

(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
12. April 2018 (12.04.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/065183 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G03F 7/20 (2006.01) G02B 7/182 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/073109

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. September 2017 (14.09.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 219 330.9
06. Oktober 2016 (06.10.2016) DE

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

(72) Erfinder: HEMBACHER, Stefan; Bussardweg 7, 86399
Bobingen (DE). LOOPSTRA, Erik; Oberdorf 10, 86739

Hürnheim (DE). KUGLER, Jens; Walkstrasse 64, 73431
Aalen (DE). GEUPPERT, Bernhard; Kiefernweg 14,
73430 Aalen (DE).

(74) Anwalt: RAUNECKER, Klaus, Peter; Frauenstraße 11,
89073 Ulm (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, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, 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.

(54) Title: PROJECTION EXPOSURE SYSTEM AND METHOD FOR REDUCING DEFORMATIONS OF COMPONENTS OF
THE PROJECTION EXPOSURE SYSTEM CAUSED BY DYNAMIC ACCELERATIONS

(54) Bezeichnung: PROJEKTIONSBELICHTUNGSANLAGE UND VERFAHREN ZUR VERRINGERUNG AUS
DYNAMISCHEN BESCHLEUNIGUNGEN HERRÜHRENDEN DEFORMATIONEN VON KOMPONENTEN DER
PROJEKTIONSBELICHTUNGSANLAGE

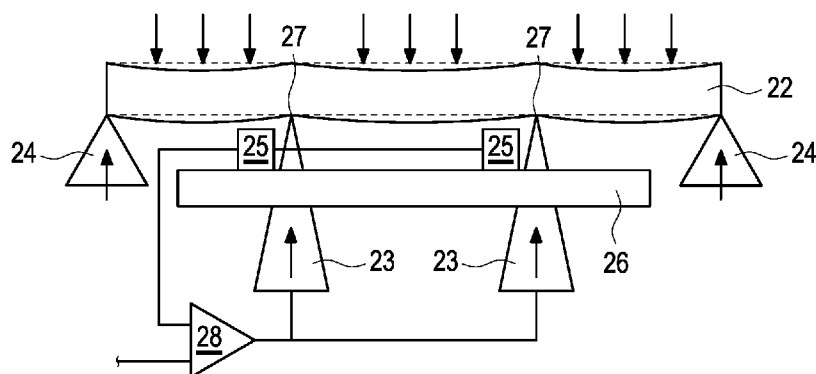


Fig. 3

(57) Abstract: The invention relates to a projection exposure system (1) for semiconductor lithography, comprising at least one component (22) and a support device having at least one support actuator (23) which acts on at least one support point (27) of the component (22) in such a way that deformations of the component (22) are reduced, wherein the support device has a control unit (28) for actuating the at least one support actuator (23), wherein the control unit (28) is configured to actuate the support actuator (23) during a dynamic acceleration acting on the component (22). The invention also relates to a method for reducing deformations of components of a projection exposure system for semiconductor lithography caused by dynamic accelerations.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Projektionsbelichtungsanlage (1) für die Halbleiterlithographie, umfassend - mindestens eine Komponente (22), - eine Abstützvorrichtung mit mindestens einem Stützaktuator (23), welcher derart auf mindestens eine Stützstelle (27) der Komponente (22) einwirkt, dass Deformationen der Komponente (22) verringert werden, wobei die Abstützvorrichtung eine Steuereinheit (28) zur Ansteuerung des mindestens einen Stützaktuators (23) umfasst, wobei die Steuereinheit (28) dazu eingerichtet ist, den Stützaktuator (23) anlässlich einer auf die Komponente (22) einwirkenden dynamischen Beschleunigung anzusteuern. Daneben betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Verringerung von aus dynamischen Beschleunigungen herrührenden Deformationen



WO 2018/065183 A1



(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, 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)

Projektionsbelichtungsanlage und Verfahren zur Verringerung aus dynamischen Beschleunigungen herrührenden Deformationen von Komponenten der Projektionsbelichtungsanlage

Die vorliegende Anmeldung nimmt die Priorität der deutschen Patentanmeldung DE 10 2016 219 330.9 in Anspruch, deren Inhalt hierin durch Bezugnahme vollumfänglich aufgenommen wird.

Die Erfindung betrifft eine Projektionsbelichtungsanlage für die Halbleiterlithographie nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Daneben betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Verringerung aus dynamischen Beschleunigungen herrührenden Deformationen von Komponenten der Projektionsbelichtungsanlage nach dem Oberbegriff des unabhängigen Verfahrensanspruchs.

In Projektionsbelichtungsanlagen für die Halbleiterlithographie und insbesondere in den in den genannten Anlagen verwendeten Objektiven werden seit geraumer Zeit schnell bewegte optische Elemente, wie beispielsweise Spiegel, zur Korrektur von Bildfehlern während der Belichtung eingesetzt. Durch die Bewegung bzw. der Beschleunigung der optischen Elemente kommt es jedoch regelmäßig dazu, dass aufgrund der herrschenden Trägheitskräfte gewisse Deformationen der beteiligten optischen Elemente während deren Bewegung bzw. während deren Beschleunigung auftreten. In konventionellen Projektionsbelichtungsanlagen waren die angesprochenen Deformationen in der Vergangenheit jedoch zu gering, um zu einer problematischen Verschlechterung der Abbildungseigenschaften des Systems zu führen. In jüngerer Zeit sind jedoch vermehrt Systeme zum Einsatz gekommen, bei welchen eine vergleichsweise schnelle Bewegung der beteiligten Spiegel erforderlich ist, insbesondere deswegen, weil jede Verschiebung der zur Belichtung verwendeten Maske zu einem astigmatischen Fehler führt, welcher nur mittels einer Spiegelbewe-

gung korrigiert werden kann. In Betrieb werden die Masken, die sogenannten Retikel, jedoch regelmäßig bewegt.

