11およびマイクロフライアイレンズ15が配置され、第2照明系中に回折光学素子21およびマイクロフライアイレンズ25が配置されている。しかしながら、これに限定されることなく、例えば図8の第4変形例に示すように、1つの回折光学素子DOと1つのマイクロフライアイレンズM Fとの対の姿勢を変化させることにより、第1照明領域IR1の照明と第2照明領域IR2の照明とを切り換える構成も可能である。図8の第4変形例は、図7の第3変形例に類似しているが、デポライザ3C、3Dとマスクブラインド17、27との間の光路中の構成だけが図7の第3変形例と相違している。図8では、図面の明瞭化のために、制御部5および入力部6の図示を省略している。

[0052] 図8の第4変形例では、デポライザ3Cの挿入位置の直後に第1シャッターSH1が設けられ、デポライザ3Dの挿入位置の直後に第2シャッターSH2が設けられている。第1シャッターSH1および第2シャッターSH2は、光路に沿って入射する光束を

必要に応じて遮る機能を有する。シャッターSH1, SH2とマスクブラインド17, 27との間の光路中には、光源側から順に、回折光学素子DOと、共通の変倍光学系ZLと、マイクロフライアイレンズMFと、共通のコンデンサー光学系CLとが配置されている。回折光学素子DOは図7の回折光学素子11または21に対応する光学部材であり、マイクロフライアイレンズMFは図7のマイクロフライアイレンズ15または25に対応する光学部材である。

- [0053] 共通の変倍光学系ZLは図7のズームレンズ14, 24に対応する光学部材であり、共通のコンデンサー光学系CLは図7のコンデンサー光学系16, 26に対応する光学部材である。上述したように、回折光学素子DOとマイクロフライアイレンズMFとの対は、図示を省略した首振り機構の作用により、図中実線で示す第1姿勢と図中破線で示す第2姿勢との間で切り換え可能に構成されている。回折光学素子DOとマイクロフライアイレンズMFとの対が第1姿勢に設定された場合、偏光ビームスプリッター3Aを透過した光は、第1シャッターSH1を通過した後、回折光学素子DO、共通の変倍光学系ZL、マイクロフライアイレンズMF、共通のコンデンサー光学系CL、マスクブラインド27などを介して、第2マスクM2上の第2照明領域IR2を照明する。このとき、第2シャッターSH2は光束の通過を遮ることにより有害光の発生を回避する。
- [0054] 一方、回折光学素子DOとマイクロフライアイレンズMFとの対が第2姿勢に設定された場合、偏光ビームスプリッター3Aで反射された光は、第2シャッターSH2を通過した後、回折光学素子DO、共通の変倍光学系ZL、マイクロフライアイレンズMF、共通のコンデンサー光学系CL、マスクブラインド17などを介して、第1マスクM1上の第1照明領域IR1を照明する。このとき、第1シャッターSH1は光束の通過を遮ることにより有害光の発生を回避する。
- [0055] 図8の第4変形例では、偏光ビームスプリッター3AからシャッターSH1を経由し、第2マスクMS2上の第2照明領域IR2に至る第1照明光路と、偏光ビームスプリッター3AからシャッターSH2を経由し、第1マスクMS1上の第1照明領域IR1に至る第2照明光路とは、その一部(回折光学素子DO、共通の変倍光学系ZL、マイクロフライアイレンズMF、共通のコンデンサー光学系CL)において時間的に分離されている。
- [0056] このように、図8の第4変形例では、第1照明領域IR1と第2照明領域IR2とを同時

に照明することはできないが、図7の第3変形例と同様に、第1照明領域IR1と第2照明領域IR2とを互いに異なる偏光状態の光で照明することができる。

[0057] なお、図8の第4変形例の要部構成、すなわちシャッターSH1, SH2から共通のコンデンサー光学系CLまでの構成を、例えば図1の第1実施形態、図5の第1変形例、図6の第2変形例に適用することもできる。なお、図7の第3変形例や図8の第4変形例においても、図5の第1変形例に示すように第1マスクM1と第2マスクM2とをZ方向に沿って互いに異なる高さ位置に配置する構成や、図6の第2変形例に示すように第2マスクM2をXZ平面に沿って保持する構成を適用することができる。

[0058] 図9は、本発明の第2実施形態にかかる露光装置の構成を概略的に示す図である。第2実施形態は、図1の第1実施形態と類似の構成を有するが、被照射面の照度を均一化するためのオプティカルインテグレータとして内面反射型のロッドインテグレータを用いている点が第1実施形態と基本的に相違している。図9では、図1の第1実施形態における構成要素と同じ機能を果たす要素に、図1と同じ参照符号を付している。以下、第1実施形態との相違点に着目して、第2実施形態の構成および作用を説明する。

[0059] 図9の第2実施形態では、第1実施形態の波面分割型のオプティカルインテグレータとしてのマイクロフライアイレンズ15, 25に代えて、内面反射型のオプティカルインテグレータとしてのロッドインテグレータ42, 52を配置している。ロッドインテグレータ41, 51の設置に関連して、整形光学系2とハーフミラー3との間の光路中にデポラライザ31を配置するとともに、偏光設定部10, 20、アフォーカルレンズ12, 22、ズームレンズ14, 24、およびコンデンサー光学系16, 26の配置を省略している。また、第1照明系中の結像光学系18の前側レンズ群18aと後側レンズ群18bとの間の光路に対して挿脱自在に構成された第1偏光板42を設け、第2照明系中の結像光学系28の前側レンズ群28aと後側レンズ群28bとの間の光路に対して挿脱自在な第2偏光板52を設けている。第1偏光板42および第2偏光板52の照明光路に対する挿脱は、制御部5からの指令に基づいて動作する駆動部(不図示)により行われる。

[0060] 第2実施形態では、光源1からの光が、整形光学系2により所要の断面形状に変換され、デポラライザ31により非偏光状態の光に変換された後、ハーフミラー3に入射

する。ハーフミラー3を透過した光は、第1照明系へ導かれ、回折光学素子11およびアフォーカルレンズ41を介して、ロッドインテグレータ42に入射する。一方、ハーフミラー3で反射された光は、光路折り曲げ反射鏡4で反射されて第2照明系へ導かれ、回折光学素子21およびアフォーカルレンズ51を介して、ロッドインテグレータ52に入射する。アフォーカルレンズ41(51)は、前側レンズ群41a(51a)と、後側レンズ群41b(51b)とを有する。ここで、前側レンズ群41a(51a)の後側焦点位置と後側レンズ群41b(51b)の前側焦点位置とはほぼ一致しており、前側レンズ群41a(51a)と、後側レンズ群41b(51b)とは全体としてアフォーカル光学系を構成している。

[0061] ロッドインテグレータ42, 52は、例えば石英や蛍石のような光学材料からなる内面反射型のロッドであり、内部と外部との境界面すなわち内面での全反射を利用して集光点を通りロッド入射面に平行な面に沿って内面反射数に応じた数の光源像を形成する。ここで、形成される光源像のほとんどは虚像であるが、中心(集光点)の光源像のみが実像となる。すなわち、ロッドインテグレータ42, 52に入射した光束は、内面反射により角度方向に分割され、集光点を通りその入射面に平行な面に沿って多数の光源像からなる二次光源が形成される。ロッドインテグレータ42, 52によりその入射側に形成された二次光源からの光束は、その射出面において重畳された後、結像光学系18, 28に入射する。

[0062] すなわち、第1照明系中のロッドインテグレータ42からの光束は、結像光学系18を介して、第1マスクM1上の第1照明領域IR1を照明する。ここで、結像光学系18の前側レンズ群18aと後側レンズ群18bとの間の光路に第1偏光板42が挿入されている場合、例えばZ方向に偏光方向を有する直線偏光状態の光だけが第1偏光板42を通過し、第1照明領域IR1はY方向に偏光方向を有する直線偏光状態の光で照明される。一方、結像光学系18の光路から第1偏光板42が退避している場合、第1照明領域IR1は非偏光状態の光で照明される。

[0063] 同様に、第2照明系中のロッドインテグレータ52からの光束は、結像光学系28を介して、第2マスクM2上の第2照明領域IR2を照明する。ここで、結像光学系28の前側レンズ群28aと後側レンズ群28bとの間の光路に第2偏光板52が挿入されている場合、例えばX方向に偏光方向を有する直線偏光状態の光だけが第2偏光板52を

通過し、第2照明領域IR2はX方向に偏光方向を有する直線偏光状態の光で照明される。一方、結像光学系28の光路から第2偏光板52が退避している場合、第2照明領域IR2は非偏光状態の光で照明される。

[0064] 第2実施形態の照明光学装置においても、第1実施形態と同様に、照明瞳での光強度分布の形状または大きさ、照明光の偏光状態などをパラメータとする所要の照明条件で、第1照明領域IR1および第2照明領域IR2を個別に照明することができる。なお、前側レンズ群41a(51a)の光路中に前述のアキシコン系(円錐アキシコン系、角錐アキシコン系、V溝アキシコン系など)を配置して、第1照明系(第2照明系)の照明瞳に形成される光強度分布の形状を変化させることができる。また、アフォーカルレンズ41(51)をアフォーカルズームレンズとして構成することにより、第1照明系(第2照明系)の照明瞳に形成される光強度分布の大きさを変化させることができる。

[0065] 上述の第2実施形態では、第1マスクM1と第2マスクM2とがZ方向に沿って同じ高さ位置に配置されている。しかしながら、これに限定されることなく、図10の第5変形例に示すように、第1マスクM1と第2マスクM2とをZ方向に沿って互いに異なる高さ位置に配置することもできる。また、図11の第6変形例に示すように、第2照明系中の光路折り曲げ反射鏡PM2の配置を省略し、第2マスクM2をXZ平面に沿って保持することもできる。図10の第5変形例や図11の第6変形例では、図9の第2実施形態に比して、2つのマスクステージを配置するためのスペース、および走査露光に際して2つのマスクステージを移動させるためのスペースを確保し易い。

[0066] また、上述の第2実施形態では、光分岐部材としてハーフミラー3を用い、共通の光源1からの光をハーフミラー3で分岐し、分岐した一方の光を第1照明系へ導き且つ分岐した他方の光を第2照明系へ導いている。しかしながら、これに限定することなく、図12に示すように、ハーフミラー3に代えて偏光ビームスプリッター3Aを配置する変形例も可能である。図12の第7変形例では、偏光ビームスプリッター3Aを透過した光が第1照明系へ導かれ、偏光ビームスプリッター3Aで反射され且つ光路折り曲げ反射鏡4で反射された光が第2照明系へ導かれる。なお、図12の第7変形例においても、図10の第5変形例に示すように第1マスクM1と第2マスクM2とをZ方向に沿って互いに異なる高さ位置に配置する構成や、図11の第6変形例に示すように第2

