

(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  
8. März 2012 (08.03.2012)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2012/028613 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*G03F 7/20* (2006.01) *G02B 5/08* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/064904
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
30. August 2011 (30.08.2011)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2010 039 927.2  
30. August 2010 (30.08.2010) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **CARL ZEISS SMT GMBH** [DE/DE]; Rudolf-Eber-Str. 2, 73447 Oberkochen (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **EKSTEIN, Claudia** [DE/DE]; Wolfgangsklinge 40, 73479 Ellwangen (DE). **LIPPERT, Johannes** [DE/DE]; Morlitzwinden 11, 91592 Buch am Wald (DE). **MALTOR, Holger** [DE/DE]; Kaelblesrainweg 93, 73430 Aalen (DE). **WEISER, Martin** [DE/DE]; Klostersgasse 25, 74889 Sinsheim (DE). **SIEKMANN, Heiko** [DE/DE]; Weisse Steige 64, 73431 Aalen (DE). **DINGER, Udo** [DE/DE]; Heinz-Kueppenbender-Strasse 4, 73447 Oberkochen (DE).
- (74) Anwalt: **WERNER & TEN BRINK - PATENTANWÄLTE PARTNERSCHAFTSGESELLSCHAFT**; Mendelstr.11, 48149 Münster (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

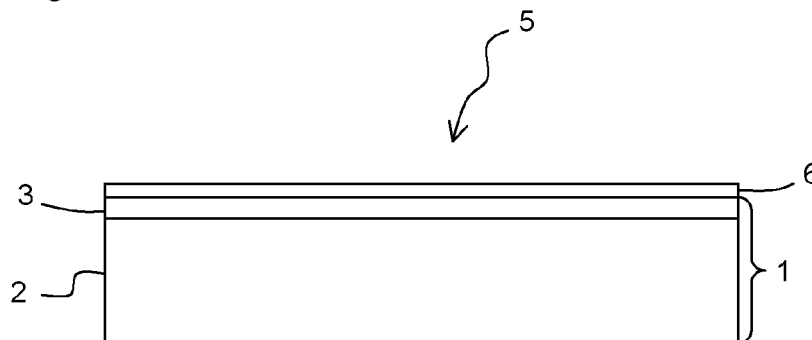
— Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SUBSTRATE FOR MIRRORS FOR EUV LITHOGRAPHY

(54) Bezeichnung : SUBSTRAT FÜR SPIEGEL FÜR DIE EUV-LITHOGRAPHIE

Fig. 2a



(57) Abstract: As substrates which are suitable for mirrors which are used at wavelengths in the EUV wavelength range, substrates (1) comprising a base body (2) and a polishing layer (3) are proposed, wherein the polishing layer (3) has a thickness of less than 10 µm and a root-mean-square roughness of less than 0.5 nm and the base body (2) is produced from an aluminium alloy. Moreover, a highly reflective layer (6) is provided on the polishing layer (3) of the substrate (1) of the EUV mirror (4).

(57) Zusammenfassung: Als Substrate, die für Spiegel geeignet sind, die bei Wellenlängen im EUV-Wellenlängenbereich eingesetzt werden, werden Substrate (1) mit einem Grundkörper (2) und einer Polierschicht (3) vorgeschlagen, wobei die Polierschicht (3) eine Dicke von weniger als 10 µm und eine quadratische Rauheit von weniger als 0,5 nm aufweist und der Grundkörper (2) aus einer Aluminiumlegierung hergestellt ist. Auf der Polierschicht (3) des Substrats (1) des EUV-Spiegels (4) ist zudem eine hochreflektierende Schicht (6) vorgesehen.

WO 2012/028613 A1

**Veröffentlicht:**

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

## Substrat für Spiegel für die EUV-Lithographie

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Substrat für einen Spiegel für die EUV-Lithographie mit einem Grundkörper und einer Polierschicht sowie auf einen Spiegel für eine  
5 EUV-Projektionsbelichtungsanlage, umfassend ein solches Substrat und eine hochreflektierende Schicht auf der Polierschicht.

Um bei der Produktion von beispielsweise Halbleiterbauelementen mit lithographischen  
10 Methoden immer feinere Strukturen erzeugen zu können, wird mit immer kurzwelligerem Licht gearbeitet. Arbeitet man im extremen ultravioletten (EUV) Wellenlängenbereich, etwa bei Wellenlängen zwischen ca. 5 nm und 20 nm, lässt sich nicht mehr mit linsenartigen Elementen in Transmission arbeiten, sondern werden Beleuchtungs- und Projektionsobjektive aus Spiegelementen mit an die jeweilige Arbeitswellenlänge angepasste hochreflektierende Beschichtungen aufgebaut. Im Gegensatz zu Spiegeln im sichtbaren und ultravioletten  
15 Wellenlängenbereich lassen sich auch theoretisch pro Spiegel nur maximale Reflektivitäten von weniger als 80% erreichen. Da EUV-Projektive in der Regel mehrere Spiegel aufweisen, müssen diese jeweils eine möglichst hohe Reflektivität aufweisen, um eine hinreichend hohe Gesamtreflektivität sicherzustellen.

20 Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, Spiegelsubstrate vorzuschlagen, die als Substrate für Spiegel geeignet sind, die bei Wellenlängen im EUV-Wellenlängenbereich eingesetzt werden.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Substrat für einen Spiegel für die EUV-Lithographie mit  
25 einem Grundkörper und einer Polierschicht, wobei die Polierschicht eine Dicke von weniger als 10  $\mu\text{m}$  und eine quadratische Rauheit von weniger als 0,5 nm aufweist und der Grundkörper aus einer Aluminiumlegierung hergestellt ist.

