

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5036311号
(P5036311)

(45) 発行日 平成24年9月26日 (2012.9.26)

(24) 登録日 平成24年7月13日 (2012.7.13)

(51) Int. Cl.

F I

HO 1 L 21/027 (2006.01)
 GO 2 B 13/24 (2006.01)
 GO 2 B 17/08 (2006.01)
 GO 3 F 7/20 (2006.01)

HO 1 L 21/30 5 1 5 D
 GO 2 B 13/24
 GO 2 B 17/08 A
 GO 3 F 7/20 5 2 1
 HO 1 L 21/30 5 1 8

請求項の数 22 (全 20 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)
 (65) 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)
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2004/007910
 (87) 国際公開番号 W02005/015283
 (87) 国際公開日 平成17年2月17日 (2005.2.17)
 審査請求日 平成19年6月26日 (2007.6.26)
 (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)

(73) 特許権者 503263355
 カール・ツァイス・エスエムティー・ゲー
 エムペーハー
 ドイツ連邦共和国、7 3 4 4 7 オベルコ
 ッヘン、ルドルフ・エーバー・シュトラ
 セ 2
 (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
 (74) 代理人 100109070
 弁理士 須田 洋之

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) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光路上最後の曲面ミラーと光路上最後から2番目の曲面ミラーを含む少なくとも4つの曲面ミラーと、前記光路上最後の曲面ミラーと前記光路上最後から2番目の曲面ミラーの間に配置されるレンズ・エレメントを設けた対物レンズであって、前記光路上最後から2番目の曲面ミラーと前記光路上最後の曲面ミラーの間の軸距離は、前記光路上最後の曲面ミラーと前記レンズ・エレメントの第1の屈折表面の間の軸距離より大きく、前記レンズ・エレメントはシングル・パス・ネガティブ型レンズで、前記光路上最後の曲面ミラーの光学的後方に設けられていることを特徴とする対物レンズ。

【請求項 2】

光路上最初の曲面ミラーと前記光路上最後の曲面ミラーが、互いに背合わせに配置される請求項1に記載の対物レンズ。

【請求項 3】

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1に記載の対物レンズ。

【請求項 4】

光路上最初の曲面ミラーと光路上2番目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1に記載の対物レンズ。

【請求項 5】

光路上最後の曲面ミラーと光路上最後から2番目の曲面ミラーを含む少なくとも4つの

10

20

曲面ミラーと、前記光路上最後の曲面ミラーと前記光路上最後から 2 番目の曲面ミラーの間に配置されるレンズ・エレメントであって、前記光路上最後から 2 番目の曲面ミラーと前記光路上最後の曲面ミラーの間の軸距離は、前記光路上最後の曲面ミラーと前記レンズ・エレメントの第 1 の屈折表面の間の軸距離より大きく、シングル・パス・タイプのレンズである前記レンズ・エレメントと、少なくとも 1 つの光分散ミラーと少なくとも 2 つの集光ミラーとを具備することを特徴とする対物レンズ。

【請求項 6】

前記光路上最後から 2 番目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 5 に記載の対物レンズ。

【請求項 7】

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、すべてが光路上最初の曲面ミラーと光路上 2 番目のミラーの間に配置される請求項 5 に記載の対物レンズ。

【請求項 8】

光路上最後の曲面ミラーと光路上最後から 2 番目の曲面ミラーを含む少なくとも 4 つの曲面ミラーと、前記光路上最後の曲面ミラーと前記光路上最後から 2 番目の曲面ミラーの間に配置されるレンズ・エレメントを設けた対物レンズであって、前記光路上最後から 2 番目の曲面ミラーと前記光路上最後の曲面ミラーの間の軸距離は、前記光路上最後の曲面ミラーと前記レンズ・エレメントの第 1 の屈折表面の間の軸距離より大きく、前記レンズ・エレメントがシングル・パス・タイプのレンズである前記レンズ・エレメントと、前記光路上最後のミラーの光学的背后のエレメントの屈折グループ内に配置された開口絞りとを有することを特徴とする対物レンズ。