マスクM2をXZ平面に沿って保持する構成を適用することができる。

[0067] また、上述の第2実施形態では、第1照明系中に1つのロッドインテグレータ42を配置し、第2照明系中に1つのロッドインテグレータ52を配置している。換言すれば、ロッドインテグレータ42, 52よりも前側において共通の光源1からの光束を分岐し、分岐した一方の光束を一方のロッドインテグレータ42に入射させ、分岐した他方の光束を他方のロッドインテグレータ52に入射させている。しかしながら、これに限定されることなく、図13の第8変形例に示すように3本のロッド61a, 61b, 61cと偏光ビームスプリッター62との組合せによりロッドインテグレータ中において光束を分岐したり、図14の第9変形例に示すように4本のロッド63a, 63b, 63c, 63dとプリズム型ハーフミラー64と直角プリズム65との組合せによりロッドインテグレータ中において光束を分岐したりすることができる。

[0068] 図13の第8変形例では、例えば図9のアフォーカルレンズ41または51に対応する光学系を介してロッド61aに入射した光が、ロッド61aの内部を伝搬した後、偏光ビームスプリッター62に入射する。偏光ビームスプリッター62を透過した光は、ロッド61bの内部を伝搬した後、マスクブラインド17を介して射出される。偏光ビームスプリッター62で反射された光は、ロッド61cの内部を伝搬した後、マスクブラインド27を介して射出される。すなわち、ロッド61aとロッド61bとが第1照明系中のロッドインテグレータを構成し、ロッド61aとロッド61cとが第2照明系中のロッドインテグレータを構成している。

[0069] 図14の第9変形例では、例えば図9のアフォーカルレンズ41または51に対応する光学系を介してロッド63aに入射した光が、ロッド63aの内部を伝搬した後、プリズム型ハーフミラー64に入射する。プリズム型ハーフミラー64を透過した光は、ロッド63bの内部を伝搬した後、マスクブラインド17を介して射出される。プリズム型ハーフミラー64で反射された光は、ロッド63cの内部を伝搬し、直角プリズム65で反射され、ロッド63dの内部を伝搬した後、マスクブラインド27を介して射出される。すなわち、ロッド63aとロッド63bとが第1照明系中のロッドインテグレータを構成し、ロッド63aとロッド63cとロッド63dとが第2照明系中のロッドインテグレータを構成している。

[0070] また、上述の第1実施形態および第2実施形態では、第1照明系の光路に沿って入

射する光束を光路折り曲げ反射鏡PM1により反射して第1マスクM1へ導き、第1照明系とは独立した第2照明系の光路に沿って入射する光束を光路折り曲げ反射鏡PM2により反射して第2マスクM2へ導く構成を採用している。しかしながら、これに限定されることなく、図15の第10変形例に示すように共通の光路に沿って入射する光束をハーフミラー66で分岐し、ハーフミラー66を透過した光を光路折り曲げ反射鏡67で反射して第1マスクM1へ導き、ハーフミラー66で反射された光を第2マスクM2へ導く構成も可能である。この場合、図15に示すように第1マスクM1と第2マスクM2とを互いに異なる高さ位置に配置したり、あるいは第1マスクM1と第2マスクM2とを互いに同じ高さ位置に配置したりすることができる。

[0071] ところで、二重露光を同時に行う際に2種類の照明状態でコヒーレンシが高いと、ウェハ上に形成されるパターンが光の干渉の影響を受け易い。そこで、図16の第11変形例に示すように、第1照明系71および第2照明系72に対してそれぞれレーザー光源71aおよび72aを設け、レーザー光源71aと72aとの間でパルス発光のタイミングを時間的にずらせることにより、第1照明系71の第1照明光路と第2照明系72の第2照明光路とを時間的に分離し、二重露光の時間的コヒーレンシを低減させることができる。ひいては、投影光学系PLを介してウェハW上にマスクM1、M2のパターンを良好に形成することができる。

[0072] また、図17の第12変形例に示すように、射出光の偏光方向が互いに異なる2つのレーザー光源73、74と2つの露光機本体75、76とをハーフミラー77を介して組み合わせる場合にも、レーザー光源73と74との間でパルス発光のタイミングを時間的にずらせることにより、2つの照明光で時間的コヒーレンシを低減することができる。図17の第12変形例では、例えばレーザー光源73から射出されたP偏光の光がハーフミラー77に入射し、レーザー光源74から射出されたS偏光の光がハーフミラー77に入射する。そして、ハーフミラー77を透過したレーザー光源73からのP偏光の光およびハーフミラー77で反射されたレーザー光源74からのS偏光の光が露光機本体75に入射し、ハーフミラー77で反射されたレーザー光源73からのP偏光の光およびハーフミラー77を透過したレーザー光源74からのS偏光の光が露光機本体76に入射する。なお、図16の第11変形例および図17の第12変形例において、複数のレーザー光源71a、7

2aおよび73, 74のパルス発光のタイミングを決定するためのトリガ信号を、露光機本体内の制御部から各レーザ光源71a, 72aおよび73, 74へ送ればよい。

[0073] なお、上述の各実施形態では、2種類のパターンを感光性基板(ウェハ)上の同一ショット領域に重ね焼きして1つの合成パターンを形成する二重露光に関連して本発明を説明している。しかしながら、これに限定されることなく、3種類以上のパターンを感光性基板上の同一ショット領域に重ね焼きして1つの合成パターンを形成する多重露光に対しても同様に本発明を適用することができる。また、上述の各実施形態では、感光性基板上の1つのショット領域に、第1パターンと第2パターンとを重ねて走査露光することにより1つの合成パターンを形成している。しかしながら、これに限定されることなく、第1パターンを感光性基板上の第1ショット領域に走査露光または一括露光し、第2パターンを感光性基板上の第2ショット領域に走査露光または一括露光することもできる。

[0074] また、上述の各実施形態では、第1マスクの第1照明領域のパターン像と第2マスクの第2照明領域のパターン像とを感光性基板上に形成している。しかしながら、これに限定されることなく、同一マスク上の2つの照明領域のパターン像を感光性基板上に形成することもできる。また、上述の各実施形態では、第1マスクの第1照明領域のパターン像と第2マスクの第2照明領域のパターン像とを合致させて感光性基板上に形成している。しかしながら、これに限定されることなく、第1マスクの第1照明領域のパターン像と第2マスクの第2照明領域のパターン像とを感光性基板上において並列的に形成することもできる。この場合、例えば図18に示すように屈折系と偏向ミラーとからなる別のタイプの双頭型の投影光学系PLや、図19に示すような反射屈折型で双頭型の投影光学系PLを用いることができる。このような双頭型の投影光学系としては、米国特許仮出願第60/907, 828号で提案されている光学系を用いることができる。

[0075] また、上述の実施形態では、マスクの代わりに、所定の電子データに基づいて所定パターンを形成するパターン形成装置を用いることができる。このようなパターン形成装置を用いれば、パターン面が縦置きでも同期精度に及ぼす影響を最低限にできる。なお、パターン形成装置としては、たとえば所定の電子データに基づいて駆動され

る複数の反射素子を含むDMD(デジタル・マイクロミラー・デバイス)を用いることができる。DMDを用いた露光装置は、例えば特開平8-313842号公報、特開2004-304135号公報に開示されている。また、DMDのような非発光型の反射型空間光変調器以外に、透過型空間光変調器を用いても良く、自発光型の画像表示素子を用いても良い。

[0076] また、上述の実施形態において、投影光学系と感光性基板との間の光路中を1.1よりも大きな屈折率を有する媒体(典型的には液体)で満たす手法、所謂液浸法を適用しても良い。この場合、投影光学系と感光性基板との間の光路中に液体を満たす手法としては、国際公開番号WO99/49504号公報に開示されているような局所的に液体を満たす手法や、特開平6-124873号公報に開示されているような露光対象の基板を保持したステージを液槽の中で移動させる手法や、特開平10-303114号公報に開示されているようなステージ上に所定深さの液体槽を形成し、その中に基板を保持する手法などを採用することができる。

[0077] 上述の実施形態の露光装置は、本願特許請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学的精度を保つように組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学的精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

[0078] 上述の実施形態にかかる露光装置では、照明光学装置によってマスク(レチクル)を照明し(照明工程)、投影光学系を用いてマスクに形成された転写用のパターンを感光性基板に露光する(露光工程)ことにより、マイクロデバイス(半導体素子、撮像

素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等)を製造することができる。以下、本実施形態の露光装置を用いて感光性基板としてのウェハ等に所定の回路パターンを形成することによって、マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法の一例につき図20のフローチャートを参照して説明する。

[0079] 先ず、図20のステップ301において、1ロットのウェハ上に金属膜が蒸着される。次のステップ302において、その1ロットのウェハ上の金属膜上にフォトリソレジストが塗布される。その後、ステップ303において、本実施形態の露光装置を用いて、マスク上のパターンの像がその投影光学系を介して、その1ロットのウェハ上の各ショット領域に順次露光転写される。その後、ステップ304において、その1ロットのウェハ上のフォトリソレジストの現像が行われた後、ステップ305において、その1ロットのウェハ上でレジストパターンをマスクとしてエッチングを行うことによって、マスク上のパターンに対応する回路パターンが、各ウェハ上の各ショット領域に形成される。

[0080] その後、更に上のレイヤの回路パターンの形成等を行うことによって、半導体素子等のデバイスが製造される。上述の半導体デバイス製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する半導体デバイスをスループット良く得ることができる。なお、ステップ301～ステップ305では、ウェハ上に金属を蒸着し、その金属膜上にレジストを塗布、そして露光、現像、エッチングの各工程を行っているが、これらの工程に先立って、ウェハ上にシリコンの酸化膜を形成後、そのシリコンの酸化膜上にレジストを塗布、そして露光、現像、エッチング等の各工程を行っても良いことはいうまでもない。

[0081] また、本実施形態の露光装置では、プレート(ガラス基板)上に所定のパターン(回路パターン、電極パターン等)を形成することによって、マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得ることもできる。以下、図21のフローチャートを参照して、このときの手法の一例につき説明する。図21において、パターン形成工程401では、本実施形態の露光装置を用いてマスクのパターンを感光性基板(レジストが塗布されたガラス基板等)に転写露光する、所謂光リソグラフィ工程が実行される。この光リソグラフィ工程によって、感光性基板上には多数の電極等を含む所定パターンが形成される。その後、露光された基板は、現像工程、エッチング工程、レジスト剥離工程等の各工

