

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5239829号
(P5239829)

(45) 発行日 平成25年7月17日(2013.7.17)

(24) 登録日 平成25年4月12日(2013.4.12)

(51) Int.Cl.		F I		
HO 1 L	21/027	(2006.01)	HO 1 L	21/30 5 1 5 D
GO 3 F	7/20	(2006.01)	HO 1 L	21/30 5 1 6 C
GO 2 B	19/00	(2006.01)	GO 3 F	7/20 5 2 1
			GO 2 B	19/00

請求項の数 20 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2008-326321 (P2008-326321)	(73) 特許権者	000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
(22) 出願日	平成20年12月22日(2008.12.22)	(74) 代理人	100068755 弁理士 恩田 博宣
(65) 公開番号	特開2010-147433 (P2010-147433A)	(74) 代理人	100105957 弁理士 恩田 誠
(43) 公開日	平成22年7月1日(2010.7.1)	(72) 発明者	三宅 範夫 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社 ニコン 内
審査請求日	平成23年11月30日(2011.11.30)	審査官	新井 重雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 照明光学系、露光装置及びデバイスの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光源から射出される光に基づいて被照射面を照明する照明光学系において、

前記照明光学系の光軸と交差する面内に配列された複数の透過型のレンズ面を有するオプティカルインテグレータと、

前記光の光路における前記オプティカルインテグレータよりも前記被照射面側に配置され、互いに相対変位可能な複数の単位ユニットにより構成される第1の遮光部材と、

該第1の遮光部材における前記各単位ユニットを前記光の光路内で個別に変位可能とする変位機構と、を備え、

前記変位機構は、前記光軸と交差する方向に前記各単位ユニットをそれぞれ移動可能に構成されていることを特徴とする照明光学系。

10

【請求項2】

請求項1に記載の照明光学系において、

前記変位機構は、前記光軸と交差する軸線を中心に前記各単位ユニットをそれぞれ回転可能に構成されていることを特徴とする照明光学系。

【請求項3】

光源から射出される光に基づいて被照射面を照明する照明光学系において、

前記照明光学系の光軸と交差する面内に配列された複数の透過型のレンズ面を有するオプティカルインテグレータと、

前記光の光路における前記オプティカルインテグレータよりも前記被照射面側に配置さ

20

れ、互いに相対変位可能な複数の単位ユニットにより構成される第1の遮光部材と、
該第1の遮光部材における前記各単位ユニットを前記光の光路内で個別に変位可能とする
変位機構と、を備え、

前記変位機構は、前記光軸と交差する軸線を中心に前記各単位ユニットをそれぞれ回転
可能に構成されていることを特徴とする照明光学系。

【請求項4】

請求項1～請求項3のうち何れか一項に記載の照明光学系において、

前記変位機構は、前記光軸に対して前記被照射面側に所定の傾斜角を有する直線上から
前記各単位ユニットを見た場合に、前記各単位ユニットと前記オプティカルインテグレ
ータの前記レンズ面とが重畳する領域の大きさを、前記光軸に対する傾斜角に応じて異なら
せるように、前記各単位ユニットをそれぞれ変位させることを特徴とする照明光学系。

10

【請求項5】

光源から射出される光に基づいて被照射面を照明する照明光学系において、

前記照明光学系の光軸と交差する面内に配列された複数の透過型のレンズ面を有するオ
プティカルインテグレータと、

前記光の光路における前記オプティカルインテグレータよりも前記被照射面側に配置さ
れ、互いに相対変位可能な複数の単位ユニットにより構成される第1の遮光部材と、

該第1の遮光部材における前記各単位ユニットを前記光の光路内で個別に変位可能とす
る変位機構と、を備え、

前記変位機構は、前記光軸に対して前記被照射面側に所定の傾斜角を有する直線上から
前記各単位ユニットを見た場合に、前記各単位ユニットと前記オプティカルインテグレ
ータの前記レンズ面とが重畳する領域の大きさを、前記光軸に対する傾斜角に応じて異なら
せるように、前記各単位ユニットをそれぞれ変位させることを特徴とする照明光学系。

20

【請求項6】

請求項4又は請求項5に記載の照明光学系において、

前記変位機構は、前記各単位ユニットと前記オプティカルインテグレータの前記レンズ
面とが前記光軸方向で重畳する領域の大きさを変更するように、前記各単位ユニットをそ
れぞれ変位させることを特徴とする照明光学系。

【請求項7】

請求項1～請求項6のうち何れか一項に記載の照明光学系において、

前記第1の遮光部材は、前記オプティカルインテグレータの射出面近傍または該射出面
と光学的に共役な位置の近傍に配置されることを特徴とする照明光学系。

30

【請求項8】

光源から射出される光に基づいて被照射面を照明する照明光学系において、

前記照明光学系の光軸と交差する面内に配列された複数の透過型のレンズ面を有するオ
プティカルインテグレータと、

前記光の光路における前記オプティカルインテグレータよりも前記被照射面側に配置さ
れ、互いに相対変位可能な複数の単位ユニットにより構成される第1の遮光部材と、

該第1の遮光部材における前記各単位ユニットを前記光の光路内で個別に変位可能とす
る変位機構と、を備え、

前記第1の遮光部材は、前記オプティカルインテグレータの射出面近傍または該射出面
と光学的に共役な位置の近傍に配置されることを特徴とする照明光学系。

40

【請求項9】

請求項1～請求項8のうち何れか一項に記載の照明光学系において、

前記光の光路における前記オプティカルインテグレータよりも前記光源側に配置された
第2の遮光部材を備え、

前記変位機構は、前記各単位ユニットが前記第2の遮光部材に対して前記光軸方向で重
畳する領域の大きさを変更するように、前記各単位ユニットをそれぞれ変位させることを
特徴とする照明光学系。

【請求項10】

50

光源から射出される光に基づいて被照射面を照明する照明光学系において、

前記照明光学系の光軸と交差する面内に配列された複数の透過型のレンズ面を有するオプティカルインテグレータと、

前記光の光路における前記オプティカルインテグレータよりも前記被照射面側に配置され、互いに相対変位可能な複数の単位ユニットにより構成される第1の遮光部材と、

該第1の遮光部材における前記各単位ユニットを前記光の光路内で個別に変位可能とする変位機構と、

前記光の光路における前記オプティカルインテグレータよりも前記光源側に配置された第2の遮光部材と、を備え、

前記変位機構は、前記各単位ユニットが前記第2の遮光部材に対して前記光軸方向で重畳する領域の大きさを変更するように、前記各単位ユニットをそれぞれ変位させることを特徴とする照明光学系。

10

【請求項11】

請求項9又は請求項10に記載の照明光学系において、

前記第2の遮光部材は、前記オプティカルインテグレータの入射面近傍または該入射面と光学的に共役な位置の近傍に配置されることを特徴とする照明光学系。

【請求項12】

請求項1～請求項11のうち何れか一項に記載の照明光学系において、

前記被照射面上の所定の点に到達する光束の角度方向の強度分布を計測する計測部材を備えたことを特徴とする照明光学系。

20

【請求項13】

光源から射出される光に基づいて被照射面を照明する照明光学系において、

前記照明光学系の光軸と交差する面内に配列された複数の透過型のレンズ面を有するオプティカルインテグレータと、

前記光の光路における前記オプティカルインテグレータよりも前記被照射面側に配置され、互いに相対変位可能な複数の単位ユニットにより構成される第1の遮光部材と、

該第1の遮光部材における前記各単位ユニットを前記光の光路内で個別に変位可能とする変位機構と、

前記被照射面上の所定の点に到達する光束の角度方向の強度分布を計測する計測部材と、を備えたことを特徴とする照明光学系。

30

【請求項14】

請求項12又は請求項13に記載の照明光学系において、

前記変位機構は、前記第1の遮光部材を駆動する駆動部を備え、

前記照明光学系は、前記計測部材の計測結果に基づいて、前記第1の遮光部材を変位させるように前記駆動部を制御する制御部を備えたことを特徴とする照明光学系。

【請求項15】

請求項1～請求項14のうち何れか一項に記載の照明光学系において、

前記第1の遮光部材は、前記各単位ユニットが前記光軸方向に沿って並列して配置されていることを特徴とする照明光学系。

【請求項16】

40

請求項1～請求項15のうち何れか一項に記載の照明光学系において、

前記変位機構は、前記光軸と平行な軸線を中心に前記各単位ユニットをそれぞれ回動可能に構成されていることを特徴とする照明光学系。

【請求項17】

請求項1～請求項16のうち何れか一項に記載の照明光学系において、

前記光の光路における前記オプティカルインテグレータよりも前記光源側に配置され、前記オプティカルインテグレータを介して前記被照射面に照射される前記光の照射態様を調整する調整部材を備えたことを特徴とする照明光学系。

【請求項18】

請求項17に記載の照明光学系において、

50

前記光の照射態様は、前記オプティカルインテグレータの射出面近傍における光の強度分布であることを特徴とする照明光学系。

【請求項 19】

請求項 1～請求項 18のうち何れか一項に記載の照明光学系と、

所定のパターンの像を前記被照射面に投影可能な投影光学系と、を備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項 20】

デバイスの製造方法において、

請求項 19に記載の露光装置を用いて所定のパターンを感光性基板に露光する工程と、前記露光された基板を現像し、前記のパターンに対応する形状のマスク層を前記感光性基板の表面に形成する工程と、

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

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光源から射出される光に基づいて被照射面を照明する照明光学系、該照明光学系を備える露光装置、及び該露光装置を用いたデバイスの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、半導体集積回路などのマイクロデバイスを製造するための露光装置においては、光源から射出された光が、オプティカルインテグレータとしてのフライアイレンズを介して、多数の光源からなる実質的な面光源としての二次光源を形成する。なお、二次光源とは、照明瞳での光強度分布（以下、「瞳強度分布」という。）を示している。また、照明瞳とは、マスクの被照射面に対して光学的にフーリエ変換の関係にある位置として定義される。

【0003】

そして、二次光源からの光は、コンデンサレンズにより集光された後、所定のパターンが形成されたマスクを重畳的に照明する。続いて、マスクを透過した光は、投影光学系を介して、感光性材料の塗布されたウエハ上に結像し、ウエハ上にはマスクパターンが投影露光（転写）される。

【0004】

このとき、ウエハ上には、マスクに形成されたマスクパターンを正確に転写するために均一な照度分布を得ることが不可欠となる。そこで、従来から、マスクパターンをウエハ上に正確に転写するために、例えば輪帯状や複数極状（2極状、4極状など）の瞳強度分布を形成し、投影光学系の焦点深度や解像力を向上させる技術が提案されている（特許文献1参照）。

【特許文献1】米国特許公開第2006/0055834号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、マスクパターンをウエハ上に忠実に転写する際には、瞳強度分布を所望の形状に調整するだけでなく、最終的な被照射面としてのウエハ上の各点に関する瞳強度分布をほぼ均一に調整する必要がある。しかしながら、特許文献1に示すように、従来の露光装置では、ウエハ上の各点での瞳強度分布にばらつきが生じた場合に、その瞳強度分布のばらつきを抑制することができない構成となっていた。そのため、ウエハ上の位置毎にパターンの線幅がばらつくことにより、マスクの微細パターンを露光領域の全体に亘って所望の線幅でウエハ上に忠実に転写することができない虞があった。

【0006】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、被照射面上での

10

20

30

40

50

瞳強度分布を調整することができる照明光学系、露光装置、及びデバイスの製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するため、本発明は、実施形態に示す図1～図23に対応付けした以下の構成を採用している。

本発明の照明光学系は、光源(12)から射出される光(EL)に基づいて被照射面(Ra)を照明する照明光学系(13)において、前記照明光学系(13)の光軸(AX)と交差する面内に配列された複数の透過型のレンズ面(47c, 47d, 48c, 48d)を有するオプティカルインテグレータ(28)と、前記光(EL)の光路における前記オプティカルインテグレータ(28)よりも前記被照射面(Ra)側に配置され、互いに相対変位可能な複数の単位ユニット(58a, 58b, 58c)により構成される第1の遮光部材(55)と、該第1の遮光部材(55)における前記各単位ユニット(58a, 58b, 58c)を前記光(EL)の光路内で個別に変位可能とする変位機構(59)と、を備え、前記変位機構(59)は、前記光軸(AX)と交差する方向に前記各単位ユニット(58a, 58b, 58c)をそれぞれ移動可能に構成されていることを要旨とする。

10

【0008】

上記構成によれば、光源から射出される光が第1の遮光部材によって遮光される遮光量は、第1の遮光部材に対して入射する際の入射角によって相違する。そのため、第1の遮光部材を構成する各単位ユニットの変位によって、光源から射出される光に対する第1の遮光部材の遮光量の変化量は、被照射面の位置毎に相違する。したがって、変位機構は、第1の遮光部材を構成する各単位ユニットを光路内で変位させることによって、被照射面の位置毎における光強度分布(「瞳強度分布」ともいう。)を独立的に調整することができ、結果として、各点における光強度分布を互いに略同一性状の分布に調整することが可能となる。

20

【0009】

なお、本発明をわかりやすく説明するために実施形態に示す図面の符号に対応付けて説明したが、本発明が実施形態に限定されるものではないことは言うまでもない。

【発明を実施するための最良の形態】

30

【0010】

(第1の実施形態)

以下、本発明を具体化した第1の実施形態について図1～図16に基づき説明する。なお、本実施形態では、後述する投影光学系15の光軸方向(図1における上下方向)をZ軸方向というと共に、図1における左右方向をY軸方向といい、さらに、図1において紙面に直交する方向をX軸方向というものとする。

