

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02010/024106

発行日 平成24年1月26日 (2012. 1. 26)

(43) 国際公開日 平成22年3月4日 (2010. 3. 4)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
 HO 1 L 21/027 (2006.01) HO 1 L 21/30 5 1 5 D 5 F 0 4 6

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 31 頁)

出願番号 特願2010-526640 (P2010-526640)
 (21) 国際出願番号 PCT/JP2009/063992
 (22) 国際出願日 平成21年8月7日 (2009. 8. 7)
 (31) 優先権主張番号 61/136, 338
 (32) 優先日 平成20年8月28日 (2008. 8. 28)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

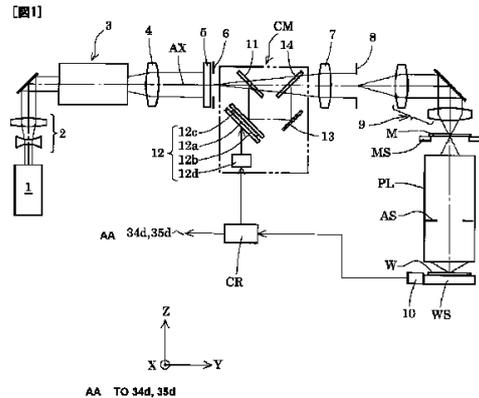
(71) 出願人 000004112
 株式会社ニコン
 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
 (74) 代理人 100095256
 弁理士 山口 孝雄
 (72) 発明者 谷津 修
 東京都千代田区有楽町一丁目12番1号
 株式会社ニコン内
 Fターム(参考) 5F046 CB05 CB08 CB23

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 照明光学系、露光装置、およびデバイス製造方法

(57) 【要約】

被照射面上の各点での瞳強度分布をそれぞれほぼ均一に調整する。光源(1)からの光に基づいて被照射面(M; W)を照明する照明光学系は、照明光学系の照明瞳に瞳強度分布を形成する分布形成光学系(3, 4, 5)と、瞳強度分布を補正するために、照明瞳の位置またはその近傍の位置、あるいは照明瞳と光学的に共役な位置またはその近傍の位置に配置されて、光の入射位置に応じて当該光の射出方向を変化させる補正部(12)とを備えている。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

光源からの光に基づいて被照射面を照明する照明光学系において、

前記照明光学系の照明瞳に瞳強度分布を形成する分布形成光学系と、

前記瞳強度分布を補正するために、前記照明瞳の位置またはその近傍の位置、あるいは前記照明瞳と光学的に共役な位置またはその近傍の位置に配置されて、光の入射位置に応じて当該光の射出方向を変化させる補正部とを備えていることを特徴とする照明光学系。

【請求項 2】

前記補正部は、前記光の射出方向を能動的に変更することを特徴とする請求項 1 に記載の照明光学系。

【請求項 3】

前記補正部は、二次元的に配列されて個別に制御される複数の光学要素を有する空間光変調器を備えていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の照明光学系。

【請求項 4】

前記空間光変調器は、二次元的に配列された複数のミラー要素と、該複数のミラー要素の姿勢を個別に制御駆動する駆動部とを有することを特徴とする請求項 3 に記載の照明光学系。

【請求項 5】

前記駆動部は、前記複数のミラー要素の向きを連続的または離散的に変化させることを特徴とする請求項 4 に記載の照明光学系。

【請求項 6】

前記空間光変調器は、二次元的に配列された複数の可変頂角プリズムと、該複数の可変頂角プリズムの頂角を個別に制御駆動する駆動部とを有することを特徴とする請求項 3 に記載の照明光学系。

【請求項 7】

前記補正部は、局所的に変形可能な反射面を有することを特徴とする請求項 1 に記載の照明光学系。

【請求項 8】

前記補正部は、局所的に変形可能な屈折面を有することを特徴とする請求項 1 に記載の照明光学系。

【請求項 9】

前記被照射面上での照度分布または前記被照射面上に形成される照明領域の形状を変更する光量分布調整部をさらに備え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系。

【請求項 10】

前記光量分布調整部は、前記補正部による前記被照射面上の光量分布への影響を補正することを特徴とする請求項 9 に記載の照明光学系。

【請求項 11】

前記被照射面と光学的に共役な面を形成する投影光学系と組み合わせて用いられ、前記照明瞳は前記投影光学系の開口絞りと光学的に共役な位置であることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の照明光学系。

【請求項 12】

所定のパターンを照明するための請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の照明光学系を備え、前記所定の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。

【請求項 13】

前記所定のパターンの像を前記感光性基板上に形成する投影光学系を備えていることを特徴とする請求項 12 に記載の露光装置。

【請求項 14】

前記投影光学系を介した光に基づいて前記投影光学系の瞳面における瞳強度分布を計測する計測部と、

10

20

30

40

50

前記瞳強度分布を所要の分布に調整するために、前記計測部の計測結果に基づいて前記補正部を制御する制御部とをさらに備えていることを特徴とする請求項 1 3 に記載の露光装置。

【請求項 1 5】

請求項 1 2 乃至 1 4 のいずれか 1 項に記載の露光装置を用いて、前記所定のパターンを前記感光性基板に露光する露光工程と、

前記所定のパターンが転写された前記感光性基板を現像し、前記所定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現像工程と、

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加工工程とを含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、照明光学系、露光装置、およびデバイス製造方法に関する。さらに詳細には、本発明は、例えば半導体素子、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系に関するものである。

【背景技術】

【0002】

この種の典型的な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ト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（一般には照明瞳における所定の光強度分布）を形成する。以下、照明瞳での光強度分布を、「瞳強度分布」という。また、照明瞳とは、照明瞳と被照射面（露光装置の場合にはマスクまたはウェハ）との間の光学系の作用によって、被照射面が照明瞳のフーリエ変換面となるような位置として定義される。

【0003】

二次光源からの光は、コンデンサー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。マスクを透過した光は投影光学系を介してウェハ上に結像し、ウェハ上にはマスクパターンが投影露光（転写）される。マスクに形成されたパターンは高集積化されており、この微細パターンをウェハ上に正確に転写するにはウェハ上において均一な照度分布を得ることが不可欠である。

【0004】

マスクの微細パターンをウェ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 を参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】米国特許公開第 2006 / 0055834 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

マスクの微細パターンをウェハ上に忠実に転写するには、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ェハ上の各点に関する瞳強度分布をそれぞれほぼ均一に調整する必要がある。ウェハ上の各点での瞳強度分布の均一性にばらつきがあると、ウェハ上の位置毎にパターンの線幅がばらついて、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ェハ上に忠実に転写することができない。

【0007】

本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、被照射面上の各点での瞳強度分布をそれぞれほぼ均一に調整することのできる照明光学系を提供することを目的とする。ま

10

20

30

40

50

た、本発明は、被照射面上の各点での瞳強度分布をそれぞれほぼ均一に調整する照明光学系を用いて、適切な照明条件のもとで良好な露光を行う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】

【0008】

前記課題を解決するために、本発明の第1形態では、光源からの光に基づいて被照射面を照明する照明光学系において、

前記照明光学系の照明瞳に瞳強度分布を形成する分布形成光学系と、

前記瞳強度分布を補正するために、前記照明瞳の位置またはその近傍の位置、あるいは前記照明瞳と光学的に共役な位置またはその近傍の位置に配置されて、光の入射位置に応じて当該光の射出方向を変化させる補正部とを備えていることを特徴とする照明光学系を提供する。

10

【0009】

本発明の第2形態では、所定のパターンを照明するための第1形態の照明光学系を備え、前記所定の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3形態では、第2形態の露光装置を用いて、前記所定のパターンを前記感光性基板に露光する露光工程と、

前記所定のパターンが転写された前記感光性基板を現像し、前記所定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現像工程と、

20

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加工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】

本発明の照明光学系は、照明瞳と光学的に共役な位置またはその近傍に配置されて、光の入射位置に応じて当該光の射出方向を変化させる補正部として、例えば光の射出方向を能動的に変更する複数の光学要素を有する空間光変調器を備えている。その結果、本発明の照明光学系では、空間光変調器の複数の光学要素からの光の射出方向を個別に制御することにより、被照射面上の各点での瞳強度分布をそれぞれほぼ均一に調整することができる。また、本発明の露光装置では、被照射面上の各点での瞳強度分布をそれぞれほぼ均一に調整する照明光学系を用いて、適切な照明条件のもとで良好な露光を行うことができ、ひいては良好なデバイスを製造することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0012】

【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の空間光変調ユニットの内部構成を概略的に示す図である。

【図3】回折光学素子の挿脱機構の要部構成を概略的に示す斜視図である。

【図4】三角プリズムおよび反射部材を保持する枠部材の構成を概略的に示す斜視図である。

【図5】空間光変調ユニットにおける空間光変調器の作用を説明する図である。

40

【図6】空間光変調器の部分斜視図である。

【図7】マイクロフライアイレンズの入射面および後側焦点面に形成される4極状の光強度分布を模式的に示す図である。

【図8】ウェハ上に形成される矩形の静止露光領域を示す図である。

【図9】(a)はウェハ上の中心点P1に関する瞳強度分布のZ方向に沿った光強度分布を、(b)はウェハ上の周辺点P2, P3に関する瞳強度分布のZ方向に沿った光強度分布を模式的に示す図である。

【図10】本発明の原理を説明するための単純化モデルを示す図である。

【図11】補正ユニットの作用を説明するための別の単純化モデルを示す図である。

【図12】補正ユニットの作用を説明するためのさらに別の単純化モデルを示す図である

50

。

【図13】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14】透過型の空間光変調器からなる補正部の第1構成例の断面図である。

【図15】図14の補正部の側面図である。

【図16】透過型の空間光変調器からなる補正部の第2構成例の断面図である。

【図17】図16の補正部の側面図である。

【図18】透過型の空間光変調器からなる補正部の第3構成例の断面図である。

【図19】図18の補正部の側面図である。

【図20】局所的に変形可能な反射面を有する補正部の構成例の断面図である。

【図21】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22】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】

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2は、図1の空間光変調ユニットの内部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の転写面（露光面）の法線方向に沿ってZ軸を、ウェハWの転写面内において図1の紙面に平行な方向にY軸を、ウェハWの転写面内において図1の紙面に垂直な方向にX軸をそれぞれ設定している。

【0014】

図1を参照すると、第1実施形態の露光装置では、光源1から露光光（照明光）が供給される。光源1として、たとえば193nmの波長の光を供給するArFエキシマレーザー光源や248nmの波長の光を供給するKrFエキシマレーザー光源などを用いることができる。光源1から射出された光は、整形光学系2により所要の断面形状の光束に拡大された後、空間光変調ユニット3に入射する。

【0015】

空間光変調ユニット3は、図2に示すように、照明光学系の基本光軸である光軸AXに沿った照明光路中の所定位置に設置可能な三角プリズム31と、照明光路中の所定位置（例えば三角プリズム31の設置位置とほぼ同じ位置）に選択的に設置可能な複数の回折光学素子32と、三角プリズム31の設置位置よりも後側の照明光路中の位置に設置可能な反射部材33とを備えている。

【0016】

また、空間光変調ユニット3は、照明光路から外れて固定的に設置された一对の空間光変調器34および35とを備えている。空間光変調ユニット3の具体的な構成および作用については後述する。以下の説明では、露光装置の構成および作用の理解を容易にするために、照明光路中には輪帯照明用の回折光学素子32が設置され、三角プリズム31および反射部材33は照明光路中に設置されていないものとする。