程を経ることによって、基板上に所定のパターンが形成され、次のカラーフィルター形成工程402へ移行する。

- [0082] 次に、カラーフィルター形成工程402では、R (Red)、G (Green)、B (Blue)に対応した3つのドットの組がマトリックス状に多数配列されたり、またはR、G、Bの3本のストライプのフィルターの組を複数水平走査線方向に配列されたりしたカラーフィルターを形成する。そして、カラーフィルター形成工程402の後に、セル組み立て工程403が実行される。セル組み立て工程403では、パターン形成工程401にて得られた所定パターンを有する基板、およびカラーフィルター形成工程402にて得られたカラーフィルター等を用いて液晶パネル(液晶セル)を組み立てる。
- [0083] セル組み立て工程403では、例えば、パターン形成工程401にて得られた所定パターンを有する基板とカラーフィルター形成工程402にて得られたカラーフィルターとの間に液晶を注入して、液晶パネル(液晶セル)を製造する。その後、モジュール組み立て工程404にて、組み立てられた液晶パネル(液晶セル)の表示動作を行わせる電気回路、バックライト等の各部品を取り付けて液晶表示素子として完成させる。上述の液晶表示素子の製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する液晶表示素子をスループット良く得ることができる。
- [0084] なお、上述の各実施形態では、光源としてKrFエキシマレーザー光源またはArFエキシマレーザー光源を用いているが、これに限定されることなく、例えばF₂レーザー光源のように他の適当な光源を用いる露光装置に対して本発明を適用することもできる。また、上述の各実施形態では、露光装置に搭載されてマスクを照明する照明光学装置を例にとって本発明を説明しているが、マスク以外の被照射面を照明するための一般的な照明光学装置に本発明を適用することができることは明らかである。このように、本発明は上述の実施形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

請求の範囲

- [1] 第1照明光路を有し、第1照明領域を照明する第1照明系と、前記第1照明光路と独立した第2照明光路を有し、第2照明領域を照明する第2照明系とを備えた照明光学装置であって、
- 前記第1照明系は、前記第1照明系の照明瞳での光強度分布の形状または大きさを変化させる第1可変系を有し、
- 前記第2照明系は、前記第2照明系の照明瞳での光強度分布の形状または大きさを変化させる第2可変系を有し、
- 前記第1可変系および前記第2可変系は、前記第1照明系の照明瞳での光強度分布と前記第2照明系の照明瞳での光強度分布とを互いに独立に変化させることを特徴とする照明光学装置。
- [2] 前記第1照明系は、前記第1照明領域を照明する光の偏光状態を所望の偏光状態に設定する第1偏光設定部を有し、
- 前記第2照明系は、前記第2照明領域を照明する光の偏光状態を所望の偏光状態に設定する第2偏光設定部を有し、
- 前記第1偏光設定部および前記第2偏光設定部は、前記第1照明領域を照明する光の偏光状態と前記第2照明領域を照明する光の偏光状態とを互いに独立に変化させることを特徴とする請求項1に記載の照明光学装置。
- [3] 前記第1可変系は、前記第1照明系の照明瞳での光強度分布の形状を変化させる第1形状変更系を有し、
- 前記第2可変系は、前記第2照明系の照明瞳での光強度分布の形状を変化させる第2形状変更系を有することを特徴とする請求項1または2に記載の照明光学装置。
- [4] 前記第1形状変更系は、前記第1照明系の照明瞳での光強度分布の形状を変化させるために、入射光を回折させて所望の光強度分布を形成する複数の交換可能な回折光学素子を有し、
- 前記第2形状変更系は、前記第2照明系の照明瞳での光強度分布の形状を変化させるために、入射光を回折させて所望の光強度分布を形成する複数の交換可能な回折光学素子を有することを特徴とする請求項3に記載の照明光学装置。

- [5] 前記第1形状変更系は、前記第1照明系の照明瞳での光強度分布の形状を変化させるために、前記第1照明系の光軸に沿った間隔が可変に構成された2つのプリズム部材を有し、
前記第2形状変更系は、前記第2照明系の照明瞳での光強度分布の形状を変化させるために、前記第2照明系の光軸に沿った間隔が可変に構成された2つのプリズム部材を有することを特徴とする請求項3または4に記載の照明光学装置。
- [6] 前記第1可変系は、前記第1照明系の照明瞳での光強度分布の大きさを変化させる第1変倍系を有し、
前記第2可変系は、前記第2照明系の照明瞳での光強度分布の大きさを変化させる第2変倍系を有することを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の照明光学装置。
- [7] 前記第1変倍系は、前記第1照明系の照明瞳での光強度分布の大きさを変化させるために、前記第1照明系の光軸に沿って移動可能な複数の光学素子を有し、
前記第2変倍系は、前記第2照明系の照明瞳での光強度分布の大きさを変化させるために、前記第2照明系の光軸に沿って移動可能な複数の光学素子を有することを特徴とする請求項6に記載の照明光学装置。
- [8] 前記第1偏光設定部は、前記第1照明領域を照明する光の偏光状態を所望の方向に偏光する直線偏光状態に設定する第1偏光部材を有し、
前記第2偏光設定部は、前記第2照明領域を照明する光の偏光状態を所望の方向に偏光する直線偏光状態に設定する第2偏光部材を有することを特徴とする請求項2乃至7のいずれか1項に記載の照明光学装置。
- [9] 前記第1照明系は、前記第1照明領域を照明する光を均一化する第1オプティカルインテグレータを有し、
前記第2照明系は、前記第2照明領域を照明する光を均一化する第2オプティカルインテグレータを有することを特徴とする請求項1乃至8のいずれか1項に記載の照明光学装置。
- [10] 入射光を分岐し、分岐した一方の光を前記第1照明光路へ導き且つ分岐した他方の光を前記第2照明光路へ導く光分岐部材を備えていることを特徴とする請求項1乃至

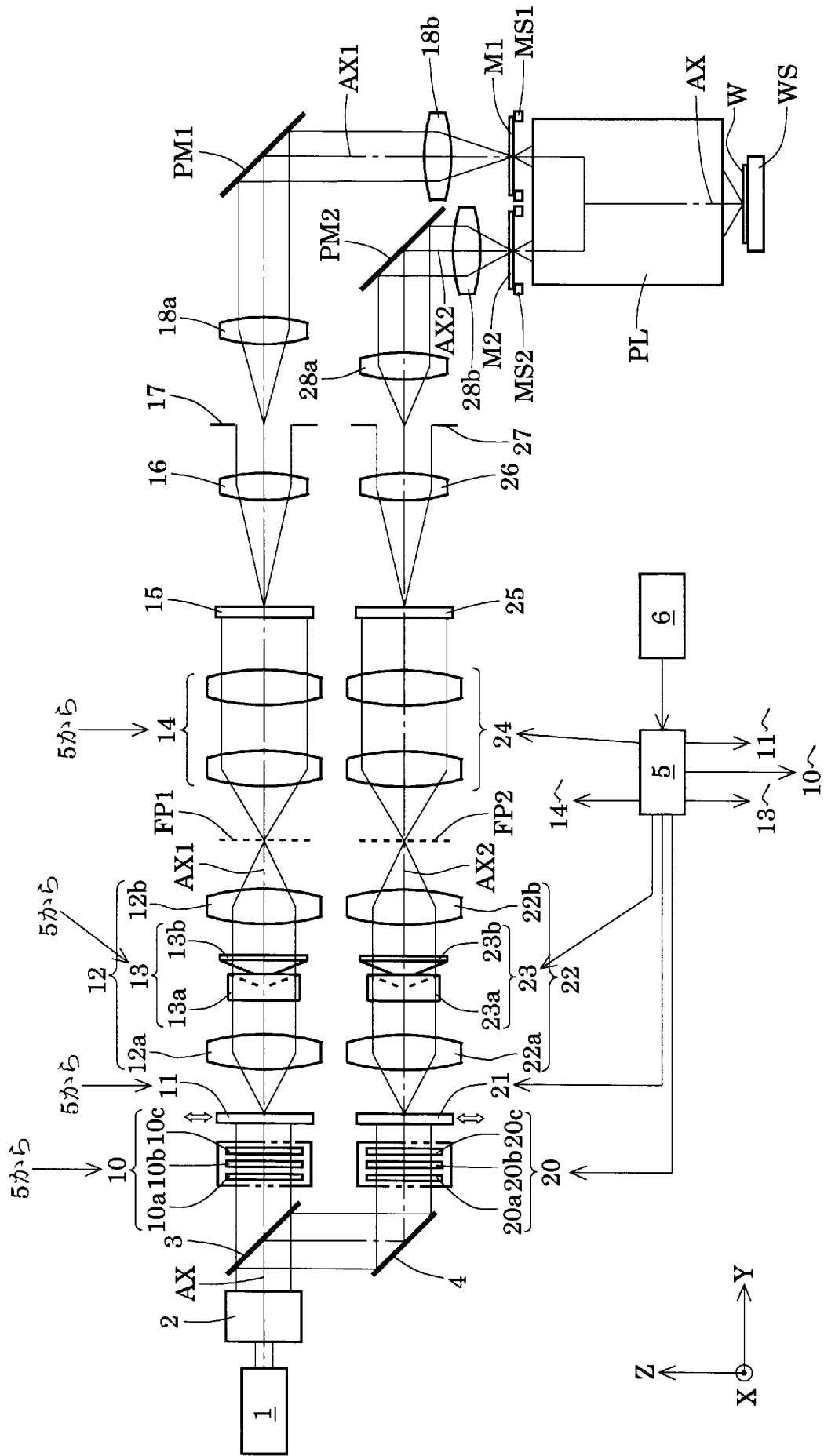
9のいずれか1項に記載の照明光学装置。

- [11] 第1照明光路を有し、第1照明領域を照明する第1照明系と、前記第1照明光路と独立した第2照明光路を有し、第2照明領域を照明する第2照明系とを備えた照明光学装置であって、
- 前記第1照明系は、前記第1照明領域を照明する光の偏光状態を所望の偏光状態に設定する第1偏光設定部を有し、
- 前記第2照明系は、前記第2照明領域を照明する光の偏光状態を所望の偏光状態に設定する第2偏光設定部を有し、
- 前記第1偏光設定部および前記第2偏光設定部は、前記第1照明領域を照明する光の偏光状態と前記第2照明領域を照明する光の偏光状態とを互いに独立に変化させ、
- 入射光を分岐し、分岐した一方の光を前記第1照明光路へ導き且つ分岐した他方の光を前記第2照明光路へ導く光分岐部材をさらに備えていることを特徴とする照明光学装置。
- [12] 前記光分岐部材は、偏光ビームスプリッターを備えていることを特徴とする請求項10または11に記載の照明光学装置。
- [13] 前記光分岐部材へ前記入射光を供給する共通の光源を備えていることを特徴とする請求項10乃至12のいずれか1項に記載の照明光学装置。
- [14] 前記第1照明系および前記第2照明系は、前記第1照明領域および前記第2照明領域を同時に照明することを特徴とする請求項1乃至13のいずれか1項に記載の照明光学装置。
- [15] 前記第1照明系および前記第2照明系は、前記第1照明領域および前記第2照明領域を非同時に照明することを特徴とする請求項1乃至13のいずれか1項に記載の照明光学装置。
- [16] 前記第1照明系に照明光を供給する第1光源と、前記第2照明系に照明光を供給する第2光源とに対して、照明光の供給タイミングを制御する制御信号を送出することを特徴とする請求項15に記載の照明光学装置。
- [17] 前記第1照明領域と前記第2照明領域とは空間的に分離されていることを特徴とする

