(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)特許出願公表番号
特表2007-502019
(P2007-502019A)
(43)公表日　平成19年2月1日(2007.2.1)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H01L 21/027	(2006.01)	H01L	21/30	515D	2H087
G02B 13/24	(2006.01)	G02B	13/24		5F046
G02B 17/08	(2006.01)	G02B	17/08	A	
G03F 7/20	(2006.01)	G03F	7/20	521	
		H01L	21/30	518	

審査請求 未請求　予備審査請求 未請求　（全 25 頁）　最終頁に続く

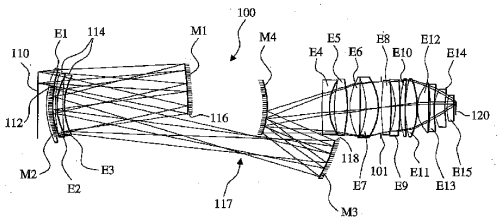
(21)出願番号　特願2006-522918 (P2006-522918)
(86)(22)出願日　平成16年7月16日 (2004.7.16)
(85)翻訳文提出日　平成18年2月10日 (2006.2.10)
(86)国際出願番号　PCT/EP2004/007910
(87)国際公開番号　WO2005/015283
(87)国際公開日　平成17年2月17日 (2005.2.17)
(31)優先権主張番号　10/639,780
(32)優先日　平成15年8月12日 (2003.8.12)
(33)優先権主張国　米国 (US)

(71)出願人　502057795
カール・ツアイス・エスエムテイ・アーゲー
ドイツ国　デー－７３４４７　オバルコッヘン、カール　ツアイス　ストラッセ　２２
(74)代理人　100064621
弁理士　山川　政樹
(74)代理人　100098394
弁理士　山川　茂樹
(72)発明者　マン，ハンス－ユルゲン
ドイツ連邦共和国・７３４４７　オーバーコッヘン・カッツェンバッハシュトラーセ・４９

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ミラーＭ３の前にレンズを伴う複数のミラーを含む投影対物レンズ

(57)【要約】
一例の実施形態によれば、投影対物レンズ（１００，２００）が提供され、そこには少なくとも２つの非平面（曲面）ミラー（Ｍ１～Ｍ４）が含まれており、それにおいて最後から２番目の非平面ミラー（Ｍ３）と最後の非平面ミラー（Ｍ４）の間における軸距離が、光路（光軸）に沿って定義されるものとするとき、最後の非平面ミラーと、光路内において続くレンズの第１の屈折表面の間における軸距離より大きい。一例の実施形態においては、第１の屈折表面がシングル・パス・タイプのレンズと関連付けされる。本件の対物レンズは、少なくとも約０．８０またはそれ以上、たとえば０．９５の開口率を伴ってイメージを形成する。好ましくはこの対物レンズは折り返しミラーを含まず、また２つのミラーの間に中間イメージを有してなく、さらには対物レンズの瞳は、オブスキュレーションから解放される。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
すべてが共通の回転対称軸を有する少なくとも２つの曲面ミラーミラーと複数の光学エレメントを含む対物レンズであって、最後から２番目の曲面ミラーと最後の曲面ミラーの間の軸距離は、両方のミラーの順序が光路に沿って定義されるものとして、前記最後の曲面ミラーと、前記光路に沿った前記最後の曲面ミラーに続くレンズの第１の屈折表面の間の軸距離より大きく、前記最後の曲面ミラーに光学的に続く前記第１の屈折表面がシングル・パス・レンズと関連付けされ、前記対物レンズの瞳がオブスキュレーションから解放される対物レンズ。
【請求項２】
前記最後の曲面ミラーに続く前記第１の屈折表面は負のレンズに関連付けされる請求項１に記載の対物レンズ。
【請求項３】
４つの曲面ミラーが存在する請求項１に記載の対物レンズ。
【請求項４】
前記最後から２番目の曲面ミラーは、前記第１の屈折表面の光学的に直後となるレンズを収容するようにその中に開口が形成されているか、または前記最後から２番目の曲面ミラーは、光路に沿った光線の伝播を可能にする軸外れミラーである請求項１に記載の対物レンズ。
【請求項５】
前記最後のミラーの光学的背後にある屈折部分が、正のレンズを負のレンズより多く含む請求項１に記載の対物レンズ。
【請求項６】
少なくとも２つのダブル・パス・レンズを前記最後から２番目のミラーの光学的前方に含む請求項１に記載の対物レンズ。
【請求項７】
前記対物レンズが、少なくとも実質的に０．８０の開口率を伴ってイメージを形成する請求項１に記載の対物レンズ。
【請求項８】
少なくとも１つの非球面の反射面と少なくとも１つの非球面の屈折表面を含む請求項１に記載の対物レンズ。
【請求項９】
少なくとも４つの曲面ミラーを含む請求項１に記載の対物レンズ。
【請求項１０】
少なくとも１つの光分散ミラーと少なくとも２つの光集束ミラーを含む請求項１に記載の対物レンズ。
【請求項１１】
アパーチャ・ダイアフラムに平面ミラーが続かない請求項１に記載の対物レンズ。
【請求項１２】
前記最後から２番目のミラーの光学的前方に配置される少なくとも１つのトリプル・パス・レンズを含む請求項１に記載の対物レンズ。
【請求項１３】
少なくとも３つの曲面ミラーが、光の通過を許可する１ないしは複数の切り欠き領域を有するように構成される請求項１に記載の対物レンズ。
【請求項１４】
少なくとも２つのダブル・パス・レンズと１つのトリプル・パス・レンズを含み、すべてが前記２つのもっとも物体前方のミラーの間に物理的に配置される請求項１に記載の対物レンズ。
【請求項１５】
前記２つのもっとも物体前方のミラーの間に物理的に配置される少なくとも２つのダブ

ル・パス・レンズを含む請求項１に記載の対物レンズ。
【請求項１６】
前記第１の屈折表面は正のレンズに関連付けされる請求項１に記載の対物レンズ。
【請求項１７】
前記最後のミラーの光学的背後のエレメントの屈折グループ内に配置される開口絞りを含む請求項１に記載の対物レンズ。
【請求項１８】
前記対物レンズは、少なくとも実質的に０．９５の開口率を伴ってイメージを形成する請求項１に記載の対物レンズ。
【請求項１９】
前記対物レンズは、浸漬において、少なくとも実質的に１．１の開口率を伴ってイメージを形成する請求項１に記載の対物レンズ。
【請求項２０】
前記シングル・パス・レンズは、前記光軸に沿って測定されるとき、前記最後から２番目のミラーと前記最後のミラーの間における唯一のレンズ・エレメントである請求項１に記載の対物レンズ。
【請求項２１】
前記対物レンズは、前記２つのミラーの間における中間イメージから解放される請求項１に記載の対物レンズ。
【請求項２２】
光路に沿って定義されるとき、光学的にもっとも前方の第１の曲面ミラーと光学的に２番目にもっとも前方の第２の曲面ミラーを含む少なくとも４つの曲面ミラーを含み、かつ、前記第１と第２のミラーの間に物理的に配置される中間レンズ・エレメントを含み、前記中間レンズ・エレメントがシングル・パス・タイプのレンズである対物レンズ。
【請求項２３】
リースト・イメージ・フォワード曲面ミラーと前記第１の曲面ミラーが、互いに背合わせに配置される請求項２２に記載の対物レンズ。
【請求項２４】
前記少なくとも１つの曲面ミラーが、光軸に対して軸外れミラーとなる請求項２２に記載の対物レンズ。
【請求項２５】
前記２つのもっとも物体前方の曲面ミラーの間に配置される少なくとも２つのレンズ・エレメントが存在する請求項２２に記載の対物レンズ。
【請求項２６】
前記２つのもっとも物体前方の曲面ミラーの間に３つの負のレンズ・エレメントが存在する請求項２５に記載の対物レンズ。
【請求項２７】
前記２つのもっとも物体前方の曲面ミラーの間の少なくとも２つのレンズ・エレメントは、ダブル・パス・レンズである請求項２５に記載の対物レンズ。
【請求項２８】
前記第２の曲面ミラーは、前記中間レンズ・エレメントを適合するようにその中に開口が形成される請求項２２に記載の対物レンズ。
【請求項２９】
さらに、前記中間レンズ・エレメントの光学的背後に複数のレンズを含み、それにおいて前記第１の曲面ミラーの光学的背後となる前記レンズは、正のレンズを負のレンズより多く含む請求項２２に記載の対物レンズ。
【請求項３０】
前記対物レンズが、少なくとも実質的に０．８０の開口率を伴ってイメージを形成する請求項２２に記載の対物レンズ。
【請求項３１】

