

(19)



(11)

**EP 2 633 528 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

**18.07.2018 Patentblatt 2018/29**

(51) Int Cl.:

**G21K 1/06 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **11770377.7**

(86) Internationale Anmeldenummer:

**PCT/EP2011/005141**

(22) Anmeldetag: **13.10.2011**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

**WO 2012/055495 (03.05.2012 Gazette 2012/18)**

(54) **RESISTSTRUKTUR ZUR HERSTELLUNG EINER RÖNTGENOPTISCHEN GITTERSTRUKTUR**

RESIST STRUCTURE FOR PRODUCING AN X-RAY OPTICAL GRATING STRUCTURE

STRUCTURE DE RÉSIST POUR LA FABRICATION D'UNE STRUCTURE DE GRILLE OPTIQUE À RAYONS X

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(56) Entgegenhaltungen:

**WO-A1-2009/116956**

(30) Priorität: **28.10.2010 DE 102010049994**

- **FEIERTAG G ET AL: "SLOPED IRRADIATION TECHNIQUES IN DEEP X-RAY LITHOGRAPHY FOR 3-D SHAPING OF MICROSTRUCTURES", PROCEEDINGS OF SPIE, SPIE, US, Bd. 3048, 1. Januar 1997 (1997-01-01), Seiten 136-145, XP008013116, ISSN: 0277-786X, DOI: 10.1117/12.275770**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

**04.09.2013 Patentblatt 2013/36**

- **BECKER E W ET AL: "Fabrication of microstructures with high aspect ratios and great structural heights by synchrotron radiation lithography, galvanofarming, and plastic moulding (LIGA process)", MICROELECTRONIC ENGINEERING, ELSEVIER PUBLISHERS BV., AMSTERDAM, NL, Bd. 4, Nr. 1, 1. Mai 1986 (1986-05-01), Seiten 35-56, XP023137317, ISSN: 0167-9317, DOI: 10.1016/0167-9317(86)90004-3 [gefunden am 1986-05-01]**

(73) Patentinhaber: **Karlsruher Institut für Technologie (KIT)**

**76131 Karlsruhe (DE)**

- **VAN KAN J A ET AL: "Resist materials for proton micromachining", NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH, SECTION - B: BEAM INTERACTIONS WITH MATERIALS AND ATOMS, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, Bd. 158, Nr. 1-4, 2. September 1999 (1999-09-02), Seiten 179-184, XP004253517, ISSN: 0168-583X, DOI: 10.1016/S0168-583X(99)00392-4**

(72) Erfinder:

- **MOHR, Jürgen**  
**75056 Sulzfeld (DE)**
- **LAST, Arndt**  
**76137 Karlsruhe (DE)**
- **NAZMOV, Vladimir**  
**76351 Linkenheim-Hochstetten (DE)**
- **SIMON, Markus**  
**79100 Freiburg (DE)**
- **GRUND, Thomas**  
**76135 Karlsruhe (DE)**
- **KENNTNER, Johannes**  
**70825 Münchingen (DE)**

**EP 2 633 528 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Resiststruktur zur Herstellung einer röntgenoptischen Gitterstruktur.

[0002] Für viele Anwendungen, wie beispielsweise in der medizinischen Diagnostik oder der Materialanalyse, wird Röntgenstrahlung eingesetzt. Dabei kommen optische Gitter zum Einsatz, an deren Struktur und insbesondere an deren Aspektverhältnis besondere Anforderungen gestellt werden, da die Qualität der in der Fachsprache als differentielle Phasen-Kontrast-Imaging (DPCI) bezeichneten Bildgebungsmethode mit Röntgenstrahlung entscheidend von der Höhe der optischen Gitterstrukturen abhängt.

