



(10) **DE 10 2018 201 877 A1** 2018.12.20

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2018 201 877.4**

(22) Anmeldetag: **07.02.2018**

(43) Offenlegungstag: **20.12.2018**

(51) Int Cl.: **G02B 5/09 (2006.01)**

**G02B 7/182 (2006.01)**

**G02B 26/08 (2006.01)**

**G03F 7/20 (2006.01)**

(66) Innere Priorität:

**10 2017 210 218.7 20.06.2017**

(72) Erfinder:

**Baier, Jürgen, 73447 Oberkochen, DE; Guhr,  
Daniel, 89555 Steinheim, DE; Hammele, Wolfgang,  
91550 Dinkelsbühl, DE**

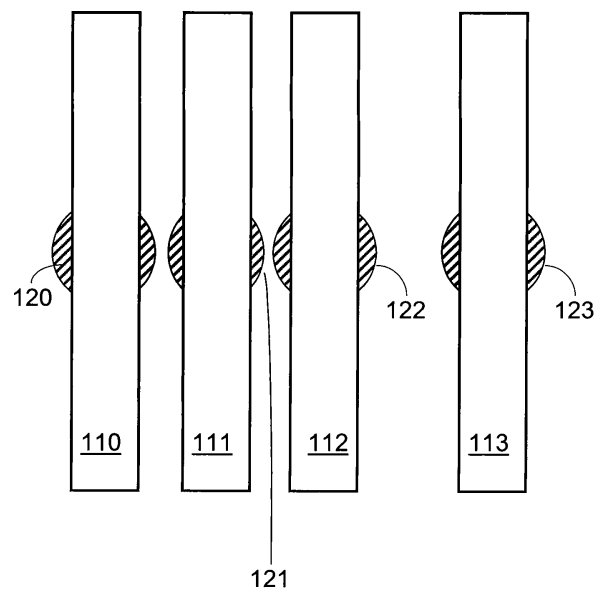
(71) Anmelder:

**Carl Zeiss SMT GmbH, 73447 Oberkochen, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Spiegelanordnung, insbesondere für eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Spiegelanordnung, insbesondere für eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage, mit einer Mehrzahl von Spiegelfacetten (110, 111, 112, 113, 210, 211, 212, 213, 311, 312), wobei benachbarte Spiegelfacetten voneinander durch jeweils einen Spalt, welcher eine minimale Spaltbreite aufweist, getrennt sind, wobei diese minimale Spaltbreite um wenigstens 5%, bezogen auf den größten Wert der minimalen Spaltbreite in der Mehrzahl von Spiegelfacetten, variiert.



**Beschreibung**

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

## Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Spiegelanordnung, insbesondere für eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage.

## Stand der Technik

**[0002]** Mikrolithographie wird zur Herstellung mikrostrukturierter Bauelemente, wie beispielsweise integrierter Schaltkreise oder LCDs, angewendet. Der Mikrolithographieprozess wird in einer sogenannten Projektionsbelichtungsanlage durchgeführt, welche eine Beleuchtungseinrichtung und ein Projektionsobjektiv aufweist. Das Bild einer mittels der Beleuchtungseinrichtung beleuchteten Maske (= Retikel) wird hierbei mittels des Projektionsobjektivs auf ein mit einer lichtempfindlichen Schicht (Photoresist) beschichtetes und in der Bildebene des Projektionsobjektivs angeordnetes Substrat (z.B. ein Siliziumwafer) projiziert, um die Maskenstruktur auf die lichtempfindliche Beschichtung des Substrats zu übertragen.

**[0003]** In einer für EUV (d.h. für elektromagnetische Strahlung mit einer Wellenlänge unterhalb von 15 nm) ausgelegten Projektionsbelichtungsanlage werden mangels Vorhandenseins lichtdurchlässiger Materialien Spiegel als optische Komponenten für den Abbildungsprozess verwendet.

**[0004]** In der Beleuchtungseinrichtung einer für den Betrieb im EUV ausgelegten mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage ist insbesondere der Einsatz von Facettenspiegeln in Form von Feldfacettenspiegeln und Pupillenfascettenspiegeln als bündelführende Komponenten z.B. aus DE 10 2008 009 600 A1 bekannt. Derartige Facettenspiegel sind aus einer Vielzahl von Einzelspiegeln oder Spiegelfacetten aufgebaut, welche jeweils zum Zwecke der Justage oder auch zur Realisierung bestimmter Beleuchtungswinkelverteilungen über Festkörpergelenke und Aktoren kippbar ausgelegt sein können.

**[0005]** Des Weiteren ist auch in einer Beleuchtungseinrichtung einer für den Betrieb bei Wellenlängen im VUV-Bereich (z.B. bei Wellenlängen kleiner als 200nm) ausgelegten mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage zur Einstellung definierter Beleuchtungssettings (d.h. Intensitätsverteilungen in einer Pupillenebene der Beleuchtungseinrichtung) der Einsatz von Spiegelanordnungen, z.B. aus WO 2005/026843 A2, bekannt, welche eine Vielzahl unabhängig voneinander einstellbarer Spiegelelemente umfassen.