【0017】

この場合、整形光学系2を介した光源1からの光が、光軸AXに沿って回折光学素子32に入射する。輪帯照明用の回折光学素子32は、例えば矩形状の断面を有する平行光束が光軸AXに沿って入射した場合、ファースフィールド（またはフラウンホーファー回折領域）に、光軸AXを中心とした輪帯状の光強度分布を形成する機能を有する。回折光学素子32を経て、空間光変調ユニット3から射出された光は、リレー光学系4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）5に入射する。

【0018】

リレー光学系4は、その前側焦点位置と回折光学素子32の位置とがほぼ一致し且つその後側焦点位置とマイクロフライアイレンズ5の入射面5aの位置とがほぼ一致するように設定されている。したがって、回折光学素子32を介した光は、マイクロフライアイレンズ5の入射面5aに、例えば光軸AXを中心とした輪帯状の光強度分布を形成する。マイクロフライアイレンズ5は、たとえば縦横に且つ稠密に配列された多数の正屈折力を有

10

20

30

40

50

する微小レンズからなる光学素子であり、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ている。

【0019】

マイクロフライアイレンズでは、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、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。マイクロフライアイレンズ5における単位波面分割面としての矩形の微小屈折面は、マスクM上において形成すべき照野の形状（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）と相似な矩形である。なお、マイクロフライアイレンズ5として、例えばシリンドリカルマイクロフライアイレンズを用いることもできる。シリンドリカルマイクロフライアイレンズの構成および作用は、例えば米国特許第6913373号公報に開示されている。

10

【0020】

マイクロフライアイレンズ5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の照明瞳には、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AX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（輪帯状の瞳強度分布）が形成される。マイクロフライアイレンズ5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、その近傍に配置された開口絞り6に入射する。

20

【0021】

開口絞り6は、マイクロフライアイレンズ5の後側焦点面またはその近傍に形成される輪帯状の二次光源に対応した輪帯状の開口部（光透過部）を有する。開口絞り6は、照明光路に対して挿脱自在に構成され、且つ大きさおよび形状の異なる開口部を有する複数の開口絞りと切り換え可能に構成されている。開口絞りの切り換え方式として、たとえば周知のターレット方式やスライド方式などを用いることができる。開口絞り6は、後述する投影光学系PLの入射瞳面と光学的にほぼ共役な位置に配置され、二次光源の照明に寄与する範囲を規定する。

【0022】

開口絞り6により制限された二次光源からの光は、一对のビームスプリッター11および14を順次透過した後、コンデンサー光学系7を介して、マスクブラインド8を重畳的に照明する。こうして、照明視野絞りとしてのマスクブラインド8には、マイクロフライアイレンズ5の矩形の微小屈折面の形状と焦点距離とに応じた矩形の照野が形成される。一方、ビームスプリッター11により反射されて照明光路から分岐光路へ導かれた光は、空間光変調器12、平面ミラー13、およびビームスプリッター14を介して、照明光路へ戻る。

30

【0023】

一对のビームスプリッター11、14、空間光変調器12、および平面ミラー13は、瞳強度分布を補正（調整）するための補正ユニットCMを構成している。補正ユニットCMの具体的な構成および作用については後述する。マスクブラインド8の矩形の開口部（光透過部）を介した光束は、結像光学系9の集光作用を受けた後、所定のパターンが形成されたマスクMを重畳的に照明する。すなわち、結像光学系9は、マスクブラインド8の矩形開口部の像をマスクM上に形成することになる。

40

【0024】

マスクステージMS上に保持されたマスクMには転写すべきパターンが形成されており、パターン領域全体のうちY方向に沿って長辺を有し且つX方向に沿って短辺を有する矩形形状（スリット状）のパターン領域が照明される。マスクMのパターン領域を透過した光は、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上にマスクパターンの像を形成する。すなわち、マスクM上での矩形の照明領域に光学的に対応するように、ウェハW上においてもY方向に沿って長辺を有し且つX方向に沿

50

って短辺を有する矩形の静止露光領域（実効露光領域）にパターン像が形成される。

【0025】

こうして、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式にしたがって、投影光学系PLの光軸AXと直交する平面（XY平面）内において、X方向（走査方向）に沿ってマスクステージMSとウェハステージWSとを、ひいてはマスクMとウェハWとを同期的に移動（走査）させることにより、ウェハW上には静止露光領域のY方向寸法に等しい幅を有し且つウェハWの走査量（移動量）に応じた長さを有するショット領域（露光領域）に対してマスクパターンが走査露光される。

【0026】

第1実施形態では、上述したように、マイクロフライアイレンズ5により形成される二次光源を光源として、照明光学系（2～9）の被照射面に配置されるマスクMをケラー照明する。このため、二次光源が形成される位置は投影光学系PLの開口絞りASの位置と光学的に共役であり、二次光源の形成面を照明光学系（2～9）の照明瞳面と呼ぶことができる。典型的には、照明瞳面に対して被照射面（マスクMが配置される面、または投影光学系PLを含めて照明光学系と考える場合にはウェハWが配置される面）が光学的なフーリエ変換面となる。なお、瞳強度分布とは、照明光学系（2～9）の照明瞳面または当該照明瞳面と光学的に共役な面における光強度分布（輝度分布）である。

【0027】

マイクロフライアイレンズ5による波面分割数が比較的大きい場合、マイクロフライアイレンズ5の入射面に形成される大局的な光強度分布と、二次光源全体の大局的な光強度分布（瞳強度分布）とが高い相関を示す。このため、マイクロフライアイレンズ5の入射面および当該入射面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。図1の構成において、空間光変調ユニット3、リレー光学系4、およびマイクロフライアイレンズ5は、マイクロフライアイレンズ5よりも後側の照明瞳に瞳強度分布を形成する分布形成光学系を構成している。

【0028】

空間光変調ユニット3では、図3に示すように、光軸AXと平行な軸線、例えば光軸AXから+X方向に間隔を隔ててY方向に延びる軸線32aを中心として回転可能な回転板32bに、互いに特性の異なる複数の回折光学素子32が取り付けられている。回転板32bには軸線32aを通る一对の線分により規定される扇形状の切欠き部32baが形成され、複数の回折光学素子32は軸線32aを中心とする円に沿って間隔を隔てて回転板32bに取り付けられている。こうして、軸線32aを中心とした回転板32bの回転により、所望の回折光学素子32が照明光路中の所定位置に選択的に設置される。また、切欠き部32baを照明光路中に位置決めすることにより、回折光学素子32が照明光路中に設置されない状態が実現される。

【0029】

空間光変調ユニット3において、輪帯照明用の回折光学素子に代えて、複数極照明（2極照明、4極照明、8極照明など）用の回折光学素子を照明光路中に設定することによって、複数極照明を行うことができる。複数極照明用の回折光学素子は、矩形の断面を有する平行光束が入射した場合に、ファースフィールドに複数極状（2極状、4極状、8極状など）の光強度分布を形成する機能を有する。したがって、複数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5の入射面に、たとえば光軸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を形成する。その結果、マイクロフライアイレンズ5の後側焦点面またはその近傍の照明瞳にも、その入射面に形成された照野と同じ複数極状の瞳強度分布が形成される。

【0030】

また、輪帯照明用の回折光学素子に代えて、円形照明用の回折光学素子を照明光路中に設定することによって、通常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、矩形の断面を有する平行光束が入射した場合に、ファースフィ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

10

20

30

40

50

、マイクロフライアイレンズ 5 の入射面に、たとえば光軸 A X 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 5 の後側焦点面またはその近傍の照明瞳にも、その入射面に形成された照野と同じ円形状の瞳強度分布が形成される。また、輪帯照明用の回折光学素子に代えて、適当な特性を有する回折光学素子を照明光路中に設定することによって、様々な形態の変形照明を行うことができる。

【 0 0 3 1 】

空間光変調ユニット 3 では、一对の空間光変調器 3 4 および 3 5 の使用に際して、回折光学素子 3 2 を照明光路から退避させ、三角プリズム 3 1 および反射部材 3 3 を照明光路中に設置する。三角プリズム 3 1 および反射部材 3 3 は、それぞれ X 方向に沿って延びる三角柱状の形態を有し、例えば図 4 に示すように、X Y 平面に沿って矩形形状の開口を有する枠部材 3 0 により保持されている。したがって、枠部材 3 0 を + X 方向へ移動させて回転板 3 2 b の切欠き部 3 2 b a に位置決めすることにより、三角プリズム 3 1 および反射部材 3 3 を照明光路中の所定位置にそれぞれ設置することができる。また、回転板 3 2 b の切欠き部 3 2 b a から枠部材 3 0 を - X 方向へ移動させることにより、三角プリズム 3 1 および反射部材 3 3 を照明光路から退避させることができる。

10

【 0 0 3 2 】

図 2 に示すように、三角プリズム 3 1 および反射部材 3 3 が照明光路中の所定位置にそれぞれ設置された状態では、光軸 A X に沿って三角プリズム 3 1 に入射した光が、光軸 A X 1 によって規定される第 1 分岐光路に沿って進む第 1 の光と、光軸 A X 2 によって規定される第 2 分岐光路に沿って進む第 2 の光とに分割される。三角プリズム 3 1 を経て第 1 分岐光路に沿って進む第 1 の光は、枠部材 3 0 の一方の開口を通過して、第 1 空間光変調器 3 4 に入射する。第 1 空間光変調器 3 4 により変調された光は、反射部材 3 3 の第 1 反射面 3 3 a により反射され、リレー光学系 4 へ導かれる。

20

【 0 0 3 3 】

一方、三角プリズム 3 1 を経て第 2 分岐光路に沿って進む第 2 の光は、枠部材 3 0 の他方の開口を通過して、第 2 空間光変調器 3 5 に入射する。第 2 空間光変調器 3 5 により変調された光は、反射部材 3 3 の第 2 反射面 3 3 b により反射され、リレー光学系 4 へ導かれる。以下、説明を単純化するために、第 1 空間光変調器 3 4 と第 2 空間光変調器 3 5 とは互いに同じ構成を有し、光軸 A X を含んで X Y 平面に平行な面に関して対称に配置されているものとする。したがって、第 2 空間光変調器 3 5 について第 1 空間光変調器 3 4 と重複する説明を省略し、第 1 空間光変調器 3 4 に着目して、空間光変調ユニット 3 における空間光変調器 3 4 , 3 5 の作用を説明する。

30

【 0 0 3 4 】

第 1 空間光変調器 3 4 は、図 2 および図 5 に示すように、二次元的に配列された複数のミラー要素 3 4 a と、複数のミラー要素 3 4 a を保持する基盤 3 4 b と、複数のミラー要素 3 4 a を覆うカバーガラス（カバー基板；図 5 では図示を省略）3 4 c と、基盤 3 4 b に接続されたケーブル（不図示）を介して複数のミラー要素 3 4 a の姿勢を個別に制御駆動する駆動部 3 4 d とを備えている。なお、図 5 では、図面の明瞭化のために、第 1 反射面 3 3 a への光の入射角が図 2 における入射角よりもかなり大きく設定されている。

