

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5622664号

(P5622664)

(45) 発行日 平成26年11月12日(2014.11.12)

(24) 登録日 平成26年10月3日(2014.10.3)

(51) Int.Cl.

F I

G O 2 B 17/08 (2006.01)

G O 2 B 17/08 Z

H O 1 L 21/027 (2006.01)

H O 1 L 21/30 5 1 5 D

請求項の数 15 外国語出願 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2011-126713 (P2011-126713)	(73) 特許権者	503263355
(22) 出願日	平成23年5月19日 (2011.5.19)		カール・ツァイス・エスエムティー・ゲー
(65) 公開番号	特開2011-248366 (P2011-248366A)		エムペーハー
(43) 公開日	平成23年12月8日 (2011.12.8)		ドイツ連邦共和国、7 3 4 4 7 オーバー
審査請求日	平成24年4月12日 (2012.4.12)		コッヘン、ルドルフ・エーバー・シュトラ
(31) 優先権主張番号	10 2010 021 539.2		ーセ 2
(32) 優先日	平成22年5月19日 (2010.5.19)	(74) 代理人	100092093
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		弁理士 辻居 幸一
前置審査		(74) 代理人	100082005
			弁理士 熊倉 禎男
		(74) 代理人	100067013
			弁理士 大塚 文昭
		(74) 代理人	100086771
			弁理士 西島 孝喜

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 絞りを有する投影対物系

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

多数の透過光学要素と、投影対物系の結像ビーム経路に沿って該光学要素を規定可能な位置に保持するための保持デバイス（H D）とを有し、1つの光学要素が、該結像ビーム経路に位置する光学有用領域（O P T）と該光学有用領域の外側に位置する縁部領域（E R）とを有し、

該保持デバイスの少なくとも1つの保持要素（H E）が、接触ゾーン（C Z）の領域における該縁部領域で該光学要素に割り当てられ、

投影対物系の物体平面に配置された物体を投影対物系の像平面に位置する該物体の像内に結像するための投影対物系であって、

光学要素（L 2 - 1、L 2 - 2、L 3 - 6）の少なくとも1つは、2回通過光学要素であり、該光学要素の直ぐ上流に配置された偽光絞り（S L S 1）と該光学要素の直ぐ下流に配置された第2の偽光絞り（S L S 2）とを有する絞り配列（S A 1、S A 2、S A 3）が割り当てられ、該偽光絞りの各々は、該偽光絞りが該縁部領域の少なくとも一部を結像ビーム経路の外側を進む放射線に対して遮蔽するように形成される、

ことを特徴とする投影対物系。

【請求項 2】

1つの偽光絞りが、絞り開口部を定める内側絞り縁部（S E）を有し、該絞り縁部と前記光学要素の関連の光学面との間の有限の間隔が、該絞り縁部の外周全体にわたって2 m mよりも小さく、特に、1 m mよりも小さく、該絞り縁部と該光学面の間の最小間隔が、

好ましくは、 $1 / 10 \text{ mm}$ 又はそれよりも大きいことを特徴とする請求項 1 に記載の投影対物系。

【請求項 3】

1つの偽光絞りが、好ましくは、平坦な外縁区画（OP）を有し、該外縁区画には、前記光学要素に対して傾斜して延びて前記絞り縁部（SE1）を定める内側区画（IP）が、該絞り縁部の方向に接続され、該内側区画は、好ましくは、円錐形であることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の投影対物系。

【請求項 4】

前記偽光絞りは、前記光学要素の場合に全ての接触ゾーン（CZ）及び該接触ゾーンに割り当てられた保持要素（HE）が前記結像ビーム経路の外側を進む放射線に対して遮蔽されるように形成かつ配置されることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の投影対物系。

10

【請求項 5】

前記偽光絞り（SL S1、SL S2）は、前記遮蔽された光学要素の場合に前記接触ゾーンの一部のみ及び該接触ゾーンに割り当てられた前記保持要素の一部のみが結像ビーム縁部の外側を進む放射線に対して遮蔽されるように形成かつ配置されることを特徴とする請求項 1、請求項 2、又は請求項 3 のいずれか 1 項に記載の投影対物系。

【請求項 6】

前記偽光絞りは、円形の絞り開口部を有し、該偽光絞りが前記結像ビーム経路を制限しないように該結像ビーム経路の縁部を進む結像ビームの光線と前記内側絞り縁部（SE）の間に間隔が存在し、前記割り当てられた光学要素（L2 - 2）は、好ましくは、投影対物系の瞳に又はその近くに位置することを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の投影対物系。

20

【請求項 7】

絞り配列の前記偽光絞りは、絞り開口部を有し、その形状は、絞り開口部を定める絞り縁部とビームの間隔が、最大で 2 mm 、少なくとも $1 / 10 \text{ mm}$ 前記結像ビームと該絞り縁部の間に残るように前記結像ビーム経路における該結像ビームの断面形状に適合されることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の投影対物系。

【請求項 8】

少なくとも 1つの凹ミラー（CM）を有し、

30

前記結像ビーム経路は、前記物体平面（OS）と該凹ミラーの間に延びる第 1の部分ビーム経路（RB1）と、該凹ミラーと前記像平面（IS）の間に延びる第 2の部分ビーム経路（RB2）とを有し、前記光学要素（L2 - 1、L2 - 2）及び割り当てられた偽光絞り（SL S1、SL S2）は、該第 1及び該第 2の部分ビーム経路が該光学要素の前記有用領域を通りかつ該偽光絞りを通って延びるように 2回通過領域に配置されることを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の投影対物系。

【請求項 9】

前記偽光絞り（SL S1、SL S2）の少なくとも 1つは、外周方向にセグメント化された偽光絞りとして、該偽光絞りが前記縁部領域（ER）の一部のみを前記結像ビーム経路の外側を進む放射線に対して遮蔽し、該縁部領域の別の部分が該結像ビーム経路の外側を進む放射線に露光されるように形成されることを特徴とする請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の投影対物系。

40

【請求項 10】

前記光学要素（L2 - 1）は、前記光学有用領域の内側に非回転対称放射線負荷を有する領域に配置され、

外周方向にセグメント化された少なくとも 1つの偽光絞り（SL S1、SL S2）は、該光学要素の該放射線負荷の非対称性が、前記結像ビーム経路の外側の前記縁部領域上に入射する前記放射線によって低減されるように、配置されることを特徴とする請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の投影対物系。

【請求項 11】

50

絞り配列 (S A 1) が設けられた前記光学要素 (L 2 - 1) は、光学的に視野平面の近くに、特に、部分口径比 S A R の絶対値が該光学要素の前記光学面の全てに対して 0 . 3 よりも小さい位置に配置されることを特徴とする請求項 1 から請求項 1 0 のいずれか 1 項に記載の投影対物系。

【請求項 1 2】

投影対物系 (2 0 0) が、物体視野を第 1 の実中間像 (I M I 1) に結像するための第 1 の対物系部分 (O P 1) と、該第 1 の対物系部分から到着する放射線を用いて第 2 の実中間像 (I M I 2) を生成するための第 2 の対物系部分 (O P 2) と、該第 2 の実中間像を前記像平面 (I S) に結像するための第 3 の対物系部分 (O P 3) とを有し、

前記第 2 の対物系部分は、凹ミラー (C M) を有する反射屈折対物系部分であり、第 1 の折り返しミラー (F M 1) が、前記物体平面から到着する前記放射線を該凹ミラーの方向に反射するために設けられ、第 2 の折り返しミラー (F M 2) が、該凹ミラーから到着する該放射線を前記像平面の方向に反射するために設けられ、割り当てられた絞り配列 (S A 1 、 S A 2) を有する少なくとも 1 つの光学要素 (L 2 - 1 、 L 2 - 2) が、該凹ミラー (C M) と該折り返しミラー (F M 1 、 F M 2) の間の 2 回通過領域に配置される、ことを特徴とする請求項 1 から請求項 1 1 のいずれか 1 項に記載の投影対物系。

【請求項 1 3】

正の屈折力の視野レンズ (L 2 - 1) が、前記第 1 の中間像 (I M I 1) と前記凹ミラー (C M) の間の該第 1 の中間像の近視野領域に配置され、該視野レンズには、絞り配列 (S A 1) が割り当てられることを特徴とする請求項 1 2 に記載の投影対物系。

【請求項 1 4】

第 1 の絞り配列 (S A 1) 及び少なくとも 1 つの第 2 の絞り配列 (S A 2 、 S A 3) が設けられることを特徴とする請求項 1 から請求項 1 3 のいずれか 1 項に記載の投影対物系。

【請求項 1 5】

投影対物系の像面の領域に配置され、かつ該投影対物系の物体平面の領域に配置されたマスクのパターンの少なくとも 1 つの像を有する放射線感応基板を露光するための投影露光機械であって、

紫外線を出力するための光源 (L S) と、

前記光源の光を受光し、かつマスクのパターン上に向けられる照明放射線を形成するための照明系 (I L L) と、

前記マスクの構造を感光基板上に結像するための投影対物系 (P O) と、

を有し、

前記投影対物系は、請求項 1 から請求項 1 4 のうちの 1 つに従って構成される、

ことを特徴とする機械。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【 0 0 0 1 】

本発明は、投影対物系の物体平面に配置された物体を投影対物系の像平面に位置する物体像内に結像するための投影対物系に関する。好ましい応用の分野は、マイクロリソグラフィ投影露光機械のための投影対物系である。そのような投影対物系は、投影露光機械の作動において投影対物系の物体平面に配置されたマスクのパターンを投影対物系の像平面に配置された感光基板上に結像するように機能する光学結像系である。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