**[0006]** Ein in der Praxis auftretendes Problem ist, dass in solchen Spiegelanordnungen bzw. Facettenspiegeln ein gegenseitiges Berühren (d.h. eine Kollision) der empfindlichen Spiegelelemente bzw. Spiegelfacetten zuverlässig verhindert werden muss. Eine solche Kollision kann insbesondere zum Abplatzen von Kantenbereichen, einer Beschädigung des auf den Spiegelfacetten jeweils vorhandenen (z.B. aus einer alternierenden Abfolge von Molybdän (Mo)- und Silizium (Si)-Schichten aufgebauten) Reflexionsschichtsystems sowie einer Modifikation der Oberflächengeometrie und einer damit einhergehenden Änderung der jeweiligen optischen Eigenschaften führen.

**[0007]** Ursachen der vorstehend beschriebenen Kollisionen benachbarter Facettenspiegel können insbesondere eine thermisch induzierte Ausdehnung der Spiegelfacetten, fertigungsbedingte Bauteil- oder Montagetoleranzen sowie auch weitere, im Folgenden noch diskutierte Effekte sein.

**[0008]** Um trotz der vorstehend beschriebenen Effekte kollisionsbedingte Beschädigungen der Spiegelfacetten insbesondere bei deren individueller Verstellung im Betrieb des jeweiligen optischen Systems - aber auch während des Transports - zu vermeiden, ist es bekannt, zwischen benachbarten Spiegelfacetten jeweils einen Spaltabstand (welcher beispielsweise in der Größenordnung von 0.5mm liegen kann) vorzuhalten.

**[0009]** Dabei tritt jedoch in der Praxis das weitere Problem auf, dass das Vorhalten solcher Spaltabstände notwendigerweise mit einem Lichtverlust und somit Einbußen in der für das gesamte optische System erzielten Systemtransmission einhergeht, so dass eine Vergrößerung des besagten Spaltabstandes mit dem Ziel eines erhöhten Kollisionsschutzes unter Transmissionsaspekten unerwünscht ist.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0010]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Spiegelanordnung mit einer Mehrzahl von Spiegelelementen, insbesondere für eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage, bereitzustellen, welche eine zuverlässige Vermeidung von Kollisionen der Spiegelelemente und damit einhergehenden Beschädigungen bei möglichst geringem Lichtverlust bzw. möglichst geringer Beeinträchtigung der Systemtransmission ermöglicht.

**[0011]** Diese Aufgabe wird durch die Spiegelanordnung gemäß den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 1 gelöst.

**[0012]** Eine erfindungsgemäße Spiegelanordnung, insbesondere für eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage, weist auf:

- eine Mehrzahl von Spiegelfacetten, wobei benachbarte Spiegelfacetten voneinander durch jeweils einen Spalt, welcher eine minimale Spaltbreite aufweist, getrennt sind,

- wobei diese minimale Spaltbreite um wenigstens 5%, bezogen auf den größten Wert der minimalen Spaltbreite in der Mehrzahl von Spiegelfacetten, variiert.

**[0013]** Der Erfindung liegt insbesondere das Konzept zugrunde, den zwischen einander benachbarten Spiegelfacetten einer Spiegelanordnung zur Vermeidung von Kollisionsschäden vorzuhaltenden Spaltabstand individuell für voneinander verschiedene Spiegelfacetten unterschiedlich zu wählen und hierbei insbesondere zwischen hinsichtlich der Kollisionsgefahr vergleichsweise kritischen Spiegelfacetten bzw. Spalten und insoweit vergleichsweise unkritischen Spiegelementen bzw. Spalten gezielt zu differenzieren.

**[0014]** Im Ergebnis kann so (insbesondere im Wege einer im Weiteren noch erläuterten individuellen Ermittlung einzelner, für die Kollisionsgefahr relevanter Parameter) ein individuelles Risiko für ein gegenseitiges Berühren benachbarter Spiegelfacetten bei dem jeweils vorzuhaltenden Spaltabstand berücksichtigt werden mit der Folge, dass zum einen ein gegenseitiges Berühren benachbarter Spiegelfacetten innerhalb der gesamten Spiegelanordnung zuverlässig verhindert wird, zum anderen aber auch die insgesamt erzielbare Systemtransmission im Vergleich zu einer analogen Spiegelanordnung mit konstantem, zur Kollisionsvermeidung ausreichend großem Spaltabstand zwischen benachbarten Spiegelfacetten erhöht wird.

**[0015]** Gemäß einer Ausführungsform variiert die minimale Spaltbreite dieser Spalte um wenigstens 10%, insbesondere um wenigstens 30%, weiter insbesondere um wenigstens 50%, bezogen auf den größten Wert der minimalen Spaltbreite in der Mehrzahl von Spiegelfacetten.

**[0016]** Gemäß einer Ausführungsform sind die Spiegelfacetten unabhängig voneinander über jeweils wenigstens ein Festkörpergelenk aktuiert.

**[0017]** Gemäß einer Ausführungsform ist jede der Spiegelfacetten an das jeweilige Festkörpergelenk über jeweils einen Facettenfuß mechanisch gekoppelt.

