

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2008-547039

(P2008-547039A)

(43) 公表日 平成20年12月25日(2008.12.25)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G02B 17/08 (2006.01)	G02B 17/08 A	2H087
H01L 21/027 (2006.01)	H01L 21/30 515D	5F046
G03F 7/20 (2006.01)	G03F 7/20 521	
G02B 13/18 (2006.01)	G02B 13/18	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 69 頁)

(21) 出願番号	特願2008-516160 (P2008-516160)	(71) 出願人	503263355
(86) (22) 出願日	平成18年5月26日 (2006.5.26)		カール・ツァイス・エスエムティー・アー ゲー
(85) 翻訳文提出日	平成20年1月21日 (2008.1.21)		ドイツ連邦共和国、73447 オベルコ ッヘン、ルドルフ・エーバー・シュトラ ーセ 2
(86) 国際出願番号	PCT/EP2006/005079	(74) 代理人	100074538
(87) 国際公開番号	W02006/133801		弁理士 田辺 徹
(87) 国際公開日	平成18年12月21日 (2006.12.21)	(72) 発明者	スザンネ ベーデル
(31) 優先権主張番号	11/151,465		ドイツ連邦共和国、73431 アーレン 、ブランデンバーガーシュトラーセ 59
(32) 優先日	平成17年6月14日 (2005.6.14)	(72) 発明者	ヴォルフガング ズィンガー
(33) 優先権主張国	米国 (US)		ドイツ連邦共和国、73431 アーレン 、エガーランドシュトラーセ 45

最終頁に続く

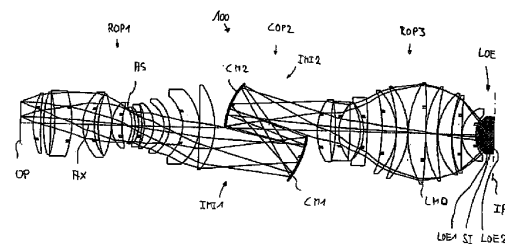
(54) 【発明の名称】 高開口かつ平面的な端面を有する投影対物レンズ

(57) 【要約】

【課題】水などの浸漬媒質、又は融解石英及びCaF₂などのレンズ材料を用いた従来構造の不利点を回避する高開口投影対物レンズと、中程度のサイズかつ材料消費量である、少なくともNA=1.35の像側開口数での浸漬リソグラフィに適する投影対物レンズを提供する。

【解決手段】マイクロリソグラフィ投影露光装置に適する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投影対物レンズであって、投影対物レンズの作動波長の放射光を透過する複数の光学素子を有し、少なくとも1つの光学素子は、作動波長で屈折率n=1.6を有する高屈折率材料から形成された高屈折率光学素子である、投影対物レンズ。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

マイクロリソグラフィ投影露光装置に適する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投影対物レンズであって、

投影対物レンズの作動波長の放射光を透過する複数の光学素子を有し、

少なくとも 1 つの光学素子は、作動波長で屈折率 $n > 1.6$ を有する高屈折率材料から形成された高屈折率光学素子である、投影対物レンズ。

【請求項 2】

高屈折材料は、作動波長で屈折率 $n > 1.8$ を有する、請求項 1 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 3】

高屈折率材料は、サファイアである、請求項 1 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 4】

高屈折率材料は、二酸化ゲルマニウムである、請求項 1 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 5】

物体側開口数 NA_{obj} は、 0.3 を超える、請求項 1 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 6】

絶対縮小比 $|M|$ は 0.25 であるとともに、物体側開口数 $NA_{obj} > 0.36$ である、請求項 5 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 7】

1 つの第 1 高屈折率光学素子、及び少なくとも 1 つの第 2 高屈折率光学素子を有する、請求項 1 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 8】

第 1 高屈折率光学素子及び第 2 高屈折率光学素子の各々は、複屈折を示すとともに各光学素子の複屈折の向きを定める高屈折材料から形成され、第 1 高屈折率光学素子及び第 2 高屈折率光学素子は、複屈折の向きに関して異なる設置が行われ、それにより、高屈折率光学素子によって発生する複屈折の効果が、少なくとも部分的に補償されるようにした、請求項 7 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 9】

投影対物レンズは、像面に最も近い最後の光学素子を有しており、最後の光学素子は、屈折率 $n > 1.6$ の高屈折率材料で少なくとも部分的に形成される、請求項 1 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 10】

最後の光学素子は、屈折率 $n > 1.6$ の高屈折率材料で形成されたモノリシック平凸レンズである、請求項 9 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 11】

最後の光学素子は、分割境界面に沿って互いに光学接触状態にある少なくとも 2 つの光学素子からなり、最後の光学素子を形成する光学素子の少なくとも 1 つが、屈折率 $n > 1.6$ の高屈折率材料からなる、請求項 9 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 12】

前記最後の光学素子は、湾曲した入射側及び平面的な射出側を有する入射側平凸レンズ素子、及び平面的な分割面に沿って平凸レンズ素子と光学接触状態にある射出側平行平板からなる、請求項 9 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 13】

平凸レンズ素子は屈折率 $n > 1.6$ の高屈折率材料からなり、射出側平行平板は、融解石英からなる、請求項 12 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 14】

平凸レンズ素子は融解石英からなり、射出側平行平板は、屈折率 $n > 1.6$ の高屈折率材料からなる、請求項 12 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 15】

10

20

30

40

50

最後の光学素子は平凸レンズとして形作られ、分割面は湾曲し、それにより、分割面で接触した両方の光学素子は、同様の屈折力を有するレンズ部品である、請求項 1 1 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 1 6】

投影対物レンズは、収差に関して適応させた浸漬対物レンズとして構成され、それにより、最後の光学素子と像面との間の像側作動距離は、屈折率が 1 より相当に大きい浸漬媒質で満たされる、請求項 1 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 1 7】

投影対物レンズは、作動波長での屈折率が 1 . 4 より大きい浸漬液に適応させられる、請求項 1 6 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 1 8】

投影対物レンズは 1 9 3 n m の作動波長用に構成され、浸漬液は、シクロヘキサンである、請求項 1 7 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 1 9】

投影対物レンズは、およそ作動波長以下の有限像側作動距離を有する固体浸漬対物レンズとして構成され、それにより、投影対物レンズの像側射出面から出るエバネッセント場を結像に使用することができる、請求項 1 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 2 0】

投影対物レンズは、固体浸漬リソグラフィ用に構成され、投影対物レンズの像側射出面が、露光すべき基板に付随する結合面と機械的接触状態にある、請求項 1 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 2 1】

像側開口数 N A は、1 . 3 より大きい、請求項 1 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 2 2】

像面に最も近接して位置するひとみ面が、収束ビームの、像面に最も近い局所最大ビーム直径の領域と像面との間の領域内に位置する、請求項 1 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 2 3】

像面及びそれから最も遠いレンズを有し、そのレンズから始まって像面までに収束ビーム路が存在し、ひとみ面又は光学系開口が、前記レンズの像側に少なくとも 1 0 m m の距離をおいて配置される投影対物レンズ。

【請求項 2 4】

投影対物レンズの物体面上に位置付けられたマスク上に設けられたパターンを、投影対物レンズの像面上に設けられた基板上に結像するためのマイクロリソグラフィ投影露光方法であって、先行する請求項の少なくとも 1 つに記載のマイクロリソグラフィ投影対物レンズを使用し、マイクロリソグラフィ投影対物レンズの最後のレンズと露光すべき基板との間に浸漬液を導入する、マイクロリソグラフィ投影露光方法。

【請求項 2 5】

投影対物レンズの作動波長で 1 . 4 より大きい屈折率を有する浸漬液を使用する、請求項 2 4 に記載の方法。

【請求項 2 6】

浸漬液は、作動波長で 1 . 5 より大きい屈折率を有する、請求項 2 5 に記載の方法。

【請求項 2 7】

投影対物レンズの物体面上に位置付けられたマスク上に設けられたパターンを、投影対物レンズの像面上に設けられた基板上に結像するための、使用中の投影対物レンズの像側の最後の光学素子を露光すべき物体上にリングング又は押し付けを行うマイクロリソグラフィ投影露光方法であって、

投影対物レンズ及び露光すべき基板を互いに対して位置付けるステップと、

投影対物レンズの射出面及び基板の結合面を接触させるステップと、

マスクを投影対物レンズに対して位置合わせし、それにより、マスクの所望パターン領域が、投影対物レンズの射出面と接触状態にある基板の目標区域上に結像されるようにす

10

20

30

40

50

る、位置合わせするステップと

を所定順序に含む、マイクロリソグラフィ投影露光方法。

【請求項 28】

ステップは、基板上の多数の並置された目標区域について繰り返される、請求項 27 に記載の方法。

【請求項 29】

露光すべき基板と投影対物レンズの射出面との間に薄い透明メンブレンが配置される、請求項 27 に記載の方法。

【請求項 30】

請求項 1 に従ったマイクロリソグラフィ投影対物レンズを使用する、請求項 24 に記載の方法。

【請求項 31】

投影対物レンズの物体面上に位置付けられたマスク上に設けられたパターンを、投影対物レンズの像面上に設けられた基板上に結像するためのマイクロリソグラフィ投影露光方法であって、マイクロリソグラフィ投影対物レンズを使用し、マイクロリソグラフィ投影対物レンズの最後のレンズと露光すべき基板との間に浸漬液を導入し、シクロヘキサンを浸漬液として使用する、マイクロリソグラフィ投影露光方法。

【請求項 32】

最後の光学素子は、湾曲した入射面及び本質的に平面的な射出面を有する像側平凸の第 2 レンズ素子と、湾曲した入射面、及び第 1 レンズ素子の湾曲した入射面と光学接触状態にある湾曲した射出面を有する物体側の第 1 レンズ素子とを有する平凸複合レンズを含み、第 1 レンズ素子の湾曲した入射面の第 1 曲率半径 R_1 は、第 2 レンズ素子の入射面の第 2 曲率半径 R_2 より大きい、請求項 9 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 33】

第 1 レンズ素子は、第 2 レンズ素子の第 2 屈折率 n_2 より小さい第 1 屈折率 n_1 を有し、屈折率差 $n = n_2 - n_1$ について条件 $n \geq 0.25$ が成立するようにした、請求項 32 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 34】

第 2 レンズ素子は、高屈折率結晶材料から形成され、第 1 レンズ素子は、ガラス質材料から形成される、請求項 32 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 35】

結晶質材料は、酸化アルミニウム (Al_2O_3)、酸化ベリリウム (BeO)、酸化マグネシウムアルミニウム ($MgAlO_4$ 、スピネル)、酸化マグネシウム (MgO)、酸化イットリウムアルミニウム ($Y_3Al_5O_{12}$)、酸化イットリウム (Y_2O_3) 及びフッ化ランタン (LaF_3) からなる群から選択される、請求項 34 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 36】

第 1 レンズ素子は、二酸化ケイ素 (SiO_2) から形成される、請求項 34 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 37】

最後の光学素子は、湾曲した入射面及び本質的に平面的な射出面を有する像側平凸の第 2 レンズ素子と、湾曲した入射面、及び第 1 レンズ素子の湾曲した入射面と光学接触状態にある湾曲した射出面を有する物体側の第 1 レンズ素子とを有する平凸複合レンズを含み、屈折率 n_1 を有する浸漬媒質が、第 1 レンズ素子の射出面と第 2 レンズ素子の入射面との間のギャップ内に配置される、請求項 9 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 38】

第 1 レンズ素子は、第 2 レンズ素子の第 2 屈折率 n_2 より小さい第 1 屈折率 n_1 を有し、屈折率差 $n = n_2 - n_1$ について条件 $n \geq 0.25$ が成立するようにしており、また、浸漬媒質は、 $1.3 \leq n_1 \leq 1.6$ の範囲内の屈折率を有する、請求項 37 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 39】

10

20

30

40

50

ギャップの最大ギャップ幅 GW が、 $50\ \mu\text{m}$ GW 2mm の範囲内にある、請求項 37 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 40】

最後の光学素子には、曲率半径 R_2 の湾曲した入射面及び本質的に平面的な射出面を有し、レンズの光軸に沿って測定した入射面及び射出面間の軸方向距離として定められる軸方向レンズ厚さ T を有し、 $T > R_2$ であるハイパー半球面レンズが含まれる、請求項 9 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 41】

投影対物レンズは、像側開口数が 1.7 NA 1.8 である、請求項 40 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 42】

ハイパー半球面レンズの形状は、半球面部分と、半球面部分の曲率半径に等しい半径を有する円筒部分との組み合わせである、請求項 40 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 43】

ハイパー半球面レンズは、球面状の入射面を有し、球面状の入射面は、球面状の入射面の曲率中心を通る中央断面を越えて球面状に延びるとともに、レンズの光軸に対して垂直に位置合わせされる、請求項 40 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 44】

ハイパー半球面レンズは、複合平凸の最後の光学素子の像側の第 2 レンズ素子を形成する、請求項 40 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 45】

投影対物レンズは、 N_{ASP} 個の非球レンズ面を与える隣接して連続した少なくとも 2 つの非球面レンズ N_{ASPL} 個からなる、少なくとも 1 つの非球面レンズ群を含み、非球面比 $AR = N_{ASP} / N_{ASPL}$ について条件 $AR > 1$ が成立する、請求項 1 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 46】

N_{ASP} 3 、かつ AR 1.5 である、請求項 45 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 47】

N_{ASPL} は、3、4、5、6 を含む群から選択される、請求項 45 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 48】

非球面レンズ群は、3、4、5 及び 6 のうち少なくとも 1 つの数の、隣接して連続する非球面を含む、請求項 45 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 49】

非球面レンズ群内に正確に 1 つの球面が存在し、 N_{ASPL} 3 の場合、 $N_{ASP} = 2 \cdot N_{ASPL} - 1$ の条件が満たされるようにした、請求項 45 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 50】

N_{ASPL} は、3、4、5 からなる群から選択される、請求項 49 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 51】

N_{ASP} 個の非球レンズ面を与える隣接して連続した少なくとも 2 つの非球面レンズ N_{ASPL} 個からなる像側非球面レンズ群が、最後の光学素子のすぐ上流側に配置され、非球面比 $AR = N_{ASP} / N_{ASPL}$ について条件 $AR > 1.5$ が成立する、請求項 9 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 52】

$N_{ASPL} = 2$ である、請求項 51 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 53】

隣接して連続する少なくとも 3 つの非球レンズ面が、最後の光学素子のすぐ上流側に設けられる、請求項 9 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 54】

10

20

30

40

50

像側非球面レンズ群は、像面に面する凹レンズ面を有する少なくとも2つの連続する正メニスカスレンズを含む、請求項51に記載の投影対物レンズ。

【請求項55】

N_{ASP} 個の非球レンズ面を与える隣接して連続する少なくとも2つの非球面レンズ N_{ASPL} 個からなる物体側非球面レンズ群が、物体面のすぐ下流側に配置され、非球面比 $AR = N_{ASP} / N_{ASPL}$ について条件 $AR > 1.5$ が成立する、請求項1に記載の投影対物レンズ。

【請求項56】

N_{ASPL} は、3、4及び5のうちの1つである、請求項55に記載の投影対物レンズ。

10

【請求項57】

物体側非球面レンズ群は、光軸上の頂点曲率半径 R_v 、及びレンズ面の縁部での縁部曲率半径 R_E を有する非球レンズ面を含み、 $R_E = 0.7 \cdot R_v$ である、請求項55に記載の投影対物レンズ。

【請求項58】

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、少なくとも1つの凹面鏡を含む第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、請求項1に記載の投影対物レンズ。

【請求項59】

ひとみ面が、物体面及び第1中間像の間と、第1中間像及び第2中間像の間と、第2中間像及び像面の間とに形成され、非球面の入射面及び非球面の射出面を有する少なくとも1つの両非球面レンズが、物体面及び第1ひとみ面間において、第1ひとみ面に近い領域内でそのひとみ面でのひとみの直径以下の距離だけそのひとみ面から離れた位置に配置される、請求項58に記載の投影対物レンズ。

20

【請求項60】

物体側凹レンズ面を有する少なくとも1つのメニスカスレンズを含むメニスカス群が、第1対物レンズ部の第1ひとみ面のすぐ下流側に配置され、そのメニスカスレンズの厚さが、メニスカスレンズの直径の0.6倍を超えない、請求項58に記載の投影対物レンズ。

30

【請求項61】

メニスカスレンズの自由直径を D とすると、メニスカス群の非球レンズ面は、 $1.2D$ より小さい局所曲率半径 R_C を有する、請求項60に記載の投影対物レンズ。

【請求項62】

第1中間像のすぐ上流側のレンズ群は、入射側曲率半径 R_1 及び入射側曲率半径 R_2 を有して平均曲率半径 $R_m = 1 / (1/R_1 + 1/R_2)$ を定める少なくとも1つのレンズを有し、平均曲率半径はレンズの像側に中心を有する、請求項58に記載の投影対物レンズ。

【請求項63】

第1中間像のすぐ上流側のレンズ群は、少なくとも1つの両非球面レンズを含む、請求項58に記載の投影対物レンズ。

40

【請求項64】

第2中間像のすぐ下流側のレンズ群は、像側凹レンズ面を有する少なくとも1つの正メニスカスレンズを含む、請求項58に記載の投影対物レンズ。

【請求項65】

第3対物レンズ部は、少なくとも3つの連続した非球レンズ面を有する負レンズ群を第2中間像及び像側ひとみ面間を含む、請求項58に記載の投影対物レンズ。

【請求項66】

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投影対物レンズであって、

50

投影対物レンズの作動波長の放射光を透過するとともに、少なくとも1つの非球レンズ面を有する複数の非球面レンズを含む複数の光学素子を備え、

非球レンズ面は、ゼルニケ係数 K_i 、及び

【数 3 0】

$$p(h) = \frac{h^2}{R(1 + \sqrt{1 - \frac{h^2}{R^2}})} + K_0 + K_4 \cdot Z_4 + K_9 \cdot Z_9 + K_{16} \cdot Z_{16} + K_{25} \cdot Z_{25} + K_{36} \cdot Z_{36} + K_{49} \cdot Z_{49} + K_{64} \cdot Z_{64} + K_{81} \cdot Z_{81} + K_{100} \cdot Z_{100}$$

10

に従ったゼルニケ多項式 Z_i によって表され、

ここで、非球面上の点のサジッタ p は、光軸からの正規化半径方向距離 h の関数として表され、非球レンズ面の半径 R は固定であって、 $K_4 = 0$ になるようにしており、ここで、

【数 3 1】

$$Z_4 = 2 \cdot h^2 - 1$$

$$Z_9 = 6 \cdot h^4 - 6 \cdot h^2 + 1$$

20

$$Z_{16} = 20 \cdot h^6 - 30 \cdot h^4 + 12 \cdot h^2 - 1$$

$$Z_{25} = 70 \cdot h^8 - 140 \cdot h^6 + 90 \cdot h^4 - 20 \cdot h^2 + 1$$

$$Z_{36} = 252 \cdot h^{10} - 630 \cdot h^8 + 560 \cdot h^6 - 210 \cdot h^4 + 30 \cdot h^2 - 1$$

30

$$Z_{49} = 924 \cdot h^{12} - 2772 \cdot h^{10} + 3150 \cdot h^8 - 1680 \cdot h^6 + 420 \cdot h^4 - 42 \cdot h^2 + 1$$

$$Z_{64} = 3432 \cdot h^{14} - 12012 \cdot h^{12} + 16632 \cdot h^{10} - 11550 \cdot h^8 + 4200 \cdot h^6 - 756 \cdot h^4 + 56 \cdot h^2 - 1$$

$$Z_{81} = 12870 \cdot h^{16} - 51480 \cdot h^{14} + 84084 \cdot h^{12} - 72072 \cdot h^{10} + 34650 \cdot h^8 - 9240 \cdot h^6 + 1260 \cdot h^4 - 72 \cdot h^2 + 1$$

【数 3 2】

$$Z_{100} = 48620 \cdot h^{18} - 218790 \cdot h^{16} + 411840 \cdot h^{14} - 420420 \cdot h^{12} + 252252 \cdot h^{10} - 90090 \cdot h^8 + 18480 \cdot h^6 - 1980 \cdot h^4 + 90 \cdot h^2 - 1$$

40

であり、また、 $0 < h < 1$ の正規化半径 h は、

【数 3 3】

$$h = \frac{\text{光軸からの距離}}{\text{非球レンズ面直径}/2};$$

として定められ、

また、像側に最も近接して配置された最後の光学素子を備え、最後の光学素子は、屈折力及び屈折率 n_{LOE} を有し、

像側開口数 NA 、及び

50

最後の光学素子内の幾何学的開口 $\sin \alpha$ を有し、
投影対物レンズは、比 NA / n_{LOE} に対応する最後の光学素子内の開口 $\sin \alpha$ が次の条件

【数 3 4】

$$\sin \alpha \geq 0.8.$$

に従う光学限界範囲内で、像側高開口数 $NA = 1.3$ で使用される、投影対物レンズ。

【請求項 6 7】

$NA = 1.4$ 、かつ $\sin \alpha = 0.9$ である、請求項 6 6 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 6 8】

物体面のすぐ下流側のレンズによって形成された物体側非球面レンズ群は、隣接して連続した少なくとも 3 つの非球レンズ面を有し、その物体側非球面レンズ群の、物体面に最も近い第 1 面は、次の条件

【数 3 5】

$$-14 \geq K9/K16 \geq -25$$

$$+2 \leq K16/K25 \leq 8.$$

の少なくとも 1 つに従う請求項 6 6 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 6 9】

物体側非球面レンズ群の第 1 非球面に続く第 2 非球面は、次の条件

【数 3 6】

$$-3.5 \geq K9/K16 \geq -7.5$$

$$+7 \leq K16/K25 \leq +25.$$

の少なくとも 1 つに従う、請求項 6 8 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 7 0】

物体面のすぐ下流側のレンズによって形成された物体側非球面レンズ群は、隣接して連続する少なくとも 4 つの非球レンズ面を有し、次の条件

【数 3 7】

$$3 \leq K9/K16 \leq 5$$

$$5 \leq K9/K16 \leq 15.$$

の少なくとも 1 つが、第 1 非球レンズ面、第 2 非球レンズ面及び第 3 非球レンズ面に続く第 4 非球レンズ面について成り立つ、請求項 6 6 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 7 1】

物体面のすぐ下流側のレンズによって形成された物体側非球面レンズ群は、3、4、5 及び 6 のうちの 1 つの数の隣接して連続した非球レンズ面を有し、頂点での表面湾曲は、すべての非球レンズ面の場合で局所曲率半径の中心が像側にあるような向きである、請求項 6 6 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 7 2】

物体面のすぐ下流側のレンズによって形成された物体側非球面レンズ群は、3、4、5 及び 6 のうちの 1 つの数の隣接して連続した非球レンズ面を有し、物体側非球面レンズ群のすべての非球レンズ面の場合に、非球面に対する包絡球面の曲率中心が像側にある、請求項 6 6 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 7 3】

第 2 レンズ群が、物体側に曲率中心を有する第 1 レンズ面で始まるレンズ群として定められ、第 2 群の第 1 非球面の曲率中心及びその第 2 群の第 2 非球レンズ面の曲率中心の少なくとも一方が、物体側にある、請求項 6 6 に記載の投影対物レンズ。