現在、半導体構成要素及び他の微細構造化構成要素を生成するのに使用されるのは、主にマイクロリソグラフィ投影露光法である。この場合、結像される構造のパターン、例えば、半導体構成要素の層の線パターンを保持又は形成するマスク (レチクル) が使用される。マスクは、投影露光機械内で、照明系と投影対物系の間の投影対物系の物体平面領域に位置決めされ、照明系によって供給される照明放射線を用いて有効物体視野領域内で照

10

20

30

40

50

明される。マスク及びパターンによって変更された放射線は、結像ビームとして投影対物系の結像ビーム経路を通して進み、有効物体視野と光学的に共役な有効像視野の領域内のマスクパターンを露光される基板上に結像する。通常、基板は、投影放射線に敏感な層（フォトレジスト）を保持する。

【 0 0 0 3 】

投影露光機械の開発における目的の1つは、基板上に一層小さい寸法を有する構造をリソグラフィによって生成することである。比較的小さい構造は、例えば、半導体構成要素の場合は比較的高い集積密度をもたらす、一般的に、これは、製造される微細構造化構成要素の性能に対して有利な効果を有する。製造することができる構造のサイズは、使用される投影対物系の解像力に極めて依存し、一方で投影に使用される投影放射線の波長を低減することにより、他方で工程に使用される投影対物系の像側開口数 NA を高めることによって増大させることができる。

10

【 0 0 0 4 】

光学リソグラフィにおいて過去に使用されてきたのは、主に純屈折投影対物系である。純屈折又は光屈折投影対物系の場合には、屈折力を有する全ての光学要素は、透過屈折要素（レンズ）である。光屈折系の場合には、開口数が上がり、波長が短くなる時に、例えば、色収差を補正すること及び像視野湾曲を補正することのような基本的な収差を補正することがより困難になる。

【 0 0 0 5 】

平坦な像面及び色収差の良好な補正を得る1つの手法は、屈折力を有する屈折透過光学要素、すなわち、レンズと、屈折力を有する反射要素、すなわち、曲面ミラーとの両方を含む反射屈折投影対物系を使用することである。典型的には、少なくとも1つの凹ミラーが含まれる。光学系において正の屈折力を有するレンズの寄与と、負の屈折力を有するレンズの寄与とは、全屈折力、像視野湾曲、及び色収差に対してそれぞれ反対であり、それに対して凹ミラーは、正のレンズと同様に正の屈折力を有するが、像視野湾曲に対する効果は正のレンズと逆である。更に、凹ミラーは、いかなる色収差も導入しない。

20

【 0 0 0 6 】

通例、投影対物系は、大きい開口数の使用の場合であっても、収差の補正に関して部分的に反対の要件を可能にするために、多数の透過光学要素、特に正のレンズ及び負のレンズを有する。マイクロリソグラフィの分野では、屈折及び反射屈折結像系の両方が、多くの場合に10又はそれよりも多くの透過光学要素を有する。

30

【 0 0 0 7 】

光学要素は、結像ビーム経路に沿って定められた位置に保持デバイスを用いて保持される。マイクロリソグラフィのための光学系の分野では、この場合、結像ビーム経路内に保持された光学要素の正確な位置決めと異なる作動条件の併用によって結像系の高い結像品質を保証するために、かつ他方で高価で繊細な光学要素が、可能な限り優しい方式で応力なしに保持されることを保証するために、保持デバイスの設計において非常に複雑な技術が開発されている。マイクロリソグラフィの分野では、レンズ及び他の透過光学要素は、多くの場合に、それぞれの光学要素の外周上に均一に配置された多数の保持要素によって支持される。この場合、光学要素は、結像ビーム経路内に位置する光学有用領域及び光学有用領域の外側に位置する縁部領域を有し、光学要素に割り当てられた保持デバイスの1つ又はそれよりも多くの保持要素が、接触ゾーンの領域内の縁部領域に対して作用する。光学要素の面は、光学有用領域内に光学品質を有して準備され、それに対して必要とされる光学品質は、縁部領域内に達する必要はない。光学有用領域は、多くの場合に、光学要素の「自由光学直径」とも呼ばれる。

40

【 0 0 0 8 】

保持要素上に光学要素を固定するための異なるオプションが既に提案されている。特許出願US 2003/0234918 A1は、圧着技術の例を示しており、この場合、光学要素は、光学要素を縁部領域内のそれぞれの接触ゾーンの領域内で圧着され、保持されている光学要素に対して全体としてある一定の可動性を許容する（ソフトマウント）エ

50

ラストマー保持要素の縁部領域に保持される。他の保持デバイスでは、保持デバイスの弾性保持要素が、それぞれ割り当てられた接触ゾーンの領域内で光学要素に接合される。接合技術の例は、US 4,733,945又はUS 6,097,536に示されている。

【0009】

投影対物系が、その光学設計及びその製造に起因して有する可能性がある本質的な収差に加えて、稼働寿命中、例えば、投影露光機械の作動中に収差が発生する恐れもある。そのような収差では、多くの場合に、作動中に使用される投影放射線からもたらされる投影対物系内に設けられた光学要素の変化にその理由が見つかる。例えば、この投影放射線は、投影対物系内の光学要素によって部分的に吸収される可能性があり、吸収の程度は、特に、光学要素に使用される材料、例えば、レンズ材料、ミラー材料、及び/又は場合によって設けられる反射防止コーティング又は反射コーティングに依存する。投影放射線の吸収は、光学要素の加熱を招く可能性があり、それによって光学要素の面変形、及び屈折要素の場合には、熱的にもたらされる機械応力による屈折率変化が直接的又は間接的にもたらされる可能性がある。屈折率変化及び面変形は、時間と共に個々の光学要素、及び従って同じく投影対物系全体の結像特性変化を招く。この部類の問題は、「レンズ加熱」という名称の下で多くの場合に取り扱われている。

【0010】

通常、稼働寿命中に発生する熱的に誘起される収差又は他の収差を能動マニピュレータの使用によって少なくとも部分的に補償する試みが行われる。通例、能動マニピュレータは、発生する収差が少なくとも部分的に補償されるように個々の光学要素又は光学要素群の光学作用を変更するために、対応する制御信号に基づいてこれらの光学要素に影響を与えるように構成された光学機械デバイスである。例示的に、この目的のために、個々の光学要素又は光学要素群を変形するか又はこれらの光学要素の位置を変更するように考えることができる。

【0011】

そのような能動マニピュレータは、多くの場合に、装着技術、すなわち、保持デバイスに統合される。これに関して、例えば、US 2002/0163741 A1は、レンズとして設計された透過光学要素のための保持デバイスを示している。保持デバイスは、内側リングをレンズに受動的に結合する内側6脚構造、及び制御可能マニピュレータとして機能する外側6脚構造を有する。内側リング上には、外周内に均一に配分され、レンズの縁部に対して圧着方式で作用してレンズを内側リング内に固定する3つの圧着デバイスが取り付けられる。

【0012】

実際、複雑な設計の光学結像系では、放射線は、物体から結像に対して望ましい結像ビーム経路を通して像平面に通過するだけでなく、結像に寄与するだけでなくこの結像を外乱及び/又は劣化させる放射線成分が生成される可能性もある。例えば、投影露光法の途中で、いわゆる「過開口光」は、露光される基板、例えば、半導体ウェーハを通過し、個々の波面を外乱させる可能性がある。本明細書では「過開口光」又は「超開口放射線」という用語は、構造形成マスクによって回折され、結像に使用される物体側開口角よりも大きい角度で放出され、結像ビーム経路を制限する開口遮光器の現在の直径によって判断される放射線を表す。製造技術の理由から、そのような過開口光は、いずれにせよ開口遮光器を通じて結像系の像平面上に入射する可能性がある。通例、光学系の結像は、最大有用開口よりも大きい開口に対しては設計されず、それに応じて完全には補正されないので、上述の入射は、結像に寄与する波面を重度に外乱させる可能性があり、従って、過開口光によって結像品質が劣化する可能性がある。代替的又は追加的に、像平面まで通過した場合に、生成される像のコントラストを一般的に劣化させる散乱光が生成される可能性もある。本明細書では、「散乱光」という用語は、特に、例えば、透過光学要素の反射防止層で被覆された面、ミラーの後面側、及び/又は結像ビーム経路の領域内の他の点における残留反射からもたらされる可能性がある放射線を表す。これらの望ましくない放射線成

10

20

30

40

50

分、特に、散乱光及び過開口光は、これらの光の原因とは関係なく本出願の関連では「偽光」とも表す。

【 0 0 1 3 】

像平面内の像視野の領域に到達せず、そのために結像を直接に乱さない偽光は、それに関わらず、この偽光が照射に対して設けられていない系の点上に入射し、恐らくはそこで吸収される場合に、結像処理の品質に悪影響を与える可能性がある。偽光は、例えば、光学結像系のマウントの部品に吸収され、影響を受けた構成要素の対応する熱膨張を通じて光学要素の位置及び／又は形状に影響を与えるように反応する熱を発生させる可能性がある。偽光は、結像系の透過光学材料又は金属のいずれによっても構成されない部品によって吸収される恐れもある。上述の例は、照射された場合に気体を放出するプラスチック部品を含む場合があるマニピュレータデバイスのケーブル、センサ、及び／又はアクチュエータである。この気体の放出は、それによってこれらの部品の機能が劣化する可能性があるからだけではなく、結像ビーム経路の内側の雰囲気気体は影響を受ける恐れもあるから一般的に望ましくない。