Daneben führen höhere Belichtungsraten und geringe akzeptable Fehlerbudgets zu einer größeren Bedeutung der Deformationen des zu belichtenden Wafers. Dieser erwärmt sich üblicherweise während des Betriebes der Anlage, was im Ergebnis in einer Deformation resultiert, die nicht bzw. nur mit sehr hohem Aufwand am Wafer selbst korrigiert werden kann. Auch deswegen steigen in zukünftigen Systemen die Anforderungen an die schnelle Positionierbarkeit der verwendeten Spiegel. Hinzu kommt, dass mit wachsender numerischer Apertur der verwendeten Objektivs auch die Spiegeldurchmesser steigen. Da die Spiegel üblicherweise an drei Punkten kinematisch bestimmt gelagert sind, steigt damit auch die Wahrscheinlichkeit der Durchbiegung des Spiegels aufgrund einer auf ihn ausgeübten Beschleunigung; insbesondere ist diese Durchbiegung proportional zur vierten Potenz des Spiegeldurchmessers. Damit führt eine Verdoppelung des Spiegeldurchmessers bei gleichem Material und gleicher Dicke zu einer sechzehnfach größeren Verformung, die sich je nach optischer Sensitivität in einem zweiunddreißigfach größeren Wellenfrontfehler niederschlägt.

Eine verwandte Problematik existiert auch für weitere Komponenten von Projektionsbelichtungsanlagen, die ebenfalls beispielsweise als Folge dynamisch auftretender Beschleunigungen Deformationen erfahren, welche zu einer Verschlechterung der Leistungsfähigkeit der Anlage insgesamt führen.

Die Möglichkeiten, dieser Problematik durch eine Änderung der verwendeten Materialien zu begegnen, sind ausgesprochen limitiert. Die bislang aus dem Stand der Technik gezeigten Konzepte betreffen lediglich die Kompensation von Gravitationseffekten und sind nicht geeignet, eine Durchbiegung bei dynamischen Lasten wirksam zu reduzieren. Ein entsprechendes Konzept ist in der deutschen Offenlegungsschrift DE 10 2012 214 232 A1, welche auf die Anmelderin zurück geht und die hiermit vollumfänglich mit aufgenommen werden soll, offenbart.

Ausgehend von dem genannten Stand der Technik und der geschilderten Problematik stellt sich damit die Aufgabe, eine Projektionsbelichtungsanlage sowie ein Verfahren zum Betrieb einer Projektionsbelichtungsanlage anzugeben, bei welchen im Betrieb die Deformation einer Komponente wirksam reduziert wird.

- 5 Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Projektionsbelichtungsanlage für die Halbleiterlithographie mit den in Anspruch 1 aufgeführten Merkmalen sowie durch ein Verfahren mit den in dem unabhängigen Verfahrensanspruch aufgeführten Verfahrensschritten. Die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen der Erfindung.
- 10 Eine erfindungsgemäße Projektionsbelichtungsanlage für die Halbleiterlithographie umfasst mindestens eine Komponente, auf welche an zumindest einer Stützstelle ein Stützaktuator einer Abstützvorrichtung zur Verringerung von Deformationen einwirkt. Dabei umfasst die Abstützvorrichtung eine Steuereinheit zur Ansteuerung des mindestens einen Stützactuators. Die Steuereinheit ist dazu eingerichtet, den
- 15 Stützaktuator anlässlich einer auf die Komponente einwirkenden dynamischen Beschleunigung anzusteuern. Mit anderen Worten dient der Stützaktuator insbesondere dazu, Deformationen der Komponente, welche von auf diese einwirkenden Trägheitskräften herrühren, zu reduzieren. Die Trägheitskräfte können wie oben bereits ausgeführt einerseits dadurch entstehen, dass die trägen Massenelemente
- 20 eines Spiegels oder einer anderen optischen oder nicht optischen Komponente der Anlage zur Positionierung gegebenenfalls schnell bewegt werden müssen. Andererseits muss die angesprochene Bewegung nicht zwingend Folge einer gewollten Aktuierung der Komponente sein. Es ist ebenso denkbar, durch die erfindungsgemäße Maßnahme Deformationen von Komponenten zu reduzieren, welche auf
- 25 externe Einflüsse wie beispielsweise seismische oder sonstige Erschütterungen des Untergrundes oder der Umgebung zurückgehen. Unter einer dynamischen Beschleunigung im Sinne der vorliegenden Erfindung ist eine Beschleunigung zu verstehen, die im Unterschied beispielsweise zur Erdbeschleunigung als temporäres Ereignis auftritt. Im Ergebnis wird in jedem Fall erreicht, dass die beschleunigungs-
- 30 bedingte Deformation des Spiegels bei seiner schnellen Positionierung reduziert wird. Bei der Komponente kann es sich insbesondere auch um einen Teil der

Rahmenstruktur der Anlage, insbesondere um einen Teil eines sogenannten Sensor Frames handeln. Bei einem Sensor Frame im Sinne der vorliegenden Anmeldung handelt es sich um eine Struktur, die im Wesentlichen an den statischen bzw. dynamischen Lasten, welche auf die Komponenten der Projektionsbelichtungsanlage wirken, nicht teilnimmt. Der Sensor Frame trägt also im Wesentlichen nur sich selbst und die für die Sensorik erforderlichen Komponenten. Er ist typischerweise von der übrigen Struktur der Anlage mechanisch weitgehend entkoppelt und stellt somit eine ausgesprochen zuverlässige Positionsreferenz für Positionsbestimmungen der beteiligten Komponenten dar. Dadurch, dass mittels der erfindungsgemäßen Maßnahmen Deformationen des Sensor Frames verringert werden, kann diese Positionsreferenz weiter verbessert werden.