【請求項 9】

前記対物レンズの瞳にはオブスキュレーションがない請求項 1 に記載の対物レンズ。

【請求項 10】

前記対物レンズは、前記光路上最後の曲面ミラーと前記光路上最後から 2 番目の曲面ミラーの間において中間像がない請求項 1 に記載の対物レンズ。

【請求項 11】

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 12】

光路上最初の曲面ミラーと前記光路上最後の曲面ミラーが、互いに背合わせに配置される請求項 5 に記載の対物レンズ。

【請求項 13】

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 5 に記載の対物レンズ。

【請求項 14】

光路上最初の曲面ミラーと光路上 2 番目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 5 に記載の対物レンズ。

【請求項 15】

前記光路上最後から 2 番目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 5 に記載の対物レンズ。

【請求項 16】

光路上最初の曲面ミラーと光路上 2 番目の曲面ミラーの間に配置される少なくとも 2 つのダブル・パス・レンズと、前記光路上最初の曲面ミラーと前記光路上 2 番目の曲面ミラーの間に配置されるトリプル・パス・レンズとを含む請求項 5 に記載の対物レンズ。

【請求項 17】

光路上最初の曲面ミラーと前記光路上最後の曲面ミラーが、互いに背合わせに配置される請求項 8 に記載の対物レンズ。

【請求項 18】

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 8 に記載の対物レンズ。

【請求項 19】

光路上最初の曲面ミラーと光路上 2 番目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 8 に記載の対物レンズ。

【請求項 20】

前記光路上最後から 2 番目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 8 に記載の対物レンズ。

【請求項 21】

光路上最初の曲面ミラーと光路上 2 番目の曲面ミラーの間に配置される少なくとも 2 つのダブル・パス・レンズと前記光路上最初の曲面ミラーと前記光路上 2 番目の曲面ミラーの間に配置されたトリプル・パス・レンズとを含む請求項 8 に記載の対物レンズ。

【請求項 22】

すべてが共通の回転対称軸を有する少なくとも 2 つの曲面ミラーと複数の光学エレメントを含む対物レンズであって、光路上最後から 2 番目の曲面ミラーと光路上最後の曲面ミラーの間の軸距離は、前記最後の曲面ミラーと、前記光路上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、前記光路上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・レンズのものであり、前記光路上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のものであり、前記対物レンズの瞳にはオブスキュレーションがなく且つ折り返しミラーのなく、全ての光学エレメントが共通の回転対称軸を有することを特徴とする投影対物レンズ。

【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 M 3 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ない。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、160 nm またはそれより短い波長において色

10

20

30

40

50

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SiO₂またはCaF₂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十分な動作が可能なりソグラフィ・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回答して、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ら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、並列スキャン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

10

20

30

40

50

・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。

10

【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。

20

【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。

30

【0014】

シェンメーカーズ (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。

40

【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

50

【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 E P 1 1 6 8 0 2 8 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 2 0 0 2 / 0 0 2 4 7 4 1 号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【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。

20

【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。

30

【0019】

一例の対物レンズは、次に示す特徴の 1 つ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。

40

【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る。

【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

50

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。「光学的后方」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「物理的后方」または「空間的后方」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

10

20

30

40

50

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るが、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たとおり、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 E 5 が正のレンズ・エレメントであり、ミラー M 3 の 1 つの面だけでなくミラー M 3 の反対側の面をも、少なくとも部分的に超えて広がる。

【 0 0 3 3 】

システム 1 0 0 は、ミラー M 3 とレンズ・エレメント E 4、E 5 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 E 5 の光学的背後に 1 0 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 E 6 ~ E 1 5 が、光軸に沿って、レンズ・エレメント E 5 の光学的背後に、かつウエハ 1 2 0 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 E 6 ~ E 8 は正のレンズ、レンズ・エレメント E 9 は負の
10