【 0 0 1 4 】

例えば、マイクロリソグラフィのための投影対物系のような複雑な設計の光学結像系では、結像に対する散乱光の悪影響を低減するために、１つ又はそれよりも多くのバッフル板が装備されることは公知である。例えば、特許US 6,717,746 B2は、反射屈折投影対物系の例示的な実施形態を提供しており、この場合、散乱光又は偽光を低減するためのバッフル板を物体平面と像平面の間に形成される実中間像の領域内に挿入することができる。公開番号WO 2006/128613 A1を有する国際特許出願は、物体を第１の実中間像内に結像するための第１の対物系部分、第１の対物系部分から到着する放射線を用いて第２の実中間像を生成するための第２の対物系部分、及び第２の実中間像を像平面に結像するための第３の対物系部分、並びに第２の対物系部分内の放射線が第１及び第３の対物系部分とは別の方向に進むことを保証する放射線誘導デバイスを有する反射屈折投影対物系の例を示している。第１の対物系部分から第３の対物系部分に第２の対物系部分を回避する方式で直接に進むことになる放射線成分が遮蔽によって実質的に低減するように、ビーム偏向デバイスの領域内に少なくとも１つの絞りが配置される。このようにして、像平面に通過するものは、主に又は完全に、全ての光学構成要素が設けられた結像ビーム経路全体を用い、かつそれに応じて十分に補正された波面を有する結像に寄与することができる放射線である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 1 5 】

【特許文献１】US 2003/0234918 A1

【特許文献２】US 4,733,945

【特許文献３】US 6,097,536

【特許文献４】US 2002/0163741 A1

【特許文献５】US 6,717,746 B2

【特許文献６】WO 2006/128613 A1

【特許文献７】US 2007/0165202 A1

【特許文献８】WO 2005/026843 A2

【特許文献９】WO 2004/019128 A2

【特許文献１０】WO 2005/111689 A2

【特許文献１１】US 7,081,278

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 6 】

本発明の目的は、多数の透過光学要素を有し、かつその場合に同等の構成のものである従来設計の光学結像系と比較して結像品質に対する偽光の悪影響を実質的に低減すること

10

20

30

40

50

ができる投影対物系を提供することである。本発明の目的はまた、相応に最適化された投影露光機械を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0017】

本発明の一構成によると、この目的は、請求項1の特徴を有する投影対物系、及び請求項15の特徴を有する投影露光機械によって達成される。全ての請求項の文言は、引用によって本明細書に組み込まれている。

【0018】

特許請求する本発明による一般的な設計の投影対物系の場合には、透過光学要素のうちの少なくとも1つには、光学要素の直ぐ上流に配置された偽光絞りと、光学要素の直ぐ下流に配置された第2の偽光絞りとを有する絞り配列が割り当てられ、偽光絞りの各々は、偽光絞りが、縁部領域の少なくとも一部を結像ビーム経路の外側を進む放射線に対して遮蔽するように成形される。

10

【0019】

従って、遮蔽領域内では、偽光は、光学要素の縁部領域、及び適切な場合は光学要素をその位置に保持するのに使用する保持デバイスの保持要素に入射することができず、又は大幅に低減された程度にしか入射することができないことが分る。この場合、光学要素の直ぐ上流に配置された第1の偽光絞りは、透過方向に関して光学要素の光入射側から到着する偽光を遮蔽する。第2の偽光絞りは、透過方向に関して光学要素の下流に、すなわち、光学要素の対応する光射出側に位置する。後面の第2の偽光絞りは、縁部領域を例えばその後の光学要素の光入射側における反射、及び/又はその後の保持デバイスの要素における反射によってもたらされる可能性がある放射線に対して同様に遮蔽する。

20

【0020】

この関連において、「直ぐ」という用語は、各場合に、偽光絞りと、光学要素のこの絞りに対向する面との間にいかなる更に別の光学要素も位置しないことを意味する。このようにして、偽光絞りは、保護される光学要素の極めて近くに取り付けることができ、従って、偽光を空間的に明確に定められた方式で遮蔽することが可能になる。しかし、偽光絞りと、光学要素の偽光絞りに対向する面との間に保持デバイスの部品、特に、光学要素の縁部領域内で光学要素に対して作用する保持要素の部品を位置させることができる。偽光絞りと光学要素の対向する面との間に位置する保持デバイスの部品は、適切な偽光絞りに

30

【0021】

一部の実施形態では、偽光絞りは、絞り開口部を定める内側絞り縁部を有し、この絞り縁部と、それに関連付けられた光学要素の光学面との間の有限の間隔は、最大5mmであり、好ましくは、2mmよりも小さく、特に、1mmよりも小さい。それによって遮蔽領域において空間内に非常に有効に定められた遮蔽効果を十分な保護効果と共に得ることができる。全ての作動条件の場合に、それと同時に絞り縁部と光学要素の間の物理的接触の回避を保証するために、約1/10mmから約2/10mmまでの最小間隔が有利である。

【0022】

更に、それと同時に、偽光絞りと、それに割り当てられた光学面との間に位置する保持デバイスの要素が同様に適宜遮蔽されるように、偽光絞りは、外側の好ましくは平坦な縁部区画を有することができ、この縁部区画には、光学要素に対して傾斜して延びて絞り縁部を定める内側区画が絞り縁部の方向に連結される。内側区画は、例えば、円錐形又は円錐台形状のものとすることができる。光学面と偽光絞りの間の間隔は、そのような構成の場合に絞り縁部から半径方向外向きに非常に大きく増大し、従って、光学要素と偽光絞りの間で起こり得る幅狭の絞り縁部領域に対するいかなる熱変化の効果も限定された状態に留まる。

40

【0023】

本発明者による研究は、保持デバイスの要素における偽光の吸収が、僅かな局所加熱で

50

あっても、縁部領域における接触ゾーンの領域内の加熱を招く可能性があることを示している。偽光の空間分布に基づいて、この加熱は、保持要素自体が、保持される光学要素の外周にわたって規則的又は対称に配分される場合であっても、光学要素の好ましくない非対称熱負荷を招く可能性がある。

【 0 0 2 4 】

次に、一部の実施形態の場合に、偽光絞りは、光学要素の場合に全ての接触ゾーン及びこれらの接触ゾーンに割り当てられた保持要素が結像ビーム経路の外側を進む放射線に対して遮蔽されるように成形及び配置される。このようにして、偽光絞りが装備された光学要素の装着技術全体を偽光の照射に対して保護することができる。

【 0 0 2 5 】

遮蔽された光学要素の場合に、接触ゾーンのうちの一部のみに、及びこれらの接触ゾーンに割り当てられた保持要素のうちの一部のみに、結像ビーム縁部の外側を進む放射線に対して遮蔽されるように、一方又は両方の偽光絞りを成形及び配置することができる。このようにして、非遮蔽領域内で偽光によって誘起される局所熱発生を意図的に許すことができる。

【 0 0 2 6 】

縁部領域を少なくとも部分的に遮蔽する偽光絞りによる光学要素の双方向保護は、1つ又はそれよりも多くの光学要素上にもたすことができ、結像ビーム経路内の光学要素は、物体平面と像平面の間の結像ビーム経路が光学要素の有用領域を1回のみ通過するように配置される(いわゆる1回通過光学要素)。部分的又は縁部領域全体の双方向遮蔽は、いわゆる2回通過光学要素では特に有利である。この場合、これらの光学要素は、例えば、レンズ面が、一方の部分ビーム経路に対して光入射面として機能し、かつ他方の部分ビーム経路に対して光学要素の射出面として機能するように、物体平面と像平面の間を進む放射線が対向方向に透過する光学要素として理解される。偽光強度は、通例、光射出側の領域よりも光入射側の領域内で大きいので、この場合に2つの光入射側の双方向保護は特に有利である。

【 0 0 2 7 】

一部の実施形態では、投影対物系は、少なくとも1つの凹ミラーを有し、結像ビーム経路は、物体平面と凹ミラーの間に延びる第1の部分ビーム経路と、凹ミラーと像平面の間に延びる第2の部分ビーム経路とを有し、光学要素及びそれに割り当てられた偽光絞りは、第1及び第2の部分ビーム経路が光学要素の有用領域及び偽光絞りを通るように2回通過領域に配置される。偽光絞りによって両方の透過方向に双方向保護がもたらされ、放射線は、それぞれ、入射側に入射するか又は典型的には縁部領域内で定められた方式で遮蔽される。

【 0 0 2 8 】

偽光絞りによる偽光の遮蔽は、縁部領域の外周にわたって均一に起こすことができる。従って、通常の円形光学要素の場合には、偽光絞りを例えば少なくとも縁部領域全体又は縁部領域の半径方向の部分領域が偽光絞りによって遮蔽されるように、円形の絞り開口部を有する円形絞りの方式で設計することができる。

【 0 0 2 9 】

円形絞り開口部を有する偽光絞りは、特に、結像ビームの断面が通例は同様にほぼ円形である光学結像系の瞳の近くに位置する光学要素の場合に設けることができる。しかし、結像ビーム経路を制限し、従って、結像ビームの一部分を遮光することが意図された絞り絞りとは対照的に、偽光絞りの場合には、偽光絞りが結像ビーム経路を制限しないように、結像ビーム経路の縁部の位置を進む結像ビームの光線と内側絞り縁部の間に間隔が存在する。

