(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
4. August 2016 (04.08.2016)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/119977 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G03F 7/20 (2006.01) *F16F 15/03* (2006.01)
G02B 7/182 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/080685

(22) Internationales Anmeldedatum:
18. Dezember 2015 (18.12.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 201 249.2
26. Januar 2015 (26.01.2015) DE

(71) Anmelder: **CARL ZEISS SMT GMBH** [DE/DE]; Rudolf-Eber-Strasse 2, 73447 Oberkochen (DE).

(72) Erfinder: **PROCHNAU, Jens**; Heidenheimer Straße 5, 73447 Oberkochen (DE). **NEFZI, Marwene**; Fischergasse 6, 89073 Ulm (DE). **SCHAFFER, Dirk**; Fritz-Ritter Str. 15, 07747 Jena (DE).

(74) Anwalt: **LANG, Chrisitan**; LangPatent Anwaltskanzlei IP Law Firm, Rosenheimer Straße 139, 81671 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MOVEABLY MOUNTED COMPONENT OF PROJECTION EXPOSURE SYSTEM, AS WELL AS DEVICE AND METHOD FOR MOVEMENT LIMITATION FOR SAME

(54) Bezeichnung : BEWEGLICH GELAGERTES BAUTEIL EINER PROJEKTIONSBELICHTUNGSANLAGE SOWIE VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR BEWEGUNGSBEGRENZUNG HIERFÜR

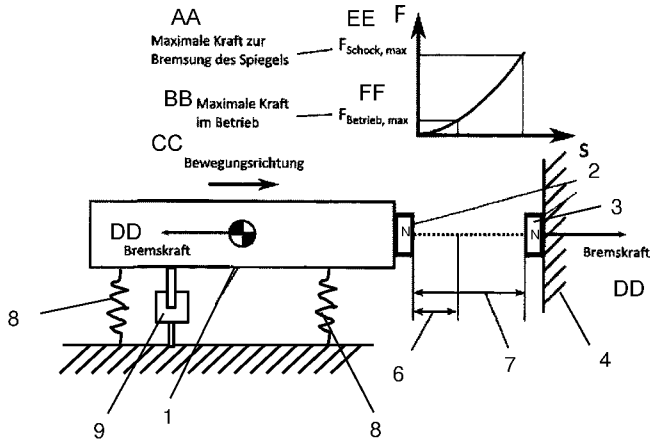


Fig. 1

FIG. 1:
AA Maximum force for suppressing the mirror
BB Maximum force in operation
CC Direction of movement
DD Suppression force
EE Shock, max
FF Operation, max

(57) Abstract: The invention relates to a method for limiting the movement of moveably mounted component elements of a component of a projection exposure system for microlithography, wherein the component comprises a component element (1) and at least one bearing element (8) which bears the component element (1) and defines the position of the component element within a permissible movement region, wherein the method comprises the following steps: providing a movement limitation device that limits the possibilities of changes in position of the component element (1) outside of a permissible movement region, wherein the movement limitation device has a field generation device with at least one first component (2) arranged on the component element (1) to be limited in terms of movement, and with at least one second component (3) arranged on a support structure (4) against which the movement of the moveably mounted component element (1) is to be limited, wherein first and second components are arranged at a distance from one another and a respective magnetic and/or electrical field is generated from the first and second components, so that at least one force field can be formed between first and second components; adjusting the force field so that, in normal operation, the force acting between the components (2, 3) is so small that same has as little influence as possible on the positioning of the component element (1), or this influence in minimised, wherein the force field is simultaneously adjusted in such a way that, in the event of changes in position of the component element (1) beyond the permissible movement region caused by unwanted external forces, the force acting between the components (2, 3) acts against the change in position. The invention also relates to a corresponding component and a projection exposure system having a component of this type.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2016/119977 A1

IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Begrenzung der Bewegung von beweglich gelagerten Bauteilelementen eines Bauteils einer Projektionsbelichtungsanläge für die Mikrolithographie, wobei das Bauteil ein Bauteilelement (1) und mindestens ein Lagerelement (8) umfasst, welches das Bauteilelement (1) lagert und die Position des Bauteilelements innerhalb eines zulässigen Bewegungsbereichs definiert, wobei das Verfahren umfasst: Bereitstellung einer Bewegungsbegrenzungsvorrichtung, die die Möglichkeiten der Positionsänderungen des Bauteilelements (1) außerhalb eines zulässigen Bewegungsbereichs begrenzt, wobei die Bewegungsbegrenzungsvorrichtung eine Felderzeugungseinrichtung aufweist, die mindestens eine erste Komponente (2), die an dem in der Bewegung zu begrenzenden Bauteilelement (1) angeordnet ist, und mindestens eine zweite Komponente (3) aufweist, die an einer Tragstruktur (4), gegenüber der die Bewegung des beweglich gelagerten Bauteilelements (1) begrenzt werden soll, angeordnet ist, wobei erste und zweite Komponente beabstandet zueinander sind und von der ersten und zweiten Komponente jeweils ein magnetisches und/oder elektrisches Feld erzeugt wird, sodass zwischen erster und zweiter Komponente mindestens ein Kraftfeld ausgebildet werden kann, Einstellen des Kraftfelds so, dass die zwischen den Komponenten (2, 3) wirkende Kraft im Normalbetrieb so klein ist, dass sie möglichst keinen Einfluss auf die Positionierung des Bauteilelements (1) hat oder dieser Einfluss minimiert ist, wobei das Kraftfeld gleichzeitig so eingestellt wird, dass bei Positionsveränderungen des Bauteilelements (1) durch unerwünschte externe Kräfte über den zulässigen Bewegungsbereich hinaus die zwischen den Komponenten (2, 3) wirkende Kraft der Positionsänderung entgegen wirkt. Außerdem betrifft die Erfindung ein entsprechendes Bauteil und eine Projektionsbelichtungsanlage mit einem derartigen Bauteil.

BEWEGLICH GELAGERTES BAUTEIL EINER PROJEKTIONSBELICHTUNGSANLAGE SOWIE VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR BEWEGUNGSBEGRENZUNG HIERFÜR

VERWEIS AUF VERWANDTE ANMELDUNGEN

Die vorliegende Anmeldung nimmt die Priorität der deutschen Patentanmeldung DE 10 2015 201 249.2 in Anspruch, deren Inhalt durch Verweis hierin vollständig mit aufgenommen wird.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

GEBIET DER ERFINDUNG

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Begrenzung der Bewegung bei beweglich gelagerten Bauteilen einer Projektionsbelichtungsanlage für die Mikrolithographie.

STAND DER TECHNIK

Projektionsbelichtungsanlagen dienen zur Abbildung von Strukturen zur mikrolithographischen Erzeugung von mikrostrukturierten oder nanostrukturierten Bauteilen der Elektrotechnik oder Mikrosystemtechnik. In derartigen Anlagen werden verschiedene Bauteile, wie optische Elemente, zum Beispiel Spiegel oder dergleichen, aber auch andere Bauteile, wie Befestigungsrahmen, Aktuatorelemente oder ähnliches, mit einer gewissen Beweglichkeit gelagert, um beispielsweise die Übertragung von Schwingungen durch steif gelagerte Bauteile zu vermeiden. Allerdings besteht bei beweglich gelagerten Bauteilen, bei denen auch davon gesprochen werden kann, dass es sich um weich gelagerte Bauteile handelt, die Notwendigkeit, dass diese Bauteile gegen eine übermäßige Bewegung der beweglichen Bauteilelemente durch unerwartete externe Einflüsse oder beim Transport gesichert werden müssen.

Hierzu sind sogenannte Anschlagelemente, sogenannte Endanschläge (end stops) oder Transportsicherungen bekannt, die den Bewegungsbereich der beweglichen Bauteilelemente begrenzen bzw. diese fixieren können. Auf diese Weise kann verhindert werden, dass die beweglichen Bauteilelemente eine übermäßige Bewegung durchführen und/oder deren Bewegungen sich aufschaukeln und insgesamt weit reichende Bewegungen mit hoher Bewegungsgeschwindigkeit stattfinden, bei welchen

es bei einer Kollision mit benachbarten Bauteilelementen zu einer Beschädigung der Bauteilelemente kommen könnte.

Zusätzlich zu den Endanschlägen oder Fixierungseinrichtungen bzw. allgemein Bewegungsbegrenzungsvorrichtungen sind aus dem Stand der Technik auch bereits Dämpfungselemente bekannt, um die Bewegungs- bzw. Schwingungsenergie im System abbauen zu können. Dämpfungselemente können auch mit den Endanschlägen oder Fixierungselementen kombiniert sein, wie beispielsweise durch eine entsprechende Ausbildung der Oberflächen der Endanschläge oder der Fixierungsmittel mit elastischen Werkstoffen, sodass bei einem Kontakt eines beweglichen Bauteilelements mit einem mit einem elastischen Werkstoff gedämpften Endanschlag durch die elastische Verformung des elastischen Werkstoffs Energie abgebaut werden kann.

Beispiele für Bewegungsbegrenzungsvorrichtungen bei Projektionsbelichtungsanlagen sind beispielsweise in der deutschen Offenlegungsschrift DE 10 2011 087 389 A1 und der internationalen Patentanmeldung WO 2012/013559 A1 beschrieben.

Die DE 10 2011 087 389 A1 beschreibt einen variablen Anschlag für ein optisches Element, bei dem der Anschlag verstellbar ausgebildet ist, um unterschiedliche Positionierungen des optischen Elements, dessen Bewegung durch den Anschlag begrenzt werden soll, zu ermöglichen.

Die WO 2012/013559 A1 beschreibt eine Anordnung und ein Verfahren zur Dämpfung von Schockbelastungen in optischen Systemen, wobei zusätzlich zu mechanischen Anschlägen, die den Bewegungsbereich eines beweglich gelagerten Bauteilelements begrenzen, Induktionsanordnungen vorgesehen sind, die bei einer Bewegung des in der Bewegung zu begrenzenden Elements elektrischen Strom induzieren, sodass Bewegungsenergie durch die Induktion von elektrischem Strom und Umwandlung des elektrischen Stroms in Wärmeenergie abgebaut werden kann. Hierzu weist die Induktionsanordnung eine Magnetplatte, die am beweglichen optischen Element angeordnet ist, und eine Spulenanordnung auf, die an einer Tragstruktur vorgesehen ist, relativ zu der sich das optische Element bewegt.

Die Induktionsanordnung wird bei der WO 2012/013559 A1 zusätzlich als Aktuator zur Verformung des optischen Elements verwendet, wobei in diesem Fall an der Spulenanordnung durch Anlegen einer geeigneten Spannung und Erzeugen eines Stromflusses ein Magnetfeld erzeugt wird, welches die Magnetplatte am optischen

Element entweder anzieht oder abstößt, um beispielsweise einer Formänderung des optischen Elements durch Einflüsse der Schwerkraft entgegen zu wirken. Die Induktionsanordnung wird nur im Transportfall als Transportsicherung verwendet, indem die Spulenanordnung über einen Widerstand kurzgeschlossen wird, sodass eine Bewegung der Magnetplatte relativ zur Spulenanordnung elektrischen Strom induziert, wobei induzierter Strom über den Widerstand in Wärme abgebaut wird, sodass die Induktionsanordnung mit der Magnetplatte als Dämpfungselement fungieren kann.

Allerdings wird in der WO 2012/013559 A1 lediglich eine passive Dämpfung im Zusammenhang mit mechanischen Anschlagelementen vorgeschlagen, sodass zwar die Auftreffgeschwindigkeit des in der Bewegung zu begrenzenden Bauteilelements auf die mechanischen Anschlagelemente bzw. die bei einem Anschlag des beweglichen Bauteilelements an die Anschlagelemente auftretenden Kräfte reduziert werden können, aber gleichwohl ein mechanischer Kontakt stattfindet, welcher zur Beschädigungen an den beteiligten Bauteilelementen führen kann. Damit ergibt sich, dass durch die WO 2012/013559 A1 zwar bereits eine gewisse Verbesserung der Bewegungsbegrenzung und Sicherung von beweglichen Bauteilelementen in Projektionsbelichtungsanlagen gegeben ist, aber die Reduzierung der bei mechanischem Kontakt des beweglichen Bauteilelements mit den Anschlagelementen abzubauenden Auftreffenergie noch unbefriedigend ist.