In einer Variante der Erfindung ist mindestens ein Positionsaktuator zur Positionierung der Komponente vorhanden und der Stützaktuator wirkt lediglich bei Aktivierung des Positionsactuators auf die Stützstelle der Komponente ein.

Zur Bestimmung der Deformation der Komponente ist es insbesondere von Vorteil, einen oder mehrere Sensoren zu verwenden, welche beispielsweise als optische Encoder ausgebildet sein können. Die Sensoren können dabei insbesondere auf einem Sensor Frame der Anlage angeordnet werden. Vorteilhaft bei der dargestellten Lösung unter Verwendung eines Sensors ist insbesondere, dass die realen Verhältnisse an der Komponente schnell und zuverlässig erfasst werden und auf Basis der von dem Sensor erfassten Werte mittels einer Steuereinheit die Stützaktuatoren zeitnah optimiert angesteuert werden können.

Zusätzlich oder alternativ kann die Steuereinheit geeignet sein, den Stützaktuator an Hand mindestens einer bekannten Trajektorie mindestens eines Punktes der Komponente anzusteuern. Mit anderen Worten wird aus einer bekannten vorgesehenen Bewegung der Komponente, welche insbesondere in die Ansteuerung der Positionsaktuatoren eingeht, mittels eines mechanischen Modells ein voraussichtliches Deformationsverhalten der Komponente errechnet. Dies kann beispielsweise in der Steuereinheit erfolgen, welche dann auf Basis der errechneten Werte eine optimier-

te Ansteuerung der Stützaktuatoren vornehmen kann. Vorteilhaft bei diesem Verfahren ist insbesondere seine Geschwindigkeit, die erforderlichen Steuerparameter können praktisch präventiv zu Verfügung gestellt werden, so dass auch bei ausgesprochen schnellen Positionierungen der Komponente eine ausreichende Unterstützung und damit eine wirksame Reduzierung der mit der Positionsänderung verbundenen Deformation erfolgen kann.

In einer weiteren Variante der Erfindung kann ein Beschleunigungssensor bzw. können mehrere Beschleunigungssensoren vorhanden sein, mit welchen an einem bzw. an verschiedenen Punkten der Komponente die Beschleunigungswerte über der Zeit aufgenommen werden. Die Steuereinheit kann dann geeignet sein, den Stützaktor an Hand der gemessenen Beschleunigungswerte anzusteuern. Auch in diesem Fall ist die Kenntnis der mechanischen Eigenschaften der verwendeten Komponente erforderlich; es bedarf hier also auch einer Bestimmung der voraussichtlichen Deformation der Komponente aus dem mechanischen Modell der Komponente sowie der aufgenommenen Beschleunigungswerte.

Bei den Stützaktuatoren kann es sich ebenso wie bei den Positionsaktuatoren insbesondere um Lorentzaktuatoren oder auch um andere schnell ansteuerbare mechanische Aktuatoren handeln.

Mindestens einer oder auch alle der Stützaktuatoren können an einem Force Frame der Projektionsbelichtungsanlage angeordnet sein. Unter einem Force Frame versteht man die mechanische Tragstruktur der Projektionsbelichtungsanlage bzw. des Projektionsobjektives. Sie nimmt einerseits die statischen Lasten auf, die aus der auf die beteiligten Komponenten wirkenden Gravitationskraft herrühren, andererseits nimmt sie auch dynamische Lasten beispielsweise aus Positionierbewegungen der Komponenten auf. Alternativ kann der Stützaktor bzw. können die Stützaktuatoren auch an dem bereits vorne angesprochenen Sensor Frame der Projektionsbelichtungsanlage oder auch an einer mechanischen Hilfsstruktur bzw. an einem Hilfsrahmen der Projektionsbelichtungsanlage angeordnet sein.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele und Varianten der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen

Figur 1 den prinzipiellen Aufbau einer EUV-Projektionsbelichtungsanlage für die Mikrolithographie;

5 Figur 2 eine erste Ausführungsform der Erfindung in einem Grundzustand;

Figur 3 die erste Ausführungsform der Erfindung in aktiviertem Zustand;

Figur 4 eine erste Variante der Erfindung; und

Figur 5 eine weitere Variante der Erfindung.

Fig. 1 zeigt exemplarisch den prinzipiellen Aufbau einer EUV-

10 Projektionsbelichtungs-anlage 1 für die Mikrolithographie, in welcher die Erfindung Anwendung finden kann. Ein Beleuchtungssystem 2 der Projektionsbelichtungsanlage 1 weist neben einer Lichtquelle 3 eine Beleuchtungsoptik 4 zur Beleuchtung eines Objektfeldes 5 in einer Objektebene 6 auf. Eine mittels der Lichtquelle 3 erzeugte EUV-Strahlung 14 wird mittels eines in der Lichtquelle 3 integrierten
15 Kollektors derart ausgerichtet, dass sie im Bereich einer Zwischenfokusebene 15 einen Zwischenfokus durchläuft, bevor sie auf einen Spiegel 16 trifft. Nach dem Spiegel 16 wird die EUV-Strahlung 14 von einem weiteren Spiegel 17 reflektiert. Unter Zuhilfenahme des Spiegels 17 und einer optischen Baugruppe 18 mit Spiegeln 19, 20 und 21 werden Bereiche des Spiegels 16 in das Objektfeld 5 abgebildet.

