

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6688219号
(P6688219)

(45) 発行日 令和2年4月28日 (2020.4.28)

(24) 登録日 令和2年4月7日 (2020.4.7)

(51) Int. Cl.	F I
GO2B 17/06 (2006.01)	GO2B 17/06
GO2B 13/14 (2006.01)	GO2B 13/14
GO3F 7/20 (2006.01)	GO3F 7/20 521

請求項の数 27 (全 145 頁)

(21) 出願番号	特願2016-530459 (P2016-530459)	(73) 特許権者	503263355
(86) (22) 出願日	平成26年7月25日 (2014.7.25)		カール・ツァイス・エスエムティー・ゲー
(65) 公表番号	特表2016-525720 (P2016-525720A)		ムペーハー
(43) 公表日	平成28年8月25日 (2016.8.25)		ドイツ連邦共和国、73447 オーバー
(86) 国際出願番号	PCT/EP2014/066072		コッヘン、ルドルフ・エーバー・シュトラ
(87) 国際公開番号	W02015/014753		ーセ 2
(87) 国際公開日	平成27年2月5日 (2015.2.5)	(74) 代理人	100086771
審査請求日	平成29年7月25日 (2017.7.25)		弁理士 西島 孝喜
(31) 優先権主張番号	102013214770.8	(74) 代理人	100088694
(32) 優先日	平成25年7月29日 (2013.7.29)		弁理士 弟子丸 健
(33) 優先権主張国・地域又は機関	ドイツ (DE)	(74) 代理人	100094569
(31) 優先権主張番号	102014203190.7		弁理士 田中 伸一郎
(32) 優先日	平成26年2月21日 (2014.2.21)	(74) 代理人	100067013
(33) 優先権主張国・地域又は機関	ドイツ (DE)		弁理士 大塚 文昭

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 物体視野を像視野内に結像するための投影光学ユニット及びそのような投影光学ユニットを含む投影露光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体視野 (4) を像視野 (8) 内に結像するための投影光学ユニット (7 ; 20 ; 21 ; 22 ; 23 ; 24 ; 25 ; 26 ; 27 ; 28 ; 29 ; 30) であって、

前記物体視野 (4) から前記像視野 (8) に結像光 (3) を案内するための複数のミラー (M1 から M8 ; M1 から M6 ; M1 から M7 ; M1 から M9 , M1 から M11) を含み、

前記ミラー (M1 から M8 ; M1 から M6 ; M1 から M7 ; M1 から M9 , M1 から M11) のうちの少なくとも2つが、60°よりも大きい前記結像光 (3) の入射角を有するかすめ入射のために該結像光 (3) のビーム経路に互いに直接に前後して配置されるミラー (M2 , M3 ; M5 , M6 ; M1 , M2 ; M1 , M2 , M3 ; M3 , M4 ; M6 , M7 ; M2 から M6 ; M1 から M4 , M6 から M9) として具現化され、

前記像視野 (8) は、視野寸法 (x) に沿って13mmよりも大きい広がりを持つ、ことを特徴とする投影光学ユニット (7 ; 20 ; 21 ; 22 ; 23 ; 24 ; 25 ; 26 ; 27 ; 28 ; 29 ; 30) 。

【請求項 2】

正確に2つのかすめ入射のためのミラー (M1 , M2) を含むことを特徴とする請求項1に記載の投影光学ユニット。

【請求項 3】

前記像視野 (8) が配置された像平面 (9) との0°とは異なる角度を含み、前記物体

視野（４）が配置された物体平面（５）を含むことを特徴とする請求項１又は請求項２に記載の投影光学ユニット。

【請求項４】

正確に４つのかすめ入射のためのミラー（Ｍ２，Ｍ３，Ｍ５，Ｍ６）を含むことを特徴とする請求項１又は請求項３に記載の投影光学ユニット。

【請求項５】

前記４つのかすめ入射のためのミラー（Ｍ２，Ｍ３，Ｍ５，Ｍ６）は、それぞれ、前記結像光（３）の前記ビーム経路に互いに直接に前後して対（ペア）をなす方式（Ｍ２，Ｍ３；Ｍ５，Ｍ６）で配置されることを特徴とする請求項４に記載の投影光学ユニット。

【請求項６】

４５°よりも小さい前記結像光（３）の入射角を有する法線入射のための少なくとも２つのミラー（Ｍ１，Ｍ４，Ｍ７，Ｍ８；Ｍ３からＭ６；Ｍ４からＭ７；Ｍ２，Ｍ５，Ｍ８，Ｍ９；Ｍ１，Ｍ７，Ｍ８；Ｍ５，Ｍ１０，Ｍ１１）を含むことを特徴とする請求項１から請求項５のいずれか１項に記載の投影光学ユニット。

【請求項７】

４５°よりも小さい前記結像光（３）の入射角を有する法線入射のための４つのミラー（Ｍ１，Ｍ４，Ｍ７，Ｍ８；Ｍ３からＭ６；Ｍ４からＭ７）を含むことを特徴とする請求項６に記載の投影光学ユニット。

【請求項８】

９％よりも高い投影光学ユニット（７；２０；２１；２２；２３；２４；２５；２６；２７；２８；２９；３０）の全てのミラー（Ｍ１からＭ８；Ｍ１からＭ６；Ｍ１からＭ７；Ｍ１からＭ９，Ｍ１からＭ１１）の反射率の積として得られる投影光学ユニット（７；２０；２１）の全体反射率を有することを特徴とする請求項１から請求項７のいずれか１項に記載の投影光学ユニット。

【請求項９】

請求項１から請求項８のいずれか１項に記載の投影光学ユニットであって、
前記投影光学ユニットはＥＵＶ投影光学ユニットであり、
前記投影光学ユニットは少なくとも０．４の像側開口数を有する、
ことを特徴とする投影光学ユニット。

【請求項１０】

物体視野（４）を像視野（８）に結像するための投影光学ユニット（３４；３５；３６；３７）であって、

前記物体視野（４）から前記像視野（８）まで結像光（３）を案内するための複数のミラー（Ｍ１からＭ８）を含み、

少なくとも２つのミラー（Ｍ２，Ｍ３，Ｍ５，Ｍ６）が、６０°よりも大きい前記結像光（３）の入射角を有するかすめ入射のためのミラーとして具現化され、

投影光学ユニット（３４；３５；３６；３７）が、前記像視野（８）を規定する２つの異なる方向に２つの異なる結像スケール（ β_x ， β_y ）を有する、

ことを特徴とする投影光学ユニット（３４；３５；３６；３７）。

【請求項１１】

前記物体視野（４）は、１よりも大きい x y アスペクト比を有し、投影光学ユニットの前記異なる結像スケールは、このアスペクト比のこれらの２つの物体視野寸法（ x ， y ）に存在することを特徴とする請求項１０に記載の投影光学ユニット。

【請求項１２】

より長い物体視野寸法（ x ）における縮小結像スケール（ β_x ）が、それと垂直なより短い物体視野寸法（ y ）におけるものよりも小さいことを特徴とする請求項１１に記載の投影光学ユニット。

【請求項１３】

前記２つの異なる結像スケールのうちの前記より小さいもの（ β_x ）は、６よりも小さいことを特徴とする請求項１０から請求項１２のいずれか１項に記載の投影光学ユニット

10

20

30

40

50

。

【請求項 14】

前記 2 つの結像スケールのうちの前記より大きいもの (β_y) は、少なくとも 6 であることを特徴とする請求項 10 から請求項 13 のいずれか 1 項に記載の投影光学ユニット。

【請求項 15】

前記ミラーのうちの少なくとも 1 つが、自由曲面の形態の反射面を有することを特徴とする請求項 1 から請求項 14 のいずれか 1 項に記載の投影光学ユニット。

【請求項 16】

方向依存性物体側開口数を有することを特徴とする請求項 10 から請求項 15 のいずれか 1 項に記載の投影光学ユニット。

10

【請求項 17】

少なくとも 0.4 の像側開口数と、
7° よりも小さい視野中心点に対する物体側主光線角度 (CRAO) と、
を有することを特徴とする請求項 1 から請求項 16 のいずれか 1 項に記載の投影光学ユニット。

【請求項 18】

少なくとも 0.5 の開口数を有することを特徴とする請求項 17 に記載の投影光学ユニット。

【請求項 19】

一方の視野寸法 (x) において 20 mm よりも大きい前記像視野 (8) の広がり有することを特徴とする請求項 17 又は請求項 18 に記載の投影光学ユニット。

20

【請求項 20】

より短い物体視野寸法 (y) に沿ったその広がりがより長い物体視野寸法 (x) に沿ったものよりも小さい絞り縁部を有する絞り (18) を含むことを特徴とする請求項 1 から請求項 18 のいずれか 1 項に記載の投影光学ユニット。

【請求項 21】

請求項 1 から請求項 20 のいずれか 1 項に記載の投影光学ユニット。

【請求項 22】

請求項 1 から請求項 21 のいずれか 1 項に記載の投影光学ユニットと、
照明及び結像光 (3) で物体視野 (4) を照明するための照明光学ユニット (6) と、
を含むことを特徴とする光学系。

30

【請求項 23】

EUV 光源 (2) を含むことを特徴とする請求項 22 に記載の光学系。

【請求項 24】

投影リソグラフィのための投影露光装置であって、
請求項 22 又は請求項 23 に記載の光学系、
を含むことを特徴とする投影露光装置。

【請求項 25】

走査方向 (y) に変位させることができレチクル (10) を保持するためのレチクルホルダ (10a) を含み、

40

前記走査方向における投影光学ユニットの結像スケールが、それと垂直な方向におけるものよりも大きい、

ことを特徴とする請求項 24 に記載の投影露光装置。

【請求項 26】

請求項 24 又は請求項 25 に記載の投影露光装置のためのレチクル (10) であって、
少なくとも 104 mm x 132 mm の広がりを有する、
ことを特徴とするレチクル (10)。

【請求項 27】

構造化構成要素を生成する方法であって、
レチクル (10) 及びウェーハ (11) を与える段階と、

50

請求項 2 4 又は請求項 2 5 に記載の投影露光装置を用いて前記レチクル (1 0) 上の構造を前記ウェーハ (1 1) の感光層の上に投影する段階と、

前記ウェーハ (1 1) 上に微細構造又はナノ構造を生成する段階と、

を含むことを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【 0 0 0 1 】

ドイツ特許出願第 1 0 2 0 1 3 2 1 4 7 7 0 . 8 号明細書、第 1 0 2 0 1 4 2 0 3 1 9 0 . 7 号明細書、及び第 1 0 2 0 1 4 2 0 8 7 7 0 . 8 号明細書の内容は、引用によって本明細書に組み込まれている。

10

【 0 0 0 2 】

本発明は、物体視野を像視野内に結像するための投影光学ユニットに関する。更に、本発明は、そのような投影光学ユニットを含む光学系、そのような光学系を含む投影露光装置、そのような投影露光装置を用いて微細構造化又はナノ構造化構成要素を生成する方法、及び本方法によって生成された微細構造化又はナノ構造化構成要素に関する。

【背景技術】

【 0 0 0 3 】

冒頭に示したタイプの投影光学ユニットは、DE 1 0 2 0 1 2 2 0 2 6 7 5 A 1、DE 1 0 2 0 0 9 0 1 1 3 2 8 A 1、US 8 0 2 7 0 2 2 B 2、及びUS 6 5 7 7 4 4 3 B 2 から公知である。投影露光装置のための照明光学ユニットは、DE 1 0 2 0 0 9 0 4 5 0 9 6 A 1 から公知である。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】ドイツ特許出願第 1 0 2 0 1 3 2 1 4 7 7 0 . 8 号明細書

【特許文献 2】ドイツ特許出願第 1 0 2 0 1 4 2 0 3 1 9 0 . 7 号明細書

【特許文献 3】ドイツ特許出願第 1 0 2 0 1 4 2 0 8 7 7 0 . 8 号明細書

【特許文献 4】DE 1 0 2 0 1 2 2 0 2 6 7 5 A 1

【特許文献 5】DE 1 0 2 0 0 9 0 1 1 3 2 8 A 1

【特許文献 6】US 8 0 2 7 0 2 2 B 2

【特許文献 7】US 6 5 7 7 4 4 3 B 2

【特許文献 8】DE 1 0 2 0 0 9 0 4 5 0 9 6 A 1

【特許文献 9】WO 2 0 1 2 / 1 2 6 8 6 7 A

【特許文献 1 0】DE 1 0 1 5 5 7 1 1 A

【特許文献 1 1】US 2 0 0 7 - 0 0 5 8 2 6 9 A 1

【特許文献 1 2】US 2 0 1 3 / 0 1 2 8 2 5 1 A 1

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

本発明の目的は、十分に補正され、同時に高い結像光スループットを有する結像可能視野をもたらすような冒頭に示したタイプの投影光学ユニットを開発することである。

40

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

本発明により、上述の目的は、当初請求項 1 に指定している特徴を含む投影光学ユニット、及び当初請求項 1 0 に指定している特徴を含む E U V 投影光学ユニットによって達成される。

【 0 0 0 7 】

本発明により、投影光学ユニット内のかすめ入射に向けて互いに直接前後して配置された 2 つのミラーが、結像される全視野にわたって均一な高い結像光スループットを有する投影光学ユニットを設計する可能性を誘導し、同時に、かすめ入射を有するミラーを用い

50

て像視野内の像を補正するための自由度が更に与えられることが見出された。

【0008】

投影光学ユニットのミラーは、結像光反射率を高めるコーティングを担持することができる。これらのコーティングに対するコーティング材料としてルテニウム及び／又はモリブデンを使用することができる。

【0009】

かすめ入射ミラーは、75%と95%の間にあり、特に少なくとも80%とすることができる反射率を有することができる。かすめ入射ミラーは、入射角に線形に依存する反射率を有することができる。そのような直線依存性は、同じく入射角への反射率の対応する直線依存性を有するかすめ入射のための少なくとも1つの更に別のミラーの使用によって補償することができる。投影光学ユニットは、特に5nmと30nmの間の範囲のEUV結像光波長に適している。かすめ入射ミラー上への結像光の入射角は、65°よりも大きいとすることができ、70°よりも大きいとすることができ、72°よりも大きいとすることができ、75°よりも大きいとすることができ、80°よりも大きいとすることができ、又は同じく85°よりも大きいとすることができる。

10

【0010】

投影光学ユニットは、反射レチクルの一部を結像するように具現化することができる。この目的に対して、中心物体視野点の主光線は、物体平面の法線の間に3°よりも大きく、例えば、5.5°に等しい角度を含むことができる。

20

【0011】

少なくとも2つのかすめ入射ミラーの一方は、結像ビーム経路内で物体視野の下流にある投影光学ユニットの最初のミラーとすることができる。かすめ入射ミラーは、平面から偏位する反射面を有することができ、特に像収差補正面形状を有することができる。かすめ入射ミラーの反射面は、非球面として又は他に回転対称性を持たない自由曲面として具現化することができる。

【0012】

かすめ入射ミラー上の反射領域内には、中間像平面を配置することができる。それによってかすめ入射ミラーの領域内で結像光ビームの有利な収縮が引き起こされ、従って、かすめ入射ミラーが不適切に大きい反射面を必要とすることが回避される。

30

【0013】

投影光学ユニットは、反射光学ユニットとして具現化することができる。

【0014】

投影光学ユニットは、照明光のための通過開口部を有する少なくとも1つのミラーを含むことができる。投影光学ユニットは、掩蔽光学ユニットとして具現化することができる。

【0015】

これに代えて、投影光学ユニットは、投影光学ユニットの全てのミラーの反射面が全体を通じて使用されるように具現化することができる。投影光学ユニットは、非掩蔽光学ユニットとして具現化することができる。

40

【0016】

投影光学ユニットの少なくとも1つのミラーの照明光による光学入射を受ける反射面、すなわち、使用反射面のx/yアスペクト比は、1よりも小さいとすることができ、0.8よりも小さいとすることができ、0.7に等しいとすることができ、0.7よりも小さいとすることができ、0.6よりも小さいとすることができ、かつ0.5に等しいとすることができる。この場合に、y座標は、それぞれ観察されるミラーの入射平面に位置する。x座標は、それぞれ観察されるミラーの入射平面と垂直に位置する。物体が結像されることになる走査方向、及び／又はその上で結像が発生する基板も、y座標に沿って延びることができる。

【0017】

投影光学ユニットの少なくとも1つのミラーの照明光による光学入射を受ける反射面、

50

すなわち、使用反射面の x/y アスペクト比は、1よりも大きいとすることができ、2に等しいとすることができ、2よりも大きいとすることができ、2.5に等しいとすることができ、2.5よりも大きいとすることができ、3よりも大きいとすることができ、4よりも大きいとすることができ、5よりも大きいとすることができ、6よりも大きいとすることができ、7.5に等しいとすることができ、10よりも大きいとすることができ、かつ15に等しいとすることができる。

【0018】

投影光学ユニットは、互いに直接前後して配置された少なくとも1つのGIミラー対 (GI mirror pair: GIミラーペア)、すなわち、2つのかすめ入射ミラーに加えて、更に単一GIミラーが存在するミラーシーケンスを有することができる。投影光学ユニットは、3つの連続するGIミラーを有することができる。

10

【0019】

投影光学ユニットは、鞍面の実施形態を有し、すなわち、1つの平面内で正の屈折力を有し、この平面に対して垂直な平面内で負の屈折力を有する少なくとも1つのミラーを含むことができる。投影光学ユニットは、複数のそのような鞍形ミラーを有することができる。

【0020】

当初請求項2に記載の正確に2つのかすめ入射ミラーは、投影光学ユニットに特に適することが見出されている。

【0021】

20

当初請求項3に記載の物体平面と像平面の間の角度は、結像光ビーム経路又は結像ビーム経路の特に小型の案内を可能にする。この角度は、1°よりも大きいとすることができ、2°よりも大きいとすることができ、3°よりも大きいとすることができ、5°よりも大きいとすることができ、7°よりも大きいとすることができ、10°よりも大きいとすることができ、20°よりも大きいとすることができ、30°よりも大きいとすることができ、かつ39°に等しいとすることができる。

【0022】

当初請求項4に記載の正確に4つのかすめ入射ミラーも、特に適切であることが見出されている。

【0023】

30

当初請求項5に記載のかすめ入射ミラーの対配置は、入射角依存性反射を補償するのに適することが見出されている。かすめ入射ミラー対の間には、少なくとも1つの法線入射ミラーが位置することができる。かすめ入射ミラーの対は、連続して配置された2つのミラーの偏向効果が合算されるように、すなわち、反射角が加算されるように配置することができる。そのような実施形態は、かすめ入射ミラー上での入射角依存性反射の補償を可能にする。これに代えて、かすめ入射ミラーには、投影光学ユニットを通る結像光のビーム経路内の異なる点にある補償かすめ入射ミラーを割り当てることができ、かすめ入射ミラー上に比較的大きい入射角で入射する個々の光線は、相応に補償ミラー上にそれよりも小さい入射角で入射し、その逆も同様である。かすめ入射を受けるミラーとそれに割り当てられた補償ミラーとの間には、更に別のかすめ入射ミラー及び/又は法線入射ミラーを配置することができる。投影光学ユニット内に2つよりも多いかすめ入射ミラーが設けられる限りにおいて、補償ミラーの補償効果は、他のかすめ入射ミラーのうちの1つよりも多いものに付与することができる。従って、例えば、3つのかすめ入射ミラーの場合に、2つの更に別のかすめ入射ミラーに関する反射の入射角依存性を補償する1つの補償かすめ入射ミラーを設けることができる。

40

【0024】

当初請求項6に記載の実施形態は、投影光学ユニットに対して課せられる境界条件を満たすのに特に適することが見出されている。少なくとも2つの法線入射ミラーは、40°よりも小さく、35°よりも小さく、30°よりも小さく、25°よりも小さく、20°よりも小さく、かつそれよりも更に小さいとすることができる結像光の入射角による入射

50

を受けることができる。

【0025】

当初請求項7に記載の4つの法線入射ミラーは、特に良好な像補正を有する投影光学ユニットのオプションをもたらす。

【0026】

投影光学ユニットの像側開口数は、少なくとも0.4又は0.5又は0.6とすることができる。そのような投影光学ユニットは、特に高い分解能を可能にする。

【0027】

当初請求項8に記載の投影光学ユニットの全体反射率は、9.75%とすることができ、10%よりも高いとすることができ、11%よりも高いとすることができ、11.97%に等しいとすることができ、12%よりも高いとすることができ、かつ特に12.2%に等しいとすることができる。特にミラー上の反射強化コーティングの実施形態に基づいて、より高い全体反射率も可能である。

10

【0028】

当初請求項9に記載のEUV投影光学ユニットは、EUV結像光に対して高い構造分解能と高いスループットとを同時に有する。すなわち、投影中に使用光は殆ど失われず、それによって露光所要時間が短縮され、従って、そのようなEUV投影光学ユニットが装備された投影露光装置のウェハスループットが高まる。全体反射率は、8%よりも高いとすることができ、9%よりも高いとすることができ、10%よりも高いとすることができ、又は更に高いとすることができる。

20

【0029】

当初請求項10に記載の歪像光学ユニットとして具現化された投影光学ユニットは、特に有利であることが見出されている。

【0030】

歪像光学ユニットは、異なる視野座標、特に直交視野座標に対して異なる結像スケールを有する。本明細書では、投影光学ユニットの絶対縮小率を結像スケールと呼ぶ。従って、一例として4倍だけ縮小する投影光学ユニットは、4の結像スケールを有する。この場合に、より大きい結像スケールは、縮小率の増大があることを意味する。従って、この意味の範囲では、8倍の縮小を有する投影光学ユニットは、4倍の縮小を有する投影光学ユニットよりも大きい結像スケールを有する。

30

【0031】

歪像光学ユニットは、方向依存性、すなわち、視野座標依存性の物体側開口数を有することができる。

【0032】

物体側開口数が増大する場合に、物体側主光線角度を大きくする必要があり、それによって時に吸収体構造による遮蔽効果をもたらされ、層の伝達率に関する問題、特にレチクルコーティングによる強いアポディゼーション効果をもたらされることが明らかになっている。更に、歪像結像光学ユニット、特に歪像結像投影レンズを用いて、定められたサイズを有するレチクルは、物体視野から定められた結像スケールで定められた照明視野に結像することができ、この場合に、照明視野は、第1の結像スケールの方向には完全に照明され、一方、第2の方向の高い結像スケールは、投影露光装置のスループットに対して悪影響を持たず、適切な対策によって補償することができることが明らかになっている。

40

【0033】

従って、歪像レンズは、第1の方向の大きい物体側開口数による像区域の完全な照明を結像レチクルの広がりをおよぼすことなく、更にそれによって投影露光装置のスループットの低下をもたらすことなく可能にし、それと共に照明光の斜方入射によって引き起こされる結像品質の損失の最小化をも可能にする。

【0034】

2つの主断面の方向に同じ符号を有する結像スケールを有する結果として、像反転(「像フリップ」)が回避される。光学ユニットは、特に2つの主断面の方向に正の結像スケ

50

ールを有する。

【 0 0 3 5 】

歪像光学ユニットは、反射物体上への結像光の可能な限り小さい入射角の生成を助ける。物体上への結像光の入射平面と垂直に、大きい物体側開口数が存在することができる。円筒形光学ユニットの使用は、歪像光学ユニットを構成するのに必須ではない。異なる結像スケールは、両方の視野座標に対して正号を有することができる。異なる結像スケールは、両方の視野座標に対して縮小効果を有することができる。歪像光学ユニットは、楕円形入射瞳及び／又は楕円形射出瞳を有することができる。歪像投影光学ユニットは、回転対称射出瞳及び n 回回転対称射出瞳を有することができる。直交視野座標に対して異なる結像スケールは、少なくとも1.1倍だけ、少なくとも1.2倍だけ、少なくとも1.3倍だけ、少なくとも1.4倍だけ、少なくとも1.5倍だけ、少なくとも1.7倍だけ、少なくとも2倍だけ、少なくとも2.5倍だけ、少なくとも3倍だけ、又は他に更に大きい倍数だけ異なるとすることができる。

10

【 0 0 3 6 】

当初請求項11、当初請求項12、及び当初請求項16の利点は、上記に既に解説したものに対応する。小さい結像スケールは、小さい縮小効果に対応する。

【 0 0 3 7 】

当初請求項13及び当初請求項14に記載の結像スケールは、特に適切であることが見出されている。一例として、2つの異なる結像スケールのうちの小さい方は、5.4とすることができ、5よりも小さいとすることができ、4に等しいとすることができ、又は更に小さいとすることができ、2つの異なる結像スケールのうちの大きい方は、7に等しいとすることができ、8に等しいとすることができ、又は更に大きいとすることができ。

20

【 0 0 3 8 】

自由曲面として具現化される当初請求項15に記載のミラー反射面は、投影光学ユニットに関する設計自由度の拡張を可能にする。特に歪像効果を複数のミラー面上に分散させることができる。

【 0 0 3 9 】

当初請求項17から当初請求項19に記載の開口数及び像視野寸法は、投影露光装置において使用中の結像品質及びウェーハ露光に関する要件に非常に適合されたものである。

30

【 0 0 4 0 】

投影光学ユニットは、開口絞りを有することができる。この開口絞りは、平面に位置するか、又は他に3次元実施形態を有することができる。開口絞りの広がり、走査方向にそれに対して垂直な方向よりも小さいとすることができる。

【 0 0 4 1 】

投影光学ユニットは、掩蔽絞りを有することができる。開口絞りに関して上述したことは、掩蔽絞りの実施形態に関して適用される。

【 0 0 4 2 】

当初請求項20に記載の広がり比を有する絞りは、投影光学ユニットの歪像効果に適合されたものである。絞りは、投影光学ユニットの入射瞳平面に配置することができる。短い物体視野寸法に沿った広がり、長い物体視野寸法に沿った広がりとの比は、長い物体視野寸法における縮小結像スケールと短い物体視野寸法における縮小結像スケールとの比に対応することができる。

40

【 0 0 4 3 】

投影光学ユニットに関して上記に解説した特徴は、互いとのあらゆる組合せで実現することができる。

【 0 0 4 4 】

当初請求項20に記載の光学系の利点は、投影光学ユニットに関して上述したものに対応する。歪像投影光学ユニットが使用される場合に、照明光学ユニットは、投影光学ユニットの非回転対称入射瞳に適応させることができる。

50

【 0 0 4 5 】

投影光学ユニットの利点は、当初請求項 2 1 に記載の光学系において特に有意である。
E U V 光源に対して可能な作動波長は、1 3 . 5 n m とすることができる。これに代えて、D U V 光源、すなわち、例えば、1 9 3 n m の波長を有する光源を使用することができる。

【 0 0 4 6 】

当初請求項 2 2 に記載の投影露光装置の利点は、投影光学ユニットに関して上述したものに
対応する。

【 0 0 4 7 】

当初請求項 2 3 に記載の投影露光装置は、歪像投影光学ユニットの利点を使用する。

10

【 0 0 4 8 】

当初請求項 2 4 に記載のレチクルは、歪像投影光学ユニットに適合されたものである。

【 0 0 4 9 】

当初請求項 2 5 に記載の生成方法、当初請求項 2 6 に記載の微細構造化及びナノ構造化
構成要素の利点は、投影光学ユニット、光学系、及び投影露光装置に関して上述したもの
に対応する。

[当初請求項 1]

物体視野 (4) を像視野 (8) 内に結像するための投影光学ユニット (7 ; 2 0 ; 2 1
; 2 2 ; 2 3 ; 2 4 ; 2 5 ; 2 6 ; 2 7 ; 2 8 ; 2 9 ; 3 0) であって、

前記物体視野 (4) から前記像視野 (8) に結像光 (3) を案内するための複数のミラ
ー (M 1 から M 8 ; M 1 から M 6 ; M 1 から M 7 ; M 1 から M 9 , M 1 から M 1 1) を含
み、

20

前記ミラー (M 1 から M 8 ; M 1 から M 6 ; M 1 から M 7 ; M 1 から M 9 , M 1 から M
1 1) のうちの少なくとも 2 つが、6 0 ° よりも大きい前記結像光 (3) の入射角を有す
るかすめ入射のために該結像光 (3) のビーム経路に互いに直接に前後して配置されるミ
ラー (M 2 , M 3 ; M 5 , M 6 ; M 1 , M 2 ; M 1 , M 2 , M 3 ; M 3 , M 4 ; M 6 , M
7 ; M 4 , M 5 ; M 2 から M 6 ; M 1 から M 4 , M 6 から M 9) として具現化される、

ことを特徴とする投影光学ユニット (7 ; 2 0 ; 2 1 ; 2 2 ; 2 3 ; 2 4 ; 2 5 ; 2 6
; 2 7 ; 2 8 ; 2 9 ; 3 0) 。

[当初請求項 2]

正確に 2 つのかすめ入射のためのミラー (M 1 , M 2) を特徴とする当初請求項 1 に記
載の投影光学ユニット。

30

[当初請求項 3]

前記像視野 (8) が配置された像平面 (9) との 0 ° とは異なる角度を含み、前記物体
視野 (4) が配置された物体平面 (5) を特徴とする当初請求項 1 又は当初請求項 2 に記
載の投影光学ユニット。

[当初請求項 4]

正確に 4 つのかすめ入射のためのミラー (M 2 , M 3 , M 5 , M 6) を特徴とする当初
請求項 1 又は当初請求項 3 に記載の投影光学ユニット。

[当初請求項 5]

前記 4 つのかすめ入射のためのミラー (M 2 , M 3 , M 5 , M 6) は、それぞれ、前記
結像光 (3) の前記ビーム経路に互いに直接に前後して対方式 (p a i r w i s e m a
n n e r) (M 2 , M 3 ; M 5 , M 6) で配置されることを特徴とする当初請求項 4 に記
載の投影光学ユニット。

40

[当初請求項 6]

4 5 ° よりも小さい前記結像光 (3) の入射角を有する法線入射のための少なくとも 2
つのミラー (M 1 , M 4 , M 7 , M 8 ; M 3 から M 6 ; M 4 から M 7 ; M 2 , M 5 , M 8
, M 9 ; M 1 , M 3 , M 6 , M 7 ; M 1 , M 7 , M 8 ; M 5 , M 1 0 , M 1 1) を特徴と
する当初請求項 1 から当初請求項 5 のいずれか 1 項に記載の投影光学ユニット。

[当初請求項 7]

50

45°よりも小さい前記結像光(3)の入射角を有する法線入射のための4つのミラー(M1, M4, M7, M8; M3からM6; M4からM7)を特徴とする当初請求項6に記載の投影光学ユニット。

[当初請求項8]

9%よりも高い投影光学ユニット(7; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30)の全てのミラー(M1からM8; M1からM6; M1からM7; M1からM9, M1からM11)の反射率の積として出現する投影光学ユニット(7; 20; 21)の全体反射率を特徴とする当初請求項1から当初請求項7のいずれか1項に記載の投影光学ユニット。

[当初請求項9]

物体視野(4)を像視野(8)に結像するためのEUV投影光学ユニット(7; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30)であって、

前記物体視野(4)から前記像視野(8)まで結像光(3)を案内するための複数のミラー(M1からM8; M1からM6; M1からM7; M1からM9, M1からM11)を含み、

少なくとも0.4の像側開口数を有し、

7%よりも高い投影光学ユニット(7; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30)の全てのミラー(M1からM8; M1からM6; M1からM7; M1からM9, M1からM11)の反射率の積として出現する投影光学ユニット(7; 20; 21)の全体反射率を有する、

ことを特徴とするEUV投影光学ユニット(7; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30)。

[当初請求項10]

物体視野(4)を像視野(8)に結像するための投影光学ユニット(34; 35; 36; 37)であって、

前記物体視野(4)から前記像視野(8)まで結像光(3)を案内するための複数のミラー(M1からM8)を含み、

少なくとも1つのミラー(M2, M3, M5, M6)が、60°よりも大きい前記結像光(3)の入射角を有するかすめ入射のためのミラーとして具現化され、

投影光学ユニット(34; 35; 36; 37)が、前記像視野(8)を張る(span)2つの異なる方向に2つの異なる結像スケール(β_x, β_y)を有する、

ことを特徴とする投影光学ユニット(34; 35; 36; 37)。

[当初請求項11]

前記物体視野(4)は、1よりも大きいx yアスペクト比を有し、投影光学ユニットの前記異なる結像スケールは、このアスペクト比のこれらの2つの物体視野寸法の方向(x, y)に存在することを特徴とする当初請求項10に記載の投影光学ユニット。

[当初請求項12]

より長い物体視野寸法(x)における縮小結像スケール(β_x)が、それと垂直なより短い物体視野寸法(y)におけるものよりも小さいことを特徴とする当初請求項11に記載の投影光学ユニット。

[当初請求項13]

前記2つの異なる結像スケールのうちの前記より小さいもの(β_x)は、6よりも小さいことを特徴とする当初請求項10から当初請求項12のいずれか1項に記載の投影光学ユニット。

[当初請求項14]

前記2つの結像スケールのうちの前記より大きいもの(β_y)は、少なくとも6であることを特徴とする当初請求項10から当初請求項13のいずれか1項に記載の投影光学ユニット。

[当初請求項15]

前記ミラーのうちの少なくとも1つが、自由曲面の形態の反射面を有することを特徴と

10

20

30

40

50

する当初請求項 1 から当初請求項 1 4 のいずれか 1 項に記載の投影光学ユニット。

[当初請求項 1 6]

方向依存性物体側開口数を特徴とする当初請求項 1 0 から当初請求項 1 5 のいずれか 1 項に記載の投影光学ユニット。

[当初請求項 1 7]

少なくとも 0 . 4 の像側開口数と、

7 ° よりも小さい視野中心点に対する物体側主光線角度 (C R A O) と、

を特徴とし、

前記像視野 (8) は、視野寸法 (x) に沿って 1 3 mm よりも大きい広がりを持つ、

ことを特徴とする当初請求項 1 から当初請求項 1 6 のいずれか 1 項に記載の投影光学ユニット。

10

[当初請求項 1 8]

少なくとも 0 . 5 の開口数を特徴とする当初請求項 1 7 に記載の投影光学ユニット。

[当初請求項 1 9]

一方の視野寸法 (x) において 2 0 mm よりも大きい前記像視野 (8) の広がりを持つことを特徴とする当初請求項 1 7 又は当初請求項 1 8 に記載の投影光学ユニット。

[当初請求項 2 0]

より短い物体視野寸法 (y) に沿ったその広がりの方がより長い物体視野寸法 (x) に沿ったものよりも小さい絞り縁部を有する絞り (1 8) を特徴とする当初請求項 1 1 から当初請求項 1 8 のいずれか 1 項に記載の投影光学ユニット。

20

[当初請求項 2 1]

当初請求項 1 から当初請求項 2 0 のいずれか 1 項に記載の投影光学ユニット。

[当初請求項 2 2]

当初請求項 1 から当初請求項 2 1 のいずれか 1 項に記載の投影光学ユニットと、

照明及び結像光 (3) で物体視野 (4) を照明するための照明光学ユニット (6) と、

を含むことを特徴とする光学系。

[当初請求項 2 3]

E U V 光源 (2) を特徴とする当初請求項 2 2 に記載の光学系。

[当初請求項 2 4]

投影リソグラフィのための投影露光装置であって、

当初請求項 2 2 又は当初請求項 2 3 に記載の光学系、

を含むことを特徴とする投影露光装置。

30

[当初請求項 2 5]

走査方向 (y) に変位させることができ、レチクル (1 0) を保持するためのレチクルホルダ (1 0 a) を含む、

前記走査方向における投影光学ユニットの結像スケールが、それと垂直な方向におけるものよりも大きい、

ことを特徴とする当初請求項 2 4 に記載の投影露光装置。

[当初請求項 2 6]

当初請求項 2 4 又は当初請求項 2 5 に記載の投影露光装置のためのレチクル (1 0) であって、

40

少なくとも 1 0 4 mm x 1 3 2 mm の広がりを持つ、

ことを特徴とするレチクル (1 0) 。

[当初請求項 2 7]

構造化構成要素を生成する方法であって、

レチクル (1 0) 及びウェーハ (1 1) を与える段階と、

当初請求項 2 4 又は当初請求項 2 5 に記載の投影露光装置を用いて前記レチクル (1 0)

) 上の構造を前記ウェーハ (1 1) の感光層の上に投影する段階と、

前記ウェーハ (1 1) 上に微細構造又はナノ構造を生成する段階と、

を含むことを特徴とする方法。

50

[当初請求項 2 8]

当初請求項 2 7 に記載の方法に従って生成された構造化構成要素。

【 0 0 5 0 】

これらの投影露光装置は、特に、半導体構成要素、例えば、メモリチップを生成するのに使用することができる。

【 0 0 5 1 】

本発明の例示の実施形態を図面に基づいて以下に詳細に説明する。

【 図面の簡単な説明 】**【 0 0 5 2 】**

【 図 1 】 E U V マイクロリソグラフィのための投影露光装置の概略図である。

10

【 図 2 】 図 1 に記載の投影露光装置内で投影レンズとして使用することができる結像光学ユニットの実施形態を示し、2つの代表的な視野点の主光線、並びに上側及び下側のコマ光線を描示する子午断面図である。

【 図 3 】 図 1 に記載の投影露光装置内で投影レンズとして使用することができる結像光学ユニットの更に別の実施形態を示す図 2 と類似の図である。

【 図 4 】 図 1 に記載の投影露光装置内で投影レンズとして使用することができる結像光学ユニットの更に別の実施形態を示す図 2 と類似の図である。

【 図 5 】 図 1 に記載の投影露光装置内で投影レンズとして使用することができる結像光学ユニットの更に別の実施形態を示す図 2 と類似の図である。

【 図 6 】 図 1 に記載の投影露光装置内で投影レンズとして使用することができる結像光学ユニットの更に別の実施形態を示す図 2 と類似の図である。

20

【 図 7 】 図 1 に記載の投影露光装置内で投影レンズとして使用することができる結像光学ユニットの更に別の実施形態を示す図 2 と類似の図である。

【 図 8 】 図 1 に記載の投影露光装置内で投影レンズとして使用することができる結像光学ユニットの更に別の実施形態を示す図 2 と類似の図である。

【 図 9 】 図 1 に記載の投影露光装置内で投影レンズとして使用することができる結像光学ユニットの更に別の実施形態を示す図 2 と類似の図である。

【 図 1 0 】 図 1 に記載の投影露光装置内で投影レンズとして使用することができる結像光学ユニットの更に別の実施形態を示す図 2 と類似の図である。

【 図 1 1 】 図 1 に記載の投影露光装置内で投影レンズとして使用することができる結像光学ユニットの更に別の実施形態を示す図 2 と類似の図である。

30

【 図 1 2 】 図 1 に記載の投影露光装置内で投影レンズとして使用することができる結像光学ユニットの更に別の実施形態を示す図 2 と類似の図である。

【 図 1 3 】 図 1 に記載の投影露光装置内で投影レンズとして使用することができる結像光学ユニットの更に別の実施形態を示す図 2 と類似の図である。

【 図 1 4 】 図 1 に記載の投影露光装置内で投影レンズとして使用することができ、湾曲視野と物体視野から発する発散主光線とを有する結像光学ユニットの更に別の実施形態を示す図 2 と類似の図である。

【 図 1 5 】 図 1 4 において視線方向 X V から見た図 1 4 に記載の結像光学ユニットの図である。

40

【 図 1 5 A 】 図 1 4 及び図 1 5 に記載の結像光学ユニットのミラーの光学的使用面の縁部輪郭の図である。

【 図 1 6 】 図 1 に記載の投影露光装置内で投影レンズとして使用することができる結像光学ユニットの更に別の実施形態を示す図 2 と類似の図である。

【 図 1 7 】 図 1 6 において視線方向 X V I I から見た図 1 6 に記載の結像光学ユニットの図である。

【 図 1 8 】 図 1 に記載の投影露光装置内で投影レンズとして使用することができる結像光学ユニットの更に別の実施形態を示す図 2 と類似の図である。

【 図 1 9 】 図 1 8 において視線方向 X I X から見た図 1 8 に記載の結像光学ユニットの図である。

50

【図 20】歪像光学ユニットとして構成され、図 1 に記載の投影露光装置内で投影レンズとして使用することができる結像光学ユニットの更に別の実施形態を示す図 2 と類似の図である。

【図 21】図 20 において視線方向 X X I から見た図 20 に記載の結像光学ユニットの図である。

【図 21 A】図 20 及び図 21 に記載の結像光学ユニットのミラーの光学的使用面の縁部輪郭の図である。

【図 22】歪像光学ユニットとして構成され、図 1 に記載の投影露光装置内で投影レンズとして使用することができる結像光学ユニットの更に別の実施形態を示す図 2 と類似の図である。

10

【図 23】図 22 において視線方向 X X I I I から見た図 22 に記載の結像光学ユニットの図である。

【図 24】歪像光学ユニットとして構成され、図 1 に記載の投影露光装置内で投影レンズとして使用することができる結像光学ユニットの更に別の実施形態を示す図 2 と類似の図である。

【図 25】図 24 において視線方向 X X V から見た図 24 に記載の結像光学ユニットの図である。

【図 26】瞳掩蔽のない歪像光学ユニットとして構成され、図 1 に記載の投影露光装置内で投影レンズとして使用することができる結像光学ユニットの更に別の実施形態を示す図 2 と類似の図である。

20

【図 27】図 26 において視線方向 X X V I I から見た図 26 に記載の結像光学ユニットの図である。

【発明を実施するための形態】

【0053】

マイクロリソグラフィ投影露光装置 1 は、照明光又は結像光 3 のための光源 2 を含む。光源 2 は、例えば、5 nm と 30 nm の間、特に 5 nm と 15 nm の間の波長領域の光を生成する E U V 光源である。特に、光源 2 は、13.5 nm の波長を有する光源、又は 6.9 nm の波長を有する光源とすることができる。他の E U V 波長も可能である。一般的に、投影露光装置 1 内で案内される照明光 3 に対して、あらゆる望ましい波長、例えば、可視波長、又は他にマイクロリソグラフィにおいて用途を見出すことができ（例えば、D U V、真空紫外）、適切なレーザ光源及び / 又は L E D 光源が利用可能な他の波長（例えば、365 nm、248 nm、193 nm、157 nm、129 nm、109 nm）も可能である。照明光 3 のビーム経路を図 1 に非常に概略的に描示している。

30

【0054】

照明光学ユニット 6 は、照明光 3 を光源 2 から物体平面 5 の物体視野 4 に案内するように機能する。物体視野 4 は、投影光学ユニット又は結像光学ユニット 7 を用いて、定められた縮小スケールで像平面 9 の像視野 8 に結像される。

【0055】

投影露光装置 1 及び投影光学ユニット 7 の様々な実施形態の説明を簡略化するために、図面内に直交 x y z 座標系を指定し、この座標系から、図内に描示す構成要素の間のそれぞれの位置関係が明らかになる。図 1 では、x 方向は、作図面と垂直に、その中に入り込むように延びている。y 方向は左に、z 方向は上方に延びている。

40

【0056】

物体視野 4 及び像視野 8 は矩形である。これに代えて、物体視野 4 及び像視野 8 を曲げ又は曲率を有するように、すなわち、特に部分環の形態で具現化することも可能である。物体視野 4 及び像視野 8 は、1 よりも大きい x / y アスペクト比を有する。従って、物体視野 4 は、x 方向に長い物体視野寸法を有し、y 方向に短い物体視野寸法を有する。これらの物体視野寸法は、視野座標 x 及び y に沿って延びている。

【0057】

図 2 及びそれ以降に描示す例示的实施形態のうちの 1 つを投影光学ユニット 7 に向けて

50

使用することができる。図2に記載の投影光学ユニット7は、8の縮小率を有する。他の縮小スケール、例えば、4x、5x、又は他に8xよりも大きい縮小スケールも可能である。図2、並びに図5及びそれ以降に記載の実施形態において、投影光学ユニット7における像平面9は、物体平面5と平行に配置される。図1には、物体視野4と一致するレチクルとも呼ぶ反射マスク10の区画を描示している。レチクル10は、レチクルホルダ10aによって担持される。レチクルホルダ10aは、レチクル変位ドライブ10bによって変位される。

【0058】

投影光学ユニット7による結像は、基板ホルダ12によって担持されるウェーハの形態にある基板11の面上に実施される。基板ホルダ12は、ウェーハ変位ドライブ又は基板変位ドライブ12aによって変位される。

10

【0059】

図1には、レチクル10と投影光学ユニット7の間に、投影光学ユニット7に入射する照明光3のビーム13を略示しており、それと同じく投影光学ユニット7と基板11の間に、投影光学ユニット7から射出する照明光3のビーム14を略示している。図1では、投影光学ユニット7の像視野側開口数(NA)を正確な縮尺では再現していない。

【0060】

投影露光装置1は、スキャナタイプ装置である。投影露光装置1の作動中に、レチクル10と基板11の両方がy方向に走査される。基板11の個々の露光間にレチクル10及び基板11のy方向の逐次変位があるステップタイプ投影露光装置1も可能である。これらの変位は、変位ドライブ10b及び12aの適切な作動によって互いに同期される。

20

【0061】

図2は、投影光学ユニットの第1の実施形態7の光学設計を示している。図2には、各々互いから図2のy方向に離間した2つの物体視野点から発する3つの個々の光線15のビーム経路を描示している。主光線16、すなわち、投影光学ユニット7の瞳平面内の瞳の中心を通過して延びる個々の光線15と、各々これらの2つの物体視野点のものである上側及び下側のコマ光線とを描示している。物体視野4から発する主光線16は、物体平面5の法線の間に5.5°の角度CRAOを含む。

【0062】

物体平面5は、像平面9と平行に位置する。

30

【0063】

投影光学ユニット7は、0.45の像側開口数を有する。

【0064】

投影光学ユニット7は、8xの縮小結像スケールを有する。

【0065】

図2に記載の投影光学ユニット7は、物体視野4から発する個々の光線15のビーム経路の順番にM1からM8までの番号が順次振られた合計で8つのミラーを有する。結像光学ユニット7は、異なる個数のミラー、例えば、4つ又は6つのミラーを有することができる。

【0066】

図2は、ミラーM1からM8の計算上の反射面を描示している。図2に記載の図から分るように、これらの計算上の反射面の一部しか使用されない。反射面のうちで実際に使用されるこの領域のみが、現実のミラーM1からM8に存在する。これらの使用反射面は、ミラー本体によってそれ自体公知の方式で担持される。

40

【0067】

図2に記載の投影光学ユニット7では、ミラーM1、M4、M7、及びM8は、法線入射ミラー、すなわち、結像光3が45°よりも小さい入射角で入射するミラーとして具現化される。従って、図2に記載の投影光学ユニット7は、合計で4つの法線入射ミラーM1、M4、M7、及びM8を有する。

【0068】

50

ミラーM2、M3、M5、及びM6は、照明光3のかすめ入射のためのミラー、すなわち、照明光3が60°よりも大きい入射角で入射するミラーである。かすめ入射ミラーM2、M3、及びM5、M6上への結像光3の個々の光線15の典型的な入射角は、80°の領域内にある。全体的に、図2に記載の投影光学ユニット7は、正確に4つのかすめ入射ミラーM2、M3、M5、及びM6を含む。

【0069】

ミラーM2及びM3は、結像光3のビーム経路内で互いに直接前後して配置されるミラー対を形成する。更に、ミラーM5及びM6も、結像光3のビーム経路内で互いに直接前後して配置されるミラー対を形成する。

【0070】

一方でミラー対M2、M3、他方でM5、M6は、これら2つのミラー対のそれぞれのミラーM2、M3、又はM5、M6上での個々の光線15の反射角が加算されるように結像光3を反射する。従って、それぞれのミラー対M2、M3及びM5、M6のそれぞれの第2のミラーM3及びM6は、それぞれの最初のミラーM2、M5によってそれぞれの個々の光線15に対して作用される偏向効果を増幅する。ミラー対M2、M3及びM5、M6のミラーのこの配置は、DE 10 2009 045 096 A1に照明光学ユニットに対して記載されているものに対応する。

【0071】

かすめ入射ミラーM2、M3、M5、及びM6は、各々半径に関して非常に大きい絶対値を有し、すなわち、平面からの比較的小さいずれ (deviation)を有する。従って、これらのかすめ入射ミラーM2、M3、M5、及びM6は、光学屈折力 (光学パワー: optical power)を事実上持たず、すなわち、凹ミラー又は凸ミラーのように全体的なビーム形成効果を有することは事実上ないが、特定の収差補正、特に局所収差補正に寄与する。

【0072】

投影光学ユニット7のミラーの偏向効果を特徴付けるために、以下に続く本文では、それぞれ描述する子午断面に基づいて偏向方向を定める。例えば、図2に記載の子午断面内でそれぞれ入射するビームの方向に見た場合に、それぞれのミラーの時計周り方向の偏向効果、すなわち、右への偏向を略記号「R」で表している。一例として、投影光学ユニット7のミラーM1は、そのような「R」偏向効果を有する。ミラー上に入射するそれぞれのビームの方向から見た場合に、このミラーの反時計周り方向、すなわち、左への偏向効果を略記号「L」で表している。投影光学ユニット7のミラーM2及びM3は、「L」偏向効果に関する例である。 $-1^\circ < f < 1^\circ$ が適用される折り返し角 f を有するミラーの弱い偏向効果又は皆無の偏向効果を略記号「0」で表している。投影光学ユニット7のミラーM7は、「0」偏向効果に関する例である。全体的に、投影光学ユニット7は、ミラーM1からM8に関してRLRLRLRLの偏向効果の順番を有する。

【0073】

原理的に、説明する投影光学ユニットの全ての例示的实施形態は、xz平面と平行に延びる平面に関して鏡像反転させることができ、この場合に、基本的な結像特性が変化しない。しかし、当然ながら、この鏡像反転は偏向効果の順番を変化させ、例えば、投影光学ユニット7から対応する鏡像反転によって出現する投影光学ユニットの場合に、LRLRLRL0Rの順番を有する。

【0074】

偏向効果の選択、すなわち、例えば、ミラーM4上へのそれぞれの入射ビームの方向の選択、及びミラー対M2、M3及びM5、M6の偏向方向の選択は、各々投影光学ユニット7に対して利用可能な設置空間が効率的に使用されるような選択である。

【0075】

ミラーM1からM8は、結像光3に対するミラーM1からM8の反射率を最適化するコーティングを担持する。このコーティングは、ルテニウムコーティング、モリブデンコーティング、又は最上位にルテニウム層を有するモリブデンコーティングとすることができ

10

20

30

40

50

る。かすめ入射ミラー M 2、M 3、M 5、及び M 6 では、例えば、モリブデン又はルテニウムから構成される段を有するコーティングを使用することができる。特に法線入射ミラー M 1、M 4、M 7、及び M 8 のこれらの高反射層は、多段層として具現化することができ、この場合に、連続する層は、異なる材料から生成することができる。交替する材料層を使用することができる。典型的な多段層は、各々モリブデン層とシリコン層とで構成される二重段を 50 枚含むことができる。

【 0 0 7 6 】

投影光学ユニット 7 の全体反射率を計算するために、系伝達率が計算され、この計算は、案内光線、すなわち、中心物体視野点の主光線の入射角に依存する各ミラー面上のミラー反射率を決定し、これらを乗算によって組み合わせて系伝達率を形成するという手順で行われる。