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

AUFGABE DER ERFINDUNG

Es ist deshalb Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Bauteil mit einem beweglich gelagerten Bauteilelement einer Projektionsbelichtungsanlage und insbesondere eine Bewegungsbegrenzungsvorrichtung bzw. ein Verfahren zur Begrenzung der Bewegung von beweglichen Bauteilelementen eines Bauteils einer Projektionsbelichtungsanlage bereitzustellen, welche gewährleisten, dass das Risiko der Beschädigung von Bauteilen einer Projektionsbelichtungsanlage durch Einwirken von extern auftretenden Kräften, wie beispielsweise bei Erdbeben, Handhabungsfehlern oder während des Transports, minimal ist. Ein entsprechendes Verfahren zur Bewegungsbegrenzung soll zudem einfach durchführbar sein und eine entsprechende Vorrichtung soll einfach aufgebaut und handhabbar sein.

TECHNISCHE LÖSUNG

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Begrenzung der Bewegung von beweglich gelagerten Bauteilelementen von Bauteilen einer Projektionsbelichtungsanlage mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie einem Bauteil einer Projektionsbelichtungsanlage mit einem beweglich gelagerten Bauteilelement mit den Merkmalen der Ansprüche 6 oder 14 und einer Projektionsbelichtungsanlage mit den Merkmalen des Anspruchs 16. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Die Erfindung schlägt für ein Verfahren zur Begrenzung der Bewegung von beweglich gelagerten Bauteilelementen einer Projektionsbelichtungsanlage und einem entsprechenden Bauteil vor, statt der passiven Dämpfung durch eine passive Induktionsanordnung mindestens eine erste Komponente und mindestens eine zweite Komponente vorzusehen, die jeweils aktiv ein magnetisches und/oder ein elektrisches Feld erzeugen. Die erste Komponente wird an einem beweglichen Bauteilelement angeordnet und die zweite Komponente wird an einer Tragstruktur angeordnet, die benachbart zum beweglichen Bauteilelement angeordnet ist und bezüglich der die Bewegung des Bauteilelements begrenzt werden soll. Da sowohl die erste Komponente als auch die zweite Komponente einer entsprechenden Bewegungsbegrenzungsvorrichtung aktiv ein magnetisches und/oder elektrisches Feld erzeugt, wird aufgrund der erzeugten magnetischen und/oder elektrischen Felder mindestens ein Kraftfeld zwischen dem beweglichen Bauteilelement und der Tragstruktur ausgebildet, welches eingesetzt werden kann, die Bewegung des beweglichen Bauteilelements relativ zu der Tragstruktur zu begrenzen und/oder das bewegliche Bauteilelement zu fixieren.

Im Einzelnen umfasst eine erfindungsgemäßes Bauteil einer Projektionsbelichtungsanlage für die Mikrolithographie ein bewegliches Bauteilelement, wie beispielsweise einen Spiegel, ein anderes optisches Element oder dergleichen, sowie mindestens ein Lagerelement, welches das bewegliche Bauteilelement lagert und die Position des Bauteilelements innerhalb eines zulässigen Bewegungsbereichs definiert.

Ein entsprechendes Lagerelement kann in vielfältiger Weise realisiert werden, beispielsweise durch Federelemente, Aktuatoren, insbesondere Lorentz – Aktuatoren und dergleichen, sowie Kombinationen daraus. Hierbei soll der Begriff des Lagerelements auch allgemein Aktuatoren umfassen, die verwendet werden, die Form und/oder Position bzw. Ausrichtung des gelagerten Bauteilelements zu beeinflussen.

Beispielsweise wird im Stand der Technik bei der WO 2012/013559 A1 das optische Element durch die Induktionsanordnung aus Magnetplatte und mit Strom durchflossener Spulenanordnung dazu verwendet, der Durchbiegung des optischen Elements in der Mitte des optischen Elements entgegen zu wirken. Entsprechen stellt eine derartige Anordnung eines Aktuators ein Lagerelement im Sinne der vorliegenden Erfindung dar, da die Position des optischen Elements einschließlich der Form beeinflusst wird.

Durch das oder die Lagerelemente wird die Position des beweglichen Bauteilelements innerhalb eines zulässigen Bewegungsbereichs definiert, wobei unter Position nicht nur die Anordnung des Bauteilelements im dreidimensionalen Raum verstanden werden soll, sondern auch eine durch die Lagerelemente bedingte Formänderung des Bauteilelements oder eine Ausrichtung des Bauteilelements durch Drehung um unabhängige Raumachsen.

Gemäß der Erfindung umfasst das Bauteil neben dem mindestens einen beweglichen Bauteilelement und dem mindestens einen Lagerelement eine Bewegungsbegrenzungsvorrichtung die die Positionsänderung des Bauteilelements außerhalb eines zulässigen Bewegungsbereichs begrenzt. Hierzu weist die Bewegungsbegrenzungsvorrichtung mindestens eine Felderzeugungseinrichtung auf, die mindestens eine erste Komponente, die an dem in der Bewegung zur begrenzenden Bauteilelement angeordnet ist, und mindestens eine zweite Komponente aufweist, die an einer Tragstruktur angeordnet ist, gegenüber der die Bewegung des beweglich Bauteilelements begrenzt werden soll. Sowohl die erste als auch die zweite Komponente, die benachbart zueinander angeordnet sind, erzeugt ein magnetisches und/oder elektrisches Feld, sodass zwischen den felderzeugenden Komponenten und somit zwischen dem beweglichen Bauteilelement und der Tragstruktur mindestens ein Kraftfeld ausgebildet wird. Das Kraftfeld wird dabei so gewählt, dass das Kraftfeld einer Positionsänderung des Bauteilelements außerhalb eines zulässigen Bewegungsbereichs aufgrund einwirkender externer Kräfte entgegen wirkt. Gleichzeitig wird das Kraftfeld aber so realisiert, dass die im Normalbetrieb zulässigen Positionsänderungen des Bauteilelements möglichst wenig beeinflusst werden. Insbesondere kann die zwischen den Komponenten bzw. dem beweglichen Bauteilelement und der Tragstruktur wirkende Kraft im Normalbetrieb kleiner oder gleich einem Grenzwert sein, der so gewählt ist, dass der Grenzwert kleiner ist als eine Lagerkraft eines La-

gerelements oder einer Lageranordnung aus mehreren oder allen Lagerelementen für das bewegliche Bauteilelement.

Die extern einwirkenden Kräfte können alle Kräfte betreffen, die in irgendeiner Weise auf die Projektionsbelichtungsanlage und die darin enthaltenen Bauteile einwirken, wie Kräfte bei einem Erdbeben, Kräfte bei einem Transport der Projektionsbelichtungsanlage oder Teilen davon oder Kräfte durch falsche Handhabung oder dergleichen. Die dadurch bewirkten Positionsänderungen des beweglichen Bauteilelements umfassen Änderungen der Anordnung und/oder Ausrichtung des Bauteilelements im dreidimensionalen Raum und Änderungen an der Form des Bauteilelements. Positionsänderungen können auch durch hervorgerufene Eigenschwingungen verursacht sein.

Unter zulässigem Bewegungsbereich des beweglichen Bauteilelements wird der Bewegungsbereich des Bauteilelements durch eine gewollte Formänderung und/oder Positionsänderung und/oder Änderung der Ausrichtung des Bauteilelements verstanden, der durch die Lagerelemente zur Gewährleistung einer gewünschten Abbildung in der Projektionsbelichtungsanlage einstellbar ist.

Der zulässige Bewegungsbereich definiert auch den Normalbetrieb der Bewegungsbegrenzungsvorrichtung. Unter Normalbetrieb der Bewegungsbegrenzungsvorrichtung wird somit der Zustand verstanden, dass das bewegliche Bauteilelement sich im zulässigen Bewegungsbereich bewegt und der Sicherungsfall, d.h. eine Überschreitung des zulässigen Bewegungsbereichs nicht eingetreten ist. Der Normalbetrieb der Bewegungsbegrenzungseinrichtung kann somit auch dadurch definiert werden, dass der Abstand der ersten und zweiten Komponente, die das magnetische und/oder elektrische Feld erzeugen, größer oder gleich einem Zielabstand ist, der entsprechend innerhalb des zulässigen Bewegungsbereichs liegt. Mit anderen Worten, der Abstand der felderzeugenden Komponenten ist im Normalbetrieb groß genug und es besteht keine Gefahr einer Kollision des beweglichen Bauteilelements und der Tragstruktur.

Der Normalbetrieb der Bewegungsbegrenzungseinrichtung bzw. die Frage, ob sich das bewegliche Bauteilelement innerhalb des zulässigen Bewegungsbereichs befindet, kann auch dadurch definiert werden, dass die Beschleunigung des Bauteilelements unterhalb eines bestimmten Schwellwerts liegt, da davon auszugehen ist,

dass der zulässiger Bewegungsbereich verlassen wird, wenn die Beschleunigung des Bauteilelements über dem entsprechendem Schwellwert liegt.

In gleicher Weise kann alternativ oder zusätzlich, beispielsweise durch Kraftsensoren bestimmt werden, ob die einwirkenden externen Kräfte über einem Limit liegen oder nicht. Liegen die erfassten, einwirkenden Kräfte unterhalb des Limits, befindet sich der bewegliche Bauteilelement und somit die Bewegungsbegrenzungseinrichtung im Normalbetrieb. Entsprechend kann der Sicherungsfall der Bewegungsbegrenzungsvorrichtung, bei dem die Bewegungsbegrenzungsvorrichtung der Positionsänderung des beweglichen Bauteilelements entgegenwirken muss, dadurch definiert werden, dass der Abstand von beweglichem Bauteilelement und Tragstruktur bzw. der Komponenten, die das magnetische und/oder elektrische Feld erzeugen, kleiner als ein Zielabstand ist, und/oder dass die Beschleunigung des beweglichen Bauteilelements größer als ein Schwellwert ist bzw. die ermittelte externe Krafteinwirkung über einem Limit liegt.

Obwohl gemäß der vorliegenden Erfindung lediglich mindestens eine erste Komponente und mindestens eine zweite Komponente zur Erzeugung vom magnetischen und/oder elektrischen Feldern verwendet werden, kann die Bewegungsbegrenzungsvorrichtung mehrere felderzeugende Komponenten umfassen, um beispielsweise nicht nur in einer Wirkrichtung eine Bewegungsbegrenzung bereitzustellen, sondern bezüglich mehrerer oder aller Bewegungsfreiheitsgrade.

Das aus der Erzeugung der magnetischen und/oder elektrischen Felder durch die felderzeugenden Komponenten resultierende Kraftfeld wird so eingestellt, dass die auf das bewegliche Bauteilelement einwirkende Kräfte oder Kraftkomponenten der Bewegungsbegrenzungsvorrichtung so klein sind, dass im Normalbetrieb der Einfluss auf die Positionierung des Bauteilelements minimal ist und insbesondere bezüglich des Einflusses, den die Lagerelemente auf die Position des Bauteilelements ausüben vernachlässigbar ist.

Insbesondere kann das Kraftfeld der Bewegungsbegrenzungsvorrichtung im Normalbetrieb so eingestellt werden, dass die in einer Wirkrichtung ausgeübte oder resultierende Kraft unterhalb eines Grenzwerts liegt, der kleiner ist als eine Lagerkraft eines Lagerelements des beweglichen Bauteilelements. Dies bedeutet, dass jede einzelne anziehende oder abstoßende Kraft von magnetische und/oder elektrische Felder erzeugenden Komponenten oder zumindest die resultierende Kraft in eine Wirkrichtung

von mehreren felderzeugenden Komponenten kleiner ist als entsprechend jede Lagerkraft eines einzelnen Lagerelements oder eine resultierende Lagerkraft mehrerer Lagerelemente in einer Wirkrichtung. Damit kann sichergestellt werden, dass der Einfluss der Bewegungsbegrenzungsvorrichtung auf die Positionierung des beweglichen Bauteilelements im Normalbetrieb vernachlässigbar ist.

Der Grenzwert der durch die felderzeugenden Komponenten der Bewegungsbegrenzungsvorrichtung ausgeübten Kraft in einer Wirkrichtung kann im Normalbetrieb durch Überlagerung von entsprechenden magnetischen und/oder elektrischen Feldern unterschritten werden. Beispielsweise können zur Erzeugung eines Kraftfelds sich gegenseitig abstoßende Dauermagnete als felderzeugende Komponenten angeordnet sein, denen ein Magnetfeld eines Elektromagneten in entgegengesetzter Richtung überlagert wird, sodass die resultierende Kraft zwischen den felderzeugenden Komponenten bzw. dem beweglichen Bauteilelement und der Tragstruktur in einen Bereich unterhalb des Grenzwerts reduziert wird, welcher bezüglich der Positionierung des beweglichen Bauteilelements unerheblich ist.

