(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5476482号
(P5476482)

(45)発行日　平成26年4月23日(2014.4.23)　(24)登録日　平成26年2月14日(2014.2.14)

(51)Int.Cl.		F I		
G02B 17/08	(2006.01)	G02B	17/08	A
G02B 13/18	(2006.01)	G02B	13/18	
H01L 21/027	(2006.01)	H01L	21/30	515D

請求項の数 14　(全 20 頁)

(21)出願番号	特願2012-535717 (P2012-535717)
(86)(22)出願日	平成22年9月28日 (2010.9.28)
(65)公表番号	特表2013-509603 (P2013-509603A)
(43)公表日	平成25年3月14日 (2013.3.14)
(86)国際出願番号	PCT/EP2010/064380
(87)国際公開番号	WO2011/051069
(87)国際公開日	平成23年5月5日 (2011.5.5)
審査請求日	平成24年6月27日 (2012.6.27)
(31)優先権主張番号	102009046098.5
(32)優先日	平成21年10月28日 (2009.10.28)
(33)優先権主張国	ドイツ(DE)

(73)特許権者　503263355
カール・ツァイス・エスエムティー・ゲーエムベーハー
ドイツ連邦共和国、７３４４７　オーバーコッヘン、ルドルフ・エーバー・シュトラーセ　２
(74)代理人　100092093
弁理士　辻居　幸一
(74)代理人　100082005
弁理士　熊倉　禎男
(74)代理人　100067013
弁理士　大塚　文昭
(74)代理人　100086771
弁理士　西島　孝喜

最終頁に続く

(54)【発明の名称】反射光学構成要素と測定デバイスとを含む反射屈折投影対物系

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

結像放射線を用いて物体視野を像視野上に結像するための反射屈折投影対物系であって、

少なくとも１つの反射光学構成要素（１，２１９，２２１，２２３，３０１，５２３）及び測定デバイス（３，３０３）、

を含み、

前記反射光学構成要素（１，２１９，２２１，２２３，３０１，５２３）は、投影対物系の作動中に、結像放射線の第１の部分（１１，３１１，４１１）を反射し、かつ該結像放射線の第２の部分（１３，３１３，４１３）を透過させ、

前記結像放射線のうちの前記反射される第１の部分（１１，３１１，４１１）は、前記物体視野の結像に少なくとも部分的に寄与し、

前記結像放射線のうちの前記透過される第２の部分（１３，３１３，４１３）は、前記測定デバイス（３，３０３，４０３）に少なくとも部分的に入力され、

前記結像放射線のうちの前記透過される第２の部分（１３，３１３，４１３）は、前記反射光学構成要素上に入射する該結像放射線（９，３０９，４０９）の１０％よりも少ない量であり、

前記反射光学構成要素（１，２１９，２２１，２２３，３０１，５２３）は、前記投影対物系の作動中に、１つ又は複数の照明領域（５４７）を有し、該照明領域（５４７）は、１つ又は複数の部分領域（５４９）を有し、

前記部分領域（５４９）の各点において、前記結像放射線の一部は、透過されて前記測定デバイス（３，３０３，４０３）に入力され、該部分領域（５４９）の外側の該照明領域（５４７）の各点において、該結像放射線のうちの前記透過される第２の部分は、０．５％よりも少ない、

ことを特徴とする反射屈折投影対物系。

【請求項２】

前記反射光学構成要素（１，２２３，３０１，５２３）は、瞳の近くに配置される、

ことを特徴とする請求項１に記載の反射屈折投影対物系。

【請求項３】

前記反射光学構成要素（１，２１９，２２１，３０１）は、前記視野の近くに配置される、

ことを特徴とする請求項１に記載の反射屈折投影対物系。

【請求項４】

前記反射光学構成要素（１，２１９，２２１，２２３，３０１，５２３）は、湾曲している、

ことを特徴とする請求項１から請求項３のいずれか１項に記載の反射屈折投影対物系。

【請求項５】

前記結像放射線のうちの前記透過される第２の部分（１３，３１３，４１３）は、前記反射光学構成要素上に入射する該結像放射線（９，３０９，４０９）の０．１％と５％の間の量である、

ことを特徴とする請求項１から請求項４のいずれか１項に記載の反射屈折投影対物系。

【請求項６】

前記測定デバイス（３，３０３，４０３）は、前記結像放射線のうちの前記透過される第２の部分（１３，３１３，４１３）の強度の空間分解測定のための少なくとも１つの構成要素を含む、

ことを特徴とする請求項１から請求項５のいずれか１項に記載の反射屈折投影対物系。

【請求項７】

前記部分領域（５４９）は、規則的な格子の形態で配置される、

ことを特徴とする請求項１から請求項６のいずれか１項に記載の反射屈折投影対物系。

【請求項８】

前記測定デバイス（３，３０３，４０３）は、前記結像放射線のうちの前記透過される第２の部分（１３，３１３，４１３）を少なくとも１つの感放射線センサ（１７，３１７，４４３）上に誘導する測定光学ユニット（１５，３１５，４４５）を含む、

ことを特徴とする請求項１から請求項７のいずれか１項に記載の反射屈折投影対物系。

【請求項９】

前記反射光学構成要素（１，２１９，２２１，２２３，３０１，５２３）は、反射コーティング（４０７）を有し、前記測定デバイスは、少なくとも１つの感放射線センサを含み、該感放射線センサは、前記結像放射線のうちの前記透過された第２の部分（１３，３１３，４１３）が、該反射コーティング（４０７）と該感放射線センサ（４４３）の間で更に別の光学構成要素を通過することなく該少なくとも１つの感放射線センサ上に入射するように、該反射光学構成要素（１，２１９，２２１，２２３，３０１，５２３）に直接に接続される、

ことを特徴とする請求項１から請求項７のいずれか１項に記載の反射屈折投影対物系。

【請求項１０】

前記測定デバイス（３０３）は、前記結像放射線のうちの前記透過された第２の部分（３１３）の通過又は吸収時に該結像放射線とは異なる波長を有する２次放射線（３３９）を放出する構成要素（３３７）を含む、

ことを特徴とする請求項１から請求項８のいずれか１項に記載の反射屈折投影対物系。

【請求項１１】

前記結像放射線は、１９３ｎｍの波長を有する、

ことを特徴とする請求項１から請求項１０のいずれか１項に記載の反射屈折投影対物系。

【請求項１２】

請求項１から請求項１１のいずれか１項に記載の反射屈折投影対物系、

を含むことを特徴とするマイクロリソグラフィ投影露光装置。

【請求項１３】

結像放射線を用いて物体視野を像視野上に結像するための反射屈折投影対物系内で反射光学構成要素（１，２１９，２２１，２２３，３０１，５２３）の場所で測定デバイス（３，３０３，４０３）を用いて測定される該結像放射線の強度を測定する方法であって、