少なくとも１つの非球面の反射面と少なくとも１つの非球面の屈折表面を含む請求項２２に記載の対物レンズ。
【請求項３２】
少なくとも１つの光分散ミラーと少なくとも２つの光集束ミラーを含む請求項２２に記載の対物レンズ。
【請求項３３】
アパーチャ・ダイアフラムに平面ミラーが続かない請求項２２に記載の対物レンズ。
【請求項３４】
前記第２の曲面ミラーの光学的前方に配置される少なくとも１つのトリプル・パス・レンズを含む請求項２２に記載の対物レンズ。
【請求項３５】
なくとも２つのダブル・パス・レンズと１つのトリプル・パス・レンズを含み、すべてが前記２つのもっとも物体前方のミラーの間に配置される請求項２２に記載の対物レンズ。
【請求項３６】
前記２つのもっとも物体前方のミラーの間に配置される少なくとも２つのダブル・パス・レンズを含む請求項２２に記載の対物レンズ。
【請求項３７】
前記最後のミラーの光学的背後のエレメントの屈折グループ内に配置される開口絞りを含む請求項２２に記載の対物レンズ。
【請求項３８】
前記対物レンズは、少なくとも実質的に０．９５の開口率を伴ってイメージを形成する請求項２２に記載の対物レンズ。
【請求項３９】
前記対物レンズの瞳がオブスキュレーションから解放される請求項２２に記載の対物レンズ。
【請求項４０】
前記第１と第２のミラーの間の光路内に配置される中間レンズ・エレメントが１つだけ存在する請求項２２に記載の対物レンズ。
【請求項４１】
前記対物レンズは、前記第１と第２のミラーの間において中間イメージがない請求項２２に記載の対物レンズ。
【請求項４２】
ＤＵＶとＶＵＶ光源からなる光源のグループから選択される光源、照明システム、レチクルのハンドリング、位置決めとスキャン・システム、請求項１に従った投影対物レンズとウエハのハンドリング、位置決めとスキャン・システムを包含する投影露光装置。
【請求項４３】
ＤＵＶとＶＵＶ光源からなる光源のグループから選択される光源、照明システム、レチクルのハンドリング、位置決めとスキャン・システム、請求項２２に従った投影対物レンズとウエハのハンドリング、位置決めとスキャン・システムを包含する投影露光装置。
【請求項４４】
４つの曲面ミラーと屈折レンズ部分を伴う、折り返しミラーのない投影対物レンズであって、前記投影対物レンズは、前記屈折レンズ部分の少なくとも１つのレンズ・エレメントが、最後から２番目の曲面ミラーの空間的前方で、最後の曲面ミラーの光学的背後に配置されており、前記１つのレンズ・エレメントがシングル・パス・タイプのレンズであり、少なくとも約０．８０の開口率を有し、前記最後から２番目のミラーと前記最後のミラーの間における中間イメージがなく、かつ各屈折レンズ・エレメントの最大直径が前記対物レンズの開口絞りの直径の１．１倍より小さいことを特徴とする投影対物レンズ。
【請求項４５】
少なくとも２つの曲面ミラーを伴うカタディオプトリック部分と、

光路に沿って定義されるときに最後から２番目の曲面ミラーと最後の曲面ミラーの間に配置されるシングル・パス・レンズ・エレメントを含む屈折部分とを含む投影対物レンズであって、その対物レンズは、瞳にオブスキュレーションがないように構成され、前記シングル・パス・レンズ・エレメントは、光路に沿って測定されるときに最後から２番目の曲面ミラーと最後の曲面ミラーの間に配置される唯一の屈折レンズ・エレメントであり、前記屈折部分は、開口絞りを含み、前記屈折グループの少なくとも１つのレンズ・エレメントが前記開口絞りの前方にあることを特徴とする投影対物レンズ。

【請求項４６】

少なくとも４つの曲面ミラーを含む第１のカタディオプトリック部分と第２の屈折部分とを含む対物レンズであって、その屈折部分の少なくとも１つのシングル・パス・レンズ・エレメントが、光路に沿って前記ミラーが順序付けされるときの最後の曲面ミラーと最後から２番目の曲面ミラーとの間に物理的に配置されることを特徴とする対物レンズ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、投影リソグラフィ等の光学システムに関し、より詳細に述べれば、少なくとも２つのミラー、好ましくは４つのミラーを伴い、かつミラーＭ３の空間的前方に少なくとも１つのレンズ・エレメントを伴う光学システムに関する。

【背景技術】

【０００２】

半導体デバイスの製造においては、特に近年は半導体の回路パターンがますます小さくなっていることから、フォトリソグラフィがしばしば使用される。ウエハ上にマスクまたはレチクルをイメージするために投影光学が使用され、回路パターンがますます小さくなってきていることから、それらのパターンをプリントする露光装置においてより高い分解能の要求が高まっている。この要求を満たすためには、光源の波長をさらに短くしなければならず、光学システム（つまり、投影レンズ）のＮＡ（開口率）を大きくしなければならない。

【０００３】

屈折グループを有する光学システムは、２４８または１９３ナノメートルの波長を有する照明源で動作することで満足のいく分解能が達成されている。これらの波長においては、色収差の補正がほとんどまたはまったく不要である。半導体デバイスのエレメントまたはフューチャサイズが小さくなるに従って、光学投影システムの分解能が向上する必要性が増加している。フォトリソグラフィにおいて使用される光学投影システムが分解できるフューチャサイズを小さくするためには、より短い波長の電磁波を使用して、レチクルまたはマスクのイメージを、半導体ウエハ等の感光体基板上に投影しなければならない。

【０００４】

１９３ナノメートル未満の波長の有意の電磁波を伝達できる屈折光学材料は非常にわずかであるので、光学投影システム内の、１９３ナノメートル未満の波長で動作する屈折エレメントを最小限に減らし、あるいは排除する必要がある。今日までのところ、満足の行く材料特性（等質性、可用性）を持って、１６０ｎｍまたはそれより短い波長において色収差補正を可能にする第２の光学材料は知られていない。結局、色収差を考慮するために、単一材料、特にSiO_2またはCaF_2だけを使用し、本件システム等のカタディオプトリック・イメージング・システムを構成しなければならない。

【０００５】

より小さいフューチャの分解への希望は、２００ｎｍより短い極紫外波長において動作する光学投影システムの必要性をもたらした。そのため、光学リソグラフィがより短い波長（たとえば、深紫外（ＤＵＶ）または超紫外（ＶＵＶ））に拡張されるに従って、投影システムの要件を満たすことがさらに困難となっている。たとえば、１５７ｎｍの波長においては、６５ｎｍの設計規則へのアクセスが、少なくとも０．８０の開口率を伴う投影システムを必要とする。光学リソグラフィが１５７ｎｍまで拡張されると、レジストやソ

ースに関連する問題、より重要なものとしてフッ化カルシウムに関連する問題が、それらの波長において充分な動作が可能なリソグラフィ・ツールの開発に実質的な遅れをもたらしている。これらのソースや材料に関連する技術的な問題に応答して、１ｐｍ台に至るまでのスペクトル幅の最大化と同時に、使用される材料に関連付けされる不完全さを最小にするのに投影システムの開発の研究とその焦点を置くことが重要となっており、言い換えれば、フッ化カルシウム・ブランクのマスを最小化することが望ましいということになる。

【０００６】

カタディオプトリック縮小光学システム（すなわち、反射システムと屈折システムの合成システム）がいくつかの利点を、特にステップ・アンド・スキャン構成において有すること、およびカタディオプトリック・システムが上記の目的を満たす上で特に適していることはかなり以前から認識されている。多くの関係者が３６５ｎｍ未満の波長のためのシステムを開発し、あるいは提案している。１つのカタディオプトリック・システムのコンセプトは、ビーム・スプリッタとともに使用してレイ・クリアランスと折れないパスを提供して、並列スキャニングを提供するダイソン‐タイプの構成に関係する（たとえば、特許文献１、特許文献２、特許文献３）。しかしながらこれらのシステムは、深刻な欠点を有しており、開口率の増加に伴ってビーム・スプリッタ・エレメントのサイズが極めて大きくなり、したがって立方体ビーム・スプリッタを作るための満足の行く品質（３次元において）の光学材料を調達することは、特に１５７ｎｍの波長において、高リスクを伴っている。

【０００７】

立方体ビーム・スプリッタのサイズに関連付けされる困難は、立方体ビーム・スプリッタを、システムの短い共役内、好ましくは設計が許せばレチクルまたはその１×共役の近くに配置することによってより良好に扱うことができる。このビーム・スプリッタの配置は、過剰な努力を伴うことなく、立方体の直線寸法を、いくつかのファクタに応じて最大で５０％まで縮めることができる。このタイプのビーム・スプリッタ配置の利点は、ウィルツィンスキ（Ｗｉｌｃｚｙｎｓｋｉ）に対する特許文献４の中で述べられている。さらにタカハシ（Ｔａｋａｈａｓｈｉ）に対する特許文献５は、いくつかの異なる実施態様を提供している。しかしながら基本的なコンセプトはウィルツィンスキ（Ｗｉｌｃｚｙｎｓｋｉ）におけるものに同一である。