10

【 0 0 7 7 】

ここで、パーセントを単位とするミラー上の反射率 R_M は、次式のように導出される。

$$R_M = c_0 x^4 + c_1 x^3 + c_2 x^2 + c_3 x + c_4,$$

式中の x は、度を単位とするそれぞれの入射角を表している。係数 c_i は、一方で S 偏光に関し、他方で P 偏光に関するそれぞれの係数の平均値として次式から導出される。

$$c_i = \frac{1}{2}(c_{iS-fit} + c_{iP-fit}),$$

20

【 0 0 7 8 】

$60^\circ < x < 88^\circ$ の間の入射角度範囲では、ルテニウム層に対して下表の係数が導出され、これらの係数により、この層は、かすめ入射角の下での入射を受ける。

	c0	c1	c2	c3	C4
S-Fit	0	$1.59347283 \times 10^{-3}$	$-4.06503596 \times 10^{-1}$	3.56423129×10^1	-9.76664971×10^2
P-Fit	0	$1.88179657 \times 10^{-3}$	$-4.79626971 \times 10^{-1}$	4.20429269×10^1	-1.17059654×10^3

30

【 0 0 7 9 】

N I ミラーに対して、すなわち、垂直入射の領域内では、モリブデン / シリコン多段積層体に対して下表が導出される。

	c0	c1	c2	c3	C4
S-Fit	$2.89135870 \times 10^{-6}$	$-3.90173053 \times 10^{-4}$	$1.04448085 \times 10^{-2}$	$-2.65742974 \times 10^{-2}$	6.66009436×10^1
P-Fit	$2.05886567 \times 10^{-5}$	$5.79240629 \times 10^{-4}$	$-3.37849733 \times 10^{-2}$	$3.92206533 \times 10^{-2}$	6.65307365×10^1

40

【 0 0 8 0 】

G I ミラー（かすめ入射ミラー）上での反射に関する更に別の情報は、WO 2012 / 126867 A に見出される。N I ミラー（法線入射ミラー）の反射率に関する更に別の情報は、DE 101 55 711 A に見出される。

【 0 0 8 1 】

50

投影光学ユニット7の全てのミラーM1からM8の反射率の積として導出される投影光学ユニット7の全体反射率又は系伝達率は、 $R = 10.43\%$ である。

【0082】

ミラーM8、すなわち、結像ビーム経路内で像視野8の前にある最後のミラーは、最後から3番目のミラーM6から最後から2番目のミラーM7に反射される結像光3が通過するための通過開口部17を有する。ミラーM8は、通過開口部17の周りで反射する方式に使用される。他のミラーM1からM7のうちのいかなるものも通過開口部を持たず、これらのミラーは、隙のない連続領域内で反射する方式に使用される。

【0083】

ミラーM1からM8は、回転対称関数によって表すことができない自由曲面として具現化される。ミラーM1からM8のうちの少なくとも1つが回転対称非球面として具現化される投影光学ユニット7の他の実施形態も可能である。全てのミラーM1からM8をそのような非球面として具現化することも可能である。

【0084】

自由曲面は、以下の自由曲面方程式(式1)によって表すことができる。

$$Z = \frac{c_x x^2 + c_y y^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + k_x)(c_x x)^2 - (1 + k_y)(c_y y)^2}}$$

$$+ C_1 x + C_2 y$$

$$+ C_3 x^2 + C_4 xy + C_5 y^2$$

$$+ C_6 x^3 + \dots + C_9 y^3$$

$$+ C_{10} x^4 + \dots + C_{12} x^2 y^2 + \dots + C_{14} y^4$$

$$+ C_{15} x^5 + \dots + C_{20} y^5$$

$$+ C_{21} x^6 + \dots + C_{24} x^3 y^3 + \dots + C_{27} y^6$$

$$+ \dots$$

(1)

【0085】

上式(1)のパラメータに対して、以下が適用される。

【0086】

Zは、 $x^2 + y^2 = r^2$ が成り立つ点x, yにおける自由曲面のサグである。式中のrは、自由曲面方程式の基準軸($x = 0$; $y = 0$)からの距離である。

【0087】

自由曲面方程式(1)では、 C_1 、 C_2 、 C_3 、...は、x及びyのべき乗での自由曲面級数展開の係数を表している。

【0088】

円錐底面の場合に、 c_x 、 c_y は、対応する非球面の頂点曲率に対応する定数である。従って、 $c_x = 1/R_x$ 及び $c_y = 1/R_y$ が成り立つ。式中の k_x 及び k_y の各々は、対応する非球面の円錐定数に対応する。従って、式(1)は、二重円錐自由曲面を表している。

【0089】

別の可能な自由曲面は、回転対称基準面から生成することができる。マイクロリソグラフィ投影露光装置の投影光学ユニットのミラーの反射面のためのそのような自由曲面は、US 2007-0058269 A1から公知である。

【0090】

10

20

30

40

50

これに代えて、自由曲面は、2次元スプライン面を用いて表すことができる。これに関する例は、ベジェ曲面又は不均一有理基底スプライン(NURBS)である。一例として、2次元スプライン面は、 x y 平面内の点の格子とそれに関連付けられる z 値とにより、又はこれらの点とそれに関連付けられる勾配とによって表すことができる。スプライン面のそれぞれのタイプに基づいて、例えば、スプライン面の連続性及び微分可能性に関して特定の性質を有する多項式又は関数を用いた格子点の間の内挿によって完全な面が得られる。これに関する例は、解析関数である。

【0091】

投影光学ユニット7のミラーM1からM8の反射面の光学設計データを以下に続く表から収集することができる。これらの光学設計データは、各々像平面9から進み、すなわち

10

【0092】

これらの表のうちの最初は、投影光学ユニット7の設計データの概要を提供し、開口数NA、結像光に対して計算した設計波長、像視野の x 方向及び y 方向の寸法、像視野曲率、並びに絞りの場所を要約している。この曲率は、視野の曲率半径の逆数として定められる。

【0093】

これらの表のうちの第2のものは、光学構成要素の光学面に関する頂点半径(Radius_x = R_x 、Radius_y = R_y)及び屈折力値(Power_x、Power_y)を指定している。半径に関する負の値は、頂点での表面法線とそれぞれの曲率方向(x , y)とによって張られる着目平面(xz , yz)によるそれぞれの面の断面内で入射照明光3に向く凹曲線を意味する。2つの半径Radius_x、Radius_yは、異なる符号を明示的に有することができる。

20

【0094】

各光学面における頂点は、物体視野中心から像視野8に対称面 $x = 0$ 、すなわち、図2の作図面(子午平面)に沿って延びる案内光線の入射点として定められる。

【0095】

頂点での屈折力Power_x(P_x)、Power_y(P_y)は、次式のように定められる。

30

$$P_x = - \frac{2 \cos AOI}{R_x}$$

$$P_y = - \frac{2}{R_y \cos AOI}$$

式中のAOIは、表面法線に対する案内光線の入射角を表している。

【0096】

3番目の表は、ミラーM1からM8に対してmmを単位として円錐定数 k_x 及び k_y 、頂点半径 R_x (=Radius_x)、及び自由曲面係数 C_n を指定している。表内に見当たらない係数 C_n は、各々0の値を有する。

40

【0097】

4番目の表は、それぞれのミラーが、基準面から進んで y 方向に偏心(DCY)され、 z 方向に変位(DCZ)及び傾斜(TLA、TLC)された大きさを更に指定している。これは、自由曲面設計法を実施するときの平行変位及び傾斜に対応する。この場合に、変位は、 y 方向と z 方向とにmm単位に実施したものであり、傾斜は、 x 軸周りと z 軸周りとに実施したものである。この場合に、傾斜角を度を単位として指定している。最初に偏心が実施され、その後に傾斜が続く。偏心する際の基準面は、各々指定している光学設計データの最初の面である。物体視野4に対しても y 方向及び z 方向の偏心を指定している

50

。4番目の表は、個々のミラーに割り当てられた面に加えて、像平面を最初の面として、物体平面を最後の面として列記し、時に絞り面（「絞り」で表す）を列記している。

【0098】

5番目の表は、ミラーM8からM1の伝達率データ、すなわち、それぞれのミラー上に中心で入射する照明光線の入射角に対するこれらのミラーの反射率を更に指定している。全伝達率を投影光学ユニット内の全てのミラーでの反射の後に残る強度の入射強度からの比率として指定している。

【0099】

6番目の表は、絞り（面M8）の縁部を多角形鎖として局所xyz座標で指定している。この絞りは、ミラーM8の場所に配置される。絞りは、上述のように偏心及び傾斜される。

10

例示的实施形態		図2
NA		0.45
波長		13.5 nm
視野寸法x		13.0 mm
視野寸法y		0.784 mm
視野曲率		0.0 1/mm
絞り		M8

図2に対する表1

20

Surface	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Operating mode
M8	-837.70881927	0.00236862	-757.27364908	0.00266207	REFL
M7	2488.10131627	-0.00080383	283.66314157	-0.00705062	REFL
M6	4560.51860808	-0.00007268	18476.28162004	-0.00065317	REFL
M5	-2531.38864214	0.00014365	-103076.57144805	0.00010672	REFL
M4	-2528.42598018	0.00077816	-1442.81510027	0.00140906	REFL
M3	-3050.65046824	0.00012933	34435.31193357	-0.00029442	REFL
M2	-194394.06397033	0.00000156	-40926.79441369	0.00032129	REFL
M1	10833.49940461	-0.00017328	-2578.14093233	0.00082650	REFL

（左から、面，半径__x，屈折力__x，半径__y，屈折力__y，作動モード。REFLは「反射」）

30

図2に対する表2

Coefficient	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-837.70881930	2488.10131600	4560.51860800

Coefficient	M8	M7	M6	
C7	-9.0132308e-09	1.11394243e-06	1.59114264e-07	
C9	-1.00251209e-09	2.8860992e-07	5.59843391e-09	
C10	-8.87226228e-12	1.18917173e-09	3.83909581e-10	
C12	-5.08519375e-11	5.23800849e-09	2.11857784e-10	
C14	-1.88200773e-11	1.0734105e-08	1.39463766e-11	
C16	8.82521632e-15	3.75808998e-12	1.70877645e-12	
C18	-4.19864966e-15	1.85595295e-11	2.66118623e-13	
C20	-2.11360234e-16	-1.72133449e-11	-5.17043474e-14	
C21	-3.19874264e-17	3.00011227e-15	9.63300464e-16	10
C23	-1.22217908e-16	4.11542089e-14	4.38089836e-15	
C25	-1.30026191e-16	1.11642164e-13	1.61278968e-15	
C27	-3.67400697e-17	3.22598292e-13	1.26838989e-16	
C29	1.14026692e-20	2.92869138e-17	6.77960834e-18	
C31	1.0918839e-20	1.69415114e-16	-5.39777251e-19	
C33	-3.04462195e-21	4.33073361e-16	7.8861342e-19	
C35	1.02259135e-22	-7.37362073e-16	8.03098684e-19	
C36	-5.63440362e-23	1.44942891e-20	-3.90732961e-21	
C38	-2.66622412e-22	3.05621193e-19	5.15318073e-20	
C40	-4.32156525e-22	1.34609812e-18	-9.54272183e-21	
C42	-2.89279412e-22	2.45287597e-18	-1.70492308e-20	
C44	-5.99684085e-23	2.12868884e-18	-9.72311004e-22	20
C46	1.18076072e-26	2.0799062e-22	1.45427907e-22	
C48	3.74881822e-26	2.68414652e-21	4.40689789e-22	
C50	1.18386812e-26	5.8670912e-21	2.04987221e-22	
C52	-1.00050188e-26	-2.33431824e-20	-7.75365541e-24	
C54	-2.93462929e-27	-9.59894302e-20	-3.00655786e-24	
C55	-7.12926517e-29	3.05798066e-25	2.33655571e-25	
C57	-3.54266327e-28	2.94896726e-24	7.55277402e-25	
C59	-7.81684172e-28	2.54027973e-23	1.26094736e-24	
C61	-8.38095482e-28	8.05342131e-23	6.93792966e-25	
C63	-4.13760156e-28	1.24219439e-22	9.28250781e-26	30
C65	-7.30815611e-29	4.10221778e-22	5.47302487e-27	
C67	1.94837068e-32	0	0	
C69	1.1397448e-31	0	0	
C71	1.34382689e-31	0	0	
C73	7.55966183e-32	0	0	
C75	1.56253375e-32	0	0	
C77	6.40963088e-33	0	0	
C78	-2.56297737e-34	0	0	
C80	-1.60836013e-33	0	0	
C82	-4.69716941e-33	0	0	
C84	-7.07121378e-33	0	0	
C86	-5.64664272e-33	0	0	40
C88	-2.27265225e-33	0	0	
C90	-3.58207435e-34	0	0	

図 2 に対する表 3 a

Coefficient	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-2531.38864200	-2528.42598000	-3050.65046800

Coefficient	M5	M4	M3	
C7	1.72781637e-07	5.8018765e-08	-1.17466046e-07	
C9	2.14254527e-08	8.64375408e-09	9.52322648e-09	
C10	1.91545596e-10	-1.94203172e-11	6.38336565e-11	
C12	-1.30545965e-10	7.93780161e-11	-6.09437242e-11	
C14	2.29647138e-11	-4.96311207e-10	-8.46825762e-11	
C16	-2.76920045e-13	-4.9519671e-14	2.46570227e-13	
C18	6.31392082e-14	1.46606283e-12	1.83720452e-13	
C20	5.5820243e-14	1.34097025e-11	-5.79539787e-14	
C21	-7.00730308e-18	8.53806243e-18	-1.75797003e-16	
C23	3.41967082e-16	-9.95579358e-16	6.08596054e-16	
C25	-7.70078483e-17	-1.1212914e-14	3.41532358e-16	10
C27	1.30566647e-16	-5.35527612e-14	9.88490631e-17	
C29	1.16112452e-19	2.57671697e-19	-1.20254031e-18	
C31	-1.62253585e-19	-3.25217486e-18	6.21318065e-19	
C33	-1.22964972e-19	-2.40795277e-16	1.66737236e-19	
C35	1.96436668e-19	-4.04068886e-15	1.33042899e-18	
C36	5.2349042e-22	-3.5496978e-23	6.42079101e-22	
C38	-3.65302727e-22	1.66117198e-21	-2.85312334e-21	
C40	6.2340516e-23	3.47327568e-20	-6.3375684e-22	
C42	9.80519303e-22	-1.2946755e-18	-2.67858747e-21	
C44	-7.581399e-22	-4.6332565e-17	1.89160718e-21	20
C46	-2.8051662e-24	-2.53096392e-25	2.79819801e-24	
C48	-8.01335569e-25	3.13587836e-24	-1.95559965e-24	
C50	-2.19615172e-24	5.29262773e-22	-3.25009825e-24	
C52	2.6523186e-24	8.72077688e-21	-1.69895932e-23	
C54	-3.17905172e-24	-1.40950195e-19	-1.24591949e-23	
C55	1.31200881e-28	6.31299438e-31	2.44903332e-28	
C57	6.46975253e-27	-1.44337304e-27	5.45604256e-27	
C59	4.4689247e-27	-9.7439448e-26	2.50408571e-27	
C61	-1.34855282e-27	-4.38554687e-25	-5.44576542e-27	
C63	-6.32570305e-27	4.90510476e-23	-3.43807004e-26	
C65	-2.36233819e-27	1.11019478e-22	-3.46588884e-26	

図 2 に対する表 3 b

30

Coefficient	M2	M1	
KY	0.00000000	0.00000000	
KX	0.00000000	0.00000000	
RX	-194394.06400000	10833.49940000	
C7	-8.67070075e-09	1.48981967e-09	
C9	-1.03403364e-08	4.14892815e-09	
C10	-8.56886085e-11	3.38149986e-11	
C12	-2.01940344e-11	3.90955095e-11	
C14	-7.15883437e-12	1.45830047e-11	40
C16	-9.60210917e-14	-6.21111216e-14	
C18	-2.38815926e-14	9.39500532e-14	
C20	-6.65065222e-16	1.68138883e-13	
C21	-2.55749187e-16	1.57821571e-17	
C23	-1.09151386e-16	-3.38914384e-17	
C25	-1.97294475e-17	7.9460803e-18	
C27	5.70404899e-18	1.16530683e-15	
C29	1.06431723e-19	5.16374316e-19	
C31	-1.64115075e-19	-1.22836084e-19	

Coefficient	M2	M1
C33	-1.35411374e-20	-1.90495661e-18
C35	7.628521e-21	4.76002684e-18
C36	7.25331258e-22	1.07417031e-21
C38	-4.73496575e-22	4.76896118e-22
C40	-2.11297656e-22	-1.10250035e-21
C42	-1.02753056e-23	-8.66116391e-21
C44	5.07988503e-24	-1.22722218e-20
C46	-9.35932524e-25	-6.27142618e-24
C48	-2.7783366e-25	-8.01178971e-24
C50	-1.59026041e-25	-3.05243873e-23
C52	-6.53452661e-27	2.93392122e-23
C54	1.824705e-27	-8.82506065e-23
C55	2.29320351e-27	-6.20705864e-26
C57	4.07644119e-27	-1.36210254e-26
C59	-1.98759397e-28	-6.17708439e-26
C61	-4.48732119e-29	-1.10303922e-25
C63	-1.85722793e-30	1.36969417e-25
C65	2.81372879e-31	-1.05691239e-25

10

図 2 に対する表 3 c

Surface	DCX	DCY	DCZ
Image plane	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	0.00000000	724.00020000
M7	0.00000000	-156.29867133	95.23660203
M6	0.00000000	69.24296301	1002.51687199
M5	0.00000000	376.70486973	1458.55105482
M4	0.00000000	768.07202185	1679.06041506
M3	0.00000000	-418.87445828	1388.75512246
M2	-0.00000000	-951.87794696	999.51576030
M1	-0.00000000	-1732.87150302	29.24804987
Object plane	-0.00000000	-1870.89265468	1987.57585464

20

(左端列 (面) 、上から像平面、 M 8 , M 7 , M 6 , M 5 , M 4 , M 3 , M 2 , M 1 , 物体平面)

30

図 2 に対する表 4 a

Surface	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
Image plane	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M8	-7.20360764	0.00000000	-0.00000000
M7	164.56899679	0.00000000	-0.00000000
M6	66.01183481	-0.00000000	180.00000000
M5	46.01183481	0.00000000	0.00000000
M4	-66.46601090	0.00000000	-0.00000000
M3	26.13973836	-0.00000000	180.00000000
M2	46.13973836	0.00000000	-0.00000000
M1	164.11964399	0.00000000	0.00000000
Object plane	0.00000000	0.00000000	0.00000000

40

(左端列 (面) 、上から像平面、 M 8 , M 7 , M 6 , M 5 , M 4 , M 3 , M 2 , M 1 , 物体平面)

図 2 に対する表 4 b

Surface	Angle of incidence [deg]	Reflectivity
M8	7.20360764	0.66017316
M7	0.00000627	0.66565840
M6	80.46059205	0.88430204

Surface	Angle of incidence [deg]	Reflectivity	
M5	79.52462332	0.87198912	10
M4	10.34002306	0.65386862	
M3	78.62259485	0.85965098	
M2	81.25157420	0.89438137	
M1	20.18260294	0.61248770	
Overall transmission		0.1043	

(上端行、左から面，入射角（度），反射率。左端列（面）、上から M 8，M 7，M 6，M 5，M 4，M 3，M 2，M 1，全伝達)

図 2 に対する表 5

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]	
0.00000000	320.37449215	-71.38743287	20
48.36574379	316.80745936	-71.27476399	
95.79913948	306.15249000	-70.94768730	
141.36313519	288.55110075	-70.43891500	
184.11362993	264.24936742	-69.80243066	
223.10205565	233.61232523	-69.11179911	30
257.38560926	197.14179980	-68.45633706	
286.04752607	155.49451794	-67.93434999	
308.22857191	109.49597859	-67.64324197	
323.16872022	60.14481518	-67.66726101	
330.25516914	8.60292360	-68.06468586	
329.07035438	-43.83122398	-68.85697088	
319.43251774	-95.76530795	-70.02235741	
301.42236387	-145.76769643	-71.49560404	
275.39215543	-192.42726762	-73.17404386	
241.95716406	-234.41168219	-74.92871123	
201.97236169	-270.51874890	-76.61837302	
156.49875437	-299.71790154	-78.10418339	
106.76380494	-321.18109072	-79.26314903	
54.11946362	-334.30400997	-79.99924341	
0.00000000	-338.71937192	-80.25155891	

-54.11946362	-334.30400997	-79.99924341
-106.76380494	-321.18109072	-79.26314903
-156.49875437	-299.71790154	-78.10418339
-201.97236169	-270.51874890	-76.61837302
-241.95716406	-234.41168219	-74.92871123
-275.39215543	-192.42726762	-73.17404386
-301.42236387	-145.76769643	-71.49560404
-319.43251774	-95.76530795	-70.02235741
-329.07035438	-43.83122398	-68.85697088
-330.25516914	8.60292360	-68.06468586
-323.16872022	60.14481518	-67.66726101
-308.22857191	109.49597859	-67.64324197
-286.04752607	155.49451794	-67.93434999
-257.38560926	197.14179980	-68.45633706
-223.10205565	233.61232523	-69.11179911
-184.11362993	264.24936742	-69.80243066
-141.36313519	288.55110075	-70.43891500
-95.79913948	306.15249000	-70.94768730
-48.36574379	316.80745936	-71.27476399

10

図 2 に対する表 6

【 0 1 0 0 】

投影光学ユニット 7 の全体反射率は 1 0 . 4 3 % である。

20

【 0 1 0 1 】

ミラー M 1 から M 7 は、自由曲面展開が最大で x 及び y の 1 0 乗に至る自由曲面である。ミラー M 8 では、この展開は、x 及び y の 1 2 乗まで続く。

【 0 1 0 2 】

上記の表の傾斜値によって明らかになるように、非球面ミラーの回転対称軸は、総じて像平面 9 の法線に対して傾斜される。

【 0 1 0 3 】

ミラー M 1、M 2、M 4、M 5、及び M 8 は、半径に関して負の値を有し、すなわち、原理的に凹ミラーである。ミラー M 3、M 6、及び M 7 は、半径に関して正の値を有し、すなわち、原理的に凸ミラーである。ミラー M 2、M 3、M 5、及び M 6 は、非常に大きい絶対半径を有し、すなわち、平面反射面からの僅かな偏位しか引き起こさない。

30

【 0 1 0 4 】

像視野 8 は、2 x 6 . 5 mm の x 広がりと 1 mm の y 広がりとを有する。投影光学ユニット 7 は、1 3 . 5 nm の照明光 3 の作動波長に対して最適化される。

【 0 1 0 5 】

ミラー M 2 と M 3 との間の結像光 3 のビーム経路内には最初の瞳平面 1 8 が配置される。図 2 に略示しているものとは異なり、最初の瞳平面 1 8 は、中心視野点の主光線に対して傾斜され、すなわち、この主光線との間に $\neq 90^\circ$ の角度を含む。ミラー M 2 と M 3 との間の瞳平面 1 8 の領域内では、結像光 3 の全体ビームが全て横からアクセス可能である。従って瞳平面 1 8 の領域内には開口絞りを配置することができる。以下に続く本文では、この絞りを参照符号 1 8 によっても表す。これに代えて又はこれに加えて、図 2 に対する表 6 に関連して上記に説明したように、この絞りをミラー M 8 上に配置することもできる。

40

【 0 1 0 6 】

像側で視野中心点に向かって、完全な像側テレセントリック開口を有する絞り面の方向に伝播する照明光 3 の全ての光線の絞り面上の交点から、絞りの絞り面の縁部（図 2 に対する表 6 も参照されたい）が導出される。絞り 1 8 が開口絞りとして具現化される場合には、縁部は内側縁部である。

【 0 1 0 7 】

絞り 1 8 は、平面内に位置し、又はそれ以外に 3 次元実施形態を有することができる。

50

絞り 18 の広がり、走査直交方向 (x) よりも走査方向 (y) に小さいものとしてすることができる。

【0108】

ミラー M3 と M4 との間の結像ビーム経路内に、投影光学ユニット 7 の中間像 19 が配置される。

【0109】

ミラー M7 と M8 との間の結像光 3 の反射領域内に、投影光学ユニット 7 の更に別の瞳平面が配置される。ミラー M7 及び M8 の領域内で結像ビーム経路内の 2 つの位置に、一方で x 寸法に対し、もう一方で y 方向に対する開口絞りを分散して配置することができ、例えば、ミラー M8 上で主として y 寸法に沿って制限を与え、ミラー M7 上で主として x 寸法に沿って制限を与えるための開口絞りが存在することが可能である。

10

【0110】

投影光学ユニット 7 の z 方向の設置長さ、すなわち、物体平面 5 と像平面 9 との間の距離は約 2000 mm である。ミラー M8 は、650 mm の領域内にある直径を有する。中心物体視野点と中心像視野点との間の y 距離 d_{OIS} は 1870 mm である。

【0111】

投影光学ユニット 7 は、 $5\text{ m}\lambda$ 弱から $10\text{ m}\lambda$ までの波面収差の走査 RMS 値を有する。投影光学ユニット 7 の歪曲は、 0.12 nm よりも小さい。像視野 8 にわたって x 方向に測定した投影光学ユニット 7 のテレセントリック度値は、 6 mrad よりも小さい。像視野 8 にわたって y 方向に測定した投影光学ユニット 7 のテレセントリック度値は、 0.4 mrad よりも小さい。

20

【0112】

投影光学ユニット 7 は、像側でほぼテレセントリックである。

【0113】

像視野に最も近いミラー M7 と像視野 8 との間の作動距離は 78 mm である。

【0114】

通過開口部 17 に起因して開口数の 15% 未満が掩蔽される。掩蔽縁部は、絞り 18 に関連して上記に説明したように絞り縁部が構築される手法と同様に構築される。掩蔽絞りとして具現化される場合には、縁部は、絞りの外側縁部である。投影光学ユニット 7 の系瞳内では、掩蔽に起因して照明することができない面は、系瞳全体の面の 0.15^2 よりも小さい。系瞳の内部の非照明面は、y 方向とは異なる広がりを x 方向に有することができる。系瞳内の非照明面は、円形、楕円形、正方形、又は矩形とすることができる。更に、系瞳内で照明することができないこの面は、系瞳の中心に対して x 方向及び / 又は y 方向に偏心させることができる。

30

【0115】

図 1 に記載の投影露光装置 1 において投影光学ユニット 7 の代わりに用いることができる投影光学ユニットの更に別の実施形態 20 を図 3 に基づいて以下に続く本文で説明する。図 1 及び図 2 の状況で上記に既に説明した構成要素及び機能を適宜同じ参照符号で表しており、これらについて再度詳細に解説することはしない。

【0116】

ミラー M1 から M6 は、前と同様に、上記に明示した自由曲面方程式 (1) が当てはまる自由曲面ミラーとして具現化される。投影光学ユニット 20 の光学設計データは、それらの設計に関して図 2 に記載の投影光学ユニット 7 に対する表に対応する以下に続く表から収集することができる。

40

例示の実施形態	図3
NA	0.45
波長	13.5 nm
視野寸法x	13.0 mm
視野寸法y	0.784 mm
像視野曲率	0.0 1/mm
絞り	M6

図 3 に対する表 1

Surface	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Operating mode
M6	-1404.14350601	0.00142436	-1309.12297977	0.00152774	REFL
M5	5382.39322209	-0.00037158	2573.23597524	-0.00077723	REFL
M4	1869.70984553	-0.00105007	1245.12728595	-0.00163626	REFL
M3	-5275.63794156	0.00036040	-2876.86701766	0.00073127	REFL
M2	-16708.20815149	0.00002889	117297.48607361	-0.00007065	REFL
M1	-39723.46084447	0.00000889	-59894.00868988	0.00018903	REFL

(左から、面，半径__x，屈折力__x，半径__y，屈折力__y，作動モード。R E F L は「反射」)

図 3 に対する表 2

Coefficient	M6	M5	M4
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-1404.14350600	5382.39322200	1869.70984600
C7	2.03330045e-08	2.3344482e-07	7.23054695e-07
C9	4.65863782e-09	1.18051932e-07	1.24097017e-06
C10	-7.84668249e-12	1.62577951e-10	1.87744351e-10
C12	-1.7637487e-11	5.87834308e-10	8.29505595e-10
C14	-6.18838343e-12	2.5617744e-10	3.12998874e-09
C16	9.06006234e-15	2.50004118e-13	9.06901063e-13
C18	1.02692539e-14	4.14837589e-13	1.32517565e-12
C20	4.29131815e-15	2.84090337e-13	1.73975885e-11
C21	-5.55421623e-18	1.40965954e-16	5.47388002e-16
C23	-1.88026398e-17	9.40416055e-16	1.58311459e-15
C25	-1.54749472e-17	8.25709315e-16	2.17853503e-14
C27	-4.79448181e-18	5.01235176e-16	8.48825036e-14
C29	4.15266197e-21	3.91907237e-19	2.95779995e-18
C31	8.9008726e-21	1.24932564e-18	-9.00584397e-18
C33	8.90593911e-21	1.73719878e-18	1.70412678e-16
C35	3.09195946e-21	9.75392684e-19	3.3318325e-16
C36	-3.35220532e-24	1.95464646e-22	-2.10907241e-21
C38	-1.54416412e-23	1.95489479e-21	-3.54137492e-20
C40	-2.0112602e-23	2.59845192e-21	7.5377104e-20
C42	-1.26210611e-23	3.18819744e-21	1.25792108e-18
C44	-3.17245779e-24	1.20046993e-21	2.21018136e-18
C46	2.57983572e-27	1.17913803e-24	-1.59573436e-23
C48	9.18263006e-27	6.27728863e-24	7.54265613e-23

C50	1.41039202e-26	1.17489615e-23	3.92042663e-21
C52	6.68942097e-27	5.23414869e-24	9.85615328e-21
C54	1.98073687e-28	-3.40518909e-24	1.56979448e-20
C55	-1.54418379e-30	2.82069597e-28	7.73972202e-26
C57	-7.38488366e-30	4.3385682e-27	1.18049046e-24
C59	-1.24334052e-29	1.31986693e-26	7.47854689e-24
C61	-1.45721166e-29	2.79892262e-26	2.8778736e-23
C63	-8.46049004e-30	1.43392203e-26	4.2065804e-23
C65	-1.46997251e-30	2.39797376e-27	5.84041106e-23
C67	1.37077767e-33	0	0
C69	5.96198912e-33	0	0
C71	1.01109499e-32	0	0
C73	6.86378346e-33	0	0
C75	1.49095714e-33	0	0
C77	-9.91986177e-34	0	0
C78	-1.55332549e-36	0	0
C80	-1.18750127e-35	0	0
C82	-3.4522721e-35	0	0
C84	-4.95083176e-35	0	0
C86	-3.9770171e-35	0	0
C88	-1.77881031e-35	0	0
C90	-4.7556972e-36	0	0

10

図 3 に対する表 3 a

20

Coefficient	M3	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-5275.63794200	-16708.20815000	-39723.46084000
C7	8.64742859e-08	-8.48534383e-09	-2.08763509e-08
C9	3.58476501e-07	3.56008272e-08	4.00254821e-09
C10	-9.89224446e-12	7.79106894e-12	6.10160158e-12
C12	1.89327581e-10	-3.72471221e-11	2.5509318e-11
C14	-2.20258778e-11	8.74900994e-12	-2.0034758e-12
C16	3.36193204e-14	-9.31983872e-15	-3.37582455e-14
C18	-2.12152315e-14	-1.05001591e-14	-2.60298094e-15
C20	1.59066226e-12	4.18135526e-14	1.5188487e-14
C21	-3.57227533e-17	2.48094952e-16	-2.46535966e-18
C23	3.58646429e-16	-5.00075703e-16	4.78079643e-16
C25	-1.15198491e-15	4.51130937e-17	-3.26758719e-17
C27	2.69000089e-15	-9.86544399e-17	1.98569101e-17
C29	2.41625825e-19	9.76505015e-19	-7.87248278e-19
C31	-2.87191946e-18	-2.8203702e-19	-2.06138283e-19
C33	6.65153055e-18	5.40607111e-19	7.02649602e-19
C35	-5.72207985e-19	2.31901108e-19	-1.87549676e-19
C36	6.83729655e-22	-1.00234103e-20	-8.03851852e-20
C38	1.73175943e-21	1.71755837e-21	1.11388044e-20
C40	-2.72288684e-20	1.22332554e-20	-1.96231837e-20

30

40

C42	-2.97819086e-21	-1.20581608e-21	1.6679562e-22	10
C44	-6.38720395e-20	-5.106798e-22	6.16920305e-22	
C46	-5.68914983e-24	-5.45078584e-23	2.3674629e-22	
C48	-2.84889707e-23	-6.64895561e-23	-3.49242868e-22	
C50	3.83000613e-23	-4.29346478e-23	-1.19854415e-24	
C52	-4.35843617e-22	-4.88783101e-24	-2.79173067e-24	
C54	-3.75443641e-22	5.45348307e-25	-3.58898078e-24	
C55	-1.91069212e-26	5.17580849e-25	1.20339e-23	
C57	-1.72210512e-25	7.20583842e-25	-3.2258403e-24	
C59	-1.79738954e-25	1.20881577e-25	1.09042629e-24	
C61	4.86608652e-25	5.18691604e-26	-1.64197128e-26	
C63	-1.43412851e-24	1.31385226e-26	-2.52495238e-26	
C65	-1.41254772e-24	1.87401871e-28	9.47040406e-27	

図 3 に対する表 3 b

Surface	DCX	DCY	DCZ	20
Image plane	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
M6	0.00000000	0.00000000	1074.41519438	
M5	0.00000000	0.00000000	99.48354955	
M4	0.00000000	-18.05249415	1035.70751868	
M3	0.00000000	354.51020937	138.41973030	
M2	0.00000000	583.20780276	1031.25041556	
M1	0.00000000	480.41270702	1449.24921820	
Object plane	0.00000000	285.24003154	1740.57897606	

(左端列 (面) 、 上から像平面、 M 6 , M 5 , M 4 , M 3 , M 2 , M 1 , 物体平面)

図 3 に対する表 4 a

Surface	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]	30
Image plane	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000	
M6	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000	
M5	180.10113984	0.00000000	-0.00000000	
M4	10.44914510	0.00000000	-0.00000000	
M3	183.92725161	0.00000000	-0.00000000	
M2	-90.00000000	0.00000000	-0.00000000	
M1	-65.87304931	0.00000000	-0.00000000	
Object plane	219.81806502	0.00000000	-0.00000000	

図 3 に対する表 4 b

Surface	AOI[deg]	Reflectivity	40
M6	0.00000000	0.66565840	
M5	0.10113984	0.66566360	
M4	10.98797784	0.65222749	
M3	18.06949355	0.62484145	
M2	76.03503185	0.82099428	
M1	79.82551612	0.87599782	
Overall transmission		0.1299	

(上端行、左から面 , A O I (度) , 反射率。左端列 (面) 、 上から M 6 , M 5 , M 4 , M 3 , M 2 , M 1 , 全伝達。)

図 3 に対する表 5

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]	
0.00000000	492.97220996	-96.10794925	
77.13108081	486.98647828	-95.94002807	
152.43816471	469.15642998	-95.45692466	
224.12261559	439.86539988	-94.71825918	
290.44072269	399.75735967	-93.81572137	
349.74050124	349.74050124	-92.86218695	
400.50664890	290.98511318	-91.97772489	
441.41186799	224.91058045	-91.27386447	
471.36993312	153.15737548	-90.83815133	
489.58364884	77.54243221	-90.72167600	10
495.58014901	0.00000000	-90.93247362	
489.22770728	-77.48605661	-91.43684982	
470.73236324	-152.95021647	-92.16852700	
440.61763177	-224.50589688	-93.04283923	
399.69380564	-290.39454798	-93.97161858	
349.02334931	-349.02334931	-94.87488676	
289.88633185	-398.99430615	-95.68748150	
223.74683115	-439.12788139	-96.36090853	
152.21937846	-468.48307512	-96.86197052	
77.03412861	-486.37434617	-97.16995149	20
0.00000000	-492.38475170	-97.27376481	
-77.03412861	-486.37434617	-97.16995149	
-152.21937846	-468.48307512	-96.86197052	
-223.74683115	-439.12788139	-96.36090853	
-289.88633185	-398.99430615	-95.68748150	
-349.02334931	-349.02334931	-94.87488676	
-399.69380564	-290.39454798	-93.97161858	
-440.61763177	-224.50589688	-93.04283923	
-470.73236324	-152.95021647	-92.16852700	30
-489.22770728	-77.48605661	-91.43684982	
-495.58014901	-0.00000000	-90.93247362	
-489.58364884	77.54243221	-90.72167600	
-471.36993312	153.15737548	-90.83815133	
-441.41186799	224.91058045	-91.27386447	
-400.50664890	290.98511318	-91.97772489	
-349.74050124	349.74050124	-92.86218695	
-290.44072269	399.75735967	-93.81572137	
-224.12261559	439.86539988	-94.71825918	
-152.43816471	469.15642998	-95.45692466	40
-77.13108081	486.98647828	-95.94002807	

図 3 に対する表 6

【 0 1 1 7 】

投影光学ユニット 2 0 の全体反射率は 1 2 . 9 9 % である。

【 0 1 1 8 】

投影光学ユニット 2 0 は、0 . 4 5 の像側開口数を有する。像視野 8 は、2 × 6 . 5 m m の x 広がり と 1 m m の y 広がり とを有する。投影光学ユニット 2 0 は、1 3 . 5 n m の照明光 3 の作動波長に対して最適化される。

【 0 1 1 9 】

投影光学ユニット 2 0 は、8 × の縮小結像スケール ($\beta = 8$) を有する。

【 0 1 2 0 】

投影光学ユニット 20 は、正確に 6 つのミラー M 1 から M 6 を有する。ミラー M 1 及び M 2 は、前と同様にかすめ入射ミラーとして具現化され、ミラー対として結像ビーム経路内に互いに直接前後して配置される。投影光学ユニット 20 は、正確に 2 つのかすめ入射ミラー、すなわち、ミラー M 1 及び M 2 を有する。ミラー M 3 から M 6 は、法線入射ミラーとして具現化される。

【 0 1 2 1 】

投影光学ユニット 20 は、11.97% よりも高い全体反射率を有する。

【 0 1 2 2 】

絶対値において、物体平面 5 は、x 軸回りに約 39° の角度だけ像平面 9 に対して傾斜される。従って上記の直前の表 (図 3 に対する表 3 b) において、物体視野について約 219° の値 T L A が明示されている。

10

【 0 1 2 3 】

物体視野 4 と像視野 8 との間の z 距離は約 1740 mm である。

【 0 1 2 4 】

最も大きい直径を有するミラーは、1000 mm の直径値を有するミラー M 6 である。物体視野 4 と像視野 8 との間の y 距離、すなわち、値 d_{OIS} は、物体視野 4 のところにある 285 mm である。投影光学ユニット 7 と全く同様に、物体視野側主光線角度 C R A O は、投影光学ユニット 20 では 5.5° である。波面収差についての走査 R M S 値は、投影光学ユニット 20 では 10.5 mλ よりも小さい。投影光学ユニット 20 における歪曲値は 0.1 nm よりも小さい。投影光学ユニット 20 の x 方向のテレセントリック度値は、像視野側で 5 mrad よりも小さい。投影光学ユニット 20 の y 方向のテレセントリック度値は、像視野側で 0.45 mrad よりも小さい。

20

【 0 1 2 5 】

投影光学ユニット 20 では、像視野 8 の上流のビーム経路内の最後から 2 番目のミラー M 5 上での結像光 3 の反射領域内には瞳平面が配置される。従って、ミラー M 5 上、又はそれ以外にミラー M 6 上に開口絞りを配置することができる。図 3 に対する表 6 に記載の多角形縁部は、ミラー M 6 上の絞りに関する。

【 0 1 2 6 】

投影光学ユニット 20 は、像側で実質的にテレセントリックである。像視野に最も近いミラー M 5 と像視野 8 との間の作動距離は約 90 mm である。

30

【 0 1 2 7 】

像視野 8 は、物体視野 4 の下流の投影光学ユニット 20 の最初の像平面内に位置する。従って投影光学ユニット 20 は、物体視野 4 と像視野 8 との間の結像ビーム経路内に中間像を生成しない。

【 0 1 2 8 】

最後のミラー M 6 の中心のすぐ手前の結像ビーム経路内への最後から 3 番目のミラー M 4 の配置によって、投影光学ユニット 20 の瞳掩蔽が引き起こされる。この掩蔽は、投影光学ユニット 20 の像側開口数の 26% よりも小さい。

【 0 1 2 9 】

結像ビーム経路内の最後から 2 番目のミラー M 5 のみが、結像光 3 に対する通過開口部 17 を有する。全ての他のミラー M 1 から M 4 及び M 6 は、連続反射面を有する。

40

【 0 1 3 0 】

ミラー M 5 の反射面は、ミラー M 5 の瞳掩蔽 17 の周囲で用いられる。ミラー M 6 の反射面は連続的には用いられず、ミラー M 6 の反射面の手前に配置されたミラー M 4 による掩蔽がない場所においてのみ用いられる。

【 0 1 3 1 】

2 つのかすめ入射ミラー M 1 及び M 2 は、最後のミラー M 6 を越えてかつその反射面の周囲に結像光 3 を横に偏向する。

【 0 1 3 2 】

50

ミラー M 2 は、像平面 9 に対して x 軸の回りに 90° だけ回転され、すなわち、像平面 9 に対して事実上垂直である。

【 0 1 3 3 】

ミラー M 1、M 3、及び M 6 は、半径に関して負の値を有し、すなわち、原理的に凹ミラーである。ミラー M 2、M 4、及び M 5 は、半径に関して正の値を有し、すなわち、原理的に凸ミラーである。かすめ入射ミラー M 1 及び M 2 は、前と同様に非常に大きい半径を有し、すなわち、平面反射面から小さい偏位しか引き起こさない。

【 0 1 3 4 】

図 1 に記載の投影露光装置 1 において投影光学ユニット 7 の代わりに用いることができる投影光学ユニットの更に別の実施形態 2 1 を図 4 に基づいて以下に続く本文で説明する。図 1 から図 3 までの状況で上記に既に説明した構成要素及び機能を適宜同じ参照符号で表しており、これらについて再度詳細に解説することはしない。

【 0 1 3 5 】

ミラー M 1 から M 6 は、前と同様に、上記に明示した自由曲面方程式 (1) が当てはまる自由曲面として具現化される。投影光学ユニット 2 1 の光学設計データは、それらの設計に関して図 2 に記載の投影光学ユニット 7 に対する表に対応する以下に続く表から収集することができる。

例示的实施形態		図 4
NA		0.45
波長		13.5 nm
視野寸法 x		13.0 mm
視野寸法 y		0.72 mm
像視野曲率		0.0 1/mm
絞り		M6

図 4 に対する表 1

Surface	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Operating mode
M6	-1833.09710653	0.00109040	-1385.57542302	0.00144431	REFL
M5	18877.49637144	-0.00010594	277.21693985	-0.00721519	REFL
M4	1438.66217038	-0.00136186	2430.30119114	-0.00084006	REFL
M3	-5662.42216724	0.00034243	-2106.61551667	0.00097927	REFL
M2	-2969.78461968	0.00015377	6812.60965389	-0.00128573	REFL
M1	-2412.85320295	0.00015904	-19048.90710069	0.00054720	REFL

(左から、面，半径 __ x ，屈折力 __ x ，半径 __ y ，屈折力 __ y ，作動モード。 R E F L は「反射」)

図 4 に対する表 2

Coefficient	M6	M5	M4	
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
RX	-1833.09710700	18877.49637000	1438.66217000	
C7	7.14702547e-09	1.33000904e-07	2.160143e-07	
C9	1.45748065e-09	1.5551429e-06	1.9750259e-07	
C10	-1.34433863e-12	3.23052512e-11	5.21219354e-10	
C12	-8.65246158e-12	5.51908435e-10	1.38068278e-09	
C14	-1.26897363e-12	8.494392e-09	2.47542622e-09	
C16	2.49155269e-15	7.83281848e-14	1.30801781e-12	10
C18	2.81581124e-15	2.59073558e-12	2.75791629e-12	
C20	2.0590302e-16	-3.40842288e-12	-8.77664173e-13	
C21	-8.77508671e-19	1.53250792e-17	1.64959774e-15	
C23	-5.17996772e-18	9.13281795e-16	6.92468226e-15	
C25	-5.66728016e-18	2.13183138e-14	1.40378342e-14	
C27	-7.76369168e-19	1.54890141e-13	-1.72019847e-15	
C29	7.88863678e-22	6.55771751e-20	7.43041791e-18	
C31	1.75672504e-21	3.84581458e-18	2.35894363e-17	
C33	1.18814584e-21	1.39333507e-16	9.97718923e-18	
C35	1.7493548e-22	9.81761115e-16	-8.01499171e-17	
C36	-3.26021342e-25	4.67363491e-24	8.85753541e-21	
C38	-2.46229027e-24	7.7058017e-22	4.5880821e-20	20
C40	-4.93976866e-24	4.33147562e-20	9.06865917e-20	
C42	-3.29404362e-24	1.02682561e-18	2.64402588e-20	
C44	-2.40295612e-25	-5.42295264e-18	-1.60806374e-19	
C46	2.57227242e-28	7.65609824e-26	4.63076076e-23	
C48	9.19738739e-28	9.96764671e-24	1.91012714e-22	
C50	1.09743754e-27	3.12974539e-22	1.20398721e-22	
C52	6.66432955e-28	4.91785424e-21	-6.82880718e-22	
C54	4.73076e-29	-1.02818878e-19	-1.43891315e-22	
C55	-1.11030431e-31	1.20361818e-29	5.11515109e-27	
C57	-8.81991592e-31	1.86280552e-27	7.24559338e-26	
C59	-2.38622966e-30	9.47962857e-26	6.67407339e-25	30
C61	-2.66847543e-30	1.96385049e-24	4.01261999e-25	
C63	-1.24137091e-30	3.77800757e-23	1.66791629e-24	
C65	-2.2904696e-31	1.60420604e-22	1.13771785e-23	
C67	7.25951889e-35	0	0	
C69	4.78438869e-34	0	0	
C71	1.10917899e-33	0	0	
C73	1.07566223e-33	0	0	
C75	3.02812827e-34	0	0	
C77	-3.25579859e-35	0	0	
Coefficient	M6	M5	M4	40
C78	-6.82496446e-38	0	0	
C80	-7.3260874e-37	0	0	
C82	-2.69415965e-36	0	0	
C84	-4.80262328e-36	0	0	
C86	-4.4443622e-36	0	0	
C88	-1.8807898e-36	0	0	
C90	-1.49017219e-37	0	0	

図 4 に対する表 3 a

Coefficient	M3	M2	M1	
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
RX	-5662.42216700	-2969.78462000	-2412.85320300	
C7	-2.05061152e-08	-9.01491023e-09	3.75760309e-08	
C9	-2.38681532e-08	-1.07722528e-08	-1.82353448e-08	
C10	-4.85387951e-11	4.11164421e-11	5.36007066e-11	
C12	-7.98597183e-11	4.52376364e-11	6.33402678e-11	
C14	-1.11064223e-10	5.55561647e-11	-2.21093738e-11	
C16	3.94476467e-14	-6.11601685e-15	4.38538416e-14	
C18	3.00776935e-15	3.77778718e-14	5.55251888e-14	10
C20	-3.12244022e-14	8.99013939e-14	3.83809162e-14	
C21	-3.00816505e-18	1.02603871e-16	5.41186271e-17	
C23	-1.21678874e-17	8.68697433e-17	-5.28283589e-17	
C25	7.00694254e-17	-2.96767637e-17	1.22856285e-16	
C27	1.94317927e-16	7.96011589e-17	1.88629304e-16	
C29	1.8490636e-20	5.54481729e-19	1.47830311e-18	
C31	-4.13981835e-20	-1.54413661e-19	2.63725411e-20	
C33	-7.30655263e-20	-5.09614703e-19	-1.57531897e-18	
C35	-1.01967973e-19	2.01225435e-19	8.95399962e-19	
C36	-1.7395787e-22	6.68694592e-21	-3.03140695e-20	
C38	-4.94707313e-23	2.32782668e-21	-4.39942988e-21	
C40	1.78489699e-23	-5.19392946e-22	5.04820517e-21	20
C42	-6.0518318e-22	-1.28561877e-21	-5.75788873e-21	
C44	-6.16746237e-22	2.31456185e-22	2.29885486e-21	
C46	-4.02009642e-25	-1.74361335e-23	3.84621986e-23	
C48	-3.28096057e-25	-2.28128679e-24	-3.25886796e-23	
C50	3.55844765e-27	-1.29996778e-24	2.31874654e-23	
C52	2.77737882e-25	-3.09482301e-24	-3.60029308e-24	
C54	7.20889308e-26	-3.20584144e-25	1.90845046e-24	
C55	2.93653556e-27	-2.73182908e-25	2.44630793e-24	
C57	3.4262361e-27	-1.1889464e-25	5.67957006e-25	
C59	1.45309977e-28	-8.784571e-27	-1.36102401e-25	
C61	6.41931285e-28	-3.29041198e-27	3.37050556e-26	30
C63	9.79557956e-28	-3.38378135e-27	8.90781735e-27	
C65	7.94905548e-28	-6.28588637e-28	-9.66111645e-28	

図 4 に対する表 3 b

Surface	DCX	DCY	DCZ	
Image plane	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
M6	0.00000000	0.00000000	1336.04673264	
M5	0.00000000	88.98262746	49.91664546	
Surface	DCX	DCY	DCZ	40
M4	0.00000000	34.16051206	1290.78810464	
M3	0.00000000	536.44795589	234.08633307	
M2	0.00000000	-715.74434374	1150.16573744	
M1	0.00000000	-995.94799367	1693.10641178	
Object plane	0.00000000	-1039.51678260	2186.05270414	

(左端列 (面) 、 上から像平面、 M 6 , M 5 , M 4 , M 3 , M 2 , M 1 , 物体平面)

図 4 に対する表 4 a

Surface	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
Image plane	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M6	1.98476664	0.00000000	-0.00000000
M5	183.27217830	0.00000000	-0.00000000
M4	14.01024317	0.00000000	-0.00000000
M3	219.65811514	0.00000000	-0.00000000
M2	130.80142743	0.00000000	-0.00000000
M1	106.49725896	0.00000000	-0.00000000
Object plane	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000

(左端列 (面) 、上から像平面、M 6 , M 5 , M 4 , M 3 , M 2 , M 1 , 物体平面)

図 4 に対する表 4 b

10

Surface	Angle of incidence [deg]	Reflectivity
M6	1.98476664	0.66533020
M5	0.75200847	0.66564033
M4	11.58467514	0.65060513
M3	14.19064083	0.64216831
M2	76.80106420	0.83300871
M1	78.93793736	0.86402184
Overall transmission		0.1332

(上端行、左から面 , 入射角 (度) , 反射率。左端列 (面) 、上から M 6 , M 5 , M 4 , M 3 , M 2 , M 1 , 全伝達。)

図 4 に対する表 5

20

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
0.00000000	608.52234041	-140.64683575
95.94023321	601.25931900	-139.86882799
189.75379987	579.58413919	-137.60310659
279.30462104	543.84975389	-134.05121860
362.44987510	494.67987297	-129.53696039
437.06577774	433.01415623	-124.48536770
501.10457736	360.15495964	-119.38904049
552.68495125	277.79910686	-114.76081019
590.20868666	188.03626648	-111.07562152
612.48557340	93.29913092	-108.70965207
618.84016352	-3.73883968	-107.88877482
609.17368855	-100.30707275	-108.65869405
583.96436539	-193.69806970	-110.88422162
544.20637659	-281.41366860	-114.27689980
491.30439984	-361.27238788	-118.44241764
426.94956472	-431.46613730	-122.93554700
353.00187334	-490.56898267	-127.31151102
271.39634739	-537.51059935	-131.16696091
184.08035860	-571.53072807	-134.16843492
92.98146093	-592.12968050	-136.06958267
0.00000000	-599.02618416	-136.72010822

