

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5329520号
(P5329520)

(45) 発行日 平成25年10月30日(2013.10.30)

(24) 登録日 平成25年8月2日(2013.8.2)

(51) Int.Cl.	F I
H O 1 L 21/027 (2006.01)	H O 1 L 21/30 5 1 6 E
G O 2 B 17/08 (2006.01)	G O 2 B 17/08 Z
G O 3 F 7/20 (2006.01)	H O 1 L 21/30 5 1 5 D
G O 2 B 26/08 (2006.01)	G O 3 F 7/20 5 2 1
G O 2 B 26/12 (2006.01)	G O 2 B 26/08 E

請求項の数 16 (全 22 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2010-500260 (P2010-500260)	(73) 特許権者	503263355
(86) (22) 出願日	平成20年3月26日(2008.3.26)		カール・ツァイス・エスエムティー・ゲー
(65) 公表番号	特表2010-522977 (P2010-522977A)		エムペーハー
(43) 公表日	平成22年7月8日(2010.7.8)		ドイツ連邦共和国、7 3 4 4 7 オーバー
(86) 国際出願番号	PCT/EP2008/053577		コッヘン、ルドルフ・エーバー・シュトラ
(87) 国際公開番号	W02008/116886		ーセ 2
(87) 国際公開日	平成20年10月2日(2008.10.2)	(74) 代理人	100147485
審査請求日	平成23年2月9日(2011.2.9)		弁理士 杉村 憲司
(31) 優先権主張番号	102007014699.1	(74) 代理人	100134005
(32) 優先日	平成19年3月27日(2007.3.27)		弁理士 澤田 達也
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)	(74) 代理人	100147692
			弁理士 下地 健一
		(72) 発明者	サッシャ ブレディステル
			ドイツ国 7 3 4 3 2 アーレン フォー
			ダラー キルヒベルグ 3 1
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 低角度で入射する補正光を用いる補正光学素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光軸を有する光学装置の光学素子を補正光により照射するための補正光装置であって、
少なくとも1つの補正光源および少なくとも1つのミラー装置を備え、該ミラー装置が、前記補正光源からの光を光路内で前記光学素子に偏向し、これにより、前記光学装置の少なくとも1つの光学素子における少なくとも1つの表面の全面の照射が可能であるとともに、該表面の少なくとも部分が少なくとも局所的または時間的に可変に照射される装置において、前記補正光が低角度で前記光学素子の表面に入射し、前記光学素子の場所における前記光学装置の光軸と補正光線との間の鈍角が105°以下であることを特徴とする装置。

【請求項 2】

請求項1に記載の装置において、
前記ミラー装置が、互いに隣接して配置された多数のミラー素子を備え、該ミラー素子が互いに独立して旋回可能である装置。

【請求項 3】

光軸を有する光学装置の光学素子を補正光により照射するための補正光装置であって、
少なくとも1つの補正光源および少なくとも1つのミラー装置を備え、該ミラー装置が、前記補正光源からの光を光路内で前記光学素子に偏向し、これにより、前記光学装置の少なくとも1つの光学素子における少なくとも1つの表面の全面の照射が可能であるとともに、該表面の少なくとも部分が、少なくとも局所的又は時間的に可変に照射される装置

において、

前記ミラー装置が、互いに隣接して配置された多数のミラー素子を備え、該ミラー素子が互いに独立して旋回可能であることを特徴とする装置。

【請求項 4】

請求項 1 または 3 に記載の装置において、

回折格子が前記補正光源および前記ミラー装置および / または前記ミラー装置及び前記光学素子又は光学補正光装置の間に配置されている装置。

【請求項 5】

請求項 1 または 3 に記載の装置において、

前記ミラー装置は、1 つ以上のミラー面を備え、該ミラー面が、ミラー面に対して平行な軸線を中心として、回動または振動式に旋回または移動され、これにより前記補正光が、前記光学装置の前記光学素子上を少なくとも一つの行に沿って移動（スキャン）される装置。

10

【請求項 6】

請求項 1 または 3 に記載の装置において、

前記ミラー装置のほかに、前記光学装置の前記光学素子上を第 2 行に沿って前記補正光線を移動させるための第 2 スキャン手段が配置されている装置。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の装置において、

前記第 2 行が、前記ミラー装置に従う動きに対して実質的に横断方向または垂直方向である装置。

20

【請求項 8】

請求項 1 または 3 に記載の装置において、

アナモルフィック補正光線が用いられる装置。

【請求項 9】

請求項 1 または 3 に記載の装置において、

該装置が焦点追跡部を備え、該焦点追跡部が、前記第 2 スキャン手段の内部に組み込まれているか、または前記補正光の光路に独立して配置されている装置。

【請求項 10】

請求項 1 または 3 に記載の装置において、

前記補正光線の光路に、レンズ、ミラー、回折光学素子（DOE）などを含む群からの少なくとも一つの光学素子を有する少なくとも一つの光学補正光装置が配置されている装置。

30

【請求項 11】

請求項 1 または 3 に記載の装置において、

前記光学装置の前記光学素子表面上の補正光線の場所に応じて、入射補正光を開ループまたは閉ループ制御する、制御器、出力制御器、および音響光学変調器（AOM）の少なくとも一つを備える装置。

【請求項 12】

請求項 1 または 3 に記載の装置において、

開ループ制御手段および閉ループ制御手段の少なくとも一つが設けられており、該制御手段が、少なくとも一つのセンサ手段の測定値によって、照射継続時間、照射場所、光強度、補正光源出力などの群から選択された少なくとも一つの作動パラメータの開ループおよび閉ループ制御の少なくとも一つを実行することを特徴とする装置。

40

【請求項 13】

請求項 1 または 3 に記載の装置において、

前記補正光源として、IR（赤外線）光源、または 4 μ m 以上の波長を有する光もしくは CO₂ レーザの光のための光源の少なくとも一つが設けられている装置。

【請求項 14】

請求項 1 または 3 に記載の装置において、

50

前記光学装置が、マイクロリソグラフィ用投影露光装置の一部である装置。

【請求項 15】

補正光源から光学素子までの間の光路にてミラー装置を介して偏向される補正光により、前記光学素子の少なくとも1つの表面の全面の照射が可能であるとともに、該表面の少なくとも一部を少なくとも時間的又は局所的に可変に照射することにより、光学装置内の光学素子の不均一な加熱に起因する光学装置における結像エラーを補正するための方法において、

前記補正光を、 15° 以下の低角度で前記光学素子の表面に向けて照射する方法。

【請求項 16】

請求項 15 に記載の方法において、

前記補正光を、 10° 以下の低角度で前記光学素子の表面に向けて照射する方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学装置、特に対物レンズ、好ましくはマイクロリソグラフィ用対物レンズの光学素子を補正光により照射し、対物レンズの光学特性を変更するための方法および装置ならびにこれらを用いる対応した対物レンズに関する。

【背景技術】

【0002】

マイクロリソグラフィの対物レンズなどの光学装置、特にマイクロリソグラフィ用投影露光装置においては、非回転対称的な照明、またはスリット状の像視野により、光学素子の不均一な照射が生じ、このことが、対応光学素子の不均一な加熱をもたらす場合がある。不均一な加熱により相応の歪みまたは応力が生じ、これにより、光学素子の光学特性の変化および結像エラーが生じる場合がある。

【0003】

このようなことを防止するために、従来技術により、局所的な様々な加熱を補償し、ひいては均質化をもたらすために補正光線を設けることが公知である。

【0004】

このような装置が、例えばドイツ国特許出願公開第10000191号明細書または対応する米国特許6,504,597号明細書に記載されている。この装置では、光学素子の周囲に複数の光源が設けられており、周面を介して光学素子に光を入射させることができる。この場合、対応した光学ケーブル、例えば光学繊維などにより、補正すべき光学素子の周面に光を案内することができる。

【0005】

第2の補正光装置が国際公開第03/017004号パンフレットまたは米国特許第6,912,077号明細書に記載されている。この装置にはスキャン手段が設けられており、スキャン手段により、補正すべき素子の表面をラスタ走査またはスキャンし、ラスタ走査された領域で補正光線を光学素子に入射させることができる。

