

(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
18. August 2016 (18.08.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/128253 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G03F 7/20 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/052168

(22) Internationales Anmeldedatum:
2. Februar 2016 (02.02.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 202 411.3
11. Februar 2015 (11.02.2015) DE
10 2015 208 571.6 8. Mai 2015 (08.05.2015) DE

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

(72) Erfinder: **WINKLER, Alexander**; Blockäcker 42, 89520
Heidenheim (DE). **LENZ, Daniel**; Gartenstrasse 107,
73430 Aalen (DE). **FISCHER, Thomas**; Richard-Wagner-
Strasse 13, 73430 Aalen (DE).

(74) Anwalt: **RAU, SCHNECK & HÜBNER**
PATENTANWÄLTE RECHTSANWÄLTE
PARTGMBB; Königstrasse 2, 90402 Nürnberg (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,
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).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ILLUMINATION OPTICS FOR EUV PROJECTION LITHOGRAPHY

(54) Bezeichnung : BELEUCHTUNGSOPTIK FÜR DIE EUV-PROJEKTIONSLITHOGRAFIE

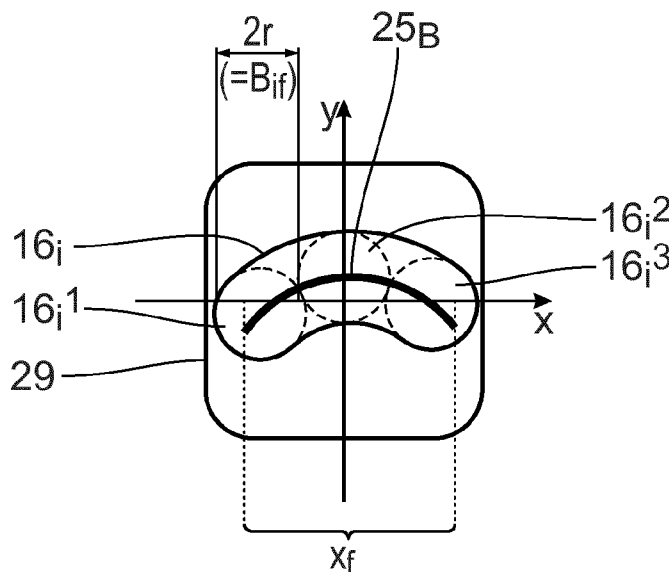


Fig. 5

(57) Abstract: Illumination optics for EUV projection lithography comprise a field facet mirror and a pupil facet mirror. A respective useful illumination light partial bundle (16_i) is guided along a lighting channel between a light source and an object field by means of exactly one field facet and exactly one pupil facet (29). At least some pupil facets (29), which can be used as correction pupil facets, are arranged in the beam path of the illumination light partial bundle (16_i) acting thereon, such that an image of the light source is produced on an image point which is along the lighting channel (16_i) at a distance to the pupil facet (29). A correction control device (32) for the controlled displacement of at least some field facettes can be used as correction field facettes, which have a signal connection with the displacement actuators (31), is designed such that a correction displacement path for the correction field facettes is as large enough that a respective correction lighting channel (16_i) is trimmed on the edge side of the pupil facet (29) such that the illumination light partial bundle (16_i) is not completely transferred by the pupil facet (29) in the object field. The

invention also relates to a method for predetermining a minimal illumination intensity of illumination light (16) by means of a cross-field coordinate (x) of an object field of the illumination optic (4).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Eine Beleuchtungsoptik für die EUV-Projektionslithografie hat einen Feldfacettenspiegel und einen Pupillenfacettenspiegel. Über jeweils einen Ausleuchtungskanal ist ein jeweiliges Nutz-Beleuchtungslicht-Teilbündel (16i) zwischen einer Lichtquelle und einem Objektfeld über genau eine Feldfacette und genau eine Pupillenfacette (29) geführt. Zumindest einige Pupillenfacetten (29), die als Korrektur-Pupillenfacetten einsetzbar sind, sind so im Strahlengang des sie beaufschlagenden Beleuchtungslicht-Teilbündels (16i) angeordnet, dass ein Bild der Lichtquelle an einem Bildort entsteht, der längs des Ausleuchtungskanals (16i) beabstandet zur Pupillenfacette (29) liegt. Eine Korrektur-Steuerungseinrichtung (32) zur gesteuerten Verlagerung zumindest einiger als Korrektur-Feldfacetten einsetzbarer Feldfacetten, die mit der Verlagerungs-Aktoren (31) in Signalverbindung stehen, ist so ausgeführt, dass ein Korrektur-Verlagerungsweg für die Korrektur-Feldfacetten so groß ist, dass ein jeweiliger Korrektur-Ausleuchtungskanal (16i) randseitig von der Korrektur-Pupillenfacette (29) so beschnitten ist, dass das Beleuchtungslicht-Teilbündel (16i) nicht vollständig von der Korrektur-Pupillenfacette (29) in das Objektfeld überführt wird. Mit der Beleuchtungsoptik ist ein Verfahren zum Vorgeben einer minimalen Beleuchtungsintensität von Beleuchtungslicht (16) über eine Querfeldkoordinate (x) eines Objektfeldes der Beleuchtungsoptik (4) durchführbar.

Beleuchtungsoptik für die EUV-Projektionslithografie

Die vorliegende Patentanmeldung nimmt die Prioritäten der deutschen Patentanmeldungen DE 10 2015 202 411.3 und DE 10 2015 208 571.6 in Anspruch, deren Inhalte durch Bezugnahme herein aufgenommen werden.

Die Erfindung betrifft eine Beleuchtungsoptik für die EUV-Projektionslithografie zur Beleuchtung eines Objektfeldes, in dem ein abzubildendes Objekt anordenbar ist, mit Beleuchtungslicht. Ferner betrifft die Erfindung ein Beleuchtungssystem mit einer derartigen Beleuchtungsoptik, ein optisches System mit einer derartigen Beleuchtungsoptik und eine Projektionsbelichtungsanlage mit einem derartigen optischen System. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Vorgeben einer Soll-Verteilung einer Beleuchtungslicht-Intensität über eine Feldhöhe eines Objektfeldes einer Projektionsbelichtungsanlage. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Vorgeben einer minimalen Beleuchtungsintensität von Beleuchtungslicht über eine Quersfeldkoordinate eines Objektfeldes einer Beleuchtungsoptik für die Projektionslithografie. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines mikro- bzw. nanostrukturierten Bauteils mit einer derartigen Projektionsbelichtungsanlage sowie ein mikro- bzw. nanostrukturiertes Bauteil, hergestellt mit einem solchen Verfahren.

Eine Beleuchtungsoptik der eingangs genannten Art ist bekannt aus der DE 10 2008 001 511 A1, der DE 10 2007 047 446 A1, der US 2011/0001947 A1, der WO 2009/132 756 A1, der WO 2009/100 856 A1 sowie aus der US 6 438 199 B1 und der US 6 658 084 B2.

- 2 -

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Beleuchtungsoptik der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, dass eine flexible feldabhängige Korrektur von Beleuchtungsparametern gewährleistet ist.

- 5 Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß gelöst durch eine Beleuchtungsoptik mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen.

- Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass eine gezielte Beabstandung eines Lichtquellenbildes von den mit dem Beleuchtungslicht beaufschlagten Pupillenfacetten zu einer feldabhängigen Ortsverteilung einer Beleuchtungslicht-Beaufschlagung auf den Pupillenfacetten führt, die zu Beleuchtungsparameter-Korrekturzwecken genutzt werden kann. Der Abstand der Korrektur-Pupillenfacetten vom Lichtquellen-Bild führt dazu, dass auf den Korrektur-Pupillenfacetten ein Lichtfleck des diese beaufschlagenden Beleuchtungslicht-Teilbündel entsteht, der eine Faltung einer Feldfacetten-Randkontur mit einer Quell-Randkontur der Lichtquelle darstellt. Ein Beschneiden des Beleuchtungslicht-Teilbündels im Rahmen der Korrektur führt dazu, dass abhängig vom Ort auf dem Objektfeld Beleuchtungslicht von dieser Korrektur-Pupillenfacette mit unterschiedlicher Intensität hin zum Objektfeld überführt wird. Durch eine gesteuerte Verlagerung der Korrektur-Feldfacetten lässt sich eine feldabhängige Korrektur einer Beleuchtungswinkelverteilung über das Objektfeld erzielen. Alle Feldfacetten des Feldfacettenspiegels können Korrektur-Feldfacetten darstellen. Alle Pupillenfacetten des Pupillenfacettenspiegels können Korrektur-Pupillen-
- 10
15
20
25

Bei der gesteuerten Verlagerung, die über die Korrektur-Steuerungseinrichtung herbeigeführt werden kann, kann es sich um eine gesteuerte Verkipfung handeln. Entsprechend kann es sich bei den Korrektur-Aktoren um

- Korrektur-Kipp-Aktoren handeln. Beim Korrektur-Verlagerungsweg kann es sich um einen Korrektur-Kippwinkel der Korrektur-Feldfacetten handeln, der in einem Korrektur-Kippwinkelbereich so groß ist, dass ein jeweiliger Korrektur-Ausleuchtungskanal von einem Rand der Korrektur-Pupillenfacette so beschnitten ist, dass das Beleuchtungslicht-Teilbündel nicht vollständig von der Korrektur-Pupillenfacette in das Objektfeld überführt wird. Neben einer Verkippung kann es sich bei der Verlagerung auch um eine Translation oder auch um die gezielte Herstellung eines Defokus handeln.
- 10 Zur flexiblen Vorgabe von Beleuchtungssettings kann die Anzahl der Pupillenfacetten größer sein als die Anzahl der Feldfacetten, wobei über Ansteuerung entsprechender Kipp-Aktoren und entsprechende Verkippung der Feldfacetten zwischen verschiedenen, über diese Feldfacetten beaufschlagten Pupillenfacetten gewechselt werden kann. Trotz dieser Wechselmöglichkeit überführt in einer bestimmten, eingestellten Beleuchtungsgeometrie jede der Feldfacetten Beleuchtungslicht von der Lichtquelle hin zu jeweils genau einer der Pupillenfacetten. Entsprechend ist in dieser Beleuchtungssituation über jeweils einen Ausleuchtungskanal ein jeweiliges
- 15 Beleuchtungslicht-Teilbündel zwischen der Lichtquelle und dem Objektfeld über genau eine Feldfacette und genau eine Pupillenfacette geführt. Die den Wechsel zwischen verschiedenen, über jeweils eine Feldfacette beaufschlagbaren Pupillenfacetten herbeiführenden Wechsel-Kipp-Aktoren können von den Korrektur-Aktoren unabhängige Aktoren sein. Alternativ
- 20 ist es möglich, dass die Wechsel-Kipp-Aktoren so ausgelegt sind, dass sie beide Funktionen „wechselndes Beleuchtungssetting“ und „Korrektur von Beleuchtungsparametern“ erfüllen.
- 25

Der Feldfacettenspiegel muss nicht genau in der Feldebene angeordnet sein. Es reicht, wenn der Feldfacettenspiegel feldnah angeordnet ist. Der Pupillenfacettenspiegel muss nicht genau in einer Pupillenebene angeordnet sein. Es genügt, wenn der Pupillenfacettenspiegel pupillennah angeordnet ist.

Zur Charakterisierung dieser Begriffe „feldnah“, „pupillennah“ kann folgender Parameter P herangezogen werden, der in der WO 2009/024 164 A ebenfalls erläutert ist:

10

$$P(M) = D(SA)/(D(SA)+D(CR))$$

Hierbei gilt:

D(SA) ist der Durchmesser einer Subapertur, also eines Teil-Strahlbündels, des Nutz-Beleuchtungslichts, welches von genau einem Feldpunkt ausgeht, auf einer bündelformenden Oberfläche der Komponente M, also beispielsweise des Feldfacettenspiegels oder des Pupillenfacettenspiegels;

D(CR) ist der maximale Abstand von Hauptstrahlen eines effektiven vom Objektiv abgebildeten Objektfeldes, gemessen in einer Referenzebene (z.B. in einer Symmetrie- oder Meridionalebene), auf der bündelformenden Oberfläche von M;

in einer Feldebene gilt: $P=0$, da $D(CR)$ ungleich 0 und $D(SA)=0$;

in einer Pupillenebene gilt: $P=1$, da $D(CR)=0$ und $D(SA)$ ungleich 0.

25 „Pupillennah“ bedeutet: P beträgt mindestens 0,7, z.B. 0,75, mindestens 0,8, z.B. 0,85 oder mindestens 0,9, z.B. 0,95.

„Feldnah“ bedeutet: P beträgt höchstens 0,3, z.B. 0,25, höchstens 0,2, z.B. 0,15 oder höchstens 0,1, z.B. 0,05.

Der Parameter P kann auch zur Charakterisierung des Abstandes zwischen dem Bildort des Bildes der Lichtquelle und der jeweiligen Korrektur-Pupillenfacette längs des Ausleuchtungskanals genutzt werden. Zu dieser

5 Charakterisierung wird definiert, dass der Bildort des Lichtquellenbildes die Lage einer Pupillenebene vorgibt. Die jeweilige Korrektur-Pupillenfacette liegt dann in Bezug auf diesen Bildort pupillennah, jedoch nicht genau in der Pupillenebene. Es gilt also $0,5 < P < 1$. P ist dabei insbesondere mindestens 0,7, z.B. 0,75, mindestens 0,8, z.B. 0,85 oder mindes-

10 tens 0,9, z.B. 0,95. P kann kleiner sein als 0,995, kleiner als 0,99 oder auch kleiner als 0,98.

Bei bestimmten Beleuchtungsgeometrien kann Beleuchtungslicht über genau eine Feldfacette auch gleichzeitig hin zu mehreren Pupillenfacetten

15 überführt werden. Nutz-Beleuchtungslicht wird dabei aber genau zu einer Pupillenfacette überführt. Das ggf. noch andere Pupillenfacetten treffende Beleuchtungslicht ist kein Nutz-Beleuchtungslicht und wird von diesen anderen Pupillenfacetten nicht hin zum Beleuchtungsfeld überführt, sondern entweder zu anderen Zwecken genutzt oder kontrolliert entsorgt.

20 Einige oder alle der Feldfacetten und/oder der Pupillenfacetten können ihrerseits aus einer Mehrzahl von Einzelspiegelchen aufgebaut sein. insbesondere kann der Feldfacettenspiegel und/oder der Pupillenfacettenspiegel als MEMS (mikro-elektromechanischer Spiegel)-array aufgebaut sein, wobei jede der Feldfacetten bzw. jede der Pupillenfacetten dann aus einer

25 Mehrzahl von MEMS-Spiegelchen aufgebaut sein kann. Ein Beispiel für einen solchen MEMS-Aufbau liefert die WO 2009/100 856 A1.

