



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 027 200 A1** 2008.12.18

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 027 200.8**

(22) Anmeldetag: **13.06.2007**

(43) Offenlegungstag: **18.12.2008**

(51) Int Cl.⁸: **G03F 7/20** (2006.01)

G02B 7/02 (2006.01)

G02B 13/00 (2006.01)

G02B 13/18 (2006.01)

G02B 13/14 (2006.01)

(71) Anmelder:
Carl Zeiss SMT AG, 73447 Oberkochen, DE

(74) Vertreter:
LangRaible Patent- und Rechtsanwälte, 80331 München

(72) Erfinder:
Hetzler, Jochen, 73431 Aalen, DE; Gruner, Toral, Dr., 73433 Aalen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 198 27 602 A1

US2006/01 46 384 A1

US2005/02 19 495 A1

US 61 04 472 A

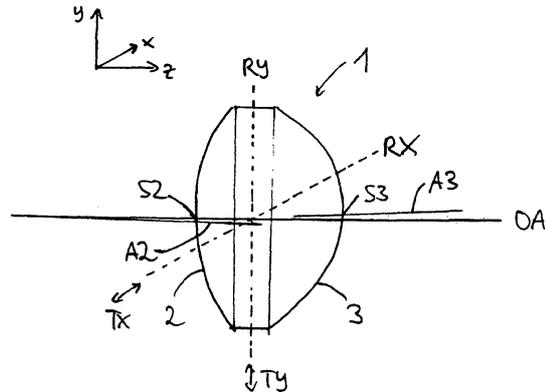
WO2006/01 25 617 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Projektionsbelichtungsanlage für die Mikrolithographie**

(57) Zusammenfassung: Eine Projektionsbelichtungsanlage für die Mikrolithographie umfasst wenigstens ein optisches System, beispielsweise Lithographieobjektiv, das wenigstens eine Bi-Asphäre 1 mit zwei Asphären 2, 3 umfasst. Erfindungsgemäß weist die Projektionsbelichtungsanlage einen Manipulator auf, der eine Verkippung der Asphärenachsen A2, A3 der beiden Asphären 2, 3 durch eine Verkippung der Bi-Asphäre 1 um zwei aufeinander senkrecht stehende Achsen RX und RY so weit kompensiert, dass die Abbildungseigenschaften des optischen Systems optimiert werden. Darüber hinaus kann ein Zentriermanipulator vorgesehen sein, der Translationen TX und TY zur Ausrichtung der Achsen A2 und A3 bzgl. der optischen Achse OA ausführt. Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Systems kann, mit bereits am Objektiv montierter Bi-Asphäre 1, anhand von den dem System eigenen Abbildungsparametern eine Ausrichtung der Linse 1, insbesondere eine Verkippung, zur Optimierung der Abbildungsparameter des Lithographieobjektivs durchgeführt werden.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die Erfindung betrifft eine Projektionsbelichtungsanlage für die Mikrolithographie, umfassend wenigstens ein optisches System, das wenigstens ein optisches Element mit wenigstens zwei im Wesentlichen starr relativ zueinander angeordneten asphärischen Oberflächen aufweist.

STAND DER TECHNIK

[0002] Projektionsbelichtungsanlagen für die Mikrolithographie werden zur Herstellung verschiedener Bauteile mit einer Feinstruktur, beispielsweise in der Halbleitertechnologie, eingesetzt.

[0003] Eine Projektionsbelichtungsanlage weist im Wesentlichen ein Beleuchtungssystem sowie ein nachgeschaltetes optisches Abbildungssystem, beispielsweise ein Projektionsobjektiv, auf. Mittels des Projektionsobjektivs wird ein in der Objektebene angeordnetes Objektfeld, d. h. die abzubildende Struktur (Maske, Retikel), mit höchster Auflösung auf ein in der Bildebene angeordnetes Bildfeld, beispielsweise einen Wafer, abgebildet.

[0004] Moderne Lithographiesysteme werden mit hoher Apertur und großen Feldern betrieben, so dass ein hoher Lichtleitwert korrigiert werden muss. Zugleich soll die Anzahl optischer Elemente möglichst niedrig gehalten werden, da der Materialpreis für die Komponenten hoch ist, ein erhöhter Lichtverlust und vermehrte Doppelreflexe durch Reflexion an designseitig refraktiven optischen Flächen auftreten, und der Bauraum häufig begrenzt ist. Eine hohe Anzahl optischer Elemente wirkt sich daher negativ auf die Kosten und die Effektivität des Systems aus.

