



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 21 944 T2** 2006.02.09

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 005 664 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 21 944.2**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB99/00730**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 914 692.1**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 99/057596**

(86) PCT-Anmeldetag: **22.04.1999**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **11.11.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **07.06.2000**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **17.11.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **09.02.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G02B 17/06** (2006.01)  
**G03F 7/20** (2006.01)

(30) Unionspriorität:  
**98201483**      **06.05.1998**      **EP**

(73) Patentinhaber:  
**Koninklijke Philips Electronics N.V., Eindhoven,  
NL**

(74) Vertreter:  
**Meyer, M., Dipl.-Ing., Pat.-Ass., 52076 Aachen**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE, FR, GB, NL**

(72) Erfinder:  
**BRAAT, J., Josephus, NL-5656 AA Eindhoven, NL**

(54) Bezeichnung: **LITHOGRAPHISCHE VORRICHTUNG MIT HIERFÜR GEEIGNETEM SPIEGELPROJEKTIONSSYSTEM**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Spiegelprojektionssystem zur Verwendung in einem "Step-and-scan"-Projektionslithographiegerät zum Abbilden eines in einer Maske vorhandenen Maskenmusters auf ein Substrat mit Hilfe eines Bündels von EUV-Strahlung, welches Strahlenbündel einen kreisförmigen segmentförmigen Querschnitt hat, wobei das genannte Projektionssystem von sechs Abbildungsspiegeln gebildet wird, mit, von der Objektseite zur Bildseite, Ordinalzahlen 1-6, wobei der erste, der zweite, der dritte und der sechste Spiegel konkav sind und der fünfte Spiegel konvex ist.

**[0002]** Die Erfindung betrifft auch ein Lithographiegerät zum „Step-and-scan“-Abilden eines Maskenmusters auf eine Anzahl Gebiete eines Substrats, welches Gerät ein solches Spiegelprojektionssystem umfasst.

**[0003]** EP-A 0 779 528 beschreibt ein Spiegelprojektionssystem zur Verwendung in einem „Step-and-scan“-Lithographiegerät, mit dem ein IC-Maskenmuster auf eine Anzahl Gebiete eines Halbleitersubstrats unter Verwendung von EUV-Strahlung abgebildet wird. Unter EUV-Strahlung, d.h. Extrem Ultraviolet Strahlung, wird eine Strahlung verstanden mit einer Wellenlänge im Bereich zwischen mehreren Nanometern und mehreren zehn Nanometern. Diese Strahlung wird auch als weiche Röntgenstrahlung bezeichnet. Die Verwendung von EUV-Strahlung bietet den großen Vorteil, dass extrem kleine Details in der Größenordnung von 0,1 µm oder kleiner gut abgebildet werden können. Mit anderen Worten, ein Abbildungssystem, bei dem EUV-Strahlung verwendet wird, hat ein sehr hohes Auflösungsvermögen, ohne dass die NA des Systems extrem groß zu sein braucht, sodass die Schärfentiefe des Systems noch einen ziemlich großen Wert hat. Da für EUV-Strahlung kein geeignetes Material vorhanden ist, aus dem Linsen hergestellt werden können, muss zum Abbilden des Maskenmusters auf dem Substrat ein Spiegelprojektionssystem verwendet werden anstelle des bisherigen herkömmlichen Linsenprojektionssystems.

**[0004]** Die derzeit bei der Fertigung von ICs verwendeten Lithographiegeräte sind Stepper (schrittweise arbeitende Geräte). Bei diesen Geräten wird eine Vollfeldbeleuchtung verwendet, d.h. alle Gebiete des Maskenmusters werden gleichzeitig beleuchtet und diese Gebiete werden gleichzeitig auf ein einziges IC-Gebiet des Substrats abgebildet. Nachdem ein erstes IC-Gebiet beleuchtet worden ist, wird ein Schritt zu einem folgenden IC-Gebiet gemacht, d.h. der Substrathalter wird so bewegt, dass das nächste IC-Gebiet unter dem Maskenmuster positioniert ist, woraufhin dieses Gebiet beleuchtet wird usw., bis alle IC-Gebiete des Substrats des Maskenmusters beleuchtet worden sind. Bekanntermaßen bleibt es wünschenswert, über ICs mit einer zunehmenden Anzahl Bauteilen zu verfügen.