【 0 0 3 4 】

図 1 から認識することになるが、M 4 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 M 4 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 M 3 の中心開口（ボア）1 1 8 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 M 3 と M 4 内の大きな屈折力や、特にミラー M 4 上における高い入射角が必要になる。

【 0 0 3 5 】

M 4 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 M 4 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、M 3 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つてのみ可能である。

【 0 0 3 6 】

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 1 0 0 は、少なくとも約 0 . 8 0 の開口率を有する。
30

【 0 0 3 7 】

上記に加えてシステム 1 0 0 は、共役開口絞りをミラー M 1 とミラー M 2 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 1 0 1 によつて示される（この位置は、空間的かつ光学的にレンズ・エレメント E 8 の前方になる）。

【 0 0 3 8 】

本件システム 1 0 0 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。
40

【 0 0 3 9 】

システム 1 0 0 の光学表面を説明した完全な光学的記述を表 1 に示す。

【 0 0 4 0 】

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 2 0 0 が例示されている。図 2 は、システム 2 0 0 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 2 0 0 を例示している。システム 2 0 0 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
50

、ミラーに対して決められた位置に配置されている。

【 0 0 4 1 】

例示の実施形態においては、システム 2 0 0 がレチクル（物体）2 1 0 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 2 0 0 は、2 0 のレンズ・エレメントを含み、そのうちの 1 3 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。

【 0 0 4 2 】

システム 2 0 0 は、レチクル 2 1 0 とウエハ 2 2 0 を含み、周知のとおり、レチクル 2 1 0 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 2 0 0 の光路に沿って、リスト・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 2 0 0 は、レチクル 2 1 0 とミラー M 2 の間に配置される第 1 のレンズ・エレメント E 1 と第 2 のレンズ・エレメント E 2 を含む。これらの第 1、第 2 のレンズ・エレメント E 1、E 2 は、正のレンズであり、レチクル 2 1 0 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 M 2 に向かう。ミラー M 2 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 M 2 が連続反射面を有してなく、むしろその逆にミラー M 2 は、ミラー M 2 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 2 1 2 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 2 1 2 は、光線が第 1、第 2 のレンズ・エレメント E 1、E 2 を通過する場所と光学的に整列するミラー M 2 内の場所に形成されており、その結果、光線が E 1、E 2 を通過した後にミラー M 2 を通過する。前述したとおり、ミラー M 2 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 E 1、E 2 からレンズ・エレメント E 3 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。

【 0 0 4 3 】

システム 2 0 0 は、物理的に（空間的に）かつ光学的にミラー M 2 の背後に配置される第 3 のレンズ・エレメント E 3 を含む。ミラー M 2 内に形成された開口 2 1 2 を通って伝播する光線は、その後が続いてレンズ・エレメント E 3 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 E 3 が負のレンズであり、光線がシステム 2 0 0 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。

【 0 0 4 4 】

システム 2 0 0 は、第 4 と第 5 のレンズ・エレメント、それぞれ E 4、E 5 を含み、それらは空間的かつ光学的にレンズ・エレメント E 3 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 E 4、E 5 が負のレンズである。これらのレンズ・エレメント E 4、E 5 は、ミラー M 1 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 E 3 を通過した光線が、ミラー M 1 の反射面と接触する前にこれらのレンズ・エレメント E 4、E 5 を通過する。ここで認識することになるが、レンズ・エレメント E 4、E 5 は、光線がシステム 2 0 0 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 M 1 と接触した後、光線がミラー M 2 に向かって伝播するとき、レンズ・エレメント E 4、E 5 を通って戻る。光線がミラー M 2 と接触する前に、光線によるレンズ・エレメント E 3 の 2 回目の通過があり、その後ミラー M 2 と接触し、反射された光線は、3 回目のレンズ・エレメント E 3 の通過を行う（この結果として E 3 がトリプル・パス・レンズとなる）。好ましくはミラー M 2 の開口 2 1 2 が、1 つの領域の中に形成されており、ミラー M 2 は、ミラー M 1 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 M 1 は光集束ミラーであるが、ミラー M 2 は光分散ミラーである。これとは別に、ミラー M 2 を軸外れミラーとし、それを通る物理的な開口 2 1 2 をそこに形成しないことも可能である。