Unter Wirkrichtung wird hierbei eine resultierende Kraft in einer der unabhängigen Raumrichtung oder ein entsprechendes Drehmoment um eine der unabhängigen Raumrichtungen verstanden.

Das durch die felderzeugenden Komponenten erzeugte Kraftfeld bewirkt im Sicherungsfall, wenn der Zustand des Normalbetriebs verlassen wird, ein der Positionsänderung des beweglichen Bauteilelements entgegen gerichtete Kraft, wobei das entsprechende Kraftfeld aufgrund des Einwirkens der externen Kräfte automatisch verändert wird oder eine entsprechende Veränderung eingestellt wird.

Eine automatische Veränderung ergibt sich beispielsweise dann, wenn als felderzeugende Komponenten Dauermagnete eingesetzt werden, die mit gleichnamigen Polen aufeinander zuweisend abstoßende Kräfte erzeugen, wobei die abstoßenden Kräfte bei Verringerung des Abstands zueinander durch die Abstandsverringerung entsprechend zunehmen, und zwar proportional zum Quadrat der Abstandsänderung. Somit erfolgt in diesem Fall der Wechsel vom Normalbetrieb der Bewegungsbegrenzungsvorrichtung mit geringem Einfluss der abstoßender Kraft auf die Positionierung des beweglichen Bauteilelements aufgrund des großen Abstands der Dauermagnete hin zum Sicherungsfall, in dem eine merkliche Kraft zu erneuten Vergrößerung des Abstands ausgeübt wird, in automatisierter Weise durch die entspre-

chende Einwirkung der externen Kräfte und die automatische Erzeugung der Rückstellkräfte.

Darüber hinaus ist es jedoch auch möglich, mittels einer Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung im Zusammenspiel mit entsprechend vorgesehenen Sensoren eine Veränderung der felderzeugenden Komponenten zur Ausübung einer der Positionsänderung entgegen wirkenden Kraft zu bewirken. So kann beispielsweise bei der Verwendung von Elektromagneten als felderzeugende Komponenten bei der Ermittlung eines Sicherungsfalls, also einer entsprechenden Veränderung der Position des beweglichen Bauteilelements, des Auftretens einer hohen Beschleunigung und/oder des Auftretens hoher externer Kräfte, das Magnetfeld des Elektromagneten durch Variation des Stromflusses durch den Elektromagneten im geeigneter Weise variiert werden.

Darüber hinaus können die felderzeugenden Komponenten jedoch auch durch mechanische Verstellung in entsprechende Positionen gebracht werden, in denen die felderzeugenden Komponenten ein verändertes Kraftfeld bewirken, welches der Positionsänderung des beweglichen Bauteilelements entgegenwirkt. Als Beispiele sind hier zu nennen beweglich gelagerte Dauermagneten, die beispielsweise durch die Verschiebung den Abstand zu einem anderen Dauermagneten verändern können, um so unterschiedliche anziehende oder abstoßende Kräfte einzustellen. Neben einer beweglichen Lagerung, bei der die Bewegung durch eine translatorische Bewegung realisiert wird, kann die bewegliche Lagerung auch eine Drehbewegung ermöglichen, sodass beispielsweise Dauermagnete entsprechend ausgerichtet werden können.

Bei den bisher beschriebenen Ausführungsformen der Bewegungsbegrenzungsvorrichtung bzw. eines entsprechend ausgestatten Bauteils ist lediglich davon ausgegangen worden, dass eine Bewegungsbegrenzung bei einem außergewöhnlichem Ereignis während des Betriebs des Bauteils in der Projektionsbelichtungsanlage stattfinden muss, wie beispielsweise bei externen Einflüssen durch ein Erdbeben oder Handhabungsfehler oder dergleichen. Allerdings kann die erfindungsgemäße Bewegungsbegrenzungsvorrichtung nicht nur für einen Schutz vor übermäßigen Belastungen während des Betriebs dienen, sondern kann neben dem Sicherungsmodus (also der Sicherung während des Betriebs) auch in einem Arretierungsmodus betrieben werden, bei dem die Projektionsbelichtungsanlage nicht betrieben wird und die

Bewegungsbegrenzungsvorrichtung zur Arretierung eines beweglichen Bauteilelements Verwendung findet, beispielsweise für eine vorsorgliche Arretierung während des Transports oder einer Wartung. Entsprechend wird zwischen dem Sicherungsmodus der Bewegungsbegrenzungsvorrichtung und dem Arretierungsmodus der Bewegungsbegrenzungsvorrichtung unterschieden. Im Sicherungsmodus kann zudem zwischen dem Normalbetreib und dem Sicherungsfall unterschieden werden, die bereits vorher ausführlich beschrieben worden sind.

Um die Bewegungsbegrenzungsvorrichtung in einen Arretierungsmodus zu schalten, kann mindestens eine der ein Magnetfeld und/oder elektrisches Feld erzeugenden Komponenten der Bewegungsbegrenzungsvorrichtung in einen Verriegelungszustand geschaltet wird, sodass ein resultierendes Kraftfeld ähnlich dem Sicherungsfall im Sicherungszustand so eingestellt wird, dass die Beweglichkeit des beweglichen Bauteilelements erheblich eingeschränkt wird. Entsprechend kann zur Schaltung einer felderzeugenden Komponente in einen Verriegelungszustand diese mechanisch verstellt, beispielsweise verschoben und/oder gedreht werden, um durch die mechanische Verstellung, beispielsweise durch Annäherung oder Ausrichtung von Dauermagneten ein Kraftfeld zu erzeugen, welches das bewegliche Bauteilelement arretiert. Alternativ oder zusätzlich kann das von einer Komponente erzeugte elektrische oder magnetische Feld abgeschaltet und/oder verändert werden. Weiterhin ist eine veränderte Überlagerung von das bewegliche Bauteilelement relativ zur Tragstruktur anziehenden und/oder abstoßenden Kraftfeldern zur Einstellung eines Verriegelungszustands denkbar.

Die Bewegungsbegrenzungsvorrichtung kann mehrere elektrische und/oder magnetische Felder erzeugende Komponenten, insbesondere mehrere Paare von felderzeugenden Komponenten aufweisen, die in geeigneter Weise miteinander zusammenwirken können, um das bewegliche Bauteilelement bezüglich mehrerer Bewegungsfreiheitsgrade in der Bewegung begrenzen zu können. Die felderzeugenden Komponenten können durch Dauermagnete, Elektromagnete oder Elektroden gebildet sein. Darüber hinaus kann die Bewegungsbegrenzungsvorrichtung weitere Elemente umfassen, wie beispielsweise mechanische Anschlagelemente mit oder ohne elastischen Dämpfungselementen oder Elemente, die mit felderzeugenden Elementen zusammen wirken können, wie beispielsweise ferromagnetische Elemente, die mit Dauermagneten oder Elektromagneten zusammenwirken können.

Zur Vermeidung von Schwingungen können die felderzeugenden Komponenten an der Tragstruktur und/oder dem beweglichen Bauteilelement über elastische Elemente und/oder Dämpfungselemente gelagert sein, sodass angreifende Kräfte durch elastische Verformung und/oder entsprechende Dämpfung abgebaut werden können. Als Dämpfungselement kann vorzugsweise ein Element vorgesehen sein, welches auf Basis einer magnetorheologischen Flüssigkeit arbeitet.

Insbesondere kann die Felderzeugungseinrichtung einer erfindungsgemäßen Bewegungsbegrenzungsvorrichtung mindestens ein Paar von zusammenwirkengenden Dauermagneten aufweisen, die mit gleichnamigen Magnetpolen aufeinander zuweisend ausgerichtet sind, sodass eine abstoßende Kraft zwischen diesen erzeugt wird. Alternativ kann ein Paar aus einem Dauermagneten und einem Elektromagneten oder ein Paar von Elektromagneten oder ein Paar von gegenseitig angeordneten Elektroden als zusammenwirkende, felderzeugende Komponenten in einer Bewegungsbegrenzungsvorrichtung eingesetzt werden.

Vorzugsweise kann eine Bewegungsbegrenzungsvorrichtung zusätzlich zu mindestens einem Paar von Dauermagneten einen zugeordneten Elektromagneten aufweisen, um mit dem Elektromagneten das resultierende Magnetfeld einstellen zu können. Ein entsprechender Elektromagnet kann auch mit einer ferromagnetischen Platte zusammenwirken, um eine Verstärkung oder Abschwächung des durch die Dauermagnete erzeugten Kraftfelds zu bewirken oder durch eine Überlagerung von abstoßenden und anziehenden Kräften eine Fixierung des beweglichen Bauteilelements zu erreichen.

Zusammenfassend kann eine Bewegungsbegrenzungsvorrichtung zur Begrenzung der Bewegung eines beweglich gelagerten Bauteilelements so betrieben werden, dass zwischen einem Sicherungsmodus und einem Arretierungsmodus umgeschaltet werden kann. Bei einer Ausführungsvariante ohne Umschaltmöglichkeit wird die Bewegungsbegrenzungsvorrichtung lediglich im Sicherungsmodus betrieben.

Im Sicherungsmodus wird die Bewegungsbegrenzungsvorrichtung im Normalbetrieb so betrieben, dass die auf das bewegliche Bauteilelement einwirkenden Kräfte, die durch die Bewegungsbegrenzungsvorrichtung bereitgestellt werden, vernachlässigbar sind, sodass das bewegliche Bauteilelement innerhalb bestimmter definierter Bewegungsbereiche durch Lagerelemente in seiner Position verändert werden kann. Tritt ein Sicherungsfall ein, d.h. das bewegliche Bauteilelement wird in unzulässiger

Weise bewegt, beschleunigt oder mit Kräften beaufschlagt, so erzeugt die Bewegungsbegrenzungseinrichtung mit ihrer Felderzeugungseinrichtung ein Kraftfeld, das der unzulässigen Bewegung entgegenwirkt, wobei dies entweder automatisch aufgrund der extern einwirkenden Kräfte veranlasst wird oder eine entsprechende Veränderung der Felderzeugungseinrichtung durch eine Steuerungs- und / oder Regelungseinrichtung veranlasst wird.

Weist die Bewegungsbegrenzungsvorrichtung die Möglichkeit einer Schaltung in einen Arretierungsmodus auf, so kann ebenfalls durch die Steuerungs- und / oder Regelungsvorrichtung eine Veränderung der Felderzeugungseinrichtung in der Weise vorgenommen werden, dass eine oder mehrere erzeugte Kraftfelder so eingestellt sind, dass das bewegliche Bauteilelement in seiner Bewegung begrenzt ist bzw. fixiert ist.

Damit ist eine berührungslose Bewegungsbegrenzungsvorrichtung geschaffen, die eine schonende Sicherung von beweglich gelagerten Bauteilelementen ermöglicht

KURZBESCHREIBUNG DER FIGUREN

Die beigefügten Zeichnungen zeigen in rein schematischer Weise in

Fig. 1 eine schematische Darstellung der Wirkungsweise der Komponenten einer erfindungsgemäßen Bewegungsbegrenzungsvorrichtung und den Kraftverlauf im Normalbetrieb und im Sicherungsfall,

Fig. 2 eine Darstellung einer weiteren Ausführungsform von Komponenten einer Bewegungsbegrenzungsvorrichtung gemäß der Erfindung,

Fig. 3 eine dritte Darstellung einer Ausführungsform von Komponenten einer Bewegungsbegrenzungsvorrichtung gemäß der Erfindung,

Fig. 4 eine Darstellung einer Anordnung einer Bewegungsbegrenzungsvorrichtung gemäß der Erfindung in einer Draufsicht,

Fig. 5 eine weitere teilweise Schnittdarstellung einer Anordnung einer erfindungsgemäßen Bewegungsbegrenzungsvorrichtung,

Fig. 6 eine Darstellung einer weiteren Ausführungsform des Zusammenwirkens zweier Komponenten einer Bewegungsbegrenzungsvorrichtung im Sicherungszustand (Teilbild a) und im Arretierzustand (Teilbild b),

Fig. 7 eine Darstellung einer weiteren Ausführungsform einer Bewegungsbegrenzungsvorrichtung ähnlich der Darstellung der Fig. 6 im ausgeschalteten Zustand (Teilbild a) und im Betriebszustand (Teilbild b),

Fig. 8 eine weitere Darstellung zumindest eines Teils einer Bewegungsbegrenzungsvorrichtung mit zwei Paaren von Dauermagneten und einem Elektromagneten in einer Draufsicht,

Fig. 9 eine Darstellung der Anordnung einer Komponente einer Bewegungsbegrenzungsvorrichtung in Form eines Dauermagneten,

Fig. 10 eine weitere Darstellung einer anderen Ausführungsform einer Anordnung eines Dauermagneten einer Bewegungsbegrenzungsvorrichtung, und in

Fig. 11 eine schematische Darstellung einer Projektionsbelichtungsanlage, bei der die vorliegende Erfindung Verwendung finden kann.

AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

Weitere Vorteile, Kennzeichen und Merkmale der vorliegenden Erfindung werden bei der nachfolgenden detaillierten Beschreibung der Ausführungsbeispiele deutlich. Allerdings ist die Erfindung nicht auf diese Ausführungsbeispiele beschränkt.

Die Fig. 1 zeigt in einer teilweisen Schnittansicht eine Darstellung der Wirkungsweise eines Paars von Komponenten 2,3 einer Bewegungsbegrenzungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung. Die Bewegungsbegrenzungsvorrichtung, die in Fig. 1 gezeigt ist, umfasst einen beweglich gelagerten Spiegel 1, der das bewegliche Bauteilelement darstellt, welches in seiner Bewegung begrenzt werden soll, und zwar bezüglich einer benachbarten Tragstruktur 4, die beispielsweise Teil des Rahmens oder der Fassung sein kann, in der der Spiegel 1 über beispielsweise elastische Lagerelemente 8 gelagert ist. Neben den elastischen Federelementen 8 als Lagerelemente kann das Bauteil in Form der Spiegelanordnung weiterhin ein oder mehrere Aktuatoren 9, wie beispielsweise Lorentz-Aktuatoren, aufweisen, um den Spiegel 1 innerhalb eines zulässigen Bewegungsbereichs richtig positionieren bzw. formen zu können. Dabei kann es sich sowohl um eine Positionierung im engeren Sinne, das heißt eine Positionierung im dreidimensionalen Raum und/oder eine Ausrichtung des Spiegels 1 im Raum, beispielsweise um entsprechende Drehachsen, handeln, aber auch um eine Positionierung im weiteren Sinne, die eine Formänderung des Spiegels

1 mit einschließt. In diesem Sinne könnte der Aktuator 9 eine Positionsänderung des Spiegels 1 dadurch bewirken, dass durch den Aktuator 9 eine Formänderung des Spiegels 1 bewirkt wird, um beispielsweise Abbildungsfehler in einer Projektionsbelichtungsanlage, in der die Spiegelanordnung aus Fig. 1 eingebaut ist (siehe Fig. 11), zu korrigieren.

Entsprechend ist mittels des gezeigten Aktuators 9 oder weiterer Aktuatoren (nicht gezeigt) eine Positionsänderung des beweglichen Spiegels 1 sowohl hinsichtlich der Anordnung und Ausrichtung im dreidimensionalen Raum als auch durch eine Formveränderung des Spiegels 1 möglich. Der zulässige Bewegungsbereich 6, der beispielsweise für die Korrektur von Abbildungsfehlern vorgesehen ist, ist in eine Dimension durch den Doppelpfeil und die dazugehörige Linie symbolisiert. Innerhalb dieses zulässigen Bewegungsbereichs 6, der auch in andere Raumrichtungen (nicht gezeigt) und/oder bezüglich der Ausrichtung des Spiegels 1 um entsprechende Drehachsen gegeben sein kann, ist eine Bewegung des Spiegels 1 ohne Weiteres möglich.

Allerdings kann es während des Transports der Projektionsbelichtungsanlage oder bei Wartungsarbeiten an der Projektionsbelichtungsanlage oder aufgrund von Fehlbedienungen während des Betriebs der Projektionsbelichtungsanlage oder aus sonstigen Gründen zur Aufbringung externer Kräfte auf den Spiegel 1 bzw. die umgebende Tragstruktur 4 oder die Lageranordnung mit den Lagerelementen 8 kommen, durch die der Spiegel 1 eine Beschleunigung und somit relative Bewegung gegenüber der umgebenden Tragstruktur 4 erfährt, so dass es zu einer Überlastung der Lagerelemente 8 und im schlimmsten Fall zu einer Kollision des Spiegels 1 mit der umgebenden Tragstruktur 4 kommen kann, welche zu Beschädigungen insbesondere am Spiegel 1 führen kann. In Fig. 1 ist eine einzelne Bewegungsrichtung des Spiegels 1 beispielhaft mit dem von links nach rechts zeigenden Pfeil dargestellt. Allerdings ist es selbstverständlich, dass Bewegungen in verschiedene Richtungen oder um verschiedene Drehachsen möglich sind.

Um zu verhindern, dass bei externer Schlag- oder Schockbelastung der Spiegel 1 gegen die Tragstruktur 4 stößt und den zulässigen Bewegungsbereich 6 überschreitet, so dass Beschädigungen an den Lagerelemente 8 auftreten können, ist bei der Spiegelanordnung der Fig. 1 eine Bewegungsbegrenzungsvorrichtung vorgesehen, die bei dem gezeigten Schemabild der Fig. 1 lediglich zwei Komponenten 2, 3 um-

fasst, die bezüglich der in Fig. 1 mit dem Pfeil dargestellten Bewegungsrichtung eine Bewegungsbegrenzung realisieren können. Dazu weist die Bewegungsbegrenzungsvorrichtung zwei Dauermagneten 2, 3 auf, von denen jeweils lediglich nur der Nordpol zu sehen ist. Die Dauermagnete 2, 3 sind mit ihren Nordpolen jeweils aufeinander ausgerichtet, sodass sie eine abstoßende Wirkung aufeinander ausüben. Die Enden der Dauermagneten 2, 3 sind in einem Abstand 7 zueinander angeordnet, der größer ist, als der zulässige Bewegungsbereich 6, innerhalb dessen der Spiegel 1 im Normalbetrieb beweglich ist. Durch die gegenseitig abstoßende Wirkung der Dauermagnete 2, 3 wird bei einer Überschreitung des zulässigen Bewegungsbereichs 6 durch den Spiegel 1 eine Rückstellkraft aufgrund der abstoßenden Dauermagnete 2, 3 auf den Spiegel 1 ausgeübt, so dass einer weiteren Bewegung des Spiegels 1 in Richtung der Tragstruktur 4 entgegen gewirkt wird.

Hierzu ist in Fig. 1 ein Kraft – Weg – Diagramm dargestellt, das die Bremskraft auf den Spiegel 1 aufgrund der Dauermagneten 2, 3 zeigt, die einerseits am Spiegel 1 (Dauermagnet 2) und an der Tragstruktur 4 (Dauermagnet 3) angeordnet sind. Da die abstoßende Kraft mit dem Quadrat des abnehmenden Abstands 7 bzw. der durch die Bewegung zurückgelegten Strecke des Spiegels 1 zunimmt, nimmt bei einer Annäherung des Spiegels 1 in Richtung der angezeigten Bewegungsrichtung die abstoßende Kraft zu, so dass eine immer weiter steigende abstoßende Kraft zwischen den Dauermagneten 2 und 3 ausgeübt wird, mit deren Hilfe der Spiegel 1 von einer Annäherung an die Tragstruktur 4 zurückgehalten werden kann.

Damit lässt sich beispielsweise mit einer entsprechenden Spiegelanordnung der Fig. 1 verhindern, dass im Betrieb der Projektionsbelichtungsanlage durch aufgebrachte externe Kräfte, wie beispielsweise Erschütterungen durch ein Erdbeben oder sonstige Einflüsse, beweglich bzw. weich gelagerte Bauteilelemente, wie beispielsweise der in Fig. 1 gezeigte Spiegel 1, zu stark in Bewegung geraten, so dass die Lagerelemente durch Überlastung beschädigt werden können und der Spiegel 1 selbst Schaden nehmen kann, wenn der Spiegel 1 an die benachbarte Tragstruktur 4 anschlägt. Durch die abstoßende Magnetkraft der mit dem gleichnamigen Pol aufeinander zuweisenden Dauermagneten 2, 3 ist somit ein berührungsloser Endanschlag realisiert, der die durch die externen Kräfte eingebrachte Energie zumindest teilweise berührungslos abbauen kann. Gleichzeitig wird aber, wie dem Diagramm der Fig. 1 ebenfalls zu entnehmen ist, im zulässigen Bewegungsbereich 6 keine Behinderung

der freien Beweglichkeit des Spiegels 1 eingebracht, da die abstoßende Kraft der Dauermagneten 2, 3 in diesem Bereich sehr klein und somit vernachlässigbar ist.

Die Dauermagnete 2, 3 können jeweils durch Elektromagnete ersetzt werden, und zwar sowohl einzeln als auch paarweise.

Anstelle der in Fig. 1 gezeigten Variante mit sich gegenseitig abstoßend ausgerichteten Dauermagneten 2,3 kann die Bewegungsbegrenzungsvorrichtung gemäß der Ausführungsform der Fig. 2 auch elektrische Felder zur Erzeugung eines Kraftfelds nutzen. Die Fig. 2 zeigt wiederum einen teilweisen Schnitt durch ein optisches Element, wie einen Spiegel 1, und eine benachbart dazu vorgesehene Tragstruktur 4, die durch einen Spalt von dem Spiegel 1 getrennt ist. An den Seitenwänden, die den Spalt zwischen dem Spiegel 1 und der Tragstruktur 4 begrenzen, sind bei der Ausführungsform der Fig. 2 Elektroden 12, 13 vorgesehen, die über entsprechende elektrische Leitungen 14, 15 mit einer elektrischen Ladung beaufschlagt werden können. Beispielsweise können beide Elektroden 12, 13 mit einer positiven oder negativen Ladung beaufschlagt werden, so dass sich ein Kraftfeld ausbildet, welches abstoßende Kräfte zwischen dem Spiegel 1 und der Tragstruktur 4 bzw. den Elektroden 12, 13, die an der Tragstruktur 4 und Spiegel 1 angeordnet sind, aufweist. Entsprechend kann auch bei der Ausführungsform der Fig. 2 im Sicherungsfall, wenn also externe Kräfte auf den Spiegel 1 einwirken, so dass dieser relativ zur Tragstruktur 4 beschleunigt bzw. bewegt wird, eine Kraft auf den Spiegel 1 ausgeübt werden, die einer Verringerung des Abstands zwischen den Elektroden 12, 13 entgegenwirkt, um so die Bewegung des Spiegels 1 in Richtung der Tragstruktur 4 abzubremsen.

Die Fig. 3 zeigt eine weitere Ausführungsform, bei der elektrische Felder zur Erzeugung eines Kraftfelds für die Bewegungsbegrenzungsvorrichtung verwendet werden. Im gezeigten Ausführungsbeispiel der Fig. 3 sind die Elektroden 12, 13, die an den Seitenwänden des Spiegels 1 und der Tragstruktur 4 angeordnet sind, die den dazwischenliegenden Spalt zwischen Spiegel 1 und Tragstruktur 4 begrenzen, Teile von Kondensatoren, die einerseits am Spiegel 1 und an der Tragstruktur 4 ausgebildet sind. Die Elektrode 13 am Spiegel 1 weist eine Gegenelektrode 17 sowie eine Spannungsquelle 19 auf, während der Elektrode 12 an der Tragstruktur 4 eine Gegenelektrode 14 und eine Spannungsquelle 18 zugeordnet sind. Durch Laden der Kondensatoren in der Weise, dass die Elektroden 12, 13 gleichnamige Pole bilden, also beispielsweise Pluspole oder Minuspole, kann wiederum ein abstoßendes Kraft-

feld erzeugt werden, so dass abstoßende Kräfte zwischen der Tragstruktur 4 und dem Spiegel 1 vorliegen, die einer ungewollten Annäherung von Spiegel 1 und Tragstruktur 4 durch Einwirkung externer Kräfte entgegenwirken.

Die Fig. 4 zeigt in einer weiteren Darstellung eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bauteils mit einer Bewegungsbegrenzungsvorrichtung, und zwar in Form einer Draufsicht anstelle der in den Figuren 1 bis 3 gezeigten seitlichen, teilweisen Schnittansichten.