**[0005]** Es wird versucht, diese Anforderung nicht nur durch Verringerung der Abmessungen dieser Bauteile zu erfüllen, sondern auch durch Vergrößerung der Oberfläche der ICs. Dies bedeutet, dass die bereits relativ hohe NA des Projektionslinsensystems weiter erhöht werden muss und für ein schrittweise arbeitendes Gerät das Bildfeld dieses Systems auch weiter vergrößert werden muss. Dies ist praktisch unmöglich.

**[0006]** Daher ist vorgeschlagen worden, von einem Stepper zu einem „Step-and-scan“-Gerät überzugehen. Bei einem solchen Gerät wird ein rechteckiges oder kreisförmiges segmentförmiges Untergebiet des Maskenmusters und damit auch ein Untergebiet eines IC-Gebietes des Substrats beleuchtet und das Maskenmuster und das Substrat werden synchron durch das Beleuchtungsbündel bewegt, wobei die Vergrößerung des Projektionssystems berücksichtigt wird. Ein nachfolgendes kreisförmiges segmentförmiges Untergebiet des Maskenmusters wird dann jedes Mal auf ein entsprechendes Untergebiet des betreffenden IC-Gebietes auf dem Substrat abgebildet. Nachdem auf diese Weise das gesamte Maskenmuster auf einem IC-Gebiet abgebildet worden ist, führt der Substrathalter eine Schrittbewegung aus, d.h. der Anfang eines nachfolgenden IC-Gebietes wird in das Projektionsstrahlenbündel eingebracht und die Maske wird in ihre Anfangsposition gesetzt, woraufhin das genannte nachfolgende IC-Gebiet über das Maskenmuster sowohl abgetastet als auch beleuchtet wird. Dieses Abtast-Abbildungsverfahren kann sehr vorteilhaft in einem Lithographiegerät verwendet werden, in dem EUV-Strahlung als Projektionsstrahlung verwendet wird.

**[0007]** Die Ausführungsform des in EP 0 779 528 beschriebenen Projektionssystems, das zur Verwendung mit EUV-Strahlung mit einer Wellenlänge von 13 nm bestimmt ist, hat an der Bildseite eine NA von 0,20. Das ringförmige Bildfeld hat einen Innenradius von 29 mm und einen Außenradius von 31 mm und eine Länge von 30 mm. Die Auflösung des Systems beträgt 30 nm und die Abbildungsfehler und Störungen sind klein genug, um mit Hilfe eines Abtastprozesses ein gutes Bild eines Transmissionsmaskenmusters eines IC-Gebietes eines Substrats zu erstellen. Der erste und der vierte Spiegel dieses Projektionssystems sind konkav. Ein erstes Spiegelpaar, das aus dem ersten und dem zweiten Spiegel besteht, formt ein vergrößertes Bild des Objektes oder des Maskenmusters. Dieses Bild wird von einem zweiten Spiegelpaar transportiert, das vom dritten und

vierten Spiegel gebildet wird, und einem dritten Spiegelpaar zugeführt, das aus dem fünften und dem sechsten Spiegel besteht, welches das gewünschte telezentrische Bild mit der geforderten Apertur  $NA = 0,20$  verschafft. In diesem Projektionssystem wird zwischen dem dritten und dem vierten Spiegel ein Zwischenbild gebildet und das gesamte Projektionssystem hat eine positive Vergrößerung.

**[0008]** Wenn ein solches Spiegelsystem in einem "Step-and-scan"-Projektionslithographiegerät verwendet wird, bedeutet eine positive Vergrößerung, dass die Maske und das Substrat sich beim Abtasten in der gleichen Richtung bewegen müssen. Da sowohl die Maske als auch das Substrat in einem relativ schweren Halter untergebracht sind, der seinerseits Teil eines noch schwereren Verschiebetisches ist, müssen die beiden schweren Massen beim Abtasten in der gleichen Richtung bewegt werden, sodass Stabilitätsprobleme auftreten können. Da in dem genannten Lithographiegerät jedoch Positionsgenauigkeiten in der Größenordnung von nm gefordert werden, muss dieses Gerät extrem stabil sein.

**[0009]** Der vorliegenden Erfindung liegt als Aufgabe zugrunde, ein neuartiges Konzept für ein Projektionssystem der eingangs erwähnten Art zu verschaffen, mit dem unter anderem das oben erwähnte Problem gelöst werden kann.

**[0010]** Die Erfindung wird durch die unabhängigen Ansprüche definiert. Unteransprüche definieren vorteilhafte Ausführungsformen.