【0006】

ドイツ国特許出願公開第1000101号明細書では、周方向に沿って分配された複数の光源による光学素子の周面を介した入射に極めて手間がかかり、補正光線により光学素子をスキャンする場合に、照射すべき光学素子に対する収束補正光線束の様々な入射角、ひいてはこれに伴う光学素子の表面に入射するビーム断面の変化により、補正光を光学素子にできるだけ垂直に照射する必要がある。しかしながら、このためには対応光学装置の内部には必要なスペースがない場合が多い。なぜなら、補正光学素子に隣接した光学素子が設けられており、これらの光学素子が使用できる空間を著しく制限するからである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】ドイツ国特許出願公開第10000191号明細書

10

20

30

40

50

【特許文献2】米国特許6,504,597号明細書

【特許文献3】国際公開第03/017004号パンフレット

【特許文献4】米国特許第6,912,077号明細書

【特許文献5】ドイツ国特許出願公開第1000101号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明の課題は、補正光により光学装置の光学素子を照射するための装置（補正光装置）において、従来技術の欠点を回避し、特に隣接する光学素子または構成部材との間隔が小さい場合であっても補正すべき光学素子に対して補正光を横方向から入射させることを可能にする装置を提案することである。同時に適宜な装置およびその作動方法を簡単に構成し、実施できることが望ましい。

10

【課題を解決するための手段】

【0009】

この課題は、請求項1に記載の特徴を有する装置または請求項5に記載の特徴を有する装置、ならびに請求項58に記載の特徴を有する方法、および、請求項55に記載の特徴を有する対物レンズにより解決される。有利な構成が従属請求項の対象となっている。

【0010】

本発明の第1の態様によれば、少なくとも1つのミラー装置を介して補正光により光学装置の光学素子を照射する装置ならびに装置の作動方法が提案され、ミラー装置は補正光源からの補正光を光学素子の方向に偏向し、これにより、光学装置における少なくとも1つの光学素子の少なくとも1つの表面の少なくとも部分を局所的および/または時間的に可変に、光学素子の表面に関連して低角度下に照射することができ、この場合、光学素子の場所における光学装置の光軸と補正光線との間の鈍角は105°以下、特に100°以下、有利には95°以下、または光学素子の表面と補正光線との間の鋭角は15°以下、特に10°以下、有利には5°以下である。

20

【0011】

このような低入射角により、隣接する構成部材との間隔が小さい場合にも光学素子の熱的不均一性を対応して補正することができる。特に補正光装置を横方向に配置すること、好ましくは光学装置の光軸から離間して配置することが可能であり、これにより、光学装置を損傷する恐れはなく、補正光装置を容易な交換も可能である。

30

【0012】

補正光という呼称は、ここではあらゆる電磁波を含むが、特に4μm以上の波長を有する赤外光を含む。

【0013】

補正すべき光学素子に対する補正光の低入射角は、2つの観点で実施できる。第1に、スキャン手段を介して実施することが可能であり、第2に、マルチミラーアレイ(MMA)の2次元画像を利用することが提案される。適宜な補正光装置におけるマルチミラーアレイ装置の使用についても本発明の態様に従い独立して保護が求められる。

【0014】

40

補正光線のビーム発散またはビーム収束の問題を最小限にするために、小さい発散度または開口数を有する補正光線を選択することができ、使用するレーザビームの発散度は、ビームウェストからの距離zでの半値幅($1/e^3$) $w(z, w_0)$ についての式：

【数1】

$$w(z, w_0) := 1,5 \sqrt{(w_0)^2 \left(1 + \left(\frac{\lambda \cdot z}{\pi \cdot w_0^2} \right)^2 \right)}$$

または式（回折限界点像）

50

【数 2】

$$d = \frac{K \cdot \lambda}{2 \cdot NA}$$

により計算することができ、 w_0 はビームウェスト、 z はビームウェストからの距離、 λ は波長、 d はウェスト直径、 K は、半径方向強度のガウス分布についての伝搬方向に対して垂直方向のレーザビームの半径方向強度を考慮した係数である。 NA は、ここでは開口数を示す。一般に、いずれの特殊ケースも純粹にはあてはまらない。しかしながら、所定の用途では発散に関して最適なレーザビームを規定することができる。

10

【0015】

補正光装置の技術的な実施形態とは無関係に、補正光の低入射角時には幾つかの基本的な物理的観点が生じる：

(a) 補正すべき光学素子で形成される光点の寸法と入射角との関係（表面における光束直径の投影）および入射角変化時の補正すべき素子におけるこの寸法および吸収度の変化、

(b) 光点の形成に必要な開口数（ NA ）、

(c) 開口数（ NA ）に関連した最終的な被写界深度、およびこれに関連した、焦点領域を離れた場合の光点の拡大。

これらの関係を以下にさらに詳しく説明する。

20

【0016】

マルチミラーアレイ（ MMA ）は、互いに隣接して配置し、互いに独立して旋回可能な多数のミラー素子から構成することができる。この場合、ミラー素子は行および列をなして視野に配置することができ、個々のミラー素子は、補正光が光学素子に向けられる第1位置（補正光位置）と、補正光がミラー素子に向けられない第2位置との間で回動可能である。これにより、補正光が適宜なミラー素子を介して補正すべき光学素子に向けられる状態および向けられない状態の2つのデジタル状態が規定される。したがって、マルチミラーアレイのそれぞれのミラー素子には、補正すべき光学素子の表面領域が割り当てられているので、個々のミラー素子の位置制御により、補正照射の局所的に可変の調整を行うことができる。同時に、個々のミラー素子の補正光位置を適宜に時間的に制御することにより時間制御を行うことも可能である。

30

【0017】

切替時間または周期 < 1 秒、特に 1 秒の範囲におけるミラー素子の素早い切替が、好ましくは、強度制御、すなわち、光学素子の所定面に印加される光線量を規定する役割を果たし、切替時間または周期 > 1 秒の緩やかな変更を、必要とされる補正光の空間分布を適合させるために利用することができる。したがって、ミラー素子の素早い切替により、実質的に、例えば、対応した表面領域の加熱を補正光の連続した素早いスイッチオン・オフにより規定することができ、マルチミラーアレイの所定領域の重畳する緩やかな切替は、光学素子の様々な領域の適宜な様々な選択加熱に役立つ。

【0018】

40

ミラー素子は、照射すべき光学素子の表面のできるだけ全面的な照明または照射を保証するために、できるだけ互いに密に、すなわち、相互にできるだけわずかな間隔を置いて設けられていることが望ましい。しかしながら、このことは、個々のミラー素子が相互に影響し合い、隣接するミラー素子において、一方のミラー素子は補正光位置に位置し、すなわち補正光を照射すべき光学素子に向け、他方のミラー素子は補正光非到達位置に位置し、陰影を生じる。個々のミラー素子の旋回位置を、わずかな調整角度では相互の陰影が生じないように選択することによって、このような問題に対処することができる。代替的に、または付加的に、隣接するミラー素子ができるだけ部分的にのみ旋回され、陰影作用が回避されるように考慮した制御装置を設けてもよい。

【0019】

50

マルチミラーアレイ (MMA) の寸法を適宜に選択した場合、マルチミラーアレイに入射する補正光を照射すべき光学素子の表面に直接に入射させることができる。

【0020】

代替的に、光学装置の光学素子にミラー装置の像を結像させることのできる光学補正光装置を設けることも可能である。これにより、例えば、マルチミラーアレイおよび照射されるべき装置の表面の異なる寸法比を互いに適合させることができる。

【0021】

光学補正光装置は、ダイアフラム、2つの光学レンズ、特に凸面レンズを、有利には両側テレセントリック装置として備えていてもよい。テレセントリック装置は、マルチミラーアレイの視野を照射すべき表面に結像することを可能にする。複数の光学レンズまたは
10 レンズ群を設けることも可能である。焦点距離を適宜に選択することにより、特にマルチミラーアレイを、照射すべき光学素子における光学装置の光軸から明確に離間することができ、これにより、マルチミラーアレイにより光学装置の結像特性に不都合な影響が及ぼされる恐れはなくなる。

【0022】

光学装置の隣接する光学素子における有利には互いに向かい合った2つの面を照射するためには、マルチミラーアレイの形態の2つのミラー装置を、後面を相互に合わせた状態で設けてもよい。当然ながら複数の補正光源を有する複数の補正光装置を様々な光学素子を補正するために相互に組み合わせることも可能である。

【0023】

マルチミラーアレイのミラー装置の隣接したミラー素子における相互の陰影作用を防止するために、マルチミラーアレイと、照射すべき光学素子、または光学素子にマルチミラーアレイの視野を結像させるための光学補正光装置との間に回折格子を設けてもよい。回折格子は、大きい角度で、特に垂直方向にマルチミラーアレイによって反射され、したがって、陰影作用を受けていない補正光を、照射すべき光学素子に低角度で入射するように回折させる役割を果たす。対応して、補正光として1次またはより高次の回折オーダの光が使用される。