【０００８】

カタディオプトリック・システムから立方体ビーム・スプリッタを完全に取り除くことも可能である。１つのアプローチにおいては、２４８ｎｍで動作する開口率０．７０のグループを使用して軸外れれれ設計が提供される。オオムラ（Ｏｍｕｒａ）ほかに対する特許文献６や特許文献７においては、このアプローチの別の例が開示されており、タカハシ（Ｔａｋａｈａｓｈｉ）に対する特許文献８は、さらに別の例を示している。タカハシ（Ｔａｋａｈａｓｈｉ）ほかは、特許文献９においてビーム・スプリッタの自由設計の類似の例をいくつか提供している。

【０００９】

これらの「立方体のない」実施態様は、共通のテーマ、すなわちカタディオプトリック・グループが単一のミラーだけを含むというテーマを共有している。追加のミラーを使用してパフォーマンスを向上させることはおそらく可能である。しかしながら、複数ミラーを伴う純粋な反射設計は、研究はなされているが、これらの設計が適切に高い開口率を達成できないと立証されたことから概して失敗している（たとえば、特許文献１０、特許文献１１、特許文献１２、特許文献１３）。

【００１０】

提案されている別の解決策が特許文献１４の中で述べられており、そこでは限定的な軸外れ視野光学システムが開示されている。この参照文献の中に開示されたシステムは、２回の通過のある負のレンズを対物レンズの第１の部分内に含んでいない。さらに、それらの中に開示されている実施態様は、ジオメトリが実際的でなく、かつ超紫外波長領域にお

いて改善されたリソグラフィ・パフォーマンスを提供するには開口率が低すぎる。
【００１１】
従来の実践においては、４ミラー・カタディオプトリック構成は、それらの開口率という意味において、システムのミラーに対する屈折レンズ部分の位置に起因して制限される。
【００１２】
特許文献１５は、ミラーＭ３の空間的前方にレンズ・エレメントが位置決めされるシステムを含めた種々の投影光学システムを開示している。しかしながら、この実施態様においては、ミラーＭ３の前方に位置決めされるレンズ・エレメントがダブル・パス・タイプのレンズ・エレメントになる。ミラーＭ３とＭ４の間におけるダブル・パス・レンズ・エレメントの使用は、それらのダブル・パス・レンズをミラーＭ４に近づけることを必要とし、したがってマウントを困難にすることから、ダブル・パス・レンズ・エレメントの使用によってシステムが複雑になる。
【００１３】
上記に加えて、この公開された出願に開示されたシステムと本件のシステムの間には、このほかにも多くの相違がある。たとえば、特許文献１５の図２６は、全体のシステムのもっとも前のミラーともっとも後ろのミラーの間に配置されるシングル・パス・レンズ・エレメントを開示している。残念ながら、このエレメントは直径が非常に大きく、したがって製造が困難である。その種のシングル・パス・レンズ・エレメントは、図２３～２８にそれぞれ示されているとおり、種々のミラーの間を伝播するビーム束のラテラル方向の分離を必要として結果的に大径レンズとなることになり、あるいはミラー＃１の裏側とミラー＃４の裏側の間にそれを物理的に配置しなければならず、その場合にも大径レンズがもたらされるという欠点がある。以下により詳細を説明するが、本件のレンズ・エレメントは、非常に大きい直径を必要としないことから、これらの欠点を持たない。開口絞りの位置について言えば、公開された文献の実施態様（図２０～２８に示されているとおり）は、屈折グループＧｒ２の前方に開口絞りを配置し、視野ミラー・グループＧｒｆから開口絞りを引き離している。
【００１４】
シェーンメーカース（Ｓｃｈｏｅｎｍａｋｅｒｓ）に対する特許文献１１は、複数のミラーが使用される実施態様を開示しており、それにおいては多数のレンズ・エレメントが、光学的にもっとも前のミラーと次に光学的に前のミラーの間に配置される。これら２つのミラーの間のレンズ・エレメントは、すべてシングル・ミラーである。
【００１５】
【特許文献１】米国特許第５，５３７，２６０号
【特許文献２】米国特許第５，７４２，４３６号
【特許文献３】米国特許第５，８０５，３５７号
【特許文献４】米国特許第５，０５２，７６３号
【特許文献５】米国特許第５，８０８，８０５号
【特許文献６】米国特許第６，１９５，２１３号
【特許文献７】米国特許第６，３６２，９２６号
【特許文献８】米国特許第５，８３５，２７５号
【特許文献９】欧州特許出願ＥＰ　１１６８０２８号
【特許文献１０】米国特許第４，６８５，７７７号
【特許文献１１】米国特許第５，３２３，２６３号
【特許文献１２】米国特許第５，５１５，２０７号
【特許文献１３】米国特許第５，８１５，３１０号
【特許文献１４】米国特許第４，４６９，４１４号
【特許文献１５】米国特許出願公開第２００２／００２４７４１号
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】

【００１６】
これまでのところ、カタディオプトリック投影システム、特に４ミラー設計の、特に１５７ｎｍリソグラフィに使用でき、少なくとも０．８０の開口率を伴ってイメージを生成し、かつそのほかの望ましいパフォーマンス特性を含むシステムが利用可能になっていない。
【課題を解決するための手段】
【００１７】
多くの実施態様に従った種々のフォトリソグラフィ縮小投影対物レンズを提供する。例示の投影対物レンズは、少なくとも２つの非平面ミラーを含み、最後から２番目の非平面ミラーと最後の非平面ミラーの間における軸距離が、光路（光軸）に沿って定義されるものとするとき、最後の非平面ミラーと、光路内において続くレンズの第１の屈折表面の間における軸距離より大きい。一実施態様においては、第１の屈折表面がシングル・パス・レンズと関連付けされる。本件の対物レンズは、少なくとも約０．８０またはそれより高い、たとえば０．９０の開口率を伴ってイメージを形成する。
【００１８】
本発明の１つの側面においては、本件の対物レンズのそれぞれが、２つの部分、すなわちカタディオプトリック部分と屈折部分からなる。本件の設計によれば屈折レンズ部分のそれぞれが前方に動かされ、したがって第３のミラーＭ３の前方で開始する。これは、少なくとも４つのミラーを含む従来設計と対比をなし、屈折部分を前方に動かすことによって４ミラー構成において高い開口率が達成される。さらに本件システムは、その瞳がオブスキュレーション(obscuration)から解放されるように構成され、その結果として向上したイメージが得られる。
【００１９】
一例の対物レンズは、次に示す特徴の１ないしは複数を含む：すなわち（１）４つの非球面レンズ表面と４つの非球面ミラー面のうちの少なくとも一方；（２）少なくとも４つの非平面ミラー、（３）少なくとも１つの光分散ミラーと少なくとも２つの光集束ミラーである。それに加えて、この対物レンズには折り返しミラーがなく、また２つのミラーの間に中間イメージを有してなく、さらに少なくとも一実施態様においては、最後から２番目のミラーと最後のミラーの間に１つのレンズ・エレメント（シングル・パス・タイプ）しか存在しない。
【００２０】
本発明のこのほかの特徴と利点については、添付図面とともに以下の詳細な説明を読むことによって明らかなものとなろう。
【００２１】
以上の、およびそのほかの本発明の特徴は、次に示す本発明の例示的な実施形態の詳細な説明と図面からより容易に理解されるであろう。
【発明を実施するための最良の形態】
【００２２】
上記の利点を提供するため、および前述した関連技術システムに関する問題点を解決するために、いくつかの異なる実施形態に従ってカタディオプトリック投影システムを提供する。それらのシステムは、従来技術に関連付けされる欠点を克服しつつ、最大で０．８０、さらにはそれを超える開口率を達成する。
【００２３】
最初に図１を参照すると、第１の実施形態に従ったカタディオプトリック複数ミラー投影縮小対物レンズ１００が例示されている。図１は、システム１００の略図的な光学図であり、エレメントの構成を概略的に示す態様でシステム１００を例示している。システム１００は、複数のミラーと複数のレンズ・エレメントを含み、それらは、明瞭なグループで、ミラーに対して予め決められた位置に配置されている。
【００２４】
ここでの目的から「光学的前方」という表現は、第２のエレメントに先行して第１のエ

レメントに光線が入射し、したがって第１のエレメントが第２のエレメントの光学的に前となる状態を言う。「光学的背後」という表現は、その逆の状態であり、同じ例を用いるなら、光線が最初に第１のエレメントと出会うことから、第２のエレメントは第１のエレメントの光学的に後ろとなる。「物理的前方」または「空間的前方」および「物理的背後」または「空間的背後」という表現は、光線の光路によらず、基準ポイントのみに関して２つのエレメントの表面の頂点の間における空間的な関係を定義する。