**[0011]** Bei dem neuartigen Projektionssystem wird die Bildung eines Zwischenbildes absichtlich vermieden, sodass die Vergrößerung negativ ist. Bei Verwendung dieses Systems in einem "Step-and-scan"-Gerät bewegen sich die Maske und das Substrat beim Abtasten in entgegengesetzter Richtung. Dieses Projektionssystem umfasst eine von dem ersten und dem zweiten Spiegel gebildete erste Gruppe, die eine Kollimatorfunktion hat, und eine von dem dritten, dem vierten, dem fünften und dem sechsten Spiegel gebildete zweite Gruppe, die das endgültige Bild verschafft. Ein weiterer Vorteil des Projektionssystems ist, dass es ziemlich unempfindlich gegen ein Kippen der Spiegel ist, weil hauptsächlich nahe der optischen Achse liegende Teile der Spiegelabschnitte verwendet werden.

**[0012]** Es sei bemerkt, dass US-A 5.686.728 ein Sechsspiegelprojektionssystem für ein „Step-and-scan“-Gerät beschreibt. Dieses Projektionssystem ist jedoch für Wellenlängen im Bereich zwischen 100 nm und 300 nm bestimmt, d.h. nicht für EUV-Strahlung. Außerdem sind die Spiegel, von der Maske aus zum Substrat hin gesehen, hintereinander konvex, konkav, konvex, konkav, konvex und konkav und hat das System eine positive Vergrößerung.

**[0013]** Innerhalb des oben erwähnten Entwurfskonzepts gibt es noch einige Freiheit bei der Wahl der Parameter NA, Vergrößerung und Größe des Bildfeldes.

**[0014]** Eine erste Ausführungsform des Projektionssystems ist dadurch gekennzeichnet, dass einer der Spiegel sphärisch ist und die anderen Spiegel asphärisch sind, und dass das System eine numerische Apertur von etwa 0,13 bis 0,15 an der Bildseite, eine Vergrößerung  $M = -0,25$  und ein kreisförmiges segmentförmiges Bildfeld mit einer Breite von 1 mm aufweist.

**[0015]** Dieses Projektionssystem ist zum Abbilden von Details mit einer Größe von etwa 70 nm geeignet.

**[0016]** Unter einer asphärischen Oberfläche wird eine Oberfläche verstanden, deren Grundform sphärisch ist, aber deren tatsächliche Oberfläche örtlich von dieser Grundform abweicht, um Abbildungsfehler des Systems zu korrigieren.

**[0017]** Das Projektionssystem ist jedoch vorzugsweise weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass alle Spiegel asphärisch sind, und dass das System eine numerische Apertur von etwa 0,20 an der Bildseite, eine Vergrößerung  $M = -0,25$  und ein kreisförmiges segmentförmiges Bildfeld mit einer Breite von 2 mm aufweist.

**[0018]** Indem alle Spiegel asphärisch gemacht werden, kann das System in Hinsicht auf ein breiteres Bildfeld korrigiert werden und die numerische Apertur kann vergrößert werden. Mit diesem System können Details mit einer Größe von etwa 50 nm abgebildet werden.

**[0019]** Das Projektionssystem ist weiterhin vorzugsweise dadurch gekennzeichnet, dass es an der Bildseite telezentrisch ist.

[0020] Daher können bei ungewünschten Verschiebungen des Substrats entlang der optischen Achse keine Vergrößerungsfehler auftreten.

[0021] Das Projektionssystem kann weiterhin dadurch gekennzeichnet sein, dass der Rand des fünften Spiegels für das Strahlenbündel eine Begrenzung bildet, die im Wesentlichen die Form eines kreisförmigen Segments hat und als Blende wirkt.

[0022] Das Projektionssystem kann zum Abbilden sowohl eines durchlässigen Maskenmusters als auch eines reflektierenden Maskenmusters verwendet werden. Für EUV-Strahlung kann ein reflektierendes Maskenmuster einfacher hergestellt werden als ein durchlässiges Maskenmuster.

[0023] Die Erfindung betrifft auch ein Lithographiegerät zum "Step-and-scan"-Abilden eines in einer Maske vorhandenen Maskenmusters auf eine Anzahl Gebiete eines Substrats, welches Gerät eine Beleuchtungseinheit mit einer Quelle für EUV-Strahlung, einen Maskenhalter zum Aufnehmen einer Maske, einen Substrathalter zum Aufnehmen eines Substrats und ein Projektionssystem umfasst. Dieses Gerät ist dadurch gekennzeichnet, dass das Projektionssystem ein wie oben beschriebenes Spiegelprojektionssystem ist.