【0024】

有利な構成によれば、回折格子は、補正光源とマルチミラーアレイとの間の光路にも、マルチミラーアレイと、照射すべき光学素子、または光学素子にマルチミラーアレイの視野を結像させるための光学補正光装置との間の光路にも設けてよい。このことは、使用される格子が所定の偏光方向の光を広範囲に妨害なしに通過させ、直交する偏光方向の光をほぼ完全に大きい角度に回折する場合には特に有利である。波長のオーダの周期を有するこのような格子は、高い効率を有する有利な波長領域で実施可能である。

【0025】

すなわち、例えば、一方向に線形に偏光された光が使用され、その光が、高い率でゼロ次の屈折で偏光格子を通過する場合、マルチミラーアレイの照射のための高い出力が生じる。格子の後に四分の一波長板 ($\lambda/4$ 板) が、板の光軸が 45° だけ光の偏光方向に対して回動された状態で配置されている場合、四分の一波長板により、円偏光された光が生成され、この光はマルチミラーアレイに入射する。
40

【0026】

マルチミラーアレイのミラーによる補正光の反射後に、円偏光された光は四分の一波長板を再び通過する場合に、最初の直線偏光方向に対して 90° だけ回動された偏光方向を有する直線偏光された光に再び偏光され、回折格子によって第1またはそれ以上の回折オーダに回折された光が補正光として用いられる。この場合、偏光方向を変更することにより、1次またはより高次の回折オーダで回折された光の出力を最適化することができる。

【0027】

補正光源として、アナモルフィック光線、特にレーザービームを使用することができ、この場合、補正光線の開口数は、マルチミラーアレイへの入射方向に対して平行であり、マルチミラーアレイに対して垂直な平面では小さく保持され、この方向に対して垂直な方向
50

にはより大きい開口数が許容される。これはマルチミラーアレイまたは光学素子への低い角度での入射により生じ、このような入射角により、ビーム横断面は所定方向に著しく拡大され、この方向に対して垂直方向には歪みが生じない。これに対応して歪みが生じない方向にはより大きい開口数を許容することができる。

【 0 0 2 8 】

個々に制御可能または旋回可能な多数のミラー素子を有するマルチミラーアレイ (M M A) を使用した補正光装置の機能形式は以下のとおりである。

【 0 0 2 9 】

補正光源は、多数のミラー素子を有するマルチミラーアレイの視野を全面的に照射し、この場合、ミラー素子は、入射補正光が照射すべき光学素子の表面へ偏向される補正光位置に位置することができる。局所的に選択的に照射または補正を行う場合には、個々のミラー素子、複数のミラー素子、または極端な場合には全てのミラー素子を、補正光位置から、補正光がもはや照射すべき光学素子の表面に到達しない第2の補正光非到達位置へ案内することができる。このことは、局所的な選択を行うためだけでなく、光学素子のエネルギーまたは出力吸収、ひいては加熱を制御するためにも利用することができる。光学素子の所定表面領域が十分に照射された場合にはミラー素子を補正光非到達位置へ適宜に案内し、加熱が必要な場合にはミラー素子を補正光位置へ適宜に案内することができる。

10

【 0 0 3 0 】

補正光の良好な照明均一性を確実にするために均質化素子を設けてもよい。特にこのために結晶ロッド、M M Aに入射する光を均質化するためにマルチミラー内を案内されるいわゆる「光ボックス」または「中空ロッドインテグレータ」が用いられる。

20

【 0 0 3 1 】

本発明による補正光装置を実施するためのさらなる解決可能性によれば、基本的に設けられているミラー装置を第1スキャン手段として形成することもでき、ミラー装置は1つ以上のミラー面を備え、ミラー面は、補正光線がスキャン方向に沿って光学素子にわたり行毎に移動するように回動、振動式に旋回または変位される。

【 0 0 3 2 】

複数のミラー面が設ける場合には、これらのミラー面は多角形状に互いに隣接して配置してもよく、これにより、ミラー面に対して平行な軸線を中心としてミラー装置を回動させることにより、個々のミラー面を順次に補正光線と相互作用させることができる。

30

【 0 0 3 3 】

第1スキャン方向に、照射すべき表面の様々な領域の照射を実施するために、少なくとも1つのミラー面、有利には複数のミラー面が回動、旋回または変位される第1スキャン手段のほかに、付加的に、有利には第1スキャン方向の移動に対して垂直方向の第2スキャン方向に補正光線の移動を可能にする第2スキャン手段を設けてもよい。

【 0 0 3 4 】

第1および第2スキャン手段の移動を適宜に重畳させることにより、時間的な順序で、照射すべき光学素子の表面領域全てが補正光線により照射されるように、光学素子の表面を行毎にラスタ走査することができる。

【 0 0 3 5 】

40

光学素子の表面を異なる方向に様々なスキャンまたはラスタ走査するために2つの異なるスキャン手段が設けられているので、主方向の異なったアナモルフィック補正光線を使用することができる。特により速い第1スキャン方向の平面における開口数は、この平面に対して垂直な平面における開口数よりも小さくてよい。なぜなら、集束される光点の寸法は、より速いスキャン方向に対して横方向に、低い角度での入射により著しく拡大されるからである。対応して、より速いスキャン方向の回折点をより大きく選択することができる。

【 0 0 3 6 】

補正光線を適宜に形成することにより、例えば、スキャン手段として使用され、互いに隣接して角度をなして配置された複数のミラー素子の多角形配置を、ミラー素子が、一方

50

側が極めて短く、他方側が極めて長い面を有する長方形をなすものとしてもよい。これにより、多角形ミラーを円筒状に形成されており、主面に狭幅だが高い多数のミラーとし、これにより、円筒半径を小さく選択することができる。半径が小さいことにより遠心力が小さく、容易に制御可能なので、回転数ひいてはスキャン速度の増大が可能となる。

【0037】

補正光の特性、例えば光強度または光出力が時間に関連して変更されるように補正光を適宜に制御することにより、光学素子の表面における補正光線の適宜な入射場所において表面の所望の時間的および/または局所的に可変の照射を行うことができる。

【0038】

補正光線束が平行に形成されないことにより、照射すべき光学素子の表面への入射角が異なる場合、入射ビーム横断面に変化が生じる場合があり、この場合、補正光線による光学素子の不均一な加熱を規定どおりに補正することが困難となる。

10

【0039】

対応して補正光装置は、入射横断面の補正が行われるように、すなわち、照射すべき光学素子の表面に入射する補正光線のビーム横断面がスキャン領域全体にわたってほぼ一定となるように構成することができる。

【0040】

補正光線の開口数によって、焦点ずれ時に入射光点の拡大が生じる場合がある。物体が傾斜している場合には、補正光装置における異なる距離により焦点ずれが生じる場合がある。

20

【0041】

照射すべき素子の表面に入射する補正光線の横断面寸法を一定に保持することが、焦点追跡部を設けることにより達成できる。焦点追跡部は、補正光の光路に独立して設けるか、または有利には第2スキャン手段の内部に組み込むこともできる。独立した焦点追跡部は、例えば2つの凸面レンズからなるレンズ群を設け、これらのうち1つのレンズは補正光光路の光軸に沿って並進的に変位可能とすることにより実施することができる。

【0042】

代替的には、焦点追跡部は、第2スキャン手段が並進的に変位可能なミラーを備え、焦点追跡部がこのモジュールにより形成されているか、またはこのモジュールの構成により不要である場合には、第2スキャン手段の内部に組み込むこともできる。

30

【0043】

独立した焦点追跡部は、補正光光路内でミラー装置、すなわち第1スキャン手段の前に設けることができる。焦点追跡部を補正光光路内の中間焦点の領域に配置することも有利である。

【0044】

光学素子表面を規定どおりに照射するためには、補正光の光路に少なくとも1つ以上の光学素子、例えばレンズ、レンズ群、ミラー、回折性または屈折性光学素子を有する光学補正光装置を設けることができ、特に適宜な補正光装置は、ミラー装置、すなわち第1スキャン手段と第2スキャン手段との間に設けてもよい。