[0003] Um einen für medizintechnische Anwendungen relevanten hohen Kontrast zu erzielen, sollte die Absorption des in der Resiststruktur in den Stegspalten abgeschiedenen Materials (in der Regel Gold) im Bereich größer als 80 % liegen. Bei röntgentomographischen Untersuchungen mit Röntgenröhren liegen die Röntgenenergie, für die der tomografische Aufbau optimal ausgelegt ist und in der Fachsprache als Designenergien bezeichnet werden, je nach Anwendung im Bereich von 20 keV bis 60 keV, wobei durch die polychromatische Strahlung der Röntgenröhre auch Energien bis zu etwa 10 keV oberhalb der Designenergie vorhanden sind. Dies bedeutet, dass die Dicke des absorbierenden Goldes mindestens 100  $\mu\text{m}$  und damit die Höhe der Resiststruktur auch über 100  $\mu\text{m}$  betragen muss.

[0004] Aus dem Stand der Technik sind Verfahren bekannt, um Resiststrukturen mit Höhen von mehreren hundert Mikrometern herzustellen. In F. Pfeiffer et al., Nature Physics, 2006, Advanced Online Publication, p.1, werden die Möglichkeiten der Phasenkontrast-Röntgenbildgebung mit nicht-kohärenten Röntgenquellen beschrieben. Zur Realisierung dieser Bildgebungssysteme ist die Herstellung von Gitterstrukturen mit hohem Aspektverhältnis notwendig. Diese Anforderungen an die Dimensionen der absorbierenden Strukturen, sowie deren mechanische Stabilität werfen jedoch prozesstechnische Probleme auf.

[0005] In E. Reznikova et al., Soft X-ray lithography of high aspect ratio SU 8 submicron structures, Micro Syst. Techn., 14:1863-1688, 2008, wird ein Verfahren beschrieben, das prinzipiell die Herstellung derartiger Strukturen erlaubt. Hierbei wird aber auch deutlich, dass es bei Strukturhöhen von größer 60  $\mu\text{m}$  zu einer Verbiegung der unterschiedlich lang gewählten Stege kommt und somit das Aspektverhältnis begrenzt ist.

[0006] In J. Kenntner, et al., Front- and backside structuring of gratings for phase contrast imaging with x-ray tubes, Proc. SPIE, Vol. 7804, S. 780408, S. 1-10, 2010, werden Resiststrukturen gezeigt, mit denen versucht wurde, das Problem der Verbiegung der Gitterstege dadurch zu verhindern, dass die Gitterstege durch Füllbalken verbunden werden. Der Nachteil dieser Lösung ist, dass die Goldstege immer wieder durch quasi transparente Bereiche (Füllbalken) unterbrochen werden. Dies führt bei der Analyse der Visibility  $V$  mit einem Detektor, der eine Pixelgröße im Bereich weniger Gitterperioden und kleiner hat, zu schwankenden Visibility-Werten. Die Visibility  $V$  ist wie folgt definiert

$$V = (I_{max} - I_{min}) / (I_{max} + I_{min}) \quad (1)$$

wobei  $I_{max}$  der maximale Intensitätswert ist und  $I_{min}$  der minimale Intensitätswert im erzeugten Röntgenbild ist.

[0007] Die DE 10 2009 019 595 A1 offenbart eine Resiststruktur zur Herstellung einer röntgenoptischen Gitterstruktur, umfassend eine Vielzahl von Stegen und die Stege stabilisierende Balken, wobei die Stege senkrecht zum Substrat angeordnet sind und Balken zwischen den Stegen eingebracht sind.

[0008] Aus G. Feiertag et al., Sloped Irradiation Techniques in Deep X-Ray Lithography for 3-D Shaping of Microstructures, Proc. SPIE 3048, S. 126-145, 1997) sind verschiedene dreidimensionale Resiststrukturen bekannt, die durch konsekutive Bestrahlungen eines Resists entlang +45° und -45° Richtungen hergestellt werden. W. Becker et al., Fabrication of microstructures with high aspect ratios and great structural heights by synchrotron radiation lithography, galvanofarming, and plastic moulding (LIGA process), Microelectr. Eng. 4, S. 35-56, 1986, beschreiben Resiststrukturen mit hohem Aspektverhältnis, die ohne stabilisierende Balken ausgeführt sind. In J.A. van Kann et al., Resist material for proton micromachining, Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res. B, 158, S. 179-184, 1999, werden Strukturen mittels hochenergetischer Protonen in einem direkten Schreibverfahren in einen Resist aus Polymethylmethacrylat (PMMA) eingeschrieben.