[0005] Aus diesem Grund werden sowohl in der Optik des Beleuchtungssystems als auch im Objektiv in neueren Anwendungen neben sphärischen Oberflächen auch asphärische Oberflächen eingesetzt. Asphärische Oberflächen weisen eine reflektierende oder brechende Oberfläche auf, die in der Regel rotationssymmetrisch, jedoch nicht kugelförmig (sphärisch) oder eben ausgebildet ist. Asphärische Flächen sind dazu geeignet, optische Korrekturen in den optischen Systemen des Projektionsobjektivs zu bewerkstelligen. So können mittels Asphären Abbildungsfehler wie die sphärische Aberration, Verzeichnung, winkelabhängige Öffnungsfehler wie Koma, schiefe sphärische Aberration, usw. korrigiert werden. Außerdem können die besonderen optischen Eigenschaften von Asphären genutzt werden. Durch den Einsatz einer asphärischen Oberfläche kann beispielsweise der radiale Brechkraftverlauf durch die Auswahl einer geeigneten Deformation des optischen Elements variiert werden. Insgesamt kann die

Anzahl der brechenden bzw. reflektierenden Grenzflächen verringert und somit die Transmission des Systems verbessert werden.

[0006] Als besonders effektiv für die Verbesserung der Abbildungseigenschaften und der Effizienz des optischen Systems erweisen sich sog. Doppel-Asphären mit wenigstens zwei benachbarten asphärischen Oberflächen. Durch den Einsatz von Doppel-Asphären kann der Transmissionswirkungsgrad des Systems wirkungsvoll erhöht werden. Durch eine radiale Relativverschiebung zweier benachbarter Asphären kann die kombinierte Wirkung der Asphären eingestellt und verändert werden. Zudem können Verzeichnung und sphärische Aberration gleichzeitig korrigiert werden. Ein Lithographie-Objektiv und eine Projektionsbelichtungsanlage mit einer Doppel-Asphäre offenbart beispielsweise die WO 2005/033800 A1, deren Inhalt durch Bezugnahme in diese Anmeldung eingeschlossen werden soll.

[0007] Um eine Vielzahl von Designfreiheitsgraden zur Korrektur von Abbildungsfehlern und zur Verbesserung der Abbildungseigenschaften zur Verfügung zu stellen, wurde insbesondere der Einsatz von beidseitig asphärischen Linsen (sog. Bi-Asphären) vorgeschlagen. Derartige Bi-Asphären sind auch in den Ausführungsbeispielen der WO 2005/033800 A1 gezeigt.

[0008] Problematisch beim Einsatz von Bi-Asphären sind erhöhte Anforderungen an die Prüfoptik und die Justage bzw. Montage der Elemente.

[0009] Die Anforderungen an die relative Positionierung von nahe beieinander liegenden Asphärenflächen sind prinzipiell hoch. Zusätzlich ergibt sich bei der richtigen Positionierung einer Bi-Asphäre die Problematik, dass die Asphären zwei im Wesentlichen starr miteinander verbundene Flächen sind, die nach der Fertigung des optischen Elements relativ zueinander feststehen. Da es praktisch nicht möglich ist, zwei Asphären auf einer Linse so zu fertigen, dass beide gleichzeitig exakt der gewollten optischen Achse genügen, sind die Asphären immer relativ zueinander verkippt, wobei die Achse und das Ausmaß der Verkipfung vor dem Einbau nicht bekannt sind. Außerdem sind Formschwankungen der Bi-Asphäre innerhalb bestimmter Toleranzen unvermeidlich.

[0010] Zwar kann mit Hilfe einer geeigneten Prüfoptik die Linse bezüglich ihrer Formhaltigkeit, bezüglich der Einzelpassen und ihrer relativen Ausrichtung zueinander (z. B. innere Dezentrierung) innerhalb vorgegebener Toleranzen gefertigt werden. Dennoch bleiben erhebliche Probleme bei der Ausrichtung und Montage der Bi-Asphäre im optischen System der Lithographie-Projektionsbelichtungsanlage bestehen.

AUFGABE DER ERFINDUNG

[0011] Ausgehend davon ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Projektionsbelichtungsanlage für die Mikrolithographie mit verbesserter Abbildungsqualität bei niedrigerem Materialaufwand und verringertem Bauraum bereitzustellen.

TECHNISCHE LÖSUNG

[0012] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Projektionsbelichtungsanlage für die Mikrolithographie gemäß dem Anspruch 1. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0013] Die erfindungsgemäße Projektionsbelichtungsanlage für die Mikrolithographie umfasst wenigstens ein optisches System, das wenigstens ein optisches Element mit wenigstens zwei asphärischen Oberflächen aufweist. Die wenigstens zwei asphärischen Oberflächen sind im Wesentlichen starr relativ zueinander angeordnet. Darüber hinaus weist die Projektionsbelichtungsanlage Mittel zur Manipulation des optischen Elements zur Veränderung bzw. Einstellung der Abbildungseigenschaften des optischen Systems auf.

