

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公 泰 特 許 公 報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2005-519347

(P2005-519347A)

(43) 公表日 平成17年6月30日(2005.6.30)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>  
GO 2 B 13/24  
GO 2 B 13/18  
GO 3 F 7/20  
HO 1 L 21/02

F 1  
 GO 2 B 13/24  
 GO 2 B 13/18  
 GO 3 F 7/20 5 2 1  
 HO 1 L 21/30 5 1 5 D

### テーマコード（参考）

2H087

5 F O 4 6

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 29 頁)

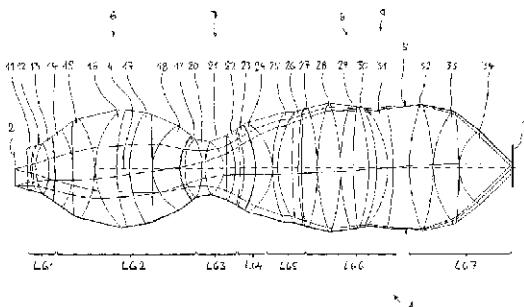
(21) 出願番号	特願2003-575189 (P2003-575189)
(86) (22) 出願日	平成14年5月3日 (2002.5.3)
(85) 翻訳文提出日	平成16年9月28日 (2004.9.28)
(86) 國際出願番号	PCT/EP2002/004846
(87) 國際公開番号	W02003/077036
(87) 國際公開日	平成15年9月18日 (2003.9.18)
(31) 優先権主張番号	102 10 899.4
(32) 優先日	平成14年3月8日 (2002.3.8)
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)

(71) 出願人 503263355  
カール・ツァイス・エスエムティー・アーゲー  
ドイツ連邦共和国、ディーー73447  
オベルコッヘン、カール・ツァイス・シュトラーセ 22  
(74) 代理人 100074538  
弁理士 田辺 儀  
(72) 発明者 カール・ハインツ シュースター  
ドイツ連邦共和国、89551 ケーニッヒスプロン、レビベルクヴェーク 24  
F ターム(参考) 2H087 KA21 LA01 NA04 PA15 PA17  
PB20 QA03 QA06 QA19 QA22  
QA26 QA33 QA41 QA45 RA05  
RA12 RA13 RA32

(54) 【発明の名称】最大開口型の投影対物レンズ

(57) 【要約】

多数の光学素子を備えた最大開口・純屈折型投影対物レンズが、像平面の前に離間配置される系絞り(5)を有する。投影対物レンズの像平面(3)に最も近い光学素子は、実質球状の入射面と実質平らな射出面とを有する平凸レンズ(34)である。この平凸レンズは系絞り(5)の絞り直径の少なくとも50%の直径を有する。主に系絞り(5)と像平面(3)との間には正レンズ(32、33、34)のみが配置されている。この光学系は最大開口NA 0.85、場合によってはNA 1において結像を可能とする。



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

投影対物レンズの物体平面に配置されるパターンを所定動作波長の紫外光で投影対物レンズの像平面に結像するための投影対物レンズであって、投影対物レンズが、光軸に沿って配置される多数の光学素子と絞り直径を備えて像平面の前に離間配置される系絞り(5)とを有し、屈折力を有して像平面に最も近い光学群が、実質球状の入射面と実質平らな射出面とを有する平凸群(34)であり、この平凸群(34)が絞り直径の少なくとも50%の直径を有する投影対物レンズ。

**【請求項 2】**

平凸群が單一の主に一体な平凸レンズ(34)によって形成されている、請求項1記載の投影対物レンズ。 10

**【請求項 3】**

正の屈折力を有するレンズ(32、33、34)のみが、場合によっては少なくとも1つの平行平面板と組合せて、系絞り(5)と像平面(3)との間に配置されている、請求項1または2記載の投影対物レンズ。

**【請求項 4】**

系絞り(5)と像平面(3)との間、主に系絞りと平凸群(34)との間に少なくとも1つの両凸正レンズ、主に2つの両凸正レンズ(32、33)が配置されている、先行請求項のいずれか1項記載の投影対物レンズ。

**【請求項 5】**

系絞り(5)と像平面(3)との間に配置される最終レンズ群(LG7)が、屈折力を有する最大4つの光学素子、主に僅か3つのレンズ(32、33、34)を有する、先行請求項のいずれか1項記載の投影対物レンズ。 20

**【請求項 6】**

系絞り(5)と像平面(3)との間に配置される最終レンズ群が、投影対物レンズ構造長の20%未満、特に15%未満の焦点距離を有する、先行請求項のいずれか1項記載の投影対物レンズ。

**【請求項 7】**

系絞りと像平面(3)との間の距離が構造長の25%未満、および/または絞り直径の95%未満である、先行請求項のいずれか1項記載の投影対物レンズ。 30

**【請求項 8】**

投影対物レンズが純屈折型投影対物レンズ(1)である、先行請求項のいずれか1項記載の投影対物レンズ。

**【請求項 9】**

投影対物レンズが、物体近傍の胴部(6)と像近傍の胴部(8)とその間にある首部(7)とを有する単首系である、請求項7記載の投影対物レンズ。

**【請求項 10】**

投影対物レンズが193nmの動作波長用に設計されている、先行請求項のいずれか1項記載の投影対物レンズ。

**【請求項 11】**

透明光学素子がすべて同じ材料から、特に合成石英ガラスから作製されている、先行請求項のいずれか1項記載の投影対物レンズ。 40

**【請求項 12】**

投影対物レンズがNA 0.85の像側開口数を有し、主にNA 1である、先行請求項のいずれか1項記載の投影対物レンズ。

**【請求項 13】**

像側動作距離が動作波長の4倍未満であり、この動作距離が主に動作波長よりも小さく、特に動作波長の半分未満である、先行請求項のいずれか1項記載の投影対物レンズ。

**【請求項 14】**

像視野直径が10mmよりも大きく、特に20mmよりも大きく、および/または像視野 50

直径が投影対物レンズ構造長の 1 %よりも大きく、特に 1 . 5 %よりも大きく、および / または最大レンズ直径の 1 %よりも大きく、特に 5 %よりも大きい、先行請求項のいずれか 1 項記載の投影対物レンズ。

【請求項 15】

系絞り (5) と像平面 (3) との間に少なくとも 1 つの両非球面レンズ (32) が配置されており、このレンズが主に両凸レンズとして構成されている、先行請求項のいずれか 1 項記載の投影対物レンズ。

【請求項 16】

系絞り (5) 前の最終光学面と系絞り後の第 1 光学面が非球面であり、主に絞りから離れる方を向く湾曲を有する、先行請求項のいずれか 1 項記載の投影対物レンズ。

10

【請求項 17】

系絞り (5) 前の近傍領域に、特に系絞りの直前に、凹面を物体側に向けた少なくとも 1 つのメニスカスレンズ (30、31) が配置されている、先行請求項のいずれか 1 項記載の投影対物レンズ。

【請求項 18】

物体側凹面を有する少なくとも 2 つの連続するメニスカスレンズ (30、31) を備えた少なくとも 1 つのメニスカス群が系絞り (5) の近傍領域に、特に系絞りの直前に配置されている、先行請求項のいずれか 1 項記載の投影対物レンズ。

20

【請求項 19】

2 つのメニスカスレンズ (30、31) を備えた正負メニスカス群が系絞り (5) 前の近傍領域に配置されており、メニスカスレンズのレンズ面が物体側で凹面である、先行請求項のいずれか 1 項記載の投影対物レンズ。

【請求項 20】

首部 (7) と像平面 (3) との間に光線直径の狭隘化によって補助首部 (9) が設けられており、この補助首部が主に系絞り (5) 前の近傍領域に配置されている、先行請求項のいずれか 1 項記載の投影対物レンズ。

30

【請求項 21】

負の屈折力と像側を向いた凹面とを有する少なくとも 1 つのメニスカスレンズ (25、26) が首部 (7) と系絞り (5) との間に配置されている、先行請求項のいずれか 1 項記載の投影対物レンズ。