【 0 0 3 0 】

絞り配列の偽光絞りは、結像ビーム経路内の放射線の断面形状に異なる方式で適応させることができる。一部の実施形態では、絞り配列の偽光絞りは、偏心絞り開口部を適宜有し、これは、この絞り開口部の外周の少なくとも80%、又は更に少なくとも90%にお

10

20

30

40

50

いて絞り縁部とビームの間隔が2 mmよりも小さく、特に1 mmよりも小さくなるように、結像ビーム経路内のビームの恐らくは偏心的な断面形状に適合された形状を有する。この場合、絞り開口部は、光学要素の遮蔽された光学面上の結像ビームの受光域の断面形状に適合され、結像ビーム経路の放射線全体を障害なしに通すことを可能にし、光学有用領域のうちで結像に使用されない領域及び縁部領域を遮蔽する。それによって偽光の最適な抑制が可能である。その一方、結像ビーム経路の望ましくない制限を回避するために、1 / 10 mmから2 / 10 mmのマグニチュードのものである絞り縁部とビームの間の横方向の安全間隔は、絞り縁部にわたってこのマグニチュードを可能な限り下回ってはならない。

【0031】

偽光絞りのうちの少なくとも1つは、偽光絞りが、縁部領域の外周の一部のみを結像ビーム経路の外側を進む放射線に対して遮蔽し、縁部領域の他の部分が、結像ビーム経路の外側を進む放射線に露光されるように、外周方向にセグメント化された偽光絞りとして成形することができる。この関連において、「外周方向にセグメント化」という用語は、特に、外周方向、すなわち、方位角方向の偽光絞りの空間効果が、偽光絞りの形状によって説明することができ、従って、一部の外周領域内の遮蔽効果が、他の外周領域内のものと異なるように変化することを意味する。外周方向にセグメント化された偽光絞りは、光学要素の縁部領域の一部分が偽光に対して遮蔽されないように成形することができる。この偽光絞りは、例えば、縁部領域に対して作用する保持デバイスの保持要素が位置する接触ゾーン領域のみをそれぞれ偽光に対して遮蔽し、これらの領域の間に位置する装着技術が

【0032】

結像ビーム経路内を進む放射線は、結像系内の光学要素によってある一定の程度で常に吸収され、この場合、吸収の程度は、特に、光学要素に使用される材料、例えば、レンズ材料、ミラーの材料、及び/又は通常設けられる反射防止コーティング(レンズなどの場合)又は反射コーティング(ミラーの場合)によるとすることができる。この吸収は、照射領域内での光学要素の加熱を招く可能性があり、その結果は、光学要素の屈折特性及び/又は反射特性における熱的に誘起される変化の誘起である。この1組の問題は、多くの場合にレンズ加熱という用語の下で包括される。局所加熱のそのような事例は、放射線負荷及びそれに関連付けられた局所加熱が光学要素の対称軸に関してほぼ回転対称方式で分散される場合は殆ど問題にならないとすることができる。その一方、非対称、特に非回転対称放射線負荷が発生する場合には、作動中に結像品質に対して実質的な問題が発生する可能性がある。この非対称性は、特に、軸外有効物体視野(軸外系)を有する反射屈折系、特に、光学系の瞳平面から比較的大きい距離の位置又は視野平面の光学的近傍に配置された光学要素を有するものでは大きいとすることができる。

【0033】

一部の実施形態では、光学要素は、光学有用領域の内側に非回転対称放射線負荷を伴って配置され、外周方向にセグメント化された少なくとも1つの偽光絞りは、光学要素の放射線負荷の非対称性が、放射線が結像ビーム経路の外側の縁部領域上に入射することによって低減されるように、光学有用領域内の放射線負荷の空間分布に適合される。その結果、未遮蔽領域内の縁部領域上に入射する偽光が、結像ビーム経路内の放射線負荷に対して実質的に補完的な空間分布を有して熱を誘発する放射線負荷を生成することを保証することができ、それによって放射線負荷に関する対称性を少なくとも部分的に得ることができる。言い換えれば、有用領域内の非対称放射線負荷の悪影響を偽光によってある一定の程度まで補償することができる。従って、偽光は、負のレンズ加熱効果に対する受動マニピュレータとして使用することができる。

【0034】

投影対物系は、少なくとも1つの凹ミラーを有する反射屈折投影対物系とすることができる。投影対物系は、屈折投影対物系、すなわち、屈折力を有する全ての光学要素が作動波長の光に対して透過的である投影対物系とすることができる。好ましくは、作動波長は

10

20

30

40

50

、200nmよりも短い深紫外領域(DUV)内にある。

【0035】

本発明は、投影対物系の像面の領域に配置され、投影対物系の物体平面の領域に配置されたマスクのパターンの少なくとも1つの像を有する放射線感応基板を露光するための投影露光機械に関し、これは、紫外線を出力するための光源と、光源の光を受光し、マスクのパターン上に向けられる照明放射線を成形するための照明系と、マスクの構造を感光基板上に結像するための投影対物系とを有し、投影対物系は、特許請求する本発明によって構成される。

【0036】

特許請求の範囲から明らかになるものに加えて、これら及び更に別の特徴は、本明細書及び図面からも明らかになり、個々の特徴をそれら自体にそれぞれ実施するか又はそれ自体も特許取得の対象になる有利な設計を表すために、本発明及び他の分野の実施形態において部分結合の形態で別々に実施することができる。本発明の例示的な実施形態を図面に例示し、以下により詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】マイクロリソグラフィ投影露光機械の模式的な図である。

【図2】例示的な実施形態による反射屈折投影対物系を通る子午レンズ断面図である。

【図3】3Aは2つの側に偽光絞りを有する正の2回通過近視野レンズを有する図2に示している例示的な実施形態の第2の対物系部分の拡大詳細図である。3B及び3Cは上流に配置された偽光絞りを有する正のレンズの片側の軸線方向上面図である。

【図4】縁部領域及び保持デバイスが絞り配列の偽光絞りによって偽光に対して遮蔽された縁部領域内で保持デバイスによって保持される両凸レンズを通る軸線方向に平行な断面図である。

【図5】様々な実施形態による絞り配列において異なる種類の偽光絞りの模式的な図である。

【図6】様々な実施形態による絞り配列において異なる種類の偽光絞りの模式的な図である。

【図7】様々な実施形態による絞り配列において異なる種類の偽光絞りの模式的な図である。

【発明を実施するための形態】

【0038】

以下の好ましい実施形態の説明では、「光軸」という用語は、光学要素の曲率中心を通る直線又は直線区画シーケンスを表す。光軸は、折り返しミラー(偏向ミラー)又は他の反射面で折り返される。例では、物体は、集積回路のパターンを有するマスク(レチクル)であり、別のパターン、例えば、格子も可能である。例では、像は、フォトリジスト層が設けられた基板として機能するウェーハ上に投影される。他の基板、例えば、液晶ディスプレイのための要素又は光学格子のための基板も可能である。

【0039】

図1は、半導体構成要素及び他の微細構造化構成要素の製造に対して使用することができる、マイクロメートルの数分の1までの解像度を得るために深紫外領域(DUV)からの光又は電磁放射線で作動するマイクロリソグラフィ投影露光機械WSCの例を示している。が約193nmの作動波長を有するArFエキシマレーザは、主放射線源又は光源LSとして機能する。同様に他のUVレーザ光源、例えば、157nmの作動波長を有するF₂レーザ、又は248nmの作動波長を有するArFエキシマレーザも可能である。

【0040】

光源LSの下流の照明系ILLは、その射出面ES内に、光路内に照明系ILLの下流に配置された投影対物系POのテレセントリック要件に適合された大きくて鮮明に限界が定められた実質的に均一に照明される照明視野を生成する。照明系ILLは、異なる照明モード(照明設定)を設定するためのデバイスを有し、例えば、異なる干渉度を有す

10

20

30

40

50

る軸上照明と変形照明の間で切り換えることができ、変形照明モードは、例えば、輪帯照明、二重極照明、四重極照明、又は別の多重極照明を含む。適切な照明系の設計は、それ自体公知であり、従って、本明細書では詳細に説明しない。特許出願US 2007/0165202 A1 (WO 2005/026843 A2に対応する)は、様々な実施形態の状況に使用することができる照明系の例を示している。

【0041】

投影露光機械の照明系ILLは、レーザLSの光を受光して、この光からレチクルM上に向けられる照明放射線を形成する光学構成要素を含む。

【0042】

レチクル上に配置されたパターンが、投影対物系POの照明系の射出平面ESと一致し、本明細書ではレチクル平面OSとも表す物体平面OS内に位置するように、照明系の下流の光路内には、マスクM(レチクル)を保持及び操作するためのデバイスRSが配置される。走査方向(y方向)のスキャナ作動に対して、走査駆動体を用いて光軸OA(z方向)に対して垂直の方式で上記平面内でマスクを移動させることができる。

【0043】

レチクル平面OSの下流に続くのは投影対物系POであり、投影対物系POは縮小対物系として機能し、マスクM上に配置されたパターンの像をフォトリソ層で被覆されて投影対物系POの像平面ISの領域内に位置する感光基板面SSを有する基板W上に縮小スケール、例えば、1:4(||=0.25)又は1:5(||=0.20)というスケールで結像する。