30

40

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
-92.98146093	-592.12968050	-136.06958267
-184.08035860	-571.53072807	-134.16843492
-271.39634739	-537.51059935	-131.16696091
-353.00187334	-490.56898267	-127.31151102
-426.94956472	-431.46613730	-122.93554700
-491.30439984	-361.27238788	-118.44241764
-544.20637659	-281.41366860	-114.27689980
-583.96436539	-193.69806970	-110.88422162
-609.17368855	-100.30707275	-108.65869405
-618.84016352	-3.73883968	-107.88877482
-612.48557340	93.29913092	-108.70965207
-590.20868666	188.03626648	-111.07562152
-552.68495125	277.79910686	-114.76081019
-501.10457736	360.15495964	-119.38904049
-437.06577774	433.01415623	-124.48536770
-362.44987510	494.67987297	-129.53696039
-279.30462104	543.84975389	-134.05121860
-189.75379987	579.58413919	-137.60310659
-95.94023321	601.25931900	-139.86882799

10

図 4 に対する表 6

20

【 0 1 3 6 】

投影光学ユニット 2 1 の全体反射率は 1 3 . 3 2 % である。

【 0 1 3 7 】

投影光学ユニット 2 1 は、8 x の縮小結像スケール ($\beta = 8$) を有する。

【 0 1 3 8 】

像視野 8 は、2 x 6 . 5 mm の x 広がりと 0 . 8 mm の y 広がりとを有する。投影光学ユニット 2 1 は、1 3 . 5 nm の照明光 3 の作動波長に対して最適化される。

【 0 1 3 9 】

投影光学ユニット 2 0 の場合と同様に、投影光学ユニット 2 1 も、正確に 6 つのミラー M 1 から M 6 を有する純粋に反射結像の投影光学ユニットである。投影光学ユニット 2 0 と同様に、物体視野 4 の下流の結像ビーム経路内の投影光学ユニット 2 1 の最初の 2 つのミラー M 1 及び M 2 は、かすめ入射ミラーとして具現化される。更に別のミラー M 3 から M 6 は、法線入射ミラーとして具現化される。

30

【 0 1 4 0 】

投影光学ユニット 7 及び 2 0 のビーム案内とは異なり、主光線は、投影光学ユニット 2 1 のビーム案内において交差する。この交差は、一方でミラー M 2 と M 3 との間の部分結像ビーム経路と、もう一方で M 4 と M 5 との間の部分結像ビーム経路との間で発生し、交差領域 K 1 を示している。一方でミラー M 5 と M 6 との間の結像部分ビームの主光線との間、もう一方でミラー M 6 と像視野との間の結像部分ビームの主光線とミラー M 2 と M 3 との間の結像部分ビームとの主光線の更に別の交差が発生し、これらの交差を更に別の交差領域 K 2 及び K 3 で示している。

40

【 0 1 4 1 】

投影光学ユニット 2 1 では、物体平面 5 と像平面 9 とは、互いに対して平行に延びる。

【 0 1 4 2 】

ミラー M 1、M 3、及び M 6 は、半径に関して負の値を有し、すなわち、原理的に凹ミラーである。ミラー M 2、M 4、及び M 5 は、半径に関して正の値を有し、すなわち、原理的に凸ミラーである。ミラー M 1 及び M 2 は、前と同様に非常に大きい絶対半径を有し、すなわち、平面反射面からの僅かな偏位しか引き起こさない。

【 0 1 4 3 】

投影光学ユニット 2 0 の場合と同様に、投影光学ユニット 2 1 の最後から 3 番目のミラ

50

ー M 4 は、最後のミラー M 6 の反射面の中心の手前に配置され、従って投影光学ユニット 2 1 の瞳掩蔽を引き起こす。

【 0 1 4 4 】

投影光学ユニット 2 1 では、ミラー M 1 から M 6 のいずれのものも、結像光 3 に対する通過開口部を持たない。ミラー M 6 の場合を除き、投影光学ユニット 2 1 の全ての反射面、すなわち、ミラー M 1 から M 5 の反射面は、間隙なしで用いることができる。ミラー M 6 の反射面は、ミラー M 4 に起因する掩蔽が発生しない場所で用いられる。

【 0 1 4 5 】

投影光学ユニット 2 1 では、物体平面 5 と像平面 9 との間の z 距離は約 2 2 0 0 mm である。

10

【 0 1 4 6 】

最も大きいミラー M 6 の典型的な直径は約 1 2 0 0 mm である。

【 0 1 4 7 】

投影光学ユニット 2 1 では、物体 / 像オフセット d_{OIS} は約 1 1 0 0 mm である。投影光学ユニット 2 1 では、物体視野側主光線 1 6 は、物体平面 5 の法線との間に 5.5° の角度 C R A O を更に含む。

【 0 1 4 8 】

投影光学ユニット 2 1 は、 $11\text{ m}\lambda$ よりも小さい像視野側波面の走査 R M S 値を有する。投影光学ユニット 2 1 では、像視野側歪曲値は 0.1 nm よりも小さい。投影光学ユニット 2 1 では、x 方向の像視野側テレセントリック度値は 4 mrad よりも小さい。投影光学ユニット 2 1 では、y 方向の像視野側テレセントリック度値は 0.3 mrad よりも小さい。

20

【 0 1 4 9 】

投影光学ユニット 2 1 では、ミラー M 6 上の結像光 3 の反射領域内に瞳平面が配置される。従ってミラー M 6 上には開口絞りを設けることができる。図 4 に対する表 6 に記載の多角形縁部は、ミラー M 6 上のこの絞り位置に関する。投影光学ユニット 2 0 と同様に、投影光学ユニット 2 1 も中間像を持たない。

【 0 1 5 0 】

投影光学ユニット 2 1 は、像側で実質的にテレセントリックである。

【 0 1 5 1 】

30

像視野に最も近いミラーである、結像ビーム経路内で最後から 2 番目のミラー M 5 と像視野 8 との間の作動距離は 36 mm である。

【 0 1 5 2 】

ミラー M 4 は、投影光学ユニット 2 1 の像側開口数の 23% よりも小さい像側掩蔽を定める。

【 0 1 5 3 】

図 1 に記載の投影露光装置 1 において例えば投影光学ユニット 7 の代わりに用いることができる投影光学ユニットの更に別の実施形態 2 2 を図 5 に基づいて以下に続く本文で説明する。図 1 から図 4 までの状況で上記に既に説明した構成要素及び機能を適宜同じ参照符号で表しており、これらについて再度詳細に解説することはしない。

40

【 0 1 5 4 】

全体として、投影光学ユニット 2 2 は、7 つのミラー M 1 から M 7 を有する。投影光学ユニット 2 2 は、3 つのかすめ入射ミラー、すなわち、ミラー M 1 から M 3 と、4 つの法線入射ミラー、すなわち、ミラー M 4 から M 7 とを有する。これらのミラー M 1 から M 7 は、前と同様に、上記に明示した自由曲面方程式 (1) が当てはまる自由曲面として構成される。投影光学ユニット 2 2 からの光学設計データは、それらの設計に関して図 2 に記載の投影光学ユニット 7 に対する表に対応する以下に続く表から収集することができる。

例示の実施形態	図5
NA	0.45
波長	13.5 nm
視野寸法x	13.0 mm
視野寸法y	0.98 mm
像視野曲率	0.0 1/mm
絞り	M7

図 5 に対する表 1

Surface	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Operating mode
M7	-1702.70024328	0.00117460	-1593.05036081	0.00125545	REFL
M6	7360.39271982	-0.00027172	3417.65341930	-0.00058520	REFL
M5	2115.61242515	-0.00092738	1567.72388388	-0.00130046	REFL
M4	-5959.73835857	0.00031874	-3631.64311311	0.00057981	REFL
M3	0.00000000	-inf	0.00000000	-inf	REFL
M2	0.00000000	-inf	0.00000000	-inf	REFL
M1	0.00000000	inf	0.00000000	inf	REFL

(左から、面，半径__x，屈折力__x，半径__y，屈折力__y，作動モード。R E F L は「反射」、i n f は「無限大」)

図 5 に対する表 2

Coefficient	M7	M6	M5
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-1702.70024300	7360.39272000	2115.61242500
C7	1.79847891e-08	1.92019811e-07	6.09839447e-07
C9	3.08103036e-09	7.1188267e-08	7.08555971e-07
C10	-4.24845893e-12	8.96360067e-11	1.42628939e-10
C12	-9.53203499e-12	3.27897349e-10	6.15654836e-10
C14	-3.56696766e-12	1.32008619e-10	1.24698071e-09
C16	5.53144807e-15	1.36194158e-13	6.05714405e-13
C18	6.34539803e-15	2.34455978e-13	1.21593408e-12
C20	1.81140787e-15	9.69419966e-14	5.15369198e-12
C21	-2.11810311e-18	5.15348174e-17	2.91434391e-16
C23	-7.16043548e-18	3.75752681e-16	1.25156571e-15
C25	-5.88402712e-18	3.19181834e-16	8.70563351e-15
C27	-1.92557933e-18	1.53807396e-16	1.63908034e-14
C29	1.70059672e-21	1.40780709e-19	1.39069823e-18
C31	3.75540269e-21	4.85996976e-19	-1.28410259e-18
C33	3.28133541e-21	5.1910323e-19	4.8095941e-17
C35	8.57809825e-22	2.15178451e-19	4.41927219e-17
C36	-8.85938941e-25	4.80137725e-23	-6.58463052e-22

C38	-4.20002708e-24	5.52918171e-22	-1.31151539e-20
C40	-5.24288951e-24	7.37589979e-22	3.29070838e-20
C42	-3.32443155e-24	7.62607475e-22	2.45737341e-19
C44	-8.41638073e-25	2.11429097e-22	1.98567595e-19
C46	7.40583899e-28	2.94044566e-25	-2.1351782e-24
C48	2.7860108e-27	1.65594542e-24	5.42339274e-23
C50	4.05802066e-27	2.67363596e-24	9.40249237e-22
C52	1.8873941e-27	1.45438443e-24	1.40511532e-21
C54	1.32906947e-28	-1.74731802e-25	8.67008547e-22

10

Coefficient	M7	M6	M5
C55	-2.72625411e-31	4.57055919e-29	1.975511e-26
C57	-1.09517773e-30	8.24315234e-28	3.5245026e-25
C59	-1.54140059e-30	2.7846066e-27	1.86064293e-24
C61	-2.03920564e-30	5.04844296e-27	5.56594105e-24
C63	-1.39151659e-30	2.65275439e-27	4.93123257e-24
C65	-3.04302425e-31	4.47315051e-28	2.25513424e-24
C67	2.65932555e-34	0	0
C69	1.07192285e-33	0	0
C71	1.59913365e-33	0	0
C73	9.28830744e-34	0	0
C75	2.99613864e-34	0	0
C77	-2.87821803e-35	0	0
C78	-1.91467081e-37	0	0
C80	-1.59911782e-36	0	0
C82	-4.94780249e-36	0	0
C84	-7.14686431e-36	0	0
C86	-5.51076275e-36	0	0
C88	-2.16822816e-36	0	0
C90	-4.19310084e-37	0	0

20

図 5 に対する表 3 a

30

Coefficient	M4	M3	M2	
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
RX	-5959.73835900	0.00000000	0.00000000	
C7	7.09371063e-08	0	0	
C9	1.9620957e-07	0	0	
C10	-5.80501996e-12	0	0	
C12	1.02443869e-10	0	0	
C14	-1.92463151e-11	0	0	
C16	1.52210927e-14	0	0	10
C18	1.53632928e-14	0	0	
C20	5.26048968e-13	0	0	
C21	-1.12436683e-17	0	0	
C23	1.73824765e-16	0	0	
C25	-2.15389944e-16	0	0	
C27	6.93749405e-16	0	0	
C29	7.32299538e-20	0	0	
C31	-8.96220063e-19	0	0	
C33	2.89314095e-18	0	0	
C35	3.66266246e-19	0	0	
C36	1.37832263e-22	0	0	
C38	4.81965046e-22	0	0	20
C40	-7.84784597e-21	0	0	
C42	-4.14050678e-22	0	0	
C44	-6.21735194e-21	0	0	
C46	-8.56329267e-25	0	0	
C48	-5.86480301e-24	0	0	
C50	7.86836679e-24	0	0	
C52	-7.38234303e-23	0	0	
C54	-1.90896327e-23	0	0	
C55	-3.44134447e-27	0	0	30
Coefficient	M4	M3	M2	
C57	-4.07630281e-26	0	0	
C59	-2.05268913e-26	0	0	
C61	7.40916254e-26	0	0	
C63	-1.66787506e-25	0	0	
C65	-9.99341642e-26	0	0	

図 5 に対する表 3 b

Coefficient	M1	
KY	0.00000000	
KX	0.00000000	
RX	0.00000000	

図 5 に対する表 3 c

Surface	DCX	DCY	DCZ
Image plane	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M7	0.00000000	0.00000000	1294.60000000
M6	0.00000000	0.00000000	121.16860083
M5	0.00000000	-23.39645080	1255.70266623
M4	0.00000000	428.84722309	176.16839633
M3	0.00000000	643.29322055	973.30911463
M2	0.00000000	877.39404910	1272.63636377
M1	-0.00000000	985.69698677	1709.40915790
Object plane	-0.00000000	972.97083537	2079.13057086

(左端列(面)、上から像平面、M7、M6、M5、M4、M3、M2、M1、物体平面)
10

図5に対する表4a

Surface	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
Image plane	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M7	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M6	180.07648095	0.00000000	-0.00000000
M5	10.52960478	0.00000000	-0.00000000
M4	184.02255945	0.00000000	-0.00000000
M3	64.02255945	0.00000000	180.00000000
M2	244.02255945	-0.00000000	0.00000000
M1	84.02255945	-0.00000000	180.00000000
Object plane	-11.95488111	0.00000000	180.00000000

(左端列(面)、上から像平面、M7、M6、M5、M4、M3、M2、M1、物体平面)
20

図5に対する表4b

Surface	AOI[deg]	Reflectivity
M7	0.00000000	0.66565840
M6	0.07648095	0.66566255
M5	11.18955982	0.65169152
M4	18.22917890	0.62398638
M3	77.94883571	0.85008675
M2	77.94883571	0.85008675
M1	97.94883571	1.13089334
Overall transmission		0.1473

(上端行、左から面、AOI(度)、反射率。左端列(面)、上からM7、M6、M5、M4、M3、M2、M1、全伝達)
30

図5に対する表5

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]	
0.00000000	594.49311802	-114.82371082	
93.01621208	587.28124992	-114.60806119	
183.83820338	565.79581204	-113.99060454	
270.29866175	530.49099318	-113.05582694	
350.29086890	482.13401886	-111.93168041	
421.81384811	421.81384811	-110.77184822	
483.02993602	350.94179082	-109.73400756	
532.33125383	271.23632139	-108.95707827	
568.40749899	184.68679191	-108.54096691	10
590.30508838	93.49514104	-108.53242876	
597.46792407	0.00000000	-108.92018472	
589.75339789	-93.40776185	-109.64091015	
567.42315516	-184.36695921	-110.59493328	
531.11439345	-270.61630005	-111.66734917	
481.80099693	-350.04891430	-112.74857877	
420.75295187	-420.75295187	-113.74927261	
349.49841703	-481.04330244	-114.60719325	
269.78833350	-529.48941760	-115.28660147	
183.56074169	-564.94187277	-115.77246418	20
92.90157512	-586.55746064	-116.06233121	
0.00000000	-593.82052455	-116.15847788	
-92.90157512	-586.55746064	-116.06233121	
-183.56074169	-564.94187277	-115.77246418	
-269.78833350	-529.48941760	-115.28660147	
-349.49841703	-481.04330244	-114.60719325	
-420.75295187	-420.75295187	-113.74927261	
-481.80099693	-350.04891430	-112.74857877	
-531.11439345	-270.61630005	-111.66734917	30
-567.42315516	-184.36695921	-110.59493328	
-589.75339789	-93.40776185	-109.64091015	
-597.46792407	-0.00000000	-108.92018472	
-590.30508838	93.49514104	-108.53242876	
-568.40749899	184.68679191	-108.54096691	
-532.33125383	271.23632139	-108.95707827	
-483.02993602	350.94179082	-109.73400756	
-421.81384811	421.81384811	-110.77184822	
-350.29086890	482.13401886	-111.93168041	
-270.29866175	530.49099318	-113.05582694	
-183.83820338	565.79581204	-113.99060454	40
-93.01621208	587.28124992	-114.60806119	

図 5 に対する表 6

【 0 1 5 5 】

投影光学ユニット 2 2 の全体反射率は 1 1 . 8 9 % である。

【 0 1 5 6 】

投影光学ユニット 2 2 は、8 x の縮小結像スケール ($\beta = 8$) を有する。

【 0 1 5 7 】

像視野 8 は、2 x 6 . 5 mm の x 広がり と 1 mm の y 広がり とを有する。投影光学ユニット 2 2 は、1 3 . 5 nm の照明光 3 の作動波長に対して最適化される。

【 0 1 5 8 】

一方でミラー M 1 及び M 2 の領域内、もう一方でミラー M 4 から M 7 の領域内では、投影光学ユニット 2 2 のビーム経路は、図 3 に記載の投影光学ユニット 2 0 からのものに定性的に対応する。投影光学ユニット 2 0 とは対照的に、投影光学ユニット 2 2 では、かすめ入射ミラー M 2 と法線入射ミラー M 4 との間に更に別のかすめ入射ミラー M 3 が配置される。かすめ入射ミラー M 1 及び M 2 の偏向効果と比較すると、この更に別のミラーは、投影光学ユニット 2 0 の場合とは異なり、投影光学ユニット 2 2 における物体平面 5 が、像平面 9 に対してかかる場合のような強い傾斜を伴って配置されることがないように、ミラー M 4 に向かって結像光 3 の逆偏向を引き起こす。これに代えて、投影光学ユニット 2 2 は、物体平面 5 が像平面 9 に対して平行に配置されるように具現化することもできる。ミラー M 1 と M 2 とは、前と同様に、結像光 3 のビーム経路内に互いに直接前後して配置されたかすめ入射ミラー対を形成する。

10

【 0 1 5 9 】

投影光学ユニット 2 0 内のものと比較した投影光学ユニット 2 2 内での結像光 3 の誘導における更に別の相違点は、ミラー M 7 が、一方でミラー M 4 と M 5 との間、もう一方でミラー M 5 と M 6 との間の結像光 3 に対する通過開口部 1 7 を含む点である。ミラー M 5 の反射面は、ミラー M 7 内のこの通過開口部 1 7 に対して陥没して配置される。

【 0 1 6 0 】

ミラー M 1、M 3、M 4、及び M 7 は、半径に関して負の値を有し、すなわち、原理的に凹ミラーである。ミラー M 2、M 5、及び M 6 は、半径に関して正の値を有し、すなわち、原理的に凸ミラーである。

20

【 0 1 6 1 】

ミラー M 6 及び M 7 は、それぞれ結像光 3 に対する通過開口部 1 7 を有する。他のミラー M 1 から M 5 は、結像光 3 に対する通過開口部を持たない。

【 0 1 6 2 】

ミラー M 6 及び M 7 の反射面は、そのそれぞれの通過開口部 1 7 の周囲で用いられる。

【 0 1 6 3 】

投影光学ユニット 2 2 では、ミラー M 7 上に開口絞りが配置される。図 5 に対する表 6 に記載の多角形データは、この開口絞りに関する。

【 0 1 6 4 】

投影光学ユニット 2 2 では、物体平面と像平面 9 との間の z 距離は約 2 2 0 0 mm である。

30

【 0 1 6 5 】

最も大きいミラー M 7 の典型的な直径は約 1 3 5 0 mm である。投影光学ユニット 2 2 では、物体 / 像オフセット d_{OIS} は約 1 0 5 0 mm である。投影光学ユニット 2 2 では、物体視野側主光線 1 6 は、物体平面 5 の法線との間に 5 . 5 ° の角度 C R A O を更に含む。

【 0 1 6 6 】

投影光学ユニット 2 2 は、約 1 0 0 m λ の像視野側波面の走査 R M S 値を有する。投影光学ユニット 2 2 では、像視野側歪曲値は約 2 nm である。投影光学ユニット 2 2 では、x 方向の像視野側テレセントリック度値は 2 m r a d よりも小さい。投影光学ユニット 2 2 では、y 方向の像視野側テレセントリック度値は 0 . 5 m r a d よりも小さい。

40

【 0 1 6 7 】

投影光学ユニット 2 2 では、主光線 1 6 は、物体視野 4 とミラー M 1 との間で互いに対して発散的に伝播する。

【 0 1 6 8 】

ミラー M 6 は、投影光学ユニット 2 2 の像側開口数の 2 6 % よりも小さい像側掩蔽を x 寸法内に定義する。y 方向には、掩蔽は大幅に小さく、更には偏心される。

【 0 1 6 9 】

図 1 に記載の投影露光装置 1 において例えば投影光学ユニット 7 の代わりに用いることができる投影光学ユニットの更に別の実施形態 2 3 を図 6 に基づいて以下に続く本文で説

50

明する。図 1 から図 5 までの状況で上記に既に説明した構成要素及び機能を適宜同じ参照符号で表しており、これらについて再度詳細に解説することはしない。

【 0 1 7 0 】

全体として、投影光学ユニット 2 3 は、8 つのミラー M 1 から M 8 を有する。これらのミラーのうちで、ミラー M 1、M 4、M 7、及び M 8 は法線入射ミラーとして具現化され、ミラー M 2、M 3、並びに M 5 及び M 6 はかすめ入射ミラーとして具現化される。ミラー M 1 から M 8 は、上記に明示した自由曲面方程式 (1) が当てはまる自由曲面として構成される。投影光学ユニット 2 3 からの光学設計データは、それらの設計に関して図 2 に記載の投影光学ユニット 7 に対する表に対応する以下に続く表から収集することができる。図 6 に対する表 1 内の細目「絞り S 8」は、絞りが、像平面を含めて数えて設計面の 8 番目の面の場所に配置されることを意味する(この点に関しては図 6 に対する表 4 a、4 b を参照されたい)。更に続く投影光学ユニットの説明する実施形態において、絞りの場所に関して対応する細目を見つけることができる。

10

例示的实施形態		図6
NA		0.45
波長		13.5 nm
視野寸法x		13.0 mm
視野寸法y		0.784 mm
像視野曲率		0.0 1/mm
絞り		S8

20

図 6 に対する表 1

Surface	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Operating mode
M8	-958.97089575	0.00207686	-961.85646760	0.00208803	REFL
M7	781.70184576	-0.00255743	800.14521302	-0.00250061	REFL
M6	2530.53650030	-0.00017248	1099.72037229	-0.00833342	REFL
M5	-959.51707616	0.00053343	-5824.08776793	0.00134184	REFL
M4	-1015.89947977	0.00190347	-1037.47638976	0.00199381	REFL
M3	-1396.79419984	0.00025079	5530.47714724	-0.00206466	REFL
M2	453.37653174	-0.00134551	3069.00502651	-0.00213656	REFL
M1	-1105.89546966	0.00175044	-898.04924515	0.00230091	REFL

30

(左から、面，半径__x，屈折力__x，半径__y，屈折力__y，作動モード。R E F L は「反射」)

図 6 に対する表 2

Coefficient	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-958.97089570	781.70184580	2530.53650000
C7	-6.24261885e-09	-4.79337518e-07	-7.1009777e-07
C9	3.40176704e-09	-2.2271152e-08	-8.2763755e-07
C10	-9.52920854e-12	1.39847445e-09	-5.28790727e-09
C12	-2.17138503e-11	2.59902235e-09	-5.83047016e-09
C14	-5.53794085e-12	3.82503297e-10	3.85928616e-09
C16	-4.89194598e-15	-7.5682079e-13	4.16412253e-11
C18	-5.31097983e-15	2.0123627e-13	3.27030642e-11
C20	3.35556271e-15	1.18707056e-12	-1.69195332e-11
C21	-1.29683082e-17	6.50353918e-15	-1.04672087e-14
C23	-4.0507372e-17	1.51137687e-14	-2.41277384e-14
C25	-3.91228171e-17	1.36743637e-14	-2.38109022e-13
C27	-8.22368178e-18	2.04416547e-15	9.07489874e-14

10

Coefficient	M8	M7	M6
C29	-4.09694624e-21	-2.41814134e-18	4.54711839e-16
C31	-8.94104942e-21	-2.23789497e-19	-8.11985983e-16
C33	-2.65451858e-21	1.31365906e-17	1.31994251e-15
C35	3.82604616e-21	1.24161702e-17	-6.01734444e-16
C36	-1.25909252e-23	5.60405318e-20	-1.9034482e-18
C38	-5.04636427e-23	1.727638e-19	-1.29641861e-17
C40	-7.58006457e-23	2.38455591e-19	6.23929199e-18
C42	-4.61626479e-23	9.83846873e-20	-1.3014572e-17
C44	-8.32692765e-24	3.34129348e-20	5.06711727e-18
C46	-8.53689744e-27	0	0
C48	-2.77252948e-26	0	0
C50	-2.88379308e-26	0	0
C52	-3.62035322e-27	0	0
C54	6.3984309e-27	0	0
C55	-2.76049035e-29	0	0
C57	-1.41544439e-28	0	0
C59	-2.85021143e-28	0	0
C61	-2.76943917e-28	0	0
C63	-1.24085088e-28	0	0
C65	-1.81757986e-29	0	0

20

30

図 6 に対する表 3 a

Coefficient	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-959.51707620	-1015.89948000	-1396.79420000
C7	-4.08359998e-07	-2.15395805e-07	-2.38764091e-07
C9	3.4748349e-08	1.36820595e-07	4.64016378e-08
C10	-9.13196608e-10	-4.36123019e-11	-4.14715679e-09
C12	9.44559924e-11	1.25327362e-09	-9.81520016e-10
C14	-5.88672435e-11	-1.25208732e-10	2.37258013e-11
C16	-1.87521812e-12	-2.06101634e-12	9.14454531e-12
C18	-1.37465885e-12	-6.89740416e-12	2.95923304e-12
C20	1.1992969e-13	1.04902531e-12	3.68847523e-13
C21	-4.39551393e-14	-5.27163213e-17	-2.48685307e-13
C23	-6.94239353e-15	2.41662997e-14	-1.22998777e-13
C25	1.42589153e-15	4.92614883e-14	-1.38722747e-14
C27	4.24263352e-17	-2.58241283e-14	1.75833705e-17
C29	1.63548588e-16	-3.62334861e-17	1.422768e-15
C31	9.81035253e-17	-3.34821808e-16	5.43158823e-16
C33	-7.95045663e-18	-1.33308143e-16	6.79918691e-17
C35	-5.12592669e-19	-4.92438934e-16	6.81835572e-19
C36	6.9842749e-19	2.51610148e-21	-5.8931813e-18
C38	-1.66279358e-19	7.3298455e-19	-6.55610075e-18
C40	-6.28447234e-19	1.69443664e-18	-1.55271887e-18
C42	2.04767376e-20	-3.36811757e-19	-1.30349519e-19
C44	2.18932434e-21	-1.74132521e-17	1.24548926e-20

図 6 に対する表 3 b

Coefficient	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000

Coefficient	M2	M1	
KX	0.00000000	0.00000000	
RX	453.37653170	-1105.89547000	
C7	-3.64021023e-06	-1.53061966e-08	
C9	-4.1440416e-07	2.02696728e-07	
C10	1.73428138e-10	5.3320966e-11	
C12	1.50361672e-08	3.69218174e-10	
C14	8.05092825e-11	-4.33240146e-11	
C16	3.86788386e-11	6.58986798e-14	
C18	-6.30736684e-11	-9.56533957e-13	10
C20	3.23174009e-12	1.76624492e-15	
C21	1.06689208e-13	-2.93652599e-17	
C23	-9.8827162e-14	-1.44343666e-15	
C25	2.53626119e-13	4.60503135e-15	
C27	-6.71346795e-17	3.22197521e-15	
C29	-3.85691883e-16	7.4131948e-19	
C31	-8.34354289e-17	1.97074044e-17	
C33	-1.00493209e-15	-4.84993134e-19	
C35	-9.32551743e-18	1.5674206e-18	
C36	3.32160664e-18	-2.75117422e-22	
C38	2.42658882e-18	1.69392814e-21	20
C40	8.35990203e-19	-9.62768209e-20	
C42	2.82957021e-18	-4.99071337e-20	
C44	-2.18809094e-19	-2.52307032e-19	

図 6 に対する表 3 c

Surface	DCX	DCY	DCZ	
Image plane	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
M8	0.00000000	0.00000000	857.25842051	
M7	0.00000000	143.72846278	78.92107486	
M6	0.00000000	-97.73260418	1061.22710854	
M5	0.00000000	-310.85339013	1324.12983099	30
M4	0.00000000	-415.10458760	1955.31068719	
M3	0.00000000	-109.21713535	1576.99752720	
Stop	0.00000000	53.83767037	1451.75625757	
M2	0.00000000	233.83461505	1371.94162077	
M1	0.00000000	434.90609681	911.92780520	
Object plane	0.00000000	524.23007379	1839.29231153	

(左端列(面)、上から像平面、M8, M7, M6, M5, M4, M3, 絞り, M2, M1, 物体平面)

図 6 に対する表 4 a

Surface	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]	
Image plane	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000	
M8	5.23773203	0.00000000	-0.00000000	
M7	192.16152597	0.00000000	-0.00000000	
M6	-63.56651549	0.00000000	-0.00000000	
M5	114.20489964	0.00000000	-0.00000000	
M4	24.16726666	0.00000000	-0.00000000	
M3	139.04415820	0.00000000	-0.00000000	
Stop	238.00000000	0.00000000	-0.00000000	
M2	-48.62779604	0.00000000	-0.00000000	
M1	189.05463777	0.00000000	-0.00000000	10
Object plane	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000	

(左端列(面)、上から像平面、M8、M7、M6、M5、M4、M3、絞り、M2、M1、物体平面)

図6に対する表4b

Surface	Angle of incidence [deg]	Reflectivity	
M8	5.23773203	0.66285728	
M7	1.67316319	0.66544123	
M6	77.39460590	0.84197074	
M5	75.17194229	0.80679858	20
M4	14.78988644	0.63989082	
M3	79.91239948	0.87714614	
M2	72.24113995	0.75250143	
M1	14.55657686	0.64079353	
Overall transmission		0.0811	

(上端行、左から面、入射角(度)、反射率。左端列(面)、上からM8、M7、M6、M5、M4、M3、M2、M1、全伝達)

図6に対する表5

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]	
0.00000000	-42.55550630	0.00000000	
-5.71360072	-42.41904079	0.00000000	
-11.28570917	-42.00337327	0.00000000	
-16.57923089	-41.29199297	0.00000000	
-21.46534853	-40.26432853	0.00000000	
-25.82651690	-38.90419369	0.00000000	
-29.55850056	-37.20856137	0.00000000	
-32.57173218	-35.19456381	0.00000000	
-34.79247198	-32.90306161	0.00000000	10
-36.16417382	-30.39803509	0.00000000	
-36.64920435	-27.76194540	0.00000000	
-36.23077173	-25.08805998	0.00000000	
-34.91468027	-22.47140643	0.00000000	
-32.73039949	-20.00022495	0.00000000	
-29.73098648	-17.74953050	0.00000000	
-25.99165105	-15.77778545	0.00000000	
-21.60711600	-14.12677772	0.00000000	
-16.68821822	-12.82386652	0.00000000	
-11.35826608	-11.88531994	0.00000000	20
-5.74952640	-11.31971544	0.00000000	
-0.00000000	-11.13084157	0.00000000	
5.74952640	-11.31971544	0.00000000	
11.35826608	-11.88531994	0.00000000	
16.68821822	-12.82386652	0.00000000	
21.60711600	-14.12677772	0.00000000	
25.99165105	-15.77778545	0.00000000	
29.73098648	-17.74953050	0.00000000	
32.73039949	-20.00022495	0.00000000	30
34.91468027	-22.47140643	0.00000000	
36.23077173	-25.08805998	0.00000000	
36.64920435	-27.76194540	0.00000000	
36.16417382	-30.39803509	0.00000000	
34.79247198	-32.90306161	0.00000000	
32.57173218	-35.19456381	0.00000000	
29.55850056	-37.20856137	0.00000000	
25.82651690	-38.90419369	0.00000000	
21.46534853	-40.26432853	0.00000000	
16.57923089	-41.29199297	0.00000000	40
X[mm]	Y[mm]	Z[mm]	
11.28570917	-42.00337327	0.00000000	
5.71360072	-42.41904079	0.00000000	

図 6 に対する表 6

【 0 1 7 1 】

投影光学ユニット 2 3 の全体反射率は 8 . 1 1 % である。

【 0 1 7 2 】

投影光学ユニット 2 3 は、8 × の縮小結像スケール ($\beta = 8$) を有する。

【0173】

像視野8は、 $2 \times 6.5 \text{ mm}$ の x 広がりと 1 mm の y 広がりとを有する。投影光学ユニット23は、 13.5 nm の照明光3の作動波長に対して最適化される。

【0174】

他の投影光学ユニットから外れて、投影光学ユニット23は、 0.45 の像側開口数を有する。

【0175】

ミラーM6と像視野8との間で投影光学ユニット23を通る結像光3のビーム経路は、 xz 平面に対して平行な平面に関して鏡像反転されてはいるが、図2に記載の投影光学ユニット7におけるミラーM6と像視野8との間のビーム経路に定性的に対応する。

10

【0176】

一方でかすめ入射ミラーM2及びM3と、もう一方でかすめ入射ミラーM5及びM6とは、これらのミラーが、それぞれの逆の偏向効果を有するように、すなわち、これらのミラー対M2、M3及びM5、M6のそれぞれの2番目のミラーM3及びM6が、それぞれの最初のミラーM2及びM5の偏向効果から減算されるように配置される。各場合にミラーM2及びM3のうち的一方に関して、ミラーM5及びM6は、結像光3のそれぞれの個別光線15に対する反射率への逆の依存性を有し、すなわち、これらのミラーは補償ミラーに相当し、従って4つのかすめ入射ミラーM2、M3、M5、及びM6は、像視野8にわたって又はその照明角度分布にわたって反射率への望ましくない総合依存性を持たない。

20

【0177】

ミラーM2上の偏向領域内には、投影光学ユニット23の瞳平面が位置する。ミラーM1とM2との間の結像光3のビーム経路内には、 x 寸法に対して有効な開口絞りをM2に近接して配置することができる。ミラーM2とM3との間の結像光3のビーム経路内には、 y 寸法内で作用する開口絞りを前と同様にミラーM2に近接して配置することができる。ミラーM5上の偏向領域内には、投影光学ユニット23の中間像平面が位置する。ミラーM7とM8との間の結像光3のビーム経路内には、更に別の瞳平面が位置する。この場所には、 x 寸法に対して有効な開口絞りを配置することもできる。

【0178】

各区画において、ミラーM1とM8は、背中合わせに具現化される。

30

【0179】

ミラーM8のみが、ミラーM6とM7との間の結像ビーム経路内の結像光3の通過に向けた通過開口部17を有する。

【0180】

ミラーM1、M4、M5、及びM8は、半径に関して負の値を有し、すなわち、原理的に凹ミラーである。ミラーM2、M3、M6、及びM7は、半径に関して正の値を有し、すなわち、原理的に凸ミラーである。ミラーM2、M3、及びM5は、前と同様に非常に大きい絶対半径を有し、すなわち、平面反射面からの僅かな偏位しか引き起こさない。

【0181】

投影光学ユニット23では、物体平面5と像平面9との間の z 距離は約 1840 mm である。

40

【0182】

最も大きいミラーM8の典型的な直径は約 800 mm である。

【0183】

投影光学ユニット23では、物体/像オフセット d_{OIS} は約 520 mm である。投影光学ユニット23では、物体視野側主光線16は、物体平面5の法線との間に 5.5° の角度CRAOを更に含む。

【0184】

投影光学ユニット23は、 $70 \text{ m}\lambda$ よりも小さい像視野側波面の走査RMS値を有する。投影光学ユニット23では、像視野側歪曲値は約 1.2 nm である。

50

【 0 1 8 5 】

投影光学ユニット 2 3 では、物体視野 4 とミラー M 1 との間で互いに対して発散的に伝播する。

【 0 1 8 6 】

ミラー M 8 は、投影光学ユニット 2 3 の像側開口数の 2 0 % よりも小さい像側掩蔽を x 寸法内に定義する。y 方向には、掩蔽は大幅に小さく、更には偏心される。

【 0 1 8 7 】

図 1 に記載の投影露光装置 1 において例えば投影光学ユニット 7 の代わりに用いることができる投影光学ユニットの更に別の実施形態 2 4 を図 7 に基づいて以下に続く本文で説明する。図 1 から図 6 までの状況で上記に既に説明した構成要素及び機能を適宜同じ参照符号で表しており、これらについて再度詳細に解説することはしない。

【 0 1 8 8 】

投影光学ユニット 2 4 の結像ビーム経路は、図 6 に記載の投影光学ユニット 2 3 のものに定性的に対応する。投影光学ユニット 2 4 も 8 つのミラー M 1 から M 8 を含み、そのうちのミラー M 1、M 4、M 7、及び M 8 は法線入射ミラーとして具現化され、ミラー M 2、M 3、M 5、及び M 6 はかすみ入射ミラーとして具現化される。一方でミラー M 2 及び M 3 の偏向効果と、もう一方で M 5 及び M 6 の偏向効果とは、互いから減算される。

【 0 1 8 9 】

ミラー M 1 から M 8 は、上記に明示した自由曲面方程式 (1) が当てはまる自由曲面として構成される。投影光学ユニット 2 4 からの光学設計データは、それらの設計に関して図 2 に記載の投影光学ユニット 7 に対する表に対応する以下に続く表から収集することができる。

例示の実施形態		図 7
NA		0.45
波長		13.5 nm
視野寸法 x		13.0 mm
視野寸法 y		0.784 mm
視野曲率		0.0 1/mm
絞り		S7

図 7 に対する表 1

Surface	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Operating mode
M8	-828.90624658	0.00240718	-813.73184215	0.00246356	REFL
M7	452.59444650	-0.00441888	343.07524055	-0.00582974	REFL
M6	1112.77153576	-0.00035436	-8434.60343947	0.00120266	REFL
M5	-743.46091318	0.00053356	10280.07421667	-0.00098089	REFL
M4	-835.77975524	0.00235223	-929.01694099	0.00219010	REFL
M3	-5551.96069553	0.00007233	-4677.48375823	0.00212963	REFL

Surface	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Operating mode
M2	-1728.90769592	0.00023122	1872.02689047	-0.00534493	REFL
M1	-880.94474613	0.00217245	-929.96827744	0.00224746	REFL

(左から、面、半径 __ x , 屈折力 __ x , 半径 __ y , 屈折力 __ y , 作動モード。 R E F L は「反射」)

図 7 に対する表 2

Coefficient	M8	M7	M6	
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
RX	-828.90624660	452.59444650	1112.77153600	
C7	6.74198948e-09	1.8198381e-07	4.73297971e-07	
C9	3.90647354e-09	-1.03077896e-07	5.71100371e-08	
C10	-1.60344671e-11	5.15323975e-09	2.05867386e-09	
C12	-2.86549213e-11	1.1999558e-08	-8.29784809e-10	
C14	-1.26862354e-11	7.63575592e-09	-9.58970523e-11	
C16	4.78369091e-15	1.39254302e-12	-2.17825923e-11	10
C18	8.51266815e-15	7.38520647e-12	6.3635415e-13	
C20	2.82358426e-15	-2.36224044e-12	1.31296379e-13	
C21	-2.65461735e-17	6.84835025e-14	-1.01503317e-13	
C23	-7.72188599e-17	2.86517775e-13	4.04729312e-14	
C25	-7.21196735e-17	3.43322922e-13	5.59417154e-16	
C27	-1.90211316e-17	7.51227642e-14	-1.51792851e-16	
C29	4.92227907e-21	4.09353362e-17	2.54136872e-16	
C31	1.20218531e-20	1.27335094e-16	-5.10416424e-17	
C33	8.40798497e-21	1.22660287e-16	-2.15218211e-18	
C35	3.23694092e-21	-4.21844295e-17	1.02982467e-19	
C36	-3.28705775e-23	1.68544205e-18	-2.64826102e-19	
C38	-1.3081706e-22	9.48378409e-18	-4.72935253e-19	20
C40	-1.91271179e-22	1.93084784e-17	1.36626279e-20	
C42	-1.20985451e-22	1.51684275e-17	1.50910444e-21	
C44	-2.87133882e-23	5.71789768e-18	-1.52076385e-23	
C46	9.04401197e-27	0	0	
C48	3.06652794e-26	0	0	
C50	3.95339353e-26	0	0	
C52	2.12427278e-26	0	0	
C54	6.19479308e-27	0	0	
C55	-9.56418704e-29	0	0	
C57	-4.73070844e-28	0	0	30
C59	-9.34446589e-28	0	0	
C61	-9.13157935e-28	0	0	
C63	-4.41677071e-28	0	0	
C65	-7.86181975e-29	0	0	

図 7 に対する表 3 a

Coefficient	M5	M4	M3	
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
RX	-743.46091320	-835.77975520	-5551.96069600	40
C7	8.15313049e-07	1.08411968e-06	8.1725158e-08	
C9	1.15936905e-07	2.66713006e-07	2.11082779e-08	
C10	-2.17231701e-09	1.97364815e-09	-7.51877121e-09	
C12	2.45410579e-09	1.29311988e-09	9.83512366e-10	

Coefficient	M5	M4	M3
C14	8.78996519e-10	1.55808687e-08	-1.39425604e-10
C16	-1.4388317e-11	-7.24177347e-12	1.61763526e-11
C18	2.43340771e-12	3.70702943e-12	1.05071826e-12
C20	8.01706893e-12	-2.73262347e-10	-1.62527109e-13
C21	2.02931387e-14	-9.2131432e-15	3.04337357e-13
C23	-2.63254556e-14	5.85039506e-14	-7.58462902e-14
C25	-5.41315246e-15	-3.84690423e-13	-1.81428849e-15
C27	6.80497633e-14	4.35189326e-12	-7.18902516e-16
C29	-7.38761627e-18	4.09273025e-17	-1.95967055e-15
C31	-1.6406802e-16	-1.32466527e-15	2.23232144e-16
C33	4.6161003e-17	1.11389945e-14	1.45669424e-17
C35	3.46981394e-16	-8.00414961e-14	-5.3737245e-19
C36	6.56861624e-19	3.51522585e-21	-3.51163866e-17
C38	2.53098962e-19	5.30473647e-20	8.4177008e-18
C40	-1.17789383e-18	1.14555302e-17	4.49375372e-19
C42	7.13915336e-19	-1.10798161e-16	-2.61682976e-20
C44	6.00248794e-19	6.75342377e-16	2.31069209e-21

図 7 に対する表 3 b

Coefficient	M2	M1	
KY	0.00000000	0.00000000	20
KX	0.00000000	0.00000000	
RX	-1728.90769600	-880.94474610	
C7	3.08450816e-06	-4.70279039e-08	30
C9	-2.17253795e-08	1.08990881e-07	
C10	-3.75473915e-08	-3.45672808e-11	
C12	-1.81552974e-08	2.73887057e-11	
C14	7.96803985e-11	-4.28414412e-10	
C16	2.0647621e-10	2.40236171e-14	
C18	7.22424709e-11	-6.19613419e-13	
C20	1.47510283e-12	1.08423073e-12	
C21	1.77572753e-12	-1.52199951e-17	
C23	-6.59234699e-14	-1.8034018e-15	
C25	-2.26260751e-13	-3.76723043e-15	
C27	-5.706268e-15	-5.40832792e-15	
C29	-2.77294786e-14	-2.49126053e-19	
C31	-4.84971158e-15	-3.60876052e-18	
C33	3.35099874e-16	1.99785264e-18	
C35	2.39450375e-17	8.80558903e-18	40
C36	2.21806273e-16	-5.44564635e-22	
C38	1.36037517e-16	-4.37847046e-20	
C40	2.00582463e-17	-7.42210048e-20	
C42	1.83054058e-19	-1.69927808e-19	
C44	-5.75280548e-20	1.02060681e-19	

図 7 に対する表 3 c

Surface	DCX	DCY	DCZ
Image plane	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	0.00000000	764.50361369
M7	0.00000000	96.82652457	64.27191627
M6	0.00000000	-27.92847503	1058.54662453

Surface	DCX	DCY	DCZ
M5	0.00000000	-219.64054559	1392.20908570
M4	0.00000000	-271.24388131	1813.78075704
Stop	0.00000000	-198.32156886	1677.53219215
M3	0.00000000	-128.24179216	1546.81115682
M2	0.00000000	16.78357234	1430.95006703
10	0.00000000	8791.56176690	-7122.00998575
M1	0.00000000	272.34233418	956.66066528
Object plane	0.00000000	362.68180636	1900.18311637

(左端列(面)、上から像平面、M8, M7, M6, M5, M4, 絞り, M3, M2, 10, M1, 物体平面)

図7に対する表4a

10

Surface	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
Image plane	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M8	3.91596926	0.00000000	-0.00000000
M7	187.39186836	0.00000000	-0.00000000
M6	-71.50714996	0.00000000	-0.00000000
M5	108.42016373	0.00000000	-0.00000000
M4	17.56397197	0.00000000	-0.00000000
Stop	-36.24096693	0.00000000	-0.00000000
M3	129.75252018	0.00000000	-0.00000000
M2	-50.20499466	0.00000000	-0.00000000
10	135.94318124	0.00000000	-0.00000000
M1	191.41461048	0.00000000	-0.00000000
Object plane	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000

(左端列(面)、上から像平面、M8, M7, M6, M5, M4, 絞り, M3, M2, 10, M1, 物体平面)

図7に対する表4b

20

Surface	Angle of incidence [deg]	Reflectivity
M8	3.91596926	0.66415239
M7	0.35585461	0.66566616
M6	78.62897953	0.85974012
M5	78.56000002	0.85877563
M4	10.58806423	0.65325493
M3	78.41763467	0.85677489
M2	78.46987638	0.85751067
M1	16.88179312	0.63082790
Overall transmission		0.0988

(上端行、左から面、入射角(度)、反射率。左端列(面)、上からM8, M7, M6, M5, M4, M3, M2, M1, 全伝達)

図7に対する表5

30

40

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]	
0.00000000	-47.76389383	0.00000000	
0.75722478	-47.21490944	0.00000000	
1.44466231	-45.56440865	0.00000000	
1.99925630	-42.80616853	0.00000000	
2.37083821	-38.94314949	0.00000000	
2.52737588	-34.00299920	0.00000000	
2.45862703	-28.05153657	0.00000000	
2.17710208	-21.19917906	0.00000000	
1.71593988	-13.59913606	0.00000000	
1.12445586	-5.43943918	0.00000000	10
0.46249291	3.06794966	0.00000000	
-0.20557575	11.69767212	0.00000000	

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]	
-0.81666564	20.21943325	0.00000000	
-1.31433675	28.40487722	0.00000000	
-1.65354402	36.03372730	0.00000000	
-1.80460322	42.89898816	0.00000000	
-1.75605283	48.81111176	0.00000000	20
-1.51602869	53.60229092	0.00000000	
-1.11184253	57.13213052	0.00000000	
-0.58761247	59.29431617	0.00000000	
-0.00000000	60.02254886	0.00000000	
0.58761247	59.29431617	0.00000000	
1.11184253	57.13213052	0.00000000	
1.51602869	53.60229092	0.00000000	
1.75605283	48.81111176	0.00000000	
1.80460322	42.89898816	0.00000000	
1.65354402	36.03372730	0.00000000	
1.31433675	28.40487722	0.00000000	30
0.81666564	20.21943325	0.00000000	
0.20557575	11.69767212	0.00000000	
-0.46249291	3.06794966	0.00000000	
-1.12445586	-5.43943918	0.00000000	
-1.71593988	-13.59913606	0.00000000	
-2.17710208	-21.19917906	0.00000000	
-2.45862703	-28.05153657	0.00000000	
-2.52737588	-34.00299920	0.00000000	
-2.37083821	-38.94314949	0.00000000	
-1.99925630	-42.80616853	0.00000000	
-1.44466231	-45.56440865	0.00000000	40
-0.75722478	-47.21490944	0.00000000	

図 7 に対する表 6

【 0 1 9 0 】

投影光学ユニット 2 4 の全体反射率は 9 . 8 8 % である。

【 0 1 9 1 】

投影光学ユニット 2 4 は、8 x の縮小結像スケール ($\beta = 8$) を有する。

【 0 1 9 2 】

像視野 8 は、2 x 6 . 5 mm の x 広がり と 0 . 8 mm の y 広がり とを有する。投影光学ユニット 2 4 は、1 3 . 5 nm の照明光 3 の作動波長に対して最適化される。

【 0 1 9 3 】

投影光学ユニット 24 では、ミラー M 2 と M 3 との間の結像光 3 のビーム経路内に、瞳平面 18 が配置される。ミラー M 4 と M 5 との間の結像ビーム経路内には中間像平面 19 が配置される。

【0194】

ミラー M 1、M 3、M 4、M 6、及び M 8 は、半径に関して負の値を有し、すなわち、原理的に凹ミラーである。ミラー M 2、M 5、及び M 7 は、半径に関して正の値を有し、すなわち、原理的に凸ミラーである。ミラー M 3、M 5、及び M 6 は、前と同様に非常に大きい絶対半径を有し、すなわち、平面反射面からの僅かな偏位しか引き起こさない。

【0195】

投影光学ユニット 24 の場合にも、最後のミラー M 8 のみが、結像ビーム経路内でミラー M 6 と M 7 との間で案内される結像光 3 に対する通過開口部 17 を含む。

10

【0196】

投影光学ユニット 24 の z 方向の設置長さ、すなわち、物体平面 5 と像平面 9 との間の距離は 1900 mm である。ミラー M 8 は、投影光学ユニット 24 内の全てのミラーのうちで最も大きい直径を有し、この直径は、700 mm の領域内にある。

【0197】

投影光学ユニット 24 では、物体 / 像オフセット d_{OIS} は約 360 mm である。投影光学ユニット 24 では、物体視野側主光線 16 は、物体平面 5 の法線との間に 5.5° の角度 C R A O を更に含む。

【0198】

20

投影光学ユニット 24 は、 $100\text{ m}\lambda$ の領域内の像視野側波面の走査 R M S 値を有する。投影光学ユニット 24 では、像視野側歪曲値は、 0.6 nm の領域内にある。

【0199】

ミラー M 2 と M 3 との間の結像光 3 のビーム経路内には、y 寸法に対して有効な開口絞りを配置することができる。

【0200】

投影光学ユニット 24 では、結像光 3 の主光線 16 は、物体視野 4 とミラー M 1 との間で発散的に伝播する。

【0201】

ミラー M 8 は、x 寸法内で投影光学ユニット 24 の像側開口数の 24 % よりも小さい像側掩蔽を定める。

30

【0202】

y 方向には、掩蔽は大幅に小さく、更には偏心される。

【0203】

図 1 に記載の投影露光装置 1 において例えば投影光学ユニット 7 の代わりに用いることができる投影光学ユニットの更に別の実施形態 25 を図 8 に基づいて以下に続く本文で説明する。図 1 から図 7 までの状況で上記に既に説明した構成要素及び機能を適宜同じ参照符号で表しており、これらについて再度詳細に解説することはしない。