10

20

30

40

50

【請求項 7 4】

第 2 群の第 1 非球面の形状は、次の条件

【数 3 8】

$$9 \leq K9/K16 \leq 20.$$

に従う、請求項 7 3 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 7 5】

負レンズを含み、物体面及び像面間に光束直径の狭窄部分を形成するように構成されたレンズ群は、次の条件

10

【数 3 9】

$$3 \leq K9/K16 \leq 5$$

$$3 \leq K16/K25 \leq 5.$$

の少なくとも 1 つに従う第 1 非球レンズ面を有する、請求項 6 6 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 7 6】

負レンズを含み、物体面及び像面間に光束直径の狭窄部分を形成するように構成されたレンズ群は、少なくとも 3 つ、最大で 5 つの連続した非球レンズ面を含み、以下の条件

20

、その群の第 1 の非球レンズ面が、次の条件

【数 4 0】

$$-3 \geq K9/K25 \geq -5$$

$$+5 \leq K16/K25 \leq +7;$$

の少なくとも 1 つに従うこと、

そのレンズ群の第 2 非球レンズ面が、次の条件

【数 4 1】

30

$$0,3 \leq K9/K16 \leq 0,5$$

$$3,0 \leq K16/K25 \leq 5,0;$$

の少なくとも 1 つに従うこと、

そのレンズ群の第 3 非球レンズ面が、次の条件

【数 4 2】

$$3 \leq K9/K16 \leq 5$$

$$-25 \geq K16/K25 \geq -40;$$

40

の少なくとも 1 つに従うこと、

そのレンズ群の第 4 非球レンズ面が、次の条件

【数 4 3】

$$+5 \leq K9/K16 \leq +7$$

$$-3 \leq K16/K25 \leq -5;$$

の少なくとも 1 つに従うこと、及び

そのレンズ群の第 5 非球レンズ面が、次の条件

50

【数 4 4】

$$2,0 \leq K9/K16 \leq 3$$

$$10,0 \leq K16/K25 \leq 15,0$$

の少なくとも 1 つに従うこと、

の少なくとも 1 つが成り立つ、請求項 6 6 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 7 7】

最後の光学素子のすぐ上流側のレンズ群は、主に、又はもっぱら正レンズだけで構成され、このレンズ群の正レンズの第 1 非球レンズ面が、次の条件

10

【数 4 5】

$$500 \leq K9/K16 \leq 700$$

$$0,2 \leq K16/K25 \leq 0,3.$$

の少なくとも 1 つに従う、請求項 6 6 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 7 8】

第 1 非球面に続く第 2 非球レンズ面が、次の条件

【数 4 6】

$$-7,0 \geq K9/K16 \geq -10,0$$

$$1,3 \leq K16/K25 \leq 1,8.$$

20

の少なくとも 1 つに従う、請求項 7 7 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 7 9】

最後の光学素子のすぐ上流側のレンズ群が、最大ビーム直径の領域内に、次の条件

【数 4 7】

$$6 \leq K9/K16 \leq 9$$

$$12 \leq K16/K25 \leq 17.$$

30

の少なくとも 1 つに従う非球レンズ面を含む、請求項 6 6 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 8 0】

最後の光学素子のすぐ上流側のレンズ群は、少なくとも 3 つ、最大で 5 つの連続した非球レンズ面を収束ビームの領域内に含み、そのレンズ群の第 1 非球レンズ面が、次の条件

【数 4 8】

$$7,0 \leq K9/K16 \leq 12$$

$$-2,5 \geq K16/K25 \geq 5,0.$$

40

の少なくとも 1 つに従う、請求項 6 6 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 8 1】

最後の光学素子のすぐ上流側のレンズ群の第 3 非球レンズ面及びそのレンズ群の最後から 2 番目の非球レンズ面の少なくとも 1 つが、次の条件

【数 4 9】

$$3 \leq K9/K16 \leq 5$$

$$10 \leq K16/K25 \leq 15.$$

の少なくとも 1 つに従う、請求項 6 6 に記載の投影対物レンズ。

50

【請求項 8 2】

最後の光学素子のすぐ上流側のレンズ群の最後の非球面、及び投影対物レンズの、像面上流側の最後の非球面の少なくとも1つが、次の条件

【数 5 0】

$$+25 \leq K9/K16 \leq 40$$

$$-2 \geq K16/K25 \geq -4.$$

の少なくとも1つに従う、請求項 6 6 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 8 3】

10

投影対物レンズの、像面上流側の最後の非球レンズ面が、次の条件

【数 5 1】

$$-1,8 \leq K9/K16 \leq 2,5$$

$$+1,3 \leq K16/K25 \leq 1,7$$

$$+2,5 \leq K25/K36 \leq 4,0$$

$$+3,5 \leq K36/K49 \leq 5,0$$

$$+4,5 \leq K49/K64 \leq 7,0.$$

20

の少なくとも1つに従う、請求項 6 6 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 8 4】

少なくとも1つの実中間像を生成するように構成された、請求項 6 6 に記載の投影対物レンズ。

【請求項 8 5】

少なくとも2つの実中間像を生成するように構成された、請求項 8 3 に記載の投影対物レンズ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

30

本発明は、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投影対物レンズに関する。投影対物レンズは、マイクロリソグラフィ投影露光装置用に使用されてもよい。本発明は特に、浸漬動作、言い換えると、像側開口数 NA が 1 . 0 より大きい開口範囲での浸漬動作のために構成された、半導体構造用の露光装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

特に投影リソグラフィの縮小光学結像では、像側開口数 NA は、像空間内の周囲媒質の屈折率によって制限される。浸漬リソグラフィにおいて、理論的に可能な開口数 NA は、浸漬媒質の屈折率によって制限される。浸漬媒質は、液体又は固体であることができる。後者の場合、固体浸漬とも呼ばれる。

40

【0 0 0 3】

しかしながら、実際的な理由のため、開口は、最後の媒質（すなわち、像に最も近い媒質）の屈折率に任意に近づくべきではなく、その場合、光軸に対する伝播角が非常に大きくなるからである。開口が、像側の最後の媒質の屈折率の約 9 5 % を大きく越えないことが実際的であることがわかっている。これは、光軸に対して約 7 2 ° の伝播角に対応する。1 9 3 nm において、浸漬媒質として水（ $n_{H_2O} = 1 . 4 3$ ）を使用する場合、これは $NA = 1 . 3 5$ の開口数に対応する。

【0 0 0 4】

屈折率が、最後のレンズの材料の屈折率より高い浸漬液、又は固体浸漬の場合、最後の

50

端面（投影対物レンズの射出面）が平面的であるか、わずかに湾曲しているだけであると、最後のレンズ（すなわち、投影対物レンズの、像に隣接した最後の光学素子）の材料が、限界の役割を果たす。平面的な構造は、たとえばウェハ及び対物レンズ間の距離の測定にとって、露光すべきウェハ及び最後の対物レンズ面間の浸漬媒質の流体力学的挙動にとって、また、それらのクリーニングにとって有利である。固体浸漬の場合、特に、同様に平面的であるウェハを露光するために、最後の端面は平面的な構造でなければならない。

【0005】

DUV（作動波長が248nm又は193nm）の場合、最後のレンズ用に一般的に使用される材料は、屈折率 $n_{\text{SiO}_2} = 1.56$ を有する融解石英（合成石英ガラス、 SiO_2 ）、又は屈折率 $n_{\text{CaF}_2} = 1.50$ を有する CaF_2 である。以下の説明では、合成石英ガラス材料を単に「石英」とも呼ぶであろう。最後のレンズ素子で照射負荷が高いため、合成石英ガラスは長期的には照射負荷によって損傷を受けるであろうから、193nmでは最後のレンズには特に、フッ化カルシウムが好ましい。その結果、約1.425（ $n = 1.5$ の95%）の開口数を達成することができる。照射損傷の不都合が容認される場合、石英ガラスでも1.48（193nmでの石英の屈折率の約95%に対応）の開口数が可能である。その関係は、248nmでも同様である。

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の1つの目的は、水などの浸漬媒質、又は融解石英及び CaF_2 などのレンズ材料を用いた従来構造の不利点を回避する高開口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、中程度のサイズかつ材料消費量である、少なくとも $\text{NA} = 1.35$ の像側開口数での浸漬リソグラフィに適する投影対物レンズを提供することである。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記及び他の目的に対する解決策として、本発明は、1つの対処策に従って、マイクロリソグラフィ投影露光装置に適する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投影対物レンズであって、投影対物レンズの作動波長の放射光を透過する複数の光学素子を有し、少なくとも1つの光学素子が、作動波長で屈折率 $n = 1.6$ の高屈折率材料から形成された高屈折率光学素子である、投影対物レンズを提供する。

30

【0008】

一実施形態は、像側開口数が好ましくは $\text{NA} = 1.35$ 以上であり、少なくとも最後のレンズ素子が、高屈折率材料（屈折率 $n > 1.6$ 、特に $n > 1.8$ ）からなる耐放射線性リソグラフィ対物レンズにある。リソグラフィでは通例の、縮小比が（絶対値）4:1（ $|M| = 0.25$ ）である場合、物体側（マスク側）開口数が $\text{NA}_{\text{obj}} > 0.33$ 、好ましくは $\text{NA}_{\text{obj}} > 0.36$ である。

【0009】

以下に、本発明のさまざまな態様を、193nmの場合の例示的な実施形態を使用してより詳細に説明する。本例では、最後のレンズ素子又はその一部に使用される材料はサファイア（ Al_2O_3 ）であるのに対して、残りのレンズは融解石英から形成される。しかしながら、これらの例を他の高屈折率レンズ材料及び他の波長に移すこともできる。たとえば、248nmの場合、最後のレンズ又はその一部のための材料として、二酸化ゲルマニウム（ GeO_2 ）を使用することが可能である。サファイアの場合と比べて、この材料は、複屈折しないという利点を有する。しかしながら、その材料は、193nmでは透明でない。

40

【0010】

液浸の場合、水より高い屈折率を有する浸漬液を使用すると、 $\text{NA} > 1.35$ に達することもある。一部の適用例では、シクロヘキサン（屈折率 $n = 1.556$ ）を使用した。

【0011】

50

現時点では、 $n > 1.6$ の浸漬媒質が現実的であると見なされる。

【0012】

浸漬液を使用する場合、高屈折率液、すなわち浸漬液の厚さを、好ましくは $0.1 \sim 10 \text{ mm}$ にすることができる。高屈折率浸漬媒質は一般的に、より高い吸収率も示すので、この範囲内の小さい方の厚さが有利であろう。

【0013】

好適な実施形態では、投影対物レンズは、像面に最も近い最後の光学素子を有し、その最後の光学素子は、屈折率 $n > 1.6$ の高屈折率材料で少なくとも部分的に形成される。この場合、像側開口数 NA は、一部の場合に高屈折率材料の屈折率に近い値に達してもよい。最後の光学素子は、高屈折率材料で形成されたモノリシック平凸レンズでよい。他の実施形態では、最後の光学素子は、分割境界面に沿って互いに光学接触状態にある少なくとも2つの光学素子からなり、最後の光学素子を形成する光学素子の少なくとも1つが、屈折率 $n > 1.6$ を有する高屈折率材料からなる。そのような平凸複合レンズを使用することにより、構造のさらなる自由度が得られるであろう。

10

【0014】

最後の複合光学素子は、湾曲した入射面及び平面的な射出面を有する入射側平凸レンズ素子と、平面的な分割面に沿って平凸レンズ素子と光学接触状態にある射出側平行平板とを有してもよい。

【0015】

別の実施形態では、最後の光学素子は、湾曲した入射面及び本質的に平面的な射出面を有する像側平凸の第2レンズ素子と、湾曲した入射面及び第1レンズ素子の湾曲した入射面と光学接触状態にある湾曲した射出面を有する物体側第1レンズ素子とを有する、平凸複合レンズを含む。このようにして、湾曲した分割面が得られる。好ましくは、第1レンズ素子の湾曲した入射面の第1曲率半径 R_1 は、第2レンズ素子の入射面の第2曲率半径 R_2 より大きい。このようにして、視野依存収差を減少させることができる。第1レンズ素子は、第2レンズ素子の第2屈折率 n_2 より小さい第1屈折率 n_1 を有し、屈折率差 $n = n_2 - n_1$ について条件 $n \leq 0.25$ が成立するようにしてもよい。それにより、光伝播方向の屈折率の段階的増加が、像面の近くで得られる。

20

【0016】

像側に位置付けられた第2レンズ素子用には、好ましくは高屈折率結晶材料が使用される一方、(物体側の)第1レンズ素子は好ましくは、ガラス質材料から形成される。結晶質材料は、酸化アルミニウム (Al_2O_3)、酸化ベリリウム (BeO)、酸化マグネシウムアルミニウム ($MgAlO_4$ 、スピネル)、酸化マグネシウム (MgO)、酸化イットリウムアルミニウム ($Y_3Al_5O_{12}$)、酸化イットリウム (Y_2O_3) 及びフッ化ランタン (LaF_3) からなる群から選択される。第1レンズ素子用には、好ましくは二酸化ケイ素 (融解石英 SiO_2) が使用される。

30

【0017】

第1レンズ素子及び第2レンズ素子をリングングによって光学接触させてもよい。しかしながら、第1レンズ素子及び第2レンズ素子の熱膨張率の差による問題が、リングングによって形成された境界面に発生するであろう。したがって、一部の実施形態では、屈折率 n_1 を有する浸漬媒質が、第1レンズ素子の射出面及び第2レンズ素子の入射面間のギャップに配置され、それにより、これらのレンズ素子を機械的に分離することができる。その目的のために、 $1.3 \leq n_1 \leq 1.6$ の範囲内の屈折率を有する浸漬液を使用してもよい。最大ギャップ幅 GW が $50 \mu\text{m} \leq GW \leq 2 \text{ mm}$ の範囲内にあるように、小さいギャップ幅が好ましいであろう。ここで、ギャップ幅は、第2レンズ素子の湾曲した入射面上の各点について、第1レンズ素子の射出面上の対応する点までの最小距離として定められる。

40

【0018】

像側超高開口数 $NA \leq 1.6$ 、たとえば $1.7 \leq NA \leq 1.8$ 用に構成された一部の実施形態では、最後の光学素子は、曲率半径 R_2 の湾曲した入射面及び本質的に平面的な射

50

出面を有し、レンズの光軸に沿って測定した入射面及び射出面間の距離として定められる軸方向レンズ厚さ T を有し、 $T > R^2$ であるハイパー半球面レンズを含むことが有利であることがわかった。この場合、入射面の曲率中心は、射出面から $T - R^2$ の距離をおいたレンズ内にある。ハイパー半球面レンズの形状は、半球面部分と、半球面部分の曲率半径に等しい半径を有する円筒部分との組み合わせでもよい。他の実施形態では、ハイパー半球面レンズは、球面状の入射面を有し、球面状の入射面は、球面状の入射面の曲率中心を通る中央断面を越えて球面状に延びるとともに、レンズの光軸に対して垂直に位置合わせされる。そのようなレンズは、２段階処理で作製されてもよく、その第１段階は、所望のレンズ材料、例えば $NA > 1.6$ を有する結晶質材料から球形を形成することを含み、第２段階は、たとえば切断など、その球形から球面状小部分を除去することにより、その

10

【００１９】

一部の実施形態、特に像側超高開口数、たとえば $NA = 1.5$ 以上が望まれる実施形態では、投影対物レンズの選択領域、たとえば物体面に近い領域及び／又は像面に近い領域内に、空間的に高密度に連続した非球レンズ面を有することが有用であることがわかった。その目的のために、投影対物レンズの好適な実施形態は、 N_{ASP} 個の非球レンズ面を与える、隣接して連続する少なくとも２つの非球面レンズ N_{ASPL} 個からなる、少なくとも１つの非球面レンズ群を含み、非球面比 $AR = N_{ASP} / N_{ASPL}$ について条件 $AR > 1$ が成立する。言い換えると、この条件に従う非球面レンズ群内において、非球面の

20

【００２０】

一部の実施形態では、非球面レンズ群内に正確に１つの球面が存在し、それにより、非球面－球面－非球面の連続が非球面レンズ群内に形成される。これらの場合、 $N_{ASP} = 2 \cdot N_{ASPL} - 1$ の条件が満たされる。要件に応じて、非球面レンズの数 N_{ASPL} は、たとえば２、３、４又は５でよい。非球面レンズ群内に非球面が空間的に高密度であるため、以下の説明では、非球面レンズ群を「高開口密度レンズ群」又は「HADLG」とも呼ぶ。

30

【００２１】

高非球面密度（HADLG）の像側非球面レンズ群を、最後の光学素子のすぐ上流側に、すなわち光学的に像面に近づけて配置してもよい。非球面レンズ群の非球レンズ面は、球面収差及び斜球面収差（接線方向及びサジタル）の補正を行うことができると同時に、大きい開口の場合に正弦条件が本質的に満たされるように、構成されてもよい。好ましくは、少なくとも１つの二重非球面が設けられ、より好ましくは、隣接して連続する少なく

40

【００２２】

さらに、物体面のすぐ下流側に配置され、上記のような高非球面密度のレンズ群として構成された物体側非球面レンズ群を設けることが望ましいであろう。非球面は、特に歪みを補正するとともに、入射側高開口数で物体側テレセントリック性を与えるように構成されてもよい。好ましくは、少なくとも３つの連続した非球レンズ面を設けてもよく、ひとみ面での、短い周期性を有する非常に複雑な波面変形を補正するために、４つ以上の連続した非球レンズ面が有効であろう。

【００２３】

上記及び他の性質は、特許請求の範囲だけでなく、明細書及び図面にも見ることができ

50

、個々の特徴は、本発明の実施形態及び他の領域で、単独又は組み合わせの形で使用されてもよく、また、有利かつ特許性がある実施形態を個別に表してもよい。

【実施例】

【0024】

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）によって折り曲げられることができる。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又は何らかの他のパターン、たとえば格子パターンを付けたマスク（レチクル）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。

10

【0025】

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。

【0026】

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対物レンズ100の第1実施形態を示す。それは、物体面OP上に配置されたレチクル（又はマスク）上のパターンの像を、正確に2つの実中間像|M|1及び|M|2を生じながら、像面IP上に縮小して、たとえば4:1の縮尺で投影するように構成される。第1屈折対物レンズ部ROP1が、物体面上のパターンを第1中間像|M|1に結像するように構成され、第2カトプトリック（純粹反射）対物レンズ部COP2が、第1中間像|M|1を第2中間像|M|2に、1:1に近い倍率で結像し、第3屈折対物レンズ部ROP3が、第2中間像|M|2を像面IP上に強い縮小率で結像する。第2対物レンズ部COP2は、物体側に面する凹面鏡面を有する第1凹面鏡CM1と、像側に面する凹面鏡面を有する第2凹面鏡CM2とを有する。鏡面は両方とも連続している、すなわち中断していない、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囲まれた鏡間空間を画定する。中間像|M|1、|M|2は両方とも、幾何学的に鏡間空間内に位置し、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。

20

【0027】

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分である。

30

【0028】

光学系100は、回転対称的であって、すべての屈折光学部材及び反射光学部材に共通する1本の直線状の光軸AXを有する。折り曲げ鏡は存在しない。凹面鏡は小径であり、それらを互いに接近させるとともに、その間に位置する中間像にかなり近づけることができる。凹面鏡は両方とも、軸対称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を通過する。

【0029】

この全体構造を有する反射屈折投影対物レンズは、たとえば、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、及び2004年10月13日に出願された再延長出願に開示されている。これらの出願の内容は、参照によって本出願に援用される。ひとみ面（主光線が光軸と交差する軸方向位置にある）が、物体面及び第1中間像の間、第1中間像及び第2中間像の間、及び第2中間像及び像面の間に形成されること、及び、すべての凹面鏡がひとみ面から光学的に離して、特に、結像過程の主光線高さが結像過程の周縁光線高さを超える位置に配置されることが、この形式の反射屈折投影対物レンズの1つの特徴的な特性である。さらに、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ことが好ましい。第1中間像及び第2中間像

40

50

の両方が、幾何学的に凹面鏡の間の鏡間空間内に位置することが好ましい。

【0030】

以下の例示的な例は、比較的少量の光学材料で作製することができる光学系での、開口数 $NA > 1$ の浸漬リソグラフィを可能にするこれらの基本特徴を共有する。

【0031】

図1は、第1の例示的な実施形態として、像側開口数 $NA = 1.45$ でサファイアレンズ及び浸漬媒質としてのシクロヘキサンを用いる 193 nm 用のリソグラフィ対物レンズを示す。サファイアレンズは、像面に最も近い最後の光学素子 LOE である。像側作動距離は 1 mm である。反射屈折構造は、主に色補正及びペッツヴァール補正用の2つの凹面鏡と、鏡対のそれぞれ上流側及び下流側の中間像とを有する。しかしながら、中間像は、完全に補正されることはなく、主に構造の幾何学的制限と、鏡に向かって延びるビーム路、及び鏡での反射後に鏡から延びるビーム路の2つのビーム路の分離とに役立つ。像側視野（ウェハ上）は矩形である。外側視野半径（ウェハ側）は 15.5 mm であり、内側視野半径は 4.65 mm である。その結果、 $26 \times 3.8\text{ mm}$ の矩形視野が生じる。

【0032】

第1の例示的な実施形態では、開口しぼり（開口絞り AS 、光学系開口）が第1屈折対物レンズ部 $ROP1$ 内に配置される。これは、一方では、より小さい可変開口しぼりを作るために、他方では、主として後続（物体面（マスク面）から見て）の対物レンズ部を、開口しぼりを絞り込む時の無用かつ干渉的な照射負荷から保護するために有利である。像側対物レンズ部 $ROP3$ 内の後しぼり面、すなわち開口絞りを置くことができる位置は、収束ビーム路上の最大直径のレンズ $LM D$ 及び像面 IP 間の領域内に位置する。

【0033】

物体側前屈折対物レンズ部 $ROP1$ 内に、主に像側視野湾曲（ペッツヴァール和）の補正に役立つウェスト（ビーム及びレンズ直径の狭窄部分）が形成される。開口絞り AS は、ウェストの位置に配置される。

【0034】

最後のレンズ用に CaF_2 を使用すると、できる限り 1.425 を超えない（ CaF_2 の屈折率の 95% 以下）開口数が必要になるため、これは好ましくない。 193 nm において、この例では最後のレンズ素子 LOE の高屈折率材料として、サファイア（ Al_2O_3 ）が使用される。図示のすべての実施形態において、参照しやすくするために、サファイアで作製された光学レンズを中間調で網掛け表示している。