【0011】

図1に示すように、本実施形態の露光装置11は、所定の回路パターンが形成された透過型のレチクルRに露光光ELを照明することにより、表面(+Z方向側の面であって、図1では上面)にレジストなどの感光材料が塗布された感光性基板としてのウエハWに回路パターンの像を投影するための装置である。こうした露光装置11は、光源としての光源装置12から射出された露光光ELをレチクルRの被照射面Ra(+Z方向側の面)に導く照明光学系13と、レチクルRを保持するレチクルステージ14と、レチクルRを透過した露光光ELをウエハWの被照射面Waに導く投影光学系15と、ウエハWを保持するウエハステージ16とを備えている。なお、本実施形態の光源装置12は、193nmの波長の光を出力するArFエキシマレーザ光源を有し、該ArFエキシマレーザ光源から出力される光が露光光ELとして露光装置11内に導かれる。

40

【0012】

照明光学系13は、光源装置12から射出される露光光ELを所定の断面形状(例えば、断面略矩形状)をなす平行な光束に変換するための整形光学系17と、該整形光学系1

50

7から射出された露光光E LをレチクルR側(ここでは、+Y方向側であって図1における右側)に反射する第1反射ミラー18とを備えている。この第1反射ミラー18の射出側(レチクルR側)には、レチクルRの被照射面Raに対する露光光E Lの照射態様を調整する調整部材としての回折光学素子19が設けられている。この回折光学素子19は、ガラス基板に露光光E Lの波長と同程度のピッチを有する複数の段差を形成することにより構成されており、入射側(光源装置12側)から入射した露光光E Lを所定の角度に回折する作用を有している。例えば、輪帯照明用の回折光学素子19を用いる場合、回折光学素子19に入射側から断面略矩形状をなす平行な光束の露光光E Lが入射すると、回折光学素子19からは、断面形状が輪带状(略円環状)をなす光束がレチクルR側に射出される。また、複数極(2極、4極、8極など)照明用の回折光学素子19を用いる場合、回折光学素子19に入射側から断面略矩形状をなす平行な光束の露光光E Lが入射すると、回折光学素子19からは、分極数に応じた複数(例えば4つ)の光束がレチクルR側に射出される。なお、本実施形態では、後述するオプティカルインテグレート28の射出面近傍に形成される照明瞳面29上での露光光E Lの光強度分布が、回折光学素子19により調節される露光光E Lの照射態様とされる。

10

【0013】

また、照明光学系13には、回折光学素子19から射出される露光光E Lが入射するアフォーカル光学系20(「無焦点光学系」ともいう。)が設けられている。このアフォーカル光学系20は、第1レンズ群21(図1では一枚のレンズのみを図示)と、該第1レンズ群21よりも射出側に配置される第2レンズ群22(図1では一枚のレンズのみを図示)とを有している。そして、アフォーカル光学系20は、その入射側の焦点位置と回折光学素子19の設置位置とがほぼ一致するように露光光E Lの光路上に配置されている。

20

【0014】

また、第1レンズ群21と第2レンズ群22との間の光路内において、後述するオプティカルインテグレート28の入射面と光学的に共役な位置には、露光光E Lの入射位置に応じて透過率の異なる透過率分布を有する補正フィルタ24(図2参照)が設けられている。この補正フィルタ24は、平板状をなすガラス基板25の入射面25a上に、クロム(Cr)や酸化クロム(CrO)などから構成される複数(本実施形態では4つ)の矩形状の第2の遮光部材としての遮光性ドット26が形成されたフィルタである。

【0015】

また、アフォーカル光学系20のレチクルR側には、値(値=照明光学系13のレチクルR側の開口数/投影光学系15のレチクルR側の開口数)を可変させるためのズーム光学系27が設けられており、該ズーム光学系27は、アフォーカル光学系20の射出側の焦点位置に位置する所定面23(図1において破線で示す)よりも射出側に配置されている。そして、ズーム光学系27から射出される露光光E Lは、ズーム光学系27によって平行な光束に変換された後、該ズーム光学系27の射出側に配置されるオプティカルインテグレート28に入射するようになっている。そして、オプティカルインテグレート28は、入射した露光光E Lを複数の光束に波面分割し、その射出側(+Y方向側)に位置する照明瞳面29に所定の光強度分布(「瞳強度分布」ともいう。)を形成するようになっている。なお、瞳強度分布が形成される照明瞳面29のことを、多数の面光源からなる二次光源30ともいう。

30

40

【0016】

オプティカルインテグレート28は、その入射面(-Y方向側の面であって、図1では左面)がズーム光学系27の射出側の焦点位置(瞳面ともいう。)又は該焦点位置近傍に位置するように配置されている。すなわち、ズーム光学系27は、所定面23とオプティカルインテグレート28の入射面とが実質的にフーリエ変換の関係であると共に、アフォーカル光学系20の射出側の焦点位置とオプティカルインテグレート28の入射面とが光学的にほぼ共役となる位置に配置されている。

【0017】

オプティカルインテグレート28の射出側には、投影光学系15の入射瞳面と光学的に

50

ほぼ共役な位置に配置され、且つ二次光源 30 の照明に寄与する範囲を規定するための図示しない照明開口絞りが設けられている。この照明開口絞りは、大きさ及び形状の異なる複数の開口部を有している。そして、照明開口絞りで、二次光源 30 から射出される露光光 E L の断面形状に対応した開口部が露光光 E L の光路内に配置される。すなわち、二次光源 30 から射出される露光光 E L の断面形状が輪帯状である場合、照明開口絞りは、輪帯状に対応した形状の開口部が露光光 E L の光路内に位置するように駆動される。また、二次光源 30 から射出される露光光 E L の断面形状が 4 極状である場合、照明開口絞りは、4 極状に対応した形状の開口部が露光光 E L の光路内に位置するように駆動される。

【 0 0 1 8 】

オプティカルインテグレータ 28 及び上記照明開口絞りの射出側には、パワー（焦点距離の逆数）を有する少なくとも一枚の光学素子（図 1 では一枚のみ図示）から構成される第 1 コンデンサ光学系 31 が設けられている。なお、パワーを有する光学素子とは、露光光 E L が光学素子に入射することにより、該露光光 E L の特性が変化するような光学素子のことである。

10

【 0 0 1 9 】

また、オプティカルインテグレータ 28 と第 1 コンデンサ光学系 31 との間には、二次光源 30 から射出された露光光 E L に対する遮光量を調整可能な遮光装置 32 が設けられている。そして、遮光装置 32 は、レチクル R 上に形成される照明領域 E R 1（図 6（a）参照）や該照明領域 E R 1 と光学的に共役な関係になるウエハ W 上に形成される静止露光領域 E R 2（図 6（b）参照）内の各点における光強度分布を補正可能となっている。

20

【 0 0 2 0 】

また、第 1 コンデンサ光学系 31 の射出側であって且つレチクル R の被照射面 R a 及びウエハ W の被照射面 W a と光学的に共役な位置には、レチクルブラインド 33（「マスクブラインド」ともいう。）が設けられている。レチクルブラインド 33 には、長手方向が Z 軸方向であって且つ短手方向が X 軸方向となる矩形形状の開口部 34 が形成されている。そして、第 1 コンデンサ光学系 31 から射出された露光光 E L は、レチクルブラインド 33 を重畳的に照明するようになっている。

【 0 0 2 1 】

また、レチクルブラインド 33 の射出側には、パワーを有するレンズから構成される第 2 コンデンサ光学系 35 が設けられており、該第 2 コンデンサ光学系 35 は、レチクルブラインド 33 側から入射した露光光 E L を略平行な光束に変換するようになっている。そして、第 2 コンデンサ光学系 35 から射出される露光光 E L は、該第 2 コンデンサ光学系 35 の射出側に配置される結像光学系 36 に入射するようになっている。

30

【 0 0 2 2 】

結像光学系 36 は、入射側レンズ群 37 と、該入射側レンズ群 37 から射出される露光光 E L を - Z 方向側（図 1 では下側）に反射する第 2 反射ミラー 38 と、該第 2 反射ミラー 38 の射出側に配置される射出側レンズ群 39 とを備えている。入射側レンズ群 37 は、少なくとも一枚（図 1 では一枚のみ図示）のパワーを有する光学素子（レンズ）から構成されると共に、射出側レンズ群 39 は、少なくとも一枚（図 1 では一枚のみ図示）のパワーを有する光学素子（レンズ）から構成されている。そして、結像光学系 36 から射出される露光光 E L は、レチクル R の被照射面 R a を重畳的に照明するようになっている。なお、本実施形態では、レチクルブラインド 33 の開口部 34 の形状は、上述したように、矩形形状をなしている。そのため、レチクル R 上の照明領域 E R 1 及びウエハ W 上の静止露光領域 E R 2 は、図 6（a）（b）に示すように、長手方向が Y 軸方向となり、且つ短手方向が X 軸方向となる矩形形状にそれぞれ形成される。

40

【 0 0 2 3 】

レチクルステージ 14 は、投影光学系 15 の物体面側において、レチクル R の載置面が投影光学系 15 の光軸方向（Z 軸方向）とほぼ直交するように配置されている。また、レチクルステージ 14 には、保持するレチクル R を X 軸方向に所定ストロークで移動させる図示しないレチクルステージ駆動部が設けられている。

50

【 0 0 2 4 】

また、レチクルステージ 1 4 の近傍には、計測部材としての瞳強度分布計測装置 4 0 が設けられている。この瞳強度分布計測装置 4 0 は、二次光源 3 0 においてレチクル R 上の照明領域 E R 1 内の一点に入射する入射光によって形成される瞳強度分布を点毎（位置毎）に計測する装置である。こうした瞳強度分布計測装置 4 0 は、射出側レンズ群 3 9 からレチクル R に向けて射出される露光光 E L の一部を反射させるビームスプリッタ 4 1 と、該ビームスプリッタ 4 1 により反射された反射光が入射する計測用レンズ 4 2 と、該計測用レンズ 4 2 から射出された反射光が入射する、CCD 撮像素子やフォトダイオード等からなる検出部 4 3 とを備えている。なお、瞳強度分布計測装置 4 0 については、例えば、特開 2 0 0 6 - 5 4 3 2 8 号公報や特開 2 0 0 3 - 2 2 9 6 7 号公報及びこれに対応する米国特許公開 2 0 0 3 / 0 0 3 8 2 2 5 号公報に開示されている。

10

【 0 0 2 5 】

投影光学系 1 5 は、内部が窒素などの不活性ガスで充填された鏡筒 4 4 を備え、該鏡筒 4 4 内には、図示しない複数のレンズが露光光 E L の光路に沿って設けられている。また、鏡筒 4 4 内において、ウエハ W の被照射面 W a の設置位置及びレチクル R の被照射面 R a の設置位置と光学的にフーリエ変換の関係となる位置には、開口絞り 4 5 が配置されている。そして、露光光 E L にて照明されたレチクル R の回路パターンの像は、投影光学系 1 5 を介して所定の縮小倍率に縮小された状態で、ウエハステージ 1 6 上のウエハ W に投影転写される。ここで、光路とは、投影光学系 1 5 の使用状態において、露光光 E L が通ることが意図されている経路のことを示している。

20

【 0 0 2 6 】

ウエハステージ 1 6 は、投影光学系 1 5 の光軸とほぼ直交する平面状の載置面 4 6 を備え、該載置面 4 6 上には、ウエハ W が載置される。また、ウエハステージ 1 6 には、保持するウエハ W を X 軸方向に所定ストロークで移動させる図示しないウエハステージ駆動部が設けられている。さらに、ウエハステージ 1 6 には、ウエハ W の被照射面 W a が投影光学系 1 5 の光軸方向と直交するように、ウエハ W の位置を微調整させる機能が設けられている。

【 0 0 2 7 】

そして、本実施形態の露光装置 1 1 を用いてウエハ W にパターンを投影する場合、レチクル R は、上記レチクルステージ駆動部の駆動によって、+ X 方向側から - X 方向側（図 1 では紙面手前側から紙面奥手側）に所定ストローク毎に移動する。すると、レチクル R における照明領域 E R 1 は、該レチクル R の被照射面 R a の - X 方向側から + X 方向側（図 1 では紙面奥手側から紙面手前側）に沿って移動する。すなわち、レチクル R のパターンが - X 方向側から + X 方向側に順にスキャンされる。また、ウエハ W は、上記ウエハステージ駆動部の駆動によって、レチクル R の X 軸方向に沿った移動に対して投影光学系 1 5 の縮小倍率に応じた速度比で - X 方向側から + X 方向側に同期して移動する。その結果、ウエハ W の一つのショット領域には、レチクル R 及びウエハ W の同期移動に伴って、レチクル R 上の回路パターンを所定の縮小倍率に縮小した形状のパターンが形成される。そして、一つのショット領域へのパターンの形成が終了した場合、ウエハ W の他のショット領域に対するパターンの形成が連続して行われる。

30

40

【 0 0 2 8 】

次に、本実施形態のオプティカルインテグレータ 2 8 について図 3 に基づき説明する。なお、図 3 では、明細書の説明理解の便宜上、後述する各シリンダリカルレンズ面 4 7 c , 4 7 d , 4 8 c , 4 8 d の大きさが誇張して描かれているものとする。