Bei einer derartigen MEMS-Ausführung kann ein gezielter Defokus als Möglichkeit für die zu erzeugende Korrektur-Verlagerung durch Vorgabe einer Änderung eines Krümmungswinkels der jeweiligen Feldfacette herbeigeführt werden.

5

Die im jeweiligen Ausleuchtungskanal der Feldfacetten nachgeordnete Übertragungsoptik kann ausschließlich durch die innerhalb des Ausleuchtungskanals jeweils nachgeordnete Pupillenfacette gebildet sein. Alternativ kann die Übertragungsoptik auch noch weitere Komponenten, insbesondere weitere Spiegel aufweisen, die der Pupillenfacette eines jeweiligen Ausleuchtungskanals noch nachgeordnet und dem Objektfeld vorgeordnet sind.

Verlagerungs-Aktoren nach Anspruch 2 ermöglichen eine feine Beeinflussung von zu korrigierenden Beleuchtungsparametern. Alternativ ist es möglich, die Verlagerungs-Aktoren so auszugestalten, dass mehrere diskrete Kippzustände der Korrektur-Feldfacetten erreicht werden können. Eine solche Gestaltung der Verlagerungs-Aktoren kann beispielsweise sicher reproduzierbare Verlagerungsstellungen gewährleisten. Eine kontinuierliche Verlagerung der Korrektur-Feldfacetten führt zu einer stufenlosen Vorgabe eines Verlagerungsweges.

Korrektur-Aktoren nach Anspruch 3 ermöglichen besonders flexible Korrektur-Verlagerung der Korrektur-Feldfacetten.

Ausgestaltungen der Beleuchtungsoptik nach den Ansprüchen 4 bis 6 ermöglichen eine flexible Beleuchtungskorrektur, über die Einfluss auf unterschiedliche Feldabhängigkeiten und/oder Einfluss auf unterschiedliche, feldabhängige Beleuchtungsparameter genommen werden kann.

Mit bogenförmigen Feldfacetten nach Anspruch 7 lässt sich ein über die Faltung mit der Quellstruktur entstehender, entsprechend bogenförmiger Lichtfleck des Beleuchtungslicht-Teilbündels auf den Korrektur-Pupillenfacetten erreichen, dessen Randkontur sich zur Beschneidungs-Korrektur besonders eignet, da je nach Verlagerungsrichtung des Lichtflecks ein Beschchnitt am Rand der Korrektur-Pupillenfacette resultiert, der zu einer anderen feldabhängigen Beleuchtungsparameter-Korrekturwirkung führt. Alternativ können die Feldfacetten auch gerade, also nicht bogenförmig, und beispielsweise rechteckig ausgeführt sein.

10

Die Vorteile eines Beleuchtungssystems nach Anspruch 8, eines optischen Systems nach Anspruch 9, einer Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 10, eines Beleuchtungslicht-Intensität-Vorgabeverfahrens nach Anspruch 11, eines Herstellungsverfahrens nach Anspruch 14 und eines mikro- bzw. nanostrukturierten Bauteils nach Anspruch 15 entsprechen denen, die vorstehend unter Bezugnahme auf die erfindungsgemäße Beleuchtungsoptik bereits erläutert wurden.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Vorgeben einer minimalen Beleuchtungsintensität von Beleuchtungslicht über eine Quersfeldkoordinate eines Objektfeldes einer Beleuchtungsoptik für die Projektionslithografie anzugeben, welches zur Beleuchtungslicht-Durchsitzerhöhung bei der Projektionsbelichtung genutzt werden kann.

Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren mit den in Anspruch 12 angegebenen Merkmalen.

Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass durch Vergrößerung der Beleuchtungsintensität des jeweils hierzu identifizierten Ausleuchtungskanal an

der Minimalintensitäts-Querfeldkoordinate die minimale Gesamt-
Beleuchtungsintensität, die an der Minimalintensitäts-Querfeldkoordinate
vorliegt, angehoben werden kann. Im Ergebnis muss dann, wenn gefordert
ist, dass über alle Querfeldkoordinaten die gleiche Beleuchtungsintensität
5 vorliegt, weniger Beleuchtungslicht beispielsweise durch Einsatz einer
Feldintensitäts-Vorgabeeinrichtung nach Art eines UNICOM durch Ab-
schattung ungenutzt bleiben. Es resultiert ein höherer Beleuchtungslicht-
Durchsatz. Das Vorgabeverfahren setzt beim globalen Intensitätsminimum
an, welches sich durch Überlagerung der Beleuchtungsintensitäten aller
10 Beleuchtungslicht-Teilbündel über die Querfeldkoordinate ergibt. Bei den
beiden Facettenspiegeln kann es sich um einen Feldfacettenspiegel und
einen Pupillenfacettenspiegel handeln.

Bei den Ausleuchtungskanälen, die zum Ausrichten beim Einsatz des Vor-
15 gabeverfahrens genutzt werden können, kann es sich um Ausleuchtungska-
näle mit Korrektur-Facetten der erfindungsgemäßen Beleuchtungsoptik
handeln. Beim erfindungsgemäßen Vorgabeverfahren können mehrere
Ausleuchtungskanäle identifiziert und deren erste Facetten entsprechend
ausgerichtet werden. Auch alle Ausleuchtungskanäle können entsprechend
20 identifiziert und ausgerichtet werden. Eine Identifikation einzelner Aus-
leuchtungskanäle kann, soweit diese Identifikation durch Messung erfolgt,
beispielsweise durch Abschatten aller anderen Ausleuchtungskanäle und
Intensitätsmessung einer Beleuchtungslicht-Intensität, die über den verblei-
benden Ausleuchtungskanal zum Objektfeld geführt wird, über die Quer-
25 feldkoordinate erfolgen. Dies kann mit einem orts aufgelösten Sensor ge-
schehen.

Bei einem Verfahren nach Anspruch 13 kann bei jedem einzelnen Aus-
leuchtungskanal, bei dem dies über eine entsprechende Beschneidungsvari-

ation möglich ist, dessen minimale Beleuchtungsintensität über die Quersfeldkoordinate angehoben werden. Bei der Quersfeldkoordinate eines entsprechenden einzelnen Ausleuchtungskanal-Minimums muss es sich nicht um die Minimalintensitäts-Quersfeldkoordinate handeln. Auch beim Ver-
5 fahren nach Anspruch 13 kann eine Mehrzahl von Ausleuchtungskanälen identifiziert und ausgerichtet werden. Im Extremfall können alle Ausleuchtungskanäle identifiziert und ausgerichtet werden.

Bei der Vorgabe der minimalen Beleuchtungsintensität des Beleuchtungs-
10 lights über die Objektfeld-Quersfeldkoordinate kann die erste Facette zum Ausrichten dynamisch verkippt werden. Bei diesem Verfahren kann ein die Facette verlagernder Aktor, insbesondere der Korrektur-Aktor, zum Einsatz kommen. Alternativ kann ein Ausrichten der ersten Facette auch statisch beim Grundaufbau des Feldfacettenspiegels erfolgen.

15 Bei der Einstellung des Ist-Beleuchtungssettings im Rahmen des Herstellungsverfahrens kann eine feldabhängige Einzelkanalintensitätskorrektur zum Einsatz kommen. Die feldabhängige Einzelkanalintensitätskorrektur kann folgende Abfolge von Verfahrensschritten beinhalten:

- 20
1. Bestimmung eines Beleuchtungslicht-Teilbündels mindestens eines zur Korrektur ausgewählten Ausleuchtungskanals durch Messung und/oder durch Berechnung. Bei der Messung kann das Beleuchtungslicht-Teilbündel in einer vorgegebenen Korrektorebene beispielsweise durch
25 Einsatz eines orts aufgelösten Intensitätsdetektors vermessen werden. Eine Berechnung des Beleuchtungslicht-Teilbündels kann durch rechnerische Bestimmung einer Point-Spread-Function (Punktausbreitungsfunktion) beispielsweise mit Hilfe eines optischen Designprogramms

erfolgen. Diese Berechnung kann analytisch oder numerisch oder auch im Wege einer Simulation geschehen.

2. Bestimmung einer Korrekturinformation, insbesondere eines Satzes
5 von Aktorpositionen der Korrektur-Aktoren der Korrektur-Feldfacetten. Bei der Korrekturinformation kann es sich insbesondere um einen Satz von Kippwinkeln der Korrektur-Feldfacetten handeln. Diese Korrekturinformations-Bestimmung kann durch ein numerisches und/oder durch ein analytisches Rechenverfahren erfolgen.
- 10 3. Verwendung der Korrekturinformation zur Korrekturverlagerung der Korrektur-Feldfacetten. Dies kann durch Ansteuerung der Korrektur-Aktoren geschehen.
- 15 4. Verifikation der Wirkung der Korrekturinformation als optionaler Schritt. Diese Verifikation kann durch Messung und/oder durch Simulation erfolgen.

Bei der feldabhängigen Einzelkanalintensitätskorrektur kann das vorstehend
20 erwähnte Verfahren zum Vorgeben einer Soll-Verteilung einer Beleuchtungslicht-Intensität über die Feldhöhe des Objektfeldes der Projektionsbeleuchtungsanlage zum Einsatz kommen.

Das Bauteil kann mit extrem hoher Strukturauflösung hergestellt sein. Auf
25 diese Weise kann beispielsweise ein Halbleiterchip mit extrem hoher Integrations- bzw. Speicherdichte hergestellt werden.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 schematisch einen Meridionalschnitt durch eine Projektionsbelichtungsanlage für die EUV-Projektionslithografie;
- 5 Fig. 2 und 3 Anordnungsvarianten von Feldfacettenspiegeln, die mit monolithischen Feldfacetten ausgeführt sein können, aber auch Feldfacetten aufweisen können, die jeweils aus einer Mehrzahl von Einzelspiegeln aufgebaut sind;
- 10 Fig. 4 schematisch eine Aufsicht auf einen Pupillenfacettenspiegel, der gemeinsam mit dem Feldfacettenspiegel Teil einer Beleuchtungsoptik der Projektionsbelichtungsanlage ist.
- 15 Fig. 5 eine Variante einer Pupillenfacette, die beim Pupillenfacettenspiegel nach Fig. 4 zum Einsatz kommen kann, wobei auf der Pupillenfacette eine Randkontur eines Beleuchtungslicht-Teilbündels dargestellt ist, mit dem die Pupillenfacette über genau einer der Feldfacetten und einen vorgegebenen Ausleuchtungskanal beaufschlagt ist, wobei das Beleuchtungslicht-Teilbündel die Pupillenfacette derart beaufschlagt, dass das Beleuchtungslicht-Teilbündel vollständig von der Pupillenfacette reflektiert wird;
- 20 Fig. 6 in einem Diagramm eine Intensitätsabhängigkeit einer Kanalintensität I_K einer Beleuchtungslicht-Beaufschlagung des Objektfeldes von einer Feldhöhe x , also von einer Dimension bzw. Koordinate senkrecht zu einer Objektverlagerungsrichtung, wobei die Intensität I_K , aufgetragen für genau einen Ausleuchtungskanal, scanintegriert aufgetragen ist und wobei

der Effekt einer Verlagerung und Beschneidung des Beleuchtungslicht-Teilbündels auf der Pupillenfacette in -x-Richtung dargestellt ist;

5 Fig. 7 in einer zu Fig. 6 ähnlichen Darstellung den Effekt einer Verlagerung des Beleuchtungslicht-Teilbündels auf der Pupillenfacette in +x-Richtung auf die Feldhöhenabhängigkeit der Kanalintensität $I_K(x)$;

10 Fig. 8 in einer zu Fig. 6 ähnlichen Darstellung den Effekt einer Verlagerung des Beleuchtungslicht-Teilbündels auf der Pupillenfacette in +y-Richtung auf die Feldhöhenabhängigkeit der Kanalintensität $I_K(x)$;

15 Fig. 9 in einer zu Fig. 6 ähnlichen Darstellung den Effekt einer Verlagerung des Beleuchtungslicht-Teilbündels auf der Pupillenfacette in -y-Richtung auf die Feldhöhenabhängigkeit der Kanalintensität $I_K(x)$;

20 Fig. 10 schematisch in einem Diagramm eine Abhängigkeit einer x-Telezentrie T_x von der Feldhöhe x vor einer Korrektur durch gezielte Verlagerung von Beleuchtungslicht-Teilbündeln auf Korrektur-Pupillenfacetten nach Art der Pupillenfacette nach Fig. 5 in +x-Richtung (vgl. Fig. 7); und

25

Fig. 11 schematisch eine Intensitätsverteilung über eine Pupille der Beleuchtungsoptik für einen Objektfeldpunkt am Ort $x=x_{\max}$ vor einer Korrektur der x-Telezentrie, wobei Pupillenspot hervorgehoben sind, die über Pupillenfacetten ausgeleuchtet

werden, die sich als Korrektur-Pupillenfacetten, auf denen eine +x-Verlagerung nach Fig. 7 herbeigeführt wird, eignen;

5 Fig. 12 schematisch das Objektfeld sowie eine Sensoreinheit zum Erfassen einer Intensität des Beleuchtungslichts abhängig von der Feldhöhe x;

10 Fig. 13 stark schematisch ein Ablaufschema eines Verfahrens zum Vorgeben einer minimalen Beleuchtungsintensität des Beleuchtungslichts über die Feldhöhe x, also über eine Quersfeldkoordinate des Objektfeldes;

15 Fig. 14 in einem Diagramm eine Abhängigkeit einer Gesamt-Beleuchtungsintensität aller über ihre jeweiligen Ausleuchtungskanäle geführten Beleuchtungslicht-Teilbündel abhängig von der Feldhöhe vor dem Durchführen des Vorgabeverfahrens nach Fig. 13;und

20 Fig. 15 in einer zu Fig. 14 ähnlichen Darstellung die Abhängigkeit der Gesamt-Beleuchtungsintensität von der Feldhöhe nach Durchführung des Vorgabeverfahrens nach Fig. 13.