[0024] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im Weiteren näher beschrieben.

[0025] Es zeigen:

[0026] [Fig. 1](#) eine erste Ausführungsform des erfindungsgemäßen Projektionssystems

[0027] [Fig. 2](#) eine zweite Ausführungsform des Projektionssystems und

[0028] [Fig. 3](#) schematisch eine Ausführungsform eines Lithographiegerätes mit einem solchen Projektionssystem.

[0029] In [Fig. 1](#) wird die Objektebene, in der die abzubildende Maske angeordnet werden kann, mit dem Bezugszeichen **1** bezeichnet, und die Bildebene, in der das Substrat angeordnet werden kann, wird mit dem Bezugszeichen **2** bezeichnet. Die Objektebene wird mit einem von einer Strahlungsquelle (nicht abgebildet) ausgesendeten Strahlenbündel  $b$  beleuchtet. Wenn die Maske eine reflektierende Maske ist, liegt die Strahlungsquelle auf der gleichen Seite der Maske wie das Spiegelprojektionssystem. Das von der Maske dann reflektierte Strahlenbündel  $b_1$  trifft auf den ersten Spiegel **5** des Systems, welcher Spiegel konvex ist. Dieser Spiegel reflektiert das Strahlenbündel als divergierendes Strahlenbündel  $b_2$  zum zweiten Spiegel **6**, der konkav ist. Der Spiegel **6** reflektiert das Strahlenbündel als nahezu paralleles Strahlenbündel  $b_3$  zum dritten Spiegel **7**. Der Spiegel **7** ist ein Konkavspiegel und reflektiert das Strahlenbündel als konvergierendes Strahlenbündel  $b_4$  zum vierten Spiegel **8**. Dieser Spiegel ist konvex und reflektiert das Strahlenbündel als weniger stark konvergierendes Strahlenbündel  $b_5$  zum fünften Spiegel **9**, der konvex ist und das Strahlenbündel als divergierendes Strahlenbündel  $b_6$  zum sechsten Spiegel **10** reflektiert. Dieser Spiegel ist konkav und fokussiert das Strahlenbündel als Strahlenbündel  $b_7$  in die Bildebene **2**. Die Spiegel **5** und **6** bilden zusammen einen Kollimatorabschnitt des Systems, und die Spiegel **7**, **8**, **9** und **10** bilden einen Objektivabschnitt, der das gewünschte telezentrische Bild auf dem Substrat bildet.

[0030] Der konvexe Spiegel **9** liegt an einer solchen Stelle und hat eine solche Größe, dass das Strahlenbündel  $b_7$  gerade entlang diesem Spiegel verläuft. Von dem Rand des Spiegels **9** wird eine Begrenzung gebildet, die im Prinzip kreisförmig segmentförmig ist und als Teil einer Blende wirkt. Der zweite Teil dieser Blende kann von einem das Strahlenbündel begrenzenden Element gebildet werden, das unterhalb des Spiegels **9** und an der gleichen axialen Position wie der Spiegel angeordnet ist. Bekanntermaßen verhindert eine Blende, dass gestreute Strahlung oder durch unerwünschte Reflexionen verursachte Strahlung das bildformende Strahlenbündel eines Abbildungssystems erreicht, wodurch der Kontrast des in der Ebene **2** gebildeten Bildes verschlechtert werden könnte. Außerdem legt die Blende die numerische Apertur und den Querschnitt des abbildenden Strahlenbündels fest und sorgt somit für eine konstante Beleuchtungsstärke.

[0031] Weiterhin sind alle Spiegeloberflächen des in [Fig. 1](#) gezeigten Systems asphärisch. Das System ist dadurch genügend für die gewünschte Apertur korrigiert. Das System ist koaxial, was bedeutet, dass Krümmungsmittelpunkte aller Spiegel auf einer einzigen Achse liegen, der optischen Achse  $OO'$ . Im Hinblick auf Zusammenbau und Toleranzen ist dies sehr vorteilhaft.