30

【請求項 22】

負の屈折力と像側を向く凹面とを有する少なくとも 2 つのメニスカスレンズ (25、26) を備えたメニスカス群が首部 (7) と系絞り (5) との間に配置されており、主にこのメニスカス群の物体側メニスカスの屈折力がメニスカス群の後続のメニスカスレンズ (26) の屈折力よりも少なくとも 30 %大きい、先行請求項のいずれか 1 項記載の投影対物レンズ。

【請求項 23】

物体側凹面を有する少なくとも 1 つの正メニスカスレンズ (23、24) が首部 (7) と系絞り (5) との間で首部近傍に配置されている、先行請求項のいずれか 1 項記載の投影対物レンズ。

40

【請求項 24】

物体側凹面を有する少なくとも 1 つのメニスカスレンズ (23、24) とこれに続いて像側凹面を有する少なくとも 1 つのメニスカスレンズ (25、26) がこの順序で首部 (7) と系絞り (5) との間に配置されており、主に物体側凹面を有する少なくとも 1 つのメニスカスレンズが正の屈折力を有し、像側凹面を有する少なくとも 1 つのメニスカスレンズが負の屈折力を有する、先行請求項のいずれか 1 項記載の投影対物レンズ。

【請求項 25】

少なくとも 2 つの負レンズ (20、21、22) を備えた負群が首部 (7) の領域に配置されており、負群が主に少なくとも 3 つの連続する負レンズを有する、先行請求項のいずれか 1 項記載の投影対物レンズ。

50

**【請求項 26】**

物体平面(2)に続く第1レンズ群(LG1)が少なくとも2つ、主に3つまたはそれ以上の負レンズ(11、12、13)を有する、先行請求項のいずれか1項記載の投影対物レンズ。

**【請求項 27】**

第1レンズ群(LG1)のなかで物体平面に続く最初の4つの光学面の少なくとも1つが非球面であり、主に第1レンズ群のなかで少なくとも2つの光学面が非球面である、請求項26記載の投影対物レンズ。

**【請求項 28】**

正の屈折力と像側凹面とを有する少なくとも1つのメニスカスレンズ(16)が光線直径の大きい領域内で物体平面(2)の近傍領域に配置されている、先行請求項のいずれか1項記載の投影対物レンズ。

**【請求項 29】**

メニスカスレンズ(16)の像平面を向く凸面が投影対物レンズ構造長の50%未満の半径を有する、請求項28記載の投影対物レンズ。

**【請求項 30】**

投影対物レンズの物体平面に配置されるパターンを所定動作波長の紫外光で投影対物レンズの像平面に掩蔽なしに結像するための投影対物レンズであって、投影対物レンズが、光軸に沿って配置される多数の光学素子と像平面(3)の前に離間配置される系絞り(5)とを有し、正の屈折力を有するレンズ(32、33、34)のみが系絞り(5)と像平面(3)との間に、場合によっては少なくとも1つの平行平面板を補足して、配置されている投影対物レンズ。

**【請求項 31】**

投影対物レンズの物体平面に配置されるパターンを所定動作波長の紫外光で投影対物レンズの像平面に結像するための投影対物レンズであって、投影対物レンズが、光軸に沿って配置される多数の光学素子と像平面(3)の前に離間配置される系絞り(5)とを有し、物体側凹面を有する少なくとも2つの連続するメニスカスレンズ(30、31)を備えた少なくとも1つのメニスカス群が系絞りの直前に配置されている投影対物レンズ。

**【請求項 32】**

メニスカス群が2つのメニスカスレンズ(30、31)を備えた正負メニスカス群であり、メニスカスレンズのレンズ面が物体側で凹面である、請求項31記載の投影対物レンズ。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、投影対物レンズの物体平面に配置されるパターンを所定動作波長の紫外光で投影対物レンズの像平面に結像するための投影対物レンズに関する。

**【背景技術】****【0002】**

フォトリソグラフィー投影対物レンズは数十年らい半導体部品およびその他の微細構造部材の製造に利用されている。投影対物レンズは、以下でマスクまたはレチクルとも称されるフォトマスクまたは焦点板のパターンを、感光層で被覆された対象物に最高解像度で縮小して投影するのに使われる。

**【0003】**

100nm以下にますます微細化する構造を生成するのに、なかんずく3つの並行して経過する開発が貢献する。まず第一に、投影対物レンズの像側開口数(NA)が現在達成可能な値を越えてNA=0.8以上の範囲に拡大するように試みられている。第二に、ますます短い動作波長の紫外光が使用され、波長は主に260nm未満、例えば248nm、193nm、157nm以下である。最後になお別の解像度拡大措置、例えば移相する

10

20

30

40

50

マスクおよび／または傾斜照明が利用される。特に移相するマスクの使用は掩蔽のない系、すなわち像視野内に陰影のない系を必要とする。その他の点では優れた光学特性を有するが掩蔽のある系が利用可能であるとしても（例えば特許文献1に対応する特許文献2）、像視野内に陰影のない系はマイクロリソグラフィーにおいては一般に優先することができる。

#### 【0004】

開口を  $NA = 0.85$  よりかなり上に高めるとき、なかんずく像近傍レンズの角度負荷容量に限界がある。 $NA = 1$  付近またはそれ以上の大きな開口は実用可能でないと見做される。というのも、このように大きい開口の場合マージナル光線およびコマ収差光線が全反射のゆえに対物レンズから出力することも基板の感光層に入力することもできないと前提しなければならないからである。

【特許文献1】米国特許第6169627号明細書

【特許文献2】独国特許発明第19639586号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

#### 【0005】

本発明の課題は、きわめて大きい像側開口数とウェハステッパまたはウェハスキヤナにおいて実際に利用するのに十分大きな像視野と良好な補正状態とを有する投影対物レンズを提供することである。

【課題を解決するための手段】

#### 【0006】

この課題は、投影対物レンズが、光軸に沿って配置される多数の光学素子と絞り直径を備えて像平面の前に離間配置される系絞りとを有し、屈折力を有して像平面に最も近い光学群が、実質球状の入射面と実質平らな射出面とを有する平凸群であり、この平凸群が絞り直径の少なくとも 50 % の直径を有する投影対物レンズによって解決される。有利な諸構成は従属請求項に明示されている。全請求項の文言は関連付けることによって明細書の内容に含められる。

【発明を実施する形態】

#### 【0007】

本発明の1態様によれば、投影対物レンズの物体平面に配置されるパターンを所定動作波長の紫外光で投影対物レンズの像平面に結像するための投影対物レンズが、光軸に沿って配置される多数の光学素子と、絞り直径を備えて像平面の前に離間配置される系絞りとを有する。屈折力を有して像平面に最も近い光学群は、実質球状の入射面と実質平らな射出面とを有する平凸群である。射出面は系の最終光学面であり、被露光基板の近傍に、但し基板と接触することなく配置されねばならない。場合によっては浸漬媒質、例えば液体を介して光学接触を媒介することができる。平凸群は絞り直径の少なくとも 50 % の直径を有する。平凸群の直径は主に絞り直径の 60 % 以上または 70 % 以上とすることさえできる。

#### 【0008】

本願の意味における系絞りとは結像の主光線が光軸と交差する像平面近傍領域のことである。利用する開口を制限し場合によっては調節するための絞りは系絞り領域に配置しておくことができる。少なくとも 1 つの中間像を有する系の場合、像平面から大きな距離を置いて少なくとも 1 つの他の絞り平面が存在する。

#### 【0009】

上記措置によって、最大の像側開口数  $NA = 0.85$  を実現することが可能であり、開口数は  $NA = 1$  以上、例えば  $NA = 1.1$  とすることさえできる。こうして従来良好に制御可能な動作波長、例えば  $193\text{nm}$  において、 $50\text{nm}$  大の構造幅を良好に結像できる。特に  $NA = 1$  以上の範囲内の高い開口は、光学面全体の表面負荷、特に系絞りと像平面との間の領域内の表面負荷を制御するために特殊な措置を必要とする。この領域内では部材に関係した過度に大きな開口は生じないであろう。というのも、光がごく斜めに入射す