25 Fig. 1 zeigt schematisch in einem Meridionalschnitt eine Projektionsbelichtungsanlage 1 für die Mikro-Lithografie. Zur Projektionsbelichtungsanlage 1 gehört eine Licht- bzw. Strahlungsquelle 2. Ein Beleuchtungssystem 3 der Projektionsbelichtungsanlage 1 hat eine Beleuchtungsoptik 4 zur Belichtung eines mit einem Objektfeld 5 zusammenfallenden Beleuchtungsfeldes in einer Objektebene 6. Das Beleuchtungsfeld kann auch größer sein als das Objektfeld 5. Belichtet wird hierbei ein Objekt in Form eines im

Objektfeld 5 angeordneten Retikels 7, das von einem Objekt- bzw. Retikelhalter 8 gehalten ist. Das Retikel 7 wird auch als Lithographiemaske bezeichnet. Der Objekthalter 8 ist über einen Objektverlagerungsantrieb 9 längs einer Objekt-Verlagerungsrichtung verlagerbar. Eine Projektions-
5 optik 10 dient zur Abbildung des Objektfeldes 5 in ein Bildfeld 11 in einer Bildebene 12. Abgebildet wird eine Struktur auf dem Retikel 7 auf eine lichtempfindliche Schicht eines im Bereich des Bildfeldes 11 in der Bildebene 12 angeordneten Wafers 13. Der Wafer 13 wird von einem Waferhalter 14 gehalten. Der Waferhalter 14 ist über einen Waferverlagerungs-
10 santrieb 15 synchronisiert zum Objekthalter 8 parallel zur Objekt-Verlagerungsrichtung verlagerbar.

Bei der Strahlungsquelle 2 handelt es sich um eine EUV-Strahlungsquelle mit einer emittierten Nutzstrahlung im Bereich zwischen 5 nm und 30 nm.
15 Es kann sich dabei um eine Plasmaquelle, beispielsweise um eine GDPP-Quelle (Plasmaerzeugung durch Gasentladung, gasdischarge-produced plasma) oder um eine LPP-Quelle (Plasmaerzeugung durch Laser, laser-produced plasma) handeln. Auch eine Strahlungsquelle, die auf einem Synchrotron oder auf einem freien Elektronenlaser (FEL) basiert, ist für die
20 Strahlungsquelle 2 einsetzbar. Informationen zu einer derartigen Strahlungsquelle findet der Fachmann beispielsweise aus der US 6,859,515 B2. EUV-Strahlung 16, die von der Strahlungsquelle 2 ausgeht, insbesondere das das Objektfeld 5 beleuchtende Nutz-Beleuchtungslicht, wird von einem Kollektor 17 gebündelt. Ein entsprechender Kollektor ist aus der
25 EP 1 225 481 A bekannt. Nach dem Kollektor 17 propagiert die EUV-Strahlung 16 durch eine Zwischenfokusebene 18, bevor sie auf einen Feldfacettenspiegel 19 trifft. Der Feldfacettenspiegel 19 ist ein erster Facettenspiegel der Beleuchtungsoptik 4. Der Feldfacettenspiegel 19 hat eine

Mehrzahl von reflektierenden Feldfacetten, die in der Fig. 1 nicht dargestellt sind. Der Feldfacettenspiegel 19 ist in einer Feldebene der Beleuchtungsoptik 4 angeordnet, die zur Objektebene 6 optisch konjugiert ist.

- 5 Die EUV-Strahlung 16 wird nachfolgend auch als Beleuchtungslicht oder als Abbildungslicht bezeichnet.

- Nach dem Feldfacettenspiegel 19 wird die EUV-Strahlung 16 von einem Pupillenfacettenspiegel 20 reflektiert. Der Pupillenfacettenspiegel 20 ist ein
10 zweiter Facettenspiegel der Beleuchtungsoptik 4. Der Pupillenfacettenspiegel 20 ist in einer Pupillenebene der Beleuchtungsoptik 4 angeordnet, die zur Zwischenfokusebene 18 und zu einer Pupillenebene der Beleuchtungsoptik 4 und der Projektionsoptik 10 optisch konjugiert ist oder mit dieser Pupillenebene zusammenfällt. Der Pupillenfacettenspiegel 20 hat eine
15 Mehrzahl von reflektierenden Pupillenfacetten, die in der Fig. 1 nicht dargestellt sind. Mit Hilfe der Pupillenfacetten des Pupillenfacettenspiegels 20 und einer nachfolgenden abbildenden optischen Baugruppe in Form einer Übertragungsoptik 21 mit in der Reihenfolge des Strahlengangs bezeichneten Spiegeln 22, 23 und 24 werden die Feldfacetten des Feldfacettenspiegels 19 einander überlagernd in das Objektfeld 5 abgebildet. Der letzte
20 Spiegel 24 der Übertragungsoptik 21 ist ein Spiegel für streifenden Einfall („Grazing Incidence-Spiegel“).

- Zur Erleichterung der Beschreibung von Lagebeziehungen ist in der Fig. 1
25 ein kartesisches xyz-Koordinatensystem als globales Koordinatensystem für die Beschreibung der Lageverhältnisse von Komponenten der Projektionsbelichtungsanlage 1 zwischen der Objektebene 6 und der Bildebene 12 eingezeichnet. Die x-Achse verläuft in der Fig. 1 senkrecht zur Zeichenebene in diese hinein. Die y-Achse verläuft in der Fig. 1 nach rechts und

parallel zur Verlagerungsrichtung des Objekthalters 8 und des Waferhalters 14. Die z-Achse verläuft in der Fig. 1 nach unten, also senkrecht zur Objektebene 6 und zur Bildebene 12.

- 5 Die x-Dimension über das Objektfeld 5 bzw. das Bildfeld 11 wird auch als Feldhöhe bezeichnet. Die Objektverlagerungsrichtung verläuft parallel zur y-Achse.

- In den weiteren Figuren sind lokale kartesische xyz-Koordinatensysteme
10 eingezeichnet. Die x-Achsen der lokalen Koordinatensysteme verlaufen parallel zur x-Achse des globalen Koordinatensystems nach Fig. 1. Die xy-Ebenen der lokalen Koordinatensysteme stellen Anordnungsebenen der jeweils in der Figur dargestellten Komponente dar. Die y- und z-Achsen der lokalen Koordinatensysteme sind entsprechend um die jeweilige x-
15 Achse um einen bestimmten Winkel verkippt.

- Die Fig. 2 und 3 zeigen Beispiele verschiedener Facettenanordnungen für den Feldfacettenspiegel 19. Jede der dort dargestellten Feldfacetten 25 kann als Einzelspiegel-Gruppe aus einer Mehrzahl von Einzelspiegeln aufgebaut sein, wie beispielsweise aus der WO 2009/100 856 A1 bekannt.
20 Jeweils eine der Einzelspiegel-Gruppen hat dann die Funktion einer Facette eines Feldfacettenspiegels, wie dieser beispielsweise in der US 6,438,199 B1 oder der US 6,658,084 B2 offenbart ist.

- 25 Der Feldfacettenspiegel 19 nach Fig. 2 hat eine Vielzahl gebogen ausgeführter Feldfacetten 25. Diese sind gruppenweise in Feldfacetten-Blöcken 26 auf einem Feldfacetten-Träger 27 angeordnet. Insgesamt hat der Feldfacettenspiegel 19 nach Fig. 2 sechszwanzig Feldfacetten-Blöcke 26, zu

denen drei, fünf oder zehn der Feldfacetten 25 gruppenweise zusammengefasst sind.

Zwischen den Feldfacetten-Blöcken 26 liegen Zwischenräume 28 vor.

5

Der Feldfacettenspiegel 19 nach Fig. 3 hat rechteckige Feldfacetten 25, die wiederum gruppenweise Feldfacetten-Blöcken 26 angeordnet sind, zwischen denen Zwischenräume 28 vorliegen.

10 Fig. 4 zeigt schematisch eine Aufsicht auf den Pupillenfacettenspiegel 20. Pupillenfacetten 29 des Pupillenfacettenspiegels 20 sind im Bereich einer Beleuchtungspupille der Beleuchtungsoptik 4 angeordnet. Die Anzahl der Pupillenfacetten 29 ist in der Realität größer als in Fig. 4 dargestellt. Die Pupillenfacetten 29 sind auf einem Pupillenfacetten-Träger des Pupillenfacettenspiegels 20 angeordnet. Eine Verteilung von über die Feldfacetten 25 mit dem Beleuchtungslicht 16 beaufschlagten Pupillenfacetten 29 innerhalb
15 der Beleuchtungspupille gibt eine Ist-Beleuchtungswinkelverteilung im Objektfeld 5 vor.

20 Jede der Feldfacetten 25 dient zur Überführung eines Teils des Beleuchtungslichts 16, also eines Beleuchtungslicht-Teilbündel 16_i, von der Lichtquelle 2 hin zu einer der Pupillenfacetten 29.

Bei den Feldfacetten 25 handelt es sich also um im Strahlengang des Beleuchtungslichts 16 jeweils erste Facetten der Beleuchtungsoptik 4. Entsprechend handelt es sich bei den Pupillenfacetten 29 um im Strahlengang des Beleuchtungslichts 16 zweite Facetten der Beleuchtungsoptik 4.
25

Nachfolgend wird bei einer Beschreibung von Beleuchtungslicht-Teilbündeln 16_i davon ausgegangen, dass die zugehörige Feldfacette 25 jeweils maximal, also über ihre gesamte Reflexionsfläche, ausgeleuchtet ist. In diesem Fall fällt eine Randkontur des Beleuchtungslicht-Teilbündels 16_i mit einer Randkontur des Ausleuchtungskanals zusammen, weswegen die Ausleuchtungskanäle nachfolgend auch mit 16_i bezeichnet werden. Der jeweilige Ausleuchtungskanal 16_i stellt einen möglichen Lichtweg eines die zugehörige Feldfacette 25 maximal ausleuchtenden Beleuchtungslicht-Teilbündels 16_i über die weiteren Komponenten der Beleuchtungsoptik 4 dar.

Die Übertragungsoptik 21 weist für jeden der Ausleuchtungskanäle 16_i jeweils eine der Pupillenfacetten 29 zur Überführung des Beleuchtungslicht-Teilbündels 16_i von der Feldfacette 25 hin zum Objektfeld 5 auf.

Jeweils ein Beleuchtungslicht-Teilbündel 16_i , von denen in der Fig. 1 schematisch zwei Beleuchtungslicht-Teilbündel 16_i ($i = 1, \dots, N$; N : Anzahl der Feldfacetten) dargestellt sind, ist zwischen der Lichtquelle 2 und dem Objektfeld 5 über genau eine der Feldfacetten 25 und über genau eine der Pupillenfacetten 29 über jeweils einen Ausleuchtungskanal geführt.

Zumindest einige der Pupillenfacetten 29, im betrachteten Ausführungsbeispiel alle Pupillenfacetten 29 des Pupillenfacettenspiegels 20, sind als Korrektur-Pupillenfacetten einsetzbar. Diese Korrektur-Pupillenfacetten sind so im Strahlengang des sie beaufschlagenden Beleuchtungslicht-Teilbündels 16_i angeordnet, dass ein Bild 2' der Lichtquelle 2 an einem Bildort entsteht, der längs des Ausleuchtungskanals 16_i beabstandet zur Pupillenfacette 29 liegt. Ein Abstand zwischen dem jeweiligen Bild 2' und der zugeord-

neten Pupillenfacette ist in der Fig. 1 mit a bezeichnet. Dieser Abstand a wird nachfolgend auch als Defokusabstand bezeichnet.

In der Fig. 1 sind zwei Varianten einer solchen Anordnung der Lichtquellen-Bilder 2' schematisch dargestellt. Ein erstes Lichtquellen-Bild 2'₁ ist an einem Bildort angeordnet, der im Strahlengang des zugehörigen Beleuchtungslicht-Teilbündels 16_i vor Reflexion an der Pupillenfacette 29 des Pupillenfacettenspiegels 20 liegt. Der Abstand zwischen dem Lichtquellen-Bild 2'₁ und der zugehörigen Pupillenfacette 29 ist in der Fig. 1 mit a_1 bezeichnet. Ein zweites Lichtquellen-Bild 2'₂ ist im Strahlengang eines weiteren Beleuchtungslicht-Teilbündels 16_i an einem Bildort nach Reflexion an der Pupillenfacette des Pupillenfacettenspiegels 20 angeordnet. Der Abstand zwischen dem Lichtquelle-Bild 2'₂ und der zugehörigen Pupillenfacette 29 ist in der Fig. 1 mit a_2 bezeichnet.

In der Fig. 1 ist zudem noch mit B_{IF} eine typische Größe, nämlich der typische Durchmesser, eines Lichtquellenbildes IF, also eines Zwischenfokus, in der Zwischenfokusebene 18 bezeichnet. Mit B_{if} ist in der Fig. 1 eine typische Größe eines Bildes des Zwischenfokus IF auf der jeweiligen Pupillenfacette 29 bezeichnet. Mit B_f ist in den Fig. 2 und 3 zusätzlich eine x-Erstreckung der jeweiligen Feldfacette 25, also eine typische Größe der Feldfacette 25, bezeichnet.

Zumindest einige der Feldfacetten 25, im dargestellten Ausführungsbeispiel alle Feldfacetten 25, sind als Korrektur-Feldfacetten einsetzbar, die jeweils über einen der Ausleuchtungskanäle 16_i einer jeweiligen Korrektur-Pupillenfacette 29 zugeordnet sind. Die Korrektur-Feldfacetten 25 sind mit Korrektur- bzw. Verlagerungs-Aktoren in Form von Kipp-Aktoren 31 verbunden, von denen in der Fig. 2 lediglich einige Verlagerungs-Aktoren 31

schematisch dargestellt sind. Die Verlagerungs-Aktoren 31 sind zur kontinuierlichen Verlagerung, nämlich zur kontinuierlichen Verkipfung der Korrektur-Feldfacetten 25 ausgebildet. Die Verlagerungs-Aktoren 31 sind zur Verkipfung der Korrektur-Feldfacetten 25 um zwei zueinander senkrecht stehende Achsen ausgebildet, die parallel zur x-Achse und zur y-Achse beispielsweise durch ein jeweiliges Zentrum bzw. durch einen Schwerpunkt einer Reflexionsfläche der Korrektur-Feldfacette 25 verlaufen.

Die Verlagerungs-Aktoren 31 stehen über eine nicht dargestellte Signalverbindung mit einer Korrektur-Steuerungseinrichtung 32 der Projektionsbelichtungsanlage 1 in Signalverbindung (vgl. Fig. 1). Die Korrektur-Steuerungseinrichtung 32 dient zur gesteuerten Verkipfung der Korrektur-Feldfacetten 25.

