

DE

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

(19) Weltorganisation für geistiges

Eigentum

Internationales Büro



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2017/009185 A1

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
19. Januar 2017 (19.01.2017)

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

(74) Anwalt: FRANK, Hartmut; Bonsmann · Bonsmann · Frank, Reichspräsidentenstraße 21-25, 45470 Mülheim a.d. Ruhr (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/066178

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

(22) Internationales Anmeldedatum: 7. Juli 2016 (07.07.2016)

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,

(25) Einreichungssprache: Deutsch

BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 213 253.6 15. Juli 2015 (15.07.2015) DE

GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): CARL ZEISS SMT GMBH [DE/DE]; Rudolf-Eber-Strasse 2, 73447 Oberkochen (DE).

KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,

(72) Erfinder; und

MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,

(71) Anmelder (nur für US): DIER, Oliver [DE/DE]; Isaak-Hess-Weg 4, 73466 Lauchheim (DE). HILD, Kerstin [DE/DE]; Birkachstraße 5, 73529 Schwäbisch Gmünd (DE). ENKISCH, Hartmut [DE/DE]; Fichtestrasse 63, 73431 Aalen (DE). KALISKY, Matus [SK/DE]; Pelikanweg 8, 73434 Aalen (DE).

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,

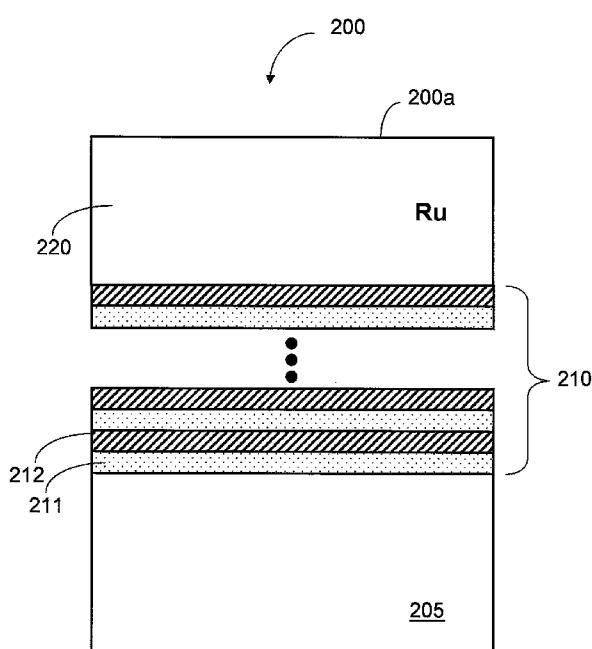
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MIRROR, IN PARTICULAR FOR A MICROLITHOGRAPHIC PROJECTION EXPOSURE APPARATUS

(54) Bezeichnung : SPIEGEL, INSbesondere FÜR EINE MIKROLITHOGRAPHISCHE PROJEKTIONSBELICHTUNGSANLAGE

Fig. 2



(57) Abstract: The invention relates to a mirror, in particular for a microlithographic projection exposure apparatus, wherein the mirror has an optical effective area, having a mirror substrate (205, 305), a reflection layer (220, 320), which is designed such that the mirror has a reflectivity of at least 50% for electromagnetic radiation of a specified operating wavelength, which impinges on the optical effective area (200a, 300a) at an angle of incidence of at least 65° relative to the respective surface normal, and a substrate protection layer (210, 310), which is arranged between the mirror substrate (205, 305) and the reflection layer (220, 320), wherein the substrate protection layer (210, 310) has a transmission of less than 0.1% for EUV radiation.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Spiegel, insbesondere für eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage, wobei der Spiegel eine optische Wirkfläche aufweist, mit einem Spiegelsubstrat (205, 305), einer Reflexionsschicht (220, 320), welche derart ausgestaltet ist, dass der Spiegel für elektromagnetische Strahlung einer vorgegebenen Arbeitswellenlänge, welche auf die optische Wirkfläche (200a, 300a) unter einem

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/009185 A1



RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, **Veröffentlicht:**
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, — *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)*
TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

auf die jeweilige Oberflächennormale bezogenen Einfallswinkel von wenigstens 65° auftrefft, eine Reflektivität von wenigstens 50% besitzt, und einer Substratschutzschicht (210, 310), welche zwischen dem Spiegelsubstrat (205, 305) und der Reflexionsschicht (220, 320) angeordnet ist, wobei die Substratschutzschicht (210, 310) für EUV-Strahlung eine Transmission von weniger als 0.1% aufweist.

5 Spiegel, insbesondere für eine mikrolithographische
Projektionsbelichtungsanlage

Die vorliegende Anmeldung beansprucht die Priorität der Deutschen Patentanmeldung DE 10 2015 213 253.6, angemeldet am 15. Juli 2015. Der Inhalt
10 dieser DE-Anmeldung wird durch Bezugnahme („incorporation by reference“) mit in den vorliegenden Anmeldungstext aufgenommen.

15 HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Gebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft einen Spiegel, insbesondere für eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage.

20 Stand der Technik

Mikrolithographie wird zur Herstellung mikrostrukturierter Bauelemente, wie
25 beispielsweise integrierter Schaltkreise oder LCD's, angewendet. Der Mikrolithographieprozess wird in einer sogenannten Projektionsbelichtungsanlage durchgeführt, welche eine Beleuchtungseinrichtung und ein Projektionsobjektiv aufweist. Das Bild einer mittels der Beleuchtungseinrichtung beleuchteten Maske (= Retikel) wird hierbei mittels des Projektionsobjektivs auf ein mit einer
30 lichtempfindlichen Schicht (Photoresist) beschichtetes und in der Bildebene des Projektionsobjektivs angeordnetes Substrat (z.B. ein Siliziumwafer) projiziert, um die Maskenstruktur auf die lichtempfindliche Beschichtung des Substrats zu übertragen.

In für den EUV-Bereich ausgelegten Projektionsobjektiven, z.B. bei Wellenlängen von z.B. etwa 13 nm oder etwa 7 nm, werden mangels Verfügbarkeit geeigneter lichtdurchlässiger refraktiver Materialien Spiegel als optische Komponenten für den Abbildungsprozess verwendet.

Dabei ist u.a. der Betrieb von Spiegeln unter streifendem Einfall bekannt. Unter solchen unter streifendem Einfall betriebenen Spiegeln werden hier und im Folgenden Spiegel verstanden, für welche die bei der Reflexion der EUV-Strahlung auftretenden, auf die jeweilige Oberflächennormale bezogenen Reflexionswinkel wenigstens 65° betragen. Solche Spiegel werden mitunter auch kurz als GI-Spiegel („**grazing incidence**“ = „streifender Einfall“) bezeichnet. Grundsätzlich ist der Einsatz solcher GI-Spiegel u.a. im Hinblick auf die vergleichsweise hohen, erreichbaren Reflektivitäten (von z.B. 80% und mehr) wünschenswert.

Im Unterschied etwa zu unter senkrecht Einfall betriebenen Spiegeln (auch als NI-Spiegel, „**normal incidence**“ = „senkrechter Einfall“ bezeichnet) benötigen solche GI-Spiegel zur Erzielung der jeweiligen Reflektivitäten als Reflexionsschicht kein Vielfachschichtsystem in Form einer alternierenden Abfolge zahlreicher Einzelschichten aus wenigstens zwei unterschiedlichen Schichtmaterialien, sondern lediglich eine Einzelschicht, welche beispielsweise aus Ruthenum (Ru) bestehen und z.B. eine typische Schichtdicke im Bereich von 40 nm aufweisen kann.

Ein in der Praxis auch beim Einsatz von GI-Spiegeln insbesondere im Projektionsobjektiv auftretendes Problem ist jedoch, dass elektromagnetische Strahlung zum Beispiel in Form von transmittiertem Licht oder Streulicht durch die jeweilige Reflexionsschicht hindurch zum Spiegelsubstrat gelangen kann, was z.B. dadurch begünstigt wird, dass die betreffende elektromagnetische Strahlung sich in der Winkel- und/oder Wellenlängenverteilung vom eigentlichen Nutzlicht unterscheidet. Die betreffende, zum Spiegelsubstrat gelangende elektromagnetische Strahlung kann im Spiegelsubstratmaterial dann Schädi-

gungen bzw. Veränderungen z.B. in Form von strahlungsinduzierten lokalen Dichteänderungen (Kompaktierung) hervorrufen, was wiederum im Betrieb des optischen Systems zu unerwünschten Änderungen der Wellenfront und damit letztlich zu einer Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit des optischen Systems bzw. der Projektionsbelichtungsanlage führt.

Zum Stand der Technik wird lediglich beispielhaft auf DE 10 2009 032 779 A1, DE 10 2009 054 653 A1, US 2013/0038929 A1, DE 10 2009 049 640 A1 und DE 10 2012 202 675 A1 verwiesen.

10

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Vor dem obigen Hintergrund ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Spiegel, insbesondere für eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage, bereitzustellen, welcher einen Einsatz unter streifendem Einfall unter zumindest weitgehender Vermeidung der vorstehend beschriebenen Probleme ermöglicht.

20

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs 1 gelöst.

25

Gemäß einem Aspekt der Erfindung weist ein Spiegel, insbesondere für eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage, eine optische Wirkfläche auf, sowie

- ein Spiegelsubstrat,
- eine Reflexionsschicht, welche derart ausgestaltet ist, dass der Spiegel für elektromagnetische Strahlung einer vorgegebenen Arbeitswellenlänge, welche auf die optische Wirkfläche unter einem auf die jeweilige Oberflächennormale bezogenen Einfallswinkel von wenigstens 65° auftrifft, eine Reflektivität von wenigstens 50% besitzt, und

30

- eine Substratschutzschicht, welche zwischen dem Spiegelsubstrat und der Reflexionsschicht angeordnet ist, wobei die Substratschutzschicht für EUV-Strahlung eine Transmission von weniger als 0.1% aufweist.

