

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4357117号
(P4357117)

(45) 発行日 平成21年11月4日(2009.11.4)

(24) 登録日 平成21年8月14日(2009.8.14)

(51) Int. Cl.		F I		
HO 1 L	21/027	(2006.01)	HO 1 L	21/30 5 1 5 D
GO 3 F	7/22	(2006.01)	HO 1 L	21/30 5 1 6 A
			GO 3 F	7/22 H

請求項の数 8 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2000-556280 (P2000-556280)	(73) 特許権者	503263355
(86) (22) 出願日	平成11年6月18日 (1999.6.18)		カール・ツァイス・エスエムティー・アー ゲー
(65) 公表番号	特表2002-519843 (P2002-519843A)		ドイツ連邦共和国、73447 オベルコ ッペン、ルドルフ・エーバー・シュトラ ー セ 2
(43) 公表日	平成14年7月2日 (2002.7.2)	(74) 代理人	100147485
(86) 国際出願番号	PCT/EP1999/004246		弁理士 杉村 憲司
(87) 国際公開番号	W01999/067683	(74) 代理人	100134005
(87) 国際公開日	平成11年12月29日 (1999.12.29)		弁理士 澤田 達也
審査請求日	平成18年6月2日 (2006.6.2)	(74) 代理人	100119530
(31) 優先権主張番号	198 27 603.6		弁理士 富田 和幸
(32) 優先日	平成10年6月20日 (1998.6.20)	(74) 代理人	100147692
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		弁理士 下地 健一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学系、特にマイクロソグラフィの投影露光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

スリット状視野の照明、又は回転対称形でない照明を有してなり、マウント部に配設された、光軸を有する光学要素と、光学要素及びマウント部のいずれか又は双方に作用する作動部材とを有する光学系において、

作動部材(3)は、前記光軸を挟んで互いに対向する2つを対とした2対よりなり、第1の対の作動部材(3)は、厚さの変化を伴わずに起こる曲がりが発生させるために、光軸と平行な向きのスラスト及びモーメントのいずれか又は双方を光学要素(1)に発生させ、第2の対の作動部材(3)は、それらに対しそれぞれ90°位置のずれた前記スラスト又はモーメントと逆の向きのスラスト又はモーメントを発生させることを特徴とする光学系。

【請求項 2】

作動部材(3)は油圧方式で、機械的に又は電氣的に作動される調整要素を有することを特徴とする請求項1記載の光学系。

【請求項 3】

作動部材(3)は、光学要素(1)に直接に又は中間部材(6)を介して作用する圧電素子を具備していることを特徴とする請求項1記載の光学系。

【請求項 4】

前記作動部材(3)が圧電素子よりなり、圧電素子(3)が少なくとも光軸とほぼ平行なスラスト及びモーメントのいずれか又は双方を発生させるように、複数の圧電素子(3)

10

20

)はマウント部又はフレーム(5)のリング部分の周囲に配分して配置されていることを特徴とする請求項3記載の光学系。

【請求項5】

圧電素子(3)と光学要素(1)との間にレンズ支え(6)が配設されていることを特徴とする請求項3又は4記載の光学系。

【請求項6】

レンズ支え(6)は少なくともほぼ楔形に形成されていることを特徴とする請求項5記載の光学系。

【請求項7】

作動部材は伝動手段、好ましくは固体連結体を有する伝動手段を有することを特徴とする請求項1から6の少なくとも1項に記載の光学系。

10

【請求項8】

作動部材(3)が空気圧ペローズを備え、このペローズが直接にまたは中間部材を介して光学要素に作用することを特徴とする請求項1または7のいずれか一項に記載の光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

本発明は、特にスリット状視野又は回転対称形でない照明を有し、マウント部に配置されている光学要素、特にレンズ又はミラーと、マウント部の一部及び/又は光学要素に作用する作動部材とを有する光学系、特にマイクロリソグラフィの投影露光装置に関する。

20

【0002】

冒頭に挙げた種類の光学系は欧州特許第0678768A2号に記載されている。この場合、マスクにより幅の狭いスリット状条片をウェハ上へ転写するステップとスキャンのプロセスを適用する。全視野を露光するために、レチクルとウェハを側方へ摺動させる(走査)。