**[0018]** Gemäß einer Ausführungsform variiert der Abstand von Facettenfüßen, welche einander benachbarten Spiegelfacetten zugeordnet sind, um wenigstens 5%, insbesondere um wenigstens 10%, weiter insbesondere um wenigstens 30%, und weiter insbesondere um wenigstens 50%, bezogen auf den

größten Abstand zwischen einander benachbarten Spiegelfacetten zugeordneten Facettenfüßen.

**[0019]** Gemäß einer Ausführungsform weist jede der Spiegelfacetten eine jeweils konstante Facettenbreite auf, wobei diese Facettenbreite in der Mehrzahl von Spiegelfacetten um wenigstens 5%, insbesondere um wenigstens 10%, weiter insbesondere um wenigstens 30%, und weiter insbesondere um wenigstens 50%, bezogen auf den größten Wert der Facettenbreite über die Mehrzahl von Spiegelfacetten, variiert.

**[0020]** Gemäß einer Ausführungsform unterscheiden sich wenigstens einige der Spiegelfacetten hinsichtlich ihrer jeweiligen Facettengeometrie voneinander, was insbesondere durch individuelle Abrundung von Eckbereichen und/oder durch Ausgestaltung wenigstens einer Spiegelfacette mit T-förmiger Geometrie und Ausgestaltung wenigstens einer anderen Spiegelfacette mit L-förmiger Geometrie gegeben sein kann. Die Spiegelfacetten können gewissermaßen „in Freiform“ ausgeführt sein.

**[0021]** Gemäß einer Ausführungsform ist die Spiegelanordnung ein Facettenspiegel mit einer Mehrzahl von Spiegelfacetten.

**[0022]** Gemäß einer Ausführungsform ist die Spiegelanordnung für einen Betrieb bei einer Arbeitswellenlänge von weniger als 15 nm ausgelegt.

**[0023]** Die Erfindung betrifft weiter ein Verfahren zum Herstellen einer Spiegelanordnung für ein optisches System, insbesondere für eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

- Bereitstellen einer Mehrzahl von Spiegelfacetten;

- Ermitteln, für ein vorgegebenes Einsatzszenario der Spiegelanordnung in dem optischen System, jeweils eines individuellen Kollisionsrisikos von jeweils benachbarten Spiegelfacetten; und

- Anordnen der Spiegelfacetten derart, dass benachbarte Spiegelfacetten voneinander durch jeweils einen Spalt getrennt sind, wobei die minimale Spaltbreite dieses Spaltes basierend auf den ermittelten individuellen Kollisionsrisiken gewählt wird.

**[0024]** Die Erfindung betrifft weiter eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage, welche eine Spiegelanordnung mit den vorstehend beschriebenen Merkmalen aufweist.

**[0025]** Die Projektionsbelichtungsanlage kann insbesondere für einen Betrieb im EUV ausgelegt sein. In weiteren Anwendungen kann die Projektionsbelichtungsanlage auch für einen Betrieb im DUV-Bereich ausgelegt sein.

reich ausgelegt sein, beispielsweise für Arbeitswellenlängen kleiner als 200 nm, insbesondere kleiner als 160 nm.

**[0026]** Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind der Beschreibung sowie den Unteransprüchen zu entnehmen.

**[0027]** Die Erfindung wird nachstehend anhand von in den beigefügten Abbildungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert.

#### Figurenliste

**[0028]** Es zeigen:

**Fig. 1-3** schematische Darstellungen zur Erläuterung des Aufbaus einer Spiegelanordnung in unterschiedlichen Ausführungsformen der Erfindung;

**Fig. 4** eine schematische Darstellung zur Erläuterung eines möglichen herkömmlichen Aufbaus einer Spiegelanordnung; und

**Fig. 5** eine schematische Darstellung des möglichen Aufbaus einer mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

**[0029]** **Fig. 5** zeigt zunächst eine schematische Darstellung einer für den Betrieb im EUV ausgelegten Projektionsbelichtungsanlage **500**, in welcher die Erfindung beispielsweise realisierbar ist.

**[0030]** Gemäß **Fig. 5** weist eine Beleuchtungseinrichtung der Projektionsbelichtungsanlage **500** einen Feldfacettenspiegel **503** und einen Pupillenfaccettenspiegel **504** auf, welche als Spiegelanordnung mit einem Verriegelungsmechanismus gemäß der Erfindung ausgestaltet sein können. Auf den Feldfacettenspiegel **503** wird das Licht einer Lichtquelleneinheit, welche im Beispiel eine EUV-Lichtquelle (Plasmalichtquelle) **501** und einen Kollektorspiegel **502** umfasst, gelenkt. Im Lichtweg nach dem Pupillenfaccettenspiegel **504** sind ein erster Teleskopspiegel **505** und ein zweiter Teleskopspiegel **506** angeordnet. Im Lichtweg nachfolgend ist ein Umlenkspiegel **507** angeordnet, der die auf ihn treffende Strahlung auf ein Objektfeld in der Objektebene eines sechs Spiegel **551-556** umfassenden Projektionsobjektivs lenkt. Am Ort des Objektfeldes ist eine reflektive strukturtragende Maske **521** auf einem Maskentisch **520** angeordnet, die mit Hilfe des Projektionsobjektivs in eine Bildebene abgebildet wird, in welcher sich ein mit einer lichtempfindlichen Schicht (Photoresist) beschichtetes Substrat **561** auf einem Wafertisch **560** befindet.