20 Beleuchtet wird ein in der Objektebene 6 angeordnetes Retikel 7, das von einem schematisch dargestellten Retikelhalter 8 gehalten ist. Eine lediglich schematisch dargestellte Projektionsoptik 9, welche unter anderem weitere in Figur 1 nicht dargestellte Spiegel umfasst, dient zur Abbildung des Objektfeldes 5 in ein Bildfeld 10 in eine Bildebene 11. Abgebildet wird eine Struktur auf dem Retikel 7 auf
25 eine lichtempfindliche Schicht eines im Bereich des Bildfeldes 10 in der Bildebene 11 angeordneten Wafers 12, der von einem ebenfalls ausschnittsweise dargestellten Waferhalter 13 gehalten ist. Die Lichtquelle 3 kann Nutzstrahlung insbesondere im Bereich zwischen 5 nm und 30 nm emittieren.

Figur 2 zeigt in einer ersten Ausführungsform der Erfindung exemplarisch einen Spiegel 22 als Komponente der in Figur 1 gezeigten Projektionsbelichtungsanlage, welcher mit erfindungsgemäßen Stützaktuatoren 23 versehen ist. Im gezeigten Beispiel sind exemplarisch zwei der üblicherweise drei oder mehr Positionsaktua-
5 toren 24 dargestellt, auf denen der Spiegel 22, der beispielsweise als Multilayer-Spiegel ausgebildet sein kann, ruht. Die Positionsaktuatoren 24 können einerseits der Fixierung des Spiegels 22, andererseits aber auch seiner dynamischen Bewegung gegebenfalls zur Korrektur von Bildfehlern dienen. Bei den Positionsaktuatoren 24 kann es sich insbesondere um sogenannte Lorentzaktuatoren oder
10 ähnliches handeln. Im gezeigten Beispiel sind zwei Sensoren 25 vorhanden, welche gegenüber einem Sensor Frame 26 Deformationen des Spiegels 22 insbesondere im Bereich der Stützstellen 27 der Stützaktuatoren 24 während einer Aktuierung des Spiegels 22 zu messen vermögen. Bei den Sensoren 25 kann es sich beispielsweise um optische Encoder handeln, welche Positionsänderungen bis in den Subnanometerbereich auflösen können. Die Sensoren sind mit einer Steuereinheit 28 verbun-
15 den, mittels welcher bei Bedarf die Stützaktuatoren 23 angesteuert werden können. Im gezeigten Beispiel sind die Stützstellen 27, auf welche die Stützaktuatoren 23 einwirken können, kräftefrei, da sich das System und insbesondere der Spiegel 22 im stationären Zustand befindet, und somit keine Beschleunigung außer der Gravita-
20 tion auf die beteiligten Komponenten wirkt.

Figur 3 zeigt nun denjenigen Fall, in welchem der Spiegel 22 mittels der Positionsaktuatoren 24, beispielsweise zur Korrektur eines selektierten Bildfehlers in Richtung der nicht bezeichneten fett dargestellten Pfeile bewegt wird. Die aufgrund der beschleunigten Bewegung der einzelnen Volumenelemente des Spiegels 22 entste-
25 henden Trägheitskräfte sind ebenfalls mit nichtbezeichneten Pfeilen dargestellt. Diese Trägheitskräfte würden ohne weitere Maßnahmen zu einer erheblichen Durchbiegung des Spiegels 22 zwischen den in der Figur 3 gezeigten beiden Positionsaktuatoren 24 führen. Dadurch, dass auf Basis des Sensorsignals der Sensoren 25 die Steuereinheit 28 die Stützaktuatoren 23 derart ansteuert, dass an
30 den Stützstellen 27 der Sollwert eingehalten wird, wird das Ausmaß der mit der beschleunigten Bewegung des Spiegels 22 verbundenen Durchbiegung erheblich

reduziert, wie aus der Figur 3 gut zu erkennen ist. Ebenfalls gut zu erkennen sind selbstverständlich noch vorhandene Restdurchbiegungen des Spiegels 22 zwischen den Stütz- und den Positionsaktuatoren 23 bzw. 24, jedoch fallen diese bei weitem nicht so stark aus wie im ungestützten Fall. In dem in der Figur 2 bzw. 3 dargestellten Beispiel sind lediglich zur Vereinfachung der Darstellung zwei Stützaktuatoren 23 gezeigt; es versteht sich jedoch von selbst, dass der Fachmann aufgrund seiner Kenntnis der beteiligten Massen, Steifigkeiten und Beschleunigungswerte die Verteilung und Anzahl der Stützaktuatoren 23 derart auslegen wird, dass mit vertretbarem apparativen Aufwand eine befriedigende Reduktion der mit der Positionierung des Spiegels 22 verbundenen Durchbiegung erreicht werden kann.

Figur 4 unterscheidet sich von Figur 3 dahingehend, dass in der dort gezeigten Variante auf Sensoren verzichtet wird. Stattdessen wird der Steuereinheit 28 dasselbe Signal zur Verfügung gestellt, wie es auch den Positionsaktuatoren 24 zugeht. Aus diesem Signal kann die Steuereinheit 28 dann eine Trajektorie der einzelnen Spiegelpunkte bzw. einer repräsentativen Auswahl der Spiegelpunkte bestimmen und unter Verwendung eines geeigneten mechanischen Modells eine erwartete Spiegeldeformation bestimmen. Auf der Basis dieser Analyse können dann die Stützaktuatoren 23 zur Minimierung der Gesamtdeformation des Spiegels 22 in der aus Figur 3 bekannten Weise angesteuert werden.