[0014] Neben dem optischen System, das ein optisches Abbildungssystem, beispielsweise ein Lithographieobjektiv, umfasst, das zwischen einer Objektebene und einer Bildebene angeordnet ist, weist die Projektionsbelichtungsanlage im Wesentlichen eine Beleuchtungseinrichtung auf. Das Lithographieobjektiv kann beispielsweise ein katadioptrisches Projektionsobjektiv sein, das erfindungsgemäß eine Doppel-Asphäre mit im Wesentlichen starr miteinander verbundenen brechenden oder spiegelnden Oberflächen aufweist. Das optische System kann aber auch Teil des Beleuchtungssystems der Projektionsbelichtungsanlage sein, das eine homogene Ausleuchtung der Maske bzw. des Retikels sicherstellt. Das optische Element ist in das optische System eingebaut. Erfindungsgemäß kann das optische Element durch die Mittel zur Manipulation des optischen Elements in verschiedenen Freiheitsgraden positionsverändert (z. B. durch eine Verkippung relativ zu den übrigen Bauteilen des optischen Systems), oder formverändert werden, beispielsweise durch eine Deformation des optischen Elements durch Verbiegen, Wärmezufuhr, usw.

[0015] Durch die Möglichkeit der Manipulation des optischen Elements nach dem Einbau in das System können durch nachträgliche Justage des optischen Elements die Abbildungseigenschaften eingestellt, verändert und verbessert werden. Aus dieser Möglichkeit resultieren verbesserte Einsatz- und Montagemöglichkeiten für Bi-Asphären in Projektionsbelichtungsanlagen.

[0016] Das optische Element weist eine erste Asphäre und eine zweite Asphäre auf, die in der Regel im Wesentlichen rotationssymmetrisch ausgebildet sind. Die asphärischen Oberflächen können gleichförmig oder unterschiedlich ausgebildet sein.

[0017] Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass es bei der Montage des Bi-Asphäre darauf ankommt, die Linse korrekt orientiert zu den übrigen optischen Elementen in das optische System einzubauen. Bei einer Abbildungssymmetrie des Systems kann der Einbau etwa relativ zur optischen Systemachse ausgerichtet werden. Während die Dezentrierung und der Kipp einer Sphäre ähnliche Auswirkungen auf die Abbildungsqualität mit sich bringen, der innerhalb üblicher Toleranzen einen vergleichsweise kleinen Bildfehler bewirkt, ist bei einer Asphäre eine Verkippung innerhalb typischer Toleranzen kritischer als für eine sphärische Fläche ähnlicher Form und Position. Übliche Toleranzen hängen vom System ab. Für Lithographieobjektive sind Toleranzen in der Größenordnung von Bogensekunden für eine Verkippung und Mikrometer für eine Dezentrierung akzeptabel.

[0018] Es wurde jedoch erkannt, dass besonders starke Auswirkungen, insbesondere im Bezug auf die Abberationswirksamkeit, aus einer Dezentrierung der Asphäre resultieren. Innerhalb üblicher Toleranzen bei vergleichbaren Positionen und mittleren Krümmungen wirken sich Montagefehler hinsichtlich des Abberationsniveaus etwa in folgenden Stufen negativ aus: Die geringsten Auswirkungen resultiert aus einer Verkippung oder Dezentrierung einer sphärischen Fläche. Die Verkippung einer asphärischen Fläche wirkt sich bereits in erheblich höherem Maß negativ auf das Abberationsniveau aus. Die größte Auswirkung auf das Abberationsniveau rührt von der Dezentrierung einer asphärischen Fläche her.

[0019] Bei sphärischen Flächen kann daher die Position der Linse bei der Montage durch die beiden Krümmungsmittelpunkte der Flächen festgelegt werden. Bei Planflächen wird die Flächennormale bestimmt, deren Durchstoßpunkt auf der Planfläche aufgrund der Translationssymmetrie keine Rolle spielt. Eine Dezentrierung einer sphärischen Oberfläche wird innerhalb der Fassung vermessen und beim Einbau der Fassung so berücksichtigt, dass die eingebaute Linse mit der optischen Achse des Systems fluchtet. Eine nach dieser Justage verbleibende Verkippung kann aufgrund der geringen Wirksamkeit einer Verkippung sphärischer Flächen auf das Abberationsniveau in der Regel toleriert werden.

[0020] Einseitig asphärische Linsen können über die Linie, auf der die unterschiedlichen Krümmungsmittelpunkte der Asphäre liegen, sowie durch den Mittelpunkt der sphärischen Fläche beschrieben werden. Da für die sphärische Fläche eine Verkippung

weitgehend unkritisch ist, wird in der Montage vor allem darauf geachtet, dass der Asphärenscheitel auf der optischen Achse des Systems liegt bzw. korrekt zum Strahlengang positioniert ist. Dazu kann die Fassung bei der Montage zentriert werden. Eine Verkipfung der Linse innerhalb der Fassung in üblichen Größenordnungen kann meist toleriert werden, ebenso wie die unter Umständen aus der Ausrichtung resultierende Dezentrierung der sphärischen Fläche.