【0035】

サファイアを使用する時に発生する複屈折は、最後のレンズ（最後の光学素子 LOE ）を2つのレンズ素子 $LOE1$ 及び $LOE2$ に分割し、2つのレンズ素子を光軸の回りに互いに回転させることによって、ほとんど補償される。この場合、分離境界面 SI （2つのレンズ素子 $LOE1$ 及び $LOE2$ の接触面）は好ましくは、両方のレンズ素子が同様の屈折力を有するように湾曲する。別法として、補償のために、対物レンズ内の、光学的に同様に作用する場所、たとえば中間像の近傍、又は物体面の近傍に位置付けた、サファイアから形成された第2素子を使用することが可能である。この場合、最後のサファイアレンズ LOE は、実質的に同一の作用をする2つのレンズ素子 $LOE1$ 及び $LOE2$ に分割される。サファイアレンズ LOE の前部曲率半径（すなわち、光入射側の曲率半径）は、開口ビーム、すなわち、収束する光束の周囲を像に向かって、また像側視野の中心に向かって進むビームが、実質的に屈折することなく境界面を通過する、すなわち、実質的に垂直に境界面に衝突するように設計される（レンズの曲率半径は、像面及び光軸の交点と実質的に同心である）。分割サファイアレンズの2つのレンズ素子間の分割境界面 SI の曲率半径の方が平坦である（曲率半径は、ウェハを置くことができる像面からの距離の 1.3 倍より大きい）。

【0036】

複屈折材料で形成された素子の相対回転による複屈折効果の補償については、たとえば本出願人によるドイツ特許出願第 $DE10123725A1$ 号（たとえば、米国特許出願

10

20

30

40

50

第 2 0 0 4 / 0 1 9 0 1 5 1 A 1 号に対応)又はW O 第 0 3 / 0 7 7 0 0 7 A 2 号に詳細に記載されている。複屈折材料(フッ化カルシウム)から形成された分割最終レンズとして構成された、像面に最も近い最終レンズ素子を有する反射屈折投影対物レンズは、米国特許第 6 , 7 1 7 , 7 2 2 B 号から既知である。

【 0 0 3 7 】

図 1 の構造用の規格値が、表 1 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、その表面の曲率半径 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]、すなわち光学素子の「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示す。第 6 欄は、光学素子の光学的に使用可能な透明な半径 [mm 単位] を示す。表中の曲率半径値 $r = 0$ は、曲率半径が無限大の平面的な表面を表す。

10

【 0 0 3 8 】

この特定の実施形態の場合、15の表面が非球面である。表 1 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を高さ h の関数として、次の数式を用いて計算することができる。

【 数 1 】

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

20

【 0 0 3 9 】

ここで、曲率半径の逆数 ($1 / r$) は問題の表面の表面頂点での曲率であり、 h はその上の点と光軸との間の距離である。したがって、サジッタ $p(h)$ 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 、 $C1$ 、 $C2$ などは表 1 A に示されている。

【 0 0 4 0 】

同様に、以下の実施形態の規格値は、図 2 について表 2 及び 2 A に、図 3 について表 3 及び 3 A に、図 4 について表 4 及び図 4 A に、図 5 について表 5 及び 5 A に示される。

【 0 0 4 1 】

図 2 に従った投影対物レンズ 2 0 0 によれば、像側の最後の光学素子 L O E は、平凸レンズの全体形状を有する。レンズは、平坦な分割境界面 S I に沿って接触する 2 つの光学素子 L O E 1 及び L O E 2 に細分割される。具体的に言うと、正の曲率半径の入射面及び平面的な後面を有する石英ガラスレンズ L O E 1 が、サファイアから形成された 1 つ (又は 2 つの) 平行平板 L O E 2 上にリングングされる。これにより、石英ガラスで可能なものを超えない N A 値が生じるが、光ビームの伝播角が、高屈折率媒質のために開口が最大である最後の対物レンズ部内で減少するという利点がある。境界面での、また最後の端面上の可能な保護層での反射損失及び散乱光効果を考慮した時、これらも問題を構成するが、そうでなければ伝播角が非常に大きくなるため、これは有利である。その時、最大角は、石英レンズ L O E 1 及び第 1 高屈折率平行平板 L O E 2 間のリングング面だけで発生する。このリングング面 (隣接した光学素子がリングングによって互いに付着される接触境界面) は、汚染及び損傷から保護され、周囲条件の影響にもまた敏感であるコーティングを備えることができる。2 つの平行平板を使用して平行平面高屈折率素子 L O E 2 を形成する場合、サファイアから形成された 2 つの平行平板を光軸の回りに互いに対して回転させ、それにより、主に半導体構造の結像に必要である x 方向及び y 方向の S 偏光及び P 偏光に対する複屈折効果をほぼ理想的に補償することができる。

30

40

【 0 0 4 2 】

しかしながら、屈折率が低いため、石英レンズ L O E 1 はこの場合、その低い集光効果のため、全長が制限された投影対物レンズの、実際にさほど大きくない像側開口数の場合でも、非常に大きいレンズ直径が必要になるという効果を有する。第 2 の例示的な実施形態 (図 2) では、開口が $NA = 1.35$ であるが、レンズ直径は、第 1 の例示的な実施形

50

態の場合より大きい。ここでは、レンズ直径はすでに 1 4 3 mm を超えており、したがって、開口数のほぼ 2 1 2 倍であるのに対して、図 1 の例示的な実施形態では、開口数の 2 0 0 倍に達するだけである。特に図 2 の例示的な実施形態で 1 4 3 mm の場合、最大レンズ半径が、約 1 3 6 mm の鏡半径よりさらに大きい。

【 0 0 4 3 】

投影対物レンズの最大レンズ素子の直径を最小限に抑え、また同時に、複屈折の効果を最小限に抑えるために、 $NA = 1.45$ の構造例の代替実施形態（投影対物レンズ 3 0 0）では、最後のレンズ素子 L O E は、正の屈折力を備えて球形に湾曲した入射面及び平面的な射出面を有する薄いサファイアレンズ L O E 1 を有し、これは、薄い石英ガラス板 L O E 2 上にリングングされる（図 3 の第 3 の例示的な実施形態）。その時、対物レンズの射出面となる平行平面石英ガラス板は、照射負荷による損傷の発生時に交換することができる。したがって、リングングされた石英板は、サファイアレンズ L O E 1 を汚染及び/又は引っ掻き傷又は破壊から守る交換可能な保護体としての役割も果たす。第 3 実施形態は、浸漬液としてのシクロヘキサンに適応し、シクロヘキサンは、浸漬液と接触状態にある板用に使用される融解石英の屈折率（ $n = 1.560$ ）と同様の屈折率（ $n = 1.556$ ）を有する。

【 0 0 4 4 】

これらの場合、 NA は、石英ガラスの屈折率によって制限される。しかしながら、純粋石英ガラスから形成された最後のレンズを有する構造と比較すると、最後のレンズの上流側では、ビーム角が小さくなり、したがって、対物レンズ全体の直径も小さくなり、最後のレンズ素子の敏感性（製造公差に対する干渉感受性）も低くなる。第 3 実施形態では、1 3 5 mm の場合、最大レンズ直径はこの時、開口数の約 1 8 6 倍である。

【 0 0 4 5 】

もちろん、本発明は、低開口数の対物レンズ用にも、従来の投影対物レンズの直径を大幅に減少させるために使用されることができる。これは、材料の量を大幅に減少させることができるので、投影対物レンズの価格に好都合な影響を与える。

【 0 0 4 6 】

第 4 の例示的な実施形態（図 4）は、 $NA = 1.35$ で、作動距離が 1 mm の場合のサファイア製の最後のモノリシックレンズ及び浸漬媒質としての水（ $n_{H_2O} = 1.43$ ）を用いる 1 9 3 nm 用のリソグラフィ対物レンズ 4 0 0 を示す。モノリシック（分割でなく、1 つの部品）サファイアレンズ L O E の上側（入射側）は非球面であり、開口絞り A S は、像側屈折対物レンズ部 R O P 3 の後部で、第 3 対物レンズ部 R O P 3 内の最大直径の両凸レンズ L M D の最大直径領域と像面 I P との間の、収束光の領域内に位置する。最大レンズ直径は、開口数の 1 9 0 倍未満に制限される。

【 0 0 4 7 】

少なくとも最後のレンズ素子用に高屈折率材料を使用することにより、 $NA = 1.45$ より高い開口数も可能である。

【 0 0 4 8 】

第 5 の例示的な実施形態 5 0 0（図 5）は、 $NA = 1.6$ の平凸サファイアレンズ L O E（ $n_{sapphire} = 1.92$ ）での固体浸漬（接触投影リソグラフィ）用に構成されている。したがって、 $NA > 1.8$ までの開口数でも基本的の実現可能である。本例では、ウェハ側の外側視野半径が 1 5 . 5 3 mm、内側視野半径が 5 . 5 mm である、すなわち、この場合の矩形視野のサイズは 2 6 × 3 mm である。

【 0 0 4 9 】

$NA > 0.52$ の開口を有する高開口ビームは、平面的な射出面でサファイアから空気へ移る時に全反射するので、ウェハの露光用にエバネッセント波を効果的に使用するために、固体浸漬には波長より短い作動距離を実現しなければならない。これは、真空中で、ウェハを最後のレンズ面の近傍において、たとえば 1 0 0 nm（ $\lambda/2$ ）に一定に露光することによって実行されることができる。

【 0 0 5 0 】

10

20

30

40

50

しかしながら、エバネッセント場を通る、距離とともに指数関数的に低下するパワー伝達に基づいて、距離のわずかな変化が、均質性に大きい変動をもたらすので、ウェハを投影対物レンズの最後の端面（射出面）と直接的に機械的接触をさせることが有利である。露光に際して、投影対物レンズの射出面と基板に付随する結合面との間の機械的接触を得るために、ウェハをこの目的のための最後の平面的なレンズ面（接触面CS）上にリングングすることができる。この場合、ステップアンドスキャン露光モード又はステッチング露光方法が好ましい、すなわち、個々のステップで像側視野より大きい領域を露光し、それに対応して、従来では一般的であるウェハの代わりに、レチクルマスクを位置合わせのために調節する。これはまた、縮小結像のため、レチクルをウェハの調節より低い正確度で調節することができるので、有利である。それにより、連続した露光ステップから得られる半導体構造の相互隣接した露光領域（目標区域）又は連続層が、レチクルマスクの横方向及び軸方向の移動及び回転によって重ね合わされ、それにより、半導体構造をおそらくはやはりリングング不良のウェハ上に、数nmより良好な重ね合わせ正確度で露光することができる。この目的のために、たとえば、レチクルの位置合わせマークを、ウェハ上の露光済みの位置合わせマークと一致させる。

10

20

30

40

50

【0051】

ウェハの、最後の表面からの取り外しは、真空下で行われることが好ましい。必要ならば、ウェハと最後の平面的なレンズ面との間に、たとえば各露光ステップ後に交換することができる薄い層（薄膜/メンブレン）を配置する。このメンブレンは、例えばウェハ上に接着したままにして、分離を助けることができ、また特に、最後の平面的なレンズ面の保護体として役立つ。最後の平面的なレンズ面は、任意であるが、薄い保護層によって追加的に保護されることができる。

【0052】

固形浸漬の場合、結像干渉の場合のために最後のレンズ面の縁部領域内の露光中、高強度の定在波が発生する可能性がある。したがって、光学系構造が最後のレンズに焼き込まれることを防止するためにレチクルを使用する調節によって補償されるものである、リングングのせいでウェハが数マイクロメートルの一定範囲内でたまたま不正確に位置付けられる時、それは、構造をウェハ上に繰り返し露光するために有利でさえある。

【0053】

193nmで32nmノードの解像度を得ることが望ましい場合、像側開口数が1.7、NA=1.75であることが望ましい。その波長に対して得られる一般的なレジスト材料は、その範囲、すなわち1.7<n<1.75の屈折率を有する。n=1.75に近い高屈折率を有するレジスト材料を使用することができる場合、光学近視野全体で浸漬技術又は浸漬投影を使用して、十分な光エネルギーを、たとえばNA=1.73のレジスト材料内に結合することができる。以下に、特に例示として以上に示した反射屈折インライン投影対物レンズ用の、所望範囲内のNA値を得るのに寄与する技術方法を示す。

【0054】

超高NAを得るための1つの寄与は、超高開口角に対応するために最後の光学素子の構造を改良することに関する。別の寄与は、光学系内での非球レンズ面の使用に関する。

【0055】

図6は、像側作動距離が1mmで、4mm・20mmの像側視野サイズで像側開口数NA=1.73を有する、193nmでのマイクロリソグラフィ用に構成された投影対物レンズ600の第6の例示的な実施形態のメリジオナルレンズ断面を示し、軸外矩形像側視野は、光軸から4.375mmだけ外れた位置にある。トラック長さ（物体面及び像面間の軸方向距離）は1308.7mmである。収差に対する光学補正は、7.0m未満の波面誤差（RMS）によって特徴付けられる。像面に最も近い光学素子（図9の詳細を参照されたい）はサファイアで形成され、光学的に単軸の材料の結晶軸CAは、レンズ素子の光軸に平行に並ぶ。光学計算において、投影光の接線偏光に関して、通常ビームの屈折率（ n_0 ）が使用される。規格値を表6及び表6Aに示す。

【0056】

本実施形態が取り組む1つの課題は、最後の光学素子の入射面の曲率の半径（曲率半径）であり、許容できない収差を生じることなく高NAに対応するためには、これが非常に短くなければならない。像側視野の所望サイズに関連して、視野依存収差を回避する、又は最小限に抑えるためには、より長い曲率半径が望ましいであろう。しかしながら、曲率半径をより大きくすると、最後の光学素子の厚さを大きくすることが必要になるであろう（ここで、厚さは、レンズの入射側及びレンズの射出側の間の、光軸に沿って測定した軸方向距離である）。これらの問題に対処するために、本実施形態の最後の光学素子LOEは、湾曲した入射面及び本質的に平面的な射出面を有する像側平凸の第2レンズ素子LOE2と、湾曲した入射面、及び第2レンズ素子LOE2の湾曲した入射面と光学接触状態の湾曲した射出面を有する物体側の第1レンズ素子LOE1とを有する平凸複合レンズである。第1レンズ素子LOE1の湾曲した入射面の第1曲率半径R1は、第2レンズ素子LOE2の入射面の第2曲率半径R2より大きい。像面に最も近い第2レンズ素子LOE2は、高い第1屈折率 $n_2 = 1.92$ を有するサファイアで形成されるのに対して、第1レンズ素子は、より小さい第1屈折率 $n_1 = 1.52$ を有する融解石英で形成され、そのため、屈折率の差 $n = n_2 - n_1 = 0.40$ である。この構造では、より長い曲率半径を有する第1レンズ素子LOE1の凸入射面は、第2光学素子LOE2のより長い曲率半径が持っていたと思われる補正効果のある程度与える。

【0057】

最後の光学素子の第1レンズ素子及び第2レンズ素子を、それらの湾曲した接触面に沿って接触させる異なった方法が可能である。一実施形態（図示せず）では、レンズ素子をリングングによって接触させる。しかしながら、像側の第2レンズ素子の結晶質材料と物体側の第1素子のガラス質材料との間の熱膨張率の差のために問題が生じるであろう。融解石英の熱膨張率は約 $0.52 \cdot 10^{-6} \text{ m/K}$ である。それに対して、適当な結晶質材料の熱膨張率ははるかに高く、一般的に少なくとも10分の1だけ高い。以下の表は、 193 nm で透過する多数の適当な結晶質（左欄）と、 10^{-6} m/K で表したそれらのそれぞれ結晶軸に平行な線熱膨張率（中間欄）及び結晶軸に対して垂直な線熱膨張率（右欄）を示す。

【表9】

材料	$\beta_{\parallel} [10^{-6} \text{ m/K}]$	$\beta_{\perp} [10^{-6} \text{ m/K}]$
Al_2O_3	6,65	7,15
BeO	5,64	7,47
MgAlO_4	6,97	9,4
MgO	10,6	10,6
$\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$	7,7	7,7
Y_2O_3	6,56	6,56
LaF_3	15,8	11,0

【0058】

熱膨張率の違いを考慮して、屈折率 n_1 を有する浸漬媒質を、第1レンズ素子の射出面と第2レンズ素子の入射面との間のギャップ（ギャップ幅 $GW = 0.2 \text{ mm}$ ）に配置し、それにより、浸漬液ILを介して光学接触させる。好ましくは $1.3 < n_1 < 1.6$ 、本実施形態では $n_1 = 1.561$ である。ガラス質材料から形成された像側凹面を有する物体側負メニスカス、及び高屈折率結晶質材料から形成された像側平凸レンズ素子を、屈折率差を少なくとも $n = 0.25$ にし、浸漬液によって光学接触させた状態で含む平凸複合レンズは、大した収差寄与を誘発することなく、非常に高い開口数、たとえば $NA > 1.6$ 又は $NA > 1.7$ を伝達することができることがわかった。そのような複合レンズは

、その範囲内の像側開口数を与えることができる任意形式の投影対物レンズに使用されてもよい。

【0059】

残留収差はそのままにしてもよい。特に、正弦条件に従うとともに、球面収差及び斜球面収差（接線方向及びサジタル）を補正することは、重大な難問を課す。特に、像側視野全体で本質的に一定である倍率を得るために、最後の光学素子に近い非球面の空間密度を大きくすることが有益であることがわかっている。その目的のために、像側非球面レンズ群ALG1が、最後の光学素子LOEのすぐ上流側に配置され、像側凹面を有する2つの正メニスカスレンズからなり、これらのレンズの各々は、非球面の入射面及び射出面を有する「両非球面」であり、そのため、隣接して連続する4つの非球面レンズ面が、最後の光学素子LOEのすぐ上流側に設けられる。 $N_{ASPL} = 2$ かつ $N_{ASP} = 4$ で、非球面比 $AR = 2$ である。他の実施形態では、最後の光学素子のすぐ上流側の4つのレンズ面のうちの3つが非球面である。

【0060】

他の収差問題は、投影対物レンズの物体側で解決されなければならない、物体面のすぐ下流側のレンズの構造は、物体側テレセントリック性を与えるとともに歪みを極低レベルにするように最適化される。物体面及び（主光線CRが光軸AXと交差する）第1ひとみ面P1間に配置された第1屈折対物レンズ部ROP1の入射側部は、機能的に3群G1、G2、G3に細分割され、各群は、1つ又は複数のレンズからなる。開口絞りの上流側には、負レンズがまったく設けられていない。第1群G1は、2つの正の両非球面メニスカスレンズによって形成され、頂点及び光軸外での局所湾曲の曲率半径は像側にあり、それにより、主に物体側テレセントリック性を確保することができる。非球面入射側及び球面射出側を有する1つの単一正レンズG2によって形成された第2群G2は、局所曲率半径の曲率中心が、レンズ面の、少なくとも最大高さの70%を超える外側部分では、物体側にあるように構成される。非球面レンズ面の場合、最大高さの90%を超えるレンズ高さでは、局所湾曲がレンズの縁部に向かって大幅に増加することが好ましい。好ましくは、中心（光軸上）から縁部に向かって少なくとも30%だけ、曲率半径Rが短縮される、又は曲率 $1/R$ が増加する。それにより、隣接して連続する5つの非球面レンズ面を有する物体側非球面レンズ群ALGOが設けられる。より小さい開口の場合、4つ又は3つの連続非球面レンズ面で十分であろう。

【0061】

第3群G3は、主に球面収差を補正するように構成された1つの正レンズによって形成される。高い物体側開口数のため、この補正は非常に困難になる。したがって、開口絞りASが位置する第1ひとみ面のすぐ上流側に両非球面レンズを使用することが好ましい。このレンズ群の屈折力は、好ましくはレンズの中心から縁部まで減少していき、それにより、必要量の球面過補正を行うことができる。そのようなレンズは好ましくは、開口絞りから、開口絞りの直径より短い距離に位置する。

【0062】

第1ひとみ面P1のすぐ下流側の第4レンズ群G4は、物体側凹入射面を有する正メニスカスレンズとして構成され、そのメニスカスレンズの厚さは好ましくは、直径の60%未満である。第1ひとみ面のすぐ後に続くその領域内の1つ又は複数のメニスカスレンズは、主に像シェル差及び視野依存収差を補正するように構成されてもよい。曲率半径は好ましくは、そのレンズの直径の1.2倍未満である。

【0063】

全体的に正の屈折力を有するレンズ群G5が、第1凹面鏡CM1のすぐ上流側に設けられ、それにより、放射光をその鏡に向けて収束させることができる。第5レンズ群の各レンズ素子は、平均曲率半径 $R_M = 1 / (1/R_1 + 1/R_2)$ を有し、曲率中心が像側にあり、ここで、 R_1 及び R_2 はそれぞれ、レンズの入射側及び射出側の曲率半径である。好ましくは、第1凹面鏡CM1の前の最後のレンズは、強い補正効果を有する両非球面レンズである。

【 0 0 6 4 】

第2のカトプトリック（純粹反射）対物レンズ部COP2は、2つの非球面凹面鏡CM1、CM2（それぞれ群G6及びG7を形成する）によって形成されて、第1中間像|M|1を、収差が強い第2中間像|M|2上に結像するための結像光学系部分として機能する。

【 0 0 6 5 】

第2凹面鏡のすぐ後に続くレンズ群G8は、像側凹面を有する単一の正メニスカスレンズによって形成される。両凹負レンズを中心にして逆の曲がり方向に配置された4つの連続負レンズを有するレンズ群G9が、レンズ群G10の後続の正レンズの過補正を行い、レンズ群G10は、主に高い像側開口数を与えるように構成される。負群G9のすぐ上流側及び下流側の正レンズの曲がりの鏡対称性により、屈折力が本質的に対称的に分布して、視野全体にわたって非対称結像誤差を最小限に抑えることができる。負レンズ群G9内に非球レンズ面が高密度に連続することは、そのレンズ群で必要とされる複雑な補正効果を与えるのに有益であることがわかっている。したがって、その領域内では、少なくとも3つ又は少なくとも4つの連続非球レンズ面が有益であると見なされる。本実施形態では、大きい入射角が生じる領域内に5つの連続した非球レンズ面が設けられ、それにより、ビーム直径全体にわたる屈折力の複雑な分布が得られる。

【 0 0 6 6 】

開口を設ける第10レンズ群G10の光学効果については、すでに上述した。像側非球面レンズ群ALGIの上流側領域内では、球面レンズ面が十分であるように見えることに注目する価値がある。低い屈折力を有する薄いメニスカスレンズが、第3ひとみ面P3の上流側の最大ビーム直径の領域内に設けられる。より小さいNA値の場合、そのレンズの不足補正効果を隣接のレンズによって与えてもよく、それにより、大きい直径のレンズ素子を省くことができる。

【 0 0 6 7 】

図7の投影対物レンズ700は、図6の構造の変更形であり、レンズ及び鏡の番号、形式及び順序は、最後の光学素子LOEを除いて、図6のものと本質的に同一である。したがって、その説明を参照されたい。規格値を表7及び7Aに示す。像側開口数NA=1.75が矩形視野(4.0mm×20mm)内に得られ、トラック長さが1332.2mmで、193nmにおける波面誤差が7.0mである。物体面に最も近いレンズ素子での上側コマ光線CORの光線高さが、開口絞りASが位置する第1ひとみ面P1のすぐ上流の最後のレンズG3でのコマ光線高さとは本質的に同一である(最大高さ差10%)。第3レンズ群G3は、球面過補正を行うために両非球面レンズとして構成される。