【0204】

投影光学ユニット 25 の結像ビーム経路は、図 6 及び図 7 に記載の投影光学ユニット 23 及び 24 のものに定性的に対応する。投影光学ユニット 25 も 8 つのミラー M 1 から M 8 を含み、そのうちのミラー M 1、M 4、M 7、及び M 8 は法線入射ミラーとして具現化され、ミラー M 2、M 3、M 5、及び M 6 はかすみ入射ミラーとして具現化される。一方でミラー M 2 及び M 3 の偏向効果と、もう一方で M 5 及び M 6 の偏向効果とは、互いから減算される。

40

【0205】

ミラー M 1 から M 8 は、上記に明示した自由曲面方程式 (1) が当てはまる自由曲面として構成される。投影光学ユニット 25 からの光学設計データは、それらの設計に関して図 2 に記載の投影光学ユニット 7 に対する表に対応する以下に続く表から収集することができる。

50

例示の実施形態	図8
NA	0.45
波長	13.5 nm
視野寸法x	13.0 mm
視野寸法y	0.784 mm
視野曲率	0.0 1/mm
絞り	S9

図 8 に対する表 1

Surface	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Operating mode
M8	-1049.60389641	0.00189993	-986.01437231	0.00203430	REFL
M7	1052.05094258	-0.00190085	516.30074958	-0.00387413	REFL
M6	672.07102892	-0.00059408	6476.96591445	-0.00154677	REFL
M5	-799.22989968	0.00049907	-9635.87145309	0.00104073	REFL
M4	-655.82100664	0.00302260	-1132.34738046	0.00178202	REFL
M3	2083.13733086	-0.00019163	-8161.78002389	0.00122769	REFL
M2	-32587.82702212	0.00001224	2513.72027155	-0.00398819	REFL
M1	-1124.77927352	0.00171284	-993.83277453	0.00208912	REFL

(左から、面 , 半径 __ x , 屈折力 __ x , 半径 __ y , 屈折力 __ y , 作動モード。 R E F L は「反射」)

図 8 に対する表 2

Coefficient	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-1049.60389600	1052.05094300	672.07102890

Coefficient	M8	M7	M6
C7	8.94830424e-09	6.82707408e-08	5.39977203e-07
C9	3.00569958e-09	5.0133583e-08	5.0463779e-08
C10	-1.0205043e-11	9.13305341e-10	2.96374987e-09
C12	-1.78212052e-11	2.88849001e-09	3.61953024e-09
C14	-6.16611869e-12	1.70930306e-09	9.8625888e-11
C16	5.53369586e-15	6.46391137e-13	1.62428612e-11
C18	7.14785588e-15	1.61691667e-12	6.55853805e-12
C20	1.2952174e-15	-1.12568271e-13	9.89173718e-14
C21	-1.15962082e-17	3.2230907e-15	2.17786681e-14
C23	-3.29641744e-17	1.94684249e-14	7.78862843e-14
C25	-2.88253574e-17	2.8363428e-14	2.06500061e-14
C27	-7.61491275e-18	9.96975622e-15	5.79706038e-17
C29	3.95947425e-21	4.40316043e-18	1.76578906e-16
C31	9.59189e-21	3.61186907e-17	1.59804916e-16
C33	5.9075341e-21	2.40890432e-17	4.63612518e-17
C35	4.91436138e-22	-2.08227139e-17	-1.15451621e-18
C36	-9.78221988e-24	2.17340086e-20	4.62607032e-20
C38	-3.80396711e-23	1.769269e-19	2.36610599e-19
C40	-5.3008359e-23	5.27416888e-19	3.60474258e-19
C42	-3.05920471e-23	3.79026666e-19	8.8347498e-20
C44	-6.20613311e-24	-4.57440157e-20	-2.35018949e-21
C46	4.59926677e-27	0	0

C48	1.58065492e-26	0	0
C50	1.76803708e-26	0	0
C52	7.68522982e-27	0	0
C54	5.34537619e-28	0	0
C55	-1.6671251e-29	0	0
C57	-8.60661791e-29	0	0
C59	-1.74742916e-28	0	0
C61	-1.71631988e-28	0	0
C63	-7.97461918e-29	0	0
C65	-1.37837693e-29	0	0

図 8 に対する表 3 a

10

Coefficient	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-799.22989970	-655.82100660	2083.13733100
C7	-2.06359045e-07	1.79769856e-06	-1.23888727e-06
C9	4.53272901e-08	2.37465306e-06	8.86422249e-08
C10	4.98518606e-10	-1.48557245e-09	-3.40006344e-09
C12	-1.31134892e-09	-2.80514774e-10	2.03241635e-09
C14	2.98465492e-12	3.01097166e-09	-3.36768492e-11
C16	4.49053513e-12	3.15577912e-11	-1.66141091e-11
C18	1.64207121e-12	7.30259248e-11	-7.13724906e-12
C20	-1.0335036e-12	3.09731752e-10	5.4031591e-13
C21	-2.93206259e-14	-2.05672375e-14	-4.18881657e-13
C23	-5.92456689e-14	2.22350106e-14	-6.83276534e-14
C25	-5.80080861e-14	1.08931865e-12	-7.07864185e-15
C27	2.2172926e-14	-1.42234054e-12	5.63121269e-16
C29	1.40438563e-17	8.53769578e-16	-8.08308771e-16
C31	-6.66032602e-17	2.70533891e-15	2.67861368e-16

20

Coefficient	M5	M4	M3
C33	7.30170261e-16	-1.62676517e-15	-3.42472444e-17
C35	3.16423462e-16	4.49594522e-14	1.66873362e-18
C36	-1.81264397e-18	-3.66571047e-19	-6.54742071e-17
C38	-5.39055928e-20	-3.12546568e-18	4.62927488e-18
C40	-2.02947052e-18	7.95440303e-17	-4.8710506e-18
C42	-2.24011839e-18	6.67587526e-16	-2.67955705e-19
C44	-7.82360967e-18	3.07878704e-16	2.12454918e-22

30

図 8 に対する表 3 b

Coefficient	M2	M1	
KY	0.00000000	0.00000000	
KX	0.00000000	0.00000000	
RX	-32587.82702000	-1124.77927400	
C7	-4.74483513e-07	2.20095584e-09	
C9	3.93556671e-08	1.960322e-07	
C10	-2.66024165e-09	-2.88589459e-11	
C12	-2.10042981e-09	-1.13714912e-11	
C14	-4.96647358e-11	-1.87229835e-10	
C16	3.63968975e-11	-1.00857126e-13	10
C18	-6.32882695e-12	-1.48327939e-14	
C20	1.40830966e-12	1.42850505e-12	
C21	-3.43617167e-13	-3.03067897e-17	
C23	2.78640456e-15	-3.68437637e-16	
C25	-2.10521417e-14	2.77481379e-15	
C27	-3.31782506e-16	-2.91734364e-15	
C29	3.53276862e-15	5.08698618e-19	
C31	-7.40107603e-16	7.73915869e-18	
C33	2.47602209e-17	-6.54164067e-19	
C35	3.81467272e-18	1.85860304e-17	
C36	-5.81173248e-18	1.22184892e-21	20
C38	-1.24881103e-17	1.12627739e-20	
C40	6.79836244e-18	3.74180742e-20	
C42	-6.71427793e-19	3.54376196e-20	
C44	2.7467903e-20	-9.46214624e-20	

図 8 に対する表 3 c

Surface	DCX	DCY	DCZ	
Image plane	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
M8	0.00000000	0.00000000	921.48007420	
M7	0.00000000	127.69651360	91.87626879	30
M6	0.00000000	-54.51524583	1081.95671536	
M5	0.00000000	20.29114222	1416.57838942	
M4	0.00000000	-58.31889420	1844.49683317	
M3	0.00000000	59.41629968	1599.41318117	
M2	0.00000000	224.00188768	1454.69416858	
Stop	0.00000000	273.52466623	1404.16528501	
M1	0.00000000	493.26104418	894.61377093	
Object plane	0.00000000	589.57009799	1900.28701404	

(左端列(面)、上から像平面、M8、M7、M6、M5、M4、M3、M2、絞り、M1、物体平面)

図 8 に対する表 4 a

Surface	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]	
Image plane	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000	
M8	4.37615932	0.00000000	-0.00000000	
M7	189.59363600	0.00000000	-0.00000000	
M6	88.91365207	0.00000000	-0.00000000	
M5	268.90218087	0.00000000	-0.00000000	
M4	18.03860636	0.00000000	-0.00000000	
M3	127.17947272	0.00000000	-0.00000000	
M2	-52.81127402	0.00000000	-0.00000000	
Stop	206.02771128	0.00000000	-0.00000000	
M1	190.10376344	0.00000000	-0.00000000	10
Object plane	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000	

(左端列(面)、上から像平面、M8、M7、M6、M5、M4、M3、M2、絞り、M1、物体平面)

図8に対する表4b

Surface	Angle of incidence [deg]	Reflectivity	
M8	4.37615932	0.66374698	
M7	0.83845517	0.66562989	
M6	78.48451336	0.85771648	
M5	78.49604650	0.85787855	20
M4	7.63115384	0.65946494	
M3	78.48653632	0.85774492	
M2	78.49242558	0.85782768	
M1	15.57417594	0.63670200	
Overall transmission		0.1004	

(上端行、左から面、入射角(度)、反射率。左端列(面)、上からM8、M7、M6、M5、M4、M3、M2、M1、全伝達)

図8に対する表5

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]	
0.00000000	47.81303970	0.00000000	
-5.44429277	47.46175497	0.00000000	
-10.74517286	46.42220229	0.00000000	
-15.76391160	44.73636357	0.00000000	
-20.37088960	42.47121905	0.00000000	
-24.44946621	39.71451489	0.00000000	
-27.89907302	36.56933710	0.00000000	
-30.63749814	33.14808875	0.00000000	
-32.60243065	29.56653666	0.00000000	10
-33.75231387	25.93835392	0.00000000	
-34.06656777	22.37033180	0.00000000	
-33.54529452	18.95837628	0.00000000	
-32.20854890	15.78438787	0.00000000	
-30.09518802	12.91406977	0.00000000	
-27.26136068	10.39574244	0.00000000	
-23.77878796	8.26036180	0.00000000	
-19.73295948	6.52296509	0.00000000	
-15.22125595	5.18562681	0.00000000	
-10.35095305	4.24175823	0.00000000	20
-5.23706775	3.68124886	0.00000000	
-0.00000000	3.49551844	0.00000000	
5.23706775	3.68124886	0.00000000	
10.35095305	4.24175823	0.00000000	
15.22125595	5.18562681	0.00000000	
19.73295948	6.52296509	0.00000000	
23.77878796	8.26036180	0.00000000	
X[mm]	Y[mm]	Z[mm]	
27.26136068	10.39574244	0.00000000	30
30.09518802	12.91406977	0.00000000	
32.20854890	15.78438787	0.00000000	
33.54529452	18.95837628	0.00000000	
34.06656777	22.37033180	0.00000000	
33.75231387	25.93835392	0.00000000	
32.60243065	29.56653666	0.00000000	
30.63749814	33.14808875	0.00000000	
27.89907302	36.56933710	0.00000000	
24.44946621	39.71451489	0.00000000	
20.37088960	42.47121905	0.00000000	40
15.76391160	44.73636357	0.00000000	
10.74517286	46.42220229	0.00000000	
5.44429277	47.46175497	0.00000000	

図 8 に対する表 6

【 0 2 0 6 】

投影光学ユニット 25 の全体反射率は 10 . 0 4 % である。

【 0 2 0 7 】

投影光学ユニット 25 は、8 x の縮小結像スケール ($\beta = 8$) を有する。

【 0 2 0 8 】

像視野 8 は、2 x 6 . 5 mm の x 広がりと 1 mm の y 広がりとを有する。投影光学ユニ

50

ット 25 は、13.5 nm の照明光 3 の作動波長に対して最適化される。

【0209】

ミラー M1、M3、M4、M5、及び M8 は、半径に関して負の値を有し、すなわち、原理的に凹ミラーである。ミラー M2、M6、及び M7 は、半径に関して正の値を有し、すなわち、原理的に凸ミラーである。ミラー M3、M5、及び M6 は、非常に大きい絶対半径を有し、すなわち、平面反射面からの僅かな偏位しか引き起こさない。

【0210】

投影光学ユニット 25 の場合にも、最後のミラー M8 のみが、ミラー M6 と M7 との間で案内される結像光 3 に対する通過開口部 17 を含む。

【0211】

投影光学ユニット 25 では、ミラー M2 とミラー M3 との間に瞳平面 18 が配置される。投影光学ユニット 25 では、かすめ入射ミラー M5 上の反射領域内に中間像平面 19 が配置される。

【0212】

投影光学ユニット 25 では、物体平面 5 と像平面 9 との間の z 距離は 1900 mm である。

【0213】

投影光学ユニット 25 では、最も大きいミラー M8 の典型的な直径は約 800 mm である。

【0214】

投影光学ユニット 25 では、物体 / 像オフセット d_{OIS} は約 600 mm である。投影光学ユニット 25 では、物体視野側主光線 16 は、物体平面 5 の法線との間に 5.5° の角度 CRAO を更に含む。

【0215】

投影光学ユニット 25 は、約 $70\text{ m}\lambda$ の像視野側波面の走査 RMS 値を有する。投影光学ユニット 25 では、像視野側歪曲値は約 3 nm である。

【0216】

投影光学ユニット 25 では、ミラー M2 と M3 との間の結像光 3 のビーム経路内に、開口絞りを配置することができる。

【0217】

投影光学ユニット 25 では、主光線 16 は、物体視野 4 とミラー M1 との間で発散的に伝播する。

【0218】

ミラー M8 は、x 寸法内で投影光学ユニット 25 の像側開口数の 20% よりも小さい像側掩蔽を定める。y 方向には、掩蔽は大幅に小さく、更には偏心される。

【0219】

図 1 に記載の投影露光装置 1 において例えば投影光学ユニット 7 の代わりに用いることができる投影光学ユニットの更に別の実施形態 26 を図 9 に基づいて以下に続く本文で説明する。図 1 から図 8 までの状況で上記に既に説明した構成要素及び機能を適宜同じ参照符号で表しており、これらについて再度詳細に解説することはしない。

【0220】

投影光学ユニット 26 は、合計で 8 つのミラー M1 から M8 を有する。これらのミラーは、上記に明示した自由曲面方程式 (1) が当てはまる自由曲面として構成される。投影光学ユニット 26 の結像ビーム経路は、xz 平面に対して平行な平面に関して鏡像反転された投影光学ユニット 7 のものに定性的に対応する。

【0221】

一方でミラー M2 と M3、もう一方で M5 と M6 とは、前と同様にかすめ入射ミラー対を構成し、結像光に対するその偏向効果は加算される。他のミラー M1、M4、M7、及び M8 は法線入射ミラーである。

【0222】

10

20

30

40

50

投影光学ユニット 26 からの光学設計データは、それらの設計に関して図 2 に記載の投影光学ユニット 7 に対する表に対応する以下に続く表から収集することができる。

例示的实施形態	図 9
NA	0.45
波長	13.5 nm
視野寸法x	13.0 mm
視野寸法y	0.784 mm
視野曲率	0.0 1/mm
絞り	S8

図 9 に対する表 1

10

Surface	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Operating mode
M8	-1020.68473887	0.00195413	-933.33549787	0.00214871	REFL
M7	1354.53748928	-0.00147651	452.31842933	-0.00442170	REFL
M6	-1405.06283565	0.00034472	15664.51705589	-0.00052721	REFL
M5	3999.20552730	-0.00007886	7254.86511412	-0.00174817	REFL
M4	-1184.01227813	0.00164064	-894.72802928	0.00230144	REFL
M3	4681.74323636	-0.00007653	5171.50582521	-0.00215877	REFL
M2	852.69172547	-0.00067816	-11086.02991064	0.00062397	REFL
M1	-1964.03237491	0.00097408	-2270.56487894	0.00092083	REFL

(左から、面 , 半径 __ x , 屈折力 __ x , 半径 __ y , 屈折力 __ y , 作動モード。 R E F L は 「 反射 」)

20

図 9 に対する表 2

Coefficient	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-1020.68473900	1354.53748900	-1405.06283600
C7	-4.5731683e-10	-3.41690693e-07	-5.65649344e-08
C9	2.45996777e-09	3.83206678e-08	1.89544462e-09
C10	-9.85395846e-12	6.44749036e-10	-1.93920244e-10
C12	-2.34897758e-11	2.85639184e-09	-3.25598414e-11
C14	-8.72926178e-12	3.07364292e-09	-1.12164645e-13
C16	6.07361769e-16	-3.09291494e-13	3.36943064e-12
C18	2.41094328e-15	2.31337277e-13	6.29413154e-13
C20	1.32110071e-15	1.3381722e-12	1.29643368e-13
C21	-1.23303721e-17	1.38415935e-15	4.62316004e-14
C23	-4.20277144e-17	1.20452307e-14	8.27538418e-15
C25	-4.08488297e-17	3.55373943e-14	8.69367918e-16
C27	-1.08210387e-17	1.90903669e-14	9.15499041e-18
C29	1.07931282e-21	-1.26240025e-19	-1.09629551e-16
C31	3.53989366e-21	7.87268568e-18	-2.60340852e-19

30

40

Coefficient	M8	M7	M6	
C33	3.24535646e-21	3.94705236e-17	-1.56739759e-18	
C35	1.50192167e-21	6.62304e-17	-1.72905085e-19	
C36	-1.14892505e-23	6.66100206e-21	1.66079634e-18	
C38	-5.06654961e-23	8.27654198e-20	8.50117627e-20	
C40	-7.8424464e-23	4.19476166e-19	-1.05681234e-19	
C42	-4.9856421e-23	8.00362496e-19	-5.2250027e-21	
C44	-1.06579309e-23	5.55709617e-19	1.40460138e-22	
C46	2.08122398e-27	0	0	
C48	6.60530624e-27	0	0	
C50	7.61977765e-27	0	0	10
C52	4.50302264e-27	0	0	
C54	1.39426672e-27	0	0	
C55	-2.0882185e-29	0	0	
C57	-1.18627262e-28	0	0	
C59	-2.58588211e-28	0	0	
C61	-2.72003773e-28	0	0	
C63	-1.3620868e-28	0	0	
C65	-2.53756018e-29	0	0	

図 9 に対する表 3 a

Coefficient	M5	M4	M3	
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000	20
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
RX	3999.20552700	-1184.01227800	4681.74323600	
C7	8.69357878e-08	7.62650744e-09	1.82926331e-07	
C9	-2.20256023e-08	-6.79819355e-07	-2.74549952e-08	
C10	6.23391082e-10	-6.30875708e-11	1.36557421e-10	
C12	2.15155751e-10	6.40787678e-12	5.55467106e-10	
C14	6.51961859e-11	-3.52233076e-09	1.76746757e-10	
C16	8.39711467e-13	-2.68662388e-14	1.76890882e-12	
C18	2.30182337e-13	-1.32962452e-12	-4.71589056e-13	
C20	-4.46761962e-14	-2.08675862e-11	1.39910872e-13	30
C21	-4.34103393e-15	-6.57999966e-17	-1.21518032e-14	
C23	3.68657946e-15	-8.04594597e-16	9.50534732e-15	
C25	1.89166259e-16	-3.29911674e-15	-8.40961008e-15	
C27	1.06520031e-16	-1.32487137e-13	-8.07445146e-15	
C29	1.3373458e-17	9.49001529e-19	6.03691731e-18	
C31	1.69029919e-17	-8.32008838e-18	9.40385193e-17	
C33	2.62169884e-18	8.1099079e-17	1.1838444e-16	
C35	-3.09635883e-19	-1.03894539e-15	9.19224029e-17	
C36	3.39460047e-19	-9.69222081e-22	1.64007551e-19	
C38	1.19302799e-19	1.76179484e-21	6.27204932e-20	
C40	6.54223006e-20	1.83258474e-20	-4.59136703e-19	
C42	-4.52075866e-21	1.01522211e-18	-4.92528089e-19	40
C44	7.14188701e-22	-5.99497164e-18	-3.46025607e-19	

図 9 に対する表 3 b

Coefficient	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	852.69172550	-1964.03237500

Coefficient	M2	M1	
C7	-7.81658255e-07	-4.55147095e-09	
C9	1.56377907e-09	-5.53517249e-08	
C10	5.58543355e-10	-6.87418275e-12	
C12	1.03807562e-09	-1.8936292e-11	
C14	-7.16700901e-13	2.34208295e-10	
C16	-2.34728814e-12	2.34056772e-14	
C18	-1.28373035e-12	1.87499703e-13	
C20	-7.57748125e-15	-8.87948384e-13	
C21	-1.15979439e-15	1.42512308e-18	10
C23	4.32890616e-15	2.07491865e-17	
C25	1.60432619e-15	-9.62467925e-16	
C27	2.85253744e-18	2.00812e-15	
C29	3.98866926e-18	1.34308944e-20	
C31	-4.89809284e-18	-1.00614084e-19	
C33	-1.71062114e-18	4.24046777e-18	
C35	7.20763643e-21	-2.92886467e-18	
C36	6.42255749e-21	-3.18411183e-24	
C38	-3.70862193e-21	-1.94058082e-23	
C40	3.05690863e-21	9.71214773e-22	
C42	1.05972674e-21	-7.95009632e-21	20
C44	-1.21554754e-23	6.09195055e-21	

図 9 に対する表 3 c

Surface	DCX	DCY	DCZ	
Image plane	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
M8	0.00000000	0.00000000	865.29422222	
M7	0.00000000	118.52490924	68.26504872	
M6	0.00000000	-36.78487779	1055.95508411	
M5	0.00000000	-363.53035676	1490.07075809	
M4	0.00000000	-730.26441301	1745.75557040	30
M3	0.00000000	-69.28979005	1660.49873728	
Stop	0.00000000	343.22961949	1432.58044567	
M2	0.00000000	752.01678132	1223.96788517	
M1	0.00000000	1204.58566704	386.83503296	
Object plane	0.00000000	1351.26144344	1909.74496129	

(左端列 (面) 、 上から像平面、 M 8 , M 7 , M 6 , M 5 , M 4 , M 3 , 絞り , M 2 , M 1 , 物体平面)

図 9 に対する表 4 a

Surface	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]	
Image plane	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000	40
M8	4.22991607	0.00000000	-0.00000000	
M7	188.70125998	0.00000000	-0.00000000	
M6	-67.04744721	0.00000000	-0.00000000	
M5	-43.95927660	0.00000000	-0.00000000	
M4	68.88242468	0.00000000	-0.00000000	
M3	-17.67119969	0.00000000	-0.00000000	
Stop	-59.23477257	0.00000000	-0.00000000	
M2	-44.79701653	0.00000000	-0.00000000	
M1	191.44774020	0.00000000	-0.00000000	
Object plane	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000	50

(左端列 (面) 、上から像平面、 M 8 , M 7 , M 6 , M 5 , M 4 , M 3 , 絞り , M 2 , M 1 , 物体平面)

図 9 に対する表 4 b

Surface	Angle of incidence [deg]	Reflectivity	
M8	4.22991607	0.66388105	
M7	0.23883275	0.66566686	
M6	75.98494377	0.82019012	
M5	80.92687210	0.89027623	
M4	13.76746994	0.64369696	
M3	79.67997395	0.87406508	10
M2	73.19415034	0.77128309	
M1	16.94892910	0.63050655	
Overall transmission		0.0883	

(上端行、左から面 , 入射角 (度) , 反射率。左端列 (面) 、上から M 8 , M 7 , M 6 , M 5 , M 4 , M 3 , M 2 , M 1 , 全伝達)

図 9 に対する表 5

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]	
0.00000000	-80.47093417	0.00000000	
-10.25746907	-79.94987076	0.00000000	20
-20.26826613	-78.37210765	0.00000000	
-29.79066890	-75.69797214	0.00000000	
-38.59312691	-71.87406347	0.00000000	
-46.45979046	-66.85028467	0.00000000	
-53.19615576	-60.60006602	0.00000000	
-58.63447748	-53.13981514	-0.00000000	
-62.63850784	-44.54314891	0.00000000	
-65.10719435	-34.94724292	0.00000000	
-65.97718636	-24.55138803	0.00000000	
-65.22420672	-13.60979294	0.00000000	
-62.86345402	-2.42134193	0.00000000	30
-58.94921668	8.68142822	0.00000000	
-53.57381986	19.34327530	0.00000000	
-46.86592081	29.19797884	0.00000000	
-38.98806545	37.88260901	0.00000000	
-30.13336574	45.05554784	-0.00000000	
-20.52118204	50.41779081	-0.00000000	
-10.39177552	53.73519155	0.00000000	
-0.00000000	54.85815175	0.00000000	

10.39177552	53.73519155	-0.00000000
20.52118204	50.41779081	0.00000000
30.13336574	45.05554784	-0.00000000
38.98806545	37.88260901	0.00000000
46.86592081	29.19797884	0.00000000
53.57381986	19.34327530	0.00000000
58.94921668	8.68142822	0.00000000
62.86345402	-2.42134193	0.00000000
65.22420672	-13.60979294	0.00000000
65.97718636	-24.55138803	0.00000000
65.10719435	-34.94724292	0.00000000
62.63850784	-44.54314891	0.00000000
58.63447748	-53.13981514	-0.00000000
53.19615576	-60.60006602	0.00000000
46.45979046	-66.85028467	0.00000000
38.59312691	-71.87406347	0.00000000
29.79066890	-75.69797214	0.00000000
20.26826613	-78.37210765	-0.00000000

10

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
10.25746907	-79.94987076	0.00000000

20

図 9 に対する表 6

【 0 2 2 3 】

投影光学ユニット 2 6 の全体反射率は 8 . 8 3 % である。

【 0 2 2 4 】

投影光学ユニット 2 6 は、8 x の縮小結像スケール ($\beta = 8$) を有する。

【 0 2 2 5 】

像視野 8 は、2 x 6 . 5 mm の x 広がりと 1 mm の y 広がりとを有する。投影光学ユニット 2 6 は、1 3 . 5 nm の照明光 3 の作動波長に対して最適化される。

【 0 2 2 6 】

ミラー M 1、M 2、M 4、及び M 8 は、半径に関して負の値を有し、すなわち、原理的に凹ミラーである。ミラー M 3、M 5、M 6、及び M 7 は、半径に関して正の値を有し、すなわち、原理的に凸ミラーである。ミラー M 2、M 3、M 5、及び M 6 は、非常に大きい絶対半径を有し、すなわち、平面反射面からの僅かな偏位しか引き起こさない。

30

【 0 2 2 7 】

ミラー M 2 と M 3 との間のビーム経路内には、投影光学ユニット 2 6 の瞳平面 1 8 が位置する。図 9 に略示しているものとは異なり、この絞り平面は、中心視野点の主光線に対して傾斜される。ミラー M 3 上の反射領域内には、投影光学ユニット 2 6 の中間像平面 1 9 が位置する。

【 0 2 2 8 】

投影光学ユニット 2 6 の場合にも、ミラー M 8 が、ミラー M 6 と M 7 との間の結像光 3 に対する結像ビーム経路内の通過開口部 1 7 を含む唯一のミラーである。

40

【 0 2 2 9 】

投影光学ユニット 2 6 では、物体平面 5 と像平面 9 との間の z 距離は 1 9 0 0 mm である。

【 0 2 3 0 】

投影光学ユニット 2 6 では、最も大きいミラー M 8 の典型的な直径は約 8 0 0 mm である。

【 0 2 3 1 】

投影光学ユニット 2 6 では、物体 / 像オフセット d_{OIS} は約 1 3 5 0 mm である。投影

50

光学ユニット 26 では、物体視野側主光線 16 は、物体平面 5 の法線との間に 5.5° の角度 $CRAO$ を更に含む。

【0232】

投影光学ユニット 26 は、約 $30\text{ m}\lambda$ の像視野側波面の走査 RMS 値を有する。投影光学ユニット 26 では、像視野側歪曲値は約 1.0 nm である。

【0233】

投影光学ユニット 26 では、ミラー M1 と M2 との間の結像光 3 のビーム経路内に、 x 方向に対して有効な絞りを配置することができ、ミラー M2 と M3 との間のビーム経路内に y 寸法に対して有効な絞りを配置することができる。

【0234】

投影光学ユニット 26 では、主光線 16 は、物体視野 4 とミラー M1 との間の結像光 3 のビーム経路内で発散的に伝播する。

【0235】

ミラー M8 は、 x 寸法内で投影光学ユニット 26 の像側開口数の 20% よりも小さい像側掩蔽を定める。 y 方向には、掩蔽は大幅に小さく、更には偏心される。

【0236】

図 1 に記載の投影露光装置 1 において例えば投影光学ユニット 7 の代わりに用いることができる投影光学ユニットの更に別の実施形態 27 を図 10 に基づいて以下に続く本文で説明する。図 1 から図 9 までの状況で上記に既に説明した構成要素及び機能を適宜同じ参照符号で表しており、これらについて再度詳細に解説することはしない。

【0237】

投影光学ユニット 27 は、合計で 9 つのミラー M1 から M9 を有する。ミラー M1、M3、M5、M6、及び M7 は、かすめ入射ミラーとして具現化される。ミラー M2、M4、M8、及び M9 は、法線入射ミラーとして具現化される。投影光学ユニット 27 の結像ビーム経路は、ミラー M1 上での反射の後に、投影光学ユニット 26 のその内部に設置されたミラー M1 上での反射の前のものに定性的に対応する。

【0238】

投影光学ユニット 26 とは異なり、投影光学ユニット 27 における物体平面 5 と像平面 9 とは互いに対して平行に延びず、互いに対する角度を有する。物体平面 5 と像平面 9 との間の角度は約 25° である。物体平面 5 と像平面 9 との間の異なる角度、例えば 9° の角度も可能である。

【0239】

ミラー M1 から M9 は、上記に明示した自由曲面方程式 (1) が当てはまる自由曲面として具現化される。投影光学ユニット 27 からの光学設計データは、それらの設計に関して図 2 に記載の投影光学ユニット 7 に対する表に対応する以下に続く表から収集することができる。

例示的实施形態	図10
NA	0.45
波長	13.5 nm
視野寸法 x	13.0 mm
視野寸法 y	0.784 mm
視野曲率	0.0 1/mm
絞り	S8

図 10 に対する表 1

Surface	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Operating mode
M9	-927.06163241	0.00215195	-844.37553102	0.00237456	REFL
M8	1260.16184110	-0.00158703	401.08562452	-0.00498668	REFL
M7	-1168.04413588	0.00040107	11410.61912595	-0.00074830	REFL
M6	4599.68965912	-0.00006782	8916.30231166	-0.00143804	REFL
M5	-1096.76971549	0.00176717	-863.86589235	0.00238902	REFL
M4	4376.93959430	-0.00008826	4854.36195700	-0.00213313	REFL
M3	694.47986096	-0.00078202	-11204.91072986	0.00065732	REFL
M2	-1794.72340819	0.00106428	-2029.30630895	0.00103195	REFL
M1	56094.16071744	-0.00000619	2455768.87767400	-0.00000469	REFL

(左から、面 , 半径 __ x , 屈折力 __ x , 半径 __ y , 屈折力 __ y , 作動モード。 R E F L は「反射」)

10

図 10 に対する表 2

Coefficient	M9	M8	M7
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-927.06163240	1260.16184100	-1168.04413600
C7	-2.23517614e-09	-4.50960587e-07	-6.09122113e-08
C9	3.6145057e-09	2.20913057e-07	-7.41514642e-09
C10	-1.30846827e-11	8.26856896e-10	-4.23871389e-10
C12	-3.31679633e-11	3.96892634e-09	-8.1925409e-11
C14	-1.11333628e-11	3.96037785e-09	5.90888948e-12
C16	-1.35234341e-15	-7.57597915e-13	3.35805375e-12
C18	2.4979396e-15	7.50962025e-13	5.21136649e-13
C20	2.05872696e-15	1.71669679e-12	1.05276252e-13

20

Coefficient	M9	M8	M7
C21	-1.94087173e-17	1.87848046e-15	8.25497656e-14
C23	-7.12735855e-17	2.02345088e-14	1.69291777e-14
C25	-6.73063611e-17	5.75563235e-14	1.53606778e-15
C27	-1.82798337e-17	5.09562952e-14	3.54149717e-17
C29	-3.20697386e-24	-7.22215501e-19	-3.97944158e-16
C31	3.5532586e-21	2.1496672e-17	-2.2247379e-17
C33	5.38887498e-21	6.98750447e-17	1.44225902e-18
C35	2.90441791e-21	1.60217048e-16	2.10047652e-19
C36	-2.16831662e-23	1.02346305e-20	7.76582807e-18
C38	-1.024839e-22	1.50853153e-19	2.1988537e-18
C40	-1.5739648e-22	7.95625269e-19	8.70609334e-20
C42	-9.99598149e-23	1.67352786e-18	3.47122436e-22
C44	-2.1418847e-23	1.35065244e-18	-3.9650949e-23
C46	1.75635066e-27	0	0
C48	3.95925628e-27	0	0
C50	9.08959768e-27	0	0
C52	7.51947576e-27	0	0
C54	2.95311155e-27	0	0
C55	-4.9313257e-29	0	0
C57	-2.91657271e-28	0	0
C59	-6.40825581e-28	0	0
C61	-6.7271506e-28	0	0
C63	-3.36939719e-28	0	0
C65	-6.32994338e-29	0	0

30

40

図 10 に対する表 3 a

Coefficient	M6	M5	M4	
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
RX	4599.68965900	-1096.76971500	4376.93959400	
C7	1.03365575e-07	1.77442565e-08	2.85338602e-07	
C9	-1.54020378e-08	-6.87485517e-07	-1.50086102e-08	
C10	6.24726933e-10	-6.07852311e-11	-2.45993749e-10	
C12	2.40839743e-10	5.8774529e-11	7.01376961e-10	
C14	5.40400123e-11	-4.141262e-09	2.22502751e-10	
C16	8.59548973e-13	6.15732667e-14	3.90716877e-12	10
C18	3.88970513e-13	-1.96817792e-12	-8.40526435e-13	
C20	-4.05623477e-14	-2.89315132e-11	4.02410751e-13	
C21	-1.20558697e-14	2.96793339e-17	-3.71431043e-14	
C23	3.60545789e-15	-1.07466885e-15	2.86503345e-14	
C25	4.90623123e-16	-7.66590675e-15	-1.34184278e-14	
C27	1.09460213e-16	-2.25511385e-13	-1.60120001e-14	
C29	-4.29010487e-19	2.6566245e-18	-1.11931312e-16	
C31	2.82057928e-17	-4.89526911e-18	1.96219169e-16	
C33	3.64606722e-18	1.17410302e-16	1.62404628e-16	
C35	-1.9616745e-19	-1.76366177e-15	2.00776571e-16	
C36	4.55297641e-19	-1.10261165e-21	2.17082945e-21	
C38	1.72685649e-19	4.71570588e-21	-1.71177213e-19	20
C40	1.19053297e-19	1.68707682e-19	-5.48323926e-19	
C42	2.84505286e-21	1.74228055e-18	-7.77652616e-19	
C44	3.95736521e-22	-8.4090687e-18	-8.35475752e-19	

図 10 に対する表 3 b

Coefficient	M3	M2	M1	
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
RX	694.47986100	-1794.72340800	56094.16072000	
C7	-9.05001362e-07	2.43898758e-08	-4.50372077e-08	
C9	3.15550349e-09	-3.56700561e-08	-1.70664296e-09	30
C10	6.34026502e-10	9.89791173e-13	-4.70024759e-11	
C12	1.18596959e-09	-6.80752791e-11	-1.3238749e-11	
C14	1.06817193e-12	2.4496293e-10	5.60439886e-14	
C16	-3.63455516e-12	-5.25512666e-15	1.47433739e-13	
C18	-1.41249895e-12	4.60707008e-13	2.95667054e-14	
C20	-1.74617944e-14	-1.2047971e-12	4.8002619e-15	
C21	-1.91218475e-15	-2.29258544e-18	1.9028315e-16	
C23	7.60619654e-15	1.4721488e-16	3.97100834e-16	
C25	1.76329071e-15	-2.52607323e-15	5.02793845e-17	
C27	1.20304383e-17	2.91792964e-15	1.19507083e-17	
C29	6.27376885e-18	6.5563985e-20	7.22310933e-20	
C31	-9.91733853e-18	-8.95631485e-19	3.50704599e-19	40
C33	-2.07433776e-18	8.24988356e-18	6.30478322e-20	
C35	8.04274126e-21	-6.16363923e-18	1.42780131e-20	
C36	1.68635395e-20	-3.79475169e-23	1.84200486e-21	
C38	-2.47873133e-21	-5.38421564e-22	-8.43097684e-22	
C40	7.02632851e-21	1.78624244e-21	1.73741471e-22	
C42	1.58722416e-21	-1.78993463e-20	3.02938088e-23	
C44	-3.21703854e-23	5.70718198e-21	7.7900247e-24	

図 10 に対する表 3 c

Surface	DCX	DCY	DCZ	
Image plane	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
M9	0.00000000	0.00000000	786.63111111	
M8	0.00000000	102.63834162	66.28304947	
M7	0.00000000	-42.20392704	963.45589840	
M6	0.00000000	-330.28870287	1356.10968115	
M5	0.00000000	-662.92650671	1595.87409890	
M4	0.00000000	-55.87386363	1518.97310352	
Stop	0.00000000	312.02692681	1302.34585970	
M3	0.00000000	677.24956983	1104.30311012	
M2	0.00000000	1096.20099718	348.22303178	
M1	0.00000000	1163.41792826	1046.10952756	10
Object plane	-0.00000000	990.09733323	1716.14318698	

(左端列(面)、上から像平面、M9、M8、M7、M6、M5、M4、絞り、M3、M2、M1、物体平面)

図10に対する表4a

Surface	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]	
Image plane	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000	
M9	4.05665761	0.00000000	-0.00000000	
M8	188.65127645	0.00000000	-0.00000000	
M7	-67.27942550	0.00000000	-0.00000000	20
M6	-44.75934404	0.00000000	-0.00000000	
M5	68.49763755	0.00000000	-0.00000000	
M4	-18.35688966	0.00000000	-0.00000000	

Surface	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]	
Stop	-59.23477257	0.00000000	-0.00000000	
M3	-45.24965445	0.00000000	-0.00000000	
M2	191.74671318	0.00000000	-0.00000000	
M1	-85.49756738	-0.00000000	180.00000000	
Object plane	9.00279525	-0.00000000	180.00000000	30

(左端列(面)、上から像平面、M9、M8、M7、M6、M5、M4、絞り、M3、M2、M1、物体平面)

図10に対する表4b

Surface	Angle of incidence [deg]	Reflectivity	
M9	4.05665761	0.66403357	
M8	0.53044148	0.66565924	
M7	76.45362613	0.82762443	
M6	81.02626853	0.89153746	
M5	14.28246533	0.64182800	
M4	78.86369490	0.86299856	
M3	74.24363169	0.79067680	
M2	17.24608899	0.62906014	
M1	79.99938209	0.87829176	
Overall transmission		0.0789	40

(上端行、左から面、入射角(度)、反射率。左端列(面)、上からM9、M8、M7、M6、M5、M4、M3、M2、M1、全伝達)

図10に対する表5

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]	
0.00000000	-77.36899626	0.00000000	
-9.63805104	-76.89174932	0.00000000	
-19.04585126	-75.44603498	0.00000000	
-27.99720457	-72.99379120	0.00000000	
-36.27449492	-69.48369854	0.00000000	
-43.67382900	-64.86713406	0.00000000	
-50.01062298	-59.11655450	0.00000000	
-55.12523420	-52.24278088	0.00000000	
-58.88805408	-44.30771100	0.00000000	10
-61.20346679	-35.43047265	0.00000000	
-62.01235694	-25.78715767	0.00000000	
-61.29323966	-15.60585844	0.00000000	
-59.06229034	-5.15917759	0.00000000	
-55.37254326	5.24425982	0.00000000	
-50.31248449	15.26910313	0.00000000	
-44.00419258	24.56450552	0.00000000	
-36.60098665	32.77884030	0.00000000	
-28.28434784	39.57860245	0.00000000	
-19.25989969	44.67051183	0.00000000	
-9.75241853	47.82425257	0.00000000	20
-0.00000000	48.89242200	0.00000000	
9.75241853	47.82425257	0.00000000	
19.25989969	44.67051183	0.00000000	
28.28434784	39.57860245	0.00000000	
36.60098665	32.77884030	0.00000000	
44.00419258	24.56450552	0.00000000	
50.31248449	15.26910313	0.00000000	
55.37254326	5.24425982	0.00000000	30
59.06229034	-5.15917759	0.00000000	
61.29323966	-15.60585844	0.00000000	
62.01235694	-25.78715767	0.00000000	
X[mm]	Y[mm]	Z[mm]	
61.20346679	-35.43047265	0.00000000	
58.88805408	-44.30771100	0.00000000	
55.12523420	-52.24278088	0.00000000	
50.01062298	-59.11655450	0.00000000	
43.67382900	-64.86713406	0.00000000	40
36.27449492	-69.48369854	0.00000000	
27.99720457	-72.99379120	0.00000000	
19.04585126	-75.44603498	0.00000000	
9.63805104	-76.89174932	0.00000000	

図 1 0 に対する表 6

【 0 2 4 0 】

投影光学ユニット 2 7 の全体反射率は 7 . 8 9 % である。

【 0 2 4 1 】

投影光学ユニット 2 7 は、8 x の縮小結像スケール ($\beta = 8$) を有する。

【 0 2 4 2 】

像視野 8 は、 $2 \times 6.5 \text{ mm}$ の x 広がりと 1 mm の y 広がりとを有する。投影光学ユニット 27 は、 13.5 nm の照明光 3 の作動波長に対して最適化される。

【0243】

投影光学ユニット 27 では、ミラー M3 と M4 との間の結像ビーム経路内に、瞳平面 18 が配置される。略示しているものとは異なり、瞳平面 18 は、中心視野点の主光線に対して傾斜される。ミラー M4 と M5 との間の結像ビーム経路内には、中間像平面 19 がミラー M4 の近くに配置される。

【0244】

投影光学ユニット 27 では、一方でミラー M3 と M4、もう一方で M6 と M7 とは、かすめ入射ミラー対を形成し、結像光 3 に対するこれらの偏向効果は加算される。

10

【0245】

ミラー M1、M4、M6、M7、及び M8 は、半径に関して正の値を有し、すなわち、原理的に凸ミラーである。ミラー M2、M3、M5、及び M9 は、半径に関して負の値を有し、すなわち、原理的に凹ミラーである。ミラー M1、M3、M4、M6、及び M7 は、非常に大きい絶対半径を有し、すなわち、平面反射面からの僅かな偏位しか引き起こさない。

【0246】

投影光学ユニット 27 の場合には、ミラー M9 が、ミラー M7 と M8 との間で案内される結像光 3 の通過に向けた通過開口部 17 を含む唯一のミラーである。

【0247】

20

投影光学ユニット 27 では、物体平面 5 と像平面 9 との間の z 距離は約 1700 mm である。

【0248】

投影光学ユニット 27 では、最も大きいミラー M9 の典型的な直径は約 730 mm である。

【0249】

投影光学ユニット 27 では、物体 / 像オフセット d_{ois} は約 1000 mm である。投影光学ユニット 27 では、物体視野側主光線 16 は、物体平面 5 の法線との間に 5.5° の角度 CAO を更に含む。

【0250】

30

投影光学ユニット 27 は、約 $30 \text{ m}\lambda$ の像視野側波面の走査 RMS 値を有する。投影光学ユニット 27 では、像視野側歪曲値は約 0.6 nm である。

【0251】

ミラー M2 と M3 との間の結像光 3 のビーム経路内には、 x 寸法に対して有効な絞りを配置することができる。投影光学ユニット 27 では、ミラー M3 と M4 との間のビーム経路内に y 寸法に対して有効な絞りを配置することができる。

【0252】

投影光学ユニット 27 における主光線 16 は、物体視野 4 とミラー M1 との間の結像光 3 のビーム経路内で発散する伝播を有する。

【0253】

40

ミラー M9 は、 x 寸法にわたって投影光学ユニット 27 の像側開口数の 20% よりも小さい像側掩蔽を定める。 y 方向には、掩蔽は大幅に小さく、更には偏心される。

【0254】

図 1 に記載の投影露光装置 1 において例えば投影光学ユニット 7 の代わりに用いることができる投影光学ユニットの更に別の実施形態 28 を図 11 に基づいて以下に続く本文で説明する。図 1 から図 10 までの状況で上記に既に説明した構成要素及び機能を適宜同じ参照符号で表しており、これらについて再度詳細に解説することはしない。

【0255】

投影光学ユニット 28 は、合計で 8 つのミラー M1 から M8 を有する。ミラー M1、M4、M7、及び M8 は、法線入射ミラーとして具現化される。ミラー M2、M3、M5、

50

及びM 6は、かすめ入射ミラーとして具現化される。ミラーM 4の後に、投影光学ユニット2 8におけるビーム経路は、図1 0に記載の投影光学ユニット2 7におけるミラーM 5の後のビーム経路に定性的に対応し、この場合、投影光学ユニット2 8内の最後から2番目のミラーM 7は、投影光学ユニット2 7の最後から2番目のミラーM 8の配置と比較してx z平面に対して平行な平面に関して鏡像反転されて配置される。

【0 2 5 6】

投影光学ユニット2 8のビーム案内では、ビーム経路の主光線1 6は、一方でミラーM 1とM 2との間で、もう一方でミラーM 5とM 6との間で交差する。

【0 2 5 7】

一方で2つのかすめ入射ミラーM 2とM 3、もう一方で2つのかすめ入射ミラーM 5とM 6とは、各場合にミラー対として具現化され、これらのミラーの偏向効果は加算される。

【0 2 5 8】

投影光学ユニット2 8では、最後のミラーM 8のみが、ミラーM 6とM 7との間で案内される結像光3の通過に向けた通過開口部1 7を伴って具現化される。

【0 2 5 9】

投影光学ユニット2 8では、像平面9からの物体平面5のz距離は約2 0 0 0 mmである。投影光学ユニット2 8では、物体/像オフセットは約1 0 0 0 mmである。

【0 2 6 0】

図1に記載の投影露光装置1において例えば投影光学ユニット7の代わりに用いることができる投影光学ユニットの更に別の実施形態2 9を図1 2に基づいて以下に続く本文で説明する。図1から図1 1までの状況で上記に既に説明した構成要素及び機能を適宜同じ参照符号で表しており、これらについて再度詳細に解説することはしない。

【0 2 6 1】

投影光学ユニット2 9は、合計で8つのミラーM 1からM 8を有する。ミラーM 1、M 7、及びM 8は、法線入射ミラーとして具現化される。ミラーM 2、M 3、M 4、M 5、及びM 6は、かすめ入射ミラーとして具現化される。従って投影光学ユニット2 9は、連続して配置された5つのかすめ入射ミラーを有する。投影光学ユニット2 9では、全てのかすめ入射ミラーM 2からM 6は、結像光3に対して加算偏向効果を有する。

【0 2 6 2】

投影光学ユニット2 9における結像ビーム経路は、ミラーM 5の後に、図2に記載の投影光学ユニット7におけるものに定性的に対応する。

【0 2 6 3】

投影光学ユニット2 9では、前と同様に最後のミラーM 8のみが、ミラーM 6とM 7との間で案内される結像光3の通過に向けた通過開口部1 7を含む。

【0 2 6 4】

投影光学ユニット2 9では、互いに対して平行な物体平面5と像平面9との間のz距離は約2 5 0 0 mmである。投影光学ユニット2 9では、物体/像オフセットは約3 0 0 0 mmである。

【0 2 6 5】

図1に記載の投影露光装置1において例えば投影光学ユニット7の代わりに用いることができる投影光学ユニットの更に別の実施形態3 0を図1 3に基づいて以下に続く本文で説明する。図1から図1 2までの状況で上記に既に説明した構成要素及び機能を適宜同じ参照符号で表しており、これらについて再度詳細に解説することはしない。

【0 2 6 6】

投影光学ユニット3 0は、合計で1 1個のミラーM 1からM 1 1を有する。ミラーM 5、M 1 0、及びM 1 1は、法線入射ミラーとして具現化される。ミラーM 1、M 2、M 3、M 4、M 6、M 7、M 8、及びM 9は、かすめ入射ミラーとして具現化される。従って投影光学ユニット3 0は、各場合に連続して配置された4つのかすめ入射ミラーを有する2つの群を有する。かすめ入射ミラーM 1からM 4の偏向効果は加算される。かすめ入射

10

20

30

40

50

ミラー M 6 から M 9 の偏向効果は加算される。

【 0 2 6 7 】

ミラー M 8 の後に、投影光学ユニット 3 0 における結像ビーム経路は、 xz 平面に対して平行な平面に関して鏡像反転された図 1 1 に記載の投影光学ユニット 2 8 におけるその内部のミラー M 4 の後のものに定性的に対応する。

【 0 2 6 8 】

図 1 に記載の投影露光装置 1 において例えば投影光学ユニット 7 の代わりに用いることができる投影光学ユニットの更に別の実施形態 3 1 を図 1 4 及び図 1 5 に基づいて以下に続く本文で説明する。図 1 から図 1 3 までの状況で上記に既に説明した構成要素及び機能を適宜同じ参照符号で表しており、これらについて再度詳細に解説することはしない。図 1 4 は、投影光学ユニット 3 1 の子午断面を示している。図 1 5 は、投影光学ユニット 3 1 の矢状面図を示している。

【 0 2 6 9 】

投影光学ユニット 3 1 は、合計で 8 つのミラー M 1 から M 8 を有し、その基本設計に関して、例えば図 2 に記載の投影光学ユニット 7 と同様である。

【 0 2 7 0 】

ミラー M 1 から M 8 は、前と同様に、上記に明示した自由曲面方程式 (1) が当てはまる自由曲面ミラーとして具現化される。投影光学ユニット 3 1 からの光学設計データは、それらの設計に関して図 2 に記載の投影光学ユニット 7 に対する表に対応する以下に続く表から収集することができる。

例示的实施形態		図 14/15
NA		0.6
波長		13.5 nm
視野寸法 x		13.0 mm
視野寸法 y		1.2 mm
視野曲率		0.049315 1/mm
絞り		S9

図 1 4 / 図 1 5 に対する表 1

Surface	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Operating mode
M8	-760.70350941	0.00261095	-690.41137663	0.00291701	REFL
M7	1660.51779822	-0.00120425	351.41973469	-0.00569210	REFL
M6	22413.77181938	-0.00002294	-20325.26887942	0.00038276	REFL
M5	-61404.35325763	0.00000694	6970.73341488	-0.00134567	REFL
M4	-1968.89132935	0.00100852	-1867.99412600	0.00107840	REFL
M3	-8443.92486351	0.00004792	-8485.60225377	0.00116489	REFL
M2	-2785.90885659	0.00017702	2068.91589871	-0.00392049	REFL
M1	19049.58074618	-0.00009999	-1346.04479234	0.00156005	REFL

(左から、面 , 半径 $_x$, 屈折力 $_x$, 半径 $_y$, 屈折力 $_y$, 作動モード。 R E F L は「反射」)