Die Korrektur-Steuerungseinrichtung 32 und die Verlagerungs-Aktoren 31 sind so ausgeführt, dass ein Korrektur-Verlagerungsweg, nämlich ein Korrektur-Kippwinkel der Korrektur-Feldfacetten 25 in einem Korrektur-Verlagerungsbereich, nämlich in einem Korrektur-Kippwinkelbereich so groß ist, dass ein jeweiliger Korrektur-Ausleuchtungskanal 16_i von einem Rand der zugehörigen Korrektur-Pupillenfacette 29 so beschnitten ist, dass das Beleuchtungslicht-Teilbündel 16_i nicht vollständig von der Korrektur-Pupillenfacette 29 in das Objektfeld 5 überführt wird. Dies wird nachfolgend anhand der Fig. 5 ff. näher erläutert.

Fig. 5 zeigt eine der Pupillenfacetten 29, die beim Pupillenfacettenspiegel 20 zum Einsatz kommen kann. Die Pupillenfacette 29 nach Fig. 5 hat keine kreisrunde Randkontur, wie in der Fig. 4 dargestellt, sondern eine annähernd quadratische Randkontur mit abgerundeten Ecken. Eine solche

Randkontur, die auch ohne abgerundete Ecken, also quadratisch oder rechteckig gestaltet sein kann, ermöglicht es, den Pupillenfacetten-Träger 30 relativ dicht mit den Pupillenfacetten 29 zu belegen.

- 5 Die Pupillenfacette 29 nach Fig. 5 wird von einer bogenförmigen Feldfacette 25 des Feldfacettenspiegels 19 nach Fig. 2 mit dem Beleuchtungslicht-Teilbündel 16_i beaufschlagt.

Die Fig. 5 zeigt eine Lage des von der Pupillenfacette 29 reflektierten Beleuchtungslicht-Teilbündels 16_i in einer Kippwinkelstellung der dieser Pupillenfacette 29 zugeordneten Feldfacette 25, bei der keine Beleuchtungskorrektur stattfindet. Bei dieser, in der Fig. 5 dargestellten Anordnung liegt ein gesamter Querschnitt des Beleuchtungslicht-Teilbündels 16_i auf der Pupillenfacette 29, so dass das Beleuchtungs-Teilbündel 16_i randseitig nicht vom Rand der Pupillenfacette 29 beschnitten ist. Eine Randkontur des Querschnitts des Beleuchtungslicht-Teilbündels 16_i auf der Pupillenfacette 29 hat eine angenähert bogen-, bohnen- oder nierenförmige Form und kann verstanden werden als Faltung eines Bildes der bogenförmigen Feldfacetten 25 (vgl. durchgezogene Linie „25_B“ in Fig. 5) nach Fig. 2 mit einer runden Quellfläche der Lichtquelle 2. Diese Faltung entsteht aufgrund der Tatsache, dass, wie vorstehend bereits ausgeführt, das Bild 2' der Lichtquelle 2 an einem Bildort entsteht, der längs des Ausleuchtungskanal 16_i beabstandet zur Pupillenfacette 29, im Strahlengang also entweder vor oder nach der Pupillenfacette 29, liegt.

25

Die bogenförmige Randkontur des Beleuchtungslicht-Teilbündels 16_i auf der Pupillenfacette 29 stellt einen Lichtfleck des Beleuchtungslicht-Teilbündels 16_i dar.

- Gestrichelt sind in die Randkontur des Beleuchtungslicht-Teilbündels 16_i auf der Pupillenfacette 29 drei Subbündel 16_i^1 , 16_i^2 und 16_i^3 eingezeichnet. Das Beleuchtungslicht-Teilbündel 16_i setzt sich aus einer Vielzahl derartiger Subbündel 16_i^j zusammen. Das Beleuchtungslicht-Teilbündel 16_i kann,
- 5 sofern die optischen Parameter der Beleuchtung bekannt sind, beispielsweise mit Hilfe eines optischen Designprogramms, berechnet werden und wird in diesem Zusammenhang auch als „Point-Spread-Function“ (Punktausbreitungsfunktion) bezeichnet.
- 10 Das Beleuchtungslicht 16 dieser Subbündel 16_i^1 bis 16_i^3 geht aus von einem linken Randpunkt 25^1 , von einem zentralen Punkt 25^2 und von einem rechten Randpunkt 25^3 der zugehörigen Feldfacette 25. In der Fig. 2 sind beispielhaft diese Ausgangspunkte 25^1 bis 25^3 auf einer der Feldfacetten 25 eingezeichnet.
- 15 Mit r ist in der Fig. 5 der Radius (halber Durchmesser) der Subbündel 16_i^j bezeichnet. x_f bezeichnet in der Fig. 5 die x-Abmessung des Feldfacetten-Bildes 25_B auf der Pupillenfacette 29, also die x-Erstreckung eines Restfeldanteiles auf der Pupillenfacette 29.
- 20 Durch Korrektur-Verkippung der Feldfacette 25, die die Pupillenfacette 29 nach Fig. 5 beaufschlagt, kann eine feldabhängige Korrektur einer Beleuchtungswinkelverteilung über das Objektfeld 5 erreicht werden.
- Damit eine solche feldabhängige Korrektur möglich ist, muss für den Defokusabstand a folgende Bedingung erfüllt sein:
- 25

$$a = k B_{if} f_f / B_f$$

k charakterisiert hierbei das Verhältnis zwischen den Größen x_f und r , also zwischen der typischen Erstreckung x_f des Restfeldanteils 25_B und dem Radius r der Subbündel 16_i^j .

- 5 B_{if} ist die typische Größe des Bildes des Zwischenfokus IF auf der jeweiligen Pupillenfacette 29. f_f ist die Brennweite der zugehörigen Feldfacette 25, also die Brennweite, mit der das jeweilige Beleuchtungslicht-Teilbündel 16_i von der zugehörigen Feldfacette 25 abgebildet wird. B_f ist die typische Erstreckung der Feldfacette 25.

10

Entscheidend für den Defokuswert a ist also unter anderem das Verhältnis $k=x_f/r$, also das Verhältnis der Größe des Restfeldanteils x_f auf der Pupillenfacette 29 zur typischen Abmessung r der Subbündel 16_i^j . Es gilt: $2r=B_{if}$. Damit die feldabhängige Korrektur möglich ist, muss zusätzlich gelten:

15

$$k \geq 0,5$$

Insbesondere kann gelten, dass $k \geq 1$ ist, dass der Restfeldanteil x_f also eine typische Größe hat, die größer ist als der Radius der Subbündel 16_i^j . Die

- 20 Feldabhängigkeit der vorstehend beschriebenen Korrektur ist umso besser, je größer k ist. k kann größer sein als 1,5, kann größer sein als 2, kann größer sein als 3, kann größer sein als 4, kann größer sein als 5 oder auch noch größer sein.

- 25 Sobald der typische Durchmesser B_{if} des Subbündels 16_i^j sehr viel größer ist als die typische Abmessung x_f des Feldanteils, ergibt sich keine nutzbare Feldabhängigkeit mittels einer Korrektur-Verkippung der Feldfacette 25, die die Pupillenfacette 29 nach Fig. 5 beaufschlagt. Es ergibt sich dann le-

diglich eine feldunabhängige Intensitätsverringern
licht-Teilbündels 16_i.

Je größer B_{if} wird, desto größer muss der Defokusabstand a sein, damit die
5 für die Korrektur notwendige Feldabhängigkeit bei der Korrektur-
Verkipfung der Feldfacette 25 erhalten bleibt.

Fig. 6 zeigt eine Abhängigkeit einer scanintegrierten Intensität I_K , die einer
der Ausleuchtungskanäle 16_i zur Beleuchtung des Objektfeldes 5 beiträgt,
10 von der Feldhöhe x . Eine Scanintegration bedeutet eine Integration der Be-
leuchtungsintensität längs der y -Koordinate des Objektfeldes 5.

Gestrichelt ist ein nominaler Feldverlauf eingezeichnet, der sich ergibt,
wenn das gesamte Beleuchtungslicht-Teilbündel 16_i von der Pupillenfacet-
15 te 29 hin zum Objektfeld 5 reflektiert wird.

Durchgezogen ist in der Fig. 6 ein Feldverlauf der Kanalintensität I_K darge-
stellt, der entsteht, wenn das Beleuchtungslicht-Teilbündel 16_i durch Ver-
kipfung des Korrektur-Aktors 31 der zugehörigen Korrektur-Feldfacette 25
20 in $-x$ -Richtung so auf der Pupillenfacette 29 verlagert ist, dass der zugehö-
rige Korrektur-Ausleuchtungskanal 16_i - und damit auch das Beleuchtungs-
licht-Teilbündel 16_i - vom Rand der Korrektur-Pupillenfacette 29 beschnit-
ten ist. Dieser, in den Fig. 5 und 6 linke Rand des Beleuchtungslicht-Teil-
bündels 16_i trägt nun nicht mehr zur Beleuchtung des Objektfeldes 5 bei, so
25 dass der in der Fig. 6 durchgezogene Feldverlauf resultiert, bei dem die
Kanalintensität I_K bei kleinen Feldhöhe-Werten x schneller auf den Wert 0
abfällt als der gestrichelte, nominale Feldverlauf. Im Ergebnis resultiert
über diesen Ausleuchtungskanal ein feldabhängiger Verlauf einer Beleuch-
tung über diese Pupillenfacette 29, also ein feldabhängiger Verlauf der In-

- tensität des zugehörigen Beleuchtungs-Winkels. In der Korrektur-Kippstellung nach Fig. 6 „sieht“ ein Objektfeldpunkt beim x -Wert $x_{\min}$ Beleuchtungslicht 16 aus Richtung der Pupillenfacette 29 praktisch nicht, da Beleuchtungslicht 16, das von einem Urbild entsprechend dieser Feldhöhe
- 5 $x_{\min}$ von der zugehörigen Feldfacette des Ausleuchtungskanals 16_i ausgeht, nicht von der Pupillenfacette 29 reflektiert wird. Oberhalb einer Grenz-Feldhöhe x_G geht der Korrektur-Feldverlauf der Kanalintensität I_K wieder in den nominalen Feldverlauf über.
- 10 Fig. 7 zeigt entsprechend eine Korrekturwirkung, wenn der Kipp-Aktor 31 die Korrektur-Feldfacette 25 so verkippt, dass das Beleuchtungslicht-Teilbündel 16_i in positiver x -Richtung auf der Korrektur-Pupillenfacette 29 verlagert und vom Rand der Korrektur-Pupillenfacette 29 beschnitten ist. Dargestellt ist wieder durchgezogen der Verlauf der Kanalintensität I_K über die
- 15 Feldhöhe x nach erfolgter Verlagerung im Vergleich zum gestrichelt dargestellten, nominalen Feldverlauf. Im Bereich einer maximalen Feldhöhe $x_{\max}$ sehen die Objektfeldpunkte dann praktisch kein Beleuchtungslicht, welches von der zugehörigen Korrektur-Pupillenfacette 29 ausgeht. Unterhalb einer Grenz-Feldhöhe x_G geht der durchgezogene Korrektur-Feldverlauf nach
- 20 Fig. 7 wieder in den gestrichelten, nominalen Feldverlauf über.

Zur Verlagerung des Beleuchtungslicht-Teilbündels 16_i in $\pm x$ -Richtung wird die zugehörige Korrektur-Feldfacette 25 über den zugehörigen Kipp-Aktor um eine zur y -Achse in der Fig. 2 parallele Achse verkippt.

25

Eine Anordnungsgeometrie einer Führung des Beleuchtungslichts 16 über die Ausleuchtungskanäle 16_i ist also derart, dass ein Querschnitt des Ausleuchtungskanals 16_i auf den Korrektur-Pupillenfacetten 29 eine Randkontur derart hat, dass über eine Größe des Korrektur-Kippwinkels ein randsei-

tiges Beschneiden des Querschnitts in einer Richtung $\pm x$ senkrecht zur Objektverlagerungsrichtung y vorgegeben werden kann.

Fig. 8 zeigt das Ergebnis einer Korrektur-Verlagerung des Beleuchtungslicht-Teilbündels 16_i auf der Korrektur-Pupillenfacette 29 nach Fig. 5 in positiver y -Richtung, hervorgerufen durch eine entsprechende Korrektur-Verkipfung der zugehörigen Korrektur-Feldfacette 25 um eine zur x -Achse parallele Achse. Aufgrund der Bogenform des Beleuchtungslicht-Teilbündels 16_i auf der Korrektur-Pupillenfacette 29 wird aufgrund dieser $+y$ -Verlagerung zunächst der in $+y$ -Richtung führende Rand des Beleuchtungslicht-Teilbündels 16_i im Bereich des Subbündels 16_i^2 vom Rand der Korrektur-Pupillenfacette 29 beschnitten. Es resultiert eine Reduktion bzw. ein Dip der Kanalintensität I_K im Bereich einer zentralen Feldhöhe x_0 . Oberhalb einer Feldhöhe $x_0 + x_{A2}$ und unterhalb einer Feldhöhe $x_0 - x_{A1}$ geht der in der Fig. 8 durchgezogene dargestellte Korrektur-Feldverlauf der Kanalintensität I_K wieder in den gestrichelten, nominalen Feldverlauf über.

Fig. 9 zeigt die Korrekturauswirkungen einer Verlagerung des Beleuchtungslicht-Teilbündels 16_i gemäß Fig. 5 in negativer y -Richtung, hervorgerufen durch eine Verkipfung der zugehörigen Korrektur-Feldfacette 25 um eine Kippachse parallel zur x -Achse. Es resultiert aufgrund eines Beschnitts beider Enden der Bogenform des Beleuchtungslicht-Teilbündels 16_i im Bereich der Subbündel 16_i^1 und 16_i^3 ein Abfall der Kanalintensität I_K an beiden Feldhöhen-Rändern, also gleichzeitig im Bereich der Feldhöhe $x_{\min}$ und $x_{\max}$. Im Bereich der zentralen Feldhöhe x_0 geht der korrigierte, in der Fig. 9 durchgezogene Feldverlauf wieder über in den gestrichelten, nominalen Feldverlauf der Kanalintensität I_K .

Eine Anordnungsgeometrie einer Führung des Beleuchtungslichts 16 über die Ausleuchtungskanäle 16_i ist also derart, dass ein Querschnitt des Ausleuchtungskanals 16_i auf den Korrektur-Pupillenfacetten 29 eine Randkontur derart hat, dass über eine Größe des Korrektur-Kippwinkels ein randseitiges Beschneiden des Querschnitts in einer Richtung +/-y längs der bzw.
5 parallel zur Objektverlagerungsrichtung y vorgegeben werden kann.