Die Fig. 4 zeigt einen kreisrunden Spiegel 1, an dem am Umfang im Winkelabstand von 90° mehrere Dauermagneten 23 angeordnet sind. Der Spiegel 1 ist durch eine ebenfalls kreisrund ausgebildete Tragstruktur 4 in Form eines Rahmens umgeben. An der Tragstruktur 4 sind gegenüberliegend zu den Dauermagneten 23 ebenfalls mehrere Dauermagneten 22 angeordnet, die entsprechend so ausgerichtet sind, dass gleichnamige Pole der Dauermagneten an der Tragstruktur 4 und der Dauermagneten 23 am Spiegel 1 aufeinander zuweisen, so dass abstoßende Kräfte ausgebildet werden. Wird nun der Spiegel 1 durch externe Kräfte aus seiner zentralen Lage in der Mitte der Tragstruktur 4 verschoben, so erzeugen die abstoßenden Kräfte zwischen den Dauermagneten 22 und 23 eine Kraftkomponente, die den Spiegel wieder in die zentrale Lage zurückbewegt. Aufgrund der niedrigen abstoßenden Kräfte zwischen den Dauermagneten 22 und 23 innerhalb des vorgegebenen Abstandsbereichs ist eine Beweglichkeit des Spiegels 1 in einem begrenzten Bereich um die zentrale Position möglich.

Zusätzlich zu den Dauermagneten 22, 23 umfasst die Bewegungsbegrenzungsvorrichtung der Ausführungsform der Fig. 4 zusätzlich mechanische Anschlagelemente 25, welche ebenfalls entlang des Innenumfangs der Tragstruktur 4 angeordnet sind und als Endanschläge fungieren, falls die abstoßenden magnetischen Kräfte der Dauermagneten 22, 23 nicht ausreichen, um eine Kollision des Spiegels 1 mit der umgebenden Tragstruktur 4 zu vermeiden. Durch die Abstoßung des Spiegels 1 gegenüber der Tragstruktur 4 durch die Dauermagnete 22, 23 und die dadurch bewirkte Abbremsung des Spiegels 1 sind jedoch die Auftreffgeschwindigkeit und die daraus resultierenden Auftreffkräfte reduziert, so dass Beschädigungen des Spiegels und/oder der Tragstruktur 4 vermieden werden können, auch wenn der Spiegel 1 an die Anschlagelemente 25 anschlägt.

Die Fig. 5 zeigt in einer seitlichen Schnittansicht ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Bewegungsbegrenzungsvorrichtung mit einer Kombination mit mechanischen Stoppelementen 35, 36 und Dauermagneten 32, 33 im Bereich des Spalts zwischen einem Spiegel 1 oder einem sonstigen beweglich gelagerten Bauteilelement und einer Tragstruktur 4. Die mechanischen Stoppelemente umfassen eine Halterung 35 und elastische Anschlagelemente 36, beispielsweise aus einem gummiartigen Material, um das Auftreffen des Spiegels 1 im Sicherungsfall abzufedern.

Bei den Ausführungsbeispielen der Figuren 1 bis 5 sind Bewegungsbegrenzungsvorrichtungen im Zusammenhang mit erfindungsgemäßen Bauteilen oder Teilen davon beschrieben worden, die im Wesentlichen dazu dienen, im Normalbetrieb möglichst keine oder nur geringfügige Kräfte auf das in der Bewegung zu begrenzende Bauteilelement, wie zum Beispiel den Spiegel 1, auszuüben und lediglich im Sicherungsfall, wenn externe Kräfte zu einer Beschleunigung und Bewegung des in der Bewegung zu begrenzenden Bauteilelements führen, der Beschleunigung bzw. Bewegung entgegen gerichtete Kräfte bereitzustellen.

Darüber hinaus kann eine Bewegungsbegrenzungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung neben dem oben beschriebenen Sicherungsmodus zusätzlich in einem Arretierungsmodus betrieben werden, in welchem das in der Bewegung zu begrenzende Bauteilelement grundsätzlich in seinem Bewegungsbereich eingeschränkt bzw. fixiert oder arretiert wird. Dies ist beispielsweise für den Transport des entsprechenden Bauteils oder bei Wartungsarbeiten vorteilhaft, da in diesen Fällen damit zu rechnen ist, dass undefinierte und/oder hohe äußere Kräfte einwirken, die zu einer Beschädigung des beweglich gelagerten Bauteilelements führen könnten, so dass von vornherein der Bewegungsbereich begrenzt bzw. der Bauteilelement fixiert wird.

Zu diesem Zweck ist bei der Ausführungsform, die in der Fig. 6 in den Teilbildern a) und b) gezeigt ist, der Dauermagnet 43, der an der Tragstruktur 4 angeordnet ist, beweglich in der Tragstruktur 4 gelagert, so dass der Abstand zu dem gegenüberliegend angeordneten Dauermagneten 42, der an dem Spiegel 1 angeordnet ist, verändert werden kann. Damit lässt sich die abstoßende Kraft, die zwischen den mit gleichnamigen Polen aufeinander zuweisenden Dauermagneten 42 und 43 ausgeübt wird, deutlich erhöhen, um so eine Fixierung des Spiegels 1 zu erreichen, wenn beispielsweise umlaufend um den Spiegel 1 mehrere derartiger Paare von Dauermagneten 42, 43 vorgesehen sind, wie beispielsweise in der Ausführungsform der Fig. 4.

Im Teilbild a) der Fig. 6 ist die Position des Dauermagneten 43 im Sicherungsmodus gezeigt, bei welchem der Abstand zwischen dem Dauermagneten 42 und 43 so groß ist, dass im Normalbetrieb nur geringe Abstoßungskräfte ausgebildet werden, während im Teilbild b) der Dauermagnet 43 in einer ausgefahrenen Position angeordnet ist, so dass der Abstand zwischen den Dauermagneten 42 und 43 verringert ist und eine deutlich stärkere abstoßende Kraft zwischen den Dauermagneten 42 und 43 und somit zwischen Spiegel 1 und der Tragstruktur 4 erzeugt wird.

Die Fig. 7 zeigt in den Teilbildern a) und b) eine weitere Ausführungsform eine Bewegungsbegrenzungsvorrichtung, die zumindest ein Paar von Dauermagneten 52 und 53 umfasst, welche einerseits an dem Spiegel 1 und an einer Tragstruktur 4 angeordnet sind. Bei der Ausführungsform der Fig. 7 ist der Dauermagnet 53, welcher an der Tragstruktur 4 angeordnet ist, drehbar ausgebildet, um die Ausrichtung des Dauermagneten 53 verändern zu können. So kann der Dauermagnet 53 im Sicherungsmodus im Normalbetrieb so gedreht sein, dass keiner der Magnetpole auf den Magnetpol des Dauermagneten 52 gerichtet ist, der von dem Spiegel 1 in Richtung der Tragstruktur 4 ausgerichtet ist. Dadurch ergibt sich, dass nur geringe bis keine resultierenden Kräfte zwischen den Dauermagneten 52 und 53 bzw. dem Spiegel 1 und der Tragstruktur 4 erzeugt werden. Im Sicherungsfall des Sicherungsmodus oder im Arretierungsmodus kann der Dauermagnet 53 gedreht werden, um mit einem seiner Pole auf den gegenüberliegenden Pol des korrespondierenden Dauermagneten 52 am Spiegel 1 ausgerichtet zu werden. Beispielsweise können gleichnamige Pole, wie die gezeigten Südpole, zueinander ausgerichtet werden, um abstoßende Kräfte zu erzeugen.

Die Drehung des Dauermagneten 53 kann durch eine Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung 54 über die Signalleitung 56 bewirkt werden, mit deren Hilfe die Bewegungsbegrenzungsvorrichtung beispielsweise auch in den Arretierungszustand geschaltet werden kann.

Für den Sicherungsfall im Sicherungsmodus, wenn also unerwartete externe Kräfte, beispielsweise durch ein Erdbeben oder dergleichen, auf das erfindungsgemäße Bauteil einwirken, wird über einen Sensor 55, welcher an dem Spiegel 1 angeordnet ist, beispielsweise eine übermäßige Beschleunigung oder eine unzulässige Positionsveränderung, ermittelt, so dass die Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung 54 nach Erhalt des Sensorsignals über die Sensorleitung 57 die Drehung des Dau-

ermagneten 53 auslösen kann. Hierzu kann der Dauermagnet 53 beispielsweise in einer bestimmten Position vorgespannt sein, welche durch entsprechende Auslösung durch die Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung aktiviert wird und unmittelbar zu der gewünschten Drehung des Dauermagneten 53 führt.

Neben den in den Figuren 1 bis 6 gezeigten Beispielen, bei denen sich im Sicherungsmodus im Sicherungsfall die entsprechenden Kräfte zur Bewegungsbegrenzung des beweglich gelagerten Bauteilelements automatisch aufgrund der Annäherung von sich gegenseitig abstoßend angeordneten Magneten oder geladenen Elektroden einstellen, stellt das Ausführungsbeispiel der Fig. 7 eine Ausführungsform dar, bei welcher durch Änderung mindestens einer ein Magnetfeld und/oder elektrisches Feld bereitstellenden Komponente (im gezeigten Ausführungsbeispiel ein Dauermagnet) die Veränderung des Kraftfelds zur Sicherstellung der Bewegungsbegrenzung bewirkt wird. Neben der in Fig. 7 gezeigten mechanischen Verstellung einer entsprechenden Komponente, wie eines Dauermagneten, sind auch andere Veränderungen, wie unterschiedliche Einstellung eines Magnetfelds mittels eines Elektromagneten oder Veränderung eines elektrischen Feldes durch unterschiedliche Ladung einer Elektrode, denkbar.

Darüber hinaus ist es auch möglich, verschiedene Komponenten einer Bewegungsbegrenzungsvorrichtung, wie beispielsweise Dauermagneten, Elektromagneten, Elektroden und dergleichen, so miteinander zu kombinieren, dass durch Überlagerung entsprechender magnetischer und/oder elektrischer Felder die für den jeweiligen Betriebszustand erforderlichen Kraftfelder eingestellt werden.

Ein Beispiel ist in der Fig. 8 dargestellt, in der in einer Draufsicht ähnlich der Fig. 4 ein Spiegel 1 dargestellt ist, bei dem zwei Paare von Dauermagneten einer Bewegungsbegrenzungsvorrichtung gezeigt sind, wobei die Dauermagneten 2 und 3 einerseits am Spiegel 1 angeordnet sind (Dauermagnete 2) und andererseits an einer Tragstruktur (nicht gezeigt) angeordnet sind und mit gleichnamigen Polen aufeinander ausgerichtet sind, so dass abstoßende Kräfte wirken. Zusätzlich ist ein Elektromagnet 31 vorgesehen, der in Bezug auf eine ferromagnetische Platte 30, die am Spiegel 1 angeordnet ist, ausgebildet ist, um zusätzlich zu den abstoßenden Kräften aufgrund der Dauermagnetpaare 2, 3 eine anziehende Kraft auf den Spiegel 1 ausüben zu können. Dies kann entweder dazu verwendet werden, die abstoßenden Kräfte durch die Magnetpaare 2, 3 zu kompensieren, um im Normalbetrieb im Siche-

rungsmodus die auf den Spiegel 1 einwirkenden Kräfte zu begrenzen oder den Spiegel 1 im Arretierungsmodus oder im Sicherungsmodus im Sicherungsfall zu fixieren, indem der Abstand der Dauermagnete 2 und 3 durch die anziehende Kraft des Elektromagneten 31 verringert wird, so dass ein Kräftegleichgewicht aus stark auf den Spiegel 1 einwirkenden Kräften existiert, so dass die Bewegungsfreiheit des Spiegels 1 eingeschränkt ist.

Eine Bewegungsbegrenzungsvorrichtung, wie sie teilweise in den Figuren 1 bis 8 beschrieben worden ist, kann nicht nur zur Begrenzung von Positionsänderungen eines beweglich gelagerten Bauteilelements aufgrund externer Kräfte verwendet werden, sondern kann zusätzlich dazu beitragen, Formänderungen des beweglich gelagerten Bauteilelements zu vermeiden, beispielsweise durch Eigenschwingungen des Bauteilelements. In diesem Fall kann die Bewegungsbegrenzungsvorrichtung insbesondere derart viele felderzeugende Komponenten aufweisen, dass die Bewegungsbegrenzung bzw. Arretierung statisch überbestimmt ist, um den Eigenschwingungen entgegen wirken zu können. Die Anordnung der felderzeugenden Komponenten kann sich hierbei nach der Verformung des beweglichen Bauteilelements durch die Eigenschwingungen richten.