5 Der Erfindung liegt insbesondere das Konzept zugrunde, in einem für den Betrieb unter streifendem Einfall ausgelegten Spiegel durch elektromagnetische Strahlung hervorgerufene Veränderungen bzw. Schädigungen des Spiegelsubstratmaterials und damit im Betrieb des jeweiligen optischen Systems einhergehende unerwünschte Wellenfrontänderungen dadurch zu reduzieren oder eliminieren, dass zwischen der Reflexionsschicht des Spiegels und dem Spiegelsubstrat eine Substratschutzschicht angeordnet wird, welche durch hinreichende Absorptionswirkung die betreffende elektromagnetische Strahlung vom Spiegelsubstratmaterial fernhält.

10 15 Gemäß einer Ausführungsform weist die Substratschutzschicht für EUV-Strahlung eine Transmission von weniger als 0.01%, insbesondere weniger als 0.001% auf. Vorzugsweise ist die Bedingung, wonach die Transmission für EUV-Strahlung weniger als 0.1%, insbesondere weniger als 0.01%, weiter insbesondere weniger als 0.001% beträgt, auch für andere Einfallsinkel als die „Betriebswinkel“, insbesondere auch für senkrecht auf die Substratschutzschicht auftreffende EUV-Strahlung, erfüllt. Des Weiteren ist die Bedingung, wonach die Transmission der Substratschutzschicht weniger als 0.1%, insbesondere weniger als 0.01%, weiter insbesondere weniger als 0.001% beträgt, vorzugsweise auch für andere Wellenlängen als die Betriebswellenlänge erfüllt.

20 25 30 In Ausführungsformen der Erfindung wird die erfindungsgemäße Substratschutzschicht derart ausgestaltet, dass zusätzlich zu dem vorstehend beschriebenen Schutz des Spiegelsubstrats vor elektromagnetischer Strahlung ferner eine Schichtspannungskompensation im gesamten Schichtaufbau des Spiegels erzielt wird.

Gemäß einer Ausführungsform weist die Substratschutzschicht hierzu wenigstens eine Schichtspannungskompensationsschicht aus einem zweiten Material auf.

5 Eine solche Schichtspannung (welche je nach konkreter Ausführung der Reflexionsschicht des GI-Spiegels in Form von Druckspannung oder Zugspannung vorliegen kann) kann ohne weitere Maßnahmen zu einer Deformation des Spiegelsubstrats und damit ebenfalls zu unerwünschten Änderungen der Wellenfront im Betrieb des jeweiligen optischen Systems führen.

10 Zur wenigstens teilweisen Kompensation der besagten Schichtspannung kann die erfindungsgemäße Substratschutzschicht auch als Mehrfachschichtsystem eine alternierende Aufeinanderfolge von (den Substratschutz vor elektromagnetischer Strahlung bewirkenden) Absorberschichten aus einem ersten Material und (die besagte Schichtspannung wenigstens teilweise kompensierenden) Schichtspannungskompensationsschichten aus einem zweiten Material aufweisen.

20 Gemäß der Erfindung kann hierbei weiter in vorteilhafter Weise der Umstand ausgenutzt werden, dass die bestehenden Anforderungen an eine Schichtspannungskompensation bei einem für den Betrieb unter streifendem Einfall ausgelegten Spiegel (GI-Spiegel) in der Regel erheblich geringer sind als bei einem für den Betrieb unter senkrechttem Einfall ausgelegten Spiegel (NI-Spiegel). Die auftretenden Schichtspannungen (welche etwa beim Reflexionsschichtstapel eines NI-Spiegels typischerweise je nach Herstellungsverfahren in der Größenordnung von 200 MPa - 600 MPa liegen können) sind bei einem GI-Spiegel (mit einer typischen Schichtspannung von 800 MPa – 1200 MPa) in absoluter Hinsicht größer, führen aber infolge der geringeren Gesamtdicke der Reflexionsschicht zu effektiv geringeren Deformationen.

25 30 Des Weiteren sind bei einem GI-Spiegel die gegebenenfalls durch besagte Schichtspannungen hervorgerufenen Wellenfrontmodifikationen weniger ausgeprägt, da diese Wellenfrontmodifikationen letztlich mit der Gesamtschicht-

dicke skalieren, welche wiederum bei einem GI-Spiegel (z.B. mit einer Reflexionsschicht aus Ruthenium mit ca. 40 nm Dicke) wesentlich geringer sind als bei einem NI-Spiegel, dessen Reflexionsschichtstapel beispielsweise in Form einer alternierenden Aufeinanderfolge aus Molybdän- und Siliziumschichten typischerweise eine Gesamtschichtdicke in Bereich von 350 nm aufweisen kann.

Die somit wie vorstehend beschrieben geringeren Anforderungen an eine Schichtspannungskompensation in einem GI-Spiegel kann sich nun die Erfindung dadurch zunutze machen, dass im Aufbau der erfindungsgemäßen Substratschutzschicht die genannten Spannungskompensationsschichten in ihrem Anteil bzw. der jeweiligen Schichtdicke reduziert werden können mit der Folge, dass auch die gesamte Dicke des Schichtaufbaus im GI-Spiegel entsprechend begrenzt bzw. reduziert sein kann.

Dies hat wiederum zur Folge, dass mit der Schichtdicke skalierende Effekte wie z.B. vom Schichtaufbau herrührende Streulichtanteile sowie auch Wellenfronteffekte etwaiger Schichtdickenfehler letztlich weniger stark ausgeprägt sind.

Im Ergebnis kann somit erfindungsgemäß ein wirksamer Schutz des Spiegelsubstrats vor elektromagnetischer Strahlung und eine Reduzierung bzw. Minimierung unerwünschter Wellenfrontmodifikationen im Betrieb eines den erfindungsgemäßen GI-Spiegel aufweisenden optischen Systems erreicht werden.

In Ausführungsformen der Erfindung können die Spannungskompensationsschichten insbesondere eine Dicke von maximal 5 nm aufweisen.

Je nach der konkreten Ausgestaltung der Reflexionsschicht im erfindungsgemäßen GI-Spiegel können die Anforderungen an eine Schichtspannungskompensation sogar auf nahezu Null verringert sein mit der Folge, dass es letztlich ausreichend ist, wenn die erfindungsgemäße Substratschutzschicht

ausschließlich aus der beschriebenen Absorberschicht – unter Verzicht auf etwaige Spannungskompensationsschichten – besteht. Hierbei kann auch der weitere, im Vergleich zu NI-Spiegeln vorteilhafte Umstand genutzt werden, dass „Aufrauungseffekte“, welche bei NI-Spiegeln relativ stark ausgeprägt sein können und bereits deshalb gegebenenfalls sogenannte „Unterbrecherschichten“ erfordern, bei einem GI-Spiegel weniger problematisch sind, so dass auch unter diesem Aspekt die Realisierung der erfindungsgemäßen Substratschutzschicht als Einzelschicht (aus lediglich einer Absorberschicht) in Betracht kommt.

10

Gemäß einer Ausführungsform ist das erste Material aus der Gruppe ausgewählt, welche Eisen (Fe), Nickel (Ni), Kobalt (Co), Kupfer (Cu), Silber (Ag), Gold (Au), Platin (Pt), Germanium (Ge), Wolfram (Wo), Chrom (Cr), Zinn (Sn), Zink (Zn), Indium (In), Tellur (Te), Iridium (Ir), Palladium (Pd), Osmium (Os), Tantal (Ta) und Legierungen hiervon enthält.

15

Gemäß einer Ausführungsform ist das zweite Material aus der Gruppe ausgewählt, welche Molybdän (Mo), Ruthenium (Ru), Bor (B), Borcarbid (B₄C), Kohlenstoff (C) und Silizium (Si) enthält.

20

Gemäß einem im Folgenden diskutierten weiteren Aspekt der Erfindung erfolgt vorzugsweise die Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Substratschutzschicht sowie insbesondere ferner auch der Reflexionsschicht in solcher Weise, dass die Periodenlänge des die Substratschutzschicht ausbildenden Mehrfachschichtsystems – und damit letztlich auch der laterale Dickenverlauf der Substratschutzschicht – messtechnisch in möglichst einfacher Weise zugänglich ist. Hierdurch kann erfindungsgemäß dem weiteren Problem Rechnung getragen werden, dass ein jeweils gewünschter, typischerweise konstanter Dickenverlauf der Substratschutzschicht grundsätzlich nur mit endlicher Genauigkeit realisierbar ist, in der Praxis also eine gewisse laterale Dickenvariation der Substratschutzschicht unvermeidbar ist. Um nun eine solche unerwünschte Dickenvariation entweder bereits im betreffenden Spiegel selbst (durch Optimierung des Schichtdickenverlaufs) oder anderenorts im betreffen-

30

den optischen System kompensieren zu können, ist eine möglichst exakte Kenntnis des betreffenden Schichtdickenverlaufs erforderlich.

Bei der im Weiteren beschriebenen vorteilhaften Ausgestaltung der Periodenlänge des die Substratschutzschicht bildenden Mehrfachschichtsystems einerseits sowie gegebenenfalls auch der Dicke der Reflexionsschicht andererseits geht die Erfindung von der Überlegung aus, dass grundsätzlich der Zusammenhang zwischen der Periodenlänge des die Substratschutzschicht bildenden Mehrfachschichtsystems einerseits und der spektralen Peaklage in der für den betreffenden Spiegel mittels Reflektometrie ermittelten Abhängigkeit der Reflektivität von der Wellenlänge der auftreffenden elektromagnetischen Strahlung andererseits zur Bestimmung der besagten Periodenlänge und damit, bei Messung an einer Mehrzahl von Orten auf dem Spiegel, des lateralen Dickenverlaufs herangezogen werden kann, wobei bei dieser Reflektometrie-Messung die elektromagnetische Strahlung im Wesentlichen senkrecht (vorzugsweise mit einem auf die jeweilige Oberflächennormale bezogenen Einfallswinkel von maximal 10°) auf den Spiegel gerichtet wird.

