

(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. Januar 2017 (12.01.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/005709 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G03F 7/20 (2006.01) **G02B 17/06** (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/065751
- (22) Internationales Anmeldedatum:
5. Juli 2016 (05.07.2016)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2015 212 619.6 6. Juli 2015 (06.07.2015) DE
- (71) Anmelder: **CARL ZEISS SMT GMBH** [DE/DE];
Rudolf-Eber-Strasse 2, 73447 Oberkochen (DE).
- (72) Erfinder: **SCHWAB, Markus**; Limesstrasse 47/2, 73434
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: IMAGING OPTIC FOR IMAGING AN OBJECT FIELD IN AN IMAGE FIELD, AS WELL AS PROJECTION
ILLUMINATION SYSTEM HAVING AN IMAGING OPTIC OF THIS TYPE

(54) Bezeichnung : ABBILDENDE OPTIK ZUR ABBILDUNG EINES OBJEKTfeldES IN EIN BILDFELD SOWIE
PROJEKTIONSBELICHTUNGSANLAGE MIT EINER DERARTIGEN ABBILDENDEN OPTIK

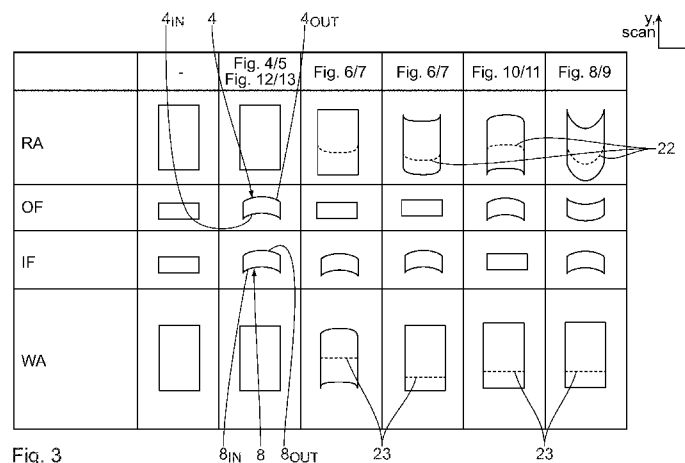


Fig. 3

(57) Abstract: An imaging optic for projection lithography has a plurality of imaging optical components. An object field (4) has an edge contour. In a transverse direction to an object scanning direction (y), this edge contour has a leading object-field edge contour section (4_{IN}) and a following object edge contour section (4_{OUT}). Correspondingly, the image field (8) also has a leading image-field edge contour section (8_{IN}) and a following image-field edge contour section (8_{OUT}). In a first variation, an object-field edge contour radius (R_{IN}⁴) is finite and a ratio (R_{IN}⁴/R_{IN}⁸) of the object-field edge contour radius (R_{IN}⁴) and the image-field edge contour radius (R_{IN}⁸) deviates from an imaging standard (β) by more than 10%. In a further variation, the object-field edge contour radius (R_{IN}⁴) is infinite and the image-field edge contour radius (R_{IN}⁸) is finite. As a result, an imaging optic having improved imaging quality is produced.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/005709 A1

**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 abbildende Optik für die Projektionslithographie hat eine Mehrzahl abbildender optischer Komponenten. Ein Objektfeld (4) hat eine Randkontur. Diese hat quer zu einer Objekt Scanrichtung (y) einen führenden Objektfeld-Randkonturabschnitt (4_{IN}) und einen folgenden Objekt-Randkonturabschnitt (4_{OUT}). Entsprechend hat auch das Bildfeld (8) einen führenden Bildfeld-Randkonturabschnitt (8_{IN}) und einen folgenden Bildfeld-Randkonturabschnitt (8_{OUT}). Bei einer ersten Variante ist ein Objektfeld-Randkonturradius (R_{IN}^4) endlich und ein Verhältnis (R_{IN}^4/R_{IN}^8) aus dem Objektfeld-Randkonturradius (R_{IN}^4) und dem Bildfeld-Randkonturradius (R_{IN}^8) weicht von einem Abbildungsmaßstab (β) um mehr als 10 % ab. Bei einer weiteren Variante ist der Objektfeld-Randkonturradius (R_{IN}^4) unendlich und der Bildfeld-Randkonturradius (R_{IN}^8) endlich. Es resultiert eine abbildende Optik mit verbesserter Abbildungsqualität.

Abbildende Optik zur Abbildung eines Objektfeldes in ein Bildfeld sowie Projektionsbelichtungsanlage mit einer derartigen abbildenden Optik

Die vorliegende Patentanmeldung nimmt die Priorität der deutschen Patentanmeldung DE 10 2015 212 619.6 in Anspruch, deren Inhalt durch Bezugnahme hierin aufgenommen wird.

Die Erfindung betrifft eine abbildende Optik zur Abbildung eines Objektfeldes in ein Bildfeld. Ferner betrifft die Erfindung ein optisches System mit einer derartigen abbildenden Optik, eine Projektionsbelichtungsanlage mit einem derartigen optischen System, ein Verfahren zur Herstellung eines mikro- beziehungsweise nanostrukturierten Bauteils mit einer derartigen Projektionsbelichtungsanlage, ein mit diesem Verfahren hergestelltes mikro- beziehungsweise nanostrukturiertes Bauelement sowie ein Retikel zum Einsatz mit einer derartigen abbildenden Optik.

Abbildende Optiken der eingangs genannten Art sind bekannt aus der DE 10 2012 212 753 A1, aus der US 2010/0 149 509 A1 und aus der US 4,964,706.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine abbildende Optik der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, dass eine verbesserte Abbildungsqualität resultiert.

Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß gelöst durch eine abbildende Optik mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen.

Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass eine Abweichung zwischen dem Feld-Randkonturradiusverhältnis einerseits und dem Abbildungsmaßstab andererseits zur Möglichkeit führt, Designs von abbildenden Optiken mit verbesserter Abbildungsqualität zu schaffen. Insbesondere lässt sich hierüber die Möglichkeit schaffen, um über eine Feldverkipfung, was über einen entsprechenden Kippaktor des abzubildenden Objekts und/oder des Substrats, auf welches abgebildet werden soll, erreicht werden kann, eine gezielte Manipulation der Abbildungseigenschaften der abbildenden Optik zu erreichen. Manipuliert kann insbesondere die Relativlage einer Fokalebene relativ zum abzubildenden Objekt und/oder relativ zum Substrat, auf welches abgebildet wird, sein. Es kann also eine Defokuslage über einen solchen Kippaktor justiert werden. Insbesondere lässt sich über die erfindungsgemäße Abweichung des Verhältnisses der Feld-

Randkonturradien vom Abbildungsmaßstab eine Situation erreichen, bei der eine solche Kippmanipulation einen feldabhängigen Einfluss auf die einzustellende Abbildungseigenschaft beziehungsweise den einzustellenden Abbildungsparameter senkrecht zur Scanrichtung hat. Vorgegeben werden kann beispielsweise objektseitig eine quadratische Abhängigkeit einer Fokallage, also ein Defokusverlauf, von einer Feldkoordinate quer zur Scanrichtung und bildseitig eine Abhängigkeit des Defokusverlaufs von der gleichen Feldkoordinate mit anderer Potenz, beispielsweise eine Abhängigkeit in der vierten Potenz. Alternativ oder zusätzlich kann eine abbildende Optik mit gekrümmten beziehungsweise gebogenem Objektfeld einerseits und rechteckigem Bildfeld andererseits geschaffen werden. Eine solche abbildende Optik kann beispielsweise über eine Beleuchtungsoptik mit entsprechend gebogen verlaufenden Feldfacetten beleuchtet werden, wobei gleichzeitig ein rechteckiges Bildfeld resultiert, was zur Waferbeleuchtung vorteilhaft ist. Umgekehrt kann eine abbildende Optik mit rechteckigem Objektfeld und gebogenem Bildfeld geschaffen werden, was hinsichtlich der Objektfeldbeleuchtung Vorteile hat. Der Feld-Randkonturradius eines rechteckigen Objekt- beziehungsweise Bildfeldes ist unendlich. Generell gilt, dass bei einem unendlichen Feld-Randkonturradius ein ungebogener, also gerade verlaufender, führender oder folgender Randkonturabschnitt vorliegt. Hierbei kommt es auf den geraden Feld-Randkonturradiusverlauf quer zur Objekt- beziehungsweise Bild-Scanrichtung an.

Es werden zwei Fälle unterschieden: Bei endlichem Objektfeld-Randkonturradius, also gekrümmten Objektfeld, unterscheidet sich das Verhältnis aus dem Objektfeld-Randkonturradius und dem Bildfeld-Randkonturradius einerseits vom Abbildungsmaßstab der abbildenden Optik um mehr als 10 %. Diese Abweichung kann 15 % betragen, kann aber auch deutlich größer sein, zum Beispiel 50 %, 100 %, 200 %, 1000 % oder noch größer. Diese Abweichung ergibt sich allgemein dadurch, dass das Bildfeld nicht durch Projektion mit den jeweiligen Abbildungsmaßstäben, die in x- und y-Richtung unterschiedlich sein können, aus dem Objektfeld hervorgeht. Die Abweichung ist also auch dann gegeben, wenn bei einer abbildenden Optik mit sich aus den Abbildungsmaßstäben ergebender Bildumkehr (image flip) eine Randkontur des Bildfeldes sich im Vergleich zum Objektfeld gerade nicht umkehrt. Im Fall eines unendlichen Objektfeld-Randkonturradius, also eines Objektfeldes mit zumindest einem gerade quer zur Scanrichtung verlaufenden Randkonturabschnitt, kann ein endlicher Bildfeld-Randkonturradius vorliegen. Ein Beispiel für eine solche Ausführung ist eine abbildende Optik mit einem rechteckigen Objektfeld und einem gekrümmten Bildfeld.

Optische Flächen der abbildenden Optik können als Freiformflächen ausgeführt sein, die keine Rotations-Symmetrieachse aufweisen. Derartige Freiformflächen werden nachfolgend im Zusammenhang mit den Ausführungsbeispielen beschrieben.

5

Bei einer abbildenden Optik nach Anspruch 2 hat das Bildfeld einen gerade verlaufenden, führenden Randkonturabschnitt. Ein Beispiel hierfür ist ein rechteckiges Bildfeld.

10

Bei der Ausführung nach Anspruch 3 sind sowohl das Objektfeld als auch das Bildfeld gekrümmt, haben also jeweils keinen gerade verlaufenden, führenden Randkonturabschnitt.

15

Bildfeldkrümmungen nach Anspruch 4 und Objektfeldkrümmungen nach Anspruch 5 haben sich als besonders geeignet herausgestellt. Die jeweilige Feldkrümmung ergibt sich als Kehrwert des Feld-Randkonturradius. Die Bildfeldkrümmung kann 0,001775/mm betragen. Die Objektfeldkrümmung kann 0,000222/mm, -0,000444/mm oder -0,000222/mm betragen.

20

Ein Vorzeichenunterschied der Feldkrümmungen nach Anspruch 6 ermöglicht eine besonders sensible Abbildungsfehlerkorrektur über einen entsprechenden Manipulator, wie vorstehend anhand des Kippaktors bereits erläutert. Ein Vorzeichenunterschied der Feldkrümmungen liegt dann vor, wenn ein Krümmungsmittelpunkt des Objektfeldes in Scanrichtung gesehen in Bezug auf ein Feldzentrum auf der anderen Feldseite liegt als der Krümmungsmittelpunkt des Bildfeldes. In Bezug auf einen in das jeweilige Feld beim Scannen eintretenden Objekt- beziehungsweise Substratpunkt kann beispielsweise der führende Objektfeld-Randkonturabschnitt konvex und gleichzeitig der führende Bildfeld-Randkonturabschnitt konkav ausgeführt sein und umgekehrt.

25

Eine Ausführung nach Anspruch 7 hat sich als besonders geeignet herausgestellt. Alternativ kann die abbildende Optik auch brechende optische Oberflächen aufweisen.

30

Die Vorteile eines optischen Systems nach Anspruch 8 entsprechen denen, die vorstehend unter Bezugnahme auf die abbildende Optik bereits erläutert wurden.

Mit Hilfe eines optischen Systems nach Anspruch 9 oder 10 lässt sich über eine entsprechende Kippmanipulation beispielsweise eine Defokuskorrektur herbeiführen.

Die Vorteile einer Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 12 eines Herstellungsverfahrens nach Anspruch 13 sowie eines mikro- beziehungsweise nanostrukturierten Bauteils nach Anspruch 14 entsprechen denen, die vorstehend unter Bezugnahme auf die Projektionsoptik und das optische System und die Projektionsbelichtungsanlage bereits erläutert wurden. Bei der Lichtquelle der Projektionsbelichtungsanlage kann es sich um eine EUV-Lichtquelle handeln.

10 Hergestellt werden kann mit der Projektionsbelichtungsanlage insbesondere ein Halbleiter-Bauteil, beispielsweise ein Speicherchip.

Mit einem Retikel nach Anspruch 15 lässt sich ein Vorhalt in Bezug auf die Abbildungseigenschaften der abbildenden Optik erzeugen. Es kann insbesondere die Situation erreicht werden, bei der die Retikelstrukturen so längs gekrümmter Bahnen quer zur Objekt-Scanrichtung aufgereiht sind, dass diese Retikelstrukturen auf gerade verlaufende Reihen von Waferstrukturen abgebildet werden. Ein derartiges Retikel kann mit den vorstehend erläuterten Merkmalen nicht nur der abbildenden Optik, sondern auch des optischen Systems und der Projektionsbelichtungsanlage kombiniert werden.

20 Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert. In dieser zeigen:

Fig. 1 schematisch eine Projektionsbelichtungsanlage für die EUV-Mikrolithographie;

Fig. 2 vergrößert eine Aufsicht auf ein gekrümmtes Objekt- beziehungsweise Bildfeld einer abbildenden Optik gemäß eines entsprechenden Ausführungsbeispiels einer abbildenden Optik, die als Projektionsobjektiv in der Projektionsbelichtungsanlage nach Fig. 1 einsetzbar ist, zur Veranschaulichung einer Definition eines Feld-Randkonturradius beziehungsweise Feldkrümmungsradius;

- Fig. 3 schematisch eine Zuordnung von Feldformen zu belichteten Objekt- und Waferbereichen, tabellarisch zusammengefasst für verschiedene Ausführungen abbildender Optiken, wozu auch Ausführungen des Standes der Technik gehören;
- 5
- Fig. 4 in einem Meridionalschnitt eine Ausführung einer abbildenden Optik, die als Projektionsobjektiv in der Projektionsbelichtungsanlage nach Fig. 1 einsetzbar ist, wobei ein Abbildungsstrahlengang für Hauptstrahlen und für einen oberen und einen unteren Komastrahl mehrerer ausgewählter Feldpunkte dargestellt ist;
- 10
- Fig. 5 eine Ansicht der abbildenden Optik nach Fig. 4, gesehen aus Blickrichtung V in Fig. 4;
- 15
- Fig. 6 in einer zu Fig. 4 ähnlichen Darstellung eine weitere Ausführung einer abbildenden Optik, die als Projektionsobjektiv in der Projektionsbelichtungsanlage nach Fig. 1 einsetzbar ist;
- 20
- Fig. 7 eine Ansicht der abbildenden Optik nach Fig. 6, gesehen aus Blickrichtung VII in Fig. 6;
- 25
- Fig. 8 in einer zu Fig. 4 ähnlichen Darstellung eine weitere Ausführung einer abbildenden Optik, die als Projektionsobjektiv in der Projektionsbelichtungsanlage nach Fig. 1 einsetzbar ist;
- 30
- Fig. 9 eine Ansicht der abbildenden Optik nach Fig. 8, gesehen aus Blickrichtung IX in Fig. 8;
- Fig. 10 in einer zu Fig. 4 ähnlichen Darstellung eine weitere Ausführung einer abbildenden Optik, die als Projektionsobjektiv in der Projektionsbelichtungsanlage nach Fig. 1 einsetzbar ist;

Fig. 11 eine Ansicht der abbildenden Optik nach Fig. 10, gesehen aus Blickrichtung XI in Fig. 10;

Fig. 12 in einer zu Fig. 4 ähnlichen Darstellung eine weitere Ausführung einer abbildenden Optik, die als Projektionsobjektiv in der Projektionsbelichtungsanlage nach Fig. 1 einsetzbar ist; und

Fig. 13 eine Ansicht der abbildenden Optik nach Fig. 12, gesehen aus Blickrichtung XIII in Fig. 12.

Eine Projektionsbelichtungsanlage 1 für die Mikrolithographie hat eine Lichtquelle 2 für Beleuchtungslicht beziehungsweise Abbildungslicht 3. Bei der Lichtquelle 2 handelt es sich um eine EUV-Lichtquelle, die Licht in einem Wellenlängenbereich beispielsweise zwischen 5 nm und 30 nm, insbesondere zwischen 5 nm und 15 nm, erzeugt. Bei der Lichtquelle 2 kann es sich um eine plasmabasierte Lichtquelle (lasererzeugtes Plasma, laser-produced plasma, LPP), gasentladungserzeugtes Plasma (gas-discharge produced plasma, GDP) oder auch um eine synchrotronbasierte Lichtquelle, zum Beispiel einen Freie-Elektronen-Laser (FEL) handeln. Bei der Lichtquelle 2 kann es sich insbesondere um eine Lichtquelle mit einer Wellenlänge von 13,5 nm oder um eine Lichtquelle mit einer Wellenlänge von 6,9 nm handeln. Auch andere EUV-Wellenlängen sind möglich. Generell sind sogar beliebige Wellenlängen, zum Beispiel sichtbare Wellenlängen oder auch andere Wellenlängen, die in der Mikrolithographie Verwendung finden können (zum Beispiel DUV, tiefes Ultraviolett) und für die geeigneten Laserlichtquellen und/oder LED-Lichtquellen zur Verfügung stehen (beispielsweise 365 nm, 248 nm, 193 nm, 157 nm, 129 nm, 109 nm), für das in der Projektionsbelichtungsanlage 1 geführte Beleuchtungslicht 3 möglich. Ein Strahlengang des Beleuchtungslichts 3 ist in der Fig. 1 äußerst schematisch dargestellt.

Zur Führung des Beleuchtungslichts 3 von der Lichtquelle 2 hin zu einem Objektfeld 4 in einer Objektebene 5 dient eine Beleuchtungsoptik 6. Mit einer Projektionsoptik beziehungsweise abbildenden Optik 7 wird das Objektfeld 4 in ein Bildfeld 8 in einer Bildebene 9 mit einem vorgegebenen Verkleinerungsmaßstab abgebildet. Die Projektionsoptik 7 hat genau ein Objektfeld 4. Die Projektionsoptik 7 hat genau ein Bildfeld 8.

Zur Erleichterung der Beschreibung der Projektionsbelichtungsanlage 1 sowie der verschiedenen Ausführungen der Projektionsoptik 7 ist in der Zeichnung ein kartesisches xyz-Koordinatensystem angegeben, aus dem sich die jeweilige Lagebeziehung der in den Figuren dargestellten Komponenten ergibt. In der Fig. 1 verläuft die x-Richtung senkrecht zur Zeichenebene in diese hinein. Die y-Richtung verläuft nach links und die z-Richtung nach oben.

Das Objektfeld 4 und das Bildfeld 8 sind bogenförmig, also gekrümmt, ausgeführt. Alternativ ist es auch möglich, das Objektfeld 4 und Bildfeld 8 rechteckförmig auszuführen. Das Objektfeld 4 und das Bildfeld 8 haben ein x/y-Aspektverhältnis größer als 1. Das Objektfeld 4 hat also eine längere Objektfelddimension in der x-Richtung und eine kürzere Objektfelddimension in der y-Richtung. Diese Objektfelddimensionen verlaufen längs der Feldkoordinaten x und y.

Fig. 2 zeigt das gekrümmte Objektfeld 4 beziehungsweise das Bildfeld 8 vergrößert in einer xy-Aufsicht.

Für die Projektionsoptik 7 kann eines der in den Figuren 4ff. dargestellten Ausführungsbeispiele eingesetzt werden. Die Projektionsoptik 7 nach Fig. 4 verkleinert um einen Faktor 8. Auch andere Verkleinerungsmaßstäbe sind möglich, zum Beispiel 4x, 5x oder auch Verkleinerungsmaßstäbe, die größer sind als 8x. Auch eine Ausführung der Projektionsoptik 7 mit verschiedenen großen Verkleinerungsmaßstäben einerseits in der xz-Ebene und andererseits in der yz-Ebene ist möglich. Hierbei kann der Verkleinerungsmaßstab in der yz-Ebene doppelt so groß sein, zum Beispiel 8x, als in der xz-Ebene, zum Beispiel 4x. Auch andere Verhältnisse zwischen dem Verkleinerungsmaßstab in der yz-Ebene und dem Verkleinerungsmaßstab in der xz-Ebene sind möglich.

Die Bildebene 9 ist bei der Projektionsoptik 7 parallel zur Objektebene 5 angeordnet. Abgebildet wird hierbei ein mit dem Objektfeld 4 zusammenfallender Ausschnitt einer Reflexionsmaske 10, die auch als Retikel bezeichnet wird. Das Retikel 10 wird von einem Retikelhalter 10a getragen. Der Retikelhalter 10a wird von einem Retikelverlagerungsantrieb 10b verlagert.

Weiterhin hat der Retikelhalter 10a einen Kippaktor 10c zum Verkippen des Retikel- beziehungsweise Objekthalters 10a um eine Kippachse 10d parallel zur x-Achse. Die Kippachse 10d liegt in der Objektebene 5 und durchtritt ein Zentrum des Objektfeldes 4.

- 5 Die Abbildung durch die Projektionsoptik 7 erfolgt auf die Oberfläche eines Substrats 11 in Form eines Wafers, der von einem Substrathalter 12 getragen wird. Der Substrathalter 12 wird von einem Wafer- beziehungsweise Substratverlagerungsantrieb 12a verlagert.

- 10 Weiterhin hat der Substrathalter 12 einen Kippaktor 12b zum Verkippen des Substrathalters 12 um eine Kippachse 12c, die parallel zur x-Achse verläuft. Die Kippachse 12c liegt in der Bildebene 9. Die Kippachse 12c durchtritt ein Zentrum des Bildfeldes 8.

- 15 In der Fig. 1 ist schematisch zwischen dem Retikel 10 und der Projektionsoptik 7 ein in diese einlaufendes Strahlenbündel 13 des Beleuchtungslichts 3 und zwischen der Projektionsoptik 7 und dem Substrat 11 ein aus der Projektionsoptik 7 auslaufendes Strahlenbündel 14 des Beleuchtungslichts 3 dargestellt. Eine bildfeldseitige numerische Apertur (NA) der Projektionsoptik 7 ist in der Fig. 1 nicht maßstäblich wiedergegeben.

- 20 Die Projektionsbelichtungsanlage 1 ist vom Scannertyp. Sowohl das Retikel 10 als auch das Substrat 11 werden beim Betrieb der Projektionsbelichtungsanlage 1 in der y-Richtung gescannt. Bei der y-Richtung handelt es sich also sowohl um die Objekt-Scanrichtung als auch um die Bild-Scanrichtung.

- 25 Auch ein Steppertyp der Projektionsbelichtungsanlage 1, bei dem zwischen einzelnen Belichtungen des Substrats 11 eine schrittweise Verlagerung des Retikels 10 und des Substrats 11 in der y-Richtung erfolgt, ist möglich. Diese Verlagerungen erfolgen synchronisiert zueinander durch entsprechende Ansteuerung der Verlagerungsantriebe 10b und 12a.

- 30 Das Objektfeld 4 hat, wie in der Fig. 2 gezeigt, eine Randkontur, die quer zur Scanrichtung y einen führenden Feld-Randkonturabschnitt 4_{IN} aufweist. Dieser jeweils führende Feld-Randkonturabschnitt 4_{IN} dient zum Eintritt eines in der Scanrichtung y verlagerbaren Objektbereiches des abzubildenden Objekts, also des Retikels 10. Weiterhin hat das Objektfeld 4 einen

folgenden Feld-Randkonturabschnitt 4_{OUT} zum Austritt des Objektbereichs des abzubildenden Retikels 10 aus dem Objektfeld 4.

Der führende Objektfeld-Randkonturabschnitt 4_{IN} hat einen Objektfeld-Randkonturradius R_{IN} .