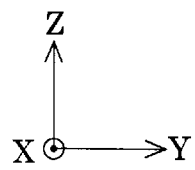
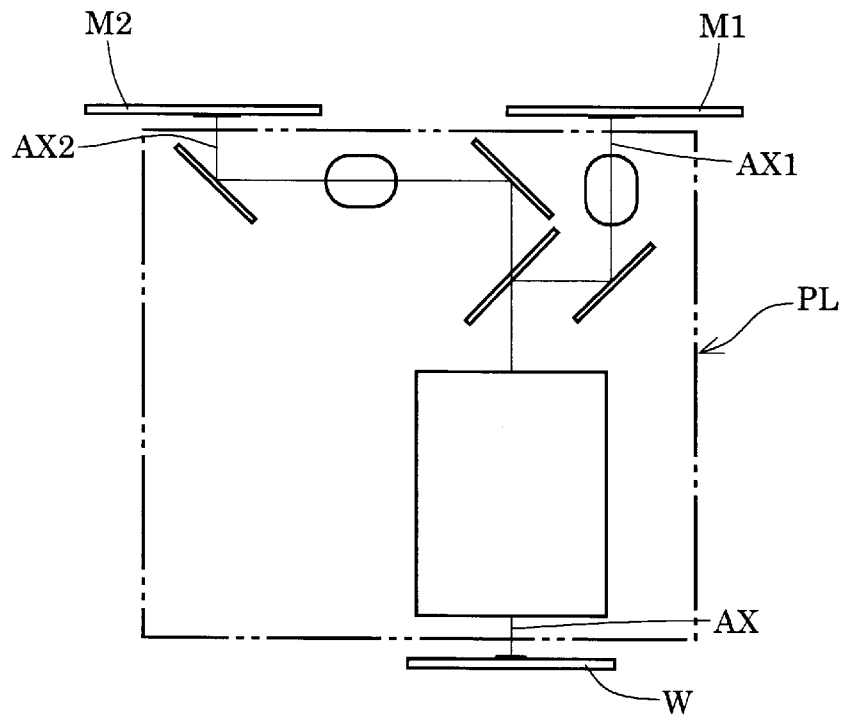
請求項1乃至16のいずれか1項に記載の照明光学装置。

- [18] 前記第1照明光路と前記第2照明光路とは空間的または時間的に分離されていることを特徴とする請求項1乃至17のいずれか1項に記載の照明光学装置。
- [19] 前記第1照明系により照明される第1物体の像と、前記第2照明系により照明される第2物体の像とを、所定面上で近接または重畳させて形成する投影光学系に対して照明光を導くことを特徴とする請求項1乃至18のいずれか1項に記載の照明光学装置。
- [20] 請求項1乃至19のいずれか1項に記載の照明光学装置を備え、該照明光学装置により照明されたパターンを感光性基板に露光することを特徴とする露光装置。
- [21] 前記第1照明領域に入射する光により照明された第1マスクのパターン像および前記第2照明領域に入射する光により照明された第2マスクのパターン像を前記感光性基板に投影するための投影光学系を備えていることを特徴とする請求項20に記載の露光装置。
- [22] 前記第1可変系と前記第2可変系とを独立に制御する制御部と、前記感光性基板の露光情報を入力する入力部とを備え、
前記制御部は、前記入力部からの情報に基づいて、前記第1可変系と前記第2可変系とを独立に制御することを特徴とする請求項20または21に記載の露光装置。
- [23] 請求項20乃至22のいずれか1項に記載の露光装置を用いて、前記パターンを前記感光性基板に露光する露光工程と、
前記露光工程を経た前記感光性基板を現像する現像工程とを含むことを特徴とするデバイス製造方法。

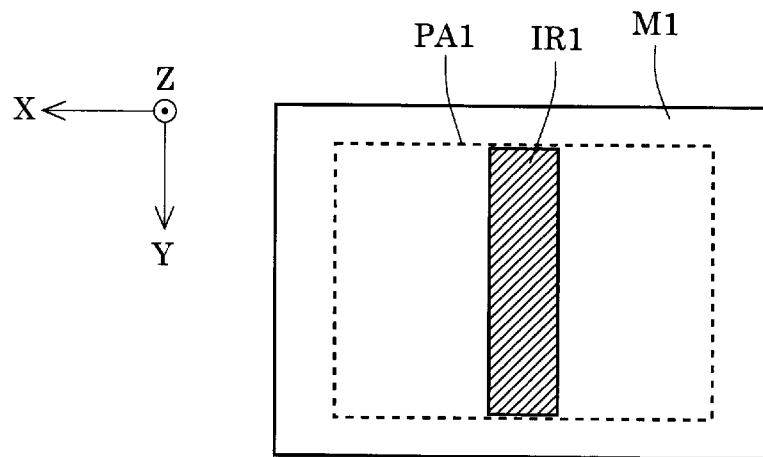
[図1]



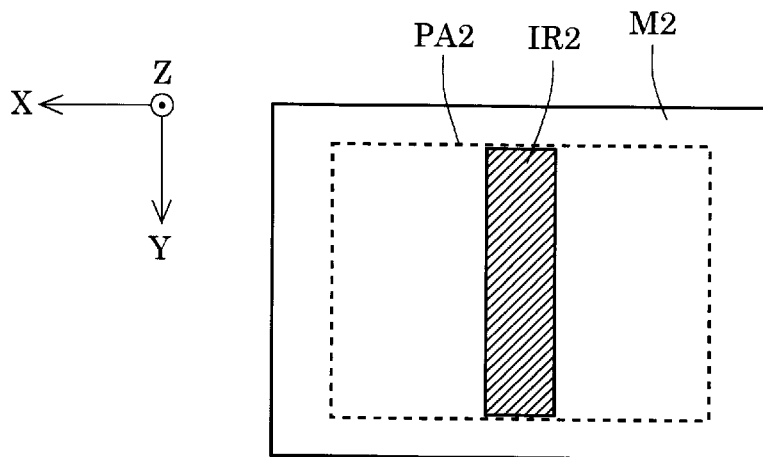
[図2]



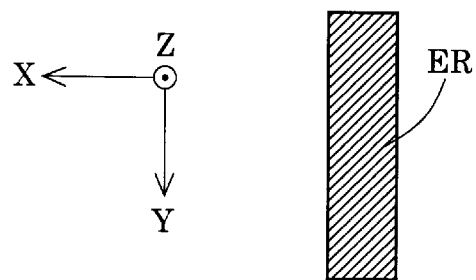
[図3]



(a)

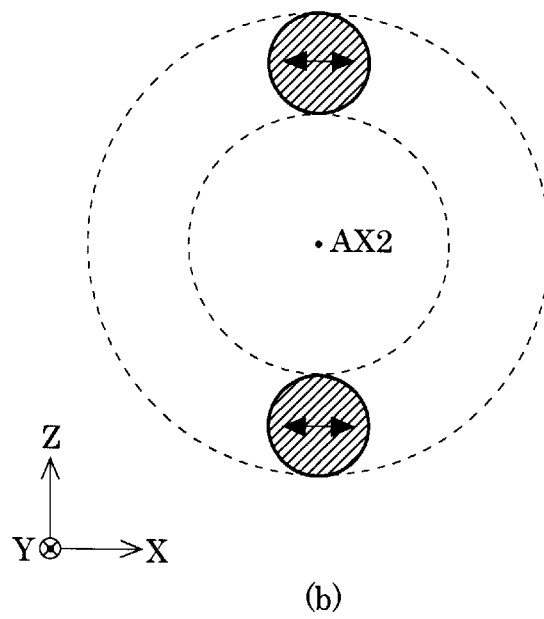
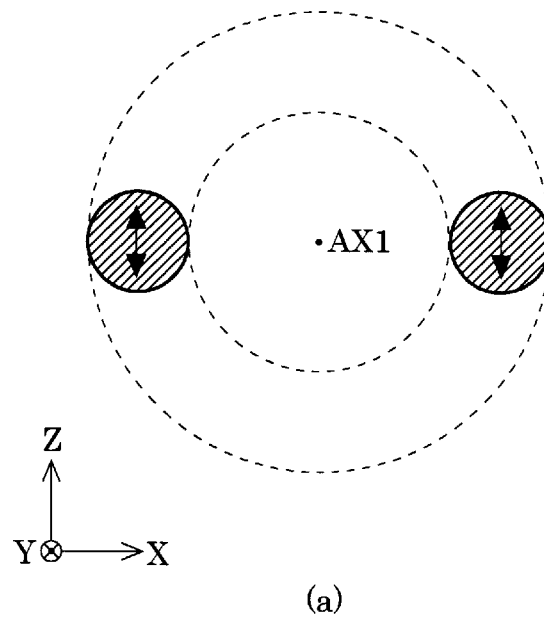


(b)

