

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-122995

(P2008-122995A)

(43) 公開日 平成20年5月29日(2008.5.29)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 2 B 13/18 (2006.01)	GO 2 B 13/18	2 H 0 8 7
GO 2 B 13/24 (2006.01)	GO 2 B 13/24	5 F 0 4 6
GO 2 B 17/08 (2006.01)	GO 2 B 17/08 A	
GO 2 B 21/02 (2006.01)	GO 2 B 21/02 A	
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 1 5 D	
審査請求 有 請求項の数 18 O L (全 91 頁)		

(21) 出願番号	特願2008-24045 (P2008-24045)	(71) 出願人	503263355
(22) 出願日	平成20年2月4日 (2008.2.4)		カール・ツァイス・エスエムティー・アー
(62) 分割の表示	特願2006-548262 (P2006-548262)		ゲー
原出願日	平成17年1月13日 (2005.1.13)		ドイツ連邦共和国、73447 オベルコ
(31) 優先権主張番号	60/536,248		ッヘン、ルドルフ・エーバー・シュトラ
(32) 優先日	平成16年1月14日 (2004.1.14)	(74) 代理人	セ 2
(33) 優先権主張国	米国 (US)		100074538
(31) 優先権主張番号	60/587,504		弁理士 田辺 徹
(32) 優先日	平成16年7月14日 (2004.7.14)	(72) 発明者	デイヴィッド シェイファー
(33) 優先権主張国	米国 (US)		アメリカ合衆国、06430 コネチカッ
(31) 優先権主張番号	60/591,775		ト、フェアフィールド、ドレイク レン
(32) 優先日	平成16年7月27日 (2004.7.27)		5 6
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(72) 発明者	ヴィルヘルム ウルリッヒ
			ドイツ連邦共和国、73434 アーレン
			、レダッカーリンク 4 4
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 反射屈折投影対物レンズ

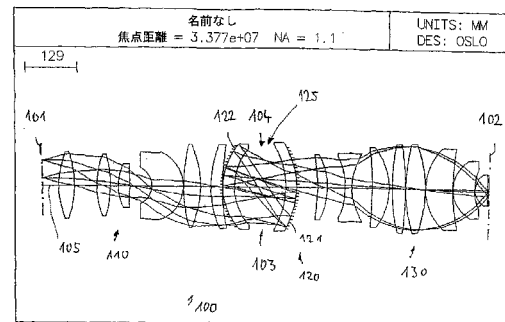
(57) 【要約】

【課題】 $NA > 1$ の開口数で液浸リソグラフィを可能にする値に達することができる非常に高い像側開口数の可能性を有する真空紫外 (VUV) 領域で使用するのに適する反射屈折投影対物レンズを提供する。

【解決手段】 投影対物レンズの物体面に設けられたパターンを投影対物レンズの像面上に結像するための投影対物レンズにおいて、物体面に設けられたパターンを第1中間像に結像する第1対物レンズ部と、第1中間像を第2中間像に結像する第2対物レンズ部と、第2中間像を像面上に結像する第3対物レンズ部とを有する。

投影対物レンズが、正確に2つの鏡と正確に2つの中間像を有し、投影対物レンズが、ひとみの不明瞭がない明瞭形である。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

投影対物レンズの物体面に設けられたパターンを投影対物レンズの像面上に結像するための投影対物レンズであって、

物体面に設けられたパターンを第 1 中間像に結像する第 1 対物レンズ部と、
第 1 中間像を第 2 中間像に結像する第 2 対物レンズ部と、
第 2 中間像を像面上に結像する第 3 対物レンズ部とを有し、
投影対物レンズが、正確に 2 つの鏡と正確に 2 つの中間像を有し、
投影対物レンズが、ひとみの不明瞭がない明瞭形である、投影対物レンズ。

【請求項 2】

投影対物レンズが反射屈折投影対物レンズであり、少なくとも 1 つの鏡が凹面鏡である、請求項 1 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 3】

正確に 2 つの鏡の各々が凹面鏡である、請求項 1 又は 2 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 4】

主光線高さが結像プロセスの周縁光線高さを超える位置のひとみ面から、2 つの凹面鏡が光学的に離して配置される、請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の投影対物レンズ。

【請求項 5】

第 1 対物レンズ部が、ジオプトリック結像系であり、
第 2 対物レンズ部が、第 1 及び第 2 凹面鏡を含み、凹面鏡の凹面鏡面が互いに向き合っ
て鏡間空間を画定しており、

少なくとも第 1 中間像が、幾何学的に第 1 凹面鏡と第 2 凹面鏡との間の鏡間空間内に位置する、請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の投影対物レンズ。

【請求項 6】

第 1 中間像及び第 2 中間像の両方が、幾何学的に第 1 凹面鏡と第 2 凹面鏡との間の鏡間空間内に位置する、請求項 5 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 7】

第 1 対物レンズ部及び第 2 対物レンズ部及び第 3 対物レンズ部が、共通の直線状の光軸を共用する、請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の投影対物レンズ。

【請求項 8】

凹面鏡の少なくとも 1 つの鏡面が非球面である、請求項 2 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の投影対物レンズ。

【請求項 9】

第 1 凹面鏡から反射した放射光が、第 2 凹面鏡に当たる前に光軸と交差するように構成されている、請求項 5 ～ 8 のいずれか 1 項に記載の投影対物レンズ。

【請求項 10】

第 1 対物レンズ部が、純粹屈折型であり、第 2 対物レンズ部が、カトプトリック又は反射屈折型であり、第 3 対物レンズ部が、純粹屈折型である、請求項 1 ～ 9 のいずれか 1 項に記載の投影対物レンズ。

【請求項 11】

凸面鏡をまったく含まない、請求項 1 ～ 10 のいずれか 1 項に記載の投影対物レンズ。

【請求項 12】

投影対物レンズが折り曲げ平面鏡をまったく含まない、請求項 1 ～ 11 のいずれか 1 項に記載の投影対物レンズ。

【請求項 13】

凹面鏡での最大光ビーム高さが、第 3 対物レンズ部内での最大光ビーム高さの 1.5 倍未満である、請求項 2 ～ 12 のいずれか 1 項に記載の投影対物レンズ。

【請求項 14】

像側開口数 $NA > 0.9$ である、請求項 1 ～ 13 のいずれか 1 項に記載の投影対物レンズ。

10

20

30

40

50

【請求項 15】

投影対物レンズが、収差に関して適応させた液浸対物レンズとして構成されていて、最後の光学素子と像面との間の像側作動距離が、屈折率が1より相当に大きい浸漬媒体で満たされるようになっている、請求項1～14のいずれか1項に記載の投影対物レンズ。

【請求項 16】

浸漬媒体と一緒に使用されるとき、像側開口数 $NA > 1.1$ である、請求項1～15のいずれか1項に記載の投影対物レンズ。

【請求項 17】

照明系と投影対物レンズとを有してマイクロソグラフィに使用される投影露光系であって、投影対物レンズが、請求項1～16のいずれか1項に従って構成される、投影露光系。

10

【請求項 18】

半導体デバイス又は他の形式のマイクロデバイスを作製する方法であって、
所定パターンを有するマスクを設ける工程と、
所定波長を有する紫外線でマスクを照明する工程と、
請求項1～16のいずれか1項に記載の投影対物レンズを使用して、投影対物レンズの像面の近傍に配置された感光基材上にパターンの像を投影する工程と、
を含む方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、物体面上に配置されたパターンを像面上に結像するための反射屈折投影対物レンズに関する。

【背景技術】

【0002】

この種類の投影対物レンズは、半導体デバイス及び他の種類のマイクロデバイスの作製に使用される投影露光系、特にウェハスキャナ又はウェハステップに用いられて、以下に総称的に「マスク」又は「レチクル」と呼ぶフォトマスク又はレチクル上のパターンを、感光性コーティングを有する物体上に超高解像度で縮小して投影する働きをする。

【0003】

30

より微細な構造体を生成するために、使用する投影対物レンズの像側端部の開口数 (NA) の増加、及びより短い波長、好ましくは波長が約 260 nm 未満の紫外線の使用の両方が求められている。

【0004】

しかし、必要な光学素子の作製に入手可能である波長領域で十分に透明である材料、特に合成石英ガラス及び結晶フッ化物は非常に少ない。入手可能であるこれらの材料のアッベ数は互いにかかなり接近しているので、十分にうまく色補正された（色収差が補正された）純粋屈折系を設けることが困難である。

【0005】

上記問題を鑑みて、屈折及び反射素子、すなわち特にレンズ及び鏡を組み合わせた反射屈折系は、主に上記種類の高解像度投影対物レンズの構成に使用される。

40

【0006】

必要な材料が高価であること、及び大型レンズの作製に十分な大きさの結晶フッ化カルシウムの入手が限定的であることは、特に非常に大きい開口数 NA 、たとえば $NA = 0.80$ 以上に対して 157 nm のマイクロソグラフィの分野では問題になる。したがって、用いられるレンズの数及び大きさを減少させることができると同時に、結像忠実度の維持、さらには向上に資する方策が望まれる。

【0007】

良好な色補正とともに中程度のレンズ量であるという要件をシステムに与えるために、少なくとも2つの凹面鏡を有する反射屈折投影対物レンズが提案されてきた。米国特許第

50

6, 600, 608 B 1号は、投影対物レンズの物体面上に配置されたパターンを第1中間像に結像する第1純粋屈折対物レンズ部と、第1中間像を第2中間像に結像する第2対物レンズ部と、第2中間像を直接的に、すなわちさらなる中間像を介さないで、像面上に結像する第3対物レンズ部とを有する反射屈折投影対物レンズを開示している。第2対物レンズ部は、中央穴を有する第1凹面鏡及び中央穴を有する第2凹面鏡を備えた反射屈折対物レンズ部であって、凹面鏡の鏡面は互いに向き合って、その間に鏡間空間又は反射屈折キャビティを画定している。第1中間像は、物体面に隣接した凹面鏡の中央穴内に形成される一方、第2中間像は、物体面に隣接した凹面鏡の中央穴内に形成される。対物レンズは、軸方向対称性を有し、軸方向及び横方向に良好な色補正を与える。しかしながら、凹面鏡の反射面は穴で中断されているので、光学系のひとみは不明瞭である。

10

【0008】

欧州特許第EP1069448 B1号は、互いに向き合う2つの凹面鏡を有する別の反射屈折投影対物レンズを開示している。凹面鏡は、凹面鏡の近傍に位置する中間像上に物体を結像する第1反射屈折対物レンズ部の一部である。これが唯一の中間像であって、それは、第2純粋屈折対物レンズ部によって像面に結像される。物体は、反射屈折結像系の像とともに、互いに向き合う鏡によって画定される鏡間空間の外に位置する。2つの凹面鏡、共通の直線状の光軸、及び反射屈折結像系によって形成されて凹面鏡の1つのそばに位置する1つの中間像を有する同様な光学系が、日本特開2002-208551 A号及び米国特許出願第2002/00241 A1号に開示されている。

【0009】

20

欧州特許出願第1336887号（US2004/0130806 A1号に対応）は、単一の共通の直線状光軸を有するとともに、第1中間像を形成する第1反射屈折対物レンズ部、第1中間像から第2中間像を形成する第2反射屈折対物レンズ部、及び第2中間像から像を形成する屈折型の第3対物レンズ部をその順序で有する。各反射屈折系は、互いに向き合う2つの凹面鏡を有する。中間像は、凹面鏡によって画定される鏡間空間の外に位置する。凹面鏡は、光学的にひとみ面の近傍で、投影対物レンズの中間像よりひとみ面に近い位置にある。

【0010】

SPIE 5377.65会報（2004年）「光学マイクロソグラフィXVII」にB.W. Smithによって紹介された、T. 松山、T. 石山及びY. 大村による論文「Nikon Projection Lens Update（ニコン投影レンズ最新情報）」には、従来型ジオプトリックDUV系と、DUV系のレンズ群の間に挿入された6鏡EUVカトプトリック系との組み合わせである反射屈折投影レンズの設計例が示されている。第1中間像が、凸面鏡の上流側のカトプトリック（純粋反射型）群の第3鏡の後方に形成される。第2中間像は、純粋反射型（カトプトリック）第2対物レンズ部によって形成される。第3対物レンズ部は、純粋屈折型であり、ベッツパール和補正のために第3対物レンズ部内の最小ビーム直径のウエスト部分での負の屈折力の特徴とする。

30

【0011】

日本特開2003-114387 A号及び国際特許出願第01/55767 A号は、単一の共通の直線状光軸、中間像を形成する第1反射屈折対物レンズ部、及び中間像を本光学系の像面上に結像する第2反射屈折対物レンズ部を有する反射屈折投影対物レンズを開示している。凹面鏡及び凸面鏡が組み合わせて使用されている。

40

【0012】

本出願人によって2003年10月17日に出願された米国特許仮出願第60/511,673号は、非常に高いNAを有し、 $NA > 1$ で液浸リソグラフィに適する反射屈折投影対物レンズを開示している。好適な実施形態では、正確に3つの中間像が形成される。交差形の実施形態は、物体から第1中間像を形成する第1屈折型対物レンズ部と、第1物体から第2中間像を形成する第2反射屈折対物レンズ部と、第2中間像から第3中間像を形成する第3反射屈折対物レンズ部と、第3中間像を像面上に結像する第4屈折型対物レンズ部とを有する。反射屈折対物レンズ部の各々は、1つの凹面鏡を有し、折り曲げ平面

50

鏡がそれに伴っている。凹面鏡は、凹面鏡面が互いに向き合っている。折り曲げ鏡は、中間に、すなわち凹面鏡によって画定される鏡間空間内に配置される。凹面鏡は同軸的によく、反射屈折部の光軸は、屈折結像系内に画定される光軸に対して垂直でも、傾斜してもよい。

【0013】

上記書類の開示内容はすべて、参照によって本出願に援用される。

【0014】

SPIE第237号(1980年)292~298ページのD. DeJagerによる論文「Camera view finder using tilted concave mirror erecting elements (傾斜凹面鏡正立素子を使用したカメラビューファインダー)」は、1:1伸縮正立リレー系の素子として2つの凹面鏡を有するカメラビューファインダーを開示している。この光学系は、無限遠にある物体を実像に結像するように構成され、その実像は正立して、接眼レンズを介して見ることができる。カトプトリックリレー系の上流側及び下流側の光学系屈折部の個々の光軸は、互いに平行に外れている。互いに向き合う凹面鏡を有する光学系を形成するために、鏡を傾斜させなければならない。その著者は、このタイプの物理的に実現可能な光学系では像品質が低いと結論付けている。

【0015】

国際特許出願第92/05462号及び第WO94/06047号及びOSA/SPIE会報(1994年)389ページ以降の論文「Innovative Wide-Field Binocular Design (革新的広視野双眼鏡構造)」は特に、単一の折り曲げられない光軸を有するインライン光学系として構成された双眼鏡及び他のビューイング器具用の反射屈折光学系を開示している。一部の実施形態は、光軸の一方側に配置された物体側鏡面を有する第1凹面鏡と、光軸の反対側に配置されて第1鏡と向き合う鏡面を有する第2凹面鏡とを有し、それにより、凹面鏡の面の湾曲が鏡間空間を画定する。前方屈折レンズ群が、第1鏡付近に第1中間像を形成し、第2中間像が、2つの向き合った鏡によって形成された空間の外に形成される。垂直方向より水平方向に大きい狭視野が、光軸から外して配置される。物体側屈折レンズ群はコリメートされた入力をも有し、像側屈折レンズ群はコリメートされた出力をも有し、テレセントリックから遠くに入射及び射出ひとみ形成される。ひとみの形状は、リソグラフィ投影レンズの場合の、円形であって光軸上に中心がなければならないひとみ面と異なり、半円形である。

【0016】

PCT出願第01/04682A1号は、マンジャンミラーとして構成された1つの凹面鏡を有するウェハ検査用の反射屈折UV結像系を開示している。

【特許文献1】米国特許第6,600,608B1号

【特許文献2】欧州特許第EP1069448B1号

【特許文献3】特開2002-208551A

【特許文献4】米国特許出願第2002/00241A1号

【特許文献5】欧州特許出願第1336887号

【特許文献6】US2004/0130806A1号

【特許文献7】特開2003-114387A

【特許文献8】国際特許出願第01/55767A号

【特許文献9】米国特許仮出願第60/511,673号

【特許文献10】国際特許出願第92/05462号

【特許文献11】第WO94/06047号

【特許文献12】PCT出願第01/04682A1号

【非特許文献1】SPIE 5377.65会報(2004年)「光学マイクロリソグラフィXVII」にB.W. Smithによって紹介された、T. 松山、T. 石山及びY. 大村による論文「Nikon Projection Lens Update (ニコン投影レンズ最新情報)」

【非特許文献2】SPIE第237号(1980年)292~298ページのD. DeJagerによる論文「Camera view finder using tilted concave mirror erecting elements (傾斜凹

10

20

30

40

50

面鏡正立素子を使用したカメラビューファインダー)」

【非特許文献3】OSA/SPIE会報（1994年）389ページ以降の論文「Innovative Wide-Field Binocular Design（革新的広視野双眼鏡構造）」

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0017】

本発明の1つの目的は、 $NA > 1$ の開口数で液浸リソグラフィを可能にする値に達することができる非常に高い像側開口数の可能性を有する真空紫外（VUV）領域で使用するのに適する反射屈折投影対物レンズを提供することである。本発明の別の目的は、比較的少量の光学材料で作製されることができる反射屈折投影対物レンズを提供することである。

10

【課題を解決するための手段】

【0018】

上記及び他の目的の解決策として、本発明は、1つの態様によれば、投影対物レンズの物体面上に設けられたパターンを投影対物レンズの像面上に結像するための反射屈折投影対物レンズであって、

物体面上に設けられたパターンを第1中間像に結像する第1対物レンズ部、

第1中間像を第2中間像に結像する第2対物レンズ部、及び

第2中間像を像面上に結像する第3対物レンズ部、

を備え、第1連続鏡面を有する第1凹面鏡と、第2連続鏡面を有する少なくとも1つの第2凹面鏡とが、第2中間像の上流側に配置され、ひとみ面が、物体面と第1中間像との間、第1及び第2中間像の間、及び第2中間像と像面との間に形成され、かつすべての凹面鏡がひとみ面から光学的に離して配置される、反射屈折投影対物レンズを提供する。

20

【0019】

本発明のこの態様による構造では、光軸に中心を置いた円形ひとみを軸対称光学系内に設けることができる。第2中間像の形成に資する光学系部内に2つ以上の凹面鏡が設けられており、凹面鏡の使用部分は、軸対称照明から相当にずれている。好適な実施形態では、正確に2つの凹面鏡が設けられ、優れた結像品質及び非常に高い開口数を得るのに十分である。単一の共通の折り曲げられない（直線状の）光軸を有し、製造、調節及びフォトリソグラフィ露光系への組み込みが容易である光学系を提供することができる。折り曲げ平面鏡はまったく必要ない。しかしながら、よりコンパクトな構造にするために、1つ又は複数の折り曲げ平面鏡を用いることもできる。

30

【0020】

すべての凹面鏡は、ひとみ面から「光学的に離して」配置され、そのことは、それらがひとみ面の光学的近傍外に配置されることを意味する。それらは、ひとみ面より視野面に光学的により近づけて配置されるであろう。ひとみ面から光学的に離れた（すなわち、ひとみ面の光学的近傍外の）好適な位置は、主光線の高さを h_C 、結像プロセスの周縁光線の高さを h_M として、光線高さ比 $H = h_C / h_M > 1$ で特徴付けられるであろう。周縁光線高さ h_M は、（光軸に最も近い）内側視野点から開口絞りの縁部まで進む周縁光線の高さである一方、主光線高さ h_C は、（光軸から最も遠く離れた）最外側視野点から光軸に対して平行に、又は小さい角度をなして進んで、開口絞りが位置することができるひとみ面位置で光軸と交差する主光線の高さである。言い換えると、すべての凹面鏡は、主光線高さが周縁光線高さを超える位置にある。

40

【0021】

ひとみ面から「光学的に離れた」位置は、光ビームの断面形状が、ひとみ面上又はそのすぐ近くに見られる円形から大きくずれている位置である。ここで使用する「光ビーム」という表現は、物体面から像面まで進むすべての光線の束のことである。ひとみ面から光学的に離れた鏡位置は、光ビームの伝播方向に直交する相互に垂直な方向の光ビームのビーム直径が、互いから50%より多く、又は100%ずれる位置として定義されるであろう。言い換えると、凹面鏡上の被照明部分は、円から大きくずれた、ウェハスキャナ用の

50

リソグラフィ投影対物レンズにおける好適な視野形状に対応する高アスペクト比の矩形に似た形状を有するであろう。したがって、一方向が他方向より相当に小さいコンパクトな矩形、又はほぼ矩形の小さい凹面鏡を使用してもよい。したがって、高開口の光ビームは、鏡縁部で口径食を生じることなく、光学系全体を案内されることができる。

【0022】

「上流側」又は「下流側」という表現が本明細書に使用される場合はいつも、これらの表現は、投影対物レンズの物体面から像面まで進む光ビームの光路に沿った相対位置を表す。したがって、第2中間像の上流側の位置は、光学的に物体面と第2中間像との間の位置である。

【0023】

本発明の別の態様によれば、投影対物レンズの物体面上に設けられたパターンを投影対物レンズの像面上に結像するための反射屈折投影対物レンズであって、

物体面上に設けられたパターンを第1中間像に結像する第1対物レンズ部、

第1中間像を第2中間像に結像する第2対物レンズ部、及び

第2中間像を像面上に結像する第3対物レンズ部、

を備え、第2対物レンズ部は、第1連続鏡面を有する第1凹面鏡と、第2連続鏡面を有する第2凹面鏡とを含み、凹面鏡の凹面鏡面は互いに向き合って、鏡間空間を画定しており、

少なくとも第1中間像が、幾何学的に第1凹面鏡及び第2凹面鏡の間の鏡間空間内に位置する、反射屈折投影対物レンズが提供される。

【0024】

本明細書では、「中間像」という表現は一般的に、完全な光学系によって形成され、物体面に対して光学的に共役の平面上に位置する「近軸中間像」を言う。したがって、中間像の場所又は位置について言及するときはいつも、物体面に対して光学的に共役であるこの平面の軸方向位置のことである。

【0025】

本発明の上記態様は、以下の包括的考察に基づいてより明らかに理解されるであろう。

【0026】

Jan Hooglandが幾つかの出版物で指摘しているように、光学的構造において求めることができる最も困難な要求は、特にそれが全屈折構造である場合、それが平面像を有することである。平面像を設けるには逆のレンズの屈折力が必要であり、それは、より強力なレンズ、より長い光学系長さ、より多い光学系ガラス量、及びより強いレンズ曲線から生じるより大きい高次像収差を招く。

【0027】

これとは逆に、光学系が湾曲像を有することができることは、低いレンズ屈折力、より弱い湾曲、よりコンパクトな構造に自動的につながり、ガラスの量が大幅に減少し、高次像収差が大幅に小さくなる。

【0028】

Shaferは、（非球面を持たないで）正レンズだけを使用する湾曲像を有するレンズ構造を示しており、非常に良好な性能を有する。前側の4又は5個の弱い正レンズ群は、球面収差及びコマの補正を行うことができ、厚い正の液浸レンズは非点収差補正を行うことができる。像は大きく湾曲する。

【0029】

しかしながら、リソグラフィには平面像が必須である。したがって、その場合の問題は、湾曲像が許容されるときに生じる良好な特性の妨害を最小限に抑えながらこれをいかに与えるかになる。

【0030】

クックトリプレットやダブルガウス構造のような一部の従来型レンズは、構造の中央に強い負屈折力を置くことによって平面像を達成する。しかし、それは、湾曲像を有することで列挙された利益のすべてを完全に破壊し、レンズ屈折力が強力でなければならず、湾

10

20

30

40

50

曲は高次収差を悪くする。

【0031】

強い負レンズを像の直前に置き、それが近いほどよい従来型視野平坦化ペッツバルレンズ構造により、はるかに良好な解決策が提供される。この場合、構造のまさに最後のこの負レンズが、構造の像平坦化手段のすべてを与え、構造の残り部分は、弱い湾曲、低いレンズ屈折力、少ないガラス量などを有する。また、収差補正性能が非常に高い。それが、1960年代の超高解像空中偵察レンズ用にこの構造形式が使用された理由である。

【0032】

しかしながら、強い負のレンズを像の直線に置くと、射出ひとみ位置がテレセントリックから非常に遠く離れることになるので、この優れた構造をリソグラフィに使用することができない。また、リソグラフィでは、テレセントリック射出ひとみが常に必要である。

10

【0033】

おそらくは、視野平坦化ペッツバルレンズにテレセントリック射出ひとみを設ける唯一の方法は、開口絞りを構造の前方から極めて遠くに移動させ、良好な高次収差補正に望ましい位置から遠く離すことである。反対に、ダブルガウスのような一部の他の構造形式は、開口絞り位置をその好適な場所と比べて大して変化させないで、テレセントリック射出ひとみを有するように修正されることができる。そのように、リソグラフィでのこのテレセントリック射出ひとみ要件のために、最良の構造形式をあきらめて、望ましさが低いものに変えることが強要される。

【0034】

本発明は、上記態様を考慮して、良好な妥協解決策を提供する。

20

【0035】

像を平坦化し、テレセントリック射出ひとみを有し、さらに開口絞りを良好な収差補正に最も望ましい位置の近くに保持するための何らかの方法を見つければ、湾曲像構造の多くの利益のすべてを維持することができる。

【0036】

正屈折力レンズに、それが実際に有するものと逆のペッツバル湾曲を与えることができる。完全であろう。そのような「マジックレンズ」は、もし存在するとすれば、湾曲像構造の湾曲像のすぐ近くに配置されることができるであろう。その場合、それは像を平坦化し、さらには設計上の開口絞りを所望される位置に置いたまま、テレセントリック射出ひとみを与えることを助けさえするであろう。

30

【0037】

この問題には凹面鏡が理想的である。凹面鏡は、正レンズのように正の屈折力を有するが、ペッツバル湾曲の逆符号を有する。そのため、像の直前に置かれた凹面鏡は、湾曲像レンズ構造の像を平坦化することができ、テレセントリックひとみを与えるのを助ける正屈折力を有し、また色の問題が全くない。

【0038】

残念ながら、それはまた、光を進んできた方向にそのまま戻して送るので、結果的に生じた像にまったくアクセスできなくする。1つの解決策は、レンズ系を大きく軸から外して使用することであり、その場合、1つ又は2つの反射を像のすぐ近くに有し、最終像が鏡から「歩き去り」、完全に入射光線外に位置することが可能であろう。しかし、短時間の研究からでも、これが構造の高NA端部では実現不可能であるか、主レンズ系（すなわち、像側集束レンズ系）を大きく軸から外して使用することになり、そのため、その性能が非常に低くなってしまうことがわかる。

40

【0039】

リソグラフィ構造の、たとえば約4X倍率の他端部では、状況ははるかに良好である。その場合、低NA像を鏡対から「歩き去らせる」ことができる前に、主屈折構造を同様に軸から外して使用する必要がない。1つではなく2つの凹面鏡を使用することにより、光は同一方向に進み続け、像にアクセスすることができる。軸から最小量を外した使用状態で主レンズ系を使用するとき、最良の性能結果が生じる。しかし、大きく軸から外れた主

50

レンズ系を使用することにより、光線が口径食を伴わないで凹面鏡対を通ることが助けられる。そのため、これらは両立しない目的なのである。

【0040】

口径食の問題を最小限に抑え、かつすべての開口数にわたってそれらが光学系に影響を与えないようにするために、低NAの中間像を、反射の前後の2つの光線束が幾何学的に分離しているが、互いに隣接しているすべての位置に隣接させることが好ましい。この時、隙間は主に視野寸法によって決定され、開口数による変倍は非常に不完全に過ぎない。このことは、実際の高NA反射屈折構造に達するのに重要である。

【0041】

最良の解決策は、2つの鏡を主レンズ系とその低NA物体側端部との間に設けないことである。それにより、鏡の口径食を生じないために、主レンズを軸から大幅に外して使用することが避けられる。鏡は、物理的に（必ずしも光学的ではない）低NA物体の各側に位置しなければならない。その場合、主レンズ系を光軸にはるかに近づけて使用することができる。好適度が低い解決策は、両方の鏡を主光学系及びその低NA端部物体の外に置くことである。最後に記載した2つのいずれの場合も、低NA物体が完全な光学系の端部ではなくなるので、それを再結像する必要がある。

【0042】

物体を第1実中間像に再結像する間、この第1リレー系の光学系倍率は、それが拡大光学系であるように設計されることができる。これにより、中間像でのNAがますます減少し、したがって、口径食問題が緩和される。口径食が光学系NAに依存する度合いがますます小さくなる。

【0043】

好適な構造では、主レンズ系の低NA物体面の（やはり光学的ではなく物理的に）各側に、2つの凹面鏡が存在し、光学系は、鏡口径食を伴わないで、軸にできる限り近づけて使用される。この場合、たとえば約1X又は1.5Xの拡大で動作する別の屈折系又は反射屈折系のいずれかを使用して、この潜在物体を別の実像位置に取り次ぐことができる。

【0044】

両方の鏡が物理的及び光学的に低NA物体の外にある別の解決策は、まさにこれらの同じ2つの鏡が再結像を行う可能性を与える。しかし、非常に大きい作動距離及び厚い鏡基板が必要であることから、軸から大きく外れた主光学系を使用する必要がある口径食問題を伴わないが、これは実際的ではない。そのため、この別の解決策も、個別の1X又は1.5X拡大屈折又は反射屈折リレー系を使用することから利益を得る。

【0045】

これらの場合はすべて、1つ又は2つの屈折系の像を平坦化するために、1対の凹面鏡を使用する。凸面鏡はまったく使用されない。その場合、屈折系は、湾曲像構造について記載した利益を有することができる。

【0046】

本発明の好適な実施形態による、共に凹状の2つの反射面だけを有する構造には、従来技術と比べて幾つかの利点がある。

【0047】

中央ひとみが不明瞭である従来型光学系と比べて、本発明の幾つかの実施形態による構造では、鏡の寸法が小さく、不明瞭部分がまったくなく、二回又は三回透過レンズがなく、強い鏡出力のために光学系の視野平坦化が非常に効果的である。他の実施形態では、二回又は三回透過レンズが存在してもよい。

【0048】

好ましくは2つの屈折リレー群を有する本発明による実施形態は、ウェハに近い屈折レンズ群、すなわち第3対物レンズ部から約3X又は4Xの縮小倍率を有し（そのため、一端部で高NAであるだけ）、他方の屈折群（第1対物レンズ部）は両端部で低NAである。その結果、必要なレンズ屈折力のはるかに小さく、また所望の収差補正を得るために必要な素子が比較的少ない。

10

20

30

40

50

【0049】

一部の従来型光学系は限定NA光学系であることがわかっている。反対に、本発明による好適な構造は、そのような困難を伴わず、液浸光学系用の、 $NA=1$ に近い、それを超える非常に高いNA値を処理することができる。好ましくは、2つの中間像は両方とも低NA値を有し、鏡がその縁で互いの空間に干渉する問題がない。

【0050】

本発明による一部の有用な構造を軸色に関して補正することが困難であることに注意されたい。しかしながら、好適な実施形態のレンズは非常に小さく、それらの屈折力は非常に弱く、そのため新しい構造の軸色は許容可能な値である。

【0051】

リソグラフィ用の他の従来型高NA反射屈折系は、構造内に少なくとも1つの凸面鏡を必要とするか、又は多数の鏡を有して非常に長いトラック長構造を与えがちである。凹面鏡及び幾つかのレンズと組み合わせて凸面鏡を使用することは、反射屈折構造の基本であることができ、口径食を避けるには大きすぎる軸外し状態を使用する必要がある明瞭な構造を有することができるようにする。これは、折り曲げ平面鏡を有していないインライン光学系である幾つかの従来特許構造の特徴である。反射屈折部は、光学系のレチクル端部上にある。そのような構造には少なくとも2つの問題がある。1つは、口径食を伴わないで凹面鏡の縁部を除くために、レチクルの後の第1中間像が凹面鏡を除かなければならず、凸面鏡から出た光線が光軸に対してかなり鋭角になりやすいことである。その場合、これらの光線を捕捉して、それらを折り曲げて光軸及び主集束レンズ群の方に戻すために、幾つかの視野レンズ又は視野鏡が必要である。これらの視野レンズ又は鏡は、光線を捕捉してひとみを主収束レンズ群の方に再結像するために、非常に大きく、かつ屈折力が強くなければならない。それらが視野レンズである場合、それらは大径で、強い正屈折力を有し、結果的に構造のガラス量が過大になる。加えて、それらは多くの正屈折力を有し、光学系のペッツパール湾曲の補正をさらに困難にする。代わりに視野鏡を使用する場合、それらが非常に大径でなければならない、光線の口径食を避けるようにそれらを構成することが困難である。しかしながら、それらは、視野レンズと逆の符号を有するので、ペッツパール補正を確かに助ける。これらの種類の光学系に係わる第2問題は、光学系内の凸面鏡が像の平坦化を助けるためにペッツパール湾曲の間違った符号を有することである。これにより、光学系にほとんどの凹面鏡から十分に良好なペッツパール補正を与え、それにより、この負担が完全に主集束レンズ群にかかることがないようにするための方法を幾つかの鏡で見つけるために、4又は6鏡光学系になりがちである。

【0052】

反対に、本発明の好適な実施形態は、凸面鏡をまったく有しておらず、不明瞭さ又は口径食を伴うことなく光軸に極めて接近して動作できるようにする幾つかの特徴を有する。そしてこれは、中間像の寸法がさほど小さくなく、構造内の視野レンズを過大にする必要がないことを意味する。凸面鏡がなく、2つの凹面鏡だけであるので、新規な構造は、従来技術の多重鏡光学系と比べて非常に単純である。その2つの凹面鏡は、光学系内の、ほとんどすべてが正でよいレンズに対してまさに適正量のペッツパール補正を与えることができ、このように得られた構造は、比較的短いトラック長、小型の素子、少ないガラス量、非常に良好な収差補正、及び超高浸漬NA値での動作能力を有する。

【0053】

本発明による新規な構造に特有の他の特に有用な特徴がある。この構造のNA値が高いので、それは鏡の寸法に、あるいはその構造が光軸にいかに接近して動作することができるかにほとんど関係がない。従来技術によるすべての他のインライン構造では、口径食及び不明瞭さを避けるために、NAの増加に伴って、動作を軸からますます離しておくことが必要である。これにより、高次収差が悪化し、性能が低下し、反射屈折部内の素子の寸法が大きくなる。新規な構造は、その問題を伴わない点で、非常に珍しい。

【0054】

1つの共通の直線状の光軸を有する実施形態の代替例が、少なくとも1つの折り曲げ平

10

20

30

40

50

面鏡を有する反射屈折構造によって与えられる。その場合、光路の一部が、たとえば光軸に対して90度に折り曲げられ、それから戻され、再び折り曲げて戻され、それにより、レチクル及びウェハは平行である。入射及び射出軸（すなわち、光軸の物体側及び像側部分）は、一部の実施形態では同軸的でよく、あるいは別の実施形態では横方向に食い違ってよい。

【0055】

そのような構造は、光学系内にまさに1つの動力付き鏡を有することができ、これは凹面鏡と、2つの折り曲げ平面鏡である。本出願人によって2003年10月17日に出願された米国特許仮出願第60/511,673号に開示されている構造のような幾つかの構造は、2つの凹面鏡と2つの平面折り曲げ鏡とを有する。これらの折り曲げ構造は、こ

10

【0056】

一部の実施形態では、鏡間空間内に配置された、自由入射面及び自由射出面を有する少なくとも1つのレンズがあり、中間像と凹面鏡との間、又はその逆の光路でレンズを少なくとも2回透過する。そのような鏡関連レンズは、負の屈折力を有することができ、それを割り当てられている凹面鏡に似た湾曲方向を有するメニスカスレンズとして構成されるであろう。色補正は、このように正の影響を受けることができる。レンズは、光軸の、対応する凹面鏡が位置する側だけに配置された切頭レンズとして構成されてもよい。鏡関連

20

【0057】

一部の実施形態では、第1凹面鏡及び第2凹面鏡は、実質的に同一又は正確に同一の湾曲を有するように構成される。これにより、凹面鏡を同一のブランク材料から同時に製造することができ、そのため、最初に第1及び第2凹面鏡用の鏡ブランクを製造し、その後、鏡ブランクを、第1及び第2凹面鏡として使用される2つの切頭鏡に分離する。これにより、製造を容易にすると共に、コスト効率を向上させることができる。同様に、2つの同様な切頭鏡関連レンズに使用されるレンズ材料を1つのレンズブランクから製造すること