【００２５】

例示の実施形態においては、システム１００がレチクル（物体）１１０を含み、正のレンズ・エレメントを負のレンズ・エレメントより多く含み、より詳細に述べれば、後述するとおり、一例のシステム１００は、１５のレンズ・エレメントを含み、そのうちの１０が正のレンズ・エレメント、５が負のレンズ・エレメントである。

【００２６】

システム１００は、レチクル１１０とウエハ１２０を含み、周知のとおり、レチクル１１０を基礎として縮小されたイメージがウエハの上に形成される。システム１００の光路に沿って、リースト・イメージ・フォワード・エレメント(least image forward element)から開始し、モースト・イメージ・フォワード・エレメント(most image forward element)で終わる順に見ると、システム１００は、レチクル１１０とミラーＭ２の間に配置される第１のレンズ・エレメントＥ１を含む。第１のレンズ・エレメントＥ１は、正のレンズであり、レチクル１１０上の１ないしは複数のポイントからの光線がそれを通過してミラーＭ２に向かう。ミラーＭ２は、好ましくは曲面ミラー（たとえば球面または非球面ミラー）であり、例示の実施形態においては、ミラーＭ２が連続反射面を有しておらず、むしろその逆にミラーＭ２は、ミラーＭ２によって影響されることなく光線が自由に通過することのできる開口１１２等が形成された１ないしは複数の領域を有する。１ないしは複数の開口１１２は、光線が第１のレンズ・エレメントＥ１を通過する場所と光学的に整列するミラーＭ２内の場所に形成されている。それに代えてミラーＭ２を軸外れミラーとして構成し、光線がミラーＭ２の脇を通過できる軸外れの場所にミラーＭ２が位置決めされるように配置できることも認識されるであろう。

【００２７】

ミラーＭ２の光学的かつ物理的背後に、第２および第３のレンズ・エレメント、それぞれＥ２、Ｅ３がある。レンズ・エレメントＥ２、Ｅ３のそれぞれは、負のレンズであり、ミラーＭ２とミラーＭ１の間における配置、およびレンズ・エレメントＥ２、Ｅ３の物理的な構成から、レンズ・エレメントＥ２、Ｅ３は、ダブル・パス・レンズとして作用する。より詳細に述べれば、レンズ・エレメントＥ２、Ｅ３は、ミラーＭ２とミラーＭ１の間に配置されており、ミラーＭ２と同様にレンズ・エレメントＥ２、Ｅ３も完全に連続する表面を有してなく、それぞれのレンズ・エレメントには１ないしは複数の開口１１４が形成されており、光線が、レンズ・エレメントによる影響を伴わずに自由にそれを通過できる。１ないしは複数の開口１１４は、ミラーＭ２内に形成された１ないしは複数の開口１１２と光学的に整列されており、その結果、ミラーＭ２内の開口または切り欠き１１２を通過した光線が、ミラーＭ１の反射面と接触する前に、レンズ・エレメントＥ２、Ｅ３内の開口または切り欠き１１４を通過する。この場合においても、物理的な開口を設ける代わりに、ミラーＭ２の脇を通過した光線がレンズ・エレメントＥ２、Ｅ３内を通らずにその脇を通過するようにレンズ・エレメントＥ２、Ｅ３を構成し、配置することが可能である。ミラーＭ１は、好ましくは曲面ミラー（たとえば球面または非球面ミラー）である。ここで、ミラーＭ１、Ｍ２がともに光集束ミラーであることを認識されよう。

【００２８】

ここで認識することになろうが、光線がミラーＭ２内に形成された開口１１２を最初に通過することからミラーＭ１が光路内における最初のミラーであり、ミラーＭ１の表面に接触し、それによって反射された後に限りミラーＭ２の反射面に入射する。ミラーＭ１によって反射された後の光線は、ミラーＭ２に向かい、ミラーＭ２の反射面に入射する前に、まずレンズ・エレメントＥ２、Ｅ３を通過する。前述したとおり、レンズ・エレメント

Ｅ２、Ｅ３は、光線が最初にミラーＭ１からミラーＭ２に向かって伝播するときにこれらのレンズ・エレメントの通過があり、次に光線がミラーＭ２によって、好ましくは曲面ミラー（たとえば球面または非球面ミラー）とするミラーＭ３に向かって反射されるときに、これらのレンズ・エレメントの２度目の通過があることからダブル・パス・タイプのレンズである。ミラーＭ３は、光集束タイプのミラーである。

【００２９】

またミラーＭ１は、１ないしは複数の開口または切り欠き１１６を含み、ミラーＭ２からミラーＭ３の反射面に向かう光線の通過を可能にするように構成されている。図１の例示から認識されるとおり、ミラーＭ１は、光線を反射する１ないしは複数のアクティブ領域を有するだけでなく、システム１００の光路に沿った光線の伝播、たとえば、いずれもミラーＭ１の光学的背後となるミラーＭ２からミラーＭ３に向かう光線の伝播を可能にする１ないしは複数の開口または切り欠き１１６を含む。この場合においてもミラーＭ１を、ミラーＭ２からミラーＭ３へ向かう光線がその脇を通過できるように軸外れミラーとして構成することが可能である。

【００３０】

ミラーＭ４は、ミラーＭ３の物理的前方であるが、光学的背後に位置決めされており、その結果、ミラーＭ３の反射面とミラーＭ４の反射面が向かい合う。ミラーＭ４は、好ましくは曲面ミラー（たとえば球面または非球面ミラー）とする。以下に詳細を述べるとおり、レンズ・エレメントに適合するためのミラーＭ３には開口または切り欠き１１８が形成されている。ミラーＭ４は、光分散ミラーである。ミラーＭ３についても同様に、光線がミラーＭ４によって反射された後にその脇を通過できるように軸外れミラーとして構成し、設計することが可能である。

【００３１】

本発明の１つの側面によれば、レンズ・エレメント、すなわち第４のレンズ・エレメントＥ４がミラーＭ３とミラーＭ４の間に配置されている。このレンズ・エレメントＥ４は、ミラーＭ３の物理的前方であるが、ミラーＭ３、Ｍ４両方の光学的背後となる。レンズ・エレメントＥ４は、ミラーＭ３の近傍に位置決めされる負のレンズであり、図１を観察すると認識できるとおり、レンズ・エレメントＥ４は、光線がシステム１００の光路に従って伝播するとき、レンズ・エレメントＥ４を一度しか通過しないことから、シングル・パス・レンズ・エレメントとして作用する。これは、ミラーＭ３とＭ４の間に配置することのできるレンズ・エレメントが、ミラーＭ４の近くに位置決めされ、その結果、光線がＭ３の方向に向かって伝播するとき、それを一度通過してＭ４の反射面に到達した光線がレンズ・エレメントの二度目の通過を行うといった、ダブル・パス・レンズとして作用するほかのレンズ設計とは異なる。

【００３２】

システム１００は、ミラーＭ３内に形成された開口または切り欠き１１８内に配置される第５のレンズ・エレメントＥ５を含む。レンズ・エレメントＥ４、Ｅ５は、ミラーＭ４から反射された光線がレンズ・エレメントＥ４を通過し、続いてミラーＭ３内に包含されるレンズ・エレメントＥ５を通過するように光学軸に沿って配置される。言い換えると、ミラーＭ３とＭ４は、ともにレンズ・エレメントＥ４、Ｅ５の光学的前方になる。例示の実施形態においては、レンズ・エレメントＥ５が正のレンズ・エレメントであり、ミラーＭ３の１つの面だけでなくミラーＭ３の反対側の面をも、少なくとも部分的に超えて広がる。

【００３３】

システム１００は、ミラーＭ３とレンズ・エレメントＥ４、Ｅ５の物理的かつ光学的背後となるレンズ・エレメントのグループを有するように設計されている。一例の実施形態によれば、レンズ・エレメントＥ５の光学的背後に１０のレンズ・エレメントが配置されており、より詳細に述べれば、レンズ・エレメントＥ６～Ｅ１５が、光軸に沿って、レンズ・エレメントＥ５の光学的背後に、かつウエハ１２０の光学的かつ物理的前方に配置されている。レンズ・エレメントＥ６～Ｅ８は正のレンズ、レンズ・エレメントＥ９は負の

レンズ、レンズ・エレメントＥ１０～Ｅ１２は正のレンズ、レンズ・エレメントＥ１３は負のレンズ、レンズ・エレメントＥ１４、Ｅ１５は正のレンズである。

【００３４】

図１から認識することになろうが、Ｍ４の軸上位置において光路内に中間イメージが生成される。口径食が生じないことを保証するために、ミラーＭ４が完全にバイパスされるように光路をルーティングし、かつ光線がミラーＭ３の中心開口（ボア）１１８内に落ちないことが保証されなければならない。これには大きな偏向角が必要になり、したがって、ミラーＭ３とＭ４内の大きな屈折力や、特にミラーＭ４上における高い入射角が必要になる。