【0044】

例示的な事例では半導体ウェーハWである露光される基板は、光軸OAに対して垂直な走査方向(y方向)にウェーハをレチクルMと同期して移動させるために、スキャナ駆動体を含むデバイスWSによって保持される。「ウェーハ台」とも表すデバイスWS及び「レチクル台」とも表すデバイスRSは、この実施形態の事例では投影露光機械の中央制御デバイスCU内に統合される走査/制御デバイスによって制御されるスキャナデバイスの構成要素である。

【0045】

照明系ILLによって生成される照明視野は、投影露光に使用される有効物体視野OFを定める。例示的な事例では、有効物体視野OFは矩形であり、走査方向(y方向)と平行に測定される高さ A^* 、及び走査方向と垂直に(x方向に)測定される幅 $B^* > A^*$ を有する。アスペクト比 $AR = B^* / A^*$ は、通例、2と10の間、特に3と6の間にある。有効物体視野は、y方向に間隔を有して光軸の隣に位置する。有効物体視野と光学的に共役な像面IS内の有効像視野は、有効物体視野と同じ形状及び高さBと幅Aの間の同じアスペクト比を有するが、絶対視野サイズは、投影対物系の結像スケールによって縮小され、すなわち、 $A = | \quad | A^*$ 、及び $B = | \quad | B^*$ である。

【0046】

図2は、反射屈折投影対物系200の実施形態の模式的な子午レンズ断面を作動中に投影対物系を通して進む投影放射線の結像ビーム経路を説明するための代表的なビームと共に示している。投影対物系は、投影対物系の物体平面OSに配置されたマスクパターンを縮小スケール、例えば、4:1というスケールで物体平面と平行に整列した投影対物系の像平面IS上に結像することを目的とする縮小結像系として設けられる。この場合、物体平面と像平面の間には、正確に2つの実中間像IMI1、IMI2が生成される。透過光学要素のみで構成された第1の対物系部分OP1、従って、純屈折(光屈折)対物系部分OP1は、物体平面のパターンが、実質的にサイズ変化なしに第1の中間像IMI1内に結像されるように設計される。第2の反射屈折対物系部分OP2は、第1の中間像IMI1を実質的にサイズ変化なしに第2の中間像IMI2内に結像する。第3の純屈折対物系部分OP3は、第2の中間像IMI2を強い縮小を伴って像平面IS内に結像するように設計される。

【0047】

物体平面と第1の中間像の間、第1の中間像と第2の中間像の間、並びに第2の中間像と像平面の間には、結像系の瞳面P1、P2、P3が、光学像の主光線CRが光軸OAと交わる位置にそれぞれ位置する。第3の対物系部分OP3の瞳面P3の領域内には、系の開口遮光器ASが取り付けられる。反射屈折の第2の対物系部分OP2の側部の瞳面P2は、凹ミラーCMの直近に位置する。

【0048】

投影対物系が、液浸対物系として設計及び作動される場合には、投影対物系の作動中に、放射線は、投影対物系の射出面と像平面ISの間に設けられた液浸液の薄層を通じて透過される。例えば、国際特許出願WO 2004/019128 A2には、同等の基本設計を有する液浸対物系が示されている。液浸作動中には、像側開口数 $NA > 1$ が可能である。乾式対物系としての構成も可能であり、この場合、像側開口数は $NA < 1$ という値に制限される。

【0049】

反射屈折の第2の対物系部分OP2は、投影対物系の単一の凹ミラーCMを含む。凹ミラーの直ぐ上流には、2つの負のレンズL2-2及びL2-3を有する負の群NGが設けられる。時にはシュプマン色消しレンズで表されるこの配列では、凹ミラー及びその近くにある負のレンズの曲率によってペッツヴァル補正、すなわち、像視野湾曲の補正がもたらされ、それに対して凹ミラーの上流にある負のレンズの屈折力及び凹ミラーに対する絞りの位置決めされによって色補正がもたらされる。

【0050】

反射偏向デバイスは、物体平面OSから凹ミラーCMに進むビーム又は対応する部分ビーム経路RB1を凹ミラーにおける反射の後に凹ミラーと像平面ISとの間で進むビーム又は部分ビーム経路RB2から分離する目的を実現する。この目的のために、偏向デバイスは、物体平面から到着する放射線を凹ミラーCMに反射するための平坦な第1の偏向ミラーFM1と、第1の偏向ミラーFM1に対して直角に整列し、凹ミラーによって反射された放射線を像平面ISの方向に偏向する第2の偏向ミラーFM2とを有する。光軸は偏向ミラーで折り返されるので、本出願では偏向ミラーを折り返しミラーとも表す。投影対物系の光軸OAに対して、偏向ミラーは、光軸と垂直に延びる第1の方向(x方向)と平行な傾斜軸の回りに例えば45°だけ傾斜される。走査作動のための投影対物系の1つの設計では、第1の方向(x方向)は、走査方向(y方向)に対して垂直であり、従って、マスク(レチクル)及び基板(ウェーハ)の移動方向に対して垂直である。この目的のために、偏向デバイスは、互いと垂直に整列した偏向ミラーとして機能する外部が銀メッキされた短い面を有するプリズムによって実施される。

【0051】

中間像IMI1、IMI2は、折り返しミラーFM1及びFM2の光学的近傍に位置し、それぞれこれらのミラーに最も近く位置するが、ミラー面上で起こり得る誤差が像平面に鮮明に結像されないように、かつ平坦な偏向ミラー(平面ミラー)FM1、FM2が適度の放射線エネルギー密度の領域内に位置するように、折り返しミラーから最短光学距離の位置にある。

【0052】

(近軸)中間像の位置は、それぞれ物体平面及び像平面と光学的に共役な系の視野平面を定める。従って、偏向ミラーは、系の視野平面の光学的近傍に位置し、本出願の範囲ではこれを「近視野」とも表す。この場合、第1の折り返しミラーは、第1の中間像IMI1に属する第1の視野平面の光学的近傍に配置され、第2の投影ミラーは、第1の視野平面と光学的に共役な第2の中間像IMI2に属する第2の視野平面の光学的近傍に配置される。

【0053】

本出願では、基準平面(例えば、視野平面又は瞳平面)に対する光学面の光学的近接性又は光学的距離をいわゆる部分口径比SARによって説明する。本出願の目的では、光学面の部分口径比SARは、次式で定められる。

$$SAR = \text{sign} \quad h(r / (|h| + |r|))$$

r は、周縁光線高さを表し、 h は、主光線高さを表し、符号関数 $\text{sign} \quad x$ は、 x の符号を表し、慣習的に $\text{sign} \quad 0 = 1$ が成り立つ。主光線高さは、絶対値で最大視野高さを有する物体視野の視野点の主光線の光線高さとして理解される。この場合、光線高さは、符号を有するとして理解される。周縁光線高さは、光軸と物体平面の交差点から発する最大開口を有する光線の光線高さとして理解される。この視野点は、特に軸外像視野の場合に、物体平面に配置されたパターンの伝達に寄与する必要はない。

【0054】

部分口径比は、符号を有する変数であり、ある一定の平面の視野又は瞳へのビーム経路内での近接性の尺度である。定義によると、部分口径比は、 -1 と $+1$ の間の値に正規化され、各視野平面内では部分口径比はゼロであり、瞳平面内では、部分口径比は -1 から $+1$ へ、又はその逆にジャンプする。従って、絶対値で 1 という部分口径比は瞳平面を判断する。

【0055】

従って、近視野平面は 0 に近い部分口径比を有し、それに対して近瞳平面は、絶対値で 1 に近い部分口径比を有する。部分口径比の符号は、基準平面の上流又は下流の平面の位置を判断する。

【0056】

両方の偏向ミラーに対して、偏向ミラーと、最も近く（直近）に位置する中間像との間には光学要素が配置され、部分口径比 SAR が、絶対値で 0.3 よりも小さく、特に 0.2 よりも小さいことが成り立つ。 $FM1$ では $SAR = +0.137$ が、 $FM2$ では $SAR = -0.040$ が成り立つ。

【0057】

この系の特別な特徴は、幾何学的に折り返しミラー $FM1$ 、 $FM2$ と凹ミラー CM の間の投影対物系の放射線を 2 回伝達することができる通過領域に、 2 つの対向する通過方向に使用されて、物体平面 OS 又は第 1 の中間像 $IMI1$ と凹ミラー CM の間の第 1 の部分ビーム経路及び凹ミラーと第 2 の中間像 $IMI2$ 又は像平面 IS の間の第 2 の部分ビーム経路の両方において、放射線が互いにオフセットされたレンズ領域内に伝達される正の両凸レンズ $L2-1$ が設けられることにある。正のレンズ $L2-1$ は、凹ミラー CM よりも折り返しミラー $FM1$ 、 $FM2$ の近くに、特に、ファセットミラーと凹ミラーの間の軸線方向間隔の最初の 3 分の 1 に配置される。正のレンズ $L2-1$ は、第 1 の中間像 $IMI1$ 及び第 2 の中間像 $IMI2$ の両方に対して近視野方式で配置され、従って、 2 つの中間像に対する視野レンズとして機能する。物体平面と凹ミラーの間の光路における最初の通過中には、偏向ミラーに対向する面 $L2-1-1$ 上の部分口径比は、 $SAR = -0.175$ であり、他方の面上では $SAR = -0.249$ である。凹ミラーと像平面の間の光路における 2 回目の通過中には、凹ミラーに対向する光入射面 $L2-1-2$ 上では $SAR = +0.254$ が成り立ち、偏向ミラーに対向する光射出面上では $SAR = 0.180$ が成り立つ。従って、各場合に、レンズ面上の部分口径比は、絶対値で 0.3 よりも小さい。