30

【0058】

一部の実施形態では、凹面鏡の少なくとも1つの鏡面が非球面である。一部の実施形態では、両方の凹面鏡の凹面が非球面である。非球面の凹面鏡は、光学補正を容易にし、かつレンズの量を減少させることができる。

【0059】

一部の実施形態では、中間像と対応の凹面鏡との間に少なくとも1つのレンズを配置し、そのレンズの少なくとも一方の面が非球面であることが有益であるとわかっている。非球面は、中間像に面する表面でよい。これにより、視野収差を効果的に補正することができる。

40

【0060】

一部の実施形態では、両方の凹面鏡が球形鏡面を有し、したがって、製造が容易でありかつ光学性能が向上する。 $1 < D / (|c_1| + |c_2|) \cdot 10^{-4} < 6$ の条件が満たされることが有益であることがわかっている。ここで、 D が第3対物レンズ部のレンズ素子の最大直径（単位はmm）、 c_1 及び c_2 が凹面鏡の曲率（単位は mm^{-1} ）である。この条件が満たされれば、第3結像系での正屈折力と投影対物レンズ内の凹面鏡によるペッツバル補正とが最適に釣り合う。この条件は、球面及び非球面の両方の凹面鏡に当てはまる。

50

【0061】

凹面鏡の基本形状と、当てはまる場合、非球面特性が光学性能に大きく影響を与えるので、規定の光学的特性を有する高品質鏡を製造するためには凹面鏡の製造方法が望ましい。 $p_{max} = R - (R^2 - D^2 / 4)^{0.5}$ として、 $p_{max} < 0.22R$ の関係が成り立つ場合、比較的「平坦的な」凹面鏡、すなわち凹面側の深さが比較的浅い凹面鏡を特に高い光学品質で製造することができることがわかった。この関係において、 R は非球面鏡面の曲率半径であり、 D は非球面鏡の直径である。好ましくは、 $D \leq 1.3R$ の条件、さらに好ましくは $D \leq 1.2R$ の条件が満たされる。パラメータ p は、光学表面上の点の「サジッタ」又は「立ち上がり高さ」を表す。このパラメータは、ときには文字どおり（サジッタの代わりの） SAG （サグ）も表す。サジッタ p は高さ h の、すなわちそれぞれの点の、光軸からの半径方向距離の関数である。

10

【0062】

一般的に、製造の観点から、鏡面の頂点での凹面鏡の曲率（頂点曲率）をできる限り同じようにすることが好ましいであろう。第1及び第2鏡の頂点曲率半径を R_1 及び R_2 とすると、好ましくは、

$$0.8 < |R_1 / R_2| < 1.2$$

の条件が成り立つ。

【0063】

一部の実施形態は、第1中間像が幾何学的に鏡間空間内に位置する一方、第2中間像が鏡空間の外に配置されるように構成される。その場合、第1及び第2対物レンズ部は反射屈折対物レンズ部であることができ、ここで第1凹面鏡が、第1対物レンズ部の、第1中間像を形成する部分である一方、第2凹面鏡が、第2対物レンズ部によって第1中間像から第2中間像を形成するのに資する。

20

【0064】

互いに向き合う第1及び第2凹面鏡によって定められる鏡群は、光軸に面する凹面鏡の縁部に接近した最も近い凹面鏡に隣接する位置にある鏡群入口及び鏡群出口を有することができる。投影対物レンズのひとみ面を鏡群入口及び鏡群出口の近傍に配置することができ、それにより、鏡群は、鏡群入口及び鏡群出口の間でひとみの結像を行う。その場合、第1及び第2凹面鏡は光軸の一方側に位置することができる。視野面が鏡群入口及び鏡群出口の近傍にある他の実施形態では、第1及び第2凹面鏡は光軸の対向側に位置するであろう。

30

【0065】

本発明の別の態様によれば、1つの第1凹面鏡及び少なくとも1つの第2凹面鏡を有する投影対物レンズが提供され、第1凹面鏡は第1非球面鏡面を有し、第2凹面鏡は第2非球面鏡面を有し、また第1及び第2鏡面はほぼ同一の非球面形状を有する。非球面形状は同一でよい、すなわち、同一の非球面定数及び基本球面半径によって説明されることができる。本発明のこの態様は、凹面鏡のすべてがひとみ面から光学的に離して配置されている、特に正確に2つの凹面鏡が使用されている実施形態で利用されるであろう。しかしながら、1つ又は複数の凹面鏡がひとみ面上または光学的にひとみ面付近に位置する投影対物レンズでも、利点が利用されるであろう。第1及び第2鏡面がほぼ同じ、又は同一の非球面形状を有する場合、球形の基本形状から材料を除去するためにほぼ同一の研削及び研磨ステップを、又は他のステップを使用して非球面形状を作製することができるので、製造を簡略化することができる。さらに、複数の凹面鏡面を検査するために、非球面形状を特徴付けるための同一の検査装置を使用することができるので、非球面の製造中に使用される検査プロセスを高いコスト効率で構成することができる。その意味で、「ほぼ同じ非球面形状」という表現は、同一の光学検査装置によって検査されることができる非球面形状を包含すると理解されたい。当てはまる場合、表面形状は、同一の光学検査装置を使用することができるという意味で同様であるが、作動距離が異なることもあろう。

40

【0066】

一実施形態では、第2対物レンズ部が、それぞれ非球面を有する2つの凹面鏡を有し、

50

第1及び第2鏡面は実質的に同一の非球面形状を有する。一実施形態では、この形式の第2対物レンズ部が反射屈折対物レンズ部である、すなわち、ほぼ同一の非球面形状を有する非球面鏡面を有する2つの凹面鏡だけで構成されている。この形式の反射屈折第2対物レンズ部も可能である。

【0067】

別の態様によれば、本発明は、少なくとも1つの凹面鏡を有し、その凹面鏡の鏡面が放物形状を有する反射屈折投影対物レンズを提供している。一実施形態では、2つの凹面鏡が設けられ、それらの凹面鏡の少なくとも一方が放物形状を有する。放物面鏡（すなわち、鏡の経線が放物型である凹面鏡）を使用することは、特に鏡の非球面形状の検査に関して有利であることがわかっている。放物面鏡は、平行な入射光を1つの単一焦点に集光し、それにより、放物面鏡面に当たる平行光線は、球面収差を受けることなく、1つの焦点に集光する。この形式の放物面鏡は、平面的な波面を有する検査ビームを生じるように構成された比較的簡単な光学検査装置を使用することによって容易に検査されることができる。簡単な構造を有する光学検査装置を使用し、それにより、非球面鏡の検査を高コスト効率にすることができる。

【0068】

投影対物レンズの所望機能を得るために光学的特性が必須であるが、光学系の製造に伴うコストに関する他の要因及び／又は光学系の全体的寸法及び形状に影響を与える要因もクリティカルであろう。また、レンズ取り付け及びレンズマニピュレータの組み込みの側面も考慮しなければならない。一種の実施形態は、この点に関して、特に第1対物レンズ部内のレンズ素子が少数である投影対物レンズが提供されることで特に有利である。一実施形態では、第1対物レンズ部が正レンズだけを有する。本明細書で使用する「レンズ」という表現は、減法屈折力を有する光学素子を表すものとする。これに関して、ほぼ平行な平面を有するプレートはレンズではなく、したがって、正レンズに加えて挿入されるであろう。正レンズだけを使用することにより、レンズの最大直径が比較的小さい、軸方向にコンパクトな第1対物レンズ部を提供することが可能になる。一実施形態では、第1対物レンズ部は、大きい屈折力を有する6個のレンズだけを有する。第1対物レンズ部内に1つ又は複数の非球面を設けてもよい。非球面レンズ面の適当な非球面形状を使用することにより、コンパクトな構造を得ることができる。傾向として、より多くの非球面を使用するほど、それだけ第1対物レンズ部をよりコンパクトに構成することができる。好適な実施形態では、レンズ素子の数と非球面の数との比が1.6未満である。一実施形態では、第1対物レンズ部の、物体面の直後の第1レンズ素子が、物体面に面する非球面を有し、その非球面は、ほぼ平坦であり、非球面の各点において $R > 300\text{ mm}$ である局部曲率半径 R を有する。このようにして、物体側テレセントリック性及び歪曲などの視野収差の有効な補正を得ることができる。

【0069】

すべての負レンズ（すなわち、大きい負屈折力を有するレンズ）がひとみ面から光学的に離して配置される場合、ジオプトリック系のコンパクトな形状も容易にすることができる。言い換えると、構造をコンパクトな形状に関して最適化しようとする場合、ひとみ面に光学的に近い負レンズを排除すべきである。

【0070】

レンズや鏡などの光学素子、及び／又はプレートやプリズムなどのほぼ平坦な面に設けられた非球面を利用して、光学系の補正状態と、全体寸法及び材料使用量との両方を改善することができる。非球面の最適表面形状は、理論的考察及び／又は数値計算から引き出されることができる。しかしながら、光学系を製造することができるか否かは、他の要因の中でも、非球面を必要な光学品質で所望形状に実際に製造することができるか否かの問題によって決まる。本発明の実現可能性の検討は、光学系内、特にマイクロソグラフィに適した高解像投影対物レンズ内での非球面の使用を管理する幾つかの本質的な規則を示している。

【0071】

一実施形態によれば、投影対物レンズは、非球面の光学的使用部分内に変曲点がない表面形状の非球面を有する少なくとも1つの光学素子を有する。回転対称非球面では、「変曲点」は、非球面の局部曲率において符号変化が生じる経線方向に沿った点として特徴付けられる。言い換えると、変曲点は、幾何学的に非球面の局部凸面領域と局部凹面領域との間に見られる。少なくとも1つの非球面を有する複数の光学素子が設けられているとき、すべての非球面が、変曲点のない表面形状を有することが好ましい。妥協案として、非球面の少なくとも50%又は60%又は70%又は80%又は90%に変曲点がないように光学系を設計することが有利であろう。非球面から変曲点をなくすことは、変曲点を有する非球面と比較したとき、完成した非球面の光学品質を向上させることがわかっている。変曲点が排除されれば、表面処理工具の材料除去効果をより均一にすることができると考えられる。他方、変曲点を含む表面領域に研磨工具が作用している場合、変曲点の各側での工具の材料除去作用が相当に異なり、したがって、完成した表面の光学品質にばらつきが生じるであろう。

10

【0072】

本発明の別の態様によれば、投影対物レンズは、少なくとも1つの非球面を有する複数の光学素子を含み、すべての非球面は、光軸の外に極限点がない表面形状を有し、極限点は方程式：

【数3】

$$\frac{dp}{dh} = 0 \quad \text{及び} \quad \frac{d^2p}{dh^2} \neq 0$$

20

【0073】

によって定められる。この方程式において、上記の非球面の数学的記述を記載する方程式に関連して説明したように、パラメータ「p」は、高さhの点の、（光軸上に位置する）表面の頂点から光学素子の光軸に平行に測定した距離を表す。パラメータp（h）も、光学表面上の点の「サジッタ」又は「立ち上がり距離」と表される。これらの考察に基づき、「極限点」は、それぞれ関数p（h）の最大値及び最小値である。本発明者の研究から、極限点の領域では、仕上げに使用される工具の材料除去作用が、極限点の周囲の部分に加えられる作用と大きく異なり、そのため、不均一な光学表面品質が生じるであろうから、非球面の作製中は光軸の外の極限点（h=0）がクリティカルであることがわかった。

30

【0074】

（光学的使用半径 h_{opt} によって画定される）光学的使用部分を含むが、その部分を越えて最大高さ $h_{max} > h_{opt}$ まで進む部分内では、この条件に従う必要があり、ここで、 $h_{max} = h_{opt} + OR$ であり、ORは、光学的使用部分に隣接した「オーバーラン部分」の半径方向幅であって、光学的使用部分の周縁を研磨するとき、そのオーバーラン部分で回転工具が光学表面と接触するであろう。オーバーラン部分の一般的な幅は、工具の寸法によって決まり、5mm～15mmの程度であろう。

【0075】

非球面上の極限点は製造の観点からクリティカルであるのに対して、極限点は、非球面の屈折力を半径（経線）方向に所望通りに変化させるために光学的使用部分から望ましいであろう。妥協案として、少なくとも1つの極限点を有する非球面が、使用可能直径全体にわたってほぼ平坦であることが有利であるとわかっている。言い換えると、少なくとも1つの極限点を有する非球面の基本形状は平面的である、又は平面からわずかにずれているだけであるべきである。それに関して、少なくとも1つの極限点を有する少なくとも1つの非球面を備え、 $P_{max} = 0.5$ 、さらに好ましくは $P_{max} = 0.25$ として、これらの非球面について、

40

$$|p(h)| < p_{max}$$

の条件が成り立つ投影対物レンズが好ましい。

【0076】

上記の非球面用の好適な条件は、本発明の一定の実施形態で実行される実現可能性検討

50

から引き出されたものである。しかしながら、非球面を備えた光学素子を有する他の形式の光学系でも、その条件を利用することができるであろう。したがって、本発明のこれらの態様は、本発明の好適な実施形態の他の特徴から独立的に有益である。

【0077】

本発明の別の態様によれば、第1対物レンズ部は、凹面鏡と、湾曲鏡面を有する少なくとも1つの追加鏡とを備え、凹面鏡及び追加鏡の湾曲鏡面は互いに向き合っている。本実施形態では、湾曲鏡面を有する2つの鏡が、第1中間像の形成に資する。好ましくは、この形式の第1対物レンズ部は反射屈折型である、すなわち、凹面鏡及び追加鏡に加えて、少なくとも1つのレンズが設けられる。凹面鏡及び追加鏡は好ましくは、第2及び第3対物レンズ部の光軸と一致する共通の直線状の光軸を共用し、そのため、すべての対物レンズ部は、共通の直線状の光軸を共用する。好ましくは、この形式の第1対物レンズ部は、拡大結像系として構成される。一部の実施形態では、追加鏡は、その対物レンズ部の凹面鏡の効果を少なくとも部分的に補償する凸面鏡面を有する凸面鏡である。好ましくは、この形式の第1対物レンズ部は、第1及び第2凹面鏡を含む第2対物レンズ部と組み合わせられ、その凹面鏡表面が互いに向き合って、鏡間空間を画定する。これらの実施形態では、一般的に第1中間像はその鏡間空間の外に位置するであろうが、第2中間像は鏡間空間内に位置するであろう。2つの対物レンズ部（第1対物レンズ部及び第2対物レンズ部）内に分散させた少なくとも3つの凹面鏡、好ましくは正確に3つの凹面鏡を有する実施形態は、すべての凹面鏡がひとみ面から光学的に離して配置されるような構造にすることができる。しかしながら、所望されれば、少なくとも1つの凹面鏡、特に第1対物レンズ部に位置する凹面鏡を光学的にひとみ面の近くに位置させることも可能である。

【0078】

この形式の実施形態では、凹面鏡によって与えられる補正能力が、中間像によって分離された2つの対物レンズ部間で有利に分散されることができ、それにより、補正作用間の良好な釣り合い及び補償を得ることができる。凹面鏡によって支持された一定の補正効果が光路内で2回存在するように、第1及び第2対物レンズ部を構成することも可能である。しかしながら、異なった対物レンズ部内の異なった凹面鏡において主要光線（主光線）及び周縁光線の高さが異なるであろうから、補正手段は、それらが異なった光学効果を有する光学位置に配置されるであろう。光学素子のインライン配置（1つの共通の直線状光軸）によって与えられるすべての利点を保持することができる。

【0079】

上記及び他の性質は、特許請求の範囲だけでなく、説明及び図面にも見ることができ、個々の特徴は、本発明の実施形態及び他の領域で単独で、又は組み合わせの形で使用されることができ、有利かつ特許性がある実施形態を個別に表すであろう。

【実施例】

【0080】

本発明の好適な実施形態の以下の説明で、「光軸」という用語は、関係する光学素子の曲率中心を通る直線又は一連の直線状線分を意味するものとする。光軸は、折り曲げ鏡（偏向鏡）又は他の反射面によって折り曲げられる。ここに提示する例の場合、関係する物体は、集積回路のパターンを付けたマスク（レチクル）か、何らかの他のパターン、たとえば、格子パターンのいずれか一方である。ここに提示する例では、物体の像は、フォトレジスト層をコーティングした、基板として機能するウェハ上に投影されるが、液晶ディスプレイの部品又は光学格子用の基板などの他の形式の基板も可能である。

【0081】

図面に示された構造の規格値を開示するために表が提供されている場合、表（複数可）にはそれぞれの図面と同一の番号が付けられている。

【0082】

図1は、約193nmUVの作動波長用に構成された本発明による反射屈折投影レンズ100の第1実施形態を示す。それは、物体面101上に配置されたレチクル上のパターンの像を、正確に2つの実中間像103、104を生じながら、像面102に縮小して、

たとえば4：1の縮尺で投影するように構成されている。第1屈折対物レンズ部110が、物体面上のパターンを第1中間像103に拡大して結像するように構成され、第2反射屈折対物レンズ120が、第1中間像103を1：1に近い倍率で第2中間像104に結像し、第3屈折対物レンズ部130が、第2中間像104を像面102上に強い縮小率で結像する。第2対物レンズ部120は、物体側に面する凹面鏡面を有する第1凹面鏡121と、像側に面する凹面鏡面を有する第2凹面鏡122とを有する。鏡面は両方とも連続している、又は中断していない、すなわちそれらは穴又は内孔を有していない。互いに向き合う鏡面は、凹面鏡によって画定された湾曲面によって取り囲まれた、鏡間空間125とも呼ばれる反射屈折キャビティ125を画定する。中間像103、104は両方とも、反射屈折キャビティ125内に位置し、少なくとも近軸中間像がほぼその中間にあって、鏡面から十分に離れている。

10

【0083】

凹面鏡の各鏡面は、物理的鏡面の縁部を越えて延びて鏡面を含む数理表面である「湾曲表面」又は「湾曲した表面」を画定する。第1及び第2凹面鏡は、共通の回転対称軸を有する回転対称湾曲表面の一部である。

【0084】

光学系を通るビーム路をわかりやすくするために、図2及び図3は、軸外物体側視野から生じた2つの異なったビーム束を示す。図2のビーム束は、光軸に最も近い物点から発生するのに対して、図3では、ビーム束は光軸から最も離れた物点から発生する。中間像が凹面鏡間のほぼ中央に位置することが、この図面で明らかにわかる。図2では、鏡間で交差する光ビームの交点の図示の位置は、近軸中間像の位置に近い。反対に、図3では、鏡間で交差する光ビームの交点の図示の位置又は区域は、近軸中間像の位置から遠くにずれている。

20

【0085】

光学系100は回転対称的であり、すべての屈折及び反射光学部材に共通の1つの直線状の光軸105を有する。折り曲げ鏡はない。凹面鏡は小径であり、それらを互いに接近させる、又はむしろその間に位置する中間像に近づけることができる。凹面鏡は両方とも、軸対称表面の軸外部分として構成され、かつ照明される。光ビームは、口径食を伴わないで、光軸に面する凹面鏡の縁部のそばを通過する（たとえば、図4又は図7～図9を比較されたい）。

30

【0086】

凹面鏡での最大光ビーム高さは、第3対物レンズ部内での最大光ビーム高さとはほぼ同じである。好ましくは、凹面鏡での最大光ビーム高さは、第3対物レンズ部内での最大光ビーム高さの1.5倍未満、又は1.2倍未満である。これにより、投影対物レンズ内の光ビームのすべてが、その第3対物レンズ部の光軸を中心にして物体面から像面まで延び、かつその第3対物レンズ部内での最大ビーム高さの1.5倍、好ましくは1.2倍の最大半径を有する円筒として画定された空間内に位置する構造が可能である。

【0087】

本光学系は、良好な横色補正を有するが、軸色は完全には補正されない。本実施形態では、両方の凹面鏡がマンジャンミラーとして構成されている。各マンジャンミラーは、鏡面処理された凸面を有する負メニスカスレンズからなる。鏡の補正不足の球面収差は、負レンズの過剰球面収差によって相殺される。両方の凹面鏡は、屈折力が非常に小さい。凹面鏡は、単純な鏡として構成されてもよい（図4を比較されたい）。それらが（メニスカスレンズを伴わない）単純な鏡である場合、透明光学材料の量が減少するが、鏡を切断する必要があるであろう。

40

【0088】

投影対物レンズは、液浸レンズとして構成される。補正状態は、 $26 \cdot 5 \cdot 0 \text{ mm}^2$ の視野全体にわたって1.1NAで約9ミリ波である。視野半径は65mmである。最適の球形からのずれ（変形）が1.0mmを超える非球面は必要ない。最大素子の最大直径が220mmであることは、レンズの使用量が抑えられる可能性を示す。この構造では、ト

50

ラック長（物体面と像面との間の軸方向距離）が 1 1 6 0 mm であり、ガラス量が少ない。像面に隣接する最後のレンズは、液浸用にフッ化カルシウムで作製される。

【0089】

この新しい構造は、横色補正が非常に良好であるが、軸色に関しては全くそうでない。しかし、レンズが小型であることにより、同一 NA の全屈折構造より軸色が少なくなる。ひとみ収差は十分に補正され、主光線は両端部でほぼ正確にテレセントリックである。

【0090】

2 つだけの反射と少ないガラス量とを有する構造には、不明瞭さの問題がまったくなく、そのため、鏡は好適な寸法であり、大きすぎず、それらの強い屈折力が、光学系のペツパール補正のほぼすべてを行う。実施形態では、2 つの中間像が反射屈折キャビティのほぼ正確に中央にある。

10

【0091】

本明細書に示されていない変更形は、本出願人が 2 0 0 3 年 1 0 月 1 7 日に出願した米国特許仮出願第 6 0 / 5 1 1 , 6 7 3 号に開示されているものとよく似た第 1 屈折対物レンズ部及び第 3 屈折対物レンズ部を有する。対応の明細書は参照によって援用される。

【0092】

この基本構造は、特にマンジャンミラーのガラスを取り除いた場合、さらにより少量の光学材料でやっていく可能性を持っている。（図 4 を比較されたい。）

図 4 には、第 2 実施形態が示されている。構造及び／又は機能の点で図 1 のものと同一又は同様である機構又は機構群は、同様な番号に 1 0 0 を加えて示されている。

20

【0093】

投影対物レンズ 2 0 0 は、対物レンズの射出面と像面との間の高屈折率浸漬流体、たとえば純水と組み合わせて使用されるとき、像側開口数 NA = 1 . 2 0 を有する $\lambda = 1 9 3$ nm 用の液浸レンズとして構成される。視野寸法は $2 6 \cdot 5 . 0 \text{ mm}^2$ である。この構造用の規格値が、表 4 にまとめられている。最も左側の欄は、屈折、反射又は他の指定の表面の番号を示し、第 2 欄は、その表面の半径 r [mm 単位] を示し、第 3 欄は、その表面と次の表面との間の距離 d [mm 単位]、すなわち光学部材の「厚さ」と呼ばれるパラメータを示し、第 4 欄は、その光学素子の作製に用いられた材料を示し、第 5 欄は、その作製に用いられた材料の屈折率を記載する。第 6 欄は、光学素子の光学的使用可能な透明な半直径 [mm 単位] を示す。表中の半径 r = 0 は、平坦面（半径が無限大）を表す。

30

【0094】

この特定実施形態の場合、表 4 の 1 2 表面、すなわち表面 2、3、8、1 2、1 5、1 6、1 7、1 9、2 2、3 0、3 3 及び 3 5 は非球面である。表 4 A は、これらの非球面の関連データを示し、それからそれらの表面形状のサジッタ又は立ち上がり高さ p (h) を高さ h の関数として、

【数 4】

$$p(h) = [(1/r)h^2] / (1 + \sqrt{1 - (1+K)(1/r)^2 h^2}) + C1 \cdot h^4 + C2 \cdot h^6 + \dots$$

【0095】

の方程式を用いて計算することができ、ここで半径の逆数 (1 / r) は問題の表面の表面頂点での曲率であり、h はその上の点の光軸からの距離である。したがって、サジッタ又は立ち上がり高さ p (h) は、その点を問題の表面の頂点から z 方向に沿って、すなわち光軸に沿って測定した距離を表す。定数 K、C 1、C 2 などは表 4 A に示されている。

40

【0096】

対物レンズは 1 7 レンズを有するので、それらのレンズの 5 0 % を超える、又は 6 0 % を超えるものが非球面レンズである。

【0097】

図 1 の実施形態のように、折り曲げ鏡がなく、すべての光学部材に共通の直線状で折り曲げられない光軸のままである。第 1 実施形態と異なって、互いに向き合う凹面鏡 2 2 1、2 2 2 は、マンジャンミラーではなく単純な鏡であり、それにより、光学系の全体量を

50

減少させることができる。カトプトリック（純粹反射）群 220 を進む光の経路を示すために、図 5 及び図 6 は、凹面鏡上のビームの「フットプリント」を示す。図 5 には、第 1 凹面鏡 221 の位置でのフットプリントが示されている。楕円線の下側群は、第 1 凹面鏡 221 で反射したビームを表し、楕円線の上側群は、第 2 凹面鏡 222 から第 2 屈折部 230 に向かって進むビームを表す。図 6 には、第 2 凹面鏡 222 の位置でのフットプリントが示されている。下側部分は、第 1 屈折部 210 から第 1 凹面鏡 221 に進むビームを表す一方、上側の楕円線は、第 2 凹面鏡 222 で反射して像面に進むビームを表す。鏡上の使用部分は単純な連続形状を有し、そのため、鏡は、たとえば取り付けが容易である矩形鏡として作製されることができることがわかる。

【0098】

10

凹面鏡での全体的なビーム断面形状が、ひとみ位置で見られる円形から大きくずれていることは、特徴的な機能である。本実施形態では、相互に垂直方向のビーム直径が約 1 : 3 の比率であり、走査方向 y の直径は、横走査方向 x の直径の 50 % 又は 30 % 未満である。ビーム形状は矩形の視野形状に似ており、凹面鏡がひとみ面より視野面に近い、すなわち凹面鏡がひとみ面から光学的に離れた位置にあることを示す。したがって、小型で狭い鏡を凹面鏡として使用することができる。これにより、開口数が高いときでも、光束が口径食を伴わないで凹面鏡の一方側を通るように案内することが容易である。

【0099】

一般的に本発明による実施形態では、凹面鏡の寸法が開口数に正比例することではなく、そのため、鏡寸法を不必要に大きくすることなく、非常に高い値の NA、たとえば $NA > 1.3$ 又は $NA > 1.4$ を得ることができる。

20

【0100】

図 7 ~ 図 9 には、第 2 実施形態の幾つかの有益な変更例が示されている。構造及び／又は機能の点で図 4 のものと同一又は同様である機構又は機構群には同様な番号を付けて示す。すべての変更例は、対物レンズの射出面と像面との間の高屈折率浸漬流体、たとえば純水と組み合わせて使用されるとき、像側開口数 $NA \geq 1$ を有する $\lambda = 193 \text{ nm}$ 用の液浸レンズとして構成される。視野寸法は $26 \text{ mm} \cdot 5.0 \text{ mm}$ である。規格値が、図 7 について表 7 及び 7A に、図 8 及び図 9 に付いて表 8 及び 8A に示されている。図 8 及び図 9 の構造は同一であり、その違いは開口絞り A の位置にある。

【0101】

30

図 7 の変更例 ($NA = 1.1$) は、凹面鏡上の使用部分が、図 4 の実施形態の場合より小さいことを特徴とする。したがって、矩形の凹面鏡の寸法をさらに小さくすることができる。

【0102】

図 8 の変更例 ($NA = 1.15$) は、開口絞り A が、第 3 純粹屈折部 230 の最大ビーム直径領域内に位置することを特徴とする。反対に、密接な関係にある図 9 の変更例 ($NA = 1.15$) では、開口絞り A が第 1 屈折対物レンズ部 210 内に位置する。このことは、その構造によって開口絞りを配置することができる位置に関する融通性が得られることを示す。

【0103】

40

上記実施形態は、すべての光学素子に共通の直線状の折り曲げられない光軸を特徴とする。そのような構造の潜在的な問題点は、凹面鏡用に設けられた取り付け部のために、トラック長が長くなることがある、又はビーム路が妨害されることがあることであろう。以下に、少なくとも 1 つの折り曲げ平面鏡を有する実施形態を、コンパクトな構造を得るための代替構造として示す。

【0104】

図 10 には、第 3 実施形態が示されている。構造及び／又は機能の点で図 1 のものと同一又は同様である機構又は機構群は、同様な番号に 200 を加えて示されている。図 11 は、図 10 に示された基本に基づいて構成された実施形態の長手方向断面図を示す。

【0105】

50

図10の反射屈折投影対物レンズ300の実施形態は、それが第1中間像303を生成する第1屈折対物レンズ部310と、第1中間像から第2中間像304を生成する第2反射屈折対物レンズ部320と、第2中間像を像面302上に再結像する第3屈折対物レンズ部330とを有する点で、上記実施形態の幾つかに似ている。第2対物レンズ部は、それが反射屈折対物レンズ部になるようにする少なくとも1つのレンズを備えてもよい。

【0106】

上記実施形態と異なって、第2対物レンズ部320は4つの反射面、すなわち2つの折り曲げ平面鏡306、307と、互いに向き合った2つの凹面鏡321、322とを有する。これらの鏡の凹面鏡面がカトプトリックキャビティ325を画定し、その内部に折り曲げ鏡及び中間像が位置する。

10

【0107】

第1中間像303のすぐ近くに位置する第1折り曲げ鏡306は、物体面から進む放射光を第1凹面鏡321上に反射するように配置されており、第1凹面鏡321は、光を直接的に、すなわち中間像を伴わないで、第2凹面鏡322に反射する。第2凹面鏡から反射した光は第2折り曲げ鏡307に当たり、これが光を物体面に反射し、それにより、第2折り曲げ鏡のすぐ近くに第2中間像を生成する。この構造では、凹面鏡及びこれらの鏡の取り付け部が、物体面及び像面間に延びる中央主要部の外に位置する。凹面鏡は共通光軸305'を有し、これは、光軸の、本実施形態では横方向にずれている物体側及び像側部分305''及び305'''に対して正確に、又はほぼ垂直であろう。光軸に対する折り曲げ鏡の傾斜角は45°でよいが、それから大きく、たとえば5又は10度までずらしてもよい。したがって、70°～110°の傾斜角が、凹面鏡の共通光軸と光軸の物体及び像側部分との間に生じるであろう。

20

【0108】

中間像は幾何学的に凹面鏡の間に位置するが、光学的には凹面鏡間に中間像がないことに注意されたい。この構造は、凹面鏡上の小さいスポット直径を可能にし、これは、幾何学的光案内値（エタンデュ）を減少させるのに有利である。ひとみ面309が、両方の凹面鏡から距離を置いて、主光線308が凹面鏡によって画定される光軸305'と交差する位置にある。ここに開口絞りを配置してもよい。凹面鏡の少なくとも一方が、光軸から鏡の縁部まで半径方向に減少する曲率を有する非球面反射面を有することが、有利であろう。

30

【0109】

軸外物体側視野を第1中間像に変換する純粹屈折第1対物レンズ部310は、正の屈折力を有する第1レンズ群LG11と、正の屈折力を有する第2レンズ群LG12とを有する。これらのレンズ群の間で主光線308が光軸と交差する位置に開口絞りを設けてもよい。カトプトリック対物レンズ部320は、第1中間像を第2中間像に結像し、凹面鏡間のひとみ面を有する。純粹屈折第3対物レンズ部330は、正の屈折力を有する第1レンズ群LG31と、正の屈折力を有する第2レンズ群LG32とを有する。開口絞りA用の位置が、LG31及びLG32間にある。

【0110】

図12は、2つの凹面鏡421及び422と2つの中間像403、404とを有する別の投影対物レンズ400の概略図を示す。構造及び／又は機能の点で図10のものと同一又は同様である機構又は機構群は、同様な番号に100を加えて示されている。図13は、図12に示された基本に基づいて構成された実施形態の長手方向断面図を示す。

40

【0111】

図10、図11に示された実施形態とは異なって、凹面鏡421、422は共通の直線状光軸を共用していない。代わりに、凹面鏡421の光軸は、物体面及び像面間の光軸405と一致する。凹面鏡422の光軸は、光軸405に対してほぼ垂直である。鏡取り付け部用の構造空間は、物体及び像面を結ぶ光軸の外に位置し、これは好都合であろう。光軸の物体側及び像側部分が同軸的であることに注意されたい。両方の凹面鏡が光軸405の一方側に位置するので、第1及び第2折り曲げ鏡を、凹面鏡と向き合って、光が進むと

50

きに二回使用される鏡面を有する単一の平面鏡 406 として構成することができる。また、2つの個別の凹面鏡 421、422 を組み合わせて、二回使用される単一の凹面鏡を形成することもできる。

【0112】

図 14 は、鏡の幾何学的配置を説明するための、第 3 実施形態のカトプトリック対物レンズ部の斜視図を示す。被照明部分が単純な形であるとともに連続的であるので、折り曲げ鏡及び凹面鏡は幾何学的に単純な形を有することができることがわかる。本実施形態の凹面鏡及び折り曲げ鏡は、取り付けが容易である矩形である。

【0113】

図 15 は、光学性能を向上させる機構及び製造を容易にする機構を有する投影対物レンズ 500 の別の実施形態の概略図を示す。図 16 は、図 15 に示された原理に従って構成された投影対物レンズのレンズ部分を示す。本実施形態の規格値が、表 16 及び 16A に示されている。構造及び／又は機能の点で図 1 のものと同一又は同様である機構又は機構群は、同様な番号に 400 を加えて示されている。

【0114】

第 1 中間像 503 を第 2 中間像 504 に結像する働きをする第 2 対物レンズ部 520 は、第 1 凹面鏡 521 と、光学的に第 1 凹面鏡 521 の下流側の第 2 凹面鏡 522 とを有する。第 1 及び第 2 凹面鏡の湾曲面は、投影対物レンズのすべての光学素子が共用する光軸と同軸的な共通回転対称軸を有する。第 1 及び代 2 凹面鏡で使用される中断のない鏡面が、光軸 505 の対向側に位置している。第 1 鏡関連レンズ 551 が、光学的に第 1 中間像 503 と第 1 凹面鏡 521 との間で第 1 凹面鏡の直前に配置され、それにより、第 1 中間像と第 1 凹面鏡との間の光路中、及び第 1 凹面鏡と第 2 凹面鏡との間の光路中でレンズの二回透過が行われる。第 2 凹面鏡と像面との間の光路の妨害を避けるために、第 1 鏡関連レンズ 551 は、光軸の外に配置された切頭レンズとして構成されている。第 2 鏡関連レンズ 552 が第 2 凹面鏡 522 の直前に配置され、それにより、第 1 及び第 2 凹面鏡間の光路中、及び第 2 凹面鏡と像面 502 との間の光路中で二回使用される。レンズ 552 は切頭され、それにより、物体面 501 及び第 1 凹面鏡 521 間の光路内に延在しないようにしている。第 1 及び第 2 鏡関連レンズ 551、552 の両方は、自由入口及び出口表面を有する自立形レンズである。特に、それぞれの凹面鏡に面するレンズ面は、凹面鏡の曲率と異なった曲率を有し、これにより、マンジャンミラーを有する実施形態と比べたとき、追加的な自由度が可能である（図 1 を比較されたい）。両方の鏡関連レンズ 551、552 は、対応の凹面鏡の湾曲と同様な湾曲方向を有する、すなわち対応の凹面鏡の凹面鏡面に面する凸面を有する負メニスカスレンズとして構成されている。凹面鏡の直前に配置された負の屈折力は、長さ方向色収差（CHL）の補正を改善するのに役立つ。第 2 対物レンズ部のすべての光学的活性表面は球形であり、これにより、製造が大幅に容易になり、かつ光学性能が向上する。特に、非球面、特に非球面鏡面を有する実施形態と比べたとき、迷光が減少するであろう。

【0115】

高いアスペクト比の矩形であって、横走査方向（x 方向）に幅 a を、走査方向（y 方向）に狭い幅 b を有し、軸を外して光軸から距離 c に配置された視野が図 15a に示されている。液浸対物レンズは、193 nm で浸漬媒体としての純水と組み合わせて使用したとき、像側開口数 $NA = 1.2$ を有する。本光学系は、物体及び像側でテレセントリックであって、実質的に視野区域収差がない。