**[0032]** Die folgende Tabelle zeigt die Werte der relevanten Parameter der Ausführungsform von [Fig. 1](#). Diese Parameter sind:

- die entlang der optischen Achse OO' gemessenen Abstände:
  - d<sub>1</sub>: zwischen der Objektebene **1** und dem Spiegel **5**;
  - d<sub>2</sub>: zwischen dem Spiegel **5** und dem Spiegel **6**;
  - d<sub>3</sub>: zwischen dem Spiegel **6** und dem Spiegel **7**;
  - d<sub>4</sub>: zwischen dem Spiegel **7** und dem Spiegel **8**;
  - d<sub>5</sub>: zwischen dem Spiegel **8** und dem Spiegel **9**;
  - d<sub>6</sub>: zwischen dem Spiegel **9** und dem Spiegel **10**;
  - d<sub>7</sub>: zwischen dem Spiegel **10** und der Bildebene **2**,
- die entlang der optischen Achse gemessenen Krümmungsradien:
  - R<sub>1</sub>: des Spiegels **5**;
  - R<sub>2</sub>: des Spiegels **6**;
  - R<sub>3</sub>: des Spiegels **7**;
  - R<sub>4</sub>: des Spiegels **8**;
  - R<sub>5</sub>: des Spiegels **9**,
  - R<sub>6</sub>: des Spiegels **10**,
- die geraden Glieder a<sub>2</sub>, a<sub>4</sub>, a<sub>6</sub>, a<sub>8</sub> und a<sub>10</sub> der bekannten Reihenentwicklung

$$Z = \sum_{i=1}^5 a_{2i} \cdot r^{2i}$$

die die Form einer asphärischen Oberfläche beschreiben.

## TABELLE

$$d_1 = 280.0000 \text{ mm.}$$

$$d_2 = -260.0000$$

$$d_3 = 960.0000$$

$$d_4 = -216.0000$$

$$d_5 = 202.0000$$

$$d_6 = -112.1610$$

$$d_7 = 153.1980$$

$$R_1 = 377.9229 \text{ mm.}$$

$$R_2 = 925.7226$$

$$R_3 = -796.2104$$

$$R_4 = -922.7632$$

$$R_5 = 324.9499$$

$$R_6 = 226.9066$$

	Spiegel 1	Spiegel 2	Spiegel 3
$a_2$	0,13230210E-02	0,54011628E-03	-0,62797471E-03
$a_4$	-0,10645945E-08	-0,68172785E-10	-0,16785609E-09
$a_6$	0,44372794E-13	0,70014948E-16	-0,36815828E-15
$a_8$	-0,18801920E-17	-0,26279346E-20	-0,10783023E-20
$a_{10}$	0,30929350E-22	0,70427507E-26	0,27139638E-26
	Spiegel 4	Spiegel 5	Spiegel 6
$a_2$	-0,54185078E-03	0,15386989E-02	0,22035498E-02
$a_4$	-0,43745658E-09	0,18072296E-07	0,14287653E-07
$a_6$	-0,17867006E-13	0,53959702E-12	0,19896638E-12
$a_8$	0,53390786E-19	-0,79986727E-17	0,32581411E-17
$a_{10}$	0,41019870E-24	0,48606201E-19	0,10540137E-21

**[0033]** Das System hat eine Vergrößerung  $M$  von  $-0,25$ , eine numerische Apertur  $NA$  von  $0,20$  und das kreisförmige Segment des Bildes am Ort der Bildebene 2 hat einen Innenradius von  $35,5$  mm und einen Außenradius von  $37,5$  mm, sodass diese Ebene mit einem kreisförmigen segmentförmigen Fleck von einer Breite von  $2$  mm abgetastet wird. Die Länge, oder Sehne, dieses Flecks beträgt etwa  $30$  mm. Die Gesamtlänge des Systems, 1 in [Fig. 1](#), ist ungefähr  $1009$  mm. Das System ist zum Formen eines Bildes mit Hilfe von Strahlung mit einer Wellenlänge von  $13$  nm bestimmt und hierzu sind die Spiegel in bekannter Weise mit einer Mehrschichtstruktur versehen, die Strahlung dieser Wellenlänge so gut wie möglich reflektiert. Beispiele für Mehrschichtstrukturen für diesen Zweck sind unter anderen in US-A 5.153.898 beschrieben.