【0045】

40

有利には、光学補正光装置の媒介により、大きい焦点距離および横断面幅を有する補正光線が光学装置の光学素子表面に集束され、これにより、照射すべき光学素子における光学装置の光軸に対して離間して補正光装置を設けることができる。このようにして、補正光装置による光学装置のネガティブな影響を減じるか、または広範囲に排除することができる。焦点距離または横断面幅としては、200mm、特に400mm、好ましくは600mm以上の範囲の値を選択することができる。

【0046】

補正光、特に赤外光により光学素子の熱的不均一性を補正することができるように、スキャン手段を有する補正光装置において、照射すべき表面への補正光の入射場所に応じて照射を様々に調整することができる。このために、ミラー装置、すなわち第1スキャン手

50

段および／または第２スキャン手段と協働する、補正光のための制御器、特に出力制御器を設けることもでき、これにより、光学素子表面における補正光線の入射場所とは無関係に補正光が様々に調整される。

【００４７】

このために、補正光のためのスイッチまたは制御器として機能する音響光学変調器（ＡＯＭ）を設けてもよい。

【００４８】

光学素子の照射および／または温度不均一性を検出するセンサ手段との関連で音響光学変調器の自動制御を行うこともできる。

【００４９】

全体として、センサ手段により補正光装置の動作パラメータを開ループ制御および／または閉ループ制御する自動的な開ループ制御手段および／または閉ループ制御手段を設けてもよい。

【図面の簡単な説明】

【００５０】

【図１】マルチミラーアレイ（ＭＭＡ）を有する本発明による補正光装置の概略図である。

【図２】本発明による補正光装置の第２実施形態を示す概略図である。

【図３】図１および図２の装置で使用されるマルチミラーアレイの平面図である。

【図４】図３によるマルチミラーアレイの側面図である。

【図５】本発明による補正光装置の第３実施形態を示す概略図である。

【図６】本発明による補正光装置の第４実施形態を示す概略図である。

【図７】図５の補正光装置の一部を示す詳細図である。

【図８】本発明による補正光装置のさらなる実施形態を示す概略図である。

【図９】図７の補正光装置を９０°回転して示す概略図である。

【図１０】本発明による補正光装置を使用することができる対物レンズを示す概略図である。

【図１１】補正光の入射角と補正光の開口数および光点寸法との関係を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【００５１】

本発明のさらなる利点、特徴が添付の図面に基づく以下の実施例の詳細な説明から明らかである。

【００５２】

図１は、本発明による補正光装置の第１実施形態を概略的な側面図で示しており、補正光源（図示しない）から赤外光の形態の補正光線１が所定角度下でマルチミラーアレイ２（ＭＭＡ）に入射し、補正光線１はマルチミラーアレイ２のミラー素子で偏向される。ミラー素子が入射する補正光線１に関して第１位置に配置されている場合には、２つのレンズ３および５ならびにダイアフラム４からなる以下の光学補正光装置を介して補正光線１は光学素子６の表面９に結像され、これにより、光学素子６への赤外線の入射により適宜な加熱が生じる。光学素子６は、マイクロリソグラフィ用対物レンズ（図示しない）の光学装置の内部に設けられていてもよい。

【００５３】

マルチミラーアレイ２の個々のミラー素子が、入射補正光１が光学素子６の表面９で結像される第１位置に位置しておらず、入射補正光１が光学補正光装置により光学素子６の表面９に結像されないように偏向される第２位置に位置する場合、マルチミラーアレイ２における第２位置に位置するミラー素子が割り当てられている光学素子６の表面９の対応領域は、補正光１により加熱されない。マルチミラーアレイにおける第２位置に位置するミラー素子により補正光線から除外された補正光は、例えば、ダイアフラム４またはその他のダイアフラム装置により吸収することができる。

【 0 0 5 4 】

このような補正光装置では、マルチミラーアレイのミラー素子を制御することにより、補正光を用いて光学素子 6 の照射を局所的および時間的に変更し、これにより、例えば赤外光を使用して、例えば光学装置の結像光による光学素子 6 の不均一な照射により光学素子 6 の不均一な加熱が生じている領域で、光学素子 6 の補正加熱を所定時間実施することが可能である。

【 0 0 5 5 】

対応して、マルチミラーアレイの測定結果を自動的に制御することができるセンサ装置（図示しない）を設けることができ、これにより、光学素子 6 の加熱に関して検出された不均質性が自動的に補償される。

10

【 0 0 5 6 】

図 1 では、光学素子 6 の表面 9 を照射するための補正光装置が設けられているが、図 2 は、2 つのマルチミラーアレイ 2 および 1 2 が、後面が互いに隣接した状態で配置されており、これにより、2 本の補正光線 1 および 1 1 が 2 つの補正光源（図示しない）から対応光学補正光装置を介して、例えばマイクロリソグラフィ用対物レンズにおける光学装置の 2 つの異なる光学素子 6 および 8 の 2 つの表面 9 および 1 0 に向けられる。

【 0 0 5 7 】

図 2 では、図 1 の装置と同じ構成部材が部分的に用いられているので、これらには同じ符号を付し、これらの構成部材のさらなる説明は省略する。したがって、以下では図 1 の実施形態との相違点のみを説明する。

20

【 0 0 5 8 】

図 2 に示すように、図 1 の実施形態における 1 つの貫通開口を有するダイアフラム 7 の代わりに、2 つの貫通開口 1 3 および 1 4 を有するダイアフラム 7 を用い、これにより、第 1 位置、すなわち、照射位置のミラー素子に入射する両方の補正光線 1 および 1 1 を通過させる。

【 0 0 5 9 】

光学補正光装置における光学素子、例えばレンズ 3 および 5 ならびにダイアフラム 7 の寸法を小さく抑えるためには、マルチミラーアレイをできるだけ小さい間隔をおいて後面を互いに隣接させた状態で配置することが好ましい。好ましくは、この間隔は 1 0 mm 以下、有利には 5 mm 以下である。

30

【 0 0 6 0 】

しかしながら、マルチミラーアレイを互いに別個の共役面に配置し、これにより、構成スペースの制限を最小限にすることも可能である。

【 0 0 6 1 】

図 1 および図 2 の補正光装置により、マルチミラーアレイを介して光学素子 6 または 8 の表面 9 または 1 0 の同時的かつ全面的な照射が行われ、個々のミラー素子の適宜な傾斜により、照射表面の個々の領域または全ての領域に補正光を供給することができる。これにより、照射を局所的に変化させることができる。さらに照射所要時間を同様にミラー素子の適宜な切換により調節することができる。これにより、時間的な可変性も得られる。さらに使用される補正光源は、作動時間、出力などに対応して変更することができる。

40

【 0 0 6 2 】

図 1 および図 2 にさらに示すように、図示の実施形態により極めて低い角度での入射により光学装置の光学素子 6 または 8 を横方向から照射することが可能である。

【 0 0 6 3 】

図 3 および図 4 は、マルチミラーアレイ 2 の平面図および側面図を示している。このマルチミラーアレイは、5 行および 5 列に全部で 2 5 個のミラー素子 1 5 を有し、ミラー素子は、例えば 4 列目に示した回動軸線 1 6 を中心として矢印 1 7 に従って回転させることができ、例えば水平方向に配向された第 1 位置と、ミラー素子 1 5 のミラー面が水平線に対して角度 をなして配向された第 2 位置との間で回転させることができる。水平方向の第 1 位置は、照射位置または補正光位置であり、この位置では入射補正光、例えば赤外光

50

は光学素子における照射表面に入射し、第2位置は水平線に対して傾斜した位置であり、この位置では入射すべき補正光は光学素子6または8の照射表面に向けられない。

【0064】

この場合、角度 θ は、隣接するミラー素子15の陰影作用を防止するためにできるだけ小さく選択することが望ましい。同時に、光学素子6または8のできるだけ全面的な照射を保証することができるように、個々のミラー素子15の間の間隔もできるだけ小さく保持することが望ましい。

【0065】

図5は、図1および図2に類似の図において、図1の補正光装置にほぼ対応する本発明による補正光装置の第3実施形態を示している。対応して、同一の構成部材には同一の符号を付し、これらの構成部材については繰り返し説明しない。以下には、図1の実施形態に対して付加的に設けられた構成部材または図6の実施形態の異なる点のみを説明する。

【0066】

この補正光装置では、マルチミラーアレイ2(MMA)と補正光源(図示しない)との間の光路に偏向回折格子101および $\lambda/4$ 板102が設けられている。同時に偏光回折格子101と四分の一波長板102はマルチミラーアレイ2から光学素子6までの光路にも位置し、補正光は、さらにレンズ3および5からなる補正光装置ならびにダイアフラム4を通過する。