【 0 0 2 9 】

図 3 に示すように、オプティカルインテグレータ 2 8 は、照明光学系 1 3 の光軸 A X（図 3 では一点鎖線で示す。）に沿って配置される一対のマイクロフライアイレンズ 4 7 , 4 8 を備えている。これら両マイクロフライアイレンズ 4 7 , 4 8 は、オプティカルインテグレータ 2 8 の射出側に位置する照明瞳面 2 9 が投影光学系 1 5 の開口絞り 4 5 と光学的に共役な位置に形成されるようにそれぞれ配置されている。

50

【 0 0 3 0 】

入射側に位置する第1マイクロフライアイレンズ47の入射側、及び射出側に位置する第2マイクロフライアイレンズ48の入射側には、照明光学系13の光軸AXとほぼ直交する入射面47a, 48aがそれぞれ形成されている。また、第1マイクロフライアイレンズ47の射出側、及び第2マイクロフライアイレンズ48の射出側には、照明光学系13の光軸AXとほぼ直交する射出面47b, 48bがそれぞれ形成されている。そして、両マイクロフライアイレンズ47, 48の入射面47a, 48a側には、Z軸方向に延びる複数(図2では10個)のレンズ面としてのシリンダリカルレンズ面47c, 48cがX軸方向に沿ってそれぞれ配列されている。これら各シリンダリカルレンズ面47c, 48cは、円柱の一部を切り取った形状をなすようにそれぞれ形成されており、各シリンダリカルレンズ面47c, 48cのX軸方向における長さ(即ち、幅)は、第1幅H1となっている。

10

【 0 0 3 1 】

また、両マイクロフライアイレンズ47, 48の射出面47b, 48b側には、X軸方向に延びる複数(図2では10個)のレンズ面としてのシリンダリカルレンズ面47d, 48dがZ軸方向に沿ってそれぞれ配列されている。これら各シリンダリカルレンズ面47d, 48dは、円柱の一部を切り取った形状をなすようにそれぞれ形成されており、各シリンダリカルレンズ面47d, 48dのZ軸方向における長さ(即ち、幅)は、第1幅H1よりも広い第2幅H2となっている。なお、第1幅H1及び第2幅H2は、レチクルブラインド33の開口部34におけるX軸方向における長さ及びZ軸方向における長さ、即ち照明領域ER1及び静止露光領域ER2のX軸方向における長さ及びY軸方向における長さそれぞれ対応関係がある。

20

【 0 0 3 2 】

オプティカルインテグレータ28のX軸方向に関する屈折作用に着目した場合、照明光学系13の光軸AXに沿って入射した露光光EL(即ち、平行光束)は、第1マイクロフライアイレンズ47の入射面47aに形成される各シリンダリカルレンズ面47cによってX軸方向に沿って第1幅H1の間隔で波面分割される。そして、各シリンダリカルレンズ面47cによって波面分割された各光束は、第2マイクロフライアイレンズ48の入射面48aに形成される各シリンダリカルレンズ面48cのうち個別対応するシリンダリカルレンズ面48cでそれぞれ集光作用を受ける。

30

【 0 0 3 3 】

また、オプティカルインテグレータ28のZ軸方向に関する屈折作用に着目した場合、照明光学系13の光軸AXに沿って入射した露光光EL(即ち、平行光束)は、第1マイクロフライアイレンズ47の射出面47bに形成される各シリンダリカルレンズ面47dによってX軸方向に沿って第2幅H2の間隔で波面分割される。そして、各シリンダリカルレンズ面47dによって波面分割された各光束は、第2マイクロフライアイレンズ48の射出面48bに形成される各シリンダリカルレンズ面48dのうち個別対応するシリンダリカルレンズ面48dでそれぞれ集光作用を受ける。

【 0 0 3 4 】

そのため、露光光ELが、オプティカルインテグレータ28の入射面の全域に及ぶように照明光学系13の光軸AXに沿って入射した場合には、オプティカルインテグレータ28の射出側となる照明瞳面29には、多数の点光源49が形成される(図4参照)。具体的には、照明瞳面29には、点光源49が、第2マイクロフライアイレンズ48の入射面48aに形成されたシリンダリカルレンズ面48cの個数(図4では10個)と同数の横列数(即ち、X軸方向に沿う列数)を有し、且つ第2マイクロフライアイレンズ48の射出面48bに形成されたシリンダリカルレンズ面48dの個数(図4では7個)と同数の縦列数(即ち、Z軸方向に沿う列数)を有する格子状をなすように形成される。

40

【 0 0 3 5 】

なお、各マイクロフライアイレンズ47, 48の各シリンダリカルレンズ面47c, 47d, 48c, 48dの第1幅H1及び第2幅H2は、本来、非常に狭い。そのため、本

50

実施形態のオプティカルインテグレータ 28 での波面分割数は、複数のレンズ要素から構成されるフライアイレンズを用いる場合に比して多い。その結果、オプティカルインテグレータ 28 の入射側に形成される大局的な光強度分布と、射出側である照明瞳面 29 に形成される点光源 49 全体の大局的な光強度分布とは、互いに高い相関関係を示す。したがって、オプティカルインテグレータ 28 の入射側及び該入射側と光学的に共役な面における光強度分布についても、瞳強度分布と称することができる。

【0036】

また、回折光学素子 19 として輪帯照明用の回折光学素子が用いられる場合、オプティカルインテグレータ 28 の入射側には、照明光学系 13 の光軸 AX を中心とした輪帯状の照野が形成される。その結果、オプティカルインテグレータ 28 の射出側に位置する照明瞳面 29 には、入射側に形成される輪帯状の照野に対応する位置に、多数の点光源 49 が形成される。また、回折光学素子 19 として複数極照明用の回折光学素子 19 が用いられる場合、オプティカルインテグレータ 28 の入射側には、照明光学系 13 の光軸 AX を中心とした複数の所定形状（円弧状、円形状など）の照野からなる複数極状の照野が形成される。その結果、オプティカルインテグレータ 28 の射出側に位置する照明瞳面 29 には、入射側に形成される複数極状の照野に対応する位置に、多数の点光源 49 が形成される。なお、本実施形態では、4 極照明用の回折光学素子 19 が用いられるものとする。

【0037】

すなわち、オプティカルインテグレータ 28 の射出側に位置する照明瞳面 29 には、図 5 に示すように、各々が多数の点光源 49 からなる 4 つの円弧状の実質的な面光源（以下、単に「面光源」という。）50a ~ 50d が形成され、これらの面光源 50a ~ 50d により 4 極状の二次光源 30（瞳強度分布）が構成される。具体的には、二次光源 30 は、照明光学系 13 の光軸 AX の + X 方向側に位置する円弧状の第 1 面光源 50a と、照明光学系 13 の光軸 AX の - X 方向側に位置する円弧状の第 2 面光源 50b とを有しており、第 1 面光源 50a と光軸 AX との間隔は、第 2 面光源 50b と光軸 AX との間隔とほぼ等間隔となっている。また、二次光源 30 は、照明光学系 13 の光軸 AX の + Z 方向側に位置する円弧状の第 3 面光源 50c と、照明光学系 13 の光軸 AX の - Z 方向側に位置する円弧状の第 4 面光源 50d とを有しており、第 3 面光源 50c と光軸 AX との間隔は、第 4 面光源 50d と光軸 AX との間隔とほぼ等間隔となっている。

【0038】

こうした各面光源 50a, 50b, 50c, 50d から射出される各露光光 EL がレチクル R 上に導かれると、レチクル R の被照射面 Ra 上には、図 6(a) に示すように、長手方向が Y 軸方向であり且つ短手方向が X 軸方向となる矩形形状の照明領域 ER1 が形成される。また、ウエハ W の被照射面 Wa 上には、図 6(b) に示すように、レチクル R 上の照明領域 ER1 と対応した矩形形状の静止露光領域 ER2 が形成される。この際、静止露光領域 ER2（及び照明領域 ER1）内の各点に入射する入射光が形成する 4 極状の瞳強度分布の各々は、露光光 EL が入射する位置に依存することなく、互いにほぼ同一形状をなしている。ところが、静止露光領域 ER2（及び照明領域 ER1）内の各点に入射する入射する 4 極状の瞳強度分布の各々は、露光光 EL が入射する位置に依存して、光強度が互いに異なってしまう傾向がある。

【0039】

具体的には、図 6(a)(b) 及び図 7 に示すように、照明領域 ER1 内及び静止露光領域 ER2 内の Y 軸方向における中心点 P1a、P1b に入射する露光光 EL によって形成される第 1 瞳強度分布 51 では、Z 軸方向に沿って配置される第 3 面光源 51c 及び第 4 面光源 51d の光強度の方が、X 軸方向に沿って配置される第 1 面光源 51a 及び第 2 面光源 51b の光強度よりも強くなる傾向がある。一方、図 6(a)(b) 及び図 8 に示すように、照明領域 ER1 内及び静止露光領域 ER2 内において中心点 P1a, P1b に対して Y 軸方向に沿って離間した各周辺点 P2a, P2b, P3a, P3b に入射する露光光 EL によって形成される第 2 瞳強度分布 52 では、Z 軸方向に沿って配置される第 3 面光源 52c 及び第 4 面光源 52d の光強度の方が、X 軸方向に沿って配置される第 1 面

10

20

30

40

50

光源 5 2 a 及び第 2 面光源 5 2 b の光強度よりも弱くなる傾向がある。なお、ここでいう各瞳強度分布 5 1 , 5 2 は、照明光学系 1 3 内における露光光 E L の光路内に補正フィルタ 2 4 及び遮光装置 3 2 が配置されていない場合に、照明瞳面 2 9 及び該照明瞳面 2 9 と光学的に共役な瞳共役面に形成される、静止露光領域 E R 2 内の各点 P 1 b , P 2 b , P 3 b に対応する光強度分布のことを示している。

【 0 0 4 0 】

一般に、中心点 P 1 a , P 1 b に対応する第 1 瞳強度分布 5 1 の Z 軸方向に沿った光強度分布は、図 9 (a) に示すように、Z 軸方向における中央が最も弱くなると共に、中央から Z 軸方向に沿って離間するに連れて次第に強くなる凹曲線状の分布である。また、各周辺点 P 2 a , P 2 b , P 3 a , P 3 b に対応する第 2 瞳強度分布 5 2 の Z 軸方向に沿った光強度分布は、図 9 (b) に示すように、中央から Z 軸方向に沿って離間するに連れて次第に弱くなる凸曲面状の分布である。

【 0 0 4 1 】

こうした瞳強度分布 5 1 , 5 2 の Z 軸方向に沿った光強度分布は、照明領域 E R 1 及び静止露光領域 E R 2 内の X 軸方向に沿った各点の位置にはほとんど依存しないものの、照明領域 E R 1 及び静止露光領域 E R 2 内の Y 軸方向に沿った各点の位置に依存して変化する傾向がある。そのため、静止露光領域 E R 2 内における Y 軸方向に沿った各点 P 1 b , P 2 b , P 3 b に個別に対応する瞳強度分布 5 1 , 5 2 がそれぞれ均一ではない場合、ウエハ W において形成されるパターンの線幅にばらつきが発生する虞がある。このような課題を解決するために、本実施形態の照明光学系 1 3 内には、補正フィルタ 2 4 及び遮光装置 3 2 が設けられている。

【 0 0 4 2 】

なお、図 1 0 に示すように、補正フィルタ 2 4 に形成された各遮光性ドット 2 6 は、照明瞳面 2 9 に形成される二次光源 3 0 のうち Z 軸方向に沿った第 3 面光源 5 0 c 又は第 4 面光源 5 0 d に対して、照明光学系 1 3 の光軸方向で重畳するように配置されている。そのため、補正フィルタ 2 4 は、照明瞳面 2 9 に形成される二次光源 3 0 のうち、第 3 面光源 5 0 c 及び第 4 面光源 5 0 d から射出される露光光 E L を減光させる一方、第 1 面光源 5 0 a 及び第 2 面光源 5 0 b から射出される露光光 E L をほとんど減光させない透過率分布を有している。

【 0 0 4 3 】

次に、本実施形態の遮光装置 3 2 について図 1 0 (a) (b) に基づき説明する。

図 1 0 (a) に示すように、遮光装置 3 2 は、複数(本実施形態では 6 つ)の第 1 の遮光部材としての遮光ユニット 5 5 を備え、オプティカルインテグレート 2 8 と第 1 コンデンサ光学系 3 1 との間に設定される設定領域 5 4 (図 1 参照)内であって、且つ照明瞳面 2 9 と光学的に共役な位置に配置される。そして、これらの遮光ユニット 5 5 のうち、照明光学系 1 3 の光軸 A X の + X 方向側に位置する 3 つの遮光ユニット 5 5 は、二次光源 3 0 の第 1 面光源 5 0 a から射出される露光光 E L の光路内に位置するように、照明光学系 1 3 の光軸方向である Y 軸方向と直交する Z 軸方向に沿って並列して配置されており、二次光源 3 0 の第 1 面光源 5 0 a から射出される露光光 E L に対する遮光量を調整する第 1 遮光部 5 6 を構成している。また、これらの遮光ユニット 5 5 のうち、照明光学系 1 3 の光軸 A X の - X 方向側に位置する 3 つの遮光ユニット 5 5 は、二次光源 3 0 の第 2 面光源 5 0 b から射出される露光光 E L の光路内に位置するように、照明光学系 1 3 の光軸方向である Y 軸方向と直交する Z 軸方向に沿って並列して配置されており、二次光源 3 0 の第 2 面光源 5 0 b から射出される露光光 E L に対する遮光量を調整する第 2 遮光部 5 7 を構成している。なお、図 1 0 (b) に示すように、各遮光ユニット 5 5 は、複数(本実施形態では 3 つ)の単位ユニットとしての遮光部材 5 8 a , 5 8 b , 5 8 c により構成されており、これらの遮光部材 5 8 a , 5 8 b , 5 8 c は、照明光学系 1 3 の光軸方向である Y 軸方向に沿って並列して配置されている。