**[0031]** Im Weiteren werden unterschiedliche Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme

auf die lediglich schematischen und stark vereinfachten Darstellungen von **Fig. 1-4** beschrieben. Bei der Spiegelanordnung kann es sich insbesondere den Feldfacettenspiegel oder den Pupillenfaccettenspiegel der anhand von **Fig. 5** beschriebenen mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage handeln.

**[0032]** **Fig. 4** zeigt zunächst zur Veranschaulichung einer möglichen herkömmlichen Spiegelanordnung eine Mehrzahl von Spiegelfacetten **410-413**. Diese Spiegelfacetten **410-413** sind in für sich bekannter Weise über einen zugehörigen (mit „**420**“-„**423**“ bezeichneten) Facettenfuß mechanisch an ein (nicht dargestelltes) Festkörpergelenk gekoppelt, so dass eine individuelle Aktuierung bzw. Verkippung der einzelnen Spiegelfacetten **410-414** über zugehörige (ebenfalls nicht dargestellte) Aktoren ermöglicht wird. Der Einfachheit halber sind in **Fig. 4** lediglich vier Spiegelfacetten **110-113** mit jeweils zugehörigen Facettenfüßen **120-123** dargestellt, wobei deren Anzahl typischerweise wesentlich höher liegen (und z.B. mehrere hundert betragen) kann.

**[0033]** Wie in **Fig. 4** ebenfalls dargestellt sind sämtliche Spiegelfacetten **410-413** zur Vermeidung von Kollisionsschäden mit einem (konstanten) Spaltabstand  $d$  bzw. konstanter Spaltbreite zwischen jeweils benachbarten Spiegelfacetten angeordnet, wobei dieser Spaltabstand  $d$  derart gewählt ist, dass auch bei den hinsichtlich der Kollisionsgefahr kritischsten Spiegelfacetten ein gegenseitiges Berühren zuverlässig ausgeschlossen ist.

**[0034]** Den im Weiteren beschriebenen erfindungsgemäßen Ausführungsformen ist gemeinsam, dass - in Abkehr von diesem herkömmlichen Ansatz - für die innerhalb einer Spiegelanordnung wie z.B. einem Facettenspiegel (insbesondere einem Feldfacettenspiegel oder Pupillenfaccettenspiegel einer mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage) vorhandenen Spiegelemente bzw. Spiegelfacetten die jeweils zwischen benachbarten Spiegelementen vorhandenen Spaltabstände nicht wie in der schematischen Darstellung von **Fig. 4** identisch, sondern individuell unterschiedlich gewählt werden, wobei die Wahl bzw. das Vorhalten des jeweiligen Spaltabstandes unter Berücksichtigung des individuellen Kollisionsrisikos für die betreffenden Spiegelemente erfolgt.

**[0035]** **Fig. 1** dient zur Erläuterung einer ersten möglichen Ausführungsform der Erfindung.

**[0036]** Gemäß **Fig. 1** weist ein erfindungsgemäßer Facettenspiegel eine Mehrzahl von Spiegelfacetten auf, von denen wiederum der Einfachheit halber lediglich vier Spiegelfacetten **110-113** mit jeweils zugehörigen Facettenfüßen **120-123** dargestellt sind. Gemäß **Fig. 1** besitzen die Spiegelfacetten **110-113** jeweils identische Bauformen, wobei durch Variati-

on des Abstandes der Facettenfüße **120-123** unterschiedliche Spaltabstände bzw. Spaltbreiten realisiert sind.

**[0037]** In einem quantitativen Ausführungsbeispiel (jedoch ohne dass die Erfindung hierauf beschränkt wäre) kann z.B. über die Mehrzahl von Spiegelfacetten die Spaltbreite zwischen benachbarten Spiegelfacetten im Bereich von ca. 250pm bis etwa 650pm variieren.

**[0038]** Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung zur Erläuterung einer weiteren Ausführungsform, wobei zu Fig. 1 analoge bzw. im Wesentlichen funktionsgleiche Komponenten mit um „100“ erhöhten Bezugsziffern bezeichnet sind. Gemäß Fig. 2 sind im Unterschied zu Fig. 1 die jeweiligen Abstände zwischen benachbarten Facettenfüßen **220-223** identisch gewählt, wobei hier die Variation der Spaltbreite zwischen benachbarten Spiegelfacetten **210-213** durch Ausgestaltung der betreffenden Spiegelfacetten **210-213** mit unterschiedlicher Breite realisiert ist.