40

【 0 0 3 5 】

空間光変調器 3 4 は、図 6 に示すように、二次元的に配列された複数の微小なミラー要素（光学要素）3 4 a を備え、第 1 分岐光路に沿って入射した光に対して、その入射位置に応じた空間的な変調を可変的に付与して射出する。説明および図示を簡単にするために、図 5 および図 6 では空間光変調器 3 4 が $4 \times 4 = 16$ 個のミラー要素 3 4 a を備える構成例を示しているが、実際には 16 個よりもはるかに多数のミラー要素 3 4 a を備えている。

【 0 0 3 6 】

図 5 を参照すると、光軸 A X 1 と平行な方向に沿って空間光変調器 3 4 に入射する光線群のうち、光線 L 1 は複数のミラー要素 3 4 a のうちのミラー要素 S E a に、光線 L 2 はミラー要素 S E a とは異なるミラー要素 S E b にそれぞれ入射する。同様に、光線 L 3 は

50

ミラー要素 S E a , S E b とは異なるミラー要素 S E c に、光線 L 4 はミラー要素 S E a ~ S E c とは異なるミラー要素 S E d にそれぞれ入射する。ミラー要素 S E a ~ S E d は、その位置に応じて設定された空間的な変調を光 L 1 ~ L 4 に与える。

【 0 0 3 7 】

空間光変調器 3 4 では、すべてのミラー要素 3 4 a の反射面が 1 つの平面に沿って設定された基準の状態（以下、「基準状態」という）において、光軸 A X 1 と平行な方向に沿って入射した光線が、空間光変調器 3 4 で反射された後に、第 1 反射面 3 3 a により光軸 A X とほぼ平行な方向に向かって反射されるように構成されている。また、空間光変調器 3 4 の複数のミラー要素 3 4 a が配列される面は、リレー光学系 4 の前側焦点位置またはその近傍に位置決めされている。

10

【 0 0 3 8 】

したがって、空間光変調器 3 4 の複数のミラー要素 S E a ~ S E d によって反射されて所定の角度分布が与えられた光は、マイクロフライアイレンズ 5 の入射面 5 a に所定の光強度分布 S P 1 ~ S P 4 を形成する。すなわち、リレー光学系 4 は、空間光変調器 3 4 の複数のミラー要素 S E a ~ S E d が射出光に与える角度を、空間光変調器 3 4 の遠視野領域（フラウンホーファー回折領域）である面 5 a 上での位置に変換する。

【 0 0 3 9 】

同様に、空間光変調器 3 5 の複数のミラー要素によって反射されて所定の角度分布が与えられた光も、マイクロフライアイレンズ 5 の入射面 5 a に所定の光強度分布を形成する。こうして、マイクロフライアイレンズ 5 が形成する二次光源の光強度分布（瞳強度分布）は、第 1 空間光変調器 3 4 およびリレー光学系 4 が入射面 5 a に形成する第 1 の光強度分布と第 2 空間光変調器 3 5 およびリレー光学系 4 が入射面 5 a に形成する第 2 の光強度分布との合成分布となる。

20

【 0 0 4 0 】

空間光変調器 3 4 (3 5) は、図 6 に示すように、平面形状の反射面を上面にした状態で 1 つの平面に沿って規則的に且つ二次元的に配列された多数の微小な反射素子であるミラー要素 3 4 a (3 5 a) を含む可動マルチミラーである。各ミラー要素 3 4 a (3 5 a) は可動であり、その反射面の傾き、すなわち反射面の傾斜角および傾斜方向は、制御部 C R からの指令にしたがって作動する駆動部 3 4 d (3 5 d) の作用により独立に制御される。各ミラー要素 3 4 a (3 5 a) は、その反射面に平行な二方向であって互いに直交する二方向を回転軸として、所望の回転角度だけ連続的或いは離散的に回転することができる。すなわち、各ミラー要素 3 4 a (3 5 a) の反射面の傾斜を二次元的に制御することが可能である。

30

【 0 0 4 1 】

なお、各ミラー要素 3 4 a (3 5 a) の反射面を離散的に回転させる場合、回転角を複数の状態（例えば、 \dots 、 -2.5 度、 -2.0 度、 \dots 、 0 度、 $+0.5$ 度 \dots 、 $+2.5$ 度、 \dots ）で切り換え制御するのが良い。図 6 には外形が正形状のミラー要素 3 4 a (3 5 a) を示しているが、ミラー要素 3 4 a (3 5 a) の外形形状は正方形に限定されない。ただし、光利用効率の観点から、ミラー要素 3 4 a (3 5 a) の隙間が少なくなるように配列可能な形状（最密充填可能な形状）とすることができる。また、光利用効率の観点から、隣り合う 2 つのミラー要素 3 4 a (3 5 a) の間隔を必要最小限に抑えることができる。

40

【 0 0 4 2 】

第 1 実施形態では、空間光変調器 3 4 , 3 5 として、たとえば二次元的に配列された複数のミラー要素 3 4 a (3 5 a) の向きを連続的にそれぞれ変化させる空間光変調器を用いている。このような空間光変調器として、たとえば特表平 1 0 - 5 0 3 3 0 0 号公報およびこれに対応する欧州特許公開第 7 7 9 5 3 0 号公報、特開 2 0 0 4 - 7 8 1 3 6 号公報およびこれに対応する米国特許第 6 , 9 0 0 , 9 1 5 号公報、特表 2 0 0 6 - 5 2 4 3 4 9 号公報およびこれに対応する米国特許第 7 , 0 9 5 , 5 4 6 号公報、並びに特開 2 0 0 6 - 1 1 3 4 3 7 号公報に開示される空間光変調器を用いることができる。なお、二次元的

50

に配列された複数のミラー要素 3 4 a (3 5 a) の向きを離散的に複数の段階を持つように制御してもよい。

【 0 0 4 3 】

こうして、第 1 空間光変調器 3 4 では、制御部 C R からの制御信号に応じて作動する駆動部 3 4 d の作用により、複数のミラー要素 3 4 a の姿勢がそれぞれ変化し、各ミラー要素 3 4 a がそれぞれ所定の向きに設定される。第 1 空間光変調器 3 4 の複数のミラー要素 3 4 a によりそれぞれ所定の角度で反射された光は、図 7 に示すように、マイクロフライアイレンズ 5 の入射面 5 a に、例えば光軸 A X を中心として X 方向に間隔を隔てた 2 つの円形状の光強度分布 2 0 a および 2 0 b を形成する。

【 0 0 4 4 】

同様に、第 2 空間光変調器 3 5 では、制御部 C R からの制御信号に応じて作動する駆動部 3 5 b の作用により、複数のミラー要素 3 5 a の姿勢がそれぞれ変化し、各ミラー要素 3 5 a がそれぞれ所定の向きに設定される。第 2 空間光変調器 3 5 の複数のミラー要素 3 5 a によりそれぞれ所定の角度で反射された光は、図 7 に示すように、マイクロフライアイレンズ 5 の入射面 5 a に、例えば光軸 A X を中心として Z 方向に間隔を隔てた 2 つの円形状の光強度分布 2 0 c および 2 0 d を形成する。

【 0 0 4 5 】

こうして、マイクロフライアイレンズ 5 の後側焦点面またはその近傍の照明瞳 (開口絞り 6 が配置されている位置) に、4 極状の光強度分布 2 0 a ~ 2 0 d に対応する 4 極状の光強度分布 2 1 a ~ 2 1 d を形成する。さらに、開口絞り 6 と光学的に共役な別の照明瞳位置、すなわち結像光学系 9 の瞳位置および投影光学系 P L の瞳位置 (開口絞り A S が配置されている位置) にも、4 極状の光強度分布 2 0 a ~ 2 0 d に対応する 4 極状の光強度分布が形成される。

【 0 0 4 6 】

第 1 実施形態の露光装置は、投影光学系 P L を介した光に基づいて投影光学系 P L の瞳面における瞳強度分布を計測する瞳強度分布計測装置 1 0 を備えている。計測装置 (計測部) 1 0 は、例えば投影光学系 P L の瞳位置と光学的に共役な位置に配置された撮像面を有する C C D 撮像部を備え、投影光学系 P L の像面上の各点に関する瞳強度分布 (各点に入射する光線が投影光学系 P L の瞳面に形成する瞳強度分布) をモニターする。計測装置 1 0 の計測結果は、制御部 C R に供給される。計測装置 1 0 の詳細な構成および作用については、例えば米国特許公開第 2 0 0 8 / 0 0 3 0 7 0 7 号公報を参照することができる。

【 0 0 4 7 】

露光装置では、マスク M のパターンをウェハ W に高精度に且つ忠実に転写するために、パターン特性に応じた適切な照明条件のもとで露光を行うことが重要である。第 1 実施形態では、照明瞳に光強度分布を固定的に形成する手段として、互いに異なる特性を有し且つ照明光路中に選択的に設置可能な複数の回折光学素子 3 2 を備えている。したがって、輪帯状の瞳強度分布を固定的に形成する輪帯照明用の回折光学素子、複数極状の瞳強度分布を固定的に形成する複数極照明用の回折光学素子などから選択された 1 つの回折光学素子 3 2 を照明光路中に設定することにより、瞳強度分布 (ひいては照明条件) を離散的に変更することができる。

【 0 0 4 8 】

また、第 1 実施形態では、照明瞳に光強度分布を可変的に形成する手段として、複数のミラー要素 3 4 a , 3 5 a の姿勢がそれぞれ個別に変化する一対の空間光変調器 3 4 , 3 5 を備えている。したがって、第 1 空間光変調器 3 4 の作用により照明瞳に形成される第 1 光強度分布および第 2 空間光変調器 3 5 の作用により照明瞳に形成される第 2 光強度分布をそれぞれ自在に且つ迅速に変化させることができる。すなわち、第 1 空間光変調器 3 4 の作用により照明瞳に形成される第 1 光強度分布と第 2 空間光変調器 3 5 の作用により照明瞳に形成される第 2 光強度分布とからなる瞳強度分布を自在に且つ迅速に変化させることができる。

10

20

30

40

50

【0049】

例えば4極照明用の回折光学素子（または一对の空間光変調器34, 35）によりマイクロフライアイレンズ5の後側焦点面またはその近傍の照明瞳（以下、単に「照明瞳」ともいう）に形成される4極状の瞳強度分布は、図7に示すように、光軸AXを挟んでX方向に間隔を隔てた一对の面光源21aおよび21bと、光軸AXを挟んでZ方向に間隔を隔てた一对の円弧状の実質的な面光源21cおよび21dとを有する。ここで、照明瞳におけるX方向はマイクロフライアイレンズ5の矩形状の微小レンズの短辺方向であって、ウェハWの走査方向に対応している。また、照明瞳におけるZ方向は、マイクロフライアイレンズ5の矩形状の微小レンズの長辺方向であって、ウェハWの走査方向と直交する走査直交方向（ウェハW上におけるY方向）に対応している。

10

【0050】

ウェハW上には、図8に示すように、Y方向に沿って長辺を有し且つX方向に沿って短辺を有する矩形状の静止露光領域ERが形成され、この静止露光領域ERに対応するように、マスクM上には矩形状の照明領域（不図示）が形成される。ここで、静止露光領域ER内の1点に入射する光が照明瞳に形成する4極状の瞳強度分布は、入射点の位置に依存することなく、互いにほぼ同じ形状を有する。しかしながら、4極状の瞳強度分布を構成する各面光源の光強度は、入射点の位置に依存して異なる傾向がある。