【００３５】

Ｍ４の後の大きな光線角度は、主光線が光軸に向かって迅速に収束する効果を有する。したがって、ダイアフラム位置をミラーＭ４の近くに引き込むことができる。しかしながら、拡大の色変化の効果的な補正を可能にするためには、アパーチャ・ダイアフラムの前方に屈折力を使用する必要がある。これは、Ｍ３の空間的（物理的）前方に屈折部分のレンズを引き込むことによってのみ可能である。

【００３６】

このこと（屈折部分のレンズを空間的前方に引き込む必要性）は、この設計配列の高い開口率の直接的結果と考えられる。言い換えると、図１に例示されているとおりのレンズ・エレメントとミラーの配列は、この種の設計において高い開口率の値の達成を可能にする。たとえば、システム１００は、少なくとも約０．８０の開口率を有する。

【００３７】

上記に加えてシステム１００は、共役開口絞りをミラーＭ１とミラーＭ２の間に有するが、開口絞りは、屈折部分として作用するレンズ配列の後ろ部分に配置される。より詳細に述べれば、開口絞りは図１において表示１０１によって示される（この位置は、空間的かつ光学的にレンズ・エレメントＥ８の前方になる）。

【００３８】

本件システム１００の１つの利点は、瞳のオブスキュレーションがまったく存在しないことである。言い換えると、本件システムには中心オブスキュレーションが存在せず、したがって中心オブスキュレーションに関連付けされる欠点が本件設計から排除される。本件のレンズ・システムでは瞳の中心オブスキュレーションから解放される結果として、システムのパフォーマンスが危険にさらされることがなく、また中心オブスキュレーションの存在は、すべての光線が通過してイメージを形成することを妨げるため、イメージの品質についても同様に危険にさらされ、あるいは減力されることがなくなる。

【００３９】

システム１００の光学表面を説明した完全な光学的記述を表１に示す。

【００４０】

次に図２を参照すると、第２の実施形態に従ったカタディオプトリック複数ミラー投影縮小対物レンズ２００が例示されている。図２は、システム２００の略図的な光学図であり、エレメントの構成を概略的に示す態様でシステム２００を例示している。システム２００は、複数のミラーと複数のレンズ・エレメントを含み、それらは、明瞭なグループで、ミラーに対してめ決められた位置に配置されている。

【００４１】

例示の実施形態においては、システム２００がレチクル（物体）２１０を含み、正のレンズ・エレメントを負のレンズ・エレメントより多く含み、より詳細に述べれば、後述するとおり、一例のシステム２００は、２０のレンズ・エレメントを含み、そのうちの１３が正のレンズ・エレメント、７が負のレンズ・エレメントである。

【００４２】

システム２００は、レチクル２１０とウエハ２２０を含み、周知のとおり、レチクル２１０を基礎として縮小されたイメージがウエハの上に形成される。システム２００の光路に沿って、リースト・イメージ・フォワード・エレメントから開始し、モースト・イメー

ジ・フォワード・エレメントで終わる順に見ると、システム２００は、レチクル２１０とミラーＭ２の間に配置される第１のレンズ・エレメントＥ１と第２のレンズ・エレメントＥ２を含む。これらの第１、第２のレンズ・エレメントＥ１、Ｅ２は、正のレンズであり、レチクル２１０上の１ないしは複数のポイントからの光線がそれらを通過してミラーＭ２に向かう。ミラーＭ２は、好ましくは曲面ミラー（たとえば球面または非球面ミラー）であり、例示の実施形態においては、ミラーＭ２が連続反射面を有してなく、むしろその逆にミラーＭ２は、ミラーＭ２によって影響されることなく光線が自由に通過することのできる開口２１２または切り欠き等が形成された１ないしは複数の領域を有する。１ないしは複数の開口２１２は、光線が第１、第２のレンズ・エレメントＥ１、Ｅ２を通過する場所と光学的に整列するミラーＭ２内の場所に形成されており、その結果、光線がＥ１、Ｅ２を通過した後にミラーＭ２を通過する。前述したとおり、ミラーＭ２が必ずしもそれを通して形成された物理的な開口を有している必要はなく、それに代えて光線がその脇を通ってレンズ・エレメントＥ１、Ｅ２からレンズ・エレメントＥ３に伝播するように位置決めされる軸外れのミラーとして構成することも可能である。

【００４３】

システム２００は、物理的に（空間的に）かつ光学的にミラーＭ２の背後に配置される第３のレンズ・エレメントＥ３を含む。ミラーＭ２内に形成された開口２１２を通って伝播する光線は、その後に続いてレンズ・エレメントＥ３を通って伝播する。例示の実施形態においては、第３のレンズ・エレメントＥ３が負のレンズであり、光線がシステム２００の光路に沿って伝播するとき、光線によるこのレンズ・エレメントの通過が明瞭に３回あることからトリプル・パス・レンズとしてフューチャ付けされる。

【００４４】

システム２００は、第４と第５のレンズ・エレメント、それぞれＥ４、Ｅ５を含み、それらは空間的かつ光学的にレンズ・エレメントＥ３の背後にある。例示の実施形態においては、レンズ・エレメントＥ４、Ｅ５が負のレンズである。これらのレンズ・エレメントＥ４、Ｅ５は、ミラーＭ１と空間的に近接して配置されており、その結果、レンズ・エレメントＥ３を通過した光線が、ミラーＭ１の反射面と接触する前にこれらのレンズ・エレメントＥ４、Ｅ５を通過する。ここで認識することになろうが、レンズ・エレメントＥ４、Ｅ５は、光線がシステム２００の光路に沿って伝播するとき、通過光線によるこれらのレンズ・エレメントの通過が明瞭に２回あることからダブル・パス・タイプのレンズ・エレメントである。より詳細に述べれば、光線がミラーＭ１と接触した後、光線がミラーＭ２に向かって伝播するとき、レンズ・エレメントＥ４、Ｅ５を通って戻る。光線がミラーＭ２と接触する前に、光線によるレンズ・エレメントＥ３の２回目の通過があり、その後ミラーＭ２と接触し、反射された光線は、３回目のレンズ・エレメントＥ３の通過を行う（この結果としてＥ３がトリプル・パス・レンズとなる）。好ましくはミラーＭ２の開口２１２が、１つの領域の中に形成されており、ミラーＭ２は、ミラーＭ１からの光線を反射するための反射ミラー面として作用する別の領域を有する。ミラーＭ１は光集束ミラーであるが、ミラーＭ２は光分散ミラーである。これとは別に、ミラーＭ２を軸外れミラーとし、それを通る物理的な開口２１２をそこに形成しないことも可能である。

【００４５】

光線が３回目にレンズ・エレメントＥ３をした後は、光線がミラーＭ３に向かう。ミラーＭ３は、ミラーＭ１、Ｍ２と同様に、曲面ミラー（たとえば球面または非球面ミラー）である。例示の実施形態においては、図２に示されているとおり、全体が２２０として示された、ミラーＭ２からの光線を受光する軸外れ領域を有するように、ミラーＭ３は、光軸の外に中心が置かれている。言い換えると、ミラーＭ３は、同軸で整列されているが、軸外れ領域だけが使用される。

【００４６】

システム２００は、空間的にミラーＭ３の前方となるが、光学的にはその背後となるミラーＭ４を含む。図示のとおり、ミラーＭ１およびＭ４は、互いに対して背合わせに配置されており、それらの間にレンズ・エレメントを含まない。ミラーＭ３は、光集束ミラー

であるが、ミラーＭ４は光分散ミラーである。

【００４７】

本発明の１つの側面によれば、前述の第１の実施形態と同様に、レンズ・エレメント、すなわち第６のレンズ・エレメントＥ６がミラーＭ３とミラーＭ４の間に配置されており、レンズ・エレメントＥ６は、ミラーＭ３の物理的前方となるが、ミラーＭ３、Ｍ４の光学的背後となっている。レンズ・エレメントＥ６は、正のレンズであり、ミラーＭ３の近くに位置決めされ、図２を参照するとわかるとおり、このレンズ・エレメントがダブル・パス・レンズ・エレメントとして作用するほかのレンズ設計（たとえば、特許文献１５参照）とは対照的に、レンズ・エレメントＥ６は、システム２００の光路に従って光線が伝播するとき、レンズ・エレメントＥ６を１回だけ通過することからシングル・パス・レンズ・エレメントとして作用する。