Um Schwingungen des Bauteilelements aufgrund der auftretenden Kräfte zu vermeiden, kann mindestens eine Komponente einer Bewegungsbegrenzungsvorrichtung, wie beispielsweise ein Dauermagnet, ein Elektromagnet oder eine Elektrode, elastisch und/oder gedämpft gelagert sein, wie das beispielsweise in den Figuren 9 und 10 dargestellt ist. Die Figuren 9 und 10 zeigen die Lagerung von Dauermagneten 63 bzw. 73 an der Tragstruktur 4, wobei zwischen der Tragstruktur 4 und dem Dauermagneten 63 eine elastische Feder 60 und ein Dämpfungsglied 61 angeordnet sind, um bei auftretenden Kräften auf den Dauermagneten 63 eine elastische und gedämpfte Reaktion des Dauermagneten 63 zu ermöglichen. Als Dämpfungselement 61 kommen verschiedene bekannte Dämpfungselemente in Frage, wie beispielsweise auch Dämpfungselemente auf Basis magnetorheologischer Flüssigkeiten.

Wie in Fig. 10 gezeigt ist, kann ein entsprechendes Dämpfungselement 70 eine Kapselung 71 aufweisen, um für die Vakuumbedingungen, die beispielsweise in Projektionsbelichtungsanlagen herrschen können, geeignet zu sein. Entsprechend ist der Dauermagnet 73 über ein gekapseltes Dämpfungselement 70 an der Tragstruktur 4 gelagert.

Die Fig. 11 zeigt in einer rein schematischen Darstellung eine Projektionsbelichtungsanlage, in der ein entsprechendes Bauteil mit einer Bewegungsbegrenzungsvorrichtung bzw. mit einem Verfahren zur Bewegungsbegrenzung betrieben werden kann. Die Projektionsbelichtungsanlage umfasst eine Lichtquelle 100, eine Beleuchtungseinheit 101 und ein Projektionsobjektiv 102. Mittels der Beleuchtungseinheit 101 wird ein Retikel 103, welches die abzubildenden Strukturen trägt, beleuchtet und mit dem Projektionsobjektiv 102 werden die Strukturen des Retikels 103 auf einen Wafer 104 in verkleinernder Weise abgebildet, so dass der Wafer 104 durch mikrolithographische Prozesse die entsprechenden Strukturen des Retikels 103 ausbilden kann.

Obwohl die vorliegende Erfindung anhand der Ausführungsbeispiele detailliert beschrieben worden ist, ist für den Fachmann selbstverständlich, dass die Erfindung nicht auf dieses Ausführungsbeispiel beschränkt ist, sondern dass vielmehr Abweichungen in der Weise möglich sind, als einzelne Merkmale weggelassen oder andersartige Kombinationen von Merkmalen verwirklicht werden können, solange der Schutzbereich der beigefügten Ansprüche nicht verlassen wird. Die vorliegende Offenbarung schließt sämtliche Kombinationen der vorgestellten Einzelmerkmale mit ein.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Begrenzung der Bewegung von beweglich gelagerten Bauteilelementen eines Bauteils einer Projektionsbelichtungsanlage für die Mikrolithographie, wobei das Bauteil
ein Bauteilelement (1) und
mindestens ein Lagerelement (8) umfasst, welches das Bauteilelement (1) lagert und die Position des Bauteilelements innerhalb eines zulässigen Bewegungsbereichs definiert, wobei das Verfahren umfasst:
Bereitstellung einer Bewegungsbegrenzungsvorrichtung, die die Möglichkeiten der Positionsänderungen des Bauteilelements (1) außerhalb eines zulässigen Bewegungsbereichs begrenzt, wobei die Bewegungsbegrenzungsvorrichtung eine Felderzeugungseinrichtung aufweist, die mindestens eine erste Komponente (2), die an dem in der Bewegung zu begrenzenden Bauteilelement (1) angeordnet ist, und mindestens eine zweite Komponente (3) aufweist, die an einer Tragstruktur (4), gegenüber der die Bewegung des beweglich gelagerten Bauteilelements (1) begrenzt werden soll, angeordnet ist, wobei erste und zweite Komponente beabstandet zueinander sind und von der ersten und zweiten Komponente jeweils ein magnetisches und/oder elektrisches Feld erzeugt wird, sodass zwischen erster und zweiter Komponente mindestens ein Kraftfeld ausgebildet werden kann,
Einstellen des Kraftfelds so, dass die zwischen den Komponenten (2,3) wirkende Kraft im Normalbetrieb so klein ist, dass sie möglichst keinen Einfluss auf die Positionierung des Bauteilelements (1) hat oder dieser Einfluss minimiert ist, wobei das Kraftfeld gleichzeitig so eingestellt wird, dass bei Positionsveränderungen des Bauteilelements (1) durch unerwünschte externe Kräfte über den zulässigen Bewegungsbereich hinaus die zwischen den Komponenten (2,3) wirkende Kraft der Positionsänderung entgegen wirkt.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Normalbetrieb der Bewegungsbegrenzungseinrichtung gegeben ist, wenn der Abstand der Komponenten (2,3) größer oder gleich einem Zielabstand, der entsprechend innerhalb des zulässigen Bewegungsbereichs liegt, ist und/oder wenn

die Beschleunigung des Bauteilelements (1) unterhalb einem Schwellwert liegt und/oder wenn die externe Krafteinwirkung unterhalb eines Limits liegt.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die zwischen den Komponenten (2,3) wirkende Kraft im Normalbetrieb kleiner oder gleich einem Grenzwert ist, der so gewählt ist, dass der Grenzwert kleiner ist als eine Lagerkraft des Lagerelements (8) für das bewegliche Bauteilelement (1) und/oder dass im Sicherungsfall auf Grund des Einwirkens externer Kräfte das Kraftfeld verändert wird, insbesondere bei der Verringerung des Abstands zwischen erster und zweiter Komponente die der Verringerung des Abstands entgegen wirkende Kraft vergrößert wird oder eine einer Beschleunigung des Bauteilelements oder einer externen Krafteinwirkung entgegen gerichtete Kraftfeldeinstellung, vorzugsweise einschließlich einer Kraftfeldüberlagerung eingestellt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Bewegungsbegrenzungsvorrichtung in zwei Betriebszuständen betrieben wird, nämlich in einem Sicherungsmodus, in dem die Projektionsbelichtungsanlage zur Abbildung von Strukturen eines Retikels betrieben wird und das in der Bewegung zu begrenzende Bauteilelement (1) im zulässigen Bewegungsbereich bewegbar ist, und einem Arretierungsmodus, in dem die Projektionsbelichtungsanlage zur Abbildung von Strukturen eines Retikels nicht betrieben wird und die Bewegungsbegrenzungsvorrichtung zur Arretierung des in der Bewegung zu arretierenden Bauteilelements (1) verwendet wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
im Arretierungsmodus mindestens eine der ein Magnetfeld und/oder elektrisches Feld erzeugenden Komponenten (42,43; 52,53) in einen Verriegelungszustand geschaltet wird, wobei insbesondere die Komponente (43,53) mechanisch verstellt, vorzugsweise verschoben und/oder gedreht wird, und/oder dass das von einer Komponente erzeugte elektrische oder magnetische Feld abgeschaltet wird und/oder dass jeweils mindestens ein die Komponenten gegenseitig anziehendes und ein abstoßendes Kraftfeld überlagert werden.

6. Bauteil einer Projektionsbelichtungsanlage für die Mikrolithographie mit einem beweglich gelagerten Bauteilelement, insbesondere für die Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit
einem Bauteilelement (1),
mindestens einem Lagerelement (8), welches das Bauteilelement (1) lagert und die Position des Bauteilelements (1) innerhalb eines zulässigen Bewegungsbereichs definiert, und mit
einer Bewegungsbegrenzungsvorrichtung, die die Möglichkeiten der Positionsänderungen des Bauteilelements (1) außerhalb des zulässigen Bewegungsbereichs begrenzt, wobei die Bewegungsbegrenzungsvorrichtung eine Felderzeugungseinrichtung aufweist, die mindestens eine erste Komponente (2), die an dem in der Bewegung zu begrenzenden Bauteilelement (1) angeordnet ist, und mindestens eine zweite Komponente (3) aufweist, die an einer Tragstruktur (4), gegenüber der die Bewegung des beweglich gelagerten Bauteilelements (1) begrenzt werden soll, angeordnet ist, wobei erste und zweite Komponente (2,3) beabstandet zueinander sind und von der ersten und zweiten Komponente jeweils ein magnetisches und/oder elektrisches Feld erzeugt wird, sodass zwischen den Komponenten (2,3) mindestens ein Kraftfeld so ausgebildet ist, dass das Kraftfeld der Positionsänderung des Bauteilelements zumindest außerhalb des zulässigen Bewegungsbereichs entgegen wirkt, und wobei das Kraftfeld so eingestellt ist, dass die durch die Bewegungsbegrenzungsvorrichtung auf das Bauteilelement (1) ausgeübte Kraft im Normalbetrieb kleiner oder gleich einem Grenzwert ist, der so gewählt ist, dass der Grenzwert kleiner ist als eine Lagerkraft des Lagerelements (8) für das bewegliche Bauteilelement (1).

7. Bauteil nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Grenzwert der ausgeübten Kraft im Normalbetrieb durch Überlagerung von magnetischen und/oder elektrischen Feldern unterschritten wird.

8. Bauteil nach Anspruch 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
das oder die Kraftfelder zwischen einem Betriebszustand, in dem die Bewegungsbegrenzungsvorrichtung in einem Sicherungszustand betrieben wird und das in der Bewegung zu begrenzende Bauteilelement (1) im zulässigen Bewegungsbereich beweglich ist, und einem Verriegelungszustand, in dem die Bewe-

gungsbegrenzungsvorrichtung in einem Arretierungszustand betrieben wird und das in der Bewegung zu begrenzende Bauteilelement (1) in der Bewegung eingeschränkt ist, schaltbar ist.

9. Bauteil nach einem der Ansprüche 6 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Bewegungsbegrenzungsvorrichtung mehrere Komponenten (2,3) und/oder mehrere Paare von Komponenten (2,3) umfasst, die das Bauteilelement (1) bezüglich mehrerer Bewegungsfreiheitsgrade in der Bewegung begrenzen.

10. Bauteil nach einem der Ansprüche 6 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Komponenten (2,3) mindestens ein Element aus der Gruppe aufweisen, die Dauermagnete, Elektromagnete und Elektroden umfasst.

11. Bauteil nach einem der Ansprüche 6 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine der Komponenten (63,73), vorzugsweise die an der Tragstruktur (4) angeordnete Komponente ein elastisches Element (60) und/oder ein Dämpfungselement (61,70), vorzugsweise ein Dämpfungselement mit einer magnetorheologischen Flüssigkeit, umfasst, über welches die Komponente angeordnet ist.

12. Bauteil nach einem der Ansprüche 6 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass
die ein Magnetfeld und/oder elektrisches Feld erzeugenden Komponente (43,53) mechanisch verstellbar, insbesondere verschiebbar und/oder drehbar angeordnet ist, und/oder bezüglich des Feldes einstellbar ist.

13. Bauteil nach einem der Ansprüche 6 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, dass
ein Paar von zusammenwirkenden Komponenten (2,3) aus der Gruppe von Paarungen ausgewählt ist, die zwei Dauermagneten, einen Dauermagneten und einem Elektromagneten, zwei Elektromagneten und zwei Elektroden beinhaltet.

14. Beweglich gelagertes Bauteil einer Projektionsbelichtungsanlage für die Mikrolithographie, insbesondere nach einem der Ansprüche 6 bis 13 und/oder für die Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Bauteilelement (1) ,

mindestens einem Lagerelement (8), welches das Bauteilelement (1) lagert und die Position des Bauteilelements innerhalb eines zulässigen Bewegungsbereichs definiert, und mit

einer Bewegungsbegrenzungsvorrichtung, die die Möglichkeiten der Positionsänderungen des Bauteilelements (1) außerhalb des zulässigen Bewegungsbereichs begrenzt, wobei die Bewegungsbegrenzungsvorrichtung eine Felderzeugungseinrichtung aufweist, wobei die Felderzeugungseinrichtung eine Magnetfelderzeugungseinrichtung ist, die mindestens einen ersten Dauermagneten (2), der an dem in der Bewegung zu begrenzenden Bauteilelement angeordnet ist, und mindestens einen zweiten Dauermagneten (3) aufweist, der an einer Tragstruktur (4), gegenüber der die Bewegung des beweglich gelagerten Bauteils begrenzt werden soll, angeordnet ist, wobei erster und zweiter Dauermagnet so angeordnet sind, dass sie mit gleichnamigen Magnetpolen auf einander zuweisend ausrichtbar sind.