【0116】

図 17 には、図 15 に関連して説明した原理に従った光学系の変更形のレンズ部分が示されている。 $NA = 1.2$ を有する 193 nm 液浸レンズの規格値が、表 17 及び 17A に示されている。構造及び／又は機能の点で図 1 のものと同一又は同様である機構又は機構群が、同様な番号に 500 を加えて示されている。第 2 対物レンズ部 620 は、球面凹面鏡 621、622 の直前に非球面負メニスカスレンズ 651、652 を有し、これらはそれぞれの凹面鏡へ往復する光路中で二回使用される。簡単にするために、凹面鏡 621

、6 2 2 及びそれぞれの凹面鏡の直前の対応のレンズ6 5 1、6 5 2 からなる各光学素子群を「反射屈折サブ群」と呼ぶ。図1 7の実施形態では、反射屈折サブ群6 2 1、6 5 1 及び反射屈折サブ群6 2 2、6 5 2 は同一に構成され、互に対称的に配置されている。特に、光学表面の半径、光学表面の軸方向距離すなわち厚さ、及び対称関連レンズ及び対称関連凹面鏡の光学表面の直径が同一である。これにより、それぞれレンズ6 5 1、6 5 2 及び鏡6 2 1、6 2 2 を同一のブランク材料から同時に作製することができる。したがって、図1 7に例示的に示されている形式の構造では、第2 反射屈折対物レンズ部に使用される光学素子の材料及び製造のコストを大幅に削減することができる。

【0 1 1 7】

切頭鏡として構成される第1 凹面鏡及び第2 凹面鏡を有する投影レンズの反射屈折又はカトプトリック対物レンズ部用の光学素子の対応の製造方法では、最初に、鏡面の所望の凹形状が得られるように第1 及び第2 凹面鏡用の鏡ブランクを作製し、次に、形付けられた鏡ブランクを、第1 及び第2 凹面鏡として使用される2 つの切頭鏡に分離するようにして、第1 及び第2 鏡を作製する。鏡ブランクは、表面処理後に2 つに切断される単一部品でよい。鏡面を形作る前に、2 つの個別のブランク部品を、たとえばリングング又はセメント接着によって接合することも可能である。これにより、表面処理後の分離が容易になる。鏡基板のコーティングは、鏡基板部品の分離前に、又は後に行ってもよい。鏡関連レンズも同様に作製されるであろう。

【0 1 1 8】

図1 6 に示された実施形態とのさらなる違いは、レンズ6 5 1、6 5 2 の、それぞれの凹面鏡に近い表面の少なくとも一方が非球面形状であることにある。実施形態では、レンズ6 5 1、6 5 2 の各凹レンズ面が非球面である。本光学系の視野面である、それぞれの中間像に接近して配置された非球面は、物体結像の歪曲のような視野依存収差又はひとみ結像の球面収差に対して強い影響が及ぶように構成されることができる。一般的に、中間像と対応の凹面鏡との間で光学的に中間像に近づけて（中間像の上流側又は下流側に）少なくとも1 つのレンズを配置し、中間像と凸面鏡との間に配置されたレンズの少なくとも一方の表面を非球面にすることが有益であろう。特に、中間像に面するレンズ面が非球面であろう。

【0 1 1 9】

代替実施形態では、図1 6 及び図1 7の実施形態の切頭レンズである鏡関連レンズは、光軸を横切って延びる完全メニスカス形負レンズとして構成され、そのため、それらの透過は三回である。具体的に言うと、（第2 凹面鏡6 2 2 に対応する）レンズ6 5 2 が光軸6 0 5 を横切って延在し、それにより、物体面から進行する光が、第1 中間像6 0 3 を形成する前に、次に光軸の反対側で第1 及び第2 凹面鏡の間の光路中に、また第2 凹面鏡と像面との間の光路中にこのレンズを透過するようにしてもよい。同様に、第1 凹面鏡6 2 1 に対応するレンズ6 5 1 が光軸を横切って延在し、それにより、レンズは、第1 凹面鏡へ往復する光路中に二回、及び第2 中間像6 0 4 と像面との間の光路中に三回使用される。本実施形態では、中間像の上流側及び下流側で三回透過される2 つの非球面が設けられ、これにより、光学補正が容易になる。さらに、切頭レンズの取り付けと比べたとき、レンズの取り付けが改善される（図1 8 及び図1 9 を比較されたい）。

【0 1 2 0】

図1 8 には、三回透過するように使用される2 つのレンズを有する投影対物レンズ7 0 0 の概略図が示されている。図1 9 は、この形式の実施形態を示し、その規格値が表1 9 及び1 9 A に与えられている。図1 5 ～図1 7 に関連して詳細に記載した機構と同一又は同様である機構は、同様な参照番号にそれぞれ1 0 0 又は2 0 0 を加えて示されている。

【0 1 2 1】

反射屈折第2 対物レンズ部7 2 0 は、第1 中間像7 0 3 を第2 中間像7 0 4 に結像する働きをする。第1 鏡関連レンズ7 5 1 が、光学的に第1 中間像7 0 3 と第1 凹面鏡7 2 1 との間に配置されており、光軸7 0 5 の反対側では、第2 鏡関連レンズ7 5 2 が、光学的に第2 凹面鏡7 2 2 と第2 中間像7 0 4 との間に配置されている。両方の鏡関連レンズ7

5 1、7 5 2は、光軸を横切って、それぞれの凹面鏡7 2 1、7 2 2を通る光のビーム路内に延びている。具体的に言うと、第2鏡関連レンズ7 5 2は、物体面7 5 1と第1凹面鏡7 2 1との間のビーム路内に延びているのに対して、第1鏡関連レンズ7 5 1は、第2凹面鏡7 5 2と像面との間のビーム路内に延びている。したがって、鏡関連レンズ7 5 1、7 5 2の各々は光学的に三回使用され、それにより、レンズの光学効果が最大になることができ、同時に光学材料の使用量を最小にすることができる。さらに、切頭レンズの取り付けと比べたとき、レンズ7 5 1、7 5 2の取り付けが容易である。

【0 1 2 2】

3回透過型レンズ7 5 1、7 5 2は好ましくは、光軸の一方側に対応し、対応の凹面鏡へ往復する光路中に二回の透過が行われる第1レンズ区域と、光軸の他方側に対応して一回の透過が行われる第2区域とを有するマルチグレードレンズとして構成されることができ、第1レンズ区域及び第2レンズ区域が、レンズの少なくとも一方側に異なったレンズ面曲率を有し、それにより、マルチグレードレンズは、共通位置で作用するが相互に独立的に作用する1対のレンズを形成することができる。光軸の両側で異なった光学屈折力を与えるモノリシックマルチグレードレンズを単一のレンズブランクから作製することができ、従来通りに円形取り付け部で取り付けることができる。光軸の各側のレンズ区域は異なった非球面形状を有することができ、その場合、製造しやすくするために、非球面は好ましくは同一の球面ベースの形状に基づく。レンズ7 5 2の、第1中間像に最も近い部分、及びレンズ7 5 1の、第2中間像に最も近い部分の両方は、視野面に近い位置にあり、それにより、レンズ面は、特に非球面に形成されている場合、視野収差の補正に有効である。

【0 1 2 3】

図19に示されている実施形態では、両方の三回使用型レンズ7 5 1、7 5 2は、関連の凹面鏡と同様の湾曲方向を有するとともに弱い負の屈折力を有する負メニスカスレンズとして構成されている。他の実施形態では、レンズが光学屈折力をほとんど有していなくてもよい。いずれの場合も、光学補正を支援するために、少なくとも1つのレンズ面が非球面であろう。

【0 1 2 4】

すべての実施形態において、第1ジオプトリック対物レンズ部は、平坦な物体側視野から第1中間像を形成する働きをする。第1中間像の寸法及び軸方向位置は、第1中間像に関連した収差とともに、第1対物レンズ部の光学性質によって決まる。上記の実施形態の場合と同様に、第1対物レンズ部は、正の屈折力を有する第1レンズ群L G 1 1と、正の屈折力を有する第2レンズ群L G 1 2とに細分割され、光学系のひとみ面7 1 1は、レンズ群の間で結像の主光線7 0 8が光軸と交差する軸方向位置に配置する。結像処理に使用される開口数を決定する開口絞りをこのひとみ面の近傍に設けてもよい。しかしながら、図18及び図19に示されている実施形態では、開口絞りAが、第3ジオプトリック対物レンズ部内の、このひとみ面に対して光学的に共役のひとみ面の近傍に設けられている。ひとみ面7 1 1と第1中間像との間の第2レンズ群L G 1 2は、第1中間像のすぐ上流側に負メニスカスレンズ7 5 2を含む。

【0 1 2 5】

図19の実施形態では、第1レンズ群L G 1 1は、像側凹面及び弱い光学屈折力を有する正メニスカスレンズ7 8 1と、像側凹面及び弱い負屈折力を有する負メニスカスレンズ7 8 2と、物体側凹面を有する正メニスカスレンズ7 8 3と、両凸正レンズ7 8 4と、像側凹面を有する正メニスカスレンズ7 8 5と、ひとみ面7 1 1の直前に像側凹面を有する正メニスカスレンズ7 8 6とからなる。第2レンズ群L G 1 2は、物体に面する強い湾曲の凹面を有するメニスカス形レンズ7 8 7と、物体側凹面を有する正メニスカスレンズ7 8 8と、すぐ後の両凸正レンズ7 8 9と、鏡関連第2レンズの一体部分である負メニスカスレンズ7 5 2とを有する。ひとみ面にすぐ続き、ひとみ及び物体面に面する凹面を有するメニスカスレンズ7 8 7は、第1対物レンズ部内の球面収差、非点収差及び像湾曲を補正するのに特に有効である。光学補正は、第1レンズ群L G 1 1の発散ビーム部分内に配

置された負メニスカスレンズ 782 及び正メニスカスレンズ 783 によって形成される負一正二重レンズによっても積極的な影響を受ける。光学的に物体面に近い射出凹面を有する負メニスカスレンズは、主光線の高さが周縁光線の高さより高い領域内に配置され、それにより、歪曲などの視野収差を効果的に補正することができる。

【0126】

図 20 に示され、表 20 及び 20A に与えられる規格値を有する投影対物レンズ 800 の実施形態は、図 19 に示された実施形態の変更例として説明することができる。その実施形態と同様に、第 1 凹面鏡 821 の直前に負メニスカスレンズ 851 が配置されており、このレンズ 851 を光ビームが三回透過する。図 19 の実施形態とは異なって、レンズ 851 が、光ビームが三回透過する唯一のレンズである。第 2 凹面鏡 822 の直前には負屈折力又は正屈折力がまったくない。したがって、反射屈折対物レンズ部に必要な透明光学材料の量が、図 19 に示された実施形態の場合より少ない。第 1 対物レンズ部の倍率は $|\beta_1| = 1.9$ である。

【0127】

図 21 には、図 15 に関連して詳細に説明した原理に従って全体的に構成された投影対物レンズ 900 の別の実施形態が示されている。規格値が表 21 及び 21A に示されている。参照番号は同様であるが、400 を加えた番号である。特に、各凹面鏡 921、922 には、光学的にそれぞれの凹面鏡と凹面鏡の上流側又は下流側の中間像との間で凹面鏡の直前に負メニスカスレンズ 951、952 が割り当てられている。各負メニスカスレンズ 951、952 は、光軸の、対応の凹面鏡が位置する側だけに配置された切頭レンズとして構成されている。したがって、光は鏡関連レンズを二回透過する。第 1 対物レンズ部 910 を 2 つのレンズ群に細分割することができ、レンズ群 LG11 は物体面とひとみ面 911 との間に配置され、レンズ群 LG12 はひとみ面と第 1 中間像 903 との間に配置される。図 19 に示された実施形態の場合と同様に、第 1 レンズ群 LG11 は、負一正二重レンズ 982、983 を有し、負メニスカスレンズ 982 は物体面の近くに設けられ、像面に面する凹面射出側を有する。この負レンズに続く正屈折力は、2 つの正メニスカスレンズに分割され、その各々は物体に面する凹面側を有する。物体に面する強い湾曲の凹面入口側を有するメニスカスレンズ 987 が、ひとみ面 911 のすぐ下流側に配置されている。このレンズは、第 1 対物レンズ部内での球面収差、非点収差及び像湾曲を補正するのに光学的に有効である。

【0128】

第 3 対物レンズ部 930 は、第 2 中間像 904 と開口絞り A との間の第 1 レンズ群 LG31 と、開口絞り A と像面との間の第 2 レンズ群 LG32 とからなる。開口絞りは、第 3 対物レンズ部の最大ビーム直径の領域と像面との間に配置されている。開口絞り A にすぐ続く両凸正レンズ 996 は、入射側及び射出側の両方が非球面である両非球面レンズである。互いに近接し、像面のすぐ上流側の収束ビーム路内に配置された非球面は、収差補正に強い影響を及ぼす。特に、より高次の球面収差及びコマが積極的な影響を受ける。第 3 対物レンズ部内には 1 つの負レンズ 991 があるだけである。両凸負レンズ 991 は、第 3 対物レンズ部のビーム路内に浅いウェストを画定している。負レンズ 991 の下流側のすべてのレンズは正レンズである。第 3 対物レンズ部の漸増する大きいビーム直径の領域内に負レンズをなくすことにより、ビーム直径を小さく保つことができ、したがって、第 3 対物レンズ部のレンズに使用される光学材料の需要量が減少する。

【0129】

両方の凹面鏡 921、922 は球面鏡面を有し、したがって、製造が容易であるとともに、光学性能が向上する。D が第 3 対物レンズ部のレンズ素子の最大直径（単位 mm）であり、 c_1 及び c_2 が凹面鏡 921、922 の曲率（単位 mm^{-1} ）である場合、図 21 の実施形態によって、

$$1 < D / (|c_1| + |c_2|) \cdot 10^{-4} < 6$$

の条件が満たされる。曲率 c は、頂点での曲率半径の逆数である。この条件が満たされれば、第 3 対物レンズ部でのペッツバル補正と正屈折力との間に良好な釣り合いを得るこ

とができる。

【0130】

図22は、図4に示された実施形態のものと同様の全体構造を有する、すなわち2つの凹面鏡1021、1022からなり、屈折光学素子をまったく含まない第2対物レンズ部1020を有する投影対物レンズ1000の変更例を示す。同様な機構／機構群の参照番号は同様であるが、800を加えた番号である。規格値が表22及び22Aに示されている。第1中間像1003を生成するための第1ジオプトリック対物レンズ部1010は、物体面とひとみ面1011との間の第1レンズ群LG11と、ひとみ面と第1中間像との間の第2レンズ群LG12とに細分割されている。第1レンズ群LG11は、両凸正レンズ1081で始まり、その後に像側凹面を有する負メニスカスレンズ1082と両凸正レンズ1083とが続く。光ビームがわずかに発散する領域内に配置されている負メニスカスレンズ1082の凹面射出側に特に高い入射角が発生する。高い入射角は、強い補正影響を有する。レンズ1081、1082、1083によって与えられる正－負－正の順序が有効であることがわかっている。したがって、第1中間像を生成する第1対物レンズ部が、像に面する少なくとも1つの凹面を含み、それが好ましくは正－負－正レンズの順序で含まれる場合、好都合であろう。

【0131】

図23は、全体的に図4に関連して説明した原理に従って構成された投影対物レンズ1100の別の実施形態を示す。規格値が表23及び23Aに示されている。第2対物レンズ部1120は純粹反射型であり、したがって、透明光学材料はまったく必要ない。製造を容易にする機構に関する幾つかの態様を、本実施形態及び図24に関連させてここで説明する。しかしながら、それらは他の実施形態で実行されることもできる。両方の凹面鏡1121、1122は同様な表面を有し、これによって製造が容易になるとともに、光学性能が向上する。一般的に、凹面鏡の形状は一定の収差に強い影響を有する。特に、像湾曲（ペッツパール湾曲）は、鏡の頂点湾曲の影響を受ける。非球面鏡面を使用する場合、非球面の基本データが一定の視野依存収差を、特に凹面鏡でのビーム高さを y とするとき、 y^4 に比例するひとみの球面収差を定める。鏡面の形状に影響する両方の要素は光学構造に深く根付き、互いに依存している。特に、たとえば凹面鏡の強い湾曲は強い視野依存収差を誘発するので、非球面の形式に関する第2要素は第1要素（基本湾曲）によって強く影響される。

【0132】

凹面鏡の製造しやすさ及び光学性能間の良好な妥協に影響する一定の決定的な要素が認識されている。凹面鏡の製造から生じる1つの破壊的な要素は、凹面鏡面を作製するために工具を鏡基板の材料内へ押し込まなければならない深さである。この押し込み深さを図24では「 p_{max} 」で表す。鏡の縁部の最大サジッタ又は立ち上がり高さは、光軸と直交し、かつ凹面鏡の縁部に触れる平面と、それに平行であって凹面鏡の頂点に触れる平面との軸方向離隔距離として定義されるであろう。図24に概略的に示されているように、 p_{max} は、非球面鏡面の曲率半径 R と非球面鏡の直径 D とに依存する。（非球面形状の場合の）第1近似式で、 p_{max} は： $p_{max} = R - (R^2 - D^2 / 4)^{0.5}$ によって与えられる。光学効果に強い影響を与えることなく鏡の基本形状を変更することはできないので、製造しやすさに影響を与えるための自由パラメータとして鏡面の直径だけを使用することができる。製造を考えると、研磨の前に鏡基板の基本形状を定めるために必要な鏡基板の研削に特に取り組む。 $D \leq 1.3R$ の条件が満たされることが好ましく、また $D \leq 1.2R$ の条件が満たされ、それにより、 $p_{max} \leq 0.22R$ の条件も満たされることがより好ましいであろうことがわかった。2つの鏡の湾曲鏡面の頂点での曲率半径ができる限り似ている場合も、製造が容易になる。 R_1 が第1鏡の頂点曲率半径であり、 R_2 が第2鏡の頂点曲率半径である場合、 $0.8 < |R_1 / R_2| < 1.2$ の条件が満たされることが好ましい。図23に示されている実施形態で、この条件と、 $p_{max} \leq 0.22R$ 及び $D \leq 1.3R$ の2つの条件とが満たされる。曲率半径の関係に関する条件に加えて、これらの条件の一方が満たされれば、十分であろう。

【0133】

図23に示された実施形態では、鏡1121、1122の曲率がほとんど同一であり（曲率半径の差は1%未満）、非球面形状がほぼ同一である。鏡1121、1122が第2対物レンズ部の唯一の光学素子であり、したがって、この部分がカトプトリック部になる。第2対物レンズ部1120の光学素子の最大直径は、第3対物レンズ部内のレンズの最大直径より小さいか、それとほぼ同じである。これにより、ウェハステップ又はウェハスキャナへの軸方向対称投影対物レンズの実装が容易になる。開口絞りAが第3対物レンズ部内に設けられているが、第1対物レンズ部内でそのひとみ面1111の近傍に設けてもよい。

【0134】

図25には、投影対物レンズ1200の別の実施形態が示されている。図26は、第2中間像を像面1290上に約1:4の縮尺で結像するための純粹屈折対物レンズ部1230の物体である第2中間像1204と物体面1201との間の部分の詳細図を示す。

【0135】

物体面1201に配置された物体を像面1202上に縮小して結像するように構成された投影対物レンズ1200全体は、3つの対物レンズ部1210、1220、1230からなり、その各々は、対物レンズ部の上流側の視野面を対物レンズ部の下流側の視野面に結像するように構成されている。第1対物レンズ部1210は、4つの連続したレンズ1211、1212、1213及び1214からなり、それに続いて第1中間像1203のすぐ上流側に第1凹面鏡1221を有する。したがって、第1対物レンズ部は反射屈折型である。第2対物レンズ部1220も反射屈折型であって、第1中間像1203のすぐ下流側の第2凹面鏡1222と正レンズ1226、1227、1228、1229とを有し、これらはすべて第1中間像1203を第2中間像1204に再合焦するのに有効である。第3対物レンズ部1230は純粹に屈折型であり、光学系の自由にアクセス可能な開口絞りAを有する。

【0136】

上記実施形態と異なり、第1中間像1203だけが、凹面鏡1221、1222によって画定される鏡間空間内に位置し、第2中間像1204はこの鏡間空間の外に位置する。互いに向き合う2つの凹面鏡1221、1222によって形成される鏡群は、鏡群入口と鏡群出口とを有する。第2鏡1222の、光軸1205に面する縁部に幾何学的に隣接する位置にある鏡群入口で、物体側から進行してくる放射光が鏡間空間に入り、また、放射光は凹面鏡上で反射した後、第1鏡1221の、光軸に面する縁部に幾何学的に隣接する位置にある鏡群出口で鏡間空間から出る。投影対物レンズの第1ひとみ面PS1が鏡群入口の近傍に位置し、第2ひとみ面PS2が鏡群出口の近傍に位置することは、本実施形態の特徴的な機能である。反対にほとんどの他の実施形態、たとえば図1～図4及び図7～図14に示されているものでは、鏡群の入口及び鏡群の出口が光学的に中間像に近く、これらは投影レンズの視野面である。また、上記実施形態では、第1凹面鏡から反射した放射光は、第2凹面鏡に当たる前に光軸と交差し、これにより、光軸の両側の凹面鏡の反射面上に放射光のフットプリントが有効に残る。反対に図25及び図26に示された実施形態では、第1及び第2凹面鏡1221、1222が光軸の同一側に位置している。この違いにより、凹面鏡によって画定された空間内の光路は、上記実施形態で凹面鏡の頂点間の中程に配置された対称点に関してほとんど点対称的である一方、光路は、光軸に垂直で、図25及び図26の実施形態の凹面鏡の頂点間の中程に配置された鏡面に関してほとんど鏡像対称的である。

【0137】

物体面1201と像面1202との間の視野面の1つ、すなわち、第2中間像1204の視野面が、凹面鏡1221、1222によって画定される鏡間空間外に距離を置いて自由にアクセス可能に配置されているので、視野面に近いレンズの作用によって視野収差に影響を与えることが望まれる場合、図25、26に示された実施形態の原理にほぼ従って構成された実施形態が光学的に有利であろう。図25に示されているように、2つの視野

10

20

30

40

50

レンズ 1 2 2 9、1 2 3 5 は、第 2 中間像 1 2 0 4 の近くで、この中間像のすぐ上流側（1 2 2 9）及びすぐ下流側（1 2 3 5）に配置され、これにより、収差補正用の視野レンズ群を形成している。

【0 1 3 8】

第 1 及び第 2 対物レンズ部 1 2 1 0、1 2 2 0 は、凹面鏡 1 2 2 1、1 2 2 2 によって幾何学的に画定された鏡群からこの鏡群の後方に距離を置いて中間像 1 2 0 4 を形成するのに有効である。鏡群の出口の近傍にひとみ面 P S 2 が配置されているので、組み合わされてフーリエ変換レンズ群として作用するレンズ群 1 2 2 6～1 2 2 8 を使用して、中間像 1 2 0 4 を位置付け、かつその特性を定めることができ、中間像 1 2 0 4 は次に、第 3 対物レンズ部 1 2 3 0 によって像面 1 2 0 2 上に再結像される。これらの性質は、第 1 及び第 2 対物レンズ部 1 2 1 0、1 2 2 0 によって形成されるサブ光学系を、前方及び下流の光学系の光路を連結するリレー系として有用にする。鏡群の凹面鏡 1 2 2 1、1 2 2 2 の作用により、このリレー系は像湾曲に強い影響を有し、鏡群の上流側及び下流側の正レンズの逆の影響を少なくとも部分的に補償するように構成されることができる。

【0 1 3 9】

図 2 7 は、図 4 に示された実施形態のものと同様の全体構造を有する、すなわち 2 つの凹面鏡 1 3 2 1、1 3 2 2 からなり、屈折光学素子をまったく含まない第 2 反射対物レンズ部 1 3 2 0 を有する投影対物レンズ 1 3 0 0 の変更例を示す。同様な機構／機構群の参照番号は図 4 と同様であるが、1 1 0 0 を加えた番号である。規格値が表 2 7 及び 2 7 A に示されている。

【0 1 4 0】

第 1 中間像 1 3 0 3 を生成するための第 1 ジオプトリック対物レンズ部 1 3 1 0 は、物体面 1 3 0 1 にすぐ続いて第 1 レンズ素子 1 3 1 2 を有し、この第 1 レンズ素子の入射面は非球面であって物体面の方に凸状であり、第 1 対物レンズ部内の、それぞれ正屈折力を有するレンズ群の間に開口絞り A が設けられている。カトプトリック第 2 対物レンズ部 1 3 2 0 の凹面鏡 1 3 2 1、1 3 2 2 はそれぞれ非球面鏡面を有する。鏡 1 3 2 1、1 3 2 2 の非球面鏡面が同一の非球面形状を有することが、この構造の特徴的特性である。これにより、製造工程中に両凹面鏡の非球面形状を測定するためにまったく同一の光学検査装置を使用することができる。表 2 7、2 7 A からわかるように、（鏡面の基本形状を示す）凹面鏡の半径と（表面 2 5、2 6 の基本形状からの非球面ずれを示す）非球面定数とが同一である。他の実施形態では、2 つの凹面鏡間で基本形状及び非球面定数がわずかに異なってもよい。この場合も、鏡面が同様な形状であり、それにより、同一の測定光学素子を両鏡面の検査に使用することができれば、製造工程のコストに関する大幅な改善を得ることができる。

【0 1 4 1】

レンズ部分が図 2 8 に示されている投影対物レンズ 1 4 0 0 は、図 4 に示された実施形態のものと同様の全体構造を有する。したがって、同様な機構／機構群の参照番号は同様であるが、1 2 0 0 を加えた番号である。規格値が表 2 8 及び 2 8 A に示されている。

【0 1 4 2】

開口絞り A を有する第 1 ジオプトリック対物レンズ部 1 4 1 0 が、第 1 中間像 1 4 0 3 を形成するように構成されている。第 2 カトプトリック（純粹反射）対物レンズ部 1 4 2 0 は、第 1 凹面鏡 1 4 2 1 及び第 2 凹面鏡 1 4 2 2 からなり、これらは組み合わせられて、第 1 中間像 1 4 0 3 から第 2 中間像 1 4 0 4 を生成する。ジオプトリック第 3 対物レンズ部 1 4 3 0 は、第 2 中間像 1 4 0 4 を像面 1 4 0 2 上に結像するように構成されており、それにより、作動中に浸漬流体 I（水）の薄い層が放射光によって移動する。構造を最適化するとき、鏡製造中の非球面鏡面の光学検査を容易にするように特に注意が払われた。この目的のために、第 1 凹面鏡 1 4 2 1 の鏡面は放物形状を有する（表 2 8 A の表面 2 3 を比較されたい）。

【0 1 4 3】

なぜ鏡面の放物形状が検査を容易にするかを理解しやすくするために、以下の考察を行

う。一般的な場合、非球面鏡面の光学検査には、鏡面の所望非球面形状に適合させた歪曲波面を有する検査放射光を発生し、それにより、非球面に対する検査波の局部入射角が、非球面の各位置について直角であるように構成された個別適応型光学検査系を使用する必要がある。この目的には、歪曲波面を成形するために、無収差光学系又は補償光学系（K光学系）を使用する光学検査装置又は計算機プログラム（C G H）又はそれらの組み合わせが一般的に用いられる。各非球面形状用に個別に設計された検査光学素子を構成することは高価であり、代替方法が望まれる。

【0144】

反対に、放物形状を有する非球面鏡は簡単な検査装置で検査することができる。さらに説明するために、純粋円錐形の回転対称表面形状を、

【数5】

$$p = \frac{ch^2}{1 + \sqrt{1 - c(k+1)h^2}}$$

【0145】

の方程式によって説明できると考える。但し、 p は表面点の軸方向座標、 k は円錐定数、 c は表面の（光軸が鏡面と交差する）頂点での曲率（すなわち半径 r の逆数（ $1/r$ ））、 h は（光軸に対して垂直に測定した）高さである。この方程式を使用して、円錐定数 k の値によって異なった円錐形回転対称表面形状を生成することができる。たとえば、球面形状は $k=0$ に対応し、 $k=-1$ の値は放物線を示し、 $k<-1$ の値は双曲線を示し、 $-1<k<0$ の値は楕円形を示す。これらの形状のすべてでは、（表面の形状に応じて）特定位置に配置された物点が収差を伴わないで結像される（無収差結像）ことが一般的である。したがって、少なくとも1つの非球面円錐鏡が本発明の実施形態に、又は凹面鏡を有する他の投影対物レンズに有用であろう。鏡検査の要件を考慮すると、球面収差を伴わないで結像される物点は無限遠に位置するので、放物形状（ $k=-1$ ）が特に有用である。言い換えると、検査ビームからの光、すなわち放物面に光軸に平行に当たる平行光は、放物面鏡によって単一の焦点に合焦するであろう。検査波のビーム束を発散又は収束させるための特別な装置がまったく必要ないので、これは有利である。検査波は平面波面を有する。

【0146】

可能な検査装置が図29に概略的に示されている。この場合、放物面鏡面1421が、この鏡面によって定められる光軸OAと共に示されている。検査装置は、光軸OAに平行かつ放物面鏡面に入射する平行検査光ビームを発生するように構成された検査光学系1460を有する。検査装置はさらに、放物面鏡1421の所望形状に関連させて、放物面鏡の焦点と一致する曲率中心1490を有するような形状及び配置にした球面鏡1470を有する。この装置では、光学素子1460によって与えられた平面波面を有し、かつ放物面鏡面1421に入射する検査波1495は最初、球面鏡1470に当たる前に放物面鏡によって放物面鏡の焦点1490に収束される。球面鏡1470は、検査波を反射し、同一経路に沿って検査光学素子1460に戻す。平面基準波と放物面鏡から反射して戻る波との間の経路長さのずれを使用して、放物面鏡の放物形状を特徴付けることができる。

【0147】

投影対物レンズ1400は、物体側及び像側でテレセントリックである。物体側のテレセントリック性に資する1つの特性は、物体面にすぐ続く第1レンズ素子（正メニスカス1412）の入射側の特別な凸形状である。物体側の最初の2つのレンズの非球面が、テレセントリック性に資する。テレセントリックビームには、物体及び像側での視野区域誤差がほとんどない、すなわち、物体側及び像側視野全体でのテレセントリック性にばらつきがほとんどない。

【0148】

図30～図32には、カトプトリック第2対物レンズ部を有する図4に示されたものと同様の全体構造を有する投影対物レンズの3つのさらなる実施形態1500、1600及

10

20

30

40

50

び1700が示されている。同様な機構／機構群の参照番号は同様であるが、それぞれ1300、1400、1500を加えた番号である。規格値が表30、30A、31、31A及び32、32Aに示されている。これらの実施形態を構成するとき、物体側視野を第1中間像に結像するためのリレー系として働く第1ジオプトリック対物レンズ部1510、1610、1710に必要な材料使用量及び設置空間の最適化を特に重要視した。

【0149】

図30、図31及び図32のすべての実施形態に共通の特性として、第1対物レンズ部は6つのレンズ素子、すなわち屈折力が相対的に強い透明光学素子だけを有する。正レンズだけを使用し、それにより、最大直径が比較的小さく軸方向に短い対物レンズ部内に強い集束力を有する第1対物レンズ部が生じる。すべての実施形態において、平行平面プレート1519、1619、1719が、投影対物レンズのそれぞれの第1ひとみ面1511、1611、1711にすぐ続いて配置されている。ひとみ面の近くに少なくとも1つのほぼ平行平面のプレートを置くことの1つの利点は、そのようなプレートを非球面化して、製造によって発生した収差又は他の効果を補正することができる（補正非球面）ことである。そのようなプレートは交換可能である。図30の実施形態では、開口絞りAが、第1対物レンズ部1510内の、平行プレート1519の直前のひとみ位置に設けられている。図31及び図32の実施形態では、開口絞りが、第3対物レンズ部内の、それぞれ第3ひとみ面1631、1731の位置で最大ビーム直径の領域に設けられている。上記のすべての実施形態は、像側ひとみ面と像面との間に正レンズだけを有し、図30の実施形態は、像側ひとみ面と像面との間に5つのそのような正レンズを有し、その他の実施形態（図31、図32）は4つの正レンズだけを有する。

【0150】

図30～図32の実施形態の第1対物レンズ部の比較図から、非球面の使用と物体面にすぐ続く第1レンズ素子の入射面の曲率との間の一定の関係が明らかになる。図30の実施形態では、第1レンズ素子1512が、物体面に面する非球面入射面を有する両凸正レンズであり、この入射面はわずかに湾曲しているだけであって、曲率半径が300mmを超える。（点線で示された）6つの非球面が使用されている。第1中間像1503の領域内で交差する光線から明らかのように、コマが、第1中間像1503内の1つの顕著な結像誤差である。この誤差は、第1中間像の下流側の光学表面の構造によって補償される。反対に、図31に示された実施形態では、第1レンズ素子（正メニスカス1612）の非球面入射面が、曲率半径が300mm未満（この場合、 $R = 154\text{mm}$ ）の比較的強い凸湾曲を有する。第1対物レンズ部1610には4つの非球面が用いられているだけである。第1中間像1603にコマがほとんどないように、非球面を湾曲入射面の光学効果に適応させる。これは、少数の非球面で高品質の第1中間像を得るのに、入射側の強い凸湾曲が有効である傾向を示す。図32に示されている実施形態の第1対物レンズ部1710では、中程度の数の5つの非球面が、中程度の曲率（曲率半径 $> 300\text{mm}$ ）を有する第1素子（両凸レンズ1712）の入射面と組み合わせて使用されている。湾曲がない（平坦面）、又は弱い湾曲（たとえば曲率半径 $> 500\text{mm}$ 以上の値）の投影対物レンズの入射面を設けると、対物レンズが周囲圧力の圧力変動に対して比較的鈍感になる。すべての3つの実施形態の第1対物レンズ部において、非球面の数が正レンズの数に等しいか、それより少ないので、正レンズ素子だけが使用されているときで、屈折力を有するレンズの数と非球面の数との比が1.6未満である場合、コンパクトな構造を得ることができることがわかる。

【0151】

図30～図32の実施形態は、すべての対物レンズ部に共通の直線状の光軸及びカトリック第2対物レンズ部を有する好適な構造の枠組み内で、第3対物レンズ部の軸方向長さより相対的に短い軸方向長さを有する対物レンズの入射側（第1対物レンズ部）にリレー系を構成することが可能であることを示す。（物体面と第1中間像との間を測定した）軸方向長さは、（第2中間像と像面との間を測定した）第3対物レンズ部の軸方向長さの90%未満、又は80%未満でよい。このことは、屈折対物レンズ部間の第2（カトリック

リック又は反射屈折) 対物レンズ部のさまざまな異なった位置でこの構造を使用することができるとを表す。

【0152】

図30～図32の実施形態では、像面に最も近い平凸レンズ、すなわち対物レンズの最後のレンズがフッ化カルシウムで作製されている。この材料は、放射光誘発型密度変化(特に圧密化)に対する感度が低いので、最後のレンズが溶融石英からなる対物レンズと比較したとき、対物レンズの有効寿命が長くなるであろう。しかしながら、水性浸漬液で作動するように構成されている液浸対物レンズでは、フッ化カルシウムは水に溶解可能であるので、フッ化カルシウム製の最後のレンズ素子は問題になる。したがって、光学系の寿命が短くなるであろう。したがって、最後のレンズ素子を攻撃性の浸漬液によって生じる劣化から保護する保護層が有用であろう。適当な保護層が、たとえば本出願人によって2003年12月19日出願された米国特許仮出願第60/530,623号に記載されており、その開示内容は参照によって本明細書に援用される。図30～図32の実施形態では、厚さが0.3mmである溶融石英の薄い平行平面プレートをリングングによって平凸フッ化カルシウムレンズの平面的な射出面に付着させている。投影対物レンズの射出面を提供する平面的な平行石英ガラスプレートは、所望ならば交換することができる。高い放射光負荷によって溶融石英材料が損傷した場合、及び/又は溶融石英保護プレートの汚染及び/又は引っ掻き傷が発生した場合、交換が望まれるであろう。