10

20

30

40

50

る場合衝突する光の大部分はもはや透明光学素子内に達することができず、従ってもはや像生成に寄与できないからである。像直近で屈折する群として、その直径が絞り直径の半分よりも大きくなるほどに軸線方向で厚い平凸群を使用する場合、強く湾曲した入射面は従来のレンズと比べてきわめて大きな寸法を有する。レンズ面の開口が大きい場合、入射面の半径を長くして視野負荷が減少するよう努めねばならない。像平面前の最終入射面の半径が長ければ長いほど、相対視野が一層小さくなり、従って誘発される視野収差も一層小さくなる。こうして、平凸レンズの前で好適な仕方で生成される大きな光線開口を僅かな収差と是認可能な光損失で像平面の作用個所まで伝達することが可能となる。

## 【0010】

好ましい構成において平凸群は单一の一体な平凸レンズによって形成される。平凸群を分割型平凸レンズの態様に実施し、それらの部分を好ましくは互いに密着させることも可能である。分割は平らなまたは湾曲した分割面に沿って行うことができる。平凸群のうち特別高い放射エネルギー密度が現れる像視野近傍部分を特別放射抵抗性の材料から例えばフッ化カルシウムとして製造する一方、放射負荷の少ない領域を別の材料、例えば合成石英ガラスから製造しておくことができることを、分割は特に可能とする。平凸群の像直近の素子として場合によっては平行平面成端板を設けておくことができる。これは主に先行する光学素子に密着されている。平凸群を個別のレンズ素子に分割することも狭い限界内で可能であり、それらの間に少なくとも断続的に僅かな空隙が生じることがあるが、しかしこの空隙は1ミリメートルよりもかなり下でなければならないであろう。空隙までの半径は全反射が起きることのないように湾曲していなければならないであろう。その際角度負荷は主に、薄い反射防止層の角度負荷容量に応じて0.85～0.95のsinu'未満に留まる。

## 【0011】

本発明の別の態様によれば、正の屈折力を有するレンズのみが、場合によっては単数または複数の平行平面透明板を加えて、系絞りと像平面との間に配置されていると特別好ましい。例えば、系絞りと平凸群との間に少なくとも1つの両凸正レンズを配置しておくことができる。少なくとも2つ、特に正確に2つの両凸正レンズが一層好ましい。好ましい実施形態では、1つの平凸メニスカスの前に、系屈折力の主要部分を用意する2つの正レンズが設けられている。これらが系絞りに密に座着されて大きな直径で動作できることによって、ここでもごく小さな相対視野負荷が達成可能である。そのことから、系絞りの後方領域に関して投影対物レンズのごく簡単で効率的な設計が得られる。従って、系絞りと像平面との間に配置される最終レンズ群が、屈折力を有する最大4つの光学素子、理想的には僅か3つのレンズを有し、これらのレンズが主にそれぞれ正レンズであると好ましい。負の屈折力を有するレンズは、その屈折力が系絞りと像平面との間に配置されるレンズ群の総屈折力に比べて小さい限り、設けておくことができる。付加的に、平行平面板を設けておくことができる。

## 【0012】

大きい像側開口数にとって好ましい屈折力分布は、系絞りと像平面との間に配置される最終レンズ群が有利には、投影対物レンズ構造長の20%または17%未満、特に15%未満の焦点距離を有することを特徴としている。物体平面とこれに光学的に共役の像平面との間の軸線方向距離がここでは構造長と称される。系絞りと像平面との間の距離は主に構造長の25%未満、特に22%未満、および/または絞り直径の約95%、90%または86%未満である。従って全体として系絞りは像にごく近い位置が好ましい。絞りは実際には、または等価的には、中間像が存在する場合の実絞りの共役個所とすることができます。

## 【0013】

本発明に係る投影対物レンズは反射屈折型または屈折型に構成しておくことができ、掩蔽なしに結像しなければならない。屈折力を有するすべての光学部品が透明材料からなる純屈折型、つまりディオプトリック投影対物レンズが好ましい。1例は物体近傍の胴部と像近傍の胴部とその間にある首部とを有する単首系であり、それらの領域内で光線直径は

10

20

30

40

50

一方の胴部領域では主に最大光線直径の約 50 % 未満である。

【0014】

透明光学素子がすべて同じ材料から作製されているように、系は構成することができる。193 nm の動作波長用に設計された実施形態の場合、すべてのレンズ用に合成石英ガラスが使用される。すべてのレンズがフッ化カルシウムまたは別のフッ化物結晶材料からなる 157 nm 用実施形態も可能である。例えば色収差の補正を容易としましたコンパクションを減らすために、複数の異なる材料の組合せも可能である。例えば 193 nm の場合合成石英ガラスは結晶材料、例えばフッ化カルシウムに取り替えることができる。

【0015】

像側開口数  $NA = 0.85$  の最大開口型投影対物レンズが、特に純屈折型投影対物レンズも、本発明の範囲内で可能である。開口数は主に少なくとも 1 であり、のちに詳しく説明する実施形態では  $NA = 1.1$  の値である。この大きい開口数にもかかわらず、十分に小さな像側動作距離が守られるなら、ガス充填間隙を介して被露光基板への十分な光エネルギーの入力が可能である。好ましい実施形態において像側動作距離は使用される動作波長の 4 倍以下、特に動作波長以下である。動作距離が動作波長の半分未満、例えば動作波長の 1/3、1/4 または 1/5 未満であると特別好ましい。結像系の最終光学面の直接的近傍に存在するエバネッセント場が結像に利用される光学近視野内の結像をこうした短い動作距離において行うことができる。使用される波長用に好適な屈折率と十分な透過率とを有する浸漬液を対物レンズの射出面と基板との間の空間に充填した浸漬リソグラフィー用にもこの対物レンズは向いている。好適な浸漬液は例えば主として元素 H、F、C または S を含むことができる。脱イオン水も使用できる。

【0016】

開口数と動作距離の値がこのように極端であるにもかかわらず、本発明によれば実際のリソグラフィーにとって十分なきわめて大きい像視野直径を有する対物レンズが可能であり、好ましい実施形態において像視野直径は約 10 mm より大きく、特に約 20 mm よりも大きく、および / または投影対物レンズ構造長の 1 % よりも大きく、特に 1.5 % よりも大きく、および / または最大レンズ直径の 1 % よりも大きく、特に 5 % よりも大きくすることができる。

【0017】

好ましい投影対物レンズは若干数の好ましい設計上および光学上の特徴で際立っており、これらの特徴は単独でまたは互いに組合せて、特に光学近視野において最高解像度のマイクロリソグラフィーに対する、また浸漬リソグラフィーに対するレンズの適性にとって有益である。

【0018】

系絞りの領域に主に少なくとも 1 つの非球面が配置されている。主に絞りの背後に密に連続して複数の非球面が設けられる。特に系絞りと像平面との間に少なくとも 1 つの両非球面レンズを設けておくことができ、このレンズは好ましくは両凸レンズである。それとともに首部と像平面との間の領域でも、すなわち最終胴部でも、少なくとも 1 つの両球状両凸面レンズが好ましいことがある。さらに、系絞り前の最終光学面と系絞り後の第 1 光学面が非球面であると好ましいことがある。ここでは特に、絞りから離れる方を向く湾曲を有する非球面を向き合わせて設けておくことができる。系絞りの領域で非球面の数が多いことは、球面収差の補正にとって好ましく、またアイソプランナジー (Isoplanasie) の調整に好ましく作用する。

【0019】

系絞りの直前領域に、主に、物体側凹面を有する少なくとも 1 つのメニスカスレンズが設けられている。開口が大きい場合、少なくとも 2 つの連続したこのようなメニスカスが好ましいことがある、これは正または負の屈折力をを持つことができる。開口角が  $NA = 1.0$  ときわめて大きい場合、負の屈折力を有するメニスカスが正の屈折力を有するメニスカスに続く 2 個組群のこのようなメニスカスが好ましい。主に、負の屈折力が大きく、光線束中に僅かな横断面狭隘 (補助首部) が現れることがある。

10

20

30

40

50

## 【0020】

すべての光学面の曲率中心が物体側もしくはレチクル側にある正メニスカスとその背後にある負メニスカスとを有するメニスカス群は本発明のその他の特徴にかかわりなく別の投影対物レンズにおいて、特に光線直径の大きい領域で絞りの直前で、有利であることもあり、絞りは束横断面を変更するための物理的絞りまたは共役絞りとすることができます。