[0021] Für bi-asphärische Linsen dagegen bewirkt bereits eine Verkipfung in im Fertigungsprozess des Projektionsobjektivs üblichen Größenordnungen bei einer ansonsten als perfekt angenommenen Bi-Asphäre, dass mindestens einer der Asphärenscheitel nicht auf der optischen Achse bzw. korrekt im Strahlengang liegt. Auch eine unter Umständen mögliche nachfolgende Zentrierung des Elements im Strahlengang kann nicht verhindern, dass die kritischste Fehlerquelle hinsichtlich des Abberationsniveaus, nämlich eine Dezentrierung einer der asphärischen Flächen auftritt.

[0022] Eine Strategie, die Linse mit bekannter Scheitellage in der Fassung zu befestigen, wobei eine Verkipfung innerhalb typischer Toleranzen gehalten wird, und anschließend die Fassung beim Aufbau so zu positionieren, dass der Asphärenscheitel korrekt im Strahlengang, d. h. in der Regel auf der optischen Achse liegt, führt somit nicht zum Ziel.

[0023] Erfindungsgemäß wird die Projektionsbelichtungsanlage für die Mikrolithographie daher mit einem Manipulator ausgestattet, der dazu geeignet ist, die wenigstens eine Bi-Asphäre nach ihrem Einbau in ein optisches System der Anlage bzgl. des Strahlengangs bzw. der optischen Achse justierbar zu halten. Dementsprechend kann das optische Element zur Optimierung der Abbildungseigenschaften des optischen Systems insgesamt noch nach dem Einbau justiert werden. Es ist sowohl möglich, das Trägerelement, beispielsweise eine Fassung, eine Optikhalterung, usw. justierbar am Objektiv anzubringen, als auch die Bi-Asphäre im Trägerelement justierbar zu lagern. Insbesondere können durch den Einsatz der Manipulatoren mittels am zusammengesetzten optischen System vorgenommener Messungen Abbildungsfehler kompensiert werden.

[0024] Ein Manipulator bzw. Kompensator zur Veränderung der Position des optischen Elements innerhalb des optischen Systems kann mittels einer Stellerschraube, elektrisch angetrieben oder durch jeden dem Fachmann bekannten Mechanismus betätigt werden.

[0025] Zusätzlich oder alternativ zu Manipulatoren, die eine Veränderung einer beliebigen Anzahl von Bewegungs-Freiheitsgraden zur nachträglichen Justage einer Bi-Asphäre bewirken können, können bei-

spielsweise Manipulatoren zur Erzeugung einer Deformation (Formveränderung) des optischen Elements (z. B. der Oberfläche, oder zur Veränderung der gegenseitigen Lage der Oberflächen) durch Verbiegung, Wärme, etc. vorgesehen werden. Diese zusätzlichen Manipulatoren können mechanische Mittel, Peltier-Elemente, Bestrahlungsmittel (z. B. Infrarot-Quellen) oder Ohmsche Wärmequellen umfassen.

[0026] Insbesondere weisen die Mittel zur Manipulation des optischen Elements wenigstens einen Manipulator zur Veränderung der Position des optischen Elements innerhalb des optischen Systems auf. Es kann somit eine Justage auf Basis der gemessenen Systemparameter bei eingebauter Linse durchgeführt werden. Die Justage dient in der Regel lediglich zum Ausgleich eines Montagekipps, zum Ausgleich etwa durch einen Transport verursachter Verkipfungen, zum Ausgleich langfristiger Änderungen in der Befestigung des Elements über die Lebensdauer des Systems, u. ä. Ein vielfacher Gebrauch über mehr als ca. zehn Korrekturzyklen kann, muss aber im Allgemeinen nicht vorgesehen sein.

[0027] Insbesondere ist der Manipulator zur Verkipfung des optischen Elements um wenigstens eine erste (Rotations-)Achse ausgebildet. Selbstverständlich kann die (fertigungsbedingte) gegenseitige Verkipfung der beiden Asphären durch diese Maßnahme nicht kompensiert werden. Da jedoch die Verkipfung und Dezentrierung einer asphärischen Fläche erheblichen Einfluss auf das Abberationsniveau hat, kann durch kleine Veränderungen dieser Parameter der Hebel auf die optische Wirkung des Gesamtsystems eingestellt werden.

[0028] In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist die Rotationsachse schräg zur optischen Achse des optischen Systems, insbesondere im Wesentlichen senkrecht zur optischen Achse des optischen Systems, angeordnet.

[0029] Der Manipulator ist vorzugsweise zur Verkipfung des optischen Elements um wenigstens zwei Rotationsachsen, eine erste und eine zweite Achse, ausgebildet. In der Regel wird es sich dabei um zwei nicht parallele Achsen handeln, die beide senkrecht zur optischen Achse ausgerichtet sein können.