しかし、スリット状の形状であるために、特にウェハに近いレンズで回転対称形の照明の複写が起こるという欠点がある。すなわち、必然的に生じるレンズ温度の上昇に伴って、レンズ上でも同様に回転対称形に温度分布が生じ、屈折率と温度との直線的関係及び熱膨張のために、光軸上で像のずれ、たとえば、非点収差が発生する。

【0003】

30

193nmのリソグラフィでは、193nmの光が石英ガラスレンズを透過することによって、石英ガラスの体積が減少し、 NI^2 に従って単調に減少する。さらに、屈折率の増加が生じる。尚、Nはレーザーパルスの数、Iはパルス線量である。屈折率の増加は収縮によって光路の減少を過補償してしまうので、コンパクションと呼ばれる効果が波面を妨害する。この結果、レンズの温度上昇(レンズヒーティング)の場合と同様に、光軸上で非点収差のような結像のずれが起こる。

【0004】

レンズの温度上昇の補償とは逆に、コンパクション効果に対し受動的補償は存在しない。この場合には、レンズ要素を変化させることにより、波面の変化を能動的に補償しなければならないであろう。屈折に基づく設計では能動ミラーを使用する可能性はない(結像ずれを補償するための追加ミラーを導入するコストは一般に問題外である)ので、「調整部材」として1つ又は複数のレンズを使用しなければならない。光軸上の非点収差を補正するために、光軸に沿った移動並びに偏心は問題外である。そこで、補正の可能性としてのあらゆる並進移動の自由度はなくなる。

40

欧州特許第0678768A号には、レンズの不均一な温度上昇によって起こる結像ずれを補正するために「調整部材」としてレンズを使用することが提案されている。その図11によれば、半径方向に作用する力をレンズに作用させている。しかし、そのようにして発生される力は非対称な厚さの変化を引き起こすだけである。

欧州特許第0660169A1号には、対物レンズが補正要素を具備しているマイクロリソグラフィの投影露光装置が記載されている。この目的のために、特に、光軸を中心とし

50

て回転自在である1対のレンズが設けられている。円筒メニスカス形を球面レンズに重ね合わせたというレンズの形状によって、屈折率は変化する。

【0005】

本発明の目的は、光学系において不均一な温度分布により必然的に起こる結像ずれを単純な手段によって補正又は最小にすることができる冒頭に挙げた種類の光学系を提供することである。

【0006】

本発明は、特にスリット状視野又は回転対称形でない照明を有し、マウント部に配設されている光学要素、特にレンズ又はミラーと、光学要素及び/又はマウント部に作用する作動部材とを有する光学系、特にマイクロリソグラフィの投影露光装置であって、作動部材が、ほぼ厚さの変化を伴わずに起こる曲がりが発生させるために、回転対称形ではなく且つ半径方向から外れた力及び/又はモーメントを光学要素に対し発生させることを特徴とする。

【0007】

従来の技術とは異なり、非対称な厚さの変化を生じさせるだけの圧力のみを加えるのではなく、スラスト又はねじれを発生させることにより、必然的に発生する結像ずれを大幅に補正するように、光学要素、たとえば、レンズの曲がりが発生させる。本発明による作動部材を使用することにより、光学要素、たとえば、レンズを数百nmから μm まで適切に変形させることができる。この方法により、たとえば、非点収差 r^2 及び r^4 を補償できる。

本発明による方法の場合、単純な手段を使用して所望の温度分布を迅速且つ確実に実現することができる。特に、たとえば、低次の結像ずれのような所定の結像ずれを補正すべき場合には、これは重要である。

【0008】

本発明のもう1つの非常に重要な利点は、必要に応じて「過補償」及び製造誤差の付加的補正が可能であるということにある。従来の技術で見られたように個々のレンズを対称にするのではなく、個々のレンズを「過補償」すること、すなわち、温度分布又は変形を意識的に「別の方向」に非対称にすることもできる。このようにして、全体として見れば、対物レンズ全体又は露光装置の補正ができる。