前記反射光学構成要素（１，２１９，２２１，２２３，３０１，５２３）は、前記投影対物系の作動中に、１つ又は複数の照明領域（５４７）を有し、該照明領域（５４７）は、１つ又は複数の部分領域（５４９）を有し、

前記反射光学構成要素（１，２１９，２２１，２２３，３０１，５２３）において、投影対物系の作動中に、結像放射線の第１の部分（１１，３１１，４１１）が反射され、該結像放射線の第２の部分（１３，３１３，４１３）が透過され、

前記結像放射線のうちの前記反射された第１の部分（１１，３１１，４１１）は、物体視野の結像に少なくとも部分的に寄与し、該結像放射線のうちの前記透過された第２の部分（１３，３１３，４１３）は、測定デバイス（３，３０３，４０３）に少なくとも部分的に入力され、

前記結像放射線のうちの前記透過される第２の部分（１３，３１３，４１３）は、前記反射光学構成要素上に入射する該結像放射線（９，３０９，４０９）の１０％よりも少ない量であり、

前記部分領域（５４９）の各点において、前記結像放射線の一部は、透過されて前記測定デバイス（３，３０３，４０３）に入力され、該部分領域（５４９）の外側の該照明領域（５４７）の各点において、該結像放射線のうちの前記透過される第２の部分は、０．５％よりも少ない、

ことを特徴とする方法。

【請求項１４】

前記結像放射線を用いた前記強度の前記測定は、像平面の場所での感光層の露光と同時に行われる、

ことを特徴とする請求項１３に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、反射光学構成要素及び測定デバイスを含む物体視野を像視野上に結像するための反射屈折投影対物系、そのような反射屈折投影対物系を含むマイクロリソグラフィ投影露光装置、並びにそのような反射屈折投影対物系内の反射光学構成要素の場所における結像放射線の強度を測定する方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

マイクロリソグラフィ投影露光装置は、フォトリソグラフィ法を用いて微細構造化構成要素を製造する機能を果たす。この場合、構造担持マスク、いわゆるレチクルが照明系を用いて照明され、投影光学ユニットを用いて感光層上に結像される。この場合、最小特徴部サイズ、すなわち、そのような投影光学ユニットを用いて結像することができる分解能は、様々なファクタによって判断される。まず、分解能は、使用される結像光の波長に関連し、この場合、使用される結像光の波長が短い程、結像することができる構造は小さい。更に、感光層の場所における結像光の開口数が大きい程、分解能は大きい。

【０００３】

しかし、この結像品質を保証するためには、投影対物系の像誤差が十分に小さいことが必要である。これは、例えば、λが、使用される結像光の波長である場合に、投影対物系

の波面収差が、数ミリλ（ｍλ）の桁のものであることを意味する。しかし、マイクロリソグラフィ投影露光装置の作動中には、投影対物系の波面収差に悪影響を及ぼす可能性がある様々な効果が発生する。すなわち、例えば持続的な照射に起因して、例えば石英又はフリントガラスのような様々なレンズ材料は、材料のコンパクションの形で損傷をもたらす。それによってレンズ内に応力が誘起され、この応力は、応力複屈折を招く可能性がある。更に、ミラー及びレンズのような全ての光学構成要素が、ある一定の残余吸収を有し、この残余吸収は、投影対物系の作動中に光学要素が加熱されるという結果を有する。この加熱は、得られる材料膨張に起因して光学要素の変形、更にまた屈折率変化をもたらす可能性がある。

【０００４】

全てのこれらの効果は、投影対物系の波面収差の変化を招き、それによって結像品質が悪影響を受ける。この理由から、一般的に投影対物系は、系のそのような変化を補償することができる例えば変位可能又は傾斜可能な光学要素のような複数の補正手段を含む。しかし、これらの補正手段を駆動するためには、投影対物系の波面収差を非常に正確に測定する必要がある。この目的のために一般的に露光工程は中断され、例えば、波面収差の干渉計測が実施される。しかし、測定目的での中断は、ある一定の単位時間内に少数の微細構造化構成要素しか製造することができないという結果を有する。更に、そのような計測方法は、感光層の露光中に投影対物系の波面収差が変化する可能性があり、この変化が、次回の測定中断時にしか確認されないという欠点を有する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００５】

【特許文献１】ＷＯ２００４／０１９２８

【非特許文献】

【０００６】

【非特許文献１】Ｍｉｃｈａｅｌ　Ｊ．Ｋｉｄｇｅｒ著「基礎光学設計（Ｆｕｎｄａｍｅｎｔａｌ　Ｏｐｔｉｃａｌ　Ｄｅｓｉｇｎ）」、ＳＰＩＥ　ＰＲＥＳＳ、米国ワシントン州ベリンガム

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

従って、本発明の目的は、結像放射線による感光層の露光と測定デバイスを用いたこの結像放射線のモニタリングとが同時に可能になるような反射光学構成要素及び測定デバイスを含む反射屈折投影対物系を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

この目的は、少なくとも１つの反射光学構成要素及び測定デバイスを含む結像放射線を用いて物体視野を像視野上に結像するための反射屈折投影対物系を用いて達成される。この場合、反射光学構成要素は、投影対物系の作動中に結像放射線のうちの第１の部分を反射し、結像放射線の第２の部分を透過するように配置される。この場合、結像放射線のうちの反射される第１の部分は、物体視野の結像に少なくとも部分的に寄与し、結像放射線の第２の部分は、測定デバイスに少なくとも部分的に入力される。更に、結像放射線のうちの透過される第２の部分は、反射光学構成要素上に入射する結像放射線の１０％よりも少ない。

【０００９】

１つの発展実施形態では、反射光学構成要素は、瞳の近くに配置される。この配列は、反射光学構成要素の場所における結像放射線の強度分布が瞳平面内の強度分布に実質的に対応するという利点を有する。

【００１０】

代替実施形態では、反射光学構成要素は、投影対物系内で視野の近くに配置される。こ

の実施形態は、反射光学構成要素の場所における結像放射線の強度分布が視野平面内の強度分布に実質的に対応するという利点を有する。

【００１１】

本発明による反射屈折投影対物系の更に別の実施形態では、反射光学構成要素は、発散効果、集束効果、又は平行化効果を発生させるために湾曲している。この実施形態は、投影対物系内の特定の設計条件に起因していずれにせよ存在する反射光学構成要素を強度分布を測定するために同時に使用することができるという利点を有する。反射屈折投影対物系は、多くの場合に、取りわけ、結像の像視野湾曲を補正するのに、凹ミラーが使用されるということを特徴とする。本発明により、いかなる付加的な反射光学構成要素も必要とされないように、そのようなミラーには、同時に測定デバイスを設けることができる。

【００１２】

１つの特定的な実施形態では、反射屈折投影対物系は、結像放射線のうちの透過される第２の部分が、反射光学構成要素上に入射する結像放射線の０．１％と５％の間であるように構成される。それによって達成されることは、一方で測定デバイスを用いて十分な割合の結像放射線を測定することができ、他方で投影対物系の像平面内の結像放射線の強度がそれ程低減されず、従って、ある一定の単位時間内に製造することができる微細構造化構成要素の個数はそれ程減少しないことである。