- 5 Der folgende Objektfeld-Randkonturabschnitt 4_{OUT} hat einen Objektfeld-Randkonturradius R_{OUT} . Bei den nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispielen gilt jeweils $R_{IN} = R_{OUT}$. Dies gilt auch für das Bildfeld 8.

- 10 Die in der Fig. 2 dargestellte Feldform ist schematisch und wird nachfolgend auch zur Beschreibung des Bildfeldes 8 verwendet. Tatsächlich ist das Objektfeld 4 hinsichtlich seiner Randkontur geometrisch dem Bildfeld 8 nicht ähnlich. Die Randkontur des Objektfeldes 4 geht also nicht einfach durch eine Abbildung mit dem Abbildungsmaßstab der Projektionsoptik 7 in die Randkontur des Bildfeldes 8 über.

- 15 Entsprechend hat auch das Bildfeld 8 eine Randkontur mit quer zur Bild-Scanrichtung y sowohl einem führenden Bildfeld-Randkonturabschnitt 8_{IN} und einem folgenden Bildfeld-Randkonturabschnitt 8_{OUT} . Der Bildfeld-Randkonturabschnitt 8_{IN} dient zum Eintritt eines in der Bild-Scanrichtung verlagerbaren Bildbereichs des Substrats beziehungsweise des Wafers 11 in das Bildfeld 8. Der folgende Bildfeld-Randkonturabschnitt 8_{OUT} dient zum Austritt des Bildbereichs aus dem Bildfeld 8. Auch der führende Bildfeld-Randkonturabschnitt 8_{IN} und der folgende Bildfeld-Randkonturabschnitt 8_{OUT} haben jeweils einen Bildfeld-Randkonturradius R_{IN} und R_{OUT} , wobei auch hier gilt: $R_{IN} = R_{OUT}$.
- 20

- 25 Der Randkonturradius R_{IN} beziehungsweise R_{OUT} ergibt sich als Radius eines Teilkreises, der dem tatsächlichen Feld-Randkonturabschnitt bestmöglich angenähert ist. Die Feld-Randkonturabschnitte 4_{IN} , 4_{OUT} , 8_{IN} , 8_{OUT} können teilkreisförmig sein; dies ist aber nicht zwingend.

- 30 Soweit ein unendlicher Randkonturradius R_{IN} , R_{OUT} resultiert, verläuft der jeweilige Randkonturabschnitt senkrecht zur Scanrichtung y . Dies ist beispielsweise bei einem rechteckigen Objektfeld 4 beziehungsweise Bildfeld 8 der Fall.

Der führende Objektfeld-Randkonturabschnitt 4_{IN} und der Objektfeld-Randkonturabschnitt 4_{OUT} stellen die langen Seiten des Objektfeldes 4 dar, die längs der längeren Objektfelddimension x verlaufen. Die beiden weiteren, längs der kürzeren Objektfelddimension y verlaufenden Objektfeldrandkonturen verlaufen gerade parallel zur y -Richtung. Eine Felddimension in x -Richtung ist in der Fig. 2 mit x_0 bezeichnet. Eine Felddimension in der y -Richtung ist mit y_0 bezeichnet. Aufgrund der Feldkrümmung ist eine y -Position der Feld-Randkontur x -abhängig. Für diese Variation der y -Position Δy der Randkontur gilt abhängig von dem jeweiligen Feld-Randkonturradius R :

$$\Delta y(x) = R \left(1 - \sqrt{1 - \frac{x^2}{R^2}} \right) \quad (1)$$

Der Wert von Δy im Bereich der Feldmitte ($x = x_{0/2}$) wird auch als Overscan bezeichnet. $1/R$, also der Kehrwert des Feld-Randkonturradius R , bezeichnet die Feldkrümmung.

Die obige Formel (1) beschreibt also einen Feld-Randkonturradiusverlauf abhängig vom Randkonturradius bzw. dessen Kehrwert, der Feldkrümmung.

Bei gegebenem Objektfeld-Randkonturradiusverlauf $\Delta y(x)$ kann bei einer konventionellen, nicht erfindungsgemäßen Optik der zugehörige Bildfeld-Randkonturradiusverlauf $\Delta y_B(x)$ mit Hilfe der Abbildungsmaßstäbe β_x und β_y beschrieben werden. Dabei gilt:

$$y_B = y_O \beta_y \quad (2)$$

$$x_B = x_O \beta_x \quad (3)$$

mit x_O, y_O als Objektfeldkoordinaten und x_B, y_B als Bildfeldkoordinaten. Hieraus folgt:

$$\Delta y_B(x) = \frac{R}{\beta_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(\beta_x x)^2}{R^2}} \right) \quad (4)$$

Alternativ lässt sich die (Objekt-) Feldkrümmung $\Delta y(x)$ und die sich für eine konventionelle, nicht erfindungsgemäße Optik ergebende Bildfeldkrümmung $\Delta yB(x)$ als Reihenentwicklung gerader Potenzen der Feldkoordinaten x wie folgt schreiben:

$$\Delta y(x) = \frac{x^2}{2R} + bx^4 + \dots \quad (5)$$

$$\Delta yB(x) = \frac{(\beta_x x)^2}{2\beta_y R} + \frac{b(\beta_x x)^4}{\beta_y} + \dots \quad (6)$$

In die alternativen Bildfeldkrümmungsbeschreibungen gemäß den obigen Gleichungen (4) und (6) geht das Vorzeichen des Abbildungsmaßstabs β_y ein. Diese Gleichungen für die Bildfeldkrümmungsbeschreibung gelten wie erwähnt für konventionelle abbildende Optiken.

Bei den nachfolgend beschriebenen abbildenden Optiken sind diese Gleichungen (4) und (6) gerade nicht erfüllt, d.h., die Feldformen gehen nicht durch Projektion mit dem jeweiligen Abbildungsmaßstab ineinander über.

Fig. 3 zeigt schematisch verschiedene mögliche Kombinationen aus Objektfeldkrümmung, Bildfeldkrümmung und belichteten Objekt- und Bildfeldbereichen. In einer oberen Zeile ist dabei schematisch eine Randkontur eines bei der Projektionsbelichtung jeweils belichteten Objektbereiches RA scanintegriert dargestellt. In der darunterliegenden Zeile ist schematisch eine Randkonturform des jeweils zugehörigen Objektfeldes OF schematisch dargestellt. In der darunterliegenden Zeile ist eine Randkonturform eines jeweils zugehörigen Bildfeldes IF dargestellt. In der darunterliegenden, letzten Zeile der Fig. 3 ist eine Randkonturform eines belichteten Substratbeziehungsweise Waferbereichs WA scanintegriert dargestellt. Diese Randkonturdarstellungen erfolgen jeweils in einer xy-Aufsicht.

In der ersten, Konturen wiedergebenden Spalte der Fig. 3 ist eine hier nicht weiter im Detail beschriebene Ausführung mit rechteckigen Objekt- und Bildfeld angegeben, wobei gleichzeitig auch der belichtete Objektbereich und der belichtete Bildbereich scanintegriert jeweils rechteckig sind.

Die nächste Spalte gibt die Situation der Ausführung nach den Fig. 4 und 5 an mit gleichsinnig gekrümmtem Objektfeld 4 und Bildfeld 8, wobei, beispielsweise durch Berücksichtigung eines entsprechenden Overscan, auch bei den gebogenen Feldern rechteckige belichtete Objekt- und Bildfeldbereiche RA, WA resultieren.

Fig. 4 zeigt das optische Design einer ersten Ausführung der Projektionsoptik 7 in einem Meridionalschnitt. Fig. 5 zeigt eine sagittale Ansicht der Projektionsoptik 7.

Dargestellt ist in der Fig. 4 der Strahlengang jeweils dreier Einzelstrahlen 15, die von mehreren in der Fig. 4 zueinander in der y-Richtung beabstandeten Objektfeldpunkten ausgehen. Dargestellt sind Hauptstrahlen 16, also Einzelstrahlen 15, die durch das Zentrum einer Pupille in einer Pupillenebene der Projektionsoptik 7 verlaufen, sowie jeweils ein oberer und ein unterer Komastrahl dieser beiden Objektfeldpunkte. Ausgehend vom Objektfeld 4 schließt der Hauptstrahl 16 eines zentralen Objektfeldpunktes mit einer Normalen auf die Objektebene 5 einen Winkel CRAO von 5° ein. Die Objektebene 5 ist zur Bildebene 9 um die x-Achse um einen Winkel von etwa $3,8^\circ$ verkippt.

Die Projektionsoptik 7 hat eine bildseitige numerische Apertur von 0,5.

Eine Eintrittspupille EP ist im Strahlengang des Abbildungslichts 3 nach dem Objektfeld 4 angeordnet. Es resultiert ein konvergenter Verlauf der Hauptstrahlen 16 zwischen dem Objektfeld 4 und dem Spiegel M1.

Die Projektionsoptik 7 nach Fig. 4 hat insgesamt acht Spiegel, die in der Reihenfolge des Strahlengangs der Einzelstrahlen 15, ausgehend vom Objektfeld 4, mit M1 bis M8 durchnummeriert sind. Die Projektionsoptik 7 ist eine rein katoptrische Optik. Die abbildende Optik 7 kann auch eine andere Spiegellanzahl haben, beispielsweise vier Spiegel, sechs Spiegel oder zehn Spiegel.

Dargestellt sind in der Fig. 4 die berechneten Reflexionsflächen der Spiegel M1 bis M8. Genutzt wird, wie in der Darstellung nach Fig. 4 ersichtlich ist, nur ein Teilbereich dieser berechneten Reflexionsflächen. Lediglich dieser tatsächlich genutzte Bereich der Reflexionsflächen ist bei

den realen Spiegeln M1 bis M8 tatsächlich vorhanden. Diese Nutz-Reflexionsflächen werden in bekannter Weise von nicht dargestellten Spiegelkörpern getragen.

Bei der Projektionsoptik 7 nach Fig. 4 sind alle Spiegel M1 bis M8 als Spiegel für normalen Einfall ausgeführt, also als Spiegel, auf die das Abbildungslicht 3 mit einem Einfallswinkel trifft, der kleiner ist als 45° . Diese Spiegel werden nachfolgend auch als NI-Spiegel bezeichnet.

Die Projektionsoptik 7 nach Fig. 4 hat keinen Spiegel für streifenden Einfall, also keinen GI- (grazing incidence) Spiegel, auf den das Beleuchtungslicht 3 mit Einfallswinkeln auftritt, die größer sind als 45° und insbesondere größer sind als 60° .

Die Spiegel M1 bis M8 tragen eine die Reflektivität der Spiegel M1 bis M8 für das Abbildungslicht 3 optimierende Beschichtung. Hierbei kann es sich um eine Ruthenium-Beschichtung, um eine Molybdän-Beschichtung oder um eine Molybdän-Beschichtung mit einer obersten Schicht aus Ruthenium handeln. Die hoch reflektierenden Schichten können als Mehrlagen-Schichten ausgeführt sein, wobei aufeinanderfolgende Schichten aus unterschiedlichen Materialien gefertigt sein können. Auch alternierende Materialschichten können zum Einsatz kommen. Eine typische Mehrlagenschicht kann fünfzig Bilagen aus jeweils einer Schicht Molybdän und einer Schicht Silizium aufweisen.

Informationen zur Reflexion an einem GI-Spiegel (Spiegel für streifenden Einfall) finden sich in der WO 2012/126867 A. Weitere Informationen zur Reflektivität von NI-Spiegeln (Normal Incidence Spiegeln) finden sich in der DE 101 55 711 A.

Eine Gesamt-Reflektivität beziehungsweise Systemtransmission der Projektionsoptik 7, die sich als Produkt der Reflektivitäten aller Spiegel M1 bis M8 der Projektionsoptik 7 ergibt, beträgt $R = 3,5 \%$.

Der Spiegel M8, also der im Abbildungsstrahlengang letzte Spiegel vor dem Bildfeld 8, hat eine Durchtrittsöffnung 17 zum Durchtritt des Abbildungslichts 3, das vom drittletzten Spiegel M6 hin zum vorletzten Spiegel M7 reflektiert wird. Der Spiegel M8 wird um die Durchtrittsöffnung

17 herum reflektiv genutzt. Alle anderen Spiegel M1 bis M7 haben keine Durchtrittsöffnung und werden in einem lückenlos zusammenhängenden Bereich reflektiv genutzt.

Die Spiegel M1 bis M8 sind als nicht durch eine rotationssymmetrische Funktion beschreibbare
5 Freiformflächen ausgeführt. Es sind auch andere Ausführungen der Projektionsoptik 7 möglich, bei denen mindestens einer der Spiegel M1 bis M8 als rotationssymmetrische Asphäre ausgeführt ist. Auch alle Spiegel M1 bis M8 können als derartige Asphären ausgeführt sein.

10 Eine Freiformfläche kann durch folgende Freiformflächengleichung (Gleichung 1) beschrieben werden:

$$\begin{aligned}
 Z = & \frac{c_x x^2 + c_y y^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + k_x)(c_x x)^2 - (1 + k_y)(c_y y)^2}} \\
 & + C_1 x + C_2 y \\
 & + C_3 x^2 + C_4 xy + C_5 y^2 \\
 & + C_6 x^3 + \dots + C_9 y^3 \\
 & + C_{10} x^4 + \dots + C_{12} x^2 y^2 + \dots + C_{14} y^4 \\
 & + C_{15} x^5 + \dots + C_{20} y^5 \\
 & + C_{21} x^6 + \dots + C_{24} x^3 y^3 + \dots + C_{27} y^6 \\
 & + \dots
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Für die Parameter dieser Gleichung (1) gilt:

15 Z ist die Pfeilhöhe der Freiformfläche am Punkt x, y, wobei $x^2 + y^2 = r^2$. r ist hierbei der Abstand zur Referenzachse der Freiformflächengleichung (x = 0; y = 0).

20 In der Freiformflächengleichung (1) bezeichnen $C_1, C_2, C_3 \dots$ die Koeffizienten der Freiformflächen-Reihenentwicklung in den Potenzen von x und y.

Im Falle einer konischen Grundfläche ist c_x , c_y eine Konstante, die der Scheitelpunktkrümmung einer entsprechenden Asphäre entspricht. Es gilt also $c_x = 1/R_x$ und $c_y = 1/R_y$. k_x und k_y entsprechen jeweils einer konischen Konstante einer entsprechenden Asphäre. Die Gleichung (1) beschreibt also eine bikonische Freiformfläche.

5

Eine alternativ mögliche Freiformfläche kann aus einer rotationssymmetrischen Referenzfläche erzeugt werden. Derartige Freiformflächen für Reflexionsflächen der Spiegel von Projektionsoptiken von Projektionsbelichtungsanlagen für die Mikrolithographie sind bekannt aus der US 2007 0 058 269 A1.

10

Alternativ können Freiformflächen auch mit Hilfe zweidimensionaler Spline-Oberflächen beschrieben werden. Beispiele hierfür sind Bezier-Kurven oder nicht-uniforme rationale Basis-Splines (non-uniform rational basis splines, NURBS). Zweidimensionale Spline-Oberflächen können beispielsweise durch ein Netz von Punkten in einer xy-Ebene und zugehörige z-Werte oder durch diese Punkte und ihnen zugehörige Steigungen beschrieben werden. Abhängig vom jeweiligen Typ der Spline-Oberfläche wird die vollständige Oberfläche durch Interpolation zwischen den Netzpunkten unter Verwendung zum Beispiel von Polynomen oder Funktionen, die bestimmte Eigenschaften hinsichtlich ihrer Kontinuität und Differenzierbarkeit haben, gewonnen. Beispiele hierfür sind analytische Funktionen.

20

Die optischen Designdaten der Reflexionsflächen der Spiegel M1 bis M8 der Projektionsoptik 7 können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden. Diese optischen Designdaten gehen jeweils von der Bildebene 9 aus, beschreiben die jeweilige Projektionsoptik also in umgekehrter Laufrichtung des Abbildungslichts 3 zwischen der Bildebene 9 und der Objektebene 5.

25

Die erste dieser Tabellen gibt einen Überblick über die Designdaten der Projektionsoptik 7 und fasst zusammen die numerische Apertur NA, die gerechnete Designwellenlänge für das Abbildungslicht, die verkleinernden Abbildungsmaßstäbe β_x , β_y in der x- und in der y-Richtung, die Größen des Bildfeldes in x- und y-Richtung, die Bildfeldkrümmung, die Objektfeldkrümmung, einen Abbildungsfehlerwert rms, angegeben in $m\lambda$ (ml), also abhängig von der Designwellenlänge, sowie einen Blendenort. Das negative Vorzeichen des jeweiligen Abbildungsmaßstabes β_x , β_y steht für eine Bildumkehr (image flip) bei der Abbildung der Projektionsoptik 7.

30

Die Feldkrümmung ist definiert als der inverse Krümmungsradius des jeweiligen Feldes. Die Bildfeldkrümmung ist also $1/R_{IN} = 1/R_{OUT}$ und die Objektfeldkrümmung ist dann $1/R_{IN} = 1/R_{OUT}$, wobei als Werte für R_{IN} und R_{OUT} die jeweiligen Feld-Randkonturradiuswerte eingesetzt werden, die vorstehend unter Bezugnahme auf die Fig. 2 diskutiert wurden. Da jeweils gilt $R_{IN} = R_{OUT}$, reicht es aus, einen Krümmungswert für das Objektfeld 4 einerseits und für das Bildfeld 8 andererseits zu spezifizieren.

Der Blendenort AS für eine Aperturblende, die gleichzeitig auch die Funktion einer Obskurationsblende haben kann, liegt im Strahlengang des Abbildungslichts 3 zwischen den Spiegeln M4 und M5 in einer Blendenebene 18 (vergleiche Fig. 4).

Eine Aperturblendenberandung dient zur Definition einer äußeren Begrenzung einer Pupille der Projektionsoptik 7. Eine Obskurationsblende dient zur Definition eines im Inneren der Pupille befindlichen obskurierten Bereichs.

Das Bildfeld 8 hat eine x-Erstreckung von zweimal 13 mm und eine y-Erstreckung von 1 mm. Die Projektionsoptik 7 ist optimiert für eine Betriebswellenlänge des Beleuchtungslichts 3 von 13,5 nm.

Die zweite dieser Tabellen gibt zu den optischen Oberflächen der optischen Komponenten Scheitelpunktsradien ($\text{Radius}_x = R_x$, $\text{Radius}_y = R_y$) und Brechkraftwerte (Power_x , Power_y) an. Negative Radianwerte bedeuten zum einfallenden Beleuchtungslicht 3 hin konkave Kurven im Schnitt der jeweiligen Oberfläche mit der betrachteten Ebene (xz, yz), die von einer Flächennormalen im Scheitelpunkt mit der jeweiligen Krümmungsrichtung (x, y) aufgespannt wird. Die beiden Radian Radius_x , Radius_y können explizit verschiedene Vorzeichen haben.

Die Scheitelpunkte an jeder optischen Fläche sind definiert als Auftreffpunkte eines Führungsstrahls, der von einer Objektfeldmitte entlang einer Symmetrieebene $x=0$, also der Zeichenebene der Fig. 4 (Meridionalebene) hin zum Bildfeld 8 geht.

Die Brechkraften Power_x (P_x), Power_y (P_y) an den Scheitelpunkten sind definiert als:

- 17 -

$$P_x = - \frac{2 \cos AOI}{R_x}$$

$$P_y = - \frac{2}{R_y \cos AOI}$$

5 AOI bezeichnet hierbei einen Einfallswinkel des Führungsstrahls zur Oberflächennormalen.

Die dritte Tabelle gibt für die Spiegel M1 bis M8 in mm die konischen Konstanten k_x und k_y , den Scheitelpunktradius R_x (= Radius_x) und die Freiformflächen-Koeffizienten C_n an. Koeffizienten C_n , die nicht tabelliert sind, haben jeweils den Wert 0.

10

In der vierten Tabelle ist noch der Betrag angegeben, längs dem der jeweilige Spiegel, ausgehend von einer Bezugsfläche in der y-Richtung dezentriert (DCY), in der z-Richtung verschoben (DCZ) und verkippt (TLA, TLB, TLC) wurde. Dies entspricht einer Parallelverschiebung und einer Verkipfung beim Freiformflächen-Designverfahren. Verschoben wird dabei in y- und in z-

15

Richtung in mm und verkippt um die x-Achse, um die y-Achse und um die z-Achse. Der Verdrehwinkel ist dabei in Grad angegeben. Es wird zunächst dezentriert, dann verkippt. Die Bezugsfläche bei der Dezentrierung ist jeweils die erste Fläche der angegebenen optischen Designdaten. Auch für das Objektfeld 4 ist eine Dezentrierung in y- und in z-Richtung in der Objektebene 5 angegeben. Neben den den einzelnen Spiegeln zugeordneten Flächen sind in der vierten

20

Tabelle auch die Bildebene als erste Fläche, die Objektebene als letzte Fläche sowie die Blendenfläche (mit der Blendenbezeichnung „AS“) tabelliert.

Die fünfte Tabelle gibt die Transmissionsdaten der Spiegel M8 bis M1 an, nämlich deren Reflektivität für den Einfallswinkel eines zentral auf den jeweiligen Spiegel treffenden Beleuchtungs-

25

lichtstrahls. Die Gesamttransmission wird als Anteilsfaktor angegeben, der von einer einfallenden Intensität nach Reflexion an allen Spiegeln der Projektionsoptik verbleibt.

Die sechste Tabelle gibt eine Berandung der Blende AS als Polygonzug in lokalen Koordinaten xyz an. Die Blende wird noch wie oben beschrieben dezentriert und verkippt.

30

Eine Berandung einer Blendenfläche der Blende AS ergibt sich durch Durchstoßpunkte an der Blendenfläche aller Strahlen des Beleuchtungslichts 3, die bildseitig am Feldmittelpunkt mit einer vollen bildseitigen telezentrischen Apertur in Richtung der Blendenfläche propagieren. Bei der Ausführung der Blende als Aperturblende handelt es sich bei der Berandung um eine innere Berandung. Bei der Ausführung als Obskurationsblende handelt es sich bei der Berandung um eine äußere Berandung.

Die Blende AS kann in einer Ebene liegen oder auch dreidimensional ausgeführt sein. Die Ausdehnung der Blende AS kann in Scanrichtung (y) kleiner sein als in cross-Scanrichtung (x).

Der nicht beleuchtete Obskurationsbereich in der Systempupille kann rund, elliptisch, quadratisch oder rechteckig sein oder die Form eines Polygonzuges haben. Diese nicht beleuchtbare Fläche in der Systempupille kann zudem in Bezug auf ein Zentrum der Systempupille in der x-Richtung und/oder in der y-Richtung dezentriert sein.