【0058】

第 1 の中間像 $IMI1$ と凹ミラー CM の間の光路では、屈折力の効果は、特に、凹ミラーの直ぐ上流に配置された負の群 NG の連続するレンズ $L2-2$ 及び $L2-3$ の直径、並びに凹ミラー CM の直径を小さく保つことができることである。凹ミラーから第 2 の中間像 $IMI2$ 、更に像平面への光路では、正の屈折力は、第 2 の折り返しミラー $FM2$ 上にも入射する放射線の入射角帯域幅の縮小を起こし、従って、第 2 の折り返しミラー $FM2$ を有利な反射層で被覆することができる。更に、視野レンズは、照明視野に最も近い液浸投影対物系の高い像側開口数 ($NA = 1.30$) の生成を実質的に受け持つ第 3 の屈折対物系部分 $OP3$ 内のレンズ直径を制限する役割を有利に達成する。

【0059】

公開番号 $WO \quad 2005 / 111689$ $A2$ の本出願人の国際特許出願には、そのような正の視野レンズの構成に関する更に別の利点及びオプションが説明されている。図 2

10

20

30

40

50

の例示的な実施形態の光学設計は、WO 2005/111689 A2の図11に示されている例示的な実施形態のものに対応する。WO 2005/111689 A2の内容は、この範囲で引用によって本明細書に組み込まれている。

【0060】

投影対物系の作動中に、近視野位置に配置された正のレンズは、結像ビーム経路内を伝播する放射線により、非回転対称レンズ加熱効果を招く可能性がある非回転対称放射線負荷に露光される。説明の目的で、図3Bは、偏向ミラーFM1、FM2に対向する非球面湾曲レンズ面L2-1-1の光軸と平行な向きの上面図を示しており、図3Cは、凹ミラーCMに対向する非球面湾曲レンズ面L2-1-2の対応する軸線方向の上面図を示している。レンズ面上に、いわゆる受光域FTP1-1及びFTP2-1（非球面レンズ面における）及び球面レンズ面におけるそれぞれFTP1-2及びFTP2-2をそれぞれ例示している。受光域は、各場合に、光学有用領域内で投影ビームによって全体が照明される領域に対応する。模式的な図では、受光域を丸いコーナを有する矩形として近似的に示している。この図は、レンズが近視野（小さい部分口径比）であるから、レンズ面の位置における投影ビームの断面が、有効物体視野の矩形形状に近似的に一致することを示している。受光域の丸いコーナは、最も近い視野平面（すなわち、最も近い中間像）の位置に対するレンズ面の光学的間隔の理由から、矩形形状が正確な矩形形状から逸脱することを示している。更に、例示している投影対物系では、投影ビームの断面は、瞳面の近くに位置する光学面上では実質的に円形であると説明することができる。

【0061】

x-z平面の上にそれぞれ示している受光域FTP1-1及びFTP1-2は、それぞれ、物体平面から凹ミラーの方向に延びる第1の部分ビーム経路RB1であり、非球面レンズ面L2-1-1が光入射面として機能し、非球面レンズ面L2-1-2が光射出面として機能する部分ビーム経路に属する。それとは対照的に、x-z平面の下にそれぞれ位置する受光域FTP2-1及びFTP2-2は、凹ミラーと像面の間の第2の部分ビーム経路RB2に属し、この場合、球面レンズ面L2-1-2は、光入射面として機能し、非球面レンズ面L2-1-1は、光射出面として機能する。

【0062】

第2の対物系部分OP2は、少なくとも近似的に-1:1という結像スケールを有するので、x-z平面の両側に位置する受光域は、それぞれ、x-z平面に関して鏡像方式で配置されるが、サイズが実質的に等しく、非常に類似した形状を有する。従って、全体的な結果は、光軸OAに関して回転対称性を示さないが、x-z平面に関してほぼ鏡面对称な非回転対称放射線負荷である。特に、x方向に沿った放射線負荷が、x方向に対して垂直なy方向よりも縁部領域の近くに達することが有意である。従って、x方向に位置する縁部領域のゾーンは、照明領域からの大きい半径方向の間隔を有するy方向に位置するゾーンよりも強度に加熱される傾向を有する。

【0063】

例示的な実施形態では、結像品質に対するこの非回転対称放射線負荷の起こり得る悪影響は、外周方向にセグメント化された1対の偽光絞りSLS1、SLS2を有する第1の絞り配列SA1を用いて少なくとも部分的に補償される。レンズの縁部領域のある一定の区画上での偽光の照射がターゲット方式で許容され、それによって同様に偽光が、偽光によって照射される領域内のレンズ材料を僅かに加熱することができ、従って、投影ビームによってもたらされる非対称レンズ変形を少なくとも部分的に補償することができるように、上述の絞りの遮蔽効果は、光学有用領域内（すなわち、受光域の領域内）の放射線負荷の空間分布に適合される。この目的のために、第1の偽光絞りSLS1は正のレンズの非球面レンズ面L2-1-1の直ぐ上流、すなわち、幾何学的に非球面レンズ面L2-1-1と折り返しミラーの間に取り付けられ、反対の球面レンズ面L2-1-2の直近には第2の偽光絞りSLS2が取り付けられ、これらの偽光絞りは、それぞれ、ある一定の方位角領域内でレンズの縁部領域の一部を遮蔽するが、他の方位角領域を解放状態に残す。第1の部分ビーム経路RB1を参照すると、第1の偽光絞りSLS1はレンズの上流に設

けられ、第2の偽光絞りSLS2は下流に設けられる。これらの役割は、凹ミラーと像面の間に延びる第2の部分ビーム経路RB2に関して逆転され、従って、この場合、第2の偽光絞りSLS2は、正のレンズL2-1の直ぐ上流に配置され、第1の偽光絞りSLS1は、その直ぐ下流に配置される。

【0064】

図3Bを用いて、偽光絞りの幾何学形状を偏向ミラーFM1、FM2に対向する第1の偽光絞りSLS1に対してより詳細に説明する(図6とも比較されたい)。偽光絞りは、半径方向に完全にレンズの外側に位置する外側リング区画を有する。外周方向に互いからオフセットされた4つの領域では、矩形遮蔽区画SP1-1及びSP1-2、並びにSP2-1及びSP2-2がそれぞれ、レンズの縁部領域に沿って半径方向に内向きに突出し、例えば、10°から20°のある一定の外周角にわたって縁部領域の外周区画を覆う。従って、絞り直径は、これらの方位角領域内ではレンズ直径よりも小さい。遮蔽区画は、それぞれ、受光域の外側の角が、レンズの縁部領域の方向に特に遠くまで達する外周の位置、すなわち、熱負荷が、レンズの縁部領域の方向にあったものとしても他の外周区画と比較して大きい位置で光軸の方向に内向きに突出する。全体の結果は、x-z平面に関する鏡面对称性であり、回転対称性ではない。それぞれ約90°の外周幅を有するy方向に対して対称に位置する中間領域内では、縁部領域のいかなる遮蔽も発生せず、従って、この場合、レンズの縁部に関する限り、偽光は、遮蔽なしに発光することができる。それぞれ約45°の外周幅を有するx方向に関して対称に位置する外周区画に対しても同じことが成り立つ。遮蔽されない領域内では、レンズ全体の熱負荷が、投影ビームに存在する有利放射線にのみ起因する熱負荷の場合よりも低い不均一性を有するように、偽光によるレンズの加熱を行うことができる。それによって熱放射線負荷においてある一定の対称性をもたらされ、従って、熱放射線負荷によってもたらされる収差の低減をもたらす。

【0065】

正のレンズL2-1と凹ミラーの間に位置する第2の偽光絞りSLS2の適切な成形は、凹ミラーの側部の外周方向にセグメント化された対応する遮蔽を保証する。その結果、一方で、最初に凹ミラーの側部から正のレンズに通過する傾向を有する過開口光を部分的に遮蔽することができ、更に結像ビーム経路に属せずに凹ミラーによって反射される放射線をも部分的に遮蔽することができる。

【0066】

光学要素の上流に取り付けられた第1の偽光絞り及び光学要素の直ぐ下流に取り付けられた第2の偽光絞りを有する絞り配列は、代替的又は追加的に投影対物系の1つ又はそれよりも多くの他のレンズの場合に設けることができる。例示的な事例では、そのような双方向に有効な第2の絞り配列SA2は、偏向ミラーと凹ミラーの間の2回ビーム通過状態で配置された負のレンズを有する負の群NGの負のレンズL2-2にも割り当てられる。凹ミラーCMにおける第2の瞳平面P2へのこの負のレンズの近さの理由から、この場合、投影ビームはほぼ円形の断面を有する。2つの偽光絞りには、相応に円形絞り開口部が装備され、すなわち、これらの偽光絞りは外周方向にセグメント化されない(図5と比較されたい)。それによってこのレンズの光学的に未使用縁部領域を偽光の効果に対して両側で完全に遮蔽することができる。