【0009】

製造誤差の補正に関して、2つの変形構成、すなわち、偶発的な製造誤差の同時補正と、必要な補正量を半減するための一定の進み量意図的な組み込みが存在する。

本発明の方法によれば、レンズヒーティングと、光学要素のコンパクション効果とを同時に補償することが可能である。

本発明による光学系は半導体リソグラフィに適用されると特に有利である。半導体リソグラフィの場合、結像すべき構造の縮小率が増すほどに発生する結像ずれを最小限に抑えなければならないからである。

本発明の作動部材により、熱非点収差及び光学要素、たとえば、レンズのコンパクション効果に基づく誤りの補正のための非点収差を目的に合わせて発生させることができる。

さらに、作動部材の配列と数に応じて、光学要素の別の変形も可能であることも有利である。

本発明の有利な構成は、請求項2から8及び以下に添付の図面に基づいて原理を説明される例から明白になるであろう。

【0010】

マイクロリソグラフィにおける投影露光装置は一般に知られているので、以下、レンズマウントとして機能する装着リング2に保持されている光学要素、すなわち、レンズ1に限定して説明する。調整ねじの形態をとる作動部材3は、装着リング2を取り囲むフレーム5に配設されている。互いに対向する位置にある2つの連結体4は装着リング2と、フレーム5との結合を成立させている。光軸に沿った安定性を得るために、必要に応じて、光軸に沿って剛性のより高い別の連結体4を配設しても良い。図1及び図2に示す実施形態

10

20

30

40

50

から明らかであるように、2つの作動部材3は互いに向かい合う位置にある。

【0011】

図2から明らかであるように、装着リング2は底部の開いた鉢形の形状を有し、2つの作動部材3はその上縁部に配置され、半径方向の力を発生させている。レンズ1は装着リング2の底部の楔形下縁部に当接し、作動部材3により図2の矢印Aの方向に力が加わったとき、レンズに対し、光軸と平行な矢印B方向の曲げモーメントが発生する。調整ねじとして構成されている作動部材3は油圧方式で作動されても良く、あるいは、必要に応じて別の方式で作動されても良い。図から明らかであるように、作動部材は、レンズ1のたわみという形の変形をもたらすモーメントを装着リング2に、各々の目的に応じて適切に導入する。

10

【0012】

図3及び図4はフレーム5を示し、このフレーム5においても、図1及び図2に示す実施形態の場合と同様に、変形自在の装着リング2にモーメントを導入する。特に図4から明らかであるように、この場合には、フレーム5と装着リング2は部分的に光軸と平行な方向で前後に位置しているため、この場合にも、互いに対向する2つの作動部材3の長手方向軸は光軸と平行であり、従って、同様に光軸と平行な向きの力を発生することができる。

【0013】

フレーム5を装着リング2と結合するために、作動部材3に対しそれぞれ90°ずれた位置に、固定部材又は締め付け部材4（詳細には図示せず）が設けられている。図1及び図2に示す実施形態とは異なり、装着リング2は2つの互いに真向かいの場所でフレーム5に固定保持され且つ90°ずれた位置では光軸に沿って曲げられる。

20

【0014】

図5及び図6に示す実施形態の場合、2つの互いに対向する位置では下方に向かって、また、それらの位置に対しそれぞれ90°ずれた位置では上方に向かって、対応して配置された作動部材3により押圧されるので、光軸に沿った摺動は起こらない。図から明らかなように、この場合、図3及び図4に示す実施形態と同様に、たとえば、水平に対向する作動部材は下向きの曲げモーメントを発生し、垂直に対向する作動部材3は上向きの曲げモーメントを発生して、それらのモーメントがレンズ1に作用する。装着リングとフレームとの結合は、作動部材3の相互間にそれぞれ周囲に対称に配分して配設される4つの連結

30

【0015】

図7は、圧電素子として構成されている原理上の作動部材3の断面図である。この場合、作動部材、すなわち、圧電素子3が圧電動作したとき、それらの素子の周囲に沿った配分状態に応じて所定の形態の曲げモーメントがレンズ1に加わるように、より多くの数、たとえば、20個の圧電素子をフレーム5又は装着リング2のリング部分に配分することができる。モーメントを導入するために、圧電素子4とレンズ1との間の中間部材として楔形のレンズ支え6がある。