【 0 0 6 8 】

最後の光学素子LOEには、曲率半径R2の湾曲した入射面及び本質的に平面的な射出面を有し、レンズの光軸に沿った湾曲入射面及び射出面間の軸方向距離として定められる軸方向レンズ厚さTを有し、 $T > R2$ であるハイパー半球面レンズLOE2が含まれる(図9を比較)。特に、Tは凸入射面の曲率半径より少なくとも25%、好ましくは少なくとも30%、さらには少なくとも33%だけ大きい(本実施形態では、TはR2より約34.7%だけ大きい)。最後の光学素子と像面に配置された基板面との間に浸漬層を使用する場合、その層の厚さを厚さTに含むことが好ましい。この点に関して、2005年3月2日に出願された「Mikrolithographie-Projektionsobjektiv und Projektionsbelichtungsanlage」と題する米国特許仮出願を参照されたい。この出願の開示内容は、その全体が参照によって本明細書に援用される。

【 0 0 6 9 】

図8は、NA=1.75の図6及び図7の実施形態の変更形であり、波面誤差のRMS値が4.5m未満まで減少している。規格値を表8及び8Aに示す。レンズ及び鏡の形式及び順序は、図6及び図7の実施形態のものと本質的に同一であるが、投影対物レンズの入射側に1つの例外があり、ここでは、第1レンズ群G1が、像側凹面を有する3つ(2つではない)のメニスカスレンズによって形成される。レンズの各々は両非球面レンズ

である。後続の正メニスカス G 2 の入射面を含めて隣接して連続する 7 つの非球レンズ面が、物体面にすぐ続いて設けられている。開口絞り A S のすぐ上流側に位置する後続レンズ G 3 は、両非球面レンズであるので、合計で 9 つの非球面 ($N_{A S P} = 9$) が、連続した 5 つの非球面レンズ ($N_{A S P L} = 5$) 上に設けられ、そのため、物体面に続く物体側非球面レンズ群 A L G O について、 $A R = 1.8$ が成立する。より高次の単一非球面パラメータ、及び互いに隣接して続く非球面の空間的高密度連続を使用して、ビームの直径全体にわたる波面に対する非常に複雑な補正効果が、さまざまな光線について得られる。本例はまた、非球面レンズ群内に 1 つの球面 (たとえば、G 2 の凸射出面) が存在し、そのため、 $N_{A S P} = 2 \cdot N_{A S P L} - 1$ である場合も、非球面レンズ群が十分に有効であることを示す。

10

【0070】

第 3 屈折対物レンズ部 R O P 3 の入射側の狭窄領域又はウェスト付近のレンズ群 G 9 の負レンズの領域内に、別の高密度に連続する非球レンズ面が設けられている。この場合、4 つの負レンズの各々が非球面レンズであり ($N_{A S P L} = 4$)、そのレンズのうち 3 つが両非球面レンズであるのに対して、1 つのレンズは 1 つの非球レンズ面だけを有する ($N_{A S P} = 7$)。その次の、群 G 1 0 の第 1 レンズの入射側も非球面であることを考えると、G 9 及び G 1 0 内に隣接して連続する 7 つの非球レンズ面が存在し、連続した 6 つの非球面レンズ (G 8、G 9 及び G 1 0 の第 1 レンズ) 内に 9 つの非球レンズ面が存在する ($N_{A S P L} = 9$)。したがって、 $A R = 1.5$ である。

【0071】

20

さらに、最後の光学素子 L O E のすぐ上流側に像側凹面を有する 3 つの正メニスカスレンズ ($N_{A S P L} = 3$) が、5 つの非球レンズ面を与え ($N_{A S P} = 5$)、そのため、 $A R = 1.66$ である。さらに、最後の光学素子の凸入射側も非球面であるので、像面の近くに隣接して連続する 6 つの非球レンズ面が存在する。

【0072】

最後の光学素子の構成レンズ L O E 1、L O E 2 の互いに向き合った湾曲面は球面状である。平凸レンズ素子 L O E 2 は、球面状の入射面を有するハイパー半球面レンズであり、球面状の入射面は、光軸に対して垂直な、湾曲した入射面の曲率中心を通る中央面を越えて、球面状に延びる (図 10)。レンズ素子は、最初に球面素子を製造し、次に球面の小部分を除去し、それにより、射出面を形成する平坦面を設けることによって作製される。平面的な射出面は、単光軸レンズ材料サファイアの結晶軸 C A に対して垂直な向きである。対応する球形射出面も同様にハイパー半球形である。結晶レンズ L O E 2 を挿入するための開口半径 A が、切頭球形結晶レンズ L O E 2 の半径 R 2 より大きいように、融解石英材料が切断される。本実施形態では、浸漬液 I L が、互いに向き合う球形レンズ面間のギャップ内に設けられる。

30

【0073】

多数の連続した非球面を有する非球面レンズ群内での非球レンズ面の最適形状は、一般的に投影対物レンズ内の非球面の位置によって異なる。連続した非球面の非球面形状が均一ではなく、一連の非球面内で特定変化をする場合、高密度に連続した非球レンズ面によって複雑な補正効果を得ることができる。以下に、非球面レンズ群内の連続したレンズ面の特定形状に関する考察を、非常に高い像側開口数、たとえば $N A > 1.6$ 及び / 又は $N A = 1.7$ を有する図 6 ~ 図 8 に示す実施形態の精密な解析に基づいて示す。物体側の厳密にテレセントリックな入射ビームで光学計算を行った。したがって、計算には開口絞りを使用しなかった。

40

【0074】

非球面形状は、球面の基準包絡面 (包絡球面) に関するゼルニケ係数で特徴付けられる。包絡球面に関するゼルニケ表示及び図 6、図 7 及び図 8 に示す実施形態についてのゼルニケ係数を定める選択パラメータを、それぞれの投影対物レンズの非球面すべてについて、それぞれ表 6 Z、7 Z、8 Z に示す。パラメータは、頂点 (光軸上) 及び光学的使用区域の半径方向外縁部で非球レンズ面と接触する数学球面として定められる包絡球面に基

50

いて計算される。光学的使用区域は、その直径 $D_{\max} = 2 \cdot H_{\max}$ によって定められ、ここで、 H_{\max} [mm] は最大高さである。包絡球面は、包絡球面半径 R_{ENV} [mm] を有する。非球レンズ面はさらに、光軸上の非球面の局所曲率半径である頂点曲率半径 R_v [mm] と、ここでは包絡球面及び非球面間の、高さによって決まる距離の最大値として定められる変形 Def [μm] とによって特徴付けられ、変形は、光軸に平行に測定される。

【 0 0 7 5 】

ここで使用するような、ゼルニケ係数及びゼルニケの多項式を使用した表示において、非球面上の点のサジッタ p は、次の数式に従って、光軸からの正規化半径方向距離 h_n の関数として表される。

【 数 2 】

10

$$p(h_n) = \frac{h_n^2}{R(1 + \sqrt{1 - \frac{h_n^2}{R^2}})} + K0 + K4 \cdot Z4 + K9 \cdot Z9 + K16 \cdot Z16 + K25 \cdot Z25 + \\ K36 \cdot Z36 + K49 \cdot Z49 + K64 \cdot Z64 + K81 \cdot Z81 + K100 \cdot Z100$$

【 0 0 7 6 】

ここで、非球レンズ面の曲率半径 R は、 $K4 = 0$ であるように定められる。次の数式でゼルニケの多項式が与えられる（ここで、わかりやすくするために、正規化高さ h_n を簡略化してパラメータ h で表す）。

20

【 数 3 】

$$Z4 = 2 \cdot h^2 - 1$$

$$Z9 = 6 \cdot h^4 - 6 \cdot h^2 + 1$$

$$Z16 = 20 \cdot h^6 - 30 \cdot h^4 + 12 \cdot h^2 - 1$$

30

$$Z25 = 70 \cdot h^8 - 140 \cdot h^6 + 90 \cdot h^4 - 20 \cdot h^2 + 1$$

$$Z36 = 252 \cdot h^{10} - 630 \cdot h^8 + 560 \cdot h^6 - 210 \cdot h^4 + 30 \cdot h^2 - 1$$

$$Z49 = 924 \cdot h^{12} - 2772 \cdot h^{10} + 3150 \cdot h^8 - 1680 \cdot h^6 + 420 \cdot h^4 - 42 \cdot h^2 + 1$$

$$Z64 = 3432 \cdot h^{14} - 12012 \cdot h^{12} + 16632 \cdot h^{10} - 11550 \cdot h^8 + 4200 \cdot h^6 - 756 \cdot h^4 + 56 \cdot h^2 - 1$$

40

$$Z81 = 12870 \cdot h^{16} - 51480 \cdot h^{14} + 84084 \cdot h^{12} - 72072 \cdot h^{10} + 34650 \cdot h^8 - 9240 \cdot h^6 + 1260 \cdot h^4 - 72 \cdot h^2 + 1$$

$$Z100 = 48620 \cdot h^{18} - 218790 \cdot h^{16} + 411840 \cdot h^{14} - 420420 \cdot h^{12} + 252252 \cdot h^{10} - 90090 \cdot h^8 + 18480 \cdot h^6 - 1980 \cdot h^4 + 90 \cdot h^2 - 1$$

【 0 0 7 7 】

正規化高さ h_n は次の数式で定められる。

【数 4】

$$h_n = \frac{\text{光軸からの距離}}{\text{非球レンズ面直径}1/2}$$

【0078】

ここで、 $0 < h_n < 1$ である。

【0079】

ゼルニケの多項式 Z_9 から生じる表面形状成分は、3次球面収差に寄与する。ゼルニケの多項式 Z_{16} から生じる部分は、5次球面収差の補正に寄与する。ゼルニケの多項式 Z_{25} からの寄与は、7次球面収差の補正に寄与し、ゼルニケの多項式 Z_{36} からの部分は、9次球面収差の補正に寄与する。

10

【0080】

表6Z、7Z及び8Zにおいて、すべての非球面は、包絡球面の半径に対するゼルニケ係数によって特徴付けられる。一般的に、1つの非球面がその非球面レンズ群に追加される、又は取り除かれると、複雑な波面変形に対する特定の寄与を新しく分散させなければならないので、高密度に連続した非球面における特定形状及び形状の分散が変化するのである。しかしながら、そうであっても、非球面レンズ群内で非球面の空間密度をわずかに変化させても、非球面性の一部の基本形が有益であるように見えることがわかっている。以下に、これらの非球面性の基本形を、空間的に高密度の非球面を有するレンズ群について選択ゼルニケ係数間の選択比の観点から説明する。

20

【0081】

最初に、投影対物レンズの物体側を考える。物体面のすぐ下流側のレンズによって形成され、隣接して連続した少なくとも3つの非球レンズ面を有する物体側非球面レンズ群ALGOにおいて、その非球面レンズ群の第1表面（すなわち、物体面に最も近い非球レンズ面）が以下の条件の少なくとも1つに従うことが好ましい。

【数 5】

$$-14 \geq K9/K16 \geq -25$$

$$+2 \leq K16/K25 \leq 8.$$

30

【0082】

物体側非球面レンズ群の第1非球面に続く第2非球面の場合、次の条件の少なくとも1つが成立することが好ましい。

【数 6】

$$-3.5 \geq K9/K16 \geq -7.5$$

$$+7 \leq K16/K25 \leq +25.$$

【0083】

物体側非球面レンズ群が少なくとも隣接して連続する4つの非球レンズ面を含む場合、第1、第2及び第3非球レンズ面に続く第4非球レンズ面について、次の2つの条件の少なくとも1つが成立する。

40

【数 7】

$$3 \leq K9/K16 \leq 5$$

$$5 \leq K16/K25 \leq 15.$$

【0084】

隣接して連続する3つ、4つ、5つ又は6つの非球レンズ面を有する物体側非球面レンズ群において、頂点での表面湾曲は、すべての非球レンズ面について局所曲率半径の中心

50

が像側にあるような向きであることが好ましい。代替又は追加として、物体側非球面レンズ群のすべての非球レンズ面について、包絡球面の曲率中心が像側にあることが好ましい。

【 0 0 8 5 】

物体側非球面レンズ群について、これらの条件の 1 つ、複数又はすべてに従う場合、物体側テレセントリック性を極低レベルの歪みで得ることができる。物体側非球面レンズ群についての好適な条件は、物体側開口数 $NA_o = 0.4$ の投影対物レンズに特に有益である。

【 0 0 8 6 】

非球面の軸方向位置が物体面から増加する時、非球レンズ面の湾曲方向が変化することが好ましいことがわかっている。物体面に最も近いレンズは好ましくは、像側に曲率半径中心を有するが、第 2 レンズ群 G 2 は、物体側に曲率中心を有する第 1 レンズ面で始まるレンズ群として定められてもよい。好ましくは、第 2 群 G 2 の第 1 非球面及び / 又はその群の第 2 非球レンズ面の曲率中心は、物体側に位置する。さらに、第 2 群の第 1 非球面の形状は、好ましくは次の条件に従う。

【 数 8 】

$$9 \leq K9/K16 \leq 20.$$

【 0 0 8 7 】

図 6 ~ 図 8 の実施形態において、第 2 レンズ群 G 2 は、像側凸面を有する単一の正メニスカスレンズによって形成されることに注意されたい。第 2 レンズ群は、複数のレンズ、たとえば 2 つのレンズを有してもよい。

【 0 0 8 8 】

第 3 レンズ群 G 3 は、好ましくはほぼ両凸レンズによって形成される。好ましくは、第 3 レンズ群の第 1 非球面は、次の条件の少なくとも 1 つに従う。

【 数 9 】

$$-20 \geq K9/K6 \geq -25$$

$$-2.5 \geq K16/K25 \geq -3.5$$

【 0 0 8 9 】

通常は両凸両非球面レンズの射出面によって形成される第 2 非球レンズ面は、好ましくは次の条件の少なくとも 1 つに従う。

【 数 1 0 】

$$+5.0 \leq K9/K16 \leq +8.0$$

$$+4 \leq K16/K25 \leq +7.$$

【 0 0 9 0 】

図 6 ~ 図 8 の実施形態において第 1 中間像のすぐ上流側に配置された第 5 レンズ群 G 5 において、第 1 非球レンズ面は、曲率中心の少なくとも 1 つを頂点に有し、包絡球面の曲率中心を像側に有し、次の条件の少なくとも 1 つが成立する。

【 数 1 1 】

$$2.5 \leq K9/K16 \leq 3$$

$$-4 \geq K16/K25 \geq -7.$$

【 0 0 9 1 】

G 5 内の最後から 2 番目の非球レンズ面は、上記の曲率中心を像側に有し、次の条件の

少なくとも 1 つが成立する。

【数 1 2】

$$3 \leq K9/K16 \leq 5$$

$$6 \leq K16/K25 \leq 9.$$

【0 0 9 2】

第 5 レンズ群の最後の非球面（第 1 中間像のすぐ上流側に位置する）の場合、包絡球面の曲率中心は、好ましくは像側にあつて、次の条件の少なくとも 1 つが成立する。

【数 1 3】

$$12 \leq K9/K16 \leq 18;$$

$$4 \leq K16/K25 \leq 7$$

$$6 \leq K25/K36 \leq 10.$$

【0 0 9 3】

反射屈折第 2 対物レンズ部 C O P 2 から出る放射光を受け取るように配置された第 8 レンズ群 G 8 の場合、そのレンズ群の非球レンズ面が次の条件の少なくとも 1 つに従えば、有利であることがわかった。

【数 1 4】

$$2,5 \leq K9/K16 \leq 4;$$

$$2,5 \leq K16/K25 \leq 4,0$$

$$3,0 \leq K25/K36 \leq 5.$$

【0 0 9 4】

図 6 ~ 図 8 の実施形態において、第 9 レンズ群 G 9 は、負レンズを含み、ウェスト、すなわちビーム直径の狭窄部分を形成するように構成され、それにより、ペッツヴァール和補正への寄与が、他の収差に対する補正効果に加えて得られる。好ましくは、第 9 群 G 9 の第 1 非球レンズ面が次の条件の少なくとも 1 つに従う。

【数 1 5】

$$3 \leq K9/K16 \leq 5$$

$$3 \leq K16/K25 \leq 5.$$

【0 0 9 5】

第 9 レンズ群 G 9 が、少なくとも 3 つ、最大で 5 つの連続した非球レンズ面を含む場合、その群の（ビーム伝播方向において）第 1 の非球レンズ面は、好ましくは次の条件の少なくとも 1 つに従う。

【数 1 6】

$$-3 \geq K9/K25 \geq -5$$

$$+5 \leq K16/K25 \leq +7.$$

【0 0 9 6】

そのレンズ群の第 2 非球レンズ面は、好ましくは次の条件の少なくとも 1 つに従う。

10

20

30

40

【数 1 7】

$$0,3 \leq K9/K16 \leq 0,5$$

$$3,0 \leq K16/K25 \leq 5,0$$

【0 0 9 7】

そのレンズ群の第 3 非球レンズ面は、好ましくは次の条件の少なくとも 1 つに従う。

【数 1 8】

$$3 \leq K9/K16 \leq 5$$

$$-25 \geq K16/K25 \geq -40.$$

【0 0 9 8】

第 9 群の第 4 非球レンズ面は、好ましくは次の条件の少なくとも 1 つに従う。

【数 1 9】

$$+5 \leq K9/K16 \leq +7$$

$$-3 \leq K16/K25 \leq -5.$$

【0 0 9 9】

第 9 レンズ群の第 5 非球レンズ面は、好ましくは次の条件の少なくとも 1 つに従う。

【数 2 0】

$$2,0 \leq K9/K16 \leq 3$$

$$10,0 \leq K16/K25 \leq 15,0$$

【0 1 0 0】

最後の光学素子 L O E のすぐ上流側の第 1 0 レンズ群 G 1 0 は、主に像側高開口数を与えるように構成される。この目的のために、このレンズ群は、主に、又はもっぱら正レンズだけで構成される。このレンズ群の正レンズの第 1 非球レンズ面の場合、好ましくは次の条件の少なくとも 1 つが成立する。

【数 2 1】

$$500 \leq K9/K16 \leq 700$$

$$0,2 \leq K16/K25 \leq 0,3.$$

【0 1 0 1】

それに続く第 2 非球レンズ面の場合、好ましくは次の条件の少なくとも 1 つが成立する。

【数 2 2】

$$-7,0 \geq K9/K16 \geq -10,0$$

$$1,3 \leq K16/K25 \leq 1,8.$$

【0 1 0 2】

好ましくは低屈折力を有するレンズ上に形成された、最大ビーム直径の領域内の非球レンズ面の場合、好ましくは次の条件の少なくとも 1 つが成立する。

【数 2 3】

$$6 \leq K9/K16 \leq 9$$

$$12 \leq K16/K25 \leq 17.$$

【0 1 0 3】

上記したように、少なくとも3つ、最大で5つの連続した非球レンズ面を含む非球面レンズ群を、収束ビームの領域内で最後の光学素子のすぐ上流側に有することが有利である。その群の第1非球面レンズの場合、好ましくは次の条件の少なくとも1つが成立する。

【数24】

$$7,0 \leq K9/K16 \leq 12$$

$$-2,5 \geq K16/K25 \geq 5,0.$$

【0104】

10

像面に近い非球レンズ面は、補正及び像側超高開口数のために非常に重要である。その領域内の非球面の実際の数に応じて、最後の光学素子の（ビーム伝播方向において）すぐ上流側にレンズ群の第3非球レンズ面があってもよく、これは、そのレンズ群の最後から2番目の非球面レンズ群であろう。好ましくは、次の条件の少なくとも1つがその非球面について成立する。

【数25】

$$3 \leq K9/K16 \leq 5$$

$$10 \leq K16/K25 \leq 15.$$

【0105】

20

そのレンズ群の最後の非球面は、最後の光学素子LOEが非球レンズ面を有するか否かに応じて、投影対物レンズの像面前の最後の非球面であっても、そうでなくてもよい。この最後の非球レンズ面について、好ましくは次の条件の少なくとも1つが成立する。

【数26】

$$+25 \leq K9/K16 \leq 40$$

$$-2 \geq K16/K25 \geq -4.$$

【0106】

30

最後の光学素子のすぐ上流側のレンズ群の最後の非球レンズ面、又は最後の光学素子の非球レンズ面でよい、投影対物レンズの最後の非球レンズ面は、好ましくは次の条件の少なくとも1つに従う。

【数27】

$$-1,8 \leq K9/K16 \leq 2,5$$

$$+1,3 \leq K16/K25 \leq 1,7$$

$$+2,5 \leq K25/K36 \leq 4,0$$

$$+3,5 \leq K36/K49 \leq 5,0$$

$$+4,5 \leq K49/K64 \leq 7,0.$$

40

【0107】

ゼルニケ係数に関する上記条件は、図6～図8及び他の図面に例示されているような、2つの中間像を有する反射屈折2鏡インライン投影対物レンズの実施形態から導出された。投影対物レンズの中間領域内（たとえば、レンズ群G4～G8又はG9内）の非球面レンズについて確認される条件は、この形式の投影対物レンズに特有であってもよい。しかしながら、物体面に近い（たとえば、物体側非球面レンズ群ALGO内の）非球レンズ面、及び像面に近い（たとえば、最後の光学素子のすぐ上流側のレンズ群内及び/又は像側非球面レンズ群ALGI内の）非球レンズ面について導出された条件は、特定の構造（屈折又は反射屈折、中間像の有無、1つ又は複数の凹面鏡など）に関係なく、投影対物レンズを表すとも考えられる。特に、像側開口数と最後の光学素子の屈折率 n_{LOE} との間の

50

比 NA / n_{LOE} に対応する、最後の光学素子 LOE 内の開口 \sin (角度 は、最後の光学素子内のビーム束の開き角の半分に等しい) が、次の条件、

【数 28】

$$\sin \alpha \geq 0,8$$

【0108】

又は、さらに

【数 29】

$$\sin \alpha \geq 0,9.$$

10

【0109】

に従う光学限界範囲内で像側高開口数 $NA \geq 1.3$ 又は $NA \geq 1.4$ で投影対物レンズを使用する場合、像側端領域についての条件は適用可能であると考えられる。

【0110】

したがって、それらの条件はまた、屈折率 $n \geq 1.6$ を有する高屈折率材料を投影対物レンズのいずれかの部分に、特にその像側端部に使用するか否かに関係なく、有益であると見なされる。

【0111】

したがって、超高 NA 投影対物レンズの物体側入射領域及び像側射出領域について明確に導出された原理は、物体側開口数、倍率、像側開口数、物体側視野サイズ及び像側視野サイズなどに関して同等の性能パラメータを有する投影対物レンズに、普遍的に適用可能であると見なされる。