【0051】

具体的には、静止露光領域ER内の中心点P1に入射する光が形成する4極状の瞳強度分布の場合、Z方向に間隔を隔てた一对の面光源の光強度の方が、X方向に間隔を隔てた一对の面光源の光強度よりも大きくなる傾向がある。一方、静止露光領域ER内の中心点P1からY方向に間隔を隔てた周辺の点P2, P3に入射する光が形成する4極状の瞳強度分布の場合、Z方向に間隔を隔てた一对の面光源の光強度の方が、X方向に間隔を隔てた一对の面光源の光強度よりも小さくなる傾向がある。

20

【0052】

一般に、照明瞳に形成される瞳強度分布の外形形状にかかわらず、ウェハW上の静止露光領域ER内の中心点P1に関する瞳強度分布（中心点P1に入射する光が照明瞳に形成する瞳強度分布）のZ方向に沿った光強度分布は、図9(a)に示すように、中央において最も小さく周辺に向かって増大する凹曲線状の分布を有する。一方、ウェハW上の静止露光領域ER内の周辺点P2, P3に関する瞳強度分布のZ方向に沿った光強度分布は、図9(b)に示すように、中央において最も大きく周辺に向かって減少する凸曲線状の分布を有する。

30

【0053】

そして、瞳強度分布のZ方向に沿った光強度分布は、静止露光領域ER内のX方向（走査方向）に沿った入射点の位置にはあまり依存しないが、静止露光領域ER内のY方向（走査直交方向）に沿った入射点の位置に依存して変化する傾向がある。このように、ウェハW上の静止露光領域ER内の各点に関する瞳強度分布（各点に入射する光が照明瞳に形成する瞳強度分布）がそれぞれほぼ均一でない場合、ウェハW上の位置毎にパターン線の線幅がばらついて、マスクM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ェハW上に忠実に転写することができない。

40

【0054】

第1実施形態では、ウェハW上の静止露光領域ER内の各点に関する瞳強度分布をそれぞれほぼ均一に調整するための調整手段として、補正ユニットCMを備えている。第1実施形態の補正ユニットCMでは、図1に示すように、マイクロフライアイレンズ5を経た光が、ビームスプリッター11によって反射されて分岐光路へ導かれ、空間光変調器12に入射する。空間光変調器12を経た光は、平面ミラー13およびビームスプリッター14によって順次反射されて照明光路に戻り、コンデンサー光学系7を介してマスクブラインド8に達する。

【0055】

空間光変調器12は、空間光変調ユニット3中の空間光変調器34, 35と同様の構成

50

を有する。すなわち、空間光変調器 1 2 は、二次元的に配列された複数のミラー要素（光学要素）1 2 a と、複数のミラー要素 1 2 a を保持する基盤 1 2 b と、複数のミラー要素 1 2 a を覆うカバーガラス 1 2 c と、基盤 1 2 b に接続されたケーブル（不図示）を介して複数のミラー要素 1 2 a の姿勢を個別に制御駆動する駆動部 1 2 d とを備えている。そして、空間光変調器 1 2 は、分岐光路に沿って入射した光に対して、その入射位置に応じた空間的な変調を可変的に付与して射出する。

【 0 0 5 6 】

具体的には、空間光変調器 1 2 は、空間光変調器 3 4 , 3 5 と同様に、平面形状の反射面を上面にした状態で 1 つの平面に沿って規則的に且つ二次元的に配列された多数の微小な反射素子であるミラー要素 1 2 a を含む可動マルチミラーである。各ミラー要素 1 2 a は可動であり、その反射面の傾き、すなわち反射面の傾斜角および傾斜方向は、制御部 C R からの指令にしたがって作動する駆動部 1 2 d の作用により独立に制御される。各ミラー要素 1 2 a は、その反射面に平行な二方向であって互いに直交する二方向を回転軸として、所望の回転角度だけ連続的或いは離散的に回転することができる。すなわち、各ミラー要素 1 2 a の反射面の傾斜を二次元的に制御することが可能である。

10

【 0 0 5 7 】

補正ユニット C M は、空間光変調器 1 2 のすべてのミラー要素 1 2 a の反射面が 1 つの平面に沿って設定された基準状態において、光軸 A X と平行な方向に沿ってビームスプリッター 1 1 に入射した光線が、空間光変調器 1 2 で反射された後に、平面ミラー 1 3 およびビームスプリッター 1 4 を介して光軸 A X と平行な方向に向かうように構成されている。また、空間光変調器 1 2 の複数のミラー要素 1 2 a が配列される面は、コンデンサー光学系 7 の前側焦点位置またはその近傍に位置決めされている。換言すれば、空間光変調器 1 2 の複数のミラー要素 1 2 a が配列される面は、マイクロフライアイレンズ 5 の後側焦点面またはその近傍の照明瞳と光学的に共役な位置またはその近傍の位置に配置されている。

20

【 0 0 5 8 】

したがって、空間光変調器 1 2 の複数のミラー要素 1 2 a によって反射されて所定の角度分布が与えられた光は、平面ミラー 1 3 、ビームスプリッター 1 4 およびコンデンサー光学系 7 を介して、マスクブラインド 8 の位置に所定の光強度分布（照野）を形成する。すなわち、コンデンサー光学系 7 は、空間光変調器 1 2 の複数のミラー要素 1 2 a が射出光に与える角度を、空間光変調器 1 2 の遠視野領域（フラウンホーファー回折領域）であるマスクブラインド 8 の開口部の面上での位置に変換する。

30

【 0 0 5 9 】

ここで、本発明の原理を説明するために、図 1 0 に示すような単純化モデルを想定する。図 1 0 の単純化モデルでは、マイクロフライアイレンズ 5 が、その単位波面分割面である微小屈折面の長手方向（Z 方向）に沿って 5 つの射出側の微小屈折面 5 b a , 5 b b , 5 b c , 5 b d , 5 b e を有する。また、微小屈折面 5 b a ~ 5 b e の直後には、偏角プリズム要素 1 5 a , 1 5 b , 1 5 c , 1 5 d , 1 5 e がそれぞれ配置されている。この状態は、マイクロフライアイレンズ 5 の 1 つの微小屈折面に対して空間光変調器 1 2 の 1 つのミラー要素 1 2 a が配置されている状態に対応する。ただし、ミラー要素 1 2 a の場合には光の射出方向は連続的または離散的に変化するが、偏角プリズム要素 1 5 a ~ 1 5 e の場合には光の射出方向は固定的である。

40

【 0 0 6 0 】

この場合、偏角プリズム要素 1 5 a ~ 1 5 e が射出光に与える角度変化は、偏角プリズム要素 1 5 a ~ 1 5 e を経た光がマスクブラインド 8 の位置（被照射面であるマスク M またはウェハ W と光学的に共役な位置）に形成する照野の位置変化に変換される。すなわち、図 1 0 において、中央の微小屈折面 5 b c を経た光は、対応する偏角プリズム要素 1 5 c によって角度変化を受けることなく、マスクブラインド 8 の位置に照野 1 6 c を形成する。その結果、照野 1 6 c は、マスクブラインド 8 の開口部 8 a に対して Z 方向に位置変化（シフト）することなく形成される。

50

【 0 0 6 1 】

微小屈折面 5 b b および 5 b e を経た光は、偏角プリズム要素 1 5 b および 1 5 e によってそれぞれ図中上向きに角度変化を受け、マスクブラインド 8 の位置に照野 1 6 b および 1 6 e を形成する。その結果、照野 1 6 b および 1 6 e は、偏角プリズム要素 1 5 b および 1 5 e が射出光に与える角度変化に応じた距離だけ開口部 8 a に対して + Z 方向にシフトして形成される。同様に、微小屈折面 5 b a および 5 b d を経た光は、偏角プリズム要素 1 5 a および 1 5 d によってそれぞれ図中下向きに角度変化を受け、マスクブラインド 8 の位置に照野 1 6 a および 1 6 d を形成する。その結果、照野 1 6 a および 1 6 d は、偏角プリズム要素 1 5 a および 1 5 d が射出光に与える角度変化に応じた距離だけ開口部 8 a に対して - Z 方向にシフトして形成される。

10

【 0 0 6 2 】

図 1 0 では、各照野 1 6 a ~ 1 6 e における光強度分布がそれぞれ一様（均一）で且つ光強度が互いに等しいものと想定し、互いに同じ形状を有する長方形により各照野 1 6 a ~ 1 6 e を示している。図 1 0 に模式的に示す例では、微小屈折面 5 b c および偏角プリズム要素 1 5 c を経た光は、マスクブラインド 8 に遮られることなく、被照射面であるマスク M のパターン面の照明（ひいてはウェハ W の露光面の照明）に寄与する。しかしながら、その他の微小屈折面および対応する偏角プリズム要素を経た光の一部は、マスクブラインド 8 に遮られてマスク M の照明に寄与することがない。

【 0 0 6 3 】

このように、偏角プリズム要素を経た光の一部（ひいてはミラー要素 1 2 a を経た光の一部）は、マスクブラインド 8 に遮られてマスク M の照明に寄与しない。また、偏角プリズム要素が射出光に与える角度変化（ひいてはミラー要素 1 2 a が射出光に与える角度変化）に応じて、当該光線が開口部 8 a の面に入射する位置は、本来の位置（補正ユニット C M の存在しないとき、ひいては偏角プリズム要素が存在しないときの入射位置）から変化する。

20

【 0 0 6 4 】

角度変化を受けた光の一部が照明に寄与しないこと、および開口部 8 a の面に入射する位置が本来の位置から変化するとは、開口部 8 a の面の各点に関する瞳強度分布が変化することを、ひいては開口部 8 a の面の各点を通じた光が結像光学系 9 の瞳位置および投影光学系 P L の瞳位置に形成する瞳強度分布が変化することを意味している。この点は、次の図 1 1 および図 1 2 を参照した説明により容易に理解される。ただし、マスクブラインド 8 の開口部 8 a の面に形成される光強度分布は、偏角プリズム要素が射出光に与える角度変化（ひいてはミラー要素 1 2 a が射出光に与える角度変化）に応じて変化するため、マスク M（ひいてはウェハ W）上で照度ムラが発生する。

30

【 0 0 6 5 】

次に、図 1 1 および図 1 2 に示すような別の単純化モデルを参照して、補正ユニット C M の作用、ひいては空間光変調器 1 2 の作用を説明する。図 1 1 では、照明瞳に形成される 4 極状の瞳強度分布の各面光源 2 1 a ~ 2 1 d からの光に対してそれぞれ 1 つのミラー要素 1 2 a が作用するときに、Y 方向に沿って 2 x L の寸法を有するウェハ W 上の静止露光領域 E R に形成される光強度分布（照野）を模式的に示している。また、図 1 1 に示す単純化モデルでは、面光源 2 1 a , 2 1 b および 2 1 d からの光に作用するミラー要素 1 2 a は基準状態にあり、面光源 2 1 c からの光に作用するミラー要素 1 2 a だけが基準状態にはない。

40

【 0 0 6 6 】

この場合、4 極状の瞳強度分布 2 1 a ~ 2 1 d からの光の大部分は、一对のビームスプリッター 1 1 および 1 4 を透過し、例えば光強度分布が一様な照野 1 7 m を静止露光領域 E R に形成する。面光源 2 1 a , 2 1 b , 2 1 d からの光のうち、ビームスプリッター 1 1 によって反射された光は、基準状態にあるミラー要素 1 2 a を経て、例えば光強度分布が一様な照野 1 7 a , 1 7 b , 1 7 d を静止露光領域 E R に形成する。面光源 2 1 c からの光のうち、ビームスプリッター 1 1 によって反射された光は、基準状態にないミラー要