【００１３】

補足的に、反射屈折投影対物系は、測定デバイスが、結像放射線のうちの透過される第２の部分の強度の空間分解測定のための少なくとも１つの構成要素を含むように実施することができる。強度の空間分解測定は、材料変化及び加熱のような系の特性を評価するためのより大きいデータベースを可能にする。従って、反射光学構成要素の場所における強度分布に影響を及ぼす異なる効果の間で区別を付けることができる。

【００１４】

更に別の実施形態では、反射屈折投影対物系は、反射光学構成要素が、投影光学ユニットの作動中に１つ又は複数の照明領域を有し、照明領域の各点において結像放射線の一部が透過されて測定デバイスに入力されるということに基づいて開発される。この実施形態では、反射光学構成要素の照明領域全体が測定デバイスを用いて検出される。この実施形態は、測定デバイスによってモニタされないいかなる領域も存在しないという利点を有する。

【００１５】

代替的に、反射屈折投影対物系は、反射光学構成要素が投影光学ユニットの作動中に１つ又は複数の照明領域を有し、照明領域が１つ又は複数の部分領域を有し、部分領域の各点では、結像放射線の一部が透過されて測定デバイスに入力され、照明領域のうちで部分領域の外側の各点では、結像放射線のうちの透過される第２の部分が０．５％よりも少ないように開発することができる。多くの測定目的では、個別の部分領域内の結像放射線を測定するだけで十分であるので、この実施形態は、反射光学構成要素の高い全反射率と同時にそのような測定を可能にする。１つの特定の構成では、部分領域は、部分領域の各点において結像放射線が完全に透過されるように開発することができる。この構成は、例えば、１つ又はそれよりも多くの孔の形態に実施された１つ又は複数の部分領域によって達成することができる。

【００１６】

この場合、部分領域は、例えば、規則的な格子の形態で配置することができる。例えば、直交格子又は極格子が可能である。このようにして、測定データを測定部分領域の間の領域に適切に外挿することができる。

【００１７】

反射屈折投影対物系の更に別の実施形態では、測定デバイスは、結像放射線のうちの透過される第２の部分を少なくとも１つの感放射線センサ上に誘導する測定光学ユニットを含む。測定光学ユニットの使用は、結像放射線を測定するためのセンサを必要に応じてより簡単に取り替えることができるように残りの構成要素からある一定の距離の位置に配置

することを可能にする。そのような場合には、測定光学ユニットは、この距離が架橋されるように具現化される。測定光学ユニットの使用は、反射光学構成要素上の強度分布がセンサ上に良好に結像されるように、測定光学ユニットを用いて歪曲補正を提供することができるという更に別の利点を有する。更に、測定光学ユニットを用いて反射屈折投影対物系内の反射光学構成要素の位置を補償することができる。従って、それは、測定デバイスを用いて反射屈折投影対物系の瞳平面内の結像放射線の強度分布を測定することができる場合は特に有利である。この測定は、反射光学構成要素が投影対物系の瞳平面の近くに配置される場合に特に良好に達成することができる。しかし、反射光学構成要素が瞳平面の近くに配置されないように投影対物系が構成される場合には、それでもなおセンサが瞳平面又は光学的に共役な瞳平面の近くに配置されるように測定光学ユニットを具現化することができる。本発明による測定デバイスを用いて反射屈折投影対物系の視野平面内の強度分布を測定することが意図される場合にも同じことが相応に成り立つ。言い換えれば、反射光学構成要素が反射屈折投影対物系の視野平面の近くに配置されない場合であっても、測定光学ユニットの適切な実施形態により、依然としてセンサを視野平面又は光学的に共役な視野平面の近くに配置することができる。そのような実施形態の場合には、この配列により、反射屈折投影対物系の視野平面内の強度分布を測定することが同様に可能になる。

【００１８】

代替的に、反射屈折投影対物系は、結像放射線のうちの透過される第２の部分が、反射コーティングと感放射線センサの間で更に別の光学構成要素を通過することなく、この少なくとも１つの感放射線センサ上に入射するように、測定デバイスが、反射光学構成要素に直接に接続した少なくとも１つの感放射線センサを含むように開発することができる。このようにして、介在する測定光学ユニット内での測定される放射線の吸収を回避することができる。

【００１９】

別の設計では、反射屈折投影対物系の測定デバイスは、結像放射線のうちの透過される第２の部分の通過又は吸収時に結像放射線とは異なる波長を有する２次放射線を放出する構成要素を含む。それによって達成することができることは、結像放射線の波長範囲ではなく２次放射線の波長範囲に最大感度を有するセンサを使用することができることである。

【００２０】

更に別の実施形態では、反射屈折投影対物系は、結像品質を補正するための補正手段を含む。この実施形態は、長期にわたって良好な結像を保証することができるという利点を有する。

【００２１】

反射屈折投影対物系内に使用することができる可能な補正手段は、以下の通りである。

－例えば、レーザ共振器内の圧力を変更すること又は使用されるスペクトルフィルタを修正することのような光源の適切な修正による結像波長の変更。

－系の光軸に沿って変位可能な光学要素。

－系の光軸と垂直に変位可能な光学要素。

－系の光軸に対して直角な軸の回りに傾斜可能な光学要素。

－系の光軸の回りに回転可能な非回転対称非球面要素（アルバレスマニピュレータ）。

－互いに対して変位可能な反対形状の光学要素、好ましくは、非球面平面板（アルバレスマニピュレータ）。

－変形可能光学要素、特に適応ミラー。

－例えば、赤外線放射線を用いて局所的に加熱可能及び／又は冷却可能な光学要素。

－例えば、液浸液のような広域的に加熱可能又は冷却可能な光学要素。

－光学要素の間のガス空間内のガス組成の変更。

－光学要素の間のガス空間内のガス圧力の変更。

【００２２】

補足的に、反射屈折投影対物系は、測定デバイスが、評価ユニットに転送される測定値信号を生成し、評価系が、測定値信号を用いて補正手段を駆動するための制御信号を供給するように構成することができる。これは、例えば、光学要素の加熱に起因して変化が発生した場合に、結像品質を迅速に補正することを可能にする。測定デバイスの測定値信号から、評価ユニットは、適切な補償を提供するためにはどの補正手段をどの程度駆動すべきであるかを判断する。利用可能になる制御信号は、理想的には感光層の露光を中断しなくてもよいように、ほぼ瞬間的な駆動を可能にする。同時に、測定デバイスを使用する継続的な測定により、評価ユニットは、補正手段の効果を即時に検査し、必要に応じて適応制御信号を供給することができる。

【００２３】

反射屈折投影対物系では、多くの場合に１９３ｎｍの波長を有する結像放射線が使用される。この波長は、第１に、良好な結像分解能が得られるように比較的短く、第２に、結像放射線が過度に大きい程度で吸収されることなく石英又はCaF_2のような公知の材料を使用することができるという利点を有する。