【0067】

図5に示す実施例では、偏光方向 s を有する直線偏光された光が使用され、この光のためにゼロ回折オーダーの回折格子101は極めて大きい透過効率を有する。

【0068】

回折格子101に後置された四分の一波長板($\lambda/4$ 板)102により、直線偏光された光が円偏光された光に変換される。円偏光された補正光がマルチミラーアレイ2のミラー素子に入射し、反射された後に、円偏光された光は四分の一波長板102により、 s に対して垂直な第2偏光方向 p を有する直線偏光された光に再び変換され、この偏光方向 p は、回折格子101の1次の回折で高い光出力を可能にする。回折格子101の1次の回折は、例えば入射方向に対して 70° の角度下にあり、これにより、いまや本来はほぼ垂直方向にマルチミラーアレイに入射する補正光の代わりに、マルチミラーアレイおよび光軸に関して低角度で照射する補正光が、光学補正光装置3, 4, 5, に供給され、同様に低角度で光学素子6に入射する。

【0069】

したがって、回折格子の使用により、比較的大きい角度で補正光をマルチミラーアレイに入射させ、マルチミラーアレイにより反射させることができ、これにより、隣接するミラー素子は陰影の影響を受ける恐れがない。しかしながら、続いて回折格子の第1の回折オーダーまたはより高い回折オーダーの光を使用することにより、補正光は対応して低角度で光学素子に入射される。四分の一波長板102に関連して偏光された光を使用することにより、補正光を最適に利用することができる。偏光されていない回折格子を単に使用した場合には、回折された光の強度が小さいことにより効率は著しく低くなる。もちろん、このような回折格子のみを使用することも可能である。

【0070】

しかしながら、偏光光の使用は、より高い光出力、ひいては補正装置の高い効率をもたらすだけでなく、照射すべき光学素子による p 偏光ビームのより良好な吸収により光源の総出力を低減することもできる。

【0071】

図6～図9は、本発明による補正光装置のさらなる実施形態を示す。この補正光装置では、マルチミラーアレイによる補正光パターンの平坦な結像の代わりに、スキャンまたはラスタ走査手段が設けられており、これにより、補正光線を照射すべき光学素子の表面に案内することができ、照射すべき表面における補正光線の場所に関連した補正光が可変であることにより、補正光を同様に局所的および時間的に様々に調整することができる。こ

10

20

30

40

50

のようにして、この場合にも例えば光学装置の結像光による不均一な照射に起因する光学素子の選択的な加熱の補正を行うことができる。このような装置も、低い角度での入射および表面上での光線の移動により、補正光線の開口数に基づき光学素子表面における補正光線の投影寸法の変化を考慮すべき場合であっても、補正光を極めて低い角度で光学装置の横方向から光学素子の表面に入射させることができる。

【0072】

図6は、対応した補正光装置の第1実施形態を示している。この装置では、CO₂レーザーが補正光源20として機能する。CO₂レーザー20の補正光1は、補正光1のための切換素子および/または制御素子としての役割を果たす音響光学変調器(AOM)21を介して案内される。AOM21を適宜に制御することにより、補正光特性、例えば強度、光出力などを変化させることができ、これにより、最終的に補正光線1のそれぞれの入射点における光学素子6の照射を調整することができる。

10

【0073】

図6に示す実施例では、補正光線1はミラー素子22により偏向され、ミラーの形態の第1スキャン手段23により偏向される。このミラーは軸線を中心として回転され、これにより、補正光線1は異なる角度で偏向され、光学素子6上を列に沿って移動する。

【0074】

このように移動した補正光線1は、さらなるミラー24を介して変位可能なミラー25に向けて偏向され、最終的に光学素子6の表面9に到達する。変位可能なミラー25により、補正光線1はミラー25の位置に応じて光学素子6の表面9の様々な場所に入射する。したがって、ミラー25の並進移動により、補正光線1は、第1スキャン手段23の第1方向に対して垂直方向に配向された第2方向に沿って移動され、したがって、変位可能なミラー25は第2スキャン手段となる。ミラー24は、好ましくは、表面9に光点を生成する集束凹面ミラーである。このミラーは、一般に集束作用を有し、物体に光を集束させる回折素子または屈折素子であってもよい。集束素子は、スキャン手段23の焦点距離の間隔で配置されており、これにより、物体空間内の全ての光束は平行に延び、ひいては物体における角度変化は生じない(図7参照)。

20

【0075】

この場合、補正光線1は、第1スキャン手段23によって第1スキャン方向または行に沿って、第2スキャン手段25によって第1スキャン方向に対して垂直に移動させられるよりも速く移動させられる。このようにして、光学素子6の表面9は、光学素子6の表面9の各点をカバーするように行毎にラスタ走査(スキャン)される。好ましくは、ミラー25の並進移動は段階式に行われ、第1スキャン方向に通過した後にそれぞれ第2スキャン手段25が一段階だけずらされ、これにより、固定素子6の表面9における第2行を通過することが可能となる。もちろん、例えば50Hzの周波数を有する正弦状または余弦状の振動により変位可能なミラー素子25を励振させることも可能である。図6に示すような単純なミラー装置の速度は、例えば、6kHzの周波数に対応して毎分360,000回転であってよい。

30

【0076】

単純なミラー装置の代わりに多角形ミラー装置を使用することもでき、多角形ミラー装置では、多角形状に複数のミラー面が配列されており、多角形ミラー装置の回転時には個々のミラー面が順次に補正光線1を偏向する。これにより、例えばミラー面の数が24個である場合には、250Hzの周波数に対応して回転速度を毎分15,000回転の値に低減することができる。有利には、ミラー面の数は24~32個の範囲である。ミラー材料は、例えばマグネシウムまたはゼロデュア(ショット社の登録商標)であってよい。

40

【0077】

図7は、詳細図で偏向ミラー24と協働する第1スキャン手段の作用形態を示す。

【0078】

図6および7の実施形態に示す偏向ミラー24の代わりに、光学素子6の表面9の最適な照射が得られるように他の光学素子、例えばレンズ、凹面ミラー、回折性または屈折性

50

光学素子を補正光光路内、特に第 1 スキャン手段と第 2 スキャン手段 2 5 との間に設けてもよい。

【 0 0 7 9 】

図 6 に示す実施例では、第 2 スキャン手段 2 5 を形成する変位可能なミラー 2 5 により、同時に焦点追跡部は不要となるか、またはいわば組み込まれることとなる。なぜなら、表面 9 における入射点とスキャン手段との間隔変化がミラー 2 5 の変位により補償されるからである。さらにミラー 2 5 の変位により補正光線 1 は少なくともスキャン方向に常に等しい角度で光学素子 6 の表面 9 に入射し、これにより、入射補正光線 1 の寸法は、入射場所に応じて異なる入射角によって変化しない。対応して付加的な焦点追跡部を省略することができる。

10

【 0 0 8 0 】

ミラー 2 5 の移動は、他の可動部材の場合と同様にそれぞれ適宜な方法で、対応した電磁駆動装置などにより実施することができる。

【 0 0 8 1 】

図 8 および図 9 は、互いに 9 0 ° だけ回動した 2 つの概略図で補正光装置を示しており、ここでも図 6 の実施形態と同一の構成部材には同じ符号を付す。図 6 の実施形態に関連して異なる構成部材のみを以下に詳細に説明する。

【 0 0 8 2 】

図 8 および図 9 の補正光装置は、1 つの光学素子の 1 つの表面 9 を照射する代わりに、2 つの光学素子 6 および 8 における 2 つの表面 9 および 1 0 を補正光源 2 0 によって同時に照射することができる点で特に図 6 の補正光装置とは異なっている。

20

【 0 0 8 3 】

さらに図 8 および図 9 の補正光装置は焦点追跡部 2 7 を有し、焦点追跡部 2 7 は、補正光線の入射場所とは無関係に入射補正光の寸法が等しくする役割を果たす。

【 0 0 8 4 】

図 8 および図 9 の補正光装置では、CO₂ レーザ 2 0 により生成された赤外光 1 が音響光学変調器 2 1 を介して焦点追跡部 2 7 に案内される。焦点追跡部 2 7 は 2 つの光学レンズ 3 1 および 3 2 からなり、これらのうち光学レンズ 3 1 は光学軸線に沿って変位可能に配置されている。