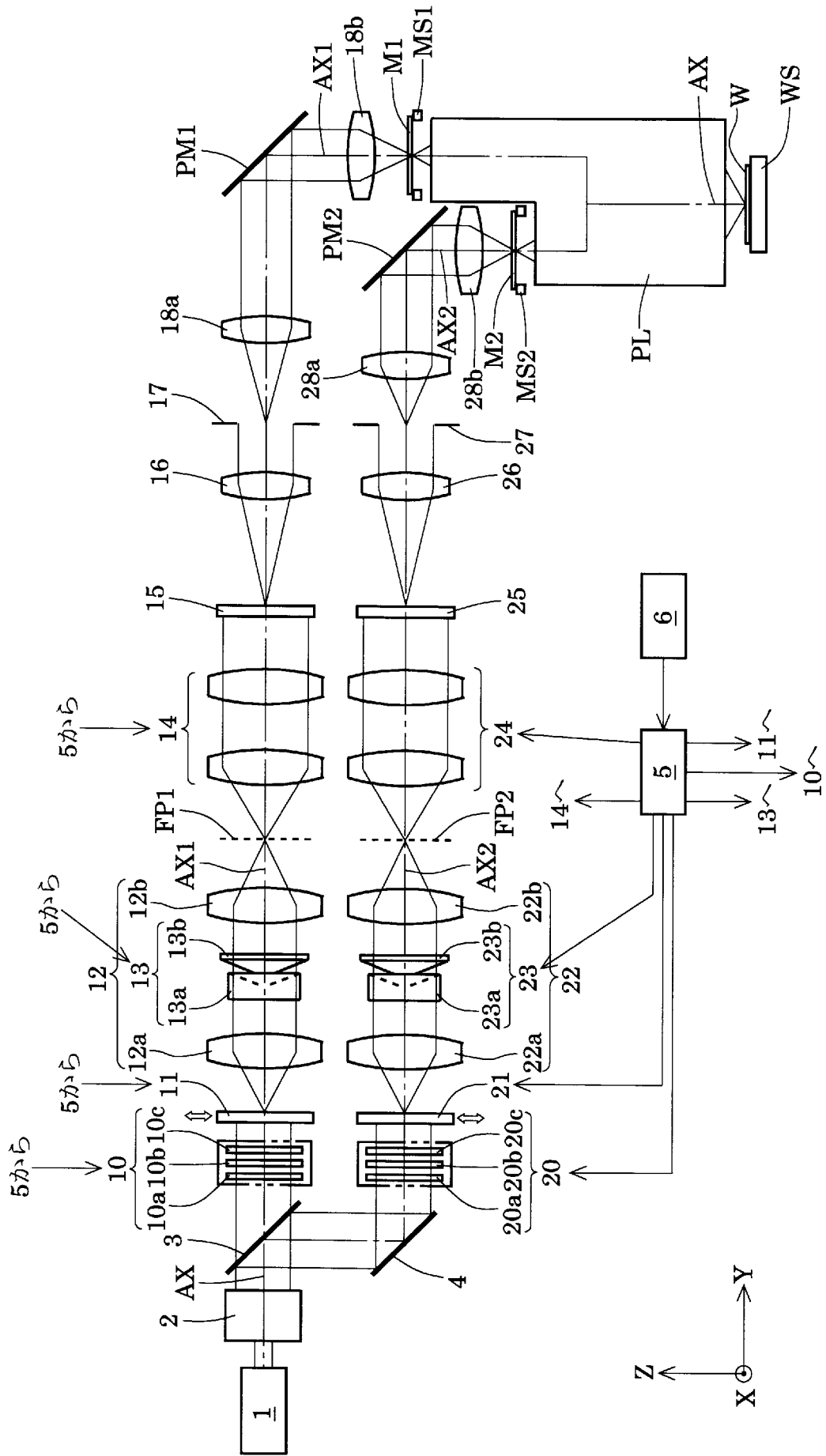


(c)

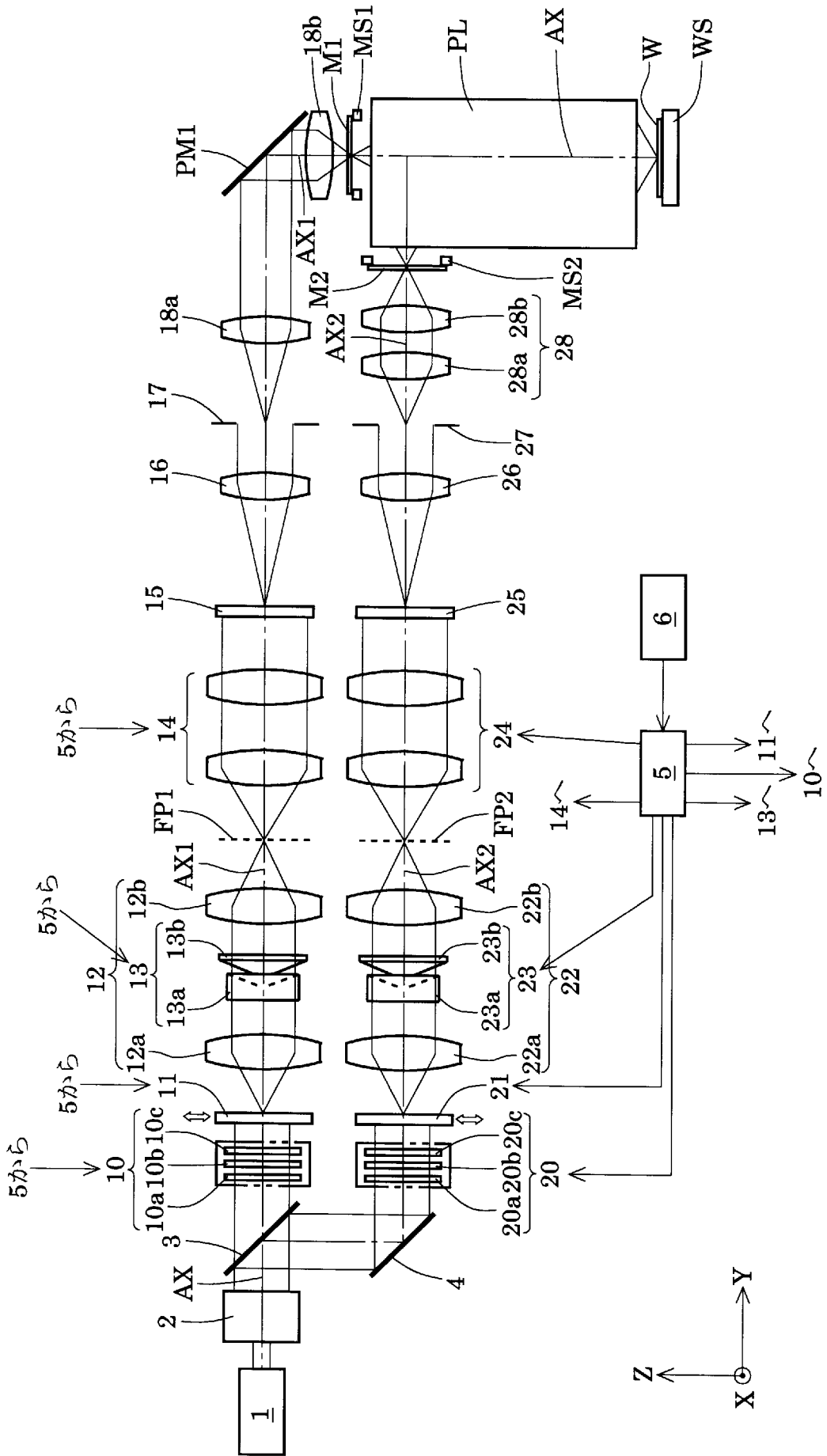
[図4]



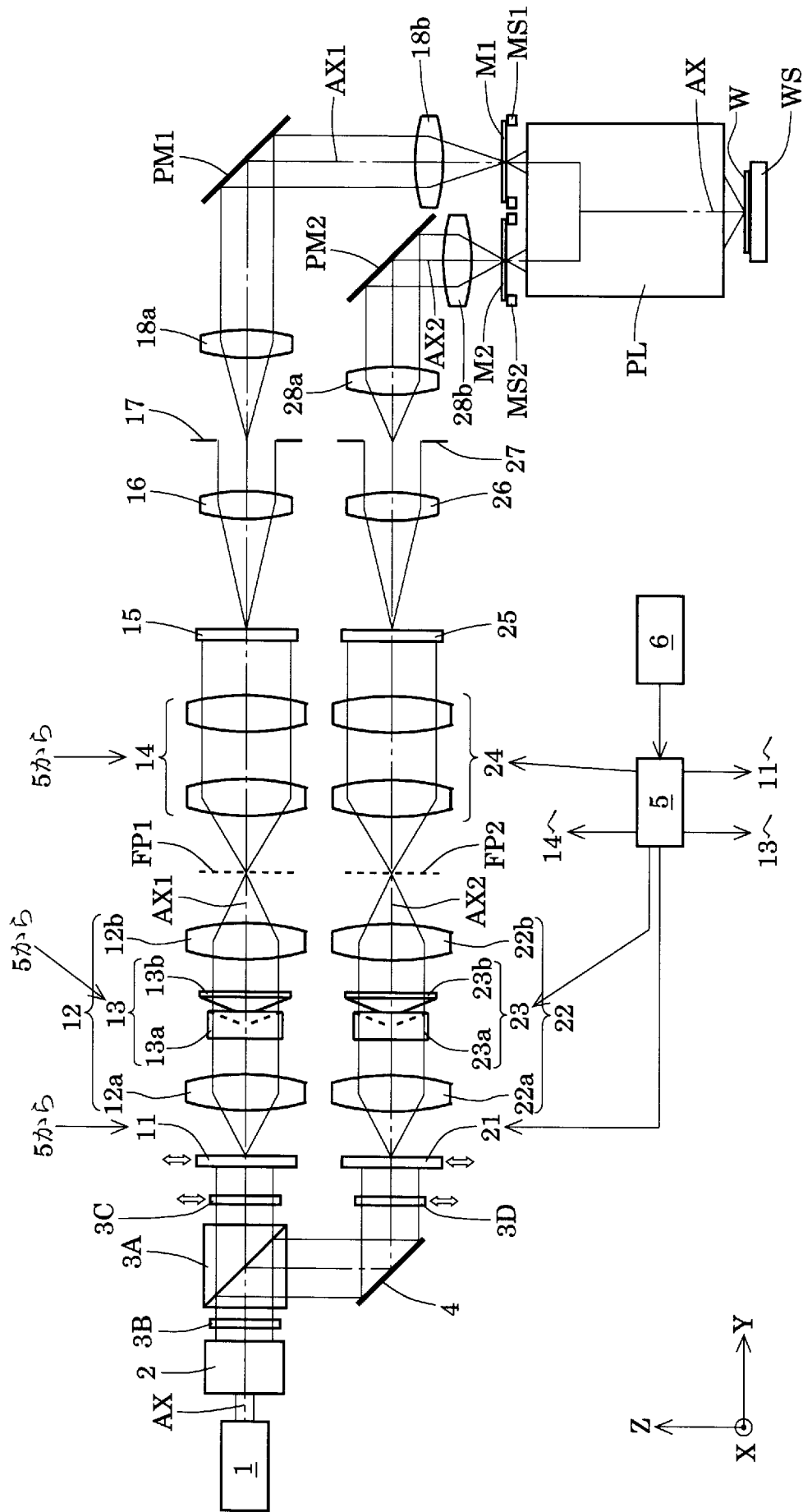
[図5]