[0009] Die WO 2009/116956 A1 offenbart ein Metamaterial, das eine Anordnung von s-förmigen Resonatoren aufweist, deren Enden durch einen Rahmen gestützt sind. Die Herstellung des Metamaterials erfolgt mittels einer 3-Ebenen UV-/Röntgen-Lithographie im Rahmen des LIGA-Verfahrens. Ausgehend davon liegt die **Aufgabe der Erfindung** darin, eine Resiststruktur zur Herstellung einer röntgenoptischen Gitterstruktur vorzuschlagen, die die aufgeführten Nachteile und Einschränkungen vermeidet. Insbesondere soll die Herstellung von röntgenoptischen Gitterstrukturen mit Aspektverhältnissen von über 500 ermöglicht werden, ohne dass sich die Gitterstege verbiegen oder sich die stabilisierende Struktur nachteilig auf die Visibility auswirkt.

[0010] Diese Aufgabe wird durch eine Resiststruktur mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Die abhängigen Ansprüche beschreiben vorteilhafte Ausgestaltungen.

[0011] Die Erfindung beruht auf dem Grundgedanken, dass stabilisierende Balken in die Resiststruktur eingebracht werden. Dabei sind die Stege der Resisstruktur mit einem ersten Winkel  $\alpha$  auf dem Substrat angebracht und die stabilisierenden Balken mit einem zweiten Winkel  $\beta$ . In einer bevorzugten Ausgestaltung besteht zwischen  $\alpha$  und  $\beta$  mindestens ein Abstand von  $20^\circ$  und höchstens ein Abstand von  $70^\circ$ , vorzugsweise von  $40^\circ$  bis  $50^\circ$ , um eine möglichst gute stabilisierende Wirkung zu erhalten.

[0012] In einer bevorzugten Ausgestaltung weist das Verhältnis der Höhe  $h$  der Stege zur Breite  $b'$  der Stegspalten einen Wert von 10 bis 500 auf.

[0013] In einer bevorzugten Ausgestaltung liegt der Abstand zwischen zwei benachbarten stabilisierender Balken im Bereich zwischen der doppelten und der 20-fachen Spaltbreite, und der Umkreisdurchmesser  $d$  eines jeden Balkens beträgt zwischen  $1\ \mu\text{m}$  und  $10\ \mu\text{m}$ , bevorzugt von  $2\ \mu\text{m}$  bis  $5\ \mu\text{m}$ . Der Erfindung nach durchdringt jeder stabilisierende Balken mindestens zwei Stege.

[0014] Eine derartige Anordnung und Dimensionierung der Balken sowie die Wahl der Winkel bewirkt, dass in einem Stegspalt der Resiststruktur und damit in den späteren Stegen der Gitterstruktur die Gesamthöhe der stabilisierenden Balken maximal 20 % der Gitterhöhe und bevorzugt maximal 10 % der Gitterhöhe beträgt und somit die Visibility nur gering beeinflusst.

[0015] Derartige Resiststrukturen eignen sich für die Herstellung von röntgenoptischen Gitterstrukturen. Im Bereich des stabilisierenden Balkens wird die Höhe des in den Stegspalten abgeschiedenen Materials maximal um den Wert  $d'$  vermindert, der sich aus

$$d' = d * 1 / \cos \beta \quad (2)$$

ergibt, wobei  $d$  der Umkreisdurchmesser des Balkens ist. Die stabilisierende Wirkung der Balken bleibt vollständig erhalten, da sich über die Anordnung der Balken eine Stabilisierung der gesamten Fläche ergibt.

[0016] Ein weiterer Vorteil ist, dass sich die stabilisierenden Balken in der Höhe beliebig wiederholen und damit auch deutlich höhere Strukturen als bisher möglich sind. Für  $N$  Strukturen, die übereinander angeordnet sind, ergibt sich eine Höhenänderung von  $N \times d$ , was wenige % der Gesamthöhe entspricht und sich nur unwesentlich auf die Visibility auswirkt.