【００４８】

レンズ・エレメントＥ６は、ミラーＭ３の隣に、ミラーＭ３が１ないしは複数の開口または切り欠き２１４を有する領域内に位置決めされており、これは、システム２００の光路に従って光線が伝播するとき、光線がレンズ・エレメントＥ６を通って伝播し、それに続いて１ないしは複数の開口２１４を通過することを可能にする。言い換えると、レンズ・エレメントＥ６は、好ましくは少なくとも部分的に開口２１４を通って広がる。この場合においても、ミラーＭ３を、光線がミラーＭ４から光路に沿って伝播することを可能にするべく位置決めされる軸外れミラーとすることが可能である。

【００４９】

システム２００は、ミラーＭ３とレンズ・エレメントＥ６の物理的かつ光学的背後となるレンズ・エレメントのグループを有するように設計されている。一例の実施形態によれば、レンズ・エレメントＥ６の光学的背後に１４のレンズ・エレメントが配置されており、より詳細に述べれば、レンズ・エレメントＥ７～Ｅ２０が、光軸に沿って、レンズ・エレメントＥ６の光学的背後に、かつウエハ１２０の光学的かつ物理的前方に配置されている。レンズ・エレメントＥ７は負のレンズ、レンズ・エレメントＥ８、Ｅ９は正のレンズ、レンズ・エレメントＥ１０は負のレンズ、レンズ・エレメントＥ１１は正のレンズ、レンズ・エレメントＥ１２は負のレンズ、レンズ・エレメントＥ１３～Ｅ１６は正のレンズ、レンズ・エレメントＥ１７は負のレンズ、レンズ・エレメントＥ１８～Ｅ２０は正のレンズである。

【００５０】

言い換えると、図２に例示されているとおりのレンズ・エレメントとミラーの配列は、この種の設計において高い開口率の値の達成を可能にする。たとえば、システム２００は、少なくとも約０．９５の開口率を有する。共役開口絞りが、レチクル２１０とミラーＭ１の間に配置されるが、開口絞りは、屈折部分として作用するレンズ配列の後ろ部分に配置される。より詳細に述べれば、システム２００内の開口絞りは、図２において表示２０１によって示される。

【００５１】

カタディオプトリック複数ミラー投影縮小対物レンズ１００と同様に、システム２００も瞳のオブスキュレーション（たとえば中心オブスキュレーション）から好適に解放され、したがってイメージの品質が危険にさらされることがない。

【００５２】

システム２００の光学表面を説明した完全な光学的記述を表２に示す。

【００５３】

この明細書を通じて「開口」、「ボア」、「切り欠き」という表現が使用されているが、光線の通過を許可するという同じ目的を達成するために、ほかの異なる方法のいくつかを用いてレンズを構成できることを認識するであろう。したがってこれらの表現は、例示的なものであって本件の設計を限定するものではない。それに加えて、開口または切り欠きの形状は多様なものとすることが可能であり、開口と切り欠きが意図された機能を果たす限りにおいては特定の形状またはサイズに限定されない。さらにそれに加えて、ミラー

と屈折レンズ・エレメントは、それらを通って形成される物理的な開口を伴わずに、これらのエレメントによる干渉を受けることなく光路に沿って光線が伝播できるように、軸外れエレメントとして構成することができる。

【００５４】

本発明の１つの側面においては、本件の対物レンズのそれぞれが前方に動かされ、したがってミラーＭ３の前方で開始する屈折レンズ部分を有する。これは、少なくとも４つのミラーを含む従来設計と対比をなし、屈折部分を前方に移すことによって４ミラー構成において高い開口率が達成される。

【００５５】

さらに、ここで開示している本件システムが、１．０未満の開口率を伴う「乾式システム」に限定されず、むしろその逆に本件の設計は、開口率が１．０に等しいかそれを超える「浸漬システム」においても具体化が可能である。したがって、浸漬リソグラフィにおける本件システムの具体化は、本件出願の教示の中に含まれる。

【００５６】

特許文献１１は、もっとも光学的に前方にあるミラーと次に光学的に前方にあるミラーの間に複数のミラーが存在する構成を開示している。しかしながらそのシステムと本件実施形態の間には多数の相違がある。より詳細に述べれば、少なくとも１つの本件実施形態においては、ミラーＭ３とミラーＭ４の間にシングル・パス・タイプの単一のレンズ・エレメントだけが配置される。また、特許文献１１における配置との直接的な対比として、本件実施形態は、折り返しミラーを含まない。さらに、本件実施形態は、これら２つのミラーの間に中間イメージを有していない。

【００５７】

前述したとおり、本件実施形態と特許文献１５に開示されたそれらとの間には多数の相違がある。本件実施形態においては、ミラーＭ１とＭ４となるべきミラーの間にシングル・パス・ミラーがなく、そのため本件実施形態には、特許文献１５とは対照的に非常に直径の大きいレンズ・エレメントを有していなければならないという制約がない。このことは、本件システムを製造容易にする。

【００５８】

一例の実施形態によれば、開口絞りの直径に関連してレンズ・エレメントの最大直径の制限が存在する。たとえば、ここで開示した第２の実施形態において、各レンズ・エレメントの最大直径は、開口絞りの１．１倍より小さいが、特許文献１５の図２３～２８に示された実施形態においては、２つの直径の間の比率が少なくとも１．５であり、このこともまた非常に大きいレンズ・エレメントが存在することを意味し、ひいては製造上の問題を招く。図２０および２２に開示された実施形態においても比率が１．１より大きい。

【００５９】

さらに、本件実施形態における開口絞りの位置は、特許文献１５における場所と異なり、それが利点をもたらす。特許文献１５の図２０～２８に示されているとおり、開口絞りは、屈折グループＧｒ２の前方に配置されており、視野ミラー・グループＧｒｆからそれを引き離している。本件実施形態においては、開口絞りが屈折グループの後ろ部分に配置される。このことは、屈折グループの少なくとも１つのレンズ・エレメントが開口絞りの前方にあることを意味する。開口絞りをその種の位置に置く利点は、それが拡大の色変化（「レーザ・カラー」としても知られる）の補正を考慮していることにある。

【００６０】

このように本件実施形態は、少なくとも２つの曲面（非平面）ミラーをはじめ、共通の回転対称軸を有する複数の光学エレメントを含む。ここで認識することになろうが、回転対称は光学エレメントの数学的表面の特性であるが、出願人は、当該光学エレメントが共通軸上にあるか、あるいは外にあるかを記述するためにこの表現を使用している。したがって、この表現は、光学エレメントが軸外れであるか否かを記述する。２つのエレメントの間、たとえばミラーとレンズ・エレメントまたは２つのミラーの等の間の軸距離は、表面の頂点間の距離として定義される。本件システムにおいては、軸外れミラーが仮想頂点

のみを有しており、そのため軸外れミラーとほかのエレメントの間の軸距離を計算するときにはこれが考慮に入れられる。それに加えて、物理的に第１および第２のミラーの間にあるとして光学エレメントを論じるときには、物理的に存在する軸外れミラーの間にある光学エレメントを参照する。

【００６１】

以上、例証的な図面および本発明の特定の実施形態について例示し、説明してきたが、本発明の範囲がここで論じた特定実施形態に限定されないことを理解する必要がある。すなわちこれらの実施形態は、限定ではなく例示と考えるべきであり、当業者であれば付随する特許請求の範囲およびその等価物から逸脱することなしに変形を行い得ることを理解する必要がある。それに加えて、付随する特許請求の範囲の異なる請求項のフューチャは、さらに本発明に従って種々の方法において組み合わすことができる。