Im Unterschied hierzu ist in Figur 5 eine Ausführungsform der Erfindung gezeigt, bei welcher die Beschleunigung (in der Figur exemplarisch an einer Position gezeigt) mittels eines Beschleunigungssensors 29 bestimmt wird. Die von den Beschleunigungssensoren 29 gelieferten Parameter werden dann in ähnlicher Weise wie aus Figur 4 bekannt anhand eines geeigneten mechanischen Modells des Spiegels 22 in Steuersignale für die Stützaktuatoren 23 umgewandelt und es wird im Ergebnis der selbe Effekt erreicht wie aus den Figuren 4 bzw. 3 bekannt. Vorteilhaft hier ist gegenüber der in Figur 4 gezeigten Variante, dass auch externe Effekte, welche nicht auf eine Ansteuerung der Positionsaktuatoren 24 zurückgehen, wirkungsvoll berücksichtigt werden können. Ähnliches gilt selbstverständlich für die in Figur 2 bzw. Figur 3 gezeigte Variante.

Exemplarisch und schematisch in Figur 5 gezeigt ist eine Haltestruktur 30, auf welcher die Stützaktuatoren 23 angeordnet sind. Bei der Haltestruktur kann es sich um einen Force Frame, einen Sensor Frame oder auch um einen Hilfsrahmen handeln.

- 5 Die Erfindung kann wie bereits erwähnt anstelle auf den in den Figuren 2 bis 5 dargestellten Spiegel 22 auch auf weitere Komponenten der Projektionsbelichtungsanlage, insbesondere auf Teile der Tragstruktur oder auch des Sensor Frames angewendet werden.

- 10 Des Weiteren lassen sich die in den Figuren gezeigten Maßnahmen auch kombinieren, um zum Beispiel ein Modell (basierend auf einer Trajektorie oder der Messung der Beschleunigung) mittels einer direkten Messung besser abzugleichen beziehungsweise Unsicherheiten in der Modellvorhersage zu verringern.

Patentansprüche

1. Projektionsbelichtungsanlage (1) für die Halbleiterlithographie, umfassend
 - mindestens eine Komponente (22),
 - eine Abstützvorrichtung mit mindestens einem Stützaktuator (23), welcher
 - derart auf mindestens eine Stützstelle (27) der Komponente (22) einwirkt, dass Deformationen der Komponente (22) verringert werden, wobei die Abstützvorrichtung eine Steuereinheit (28) zur Ansteuerung des mindestens einen Stützaktuators (23) umfasst,
 - dadurch gekennzeichnet, dass
 - die Steuereinheit (28) dazu eingerichtet ist, den Stützaktuator (23) anlässlich einer auf die Komponente (22) einwirkenden dynamischen Beschleunigung anzusteuern.
-
2. Projektionsbelichtungsanlage (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
 - mindestens ein Positionsaktuator (24) zur Positionierung der Komponente (22) vorhanden ist und dass der Stützaktuator (23) lediglich bei Aktivierung des Positionsaktuators (24) auf die Stützstelle (27) der Komponente (22) einwirkt.
-
3. Projektionsbelichtungsanlage (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass
 - mindestens ein Sensor (25) zur Bestimmung der Deformation der Komponente (22) bei Auftreten einer dynamischen Beschleunigung vorhanden ist und der Sensor (25) mit einer Steuereinheit (28) verbunden ist, welche den Stützaktuator (23) in Abhängigkeit mindestens eines der von dem Sensor (25) gemessenen Parameter ansteuert.
-
4. Projektionsbelichtungsanlage (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

die Steuereinheit (28) geeignet ist, den Stützaktuator (23) anhand einer bekannten Trajektorie eines Punktes der Komponenten (22) anzusteuern.

5 5. Projektionsbelichtungsanlage (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
mindestens ein Beschleunigungssensor (29) zur Messung der Beschleunigung an einem Punkt der Komponente (22) vorhanden ist und die Steuereinheit (28) geeignet ist, den Stützaktuator (23) anhand der gemessenen Beschleunigungswerte anzusteuern.

10 6. Projektionsbelichtungsanlage (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
der mindestens eine Stützaktuator (23) an einer Haltestruktur (30) der Projektionsbelichtungsanlage (1) angeordnet ist.

15 7. Projektionsbelichtungsanlage (1) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass
es sich bei der Haltestruktur (30) um einen Force Frame, einen Sensor Frame oder einen Hilfsrahmen handelt.

20 8. Projektionsbelichtungsanlage (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
es sich bei der Komponente (22) um einen Spiegel handelt.

25 9. Projektionsbelichtungsanlage (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche 1-7, dadurch gekennzeichnet, dass
es sich bei der Komponente um einen Teil eines Sensor Frames (30) handelt.

30 10. Verfahren zur Verringerung aus dynamischen Beschleunigungen herrührenden Deformationen von Komponenten (22) einer Projektionsbelichtungsanlage (1) für die Halbleiterlithographie, dadurch gekennzeichnet, dass
mindestens ein Stützaktuator (23) anlässlich einer auf die Komponente einwirkenden dynamischen Beschleunigung auf eine Stützstelle (27) der Komponente (22) einwirkt.
35

11. Verfahren nach Anspruch 10,

dadurch gekennzeichnet, dass

mindestens ein Positionsaktuator (24) zur Positionierung der Komponente (22) vorhanden ist und dass der Stützaktuator (23) lediglich bei Aktivierung des Positionsactuators (24) auf eine Stützstelle (27) der Komponente (22) einwirkt.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Stützaktuator (23) in Abhängigkeit mindestens eines von einem Sensor (25) gemessenen Parameter angesteuert wird.