In diesem Falle sind die für den (zum Betrieb unter streifendem Einfall ausgelegten) Spiegel erhaltenen Reflektivitäten zwar (relativ zu einem für senkrechten Lichteinfall ausgelegten NI-Spiegel) vergleichsweise niedrig (z.B. um einen Faktor 100 geringer), gleichwohl jedoch für besagte Periodenlänge des die Substratschutzschicht bildenden Mehrfachschichtsystems charakteristisch, wie im Weiteren noch detaillierter erläutert wird. Bei geeigneter Vorgabe der Periodenlänge des Mehrfachschichtsystems kann nun erreicht werden, dass die spektrale Peaklage in den für den betreffenden Spiegel erhaltenen wellenlängenabhängigen Reflektivitätsverläufen mit einem ohnehin für die EUV-Lithographie verfügbaren bzw. vorhandenen Reflektometer zugänglich ist und somit messtechnisch einfach bestimmt werden kann.

30

Gemäß einer Ausführungsform weist die Substratschutzschicht ein Mehrfachschichtsystem aus einer Mehrzahl von Einzelschichten auf.

Gemäß einer Ausführungsform weisen diese Einzelschichten eine maximale Dicke von weniger als 100 nm, insbesondere von weniger als 50 nm, weiter insbesondere von weniger als 25 nm, auf.

5 Gemäß einer Ausführungsform weist das Mehrfachschichtsystem eine alternierende Aufeinanderfolge von ersten Schichten aus einem ersten Material und zweiten Schichten aus einem zweiten Material, welches von dem ersten Material verschieden ist, auf.

10 Gemäß einer Ausführungsform weist dieses Mehrfachschichtsystem eine Periodenlänge im Bereich von 6nm bis 8nm, insbesondere im Bereich von 6.5nm bis 7.5nm, auf.

15 Gemäß einer Ausführungsform entspricht die Gesamtschichtdicke, welche der Spiegel oberhalb des Maximums eines von dem Mehrfachschichtsystem erzeugten stehenden Wellenfeldes aufweist, bis auf eine maximale Abweichung von $\pm 10\%$ einem ganzzahligen Vielfachen der Periodenlänge des Mehrfachschichtsystems.

20 Durch diese Schichtdickenwahl bzw. deren Abstimmung auf die Periodenlänge des die Substratschutzschicht bildenden Mehrfachschichtsystems kann – wie ebenfalls im Weiteren noch detaillierter erläutert – ein hinsichtlich der Auswertung vergleichsweise günstiger, nämlich im Wesentlichen noch symmetrischer Verlauf des jeweiligen Peaks in der Wellenlängenabhängigkeit der Reflektivität erzielt werden. Dabei liegt diesem erfindungsgemäßen Konzept die weitere Überlegung zugrunde, dass die o.g. Gesamtschichtdicke (einschließlich der Dicke der Reflexionsschicht) insofern den spektralen Verlauf der Reflektivität des betreffenden Spiegels beeinflusst, als durch das die Substratschutzschicht bildende Mehrfachschichtsystem ein stehendes Wellenfeld erzeugt wird, welches sich durch die Reflexionsschicht bis hin zum an den Spiegel angrenzenden Vakuum fortsetzt. Die Wahl der o.g. Gesamtschichtdicke als ganzzahliges Vielfaches der Periodenlänge führt in diesem Zusammenhang nun wie im Weiteren noch detaillierter erläutert dazu, dass ein besonders ausgeprägter Peak

bzw. eine vergleichsweise starke Oszillation der elektrischen Feldstärke an der Grenzfläche zwischen Reflexionsschicht und Vakuum erzielt werden kann mit der Folge, dass auch die letztlich gesuchte spektrale Peaklage messtechnisch besonders gut zu bestimmen ist.

5

Die vorstehend beschriebene sowie im Weiteren auch noch detaillierter erläuterte reflektometrische Ermittlung des lateralen Verlaufs der Periodenlänge des die Substratschutzschicht bildenden Mehrfachschichtsystems kann alternativ entweder vor Aufbringung der Reflexionsschicht oder auch noch nach deren Aufbringung (d.h. unter Einkopplung der elektromagnetischen Strahlung durch besagte Reflexionsschicht hindurch) durchgeführt werden. Mit anderen Worten umfasst die Erfindung zum einen Ausführungsformen, bei denen eine reflektometrische Charakterisierung zunächst für die Substratschutzschicht selbst (noch ohne darauf befindliche Reflexionsschicht) und gegebenenfalls erst anschließend bzw. sequentiell für die dann aufgebrachte Reflexionsschicht durchgeführt wird. Zum anderen umfasst die Erfindung jedoch auch Ausführungsformen, bei denen unter Reduzierung des messtechnischen Aufwandes bzw. der Anzahl erforderlicher Prozessschritte die Bestimmung der spektralen Peaklage der Reflektivität des die Substratschutzschicht bildenden Mehrfachschichtsystems noch nach Aufbringung der Reflexionsschicht erfolgt.

10

15

20

Gemäß einer Ausführungsform ist die Arbeitswellenlänge kleiner als 30 nm, wobei sie insbesondere im Bereich von 10 nm bis 15 nm liegen kann.

25

Die Erfindung betrifft weiter ein optisches System einer mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage, welches wenigstens einen Spiegel mit den vorstehend beschriebenen Merkmalen aufweist.

30

Gemäß einer Ausführungsform ist dieser Spiegel in dem optischen System derart angeordnet, dass die im Betrieb des optischen Systems bei Reflexion elektromagnetischer Strahlung an dem Spiegel auftretenden, auf die jeweilige Oberflächennormale bezogenen Reflexionswinkel wenigstens 50°, insbesondere wenigstens 65°, betragen.

Die Erfindung betrifft ferner auch eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage mit einer Beleuchtungseinrichtung und einem Projektionsobjektiv, wobei die Beleuchtungseinrichtung im Betrieb der Projektionsbelichtungsanlage eine in einer Objektebene des Projektionsobjektivs befindliche Maske beleuchtet und das Projektionsobjektiv Strukturen auf dieser Maske auf eine in einer Bildebene des Projektionsobjektivs befindliche lichtempfindliche Schicht abbildet, wobei die Projektionsbelichtungsanlage ein optisches System mit den vorstehend beschriebenen Merkmalen aufweist.

10

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind der Beschreibung sowie den Unteransprüchen zu entnehmen.

15

Die Erfindung wird nachstehend anhand von in den beigefügten Abbildungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

20

Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer für den Betrieb im EUV ausgelegten Projektionsbelichtungsanlage;

25

Figur 2-3 schematische Darstellungen zur Erläuterung des möglichen Aufbaus eines Spiegels in beispielhaften Ausführungsformen der Erfindung; und

30

Figur 4-6 Diagramme zur Erläuterung weiterer möglicher Ausführungsformen der Erfindung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer beispielhaften für den Betrieb im EUV ausgelegten Projektionsbelichtungsanlage 100, in welcher die vorliegende Erfindung realisierbar ist.

Gemäß Fig. 1 weist eine Beleuchtungseinrichtung der Projektionsbelichtungsanlage 100 einen Feldfacettenspiegel 103 und einen Pupillenfacettenspiegel 104 auf. Auf den Feldfacettenspiegel 103 wird das Licht einer Lichtquelleneinheit, welche eine Plasmalichtquelle 101 und einen Kollektorspiegel 102 umfasst, gelenkt. Im Lichtweg nach dem Pupillenfacettenspiegel 104 sind ein erster Teleskopspiegel 105 und ein zweiter Teleskopspiegel 106 angeordnet. Im Lichtweg nachfolgend ist ein unter streifendem Einfall betriebener Umlenkspiegel 107 angeordnet, der die auf ihn treffende Strahlung auf ein Objektfeld in der Objektebene eines in Fig. 1 lediglich angedeuteten Projektionsobjektivs lenkt. Am Ort des Objektfeldes ist eine reflektive strukturtragende Maske 121 auf einem Maskentisch 120 angeordnet, die mit Hilfe eines Projektionsobjektivs 150 in eine Bildebene abgebildet wird, in welcher sich ein mit einer lichtempfindlichen Schicht (Photoresist) beschichtetes Substrat 161 auf einem Wafertisch 160 befindet.

Der erfindungsgemäße Aufbau eines unter streifendem Einfall betriebenen Spiegels kann beispielsweise bei einem oder mehreren Spiegeln des Projektionsobjektivs 150 oder auch bei dem innerhalb der Beleuchtungseinrichtung vorgesehenen Umlenkspiegel 107 realisiert sein.

Im Weiteren werden mögliche Ausführungsformen eines unter streifendem Einfall betriebenen Spiegels gemäß der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die schematischen Abbildungen von Fig. 2-3 beschrieben.

Gemäß Fig. 2 kann ein für den Betrieb unter streifendem Einfall ausgelegter Spiegel 200 in einer ersten Ausführungsform in für sich bekannter Weise ein

Spiegelsubstrat 205 (welches aus einem beliebigen geeigneten Substratmaterial, z.B. ein unter der Bezeichnung ULE® von der Firma Corning Inc. vertriebenes Titanium-Silikatglas, hergestellt sein kann) sowie eine die optische Wirkfläche 200a ausbildende Reflexionsschicht 220 aufweisen, welche im Ausführungsbeispiel aus Ruthenium (Ru) hergestellt ist und eine typische beispielhafte Dicke im Bereich von 20 nm bis 200 nm aufweisen kann. In weiteren Ausführungsformen können ebenfalls für sich bekannte Schichtsysteme für GI-Spiegel mit mehr als einer einzelnen (z.B. Ruthenium (Ru))-Schicht eingesetzt werden.

Hinsichtlich beispielhaft möglicher Schichtdesigns von GI-Spiegeln wird z.B. auf DE 10 2011 075 579 A1 verwiesen.