[0017] In einer besonderen Ausgestaltung besitzt die vorliegende Resiststruktur zusätzlich zu den stabilisierenden Balken, die in einem Winkel  $\beta$  angeordnet sind, weitere stabilisierende Balken, die in einem Winkel  $\beta$  angeordnet sind und wobei der Winkel  $\beta$  nicht denselben Wert hat wie einer der Winkel  $\alpha$  oder  $\beta$ .

[0018] In einer bevorzugten Ausgestaltung besteht die Resiststruktur aus einem Negativresistmaterial.

[0019] Mit derartigen Strukturen können Gitter für die Phasenkontrast - Röntgenbildgebung in beliebiger Höhe mit annähernd konstanter Visibility über der gesamten Fläche der Gitterstruktur realisiert werden. Damit sind auch für Energien über 40 keV Strukturen realisierbar, die eine Absorption von 80 % und mehr aufweisen. Dies und die Gleichmäßigkeit der Absorption ermöglicht dabei eine weit bessere Auflösung im Phasenkontrastbild.

[0020] Die beschriebenen Resiststrukturen eignen sich aufgrund ihrer hohen Aspektverhältnisse auch für die Herstellung von Gittern zur Neutronenbildgebung.

[0021] Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Beispiels und der Figur näher erläutert.

[0022] Fig. 1 zeigt schematisch eine Ausführungsform einer Resiststruktur, deren Stege 1 in einem Winkel  $\alpha = 90^\circ$  auf einem Substrat 2 angeordnet sind und ein Feld aus im Querschnitt runden Balken 3, das die Stege 1 stabilisiert. Die stabilisierenden Balken 3 sind in einem Winkel  $\beta = 45^\circ$  auf dem Substrat 2 angebracht und schneiden die Stege 1 im der gezeigten Ausführform in einem Winkel von  $45^\circ$ .

[0023] Die im Beispiel dargestellten Resiststrukturen eignen sich insbesondere zur Herstellung röntgenoptischer Gitterstrukturen aus Gold.

## Patentansprüche

1. Resiststruktur zur Herstellung einer röntgenoptischen Gitterstruktur, umfassend ein Substrat (2), eine Vielzahl von Stegen (1) mit einer Höhe  $h$  und einer Breite  $b$ , sowie Stegspalten mit einer Breite  $b'$ , und die Stege (1) stabilisierende Balken (3) mit einem Umkreisdurchmesser  $d$ , wobei die Stege (1) und die die Stege (1) stabilisierenden Balken (3) auf dem Substrat (2) angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stege (1) in einem Winkel  $\alpha$  auf dem Substrat (2) angeordnet sind, und die die Stege (1) stabilisierenden Balken (3) in einem Winkel  $\beta$  angeordnet sind, wobei die Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  nicht gleich sind, und **dadurch dass** in einem Stegspalt der Resiststruktur und damit in den späteren Stegen der röntgenoptischen Gitterstruktur, die eine Gitterhöhe aufweisen, die der Höhe eines in den Stegspalten abzuschneidenden Materials entspricht, die Gesamthöhe der stabilisierenden Balken maximal 20 % der Gitterhöhe beträgt und dadurch