## 【0021】

さらに、負の屈折力と像側を向いた凹面とを有する少なくとも1つのメニスカスレンズが首部と系絞りとの間に配置されると有利であることが判明した。しばしば少なくとも2つの連続するこのようなメニスカスレンズが特別好ましく、それらの曲率中心は像側にある。その際、物体側の第1メニスカスの屈折力がメニスカス群のそれに続く像側メニスカスの屈折力よりも少なくとも30%強いと有利である。

## 【0022】

さらに、物体側凹面を有する少なくとも1つの正メニスカスレンズが首部と系絞りとの間で首部近傍に配置されると好ましいことがある。この場合にも、1つのこのようなメニスカスレンズの代りに複数の例えば2つの連続するこの形式のレンズを設けておくことができる。

## 【0023】

物体側凹面を有する少なくとも1つのメニスカスレンズとこれに続いて像側凹面を有する少なくとも1つのメニスカスレンズがこの順序で首部と系絞りとの間に配置された実施形態が特別有利である。主に、それぞれの曲率のメニスカスが各2つ連続して設けられている。首部に向き合うメニスカスレンズは主に正の屈折力、像平面に向き合うメニスカスは主に負の屈折力を有する。従って、これらのレンズもしくはレンズ群の間の領域ではメニスカスの曲率中心の位置変化が起きる。

## 【0024】

首部の領域に好ましくは複数の負レンズが連続的に設けられており、好ましい実施形態では少なくとも2つ、主に3つの負レンズである。これらがペッソナル補正の主要負担を担う。

## 【0025】

物体から来る光線束を広げるために、第1胴部に入射する系の物体側入口に少なくとも2つの負レンズが有利である。3つ以上のこのような負レンズが好ましい。入口開口が0.2以上と高い場合、第1レンズの少なくとも1つに少なくとも1つの非球面が設けられていると好ましい。主に入口側負レンズはそれぞれ少なくとも1つの非球面を有する。

## 【0026】

この入口群の背後に好ましくは、強い正の屈折力を有するレンズ群が続き、このレンズ群が光線ガイドの第1胴部となる。この群のなかで物体平面の近傍領域の大きな光線高さの領域内では、正の屈折力と像側凹面とを有する少なくとも1つのメニスカスレンズが好ましいことがある。曲率中心が像側にあるこのようなメニスカスでは、像に向き合う射出側は好ましくは相対的に強い曲率を有し、その半径は例えば投影対物レンズ構造長の50%未満とすることができます。

## 【0027】

前記特徴および他の特徴は特許請求の範囲から明らかとなる他に、明細書および図面からも明らかとなり、個々の特徴はそれぞれそれ自体単独でまたは幾つかで、副組合せの態様で本発明の1実施形態において、また別の分野で実現しておくことができ、それ自体で保護能力のある有利な実施を具現することができる。

## 【実施例】

## 【0028】

好ましい実施形態の以下の説明において用語「光軸」とは、球面光学部品の曲率中心もしくは非球面素子の対称軸線を通る直線のことである。方向と距離は、それらが像平面もしくはそこにある被露光基板の方向を向いているとき像側、ウェハ側または像方向として述べられ、光軸に関して物体の方を向いているとき物体側、レチクル側または物体方向と

10

20

30

40

50

して述べられる。実施例において物体は集積回路のパターンを有するマスク（レチクル）であるが、しかし例えればグリッドの別のパターンとすることもできる。実施例において像はフォトレジスト層を備えて基板として役立つウェハ上に形成されるが、しかし別の基板、例えれば液晶表示素子、または光学格子用基板とすることもできる。記載される焦点距離は空気に関する焦点距離である。

### 【0029】

図1には本発明に係る純屈折型縮小レンズ1の特徴的構造が示してある。これは、物体平面2に配置されるレチクル等のパターンを物体平面と共に役立つ。これは回転対称な単首部系であり、そのレンズは物体平面および像平面に垂直な光軸4に沿って配置されており、物体側胴部6と像側胴部8とその間にある首部7とを形成している。第2胴部8の内部で系絞り5の直前に小さな補助首部9が構成されている。系絞り5は光線直径の大きい像近傍領域にある。

### 【0030】

レンズは特殊な性質および機能を有する複数の連続するレンズ群に区分することができる。投影対物レンズの入口で物体平面2に続く第1レンズ群LG1は全体として負の屈折力を有し、物体視野から来る光線束を広げるのに役立つ。それに続く全体に正の屈折力を有する第2レンズ群LG2は第1胴部6を形成し、後続の首部7の前で光線を再び集める。首部7の領域には負屈折力の第3レンズ群LG3がある。これに続くのは正メニスカスレンズからなる正屈折力のレンズ群4であり、負メニスカスレンズからなる負屈折力の第5レンズ群LG5がこれに続く。それに続く正屈折力のレンズ群LG6は放射を系絞り5へと導く。その背後にある第7最終レンズ群LG7は正屈折力の3つの個別レンズからなり、きわめて高い像側開口数NA=1.1を生成するのに大きく貢献する。これにはNA=n<sup>\*</sup>sinu'が成り立ち、nは最終光学媒質（例えれば浸漬液）の屈折率、u'は像側開口角の半分である。

### 【0031】

第1レンズ群LG1は3つの負レンズ11、12、13で始まり、負レンズはこの順序で非球面入射側を有する両凹負レンズ11、像側曲率中心と非球面入射側とを有する負メニスカスレンズ12、そして物体側曲率中心と非球面射出側とを有する負メニスカスレンズ13を含む。0.2125の高い入口開口が存在する場合、この領域内で収差の発生を制限するために、両方の第1レンズ11、12の少なくとも一方に少なくとも1つの非球面を設けておかねばならないであろう。主に、この実施例におけるように、3つの負レンズのそれぞれに（少なくとも）1つの非球面が設けられている。

### 【0032】

第2レンズ群LG2は第1レンズ群LG1の最終レンズ13の後方に僅かな空気間隔を置いて、物体側曲率中心を有する正メニスカスレンズ14、物体側曲率中心を有する他の正メニスカスレンズ15、像側曲率中心を有する正メニスカスレンズ16、ほぼ平らな射出側を有する他の正レンズ17、面の像側曲率中心を有する正メニスカスレンズ18、そしてほぼ平行なレンズ面を有する同じ曲率方向の低屈折力のメニスカスレンズ20を有する。レンズ15の僅かに湾曲しただけの入射側、レンズ17のやはり僅かに湾曲しただけの射出側、最終メニスカスレンズ20の射出側は非球面である。この第2レンズ群LG2が対物レンズの第1胴部6を形成する。最大直径部に配置される正メニスカスレンズ16が特殊であり、その曲率中心は像側にある。このレンズ16の射出面の半径は物体-像距離の半分よりも小さな値である。このレンズ群はなかんずくペツツヴァル補正、歪み テレセントリック補正、主断面の外側での像視野補正に役立つ。

### 【0033】

第3レンズ群LG3は3つの負メニスカスレンズ20、21、22からなり、それらの境界面はそれぞれ球面である。このレンズ群は像視野曲率の補正の主要負担を担い、系開口がNA=1.1と高いにもかかわらず、レンズ面に衝突する光線の最大入射角が約60°以下、もしくは入射角の正弦がそれぞれ0.85以下となるように形成されている。第

3群の第1負レンズ20は好ましくは強い両凹面レンズであり、主首部7は強く湾曲した面で始まる。

【0034】

首部7に続く第4レンズ群LG4は像側凹面を有する2つの正メニスカスレンズ23、24からなり、入口側メニスカスレンズ23の射出側は非球面、残りの面は球面である。別の実施形態ではこれに代えて、相応する曲率の単一の正メニスカスのみを設けておくこともできる。