【 0 0 4 5 】

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。

10

【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。

20

【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を通過して伝播し、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を通過して広がる。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】

30

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。

40

【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

50

、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。

【 0 0 5 2 】

システム 2 0 0 の光学表面を説明した完全な光学的記述を表 2 に示す。

【 0 0 5 3 】

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のが可能であり、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、それらを通し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。

10

【 0 0 5 4 】

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 M 3 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。

【 0 0 5 5 】

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。

20

【 0 0 5 6 】

特許文献 1 1 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 M 3 とミラー M 4 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 1 1 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。

30

【 0 0 5 7 】

前述したとおり、本件実施形態と特許文献 1 5 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 M 1 と M 4 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 1 5 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。

【 0 0 5 8 】

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 1 5 の図 2 3 ~ 2 8 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 2 0 および 2 2 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。

40

【 0 0 5 9 】

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 1 5 における場所と異なり、それが利点をもたらす。特許文献 1 5 の図 2 0 ~ 2 8 に示されているとおり、開口絞りは、屈折グループ G r 2 の前方に配置されており、視野ミラー・グループ G r f 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

50

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。

【 0 0 6 0 】

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るが、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。

10

【 0 0 6 1 】

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せることができる。

20

【 0 0 6 2 】

【表 1 - 1】

表 1

j890

FLÄSCHE	RADIEN	DICKEN	GLÄSSER	BRUCHZAHL 157.63 nm	1/2 FREIER DURCHMESSER
0	0.000000000	18.000000000		1.000000000	72.500
1	192.995627126AS	12.518796156	CAFL_VUV	1.55928800	77.985
2	291.389631363	274.544091677		1.000000000	77.583
3	-649.856314294AS	-250.533863230		1.000000000	92.471
4	146.689104606	-3.750000000	CAFL_VUV	1.55928800	67.639
5	540.274698809	-11.201018265		1.000000000	61.361
6	134.962915715	-3.750000000	CAFL_VUV	1.55928800	61.340
7	300.894447330	-5.309210182		1.000000000	66.413
8	173.972312558AS	5.309210182		1.000000000	66.174
9	300.894447330	3.750000000	CAFL_VUV	1.55928800	66.275
10	134.962915715	11.201018265		1.000000000	63.401
11	540.274698809	3.750000000	CAFL_VUV	1.55928800	63.472
12	146.689104606	558.441270617		1.000000000	62.164
13	-317.532326155AS	-146.217379134		1.000000000	152.413
14	-193.169921455AS	111.338004385		1.000000000	57.345
15	544.351140924AS	15.000000000	CAFL_VUV	1.55928800	56.680
16	112.257898711	10.395792988		1.000000000	56.810
17	264.833194633	25.883573664	CAFL_VUV	1.55928800	57.316
18	-293.961910609	5.417147144		1.000000000	59.447
19	137.486688475	20.953421004	CAFL_VUV	1.55928800	62.932
20	-3025.153068070	11.399646108		1.000000000	62.414
21	-167.500442889	25.171253731	CAFL_VUV	1.55928800	62.418
22	-124.000000000	5.678103829		1.000000000	63.179
23	0.000000000	0.500000000		1.000000000	56.051
24	271.494005321AS	20.000000000	CAFL_VUV	1.55928800	56.205
25	-699.586280479	8.024560977		1.000000000	56.555
26	-153.525286731	10.000000000	CAFL_VUV	1.55928800	56.558
27	-560.562638141	0.500000000		1.000000000	58.953
28	263.384921450	10.037592987	CAFL_VUV	1.55928800	60.575
29	864.791835170	0.500000000		1.000000000	60.626
30	267.241902885	23.743236926	CAFL_VUV	1.55928800	60.923
31	-176.407844045	0.500000000		1.000000000	60.632
32	80.727620796	23.241259645	CAFL_VUV	1.55928800	51.404
33	-1567.809778070	3.038081826		1.000000000	49.510
34	-334.376005123	8.000000000	CAFL_VUV	1.55928800	49.361
35	363.397520174	0.500000000		1.000000000	43.590
36	91.648466319	21.030369305	CAFL_VUV	1.55928800	39.509
37	196.136325952AS	4.278863057		1.000000000	31.382
38	97.703490217	13.616164337	CAFL_VUV	1.55928800	26.772
39	0.000000000	4.500000000		1.000000000	20.752
40	0.000000000	0.000000000		1.000000000	14.501