13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche 10-12,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Stützaktuator (23) anhand einer bekannten Trajektorie eines Punktes der Komponente (22) angesteuert wird.

14. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche 10-13,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Stützaktuator (23) anhand gemessener Beschleunigungswerte angesteuert wird.

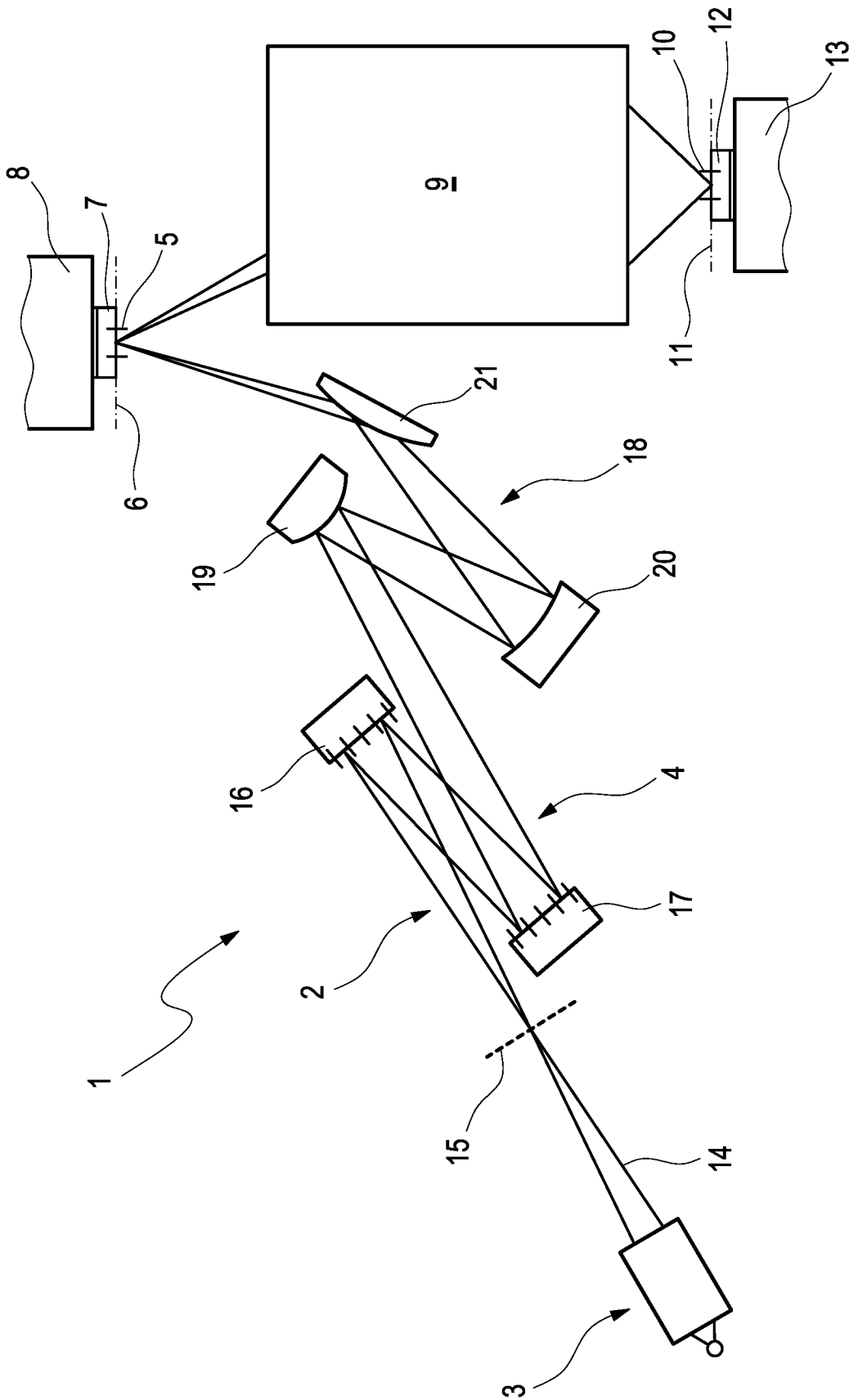


Fig. 1

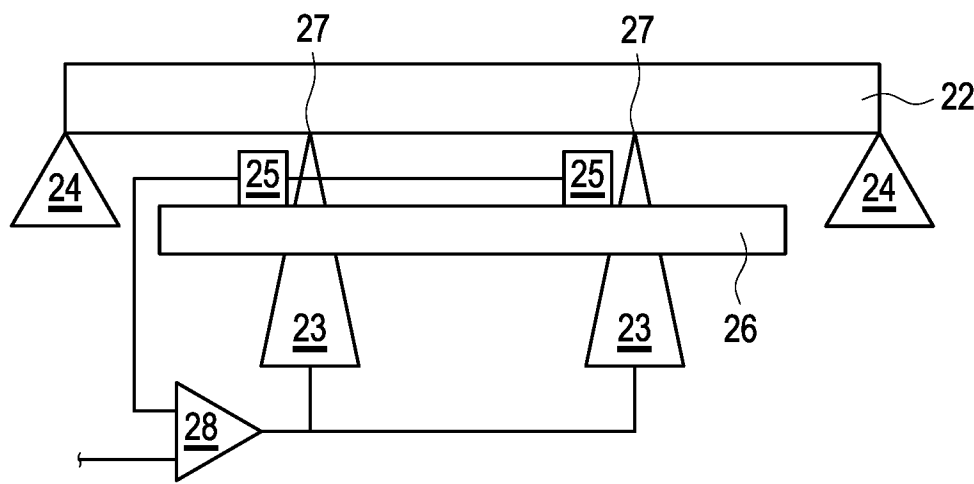


Fig. 2

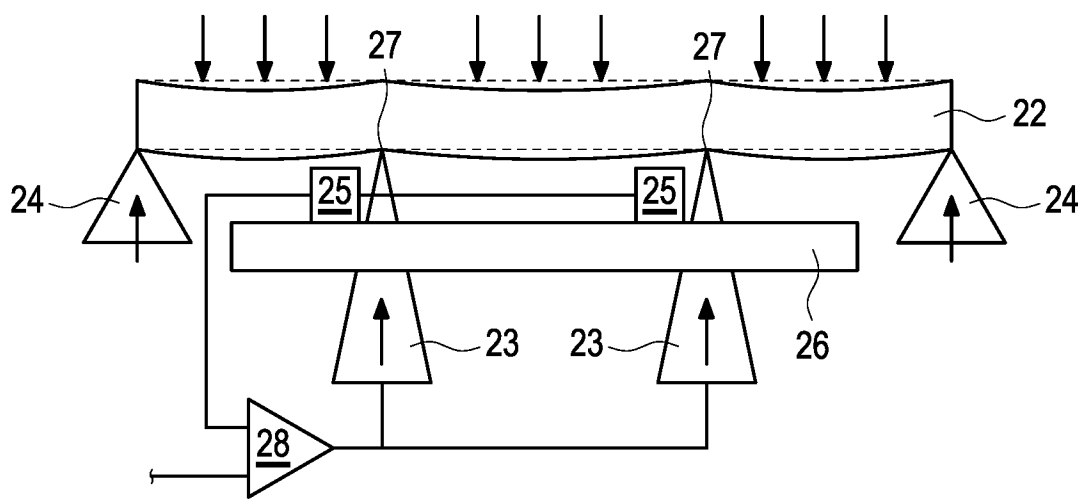


Fig. 3

3/3

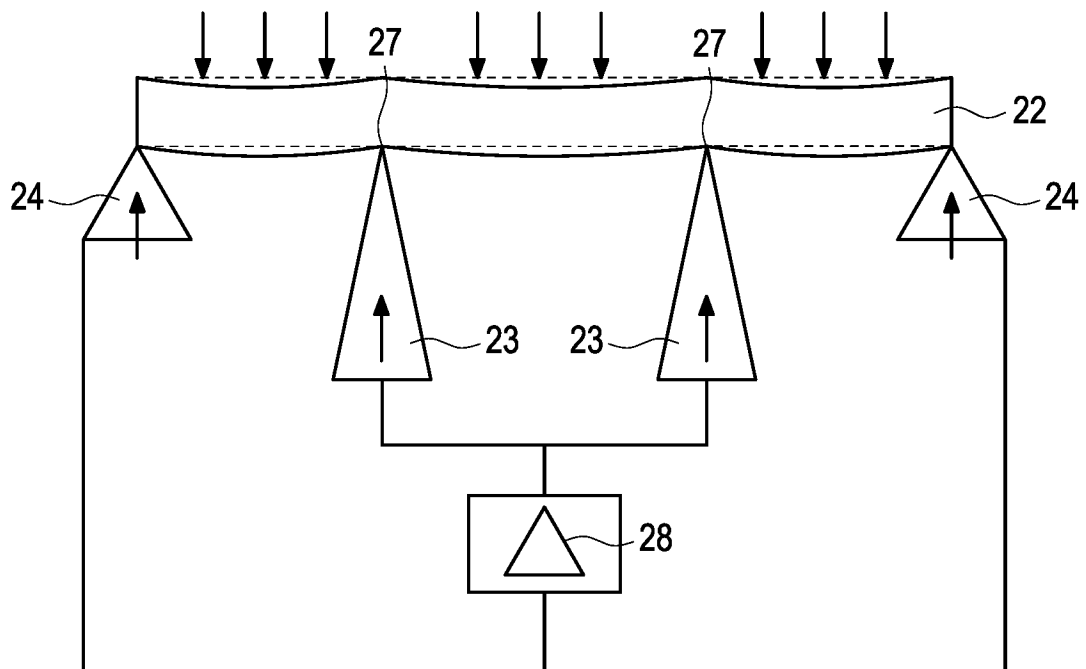


Fig. 4

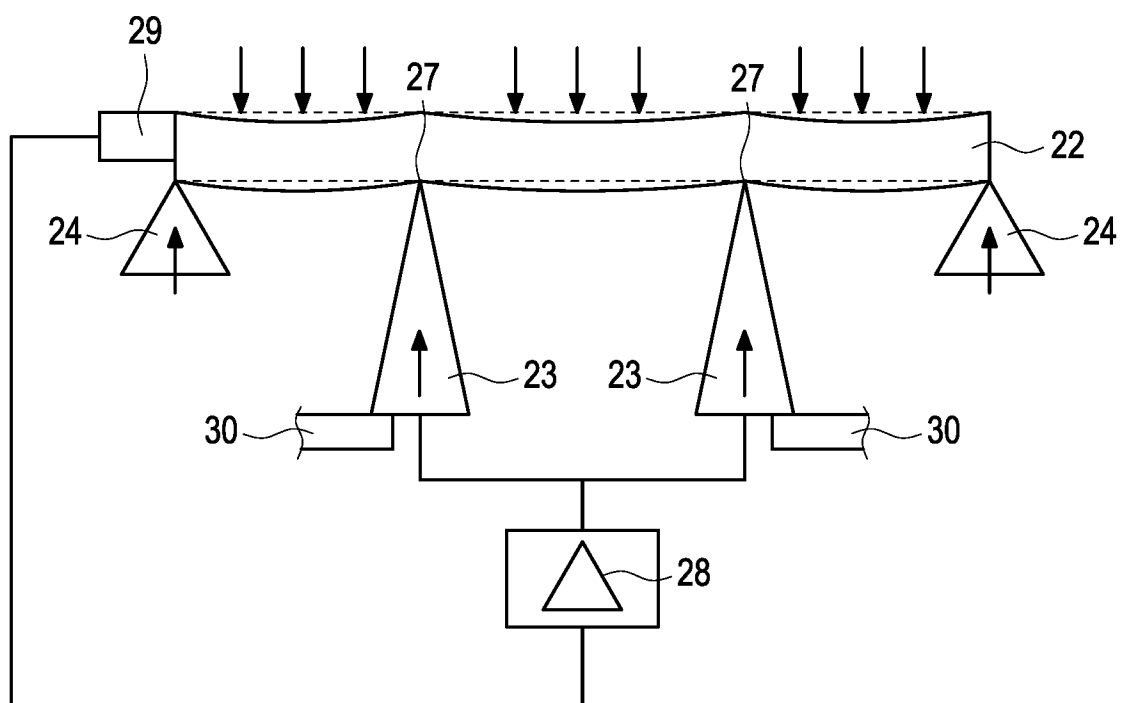


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2017/073109

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G03F7/20 G02B7/182
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

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, 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	US 2011/194088 A1 (BUTLER HANS [NL] ET AL) 11 August 2011 (2011-08-11)	1,3,5,9, 10,12,14
Y	paragraphs [0051] - [0064]; figure 8 -----	4,13
X	EP 2 128 700 A1 (INTEGRATED DYNAMICS ENG GMBH [DE]) 2 December 2009 (2009-12-02)	1,2,6-8, 10,11
	paragraphs [0065] - [0068]; figure 2 -----	
Y	DE 10 2014 218474 A1 (ZEISS CARL SMT GMBH [DE]) 17 March 2016 (2016-03-17)	4,13
	paragraphs [0115] - [0117] -----	