**[0039]** Im Ausführungsformen können innerhalb der erfindungsgemäßen Spiegelanordnung auch Untergruppen oder „Cluster“ von Spiegelfacetten vorgesehen sein, innerhalb derer die Spalte zwischen benachbarten Spiegelfacetten jeweils übereinstimmend gewählt werden. Eine solche Ausgestaltung kann in fertigungs- bzw. prozesstechnischer Hinsicht vorteilhaft sein, um gegebenenfalls einzelne Bauteile innerhalb der Spiegelanordnung z.B. identisch auslegen zu können.

**[0040]** Vorzugsweise erfolgt die vorstehend beschriebene individuelle Einstellung der jeweiligen Spaltbreiten in der erfindungsgemäßen Spiegelanordnung wie im Folgenden beschrieben auf Basis einer individuellen Berechnung einer Mehrzahl von Parametern für jede Spiegelfacetten, wobei durch jeden dieser Parameter jeweils ein „Spaltverbrauch“ (als individueller Beitrag zu dem zwecks Kollisionsvermeidung vorzuhaltenden Spalt) aufgrund jeweils eines zum Kollisionsrisiko beitragenden Effekts angegeben wird. Der gesamte Spaltverbrauch zwischen jeweils zwei benachbarten Spiegelfacetten (z.B. den Spiegelfacetten **311** und **312** in Fig. 3) ergibt sich dann wie folgt:

$$\text{Spalt} \geq SV = \sum_{i=1}^2 FB_i + BT_i + PT_i + D_i + T_i + P_i + S_0 \quad (1)$$

**[0041]** Hierbei werden folgende Abkürzungen bzw. Variablen für die einzelnen Parameter verwendet:

SV:	gesamter Spaltverbrauch zwischen Facetten 301 und 302
FB:	Spaltverbrauch infolge von Facettenbewegung (Bewegungsbereich („Range“) und Geometrie der Facette)
BT:	Spaltverbrauch infolge von Bauteiltoleranzen
PT:	Spaltverbrauch infolge von Prozesstoleranzen (Aufbau der Baugruppe)
D:	Spaltverbrauch infolge von Dynamik (z.B. Schwingungen, Vibrationen)
T:	Spaltverbrauch infolge von Thermalausdehnung im Betrieb
P:	Spaltverbrauch infolge von parasitären Bewegungen (= Abweichungen von der idealen Bewegung)
S:	Sicherheit, unbekannte Effekte

**[0042]** Bei Kenntnis sämtlicher Parameter kann eine individuell exakte Auslegung des jeweils vorzuhaltenden Spaltabstandes erfolgen. Alternativ (d.h. bei Vorliegen nicht bekannter oder bestimmbarer Parameter) kann auch eine jeweilige Abschätzung erfolgen. Insoweit kann bei einer typischen Auslegung z.B. noch ein Restrisiko von 0.3% vorhanden sein, dass infolge eines nicht ausreichenden Spaltabstandes eine Berührung benachbarter Spiegelfacetten erfolgt.

**[0043]** Durch Berücksichtigung der thermischen Ausdehnung im Betrieb wird z.B. dem Umstand Rechnung getragen, dass die einzelnen Spiegelfacetten je nach Position innerhalb der Spiegelanordnung bzw. im optischen Pfad unterschiedlich heiß werden (wobei in einem lediglich beispielhaften Szenario zur Berücksichtigung dieses Aspekts der Abstand zwischen benachbarten Spiegelfacetten in der Mitte der Spiegelanordnung größer als am Rand gewählt werden kann).

**[0044]** In weiteren Ausführungsformen können auch zusätzliche Maßnahmen zur Reduzierung bzw. Minimierung des Kollisionsrisikos zwischen benachbarten Spiegelfacetten getroffen werden. So können die jeweiligen Facettengeometrien der einzelnen Spiegelfacetten individuell gewählt werden (z.B. durch Abrundung der Ecken und/oder durch Ausgestaltung einzelner Spiegelfacetten mit T-förmiger anstatt L-förmiger Geometrie) und/oder es kann eine gezielte Einschränkung des Bewegungsraums einzelner Spiegelfacetten (z.B. mit im Betrieb besonders starker thermischer Belastung) vorgenommen werden. Des Weiteren kann auch eine gezielte und individuelle Justage einzelner oder sämtlicher Spiegelfacetten zur Reduzierung bzw. Minimierung des Kollisionsrisikos zwischen benachbarten Spiegelfacetten durchgeführt werden.

**[0045]** Wenn die Erfindung auch anhand spezieller Ausführungsformen beschrieben wurde, erschließen sich für den Fachmann zahlreiche Variationen und alternative Ausführungsformen, z.B. durch Kombination und/oder Austausch von Merkmalen einzelner Ausführungsformen. Dementsprechend versteht es sich für den Fachmann, dass derartige Variationen und alternative Ausführungsformen von der vorliegenden Erfindung mit umfasst sind, und die Reichweite der Erfindung nur im Sinne der beigefügten Patentansprüche und deren Äquivalente beschränkt ist.