【0067】

例示的な実施形態では、第3の対物系部分OP3の内側の単ビーム通過領域内には、像平面に対して凸である正のメニスカスレンズL3-6の縁部領域をこのレンズの上流と下流の両方の外周にわたって均一に偽光に対して遮蔽を行うための第3の絞り配列SA3が設けられることになる。光学的な観点からは、正のレンズL3-6は、第2の中間像IMI2(部分口径比SAR=0)と、それに続く第3の瞳平面P3の間の中間領域内に位置し、この場合、部分口径比SAR=1であり、投影ビームの直径は実質的に円形である。

【0068】

更に、この場合、上述の偽光絞りは、第3の瞳面P3の領域に配置された投影対物系の開口絞りASに加えて設けられ、開口遮光器とは異なり、投影ビームの断面を制限するよ

10

20

30

40

50

うに機能しないと説明することができる。この例では、絞り開口部の直径を変更することによって投影作動において実際に使用される像側開口数を設定するために、開口絞り A S は、円形絞り開口部を有する可変絞りとして構成される。すなわち、そのような開口遮光器が結像ビーム経路を制限するのに対して、偽光絞りは、結像ビーム経路内に到達せず、従って、結像に望ましい放射線の成分を阻害しない。通例、偽光絞りは、不変の絞り幾何学形状を有する単純な変更不能絞りとして設計される。しかし、個々の偽光絞りを必要に応じて可変絞りとして設計することができる。

【 0 0 6 9 】

例示的な事例では、偽光絞りは、各場合にレンズから分離された構成要素であり、例えば、金属材料から構成され、光学活性コーティングで適宜被覆することができる。例外的な事例では、レンズ内の縁部領域のコーティング、例えば、反射コーティングによって偽光絞りを実施することができる。

【 0 0 7 0 】

絞り配列 S A 4 の設計及び機能に関する更なる詳細を上述の投影対物系の視野レンズ L 2 - 1 又は別の位置に設けられたレンズとすることができる正の両凸レンズ L を通る光軸 O A を含む断面平面に沿った軸上断面を示す図 4 を用いて説明する。レンズは、その位置に、基本的に環状の保持デバイス H D (模式的にのみ例示している)によって保持される。保持デバイスは、複数の保持デバイス H E 1、H E 2 を有し、これらの保持デバイスは、レンズの外周にわたって均一に配分され、レンズの円形の環状縁部領域 E R に対して作用し、縁部領域と接触ゾーン C Z の領域内で接触状態にある。光軸 O A の回りには、各場合に研磨、イオンビーム処理、及び/又はあらゆる他の方式によって光学品質で処理されたレンズ面の光学有用領域 O P T が位置する。この光学品質は、縁部領域 E R において得る必要はない。

【 0 0 7 1 】

水平光軸を有して設けられるレンズの例の場合には、保持要素は、レンズの前面側と後面側の両方に対して作用する。例示的に、レンズは、接触ゾーンの領域内に圧着され(例えば、U S 2 0 0 3 / 0 2 3 4 9 1 8 A 1 により)又は接合層を用いて接合される(例えば、U S 6 , 0 9 7 , 5 3 6 又は U S 7 , 0 8 1 , 2 7 8 と比較されたい)ことによって保持デバイス内に固定することができる。レンズ上への保持要素の固定に関するこれらの文書の開示内容は、引用によって本明細書に組み込まれている。代替的又は追加的に、例えば、結合、形態拘束、及び/又は力拘束を用いて保持要素と光学要素の間の相対移動が阻止されることを保証する他の固定技術を利用することができる。垂直光軸を有して設けられるレンズの場合には、下側での単方向保持及び固定を十分なものとして行うことができる。

【 0 0 7 2 】

レンズには、図 2 及び図 3 に関連して上述したものと類似の方式で、レンズの直ぐ上流に配置された第 1 の偽光絞り S L S 4 - 1 と、レンズの直ぐ下流に配置された第 2 の偽光絞り S L S 4 - 2 とを有する絞り配列 S A 4 が割り当てられる。偽光絞りは、図示の対向する保持要素 H E 1 と H E 2 とを偽光に対して完全に遮蔽するようにそれぞれ成形され、偽光絞りの内側絞り縁部 S E 1 又は S E 2 が、それぞれ、これらの保持要素の領域内で接触ゾーンよりも光軸に近く位置するように、それぞれの接触ゾーンの領域にわたって内向きに突出する。偽光絞りは、それぞれ、光軸 O A に対して垂直な平面に実質的に整列した外側の平坦な実質的に環状の外側区画 O P を有し、内向きに接続する内側区画 I P は、例えば、円錐台形状にあり、それぞれ遮蔽されるレンズ面の方向に比較的急勾配の方式で光軸に対して傾斜して整列する。その結果、絞り縁部 S E 1 又は S E 2 は、それぞれ、遮蔽されるレンズ面の非常に近くに位置するが、同時に装着技術の部品、特に保持要素を収容するために、偽光絞りと保護されるレンズ面の間に更に外側に十分な空間が残る。光軸と平行に測定されたレンズ面からの間隔は、絞り縁部の領域内では、1 ミリメートルよりも大幅に小さい位置にあるとすることができ、例えば、約 0 . 1 mm とすることができる。それによって鋭い縁部の遮蔽が得られる。しかし、間隔は有限であり、従って、物理的接

10

20

30

40

50

触は確実に回避される。保持デバイスは、偽光絞りにによってその軸線方向の側面上で、かつそれぞれの偽光絞りにによって光軸に対向するその内側の側面上で遮蔽され、従って、実際にいかなる偽光も保持要素に通過することができない。

【 0 0 7 3 】

保持要素のうちの一部が接触ゾーンの領域内で偽光に意図的に露光され、すなわち、遮蔽されないように偽光絞りを成形する可能性もあることを図 6 を用いて更に説明することができる。

【 0 0 7 4 】

例として、それぞれがレンズの絞り配列が設けられた側の軸線方向図を示す図 5、図 6、及び図 7 を用いて、異なる絞り幾何学形状を説明する。参照記号 S E は、各場合に偽光絞りの内側絞り縁部を表し、この縁部を実線で例示している。参照記号 L E は、各場合にレンズの外側レンズ縁部を表し、この外側レンズ縁部が軸線方向図で偽光絞りにによって覆われる場合には、これを破線で例示しており、レンズ縁部が半径方向に絞り縁部の内側に位置し、従って、偽光に露光される場合には、これを実線で例示している。参照記号 H E は、一般的に保持デバイスの保持要素を表し、この要素は、それぞれのレンズの縁部領域と接触状態にある。各場合にこれらの保持要素が偽光絞りにによって覆われ、従って、遮蔽される場合には、これらを破線で示している。保持要素の部品が遮蔽されず、従って、偽光に露光される位置は、いずれも保持要素を実線で例示している。レンズ面上のハッチングされた面は、各場合にそれぞれ可視のレンズ面上の投影ビームの 1 つ又は複数の受光域を表す。従って、これらの面の外縁は、対応するレンズ面上の結像ビームの横方向縁部を表す。

【 0 0 7 5 】

図 5 は、円形絞り、すなわち、円形絞り開口部を有する偽光絞りの例を示している。偽光絞りは、瞳平面の近くに取り付けられたレンズ上に設けられ、これは、受光域 F T P 5 のほぼ円形の断面から見出すことができる。レンズの外周にわたって、偽光絞りは全ての保持要素及びレンズの縁部領域全体を覆い、投影ビームの断面よりも幾分大きい光学有用領域の円形区画を解放状態で残す。この場合、投影ビームと絞り縁部の間の半径方向の間隔は、外周にわたって 0 . 1 mm と 1 mm の間にある。偽光絞りは投影ビームの断面を制限しないが、内向きに突出する保持要素及び偽光照射の上流の接触ゾーンを含む装着技術全体を保護する。例示的に、図 2 及び図 3 の例示的な実施形態では、第 2 の絞り配列 S A 2 の偽光絞りを円形絞りとして負のレンズ L 2 - 2 の回りに構成することができる。

【 0 0 7 6 】

図 6 は、図 3 B に既に示す第 1 の絞り配列 S A 1 の偽光絞りを示しているが、この図では、保持要素の遮蔽をより効率的に検出することができる。内向きに突出する遮蔽区画 S P 1 - 2 から S P 2 - 2 の領域内では、レンズの縁部領域が完全に遮蔽されるだけでなく、縁部領域に対して作用する保持要素も遮蔽される。従って、この場合、偽光照射によって誘起されるいかなる局所熱生成も発生する恐れはない。それとは対照的に、x 方向に互いに対向する保持要素は部分的にしか覆われず、従って、保持要素の半径方向に内向きに位置する端部は絞り開口部の内側に位置し、従って、偽光の照射に露光される。y 方向に互いに対向して位置するそれぞれ 3 つの隣接する保持要素の群に対しても同じことが成り立つ。遮蔽されない接触ゾーンの領域内に恐らく生成される熱は、受光域の領域内に発生するレンズの熱負荷が低減され、レンズのより均一な熱負荷がある一定の程度でもたらされるように空間的に配分される。

【 0 0 7 7 】

図 7 は、偏円形内側絞り縁部 S E の進路が、投影ビームの最も近い縁部（受光域から検出可能）からほぼ均一な間隔（約 0 . 1 mm と 1 mm の間の一般的な値）で絞り開口部の外周の大部分にわたって位置し、それによって本質的に遮蔽されずに残るものが、投影ビームによる透過において実際に使用される光学有用領域の部分領域だけになるようにすることによって区別されるいわゆる「受光域絞り」の例を示している。全ての保持要素を含む全体の保持デバイスは遮蔽領域内に位置し、従って、実際に偽光に露光されない。適切