【0153】

一例として図32の実施形態を使用して、本発明による投影対物レンズのさらなる特徴的特性を説明する。この目的のために、理解しやすいように、(光軸AXから最も遠くに離れた)最外側視野点から光軸にほぼ平行に進行し、それぞれ結像対物レンズ部1710、1720、1730の1つの内部にある3つの連続したひとみ面位置P1、P2、P3で光軸と交差する主光線CRを太線で描いている。主光線に沿った各位置で光軸AXと主光線CRとがなす角度を以下では「主光線角度」と呼ぶ。第1中間像1703の位置で主光線CRは発散する(主光線の高さが光伝播方向に増加する)。第1中間像の後に主光線の高さが増加することは、第1中間像1703の下流側の第1対物レンズ部1710の負の主光線交差長さに対応する。ここで、「主光線交差長さ」は、中間像の位置と、中間像での主光線CRに対する接平面の交点との間の軸方向長さであると定義される。交点は、第1対物レンズ部1710内の第1中間像の物体側に位置する。第1中間像に対する負の主光線交差長さは、第1対物レンズ部の負の(虚)射出ひとみに対応する。反対に、収束主光線が第2中間像1704の位置に存在し、第2中間像の下流側の正の主光線交差長さに対応し、この交差長さは第2中間像の下流側に存在する実射出ひとみに対応する。したがって、第2中間像1704に対する第2対物レンズ部1720の実射出ひとみは、第3対物レンズ部1730(実射出ひとみ)の外で像面を越えた位置にある。第1対物レンズ部1710の虚射出ひとみは、第2対物レンズ部1720の実入射ひとみと一致する。これらの条件が与えられたとすると、少なくとも2つの中間像を有する投影対物レンズが提供され、1つの結像対物レンズ部(この場合、屈折第1対物レンズ部と屈折第3対物レンズ部との間に配置された反射屈折又はカトプトリック第2対物レンズ部)が、第1及び第2中間像間で実像形成を行い、さらに、実入射ひとみが実射出ひとみに結像される。屈折第1対物レンズ部内にアクセス可能なひとみ面P1が存在し、別のアクセス可能なひとみ面P3が第3対物レンズ部内に存在するので、この形式の投影対物レンズは、結像プロセスで使用される開口数を効果的に定めるように開口絞りを置く2つの可能な位置を有する。ここで、「アクセス可能」という表現は、対物レンズ部の、投影対物レンズ内を進む光が一回だけ透過する部分内の可能な開口絞り位置を意味する。

【0154】

さらに、本明細書で論じる好適な実施形態による投影対物レンズは、物体面と像面との間に3つの実ひとみ面P1、P2、P3を有し、これらのひとみ面の1つの最大主光線角度は、物体側開口数より小さく、また(1)3つのひとみ面のうちの2つの最大周縁光線高さが、第3ひとみ面(この場合は第3ひとみ面P3)の最大周縁光線高さのせいぜい5

0 %であること、(2) ひとみ面のうちの2つの最大主光線角度が、第3ひとみ面での最大主光線角度の少なくとも2倍であること、及び(3) ひとみ面のうちの2つの最大主光線角度が、物体側開口数の少なくとも2倍であることの条件の少なくとも1つが満たされる。

【0155】

次に、使用される非球面の製造及び検査の態様に関して最適化された多数の実施形態を示す。レンズの非球面の作製中に生じる問題の1つを示すために、図33(a)及び図33(b)は各々、非球面入射面ASを有する薄い正レンズLを有する従来型対物レンズを通る経線方向のレンズ断面の拡大部分図を示す。図33(a)には、非球面レンズLの光学作用を示すために、透過ビーム束の周縁に沿って進む特性光線R1と、光学系の光軸の近くを進む特性ビームR2が示されている。従来型光学系CONVでは、非球面ASが、光軸の近くを進む光線に対して正レンズとして、また光ビームの周縁の近くの光線(光線R1)に対して負レンズとして作用するように構成されている。経線方向の屈折力のこの変化を得るために、非球面は、光軸の周囲の部分には正の曲率($C > 0$)を、光線R1が通過する周縁領域には負の曲率($C < 0$)を有する。局部曲率 $C = 0$ で特徴付けられる変曲点IPが、(光軸の周囲の)凸部分と(周縁部の)凹部分との間に位置付けられている。このように得られる湾曲方向の局部変化は光学的観点から望ましいであろうが、表面仕上げを考えると、効率的な表面研磨を行うために妥当な直径を有する(図33(b)に工具Tとして概略的に示されている)仕上げ工具は、変曲点の周囲の領域内で相当に不均一な効果を有するであろうから、変曲点はクリティカルである。したがって、変曲点を有する非球面の十分な光学品質を得ることが困難である。

【0156】

非球面が変曲点を有していない場合、これらの問題を回避することができる。図34に示されている投影対物レンズ1800(規格値が表34及び34Aに与えられている)は、非球面のいずれも変曲点を有しないように構成されている。

【0157】

本発明者が製造の観点からクリティカルであると認識した非球面の別の特徴を、図35に関連させて説明する。本発明者は、光軸の外での非球面の表面形状上の極限点(最小値又は最大値)が排除される場合、又はそれが不可能であれば、極限点が、ほぼ平坦な基本形状を有する非球面上だけで使用される場合、非球面の高い光学品質を得ることができることがわかった。図35において、2つの非球面AS1及びAS2の表面形状が関数 $p(h)$ によって概略的に示されており、但し、 p は光軸に平行に(z 方向に)測定され、 h は表面点の高さであって、この高さは、表面点と光軸との間の半径方向距離に対応する。ここで使用するパラメータ p は、光軸に直交し、かつ対応の表面点と交差する平面と、それに平行であって光軸上の光学素子の頂点Vに触れる平面との軸方向離隔距離を表す。

【0158】

これに関連して、非球面上の極限点は、(表面の傾斜を特徴付ける)一次導関数が、

【数6】

$$\frac{dp}{dh} = 0$$

【0159】

によって与えられ、二次導関数が、

【数7】

$$\frac{d^2p}{dh^2} \neq 0$$

【0160】

によって与えられることによって特徴付けられる(ここで、二次導関数は表面湾曲を示す)。したがって、図35の第1非球面AS1は、二次導関数の符号が逆である第1極限点

EX 1 1 及び第 2 極限点 EX 1 2 を有する一方、第 2 非球面 AS 2 は 1 つの極限点 EX 2 1 だけを有する。ここで使用する定義では、光学表面の頂点 V ($h = 0$) は、常にここで考慮する回転対称型非球面の極限点であるので、頂点 V を考慮から外す。

【0161】

図 3 5 には、光軸 ($h = 0$) と、工具で、たとえば研磨によって仕上げを行う表面部分の外周部との間の表面形状を概略的に示す。この仕上げ部分は、最大高さ h_{max} によって特徴付けられる。作動で光学的に使用される最大部分は一般的により小さく、そのため、光学的に使用される半径は、最大値 $h_{opt} < h_{max}$ によって特徴付けられる。光学的に使用される部分外で、その部分の縁部と光学部材の縁部との間の部分をオーバーラン領域 OR とする。この部分は通常、光学素子の取り付けに使用される。しかしながら、製造中、オーバーラン領域は、最適表面形状に関連した考察に含まれなければならない。

【0162】

以下に、最適表面品質が望まれる場合、非球面上の極限点がクリティカルである理由を説明する。このために、妥当な大きさの直径を有する回転研磨工具 T が、第 1 極限点 EX 1 1 の領域内で動作している。極限点 EX 1 1 の周囲の「谷」と工具 T との間の相対寸法により、ほとんどの時間で工具がクリティカルな底領域を「跨ぐ」ので、凹状の谷の底部の部分が十分に研磨されないであろう。したがって、極限点領域内の表面品質は、クリティカルな極限点から遠く離れた領域の表面品質と異なるであろう。他方、極限点が非球面上の凸状「山」に対応する場合、この部分は周囲の部分より強く研磨され、それによっても極限点領域内で表面品質のむらが生じるであろう。非球面が極限点を有しない場合（頂点で必要な極限点を除く）、これらの問題を回避することができる。光学的に使用される部分の周辺領域を処理する時、工具 T は一般的に、(h_{opt} で) 光学的に使用される最大部分を越えて延在するので、縁部領域 OR 内でも極限点が排除されることが望ましい。

【0163】

他方、経線方向に非球面の屈折力の一定変化を得るためには、極限点を有する非球面が望ましいであろう。本発明者は、ほぼ平坦な基本形状を有する光学表面上に極限点が存在する場合、製造の観点から極限点を容認することができることを発見した。たとえば、平凸又は平凹レンズの平面側、又は平行平面プレートの表面上に非球面を形成することができる。好ましくは、極限点を有するそのような表面の最大 z 変化量 (p_{max}) の絶対値が 0.5 mm を超えてはならず、より好ましくは、 0.25 mm 未満でなければならない。したがって、光学表面品質に大したムラを伴うことなく、非球面上の極限点の光学利点を得ることができる。

【0164】

図 3 6 には、すべての非球面が、光軸から外れた極限点を有していない投影対物レンズ 1 9 0 0 の実施形態を示す。規格値が表 3 6 及び 3 6 A に示されている。極限点を有する非球面が望まれる場合、これは、一般的に $|r| > 2000\text{ mm}$ の長い半径を有するほぼ平坦な基本形状を有する光学表面上に形成されるべきである。

【0165】

図 3 7 及び図 3 8 は、図 4 に与えられた全体構造に従って構成された、すなわちそれぞれカットプリック（純粋反射）第 2 対物レンズ部 2 0 2 0、2 1 2 0 を有する投影対物レンズ 2 0 0 0、2 1 0 0 の実施形態を示す。同様な機構／機構群の参照番号は同様であるが、それぞれ 1 8 0 0、1 9 0 0 を加えた番号である。規格値が表 3 7、3 7 A 及び 3 8、3 8 A に示されている。これらの実施形態を設計するとき、非球面などの補正手段をわずかにし、かつ中程度の数のレンズ素子を有する釣り合った構造に特に重点を置いた。さらに、投影対物レンズの異なった部分間での屈折力の釣り合った分布が、光学系全体での調和的ビーム偏向に資する。調和的な全体構造により、単一レンズ素子又はレンズ群の調節不良に対する構造の感度が低くなり、また、たとえば単一レンズ又はレンズ群を軸方向に、光軸に対して垂直に移動させ、かつ／又は傾動させることにより、光学系の性能に動的な影響を与えるマニピュレータの組み込みが容易になる。

【0166】

図 37 の実施形態では、10 個の非球面が使用されているだけであり、これらは、上記考察に従って、比較的高コスト効率で製造かつ検査されることができる。最後の光学素子（像面 2002 の直前の平凸レンズ 2050）は溶融石英で作製され、光学的に使用される部分の縁部の厚さが約 23 mm である。全体的な波面誤差は $1.6\text{ m}\lambda$ まで減少する。すべてのレンズが溶融石英で作製され、すべてのレンズを作製するためには約 60 kg の溶融石英のブランク材料が必要である。それに対して、図 38 の実施形態の最後の素子を形成する平凸レンズ 2150 はフッ化カルシウムで作製され、これは、放射光誘発密度変化（圧密化及び希薄化）の傾向が低い。中程度の労力で作製することができる 12 個の非球面を使用することにより、 $2.1\text{ m}\lambda$ の波面誤差で特徴付けられる性能を得ることができる。本実施形態では、全体的なブランク質量で、約 63 kg の溶融石英及び 1.5 kg のフッ化カルシウムが使用される。

10

【0167】

図 39 及び図 40 には、とりわけ、物体側視野を第 1 中間像に結像する第 1 対物レンズ部が、1 つの凹面鏡と湾曲鏡面を有する 1 つの追加鏡とを有する反射屈折対物レンズ部であって、凹面鏡及び追加鏡の湾曲鏡面は互いに向き合い、それにより、第 1 対物レンズ部が、すべての対物レンズ部に共通の単一の直線状の光軸を有する好適な実施形態の投影対物レンズ内のリレー系として働くことができる。

【0168】

図 39 に示された投影対物レンズ 2200 の規格値が、表 39 及び 39A（非球面定数）に与えられている。本光学系は、浸漬流体として水（ $n = 1.436677$ ）を使用するように 193 nm 用に設計されている。最後の像側光学素子（フッ化カルシウム製の平凸レンズ 2260）を除いたすべてのレンズが溶融石英で作製されている。光軸から 21.8 mm 外して配置された 26 mm・5.5 mm の像側視野寸法で像側開口数 $NA = 1.2$ が得られる。トラック長（物体像距離）は 1125 mm である。

20

【0169】

第 1 反射屈折対物レンズ部 2210 が、第 1 中間像 2203 を生成するように構成されている。第 1 中間像から第 2 中間像 2204 を生成するように構成された第 2 反射屈折対物レンズ部 2220 は、互いに向き合って鏡間空間を画定する凹面鏡面を有する第 1 凹面鏡 2221 及び第 2 凹面鏡 2222 と、第 1 中間像のすぐ下流側の非球面入射凹面を有する正のメニスカスレンズ 2229 とを含む。ジオプトリック第 3 対物レンズ部 2230 が、第 2 中間像を像面 2202 上に結像するように構成されており、放射光によって水（浸漬流体 I）の薄い層が移動する。第 3 対物レンズ部内に開口絞り A が位置付けられている。

30

【0170】

第 1 対物レンズ部 2210 は、物体側視野から光学順に、強い非球面の入射面及び非球面射出面を有する両凸正レンズ 2211 と、非球面入射凹面及び球面射出面を有する正のメニスカスレンズ 2212 と、物体側凹面鏡面を有し、光軸に対して偏心配置されているが、光軸 2205 と交差する凹面鏡 2213 とを含む。凹面鏡から反射して戻された放射光は、物体側視野及び凹面鏡 2213 間を通る放射光と比べて、逆方向に、かつほとんど光軸の反対側で正メニスカス 2212 へ進む。凸鏡面を有する追加鏡 2214 が、凸面鏡 2211 の像側表面上の軸外ミラーコーティングによって設けられている。放射光は、第 1 中間像を形成する前に、正のメニスカス 2212 を三回透過する。したがって、レンズ 2212 は、側方に外れたレンズ領域で三回使用される。

40

【0171】

凹面鏡 2213 は光学的にひとみ面の近くに位置付けられているが、凸面鏡 2214 は光学的に中間像 2203 の近くに配置されている。したがって、視野収差及びひとみ収差は、凹面及び凸面鏡 2213、2214 の一致した形状を選択することにより、個別に補正されることができる。これにより、第 1 中間像 2203 の補正状態を調節し、それにより、第 1 中間像の下流側に続く、反射屈折第 2 対物レンズ部 2220 を含む 2 つの対物レンズ部によって残留結像誤差を補正することができる。

50

【0172】

第1対物レンズ部は、大きい倍率 $|\beta_1| > 1$ を有する拡大系として構成されている。第1中間像2203は、第2対物レンズ部の凹面鏡2221及び2222間に画定された鏡間空間の外で、凹面鏡2213の最も近い縁部に幾何学的に近接した位置にあり、それにより、第1中間像と第1凹面鏡2221との間の光路長が比較的長くなる一方、第2凹面鏡2222と第2中間像2204との間の光路長が比較的短くなる。したがって、第2対物レンズ部の凹面鏡の寸法は大きく異なり、第1凹面鏡の光学的使用部分は、第2凹面鏡上の対応部分の約2倍の大きさである。両方の凹面鏡2221及び2222が光軸から外れた位置にあり、それにより、光軸は光学的に使用される鏡面と交差しない。凹面鏡は、中心光線及び周縁光線の光線高さ間の比に関して異なった位置にあるので、異なった結像誤差に対する凹面鏡の補正効果を2つの反射屈折対物レンズ部2210及び2220間で分散させることができる。

10

【0173】

図40に示された投影対物レンズ2300は、光学系の設計波長 λ (193nm)又はその何分の一(たとえば、 $\lambda/2$ 又は $\lambda/4$ 以下)の程度の有限像側作動距離を有する「固体浸漬レンズ」として構成されている。結像用に、最後のレンズの射出面から出る消散型視野を使用することができる。本光学系は、光学的近視野リソグラフィに適する。本出願人によって2003年7月9日に出願されたドイツ特許出願第10332112.8号を参照することができ、これには光学近視野リソグラフィ用の好適な条件が明記されている。この場合、像側開口数 $NA > 1$ を得るために浸漬流体が必要ない。実施形態では、像側視野寸法22mm・4.5mm用に $NA = 1.05$ であり、像側視野は軸から39mm外して配置される。全体の縮小率は1:4であり、トラック長は1294.4mmである。この構造では、最後の像側平凸レンズ2360を含めたすべてのレンズが溶融石英で作製されている。規格値が表40及び40A(非球面定数)に示されている。

20

【0174】

物体側視野から第1中間像2303を拡大倍率で生成するように構成された第1反射屈折対物レンズ部2310は、光路に沿った順に、非球面入射面及び球面射出面を有する両凸正レンズ2311と、物体側鏡面を有する凹面鏡2312と、凹面鏡に面して、レンズ2311の像側レンズ面の上層部分上のミラーコーティングによって形成されてわずかに湾曲した凸鏡面を有する凸面鏡2313と、凹面入射側を有する両球面正メニスカスレンズ2314と、第1中間像2303のすぐ近傍に位置付けられた強い非球面の射出面を有する両凸正レンズ2315とを含む。

30

【0175】

第2反射屈折対物レンズ部2320は、第1中間像2303を受け取って、第2対物レンズ部の第1凹面鏡2321及び第2凹面鏡2322によって画定された鏡間空間内に幾何学的に位置する第2中間像2304を形成する。第2対物レンズ部はさらに、それぞれ対応の凹面鏡2321及び2322の鏡面のすぐ前方に位置付けられた負メニスカスレンズ2325、2326を含む。これにより、長手方向色収差(CHL)に対する強い補正効果を得ることができる。物体側非球面及び像側球面を有する両凸正レンズ2328が、第1及び第2凹面鏡2321、2322間において投影対物レンズの直径全体にわたって広がって、放射光がそれを三回透過する、すなわち、1回目は第1中間像と第1凹面鏡との間、2回目は第1及び第2凹面鏡2321、2322の間、3回目は第2凹面鏡2322と第2中間像2304との間である。

40

【0176】

本実施形態では、3つの凹面鏡2312、2321、2322はすべて、投影対物レンズのひとみ面から光学的に離れた位置にある。また、ほぼ平坦な凸面鏡2313は、明らかに第1ひとみ面P1の外に位置する。本構造は、第1及び第2対物レンズ部間の反射屈折対物レンズ部の補正効果を分散させることができる。

【0177】

本発明は、投影露光装置内への実際の実装の多くの点で、従来の屈折投影対物レンズに

50

似た性質を有する反射屈折投影対物レンズを製造することができ、それにより、屈折系及び反射屈折系間の切り換えが非常に容易である。第1に、本発明は、単一の直線状の（折り曲げられていない）光軸を有する反射屈折投影対物レンズを構築することができる。さらに、光軸の一方側に配置された物体側視野を、光軸の反対側に配置された像側視野に結像することができる、すなわち、「負の倍率」で結像が行われる。第3に、対物レンズは等方性倍率を有するように構成されることができる。ここで、「等方性倍率」という表現は、「像反転」がない、すなわち物体側視野と像側視野との間にキラリティの変化がない像形成を意味する。言い換えると、右側座標系に描かれたレチクル上の特徴が、像でも同様に右側座標系に描かれることができる。光軸に対して垂直なx及びyの両方向で、負の等方性倍率が存在する。これにより、屈折投影対物レンズでの結像にも使用された同一形式のレチクルを使用することができる。これらの特徴により、たとえばレチクル及びウェハステージでの大幅な再構成が必要ないので、本発明による反射屈折投影対物レンズの、屈折投影対物レンズ用に構成された従来型露光装置内への実装が容易になる。また、屈折投影対物レンズで使用されるように構成されたレチクルを、原則的には本発明による反射屈折投影対物レンズに使用することもできる。このようにして、エンドユーザでの相当なコスト節約を得ることができる。

【0178】

前述したように、本発明は、高い開口数の反射屈折投影対物レンズの構築を可能にし、特に開口数 $NA > 1$ での液浸リソグラフィを可能にし、これは比較的少量の光学材料で構成されることができる。材料の使用量を少なくすることができるのは、特にコンパクトな投影対物レンズを製造することができることを説明する以下の考慮パラメータで表される。

【0179】

一般的に、像側開口数 NA が増加するのに伴って、投影対物レンズの寸法が劇的に増加する傾向がある。最大レンズ直径 D_{max} は、 $k > 1$ として $D_{max} \sim NA^k$ に従った NA の増加に伴って直線関係より大きく増加する傾向があることが実験的にわかっている。値 $k = 2$ は、本用途の目的で使用される近似値である。さらに、最大レンズ直径 D_{max} は、（像側視野高さ Y' によって表される）像側視野寸法に比例して増加することがわかっている。本用途の目的には、比例依存であると仮定する。これらの考慮に基づいて、第1コンパクト化パラメータ $COMP1$ は、

$$COMP1 = D_{max} / (Y' \cdot NA^2)$$

と定義される。コンパクトな構造が望まれる場合、ある値の像側視野高さ及び開口数について、第1コンパクト化パラメータ $COMP1$ ができる限り小さくしなければならないことは明らかである。

【0180】

投影対物レンズを提供するために必要な材料使用量全体を考えると、レンズの絶対数 N_L も関連がある。一般的に、レンズの数がより少ない光学系が、レンズの数がより多い光学系より好ましい。したがって、第2コンパクト化パラメータ $COMP2$ は、

$$COMP2 = COMP1 \cdot N_L$$

と定義される。やはり、 $COMP2$ の値が小さいことは、コンパクトな光学系であることを表す。

【0181】

さらに、本発明による投影対物レンズは、入射側視野面を光学的に共役な射出側視野面に結像するために少なくとも3つの対物レンズ部を有し、結像対物レンズ部は、中間像で結合されている。一般的に、光学系の結像対物レンズ部の数 N_{OP} が大きいほど、投影対物レンズを構築するために必要なレンズの数及び材料全体が増加するであろう。1つの対物レンズ部当たりのレンズの平均数 N_L / N_{OP} をできる限り小さく保つことが望ましい。したがって、第3コンパクト化パラメータ $COMP3$ は、

$$COMP3 = COMP1 \cdot N_L / N_{OP}$$

と定義される。やはり光学材料使用量が少ない投影対物レンズは、 $COMP3$ が小さい値

であることによって特徴付けられるであろう。

【0182】

表41は、コンパクト化パラメータCOMP1、COMP2、COMP3を計算するために必要な値をまとめており、各光学系についてのこれらのパラメータのそれぞれの値が規格値表で示されている（（図面と同一の番号に対応する）表番号が表41の第1欄に与えられている）。したがって、少なくとも1つの凹面鏡及び少なくとも3つの結像対物レンズ部（すなわち、少なくとも2つの中間像）を有するコンパクトな反射屈折投影対物レンズを得るために、次の条件の少なくとも1つに従うべきである、すなわち、

$$\text{COMP1} < 11$$

好ましくは、 $\text{COMP1} < 10.8$ 、より好ましくは $\text{COMP1} < 10.4$ 、さらに好ましくは $\text{COMP1} < 10$ に従うべきである。

10

【0183】

$$\text{COMP2} < 300$$

好ましくは、 $\text{COMP2} < 280$ 、より好ましくは $\text{COMP2} < 250$ 、さらに好ましくは $\text{COMP2} < 230$ に従うべきである。

【0184】

$$\text{COMP3} < 100$$

好ましくは、 $\text{COMP3} < 90$ 、より好ましくは $\text{COMP3} < 80$ 、さらに好ましくは $\text{COMP3} < 75$ に従うべきである。

【0185】

20

表41は、本発明による好適な実施形態が、一般的にこれらの条件の少なくとも1つに従うことを示し、本明細書でわかりやすく説明した設計規則に従って中程度の材料使用量のコンパクトな構造が得られることを表している。

【0186】

所望ならば、投影対物レンズの光学素子間の空き空間を満たすために、さまざまな種類の充填ガスを使用することができる。たとえば、実施形態の所望性質に応じて、充填ガスとして空気又は窒素又はヘリウムを使用することができる。

【0187】

好適な実施形態は、以下の条件の1つ又は複数によって特徴付けられるであろう。好ましくは第1対物レンズ部は、好ましくは $1 < |\beta_1| < 2.5$ の範囲の倍率 β_1 を有する拡大系として構成される。これにより、第1中間像で低NAが確保され、口径食の問題を回避するのに役立つ。 $|\beta_1|$ は1:1でよく、あるいはわずかに小さく、たとえば $0.8 \leq |\beta_1| \leq 1$ でもよい。好ましくは第2対物レンズ部は、ほぼ単位倍率を有する、すなわちほとんど拡大又は縮小がない光学系として構成される。特に、第2対物レンズ部は、倍率 β_2 が $0.4 < |\beta_2| < 1.5$ 、より好ましくは $0.8 < |\beta_2| < 1.25$ 、又は $0.9 < |\beta_2| < 1.1$ の光学系として構成されてもよい。好ましくは第3対物レンズ部は、縮小率 $|\beta_3| < 1$ を有する。投影対物レンズ全体の倍率 β は、 $\beta = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3$ である。第2中間像は、像寸法より大きい寸法を有してもよい。

30

【0188】

好ましくは、第1中間像及び第2中間像の両方が、幾何学的に第1凹面鏡及び第2凹面鏡の間の鏡間空間内に位置する。それらは、幾何学的に第1凹面鏡及び第2凹面鏡の間の鏡間空間内で2つの凹面鏡間の中間点付近に中心が位置する中間領域内に位置することができ、中間領域は、第1及び第2凹面鏡の湾曲表面の頂点間の軸方向距離の90%以下の軸方向広がりをもつ空間内に延在する。

40

【0189】

2つの凹面鏡の間の光軸上の距離を d 、第1中間像と第1凹面鏡との間の光軸上の距離を d_1 、第2凹面鏡と第2中間像との間の光軸上の距離を d_2 とすると、好ましくは $0.5d/2 < d_1 < 1.5d/2$ 、及び $0.5d/2 < d_2 < 1.5d/2$ の関係が満足される。上記距離は、光軸に沿って測定されるものとし、光軸は折り曲げられてもよい。好ましくは、軸から最も外れた視野点の主光線は、第1中間像の位置の近傍で2つの凹面鏡

50

間の $d/4 \sim 3d/4$ の上記領域内で光軸と交差する。その場合、ひとみ位置は鏡から離れている。

【0190】

少なくとも1つの中間像、好ましくはすべての中間像が、中間像と、ほとんどの実施形態では鏡面である次の光学表面との間に有限最短距離が存在するように位置付けられるように光学系を構成することが有益であることがわかっている。有限最短距離を維持すれば、光学表面上又はその内部の汚染又は欠陥が像面に鮮明に結像され、それにより、パターンの所望の結像が妨害されることを回避することができる。好ましくは、有限距離は、中間像での放射光の開口数に応じて、中間像に隣接する光学表面に当たる放射光のサブ開口（特定の視野点のフットプリント）が、少なくとも3mm、又は少なくとも5mm、又は少なくとも10mm、又は少なくとも15mmの最小直径を有するように選択される。図面及び表から、ほとんど又はすべての実施形態において、鏡間空間内の中間像と、光学的に中間像に最も近接して配置された鏡面との間の距離に関してこれらの条件が容易に満たされることは明らかである。凹面鏡間の中間領域内に中間像が配置される実施形態が、この点で特に良好である。

10

【0191】

フッ化カルシウムにすることができる最後の像側レンズを考えられる例外として、上記実施形態の透明光学部材はすべて同一材料、すなわち溶融石英（ SiO_2 ）で作製される。しかしながら、作動波長で透明である他の材料、特に結晶性アルカリ土類金属フッ化物材料も使用することができる。必要ならば、たとえば色収差の補正を助けるために、少なくとも1つの第2材料を用いることもできる。もちろん、本発明の利益は、他の波長、たとえば248nm又は157nmでの使用を意図した光学系の場合にも利用されることができる。

20

【0192】

一部又はすべての条件が、上記実施形態の一部又はすべてで満たされる。

【0193】

上記光学系はすべて、実際の物体から実像を（たとえばウェハ上に）形成するための完全な光学系であってもよいことを理解されたい。しかしながら、本光学系は、より大きい光学系の部分光学系として使用されてもよい。たとえば、上記光学系のための「物体」は、物体面上流側の結像系（リレー系）によって形成された像でもよい。同様に、上記光学系によって形成された像は、像面の下流側の光学系（リレー系）のための物体として使用されてもよい。

30

【0194】

好適な実施形態の上記説明は、例示のために与えられている。本開示から、当業者であれば、本発明及びそれに付随した利点を理解できるだけでなく、開示されている構造及び方法に対する様々な変化及び修正が明らかであることがわかるであろう。したがって、添付の特許請求の範囲及びその同等物によって定義されるような本発明の精神及び範囲に入るすべての変化及び修正を包含することが要求される。

【0195】

すべての特許請求の範囲の内容は、本明細書の一部を構成する。

40

【表 4】

J 205

表面番号	半 径	厚 さ	材 料	1/2直径
1	151.647118	39.665046	SIO2	86.120
2	-1368.552447	69.197177		85.246
3	158.992783	15.145647	SIO2	75.907
4	206.923841	38.570349		73.675
5	97.678872	40.014335	SIO2	69.070
6	-5437.460665	6.811056		64.924
7	138.801509	16.000000	SIO2	53.028
8	573.226631	49.296968		47.448
9	-57.862177	14.263643	SIO2	47.630
10	-84.936107	112.509668		57.274
11	-413.250477	39.459821	SIO2	106.087
12	-160.648303	5.882304		109.942
13	797.277933	34.177152	SIO2	115.560
14	-430.752073	244.699332		115.661
15	-199.609067	-204.699112	REFL	134.925
16	157.344690	246.319295	REFL	109.289
17	862.084499	22.994398	SIO2	70.571
18	-419.719089	18.726730		69.767
19	-150.816336	15.000000	SIO2	67.991
20	131.971848	26.143914		70.182
21	-1567.196375	19.813697	SIO2	72.656
22	-217.593380	44.615314		76.740
23	-2829.863046	39.782748	SIO2	103.845
24	-203.824432	1.000000		107.411
25	524.684787	25.000000	SIO2	114.960
26	902.564365	1.000000		115.451
27	530.781146	38.825378	SIO2	116.178
28	-473.210631	1.000000		116.066
29	0.000000	0.000000		113.556
30	322.948582	29.038119	SIO2	113.791
31	-2580.799702	1.000000		113.022
32	512.569763	30.174661	SIO2	110.876
33	-677.235877	1.000000		109.014
34	106.347684	68.066974	SIO2	90.295
35	-1474.944139	0.999719		77.627
36	54.296611	42.467148	CAF2	45.513
37	0.000000	3.000000	H2O	20.998

10

20

30

【表 4 A】

非球面定数

SRF	2	3	8	12	15
K	0	0	0	0	0
C1	3.477033e-08	-6.813990e-09	3.966411e-07	4.439638e-09	1.447452e-08
C2	-4.731536e-13	-8.621629e-12	-4.007014e-12	1.686758e-13	2.261476e-13
C3	2.796504e-17	-2.762099e-16	7.436146e-15	8.011815e-19	2.580774e-18
C4	-6.649516e-22	-9.615951e-21	1.520683e-18	9.201114e-22	1.377485e-22
C5	-2.829603e-25	-5.726076e-24	-9.949722e-22	-4.382820e-26	-3.426657e-27
C6	1.815473e-29	3.251913e-28	7.293926e-25	1.782591e-30	1.279942e-31

10

SRF	16	17	19	22	30
K	0	0	0	0	0
C1	4.549402e-08	1.523352e-07	1.162948e-07	-1.982157e-08	1.201912e-08
C2	-5.067161e-12	-5.763168e-12	-6.089203e-13	-5.382822e-13	-1.705175e-13
C3	2.777252e-16	7.475933e-17	-1.025185e-16	1.200748e-17	-8.926277e-17
C4	-3.138154e-20	6.617515e-20	2.192456e-20	-2.867314e-21	-4.435922e-21
C5	2.350745e-24	-2.264827e-24	-5.792211e-25	1.105789e-25	8.175482e-25
C6	-7.599030e-29	-1.064596e-28	5.642674e-28	-3.023003e-31	-2.371799e-29

SRF	33	35
K	0	0
C1	1.147736e-08	9.136462e-08
C2	4.202468e-13	-5.545932e-13
C3	-1.260714e-17	1.560631e-16
C4	-2.591704e-21	-3.601282e-20
C5	4.606100e-26	8.986671e-25
C6	9.707119e-30	3.847941e-29

20

【表 7】

J 206

表面番号	半 径	厚 さ	材 料	1/2直径
1	0.000000	0.000000		76.473
2	196.748623	27.263207	SIO2	81.548
3	1380.478547	27.173549		81.569
4	148.118896	29.558580	SIO2	83.220
5	985.952509	45.383760		81.731
6	587.017766	26.742601	SIO2	74.752
7	-268.687626	5.952675		73.075
8	121.069967	20.000000	SIO2	59.416
9	338.972294	15.471207		55.151
10	123.398576	16.000000	SIO2	42.222
11	493.239196	38.514952		36.268
12	-56.743953	79.995013	SIO2	40.070
13	-98.465204	60.825433		74.618
14	-3097.977653	27.304241	SIO2	102.327
15	-295.526762	3.782338		104.658
16	271.693311	37.763865	SIO2	112.015
17	-3936.289483	25.000000		112.208
18	162.629416	202.628857		112.852
19	-195.636303	-202.628857	REFL	119.680
20	162.629416	202.628857	REFL	104.093
21	-195.636303	44.391294		76.907
22	-1229.055417	33.250147	SIO2	83.109
23	-160.024467	37.552215		84.448
24	-246.047659	15.000000	SIO2	74.951
25	134.897718	28.252914		72.042
26	-768.808515	15.000000	SIO2	73.163
27	-355.461110	71.356200		76.177
28	-3425.435334	32.788842	SIO2	102.647
29	-255.172254	10.903212		105.332
30	695.872359	30.470261	SIO2	110.205
31	-625.346253	9.352817		110.381
32	0.000000	-8.352817		108.884
33	329.990101	40.669818	SIO2	110.434
34	-427.546014	1.000000		110.052
35	158.678466	45.978153	SIO2	102.564
36	378.976619	1.000000		95.391
37	108.606008	71.612816	SIO2	81.775
38	526.305326	1.000000		54.478
39	52.236898	36.413852	CAF2	39.598
40	0.000000	3.000000	H2O	19.842

10

20

30

【表 7 A】

非球面定数

SRF	4	11	15	18	19
K	0	0	0	0	0
C1	-6.330577e-08	3.463909e-07	1.324809e-08	-7.037790e-09	2.310646e-08
C2	-3.872322e-12	-2.533709e-11	2.103578e-13	-2.219032e-13	3.623856e-13
C3	1.663761e-17	3.527218e-14	3.059213e-18	-7.410203e-18	5.711204e-18
C4	-2.340311e-20	-2.199769e-17	-5.028780e-23	-1.155705e-22	8.453421e-23
C5	1.375334e-24	-1.507925e-21	1.624941e-26	-8.984707e-27	1.508061e-27
C6	-1.682943e-29	5.496658e-24	-6.281302e-31	-1.590542e-31	1.239941e-31

10

SRF	22	24	27	34	36
K	0	0	0	0	0
C1	6.335247e-08	3.536885e-08	8.583557e-08	2.169817e-08	-1.524001e-08
C2	-1.090600e-11	9.732363e-12	3.629209e-12	-5.404878e-13	1.625696e-12
C3	2.432505e-16	-1.879646e-16	-8.012301e-17	5.551093e-17	-3.076521e-16
C4	-1.490760e-21	1.841476e-20	5.223547e-20	-2.305595e-21	8.708326e-21
C5	1.908731e-24	-2.885890e-24	-9.160836e-24	4.260803e-26	4.665020e-25
C6	-1.282225e-28	2.916860e-28	1.028273e-27	-9.442220e-32	-2.136828e-29

SRF	38
K	0
C1	1.877887e-07
C2	1.445239e-11
C3	1.060456e-16
C4	3.470869e-19
C5	-6.424228e-23
C6	1.397331e-26