**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**

- DE 102008009600 A1 [0004]
- WO 2005/026843 A2 [0005]

## Patentansprüche

1. Spiegelanordnung, insbesondere für eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage, mit

- einer Mehrzahl von Spiegelfacetten (110, 111, 112, 113, 210, 211, 212, 213, 311, 312), wobei benachbarte Spiegelfacetten voneinander durch jeweils einen Spalt, welcher eine minimale Spaltbreite aufweist, getrennt sind;

- wobei diese minimale Spaltbreite um wenigstens 5%, bezogen auf den größten Wert der minimalen Spaltbreite in der Mehrzahl von Spiegelfacetten, variiert.

2. Spiegelanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die minimale Spaltbreite um wenigstens 10%, insbesondere um wenigstens 30%, weiter insbesondere um wenigstens 50%, bezogen auf den größten Wert der minimalen Spaltbreite in der Mehrzahl von Spiegelfacetten, variiert.

3. Spiegelanordnung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spiegelfacetten (110, 111, 112, 113, 210, 211, 212, 213, 311, 312) unabhängig voneinander über jeweils wenigstens ein Festkörpergelenk aktuiert sind.

4. Spiegelanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass jede der Spiegelfacetten (110, 111, 112, 113, 210, 211, 212, 213, 311, 312) an das jeweilige Festkörpergelenk über jeweils einen Facettenfuß (120, 121, 122, 123, 220, 221, 222, 223) mechanisch gekoppelt ist.

5. Spiegelanordnung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abstand von Facettenfüßen (120, 121, 122, 123), welche einander benachbarten Spiegelfacetten zugeordnet sind, um wenigstens 5%, insbesondere um wenigstens 10%, weiter insbesondere um wenigstens 30%, und weiter insbesondere um wenigstens 50%, bezogen auf den größten Abstand zwischen einander benachbarten Spiegelfacetten zugeordneten Facettenfüßen, variiert.

6. Spiegelanordnung einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass jede der Spiegelfacetten (211, 212, 213, 311, 312) eine jeweils konstante Facettenbreite aufweist, wobei diese Facettenbreite über die Mehrzahl von Spiegelfacetten um wenigstens 5%, insbesondere um wenigstens 10%, weiter insbesondere um wenigstens 30%, und weiter insbesondere um wenigstens 50%, bezogen auf den größten Wert der Facettenbreite in der Mehrzahl von Spiegelfacetten, variiert.

7. Spiegelanordnung einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich wenigstens einige der Spiegelfacetten hinsichtlich ihrer jeweiligen Facettengeometrie, insbesondere durch individuelle Abrundung von Eckbereichen und/oder

durch Ausgestaltung wenigstens einer Spiegelfacetten mit T-förmiger Geometrie und Ausgestaltung wenigstens einer anderen Spiegelfacetten mit L-förmiger Geometrie, voneinander unterscheiden.

8. Spiegelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass diese für einen Betrieb bei einer Arbeitswellenlänge von weniger als 15 nm ausgelegt ist.

9. Spiegelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass diese ein Feldfacettenspiegel (503) oder ein Pupillenfacettenspiegel (504) einer mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage ist.

10. Verfahren zum Herstellen einer Spiegelanordnung für ein optisches System, insbesondere für eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

- a) Bereitstellen einer Mehrzahl von Spiegelfacetten;
- b) Ermitteln, für ein vorgegebenes Einsatzszenario der Spiegelanordnung in dem optischen System, jeweils eines individuellen Kollisionsrisikos von jeweils benachbarten Spiegelfacetten; und
- c) Anordnen der Spiegelfacetten derart, dass benachbarte Spiegelfacetten voneinander durch jeweils einen Spalt getrennt sind, wobei die minimale Spaltbreite dieses Spaltes basierend auf im Schritt b) ermittelten individuellen Kollisionsrisiken gewählt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spiegelanordnung eine Spiegelanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9 ist.

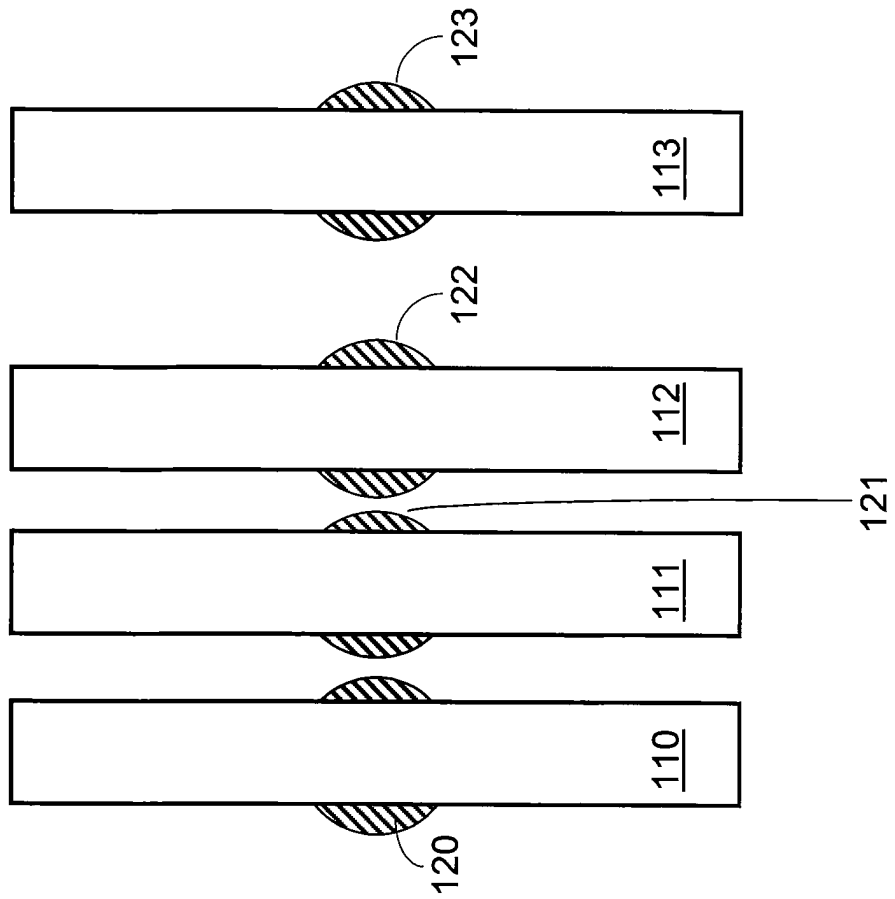
12. Mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage, **dadurch gekennzeichnet**, dass diese eine Spiegelanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9 aufweist.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