[0034] [Fig. 2](#) zeigt eine Ausführungsform des Spiegelsprojektionssystems, in dem der zweite Spiegel, der konkave Spiegel **6**, sphärisch ist und die anderen Spiegel asphärisch sind. Mit diesem System kann ein korrektes Bild geformt werden, wenn auch für eine kleinere numerische Apertur. Außerdem hat das Bildfeld eine geringere Breite als das Bildfeld des Systems von [Fig. 1](#). In der Ausführungsform von [Fig. 2](#) liegt der verwendete Teil des Spiegels **7** näher bei der optischen Achse als in der Ausführungsform von [Fig. 1](#), sodass das in [Fig. 2](#) gezeigte System stabiler ist.

[0035] Tabelle II zeigt die Werte der relevanten Parameter des Projektionssystems von [Fig. 2](#), wobei die gleiche Notation wie für das Projektionssystem von [Fig. 1](#) verwendet wird.

TABELLE II

$$d_1 = 280.0000 \text{ mm.}$$

$$d_2 = -260.0000$$

$$d_3 = 960.0000$$

$$d_4 = -216.0000$$

$$d_5 = 202.0000$$

$$d_6 = -112.2079$$

$$d_7 = 153.2210$$

$$R_5 = 356.6445 \text{ mm.}$$

$$R_6 = 848.2375$$

$$R_7 = -1042.8599$$

$$R_8 = -5215.9238$$

$$R_9 = 285.9565$$

$$R_{10} = 227.0027$$

	Spiegel 5	Spiegel 7	Spiegel 8
$a_2$	0,14019564E-02	-0,47945082E-03	-0,95860295E-04
$a_4$	0,39452317E-08	0,14479592E-09	0,20476657E-09
$a_6$	-0,24393487E-13	-0,14421364E-15	-0,14395181E-13
$a_8$	0,24452743E-17	-0,90327415E-21	0,13397470E-18
$a_{10}$	-0,34732754E-22	0,74859463E-26	-0,71120834E-24
	Spiegel 9	Spiegel 10	
$a_2$	0,17485174E-02	0,22026171E-02	
$a_4$	0,15671501E-07	0,13622569E-07	
$a_6$	0,19215336E-12	0,16550839E-12	
$a_8$	0,96274494E-15	0,52723915E-17	
$a_{10}$	-0,14423111E-17	-0,11827144E-21	

**[0036]** Dieses System hat auch eine Vergrößerung  $M$  von  $-0.25$ . Die numerische Apertur  $NA$  beträgt jetzt  $0,14$  an der Bildseite und das kreisförmige segmentförmige Bildfeld hat einen Innenradius von  $36 \text{ mm}$  und einen Außenradius von  $37 \text{ mm}$ , daher eine Breite von  $1 \text{ mm}$ . Der Abstand **1** zwischen der Objektebene **1** und der Bildebene **2** beträgt ungefähr  $1037 \text{ mm}$ .

**[0037]** **Fig. 3** zeigt sehr schematisch eine Ausführungsform eines „Step-and-scan“-Lithographiegerätes, das ein erfindungsgemäßes Spiegelprojektionssystem zum Abbilden eines in einer reflektierenden Maske **15** vorhandenen Maskenmusters auf ein Substrat **20** umfasst, das mit einer für EUV-Strahlung empfindlichen Schicht **21** versehen ist. Das Gerät umfasst eine schematisch dargestellte Beleuchtungseinheit **30**, in der eine EUV-Strahlungsquelle und ein optisches System zum Bilden eines Beleuchtungsbündels  $b$ , dessen Querschnitt die Form eines kreisförmigen Segmentes hat, untergebracht sind. Der Deutlichkeit halber ist in der Figur zwischen dem Beleuchtungsbündel  $b$  und dem Substrattisch **23** und dem Abbildungsabschnitt **7, 8, 9, 10** des



Spiegelprojektionssystems etwas Platz gelassen. Tatsächlich kann das Strahlenbündel **b** jedoch dicht entlang diesen Elementen in die Projektionssäule gelangen. Die abzubildende reflektierende Maske ist unter einem Maskenhalter **16** angeordnet, der Teil eines Maskentisches **17** ist, mit dem die Maske in der Abtastrichtung **18** und eventuell in einer Richtung senkrecht zur Abtastrichtung bewegt werden kann, sodass alle Gebiete des Maskenmusters unter dem durch das Beleuchtungsbündel **b** gebildeten Beleuchtungsfleck positioniert werden können. Der Maskenhalter und der Maskentisch sind sehr schematisch dargestellt und können auf verschiedene Weise ausgeführt sein. Das Substrat **20** ist auf einem Substrathalter **22** angeordnet, der von einem Substrattisch (Träger) **23** getragen wird. Dieser Tisch kann das Substrat in der Abtastrichtung (X-Richtung), aber auch senkrecht dazu in der Y-Richtung bewegen. Beim Abtasten bewegen sich das Substrat und die Maske in entgegengesetzter Richtung. Der Substrattisch wird von einer Halterung **24** getragen.