50

素 1 2 a による角度変化を受けて、例えば光強度分布が一様な照野 1 7 c を静止露光領域 E R に形成する。

【 0 0 6 7 】

照野 1 7 m は、該当する光が補正ユニット C M を経ないため、静止露光領域 E R に対して Y 方向（照明瞳における Z 方向に対応）にシフトすることなく形成される。照野 1 7 a , 1 7 b , 1 7 d は、該当する光が補正ユニット C M へ導かれるが、対応するミラー要素 1 2 a が基準状態にあるため、静止露光領域 E R に対して Y 方向にシフトすることなく形成される。照野 1 7 c は、該当する光が基準状態にないミラー要素 1 2 a を経て角度変化を受けるため、静止露光領域 E R に対して、例えば - Y 方向にシフトして形成される。すなわち、照野 1 7 c は、静止露光領域 E R の内部に形成される照野部分 1 7 c a と、静止露光領域 E R の外部に形成される照野部分 1 7 c b とからなる。

10

【 0 0 6 8 】

すなわち、面光源 2 1 c からの光のうち補正ユニット C M を経た光は、静止露光領域 E R において Y 座標が - L の点および Y 座標が 0 の点には達するが、Y 座標が + L の点には達しない。一方、照野 1 7 a , 1 7 b , 1 7 d からの光のうち補正ユニット C M を経た光は、Y 座標が + L の点を含む静止露光領域 E R 上のすべての点に達する。したがって、補正ユニット C M が存在しない場合に静止露光領域 E R に形成される照野の光強度を 1 0 0 % とし、照野 1 7 m の光強度を 9 0 % とし、各照野 1 7 a ~ 1 7 d の光強度を 2 . 5 % と想定するとき、Y 座標が + L の点に関する瞳強度分布において面光源 2 1 c の光強度が 2 . 5 % 低下することになる。

20

【 0 0 6 9 】

実際には、マイクロフライアイレンズ 5 の各微小屈折面に比して空間光変調器 1 2 のミラー要素 1 2 a の反射面ははるかに小さく、照明瞳に形成される 4 極状の瞳強度分布の各面光源 2 1 a ~ 2 1 d からの光に対して、例えば数万個 ~ 数十万個のミラー要素 1 2 a を作用させることが可能である。図 1 2 では、図面の明瞭化のために、面光源 2 1 c からの光に対して 1 0 個のミラー要素 1 2 a が作用しているものとし、各ミラー要素 1 2 a を経た光が形成する 1 0 個の照野 1 7 c を、図中水平方向に延びる 1 0 本の線分で示している。これらの線分は、各ミラー要素 1 2 a により射出光に付与される角度変化に応じて Y 方向にそれぞれシフトしている。

【 0 0 7 0 】

図 1 2 を参照すると、面光源 2 1 c からの光に対して多数のミラー要素 1 2 a が作用する場合、これらのミラー要素 1 2 a の姿勢を個別に制御することにより、Y 座標に沿った各点に関する瞳強度分布において面光源 2 1 c の光強度を高い自由度で調整することが可能であることがわかる。同様に、他の面光源 2 1 a , 2 1 b , 2 1 d についても、対応する多数のミラー要素 1 2 a の姿勢を個別に制御することにより、Y 座標に沿った各点に関する瞳強度分布において面光源 2 1 a , 2 1 b , 2 1 d の光強度をそれぞれ高い自由度で調整することが可能であることがわかる。

30

【 0 0 7 1 】

なお、図 1 0 ~ 図 1 2 を参照した説明では、補正ユニット C M の作用（ひいては空間光変調器 1 2 の作用）の理解を容易にするために、ミラー要素 1 2 a の姿勢を一方向に変化させて、ミラー要素 1 2 a を経た光に対して一方向に角度変化を付与している。しかしながら、実際には、例えば互いに直交する二方向にミラー要素 1 2 a の姿勢を変化させて、ミラー要素 1 2 a からの射出光に対して任意の方向に所要の角度変化を付与することができる。したがって、空間光変調器 1 2 の作用により、ウェハ W 上の静止露光領域 E R 内の一方向に沿った各点に関する瞳強度分布をそれぞれほぼ均一に調整するだけでなく、任意の点に関する瞳強度分布をそれぞれほぼ均一に調整することができる。

40

【 0 0 7 2 】

第 1 実施形態では、空間光変調ユニット 3 を用いて新たな瞳強度分布を形成する際に、すなわち瞳強度分布の切り換え（ひいては照明条件の切り換え）に際して、瞳強度分布計測装置 1 0 を用いて投影光学系 P L の結像領域（静止露光領域 E R に対応する領域）内の

50

各点に関する瞳強度分布を計測する。あるいは、瞳強度分布の切り換えに連動することなく、必要に応じて、結像領域内の各点に関する瞳強度分布を随時計測する。そして、制御部CRは、計測装置10の計測結果に応じて、補正ユニットCM内の空間光変調器12を制御することにより、結像領域内の各点に関する瞳強度分布をそれぞれほぼ均一に調整する。

【0073】

なお、第1実施形態では、上述したように、ウェハ（被照射面）W上の光量分布が、補正ユニットCM中の空間光変調器12による調整の影響を受ける。この場合、必要に応じて、公知の構成を有する光量分布調整部の作用により、静止露光領域ER内の照度分布または静止露光領域（照明領域）ERの形状を変更することができる。具体的に、照度分布を変更に用いる光量分布調整部としては、特開2001-313250号および特開2002-100561号（並びにそれらに対応する米国特許第6771350号および第6927836号）に記載された構成および手法を用いることができる。また、照明領域の形状を変更に用いる光量分布調整部としては、国際特許公開第W02005/048326号パンフレット（およびそれに対応する米国特許公開第2007/0014112号公報）に記載された構成および手法を用いることができる。

10

【0074】

以上のように、光源1からの光に基づいて被照射面としてのマスクMを照明する第1実施形態の照明光学系（2～9）では、照明瞳と光学的に共役な位置またはその近傍に配置されて、光の入射位置に応じて当該光の射出方向を変化させる補正部としての空間光変調器12を備えている。したがって、空間光変調器12の複数のミラー要素12aの姿勢を個別に制御することにより、ウェハW上の静止露光領域ER内の各点に関する瞳強度分布をそれぞれほぼ均一に調整することができる。また、第1実施形態の露光装置（2～WS）では、ウェハW上の静止露光領域ER内の各点での瞳強度分布をそれぞれほぼ均一に調整する照明光学系（2～9）を用いて、マスクMの微細パターンに応じた適切な照明条件のもとで良好な露光を行うことができ、ひいてはマスクM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ェハW上に忠実に転写することができる。

20

【0075】

なお、第1実施形態では、照明光路に沿って入射した光の一部を振幅分割型のビームスプリッター11により反射して空間光変調器12へ導くとともに、空間光変調器12を経た光の一部を振幅分割型のビームスプリッター14により照明光路へ戻している。しかしながら、振幅分割型のビームスプリッター11および14に代えて、偏光分離型の偏光ビームスプリッターを用いることにより、ビームスプリッターにおける光量損失を抑えることができる。

30

【0076】

また、第1実施形態では、第1空間光変調器34による第1光強度分布と第2空間光変調器35による第2光強度分布とを照明瞳において異なる箇所形成する例を示しているが、第1光強度分布と第2光強度分布とは互いにその一部が重畳していても良く、また完全に重畳（第1光強度分布と第2光強度分布とが同じ分布かつ同じ位置に形成）していても良い。

40

【0077】

また、第1実施形態では、照明光路に沿って（光軸AXに沿って）入射した光を互いに異なる2つの方向に進む2つの光に分割する分割部材として、三角プリズム31を用いている。しかしながら、光の分割数は2に限定されることなく、例えば回折光学素子を用いて入射光を3つ以上の光に分割することもできる。一般に、照明光路に沿って入射した光を互いに異なる複数の方向に進む複数の光に分割し、分割した光の数と同数の空間光変調器を併設することができる。また、上述の実施形態の構成において、一对の空間光変調器34、35のうちの一方の空間光変調器34だけを用いる構成も可能である。この場合、分割部材としての三角プリズム31に代えて、例えば偏角プリズムを用いることができる。

50

【0078】

また、第1実施形態では、補正ユニットCM中の空間光変調器12を、マイクロフライアイレンズ5の後側焦点面またはその近傍の照明瞳と光学的に共役な位置またはその近傍に配置している。しかしながら、これに限定されることなく、例えば図13の第2実施形態に示すように、結像光学系9の瞳位置またはその近傍に、補正部としての空間光変調器12を配置することもできる。図13の第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、照明光路中に空間光変調器12を配置している点が第1実施形態と相違している。図13では、図1の構成要素と同様の機能を有する要素に、図1と同じ参照符号を付している。

【0079】

上述したように、結像光学系9の瞳位置は、マイクロフライアイレンズ5の後側焦点面またはその近傍の照明瞳と光学的に共役な位置であり、照明瞳と呼ぶことのできる位置である。したがって、図13の第2実施形態では、補正部としての空間光変調器12が照明光路中の照明瞳の位置またはその近傍の位置に配置されていることになる。第2実施形態では、マイクロフライアイレンズ5からの光が、分岐光路に導かれることなく、照明光路に沿って空間光変調器12に入射し、空間光変調器12により照明光路に沿って反射される。すなわち、第2実施形態では、ビームスプリッター11により分岐光路へ導かれた光だけが空間光変調器12による補正の対象になる第1実施形態とは異なり、マイクロフライアイレンズ5の直後の瞳強度分布からの光のほぼすべてが空間光変調器12による補正の対象になる。

【0080】

なお、上述の各実施形態では、露光光としてArFエキシマレーザ光やKrFエキシマレーザ光などを用いる場合、露光光の吸収率が低い気体である窒素ガスやヘリウムガスのような不活性ガスで光路を充満させるか、あるいは光路をほぼ真空状態に保持する必要がある。各実施形態では、空間光変調器34, 35および12を固定的に設置しているので、カバーガラス34c, 35c, 12cを含むパーシ壁(不図示)を設けることができる。この場合、空間光変調器34, 35, 12の本体部分(可動部を含む部分)が気密空間の外側に配置されるので、パーシを良好に維持しながら空間光変調器34, 35, 12の自在な動作が可能である。

【0081】

また、上述の各実施形態では、空間光変調ユニット3とマイクロフライアイレンズ5との間の光路中に、フーリエ変換レンズとして機能する集光光学系としてのリレー光学系4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、リレー光学系4に代えて、アフォーカル光学系、円錐アキシコン系、変倍光学系などを含む光学系を配置することもできる。この種の光学系は、国際公開第2005/076045A1号パンフレット、およびそれに対応する米国特許出願公開第2006/0170901A号に開示されている。

【0082】

なお、上述の説明では、照明瞳に4極状の瞳強度分布が形成される変形照明、すなわち4極照明を例にとって、本発明の作用効果を説明している。しかしながら、4極照明に限定されることなく、例えば輪帯状の瞳強度分布が形成される輪帯照明、4極状以外の他の複数極状の瞳強度分布が形成される複数極照明などに対しても、同様に本発明を適用して同様の作用効果を得ることができることは明らかである。