20

【表 8】

J 201

表面番号	半 径	厚 さ	材 料	1/2直径
1	0.000000	0.000000		77.084
2	144.715774	34.413396	SIO2	85.539
3	1168.820838	42.714222		84.636
4	137.626538	26.913912	SIO2	78.160
5	231.768696	25.969904		74.133
6	-256.723584	9.491982	SIO2	73.679
7	-300.099619	24.637606		73.830
8	95.378233	35.795212	SIO2	66.319
9	2978.156744	6.137057		62.554
10	113.175934	18.340535	SIO2	50.838
11	791.566883	42.223464		45.085
12	-57.334745	47.676082	SIO2	42.772
13	-104.057645	85.668623		64.264
14	-747.828120	23.558823	SIO2	98.262
15	-237.780029	11.502675		100.729
16	466.711415	38.824036	SIO2	109.480
17	-377.473708	39.986102		109.791
18	160.832778	201.116223		111.102
19	-190.162844	-201.116223	REFL	125.335
20	160.832778	201.116223	REFL	106.939
21	-190.162844	40.087040		74.503
22	-429.676099	17.543012	SIO2	77.631
23	-222.069915	45.151970		78.588
24	-438.919401	16.685064	SIO2	75.545
25	125.893773	22.634903		73.362
26	706.231560	15.535140	SIO2	74.562
27	-483.323705	69.793709		76.473
28	-1219.864506	31.389217	SIO2	101.495
29	-226.588128	6.763552		104.174
30	443.080071	40.992305	SIO2	110.047
31	-556.882957	4.990520		109.849
32	0.000000	-3.144971		107.701
33	274.803577	29.023782	SIO2	108.934
34	-6968.358008	0.969032		108.499
35	213.748670	46.817088	SIO2	106.084
36	-8609.746220	0.945349		101.542
37	114.821261	64.641285	SIO2	84.961
38	-4598.248046	0.926317		66.788
39	53.647792	40.301900	CAF2	42.988
40	0.000000	3.000000	H2O	20.327

10

20

30

【表 8 A】

非球面定数

SRF	4	11	15	18	19
K	0	0	0	0	0
C1	-5.141395e-08	4.483031e-07	1.313620e-08	-7.985633e-09	2.017668e-08
C2	-5.556822e-12	-9.959839e-12	3.644835e-13	-2.642498e-13	3.361249e-13
C3	-2.754499e-16	5.082134e-15	5.949608e-18	-6.856089e-18	4.310554e-18
C4	-1.253113e-20	2.578467e-18	5.732895e-22	-5.142965e-22	1.686493e-22
C5	-4.228497e-24	-3.461879e-21	-2.284813e-26	1.912150e-26	-3.551936e-27
C6	2.490029e-28	1.628794e-24	8.340263e-31	-1.470786e-30	2.057764e-31

10

SRF	22	24	27	33	36
K	0	0	0	0	0
C1	4.549402e-08	1.523352e-07	1.162948e-07	-1.982157e-08	1.201912e-08
C2	-5.067161e-12	-5.763168e-12	-6.089203e-13	-5.382822e-13	-1.705175e-13
C3	2.777252e-16	7.475933e-17	-1.025185e-16	1.200748e-17	-8.926277e-17
C4	-3.138154e-20	6.617515e-20	2.192456e-20	-2.867314e-21	-4.435922e-21
C5	2.350745e-24	-2.264827e-24	-5.792211e-25	1.105789e-25	8.175482e-25
C6	-7.599030e-29	-1.064596e-28	5.642674e-28	-3.023003e-31	-2.371799e-29

SRF	38
K	0
C1	1.148008e-07
C2	-5.056506e-13
C3	1.189381e-16
C4	-1.274117e-20
C5	-3.981271e-24
C6	3.798968e-28

20

【表 16】

NA = 1.2, $\beta = 0.25$

視野	a	b	c
	26	5	4.75

WL	193.3 nm
SILUV	1.56049116
CAFUV	1.50110592
H2OV	1.4368

表面番号	半 径	厚 さ	材 料	1/2直径	形式
0	0.000000000	31.999475127	AIR	65.000	
1	133.894287787	14.995217082	SILUV	84.778	
2	127.681095498	25.597460396	AIR	82.945	
3	402.041163143	34.247197246	SILUV	84.808	
4	-292.795248488	0.996612226	AIR	85.527	
5	-865.792789804	19.686989978	SILUV	84.845	
6	-194.300017249	0.997731584	AIR	84.746	
7	166.499926718	34.205033740	SILUV	81.167	
8	-3411.356708300	0.997606594	AIR	78.713	
9	108.528463069	16.234112594	SILUV	67.657	
10	101.654206518	13.668730583	AIR	60.671	
11	161.992336120	14.997158671	SILUV	58.598	
12	2789.766305580	83.396846659	AIR	54.555	
13	-51.475183292	14.997760255	SILUV	49.489	
14	-64.480378016	0.998543606	AIR	60.882	
15	-523.449669764	57.729408261	SILUV	91.022	
16	-124.018124564	0.995673329	AIR	97.756	
17	213.269322132	24.422343766	SILUV	111.322	
18	368.130596294	326.268973067	AIR	110.123	
19	-161.615015336	14.998434538	SILUV	131.765	
20	-312.345980956	31.430358591	AIR	153.714	
21	-214.602996812	-31.430358591	AIR	155.986	REFL
22	-312.345980956	-14.998434538	SILUV	149.921	
23	-161.615015336	-238.077915164	AIR	116.301	
24	149.287132498	-14.998202246	SILUV	103.169	
25	317.538289321	-33.202694396	AIR	133.495	
26	186.422421298	33.202694396	AIR	137.843	REFL
27	317.538289321	14.998202246	SILUV	136.305	
28	149.287132498	324.504871734	AIR	116.434	
29	304.025895186	51.634530337	SILUV	102.695	
30	-321.237280055	36.471806645	AIR	101.284	
31	-141.718556476	14.999755253	SILUV	84.799	
32	104.217593104	30.610688625	AIR	74.074	
33	581.141203674	15.015591714	SILUV	75.850	
34	-637.266899243	22.019923725	AIR	78.058	
35	-222.755672262	20.582750922	SILUV	80.475	
36	-149.492790226	0.999906680	AIR	84.782	
37	260.619344057	25.604090348	SILUV	101.752	
38	1033.029187190	30.684011762	AIR	102.212	
39	181.295872049	62.489568781	SILUV	109.856	
40	-319.175759184	1.032697080	AIR	108.616	
41	0.000000000	24.649355928	AIR	99.183	
42	241.322246262	26.360109939	SILUV	88.680	
43	-555.614152728	2.010445644	AIR	85.697	
44	77.526002487	41.372376482	SILUV	67.268	
45	494.197664171	0.978420324	AIR	60.833	
46	46.187199269	35.625423750	CAFUV	39.405	
47	0.000000000	2.999559725	H2OV	20.942	
48	0.000000000	0.000000000	AIR	16.250	

10

20

30

40

【表 16 A】

非球面定数

表面番号	K	C1	C2	C3
3	0.00000000e+000	-8.36067621e-008	2.12798795e-011	-1.45207564e-015
6	0.00000000e+000	7.69835587e-008	2.07985891e-012	1.16482389e-016
7	0.00000000e+000	1.36850714e-007	-9.44752603e-012	-1.50977238e-016
12	0.00000000e+000	7.53715484e-007	-6.61209701e-011	4.22074183e-015
16	0.00000000e+000	-5.85261742e-008	7.70941737e-013	-1.40836094e-016
29	0.00000000e+000	9.56507182e-008	-2.16638529e-012	-1.23753850e-017
31	0.00000000e+000	1.85417093e-007	-2.24667567e-012	6.93769095e-017
34	0.00000000e+000	1.66095759e-007	2.43350203e-012	8.88822140e-017
39	0.00000000e+000	-3.25790615e-009	-2.00206347e-012	4.31870304e-017
42	0.00000000e+000	-5.33787564e-008	2.40117270e-012	3.20136118e-016
43	0.00000000e+000	1.13532739e-007	-5.93286761e-012	1.32296454e-015
45	0.00000000e+000	8.97031378e-008	2.47066509e-011	-2.77876411e-016

表面番号	C4	C5	C6
3	7.63154357e-020	2.95348560e-024	-3.46561258e-028
6	-4.80737790e-021	5.59439946e-024	-1.29197249e-028
7	-5.84681939e-020	7.86623559e-024	-7.24516725e-028
12	-8.02992365e-019	-7.38686026e-022	1.22771230e-025
16	6.45911985e-021	-3.82872278e-025	4.17640461e-031
29	2.58232933e-022	-6.80943505e-025	3.02935682e-029
31	6.79498891e-020	-6.82812342e-024	2.20970580e-028
34	2.60945386e-020	-3.60666201e-024	5.36227764e-028
39	-2.48544823e-021	5.50166118e-026	-3.31463292e-031
42	9.55299044e-021	-9.27935397e-024	8.13460411e-028
43	-1.88960302e-019	1.04299856e-023	1.69382125e-028
45	-7.08589002e-019	1.20774587e-022	-7.67132589e-027

10

20

【表 17】

NA = 1.2, $\beta = 0.25$

視野	a	b	c
	26	5	4.75

WL	193.3 nm
SILUV	1.56049116
CAFUV	1.50110592
H2OV	1.4368

表面番号	半 径	厚 さ	材 料	1/2直径	形式
0	0.000000000	31.997721704	AIR	65.000	
1	579.464506139	20.317824521	SILUV	74.592	
2	-577.479988552	0.999475036	AIR	75.821	
3	2572.370914820	28.040565960	SILUV	76.612	
4	243.390586919	11.985977074	AIR	79.119	
5	500.676303821	43.989139515	SILUV	80.893	
6	-155.064044118	21.184157632	AIR	82.707	
7	1381.321630200	18.191562266	SILUV	75.159	
8	-393.944847792	0.998449340	AIR	74.340	
9	87.946501567	40.892320851	SILUV	65.550	
10	99.239178252	25.553101192	AIR	52.382	
11	209.138140913	15.063951314	SILUV	45.950	
12	-601.200979555	66.005892131	AIR	42.845	
13	-55.332841330	14.999477956	SILUV	50.547	
14	-72.577526567	1.163693447	AIR	62.349	
15	-346.873498438	34.446292165	SILUV	80.990	
16	-150.420697383	2.645359711	AIR	86.680	
17	611.326207207	44.474569849	SILUV	99.391	
18	-228.818841769	265.128541011	AIR	100.925	
19	-190.727371287	15.000448317	SILUV	108.586	
20	-237.320724749	14.700965847	AIR	118.645	
21	-194.872786703	-14.700965847	AIR	120.611	REFL
22	-237.320724749	-15.000448317	SILUV	116.199	
23	-190.727371287	-195.428248584	AIR	100.830	
24	190.727371287	-15.000448317	SILUV	104.448	
25	237.320724749	-14.700965847	AIR	120.847	
26	194.872786703	14.700965847	AIR	124.569	REFL
27	237.320724749	15.000448317	SILUV	122.685	
28	190.727371287	266.167203345	AIR	111.392	
29	315.808627637	45.375871773	SILUV	95.944	
30	-367.849317765	64.350407265	AIR	94.229	
31	-123.002265506	14.998717744	SILUV	70.954	
32	113.714722161	32.318363032	AIR	68.389	
33	-990.749351417	21.237444356	SILUV	71.838	
34	-292.571717802	35.154029607	AIR	78.053	
35	-18220.224013700	40.604404749	SILUV	103.420	
36	-201.028020704	1.097799815	AIR	107.104	
37	366.725287540	37.745092677	SILUV	119.548	
38	-961.362776974	0.999856805	AIR	119.749	
39	338.337923773	38.019811036	SILUV	118.590	
40	-1026.771599840	-1.410077329	AIR	117.118	
41	0.000000000	12.743520660	AIR	115.541	
42	280.022380007	19.482737236	SILUV	110.210	
43	1517.149279230	1.197846646	AIR	108.733	
44	719.327066326	32.079810786	SILUV	107.695	
45	-474.571764529	2.724748590	AIR	105.913	
46	89.479992014	48.063302904	SILUV	75.467	
47	364.001398221	2.359587817	AIR	64.121	
48	52.126874613	39.040570663	CAFUV	42.333	
49	0.000000000	2.999196815	H2OV	20.183	
50	0.000000000	0.000000000	AIR	16.250	

10

20

30

40

【表 17 A】

非球面定数

表面番号	K	C1	C2	C3
6	0.00000000e+000	-1.15035308e-009	6.18896918e-013	-4.28285081e-016
7	0.00000000e+000	-1.72652480e-008	-3.70258486e-014	-1.25882856e-015
12	0.00000000e+000	3.77928406e-007	1.46912216e-011	2.33469503e-015
16	0.00000000e+000	-6.96857458e-008	-2.84037647e-012	2.05085140e-017
19	0.00000000e+000	-2.08753341e-008	-3.76211193e-013	-1.18384407e-017
23	0.00000000e+000	-2.08753341e-008	-3.76211193e-013	-1.18384407e-017
24	0.00000000e+000	2.08753341e-008	3.76211193e-013	1.18384407e-017
28	0.00000000e+000	2.08753341e-008	3.76211193e-013	1.18384407e-017
29	0.00000000e+000	7.78624253e-008	-5.29798090e-013	3.91516327e-018
31	0.00000000e+000	4.28231334e-008	1.84180203e-011	2.69407820e-017
34	0.00000000e+000	1.06085944e-007	5.27851125e-012	1.44463148e-016
42	0.00000000e+000	-4.37269250e-008	-1.57509731e-012	8.65198568e-019
45	0.00000000e+000	-9.15770551e-009	-5.99358306e-014	-2.27293408e-016
47	0.00000000e+000	6.18789306e-008	2.40430885e-011	-5.44722370e-015

10

表面番号	C4	C5	C6
6	4.88391880e-021	3.14518856e-024	-2.05304958e-028
7	1.13451047e-019	-1.35997879e-023	1.27061565e-027
12	-6.54678942e-018	3.46881149e-021	-5.35085168e-025
16	-1.26467485e-020	4.46161412e-025	-4.85676248e-029
19	-1.88960591e-021	1.06203954e-025	-5.85068978e-030
23	-1.88960591e-021	1.06203954e-025	-5.85068978e-030
24	1.88960591e-021	-1.06203954e-025	5.85068978e-030
28	1.88960591e-021	-1.06203954e-025	5.85068978e-030
29	-1.04724068e-020	6.70919693e-025	-2.39519868e-029
31	9.37813713e-020	-2.33189316e-023	9.94588095e-028
34	1.26175655e-020	-1.49657869e-024	2.33032636e-028
42	-3.26636505e-021	2.73829199e-025	2.08805365e-030
45	2.70272716e-020	-1.30446854e-024	3.13007511e-029
47	7.58602437e-019	-6.94042849e-023	2.94089737e-027

20

【表 19】

NA = 1.2, $\beta = 0.25$

視野	a	b	c
	26	4.5	4.75

WL	193.3 nm
SILUV	1.56049116
CAFUV	1.50110592
H2OV	1.4368

表面番号	半 径	厚 さ	材 料	1/2直径	形式
0	0.000000000	31.999270282	AIR	65.000	
1	161.244041962	14.998636035	SILUV	82.320	
2	200.129661131	4.944776020	AIR	81.953	
3	138.221863276	14.998396795	SILUV	85.474	
4	156.496992798	50.903040817	AIR	83.945	
5	-173.315527687	16.279875172	SILUV	84.438	
6	-142.013268785	1.000634788	AIR	87.160	
7	15501.649257700	32.544206280	SILUV	87.713	
8	-158.845141838	0.999631849	AIR	89.436	
9	91.597097363	67.410407247	SILUV	79.148	
10	107.035143103	13.851994874	AIR	57.324	
11	213.854334447	15.987143481	SILUV	54.995	
12	-484.417010515	72.563101783	AIR	51.059	
13	-54.334592127	14.997747797	SILUV	49.752	
14	-68.072352503	0.998695446	AIR	60.236	
15	-601.365655277	24.817582741	SILUV	80.082	
16	-242.182339653	0.995504271	AIR	83.903	
17	920.810751329	35.748197919	SILUV	91.860	
18	-213.159366146	55.021374074	AIR	93.280	
19	246.612722217	14.997702082	SILUV	89.716	
20	222.836314969	195.136099792	AIR	86.935	
21	-235.528678750	14.998801176	SILUV	123.772	
22	-252.575360887	16.051090308	AIR	131.942	
23	-208.057958857	-16.051090308	AIR	133.654	REFL
24	-252.575360887	-14.998801176	SILUV	128.868	
25	-235.528678750	-195.136099792	AIR	114.227	
26	222.836314969	-14.997702082	SILUV	106.191	
27	246.612722217	-15.024807366	AIR	119.874	
28	190.208428127	15.024807366	AIR	122.140	REFL
29	246.612722217	14.997702082	SILUV	120.950	
30	222.836314969	195.136099792	AIR	111.677	
31	-235.528678750	14.998801176	SILUV	83.094	
32	-252.575360887	56.045936568	AIR	86.484	
33	370.979663784	47.033021034	SILUV	99.224	
34	-371.323272898	62.417517206	AIR	97.788	
35	-121.118365852	14.999357361	SILUV	74.709	
36	120.855315866	33.365820253	AIR	72.995	
37	20779.359547400	24.110061836	SILUV	77.786	
38	-269.244136428	16.073764059	AIR	83.845	
39	-236.048531861	28.909364173	SILUV	86.677	
40	-161.907128190	8.188854525	AIR	94.856	
41	842.230350676	46.587674654	SILUV	117.052	
42	-262.240874081	3.490322496	AIR	119.226	
43	374.311200849	50.091253523	SILUV	123.021	
44	-396.081152439	-8.144186891	AIR	122.235	
45	0.000000000	9.143428258	AIR	118.495	
46	290.815269675	69.706490303	SILUV	113.550	
47	-465.439617778	0.998821533	AIR	106.611	
48	84.362795313	48.231691787	SILUV	73.577	
49	220.065022009	0.997153094	AIR	60.089	
50	51.630320906	38.562324381	CAFUV	42.677	
51	0.000000000	2.998760762	H2OV	20.925	
52	0.000000000	0.000000000	AIR	16.250	

10

20

30

40

【表 19 A】

非球面定数

表面番号	K	C1	C2	C3
6	0.00000000e+000	5.22123357e-008	8.58887551e-013	-4.54164064e-016
7	0.00000000e+000	-5.20183796e-008	-4.57191269e-012	-4.91479340e-016
12	0.00000000e+000	3.52517346e-007	2.85321977e-011	9.33189645e-017
16	0.00000000e+000	-1.19054499e-007	-6.17053971e-013	8.29918331e-017
20	0.00000000e+000	2.35880706e-008	1.10625664e-014	1.52718231e-017
21	0.00000000e+000	-1.93271271e-008	-1.21191457e-014	-9.08764375e-018
25	0.00000000e+000	-1.93271271e-008	-1.21191457e-014	-9.08764375e-018
26	0.00000000e+000	2.35880706e-008	1.10625664e-014	1.52718231e-017
30	0.00000000e+000	2.35880706e-008	1.10625664e-014	1.52718231e-017
31	0.00000000e+000	-1.93271271e-008	-1.21191457e-014	-9.08764375e-018
33	0.00000000e+000	1.34282593e-007	-1.85430392e-012	-4.26524890e-017
35	0.00000000e+000	-2.95757718e-009	1.59584067e-011	-3.65004253e-016
38	0.00000000e+000	1.44418264e-007	4.50598204e-012	-8.46201050e-019
46	0.00000000e+000	-1.03608598e-008	-1.39868032e-012	-2.06257372e-017
47	0.00000000e+000	-2.35449031e-008	6.28466297e-017	5.46615500e-020
49	0.00000000e+000	1.18378675e-007	2.25652288e-011	-6.89451988e-015

表面番号	C4	C5	C6
6	1.80084384e-021	-1.27939182e-025	9.21858288e-029
7	3.70354199e-020	-2.59625588e-024	-9.35416883e-031
12	1.46216022e-018	1.35490801e-022	-4.07118530e-026
16	-1.92366012e-020	1.44946211e-024	-4.85055808e-029
20	4.13946988e-022	-1.55058201e-026	1.20806176e-030
21	-5.34976868e-023	-1.13872365e-027	-9.05434146e-032
25	-5.34976868e-023	-1.13872365e-027	-9.05434146e-032
26	4.13946988e-022	-1.55058201e-026	1.20806176e-030
30	4.13946988e-022	-1.55058201e-026	1.20806176e-030
31	-5.34976868e-023	-1.13872365e-027	-9.05434146e-032
33	2.28325758e-022	-3.90557972e-026	-2.65242779e-030
35	2.40761278e-019	-3.76176852e-023	1.70246167e-027
38	-5.19608735e-021	-2.54791026e-025	1.06081720e-028
46	-1.69652628e-021	1.44074754e-025	2.91395857e-030
47	5.71824030e-021	-4.38179150e-025	1.61431061e-029
49	1.27155044e-018	-1.75366514e-022	1.10664062e-026

10

20

30

【表 20】

NA = 1.2, $\beta = 0.25$

視野	a	b	c
	26	4.5	4.75

WL	193.3 nm
SILUV	1.56049116
CAFUV	1.50110592
H2OV	1.4368

表面番号	半 径	厚 さ	材 料	1/2直径	形式
0	0.000000000	44.536474494	AIR	64.000	
1	-145.614238159	20.028968251	SILUV	71.569	
2	-106.712344272	3.165042254	AIR	75.720	
3	-126.799930892	14.997327707	SILUV	77.371	
4	-400.529009983	24.938975486	AIR	89.386	
5	-153.978050679	32.035367034	SILUV	91.679	
6	-113.485754514	3.962209737	AIR	96.767	
7	481.661051100	51.626847869	SILUV	109.810	
8	-218.069217303	0.986417498	AIR	110.501	
9	95.461306806	78.518887093	SILUV	88.224	
10	197.024903934	20.433893299	AIR	65.510	
11	245.480984290	15.389927680	SILUV	50.234	
12	208.931069399	52.005350380	AIR	39.571	
13	-51.537539329	25.208829578	SILUV	43.896	
14	-67.256773583	31.133045864	AIR	59.014	
15	-353.059395237	33.742142302	SILUV	97.721	
16	-152.100516860	1.776048462	AIR	102.828	
17	-246.044785191	45.384512544	SILUV	109.125	
18	-136.487212093	39.988466465	AIR	113.661	
19	0.000000000	201.398483236	AIR	114.931	
20	-233.811577421	14.982820253	SILUV	137.713	
21	-370.567496646	37.810813405	AIR	153.233	
22	-216.552824900	-37.810813405	AIR	155.425	REFL
23	-370.567496646	-14.982820253	SILUV	147.967	
24	-233.811577421	-201.398483236	AIR	120.238	
25	168.695670563	201.398483236	AIR	106.748	REFL
26	-233.811577421	14.982820253	SILUV	76.924	
27	-370.567496646	37.810813405	AIR	81.451	
28	0.000000000	40.022296005	AIR	92.209	
29	241.209000864	59.448832101	SILUV	108.950	
30	-367.385238353	16.411120649	AIR	108.057	
31	357.895873274	15.315252659	SILUV	93.192	
32	94.401040596	38.563342544	AIR	77.588	
33	442.579628511	14.989394891	SILUV	78.610	
34	12021.837327700	28.864129981	AIR	79.433	
35	-191.074651244	21.063184315	SILUV	81.221	
36	-155.506376055	9.229041305	AIR	86.157	
37	185.464309512	44.606063412	SILUV	101.263	
38	-1150.340708410	31.620758000	AIR	100.270	
39	0.000000000	-0.000000330	AIR	92.899	
40	134.597113443	29.097516432	SILUV	92.514	
41	296.937234549	3.458534424	AIR	90.494	
42	150.878027709	36.379168022	SILUV	87.171	
43	-494.554249982	0.979230496	AIR	84.334	
44	65.631220570	30.011852752	SILUV	57.267	
45	126.706468270	0.934188028	AIR	49.586	
46	43.426322889	31.956384174	CAFUV	36.843	
47	0.000000000	2.999915964	H2OV	20.807	
48	0.000000000	0.000000000	AIR	16.001	

10

20

30

40

【表 20 A】

非球面定数

表面番号	K	C1	C2	C3
1	0.00000000e+000	-1.87990337e-008	-7.06178066e-012	-1.25139326e-015
6	0.00000000e+000	2.08430698e-009	3.65727833e-013	1.43149385e-018
7	0.00000000e+000	1.33126997e-008	-2.47997131e-012	3.62223701e-017
12	0.00000000e+000	6.92559246e-007	1.01811160e-010	4.16533262e-015
16	0.00000000e+000	1.26266812e-008	-7.60497043e-013	5.26322462e-017
20	0.00000000e+000	-2.84981575e-008	5.16388350e-013	-2.39579817e-017
24	0.00000000e+000	-2.84981575e-008	5.16388350e-013	-2.39579817e-017
26	0.00000000e+000	-2.84981575e-008	5.16388350e-013	-2.39579817e-017
29	0.00000000e+000	1.10496506e-007	-6.42644915e-012	2.43910073e-016
31	0.00000000e+000	-8.94334736e-008	5.51621746e-012	2.64317734e-016
34	0.00000000e+000	7.27650226e-008	5.05452869e-012	2.12206759e-016
42	0.00000000e+000	-5.69019750e-008	-3.78079018e-012	-3.58536429e-016
43	0.00000000e+000	3.85631053e-008	-1.96032685e-012	-4.18174469e-016
45	0.00000000e+000	1.32980535e-007	6.98357216e-011	-9.96688046e-015

10

表面番号	C4	C5	C6
1	1.04002349e-019	1.61613724e-024	-2.08243603e-028
6	3.84125705e-021	-4.35918853e-025	5.89812982e-029
7	-3.52780013e-022	1.86263171e-025	-7.15398794e-030
12	2.76714831e-017	-1.56122873e-020	5.24368076e-024
16	1.50861183e-021	2.14471673e-025	2.66224210e-030
20	3.35275866e-022	-8.50016423e-028	-1.97442790e-031
24	3.35275866e-022	-8.50016423e-028	-1.97442790e-031
26	3.35275866e-022	-8.50016423e-028	-1.97442790e-031
29	-1.98759724e-020	8.00452148e-025	-9.31628471e-030
31	3.20019743e-020	-4.26422117e-024	1.50940276e-028
34	5.08829476e-020	-5.03622460e-024	7.39342220e-028
42	-4.25536201e-020	2.42006208e-024	1.84293028e-028
43	9.23637376e-020	-8.60875665e-024	4.05098414e-028
45	-3.10084571e-019	1.88265675e-022	-4.40640742e-026

20

【表 2 1】

NA = 1.2, $\beta = 0.25$

視野	a	b	c
	26	4.5	4.75

WL	193.3 nm
SILUV	1.56049116
CAFUV	1.50110592
H2OV	1.4368

表面番号	半 径	厚 さ	材 料	1/2直径	形式
0	0.000000000	31.999392757	AIR	64.675	
1	149.202932404	20.120662646	SILUV	82.837	
2	233.357095260	1.010428853	AIR	82.195	
3	172.529012606	14.999455624	SILUV	83.021	
4	153.116811658	37.462782355	AIR	80.924	
5	-385.292133909	24.003915576	SILUV	81.802	
6	-189.041850576	1.014246919	AIR	84.223	
7	-1521.447544300	27.529894754	SILUV	83.808	
8	-150.691487200	0.999361796	AIR	85.384	
9	89.238407847	56.953687562	SILUV	75.993	
10	101.329520927	13.713067990	AIR	58.085	
11	176.794820361	18.039991299	SILUV	55.978	
12	-447.950790449	73.129977874	AIR	52.127	
13	-57.595257960	16.299538518	SILUV	50.436	
14	-83.036630542	0.999811850	AIR	64.360	
15	-2287.430407510	44.210083628	SILUV	86.772	
16	-147.632600397	0.998596167	AIR	92.132	
17	-352.966686998	32.886671205	SILUV	97.464	
18	-153.824954969	271.807415024	AIR	100.038	
19	-238.525982305	14.998824247	SILUV	122.669	
20	-315.714610405	19.998064817	AIR	131.899	
21	-202.650261219	-19.998064817	AIR	131.917	REFL
22	-315.714610405	-14.998824247	SILUV	131.852	
23	-238.525982305	-196.811186275	AIR	112.411	
24	207.441141965	-14.998504935	SILUV	107.771	
25	268.178120713	-19.998469851	AIR	124.363	
26	193.196124575	19.998469851	AIR	127.679	REFL
27	268.178120713	14.998504935	SILUV	125.948	
28	207.441141965	271.807924190	AIR	114.576	
29	325.701461380	38.709870586	SILUV	92.964	
30	-885.381927410	59.476563453	AIR	90.975	
31	-123.867242183	18.110373017	SILUV	74.226	
32	126.359054159	30.087671186	AIR	73.733	
33	-16392.865249200	31.626040348	SILUV	77.090	
34	-299.592698534	15.292623049	AIR	86.158	
35	-296.842399050	24.895495087	SILUV	89.777	
36	-163.748333285	8.131594074	AIR	94.529	
37	675.259743609	47.908987883	SILUV	116.712	
38	-263.915255162	1.054743285	AIR	118.641	
39	356.010681144	47.536295502	SILUV	120.712	
40	-435.299476405	3.543672029	AIR	119.727	
41	0.000000000	10.346485925	AIR	112.597	
42	256.262375445	67.382487780	SILUV	107.047	
43	-454.037284452	0.998990981	AIR	99.451	
44	84.434680547	36.424585989	SILUV	70.101	
45	207.490725651	0.997139930	AIR	62.005	
46	50.112836179	41.301883710	CAFUV	43.313	
47	0.000000000	2.999011124	H2OV	20.878	
48	0.000000000	0.000000000	AIR	16.169	

10

20

30

40

【表 2 1 A】

非球面定数

表面番号	K	C1	C2	C3
6	0.00000000e+000	5.47357338e-008	1.50925239e-012	-1.14128005e-015
7	0.00000000e+000	-5.65236098e-008	-4.45251739e-012	-1.12368170e-015
12	0.00000000e+000	3.75669258e-007	2.00493160e-011	-1.57617930e-015
16	0.00000000e+000	-2.97247128e-008	-1.16246607e-013	1.91525676e-016
19	0.00000000e+000	-1.79930163e-008	-1.81456294e-014	-6.42956161e-018
23	0.00000000e+000	-1.79930163e-008	-1.81456294e-014	-6.42956161e-018
24	0.00000000e+000	1.41712563e-008	1.42766536e-013	5.35849443e-018
28	0.00000000e+000	1.41712563e-008	1.42766536e-013	5.35849443e-018
29	0.00000000e+000	1.42833387e-007	3.55808937e-014	-1.23227147e-017
31	0.00000000e+000	-1.51349602e-008	1.62092054e-011	-4.43234287e-016
34	0.00000000e+000	1.39181850e-007	3.36145772e-012	-4.99179521e-017
42	0.00000000e+000	-4.24593271e-009	-1.84016360e-012	-2.09008867e-017
43	0.00000000e+000	-1.75350671e-008	1.70435017e-014	1.85876255e-020
45	0.00000000e+000	4.03560215e-008	2.57831806e-011	-6.32742355e-015

10

表面番号	C4	C5	C6
6	2.03745939e-022	-1.46491288e-024	3.18476009e-028
7	7.05334891e-020	-6.42608755e-024	4.64154513e-029
12	2.00775938e-018	-1.81218495e-022	1.59512857e-028
16	-5.42330199e-021	4.84113906e-025	-1.50564943e-030
19	-1.72138657e-022	4.34933124e-027	-2.46030547e-031
23	-1.72138657e-022	4.34933124e-027	-2.46030547e-031
24	5.30493751e-022	-2.04437497e-026	1.09297996e-030
28	5.30493751e-022	-2.04437497e-026	1.09297996e-030
29	1.26320560e-021	1.99476309e-025	-1.46884711e-029
31	2.01248512e-019	-3.73070267e-023	1.98749982e-027
34	-8.18195448e-021	4.05698527e-025	4.11589492e-029
42	-2.89704097e-021	1.96863338e-025	6.53807102e-030
43	6.37197338e-021	-5.19573140e-025	2.34597624e-029
45	9.55984243e-019	-1.13622236e-022	6.56644929e-027

20

【表 2 2】

表面番号	半 径	厚 さ	材 料	1/2直径	形式
0	0.000000000	31.993696817	AIR	65.000	
1	0.000000000	-0.006216437	AIR	75.178	
2	173.245898492	28.849219645	SILUV	80.701	
3	-1901.645842520	1.159056366	AIR	81.186	
4	139.958280577	17.383993593	SILUV	82.800	
5	114.690720801	65.798932682	AIR	78.012	
6	177.803002075	54.744184912	SILUV	88.979	
7	-204.801382425	0.997356478	AIR	88.078	
8	89.450127459	21.884550473	SILUV	62.734	
9	143.066432170	15.678153833	AIR	57.180	
10	-13433.891703300	15.000276693	SILUV	54.058	
11	-8853.549440170	13.872934681	AIR	46.493	
12	0.000000000	0.000000000	AIR	37.955	
13	0.000000000	61.755398574	AIR	38.009	
14	-66.760883146	14.994014816	SILUV	54.182	
15	-72.012316741	23.617101147	AIR	60.909	
16	-63.807677134	21.572901785	SILUV	62.830	
17	-76.257505928	1.720678480	AIR	75.095	
18	1299.192911670	55.482510512	SILUV	104.240	
19	-148.321651349	39.989348698	AIR	106.312	
20	0.000000000	232.380264110	AIR	95.929	
21	-201.575622280	-232.380264110	AIR	121.585	REFL
22	199.702239038	232.380264110	AIR	118.875	REFL
23	0.000000000	39.986853275	AIR	91.439	
24	162.499205332	44.748459237	SILUV	93.810	
25	-2036.857320830	1.012661476	AIR	91.212	
26	141.444403824	15.471017813	SILUV	77.784	
27	167.499214725	41.441314042	AIR	72.833	
28	-106.505215697	14.992253348	SILUV	70.530	
29	98.946616742	44.625025386	AIR	64.458	
30	-139.301063148	14.998444853	SILUV	66.132	
31	-339.669887909	0.997145626	AIR	79.298	
32	1356.020956420	23.905236106	SILUV	86.623	
33	-340.109054698	5.477848077	AIR	90.957	
34	472.296115575	52.138063579	SILUV	108.763	
35	-222.876812950	8.808100307	AIR	112.258	
36	2053.528638090	24.342755161	SILUV	119.824	
37	-621.581254067	1.014456714	AIR	120.910	
38	210.455448779	43.312493694	SILUV	124.650	
39	-1489.901649750	5.393215295	AIR	124.077	
40	210.646045010	47.972124824	SILUV	119.142	
41	-627.180734089	0.998977914	AIR	117.607	
42	97.515291800	53.409662718	SILUV	82.565	
43	469.577208920	0.998603706	AIR	69.163	
44	58.393704585	42.102914517	CAFUV	46.689	
45	0.000000000	3.001333990	H2OV	20.956	

10

20

30

40

【表 2 2 A】

非球面定数

表面番号 2

K	0.0000
C1	-4.85507054e-008
C2	8.30450606e-013
C3	-6.55835562e-016
C4	6.07754089e-020
C5	-4.30736726e-024
C6	9.97068342e-029
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

表面番号 5

K	0.0000
C1	4.63982284e-008
C2	-4.36308368e-016
C3	-4.56700150e-016
C4	1.41944231e-020
C5	-2.58792066e-024
C6	2.91613493e-032
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

表面番号 6

K	0.0000
C1	7.93368538e-008
C2	-3.49340213e-012
C3	-3.72450023e-016
C4	-1.50853577e-020
C5	4.35840155e-024
C6	-1.74914218e-028
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

10

表面番号 11

K	0.0000
C1	3.21277393e-007
C2	2.34047891e-012
C3	1.48915392e-014
C4	-1.12960188e-017
C5	3.70333100e-021
C6	-4.63366043e-025
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

表面番号 19

K	0.0000
C1	1.27016347e-008
C2	4.09192710e-013
C3	2.48214285e-017
C4	9.66053244e-022
C5	1.60329104e-027
C6	2.07652380e-030
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

表面番号 21

K	0.0000
C1	1.00526801e-008
C2	1.78849410e-013
C3	2.48862104e-018
C4	9.77481750e-023
C5	-3.23740664e-028
C6	6.28188299e-032
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

20

表面番号 22

K	0.0000
C1	-8.36189868e-009
C2	-1.86708153e-013
C3	-3.35782535e-018
C4	-6.14811355e-023
C5	-6.72093224e-028
C6	-5.98449275e-032
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

表面番号 24

K	0.0000
C1	3.26436925e-008
C2	9.95492740e-013
C3	3.47886760e-017
C4	6.60667009e-021
C5	-3.90366799e-025
C6	4.03156525e-029
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

表面番号 28

K	0.0000
C1	1.73452145e-007
C2	9.62198511e-012
C3	8.33010916e-016
C4	-4.89738667e-020
C5	-2.08149618e-023
C6	2.57941116e-027
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