Die quadratische Rauheit, die auch RMS(root mean squared roughness)-Rauheit genannt  
30 wird, wird aus dem Mittel der Quadrate der Abweichung der Messpunkte über die Oberfläche zu einer mittleren Fläche berechnet, die so durch die Oberfläche gelegt wird, dass die Summe der Abweichungen bezogen auf die mittlere Fläche minimal ist. Insbesondere für optische Elemente für die EUV-Lithographie ist die Rauheit in einem Ortsfrequenzbereich von 0,1  $\mu\text{m}$  bis 200  $\mu\text{m}$  von besonderer Bedeutung, um negative Einflüsse auf die optischen  
35 Eigenschaften der optischen Elemente zu vermeiden.

Insbesondere im EUV-Wellenlängenbereich hat der Anteil an Streulicht in den optischen Systemen, wie etwa Beleuchtungssystem und insbesondere Projektionssystem, von Projektionsbelichtungsanlagen für lithographische Verfahren einen wesentlichen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der jeweiligen Projektionsbelichtungsanlage. Der Anteil an Streulicht  
5 kann durch die Rauheit der optischen Elemente beeinflusst werden. Indem ein Substrat zur Weiterverarbeitung zu einem Spiegel zur Verfügung gestellt wird, das einen Grundkörper und eine maximal ca. 10  $\mu\text{m}$  dicke Polierschicht einer quadratischen Rauheit von maximal ca. 0,5 nm, bevorzugt 0,3 nm, besonders bevorzugt 0,2 nm aufweist, kann der resultierende Spiegel auch in der EUV-Lithographie eingesetzt werden. Denn über diese Merkmale des Substrats  
10 kann der Streulichtanteil, der an dem Spiegel entsteht, in einem Rahmen gehalten werden, der sich nicht zu störend auf den lithographischen Prozess auswirkt, und damit auch die Reflektivität des Spiegels erhöht werden. Dabei ist das vorgeschlagene Substrat insbesondere für EUV-Spiegel geeignet, die eine hochreflektierende Beschichtung aufweisen, die auf einem Viellagensystem aus alternierenden Lagen aus Material mit unterschiedlichem Realteil des  
15 komplexen Brechungsindex basieren, über die gewissermaßen ein Kristall mit Netzebenen simuliert wird, an denen Bragg-Beugung stattfindet für den Einsatz bei Normaleinfall. Alternativ können auch nur eine oder wenige metallische Lagen für den Einsatz bei streifendem Einfall der EUV-Strahlung vorgesehen sein. Von hochreflektiven Beschichtungen spricht man bei Wellenlängen im EUV-Bereich, wenn Reflektivitäten von 60% oder mehr erreicht werden.  
20 Mithilfe des hier vorgeschlagenen Substrats kann die tatsächlich erreichbare Reflektivität zusätzlich gesteigert werden.

Das vorgeschlagene Substrat weist den Vorteil auf, dass einerseits für den Grundkörper ein Material gewählt werden kann, das für den Einsatz als EUV-Spiegel beispielsweise in  
25 Hinblick auf dessen Festigkeit geeignet ist. Andererseits kann durch die Wahl eines weiteren Materials, das sich gut polieren lässt, die Oberfläche des Substrats optimiert werden. Die Polierschicht hat im wesentlichen nur Einfluss auf die Eigenschaften der Substratoberfläche, während die mechanischen Eigenschaften von dem Grundkörper bestimmt werden.

30 Aluminiumlegierungen haben den Vorteil, bei geringer Dichte hohe Festigkeiten, insbesondere unter auch höherer Wärmelast aufzuweisen, wie sie in Projektionsbelichtungsanlagen für die EUV-Lithographie auftreten kann, und käuflich leicht erhältlich zu sein, so dass Substrate mit einem Grundkörper aus einer Aluminiumlegierung auch wirtschaftlich sinnvoll sein können. In bevorzugten Ausführungsformen ist der Grundkörper aus einer Aluminiumlegierung  
35 hergestellt, die ein höhere Festigkeit und/oder höhere Härte als Aluminium aufweist. Insbesondere solche Aluminiumlegierungen haben den Vorteil einer langen Lebensdauer und hohen Korrosionsfestigkeit, insbesondere im Vergleich mit Aluminium als Grundkörpermaterial.

Bevorzugt ist der Grundkörper aus einem Material aus der Gruppe Aluminium-Magnesium-Legierung, Aluminium-Magnesium-Silizium-Legierung, Aluminium-Zink-Legierung, Aluminium-Silizium-Metall1-Metall2-Legierung, Aluminium-Kupfer-Legierung und Aluminium-Silizium  
5 hergestellt. Auch andere Aluminiumlegierungen, die andere weitere Metalle, beispielsweise Mangan, Lithium und/oder Eisen aufweisen, können als Material für den Grundkörper des Substrats geeignet sein. Insbesondere können auch mehrere Legierungen miteinander kombiniert werden.