15. Bauteil nach einem der Ansprüche 6 bis 14,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Felderzeugungseinrichtung eine Magnetfelderzeugungseinrichtung ist, die mindestens einen ersten Dauermagneten (2), der an dem in der Bewegung zu begrenzenden Bauteilelement angeordnet ist, und mindestens einen zweiten Dauermagneten (3) aufweist, der an einer Tragstruktur (4), gegenüber der die Bewegung des beweglich gelagerten Bauteils begrenzt werden soll, angeordnet ist, wobei dem mindestens einen Paar an Dauermagneten mindestens ein Elektromagnet (31) zugeordnet ist.

16. Projektionsbelichtungsanlage für die Mikrolithographie mit mindestens einem Bauteil nach einem der Ansprüche 6 bis 15.

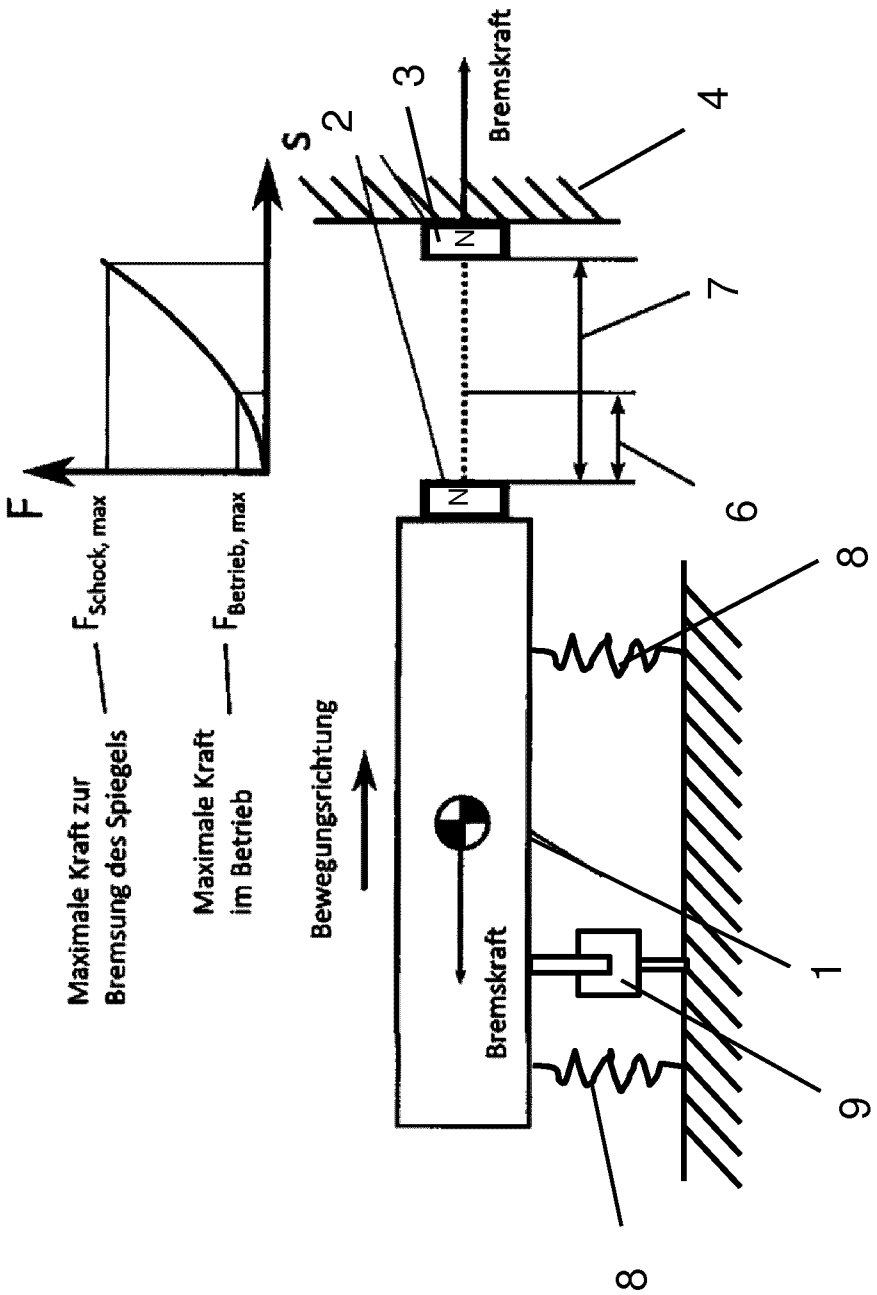

F
S
Maximale Kraft zur Bremsung des Spiegels
$F_{Schock, max}$
Maximale Kraft im Betrieb
$F_{Betrieb, max}$
Bewegungsrichtung
Bremskraft
Bremskraft
N
N
1
2
3
4
6
7
8
8
9