【００２４】

本発明による反射屈折投影対物系を含むマイクロリソグラフィ投影露光装置は、投影対物系を参照して上述した利点を有する。

【００２５】

本発明は、更に、結像放射線を用いて物体視野を像視野上に結像するための反射屈折投影対物系内で反射光学構成要素の場所において結像放射線の強度を測定する方法に関する。本方法では、測定デバイスを用いて強度が測定され、投影対物系の作動中に結像放射線の第１の部分が反射され、結像放射線の第２の部分が透過される。この場合、結像放射線のうちの反射される第１の部分は、物体視野の結像に少なくとも部分的に寄与し、それに対して結像放射線のうちの透過される第２の部分は、測定デバイスに少なくとも部分的に入力される。本方法は、結像放射線のうちの反射される第１の部分の強度分布を結像放射線のうちの透過される第２の部分の強度分布から直接推定することができるという利点を有する。従って、本方法を使用すると、放射線のうちの反射される第１の部分を測定デバイスに入力することなく、この第１の部分の強度分布を測定することができる。

【００２６】

本発明による方法の１つの発展形態では、結像放射線を用いた強度の測定は、像平面の場所における感光層の露光と同時に行われる。この形態は、例えば、加熱の結果として起こり得る系の変化を即時に記録し、露光工程を中断する必要なく相応に補償することができるように、露光に使用される結像放射線が同時に測定されるという利点を有する。

【００２７】

本発明を図面を参照してより詳細に以下に説明する。

【図面の簡単な説明】

【００２８】

【図１】測定デバイスを有する本発明による反射光学要素の第１の実施形態を示す図である。

【図２】本発明による測定デバイスを使用することができる反射屈折投影対物系のレンズ断面を示す図である。

【図３】本発明による測定デバイスの発展実施形態を示す図である。

【図４ａ】複数のセンサユニットを含む本発明による測定デバイスの実施形態を示す図である。

【図４ｂ】反射コーティングと感放射線センサの間にいかなる更に別の光学構成要素も配置されない実施形態を示す図である。

【図５】照明領域が規則的な格子の形態で配置された複数の部分領域を有する図２に記載の投影対物系の凹反射光学構成要素の平面図である。

【発明を実施するための形態】

【００２９】

参照符号は、図１に例示している物体に１桁又は２桁の数字が付与されるように選択したものである。それ以降の図に例示している物体は、３つ又はそれよりも多い桁を有する参照符号を有し、この場合、最後の２桁は物体を示し、上位桁は、物体が例示されている図の番号を示している。従って、複数の図に例示している等しい物体の参照番号は、最後の２桁に関して一致する。例示的に、参照符号３、３０３、及び４０３は、図１、図３、及び図４の測定デバイスを示している。

【００３０】

図１は、測定デバイス３を有する本発明による反射光学構成要素の第１の実施形態１を示している。この場合、反射光学構成要素１は、基板５及び反射コーティング７を含む。結像放射線９は、反射光学構成要素１上に入射し、この放射線のうちの第１の部分１１は反射され、第２の部分１３は透過する。この事例では、透過される第２の部分１３が、反射光学構成要素１を貫通して測定デバイス３に入力されるように、基板５は、結像放射線のうちの透過される第２の部分１３に対しては少なくとも部分的に透過性を有する。代替的に、測定デバイス３は、反射光学構成要素１内に直接に統合されるように考えることができる。図示の実施形態では、測定デバイス３は、測定光学ユニット１５及びセンサ１７を含む。図１では、測定光学ユニット１５を凸レンズの形態で略示している。測定デバイス３の所要の設計に基づいて、適切な測定光学ユニット１５を見出すことができる。この場合、センサ１７は、それを必要に応じてより簡単に取り替えることができるように、残りの構成要素からある一定の距離の位置に配置する必要がある場合がある。そのような場合には、測定光学ユニット１５は、この距離が架橋されるように具現化される。センサ１７は、例えば、半導体検出器とすることができ、この場合、例えば、ＭＯＳダイオード、ショットキーダイオード、フォトダイオード、又はフォトトランジスタが可能である。代替的に、センサ１７は、結像放射線のうちの透過される第２の部分１３を直接検出するのではなく、この結像放射線によってもたらされる２次効果を検出するように構成することができる。この場合、例えば、１つ又は複数のサーミスタの形態で構成されたセンサ１７によって加熱を検出することができる。１つの好ましい実施形態では、センサ１７は複数の領域に分割され、その結果、結像放射線のうちの透過される第２の部分１３の空間分解測定が可能になる。測定光学ユニット１５は、様々な更に別の機能を満たすように設計することができる。まず、反射光学構成要素１上の強度分布がセンサ１７上に明確に結像されるように、測定光学ユニット１５を用いて歪曲補正を提供することができる。更に、測定光学ユニット１５を用いて反射屈折投影対物系内の反射光学構成要素１の位置を補償することができる。この場合、それは、測定デバイス３を用いて反射屈折投影対物系の瞳平面内の結像放射線の強度分布を測定することができる場合に特に有利である。この測定は、反射光学構成要素１が投影対物系の瞳平面の近くに配置された場合に特に良好に達成することができる。しかし、反射光学構成要素が瞳平面の近くに配置されないように投影光学ユニットが構成される場合には、それもなおセンサ１７が瞳平面又は光学的に共役な瞳平面の近くに配置されるように測定光学ユニットを実施することができる。反射屈折投影対物系の視野平面内の強度分布を本発明による測定デバイスを用いて測定することが意図される場合にも同じことが相応に成り立つ。言い換えれば、反射光学構成要素１が反射屈折投影対物系の視野平面の近くに配置されなくても、測定光学ユニット１５の適切な実施形態では、それもなおセンサ１７を視野平面又は光学的に共役な視野平面の近くに配置することができる。そのような実施形態の場合には、これは、同様に、反射屈折投影対物系の視野平面内の強度分布を測定することを可能にする。

【００３１】

反射コーティング７は、様々な形式に実施することができる。結像放射線のうちの透過される第２の部分１３は、反射コーティング７の種類に依存して異なる強度を有する。それは、透過される第２の部分１３が、一方では感光基板の露光に使用される反射される第２の部分１１が可能な限り大きくされることからこの場合に可能な限り小さく、他方では測定デバイス３を使用する良好な測定を保証するのには十分に大きい場合に特に有利である。従って、反射コーティング７の適切な透過率Ｔを感光層の特性と測定デバイスの特性