ASPHÄRISCHE KONSTANTEN

FLÄSCHE NR. 1

K -0.9846

C1 2.12694874e-008

FLÄSCHE NR. 3

K -1.7074

C1 -9.31272775e-009

C2 -1.05704321e-015

C3 4.61520599e-018

C4 -5.23075354e-022

C5 8.27260825e-026

C6 -8.30024327e-030

C7 3.45094228e-034

FLÄSCHE NR. 8

K -0.0456

C1 2.63535456e-009

C2 1.11752425e-013

C3 2.41750018e-017

C4 -1.00895150e-020

C5 4.13325823e-024

C6 -7.77721881e-028

C7 6.50000450e-032

10

20

30

40

【表 1 - 2】

Table 1- cont.

FLÄCHE NR. 13

K -0.7964
 C1 -2.56213126e-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

10

FLÄCHE NR. 14

K 3.5141
 C1 1.58869838e-008
 C2 2.69386594e-012
 C3 4.93087232e-016
 C4 -8.23724826e-020
 C5 4.07643063e-023
 C6 -9.01540323e-027
 C7 1.00574354e-030

FLÄCHE NR. 15

K 0.0000
 C1 -1.36546239e-007
 C2 -2.70855990e-012
 C3 -6.52020930e-016
 C4 -1.19002872e-020
 C5 -4.28776678e-023
 C6 2.94478404e-027

20

FLÄCHE NR. 24

K -25.4029
 C1 -2.04498950e-008
 C2 -3.73720369e-011
 C3 4.01117217e-015
 C4 -1.12979267e-018
 C5 1.54644980e-022
 C6 -1.63021485e-026