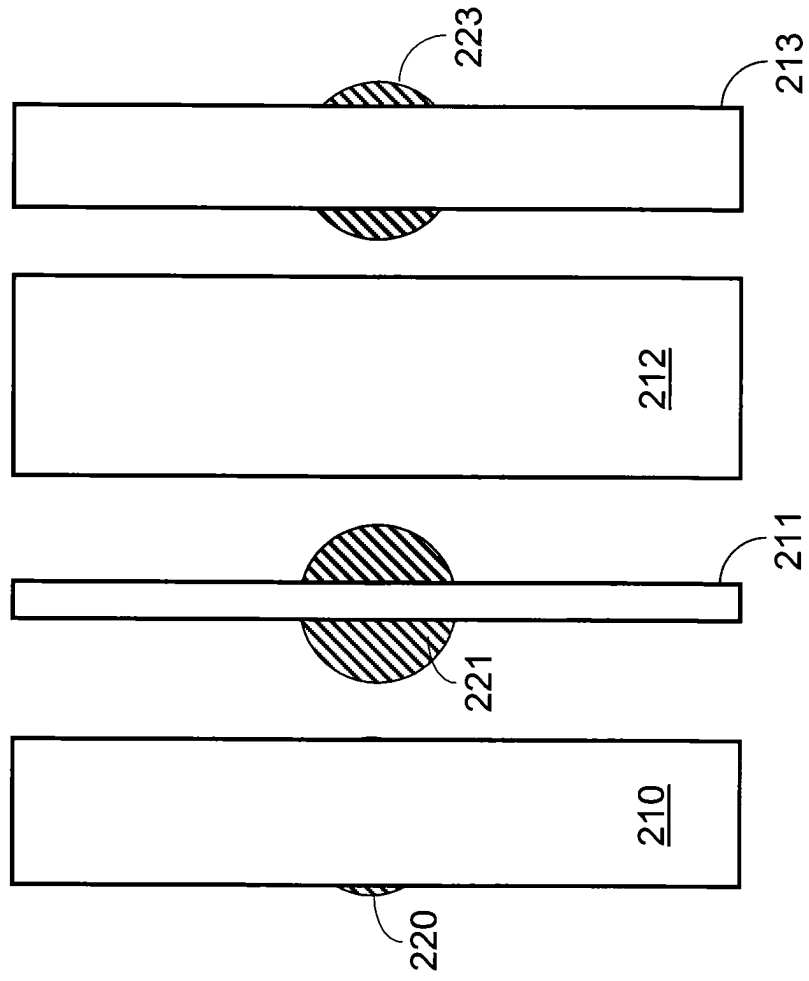


Anhängende Zeichnungen

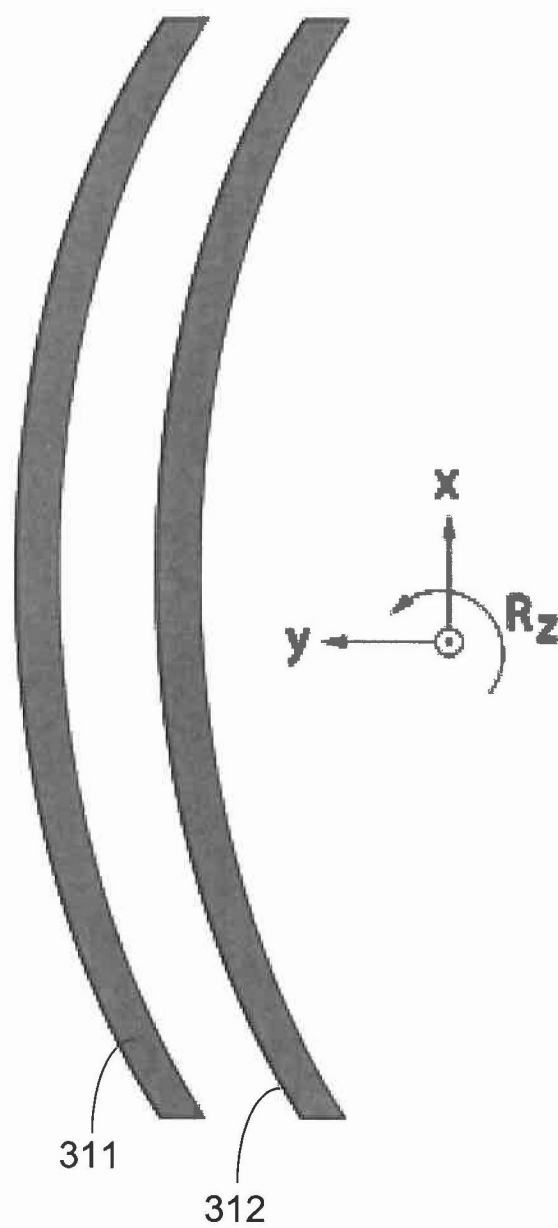