Ausführungsbeispiel	Fig. 4
NA	0.5
Wellenlänge	13.5 nm
beta_x	-8.0
beta_y	-8.0
Feldgröße_x	26.0 mm
Feldgröße_y	1.0 mm
Bildfeldkrümmung	0.001775 1/mm
Objektfeldkrümmung	0.000222 1/mm
rms	15.5 ml
Blende	AS

Tabelle 1 zu Fig. 4

Ober-fläche	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Betriebs-modus
M8	-769.2971063	0.0025804	-698.3719526	0.0028853	REFL
M7	5884.4297025	-0.0003399	223.6145052	-0.0089440	REFL
M6	-1396.3853302	0.0014199	-1445.9366115	0.0013953	REFL
M5	935.3667603	-0.0021145	3558.1721108	-0.0005684	REFL
M4	-678.4393267	0.0028918	3139.6518295	-0.0006494	REFL
M3	-946.2960473	0.0020798	-1032.8669562	0.0019677	REFL
M2	-1529.1582116	0.0012792	779.7257072	-0.0026225	REFL
M1	1000.8687979	-0.0019882	-1080.3495491	0.0018606	REFL

Tabelle 2 zu Fig. 4

Koeffizient	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000

- 19 -

Koeffizient	M8	M7	M6
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-769.29710630	5884.42970300	-1396.38533000
C7	6.35521804e-08	5.90697325e-06	-7.47612438e-09
C9	-3.98666112e-09	2.06493055e-07	1.35343485e-08
C10	-6.24661875e-12	2.81345798e-09	-1.32707128e-12
C12	-5.0098831e-11	2.44115429e-08	3.24679556e-12
C14	-2.22352706e-11	1.93009035e-08	-2.13301404e-11
C16	1.36818164e-13	4.63726866e-11	-4.21103813e-15
C18	6.83380182e-14	7.73756503e-11	-1.90670951e-15
C20	-4.31222262e-15	-8.47020634e-11	-4.35988344e-14
C21	-1.77394704e-17	6.60474988e-14	-1.23070972e-18
C23	-1.27909235e-16	1.15444464e-13	7.26048913e-19
C25	-1.82966849e-16	3.90942339e-13	-1.03205457e-17
C27	-4.82756797e-17	1.36745322e-12	-4.69065443e-16
C29	2.57087551e-19	-2.27187257e-16	-2.32964641e-21
C31	2.97134921e-19	2.48868818e-15	-2.95911361e-20
C33	1.02961943e-19	7.20551451e-15	-3.3126976e-19
C35	-2.56048673e-21	-5.10188548e-15	-2.02748106e-18
C36	-5.25073908e-23	-1.77965559e-18	-7.34035143e-25
C38	-2.22576922e-22	7.4553656e-18	1.22893359e-24
C40	-6.36787129e-22	2.77132429e-17	-3.39497555e-22
C42	-4.29842851e-22	7.38092417e-18	-4.43367595e-21
C44	-9.23281844e-23	7.58891409e-17	2.47127944e-20
C46	4.24487641e-25	1.90541782e-20	-2.38285839e-27
C48	1.04130164e-24	4.63439681e-20	8.71589858e-26
C50	8.09048432e-25	1.09229807e-19	3.54668145e-24
C52	2.44443568e-25	3.87980814e-19	2.34317714e-23
C54	-8.76277661e-27	-9.06902914e-19	2.00624514e-22
C55	-1.6749062e-28	3.93986937e-23	-1.06814323e-30
C57	-9.85134396e-28	1.94891642e-23	2.57865285e-29
C59	-2.5864175e-27	5.71050474e-22	1.60718191e-27
C61	-2.7296438e-27	1.60128831e-21	5.30407003e-26
C63	-1.34049303e-27	-4.73055694e-21	3.82681457e-25
C65	-2.33936094e-28	1.67512465e-21	-1.15926028e-24
C67	2.96580421e-31	-9.67149526e-26	1.3842507e-33
C69	9.28195304e-31	1.91195315e-24	-4.85301423e-32
C71	5.50478468e-31	4.72719077e-24	-5.41167721e-30
C73	2.96881597e-31	-1.44240621e-23	-1.22468872e-28
C75	9.07669905e-32	-1.1747542e-23	-1.23493919e-27
C77	7.30644742e-33	-2.33152343e-24	-2.05768513e-26
C78	-2.18610829e-34	-3.34518889e-28	1.2429056e-37
C80	6.16867626e-34	1.89405858e-27	-3.6453369e-35
C82	1.59535393e-33	7.27572767e-27	-3.60258321e-33
C84	1.02461093e-33	-1.2993456e-26	-1.19860358e-31
C86	6.40584677e-34	-4.24639218e-26	-1.99840197e-30
C88	3.24344754e-34	-2.00858292e-25	-1.41949502e-29
C90	5.4630778e-35	-4.81398183e-25	-7.16282841e-29
C92	1.11742141e-36	0	0
C94	1.06186691e-35	0	0
C96	2.42407241e-35	0	0
C98	2.47835877e-35	0	0
C100	1.25211388e-35	0	0
C102	2.51125679e-36	0	0
C104	-7.26368035e-38	0	0

- 20 -

Koeffizient	M8	M7	M6
C105	-1.17194031e-39	0	0
C107	-1.49843849e-38	0	0
C109	-4.45121449e-38	0	0
C111	-7.73985812e-38	0	0
C113	-8.14400083e-38	0	0
C115	-5.11351778e-38	0	0
C117	-1.73610142e-38	0	0
C119	-2.32928095e-39	0	0

Tabelle 3a zu Fig. 4

Koeffizient	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	935.36676030	-678.43932670	-946.29604730
C7	-1.04653619e-07	9.94684038e-07	-8.75354343e-08
C9	4.43982883e-07	3.88830006e-07	6.35414429e-08
C10	-2.07303067e-10	7.81051605e-10	2.13970526e-10
C12	2.89185915e-10	-3.44775678e-09	3.48312458e-11
C14	2.11783005e-09	-1.83429414e-11	-1.76310644e-11
C16	-1.76379425e-12	-3.7056097e-12	-3.0746785e-13
C18	2.18627104e-12	4.84527423e-12	-8.74245804e-14
C20	-1.09694129e-12	1.36746132e-12	5.10090236e-14
C21	1.7888619e-15	-8.06471793e-17	-1.86466839e-15
C23	-6.12583949e-15	1.40472964e-14	1.0249517e-16
C25	1.77092496e-14	-1.44035288e-14	1.26050888e-16
C27	4.39109988e-14	-2.695833e-14	6.67339569e-16
C29	2.02956944e-18	9.04491788e-18	6.52604398e-18
C31	-4.30693133e-17	-4.18783548e-17	-8.05860753e-19
C33	-1.31643455e-16	-9.16180448e-17	3.11775644e-18
C35	-4.55585062e-16	-8.06216386e-17	6.00988898e-18
C36	1.04904946e-21	5.03105803e-21	8.83439796e-21
C38	-3.60914907e-20	-3.87623964e-20	-1.38734824e-20
C40	7.99860196e-20	-4.42182785e-20	-2.48615798e-23
C42	4.76234059e-19	4.14327481e-19	-2.66964699e-20
C44	-3.41616246e-18	3.75493134e-18	2.51192368e-20
C46	4.27350995e-23	-1.0543291e-23	-5.50334453e-23
C48	9.37855575e-22	7.8543008e-23	-1.46687958e-23
C50	8.68141042e-21	1.84242903e-21	-7.09287505e-23
C52	4.34763132e-20	1.29724377e-20	-1.1101842e-21
C54	1.09254239e-19	-1.16620922e-20	6.8225343e-22
C55	5.7466015e-26	8.34157612e-27	-1.7453057e-26
C57	-3.16984779e-25	-6.82067826e-26	2.09559814e-25
C59	-7.79317023e-24	1.53100841e-24	7.78633821e-26
C61	-8.81620943e-23	1.33541077e-23	5.49759048e-25
C63	-5.03857833e-22	-2.21951884e-22	-8.3478058e-24
C65	-1.65836645e-21	-4.2518365e-22	1.46319977e-23
C67	5.50002955e-29	-1.25760325e-28	1.9291332e-28
C69	-9.39142515e-27	1.50509956e-27	1.23374194e-28
C71	-2.6092267e-26	3.31838856e-27	-6.56763563e-28
C73	-6.49147942e-25	-4.41701789e-25	1.96718556e-26
C75	-1.04393303e-23	-1.62324934e-24	9.26233437e-27
C77	-2.82063502e-23	-3.10033605e-24	9.59511758e-26

- 21 -

Koeffizient	M5	M4	M3
C78	-5.68452263e-31	-3.84269156e-32	-1.36087563e-32
C80	7.67108041e-30	1.55275518e-30	-1.33497415e-30
C82	6.058936e-29	1.96249007e-29	-4.36019244e-31
C84	1.15550097e-27	-3.3952588e-28	-1.92418879e-30
C86	1.79846318e-26	-1.38182148e-27	1.56187502e-28
C88	1.39643759e-25	3.04816253e-27	1.01297986e-28
C90	3.94550135e-25	-2.94371036e-26	2.12669945e-28

Tabelle 3b zu Fig. 4

	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	-1529.15821200	1000.86879800
C7	-7.21365263e-07	-1.93331703e-06
C9	1.88378253e-06	-1.84033643e-07
C10	2.45955172e-10	-2.81812541e-09
C12	-3.79159792e-09	1.9583692e-09
C14	6.03170001e-09	7.7424397e-10
C16	1.39739408e-12	1.48474539e-11
C18	-2.21635515e-11	5.02920986e-12
C20	1.35376857e-10	2.53365732e-12
C21	1.40936627e-16	1.74088944e-14
C23	1.43369399e-14	-2.1334903e-14
C25	-8.60462103e-14	2.61777011e-15
C27	-1.28076927e-11	1.43312817e-15
C29	-3.91552363e-18	-1.24703661e-16
C31	7.78268783e-17	-3.38969141e-17
C33	4.79670303e-15	-3.5487177e-17
C35	6.57880376e-13	2.2012427e-18
C36	9.99496807e-22	-1.52458316e-19
C38	-3.84282119e-20	2.51039604e-19
C40	-1.6723843e-18	5.6210191e-20
C42	-2.56474517e-16	1.73940152e-19
C44	-1.98274834e-14	-1.1321983e-19
C46	9.34952152e-24	9.23948159e-22
C48	1.90195439e-22	7.79378371e-22
C50	8.00286991e-20	2.01966981e-21
C52	6.07692522e-18	6.89897626e-22
C54	3.76212793e-16	-3.72734774e-22
C55	1.73196762e-27	1.15046639e-24
C57	-2.28751341e-26	-3.9491719e-24
C59	-5.35734966e-24	-6.91771362e-24
C61	-1.41103673e-21	-1.13819133e-23
C63	-7.39981003e-20	3.81201343e-24
C65	-4.6184237e-18	1.67722151e-23
C67	1.39663106e-29	8.5089046e-28
C69	-3.04139715e-27	-1.2944118e-26
C71	-3.35448739e-26	-6.11495942e-26
C73	1.40154032e-23	3.81890861e-27
C75	4.08305626e-22	1.23373945e-25
C77	3.51808748e-20	2.02795773e-25
C78	5.5709533e-33	-2.14249699e-30

- 22 -

	M2	M1
C80	1.07876981e-30	1.00618005e-28
C82	5.33535428e-29	3.13519923e-28
C84	-9.44798079e-28	9.14947929e-28
C86	-1.93491775e-26	6.47191781e-28
C88	-1.46784545e-24	9.46554979e-28
C90	-1.20642351e-22	8.81431592e-28

Tabelle 3c zu Fig. 4

Oberfläche	DCX	DCY	DCZ
Bildebene	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	0.00000000	683.68887190
M7	0.00000000	-146.80816952	94.87346472
M6	-0.00000000	254.90466194	1751.36004402
M5	-0.00000000	278.48332111	828.23257611
AS	0.00000000	365.85630814	1140.62864491
M4	0.00000000	551.57881630	1804.66662057
M3	0.00000000	636.32531357	1091.37393385
M2	0.00000000	788.76270322	1716.50906773
M1	-0.00000000	952.97058991	816.19119188
Objektebene	-0.00000000	979.13904402	2093.88119443

Tabelle 4a zu Fig. 4

Oberfläche	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
Bildebene	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M8	-7.00000000	0.00000000	-0.00000000
M7	166.18421045	0.00000000	-0.00000000
M6	-6.08421995	-0.00000000	0.00000000
M5	172.91877320	-0.00000000	-0.00000000
AS	-14.14193946	0.00000000	0.00000000
M4	-4.42501381	0.00000000	-0.00000000
M3	176.53579844	-0.00000000	-0.00000000
M2	-1.68373893	0.00000000	-0.00000000
M1	184.58158791	-0.00000000	-0.00000000
Objektebene	3.82668536	0.00000000	-0.00000000

5 Tabelle 4b zu Fig. 4

Oberfläche	Einfallswinkel[deg]	Reflektivität
M8	7.00000000	0.66049448
M7	0.18421045	0.66566609
M6	7.54735915	0.65960735
M5	8.54436600	0.65779686
M4	11.20057900	0.65166187
M3	10.23976675	0.65411162
M2	12.02022939	0.64935140
M1	5.75490255	0.66224041
Gesamttransmission		0.0350

Tabelle 5 zu Fig. 4

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
-0.00000000	-40.89540499	0.00000000

- 23 -

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
-30.69628333	-40.97699510	0.00000000
-60.61308019	-41.17771017	0.00000000
-88.94720550	-41.36153696	0.00000000
-114.89076496	-41.30096113	0.00000000
-137.68185927	-40.70041229	0.00000000
-156.64317875	-39.24136740	0.00000000
-171.19592719	-36.63151491	0.00000000
-180.88296386	-32.65088947	0.00000000
-185.42639001	-27.20123207	0.00000000
-184.79272316	-20.35113885	0.00000000
-179.21560327	-12.35011242	0.00000000
-169.15594991	-3.59536785	0.00000000
-155.22052037	5.43525903	0.00000000
-138.07463383	14.25536238	0.00000000
-118.37388298	22.42387065	0.00000000
-96.72127338	29.57298165	0.00000000
-73.64532468	35.41459956	0.00000000
-49.59372334	39.73476377	0.00000000
-24.93977667	42.38534495	0.00000000
-0.00000000	43.27859989	0.00000000
24.93977667	42.38534495	0.00000000
49.59372334	39.73476377	0.00000000
73.64532468	35.41459956	0.00000000
96.72127338	29.57298165	0.00000000
118.37388298	22.42387065	0.00000000
138.07463383	14.25536238	0.00000000
155.22052037	5.43525903	0.00000000
169.15594991	-3.59536785	0.00000000
179.21560327	-12.35011242	0.00000000
184.79272316	-20.35113885	0.00000000
185.42639001	-27.20123207	0.00000000
180.88296386	-32.65088947	0.00000000
171.19592719	-36.63151491	0.00000000
156.64317875	-39.24136740	0.00000000
137.68185927	-40.70041229	0.00000000
114.89076496	-41.30096113	0.00000000
88.94720550	-41.36153696	0.00000000
60.61308019	-41.17771017	0.00000000
30.69628333	-40.97699510	0.00000000

Tabelle 6 zu Fig. 4

Die Spiegel M3, M6 und M8 haben negative Radiuswerte, sind also grundsätzlich Konkavspiegel. Die Spiegel M5 und M7 haben positive Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konvexspiegel.

5

Die Spiegel M1, M2 und M4 haben unterschiedliche Vorzeichen hinsichtlich ihrer x- und y-Radiuswerte, haben also eine Sattelflächen-Grundform.

Bei der Projektionsoptik 7 nach Fig. 4 beträgt die Bildfeldkrümmung absolut genau das Achtfache der Objektfeldkrümmung. Bei einer konventionellen Optik würde sich aufgrund des negativen Vorzeichens von β_y und des hiermit verbundenen image flip ein Bildfeld ergeben, welches eine genau umgekehrte Krümmung zum Objektfeld aufweisen würde, also ein Bildfeld mit kon-

5 vexem führendem Bildfeld-Randkonturabschnitt δ_{IN} und konkavem folgendem Bildfeld-Randkonturabschnitt δ_{OUT} . Die Bildfeldkrümmung ergibt sich bei der Projektionsoptik 7 nach Fig. 4 also nicht über den Abbildungsmaßstab beziehungsweise den Verkleinerungsmaßstab aus der Objektfeldkrümmung. Ein Verhältnis aus dem Objektfeld-Randkonturradius $R_{IN, OUT}^4$ und dem Bildfeld-Randkonturradius $R_{IN, OUT}^8$ $\left(\frac{R_{IN, OUT}^4}{R_{IN, OUT}^8} = 8 \right)$ stimmt mit dem Abbildungsmaßstab

10 „-8“, also dem Verhältnis aus Objektfelddimension und Bildfelddimension aufgrund des unterschiedlichen Vorzeichens nicht überein.

Bei der Projektionsoptik 7 sind sowohl der Objektfeld-Randkonturradius $R_{IN, OUT}^4$ als auch der Bildfeld-Randkonturradius $R_{IN, OUT}^8$ endlich.

15 Die Bildfeldkrümmung hat das gleiche Vorzeichen wie die Objektfeldkrümmung.

Im Strahlengang des Abbildungslichts 3 zwischen den Spiegeln M3 und M4 liegt ein erstes Zwischenbild Z1 in einer Zwischenbildebene 19. Im Abbildungsstrahlengang zwischen den Spiegeln M6 und M7 liegt ein zweites Zwischenbild Z2 in einer Zwischenbildebene 20.

20 Anhand der Fig. 6 wird nachfolgend eine weitere Ausführung einer Projektionsoptik 21 erläutert, die anstelle der Projektionsoptik 7 bei der Projektionsbelichtungsanlage 1 nach Fig. 1 zum Einsatz kommen kann. Komponenten und Funktionen, die vorstehend im Zusammenhang mit den Fig. 1 bis 5 bereits erläutert wurden, tragen gegebenenfalls die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

Die Spiegel M1 bis M8 sind wiederum als Freiformflächen-Spiegel ausgeführt, für die die vorstehend angegebene Freiformflächengleichung (1) gilt. Die optischen Designdaten der Projektionsoptik 21 können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden, die in ihrem Aufbau den

30 Tabellen zur Projektionsoptik 7 nach Fig. 4 entsprechen.

- 25 -

Ausführungsbeispiel**Fig. 6**

NA	0.5
Wellenlänge	13.5 nm
beta_x	-8.0
beta_y	-8.0
Feldgröße_x	26.0 mm
Feldgröße_y	1.0 mm
Bildfeldkrümmung	0.001775 1/mm
Objektfeldkrümmung	0.0 1/mm
rms	14.4 ml
Blende	AS

Tabelle 1 zu Fig. 6

Ober- fläche	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Betriebs- modus
M8	-756.9574598	0.0026225	-738.1114511	0.0027300	REFL
M7	5101.0431051	-0.0003921	440.7421598	-0.0045378	REFL
M6	-1420.3431373	0.0013959	-1606.9551279	0.0012555	REFL
M5	1151.5820150	-0.0017175	-4875.4851189	0.0004148	REFL
M4	-674.9818536	0.0029066	-13493.9215605	0.0001511	REFL
M3	-947.4288757	0.0020774	-1284.0361977	0.0015828	REFL
M2	-1760.0945444	0.0011114	4963.5379620	-0.0004120	REFL
M1	1304.2945859	-0.0015257	-1119.8331143	0.0017950	REFL

Tabelle 2 zu Fig. 6

Koeffizient	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-756.95745980	5101.04310500	-1420.34313700
C7	7.95113513e-08	4.98571356e-06	-1.28433578e-08
C9	-3.70764843e-08	-2.04485888e-06	4.05384279e-08
C10	-1.20815388e-11	4.83938194e-09	-2.37802425e-12
C12	-7.00773999e-11	1.26140001e-08	8.3230596e-12
C14	-1.44441001e-11	8.06979684e-09	-7.92382809e-11
C16	1.41894223e-13	3.32549033e-11	-4.30619986e-15
C18	4.03004735e-14	2.69206611e-11	4.8911951e-14
C20	-5.31649224e-14	-4.48728618e-11	-6.66468651e-13
C21	-2.10607096e-17	5.41334368e-14	-2.11840127e-18
C23	-1.78151247e-16	1.97976399e-13	3.73941095e-18
C25	-1.83865886e-16	-7.30830285e-14	1.48017742e-16
C27	-3.66840952e-17	2.61066882e-13	-2.47475102e-15
C29	2.5148951e-19	4.44725606e-16	-1.00928302e-21
C31	2.72100946e-19	6.33976286e-16	4.0823777e-20
C33	-1.38335166e-20	9.59964408e-16	1.19260989e-18
C35	-6.9229238e-20	-1.15838287e-15	-5.22418202e-18
C36	-1.63657582e-23	-5.02375419e-19	-1.42568318e-24
C38	-3.49129687e-22	2.53266899e-18	-8.92680941e-24
C40	-6.73325867e-22	5.18122025e-18	-1.33960684e-22
C42	-3.74153021e-22	-2.115745e-18	4.35675269e-21
C44	-9.63611102e-23	6.58875933e-18	-7.30055107e-19
C46	6.33582855e-25	-3.84533776e-21	-1.57969718e-27
C48	1.00116023e-24	1.58031411e-20	-4.92789514e-25

- 26 -

Koeffizient	M8	M7	M6
C50	4.6373397e-25	-2.78620004e-21	-1.07556494e-23
C52	-1.7971104e-25	8.64445599e-21	-2.19913788e-22
C54	-1.82874505e-25	-5.99691348e-20	-2.68337583e-21
C55	-7.26577277e-29	9.49517022e-24	-3.63494637e-31
C57	-5.9023783e-28	5.03484717e-23	2.98791374e-29
C59	-2.68017954e-27	1.28298717e-22	-1.40543046e-27
C61	-2.38725748e-27	-9.24601548e-23	-6.36043626e-26
C63	-1.00888237e-27	-3.04570968e-22	-2.31533737e-24
C65	-9.53798607e-29	4.48106932e-22	1.59662904e-22
C67	7.20771882e-31	2.21197867e-25	-1.54707059e-33
C69	1.31050011e-30	1.31961216e-24	9.97809104e-31
C71	7.40190371e-31	7.29415395e-25	6.0645836e-29
C73	1.20363253e-31	-9.1641339e-26	3.45089719e-28
C75	-5.12957899e-31	2.89526821e-24	-8.47355086e-27
C77	6.40119645e-32	-1.87427285e-24	6.96960309e-25
C78	1.93422756e-34	-9.73910724e-29	-6.96892339e-37
C80	-2.82981996e-34	2.30392825e-27	-7.26052916e-36
C82	-4.43194593e-34	5.17426152e-27	5.12135747e-33
C84	7.09985943e-35	2.67350812e-27	4.49999176e-31
C86	-8.67877032e-34	8.99767392e-27	7.5906298e-31
C88	-2.28989255e-34	-6.91729254e-27	-4.50759898e-29
C90	-2.17563767e-34	3.46680866e-27	-6.44078154e-27
C92	1.96338463e-36	0	0
C94	6.63695046e-36	0	0
C96	2.16490283e-35	0	0
C98	1.32520345e-35	0	0
C100	5.20200502e-37	0	0
C102	-1.84210389e-36	0	0
C104	-1.05288602e-36	0	0
C105	-1.21228801e-39	0	0
C107	-1.67865786e-38	0	0
C109	-4.66772638e-38	0	0
C111	-6.94288226e-38	0	0
C113	-6.40259921e-38	0	0
C115	-3.47981523e-38	0	0
C117	-1.2269766e-38	0	0
C119	-2.15979621e-39	0	0

Tabelle 3a zu Fig. 6

Koeffizient	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	1151.58201500	-674.98185360	-947.42887570
C7	-3.49975341e-07	-1.10027751e-07	7.0399422e-08
C9	3.80006554e-07	9.80276155e-07	1.68050004e-07
C10	2.48677183e-10	1.65444505e-10	-9.9792373e-11
C12	-4.05351135e-10	-1.86946307e-09	-3.41660235e-11
C14	1.99477233e-10	1.48932091e-09	-1.43446471e-10
C16	-7.64184465e-14	-5.33073167e-13	-4.2916757e-13
C18	1.74964704e-12	4.12734959e-13	-4.85319712e-13
C20	-2.06928591e-12	1.15487616e-11	9.52785007e-13
C21	1.43172693e-15	-2.93105556e-16	-1.86262363e-15

- 27 -

Koeffizient	M5	M4	M3
C23	-2.90916531e-15	-1.96936548e-15	-1.06870778e-15
C25	6.84983171e-15	-1.08408072e-14	6.90102493e-16
C27	6.70987203e-15	3.79734413e-14	4.3733327e-15
C29	-2.6960271e-19	4.84368288e-18	-5.90096244e-19
C31	-1.80359165e-17	-2.62469505e-17	-5.13102979e-18
C33	-1.4657853e-17	-2.69353736e-16	-5.04658555e-17
C35	-5.26044461e-17	-6.864374e-16	-4.4144667e-16
C36	-1.48554303e-22	-5.53718403e-22	9.25965316e-21
C38	1.0136365e-20	5.43565069e-20	-2.24186302e-20
C40	-1.20172078e-20	2.61451952e-19	-2.82000789e-19
C42	-2.49693262e-19	-1.88767843e-19	-1.97880957e-18
C44	-4.95156806e-19	-6.02657969e-18	-9.93650202e-18
C46	-5.75816436e-23	7.206731e-23	-1.32072781e-23
C48	-2.15113338e-22	1.03329533e-21	-5.11288748e-22
C50	2.17674387e-21	1.04959118e-20	-3.8922013e-21
C52	2.36906108e-21	6.85919208e-20	-1.09159458e-20
C54	-1.04605909e-20	2.59637709e-19	-3.23290417e-20
C55	2.56700907e-26	5.21031942e-26	-3.82355405e-26
C57	8.54643801e-26	-1.24321257e-24	-2.59355052e-26
C59	-1.45632026e-24	-1.88781956e-23	-1.235385e-24
C61	1.45439909e-24	-8.84386794e-23	-8.98870251e-24
C63	3.69799141e-23	-2.62156498e-22	3.76219044e-22
C65	-3.1774001e-24	9.58905086e-22	1.20101467e-21
C67	2.70316251e-28	-8.12984577e-28	2.17705059e-28
C69	7.8887774e-27	-1.5995198e-26	5.91241979e-27
C71	-1.01270219e-26	-2.42646594e-25	1.99866324e-26
C73	-1.69958756e-25	-2.18910972e-24	3.0818418e-25
C75	-9.90148442e-26	-1.45028375e-23	5.94588845e-24
C77	7.15989953e-25	-5.54831552e-23	1.43251382e-23
C78	-2.74267969e-32	4.45769524e-32	1.28419542e-31
C80	-5.49672399e-30	2.20165588e-29	3.22395784e-30
C82	-7.854543e-30	4.22511982e-28	3.06403835e-29
C84	1.26294547e-28	4.10856256e-27	1.21820285e-28
C86	5.46434804e-28	2.71137485e-26	2.2765261e-27
C88	-4.95581715e-28	1.20706279e-25	2.47620971e-26
C90	2.4947597e-27	3.09807515e-25	4.85165076e-26