【 0 0 4 4 】

また、遮光装置 3 2 には、各遮光ユニット 5 5 を個別に変位させるための変位機構 5 9

(図1参照)が設けられている。この変位機構59は、図11に示すように、各遮光ユニット55に個別に対応する複数(本実施形態では6つ)の駆動源60から構成されている。また、これらの各駆動源60は、各々が対応する遮光ユニット55を構成する3つの遮光部材58a, 58b, 58cのうち、-Y方向側(オプティカルインテグレータ28側)に配置された第1遮光部材58aを変位させるための駆動力を付与する第1駆動部61、Y軸方向で真ん中に位置する第2遮光部材58bを変位させるための駆動力を付与する第2駆動部62、+Y方向側(第1コンデンサ光学系31側)に配置された第3遮光部材58cを変位させるための駆動力を付与する第3駆動部63をそれぞれ備えている。そして、これらの各駆動源60は、制御装置64からの制御指令に応じて各駆動部61, 62, 63を駆動制御することにより、二次光源30の各面光源50a, 50b, 50c, 50dから射出される露光光ELの光路内で、各々が対応する遮光部材58a, 58b, 58cを、X軸方向、Z軸方向、及びy方向にそれぞれ変位させるようになっている。

10

【0045】

次に、本実施形態の露光装置11の制御構成について説明する。

図11に示すように、露光装置11における装置全体の駆動状態を制御するための制御装置64は、CPUなどを備えたコントローラ(図示略)と、各装置を駆動させるための駆動回路(図示略)とを主体として構成されている。制御装置64の入力側インターフェースには、瞳強度分布計測装置40の検出部43が接続されており、該検出部43からの検出信号を受信するようになっている。また、制御装置64の入力側インターフェースには、入力装置65が接続されており、入力装置65からの入力信号を受信するようになっている。

20

【0046】

一方、制御装置64の出力側インターフェース(図示略)には、モニタ等からなる表示装置66が接続されている。そして、表示装置66は、瞳強度分布計測装置40の検出部43から受信した検出信号に基づいて導出された照明領域ER1の点毎の瞳強度分布を表示するようになっている。また、制御装置64の出力側インターフェースには、遮光装置32の各遮光ユニット55を個別に変位させるための駆動源60が接続されている。そして、制御装置64は、入力装置65からの入力信号に基づき、各遮光ユニット55の光路内での位置を各々が対応する駆動源60によって個別に制御するようになっている。

30

【0047】

次に、上記のように構成された露光装置11の作用について、特に、静止露光領域ER2内のY軸方向に沿った各点P1b, P2b, P3bに対応する各瞳強度分布51, 52を調整する際の作用について以下説明する。

【0048】

さて、光源装置12から射出される露光光ELが回折光学素子19に入射すると、該回折光学素子19からは、断面形状が4極状をなす露光光ELが射出される。すると、この露光光ELが照明瞳面29と光学的に共役な位置又はその近傍に配置される補正フィルタ24を通過することにより、オプティカルインテグレータ28の射出側に形成される照明瞳面29には、補正フィルタ24によってほとんど補正(減光)されない第1面光源50a及び第2面光源50bと、補正フィルタ24によって補正される第3面光源50c及び第4面光源50dとを有する二次光源30が形成される。

40

【0049】

また、レチクルRの照明領域ER1内及びウエハW上の静止露光領域ER2内の中心点P1a, P1bに対応する第1瞳強度分布51では、露光光ELの光路内に補正フィルタ24がない場合、X軸方向に沿った第1面光源51a及び第2面光源51bの各光強度が、Z軸方向に沿った第3面光源51c及び第4面光源51dの各光強度よりもそれぞれ弱い。そのため、第1瞳強度分布51では、補正フィルタ24によって、第3面光源51c及び第4面光源51dの各光強度が、第1面光源50a及び第2面光源50bの各光強度とほぼ同等となる。一方、照明領域ER1内及び静止露光領域ER2内の各周辺点P2a, P2b, P3a, P3bに対応する第2瞳強度分布52では、露光光ELの光路内に補

50

正フィルタ 2 4 がない場合、X 軸方向に沿った第 1 面光源 5 2 a 及び第 2 面光源 5 2 b の各光強度が、Z 軸方向に沿った第 3 面光源 5 2 c 及び第 4 面光源 5 2 d の各光強度よりもそれぞれ強い。そのため、第 2 瞳強度分布 5 2 では、補正フィルタ 2 4 によって、第 1 面光源 5 2 a 及び第 2 面光源 5 2 b の各光強度と第 3 面光源 5 2 c 及び第 4 面光源 5 2 d の各光強度との差が逆に大きくなってしまう。

【 0 0 5 0 】

この点、本実施形態の遮光装置 3 2 では、図 1 2 (a) に示すように、二次光源 3 0 の第 1 面光源 5 0 a 及び第 2 面光源 5 0 b から射出される露光光 E L のうち、レチクル R の照明領域 E R 1 内及びウエハ W の静止露光領域 E R 2 内の中心点 P 1 a , P 1 b に向けて射出される露光光 E L、即ち、レチクルブラインド 3 3 の開口部 3 4 の中心点 P 1 に達する露光光 E L は、各々が対応する遮光部 5 6 , 5 7 を構成する各遮光ユニット 5 5 によってほとんど遮光されない。一方、図 1 2 (b) に示すように、二次光源 3 0 の第 1 面光源 5 0 a 及び第 2 面光源 5 0 b から射出される露光光 E L のうち、レチクル R の照明領域 E R 1 内及びウエハ W の静止露光領域 E R 2 内の各周辺点 P 2 a , P 2 b , P 3 a , P 3 b に向けて射出される露光光 E L、即ち、レチクルブラインド 3 3 の開口部 3 4 の周辺点 P 2 , P 3 に達する露光光 E L は、各々が対応する遮光部 5 6 , 5 7 を構成する各遮光ユニット 5 5 によって高効率に遮光される。すなわち、本実施形態の遮光装置 3 2 によれば、第 1 瞳強度分布 5 1 の第 1 面光源 5 1 a 及び第 2 面光源 5 1 b の光強度が維持されつつ、第 2 瞳強度分布 5 2 の第 1 面光源 5 2 a 及び第 2 面光源 5 2 b の光強度が減光される。その結果、補正フィルタ 2 4 によって生じた第 2 瞳強度分布 5 2 の各面光源 5 2 a , 5 2 b , 5 2 c , 5 2 d での光強度のばらつきが相殺されるため、第 1 瞳強度分布 5 1 と第 2 瞳強度分布 5 2 とをほぼ同一性状の分布に調整することが可能となっている。

【 0 0 5 1 】

また、図 1 3 (a) 及び図 1 4 (a) に示すように、本実施形態の遮光装置 3 2 では、第 1 遮光部 5 6 を構成する 3 つの遮光ユニット 5 5 のうち、Z 軸方向で真ん中に位置する遮光ユニット 5 5 が、第 1 面光源 5 0 a の略中央に位置する点光源 4 9 a と、該点光源 4 9 a が - Z 方向に隣り合う点光源 4 9 b との間の中点 M 1 に対して、照明光学系 1 3 の光軸方向で対向する位置に配置されている。この場合、該点光源 4 9 a から Z 軸方向両側に広がるように放射状に射出された露光光 E L のうち、該点光源 4 9 a から照明光学系 1 3 の光軸方向に延びる軸線 6 7 の近傍を Y 軸方向に沿って略平行に延びる露光光 E L は、遮光ユニット 5 5 間の隙間を通過した後、第 1 コンデンサ光学系 3 1 に到達する。一方、同点光源 4 9 a から射出される露光光 E L のうち、同軸線 6 7 から離間するように Z 軸方向両側に拡がりつつ Y 軸方向に延びる露光光 E L は、同点光源 4 9 a に対して Z 軸方向両側斜方に配置された遮光ユニット 5 5 により遮断されるため、第 1 コンデンサ光学系 3 1 に到達することはない。

【 0 0 5 2 】

ここで、図 1 3 (b) 及び図 1 4 (b) に示すように、遮光装置 3 2 が、第 1 遮光部 5 6 を構成する 3 つの遮光ユニット 5 5 のうち、Z 軸方向で真ん中に位置する遮光ユニット 5 5 を変位させたとする。具体的には、同遮光ユニット 5 5 を構成する 3 つの遮光部材 5 8 a , 5 8 b , 5 8 c のうち、Y 軸方向で真ん中に位置する第 2 遮光部材 5 8 b を + Z 方向に移動させると共に、+ Y 方向側 (第 1 コンデンサ光学系 3 1 側) に位置する第 3 遮光部材 5 8 c を、第 1 面光源 5 0 a の略中央に位置する点光源 4 9 a に対して照明光学系 1 3 の光軸方向で対向する位置まで、第 2 遮光部材 5 8 b よりも更に大きく + Z 方向に移動させたとする。この場合、該点光源 4 9 a から Z 軸方向両側に広がるように放射状に射出される露光光 E L のうち、同点光源 4 9 a から照明光学系 1 3 の光軸方向に延びる軸線 6 7 から離間するように - Z 方向側に拡がりつつ Y 軸方向に延びる露光光 E L は、遮光ユニット 5 5 の移動前の状態 (即ち、図 1 4 (a) に示す状態) と同様に、該遮光ユニット 5 5 を構成する 3 つの遮光部材 5 8 a , 5 8 b , 5 8 c のうち、同点光源 4 9 a に対して - Z 方向側斜方に配置された第 2 遮光部材 5 8 b により遮断されるため、第 1 コンデンサ光学系 3 1 に到達することはない。また、同点光源 4 9 a から同軸線 6 7 の近傍を Y 軸方向

に沿って略平行に延びる露光光 E L は、遮光ユニット 5 5 の移動前の状態と比較して、該遮光ユニット 5 5 を構成する 3 つの遮光部材 5 8 a , 5 8 b , 5 8 c のうち、同点光源 4 9 a に対して照明光学系 1 3 の光軸方向で重畳するように配置された第 2 遮光部材 5 8 b 及び第 3 遮光部材 5 8 c による遮光量が増大する。すなわち、遮光ユニット 5 5 は、第 1 面光源 5 0 a の略中央に位置する点光源 4 9 a に対して、照明光学系 1 3 の光軸方向で重畳する領域の大きさを変化させるように、Z 軸方向に沿ってそれぞれ相対移動することにより、該点光源 4 9 a から射出される露光光 E L が第 1 コンデンサ光学系 3 1 に入射する比率を変化させるようになっている。

【 0 0 5 3 】

また同様に、図 1 5 (a) に示すように、遮光ユニット 5 5 を構成する 3 つの遮光部材 5 8 a , 5 8 b , 5 8 c が、第 1 面光源 5 0 a の略中央に位置する点光源 4 9 a と、該点光源 4 9 a が - Z 方向に隣り合う点光源 4 9 b との間の中点 M 1 に対して、照明光学系 1 3 の光軸方向で対向する位置に Z 軸方向に沿うように配置されているとする。この状態から、同遮光ユニット 5 5 を構成する 3 つの遮光部材 5 8 a , 5 8 b , 5 8 c のうち、Y 軸方向で真ん中に位置する第 2 遮光部材 5 8 b を、照明光学系 1 3 の光軸 A X に対して平行に延びる軸線 6 8 を中心として + y 方向に回動させると共に、+ Y 方向側 (第 1 コンデンサ光学系 3 1 側) に位置する第 3 遮光部材 5 8 c を、第 2 遮光部材 5 8 b よりも更に大きく + y 方向に回動させたとする (図 1 5 (b) 参照) 。この場合、第 2 遮光部材 5 8 b 及び第 3 遮光部材 5 8 c は、その長手方向の略中央部が、同点光源 4 9 a に対して照明光学系 1 3 の光軸方向で対向するように、X 軸方向に対して傾斜して配置される。すな
20

わち、遮光ユニット 5 5 は、第 1 面光源 5 0 a の略中央に位置する点光源 4 9 a に対して、照明光学系 1 3 の光軸方向で重畳する領域の大きさを変化させるように、第 2 遮光部材 5 8 b 及び第 3 遮光部材 5 8 c を Y 軸方向と平行な軸線 6 8 を中心に相対回動させることにより、該点光源 4 9 a から射出される露光光 E L が第 1 コンデンサ光学系 3 1 に入射する比率を変化させるようになっている。

【 0 0 5 4 】

また同様に、図 1 6 (a) に示すように、遮光ユニット 5 5 を構成する 3 つの遮光部材 5 8 a , 5 8 b , 5 8 c が、第 1 面光源 5 0 a の略中央に位置する点光源 4 9 a と、該点光源 4 9 a が + Z 方向に隣り合う点光源 4 9 c との間の中点 M 2 に対して、照明光学系 1 3 の光軸方向で対向する位置に、Z 軸方向に対して傾斜して配置されているとする。こ
30