## EP 2 633 528 B1

**dass** jeder stabilisierende Balken mindestens zwei Stege durchdringt.

2. Resiststruktur nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gesamthöhe der stabilisierenden Balken in einem Stegspalt maximal 10 % der Gitterhöhe beträgt.
3. Resiststruktur nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Winkel  $\alpha$  einen Wert von  $90^\circ$  aufweist.
4. Resiststruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  einen Unterschied von mindestens  $20^\circ$  und bis maximal  $70^\circ$  aufweisen.
5. Resiststruktur nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  einen Unterschied von  $40^\circ$  bis  $50^\circ$  aufweisen.
6. Resiststruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Höhe  $h$  der Stege (1) zur Breite  $b'$  der Stegspalten ein Verhältnis von 10 bis 500 aufweist.
7. Resiststruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstand zweier stabilisierender Balken (3) mindestens das Doppelte der Breite  $b'$  und höchstens das 20-fache der Breite  $b'$  beträgt.
8. Resiststruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Umkreisdurchmesser  $d$  der stabilisierenden Balken (3) zwischen  $1\ \mu\text{m}$  und  $10\ \mu\text{m}$  beträgt.
9. Resiststruktur nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Umkreisdurchmesser  $d$  der stabilisierenden Balken (3) von  $2\ \mu\text{m}$  bis  $5\ \mu\text{m}$  beträgt.
10. Resiststruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Resiststruktur aus einem Negativresistmaterial besteht.
11. Resiststruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** zusätzlich zu den stabilisierenden Balken (3), die in einem Winkel  $\beta$  angeordnet sind, weitere stabilisierende Balken in einem Winkel  $\beta'$  angeordnet sind und wobei der Winkel  $\beta'$  nicht denselben Wert hat wie einer der Winkel  $\alpha$  oder  $\beta$ .

### Claims

1. Resist structure for producing an X-ray optical grating structure, comprising a substrate (2), a plurality of webs (1) with a height  $h$  and a width  $b$ , as well as web gaps with a width  $b'$ , and the bars (3) stabilising the webs (1), with a circumference diameter  $d$ , wherein the webs (1) and the bars (3) stabilising the webs (1) are arranged on the substrate (2), **characterised in that** the webs (1) are arranged at an angle  $\alpha$  on the substrate (2), and the bars (3) stabilising the webs (1) are arranged at an angle  $\beta$ , wherein the angles  $\alpha$  and  $\beta$  are not the same, and **in that** in a web gap of the resist structure, and therefore in the later webs of the X-ray optical grating structure, which exhibit a grating height which corresponds to the height of a material to be cut off in the web gaps, the total height of the stabilising beams amounts to maximum 20% of the grating height, and **in that** each stabilising bar penetrates through at least two webs.
2. Resist structure according to claim 1, **characterised in that** the total height of the stabilising bars in a web gap amounts to a maximum of 10% of the grating height.
3. Resist structure according to claim 1 or 2, **characterised in that** the angle  $\alpha$  has a value of  $90^\circ$
4. Resist structure according to any one of claims 1 to 2, **characterised in that** the angles  $\alpha$  and  $\beta$  exhibit a difference of at least  $20^\circ$  and up to a maximum of  $70^\circ$
5. Resist structure according to claim 4, **characterised in that** the angles  $\alpha$  and  $\beta$  exhibit a difference of  $40^\circ$  to  $50^\circ$ .
6. Resist structure according to any one of claims 1 to 5, wherein the height  $h$  of the webs (1) exhibits a ratio to the width  $b'$  of the web gaps of 10 to 500.

## EP 2 633 528 B1

7. Resist structure according to any one of claims 1 to 6, **characterised in that** the spacing between two stabilising bars (3) amounts to at least double the width  $b'$  and a maximum of 20 times the width  $b'$ .
- 5 8. Resist structure according to any one of claims 1 to 7, **characterised in that** the circumcircle diameter  $d$  of the stabilising bars (3) is between  $1\ \mu\text{m}$  and  $10\ \mu\text{m}$ .
9. Resist structure according to claim 8, **characterised in that** the circumcircle diameter  $d$  of the stabilising bars (3) is from  $2\ \mu\text{m}$  to  $5\ \mu\text{m}$ .
- 10 10. Resist structure according to any one of claims 1 to 9, **characterised in that** the resist structure consists of a negative resist material.
11. Resist structure according to any one of claims 1 to 10, **characterised in that**, in addition to the stabilising bars (3), which are arranged at an angle  $\beta$ , further stabilising bars are arranged at an angle  $\beta'$ , and wherein the angle  $\beta'$  does not have the same value as one of the angles  $\alpha$  or  $\beta$ .
- 15