FLÄCHE 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

30

40

【表 2 - 1】

表 2

j900

FLASCHE	RADIEN	DICKEN	GLAESER	BRECHZAHL 157.63 nm	1/2 FREIER DURCHMESSER
0	0.000000000	38.000000000		1.000000000	73.000
1	184.799217499	38.000000000	CAFUV	1.55412431	87.710
2	574.400701842AS	14.919168692		1.000000000	87.093
3	149.429601044	26.218366158	CAFUV	1.55412431	87.540
4	258.066811386	29.923276607		1.000000000	84.657
5	-644.172908775	42.731138000	CAFUV	1.55412431	82.829
6	4374.612901330	198.843608746		1.000000000	79.636
7	-123.151293249	12.000000000	CAFUV	1.55412431	72.144
8	-486.103678769	36.782449945		1.000000000	85.904
9	-119.779042846	18.000000000	CAFUV	1.55412431	89.234
10	-177.910079011AS	1.933693712		1.000000000	106.574
11	-179.543989755	-1.933693712		1.000000000	107.751
12	-177.910079011AS	-18.000000000	CAFUV	1.55412431	106.959
13	-119.779042846	-26.782449945		1.000000000	92.783
14	-486.103678769	-12.000000000	CAFUV	1.55412431	92.245
15	-123.151293249	-198.843608746		1.000000000	82.331
16	4374.612901330	-42.731138000	CAFUV	1.55412431	86.343
17	-644.172908775	-4.139875858		1.000000000	86.261
18	-666.363457768	4.139875858		1.000000000	86.682
19	-644.172908775	42.731138000	CAFUV	1.55412431	88.116
20	4374.612901330	584.263905944		1.000000000	102.678
21	-495.625067099AS	-284.703153541		1.000000000	372.773
22	-202.781628516AS	266.762360446		1.000000000	111.384
23	-204.670915470AS	36.220707540	CAFUV	1.55412431	117.053
24	-184.104640410	2.231892279		1.000000000	124.249
25	303.816736042AS	17.619707154	CAFUV	1.55412431	120.675
26	177.463669677	18.608778547		1.000000000	114.836
27	209.468538213AS	97.439314589	CAFUV	1.55412431	116.751
28	181.410388840	0.950000000		1.000000000	110.250
29	161.869823453AS	64.710353552	CAFUV	1.55412431	115.178
30	-976.129830622	19.128456290		1.000000000	113.915
31	-253.852658159AS	43.025272284	CAFUV	1.55412431	112.517
32	158.684225172	9.847700125		1.000000000	105.326
33	174.545959776	29.870669039	CAFUV	1.55412431	110.849
34	440.082909442AS	20.636013103		1.000000000	110.388
35	204.334336799	17.595400762	CAFUV	1.55412431	120.406
36	174.152988444	27.633347321		1.000000000	117.726
37	304.178032357	31.789331929	CAFUV	1.55412431	120.777
38	5745.067330678AS	0.850000507		1.000000000	121.607
39	1119.767294410	26.451281408	CAFUV	1.55412431	122.352
40	-711.473281687	-14.030853656		1.000000000	123.495
41	0.000000000	14.980853656		1.000000000	122.925
42	300.521153051AS	38.416698821	CAFUV	1.55412431	130.602
43	-3552.584650330	0.950000000		1.000000000	130.493
44	220.251399572	72.477627664	CAFUV	1.55412431	128.726
45	-394.144465933AS	10.187867467		1.000000000	126.321
46	-305.456017514AS	9.000000000	CAFUV	1.55412431	122.523
47	-401.932510901	0.950000000		1.000000000	118.819
48	170.697258276AS	29.520325166	CAFUV	1.55412431	93.904
49	857.300600992	0.950000000		1.000000000	88.838
50	137.507824910	20.114051970	CAFUV	1.55412431	73.680
51	219.235388458	5.327505147		1.000000000	66.630
52	325.168227732AS	49.881856836	CAFUV	1.55412431	62.731
53	0.000000000	4.053783457		1.000000000	30.630
54	0.000000000	0.000633268		1.000000000	18.250

ASPHÄRISCHE KONSTANTEN

FLASCHE NR. 2

K	0.0000
C1	2.46582524e-009
C2	2.49361651e-013
C3	-4.61084757e-017
C4	3.33672481e-021
C5	-1.46716549e-025

FLASCHE NR. 10

K	0.0000
---	--------

10

20

30

40

【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

FLASCHE 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

10

FLASCHE NR. 21

K 0.0000
 C1 3.55152089e-011
 C2 7.96718479e-017
 C3 3.50071406e-022
 C4 -2.95924258e-028
 C5 5.33962387e-033

FLASCHE 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

20

FLASCHE 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

FLASCHE NR. 25

K 0.0000
 C1 -2.51597489e-009
 C2 3.66783517e-013
 C3 -1.98293825e-017
 C4 -9.59525744e-022
 C5 5.32578180e-027
 C6 1.05560488e-030

30

FLASCHE 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

40

FLASCHE NR. 29

K 0.0000
 C1 8.54307742e-009
 C2 3.98944583e-013
 C3 -3.17380442e-017
 C4 -2.80814434e-021
 C5 -1.11025751e-025
 C6 7.01003457e-030

FLASCHE NR. 31

【表 2 - 3】

Table 2 - cont.