10 Bevorzugt ist die Basisschicht aus einer dispersionsverstärkten Aluminiumlegierung hergestellt. Derartige Aluminiumlegierungen zeichnen sich durch eine besonders hohe Festigkeit aus. Vorzugsweise werden als Dispersionsmittel beispielsweise Aluminiumoxid oder Siliziumoxid eingesetzt. Vorteilhafterweise können insbesondere die dispersionsverstärkten Aluminiumlegierungen pulvermetallurgisch hergestellt sein. Ferner kann der Grundkörper auch  
15 aus einer Aluminiumlegierung sein, die über Sprühkompaktierung hergestellt wurde, insbesondere bei Aluminiumlegierungen mit hohem Siliziumgehalt. Möglich ist auch die Herstellung des Grundkörpers aus quasikristallinen Aluminiumlegierungen.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Polierschicht aus einem Material der Gruppe  
20 Nickel-Phosphor-Zusammensetzung, Nickel-Bor-Zusammensetzung, Kupfer hergestellt. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die Polierschicht aus einem Material der Gruppe Siliziumdioxid, amorphes Silizium, kristallines Silizium hergestellt. Die Materialien der ersten Gruppe werden bereits in der Metallverarbeitung, die Materialien der zweiten Gruppe bereits in der Halbleiterproduktion u.a. dort eingesetzt, wo auf besonders geringe Rauheiten  
25 polierte Oberflächen benötigt werden. Insbesondere lassen sich diese Materialien in einem Ortsfrequenzbereich von 0,1  $\mu\text{m}$  bis 200  $\mu\text{m}$  auf quadratische Rauheiten von 0,5 nm, bevorzugt 0,3 nm, besonders bevorzugt 0,2 nm und darunter polieren.

Vorteilhafterweise ist zwischen dem Grundkörper und der Polierschicht eine  
30 Haftvermittlerschicht angeordnet. Insbesondere bei Polierschichten auf der Basis von Silizium auf einem Grundkörper auf der Basis von Aluminium kann dadurch die Haftung der Polierschicht auf dem Grundkörper verbessert werden.

In einem weiteren Aspekt wird diese Aufgabe durch einen Spiegel für eine EUV-  
35 Projektionsbelichtungsanlage gelöst, der ein Substrat wie zuvor beschrieben und eine hochreflektierende Schicht auf der Polierschicht umfasst.

Die vorstehenden und weitere Merkmale gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich alleine oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei einer Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich

5 schutzfähige Ausführungen darstellen können.

Die vorliegende Erfindung soll unter Bezugnahme auf ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. Dazu zeigen

10 Figuren 1a,b schematisch zwei Varianten eines Substrats im Schnitt;

Figuren 2a,b schematisch zwei Varianten eines Spiegels im Schnitt; und

Figuren 3a,b schematisch zwei weitere Varianten eines Spiegels im Schnitt.

15

In Figur 1a ist schematisch eine erste Variante einer Ausführungsform eines Substrats 1 mit einem Grundkörper 2 und einer darauf aufgebracht Polierschicht 3 dargestellt. Der Grundkörper 2 und die Polierschicht 3 übernehmen unterschiedliche Funktionen. Während für den Grundkörper 2 eine gute Formstabilität im Vordergrund steht, ist bei der Polierschicht 3

20 vor allem eine gute Bearbeit- und Polierbarkeit von Bedeutung.

Die Polierschicht kann mittels üblicher Vakuumbeschichtungsverfahren wie beispielsweise Sputterverfahren, Elektronenstrahlverdampfen, Molekularstrahlepitaxie oder ionenstrahlgestütztes Beschichten aufgebracht werden. Handelt es sich bei der Polierschicht

25 um ein metallisches Material, beispielsweise Kupfer, Nickel-Phosphor oder Nickel-Bor, wird sie bevorzugt außenstromlos aufgebracht. Insbesondere Nickel-Phosphor- oder Nickel-Bor-Polierschichten lassen sich auch als Dispersionsschichten aufbringen, wobei beispielsweise Polytetrafluorethylen als Dispersionsmittel dienen kann.

30 Insbesondere Nickel-Phosphor- oder Nickel-Bor-Polierschichten werden bevorzugt mit höheren Konzentrationen an Phosphor oder Bor aufgebracht, so dass sie überwiegend oder sogar vollständig amorph vorliegen und dadurch besser polierbar sind. Anschließend können sie durch beispielsweise Tempern, Plasmabehandlung oder Ionenbeschuss gehärtet werden. Auch Silizium als Polierschichtmaterial lässt sich gesteuert über das Beschichtungsverfahren

35 amorph oder kristallin abscheiden. Amorphes Silizium lässt sich dabei besser polieren als kristallines Silizium und bei Bedarf ebenfalls durch Tempern, Plasmabehandlung oder Ionenbeschuss härten. Polierschichten aus Silizium oder Silizumdioxid können mittels

Ionenstrahlen auch geglättet werden.

Bevorzugte Dicken der Polierschicht 3 können z.B. bei etwa 5  $\mu\text{m}$  bis 10  $\mu\text{m}$  für Polierschichten auf der Basis von beispielsweise Nickel oder Kupfer liegen. Bei

5 Polierschichten 3 aus Silizium, insbesondere amorphem Silizium, oder Siliziumdioxid liegen bevorzugte Schichtdicken beispielsweise bei etwa 1,5  $\mu\text{m}$  bis 3  $\mu\text{m}$ . Mit üblichen Polierverfahren lassen sich Polierschichten auf der Basis von Nickel oder Kupfer, insbesondere Nickel-Phosphor-Legierungen im Ortsfrequenzbereich von 1  $\mu\text{m}$  bis 200  $\mu\text{m}$  auf quadratische Rauheiten von kleiner 0,3 nm und im Ortsfrequenzbereich von 0,01  $\mu\text{m}$  bis 1  $\mu\text{m}$   
10 auf quadratische Rauheiten von kleiner 0,25 nm polieren. Polierschichten aus Siliziumdioxid lassen sich mit üblichen Polierverfahren über den gesamten Ortsfrequenzbereich von 0,01  $\mu\text{m}$  bis 200  $\mu\text{m}$  auf quadratische Rauheiten von kleiner 0,2 nm polieren, während bei Silizium, insbesondere amorphem Silizium im Ortsfrequenzbereich von 0,01  $\mu\text{m}$  bis 200  $\mu\text{m}$  mit üblichen Polierverfahren quadratische Rauheiten von kleiner 0,3 nm erreicht werden.