【0016】

図8はもう一つの実施形態の一部断面図を示す。ここでも変形可能な装着リング2に保持されているレンズ1、ならびに装着リング2をかこむフレーム5が認められる。装着リング2の周縁フランジ10の厚さは外側円周で薄くなる。フレーム5の周縁フランジ11の内側円周は上記外側円周と同じ厚さで、そのため装着リング2とフレーム5の間で、リング状かつ溝状のくぼみを生じるようになっている。

40

【0017】

この溝状のくぼみにはリング状の作動部材ホルダ12が挿入され、図中番号13が示すように、フレーム5の周縁フランジ11にネジ止めされている。作動部材ホルダ12は、円周上複数の箇所配置されたたとえば直径をはさむ2箇所に向かい合い、円筒形の取付口14を備えている。この取付口は、これよりも直径が小さい貫通孔15を経由して、作動部材ホルダ11の上側と連結している。このようにして取付口14と貫通孔15の間に、

50

リング状の肩 16 が生じる。

【 0 0 1 8 】

いずれの取付口 14 にも空気圧ペローズ 3 があり、これはこの実施形態では作動部材として用いられている。このペローズ 3 の下側は、変形可能な装着リング 2 のリング状フランジ 10 に密着している。ペローズ 3 のリング状の上側前面は、取付口 14 と作動部材ホルダ 11 の貫通孔 15 の間の段状部分 16 に密着している。ペローズ 3 のかぎ形のソケット 17 は、貫通孔 15 を通ってホース 18 と連結し、加圧されたガスがこのホースから供給される。

【 0 0 1 9 】

ガスの圧力調節はさまざまな方法で行うことができる：

【 0 0 2 0 】

最も単純な場合では、調節弁（ここには図示せず）と装着リング 2 の両方またはそのいずれかに簡単なガス圧力センサを取り付け、このセンサがペローズ 3 で実際に得られているガス圧力に関する応答信号を制御装置に発する。別法として、装着リング 2 に光路センサ（ここには図示せず）を取り付けることができ、このセンサが装着リング 2 の実際の曲がりを検知し、それに応じて制御装置に通報する。この光路センサはたとえば静電容量の原理で動作させることができる。

【 0 0 2 1 】

ガス圧力センサによるガス圧力調節も光路センサによる路程測定も、センサを複数備えることによってその精度を上げることができる。たとえば 4 つのガス圧力センサを備え、制御装置でそれらの信号を 4 つの較正済みのガス圧力曲線により修正することができる。これらガス圧力曲線は制御装置内に記憶されているもので、そのときどきのガス圧力に異常が生じていないかどうかの基準となるものである。同様に 4 つの光路センサを装着リング 2 に配設することもできる。

【 0 0 2 2 】

装着リング 2 とフレーム 5 の連結は、ここでもまた一種の関節である装置で行われ、これらの装置はペローズ 3 間の角度範囲に備えられる。

【 0 0 2 3 】

装着リング 2 とフレーム 5 の連結は、図 9 の実施形態で行うのがとくに優雅である。ここで装着リング 2 とフレーム 5 は 1 つの均質な加工物として製造され、図示された形態では複数のスリット 20 により機能上 2 つの部材 2 と 5 に区分されている。スリット 20 はたとえば放電加工によって設けることができる。これらのスリットはならんで、この光学系の軸を中心とするほぼ 1 つの円となり、隣り合う末端でわずかに半径方向外側に向きを変える。こうして装着リング 2 とフレーム 5 の間には、変形可能な関節として働く素材ブリッジ 4 が生じる。スリット 20 は、素材ブリッジ 4 に 90° だけ位置をずらしたところに、半径方向に突出する舌状物 21 を形成する。これら舌状物にはそれぞれ今見ている図の平面の向こう側から、ペローズが 1 つずつ図 8 に示したと同様に作用する。このペローズはみずからの（今回はリング状ではない）作動部材ホルダによってポケット 22（点線で示す）に収められ、このポケットは装着リング 2 とフレーム 5 の前面に設けられているが、その前面は今見ている図の平面の向こう側にあることになる。