【0035】

それに続く第5レンズ群LG5は同様に2つのメニスカスレンズ25、26を有するが、しかしこれらはそれぞれ負の屈折力を有し、凹面は像視野3の方を向いている。場合によってはこれに代えて、その曲率中心がウェハ側にある単に1つの負メニスカスを設けておくこともできる。物体側負メニスカス25の負屈折力がそれに続くメニスカス26の屈折力よりも少なくとも30%強いと好ましいことが判明した。少なくとも1つの負メニスカスを有するこのようないくつかの群は、単首部系の機能にとって、軸線から外れた収差を巧みに補正するための中心的補正素子である。これにより特に、比較的小さなレンズ直径を有するコンパクトな設計が可能となる。

【0036】

特別重要なことは、第2胴部8の首部7に続く入口領域において第4レンズ群LG4のメニスカスと第5レンズ群LG5のメニスカスとの間で曲率中心の位置変化が起きることである。これにより、極端な開口のとき斜め球面収差を平滑にできることを達成することができる。

【0037】

第6レンズ群LG6は正レンズ27、28、29、30の系列で始まり、これらのレンズの少なくとも2つは、第6レンズ群の入口で直接連続するレンズ27、28がそれぞれ球面レンズ面を有するのと同様に両凸レンズであると好ましいことが判明した。実施例において両凸レンズ27、28に続くのは像側凹面を有する弱正メニスカスレンズ29である。

【0038】

第6レンズ群LG6の出口で系絞り5の直前に来るのは2つのメニスカスレンズ30、31を有するメニスカス群であり、それらの曲率中心はすべてレチクル側もしくは物体側にある。これに代えて、特に開口の小さい対物レンズの場合、正または負の屈折力を有する単に1つの相応するメニスカスレンズを設けておくこともできよう。前記きわめて高いNA1の開口の場合、前記2個組群30、31が好ましく、入口側メニスカスレンズ30は好ましくは正の屈折力、それに続くメニスカスレンズ31は好ましくは負の屈折力を有する。有利には、光線路中で補助首部9の態様で僅かな狭隘部が生じるように、その負屈折力が大きい。これにより、傾斜球面サジタルに対して傾斜球面メリジオナルを釣り合わせ得ることを達成することができる。

【0039】

系絞り5と像平面3との間に配置される第7レンズ群LG7は本発明に係る投影対物レンズの他の特殊性を具現する。特にこの領域では、対物レンズ全体の十分な透過率において収差の少ない結像を達成可能となるように光学面の表面負荷を全体として制御するために特殊な措置が必要である。このため絞り5とウェハ3との間には、空気に対する部材として1近傍の開口に達する開口が部材内に生じることのないようにしておくべきであろう。この目的を達成するための大きな貢献はこの場合、像平面3直前の最終光学素子として球面入射面と平らな射出面とを有する平凸レンズ34を配置しておくことによってなされる。このレンズは厚く、その直径が系絞り5の直径の半分よりも大きく、理想的にはこの値の60%または70%よりも大きくさえある。それとともに、主に球面のこの入射面の高い開口を有する極力長い半径を得るように努めねばならない。これによって入射面の視野負荷が減少するので、この長い半径を得るように努めねばならない。半径が長ければ長いほど、相対視野、従って誘発される視野収差が一層小さくなる。入射面は非球面として

10

20

20

30

40

50

おくこともできる。

【0040】

ここでは単一の一体なレンズ素子34によって形成される像近傍平凸群は屈折作用を有する。そのことは、半径がレンズ厚とは異なるので入射面が像視野中心と同心に配置されてはいないことに認めることができる。入射面の曲率中心がレンズの内部にあるこの形式の軸線方向で長く延ばしたレンズが好ましい。それゆえにこの種の平凸群もしくは平凸レンズは半球形平凸レンズとは本質的に異なっており、後者では半径がその厚さに実質的に一致しており、例えば顕微鏡において顕微鏡対物レンズへの光の入力を改善するのに利用され、それ自身は屈折特性を持たないであろう。

【0041】

図示実施形態では平凸メニスカス34の前に2つのきわめて大きな正レンズ32、33が設けられており、これらの正レンズが系屈折力の大部分を提供する。それらが光線直径の大きい領域内で絞りのすぐうしろに座着されていることによって、ここでも相対視野負荷が最少になっている。従ってこの実施例は、系絞りの後方領域に関して最大開口用に適したリソグラフィー対物レンズのごく単純で効率的な設計を示している。平凸メニスカス34は正レンズ32、33から来る集束光線束を僅かな屈折力で投影対物レンズ内部で空気もしくは別の好適な気体媒質に送り込んで基板の感光層へと転送する。それとともに、絞り5とウェハとの間に専ら正レンズを設けた実施形態が好ましく、付加的にせいぜいなお単数または複数の平行平面板を設けておくことができる。この領域内で光学面の数を極力少なくすることも好ましい。というのも、反射防止が十分な場合でも各面が反射損失を引き起こすからである。レンズ数はこの場合4個以下とすべきであろう。その際、やはり平行平面板を選択的に設けておくことができる。

【0042】

他の有利な措置は、絞りの領域に、特に絞りのすぐ背後に、非球面を設けておくべきであろうことにある。これらの非球面は、両凸両非球面正レンズ32の場合にそうであるように1つのレンズ内で向き合うことができる。さらに、絞り平面の直前にもその直後にも非球面が設けられていると好ましい。実施例の場合これは負メニスカス31の射出面と両凸正レンズ32の入射面である。系絞り5の周囲領域において非球面の数が多いことは、実施例の場合なかんずく球面収差（ゼルニケ係数Z9、Z16、Z25、Z26、Z36、Z49）の補正とアイソプラナジーの調整、つまり開口を伴う結像縮尺の補正とに役立つ。

10

20

30

【表1】

面	半径	厚さ	ガラス	屈折率 193.304nm	自由直径 1/2
0	0.000000000	27.200000000	L710	0.99998200	45.607
1	0.000000000	5.918415780	L710	0.99998200	53.333
2	-856.520151429AS	8.513391670	SIO2HL	1.56028895	54.216
3	221.390186129	4.416825103	N2	1.00000320	58.807
4	388.002080060AS	7.500000000	SIO2HL	1.56028895	62.597
5	145.662170604	35.066769313	N2	1.00000320	64.799
6	-156.528478897	13.825053459	SIO2HL	1.56028895	68.237
7	-569.268909317AS	1.048245321	N2	1.00000320	84.737
8	-685.623617269	46.805975671	SIO2HL	1.56028895	86.118
9	-204.957576367	0.709606715	N2	1.00000320	103.144
10	-880.911273998AS	54.777943597	SIO2HL	1.56028895	125.013
11	-248.526945989	1.683182576	N2	1.00000320	131.423
12	224.822351709	54.871581452	SIO2HL	1.56028895	156.309
13	512.337183722	33.734945339	N2	1.00000320	153.303
14	304.374483761	58.667551666	SIO2HL	1.56028895	146.757
15	-6287.676161070AS	0.700000000	N2	1.00000320	140.984
16	129.979785804	69.743588545	SIO2HL	1.56028895	112.463
17	138.594373293	2.395572054	N2	1.00000320	85.809
18	138.485177581	10.992090105	SIO2HL	1.56028895	84.654
19	162.930027134AS	45.897552290	N2	1.00000320	78.232
20	-186.365747641	7.500000000	SIO2HL	1.56028895	75.979
21	209.249850090	47.901412683	N2	1.00000320	70.469
22	-92.976145902	7.500000000	SIO2HL	1.56028895	70.319
23	3940.003552383	22.698881573	N2	1.00000320	84.285
24	-210.566279065	13.458540900	SIO2HL	1.56028895	86.301
25	-481.930608562	10.599713214	N2	1.00000320	98.309
26	-299.003037123	29.233512385	SIO2HL	1.56028895	100.896
27	-211.128540124AS	0.700000000	N2	1.00000320	111.974
28	-241.783293846	45.186608069	SIO2HL	1.56028895	113.068
29	-142.093795869	0.700000000	N2	1.00000320	118.747
30	373.228657636	15.000000000	SIO2HL	1.56028895	144.714
31	281.545559695	37.551434993	N2	1.00000320	144.973
32	2257.943358151AS	15.000000000	SIO2HL	1.56028895	146.555
33	942.886809577	9.018344987	N2	1.00000320	151.237
34	1839.757565259	41.221307008	SIO2HL	1.56028895	152.796
35	-572.892294825	0.700000000	N2	1.00000320	156.198
36	536.885209090	59.927790928	SIO2HL	1.56028895	168.303
37	-588.394317091	0.700000003	N2	1.00000320	168.532
38	600.944472100	32.859055286	SIO2HL	1.56028895	162.458
39	1435.651038119	39.540839130	N2	1.00000320	158.952
40	-542.595637794	21.000000000	SIO2HL	1.56028895	157.309
41	-421.356226662AS	28.605920520	N2	1.00000320	156.999
42	-253.952587228	15.000000000	SIO2HL	1.56028895	153.788
43	-804.677872363AS	32.000000000	N2	1.00000320	158.842
44	0.000000000	10.700000010	N2	1.00000320	162.250
45	439.828583479AS	60.615863511	SIO2HL	1.56028895	169.169
46	-554.126799640AS	0.854609370	N2	1.00000320	169.058
47	251.288231110	66.707994802	SIO2HL	1.56028895	152.022
48	-1261.158042833AS	0.700000000	N2	1.00000320	149.150
49	120.292681477	139.355322544	SIO2HL	1.56028895	99.158
50	0.000000000	0.000000000	SIO2HL	1.56028895	11.402
51	0.000000000	0.000000000		1.000000000	11.402