30

表面番号 31

K	0.0000
C1	1.28849399e-007
C2	4.99181087e-012
C3	5.65181638e-017
C4	2.64289484e-020
C5	-3.15869403e-024
C6	-3.04781776e-029
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

表面番号 34

K	0.0000
C1	-2.57944586e-008
C2	7.33527637e-013
C3	-5.33079171e-018
C4	-8.21688122e-022
C5	-2.94478649e-026
C6	2.23217522e-030
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

表面番号 38

K	0.0000
C1	-1.91471943e-008
C2	-1.34589512e-012
C3	3.11852582e-017
C4	-2.35897615e-021
C5	6.73415544e-026
C6	1.62707757e-030
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

表面番号 40

K	0.0000
C1	-6.30346424e-008
C2	-4.64729134e-013
C3	3.22359222e-017
C4	2.89305419e-023
C5	-2.15332629e-026
C6	8.39177392e-031
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

表面番号 41

K	0.0000
C1	-2.41682461e-008
C2	1.18102559e-013
C3	-1.34037856e-016
C4	1.79602212e-020
C5	-8.86179442e-025
C6	1.89592509e-029
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

表面番号 43

K	0.0000
C1	1.25460964e-007
C2	7.10922055e-012
C3	-1.61078694e-015
C4	1.49634597e-019
C5	-1.71885653e-023
C6	1.04621563e-027
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

40

【表 2 3】

WL	193.3 nm	193.4 nm	193.2 nm
SILUV	1.560491	1.560332	1.560650
CAFUV	1.501106	1.501010	1.501202
H2OV	1.436800	1.436800	1.436800

Ymax = 64.675 mm; NA = 1.2

表面番号	半 径	厚 さ	材 料	1/2直径	形式
0	0.000000000	32.343320391	AIR	64.675	
1	0.000000000	0.319194773	AIR	74.840	
2	165.502154849	22.393605178	SILUV	81.725	
3	427.564472229	78.042155049	AIR	81.442	
4	362.770694637	28.092832019	SILUV	88.424	
5	-418.998032701	0.953143564	AIR	88.789	
6	108.458706796	42.211528711	SILUV	85.410	
7	309.813567338	43.976162585	AIR	80.542	
8	440.563406352	17.425727560	SILUV	60.495	
9	-278.343745406	54.725816031	AIR	56.963	
10	-65.973394609	15.012675322	SILUV	50.057	
11	-89.483928231	44.616098218	AIR	59.618	
12	-164.547135387	29.271100213	SILUV	82.247	
13	-110.100956635	0.995307980	AIR	86.942	
14	-467.051029385	33.374516855	SILUV	94.291	
15	-156.421752282	39.987151223	AIR	96.378	
16	0.000000000	229.883694545	AIR	89.855	
17	-196.922423263	-229.883694545	AIR	115.021	REFL
18	196.894790764	229.883694545	AIR	115.024	REFL
19	0.000000000	40.005209742	AIR	89.120	
20	158.312187294	42.217660752	SILUV	95.332	
21	2467.131056460	70.144222480	AIR	92.913	
22	-160.335654972	14.992560808	SILUV	73.410	
23	116.412074936	38.531709122	AIR	69.984	
24	-250.712291671	18.369318291	SILUV	71.881	
25	-300.079780156	31.051013458	AIR	80.817	
26	5705.510103480	24.334610155	SILUV	107.710	
27	-458.981124329	14.563800138	AIR	111.524	
28	946.448274166	62.249192106	SILUV	126.621	
29	-192.486608755	1.015402218	AIR	129.650	
30	-4079.043797180	15.732935333	SILUV	130.993	
31	-1100.089935780	14.595769901	AIR	131.283	
32	0.000000000	0.000000000	AIR	130.790	
33	0.000000000	-13.603116119	AIR	131.340	
34	220.445900864	51.281950308	SILUV	133.878	
35	-1597.683074300	5.271684397	AIR	133.124	
36	215.527385603	15.522171709	SILUV	124.678	
37	314.221642044	4.657196014	AIR	121.589	
38	305.812344416	42.963421749	SILUV	120.269	
39	-771.778612980	0.996840378	AIR	117.157	
40	109.741348234	43.192990855	SILUV	84.698	
41	708.633799886	6.161060319	AIR	76.900	
42	66.404779509	39.130193750	CAFUV	46.929	
43	0.000000000	2.999814914	H2OV	20.723	
44	0.000000000	0.000000000	AIR	16.171	

10

20

30

40

【表 2 3 A】

非球面定数

表面番号 3

K	0.0000
C1	5.16435696e-008
C2	-3.34181067e-012
C3	3.14093710e-017
C4	-3.87421162e-022
C5	-8.61200118e-027
C6	-1.47089082e-029
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

表面番号 4

K	0.0000
C1	9.50247881e-010
C2	-3.73319015e-012
C3	-6.51837734e-017
C4	-7.93160821e-021
C5	9.00091591e-025
C6	-1.92340271e-028
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

表面番号 9

K	0.0000
C1	1.24922845e-007
C2	1.54187542e-011
C3	-3.69685941e-016
C4	1.37785719e-018
C5	-3.60351270e-022
C6	2.85480659e-026
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

10

表面番号 13

K	0.0000
C1	1.45134700e-009
C2	1.24926632e-014
C3	8.37553299e-018
C4	2.49716672e-021
C5	-2.66380030e-025
C6	2.61815898e-029
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

表面番号 17

K	0.0000
C1	9.25585261e-009
C2	1.67052938e-013
C3	2.68611580e-018
C4	1.04166910e-022
C5	-1.70724722e-027
C6	1.10260829e-031
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

表面番号 18

K	0.0000
C1	-8.29620456e-009
C2	-1.78159419e-013
C3	-3.07128696e-018
C4	-8.08505340e-023
C5	2.33488811e-028
C6	-8.31087015e-032
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

20

表面番号 20

K	0.0000
C1	1.71573479e-008
C2	5.87191967e-013
C3	3.53602344e-017
C4	3.89188764e-021
C5	-2.56256746e-025
C6	2.81528130e-029
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

表面番号 22

K	0.0000
C1	-9.04880266e-009
C2	3.31829223e-012
C3	-7.82564703e-017
C4	7.87650776e-020
C5	-7.94502597e-024
C6	2.40943558e-027
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

表面番号 25

K	0.0000
C1	1.11732794e-007
C2	5.01044308e-012
C3	1.82247821e-016
C4	2.99282347e-021
C5	-2.06723334e-024
C6	2.32093750e-029
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

30

表面番号 28

K	0.0000
C1	-2.42933057e-008
C2	3.07041360e-014
C3	7.41003764e-018
C4	-5.26534391e-022
C5	1.17630052e-026
C6	-1.17982545e-031
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

表面番号 34

K	0.0000
C1	-8.91439687e-009
C2	-7.33160527e-013
C3	-4.83885006e-018
C4	-2.37515306e-022
C5	2.33792040e-026
C6	-2.27854885e-032
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

表面番号 36

K	0.0000
C1	-5.63334250e-008
C2	-3.26907281e-013
C3	9.72642980e-017
C4	4.30118073e-021
C5	-5.03894259e-025
C6	1.42974281e-029
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

40

表面番号 39

K	0.0000
C1	-1.21454753e-008
C2	1.19750305e-012
C3	-6.39990660e-017
C4	4.10753453e-021
C5	-1.17680773e-025
C6	4.05203512e-030
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

表面番号 41

K	0.0000
C1	4.06678857e-008
C2	3.94505025e-012
C3	-2.03790398e-016
C4	2.07246865e-020
C5	-3.19577553e-024
C6	2.12601962e-028
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

【表 27】

表面番号	半 径	非球面	厚 さ	材 料	1/2直径
1	0.000000		-0.028411	LUFTV193	76.078
2	148.374584	AS	30.141343	SIO2V	82.524
3	2980.684122		2.731918	N2VP950	82.907
4	177.363525		46.196958	SIO2V	84.542
5	765.980001	AS	27.096346	N2VP950	80.837
6	2666.335118		22.841301	SIO2V	73.658
7	-291.755432	AS	0.990907	N2VP950	70.887
8	230.707988		26.508915	SIO2V	65.013
9	-298.406132		21.906961	N2VP950	61.389
10	-112.314548		10.039397	SIO2V	45.510
11	-118.846218		2.540087	N2VP950	43.187
12	0.000000		0.000000	N2VP950	35.411
13	0.000000		18.000000	N2VP950	35.411
14	0.000000		10.013160	SIO2V	46.508
15	0.000000		0.991399	N2VP950	50.085
16	237.566392		20.385633	SIO2V	54.619
17	-476.646043		28.746587	N2VP950	57.184
18	-81.332740		10.129443	SIO2V	59.250
19	-86.414601		0.995700	N2VP950	63.535
20	-2069.485733	AS	30.115541	SIO2V	71.732
21	-141.210644		0.983397	N2VP950	74.255
22	962.252932	AS	9.980083	SIO2V	74.793
23	819.084531		36.977869	N2VP950	75.040
24	0.000000		198.944441	N2VP950	77.850
25	-167.595461	AS	-198.944441	REFL	139.680
26	167.595461	AS	198.944441	REFL	111.811
27	0.000000		36.992449	N2VP950	110.123
28	268.305681		49.624605	SIO2V	123.343
29	-828.322347	AS	47.027120	N2VP950	122.544
30	327.800199		39.684648	SIO2V	108.912
31	-1269.440044	AS	0.995014	N2VP950	106.029
32	331.950903		9.989996	SIO2V	93.089
33	95.290319		49.810064	N2VP950	76.973
34	-442.703787		9.991655	SIO2V	76.737
35	143.501616		20.229593	N2VP950	77.748
36	483.451705		9.993273	SIO2V	79.933
37	241.810075		15.546146	N2VP950	84.505
38	928.401379		29.795388	SIO2V	88.441
39	-298.259102	AS	8.829909	N2VP950	94.008
40	-1812.559641	AS	29.628322	SIO2V	101.744
41	-270.502936		7.417032	N2VP950	107.779
42	-7682.999744	AS	45.892645	SIO2V	118.999
43	-231.286706		27.404554	N2VP950	122.729
44	449.487156		46.556603	SIO2V	134.549
45	-668.069375		1.250913	N2VP950	134.857
46	886.959900	AS	43.269922	SIO2V	133.822
47	-295.612418		0.987420	N2VP950	133.749
48	230.112826		44.287713	SIO2V	112.987
49	-2356.132765	AS	0.978312	N2VP950	108.183
50	92.104165		41.465221	SIO2V	76.439
51	253.332614		1.131452	N2VP950	67.260
52	84.180015		39.033045	CAF2V193	50.611
53	0.000000		3.000000	H2OV193	21.082
54	0.000000		0.000000	AIR	16.500

10

20

30

40

【表 27 A】

非球面定数

表面番号	2	5	7	20	22
K	0	0	0	0	0
C1	-7.058653e-08	-1.114728e-07	1.398385e-07	-1.149358e-08	-5.629065e-08
C2	-2.984480e-12	4.526601e-12	-6.219606e-12	-6.065516e-12	1.905377e-12
C3	-1.303901e-16	1.421882e-16	3.410808e-16	6.763250e-16	-2.554160e-16
C4	-5.960748e-21	-1.154537e-19	3.575265e-20	-7.651964e-20	6.886775e-21
C5	-6.187687e-25	1.628794e-23	-2.900443e-23	5.689563e-24	-6.938594e-25
C6	8.668981e-29	-6.255900e-28	2.343745e-27	-2.312648e-28	-2.420574e-29
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C8	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C9	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00

10

表面番号	25	26	29	31	39
K	-2.31378	-2.31378	0	0	0
C1	-4.828221e-08	4.828221e-08	1.342570e-08	-9.018801e-08	3.278431e-08
C2	7.051572e-13	-7.051572e-13	-3.644532e-13	6.045342e-12	1.370822e-17
C3	-2.377185e-17	2.377185e-17	-2.375681e-18	-1.273791e-16	1.643036e-16
C4	6.284480e-22	-6.284480e-22	-3.970849e-22	-2.702171e-21	-2.021350e-20
C5	-1.385194e-26	1.385194e-26	-4.372813e-27	3.262226e-25	2.670722e-24
C6	1.514567e-31	-1.514567e-31	6.283103e-31	-6.948598e-30	-1.187217e-28
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C8	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C9	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00

20

表面番号	40	42	46	49
K	0	0	0	0
C1	-5.316551e-08	-1.954895e-09	-4.282391e-08	-3.095959e-08
C2	-7.707570e-14	5.606761e-14	-1.948121e-13	3.451241e-12
C3	2.146900e-16	-6.199304e-17	7.664802e-17	-1.219768e-16
C4	-2.184878e-20	3.478339e-21	-2.354982e-21	4.060098e-21
C5	2.255720e-24	-1.558932e-25	1.361973e-26	-9.053687e-26
C6	-9.545251e-29	4.899450e-30	2.019923e-31	1.610152e-30
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C8	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C9	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00

30

【表 28】

WL	193.368 nm	193.468 nm	193.268 nm
SIO2V'	1.5607857	1.56062813	1.56094365
CAF2V193'	1.50175423	1.50185255	1.50195109
H2OV193'	1.4364632	1.43667693	1.43689123

NA 1.2; Fmin = 18.63 mm; Fmax = 66 mm

表面番号	半 径	厚 さ	材 料	1/2直径	形式
0	0.000000000	31.974939715	AIR	66.000	
1	0.000000000	-0.024765663	AIR	76.143	
2	148.940822391	31.463360093	SIO2V	83.171	
3	6331.489300420	40.453855135	AIR	83.210	
4	928.302406310	14.994423747	SIO2V	83.796	
5	251.967918823	13.753137508	AIR	83.372	
6	172.912005335	50.243372901	SIO2V	87.569	
7	-197.856766081	1.000964332	AIR	86.631	
8	81.522536296	17.681593406	SIO2V	65.574	
9	88.327907526	30.256558951	AIR	60.047	
10	117.551427452	18.843304175	SIO2V	50.042	
11	855.507852453	8.921765220	AIR	45.493	
12	0.000000000	0.000000000	AIR	37.552	
13	0.000000000	49.799403498	AIR	37.641	
14	-56.887108985	19.216557050	SIO2V	46.868	
15	-153.952881762	0.978745522	AIR	66.363	
16	-10783.364868000	53.980836551	SIO2V	79.120	
17	-370.423261824	5.444267505	AIR	97.662	
18	-1928.185768980	46.883883025	SIO2V	104.839	
19	-156.534475362	0.983619441	AIR	108.499	
20	-2025.935551520	37.434974978	SIO2V	114.116	
21	-206.572644709	34.979106092	AIR	115.758	
22	0.000000000	220.766423587	AIR	108.107	
23	-187.624624543	-220.766423587	AIR	140.612	REFL
24	185.347836932	220.766423587	AIR	130.980	REFL
25	0.000000000	38.094302401	AIR	87.940	
26	572.857393641	19.003060435	SIO2V	84.526	
27	-2621.148115610	0.995124659	AIR	83.267	
28	286.158521436	14.994640836	SIO2V	80.188	
29	106.165691183	42.739053946	AIR	72.275	
30	-269.972769063	14.994253287	SIO2V	72.751	
31	217.103611286	19.468009312	AIR	79.551	
32	49574.268497900	15.072135262	SIO2V	82.355	
33	-1724.117745890	7.993795407	AIR	87.009	
34	-681.152171807	39.742301517	SIO2V	89.501	
35	-135.848489522	0.995182990	AIR	93.025	
36	729.076676327	18.240313704	SIO2V	99.335	
37	-1221.183105010	8.112527507	AIR	100.052	
38	470.281491581	33.610782817	SIO2V	101.641	
39	-393.774605114	34.640728842	AIR	101.306	
40	-135.515968276	14.997016204	SIO2V	100.625	
41	-242.973369762	0.998166637	AIR	109.176	
42	629.218885691	33.238719341	SIO2V	114.327	
43	-476.667589984	1.000069241	AIR	114.673	
44	609.210504505	31.634185939	SIO2V	112.966	
45	-463.558570174	0.991784251	AIR	112.249	
46	181.331821629	26.489265851	SIO2V	99.538	
47	478.467068575	0.985154964	AIR	96.400	
48	166.964883598	32.619952496	SIO2V	90.254	
49	34746.976265700	0.961982243	AIR	86.267	
50	65.547801143	30.975153472	SIO2V	58.849	
51	118.066733717	1.052010322	AIR	51.946	
52	68.706870791	32.347686260	CAF2V193	43.646	
53	0.000000000	3.000000148	H2OV193	21.134	
54	0.000000000	0.000000000	AIR	16.501	

10

20

30

40

【表 28 A】

非球面定数

表面番号	K	C1	C2	C3	C4
2	0.00000000e+000	-5.25595959e-008	-5.05125696e-014	-3.39834764e-016	1.43455947e-022
4	0.00000000e+000	-9.82547285e-009	-3.46617126e-012	4.26908111e-016	8.30046581e-021
7	0.00000000e+000	4.35702944e-008	3.07328355e-012	-6.64471080e-016	8.46058187e-020
11	0.00000000e+000	1.78059855e-008	-4.49918001e-011	-1.45873634e-015	-5.93868926e-020
15	0.00000000e+000	9.71039823e-009	-5.80809116e-012	1.66373755e-015	-6.79295769e-020
18	0.00000000e+000	-9.90188358e-009	-3.63667799e-012	4.39791888e-016	-4.05829074e-020
20	0.00000000e+000	-3.56668353e-008	1.04282881e-012	-3.79146258e-017	1.77203987e-021
23	-1.00000000e+000	0.00000000e+000	0.00000000e+000	0.00000000e+000	0.00000000e+000
24	0.00000000e+000	-4.12889632e-009	-9.85960529e-014	-2.94691200e-018	-3.56770055e-025
26	0.00000000e+000	2.84735678e-008	8.22076690e-013	8.98622393e-019	1.63369077e-020
36	0.00000000e+000	-3.45458233e-008	7.01690612e-013	2.53558597e-017	-2.32833922e-023
42	0.00000000e+000	6.80041144e-009	-3.73953529e-014	-4.59353922e-017	3.53253945e-021
47	0.00000000e+000	3.44340794e-008	8.40449554e-013	-3.72972761e-016	3.22089615e-020
49	0.00000000e+000	1.97298275e-008	2.76921584e-012	1.03703892e-016	-5.16050166e-020

10

表面番号	C5	C6	C7	C8
2	5.23175535e-024	-1.25244222e-027	1.21805557e-031	-4.43910196e-036
4	-4.64399579e-024	1.19810111e-027	-1.78448775e-031	9.48653785e-036
7	-6.78485826e-024	2.18615691e-028	1.27733528e-032	-7.77343429e-037
11	2.10051516e-021	-2.86208035e-027	-1.14692199e-028	-9.07436019e-033
15	4.67315167e-024	1.33956477e-027	-1.86319592e-031	1.80116188e-036
18	3.14215669e-024	-1.78747424e-028	6.25454799e-033	-9.94933562e-038
20	-1.02830257e-025	1.63016234e-030	9.47579264e-035	-3.37443982e-039
23	0.00000000e+000	0.00000000e+000	0.00000000e+000	0.00000000e+000
24	-4.97425291e-027	1.63379520e-032	3.42393048e-036	-1.99876678e-040
26	-7.11352194e-024	7.18534327e-028	-1.59298542e-032	-4.89537949e-037
36	2.60044530e-026	-1.74079904e-030	-4.85763706e-034	2.78340967e-038
42	-9.74225973e-026	9.00308701e-031	0.00000000e+000	0.00000000e+000
47	-2.63108130e-024	2.07908763e-028	-7.57742152e-033	9.89130621e-038
49	8.50503256e-024	-9.50392825e-028	5.47302796e-032	-1.31141198e-036

20

【表 30】

表面番号	半 径	非球面	厚 さ	材 料	1/2直径
1	0.000000		-0.000674	LV193975	75.450
2	501.388885	AS	15.700263	SIO2V	76.793
3	-2140.989756		1.030768	HEV19397	78.495
4	142.094518		41.139801	SIO2V	86.380
5	4509.859821	AS	48.031590	HEV19397	84.694
6	294.047825		42.018849	SIO2V	75.299
7	-284.632088	AS	0.899132	HEV19397	70.073
8	196.950986		32.325473	SIO2V	62.732
9	-427.997978	AS	24.031073	HEV19397	55.024
10	0.000000		0.000000	HEV19397	35.604
11	0.000000		17.973629	HEV19397	35.604
12	0.000000		9.999076	SIO2V	45.185
13	0.000000		34.757744	HEV19397	48.346
14	997.955935	AS	34.646365	SIO2V	67.618
15	-300.927832		15.875609	HEV19397	75.070
16	-346.766852	AS	31.454835	SIO2V	80.051
17	-123.279874		36.439684	HEV19397	83.364
18	0.000000		205.977742	HEV19397	86.638
19	-174.397052	AS	-205.977742	REFL	131.209
20	170.274411	AS	205.977742	REFL	116.516
21	0.000000		37.095745	HEV19397	97.388
22	437.401009		36.383480	SIO2V	104.301
23	-468.489757		45.906894	HEV19397	104.284
4	-1223.579996		21.742866	SIO2V	97.101
5	-511.114441	AS	8.072398	HEV19397	96.542
26	432.469418		10.004999	SIO2V	85.308
27	102.889104		42.520104	HEV19397	75.234
28	-594.379481		9.996510	SIO2V	75.720
29	174.356867		19.418323	HEV19397	79.411
30	715.897359		10.937733	SIO2V	82.556
31	324.211087		13.818484	HEV19397	88.129
32	1110.064311		30.443596	SIO2V	93.022
33	-264.206409	AS	7.862028	HEV19397	97.550
34	-1190.503106	AS	29.935994	SIO2V	104.823
35	-237.772522		11.246604	HEV19397	110.038
36	10331.864054	AS	39.860150	SIO2V	122.900
37	-277.281811		10.852741	HEV19397	125.931
38	214450.764260		31.052526	SIO2V	131.630
9	-428.573007		13.316274	HEV19397	132.643
40	751.599719		33.094141	SIO2V	133.007
41	-805.999226		1.057548	HEV19397	132.758
42	914.688148	AS	40.568688	SIO2V	130.742
43	-348.277386		0.878766	HEV19397	129.732
44	219.106958		38.836424	SIO2V	108.095
45	2357.913334	AS	1.971079	HEV19397	102.766
46	85.554437		39.388562	SIO2V	72.129
47	193.092045		0.892017	HEV19397	62.113
48	83.536468		37.250760	CAF2V193	49.390
49	0.000000		0.300000	SIO2V	21.410
50	0.000000		0.000000	SIO2V	21.050
51	0.000000		3.000000	H2OV193B	21.050
52	0.000000		0.000000	AIR	16.500

10

20

30

40

【表 30 A】

非球面定数

表面番号	2	5	7	9	14
K	0	0	0	1.84398	0
C1	-4.426813e-08	-2.968289e-08	1.574555e-07	1.174665e-07	-3.306265e-08
C2	-6.238723e-13	5.914537e-12	-1.371133e-11	5.249946e-12	-1.008549e-12
C3	5.373027e-21	-2.636410e-17	7.979944e-16	0.000000e+00	-2.352647e-16
C4	5.520432e-21	-2.348783e-20	-1.733518e-21	0.000000e+00	2.617179e-25
C5	-4.165047e-25	1.589258e-24	-1.045941e-23	0.000000e+00	-1.275061e-24
C6	-2.539882e-29	-3.710160e-29	1.048551e-27	0.000000e+00	7.076571e-29
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C8	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C9	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00

表面番号	16	19	20	25	33
K	0	-2.01302	-2.06565	0	0
C1	-4.975918e-08	-3.276866e-08	4.322230e-08	-1.196195e-07	2.211028e-08
C2	1.193440e-12	3.671721e-13	-3.203678e-13	6.474093e-12	7.931065e-13
C3	-3.326252e-18	-8.127219e-18	1.331133e-17	-2.172807e-16	2.746964e-17
C4	5.194442e-21	1.823894e-22	-2.254203e-22	5.562468e-21	-3.773718e-21
C5	7.844572e-25	-2.990635e-27	4.731338e-27	4.566785e-26	8.556577e-25
C6	-3.910445e-29	4.402752e-32	-3.185999e-32	-6.729599e-30	-5.193468e-29
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C8	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C9	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00

表面番号	34	36	42	45
K	0	0	0	0
C1	-6.109386e-08	-2.940384e-09	-3.072861e-08	-4.317432e-08
C2	1.186926e-12	-1.302883e-13	1.225198e-13	5.093533e-12
C3	9.338913e-17	-7.457684e-17	6.438064e-17	-2.542515e-16
C4	-8.049754e-21	4.922730e-21	-2.717739e-21	1.185033e-20
C5	7.964565e-25	-1.822077e-25	3.936453e-26	-3.870604e-25
C6	-3.877045e-29	3.491116e-30	-1.518766e-31	7.346646e-30
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C8	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C9	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00

【表 3 1】

表面番号	半 径	非球面	厚 さ	材 料	1/2直径
1	0.000000		-0.012399	LV193975	75.472
2	154.966472	AS	24.304901	SIO2V	82.008
3	529.820026		2.090993	HEV19397	82.074
4	150.769271		40.595812	SIO2V	84.201
5	5646.002857		29.581615	HEV19397	81.519
6	-1210.857565		22.741810	SIO2V	74.381
7	-182.994045	AS	34.025994	HEV19397	72.364
8	173.187773		25.484337	SIO2V	52.132
9	-296.185557		22.382287	HEV19397	47.253
10	0.000000		10.110510	SIO2V	44.035
11	0.000000		17.152556	HEV19397	46.863
12	51884.400557	AS	16.631540	SIO2V	54.537
13	-361.923018		63.995754	HEV19397	58.291
14	-878.387785	AS	34.625490	SIO2V	82.453
15	-136.078636		36.436642	HEV19397	85.494
16	0.000000		196.253966	HEV19397	89.191
17	-182.153238	AS	-196.253966	REFL	149.252
18	150.956725	AS	196.253966	REFL	101.676
19	0.000000		36.446112	HEV19397	104.396
20	333.439228		55.820683	SIO2V	116.602
21	-309.405465		37.869545	HEV19397	116.527
22	-424.165104		20.518575	SIO2V	104.186
23	-285.104268	AS	0.896321	HEV19397	103.405
24	635.351851		9.997637	SIO2V	92.108
25	107.969149		40.308038	HEV19397	80.454
26	389.814743		9.996225	SIO2V	82.006
27	152.951561		26.349381	HEV19397	81.938
28	1310.914891		9.999638	SIO2V	84.278
29	275.521100		17.511021	HEV19397	89.677
30	1763.795762		26.773314	SIO2V	93.617
31	-289.165601	AS	9.639413	HEV19397	97.853
32	-1578.752955	AS	27.680692	SIO2V	106.237
33	-272.338400		9.732573	HEV19397	110.951
34	-3842.769867	AS	35.516033	SIO2V	122.549
35	-314.937511		28.595034	HEV19397	125.359
36	889.868029		47.614171	SIO2V	135.827
37	-355.067891		-12.204373	HEV19397	136.279
38	0.000000		0.000000	HEV19397	133.729
39	0.000000		28.717983	HEV19397	133.729
40	574.174423	AS	45.539693	SIO2V	132.500
41	-344.516223		0.852315	HEV19397	132.025
42	204.978326		45.863613	SIO2V	111.958
43	-6283.361425	AS	0.828469	HEV19397	106.831
44	87.555579		40.313564	SIO2V	74.022
45	201.419511		0.722913	HEV19397	64.044
46	86.647656		38.420734	CAF2V193	50.908
47	0.000000		0.300000	SIO2V	21.485
48	0.000000		0.000000	SIO2V	21.121
49	0.000000		3.000000	H2OV193B	21.121
50	0.000000		0.000000	AIR	16.500

10

20

30

40

【表 3 1 A】

非球面定数

表面番号	2	7	12	14	17
K	0	0	0	0	-205.145
C1	-5.06E-02	1.55E-01	-6.58E-02	-3.99E-02	-3.00E-02
C2	-1.36E-06	-4.50E-06	6.94E-07	7.46E-07	3.06E-07
C3	-1.39E-10	2.86E-10	-8.42E-10	-4.18E-11	-7.06E-12
C4	2.02E-14	3.18E-14	3.01E-14	-4.94E-18	1.35E-16
C5	-1.21E-18	-4.70E-18	9.27E-20	2.51E-19	-2.46E-21
C6	7.59E-23	2.24E-22	-5.52E-22	-2.26E-23	2.42E-26
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C8	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C9	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00

10

表面番号	18	23	31	32	34
K	-19.986	0	0	0	0
C1	5.81E-02	-5.44E-02	2.45E-02	-6.17E-02	2.25E-02
C2	-5.04E-07	5.13E-06	5.17E-07	1.84E-06	-1.23E-06
C3	2.61E-11	-2.58E-10	4.76E-11	9.77E-11	-5.97E-11
C4	-5.07E-16	1.19E-14	-1.55E-15	-8.36E-15	6.09E-15
C5	1.40E-20	-3.68E-19	8.15E-19	8.28E-19	-2.59E-19
C6	-4.71E-26	5.92E-24	-4.46E-23	-3.91E-23	5.18E-24
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C8	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C9	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00

20

表面番号	40	43
K	0	0
C1	-3.76E-02	-2.60E-02
C2	7.18E-08	3.27E-06
C3	5.92E-11	-1.25E-10
C4	-1.80E-15	4.09E-15
C5	7.98E-21	-8.18E-20
C6	1.92E-25	8.62E-25
C7	0.000000e+00	0.000000e+00
C8	0.000000e+00	0.000000e+00
C9	0.000000e+00	0.000000e+00

30

【表 3 2】

表面番号	半 径	非球面	厚 さ	材 料	1/2直径
1	0.000000		-0.011620	LV193975	75.462
2	585.070331	AS	17.118596	SIO2V	76.447
3	-766.901651		0.890161	HEV19397	78.252
4	145.560665		45.675278	SIO2V	85.645
5	2818.543789	AS	40.269525	HEV19397	83.237
6	469.396236		29.972759	SIO2V	75.894
7	-193.297708	AS	21.997025	HEV19397	73.717
8	222.509238		27.666963	SIO2V	57.818
9	-274.231957		31.483375	HEV19397	52.595
10	0.000000		10.117766	SIO2V	44.115
11	0.000000		15.361487	HEV19397	47.050
12	26971.109897	AS	14.803554	SIO2V	54.127
13	-562.070426		45.416373	HEV19397	58.058
14	-510.104298	AS	35.926312	SIO2V	76.585
15	-118.683707		36.432152	HEV19397	80.636
16	0.000000		199.241665	HEV19397	86.561
17	-181.080772	AS	-199.241665	REFL	147.684
18	153.434246	AS	199.241665	REFL	102.596
19	0.000000		36.432584	HEV19397	105.850
20	408.244008		54.279598	SIO2V	118.053
21	-296.362521		34.669451	HEV19397	118.398
22	-1378.452784		22.782283	SIO2V	106.566
23	-533.252331	AS	0.892985	HEV19397	105.292
24	247.380841		9.992727	SIO2V	92.481
25	103.088603		45.957039	HEV19397	80.536
26	-1832.351074		9.992069	SIO2V	80.563
27	151.452362		28.883857	HEV19397	81.238
28	693.739003		11.559320	SIO2V	86.714
29	303.301679		15.104783	HEV19397	91.779
30	1016.426625		30.905849	SIO2V	95.900
31	-258.080954	AS	10.647394	HEV19397	99.790
32	-1386.614747	AS	24.903261	SIO2V	108.140
33	-305.810572		14.249112	HEV19397	112.465
34	-11755.656826	AS	32.472684	SIO2V	124.075
35	-359.229865		16.650084	HEV19397	126.831
36	1581.896158		51.095339	SIO2V	135.151
37	-290.829022		-5.686977	HEV19397	136.116
38	0.000000		0.000000	HEV19397	131.224
39	0.000000		28.354383	HEV19397	131.224
40	524.037274	AS	45.835992	SIO2V	130.144
41	-348.286331		0.878010	HEV19397	129.553
42	184.730622		45.614622	SIO2V	108.838
43	2501.302312	AS	0.854125	HEV19397	103.388
44	89.832394		38.416586	SIO2V	73.676
45	209.429378		0.697559	HEV19397	63.921
46	83.525032		37.916651	CAF2V193	50.040
47	0.000000		0.300000	SIO2V	21.480
48	0.000000		0.000000	SIO2V	21.116
49	0.000000		3.000000	H2OV193B	21.116
50	0.000000		0.000000	AIR	16.500

10

20

30

40

【表 3 2 A】

非球面定数

表面番号	2	5	7	12	14
K	0	0	0	0	0
C1	-5.72E-02	-4.71E-02	1.75E-01	-8.29E-02	-4.35E-02
C2	-2.97E-07	7.04E-06	-1.17E-05	-1.87E-07	1.59E-06
C3	1.03E-12	1.09E-10	1.34E-09	-7.04E-10	-6.81E-11
C4	2.76E-14	-2.90E-14	-5.44E-14	6.65E-14	5.03E-15
C5	-1.51E-18	-1.55E-21	-1.82E-18	-1.33E-17	-1.68E-23
C6	-1.04E-24	5.61E-23	2.56E-22	2.46E-21	-2.36E-23
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C8	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C9	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00

表面番号	17	18	23	31	32
K	-197.849	-204.054	0	0	0
C1	-2.94E-02	5.77E-02	-7.06E-02	3.41E-02	-4.85E-02
C2	2.63E-07	-5.00E-07	4.11E-06	4.07E-08	9.88E-07
C3	-6.11E-12	2.67E-11	-1.18E-10	8.10E-11	7.37E-11
C4	1.11E-16	-5.69E-16	2.92E-15	-4.34E-15	-6.56E-15
C5	-2.01E-21	1.89E-20	-3.23E-20	7.59E-19	6.53E-19
C6	2.08E-26	-1.49E-25	2.18E-25	-3.41E-23	-2.88E-23
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C8	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C9	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00

表面番号	34	40	43
K	0	0	0
C1	1.59E-02	-4.10E-02	-3.89E-02
C2	-1.51E-06	3.04E-07	4.76E-06
C3	6.62E-13	5.71E-11	-2.23E-10
C4	1.72E-15	-1.72E-15	8.89E-15
C5	-9.36E-20	-9.60E-22	-2.41E-19
C6	2.36E-24	3.81E-25	3.43E-24
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C8	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C9	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00

【表 3 4】

WL	193.368 nm	193.468 nm	193.268 nm
SIO2V'	1.5607857	1.56062813	1.56094365
CAF2V193'	1.50175423	1.50185255	1.50195109
H2OV193'	1.4364632	1.43667693	1.43689123

NA 1.2; Fmin = 18.63 mm; Fmax = 66 mm

表面番号	半 径	厚 さ	材 料	1/2直径	形式
0	0.000000000	31.982585487	AIR	66.000	
1	0.000000000	-0.017071913	AIR	76.172	
2	147.976296433	25.157601132	SIO2V	83.329	
3	483.267348199	66.318217434	AIR	83.329	
4	6843.187124890	14.990603080	SIO2V	89.462	
5	-10922.857227200	0.990910304	AIR	89.696	
6	185.444884732	43.423576628	SIO2V	90.336	
7	-291.453552095	0.988388071	AIR	88.691	
8	75.552245567	18.214694705	SIO2V	66.883	
9	76.794787833	36.638500036	AIR	60.819	
10	119.890093734	18.824651829	SIO2V	50.527	
11	1688.559592410	8.584817314	AIR	45.933	
12	0.000000000	0.000000000	AIR	38.451	
13	0.000000000	52.042672045	AIR	38.545	
14	-59.826650342	14.981853380	SIO2V	48.449	
15	-143.442731652	0.981820223	AIR	65.183	
16	-809.267677971	22.623991877	SIO2V	74.792	
17	-189.427877067	23.734179117	AIR	79.164	
18	-404.048228936	40.321323389	SIO2V	94.462	
19	-133.255827443	0.996126038	AIR	98.239	
20	-532.626067795	25.229572964	SIO2V	102.508	
21	-218.631437997	34.992902498	AIR	104.152	
22	0.000000000	232.569743258	AIR	102.146	
23	-203.850853866	-232.569743258	AIR	154.862	REFL
24	180.897913619	232.569743258	AIR	125.795	REFL
25	0.000000000	35.093353727	AIR	89.945	
26	-2097.871590640	18.902530877	SIO2V	88.318	
27	-311.592066935	1.000926290	AIR	88.349	
28	197.040247642	14.994864591	SIO2V	82.980	
29	123.794489384	39.397144698	AIR	76.695	
30	-351.625590566	14.996140251	SIO2V	76.667	
31	194.519969585	25.840876165	AIR	79.734	
32	-783.090311926	14.999335864	SIO2V	81.725	
33	602.209892650	15.636785753	AIR	89.884	
34	-860.877333066	40.308090334	SIO2V	92.572	
35	-144.751331394	0.995503627	AIR	96.367	
36	489.496864563	22.261422840	SIO2V	107.265	
37	-1492.086252490	0.998123009	AIR	108.225	
38	542.517785037	42.667711177	SIO2V	110.092	
39	-278.956019182	30.784648856	AIR	110.074	
40	-143.206504187	16.457194925	SIO2V	109.358	
41	-245.275186574	0.991006459	AIR	118.513	
42	450.076146500	56.637715430	SIO2V	124.493	
43	-281.238265383	0.994417156	AIR	124.569	
44	173.286659802	30.025805518	SIO2V	105.228	
45	405.488019133	4.969943131	AIR	101.974	
46	170.349078374	38.966672867	SIO2V	93.740	
47	78634.784391100	0.980473718	AIR	86.875	
48	65.899645851	30.022369482	SIO2V	58.766	
49	115.328388498	0.871701885	AIR	51.820	
50	70.957276330	32.640666401	CAF2V193	44.305	
51	0.000000000	3.000000148	H2OV193	21.157	
52	0.000000000	0.000000000	AIR	16.500	