の状態から、同遮光ユニット 5 5 を構成する 3 つの遮光部材 5 8 a , 5 8 b , 5 8 c のうち、Y 軸方向で真ん中に位置する第 2 遮光部材 5 8 b を + X 方向に移動させると共に、+ Y 方向側 (第 1 コンデンサ光学系 3 1 側) に位置する第 3 遮光部材 5 8 c を、第 2 遮光部材 5 8 b よりも更に大きく + X 方向に移動させたとする (図 1 6 (b) 参照) 。この場合、第 2 遮光部材 5 8 b 及び第 3 遮光部材 5 8 c は、その長手方向の略中央部が、同点光源 4 9 a に対して照明光学系 1 3 の光軸方向で対向する位置に配置される。すなわち、遮光ユニット 5 5 は、第 1 面光源 5 0 a の略中央に位置する点光源 4 9 a に対して、照明光学系 1 3 の光軸方向で重畳する領域の大きさを変化させるように、第 2 遮光部材 5 8 b 及び第 3 遮光部材 5 8 c を X 軸方向に相対移動させることにより、該点光源 4 9 a から射出される露光光 E L が第 1 コンデンサ光学系 3 1 に入射する比率を変化させるようになっ
40

ている。

【 0 0 5 5 】

なお、遮光装置 3 2 は、第 1 面光源 5 0 a を構成する他の点光源 4 9 に対しても同様に、それらの点光源 4 9 に対して照明光学系 1 3 の光軸方向で重畳する領域の大きさを変化させるように、第 1 遮光部 5 6 を構成する各遮光ユニット 5 5 を X 軸方向、Z 軸方向、及び y 方向に変位させることにより、それらの点光源 4 9 から射出される露光光 E L が第 1 コンデンサ光学系 3 1 に入射する比率を変化させるようになっている。すなわち、遮光装置 3 2 は、第 1 遮光部 5 6 を構成する各遮光ユニット 5 5 を X 軸方向、Z 軸方向、及び y 方向にそれぞれ変位させることにより、第 1 面光源 5 0 a から射出される露光光 E L に対する遮光量を調整することが可能となっている。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 6 】

ところで、露光装置 1 1 の駆動時には、照明光学系 1 3 を構成する光学素子の光学特性に変化が生じる等の要因により、二次光源 3 0 の各面光源 5 0 a , 5 0 b , 5 0 c , 5 0 d から射出される露光光 E L の光強度が予め設定した値からずれることが有り得る。ここで、第 1 面光源 5 0 a から射出される露光光 E L の光強度が予め想定した値よりも大きかったと仮定すると、照明領域 E R 1 内及び静止露光領域 E R 2 内の中心点 P 1 a , P 1 b に対応する第 1 瞳強度分布 5 1 の第 1 面光源 5 1 a と、照明領域 E R 1 内及び静止露光領域 E R 2 内の周辺点 P 2 a , P 2 b , P 3 a , P 3 b に対応する第 2 瞳強度分布 5 2 の第 1 面光源 5 2 a とでは、光強度の増大量が相違する。そのため、第 1 瞳強度分布 5 1 及び第 2 瞳強度分布 5 2 の性状がばらつくことにより、ウエハ W の被照射面 W a において形成されるパターンの線幅にばらつきを生じる虞があった。

10

【 0 0 5 7 】

この点、本実施形態の露光装置 1 1 では、瞳強度分布計測装置 4 0 によって、静止露光領域 E R 2 内の点毎の光強度がそれぞれ計測される。ここでは、静止露光領域 E R 2 内の中心点 P 1 b 及び周辺点 P 2 b , P 3 b に入射する露光光 E L によって照明瞳面 2 9 上に形成される第 1 瞳強度分布 5 1 及び第 2 瞳強度分布 5 2 がそれぞれ計測される。そして、制御装置 6 4 は、瞳強度分布計測装置 4 0 によって、両瞳強度分布 5 1 , 5 2 の第 1 面光源 5 1 a , 5 2 a の光強度が予め想定していた値よりも大きいことがそれぞれ検出された場合には、その旨を表示装置 6 6 に出力して表示させる。そして、操作者は、表示装置 6 6 の表示結果に基づき、入力装置 6 5 を介して遮光ユニット 5 5 に関する各種条件を設定

20

【 0 0 5 8 】

具体的には、各遮光ユニット 5 5 が、第 1 面光源 5 0 a を構成する各点光源 4 9 に対して、照明光学系 1 3 の光軸方向で重畳する領域を増大させるように変位した場合には、第 1 面光源 5 0 a から射出される露光光 E L のうち、静止露光領域 E R 2 内の中心点 P 1 b に入射する露光光 E L は、各遮光ユニット 5 5 による減光量が増大する。また、各遮光ユニット 5 5 が、第 1 面光源 5 0 a を構成する各点光源 4 9 の中間点に対して、照明光学系 1 3 の光軸方向で重畳する領域を増大させるように変位した場合には、第 1 面光源 5 0 a から射出される露光光 E L のうち、静止露光領域 E R 2 内の各周辺点 P 2 b , P 3 b に入射する露光光 E L は、各遮光ユニット 5 5 による減光量が増大する。すなわち、中心点 P 1 b に対応する第 1 瞳強度分布 5 1 の第 1 面光源 5 1 a の光強度と、周辺点 P 2 b , P 3 b に対応する第 2 瞳強度分布 5 2 の第 1 面光源 5 2 a の光強度とは、各遮光ユニット 5 5 が変位した際の変化量が相違する。

30

【 0 0 5 9 】

そのため、操作者は、瞳強度分布計測装置 4 0 の計測結果を確認しつつ、各遮光ユニット 5 5 をそれぞれ変位させることにより、各瞳強度分布 5 1 , 5 2 の性状のばらつきを相殺するように、各瞳強度分布 5 1 , 5 2 の第 1 面光源 5 1 a , 5 2 a の光強度を調整することができる。すなわち、第 1 面光源 5 1 a から静止露光領域 E R 2 内の中心点 P 1 b に入射する露光光 E L の光強度の変化量と、第 1 面光源 5 2 a から静止露光領域 E R 2 内の各周辺点 P 2 b , P 3 b に入射する露光光 E L の光強度の変化量との差を相殺するように、露光光 E L に対する減光量を調整することができる。したがって、この状態で露光処理が実行されると、ウエハ W 上の静止露光領域 E R 2 内の各点 P 1 b , P 2 b , P 3 b に対応する各瞳強度分布 5 1 , 5 2 がほぼ同一性状であるため、ウエハ W の被照射面 W a に形成されるパターンの線幅にばらつきを生じることが抑制される。

40

【 0 0 6 0 】

50

すなわち、本実施形態では、照明瞳面29上の各面光源50a, 50b, 50c, 50dから射出される露光光ELの光強度が予め想定していた値からずれている場合であっても、各遮光ユニット55を露光光ELの光路内で変位させることにより、静止露光領域ER2内の各点P1b, P2b, P3bに対応する各瞳強度分布51, 52の性状を簡便に調整することができる。また、本実施形態では、遮光ユニット55を構成する各遮光部材58a, 58b, 58cを個別に変位させることにより、遮光ユニット55を構成する全ての遮光部材58a, 58b, 58cを一律に変位させる場合と比較して、静止露光領域ER2内の各点P1b, P2b, P3bに対応する各瞳強度分布51, 52の性状をより精密に調整することができる。

【0061】

したがって、本実施形態では、以下に示す効果を得ることができる。

(1)本実施形態では、光源装置12から射出される露光光ELが、遮光ユニット55によって遮光される遮光量は、遮光ユニット55に対して入射する際の入射角に依存して相違する。そのため、遮光ユニット55を露光光ELの光路内で変位させることによって、光源装置12から射出される露光光ELに対する遮光ユニット55の遮光量の変化量は、静止露光領域ER2の位置毎に相違する。したがって、変位機構59は、遮光ユニット55を光路内で変位させることによって、静止露光領域ER2の位置毎における光強度分布(即ち、瞳強度分布51, 52)を独立的に調整することができ、結果として、各点における光強度を互いに略同一性状の分布に調整することが可能となる。

【0062】

(2)本実施形態では、オブティカルインテグレータ28よりも光源装置12側において、ウエハWの被照射面Waと光学的に共役な位置には、ウエハW上の静止露光領域ER2内の各点P1b, P2b, P3bに対応する瞳強度分布51, 52を一律に調整するための補正フィルタ24が設けられている。そして、静止露光領域ER2内の各点P1b, P2b, P3bに対応する各瞳強度分布51, 52は、補正フィルタ24と遮光ユニット55との協働作用によって、それぞれほぼ均一となるように調整される。そのため、露光光ELの光路内に補正フィルタ24を配置しない場合に比して、静止露光領域ER2内の各点P1b, P2b, P3bに対応する各瞳強度分布51, 52をより精密に調整することができる。したがって、レチクルRの回路パターンに応じた適切な照明条件に基づいてウエハWに対する露光処理を行うことができ、結果として、ウエハWの全体に亘って所望の線幅のパターンを忠実に形成することができる。

【0063】

(3)本実施形態では、変位機構59は、二次光源30を構成する各点光源49に対して、照明光学系13の光軸方向で重畳する領域の大きさを变化させるように、各点光源49から射出される露光光ELの光路内にて、各遮光ユニット55をX軸方向、Z軸方向、及びy方向に変位させる。そのため、変位機構59は、それらの点光源49から射出される露光光ELのうち、静止露光領域ER2の中心点P1bに向けて照明光学系13の光軸AXと平行に射出される露光光EL、及び、静止露光領域ER2の周辺点P2b, P3bに向けて照明光学系13の光軸AXに対して傾斜するように射出された露光光ELに対して、各遮光ユニット55による遮光量を個別に調整することができる。すなわち、変位機構59は、露光光ELの光路内で各遮光ユニット55を変位させることにより、静止露光領域ER2の位置毎における光強度分布を独立的に調整することができ、結果として、各点における光強度分布を互いに略同一性状の分布となるように簡便に調整することができる。

【0064】

(4)本実施形態では、変位機構59は、光源装置12から射出される露光光ELの光路内にて、遮光ユニット55を構成する各遮光部材58a, 58b, 58cを個別に変位させる。そのため、遮光ユニット55を構成する全ての遮光部材58a, 58b, 58cを一律に変位させる場合と比較して、静止露光領域ER2内の各点P1b, P2b, P3bに対応する各瞳強度分布51, 52の性状をより精密に調整することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 5 】

(5) 本実施形態では、各遮光ユニット 5 5 は、照明瞳面 2 9 の近傍にそれぞれ配置されている。そのため、各遮光ユニット 5 5 を露光光 E L の光路内でそれぞれ変位させることにより、静止露光領域 E R 2 の各点 P 1 b , P 2 b , P 3 b に対応する各瞳強度分布 5 1 , 5 2 を、所望の性状の分布となるようにそれぞれ調整することができる。

【 0 0 6 6 】

(第 2 の実施形態)

次に、本発明の第 2 の実施形態を図 1 7 ~ 図 1 9 に基づき説明する。なお、第 2 の実施形態は、遮光装置を構成する各遮光ユニットが、二次光源を構成する各点光源に対して、照明光学系の光軸方向で重畳する領域の大きさを変化させることなく、露光光の光路内で変位する点が第 1 の実施形態と異なっている。したがって、以下の説明においては、第 1 の実施形態と相違する部分について主に説明するものとし、第 1 の実施形態と同一又は相当する構成には同一符号を付して重複説明を省略するものとする。

【 0 0 6 7 】

図 1 7 (a) に示すように、本実施形態の遮光装置 3 2 では、第 1 遮光部 5 6 を構成する 3 つの遮光ユニット 5 5 が、第 1 面光源 5 0 a を構成する各点光源 4 9 の中間点に対して、照明光学系 1 3 の光軸方向で対向する位置に配置されている。この場合、第 1 面光源 5 0 a の略中央に位置する点光源 4 9 a から Z 軸方向両側に拡がるように放射状に射出される露光光 E L のうち、該点光源 4 9 a から照明光学系 1 3 の光軸方向に延びる軸線 6 7 の近傍を Y 軸方向に沿って略平行に延びる露光光 E L は、遮光ユニット 5 5 間の隙間を通過した後、第 1 コンデンサ光学系 3 1 に到達する。一方、同軸線 6 7 から離間するように Z 軸方向両側に拡がりつつ Y 軸方向に延びる露光光 E L は、同点光源 4 9 a に対して Z 軸方向両側斜方に配置された遮光ユニット 5 5 により遮断されるため、第 1 コンデンサ光学系 3 1 に到達することはない。

【 0 0 6 8 】

ここで、図 1 7 (b) に示すように、遮光装置 3 2 が、第 1 遮光部 5 6 を構成する 3 つの遮光ユニット 5 5 のうち、+ Z 方向側に位置する遮光ユニット 5 5 を変位させたとする。具体的には、同遮光ユニット 5 5 を構成する 3 つの遮光部材 5 8 a , 5 8 b , 5 8 c のうち、Y 軸方向で真ん中に位置する第 2 遮光部材 5 8 b 、及び + Y 方向側 (第 1 コンデンサ光学系 3 1 側) に位置する第 3 遮光部材 5 8 c を、第 1 面光源 5 0 a を構成する各点光源 4 9 の中間点に対して照明光学系 1 3 の光軸方向で対向した状態を維持しつつ、同点光源 4 9 から離間するように照明光学系 1 3 の光軸に沿って + Y 方向にそれぞれ移動させたとする。この場合、点光源 4 9 a から Z 軸方向両側に拡がるように放射状に射出される露光光 E L のうち、該点光源 4 9 a から照明光学系 1 3 の光軸方向に延びる軸線 6 7 から離間するように + Z 方向に拡がりつつ Y 軸方向に延びる露光光 E L は、遮光ユニット 5 5 の移動前の状態 (即ち、図 1 7 (a) に示す状態) と比較して、該遮光ユニット 5 5 を構成する 3 つの遮光部材 5 8 a , 5 8 b , 5 8 c のうち、同点光源 4 9 a に対して + Z 方向側斜方に配置された第 2 遮光部材 5 8 b 及び第 3 遮光部材 5 8 c による遮光量が増大する。すなわち、遮光装置 3 2 は、第 1 面光源 5 0 a の略中央に位置する点光源 4 9 a に対して、照明光学系 1 3 の光軸方向での距離を変更するように、Y 軸方向に沿って遮光ユニット 5 5 を相対移動させることにより、該点光源 4 9 a から射出される露光光 E L が第 1 コンデンサ光学系 3 1 に入射する比率を変化させるようになっている。