## 【表2-1】

面番号 2

K	0.0000
C1	-2.94971307e-008
C2	-5.57984348e-011
C3	8.46982512e-015
C4	5.00708078e-019
C5	-3.78477968e-022
C6	4.94732324e-026
C7	-2.07498764e-030
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

面番号 15

K	0.0000
C1	1.77772008e-009
C2	6.20555687e-014
C3	1.17962639e-018
C4	-3.75710986e-023
C5	8.23659263e-027
C6	-3.78043433e-031
C7	5.28341681e-036
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

10

面番号 4

K	0.0000
C1	2.26266925e-007
C2	4.12437333e-011
C3	-8.13482251e-015
C4	-9.73333957e-019
C5	5.21683282e-022
C6	-6.98262222e-026
C7	3.24713110e-030
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

面番号 19

K	0.0000
C1	1.12510953e-007
C2	5.25382772e-012
C3	3.54985200e-016
C4	2.17219317e-020
C5	3.35596515e-024
C6	-1.94149952e-028
C7	4.47299373e-032
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

20

面番号 7

K	0.0000
C1	2.14406930e-008
C2	4.01486796e-013
C3	-1.15749689e-016
C4	-2.17404465e-020
C5	4.76039865e-024
C6	-4.04274950e-028
C7	2.26352156e-032
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

面番号 27

K	0.0000
C1	2.75008177e-008
C2	-4.51696088e-013
C3	-5.50353634e-018
C4	-2.48871975e-022
C5	-4.84285060e-026
C6	4.35721702e-030
C7	-1.70355795e-034
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

30

面番号 10

K	0.0000
C1	4.04801375e-008
C2	3.59502309e-013
C3	-4.82739756e-017
C4	-2.12222071e-021
C5	3.16153319e-025
C6	-1.24031349e-029
C7	1.72585585e-034
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

面番号 32

K	0.0000
C1	4.61774725e-009
C2	-1.45428945e-013
C3	5.33766031e-018
C4	-1.05172907e-022
C5	1.13262775e-027
C6	2.90828821e-032
C7	-9.47335184e-037
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

40

## 【表2-2】

	面番号 41	面番号 48	
K	0.0000	K	0.0000
C1	-1.74774919e-009	C1	2.98238360e-010
C2	3.60065638e-015	C2	-6.63488568e-014
C3	-6.33371869e-019	C3	8.08884615e-018
C4	-2.58752868e-023	C4	-1.56791602e-022
C5	-1.29026764e-027	C5	-6.64400102e-029
C6	4.06422380e-032	C6	3.42882241e-032
C7	-2.03413277e-036	C7	-1.87278246e-037
C8	0.00000000e+000	C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000	C9	0.00000000e+000
	面番号 43		10
K	0.0000		
C1	-1.52776855e-009		
C2	3.99966157e-014		
C3	-3.59152071e-019		
C4	-2.46490776e-023		
C5	2.62578515e-028		
C6	9.94510225e-032		
C7	-1.17559041e-036		20
C8	0.00000000e+000		
C9	0.00000000e+000		
	面番号 45		
K	0.0000		
C1	-6.79036688e-009		
C2	-4.98113790e-014		
C3	2.59739233e-018		
C4	-5.22422066e-023		
C5	1.38345858e-028		
C6	-9.60600374e-033		
C7	4.93449545e-037		30
C8	0.00000000e+000		
C9	0.00000000e+000		
	面番号 46		
K	0.0000		
C1	-1.23311338e-009		
C2	9.47803783e-014		
C3	-6.59387651e-020		
C4	-4.20864177e-023		
C5	-4.65343524e-028		
C6	-7.27238546e-033		
C7	5.62850375e-037		40
C8	0.00000000e+000		
C9	0.00000000e+000		

表1には設計仕様が周知の如くに表の態様でまとめられている。第1欄は屈折面または別の仕方で表した面の番号、第2欄は面の半径r (mm)、第3欄は面と後続面との厚さとして表した距離d (mm)、第4欄は光学部品の材料、第5欄は入射面に続く部材の材料の屈折率である。第6欄にはレンズの有効自由半径もしくは自由直径の半分 (mm) が記載されている。

## 【0043】

実施形態では13の面、つまり面2、4、7、10、15、19、27、32、41、50

43、45、46、48が非球面である。表2は相応する非球面データを示しており、非球面は以下の規則に従って計算される：

【数1】

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

【0044】

半径の逆数(1/r)は表面曲率、hは表面点と光軸との距離を表す。それとともにp(h)はいわゆる矢高さ、すなわちz方向、すなわち光軸方向における表面点と面頂点との距離である。定数K、C1、C2...が表2にも挙げてある。

10

【0045】

これらのデータで再現可能な光学系1は約193nmの動作波長用に設計されており、そこではすべてのレンズ用に使用される合成石英ガラスの屈折率がn=1.56029である。像側開口数は1.1である。対物レンズは構造長(像平面と物体平面との間の距離)が1297mmである。像寸法が22mmの場合、24.1mmの導光値(開口数と像寸法との積)が達成される。像側動作距離、すなわち最終光学素子34の平らな射出面と像平面3との間の距離は、特段挙げられてはおらず、例えば20~50nmとすることができる。これにより投影対物レンズは近視野リソグラフィー用に適している。

【0046】

近視野リソグラフィーの代りに浸漬リソグラフィーを行いたい場合、それは僅かな変更によって容易に可能である。浸漬媒質が対物レンズの(例えばガラスまたは結晶からなる)最終光学素子と実質的に同じ屈折率である場合、像平面との距離を大きくするために固体は短くされ、生成する一層大きな空隙に浸漬媒質、例えば脱イオン水が充填される。浸漬媒質の屈折率が最終光学部品の屈折率と異なる場合、両方の厚さは最大限互いに調整される。場合によっては球面再補正が好ましく、これは例えば好適なマニプレータを利用して単数または複数のレンズ素子について例えば空気距離の調節によって実施することができる。ここで例示した設計を僅かに変更すると好ましいこともある。

20

【0047】

こうして得られる投影対物レンズは193nmの動作波長において動作し、従来のレンズ製造・被覆技術を用いて製造することができ、100nmよりかなり下の構造解像を可能とする。個々にまたは組合せて有益な多くの設計措置と、絞り5と像平面3との間の領域の新規な構造が、投影対物レンズの内部で光学面の比較的小さな表面負荷において被覆光媒質中に1.1の総開口を可能にする。50nm範囲内の構造幅は開口が1.1ときわめて大きいにもかかわらず優れて表示することができる。そのことは、すべての像高さにわたって193nmにおける低い横収差と2.6mの波面RMS値とで明らかになる。