Fig. 1

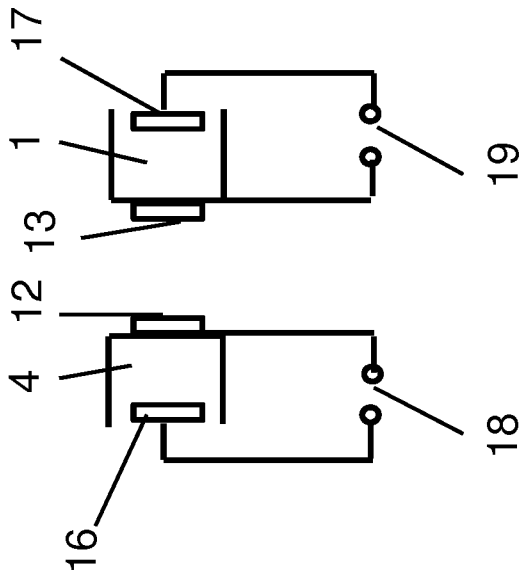


Fig. 3

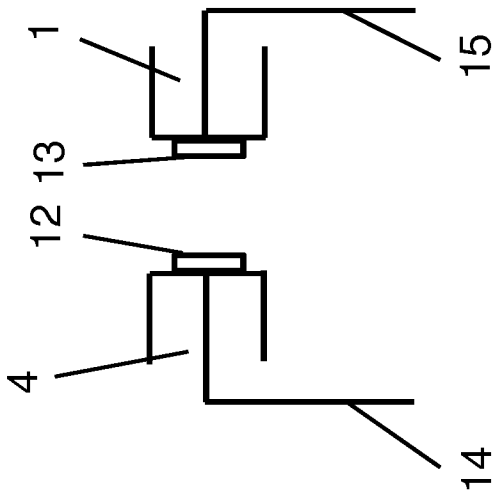


Fig. 2

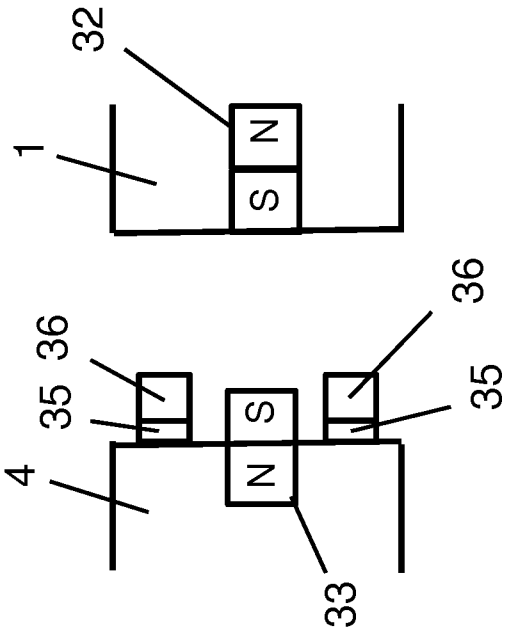


Fig. 5

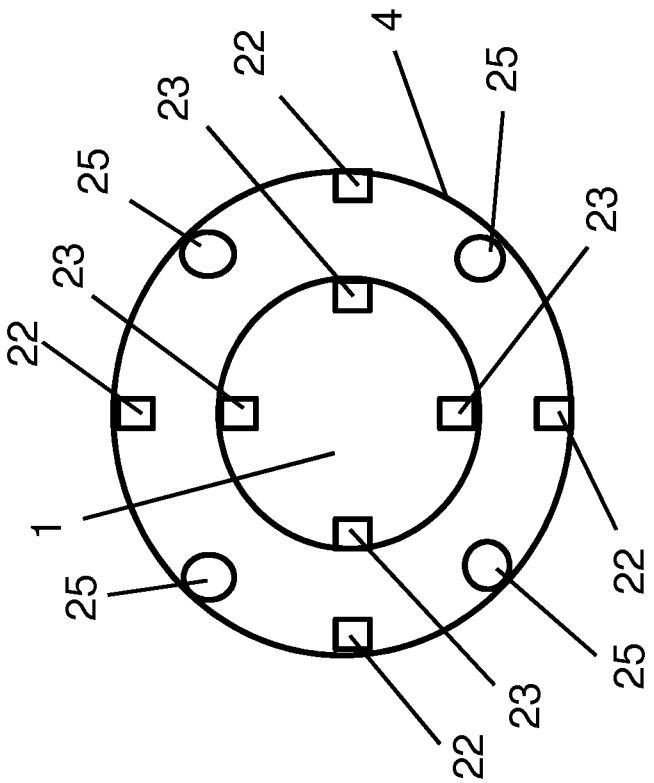


Fig. 4

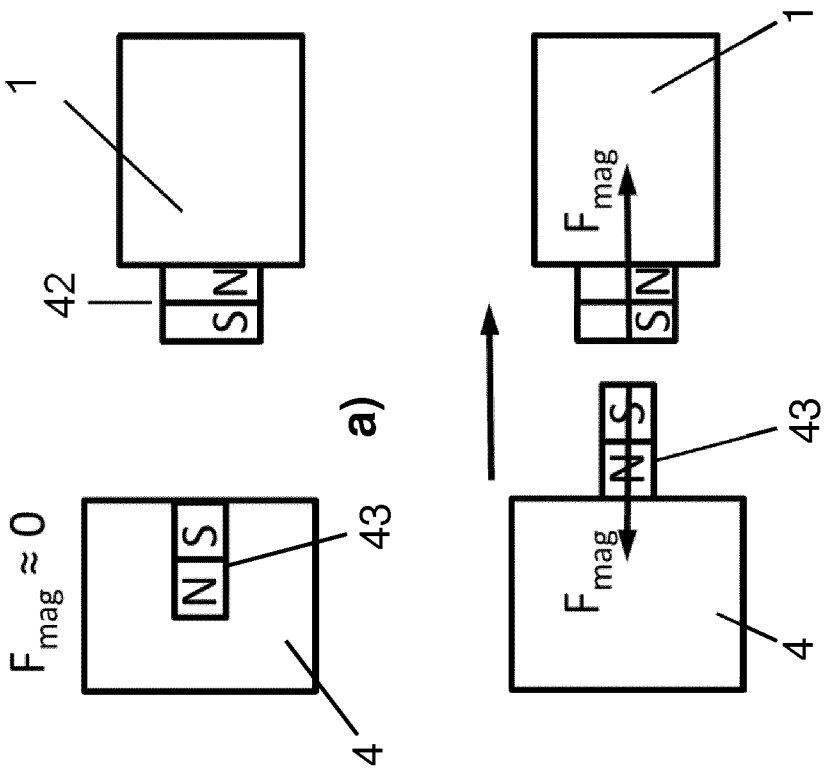


Fig. 6

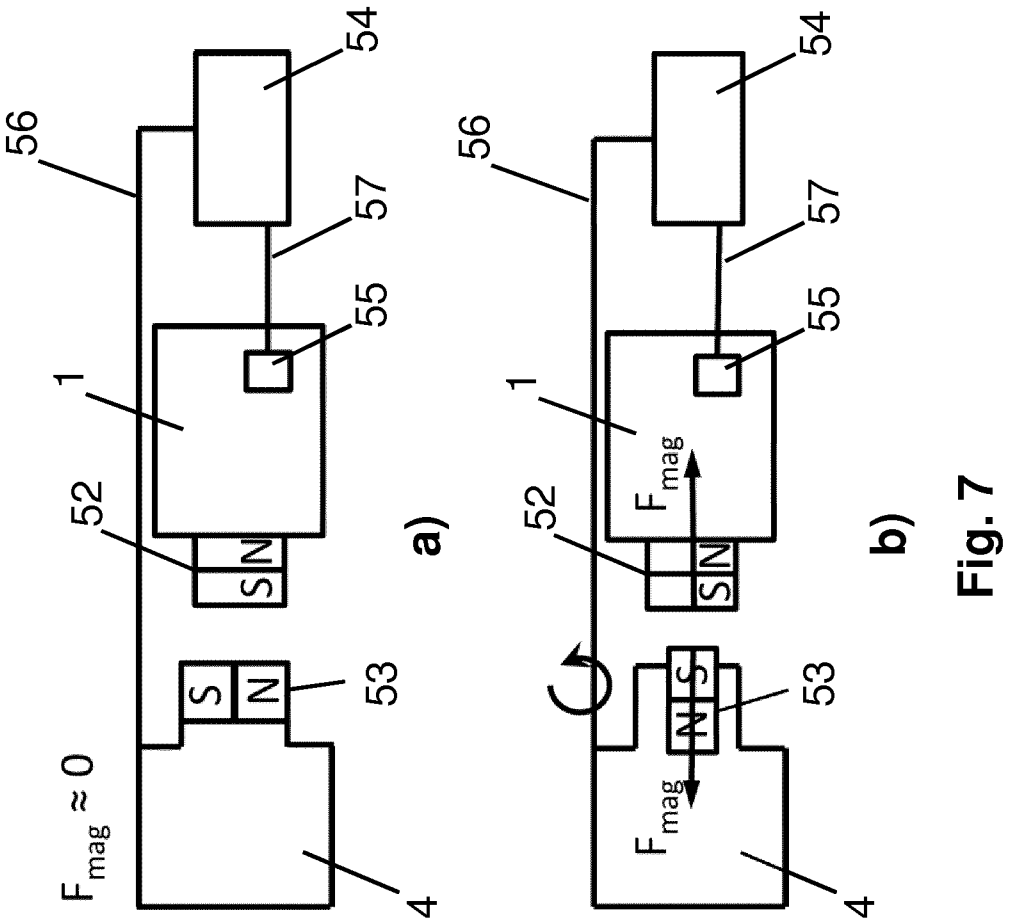

54
56
57
55
1
52
S
N
53
$F_{mag} \approx 0$
4
a)
54
56
57
55
1
F_{mag}
52
S
N
S
N
53
F_{mag}
4
b)

Fig. 7

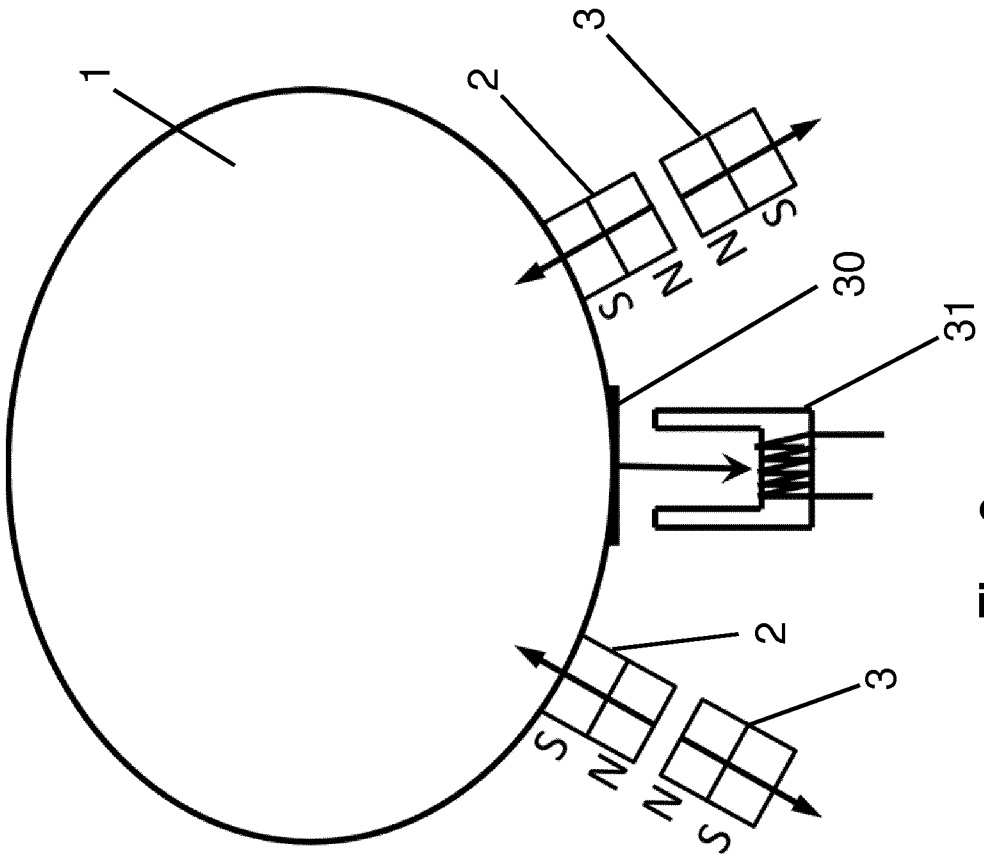


Fig. 8

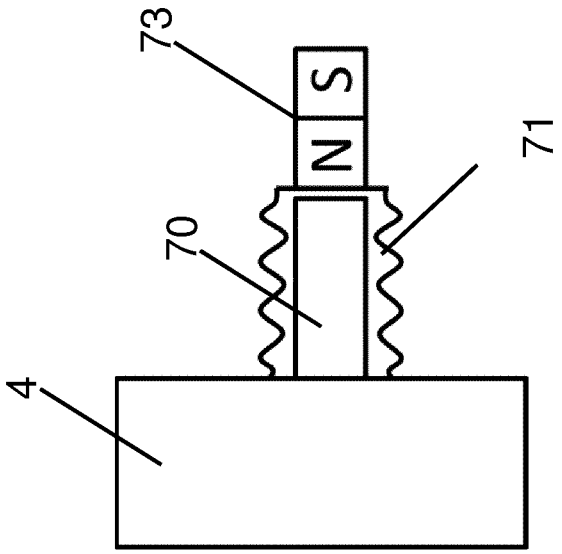


Fig. 10

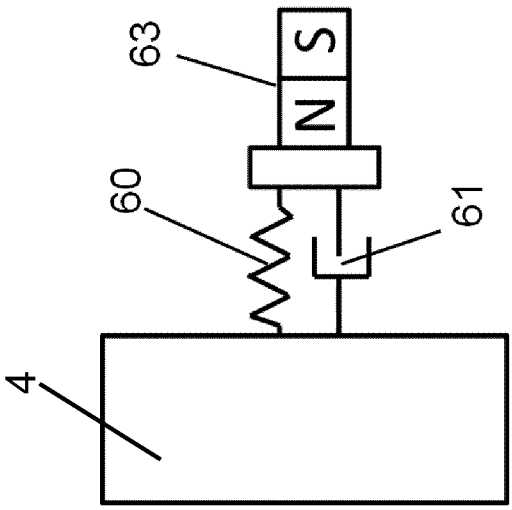


Fig. 9

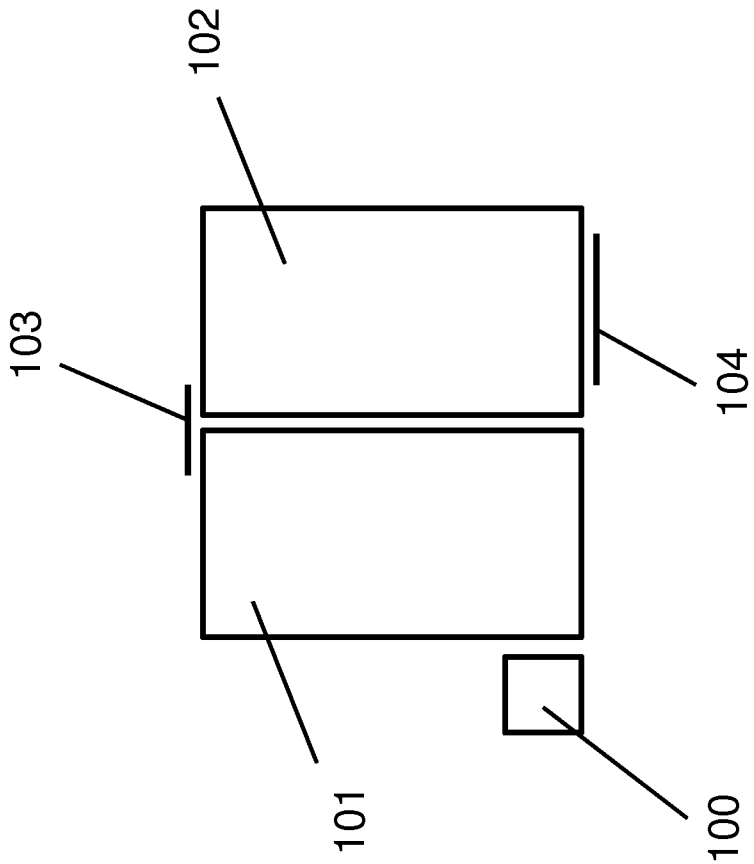


Fig. 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/080685

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G03F7/20 G02B7/182 F16F15/03
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G03F G02B F16F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2011 079072 A1 (ZEISS CARL SMT GMBH [DE]) 15 March 2012 (2012-03-15) cited in the application	1-3,5-7, 12,16
Y	paragraphs [0038] - [0053]; figures 5,6	4,8,11, 14,15

X	DE 10 2008 041310 A1 (ZEISS CARL SMT AG [DE]) 5 March 2009 (2009-03-05)	1-3,5-7, 9,10,12, 13,16
Y	paragraphs [0060] - [0063], [0071] - [0074]; figures 1, 5	4,8,11, 14,15

	-/--	

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
24 March 2016	05/04/2016

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Eisner, Klaus

2

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Johan K Fremerey ET AL: "Permanentmagnetische Lager", , 1 November 2000 (2000-11-01), XP055200865, Retrieved from the Internet: URL:http://www.fz-juelich.de/zea/zea-1//DE/_SharedDocs/Downloads/magnet/0b30_pdf.pdf?__blob=publicationFile [retrieved on 2015-07-08] Abschnitt 7 (Repulsive Lager) -----	14,15
Y	DE 10 2012 201029 A1 (ZEISS CARL SMT GMBH [DE]) 25 July 2013 (2013-07-25) paragraph [0003]; claims 1, 15 -----	4,8,11
A	JP 2005 166996 A (NIPPON KOGAKU KK) 23 June 2005 (2005-06-23) abstract; figures 1-6 -----	1-16

2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2015/080685

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102011079072 A1	15-03-2012	DE 102011079072 A1	15-03-2012
		WO 2012013559 A1	02-02-2012
DE 102008041310 A1	05-03-2009	NONE	
DE 102012201029 A1	25-07-2013	DE 102012201029 A1	25-07-2013
		WO 2013110536 A1	01-08-2013
JP 2005166996 A	23-06-2005	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2015/080685

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G03F7/20 G02B7/182 F16F15/03
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G03F G02B F16F

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2011 079072 A1 (ZEISS CARL SMT GMBH [DE]) 15. März 2012 (2012-03-15) in der Anmeldung erwähnt	1-3,5-7, 12,16
Y	Absätze [0038] - [0053]; Abbildungen 5,6	4,8,11, 14,15

X	DE 10 2008 041310 A1 (ZEISS CARL SMT AG [DE]) 5. März 2009 (2009-03-05)	1-3,5-7, 9,10,12, 13,16
Y	Absätze [0060] - [0063], [0071] - [0074]; Abbildungen 1, 5	4,8,11, 14,15

	-/--	

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
24. März 2016	05/04/2016

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Eisner, Klaus

2

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	Johan K Fremerey ET AL: "Permanentmagnetische Lager", , 1. November 2000 (2000-11-01), XP055200865, Gefunden im Internet: URL:http://www.fz-juelich.de/zea/zea-1//DE/_SharedDocs/Downloads/magnet/0b30_pdf.pdf?__blob=publicationFile [gefunden am 2015-07-08] Abschnitt 7 (Repulsive Lager) -----	14,15
Y	DE 10 2012 201029 A1 (ZEISS CARL SMT GMBH [DE]) 25. Juli 2013 (2013-07-25) Absatz [0003]; Ansprüche 1, 15 -----	4,8,11
A	JP 2005 166996 A (NIPPON KOGAKU KK) 23. Juni 2005 (2005-06-23) Zusammenfassung; Abbildungen 1-6 -----	1-16

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2015/080685

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102011079072 A1	15-03-2012	DE 102011079072 A1	15-03-2012
		WO 2012013559 A1	02-02-2012
DE 102008041310 A1	05-03-2009	KEINE	
DE 102012201029 A1	25-07-2013	DE 102012201029 A1	25-07-2013
		WO 2013110536 A1	01-08-2013
JP 2005166996 A	23-06-2005	KEINE	