[0030] Vorzugsweise sind die Rotationsachsen relativ zueinander senkrecht ausgerichtet. Gemäß der Erfindung werden also Bi-Asphären so gefasst, dass sie während der Justage, ausgehend von Systemmessungen, wenigstens noch um zwei relativ zueinander senkrecht ausgerichtete Achsen verkipfbar sind. Diese Achsen stehen in der Regel auch senkrecht zur optischen Achse. In der Regel schneiden sich die Rotationsachsen gegenseitig und/oder die optische Achse. Die Kippmöglichkeiten sind in erster

Linie für den Ausgleich einer die gewünschten Abbildungseigenschaften des optischen Systems negativ beeinflussenden Verkippung nach dem Einbau der Bi-Asphäre in das optische System vorgesehen. Darüber hinaus ist es möglich, eine beim Transport des montierten Systems oder aufgrund von Veränderungen in der Befestigung des Elements über die Lebensdauer auftretende Verkippung zu kompensieren. Da derartige Manipulationen jedoch i. a. nur sehr eingeschränkt erforderlich sind, geneigt es in der Regel, maximal zehn Zyklen für den Einsatz des Manipulators vorzusehen.

[0031] Durch den Manipulator ist es möglich, anhand von Systemmessungen des vollständig montierten optischen Systems, die einen Verkippfehler der Bi-Asphäre anzeigen, die Abbildungseigenschaften des Systems zu optimieren.

[0032] Insbesondere ist der Manipulator (auch) zur Durchführung einer translatorischen Bewegung des optischen Elements ausgebildet. Die translatorische Bewegung wird in der Regel im Wesentlichen senkrecht zur optischen Achse des optischen Systems ausgeführt werden. Es kann auch eine Lateralverschiebung entlang der optischen Achse vorgesehen sein.

[0033] Vorzugsweise ist die translatorische Bewegung in wenigstens einer Richtung schräg zur optischen Achse, insbesondere im Wesentlichen senkrecht zur optischen Achse, ausführbar.

[0034] Auch der Manipulator für die Durchführung der translatorischen Bewegung muss i. a. nur für wenige Betriebszyklen mechanisch ausgelegt sein. Im Fall, dass die Befestigung des optischen Elements innerhalb einer Fassung ausreichend stabil und die Fixierelemente der Fassung am Objektiv nach der Verkippung noch zugänglich sind, oder die Fassung anderweitig zentriert werden kann, kann auf einen Zentriermanipulator vollständig verzichtet werden.

[0035] Sofern die Krümmungsmittelpunkte beider Asphären bereits aufgrund hoher Fertigungsgenauigkeit weitgehend fluchtende Linien bilden, die nach der Verkippung parallel zu ihrer Sollposition, beispielsweise einer optischen Achse, ausgerichtet sind, können durch eine nachfolgende Zentrierung des optischen Elements, beispielsweise indirekt durch eine Zentrierung der Fassung, die fluchtenden Linien exakt in ihre Sollposition gebracht werden. Damit werden kritische Bildfehler, die aufgrund einer Dezentrierung einer Asphäre auftreten können, vermieden.

[0036] Abweichend von der idealen Bi-Asphäre mit zusammenfallenden, d. h. fluchtenden Asphären-Achsen, kann bei verkipperten und/oder dezentrierten Asphären-Achsen (wie dies häufig bei realen

Bi-Asphären vorkommt) keine fluchtende Ausrichtung mit der Objektivachse bzw. optischen Achse des Systems erreicht werden. Stattdessen wird in diesem Fall eine Optimierung der Abbildungsqualität und Reduzierung der Bildfehler im Objektiv durch eine gezielte Kippung und Dezentrierung der Bi-Asphäre erreicht. Beispielsweise erscheint es bei ähnlich ausgebildeten Asphären sinnvoll, dass der Mittelwert der Richtungen der asphären Achsen fluchtend zur Objektivachse ausgerichtet wird bzw. der Mittelwert der Dezentrierungen der Asphärenscheitel zur Objektivachse Null wird. Sofern in diesem Fall die Bi-Asphäre innerhalb vorgegebener Toleranzen bzgl. Abweichungen der asphären Achsen hinsichtlich ihrer Lage und Ausrichtung gefertigt ist, kann mit Hilfe der erfindungsgemäßen Projektionsbelichtungsanlage, anhand von Messungen am optischen System, die Abbildungsqualität optimiert werden, so dass das System den vorgegebenen Anforderungen gerecht wird.

[0037] Insbesondere kann das optische Element eine Bi-Asphäre und/oder eine Doppel-Asphärenlinse sein. Das optische Element kann beispielsweise eine Linse mit zwei gleichen oder unterschiedlichen asphärischen Oberflächen sein.