K 0.0000
 C1 2.04308220e-008
 C2 1.51309380e-012
 C3 -3.85375833e-017
 C4 1.08501593e-021
 C5 -3.41316931e-026
 C6 -9.13758242e-031

FLASCHE NR. 34

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

FLASCHE NR. 38

K 0.0000
 C1 1.50595742e-008
 C2 -3.11473860e-013
 C3 1.83264934e-017
 C4 -1.08748000e-021
 C5 -2.93219695e-026

FLASCHE 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

FLASCHE 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

FLASCHE 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

FLASCHE 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

FLASCHE NR. 52

K 0.0000
 C1 1.85001683e-007
 C2 -1.09120402e-011
 C3 -8.91959858e-017
 C4 9.90546451e-020
 C5 -9.92519663e-024

10

20

30

40

【 0 0 6 4 】

【図 1】第 1 の実施形態に従ったマイクロ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。

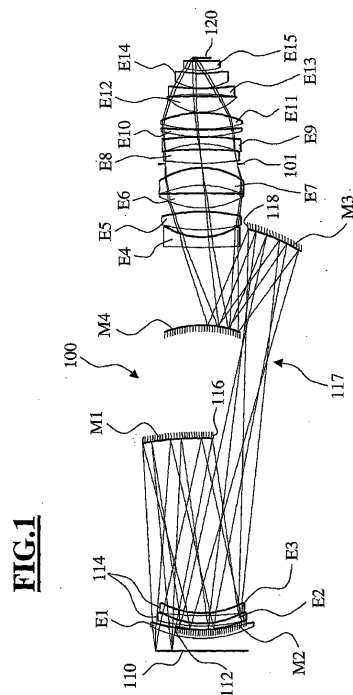
【符号の説明】

【 0 0 6 5 】

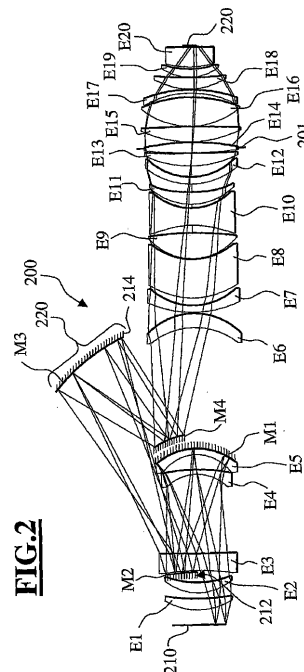
1 0 0 システム；カタディオプトリック複数ミラー投影縮小対物レンズ、1 1 0 レチクル（物体）、1 1 2 開口；切り欠き、1 1 4 開口；切り欠き、1 1 6 切り欠き；開口、1 1 8 切り欠き；開口、1 2 0 ウエハ、

10

【 図 1 】



【 図 2 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

H 0 1 L 21/30 5 3 1 A

(72)発明者 マン, ハンス - ユルゲン

ドイツ連邦共和国・7 3 4 4 7 オーバーコッヘン・カッツェンバッハシュトラッセ・4 9

(72)発明者 エブル, アレキサンダー

ドイツ連邦共和国・7 3 4 3 1 アーレン・ランゲルシュトラッセ・3 8

(72)発明者 フディマ, ラッセル

アメリカ合衆国・9 4 5 8 3・カリフォルニア州・サンラモン・イースト リッジ ドライブ・2
1

審査官 岩本 勉

(56)参考文献 特表2 0 0 3 - 5 3 6 0 9 2 (J P , A)

特表2 0 0 3 - 5 3 5 3 5 6 (J P , A)

特開平1 0 - 1 0 4 5 1 3 (J P , A)

特開平0 6 - 2 3 0 2 8 7 (J P , A)

特開平0 6 - 2 3 5 8 6 3 (J P , A)

特開2 0 0 2 - 2 7 7 7 4 2 (J P , A)

特表2 0 0 4 - 5 1 4 9 4 3 (J P , A)

特開2 0 0 1 - 2 2 8 4 0 1 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl., D B名)

H01L 21/027

G03F 7/20

G02B 13/24

G02B 17/08