から計算することができる。

【００３２】

層を通過する時の放射線の面出力密度ρに対して次式が成り立つ。

$$\rho_{incident} \cdot T = \rho_{transmitted}$$

及び

$$\rho_{incident} \cdot (1-T) = \rho_{reflected}$$

反射コーティング内の吸収は無視されている。

【００３３】

従って、次式がもたらされる。

$$\rho_{reflected} \cdot \frac{T}{1-T} = \rho_{transmitted}$$

感光層の露光を提供するために、

$$\tau_{image} = 50ms$$

という一般的な露光時間にわたって面エネルギ密度：

$$\rho_{image} = 0.6 \frac{W}{cm^2}$$

が必要である。

【００３４】

面出力密度ρ_{image}は、第１に、更に別の光学要素における吸収に起因してある一定の割合Ｌのみが像平面に到達することにおいて（図２に記載の実施形態では、Ｌは約８０％である）、第２に、間に存在する光学要素の光学効果に起因して照明サイズが異なることにおいて反射放射線の面出力密度とは異なる。像平面内では、近似的に、

$$A_{image} = 26mm \cdot 5mm = 130mm^2$$

の領域が照明されるが、反射光学要素の場所における照明サイズは、反射光学要素のサイズに照明面積の百分率Ｑを乗じたもので与えられる。

$$A_{optical\ area} \cdot Q$$

それによって次式がもたらされる。

$$\rho_{reflected} = \frac{\rho_{image} \cdot A_{image}}{L \cdot A_{optical\ area} \cdot Q}$$

【００３５】

図２に記載の例示的な実施形態では、光学面積は以下の通りである。

$$A_{optical\ area} \cdot \approx 43744mm^2$$

従って、透過面出力密度は、センサの特性から判断することができ、この場合、第１に、測定光学ユニットが吸収を示し、第２に、それが、結像放射線のうちの透過される第２の部分１３をより小さい領域上に集中させるという事実により、場合によって測定光学ユニットが面出力密度を変化させることを考慮すべきである。従って、次式が成り立つ。

$$\rho_{sensor} = \rho_{transmitted} \cdot R$$

ここで、Ｒは、測定光学ユニット１５の正確な構成に依存する。

【００３６】

一般的な半導体センサは、ピクセルに分割され、この場合、これらのピクセルは、一般的に１０ｍｓの期間τ_{sensor}にわたって約E_{sensor}＝４．３・10^{-12}Ｊのエネルギが印加された場合に起動される。そのようなピクセルが約９μｍ×９μｍ＝８１・10^{-6}ｃｍ^{2}のサイズを有する場合には、これは、必要な面出力密度：

$$\rho_{sensor} \approx 5.3 \cdot 10^{-5} \frac{W}{cm^2}$$

をもたらす。

【００３７】

それによって透過率に対して全体として次式がもたらされる。

$$\frac{\rho_{sensor}}{R} = \frac{T}{1-T} \frac{\rho_{image} \cdot A_{image}}{L \cdot A_{optical\ area} \cdot Q}$$

【００３８】

必要な透過率に対する推定値として、Ｒ＝１及びＱ＝１が成り立つと仮定することができ、すなわち、透過される第２の部分１３の面出力は、反射光学構成要素の区域と正確に同じサイズを有するセンサ区域にわたって配分される。それによって次式がもたらされる。

$$T = (1 + \frac{\rho_{image} \cdot A_{image}}{L \cdot \rho_{sensor} A_{optical\ area}})^{-1} \approx 2.3\%$$

【００３９】

特定の用途において、反射光学構成要素１の部分領域しか照明されないか、又は測定光学ユニットが集中方式に実施され、従って、Ｒ＜１がもたらされる場合は、それは、更に、有意に低い透過率が要求される場合である。

【００４０】

反射コーティング７として様々な形態のコーティングを使用することができ、コーティングの種類は、結像放射線の波長及び反射光学構成要素上の入射角の大きさに依存する。

【００４１】

例えば、図２に記載の例示的な実施形態における２つの折り返しミラー２１９及び２２１の場合に発生する３０°から６０°の範囲の入射角、及び１９３ｎｍの波長を考えると、例えば、アルミニウムと酸化アルミニウムから構成される２層コーティングを使用することができる。正確な層構成を表１に示す。このコーティングでは、３０°から６０°の入射角スペクトルに対して１％の透過率及び９０％を超える反射率がもたらされる。

【００４２】

（表１）

	厚み［nm］	材料	n(193nm)	k(193nm)
基板		溶融シリカ	1.552	0
1	34.9	Al	0.113	2.204
2	42.1	Al203	1.85	0.006
周囲				

【００４３】

４０°から５０°の範囲のより狭い入射角の場合には、コーティングが、全体として一連の異なる交替層から構成される誘電体層設計を使用することができる。表２は、４０°から５０°の範囲の入射角を有する入射結像放射線に対して２％の透過率及び９５％を超える反射率を有するそのようなコーティングの一例を示している。

【００４４】

（表２）

	厚み［nm］	材料	n(193nm)	k(193nm)
基板		溶融シリカ	1.552	0
1	27.5	Al2O3	1.850	0.004
2	41.0	MgF2	1.44	0.0002
3	23.0	Al2O3	1.850	0.004
4	86.5	MgF2	1.44	0.0002
5	21.6	Al2O3	1.850	0.004
6	42.1	MgF2	1.44	0.0002
7	26.8	Al2O3	1.850	0.004
8	39.7	MgF2	1.44	0.0002
9	28.1	Al2O3	1.850	0.004
10	38.8	MgF2	1.44	0.0002
11	28.7	Al2O3	1.850	0.004
12	38.4	MgF2	1.44	0.0002
13	29.0	Al2O3	1.850	0.004
14	38.2	MgF2	1.44	0.0002
15	29.2	Al2O3	1.850	0.004
16	38.1	MgF2	1.44	0.0002
17	29.3	Al2O3	1.850	0.004
18	38.1	MgF2	1.44	0.0002
19	29.4	Al2O3	1.850	0.004
20	38.1	MgF2	1.44	0.0002
21	29.5	Al2O3	1.850	0.004
22	38.1	MgF2	1.44	0.0002
23	29.5	Al2O3	1.850	0.004
24	38.3	MgF2	1.44	0.0002
25	29.6	Al2O3	1.850	0.004
26	38.6	MgF2	1.44	0.0002
27	29.8	Al2O3	1.850	0.004
28	39.5	MgF2	1.44	0.0002
29	30.0	Al2O3	1.850	0.004
30	42.0	MgF2	1.44	0.0002
31	28.7	Al2O3	1.850	0.004
32	8.0	MgF2	1.44	0.0002
周囲				

【００４５】

代替実施形態では、結像放射線が０°と３０°の間の入射角で入射する凹ミラーに対して反射光学構成要素を使用することができる。この凹ミラーは、例えば、図２に記載の実施形態におけるミラー２２３である。そのような場合には、異なる層設計が提供され、これを表３に詳細に示している。そのようなコーティングでは、０°から３０°の範囲の入射角を有する放射線に対して、透過率は約２％であり、反射率は９５％よりも大きい。