図 1 4 / 図 1 5 に対する表 2

Coefficient	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-760.70350940	1660.51779800	22413.77182000
C7	-2.33007014e-08	2.88578547e-07	2.2753674e-07
C9	-1.18967539e-08	-3.88069638e-07	-1.7457017e-07
C10	-2.72776659e-11	1.49271555e-09	6.68609309e-10

10

20

30

40

50

Coefficient	M8	M7	M6	
C12	-7.0442837e-11	5.59222539e-09	-3.8203442e-10	
C14	-2.75271127e-11	6.67807776e-09	-5.77862714e-10	
C16	-2.23080012e-14	1.04050752e-12	-3.23543892e-12	
C18	-4.50583763e-14	-4.27223388e-12	8.34265088e-13	
C20	-1.4274792e-14	-1.06939915e-11	-2.23351616e-12	
C21	-7.56087206e-17	4.59226247e-15	-3.59682046e-15	
C23	-2.39764985e-16	3.8987218e-14	1.13689144e-14	
C25	-2.30791712e-16	1.29791609e-13	-6.73241398e-16	
C27	-6.65038444e-17	1.43884373e-13	-9.82855694e-15	10
C29	-2.53005387e-20	1.04942825e-17	2.27512685e-17	
C31	-1.01909319e-19	1.61698231e-17	-3.69216305e-17	
C33	-9.10891737e-20	-1.87239071e-16	-9.10355957e-20	
C35	-2.22321038e-20	-3.6078348e-16	-4.66136303e-17	
C36	-1.15852474e-22	2.8817043e-20	1.65439247e-19	
C38	-6.28157898e-22	3.07592107e-19	-6.87738716e-22	
C40	-9.6788962e-22	1.31683563e-18	1.27689461e-19	
C42	-6.41461387e-22	3.2410417e-18	-8.59875947e-22	
C44	-1.5313164e-22	3.93814067e-18	-2.18742961e-19	
C46	-1.13873934e-25	1.33094976e-22	-8.48120432e-22	
C48	-2.12040282e-25	-1.87148715e-22	8.70636092e-22	
C50	-3.26381834e-25	-2.12882905e-21	5.2058061e-22	20
C52	-1.88634319e-25	-8.06669662e-21	1.43430743e-22	
C54	-3.77802198e-26	-1.65415378e-20	-8.35116913e-22	
C55	-2.78299672e-28	1.62987882e-25	-1.26276164e-23	
C57	-1.13733455e-27	3.09234722e-24	-1.06004981e-23	
C59	-2.50973358e-27	2.05233308e-23	-1.18561349e-23	
C61	-2.36012273e-27	6.71690321e-23	-4.77169105e-25	
C63	-1.07735394e-27	1.14300682e-22	2.74390777e-25	
C65	-1.68978578e-28	8.85821016e-23	-3.96110871e-24	
C67	1.51915362e-32	-2.32859315e-27	8.22294799e-26	30
C69	-5.49655364e-31	1.39198769e-26	-4.76626411e-26	
C71	-1.02066385e-30	6.61474215e-26	-9.93012444e-26	
C73	-1.18308652e-30	4.75522732e-26	-6.29472298e-26	
C75	-5.84567673e-31	-7.56976341e-26	-5.49230676e-27	
C77	-1.06877542e-31	6.97381799e-26	-4.17957059e-26	
C78	-6.57287449e-34	-1.11031193e-30	5.04699814e-28	
C80	-4.98973258e-33	-3.42075816e-29	3.32058589e-28	
C82	-1.47067638e-32	-1.97911989e-28	1.10888783e-27	
C84	-2.39766693e-32	-8.4948077e-28	9.24713394e-29	
C86	-2.10528972e-32	-4.47266704e-28	-1.36080649e-28	
C88	-9.49212101e-33	3.40835449e-27	-3.22056057e-29	
C90	-1.85536567e-33	6.09359424e-27	-3.22300574e-28	40
C92	1.14904466e-37	4.55084533e-32	-2.32548127e-30	
C94	-3.94852331e-37	-6.02019105e-32	2.65660093e-30	
C96	-6.82573646e-37	-1.80150194e-30	4.77721528e-30	
C98	3.49439171e-37	-6.96859581e-30	4.3682388e-30	
C100	8.37743218e-37	-2.35053497e-29	1.52429646e-30	
C102	4.22187524e-37	-7.01661753e-29	-1.0247849e-31	
C104	1.07716944e-37	-9.6147079e-29	-1.20989386e-30	
C105	7.66857985e-40	4.18651817e-35	-8.36182433e-33	
C107	5.95979105e-39	1.31671069e-33	-3.54017002e-33	

C109	2.67422787e-38	9.8779453e-33	-4.83481101e-32
C111	6.45464453e-38	5.60289315e-32	-8.16147728e-33
C113	8.78194876e-38	1.58284154e-31	1.4522278e-32

Coefficient	M8	M7	M6	
C115	6.57244583e-38	2.85637687e-31	5.61495185e-33	
C117	2.60731766e-38	4.34645199e-31	-2.42083693e-34	
C119	4.80920542e-39	4.05075079e-31	-1.74525827e-33	
C121	-7.24465698e-43	0	0	10
C123	-5.06090521e-42	0	0	
C125	-2.11201601e-41	0	0	
C127	-3.93520662e-41	0	0	
C129	-4.26707116e-41	0	0	
C131	-2.6866198e-41	0	0	
C133	-9.02589569e-42	0	0	
C135	-1.35713124e-42	0	0	
C136	-6.18315205e-45	0	0	
C138	-5.64222317e-44	0	0	
C140	-2.25923694e-43	0	0	
C142	-5.2742383e-43	0	0	
C144	-7.72344846e-43	0	0	20
C146	-7.07223784e-43	0	0	
C148	-3.9358099e-43	0	0	
C150	-1.23782731e-43	0	0	
C152	-1.76195917e-44	0	0	

図 1 4 / 図 1 5 に対する表 3 a

Coefficient	M5	M4	M3	
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
RX	-61404.35326000	-1968.89132900	-8443.92486400	
C7	-1.68207907e-07	-9.69253223e-08	-1.61488272e-08	30
C9	-1.68739886e-07	-4.92868764e-07	2.12423419e-08	
C10	1.37381131e-10	-4.29245796e-12	-3.01016486e-11	
C12	1.73273328e-10	2.8015583e-10	-3.01270218e-11	
C14	3.39901777e-10	2.62958278e-09	-3.12591627e-11	
C16	-2.02771855e-13	-6.55098858e-14	5.94264568e-14	
C18	-2.74086745e-13	-2.19243624e-12	1.84091903e-14	
C20	-1.11184944e-12	-1.64987945e-11	2.75233054e-14	
C21	-1.66473292e-16	5.11085588e-18	5.26119437e-17	
C23	-1.53971529e-16	5.55797544e-16	-6.75020173e-17	
C25	-1.4400902e-16	1.63350353e-14	-5.16160437e-17	
C27	2.78000528e-15	1.23712765e-13	-3.82616113e-17	
C29	-4.21493833e-19	-8.59118066e-20	-6.89623715e-20	40
C31	1.37929257e-18	-5.35246837e-18	6.50922922e-20	
C33	7.35166575e-18	-1.3798481e-16	5.66413099e-20	
C35	-2.94790982e-17	-8.56072868e-16	4.52051441e-20	
C36	-3.95620249e-21	3.9780575e-23	-1.10791979e-21	

C38	7.20372936e-21	1.07488208e-21	-3.83039519e-22
C40	-3.66632457e-20	7.37896563e-20	-8.63659651e-23
C42	1.11889421e-19	1.33985205e-18	-9.65351264e-23
C44	-2.23316105e-19	5.21035424e-18	-6.41320506e-23
C46	6.98222374e-23	4.14830144e-25	9.00262127e-25
C48	1.89025842e-23	-2.64909189e-23	1.42487114e-24
C50	-6.54336013e-22	-9.0106405e-22	3.32110828e-25
C52	2.37305051e-21	-6.69630166e-21	1.54439296e-25
C54	-2.44135026e-21	-4.36511688e-20	7.91478948e-26

Coefficient	M5	M4	M3	
C55	3.57408258e-26	6.04631528e-29	4.61140016e-27	10
C57	-5.70542383e-25	-2.22061343e-27	1.19061262e-26	
C59	2.23346131e-24	-3.29453086e-25	-2.43403831e-27	
C61	-1.08608159e-23	-3.59843538e-24	-1.04602448e-27	
C63	4.01727698e-23	1.17803737e-22	-3.01269966e-28	
C65	-3.08466704e-23	1.2589272e-21	-9.07944125e-29	
C67	-9.09279986e-28	-2.73791414e-30	-1.05225381e-29	
C69	1.84008908e-28	1.67755413e-28	-3.76114547e-29	
C71	2.98171505e-26	7.89504238e-27	1.08887944e-30	
C73	-1.45773298e-25	1.37144291e-25	9.62125603e-31	
C75	5.4755988e-25	-1.75156336e-24	4.40838424e-31	20
C77	-6.88817386e-25	0	1.65923732e-31	
C78	-1.93722111e-31	-6.27481076e-34	-4.32487572e-32	
C80	8.17303266e-30	2.11008905e-32	-1.14299001e-31	
C82	-6.67999871e-29	5.2310253e-30	4.65450563e-32	
C84	2.67006152e-28	3.0291707e-28	8.73563385e-33	
C86	-1.53075751e-27	2.20926318e-27	1.52319789e-33	
C88	5.16885409e-27	2.74028858e-27	-7.11278706e-34	
C90	-8.23017746e-27	0	-4.3534126e-34	30
C92	9.28021791e-33	1.61499153e-35	3.4340304e-34	
C94	1.69089847e-32	-8.96493937e-34	3.93253353e-34	
C96	-3.39525427e-31	-7.08991192e-32	-4.73501064e-35	
C98	1.66641579e-30	-3.0950904e-30	-2.05074664e-35	
C100	-9.51326703e-30	-9.26698789e-29	-2.50411785e-36	
C102	2.94059028e-29	0	1.04321451e-36	
C104	-4.69127888e-29	0	6.43577491e-37	
C105	-1.7696216e-36	4.64103982e-39	-1.04049749e-37	
C107	-8.97432009e-35	2.19653265e-38	-4.82828467e-37	
C109	5.43884259e-34	-1.60384827e-35	-3.57026561e-37	40
C111	-8.8263867e-34	-2.16883676e-33	6.55702741e-38	
C113	5.276912e-33	-4.68627022e-32	6.67841412e-39	
C115	-2.42873892e-32	-1.04759785e-30	8.77078073e-40	
C117	7.30432753e-32	0	-6.91810729e-40	
C119	-1.02386637e-31	0	-3.62760873e-40	

図 1 4 / 図 1 5 に対する表 3 b

Coefficient	M2	M1	
KY	0.00000000	0.00000000	
KX	0.00000000	0.00000000	
RX	-2785.90885700	19049.58075000	
C7	1.02179797e-07	-1.83712276e-07	
C9	2.08877338e-07	-4.58660126e-08	
C10	-2.19824304e-10	-1.67890734e-11	
C12	-4.14802496e-10	4.67483698e-11	
C14	9.46958508e-10	1.1339512e-11	
C16	6.64712822e-13	-2.5185941e-13	10
C18	1.1708882e-13	-6.01722521e-13	
C20	2.83635538e-12	-4.88209081e-14	
C21	2.7928674e-16	-2.02129522e-18	
C23	1.42351482e-15	-7.27365863e-16	
C25	-1.92431341e-15	4.83885181e-16	
C27	8.77128791e-15	-1.97905684e-17	
Coefficient	M2	M1	
C29	7.21451366e-18	-1.28398658e-18	
C31	6.30102696e-18	9.94551948e-19	20
C33	3.50555759e-18	1.88504443e-18	
C35	3.12699312e-17	1.06434779e-19	
C36	-3.68339425e-20	-2.27688495e-21	
C38	3.61485045e-20	-1.70028002e-20	
C40	5.05283454e-21	-1.07042666e-20	
C42	1.99680032e-21	1.04162271e-20	
C44	1.24570222e-19	-1.55097266e-21	
C46	-3.21749539e-22	5.12417577e-23	
C48	1.68890864e-22	-3.98185412e-23	
C50	1.15552342e-24	-5.91175233e-23	
C52	-1.84254516e-23	-1.14320553e-22	30
C54	3.61172897e-22	-6.223901e-23	
C55	2.57524069e-25	1.13131912e-25	
C57	-1.72472199e-24	8.57655135e-25	
C59	2.79637731e-25	2.11373459e-24	
C61	-2.11635905e-24	2.45014709e-25	
C63	-3.38605775e-24	-5.95868212e-25	
C65	-5.51007018e-25	-8.97281776e-26	
C67	1.78442615e-27	-3.12729249e-28	
C69	-4.68488975e-27	1.28492955e-26	
C71	1.54333938e-26	2.09200168e-26	
C73	1.94658666e-26	1.65108524e-26	
C75	6.09850146e-27	7.04786074e-27	40

C77	4.18619136e-27	4.5184573e-27	
C78	1.54200314e-31	-1.32478619e-30	
C80	6.95048519e-30	2.51954717e-29	
C82	-3.04720781e-29	-3.83569962e-29	
C84	5.24989858e-29	-4.69742338e-30	
C86	2.04128459e-28	4.07157123e-29	
C88	2.00406824e-28	3.07404295e-29	
C90	9.4685541e-29	1.13319109e-29	
C92	3.87396229e-32	-6.19892982e-32	
C94	6.51760335e-32	-6.54903162e-31	
C96	-2.20158879e-31	-1.35223368e-30	10
C98	-3.33335228e-31	-1.59978619e-30	
C100	-1.8982851e-31	-9.29567239e-31	
C102	2.55028572e-32	-2.74472497e-31	
C104	9.15729393e-32	-1.39144572e-31	
C105	1.54616461e-35	-4.43620458e-35	
C107	2.57448706e-34	-2.24105011e-33	
C109	4.15070906e-34	-4.2791598e-33	
C111	-4.57189383e-34	-5.88226204e-33	
C113	-2.7712617e-33	-7.99527615e-33	
C115	-5.61503186e-33	-4.25467966e-33	20
C117	-3.62496099e-33	-1.32244101e-33	
C119	-9.3965259e-34	-5.41759129e-34	

図 1 4 / 図 1 5 に対する表 3 c

Surface	DCX	DCY	DCZ
Image plane	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	1.58228046	644.46684396

Surface	DCX	DCY	DCZ	
M7	0.00000000	-130.94320893	86.28913162	30
M6	-0.00000000	79.00389588	1146.86693841	
M5	-0.00000000	315.04839618	1400.80720652	
M4	-0.00000000	708.31755783	1568.71377057	
M3	-0.00000000	-353.76795180	1371.20626759	
M2	-0.00000000	-1004.08161985	938.25663352	
Stop	-0.00000000	-1059.88207749	829.40621334	
M1	-0.00000000	-1419.83403251	171.07007671	
Object plane	-0.00000000	-1596.59832123	1556.09991381	

(左端列 (面) 、 上から像平面、 M 8 , M 7 , M 6 , M 5 , M 4 , M 3 , M 2 , 絞り , M 1 , 物体平面)

図 1 4 / 図 1 5 に対する表 4 a

Surface	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]	10
Image plane	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000	
M8	-6.87697088	0.00000000	-0.00000000	
M7	167.05654494	0.00000000	-0.00000000	
M6	63.67723779	-0.00000000	0.00000000	
M5	37.03218867	-0.00000000	-0.00000000	
M4	-72.57292341	0.00000000	-0.00000000	
M3	21.99697785	-0.00000000	-0.00000000	
M2	47.89820238	-0.00000000	0.00000000	
Stop	33.48047202	-0.00000000	180.00000000	
M1	169.48262671	0.00000000	-0.00000000	
Object plane	1.44970929	-0.00000000	0.00000000	

(左端列(面)、上から像平面、M8、M7、M6、M5、M4、M3、M2、絞り、M1、物体平面)

図14 / 図15 に対する表4b

Surface	Angle of incidence [deg]	Reflectivity	20
M8	6.74473267	0.66088293	
M7	1.02118653	0.66560218	
M6	75.10308995	0.80563416	
M5	77.68931628	0.84631558	
M4	6.86410776	0.66070326	
M3	78.32667965	0.85548939	
M2	75.72513685	0.81598083	
M1	17.74444012	0.62654454	
Overall transmission		0.0867	

(上端行、左から面、入射角(度)、反射率。左端列(面)、上からM8、M7、M6、M5、M4、M3、M2、M1、全伝達)

図14 / 図15 に対する表5

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]	30
-0.00000000	88.44258973	0.00000000	
24.64699112	87.07599581	0.00000000	
48.84374950	83.04125797	0.00000000	
72.13433069	76.52735358	0.00000000	
94.05344206	67.82941768	0.00000000	
114.12656538	57.32195581	0.00000000	
131.87509715	45.42746439	0.00000000	
146.82707628	32.58529760	0.00000000	
158.53331961	19.22513587	0.00000000	
166.58810289	5.74816752	0.00000000	40
170.65260767	-7.48326159	0.00000000	
170.47874487	-20.14984875	0.00000000	

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]	
165.93088822	-31.97720096	0.00000000	
157.00305460	-42.73762190	0.00000000	
143.82941376	-52.25207120	0.00000000	
126.68708163	-60.39119625	0.00000000	
105.99130912	-67.07383413	0.00000000	
82.28375334	-72.26173300	0.00000000	
56.21483844	-75.94958583	0.00000000	
28.52131067	-78.15089981	0.00000000	
0.00000000	-78.88229478	0.00000000	10
-28.52131067	-78.15089981	0.00000000	
-56.21483844	-75.94958583	0.00000000	
-82.28375334	-72.26173300	0.00000000	
-105.99130912	-67.07383413	0.00000000	
-126.68708163	-60.39119625	0.00000000	
-143.82941376	-52.25207120	0.00000000	
-157.00305460	-42.73762190	0.00000000	
-165.93088822	-31.97720096	0.00000000	
-170.47874487	-20.14984875	0.00000000	20
-170.65260767	-7.48326159	0.00000000	
-166.58810289	5.74816752	0.00000000	
-158.53331961	19.22513587	0.00000000	
-146.82707628	32.58529760	0.00000000	
-131.87509715	45.42746439	0.00000000	
-114.12656538	57.32195581	0.00000000	
-94.05344206	67.82941768	0.00000000	
-72.13433069	76.52735358	0.00000000	
-48.84374950	83.04125797	0.00000000	
-24.64699112	87.07599581	0.00000000	30

図 1 4 / 図 1 5 に対する表 6

【 0 2 7 1 】

投影光学ユニット 3 1 の全体反射率は 8 . 6 7 % である。

【 0 2 7 2 】

投影光学ユニット 3 1 は、0 . 6 の像側開口数を有する。像視野 8 は、2 × 6 . 5 mm の x 広がり と 1 . 2 0 mm の y 広がり とを有する。像視野 8 は、例えば 2 0 . 2 8 mm の曲率半径を伴って y 軸に対して対称に湾曲したものである。従って投影光学ユニット 3 1 は、矩形視野ではなく弧形視野を有する。投影光学ユニット 3 1 は、1 3 . 5 nm の照明光 3 の作動波長に対して最適化される。

【 0 2 7 3 】

投影光学ユニット 3 1 は、正確に 8 つのミラー M 1 から M 8 を有する。一方でミラー M 2 及び M 3、もう一方で M 5、M 6 は、かすめ入射ミラーとして具現化され、各場合に結像ビーム経路内で互いに直接前後して配置される。投影光学ユニット 3 1 は、正確に 4 つのかすめ入射ミラー、すなわち、ミラー M 2、M 3、M 5、及び M 6 を有する。ミラー M 1、M 4、M 7、及び M 8 は、法線入射ミラーとして具現化される。

【 0 2 7 4 】

投影光学ユニット 3 1 では、ミラー M 1 と M 2 との間のビーム経路内で、ミラー M 2 上へのかすめ入射の近くに絞り 1 8 が配置される。これに代えて又はこれに加えて、直接ミラー M 2 の面上に絞りを配置することができる。

【 0 2 7 5 】

10

20

30

40

50

投影光学ユニット 3 1 は、縮小結像スケール $\beta = 8.00$ を有する。

【0276】

物体平面 5 内への主光線 1 6 の入射角は 6.3° である。

【0277】

図 1 4 に記載の子午断面内では、主光線は、物体視野 4 とミラー M 1 との間で発散方式で延びる。投影光学ユニット 3 1 の入射瞳は、y z 平面内では物体視野 4 の手前の -3500 mm のところの照明光のビーム経路内に位置する。x z 平面（図 1 5 を参照されたい）内では、入射瞳は、物体視野の 2100 mm 後ろの投影光学ユニット 3 1 の結像ビーム経路内に位置する。

【0278】

絞り 1 8 は、x z 断面（図 1 5 を参照されたい）内で、その y z 断面内の位置と比較して z 方向に変位された位置に位置することが可能である。

【0279】

物体視野 4 と像視野 8 との間の z 距離は約 1600 mm である。

【0280】

物体 / 像オフセット (d_{ois}) は約 1560 mm である。

【0281】

ミラー M 7 と像視野 8 との間の自由作動距離は 61 mm である。

【0282】

投影光学ユニット 3 1 では、波面収差についての走査 RMS 値は最大で $8\text{ m}\lambda$ であり、平均で $7\text{ m}\lambda$ である。

【0283】

最大歪曲値は、x 方向には最大で 0.12 nm であり、y 方向には最大で 0.08 nm である。x 方向の像視野側テレセントリック度値は、最大で 0.61 mrad であり、y 方向の像視野側テレセントリック度値は、最大で 1.16 mrad である。

【0284】

更に別のミラーデータは、以下に続く表から明らかになる。

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
最大入射角[度]	18.4	78.2	79.3	10.8	82.3	78.9	18.8	7.3
ミラー広がり(x) [mm]	245.4	366.0	506.8	606.2	426.9	218.7	323.2	804.5
ミラー広がり(y) [mm]	246.9	252.0	795.8	84.5	175.8	270.5	173.3	788.5
最大ミラー直径[mm]	252.6	366.3	803.8	606.2	426.9	281.1	323.4	805.8

図 1 4 / 図 1 5 に対する表 7

【0285】

y z 平面（図 1 4）内ではビーム経路内のミラー M 5 上の反射領域内に、及び x z 平面（図 1 5）内ではミラー M 6 と M 7 との間の結像ビーム経路領域内に中間像 1 9 が存在する。

【0286】

ミラー M 8 は掩蔽され、ミラー M 6 と M 7 との間の結像ビーム経路内の照明光 3 の通過に向けた通過開口部 1 7 を含む。

【0287】

結像ビーム経路内の最後のミラー M 8 のみが、結像光 3 に対する通過開口部 1 7 を含む。全ての他のミラー M 1 から M 7 は連続反射面を有する。ミラー M 8 の反射面は、その通過開口部 1 7 の周囲で用いられる。

【0288】

ミラーM1、M3、M4、M6、及びM8は、半径に関して負の値を有し、すなわち、原理的に凹ミラーである。ミラーM2、M5、及びM7は、半径に関して正の値を有し、すなわち、原理的に凸ミラーである。かすめ入射ミラーM2、M3、M5、及びM6は非常に大きい半径を有し、平面反射面からの僅かな偏位しか引き起こさない。

【0289】

図15Aは、投影光学ユニット31のミラーM1からM8上で各場合に照明光3による入射を受ける面の縁部輪郭、すなわち、ミラーM1からM8のいわゆるフットプリントを示している。これらの縁部輪郭は、各場合にそれぞれのミラーM1からM8の局所x/y座標に対応するx/yグラフ内に描示したものである。例図は、ミリメートルを単位とする正確な縮尺のものである。ミラーM1、M2、M6、及びM8は、値1から偏位しないか又は僅かにしか偏位しないx/yアスペクト比を有する。ミラーM3は、約0.55のx/yアスペクト比を有する。ミラーM4は、約7.5のx/yアスペクト比を有する。ミラーM5は、約2.5のx/yアスペクト比を有する。ミラーM7は、約2のx/yアスペクト比を有する。

【0290】

図1に記載の投影露光装置1において例えば投影光学ユニット7の代わりに用いることができる投影光学ユニットの更に別の実施形態32を図16及び図17に基づいて以下に続く本文で説明する。図1から図15までの状況で上記に既に説明した構成要素及び機能を適宜同じ参照符号で表しており、これらについて再度詳細に解説することはしない。図16は、投影光学ユニット32の子午断面を示している。図17は、投影光学ユニット32の矢状面図を示している。

【0291】

投影光学ユニット32は、合計で8つのミラーM1からM8を有し、その基本設計に関して、例えば図2に記載の投影光学ユニット7と同様である。

【0292】

ミラーM1からM8は、前と同様に、上記に明示した自由曲面方程式(1)が当てはまる自由曲面ミラーとして具現化される。投影光学ユニット32からの光学設計データは、それらの設計に関して図2に記載の投影光学ユニット7に対する表に対応する以下に続く表から収集することができる。

例示的实施形態		図16/17
NA		0.63
波長		13.5 nm
視野寸法x		13.0 mm
視野寸法y		1.2 mm
視野曲率		0.0 1/mm
絞り		S9

図16 / 図17 に対する表1

Surface	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Operating mode
M8	-931.70840871	0.00212869	-869.27604763	0.00232012	REFL
M7	2483.73117622	-0.00080462	590.74829460	-0.00338815	REFL
M6	4073.92459627	-0.00009230	18265.52467135	-0.00058241	REFL
M5	7333.37887582	-0.00006439	2756.23195835	-0.00307339	REFL
M4	-2343.60828683	0.00084551	-1275.30707722	0.00158285	REFL
M3	-8176.83666005	0.00004510	-22705.81965249	0.00047771	REFL
M2	-2347.82420977	0.00014956	5323.37610244	-0.00213994	REFL
M1	7536.03761813	-0.00025355	-1766.43613919	0.00118510	REFL

(左から、面、半径__x、屈折力__x、半径__y、屈折力__y、作動モード。REFLは「反射」)

図16 / 図17 に対する表2

10

20

30

40

50

Coefficient	M8	M7	M6	
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
RX	-931.70840870	2483.73117600	4073.92459600	
C7	-2.91071984e-08	1.03086086e-08	1.42663812e-08	
C9	-1.4873513e-08	-2.95346773e-07	-1.46095442e-08	
C10	-1.35088934e-11	7.46509583e-10	1.66564805e-10	
C12	-3.04656958e-11	1.97488711e-09	4.76376807e-11	
C14	-1.4685502e-11	1.96447383e-09	-6.83009219e-11	
C16	-2.0880499e-14	-2.54564229e-13	-4.64702132e-13	10
C18	-3.50367731e-14	-1.15902664e-12	4.62582078e-14	
C20	-1.30121192e-14	-2.52789708e-12	-2.03948925e-13	
C21	-2.58185385e-17	1.1522247e-15	-2.7157107e-17	
C23	-7.74145665e-17	7.55596284e-15	9.77435168e-16	
C25	-7.78695864e-17	1.95378488e-14	2.0332385e-16	
C27	-2.47396927e-17	1.84775168e-14	-6.22309514e-16	
C29	-1.76814258e-20	2.09437366e-18	-1.49864939e-19	
C31	-5.60530841e-20	5.96908377e-19	-9.33357714e-19	
C33	-4.97811363e-20	-2.08627141e-17	3.07259452e-19	
C35	-1.3997665e-20	-3.46362367e-17	-1.96498619e-18	
C36	-3.36480331e-23	5.9536477e-21	-5.41486656e-21	
C38	-1.43652378e-22	3.57217041e-20	-2.3879585e-21	20
C40	-2.19649946e-22	1.05418252e-19	1.2923996e-21	
C42	-1.50444552e-22	2.35618312e-19	-1.0808335e-21	
C44	-3.74578417e-23	1.91215151e-19	-6.45753285e-21	
C46	-3.13089528e-26	-3.39340782e-23	-3.83895365e-23	
C48	-7.18534794e-26	-6.31648018e-23	-1.051438e-22	
C50	-1.09073223e-25	-3.26404881e-22	-2.85984644e-23	
C52	-6.83064745e-26	-9.21698689e-22	-1.08466535e-23	
C54	-1.42936475e-26	-6.02090954e-22	-2.26713596e-23	
C55	-1.98418542e-29	-2.78722687e-26	1.37273683e-25	
C57	-1.18366952e-28	4.63896896e-26	4.78797534e-25	
C59	-2.85319764e-28	8.94639444e-25	2.0872644e-25	30
C61	-2.84788816e-28	2.79795669e-24	4.69038748e-27	
C63	-1.29159985e-28	3.56080821e-24	-5.79635406e-28	
C65	-2.10189947e-29	2.1127208e-24	-8.21926722e-26	
C67	-2.32273683e-32	4.1958734e-28	3.52289657e-27	
C69	-2.40813769e-31	6.21640783e-28	6.54476369e-27	
C71	-4.32683743e-31	5.44469541e-27	1.39064733e-27	
C73	-4.15492269e-31	1.39187594e-26	3.08809486e-28	
C75	-1.90762176e-31	2.23223868e-26	2.68993428e-28	
C77	-3.53653344e-32	6.58181727e-27	-2.56565757e-28	
C78	-1.28401944e-34	4.22239739e-31	-5.6263208e-30	
C80	-8.00611222e-34	1.4969115e-30	-3.65636379e-29	40
C82	-2.08044469e-33	9.27586881e-31	-2.82097568e-29	
C84	-2.99812506e-33	-2.81205697e-29	1.23362854e-30	
C86	-2.44765003e-33	-5.59224504e-29	3.32486225e-31	
C88	-1.08671322e-33	-1.78093061e-29	1.1699384e-30	
C90	-2.11573397e-34	5.14032892e-29	-5.63928364e-31	
C92	3.23220481e-38	-2.38769667e-33	-5.74687656e-32	
C94	3.21925323e-37	-3.11471422e-33	-1.32786862e-31	
C96	7.57126123e-37	-6.66791486e-32	-4.22660394e-32	
C98	9.69365768e-37	-2.934094e-31	9.32991054e-34	

Coefficient	M8	M7	M6	
C100	7.04923179e-37	-6.52696174e-31	-6.22093735e-33	
C102	2.62042917e-37	-1.04820586e-30	2.08603643e-33	
C104	4.07988929e-38	-7.5774402e-31	-7.31578585e-34	
C105	1.66061587e-40	-4.99206036e-37	8.05574038e-35	
C107	1.25271974e-39	5.59249922e-36	6.75124517e-34	
C109	4.10714369e-39	6.2048029e-35	7.7682584e-34	
C111	7.47611007e-39	6.35194423e-34	-4.50825615e-36	
C113	8.28548592e-39	2.16520675e-33	-3.39262679e-35	
C115	5.5390038e-39	3.67754227e-33	-1.22938875e-35	
C117	2.08161823e-39	4.05364531e-33	1.44193642e-36	
C119	3.61466995e-40	2.14759918e-33	-4.15418675e-37	10
C121	-1.7470143e-43	0	0	
C123	-1.24194664e-42	0	0	
C125	-3.89205838e-42	0	0	
C127	-6.57194445e-42	0	0	
C129	-6.52993268e-42	0	0	
C131	-3.87022353e-42	0	0	
C133	-1.24875231e-42	0	0	
C135	-1.70148907e-43	0	0	
C136	-3.91176552e-46	0	0	
C138	-3.37053804e-45	0	0	
C140	-1.30298939e-44	0	0	
C142	-2.82508364e-44	0	0	20
C144	-3.81978621e-44	0	0	
C146	-3.31582016e-44	0	0	
C148	-1.79377138e-44	0	0	
C150	-5.55598461e-45	0	0	
C152	-7.76672874e-46	0	0	

図 1 6 / 図 1 7 に対する表 3 a

Coefficient	M5	M4	M3	
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
RX	7333.37887600	-2343.60828700	-8176.83666000	30
C7	-8.06007218e-08	-3.48950166e-08	4.05927788e-09	
C9	-2.08509486e-07	8.94289204e-08	1.77611145e-08	
C10	4.87512053e-11	-3.68853182e-12	-2.10548784e-12	
C12	6.98533228e-11	-1.68926357e-12	-1.81838078e-11	
C14	7.56830797e-10	-7.16019789e-10	-1.28620718e-11	
C16	-4.21056731e-14	-9.71341862e-15	1.51233551e-14	
C18	2.16257556e-13	1.0109964e-13	2.12796111e-14	
C20	-2.45524747e-12	2.43722256e-12	1.97634161e-14	
C21	-1.00355924e-16	1.46336047e-18	-3.64595782e-17	
C23	-8.60207099e-17	-7.86037179e-18	-1.04353271e-17	
C25	-1.04377426e-15	-4.99679238e-16	-4.48160081e-17	
C27	9.80765672e-15	-7.9361522e-15	-2.3137161e-17	40
C29	5.00768352e-20	-1.44519643e-20	-1.3579059e-21	
C31	-4.94223102e-19	3.37633547e-20	5.80350123e-20	
C33	7.13421062e-18	8.97303449e-19	6.79018066e-20	
C35	-4.57055281e-17	-2.14705684e-16	3.32978205e-20	
C36	6.29537322e-22	-5.41983346e-24	2.94852673e-22	
C38	4.56244955e-21	8.73176771e-25	2.28099588e-23	

Coefficient	M5	M4	M3	
C40	-5.65666291e-22	-4.49558052e-21	-7.30396947e-23	
C42	-1.97093015e-20	-5.08595618e-19	-7.04354696e-23	
C44	2.25870745e-19	-1.86162624e-18	-6.57401088e-23	
C46	-4.76975597e-25	3.18692569e-26	-5.31469542e-25	
C48	-2.62153771e-23	7.33616878e-26	-1.56666314e-25	
C50	-8.35149543e-23	-3.1998671e-22	1.17242589e-25	
C52	2.06972807e-22	1.67741969e-22	4.56588177e-25	
C54	-8.42020489e-22	1.29228647e-19	1.50592072e-25	
C55	-8.54723421e-27	3.09703897e-29	-2.51969622e-27	
C57	-2.15095808e-26	-1.45976138e-27	1.12593984e-27	
C59	2.73391474e-25	-7.44808008e-26	-6.80649268e-28	10
C61	5.18559089e-25	3.81005555e-24	-3.08355376e-27	
C63	-2.47889841e-24	3.09020753e-22	-1.76838539e-27	
C65	5.34614791e-25	1.92266397e-21	-1.90865204e-29	
C67	-2.25910931e-30	-4.54679793e-31	4.05531645e-30	
C69	1.74490344e-28	-3.06527261e-29	5.09507467e-30	
C71	-9.47792011e-28	3.40412751e-27	1.35919614e-29	
C73	-1.28041726e-27	2.17008338e-25	1.12809097e-29	
C75	1.16717661e-26	5.05227073e-24	1.33613049e-31	
C77	2.41916614e-26	1.23707257e-24	2.90705483e-31	
C78	4.99191675e-32	-2.63305732e-35	6.4801327e-33	
C80	2.40587164e-31	5.98530383e-33	-2.08464487e-32	
C82	-1.49661977e-30	9.35640119e-31	-4.42072324e-32	20
C84	-5.16969383e-30	7.40737374e-29	-3.85234173e-32	
C86	2.80547586e-29	2.36087579e-27	-8.47384767e-34	
C88	-5.66097673e-29	3.80301606e-26	1.2873158e-33	
C90	-1.65077574e-28	-1.84363909e-25	-2.11409931e-33	
C92	-9.95571829e-35	1.28242738e-36	-2.84775083e-36	
C94	-2.55937997e-33	3.19723428e-34	6.69265283e-35	
C96	1.72531216e-32	1.04943712e-32	9.69063033e-35	
C98	1.30347826e-32	3.93847703e-31	5.84595971e-36	
C100	-1.82235259e-31	1.39933265e-29	-2.43085728e-35	
C102	3.33993384e-31	1.0462556e-28	1.45322044e-35	30
C104	3.61923001e-31	-1.37953609e-27	2.87194159e-37	
C105	-9.27081346e-38	-3.28332618e-41	-3.88255253e-39	
C107	5.90554811e-37	1.77805509e-38	-1.21407691e-39	
C109	5.75559924e-36	1.9649268e-36	-7.40697936e-38	
C111	-6.21170396e-35	-1.27239557e-35	-7.22725357e-38	
C113	1.18750818e-34	1.69960241e-33	8.51832143e-38	
C115	1.0492163e-34	2.21579419e-32	-3.56423101e-38	
C117	-4.95984269e-34	6.99631983e-32	1.79158311e-39	
C119	-2.2869355e-34	-3.11861224e-30	-3.49739868e-40	

図 1 6 / 図 1 7 に対する表 3 b

Coefficient	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	-2347.82421000	7536.03761800
C7	-7.03485497e-08	-1.86250955e-07
C9	9.59401595e-09	-5.82539372e-08
C10	-8.37768666e-11	-2.02011333e-11
C12	-2.254116e-10	5.08465307e-11

40

50

Coefficient	M2	M1	
C14	1.12290556e-11	-1.50961208e-11	
C16	1.29016905e-13	-1.19111437e-13	
C18	1.01010377e-13	-2.20807707e-13	
C20	5.5795716e-14	-4.18443714e-14	
C21	-8.62874665e-17	1.04483703e-16	
C23	-2.60494693e-16	4.60051315e-17	
C25	-4.92392033e-17	-1.435823e-16	
C27	1.25996639e-16	-6.05169215e-18	
C29	6.11488553e-19	7.87050699e-19	
C31	4.24373257e-19	1.12622911e-19	10
C33	2.22031302e-19	2.89213141e-19	
C35	1.26284752e-19	2.81920022e-19	
C36	-1.33244714e-21	-1.46603103e-21	
C38	-6.52230969e-22	-6.37096287e-21	
C40	-1.36827685e-21	-1.09951069e-21	
C42	-1.19387383e-21	-2.71718561e-21	
C44	4.6650984e-23	8.53547123e-23	
C46	-9.78213588e-24	-3.184402e-23	
C48	2.1349715e-24	-4.73107403e-23	
C50	2.30513651e-24	-8.85417497e-23	
C52	-1.30422404e-24	-2.08672516e-23	20
C54	2.56099182e-24	-1.11997994e-23	
C55	-2.01832009e-27	6.22382668e-26	
C57	-2.09810378e-26	3.74797998e-25	
C59	4.07233629e-29	5.10816825e-26	
C61	3.6325349e-26	-9.00558717e-26	
C63	1.56403725e-26	1.07987651e-25	

C65	8.21661731e-27	5.68528189e-26	
C67	7.63814345e-29	7.63520422e-28	
C69	5.02221412e-30	1.3232798e-27	
C71	1.77729214e-29	5.33156044e-27	
C73	2.79158365e-29	4.63514451e-27	
C75	2.53015945e-29	1.30513775e-27	
C77	-1.4759564e-29	3.5264471e-28	
C78	3.46417745e-32	-5.78316004e-31	
C80	1.45159699e-31	-1.10067449e-29	
C82	9.0694834e-32	-1.42216857e-31	10
C84	-6.89700486e-31	1.16109131e-29	
C86	-7.49364228e-31	1.17727865e-29	
C88	-1.7339254e-31	-2.80482217e-30	
C90	-4.47739797e-32	-2.81074177e-30	
C92	-1.81662263e-34	-6.13529779e-33	
C94	1.28959854e-34	-4.08542518e-33	
C96	4.86782417e-35	-7.56607259e-32	
C98	4.67335248e-35	-1.27523429e-31	
C100	6.049461e-34	-8.28428683e-32	
C102	1.19416219e-34	-1.88207341e-32	
C104	2.22522278e-34	-5.85049322e-33	20
C105	-1.53243521e-37	-5.49967483e-36	
C107	-6.52477544e-37	1.45163725e-34	
C109	-1.61717488e-36	8.41098542e-36	
C111	3.3725318e-36	-2.0054224e-34	
C113	8.27472276e-36	-4.23023623e-34	
C115	6.99221137e-36	-2.55382174e-34	
Coefficient			
	M2	M1	
C117	1.36584295e-36	2.10184113e-36	
C119	5.55470158e-37	3.89090885e-35	30

図 1 6 / 図 1 7 に対する表 3 c

Surface	DCX	DCY	DCZ	
Image plane	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
M8	0.00000000	0.00000000	784.93663307	
M7	0.00000000	-179.68746470	105.44220179	
M6	0.00000000	55.20438485	1396.55879809	
M5	0.00000000	268.65063753	1738.35972839	
M4	0.00000000	722.06496295	2007.61241376	
M3	-0.00000000	-674.41946224	1630.11468301	
M2	-0.00000000	-1315.57939299	1157.79929585	40
Stop	-0.00000000	-1561.97639547	784.10794177	
M1	-0.00000000	-1988.27617201	137.57190792	
Object plane	-0.00000000	-2017.39023229	1874.54221542	

(左端列 (面) 、上から像平面、M 8 , M 7 , M 6 , M 5 , M 4 , M 3 , M 2 , 絞り , M 1 , 物体平面)

図 1 6 / 図 1 7 に対する表 4 a

Surface	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]	
Image plane	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000	
M8	-7.40619844	0.00000000	-0.00000000	
M7	167.43829886	-0.00000000	-0.00000000	
M6	68.85261659	0.00000000	-0.00000000	
M5	44.35975235	0.00000000	-0.00000000	
M4	-67.08503447	0.00000000	-0.00000000	
M3	25.75208383	-0.00000000	-0.00000000	
M2	46.48912783	-0.00000000	0.00000000	
Stop	-33.39924707	180.00000000	0.00000000	
M1	163.78051035	0.00000000	-0.00000000	10
Object plane	-5.37252548	-0.00000000	0.00000000	

(左端列(面)、上から像平面、M8、M7、M6、M5、M4、M3、M2、絞り、M1、物体平面)

図16 / 図17 に対する表4b

Surface	Angle of incidence [deg]	Reflectivity	
M8	7.40619844	0.65984327	
M7	2.25069574	0.66521806	
M6	79.16362199	0.86711124	
M5	76.34351377	0.82589579	
M4	7.78830058	0.65919310	20
M3	79.37458111	0.86997104	
M2	79.88837490	0.87682901	
M1	17.17975742	0.62938643	
Overall transmission		0.0995	

(上端行、左から面、入射角(度)、反射率。左端列(面)、上からM8、M7、M6、M5、M4、M3、M2、M1、全伝達)

図16 / 図17 に対する表5

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]	
0.00000000	-64.68191562	0.00000000	30
33.53875145	-63.83359071	0.00000000	
66.38499140	-61.30381759	0.00000000	
97.85010336	-57.13847210	0.00000000	

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]	
127.25390981	-51.41487055	0.00000000	
153.93066205	-44.24293063	0.00000000	
177.23821823	-35.76660175	0.00000000	
196.57137775	-26.16552395	0.00000000	
211.37968084	-15.65654763	0.00000000	
221.18976357	-4.49338596	0.00000000	
225.63064082	7.03803149	0.00000000	
224.45920695	18.62872113	0.00000000	
217.58261451	29.96013697	0.00000000	10
205.07441971	40.72010810	0.00000000	
187.18211570	50.61868899	0.00000000	
164.32450058	59.40103368	0.00000000	
137.07897670	66.85526038	0.00000000	
106.16044703	72.81504783	0.00000000	
72.39462700	77.15696291	0.00000000	
36.68840284	79.79582533	0.00000000	
0.00000000	80.68107104	0.00000000	
-36.68840284	79.79582533	0.00000000	
-72.39462700	77.15696291	0.00000000	20
-106.16044703	72.81504783	0.00000000	
-137.07897670	66.85526038	0.00000000	
-164.32450058	59.40103368	0.00000000	
-187.18211570	50.61868899	0.00000000	
-205.07441971	40.72010810	0.00000000	
-217.58261451	29.96013697	0.00000000	
-224.45920695	18.62872113	0.00000000	
-225.63064082	7.03803149	0.00000000	
-221.18976357	-4.49338596	0.00000000	
-211.37968084	-15.65654763	0.00000000	30
-196.57137775	-26.16552395	0.00000000	
-177.23821823	-35.76660175	0.00000000	
-153.93066205	-44.24293063	0.00000000	
-127.25390981	-51.41487055	0.00000000	
-97.85010336	-57.13847210	0.00000000	
-66.38499140	-61.30381759	0.00000000	
-33.53875145	-63.83359071	0.00000000	

図 1 6 / 図 1 7 に対する表 6

【 0 2 9 3 】

投影光学ユニット 3 2 の全体反射率は 9 . 9 5 % である。

40

【 0 2 9 4 】

投影光学ユニット 3 2 は、0 . 6 3 の像側開口数を有する。像視野 8 は、2 × 6 . 5 m m の x 広がりとし、1 . 2 0 m m の y 広がりとしを有する。投影光学ユニット 3 2 は、1 3 . 5 n m の照明光 3 の作動波長に対して最適化される。

【 0 2 9 5 】

投影光学ユニット 3 2 は、正確に 8 つのミラー M 1 から M 8 を有する。一方でミラー M 2 及び M 3、もう一方で M 5、M 6 は、かすめ入射ミラーとして具現化され、各場合に結像ビーム経路内で互いに直接前後して配置される。投影光学ユニット 3 2 は、正確に 4 つのかすめ入射ミラー、すなわち、ミラー M 2、M 3、M 5、及び M 6 を有する。ミラー M 1、M 4、M 7、及び M 8 は、法線入射ミラーとして具現化される。

50

【 0 2 9 6 】

投影光学ユニット 3 2 では、ミラー M 1 と M 2 との間のビーム経路内で、ミラー M 2 上へのかすめ入射の近くに絞り 1 8 が配置される。これに代えて又はこれに加えて、直接ミラー M 2 の面上に絞りを配置することができる。

【 0 2 9 7 】

投影光学ユニット 3 2 は、縮小結像スケール $\beta = 8.00$ を有する。

【 0 2 9 8 】

物体平面 5 内への主光線 1 6 の入射角は 6.3° である。

【 0 2 9 9 】

投影光学ユニット 3 2 では、入射瞳は、 xz 平面内と yz 平面内との両方において結像ビーム経路内で物体視野 4 の下流に位置する。従って物体視野 4 から発する主光線 1 6 の広がり、図 1 6 に記載の子午断面内と図 1 7 に記載の図内との両方において収束する。

【 0 3 0 0 】

絞り 1 8 は、 xz 断面（図 1 7 を参照されたい）内で、その yz 断面内の位置と比較して z 方向に変位された位置に位置することが可能である。

【 0 3 0 1 】

物体視野 4 と像視野 8 との間の z 距離は約 1680 mm である。

【 0 3 0 2 】

物体 / 像オフセット (d_{OIS}) は約 2180 mm である。

【 0 3 0 3 】

ミラー M 7 と像視野 8 との間の自由作動距離は 66 mm である。

【 0 3 0 4 】

投影光学ユニット 3 2 では、波面収差についての走査 RMS 値は最大で $10\text{ m}\lambda$ であり、平均で $10\text{ m}\lambda$ である。

【 0 3 0 5 】

最大歪曲値は、 x 方向には最大で 0.05 nm であり、 y 方向には最大で 0.05 nm である。 x 方向の像視野側テレセントリック度値は、最大で 0.56 mrad であり、 y 方向の像視野側テレセントリック度値は、最大で 0.90 mrad である。

【 0 3 0 6 】

更に別のミラーデータは、以下に続く表から明らかになる。

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
最大入射角[度]	17.7	83.2	80.6	9.6	79.6	83.6	20.1	9.0
ミラー広がり(x) [mm]	303.5	566.4	758.8	892.8	684.3	320.4	428.8	1036.2
ミラー広がり(y) [mm]	297.5	442.9	668.0	123.3	268.7	464.1	277.5	1030.7
最大ミラー直径[mm]	307.4	566.5	882.6	892.8	684.4	465.6	429.0	1042.4

図 1 6 に対する表 7

【 0 3 0 7 】

yz 平面（図 1 6）内ではビーム経路内のミラー M 5 上の反射領域内に、及び xz 平面（図 1 7）内ではミラー M 6 と M 7 との間の結像ビーム経路領域内に中間像 1 9 が存在する。

【 0 3 0 8 】

ミラー M 8 は掩蔽され、ミラー M 6 と M 7 との間の結像ビーム経路内の照明光 3 の通過に向けた通過開口部 1 7 を含む。

【 0 3 0 9 】

結像ビーム経路内の最後のミラー M 8 のみが、結像光 3 に対する通過開口部 1 7 を含む。全ての他のミラー M 1 から M 7 は連続反射面を有する。ミラー M 8 の反射面は、その通過開口部 1 7 の周囲で用いられる。

【 0 3 1 0 】

ミラー M 1、M 3、M 4、及び M 8 は、半径に関して負の値を有し、すなわち、原理的に凹ミラーである。ミラー M 2、M 5、M 6、及び M 7 は、半径に関して正の値を有し、すなわち、原理的に凸ミラーである。かすめ入射ミラー M 2、M 3、M 5、及び M 6 は非常に大きい半径を有し、平面反射面からの僅かな偏位しか引き起こさない。

【 0 3 1 1 】

図 1 に記載の投影露光装置 1 において例えば投影光学ユニット 7 の代わりに用いることができる投影光学ユニットの更に別の実施形態 3 3 を図 1 8 及び図 1 9 に基づいて以下に続く本文で説明する。図 1 から図 1 7 までの状況で上記に既に説明した構成要素及び機能を適宜同じ参照符号で表しており、これらについて再度詳細に解説することはしない。図 1 8 は、投影光学ユニット 3 3 の子午断面を示している。図 1 9 は、投影光学ユニット 3 3 の矢状面図を示している。

【 0 3 1 2 】

投影光学ユニット 3 3 は、合計で 8 つのミラー M 1 から M 8 を有し、その基本設計に関して、例えば図 2 に記載の投影光学ユニット 7 と同様である。

【 0 3 1 3 】

ミラー M 1 から M 8 は、前と同様に、上記に明示した自由曲面方程式 (1) が当てはまる自由曲面ミラーとして具現化される。投影光学ユニット 3 3 からの光学設計データは、それらの設計に関して図 2 に記載の投影光学ユニット 7 に対する表に対応する以下に続く表から収集することができる。

例示的实施形態		図18/19
NA		0.55
波長		13.5 nm
視野寸法x		13.0 mm
視野寸法y		1.2 mm
視野曲率		0.0 1/mm
絞り		S9

図 1 8 / 図 1 9 に対する表 1

Surface	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Operating mode
M8	-670.35797232	0.00296240	-627.58435329	0.00320950	REFL
M7	1745.55712015	-0.00114571	412.50033390	-0.00484870	REFL
M6	4421.01009198	-0.00008931	7185.41512590	-0.00140985	REFL
M5	15855.02373559	-0.00002796	4171.22179090	-0.00216291	REFL
M4	-1741.78725861	0.00114424	-1057.57554686	0.00189775	REFL
M3	-9485.62754332	0.00002417	-121386.00282485	0.00014374	REFL
M2	-2182.91143597	0.00019422	5519.10498181	-0.00170943	REFL
M1	15030.83113395	-0.00012472	-1265.49778066	0.00168608	REFL

(左から、面、半径 __ x , 屈折力 __ x , 半径 __ y , 屈折力 __ y , 作動モード。 R E F L は「反射」)