【 0 0 2 4 】

作動部材として空気圧で動作するペローズ 3 を使用することは、先に述べた実施形態とくらべてメカニズム上の原理が単純になるという利点がある。いかなる案内装置も不要であり、したがって摩擦と摩耗が大幅に解消する。また調節速度が速くなるのも利点である。

【 0 0 2 5 】

作動部材 3 として多数の圧電素子を設けると共に、それらを周囲に沿って任意に配分することにより、任意の方向の非点収差、3 波状態及び円筒レンズ効果のような他の効果を作り出すこと又は場合によっては重ね合わせることができる。先に説明した作動部材の使用により、他のレンズの表面誤差の結像の誤りを補正することができるように、レンズ 1 をマウント部に対し変形させることが可能である。すなわち、1 つ又はいくつかのレンズ

10

20

30

40

50

1において「過補償」が行われることになる。この結果、対物レンズ全体の結像品質は改善される。さらに、石英のコンパクション又はレンズの温度上昇に起因する屈折の変化を稼動中に、対物レンズの寿命の全てを通して光学的品質が保証されるように補正することができる。

【0026】

一般に、レンズ1は対物レンズの上三分の一の部分で変形のために使用され、光束の光束直径とレンズ直径との比は、ゆがみ作用と非点収差作用との正しい関係を規定する。さらに、光束直径に沿った視野の推移を操作すべきである。絞り空間にあるレンズに関しては、視野全体にわたり一定である非点収差が起こり、ゆがみ作用は発生しない。レチクルに非常に近接しているレンズについては、ゆがみアナモルフィズムは起こるが、非点収差作用はごく小さい。

10

作動部材、特に圧電素子は減速又は加速のための直線伝動装置又はレバー伝動装置のような伝動装置を具備していても良い。この目的のために、固体連結体を使用できると有利である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に従った作動部材を有する光学要素の概略平面図。