【 0 0 6 9 】

また、図 1 8 (a) に示すように、本実施形態の遮光装置 3 2 では、第 1 遮光部 5 6 を構成する 3 つの遮光ユニット 5 5 は、該遮光ユニット 5 5 を構成する各遮光部材 5 8 a , 5 8 b , 5 8 c の長辺方向が第 1 面光源 5 0 a に対して平行となるように、照明光学系 1 3 の光軸方向で対向する位置に配置されている。この場合、図 1 8 (b) に示すように、第 1 面光源 5 0 a の略中央に位置する点光源 4 9 a から Z 軸方向両側に拡がるように放射状に射出される露光光 E L のうち、該点光源 4 9 a から照明光学系 1 3 の光軸方向に延びる軸線 6 7 の近傍を Y 軸方向に沿って略平行に延びる露光光 E L は、遮光ユニット 5 5 間

10

20

30

40

50

の隙間を通過した後、第1コンデンサ光学系31に到達する。一方、同軸線67から離間するようにZ軸方向両側に拡がりつつY軸方向に延びる露光光ELは、同点光源49aに対してZ軸方向両側斜方に配置された遮光ユニット55により遮断されるため、第1コンデンサ光学系31に到達することはない。

【0070】

ここで、図19(a)に示すように、遮光装置32が、第1遮光部56を構成する3つの遮光ユニット55のうち、+Z方向側に位置する遮光ユニット55を変位させたとする。具体的には、同遮光ユニット55を構成する3つの遮光部材58a, 58b, 58cのうち、+Y方向側(第1コンデンサ光学系31側)に位置する第3遮光部材58cを、照明光学系13の光軸AXと直交する軸線69を中心として+z方向に回動させたとする。この場合、該遮光部材58cは、同軸線69から照明光学系13の光軸AXに沿うY軸方向に張り出す寸法が大きくなる。その結果、図19(b)に示すように、第1面光源50aの略中央に位置する点光源49aからZ軸方向両側に拡がるように放射状に射出される露光光ELのうち、該点光源49aから照明光学系13の光軸方向に延びる軸線67から離間するように+Z方向側に拡がりつつY軸方向に延びる露光光ELは、遮光ユニット55の移動前の状態(即ち、図18(b)に示す状態)と比較して、該遮光ユニット55を構成する3つの遮光部材58a, 58b, 58cのうち、同点光源49aに対して+Z方向側斜方に配置された第3遮光部材58cによる遮光量が増大する。すなわち、遮光装置32は、照明光学系13の光軸方向に張り出す寸法を変更するように、遮光ユニット55をZ軸方向に沿う軸線69周りに回動させることにより、第1面光源50aの略中央に位置する点光源49aから射出される露光光ELが第1コンデンサ光学系31に入射する比率を変更するようになっている。なお、図19では、第3遮光部材58cを+z方向に90度だけ回動させた状態を図示しているが、第3遮光部材58cの回動角度は90度には限定されず任意の角度であっても良い。

【0071】

なお、遮光装置32は、第1面光源50aを構成する他の点光源49に対しても同様に、それらの点光源49に対して照明光学系13の光軸方向で重畳する領域の大きさを維持しつつ、第1遮光部56を構成する各遮光ユニット55をY軸方向及びz方向に変位させることにより、それらの点光源49から射出される露光光ELが第1コンデンサ光学系31に入射する比率を変化させるようになっている。すなわち、遮光装置32は、第1遮光部56を構成する各遮光ユニット55をY軸方向及びz方向に変位させることにより、第1面光源50aから射出される露光光ELに対する遮光量を調整することが可能となっている。

【0072】

したがって、本実施形態では、上記第1の実施形態の効果(1)、(2)、(4)、(5)に加えて以下に示す効果を得ることができる。

(6)本実施形態では、変位機構59は、二次光源30を構成する各点光源49に対して、照明光学系13の光軸方向で重畳する領域の大きさを変更させることなく、各点光源49から射出される露光光ELの光路内にて、Y軸方向及びz方向に各遮光ユニット55を変位させる。そのため、変位機構59は、それらの点光源49から射出される露光光ELのうち、静止露光領域ER2の中心点P1bに向けて照明光学系13の光軸AXと平行に射出される露光光ELに対する遮光量を維持しつつ、静止露光領域ER2の周辺点P2b, P3bに向けて照明光学系13の光軸AXに対して傾斜するように射出される露光光ELに対する遮光量を変化させるように、各遮光ユニット55を変位させることができる。すなわち、変位機構59は、露光光ELの光路内で各遮光ユニット55を変位させることにより、静止露光領域ER2の位置毎における光強度分布を独立的に調整することができ、結果として、各点における光強度分布を互いに略同一性状の分布となるように簡便に調整することができる。

【0073】

(第3の実施形態)

10

20

30

40

50

次に、本発明の第3の実施形態を図20及び図21に従って説明する。なお、第3の実施形態は、遮光装置を構成する各遮光ユニットが、補正フィルタによって補正される第3面光源及び第4面光源から射出される露光光の光路内に配置されている点が第1の実施形態及び第2の実施形態と異なっている。したがって、以下の説明においては、第1の実施形態及び第2の実施形態と相違する部分について主に説明するものとし、第1の実施形態及び第2の実施形態と同一又は相当する構成には同一符号を付して重複説明を省略するものとする。

【0074】

図20に示すように、本実施形態の遮光装置32は、オプティカルインテグレータ28と第1コンデンサ光学系31との間に設定される設定領域54内であって、且つ照明瞳面29と光学的に共役な位置に配置される複数（本実施形態では6つ）の遮光ユニット55を備えている。そして、これらの遮光ユニット55のうち、照明光学系13の光軸AXの+Z方向側に位置する3つの遮光ユニット55は、二次光源30の第3面光源50cから射出される露光光ELの光路内に位置するように、照明光学系13の光軸方向であるY軸方向と直交するX軸方向に沿って並列して配置されており、二次光源30の第3面光源50cから射出される露光光ELに対する遮光量を調整する第3遮光部70を構成している。また、これらの遮光ユニット55のうち、照明光学系13の光軸AXの-Z方向側に位置する3つの遮光ユニット55は、二次光源30の第4面光源50dから射出される露光光ELの光路内に位置するように、照明光学系13の光軸方向であるY軸方向と直交するZ軸方向に沿って並列して配置されており、二次光源30の第4面光源50dから射出される露光光ELに対する遮光量を調整する第4遮光部71を構成している。

【0075】

ここで、二次光源30の各面光源50a, 50b, 50c, 50dから射出される露光光ELのうち、第3面光源50cから射出される露光光ELの強度が予め想定していた値よりも大きかったと仮定する。この場合、本実施形態の遮光装置32は、照明瞳面29上の第3面光源50cから射出される露光光ELの光路内にて、第3遮光部70を構成する各遮光ユニット55を、X軸方向、Z軸方向、及びy方向にそれぞれ変位させる。そして、各遮光ユニット55がそれぞれ変位すると、瞳強度分布計測装置40によって計測される両瞳強度分布51, 52は、各遮光ユニット55の変位態様に応じて変化する。

【0076】

具体的には、変位機構59は、第3面光源50cを補正（減光）する補正フィルタ24上の遮光性ドット26に対して、照明光学系13の光軸方向で部分的に重畳する配置態様（図21(a)参照）である場合には、補正フィルタ24上の遮光性ドット26に対して重畳する領域を減少させるように、各遮光ユニット55を変位させる（図21(b)参照）。すると、各遮光ユニット55は、第3面光源50cを構成する各点光源49のうち、補正フィルタ24上の遮光性ドット26によって遮光された点光源49に対して照明光学系13の光軸方向で対向する領域が減少するとともに、補正フィルタ24上の遮光性ドット26によって遮光されていない点光源49に対して同方向で対向する領域が増大する。その結果、第3遮光部70を構成する各遮光ユニット55は、第3面光源50cから射出される露光光ELに対する遮光量が増大する。

【0077】

なお、オプティカルインテグレータ28の射出側に配置された遮光装置32と、オプティカルインテグレータ28の入射側に配置された補正フィルタ24とは、互いに光学的に共役な位置に配置されていない。しかしながら、本実施形態のオプティカルインテグレータ28は、入射した露光光ELに対する波面分割数が大きいいため、露光光ELが、補正フィルタ24の入射面内にて遮光性ドット26によって遮光される領域と、遮光装置32の入射面内にて各遮光ユニット55によって遮光される領域とは高い相関を示す。そのため、変位機構59は、補正フィルタ24上の遮光性ドット26に対して、照明光学系13の光軸方向で重畳する領域を変化させるように、各遮光ユニット55を変位させることにより、露光光ELに対する遮光量を調整することが可能となっている。

【 0 0 7 8 】

したがって、本実施形態では、上記第 1 の実施形態の効果 (1) ~ (5) に加えて以下に示す効果を得ることができる。

(7) 本実施形態では、変位機構 5 9 は、第 3 面光源 5 0 c を補正 (減光) する補正フィルタ 2 4 上の遮光性ドット 2 6 に対して、照明光学系 1 3 の光軸方向で重畳する領域の大きさを変化させるように、第 3 面光源 5 0 c から射出される露光光 E L の光路内にて、各遮光ユニット 5 5 を変位させる。そのため、第 3 面光源 5 0 c を構成する各点光源 4 9 のうち、補正フィルタ 2 4 上の遮光性ドット 2 6 によって遮光されていない点光源 4 9 に対して、照明光学系 1 3 の光軸方向で対向する領域が変化する。その結果、第 3 遮光部 7 0 を構成する各遮光ユニット 5 5 は、第 3 面光源 5 0 c から射出される露光光 E L に対する遮光量が増減する。したがって、変位機構 5 9 は、各遮光ユニット 5 5 の変位態様に依

10

【 0 0 7 9 】

なお、上記実施形態は、以下のような別の実施形態に変更してもよい。

・上記第 1 の実施形態において、変位機構 5 9 は、照明光学系 1 3 の光軸方向又は光軸と平行な方向から遮光ユニット 5 5 を見た場合に、該遮光ユニット 5 5 と二次光源 3 0 を構成する各点光源 4 9 との重畳する状態を変化させるように、各点光源 4 9 から射出される露光光 E L の光路内にて、該遮光ユニット 5 5 を変位させる構成としてもよい。例えば、遮光ユニット 5 5 と各点光源 4 9 とが重畳する領域の大きさを変化させるように、遮光

20

【 0 0 8 0 】

・上記各実施形態において、回折光学素子 1 9 は、4 極照明以外の他の分極照明用 (例えば、2 極照明用) の回折光学素子であってもよいし、輪帯照明用の回折光学素子であってもよいし、円形状の回折光学素子であってもよい。また、露光光 E L の形状を変形させることが可能な光学素子であれば、回折光学素子の代わりにアキシコレンズ対などの他の任意の光学素子を配置してもよい。

【 0 0 8 1 】

・上記各実施形態において、露光光 E L の照射態様を調整するための調整手段として、レチクル R の被照射面 R a に到達する露光光 E L の光強度や強度分布、レチクル R の被照射面 R a 上の照明領域 E R 1 の形状、レチクル R の被照射面 R a に到達する露光光 E L の偏光状態や偏光分布を調整可能な部材を配置してもよい。

30

【 0 0 8 2 】

・上記各実施形態において、補正フィルタ 2 4 は、オプティカルインテグレータ 2 8 の入射側にて、オプティカルインテグレータ 2 8 の入射面と光学的に共役な位置であれば任意の位置に配置してもよい。また、補正フィルタ 2 4 は、オプティカルインテグレータ 2 8 の入射面近傍に配置してもよい。

【 0 0 8 3 】

・上記各実施形態において、遮光装置 3 2 は、オプティカルインテグレータ 2 8 の射出側にて、オプティカルインテグレータ 2 8 の射出面と光学的に共役な位置であれば、任意の位置に配置してもよい。

40

【 0 0 8 4 】

・上記各実施形態において、遮光装置 3 2 は、遮光ユニット 5 5 を構成する遮光部材 5 8 a , 5 8 b , 5 8 c のうち、一部の遮光部材のみを変位可能な構成としてもよい。

・上記各実施形態において、遮光装置 3 2 は、遮光ユニット 5 5 を構成する遮光部材 5 8 a , 5 8 b , 5 8 c を単一の駆動源を用いて一律に駆動する構成としてもよい。