図 1 8 / 図 1 9 に対する表 2

Coefficient	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-670.35797230	1745.55712000	4421.01009200
C7	-4.81288458e-08	-3.55811479e-08	1.10191288e-07
C9	-1.43025013e-08	-2.65021944e-08	6.09862305e-08
C10	-2.9090628e-11	2.00521492e-09	4.47450933e-10
C12	-7.81857726e-11	5.80590938e-09	-4.87603276e-12
C14	-4.02236114e-11	4.94771956e-09	1.0068161e-10
C16	-7.43164532e-14	-1.95204523e-12	-2.12453013e-12
C18	-8.64425143e-14	-5.06245222e-12	7.37281997e-13
C20	-1.71739056e-14	-1.20800077e-13	3.37980344e-13
C21	-1.1968188e-16	4.87171182e-15	-1.08375275e-15

10

Coefficient	M8	M7	M6
C23	-3.75329564e-16	4.39287253e-14	8.747056e-15
C25	-3.8109341e-16	1.16541403e-13	2.36512505e-15
C27	-1.19138037e-16	6.70791361e-14	1.37590246e-15
C29	-1.04340624e-19	2.0215171e-17	5.61602094e-18
C31	-2.79317699e-19	4.75537085e-17	-1.60443831e-17
C33	-1.86065365e-19	-1.1064442e-16	1.42151097e-17
C35	-2.70598188e-20	-1.50020521e-17	6.37515084e-18
C36	-2.60850039e-22	5.08968358e-20	-2.32816563e-20
C38	-1.30441247e-21	4.6799942e-19	-4.47727577e-20
C40	-1.96796788e-21	1.10597229e-18	5.12611591e-20
C42	-1.2977623e-21	1.89364881e-18	7.02851213e-20
C44	-3.09054832e-22	9.05751028e-19	2.94917341e-20
C46	-3.15590698e-25	-2.08971584e-22	1.62115204e-22
C48	-6.69894425e-25	1.9553723e-22	-2.33180972e-22
C50	-9.10706455e-25	9.99600993e-22	-1.77260159e-22
C52	-4.09789778e-25	8.73317101e-22	3.10774876e-22
C54	-5.39704308e-26	1.78769324e-21	1.12292429e-22
C55	-6.93874331e-28	-5.67024671e-26	9.56176548e-25
C57	-3.23605914e-27	2.18766705e-26	3.05575248e-24
C59	-7.20445617e-27	6.74742059e-24	4.95411355e-24
C61	-7.31071717e-27	1.7636561e-23	8.45206669e-25
C63	-3.76538565e-27	4.45369389e-23	7.568151e-25
C65	-8.10033369e-28	4.74178513e-23	2.96782466e-25
C67	-3.52005901e-31	3.12504796e-27	3.10279996e-27
C69	-2.88238592e-30	-1.30629101e-27	2.16886937e-26
C71	-4.82651049e-30	-6.24964383e-26	6.07431187e-27
C73	-3.68260801e-30	-4.92689158e-26	-2.84115615e-27
C75	-1.0653794e-30	-5.7005461e-26	7.30804157e-28

20

30

40

C77	5.47094621e-32	-8.75138214e-26	4.6058713e-28	
C78	-2.14791056e-33	9.06722616e-30	-1.033614e-29	
C80	-1.60510489e-32	1.35117848e-28	-1.70589275e-28	
C82	-3.93788896e-32	5.55787384e-28	-2.81428982e-28	
C84	-5.49581485e-32	1.47508315e-27	-1.13602715e-28	
C86	-4.35705736e-32	1.78392254e-27	-4.04142212e-30	
C88	-1.75652936e-32	7.3734889e-28	9.12651931e-32	
C90	-2.46762348e-33	-8.31242313e-28	3.00200174e-31	
C92	-3.88333351e-37	0	0	
C94	-2.23671833e-37	0	0	
C96	-2.43165031e-36	0	0	10
C98	-2.13457216e-36	0	0	
C100	-9.67295232e-37	0	0	
C102	-1.1876732e-36	0	0	
C104	-1.14382449e-36	0	0	
C105	1.53654914e-39	0	0	
C107	1.69206394e-38	0	0	
C109	3.52182989e-38	0	0	
C111	6.26135172e-38	0	0	
C113	8.30656407e-38	0	0	
C115	6.21596876e-38	0	0	
C117	1.77571315e-38	0	0	
C119	-5.25174568e-40	0	0	20
C121	-7.01031193e-42	0	0	
C123	-4.46476068e-41	0	0	
C125	-1.30369062e-40	0	0	
Coefficient	M8	M7	M6	
C127	-2.05416782e-40	0	0	
C129	-1.82756747e-40	0	0	
C131	-8.61446766e-41	0	0	
C133	-1.58867275e-41	0	0	
C135	1.58701316e-42	0	0	
C136	-3.01497099e-44	0	0	30
C138	-2.83753936e-43	0	0	
C140	-1.00487157e-42	0	0	
C142	-2.10202761e-42	0	0	
C144	-2.8129687e-42	0	0	
C146	-2.44024498e-42	0	0	
C148	-1.28745661e-42	0	0	
C150	-3.62092429e-43	0	0	
C152	-3.68635908e-44	0	0	

図 1 8 / 図 1 9 に対する表 3 a

Coefficient	M5	M4	M3	
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
RX	15855.02374000	-1741.78725900	-9485.62754300	
C7	-1.31721076e-07	-4.59832284e-08	3.52848287e-09	
C9	-6.83242366e-08	1.26772922e-07	6.00270333e-09	
C10	1.86511896e-10	-6.7240665e-12	-3.86514933e-11	
C12	1.02645567e-10	1.40642009e-11	-1.04260025e-11	
C14	3.25328748e-10	-1.44116181e-09	-1.39250403e-12	
C16	1.15440436e-13	1.54655389e-14	1.41839307e-13	
C18	9.78984308e-14	4.72881604e-14	-7.16656945e-15	10
C20	-4.13371452e-13	6.75771744e-12	5.02664635e-15	
C21	-9.27197923e-16	1.22282675e-17	-3.31198094e-16	
C23	-1.09172383e-15	-1.54608007e-16	-5.35714413e-19	
C25	-3.20953448e-15	-1.0400161e-15	-1.84536642e-17	
C27	5.96725454e-16	-4.25077515e-14	6.21451944e-19	
C29	2.62826512e-18	-1.61888596e-20	1.34420461e-20	
C31	5.55652996e-18	1.56291853e-18	1.40973329e-19	
C33	2.7740609e-17	2.95936057e-18	-4.11709921e-20	
C35	4.55586057e-18	-1.37954952e-15	2.58219786e-20	
C36	-2.54645948e-21	4.64220138e-23	-1.02171124e-21	
C38	2.59467077e-21	2.40346499e-22	1.13743233e-22	
C40	-2.63246351e-20	2.2463419e-20	2.11256444e-22	20
C42	-1.44139765e-19	2.97984423e-19	-1.29143298e-22	
C44	-1.47693917e-20	-9.36301568e-17	3.98789946e-23	
C46	3.92320225e-23	-1.29229238e-25	3.09631337e-25	
C48	6.16075361e-23	2.86131689e-24	-8.082018e-25	
C50	-1.29691393e-22	4.15685135e-22	2.98588259e-25	
C52	6.01647413e-22	2.59285728e-20	-1.63194404e-25	
C54	-2.80843932e-22	-2.64870198e-18	-5.22760512e-25	
C55	-1.90991039e-26	7.33311088e-29	-2.91457225e-28	
C57	-4.94174349e-25	-3.38477536e-27	-6.65349621e-28	
C59	-2.34601421e-25	-6.27781517e-25	6.27762913e-27	
C61	1.83858604e-24	1.36415701e-23	-3.36674024e-27	30
C63	-2.23642007e-24	3.28284286e-22	5.96549035e-27	
C65	3.66468868e-24	-4.01324036e-20	-1.49374281e-27	
Coefficient	M5	M4	M3	
C67	2.66992017e-28	-5.84759414e-31	7.70928561e-30	
C69	2.07117026e-27	-1.72399089e-28	-1.27896735e-29	
C71	-3.5305907e-28	-5.73139683e-27	-8.13201754e-30	
C73	-7.57480134e-27	1.35355592e-25	-2.66054764e-29	
C75	6.95016816e-27	1.92585784e-24	1.80471214e-29	
C77	-1.70051404e-26	-3.11308211e-22	9.00721038e-31	
C78	4.16730333e-32	4.62818363e-35	6.62810428e-33	40
C80	-1.17092721e-30	-1.17159673e-32	-1.00672006e-32	
C82	-1.53899025e-30	4.95758204e-32	-2.55215318e-32	
C84	-3.41614885e-31	-6.16523277e-29	1.34231774e-31	
C86	1.41066094e-29	1.05235757e-27	-6.94396951e-32	
C88	-1.32369475e-29	-2.78941647e-27	-9.85278164e-33	
C90	2.98460269e-29	-9.71953419e-25	2.65172705e-33	

図 18 / 図 19 に対する表 3 b

Coefficient	M2	M1	
KY	0.00000000	0.00000000	
KX	0.00000000	0.00000000	
RX	-2182.91143600	15030.83113000	
C7	4.52959985e-08	-2.95215933e-07	
C9	7.3997303e-09	-1.06249503e-07	
C10	-3.37134993e-10	-1.38418241e-11	
C12	-4.37041985e-10	-2.98703844e-11	
C14	-4.88477799e-12	-3.88213158e-11	
C16	8.58895599e-13	-6.42604386e-13	10
C18	6.73225729e-13	-1.25787194e-12	
C20	7.54302364e-14	-1.92589494e-13	
C21	-3.21076173e-16	5.29527426e-16	
C23	-1.19828167e-15	-2.79446453e-16	
C25	-8.61713642e-16	-1.12508948e-15	
C27	-9.46017861e-17	-3.35422436e-16	
C29	6.17495108e-18	7.41744768e-19	
C31	6.43677926e-18	-5.12492497e-19	
C33	3.08530058e-18	-2.24552982e-18	
C35	6.92654359e-20	5.26633314e-20	
C36	-1.39923821e-20	-3.80030801e-21	20
C38	-1.75236161e-20	-3.41743066e-21	
C40	-2.44288564e-20	3.36222578e-21	
C42	-7.5084993e-21	1.13386246e-20	
C44	3.60382311e-22	-1.57547758e-21	
C46	8.49074446e-24	7.10295318e-23	
C48	1.29274185e-22	1.77073952e-22	
C50	1.21275303e-22	5.45121326e-23	
C52	2.7448388e-23	-1.80762516e-23	
C54	-2.99667085e-24	-2.67701771e-23	
C55	8.3997029e-26	2.48012197e-25	30
C57	-6.89387465e-26	9.08010504e-25	
C59	-1.69030389e-25	-1.40396358e-24	
C61	-1.63503627e-25	-1.98765714e-24	
C63	-4.50856916e-26	6.60490918e-25	
C65	-2.69350712e-26	5.05364735e-25	
C67	1.81339959e-28	-2.43315212e-27	
Coefficient	M2	M1	
C69	-1.13047878e-27	-8.88349423e-27	
C71	-2.086832e-27	-1.73693921e-26	40
C73	-9.67392348e-28	-1.34931036e-26	
C75	-7.15331766e-31	8.58630418e-27	
C77	2.26098895e-29	7.80811576e-27	
C78	-2.38436227e-31	-6.67264596e-30	
C80	1.8322377e-30	-4.06002422e-29	
C82	6.0376388e-30	-4.8867685e-29	
C84	6.31126749e-30	-4.62454207e-29	
C86	2.03909262e-30	-2.42505377e-29	
C88	3.81494935e-31	3.31286928e-29	
C90	-7.68322344e-33	2.3776391e-29	

Surface	DCX	DCY	DCZ	
Image plane	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
M8	0.00000000	-1.30183991	570.42723037	
M7	0.00000000	-120.34881071	75.51681848	
M6	0.00000000	80.00209606	956.51104535	
M5	0.00000000	221.25925669	1160.16077268	
M4	0.00000000	611.93258157	1362.59488679	
M3	0.00000000	-309.46726913	1055.74659104	
M2	0.00000000	-912.91463513	655.60876883	
Stop	0.00000000	-1017.01458447	474.86644530	10
M1	0.00000000	-1353.15078666	18.46126376	
Object plane	0.00000000	-1490.55625877	1255.06787017	

(左端列(面)、上から像平面、M8、M7、M6、M5、M4、M3、M2、絞り、M1、物体平面)

図18 / 図19 に対する表4 a

Surface	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]	
Image plane	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000	
M8	-6.69497001	0.00000000	-0.00000000	
M7	166.96937929	0.00000000	-0.00000000	20
M6	66.23453752	0.00000000	-0.00000000	
M5	41.49642028	0.00000000	-0.00000000	
M4	-66.77054272	0.00000000	-0.00000000	
M3	26.08077591	0.00000000	-0.00000000	
M2	44.38277950	0.00000000	-0.00000000	
Stop	12.99307149	0.00000000	-0.00000000	
M1	165.88573894	0.00000000	-0.00000000	
Object plane	1.47794550	0.00000000	-0.00000000	

(左端列(面)、上から像平面、M8、M7、M6、M5、M4、M3、M2、絞り、M1、物体平面)

図18 / 図19 に対する表4 b

30

Surface	Angle of incidence [deg]	Reflectivity
M8	6.81465749	0.66077811
M7	0.54649170	0.66565825
M6	78.61351241	0.85952413
M5	77.19223505	0.83894755
M4	4.79028139	0.66334071
M3	83.41785810	0.92088922
M2	77.76117032	0.84736477

40

Surface	Angle of incidence [deg]	Reflectivity
M1	20.39282100	0.61112963
Overall transmission		0.1003

(上端行、左から面、入射角(度)、反射率。左端列(面)、上からM8、M7、M6、M5、M4、M3、M2、M1、全伝達)

図18 / 図19 に対する表5

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]	
0.00000000	-74.74428964	0.00000000	
-21.97577930	-73.71157746	0.00000000	
-43.54745003	-70.64584812	0.00000000	
-64.30774000	-65.64223665	0.00000000	
-83.84419262	-58.85273624	0.00000000	
-101.73934320	-50.47789491	0.00000000	
-117.57413522	-40.75791226	0.00000000	
-130.93536243	-29.96439172	0.00000000	
-141.42743062	-18.39295269	0.00000000	10
-148.68831187	-6.35605158	0.00000000	
-152.40909162	5.82486902	0.00000000	
-152.35588367	17.82898189	0.00000000	
-148.39195432	29.34768633	0.00000000	
-140.49688466	40.09648351	-0.00000000	
-128.77941498	49.82515047	-0.00000000	
-113.48180409	58.32554432	-0.00000000	
-94.97550387	65.43621405	0.00000000	
-73.74931338	71.04353087	0.00000000	
-50.39169073	75.07859450	0.00000000	20
-25.56884640	77.50751380	0.00000000	
-0.00000000	78.31797873	0.00000000	
25.56884640	77.50751380	0.00000000	
50.39169073	75.07859450	0.00000000	
73.74931338	71.04353087	0.00000000	
94.97550387	65.43621405	0.00000000	
113.48180409	58.32554432	-0.00000000	
128.77941498	49.82515047	0.00000000	
140.49688466	40.09648351	0.00000000	30
148.39195432	29.34768633	-0.00000000	
152.35588367	17.82898189	0.00000000	
152.40909162	5.82486902	0.00000000	
148.68831187	-6.35605158	0.00000000	
141.42743062	-18.39295269	0.00000000	
130.93536243	-29.96439172	0.00000000	
117.57413522	-40.75791226	0.00000000	
101.73934320	-50.47789491	0.00000000	
83.84419262	-58.85273624	-0.00000000	
64.30774000	-65.64223665	0.00000000	40
43.54745003	-70.64584812	0.00000000	
21.97577930	-73.71157746	0.00000000	

図 18 / 図 19 に対する表 6

【 0314 】

投影光学ユニット 33 の全体反射率は 10 . 03 % である。

【 0315 】

投影光学ユニット 33 は、0 . 55 の像側開口数を有する。像視野 8 は、2 × 6 . 5 mm の x 広がりとして 1 . 20 mm の y 広がりとしてを有する。投影光学ユニット 33 は、13 . 5 nm の照明光 3 の作動波長に対して最適化される。

【 0316 】

投影光学ユニット 3 3 は、正確に 8 つのミラー M 1 から M 8 を有する。一方でミラー M 2 及び M 3、もう一方で M 5、M 6 は、かすめ入射ミラーとして具現化され、各場合に結像ビーム経路内で互いに直接前後して配置される。投影光学ユニット 3 3 は、正確に 4 つのかすめ入射ミラー、すなわち、ミラー M 2、M 3、M 5、及び M 6 を有する。ミラー M 1、M 4、M 7、及び M 8 は、法線入射ミラーとして具現化される。

【 0 3 1 7 】

投影光学ユニット 3 3 では、ミラー M 1 と M 2 との間のビーム経路内で、ミラー M 2 上へのかすめ入射の近くに絞り 1 8 が配置される。これに代えて又はこれに加えて、直接ミラー M 2 の面上に絞りを配置することができる。

【 0 3 1 8 】

投影光学ユニット 3 2 は、縮小結像スケール $\beta = 7.00$ を有する。

【 0 3 1 9 】

物体平面 5 内への主光線 1 6 の入射角は 6.4° である。

【 0 3 2 0 】

投影光学ユニット 3 3 の入射瞳は、y z 平面内では物体視野 4 の 7700 mm 手前の照明光のビーム経路内に位置する。x y 平面（図 1 9 を参照されたい）内では、入射瞳は、物体視野の 1775 mm 後ろの投影光学ユニット 3 3 の結像ビーム経路内に位置する。従って物体視野 4 から発する主光線 1 6 の広がり、図 1 8 に記載の子午断面内と図 1 9 に記載の図内との両方において収束する。

【 0 3 2 1 】

絞り 1 8 は、x z 断面（図 1 9 を参照されたい）内で、その y z 断面内の位置と比較して z 方向に変位された位置に位置することが可能である。

【 0 3 2 2 】

物体視野 4 と像視野 8 との間の z 距離は約 1290 mm である。

【 0 3 2 3 】

物体 / 像オフセット (d_{OIS}) は約 1460 mm である。

【 0 3 2 4 】

ミラー M 7 と像視野 8 との間の自由作動距離は 50 mm である。

【 0 3 2 5 】

投影光学ユニット 3 3 では、波面収差についての走査 RMS 値は最大で $10\text{ m}\lambda$ であり、平均で $8\text{ m}\lambda$ である。

【 0 3 2 6 】

最大歪曲値は、x 方向には最大で 0.03 nm であり、y 方向には最大で 0.08 nm である。x 方向の像視野側テレセントリック度値は、最大で 0.79 mrad であり、y 方向の像視野側テレセントリック度値は、最大で 0.37 mrad である。

【 0 3 2 7 】

更に別のミラーデータは、以下に続く表から明らかになる。

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
最大入射角[度]	20.9	81.5	85.5	6.0	79.1	81.9	17.1	8.3
ミラー広がり(x) [mm]	224.5	366.3	511.9	611.2	448.5	225.0	261.2	652.2
ミラー広がり(y) [mm]	219.5	326.9	514.4	83.3	225.0	308.6	167.8	642.2
最大ミラー直径[mm]	229.2	368.5	640.9	611.3	448.5	310.5	261.6	652.5

図 1 8 / 図 1 9 に対する表 7

【 0 3 2 8 】

y z 平面（図 1 8）内ではビーム経路内のミラー M 3 と M 4 との間の結像ビーム経路領域内に、及び x z 平面（図 1 9）内ではミラー M 6 と M 7 との間の結像ビーム経路領域内に中間像 1 9 が存在する。中間像 1 9 は、y z 平面でミラー M 5 上の反射領域内に存在す

ることも可能である。

【0329】

ミラーM8は掩蔽され、ミラーM6とM7との間の結像ビーム経路内の照明光3の通過に向けた通過開口部17を含む。

【0330】

投影光学ユニット33の瞳掩蔽は、この投影光学ユニットの像側開口数の14%である。

【0331】

結像ビーム経路内の最後のミラーM8のみが、結像光3に対する通過開口部17を含む。全ての他のミラーM1からM7は連続反射面を有する。ミラーM8の反射面は、その通過開口部17の周囲で用いられる。

10

【0332】

ミラーM1、M3、M4、及びM8は、半径に関して負の値を有し、すなわち、原理的に凹ミラーである。ミラーM2、M5、M6、及びM7は、半径に関して正の値を有し、すなわち、原理的に凸ミラーである。かすめ入射ミラーM2、M3、M5、及びM6は非常に大きい半径を有し、平面反射面からの僅かな偏位しか引き起こさない。

【0333】

図1に記載の投影露光装置1において例えば投影光学ユニット7の代わりに用いることができる投影光学ユニットの更に別の実施形態34を図20及び図21に基づいて以下に続く本文で説明する。図1から図19までの状況で上記に既に説明した構成要素及び機能を適宜同じ参照符号で表しており、これらについて再度詳細に解説することはしない。図20は、投影光学ユニット34の子午断面を示している。図21は、投影光学ユニット34の矢状面図を示している。

20

【0334】

投影光学ユニット34は、合計で8つのミラーM1からM8を有し、その基本設計に関して、例えば図2に記載の投影光学ユニット7と同様である。

【0335】

投影光学ユニット34は、歪像光学ユニットとして具現化される。投影光学ユニット34は、図20に記載のyz断面内で8.00の縮小結像スケール β_y を有する。yz断面に対して垂直なxz平面(図21を参照されたい)内では、投影光学ユニット34は、4.00の縮小結像スケール β_x を有する。

30

【0336】

投影光学ユニット34の回転対称射出瞳との組み合わせで、これらの異なる結像スケール β_x 、 β_y は、図20と図21との間の比較から即座に明らかになるように、yz平面内でxz平面と比較して半分のサイズの物体側開口数を生じる。その結果、5.1°の有利に小さい主光線角度CRAOがyz平面内で得られる。

【0337】

本明細書に関わる歪像投影レンズの利点は、US 2013/0128251 A1にも解説されており、この文献は、その全文が引用によって本出願に組み込まれている。

【0338】

投影光学ユニット34の歪像効果は、ミラーM1からM8の全ての光学面に分散される。

40

【0339】

ミラーM1からM8は、前と同様に、上記に明示した自由曲面方程式(1)が当てはまる自由曲面ミラーとして具現化される。投影光学ユニット34からの光学設計データは、それらの設計に関して図2に記載の投影光学ユニット7に対する表に対応する以下に続く表から収集することができる。

例示の実施形態	図20/21
NA	0.55
波長	13.5 nm
視野寸法x	26.0 mm
視野寸法y	1.2 mm
視野曲率	0.0 1/mm
絞り	S9

図 2 0 / 図 2 1 に対する表 1

Surface	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Operating mode
M8	-1133.32747304	0.00175233	-1023.64934352	0.00196760	REFL
M7	4406.38826107	-0.00045387	690.91205607	-0.00289482	REFL
M6	4739.61979766	-0.00008693	10074.88948477	-0.00096360	REFL
M5	21144.94473278	-0.00002037	72950.75367779	-0.00012733	REFL
M4	-2867.38401976	0.00069495	-4292.99198405	0.00046759	REFL
M3	-10853.57484008	0.00002356	-21913.73844639	0.00071385	REFL
M2	-5190.31139364	0.00007024	7573.47590770	-0.00144869	REFL
M1	-5923.95714844	0.00031586	-1898.45455510	0.00112603	REFL

10

(左から、面 , 半径 __ x , 屈折力 __ x , 半径 __ y , 屈折力 __ y , 作動モード。 R E F L は「反射」)

図 2 0 / 図 2 1 に対する表 2

20

Coefficient	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-1133.32747300	4406.38826100	4739.61979800
C7	-1.37045485e-08	7.46796053e-08	-2.88085237e-08
C9	-7.61541557e-09	-1.45727199e-07	-1.79062014e-08
C10	-7.69203582e-12	2.92796841e-10	4.42007445e-11
C12	-2.2092406e-11	1.13530474e-09	-8.60191664e-12
C14	-1.03738908e-11	1.40909304e-09	-4.58761129e-11
C16	-7.31775261e-15	-1.31555425e-13	-1.45618208e-13
C18	-1.17172291e-14	-6.54062794e-13	4.24616003e-15
C20	-3.3983632e-15	-3.50696381e-13	-8.53811379e-14
C21	-9.15894595e-18	2.09018129e-16	-9.75508493e-17
C23	-3.5991906e-17	2.50711167e-15	3.58424992e-16
C25	-3.77287782e-17	9.96925043e-15	-1.56598011e-19
C27	-1.19641397e-17	7.56226507e-15	-2.28737536e-16
C29	-5.75050439e-21	8.60467057e-19	-9.76080298e-19
C31	-1.25790723e-20	4.36789592e-18	-8.89549297e-19

30

Coefficient	M8	M7	M6	
C33	-1.03115676e-20	-9.69395674e-18	-3.40251221e-19	
C35	-2.20183332e-21	-3.27752356e-18	-6.53545396e-19	
C36	-8.33157821e-24	4.55264457e-22	4.12907772e-21	
C38	-4.25998322e-23	7.24917406e-21	1.05886868e-20	
C40	-6.98306225e-23	1.43589783e-20	3.05154424e-21	
C42	-4.8336845e-23	8.43033547e-20	2.41517735e-23	
C44	-1.40394078e-23	1.97591114e-19	-1.6250366e-21	
C46	-2.9814906e-27	-4.16141287e-25	6.47812725e-23	
C48	-1.1220021e-26	-9.85706306e-24	2.80300383e-23	
C50	-1.69711254e-26	4.09860054e-23	1.52687849e-23	
C52	-8.57563301e-27	1.47027541e-22	7.02362488e-24	10
C54	1.76715393e-28	-6.99745034e-23	-2.14951543e-24	
C55	-6.6288945e-30	1.42110361e-27	-2.82086233e-25	
C57	-4.10869525e-29	-4.51003428e-27	-7.63377495e-25	
C59	-9.17862325e-29	7.25467897e-26	-2.77480674e-25	
C61	-9.90356193e-29	3.9633015e-25	-3.52163248e-26	
C63	-5.59488161e-29	9.95569594e-25	-8.0432973e-28	
C65	-7.22003129e-30	-4.21378e-24	-2.74410127e-27	
C67	-5.24619854e-33	-8.35761662e-30	-9.1548449e-28	
C69	-2.01840485e-32	5.45404311e-29	-5.39668302e-28	
C71	-3.79282955e-32	-2.97201132e-28	-1.38362872e-27	
C73	-2.44971235e-32	3.25227818e-28	-3.68928781e-28	20
C75	-7.62727889e-33	-8.7212421e-27	-1.16531263e-28	
C77	-5.7359611e-33	4.80554127e-27	-4.17390192e-29	
C78	-8.047176e-36	-8.23504213e-33	7.06018116e-30	
C80	-5.4403674e-35	2.3497042e-31	1.86040123e-29	
C82	-1.67551366e-34	1.33047058e-30	1.3421476e-29	
C84	-2.6900642e-34	5.04718453e-30	4.72484176e-30	
C86	-2.38083651e-34	-7.80809697e-30	4.75455568e-31	
C88	-9.66546428e-35	1.17080611e-29	-1.51988786e-31	
C90	-2.31041974e-35	9.71583268e-29	-2.31508815e-31	
C92	3.72879241e-39	1.17935322e-34	3.7709135e-34	
C94	1.5141875e-38	-8.62572106e-36	-7.82262879e-33	30
C96	3.40542449e-38	3.38356865e-33	3.57455642e-32	
C98	3.58688134e-38	-2.30440813e-34	1.60062441e-32	
C100	-4.37695745e-39	-7.67777542e-33	1.17807848e-33	
C102	-9.00258499e-39	1.15560849e-31	4.06367757e-34	
C104	9.73217887e-39	-1.330225e-31	-5.19167519e-34	
C105	-3.15681223e-43	8.5001124e-38	-6.1641406e-35	
C107	-6.71085246e-42	-3.50192205e-37	-1.25784732e-34	
C109	1.81013759e-41	-3.77112897e-36	-1.73593348e-34	
C111	1.21188506e-40	-1.79399564e-35	-1.92852546e-34	
C113	2.12299664e-40	4.42096118e-35	-1.73174517e-35	
C115	1.96801677e-40	3.78745494e-34	-5.80388951e-36	40
C117	6.74687492e-41	-4.55929668e-35	7.22309558e-37	
C119	1.51520616e-41	-4.50734906e-34	-4.27492138e-37	
C121	-3.77954419e-45	0	0	
C123	-5.73506768e-44	0	0	
C125	-1.67581738e-43	0	0	
C127	-2.67358045e-43	0	0	
C129	-2.40296709e-43	0	0	
C131	-8.92457112e-44	0	0	
C133	-1.44215565e-44	0	0	
C135	-1.25305206e-44	0	0	

Coefficient	M8	M7	M6
C136	-1.34456467e-47	0	0
C138	-1.15917807e-46	0	0
C140	-4.9202134e-46	0	0
C142	-1.261638e-45	0	0
C144	-1.92457136e-45	0	0
C146	-1.81299242e-45	0	0
C148	-1.06311202e-45	0	0
C150	-3.3131362e-46	0	0
C152	-4.79751657e-47	0	0

図 2 0 / 図 2 1 に対する表 3 a

10

Coefficient	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	21144.94473000	-2867.38402000	-10853.57484000
C7	-8.13271685e-08	-3.58841707e-08	5.29876767e-10
C9	-5.82176386e-08	-7.04518606e-07	2.10519305e-09
C10	9.37452981e-12	1.30052051e-12	-6.30399752e-12
C12	3.00680111e-11	1.85556236e-10	-5.20862433e-12
C14	8.83038021e-11	3.5873503e-09	-3.58045717e-12
C16	4.50889445e-14	-8.90737179e-15	1.13557992e-14
C18	-8.85586769e-15	-1.37507133e-12	-1.13089347e-16
C20	-2.84535698e-13	-2.40161213e-11	1.2693646e-15
C21	-4.0259975e-17	9.84110093e-19	-1.07753791e-17
C23	-1.60627908e-16	1.18787038e-16	-4.13074732e-18
C25	-2.12462221e-16	1.07305967e-14	-2.6198811e-18
C27	7.88491781e-16	1.62876389e-13	-1.51826315e-18
C29	8.29816991e-20	-1.42315568e-21	8.37815153e-21
C31	4.09821249e-19	-1.53159656e-18	2.70592478e-21
C33	1.04060872e-18	-1.00776807e-16	9.75607155e-22
C35	-2.28976537e-18	-1.25474518e-15	1.00241528e-21
C36	-1.07018867e-22	1.36622356e-24	-3.00882158e-23
C38	-4.94074303e-23	2.88428049e-23	2.10003322e-24
C40	-1.34527055e-21	1.98696867e-20	8.31511411e-24
C42	-4.60972729e-21	1.12695754e-18	3.79721863e-24
C44	4.81654378e-21	1.6445151e-17	-1.75074004e-25
C46	1.01635491e-24	-5.39059369e-27	2.00075589e-26

20

30

C48	-9.38768461e-25	6.02027898e-25	1.15956882e-26
C50	-7.09696896e-24	1.64761111e-22	-5.38272606e-27
C52	-2.38402664e-24	3.42328361e-21	-2.97501451e-27
C54	-2.26239625e-23	-3.23207317e-19	-5.02183701e-28
C55	1.26386187e-28	1.71520917e-30	9.81733067e-30
C57	-2.83068278e-27	8.46560169e-29	-3.36674489e-29
C59	2.46204893e-26	-1.62710492e-26	-9.5444995e-29
C61	9.95586051e-26	-8.19930234e-24	-8.78074754e-29
C63	1.01878932e-25	1.62250965e-22	-3.16474709e-29
C65	1.91562178e-25	-5.94818356e-21	-4.32421248e-30
C67	-3.08120032e-30	-1.7543011e-33	-6.8780555e-32
C69	4.41107086e-30	-4.30759864e-30	-8.633439e-32
C71	-2.847253e-29	-2.73981339e-27	6.96849436e-32
C73	4.4951507e-30	-1.83904472e-25	8.79586218e-32
C75	8.74287892e-29	-8.91906155e-24	2.23940855e-32

40

50

Coefficient	M5	M4	M3	
C77	-6.9255095e-28	2.64874371e-22	4.81131842e-33	
C78	2.23687462e-34	-1.85559281e-36	-5.94735011e-35	
C80	-7.0923897e-33	-8.80329782e-35	1.42958234e-34	
C82	-2.40355343e-31	1.32753328e-31	3.76354599e-34	
C84	-1.33477305e-30	6.7062528e-29	4.22628687e-34	
C86	-3.52926483e-30	4.70367187e-27	2.68539626e-34	
C88	-4.04944897e-30	-1.60136059e-25	9.37754675e-35	
C90	-2.28582075e-32	3.37934991e-24	1.01872115e-35	
C92	1.53053664e-35	1.03181863e-38	4.49578153e-37	
C94	1.90635627e-34	7.96148268e-37	4.15343568e-37	
C96	1.7721621e-33	5.60447131e-33	-1.33200295e-37	10
C98	7.04887896e-33	5.29126054e-31	-4.53303133e-37	
C100	1.53325023e-32	6.99281316e-29	-2.18759113e-37	
C102	1.55847895e-32	0	-2.6400999e-38	
C104	5.50738373e-33	0	-5.86276203e-39	
C105	-3.29469714e-39	2.0787905e-42	-7.97361647e-43	
C107	-6.03049846e-38	8.43168465e-40	-9.19641517e-40	
C109	-5.38471092e-37	-2.34623974e-37	-7.68527335e-40	
C111	-3.36030533e-36	-1.09110522e-34	-5.25251603e-40	
C113	-1.05801312e-35	-2.66122693e-32	-3.43774941e-40	
C115	-2.05317853e-35	0	-3.0477398e-40	
C117	-1.88191883e-35	0	-1.37941097e-40	
C119	-9.0448429e-36	0	-1.23378749e-41	20

図 2 0 / 図 2 1 に対する表 3 b

Coefficient	M2	M1	
KY	0.00000000	0.00000000	
KX	0.00000000	0.00000000	
RX	-5190.31139400	-5923.95714800	
C7	-5.28973257e-09	-9.34107203e-08	
C9	3.16117691e-08	-3.08170947e-08	
C10	-3.5113151e-11	2.15749003e-11	30
C12	-5.94839832e-11	-4.16147444e-11	
C14	4.15396704e-11	-9.60232617e-12	
C16	8.8719325e-14	-1.38710348e-13	
C18	2.11910791e-14	-4.21723708e-13	
C20	5.83626437e-14	1.56831697e-13	
C21	-7.52771425e-17	2.2883345e-17	
C23	2.86726561e-17	-7.98916101e-17	
C25	-6.07859472e-17	-6.15893157e-16	
C27	9.82616796e-17	6.98313821e-16	
C29	-1.44090078e-21	-1.67084874e-20	
C31	1.04190298e-19	1.24909603e-19	40
C33	1.81953338e-20	-5.55656679e-19	
C35	2.0422779e-19	-3.23336886e-18	
C36	-1.68993866e-23	-3.08540907e-25	
C38	-5.92115931e-23	-6.92333888e-22	
C40	3.83068102e-23	-1.17221531e-21	
C42	-9.31939644e-23	1.57625031e-21	
C44	3.54805796e-22	-4.85282982e-20	
C46	1.64542991e-25	7.61056694e-26	
C48	-2.94838765e-25	1.5289645e-24	

Coefficient	M2	M1	
C50	-1.09554398e-24	8.66857734e-24	
C52	-1.81472711e-24	2.18885048e-23	
C54	-1.10156139e-25	2.98501444e-22	
C55	-3.91686651e-28	-3.84029125e-29	
C57	-9.77388973e-28	8.12604652e-27	
C59	-6.14630023e-28	4.79732982e-26	
C61	-1.27909521e-27	3.3152603e-26	
C63	-4.46201357e-27	-2.9689908e-25	
C65	-2.14425067e-28	2.24300892e-24	
C67	3.17153528e-32	-3.98900423e-30	10
C69	6.31254012e-30	-4.30683926e-29	
C71	1.77074038e-29	-3.09345554e-28	
C73	2.94127232e-29	-3.2763638e-28	
C75	1.7371783e-29	1.84376033e-28	
C77	9.59406388e-30	-9.29242727e-27	
C78	2.26427738e-33	6.44291133e-34	
C80	6.98015663e-33	-7.26102976e-32	
C82	3.90295139e-33	-8.26037127e-31	
C84	1.00563556e-32	-2.47229342e-30	
C86	5.31207359e-32	1.36267497e-30	
C88	4.68167146e-32	1.1558863e-29	20
C90	2.22750927e-32	-6.48766222e-29	
C92	4.94909078e-36	2.123736e-35	
C94	-2.40458792e-35	2.73287712e-34	
C96	-6.91070231e-35	2.28462552e-33	
C98	-1.61918658e-34	6.85274826e-33	
C100	-1.44300155e-34	-4.32046035e-33	
C102	-7.93406187e-35	-1.07655048e-32	
C104	-1.66530071e-35	1.27235198e-31	
C105	5.86498685e-40	-4.29231126e-39	30
C107	-1.54194375e-38	2.35882135e-37	
C109	-7.13318326e-39	4.70203204e-36	
C111	-1.43456171e-38	2.37591177e-35	
C113	-1.90286626e-37	3.22170482e-35	
C115	-2.94354338e-37	-8.87390817e-35	
C117	-2.19039138e-37	-1.98534313e-34	
C119	-6.06928085e-38	8.31104332e-34	

図 2 0 / 図 2 1 に対する表 3 c

Surface	DCX	DCY	DCZ	
Image plane	0.00000000	0.00000000	0.00000000	40
M8	0.00000000	0.35696376	928.41215449	
M7	0.00000000	-194.00592810	123.62549517	
M6	0.00000000	110.73807678	1485.21127288	
M5	0.00000000	410.24860809	1906.05090667	
M4	0.00000000	989.83215098	2227.66851159	
M3	0.00000000	-480.76794337	1725.54436925	
M2	0.00000000	-1586.00680196	983.72854005	
Stop	0.00000000	-1833.30051904	630.89726836	
M1	0.00000000	-2256.96990972	48.20891557	
Object plane	0.00000000	-2433.04940926	1809.33615616	50

(左端列(面)、上から像平面、M8, M7, M6, M5, M4, M3, M2, 絞り, M1, 物体平面)

図20 / 図21 に対する表4a

Surface	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
Image plane	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M8	-6.81158601	0.00000000	-0.00000000
M7	166.85343770	0.00000000	-0.00000000
M6	65.47067671	0.00000000	-0.00000000
M5	41.13388792	0.00000000	-0.00000000
M4	-66.25259654	0.00000000	-0.00000000
M3	26.32646837	0.00000000	-0.00000000
M2	43.98793212	0.00000000	-0.00000000
Stop	17.85348492	0.00000000	-0.00000000
M1	165.03170476	0.00000000	-0.00000000
Object plane	0.84183854	0.00000000	-0.00000000

10

(左端列(面)、上から像平面、M8, M7, M6, M5, M4, M3, M2, 絞り, M1, 物体平面)

図20 / 図21 に対する表4b

Surface	Einfallswinkel [deg]	Reflectivity
M8	6.79146457	0.66081301
M7	0.47255204	0.66566232
M6	78.11128013	0.85242200
M5	77.56569142	0.84450121
M4	4.90369075	0.66322257
M3	82.65450170	0.91169087
M2	79.49691949	0.87161748
M1	20.67887147	0.60924189
Overall transmission		0.1017

20

30

(上端行、左から面、入射角(度)、反射率。左端列(面)、上からM8, M7, M6, M5, M4, M3, M2, M1, 全伝達)

図20 / 図21 に対する表5

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]	
0.00000000	-127.83604117	0.00000000	
-42.47230052	-125.94642328	0.00000000	
-84.13944596	-120.36530056	0.00000000	
-124.19202701	-111.34341136	0.00000000	
-161.81430598	-99.26141457	0.00000000	
-196.18564839	-84.58693884	0.00000000	
-226.48648672	-67.83445412	0.00000000	
-251.91061812	-49.53759338	0.00000000	
-271.68668618	-30.23530779	0.00000000	10
-285.11143299	-10.46743152	0.00000000	
-291.59521276	9.22826034	0.00000000	
-290.71624730	28.32744481	0.00000000	
-282.27411538	46.34275447	0.00000000	
-266.32872550	62.84972374	0.00000000	
-243.21383327	77.50530904	0.00000000	
-213.52264822	90.05981266	0.00000000	
-178.07097077	100.36136137	0.00000000	
-137.84767730	108.34615051	0.00000000	
-93.96325338	114.01343410	0.00000000	
-47.60455320	117.39298190	-0.00000000	20
-0.00000000	118.51540025	0.00000000	
47.60455320	117.39298190	-0.00000000	
93.96325338	114.01343410	0.00000000	
137.84767730	108.34615051	0.00000000	
X[mm]	Y[mm]	Z[mm]	
178.07097077	100.36136137	0.00000000	
213.52264822	90.05981266	0.00000000	
243.21383327	77.50530904	0.00000000	
266.32872550	62.84972374	0.00000000	30
282.27411538	46.34275447	0.00000000	
290.71624730	28.32744481	0.00000000	
291.59521276	9.22826034	0.00000000	
285.11143299	-10.46743152	0.00000000	
271.68668618	-30.23530779	0.00000000	
251.91061812	-49.53759338	0.00000000	
226.48648672	-67.83445412	0.00000000	
196.18564839	-84.58693884	0.00000000	
161.81430598	-99.26141457	0.00000000	
124.19202701	-111.34341136	0.00000000	
84.13944596	-120.36530056	0.00000000	40
42.47230052	-125.94642328	0.00000000	

図 20 / 図 21 に対する表 6

【 0 3 4 0 】

投影光学ユニット 34 の全体反射率は 10 . 17 % である。

【 0 3 4 1 】

投影光学ユニット 34 は、0 . 55 の像側開口数を有する。像視野 8 は、2 × 13 mm の x 広がり と 1 . 20 mm の y 広がり とを有する。投影光学ユニット 34 は、13 . 5 nm の照明光 3 の作動波長に対して最適化される。

【 0 3 4 2 】

投影光学ユニット 34 は、正確に 8 つのミラー M 1 から M 8 を有する。一方でミラー M

2 及び M 3、もう一方で M 5、M 6 は、かすめ入射ミラーとして具現化され、各場合に結像ビーム経路内で互いに直接前後して配置される。投影光学ユニット 3 4 は、正確に 4 つのかすめ入射ミラー、すなわち、ミラー M 2、M 3、M 5、及び M 6 を有する。ミラー M 1、M 4、M 7、及び M 8 は、法線入射ミラーとして具現化される。

【 0 3 4 3 】

投影光学ユニット 3 4 では、ミラー M 1 と M 2 との間のビーム経路内で、ミラー M 2 上へのかすめ入射の近くに絞り 1 8 が配置される。これに代えて又はこれに加えて、直接ミラー M 2 の面上に絞りを配置することができる。

【 0 3 4 4 】

投影光学ユニット 3 3 の入射瞳は、 xz 平面（図 2 1 を参照されたい）内では物体視野 4 の 2 7 4 0 mm 手前の照明光のビーム経路内に位置する。 yz 平面内では、入射瞳は、物体視野の 5 4 3 0 mm 後ろの投影光学ユニット 3 4 の結像ビーム経路内に位置する。従って物体視野 4 から発する主光線 1 6 の広がり、図 2 0 に記載の子午断面内と図 2 1 に記載の図内との両方において収束する。

【 0 3 4 5 】

絞り 1 8 は、 xz 断面（図 2 1 を参照されたい）内で、その yz 断面内の位置と比較して z 方向に変位された位置に位置することが可能である。絞り 1 8 は平面であり、像視野に対して傾斜される。絞り 1 8 の x 方向の長い広がり、1 8 mm である。絞り 1 8 の y 方向の総広がり、2 3 8 . 8 5 mm である。

【 0 3 4 6 】

物体視野 4 と像視野 8 との間の z 距離は約 1 8 5 0 mm である。

【 0 3 4 7 】

物体 / 像オフセット (d_{ois}) は約 2 4 0 0 mm である。

【 0 3 4 8 】

ミラー M 7 と像視野 8 との間の自由作動距離は 8 3 mm である。

【 0 3 4 9 】

投影光学ユニット 3 4 では、波面収差についての走査 RMS 値は最大で $8 m\lambda$ であり、平均で $7 m\lambda$ である。

【 0 3 5 0 】

最大歪曲値は、 x 方向には最大で 0 . 1 0 nm であり、 y 方向には最大で 0 . 1 0 nm である。 x 方向の像視野側テレセントリック度値は、最大で 1 . 5 8 mrad であり、 y 方向の像視野側テレセントリック度値は、最大で 0 . 1 5 mrad である。

【 0 3 5 1 】

更に別のミラーデータは、以下に続く表から明らかになる。

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
最大入射角[度]	20.9	81.9	83.8	7.0	79.8	81.2	17.2	8.3
ミラー広がり(x) [mm]	525.7	662.4	847.1	984.1	675.6	325.0	482.9	1074.4
ミラー広がり(y) [mm]	268.1	512.7	856.1	66.4	336.1	466.1	277.4	1053.4
最大ミラー直径[mm]	525.8	662.5	926.3	984.1	675.6	470.0	483.0	1076.0

図 2 0 / 図 2 1 に対する表 7

【 0 3 5 2 】

yz 平面（図 2 0 ）内ではビーム経路内のミラー M 4 上の反射領域内に、及び xz 平面（図 2 1 ）に対して平行なミラー M 6 と M 7 との間の結像ビーム経路領域内に中間像 1 9 が存在する。

【 0 3 5 3 】

ミラー M 8 は掩蔽され、ミラー M 6 と M 7 との間の結像ビーム経路内の照明光 3 の通過

に向けた通過開口部 17 を含む。

【 0 3 5 4 】

結像ビーム経路内の最後のミラー M 8 のみが、結像光 3 に対する通過開口部 17 を含む。全ての他のミラー M 1 から M 7 は連続反射面を有する。ミラー M 8 の反射面は、その通過開口部 17 の周囲で用いられる。

【 0 3 5 5 】

ミラー M 1、M 3、M 4、及び M 8 は、半径に関して負の値を有し、すなわち、原理的に凹ミラーである。ミラー M 2、M 5、M 6、及び M 7 は、半径に関して正の値を有し、すなわち、原理的に凸ミラーである。かすめ入射ミラー M 2、M 3、M 5、及び M 6 は非常に大きい半径を有し、平面反射面からの僅かな偏位しか引き起こさない。

10

【 0 3 5 6 】

図 2 1 A は、投影光学ユニット 3 4 のミラー M 1 から M 8 上で各場合に照明光 3 による入射を受ける面の縁部輪郭、すなわち、ミラー M 1 から M 8 のいわゆるフットプリントを示している。これらの縁部輪郭は、各場合にそれぞれのミラー M 1 から M 8 の局所 x y 座標に対応する x / y グラフ内に描示したものである。例図は、ミリメートルを単位とする正確な縮尺のものである。ミラー M 2、M 3、及び M 8 は、値 1 から偏位しないか又は僅かにしか偏位しない x / y アスペクト比を有する。ミラー M 1 及び M 5 及び同様に M 7 は、約 2 の x / y アスペクト比を有する。ミラー M 4 は、約 1.5 の x / y アスペクト比を有する。ミラー M 6 は、約 0.7 の x / y アスペクト比を有する。

【 0 3 5 7 】

20

図 1 に記載の投影露光装置 1 において例えば投影光学ユニット 7 の代わりに用いることができる投影光学ユニットの更に別の実施形態 3 5 を図 2 2 及び図 2 3 に基づいて以下に続く本文で説明する。図 1 から図 2 1 A までの状況で上記に既に説明した構成要素及び機能を適宜同じ参照符号で表しており、これらについて再度詳細に解説することはしない。図 2 2 は、投影光学ユニット 3 5 の子午断面を示している。図 2 3 は、投影光学ユニット 3 5 の矢状面図を示している。

【 0 3 5 8 】

投影光学ユニット 3 5 は、合計で 8 つのミラー M 1 から M 8 を有し、その基本設計に関して、例えば図 2 に記載の投影光学ユニット 7 と同様である。

【 0 3 5 9 】

30

投影光学ユニット 3 5 は歪像光学ユニットとして具現化される。投影光学ユニット 3 5 は、図 2 2 に記載の y z 断面内で 6.00 の縮小結像スケール β_y を有する。y z 断面に対して垂直な x z 平面（図 2 3 を参照されたい）内では、投影光学ユニット 3 5 は、4.00 の縮小結像スケール β_x を有する。

【 0 3 6 0 】

これらの異なる結像スケール β_x 、 β_y は、図 2 2 と図 2 3 との間の比較から即座に明らかになるように、y z 平面内で x z 平面よりも小さい物体側開口数を生じる。その結果、6.3° の有利に小さい主光線角度 C R A O が y z 平面内で得られる。

【 0 3 6 1 】

投影光学ユニット 3 5 の歪像効果は、ミラー M 1 から M 8 の全ての光学面に分散される。

40

【 0 3 6 2 】

ミラー M 1 から M 8 は、前と同様に、上記に明示した自由曲面方程式 (1) が当てはまる自由曲面ミラーとして具現化される。投影光学ユニット 3 5 からの光学設計データは、それらの設計に関して図 2 に記載の投影光学ユニット 7 に対する表に対応する以下に続く表から収集することができる。

例示の実施形態	図22/23
NA	0.49
波長	13.5 nm
視野寸法x	26.0 mm
視野寸法y	1.6 mm
視野曲率	0.0 1/mm
絞り	S9

図 2 2 / 図 2 3 に対する表 1

Surface	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Operating mode
M8	-1121.37889641	0.00177101	-1023.61301917	0.00196766	REFL
M7	4813.84973129	-0.00041545	689.47522791	-0.00290086	REFL
M6	7961.52706392	-0.00005196	10472.69061413	-0.00092320	REFL
M5	63451.73749313	-0.00000674	-71805.62245393	0.00013019	REFL
M4	-2879.29868612	0.00069194	-5323.52677528	0.00037714	REFL
M3	-11586.49414415	0.00002283	-19036.27253247	0.00079438	REFL

10

Surface	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Operating mode
M2	-6051.13629901	0.00005747	5373.11013087	-0.00214085	REFL
M1	-7070.71042694	0.00026365	-1740.13114618	0.00123306	REFL

20

(左から、面，半径__x，屈折力__x，半径__y，屈折力__y，作動モード。R E F L は「反射」)

図 2 2 / 図 2 3 に対する表 2

Coefficient	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-1121.37889600	4813.84973100	7961.52706400
C7	-1.18303428e-08	1.38677591e-07	4.50959592e-08
C9	-9.04489424e-09	-2.49942276e-07	-3.22908374e-08
C10	-5.56852211e-12	3.59231824e-10	1.39261473e-10
C12	-2.2156858e-11	1.11674106e-09	-1.58384659e-10
C14	-6.4485662e-12	7.68944651e-10	-4.64967002e-11
C16	-5.99476799e-15	-1.25877621e-13	-6.14806551e-13
C18	-1.17154189e-14	-8.32139172e-13	6.1577807e-14
C20	-6.35164457e-15	-1.04560226e-12	-1.56127394e-13
C21	-1.01505313e-17	2.28624052e-16	-3.24656403e-16
C23	-3.58157787e-17	2.8674558e-15	1.48986258e-15
C25	-3.28325694e-17	7.19573474e-15	-4.96219439e-16
C27	-7.73325248e-18	3.33755229e-15	-3.25304321e-16
C29	-4.20439801e-21	1.11781377e-18	1.99348552e-18
C31	-1.22366176e-20	2.12044512e-18	-3.13360785e-18
C33	-1.33129381e-20	-1.15534587e-17	-6.05173065e-20
C35	-4.96149215e-21	-1.08505991e-17	-7.96524541e-19
C36	-8.64520812e-24	1.17916451e-21	4.32310419e-22
C38	-4.20401284e-23	7.44374387e-21	-6.15076012e-21
C40	-6.32215484e-23	1.2747226e-20	6.73662583e-21
C42	-3.86493292e-23	4.95955342e-20	-6.33665608e-22
C44	-7.91782043e-24	3.24541865e-20	-2.74989457e-21
C46	-2.33453384e-27	-2.60631426e-24	-3.91508173e-24