【0083】

また、上述の説明では、ウェハWのショット領域にマスクMのパターンを走査露光するステップ・アンド・スキャン方式の露光装置に対して本発明を適用している。しかしながら、これに限定されることなく、ウェハWの各露光領域にマスクMのパターンを一括露光する動作を繰り返すステップ・アンド・リピート方式の露光装置に対して本発明を適用することもできる。

【0084】

また、上述の説明では、二次元的に配列されて個別に制御される複数の光学要素を有する空間光変調器として、二次元的に配列された複数の反射面の向き（角度：傾き）を個別に制御可能な空間光変調器を用いている。しかしながら、これに限定されることなく、たとえば二次元的に配列された複数の反射面の高さ（位置）を個別に制御可能な空間光変調器を用いることもできる。このような空間光変調器としては、たとえば特開平6-281869号公報及びこれに対応する米国特許第5,312,513号公報、並びに特表2004-520618号公報およびこれに対応する米国特許第6,885,493号公報の図1dに開示される空間光変調器を用いることができる。これらの空間光変調器では、二次元的な高さ分布を形成することで回折面と同様の作用を入射光に与えることができる。なお、上述した二次元的に配列された複数の反射面を持つ空間光変調器を、たとえば特表2006-513442号公報およびこれに対応する米国特許第6,891,655号公報や、特表2005-524112号公報およびこれに対応する米国特許公開第2005/0095749号公報の開示に従って変形しても良い。

10

【0085】

また、上述の説明では、補正部として複数のミラー要素を有する反射型の空間光変調器を用いているが、これに限定されることなく、たとえば米国特許第5,229,872号公報に開示される透過型の空間光変調器を用いても良い。複数の光学要素を有する透過型の空間光変調器の一例として、図14および図15に示すように、複数の液体封入型の可変頂角プリズムを備えた補正部を用いることができる。図14は、照明光学系の光軸を含む面に沿った補正部の断面図である。図15は、図14の補正部を图中右側から見た図である。

20

【0086】

図14において、保持部41は、複数の可変頂角プリズム（42a～45a, 42b～45b, 42c～45c）が二次元的に配列されるように、これら複数の可変頂角プリズムを保持している。各可変頂角プリズムは、一对の平行平板（42a, 43a; 42b, 43b; 42c, 43c）と、これら一对の平行平板の端面を結合する変形可能な蛇腹（44a; 44b; 44c）と、これら一对の平行平板と蛇腹とで形成される空間に充填される光透過性液体とを備える。そして、一对の平行平板のうち、保持部41によって保持されている平行平板（42a; 42b; 42c）とは反対側の平行平板（43a; 43b; 43c）は、保持枠（46a; 46b; 46c）で保持されており、これら保持枠は、アクチュエータ（47a; 47b; 47c）により保持部41に対して傾くように駆動される。これにより、一对の平行平板（42a, 43a; 42b, 43b; 42c, 43c）のなす頂角が変更され、各可変頂角プリズムを通過する光が、頂角に応じて偏向される。

30

【0087】

図16および図17の例は、各可変頂角プリズムを、平凸レンズ（52a; 52b; 52c）と平凹レンズ（53a; 53b; 53c）との組み合わせとしたものである。この例では、各平凸レンズ（52a; 52b; 52c）が保持部51に固定され、この平凸レンズの凸面に沿った方向に平凹レンズ（53a; 53b; 53c）が可動である。各平凹レンズは、アクチュエータ（54a; 54b; 54c）によって駆動される。図16および図17の例においても、平凸レンズおよび平凹レンズ（52a, 53a; 52b, 53b; 52c, 53c）のなす頂角が変更されると、各可変頂角プリズムを通過する光が、頂角に応じて偏向される。なお、平凸レンズおよび平凹レンズはシリンドリカルレンズでも良い。

40

【0088】

図18および図19の例は、補正部として複数の偏角プリズム対を備えた例である。保持部61は、偏角プリズム（62a; 62b; 62c）をそれぞれの軸（AX62a; AX62b; AX62c）廻りに回転可能に保持している。各偏角プリズム（62a; 62b; 62c）の斜面側には、斜面の法線方向の軸（AX63a; AX63b; AX63c）廻りに回転可能に設けられた偏角プリズム（63a; 63b; 63c）が配置されてい

50

る。これらの偏角プリズム(63a; 63b; 63c)は、偏角プリズム(62a; 62b; 62c)に対して回転可能である。

【0089】

図18および図19の例では、偏角プリズム(63a; 63b; 63c)を各軸(A X 63a; A X 63b; A X 63c)廻りに回転させることで二次元的に配列された偏角プリズム対(62a, 63a; 62b, 63b; 62c, 63c)の頂角が変更され、偏角プリズム(62a; 62b; 62c)を各軸(A X 62a; A X 62b; A X 62c)廻りに回転させると(このとき偏角プリズム(63a; 63b; 63c)も一体に回転する)、頂角の方向(各軸(A X 62a; A X 62b; A X 62c)を中心とする方位)も変更される。これら各偏角プリズム(62a, 63a; 62b, 63b; 62c, 63c)はアクチュエータ(64a; 64b; 64c)によって回転駆動される。図18および図19の例においても、各偏角プリズム対の頂角が変更されると、それに応じて各偏角プリズム対を通過する光が偏向される。なお、各偏角プリズム対(62a, 63a; 62b, 63b; 62c, 63c)は、可変頂角プリズムとみなすことができる。

10

【0090】

また、上述の説明では、補正部として複数のミラー要素を有する反射型の空間光変調器を用いているが、これに限定されることなく、局所的に変形可能な反射面を有する補正部や、局所的に変形可能な屈折面を有する補正部を用いることもできる。局所的に変形可能な反射面を有する補正部の一例として、図20に示すように、変形可能ミラーを備えた補正部を用いることができる。図20の例に示す変形可能ミラーは、基板73にマトリクス状に配置された複数のアクチュエータ72によって反射面71の裏面側から反射面を押し引きする構成となっており、各アクチュエータ72の駆動により反射面71の形状が変更される。

20

【0091】

なお、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可変パターン形成装置を用いることができる。このような可変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、可変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2004-304135号公報、国際特許公開第2006/080285号パンフレットに開示されている。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。なお、パターン面が横置きの場合であっても可変パターン形成装置を用いても良い。

30

【0092】

さて、上述の実施形態では、被照射面上の各点での瞳強度分布をそれぞれほぼ均一に調整していたが、被照射面上の各点での瞳強度分布を均一ではない所定の分布に調整しても良い。また、被照射面上の各点での瞳強度分布をそれぞれ互いに異なる所定の分布に調整しても良い。たとえば、露光装置自体の瞳強度分布の均一性以外に起因する線幅誤差や、フォトリソグラフィ工程において露光装置と組み合わせて使用される塗布現像処理装置(コータデベロッパ)や加熱/冷却処理装置など露光装置以外の装置に起因する線幅誤差を補正するために、被照射面上の各点での瞳強度分布をそれぞれ互いに異なる所定の分布に調整しても良い。

40

【0093】

後述するように、半導体デバイスの製造工程におけるフォトリソグラフィ工程では、ウエハ等の被処理体の表面にフォトレジスト(感光性材料)膜を形成した後、これに回路パターンを露光し、さらに現像処理を行うことによってレジストパターンを形成している。このフォトリソグラフィ工程は、ウエハにレジスト塗布を行うレジスト塗布処理ユニットや露光後のウエハを現像する現像処理ユニット等を有する塗布現像処理装置(コータデベロッパ)と、この装置に連続して一体的に設けられた露光装置とにより行われている。

50

【0094】

そして、このような塗布現像処理装置は、例えばウエハ上にレジスト膜を形成した後、或いは現像処理の前後にウエハに対して加熱処理や冷却処理等の熱処理を行う加熱処理装置や冷却処理装置を有している。ここで、ウエハ面内でレジスト膜厚が均一でなかったり、これらの熱処理でウエハ面内の温度分布が一様でなかったりする場合には、ショット領域内の線幅均一性の分布がウエハW上のショット領域の位置によって異なる性状を呈する場合がある。

【0095】

また、上述のレジストパターンをマスクとして、レジストパターンの下層にある被エッチング膜をエッチングするエッチング装置においても、ウエハ面内の温度分布が一様でない場合には、ショット領域内の線幅均一性の分布がウエハW上のショット領域の位置によって異なる性状を呈することがある。

10

【0096】

このような塗布現像処理装置やエッチング装置等に起因するウエハ上のショット領域の位置によるショット領域内の線幅均一性の分布の変動は、ウエハ内でショット位置に依存しないある程度安定した誤差分布（システムチックな誤差分布）を持っている。したがって、上述の実施形態にかかる露光装置において、照射面上の各点での露強度分布をそれぞれ互いに異なる所定の分布に調整することによって、ショット領域内の線幅均一性の分布の変動を補正することが可能である。

20

【0097】

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。

30

【0098】

次に、上述の実施形態にかかる露光装置を用いたデバイス製造方法について説明する。図21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21に示すように、半導体デバイスの製造工程では、半導体デバイスの基板となるウエハWに金属膜を蒸着し（ステップS40）、この蒸着した金属膜上に感光性材料であるフォトレジストを塗布する（ステップS42）。つづいて、上述の実施形態の投影露光装置を用い、マスク（レチクル）Mに形成されたパターンをウエハW上の各ショット領域に転写し（ステップS44：露光工程）、この転写が終了したウエハWの現像、つまりパターンが転写されたフォトレジストの現像を行う（ステップS46：現像工程）。

40

【0099】

その後、ステップS46によってウエハWの表面に生成されたレジストパターンをマスクとし、ウエハWの表面に対してエッチング等の加工を行う（ステップS48：加工工程）。ここで、レジストパターンとは、上述の実施形態の投影露光装置によって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である。ステップS48では、このレジストパターンを介してウエハWの表面の加工を行う。ステップS48で行われる加工には、例えばウエハWの表面のエッチングまたは金属膜等の成膜の少なくとも一方が含まれる。なお、ステップS44では、上述の実施形態の投影露光装置は、フォトレジストが塗布されたウエハWを、感光性基板つまりプレートPとしてパターンの転写を行う。

50

【 0 1 0 0 】

図 2 2 は、液晶表示素子等の液晶デバイスの製造工程を示すフローチャートである。図 2 2 に示すように、液晶デバイスの製造工程では、パターン形成工程（ステップ S 5 0）、カラーフィルタ形成工程（ステップ S 5 2）、セル組立工程（ステップ S 5 4）およびモジュール組立工程（ステップ S 5 6）を順次行う。ステップ S 5 0 のパターン形成工程では、プレート P としてフォトレジストが塗布されたガラス基板上に、上述の実施形態の投影露光装置を用いて回路パターンおよび電極パターン等の所定のパターンを形成する。このパターン形成工程には、上述の実施形態の投影露光装置を用いてフォトレジスト層にパターンを転写する露光工程と、パターンが転写されたプレート P の現像、つまりガラス基板上のフォトレジスト層の現像を行い、パターンに対応する形状のフォトレジスト層を生成する現像工程と、この現像されたフォトレジスト層を介してガラス基板の表面を加工する加工工程とが含まれている。