### Revendications

- 20 1. Structure de résist destinée à obtenir une structure de grille optique de rayons X comprenant un substrat (2), un ensemble de barrettes (1) ayant une hauteur ( $h$ ) et une largeur ( $b$ ), ainsi que des intervalles entre des barrettes ayant une largeur ( $b'$ ), ainsi que des poutrelles (3) de stabilisation des barrettes (1) ayant un diamètre de cercle circonscrit ( $d$ ), les barrettes (1) et les poutrelles (3) de stabilisation des tiges (1) étant montées sur le substrat (2),
- 25 **caractérisée en ce que**  
les barrettes (1) sont positionnées selon un angle ( $\alpha$ ) sur le substrat (2), et les poutrelles (3) de stabilisation des barrettes (1) sont positionnées selon un angle ( $\beta$ ), les angles ( $\alpha$ ) et ( $\beta$ ) étant différents, et dans un intervalle entre des barrettes de la structure de résist, et ainsi dans les barrettes suivantes de la structure de grille optique de rayons X, qui ont une hauteur de grille qui correspond à la hauteur d'un matériau devant être déposé dans les intervalles entre les barrettes, la hauteur totale des poutrelles de stabilisation est au maximum égale à 20 % de la hauteur de la grille, et, chaque poutrelle de stabilisation traverse au moins deux tiges.
- 30
2. Structure de résist conforme à la revendication 1, **caractérisée en ce que** la hauteur totale des poutrelles de stabilisation dans un intervalle entre les barrettes est au maximum égale à 10 % de la hauteur de la grille.
- 35
3. Structure de résist conforme à la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** l'angle ( $\alpha$ ) est égal à  $90^\circ$ .
- 40
4. Structure de résist conforme à l'une des revendications 1 à 2, **caractérisée en ce que** les angles ( $\alpha$ ) et ( $\beta$ ) ont une différence d'au moins  $20^\circ$  et pouvant aller au maximum jusqu'à  $70^\circ$ .
- 45
5. Structure de résist conforme à la revendication 4, **caractérisée en ce que** les angles ( $\alpha$ ) et ( $\beta$ ) ont une différence de  $40^\circ$  à  $50^\circ$ .
- 50
6. Structure de résist conforme à l'une des revendications 1 à 5 dans laquelle la hauteur ( $h$ ) des barrettes (1) présente par rapport à la largeur ( $b'$ ) des intervalles entre les barrettes un rapport de 10 à 500.
7. Structure de résist conforme à l'une des revendications 1 à 6, **caractérisée en ce que** la distance entre deux poutrelles de stabilisation (3) est égale à au moins le double de la largeur ( $b'$ ) et au maximum à 20 fois la largeur ( $b'$ ).
- 55
8. Structure de résist conforme à l'une des revendications 1 à 7, **caractérisée en ce que**

## EP 2 633 528 B1

le diamètre du cercle circonscrit (d) des poutrelles de stabilisation (3) est compris entre 1  $\mu\text{m}$  et 10  $\mu\text{m}$ .

9. Structure de résist conforme à la revendication 8,

**caractérisée en ce que**

5 le diamètre du cercle circonscrit (d) des poutrelles de stabilisation (3) est compris entre 2  $\mu\text{m}$  et 5  $\mu\text{m}$ .

10. Structure de résist conforme à l'une des revendications 1 à 9,

**caractérisée en ce qu'**

10 elle est réalisée en un matériau résist négatif.

11. Structure de résist conforme à l'une des revendications 1 à 10,

**caractérisée en ce que**

15 en plus des poutrelles de stabilisation (3) qui sont positionnées selon un angle ( $\beta$ ), d'autres poutrelles de stabilisation sont positionnées selon un angle ( $\beta'$ ), et l'angle ( $\beta'$ ) a une valeur différente de celles de l'angle ( $\alpha$ ) et de l'angle ( $\beta$ ).