Zum Schutz des Spiegelsubstrats 205 vor im Betrieb des Spiegels 200 auf die optische Wirkfläche 200a auftreffender und die Reflexionsschicht 220 durchdringender elektromagnetischer Strahlung infolge von Transmission z.B. durch die Ruthenium (Ru)-Schicht weist der Spiegel 200 zwischen der Reflexions- schicht 220 und dem Spiegelsubstrat 205 eine Substratschutzschicht 210 auf.

Die Substratschutzschicht 210 weist im Ausführungsbeispiel von Fig. 2 eine alternierende Aufeinanderfolge von Absorberschichten 212 aus einem ersten Material (mit entsprechend hohem Absorptionsanteil im Brechungsindex, z.B. Silber (Ag), Platin (Pt), Zinn (Sn), Zink (Zn), Kupfer (Cu), Wolfram (W), Nickel (Ni) oder Kobalt (Co)) und Schichtspannungskompensationsschichten 211 aus einem zweiten Material (z.B. Molybdän (Mo) oder Ruthenium (Ru)) auf. Während die Schichtspannungskompensationsschichten 211 dazu dienen, eine gegebenenfalls im gesamten Schichtaufbau des Spiegels 200 vorhandene, unerwünschte mechanische Schichtspannung zu kompensieren, sorgen die Absorberschichten 212 aufgrund ihrer geringen Transmission für EUV-Strahlung (insbesondere von weniger als 0.1%, insbesondere weniger als 0.01%, weiter insbesondere weniger als 0.001%) dafür, dass elektromagnetische Strahlung etwa in Form von Streulicht vom Spiegelsubstrat 205 ferngehalten wird, wo diese elektromagnetische Strahlung eine Kompaktierung oder anderweitige Schädigung des Spiegelsubstratmaterials hervorrufen könnte.

Die gesamte Periodenzahl der alternierenden Abfolge innerhalb der Substratschutzschicht 210 kann insbesondere im Bereich von 10 bis 40 liegen (wobei jede Periode einem Teilstapel aus jeweils einer Absorberschicht 212 und einer Schichtspannungskompensationsschicht 211 entspricht). Des Weiteren kann die Dicke der Schichtspannungskompensationsschichten 211 lediglich beispielhaft im Bereich von 2 nm bis 4 nm liegen. Insbesondere kann die Dicke der Schichtspannungskompensationsschichten 211 deutlich geringer sein als in einem für den Betrieb unter senkrechttem Einfall ausgelegten (NI)-Spiegel, wobei vorteilhaft ausgenutzt wird, dass auch die gegebenenfalls zu kompensierenden schichtspannungsbedingten Verbiegungen bei dem unter streifendem Einfall betriebenen Spiegel 200 gemäß Fig. 2 wesentlich geringer sind als bei besagtem NI-Spiegel.

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung zur Erläuterung einer weiteren beispielhaften Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Spiegels, wobei im Vergleich zu Fig. 2 analoge bzw. im Wesentlichen funktionsgleiche Komponenten mit um „100“ erhöhten Bezugsziffern bezeichnet sind.

Bei dem Spiegel 300 gemäß Fig. 3 besteht die Substratschutzschicht 310 ausschließlich aus einer Absorberschicht mit einer zur Absorption der die Reflexionsschicht 320 gegebenenfalls durchdringenden elektromagnetischen Strahlung erforderlichen Gesamtdicke von typischerweise 50 nm oder 100 nm, wobei hier auf zusätzliche schichtspannungskompensierende Schichten bzw. einen entsprechenden alternierenden Schichtaufbau in der Substratschutzschicht 310 gänzlich verzichtet wird und die Substratschutzschicht somit nur aus einer einzigen Absorberschicht analog zur Absorberschicht 212 besteht. Eine solche Ausgestaltung ist insbesondere dann geeignet, wenn eine innerhalb der Reflexionsschicht 320 vorhandene mechanische Schichtspannung vernachlässigbar klein ist.

In weiteren Ausführungsformen kann die erfindungsgemäß zwischen Spiegelsubstrat und Reflexionsschicht vorhandene Substratschutzschicht auch aus

einem geeigneten Material hergestellt sein, welches sowohl die Funktion der Absorberschichten 212 aus Fig. 2 (d.h. Absorption von die Reflexionsschicht durchdringender elektromagnetischer Strahlung wie transmittiertes Licht oder Streulicht) als auch die Funktion der Schichtspannungskompensationsschichten 211 (d.h. Kompensation einer im gesamten Schichtaufbau des Spiegels vorhandenen mechanischen Schichtspannung) erfüllt. Unter der Voraussetzung ausreichend hoher Absorption können hierfür z.B. Legierungen aus den o.g. Absorbermaterialien Silber (Ag), Platin (Pt), Zinn (Sn), Zink (Zn), Kupfer (Cu), Wolfram (W), Nickel (Ni), Kobalt (Co) mit z.B. Silizium (Si), Vanadium (V), Kohlenstoff (C), Bor (B) oder Molybdän (Mo) verwendet werden. Je nach Absorptionsverhalten können die Schichtdicken zwischen 50 und 300 nm betragen. Ebenfalls kann durch geeignete Wahl der Prozessparameter sowohl für rein elementare Absorberschichten als auch für Legierungen die Schichtspannung über einen weiten Bereich (z.B. von +1000 MPa bis -1000 MPa) eingestellt werden.

Die Erfindung ist insbesondere vorteilhaft in einem Projektionsobjektiv realisierbar, welches wenigstens einen Spiegel für streifenden Einfall des Beleuchtungslights (mit Einfalls winkeln größer als 65°) aufweist, beispielsweise in einem Projektionsobjektiv wie in DE 10 2012 202 675 A1 gezeigt. In weiteren Ausführungsbeispielen kann die Erfindung auch in Projektionsobjektiven mit anderem Aufbau oder in anderen optischen Systemen realisiert werden.

Im Weiteren werden unter Bezugnahme auf Fig. 4-6 Ausführungsformen der Erfindung beschrieben, bei denen eine vorteilhafte Ausgestaltung des die Substratschutzschicht bildenden Mehrfachschichtsystems sowie gegebenenfalls auch der Reflexionsschicht insofern realisiert wird, als diese Ausgestaltung für eine messtechnische Ermittlung des lateralen Dickenverlaufs der Substratschutzschicht besonders günstig ist. Eine solche messtechnische Ermittlung des lateralen Dickenverlaufs ist wiederum wie eingangs schon beschrieben wünschenswert, um unerwünschte Abweichungen dieses Dickenverlaufs von einem angestrebten, z.B. typischerweise konstanten Dickenverlauf kompensieren zu können (wobei die besagte Kompensation entweder im Schichtdicken-

verlauf des betreffenden Spiegels selbst oder auch anderenorts im optischen System erfolgen kann).

Hierzu zeigen zunächst Fig. 4a-4d jeweils Wellenlängenabhängigkeiten der Reflektivität eines erfindungsgemäßen Spiegels, wobei für unterschiedliche Werte der Periodenlänge des die Substratschutzschicht bildenden Mehrfachschichtsystems (von $d=6\text{nm}$ bis $d=8\text{nm}$) und unterschiedliche Dicken der Reflexionsschicht (welche in Fig. 4a 25nm, in Fig. 4b 28nm, in Fig. 4c 30nm und in Fig. 4d 35nm beträgt) die einzelnen Reflektivitätsverläufe aufgetragen sind.

Es zeigt sich, dass für die gewählten Periodenlängen die spektrale Peaklage jeweils zwischen 12.5nm und 14.5nm und somit in dem Bereich liegt, der für im EUV-Bereich gebräuchliche und verfügbare Reflektometer ohnehin messtechnisch zugänglich ist.

Fig. 5 zeigt ein Diagramm zur Veranschaulichung eines von dem die Substratschutzschicht bildenden Mehrfachschichtsystem erzeugten stehenden Wellenfeldes in den einzelnen Bereichen eines erfindungsgemäßen Spiegels und insbesondere an den zwischen Substratschutzschicht bzw. Mehrfachschichtsystem, Reflexionsschicht sowie Vakuum befindlichen Grenzflächen. Dabei ist im Ausführungsbeispiel (jedoch ohne dass die Erfindung hierauf beschränkt wäre) das die Substratschutzschicht ausbildende Mehrfachschichtsystem als alternierende Abfolge aus Borcarbid (B_4C)- und Chrom (Cr)-Schichten ausgebildet, wohingegen die Reflexionsschicht ebenfalls lediglich beispielsweise aus Ruthenium (Ru) besteht. Fig. 6a-c zeigen die jeweiligen Reflektivitäten in ihrem Wellenlängenverlauf in Abhängigkeit von der Dicke der Reflexionsschicht.

Die einzelnen Kurven in Fig. 5 entsprechen dabei unterschiedlichen Dicken der Reflexionsschicht, wobei die jeweiligen Grenzflächen zwischen Reflexionsschicht und Vakuum für die unterschiedlichen Proben durch kurze senkrechte Striche angedeutet sind. Wie aus Fig. 5 ersichtlich ist, ist die Oszillation der elektrischen Feldstärke im Vakuum besonders groß, wenn die betreffende Grenzfläche zwischen Reflexionsschicht und Vakuum sich in der Nähe eines Maximums des stehenden Wellenfeldes befindet (was im dargestellten Beispiel

für Dicken der Reflexionsschicht von 27nm sowie 34nm gegeben ist). Liegt hingegen die betreffende Grenzfläche in der Nähe eines Minimums des stehenden Wellenfeldes (wie im Beispiel für eine Dicke der Reflexionsschicht von 31nm der Fall), ist die betreffende Oszillation der Feldstärke besonders gering.

5 Im Ergebnis zeigt sich, dass ein ausgeprägter Peak in der Wellenlängen-abhängigkeit der Reflektivität dann erreicht wird, wenn die Gesamtdicke der Schichten oberhalb des Maximums des stehenden Wellenfeldes im Mehrfach-schichtsystem so gewählt wird, dass sie ungefähr einem ganzzahligen Vielfachen der Periodenlänge des Mehrfachschichtsystems entsprechen.