**Fig. 1**



**Fig. 2**

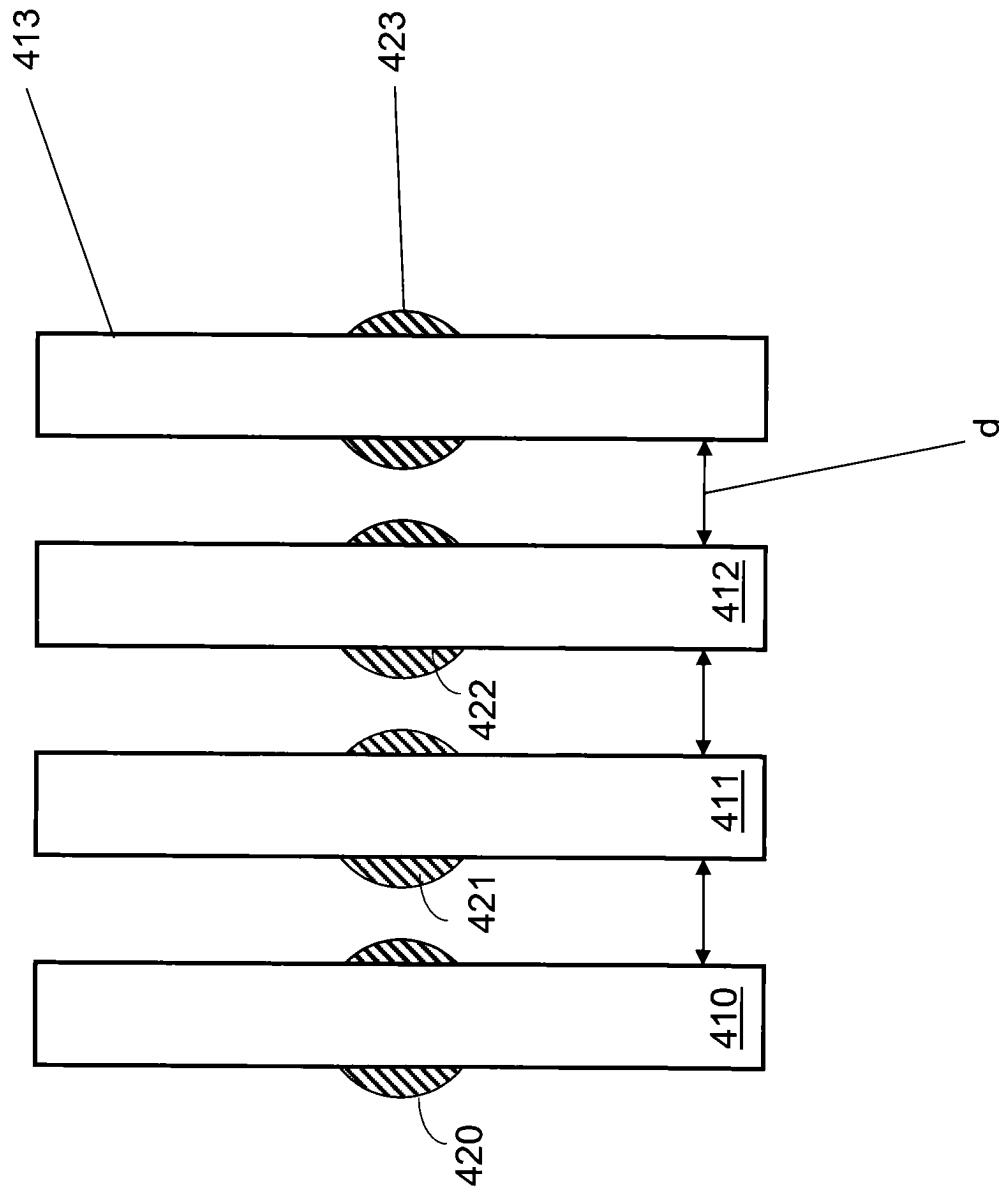


**Fig. 3**



**Fig. 4**

**Stand der Technik**



**Fig. 5**