15

In Figur 1b ist schematisch eine Variante des Substrats 1 aus Figur 1a dargestellt, bei dem zwischen dem Grundkörper 2 und der Polierschicht 3 eine Haftvermittlerschicht 4 angeordnet ist. Bevorzugt kann die Haftvermittlerschicht 4 eine Dicke von bis zu 2 nm aufweisen sowie eine quadratische Rauheit im Ortsfrequenzbereich von 0,01  $\mu\text{m}$  bis 200  $\mu\text{m}$  von bis zu 1 nm.

20

In einem ersten Ausführungsbeispiel besteht der Grundkörper 2 des Substrats 1 aus der Aluminium-Magnesium-Knetlegierung EN AW-5019 (gemäß DIN EN 573.1 und 3), einer naturharten Aluminiumlegierung. Darauf wurde stromlos eine Nickel-Phosphor-Schicht als Polierschicht abgeschieden. Sie hat eine Dicke von 5  $\mu\text{m}$  und wurde über übliche  
25 Polierverfahren auf eine quadratische Rauheit von kleiner 0,3 nm poliert.

In einem zweiten Ausführungsbeispiel besteht der Grundkörper 2 des Substrats 1 aus der Aluminium-Magnesium-Silizium-Knetlegierung EN AW-6082 (gemäß DIN EN 573.1 und 3), einer gut aushärtbaren Aluminiumlegierung. Darauf wurde stromlos eine Nickel-Bor-Schicht als  
30 Polierschicht abgeschieden. Sie hat eine Dicke von 6  $\mu\text{m}$  und wurde über übliche Polierverfahren auf eine quadratische Rauheit von kleiner als 0,3 nm poliert.

In einem dritten Ausführungsbeispiel besteht der Grundkörper 2 des Substrats 1 aus der Aluminium-Kupfer-Knetlegierung EN AW-2024 (gemäß DIN EN 573.1 und 3), einer gut  
35 aushärtbaren Aluminiumlegierung. Darauf wurde stromlos eine Kupfer-Schicht als Polierschicht abgeschieden. Sie hat eine Dicke von 7  $\mu\text{m}$  und wurde über übliche

Poliervfahren auf eine quadratische Rauheit von kleiner 0,3 nm poliert.

In einem vierten Ausführungsbeispiel besteht der Grundkörper 2 des Substrats 1 aus einer dispersionsgehärteten Aluminium-Legierung mit ca. 2 Vol.-% Aluminiumoxid als

- 5 Dispersionsmittel, die pulvermetallurgisch hergestellt wurde. Darauf wurde stromlos eine Nickel-Bor-Schicht als Polierschicht abgeschieden. Sie hat eine Dicke von 8  $\mu\text{m}$  und wurde über übliche Poliervfahren auf eine quadratische Rauheit von kleiner 0,3 nm poliert.

In einem fünften Ausführungsbeispiel besteht der Grundkörper 2 des Substrats 1 aus einer

- 10 Aluminium-Silizium-Legierung mit ca. 45 Vol.-% Silizium, die über Sprühkompaktierung hergestellt wurde. Darauf wurde mittels üblicher Vakuumbeschichtungsverfahren eine amorphe Silizium-Schicht als Polierschicht abgeschieden. Sie hat eine Dicke von 1,5  $\mu\text{m}$  und wurde über übliche Poliervfahren auf eine quadratische Rauheit von kleiner 0,3 nm poliert.

In einem sechsten Ausführungsbeispiel besteht der Grundkörper 2 des Substrats 1 aus der Aluminium-Magnesium-Knetlegierung EN AW-5019 (gemäß DIN EN 573.1 und 3), einer naturharten Aluminiumlegierung. Darauf wurde mittels üblicher

- 15 Vakuumbeschichtungsverfahren eine Siliziumdioxid-Schicht als Polierschicht abgeschieden. Sie hat eine Dicke von 2  $\mu\text{m}$  und wurde über übliche Poliervfahren auf eine quadratische Rauheit von kleiner 0,2 nm poliert.

In einem siebten Ausführungsbeispiel besteht der Grundkörper 2 des Substrats 1 aus der Aluminium-Magnesium-Silizium-Knetlegierung EN AW-6082 (gemäß DIN EN 573.1 und 3), einer gut aushärtbaren Aluminiumlegierung. Darauf wurde mittels üblicher

- 25 Vakuumbeschichtungsverfahren eine amorphe Silizium-Schicht als Polierschicht abgeschieden. Sie hat eine Dicke von 3  $\mu\text{m}$  und wurde über übliche Poliervfahren auf eine quadratische Rauheit von kleiner 0,3 nm poliert.

In einem achten Ausführungsbeispiel besteht der Grundkörper 2 des Substrats 1 aus der

- 30 Aluminium-Zink-Knetlegierung EN AW-7075 (gemäß DIN EN 573.1 und 3), einer hochfesten Aluminiumlegierung. Darauf wurde mittels üblicher Vakuumbeschichtungsverfahren eine kristalline Silizium-Schicht als Polierschicht abgeschieden. Sie hat eine Dicke von 2,5  $\mu\text{m}$  und wurde über übliche Poliervfahren auf eine quadratische Rauheit von kleiner 0,3 nm poliert.