【 0 0 8 5 】

・上記各実施形態において、遮光装置 3 2 は、遮光ユニット 5 5 を構成する遮光部材 5 8 a , 5 8 b , 5 8 c を照明光学系 1 3 の光軸 A X と交差する方向に並列して配置してもよい。

50

【0086】

・上記各実施形態において、瞳強度分布計測装置40は、レチクルR上の被照射面Ra（又は、ウエハWの被照射面Wa）と光学的に共役な位置近傍であれば、任意の位置に配置してもよい。

【0087】

・上記各実施形態において、露光装置11は、半導体素子などのマイクロデバイスだけでなく、光露光装置、EUV露光装置、X線露光装置、及び電子線露光装置などで使用されるレチクルまたはマスクを製造するために、マザーレチクルからガラス基板やシリコンウエハなどへ回路パターンを転写する露光装置であってもよい。また、露光装置11は、液晶表示素子(LCD)などを含むディスプレイの製造に用いられてデバイスパターンをガラスプレート上へ転写する露光装置、薄膜磁気ヘッド等の製造に用いられて、デバイスパターンをセラミックウエハ等へ転写する露光装置、及びCCD等の撮像素子の製造に用いられる露光装置などであってもよい。

10

【0088】

・上記各実施形態において、露光装置11を、レチクルRとウエハWとが相対移動した状態でレチクルRのパターンをウエハWへ転写し、ウエハWを順次ステップ移動させるスキヤニング・ステッパに具体化してもよい。

【0089】

・上記各実施形態において、オプティカルインテグレータ28は、屈折率を有する単位波面分割面がZ方向及びX方向に沿って配列される1枚のマイクロフライアイレンズから構成されるものであってもよい。また、オプティカルインテグレータとして、複数のレンズ要素が配列されてなるフライアイレンズを用いてもよい。また、オプティカルインテグレータとして、複数のミラー面が配列されてなる一対のフライアイミラーであってもよい。また、オプティカルインテグレータとして、Y軸方向に沿って延びるロッドレンズであってもよい。

20

【0090】

・上記各実施形態において、露光装置11を、可変パターン生成器（例えば、DMD（Digital Mirror Device又はDigital Micro-mirror Device））を用いたマスクレス露光装置に具体化してもよい。

【0091】

・上記各実施形態において、光源装置12は、例えばg線（436nm）、i線（365nm）、KrFエキシマレーザ（248nm）、F₂レーザ（157nm）、Kr₂レーザ（146nm）、Ar₂レーザ（126nm）等を供給可能な光源であってもよい。また、光源装置12は、DFB半導体レーザまたはファイバレーザから発振される赤外域、または可視域の単一波長レーザ光を、例えばエルビウム（またはエルビウムとイッテルビウムの双方）がドーピングされたファイバアンプで増幅し、非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を供給可能な光源であってもよい。

30

【0092】

次に、本発明の実施形態の露光装置11によるデバイスの製造方法をリソグラフィ工程で使用したマイクロデバイスの製造方法の実施形態について説明する。図22は、マイクロデバイス（ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造例のフローチャートを示す図である。

40

【0093】

まず、ステップS101（設計ステップ）において、マイクロデバイスの機能・性能設計（例えば、半導体デバイスの回路設計等）を行い、その機能を実現するためのパターン設計を行う。引き続き、ステップS102（マスク製作ステップ）において、設計した回路パターンを形成したマスク（レチクルRなど）を製作する。一方、ステップS103（基板製造ステップ）において、シリコン、ガラス、セラミックス等の材料を用いて基板（シリコン材料を用いた場合にはウエハWとなる。）を製造する。

【0094】

50

次に、ステップS104（基板処理ステップ）において、ステップS101～ステップS104で用意したマスクと基板を使用して、後述するように、リソグラフィ技術等によって基板上に実際の回路等を形成する。次いで、ステップS105（デバイス組立ステップ）において、ステップS104で処理された基板を用いてデバイス組立を行う。このステップS105には、ダイシング工程、ボンディング工程、及びパッケージング工程（チップ封入）等の工程が必要に応じて含まれる。最後に、ステップS106（検査ステップ）において、ステップS105で作製されたマイクロデバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経た後にマイクロデバイスが完成し、これが出荷される。

【0095】

図23は、半導体デバイスの場合におけるステップS104の詳細工程の一例を示す図である。

ステップS111（酸化ステップ）においては、基板の表面を酸化させる。ステップS112（CVDステップ）においては、基板表面に絶縁膜を形成する。ステップS113（電極形成ステップ）においては、基板上に電極を蒸着によって形成する。ステップS114（イオン打込みステップ）においては、基板にイオンを打ち込む。以上のステップS111～ステップS114のそれぞれは、基板処理の各段階の前処理工程を構成しており、各段階において必要な処理に応じて選択されて実行される。

【0096】

基板プロセスの各段階において、上述の前処理工程が終了すると、以下のようにして後処理工程が実行される。この後処理工程では、まず、ステップS115（レジスト形成ステップ）において、基板に感光性材料を塗布する。引き続き、ステップS116（露光ステップ）において、上で説明したリソグラフィシステム（露光装置11）によってマスクの回路パターンを基板に転写する。次に、ステップS117（現像ステップ）において、ステップS116にて露光された基板を現像して、基板の表面に回路パターンからなるマスク層を形成する。さらに続いて、ステップS118（エッチングステップ）において、レジストが残存している部分以外の部分の露出部材をエッチングにより取り去る。そして、ステップS119（レジスト除去ステップ）において、エッチングが済んで不要となった感光性材料を取り除く。すなわち、ステップS118及びステップS119において、マスク層を介して基板の表面を加工する。これらの前処理工程と後処理工程とを繰り返すことによって、基板上に多重に回路パターンが形成される。

【図面の簡単な説明】

【0097】

【図1】第1の実施形態の露光装置を示す概略構成図。

【図2】補正フィルタを示す斜視図。

【図3】一対のマイクロフライアイレンズを模式的に示す斜視図。

【図4】照明瞳面に形成される点光源を示す模式図。

【図5】照明瞳面に形成される4極状の二次光源を示す模式図。

【図6】(a)はレチクル上に形成される照明領域を示す模式図、(b)はウエハ上に形成される静止露光領域を示す模式図。

【図7】静止露光領域内の中心点に入射する露光光によって形成される第1瞳強度分布を示す模式図。

【図8】静止露光領域内の周辺点に入射する露光光によって形成される第2瞳強度分布を示す模式図。

【図9】(a)は静止露光領域内の中心点に対応する第1瞳強度分布のZ軸方向に沿った光強度を示すグラフ、(b)は静止露光領域内の周辺点に対応する第2瞳強度分布のZ軸方向に沿った光強度を示すグラフ。

【図10】(a)は第1の実施形態の遮光装置を示す概略側面図、(b)は第1の実施形態の遮光装置を示す概略正面図。

【図11】第1の実施形態の制御措置を示すブロック図。

10

20

30

40

50

【図12】(a)は静止露光領域内の中心点に入射する露光光に対する遮光ユニットの作用を示す模式図、(b)は静止露光領域内の周辺点に入射する露光光に対する遮光ユニットの作用を示す模式図。

【図13】(a)は遮光ユニットが第1面光源を構成する点光源の中間点に対して光軸方向で対向して配置された状態を示す模式図、(b)は(a)に示す状態から遮光ユニットが第1面光源に対して+Z方向に相対移動した状態を示す模式図。

【図14】(a)は第1面光源から射出される露光光に対する図13(a)に示す状態の遮光ユニットの作用を示す模式図、(b)は第1面光源から射出される露光光に対する図13(b)に示す状態の遮光ユニットの作用を示す模式図。

【図15】(a)は遮光ユニットが第1面光源を構成する点光源の中間点に対して光軸方向で対向して配置された状態を示す模式図、(b)は(a)に示す状態から遮光ユニットが第1面光源に対して+y方向に相対回動した状態を示す模式図。

【図16】(a)は遮光ユニットが第1面光源を構成する点光源の中間点に対して光軸方向で対向して配置された状態を示す模式図、(b)は(a)に示す状態から遮光ユニットが第1面光源に対して+X方向に相対移動した状態を示す模式図。

【図17】(a)は第1面光源を構成する点光源の中間点に対して光軸方向で対向して配置された状態の遮光ユニットの露光光に対する作用を示す模式図、(b)は(a)に示す状態から第1面光源に対して+Y方向に相対移動した状態の遮光ユニットの露光光に対する作用を示す模式図。

【図18】(a)は第1面光源に対する遮光ユニットの配置態様を示す概略平面図、(b)は(a)に示す状態の遮光ユニットの露光光に対する作用を示す模式図。

【図19】(a)は図18(a)に示す状態から第1面光源に対して+z方向に相対回動した状態の遮光ユニットの第1面光源に対する配置態様を示す概略平面図、(b)は、(a)に示す状態の遮光ユニットの露光光に対する作用を示す模式図。

【図20】第3の実施形態の遮光装置を示す概略構成図。

【図21】(a)は補正フィルタの遮光性ドットと遮光ユニットとが光軸方向で部分的に重畳した状態を示す模式図、(b)は補正フィルタの遮光性ドットと遮光ユニットとが光軸方向で重畳していない状態を示す模式図。

【図22】デバイスの製造例のフローチャート。

【図23】半導体デバイスの場合の基板処理に関する詳細なフローチャート。

【符号の説明】

【0098】

11...露光装置、12...光源としての光源装置、13...照明光学系、15...投影光学系、19...調整部材としての回折光学素子、26...第2の遮光部材としての遮光性ドット、28...オブティカルインテグレータ、40...計測部材としての瞳強度分布計測装置、47c, 47d, 48c, 48d...レンズ面としてのシリンドリカルレンズ面、55...第1の遮光部材としての遮光ユニット、58a, 58b, 58c, 58d...単位ユニットとしての遮光部材、59...変位機構、68...照明光学系の光軸と平行な軸線、69...照明光学系の光軸と交差する軸線、AX...光軸、EL...光としての露光光、Ra...被照射面、W...感光性基板としてのウエハ。