10

Wenn die Erfindung auch anhand spezieller Ausführungsformen beschrieben wurde, erschließen sich für den Fachmann zahlreiche Variationen und alternative Ausführungsformen, z.B. durch Kombination und/oder Austausch von Merkmalen einzelner Ausführungsformen. Dementsprechend versteht es sich für den Fachmann, dass derartige Variationen und alternative Ausführungsformen von der vorliegenden Erfindung mit umfasst sind, und die Reichweite der Erfindung nur im Sinne der beigefügten Patentansprüche und deren Äquivalente beschränkt ist.

15
20

Patentansprüche

1. Spiegel, insbesondere für eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage, wobei der Spiegel eine optische Wirkfläche aufweist, mit
 - 5 • einem Spiegelsubstrat (205, 305);
 - einer Reflexionsschicht (220, 320), welche derart ausgestaltet ist, dass der Spiegel für elektromagnetische Strahlung einer vorgegebenen Arbeitswellenlänge, welche auf die optische Wirkfläche (200a, 300a) unter einem auf die jeweilige Oberflächennormale bezogenen Einfallswinkel von wenigstens 65° auftrifft, eine Reflektivität von wenigstens 50% besitzt; und
 - einer Substratschutzschicht (210, 310), welche zwischen dem Spiegelsubstrat (205, 305) und der Reflexionsschicht (220, 320) angeordnet ist, wobei die Substratschutzschicht (210, 310) für EUV-Strahlung eine Transmission von weniger als 0.1% aufweist.
2. Spiegel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Substratschutzschicht (210, 310) für EUV-Strahlung eine Transmission von weniger als 0.01%, insbesondere weniger als 0.001%, aufweist.
3. Spiegel nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Substratschutzschicht (210, 310) wenigstens eine Absorberschicht aus einem ersten Material aufweist.
4. Spiegel nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Material aus der Gruppe ausgewählt ist, welche Eisen (Fe), Nickel (Ni), Kobalt (Co), Kupfer (Cu), Silber (Ag), Gold (Au), Platin (Pt), Germanium (Ge), Wolfram (Wo), Chrom (Cr), Zinn (Sn), Zink (Zn), Indium (In), Tellur (Te), Iridium (Ir), Palladium (Pd), Osmium (Os), Tantal (Ta) und Legierungen hiervon enthält.

5. Spiegel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Substratschutzschicht (210) ferner wenigstens eine Schichtspannungskompensationsschicht (211) aus einem zweiten Material aufweist.
6. Spiegel nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Material aus der Gruppe ausgewählt ist, welche Molybdän (Mo), Ruthenium (Ru), Bor (B), Borcarbid (B_4C), Kohlenstoff (C) und Silizium (Si) enthält.
10. Spiegel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Substratschutzschicht (210) ein Mehrfachschichtsystem aus einer Mehrzahl von Einzelschichten aufweist.
15. Spiegel nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass diese Einzelschichten eine maximale Dicke von weniger als 100 nm, insbesondere von weniger als 50 nm, weiter insbesondere von weniger als 25 nm, aufweisen.
20. Spiegel nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Mehrfachschichtsystem eine alternierende Aufeinanderfolge von ersten Schichten aus einem ersten Material und zweiten Schichten aus einem zweiten Material, welches von dem ersten Material verschieden ist, aufweist.
25. Spiegel nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Mehrfachschichtsystem eine Periodenlänge im Bereich von 6nm bis 8nm, insbesondere im Bereich von 6.5nm bis 7.5nm, aufweist.
30. Spiegel nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Gesamtschichtdicke, welche der Spiegel oberhalb des Maximums eines von dem Mehrfachschichtsystem erzeugten stehenden Wellenfeldes aufweist, einem ganzzahligen Vielfachen der Periodenlänge des Mehrfachschichtsystems bis auf eine maximale Abweichung von $\pm 10\%$ entspricht.

12. Spiegel nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die ersten Schichten Absorberschichten (212) und die zweiten Schichten Schichtspannungskompensationsschichten (211) sind.
- 5 13. Spiegel nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Spiegelsubstrat (305) und der Reflexionsschicht (320) ausschließlich eine Absorberschicht als Substratschutzschicht (310) angeordnet ist.
- 10 14. Spiegel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Arbeitswellenlänge kleiner als 30 nm ist, insbesondere im Bereich von 10 nm bis 15 nm liegt.
- 15 15. Optisches System einer mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage, dadurch gekennzeichnet, dass dieses wenigstens einen Spiegel nach einem der vorhergehenden Ansprüche aufweist.
- 20 16. Optisches System nach Anspruch 15, dass dieser Spiegel in dem optischen System derart angeordnet ist, dass die im Betrieb des optischen Systems bei Reflexion elektromagnetischer Strahlung an dem Spiegel auftretenden, auf die jeweilige Oberflächennormale bezogenen Reflexionswinkel wenigstens 50°, insbesondere wenigstens 65°, betragen.
- 25 17. Mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage mit einer Beleuchtungseinrichtung und einem Projektionsobjektiv, wobei die Beleuchtungseinrichtung im Betrieb der Projektionsbelichtungsanlage eine in einer Objektebene des Projektionsobjektivs befindliche Maske beleuchtet und das Projektionsobjektiv Strukturen auf dieser Maske auf eine in einer Bildebene des Projektionsobjektivs befindliche lichtempfindliche Schicht abbildet, wobei die Projektionsbelichtungsanlage wenigstens einen Spiegel nach einem der Ansprüche 1 bis 14 aufweist.
- 30