【００４６】

（表３）

	厚み［nm］	材料	n(193nm)	k(193nm)
基板		溶融シリカ	1.552	0
1	25.0	Al2O3	1.850	0.004
2	50.2	MgF2	1.44	0.0002
3	46.4	Al2O3	1.850	0.004
4	35.3	MgF2	1.44	0.0002
5	25.4	Al2O3	1.850	0.004
6	34.2	MgF2	1.44	0.0002
7	26.7	Al2O3	1.850	0.004
8	33.8	MgF2	1.44	0.0002
9	27.2	Al2O3	1.850	0.004
10	33.6	MgF2	1.44	0.0002
11	27.5	Al2O3	1.850	0.004
12	33.4	MgF2	1.44	0.0002
13	27.6	Al2O3	1.850	0.004
14	33.3	MgF2	1.44	0.0002
15	27.8	Al2O3	1.850	0.004
16	33.1	MgF2	1.44	0.0002
17	28.0	Al2O3	1.850	0.004
18	32.9	MgF2	1.44	0.0002
19	28.2	Al2O3	1.850	0.004
20	32.4	MgF2	1.44	0.0002
21	28.8	Al2O3	1.850	0.004
22	31.1	MgF2	1.44	0.0002
23	30.1	Al2O3	1.850	0.004
24	27.4	MgF2	1.44	0.0002
25	39.2	Al2O3	1.850	0.004
周囲				

【００４７】

図２は、本発明による測定デバイス及び反射光学構成要素を使用することができる反射屈折投影対物系の詳細な図を示している。そのような投影対物系は、ＷＯ２００４／０１９２８から公知である。この投影対物系の明示的な設計データを表４及び表５に示す。図内の黒点は、次式によって表される回転対称非球面を印している。

$$Z=\frac{(CURV)Y^2}{1+(1-(1+K)(CURV)^2Y^2)^{\frac{1}{2}}}+(C1)Y^4+(C2)Y^6+(C3)Y^8+(C4)Y^{10}$$
$$+(C5)Y^{12}+(C6)Y^{14}+(C7)Y^{16}+(C8)Y^{18}+(C9)Y^{20}$$

ここで、Ｙは、投影対物系の光軸２２７と一致する回転軸からの距離を表す。曲率ＣＵＲＶは、表４に示している半径の逆数に対応する。

【００４８】

この反射屈折投影対物系は、各場合に測定デバイスを有する反射光学構成要素として具現化することができる２つの偏向ミラー２１９及び２２１及び１つの凹ミラー２２３を含む。

【００４９】

更に図２は、瞳の近く及び視野の近くという用語を解説するための結像ビーム経路を示している。この場合、結像される軸から最も遠い点に対して近軸主光線Ａを示しており、

軸上の点に対して近軸周辺光線Ｂを示している。近軸周辺光線及び近軸主光線の定義は、Ｍｉｃｈａｅｌ Ｊ．Ｋｉｄｇｅｒ著「基礎光学設計（Ｆｕｎｄａｍｅｎｔａｌ Ｏｐｔｉｃａｌ Ｄｅｓｉｇｎ）」、ＳＰＩＥ ＰＲＥＳＳ、米国ワシントン州ベリンガムに与えられており、この文献は、引用によって本明細書に組み込まれている。y_iが、近軸周辺光線とｉ番目の光学面との交点と光軸との間の距離を表し、

$\bar{y}_i$

が、近軸主光線の対応する交点を表す場合に、各面に対して、次式で与えられる近軸部分口径比を計算することができる。

$$sign(y_i)\frac{\bar{y}_i}{|\bar{y}_i|+|y_i|}$$

【００５０】

近軸部分口径比に基づいて、光学面が視野の近く又は瞳の近くのいずれにあるかを判断することができる。折り返し分岐２３１内の光学要素に対しては、対応する折り返し光軸を基準として用いなければならない。瞳平面では、

$\bar{y}_i = 0$

が成り立ち、従って、近軸部分口径比は消失する。視野平面の場合には、$y_i = 0$が成り立ち、従って、近軸部分口径比は１に等しい絶対値を有する。本出願の意味の範囲では、瞳の近くの平面は、近軸部分口径比が０．５よりも小さい絶対値を有する全ての平面を表す。それとは対照的に視野の近くの平面は、近軸部分口径比が０．５よりも大きい絶対値を有する全ての平面と理解すべきである。凹ミラー２２３では、例えば、

$\bar{y}_i = 0$

が成り立つ。その結果、ミラーは瞳平面に位置する。それとは対照的に、偏向ミラー２１９では次式：

$$sign(14.630)\frac{61.080}{|61.080|+|14.630|} = 0.806$$

の近軸部分口径比がもたらされ、偏向ミラー２２１では、次式の近軸部分口径比がもたらされる。

$$sign(18.678)\frac{-61.488}{|-61.488|+|18.678|} = 0.767$$

【００５１】

従って、両方の偏向ミラーが視野の近くにある。

【００５２】

本発明により、凹ミラー２２３と偏向ミラー２１９及び２２１の一方又は両方との両方に図１を参照して説明した測定デバイスを装備することができる。明瞭化の理由から図２には例示を省略している。本発明による測定デバイスは、露光工程中に結像放射線の強度分布を継続的に測定することを可能にする。これらの測定データ、並びに投影対物系の機械的又は光学特性から、要素加熱及び材料損傷に関する公知のモデルに基づいて、測定時点において光学要素にどのような温度分布及びどのような材料変化が存在するかを判断することができる。次に、そこから像視野の場所における波面収差を判断することができ、それによって様々な補正手段を用いて結像特性の補正を実施することができる。これへの代替又は補足として、測定データを標準化された異なる作動条件の下に予め実施された較正測定値と比較することができ、この場合に測定された波面収差からの内挿又は外挿により、補正手段の適切な設定を判断することができる。