**[0038]** Außerdem kann das Substrat in der Z-Richtung bewegt werden, der Richtung der optischen Achse  $OO'$ , und um die Z-Achse gedreht werden. Bei hoch entwickelten Geräten kann das Substrat auch um die X-Achse und die Y-Achse gekippt werden. Für weitere Details eines „Step-and-scan“-Gerätes sei beispielsweise auf die PCT-Patentanmeldung WO 97/33204 (PHQ 96.004) verwiesen.

**[0039]** Das Projektionssystem ist an der Seite des Substrats telezentrisch, was den Vorteil hat, dass bei eventuellen unerwünschten Bewegungen in Z-Richtung des Substrats in Bezug auf das Projektionssystem keine Vergrößerungsfehler auftreten.

**[0040]** Weiterhin liegt der optische freie Arbeitsabstand, i. e. der freie Arbeitsabstand wie vom Projektionssystem bestimmt und abgesehen von eventuellen mechanischen Vorkehrungen, in der Größenordnung von 40 mm.

**[0041]** Das Spiegelprojektionssystem kann nicht nur zum Abbilden eines reflektierenden Maskenmusters verwendet werden, wie oben beschrieben, sondern auch zum Abbilden eines durchlässigen Maskenmusters. Statt unter der Maske, wie in [Fig. 3](#) gezeigt, liegt die Beleuchtungseinheit dann über der Maske. Es ist jedoch einfacher, eine reflektierende Maske für EUV-Strahlung herzustellen als eine durchlässige Maske für diese Strahlung.

**[0042]** Das EUV-Projektionslithographiegerät kann bei der Herstellung von ICs verwendet werden, aber auch beispielsweise bei Flüssigkristallanzeigefeldern, integrierten oder planaren optischen Systemen, Magnetköpfen und Führungs- und Detektionsmustern für Speicher mit magnetischen Domänen.

### Patentansprüche

1. Spiegelprojektionssystem zur Verwendung in einem "Step-and-scan"-Projektionslithographiegerät zum Abbilden eines in einer Maske (**15**) vorhandenen Maskenmusters auf ein Substrat (**20**) mit Hilfe eines Bündels (**b**) von EUV-Strahlung, welches Strahlenbündel einen kreisförmigen segmentförmigen Querschnitt hat, wobei das genannte Projektionssystem aus sechs Abbildungsspiegeln (**5, 6, 7, 8, 9, 10**) besteht, mit, von der Objektseite (**1**) zur Bildseite (**2**), Ordinalzahlen 1-6, wobei der erste (**6**), der dritte (**7**) und der sechste (**10**) Spiegel konkav sind und der fünfte Spiegel (**9**) konvex ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Spiegel (**5**) und der vierte Spiegel (**8**) konvex sind, wobei die Abbildungsspiegel (**5-10**) ausgebildet sind, das Bild der Maske (**15**) auf dem Substrat (**20**) ohne Bildung eines Zwischenbildes zu verschaffen.

2. Spiegelprojektionssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass einer der Spiegel (**6**) sphärisch ist und die anderen Spiegel (**5, 7-10**) asphärisch sind, und dass das System eine numerische Apertur von etwa 0,13 bis 0,15 an der Bildseite, eine Vergrößerung  $M = -0,25$  und ein kreisförmiges segmentförmiges Bildfeld mit einer Breite von 1 mm aufweist.

3. Spiegelprojektionssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass alle Spiegel (**5-10**) asphärisch sind, und dass das System eine numerische Apertur von etwa 0,20 an der Bildseite, eine Vergrößerung  $M = -0,25$  und ein kreisförmiges segmentförmiges Bildfeld mit einer Breite von 2 mm aufweist.

4. Spiegelprojektionssystem nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das System an der Bildseite telezentrisch ist.

5. Spiegelprojektionssystem nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Rand des fünften Spiegels (**9**) für das Strahlenbündel eine Begrenzung bildet, die im Wesentlichen die Form eines kreisförmigen Segments hat und als Blende wirkt.