Tabelle 3b zu Fig. 6

Koeffizient	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	-1760.09454400	1304.29458600
C7	5.16603155e-08	-9.89513472e-07
C9	8.97316764e-07	-3.85316636e-07
C10	2.79943857e-10	-1.13050467e-09
C12	-2.72558435e-11	-1.64509325e-09
C14	5.87811582e-09	1.67177249e-10
C16	-2.81946029e-13	4.17791619e-12
C18	-1.63272689e-12	-3.0654872e-12
C20	-8.07206924e-11	1.91194697e-12
C21	5.43232869e-16	3.66023133e-15
C23	-2.36282634e-16	1.2025644e-14

- 28 -

Koeffizient	M2	M1
C25	3.09959215e-14	-1.10647494e-14
C27	3.00870073e-12	5.68217696e-15
C29	-1.54310734e-18	-2.30733154e-17
C31	3.82138878e-17	3.09051188e-17
C33	7.06234169e-15	-1.17235661e-17
C35	4.63145146e-13	1.42623423e-17
C36	1.51465074e-21	-5.09413029e-20
C38	-2.95692285e-20	-2.22973105e-19
C40	-5.78089111e-18	-2.65777871e-19
C42	-1.32634419e-15	-1.3162631e-19
C44	-5.96214369e-14	3.24345247e-19
C46	-6.51970006e-24	1.044184e-22
C48	1.69747984e-22	-5.80439915e-22
C50	4.53743186e-19	-7.92609634e-22
C52	9.63195661e-17	4.27441224e-21
C54	3.24581134e-15	-2.36396784e-20
C55	4.59222227e-27	2.23070255e-24
C57	3.13944097e-25	1.60702734e-23
C59	1.71430151e-23	3.9622602e-23
C61	-2.38789767e-20	4.56261533e-23
C63	-3.6221933e-18	5.44483374e-23
C65	-9.29698422e-17	-2.60091233e-22
C67	-9.02261411e-29	-1.46214939e-27
C69	-1.15879489e-26	-4.25929995e-27
C71	1.03273501e-25	1.73974634e-27
C73	6.47902696e-22	2.04821461e-26
C75	6.87474497e-20	2.27553433e-25
C77	1.26918517e-18	7.65610573e-25
C78	-5.81954923e-33	-5.73057921e-29
C80	-8.76122982e-31	-5.50224461e-28
C82	1.40920381e-28	-1.64511902e-27
C84	-1.0938736e-26	-3.0887976e-27
C86	-6.79578313e-24	-1.91185506e-27
C88	-5.15028087e-22	-1.27004482e-28
C90	-5.3026313e-21	1.27483062e-26

Tabelle 3c zu Fig. 6

Oberfläche	DCX	DCY	DCZ
Bildebene	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	0.00000000	683.68887190
M7	0.00000000	-146.80816952	94.87346472
M6	-0.00000000	254.90466194	1751.36004402
M5	-0.00000000	278.48332111	828.23257611
AS	0.00000000	385.72843952	1211.68007547
M4	0.00000000	528.43626497	1721.92202978
M3	0.00000000	613.20774903	1008.53193727
M2	-0.00000000	759.56300718	1608.96546825
M1	-0.00000000	911.55784823	775.83049169
Objektebene	-0.00000000	937.81690117	2059.21812550

Tabelle 4a zu Fig. 6

Oberfläche	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
------------	----------	----------	----------

- 29 -

Oberfläche	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
Bildebene	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M8	-7.00000000	0.00000000	-0.00000000
M7	166.18421045	0.00000000	-0.00000000
M6	-6.08421995	-0.00000000	0.00000000
M5	172.91877320	-0.00000000	-0.00000000
AS	-32.64369084	0.00000000	0.00000000
M4	-4.42448264	0.00000000	-0.00000000
M3	176.53897395	-0.00000000	-0.00000000
M2	-1.67975140	0.00000000	0.00000000
M1	184.58351333	-0.00000000	-0.00000000
Objektebene	3.82784985	0.00000000	-0.00000000

Tabelle 4b zu Fig. 6

Oberfläche	Einfallswinkel[deg]	Reflektivität
M8	7.00000000	0.66049448
M7	0.18421045	0.66566609
M6	7.54735915	0.65960735
M5	8.54436600	0.65779686
M4	11.20111017	0.65166044
M3	10.23765358	0.65411671
M2	12.01892822	0.64935523
M1	5.75566348	0.66223946
Gesamttransmission		0.0350

Tabelle 5 zu Fig. 6

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
-0.00000000	-51.84656265	0.00000000
-28.75889454	-51.68390970	0.00000000
-56.81479076	-51.15628103	0.00000000
-83.46696826	-50.14979101	0.00000000
-108.01594477	-48.49267336	0.00000000
-129.76240425	-45.98323396	0.00000000
-148.01789919	-42.42398079	0.00000000
-162.14023031	-37.65061803	0.00000000
-171.59483763	-31.54918034	0.00000000
-176.02848368	-24.06784999	0.00000000
-175.33527271	-15.23572900	0.00000000
-169.69427531	-5.19017801	0.00000000
-159.56041662	5.80144603	0.00000000
-145.60362617	17.34268695	0.00000000
-128.61141948	28.93636298	0.00000000
-109.38348484	40.03004268	0.00000000
-88.64383030	50.06331303	0.00000000
-66.98236078	58.50882412	0.00000000
-44.82796937	64.90745071	0.00000000
-22.45196409	68.90040053	0.00000000
-0.00000000	70.25785426	0.00000000
22.45196409	68.90040053	0.00000000
44.82796937	64.90745071	0.00000000
66.98236078	58.50882412	0.00000000
88.64383030	50.06331303	0.00000000
109.38348484	40.03004268	0.00000000

- 30 -

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
128.61141948	28.93636298	0.00000000
145.60362617	17.34268695	0.00000000
159.56041662	5.80144603	0.00000000
169.69427531	-5.19017801	0.00000000
175.33527271	-15.23572900	0.00000000
176.02848368	-24.06784999	0.00000000
171.59483763	-31.54918034	0.00000000
162.14023031	-37.65061803	0.00000000
148.01789919	-42.42398079	0.00000000
129.76240425	-45.98323396	0.00000000
108.01594477	-48.49267336	0.00000000
83.46696826	-50.14979101	0.00000000
56.81479076	-51.15628103	0.00000000
28.75889454	-51.68390970	0.00000000

Tabelle 6 zu Fig. 6

Eine Gesamt-Reflektivität der Projektionsoptik 21 beträgt 3,5 %.

- 5 Die Projektionsoptik 21 hat eine bildseitige numerische Apertur von 0,5. Das Bildfeld 8 hat eine x-Erstreckung von zweimal 13,0 mm und eine y-Erstreckung von 1 mm. Die Projektionsoptik 21 ist optimiert für eine Betriebswellenlänge des Beleuchtungslichts 3 von 13,5 nm.

- Die Projektionsoptik 21 hat ein rechteckiges Objektfeld 4 und ein gebogenes, also gekrümmtes
 10 Bildfeld 8. Anders als bei der vorstehend beschriebenen Ausführung nach den Fig. 4 und 5 ist bei der Projektionsoptik 21 ein Verhältnis aus dem Objektfeld-Randkonturradius und dem Bildfeld-Randkonturradius nicht durch den Abbildungsmaßstab der Projektionsoptik 21 vorgegeben. Der Objektfeld-Randkonturradius $R_{IN, OUT}^4$ ergibt sich bei der Projektionsoptik 21 als Kehrwert aus der Objektfeldkrümmung. Entsprechendes gilt für den Bildfeld-Randkonturradius $R_{IN, OUT}^8$,
 15 der sich als Kehrwert aus der Bildfeldkrümmung ergibt. Bei der Projektionsoptik 21 ist der Objektfeld-Randkonturradius $R_{IN, OUT}^4$ unendlich. Der Bildfeld-Randkonturradius $R_{IN, OUT}^8$ ist endlich. Ein Verhältnis dieser beiden Randkonturradien ist unendlich, aufgrund der Tatsache, dass bei der Projektionsoptik 21 das Objektfeld 4 rechteckig ist.

- 20 Die beiden, den Fig. 6/7 zugeordneten Spalten in der Fig. 3 zeigen mögliche Abbildungssituationen hinsichtlich abgebildeter Objekt- und Bildbereiche RA, WA bei Einsatz der Projektionsoptik 21.

Die linke dieser beiden, den Fig. 6/7 zugeordneten Spalten in der Fig. 3 zeigt die Situation, bei der der Objektbereich rechteckig und der Bildbereich entsprechend der Bildfeldkrümmung gebogen ist. Eine Retikelstruktur, die parallel zur x-Richtung verläuft, wird in eine entsprechend der Bildfeldkrümmung der Projektionsoptik 21 dann gebogene Bildstruktur abgebildet.

5

In der rechten der beiden Spalten, die den Fig. 6/7 zugeordnet sind, ist ein gekrümmter Objektbereich RA dargestellt, wobei der Krümmungsvorhalt dieses Objektbereichs RA so ist, dass dieser gekrümmte Objektbereich RA durch die Projektionsoptik 21 in einen rechteckigen Bildbereich WA abgebildet wird. Soweit Retikelstrukturen 22 auf dem Retikel 10 vorgehalten sind, die quer zur Objekt-Scanrichtung y längs gekrümmter Bahnen aufgereiht sind, wie in der Fig. 3 durch eine gestrichelte Linie angedeutet, werden diese Retikelstrukturen 22 in gerade und senkrecht zur Bild-Scanrichtung y verlaufende Bild- beziehungsweise Waferstrukturen 23 abgebildet.

10

Fig. 7 ist wiederum eine sagittale Ansicht der Projektionsoptik 21.

15

Anhand der Fig. 8 wird nachfolgend eine weitere Ausführung einer Projektionsoptik 25 erläutert, die anstelle der Projektionsoptik 7 bei der Projektionsbelichtungsanlage 1 nach Fig. 1 zum Einsatz kommen kann. Komponenten und Funktionen, die vorstehend im Zusammenhang mit den Fig. 1 bis 7 bereits erläutert wurden, tragen gegebenenfalls die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

20

Die Spiegel M1 bis M8 sind wiederum als Freiformflächen ausgestaltet, für die die oben angegebene Freiformflächengleichung (1) gilt. Die optischen Designdaten der Projektionsoptik 25 können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden, die in ihrem Aufbau den Tabellen zur Projektionsoptik 7 nach Fig. 4 entsprechen.

25

Ausführungsbeispiel

NA	0.5
Wellenlänge	13.5 nm
beta_x	-8.0
beta_y	-8.0
Feldgröße_x	26.0 mm
Feldgröße_y	1.0 mm
Bildfeldkrümmung	0.001775 1/mm
Objektfeldkrümmung	-0.000444 1/mm
rms	15.6 ml
Blende	AS

Fig. 8

Tabelle 1 zu Fig. 8

Ober- fläche	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Betriebs- modus
M8	-764.7515135	0.0025957	-746.4458815	0.0026995	REFL
M7	8135.4008741	-0.0002458	508.7962189	-0.0039309	REFL
M6	-1425.0996933	0.0013912	-1551.5390027	0.0013003	REFL
M5	1215.8436733	-0.0016267	38495.0154183	-0.0000525	REFL
M4	-680.6771017	0.0028826	-2841.7804173	0.0007174	REFL
M3	-953.3769281	0.0020644	-1808.0397691	0.0011241	REFL
M2	-1743.4404844	0.0011220	-2529.4092325	0.0008084	REFL
M1	1280.2528763	-0.0015544	-1192.5626429	0.0016854	REFL

Tabelle 2 zu Fig. 8

Koeffizient	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-764.75151350	8135.40087400	-1425.09969300
C7	4.45841004e-08	2.35557726e-06	-1.19216152e-08
C9	-4.16224301e-08	-1.62276961e-06	8.6602125e-08
C10	-3.25209202e-11	5.27310345e-09	-2.12304168e-12
C12	-8.08574786e-11	7.97009127e-09	7.51717782e-12
C14	-2.85432036e-11	1.17554999e-08	2.7037637e-10
C16	4.66923079e-14	2.34779791e-11	-3.24079175e-15
C18	-2.87666523e-14	9.7736699e-12	5.16638868e-14
C20	-3.80228185e-14	-5.94086858e-11	4.29003672e-13
C21	-1.65603287e-16	6.00602311e-15	-1.61005171e-18
C23	-2.50756006e-16	3.59416518e-15	-4.56808769e-18
C25	-2.22037625e-16	1.46613826e-14	-1.24087103e-16
C27	-5.87783656e-17	2.9456213e-13	-5.85134896e-15
C29	4.09166975e-20	-2.29036887e-16	-6.4021613e-22
C31	5.26091343e-20	3.4098448e-17	4.03240095e-20
C33	-1.3643659e-20	4.78528412e-16	-2.4363778e-18
C35	-6.58698165e-20	-9.38899603e-16	-8.64650269e-17
C36	-1.59511064e-22	4.94883635e-19	-2.55632735e-25
C38	-4.16733711e-22	3.78101672e-19	2.85613786e-24
C40	-6.84489377e-22	4.66152156e-18	1.1133387e-23
C42	-4.21540868e-22	1.6037611e-18	-1.10119785e-20
C44	-1.10178063e-22	7.26885309e-19	-6.41883236e-19
C46	5.98059899e-25	9.88261211e-21	-2.58380243e-27
C48	4.8382808e-25	1.6938e-20	-1.67313498e-25
C50	1.65623242e-25	-8.21680157e-21	-4.40341674e-24
C52	-3.63045159e-25	-4.45894359e-20	2.33507619e-23
C54	-1.59451563e-25	1.81018593e-20	-3.62336373e-21
C55	-4.65787661e-28	-3.31217633e-23	-7.53792804e-31
C57	-1.49449868e-27	8.33068103e-23	4.13412728e-29
C59	-3.2650367e-27	-2.83137677e-24	-9.75556634e-28
C61	-2.79631164e-27	-1.95449601e-22	-1.8207336e-26
C63	-1.21001777e-27	2.64002886e-22	3.35451418e-25
C65	-2.32823664e-28	-1.41045992e-22	-1.26486605e-23
C67	-3.22443588e-31	-1.51256559e-25	2.56359842e-33
C69	-1.42858863e-30	1.56922735e-25	4.52209146e-31
C71	-2.22619918e-31	-1.8391831e-25	6.74446812e-31

- 33 -

Koeffizient	M8	M7	M6
C73	-3.65843062e-31	1.87462601e-24	-2.48771747e-33
C75	2.77696847e-32	2.28293697e-27	3.81343097e-33
C77	1.96165007e-31	6.0316658e-25	9.08100647e-34
C78	2.40597328e-34	-1.24287868e-28	-1.5050859e-37
C80	-2.33000232e-33	6.62040537e-28	-4.43789216e-35
C82	-2.22401253e-33	1.92804762e-28	1.00923978e-33
C84	-2.30564795e-34	3.59480676e-27	-1.58593587e-34
C86	-7.15609189e-34	-2.19014048e-27	6.53408631e-37
C88	-1.22515652e-33	-2.31561065e-27	-9.55589482e-37
C90	-2.02373936e-34	-1.59243356e-27	-2.06454058e-37
C92	1.97181769e-36	0	0
C94	6.89680379e-36	0	0
C96	1.06959219e-35	0	0
C98	1.6605873e-36	0	0
C100	-3.1146494e-36	0	0
C102	-2.96024674e-36	0	0
C104	-1.45292471e-36	0	0
C105	-2.74017367e-39	0	0
C107	-1.31867361e-38	0	0
C109	-4.25978166e-38	0	0
C111	-7.17134292e-38	0	0
C113	-7.141028e-38	0	0
C115	-4.10438731e-38	0	0
C117	-1.17842518e-38	0	0
C119	-1.11139532e-39	0	0

Tabelle 3a zu Fig. 8

Koeffizient	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	1215.84367300	-680.67710170	-953.37692810
C7	-4.37914292e-07	-3.76775379e-07	1.30598152e-07
C9	9.28566069e-07	3.31786006e-07	1.75016078e-08
C10	4.12716098e-10	-1.25857167e-10	-1.51035297e-10
C12	-1.1950048e-09	-4.51954318e-10	-3.39609553e-10
C14	1.09511773e-09	-8.63484284e-10	-9.43237406e-11
C16	1.04972793e-12	-3.31338507e-13	-5.82838432e-13
C18	3.06824571e-13	1.75438931e-12	-7.95038323e-13
C20	-9.64487576e-12	8.47386221e-12	5.98781658e-12
C21	2.34204683e-16	-1.6313704e-15	3.62407682e-15
C23	4.73629881e-15	2.71032778e-15	1.47948887e-15
C25	4.4041256e-14	-1.14114414e-14	1.1550714e-14
C27	-3.04646274e-14	-2.75754523e-14	9.46319563e-14
C29	-2.83305504e-18	9.64300343e-18	6.43915495e-18
C31	-5.20896669e-17	-8.53703574e-18	3.37574761e-17
C33	5.68342482e-17	-5.60659264e-17	1.59157909e-16
C35	2.91631393e-17	-2.75180395e-16	-8.53425167e-17
C36	-5.68293669e-21	-1.03772081e-20	-3.07497879e-20
C38	-8.80933607e-20	-1.59345178e-20	-3.13616008e-21
C40	-3.6824065e-19	-1.24610087e-19	5.56445029e-20
C42	-1.6779738e-18	1.97388533e-19	-1.29529962e-18
C44	-9.1887819e-19	2.88417488e-18	-2.4100354e-17

- 34 -

Koeffizient	M5	M4	M3
C46	5.77622894e-24	-6.71661321e-23	-9.71389008e-23
C48	2.47630241e-23	2.33382816e-22	-5.46586636e-22
C50	2.10352411e-21	2.49793651e-21	-2.21220265e-21
C52	3.219351e-22	5.82487137e-21	-4.23401724e-20
C54	-9.25090171e-21	5.30028344e-21	-2.9701926e-19
C55	8.75288512e-26	3.55309446e-26	7.17226949e-26
C57	7.49471856e-25	-1.12185651e-25	-1.37525171e-25
C59	4.03887808e-24	-9.21312721e-25	-3.47567394e-24
C61	9.56255038e-24	-6.4089098e-24	-1.51811028e-23
C63	6.18697032e-23	-1.30521766e-23	-2.58413766e-22
C65	-1.06753881e-23	-1.03056653e-22	-1.16154375e-21
C67	2.18979237e-28	2.6470641e-28	5.32317892e-28
C69	3.99525833e-27	-3.95261921e-28	3.31137402e-27
C71	1.37490311e-26	-4.65844335e-26	-3.15605735e-26
C73	-9.20478129e-26	-1.48341553e-25	-2.76384108e-26
C75	-1.49082932e-25	-3.61911951e-25	-4.63741746e-27
C77	-4.44447002e-26	-3.62359713e-25	6.12638463e-28
C78	-4.4579524e-31	-3.54400456e-31	1.24153653e-31
C80	-5.40216153e-30	-5.57411052e-30	1.57899021e-30
C82	-4.79884003e-29	-2.59108403e-30	7.16773073e-30
C84	-7.88701822e-29	4.59587564e-28	-3.24587117e-28
C86	2.52865727e-28	7.82074995e-28	6.28352757e-29
C88	-5.34548739e-29	1.47005036e-27	4.83600387e-30
C90	-1.51796638e-28	3.59366343e-27	-2.00915893e-30

Tabelle 3b zu Fig. 8

Koeffizient	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	-1743.44048400	1280.25287600
C7	1.32486186e-07	4.44546501e-07
C9	3.46361013e-07	-2.90157945e-07
C10	1.95733315e-10	-7.9545443e-10
C12	2.01549767e-10	-1.29107372e-09
C14	2.40069024e-10	-6.54267282e-10
C16	-4.27913986e-14	-1.60351254e-12
C18	-7.74118166e-13	-5.27016423e-12
C20	-1.32425155e-11	-2.6045902e-12
C21	5.72074833e-16	2.94788786e-15
C23	-9.99027971e-16	5.91204783e-15
C25	-4.11926466e-14	1.6852819e-14
C27	6.04630023e-13	7.35737627e-14
C29	-1.33967402e-18	1.31006101e-17
C31	-2.90453822e-17	6.41114767e-17
C33	1.37031444e-15	6.20019177e-17
C35	1.98528027e-14	1.301678e-16
C36	1.47674249e-21	-3.90602927e-20
C38	2.32605215e-22	-6.89302869e-20
C40	9.47367427e-19	-1.21147472e-19
C42	-5.1870126e-18	-1.19663492e-18
C44	-1.04089241e-15	-2.12102117e-18
C46	1.08449279e-24	-3.69710614e-22

- 35 -

Koeffizient	M2	M1
C48	4.2599671e-22	-2.74217148e-21
C50	-4.76792579e-21	-3.05963773e-21
C52	-3.7973328e-19	2.805075e-21
C54	1.37527837e-17	-1.17854589e-20
C55	1.29177702e-26	1.85371268e-24
C57	-4.08745749e-26	5.67979936e-24
C59	1.2408713e-24	1.26982586e-23
C61	6.38920578e-23	4.21780763e-23
C63	7.78467369e-21	9.14266775e-23
C65	-1.89524927e-20	2.51790051e-23
C67	2.15514506e-29	4.89135106e-27
C69	5.16333853e-28	5.63818065e-26
C71	-3.45009887e-28	1.62882161e-25
C73	-1.19240914e-28	1.49664596e-25
C75	5.54145144e-32	-1.8042117e-25
C77	-2.31686715e-30	7.32181148e-25
C78	4.56176669e-32	-4.91178313e-29
C80	7.78861812e-31	-1.89079219e-28
C82	-1.63535445e-29	-5.25267461e-28
C84	-2.85117489e-30	-1.49577756e-27
C86	-2.89315476e-32	-2.16968449e-27
C88	-8.66976909e-34	-4.37129905e-27
C90	-7.99393687e-34	2.51867279e-27

Tabelle 3c zu Fig. 8

Oberfläche	DCX	DCY	DCZ
Bildebene	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	0.00000000	683.68887190
M7	0.00000000	-146.80816952	94.87346472
M6	-0.00000000	254.90466194	1751.36004402
M5	-0.00000000	278.48332111	828.23257611
AS	0.00000000	391.77424329	1233.29642848
M4	0.00000000	519.25628848	1689.09965911
M3	0.00000000	603.27387977	975.21608668
M2	0.00000000	755.64021565	1596.74642044
M1	-0.00000000	905.75460696	768.90590159
Objektebene	0.00000000	932.64209480	2108.81015572

Tabelle 4a zu Fig. 8

Oberfläche	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
Bildebene	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M8	-7.00000000	0.00000000	-0.00000000
M7	166.18421045	0.00000000	-0.00000000
M6	-6.08421995	-0.00000000	0.00000000
M5	172.91877320	-0.00000000	-0.00000000
AS	-39.06438291	0.00000000	0.00000000
M4	-4.45663954	0.00000000	-0.00000000
M3	176.46903217	-0.00000000	-0.00000000
M2	-1.74817110	0.00000000	0.00000000
M1	184.56416145	-0.00000000	-0.00000000
Objektebene	3.85041574	0.00000000	-0.00000000

- 36 -

Oberfläche	Einfallswinkel[deg]	Reflektivität
M8	7.00000000	0.66049448
M7	0.18421045	0.66566609
M6	7.54735915	0.65960735
M5	8.54436600	0.65779686
M4	11.16895326	0.65174687
M3	10.24328154	0.65410315
M2	12.02607826	0.64933415
M1	5.71374571	0.66229180
Gesamttransmission		0.0350

Tabelle 5 zu Fig. 8

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
-0.00000000	-70.78142278	0.00000000
-25.74914234	-70.24881900	0.00000000
-51.03843677	-68.64129748	0.00000000
-75.36479736	-65.92858094	0.00000000
-98.16805430	-62.05751446	0.00000000
-118.85792991	-56.95233448	0.00000000
-136.86542200	-50.52357041	0.00000000
-151.68299641	-42.69142048	0.00000000
-162.87037650	-33.42412696	0.00000000
-170.04335543	-22.78236168	0.00000000
-172.88779078	-10.95273847	0.00000000
-171.21412804	1.74693915	0.00000000
-165.01678719	14.89650651	0.00000000
-154.49000849	28.02205622	0.00000000
-139.99298502	40.64082063	0.00000000
-121.99970955	52.28870929	0.00000000
-101.06296096	62.53273803	0.00000000
-77.78604112	70.97951231	0.00000000
-52.78759012	77.28830598	0.00000000
-26.66866686	81.19031939	0.00000000
-0.00000000	82.51121512	0.00000000
26.66866686	81.19031939	0.00000000
52.78759012	77.28830598	0.00000000
77.78604112	70.97951231	0.00000000
101.06296096	62.53273803	0.00000000
121.99970955	52.28870929	0.00000000
139.99298502	40.64082063	0.00000000
154.49000849	28.02205622	0.00000000
165.01678719	14.89650651	0.00000000
171.21412804	1.74693915	0.00000000
172.88779078	-10.95273847	0.00000000
170.04335543	-22.78236168	0.00000000
162.87037650	-33.42412696	0.00000000
151.68299641	-42.69142048	0.00000000
136.86542200	-50.52357041	0.00000000
118.85792991	-56.95233448	0.00000000
98.16805430	-62.05751446	0.00000000
75.36479736	-65.92858094	0.00000000
51.03843677	-68.64129748	0.00000000
25.74914234	-70.24881900	0.00000000

Tabelle 6 zu Fig. 8

Eine Gesamt-Reflektivität der Projektionsoptik 25 beträgt 3,5 %.