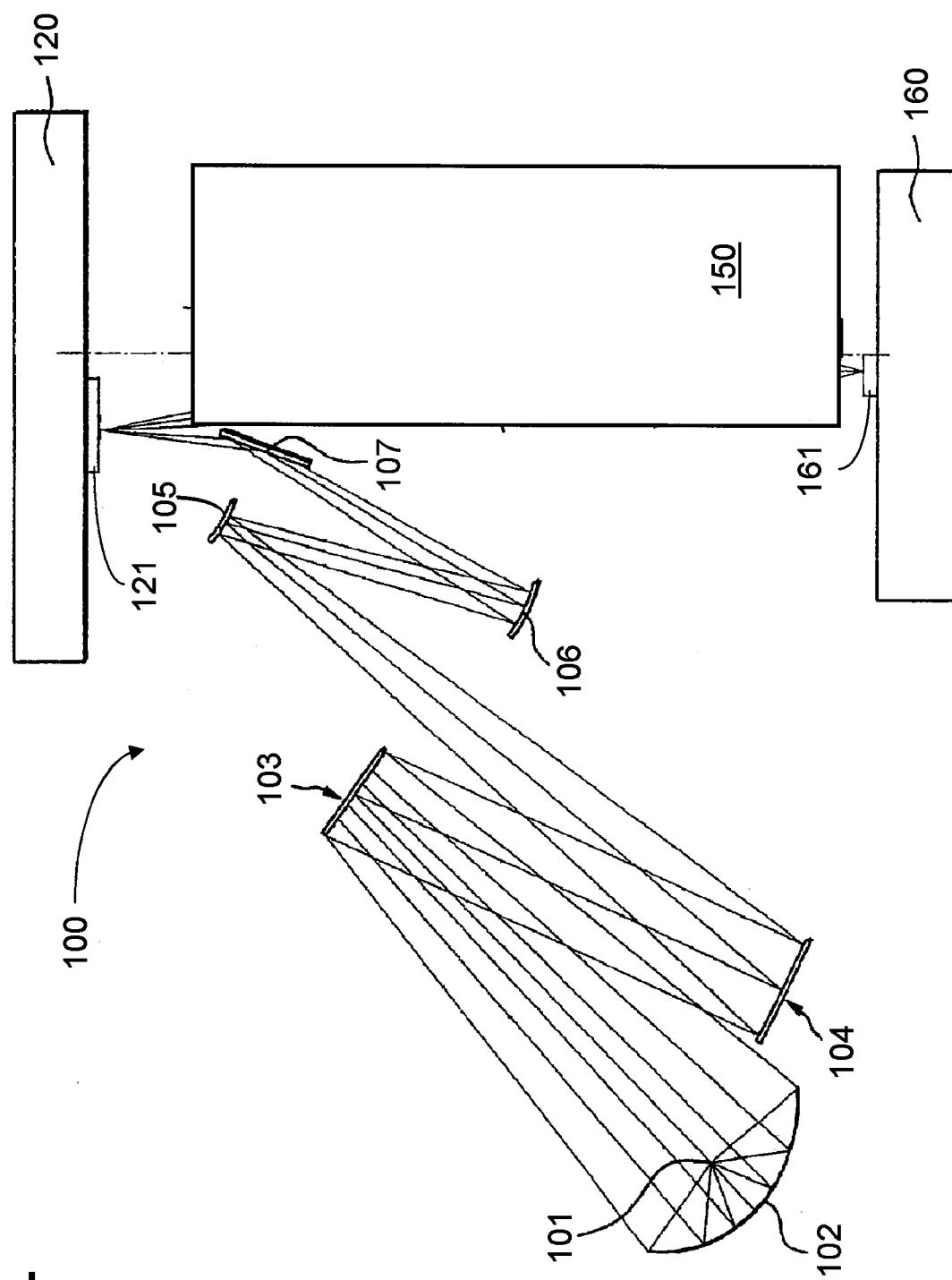


Fig. 1

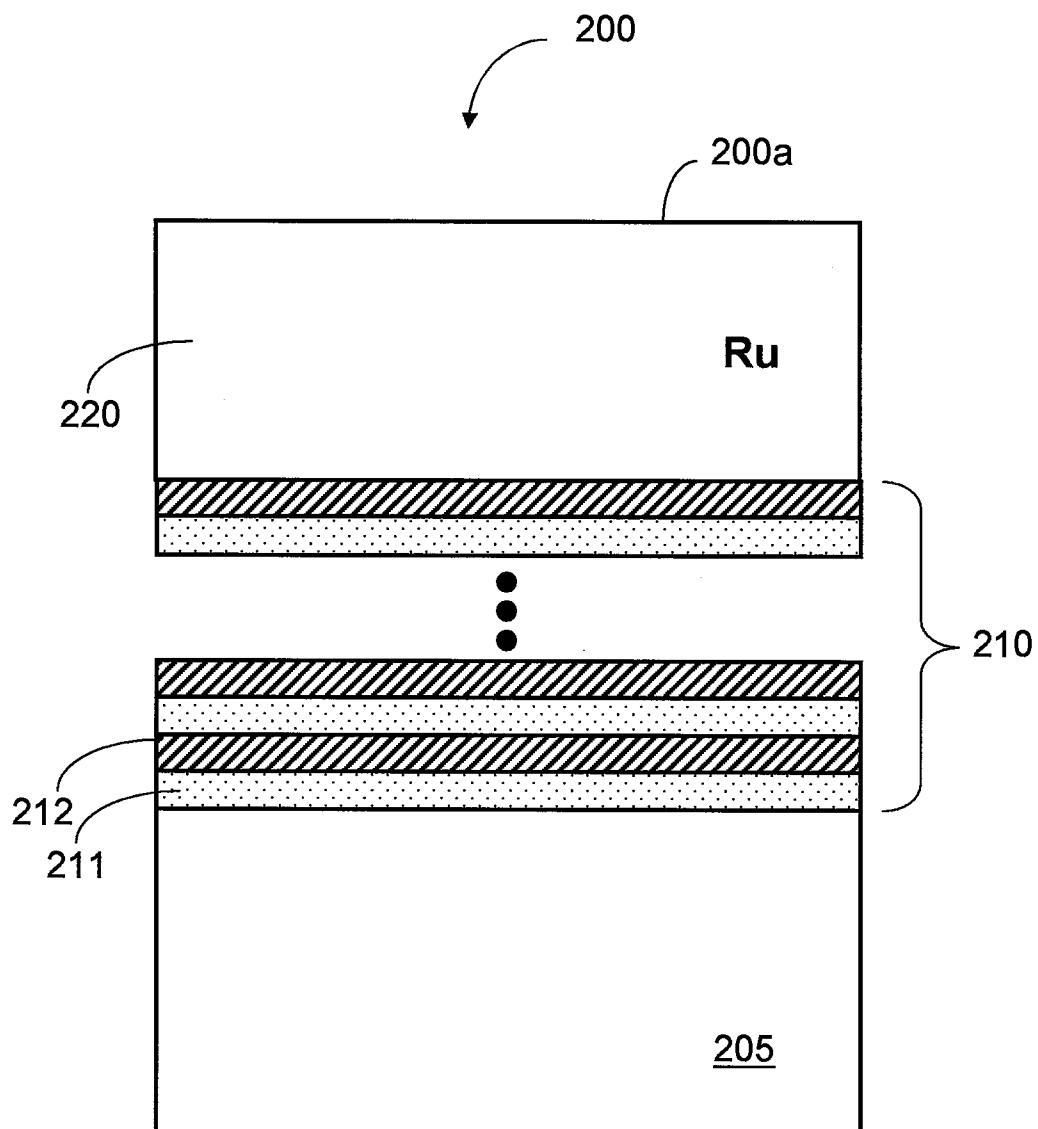
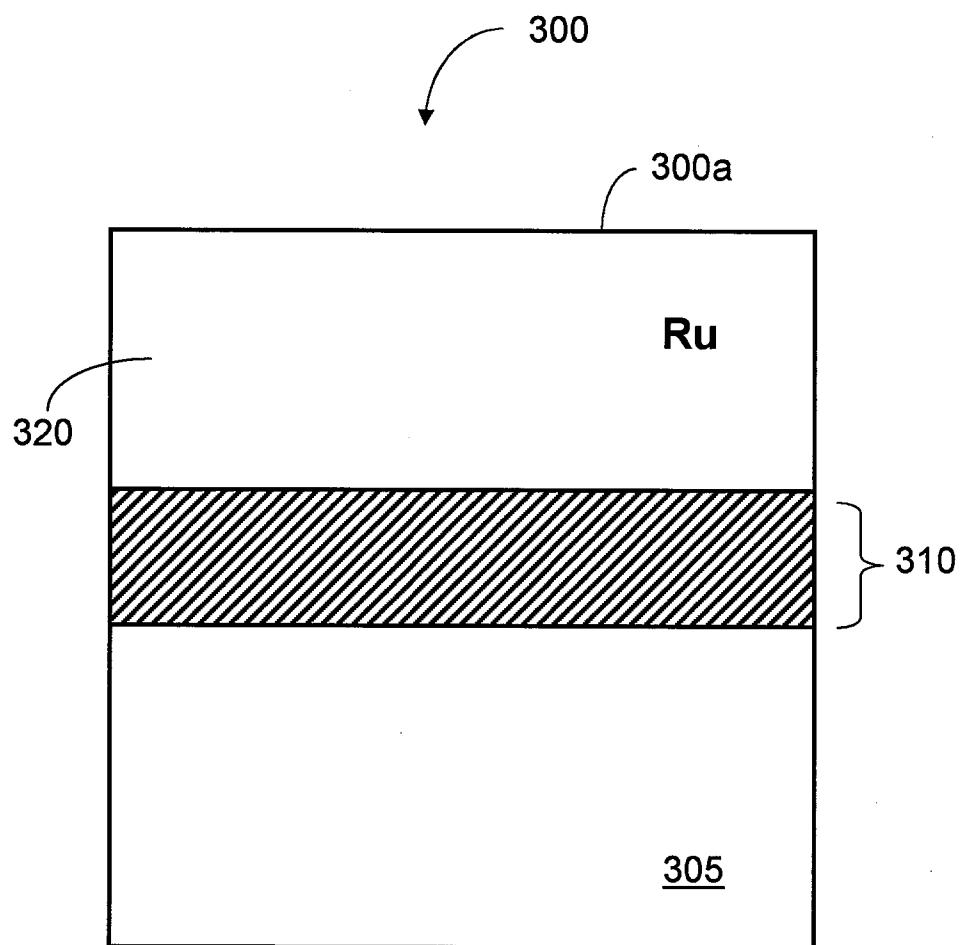
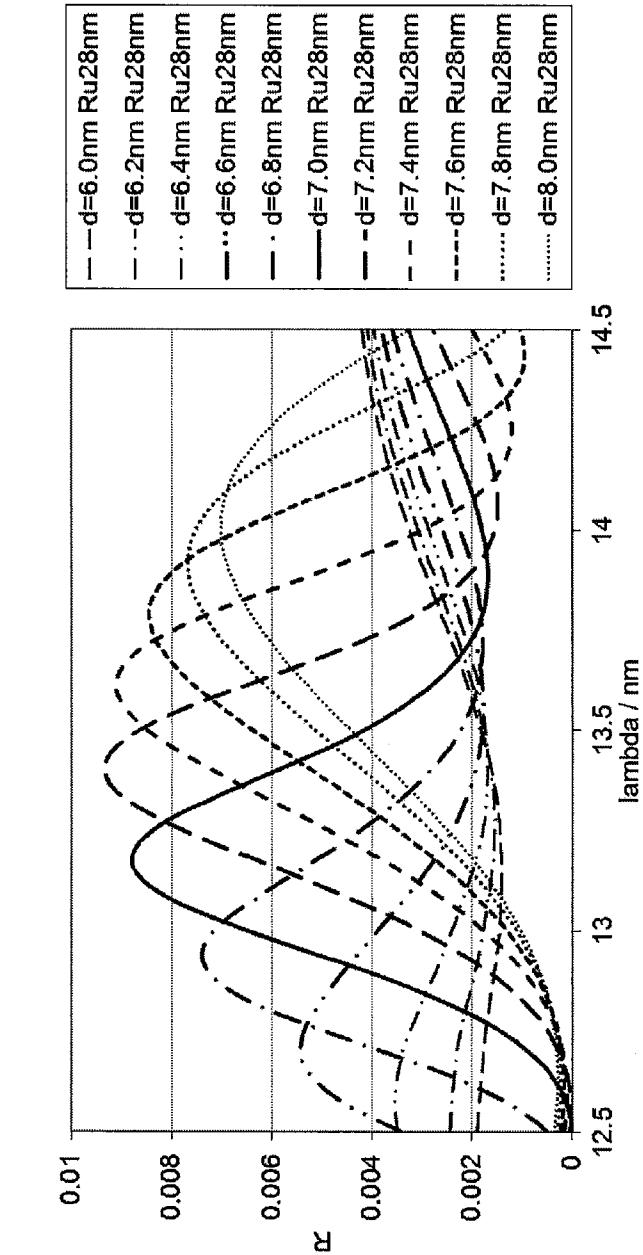
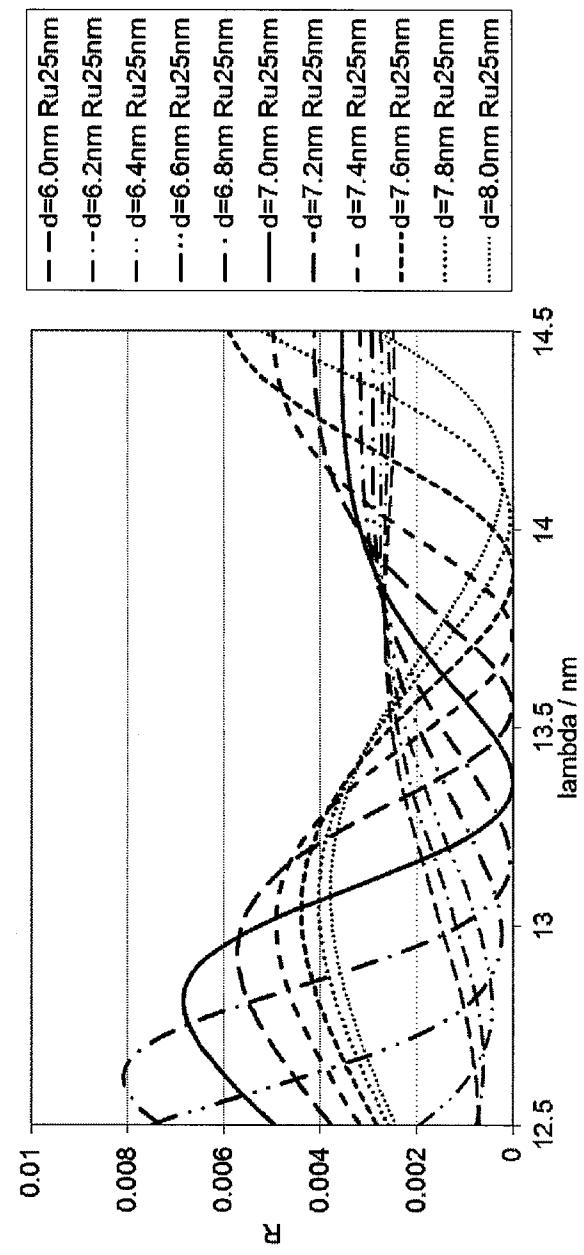
Fig. 2