20

【0112】

上記のすべての例示的な実施形態は、正確に 2 つの凹面鏡及び正確に 2 つの中間像を備えるとともに、すべての光学素子がまっすぐで折り曲げられない 1 本の光軸に沿って整列する反射屈折投影対物レンズである。本発明の好適な変更形を説明するために選択された投影対物レンズの均一な基本形式は、本発明の異なる変更形に関する幾つかの基本的な変化及び技術的効果及び利点の説明を助けることを意図されている。しかしながら、特に遠紫外線範囲 (DUV) 内の作動波長用の投影対物レンズ内に高屈折率材料 (たとえば、 $n \geq 1.6$ 又はさらには $n \geq 1.8$) で形成されたレンズ又はレンズ素子を図示のように使用することは、この形式の投影対物レンズに限定されない。本発明は、純粹屈折投影対物レンズに組み込まれることもできる。それらの形式では、像面に最も近い最後の光学素子は、多くの場合に平凸レンズであって、これは、たとえば、第 1 ~ 第 5 実施形態の各々の最後の光学素子 LOE についてわかりやすく上述した規則に従って構成されることができる。たとえば本出願人の米国特許出願第 10 / 931, 051 号 (WO 第 03 / 075 049 A 号も参照)、第 10 / 931, 062 号 (米国特許出願第 2004 / 000 475 7 A 1 号も参照)、第 10 / 379, 809 号 (米国特許出願第 2003 / 017 444 0 8 号を参照) 又は WO 第 03 / 077 036 A 号に例が示されている。これらの書類の開示内容は、参照により本明細書に援用される。

30

【0113】

同様に、本発明は、1 つの凹面鏡だけを有する反射屈折投影対物レンズ、又は図面に示したものと異なる配列で 2 つの凹面鏡を有する反射屈折投影対物レンズ、又は 3 つ以上の凹面鏡を有する実施形態において実現されることができる。また、折り曲げ鏡が光学構造内に存在するか否かに関係なく、本発明を利用することができる。反射屈折光学系の例が、たとえば本出願人の米国特許出願第 60 / 511, 673 号、第 10 / 743, 623 号、第 60 / 530, 622 号、第 60 / 560, 267 号又は米国特許出願第 2002 / 001 210 0 A 1 号に示される。これらの書類の開示内容は、参照により本明細書に援用される。他の例が、米国特許出願第 2003 / 001 175 5 A 1 号及び関連出願に示されている。

40

【0114】

50

同様に、本発明は、要求に応じて、中間像を有しない、又は任意の適当な数の中間像を有する投影対物レンズにおいて実現することができる。

【表 1 - 1】

Table 1

実施形態 1: $NA = 1.45$, $\beta = -0.25$, $\lambda = 193.4 \text{ nm}$

表面番号	曲率半径	厚さ	材料	屈折率	半径
0	0.000000	37.647680			62.000
1	200.438805	20.912608	SIO2HL	1.56018811	83.110
2	747.538013	7.881173			83.845
3	317.250503	20.945704	SIO2HL	1.56018811	86.831
4	22587.222465	11.951766			86.988
5	-354.957551	49.505975	SIO2HL	1.56018811	87.016
6	-278.404969	31.885410			92.050
7	133.981210	32.856595	SIO2HL	1.56018811	92.150
8	186.155059	11.833855			85.480
9	260.034334	38.111988	SIO2HL	1.56018811	85.440
10	-248.127931	0.945803			84.087
11	97.319012	29.863172	SIO2HL	1.56018811	63.308
12	247.011352	15.182258			54.518
13	0.000000	13.667911			46.858
14	-118.535589	9.039902	SIO2HL	1.56018811	47.472
15	-136.528381	10.289540			49.929
16	-117.640924	9.240335	SIO2HL	1.56018811	50.901
17	-267.170322	7.604882			57.478
18	-147.424814	27.656175	SIO2HL	1.56018811	58.338
19	-83.904407	29.670597			63.295
20	-79.022234	16.329258	SIO2HL	1.56018811	66.670
21	-99.429984	38.001255			76.192
22	-111.093244	49.234984	SIO2HL	1.56018811	86.007
23	-144.921986	0.952550			106.817
24	-6366.151454	44.409555	SIO2HL	1.56018811	119.243
25	-217.880653	270.750636			120.802
26	-219.739583	-239.183412		反射	145.235
27	184.636114	269.507816		反射	126.436
28	197.874974	37.626342	SIO2HL	1.56018811	86.078
29	524.125561	15.614096			81.640
30	-406.239674	8.985971	SIO2HL	1.56018811	81.383
31	106.800601	32.709694			77.510
32	-1162.346319	30.365146	SIO2HL	1.56018811	78.287
33	-161.881438	8.348534			81.054
34	-166.445156	11.418724	SIO2HL	1.56018811	81.127
35	-1076.211334	42.927908			95.134

10

20

30

40

【表 1 - 2】

36	-546.503260	41.443273	SIO2HL	1.56018811	113.022
37	-173.835591	0.952741			119.110
38	-372.875307	32.537548	SIO2HL	1.56018811	128.490
39	-210.380863	1.042699			131.802
40	303.213120	50.564746	SIO2HL	1.56018811	145.286
41	5346.623071	0.921057			144.413
42	262.055999	33.924688	SIO2HL	1.56018811	133.743
43	733.813747	0.928913			130.461
44	163.353186	39.409378	SIO2HL	1.56018811	116.482
45	349.938998	0.920003			111.971
46	279.917107	28.062402	SIO2HL	1.56018811	109.138
47	11299.235097	0.896338			104.077
48	88.608734	39.730068	SIO2HL	1.56018811	73.896
49	114.264419	0.751321			56.000
50	65.720894	25.021454	サファイア	1.92674849	49.523
51	131.441788	25.021469	サファイア	1.92674849	39.659
52	0.000000	1.000000	高屈折率材料	1.55600000	18.066
53	0.000000	0.000000	空気	0.00000000	15.503

10

20

【表 1 A】

Table 1A

非球面定数

表面 番号	1	6	8	12	16
K	0	0	0	0	0
C1	-2.263569e-08	5.432610e-08	-7.143508e-09	2.619298e-07	-3.184960e-07
C2	-9.879901e-13	-7.797101e-12	1.564097e-11	-3.814641e-11	-3.142211e-11
C3	3.070713e-17	8.455873e-16	-1.599946e-15	1.148617e-14	-1.728296e-15
C4	-6.018627e-21	-6.875038e-20	3.060476e-19	-4.506119e-18	-1.249207e-18
C5	4.073174e-26	3.863486e-24	-2.788321e-23	-5.794434e-23	-9.678014e-24
C6	1.391778e-29	-1.112310e-28	1.126553e-27	4.244063e-26	-4.921692e-26
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00

10

表面 番号	22	26	27	28	31
K	0	0	0	0	0
C1	2.863527e-08	8.694636e-09	-6.654566e-09	5.614883e-08	-1.288689e-07
C2	1.884154e-12	1.385871e-13	-1.686449e-13	1.450774e-12	-4.820574e-12
C3	1.636375e-17	1.727286e-18	-2.470942e-18	1.892047e-16	5.082977e-16
C4	1.888300e-20	4.461465e-23	-2.362157e-22	6.954696e-21	-1.375138e-19
C5	-2.021635e-24	-7.172318e-28	7.757389e-27	-1.108417e-24	1.555422e-23
C6	1.591959e-28	3.081240e-32	-3.330142e-31	2.459404e-28	-2.481857e-28
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00

20

表面 番号	34	36	41	47	49
K	0	0	0	0	0
C1	-1.177998e-07	-2.187776e-08	-1.577571e-08	-8.244653e-09	2.024084e-07
C2	-5.683441e-12	-8.068584e-14	3.706857e-13	4.957466e-12	1.422789e-11
C3	-5.647064e-16	8.600815e-17	-1.492063e-17	-2.442972e-16	3.923209e-15
C4	-7.031797e-21	-2.071494e-20	-9.742126e-22	6.741381e-21	4.845684e-19
C5	-1.902336e-24	1.290940e-24	6.498365e-26	2.034640e-25	-2.134986e-22
C6	2.891112e-29	-3.884318e-29	-9.630077e-31	-2.570056e-29	5.591977e-26
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	9.579172e-34	0.000000e+00

30

【表 2 - 1】

Table 2

実施形態 2 (b037b): $NA = 1.35$, $\beta = -0.25$, $\lambda = 193.4 \text{ nm}$

表面番号	曲率半径	厚さ	材料	屈折率	半径
0	0.000000	37.647680			62.000
1	526.196808	49.977602	SIO2HL	1.56018811	75.944
2	-256.668548	1.120100			85.473
3	696.160336	28.649736	SIO2HL	1.56018811	90.668
4	-2056.955285	22.244610			92.750
5	-195.811665	49.974335	SIO2HL	1.56018811	92.870
6	-158.185918	9.821764			101.539
7	138.796255	49.218181	SIO2HL	1.56018811	90.394
8	301.060143	1.660319			80.597
9	161.646552	42.095627	SIO2HL	1.56018811	78.153
10	-406.812049	0.979493			70.852
11	100.020556	24.469422	SIO2HL	1.56018811	52.354
12	102.330592	10.088496			38.573
13	0.000000	10.406389			37.226
14	-157.109979	8.950512	SIO2HL	1.56018811	38.841
15	618.822068	8.847956			46.776
16	-561.300665	33.147649	SIO2HL	1.56018811	51.388
17	-73.150544	9.448760			56.377
18	-69.300574	8.926672	SIO2HL	1.56018811	57.781
19	-86.551998	8.003693			64.608
20	-78.306541	10.360105	SIO2HL	1.56018811	66.592
21	-117.142798	2.915635			75.827
22	-356.673528	46.693825	SIO2HL	1.56018811	86.465
23	-108.386760	266.538313			90.245
24	-177.092218	-236.552196		反射	129.567
25	200.462621	288.213928		反射	136.687
26	604.677438	50.022575	SIO2HL	1.56018811	82.440
27	125.234518	13.901039			73.274
28	257.421526	34.367199	SIO2HL	1.56018811	73.449
29	111.034905	29.307766			73.890
30	-848.480773	29.119950	SIO2HL	1.56018811	74.404
31	-194.073508	7.840952			80.032
32	-225.307336	46.053997	SIO2HL	1.56018811	81.668
33	-535.709449	0.941640			105.651

10

20

30

40

【表 2 - 2】

34	-1622.810467	46.410355	SIO2HL	1.56018811	108.373
35	-173.207717	0.932943			113.398
36	-236.921577	22.327373	SIO2HL	1.56018811	116.764
37	-261.220038	0.938270			124.709
38	364.988031	40.936258	SIO2HL	1.56018811	142.520
39	11406.698081	0.943482			142.679
40	379.203162	36.840265	SIO2HL	1.56018811	142.867
41	-33782.420006	0.921857			141.929
42	245.879991	49.886843	SIO2HL	1.56018811	134.831
43	-10061.581161	0.883850			132.020
44	145.995266	39.892414	SIO2HL	1.56018811	105.854
45	375.256079	0.817132			99.565
46	86.107554	37.429431	SIO2HL	1.56018811	73.276
47	215.234027	0.667291			63.094
48	52.718236	26.546970	SIO2HL	1.56018811	42.800
49	0.000000	16.594510	サファイア	1.92674849	42.800
50	0.000000	0.999826	H2O	1.43612686	42.800
51	0.000000	0.000000	空気	0.00000000	15.501

10

20

【表 2 A】

Table 2A

非球面定数

表面 番号	1	6	9	12	14
K	0	0	0	0	0
C1	-8.448852e-08	-4.108258e-09	-6.153759e-08	4.456016e-07	-6.305745e-07
C2	-4.761055e-12	-9.598657e-12	-1.480269e-11	1.857407e-11	-7.903687e-11
C3	-1.420861e-16	1.072661e-15	1.473191e-15	1.064538e-14	-2.534563e-14
C4	-8.023974e-20	-6.889975e-20	-3.255374e-19	-5.079476e-18	-3.735078e-18
C5	1.173437e-23	2.314066e-24	3.131675e-23	1.056992e-22	1.905659e-22
C6	-1.454073e-27	-3.793935e-29	-6.955428e-28	7.981996e-26	-3.500146e-26
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00

10

表面 番号	20	24	25	26	29
K	0	0	0	0	0
C1	1.209336e-07	1.259532e-08	-4.077497e-09	1.111414e-07	-8.942189e-08
C2	1.869926e-11	3.424345e-13	-8.690596e-14	3.172584e-13	-1.116520e-13
C3	1.314270e-15	6.952906e-18	-1.505812e-18	3.429058e-19	4.168290e-16
C4	3.650689e-19	3.744203e-22	-8.583957e-23	-1.068048e-20	-2.231424e-19
C5	-5.603440e-23	-1.203108e-26	2.784182e-27	1.935865e-24	2.267328e-23
C6	9.844086e-27	6.714766e-31	-1.066606e-31	-5.318242e-29	-1.588914e-27
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00

20

表面 番号	32	34	39	45	47
K	0	0	0	0	0
C1	-9.549663e-08	-5.673614e-09	-1.220571e-08	-2.613273e-08	1.649072e-07
C2	-3.034519e-12	-5.774683e-14	4.574492e-13	4.882999e-12	-4.982295e-13
C3	1.985443e-16	-1.715933e-16	-3.026161e-17	-2.171852e-16	-2.462341e-16
C4	-1.403621e-20	5.949307e-21	8.480395e-22	8.220913e-21	6.329880e-19
C5	2.496197e-24	1.220843e-25	-5.629908e-27	2.183741e-25	-1.498580e-22
C6	-1.598958e-28	-2.178077e-29	-3.377722e-32	-2.816869e-29	1.552461e-26
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	1.520501e-33	0.000000e+00

30

【表 3 - 1】

Table 3

実施形態 3 (b037a): $NA = 1.45$, $\beta = -0.25$, $\lambda = 193.4 \text{ nm}$

表面番号	曲率半径	厚さ	材料	屈折率	半径
0	0.000000	37.647680			62.000
1	178.098560	47.089109	SIO2HL	1.56018811	83.684
2	508.791874	0.982161			86.920
3	260.152118	29.610169	SIO2HL	1.56018811	89.203
4	-897.680969	14.988854			89.348
5	-224.555868	50.010854	SIO2HL	1.56018811	89.318
6	-167.290149	6.943751			94.603
7	185.350898	29.083481	SIO2HL	1.56018811	84.200
8	161.696842	4.567325			74.817
9	156.295097	29.687097	SIO2HL	1.56018811	74.801
10	-1628.579737	27.610587			72.999
11	116.709207	25.652869	SIO2HL	1.56018811	57.349
12	3359.816893	2.336800			52.702
13	0.000000	42.058143			50.890
14	-114.711496	34.899486	SIO2HL	1.56018811	53.065
15	-73.282662	4.817213			60.856
16	-72.166685	17.818288	SIO2HL	1.56018811	60.190
17	-80.823907	4.905081			66.269
18	-78.170209	34.642475	SIO2HL	1.56018811	65.802
19	-161.353349	3.907912			83.613
20	-250.115507	50.004289	SIO2HL	1.56018811	87.033
21	-130.504962	244.427626			94.956
22	-180.721067	-214.432541		反射	135.011
23	179.125663	274.568868		反射	126.490
24	337.886373	47.239794	SIO2HL	1.56018811	107.066
25	-899.516467	5.847365			104.221
26	-2346.009271	43.828445	SIO2HL	1.56018811	101.016
27	101.771490	35.484160			86.055
28	-4439.596410	23.703533	SIO2HL	1.56018811	86.263
29	-254.324560	5.801976			87.609
30	-445.540133	48.164461	SIO2HL	1.56018811	87.772
31	-735.213902	16.951226			100.097
32	-650.817086	49.961292	SIO2HL	1.56018811	102.416
33	-281.005458	31.479288			116.698

10

20

30

40

【表 3 - 2】

34	-649.019441	49.768062	SIO2HL	1.56018811	130.316
35	-215.856617	0.928162			134.641
36	312.849138	39.828764	SIO2HL	1.56018811	135.256
37	-1022.199791	0.857904			133.831
38	278.748013	42.635737	SIO2HL	1.56018811	128.369
39	-3295.326556	0.914469			126.650
40	128.656616	61.387113	SIO2HL	1.56018811	106.520
41	-2188.188515	0.730038			100.722
42	90.065507	18.596750	SIO2HL	1.56018811	69.706
43	93.775489	1.000000			60.097
44	73.203900	33.227474	サファイア	1.92674849	55.900
45	0.000000	11.657723	SIO2HL	1.56018811	55.900
46	0.000000	0.999913	高屈折率材料	1.55600000	55.900
47	0.000000	0.000000	空気	0.00000000	15.520

10

20

【表 3 A】

Table 3A

非球面定数

表面番号	1	6	8	12	14
K	0	0	0	0	0
C1	-3.797021e-08	4.091151e-08	9.284044e-09	1.793476e-07	-3.526789e-07
C2	-1.858357e-12	-7.880362e-12	2.927990e-11	-4.710051e-11	-5.029864e-11
C3	6.026920e-17	9.074630e-16	-2.187906e-15	2.197728e-15	-6.353989e-15
C4	-3.792813e-20	-7.153651e-20	3.131133e-19	-3.553387e-18	-2.243484e-18
C5	3.121506e-24	2.884237e-24	-3.422295e-23	-7.638265e-23	1.422334e-23
C6	-1.940311e-28	-4.358943e-29	2.472280e-27	2.576563e-26	-7.652798e-26
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00

表面番号	18	22	23	24	27
K	0	0	0	0	0
C1	4.805447e-08	1.366493e-08	-7.247654e-09	2.039086e-09	-2.335210e-07
C2	6.053101e-12	3.157722e-13	-1.844324e-13	4.079171e-12	-3.581428e-12
C3	1.864225e-16	4.418704e-18	-3.130608e-18	3.415807e-19	8.204976e-16
C4	1.774391e-19	3.842541e-22	-2.876782e-22	-3.143532e-21	-1.472132e-19
C5	-1.538124e-23	-1.422352e-26	1.047999e-26	-6.009771e-26	1.193755e-23
C6	1.486597e-27	5.625242e-31	-4.798652e-31	5.373759e-30	-5.012293e-28
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00

表面番号	30	32	37	41	43
K	0	0	0	0	0
C1	-9.015949e-08	-4.710517e-08	2.981775e-08	7.825942e-08	-1.254855e-07
C2	-5.963683e-12	1.502154e-12	-1.562632e-15	-5.678508e-12	4.044789e-11
C3	-2.709599e-17	-1.008729e-16	-1.924785e-17	9.897699e-16	5.935178e-15
C4	1.782520e-20	-2.037099e-20	1.470777e-21	-1.257950e-19	-7.518165e-19
C5	-1.313151e-25	1.244695e-24	-9.287054e-26	1.131690e-23	5.626054e-23
C6	1.114296e-28	-7.926554e-29	2.454712e-30	-6.106697e-28	5.101190e-26
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	1.494562e-32	0.000000e+00

10

20

30

【表 4 - 1】

Table 4

実施形態 4: $NA = 1.35$, $\beta = -0.25$, $\lambda = 193.4 \text{ nm}$

表面番号	曲率半径	厚さ	材料	屈折率	半径
0	0.000000	37.647680			62.000
1	213.097095	21.139875	SIO2HL	1.56018811	81.073
2	980.962863	0.933467			81.638
3	312.309311	19.869666	SIO2HL	1.56018811	82.923
4	7050.227976	14.977212			82.853
5	-284.845054	46.899913	SIO2HL	1.56018811	82.842
6	-316.674517	31.820687			87.867
7	127.504953	32.199127	SIO2HL	1.56018811	90.842
8	177.687028	14.069304			84.748
9	233.816949	49.949045	SIO2HL	1.56018811	84.566
10	-272.601570	1.802731			81.010
11	92.974202	24.948435	SIO2HL	1.56018811	61.866
12	228.036841	31.795297			55.983
13	-128.436888	15.028089	SIO2HL	1.56018811	45.986
14	-208.039449	19.686225			50.292
15	-85.822730	9.039605	SIO2HL	1.56018811	51.590
16	-124.923386	5.248146			59.096
17	-134.255203	24.981296	SIO2HL	1.56018811	61.621
18	-86.028170	70.079618			66.114
19	-91.784845	49.926992	SIO2HL	1.56018811	78.125
20	-130.258172	3.354815			102.297
21	-819.889396	43.461173	SIO2HL	1.56018811	114.993
22	-193.549016	277.291798			117.690
23	-220.432400	-231.344649		反射	147.536
24	175.171589	261.356424		反射	120.087
25	222.618410	49.895981	SIO2HL	1.56018811	93.866
26	227.634130	10.722465			85.687
27	469.132386	43.799915	SIO2HL	1.56018811	85.491
28	112.693662	31.313114			76.622
29	12293.399547	31.702057	SIO2HL	1.56018811	77.313
30	-155.449641	4.962336			79.575
31	-219.506451	26.268152	SIO2HL	1.56018811	79.827
32	-1377.822971	32.354789			93.063
33	-519.892544	47.183977	SIO2HL	1.56018811	101.635

10

20

30

40

【表 4 - 2】

34	-163.140684	1.841108			110.786
35	-340.920966	26.977392	SIO2HL	1.56018811	116.967
36	-214.582539	2.006234			120.143
37	271.181444	53.143321	SIO2HL	1.56018811	127.047
38	-1118.441818	19.790952			125.887
39	0.000000	-14.609943			112.489
40	174.102740	52.205661	SIO2HL	1.56018811	107.954
41	-663.589997	3.836965			104.404
42	84.561977	46.625084	SIO2HL	1.56018811	71.481
43	95.046969	0.694913			51.033
44	64.492898	46.885676	サファイア	1.92674849	46.520
45	0.000000	1.000000	H2O	1.43612686	18.265
46	0.000000	0.000000	空気	0.00000000	15.515

【表 4 A】

Table 4A

非球面定数

表面番号	1	6	8	12	15
K	0	0	0	0	0
C1	-7.766221e-09	3.921777e-08	-1.973978e-08	2.262385e-07	-2.849645e-07
C2	-1.414298e-12	-7.469962e-12	1.686856e-11	-3.111178e-11	-3.795087e-11
C3	2.026799e-16	9.877277e-16	-1.521195e-15	8.999889e-15	-4.195519e-15
C4	-9.311177e-21	-6.240165e-20	2.838141e-19	-4.631502e-18	-2.684695e-18
C5	8.983777e-26	3.683666e-24	-2.893390e-23	7.225241e-23	-2.249016e-23
C6	-5.139250e-30	-1.606542e-28	1.372152e-27	5.035383e-26	-5.606361e-26
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00

表面番号	19	23	24	25	28
K	0	0	0	0	0
C1	2.306275e-08	9.197905e-09	-7.280789e-09	8.044076e-08	-1.035389e-08
C2	1.672430e-12	1.297990e-13	-2.062090e-13	6.845761e-13	5.752946e-14
C3	-3.451288e-18	1.447412e-18	-3.885785e-18	8.440855e-17	3.412577e-16
C4	3.656429e-20	4.002605e-23	-3.101616e-22	-8.233892e-21	-1.247784e-19
C5	-5.091821e-24	-7.044663e-28	1.113163e-26	1.115110e-24	5.556509e-24
C6	5.148418e-28	3.011922e-32	-6.186058e-31	-3.079026e-29	1.295943e-27
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00