- 5 Das Bildfeld 8 hat eine x-Erstreckung von zweimal 13,0 mm und eine y-Erstreckung von 1,0 mm. Die Projektionsoptik 25 ist optimiert für eine Betriebswellenlänge des Beleuchtungslichts 3 von 13,5 nm.

- Bei der Projektionsoptik 25 sind sowohl das Objektfeld 4 als auch das Bildfeld 8 gekrümmt. Die
10 Vorzeichen der Bildfeldkrümmung einerseits und der Objektfeldkrümmung andererseits unterscheiden sich. Entsprechend gilt auch hier, dass sich ein Verhältnis aus Objektfeld-Randkontur und Bildfeld-Randkontur nicht aus dem Abbildungsmaßstab der Projektionsoptik 25 ergibt.

- Schematisch sind die Abbildungsverhältnisse bei der Projektionsoptik 25 in der rechten Spalte
15 der Fig. 3 angedeutet. Zudem ist in dieser rechten Spalte der Fig. 3 ein belichteter Objektfeldbereich RA dargestellt, der einen derartigen Krümmungsvorhalt hat, dass er mit der Projektionsoptik 25 in einen rechteckigen Bildbereich WA abgebildet wird. Für die Projektionsoptik 25 können wiederum Retikelstrukturen 22 zum Einsatz kommen, die quer zur Objekt-Scanrichtung y längs gekrümmter Bahnen aufgereiht sind, wie vorstehend anhand der Projektionsoptik 21 bereits
20 erläutert. Es ergeben sich dann wiederum Waferstrukturen 23, die gerade und senkrecht zur Bild-Scanrichtung y verlaufen.

Die Fig. 9 zeigt eine Sagittalansicht der Projektionsoptik 25.

- 25 Anhand der Fig. 10 wird nachfolgend eine weitere Ausführung einer Projektionsoptik 26 erläutert, die anstelle der Projektionsoptik 7 bei der Projektionsbelichtungsanlage 1 nach Fig. 1 zum Einsatz kommen kann. Komponenten und Funktionen, die vorstehend im Zusammenhang mit den Fig. 1 bis 9 bereits erläutert wurden, tragen gegebenenfalls die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

- 30 Die Spiegel M1 bis M8 sind wiederum als Freiformflächen ausgestaltet, für die die oben angegebene Freiformflächengleichung (1) gilt. Die optischen Designdaten der Projektionsoptik 26 kön-

nen den nachfolgenden Tabellen entnommen werden, die in ihrem Aufbau den Tabellen zur Projektionsoptik 7 nach Fig. 4 entsprechen.

Ausführungsbeispiel**Fig. 10**

NA	0.5
Wellenlänge	13.5 nm
beta_x	-8.0
beta_y	-8.0
Feldgröße_x	26.0 mm
Feldgröße_y	1.0 mm
Bildfeldkrümmung	0.0 1/mm
Objektfeldkrümmung	-0.000222 1/mm
rms	16.6 ml
Blende	AS

Tabelle 1 zu Fig. 10

5

Oberfläche	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Betriebsmodus
M8	-765.8913463	0.0025919	-746.1184514	0.0027007	REFL
M7	11288.5714143	-0.0001772	502.3085837	-0.0039816	REFL
M6	-1424.3241926	0.0013920	-1563.1728731	0.0012906	REFL
M5	1204.8476946	-0.0016415	-25736.0545270	0.0000786	REFL
M4	-683.8483517	0.0028692	-2842.8037719	0.0007171	REFL
M3	-938.2557930	0.0020976	-1731.9671804	0.0011735	REFL
M2	-1775.1219500	0.0011019	-3005.8539733	0.0006803	REFL
M1	1300.2720121	-0.0015305	-1226.2560706	0.0016391	REFL

Tabelle 2 zu Fig. 10

Koeffizient	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-765.89134630	11288.57141000	-1424.32419300
C7	4.69018128e-08	2.44968457e-06	-1.24941445e-08
C9	-4.06496383e-08	-1.63971326e-06	8.99590633e-08
C10	-2.50099426e-11	4.9648485e-09	-2.23168231e-12
C12	-8.17578295e-11	8.04227585e-09	7.71168873e-12
C14	-3.0188428e-11	1.19858842e-08	2.3285303e-10
C16	5.47230502e-14	2.27070022e-11	-3.38744669e-15
C18	-2.25011478e-14	1.72860676e-11	5.26892097e-14
C20	-3.69012849e-14	-5.81318075e-11	2.3841462e-13
C21	-1.53177258e-16	1.10614965e-14	-1.76528707e-18
C23	-2.42812104e-16	1.39726551e-14	-4.9810399e-18
C25	-2.17405265e-16	-1.44643594e-14	-1.38559764e-16
C27	-5.33096458e-17	2.84265764e-13	-5.84778769e-15
C29	6.812487e-21	-1.79183746e-16	-1.10248062e-21
C31	7.1224734e-20	-6.24217854e-19	2.85276688e-20
C33	-1.71106276e-20	4.42019569e-16	-3.53673094e-18
C35	-6.6264883e-20	-1.10049628e-15	-9.05994682e-17
C36	-2.23454431e-22	4.69304146e-19	-5.4224916e-25
C38	-4.68428112e-22	5.17808105e-20	-1.18300132e-23

- 39 -

Koeffizient	M8	M7	M6
C40	-6.9725579e-22	3.41819468e-18	6.9485614e-23
C42	-4.43708848e-22	4.66056185e-19	-2.37254444e-20
C44	-1.32759067e-22	3.71775164e-18	-4.63786083e-19
C46	5.24618538e-25	5.36108999e-21	-1.27383558e-27
C48	5.17606984e-25	1.32236659e-20	-2.11191362e-25
C50	1.53509981e-25	-4.39991427e-21	-2.15907872e-24
C52	-2.90585968e-25	-1.01007502e-20	8.84304825e-24
C54	-1.36958792e-25	-7.99923116e-21	-1.50297065e-21
C55	-3.24175538e-28	-2.19310016e-23	-2.6116228e-31
C57	-1.15003359e-27	6.43483589e-23	6.82222921e-29
C59	-3.04573229e-27	1.03858472e-23	-1.10679001e-27
C61	-2.65310362e-27	-2.9680215e-23	-1.33497405e-26
C63	-1.24728301e-27	5.29033103e-23	7.1800968e-25
C65	-1.59718496e-28	1.28437116e-24	-7.23647101e-24
C67	4.31395719e-31	-5.85132302e-26	5.14599791e-34
C69	-9.60085772e-31	2.69778531e-25	4.20557893e-31
C71	-2.48465736e-31	1.75739989e-25	-1.97548815e-32
C73	-1.85539246e-31	6.70374214e-25	-2.34565891e-33
C75	-3.87665276e-33	2.51433384e-25	9.93812459e-35
C77	5.6642885e-32	9.00243282e-26	1.91328535e-35
C78	1.02546094e-34	-2.24427571e-28	-5.04457608e-37
C80	-2.01157245e-33	1.0338164e-27	-6.41242783e-35
C82	-2.71204578e-33	9.83720434e-28	2.7282278e-34
C84	-9.74997469e-34	1.4561495e-27	5.31721288e-36
C86	-1.786925e-33	-1.13318102e-27	4.23513507e-37
C88	-1.01399702e-33	-1.92854872e-27	-2.64461521e-38
C90	-2.9846629e-34	-5.63409948e-28	-5.18086577e-39
C92	9.35230715e-37	0	0
C94	5.17975943e-36	0	0
C96	9.90695782e-36	0	0
C98	2.84539095e-36	0	0
C100	-2.84639155e-36	0	0
C102	-3.44111769e-36	0	0
C104	-1.13535088e-36	0	0
C105	-1.99484046e-39	0	0
C107	-1.56698239e-38	0	0
C109	-4.3473078e-38	0	0
C111	-7.07567499e-38	0	0
C113	-6.95972953e-38	0	0
C115	-3.74226982e-38	0	0
C117	-1.11777361e-38	0	0
C119	-8.367513e-40	0	0

Tabelle 3a zu Fig. 10

Koeffizient	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	1204.84769500	-683.84835170	-938.25579290
C7	-4.48936647e-07	-4.24761534e-07	1.30177402e-07
C9	8.75626244e-07	3.37966051e-07	8.16973014e-09
C10	4.27367787e-10	-1.1666058e-10	-2.34739655e-10
C12	-1.10283423e-09	-4.40714808e-10	-4.00674665e-10

- 40 -

Koeffizient	M5	M4	M3
C14	1.73221475e-09	-5.86405343e-10	-4.13537664e-10
C16	7.87106027e-13	-4.0942953e-13	-8.07047461e-13
C18	-7.09797875e-13	9.74878208e-13	-1.67725942e-12
C20	-5.84347848e-12	8.89025748e-12	7.14268731e-12
C21	4.51262086e-16	-1.66435244e-15	3.63446407e-15
C23	5.34261454e-15	2.44687964e-15	2.16067234e-16
C25	3.05226931e-14	-1.27855394e-14	1.50745936e-14
C27	-5.41011732e-14	-2.4049024e-14	1.52613847e-13
C29	-1.25328882e-18	7.90732318e-18	1.02000403e-17
C31	-3.8908582e-17	-9.04702559e-18	4.59899359e-17
C33	8.63682732e-17	-1.32908889e-17	3.73441194e-16
C35	-2.76702051e-16	-2.05667449e-16	3.76691064e-16
C36	-2.42314542e-21	-9.95611666e-21	-2.35798897e-20
C38	-5.60831672e-20	-6.96280049e-21	2.7978758e-20
C40	-3.22864331e-19	-8.10793489e-20	3.36257639e-19
C42	-3.68020251e-19	2.20238451e-19	3.89621456e-19
C44	-1.53984563e-18	6.95873968e-19	-2.3099079e-17
C46	-1.71903887e-23	1.38631536e-24	-1.26342456e-22
C48	-6.00473191e-23	2.98123223e-22	-4.70813343e-22
C50	7.46946808e-22	3.27760199e-21	-1.79552602e-21
C52	2.97830419e-21	1.44540252e-21	-4.64836568e-20
C54	-3.79016292e-21	-2.38619405e-21	-2.91255098e-19
C55	2.61079442e-26	-1.3680663e-26	1.37550954e-26
C57	1.60139772e-25	-4.44342795e-25	-5.14271262e-25
C59	2.84465284e-24	-1.32174152e-24	-4.37298797e-24
C61	3.71856724e-24	-1.55285753e-23	-3.42304563e-23
C63	3.5392482e-23	1.3965089e-23	-3.07219936e-22
C65	7.77386732e-24	9.03522906e-23	-1.15939622e-21
C67	3.18048026e-28	-2.65485354e-28	5.94445988e-28
C69	4.64613484e-27	-1.58345256e-27	1.95325651e-27
C71	1.5147653e-26	-6.59743826e-26	-1.3321163e-26
C73	-1.91521639e-26	-2.14303013e-25	-8.50929964e-27
C75	-1.70372363e-26	-8.40776827e-26	-1.28068416e-27
C77	1.43521275e-26	-1.19637866e-25	-3.18589636e-28
C78	-1.02736657e-31	-7.03746321e-32	2.68268764e-31
C80	-2.57359782e-30	-3.52091712e-31	3.06449111e-30
C82	-3.18498974e-29	1.76191366e-29	9.03785466e-30
C84	-7.26377513e-29	5.90624028e-28	3.51117872e-29
C86	6.24419188e-29	1.50070412e-27	1.6142742e-29
C88	1.58684759e-29	-1.43312464e-27	1.55346878e-30
C90	-1.90637293e-29	-1.71097009e-28	3.27535664e-31

Tabelle 3b zu Fig. 10

Koeffizient	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	-1775.12195000	1300.27201200
C7	1.71717696e-07	4.46645674e-07
C9	3.63646977e-07	-2.23489006e-07
C10	2.25808556e-10	-7.90735154e-10
C12	2.69473028e-10	-1.34905817e-09
C14	-4.39602838e-10	-8.77056243e-10

- 41 -

Koeffizient	M2	M1
C16	6.40305106e-15	-1.50470251e-12
C18	-1.06230599e-12	-5.56094933e-12
C20	-3.20850745e-12	-3.54802397e-12
C21	6.12086569e-16	2.81758944e-15
C23	-1.04914713e-15	6.39599348e-15
C25	-3.69187494e-14	1.48390325e-14
C27	5.43716188e-13	4.63954728e-14
C29	-1.47926486e-18	1.340247e-17
C31	-2.43358173e-17	7.164553e-17
C33	1.57296074e-15	8.02798563e-17
C35	1.70611215e-14	1.26957982e-16
C36	1.53281823e-21	-3.76080343e-20
C38	-6.8389909e-22	-5.89272628e-20
C40	1.05512897e-18	2.40601175e-20
C42	-1.01742048e-18	-7.61872404e-19
C44	-9.12648779e-16	2.97941876e-19
C46	-4.33021847e-24	-4.36952669e-22
C48	4.3323552e-22	-2.47006646e-21
C50	-1.00765933e-20	-3.17326037e-21
C52	-5.46730765e-19	-8.13183103e-22
C54	1.61175189e-17	4.07009927e-22
C55	1.12087235e-26	1.94745849e-24
C57	2.76783751e-26	5.79865083e-24
C59	-4.21152316e-24	7.54585422e-24
C61	-1.08002677e-22	1.78653428e-23
C63	5.15255732e-21	3.92625119e-23
C65	-1.19882796e-19	-3.17696575e-23
C67	3.8663086e-29	7.1481052e-27
C69	-6.39383798e-28	4.4857762e-26
C71	-7.84001039e-28	1.4868798e-25
C73	4.91713043e-29	1.4781681e-25
C75	7.99554732e-31	-2.84948569e-26
C77	-9.48455787e-31	9.36460066e-27
C78	7.42103004e-32	-5.08455373e-29
C80	2.98519839e-32	-2.17978288e-28
C82	9.52268434e-30	-5.07950462e-28
C84	-6.38680541e-31	-1.01441832e-27
C86	2.19563395e-32	-8.63337717e-28
C88	-1.04897983e-34	-1.77394127e-27
C90	-6.98291074e-34	-6.8094618e-28

Tabelle 3c zu Fig. 10

Oberfläche	DCX	DCY	DCZ
Bildebene	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	0.00000000	683.68887190
M7	0.00000000	-146.80816952	94.87346472
M6	-0.00000000	255.22398006	1752.67677114
M5	-0.00000000	278.78979516	830.05216106
AS	0.00000000	392.15516493	1235.38219561
M4	0.00000000	519.97963080	1692.40972772
M3	0.00000000	603.98042607	978.58164126
M2	0.00000000	755.91729446	1598.31191874
M1	-0.00000000	906.22507748	769.41476892

- 42 -

Oberfläche	DCX	DCY	DCZ
Objektebene	-0.00000000	932.87274564	2101.77719991

Tabelle 4a zu Fig. 10

Oberfläche	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
Bildebene	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M8	-7.00000000	0.00000000	-0.00000000
M7	166.18421045	0.00000000	-0.00000000
M6	-6.08421995	-0.00000000	0.00000000
M5	172.91877320	-0.00000000	-0.00000000
AS	-38.79299552	0.00000000	0.00000000
M4	-4.45704591	0.00000000	-0.00000000
M3	176.46811078	-0.00000000	-0.00000000
M2	-1.74862623	0.00000000	0.00000000
M1	184.56612304	-0.00000000	-0.00000000
Objektebene	3.85421913	0.00000000	-0.00000000

Tabelle 4b zu Fig. 10

Oberfläche	Einfallswinkel[deg]	Reflektivität
M8	7.00000000	0.66049448
M7	0.18421045	0.66566609
M6	7.54735915	0.65960735
M5	8.54436600	0.65779686
M4	11.16854689	0.65174796
M3	10.24339020	0.65410288
M2	12.02665319	0.64933246
M1	5.71190392	0.66229409
Gesamttransmission		0.0350

5 Tabelle 5 zu Fig. 10

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
-0.00000000	-67.17865318	0.00000000
-26.20254302	-66.67668675	0.00000000
-51.96557704	-65.15888470	0.00000000
-76.79473556	-62.58919720	0.00000000
-100.11753324	-58.90745363	0.00000000
-121.30743356	-54.03303756	0.00000000
-139.74370604	-47.87744241	0.00000000
-154.87034917	-40.36986865	0.00000000
-166.21988208	-31.49347987	0.00000000
-173.40709510	-21.32202642	0.00000000
-176.13390814	-10.04337133	0.00000000
-174.23085684	2.04112711	0.00000000
-167.70982292	14.54324587	0.00000000
-156.78249618	27.02829429	0.00000000
-141.83338954	39.05085766	0.00000000
-123.37508589	50.17583636	0.00000000
-102.00731052	59.98812303	0.00000000
-78.37328888	68.10153409	0.00000000
-53.10925923	74.17510426	0.00000000
-26.80591552	77.93722469	0.00000000
-0.00000000	79.21165486	0.00000000

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
26.80591552	77.93722469	0.00000000
53.10925923	74.17510426	0.00000000
78.37328888	68.10153409	0.00000000
102.00731052	59.98812303	0.00000000
123.37508589	50.17583636	0.00000000
141.83338954	39.05085766	0.00000000
156.78249618	27.02829429	0.00000000
167.70982292	14.54324587	0.00000000
174.23085684	2.04112711	0.00000000
176.13390814	-10.04337133	0.00000000
173.40709510	-21.32202642	0.00000000
166.21988208	-31.49347987	0.00000000
154.87034917	-40.36986865	0.00000000
139.74370604	-47.87744241	0.00000000
121.30743356	-54.03303756	0.00000000
100.11753324	-58.90745363	0.00000000
76.79473556	-62.58919720	0.00000000
51.96557704	-65.15888470	0.00000000
26.20254302	-66.67668675	0.00000000

Tabelle 6 zu Fig. 10

Eine Gesamt-Reflektivität der Projektionsoptik 26 beträgt 3,5 %.

- 5 Das Bildfeld 8 hat eine x-Erstreckung von zweimal 13 mm und eine y-Erstreckung von 1 mm. Die Projektionsoptik 26 ist optimiert für eine Betriebswellenlänge des Beleuchtungslichts 3 von 13,5 nm.

- 10 Die Projektionsoptik 26 hat ein rechteckiges Bildfeld. Entsprechend ist die Bildfeldkrümmung der Projektionsoptik 26 null. Die Projektionsoptik 26 hat ein gekrümmtes Objektfeld 4. Entsprechend ergibt sich auch bei der Projektionsoptik 26 ein Verhältnis aus dem Objektfeld-Randkonturradius $R_{IN, OUT}^4$ und dem Bildfeld-Randkonturradius $R_{IN, OUT}^8$ nicht aus dem Abbildungsmaßstab der Projektionsoptik 26.

- 15 Schematisch sind die Abbildungsverhältnisse bei der Projektionsoptik 26 in der vorletzten Spalte der Fig. 3 angedeutet. Auch hier ist der Fall dargestellt, bei dem ein gekrümmter Objektbereich RA scanintegriert belichtet wird, dessen Krümmung so vorgehalten ist, dass bei der Abbildung durch die Projektionsoptik 26 ein rechteckiger Bildbereich WA resultiert. Bei Einsatz von Retikelstrukturen 22, die quer zur Objekt-Scanrichtung längs gekrümmter Bahnen aufgereiht sind,
20 mit einem entsprechenden Krümmungsvorhalt bei der Projektionsoptik 26 ergeben sich wieder-

rum gerade und parallel zur Bild-Scanrichtung verlaufenden Waferstrukturen 23, wie in der Fig. 3 ebenfalls angedeutet.

Fig. 11 zeigt eine Sagittalansicht der Projektionsoptik 26.

5

Anhand der Fig. 12 wird nachfolgend eine weitere Ausführung einer Projektionsoptik 27 erläutert, die anstelle der Projektionsoptik 7 bei der Projektionsbelichtungsanlage 1 nach Fig. 1 zum Einsatz kommen kann. Komponenten und Funktionen, die vorstehend im Zusammenhang mit den Fig. 1 bis 11 bereits erläutert wurden, tragen gegebenenfalls die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

10

Die Spiegel M1 bis M8 sind wiederum als Freiformflächen ausgestaltet, für die die oben angegebene Freiformflächengleichung (1) gilt. Die optischen Designdaten der Projektionsoptik 27 können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden, die in ihrem Aufbau den Tabellen zur Projektionsoptik 7 nach Fig. 4 entsprechen.