【 0 0 8 5 】

30

次いで、補正光線 1 は、ミラー素子 2 2 によって、多角形状に配置された複数のミラー面を有する多角形スキャナ 2 6 に向けられ、多角形スキャナ 2 6 は、ミラー平面に対して平行な軸線を中心として回動され、これにより、第 1 スキャン方向に所定の行に沿って補正光線 1 を移動させることができる。次いで補正光線 1 は集束レンズ 2 8 に入射し、集束レンズ 2 8 は、2 つのフレネルプリズムまたはバイプリズム 2 9 および 3 0 からなる第 2 スキャン手段に補正光線を案内する。集束レンズ 2 8 を離れる光線束が平行になるように、集束レンズ 2 8 はスキャナ 2 6 から焦点距離の位置に配置されている。第 1 のフレネルプリズム 2 9 により、平行な補正光線 1 は 2 本の独立した光線 1 および 1 1 に分割され、これらの光線は第 2 のフレネルプリズム 3 0 によって光学素子 6 および 8 の表面 9 および 1 0 に向けられる。光軸に沿ってフレネルプリズム 2 9 を変位させることにより、第 1 スキャン方向に対して垂直な第 2 スキャン方向に、光学素子 6 および光学素子 8 の表面 9 および 1 0 における補正光線 1 および 1 1 の入射場所を変更することができる。対応して、この装置によっても光学素子 6 または 8 の表面 9 または 1 0 の全ての領域を一樣な寸法の補正光線 1 および 1 1 によって照射することができる。選択された装置により、極めて低い角度で一樣な光線寸法により光学素子の 2 つの表面における全ての領域を補正光により横方向から照射することが可能となる。

40

【 0 0 8 6 】

さらに図 9 の音響光学変調器 2 1 を独立制御可能な下部と上部とに分割することも可能である。光路を見ればわかるように、音響光学変調器の下部を通過する補正光束部分は表面 9 を照射し、上部を通過する補正光束部分は表面 1 0 を照射する。これにより、異なる

50

照射強度を設定することができる。

【 0 0 8 7 】

光学的な補正光装置 28, 29, 30 またはレンズ 28 の適宜な焦点距離を相応に選択することにより、補正光装置は、照射すべき光学素子 6 の光軸から比較的遠く離間して設けてもよく、特に対物レンズハウジングの外部に配置することも可能である。

【 0 0 8 8 】

図 10 は、本発明による補正光装置を使用することができる光学装置を示している。補正のための例として可能な光学素子 6 が示されており、矢印により光学装置において本発明による補正光装置を設けることができる付加的領域が示されている。本発明による補正光装置は、照射または補正すべき光学素子に対する補正光の極めて低い入射角にもかかわらず、補正光を入射させるために所定の自由な構成高さを必要とするので、光学装置において特に光学素子が互いに所定の間隔をおいて設けられる領域が問題となる。この場合、補正光装置の大部分を対物レンズハウジングの外部に設けることができる。

【 0 0 8 9 】

図 11 は、補正すべき光学素子に形成される光点の寸法と入射角および開口数 (NA) との間の複雑な関連をグラフで示している。補正すべき光学素子の環境により最大入射角が設けられ、最大入射角は、特に補正すべき光学素子と隣接する素子との間の距離また光学素子の横方向長さ、すなわち、補正すべき表面の面寸法により規定されている。これにより、光束の中心光線および光線の入射平面における光束の開口数のために最適な入射角が広範囲に規定されている。しかしながら、入射平面に対して横方向の開口数を最適化することができ、アナモルフィック光束の使用が有利な場合がある。入射平面に対して横方向の開口数の最適化は、照明のより良い効率および照明の混合を考慮して達成することができる。例えば、マルチミラーアレイを使用した場合、開口数を増大することができ、これにより、より小さい点像が形成される。このことは、マルチミラーアレイにより面が結像されるので、有利である。スキャン手段を有する補正光装置の構成では、開口数の変更により、光点の寸法を、例えば移動すべきミラー素子に適合させることができ、これにより、特に素早く移動させるべきミラー素子の寸法を小さく保持することができる。

【 0 0 9 0 】

グラフは、最大入射角 200、中央光線 201 および中央入射角 204 を有する補正光束ならびに焦点領域における光点横断面と入射角および開口数 NA との関係を示している。中央光線 201 の他に、いわゆる「ガウスエッジビーム」202 (実線 = $1/e^3$ 強度レベル) または幾何学的なエッジビーム 203 (破線で示す) によるビームが描かれている。この場合、 $1/e^3$ ビーム幅は、ビームウェストからの間隔 z に関数としての $1/e^3$ ビームウェスト w_0 から、

【数 3】

$$w(z, w_0) := 1,5 \sqrt{(w_0)^2 \left(1 + \left(\frac{\lambda \cdot z}{\pi \cdot w_0^2} \right)^2 \right)}$$

が成り立ち、この場合、

【数 4】

$$\text{where } NA(w_0) := \frac{1,83}{2(2w_0)}$$

である。

【 0 0 9 1 】

グラフから明らかなように、入射角が次第に低くなり、焦点領域から離れるにつれて光点はより大きくなる。NA の増大に伴いビームウェストはより小さくなるが、ビーム横断

面は焦点からの間隔の増大に伴いより急速に拡大する。

【 0 0 9 2 】

例えば、最大可能入射角が 10° であり、波長が $10.9 \mu\text{m}$ である場合、中央ビームの最適な入射角は 9° であり、最適な開口数は 0.017 であり、この場合に、約 5.5 mm の最小光点寸法が生じる。

【 0 0 9 3 】

本発明を添付の図面に基づき有利な実施形態に関して詳細に説明したが、個々の特徴を様々に相互に組み合わせた、または個々の特徴を除いた改良形態または変化形態が添付の請求項の保護範囲を逸脱することなしに可能であることが当業者には明らかである。本発明は、特に以下の特徴を有するが、これらに限定されない。

10

【 0 0 9 4 】

1. 光軸を有する光学装置の光学素子を補正光により照射するための装置であって、少なくとも1つの補正光源 (20) および少なくとも1つのミラー装置 (2, 12, 23, 26) を備え、該ミラー装置が、補正光源からの光を光路内で光学素子 (6, 8) に偏向し、これにより、前記光学装置の少なくとも1つの光学素子における少なくとも1つの表面 (9, 10) の少なくとも部分が局所的および/または時間的に可変に照射される装置において、

補正光が、低角度で光学素子の表面に入射し、光学素子の場所における光学装置の光軸と補正光線との間の鈍角が 105° 以下であることを特徴とする装置。

2. 特徴1を有する装置において、

20

光学素子の場所における光学装置の光軸と補正光線との間の鈍角が 100° 以下である装置。

3. 特徴1を有する装置において、

光学素子の場所における光学装置の光軸と補正光線との間の鈍角が 95° 以下である装置。

4. 特徴1から3までのいずれか一項を有する装置において、

前記ミラー装置が、互いに隣接して配置された多数のミラー素子 (15) を備え、該ミラー素子が互いに独立して旋回可能である装置。

5. 光軸を有する光学装置の光学素子を補正光により照射するための装置であって、少なくとも1つの補正光源 (20) および少なくとも1つのミラー装置 (2, 12, 23, 26) を備え、該ミラー装置が、補正光源からの光を光路内で光学素子 (6, 8) に偏向し、これにより、前記光学装置の少なくとも1つの光学素子における少なくとも1つの表面 (9, 10) の局所的および/または時間的に可変の少なくとも部分が照射される装置において、

30

前記ミラー装置が、互いに隣接して配置された多数のミラー素子 (15) を備え、該ミラー素子が互いに独立して旋回可能であることを特徴とする装置。

6. 特徴4または5を有する装置において、

前記ミラー素子が、行および列をなして視野に配置されている装置。

7. 特徴4から6までのいずれかを有する装置において、

前記ミラー素子が、補正光が光学素子に向けられる第1位置と、補正光が光学素子に向けられない第2位置との間で回動可能である装置。

40

8. 特徴4から7までのいずれかを有する装置において、

それぞれのミラー素子に、前記光学装置の光学素子の領域が割り当てられている装置。

9. 特徴4から8までのいずれかを有する装置において、

隣接するミラー素子が互いに陰影を生じさせないか、または最小限の陰影しか生じさせないように旋回または傾動されるように、ミラー装置の制御が行われる装置。

10. 特徴7から9までのいずれかを有する装置において、

ミラー素子の移動の角度範囲が、好ましくはダイアフラム装置によって、前記第2位置で補正光が入射することを防止するためにミラー素子の旋回が十分に大きくなるように選択されており、同時に、隣接するミラー素子が互いに陰影を生じさせることを防止するた