【００６２】

【表１－１】

表１

j89o

FLAECHE	RADIEN	DICKEN	GLAESER	BRECHZAHL 157.63 nm	1/2 FREIER DURCHMESSER	
0	0.000000000	18.000000000		1.00000000	72.500	
1	192.995627136AS	12.518798156	CAFL_VUV	1.55928800	77.985	
2	291.389631363	274.544091677		1.00000000	77.583	
3	-649.856314294AS	-250.533863230		1.00000000	92.471	REFL
4	146.689104606	-3.750000000	CAFL_VUV	1.55928800	57.639	
5	540.274698809	-11.201018265		1.00000000	61.361	
6	134.962915715	-3.750000000	CAFL_VUV	1.55928800	61.340	
7	300.894447330	-5.309210182		1.00000000	66.413	
8	173.972312558AS	5.309210182		1.00000000	66.174	REFL
9	300.894447330	3.750000000	CAFL_VUV	1.55928800	66.276	
10	134.962915715	11.201018265		1.00000000	63.401	
11	540.274698809	3.750000000	CAFL_VUV	1.55928800	63.472	
12	146.689104606	558.441270617		1.00000000	62.164	
13	-317.532326155AS	-146.217379134		1.00000000	152.413	REFL
14	-193.169921455AS	111.338004385		1.00000000	57.345	REFL
15	544.351140934AS	15.000000000	CAFL_VUV	1.55928800	56.680	
16	112.257898711	10.395792988		1.00000000	56.810	
17	264.833194633	25.883573664	CAFL_VUV	1.55928800	57.316	
18	-293.961910609	5.417147144		1.00000000	59.447	
19	137.486688475	20.953421004	CAFL_VUV	1.55928800	62.932	
20	-3025.153068070	11.399646108		1.00000000	62.414	
21	-167.500442889	25.171253731	CAFL_VUV	1.55928800	62.418	
22	-124.000000000	5.678103829		1.00000000	63.179	
23	0.000000000	0.500000000		1.00000000	56.051	
24	271.494005321AS	20.000000000	CAFL_VUV	1.55928800	56.205	
25	-699.586280479	8.024560977		1.00000000	56.555	
26	-153.525285731	10.000000000	CAFL_VUV	1.55928800	56.558	
27	-560.562638141	0.500000000		1.00000000	58.953	
28	263.384921450	10.037592987	CAFL_VUV	1.55928800	60.575	
29	864.791835170	0.500000000		1.00000000	60.626	
30	267.241902885	23.743236926	CAFL_VUV	1.55928800	60.923	
31	-176.407844045	0.500000000		1.00000000	60.632	
32	80.727620796	23.241259645	CAFL_VUV	1.55928800	51.404	
33	-1567.809778070	3.038091826		1.00000000	49.510	
34	-334.276005123	8.000000000	CAFL_VUV	1.55928800	49.361	
35	363.397520174	0.500000000		1.00000000	43.590	
36	91.648466319	21.030369305	CAFL_VUV	1.55928800	39.509	
37	196.136325952AS	4.278863057		1.00000000	31.382	
38	97.703490217	13.616164337	CAFL_VUV	1.55928800	26.772	
39	0.000000000	4.500000000		1.00000000	20.752	
40	0.000000000	0.000000000		1.00000000	14.501	

ASPHAERISCHE KONSTANTEN

FLAECHE NR. 1

K	-0.9846
C1	2.12694874e-008

FLAECHE NR. 3

K	-1.7074
C1	-9.31272775e-009
C2	-1.05704321e-015
C3	4.61520599e-018
C4	-5.33075354e-022
C5	8.27260825e-026
C6	-8.30024327e-030
C7	3.45094228e-034

FLAECHE NR: 8

K	-0.0456
C1	2.63538456e-009
C2	1.11793425e-013
C3	2.41780018e-017
C4	-1.00895150e-020
C5	4.13326823e-024
C6	-7.77731881e-028
C7	6.50000450e-032

【表１－２】

Table 1- cont.

FLAECHE NR. 13

K	-0.7964
C1	-2.56216126e-009
C2	-5.13791281e-014
C3	3.76578322e-018
C4	-2.50108813e-022
C5	9.73773615e-027
C6	-2.13932370e-031
C7	2.02307664e-036

FLAECHE NR. 14

K	3.5141
C1	1.58869838e-008
C2	2.69356594e-012
C3	4.93087232e-016
C4	-8.23724826e-020
C5	4.07642063e-023
C6	-9.01540323e-027
C7	1.00574364e-030

FLAECHE NR. 15

K	0.0000
C1	-1.36546239e-007
C2	-2.70855590e-012
C3	-6.52020930e-016
C4	-1.19002872e-020
C5	-4.28776678e-023
C6	2.94478404e-027

FLAECHE NR. 24

K	-25.4029
C1	-2.04498950e-008
C2	-3.73720369e-011
C3	4.01117217e-015
C4	-1.1297926Je-018
C5	1.54644980e-022
C6	-1.63021485e-026

FLAECHE NR. 37

K	-19.2924
C1	3.72477051e-007
C2	-1.71332431e-011
C3	-1.20561371e-014
C4	2.13038172e-017
C5	-1.43316565e-020
C6	4.63387907e-024

【００６３】

【表２－１】

表２

j900

FLAECHE	RADIEN	DICKEN	GLAESER	BRECHZAHL 157.63 nm	1/2 FREIER DURCHMESSER	
0	0.000000000	38.000000000		1.00000000	73.000	
1	184.799217499	28.000000000	CAFUV	1.55412431	87.710	
2	574.400701842AS	14.919168692		1.00000000	87.093	
3	149.429601044	26.218366158	CAFUV	1.55412431	87.540	
4	258.066811386	29.923376607		1.00000000	84.657	
5	-644.172908775	42.731138000	CAFUV	1.55412431	82.829	
6	4374.612901330	198.843608746		1.00000000	79.636	
7	-123.151293249	12.000000000	CAFUV	1.55412431	72.144	
8	-486.103678769	36.783449945		1.00000000	85.904	
9	-119.779042846	15.000000000	CAFUV	1.55412431	89.234	
10	-177.910079011AS	1.933693712		1.00000000	106.574	
11	-179.543989755	-1.933693712		1.00000000	107.751	REFL
12	-177.910079011AS	-15.000000000	CAFUV	1.55412431	106.959	
13	-119.779042846	-36.783449945		1.00000000	92.783	
14	-486.103678769	-12.000000000	CAFUV	1.55412431	92.245	
15	-123.151293249	-198.843608746		1.00000000	82.331	
16	4374.612901330	-42.731138000	CAFUV	1.55412431	85.343	
17	-644.172908775	-4.139875858		1.00000000	86.261	
18	-666.363457768	4.139875858		1.00000000	86.682	REFL
19	-644.172908775	42.731138000	CAFUV	1.55412431	88.116	
20	4374.612901330	584.263905944		1.00000000	102.675	
21	-495.625067098AS	-284.703153541		1.00000000	372.773	REFL
22	-202.781628516AS	266.762360446		1.00000000	111.384	REFL
23	-204.670915470AS	36.220707540	CAFUV	1.55412431	117.053	
24	-184.104640410	2.231892279		1.00000000	124.249	
25	303.816736042AS	17.619707154	CAFUV	1.55412431	120.675	
26	177.463669677	18.608778547		1.00000000	114.836	
27	209.468538213AS	97.439314589	CAFUV	1.55412431	116.751	
28	181.410388840	0.950000041		1.00000000	110.250	
29	161.869823453AS	64.710353552	CAFUV	1.55412431	115.178	
30	-976.129830622	19.128456290		1.00000000	113.915	
31	-253.852658515AS	43.025272284	CAFUV	1.55412431	112.517	
32	158.684225172	9.847700125		1.00000000	105.326	
33	174.545959776	29.870669039	CAFUV	1.55412431	110.849	
34	440.082909442AS	20.636013103		1.00000000	110.388	
35	204.334336799	17.595400762	CAFUV	1.55412431	120.406	
36	174.152983444	27.633347321		1.00000000	117.726	
37	304.178032357	31.789331929	CAFUV	1.55412431	120.777	
38	9745.067330670AS	0.950005077		1.00000000	121.607	
39	1119.767294410	26.451281408	CAFUV	1.55412431	122.352	
40	-711.473281687	-14.030853656		1.00000000	123.495	
41	0.000000000	14.980853656		1.00000000	122.925	
42	300.521153051AS	38.416698821	CAFUV	1.55412431	130.602	
43	-3552.584660330	0.950000000		1.00000000	130.493	
44	220.251399572	72.477627664	CAFUV	1.55412431	128.726	
45	-394.144465933AS	10.187867467		1.00000000	126.321	
46	-305.456017514AS	9.000000000	CAFUV	1.55412431	122.523	
47	-401.932510901	0.950000000		1.00000000	118.819	
48	170.697258276AS	29.530325166	CAFUV	1.55412431	93.904	
49	857.300600992	0.950000000		1.00000000	88.838	
50	137.507824910	20.114051970	CAFUV	1.55412431	73.650	
51	219.235388456	5.327505147		1.00000000	66.630	
52	325.168227732AS	49.881856836	CAFUV	1.55412431	62.731	
53	0.000000000	4.053783457		1.00000000	30.630	
54	0.000000000	0.000633368		1.00000000	18.250	

ASPHAERISCHE KONSTANTEN

FLAECHE NR. 2

K	0.0000
C1	2.469825246-009
C2	2.493636516-013
C3	-4.610847576-017
C4	3.536724816-021
C5	-1.467165456-025

FLAECHE NR. 10

K	0.0000

【表２－２】

Table 2 - cont.