15

Ausführungsbeispiel		Fig. 12
NA		0.5
Wellenlänge		13.5 nm
beta_x		-8.0
beta_y		-8.0
Feldgröße_x		26.0 mm
Feldgröße_y		1.0 mm
Bildfeldkrümmung		-0.001775 1/mm
Objektfeldkrümmung		-0.000222 1/mm
rms		15.8 ml
Blende		AS

Tabelle 1 zu Fig. 12

Oberfläche	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Betriebsmodus
M8	-771.6077718	0.0025727	-757.6436384	0.0026596	REFL
M7	3756.2816581	-0.0005324	576.7461376	-0.0034677	REFL
M6	-1486.3002669	0.0013340	-1508.5222154	0.0013374	REFL
M5	2014.4782292	-0.0009818	2533.7023692	-0.0007982	REFL
M4	-596.9676028	0.0032871	-1474.9356426	0.0013820	REFL
M3	-947.0223632	0.0020781	-71479.7740428	0.0000284	REFL
M2	-2274.1522286	0.0008601	-1083.3637668	0.0018876	REFL
M1	1357.6585150	-0.0014659	-1305.4972514	0.0015395	REFL

Tabelle 2 zu Fig. 12

- 45 -

Koeffizient	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-771.60777180	3756.28165800	-1486.30026700
C7	2.66628608e-08	6.45648597e-07	-1.23847195e-08
C9	-3.30451987e-08	-6.63011692e-07	3.98726555e-08
C10	-3.21454932e-11	6.68746501e-09	-2.19954431e-12
C12	-8.45560727e-11	4.83820341e-09	-5.66393571e-12
C14	-3.13337616e-11	5.11124837e-09	9.28889728e-11
C16	5.86724847e-14	2.21333e-11	-7.97966801e-15
C18	1.28267994e-15	8.93282078e-12	-2.73143629e-14
C20	-4.48119563e-14	-2.61710824e-11	6.07477276e-13
C21	-4.21005777e-17	-1.48059118e-14	-6.99468287e-19
C23	-2.35151452e-16	7.14678242e-14	4.5948517e-18
C25	-2.20262487e-16	2.51655162e-14	-2.83207348e-16
C27	-4.27597012e-17	1.16366922e-13	5.19961466e-15
C29	5.13269575e-20	4.27488589e-17	-5.7790018e-21
C31	9.82249364e-20	2.0034866e-16	6.16725645e-20
C33	-6.45893333e-20	3.37690501e-17	-1.69773495e-18
C35	-5.40208431e-20	-3.67321873e-16	4.1542784e-17
C36	-1.24490813e-22	2.39767447e-19	-9.51555862e-25
C38	-5.69801707e-22	1.2389956e-18	-1.49181471e-23
C40	-8.86598929e-22	1.01853916e-18	7.65385893e-22
C42	-4.78592862e-22	2.21471442e-19	-2.04795098e-21
C44	-1.19128328e-22	1.68785651e-18	2.36053444e-19
C46	1.13890527e-25	-4.79710763e-25	-4.39498128e-28
C48	1.97314875e-25	2.70287202e-21	-3.91961165e-27
C50	1.44550331e-26	-3.25998308e-21	5.87047277e-25
C52	-1.3373763e-25	-4.33714436e-23	-1.47502725e-22
C54	-7.1078775e-26	-6.17549131e-21	-7.76584162e-22
C55	2.24489839e-29	-1.04691571e-24	-4.10189448e-31
C57	-4.83073838e-28	-6.63294556e-24	-1.88483386e-29
C59	-1.14990917e-27	8.7848782e-24	-5.10903395e-28
C61	-1.05858324e-27	2.54489409e-23	-3.25616303e-26
C63	-5.51625698e-28	1.10059455e-23	-1.21281808e-24
C65	-1.08463262e-28	1.41884088e-23	-1.02524297e-23
C67	2.83808263e-31	0	0
C69	1.56632405e-30	0	0
C71	1.59512756e-30	0	0
C73	-1.50157714e-31	0	0
C75	-9.06932586e-31	0	0
C77	-2.38248328e-31	0	0
C78	-7.98969536e-34	0	0
C80	-5.04755989e-33	0	0
C82	-1.40937346e-32	0	0
C84	-1.8153065e-32	0	0
C86	-1.2515122e-32	0	0
C88	-4.70505059e-33	0	0
C90	-8.18051247e-34	0	0

Tabelle 3a zu Fig. 12

Koeffizient	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000

- 46 -

Koeffizient	M5	M4	M3
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	2014.47822900	-596.96760280	-947.02236320
C7	-4.0429813e-07	-2.8550436e-07	9.64946102e-08
C9	1.03937635e-06	-2.38178445e-08	-4.30747293e-07
C10	1.35115415e-10	6.89586215e-10	1.05615364e-10
C12	-5.32603296e-10	-1.27393302e-11	-4.74469545e-10
C14	6.73887229e-10	6.69344134e-11	-3.51166861e-10
C16	-4.77666586e-13	6.3146068e-13	-4.39851847e-13
C18	-3.04460698e-12	-2.00364019e-13	7.22012876e-15
C20	-1.2141874e-12	4.72161945e-13	3.55760602e-12
C21	-3.36278044e-16	-3.56674229e-15	2.99173302e-16
C23	1.65515521e-15	2.2746411e-15	4.33486156e-16
C25	-2.40910187e-15	1.59789851e-15	-2.42788692e-15
C27	-1.21628283e-14	-3.80834819e-16	-4.82214338e-14
C29	5.25178705e-19	-8.29347345e-18	1.03470773e-18
C31	9.78937368e-18	1.73775812e-19	5.20734188e-18
C33	5.85408448e-17	7.30765955e-18	-4.32822394e-17
C35	3.10866188e-17	-7.18217469e-18	-3.79085447e-16
C36	2.83960974e-21	4.15686934e-20	-2.36283963e-21
C38	4.18767279e-21	-4.18815136e-20	1.08387539e-20
C40	-2.48521892e-21	2.3899614e-20	7.56646484e-20
C42	1.15079936e-19	-3.84654801e-20	3.77567784e-20
C44	-7.81314284e-19	-9.99504531e-21	6.89573838e-18
C46	-9.92022178e-24	8.14301813e-23	-5.2290121e-24
C48	4.65584896e-23	9.3823565e-23	4.11791047e-23
C50	1.00453364e-22	-1.18719302e-22	1.85892946e-22
C52	-3.4939503e-21	-1.19139067e-22	8.54646518e-21
C54	-1.53771602e-20	6.75440659e-23	2.61298501e-20
C55	-9.10527004e-27	-1.55789534e-25	6.31643747e-27
C57	-4.39572004e-26	5.98538498e-25	-5.12005479e-26
C59	-4.86743289e-25	4.34737318e-26	-8.16892719e-25
C61	2.51664646e-25	-3.00154887e-25	-5.45464667e-24
C63	8.17939528e-24	2.59238327e-25	1.27498143e-23
C65	8.85742968e-23	-2.30821899e-26	-5.83516655e-22

Tabelle 3b zu Fig. 12

Koeffizient	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	-2274.15222900	1357.65851500
C7	-5.72034219e-08	1.01909138e-06
C9	-1.00368919e-07	-1.52802059e-07
C10	-8.74043289e-11	-9.61180693e-10
C12	-4.95739275e-11	6.08463176e-10
C14	-2.91360176e-10	-1.82199653e-10
C16	-3.538189e-13	-4.45497777e-12
C18	1.23275889e-13	-1.68324125e-12
C20	7.01892032e-12	2.20812287e-12
C21	-1.46254108e-16	3.67404753e-15
C23	2.34314631e-16	-9.58062516e-15
C25	5.94831705e-15	-1.13709512e-14

- 47 -

Koeffizient	M2	M1
C27	-4.87413637e-16	9.76760007e-15
C29	-2.4639808e-20	2.91666827e-17
C31	-3.92130296e-18	1.65440924e-18
C33	-2.22283112e-16	-1.18729383e-16
C35	-2.54256643e-15	9.9442031e-17
C36	5.3084888e-22	-2.01757375e-20
C38	-5.07669193e-21	1.29539968e-19
C40	-2.69347537e-19	9.88294022e-21
C42	-5.76948439e-18	2.88094973e-20
C44	-6.34922915e-17	5.91200325e-19
C46	-2.58424862e-24	-2.92345012e-22
C48	-8.30963689e-23	-1.63021622e-22
C50	4.74935441e-22	8.84524814e-22
C52	4.34656739e-20	3.23299441e-21
C54	3.1277454e-19	-1.0913316e-21
C55	-5.51978959e-27	-1.34345341e-25
C57	-5.53438483e-27	-1.37500189e-24
C59	7.78041163e-25	-2.69728862e-24
C61	4.933085e-23	5.86190565e-24
C63	1.16440375e-21	6.31816758e-24
C65	2.04852698e-20	4.86247107e-24

Tabelle 3c zu Fig. 12

Oberfläche	DCX	DCY	DCZ
Bildebene	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	0.00000000	683.68887190
M7	0.00000000	-146.80816952	94.87346472
M6	-0.00000000	255.19699500	1752.56549667
M5	-0.00000000	278.76061884	830.02667692
AS	0.00000000	409.61790343	1297.89784247
M4	0.00000000	544.16473011	1778.96071044
M3	0.00000000	627.89695060	1061.72511990
M2	-0.00000000	786.32132229	1704.26548698
M1	-0.00000000	936.53708805	870.83761381
Objektebene	-0.00000000	962.82288017	2200.00091469

Tabelle 4a zu Fig. 12

Oberfläche	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
Bildebene	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M8	-7.00000000	0.00000000	-0.00000000
M7	166.18421045	0.00000000	-0.00000000
M6	-6.08421995	-0.00000000	0.00000000
M5	172.91877320	-0.00000000	-0.00000000
AS	-71.31466005	0.00000000	0.00000000
M4	-4.48342703	0.00000000	-0.00000000
M3	176.40409023	-0.00000000	-0.00000000
M2	-1.81667526	0.00000000	0.00000000
M1	184.54213148	-0.00000000	-0.00000000
Objektebene	3.86705520	0.00000000	0.00000000

5 Tabelle 4b zu Fig. 12

- 48 -

Oberfläche	Einfallswinkel[deg]	Reflektivität
M8	7.00000000	0.66049448
M7	0.18421045	0.66566609
M6	7.54735915	0.65960735
M5	8.54436600	0.65779686
M4	11.14216578	0.65181863
M3	10.25464852	0.65407573
M2	12.03388303	0.64931112
M1	5.67507629	0.66233972
Gesamttransmission		0.0350

Tabelle 5 zu Fig. 12

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
0.00000000	-196.58566226	0.00000000
-21.04559396	-194.39742110	0.00000000
-41.85410865	-187.89159817	0.00000000
-62.14023524	-177.23854587	0.00000000
-81.54270758	-162.70341586	0.00000000
-99.62635386	-144.62680090	0.00000000
-115.90979742	-123.41300250	0.00000000
-129.90777571	-99.53106045	0.00000000
-141.17690564	-73.52368677	0.00000000
-149.35472900	-46.01362181	0.00000000
-154.18109873	-17.69691138	0.00000000
-155.49136020	10.68291194	0.00000000
-153.17860989	38.37637761	0.00000000
-147.13975605	64.67196734	0.00000000
-137.23814124	88.92497062	0.00000000
-123.31948855	110.56365083	0.00000000
-105.29885639	129.08146661	0.00000000
-83.29832124	144.03007500	0.00000000
-57.77935400	155.02313123	0.00000000
-29.60588620	161.75370152	0.00000000
-0.00000000	164.02071169	0.00000000
29.60588620	161.75370152	0.00000000
57.77935400	155.02313123	0.00000000
83.29832124	144.03007500	0.00000000
105.29885639	129.08146661	0.00000000
123.31948855	110.56365083	0.00000000
137.23814124	88.92497062	0.00000000
147.13975605	64.67196734	0.00000000
153.17860989	38.37637761	0.00000000
155.49136020	10.68291194	0.00000000
154.18109873	-17.69691138	0.00000000
149.35472900	-46.01362181	0.00000000
141.17690564	-73.52368677	0.00000000
129.90777571	-99.53106045	0.00000000
115.90979742	-123.41300250	0.00000000
99.62635386	-144.62680090	0.00000000
81.54270758	-162.70341586	0.00000000
62.14023524	-177.23854587	0.00000000
41.85410865	-187.89159817	0.00000000
21.04559396	-194.39742110	0.00000000

Tabelle 6 zu Fig. 12

Eine Gesamt-Reflektivität der Projektionsoptik 27 beträgt 3,5 %.

Das Bildfeld 8 hat einer x-Erstreckung von 2 x 13 mm und eine y-Erstreckung von 1 mm. Die Projektionsoptik 27 ist optimiert für eine Betriebswellenlänge des Beleuchtungslichts 3 von 13,5 nm.

Die Projektionsoptik 27 hat ein gekrümmtes Objektfeld 4 und ein gekrümmtes Bildfeld 8. Die Feldkrümmungen entsprechen denen der Ausführung der Projektionsoptik 7 mit dem Unterschied, dass die Projektionsoptik 7 negative Feldkrümmungen aufweist. Entsprechend sind die Felder 4 und 8 im Vergleich zur Fallgestaltung gemäß der zweiten Spalte in der Fig. 3 beide jeweils nicht nach oben, sondern nach unten gekrümmt. Auch bei der Projektionsoptik 27 ergibt sich das Verhältnis aus den Feld-Randkonturen aufgrund des unterschiedlichen Vorzeichens nicht aus dem Abbildungsmaßstab der Projektionsoptik 27, wie vorstehend im Zusammenhang mit der Projektionsoptik 7 bereits erläutert.

Fig. 13 zeigt eine Sagittalansicht der Projektionsoptik 27.

Die Projektionsoptiken 21 sowie 25 bis 27 unterscheiden sich von der Projektionsoptik 7 unter anderem in der Vorzeichen-Abfolge der Brechkraft $Power_y$ (P_y). Diese Abweichungen in der Vorzeichen-Abfolge der Brechkraft P_y liegen nur für die ersten fünf Spiegel M1 bis M5 vor und führen dazu, dass die Projektionsoptiken 21 sowie 25 bis 27 zu einer entsprechend abweichenden Zuordnung dieser führenden Spiegel M1 bis M5 zu den Typen "Konvex", "Konkav" beziehungsweise "Sattelflächentyp" führt.

Bei den Projektionsoptiken 21, 25 und 26 kann mit Hilfe der Kippaktoren 10c beziehungsweise 12b eine feldabhängige Manipulation einer objektfeldseitigen beziehungsweise bildfeldseitigen Fokalposition erfolgen. Es ist damit möglich, einen Defokus feldabhängig, also abhängig von der x-Feldkoordinate, zu korrigieren. Je nach Feldform kann ein Verlauf der Fokalabhängigkeit erreicht werden, der eine vorgegebene nicht lineare Abhängigkeit zur Feldhöhen-Dimension x hat. Wenn diese Feldhöhen-Abhängigkeiten beim Objektfeld einerseits und beim Bildfeld andererseits verschieden sind, resultiert eine Möglichkeit einer feldabhängigen Defokuskorrektur.

Zur Herstellung eines mikro- oder nanostrukturierten Bauteils wird die Projektionsbelichtungsanlage 1 folgendermaßen eingesetzt: Zunächst werden die Reflexionsmaske 10 beziehungsweise das Retikel und das Substrat beziehungsweise der Wafer 11 bereitgestellt. Anschließend wird
5 eine Struktur auf dem Retikel 10 auf eine lichtempfindliche Schicht des Wafers 11 mithilfe der Projektionsbelichtungsanlage 1 projiziert. Durch Entwicklung der lichtempfindlichen Schicht wird dann eine Mikro- oder Nanostruktur auf dem Wafer 11 und somit das mikrostrukturierte Bauteil erzeugt.

Patentansprüche

1. Abbildende Optik (21; 25; 26) für die Projektionslithographie

- mit einer Mehrzahl optischer Komponenten (M1 bis M8), die ein Objektfeld (4) in einer Objektebene (5) in ein Bildfeld (8) in einer Bildebene (9) abbilden,
- wobei das Objektfeld (4) eine Randkontur hat, die quer zu einer Objekt-Scanrichtung (y)
 - einen führenden Objektfeld-Randkonturabschnitt (4_{IN}) aufweist, zum Eintritt eines in der Objekt-Scanrichtung (y) verlagerbaren Objektbereichs eines abzubildenden Objekts (10) in das Objektfeld (4), und
 - einen folgenden Objektfeld-Randkonturabschnitt (4_{OUT}) aufweist, zum Austritt des Objektbereichs aus dem Objektfeld (4),
- wobei der führende Objektfeld-Randkonturabschnitt (4_{IN}) einen Objekt-Randkonturradius (R_{IN}^4) aufweist,
- wobei das Bildfeld (8) eine Randkontur hat, die quer zu einer Bild-Scanrichtung (y)
 - einen führenden Bildfeld-Randkonturabschnitt (8_{IN}) aufweist, zum Eintritt eines in der Bild-Scanrichtung (y) verlagerbaren Bildbereichs eines Projektions-Substrats (11) in das Bildfeld (8), und
 - einen folgenden Bildfeld-Randkonturabschnitt (8_{OUT}) aufweist, zum Austritt des Bildbereichs aus dem Bildfeld (8),
- wobei der führende Bildfeld-Randkonturabschnitt (8_{IN}) einen Bildfeld-Randkonturradius (R_{IN}^8) aufweist,
- wobei
 - entweder der Objektfeld-Randkonturradius (R_{IN}^4) endlich ist und ein Verhältnis (R_{IN}^4/R_{IN}^8) aus dem Objektfeld-Randkonturradius (R_{IN}^4) und dem Bildfeld-Randkonturradius (R_{IN}^8) von einem Abbildungsmaßstab (β), also einem Verhältnis aus Objektfelddimension und Bildfelddimension, um mehr als 10 % abweicht,
 - oder der Objektfeld-Randkonturradius (R_{IN}^4) unendlich ist und der Bildfeld-Randkonturradius (R_{IN}^8) endlich ist.

2. Abbildende Optik nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** ein Bildfeld (8) mit unendlichem Bildfeld-Randkonturradius (R_{IN}^8).

3. Abbildende Optik nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** sowohl der Objektfeld-Randkonturradius (R_{IN}^4) als auch der Bildfeld-Randkonturradius (R_{IN}^8) endlich sind.
- 5 4. Abbildende Optik nach Anspruch 1 oder 3, **gekennzeichnet durch** eine Bildfeldkrümmung im Bereich zwischen 0/mm und 0,01/mm.
5. Abbildende Optik nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **gekennzeichnet durch** eine Objektfeldkrümmung im Bereich zwischen -0,001/mm und 0,001/mm.
- 10 6. Abbildende Optik nach einem der Ansprüche 1 sowie 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Objektfeldkrümmung und die Bildfeldkrümmung in ihrem Vorzeichen unterscheiden.
- 15 7. Abbildende Optik nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die abbildende Optik als katoptrische Optik ausgeführt ist.
8. Optisches System
- mit einer abbildenden Optik nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
 - 20 - mit einem Objekthalter (10a) mit einem Objektverlagerungsantrieb (10b) zur Verlagerung des Objekts (10) in der Objekt-Scanrichtung (y),
 - mit einem Substrathalter (12) mit einem Substratverlagerungsantrieb (12a) zur Verlagerung des Projektions-Substrats (11) in der Bild-Scanrichtung (y).
- 25 9. Optisches System nach Anspruch 8, **gekennzeichnet durch** einen Kippaktor (10c) zum Verkippen des Objekthalters (10a) um eine Achse (10d) quer zur Objekt-Scanrichtung (y).
10. Optisches System nach Anspruch 8 oder 9, **gekennzeichnet durch** einen Kippaktor (12b) zum Verkippen des Substrathalters (12) um eine Achse (12c) quer zur Bild-Scanrichtung (y).
- 30

11. Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **gekennzeichnet durch** eine Beleuchtungsoptik (6) zur Beleuchtung des Objektfeldes (4).
- 5 12. Projektionsbelichtungsanlage mit einem optischen System nach einem der Ansprüche 8 bis 11 und mit einer Lichtquelle (2) zur Erzeugung von Beleuchtungs- und Abbildungslicht (3).
13. Verfahren zur Herstellung eines strukturierten Bauteils mit folgenden Verfahrensschritten:
 - Bereitstellen eines Retikels (10) und eines Wafers (11) als Projektions-Substrat,
 - Projizieren einer Struktur auf dem Retikel (10) auf eine lichtempfindliche Schicht des
 - 10 Wafers (11) mithilfe der Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 12,
 - Erzeugen einer Mikro- beziehungsweise Nanostruktur auf dem Wafer (11).
14. Strukturiertes Bauteil, hergestellt nach einem Verfahren nach Anspruch 13.
- 15 15. Retikel (10) zum Einsatz mit einer abbildenden Optik nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **gekennzeichnet durch** Retikelstrukturen (22), die quer zur Objekt-Scanrichtung (y) längs gekrümmter Bahnen aufgereiht sind.