Fig. 3





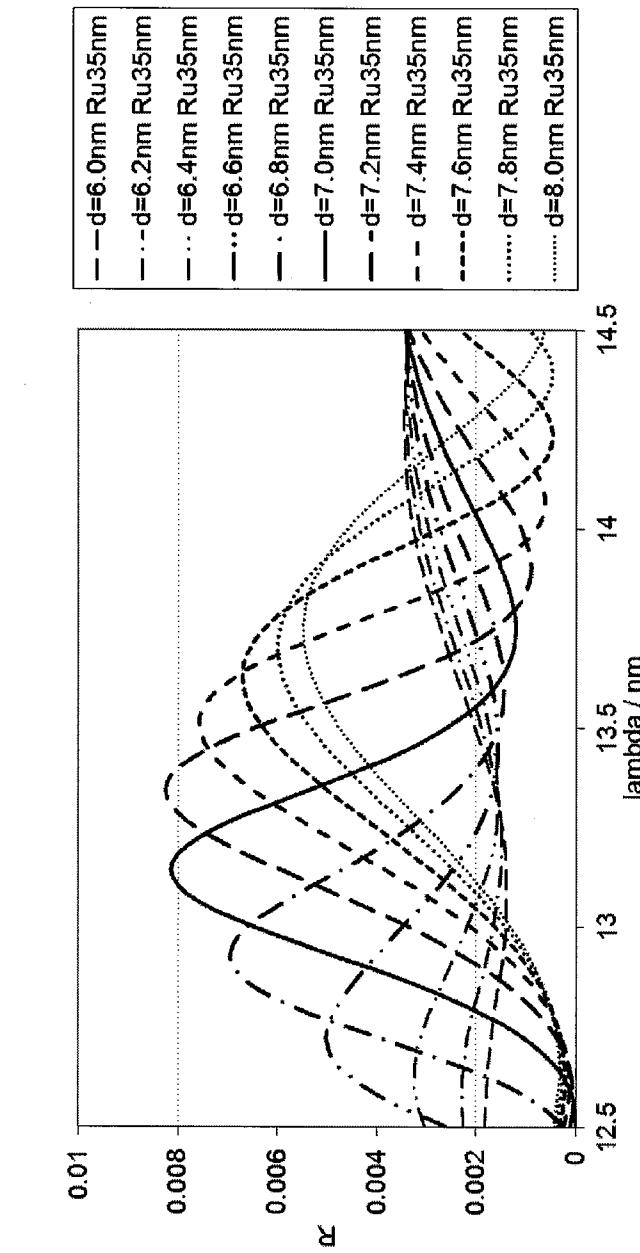
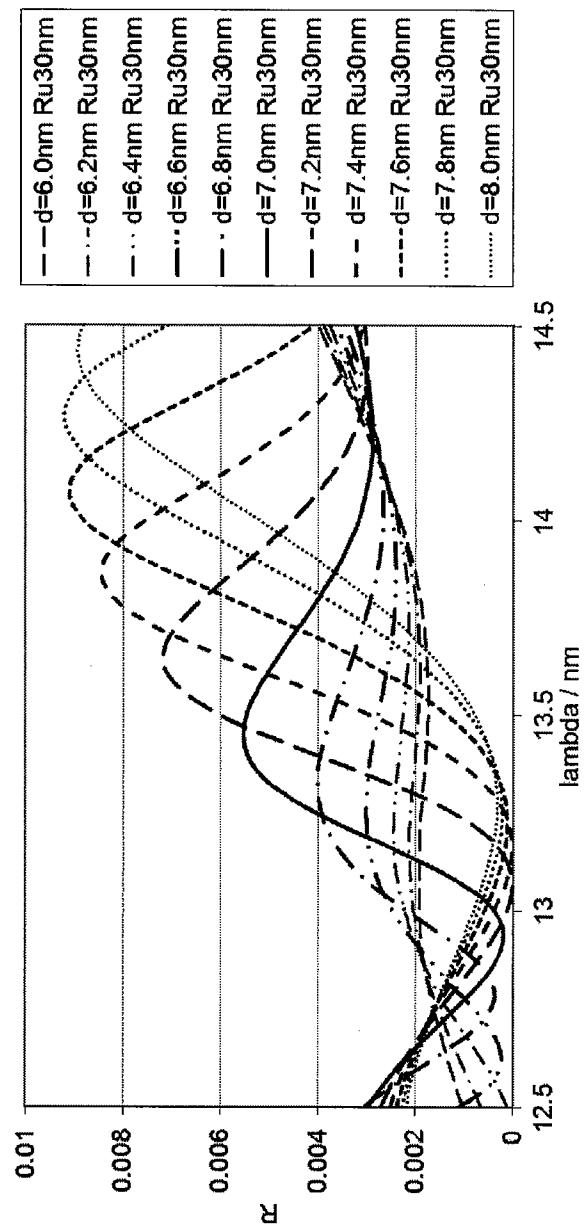
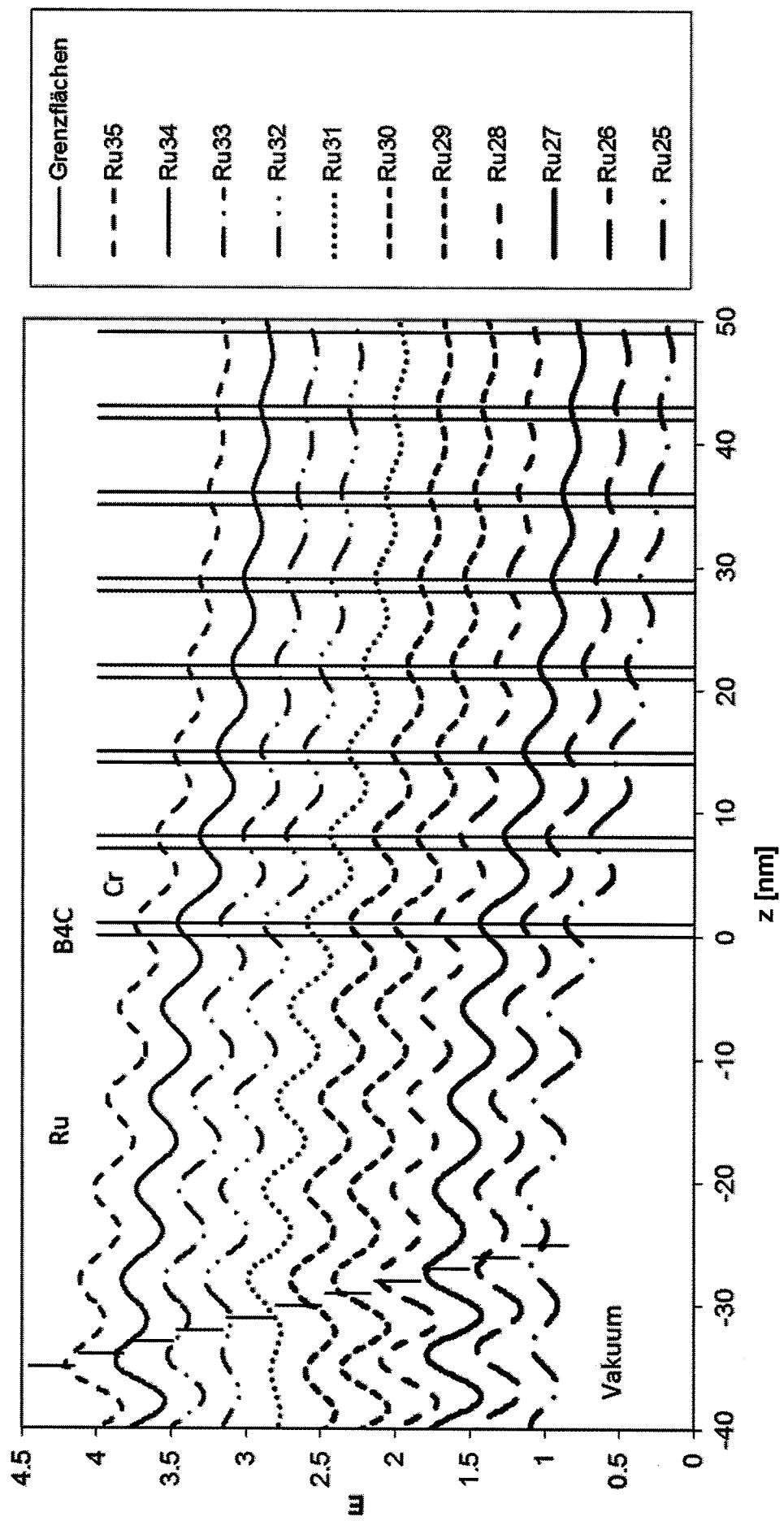
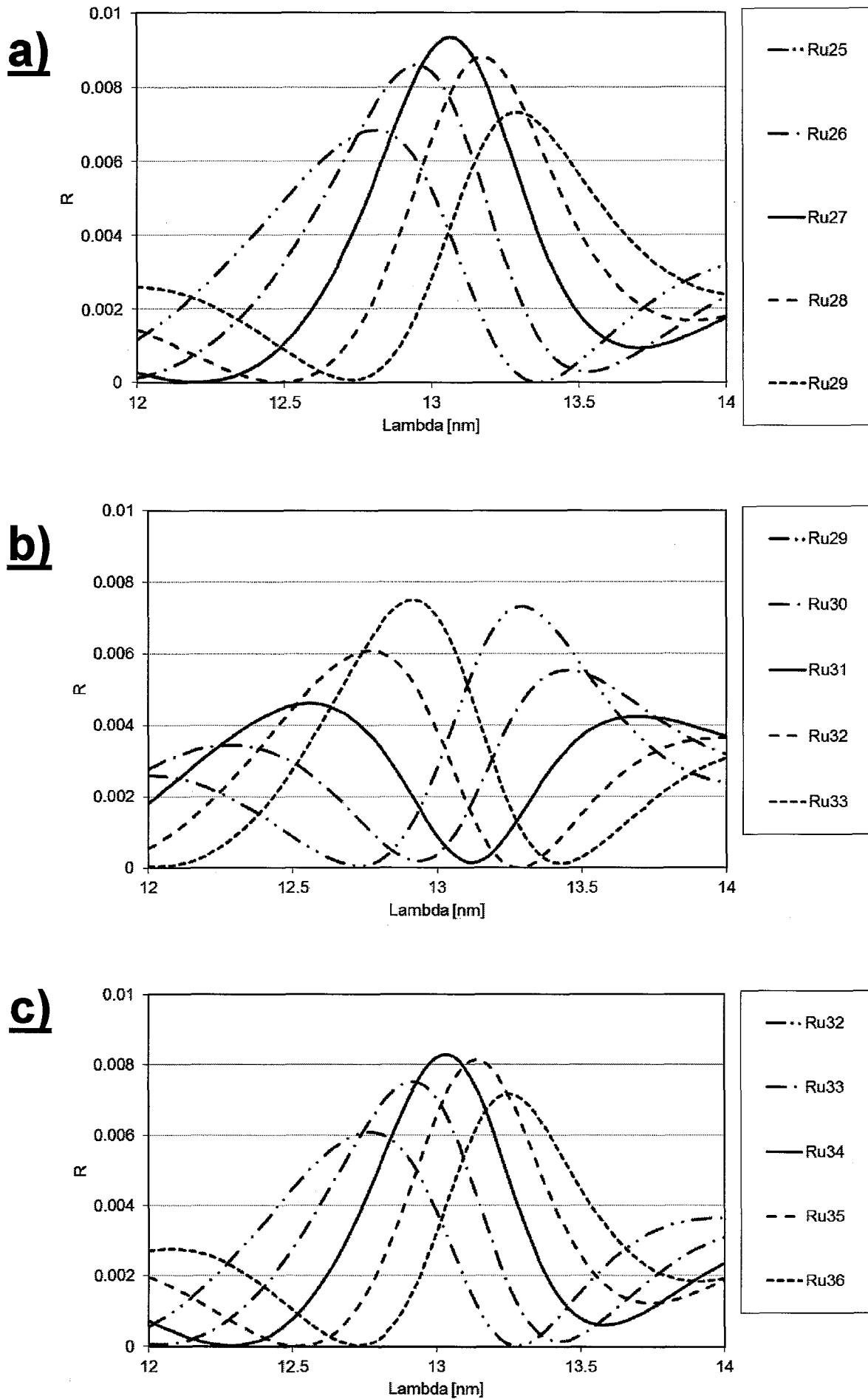