In weiteren Abwandlungen dieser Ausführungsbeispiele können die genannten

- 35 Aluminiumlegierungen auch durch siliziumhaltige Aluminiumlegierungen mit weiteren Metallen ersetzt werden, beispielsweise durch  $\text{AlSi35Fe2Ni}$ ,  $\text{AlSi30MgCu}$ ,  $\text{AlSi17Fe5Cu4Mg}$ ,



AlSi20Fe5Ni2 o.ä..

Derartige Substrat 1 lassen sich zu EUV-Spiegeln 5 weiterverarbeiten, wie in einer ersten Variante einer Ausführungsform schematisch in Figur 2 dargestellt ist, indem auf die Polierschicht 3 eine hochreflektierende Schicht 6 aufgebracht wird. Besonders bevorzugt für den Einsatz bei EUV-Strahlung im Wellenlängenbereich von ca. 5 nm bis 20 nm handelt es sich bei der hochreflektierenden Schicht 6 um ein Viellagensystem aus alternierenden Lagen aus Material mit unterschiedlichem Realteil des komplexen Brechungsindex, über die gewissermaßen ein Kristall mit Netzebenen simuliert wird, an denen Bragg-Beugung stattfindet. Beispielsweise für den Einsatz bei 13 nm bis 14 nm kann ein Viellagensystem aus alternierenden Silizium- und Molybdänlagen aufgebracht sein.

In Figur 2b ist eine weitere Variante des Spiegels 5 aus Figur 2a schematisch dargestellt, bei der zwischen dem Grundkörper 2 und der Polierschicht 3 des Substrats 1 des Spiegels 5 eine Haftvermittlerschicht 4 angeordnet ist.

Der Spiegel 5 auf der Basis der zuvor beschriebenen Substrate 1 kann sowohl in Beleuchtungs- als auch Projektionssystemen von EUV-Projektionsbelichtungsanlagen eingesetzt werden. Wegen der hohen Festigkeit, insbesondere Zugfestigkeit bzw. der hohen Härte der Grundkörper 2 sind die Substrate 1 u.a. beispielsweise für kleinteilige Spiegel, die ggf. einzeln akkurater sein können, geeignet, die eine gute Formfestigkeit, insbesondere bei Wärme, aufweisen sollen. Dabei können auch mehrere kleinteilige Spiegel als größere Einheit zusammenwirken, wie beispielsweise sogenannte Facettenspiegel in Beleuchtungssystemen von EUV-Projektionsbelichtungsanlagen.

Insbesondere wenn die hochreflektierende Schicht 6 als Viellagensystem ausgestaltet ist, wird sie bevorzugt mit üblichen Vakuumbeschichtungsverfahren wie beispielsweise Sputterverfahren, Elektronenstrahlverdampfen, Molekularstrahlepitaxie oder ionenstrahlgestütztes Beschichten aufgebracht. Der Streulichtanteil der EUV-Spiegel 5, die auf der Grundlage der oben genannten Substrate 1 hergestellt wurden, konnte gegenüber Spiegeln mit herkömmlichen Substraten um mehrere Prozent gesenkt werden. Dadurch resultierte auch eine Reflektivitätssteigerung um einige Prozent. Indem man in einer Projektionsbelichtungsanlage für die EUV-Lithographie mehrere der hier vorgeschlagenen Spiegel 5 einsetzt, lässt sich dieser positive Effekt potenzieren.

In den Figuren 3a und 3b sind Substrate 1 dargestellt, die sich insbesondere zur Verwendung als Spiegel 5 bei streichendem Einfall von Strahlung im Wellenbereich zwischen 5 nm und 20

nm eignen. Der Grundkörper 2 des in Figur 3a dargestellten Substrates 1 kann nicht nur aus den bereits erwähnten Materialien sein, sondern auch aus Aluminium mit bis zu 0,3 Gew.-% Silizium, aus Aluminium mit bis zu 0,6 Gew.-% Silizium, aus polykristallinem Silizium oder auch aus einem Verbundwerkstoff aus Silizium und Siliziumkarbid, den man beispielsweise durch Sintern herstellen kann.

Das in Figur 3a dargestellte Substrat 1 zeichnet sich insbesondere durch die strukturierte Schicht 7 aus, die auf dem Grundkörper 2 angeordnet ist, wobei zwischen der strukturierten Schicht und dem Grundkörper 2 eine Haftvermittlerschicht 4 angeordnet sein kann. Die strukturierte Schicht 7 ist bevorzugt aus einem Metall, das sich abformtechnisch, beispielsweise galvanisch oder durch Prägen derart strukturieren lässt, dass in der strukturierten Schicht 7 ein Beugungsgitter ausgebildet werden kann, das Strahlung bei Wellenlängen beugt, die außerhalb der EUV-Wellenlängenbereichs liegen, um sie - falls vorhanden - möglichst aus dem Strahlengang zu entfernen. Besonders bewährt haben sich dabei beispielsweise Nickelphosphorschichten oder auch Kupferschichten. Insbesondere wenn die strukturierte Schicht 7 aus Nickelphosphor ist und der Grundkörper 2 aus Aluminium mit bis zu 0,3 Gew.-% Silizium hat sich Zink als geeignetes Material für die Haftvermittlerschicht 4 herausgestellt. Verwendet man Kupfer in der strukturierten Schicht 7 wird bevorzugt Nickel als Material für die Haftvermittlerschicht 4 eingesetzt.