C1	2.74929639e-009
C2	-1.41217725e-014
C3	2.28110240e-018
C4	-2.79536651e-022
C5	-1.37866609e-026

FLAECHE NR. 12

K	0.0000
C1	2.74929639e-009
C2	-1.41217725e-014
C3	2.28110240e-018
C4	-2.79536651e-022
C5	-1.37866609e-026

FLAECHE NR. 21

K	0.0000
C1	3.55152089e-011
C2	7.96718479e-017
C3	3.50071406e-022
C4	-3.95924258e-028
C5	5.33962387e-033

FLAECHE NR. 22

K	0.0000
C1	8.60289614e-009
C2	9.58458194e-014
C3	7.57581194e-019
C4	8.21047540e-023
C5	-3.94855994e-028

FLAECHE NR. 23

K	0.0000
C1	-1.75722120e-009
C2	-5.13165618e-013
C3	9.68091973e-018
C4	-4.20186305e-022
C5	-1.00691251e-026

FLAECHE NR. 25

K	0.0000
C1	-2.51597489e-009
C2	3.65783517e-013
C3	-1.98293825e-017
C4	-9.59525744e-022
C5	5.32578180e-027
C6	1.05560488e-030

FLAECHE NR. 27

K	0.0000
C1	-1.45052709e-008
C2	-7.27238033e-013
C3	9.76342682e-018
C4	8.72564819e-022
C5	1.04624461e-025
C6	-5.33911331e-030

FLAECHE NR. 29

K	0.0000
C1	8.54307742e-009
C2	3.99944583e-013
C3	-3.17380442e-017
C4	-2.80814434e-021
C5	-1.11025751e-025
C6	7.01003457e-030

FLAECHE NR. 31

【表２－３】

Table 2 - cont.

K	0.0000
C1	2.04308220e-008
C2	1.51309380e-012
C3	-3.85375833e-017
C4	1.08601593e-021
C5	-3.41316931e-026
C6	-9.13758242e-031

FLAECHE NR. 34

K	0.0000
C1	2.88421786e-008
C2	1.90717440e-012
C3	-4.07197239e-017

FLAECHE NR. 38

K	0.0000
C1	1.50595743e-008
C2	-3.11473860e-013
C3	1.83264934e-017
C4	-1.08748006e-021
C5	-2.93219695e-026

FLAECHE NR. 42

K	0.0000
C1	-5.04141455e-009
C2	-3.38450079e-013
C3	2.59706197e-017
C4	-1.57144620e-021
C5	3.14369516e-026
C6	-9.58488553e-031

FLAECHE NR. 45

K	0.0000
C1	-1.49597105e-009
C2	-1.84975499e-013
C3	-1.81850379e-017
C4	1.20052859e-021
C5	-5.02425708e-027

FLAECHE NR. 46

K	0.0000
C1	-4.86030815e-009
C2	-1.45397783e-012
C3	6.64528344e-017
C4	1.12020072e-021
C5	-6.58104526e-026
C6	3.31734509e-031

FLAECHE NR. 48

K	0.0000
C1	-2.13104496e-008
C2	-2.27223293e-012
C3	4.14842722e-017
C4	-1.38551307e-020
C5	-1.54119486e-025

FLAECHE NR. 52

K	0.0000
C1	1.85001583e-007
C2	-1.09120402e-011
C3	-8.91959858e-017
C4	9.90546451e-020
C5	-9.92519663e-024

【図面の簡単な説明】

【００６４】
【図１】第１の実施形態に従ったマイクロリソグラフィ投影縮小対物レンズを例示した説明図である。
【図２】第２の実施形態に従ったマイクロリソグラフィ投影縮小対物レンズを例示した説明図である。
【符号の説明】
【００６５】
１００　システム；カタディオプトリック複数ミラー投影縮小対物レンズ、１１０　レチクル（物体）、１１２　開口；切り欠き、１１４　開口；切り欠き、１１６　切り欠き；開口、１１８　切り欠き；開口、１２０　ウエハ、

【図１】

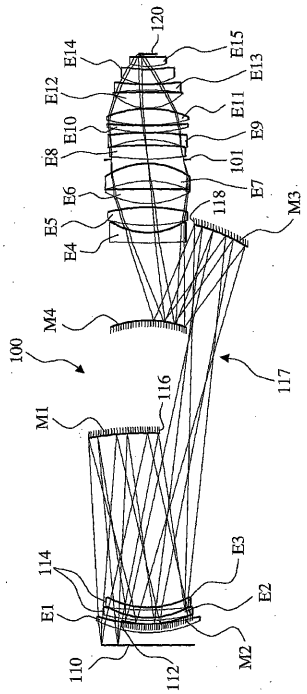


FIG.1

【図２】

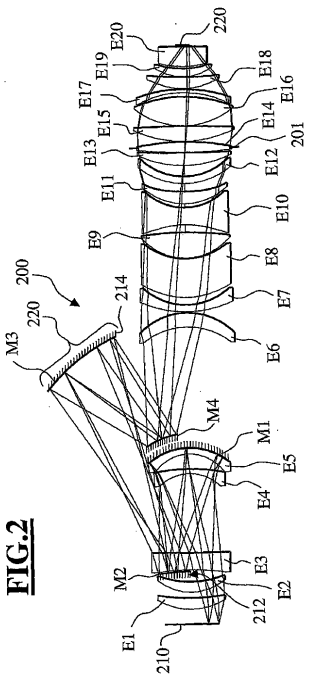


FIG.2

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/007910

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G02B17/08 G03F7/20

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)
IPC 7 G02B G03F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002/012100 A1 (SHAFER DAVID R) 31 January 2002 (2002-01-31) abstract; figures 2,3 paragraph '0017! - paragraph '0035!	1-46
X	US 6 169 627 B1 (SCHUSTER KARL HEINZ) 2 January 2001 (2001-01-02) figure 1 column 2, line 56 - column 3, line 63	1,2,4,5, 8,11,16, 17,20, 21,42,45

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of box C.

[X] Patent family members are listed in 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 document 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	Date of mailing of the international search report
14 October 2004	27/10/2004

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016	Windecker, R

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2004)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/007910

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 100 02 626 A (ZEISS CARL) 26 July 2001 (2001-07-26) figures 1,5,6 page 5, line 36 - page 7, line 19 page 8, line 36 - page 9, line 2	1,2,4,5, 7,8,11, 16,17, 20,21, 42,45
X	US 5 592 329 A (SUENAGA YUTAKA ET AL) 7 January 1997 (1997-01-07) figure 5 column 6, line 12 - column 7, line 65	1-3,8,9, 11,13, 22,24, 31,33, 42,43
X	WO 01/51979 A (ZEISS CARL) 19 July 2001 (2001-07-19) figures 2,3 page 4, line 38 - page 10, line 17	1-46
A	US 2002/024741 A1 (ISHII HIROYUKI ET AL) 28 February 2002 (2002-02-28) cited in the application figures	

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (January 2004)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/EP2004/007910

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 2002012100	A1	31-01-2002	AU	2875301 A	24-07-2001
			WO	0155767 A2	02-08-2001
			EP	1247132 A2	09-10-2002
			WO	0151979 A2	19-07-2001
			JP	2003536092 T	02-12-2003
			TW	538256 B	21-06-2003
			US	2004027653 A1	12-02-2004
			US	2001043391 A1	22-11-2001
			US	2004160666 A1	19-08-2004
US 6169627	B1	02-01-2001	DE	19639586 A1	02-04-1998
			US	2003011894 A1	16-01-2003
			EP	0833180 A2	01-04-1998
			JP	10104513 A	24-04-1998
DE 10002626	A	26-07-2001	DE	10002626 A1	26-07-2001
			WO	0150171 A1	12-07-2001
			EP	1242843 A1	25-09-2002
			JP	2003535356 T	25-11-2003
			US	2003179356 A1	25-09-2003
			US	2003011894 A1	16-01-2003
US 5592329	A	07-01-1997	JP	6230287 A	19-08-1994
			JP	6235863 A	23-08-1994
WO 0151979	A	19-07-2001	AU	2875301 A	24-07-2001
			WO	0155767 A2	02-08-2001
			EP	1247132 A2	09-10-2002
			WO	0151979 A2	19-07-2001
			JP	2003536092 T	02-12-2003
			TW	538256 B	21-06-2003
			US	2004027653 A1	12-02-2004
			US	2002012100 A1	31-01-2002
			US	2001043391 A1	22-11-2001
			US	2004160666 A1	19-08-2004
US 2002024741	A1	28-02-2002	JP	2001228401 A	24-08-2001

フロントページの続き

(51)Int.Cl.	ＦＩ	テーマコード（参考）
	Ｈ０１Ｌ 21/30 ５３１Ａ	

(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,HU,IE,IT,LU,MC,NL,PL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NA,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 エプル，アレキサンダー
ドイツ連邦共和国・７３４３１ アーレン・ランゲルシュトラーセ・３８
(72)発明者 フディマ，ラッセル
アメリカ合衆国・９４５８３・カリフォルニア州・サンラモン・イースト リッジ ドライブ・２１

Ｆターム(参考) 2H087 KA21 LA01 TA01 TA02 TA06 UA04
5F046 BA04 BA05 CA08 CB03 CB12 CB25 GA03 GB01