30

【0048】

紹介した実施例は開口を大きくする方向および/または境界面の数を減らす方向でさらに開発する可能性を提供する。例えば、幾つか対で隣接するレンズをそれぞれ単一のレンズにまとめ、こうして境界面数をそれぞれ2だけ減らすことができる。例えばレンズ23と24、レンズ18と19、レンズ13と14、レンズ26と27、および/またはレンズ11と12はそれぞれ1つのレンズにまとめることができる。場合によってはその際、非球面をずらしましたは変更することができる。レンズをまとめることは、レンズ表面の反射防止および表面粗さが問題であり得る短い波長、例えば157nmにとって特別好ましい。場合によっては、開口を大きくするとき極力僅かに開口を伴う新たな収差を導入するために、最大の開口において絞りの背後に他の正レンズが好ましいことがある。

40

【0049】

本発明の利点は、純屈折型投影対物レンズにおいてだけでなく、反射屈折型投影対物レンズ、特に幾何学的または物理的(極性選択的)光線分割式に作動する投影対物レンズにおいても有益である。特殊性は、なかんずく像近傍の系絞りの領域および系絞りと像平面との間の構造および機能にある。反射屈折型投影対物レンズにおいて少なくとも1つの結

50

像鏡を含む前置された投影対物レンズ部分は、少なくとも縦色収差の過大補正を提供し、最終レンズ群の相応する過小補正を相殺しなければならないであろう。主に、最終レンズ群のペツツヴァル過小補正のための余裕を用意するために、ペツツヴァル過大補正を用意すべきであろう。最終レンズ群は個々の正レンズと同様に球面収差に関して過小補正されているので、前置された対物レンズ部分は全体として球面過大補正的に働くべきであろう。こうした光学特性を達成するための諸措置は専門家には周知であり、それゆえここでは詳しくは説明されない。

【図面の簡単な説明】

【0050】

【図1】動作波長193nm用に設計された屈折型投影対物レンズの実施形態のレンズ断面図である。 10

【符号の説明】

【0051】

1 純屈折型縮小レンズ

2 物体平面

3 像平面

4 光軸

5 系絞り

6 物体側胴部

7 首部

8 像側胴部

9 補助首部

11 負レンズ

12、13 負メニスカスレンズ

14、15、16 正メニスカスレンズ

17 正レンズ

20、21、22 負メニスカスレンズ

23、24 正メニスカスレンズ

25 負メニスカスレンズ

26 レンズ

27、28、29、30 正レンズ

31 負メニスカス

32、33 正レンズ

34 レンズ素子

L G 1 第1レンズ群

L G 2 第2レンズ群

L G 3 第3レンズ群

L G 4 第4レンズ群

L G 5 第5レンズ群

L G 6 第6レンズ群

L G 7 第7レンズ群

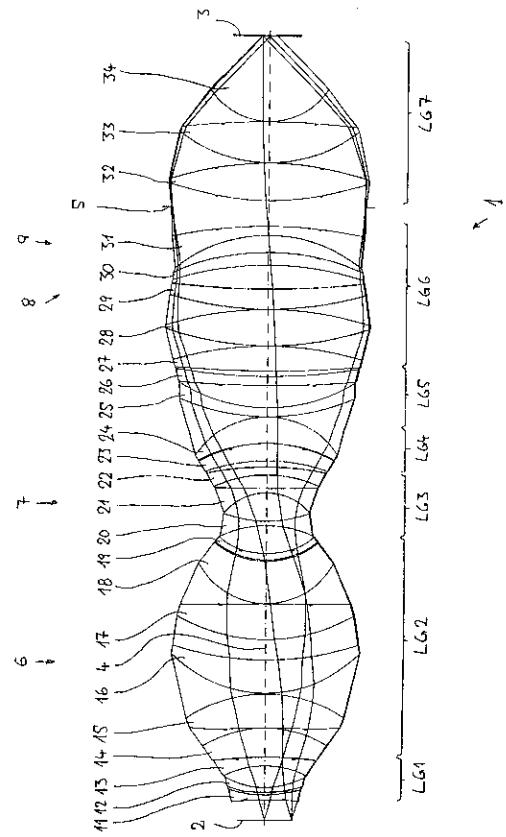
20

20

30

40

【図1】



## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No PCT/EP 02/04846
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G03F7/20		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 G03F		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 01 51979 A (ZEISS CARL) 19 July 2001 (2001-07-19) figure 3; table 2	1,2,4,7
X	WO 01 65296 A (NIPPON KOGAKU KK) 7 September 2001 (2001-09-07) abstract; figure 13; table 1	1,2,4
X	US 2002/005938 A1 (OMURA YASUHIRO) 17 January 2002 (2002-01-17)  paragraph '0114! - paragraph '0117!; figure 9; table 3	1-3, 8-11, 17-21, 25-29
X	EP 1 061 396 A (CANON KK) 20 December 2000 (2000-12-20) abstract; figures 70,73,82	30
-/-		
<input checked="" type="checkbox"/>	Further documents are listed in the continuation of box C.	<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.
* Special categories of cited documents :		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance		
"E" earlier document but published on or after the international filing date		
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)		
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
"T" later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention		
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone		
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.		
"Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 29 January 2003		Date of mailing of the international search report 11.02.03
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Daffner, M

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 02/04846

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002/024741 A1 (ISHII HIROYUKI ET AL) 28 February 2002 (2002-02-28) abstract; figures 5,7 -----	30
X	US 6 008 884 A (HAYASHI KIYOSHI ET AL) 28 December 1999 (1999-12-28) abstract; figure 2 -----	31,32
X	US 5 986 824 A (MERCADO ROMEO I) 16 November 1999 (1999-11-16) abstract; figure 2A -----	31,32

The International Searching Authority has determined that this international application contains multiple (groups of) inventions, namely:

1. Claims: 1-29

1.1. Claims: 1-6

Projection lens with, closest to the image plane, a plano-convex group, the diameter of which is at least 50% of the diameter of the shutter, wherein

(a) the arrangement of the lenses between the system shutter and the image plane is defined.

1.2. Claims: 7, 8, 9

Projection lens with, closest to the image plane, a plano-convex group, the diameter of which is at least 50% of the diameter of the shutter, wherein

(b) the design of the lens is specified as purely refractive and as a one-waist system with a spacing between the system shutter and the image plane which is less than 25% of the overall length.

1.3. Claims: 10-14

Projection lens with, closest to the image plane, a plano-convex group, the diameter of which is at least 50% of the diameter of the shutter, wherein

(c) the working wavelength, glass type, numerical aperture, working distance and image field diameter are defined.

1.4. Claims: 15, 16

Projection lens with, closest to the image plane, a plano-convex group, the diameter of which is at least 50% of the diameter of the shutter, wherein

(d) between the system shutter and the image plane a lens is made aspherical.

1.5. Claims: 17-19, 21-25

Projection lens with, closest to the image plane, a plano-convex group, the diameter of which is at least 50% of the shutter diameter, wherein

(e) meniscus lenses are arranged in front of the system shutter or between the waist and the system shutter.

1.6. Claim: 20

Projection lens with, closest to the image plane, a plano-convex group, the diameter of which is at least 50% of the diameter of the shutter, wherein

(f) the design is specified as a two-waist system with a waist and an auxiliary waist.

1.7. Claims: 26-29

Projection lens with, closest to the image plane, a plano-convex group, the diameter of which is at least 50% of the diameter of the shutter, wherein

(g) the lens groups adjacent to the object plane are defined.

2. Claim: 30

Projection lens for obscuration-free depiction with ultra-violet light, there being arranged between the system shutter and the image plane only lenses having a positive refractive index.

3. Claims: 31, 32

Projection lens, there being arranged directly in front of the system shutter at least one meniscus group having at least two successive meniscus lenses with concave surfaces on the object side.