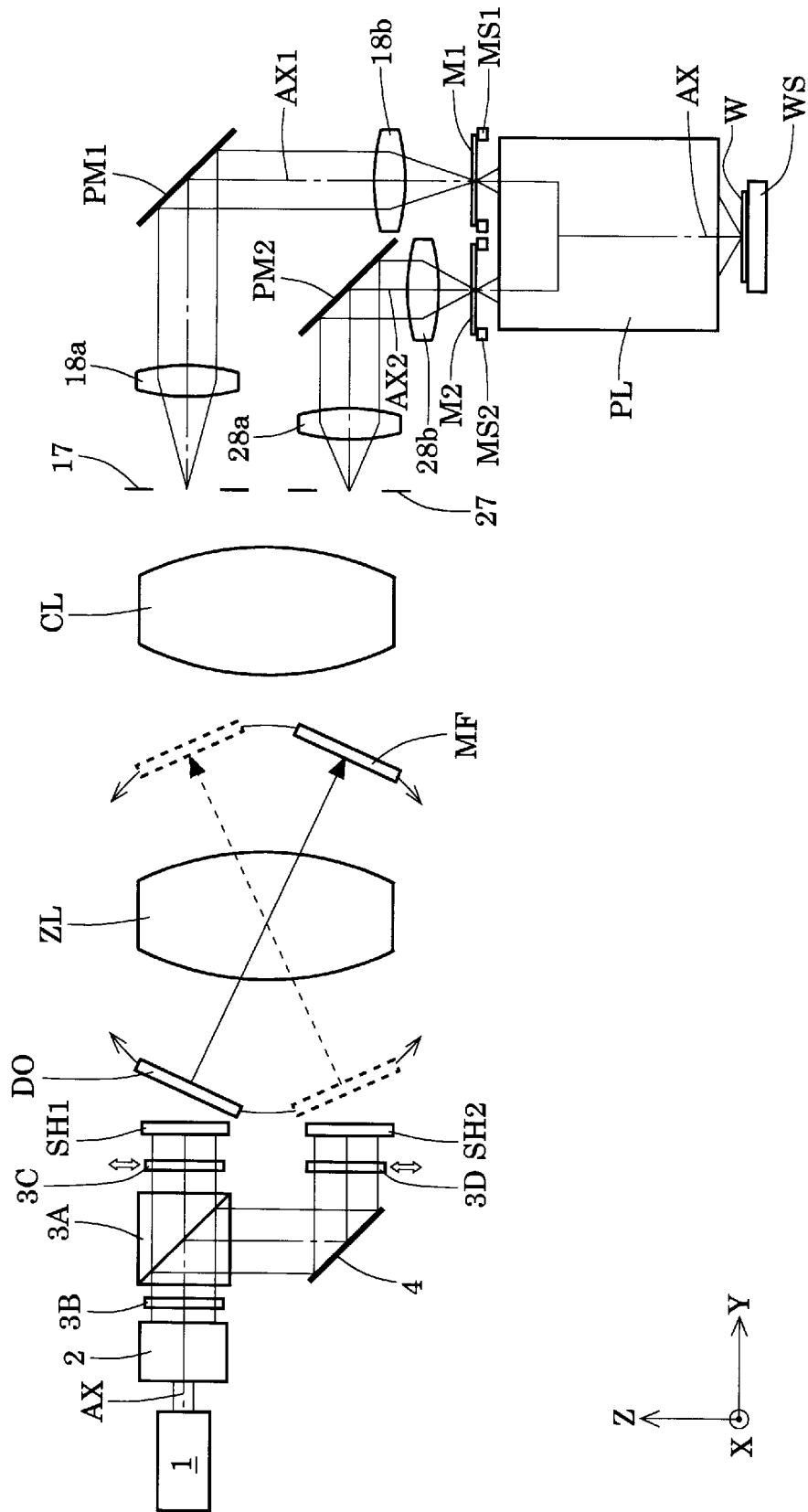
[図6]



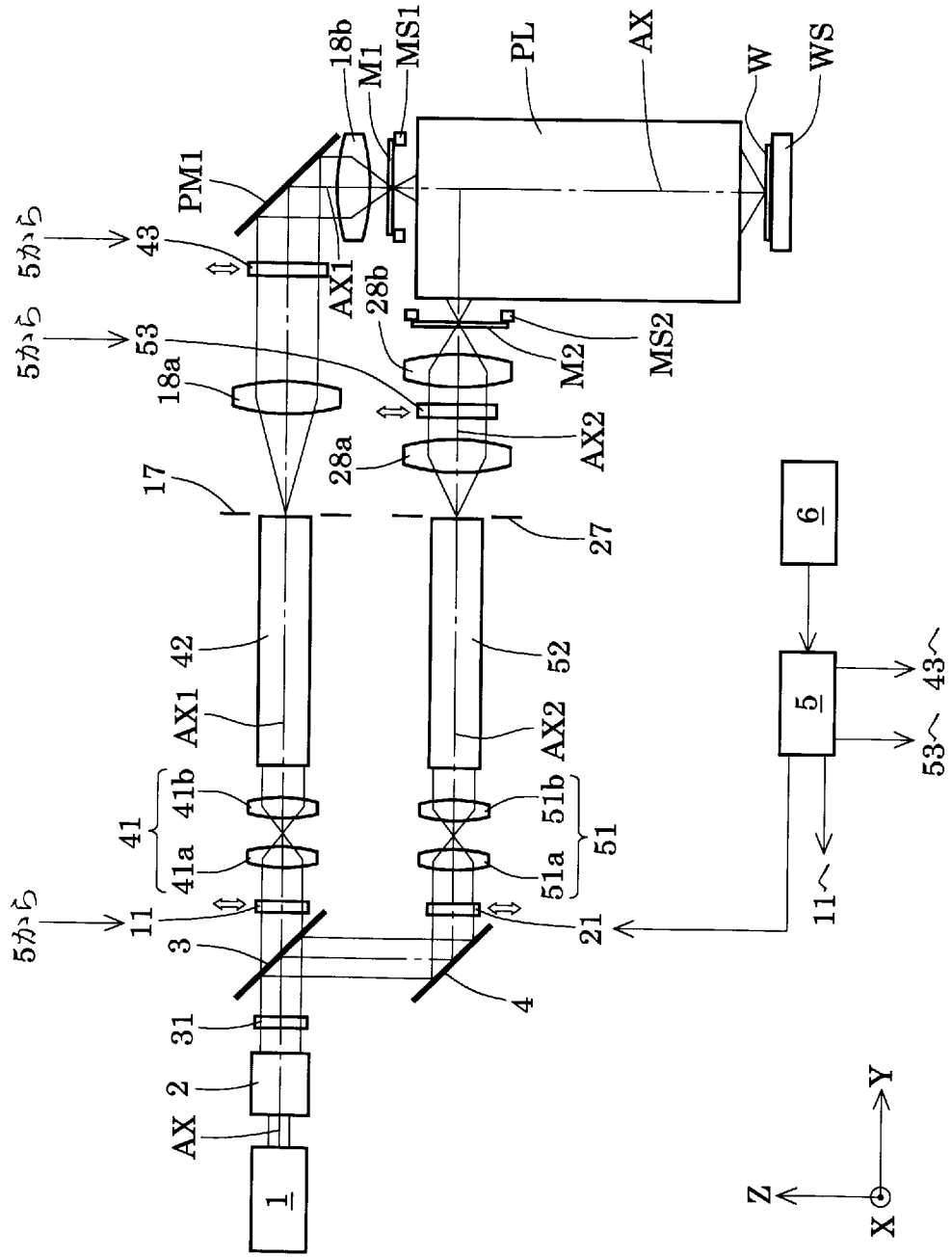
[図7]



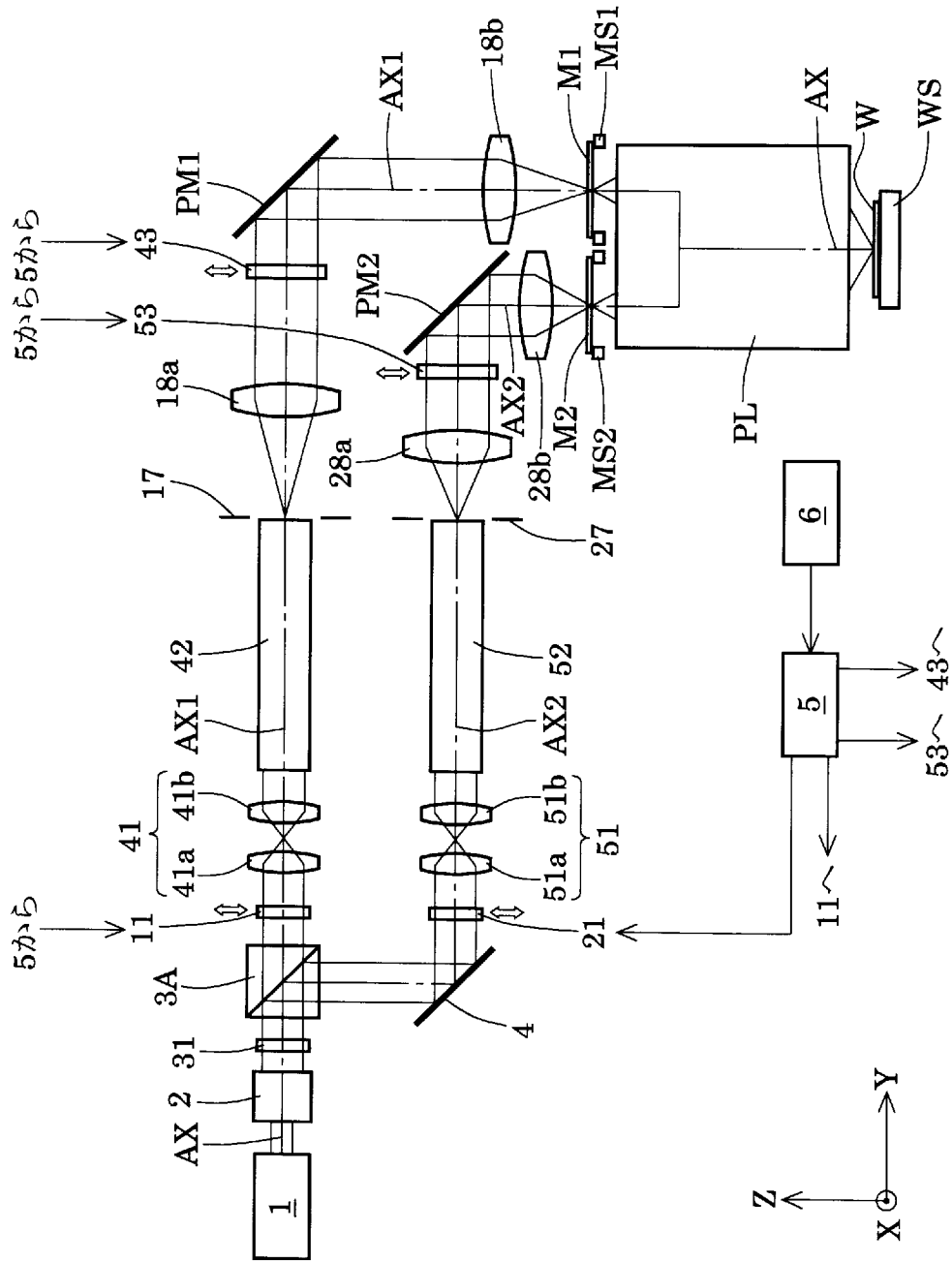
[図8]