Über eine Richtung +/-y des Korrektur-Kippwinkels kann also vorgegeben werden, ob ein Beschneiden des Querschnitts des Ausleuchtungskanals 16_i,
10 gesehen in einer Dimension x senkrecht zur einem beschnittenen Rand +/-y zentral (also im Bereich x_0) oder randseitig (also in den Bereichen $x_{\min}$ und $x_{\max}$) erfolgt.

Ein Beschneiden des Beleuchtungslicht-Teilbündels 16_i führt also dazu,
15 dass abhängig vom Ort auf dem Objektfeld 5 Beleuchtungslicht 16 von dieser Korrektur-Pupillenfacette 29 mit unterschiedlicher Intensität hin zum Objektfeld 5 überführt wird. Durch gesteuerte Verkippung der Korrektur-Feldfacetten 25 lässt sich also eine feldabhängige Korrektur einer Beleuchtungsintensitätsverteilung über das Objektfeld 5 erzielen.

20

Ein entsprechend beschnittener Ausleuchtungskanal 16_i stellt einen Korrektur-Ausleuchtungskanal dar.

Die Korrektur-Verlagerungen des Beleuchtungslicht-Teilbündels 16_i in positiver oder negativer x-Richtung können mit den Korrekturverlagerungen in negativer oder positiver y-Richtung kombiniert werden. Dies kann
25 durch gleichzeitige Verkippung der Korrektur-Feldfacette 25, die der betrachteten Korrektur-Pupillenfacette 29 zugeordnet ist, um die y- und um die x-Achse um einen entsprechenden Korrektur-Kippwinkel erfolgen. Die entstehenden Korrektur-Feldverläufe der Kanalintensität I_K ergeben sich

als Überlagerungen beispielsweise der Korrektur-Feldverläufe nach den Fig. 6 und 8, nach den Fig. 6 und 9, nach den Fig. 7 und 8 oder nach den Fig. 7 und 9. Auf diese Weise können auch komplexere Korrektur-Feldverläufe erzeugt werden.

5

Anhand der Fig. 10 und 11 wird nachfolgend beispielhaft eine konkrete Korrekturanwendung der vorstehend beschriebenen Beleuchtungsoptik 4 erläutert.

- 10 Fig. 10 zeigt einen zu korrigierenden Feldverlauf einer x-Telezentrie T_x . Es gilt:

$$T_x(x) = K \cdot \frac{\sum_c I_c(x, \rho_x, \rho_y) \cdot \rho_x}{\sum_c I_c(x, \rho_x, \rho_y)},$$

- 15 wobei x den Feldpunkt beschreibt, K ein Normierungsfaktor ist, und $I_c(x, \rho_x, \rho_y)$ die Intensität in der Pupille des c -ten Kanals am Ort ρ_x, ρ_y am Feldpunkt x bezeichnet.

- Der Telezentriewert T_x steigt zwischen einem Minimalwert $T_{x,\min}$ bei der
20 Feldhöhe $x_{\min}$ über die Feldhöhe x monoton bis zu einem Wert $T_{x,\max}$ bei der maximalen Feldhöhe $x_{\max}$ an.

Ein Verlauf der x-Telezentrie T_x ist in der Fig. 10 bei 33 durchgezogen dargestellt.

25

Fig. 11 zeigt eine Beleuchtungspupille der Beleuchtungsoptik 4, die von Punkten des Objektfeldes 5 bei der maximalen Feldhöhe $x_{\max}$ gesehen

wird. Dargestellt ist schematisch und nicht maßstabsgerecht ein x-Dipol-Setting. Ein linker Pol 34 dieses Dipol-Beleuchtungssettings wird gebildet durch Intensitätsbeiträge bzw. Pupillenspots 35, die durch Beaufschlagung dieser Feldhöhe $x_{\max}$ mit entsprechenden Pupillenfacetten 29 erzeugt wird.

5 Die Intensitätsbeiträge 35 sind relativ schwach, was in der Fig. 11 durch kleine Radien dieser Intensitätsbeiträge 35 veranschaulicht ist.

Ein rechter Pol 36 des Dipol-Beleuchtungssettings nach Fig. 11 beinhaltet Intensitätsbeiträge bzw. Pupillenspots 37, ausgehend von entsprechenden

10 Pupillenfacetten 29 des Pupillenfacettenspiegels 20. Die Intensitätsbeiträge 37 sind stärker als die Intensitätsbeiträge 35, was in der Fig. 11 durch entsprechend größere Radien der Intensitätsbeiträge 37 verdeutlicht ist. Aufgrund der stärkeren Intensitätsbeiträge 37 ist die integrierte Beleuchtungsintensität über den Pol 36 größer als die integrierte Beleuchtungsintensität

15 über den Pol 34, was am Ort $x_{\max}$ zum positiven x-Telezentriewert $T_{x,\max}$ führt.

Es können nun die in der Fig. 11 über eine gestrichelte Berandung hervor-
gehobenen Intensitätsbeiträge 37 durch Auswahl der zugehörigen Pupillen-

20 facetten 29 als Korrektur-Pupillenfacetten korrigiert, also hinsichtlich ihrer Intensitäten reduziert werden. Bei diesen zugehörigen Pupillenfacetten 29 erfolgt dann eine Verlagerung der Beleuchtungslicht-Teilbündel 16_i in positiver x-Richtung, so dass eine Feldkorrektur entsprechend der Fig. 7 resultiert. Eine integrale Intensität über den Beleuchtungspol 36 und somit

25 der Wert $T_{x,\max}$ können somit reduziert werden.

Fig. 11 zeigt diese, scanintegrierte Beleuchtungspupille an der Feldkoordinate x , aufgetragen über Pupillenkoordinaten σx , σy .

- Bei der Projektionsbelichtung mithilfe der Projektionsbelichtungsanlage 1 wird zunächst ein vorgegebenes Beleuchtungssetting eingestellt und hinsichtlich seiner Beleuchtungsparameter vermessen. Anschließend erfolgt eine Auswahl von Korrektur-Pupillenfacetten und über die gesteuerte Vorgabe entsprechender Korrektur-Kippwinkel der zugeordneten Korrektur-Feldfacetten erfolgt eine Korrektur von Vorgabewerten nicht eingehaltener Beleuchtungsparameter, bis diese innerhalb vorgegebener Toleranzgrenzen um vorgegebene Sollwerte der Beleuchtungsparameter liegen.
- 10 Die Beleuchtungsoptik 4 umfasst weiterhin eine Sensoreinheit 40 (vgl. Fig. 1 und 12) zur Erfassung einer Intensität des Beleuchtungslichts 16 in Abhängigkeit von der Feldhöhe x , also in Abhängigkeit von einer Quersfeldkoordinate x des Objektfeldes 5. Die Sensoreinheit 40 umfasst eine Vorschaltoptik 41 und einen orts aufgelöst messenden Sensor 42.
- 15 Die Vorschaltoptik 41, die in der Fig. 12 schematisch dargestellt ist, hat einen Erfassungsbereich 43, der das gesamte Objektfeld 5 abdeckt. Die Vorschaltoptik 41 bildet das Objektfeld 5 auf den Sensor 42 ab. Beim Sensor 42 kann es sich um ein Zeilenarray oder um ein Zeilen- und Spaltenarray aus individuell beleuchtungslichtempfindlichen Sensorpixeln handeln.
- 20 Insbesondere handelt es sich beim Sensor 42 um ein CCD-Array. Mithilfe entsprechender Wellenlängen-Umwandlungseinrichtungen, beispielsweise mithilfe einer Szintillationsbeschichtung, wird die EUV-Wellenlänge zur Vermessung der Beleuchtungslicht-Intensitätsabhängigkeit von der Feldhöhe x in eine Richtungs wellenlänge umgewandelt, für die der Sensor 42 empfindlich ist. Alternativ ist es möglich, zur Vermessung der Abhängigkeit der Beleuchtungslichtintensität von der Feldhöhe x die EUV-Lichtquelle 2 durch eine Mess-Lichtquelle zu simulieren, deren Abstrahl-
- 25

charakteristik derjenigen der EUV-Lichtquelle entspricht, die aber eine Messwellenlänge emittiert, für die der Sensor 42 empfindlich ist.

- Mithilfe der Sensoreinheit 40, der zentralen Steuereinrichtung 32 und den
- 5 Kipp-Aktoren 31 kann ein nachfolgend beschriebenes Verfahren zum Vor-
geben einer minimalen Beleuchtungsintensität $I_{\min}$ (vgl. Fig. 14 und 15)
über die Feldhöhe x durchgeführt werden, welches nachfolgend insbeson-
dere anhand der Fig. 13 noch näher beschrieben wird.
- 10 Hierzu wird in einem Identifizierungsschritt 44 zunächst eine Minimalin-
tensitäts-Querfeldkoordinate $x_{\min}$ identifiziert, bei der eine Gesamt-
Beleuchtungsintensität $I_{\text{Ges},0}$ der über alle Ausleuchtungskanäle 16_i geführ-
ten Beleuchtungslicht-Teilbündel 16_i minimal ist. Diese Identifikation er-
folgt durch Messen der Gesamt-Beleuchtungsintensität I_{Ges} über die Feld-
15 höhe x mithilfe der Sensoreinheit 40 bei einem ersten Satz von Kippstel-
lungen der Kipp-Aktoren 31 des Feldfacettenspiegels 19. Ein beispielhaftes
Ergebnis dieser Messung ist in der Fig. 14 dargestellt. Es ergibt sich die
Minimalintensitäts-Querfeldkoordinate $x_{\min}$ am rechten Feldrand des Ob-
jektfeldes 5. Die zugehörige Intensität $I(x_{\min})$ beträgt $I_{\min}$.
- 20 Anschließend wird in einem Ausleuchtungskanal-Identifizierungsschritt 45
mindestens ein Ausleuchtungskanal 16_i identifiziert, bei dem eine Variati-
on eines randseitigen Beschneidens des hierüber geführten Beleuchtungs-
licht-Teilbündels 16_i an der jeweiligen Pupillenfacette 29 zu einer Vergrö-
ßerung einer Beleuchtungsintensität $I(x_{\min})$ an der Minimalintensitäts-
25 Querfeldkoordinate $x_{\min}$ führt. Diese Ausleuchtungskanal-Identifizierung
kann durch Messen der jeweiligen $I(x)$ -Variation des jeweiligen Ausleuch-
tungskanals 16_i bei Betätigung des Kipp-Aktors 31 der diesem Ausleuch-
tungskanal 16_i zugehörigen Feldfacette 25 geschehen, was grundsätzlich
für alle Ausleuchtungskanäle 16_i messtechnisch durchgeführt werden kann.

- Hierbei können individuelle Ausleuchtungskanäle 16_i vermessen werden, wobei dann alle anderen Ausleuchtungskanäle 16_i abgeschattet werden. Alternativ kann eine entsprechende $I(x)$ -Variation auch durch Simulation der Lichtführungsverhältnisse des jeweiligen Beleuchtungslicht-
- 5 Teilbündels 16_i über den Ausleuchtungskanal 16_i erfolgen.
- Für diejenigen Ausleuchtungskanäle 16_i , bei denen der Ausleuchtungskanal-Identifikationsschritt 45 erfolgreich war, erfolgt nachfolgend in einem Ausrichtschritt 46 ein Ausrichten der jeweiligen Feldfacette 25 des identi-
- 10 fizierten Ausleuchtungskanals 16_i zur Vergrößerung der Beleuchtungsintensität des zugehörigen Beleuchtungslicht-Teilbündels 16_i an der Minimalintensitäts-Querfeldkoordinate $x_{\min}$. Das Ausrichten geschieht über ein entsprechendes Betätigen des Kipp-Aktors 31 des mindestens einen identifizierten Ausleuchtungskanals 16_i .
- 15 Das Ergebnis dieses Vorgabeverfahrens mit den Schritten 44 bis 46 zeigt beispielhaft die Figur 15. Im Ergebnis ist die minimale Beleuchtungsintensität $I_{\min,k}$ im Vergleich zur anfänglichen minimalen Beleuchtungsintensität $I_{\min}$ (vgl. Fig. 14) angehoben. $I_{\min,k}$ kann 1 Prozent, 2 Prozent, 3 Prozent, 5
- 20 Prozent, 10 Prozent oder einen höheren Prozentsatz größer sein als $I_{\min}$.
- Aufgrund der neuen Ausrichtung der Feldfacetten 25 im Ausrichtschritt 46 hat sich eine Abhängigkeit einer Beleuchtungsintensität $I_{\text{Ges},k}$ des gesamten Beleuchtungslichts 16 über die Feldhöhe x im Vergleich zur ursprünglichen Intensitätsverteilung $I_{\text{Ges},0}$ geändert, sodass im Beispiel der Fig. 15 die
- 25 nun vorgegebene minimale Beleuchtungsintensität $I_{\min,k}$ nicht nur am rechten Feldrand, also an der Minimalintensitäts-Querfeldkoordinate $x_{\min}$, sondern auch am linken Feldrand vorliegt.

Beim vorstehend beschriebenen Verfahren wird beim globalen Intensitätsminimum über die Feldhöhe x angesetzt, das sich durch Überlagerung der Beleuchtungsintensitäten aller Beleuchtungslicht-Teilbündel 16_i über die Feldhöhe x , also über die Quersfeldkoordinate, ergibt.

5

Beim Vorgabeverfahren kann genau ein Ausleuchtungskanal 16_i identifiziert werden oder es kann eine Mehrzahl von Ausleuchtungskanälen 16_i identifiziert werden. Es können alle Ausleuchtungskanäle 16_i identifiziert werden, bei denen sich durch Variation des randseitigen Beschneidens des hierüber geführten Beleuchtungslicht-Teilbündels 16_i an der Pupillenfacette 29 die gewünschte Beleuchtungslicht-Intensitätsvergrößerung an der Minimalintensitäts-Quersfeldkoordinate $x_{\min}$ ergibt.

10

Zusätzlich kann noch ein weiterer Ausleuchtungskanal-

15

Identifizierungsschritt und ein weiterer Facetten-Ausrichtungsschritt während des vorstehend erläuterten Vorgabeverfahrens durchgeführt werden. Diese weiteren Identifizierungs- und Ausrichtungsschritte können parallel oder sequentiell zu den vorstehend erläuterten Identifizierungs- und Ausrichtungsschritten durchgeführt werden.