表面番号	31	33	38	41	44
K	0	0	0	0	0
C1	-1.291718e-07	-4.530057e-08	-1.801990e-08	-2.682021e-08	-1.900216e-07
C2	-4.385607e-12	-2.081953e-13	6.277450e-13	7.361672e-12	-4.832504e-11
C3	-2.255698e-16	1.680387e-16	-5.256278e-17	-3.951877e-16	-1.233010e-14
C4	-2.117620e-21	-4.155797e-20	-4.688822e-21	1.434967e-20	7.440284e-19
C5	-1.322919e-24	3.040355e-24	4.497908e-25	-3.980440e-26	1.430823e-22
C6	1.074049e-28	-1.238033e-28	-9.348185e-30	-2.642973e-29	-3.924075e-25
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	1.163864e-33	0.0000

10

20

30

【表 5】

Table 5

実施形態 5: $NA = 1.6$, $\beta = -0.25$, $\lambda = 193.4 \text{ nm}$

表面番号	曲率半径	厚さ	材料	屈折率	半径
0	0.000000	37.663108			62.000
1	192.084227	26.622297	SiO ₂ V	1.56078570	87.833
2	1075.649716	0.946456			88.233
3	491.402040	19.101530	SiO ₂ V	1.56078570	88.867
4	-934.209447	36.905290			88.935
5	125.340633	9.623977	SiO ₂ V	1.56078570	90.013
6	122.019859	23.963817			87.312
7	252.185057	44.239148	SiO ₂ V	1.56078570	87.669
8	-204.394078	0.923049			87.161
9	102.471834	52.852020	SiO ₂ V	1.56078570	67.768
10	254.533994	9.305878			48.073
11	0.000000	52.418616			46.820
12	-75.641562	68.872834	SiO ₂ V	1.56078570	58.068
13	-124.953275	39.621161			93.864
14	-835.558655	54.318921	SiO ₂ V	1.56078570	126.993
15	-178.850083	0.948020			130.230
16	2111.392648	22.857019	SiO ₂ V	1.56078570	132.098
17	-901.583067	358.679202			132.071
18	-225.015829	-231.613549		反射	160.876
19	168.185189	261.594819		反射	120.144
20	-736.571530	23.114077	SiO ₂ V	1.56078570	81.485
21	132.965130	36.406211			86.933
22	-512.908458	28.535664	SiO ₂ V	1.56078570	87.621
23	-185.099986	6.615931			92.898
24	-544.628556	33.807132	SiO ₂ V	1.56078570	99.839
25	-547.431224	19.995820			114.885
26	-359.224408	99.479683	SiO ₂ V	1.56078570	119.014
27	-168.873687	12.916761			143.505
28	313.449462	92.758623	SiO ₂ V	1.56078570	165.026
29	983.057723	1.167054			158.153
30	227.152511	48.817493	SiO ₂ V	1.56078570	148.584
31	684.382976	0.981700			144.866
32	144.775480	60.829967	SiO ₂ V	1.56078570	121.541
33	1285.387522	0.899534			116.276
34	99.002284	39.642869	SiO ₂ V	1.56078570	84.155
35	243.117451	0.805490			74.674
36	65.952055	54.681070	サファイア	1.92674849	54.379
37	0.000000	0.000000	空気	0.00000000	15.530

10

20

30

40

【表 5 A】

Table 5A

非球面定数

表面 番号	4	5	10	14	18
K	0	0	0	0	0
C1	4.332466e-08	5.983847e-08	4.678448e-07	-5.502311e-09	9.581997e-09
C2	-4.251613e-12	-1.394334e-11	1.214772e-11	6.759433e-14	1.191548e-13
C3	8.548420e-16	1.246293e-15	1.462858e-14	-2.777895e-18	5.628084e-19
C4	-7.822847e-20	-2.065935e-19	-5.084805e-18	1.850960e-22	7.255139e-23
C5	3.463295e-24	1.861321e-23	4.192361e-22	-7.883399e-27	-1.691943e-27
C6	-7.495559e-29	-7.372680e-28	1.456331e-26	1.533878e-31	3.619858e-32
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00

10

表面 番号	19	20	21	24	26
K	0	0	0	0	0
C1	-5.661490e-09	8.762490e-08	-3.207763e-08	-6.520443e-08	4.364974e-09
C2	-1.921628e-13	-1.093121e-11	-5.311243e-12	4.777722e-13	-1.522836e-12
C3	-7.055884e-19	1.359734e-15	6.816058e-16	-7.895875e-17	-6.656442e-18
C4	-6.935220e-22	-2.479964e-19	-2.253013e-19	1.733738e-20	-2.640069e-21
C5	3.152816e-26	2.421781e-23	2.354847e-23	-2.097861e-24	2.889539e-25
C6	-1.191863e-30	-1.346005e-27	-1.003551e-27	1.235456e-28	-1.101803e-29
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00

20

表面 番号	29	33	35
K	0	0	0
C1	8.788855e-09	3.258556e-08	1.084860e-07
C2	-6.462954e-13	1.588293e-12	6.094001e-12
C3	-1.551858e-17	-1.752790e-16	1.646644e-16
C4	1.099566e-21	1.227022e-20	-9.287322e-20
C5	-1.930245e-26	-5.173475e-25	1.657126e-23
C6	1.160550e-31	1.295964e-29	-1.278529e-27
C7	0.000000e+00	-1.104258e-34	0.000000e+00

30

【表 6】

Table 6

Shs2034					
表面番号	曲率半径	厚さ	材料	屈折率 193.304nm	半径
0	0.0000000000	13.434225652900		1.00000000	52.000
1	204.3874298230AS	17.365428346000	SiO2	1.56028895	65.838
2	1142.1626550800AS	16.068315513400		1.00000000	66.043
3	86.0159109378AS	25.645556590600	SiO2	1.56028895	75.536
4	137.3169382110AS	35.568722228500		1.00000000	72.244
5	2336.6623042800AS	31.001793035800	SiO2	1.56028895	71.797
6	-139.4399592830	0.700000001770		1.00000000	72.786
7	380.7794975610AS	15.351197739400	SiO2	1.56028895	65.487
8	-224.3812337980AS	31.039821568900		1.00000000	63.930
9	0.0000000000	60.200321556900		1.00000000	53.223
10	-64.2099274206	27.604283673900	SiO2	1.56028895	59.641
11	-79.6540010816	0.700000000000		1.00000000	74.506
12	273.1750003050AS	32.289852713200	SiO2	1.56028895	106.773
13	-2069.8862901100	0.700100443811		1.00000000	107.271
14	165.6617490420AS	76.997028967600	SiO2	1.56028895	110.845
15	-897.7469015400AS	53.895298167500		1.00000000	99.388
16	261.0741714970	256.541672929000		1.00000000	87.549
17	-146.7196028870AS	-256.541672929000		-1.00000000	96.805
反射					
18	261.0741714970AS	256.541672929000		1.00000000	201.836
反射					
19	0.0000000000	30.496109909800		1.00000000	121.258
20	108.0456074120AS	39.156429063400	SiO2	1.56028895	87.427
21	132.3053653420	31.766137286300		1.00000000	77.996
22	801.6162930400AS	8.312069682500	SiO2	1.56028895	74.098
23	165.0526781810	9.338882890150		1.00000000	68.743
24	204.5021848420AS	7.500000000060	SiO2	1.56028895	68.005
25	90.1620315715AS	51.282703485500		1.00000000	63.506
26	-176.5279024460AS	9.804717509200	SiO2	1.56028895	66.348
27	189.2637811660AS	36.506600017800		1.00000000	82.033
28	-201.8303829090AS	16.951309066700	SiO2	1.56028895	86.005
29	-294.2996128650	2.217117105890		1.00000000	100.199
30	1265.9959137700AS	69.614142391400	SiO2	1.56028895	122.039
31	-158.1782206310	0.933343606060		1.00000000	127.287
32	1407.0565305900AS	71.176921112100	SiO2	1.56028895	159.879
33	-286.7741415570	10.539079572600		1.00000000	162.460
34	528.8765359890	20.852268104100	SiO2	1.56028895	160.082
35	620.1839994330AS	0.724062897109		1.00000000	159.105
36	190.2199493410	46.240223494100	SiO2	1.56028895	146.454
37	324.9149551340AS	0.701214555902		1.00000000	142.621
38	154.5074744160	52.370101208200	SiO2	1.56028895	123.749
39	525.8220856250AS	0.700181398503		1.00000000	117.757
40	105.0571199310AS	39.055206860100	SiO2	1.56028895	85.088
41	251.0605459890AS	0.700000009697		1.00000000	77.136
42	61.2471992195AS	8.767875977760	SiO2	1.56028895	55.044
43	36.0000000000	0.200000000000	IMM	1.56100000	36.000
44	35.3477405743	47.730836867600	サファイア	1.92803200	35.348
45	0.0000000000	0.000000000000		1.00000000	13.000

10

20

30

【表 6 A - 1】

Table 6 A

非球面定数

表面番号 1		表面番号 5	
K	0.000000000000	K	0.000000000000
C1	2.15559563865e-007	C1	-1.02837002998e-007
C2	3.47269567925e-011	C2	-9.89947180534e-011
C3	-1.32743925608e-014	C3	2.24018654893e-014
C4	2.13245136549e-018	C4	-2.57279667909e-018
C5	-1.04461360941e-022	C5	1.31518529616e-022
C6	-8.45930586562e-027	C6	-1.49133855112e-027
C7	0.00000000000e+000	C7	0.00000000000e+000
C8	0.00000000000e+000	C8	0.00000000000e+000
C9	0.00000000000e+000	C9	0.00000000000e+000
表面番号 2		表面番号 7	
K	0.000000000000	K	0.000000000000
C1	2.42680157673e-007	C1	-9.01134401945e-008
C2	5.78637970516e-014	C2	3.01055087653e-011
C3	-4.66956436865e-015	C3	-3.82363758531e-015
C4	3.73035264802e-019	C4	8.33075663400e-019
C5	1.15267036277e-022	C5	-7.35510347731e-022
C6	-2.25371431397e-026	C6	1.02885094729e-025
C7	0.00000000000e+000	C7	0.00000000000e+000
C8	0.00000000000e+000	C8	0.00000000000e+000
C9	0.00000000000e+000	C9	0.00000000000e+000
表面番号 3		表面番号 8	
K	0.000000000000	K	0.000000000000
C1	9.62983836062e-009	C1	2.28096057131e-007
C2	-1.15848618185e-011	C2	2.63297748454e-011
C3	1.45469569660e-015	C3	2.89958634508e-015
C4	-9.24677985263e-020	C4	2.69025329856e-019
C5	6.17618145883e-024	C5	-4.37286778691e-022
C6	-1.29171167523e-028	C6	7.36963882703e-026
C7	0.00000000000e+000	C7	0.00000000000e+000
C8	0.00000000000e+000	C8	0.00000000000e+000
C9	0.00000000000e+000	C9	0.00000000000e+000
表面番号 4		表面番号 12	
K	0.000000000000	K	0.000000000000
C1	3.68219046737e-008	C1	-1.08578542065e-008
C2	2.99597572849e-011	C2	1.15897820514e-012
C3	-1.88053833273e-015	C3	1.61159703971e-017
C4	4.65784947865e-019	C4	-1.98581987305e-021
C5	-1.81718657348e-023	C5	4.59387968528e-026
C6	2.01146986754e-027	C6	-7.75179834831e-031
C7	0.00000000000e+000	C7	0.00000000000e+000
C8	0.00000000000e+000	C8	0.00000000000e+000
C9	0.00000000000e+000	C9	0.00000000000e+000

10

20

30

【表 6 A - 2】

表面番号 14

K 0.000000000000
 C1 4.56717247971e-009
 C2 6.05265329766e-013
 C3 -1.57336406950e-017
 C4 1.73349069478e-021
 C5 -2.24443235811e-026
 C6 -3.21226611551e-032
 C7 0.00000000000e+000
 C8 0.00000000000e+000
 C9 0.00000000000e+000

表面番号 15

K 0.000000000000
 C1 1.24012917431e-007
 C2 6.88679826614e-013
 C3 1.79993705657e-017
 C4 3.28162687874e-021
 C5 -5.12141876726e-026
 C6 1.82676171351e-030
 C7 0.00000000000e+000
 C8 0.00000000000e+000
 C9 0.00000000000e+000

表面番号 17

K -0.141806648213
 C1 1.42797597968e-008
 C2 4.87650527548e-013
 C3 2.67713889789e-018
 C4 1.30093166713e-021
 C5 -5.44526859997e-026
 C6 2.45603797485e-030
 C7 0.00000000000e+000
 C8 0.00000000000e+000
 C9 0.00000000000e+000

表面番号 18

K -0.333522671830
 C1 4.07717280407e-010
 C2 4.97218066225e-015
 C3 3.41161783470e-020
 C4 7.60421041523e-025
 C5 -6.13534482230e-030
 C6 1.46422388270e-034
 C7 0.00000000000e+000
 C8 0.00000000000e+000
 C9 0.00000000000e+000

表面番号 20

K 0.000000000000
 C1 1.09063780649e-009
 C2 2.41347526915e-013
 C3 -3.49022317083e-017
 C4 5.96622397636e-021
 C5 -4.76391067699e-025
 C6 3.36304260357e-029
 C7 0.00000000000e+000
 C8 0.00000000000e+000
 C9 0.00000000000e+000

表面番号 22

K 0.000000000000
 C1 3.28730013300e-008
 C2 2.67725791434e-012
 C3 -8.77612115397e-016
 C4 2.74025083311e-019
 C5 -2.94821254019e-023
 C6 1.38371215675e-027
 C7 0.00000000000e+000
 C8 0.00000000000e+000
 C9 0.00000000000e+000

表面番号 24

K 0.000000000000
 C1 -7.45788707680e-008
 C2 1.23793311020e-011
 C3 -3.18968579478e-015
 C4 -9.46422242864e-019
 C5 2.12313752406e-022
 C6 -1.22943475906e-026
 C7 0.00000000000e+000
 C8 0.00000000000e+000
 C9 0.00000000000e+000

表面番号 25

K 0.000000000000
 C1 -2.93508405651e-009
 C2 2.32860225180e-011
 C3 -2.50652260330e-015
 C4 -1.18381249114e-018
 C5 1.40037428387e-022
 C6 1.47882131747e-027
 C7 0.00000000000e+000
 C8 0.00000000000e+000
 C9 0.00000000000e+000

10

20

【表 6 A - 3】

表面番号 26

K 0.000000000000
 C1 -1.77688857374e-008
 C2 -1.04099845293e-011
 C3 -3.62402222822e-015
 C4 5.23096050239e-019
 C5 -5.56344386153e-023
 C6 2.85184791444e-027
 C7 0.00000000000e+000
 C8 0.00000000000e+000
 C9 0.00000000000e+000

表面番号 27

K 0.000000000000
 C1 2.42141471393e-008
 C2 -1.09079610419e-011
 C3 -4.38567604241e-015
 C4 1.09882688211e-018
 C5 -1.03478683716e-022
 C6 3.81545440937e-027
 C7 0.00000000000e+000
 C8 0.00000000000e+000
 C9 0.00000000000e+000

表面番号 28

K 0.000000000000
 C1 -1.85204408243e-008
 C2 3.92673589370e-012
 C3 2.05047525875e-016
 C4 -2.78920677409e-021
 C5 -3.39994106260e-026
 C6 1.08861694678e-028
 C7 0.00000000000e+000
 C8 0.00000000000e+000
 C9 0.00000000000e+000

表面番号 30

K 0.000000000000
 C1 -3.82792958476e-008
 C2 4.03438821160e-013
 C3 -1.64535675887e-017
 C4 -3.01893664173e-022
 C5 4.34266604202e-026
 C6 -2.08739982859e-030
 C7 0.00000000000e+000
 C8 0.00000000000e+000
 C9 0.00000000000e+000

表面番号 32

K 0.000000000000
 C1 -4.79983324244e-010
 C2 -7.59672446738e-015
 C3 1.13909585954e-019
 C4 5.21104458389e-025
 C5 1.69574498336e-027
 C6 -4.14079584136e-032
 C7 0.00000000000e+000
 C8 0.00000000000e+000
 C9 0.00000000000e+000

表面番号 35

K 0.000000000000
 C1 -1.09859844654e-008
 C2 6.92192966090e-014
 C3 -7.90470393533e-018
 C4 -2.80761708448e-022
 C5 1.46654006207e-026
 C6 -1.61624013736e-031
 C7 0.00000000000e+000
 C8 0.00000000000e+000
 C9 0.00000000000e+000

表面番号 37

K 0.000000000000
 C1 -2.96676883270e-009
 C2 -2.06488328052e-013
 C3 -1.43371546279e-018
 C4 -6.78491894336e-023
 C5 6.97408517528e-027
 C6 4.92679247796e-032
 C7 0.00000000000e+000
 C8 0.00000000000e+000
 C9 0.00000000000e+000

表面番号 39

K 0.000000000000
 C1 7.60133228905e-009
 C2 1.56591482650e-013
 C3 1.01464432332e-016
 C4 -6.41181749755e-021
 C5 2.56797352661e-025
 C6 -4.06394006222e-030
 C7 0.00000000000e+000
 C8 0.00000000000e+000
 C9 0.00000000000e+000

10

20

【表 6 A - 4】

表面番号 40

K	0.000000000000
C1	6.00864999995e-008
C2	1.54951310671e-012
C3	2.95817046515e-016
C4	1.52932567259e-020
C5	-1.91359153221e-025
C6	4.03904851500e-028
C7	0.00000000000e+000
C8	0.00000000000e+000
C9	0.00000000000e+000

表面番号 41

K	0.000000000000
C1	1.28537465592e-007
C2	1.13373406274e-012
C3	4.58603338636e-016
C4	-2.43895218759e-020
C5	-1.87969207694e-024
C6	-1.33020757412e-028
C7	0.00000000000e+000
C8	0.00000000000e+000
C9	0.00000000000e+000

10

表面番号 42

K	0.000000000000
C1	-1.06506281524e-007
C2	-2.07189661732e-011
C3	-3.34536569101e-015
C4	-5.55548935549e-019
C5	1.27150562286e-022
C6	1.16078588552e-027
C7	0.00000000000e+000
C8	0.00000000000e+000
C9	0.00000000000e+000

20

【表 6 Z】

Table 5Z
SHS 2034

Nz	Sz	Rv	RZNV	2*Hmax	Def[mp]	29	Z16	Z25	Z36	Z49	Z64	Z81	Z100
1:	1	204.39	149.48	128.99	906.0	607.50	-30.79	-8.18	0.00	-1.277	-0.0531	0.00000	0.000000
2:	2	-1142.16	-401.48	129.35	713.2	-473.48	67.25	7.45	2.08	1.245	0.1472	0.00000	0.000000
3:	3	86.02	86.88	146.09	79.6	-60.63	17.67	15.71	1.24	0.404	0.0476	0.00660	0.000548
4:	4	-137.32	-115.59	139.10	1314.6	-837.51	-203.65	-23.90	-4.75	-0.204	-0.0349	0.00011	0.000007
5:	5	2336.66	-454.98	137.35	1759.2	-1184.23	-17.83	22.36	-8.33	1.273	-0.0226	0.00000	0.000000
6:	7	380.78	464.41	126.32	321.0	-184.43	-71.41	-25.43	5.17	3.059	0.4822	0.00000	0.000000
7:	8	224.38	538.02	123.36	1479.9	-976.91	-99.47	-6.46	-4.14	-1.784	-0.2476	0.00000	0.000000
8:	12	273.18	268.56	221.47	365.8	229.33	86.38	-7.92	-1.05	0.047	-0.0094	0.00000	0.000000
9:	14	165.66	160.21	227.80	483.7	312.75	62.66	5.19	0.45	-0.236	-0.0153	-0.00154	-0.000112
10:	15	897.75	-586.24	203.31	3882.4	-3578.70	-108.64	-15.36	-1.35	-0.021	-0.0070	0.00000	0.000000
11:	17	-146.72	-155.15	193.61	511.7	337.75	34.57	3.18	0.34	0.027	0.0054	0.00007	0.000005
12:	18	-261.07	-273.22	403.67	1186.6	756.16	152.09	27.66	4.68	0.727	0.0978	0.01115	0.000814
13:	20	108.05	107.80	178.57	29.2	18.66	4.61	1.52	0.47	0.051	0.0073	-0.00158	-0.000130
14:	22	801.82	559.38	151.29	471.9	306.75	43.57	8.22	0.59	-0.067	0.0810	0.00000	0.000000
15:	24	204.50	255.08	137.49	829.7	-524.53	-128.81	-15.65	4.78	0.108	-0.1886	0.00000	0.000000
16:	25	-90.16	-89.72	127.07	103.4	20.01	62.98	17.79	-2.69	-0.743	-0.0061	0.00015	0.000011
17:	26	-176.53	-155.07	131.42	677.0	-433.47	-102.30	-4.60	0.62	0.098	0.0233	0.00000	0.000000
18:	27	-189.26	-220.58	157.62	984.7	657.53	108.11	-30.63	-0.11	1.276	-0.3964	0.00000	0.000000
19:	28	-201.83	-212.14	167.14	523.2	312.67	124.00	12.06	1.75	0.330	0.0257	0.00000	0.000000
20:	30	1266.00	-7224.09	227.28	1480.8	-984.52	-7.01	-8.58	-0.84	-0.256	-0.0364	0.00000	0.000000
21:	32	1407.06	1442.79	295.20	36.8	-23.42	11.31	3.38	0.00	-0.169	-0.0281	0.00000	0.000000
22:	35	-620.18	-1014.16	304.16	2167.7	1425.44	173.11	12.99	-6.51	-0.282	0.1667	0.00000	0.000000
23:	37	-324.91	-352.45	282.80	774.1	522.77	46.40	-20.18	-5.86	-0.721	-0.0284	0.00000	0.000000
24:	39	-525.82	-406.99	240.20	1458.2	-940.92	-193.43	-12.92	0.20	-0.503	0.1538	0.00000	0.000000
25:	40	105.06	98.61	175.40	625.2	473.07	34.96	0.09	-4.33	-1.911	-0.5581	-0.09587	-0.008072
26:	41	-251.06	-176.51	163.03	1466.2	-984.32	-14.98	14.30	4.90	0.464	0.0222	0.00000	0.000000
27:	42	61.25	62.75	112.90	143.0	-127.78	49.34	35.43	11.79	2.671	0.4590	0.06114	0.005294