30

40

C48	-1.2111516e-26	-2.33541368e-23	1.99392725e-24
C50	-2.11068645e-26	-3.6973872e-23	-2.14301967e-23
C52	-1.4752144e-26	-7.99170432e-23	-1.74710333e-23
C54	-2.78281412e-27	2.51969672e-22	-8.23051883e-24
C55	-9.3090786e-30	-5.20473578e-28	-3.87769553e-27
C57	-4.82558402e-29	7.88777677e-27	2.66612565e-27
C59	-1.01014959e-28	8.54406184e-26	-5.91238257e-26
C61	-1.01884048e-28	2.13476338e-25	-9.52500131e-26
C63	-4.93105369e-29	1.13995538e-24	-5.50812191e-26
C65	-8.3687505e-30	-5.12746033e-25	-2.47004376e-26
C67	-7.38344559e-34	1.47520112e-29	7.1085924e-29
C69	-5.65274775e-33	1.61742091e-28	3.53277318e-28
C71	-1.37764606e-32	3.44509275e-28	2.93969176e-28
C73	-1.94275915e-32	5.48602534e-28	2.20566794e-28
C75	-1.39583588e-32	-5.18813001e-27	1.06448096e-28
C77	-4.27384745e-33	-4.35332176e-27	-9.78424185e-29
C78	-8.54420454e-37	8.35040636e-33	2.58890164e-32
C80	-2.31228001e-35	1.76870158e-31	-5.38428428e-31
C82	-5.6838319e-35	1.22604787e-31	-5.84517587e-31
C84	-7.66291033e-35	-2.91896005e-31	1.4024938e-30
C86	-6.31178383e-35	-2.08128795e-30	2.01491828e-30
C88	-3.30768172e-35	5.15327359e-30	2.88799603e-31

10

20

Coefficient	M8	M7	M6
C90	-6.60293612e-36	6.34662561e-30	-1.56186793e-31
C92	-6.89240073e-39	0	0
C94	-2.22316469e-38	0	0
C96	-6.89815447e-38	0	0
C98	-9.26549465e-38	0	0
C100	-5.535508e-38	0	0
C102	-1.37382595e-38	0	0
C104	-2.77235312e-39	0	0
C105	-1.32648355e-41	0	0
C107	-1.08701271e-40	0	0
C109	-3.57659282e-40	0	0
C111	-6.22339725e-40	0	0
C113	-6.31535758e-40	0	0
C115	-3.50492314e-40	0	0
C117	-8.26138611e-41	0	0
C119	-4.09212691e-42	0	0

30

図 2 2 / 図 2 3 に対する表 3 a

Coefficient	M5	M4	M3	
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
RX	63451.73749000	-2879.29868600	-11586.49414000	
C7	-9.65439819e-08	-5.21928877e-08	-5.17057407e-09	
C9	-4.4513793e-08	-6.81657841e-07	3.86113841e-09	
C10	2.42543649e-11	7.64041622e-13	-1.02639927e-11	
C12	8.44725177e-11	1.99750296e-10	-4.79572504e-12	
C14	7.04127351e-11	3.06515788e-09	-4.42190289e-12	
C16	-3.41516947e-14	-2.37609081e-14	8.82004007e-15	
C18	-1.98478544e-13	-1.56031785e-12	-9.88386961e-16	10
C20	-2.68645804e-13	-1.9204511e-11	1.72706853e-15	
C21	-3.59158408e-17	1.13052962e-18	3.41000671e-18	
C23	3.64471697e-17	2.10998699e-16	-3.70359019e-18	
C25	4.18205639e-16	1.08957074e-14	-1.71679008e-18	
C27	9.35618672e-16	1.32227766e-13	-1.70575731e-18	
C29	1.153762e-19	-1.205391e-20	-4.77242785e-21	
C31	1.08387142e-20	-2.2598668e-18	1.1307014e-21	
C33	-1.29076401e-18	-9.90347004e-17	1.61393734e-22	
C35	-3.11679607e-18	-5.16190495e-16	1.06465407e-21	
C36	3.2037253e-23	2.44573623e-25	-5.23904465e-24	
C38	-3.00422396e-22	2.02451858e-22	6.39454501e-24	
C40	-5.56453309e-22	2.77540352e-20	-2.38654616e-26	20
C42	1.15075161e-21	7.77510206e-19	-8.27248728e-25	
C44	-8.45545916e-21	1.83631375e-16	-1.10257267e-24	
C46	-7.17799435e-26	-6.16666974e-27	3.71377518e-27	
C48	4.41056949e-25	-1.77193124e-24	2.26385586e-29	
C50	3.20645297e-24	-7.22070937e-25	9.11823578e-28	
C52	-6.68431649e-24	-1.47635262e-20	5.14270429e-28	
C54	8.10978715e-23	5.0776662e-18	4.13766527e-28	
C55	-8.00938486e-29	2.30519335e-31	1.16666839e-29	
C57	-4.31210476e-28	5.98498871e-29	-1.67242338e-29	
C59	1.263643e-27	-2.81679351e-27	-1.76007666e-30	30
C61	1.612983e-26	3.572795e-24	-2.19437814e-30	
Coefficient	M5	M4	M3	
C63	2.7883773e-25	-5.88261071e-22	-8.93045154e-31	
C65	1.0678073e-24	-1.29361634e-19	3.33090397e-32	
C67	4.23448748e-31	-5.49562737e-33	-4.02324014e-34	
C69	6.71940992e-30	-4.72770157e-30	-6.06669725e-33	
C71	-5.19192758e-29	-1.4523395e-27	-5.05696725e-33	
C73	1.0131755e-29	-1.68084682e-25	-2.25708995e-34	
C75	-3.04215249e-27	-8.27631336e-24	9.90529604e-34	40
C77	-9.47988848e-27	-6.68913918e-21	1.03314337e-33	
C78	1.37830298e-34	3.39532895e-38	-3.00501581e-35	
C80	-2.20614706e-33	2.60606795e-34	3.47983183e-35	
C82	-1.55885934e-32	1.18728779e-31	9.0614728e-36	
C84	2.36759125e-31	-9.90754189e-30	6.42501344e-36	
C86	-8.92393833e-31	-2.12722713e-27	2.44225001e-36	
C88	1.11751611e-29	2.57988212e-25	-1.1318051e-36	
C90	1.68895246e-29	-6.02795443e-23	-1.48883018e-36	

図 2 2 / 図 2 3 に対する表 3 b

Coefficient	M2	M1	
KY	0.00000000	0.00000000	
KX	0.00000000	0.00000000	
RX	-6051.13629900	-7070.71042700	
C7	5.13565486e-08	-5.53709138e-08	
C9	8.48166415e-08	-2.81784911e-08	
C10	-7.13439177e-11	1.35470045e-11	
C12	-6.78217449e-11	2.22349088e-12	
C14	1.07389017e-10	-2.17100764e-11	
C16	9.40090645e-14	-9.25413819e-14	10
C18	4.12391946e-14	-1.96114428e-13	
C20	1.58260544e-13	1.03943487e-13	
C21	3.47522486e-18	1.82335443e-17	
C23	6.4536786e-17	-9.18926095e-17	
C25	-9.48899205e-17	1.8538804e-16	
C27	2.49339094e-16	-1.11389293e-16	
C29	5.35403925e-20	1.8436518e-20	
C31	7.5637834e-20	1.96646409e-19	
C33	-3.4158977e-20	-9.81835487e-20	
C35	4.85861223e-19	1.66148938e-20	
C36	-4.94601583e-23	-7.08072737e-23	20
C38	-4.05348385e-23	-4.11801448e-22	
C40	-1.32203024e-22	-3.45175171e-22	
C42	-4.03609525e-22	2.73466405e-21	
C44	1.11739328e-21	2.14025934e-21	
C46	4.93708892e-25	-4.4788586e-25	
C48	8.43130272e-25	-2.07813692e-24	
C50	3.73873009e-25	-1.03853204e-24	
C52	-6.68290603e-25	8.00799065e-24	
C54	2.70267769e-24	8.41515359e-24	30
C55	7.69118669e-28	1.51282519e-28	
C57	-6.45916145e-28	3.17074481e-27	
C59	-2.33699309e-27	1.22333041e-26	
C61	-1.59593012e-27	2.79500485e-26	
C63	-1.26314552e-27	3.67365838e-26	
Coefficient	M2	M1	
C65	6.27135853e-27	6.16865377e-27	
C67	-4.95148641e-31	9.10808295e-31	
C69	-1.46516796e-30	1.89542207e-29	40
C71	-4.91881917e-31	3.64294099e-29	
C73	5.75845525e-30	1.8163786e-28	
C75	3.15049294e-30	1.86166005e-28	
C77	1.11362439e-29	6.30936726e-29	
C78	-5.94716839e-33	2.0215274e-34	
C80	8.05983005e-33	-1.50601813e-32	
C82	1.4626007e-32	-7.53087591e-32	
C84	5.40117622e-33	-9.52174202e-32	
C86	3.4651056e-33	3.12650323e-31	
C88	1.81935676e-34	1.56079676e-30	
C90	8.55586176e-33	-9.50142408e-31	50

図 2 2 / 図 2 3 に対する表 3 c

Surface	DCX	DCY	DCZ	
Image plane	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
M8	0.00000000	0.43487770	929.54103257	
M7	0.00000000	-195.16970097	122.97869898	
M6	0.00000000	111.85985762	1489.32638973	
M5	0.00000000	410.81949788	1904.78959323	
M4	0.00000000	992.15730872	2222.31723561	
M3	0.00000000	-482.56707270	1729.00568653	
M2	0.00000000	-1585.17397046	981.97338980	10
Stop	0.00000000	-1727.72829897	783.13904832	
M1	0.00000000	-2266.52701125	58.05513346	
Object plane	0.00000000	-2431.23130607	1600.02829943	

(左端列 (面) 、上から像平面、M 8 , M 7 , M 6 , M 5 , M 4 , M 3 , M 2 , 絞り , M 1 , 物体平面)

図 2 2 / 図 2 3 に対する表 4 a

Surface	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]	
Image plane	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000	
M8	-6.81330581	0.00000000	-0.00000000	20
M7	166.92645295	0.00000000	-0.00000000	
M6	65.44761820	0.00000000	-0.00000000	
M5	41.17768289	0.00000000	-0.00000000	
M4	-66.32591576	0.00000000	-0.00000000	
M3	26.39370949	0.00000000	-0.00000000	
M2	43.84283645	0.00000000	-0.00000000	
Stop	16.95641469	0.00000000	-0.00000000	
M1	164.87624817	0.00000000	-0.00000000	
Object plane	0.14372063	0.00000000	-0.00000000	

(左端列 (面) 、上から像平面、M 8 , M 7 , M 6 , M 5 , M 4 , M 3 , M 2 , 絞り , M 1 , 物体平面)

図 2 2 / 図 2 3 に対する表 4 b

Surface	Angle of incidence [deg]	Reflectivity
M8	6.78879174	0.66081702
M7	0.47469061	0.66566222
M6	78.06166814	0.85171082
M5	77.64639609	0.84568699
M4	5.02606661	0.66309175

Surface	Angle of incidence [deg]	Reflectivity
M3	82.39990131	0.90859365
M2	79.98727228	0.87813250
M1	21.23546659	0.60543423
Overall transmission		0.1015

(上端行、左から面 , 入射角 (度) , 反射率。左端列 (面) 、上から M 8 , M 7 , M 6 , M 5 , M 4 , M 3 , M 2 , M 1 , 全伝達)

図 2 2 / 図 2 3 に対する表 5

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]	
0.00000000	-103.18045715	0.00000000	
-38.19587382	-101.80911486	0.00000000	
-75.61417532	-97.73837268	0.00000000	
-111.48060482	-91.09640307	0.00000000	
-145.02805526	-82.09029073	0.00000000	
-175.50222111	-70.99475403	0.00000000	
-202.17051799	-58.13708869	0.00000000	
-224.33612423	-43.88214370	0.00000000	
-241.35841193	-28.62051048	0.00000000	
-252.67986085	-12.76035334	0.00000000	10
-257.85795356	3.27889145	0.00000000	
-256.59867271	19.07356199	0.00000000	
-248.78648356	34.20626311	0.00000000	
-234.50514232	48.28188025	0.00000000	
-214.04516542	60.94874828	0.00000000	
-187.89688337	71.92090722	0.00000000	
-156.73117956	80.99526522	0.00000000	
-121.37190551	88.05708287	0.00000000	
-82.76429617	93.07042816	0.00000000	
-41.94278561	96.05359314	0.00000000	20
-0.00000000	97.04230242	-0.00000000	
41.94278561	96.05359314	0.00000000	
82.76429617	93.07042816	-0.00000000	
121.37190551	88.05708287	0.00000000	
156.73117956	80.99526522	-0.00000000	
187.89688337	71.92090722	0.00000000	
214.04516542	60.94874828	-0.00000000	
234.50514232	48.28188025	0.00000000	
248.78648356	34.20626311	0.00000000	30
256.59867271	19.07356199	0.00000000	
257.85795356	3.27889145	0.00000000	
252.67986085	-12.76035334	0.00000000	
241.35841193	-28.62051048	0.00000000	
224.33612423	-43.88214370	0.00000000	
202.17051799	-58.13708869	0.00000000	
175.50222111	-70.99475403	0.00000000	
145.02805526	-82.09029073	0.00000000	
111.48060482	-91.09640307	0.00000000	
75.61417532	-97.73837268	0.00000000	
38.19587382	-101.80911486	0.00000000	40

図 2 2 / 図 2 3 に対する表 6

【 0 3 6 3 】

投影光学ユニット 3 5 の全体反射率は 1 0 . 1 5 % である。

【 0 3 6 4 】

投影光学ユニット 3 5 は、0 . 4 9 の像側開口数を有する。像視野 8 は、2 × 1 3 mm の x 広がりと 1 . 2 0 mm の y 広がりとを有する。投影光学ユニット 3 5 は、1 3 . 5 nm の照明光 3 の作動波長に対して最適化される。

【 0 3 6 5 】

投影光学ユニット 3 5 は、正確に 8 つのミラー M 1 から M 8 を有する。一方でミラー M 2 及び M 3、もう一方で M 5、M 6 は、かすめ入射ミラーとして具現化され、各場合に結

像ビーム経路内で互いに直接前後して配置される。投影光学ユニット 35 は、正確に 4 つのかすめ入射ミラー、すなわち、ミラー M2、M3、M5、及び M6 を有する。ミラー M1、M4、M7、及び M8 は、法線入射ミラーとして具現化される。

【0366】

投影光学ユニット 35 では、ミラー M1 と M2 との間のビーム経路内で、ミラー M2 上へのかすめ入射の近くに絞り 18 が配置される。これに代えて又はこれに加えて、直接ミラー M2 の面上に絞りを配置することができる。

【0367】

物体平面 5 内への主光線 16 の入射角は 6.3° である。

【0368】

図 22 に記載の子午断面内では、主光線は、物体視野 4 とミラー M1 との間で発散方式で延びる。投影光学ユニット 35 の入射瞳は、yz 平面内では物体視野 4 の手前の約 -6640 mm のところの照明光のビーム経路内に位置する。xz 平面（図 23 を参照されたい）内では、入射瞳は、物体視野の約 2750 mm 後ろの投影光学ユニット 35 の結像ビーム経路内に位置する。ミラー M8 は、x 寸法内で投影光学ユニット 35 の像側開口数の 15% よりも小さい像側掩蔽を定める。

【0369】

絞り 18 は、xz 断面（図 23 を参照されたい）内で、その yz 断面内の位置と比較して z 方向に変位された位置に位置することが可能である。

【0370】

物体視野 4 と像視野 8 との間の z 距離は約 1600 mm である。

【0371】

物体 / 像オフセット (d_{ois}) は約 2430 mm である。

【0372】

ミラー M7 と像視野 8 との間の自由作動距離は 88 mm である。

【0373】

投影光学ユニット 35 では、波面収差についての走査 RMS 値は最大で $10\text{ m}\lambda$ であり、平均で $7\text{ m}\lambda$ である。

【0374】

最大歪曲値は、x 方向には最大で 0.27 nm であり、y 方向には最大で 0.17 nm である。x 方向の像視野側テレセントリック度値は、最大で 0.01 mrad であり、y 方向の像視野側テレセントリック度値は、最大で 0.06 mrad である。

【0375】

更に別のミラーデータは、以下に続く表から明らかになる。

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
最大入射角[度]	21.6	82.4	82.8	7.4	80.1	81.4	14.8	8.5
ミラー広がり(x) [mm]	427.1	563.6	810.3	985.6	705.3	352.4	414.1	951.7
ミラー広がり(y) [mm]	286.3	514.2	1144.8	52.4	219.4	367.8	248.0	928.2
最大ミラー直径[mm]	427.5	569.8	1172.5	985.6	705.3	390.7	414.3	951.9

図 22 / 図 23 に対する表 7

【0376】

yz 平面（図 22）内ではビーム経路内のミラー M5 上の反射領域内に、及び xz 平面（図 23）内ではミラー M6 と M7 との間の結像ビーム経路領域内に中間像 19 が存在する。

【0377】

ミラー M8 は掩蔽され、ミラー M6 と M7 との間の結像ビーム経路内の照明光 3 の通過に向けた通過開口部 17 を含む。掩蔽についての値は 15% である。

【 0 3 7 8 】

結像ビーム経路内の最後のミラー M 8 のみが、結像光 3 に対する通過開口部 1 7 を含む。全ての他のミラー M 1 から M 7 は連続反射面を有する。ミラー M 8 の反射面は、その通過開口部 1 7 の周囲で用いられる。

【 0 3 7 9 】

ミラー M 1、M 3、M 4、M 5、及び M 8 は、半径に関して負の値を有し、すなわち、原理的に凹ミラーである。ミラー M 2、M 6、及び M 7 は、半径に関して正の値を有し、すなわち、原理的に凸ミラーである。かすめ入射ミラー M 2、M 3、M 5、及び M 6 は非常に大きい半径を有し、平面反射面からの僅かな偏位しか引き起こさない。

【 0 3 8 0 】

図 1 に記載の投影露光装置 1 において例えば投影光学ユニット 7 の代わりに用いることができる投影光学ユニットの更に別の実施形態 3 6 を図 2 4 及び図 2 5 に基づいて以下に続く本文で説明する。図 1 から図 2 3 までの状況で上記に既に説明した構成要素及び機能を適宜同じ参照符号で表しており、これらについて再度詳細に解説することはしない。図 2 4 は、投影光学ユニット 3 6 の子午断面を示している。図 2 5 は、投影光学ユニット 3 6 の矢状面図を示している。

【 0 3 8 1 】

投影光学ユニット 3 6 は、合計で 8 つのミラー M 1 から M 8 を有し、その基本設計に関して、例えば図 2 に記載の投影光学ユニット 7 と同様である。

【 0 3 8 2 】

投影光学ユニット 3 6 は歪像光学ユニットとして具現化される。投影光学ユニット 3 6 は、図 2 4 に記載の y z 断面内で 6 . 0 0 の縮小結像スケール β_y を有する。y z 断面に対して垂直な x z 平面（図 2 5 を参照されたい）内では、投影光学ユニット 3 6 は、5 . 4 0 の縮小結像スケール β_x を有する。

【 0 3 8 3 】

これらの異なる結像スケール β_x 、 β_y は、図 2 4 と図 2 5 との間の比較から明らかになるように、y z 平面内で x z 平面よりも小さい物体側開口数を生じる。その結果、6 . 7 ° の有利に小さい主光線角度 C R A O が y z 平面内で得られる。

【 0 3 8 4 】

投影光学ユニット 3 6 の歪像効果は、ミラー M 1 から M 8 の全ての光学面に分散される。

【 0 3 8 5 】

ミラー M 1 から M 8 は、前と同様に、上記に明示した自由曲面方程式（ 1 ）が当てはまる自由曲面ミラーとして具現化される。投影光学ユニット 3 6 からの光学設計データは、それらの設計に関して図 2 に記載の投影光学ユニット 7 に対する表に対応する以下に続く表から収集することができる。

例示的实施形態	図 24/25
NA	0.5
波長	13.5 nm
視野寸法x	26.0 mm
視野寸法y	1.2 mm
視野曲率	0.0 1/mm
絞り	S9

図 2 4 / 図 2 5 に対する表 1

Surface	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Operating mode
M8	-898.65384451	0.00220986	-841.56029276	0.00239341	REFL
M7	2519.21415981	-0.00079387	549.64538748	-0.00363883	REFL
M6	5235.46738689	-0.00007321	18583.02763769	-0.00056159	REFL
M5	10320.35903473	-0.00004533	7043.08337008	-0.00121403	REFL
M4	-2368.58450824	0.00084156	-1677.61856878	0.00119617	REFL
M3	-14606.85237623	0.00001752	-34792.73073480	0.00044930	REFL
M2	-3162.96579252	0.00011478	6044.71230342	-0.00182278	REFL
M1	-33768.32490726	0.00005542	-1659.85010449	0.00128773	REFL

(左から、面，半径__x，屈折力__x，半径__y，屈折力__y，作動モード。R E F L は「反射」)

10

図 2 4 / 図 2 5 に対する表 2

Coefficient	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-898.65384450	2519.21416000	5235.46738700
C7	-3.09391603e-08	-1.79559389e-07	1.24390263e-08
C9	-7.26824159e-09	6.05374011e-08	1.79529464e-08
C10	-9.17661523e-12	7.52464303e-10	7.73452408e-11
C12	-2.9215991e-11	2.51411627e-09	5.01854597e-11
C14	-1.54578064e-11	1.71853031e-09	1.59214758e-11
C16	-3.78292895e-14	-1.78811844e-12	-1.78827188e-13
C18	-3.15725802e-14	-3.28279723e-12	1.1629587e-13
C20	-3.25627497e-15	1.74708334e-12	2.90732297e-14
C21	-2.16930672e-17	1.21979378e-16	-1.17216554e-16
C23	-7.40935074e-17	8.73459133e-15	6.3593323e-16
C25	-8.27264393e-17	2.78760075e-14	3.63957206e-16
C27	-2.47378025e-17	7.97309374e-15	4.64399505e-17
C29	-4.00833778e-20	3.04883362e-18	1.20940283e-18
C31	-6.74348668e-20	1.05351029e-17	-7.33386432e-19
C33	-3.33712007e-20	-2.53301039e-17	1.04598017e-18
C35	-1.60060561e-21	5.51279308e-18	3.15382288e-20
C36	-3.38618723e-23	1.09644503e-20	2.10543991e-21
C38	-1.52108183e-22	5.20557325e-20	-7.17116902e-21
C40	-2.50184393e-22	9.91293267e-20	1.9344533e-21
C42	-1.55242331e-22	4.49100492e-20	5.1810958e-21
C44	-3.21754195e-23	6.12504902e-20	4.00057253e-22
C46	-2.56622324e-26	-2.34811653e-23	-2.20054661e-23
C48	-7.12044814e-26	-1.38827791e-22	2.11379653e-23
C50	-8.35229848e-26	-2.27120568e-22	4.24710944e-24
C52	-3.25877822e-26	1.63931776e-21	2.81218781e-23
C54	2.31523308e-27	2.29596466e-21	4.11520106e-24

20

30

40

Coefficient	M8	M7	M6	
C55	-3.22044427e-29	-8.38570398e-26	-3.16289259e-26	
C57	-9.9283758e-29	-3.98833111e-25	7.96014291e-26	
C59	-1.59623677e-28	4.49981655e-25	-2.36125333e-26	
C61	-2.26350041e-28	4.86885671e-24	2.20987927e-26	
C63	-2.16360896e-28	4.81078139e-24	9.17694081e-26	
C65	-7.19034294e-29	3.12706869e-24	1.70276521e-26	
C67	-1.66086944e-31	-1.00921794e-28	1.20992206e-28	
C69	-7.09674851e-31	2.62297907e-28	-3.33093899e-28	
C71	-1.00405146e-30	1.59366409e-27	7.45906143e-29	
C73	-4.84392005e-31	6.24841362e-27	-1.78519939e-28	
C75	1.6840288e-32	9.81013953e-27	1.67183371e-28	10
C77	5.33123321e-32	-2.64352603e-26	3.33232457e-29	
C78	-7.76624666e-35	7.70090407e-31	2.36244673e-31	
C80	-1.37504248e-33	7.418665e-30	3.27117525e-31	
C82	-4.9730902e-33	1.12937368e-29	1.58945015e-30	
C84	-6.93445436e-33	-2.16643844e-29	-1.71056833e-30	
C86	-4.05050995e-33	-1.48561291e-28	-4.22081835e-31	
C88	-7.44238878e-34	-3.70834394e-28	1.38420773e-31	
C90	8.08789051e-35	-3.48344195e-28	2.57211573e-32	
C92	3.79975278e-37	0	0	
C94	2.54205485e-36	0	0	
C96	5.28074116e-36	0	0	
C98	4.78458863e-36	0	0	20
C100	1.78186461e-36	0	0	
C102	1.09169331e-38	0	0	
C104	-1.69802736e-37	0	0	
C105	-3.93526201e-41	0	0	
C107	3.66634759e-39	0	0	
C109	1.99100717e-38	0	0	
C111	3.88960174e-38	0	0	
C113	3.36275392e-38	0	0	
C115	1.23397826e-38	0	0	
C117	5.74500356e-40	0	0	30
C119	-5.43216154e-40	0	0	
C121	-8.13063603e-43	0	0	
C123	-6.57853328e-42	0	0	
C125	-1.84219693e-41	0	0	
C127	-2.4128622e-41	0	0	
C129	-1.58805249e-41	0	0	
C131	-4.8328677e-42	0	0	
C133	-1.37774875e-44	0	0	
C135	3.70992132e-43	0	0	
C136	-1.82426978e-46	0	0	
C138	-8.82948521e-45	0	0	
C140	-5.13522224e-44	0	0	40
C142	-1.2576407e-43	0	0	
C144	-1.54936749e-43	0	0	
C146	-1.00539254e-43	0	0	
C148	-3.21138841e-44	0	0	
C150	-2.48902466e-45	0	0	
C152	8.34369753e-46	0	0	

図 2 4 / 図 2 5 に対する表 3 a

Coefficient	M5	M4	M3	
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
RX	10320.35903000	-2368.58450800	-14606.85238000	
C7	-9.43984452e-08	-3.19780054e-08	3.42335843e-09	
C9	-3.73977119e-08	-1.20873717e-08	5.71457986e-09	
C10	2.4885219e-11	3.51515054e-13	-2.7196639e-11	
C12	3.31374515e-11	3.35936518e-11	-8.28556705e-12	
C14	1.23001091e-10	-4.20689147e-10	-4.37520677e-12	
C16	9.60921501e-14	6.35312252e-16	3.97165731e-14	10
C18	3.06969842e-14	-2.04642026e-13	4.6038851e-16	
C20	-1.81914837e-13	1.42057888e-12	4.04652695e-15	
C21	-1.50139489e-16	3.20784131e-18	-6.41123154e-17	
C23	-3.67530123e-16	-1.59859373e-17	-6.98459168e-18	
C25	-5.85422242e-16	5.10844386e-16	-6.91809193e-18	
C27	5.96794634e-16	-8.63505265e-15	-3.65944728e-18	
C29	8.05074272e-19	9.21434731e-21	6.08393666e-20	
C31	9.67423637e-19	-6.41403775e-20	1.32184653e-20	
C33	2.74697274e-18	-3.17400432e-18	5.64881549e-21	
C35	-2.10574097e-18	-5.68113418e-18	4.62810551e-21	
C36	-4.19331352e-22	5.4673575e-24	-1.20159738e-22	
C38	-1.48291097e-21	-5.66829369e-23	9.99813448e-24	20
C40	-8.89078399e-23	3.3289796e-21	-1.51187874e-24	
C42	-1.30043929e-20	2.13230879e-20	2.57105484e-24	
C44	-5.61941157e-23	1.28852422e-18	-2.83232079e-24	
C46	1.22910541e-24	-3.93269304e-26	-8.4259963e-26	
C48	2.63475255e-25	1.29025934e-24	-6.73035076e-27	
C50	-1.61930052e-24	9.58130418e-23	-2.23952211e-26	
C52	9.54851986e-23	-6.49564266e-22	-3.32643796e-26	
C54	6.18740883e-23	2.13466405e-20	-1.30243029e-26	
C55	-1.88937216e-28	4.62453335e-30	4.32699323e-29	
C57	7.92134564e-27	-6.42166267e-28	2.58106954e-28	
C59	-3.81767476e-26	-3.40516712e-27	-1.33435452e-28	30
C61	-7.40042015e-26	1.13636915e-25	-1.31816559e-28	
C63	-5.91737902e-25	-2.28464211e-23	-6.13175237e-30	
C65	-5.90657031e-26	3.90274961e-23	-7.57941398e-30	
C67	-4.71910372e-30	-4.00537288e-32	-3.78181987e-31	
C69	-3.80842075e-29	9.29769453e-31	3.15234014e-32	
C71	3.45306237e-28	-9.14633256e-28	6.81155634e-31	
C73	4.06923505e-28	-7.07463203e-27	3.52501713e-31	
C75	1.89818188e-27	3.11226568e-25	4.51613912e-31	
C77	-1.59359386e-27	-1.02694094e-23	8.58516649e-32	
C78	5.39005499e-34	7.60475402e-36	5.47282581e-35	
C80	1.28802722e-32	1.82429692e-33	2.22708016e-34	
C82	8.88526683e-32	-1.0368376e-31	-5.0870717e-34	40
C84	-1.07852034e-30	-7.6912987e-30	-3.01511969e-34	
C86	8.12932285e-32	7.77307244e-29	-6.5410886e-34	
C88	-2.93141855e-30	2.55070847e-27	-5.55696921e-34	
C90	4.98139974e-30	-9.99949267e-26	-6.9232932e-35	

図 2 4 / 図 2 5 に対する表 3 b

Coefficient	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000

Coefficient	M2	M1	
KX	0.00000000	0.00000000	
RX	-3162.96579300	-33768.32491000	
C7	-5.63006995e-09	-1.85162177e-07	
C9	2.52603119e-08	-5.82002845e-08	
C10	-1.63939568e-10	2.19843459e-11	
C12	-1.45434544e-10	4.34395623e-12	
C14	3.07914787e-11	-3.90398966e-11	
C16	1.19978873e-13	-4.02854058e-13	10
C18	2.91665979e-14	-3.53269108e-13	
C20	7.14507418e-14	-8.06536713e-14	
C21	-1.26157584e-16	1.50658497e-16	
C23	-7.76330156e-17	1.09978734e-17	
C25	-1.72160645e-16	-2.64878411e-16	
C27	1.30511683e-16	-9.7675593e-17	
C29	4.97077758e-19	1.94104108e-19	
C31	7.3469712e-19	2.13721124e-19	
C33	-1.6248826e-19	-1.17732749e-18	
C35	2.44811103e-19	3.66216487e-19	
C36	2.74716093e-22	-1.46887345e-21	
C38	-4.42878488e-22	-2.52169606e-21	20
C40	4.31546413e-22	-4.89313142e-21	
C42	-1.2501295e-21	-3.10103922e-21	
C44	1.72029553e-22	-9.49213909e-21	
C46	-1.32233821e-24	7.79166706e-25	
C48	-5.97471372e-25	4.56312854e-25	
C50	-1.02312238e-25	7.6643113e-24	
C52	-5.04494501e-24	3.67536202e-23	
C54	3.49233317e-25	1.65632978e-23	
C55	-5.35422344e-27	2.17389317e-26	
C57	-1.44886077e-26	6.10103532e-26	
C59	-1.68015387e-26	3.72656392e-26	30
C61	-1.69820125e-27	4.8382551e-26	
C63	-4.06228599e-27	7.94819696e-26	
C65	4.73934877e-27	9.99358955e-26	
C67	1.48192042e-29	-5.37391586e-30	
C69	2.75293606e-29	-7.66284246e-29	
C71	3.29720353e-29	-4.12938667e-28	
C73	6.35559729e-29	-6.45953223e-28	
C75	3.17464557e-29	-8.69448659e-28	
C77	1.55333959e-29	-5.55442684e-28	
C78	2.17458628e-32	-1.65616708e-31	
C80	8.59099937e-32	-4.90253105e-31	40
C82	1.25586211e-31	8.5337234e-32	
C84	1.36897347e-31	9.42500117e-31	
C86	1.31238686e-31	7.66948893e-31	
C88	5.58974151e-32	8.26964826e-31	
C90	1.55246521e-32	5.2747466e-31	

図 2 4 / 図 2 5 に対する表 3 c

Surface	DCX	DCY	DCZ	
Image plane	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
M8	0.00000000	-1.67688632	764.65279783	50

Surface	DCX	DCY	DCZ	
M7	0.00000000	-161.54058747	101.44072569	
M6	0.00000000	107.77496443	1280.58144822	
M5	0.00000000	296.98597488	1553.84576956	
M4	0.00000000	819.24626664	1826.49875285	
M3	0.00000000	-411.29452134	1414.13408128	
M2	0.00000000	-1223.76315336	879.35100849	
Stop	0.00000000	-1504.18673115	497.47373340	
M1	0.00000000	-1814.12306458	26.60210356	
Object plane	0.00000000	-1997.79973260	1636.55227043	10

(左端列(面)、上から像平面、M8, M7, M6, M5, M4, M3, M2, 絞り, M1, 物体平面)

図24 / 図25 に対する表4a

Surface	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]	
Image plane	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000	
M8	-6.69273798	0.00000000	-0.00000000	
M7	166.94928575	0.00000000	-0.00000000	
M6	66.32026554	0.00000000	-0.00000000	
M5	41.57752409	0.00000000	-0.00000000	
M4	-66.84946365	0.00000000	-0.00000000	20
M3	26.18846526	0.00000000	-0.00000000	
M2	44.25467874	0.00000000	-0.00000000	
Stop	7.97043789	0.00000000	-0.00000000	
M1	165.88786281	0.00000000	-0.00000000	
Object plane	-0.94682585	0.00000000	-0.00000000	

(左端列(面)、上から像平面、M8, M7, M6, M5, M4, M3, M2, 絞り, M1, 物体平面)

図24 / 図25 に対する表4b

Surface	Angle of incidence [deg]	Reflectivity	
M8	6.80770562	0.66078858	30
M7	0.46825946	0.66566251	
M6	78.95126382	0.86420515	
M5	76.47302523	0.82792785	
M4	4.68878693	0.66344392	
M3	82.64944000	0.91162945	
M2	79.54179192	0.87221922	
M1	20.65816981	0.60938007	
Overall transmission		0.1012	

(上端行、左から面, 入射角(度), 反射率。左端列(面)、上からM8, M7, M6, M5, M4, M3, M2, M1, 全伝達)

図24 / 図25 に対する表5

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]	
0.00000000	-112.35689068	0.00000000	
-28.34197084	-110.84444041	0.00000000	
-56.16590328	-106.34781797	0.00000000	
-82.95239148	-98.98955006	0.00000000	
-108.17910149	-88.97362778	0.00000000	
-131.31951112	-76.58171221	0.00000000	
-151.84357438	-62.16431302	0.00000000	
-169.22272201	-46.12805914	0.00000000	
-182.94128521	-28.92188102	0.00000000	
-192.51547539	-11.02355542	0.00000000	10
-197.52003878	7.07501300	0.00000000	
-197.62122485	24.88594680	0.00000000	

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]	
-192.61263704	41.94672857	0.00000000	
-182.44806396	57.84053853	0.00000000	
-167.26402703	72.21001749	-0.00000000	
-147.38653025	84.76311384	-0.00000000	
-123.32070623	95.27376291	-0.00000000	20
-95.72644632	103.57890521	-0.00000000	
-65.38585433	109.57098767	-0.00000000	
-33.16868503	113.18678340	-0.00000000	
-0.00000000	114.39509163	0.00000000	
33.16868503	113.18678340	0.00000000	
65.38585433	109.57098767	0.00000000	
95.72644632	103.57890521	0.00000000	
123.32070623	95.27376291	-0.00000000	
147.38653025	84.76311384	0.00000000	
167.26402703	72.21001749	-0.00000000	
182.44806396	57.84053853	0.00000000	30
192.61263704	41.94672857	0.00000000	
197.62122485	24.88594680	0.00000000	
197.52003878	7.07501300	0.00000000	
192.51547539	-11.02355542	0.00000000	
182.94128521	-28.92188102	0.00000000	
169.22272201	-46.12805914	0.00000000	
151.84357438	-62.16431302	-0.00000000	
131.31951112	-76.58171221	0.00000000	
108.17910149	-88.97362778	0.00000000	
82.95239148	-98.98955006	-0.00000000	
56.16590328	-106.34781797	0.00000000	40
28.34197084	-110.84444041	0.00000000	

図 2 4 / 図 2 5 に対する表 6

【 0 3 8 6 】

投影光学ユニット 3 6 の全体反射率は 1 0 . 1 1 % である。

【 0 3 8 7 】

投影光学ユニット 3 6 は、0 . 5 0 の像側開口数を有する。像視野 8 は、2 × 1 3 m m の x 広がりとし、1 . 2 0 m m の y 広がりとを有する。投影光学ユニット 3 6 は、1 3 . 5 n m の照明光 3 の作動波長に対して最適化される。

【 0 3 8 8 】

投影光学ユニット 3 6 は、正確に 8 つのミラー M 1 から M 8 を有する。一方でミラー M

2 及び M 3、もう一方で M 5、M 6 は、かすめ入射ミラーとして具現化され、各場合に結像ビーム経路内で互いに直接前後して配置される。投影光学ユニット 3 6 は、正確に 4 つのかすめ入射ミラー、すなわち、ミラー M 2、M 3、M 5、及び M 6 を有する。ミラー M 1、M 4、M 7、及び M 8 は、法線入射ミラーとして具現化される。

【0389】

投影光学ユニット 3 6 では、ミラー M 1 と M 2 との間のビーム経路内で、ミラー M 2 上へのかすめ入射の近くに絞り 1 8 が配置される。これに代えて又はこれに加えて、直接ミラー M 2 の面上に絞りを配置することができる。

【0390】

物体平面 5 内への主光線 1 6 の入射角は 6.7° である。

10

【0391】

投影光学ユニット 3 6 の入射瞳は、 xz 平面（図 2 5 を参照されたい）内では物体視野 4 の 2225 mm 手前の照明光のビーム経路内に位置する。 yz 平面内では、入射瞳は、物体視野の 4000 mm 後ろの投影光学ユニット 3 6 の結像ビーム経路内に位置する。従って物体視野 4 から発する主光線 1 6 の広がり、図 2 4 に記載の子午断面内と図 2 5 に記載の図内との両方において収束する。ミラー M 8 は、 x 寸法内で投影光学ユニット 3 6 の像側開口数の 18% よりも小さい像側掩蔽を定める。

【0392】

絞り 1 8 は、 xz 断面（図 2 5 を参照されたい）内で、その yz 断面内の位置と比較して z 方向に変位された位置に位置することが可能である。

20

【0393】

物体視野 4 と像視野 8 との間の z 距離は約 1600 mm である。

【0394】

物体 / 像オフセット (d_{OIS}) は約 2000 mm である。

【0395】

ミラー M 7 と像視野 8 との間の自由作動距離は 71 mm である。

【0396】

投影光学ユニット 3 6 では、波面収差についての走査 RMS 値は最大で $11\text{ m}\lambda$ であり、平均で $10\text{ m}\lambda$ である。

【0397】

30

最大歪曲値は、 x 方向には最大で 0.10 nm であり、 y 方向には最大で 0.32 nm である。 x 方向の像視野側テレセントリック度値は、最大で 0.61 mrad であり、 y 方向の像視野側テレセントリック度値は、最大で 0.74 mrad である。

【0398】

更に別のミラーデータは、以下に続く表から明らかになる。

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
最大入射角[度]	21.3	83.2	84.3	6.2	78.6	81.9	15.1	8.3
ミラー広がり(x) [mm]	337.8	498.9	706.6	851.1	595.2	330.2	321.8	800.4
ミラー広がり(y) [mm]	293.4	499.9	596.7	91.9	262.9	436.4	205.1	782.9
最大ミラー直径[mm]	337.9	529.5	807.8	851.2	595.3	442.3	321.9	801.2

40

図 2 4 / 図 2 5 に対する表 7

【0399】

yz 平面（図 2 4）内ではビーム経路内のミラー M 3 と M 4 との間の領域内に、及び xz 平面（図 2 5）内ではミラー M 6 と M 7 との間の結像ビーム経路領域内に中間像 1 9 が存在する。

50

【 0 4 0 0 】

ミラー M 8 は掩蔽され、ミラー M 6 と M 7 との間の結像ビーム経路内の照明光 3 の通過に向けた通過開口部 1 7 を含む。

【 0 4 0 1 】

結像ビーム経路内の最後のミラー M 8 のみが、結像光 3 に対する通過開口部 1 7 を含む。全ての他のミラー M 1 から M 7 は連続反射面を有する。ミラー M 8 の反射面は、その通過開口部 1 7 の周囲で用いられる。

【 0 4 0 2 】

ミラー M 1、M 3、M 4、及び M 8 は、半径に関して負の値を有し、すなわち、原理的に凹ミラーである。ミラー M 2、M 5、M 6、及び M 7 は、半径に関して正の値を有し、すなわち、原理的に凸ミラーである。かすめ入射ミラー M 2、M 3、M 5、及び M 6 は非常に大きい半径を有し、平面反射面からの僅かな偏位しか引き起こさない。

【 0 4 0 3 】

図 1 に記載の投影露光装置 1 において例えば投影光学ユニット 7 の代わりに用いることができる投影光学ユニットの更に別の実施形態 3 7 を図 2 6 及び図 2 7 に基づいて以下に続く本文で説明する。図 1 から図 2 5 までの状況で上記に既に説明した構成要素及び機能を適宜同じ参照符号で表しており、これらについて再度詳細に解説することはしない。図 2 6 は、投影光学ユニット 3 7 の子午断面を示している。図 2 7 は、投影光学ユニット 3 7 の矢状面図を示している。

【 0 4 0 4 】

投影光学ユニット 3 7 は、合計で 8 つのミラー M 1 から M 8 を有し、その基本設計に関して、例えば図 2 に記載の投影光学ユニット 7 と同様である。

【 0 4 0 5 】

投影光学ユニット 3 7 は歪像光学ユニットとして具現化される。投影光学ユニット 3 7 は、図 2 6 に記載の y z 断面内で 8 . 0 0 の縮小結像スケール β_y を有する。y z 断面に対して垂直な x z 平面（図 2 7 を参照されたい）内では、投影光学ユニット 3 7 は、4 . 0 0 の縮小結像スケール β_x を有する。

【 0 4 0 6 】

これらの異なる結像スケール β_x 、 β_y は、図 2 6 と図 2 7 との間の比較から即座に明らかになるように、y z 平面内で x z 平面と比較して半分のサイズの物体側開口数を生じる。その結果、3 . 6 ° の有利に小さい主光線角度 C R A O が y z 平面内で得られる。

【 0 4 0 7 】

投影光学ユニット 3 7 の歪像効果は、ミラー M 1 から M 8 の全ての光学面に分散される。

【 0 4 0 8 】

ミラー M 1 から M 8 は、前と同様に、上記に明示した自由曲面方程式（1）が当てはまる自由曲面ミラーとして具現化される。投影光学ユニット 3 7 からの光学設計データは、それらの設計に関して図 2 に記載の投影光学ユニット 7 に対する表に対応する以下に続く表から収集することができる。

例示的实施形態	図26/27
NA	0.45
波長	13.5 nm
視野寸法x	26.0 mm
視野寸法y	1.2 mm
視野曲率	0.007085 1/mm
絞り	S9

図 2 6 / 図 2 7 に対する表 1

Surface	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Operating mode
M8	-1175.11369749	0.00169070	-952.26534854	0.00211425	REFL
M7	-3724.82086885	0.00050451	645.33108835	-0.00329838	REFL
M6	4206.42425174	-0.00010535	-480502.53877982	0.00001879	REFL
M5	29363.70859574	-0.00001475	10812.21558149	-0.00085442	REFL
M4	-2837.31613225	0.00069810	-1775.43828212	0.00113745	REFL
M3	14646.09252672	-0.00002459	20193.39993088	-0.00054992	REFL
M2	-8591.25984962	0.00004428	-35101.90303378	0.00029955	REFL
M1	-44223.29270437	0.00004251	-3327.73936048	0.00063940	REFL

(左から、面，半径__x，屈折力__x，半径__y，屈折力__y，作動モード。R E F L は「反射」)

10

図 2 6 / 図 2 7 に対する表 2

Coefficient	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-1175.11369700	-3724.82086900	4206.42425200
C7	-1.45376933e-08	1.36379606e-07	-7.10374101e-08
C9	-1.22873208e-08	-2.63387155e-08	-3.11941218e-08
C10	-2.1470539e-11	3.8586011e-10	-2.47199046e-10
C12	-3.96186575e-11	5.63942817e-10	4.909512e-11
C14	-1.98735779e-11	2.24402337e-09	-4.82549835e-11
C16	-1.30420456e-15	7.62990824e-13	8.40182189e-13
C18	-6.32426869e-15	5.2611787e-12	-1.54721191e-13
C20	-2.91618922e-14	-8.64296247e-12	-6.95092865e-14
C21	-1.68020917e-17	1.79337812e-16	4.704138e-16
C23	-6.25679388e-17	6.25344238e-15	-1.98020462e-15
C25	-8.80198872e-17	9.42589658e-15	2.8630395e-16
C27	-2.15377736e-17	3.16333951e-15	-7.77736805e-17
C29	-4.600369e-20	8.50826753e-19	-8.89962473e-19
C31	-2.88783883e-20	2.46500403e-18	5.70734704e-18
C33	-8.24469634e-20	6.11421542e-18	-4.94608169e-19
C35	2.99965283e-20	2.68054245e-16	-5.37362862e-20
C36	-9.14144609e-23	-7.61482446e-22	-1.16419356e-20
C38	4.56746146e-23	-2.10318024e-20	-9.74634025e-21
C40	-7.5942581e-23	-5.13442867e-20	-1.73898241e-20
C42	-9.34952004e-23	-3.80153592e-19	1.16341028e-21
C44	8.70041492e-23	-1.58149457e-18	-5.56161657e-23
C46	2.46539099e-25	1.26001421e-23	2.22991592e-23

20

30

C48	8.63975279e-26	2.26904047e-22	-1.33814512e-23	
C50	-4.64231072e-26	-6.94971301e-22	2.69140707e-23	
C52	6.06567137e-26	-6.14162469e-21	-5.72930293e-24	
C54	-1.27628469e-25	-1.39892604e-20	-3.17383225e-26	
C55	2.6730632e-28	1.6124594e-26	2.37901686e-25	
C57	-4.04681746e-28	1.79194869e-26	5.74908171e-25	
C59	-6.13934671e-28	-1.07916138e-24	5.16858652e-25	
C61	-6.82989222e-28	-1.84874159e-24	2.29934781e-26	
C63	3.76587364e-29	5.28129065e-24	1.41744145e-26	
C65	-5.97299103e-28	4.17347416e-23	-6.38021913e-28	
C67	-8.00678063e-31	-1.43486698e-28	-1.37565501e-27	10
C69	-1.53299808e-30	-1.07367054e-26	-2.50594871e-27	
C71	-2.2827634e-30	-5.11892322e-26	-1.5202136e-27	
C73	-9.22430613e-31	5.3567633e-26	5.54122224e-29	
C75	-2.04873095e-31	5.18408279e-25	-2.72156696e-30	
C77	-6.4177289e-32	5.33075313e-25	-1.86793706e-30	
C78	-7.06113511e-34	-2.43461881e-32	-2.29557514e-30	
C80	1.65419247e-33	-3.36354314e-30	-3.59407598e-30	
C82	2.92887405e-33	-5.11443547e-29	-5.23025061e-30	
C84	2.38944422e-33	-1.21605902e-28	-1.39956581e-30	
C86	1.43540305e-33	3.51950254e-28	-9.71779804e-31	
C88	-8.40166712e-34	1.05641088e-27	-2.99362195e-32	
C90	2.0391317e-33	4.65391348e-28	-5.23904991e-33	20
C92	1.00499798e-36	-8.58357662e-34	1.34776694e-32	
C94	4.02569735e-36	4.77402789e-32	4.44047422e-32	

Coefficient	M8	M7	M6	
C96	7.01500616e-36	4.67883986e-31	4.16406381e-32	
C98	8.04929982e-36	9.55009976e-31	1.04273961e-32	
C100	4.68663927e-36	-3.2932887e-30	1.93974596e-33	
C102	-1.29112855e-37	-1.71231238e-29	-1.56753621e-34	
C104	9.67137076e-37	-7.97131674e-30	-1.47926534e-37	
C105	1.11271388e-39	-3.44544264e-37	8.43323406e-36	
C107	-4.76286158e-39	4.82999866e-36	-3.41901443e-35	30
C109	-1.118952e-38	3.91182791e-34	-8.08948161e-35	
C111	-7.53155915e-39	2.39245204e-33	-5.40349834e-35	
C113	9.30385061e-40	2.7404568e-33	-1.00364838e-35	
C115	1.87013187e-39	-2.89625364e-32	-8.7229565e-37	
C117	6.90121236e-40	-5.01404328e-32	3.65273911e-37	
C119	-3.74212372e-39	-4.09799797e-32	1.12325475e-38	
C121	-9.54707202e-43	0	0	
C123	-2.62679834e-42	0	0	
C125	-8.36961189e-42	0	0	
C127	-1.27197695e-41	0	0	
C129	-1.69138752e-41	0	0	
C131	-1.47039402e-41	0	0	40
C133	-6.44328143e-43	0	0	
C135	-1.4137325e-42	0	0	
C136	-6.29707457e-46	0	0	
C138	7.90022937e-45	0	0	
C140	1.78795966e-44	0	0	
C142	9.78046993e-46	0	0	
C144	-2.43869352e-44	0	0	
C146	-3.47062344e-44	0	0	
C148	-1.50798531e-44	0	0	
C150	1.06161581e-45	0	0	
C152	1.98865409e-45	0	0	50

図 2 6 / 図 2 7 に対する表 3 a

Coefficient	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	29363.70860000	-2837.31613200	14646.09253000
C7	-4.08679454e-08	-2.2313771e-08	-2.40261236e-08
C9	-8.36871827e-08	-2.32045837e-07	-2.73422915e-08
C10	2.09705971e-12	3.04092615e-12	-2.9513388e-11
C12	2.51272222e-11	3.61049914e-11	-9.15077185e-12
C14	1.69227063e-10	-2.42492909e-10	2.00210463e-11
C16	5.53060661e-16	-2.0819334e-15	6.86342081e-15
C18	-9.23199034e-15	-7.74983288e-14	4.41510207e-16
C20	-4.027388e-13	-6.80249784e-13	-2.58531088e-14
C21	-3.47291575e-18	2.26580114e-19	-2.20608669e-18
C23	-3.45747429e-17	2.377501e-17	-2.05484907e-17
C25	-7.65596175e-17	5.04278865e-16	-3.59068158e-17
C27	9.79386352e-16	7.19302412e-15	1.79584203e-16
C29	2.90897557e-20	-1.01345449e-21	-6.1251551e-21
C31	1.0408761e-19	-1.71410922e-19	3.62781965e-20
C33	4.42359728e-19	-2.04391929e-18	1.22971099e-19
C35	-2.18936205e-18	-1.54712261e-16	1.94648572e-18