な形状の受光域絞りが、反対側に設けられる。例えば、特に近視野又は特に近瞳のいずれの方式によっても配置されない1回照射のレンズの回りに配置される第3の絞り配列 S A 3の偽光絞りは、受光域絞りとして成形することができる。

【符号の説明】

【 0 0 7 8 】

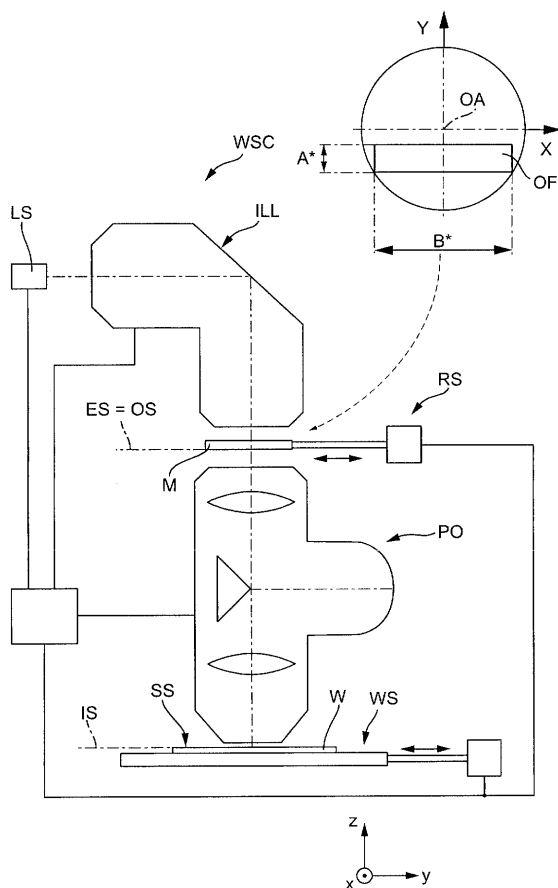
2 0 0 反射屈折投影対物系

I M I 1、I M I 2 実中間像

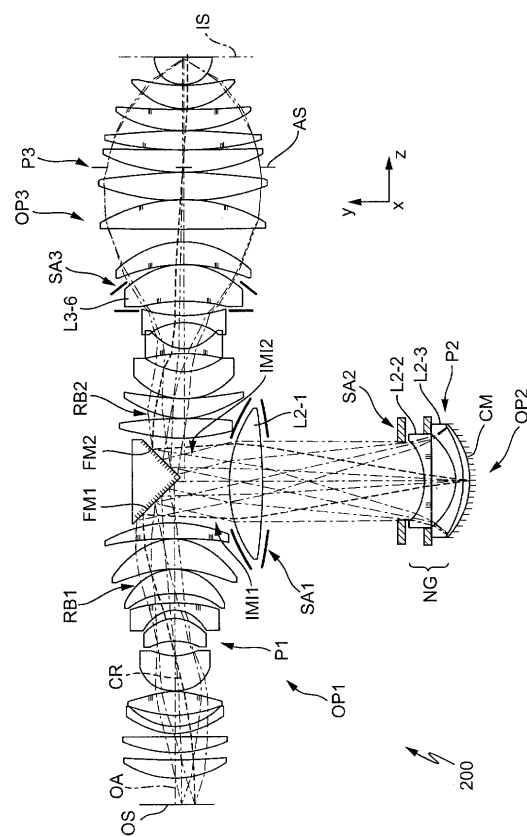
I S 像平面

O S 物体平面

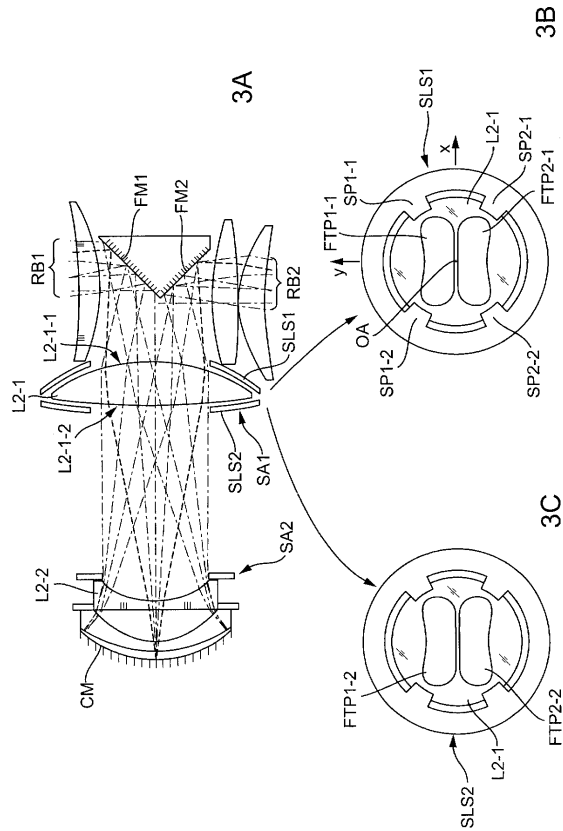
【 図 1 】



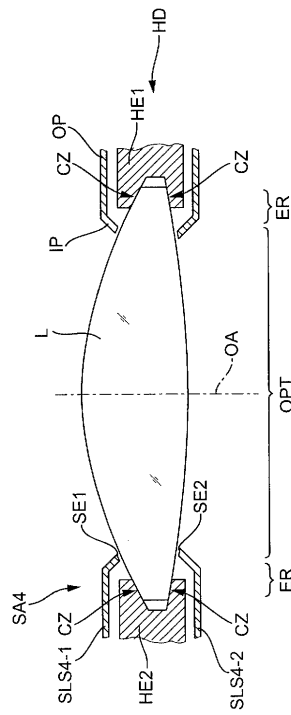
【 図 2 】



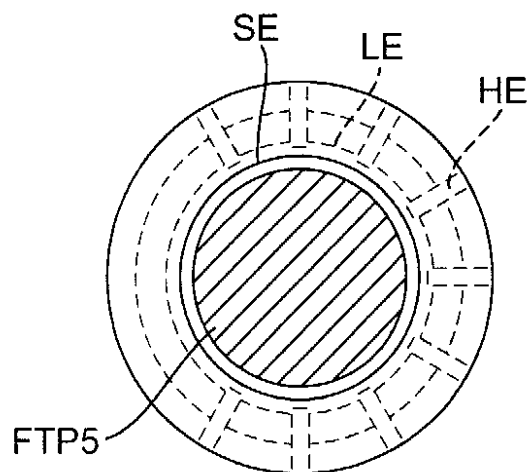
【図 3】



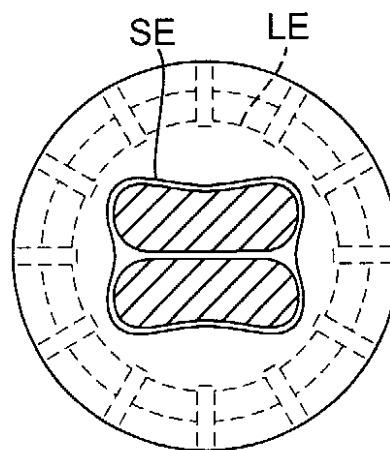
【図 4】



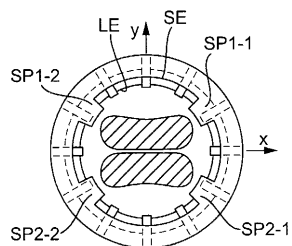
【図 5】



【図 7】



【図 6】



フロントページの続き

- (74)代理人 100109070
弁理士 須田 洋之
- (74)代理人 100109335
弁理士 上杉 浩
- (74)代理人 100120525
弁理士 近藤 直樹
- (74)代理人 100164530
弁理士 岸 慶憲
- (72)発明者 ニルス ディークマン
ドイツ連邦共和国 7 3 4 6 0 ヒュットリンゲン ロイテヴェーク 5
- (72)発明者 アレクサンダー ヴォルフ
ドイツ連邦共和国 7 3 4 4 7 オベルコッペン ロベルト - コッホ - シュトラーセ 1
- (72)発明者 クリスチャン ホラント
ドイツ連邦共和国 7 3 4 3 1 アーレン ハイデシュトラーセ 1 1 6
- (72)発明者 ウルリッヒ レーリンク
ドイツ連邦共和国 7 3 5 2 5 シュヴァービッシュ グミュント コルンハウスシュトラーセ
2 1
- (72)発明者 フランツ ゾルク
ドイツ連邦共和国 7 3 4 3 3 アーレン ボーデンバッハシュトラーセ 9

審査官 小倉 宏之

- (56)参考文献 特表2008-542829(JP,A)
特開2002-083766(JP,A)
特表2010-504631(JP,A)
特開2003-270506(JP,A)
特開2007-159836(JP,A)
特表2006-507672(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 2 B 7 / 0 2 - 7 / 1 6
G 0 2 B 9 / 0 0 - 1 7 / 0 8
G 0 2 B 2 1 / 0 2 - 2 1 / 0 4
G 0 2 B 2 5 / 0 0 - 2 5 / 0 4
H 0 1 L 2 1 / 0 2 7