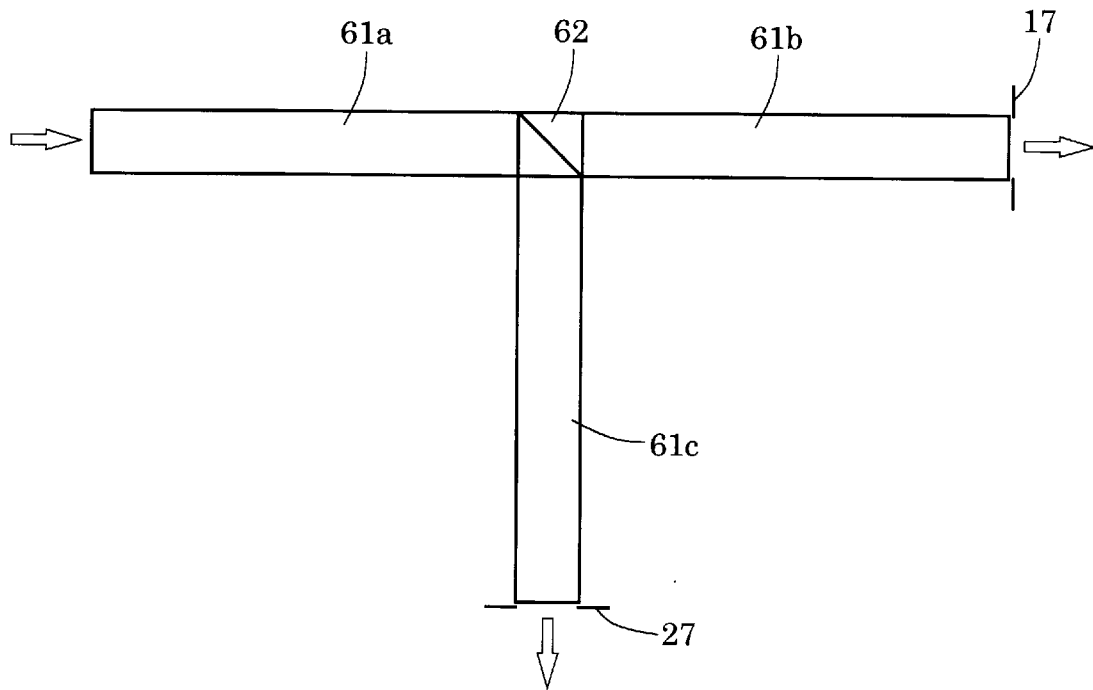
[図11]



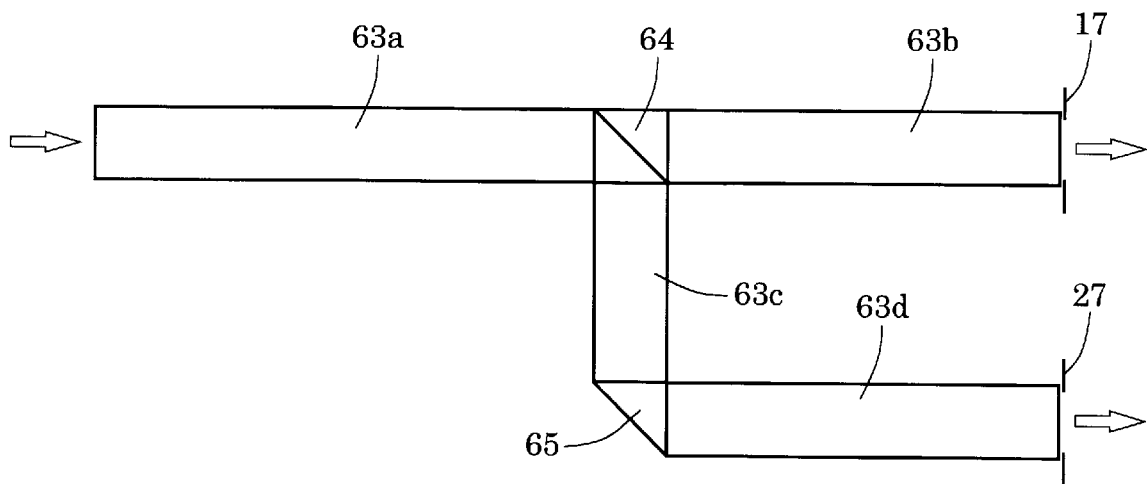
[図12]



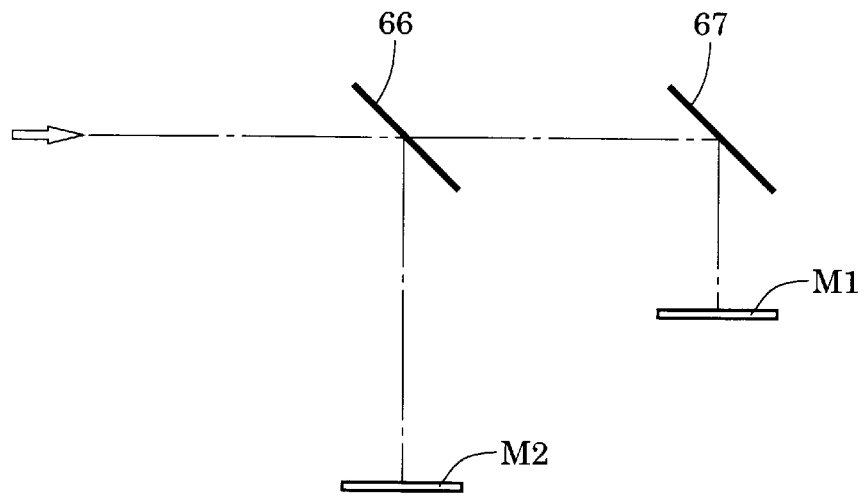
[図13]



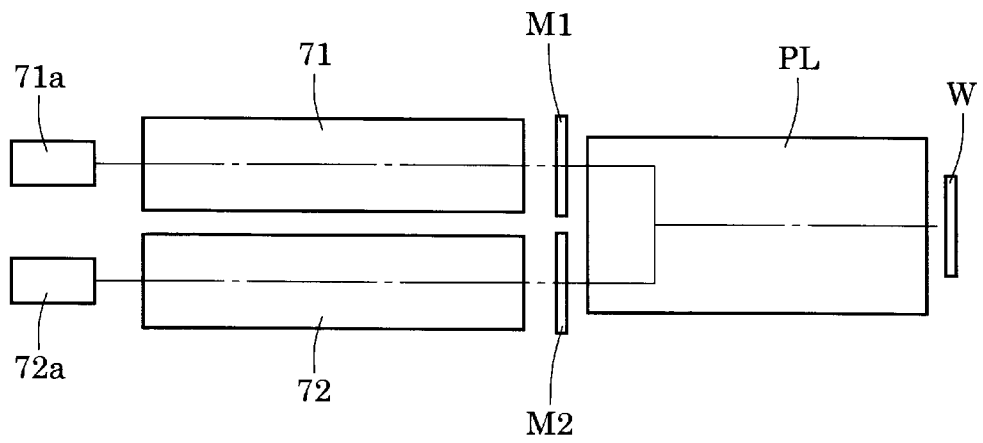
[図14]



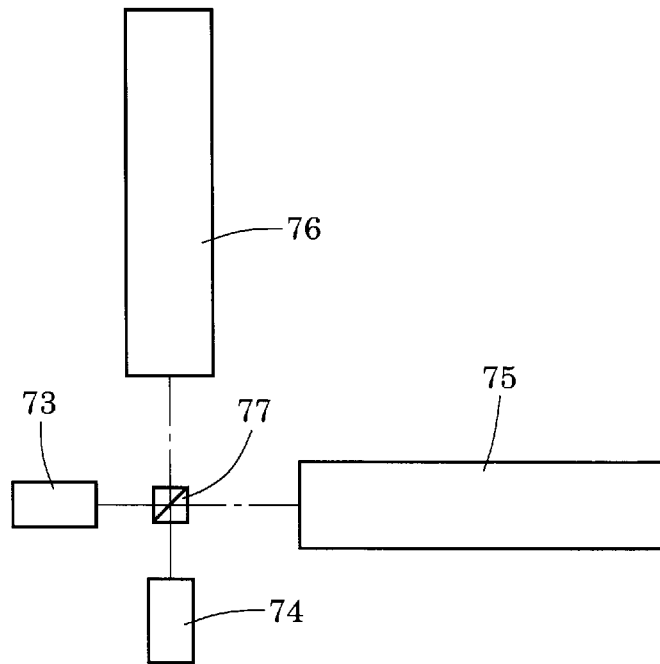
[図15]