6. Lithographiegerät zum "Step-and-scan"-Abilden eines in einer Maske (**15**) vorhandenen Maskenmusters auf eine Anzahl Gebiete eines Substrats (**20**), welches Gerät eine Beleuchtungseinheit (**30**) mit einer Quelle für EUV-Strahlung (**6**), einen Maskenhalter (**16**) zum Aufnehmen der Maske, einen Substrathalter (**22**) zum Aufnehmen des Substrats (**20**) und ein Projektionssystem umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass das Projektionssystem ein Spiegelprojektionssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen





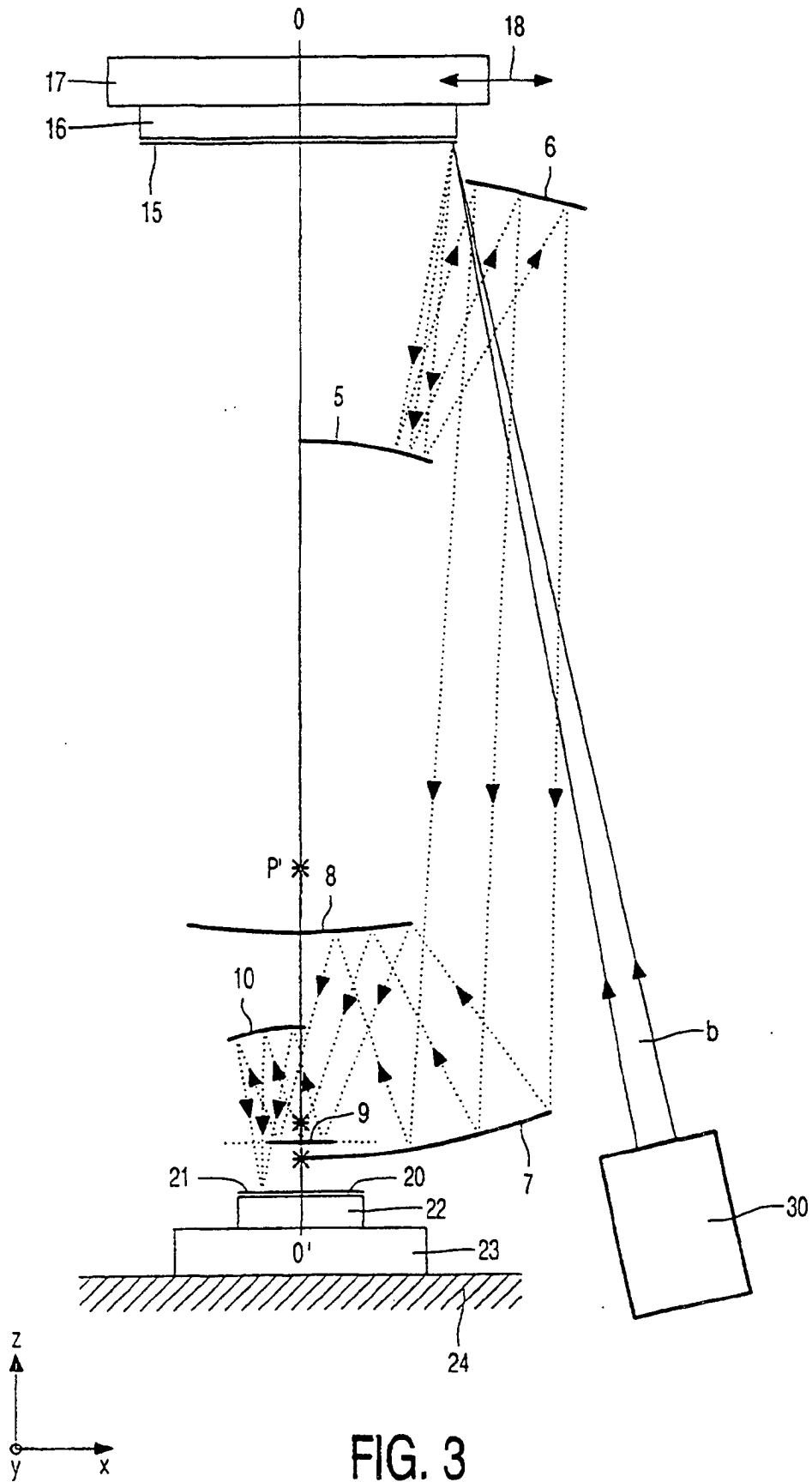


FIG. 3