50

めにミラー素子の旋回ができるだけ小さくなるように選択されている装置。

【 0 0 9 5 】

1 1 . 特徴 4 から 1 0 までのいずれかを有する装置において、

該装置が光学補正光装置 (3 , 4 , 5) を備え、該補正光装置によって、ミラー装置の像を光学装置の光学素子に結像させることができる装置。

1 2 . 特徴 1 1 に記載の装置において、

前記光学補正光装置が、ダイアフラム (4) と、少なくとも 2 つの光学レンズ (3 , 5) 、凸面レンズおよび / またはレンズ群とを備える装置。

1 3 . 特徴 4 から 1 2 までのいずれかを有する装置において、

該装置が、互いに向かい合う 2 つの面を照射するために、共通の光学補正光装置を利用する 2 つのミラー装置 (2 , 1 2) を備える装置。 10

1 4 . 特徴 4 から 1 3 までのいずれか一項に記載の装置において、

共通の光学補正光装置を利用する前記 2 つのミラー装置 (2 , 1 2) が、互いに向かい合う 2 つの面を照射するために、後面と後面とを合わせた状態で配置されている装置。

1 5 . 特徴 1 から 1 4 までのいずれか一項に記載の装置において、

前記補正光源と前記ミラー装置との間および / または前記ミラー装置と光学素子もしくは光学補正光装置との間に、格子、特に同一の格子が配置されている装置。

1 6 . 特徴 1 から 1 5 までのいずれかを有する装置において、

前記補正光源と前記ミラー装置との間および前記ミラー装置と前記光学素子または前記光学補正光装置との間に同一の格子が配置されている装置。 20

1 7 . 特徴 1 5 または 1 6 を有する装置において、

前記格子が、特に補正光の波長のオーダーで周期を有する偏光格子である装置。

1 8 . 特徴 1 5 から 1 7 までのいずれかを有する装置において、

前記格子が、補正光の波長のオーダーで周期を有する偏光格子である装置。

1 9 . 特徴 1 5 から 1 8 までのいずれかを有する装置において、

前記格子と前記ミラー装置との間に / 4 板が設けられている装置。

2 0 . 特徴 1 から 3 までのいずれか一項に記載の装置において、

前記ミラー装置 (2 3 , 3 6) が 1 つ以上のミラー面を備え、該ミラー面が、ミラー面に対して平行な軸線を中心として、回動または振動式に旋回または移動され、補正光が、光学装置の光学素子上を少なくとも行に沿って移動 (スキャン) される装置。 30

【 0 0 9 6 】

2 1 . 特徴 2 0 を有する装置において、

前記ミラー装置 (2 3 , 2 6) が、互いに多角形状に隣接して配置された複数のミラー面を備える装置。

2 2 . 特徴 2 0 または 2 1 を有する装置において、

前記ミラー装置のほかに、好ましくは前記ミラー装置に従う動きに対して実質的に横断方向、特に垂直方向に、光学装置の光学素子上を第 2 行に沿って補正光線を移動させるための第 2 スキャン手段 (2 5 , 2 9) が配置されている装置。

2 3 . 特徴 2 2 を有する装置において、

前記光学装置の前記光学素子上を横断する前記第 2 行が、前記ミラー装置に従う動きに対して実質的に横断方向装置。 40

2 4 . 特徴 2 2 または 2 3 を有する装置において、

前記光学装置の前記光学素子を横断する前記第 2 行が、前記ミラー装置に従う動きに対して実質的に垂直である装置。

2 5 . 特徴 2 2 から 2 4 までのいずれかを有する装置において、

前記補正光線の動きが、第 1 スキャン手段として設けられたミラー装置と第 2 スキャン手段とにより重畳され、前記光学素子の表面における行毎のラスト走査 (スキャン) が行われ、一方のスキャン手段が、他方のスキャン手段よりも速い補正光線の動きを誘起する装置。

2 6 . 特徴 2 5 に記載の装置において、

前記ミラー装置（２３，２６）が、他方のスキャン手段よりも速い前記補正光線の動きを誘起する装置。

２７．特徴２２から２６までのいずれかを有する装置において、

第２スキャン手段が、旋回可能または移動可能なミラー（２５）または移動可能なプリズム（２９）または移動可能なバイプリズムなどを備える装置。

２８．特徴２０から２７までのいずれかを有する装置において、

アナモルフィック補正光線が用いられる装置。

２９．特徴２０から２８までのいずれかを有する装置において、

より小さい開口を有する前記アナモルフィック補正光線が、第１スキャン方向、特により速いスキャン方向の平面で使用される装置。

10

３０．特徴２０から２９までのいずれかを有する記載の装置において、

より小さい開口数を有する前記アナモルフィック補正光線が、より速いスキャン方向の平面で使用される装置。

【００９７】

３１．特徴２０から３０までのいずれかを有する装置において、

該装置が、光学素子の表面における補正光点がスキャンプロセスの間にほぼ等しい大きさに保持されるように構成されている装置。

３２．特徴２０から３１までのいずれかを有する装置において、

該装置が焦点追跡部（１７）を備え、該焦点追跡部が、第２スキャン手段の内部に組み込まれているか、または補正光の光路に独立して配置されている装置。

20

３３．特徴３２を有する装置において、

前記焦点追跡部が、少なくとも１つの並進移動可能なレンズ（３１）または並進移動可能なミラー（２５）によって実施される装置。

３４．特徴３２または３３を有する装置において、

前記焦点追跡部が、補正光光路でミラー装置の前方または後方に配置されている装置。

３５．特徴３２から３４までのいずれかを有する記載の装置において、

前記焦点追跡部が、補正光光路内の中間焦点領域に配置されている装置。

３６．特徴１から３まで、または特徴２０から３５までのいずれかを有する装置において、

補正光線の光路に、レンズ、ミラー、回折光学素子（ＤＯＥ）などを含む群からの少なくとも１つの光学素子を有する少なくとも１つの光学補正光装置が配置されている装置。

30

３７．特徴３６を有する装置において、

前記補正光装置が、複数の光学素子を備える装置。

３８．特徴３６または３７を有する装置において、

前記補正光装置が、ミラー装置と第２スキャン手段との間に配置されている装置。

３９．特徴３６から３８までのいずれかを有する装置において、

前記光学補正光装置が、長い横方向幅または焦点距離を有する前記補正光線を光学装置の光学素子表面に集束する装置。

４０．特徴３６から３９までのいずれかを有する装置において、

前記光学補正光装置が、２００mm以上の範囲の補正光線を前記光学装置の前記光学素子表面に集束する装置。

40

【００９８】

４１．特徴３６から４０までのいずれかを有する装置において、

前記光学補正光装置が、４００mm以上の範囲の補正光線を前記光学装置の前記光学素子表面に集束する装置。

４２．特徴３６から４１までのいずれかを有する装置において、

前記光学補正光装置が、６００mm以上の範囲の補正光線を前記光学装置の前記光学素子表面に集束する装置。

４３．特徴１から３まで、または特徴２０から４２までのいずれかを有する記載において、

50

該装置が、ミラー装置および／または第２スキャン手段と協働し、かつ補正光線の場所に応じて光学装置の光学素子表面で入射補正光を開ループまたは閉ループ制御する、補正光のための制御器もしくは出力制御器または音響光学変調器（ＡＯＭ）（２１）を備える装置。

４４．特徴４３を有する装置の装置において、

該装置が、独立制御可能な領域を有する音響光学変調器を備える装置。

４５．特徴４３または４４を有する装置において、

該装置が、独立制御可能な上部と下部とを有する音響光学変調器を備える装置。

４６．特徴１から４５までのいずれかを有する装置において、

該装置が、１つ以上の補正光源を備える装置。

10

４７．特徴１から４６までのいずれかを有する装置において、

前記１つの光学素子または前記複数の光学素子における複数の表面または互いに向かい合った２つの表面または互いに向かい合っていない２つの表面が、前記１つ以上の補正光源により照射可能である装置。

４８．特徴１から４７までのいずれかを有する装置において、

開ループ制御手段および／または閉ループ制御手段が設けられており、該制御手段が、少なくとも１つのセンサ手段の測定値によって、照射継続時間、照射場所、光強度、補正光源出力などの群から選択された少なくとも１つの作動パラメータを開ループおよび／または閉ループ制御する装置。