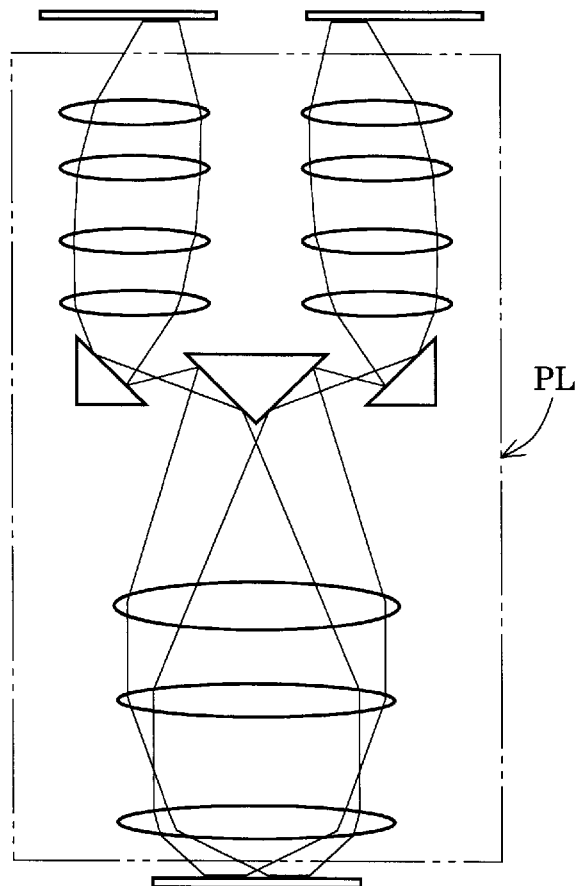
[図16]



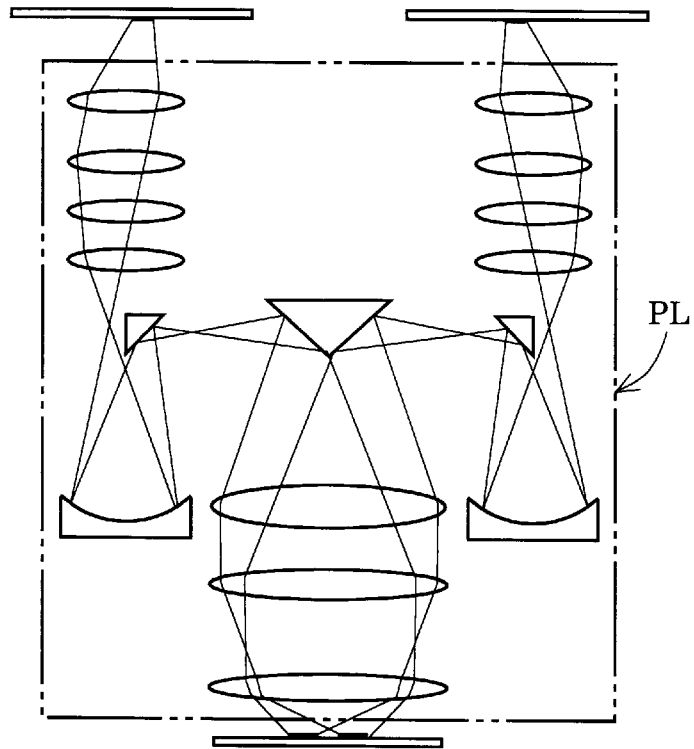
[図17]



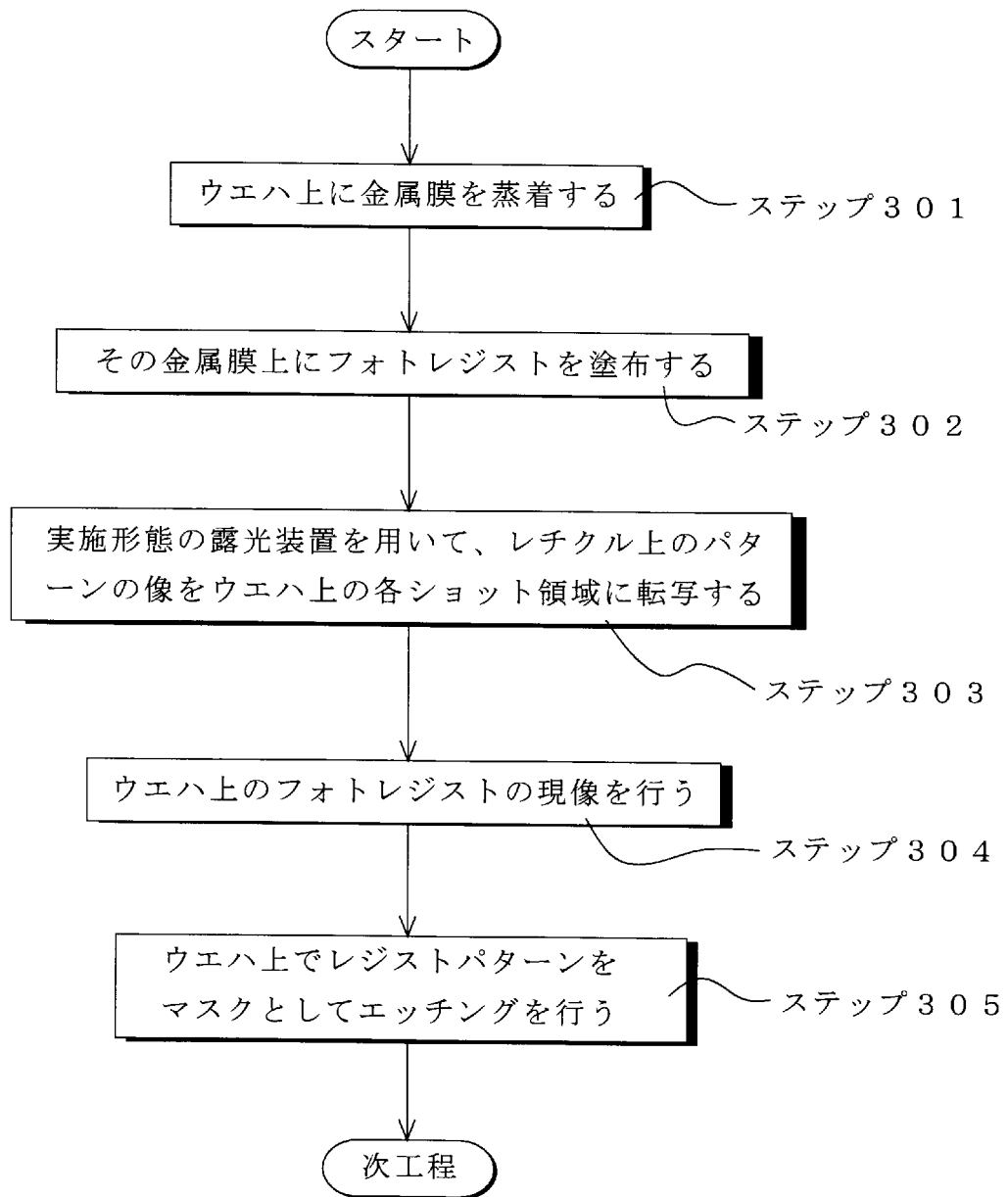
[図18]



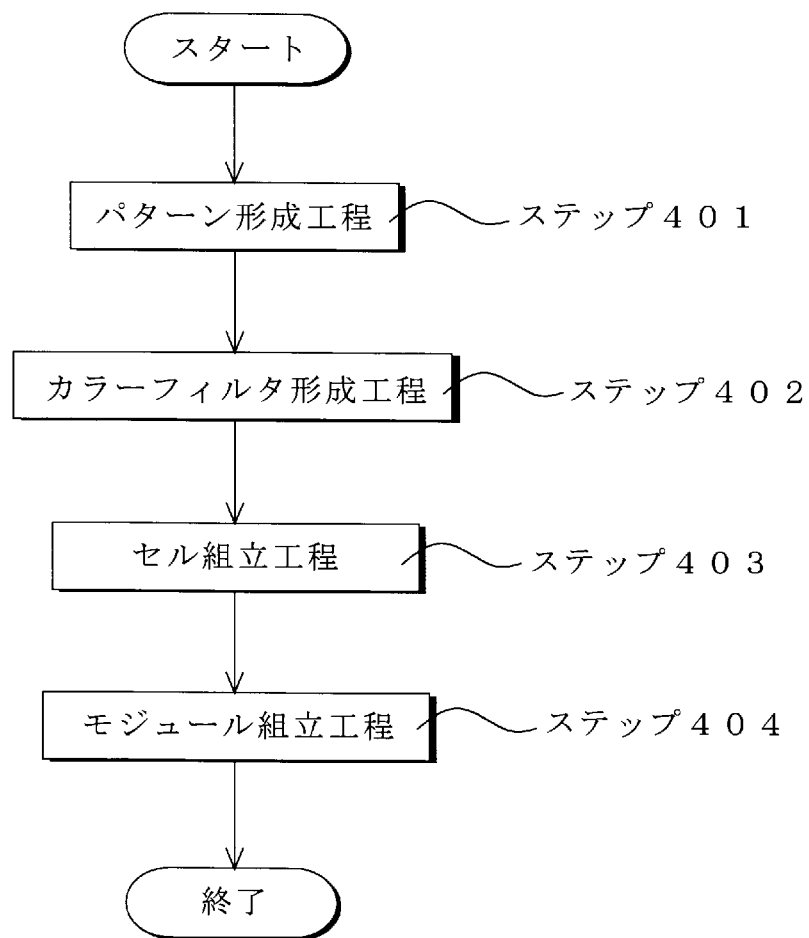
[図19]



[図20]



[図21]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/063644

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2006/059549 A1 (Nikon Corp.), 08 June, 2006 (08.06.06), Claims; Fig. 1 (Family: none)	1-23
Y	JP 2003-142379 A (Hitachi, Ltd.), 16 May, 2003 (16.05.03), Par. Nos. [0043] to [0046]; Fig. 17 (Family: none)	10-23

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. H01L21/027(2006.01)i, G02B21/12(2006.01)i, G02B21/18(2006.01)i, G03F7/20(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. H01L21/027, G02B21/12, G02B21/18, 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 1971-2007年
 日本国実用新案登録公報 1996-2007年
 日本国登録実用新案公報 1994-2007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 請求の範囲の番号
Y	JP 2001-297976 A (キャノン株式会社) 2001.10.26, 請求項5, 【0039】 - 【0043】、【0081】、図1, 図11 (ファミリーなし)	1-23
Y	JP 2002-231619 A (株式会社ニコン) 2002.08.16, 全文、全図 (特に請求項1、図1) & EP 1211561 A2 & US 2002/085276 A1 & KR 2002042462 A & TW 516097 A & US 2004/263817 A1 & SG 114513 A1	1-23

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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 28.09.2007	国際調査報告の発送日 09.10.2007
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) 杉浦 淳 電話番号 03-3581-1101 内線 3274

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 請求の範囲の番号
Y	WO 2006/059549 A1 (株式会社ニコン) 2006.06.08, 請求の範囲、図 1 (ファミリーなし)	1-23
Y	JP 2003-142379 A (株式会社日立製作所) 2003.05.16, 【0043】 - 【0046】、図 17 (ファミリーなし)	10-23