20

Bei dem weiteren Ausleuchtungskanal-Identifizierungsschritt wird mindestens ein Ausleuchtungskanal 16_i identifiziert, bei dem eine Variation eines randseitigen Beschneidens des hierüber geführten Beleuchtungslicht-Teilbündels 16_i an der Pupillenfacette 29 zu einer Vergrößerung einer minimalen Beleuchtungsintensität $I_{\min,i}$ dieses Beleuchtungslicht-Teilbündels 16_i über die Quersfeldkoordinate, also über die Feldhöhe x , führt. In der Fig. 14 ist gestrichelt in relativen Intensitätseinheiten eine Abhängigkeit eines Intensitätsverlaufs I_i einer Beleuchtungsintensität eines so identifizierten Ausleuchtungskanals 16_i eingezeichnet. Diese Identifikation erfolgt wie-

25

derum durch Messung mithilfe der Sensoreinheit 40, bei der alle anderen Ausleuchtungskanäle 16_i abgeschattet sind.

Bei diesem Intensitätsverlauf I_i über die Feldhöhe x ist die Ausleuchtungskanalintensität I_i nicht bei der Minimalintensitäts-Querfeldkoordinate $x_{\min}$
5 minimal, sondern am anderen, linken Feldrand, also bei der Koordinate $x_{\min,i}$. Die Minimalintensität dieses Ausleuchtungskanals 16_i bei der individuellen Minimalkoordinate $x_{\min,i}$ ist in der Fig. 14 mit $I_{\min,i}$ bezeichnet. In der Realität ist $I_{\min,i}$ natürlich um Größenordnungen kleiner als $I_{\min}$. Zur Veranschaulichung ist der Verlauf I_i aber, wie vorstehend schon erwähnt,
10 in relativen Intensitätseinheiten in die Fig. 14 eingezeichnet.

Nach diesem weiteren Ausleuchtungskanal-Identifizierungsschritt erfolgt in dem weiteren Facetten-Ausrichtschritt ein Ausrichten der diesem Ausleuchtungskanal 16_i zugehörigen Feldfacette 25 zur Vergrößerung der minimalen Beleuchtungsintensität $I_{\min,i}$ dieses Ausleuchtungskanals 16_i , indem die entsprechende Beschneidungs-Variation an der zugehörigen Pupillenfacette 29 des Ausleuchtungskanals 16_i eingestellt wird.
15

Das Ausrichten in den Ausrichtschritten erfolgt gemäß den vorstehend erläuterten Ausführungsbeispielen mithilfe der Kipp- bzw. Korrektur-Aktoren 31. Die Feldfacetten 25 können zum Ausrichten also dynamisch verkippt werden. Alternativ kann ein derartiges Ausrichten auch statisch schon beim Grunddesign des Feldfacettenspiegels 19 erfolgen, sodass mittels Kipp-Aktoren verkippbare Feldfacetten 25 nicht zwingend zur Durchführung der vorstehend beschriebenen Verfahren sind.
25

Ergebnis des weiteren Ausleuchtungskanal-Identifizierungsschritt und auch des weiteren Ausricht-Schritt ist ein Anheben der Beleuchtungsintensität nicht nur im Bereich der Minimalintensitäts-Querfeldkoordinate $x_{\min}$, son-

- der auch im Bereich anderer und hinsichtlich ihrer möglicherweise geringen Beleuchtungsintensität kritischer Feldkoordinaten, im in den Fig. 14 und 15 dargestellten Beispiel, also im Bereich der Minimalintensitäts-Querfeldkoordinate $x_{\min}$ gegenüberliegenden, linken Feldkoordinate $x_{\min,i}$.
- 5 Die Durchführung der weiteren Ausleuchtungskanal-Identifizierungs- und Facetten-Ausrichtungsschritte gewährleistet entsprechend, dass bei einem Anheben der Beleuchtungsintensität auf die Intensität $I_{\min,k}$ an der Minimalintensitäts-Querfeldkoordinate $x_{\min}$ mithilfe der vorstehend erläuterten Schritte 44 bis 46 die Beleuchtungsintensität nicht unerwünscht an einer
- 10 anderen Feldkoordinate geringer ist als $I_{\min,k}$.

- Bei der Projektionsbelichtung mit Hilfe der Projektionsbelichtungsanlage 1 wird zunächst mit Hilfe des vorstehend erläuternden Einstellungsverfahrens eine Beleuchtungsgeometrie eingestellt. Dann wird wenigstens ein
- 15 Teil des Retikels 7 im Objektfeld 5 auf einen Bereich der lichtempfindlichen Schicht auf den Wafer 13 im Bildfeld 11 zur lithografischen Herstellung eines mikro- beziehungsweise nanostrukturierten Bauteils, insbesondere eines Halbleiterbauteils, beispielsweise eines Mikrochips, abgebildet. Hierbei werden das Retikel 7 und der Wafer 13 zeitlich synchronisiert in
- 20 der y-Richtung kontinuierlich im Scannerbetrieb verfahren.

Patentansprüche

1. Beleuchtungsoptik (4) für die EUV-Projektionslithografie für die Beleuchtung eines Objektfeldes (5), in dem ein abzubildendes Objekt (7)
5 anordenbar ist,
 - mit einem Feldfacettenspiegel (19) mit einer Mehrzahl von Feldfacetten (25), angeordnet im Bereich einer Feldebene der Beleuchtungsoptik (4),
 - mit einem Pupillenfacettenspiegel (20) mit einer Mehrzahl von Pupillenfacetten (29), angeordnet im Bereich einer Pupillenebene der
10 Beleuchtungsoptik (4),
 - wobei jede der Feldfacetten (25) zur Überführung von Nutz-Beleuchtungslicht (16) von einer Lichtquelle (2) hin zu jeweils einer der Pupillenfacetten (29) dient,
 - 15 - wobei über jeweils einen Ausleuchtungskanal ein jeweiliges Nutz-Beleuchtungslicht-Teilbündel (16_i) zwischen der Lichtquelle (2) und dem Objektfeld (5) über genau eine Feldfacette (25) und genau eine Pupillenfacette (29) geführt ist,
 - wobei eine im jeweiligen Ausleuchtungskanal (16_i) der Feldfacette
20 (25) nachgeordnete Übertragungsoptik (21) zur überlagernden Abbildung der Feldfacetten (25) in das Objektfeld (5) ausgebildet ist,
 - wobei die Übertragungsoptik (21) für jeden Ausleuchtungskanal (16_i) jeweils eine der Pupillenfacetten (29) zur Überführung des Beleuchtungslicht-Teilbündels (16_i) von der Feldfacette (25) hin
25 zum Objektfeld (5) aufweist,
 - wobei zumindest einige Pupillenfacetten (29), die als Korrektur-Pupillenfacetten einsetzbar sind, so im Strahlengang des sie beaufschlagenden Beleuchtungslicht-Teilbündels (16_i) angeordnet sind, dass ein Bild (2') der Lichtquelle (2) an einem Bildort entsteht, der

- 37 -

- längs des Ausleuchtungskanals (16_i) beabstandet zur Pupillenfacette (29) liegt,
- mit einer Korrektur-Steuerungseinrichtung (32) zur gesteuerten Verlagerung zumindest einiger der Feldfacetten (25), die über je-
5 weilige Ausleuchtungskanäle (16_i) den Korrektur-Pupillenfacetten (29) zugeordnet sind und als Korrektur-Feldfacetten einsetzbar sind, über mit den Korrektur-Feldfacetten (25) verbundenen Korrektur-Aktoren (31),
 - wobei die Korrektur-Steuerungseinrichtung (32) und die Korrektur-Aktoren (31) so ausgeführt sind, dass ein Korrektur-
10 Verlagerungsweg der Korrektur-Feldfacetten (25) in einem Korrektur-Verlagerungsbereich so groß ist, dass ein jeweiliger Korrektur-Ausleuchtungskanal (16_i) von einem Rand der Korrektur-Pupillenfacette (29) so beschnitten ist, dass das Beleuchtungslicht-
15 Teilbündel (16_i) nicht vollständig von der Korrektur-Pupillenfacette (29) in das Objektfeld (5) überführt wird.
2. Beleuchtungsoptik nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Korrektur-Aktoren (31) zur kontinuierlichen Verlagerung der Korrektur-Feldfacetten (25) ausgebildet sind.
20
3. Beleuchtungsoptik nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Korrektur-Aktoren (31) zur Verlagerung der Korrektur-Feldfacetten (25) um zwei zueinander senkrecht stehende Achsen (x, y) ausgebildet sind.
25
4. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Objekt (7) längs einer Objektverlagerungsrich-

tung (y) verlagerbar ist, wobei eine Anordnungsgeometrie einer Führung des Beleuchtungslichts (16) über die Ausleuchtungskanäle (16_i) derart ist, dass ein Querschnitt des jeweiligen Ausleuchtungskanals (16_i) auf den Korrektur-Pupillenfacetten (29) eine Randkontur derart
5 hat, dass über eine Größe des Korrektur-Verlagerungswegs ein randseitiges Beschneiden des Querschnitts in einer Richtung (+/-x) senkrecht zur Objektverlagerungsrichtung (y) vorgegeben werden kann.

5. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Objekt (5) längs einer Objektverlagerungsrichtung (y) verlagerbar ist, wobei eine Anordnungsgeometrie einer Führung des Beleuchtungslichts (16) über die Ausleuchtungskanäle (16_i) derart ist, dass ein Querschnitt des jeweiligen Ausleuchtungskanals (16_i) auf den Korrektur-Pupillenfacetten (29) eine Randkontur derart
10 hat, dass über eine Größe des Korrektur-Verlagerungswegs ein randseitiges Beschneiden des Querschnitts in einer Richtung (+/-y) parallel zur Objektverlagerungsrichtung (y) vorgegeben werden kann.

6. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** über eine Richtung (+/-y) des Korrektur-Verlagerungswegs vorgegeben werden kann, ob ein Beschneiden des Querschnitts des Ausleuchtungskanals (16_i), gesehen in einer Dimension (x) senkrecht zu einem beschnittenen Rand zentral (x₀) oder randseitig (x_{min}, x_{max}) erfolgt.
15

7. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **gekennzeichnet durch** bogenförmige Feldfacetten (25).
25

8. Beleuchtungssystem (3) mit einer Beleuchtungsoptik (4) nach einem Ansprüche 1 bis 7 und mit einer Lichtquelle (2) zur Erzeugung des Beleuchtungslichts (16).
- 5 9. Optisches System mit einer Beleuchtungsoptik (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 und mit einer Projektionsoptik (10) zur Abbildung des Objektfeldes (5) in ein Bildfeld (11).
- 10 10. Projektionsbelichtungsanlage (1) mit einem optischen System nach Anspruch 9 und einer Lichtquelle (2) zur Erzeugung des Beleuchtungslichts (16),
- mit einem Objekthalter (8) mit einem Objektverlagerungsantrieb (9) zur Verlagerung des Objekts (7) längs einer Objektverlagerungsrichtung (y),
 - 15 - mit einem Waferhalter (14) mit einem Waferverlagerungsantrieb (15) zur mit dem Objektverlagerungsantrieb (9) synchronisierten Verlagerung eines Wafers (13).
- 20 11. Verfahren zum Vorgeben einer Soll-Verteilung einer Beleuchtungslicht-Intensität über eine Feldhöhe (x) eines Objektfeldes einer Projektionsbelichtungsanlage mit einer Beleuchtungsoptik (4) für die Beleuchtung des Objektfeldes (5), in dem ein abzubildendes und quer zur Feldhöhe (x) in einer Objektverlagerungsrichtung (y) verlagerbares Objekt (7) anordenbar ist,
- 25 - mit einem Feldfacettenspiegel (19) mit einer Mehrzahl von Feldfacetten (25), angeordnet im Bereich einer Feldebene der Beleuchtungsoptik (4),

- 40 -

- mit einem Pupillenfacettenspiegel (20) mit einer Mehrzahl von Pupillenfacetten (29), angeordnet im Bereich einer Pupillenebene der Beleuchtungsoptik (4),
- wobei jede der Feldfacetten (25) zur Überführung von Nutz-
5 Beleuchtungslicht (16) von einer Lichtquelle (2) hin zu jeweils einer der Pupillenfacetten (29) dient,
- wobei über jeweils einen Ausleuchtungskanal ein jeweiliges Nutz-
Beleuchtungslicht-Teilbündel (16_i) zwischen der Lichtquelle (2)
und dem Objektfeld (5) über genau eine Feldfacette (25) und genau
10 eine Pupillenfacette (29) geführt ist,
- wobei eine im jeweiligen Ausleuchtungskanal (16_i) der Feldfacette
(25) nachgeordnete Übertragungsoptik (21) zur überlagernden Ab-
bildung der Feldfacetten (25) in das Objektfeld (5) ausgebildet ist,
- wobei die Übertragungsoptik (21) für jeden Ausleuchtungskanal
15 (16_i) jeweils eine der Pupillenfacetten (29) zur Überführung des
Beleuchtungslicht-Teilbündels (16_i) von der Feldfacette (25) hin
zum Objektfeld (5) aufweist,

mit folgenden Schritten

- Einsetzen zumindest einiger der Pupillenfacetten (29) als Korrektur-Pupillenfacetten, die so im Strahlengang des sie beaufschlagenden Beleuchtungslicht-Teilbündels (16_i) angeordnet sind, dass
20 ein Bild (2') der Lichtquelle (2) an einem Bildort entsteht, der längs
des Ausleuchtungskanals (16_i) beabstandet zur Pupillenfacette (29)
liegt,
- Gesteuertes Verlagern zumindest einiger der Feldfacetten (25) als Korrektur-Feldfacetten, die über jeweilige Ausleuchtungskanäle
(16_i) den Korrektur-Pupillenfacetten (29) zugeordnet sind, mit ei-

ner Korrektur-Steuerungseinrichtung (32) über mit den Korrektur-Feldfacetten (25) verbundenen Korrektur-Aktoren (31),

- Auswählen eines Korrektur-Verlagerungswegs der Korrektur-Feldfacetten (25) innerhalb eines Korrektur-Verlagerungsbereichs derart, dass ein jeweiliger Korrektur-Ausleuchtungskanal (16_i) von einem Rand der Korrektur-Pupillenfacette (29) so beschnitten wird, dass das Beleuchtungslicht-Teilbündel (16_i) nicht vollständig von der Korrektur-Pupillenfacette (29) in das Objektfeld (5) überführt wird.