[0038] Vorzugsweise kann das optische Element wenigstens eine erste spiegelnde und/oder brechende Asphäre, und eine zweite spiegelnde und/oder brechende Asphäre aufweisen. Es sind somit alle möglichen Kombinationen aus brechenden und spiegelnden Asphären möglich.

[0039] Die Mittel zur Manipulation des optischen Elements können, zusätzlich oder alternativ zu den Mitteln zur Positionsänderung des optischen Elements, Mittel zur Formveränderung des optischen Elements, insbesondere durch Deformation des optischen Elements, aufweisen.

[0040] Die Mittel zur Manipulation des optischen Elements können Mittel zur Veränderung wenigstens einer Oberfläche des optischen Elements und/oder zur Veränderung der relativen Lage wenigstens einer Oberfläche des optischen Elements relativ zu einer weiteren Oberfläche des optischen Systems aufweisen. Durch die Formänderung der Bi-Asphäre werden relative Positionen von Oberflächen des optischen Systems verändert, Oberflächenkrümmungen und/oder die Oberflächengestalt beeinflusst.

[0041] Die Mittel zur Manipulation des optischen Elements können Mittel zur Verbiegung des optischen Elements aufweisen. Eine gezielte Verbiegung kann beispielsweise durch mechanische Einwirkung erfolgen.

[0042] Die Mittel zur Manipulation des optischen Elements umfassen vorzugsweise wenigstens ein Peltier-Element und/oder wenigstens ein Bestrah-

lungsmittel und/oder wenigstens eine Ohmsche Wärmequelle zur Formveränderung des optischen Elements. Durch gezielte lokale Wärmezufuhr bzw. -abfuhr können beispielsweise thermische Ausdehnung und thermische Effekte (z. B. Oberflächeneffekte) ausgenutzt werden, um die optischen Eigenschaften des optischen Systems einzustellen.

[0043] Für die beschriebenen Merkmale, insbesondere auch für beschriebene Verfahrensschritte und -abläufe, die den Einbau und die Justage des optischen Elements betreffen, soll sowohl einzeln als auch in beliebigen Kombinationen Schutz beansprucht werden.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0044] Weitere Vorteile, Kennzeichen und Merkmale der vorliegenden Erfindung werden bei der nachfolgenden detaillierten Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele anhand der beigefügten Figuren deutlich. Es zeigen:

[0045] [Fig. 1](#) eine Bi-Asphäre, eingebaut in eine Projektionsbelichtungsanlage für die Mikrolithographie gemäß der vorliegenden Erfindung; und

[0046] [Fig. 2a](#), [Fig. 2b](#), [Fig. 2c](#) eine Bi-Asphäre, eingebaut in eine Projektionsbelichtungsanlage für die Mikrolithographie gemäß der vorliegenden Erfindung, in verschiedenen Ausrichtungen.

BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0047] Die [Fig. 1](#) zeigt schematisch eine Bi-Asphäre **1**, die als Linse mit zwei unterschiedlichen asphärischen Oberflächen **2**, **3** ausgebildet ist. Die Bi-Asphäre **1** ist bereits in einer Fassung befestigt und an einem Objektiv einer Projektionsbelichtungsanlage angeordnet. Die Fassung und das Objektiv sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Die Linse **1** ist Teil einer Abbildungsoptik mit einer Vielzahl weiterer optischer Elemente innerhalb einer Projektionsbelichtungsanlage für die Mikrolithographie gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0048] Die Projektionsbelichtungsanlage weist wenigstens einen Manipulator (nicht dargestellt) auf, der eine Verkipfung der Bi-Asphäre **1** um eine Achse RX und eine dazu senkrecht ausgerichtete Achse RY, die beide wiederum senkrecht auf der optischen Achse OA des optischen Systems ausgerichtet sind, durchführen kann. Die Krümmungsmittelpunkte der beiden Asphären **2** und **3** bestimmen die jeweiligen Asphärenachsen A2 bzw. A3. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die Asphärenachsen A2 und A3 gegeneinander innerhalb einer vorgegebenen Toleranz bereits nach der Fertigung der Bi-Asphäre **1** vor dem Einbau in das optische System gegeneinander

verkippt und zueinander versetzt angeordnet.

[0049] Durch eine Verkipfung um die Achsen RX und RY wird, anhand von Messungen der Abbildungseigenschaften des optischen Systems eine zunächst endgültige Justierung der Linse **1** zur Optimierung der Abbildungseigenschaften des optischen Systems durchgeführt. Die Asphären-Achsen A2 und A3 werden dabei derart zur optischen Achse des Abbildungssystems ausgerichtet, dass die Abbildungseigenschaften insgesamt optimiert werden.

[0050] Anschließend können die Asphärenachsen A2 und A3 durch eine translatorische Nachjustage, etwa in Richtungen TX und TY, so ausgerichtet werden, dass eine weitere Optimierung der Abbildungseigenschaften des gesamten optischen Systems erzielt wird.