20

25

30

35

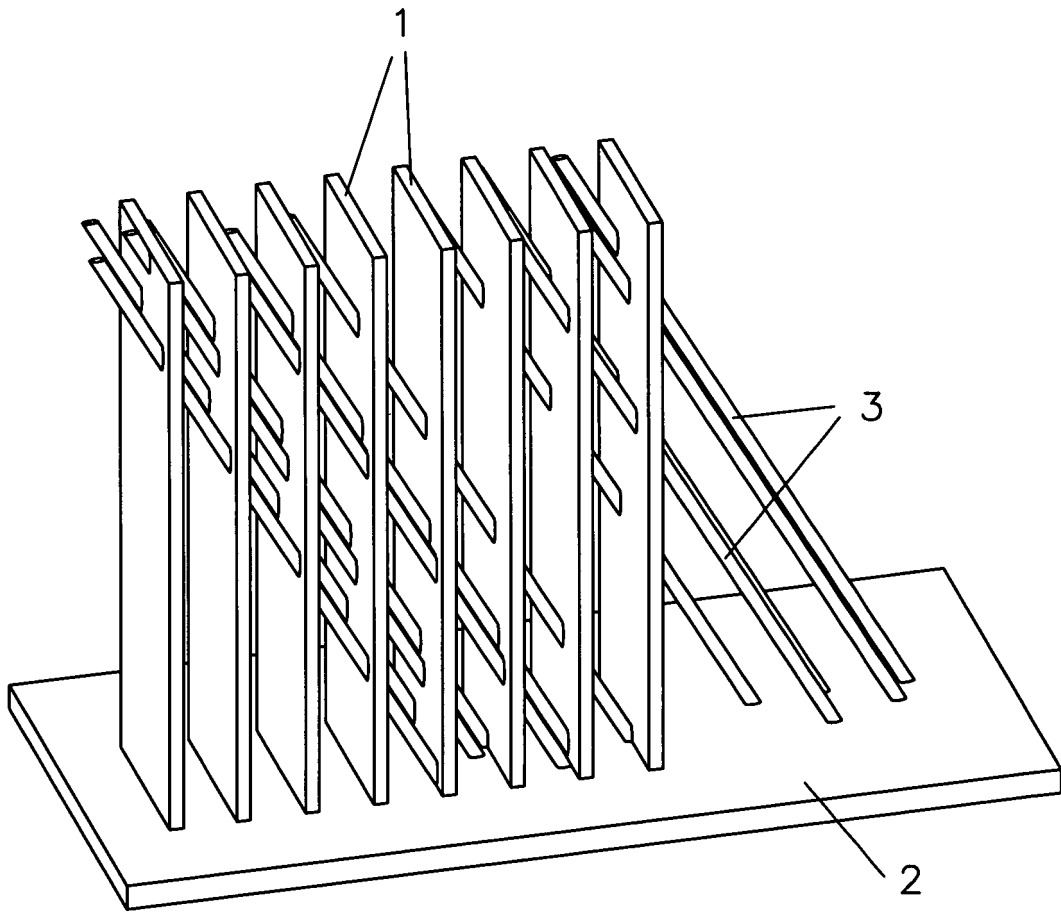
40

45

50

55

Fig. 1



## IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

### In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102009019595 A1 [0007]
- WO 2009116956 A1 [0009]

### In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **F. PFEIFFER et al.** Advanced Online Publication. *Nature Physics*, 2006, 1 [0004]
- **E. REZNIKOVA et al.** Soft X-ray lithography of high aspect ratio SU 8 submicron structures. *Micro Syst. Techn.*, 2008, vol. 14, 1863-1688 [0005]
- **J. KENNTNER et al.** Front- and backside structuring of gratings for phase contrast imaging with x-ray tubes. *Proc. SPIE*, 2010, vol. 7804, 780408, , 1-10 [0006]
- **G. FEIERTAG et al.** Sloped Irradiation Techniques in Deep X-Ray Lithography for 3-D Shaping of Microstructures. *Proc. SPIE*, 1997, vol. 3048, 126-145 [0008]
- **W. BECKER et al.** Fabrication of microstructures with high aspect ratios and great structural heights by synchrotron radiation lithography, galvanofarming, and plastic moulding (LIGA process), *Microelectr. Eng.*, 1986, vol. 4, 35-56 [0008]
- **J.A. VAN KANN et al.** Resist material for proton micromachining. *Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res. B*, 1999, vol. 158, 179-184 [0008]