1/13

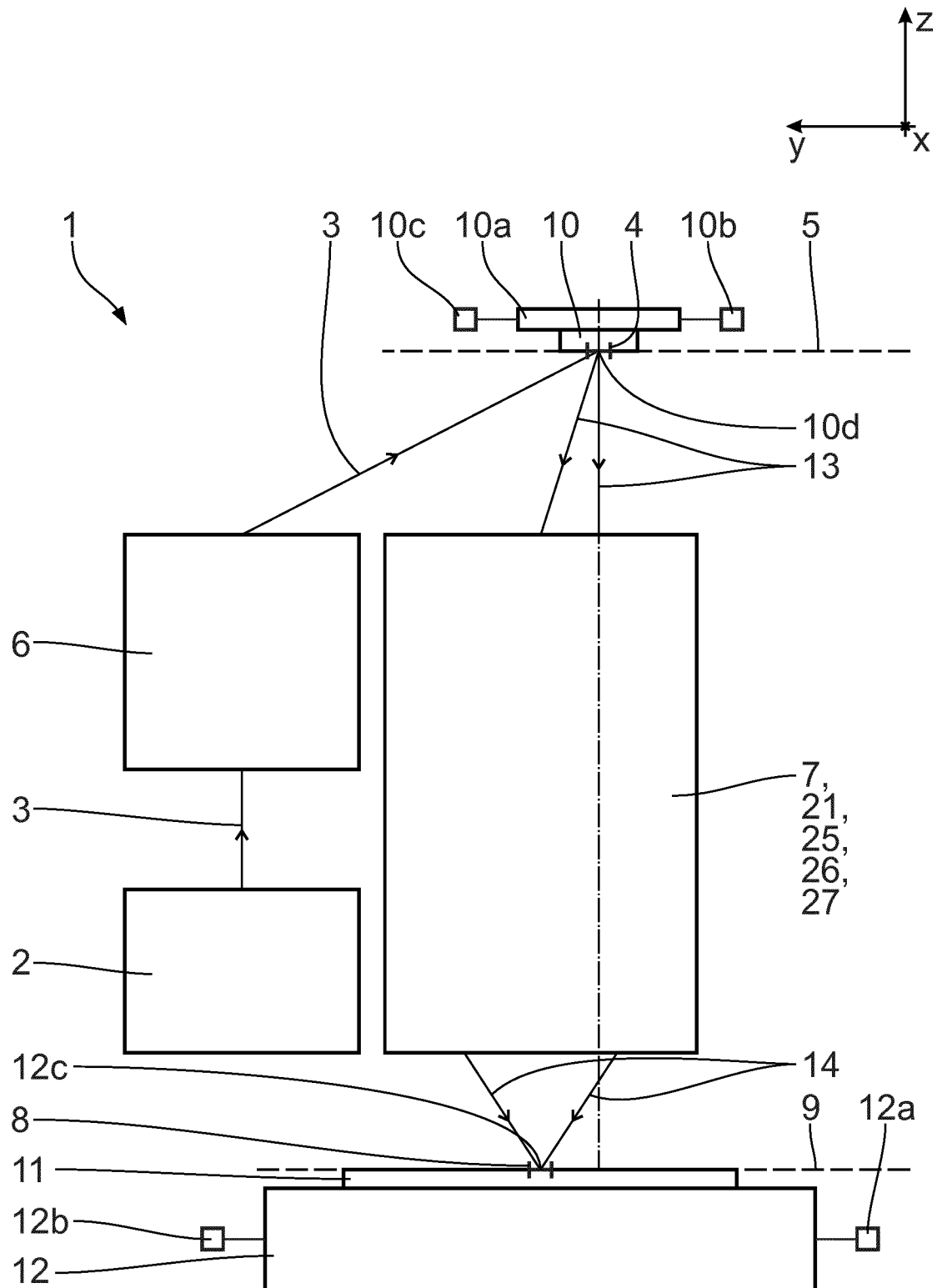


Fig. 1

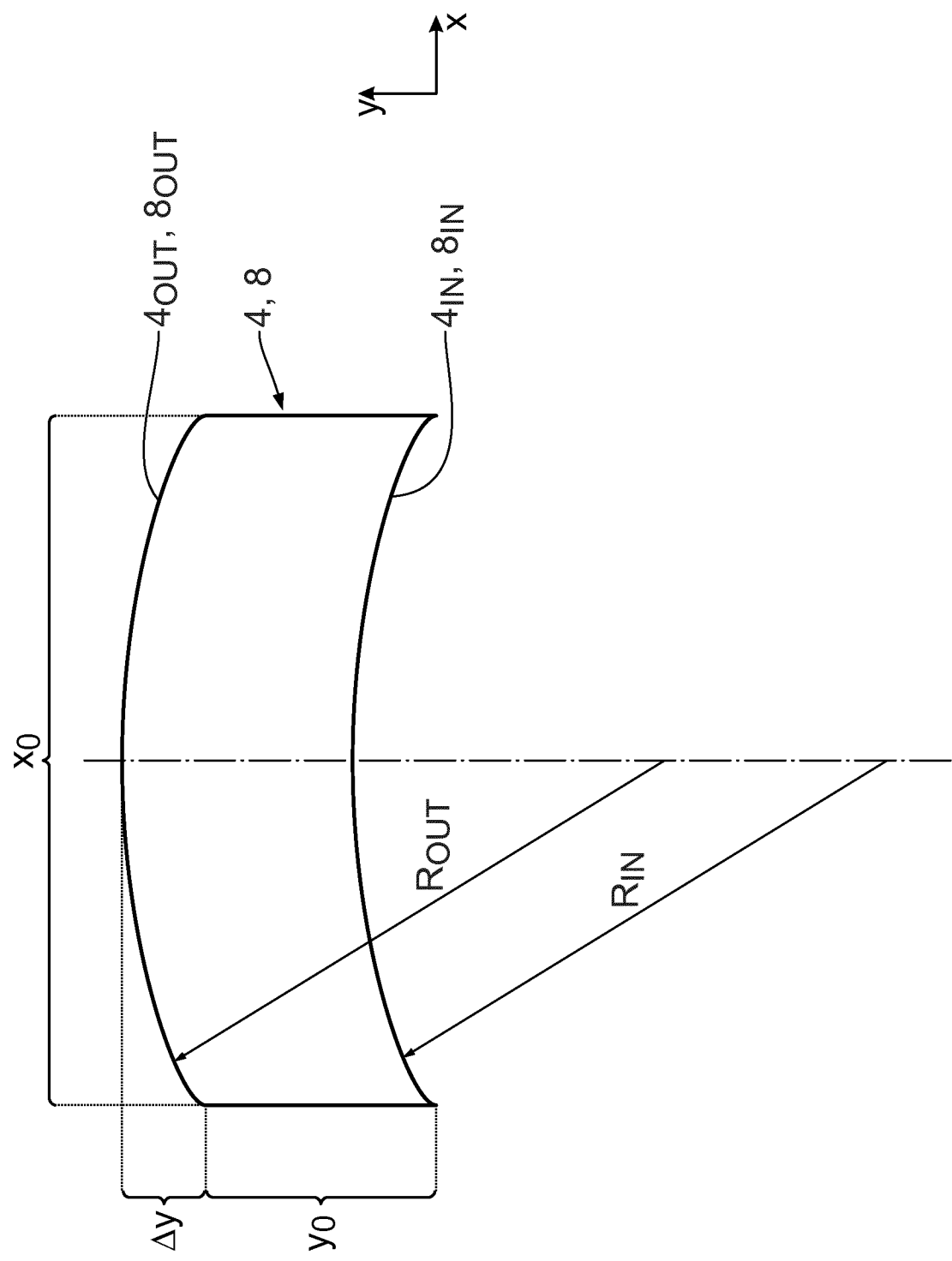
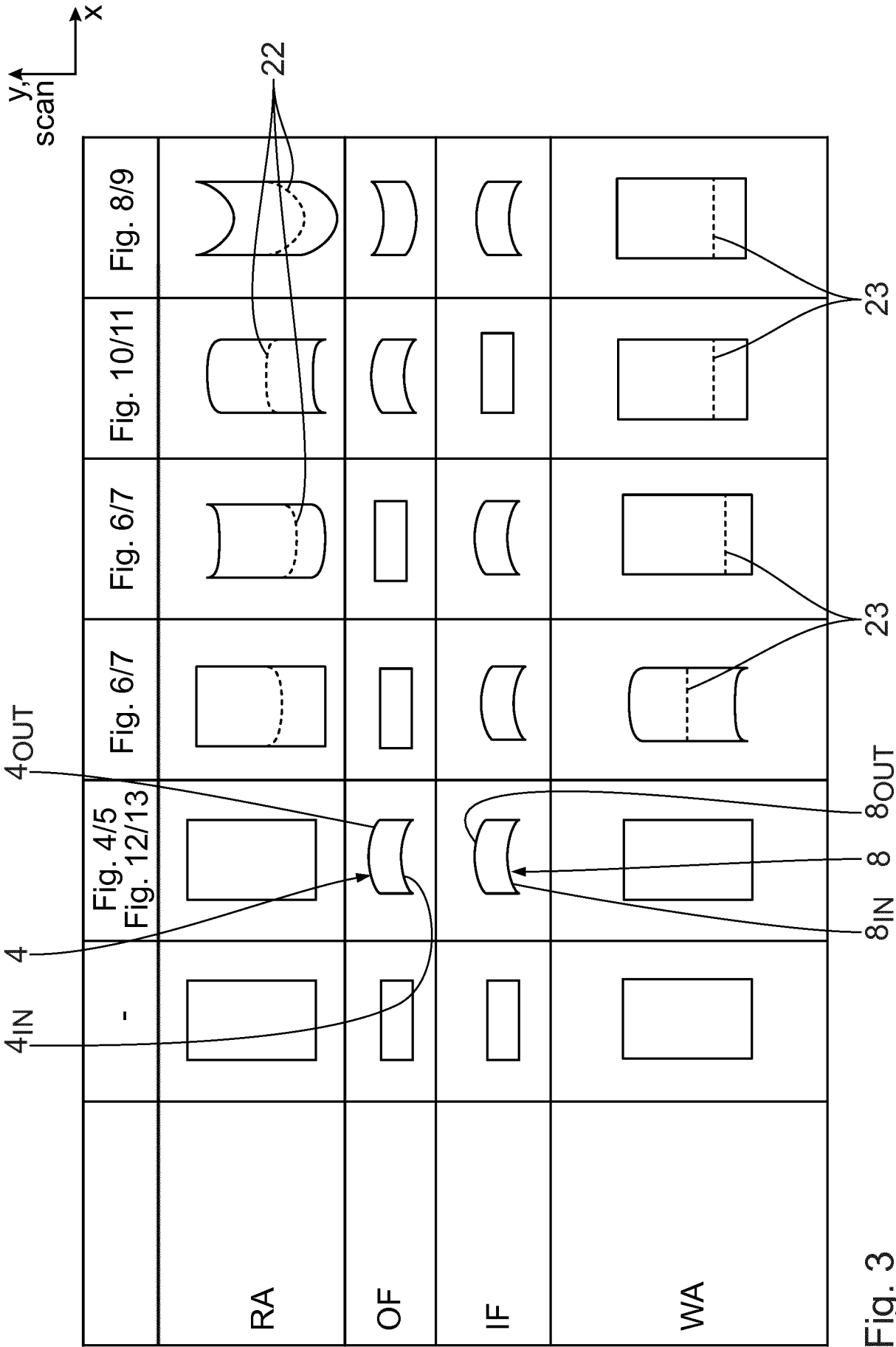