10

12. Verfahren zum Vorgeben einer minimalen Beleuchtungsintensität ($I_{\min,k}$) von Beleuchtungslicht (16) über eine Quersfeldkoordinate (x) eines Objektfeldes (5) einer Beleuchtungsoptik (4) für die Projektionslithografie,

- wobei im Objektfeld (5) ein abzubildendes Objekt (7) anordenbar ist,
- wobei die Quersfeldkoordinate (x) quer zu einer Objektverlagerungsrichtung (y) verläuft, längs der das Objekt (7) verlagerbar ist,
- wobei die Beleuchtungsoptik (4) zwei im Strahlengang des Beleuchtungslichts (16) hintereinander derart angeordnete Facettenspiegel (19, 20) aufweist, dass über jeweils einen Ausleuchtungskanal (16_i) ein jeweiliges Nutz-Beleuchtungslicht-Teilbündel (16_i) zwischen einer Lichtquelle (2) und dem Objektfeld (5) über genau eine Facette (25) des ersten Facettenspiegels (19) und genau eine Facette (29) des zweiten Facettenspiegels (20) geführt ist,

25

mit folgenden Schritten:

- Identifizieren (44) einer Minimalintensitäts-Quersfeldkoordinate ($x_{\min}$), bei der die Gesamt-Beleuchtungsintensität ($I_{\text{Ges},0}$) der über

alle Ausleuchtungskanäle (16_i) geführten Beleuchtungslicht-Teilbündel (16_i) minimal ist,

- 5 - Identifizieren (45) mindestens eines Ausleuchtungskanals (16_i), bei dem eine Variation eines randseitigen Beschneidens des hierüber geführten Beleuchtungslicht-Teilbündels (16_i) an der zweiten Facette (29) zu einer Vergrößerung einer Beleuchtungsintensität dieses Beleuchtungslicht-Teilbündels (16_i) an der Minimalintensitäts-Querfeldkoordinate ($x_{\min}$) führt,
- 10 - Ausrichten (46) der ersten Facette (25) dieses Ausleuchtungskanals (16_i) zur Vergrößerung von dessen Beleuchtungsintensität ($I_{\min,k}$) an der Minimalintensitäts-Querfeldkoordinate ($x_{\min}$).

13. Verfahren nach Anspruch 12, **gekennzeichnet durch** folgende weitere Schritte:

- 15 - Identifizieren mindestens eines Ausleuchtungskanals (16_i), bei dem eine Variation eines randseitigen Beschneidens des hierüber geführten Beleuchtungslicht-Teilbündels (16_i) an der zweiten Facette (29) zu einer Vergrößerung einer minimalen Beleuchtungsintensität ($I_{\min,i}$) dieses Beleuchtungslicht-Teilbündels (16_i) über die Querfeldkoordinate (x) führt,
- 20 - Ausrichten der ersten Facette (25) dieses Ausleuchtungskanals (16_i) zur Vergrößerung dieser minimalen Beleuchtungsintensität ($I_{\min,i}$).

25 14. Verfahren zur Herstellung eines mikro- und/oder nanostrukturierten Bauteils mit folgenden Schritten:

- Bereitstellen einer Projektionsbelichtungsanlage (1) nach Anspruch 10,

- 43 -

- Einstellen eines Ist-Beleuchtungssettings einer Beleuchtungswinkelverteilung über das Objektfeld (5) in Übereinstimmung innerhalb vorgegebener Toleranzgrenzen mit einem Soll-Beleuchtungssetting durch Vorgabe entsprechender Korrektur-Verlagerungswege für ausgewählte Korrektur-Feldfacetten (25) über die Korrektur-Steuerungseinrichtung (32),
- Bereitstellen eines Wafers (13),
- Bereitstellen einer Lithografiemaske (7),
- Projizieren wenigstens eines Teils der Lithografiemaske (7) auf einen Bereich einer lichtempfindlichen Schicht des Wafers (13) mit Hilfe der Projektionsoptik (10) der Projektionsbelichtungsanlage (1).