Please note that all the inventions specified under point 1, though not necessarily linked by a common inventive concept, could be searched in full without entailing effort that would have justified an additional search fee.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 02/04846

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
WO 0151979	A	19-07-2001	AU WO EP WO US US	2875301 A 0155767 A2 1247132 A2 0151979 A2 2002012100 A1 2001043391 A1	24-07-2001 02-08-2001 09-10-2002 19-07-2001 31-01-2002 22-11-2001	
WO 0165296	A	07-09-2001	EP WO	1191378 A1 0165296 A1	27-03-2002 07-09-2001	
US 2002005938	A1	17-01-2002	JP	2001343582 A	14-12-2001	
EP 1061396	A	20-12-2000	JP JP JP JP EP	2000352666 A 2000352667 A 2000356742 A 2000356743 A 1061396 A2	19-12-2000 19-12-2000 26-12-2000 26-12-2000 20-12-2000	
US 2002024741	A1	28-02-2002	JP	2001228401 A	24-08-2001	
US 6008884	A	28-12-1999	JP DE	11006957 A 19818444 A1	12-01-1999 29-10-1998	
US 5986824	A	16-11-1999	NONE			

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 02/04846A. KLASSEIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 G03F7/20

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 G03F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 01 51979 A (ZEISS CARL) 19. Juli 2001 (2001-07-19) Abbildung 3; Tabelle 2	1,2,4,7
X	WO 01 65296 A (NIPPON KOGAKU KK) 7. September 2001 (2001-09-07) Zusammenfassung; Abbildung 13; Tabelle 1	1,2,4
X	US 2002/005938 A1 (OMURA YASUHIRO) 17. Januar 2002 (2002-01-17)  Absatz '0114! - Absatz '0117!; Abbildung 9; Tabelle 3	1-3, 8-11, 17-21, 25-29
X	EP 1 061 396 A (CANON KK) 20. Dezember 2000 (2000-12-20) Zusammenfassung; Abbildungen 70,73,82	30
		-/-

 Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

„Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besondere Bedeutung anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweckmäßig erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist	"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nachlegend ist "%" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
---	---

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

29. Januar 2003

11.02.03

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchebehörde  
Europäisches Patentamt, P.O. Box 5018 Patentan 2  
NL-2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 851 epo nl  
Fax. (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Daffner, M

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 02/04846

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2002/024741 A1 (ISHII HIROYUKI ET AL) 28. Februar 2002 (2002-02-28) Zusammenfassung; Abbildungen 5,7 -----	30
X	US 6 008 884 A (HAYASHI KIYOSHI ET AL) 28. Dezember 1999 (1999-12-28) Zusammenfassung; Abbildung 2 -----	31,32
X	US 5 986 824 A (MERCADO ROMEO I) 16. November 1999 (1999-11-16) Zusammenfassung; Abbildung 2A -----	31,32

<b>INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT</b>		Internationales Aktenzeichen PCT/EP 02/04846
<b>Feld I</b> Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)		
<p>Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein Recherchenbericht erstellt:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <input type="checkbox"/> Ansprüche Nr. weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche die Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich</li> <li>2. <input type="checkbox"/> Ansprüche Nr. weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, daß eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich</li> <li>3. <input type="checkbox"/> Ansprüche Nr. weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefaßt sind.</li> </ol>		
<b>Feld II</b> Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)		
<p>Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:</p> <p style="text-align: center;">siehe Zusatzblatt</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <input checked="" type="checkbox"/> Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.</li> <li>2. <input type="checkbox"/> Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchengebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.</li> <li>3. <input type="checkbox"/> Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.</li> <li>4. <input type="checkbox"/> Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Der internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfaßt:</li> </ol>		
<p><b>Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs</b></p> <p><input type="checkbox"/> Die zusätzlichen Gebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Die Zahlung zusätzlicher Recherchengebühren erfolgte ohne Widerspruch.</p>		

Internationales Aktenzeichen PCT/EP 02 04846

WEITERE ANGABEN	PCT/ISA/ 210
<p>Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:</p> <p>1. Ansprüche: 1-29</p> <p>1.1. Ansprüche: 1-6 Projektionsobjektiv mit einer der Bildebene nächst gelegenen Plankonvexgruppe deren Durchmesser mindestens 50% des Blendendurchmessers beträgt, wobei (a) die Anordnung der Linsen zwischen Systemblende und Bildebene definiert wird.</p> <p>1.2. Ansprüche: 7,8,9 Projektionsobjektiv mit einer der Bildebene nächst gelegenen Plankonvexgruppe deren Durchmesser mindestens 50% des Blendendurchmessers beträgt, wobei (b) die Bauform des Objektives als rein refraktiv und Ein-Taillensystem festgelegt wird mit einem Abstand zwischen der Systemblende und der Bildebene der weniger als 25 % der Baulänge beträgt.</p> <p>1.3. Ansprüche: 10-14 Projektionsobjektiv mit einer der Bildebene nächst gelegenen Plankonvexgruppe deren Durchmesser mindestens 50% des Blendendurchmessers beträgt, wobei (c) die Arbeitswellenlänge, Glasart, numerische Apertur, Arbeitsabstand und Bildfelddurchmesser definiert werden.</p> <p>1.4. Ansprüche: 15,16 Projektionsobjektiv mit einer der Bildebene nächst gelegenen Plankonvexgruppe deren Durchmesser mindestens 50% des Blendendurchmessers beträgt, wobei (d) zwischen Systemblende und Bildebene eine Linse asphärisiert wird.</p> <p>1.5. Ansprüche: 17-19,21-25 Projektionsobjektiv mit einer der Bildebene nächst gelegenen Plankonvexgruppe deren Durchmesser mindestens 50% des Blendendurchmessers beträgt, wobei (e) vor der Systemblende bzw. zwischen Taille und Systemblende Meniskuslinsen angeordnet sind.</p> <p>1.6. Anspruch : 20 Projektionsobjektiv mit einer der Bildebene nächst gelegenen Plankonvexgruppe deren Durchmesser mindestens 50% des Blendendurchmessers beträgt, wobei</p>	

Internationales Aktenzeichen PCT/EP 02 A4846

WEITERE ANGABEN	PCT/ISA/ 210
<p>(f) die Bauform als Zwei - Tailen - System mit Taille und Hilfstaille festgelegt wird.</p> <p>1.7. Ansprüche: 26-29 Projektionsobjektiv mit einer der Bildebene nächst gelegenen Plankonvexgruppe deren Durchmesser mindestens 50% des Blendendurchmessers beträgt, wobei (g) die der Objektebene benachbarten Linsengruppen definiert werden.</p> <p>2. Anspruch : 30 Projektionsobjektiv zur obskurationsfreien Abbildung mit Ultraviolettlicht wobei zwischen der Systemblende und der Bildebene nur Linsen positiver Brechkraft angeordnet sind.</p> <p>3. Ansprüche: 31,32 Projektionsobjektiv, wobei unmittelbar vor der Systemblende mindestens eine Meniskusgruppe mit mindestens zwei aufeinanderfolgenden Meniskuslinsen mit objektseitigen Konkavflächen angeordnet ist.</p> <p>Bitte zu beachten daß für alle unter Punkt 1 aufgeführten Erfindungen, obwohl diese nicht unbedingt durch ein gemeinsames erfinderisches Konzept verbunden sind, ohne Mehraufwand der eine zusätzliche Recherchengebühr gerechtfertigt hätte, eine vollständige Recherche durchgeführt werden konnte.</p>	

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 02/04846

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 0151979	A	19-07-2001	AU	2875301 A		24-07-2001
			WO	0155767 A2		02-08-2001
			EP	1247132 A2		09-10-2002
			WO	0151979 A2		19-07-2001
			US	2002012100 A1		31-01-2002
			US	2001043391 A1		22-11-2001
WO 0165296	A	07-09-2001	EP	1191378 A1		27-03-2002
			WO	0165296 A1		07-09-2001
US 2002005938	A1	17-01-2002	JP	2001343582 A		14-12-2001
EP 1061396	A	20-12-2000	JP	2000352666 A		19-12-2000
			JP	2000352667 A		19-12-2000
			JP	2000356742 A		26-12-2000
			JP	2000356743 A		26-12-2000
			EP	1061396 A2		20-12-2000
US 2002024741	A1	28-02-2002	JP	2001228401 A		24-08-2001
US 6008884	A	28-12-1999	JP	11006957 A		12-01-1999
			DE	19818444 A1		29-10-1998
US 5986824	A	16-11-1999		KEINE		

---

フロントページの続き

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

F ターム(参考) 5F046 BA03 CB12 CB25 DA12