【表 3 4 A】

非球面定数

表面番号	K	C1	C2	C3	C4
2	0.00000000e+000	-4.78882631e-008	-1.07874702e-012	-3.02679637e-016	1.88733824e-020
4	0.00000000e+000	6.93936013e-009	4.14547565e-012	-2.44188432e-016	3.37511708e-020
7	0.00000000e+000	2.35987002e-008	8.31924580e-012	-7.77774842e-016	6.50303307e-021
11	0.00000000e+000	1.26922184e-007	-4.36848744e-011	4.57206313e-015	1.74083492e-018
15	0.00000000e+000	7.93042774e-008	-2.07633723e-013	3.76353009e-016	7.36365299e-020
18	0.00000000e+000	-1.97913247e-009	-8.66959877e-013	6.04641277e-017	-4.73473989e-021
20	0.00000000e+000	-5.08811298e-009	-3.02758381e-013	-6.93452917e-018	3.42662757e-022
23	0.00000000e+000	9.00942854e-009	1.77368463e-013	2.86086903e-018	5.71387977e-023
24	0.00000000e+000	-6.79867230e-009	-1.66279668e-013	-3.17226607e-018	-2.14919508e-022
26	0.00000000e+000	-5.37053896e-008	1.67618239e-012	4.07995560e-016	-3.53050500e-020
36	0.00000000e+000	-3.31965207e-008	6.14833787e-013	2.40373774e-017	1.18984531e-022
41	0.00000000e+000	-1.38336514e-008	8.93474375e-013	-2.71551009e-017	1.74375713e-021
45	0.00000000e+000	1.44983141e-008	-1.95881989e-014	-1.05859436e-016	5.32744894e-021
47	0.00000000e+000	3.11232761e-008	2.84716248e-012	-1.11706969e-016	-2.66038924e-021

表面番号	C5	C6	C7	C8
2	-4.39149695e-025	-1.09132516e-028	-1.04998811e-035	7.96689244e-037
4	-5.06638092e-024	5.32303197e-028	-2.85457308e-032	3.58175757e-038
7	3.23059366e-024	-1.16477659e-030	-4.43574135e-032	2.44981381e-036
11	-1.38306535e-022	2.43454067e-025	-8.52163913e-029	1.77790237e-034
15	-4.68407947e-024	8.91865260e-029	8.87815151e-032	-8.32251546e-036
18	1.77442213e-025	4.52110292e-031	-2.53815340e-035	-4.30166930e-039
20	-9.21678831e-028	-3.68127185e-033	1.89749139e-038	-4.16625182e-039
23	-4.46902171e-028	1.13482418e-031	-3.89411163e-036	7.97497644e-041
24	1.19742697e-026	-1.09727605e-030	4.00797914e-035	-7.95846450e-040
26	9.00535444e-025	-3.46673523e-029	-6.86798043e-033	5.92310794e-037
36	-9.53667910e-026	4.93885674e-030	-2.90808572e-034	1.22198832e-039
41	-1.26665751e-025	5.84505761e-030	-2.30469572e-034	6.06339556e-039
45	-5.94726685e-026	2.48643254e-029	-1.88792088e-033	5.60469477e-038
47	2.43106684e-025	-3.95551801e-029	-7.28245783e-037	4.70291791e-038

10

20

【表 3 6】

WL	193.368 nm	193.468 nm	193.268 nm
SIO2V'	1.5607857	1.56062813	1.56094365
CAF2V193'	1.50175423	1.50185255	1.50195109
H2OV193'	1.4364632	1.43667693	1.43689123

NA 1.2; Fmin = 18.63 mm; Fmax = 66 mm

表面番号	半 径	非球面	厚 さ	材 料	1/2直径
1	0.000000		-0.004216	LUFTV193	75.440
2	341.127979	AS	22.791928	SIO2V	77.399
3	-547.910038		0.998331	N2VP950	79.138
4	127.727169		41.232021	SIO2V	85.886
5	423.981317	AS	37.538965	N2VP950	83.125
6	1837.865411		20.893107	SIO2V	73.497
7	-224.309944	AS	1.002068	N2VP950	71.189
8	162.793881		28.373758	SIO2V	63.095
9	-357.404285		20.328095	N2VP950	58.827
10	-130.668159		9.997405	SIO2V	40.623
11	-153.854050		6.572008	N2VP950	37.125
12	0.000000		9.999712	SIO2V	37.199
13	0.000000		1.062092	N2VP950	40.839
14	743.447647		18.547401	SIO2V	42.269
15	-194.707721		22.944701	N2VP950	46.232
16	-91.226681		9.997232	SIO2V	51.224
17	-149.640287		18.143695	N2VP950	58.055
18	-523.085587	AS	23.764093	SIO2V	70.561
19	-159.366370		0.999029	N2VP950	75.025
20	-418.047917	AS	30.390060	SIO2V	78.905
21	-139.497541		36.995337	N2VP950	82.309
22	0.000000		202.057337	N2VP950	86.976
23	-179.767561	AS	-202.057337	REFL	144.017
24	157.031815	AS	202.057337	REFL	107.178
25	0.000000		36.997499	N2VP950	101.742
26	440.441126		47.272805	SIO2V	111.232
27	-305.204169		41.252868	N2VP950	111.473
28	-462.717592		18.096500	SIO2V	101.263
29	-434.773502	AS	1.272365	N2VP950	100.762
30	323.034266		9.997203	SIO2V	90.351
31	107.871517		41.101537	N2VP950	80.055
32	-2104.261715		9.996146	SIO2V	80.354
33	162.693545		24.114798	N2VP950	82.448
34	461.867528		11.590831	SIO2V	88.405
35	292.431899		14.861810	N2VP950	92.938
36	1076.736610		38.645047	SIO2V	96.114
37	-233.326361	AS	4.528881	N2VP950	101.701
38	-818.919435	AS	26.752850	SIO2V	107.052
39	-301.917563		18.307802	N2VP950	113.375
40	-2069.863617	AS	54.519854	SIO2V	125.923
41	-240.586609		40.043329	N2VP950	131.701
42	0.000000		0.000000	N2VP950	138.484
43	0.000000		-20.273619	N2VP950	138.484
44	442.810512		63.820483	SIO2V	138.949
45	-533.873885		2.798052	N2VP950	139.304
46	662.397337	AS	40.282382	SIO2V	135.640
47	-428.200815		0.994361	N2VP950	134.489
48	213.024607		43.377768	SIO2V	113.450
49	3009.037627	AS	0.987971	N2VP950	107.741
50	95.712001		40.028327	SIO2V	77.581
51	241.528599		2.069796	N2VP950	67.915
52	85.826880		38.946996	CAF2V193	50.851
53	0.000000		3.000000	H2OV193	21.090
54	0.000000		0.000000	AIR	16.500

10

20

30

40

【表 3 6 A】

非球面定数

表面番号	2	5	7	18	20
K	0	0	0	0	0
C1	-6.825898e-08	-1.139291e-07	1.715001e-07	-5.525454e-08	-1.928670e-08
C2	-5.820149e-13	6.229489e-12	-3.362340e-12	-1.835201e-13	1.369964e-12
C3	-1.764721e-16	2.070760e-16	2.245144e-16	1.097082e-16	-1.178098e-16
C4	1.898479e-20	-3.072912e-20	6.731621e-20	2.983525e-22	-5.533661e-22
C5	-2.878598e-26	5.780651e-25	-1.102455e-23	-7.073376e-25	4.333159e-25
C6	-4.377548e-29	7.588531e-29	1.662149e-28	2.028418e-28	-5.576742e-29
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C8	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C9	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00

表面番号	23	24	29	37	38
K	-1.94543	-2.30892	0	0	0
C1	-2.949816e-08	6.225716e-08	-9.081623e-08	1.700564e-08	-5.539058e-08
C2	2.672898e-13	-8.664624e-13	4.328932e-12	7.578402e-13	7.069194e-13
C3	-5.319153e-18	3.983466e-17	-9.663515e-17	6.487979e-17	7.954509e-17
C4	1.038342e-22	-1.106567e-21	1.861873e-21	-4.481439e-21	-5.116182e-21
C5	-1.448694e-27	3.014885e-26	-2.365064e-26	9.785695e-25	7.622924e-25
C6	1.457411e-32	-3.386885e-31	4.413420e-31	-4.763684e-29	-3.862189e-29
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C8	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C9	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00

表面番号	40	46	49
K	0	0	0
C1	-6.320049e-10	-2.772679e-08	-2.949915e-08
C2	-1.306440e-13	-1.390524e-13	3.478719e-12
C3	-3.923481e-17	4.871921e-17	-1.481636e-16
C4	2.072577e-21	-1.427007e-21	6.052349e-21
C5	-6.511387e-26	7.907911e-27	-1.731162e-25
C6	1.538497e-30	1.183697e-31	2.820274e-30
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C8	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C9	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00

10

20

30

【表 3 7】

表面番号	半 径	非球面	厚 さ	材 料	1/2直径
0	0.000000		32.000671		66.0
1	153.319623		25.301467	SILUV	83.9
2	362.312706		1.846656		83.3
3	249.932462		10.039369	SILUV	83.5
4	296.617151		16.156206		82.9
5	129.380687		32.591808	SILUV	85.8
6	353.939024		25.413158		83.3
7	441.659706		33.067185	SILUV	77.6
8	-249.821483		0.999731		73.0
9	242.432431		23.800036	SILUV	66.0
10	-418.172385		16.233683		62.2
11	-135.497448		9.999688	SILUV	53.8
12	-172.144731		14.407576		51.0
13	0.000000		14.446986		37.2
14	403.537798		17.810754	SILUV	47.2
15	-250.734154		43.083755		50.0
16	-86.913472		14.999924	SILUV	58.5
17	-119.371112		3.501271		67.2
18	-227.124051		29.708033	SILUV	72.5
19	-115.706665		0.999372		77.3
20	-6458.564488		21.246094	SILUV	81.9
21	-316.595524		244.245108		83.5
22	-175.503346		-209.246168	REFL	137.3
23	172.837073		259.698197	REFL	116.6
24	286.122846		54.616082	SILUV	114.1
25	-319.487475		0.999912		113.6
26	966.963595		26.197513	SILUV	104.1
27	-1040.269926		1.072535		101.1
28	1363.207517		10.039037	SILUV	93.7
29	99.625589		52.260353		77.5
30	4756.567563		10.000836	SILUV	78.0
31	153.387698		31.977828		78.4
32	-621.996267		10.519453	SILUV	80.7
33	337.392641		11.072501		89.8
34	737.023107		38.757083	SILUV	94.6
35	-226.600466		0.999349		98.8
36	2080.296355		23.152743	SILUV	107.0
37	-464.590999		1.039809		110.3
38	1055.490633		38.268883	SILUV	115.5
39	-319.028277		39.203877		117.8
40	653.756661		35.609928	SILUV	125.1
41	-584.439739		12.416338		125.1
42	531.560104		43.648724	SILUV	121.9
43	-344.752529		0.999813		121.1
44	216.368978		41.075323	SILUV	104.1
45	-1287.916059		1.004925		99.2
46	80.185742		39.619634	SILUV	69.4
47	176.364295		1.538101		59.8
48	85.292538		38.558988	SILUV	48.9
49	0.000000		3.000000	H2O	21.1
50	0.000000				16.5

10

20

30

40

【表 3 7 A】

非球面定数

表面番号	3	8	20	22	23
K	0	0	0	-2.68078	-2.40925
C1	-3.607637E-08	1.865463E-07	-2.924038E-08	-4.659443E-08	5.109968E-08
C2	-2.229774E-12	-7.002614E-12	-1.606274E-13	1.037806E-12	-5.972057E-13
C3	-9.424200E-17	6.321555E-16	-3.464603E-17	-3.569130E-17	2.704163E-17
C4	2.475481E-20	-2.270568E-20	-8.460050E-22	1.252351E-21	-7.866414E-22
C5	-2.200899E-24	-7.376870E-24	-3.093437E-26	-4.105857E-26	3.951644E-26
C6	2.031865E-28	4.292117E-28	1.330447E-29	1.072302E-30	-1.866653E-30
C7	-1.376196E-32	-4.030529E-32	-2.982210E-33	-1.880272E-35	6.750678E-35
C8	1.838592E-38	6.145449E-36	1.368410E-37	1.598017E-40	-1.047201E-39

10

表面番号	27	36	38	42	45
K	0	0	0	0	0
C1	-7.658966E-08	-5.016408E-08	-9.533350E-10	-3.314101E-08	-6.295604E-09
C2	5.681524E-12	6.321012E-13	-5.085963E-13	3.915833E-13	2.792116E-12
C3	-2.238871E-16	1.067455E-16	-9.972640E-17	5.982003E-17	-1.225842E-16
C4	5.298747E-21	-7.397651E-21	6.787141E-21	-1.575240E-21	1.102964E-20
C5	6.569464E-25	1.926832E-25	-1.791598E-25	-3.559970E-26	-1.065854E-24
C6	-9.223653E-29	6.753657E-30	-3.368098E-30	1.054274E-30	8.785997E-29
C7	5.022050E-33	-9.556799E-34	3.525219E-34	1.406168E-35	-4.393692E-33
C8	-1.105440E-37	1.329917E-38	-3.436374E-39	-3.845075E-40	1.041770E-37

20

【表 3 8】

表面番号	半 径	非球面	厚 さ	材 料	1/2直径
0	0.000000		35.248514		66.0
1	143.248122		28.781110	SILUV	86.3
2	358.453084		2.742037		85.3
3	249.892226		15.480033	SILUV	85.2
4	590.981355		14.283399		84.5
5	117.666799		24.212151	SILUV	83.0
6	167.854363		18.418499		79.6
7	383.299246		37.170753	SILUV	78.0
8	-249.806207		1.005138		72.8
9	176.708488		25.812894	SILUV	64.2
10	-489.209320		17.845992		60.0
11	-138.689463		10.119648	SILUV	47.3
12	-180.883089		11.123457		43.8
13	1814.626805		14.880881	SILUV	38.4
14	-249.444318		45.270915		42.1
15	-80.916188		15.005805	SILUV	54.4
16	-125.947065		2.167332		65.0
17	-470.801754		30.186754	SILUV	72.8
18	-134.611795		2.050714		78.1
19	-522.384219		31.415391	SILUV	84.0
20	-154.268791		249.623006		87.1
21	-181.420630		-209.608609	REFL	140.1
22	169.119629		250.842406	REFL	114.7
23	291.616363		51.793776	SILUV	110.3
24	-309.683041		17.091881		109.8
25	-940.483291		12.127436	SILUV	99.3
26	-42805.292832		1.002005		97.3
27	220.631691		10.003981	SILUV	88.3
28	99.320400		49.161757		77.3
29	-561.336190		9.999954	SILUV	77.2
30	154.957512		24.909934		79.0
31	1924.820454		13.223705	SILUV	81.7
32	303.786903		14.995612		89.2
33	1300.890310		31.155401	SILUV	93.9
34	-258.803624		9.929012		98.4
35	-3575.038127		30.701987	SILUV	109.0
36	-265.328196		2.056209		113.6
37	2294.378555		44.440918	SILUV	123.1
38	-267.747777		29.673499		125.9
39	557.248167		36.861702	SILUV	131.7
40	-783.213643		-0.938224		131.3
41	-14802.205529		16.206383		129.7
42	828.039709		43.221788	SILUV	129.1
43	-324.649154		0.998849		128.8
44	206.870457		45.792196	SILUV	109.6
45	-1913.727624		0.997376		104.5
46	81.421622		39.892459	SILUV	70.6
47	171.051496		1.070665		60.3
48	81.435251		36.484505	CAFUV	48.6
49	0.000000		3.000000	H2O	21.1
50	0.000000				16.5

10

20

30

40

【表 3 8 A】

非球面定数

表面番号	3	8	17	19	21
K	0	0	0	0	-2.35919
C1	-4.239547E-08	1.776408E-07	-3.517097E-08	-2.260275E-08	-3.531314E-08
C2	-3.439882E-12	-7.365374E-12	-1.680998E-12	1.477964E-12	5.754980E-13
C3	2.585420E-17	6.010661E-16	1.988836E-16	-5.557313E-17	-1.422154E-17
C4	-7.398192E-21	3.465765E-20	-8.317822E-21	-1.521633E-21	3.469778E-22
C5	2.490541E-24	-1.352374E-23	1.490936E-25	2.529206E-25	-6.366916E-27
C6	-1.543807E-28	7.789367E-28	9.086464E-29	-2.473128E-29	6.303151E-32

10

表面番号	22	26	34	35	37
K	-2.55041	0	0	0	0
C1	5.763867E-08	-9.608615E-08	1.305280E-08	-5.677213E-08	3.512847E-09
C2	-8.648037E-13	4.888828E-12	5.858393E-13	1.460926E-12	-4.457077E-13
C3	3.811912E-17	-1.061062E-16	-2.240057E-17	7.309271E-17	-9.211061E-17
C4	-1.031346E-21	2.226871E-21	1.299691E-21	-7.691388E-21	7.360949E-21
C5	2.586799E-26	6.374143E-26	1.071950E-25	4.906816E-25	-3.041901E-25
C6	-2.333304E-31	-5.123581E-30	-1.228055E-29	-1.882267E-29	6.008115E-30

表面番号	42	45
K	0	0
C1	-2.753413E-08	-2.014104E-08
C2	-1.731330E-13	3.259304E-12
C3	6.979195E-17	-1.414937E-16
C4	-2.163794E-21	5.867152E-21
C5	9.215216E-27	-1.748151E-25
C6	2.896055E-31	3.188929E-30

20

【表 3 9】

表面番号	半 径	非球面	厚 さ	材 料	1/2直径
0	0.000000		40.000000		68.0
1	146.623761	AS	35.648639	SIO2V	84.3
2	-262.402199	AS	11.489893		86.4
3	-1418.271111	AS	55.535686	SIO2V	89.1
4	-149.803131		80.058956		92.8
5	-316.127680		-80.058956	REFL	66.8
6	-149.803131		-55.535686	SIO2V	77.9
7	-1418.271111		-11.489893		77.7
8	-262.402199		11.489893	REFL	78.4
9	-1418.271111		55.535686	SIO2V	88.5
10	-149.803131		90.058608		97.6
11	-318.170858	AS	42.027645	SIO2V	125.7
12	-174.217513		221.335808		130.9
13	-245.648700	AS	-201.335981	REFL	202.8
14	114.970031	AS	241.335931	REFL	93.2
15	372.783567	AS	46.864614	SIO2V	124.6
16	-819.903755		1.038628		123.6
17	177.861341		41.772805	SIO2V	112.5
18	341.365208		37.021407		104.9
19	-466.562113		12.000000	SIO2V	100.5
20	162.712763		42.079202		91.1
21	-370.098539		12.000000	SIO2V	91.3
22	462.418362		26.721285		96.0
23	-356.944827		27.234109	SIO2V	97.2
24	-176.415718		1.000000		100.3
25	250.680892	AS	35.225819	SIO2V	109.0
26	-1151.380195		1.000000		108.8
27	400.524336		38.251924	SIO2V	107.1
28	-405.535651		31.160614		105.6
29	-149.637246		50.218339	SIO2V	104.4
30	-384.493074	AS	30.129631		114.6
31	0.000000		-29.129631		116.2
32	266.421209		50.004341	SIO2V	116.1
33	-466.737916		1.000000		115.2
34	142.958212		42.562558	SIO2V	102.2
35	432.609562	AS	0.098646		97.2
36	114.421108		32.582267	SIO2V	82.2
37	573.116962	AS	1.000000		76.7
38	60.777409		26.925305	SIO2V	52.9
39	76.682879		1.000000		41.9
40	70.399871		26.141931	CAF2V193	40.0
41	0.000000		3.000000	H2OV193	21.6
42	0		0		17.0

10

20

30

【表 3 9 A】

非球面定数

表面番号	1	2	3	11	13
K	0	0	0	0	0
C1	-3.341087E-07	8.388602E-08	3.429680E-08	3.116059E-09	3.046218E-09
C2	-2.505072E-12	-1.111052E-11	-9.182012E-12	4.201540E-13	4.170047E-14
C3	2.943082E-15	1.569768E-15	8.908974E-16	-8.967249E-17	3.681161E-19
C4	-4.955011E-19	-1.841754E-19	-1.039175E-19	4.467021E-21	2.802579E-23
C5	4.666851E-23	1.342877E-23	7.467060E-24	-1.240183E-25	-1.004802E-27
C6	-1.905456E-27	-4.061739E-28	-2.463306E-28	-3.737311E-31	3.611732E-32
C7					-6.507196E-37
C8					6.094959E-42

10

表面番号	14	15	25	30	35
K	0	0	0	0	0
C1	-1.471452E-07	1.493626E-09	-2.761928E-08	3.891658E-09	8.202081E-10
C2	3.389142E-12	7.786239E-13	1.065077E-13	-2.344148E-13	-6.269685E-13
C3	-1.091618E-15	3.130190E-17	8.399310E-18	1.511118E-17	-2.459088E-16
C4	1.594470E-19	2.199868E-22	-2.005406E-21	-1.816247E-21	5.806198E-20
C5	-2.248477E-23	-1.132529E-25	1.619754E-25	3.834331E-26	-3.997034E-24
C6	1.655691E-27	2.738900E-30	-8.094709E-30	5.510731E-31	1.041043E-28
C7	-5.527960E-32				
C8	-3.066052E-37				

20

表面番号	37
K	0
C1	1.252989E-07
C2	2.533320E-12
C3	1.123761E-16
C4	-1.266332E-19
C5	1.618688E-23
C6	-8.614797E-28
C7	
C8	

30

【表 4 0】

表面番号	半 径	非球面	厚 さ	材 料	1/2直径
0	0.000000		31.999820		72.0
1	1121.871530	AS	22.353990	SIO2V	81.6
2	-593.507575		151.330057		83.2
3	-276.701090		-150.330068	REFL	99.4
4	-1841.732700		158.991136	REFL	58.1
5	-1993.161426		66.359854	SIO2V	129.7
6	-226.138813		0.999989		137.1
7	320.967306		58.008492	SIO2V	147.2
8	-521.971452	AS	138.103093		146.7
9	1018.489753	AS	33.863171	SIO2V	132.4
10	-836.147368		169.056435		131.1
11	-150.333251		22.332601	SIO2V	98.2
12	-264.622066		19.637756		104.6
13	-642.439229		-19.637756	REFL	105.6
14	-264.622066		-22.332601	SIO2V	96.6
15	-150.333251		-169.056435		86.0
16	-836.147368		-33.863171	SIO2V	72.6
17	1018.489753	AS	-94.088120		78.6
18	196.895316		-14.999941	SIO2V	99.4
19	1436.276484		-28.015060		114.2
20	263.470635		28.015060	REFL	117.3
21	1436.276484		14.999941	SIO2V	115.4
22	196.895316		94.088120		104.5
23	1018.489753	AS	33.863171	SIO2V	98.4
24	-836.147368		232.111001		96.3
25	-203.114130	AS	20.739811	SIO2V	89.7
26	-179.567740		1.000292		94.4
27	214.374385		45.853859	SIO2V	107.3
28	-685.859253	AS	14.406908		106.3
29	155.448944		34.186529	SIO2V	99.0
30	402.440360		26.948978		95.4
31	1784.180000		14.999955	SIO2V	87.8
32	215.162499		22.977434		79.8
33	-1182.190098		22.085678	SIO2V	78.7
34	-212.011934		1.511427		77.6
35	-2234.326431	AS	16.015583	SIO2V	73.6
36	102.656630		55.587588		68.2
37	227.255721		75.569686	SIO2V	88.7
38	-317.233998		1.001303		92.3
39	1810.772356	AS	34.492120	SIO2V	91.9
40	-251.541624		3.237774		94.2
41	0.000000		-2.238080		92.7
42	312.037351		16.355638	SIO2V	94.5
43	1101.731550	AS	0.999509		94.2
44	373.203773		35.331514	SIO2V	95.0
45	-352.262575		0.999305		95.0
46	800.952563		34.674551	SIO2V	91.8
47	-210.477645	AS	0.999728		90.3
48	72.234210		29.521553	SIO2V	58.5
49	126.294484		7.096090		50.0
50	89.472175		36.272448	SIO2V	41.5
51	0.000000		0.000000		18.0

10

20

30

40

【表 40A】

非球面定数

表面番号	1	8	9 /	17	23
K	0	0	0	0	0
C1	-6.489547E-09	1.779063E-08	-2.537260E-09	-2.537260E-09	-2.537260E-09
C2	2.573979E-12	-1.318309E-13	8.794118E-14	8.794118E-14	8.794118E-14
C3	-6.945437E-18	1.871976E-18	1.370489E-18	1.370489E-18	1.370489E-18
C4	-9.856064E-22	-2.538137E-23	2.480376E-23	2.480376E-23	2.480376E-23
C5	-5.398838E-26	5.262554E-28	3.221917E-28	3.221917E-28	3.221917E-28
C6	3.582736E-29	-4.568847E-33	-1.526882E-32	-1.526882E-32	-1.526882E-32

10

表面番号	25	28	35	39	43
K	0	0	0	0	0
C1	3.488627E-08	5.518741E-08	-1.889508E-07	-1.194060E-07	2.132675E-08
C2	-5.495753E-13	-1.879963E-12	-7.683963E-12	-3.708989E-13	3.335407E-12
C3	-6.723461E-17	-1.208371E-18	9.545139E-17	4.020986E-17	8.797815E-17
C4	2.810907E-21	8.370662E-22	1.920197E-20	-1.082725E-20	-6.582985E-21
C5	-1.827899E-25	-3.751988E-26	1.709381E-24	3.369011E-26	-4.306562E-26
C6	4.402454E-30	1.768617E-30	-4.887431E-30	1.763283E-29	1.609953E-29

表面番号	47
K	0
C1	1.327564E-08
C2	8.696711E-13
C3	-1.462960E-16
C4	1.072413E-20
C5	-5.792663E-25
C6	7.946613E-30

20

【表 4 1】

図番	NA	Y'	N _L	N _{OP}	D _{max}	COMP1	COMP2	COMP3
4	1.10	16.25	17	3	201.5	10.25	174.21	58.07
7	1.10	16.25	17	3	220.9	11.23	190.99	63.66
8	1.15	16.25	17	3	220.1	10.24	174.11	58.04
16	1.20	16.25	20	3	219.7	9.39	187.78	62.59
17	1.20	16.25	21	3	235.5	10.06	211.35	70.45
19	1.20	16.25	20	3	263.9	11.28	225.56	75.19
20	1.20	16.00	19	3	306.5	13.30	252.76	84.25
21	1.20	16.17	20	3	240.6	10.33	206.66	68.89
22	1.20	16.25	19	3	249.3	10.65	202.42	67.47
23	1.20	16.17	18	3	264.2	11.35	204.24	68.08
27	1.20	16.50	23	3	269.9	11.36	261.27	87.09
28	1.20	16.50	23	3	229.4	9.65	222.06	74.02
30	1.20	16.50	21	3	266.1	11.20	235.19	78.40
31	1.20	16.50	20	3	272.6	11.47	229.46	76.49
32	1.20	16.50	20	3	272.3	11.46	229.21	76.40
34	1.20	16.50	22	3	241.0	10.14	223.15	74.38
36	1.20	16.50	23	3	278.6	11.73	269.69	89.90
37	1.20	16.50	23	3	250.2	10.53	242.20	80.73
38	1.20	16.50	23	3	263.4	11.09	254.97	84.99
39	1.20	17.00	16	3	260.0	10.62	169.93	56.64
40	1.05	18.00	19	3	294.0	14.81	281.48	93.83

【0196】

本出願は、2004年1月14日に出願された米国特許仮出願第60/536,248号、2004年7月14日に出願された米国特許仮出願第60/587,504号、2004年10月13日に出願された米国特許仮出願第60/617,674号、2004年7月27日に出願された米国特許仮出願第60/591,775号及び2004年9月24日に出願された米国特許仮出願第60/612,823号の優先権の利益を主張する。これらの米国特許仮出願すべての開示内容は、本出願の記載内容の一部を構成する。