Über der strukturierten Schicht 7 ist eine Polierschicht 3 angeordnet, die in dem hier dargestellten Beispiel bevorzugt aus amorphem Silizium oder Siliziumdioxid ist. Diese Polierschicht 3 schützt einerseits die Beugungsstruktur in der strukturierten Schicht 7 und bietet andererseits mit einer quadratischen Rauheit von weniger als 0,5 nm eine hinreichend glatte Unterlage für das Aufbringen von beispielsweise einer oder mehrerer Metallschichten für den Einsatz des resultierenden Spiegels als Spiegel für streifenden Einfall von EUV-Strahlung oder alternativ für das Aufbringen von Viellagensystemen für den Einsatz als Spiegel bei Normaleinfall von EUV-Strahlung.

Besonders bevorzugt wird der resultierende Spiegel für streifenden Einfall als Kollektorspiegel einer EUV-Projektionsbelichtungsanlage eingesetzt. Dabei hat die Materialwahl von Aluminium mit geringem Siliziumanteil oder polykristallinem Silizium oder einem Silizium/Siliziumkarbid-Verbundwerkstoff als Material für den Grundkörper den Vorteil, dass kostengünstig auch große Spiegelemente zur Verfügung gestellt werden können, die gut kühlbar sind und dahingehend strukturiert werden können, dass in den jeweiligen Grundkörpern Kühlkanäle vorgesehen werden können. Beim Einsatz des in Figur 3a dargestellten Substrat 1 in Kollektorspiegeln von EUV-Projektionsbelichtungsanlagen zeigen sich zusätzliche Vorteile bei Strahlungsquellen wie

etwa Laser-Plasmastrahlungsquellen, die u.a. mit Hilfe von Kohlendioxid-Lasern angeregt werden. Das Einbringen von Beugungsstrukturen für den infraroten Wellenlängenbereich ist besonders einfach möglich und erlaubt ein Herausfiltern der Infrarotstrahlung aus dem von der Strahlungsquelle zur Verfügung gestellten Strahlungsspektrum bereits am Anfang des Strahlengangs.

Bei dem in Figur 3a dargestellten Beispiel können beispielsweise Haftvermittlerschichten 4 einer Dicke von weniger als 10 nm, bevorzugt weniger als 5 nm vorgesehen sein, strukturierte Schichten 7 einer Dicke von beispielsweise etwa 10  $\mu\text{m}$  bis einigen 1000  $\mu\text{m}$ , bevorzugt etwa 50  $\mu\text{m}$  bis einigen 100  $\mu\text{m}$  sowie Polierschichten aus amorphem Silizium oder Siliziumdioxid einer Dicke von beispielsweise ca. 1  $\mu\text{m}$  bis 10  $\mu\text{m}$ , bevorzugt ca. 3  $\mu\text{m}$  bis 5  $\mu\text{m}$ .

In einer Abwandlung des in Figur 3a dargestellten Beispiels ist für die Verwendung als Substrat für Kollektorspiegel mit streifendem Einfall in EUV-Projektionsbelichtungsanlagen ein Substrat 1 in Figur 3b dargestellt, das keine strukturierte Schicht 7 aufweist, sondern bei dem die Polierschicht 3 aus Nickelphosphorlegierung auf einem Grundkörper 2 aus einem der soeben genannten Materialien vorgesehen ist. Zur besseren Haftung der Polierschicht 3 aus Nickelphosphor auf dem Grundkörper 2 aus beispielsweise insbesondere Aluminium mit geringem Siliziumanteil, aber auch aus einem Silizium/Siliziumkarbid-Verbundwerkstoff oder aus polykristallinem Silizium wird eine Haftvermittlerschicht 4 aus Zink vorgesehen. In einer weiteren Abwandlung kann die Polierschicht 3 auch aus Kupfer mit einer Haftvermittlerschicht 4 aus Nickel sein.

**Patentansprüche**

1. Substrat für einen Spiegel für die EUV-Lithographie mit einem Grundkörper und einer Polierschicht, dadurch gekennzeichnet, dass die Polierschicht (3) eine Dicke von weniger als 10  $\mu\text{m}$  und eine quadratische Rauheit von weniger als 0,5 nm aufweist und dass der Grundkörper (2) aus einer Aluminiumlegierung hergestellt ist.
2. Substrat nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Grundkörper (2) aus einem Material aus der Gruppe Aluminium-Magnesium-Legierung, Aluminium-Magnesium-Silizium-Legierung, Aluminium-Zink-Legierung, Aluminium-Silizium-Metall1-Metall2-Legierung, Aluminium-Kupfer-Legierung und Aluminium-Silizium hergestellt ist.
3. Substrat nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Grundkörper (2) aus einer dispersionsverstärkten Aluminiumlegierung hergestellt ist.
4. Substrat nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Grundkörper (2) aus einer pulvermetallurgisch hergestellten Aluminiumlegierung hergestellt ist.
5. Substrat nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Polierschicht (3) aus einem Material der Gruppe Nickel-Phosphor-Zusammensetzung, Nickel-Bor-Zusammensetzung, Kupfer hergestellt ist.
6. Substrat nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Polierschicht (3) aus einem Material der Gruppe Siliziumdioxid, amorphes Silizium, kristallines Silizium hergestellt ist.
7. Substrat nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Grundkörper (2) und der Polierschicht (3) eine Haftvermittlerschicht (4) angeordnet ist.
8. Spiegel für eine EUV-Projektionsbelichtungsanlage, umfassend ein Substrat (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 und eine hochreflektierende Schicht (6) auf der Polierschicht (3).