10

【 0 1 0 1 】

ステップ S 5 2 のカラーフィルタ形成工程では、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か、または R、G、B の 3 本のストライプのフィルタの組を水平走査方向に複数配列したカラーフィルタを形成する。ステップ S 5 4 のセル組立工程では、ステップ S 5 0 によって所定パターンが形成されたガラス基板と、ステップ S 5 2 によって形成されたカラーフィルタとを用いて液晶パネル（液晶セル）を組み立てる。具体的には、例えばガラス基板とカラーフィルタとの間に液晶を注入することで液晶パネルを形成する。ステップ S 5 6 のモジュール組立工程では、ステップ S 5 4 によって組み立てられた液晶パネルに対し、この液晶パネルの表示動作を行わせる電気回路およびバックライト等の各種部品を取り付ける。

20

【 0 1 0 2 】

また、本発明は、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に形成される液晶表示素子、若しくはプラズマディスプレイ等のディスプレイ装置用の露光装置や、撮像素子（CCD 等）、マイクロマシーン、薄膜磁気ヘッド、及び DNA チップ等の各種デバイスを製造するための露光装置にも広く適用できる。更に、本発明は、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。

30

【 0 1 0 3 】

なお、上述の実施形態では、露光光として ArF エキシマレーザ光（波長：193 nm）や KrF エキシマレーザ光（波長：248 nm）を用いているが、これに限定されることなく、他の適当なレーザ光源、たとえば波長 157 nm のレーザ光を供給する F₂ レーザ光源などに対して本発明を適用することもできる。また、上述の実施形態では、露光装置においてマスクを照明する照明光学系に対して本発明を適用しているが、これに限定されることなく、マスク以外の被照射面を照明する一般的な照明光学系に対して本発明を適用することもできる。

【 符号の説明 】

【 0 1 0 4 】

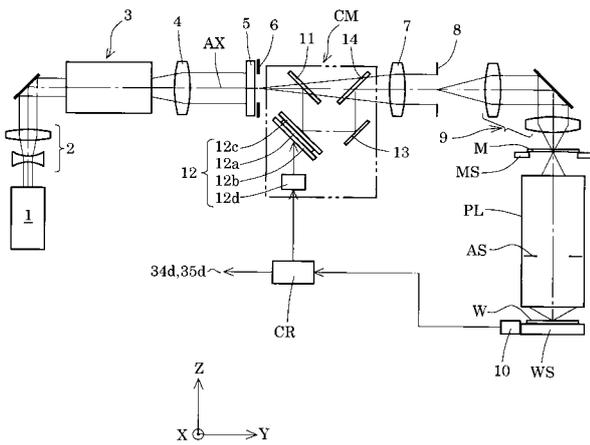
- 1 光源
- 3 空間光変調ユニット
- 4 リレー光学系
- 5 マイクロフライアイレンズ
- 7 コンデンサー光学系
- 8 マスクブラインド
- 9 結像光学系
- 10 瞳強度分布計測装置
- 12, 34, 35 空間光変調器
- 31 三角プリズム