４９．特徴１から４８までのいずれかを有する装置において、

20

前記補正光源として、ＩＲ（赤外線）光源、または４μm以上の波長を有する光もしくはＣＯ₂レーザの光のための光源が設けられている装置。

５０．特徴１から４９までのいずれかを有する装置において、

小さい開口数（ＮＡ）を有する前記補正光線が用いられる装置。

【００９９】

５１．特徴１から５０までのいずれかを有する装置において、

ＮＡ＜０．１の開口数（ＮＡ）を有する前記補正光線が用いられる装置。

５２．特徴１から５１までのいずれかを有する記載において、

前記補正光源が、偏光された光または直線偏光された光を提供する装置。

５３．特徴１から５２までのいずれかを有する記載において、

30

前記光学装置が、対物レンズである装置。

５４．１から５３までのいずれかを有する装置において、

前記光学装置が、マイクロリソグラフィ用投影露光装置の一部である装置。

５５．少なくとも１つの光学素子を有する対物レンズにおいて、

特徴１から５４までのいずれかを有する装置が設けられている対物レンズ。

５６．特徴５５を有する対物レンズにおいて、

補正光装置の構成部材の大部分が対物レンズハウジングの外部に取り付けられている対物レンズ。

５７．特徴５５または５６を有する対物レンズにおいて、

該対物レンズが、マイクロリソグラフィ用の投影対物レンズである対物レンズ。

40

５８．補正光源から光学素子までの距離でミラー装置を介して偏向される補正光により、光学素子の少なくとも１つの表面の少なくとも一部を時間的および／または局所的に変に照射することにより、光学装置内の光学素子の不均一な加熱に起因する光学装置における結像エラーを補正するための方法において、

前記補正光を、１５°以下の低角度で光学素子の表面に向けて照射する方法。

５９．特徴５８を有する方法において、

前記補正光を、１０°以下の低角度で光学素子の表面に向けて照射する方法。

６０．特徴５８または５９を有する方法において、

前記補正光を、５°以下の低角度で光学素子の表面に向けて照射する方法。

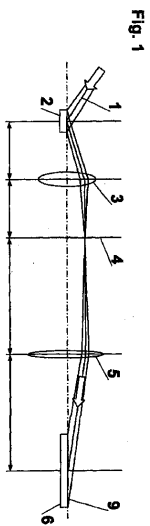
６１．特徴５８から６０までのいずれかを有する方法において、

50

照射場所、照射継続時間および／または補正光源の出力の選択により照射を変化させる方法。

62．特徴58から61までのいずれかを有する方法において、
該方法を特徴1から54までのいずれかに記載の装置を作動させるために用いる方法。

【図1】



【図2】

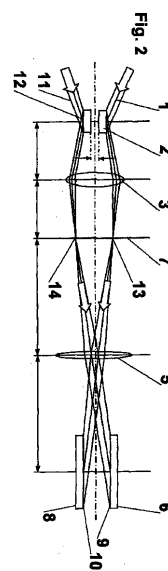
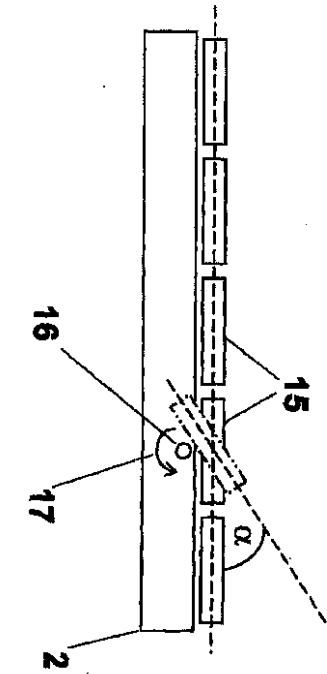
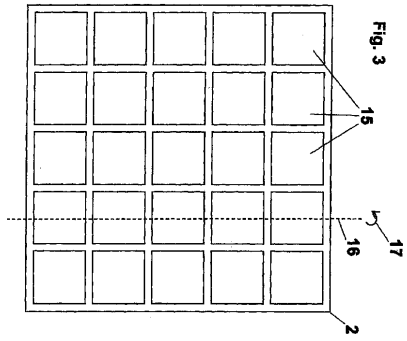


Fig. 4

【図 4】

【図 3】



【図 6 - 7】

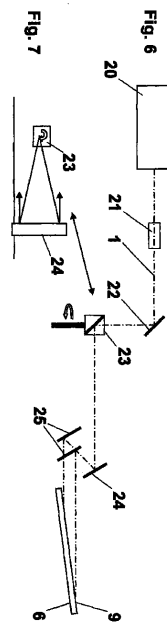


Fig. 7

Fig. 6

【図 5】

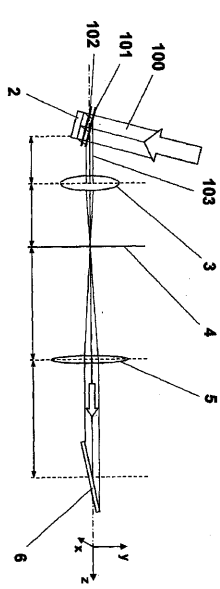
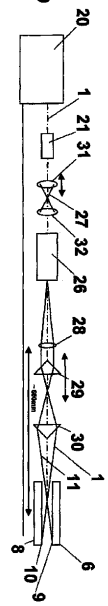


Fig. 5

【図 9】



【図 11】

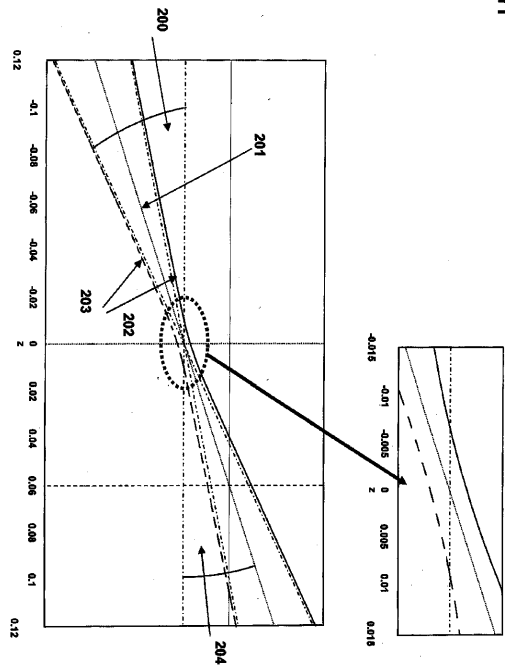
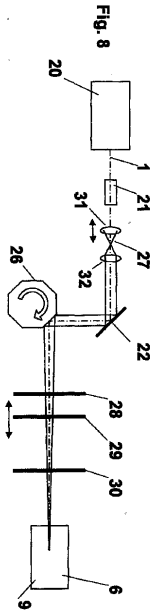


Fig. 11

【図 8】



【図 10】

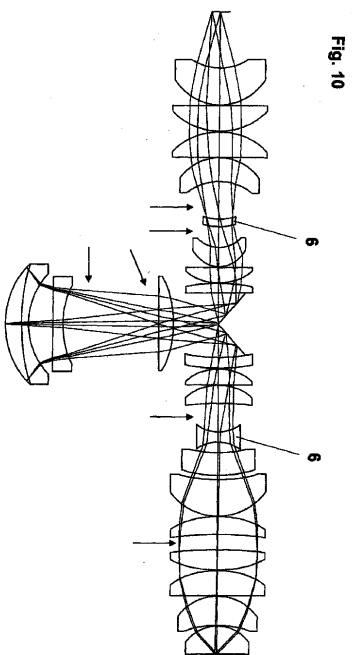


Fig. 10

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
G 0 2 B 26/10 (2006.01) G 0 2 B 26/08 D
G 0 2 B 26/10 1 0 2
G 0 2 B 26/10 1 0 4 Z
H 0 1 L 21/30 5 1 6 A

(72)発明者 マンフレッド マウル
ドイツ国 7 3 4 3 4 アーレン エルヒヴェーク 2 9

審査官 植木 隆和

(56)参考文献 特開2 0 0 6 - 0 7 3 5 8 4 (J P , A)
特開平0 9 - 2 3 2 2 1 3 (J P , A)
特開平0 6 - 3 0 2 4 9 1 (J P , A)
特開平0 9 - 2 1 9 3 5 8 (J P , A)
特開2 0 0 1 - 1 9 6 3 0 5 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)
H 0 1 L 2 1 / 0 2 7
G 0 3 F 7 / 2 0
G 0 2 B 2 6 / 0 8