10

20

Coefficient	M5	M4	M3
C36	1.30619995e-23	1.43899323e-26	1.07492344e-23
C38	-3.65876394e-23	-3.4203498e-24	5.58625518e-23
C40	-1.52815438e-22	-7.30927606e-22	1.48075572e-22
C42	-2.96583741e-21	-1.1688423e-20	1.16917436e-21
C44	5.7262241e-21	3.59003428e-18	-5.57317878e-21
C46	-1.6972836e-25	1.14473368e-27	-6.48101479e-28
C48	-4.74294826e-25	5.43217288e-26	-4.63479637e-25
C50	-7.95753522e-25	-1.137132e-23	-2.24743327e-24
C52	-3.26107419e-24	-4.83879624e-22	-4.28781689e-24
C54	-2.26528951e-23	4.56671842e-20	-1.67533641e-22
C55	-4.30900642e-29	5.10227319e-31	-1.05264632e-28
C57	2.89748678e-28	5.65706438e-29	-1.05218012e-28
C59	2.11195041e-27	4.28804717e-27	-1.31683082e-27
C61	5.0160429e-27	1.38412296e-24	-1.05261953e-26
C63	7.19967176e-26	-9.83289711e-24	-3.85154123e-26
C65	-4.08256809e-26	-1.6982784e-21	-4.65379054e-25
C67	5.05025434e-31	-6.95990045e-33	-3.11256872e-32
C69	1.42714944e-30	-1.33890648e-30	1.65988582e-30
C71	7.45092588e-30	-5.83117347e-29	1.56036122e-29
C73	1.99335578e-29	-2.28709957e-26	7.80549941e-29
C75	6.23811627e-28	2.13086029e-25	6.62602459e-29
C77	-2.27266233e-28	9.58109313e-24	3.88182163e-27
C78	5.21616902e-35	-2.18826289e-37	2.25858762e-34
C80	-3.89851427e-34	2.51802019e-35	1.96804001e-35
C82	-6.6719409e-33	6.15191756e-34	7.16915829e-33
C84	2.59908145e-32	-1.57558885e-30	8.22440794e-32
C86	-2.38366597e-31	1.52473073e-28	3.31913873e-31

30

40

C88	-6.81072162e-31	2.46751442e-27	5.7378916e-31
C90	2.30360439e-30	7.51106446e-26	2.96813954e-29
C92	-8.0899315e-37	6.76836149e-39	4.61223413e-38
C94	-9.2704549e-36	1.45298999e-36	-2.33835226e-36
C96	-6.4688252e-35	1.62712528e-34	-3.24259664e-35
C98	-9.76323269e-35	3.29916833e-32	-2.83361995e-34
C100	-1.72013015e-33	-5.56840797e-31	-9.31180311e-34
C102	-1.4852411e-32	-5.59819448e-29	-1.23445076e-34
C104	1.76323714e-32	-9.11469106e-28	7.59914928e-32
C105	2.70851366e-41	-3.10685744e-43	-1.38859727e-40
C107	2.70717847e-39	-1.41829562e-40	4.12766595e-40
C109	4.3484992e-38	-9.43723768e-39	-1.19038711e-38
C111	7.71332614e-38	-1.1727652e-36	-2.06952102e-37
C113	3.20979484e-37	-1.56794917e-34	-1.38822649e-36
C115	-2.94924599e-36	1.70010457e-33	-3.67358357e-36
C117	-3.38333116e-35	2.40858822e-31	-2.35890929e-36
C119	5.46219248e-35	2.39253918e-30	7.02180934e-35

10

図 2 6 / 図 2 7 に対する表 3 b

Coefficient	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	-8591.25985000	-44223.29270000
C7	2.99148093e-08	-3.51511776e-08
C9	-2.75260874e-09	-7.11448809e-08

20

Coefficient	M2	M1	
C10	5.55081545e-11	-4.10270779e-11	
C12	-5.97183171e-12	-2.8217723e-11	
C14	-4.06031762e-13	2.14989264e-10	
C16	-2.79778356e-14	1.40795276e-13	
C18	1.79288323e-14	8.05770554e-13	
C20	-3.38327995e-15	-2.59389473e-13	
C21	-3.48066202e-17	4.10045555e-17	
C23	1.63939639e-17	-7.17948803e-16	
C25	1.84526437e-18	-1.3131289e-15	
C27	-1.02528315e-18	2.72912338e-16	10
C29	-1.3014589e-19	-4.68210382e-20	
C31	-5.87409678e-21	1.02547618e-19	
C33	-1.16533212e-20	-3.15126138e-18	
C35	5.34922803e-21	-3.27597939e-18	
C36	5.03657859e-22	3.82370931e-23	
C38	-1.91027438e-22	1.12562095e-21	
C40	-7.7852516e-23	8.84579475e-21	
C42	-1.1265141e-23	6.72624215e-20	
C44	-6.20839372e-25	-2.03858478e-20	
C46	-2.10802913e-25	3.84408406e-24	
C48	2.31729842e-25	4.44222408e-23	20
C50	5.57599755e-26	-2.10654686e-23	
C52	7.03833262e-28	-3.99067489e-22	
C54	-1.44691171e-26	-4.82876579e-22	
C55	-5.4662909e-28	-5.75573129e-29	
C57	7.13770069e-28	1.05708712e-26	
C59	9.05959984e-28	4.45669379e-26	
C61	3.90484003e-28	-3.24661836e-27	

C63	2.9845833e-29	-1.59551772e-24	
C65	-2.62761246e-30	4.84788324e-24	
C67	7.20493267e-31	-2.6429913e-29	
C69	-1.50894693e-30	-9.20367529e-28	
C71	-9.91502164e-31	-4.32416568e-27	
C73	-1.90214439e-31	1.34332393e-27	
C75	2.61487275e-32	2.39717536e-26	
C77	2.34033428e-32	2.51255795e-26	
C78	-2.16847329e-33	-8.54089655e-33	
C80	-3.95387479e-33	-1.24782323e-31	
C82	-5.79159657e-33	1.15198274e-30	10
C84	-3.51740059e-33	7.37679351e-30	
C86	-9.22238958e-34	-4.65048215e-30	
C88	-3.05983814e-35	-6.03530894e-30	
C90	9.8645578e-36	-1.90490163e-28	
C92	1.31596904e-36	2.57330157e-35	
C94	7.63172154e-36	2.82127945e-33	
C96	4.69550164e-36	2.41325577e-32	
C98	1.33696127e-36	6.70244162e-32	
C100	1.54304009e-37	-8.05861336e-32	
C102	-3.22616636e-38	-4.38796518e-31	20
C104	-1.43000965e-38	-2.82969243e-31	
C105	8.01929474e-40	3.73241981e-38	
C107	3.2676891e-39	1.45855716e-36	
C109	7.46821996e-39	3.02629332e-36	
C111	9.81393372e-39	-3.70759447e-35	

Coefficient	M2	M1	
C113	4.50117184e-39	-1.1474833e-34	
C115	7.30739397e-40	5.05238578e-34	
C117	1.09045016e-42	1.19088272e-33	30
C119	-8.75346337e-42	3.36419998e-33	

図 2 6 / 図 2 7 に対する表 3 c

Surface	DCX	DCY	DCZ	
Image plane	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
M8	0.00000000	0.00000000	859.88832187	
M7	0.00000000	-176.20561941	108.16423659	
M6	0.00000000	-698.54439441	1140.58633390	
M5	-0.00000000	-716.55400301	1977.10005031	
M4	0.00000000	-472.43792140	2531.29159348	
M3	0.00000000	-1379.51266357	1438.63634577	40
M2	0.00000000	-2608.29927284	741.99389453	
Stop	0.00000000	-2918.25887054	352.59739373	
M1	0.00000000	-3267.93714103	-86.69693993	
Object plane	0.00000000	-3324.46014880	2242.98343748	

(左端列 (面) 、 上から像平面、 M 8 , M 7 , M 6 , M 5 , M 4 , M 3 , M 2 , 絞り , M 1 , 物体平面)

図 2 6 / 図 2 7 に対する表 4 a

Surface	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
Image plane	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M8	-6.59603822	0.00000000	-0.00000000
M7	186.82219104	0.00000000	-0.00000000
M6	104.03490485	-0.00000000	0.00000000
M5	78.73015909	-0.00000000	-0.00000000
M4	-31.73550573	0.00000000	-0.00000000
M3	219.92622552	-0.00000000	-0.00000000
M2	40.51532074	0.00000000	-0.00000000
Stop	19.04239581	180.00000000	0.00000000
M1	161.43502849	-0.00000000	-0.00000000
Object plane	-2.21167135	0.00000000	-0.00000000

10

(左端列(面)、上から像平面、M8、M7、M6、M5、M4、M3、M2、絞り、M1、物体平面)

図26 / 図27 に対する表4b

Surface	Angle of incidence [deg]	Reflectivity
M8	6.59603822	0.66110189
M7	20.01426748	0.61355760
M6	77.19844633	0.83904083
M5	77.49680791	0.84348513
M4	7.96247272	0.65888448
M3	79.62420397	0.87332138
M2	79.03510874	0.86535589
M1	19.95481648	0.61393176
Overall transmission		0.0878

20

(上端行、左から面、入射角(度)、反射率。左端列(面)、上からM8、M7、M6、M5、M4、M3、M2、M1、全伝達)

図26 / 図27 に対する表5

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
0.00000000	-219.15646259	0.00000000
46.68638707	-216.35703508	0.00000000

30

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]	
92.44920291	-208.03952648	0.00000000	
136.36850701	-194.43093148	0.00000000	
177.53246672	-175.88140650	0.00000000	
215.04126471	-152.86453345	0.00000000	
248.01037220	-125.99517818	0.00000000	
275.57900231	-96.03396498	0.00000000	
296.93376542	-63.85746854	0.00000000	
311.35383746	-30.38963121	0.00000000	
318.27003544	3.49290551	0.00000000	10
317.31667274	37.05306325	0.00000000	
308.35620881	69.73467689	0.00000000	
291.47003488	101.08900987	0.00000000	
266.93645742	130.63667071	0.00000000	
235.22482493	157.78791628	0.00000000	
197.00574657	181.83055596	0.00000000	
153.16053621	201.92815248	0.00000000	
104.79070426	217.17246634	0.00000000	
53.22556587	226.71903168	0.00000000	
0.00000000	229.97244838	-0.00000000	20
-53.22556587	226.71903168	0.00000000	
-104.79070426	217.17246634	0.00000000	
-153.16053621	201.92815248	-0.00000000	
-197.00574657	181.83055596	0.00000000	
-235.22482493	157.78791628	0.00000000	
-266.93645742	130.63667071	0.00000000	
-291.47003488	101.08900987	0.00000000	
-308.35620881	69.73467689	0.00000000	
-317.31667274	37.05306325	0.00000000	30
-318.27003544	3.49290551	0.00000000	
-311.35383746	-30.38963121	0.00000000	
-296.93376542	-63.85746854	0.00000000	
-275.57900231	-96.03396498	0.00000000	
-248.01037220	-125.99517818	0.00000000	
-215.04126471	-152.86453345	0.00000000	
-177.53246672	-175.88140650	0.00000000	
-136.36850701	-194.43093148	0.00000000	
-92.44920291	-208.03952648	0.00000000	
-46.68638707	-216.35703508	0.00000000	

図 2 6 / 図 2 7 に対する表 6

【 0 4 0 9 】

投影光学ユニット 3 7 の全体反射率は 8 . 7 8 % である。

【 0 4 1 0 】

投影光学ユニット 3 7 は、0 . 4 5 の像側開口数を有する。像視野 8 は、2 × 1 3 mm の x 広がりと 1 . 2 0 mm の y 広がりとを有する。投影光学ユニット 3 7 は、1 3 . 5 n m の照明光 3 の作動波長に対して最適化される。

【 0 4 1 1 】

投影光学ユニット 3 7 は、正確に 8 つのミラー M 1 から M 8 を有する。一方でミラー M 2 及び M 3、もう一方で M 5、M 6 は、かすめ入射ミラーとして具現化され、各場合に結像ビーム経路内で互いに直接前後して配置される。ミラー M 2 と M 3 とは、x y 平面内で

40

50

反対の方向に主光線 16 を偏向する。投影光学ユニット 37 は、正確に 4 つのかすめ入射ミラー、すなわち、ミラー M2、M3、M5、及び M6 を有する。ミラー M1、M4、M7、及び M8 は、法線入射ミラーとして具現化される。

【0412】

投影光学ユニット 37 では、ミラー M1 と M2 との間のビーム経路内で、ミラー M2 上へのかすめ入射の近くに絞り 18 が配置される。これに代えて又はこれに加えて、直接ミラー M2 の面上に絞りを配置することができる。

【0413】

投影光学ユニット 37 の入射瞳は、 xz 平面（図 27 を参照されたい）内では物体視野 4 の 3000 mm 後ろの照明光のビーム経路内に位置する。 yz 平面内では、入射瞳は、物体視野の 3100 mm 後ろの投影光学ユニット 37 の結像ビーム経路内に位置する。従って物体視野 4 から発する主光線 16 の広がり、図 26 に記載の子午断面内と図 27 に記載の図内との両方において収束する。

【0414】

絞り 18 は、 xz 断面（図 27 を参照されたい）内で、その yz 断面内の位置と比較して z 方向に変位された位置に位置することが可能である。

【0415】

物体視野 4 と像視野 8 との間の z 距離は約 2100 mm である。

【0416】

物体 / 像オフセット (d_{OIS}) は約 3400 mm である。

【0417】

ミラー M7 と像視野 8 との間の自由作動距離は 86 mm である。

【0418】

投影光学ユニット 37 では、波面収差についての走査 RMS 値は最大で $1.8 m\lambda$ であり、平均で $1.4 m\lambda$ である。

【0419】

最大歪曲値は、 x 方向には最大で $0.15 nm$ であり、 y 方向には最大で $0.14 nm$ である。 x 方向の像視野側テレセントリック度値は、最大で $1.17 mrad$ であり、 y 方向の像視野側テレセントリック度値は、最大で $2.77 mrad$ である。

【0420】

更に別のミラーデータは、以下に続く表から明らかになる。

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
最大入射角[度]	21.3	81.7	83.1	8.8	78.7	80.3	31.6	8.5
ミラー広がり(x) [mm]	548.7	753.9	1041.9	1335.9	970.3	391.0	475.7	814.4
ミラー広がり(y) [mm]	282.8	1204.8	373.1	115.5	344.4	626.7	219.4	791.0
最大ミラー直径 [mm]	548.7	1204.8	1042.0	1336.0	970.3	628.1	475.8	815.2

図 26 / 図 27 に対する表 7

【0421】

yz 平面（図 26）内ではビーム経路内のミラー M3 上の反射領域内に、及び xz 平面（図 27）に対して平行なミラー M6 と M7 との間の結像ビーム経路領域内に中間像 19 が存在する。

【0422】

ビーム経路内で最後のミラー M8 は掩蔽されない。照明光 3 は、ミラー M6 と M7 との間の部分ビーム経路内で連続使用ミラー M8 のそばを通過するように案内される。全てのミラー M1 から M8 は、連続使用反射面を有する。

【0423】

ミラー M 1、M 2、M 4、M 6、及び M 8 は、半径に関して負の値を有し、すなわち、原理的に凹ミラーである。ミラー M 3、M 5、及び M 7 は、半径に関して正の値を有し、すなわち、原理的に凸ミラーである。かすめ入射ミラー M 2、M 3、M 5、及び M 6 は非常に大きい半径を有し、平面反射面からの僅かな偏位しか引き起こさない。

【 0 4 2 4 】

上記に説明した投影光学ユニットのデータのうちの一部を以下に続く表 I 及び I I に再度要約する。それぞれの最初の列は、これらのデータをそれぞれの例示的实施形態に割り当てる役割を果たす。

【 0 4 2 5 】

以下に続く表 I は、開口数 (N A)、x 方向の像視野広がり (視野サイズ X)、y 方向の像視野広がり (視野サイズ Y)、像視野曲率 (視野曲率)、及び全体反射率又は系伝達率 (伝達率) の光学パラメータを要約している。

【 0 4 2 6 】

以下に続く表 I I は、「ミラータイプの順序」(ミラータイプ順序)、「ミラー偏向効果の順序」(ミラー回転順序)、「x z 平面内の屈折力順序」(x 屈折力順序)、及び「y z 平面内の屈折力順序」(y 屈折力順序)のパラメータを明示している。これらの順序は、各場合にビーム経路内の最後のミラーを始端とし、すなわち、逆ビーム方向を辿る。例として図 2 に記載の実施形態では、順番「L O R R L L L R」は、M 8 から M 1 の順番の偏向効果に関するものである。

FIG.	NA	FIELD SIZE X [mm]	FIELD SIZE Y [mm]	FIELD CURVATURE [1/mm]	TRANSMISSION %	
2	0.45	13	0.784	0	10.43	
3	0.45	13	0.95	0	13.09	
4	0.45	13	0.72	0	13.32	
5	0.45	13	0.98	0	14.73	
6	0.45	13	0.784	0	8.11	
7	0.45	13	0.784	0	9.88	
8	0.45	13	0.784	0	10.04	
9	0.45	13	0.784	0	8.83	
10	0.45	13	0.784	0	7.89	
14, 15	0.6	13	1.2	0.04931455	8.67	
16, 17	0.63	13	1.2	0	9.95	
18, 19	0.55	13	1.2	0	10.03	
20, 21	0.55	26	1.2	0	10.17	
22, 23	0.49	26	1.6	0	10.15	
24, 25	0.5	26	1.2	0	10.12	
26, 27	0.45	26	1.2	0.0070855	8.78	

(左から、図 , N A , 視野サイズ X , 視野サイズ Y , 視野曲率 , 伝達率)
表 1

FIG.	MIRROR TYPE ORDER	MIRROR ROTATION ORDER	x POWER ORDER	y POWER ORDER	
2	NNGGNNGN	LORRLLLR	+-----+	+-----+	
3	NNNNGG	OORLLL	+---++	+---++	
4	NNNNGG	RORRRR	+-----+	+-----+	
5	NNNNGGG	OORLRLR	+-----+	+-----+	
6	NNGGNNGN	RRLRLRL	+-----+	+-----+	
7	NNGGNNGN	ROLRLRL	+-----+	+-----+	
8	NNGGNNGN	RORLRLR	+-----+	+-----+	10
9	NNGGNNGN	ROLLRRR	+-----+	+-----+	
10	NNGGNNGNG	ROLLRRRL	+-----+	+-----+	
14, 15	NNGGNNGN	LRRRLLLR	+-----+	+-----+	
16, 17	NNGGNNGN	LRRRLLLR	+-----+	+-----+	
18, 19	NNGGNNGN	LORRLLLR	+-----+	+-----+	
20, 21	NNGGNNGN	LORRLLLR	+-----+	+-----+	
22, 23	NNGGNNGN	LORRLLLR	+-----+	+-----+	20
24, 25	NNGGNNGN	LORRLLLR	+-----+	+-----+	
26, 27	NNGGNNGN	LRRRLRLR	+-----+	+-----+	

(左から、図、ミラータイプ順序、ミラー回転順序、x屈折率順序、y屈折率順序)

表 2

【0427】

ミラータイプでは、細目「N」は法線入射(NI)ミラーに関し、表記「G」はかすめ入射(GI)ミラーに関する。屈折率順序では、「+」は凹ミラー面を表し、「-」は凸ミラー面を表す。屈折率順序をxとyとで比較すると、例えば図5に記載の実施形態を例外として事実上全ての例示の実施形態がxとyとで異なる屈折率順序を有することがわかる。例として、図2に記載の実施形態のミラーM1は、x方向では凸(屈折率「-」、負の屈折率)であり、y方向では凹(屈折率「+」、正の屈折率)である。xとyとで異なる符号の屈折率を有するこれらのミラーは、鞍面を構成する。

【0428】

図5及び図10に記載の実施形態を例外として、GIミラーは、表IIのミラータイプ順序からわかるように、常に対で出現する。図5に記載の実施形態では、3つのGIミラーが互いに前後して、すなわち、ミラーM1からM3として位置する。図10に記載の実施形態では、単一のGIミラー、すなわち、ミラーM1が存在する。

【0429】

図6から図9及び図14から図27に記載の実施形態のミラータイプ順序は、ミラーM8からM1に関して等しくNNGGNNGGNである。図14から図17及び図27に記載の実施形態は、ミラーM8からM1に関して等しい偏向効果順序、すなわち、LRRRLRLRLRを有する。図18から図25に記載の実施形態も、ミラーM8からM1に関して等しい偏向効果順序、すなわち、LORRLRLRLRを有する。

【0430】

屈折率順序に関して、図7に記載の実施形態は、xz平面内で正の屈折率を有する5つの連続するミラー、すなわち、ミラーM1からM5を有する。他の実施形態は、xz平面内で正の屈折率を有する4つまでの連続するミラーを有する。図8及び図22に記載の実施形態は、各場合に正の屈折率をyz平面内に有する互いに前後に配置された3つのミラー、すなわち、各場合にミラーM3からM5を有する。上記に設計データを解説した他の

10

20

30

40

50

例示の実施形態は、 $y-z$ 平面内で正の屈折力を有する 2 つよりも多い連続するミラーを持たない。

【0431】

上記に説明した投影光学ユニットの複数の実施形態は、 $x-z$ 平面内又は $y-z$ 平面内のいずれかにおいて正の屈折力を有する 2 つの連続するミラーを持たない。図 5 に記載の実施形態は、平面 $x-z$ と $y-z$ の両方において正の屈折力を有する 2 つの連続するミラーを持たない。

【0432】

微細構造化又はナノ構造化構成要素を生成するために、投影露光装置 1 は、以下のとおり用いられる。最初に、反射マスク 10 又はレチクルと基板又はウェーハ 11 とが与えられる。続いて、投影露光装置 1 を用いてレチクル 10 上の構造がウェーハ 11 の感光層上に投影される。その後、感光層を現像することによって微細構造又はナノ構造がウェーハ 11 上に生成され、従って微細構造化構成要素が生成される。

【符号の説明】

【0433】

3 結像光

4 物体視野

8 像視野

17 通過開口部

M2、M3、M5、M6 かすみ入射ミラー

10

20

【図 1】

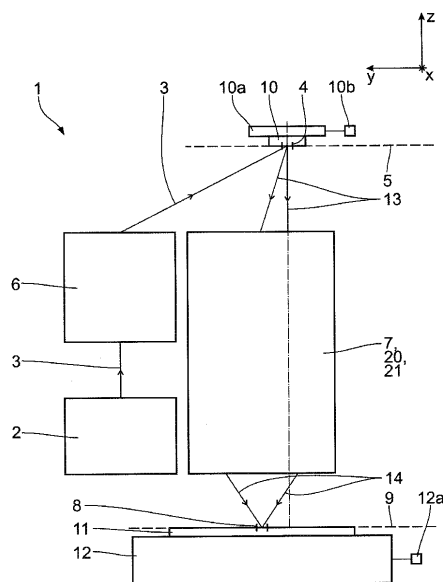


Fig. 1

【図 2】

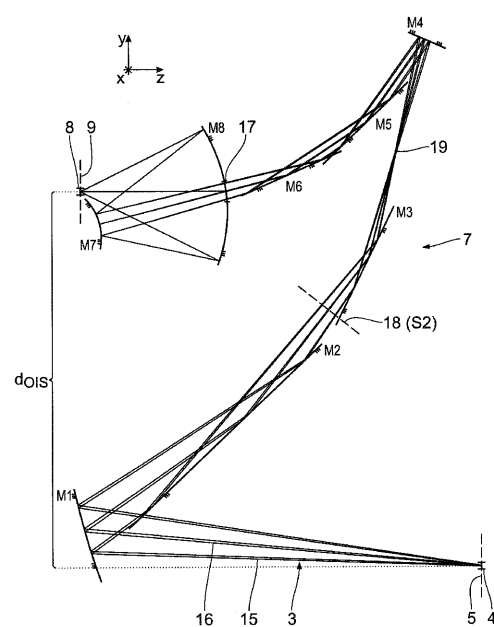


Fig. 2

【図 3】

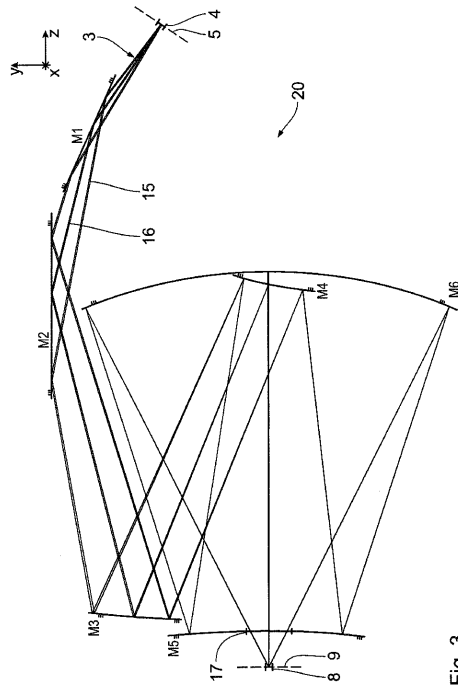


Fig. 3

【図 4】

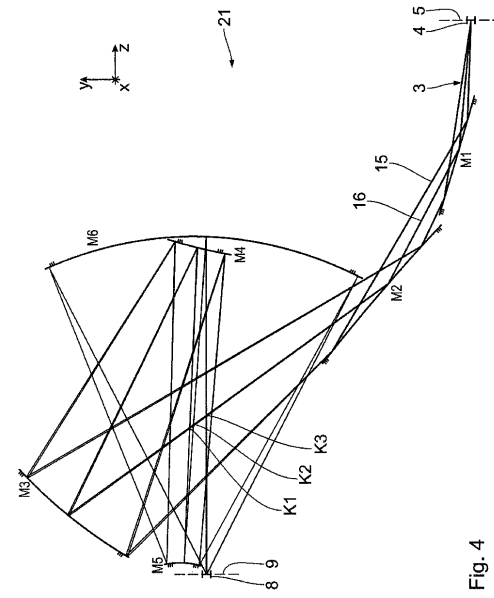


Fig. 4

【図 5】

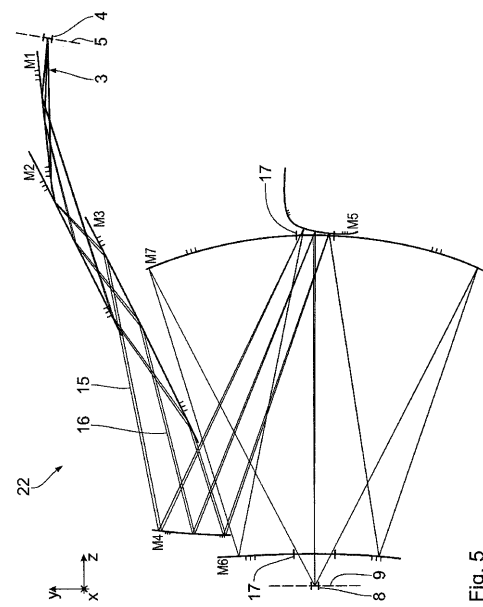


Fig. 5

【図 6】

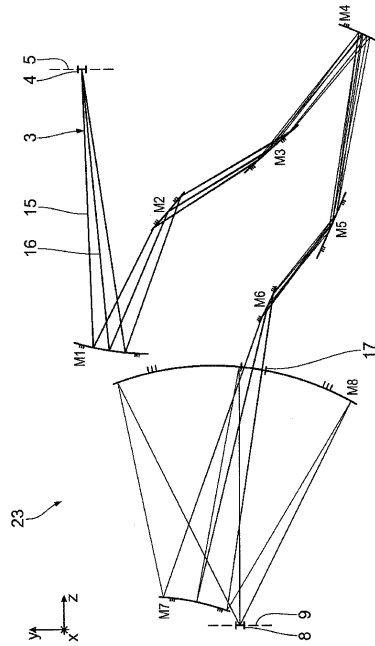


Fig. 6

【図 7】

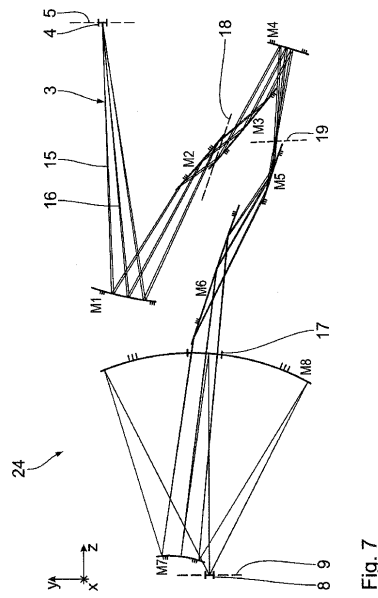


Fig. 7

【図 8】

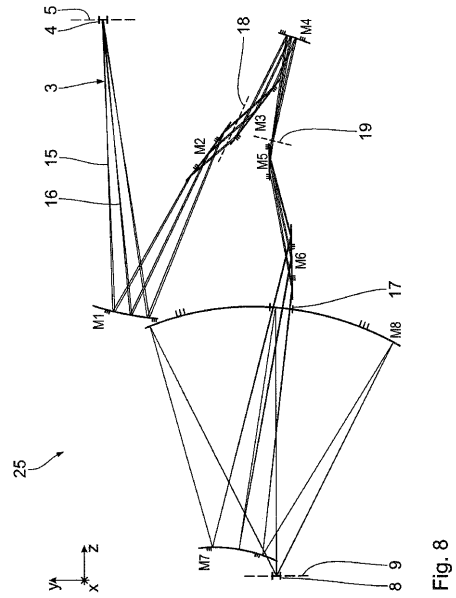


Fig. 8

【図 9】

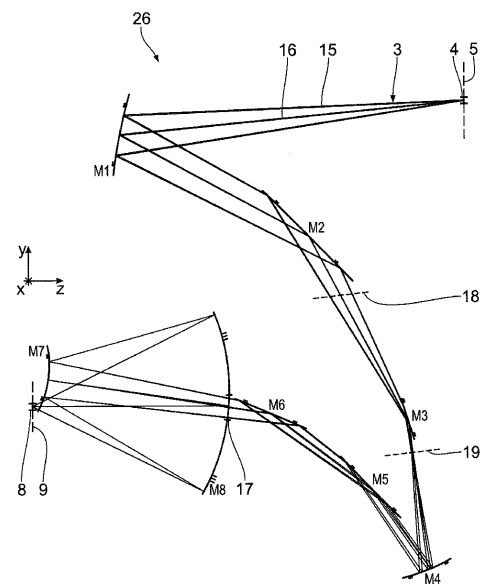


Fig. 9

【図 10】

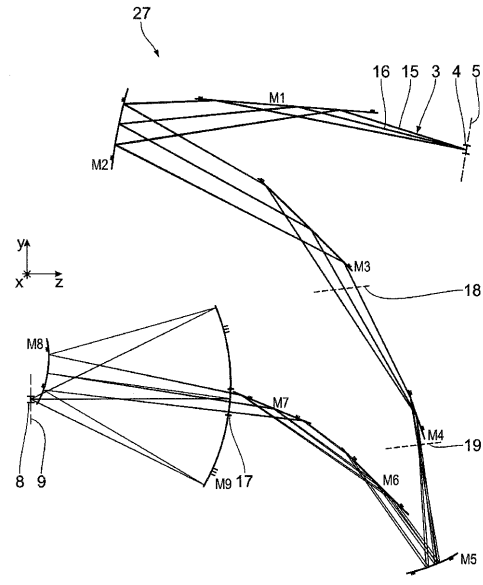
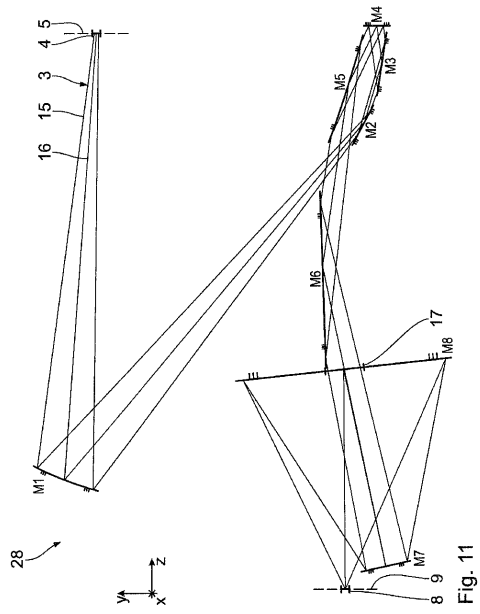
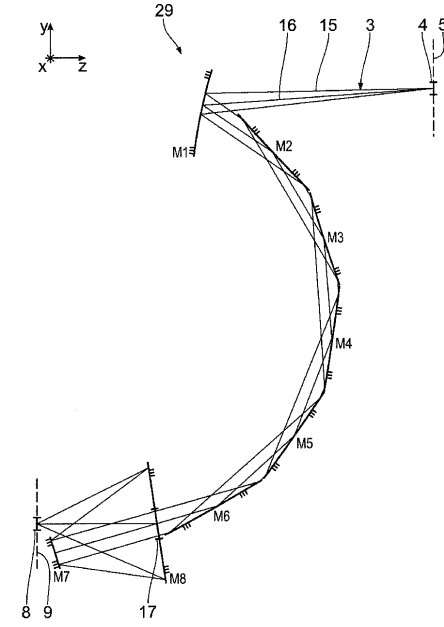


Fig. 10

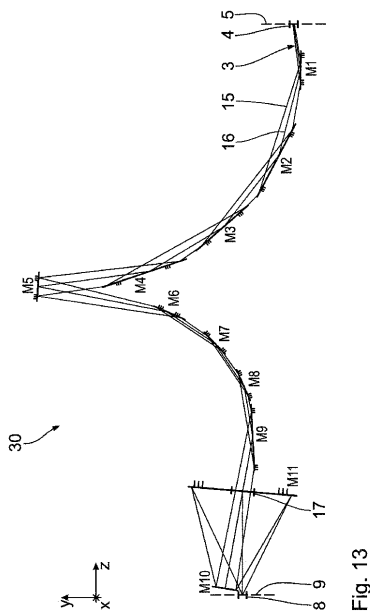
【図 1 1】



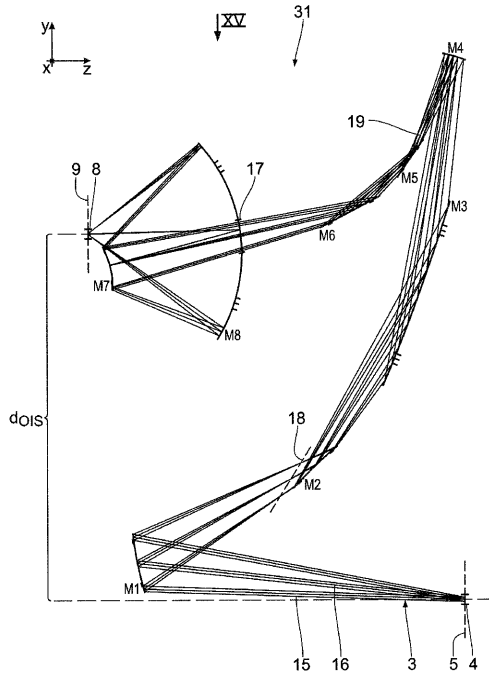
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



【図 15】

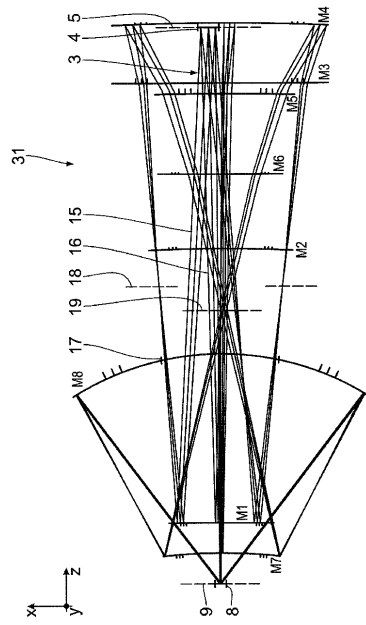


Fig. 15

【図 15 A】

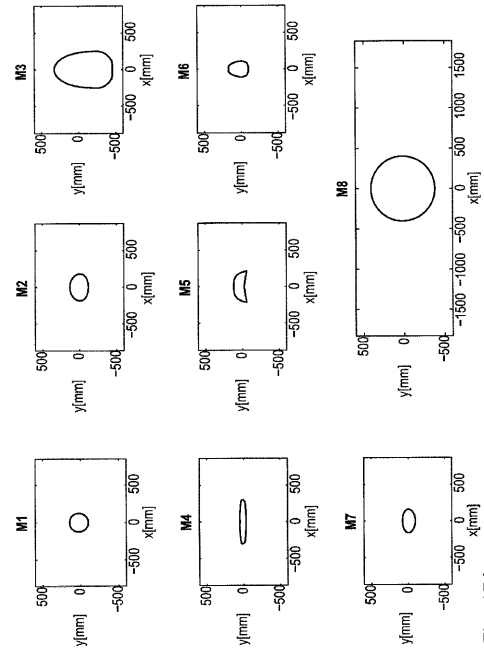


Fig. 15A

【図 16】

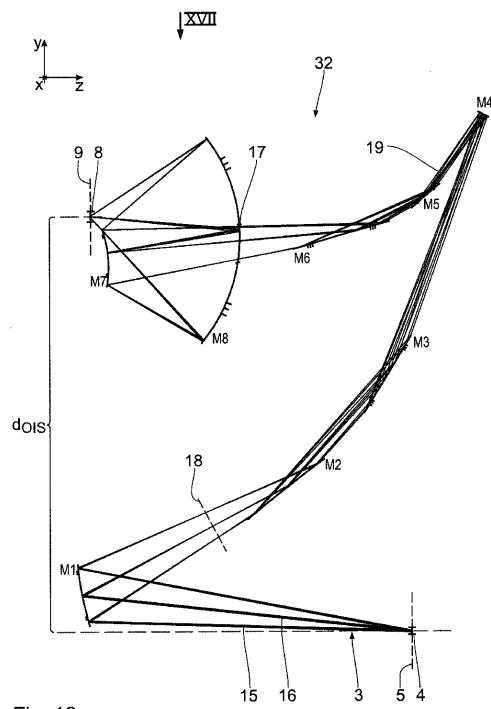


Fig. 16

【図 17】

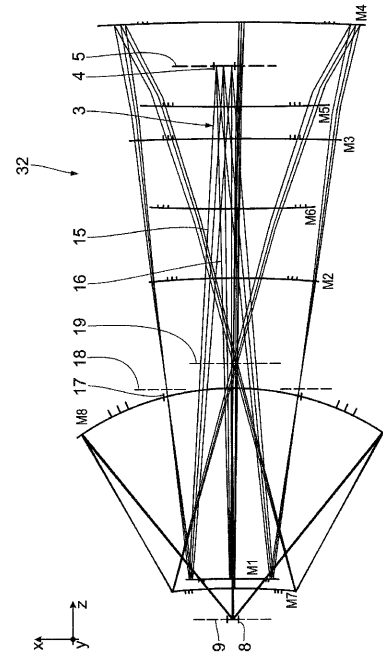


Fig. 17

【図 18】

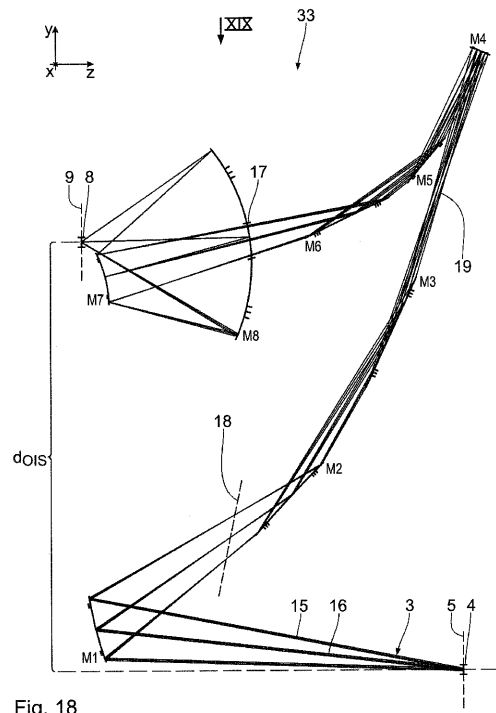


Fig. 18

【図 19】

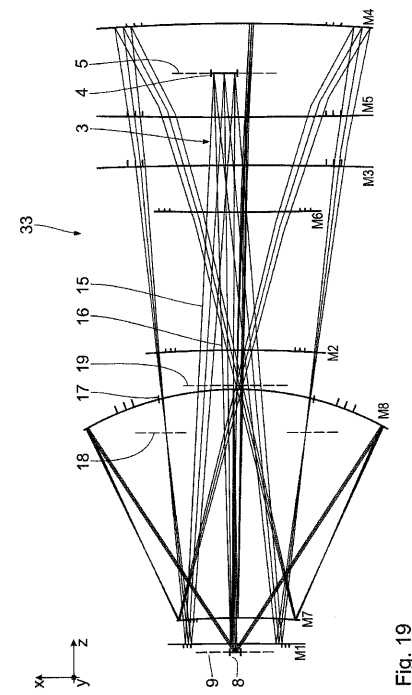


Fig. 19

【図 20】

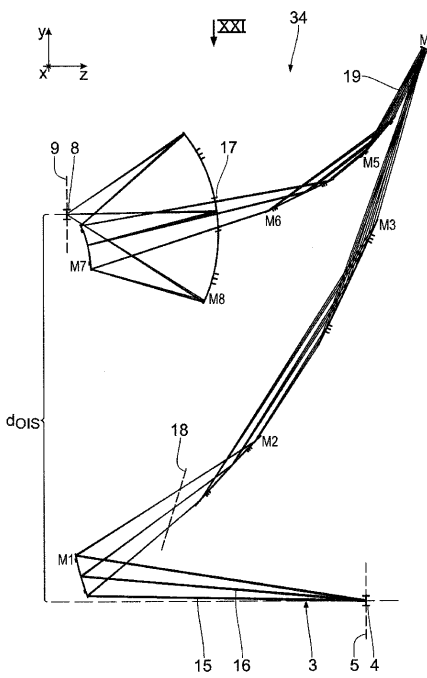


Fig. 20

【図 21】

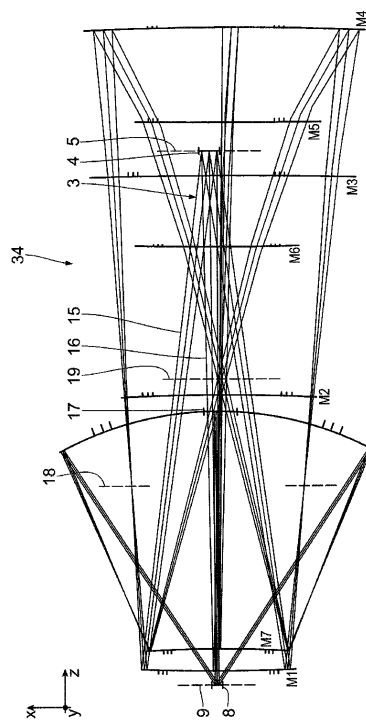


Fig. 21

【図 2 1 A】

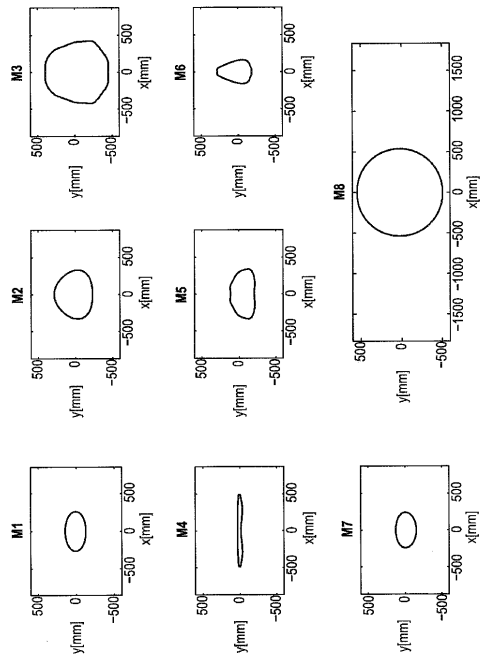


Fig. 21A

【図 2 2】

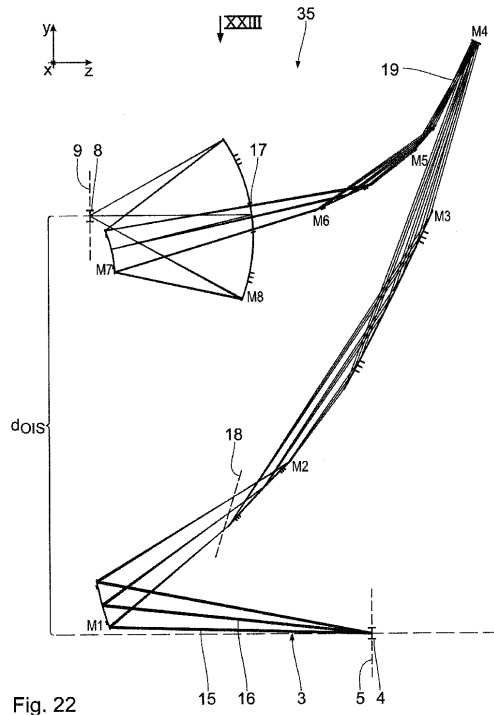


Fig. 22

【図 2 3】

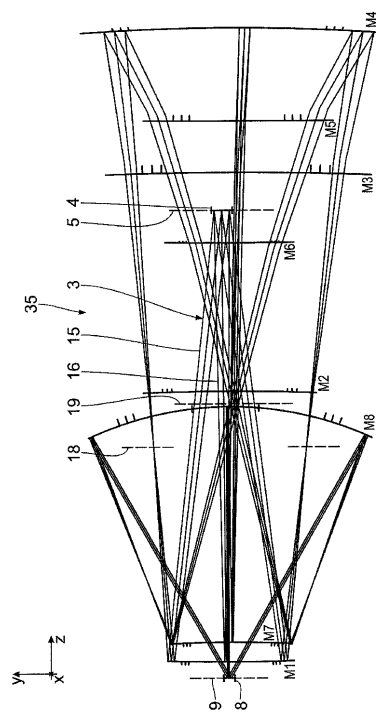


Fig. 23

【図 2 4】

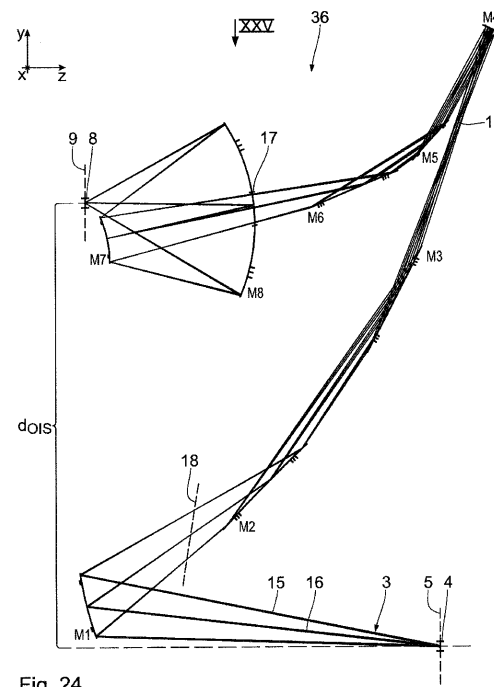


Fig. 24

【図 25】

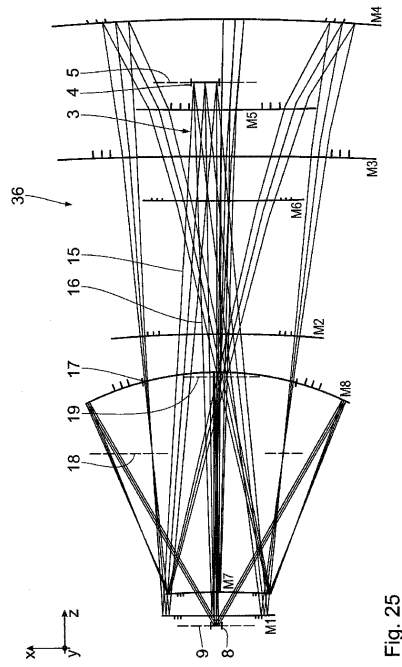


Fig. 25

【図 26】

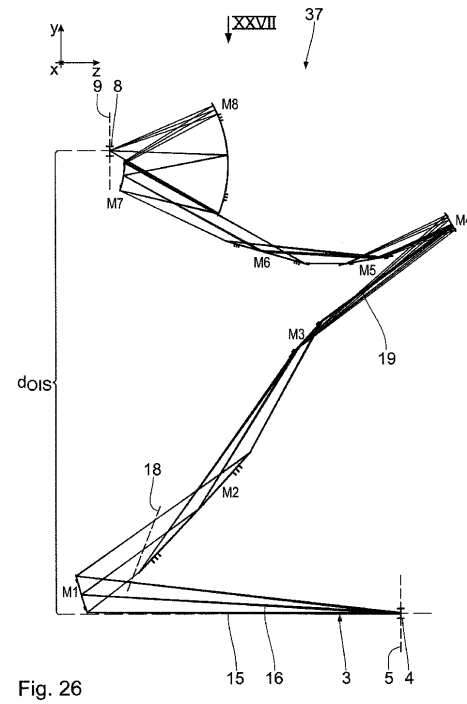


Fig. 26

【図 27】

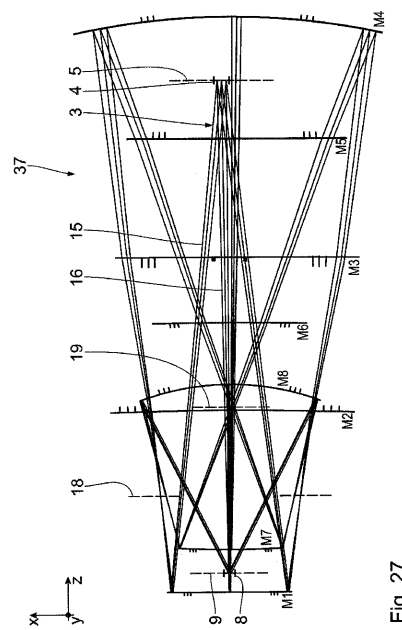


Fig. 27

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 102014208770.8

(32)優先日 平成26年5月9日(2014.5.9)

(33)優先権主張国・地域又は機関
ドイツ(DE)

(74)代理人 100109070

弁理士 須田 洋之

(74)代理人 100120525

弁理士 近藤 直樹

(74)代理人 100158469

弁理士 大浦 博司

(72)発明者 シュバープ マルクス

ドイツ連邦共和国 7 3 4 3 4 アーレン リメスシュトラッセ 4 7 / 2

審査官 堀井 康司

(56)参考文献 特開2000-031041(JP,A)

米国特許出願公開第2009/0027644(US,A1)

国際公開第2012/034995(WO,A1)

特開2012-008574(JP,A)

特開平07-220997(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

G02B 9/00-17/08

G02B 21/02-21/04

G02B 25/00-25/04