Fig. 2



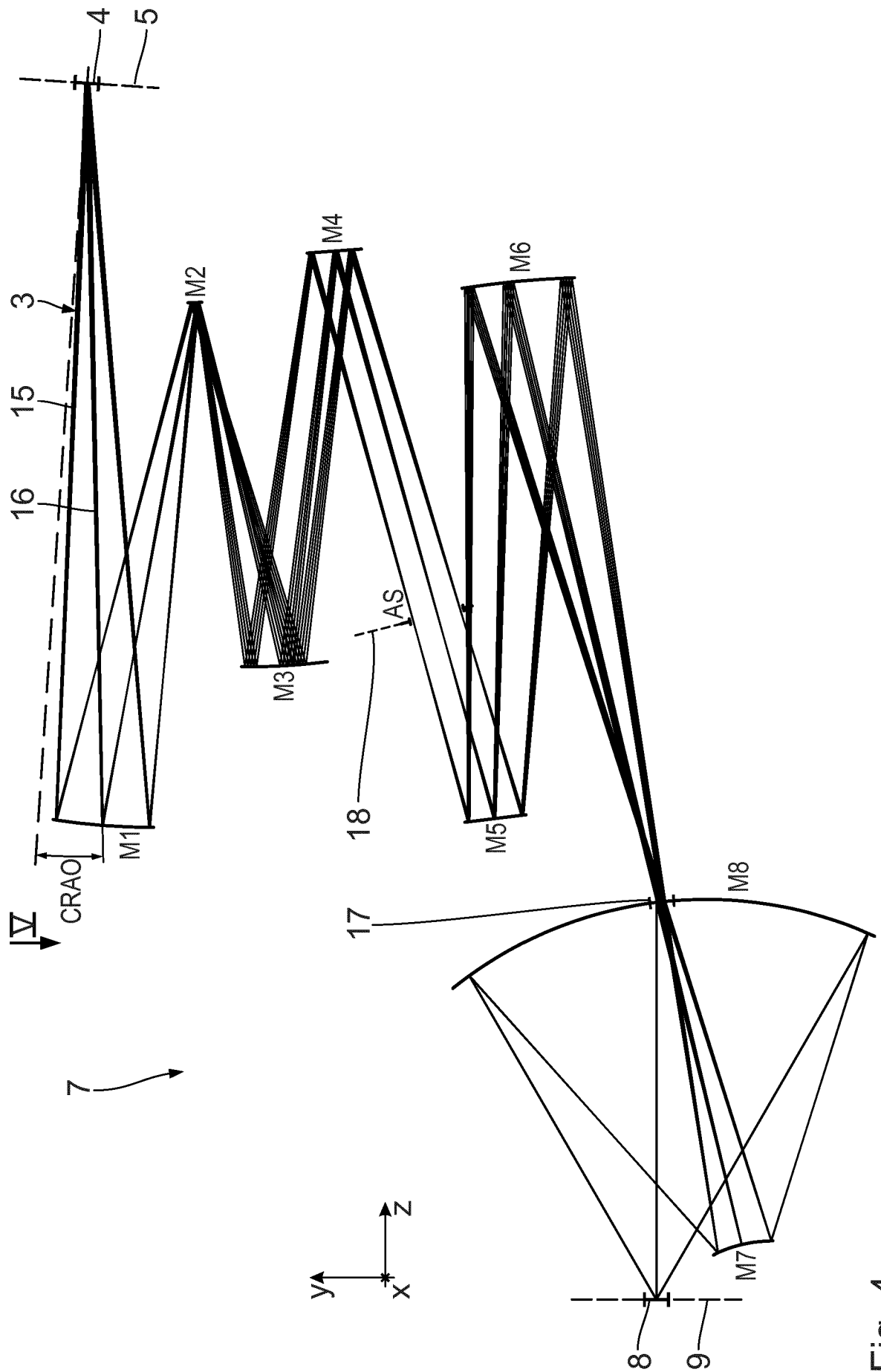


Fig. 4

5/13

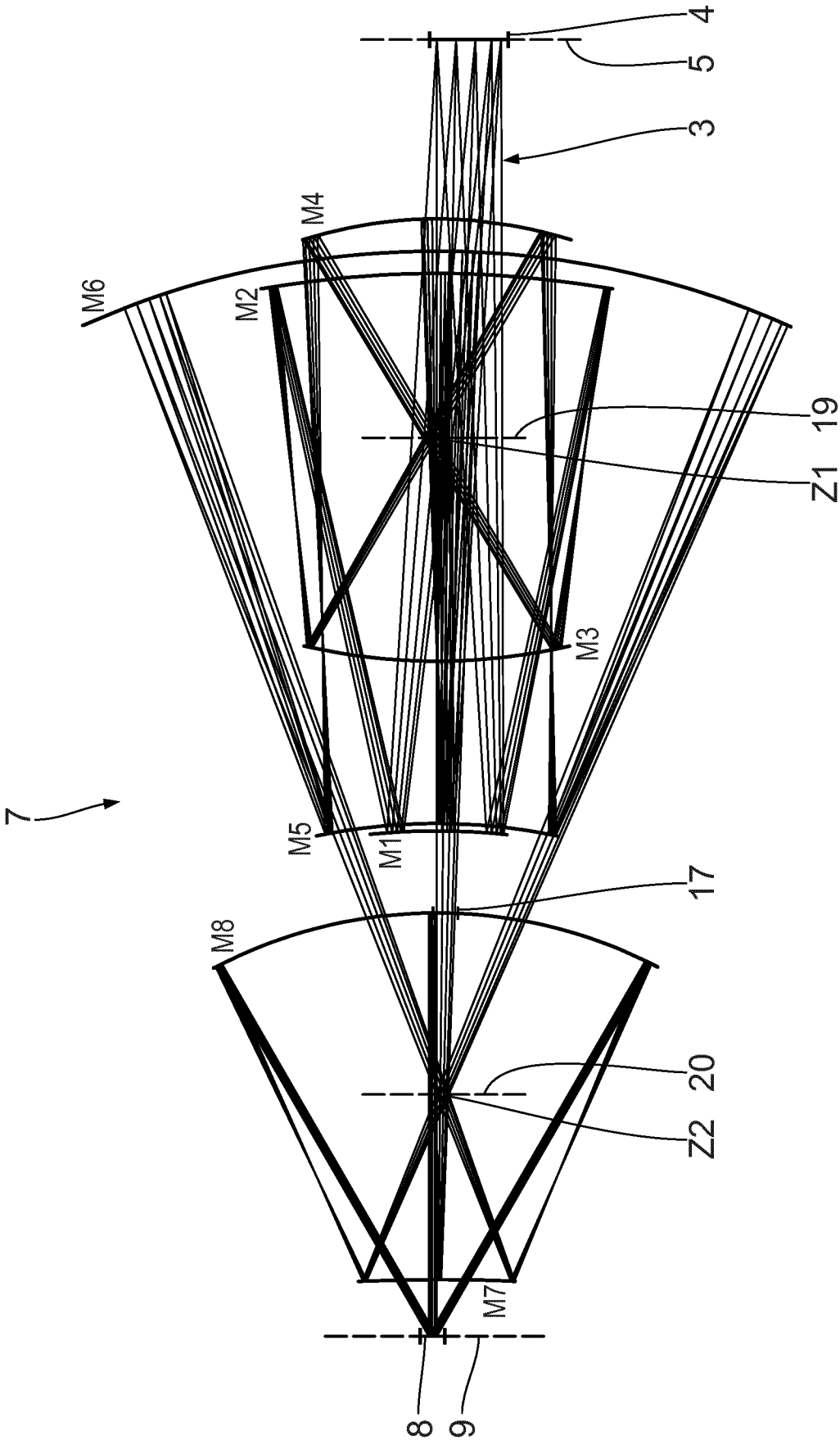


Fig. 5

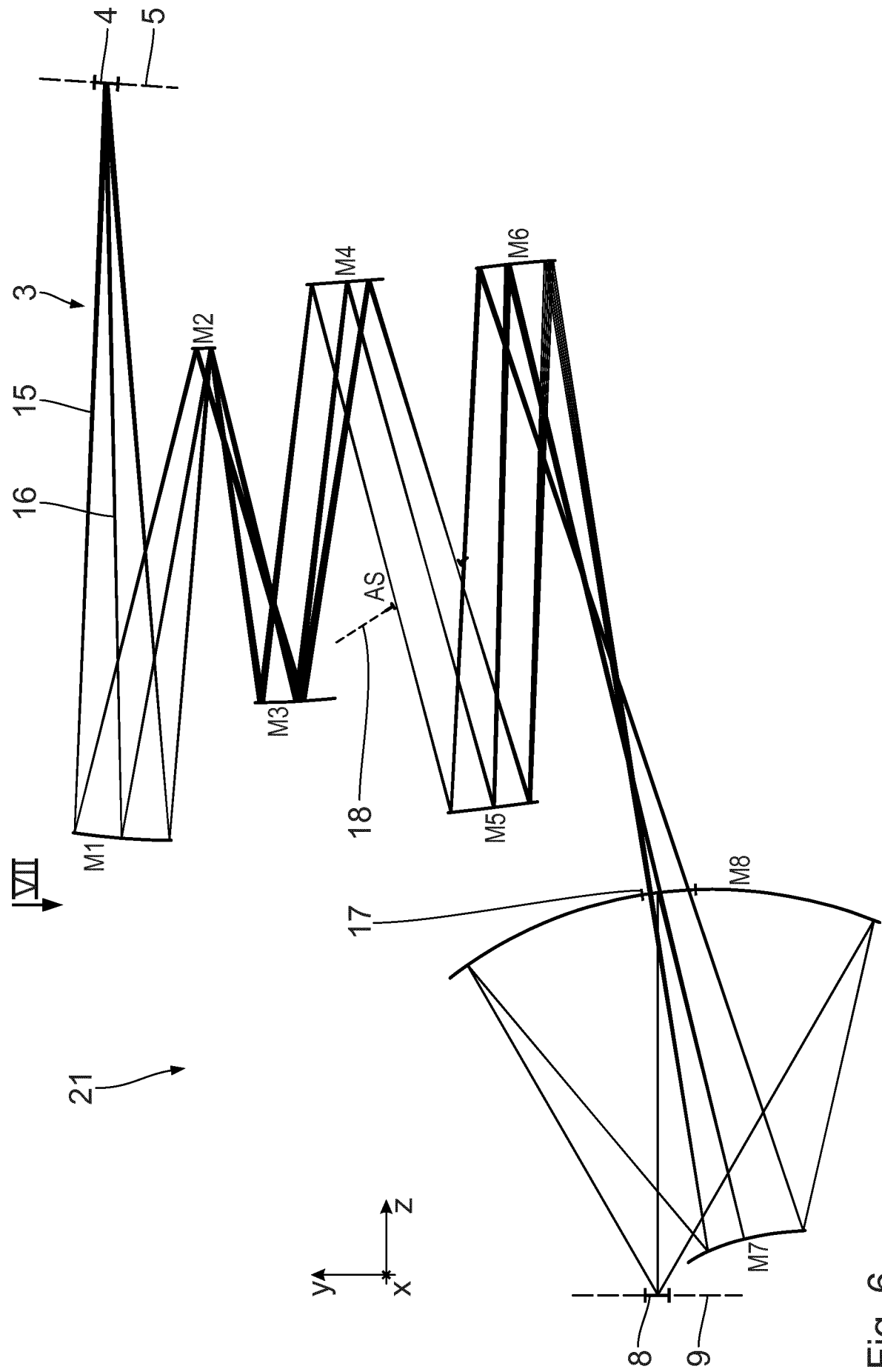


Fig. 6

7/13

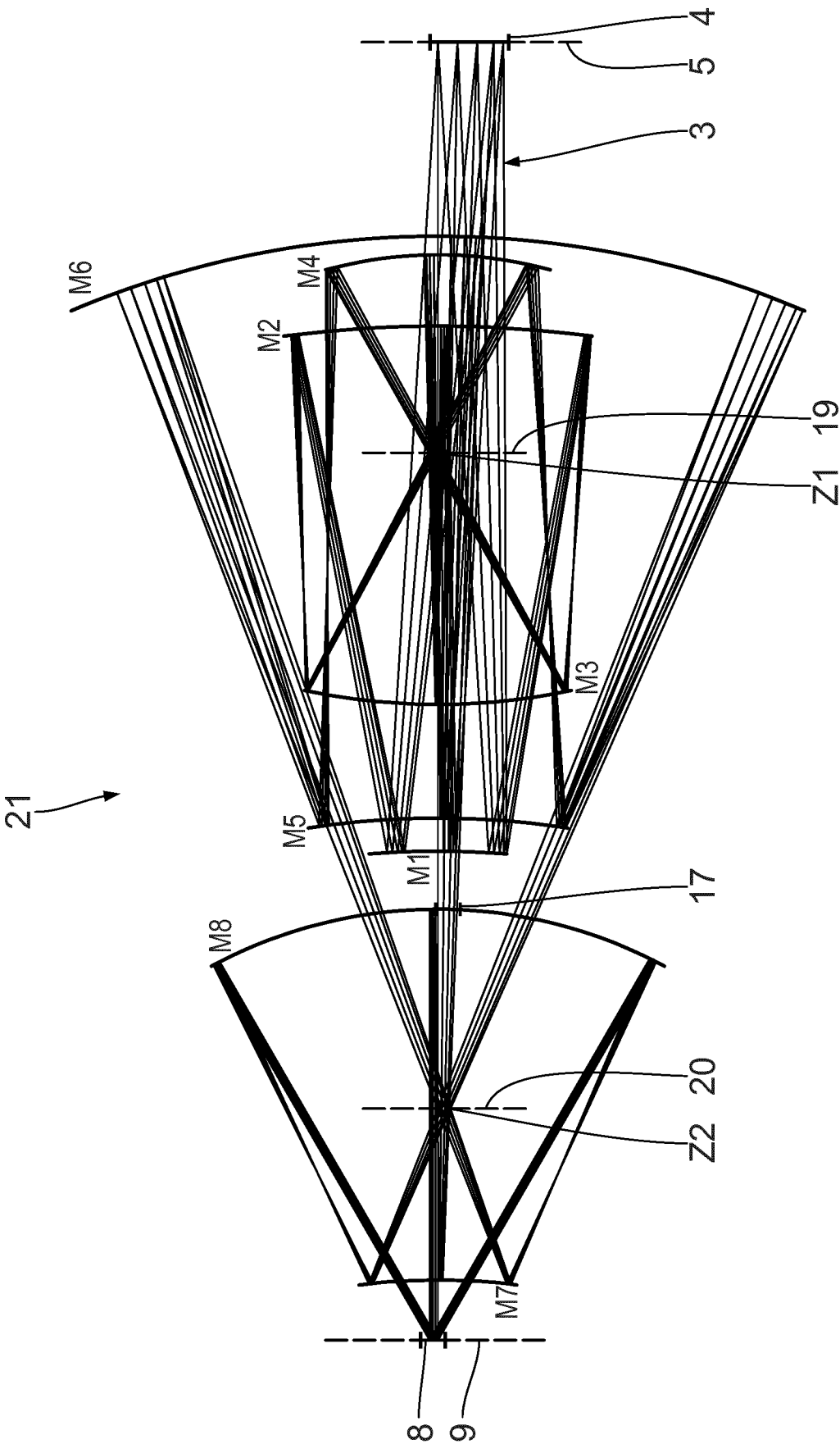


Fig. 7

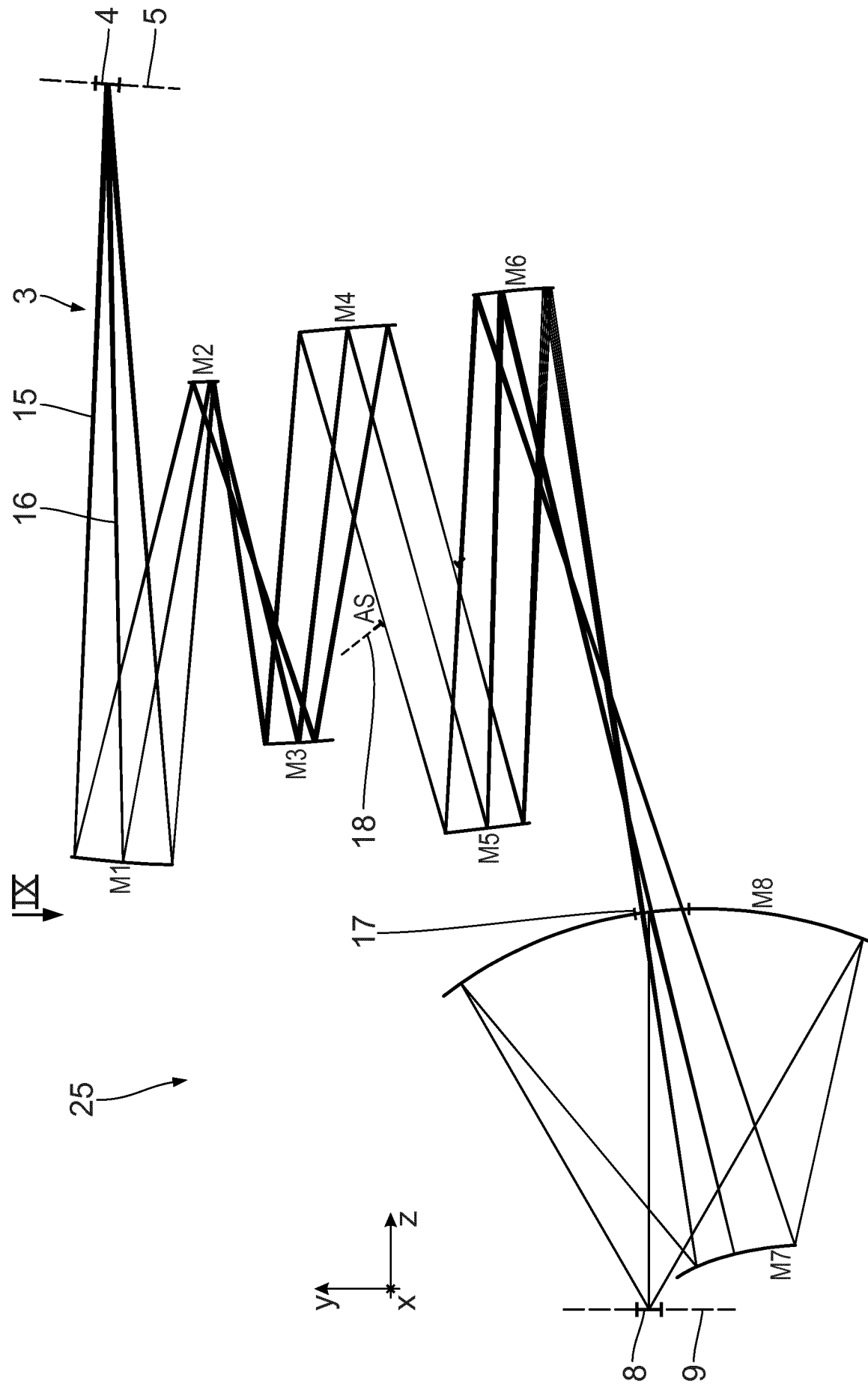


Fig. 8

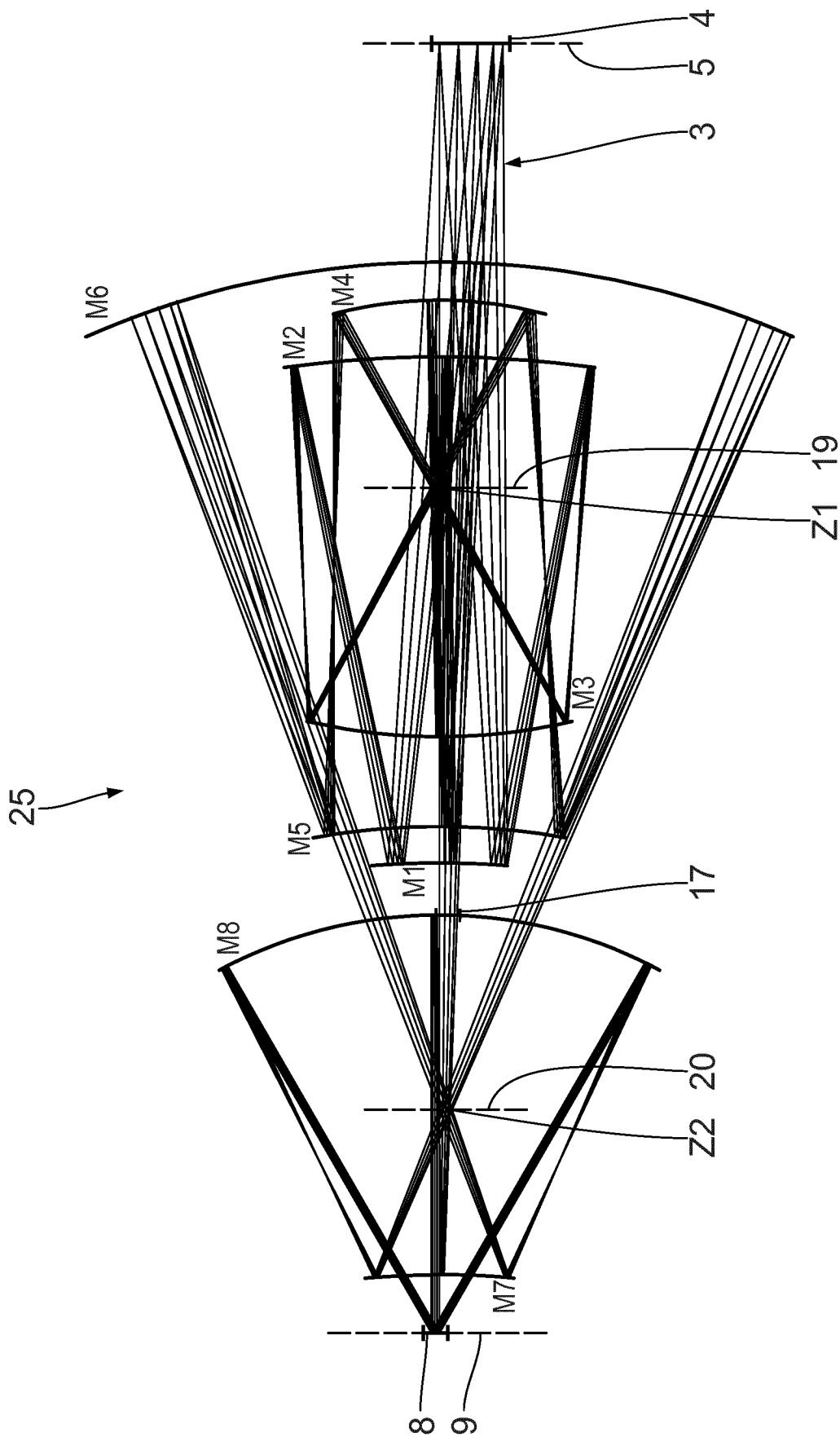


Fig. 9

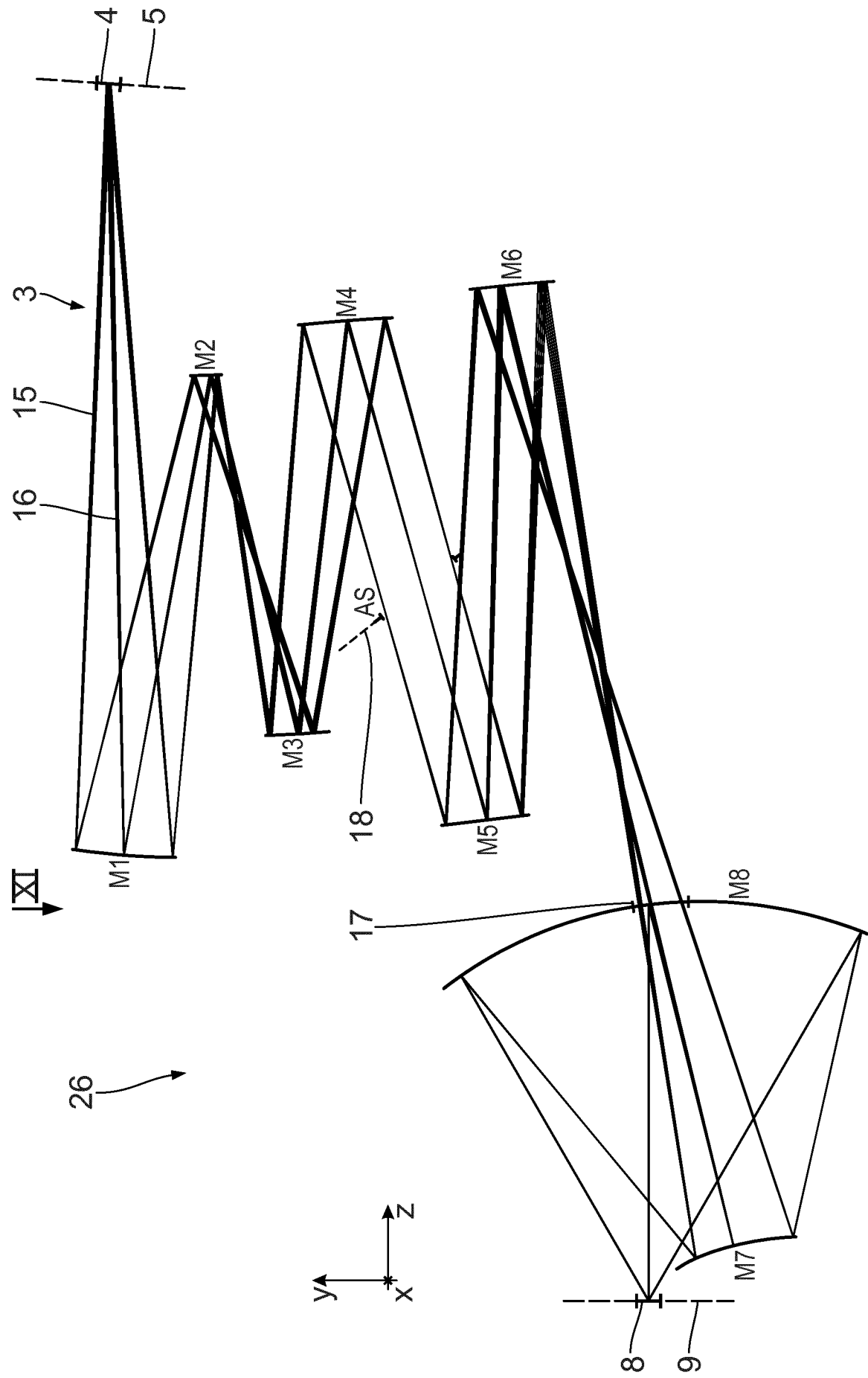


Fig. 10

11/13

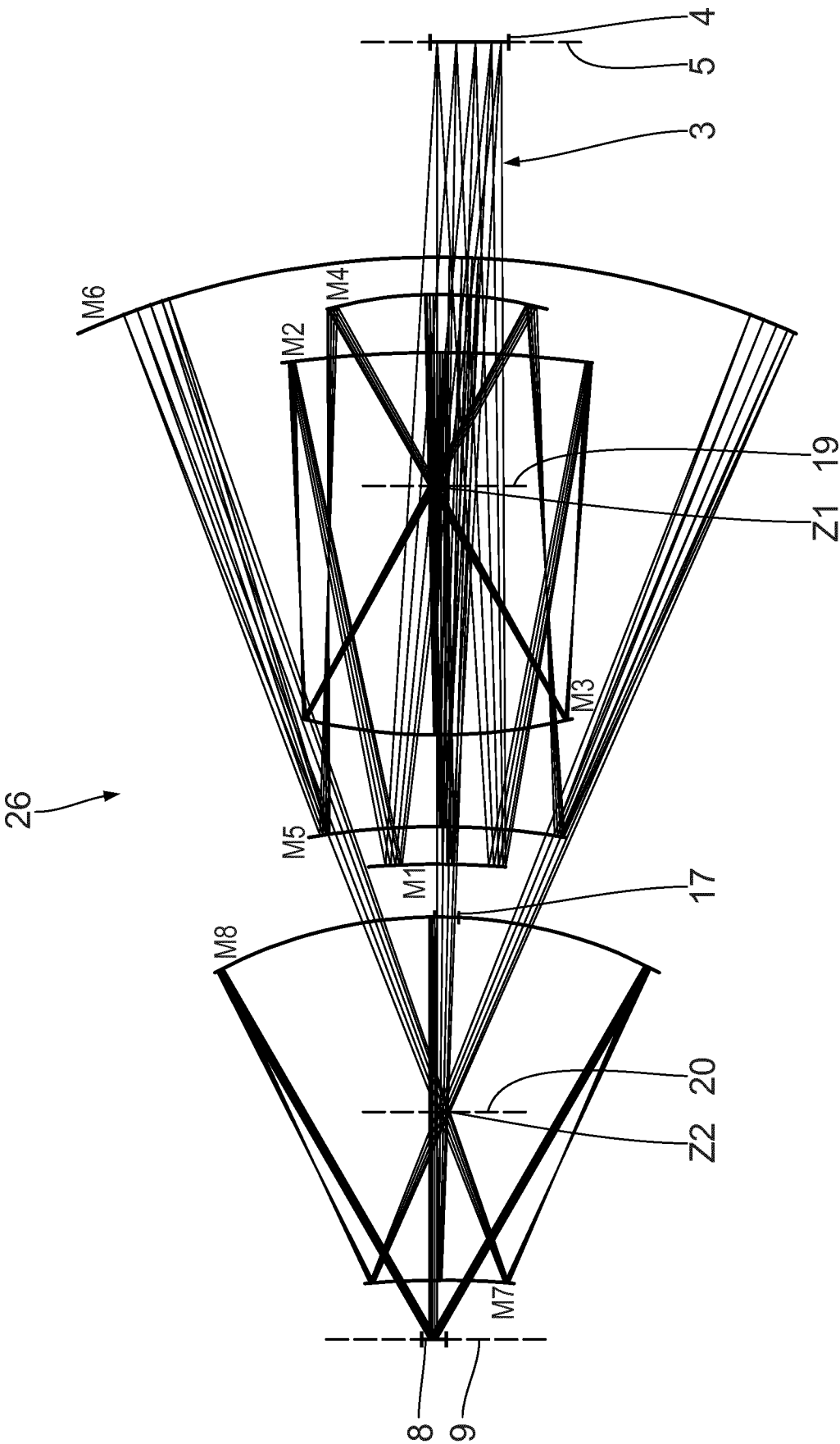


Fig. 11

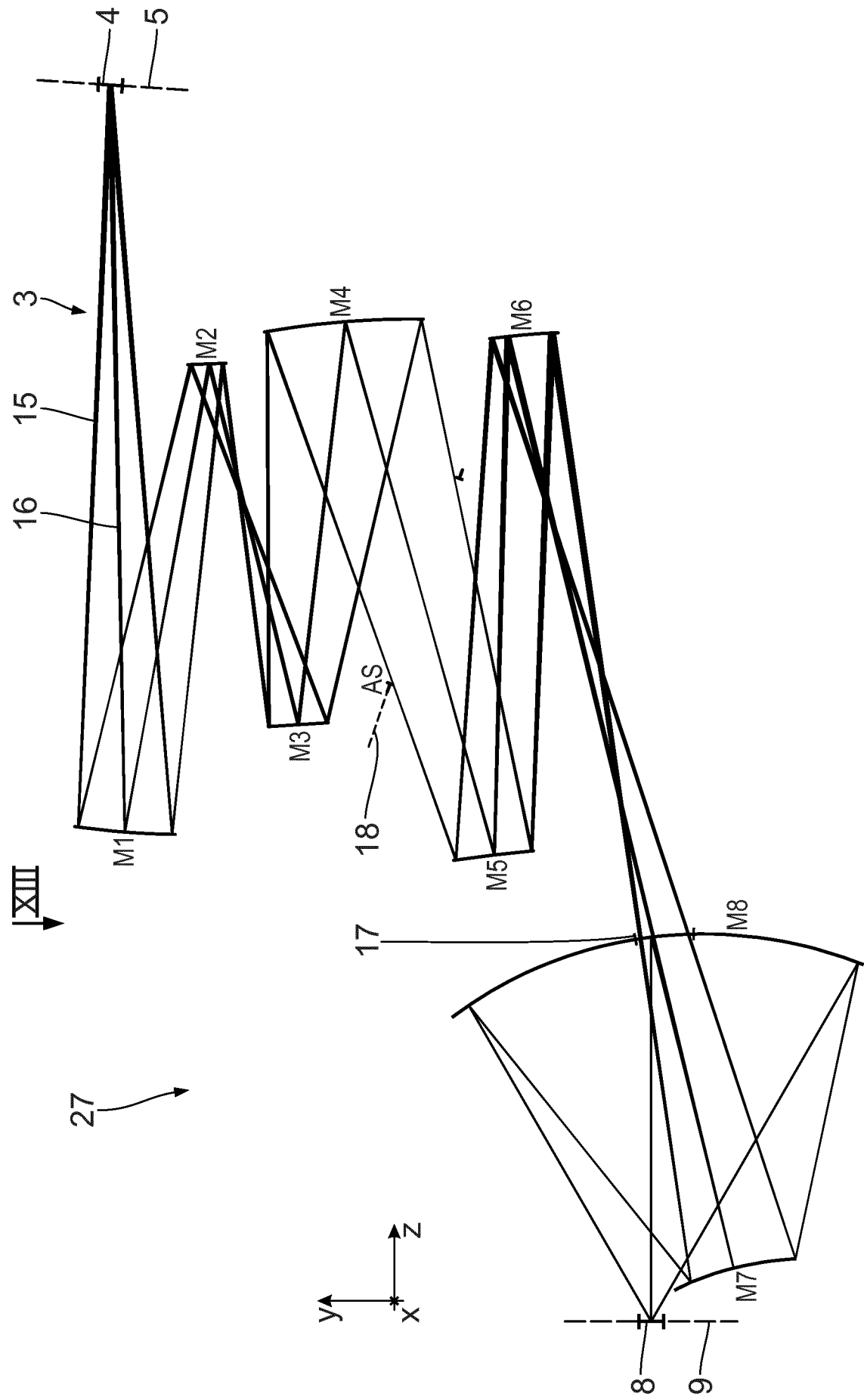


Fig. 12

13/13

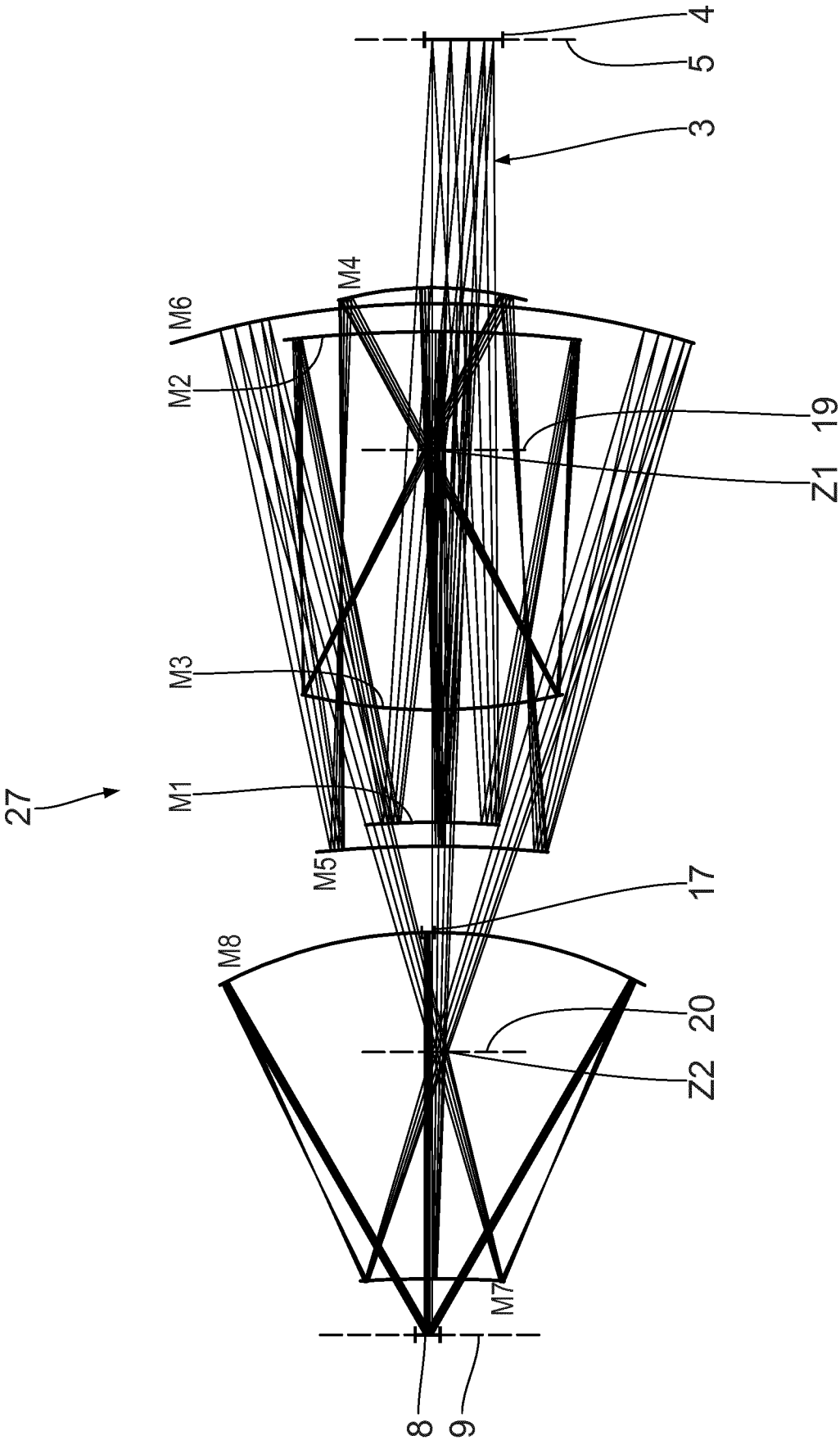


Fig. 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/065751

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G03F7/20 G02B17/06
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, INSPEC, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2007/058269 A1 (MANN HANS-JUERGEN [DE] ET AL) 15 March 2007 (2007-03-15) cited in the application	14
A	paragraphs [0060], [0375] - [0383]; figure 51	1-13
A	----- US 2009/153821 A1 (MAGNUSSON SVEN GUNNAR KRISTER [NL] ET AL) 18 June 2009 (2009-06-18) paragraphs [0057] - [0086]; claim 1; figure 3	1-13
A	----- US 2005/206867 A1 (KOHDA TOHRU [JP] ET AL) 22 September 2005 (2005-09-22) paragraph [0041]; figure 1	1-13
X	----- US 2015/074620 A1 (ZHAO JIE [SG] ET AL) 12 March 2015 (2015-03-12) paragraph [0049]; figure 8	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

19 October 2016

Date of mailing of the international search report

28/10/2016

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

Eisner, Klaus

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/065751

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 2007058269	A1	15-03-2007	CN	103076723 A	01-05-2013
			EP	1924888 A1	28-05-2008
			JP	5249179 B2	31-07-2013
			JP	5507501 B2	28-05-2014
			JP	5689147 B2	25-03-2015
			JP	2009508150 A	26-02-2009
			JP	2010107988 A	13-05-2010
			JP	2012008574 A	12-01-2012
			JP	2013210647 A	10-10-2013
			KR	20080054377 A	17-06-2008
			KR	20100023947 A	04-03-2010
			KR	20110114696 A	19-10-2011
			TW	201011339 A	16-03-2010
			US	2007058269 A1	15-03-2007
			US	2009046357 A1	19-02-2009
			US	2009262443 A1	22-10-2009
			US	2012188525 A1	26-07-2012
			WO	2007031271 A1	22-03-2007

US 2009153821	A1	18-06-2009	JP	5127684 B2	23-01-2013
			JP	2009194368 A	27-08-2009
			NL	1036232 A1	18-06-2009
			US	2009153821 A1	18-06-2009

US 2005206867	A1	22-09-2005	CN	1472603 A	04-02-2004
			CN	1800991 A	12-07-2006
			JP	3652329 B2	25-05-2005
			JP	2004039697 A	05-02-2004
			KR	20040002800 A	07-01-2004
			TW	I249652 B	21-02-2006
			US	2004001191 A1	01-01-2004
			US	2005206867 A1	22-09-2005

US 2015074620	A1	12-03-2015	NONE		

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G03F7/20 G02B17/06
 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, INSPEC, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2007/058269 A1 (MANN HANS-JUERGEN [DE] ET AL) 15. März 2007 (2007-03-15) in der Anmeldung erwähnt	14
A	Absätze [0060], [0375] - [0383]; Abbildung 51	1-13
A	----- US 2009/153821 A1 (MAGNUSSON SVEN GUNNAR KRISTER [NL] ET AL) 18. Juni 2009 (2009-06-18) Absätze [0057] - [0086]; Anspruch 1; Abbildung 3	1-13
A	----- US 2005/206867 A1 (KOHDA TOHRU [JP] ET AL) 22. September 2005 (2005-09-22) Absatz [0041]; Abbildung 1	1-13
X	----- US 2015/074620 A1 (ZHAO JIE [SG] ET AL) 12. März 2015 (2015-03-12) Absatz [0049]; Abbildung 8	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

19. Oktober 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

28/10/2016

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

Eisner, Klaus

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/065751

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2007058269	A1	15-03-2007	CN	103076723 A	01-05-2013
			EP	1924888 A1	28-05-2008
			JP	5249179 B2	31-07-2013
			JP	5507501 B2	28-05-2014
			JP	5689147 B2	25-03-2015
			JP	2009508150 A	26-02-2009
			JP	2010107988 A	13-05-2010
			JP	2012008574 A	12-01-2012
			JP	2013210647 A	10-10-2013
			KR	20080054377 A	17-06-2008
			KR	20100023947 A	04-03-2010
			KR	20110114696 A	19-10-2011
			TW	201011339 A	16-03-2010
			US	2007058269 A1	15-03-2007
			US	2009046357 A1	19-02-2009
			US	2009262443 A1	22-10-2009
			US	2012188525 A1	26-07-2012
			WO	2007031271 A1	22-03-2007
US 2009153821	A1	18-06-2009	JP	5127684 B2	23-01-2013
			JP	2009194368 A	27-08-2009
			NL	1036232 A1	18-06-2009
			US	2009153821 A1	18-06-2009
US 2005206867	A1	22-09-2005	CN	1472603 A	04-02-2004
			CN	1800991 A	12-07-2006
			JP	3652329 B2	25-05-2005
			JP	2004039697 A	05-02-2004
			KR	20040002800 A	07-01-2004
			TW	I249652 B	21-02-2006
			US	2004001191 A1	01-01-2004
US 2015074620	A1	12-03-2015	KEINE		