A	JP 2006 093262 A (NIPPON KOGAKU KK) 6 April 2006 (2006-04-06)	1-14
	abstract; figure 1 -----	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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

30 November 2017

Date of mailing of the international search report

18/12/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Eisner, Klaus

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/073109

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2011194088	A1	11-08-2011	CN 102124412 A 13-07-2011
			JP 5417443 B2 12-02-2014
			JP 2012500484 A 05-01-2012
			KR 20110063762 A 14-06-2011
			NL 2003193 A 09-03-2010
			TW 201011476 A 16-03-2010
			US 2011194088 A1 11-08-2011
			WO 2010020481 A1 25-02-2010
EP 2128700	A1	02-12-2009	DE 102008026077 A1 10-12-2009
			EP 2128700 A1 02-12-2009
DE 102014218474	A1	17-03-2016	CN 107077074 A 18-08-2017
			DE 102014218474 A1 17-03-2016
			EP 3195060 A1 26-07-2017
			JP 2017528775 A 28-09-2017
			KR 20170053713 A 16-05-2017
			TW 201621470 A 16-06-2016
			US 2017168399 A1 15-06-2017
			WO 2016041805 A1 24-03-2016
JP 2006093262	A	06-04-2006	NONE

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

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 G03F G02B

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, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2011/194088 A1 (BUTLER HANS [NL] ET AL) 11. August 2011 (2011-08-11)	1,3,5,9, 10,12,14