【００５３】

反射屈折投影対物系内に使用することができる可能な補正手段は、以下の通りである。

－例えばレーザ共振器内の圧力を変更すること又は使用されるスペクトルフィルタを修正することのような光源の適切な修正による結像波長の変更。

－系の光軸に沿って変位可能な光学要素。

－系の光軸と垂直に変位可能な光学要素。

－系の光軸に対して直角な軸の回りに傾斜可能な光学要素。

－系の光軸の回りに回転可能な非回転対称非球面要素（アルバレスマニピュレータ）。

－互いに対して変位可能な反対形状の光学要素、好ましくは、非球面平面板（アルバレスマニピュレータ）。

－変形可能光学要素、特に適応ミラー。

－例えば赤外線放射線を用いて局所的に加熱可能及び／又は冷却可能な光学要素。

－例えば液浸液のような広域的に加熱可能又は冷却可能な光学要素。

－光学要素の間のガス空間内のガス組成の変更。

－光学要素の間のガス空間内のガス圧力の変更。

【００５４】

全てのこれらの補正手段は、測定デバイスから測定値信号を受信して、この信号から補正手段を駆動するための制御信号を生成する評価ユニットに接続することができる。

【００５５】

（表４）

表４：図２に記載の反射屈折投影対物系の光学データ

NA: 1.25			波長: 193.3 nm
26mm x 4 mm			ベータ: 0.25

面番号	半径	厚み/距離	媒体	193.37 nmにおける屈折率	1/2 自由直径
0	0.000000	81.909100		1.0000000	60.033
1	2634.494170	21.250400	SIO2	1.5603261	84.607
2	-395.771680	1.000000		1.0000000	86.438
3	150.000000	50.000000	SIO2	1.5603261	93.055
4	369.687330	54.915200		1.0000000	87.911
5	179.714460	34.086800	SIO2	1.5603261	79.061
6	-477.803632	6.693200		1.0000000	75.808
7	88.938160	50.000000	SIO2	1.5603261	61.395
8	91.869190	23.605900		1.0000000	41.199
9	-98.632420	50.000000	SIO2	1.5603261	38.263
10	-88.506390	12.049500		1.0000000	54.125
11	-76.470080	38.657300	SIO2	1.5603261	55.652
12	-344.460330	15.702800		1.0000000	81.919
13	-334.926670	50.066100	SIO2	1.5603261	90.780
14	-117.238730	1.000000		1.0000000	96.774
15	-395,286603	43.871600	SIO2	1.5603261	102.141
16	-181.497120	1.000000		1.0000000	106.823

17	289.196280	27.848300	SIO2	1.5603261	102.338
18	5892.122010	12.151700		1.0000000	100.491
19	227.013620	27.157000	SIO2	1.5603261	91.787
20	3443.763345	69.000000		1.0000000	88.482
21	0.000000	-236.511600		-1.0000000	93.010
22	107.026046	-12.500000	SIO2	-1.5603261	77.379
23	1144.459840	-50.132600		-1.0000000	93.528
24	110.859760	-12.500000	SIO2	-1.5603261	94.408
25	213.248200	-26.158800		-1.0000000	121.413
26	155.158660	26.158800		1.0000000	124.079
27	213.248200	12.500000	SIO2	1.5603261	121.279
28	110.859760	50.132600		1.0000000	94.366
29	1144.459840	12.500000	SIO2	1.5603261	93.590
30	107.026046	236.511600		1.0000000	78.711
31	0.000000	-64.048900		-1.0000000	80.845
32	3037.951580	-22.331200	SIO2	-1.5603261	81.395
33	259.310450	-1.000000		-1.0000000	84.258
34	-470.923230	-24.545000	SIO2	-1.5603261	91.158
35	700.750920	-1.000000		-1.0000000	92.143
36	-228.288980	-45.979800	SIO2	-1.5603261	94.586
37	-4362.499070	-1.000000		-1.0000000	91.793
38	-147.001560	-50.000000	SIO2	-1.5603261	87.420
39	-505.438519	-13.175800		-1.0000000	77.709
40	810.594260	-12.500000	SIO2	-1.5603261	76.617
41	-96.147375	-40.925200		-1.0000000	67.165
42	-2113.410760	-12.500000	SIO2	-1.5603261	70.138
43	-144.960906	-16.180300		-1.0000000	73.606
44	-562.313340	-30.687700	SIO2	-1.5603261	75.291
45	1126.648250	-80.233900		-1.0000000	81.957
46	-3405.414609	-22.658500	SIO2	-1.5603261	119.099
47	586.423270	-1.000000		-1.0000000	121.813
48	-361.039350	-33.153400	SIO2	-1.5603261	134.636
49	-3170.027570	-1.000000		-1.0000000	135.165
50	-310.029270	-49.249300	SIO2	-1.5603261	138.460
51	809.565830	-9.868200		-1.0000000	137.458
52	0.000000	-5.372200		-1.0000000	134.639
53	-777.317070	-35.882400	SIO2	-1.5603261	133.952
54	1312.612220	-1.000700		-1.0000000	131.798
55	-319.735750	-35.943900	SIO2	-1.5603261	123.507
56	3225.490720	-1.000000		-1.0000000	120.740
57	-130.495300	-28.495000	SIO2	-1.5603261	95.630

58	-196.7895749	-1.000000		-1.0000000	88.921
59	-95.22134	-34.303600	SIO2	-1.5603261	76.079
60	-216.9390336	-1.000000		-1.0000000	66.955
61	-61.85167	-50.000000	SIO2	-1.5603261	49.647
62	0	-1.000000	H2O	-1.4368163	16.616
63	0	0.000000	H2O	-1.4368163	15.010

【００５６】
（表５）

表５：図２に記載の反射屈折投影対物系の非球面定数

面番号	6	15	20	22	30
K	0	0	0	0	0
C1	7.81812000E-08	-1.14607000E-08	1.29530000E-08	-8.88014000E-08	-8.88014000E-08
C2	6.03387000E-13	4.60861000E-13	2.79320000E-13	-3.40911000E-12	-3.40911000E-12
C3	3.16794000E-16	-1.61766000E-17	-1.95862000E-17	-1.98985000E-16	-1.98985000E-16
C4	-3.45599000E-20	-5.41414000E-24	6.49032000E-22	-1.45801000E-20	-1.45801000E-20
C5	1.67268000E-24	5.36076000E-27	-1.02409000E-26	-9.23066000E-26	-9.23066000E-26
C6	0.00000000E+00	-1.16131000E-31	-4.06450000E-32	-1.30730000E-28	-1.30730000E-28
C7	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00
C8	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00
C9	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00

面番号	39	41	43	46	51
K	0	0	0	0	0
C1	-3.21829000E-08	-1.40846000E-08	3.76564000E-08	1.54429000E-08	-9.78469000E-09
C2	4.08976000E-13	3.73235000E-12	2.04565000E-12	-1.52631000E-13	2.15545000E-14
C3	9.46190000E-17	5.78170000E-17	6.72661000E-17	-1.17235000E-17	-2.66488000E-17
C4	-1.12686000E-20	4.02044000E-20	3.35779000E-21	-3.02626000E-22	1.19902000E-21
C5	1.09349000E-24	1.81116000E-24	-5.51576000E-25	-2.05070000E-28	-2.50321000E-26
C6	-2.30304000E-29	-3.46502000E-28	2.95829000E-28	3.61487000E-31	2.10016000E-31
C7	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00
C8	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00
C9	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00

面番号	58	60
K	0	0
C1	2.76215000E-09	-1.08228000E-07
C2	-4.06793000E-12	-9.51194000E-12
C3	4.51389000E-16	1.14605000E-15
C4	-5.07074000E-20	-1.27400000E-19
C5	1.83976000E-24	1.59438000E-23
C6	-6.22513000E-29	-5.73173000E-28
C7	0.00000000E+00	0.00000000E+00
C8	0.00000000E+00	0.00000000E+00
C9	0.00000000E+00	0.00000000E+00