10

20

30

【表 7】

Table 7

Shs2035

表面番号	曲率半径	厚さ	材料	屈折率 193.304nm	半径
0	0.0000000000	15.679282349200		1.00000000	52.000
1	188.9361455030AS	18.288674598600	SiO2	1.56028895	68.284
2	694.1043431650AS	13.221429473000		1.00000000	68.292
3	84.8053215142AS	26.533452202300	SiO2	1.56028895	75.689
4	139.9217727560AS	35.813107735000		1.00000000	71.829
5	991.1217961470AS	26.635290884600	SiO2	1.56028895	71.359
6	-152.4471481430	0.705435225252		1.00000000	71.866
7	561.4522817590AS	15.771790808700	SiO2	1.56028895	66.252
8	-188.7715763730AS	31.039821568900		1.00000000	64.663
9	0.0000000000	60.200321556900		1.00000000	53.209
10	-63.2575986324	27.604744379400	SiO2	1.56028895	59.416
11	-80.7157309618	0.700000551729		1.00000000	75.455
12	296.4896501680AS	37.879478386600	SiO2	1.56028895	111.891
13	-763.9145212360	0.700037253092		1.00000000	112.624
14	170.2692851210AS	80.042091181800	SiO2	1.56028895	116.621
15	-952.4975107830AS	66.049513376500		1.00000000	104.125
16	261.0741714970	255.783578603000		1.00000000	89.528
17	-146.1773704860AS	-255.783578603000		-1.00000000	97.453
反射					
18	261.0997517790AS	255.783578603000		1.00000000	205.856
反射					
19	0.0000000000	28.735542080900		1.00000000	124.760
20	109.6782509150AS	38.909049290900	SiO2	1.56028895	88.089
21	135.0819403950	34.026191601900		1.00000000	77.262
22	924.4561476110AS	8.069959863570	SiO2	1.56028895	72.489
23	160.5273775430	10.595882904100		1.00000000	67.277
24	235.8718663040AS	7.500000282500	SiO2	1.56028895	66.691
25	91.9041643509AS	53.294023047800		1.00000000	62.768
26	-205.3313455720AS	10.112177939500	SiO2	1.56028895	67.817
27	181.5659153660AS	36.638050799700		1.00000000	84.020
28	-218.8110282430AS	17.002554642700	SiO2	1.56028895	88.472
29	-306.0771138910	2.194650554950		1.00000000	101.900
30	1012.5233622100AS	70.026755238900	SiO2	1.56028895	124.857
31	-164.6431855120	1.440946030220		1.00000000	130.125
32	2428.6611437000AS	73.814351328800	SiO2	1.56028895	162.607
33	-268.7836036320	5.493021022200		1.00000000	165.580
34	488.5298714750	22.840490084300	SiO2	1.56028895	163.904
35	580.9338597070AS	0.700105164493		1.00000000	162.871
36	187.5425527570	48.105092550200	SiO2	1.56028895	148.849
37	309.0482752900AS	0.700000000000		1.00000000	144.793
38	154.7060357500	52.700158760500	SiO2	1.56028895	125.378
39	487.2890983560AS	0.700109862209		1.00000000	119.143
40	108.8519037810AS	38.999967097200	SiO2	1.56028895	86.389
41	255.7300706450AS	0.700000000028		1.00000000	78.106
42	58.8111563603AS	8.208600134150	SiO2	1.56028895	54.205
43	36.0000000000	0.200000000000	IMM	1.56100000	36.000
44	35.5270708244	47.858381827100	SAPHIR	1.92803200	35.527
45	0.0000000000	0.000000000000		1.00000000	13.000

10

20

30

【表 7 A - 1】

Table 7 A

非球面定数

表面番号 1		表面番号 5	
K	0.000000000000	K	0.000000000000
C1	1.86059361768e-007	C1	-9.53421881016e-008
C2	4.05057017192e-011	C2	-1.03844971388e-010
C3	-1.31841572067e-014	C3	2.32054024129e-014
C4	2.11455178287e-018	C4	-2.55893960085e-018
C5	-1.37550363215e-022	C5	1.46964131542e-022
C6	-3.06548485772e-027	C6	-5.68168161656e-027
C7	0.00000000000e+000	C7	0.00000000000e+000
C8	0.00000000000e+000	C8	0.00000000000e+000
C9	0.00000000000e+000	C9	0.00000000000e+000
表面番号 2		表面番号 7	
K	0.000000000000	K	0.000000000000
C1	2.24682809077e-007	C1	-1.42410844113e-007
C2	-3.80408550218e-013	C2	3.63573091706e-011
C3	-5.07763034577e-015	C3	-3.59181355360e-015
C4	8.78051550397e-019	C4	3.88098016915e-019
C5	-3.18680606332e-023	C5	-7.68689276860e-022
C6	-8.78627241886e-027	C6	1.36306743838e-025
C7	0.00000000000e+000	C7	0.00000000000e+000
C8	0.00000000000e+000	C8	0.00000000000e+000
C9	0.00000000000e+000	C9	0.00000000000e+000
表面番号 3		表面番号 8	
K	0.000000000000	K	0.000000000000
C1	3.08843746784e-008	C1	1.82920529853e-007
C2	-1.63321292542e-011	C2	3.21137729148e-011
C3	2.56349264518e-015	C3	1.67685051231e-015
C4	-1.58876710814e-019	C4	4.42833608238e-019
C5	4.77752939064e-024	C5	-5.21173870061e-022
C6	1.23800518289e-027	C6	1.01042894894e-025
C7	0.00000000000e+000	C7	0.00000000000e+000
C8	0.00000000000e+000	C8	0.00000000000e+000
C9	0.00000000000e+000	C9	0.00000000000e+000
表面番号 4		表面番号 12	
K	0.000000000000	K	0.000000000000
C1	1.07709071403e-007	C1	-1.09760181303e-008
C2	2.81021734141e-011	C2	8.99330099331e-013
C3	-8.15414861895e-016	C3	2.07163843123e-017
C4	4.62084903826e-019	C4	-1.45949776651e-021
C5	-5.11359978782e-024	C5	-7.59048793631e-027
C6	4.23529675830e-027	C6	6.78605969949e-031
C7	0.00000000000e+000	C7	0.00000000000e+000
C8	0.00000000000e+000	C8	0.00000000000e+000
C9	0.00000000000e+000	C9	0.00000000000e+000

10

20

30

【表 7 A - 2】

表面番号 14		表面番号 20	
K	0.000000000000	K	0.000000000000
C1	3.68587285688e-009	C1	3.07330350059e-009
C2	8.03420920687e-013	C2	3.51299446462e-013
C3	-2.41712300553e-017	C3	-2.73096011107e-017
C4	2.07350539074e-021	C4	7.53235543248e-021
C5	-4.32523648446e-026	C5	-5.51768568282e-025
C6	8.09494371326e-031	C6	4.77403823132e-029
C7	0.00000000000e+000	C7	0.00000000000e+000
C8	0.00000000000e+000	C8	0.00000000000e+000
C9	0.00000000000e+000	C9	0.00000000000e+000
表面番号 15		表面番号 22	
K	0.000000000000	K	0.000000000000
C1	1.14142103559e-007	C1	3.73843386108e-008
C2	5.38434133214e-013	C2	2.42848115213e-012
C3	3.63169684499e-017	C3	-9.69703374779e-016
C4	3.00299527459e-021	C4	3.36358677040e-019
C5	-7.77924941038e-026	C5	-3.68962417533e-023
C6	1.73446531567e-030	C6	1.70287625834e-027
C7	0.00000000000e+000	C7	0.00000000000e+000
C8	0.00000000000e+000	C8	0.00000000000e+000
C9	0.00000000000e+000	C9	0.00000000000e+000
表面番号 17		表面番号 24	
K	-0.130103822401	K	0.000000000000
C1	1.51920737571e-008	C1	-7.89532696153e-008
C2	5.22604911334e-013	C2	1.31890077992e-011
C3	2.59906899521e-018	C3	-3.76703391800e-015
C4	1.63390676191e-021	C4	-1.09246682182e-018
C5	-7.55562058166e-026	C5	2.62589383473e-022
C6	3.26060344061e-030	C6	-1.51931245274e-026
C7	0.00000000000e+000	C7	0.00000000000e+000
C8	0.00000000000e+000	C8	0.00000000000e+000
C9	0.00000000000e+000	C9	0.00000000000e+000
表面番号 18		表面番号 25	
K	-0.337383833302	K	0.000000000000
C1	4.206638807019e-010	C1	2.60931514972e-008
C2	5.30791743228e-015	C2	2.51002823061e-011
C3	3.12683337206e-020	C3	-3.21559778683e-015
C4	1.14513963911e-024	C4	-1.33762959057e-018
C5	-1.22569865540e-029	C5	1.72420265055e-022
C6	2.15298250643e-034	C6	4.07836656337e-027
C7	0.00000000000e+000	C7	0.00000000000e+000
C8	0.00000000000e+000	C8	0.00000000000e+000
C9	0.00000000000e+000	C9	0.00000000000e+000

10

20

【表 7 A - 3】

表面番号 26		表面番号 32	
K	0.000000000000	K	0.000000000000
C1	1.03539135151e-008	C1	-6.25892500858e-010
C2	-1.16928750430e-011	C2	-1.36988090673e-014
C3	-3.73401954915e-015	C3	-9.26633392978e-020
C4	6.94086715792e-019	C4	-6.32699253504e-025
C5	-8.72530972529e-023	C5	2.00230743996e-027
C6	5.60584760968e-027	C6	-4.26768706269e-032
C7	0.00000000000e+000	C7	0.00000000000e+000
C8	0.00000000000e+000	C8	0.00000000000e+000
C9	0.00000000000e+000	C9	0.00000000000e+000
表面番号 27		表面番号 35	
K	0.000000000000	K	0.000000000000
C1	2.25456278813e-008	C1	-1.08959324605e-008
C2	-1.08400561429e-011	C2	7.24998109883e-014
C3	-4.50684319751e-015	C3	-7.82840684501e-018
C4	1.09796369033e-018	C4	-2.81131614820e-022
C5	-1.01874753749e-022	C5	1.42546937787e-026
C6	3.70973359868e-027	C6	-1.52188651619e-031
C7	0.00000000000e+000	C7	0.00000000000e+000
C8	0.00000000000e+000	C8	0.00000000000e+000
C9	0.00000000000e+000	C9	0.00000000000e+000
表面番号 28		表面番号 37	
K	0.000000000000	K	0.000000000000
C1	-2.36838070001e-008	C1	-2.80186987842e-009
C2	4.98343064034e-012	C2	-2.05383027167e-013
C3	1.78215458358e-016	C3	-1.55866356601e-018
C4	9.85666857804e-022	C4	-8.89189354781e-023
C5	-7.70745734815e-026	C5	5.35867582708e-027
C6	8.05694832124e-029	C6	9.12022739781e-032
C7	0.00000000000e+000	C7	0.00000000000e+000
C8	0.00000000000e+000	C8	0.00000000000e+000
C9	0.00000000000e+000	C9	0.00000000000e+000
表面番号 30		表面番号 39	
K	0.000000000000	K	0.000000000000
C1	-3.85494020143e-008	C1	7.83474440861e-009
C2	3.54826973931e-013	C2	1.40055971213e-013
C3	-1.49388026004e-017	C3	1.00311924761e-016
C4	-1.35039738322e-022	C4	-6.35254246763e-021
C5	2.90800216333e-026	C5	2.65703273552e-025
C6	-1.62600691982e-030	C6	-4.14720963970e-030
C7	0.00000000000e+000	C7	0.00000000000e+000
C8	0.00000000000e+000	C8	0.00000000000e+000
C9	0.00000000000e+000	C9	0.00000000000e+000

10

20

【表 7 A - 4】

表面番号 40

K	0.000000000000
C1	7.46127188025e-008
C2	5.67967381528e-013
C3	4.17445504105e-016
C4	2.57082159937e-021
C5	9.18165436064e-025
C6	3.30686900059e-028
C7	0.00000000000e+000
C8	0.00000000000e+000
C9	0.00000000000e+000

表面番号 41

K	0.000000000000
C1	1.25881731383e-007
C2	1.23553315215e-012
C3	4.54918020734e-016
C4	-1.63322327917e-020
C5	-1.95435442503e-024
C6	-1.52319096577e-028
C7	0.00000000000e+000
C8	0.00000000000e+000
C9	0.00000000000e+000

10

表面番号 42

K	0.000000000000
C1	-1.20018996760e-007
C2	-2.10066510146e-011
C3	-3.78177102896e-015
C4	-6.06882898398e-019
C5	6.74996127002e-023
C6	2.11373972091e-027
C7	0.00000000000e+000
C8	0.00000000000e+000
C9	0.00000000000e+000

20

【表 7 Z】

Table 7Z
SHS2035

Nr	Sf	RV	RENV	2*EMax	Def[mu]	Z9	Z16	Z25	Z36	Z49	Z64	Z81	Z100
1:	1	188.94	141.31	132.80	982.0	660.48	-27.25	-12.55	-0.29	-1.470	-0.0290	0.00000	0.000000
2:	2	-694.10	-340.18	132.77	672.2	-444.77	82.07	11.44	3.35	1.328	0.0827	0.00000	0.000000
3:	3	84.81	84.75	146.07	52.7	-14.57	32.69	23.06	1.84	0.662	0.0385	-0.00075	-0.000063
4:	4	-139.92	-109.23	137.98	1788.3	-1127.23	-269.80	-46.42	-8.71	-0.791	-0.0651	0.00027	0.000017
5:	5	951.12	-645.57	136.00	1679.7	-1130.72	-12.02	21.89	-10.13	0.582	-0.0749	0.00000	0.000000
6:	7	561.45	919.25	126.85	346.3	-229.69	-30.57	-4.38	14.97	5.273	0.6767	0.00000	0.000000
7:	8	188.77	344.09	124.03	1454.0	-946.11	-131.28	-20.00	-9.61	-2.938	-0.3664	0.00000	0.000000
8:	12	296.49	293.38	233.48	361.7	226.20	92.62	-12.43	-1.97	0.172	0.0173	0.00000	0.000000
9:	14	170.27	163.16	240.38	713.0	458.23	101.12	8.09	1.35	-0.266	-0.0024	-0.00361	-0.000269
10:	15	952.50	-530.85	214.38	4543.7	-3012.97	-166.17	-23.70	-1.28	0.020	-0.0134	0.00000	0.000000
11:	17	-146.18	-154.88	194.91	540.1	356.25	37.31	3.55	0.38	0.030	0.0071	0.00005	0.000003
12:	18	-261.10	-273.84	411.71	1307.3	828.82	173.55	32.91	5.82	0.937	0.1285	0.01549	0.001146
13:	20	109.68	109.04	179.91	76.7	43.25	12.13	3.19	0.70	0.037	0.0012	-0.00375	-0.000306
14:	22	924.46	594.22	150.88	526.5	341.24	51.73	10.11	0.43	-0.109	0.0959	0.00000	0.000000
15:	24	235.87	315.63	136.97	901.7	-575.18	-133.15	-11.57	6.42	0.152	-0.2210	0.00000	0.000000
16:	25	-91.90	-90.37	126.52	78.8	-7.97	71.75	15.41	-4.50	-1.032	-0.0166	0.00040	0.000029
17:	26	-205.33	-181.02	134.17	653.2	-416.11	-109.56	-1.78	1.16	0.009	0.0611	0.00000	0.000000
18:	27	-181.57	-214.29	160.36	1129.9	754.56	122.15	-34.39	-0.01	1.406	-0.4904	0.00000	0.000000
19:	28	-218.81	-234.75	170.68	696.9	419.02	162.59	14.14	1.91	0.319	0.0255	0.00000	0.000000
20:	30	1012.52	36911.71	229.65	1567.6	-1042.47	-7.39	-8.40	-0.92	-0.261	-0.0328	0.00000	0.000000
21:	32	2428.66	2636.47	300.93	86.8	-58.82	9.88	4.93	0.28	-0.201	-0.0379	0.00000	0.000000
22:	35	-580.93	-960.21	314.89	2562.9	1684.12	216.34	12.53	-9.29	-0.264	0.2550	0.00000	0.000000
23:	37	-309.05	-335.64	290.07	895.0	603.76	63.59	-23.21	-7.82	-1.133	-0.0485	0.00000	0.000000
24:	39	-487.29	-377.21	244.77	1659.7	-1063.94	-231.94	-20.60	-0.98	-0.590	0.2043	0.00000	0.000000
25:	40	108.85	100.56	178.68	771.4	572.59	39.64	4.88	-4.27	-2.024	-0.6384	-0.10717	-0.008993
26:	41	-255.73	-176.91	166.09	1597.2	-1072.00	-24.86	16.01	6.07	0.656	0.0330	0.00000	0.000000
27:	42	58.81	60.03	110.98	253.7	-130.26	55.04	38.29	13.36	3.241	0.5905	0.07998	0.007016

10

20

30

【表 8】

Table 8

Shs2037

表面番号	曲率半径	厚さ	材料	屈折率 193.304nm	半径
0	0.0000000000	15.810079552000		1.00000000	52.000
1	194.2935381300AS	16.591815204300	SiO2	1.56028895	67.574
2	599.2678445640AS	2.473711578570		1.00000000	67.809
3	123.3563381410AS	15.001953129100	SiO2	1.56028895	71.950
4	121.8236169490AS	3.806346505350		1.00000000	69.340
5	82.6748539660AS	24.540486183000	SiO2	1.56028895	72.939
6	138.0435204550AS	33.844485536400		1.00000000	69.312
7	736.5751676460AS	24.435244066800	SiO2	1.56028895	68.955
8	-147.9088789550	1.468097249530		1.00000000	69.749
9	619.0079534330AS	16.326286757900	SiO2	1.56028895	65.448
10	-194.6423369760AS	31.039821568900		1.00000000	63.961
11	0.0000000000	60.200321556900		1.00000000	53.505
12	-64.0607429593	27.672266151600	SiO2	1.56028895	60.343
13	-81.8994655402	0.700006899642		1.00000000	76.677
14	300.5543810080AS	40.732384742000	SiO2	1.56028895	115.616
15	-701.1892029950	0.785236438990		1.00000000	116.355
16	171.0611545630AS	80.474599206900	SiO2	1.56028895	119.977
17	-952.2103040220AS	74.278789447300		1.00000000	106.915
18	261.1730320490	255.679935727000		1.00000000	90.205
19	-146.0778111080AS	-255.679935727000		-1.00000000	96.734
反射					
20	261.1730320490AS	255.679935727000		1.00000000	205.667
反射					
21	0.0000000000	28.155114662200		1.00000000	124.101
22	107.8029883010AS	39.129136084100	SiO2	1.56028895	87.416
23	126.6127023030	32.978448966500		1.00000000	75.756
24	678.1222765790AS	7.747058572880	SiO2	1.56028895	71.667
25	153.1345348420	10.845550065800		1.00000000	66.710
26	222.0626041440AS	7.561632762300	SiO2	1.56028895	66.165
27	91.0487371180AS	53.450515344400		1.00000000	62.593
28	-210.2033721970AS	9.541566794310	SiO2	1.56028895	68.085
29	182.2045733180AS	36.701106495500		1.00000000	83.677
30	-218.8990245680AS	17.036468896300	SiO2	1.56028895	88.122
31	-309.5664444770	2.224258751360		1.00000000	101.829
32	1031.9633187400AS	70.238501206000	SiO2	1.56028895	124.916
33	-164.4333032990	1.861034823470		1.00000000	130.193
34	2976.9968593000AS	75.107873726000	SiO2	1.56028895	162.498
35	-265.3917616970	5.701896462110		1.00000000	165.855
36	513.4199596720	22.853974648100	SiO2	1.56028895	164.253
37	616.1533487820AS	0.700002451923		1.00000000	163.272
38	186.0855698410	48.359084978500	SiO2	1.56028895	148.755
39	304.7433296040AS	0.700000029556		1.00000000	144.657
40	154.6107905080AS	52.735369452500	SiO2	1.56028895	125.465
41	484.3905957550AS	0.700000000065		1.00000000	119.213
42	108.9325471700AS	39.093034673800	SiO2	1.56028895	86.718
43	257.1050752120AS	0.700000000380		1.00000000	78.362
44	58.5242862716AS	8.064267877490	SiO2	1.56028895	54.011
45	37.0000000000	0.200000000000	IMM	1.56100000	37.000
46	35.7672894016	47.937581141300	サファイア	1.92803200	35.767
47	0.0000000000	0.000000000000		1.00000000	13.000

10

20

30

【表 8 A - 1】

Table 8A

非球面定数

表面番号 1		表面番号 5	
K	0.000000000000	K	0.000000000000
C1	1.52182763898e-007	C1	7.59148457617e-009
C2	4.24809796452e-011	C2	-1.80215106466e-011
C3	-1.44295707455e-014	C3	3.38958506925e-015
C4	2.38277641890e-018	C4	-1.84290846470e-019
C5	-1.66893393445e-022	C5	-2.31445731822e-023
C6	-3.49842235826e-027	C6	7.81157255294e-027
C7	2.80879323580e-031	C7	-4.12124997105e-031
C8	0.00000000000e+000	C8	0.00000000000e+000
C9	0.00000000000e+000	C9	0.00000000000e+000
表面番号 2		表面番号 6	
K	0.000000000000	K	0.000000000000
C1	2.07422919342e-007	C1	1.61817304740e-007
C2	1.38162113780e-012	C2	2.08867647801e-011
C3	-5.54862074439e-015	C3	-4.63692402231e-018
C4	6.87559406824e-019	C4	5.40354655370e-019
C5	8.60124142716e-023	C5	3.87822181008e-023
C6	-2.47367492302e-026	C6	1.86998126066e-028
C7	7.20120427263e-031	C7	9.31747340946e-032
C8	0.00000000000e+000	C8	0.00000000000e+000
C9	0.00000000000e+000	C9	0.00000000000e+000
表面番号 3		表面番号 7	
K	0.000000000000	K	0.000000000000
C1	4.05494558278e-008	C1	-9.17034086271e-008
C2	1.71194535894e-012	C2	-1.12670816401e-010
C3	7.80239442971e-016	C3	2.27728356757e-014
C4	-1.32359674076e-020	C4	-2.56904468427e-018
C5	-5.92690524210e-024	C5	1.53411865137e-022
C6	3.31101767389e-027	C6	-5.07226742096e-027
C7	2.57626321338e-031	C7	-2.93943409972e-031
C8	0.00000000000e+000	C8	0.00000000000e+000
C9	0.00000000000e+000	C9	0.00000000000e+000
表面番号 4		表面番号 9	
K	0.000000000000	K	0.000000000000
C1	4.45402219702e-009	C1	-1.55721767088e-007
C2	6.84303103767e-012	C2	4.64105217679e-011
C3	1.97835007511e-015	C3	-3.23552671170e-015
C4	-2.75826461783e-019	C4	1.64704321079e-019
C5	-1.34762459357e-023	C5	-7.84222099542e-022
C6	-1.52795781921e-027	C6	1.44342488486e-025
C7	1.76600445228e-030	C7	1.10578865155e-030
C8	0.00000000000e+000	C8	0.00000000000e+000
C9	0.00000000000e+000	C9	0.00000000000e+000

10

20

30

【表 8 A - 2】

表面番号 10

K 0.000000000000
 C1 1.62873612582e-007
 C2 3.55429302902e-011
 C3 1.09995304587e-015
 C4 3.16759181854e-019
 C5 -5.45588493495e-022
 C6 1.14044535432e-025
 C7 6.72560203300e-031
 C8 0.00000000000e+000
 C9 0.00000000000e+000

表面番号 14

K 0.000000000000
 C1 -1.02583520080e-008
 C2 8.62101570431e-013
 C3 2.52617150273e-017
 C4 -1.77821214366e-021
 C5 -3.61838153901e-026
 C6 3.69978552228e-030
 C7 -6.72964835287e-035
 C8 0.00000000000e+000
 C9 0.00000000000e+000

表面番号 16

K 0.000000000000
 C1 3.01871225460e-009
 C2 8.64256452997e-013
 C3 -2.20943941443e-017
 C4 1.62155795574e-021
 C5 3.85565127563e-027
 C6 -9.12548831127e-031
 C7 6.03548065056e-035
 C8 0.00000000000e+000
 C9 0.00000000000e+000