Y	Absätze [0051] - [0064]; Abbildung 8 -----	4,13
X	EP 2 128 700 A1 (INTEGRATED DYNAMICS ENG GMBH [DE]) 2. Dezember 2009 (2009-12-02)	1,2,6-8, 10,11
	Absätze [0065] - [0068]; Abbildung 2 -----	
Y	DE 10 2014 218474 A1 (ZEISS CARL SMT GMBH [DE]) 17. März 2016 (2016-03-17)	4,13
	Absätze [0115] - [0117] -----	
A	JP 2006 093262 A (NIPPON KOGAKU KK) 6. April 2006 (2006-04-06)	1-14
	Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



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

30. November 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

18/12/2017

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

Bevollmächtigter Bediensteter

Eisner, Klaus

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/073109

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2011194088 A1	11-08-2011	CN 102124412 A	13-07-2011
		JP 5417443 B2	12-02-2014
		JP 2012500484 A	05-01-2012
		KR 20110063762 A	14-06-2011
		NL 2003193 A	09-03-2010
		TW 201011476 A	16-03-2010
		US 2011194088 A1	11-08-2011
		WO 2010020481 A1	25-02-2010

EP 2128700 A1	02-12-2009	DE 102008026077 A1	10-12-2009
		EP 2128700 A1	02-12-2009

DE 102014218474 A1	17-03-2016	CN 107077074 A	18-08-2017
		DE 102014218474 A1	17-03-2016
		EP 3195060 A1	26-07-2017
		JP 2017528775 A	28-09-2017
		KR 20170053713 A	16-05-2017
		TW 201621470 A	16-06-2016
		US 2017168399 A1	15-06-2017
		WO 2016041805 A1	24-03-2016

JP 2006093262 A	06-04-2006	KEINE	