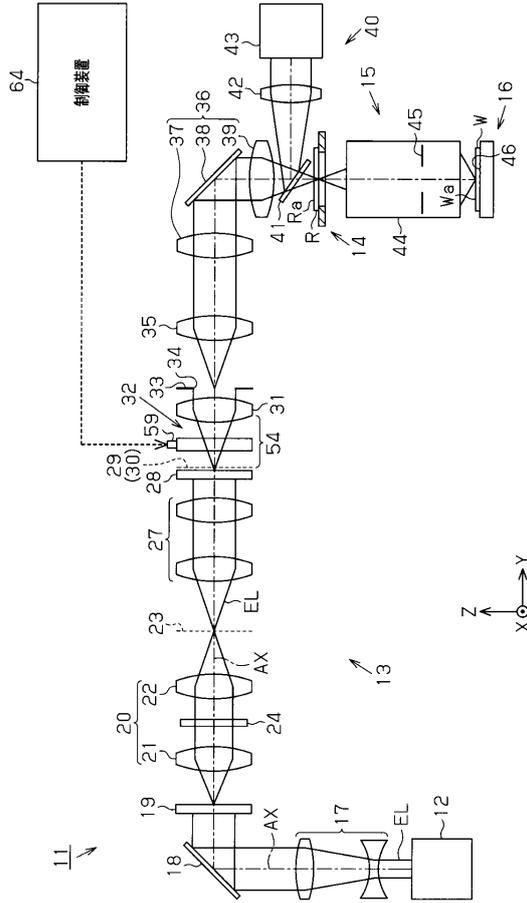
10

20

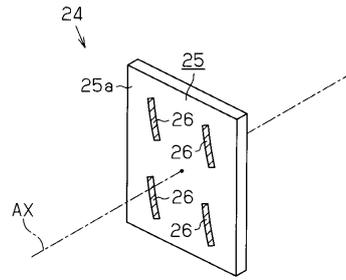
30

40

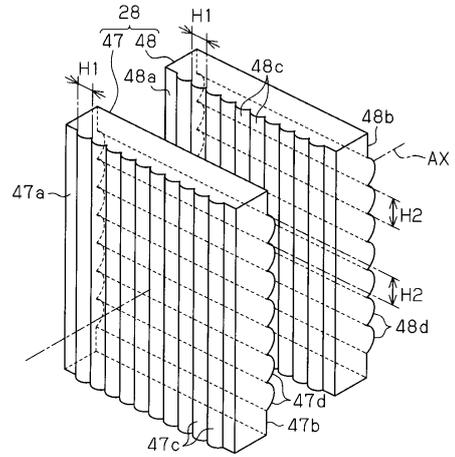
【図1】



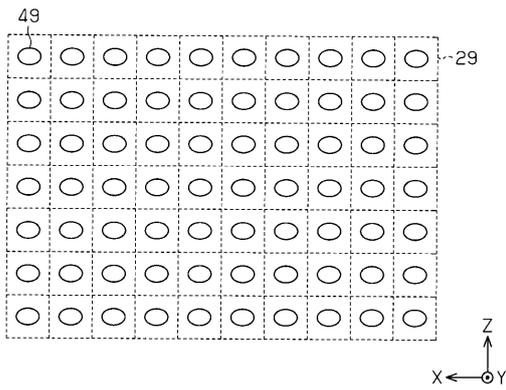
【図2】



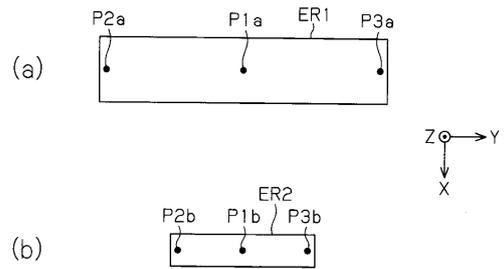
【図3】



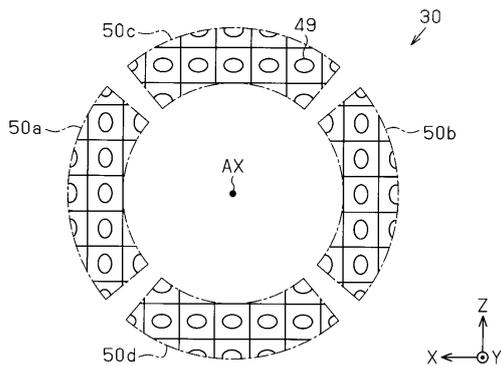
【図4】



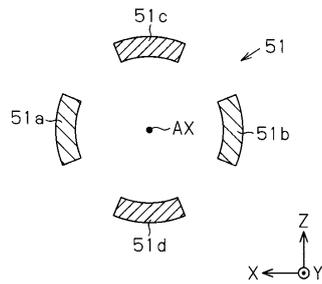
【図6】



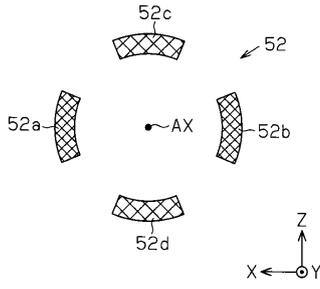
【図5】



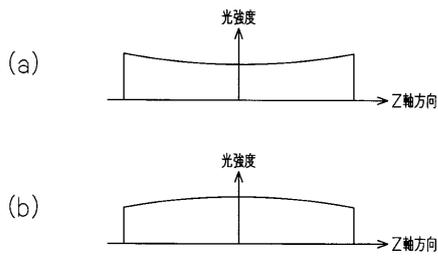
【図7】



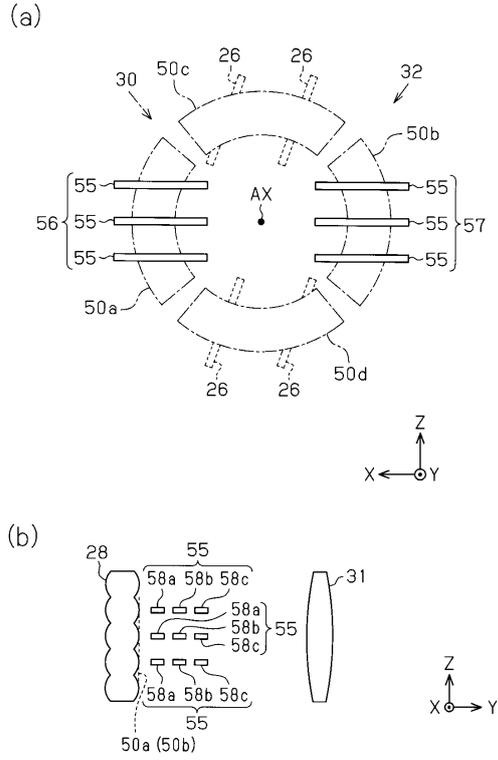
【図8】



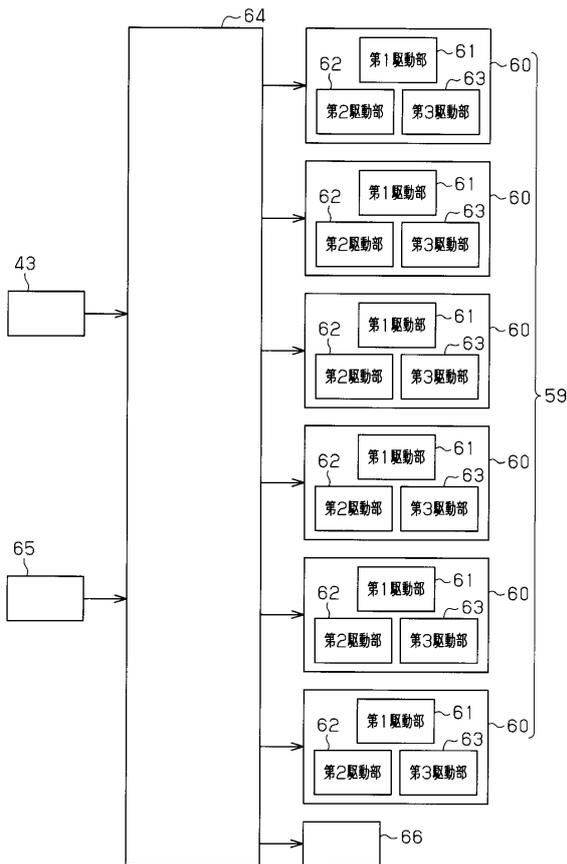
【図9】



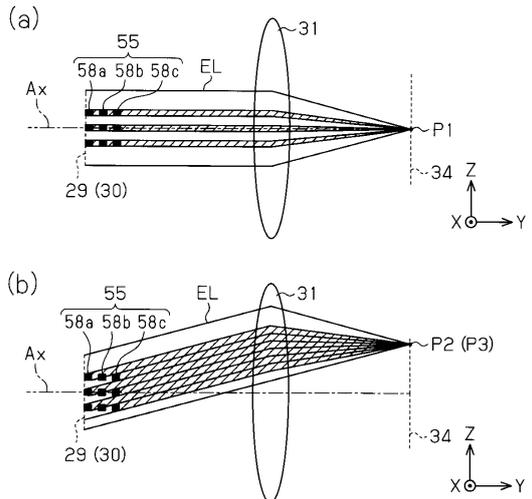
【図10】



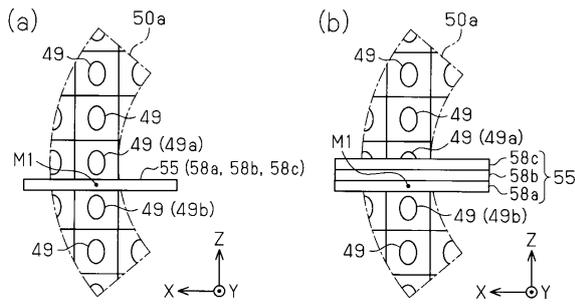
【図11】



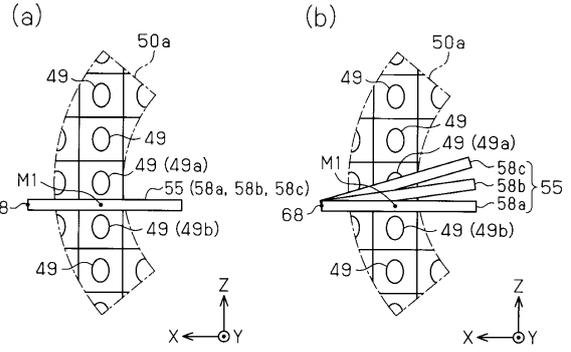
【図12】



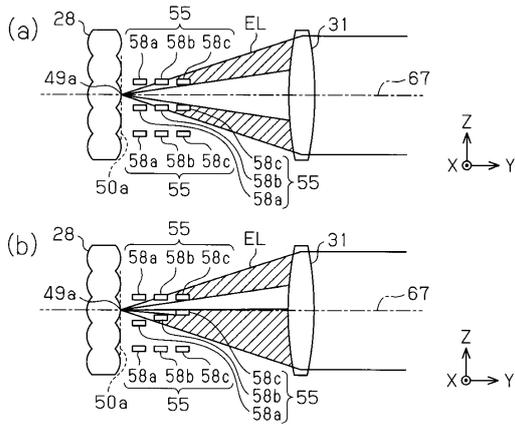
【 図 1 3 】



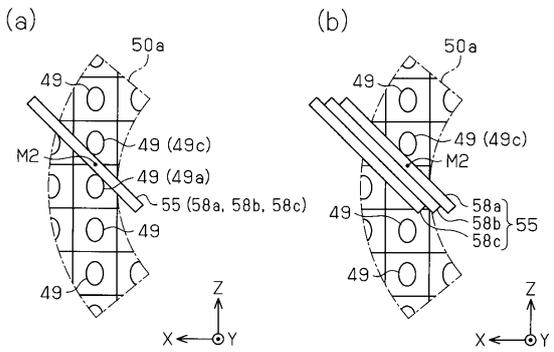
【 図 1 5 】



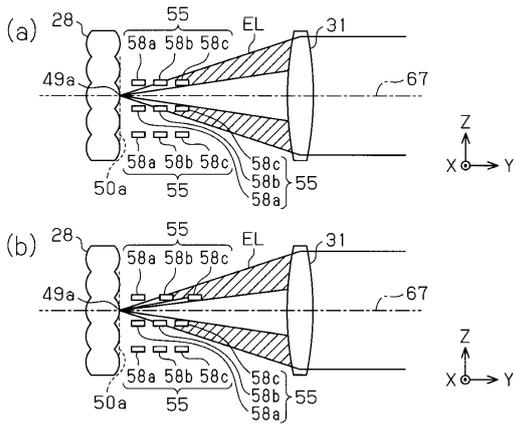
【 図 1 4 】



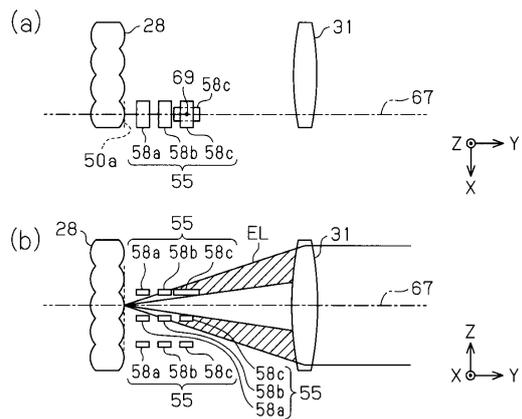
【 図 1 6 】



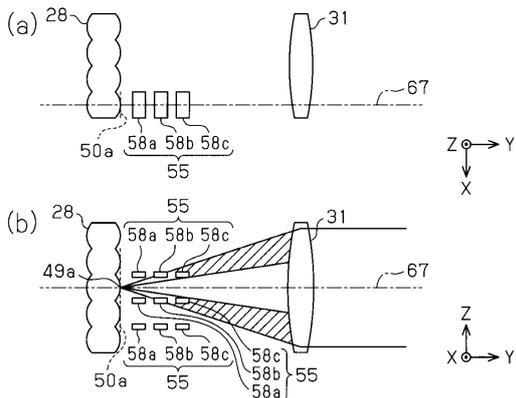
【 図 1 7 】



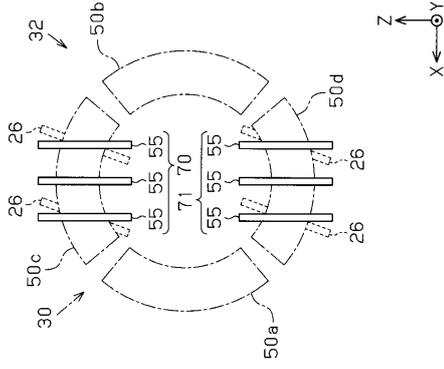
【 図 1 9 】



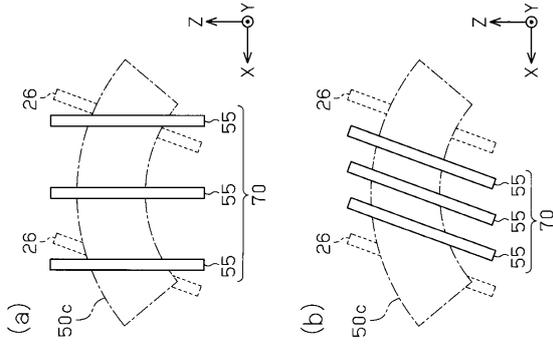
【 図 1 8 】



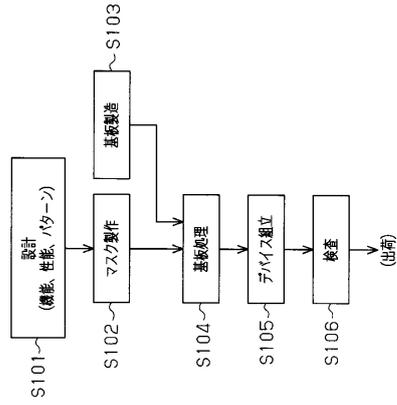
【図20】



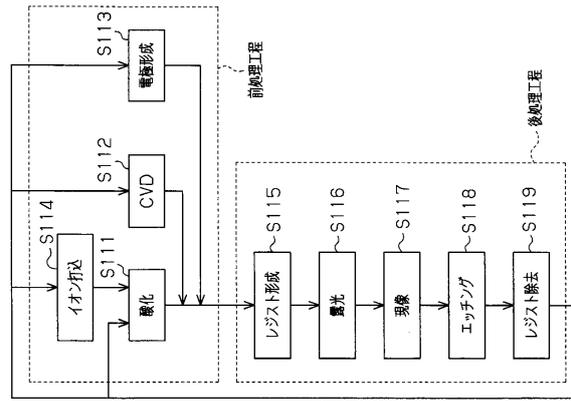
【図21】



【図22】



【図23】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2006-140393(JP,A)
特開2002-184676(JP,A)
特開2003-243276(JP,A)
特開2008-160072(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027
G02B 19/00
G03F 7/20