Fig. 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/066178

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G03F7/20
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

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

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2011/117009 A1 (ASML NETHERLANDS BV [NL]; MEDVEDEV VIACHESLAV [RU]; BANINE VADIM [NL];) 29 September 2011 (2011-09-29) paragraph [0043] - paragraph [0152] figures 1,2,6	1-4,11, 13-15,17
Y	US 2007/287076 A1 (MASAKI FUMITARO [JP] ET AL) 13 December 2007 (2007-12-13) paragraphs [0049], [0040]; figure 1	5-10,12, 16
Y	-----	5,6
A	WO 2011/006685 A1 (ZEISS CARL SMT GMBH [DE]; WEISSENRIEDER KARL-STEFAN [DE]; LOERCHER ROL) 20 January 2011 (2011-01-20) page 18, paragraph 4 - page 20, paragraph 2	1
A	figure 1c	7-10
	-----	1
	- / --	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
24 October 2016	03/11/2016
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 Meixner, Matthias

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2016/066178

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 10 2014 219755 A1 (ZEISS CARL SMT GMBH [DE]) 30 April 2015 (2015-04-30) paragraph [0035] - paragraph [0046] figure 1 -----	12
A	WO 92/02936 A1 (US ENERGY [US]) 20 February 1992 (1992-02-20) page 9, paragraph 2 figure 2A -----	1
A	WO 2010/022839 A2 (ASML NETHERLANDS BV [NL]; VAN HERPEN MAARTEN MARINUS JOHANNES WILHELMU) 4 March 2010 (2010-03-04) the whole document -----	16
		1
1		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2016/066178

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)			Publication date
WO 2011117009	A1 29-09-2011	CN 102844714 A EP 2550563 A1 JP 2013538433 A KR 20130009995 A SG 183528 A1 TW 201214059 A US 2013010275 A1 WO 2011117009 A1			26-12-2012 30-01-2013 10-10-2013 24-01-2013 30-10-2012 01-04-2012 10-01-2013 29-09-2011
US 2007287076	A1 13-12-2007	JP 2007329368 A KR 20070118033 A TW 200807020 A US 2007287076 A1			20-12-2007 13-12-2007 01-02-2008 13-12-2007
WO 2011006685	A1 20-01-2011	EP 2463693 A2 WO 2011006685 A1			13-06-2012 20-01-2011
DE 102014219755 A1	30-04-2015	DE 102014219755 A1 JP 2015122480 A US 2015116703 A1			30-04-2015 02-07-2015 30-04-2015
WO 9202936	A1 20-02-1992	AU 8416491 A EP 0541703 A1 JP H05509407 A US 5086443 A WO 9202936 A1			02-03-1992 19-05-1993 22-12-1993 04-02-1992 20-02-1992
WO 2010022839	A2 04-03-2010	CN 102132214 A JP 5439485 B2 JP 2012501073 A KR 20110083609 A NL 2003299 A US 2011149262 A1 WO 2010022839 A2			20-07-2011 12-03-2014 12-01-2012 20-07-2011 11-03-2010 23-06-2011 04-03-2010

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/066178

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G03F7/20
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G03F

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

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2011/117009 A1 (ASML NETHERLANDS BV [NL]; MEDVEDEV VIACHESLAV [RU]; BANINE VADIM [NL];) 29. September 2011 (2011-09-29) Absatz [0043] - Absatz [0152] Abbildungen 1,2,6	1-4,11, 13-15,17
Y	US 2007/287076 A1 (MASAKI FUMITARO [JP] ET AL) 13. Dezember 2007 (2007-12-13) Absätze [0049], [0040]; Abbildung 1	5-10,12, 16
Y	-----	5,6
A	WO 2011/006685 A1 (ZEISS CARL SMT GMBH [DE]; WEISSENRIEDER KARL-STEFAN [DE]; LOERCHER ROL) 20. Januar 2011 (2011-01-20) Seite 18, Absatz 4 - Seite 20, Absatz 2 Abbildung 1c	1
Y	-----	7-10
A	-----	1
	-----	-/-



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
24. Oktober 2016	03/11/2016

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 Meixner, Matthias
--	---

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/066178

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 10 2014 219755 A1 (ZEISS CARL SMT GMBH [DE]) 30. April 2015 (2015-04-30)	12
A	Absatz [0035] - Absatz [0046] Abbildung 1 -----	1
Y	WO 92/02936 A1 (US ENERGY [US]) 20. Februar 1992 (1992-02-20)	16
A	Seite 9, Absatz 2 Abbildung 2A -----	1
A	WO 2010/022839 A2 (ASML NETHERLANDS BV [NL]; VAN HERPEN MAARTEN MARINUS JOHANNES WILHELMU) 4. März 2010 (2010-03-04) das ganze Dokument -----	1
1		

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/066178

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2011117009 A1	29-09-2011	CN 102844714 A EP 2550563 A1 JP 2013538433 A KR 20130009995 A SG 183528 A1 TW 201214059 A US 2013010275 A1 WO 2011117009 A1	26-12-2012 30-01-2013 10-10-2013 24-01-2013 30-10-2012 01-04-2012 10-01-2013 29-09-2011
US 2007287076 A1	13-12-2007	JP 2007329368 A KR 20070118033 A TW 200807020 A US 2007287076 A1	20-12-2007 13-12-2007 01-02-2008 13-12-2007
WO 2011006685 A1	20-01-2011	EP 2463693 A2 WO 2011006685 A1	13-06-2012 20-01-2011
DE 102014219755 A1	30-04-2015	DE 102014219755 A1 JP 2015122480 A US 2015116703 A1	30-04-2015 02-07-2015 30-04-2015
WO 9202936 A1	20-02-1992	AU 8416491 A EP 0541703 A1 JP H05509407 A US 5086443 A WO 9202936 A1	02-03-1992 19-05-1993 22-12-1993 04-02-1992 20-02-1992
WO 2010022839 A2	04-03-2010	CN 102132214 A JP 5439485 B2 JP 2012501073 A KR 20110083609 A NL 2003299 A US 2011149262 A1 WO 2010022839 A2	20-07-2011 12-03-2014 12-01-2012 20-07-2011 11-03-2010 23-06-2011 04-03-2010