【００５７】
図３は、本発明に記載の反射光学構成要素の更に別の実施形態を示している。この実施形態では、反射光学構成要素３０１の基板は、基板の後側３３５が、反射光学構成要素の前側の形状とは異なる形状を意図的に有するように開発される。このようにして、入射結像放射線のうちの透過される第２の部分３１３に対して、基板を射出する時にターゲットを定めた光学効果を得ることができる。その結果、後側３３５は、実際には既に測定光学ユニット３１５の一部として捉えなければならない。更に、図示の実施形態は、測定デバイスが、結像放射線のうちの透過される第２の部分３１３の通過又は吸収時に結像放射線とは異なる波長を有する２次放射線３３９を放出する構成要素３３７を含むということに基づいて開発される。図示の実施形態では、この構成要素は、センサ３１７から短い距離の位置に配置された蛍光構成要素である。それによって達成することができることは、結像放射線の波長範囲ではなく２次放射線の波長範囲に最大感度を有するセンサ３１７を使用することができることである。

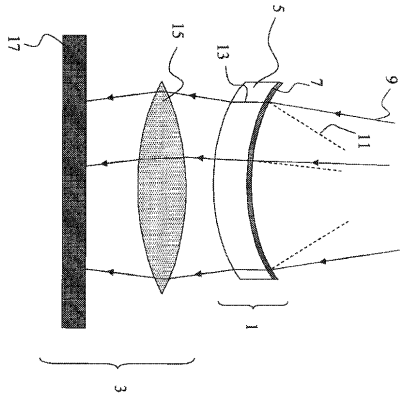
【００５８】
図４ａは、測定デバイスが、センサ４４３及び測定光学ユニット４４５を各々が含む複数のセンサユニット４４１から構成される反射光学構成要素の代替構成を示している。より小さいセンサユニット４４１の形態でのそのような分割は、この場合、修理の際に個々のセンサユニットをより簡単かつより費用効果的に取り替えることができることから有利であるとすることができる。

【００５９】
図４ｂは、測定デバイスが、反射光学構成要素４０１に直接に接続された少なくとも１つの感放射線センサを含む構成を示している。この場合、反射光学構成要素４０１は、基板４０５及び反射コーティング４０７を含む。この場合、感放射線センサ４４３は、結像放射線のうちの透過される第２の部分４１３が、反射コーティング４０７と感放射線センサの間で更に別の光学構成要素を通過することなく感放射線センサ４４３上に入射するように、基板４０５と反射コーティング４０７の間に配置される。このようにして、介在する測定光学ユニット内での測定される放射線の吸収を回避することができる。特に、センサ４４３を半導体検出器として具現化し、シリコンで構成された基板内に直接に埋め込むことができる。

【００６０】
図５は、測定デバイスを有する反射光学要素の平面図である。特に、この図は、図２に示す例示的な実施形態による凹ミラー５２３の平面図である。投影対物系の作動中には、凹ミラー５２３上に照明領域５４７がもたらされる。例示している発展実施形態では、照明領域５４７は、直交格子の形態で配置された複数の部分領域５４９を有する。この場合、光学構成要素は、例えば、部分領域の外側よりも部分領域内で透過率が高いようなコーティングを用いて構成される。その結果、特に、部分領域の各点において透過する結像放射線は、ミラーの背後に置かれた測定デバイスに入力される。この場合、一例として、各部分領域５４９を図４に記載のセンサユニット４４１に割り当てることができる。多くの用途では有限数の格子点上の強度分布を判断するだけで十分であるので、これは、第１に、部分領域５４９の場所における測定を提供し、第２に、部分領域の外側の区画が低い反射率を持たないので、反射光学構成要素の特に高い反射率を得ることを可能にする。

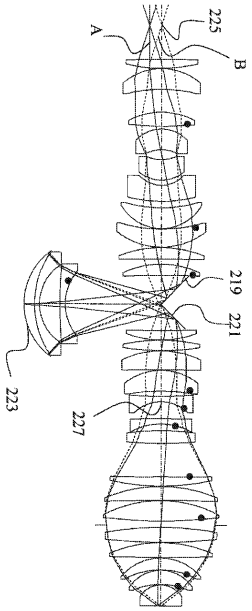
【図１】

FIG.1



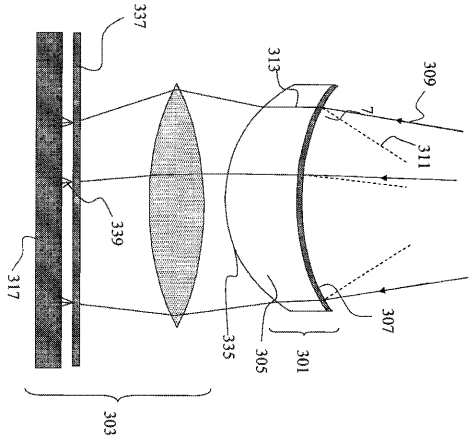
【図２】

FIG.2



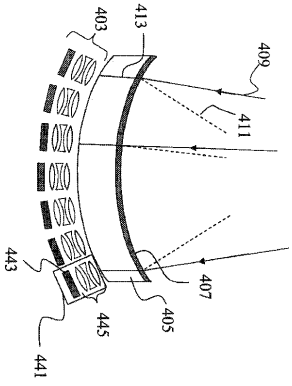
【図３】

FIG.3



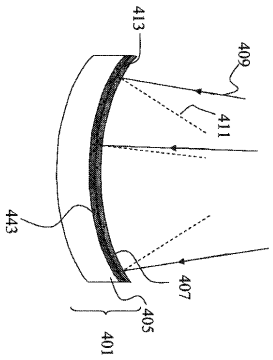
【図４ａ】

FIG.4a



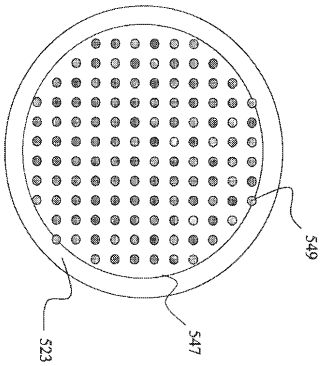
【図４ｂ】

FIG.4b



【図５】

FIG.5



フロントページの続き

(74)代理人 100109070
弁理士 須田 洋之
(74)代理人 100109335
弁理士 上杉 浩
(74)代理人 100151987
弁理士 谷口 信行
(72)発明者 ブライディシュテル サシャ
ドイツ連邦共和国 ７３４３２ アーレン クロシュターシュトラーセ ２
(72)発明者 グルナー トラルフ
ドイツ連邦共和国 ７３４３３ アーレンーホーフェン オパールシュトラーセ ２２
(72)発明者 ツァチェク クリシュトフ
ドイツ連邦共和国 ７３５４０ ホイバッハ イム ゾンネンフェルト １９
(72)発明者 ミューラー ラルフ
ドイツ連邦共和国 ７３４３０ アーレン ドクトルーボッシューシュトラーセ ６

審査官 堀井 康司

(56)参考文献 特開平０９－１０６０７７（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－２４６１３９（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２００８／０１５１２２１（ＵＳ，Ａ１）
特開平０６－０２０９２５（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０２Ｂ １７／０８
Ｇ０２Ｂ １３／１８
Ｈ０１Ｌ ２１／０２７