Fig. 1a

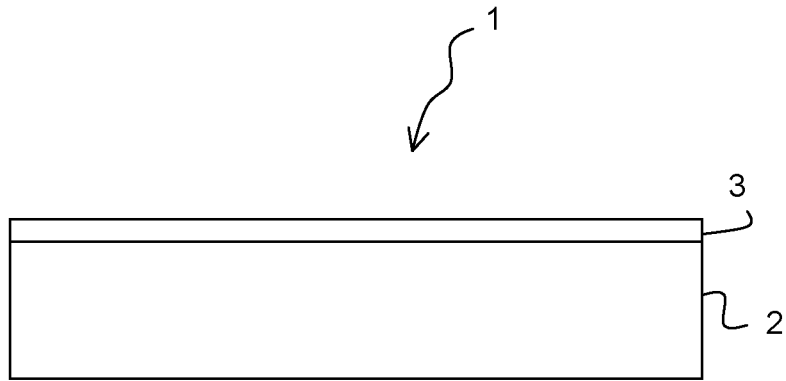


Fig. 1b

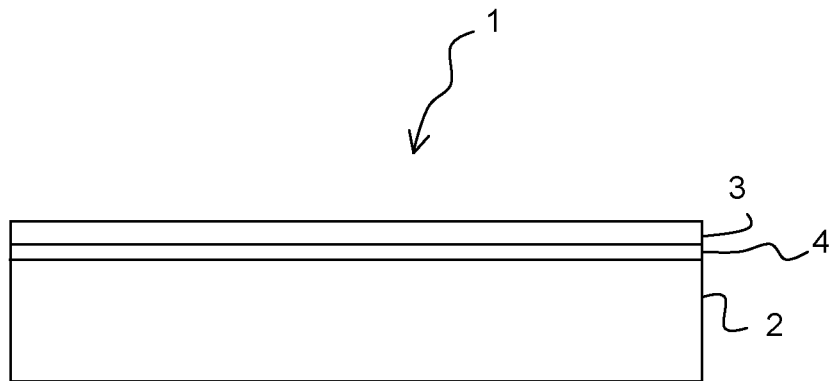


Fig. 2a

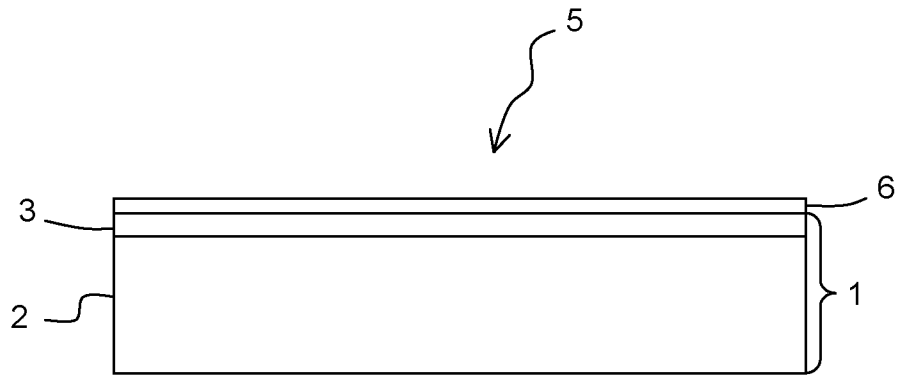


Fig. 2b

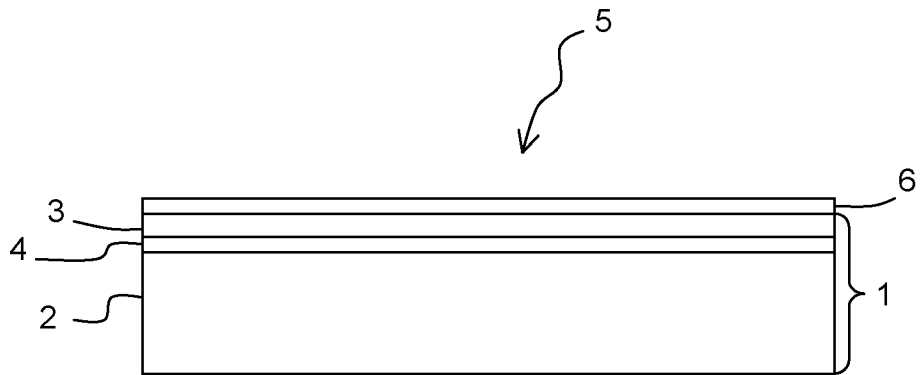


Fig. 3a

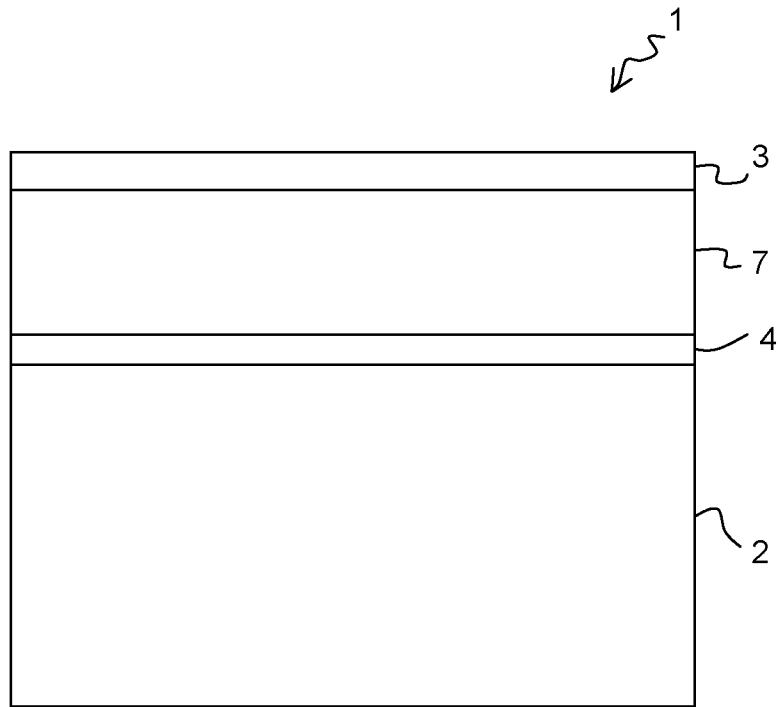
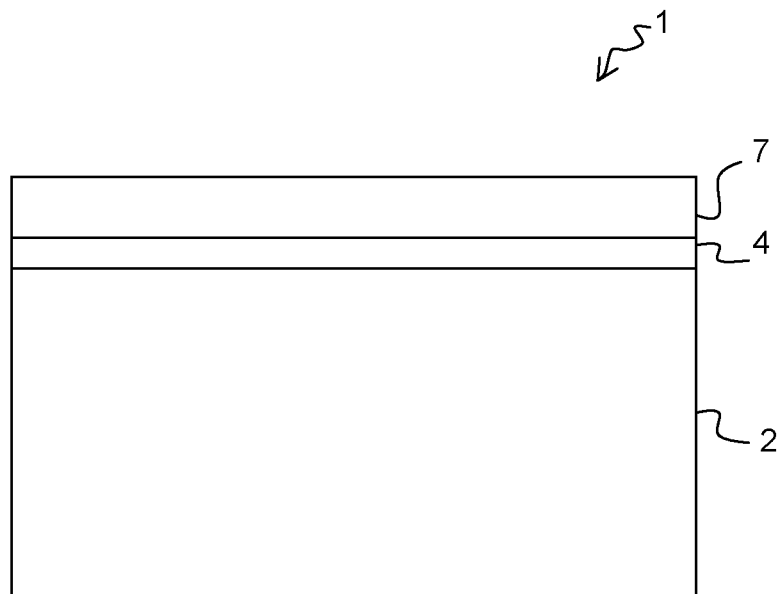


Fig. 3b



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2011/064904

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. G03F7/20 G02B5/08  
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)  
G02B C23C 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 practical, search terms used)  
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2004/165296 A1 (SCHAEFER JOHN P [US]) 26 August 2004 (2004-08-26) paragraph [0002] paragraph [0015] - paragraph [0024] -----	1-8
A	DE 10 2005 026418 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]; MAX PLANCK GESELLSCHAFT [DE]) 21 December 2006 (2006-12-21) paragraph [0015] - paragraph [0024]; claim 7 -----	1-8
A	US 2003/043483 A1 (FOLTA JAMES A [US] ET AL) 6 March 2003 (2003-03-06) paragraph [0015] - paragraph [0034] ----- -/--	1-8

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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.</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>
--	--

Date of the actual completion of the international search  16 November 2011	Date of mailing of the international search report  07/12/2011
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  van Toledo, Wiebo



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2011/064904

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X,P	WO 2011/029603 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]; RISSE STEFAN [DE]; GEBHARDT ANDREAS [DE]) 17 March 2011 (2011-03-17) the whole document -----	1-8

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2011/064904

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2004165296 A1	26-08-2004	AT 476676 T	15-08-2010
		AU 2004214919 A1	10-09-2004
		CA 2500309 A1	10-09-2004
		EP 1597614 A1	23-11-2005
		IL 167673 A	24-12-2009
		JP 4664277 B2	06-04-2011
		JP 2006518883 A	17-08-2006
		KR 20050110638 A	23-11-2005
		TW I288247 B	11-10-2007
		US 2004165296 A1	26-08-2004