【図面の簡単な説明】

【0197】

【図1】本発明による投影対物レンズの第1実施形態の長手方向断面図である。

【図2】図1の光学系を通過する内側軸外ビームを示す図である。

【図3】図1の光学系を通過する外側軸外ビームを示す図である。

【図4】本発明による投影対物レンズの第2実施形態の長手方向断面図である。

【図5】図4に示された実施形態の凹面鏡上のビームのフットプリントを示す概略図である。

【図6】図4に示された実施形態の凹面鏡上のビームのフットプリントを示す概略図である。

【図7】NA値が異なり、かつ開口絞りの位置が異なる、図4の実施形態の変更形を示す。

【図8】NA値が異なり、かつ開口絞りの位置が異なる、図4の実施形態の変更形を示す。

【図9】NA値が異なり、かつ開口絞りの位置が異なる、図4の実施形態の変更形を示す。

【図10】本発明による投影対物レンズの第3実施形態の、それぞれ概略図及びレンズ部分を示す。

【図 1 1】本発明による投影対物レンズの第 3 実施形態の、それぞれ概略図及びレンズ部分を示す。

【図 1 2】本発明による投影対物レンズの第 4 実施形態の、それぞれ概略図及びレンズ部分を示す。

【図 1 3】本発明による投影対物レンズの第 4 実施形態の、それぞれ概略図及びレンズ部分を示す。

【図 1 4】鏡の幾何学的配置を示すための、第 3 実施形態の反射屈折対物レンズ部の斜視図を示す。

【図 1 5】凹面鏡と傾斜視野（図 1 5 a）との間に二回透過レンズを有する別の実施形態の概略図である。

【図 1 6】図 1 5 に従って構成された実施形態全体のレンズ部分を示す。

【図 1 7】図 1 5 に示された原理に従って構成された別の実施形態のレンズ部分を示す。

【図 1 8】凹面鏡間に三回透過レンズを有する実施形態の概略図である。

【図 1 9】図 1 8 に示された原理に従って構成された実施形態のレンズ部分を示す。

【図 2 0】凹面鏡の一方の近くに鏡関連レンズを有する実施形態のレンズ部分を示す。

【図 2 1】本発明による投影対物レンズの別の実施形態のレンズ部分を示す。

【図 2 2】同様な浅い凹面鏡を有する、本発明による投影対物レンズの別の実施形態のレンズ部分を示す。

【図 2 3】同様な浅い凹面鏡を有する、本発明による投影対物レンズの別の実施形態のレンズ部分を示す。

【図 2 4】凹面鏡の押し込み深さを画定するための図を示す。

【図 2 5】鏡間空間内の唯一の中間像と、鏡群の入口及び出口に近いひとみ面とを有する、本発明による投影対物レンズの別の実施形態のレンズ部分を示す。

【図 2 6】図 2 5 に示された実施形態の、物体面と第 1 中間像との間の部分の拡大図を示す。

【図 2 7】カトプトリック第 2 対物レンズ部が正確に同一の非球面を有する 2 つの凹面鏡を有する、本発明の実施形態のレンズ部分を示す。

【図 2 8】カトプトリック第 2 対物レンズ部を有し、第 1 凹面鏡が放物面鏡として構成されている実施形態のレンズ部分を示す。

【図 2 9】放物面鏡を光学的に検査する検査装置を示す概略図である。

【図 3 0】正レンズのみを有し、かつ非球面の数が異なるコンパクトな第 1 対物レンズ部を有する投影対物レンズの実施形態を示す。

【図 3 1】正レンズのみを有し、かつ非球面の数が異なるコンパクトな第 1 対物レンズ部を有する投影対物レンズの実施形態を示す。

【図 3 2】正レンズのみを有し、かつ非球面の数が異なるコンパクトな第 1 対物レンズ部を有する投影対物レンズの実施形態を示す。

【図 3 3】変曲点を有する従来型非球面の概略図を示す。

【図 3 4】すべての非球面に変曲点がない実施形態のレンズ部分を示す。

【図 3 5】極限点を有する非球面を示す概略図である。

【図 3 6】極限点が存在することによる問題を排除した投影対物レンズの実施形態のレンズ部分を示す。

【図 3 7】少数の非球面を有する別の実施形態のレンズ部分を示す。

【図 3 8】少数の非球面を有する別の実施形態のレンズ部分を示す。

【図 3 9】2 つの凹面鏡を含む反射屈折第 1 対物レンズ部と、2 つの凹面鏡を有する反射屈折第 2 対物レンズ部とを有する実施形態のレンズ部分を示す。

【図 4 0】2 つの湾曲鏡を有する第 1 対物レンズ部と、2 つの凹面鏡を有する反射屈折第 2 対物レンズ部とを有する別の実施形態のレンズ部分を示す。

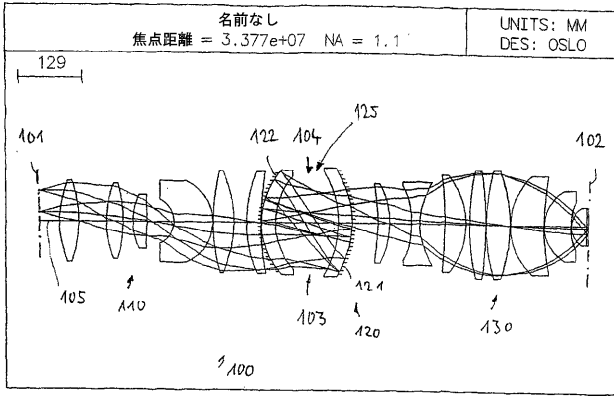
10

20

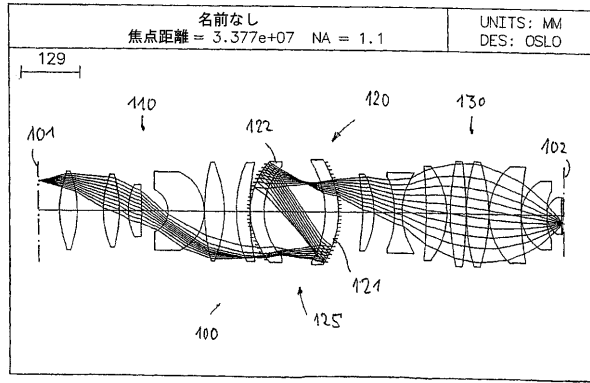
30

40

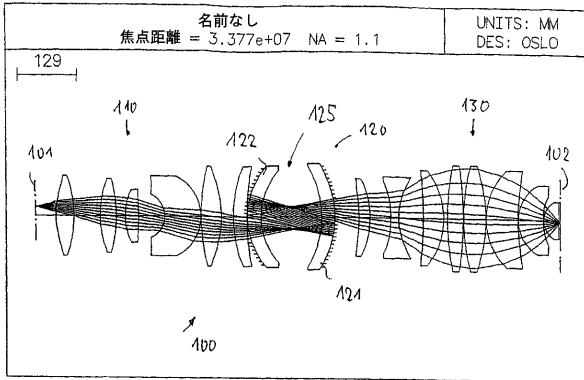
【図 1】



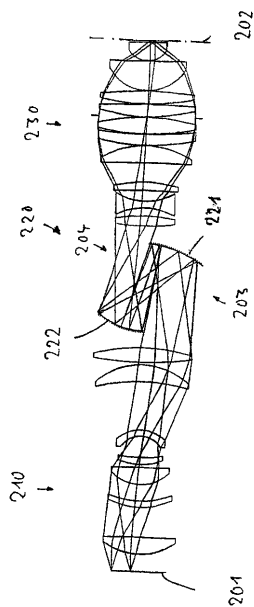
【図 3】



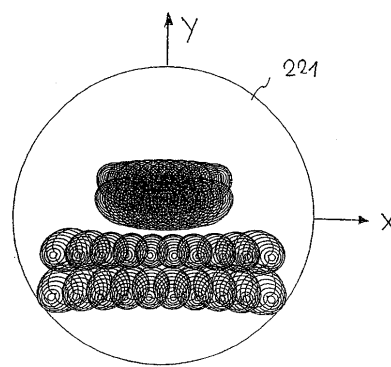
【図 2】



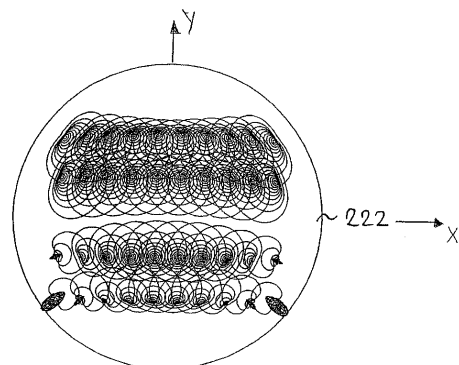
【図 4】



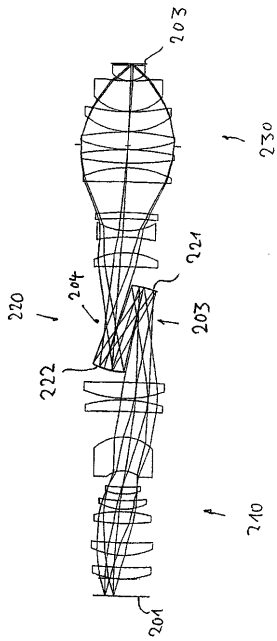
【図 5】



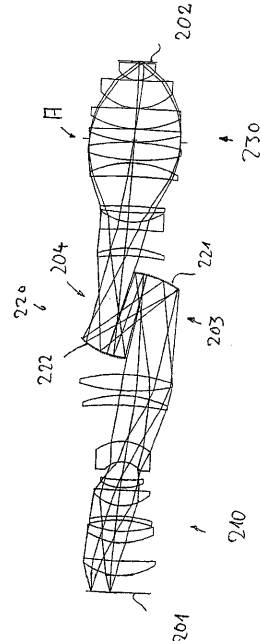
【図 6】



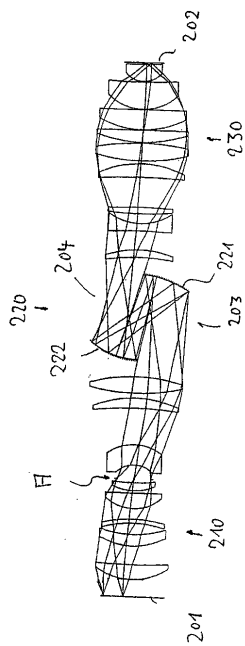
【図 7】



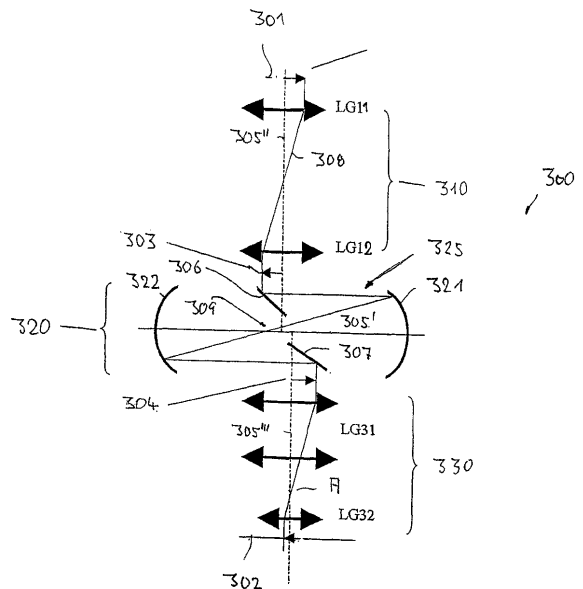
【図 8】



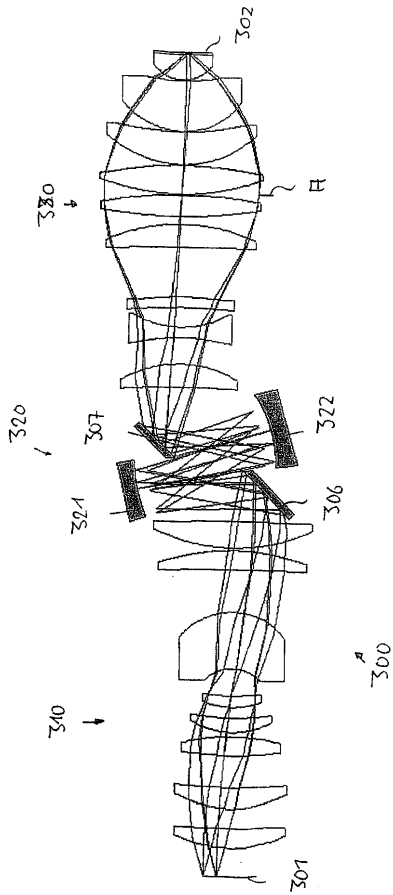
【図 9】



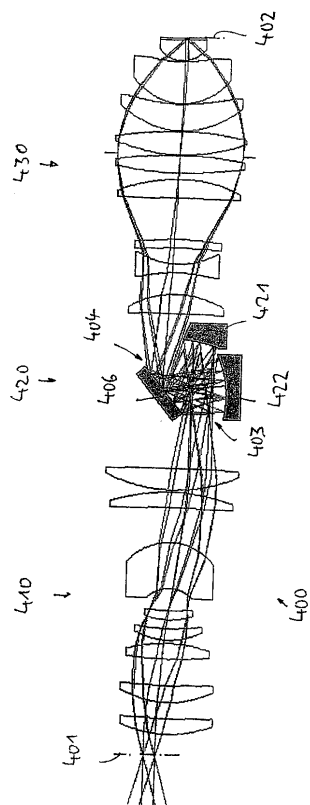
【図 10】



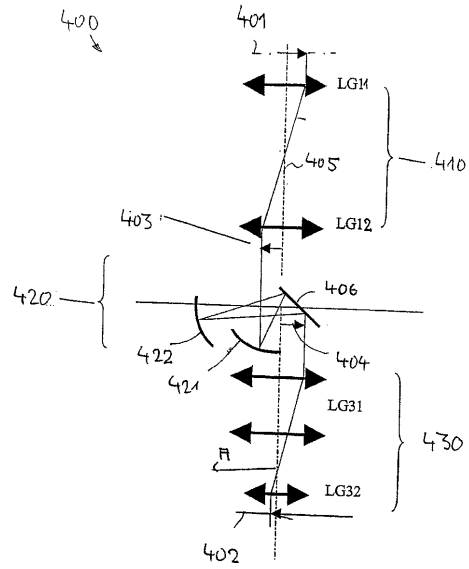
【図 1 1】



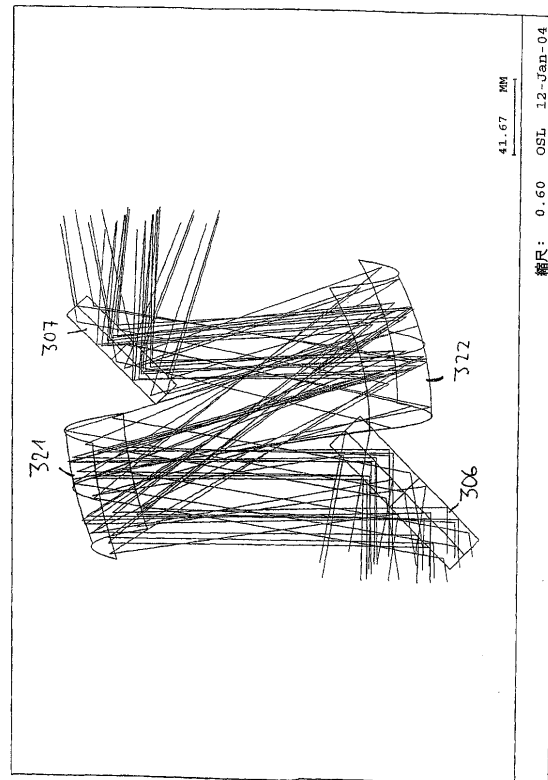
【図 1 3】



【図 1 2】



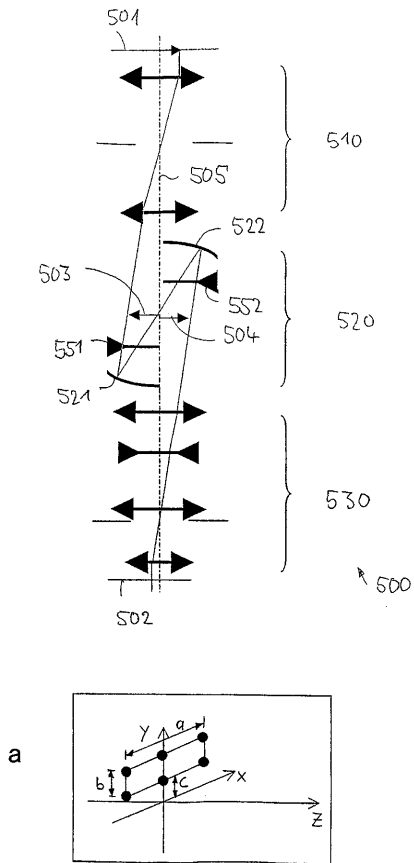
【図 1 4】



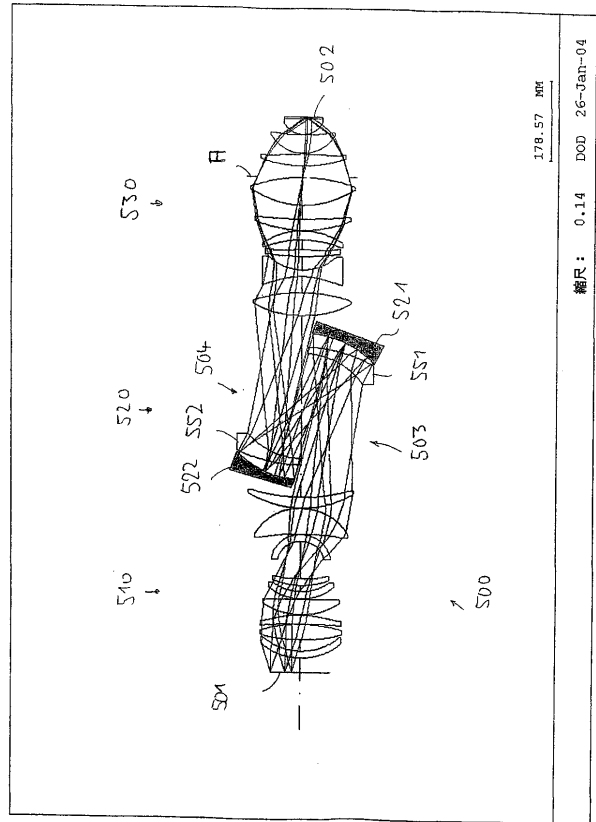
41.67 mm

縮尺: 0.60 OSL 12-Jan-04

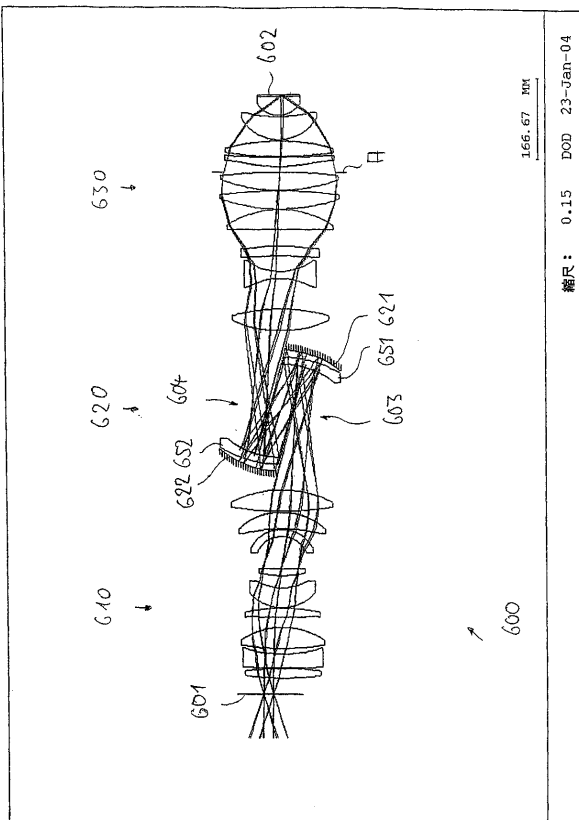
【図 15】



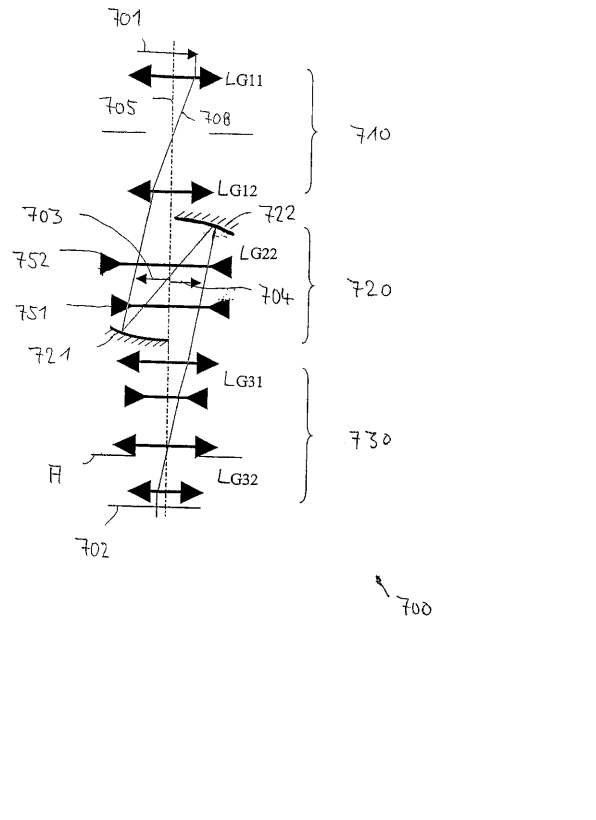
【図 16】



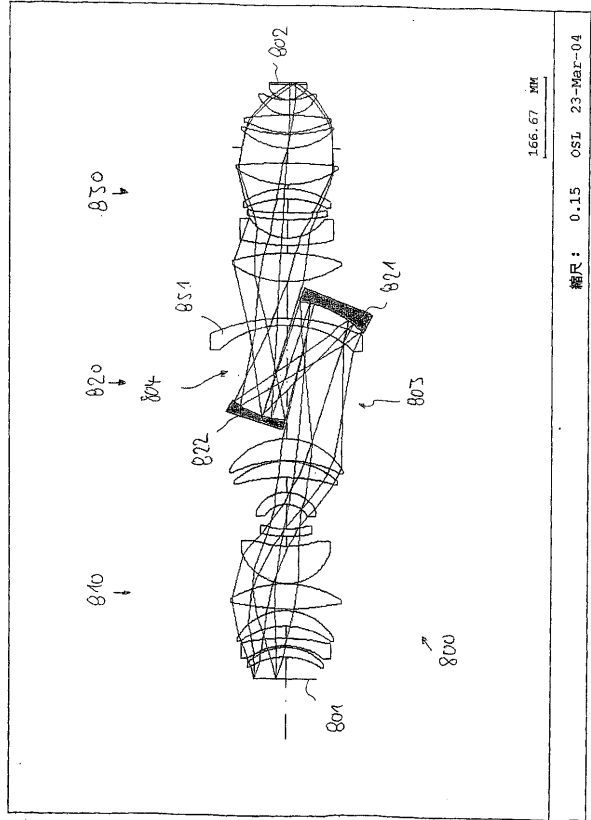
【図 17】



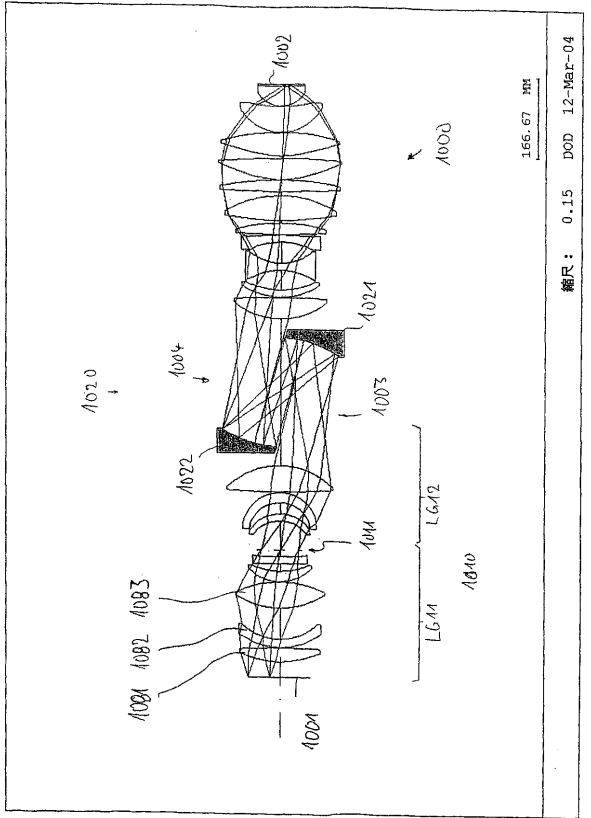
【図 18】



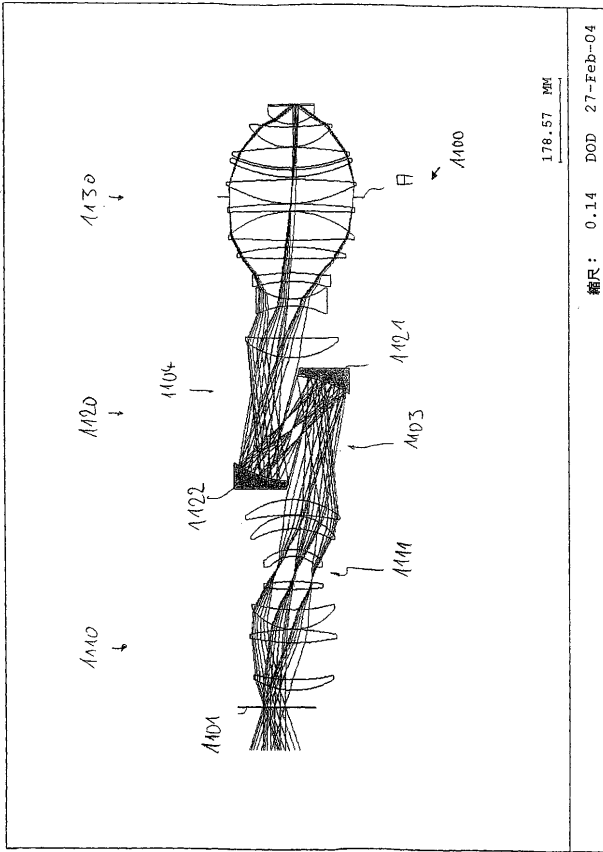
【 図 2 0 】



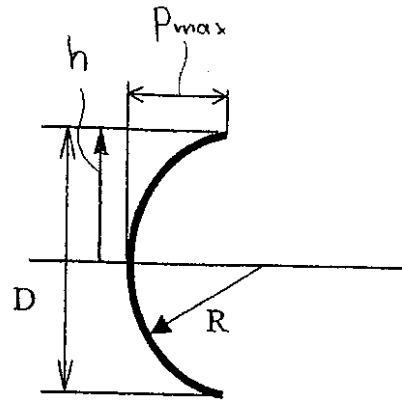
【 図 2 2 】



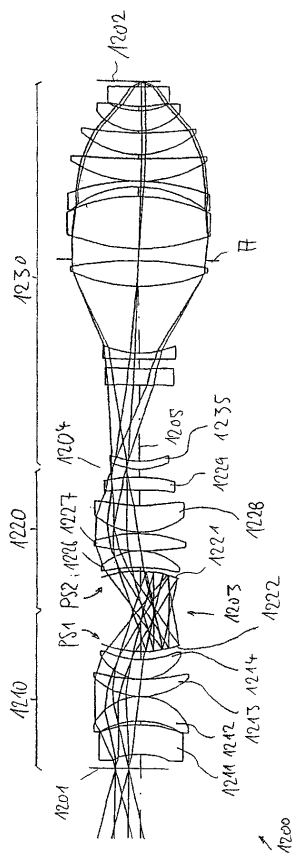
【図 23】



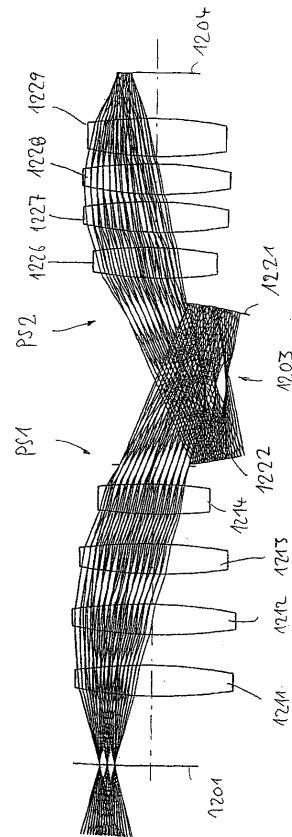
【図 24】



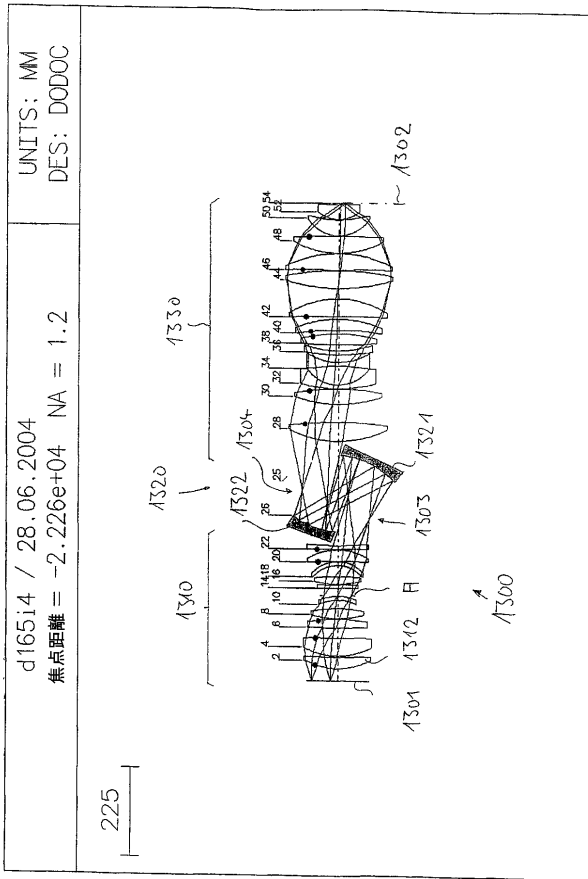
【図 25】



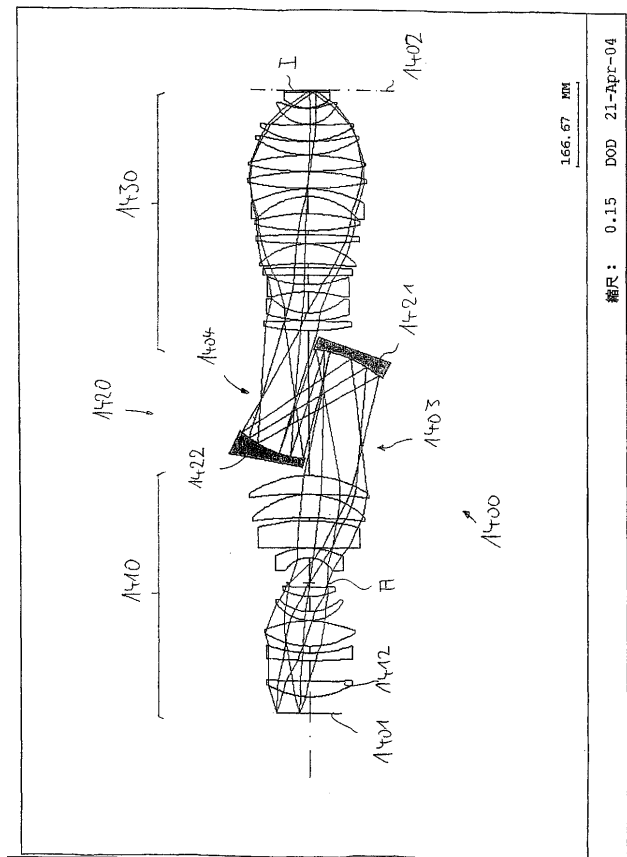
【図 26】



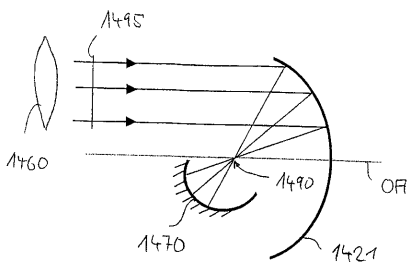
【図 27】



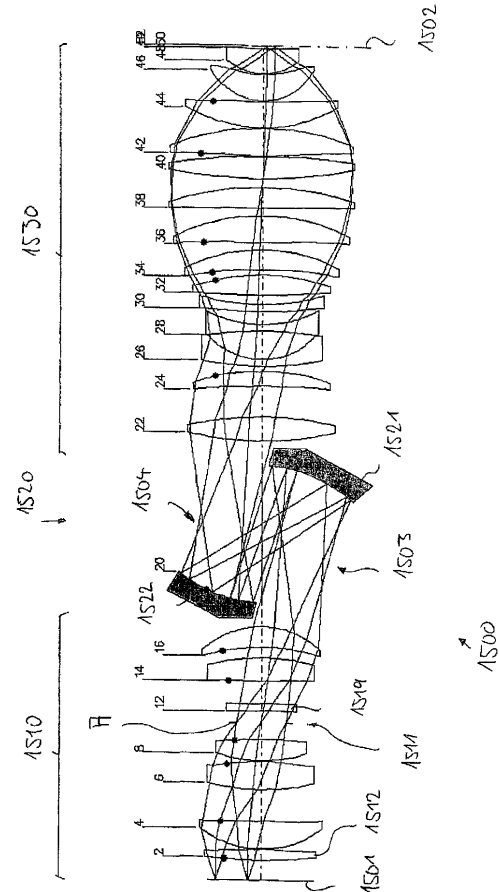
【図 28】



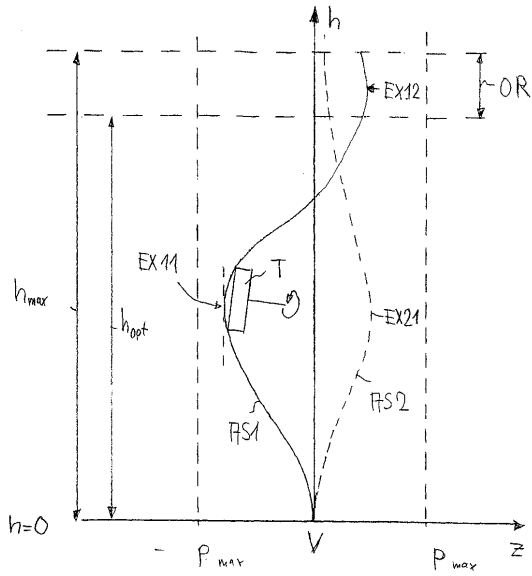
【図 29】



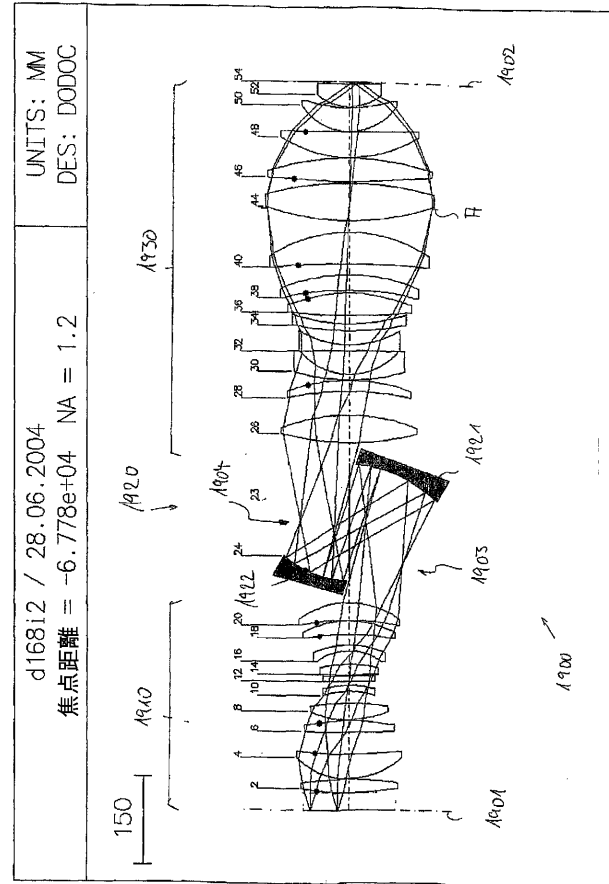
【図 30】



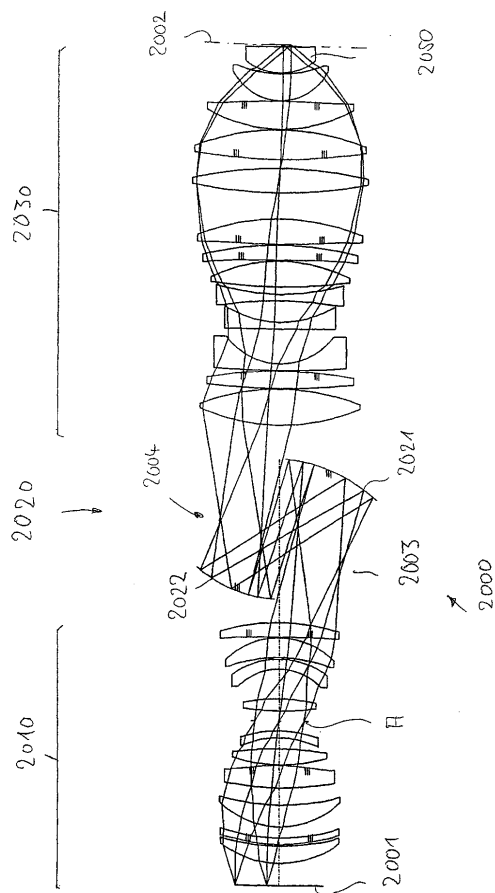
【図 3 5】



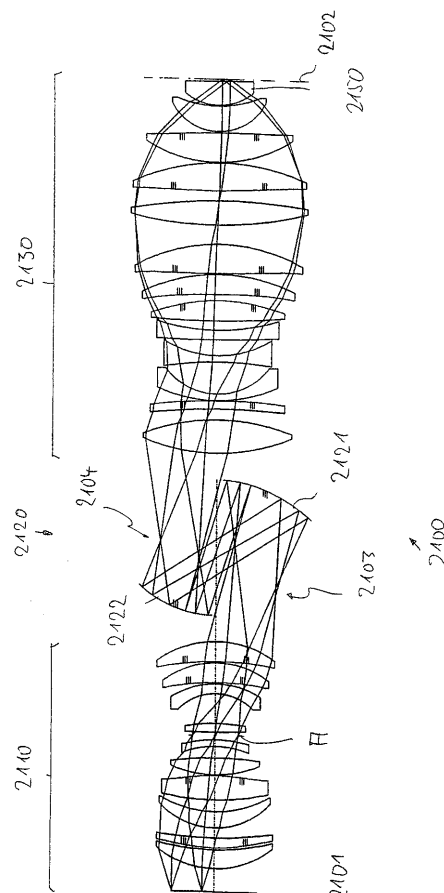
【図 3 6】



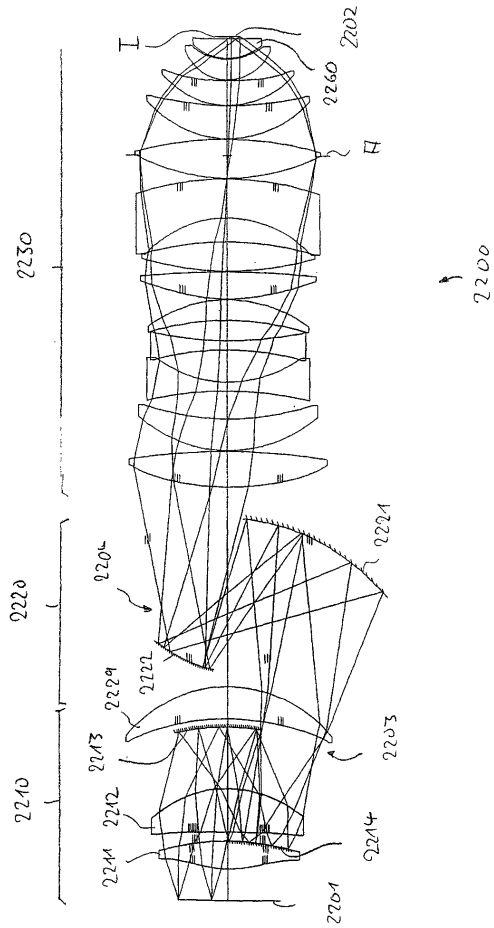
【図 3 7】



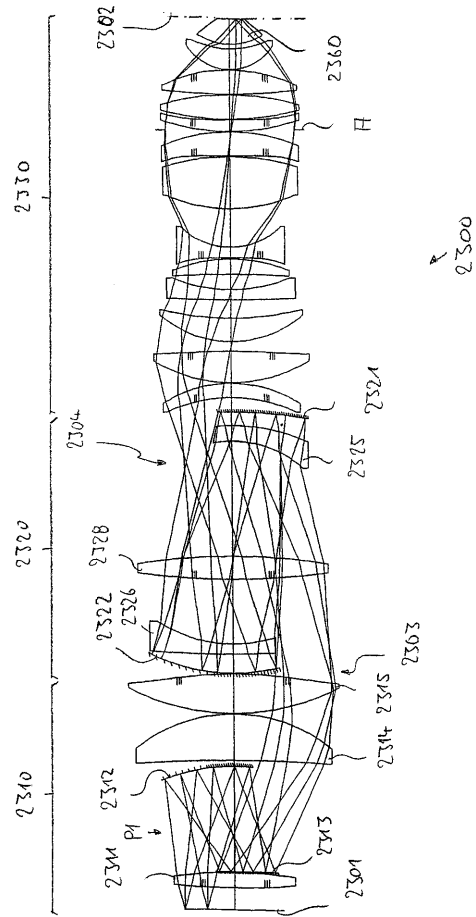
【図 3 8】



【図 39】



【図 40】



フロントページの続き

(31)優先権主張番号 60/612,823

(32)優先日 平成16年9月24日(2004.9.24)

(33)優先権主張国 米国(US)

(31)優先権主張番号 60/617,674

(32)優先日 平成16年10月13日(2004.10.13)

(33)優先権主張国 米国(US)

(72)発明者 アウレリアン ドドック

ドイツ連邦共和国、7 3 4 4 7 オベルコッヘン、ハインブッヒェンヴェーク 7

(72)発明者 ルドルフ フォン・ビュナウ

ドイツ連邦共和国、0 7 7 4 9 イエナ、イルティスヴェーク 1

(72)発明者 ハンス・ユルゲン マン

ドイツ連邦共和国、7 3 4 4 7 オベルコッヘン、カッツェンバッハストラッセ 4 9

(72)発明者 アレキサンダー エップル

ドイツ連邦共和国、7 3 4 3 1 アーレン、ランゲルストラッセ 3 8

Fターム(参考) 2H087 KA21 LA01 NA04 PA15 PA17 PB17 PB18 PB20 QA02 QA03

QA05 QA06 QA12 QA14 QA17 QA21 QA22 QA25 QA26 QA38

QA41 QA45 RA04 RA05 RA12 RA13 TA01 TA02 TA04 TA05

UA03 UA04

5F046 BA04 BA05 CA04 CB25