[0051] Die [Fig. 2a](#) zeigt eine weitere Bi-Asphäre **1** ähnlich der in der [Fig. 1](#) dargestellten Linse. Sie ist ebenfalls in eine Fassung eingebaut und an einen Lithographieobjektiv angeordnet.

[0052] Die Bi-Asphäre **1** weist zwei Asphären **2** und **3** auf, die jeweils eine durch die Krümmungsmittelpunkte bestimmte Asphärenachse A2 bzw. A3 und Asphärenscheitel S2 und S3 aufweisen. Wie aus der [Fig. 2a](#) deutlich wird, fluchten in diesem Fall die Asphärenachsen A2 und A3 der Bi-Asphären **2** bzw. **3** im Rahmen einer vorgegebenen Fertigungstoleranz. Allerdings sind die Achsen A2 und A3 gegenüber der optischen Achse des optischen Abbildungssystems im Einbauzustand verkippt und dezentriert ausgerichtet.

[0053] Während die Verkipfung nach dem Einbau bei herkömmlichen Projektionsbelichtungsanlagen nicht mehr kompensierbar ist, ist bei der erfindungsgemäßen Projektionsbelichtungsanlage wenigstens ein Manipulator zwischen der Fassung und dem Lithographieobjektiv vorgesehen, mit dessen Hilfe, wie in der [Fig. 2b](#) dargestellt, eine Rotation RX um eine entsprechende Achse RX und/oder eine Rotation um die darauf senkrecht stehende Achse RY durchgeführt werden kann, um die Verkipfung der Asphärenachsen A2, A3 gegenüber der optischen Achse OA, ausgehend von Systemmessungen, zu kompensieren.

[0054] Anschließend wird, wie in der [Fig. 2c](#) dargestellt, eine Translation TY (entsprechend TX) durchgeführt, um die Achsen A2, A3 gegenüber der optischen Achse OA auszurichten, insbesondere bezüglich der optischen Achse OA zu zentrieren und/oder mit der optischen Achse OA fluchtend auszurichten.

[0055] Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Systems kann, mit bereits am Objektiv montierter Bi-Asphäre **1**, anhand von den dem System eigenen Abbildungs-

parametern eine Ausrichtung der Linse 1. insbesondere eine Verkippung, zur Optimierung der Abbildungsparameter des Lithographieobjektivs durchgeführt werden.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- WO 2005/033800 A1 [[0006](#), [0007](#)]

Patentansprüche

1. Projektionsbelichtungsanlage für die Mikrolithographie, umfassend wenigstens ein optisches System, das wenigstens ein optisches Element (1) mit wenigstens zwei asphärischen Oberflächen (2, 3) aufweist,

dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens zwei asphärischen Oberflächen (2, 3) starr relativ zueinander angeordnet sind, und die Projektionsbelichtungsanlage Mittel zur Manipulation des optischen Elements (1) zur Veränderung der Abbildungseigenschaften des optischen Systems aufweist.

2. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Manipulation des optischen Elements (1) wenigstens einen Manipulator zur Veränderung der Position des optischen Elements (1) innerhalb des optischen Systems aufweisen.

3. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Manipulator zum Verkippen des optischen Elements (1) um wenigstens eine erste Achse (RX, RY) ausgebildet ist.

4. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Achse (RX, RY) schräg zu einer optischen Achse (OA) des optischen Systems, insbesondere senkrecht zur optischen Achse (OA) des optischen Systems, angeordnet ist.

5. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Manipulator zur Verkipfung des optischen Elements (1) um wenigstens eine erste Achse (RX) und eine zweite Achse (RY) ausgebildet ist.

6. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Achse (RX) und die zweite Achse (RY) senkrecht zueinander ausgerichtet sind.

7. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Manipulator zur Durchführung einer translatorischen Bewegung des optischen Elements (1) ausgebildet ist.

8. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die translatorische Bewegung in wenigstens einer Richtung (TX, TY) schräg zur optischen Achse, insbesondere im Wesentlichen senkrecht zur optischen Achse (OA) ausführbar ist.

9. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das optische Element (1) als Bi-Asphäre ausgebildet ist.

10. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das optische Element (1) eine erste brechende und/oder spiegelnde Asphäre (2), und eine zweite brechende und/oder spiegelnde Asphäre (3) aufweist.

11. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Manipulation des optischen Elements (1) Mittel zur Formveränderung des optischen Elements (1), insbesondere durch Deformation des optischen Elements, aufweisen.

12. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Manipulation des optischen Elements (1) Mittel zur Veränderung wenigstens einer Oberfläche des optischen Elements (1) und/oder zur Veränderung der relativen Lage wenigstens einer Oberfläche des optischen Elements (1) relativ zu einer Oberfläche des optischen Systems aufweisen.

13. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Manipulation des optischen Elements (1) Mittel zur Verbiegung des optischen Elements aufweisen.

14. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Manipulation des optischen Elements (1) wenigstens ein Peltier-Element und/oder wenigstens ein Bestrahlungsmittel und/oder wenigstens eine Ohmsche Wärmequelle zur Formveränderung des optischen Elements (1) umfassen.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

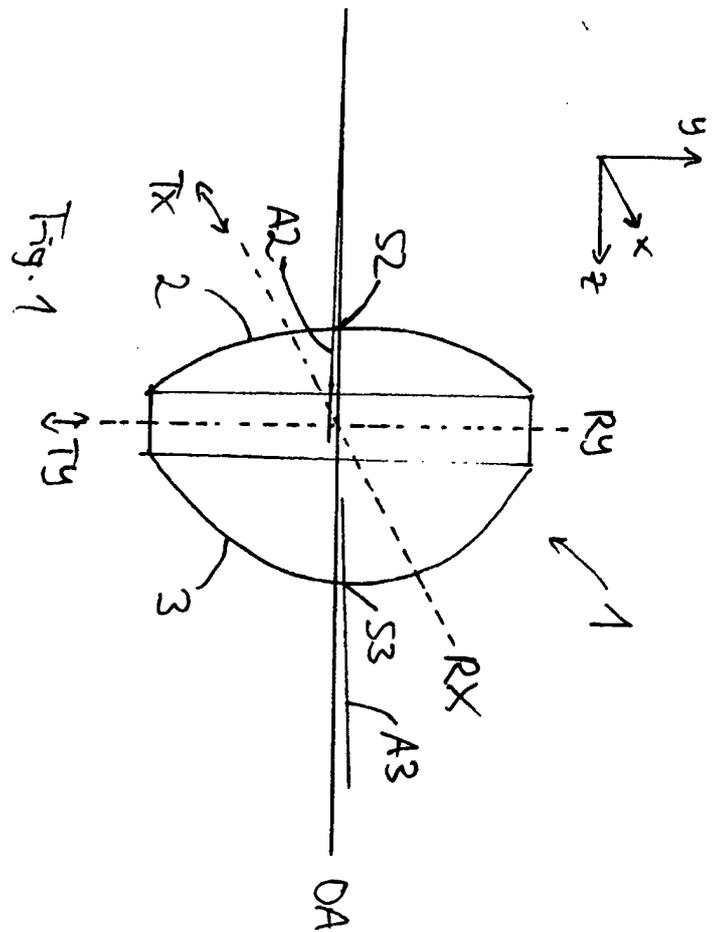


Fig. 1b

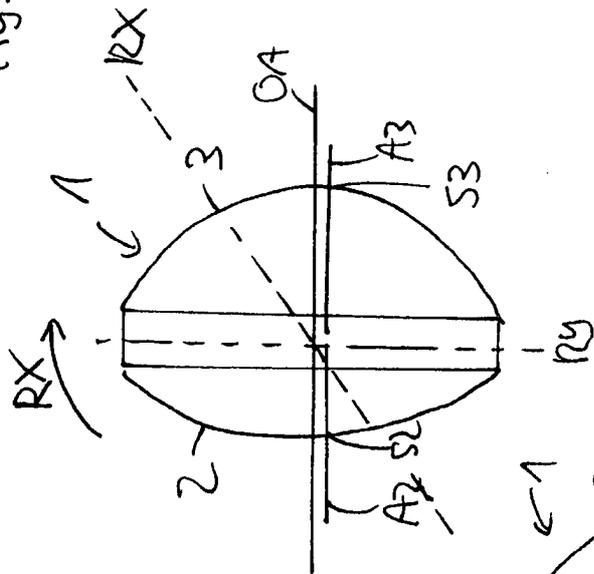


Fig. 1a

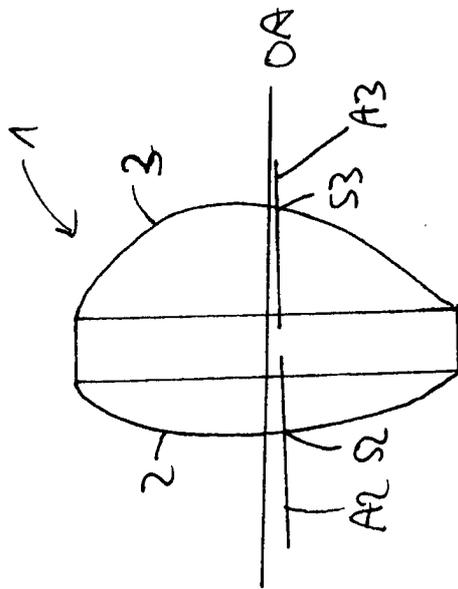


Fig. 2c