		WO 2004077114 A1	10-09-2004
-----			
DE 102005026418 A1	21-12-2006	NONE	
-----			
US 2003043483 A1	06-03-2003	NONE	
-----			
WO 2011029603 A1	17-03-2011	DE 102009040785 A1	10-03-2011
		WO 2011029603 A1	17-03-2011
-----			

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/064904

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> INV. G03F7/20 G02B5/08 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b> Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole ) G02B C23C 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		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2004/165296 A1 (SCHAEFER JOHN P [US]) 26. August 2004 (2004-08-26) Absatz [0002] Absatz [0015] - Absatz [0024] -----	1-8
A	DE 10 2005 026418 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]; MAX PLANCK GESELLSCHAFT [DE]) 21. Dezember 2006 (2006-12-21) Absatz [0015] - Absatz [0024]; Anspruch 7 -----	1-8
A	US 2003/043483 A1 (FOLTA JAMES A [US] ET AL) 6. März 2003 (2003-03-06) Absatz [0015] - Absatz [0034] -----	1-8
X,P	WO 2011/029603 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]; RISSE STEFAN [DE]; GEBHARDT ANDREAS [DE]) 17. März 2011 (2011-03-17) das ganze Dokument -----	1-8
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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" älteres Dokument, 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 anderen 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 16. November 2011		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 07/12/2011
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 van Toledo, Wiebo

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/064904

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2004165296 A1	26-08-2004	AT 476676 T	15-08-2010
		AU 2004214919 A1	10-09-2004
		CA 2500309 A1	10-09-2004
		EP 1597614 A1	23-11-2005
		IL 167673 A	24-12-2009
		JP 4664277 B2	06-04-2011
		JP 2006518883 A	17-08-2006
		KR 20050110638 A	23-11-2005
		TW I288247 B	11-10-2007
		US 2004165296 A1	26-08-2004
		WO 2004077114 A1	10-09-2004
-----			
DE 102005026418 A1	21-12-2006	KEINE	
-----			
US 2003043483 A1	06-03-2003	KEINE	
-----			
WO 2011029603 A1	17-03-2011	DE 102009040785 A1	10-03-2011
		WO 2011029603 A1	17-03-2011
-----			