15. Bauteil, hergestellt durch ein Verfahren nach Anspruch 14.

1/8

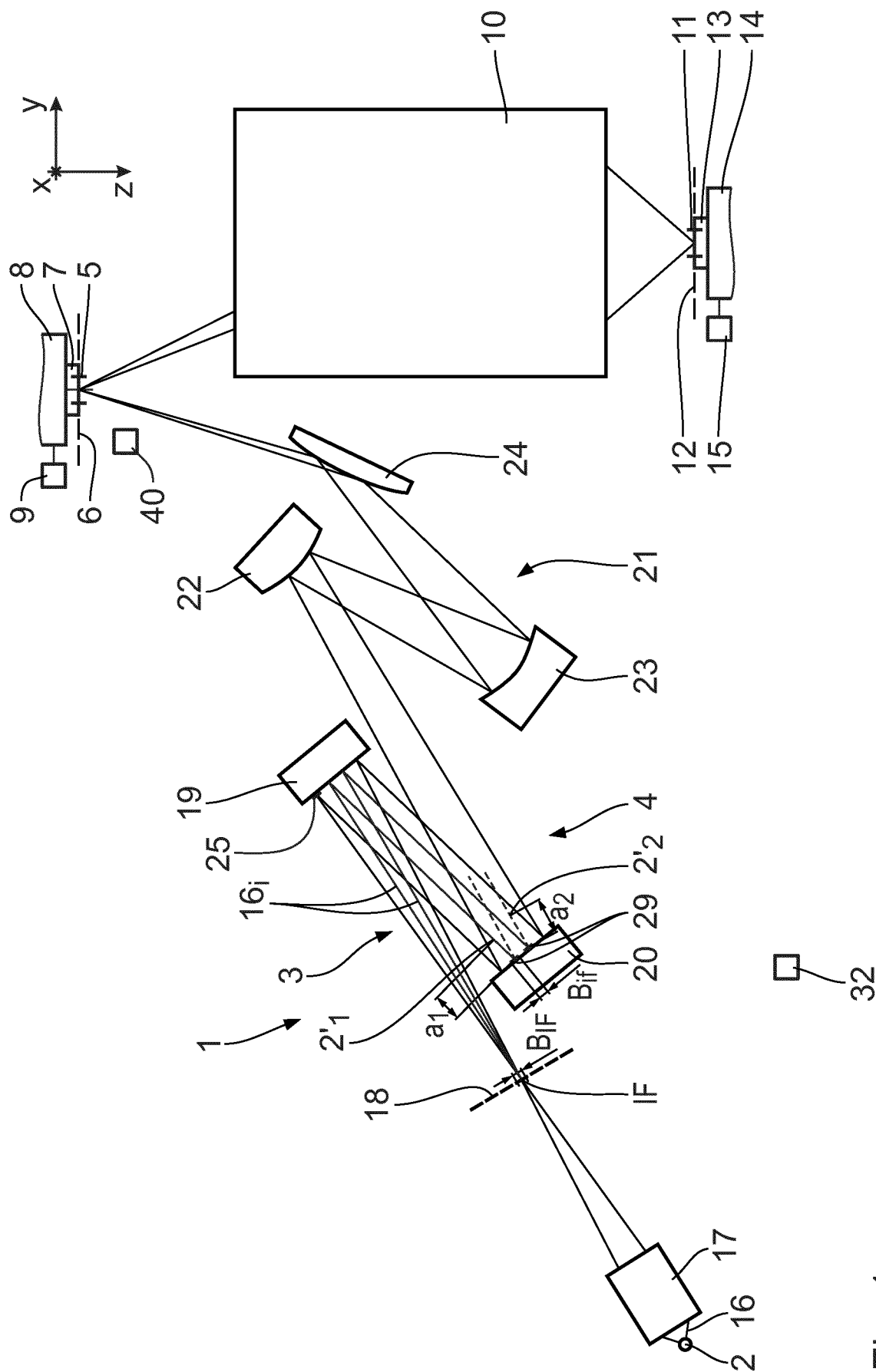


Fig. 1

2/8

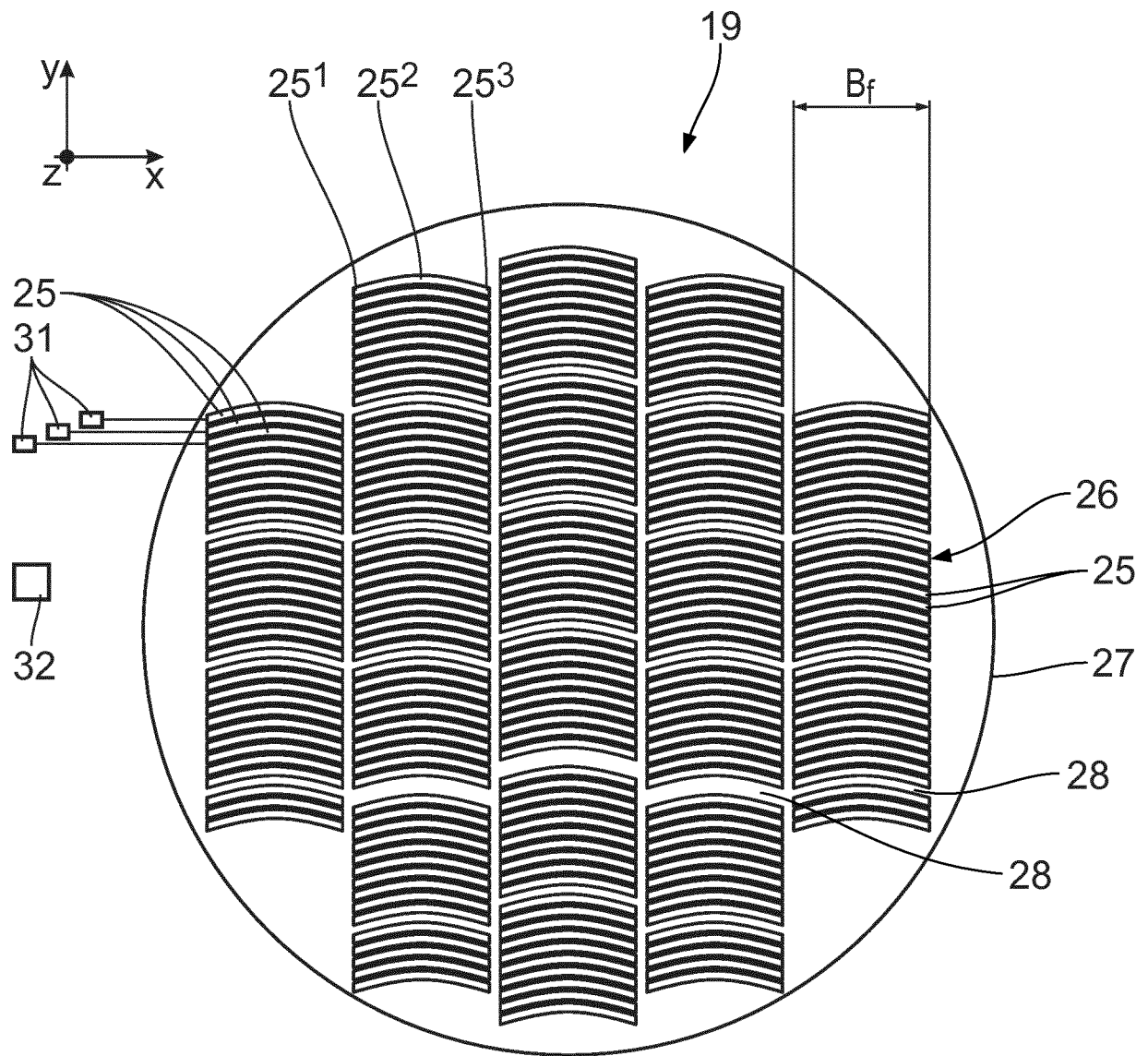


Fig. 2

3/8

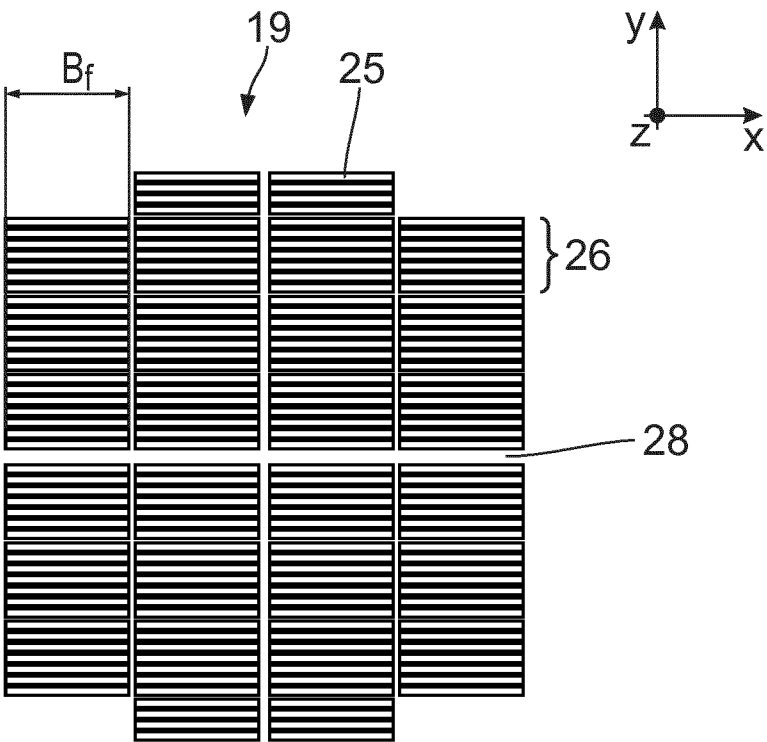


Fig. 3

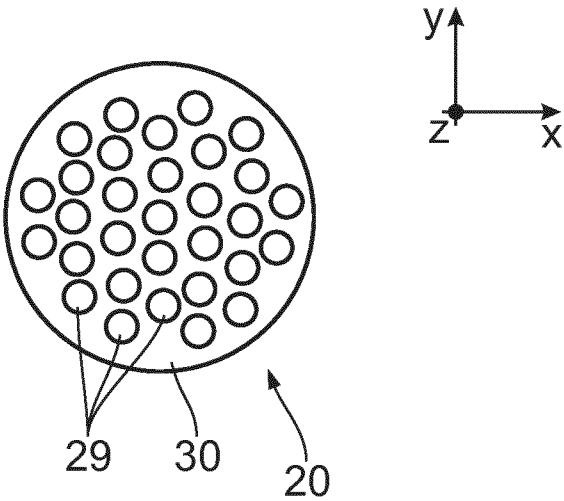


Fig. 4

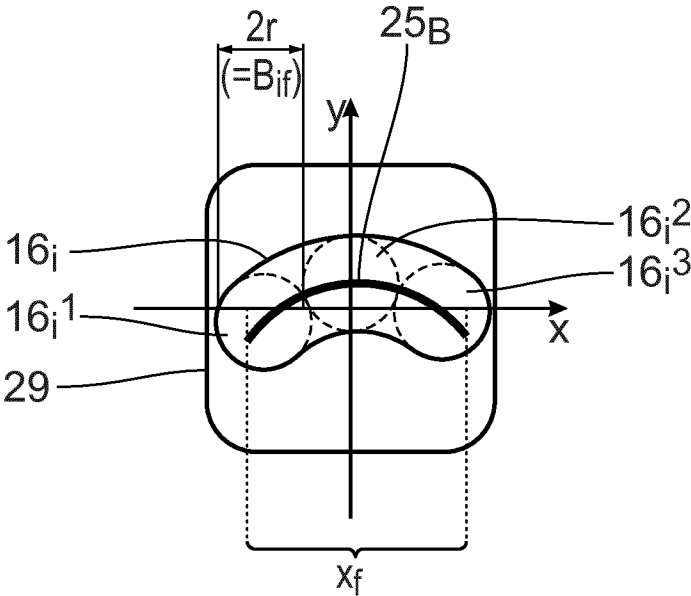


Fig. 5

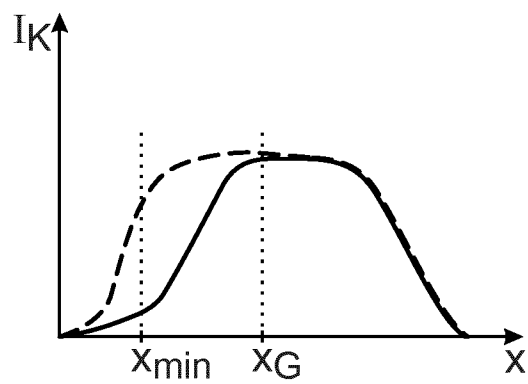


Fig. 6

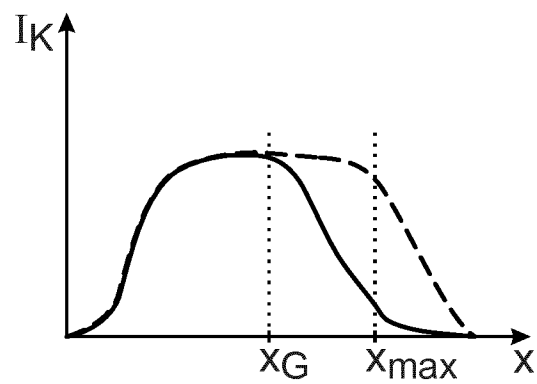


Fig. 7

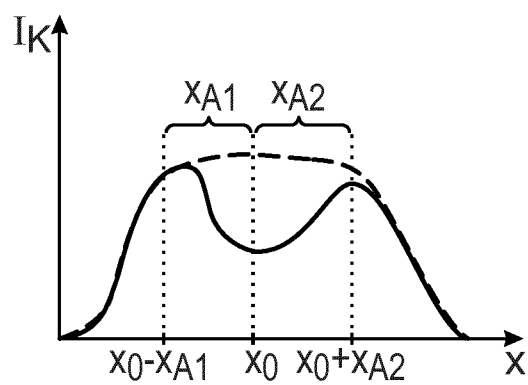


Fig. 8

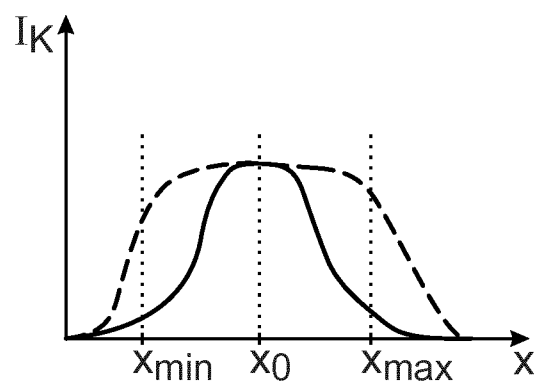


Fig. 9

6/8

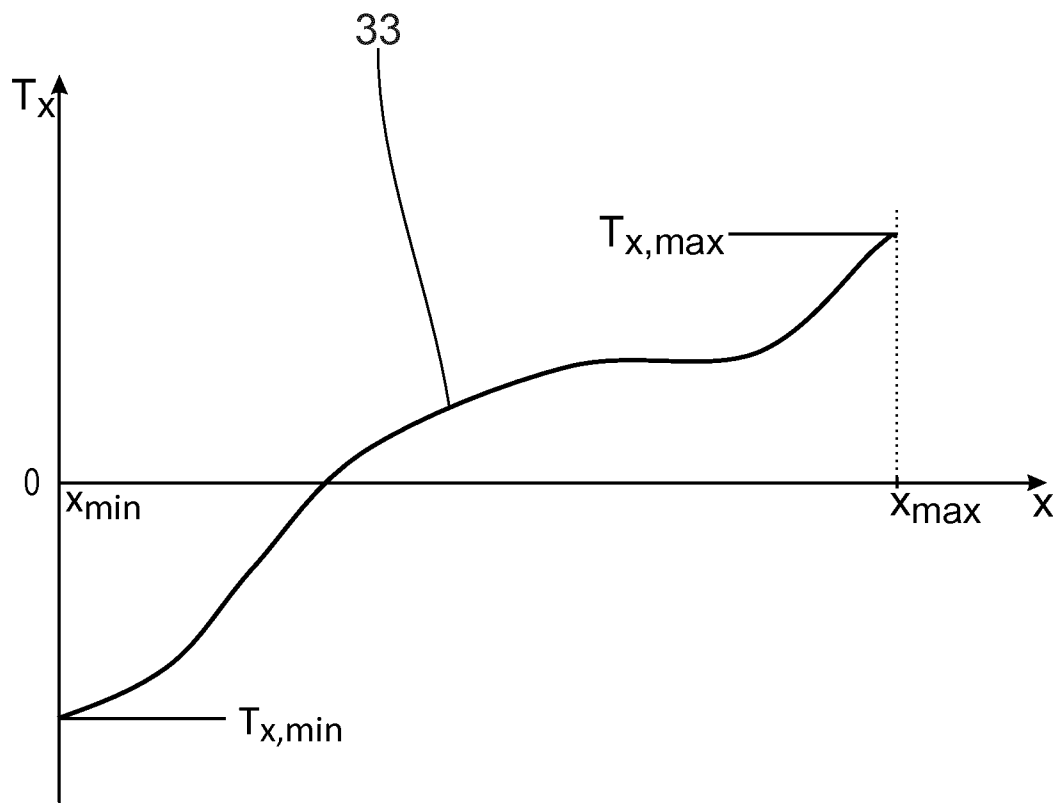


Fig. 10

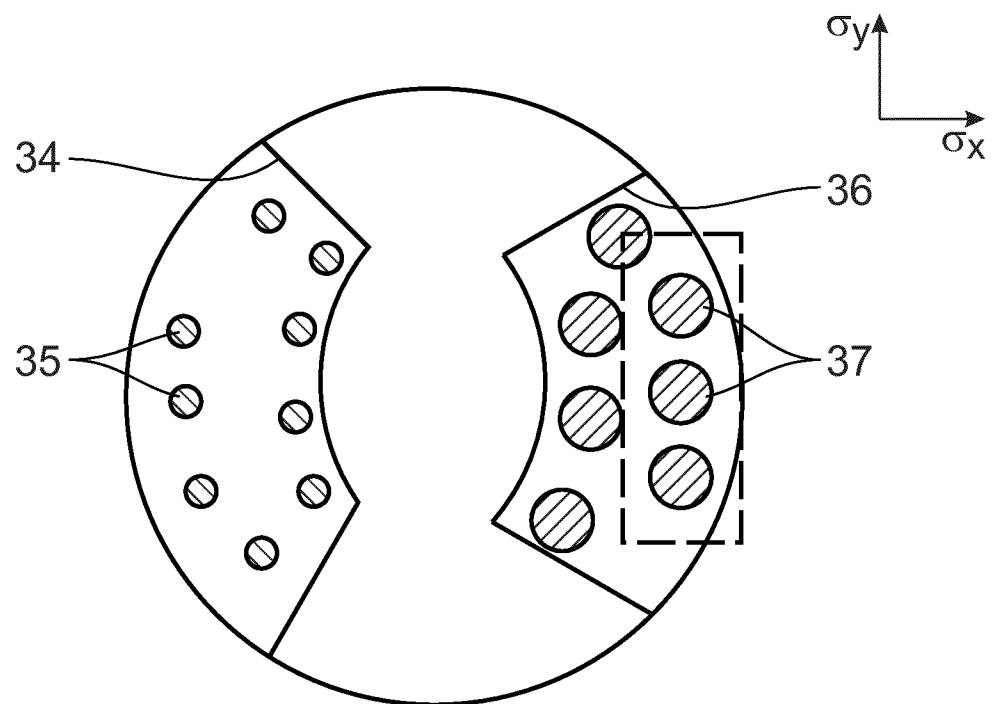


Fig. 11

7/8

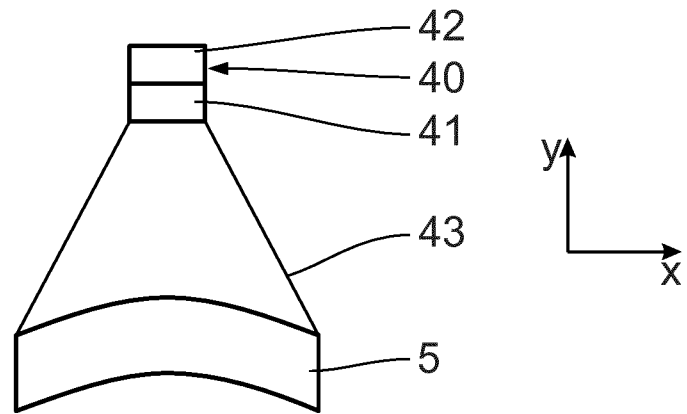


Fig. 12

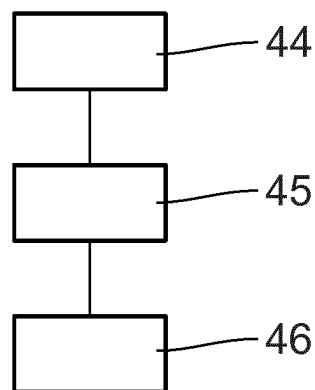


Fig. 13

8/8

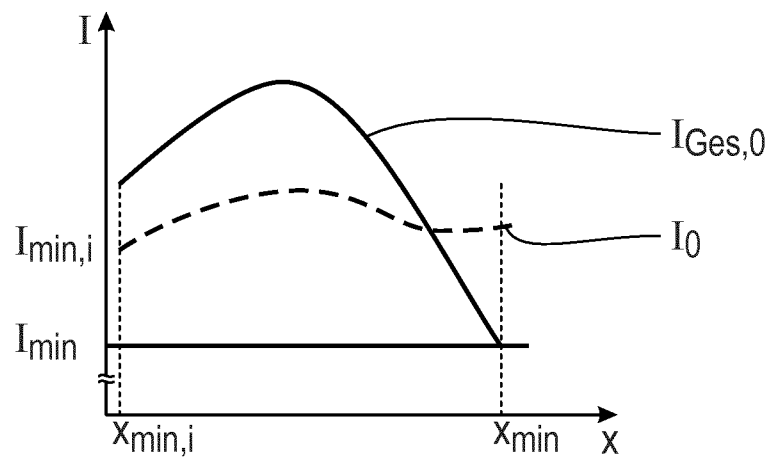


Fig. 14

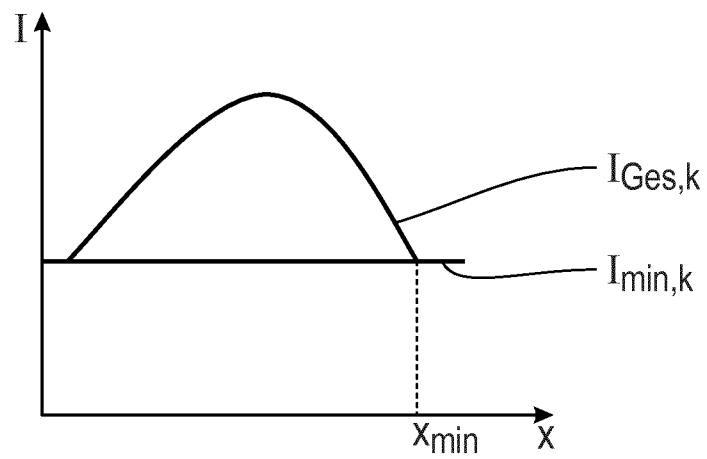


Fig. 15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/052168

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G03F7/20
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

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.
Y	DE 10 2008 001511 A1 (ZEISS CARL SMT AG [DE]) 5 November 2009 (2009-11-05) paragraphs [0100] - [0123], [0194] - [0200]; figures 1,2,23,26 -----	1-15
Y	DE 10 2006 036064 A1 (ZEISS CARL SMT AG [DE]) 7 February 2008 (2008-02-07) paragraphs [0056] - [0057] -----	1-15



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

17 June 2016

Date of mailing of the international search report

30/06/2016

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

Stemmer, Michael

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/052168

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102008001511 A1	05-11-2009	DE 102008001511 A1	05-11-2009
		JP 5385970 B2	08-01-2014
		JP 2011519172 A	30-06-2011
		TW 200951639 A	16-12-2009
		US 2011063598 A1	17-03-2011
		WO 2009132756 A1	05-11-2009

DE 102006036064 A1	07-02-2008	DE 102006036064 A1	07-02-2008
		EP 1884831 A2	06-02-2008
		US 2008278704 A1	13-11-2008

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G03F7/20

ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

G03F

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.
Y	DE 10 2008 001511 A1 (ZEISS CARL SMT AG [DE]) 5. November 2009 (2009-11-05) Absätze [0100] - [0123], [0194] - [0200]; Abbildungen 1,2,23,26 -----	1-15
Y	DE 10 2006 036064 A1 (ZEISS CARL SMT AG [DE]) 7. Februar 2008 (2008-02-07) Absätze [0056] - [0057] -----	1-15



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

17. Juni 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

30/06/2016

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

Stemmer, Michael

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/052168

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102008001511 A1	05-11-2009	DE 102008001511 A1	05-11-2009
		JP 5385970 B2	08-01-2014
		JP 2011519172 A	30-06-2011
		TW 200951639 A	16-12-2009
		US 2011063598 A1	17-03-2011
		WO 2009132756 A1	05-11-2009

DE 102006036064 A1	07-02-2008	DE 102006036064 A1	07-02-2008
		EP 1884831 A2	06-02-2008
		US 2008278704 A1	13-11-2008