表面番号 17

K 0.000000000000
 C1 1.10449705662e-007
 C2 6.85842701386e-013
 C3 4.19788193616e-017
 C4 3.22595315304e-021
 C5 -1.81253203352e-025
 C6 1.31589880877e-029
 C7 -1.85153915252e-034
 C8 0.00000000000e+000
 C9 0.00000000000e+000

表面番号 19

K -0.124078642688
 C1 1.59263594712e-008
 C2 5.17933205562e-013
 C3 5.10687019487e-018
 C4 1.53696239459e-021
 C5 -8.19270825987e-026
 C6 4.44437653606e-030
 C7 -3.99381634148e-035
 C8 0.00000000000e+000
 C9 0.00000000000e+000

表面番号 20

K -0.334751866761
 C1 4.25504836259e-010
 C2 5.12933210806e-015
 C3 4.06630894523e-020
 C4 7.71315257357e-025
 C5 -3.21454909671e-030
 C6 1.03794698087e-034
 C7 5.90630815597e-040
 C8 0.00000000000e+000
 C9 0.00000000000e+000

表面番号 22

K 0.000000000000
 C1 1.95889815982e-009
 C2 1.90950690941e-013
 C3 -1.67596486620e-017
 C4 3.97308136282e-021
 C5 -1.65476547584e-026
 C6 -1.02953550293e-029
 C7 2.62676701322e-033
 C8 0.00000000000e+000
 C9 0.00000000000e+000

表面番号 24

K 0.000000000000
 C1 3.00346174150e-008
 C2 1.01567816642e-012
 C3 -8.41093683088e-016
 C4 3.44567825340e-019
 C5 -3.51270721176e-023
 C6 1.24599172791e-027
 C7 3.34365288294e-032
 C8 0.00000000000e+000
 C9 0.00000000000e+000

10

20

【表 8 A - 3】

表面番号 26		C9 0.0000000000e+000	
K 0.000000000000		表面番号 32	
C1	-9.58302401144e-008	K	0.000000000000
C2	1.83907475529e-011	C1	-3.84351735665e-008
C3	-3.54912600401e-015	C2	3.57796213684e-013
C4	-1.24336076571e-018	C3	-1.36694485987e-017
C5	2.33183759371e-022	C4	-6.23150437979e-023
C6	-9.34466285683e-027	C5	2.34877803839e-026
C7	-1.94863561010e-031	C6	-1.56652695896e-030
C8	0.00000000000e+000	C7	1.06172810900e-035
C9	0.00000000000e+000	C8	0.00000000000e+000
表面番号 27		C9	0.00000000000e+000
K 0.000000000000		表面番号 34	
C1	-4.25221078555e-009	K	0.000000000000
C2	2.65084566155e-011	C1	-6.56830430275e-010
C3	-3.00865415952e-015	C2	-1.45753876332e-014
C4	-1.16738927967e-018	C3	-1.37902933975e-019
C5	5.05891961004e-023	C4	-1.91648562126e-024
C6	2.13721959869e-026	C5	2.02103444011e-027
C7	-8.83523197621e-031	C6	-4.33600228644e-032
C8	0.00000000000e+000	C7	9.12790371661e-038
C9	0.00000000000e+000	C8	0.00000000000e+000
表面番号 28		C9	0.00000000000e+000
K 0.000000000000		表面番号 37	
C1	2.17234988260e-008	K	0.000000000000
C2	-1.36995475440e-011	C1	-1.08694129766e-008
C3	-3.17632279806e-015	C2	7.33753920405e-014
C4	6.81029382890e-019	C3	-7.79938334817e-018
C5	-7.78327852134e-023	C4	-2.79943871022e-022
C6	4.19803398784e-027	C5	1.41988595194e-026
C7	9.44775674860e-032	C6	-1.56064111184e-031
C8	0.00000000000e+000	C7	1.63994569589e-037
C9	0.00000000000e+000	C8	0.00000000000e+000
表面番号 29		C9	0.00000000000e+000
K 0.000000000000		表面番号 39	
C1	2.62642047061e-008	K	0.000000000000
C2	-9.81419464212e-012	C1	-2.74995147218e-009
C3	-4.55036921427e-015	C2	-2.04259499199e-013
C4	1.08147487200e-018	C3	-1.51365186640e-018
C5	-1.02047434407e-022	C4	-8.81355353262e-023
C6	3.97968712547e-027	C5	5.24995776852e-027
C7	-1.43310787576e-032	C6	1.00205162500e-031
C8	0.00000000000e+000	C7	1.56229882160e-037
C9	0.00000000000e+000	C8	0.00000000000e+000
表面番号 30		C9	0.00000000000e+000
K 0.000000000000			
C1	-2.66765769286e-008		
C2	5.40155188970e-012		
C3	1.54518633501e-016		
C4	2.79510693226e-021		
C5	-2.16525005908e-025		
C6	3.48924429453e-029		
C7	4.18617804812e-033		
C8	0.00000000000e+000		

10

20

30

【表 8 A - 4】

表面番号 40

K 0.000000000000
 C1 -2.62325914220e-010
 C2 -4.64364714236e-015
 C3 1.27823808984e-018
 C4 -5.19175820062e-023
 C5 -3.08090505916e-027
 C6 7.16374159432e-032
 C7 1.11953280752e-035
 C8 0.00000000000e+000
 C9 0.00000000000e+000

表面番号 41

K 0.000000000000
 C1 7.81918075824e-009
 C2 1.38023573338e-013
 C3 9.99233116072e-017
 C4 -6.36105773586e-021
 C5 2.70762174262e-025
 C6 -4.06755279655e-030
 C7 -1.99740574495e-035
 C8 0.00000000000e+000
 C9 0.00000000000e+000

表面番号 42

K 0.000000000000
 C1 7.24747559240e-008
 C2 3.57433450714e-013
 C3 4.10186245339e-016
 C4 -6.14667957577e-022
 C5 1.44698262019e-024
 C6 2.65410265038e-028
 C7 4.61556982659e-033
 C8 0.00000000000e+000
 C9 0.00000000000e+000

表面番号 43

K 0.000000000000
 C1 1.25110570297e-007
 C2 1.53034565013e-012
 C3 4.68948451357e-016
 C4 -1.41311581924e-020
 C5 -1.87641445601e-024
 C6 -2.65050647206e-028
 C7 7.88781238216e-033
 C8 0.00000000000e+000
 C9 0.00000000000e+000

表面番号 44

K 0.000000000000
 C1 -1.14201791905e-007
 C2 -1.93083955912e-011
 C3 -2.96305450551e-015
 C4 -9.55272113449e-019
 C5 2.64110397113e-022
 C6 -4.57222488195e-026
 C7 4.83104261929e-030
 C8 0.00000000000e+000
 C9 0.00000000000e+000

10

20

【表 8 Z】

Table 8Z

SHS2037

Nr	Sz	KV	REN	2°Index	Dsf[mu]	Z9	Z16	Z25	Z36	Z49	Z64	Z81	Z100
1:	1	194.29	150.18	131.85	814.6	548.21	-29.97	-12.12	0.19	-1.317	0.0118	0.00278	0.000000
2:	2	-599.27	-327.11	132.27	624.9	-413.30	65.62	5.32	2.16	1.438	0.1083	-0.00749	0.000000
3:	3	-123.36	115.70	139.55	483.0	294.49	81.88	24.38	6.41	1.374	0.1563	0.00623	-0.000005
4:	4	-121.82	-116.29	134.72	386.2	-237.64	-68.69	-11.88	-5.93	-2.202	-0.3517	-0.02461	0.000002
5:	5	82.67	83.15	141.10	85.5	-14.55	56.40	25.63	2.70	0.851	0.0333	-0.00673	0.000443
6:	6	-138.04	-106.32	133.65	1726.8	-1087.89	-252.55	-51.29	-7.83	-0.447	-0.0162	-0.00090	0.000015
7:	7	736.58	-705.37	132.28	1832.1	-1227.19	-66.74	18.75	-8.37	0.256	-0.0913	-0.00306	0.000000
8:	9	619.01	877.97	125.56	148.2	-103.05	4.36	-1.43	15.67	5.415	0.6962	0.00500	0.000000
9:	10	194.64	342.28	122.87	1334.2	-865.67	-124.44	-21.34	-11.04	-3.228	-0.3946	-0.00215	0.000000
10:	14	300.55	295.99	237.82	397.1	253.38	90.97	-15.65	-1.73	0.402	-0.0035	-0.00835	0.000000
11:	16	171.06	133.13	244.58	879.3	551.88	147.08	20.77	4.94	0.342	0.0828	0.00637	-0.000404
12:	17	952.21	-505.27	217.80	4938.7	-3266.71	-227.38	-36.86	-4.26	-0.513	-0.0421	0.00563	0.000000
13:	19	-146.08	-154.78	193.47	529.2	349.39	35.33	3.31	0.34	0.029	0.0056	-0.00016	0.000002
14:	20	-261.17	-273.76	411.33	1289.9	817.80	171.36	32.43	5.73	0.922	0.1276	0.01480	0.001130
15:	22	107.80	107.43	178.35	48.3	29.91	9.18	3.15	0.81	0.132	0.0225	0.00073	-0.000208
16:	24	678.12	512.65	149.50	431.7	274.73	54.97	12.80	0.56	-0.098	0.0988	0.00247	0.000000
17:	26	222.06	293.28	136.14	902.9	-567.60	-143.53	-21.47	5.90	0.540	-0.1730	-0.00321	0.000000
18:	27	-91.05	-90.85	126.85	127.9	30.91	74.05	19.94	-3.72	-1.115	-0.0345	0.00482	0.000008
19:	28	-210.20	-188.38	134.82	576.6	-370.00	-95.44	2.79	1.43	0.033	0.0690	0.00133	0.000000
20:	29	-182.20	-212.10	160.24	1079.8	718.14	128.66	-31.62	-0.47	1.290	-0.4727	0.00321	0.000000
21:	30	-218.90	-233.81	170.44	682.6	410.25	161.43	12.40	1.79	0.368	0.0486	-0.00252	0.000000
22:	32	1031.96	64064.32	230.20	1552.0	-1032.93	-1.70	-7.44	-0.76	-0.206	-0.0210	0.00078	0.000000
23:	34	2977.00	3330.52	298.00	98.1	-66.92	7.63	4.80	0.44	-0.139	-0.0286	0.00044	0.000000
24:	37	-616.15	-1029.87	310.22	2367.6	1556.05	195.70	13.11	-8.12	-0.371	0.1907	-0.00143	0.000000
25:	39	-304.74	-328.78	284.69	808.7	543.96	60.17	-18.71	-6.45	-0.562	-0.0462	-0.00035	0.000000
26:	40	154.61	154.67	251.84	10.7	0.42	5.28	2.57	1.22	0.391	0.0597	0.00376	0.000023
27:	41	-484.39	-380.95	240.72	1490.8	-957.75	-204.76	-17.04	-0.14	-0.332	0.2038	0.00301	0.000000
28:	42	108.93	100.90	177.03	745.0	533.61	44.13	10.79	-1.44	-1.155	-0.4406	-0.07823	-0.006942
29:	43	-257.11	-178.98	162.60	1512.5	-1012.96	-33.74	11.78	4.88	0.491	0.0091	-0.00223	0.000000
30:	44	58.52	59.65	109.66	197.9	-106.94	50.45	32.94	11.27	2.706	0.4936	0.06818	0.005742

10

20

30

【図面の簡単な説明】

【0115】

- 【図1】本発明による反射屈折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】本発明による反射屈折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3】本発明による反射屈折投影対物レンズの第3実施形態の長手方向断面図である。
- 【図4】本発明による反射屈折投影対物レンズの第4実施形態の長手方向断面図である。
- 【図5】本発明による反射屈折投影対物レンズの第5実施形態の長手方向断面図である。
- 【図6】本発明による反射屈折投影対物レンズの第6実施形態の長手方向断面図である。
- 【図7】本発明による反射屈折投影対物レンズの第7実施形態の長手方向断面図である。
- 【図8】本発明による反射屈折投影対物レンズの第8実施形態の長手方向断面図である。
- 【図9】図6の投影対物レンズの像側端部分の拡大詳細図である。
- 【図10】ハイパー半球面結晶質レンズ及び浸漬層を含む最後の光学素子の概略図である。

40

【図 1】

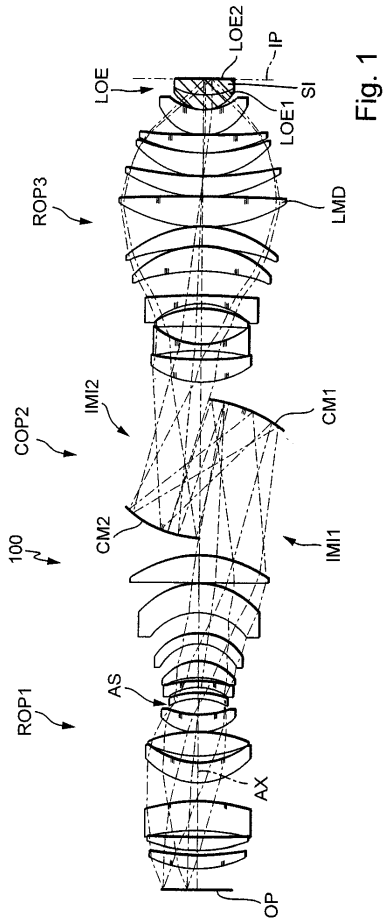


Fig. 1

【図 2】

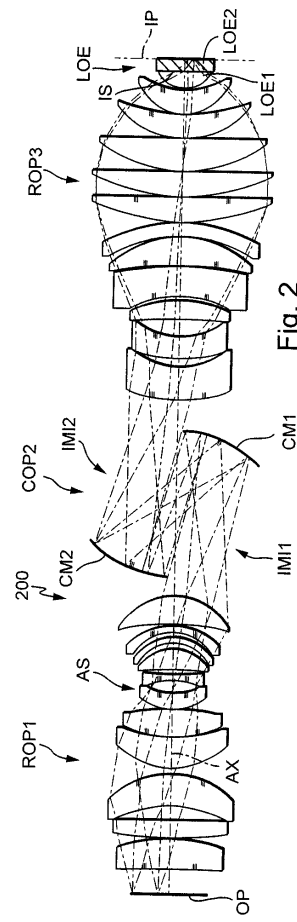


Fig. 2

【図 3】

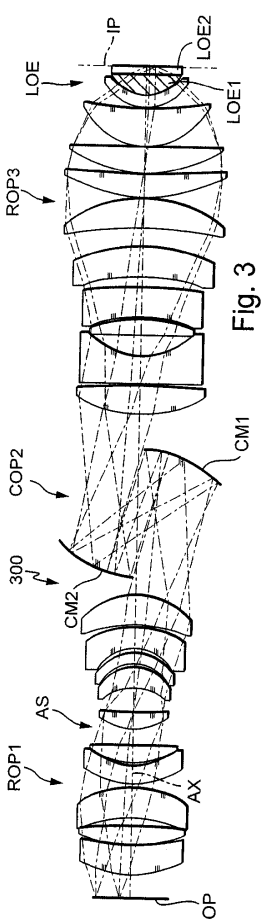


Fig. 3

【図 4】

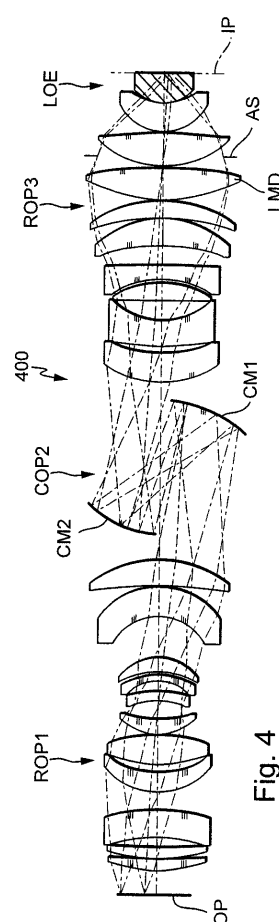


Fig. 4

【図 5】

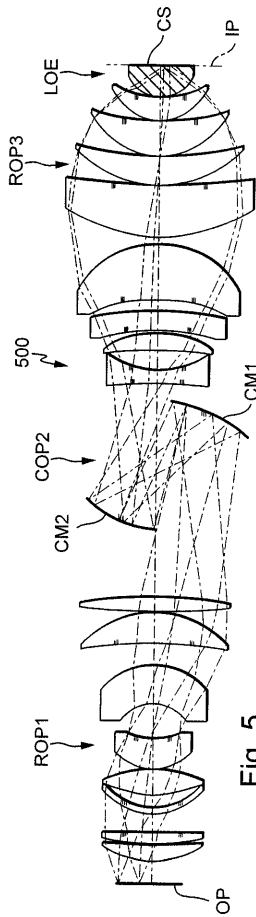


Fig. 5

【図 6】

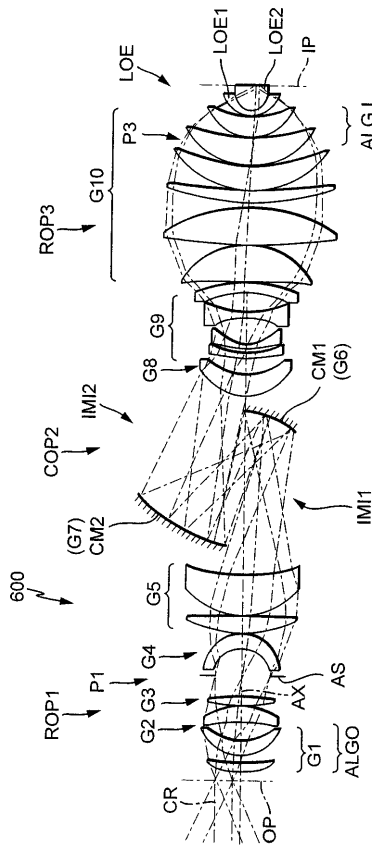


Fig. 6

【図 7】

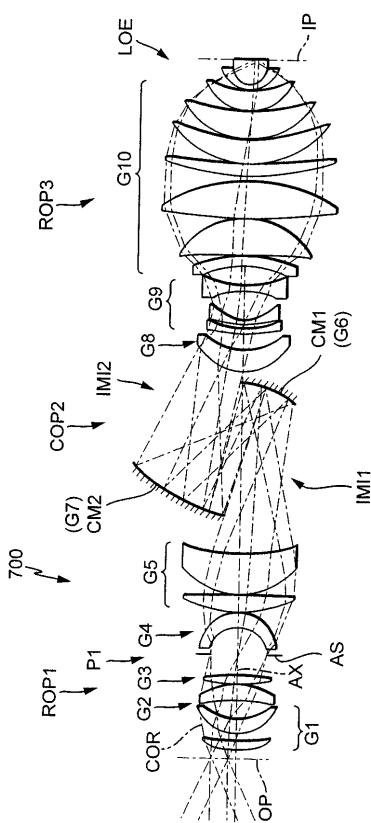


Fig. 7

【図 8】

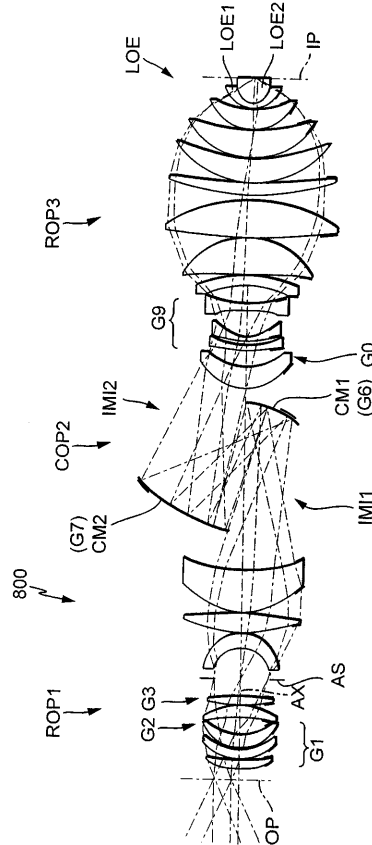


Fig. 8

Fig. 9

Fig. 10

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2006/005079

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G03F7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G03F H01L G02B

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 064 516 A (SCHUSTER ET AL) 16 May 2000 (2000-05-16) abstract figure 2 column 3, lines 11-15 column 2, lines 17-21	1,4,6,7
X	GB 2 146 454 A (* GENERAL SIGNAL CORPORATION) 17 April 1985 (1985-04-17) page 1, lines 6-8 page 4, lines 53-58 table 1	1
X	EP 1 089 327 A (NIKON CORPORATION) 4 April 2001 (2001-04-04) paragraph [0001] figure 1 table 1	23
	-/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"G" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 September 2006

Date of mailing of the international search report

02/10/2006

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL-2280 HV Rijswijk
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Menck, Alexander

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2006/005079

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2003/174301 A1 (IMANISHI SHINGO) 18 September 2003 (2003-09-18)	27
A	paragraphs [0002], [0025] figure 1	24
A	US 2004/075895 A1 (LIN BURN JENG) 22 April 2004 (2004-04-22) abstract figure 1B paragraph [0031]	31
A	WO 2005/013009 A (E.I. DUPONT DE NEMOURS AND COMPANY; FRENCH, ROGER, HARQUAIL; WHELAND,) 10 February 2005 (2005-02-10) page 37, lines 12-21	31
A	US 2003/174408 A1 (ROSTALSKI HANS-JUERGEN ET AL) 18 September 2003 (2003-09-18) abstract table 2	66

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2006/005079

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6064516	A	16-05-2000	DE 19633128 A1 WO 9807666 A2 EP 0855994 A2 JP 11514106 T	19-02-1998 26-02-1998 05-08-1998 30-11-1999
GB 2146454	A	17-04-1985	GB 2148017 A	22-05-1985
EP 1089327	A	04-04-2001	WO 9945580 A1 TW 403937 B US 6583856 B1	10-09-1999 01-09-2000 24-06-2003
US 2003174301	A1	18-09-2003	JP 2003255551 A	10-09-2003
US 2004075895	A1	22-04-2004	NONE	
WO 2005013009	A	10-02-2005	NONE	
US 2003174408	A1	18-09-2003	AU 2002312872 A1 AU 2003221490 A1 CN 1639644 A DE 10210899 A1 WO 03077036 A1 WO 03077037 A1 EP 1483625 A1 EP 1485760 A1 JP 2005519347 T JP 2005519348 T US 2005231814 A1	22-09-2003 22-09-2003 13-07-2005 18-09-2003 18-09-2003 18-09-2003 08-12-2004 15-12-2004 30-06-2005 30-06-2005 20-10-2005

フロントページの続き

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

(72)発明者 カール・ハインツ シュースター

ドイツ連邦共和国、 8 9 5 5 1 ケニッヒスブロン、レヒベルクシュトラッセ 2 4

Fターム(参考) 2H087 KA21 LA01 PA17 PB20 QA02 QA05 QA07 QA12 QA14 QA17
QA21 QA25 QA26 QA32 QA33 QA41 QA45 RA05 RA12 RA13
RA32 TA01 TA04 UA02
5F046 BA03 CB01 CB12 CB25