【図2】 図1の線II-IIに沿った断面図。

【図3】 本発明に従った作動部材を有する光学要素の第2の実施形態を示す図。

【図4】 図3の線IV-IVに沿った断面図。

【図5】 本発明に従った作動部材を有する光学要素の第3の実施形態を示す図。

20

【図6】 図5の線VI-VIに沿った断面図。

【図7】 作動部材の別の実施形態の図2、図4及び図6にならった断面図。

【図8】 本発明に従った作動部材を有する光学要素の第5の実施形態の部分断面図。

【図9】 図8に示した2部分構成の実施形態に代わる、装着リング及びそれと連結するフレームの一体型に実施形態の部分上面図。

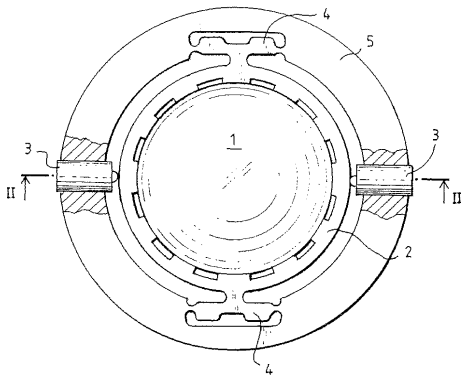
【符号の説明】

- 1 レンズ
- 2 装着リング
- 3 作動部材
- 5 フレーム
- 6 レンズ支え

30

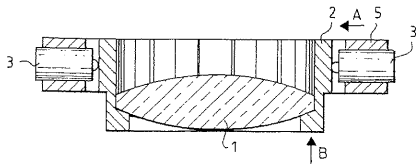
【 図 1 】

FIG. 1



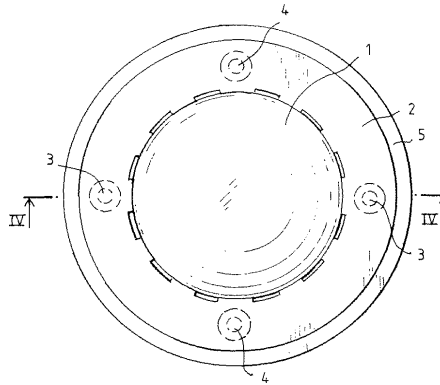
【 図 2 】

FIG. 2



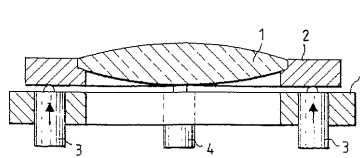
【 図 3 】

FIG. 3



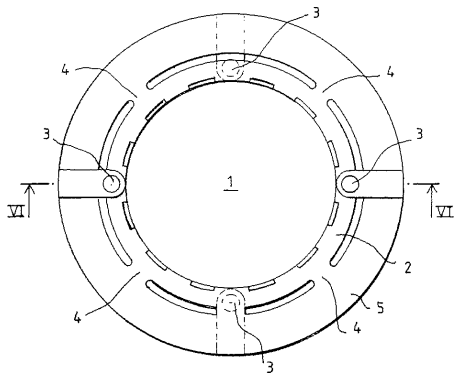
【 図 4 】

FIG. 4



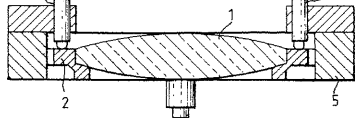
【 図 5 】

FIG. 5



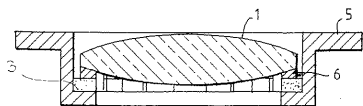
【 図 6 】

FIG. 6



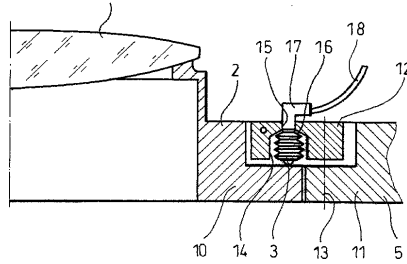
【 図 7 】

FIG. 7



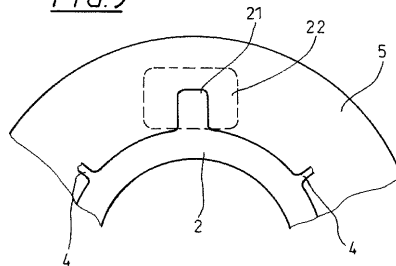
【 図 8 】

FIG. 8



【 図 9 】

FIG. 9



フロントページの続き

- (72)発明者 ガーバー, エルヴィン
ドイツ連邦共和国・ディ - 8 9 5 2 2 ・ハイデンハイム・オスターホルツシュトラッセ・8 5
- (72)発明者 ヴァグナー, クリスティアン
ドイツ連邦共和国・ディ - 7 3 4 3 1 ・アーレン・メーレンシュトラッセ・9
- (72)発明者 ホルデラー, フーベルト
ドイツ連邦共和国・ディ - 8 9 5 5 1 ・ケーニヒスブロン・グレフィンシュトラッセ・6
- (72)発明者 ゲルハルト, ミヒャエル
ドイツ連邦共和国・ディ - 7 3 4 3 2 ・アーレン・ビュールシュトラッセ・4
- (72)発明者 メルツ, エリッヒ
ドイツ連邦共和国・ディ - 7 3 4 5 7 ・エッシンゲン・バインドシュトラッセ・1
- (72)発明者 ベッカー, ヨヒェン
ドイツ連邦共和国・ディ - 7 3 4 4 7 ・オーバーコヒエン・ユノヴェク・1 0
- (72)発明者 シャイベルライヒ, アリー・コーメリス
オランダ国・エヌエル - 5 5 0 3 エイチジィ・ヴェルトホーベヴェン・プロビンシアレヴェク・
3 8

審査官 佐野 浩樹

- (56)参考文献 特開平06 - 163366 (JP, A)
特開平10 - 144602 (JP, A)
欧州特許出願公開第00678768 (EP, A1)
特開平10 - 206714 (JP, A)
特開平08 - 008178 (JP, A)
米国特許第04993823 (US, A)
特開平10 - 039208 (JP, A)
米国特許第05923482 (US, A)
特開平11 - 044834 (JP, A)
特開平10 - 054932 (JP, A)
特開昭62 - 032613 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03F 7/20 - 7/24、 9/00 - 9/02、
H01L21/027、 21/30