40

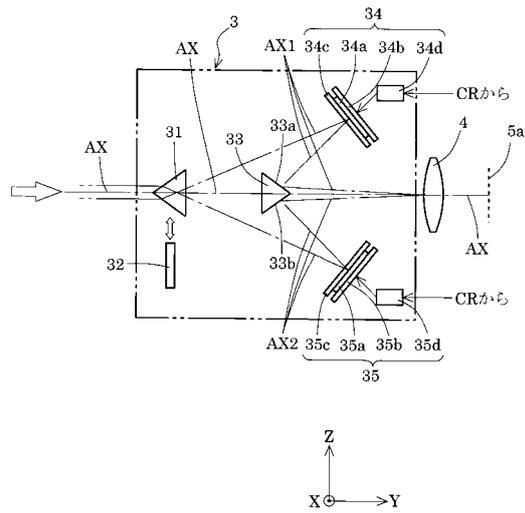
50

- 3 2 回折光学素子
- 3 3 反射部材
- C R 制御部
- C M 補正ユニット
- M マスク
- P L 投影光学系
- W ウェハ

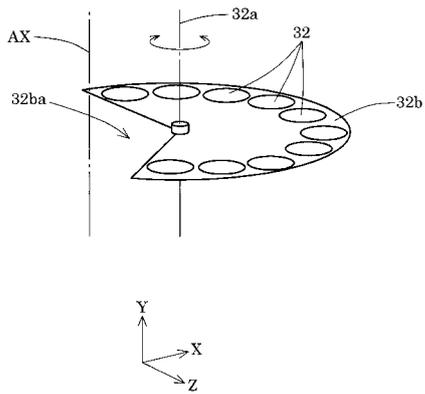
【 図 1 】



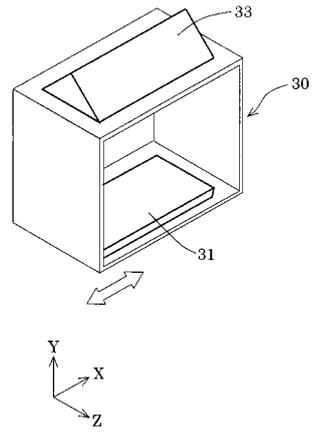
【 図 2 】



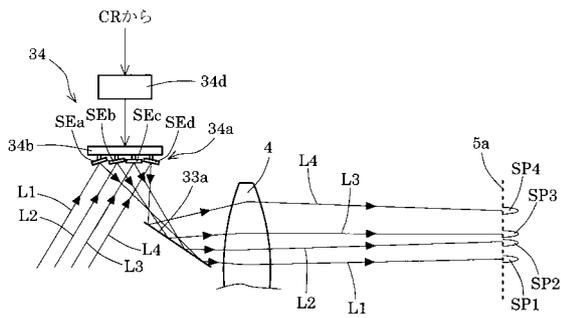
【 図 3 】



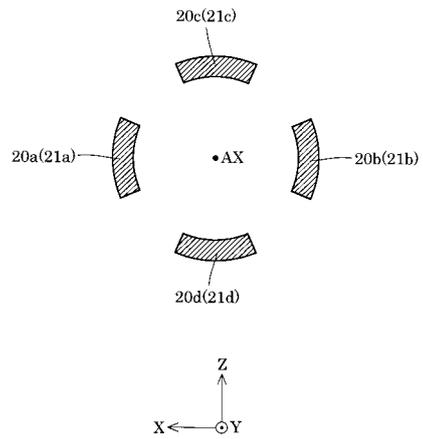
【 図 4 】



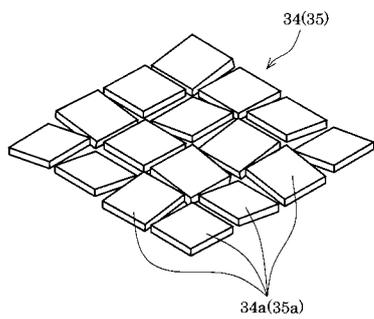
【 図 5 】



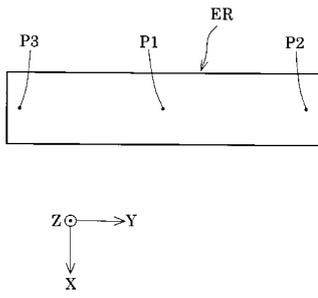
【 図 7 】



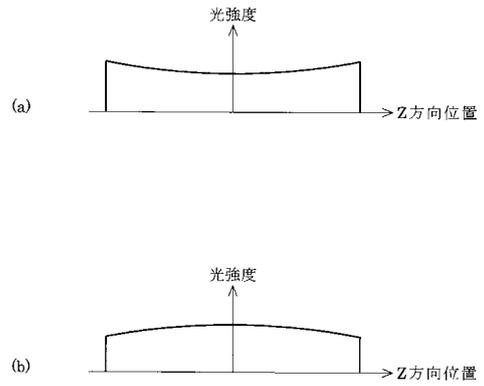
【 図 6 】



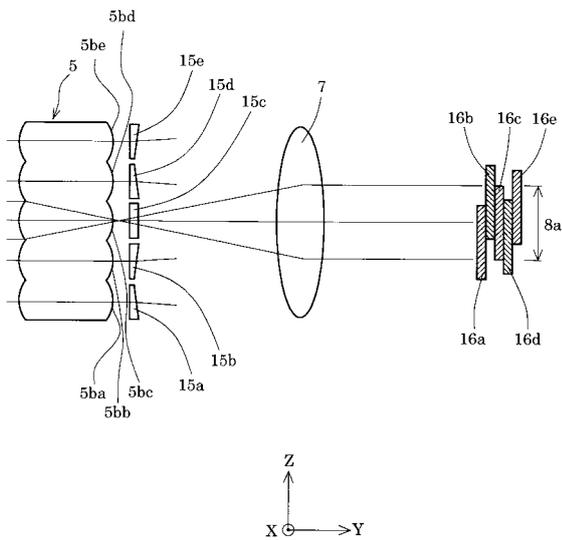
【 図 8 】



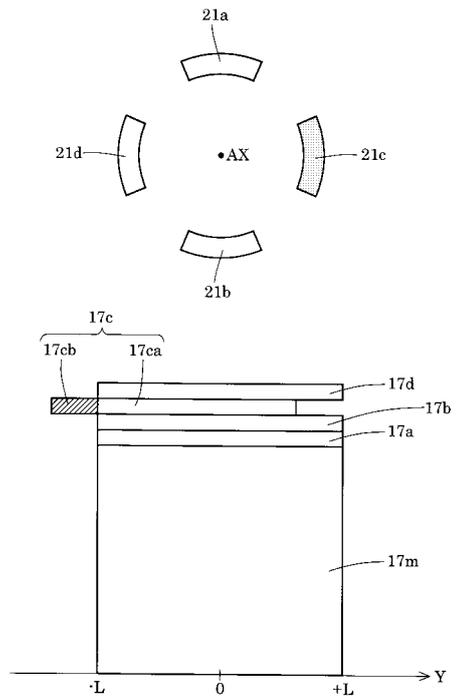
【 図 9 】



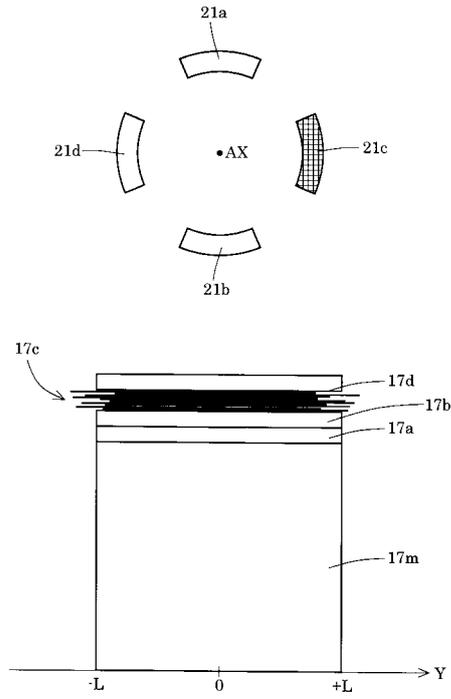
【 図 10 】



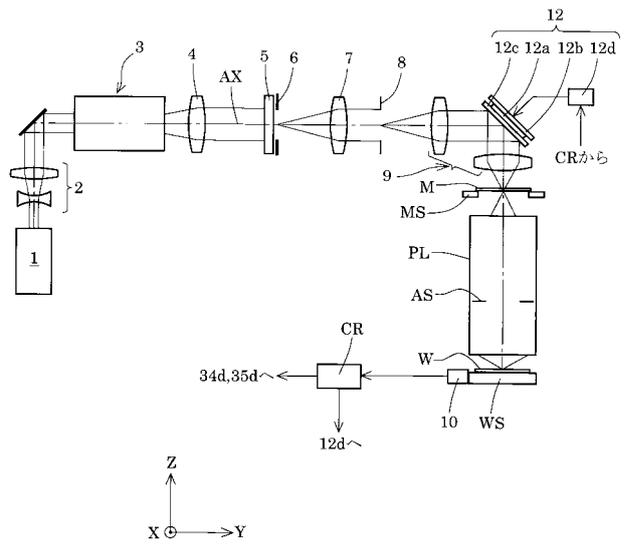
【 図 11 】



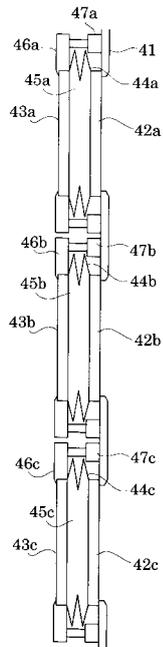
【 図 1 2 】



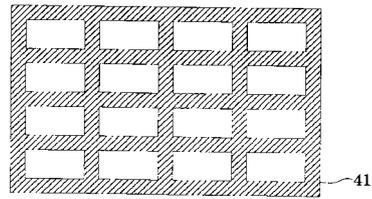
【 図 1 3 】



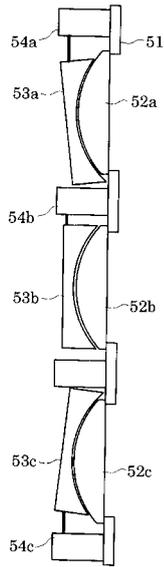
【 図 1 4 】



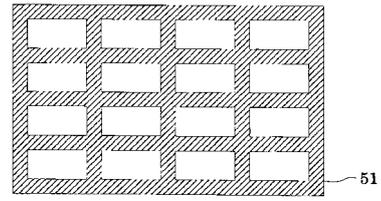
【 図 1 5 】



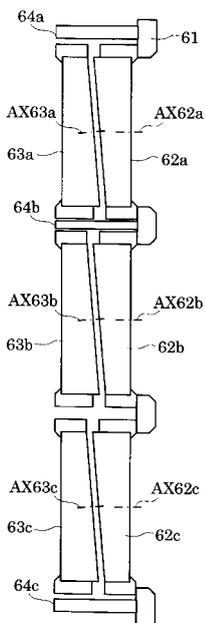
【 図 1 6 】



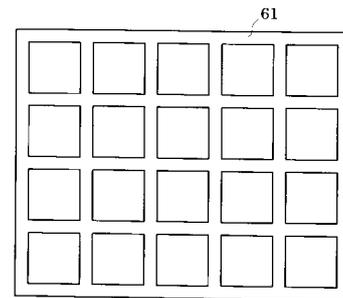
【 図 1 7 】



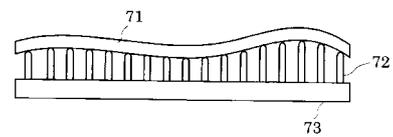
【 図 1 8 】



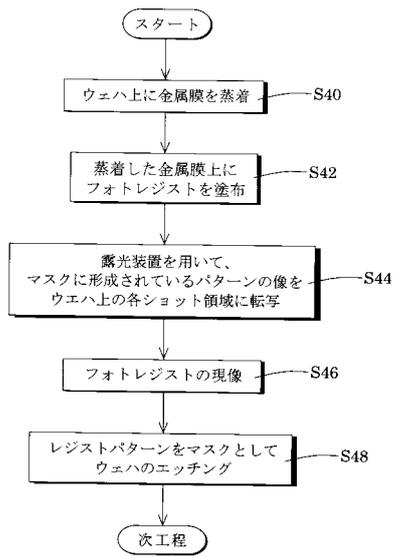
【 図 1 9 】



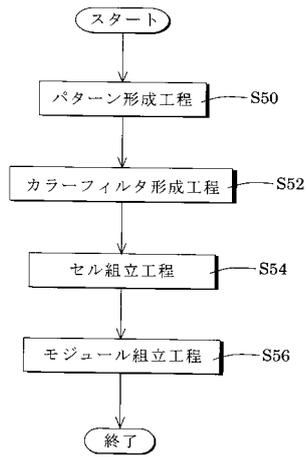
【 図 2 0 】



【 図 2 1 】



【 図 2 2 】



【 国際調査報告 】

| INTERNATIONAL SEARCH REPORT | | International application No. PCT/JP2009/063992 |
|--|---|--|
| A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01L21/027(2006.01)i, G03F7/20(2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC | | |
| B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01L21/027, G03F7/20 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2009 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2009 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2009 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 Y | JP 2003-022967 A (ASML Netherlands B.V.), 24 January 2003 (24.01.2003), paragraphs [0046] to [0057]; fig. 1 to 5 & US 2003/0038225 A1 & US 2004/0108467 A1 & EP 1262836 A1 & KR 10-2002-0092207 A | 1-5, 11-13, 15 6-10, 14 |
| X Y | JP 2007-505488 A (Carl-Zeiss SMT AG.), 08 March 2007 (08.03.2007), claims; fig. 1 to 9 & WO 2005/026843 A2 & DE 10343333 A & EP 1668421 A & KR 10-2006-0118435 A & CN 1879062 A & US 2007/0165202 A1 | 1-5, 11-13, 15 6-10, 14 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex. | | |
| * Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "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 21 October, 2009 (21.10.09) | | Date of mailing of the international search report 02 November, 2009 (02.11.09) |
| Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office | | Authorized officer |
| Facsimile No. | | Telephone No. |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/063992

| C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
|---|--|----------------------------|
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| X Y | JP 2002-353105 A (Nikon Corp.), 06 December 2002 (06.12.2002), abstract; fig. 1 (Family: none) | 1-5, 11-13, 15 6-10, 14 |
| X Y | JP 11-003849 A (Sony Corp.), 06 January 1999 (06.01.1999), paragraphs [0050] to [0055]; fig. 9 (Family: none) | 1-5, 11-13, 15 6-10, 14 |
| X Y | JP 2007-227918 A (ASML Netherlands B.V.), 06 September 2007 (06.09.2007), paragraphs [0036] to [0038]; fig. 1, 2 & US 2007/0195305 A1 & EP 1826616 A2 & KR 10-2007-0087507 A & CN 101025573 A & SG 135130 A | 1-5, 11-13, 15 6-10, 14 |
| Y | JP 2005-345938 A (Fuji Photo Film Co., Ltd.), 15 December 2005 (15.12.2005), paragraphs [0133], [0134]; fig. 31, 32 & US 2005/0286106 A1 | 6 |
| Y | JP 2002-506230 A (Micronic Laser Systems AB.), 26 February 2002 (26.02.2002), paragraph [0009]; fig. 4g & WO 1999/045435 A1 | 7 |
| Y | WO 2007/017089 A1 (CARL ZEISS SMT AG.), 15 February 2007 (15.02.2007), abstract & JP 2009-503826 A & US 2008/0239503 A1 | 8 |
| Y | WO 2005/048326 A1 (Nikon Corp.), 26 May 2005 (26.05.2005), abstract & US 2007/0014112 A1 | 9, 10 |
| Y | JP 2006-059834 A (Nikon Corp.), 02 March 2006 (02.03.2006), paragraphs [0056] to [0068]; fig. 8, 9 & US 2008/0030707 A1 & EP 1798758 A1 & WO 2006/018972 A1 & KR 10-2007-0041582 A & CN 101006552 A | 14 |

| 国際調査報告 | | 国際出願番号 PCT/JP2009/063992 | | | | | | | | | |
|---|--|--|---------|-----------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| 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, 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, 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2009年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2009年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2009年</td> </tr> </table> | | | | 日本国実用新案公報 | 1922-1996年 | 日本国公開実用新案公報 | 1971-2009年 | 日本国実用新案登録公報 | 1996-2009年 | 日本国登録実用新案公報 | 1994-2009年 |
| 日本国実用新案公報 | 1922-1996年 | | | | | | | | | | |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2009年 | | | | | | | | | | |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2009年 | | | | | | | | | | |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2009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 Y | JP 2003-022967 A (エイエスエムエル ネザランドズ ベスローテ ン フェンノートシャップ) 2003.01.24, 【0046】 - 【005 7】、図1-5 & US 2003/0038225 A1 & US 2004/0108467 A1 & EP 1262836 A1 & KR 10-2002-0092207 A | 1-5, 11-13, 15 6-10, 14 | | | | | | | | | |
| X Y | JP 2007-505488 A (カール・ツァイス・エスエムティー・アーゲー) 2007.03.08, 【特許請求の範囲】、図1-9 & WO 2005/026843 A2 & DE 10343333 A & EP 1668421 A & KR 10-2006-0118435 A & CN 1879062 A & US 2007/0165202 A1 | 1-5, 11-13, 15 6-10, 14 | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 21.10.2009 | | 国際調査報告の発送日 02.11.2009 | | | | | | | | | |
| 国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 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) 岩本 勉 | 2M 9355 | | | | | | | | |
| | | 電話番号 03-3581-1101 | 内線 3274 | | | | | | | | |

| 国際調査報告 | | 国際出願番号 PCT/J P 2 0 0 9 / 0 6 3 9 9 2 |
|-----------------------|---|--------------------------------------|
| C (続き) . 関連すると認められる文献 | | |
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求項の番号 |
| X Y | JP 2002-353105 A (株式会社ニコン) 2002. 12. 06, 【要約】、図 1 (ファミリーなし) | 1-5, 11-13, 15 6-10, 14 |
| X Y | JP 11-003849 A (ソニー株式会社) 1999. 01. 06, 【0050】 - 【0055】、図 9 (ファミリーなし) | 1-5, 11-13, 15 6-10, 14 |
| X Y | JP 2007-227918 A (エーエスエムエル ネザーランズ ビー. ブイ.) 2007. 09. 06, 【0036】 - 【0038】、図 1, 2 & US 2007/0195305 A1 & EP 1826616 A2 & KR 10-2007-0087507 A & CN 101025573 A & SG 135130 A | 1-5, 11-13, 15 6-10, 14 |
| Y | JP 2005-345938 A (富士写真フイルム株式会社) 2005. 12. 15, 【0133】、【0134】、図 31, 32 & US 2005/0286106 A1 | 6 |
| Y | JP 2002-506230 A (マイクロニック レーザー システムズ アク チボラゲット) 2002. 02. 26, 【0009】、図 4 g & WO 1999/045435 A1 | 7 |
| Y | WO 2007/017089 A1 (CARL ZEISS SMT AG) 2007. 02. 15, 【要約】 & JP 2009-503826 A & US 2008/0239503 A1 | 8 |
| Y | WO 2005/048326 A1 (株式会社ニコン) 2005. 05. 26, 【要約】 & US 2007/0014112 A1 | 9, 10 |
| Y | JP 2006-059834 A (株式会社ニコン) 2006. 03. 02, 【0056】 - 【0068】、図 8, 9 & US 2008/0030707 A1 & EP 1798758 A1 & WO 2006/018972 A1 & KR 10-2007-0041582 A & CN 101006552 A | 14 |

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(注)この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。